



## 室蘭工業大学紀要 第65号 全1冊

メタデータ	<p>言語: eng</p> <p>出版者: 室蘭工業大学</p> <p>公開日: 2016-03-25</p> <p>キーワード (Ja):</p> <p>キーワード (En):</p> <p>作成者:</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属:</p>
URL	<p><a href="http://hdl.handle.net/10258/00008613">http://hdl.handle.net/10258/00008613</a></p>



ISSN 1344-2708

No.65

Mar.2016

**MEMOIRS**  
of  
THE MURORAN  
INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY

MURORAN INSTITU  
INSTITUTE OF TEC  
OF TECHNOLOGY MU  
TECHNOLOGY MU  
MURORAN INSTITU  
INSTITUTE OF TEC  
OF TECHNOLOGY MU  
TECHNOLOGY MU  
MURORAN INSTITU  
INSTITUTE OF TEC  
OF TECHNOLOGY MU  
TECHNOLOGY MU

室蘭工業大学  
**紀 要**

第65号 平成28年 3 月

MURORAN HOKKAIDO  
JAPAN



目 次

依 頼 論 文

**特 集 : The Papers Presented at the Symposium on Mechanical Engineering, Industrial Engineering,  
and Robotics 2015 (*MIER2015*) held at Muroran, Hokkaido, Japan on 29 —30 May 2015**

まえがき

..... Editorial Committee of the <i>MIER2015</i>	1
 Biomass Supply Chain for Renewable Heat Incentive in Thailand ..... Teeramaethin LIMWITTAYAKORN and Wongkot WONGSAPAI	3
 Analysis of Wooden Toy Manufacturing Costs Through the Application of a Time-Driven Activity-Based Costing System ..... Ramida PONGWASIT and Rungchat CHOMPU-INWAI	7
 The Use of Benchmarking to Improve the Finished Goods Inventory Management for Food and Agricultural Product Manufacturer in Thailand ..... Panitnan SITTIMOON and Rungchat CHOMPU-INWAI	15
 A Four-Legged Mobile Robot with Prismatic Joints on Spiral Footholds ..... 花島 直彦, 劉 群坡, 梶原 秀一	23
 Vibration Suppression of a Journal Bearing Using Temperature Control: A Preliminary Experiment ..... 風間 俊治, 谷村 直紀, 成田 幸仁, 花島 直彦	31
 A Framework of Accuracy Assured Machining for Smart Manufacturing ..... 寺本 孝司, ウー ドンジン, 太田 健太郎, 林 亮太	35

## 投稿論文

### ○学術論文

渡島半島西岸部せたな町の漁業方言語彙～東岸部旧楳法華村との比較の視点から .....	橋本 邦彦	41
Language Change in Media —— Stereotypes Perpetuated .....	Margit KRAUSE-ONO	53
アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の音韻論的位置付け .....	三村 竜之	59
発達障害のポジティブイメージの増減と持続に関する検討 .....	今野 博信, 前田 潤	67

CONTENTS

**Invited Papers**

**Specials : The Papers Presented at the Symposium on Mechanical Engineering, Industrial Engineering, and Robotics 2015 (MIER2015) held at Muroran, Hokkaido, Japan on 29-30 May 2015**

Preface to Specials .....	1
<i>Editorial Committee of the Specials</i>	
Biomass Supply Chain for Renewable Heat Incentive in Thailand .....	3
<i>Teeramaethin LIMWITTAYAKORN and Wongkot WONGSAPAI</i>	
Analysis of Wooden Toy Manufacturing Costs Through the Application of a Time-Driven Activity-Based Costing System .....	7
<i>Ramida PONGWASIT and Rungchat CHOMPU-INWAI</i>	
The Use of Benchmarking to Improve the Finished Goods Inventory Management for Food and Agricultural Product Manufacturer in Thailand .....	15
<i>Panitnan SITTIMOON and Rungchat CHOMPU-INWAI</i>	
A Four-Legged Mobile Robot with Prismatic Joints on Spiral Footholds .....	23
<i>Naohiko HANAJIMA, Qunpo LIU and Hidekazu KAJIWARA</i>	
Vibration Suppression of a Journal Bearing Using Temperature Control: A Preliminary Experiment .....	31
<i>Toshiharu KAZAMA, Naoki TANIMURA, Yukihiro NARITA and Naohiko HANAJIMA</i>	
A Framework of Accuracy Assured Machining for Smart Manufacturing .....	35
<i>Koji TERAMOTO, Dongjin WU, Kentaro OTA and Ryota HAYASHI</i>	

## Papers

### Article

Dialectal Words Related to Fishery in <i>Setana</i> Located in the Western Region of the <i>Oshima</i> Peninsula —— From the Viewpoint of Comparison Between the Western Region and the Eastern Region .....	41
<i>Kunihiko HASHIMOTO</i>	
Language Change in Media —— Stereotypes Perpetuated - .....	53
<i>Margit KRAUSE-ONO</i>	
Phonological Interpretation of the Voiceless Alveolar Trill in Icelandic .....	59
<i>Tatsuyuki MIMURA</i>	
A Study on Sustainable and Increase or Decrease of the Positive Image of the Developmental Disorder .....	67
<i>Hironobu KONNO and Jun MAEDA</i>	

# 特 集

**Preface to Specials : The Papers Presented at the Symposium on Mechanical Engineering - Industrial Engineering, and Robotics 2015 (MIER2015) held at Muroran, Hokkaido, Japan on 29 – 30 May 2015**

The papers in the Specials of this issue of the Memoirs of the Muroran Institute of Technology were presented at the fourth joint symposium on the Mechanical Engineering, Industrial Engineering, and Robotics 2015 (MIER2015) aimed to interchange students and academics, and to enhance research and education relationship between Muroran Institute of Technology and Chiang Mai University. The symposium is a forum to disseminate information on the recent research in mechanical engineering, industrial engineering, and robotics. The first symposium was held at Chiang Mai in Thailand on November, 2010 (Thailand-Japan International Symposium in Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Robotics 2010, TJIEME-CMU-MuroranIT-2010). The second one was at Muroran and Noboribetsu in 2012 (Joint Symposium on Mechanical-Industrial Engineering, and Robotics, MIER2012), and the third one was at Chiang Mai in 2013 (MIER2013). These symposia are held alternatively between Japan and Thailand, which are the forums to disseminate information on the recent research in Mechanical Engineering, Industrial Engineering, and Robotics. The fourth symposium was hosted by the courses of Mechanical Engineering and Robotics of Muroran Institute of Technology during 29-30 May, 2015 at Muroran, Japan.

The MIER2015 intends to improve interdisciplinary interaction; therefore, the presentations include various topics related to the mechanical engineering, industrial engineering, and robotics. The typical topics of the symposium includes: modeling and simulation of mechanical system; mechanical system design and application; manufacturing engineering and technology; industrial engineering and production management; robotics and automation; sensing and measurement; medical application and biomechanics; and energy and information technology. The papers in this section are the manuscript submitted after the symposium and have subsequently undergone the review process by multiple reviewers.

On behalf of the Organizing Committee, we highly appreciate the contributions from the authors and their co-authors. We take the opportunity to acknowledge all reviewers for taking time to review these articles. We would also like to thank the students and staff of Chiang Mai University and Muroran Institute of Technology for their thoughtful consideration and cooperation.

Editorial committee of the Specials

Dr. Toshiharu Kazama

Dr. Hideki Kawai

Dr. Koji Teramoto

Dr. Naohiko Hanajima

Dr. Hiroyuki Fujiki

Dr. Hiroki Matsumoto

Dr. Tomonori Yuasa



# Biomass Supply Chain for Renewable Heat Incentive in Thailand

Teeramaethin LIMWITTAYAKORN\* and Wongkot WONGSAPAI\*

(Received 26<sup>th</sup> October 2015, Accepted 2<sup>nd</sup> February 2016)

## Abstract

Thailand has the Renewable and Alternative Energy Development Plan for 25 percent in 10 years to identify the framework and direction of Thailand renewable energy development. That consist of 3 main sectors as follows, i.e. (i) renewable for power generation, (ii) renewable heat, and (iii) biofuel. This paper choose to study heat sector. Because the actual renewable heat used did not reach the target. To consider the RHI should be analyzed the whole supply chain because each step of the chain has an impact to cost to calculate the appropriate financial support. The study case of 50 kW power plant using biomass gasification technology is carried out. This research has been done by using Chiang Mai University – Sri Bua Ban located in Lumphun province as a sample model. In this case, the selected biomass is eucalyptus which is enormously planted around the province. The result found that the LCC of the supply chain is 0.46 Baht/MJ or 5 Baht/kg of pellet includes harvesting of 39%, transportation 54%, pretreatment 7%. Because energy conversion process requires just a few costs to change the system, this cost does not include in LCC. Therefore, by the economic calculation, the RHI is about 0.02 baht/MJ or 0.22 baht/kg of wood pellet.

Keywords: Biomass, Supply Chain, Renewable Heat, Incentive, Subsidy

## 1 INTRODUCTION

Thailand is an energy import country. Around 60 percent of primary commercial energy demand derived from import in 2011. Oil import took a high proportion at 80 percent of a total domestic oil consumption with increasing trend since not capable to increase domestic petroleum production to meet the demand. Substance development on energy will reduce dependency and import of oil and other energy resources, additionally help sharing the risk in providing fuel for power generation which previously depended on natural gas at over 70 percent. Renewable energy would be counted as target fuel expected to significantly substitute natural gas for power generation.

The Alternative Energy Development Plan (AEDP) consists of three main sections as follows, i.e. (i) renewable for power generation, (ii) renewable heat, and (iii) biofuel. While the subsidy program in biofuel production and power generation have been started for years, but the renewable heat incentives are still in limit and focus in only small solar water heater programs. Hence, the renewable heat figures compared to AEDP are still far behind the plan, as presented in Table 1.

According to this situation, the promoting of renewable heat schemes is necessary and the start of Renewable Heat Incentive (RHI) in Thailand to promote the renewable energy use such as waste, biomass, biogas and solar to replace the fossil fuel such as LPG, LNG, oil and coal in thermal utilization is strongly required. This leads to the study of the RHI program in Thailand.

Table 1 Performance of renewable heat compared to AEDP Target (as 2013)

Types of energy	Unit*	Target in 2021	2013	2014 (Q1-Q3)**	Success Rate in 2013(%)
Heat	ktoe	9,800	5,279	4,368	53.87
Solar	ktoe	100	4.54	4.9	4.54
Biomass	ktoe	8,500	4,694	3,929	55.22
Biogas	ktoe	1,000	495	361	49.5
MSW	ktoe	200	85	73.5	42.50

\*ktoe = kilo tonne of oil equivalent

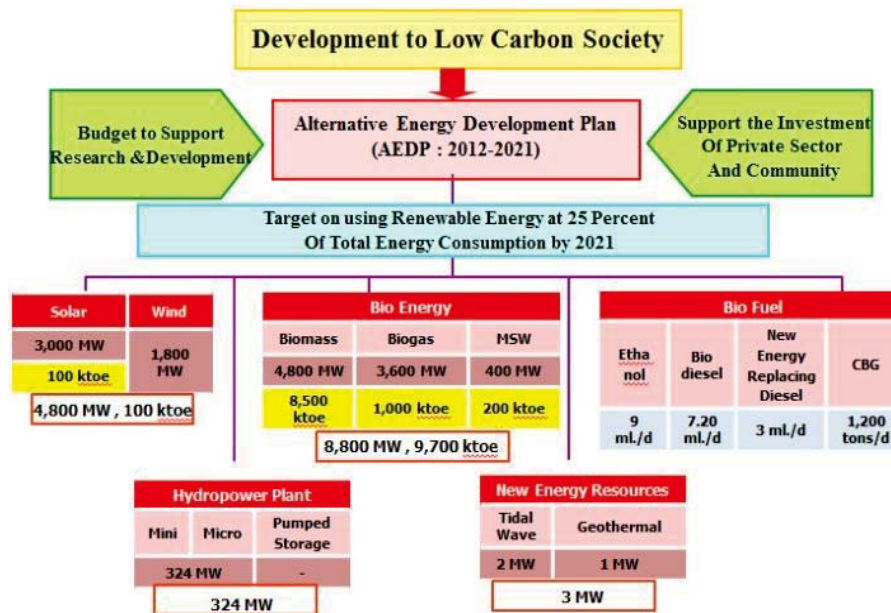
\*\*Q1-Q3 = quarter1 to quarter3

## 2 METHODS

### 2.1 Biomass for Heat Supply Chain Modeling

In this study, a biomass heat supply chain is comprised of four main components of harvesting and collection,

\*Department of mechanical engineering,  
Faculty of Engineering, Chiang Mai University



Source: Department of Alternative Energy Development and Efficiency

Fig. 1 Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021



Fig. 2 Biomass for Heat Supply Chain Management

pre-treatment, transport and heat conversion as shown in Fig. 2

#### 2.1.1 Fast-growing wood plantation

Fast-growing wood can grow in many soil types such as watercourses, flood plains, dry forest types, semi-arid areas and long term arid. Furthermore, it can survive in acidic or sandy alluvial soils with precipitation less than 650 mm/yr. Only limestone soil condition cannot be tolerated to the fast growing wood. The mature tree height can be up to 24-26 m tall with 1-2 m diameter at 40% relative humidity the heating value of dry wood is  $10.9 \text{ MJ/kg}$  (eucalyptus wood chip) <sup>(2)</sup>

#### 2.1.2 Transportation

The transportation of biomass from Lamphun was mainly done by truck-based transportation. An average fuel cost for fully-loaded transportation consumption was  $0.0180 \text{ litres/tkm}$  while an average fuel consumption for non-loaded transportation was  $0.2133 \text{ litres/tkm}$ . The maximize capacity of fast-growing transportation was 8 kg per transportation vehicle

#### 2.1.3 Conversion

To maximize the efficiency of the total combustion,

the fuel wood conversion was carried out to reduce the size of biomass which was not less than 5 cm in diameter and not more than 10 cm in length.

#### 2.1.4 Heat to Power Generation

The electricity power was generated by a steam turbine power plant. Mechanical power is produced by a heat engine that transforms thermal energy which flow from a high temperature sources to low temperature sources. All thermal power plants produce heat provided by biomass as a by product of the useful electrical energy produced. Steam turbine power plants operate on a Rankine cycle show in Fig. 3.

The main components of a steam turbine power plant are 1) Boiler 2) Steam Turbine 3) Generator 4) Condenser and 5) Boiler Feed Pump. The steam is created by a boiler, where pure water passes through a series of tubes to capture heat normally provided by burning fossil fuel or in this case, the biomass. The superheated steam leaving the boiler then enters the steam turbine throttle, where it powers the turbine and connected generator to make electricity.

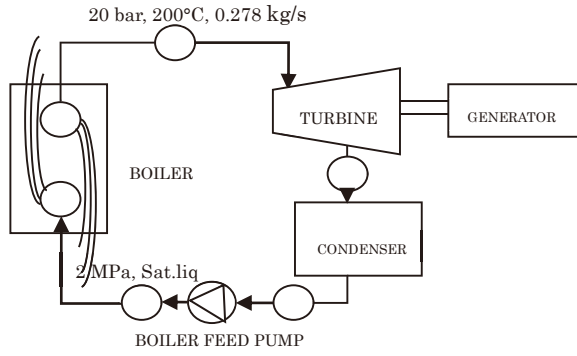


Fig. 3 Steam turbine power plants

## 2.2 Life Cycle Costing

Life cycle costing analysis involve the economic evaluation technique that determines the total cost of owning and operating a production facility over period of time by using Life Cycle Cost Analysis (LCCA).

$$LCC = C_C + C_{O\&M} + C_F - S$$

Where:  $C_C$  = The capital cost (Baht)  
 $C_{O\&M}$  = Operation and Maintenance Cost  
 $C_F$  = Fuel Cost  
 $S$  = Savage Value

This research was conducted to examined the following hypotheses of the Biomass Generation

- The electricity peak demand of the area is *50 kWe*.
- The generator operation period is *7,008 hour/yrs*.
- Fuel wood less than 5 cm in diameter and not more than 10 cm in length.
- Wood production *30.8 tons/Rai*.
- Relative humidity of the harvested fuel wood *60 %*.
- Relative humidity of the fuel wood before power generation *40 %*.
- At 40% relative humidity the heating value of dry wood is *10.9 MJ/kg*.
- Overall efficiency from fuel wood combustion to the boiler feed pump *80 %*.
- The annual power generation is *350,400 kWh*.

Details of the above production costs of the biomass generation system can be present as 4 separate factors.

### 1. The Capital Cost ( $C_C$ )

The capital cost includes the initial capital expense of a project. The costs are expressed as annual expenses incurred at the end of each year and determine by the formula:

$$C_C = P \left[ \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \right]$$

where:  $N$  = Number of years  
 $P$  = Production cost (Baht)  
 $i$  = Discount Rate % / year

## 2. Operation and Maintenance Cost ( $C_{O\&M}$ )

The sum of all yearly scheduled operation and maintenance costs (O&M). O&M usually assign as 20 percent of capital cost and determine by the formula:

$$PW = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{F_0(1+e)^t}{(1+i)^t}$$

where:  $PW$  = Present value of the project (Baht)  
 $F_t$  = Production cost at the  $t$  year,  $t = 1, 2, 3, \dots, n$   
 $F_0$  = Production cost at the present year  
 $e$  = Escalation rate  
 $n$  = Project period (year)

## 3. Fuel Cost ( $C_F$ )

The calculation is as same as O&M cost. The energy cost of a system is the sum of the yearly fuel cost.

## 4. The Salvage Value ( $S$ )

Salvage value is the net worth cost value at the end of the production system as the net worth in the final year of the life-cycle period. The salvage value rate is 10 % of the original cost by calculate the salvage value and subtract with the production cost in each year by the formula:

$$S = \frac{S_n}{(1+i)^n} \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

where:  $S$  = Salvage value in each year (Baht/year)  
 $S_n$  = Salvage value at the  $n$  year  
 $i$  = Discount Rate % / year  
 $n$  = Project period (year)

## 2.3 Renewable Heat Incentive

The economic assumptions for RHI in this study are as follows.

- Debt to Equity Ratio (D/E) varies from 50:50, 60:40, 70:30 and 80:20,

- Minimum Loan Rate (MLR) consists of 4 major banks; i.e. Bangkok Bank, Krungthai Bank, Kasikorn Bank and The Siam commercial Bank, at 7% per year,
- Repayment period of debt 8 years,
- The depreciation rate is linear,
- The internal rate of return (IRR) varies from 10% 12% and 15%,
- Project duration is 10 years.
- RHI can be calculated from the equation below.

$$RHI = \frac{FC + \sum_{n=0}^N \frac{VC}{(1+i)^n}}{\sum_{n=0}^N \frac{I}{(1+i)^n}}$$

FC = Project fix investment cost, Bath

VC = Annual variable cost, Bath/year (calculate by sum of operation and maintenance cost, fuel cost, depreciation cost and lending rate)

I = Annual income from the benefit, Bath/year (calculate by the expected IRR above)

i = Discount Rate

N = Project life time

### 3. Result and Discussion

#### 3.1 Production Cost of the Biomass for Heat

Production costs in each year of the biomass for heat can be calculated using Life Cycle Cost Analysis (LCCA) to determine the cost per unit of heat production compare with the production cost of the transmission line. The production costs per unit along the life-span of the production system were converted to the present currency rate. The results were shown in Table 2.

Table 2. Life cycle costing along the total project period(Baht/MJ)

Processes	Costs	Percentage
Plantation	0.18	38.62%
Transportation	0.25	54.18%
Conversion	0.03	7.20%
Heat Production	0.00	0.00%
Total	0.46	100.00%

#### 3.2 Renewable Heat Incentive (RHI)

From the result in table 2, extent the LCC percentage to project the whole country heat needs that is 19,392,122,458.66 MJ and calculate the RHI by the economic calculation. We found that the government should support RHI about 0.02 baht/MJ or 0.22 baht/kg of pellet.

### 4 CONCLUTIONS

From the survey and calculation, LCC of the biomass to heat supply chain is 0.46 Baht/MJ or 5 Baht/kg of pellet includes harvesting of 39%, transportation 54%, pretreatment 7%. Because energy conversion process requires just a few costs to change the system, this cost does not include in LCC. Therefore, the RHI is about 0.02 baht/MJ or 0.22 baht/kg of wood pellet.

### ACKNOWLEDGMENT

We would like to acknowledge to Energy Technology for Environmental Research Center, Faculty of Engineering, Chiang Mai University for supporting and facilitating me both budget and transportation to be participated in the conference.

### REFERENCES

- (1) Information of Chiang Mai University Campus at Lamphun Province. [Online], Available:<http://planning.oop.cmu.ac.th/web2004/MasterPlan/inind.html>
- (2) Asia Institute of Technology, 1996, 2nd Regional Training on Wood Energy Planning, Volume 1, AIT, p.25
- (3) International Organization for Standard, ISO14040, First edition, 1997
- (4) Electricity Generating Authority of Thailand(EGAT), Annual Report, 2008
- (5) Energy for Environment Foundation (efe), Information on <http://www.efe.or.th/efe-book.php?task=25>

# Analysis of Wooden Toy Manufacturing Costs Through the Application of a Time-Driven Activity-Based Costing System

Ramida PONGWASIT\* and Rungchat CHOMPU-INWAI\*

(Received 26<sup>th</sup> October 2015, Accepted 2<sup>nd</sup> February 2016)

## Abstract

The case study company, which manufactures wooden toys, encounters problems when fixing its product prices, since its experienced owners tend to dictate the prices of all the products, yet do not have available the appropriate product price and cost data. Currently, the company's product costs are calculated using traditional accounting methods, but these are unable to accurately record the costs associated with the resources used and activities that occur during manufacture. Furthermore, when the case study company changes any of the resources used to make its products, it is not able to adjust prices accordingly. The objectives of this study were to analyze the manufacturing costs incurred at the case study company using Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC). The research began by collecting data related to the current production costs of the highest selling product (draughts sets). TDABC requires estimates to be made of two key parameters: (1) the unit cost of supplying capacity, and (2) the time required to perform a transaction or an activity. The next stage in the research involved analyzing costs using the TDABC steps. The results showed that applying the TDABC method to product costing is more consistent with the actual use of resources at the case study company than when using traditional costing methods. The study company, therefore, has the potential to use this method to more accurately determine the appropriate prices for its products. In addition, the study identified those activity centers mostly related to manufacturing costs. Based on this information, and as part of any future research, it will be possible to identify and implement the methods or guidelines needed to reduce these costs.

Keywords: Manufacturing costs, Time-Driven Activity-Based Costing, Wooden toys

## 1 INTRODUCTION

Due to today's increasingly competitive market conditions, consumers have more choice when deciding to purchase a product or service, and so to stay competitive, businesses need to adapt accordingly. Manufacturing costs have also increased in recent years due to increases in the costs of raw materials and those services bought-in from other companies, as well as increases in staff wages. However, to raise the price of a good raises the risk of losing customers to other businesses offering lower prices and so losing market position, as well as losing the ability to compete.

If the selling price for products is either too low or too high, it will impact upon the ability of a company to generate a profit, and losses may even be experienced. Therefore, it is important for companies to produce accurate cost estimates, so that they can sell at an optimal price, as well as understand where the manufacturing process needs to be optimized.

The case study company manufactures wooden toys, but encounters problems when fixing its product prices, since its owners, although experienced, tend to dictate price levels, yet do not have available the appropriate product price and cost data. Currently, product costs are calculated through the use of the company's traditional accounting methods, and these methods are unable to accurately record the costs associated with resources

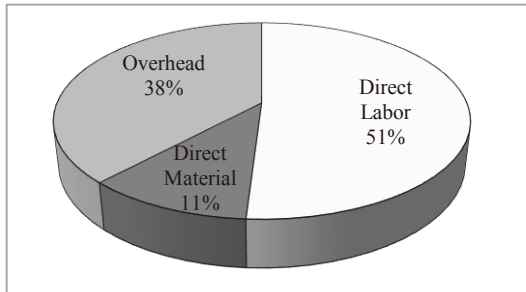
---

\* Department of Industrial Engineering,  
Faculty of Engineering, Chiang Mai University



and activities. Furthermore, when the case study company changes any of the resources it uses to make a product, it cannot adjust its prices accordingly.

Data from interviews held with the business owners shows that the production costs for wooden toys in 2013 included a direct labor cost of 51%, production overheads of 38% and direct materials costs of 11%, as shown in Figure 1.



**Figure 1** Production costs for the case study company; broken down by direct labor, direct materials and manufacturing overhead costs for 2013.

Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) has been applied across many organizations and is known for its variety of potential uses and its precise results. Applying TDABC ensures product costs are more accurate and consistent with a company's resources use patterns, since the method is mainly based on actual activities and recognizes that activities consume production resources. The objectives of this study were to identify and analyze manufacturing costs at the case study company using TDABC. The study company has the potential to use the results of this study to better determine the prices of its products. This will also make it possible for the company to identify which products generate the most profit. Furthermore, once the company has analyzed its product costs using TDABC, it will be able to develop the methods and guidelines needed to reduce manufacturing costs.

## 2 TDABC: CONCEPT AND APPLICATIONS

This section will discuss the theory and relevant research related to TDABC.

### 2.1 Principles of the costing systems

The basic principles of the costing systems are as follows:

#### 2.1.1 Definition and meanings of cost

Cost is the value of resources, measured in economic terms, used to produce the product or service<sup>(1)</sup>. There are three types of cost: direct materials, direct labor and overhead costs. By calculating the costs of the direct materials and direct labor costs used in a production process, we can determine these costs associated with producing the product or service. However, overhead costs cannot be identified directly in relation to a good

or service, and this can lead to the calculation of production costs not matching with the actual costs<sup>(2)</sup>.

#### 2.1.2 Activity-Based Costing (ABC)

The ABC costing method is mainly based on actual activities and recognizes that activities consume production resources. The direct materials and direct labor costs can be allocated into a product or service directly. The overhead costs, on the other hand, are determined based on the allocation of the costs of resources used in activities based on criteria or drivers relevant to those activities. Therefore, the costs of products or services that use up a large amount of activities will be higher than for those products or services that do not<sup>(3)</sup>.

#### 2.1.3 Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC)

TDABC method has been developed from the traditional ABC method which requires significant processing in data collection and cost allocation. The TDABC method uses time as criteria or key measurement variable for the allocation of costs, because all costs involve time<sup>(4)</sup>. TDABC requires estimates to be made of two key parameters: (1) the unit cost of supplying capacity, and (2) the time required to perform a transaction or an activity. The TDABC method can then be used to produce results quickly. It can also be easily modified to incorporate other approaches. The cost calculation methods used by TDABC reflect the use of a variety of time equations to determine production and consumption behaviors, providing more accurate costs than conventional methods. However, it should be noted that TDABC is not as accurate as ABC.

### 2.2 Comparison between ABC and TDABC

TDABC is unlike ABC, since ABC gathers together the total cost of all the activities before allocating these to the products being produced based on cost driver volumes. In contrast, when using TDABC, the capacity cost rate is determined first, then multiply this by the cost driver for each individual activity, meaning the cost of each activity can be clearly seen<sup>(5)</sup>. TDABC uses a simple calculation with only two important variables included: the capacity cost rate and the actual time spent on each process<sup>(6)</sup>. The list below describes what advantages TDABC has over ABC<sup>(4)</sup>:

1. It is able to be used easily and quickly.
2. It is able to be applied with and work alongside a company's own information systems (such as ERP and customer relationship management systems).
3. It can be applied using more than one cost driver for transactions and purchase orders.
4. It can be applied more frequently (e.g. monthly).
5. It is able to provide information on process efficiency and capacity utilization.

6. It can be applied in planning capacity and budgeting activities.
7. It can be used by different industries, including those with complex processes, systems or organizational structures.

The researchers for this study were able to identify these advantages when using TDABC, since the case study company has a highly complex and sophisticated manufacturing process, so to collect the in-depth information needed to apply the ABC method would have been very difficult, using up a lot of time and money. It would also have been difficult to choose the variety of cost-drivers suitable for the calculation of costs for each activity.

### 2.3 The application of TDABC

TDABC has been used in many organizations and has been acknowledged for its wide variety of potential uses and precise results. One example of its use comes from the Belgian Logistics Company <sup>(5)</sup>, which applied TDABC because it saw that though its gross margins were fixed and sales were growing, the overall return on sales was decreasing. This loss in profit caused the management team to demand that the company measure costs and profits more accurately. As a result, the company implemented TDABC and was able to identify the time spent on specific activities and the causes of this, plus why transportation costs were so high (the team found the company was delivering many small parcels to many separate delivery points). After reducing the number of parcel deliveries and delivery points, profits increased. The information provided by TDABC was also used to set the customer fees. The study concluded that TDABC could collect complex time-based activity details covering all 7,000 of the company's customers, and that this would allow the company to respond to the needs of each customer's individual logistics requirements. Moreover, this information could be relied upon <sup>(4)</sup>.

Another study of a US dairy production factory also made similar findings related to TDABC <sup>(7)</sup>. This study concluded that the time equation used by the TDABC system can help predict time spent on specific activities; even in light of the varying specifications required by each order, and so improve reliability. TDABC time equation is able to incorporate all relevant limitations within a single equation. Such restrictions, those which appear in the TDABC timing equation, cannot be considered within ABC <sup>(7)</sup>. As many companies wish to minimize their operating costs, so it is essential they are able to understand the actual cost of producing their products, and TDABC can help in this respect <sup>(4)</sup>. Some companies have even applied TDABC in support of a growth strategy, as it enhances their ability to generate a profit by first measuring costs and profits accurately <sup>(8)</sup>.

A review of the literature and previous research

relating to TDABC shows that both the TDABC and ABC methodologies have advantages and disadvantages. The choice of which system to use should be based on which method a company thinks will be most fit for purpose.

## 3 INFORMATION OF THE CASE STUDY COMPANY

The case study company consists of a factory housed in a two-story building. The front is open-ended, for drying wood, while the first floor is the production area and the second floor is a warehouse. The company was first established in September 1981, and was registered as a limited company on 13<sup>th</sup> January 2011 with registered capital of one million Baht. The business started as a small manufacturing business with about 50 employees; three in the management team and 47 skilled laborers. The company's products include 500 different wooden toys and games made from the 'rain tree', as shown in Figure 2. These products include games such as Draughts, Tangram, Jenga and Chinese checkers, and a Notched stick game. Production of each of these products involves a different process, with the complexity varying based on the labor and machine requirements. The different stages include oven-drying/external drying of the fresh wood, then sawing, scooping, inspecting, polishing and packaging the product. Multiple products are sold, both in Thailand and abroad, such as in the United States.



**Figure 2** Wooden toys produced by the case study company

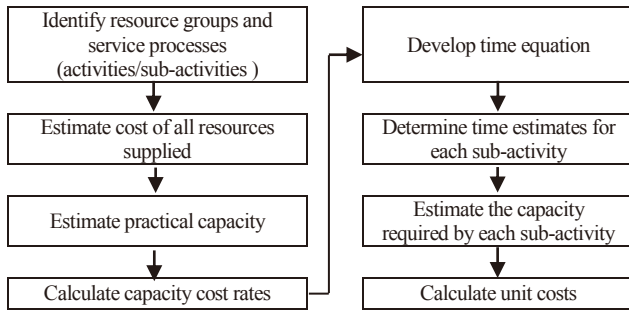
The company's management lacks a good level of knowledge and understanding of many aspects of a modern manufacturing management system. The main problem is the lack of knowledge that exists on the actual production costs incurred by the company, as costs are estimated based on the judgment and experience of the owners.

## 4 RESEARCH METHODOLOGY AND RESULTS

This research started by collecting data related to orders, receipts and disbursement slips from within the case study company. Observations were made and data collected from actual work stations. Forms were

prepared and data were recorded in relation to the consumption and cost of raw materials, labor costs, and manufacturing overhead costs, as well as production volumes. The data was collected in November 2014. After gathered the data, a Flow Process Chart along with a Flow Diagram were created, to provide an overview of the case study company's production processes.

To calculate costs using the TDABC method, there are eight stages to follow, as shown in Figure 3.



**Figure 3** Process used for applying TDABC <sup>(5)</sup>.

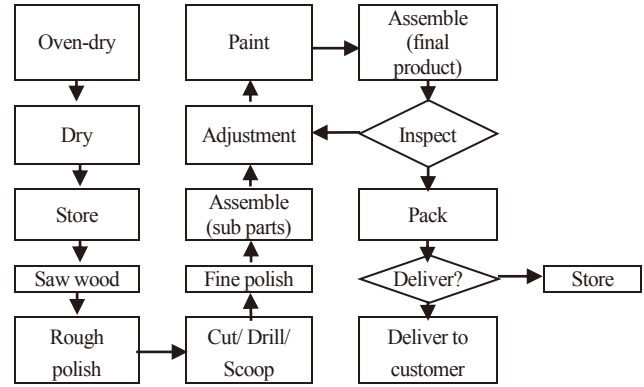
To start, production activities (activity centers/sub-activities) have to be identified. Then the estimates of the costs of all resources used and the acceptable capacity are required for the capacity cost rate calculation. To calculate the production costs, a time equation has to be created for each activity center. After that, the estimated time for each activity center also calculated. Finally, the cost per product unit is derived <sup>(5)</sup>.

The research methodology and results are as follows:

#### 4.1 Production activities used (activity centers/sub activities)

The first step taken using the TDABC method is to analyze and identify the manufacturing activities taking place, in order to understand their scope and the specific sequence of events taking place, because all activities vary but have a purpose.

In the case study company, the first step in the manufacturing process is oven-drying the wood and adding insect repellent. The wood is then left to dry before being stored in the warehouse. After that, the wood is reduced in size through sawing, before being sanded to get rid of any coarse grain, knots or holes, as required for making the product. The wood is then lightly polished to give it a smooth surface. After that, the product is assembled from the different parts and then painted, to create the finished product. The products are then closely inspected before being packed. The packed products are then either transferred to the warehouse or dispatched to the customer. This process is shown in Figure 4.



**Figure 4** Production process at the case study company

For this study, the researchers calculated the production cost of making draughts, as it is the company's highest selling item. The production of this product can be divided into three activity centers, as follows:

1. For the wood preparation activity center, the raw materials are taken from the warehouse and oven-dried, then after cooling are laid outside to dry, before being returned to the warehouse for storage.
2. For the wood processing activity center, the wood is taken out of storage to be sawed, after which it undergoes rough polishing, then is cut, drilled and has holes punched in it. It is then fine polished using sandpaper.
3. For the retail packaging and delivery activity center, the polished wood sub-parts are assembled together, then decorated using paint; for example, the board game pieces and draughts pieces. The final product is then assembled and inspected, before being packed in a sealed bag and left to dry. It is then stored in a holding area prior to delivery.

This paper explains in details on how to apply the TDABC method for the cost calculation in activity center 1—wood preparation only. The same TDABC process also applies within activity centers 2 and 3. The activity center 1—wood preparation process consists of six sub-activities: (i) employees transfer the wood from storage to the oven, (ii) wood is placed in the oven and oven-dried for 24 days, (iii) wood is allowed to cool and then employees transfer the wood from the oven to the drying area, (iv) wood is dried for another seven days, (v) employees transfer the wood from the drying area to the store, and (vi) wood is stored in the warehouse (post-drying).

#### 4.2 Estimated total cost of the resources used (cost of all resources supplied)

If the resources used all fall under the same activity, costs can be allocated directly to that activity. However, if resources are used for several activities, an allocation

method based on the appropriate cost-driver has to be used. In this study, the researchers allocated resources based on the types of resource used for each activity, these being divided into two groups: (i) labor costs, and (ii) the cost of equipment, machinery, and other equipment. Details of the costs incurred in each study sub-activity (activity center 1–wood preparation) are as follows:

1. Transporting the wood from the warehouse to the oven: Requires three employees at a cost of 7,644 Baht each per month, giving a total of 22,932 Baht. However, the sub-activities for taking the wood to the drying area and taking the wood back at the warehouse use the same amount of labor and work resources, so the average cost of all these activities is 7,644 Baht per each sub-activity per month. Two vehicles incur depreciation and maintenance costs at 176 Baht each per month, giving a total of 352 Baht per month. This means the total cost of this sub-activity is 7,996 Baht per month.

2. Drying the wood in an oven for 24 days and switching the oven on and off: This step requires one employee at a cost of 7,644 Baht per month. Since this one employee handles three sub-activities, including setting-up the oven, drying and storage after drying, and as these take up an equal amount of time, so the average is 2,548 Baht per month per sub-activity. Depreciation of the oven is 1,666.67 Baht per month and the electricity costs are 20,000 Baht per month. This gives a total cost for this sub-activity of 24,214.67 Baht per month.

3. Transferring the wood from the oven to the drying area for drying: The calculation process for this is the same as for taking the wood from the warehouse to the oven. The total cost of this activity is; therefore, 7,996 Baht per month.

4. Drying the wood for another seven days: This stage involves one employee at a cost of 7,644 Baht. Since this one employee handles three sub-activities, including setting-up the oven, drying and taking the wood into storage after drying, and that each of these activities take an equal amount of time, so the average cost of each sub-activity is 2,548 Baht per month. Depreciation for the pallets amounts to 150 Baht, for the tents is 180 Baht, and for the plastic sheet covers is 570 Baht per month. This gives a total monthly cost for this activity of 3,448 Baht.

5. Transferring the wood (after drying) from the drying area to the store: The calculation process for this stage is the same as for taking wood from the warehouse to the oven, but with use of only one vehicle. As a result, the total cost for this activity is 7,820 Baht per month.

6. Storing wood in the warehouse: The labor cost for the one employee used during this stage is 7,644 Baht per month. Since this one employee handles three sub-activities; setting-up the oven, drying and storing the wood after drying, and because all these activities

take a similar amount of time, so the average cost per sub-activity is 2,548 Baht. With the additional use of chemicals at 138.65 Baht per month, this gives a total monthly cost of 2,686.65 Baht.

The estimated costs of all the resources used in each of the sub-activities described above are summarized in Table 1.

**Table 1** Labor, equipment, machinery and other equipment costs within the wood preparation activity center (unit: Baht/month)

No.	Sub-Activities	Labor costs	Overheads	Cost of all resources supplied
1	Transfer the wood from storage to the oven	7,644.00	352.00	7,996.00
2	Oven-dry the wood	2,548.00	21,666.67	24,214.67
3	Transfer the wood from the oven to the drying area	7,644.00	352.00	7,996.00
4	Dry the wood	2,548.00	900.00	3,448.00
5	Transfer the wood from the drying area to the store	7,644.00	176.00	7,820.00
6	Store the wood	2,548.00	138.65	2,686.65
<b>Total</b>		<b>30,576.00</b>	<b>23,585.32</b>	<b>54,161.32</b>

### 4.3 Estimated acceptable capacity (practical capacity)

The factory's working hours are Monday to Saturday, 8 a.m. to 5 p.m. The four employees work an average of eight hours a day, for 26 days a month. Deductions for breaks, training and maintenance up to 10% of these working hours, meaning employees have an acceptable capacity of 11,232 minutes each per month.

### 4.4 Calculation of the capacity cost rates

The capacity cost rate (Baht per minute) can be obtained using the following equation (1).

$$\text{Capacity cost rate} = \frac{\text{Cost of all resources supplied}}{\text{Practical capacity}} \quad (1)$$

As an example for using this equation, for sub-activity collecting the wood from the warehouse and transferring it to the oven, the capacity cost rate is 7,996 Baht/11,232 minute, or 0.71 Baht per minute. Table 2 gives a summary of the capacity cost rate of each sub-activity within the wood preparation activity center.

### 4.5 Development of activity center time equation

TDABC time equation is able to incorporate all the time needed to undertake all sub-activities in each activity center within a single equation <sup>(5)</sup>, and the mathematical model used to establish TDABC time equation is shown below <sup>(9)</sup>:

$$T_t = \beta_0 + \beta_i X_i \quad (2)$$



where

$T_t$  = the time needed to perform an activity (minute).

$\beta_0$  = the standard time to perform the basic activity (minute).

$\beta_i$  = the estimated time to perform the incremental activity (minute).

$X_i$  = the quantity of the incremental activity (time).

**Table 2** Capacity cost rate of each sub-activity for the wood preparation activity center

No.	Sub-Activities	Cost of all resources supplied (฿/month) [1]	Practical capacity (min/month) [2]	Capacity cost rate (฿/min) [1]/[2]=[3]
1	Transfer wood from storage to the oven	7,996.00	11,232.00	0.71
2	Oven-dry the wood	24,214.67	11,232.00	2.16
3	Transfer the wood from the oven to the drying area	7,996.00	11,232.00	0.71
4	Dry the wood	3,448.00	10,080.00	0.34
5	Transfer the wood from the drying area to the store	7,820.00	11,232.00	0.70
6	Store the wood	2,686.65	3,744.00	0.72
<b>Total</b>		<b>54,161.32</b>	<b>58,752.00</b>	

#### 4.6. Determination of the estimated time for each activity

A time equation is needed to be developed to calculate the estimated production time. The estimated time for each activity was determined based on the Motion and Time study principles. For example, the average time taken for the transfer of wood from the warehouse to the ovens was found to be 24.15 minutes per round. This figure was then multiplied by the relevant variables or cost-drivers to develop the time equation, as shown in Table 3. Each variable in the time equation is defined in Table 4.

**Table 3** Time equations for sub-activities of the wood preparation activity center

No.	Sub-Activities	Time equations
1	Transfer wood from storage to the oven	$24.15X_1$
2	Oven-dry the wood	$10X_2+10,368X_3+10X_4+60X_5$
3	Transfer the wood from the oven to the drying area	$23.03X_6$
4	Dry the wood	$10,080X_7$
5	Transfer the wood from the drying area to the store	$22.25X_8$
6	Store the wood	$0.57X_9$

From Table 3, the time equation for the wood preparation activity center was developed as shown in Equation (3)

$$T_{\text{wood preparation activity center}} = 24.15X_1 + 10X_2 + 10,368X_3 + 10X_4 + 60X_5 + 23.03X_6 + 10,080X_7 + 22.25X_8 + 0.57X_9 \quad (3)$$

#### 4.7 Estimated capacity required by each activity center

The estimated capacity required by each activity was determined by quantifying the frequency of the activity in a month. By multiplying the amount of a given activity by the time spent doing it, one could calculate the total time spent on the activity. The volumes of cost-drivers for the wood preparation activity center are summarized in Table 4.

**Table 4** Volume of cost-drivers for the wood preparation activity center (unit: Quantity/month)

Var.	Driver	Quantity/month
$X_1$	Transfer wood from storage to the oven (rounds)	200
$X_2$	Number of ovens operating (frequency/month)	2
$X_3$	Oven-dry the wood (frequency/month)	1
$X_4$	Number of ovens not operating (frequency/month)	2
$X_5$	Waiting periods (frequency/month)	1
$X_6$	Transfer the wood from the oven to the drying area (rounds)	160
$X_7$	Dry the wood (frequency/month)	1
$X_8$	Transfer the wood from the drying area to the store (rounds)	160
$X_9$	Store the wood (amount of wood)	4,000

The actual time spent on this activity center per month was determined by substituting the volume of cost-drivers from Table 4 into Equation (3), as shown below.

$$\begin{aligned} \text{The actual time spent} &= (24.15 \times 200) + (10 \times 2) + (10,368 \times 1) + (10 \times 2) + (60 \times 1) + (23.03 \times 160) + (10,080 \times 1) + (22.25 \times 160) + (0.57 \times 4,000) \\ &= 34,902.80 \text{ minutes.} \end{aligned}$$

The total time for the transfer of wood from the warehouse to the oven in one month can be represented by  $X_1$  equals 200 in  $24.15X_1$ , so that  $24.15 \times 200 = 4,830$  minutes. When multiplied by the capacity cost of 0.71 Baht per minute, it can be determined that the total production cost of this activity comes out as 3,429.30 Baht per month. Based on the same approach, the total production costs for each of the wood preparation sub-activities are shown in Table 5. This shows that the total production cost for the wood preparation activity center is 36,217.19 Baht per month.



**Table 5** Elapsed times and total production costs for the wood preparation sub-activities

No.	Sub-Activities	Used time (min)	Capacity cost rate (฿/min)	Total cost (฿/month)
1	Transfer of wood from storage to the oven	4,830.00	0.71	3,429.30
2	Oven-dry the wood	10,468.00	2.16	22,610.88
3	Transfer the wood from the oven to the drying area	3,684.80	0.71	2,616.21
4	Dry the wood	10,080.00	0.34	3,427.20
5	Transfer the wood from the drying area to the store	3,560.00	0.70	2,492.00
6	Store the wood	2,280.00	0.72	1,641.60
<b>Total</b>		<b>34,902.80</b>		<b>36,217.19</b>

Calculated in the same way, the total production cost for the wood processing activity center is 89,313.87 Baht, and the total production cost for the retail packaging and delivery activity center is 164,457.21 Baht.

After the time equations for the wood processing activity center and the retail packaging and delivery activity center were created. The time equation to calculate the total time spent in the production of the draughts product is presented in Equation (4), as shown below.

$$\begin{aligned}
 T_{\text{production of Draughts}} = & 24.15X_1 + 10X_2 + 10,368X_3 \\
 & + 10X_4 + 60X_5 + 23.03X_6 + 10,080X_7 \\
 & + 22.25X_8 + 0.57X_9 + X_{10} + 0.3X_{11} \\
 & + 1.14X_{12} + 0.45X_{13} + 2.05X_{14} + 0.34X_{15} \\
 & + 0.48X_{16} + X_{17} + 1.01X_{18} + 0.53X_{19} \\
 & + 0.38X_{20} + 2.03X_{21} + 1.57X_{22} + 0.58X_{23} \\
 & + 1.48X_{24} + 2.54X_{25} + 1X_{26} + 1.22X_{27} \\
 & + 0.1X_{28} + 0.2X_{29} + 1.03X_{30} + 4.42X_{31} \\
 & + 4.05X_{32}
 \end{aligned} \quad (4)$$

#### 4.8 Calculation of cost per product unit (unit cost)

The total cost of production can be obtained from the equation below:

$$\begin{aligned}
 \text{Total cost of production} = & \text{cost of direct materials} \\
 & + \text{cost of direct labor} \\
 & + \text{cost of manufacturing overheads}
 \end{aligned} \quad (5)$$

This process is explored in more detail below.

##### 4.8.1 Cost of direct materials

A rain tree of 7,500 cubic centimeters costs 115 Baht a piece. A set of draughts pieces requires the use of 27.65 cubic centimeters of wood, the wooden board uses 202.80 cubic centimeters, and the wooden cover requires 196.75 cubic centimeters. So, one complete draughts set uses a total of 427.20 cubic centimeters of wood, meaning the cost is  $(115/7,500) \times 427.20 = 6.55$  Baht per unit.

##### 4.8.2 Cost of direct labor and manufacturing overheads

The direct labor and manufacturing overhead costs incurred for producing a draughts set, using the TDABC method to calculate for each activity center, are as follows:

1. Since the wood preparation activity could not be allocated directly to each product because it is batch produced, the total production cost had to be allocated across all products at an equal rate. The number of all products manufactured in November 2014 was 12,000, and the total production costs of the wood preparation activity center were 36,217.19, leading to a figure of  $36,217.19/12,000$ , or 3.02 Baht per unit.

2. As with the wood processing activity center, the packaging and delivery activity center costs were divided by the number of draughts sets produced. The total number of draughts sets produced in November 2014 was 4,000. The total cost of the wood processing activity center and the packaging and delivery activity center costs was  $89,313.87 + 164,457.21$ , or 253,771.08 Baht. The unit cost for these two activity centers, was  $253,771.08/4,000$ , or 63.44 Baht per unit.

Thus, the direct unit labor costs and manufacturing overheads for producing draughts sets is  $3.02 + 63.44 = 66.46$  Baht per unit.

##### 4.8.3 Manufacturing cost per unit

Further to sections 4.8.1 and 4.8.2, we can conclude that the draughts production costs per unit (or set) is equal to  $6.55 + 66.46$ , or 73.01 Baht per unit.

##### 4.8.4 Product unit cost

The sales costs account for 10% of production costs, or equivalent to 7.30 Baht. Thus, the unit cost of each draughts set is  $73.01 + 7.30$ , or 80.31 Baht.

The current price charged by the company for a draughts set is 85 Baht. Thus, the company's earnings per draught set are a mere 4.69 Baht.

## 5 CONCLUSION AND DISCUSSION

From the above data, it can be seen that the profit earned by the study company from selling draughts sets is very small; at just 4.69 Baht per unit. This figure is so low that the company is highly vulnerable to changes in the costs of resources or production factors such as labor and raw materials. By raising the sales price, the company's immediate problem may be solved, but this raises the risk of losing customers and lowering the company's ability to compete. As a result, the researchers have proposed ways to reduce production costs based on the analysis of capacity utilization; in order to increase production capacity and decrease unit costs. An example of how this might be done for the wood preparation activity center is described in Table 6.

**Table 6** Analysis of capacity utilization in the wood preparation activity center

No.	Sub-Activities	Practical capacity (min/month) [1]	Used time (min) [2]	Un-used capacity (min) [3]=[1]-[2]	Capacity cost rate (฿/min) [4]	Loss of manufacturing costs (฿) [3]×[4]
1	Transfer of wood from storage to the oven	11,232.00	4,830.00	6,402.00	0.71	4,545.42
2	Oven-dry the wood	11,232.00	10,468.00	764.00	2.16	1,650.24
3	Transfer the wood from the oven to the drying area	11,232.00	3,684.80	7,547.20	0.71	5,358.51
4	Dry the wood	10,080.00	10,080.00	0.00	0.34	0.00
5	Transfer the wood from the drying area to the store	11,232.00	3,560.00	7,672.00	0.70	5,370.40
6	Store the wood	3,744.00	2,280.00	1,464.00	0.72	1,054.08
<b>Total</b>		<b>58,752.00</b>	<b>34,902.80</b>	<b>23,849.20</b>		<b>17,978.65</b>

Having analyzed the production cost using TDABC, we have been able to identify un-used capacity; which results in waste costs, as summarized in Table 6. Table 6 shows that within the wood preparation activity center, the sub-activity ‘transferring the wood from the drying area to the store’ incurs a lot of waste, at 5,370.40 Baht. This is followed by the transfer of wood from the oven to the drying area stage, with a waste level of 5,358.51 Baht and then the transfer of wood from storage to the oven process, which incurs 4,545.42 Baht of waste. Among these three sub-activities, it was found that all the wasted costs are related to transportation. This one wood collector should be deployed on another activity, one that does not have sufficient work capacity, as this will help reduce the amount of un-used capacity.

The researchers discovered that using TDABC to identify production costs was consistent with the actual use of resources at the study company. It was found that the cost of each product is different due to the varying factors affecting the costs of producing them. Complex products take longer time to produce, and those that involve a lot of process steps tend to be high cost.

The results of this study have given the case study company a clear view on what their appropriate selling

prices should be, and have also identified those processes that take a particularly long time. The study has also shown that the company can improve the process in order to reduce costs. The analysis has highlighted which activities add value and which activities are wasteful, as well as the difficulties to be found in the manufacturing process. By improving efficiency, resource waste can be reduced, particularly by optimizing production and reducing the number of work steps. This will lead to lower costs and improve productivity, as the product costs should arise only from value added activities.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by Ball Ball Game Manufacturing Co., Ltd. The researchers would like to thank the company's employees, especially Mr. Kaneth Suwanleela (Manager) for giving the researchers access to the manufacturing information and for his support during the research. The researchers are also grateful for the financial support provided by the Research and Researcher for Industry (RRi) fund 2014, a part of the Thailand Research Fund (TRF).

## REFERENCES

- (1) Suksanguan, W., Managerial accounting (in Thai), (2003).
- (2) Supompan, W., ABC system will be used in the calculation of the product or not., Journal of Human Resource Development., (in Thai), Vol.2, No.2, (2006), p168-189.
- (3) Szychta, A., Time-Driven Activity-Based Costing in Service Industries, Sciences/ Socialinaimokslai, Vol.67, No.1, (2010), p49 - 60.
- (4) Kaplan, R.S., and Anderson, S.R., Time-Driven Activity-Based Costing: A simpler and More Powerful Path to Higher Profits., US: Harvard Business School Publishing Co., (2007).
- (5) Stout, D.E., and Propri, J.M. (2011). Implementing Time-Driven Activity-Based Costing at a Medium-Sized Electronics Company. Management Accounting Quarterly, Vol.12, No.3, (2011), p1-11.
- (6) Dewi, D.S., Mascio, R.d., and Voorthuysen E.J.v., Application of Time-Driven Activity-Based Costing to an industrial service provider, Asia Pacific Industrial Engineering & Management system Conference, (2012), p1960-1968.
- (7) Kaplan, R.S., Kamps LLC: Introduction Time-Driven Activity-Based Costing, (2005), Case.106-001.
- (8) Everaert, P., Bruggeman, W., Sarens, G., Anderson, S.R., and Levant, Y., Cost modeling in logistics using time-driven ABC: Experiences from a wholesaler, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol.38, No.3, (2008), p172-191.
- (9) Bruggeman, W., Everaert, P., Time-Driven Activity-Based Costing: Exploring the Underlying Model., Cost Management, Vol.21, No.2, (2007), p16-19.

# The Use of Benchmarking to Improve the Finished Goods Inventory Management for Food and Agricultural Product Manufacturer in Thailand

Panitnan SITTIMOON\* and Rungchat CHOMPU-INWAI\*

(Received 26<sup>th</sup> October 2015, Accepted 2<sup>nd</sup> February 2016)

## Abstract

Problems found in the management of finished products within Thailand's food and agricultural industries include a high volume of finished goods having to be distributed, yet a lack of information being exchanged among the key players. This research study; therefore, employed benchmarking techniques to assess inventory management performance at the case study company and so improve its inventory management processes. The research methodology comprised of four main steps, according to the benchmarking process introduced by Xerox Corporation, these being: planning, analysis, integration and action. A study into the finished goods inventory processes at the case study organization covered four key processes, these being: the receipt of goods, the movement of goods for storage, the transportation of goods within the warehouse, and storage itself. Indicators were developed to ascertain the best practices and to analyze how those benchmarking partners could enable such practices. The results were then employed to develop the action plans for the case study company. In total 20 indicators were used in the research study in relation to finished product management. As a result of this research, an analysis of enablers for each activity and best practice led to the development of the action plans for the case study company; for it to use to improve the processes within its warehouse management operation.

Keywords: Inventory management, Benchmarking, Food and agricultural industries

## 1 INTRODUCTION

When talking about high income-generating industries in Thailand, there is no doubt that the food and agricultural industries as a whole are among those which generate the most income <sup>(1)</sup>. Thailand's food and agricultural industries have been an important part of the Thai economy, as well as the Thai way of life which focuses on agriculture. However, nowadays, the country's competitive capability has been declining. Furthermore, since the country embraced the concept of free trade areas, organizations have needed to enhance their competitiveness, and inventory management is considered a critical element of this, one that requires

close attention. This is due to the fact that the main objective of inventory management is to create a balance between the needs of the organization and its customers <sup>(2)</sup>, plus the fact that working capital becomes a sunk cost when it is held as inventory. One problem found in the food and agricultural industries is the high levels of inventory found among finished goods, often leading to congestion within warehouses. This also impacts on the quality of food and agricultural products with a limited shelf life <sup>(3)</sup>. Additionally, according to <sup>(3)</sup>, there is lack of effective information exchange among manufacturers in Thailand's food and agricultural industries. As consequence, the Thai government is promoting industry clustering, through the creation of networks within and between industries; so as to strengthen them and enhance their process effectiveness <sup>(4)</sup>.

\* Department of Industrial Engineering,  
Faculty of Engineering, Chiang Mai University

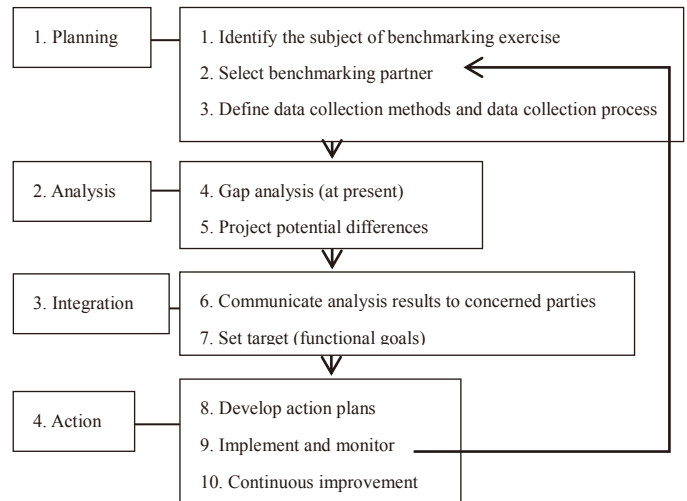
Benchmarking involves exchanging knowledge, experience and best practices between organizations, based on the concept that no one organization is good at everything, but that some organizations are better at doing things than others. Learning from other organizations' first-hand experience, and then applying this as appropriate can save time and reduce the number of operational steps required based on trial and error process <sup>(5)</sup>. Benchmarking is critical importance to management teams, as it can help improve performance effectiveness, through the selection of best practice and its application within one's own work processes. This does not reflect imitation, but rather a creation process based on learning first-hand.

According to previous research studies, benchmarking is employed in a variety of food and agricultural industries contexts; for example, benchmarking has been used in the supply chain of the food industries of Russia and Finland <sup>(6)</sup>; to examine the differences between Finnish and Russian food industry supply chains. The main objective is to find out the reasons for low productivity in Russian food. The results of the study suggest that differences in productivity can be attributed to the operating environment and the level of technology employed. Another research study <sup>(7)</sup> employed benchmarking to compare levels of participation in new product development among suppliers in the food industry in the Netherlands, using a questionnaire-based survey.

As part of this research, a study was conducted into the finished goods inventory processes of the case study company, which is a food and agricultural product manufacturer in Thailand and chiefly produces spices and processed agricultural products. Currently, the case study organization is experiencing a shortage of storage space for its finished goods, and as a result is having to rent additional warehouses. This results in higher costs and additional management processes. For this study, benchmarking was then used to improve the finished goods inventory management for the case study company. The aim was to create greater levels of knowledge sharing between it and its benchmarking partners based on the exchange of information, such as that related to operational processes. This information then used to drive related activities and to enhance management effectiveness. The results obtained were employed to improve finished goods inventory processes at the case study company.

## 2 RESEARCH METHODOLOGY

The research methodology was based on benchmarking initiatives carried out by Xerox Corporation <sup>(8)</sup>, and comprised four key steps, these being: planning, analysis, integration and action, as shown in Figure 1. As part of the study a production action plan was also produced, this being presented to the case study company.



**Fig. 1.** Benchmarking steps introduced by Xerox Corporation <sup>(8)</sup>

From Fig.1, benchmarking can be divided into four key steps, as follows:

### 1. Planning

- Select the benchmarking subject by identifying a problem area; one that requires improvement.
- Identify potential benchmarking partners by selecting organizations with similar operational activities.
- Identify the data collection method to be used, and the data to be collected, by identifying those key performance indicators (KPIs) relevant to the process.

### 2. Analysis

- A gap analysis was conducted to determine how the benchmarking partners developed their best practices and what enablers they have used to attain such best practices
- A projection of potential differences vis-à-vis the benchmarking partners was also conducted.

### 3. Integration

- Integration was carried out by communicating the results to with key staff in the case study company, those responsible for relevant activities, and for the purpose of setting targets.

### 4. Action

- Process action plans were developed based on the results obtained, then merged to create an overall action plan.
- Implementation and monitoring was carried out to ensure that the results were consistent with the plan.
- Continuous improvement was conducted through a review of the results and a comparison of these against those of the benchmarking partners, to determine whether



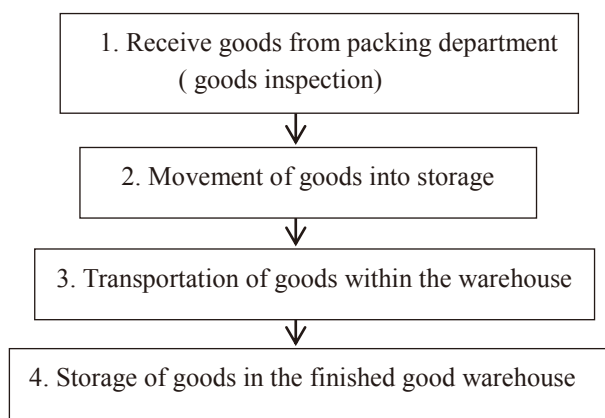
the organization should carry out further benchmarking.

### 3 RESEARCH RESULTS

The details of the research results are as follows:

#### 3.1 Identification of the subject of the benchmarking exercise

When selecting an area for benchmarking, the objective should be a specific area or process requiring improvement <sup>(9)</sup>, and the area selected should be consistent with the strategic direction of the company involved <sup>(10)</sup>. One major problem that many companies in the food and agricultural industries face is high finished goods inventory levels prior to distribution, as this impact adversely on the utilization of storage space within warehouses. The case study company is no exception to this, as it operates in the processed agricultural product manufacturing industry, for which production costs critically depend on raw materials prices at a given time. When prices fall, production rates increase, leading to the storage of more finished products, a shortage of storage space, and the creation of 'dead' stock, in which a large number of products go past their expiry date due to a lack of systematic inventory management. As a result, this research focused on the selection of a problem area in the warehouse management system at the case study company, for benchmarking against systems in other companies. The subject of the benchmarking exercise was identified to be the management of finished goods inventory. The finished goods warehousing process at the case study company is shown in Fig.2.



**Fig. 2.** Finished goods warehousing process at the case study company

The finished goods warehouse process can be divided into four key steps, as follows:

1. Receipt of goods; transporting products to the warehouse for receipt and storage.
2. Movement of goods: The process of moving

goods into the warehouse, for storage.

3. Transportation of goods: The process of preparing the stored goods for transportation to the customer.

4. Storage: The process of goods arrangement, including storage methods and location assignment.

The researchers conducted a review of the previous research carried out on this topic and generated KPIs to use to carry out an assessment of the four key areas, as follows:

1. Receipt of goods (R) – At the case study company, this process begins with an examination of the documents attached to the finished goods. After verification of the documents, product information is logged in accordance with the product codes. The KPIs for this process are as follows:

- Complete and accurate inventory logging (R1) facilitates the dispatch of finished goods and helps reduce inventory levels <sup>(11)</sup>.
- The warehouse management operational system (R2) helps ensure that inventory management and planning activities are managed in an appropriate and effective manner <sup>(12)</sup>.
- Receipt of goods standards (R3) can help minimize steps in the overall process by eliminating unnecessary steps <sup>(13)</sup>.
- Standard codes used for finished goods (R4) facilitate operational processes <sup>(14)</sup> and the systematic controls of activities in the finished goods warehouse.
- The inventory accuracy rate (R5) is employed to support financial and operational processes <sup>(15)</sup>

2. Movement of goods into storage (M) – After verification of the documents, the finished goods are moved into storage, based on the assignment of a location in accordance with the product category. The KPIs for this are described below.

- Put-away (M1) affects the overall warehouse KPIs, as this activity is concerned with the accuracy of information.
- Put-away rate (M2) <sup>(13)</sup> is an indicator used to assess the effectiveness of performance based on a unit of time.
- Design of storage process (M3) reflects the allocation of volumes to be moved into storage per cycle <sup>(13)</sup>.

3. Transportation of goods within the warehouse (T) – After the finished goods have been stored, activities related to their transportation out of the warehouse are carried out, such as delivery to customers and random inspections by the quality control department. For the case study organization, finished goods are transported by cart or a forklift truck along designated routes, so as to prevent contamination. The KPIs for these activities are as follows:

- Design of the warehouse layout (T1) <sup>(13)</sup>; conducted in order to enhance competitiveness.



- Design of materials flows (T2) <sup>(13)</sup>; will be effective or not depending upon the type of warehouse management activities used at an organization.
- Order picking (T3) <sup>(16)</sup>; represents how effective each organization manages its warehouse system.
- Order picking speed (T4); indicates the amount of goods picked per time unit.

4. Storage (H) – The case study organization stores each type of finished goods with a safety stock maintained, in order to respond to customer requirements. Most finished goods are stored for no longer than their shelf-life, which is approximately one year. In addition, an extra warehouse is also used in case there is inadequate storage space. The KPIs for this process are described below:

- FIFO method (H1): A major concern of the food and agricultural industries is the shelf-life of products. Therefore, any organizations that can employ a FIFO (first in first out) method properly will be able to carry out its warehouse operations effectively <sup>(17)</sup>.
- Management of dead stock in excess of six-month period (H2) should be considered, so as to facilitate the optimal use of finished goods storage space <sup>(17)</sup>.
- Use of a computerized inventory management system (H3); to provide more accurate stock information <sup>(18)</sup>.
- Review reserve storage (H4) when manufacturing seasonal products <sup>(13)</sup>
- Inventory turnover ratio (H5); employed to assess the effectiveness of the inventory management process <sup>(11)</sup>.
- Inventory and opportunity cost (H6) are calculated in order to respond to changes in factors which do not impact on consumer demand <sup>(16)</sup>.
- Warehouse space utilization ratio (H7) is calculated to improve the effectiveness of warehouse operations <sup>(16)</sup>.
- Average inventory day (H8) is the period over which the company reserves finished goods, to respond to customer orders.

The assessment of each KPI could be divided into two, based on the types of data being used, as follows:

1. Quantitative data provided an assessment of the results in the form of numbers. In this research, quantitative data was collected from the actual operational processes and from interview with workers in the warehouse department.
2. Qualitative data was assessed jointly by the researchers and those responsible for particular activities, using a scoring rubric <sup>(19)</sup> with a scale from 1 to 5. The scores were obtained from an observation of the processes and from

interviews with those directly involved in the activities.

In total there were 20 KPIs used for the finished goods inventory management process, and there were divided into five KPIs for receipt of goods, three KPIs for the movement of goods into storage, four KPIs for the transportation of goods, and eight KPIs for storage itself. In this paper; however, only two KPIs are described, as shown in Figure 3, for which the KPI for the receipt of goods (R3) is based on qualitative data, while the KPI for the put-away rate (M2) is based on quantitative data.

**Table 1.** Examples of indicators used for the receipt of goods and the movement of goods into storage

Objective	Assessment	Criteria
<i>Receipt of goods</i> <i>R3- Receipt of goods standards</i>		
Help eliminate unnecessary steps, so facilitating improved performance.	1 = Load and inspect goods before receiving 2 = Immediate movement of goods into storage 3 = Immediate transportation of goods for dispatch 4 = Immediate delivery to final customers 5 = Preparation prior to receiving goods	Assessment scored on a scale of 1 to 5
<i>Movement of goods into storage</i> <i>M2- Put-away rate</i>		
Put-away rate indicates how effective an organization carries out its storage activities	$\frac{(\text{Total no. of products picked})}{(\text{No. of workers} \times \text{working hours})}$  Unit: pallets/worker/hour	Score derived from the equation

### 3.2 Potential benchmarking partner selection

Even though competition among organizations is often intense, benchmarking can lead to cooperation between them <sup>(10)</sup>. Based on this idea, the organizations selected for the case study company were from the same business sector: the processed food and agricultural product manufacturing industries. Also located within the same province, these organizations employ the same level of warehouse management technology as the case study company, meaning they manage their finished goods warehouse by directly employing workers. Two companies met the criteria and agreed to participate in the benchmarking exercise, namely the case study company (Company C), Company A and Company B. The details of each

company are as follows:

1. The case study company itself is a small and medium-sized manufacturer of processed agricultural products, mainly spices and other processed foods. Its major customers are leading companies in the processed food and semi-finished products industries. At present, this organization is experiencing an issue with inadequate storage space for its finished goods, resulting in higher costs and additional management processes.
2. Company A is a small and medium-sized manufacturer of processed agricultural food products, mainly canned vegetables. Having built a strong base of domestic customers, the organization is now also competing on international markets.
3. Company B is a well-known Thai manufacturer and exporter of canned seasonal fruit and vegetables. Due to the wide variety of products it offers, the organization has been able to respond to consumer demand across all its product segments.

Based on this information, the researchers selected these benchmarking partner/companies, all from within the same industry. The results of an analysis of enablers were later presented to the case study organization; to solve the problems found within its finished goods inventory activities.

### 3.3 Data collection method and data collection process

Data collection is a process required within research to obtain both quantitative and qualitative data from selected sources, and for the effective analysis of enablers <sup>(10)</sup>. The data collection process for this study was carried out as follows:

1. Personal interviews with the warehouse supervisor and workers were conducted to obtain information on the operational activities related to the four warehouse work areas of concern, and all detailed responses were documented. An interview provides specific details and responses regarding the object of study. Prior to the interviews for this study, the researchers had to familiarize themselves with the questions, to ensure accuracy of the information to be incorporated into the KPI assessment.
2. Observation: The researchers collected data by observing worker operations, and data obtained was recorded without having to inquire further. This method was used for some KPIs, such as order picking speeds, by observing the operational processes used and recording the processing times for each activity. This was done to prevent workers from feeling nervous, and to obtain results as close to the actual

day-to-day figures as possible.

### 3.4 Gap analysis

After obtaining the data and comparing the indicators from the three companies, an analysis was carried out of the processes and the qualitative and quantitative data concerning the operations, to determine as to which organizational best practices should be utilized by the case study company. Details of analysis are described below.

3.4.1. The analysis of the quantitative data included a gap analysis, which was conducted by collecting data on the finished goods warehouse management processes from the case study and the benchmarking partners. The results were then used as part of a gap analysis, such as of the order picking speeds (T4) of the companies, as detailed below.

**Table 2.** Example of Comparison of a Quantitative Indicator (T4)

Indicator	Measuring unit	Organization		
		A	B	C
T4 Order Picking Speed				
- No. of Products Picked	Pallet	25	18	25
- No. of Workers	Worker	5	4	4
- Time Employed	Hour	1.5	1	2
Order picking speed	Pallet/worker/hour	3.3	4.5	3.1

The order picking speed was calculated using equation (1):

$$\frac{(\text{Total number of products picked})}{(\text{Number of workers} \times \text{working hours})} \quad (1)$$

From the calculation, Company B achieved the best order picking speed, at 4.5 pallets/worker/hour, while the case study organization and Company A produced results of 3.1 pallets and 3.3 pallets respectively.

3.4.2. An analysis of qualitative data was conducted through the collection of data on operational processes within the organization, and the use of a scoring rubric based on a scale of 1 to 5 (least to most). The results were then compared against one another so as to determine the advantages and disadvantages of each process, which would lead to which represented best practice. For example, the indicator (H3) represents a computerized program employed in inventory management. A computerized program can effectively assist in warehouse management, such as by lowering finished goods inventory levels. It was found that all the study organizations employed a computerized

program in their warehouse departments, and in this study Organization A was found to have the most effective warehouse management program, one which provides detailed information on each product category. The results of the analysis of all KPIs are shown in Table 3.

**Table 3.** KPI comparison across all three study companies

Indicator code	Assessment score			Benchmark
	A	B	C*	
R1	5	5	5	-
R2	5	4	5	A,C
R3	2	2	5	C
R4	4	3	4	A,C
R5	97.23%	94.72%	93.58%	A
M1	1	1	1	-
M2	1	1	1	-
M3	3	3	3	-
T1	4	4	4	-
T2	2	2	3	C
T3	2	3	1	B
T4	3.3	4.5	3.13	B
H1	4	4	4	-
H2	4	3	3	A
H3	5	3	4	A
H4	4	2	2	A
H5	1	1	1	-
H6	4	2	1	A
H7	42.12%	35.85%	32.5%	A
H8	1	1	3	C

The results of the KPI comparison between the four key processes are shown in Table 2 and from these results one can draw the following conclusions:

1. Receipt of goods: The companies with the best practice for each activity, these being: basic warehouse management operations system (R2), receipt of goods standards (R3), a standard code for finished goods (R4), and the inventory accuracy rate (R5), were Company A and C, Company C, Company A and C, and Company A respectively.
2. As for movement of goods into storage, all the companies revealed similar results, and none of them achieved best practices.
3. For the transportation of goods within the warehouse, these activities being: design of material flows (T2), order picking (T3), and order picking speed (T4), the organizations with the best practice were Company C, Company B and Company B respectively.
4. The results of the assessment of storage activities in terms of the management of dead stock over a 6-month period (H2), the computerized inventory management system

(H3), reserve storage (H4), inventory and opportunity costs (H6) and space utilization ratio (H7) showed that Company A achieved the best practices, while Company C attained the best practice in terms of average inventory days (H8).

### 3.5 Potential differences and enablers analysis

Enablers, meaning those factors that enable an organization to attain best practice, were identified for each individual KPIs so that the case study company would be able to apply them its own processes. Typically, there are a number of enabler analysis methods. In this case; however, the researchers analyzed potential enablers by visiting the case study company and holding a personal interview with the head of the warehouse department, to glean in-depth information on the best practices used. This facilitated an effective analysis of potential enablers. An example of such an analysis, of the KPI for order picking speed, is shown in Table 4.

**Table 4.** Example of enabler analysis

Action	Enabler
Picking orders quickly	- Clear categorization of finished goods -Storage locations are visibly recorded on a board

### 3.6 Communication of results to concerned parties

Any conclusions developed for the analysis of enablers across the benchmarking partners were presented to concerned parties within the case study organization, so as to set targets for improving inventory management operations.

### 3.7 Setting targets (functional goals)

The data collected and analyzed was then used to determine the targets, to be used; however, these required approval to be gained from all the concerned parties; in terms of their practicality. Table 5 shows the targets set for the order picking speed KPI.

**Table 5.** Example of Targets for the KPI (Order Picking Speed)

Indicator	Current Performance	Target	Deadline
Order picking speed (pallets/worker /hour)	3.13	4.5	March 2015

Based on the KPI developed for order picking speed (T4), the results show that the current order picking speed at the case study organization is 3.13

pallets/worker/hour. The researchers and head of the finished goods warehouse; therefore, set a target to increase the speed, to match that of the best performing benchmarked organization, which was 4.5 pallets/worker/hour. This target is to be achieved by March 2015.

The process improvement targets were set for three key areas, being: receipt of goods, transportation of goods within the warehouse, and storage. Also, the action plans for these process improvements were presented to the executive board for approval.

### 3.8 Development of action plans

There were two types of action plan presented to the case study organization, these being: actions that could be implemented immediately (Present: P), and actions that could be implemented in the future, or in the event of changes to related conditions (Future: F). These plans were to be set and evaluated in collaboration with the case study company, and included a person in charge, objectives, goals, a person responsible for action, a budget monitoring methods, and a timeline.

**Table 6.** Order Picking Action Plan

Action	Timeline			
	W1	W2	W3	W4
A–Presentation to executives	→			
B–Creation of finished goods warehouse layout		→		
C–Worker training; to improve understanding			→	
D–Continuous improvement				→

Based on the timeline shown in Table 6, the researchers provided an example of the results from the enabler analysis (for order picking) to the case study organization. A summary of the actions required to adopt these process improvement steps, those adopted from Organization B, are as follows:

- Propose action plans to the executive; for budgetary approval
- Show the new warehouse layout on a board; locate finished goods at the front of the warehouse, so as to be visible to workers. The information on the board should include product codes, date of receipt and volumes.
- Train workers on how to better record information on the warehouse layout board
- Develop a process by applying methods most suitable to the organization.

These actions, undertaken by the head of warehouse department, will take approximately one month.

## 4 CONCLUSIONS

This research employed a benchmarking technique to identify and analyze the enablers of best practices of the activities in finished good inventory management, and then presented the findings of this analysis to the board of the case study organization. As a result, eight warehouse management improvement action plans were developed. The research results show that the adoption of these techniques at the case study company will improve its processes and save time, based as they are on enablers derived from a benchmarking exercise carried out with partner organizations.

## ACKNOWLEDGMENT

This research study was conducted in collaboration with the three companies mentioned in the paper. The cooperation and assistance of these organizations in providing the information required was invaluable, and our thanks go to these companies.

## REFERENCES

- (1) Pornsri, L., Food industry, <http://www.foodindustrythailand.com>, Food Today Magazine, No.4, (2010).
- (2) Vichai, R., SMEs Projects, <http://logisticscorner.com/Docfiles/inventory/inventory.pdf>, The Federation of Thai Industries, (2009).
- (3) Department of Primary Industries and Mines, Development Project of Industrial Enterprises, <http://logistics.dpim.go.th>, Asia Food and Beverage, (2012).
- (4) Nation Food Institute, Projects master plan for food industry, The Office of Industrial Economics, (2002).
- (5) Francisa, G., Humphreysb, I., Fry, J., The benchmarking of airport performance, Journal of Air Transport Management, No.8, (2002), p239–247.
- (6) Tuominen, T., Kitaygorodskaya, N., Helo, P., Benchmarking Russian and Finnish food industry supply chain, Vol. 16, No. 3, (2009), p415–431.
- (7) Valk, W., Wynstra, F., Supplier involvement in new product development in the food industry, Industrial Marketing Management, Vol.34, (2005), p681– 694.
- (8) Camp, R.C., Benchmarking the search for industry's best practices that lead to superior performance, American Society of Quality Control 17, Quality Press. Milwaukee, WI,(1989).
- (9) Watson, G.H., Strategic Benchmarking, How to Rate your Company's Performance against the World's Best, John Wiley and Sons Inc., New York, (1993).
- (10) Khurram, S., Bhutta, F., Benchmarking – best practices, an integrated approach, Benchmarking An International Journal, Vol. 6, No. 3,(1999), p254–268.
- (11) Tony, W., Best Practice in Inventory Management, 2nd ed., Elsevier Science & Technology Books, (2002).
- (12) Kham moon, K., A study of the Development of Retail Management Case Study- "Khum-Boon shop", Master's thesis, University of the Thai Chamber of Commerce, (2012).
- (13) Edward, Frazelle, H., World-Class Warehousing and Material Handling, USA, McGraw Hill Inc., (2002).
- (14) Chalathorn, P., Item Code Design to Accommodate the Needs of Business, Case Study - The MK Restaurant

- Group, Limited by using Oracle apps applications, King Mongkut's University of Technology Thonburi, (2013).
- (15) Quarterman, L., Strategos Guide To Cycle Counting & Inventory Accuracy, Strategos Inc., [www.strategosinc.com](http://www.strategosinc.com), (2006).
- (16) Department of Primary Industries and Mines, <http://logistics.dpim.go.th/webdatas/articles/ArticleFile2171.pdf>, Logistic service information center:LSIC, (2012).
- (17) Manufacturing Skill Standards Council (MSSC), [http://educateiowa.gov/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=10252&Itemid=1507](http://educateiowa.gov/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=10252&Itemid=1507), Knowledge and Skills for CLT Certification, (2009).
- (18) Sukij, S., Inventory and Warehouse Management. <http://www.thai2opensource.com>, Department of Skill Development, (2012).
- (19) Ernesto, P., Anders, J., The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited, A review, Educational Research Review, Vol.9, (2013), p129–144.



# A Four-Legged Mobile Robot with Prismatic Joints on Spiral Footholds

Naohiko HANAJIMA\* Qunpo LIU\*\* Hidekazu KAJIWARA\*\*\*

(Received 26<sup>th</sup> October 2015, Accepted 2<sup>nd</sup> February 2016)

## Abstract

This paper addresses a new design of a four-legged mobile robot with a double-spiral mobile architecture. The double-spiral mobile architecture has been proposed with the intention of use for environmental surveys in wetlands, where reed-like plants grow densely. It consists of two pairs of spirals and one mobile robot. Each pair of spirals plays the role of footholds for the mobile robot. By traveling at a higher place from the ground, the robot can avoid strong resistance force from the dense and hard-stemmed plants. In addition, the spirals intermediate between the robots and the muddy ground to avoid sinking. The proposed leg mechanism does not have any vertical movement. It contributes to energy saving in the robot. Also it provides the arbitrary motion of the body platform while the legs grip the spirals tightly. We derive the robot's kinematics and statics and show the validity of the design mathematically.

Keywords: Mobile robot, Legged robot, Wetland, Environmental survey, Robot motion

## 1 INTRODUCTION

The problem regarding the reduction of wetlands areas has come to occupy an important position in environmental conservation. In Kushiro Mire, which is the largest wetland in Japan, the distribution areas of alder forests or Sasa (veitchii) are increasing and a nature restoration project has been started. To investigate the mechanisms of its degradation trend, much effort is put into field surveys.

If we use a remote-sensing system, we can obtain spatially wide data, such as radar images or visible images from satellites. However, if we need more precise physical data, a field survey is mandatory. In field surveys, researchers must bring large quantities of tools into the field. Since entering into wetlands in vehicles is restricted, researchers find it difficult to

walk around huge areas in the muddy soil of the wetlands. Therefore, a technical support system for field survey in the wetlands is required.

Recently there are increasing developments in outdoor applications such as agriculture robots<sup>(1)</sup>, automatic driving cars<sup>(2)</sup> rescue robots<sup>(3)</sup> and so on. However, in wetland applications, conventional locomotion mechanisms may cause serious problems. For example, wheel mechanisms may easily become stuck in the mud. Crawler mechanisms may tread on vegetation in the wetlands or turn over on hard-stemmed plants like Phragmites. Some special mechanisms using screws, which are called marsh screw amphibians, were developed and tested<sup>(4)</sup> in the wetlands<sup>(5)</sup>. The size is about that of a passenger car, and very deep tracks like a ditch are left behind the screws that damage the surface of the earth severely. The other robots which have the same mechanism using screws were found in the literature<sup>(6)</sup>. New locomotion mechanisms suitable for the wetlands, which suppress damage to the vegetation and do not

\* College of Design and Manufacturing Technology

\*\* School of Electrical Engineering and Automation,  
Henan Polytechnic University

\*\*\* College of Information and Systems

sink in the mud, should be developed.

The double-spiral mobile architecture has been proposed with the intention of use for environmental surveys in the wetland where reed-like plants grow densely<sup>(7)</sup>. It consists of two pairs of spirals and one mobile robot. Each pair of spirals plays the role of footholds for the mobile robot. By traveling at a higher distance from the ground, the robot can avoid strong resistance force from the dense and hard-stemmed plants. In addition, since the spiral is supported by several contact points on the ground and intermediates between the robot and the muddy ground, the robot never touches the ground and barely sinks.

The mobile robot proposed in this paper has four legs for static walking on the spirals. A pair of spirals is aligned on a central axis and meshes with each other. Two pairs of the spirals are horizontally aligned on the ground side by side. In stance phase of the robot's gait, the mobile robot stands on the spirals so that two legs on one side of the robot are placed on one of the spirals on the same side. The other spirals, which do not support the robot, rotate and thread their way through dense, tall plants with hard stems. After that, the robot steps forward. In swing phase of the robot gait, the robot moves its legs to the rotated spirals.

The main features of the proposed robot in this paper are in the design of the mechanism of the legs. First of all, one mechanism on the end portion of each leg is in a gantry shape. Unlike a typical legged robot, this mechanism realizes the swing phase without any vertical motion. This contributes simple mechanisms and energy savings for the robot.

Second, each leg has two prismatic joints orthogonal to each other and one rotational joint for 3 DOF (degrees of freedom) motion in a plane. This provides the body platform with arbitrary planar motion in its own plane.

In the rest of this paper, we show the conceptual design of the robot. Next, we derive the kinematics of the robot. Then, we show the validity of the design mathematically.

## 2 MATERIALS AND METHODS

Figure 1 shows the conceptual image of the robot that we propose in this paper. As mentioned in the introductory part, it consists of two pairs of spirals and one mobile robot. In this section, we explain the requirements for the robot to walk on the spiral properly. Then we show how the proposed robot satisfies the requirements and its step motion to the next footing. Next, we define the coordinate systems for each link of the robot to prepare for a formulation of kinematics of the robot. Practical sizes of the robot are discussed from the point of view of the resistance received from the plants.

### 2.1 Requirements for walking on the spirals

In order to carry burdens on the robot securely, the robot needs to maintain its posture while walking. The robot walking on the spirals is required not to tumble over in gait, not to slip off the spirals, not to lose its footing, not to roll over together with a gripping spiral, and to move in the desired direction. However, it is not required to move rapidly. These five requirements contribute to realizing secure walking.

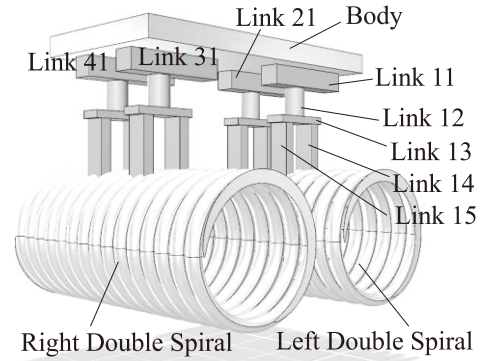


Figure 1 Conceptual design of the proposed robot

### 2.2 Four-legged locomotion and the gait

We adopt four-legged locomotion and a creep gait for our walking robot. Generally a legged robot should have more than four legs for static locomotion since static walking needs, at minimum, three supporting legs to form a supporting polygon and one swing leg for a gait. A large number of legs enhance stability by making the area of the supporting polygon larger. On the other hand, an increase in the number of legs claims complex mechanisms and control. We choose a minimum number of legs for static walking.

A tetrapod, by nature, walks or runs with several gaits. A creep gait is a well-known static gait and is allowed to lift only one leg in any case<sup>(8)</sup>. We will implement the creep gait with our robot.

The first requirement, not to tumble over in gait, will be satisfied by the above guideline.

### 2.3 Grippers at the end of the legs

As shown in Figure 1, the end link of each leg has a gantry-shaped mechanism. A pair of vertical links stands on the spiral in parallel. The distance between them is adjustable. A gripper is mounted on the lower end of every vertical link. Each gripper requires special mechanisms to grip the rounded rim of the spiral stably so as not to slide down in the stance phase. This gripping property fulfills the second requirement, not to slip off the spirals.

Once the gripper holds the spiral, the leg needs to maintain its foot position even if the robot body moves toward a different posture.

## 2.4 Positioning property of the grippers

Each gripper at the end of a leg must be placed precisely upon the rounded rim of the spiral. Otherwise, it must lose its footing since the periphery of the spirals provides discrete footholds to the walking robot. Therefore, to fulfill the third requirement, each gripper needs to be controlled to a specific position respectively. The leg mechanism should have enough DOF to control it.

## 2.5 Balancing of the body platform

The spiral is essentially easy to roll over on the plane ground due to its own cylindrical shape. If the robot and the spirals are tightly united and move together, it is possible that they might roll over on the steep slope of the ground due to a center-of-gravity imbalance. To maintain its balance, the body of the robot needs to be able to move freely in the horizontal plane even though the positions of the grippers continue to hold the same places on the spirals. The balancing property would fulfill the fourth requirement, not to roll over together with a gripping spiral.

## 2.6 Required DOF of the robot and the legs

The robot needs to have enough DOF in its own mechanism in order to move in the desired direction. Generally, 6 DOF is required for a mechanism to control arbitrary position and posture in 3-dimensional space. If we limit working space of the leg from 3-dimensional space to a 2-dimensional plane, we can reduce the DOF of each leg mechanism to three. Further we can suppress the vehicle motion of the robot. Well-coordinated motion of the four legs would produce locomotive motion toward the desired motion of the robot body.

## 2.7 Fulfillment of the requirements

The robot shown in Figure 1 possesses four legs. A gantry-shaped mechanism is mounted upon each leg, each of which is designated by Link13, Link14, and Link15. The gripper does not appear in Figure 1, but it will be attached at the lower end of the gantry-shaped mechanism. In the creep gait, a pair of vertical links in the gantry-shaped portion, Link 14 and Link15, takes the opening motion in the swing phase and the closing motion in the stance phase, as shown in Figure 2. In the stance phase, the grippers must hold the spiral tightly. Throughout the gait, only one leg takes the swing phase to achieve static walking.

Each leg has two prismatic joints orthogonal to each other and one rotational joint for 3 DOF motion in a plane. The prismatic joints translate Link11 in a front-back direction and Link12 in a right-left direction. The rotational joint turns Link13. Therefore, the position and posture angle of Link13 can be decided arbitrarily in the plane parallel to the body platform. We

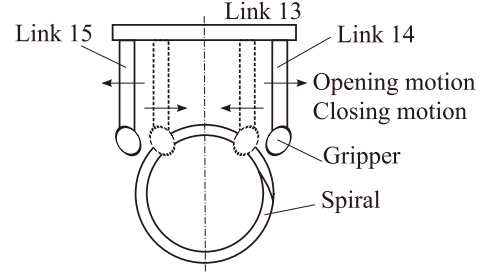


Figure 2 Leg motion to support the spiral

call this plane Link13's working space. In the gantry-shaped mechanism, there is one additional DOF of the opening/closing motion of Link14 and Link15. The working space of the grippers mounted on Link14 and Link15 forms the plane parallel to the body platform as well. When a position of the spiral and the working space of the grippers are given, a pair of the points to be gripped is derived from their intersections. By aligning Link13 to the projection of the line segment joining a pair of the points on the Link13 working space, each the gripper does not lose its footing on the spiral. In total, the leg mechanism should have enough DOF for the gripper to control to a specific position.

Since the four legs provide the same property, the position and posture angle of the robot's body can be decided within the plane parallel to the grippers' working space independently of any gripper's position. In total, the robot has enough DOF for its body to move in the desired direction.

As stated above, we can show that the conceptual design of the four-legged robot satisfies the five requirements in the previous section.

## 2.8 Coordinate systems

For the sake of mathematical consideration, we need to define a coordinate system at each link of the robot. Figure 3 shows the coordinate systems of the robot. The body is mounted on four legs. We denote a left front leg, a left rear leg, a right front leg, and a right rear leg as Leg1, Leg2, Leg3, and Leg4, respectively. Here we explain the coordinate systems of Leg1 as a representative of the other legs, since each leg has the same structure.

Leg1 consists of Links 11 to 15 and Grippers 14 to 15. Links 11 and 12 translate along the  $y_1$  and  $x_1$  direction by their respective prismatic joints. Link13 rotates around the center axis of Link12. Links 14 and 15 slide along Link13 symmetrically. Grippers 14 and 15 are attached at the lower end of Links 14 and 15, respectively.

The coordinate systems are set to the body and each link. The center of mass for each link is supposed to be at the link's center position. We define the origin of each coordinate system at the center of mass of the link. The  $x$ ,  $y$ , and  $z$  axes are defined according to the right-handed coordinate system, as shown in Figure 3.

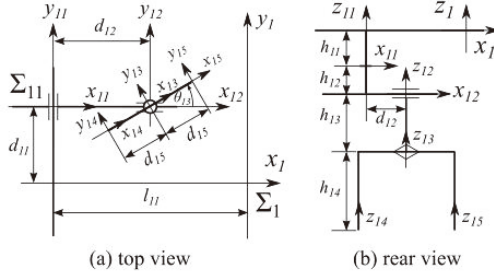


Figure 3 Coordinate systems of the robot

We denote the coordinate system of the body as  $\Sigma_1$ . We denote each coordinate system of Link $\langle ab \rangle$  as  $\Sigma_{\langle ab \rangle}$  respectively.

### 2.9 Height for reducing the plant resistance

Our previous studies suggest that the resistance force against a dense stand of tall plants with hard stems is so large that a short robot does not move forward<sup>(9)</sup>. According to the result of an on-site experiment, when an L-shaped tapered angle of 0.1 m in width and 0.05 m in height went through the plants at 0.25 m, 0.5m, and 1 m in ground height, it received about 18 N, 3 N, and 0 N of maximum resistance force, respectively. Therefore, the robot body needs to be kept at a height greater than 1 m. We determined the diameter of the spiral at 1 m.

According to the result of another experiment, when a horizontal bar of 1 m in width went through the plants at 1 m, 1.25m, and 1.5 m in ground height, it received about 18 N, 9 N, and 7 N of maximum resistance force, respectively. Therefore we decided that the robot must maintain its body at 1.5 m in ground height to avoid resistance from a dense stand of tall plants with hard stems. Also, each leg needs to be long and thin and in an upright position.

### 2.10 Step motion to the next footing on the spiral

A pair of spirals on one side alternately supports the robot as footholds during its gait motion. An unsupportive spiral rotates and moves in the direction of travel for a subsequent foothold. Since the rotation mechanism has been discussed in the previous work<sup>(10)</sup>, it does not appear in Figure 1. Because of the use of

prismatic joints, the grippers slide parallel to the body platform; that is, the  $x_I$ - $y_I$  plane, which makes the pointing motion of the gripper easier.

Typical walking robots have a mechanism to lift a foot in a swing phase, which corresponds to the gripper in our case. However as shown in Figure 2, a gantry-shaped mechanism can realize the swing phase through the opening motion instead of the lift motion. In addition, when elevation of the spiral changes from its nominal value, the vertical position of gripping the spiral can be adjusted by the distance between Link14 and Link15. The distance is narrower for higher positions, wider for lower positions.

Figure 4 shows a step motion procedure. The gantry-shaped mechanism moves from the present spiral, Sa, to the next spiral, Sb. In Figure 4(a), the end links stand on Sa. In Figure 4(b), Link14 and Link15 open and leave Sa. The balance of the robot is maintained by the other three legs. In Figure 4(c), next positions to place graspers are searched by proximity sensors that detect the spiral. In Figure 4(d), Link14 and Link15 close and the grippers hold the spiral tightly.

## 3 RESULTS

We defined the coordinate systems of each link in Coordinate systems. This section is devoted to deriving the kinematics and statics of the robot.

### 3.1 Forward kinematics

Forward kinematics of the robot is usually represented by homogeneous transformation. The  $3 \times 3$  block matrix, which consists of the first 3 rows and the first 3 columns of a homogeneous transform matrix, represents a rotation matrix. The  $3 \times 1$  vector, which consists of the first 3 rows in the fourth column of a homogeneous transform matrix, represents a position vector. The position vector can be used to calculate the working space of a link.

With reference to Figure 3, the homogeneous transform matrices between adjoining coordinate systems for Leg1 are as follows.

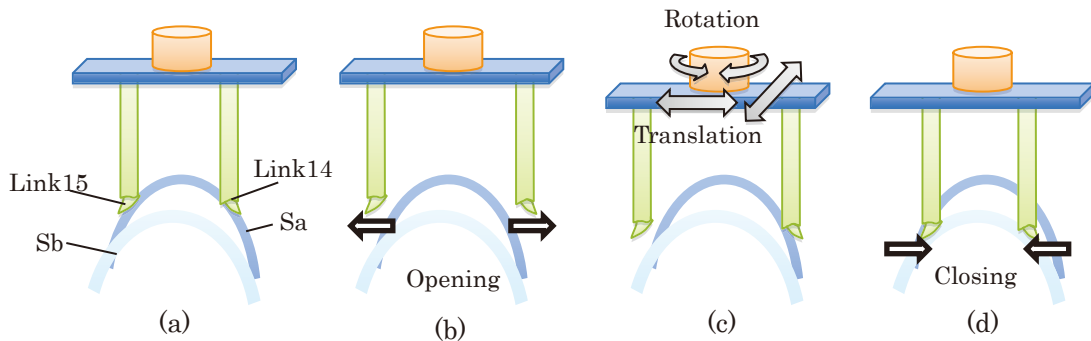


Figure 4 Procedure of a step motion to the next footing



$${}^1H_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -l_{11} \\ 0 & 1 & 0 & d_{11} \\ 0 & 0 & 1 & -h_{11} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$${}^{11}H_{12} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & d_{12} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -h_{12} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$${}^{12}H_{13} = \begin{bmatrix} \cos\theta_{13} & -\sin\theta_{13} & 0 & 0 \\ \sin\theta_{13} & \cos\theta_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -h_{13} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$${}^{13}H_{14} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -d_{15} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -h_{14} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$${}^{13}H_{15} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & d_{15} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -h_{14} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

where  ${}^{(a)}H_{(b)}$  represents a homogeneous transform matrix from coordinate system  $\langle a \rangle$  to coordinate system  $\langle b \rangle$ . The values of  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{13}$ , and  $h_{14}$  are the offset distances in the  $z_1$  axis direction between the  $y_1$  axis,  $y_{11}$  axis,  $y_{12}$  axis,  $y_{13}$  axis, and  $y_{14}$  axis, respectively. The value of  $l_{11}$  is the offset distance in the  $x_1$  axis direction between  $y_1$  axis and  $y_{11}$  axis. The variables of  $d_{11}$ ,  $d_{12}$ , and  $d_{15}$  are the joint displacements in the direction of the  $y_1$  axis,  $x_{11}$  axis, and  $x_{13}$  axis, respectively. The variable of  $\theta_{13}$  is the joint angle around the  $z_{13}$  axis. The position vectors of grippers  ${}^{14}p_{14}$  and  ${}^{15}p_{15}$ , with respect to  $\Sigma_{14}$  and  $\Sigma_{15}$ , are represented as follows, respectively.

$${}^{14}p_{14} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -h_{14} \end{bmatrix} \quad {}^{15}p_{15} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -h_{14} \end{bmatrix} \quad (6)$$

For the calculation of the working space of Link13,  ${}^1H_{13}$  is obtained by multiplying the successive homogeneous transform matrices.

$$\begin{aligned} {}^1H_{13} &= {}^1H_{11} {}^{11}H_{12} {}^{12}H_{13} \\ &= \begin{bmatrix} \cos\theta_{13} & -\sin\theta_{13} & 0 & -l_{11} + d_{12} \\ \sin\theta_{13} & \cos\theta_{13} & 0 & d_{11} \\ 0 & 0 & 1 & -h_{11} - h_{12} - h_{13} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (7)$$

The position vector of the origin of  $\Sigma_{13}$ ,  ${}^1p_{13}$ , is represented as follows.

$${}^1p_{13} = \begin{bmatrix} -l_{11} + d_{12} \\ d_{11} \\ -h_{11} - h_{12} - h_{13} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Similarly, for the calculation of the working space of grippers,  ${}^1H_{14}$  and  ${}^1H_{15}$  are obtained as follows.

$$\begin{aligned} {}^1H_{14} &= {}^1H_{13} {}^{13}H_{14} \\ &= \begin{bmatrix} \cos\theta_{13} & -\sin\theta_{13} & 0 & -l_{11} + d_{12} - d_{15} \cos\theta_{13} \\ \sin\theta_{13} & \cos\theta_{13} & 0 & d_{11} - d_{15} \sin\theta_{13} \\ 0 & 0 & 1 & -h_{11} - h_{12} - h_{13} - h_{14} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} {}^1H_{15} &= {}^1H_{13} {}^{13}H_{15} \\ &= \begin{bmatrix} \cos\theta_{13} & -\sin\theta_{13} & 0 & -l_{11} + d_{12} + d_{15} \cos\theta_{13} \\ \sin\theta_{13} & \cos\theta_{13} & 0 & d_{11} + d_{15} \sin\theta_{13} \\ 0 & 0 & 1 & -h_{11} - h_{12} - h_{13} - h_{14} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (10)$$

The position vectors of grippers,  ${}^1p_{14}$  and  ${}^1p_{15}$ , with respect to  $\Sigma_1$ , are represented as follows.

$${}^1p_{14} = \begin{bmatrix} -l_{11} + d_{12} - d_{15} \cos\theta_{13} \\ d_{11} - d_{15} \sin\theta_{13} \\ -h_{11} - h_{12} - h_{13} - 2h_{14} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$${}^1p_{15} = \begin{bmatrix} -l_{11} + d_{12} + d_{15} \cos\theta_{13} \\ d_{11} + d_{15} \sin\theta_{13} \\ -h_{11} - h_{12} - h_{13} - 2h_{14} \end{bmatrix} \quad (12)$$

### 3.2 Jacobi matrix

The Jacobi matrix is used for statics analysis or singular configuration analysis. The Jacobi matrix,  $J$ , represents the relationship between the joint velocity,  $\dot{q}$ , and the velocity of the end-point  $v$ ; i.e.,  $v = J(q)\dot{q}$ . For example, in the case of Grippers 14 and 15, joint variable  $q$  would be  $q = [d_{11} \ d_{12} \ \theta_{13} \ d_{15}]^T$ , and the velocity of each gripper would be  $v = [v_x \ v_y \ \omega_z]^T$ , where  $v_x$  and  $v_y$  are the components of the gripper velocity in the direction of  $x_1$  and  $y_1$  axes, respectively, and  $\omega_z$  represents the components of the gripper rotational velocity in the direction of  $z_1$  axis. The Jacobi matrix of Gripper 14,  $J_{14}$ , is obtained by calculating the partial differentiation of  ${}^1p_{14}$  and the corresponding rotating vectors.

$$J_{14} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & d_{15} \sin\theta_{13} & -\cos\theta_{13} \\ 1 & 0 & -d_{15} \cos\theta_{13} & -\sin\theta_{13} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

Similarly, the Jacobi matrix of Gripper 15,  $J_{15}$ , is obtained as follows.



$$J_{15} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & -d_{15} \sin \theta_{13} & \cos \theta_{13} \\ 1 & 0 & d_{15} \cos \theta_{13} & \sin \theta_{13} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

The Jacobi matrix of Link 13,  $J_{13}$ , is much simpler.

$$J_{13} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (15)$$

### 3.3 Inverse kinematics

Once the gripper positions are given, the joint parameters can be obtained through inverse kinematics. Suppose that  ${}^1\mathbf{p}_{14} = [x_{14} \ y_{14} \ z_{14}]^T$  and  ${}^1\mathbf{p}_{15} = [x_{15} \ y_{15} \ z_{15}]^T$ . The following formulas can be derived from Eqs. (11)-(12):

$$d_{15} = \frac{\sqrt{(x_{15}-x_{14})^2 + (y_{15}-y_{14})^2}}{2} \quad (16)$$

$$\theta_{13} = \tan^{-1} \frac{y_{15}-y_{14}}{x_{15}-x_{14}} \quad (17)$$

$$d_{12} = l_{11} + x_{15} - d_{15} \cos \theta_{13} \quad (18)$$

$$d_{11} = y_{15} + d_{15} \sin \theta_{13} \quad (19)$$

These formulas provide the joint parameters for Leg1. The other joint parameters can be obtained in a similar manner.

### 3.4 Statics

Using a transposition of the Jacobi matrix, the following relationship is derived.

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{J}(\mathbf{q})^T \mathbf{f} \quad (20)$$

Where  $\boldsymbol{\tau}$  is a force/torque vector in the joint space and  $\mathbf{f}$  is a force/torque vector in the working space. Suppose that force/torque vectors at Grippers 14 and 15 are denoted as  $\mathbf{f}_{14}$  and  $\mathbf{f}_{15}$ , respectively. The resultant force/torque vectors in the joint space,  $\boldsymbol{\tau}_{14}$  and  $\boldsymbol{\tau}_{15}$ , from  $\mathbf{f}_{14}$  and  $\mathbf{f}_{15}$  are respectively obtained as follows.

$$\boldsymbol{\tau}_{14} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ d_{15} \sin \theta_{13} & -d_{15} \cos \theta_{13} & 1 \\ -\cos \theta_{13} & -\sin \theta_{13} & 0 \end{bmatrix} \mathbf{f}_{14} \quad (21)$$

$$\boldsymbol{\tau}_{15} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ -d_{15} \sin \theta_{13} & d_{15} \cos \theta_{13} & 1 \\ \cos \theta_{13} & \sin \theta_{13} & 0 \end{bmatrix} \mathbf{f}_{15} \quad (22)$$

The statics formulas, other than Leg1, can be obtained in a similar manner.

## 4 DISCUSSION

We qualitatively demonstrated the conceptual design of the robot and its validity. In this section, we confirm the validity through the formulas derived in kinematic and statics section.

First of all, the positioning property of the grippers is easy to confirm through the inverse kinematics. We can calculate the joint parameters for any gripper positions of  $[x_{14} \ y_{14}]^T$  and  $[x_{15} \ y_{15}]^T$  using Eqs.(16), (17), (18), and (19).

Secondly, the body movement property for the balancing capability of the body platform is verified. Since all grippers' positions are fixed,  $d_{15}$  is a constant and  $\dot{d}_{15} = 0$ . Therefore, each gantry-shaped mechanism is regarded as one link and as a part of the spiral that is gripped by the mechanism. It is enough to consider the movement of Link13 instead of the grippers for Leg1. Multiplying  $J_{13}$  by the velocity vector  $[\dot{d}_{11} \ \dot{d}_{12} \ \dot{\theta}_{13} \ 0]^T$ , we get

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{d}_{11} \\ \dot{d}_{12} \\ \dot{\theta}_{13} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{d}_{12} \\ \dot{d}_{11} \\ \dot{\theta}_{13} \end{bmatrix}. \quad (23)$$

This equation shows that, for Leg1,  $\mathbf{v}$  at the origin of  $\Sigma_{13}$  is decided by  $\dot{d}_{11}$ ,  $\dot{d}_{12}$ , and  $\dot{\theta}_{13}$  independently. The other legs supporting the body platform have the same properties. Hence, the body velocity can be arbitrarily decided by adjusting the joint velocities even if all the grippers' positions are fixed.

In addition, the  $3 \times 3$  block matrix consisting of the first 3 columns of  $J_{13}$  is a nonsingular matrix. It means that the robot has no singular configuration. This is a desirable property in controlling the robot.

Thirdly, it is verified that the robot has enough DOF in its own mechanism in order to move in the desired direction. In advance, we investigate whether the working space of Link13 or grippers is a plane parallel to the  $x_1y_1$  plane in  $\Sigma_1$ . The normal vector of the  $x_1y_1$  plane can be denoted as  $\mathbf{n} = [0 \ 0 \ 1]^T$ . Suppose that there are two different pairs of values for the joint parameter  $(d_{11}, d_{12})$ ,  $(\bar{d}_{11}, \bar{d}_{12})$  and  $(\widetilde{d}_{11}, \widetilde{d}_{12})$ , and the corresponding position vectors  ${}^1\mathbf{p}_{13}$  and  ${}^1\mathbf{p}_{13}$  using Eq. (8), respectively. Then, the following equation is satisfied.

$$\begin{aligned} & \mathbf{n}^T (\overline{{}^1\mathbf{p}_{13}} - \widetilde{{}^1\mathbf{p}_{13}}) \\ &= [0 \quad 0 \quad 1] \begin{bmatrix} \overline{d_{12}} - \widetilde{d_{12}} \\ \overline{d_{11}} - \widetilde{d_{11}} \\ 0 \end{bmatrix} = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

Therefore, it is proved that the space formed by  ${}^1\mathbf{p}_{13}$  is parallel to the  $x_1y_1$  plane. In the same way, the space formed by  ${}^1\mathbf{p}_{14}$  or  ${}^1\mathbf{p}_{15}$  is parallel to the  $x_1y_1$  plane. As mentioned above, in the working space of Link13, the body velocity can be arbitrarily decided by adjusting the joint velocities. Therefore, we can conclude that the robot has enough DOF.

In addition, since the working space is parallel to the  $x_1y_1$  plane, it is understood that there is no vertical motion.

Finally we deduce one characteristic property about the statics. Assuming that  $\mathbf{f}_{14}$  is equal to  $\mathbf{f}_{15}$  and adding  $\boldsymbol{\tau}_{15}$  to  $\boldsymbol{\tau}_{14}$ , we get

$$\frac{\boldsymbol{\tau}_{14} + \boldsymbol{\tau}_{15}}{2} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{f}_{14} = \mathbf{J}_{13}^T \mathbf{f}_{14}. \quad (25)$$

If the external forces/torques  $\mathbf{f}_{14}$  and  $\mathbf{f}_{15}$  are exerted on a pair of the graspers in phase, its components are independently related to the forces/torques of Joint 11, 12, and 13, respectively. Subtracting  $\boldsymbol{\tau}_{15}$  from  $\boldsymbol{\tau}_{14}$ , we get

$$\begin{aligned} & \frac{\boldsymbol{\tau}_{14} - \boldsymbol{\tau}_{15}}{2} \\ &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ d_{15} \sin \theta_{13} & -d_{15} \cos \theta_{13} & 0 \\ -\cos \theta_{13} & -\sin \theta_{13} & 0 \end{bmatrix} \mathbf{f}_{14}. \end{aligned} \quad (26)$$

If the external forces/torques  $\mathbf{f}_{14}$  and  $\mathbf{f}_{15}$  are exerted on a pair of the graspers in anti-phase, the resultant forces of Link11 and Link12 became zero. In particular, the torque does not transmit to any joint.

## 5 CONCLUSION

We described the new conceptual design of a four-legged robot for a double-spiral mobile architecture. The robot consists of two pairs of spirals and one mobile robot. Based on the requirement for the secure walking motion, the concept of design was explained. Kinematics and statics of the robot were derived, and then the validity of the design was explained using the formulas.

The main contribution of the new design is the use of a gantry-shaped mechanism for legs and the realization of a swing phase without any vertical motion. Employing a pair of prismatic joints orthogonal to each other limits the working space of the leg to a horizontal plane. These suppress vertical motion and enhance the walking security. The assembly of the robot and the experiment are left for future work

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 24560282. The authors also express their heartfelt thanks to Center of Environmental Science and Disaster Mitigation for Advanced Research (CEDAR) of Muroran Institute of Technology for meaningful assistance.

## REFERENCES

- (1) Kondo, N., Noguchi, S., and Kadota, M., Agriculture robots (in Japanese), Corona publishing, (2004).
- (2) Thorpe, C. E., Vision and Navigation, The Carnegie Mellon Navlab, Kluwer Academic, (1990).
- (3) Tadokoro, S., Rescue Robotics: DDT Project on Robots and Systems for Urban Search and Rescue, Springer, (2010).
- (4) Cole, B. N., Inquiry into amphibious screw traction, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers 1847–1982, 175(19), (1961), 919–940.
- (5) Neumeyer, M. and Jones, B., The marsh screw amphibian, Journal of Terramechanics, 2(4), (1965), p83–88.
- (6) Nagaoka, K., Otsuki, M. and Kubota, T., Study on screw rover specialized for locomotion on lunar soil, Proceedings of the 2009 Japan Society of Mechanical Engineers Conference on Robotics and Mechatronics, (in Japanese), (2009), 1A2-F17(1)–1A2-F17(4).
- (7) Hanajima, N., Hayasaka, Y., Azumi, N., Kawauchi, K., Yamashita, M. and Hikita, H., Double Spiral propulsion mechanism in wetlands, Joint Seminar on Environmental Science and Disaster Mitigation Research 2009, (2009), p77–78.
- (8) McGhee, R. B. and Frank, A. A., On the Stability Properties of Quadruped Creeping Gaits, Mathematical Biosciences, 3, (1968), 331–351.
- (9) Hayasaka, Y., Hanajima, N., Kawauchi, K., Yamashita, M. and Hikita, H., Development of a spiral propulsion mechanism for locomotion on wetlands (Locomotion characteristic and drive mechanism), In proceedings of 14th Robotics Symposia, (2009), p282–287.
- (10) Liu, Q., Hanajima, N., Kawauchi, K., Yamashita, M., Hikita, H. and Kazama, T., Kinematic Modeling and Analysis of a Serial-Parallel Field Robot with Variable Structure, Chiang-Mai University Journal of Natural Sciences - Special Issue on Manufacturing Technology, 10(1), (2011), p127–139.

# Vibration Suppression of a Journal Bearing Using Temperature Control: A Preliminary Experiment

Toshiharu KAZAMA<sup>\*1</sup>, Naoki TANIMURA<sup>\*2</sup>, Yukihiro NARITA<sup>\*1</sup> and Naohiko HANAJIMA<sup>\*1</sup>

(Received 26<sup>th</sup> October 2015, Accepted 2<sup>nd</sup> February 2016)

## Abstract

A prototype of a circular hydrodynamic journal bearing to control temperature distributions of the bearing bush and the oil film was manufactured, with a preliminary experiment subsequently conducted to evaluate the extent of vibration suppression within the bearing. The specifications of the bearing were as follows: a bearing diameter of 50 mm, a bearing length of 50 mm, and a radial clearance of 0.025 mm. The bearing bush was divided into six parts, and five Peltier devices were installed for cooling and heating each part. The parameters of the experiment were as follows: a load up to 100 N, a rotational speed up to 35 rps, and a lubricating oil of ISO VG22. When the lower half of the bearing bush was cooled and the upper half was heated, the vibration was suppressed under a specific operating condition.

Keywords: Tribology, Journal bearing, Self-excitation vibration, Temperature, Viscosity

## 1 INTRODUCTION

Hydrodynamic journal bearings<sup>(1)</sup> are widely used to support rotating shafts in various types of machinery. Under operating conditions of high load and low speed, eccentricity ratios increase and minimum clearances reach the roughness order, usually resulting in solid contact, wear, and seizure in the bearings. In addition, under operating conditions of high speed and low load, self-excited oscillations can occur that cause vibration, instability, and breakdown in the bearings.

The hydrodynamic pressures and load-carrying capacities depend on the contribution of the wedge effect and oil viscosity. If the lubricating film can be cooled and/or heated so as to increase and/or decrease the viscosity and fluid pressure, the pressure distribution can be modified and the vibration can be controlled.

Oil viscosity is a strong function of temperature, and a change in viscosity significantly influences bearing characteristics. Thus, the associated theoretical approach, primarily including the thermal effect, is established as the “thermohydrodynamic lubrication (THL) theory.” On the basis of this theory, many results have been published in literatures<sup>(2)</sup>.

Meanwhile, the viscosity of magnetorheological (MR) and electrorheological (ER) fluids can be changed by controlling magnetic and electric fields<sup>(3)</sup>. However, these liquids are unusual lubricants that possess unclarified characteristics and are expensive; in

<sup>\*1</sup> College of Design and Manufacturing Technology

<sup>\*2</sup> Division of Production Systems Engineering

addition, the disposal of these liquids poses serious environmental risks.

We have thus proposed to use a thermoelectric module based on the Peltier effect, which refers to the presence of cooling or heating at an electrified junction of two different conductors, to control the temperature of the module's components. To improve the static tribological characteristics of journal bearings, the objective is to determine the optimum viscosity distribution through temperature control without the need for specially processing and texturing the sliding surfaces of the bearings.

To further enhance the dynamic characteristics of the existing journal bearings, a hydrodynamic journal bearing based on control of temperature distribution in an oil film was developed<sup>(4)</sup>. In this experiment, a prototype of a journal bearing that can suppress vibration was manufactured, and a preliminary experimental trial was subsequently performed.

## 2 EXPERIMENT

### 2.1 Tester and methods

Figures 1 and 2 show the schematics of the plain circular hydrodynamic journal bearing tester. The specifications were as follows: a bearing diameter ( $D$ ) of 50 mm, a bearing length ( $L$ ) of 50 mm, and a radial clearance ( $C$ ) of 0.025 mm.

The bearing bush was divided circumferentially into six blocks and assembled with them, in which thin polyoxymethylene plates were inserted in the mating faces of the blocks for heat insulation. The five air-cooling Peltier devices were installed on the blocks outside (except for the top block) for independently cooling and heating the bearing bush. The Peltier device mainly consisted of the Peltier module plate, the heat sink, and the DC electric motor fan. The module plate size was 20 mm × 250 mm, the maximum input voltage was 7 V, and the maximum endothermic energy was 10 W. The top left part was designated as T1, followed by T2, T3, T4, and T5 (counterclockwise), as shown in Fig. 2. The platinum resistance thermometers (PT100s) were also mounted on the plate of each Peltier device so that temperatures could be constantly monitored. Two non-contact type laser displacement sensors with a measurement distance of ±10 mm and a repeatability of 0.025 μm were set to measure the horizontal and vertical vibrations of the bearing.

The test oil was a naphthene-based crude oil (ISO VG22) whose temperature characteristics were a kinematic viscosity of 22.1 mm<sup>2</sup>/s at 40 °C and 3.65 mm<sup>2</sup>/s at 100 °C. The oil was supplied from a reservoir to the port on the top left portion of the bush.

The bearing load was acted upon by pulling the bearing bush by the screw of M20–P1.5 via the load-cell sensor with a rated capacity of 1 kN and a natural frequency of 1.75 kHz. The journal was supported with two rolling element bearings at both ends and was rotated by an

electric servomotor with a rated output capacity of 400 W and a rated rotational speed of 50 s<sup>-1</sup>.

Thus, the experimental trial was configured and implemented via the following procedure: setting the rotating speed ( $N$ ) and load ( $W$ ), then warming up the bearing to a stable oil temperature, and then finally starting the bearing vibration. Next, the Peltier devices were switched on to cool down and/or heat up the bearing bush and lubricating oil to generate the temperature distributions.

The test bearing was operated under the conditions of the load ( $W$ ) up to 100 N and the rotational speed ( $N$ ) from 21.7 to 35 s<sup>-1</sup>. The bearing was vibrated under the limited conditions of lower load and higher speed. In this experiment, the conditions of the load  $W = 20$  N, the speed  $N = 25$  and 30 s<sup>-1</sup>, and the oil temperature at about 45 °C, were representatively selected. At this stage, only one case of cooling with the T2, T3, and T4 devices, and heating with the T1 and T2 devices, under a maximum input voltage of 4 V was examined.

### 2.2 Results and discussion

Figures 3 and 4 show the temperature distributions and vibration waves before and after switching on the Peltier devices, respectively (The angle  $\phi = 60^\circ$  corresponded to the location of the device T1). The experimental conditions were specified as the load  $W = 20$  N and the speed  $N = 30$  s<sup>-1</sup>. Before the switch-on of the Peltier devices, the temperature distribution was almost uniform (Fig. 3) and the amplitude of vibration was large (Fig. 4a).

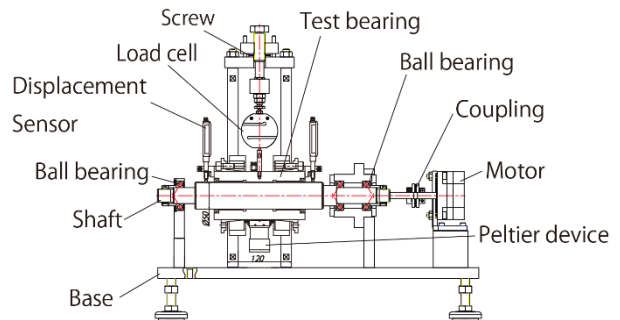


Fig. 1 Test rig of the hydrodynamic journal bearing

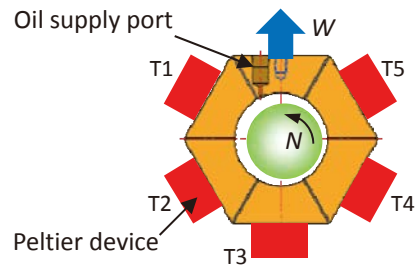


Fig. 2 Schematic of the bearing bush

After the switch-on, the temperature distribution varied as the temperature at the bearing bottom became low and temperature at the bearing top became high. Simultaneously, the amplitude became markedly small (Fig. 4b).

Figure 5 shows the Fourier spectrum of data based on Fig. 4. Before switch-on, the peak frequency of vibration was detected at 15 Hz, *i.e.*,  $15 \text{ s}^{-1}$  (Fig. 5a), which corresponded to the half rotational speed of the journal ( $N = 30 \text{ s}^{-1}$ ). After switch-on, subsequently, the peak virtually vanished (Fig. 5b). One can thus observe that the vibration was suppressed by temperature control.

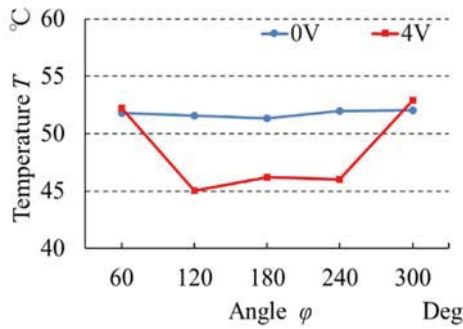
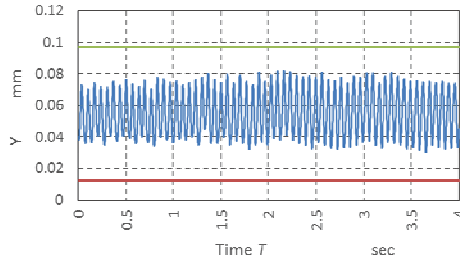
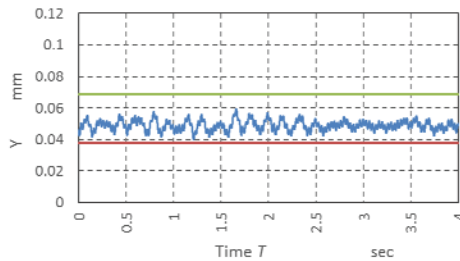


Fig. 3 Temperature distribution before and after temperature controlling ( $N = 30 \text{ s}^{-1}$ ;  $W = 20 \text{ N}$ ; Cooling of T2, T3, and T4; Heating of T1 and T5)



(a: before temperature controlling)



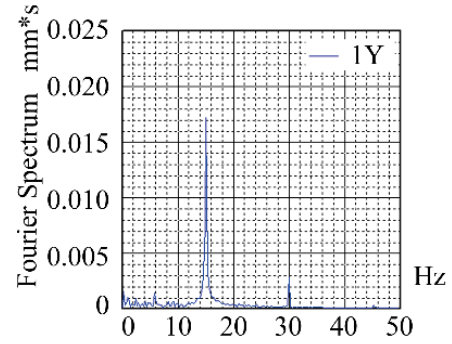
(b: after temperature controlling)

Fig. 4 Comparison of vibration waves ( $N = 30 \text{ s}^{-1}$ ;  $W = 20 \text{ N}$ ; Cooling of T2, T3, and T4; Heating of T1 and T5)

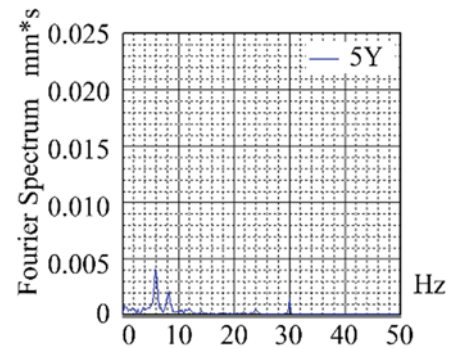
Figure 6 shows the vibration waves under the conditions of the load  $W = 20 \text{ N}$  and the speed  $N = 25 \text{ s}^{-1}$ ; the speed was rather lower than that of Fig. 4. The vibration suppression (Fig. 6 a  $\rightarrow$  b) was similar to that as shown in Fig. 4 (a  $\rightarrow$  b).

### 3 CONCLUSIONS

A tester for suppressing the vibration of a prototype journal bearing was developed. When the bearing bush was cooled and heated locally, the reduction of the vibration was verified experimentally. The condition was limited, and thus further verification experiments, including discussion of thermal and elastic deformation, will be conducted.



(a: before temperature controlling)



(b: after temperature controlling)

Fig. 5 FFT analysis of amplitude of test bearing ( $N = 30 \text{ s}^{-1}$ ,  $W = 20 \text{ N}$ , Peltier device off (1Y) and on (5Y))



## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 25420079. The authors thank Mr. Y. Niida, Mr. S. Kawakami, and Mr. H. A. Azri of the Muroran Institute of Technology.

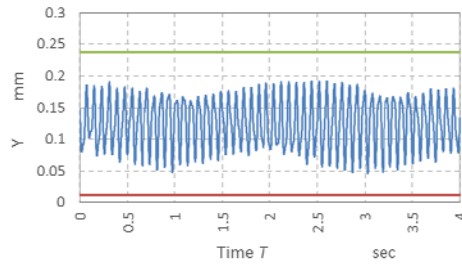
## APPENDIX

## Nomenclature

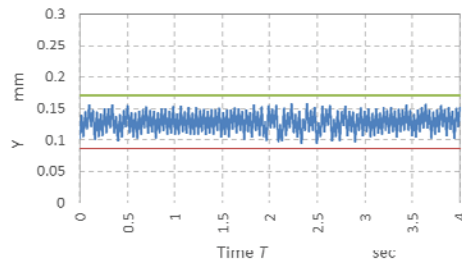
$N$	: rotational speed
$t$	: temperature
$W$	: bearing load

## REFERENCES

- (1) Japanese Society of Tribologists: Tribology handbook (in Japanese), Yokendo Co. Ltd., (2001).
- (2) Singhal, S. and Khonsari, M. M.: A Simplified thermohydrodynamic stability analysis of journal bearings, Journal of Engineering Tribology, Part J, Proceedings of Institution of Mechanical Engineers, Vol. 219, No. 3, (2005), p225–234.
- (3) Korenaga, A., Sasaki, S. and Ando, Y.: Static characteristics of journal bearings using liquid crystal as lubricating fluid (in Japanese), Journal of Japanese Society of Tribologists, Vol. 50, No. 2, (2005), p162–169.
- (4) Kazama, T., Saito, K., Narita, Y., and Hanajima, N.: Development of a Viscosity-Controlled Hydrodynamic Journal Bearing (in Japanese), Proceedings of Tribology Conferences 2013 Spring Tokyo, D11 (2013).



(a: before temperature controlling)



(b: after temperature controlling)

Fig. 6 Comparison of vibration waves ( $N = 25 \text{ s}^{-1}$ ;  $W = 20 \text{ N}$ ; Cooling of T2, T3, and T4; Heating of T1 and T5)

# A Framework of Accuracy Assured Machining for Smart Manufacturing

Koji TERAMOTO<sup>\*1</sup>, Dongjin WU<sup>\*2</sup>, Kentaro OTA<sup>\*3</sup> and Ryota HAYASHI<sup>\*4</sup>

(Received 26<sup>th</sup> October 2015, Accepted 2<sup>nd</sup> February 2016)

## Abstract

This paper presents a framework of accuracy assured machining which enables information driven manufacturing. As a framework of accuracy assured machining, a closed loop machining operation is proposed based on four fundamental functions. They are physics conscious operation planning, intelligent monitoring, on-machine shape measurement and error source estimation and determination of re-machining strategy. Last three functions are essential in accuracy assured machining. As a preliminary development of the accuracy assured machining, a method to achieve a rapid and accurate on-machine shape measurement is also explained.

Keywords: Accuracy assurance, line laser displacement sensor, process monitoring

## 1 INTRODUCTION

From the MAP (Manufacturing Automation Protocol) project proposed by General Motors in 1980's, network connectivity of manufacturing facilities has been an important issue. Recently, network connected and information driven manufacturing based on modern information technologies such as IoT (Internet of Things), Cloud computing technology and CPS (Cyber-Physical System) becomes a realistic solution<sup>(1)</sup>. In such an emergent manufacturing system, agile and smart adaptation to changeable demands must be accomplished<sup>(2)</sup>. Functional modularity of each facility is an essential characteristic of the system. Accuracy assured part machining guarantees the modularity of machining stations. In the conventional manufacturing system, accuracy inspections are separated from machining station. Furthermore, accuracy improvements are often based on an empirical human know-how.

It is reported that a closed loop machining using on-machine shape measurement can achieve an accuracy assured machining<sup>(3)(4)</sup>. Furthermore, contactless measurement using a laser displacement sensor is also reported as a promising method for on-machine shape measurement. From the previous research related to the closed loop machining, the following problems have not been overcome.

- Efficiency and accuracy of measurement are not enough to utilize actual machining situation.
- There is no systematic re-machining principle.
- Monitoring of machining process is not integrated to the closed loop machining.

The objective of this research is to construct a systematic accuracy assurance procedure and to design a prototype of the accuracy assured machining station based on an intelligent monitoring method<sup>(5)</sup> and rapid on-machine shape measurement. A framework of the accuracy assured machining and developed fundamental methods are explained in this paper.

## 2 FRAMEWORK OF ACCURACY ASSURED MACHINING

In order to overcome the problems of conventional machining process, on-machine shape measurement and error source estimation based on intelligent monitoring are introduced. Figure 1 illustrates a framework of an accuracy assured machining. The framework contains four topics: 1) physics conscious operation planning, 2) intelligent monitoring, 3) on-machine shape measurement and 4) Error source estimation and determination of re-machining strategy. Before the machining, operation planning is generated based on a machining process simulation. The method is called model-based operation planning. Furthermore, predicted machining situations are recorded as a systematic representation scheme which is called machining scenario<sup>(6)(7)</sup>. During the machining, an accurate and workpiece wide state estimation method is applied. The method is based on a combination of

\*1 College of design and manufacturing technology

\*2 Division of Engineering

\*3 Division of Production Systems Engineering

\*4 Department of Mechanical, Aerospace and Materials Engineering

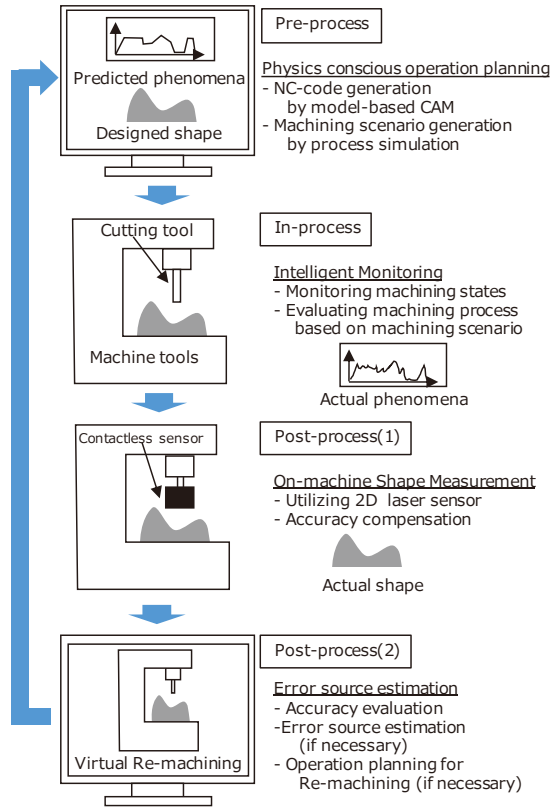


Fig.1 Framework of accuracy assured machining

locally measured values (temperatures and strains) and the process simulation technique <sup>(5)</sup>. After the machining, workpiece shape is measured by using a 2D laser displacement sensor. The 2D displacement sensor enables rapid measurement of the workpiece shape. A method to improve an accuracy of the 2D displacement sensor will present a next section. Furthermore, the measured shape is compared with designed workpiece shape. If the accuracy is not sufficient, error sources must be estimated. Development of a method to estimate the error source is a future work of this research. Decomposition of machining error into possible error source based on a compositional machining model <sup>(7)</sup> is a possible approach to estimate the error source. Conventional approach to re-machining is only based on geometrical information. By using the estimated error source, a determination of a re-machining strategy will become more rational and reasonable. Based on the strategy, operation planning for re-machining can be carried out. The re-machining is executed same as the original procedure. This systematic and rational re-machining process is expected to reduce a number of trials. From the following sections, methods to implement the proposed framework are presented.

### 3 ON-MACHINE SHAPE MEASUREMENT

Contactless on-machine measuring systems have been

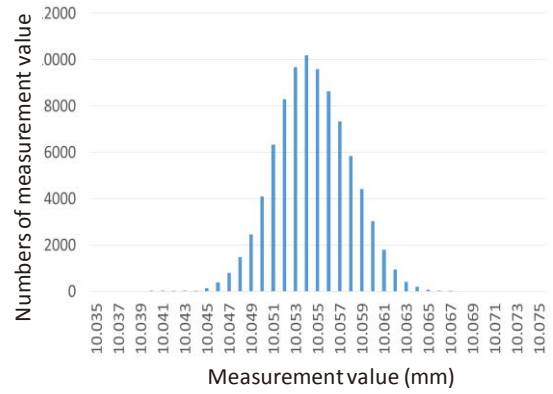


Fig.2 Measured data for 10mm gauge block

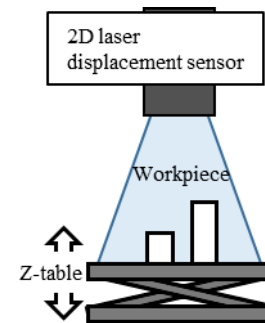


Fig.3 Experimental setup

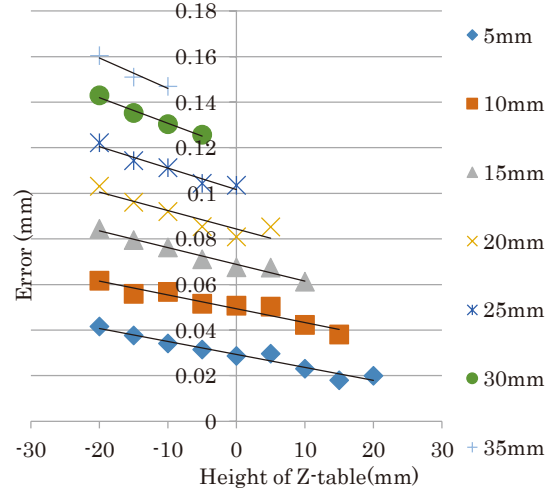


Fig.4 Measured error at different conditions

attracted attention for accuracy assurance of products. 2D laser displacement sensors are expected as promising devices because of their efficiency. However, their accuracies are not enough to utilize on-machine shape measurement <sup>(8)(9)</sup>. An accuracy improvement method is necessary to utilize the 2D laser sensor to the on-machine shape measurement.

In order to improve the accuracy of the 2D laser sensor, a geometrical feature-based compensation method is evaluated. In this method, local workpiece shape is categorized into pre-determined shapes such as

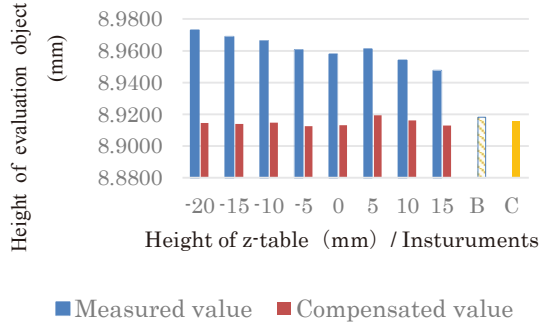


Fig.5 Evaluation of compensated values

flat plane, cylindrical surface, sphere and so on. Output values of sensor for each shape category are calibrated in advance. In this paper, compensation for flat plane is evaluated.

As a reference flat surface, gauge blocks (Mitsutoyo Rectangular Gauge Block grade 0) which have accurate dimensions are employed for calibration. Based on measurements of gauge blocks surface with 2D laser sensor (Keyence LJ-V7080, measurement range  $\pm 23\text{mm}$ , linearity 0.1% of measurement range), the characteristics of the sensor are obtained. The dispersion of measured values follows the normal distribution as shown in Fig. 2. Therefore, compensation of measured values by averaging is considered effective. Differences between the average value and real displacement come from the measurement range. It is expected that measured values can be compensated as a function of the distance between a sensor head and a workpiece surface. In order to verify this assumption, seven workpieces which have 5-35 mm height are set on a z-table and measured by moving z-table shown in Fig. 3. The result is shown in Fig. 4.

A compensation model based on a multiple regression model is derived from the measured data. The suitability of the compensation is evaluated by comparing the compensated values and the result of precise measurement. Different workpiece is prepared as an evaluation object. A 3D-CMM and an accurate digital micrometer are employed as the precise measurement instruments. Figure 5 shows comparison of these values. The compensated values show good agreement with the results of precise measurements.

This result shows a feasibility of efficient and accurate contactless measurement. However, the proposed compensation method is to be applied for a workpiece which have a flat top. Compensation for measurement of 3-dimensional shape including cylindrical surface, sphere and curved surface is a future works of this research.

#### 4 INTELLIGENT MONITORING

Modern machine processes are separated from the

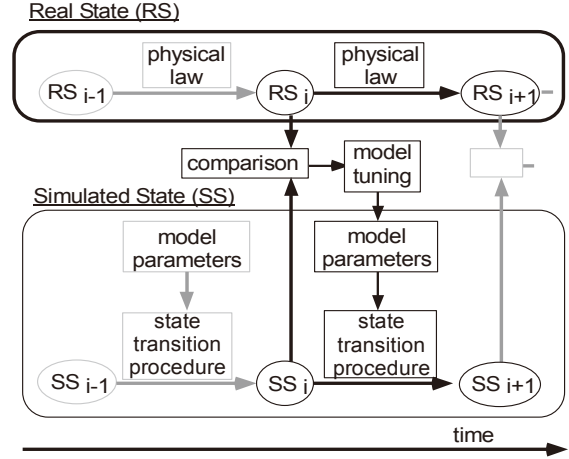


Fig.6 Adaptive estimation procedure

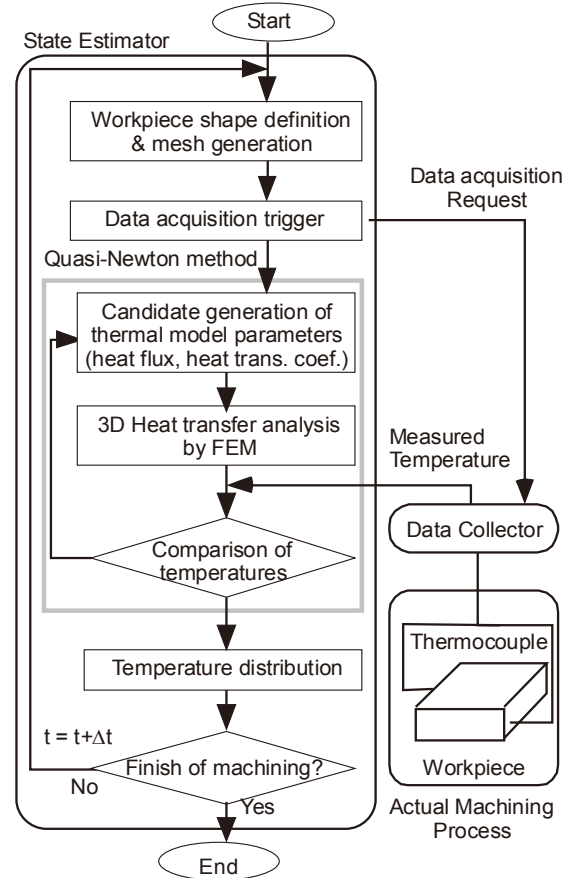


Fig.7 Configuration of thermal state estimation system <sup>(5)</sup>

operators to secure the safety. This separation will be enlarged in the digital and networked production situations. Therefore, monitoring technologies become more important than the conventional operator controlled machining environment. A framework for accurate and simple setup monitoring method has been proposed. The framework is based on combining locally measured information and FEM (Finite Element Method)-based process simulation <sup>(5)</sup>.

Because transient heat conduction problem is formalized based on FDM (Finite Differential Method) formulation in time domain, the problem is solved step by step. Simulation results are obtained as the time series of thermal states. As shown in Figure 6, we introduce a model tuning procedure into the every state transition. Concerning the thermal state estimation, parameter tuning of heat transfer coefficient and heat flux is enough to realize the model tuning. A procedure of thermal estimation is as follows:

1. Measured state of predetermined region ( $RS_i$ ) and simulated state at present step ( $SS_i$ ) are compared.
2. Model parameters are estimated based on the results of comparison.
3. Simulated state at next step ( $SS_{i+1}$ ) is calculated by using the estimated parameters.

By tuning the model parameters at every state transition, the procedure is expected to achieve an adaptively of situational variation.

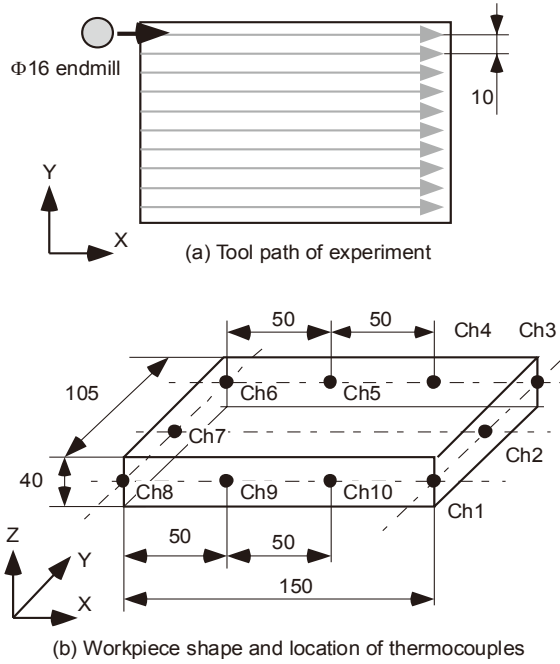


Fig.8 Experimental setup and tool path

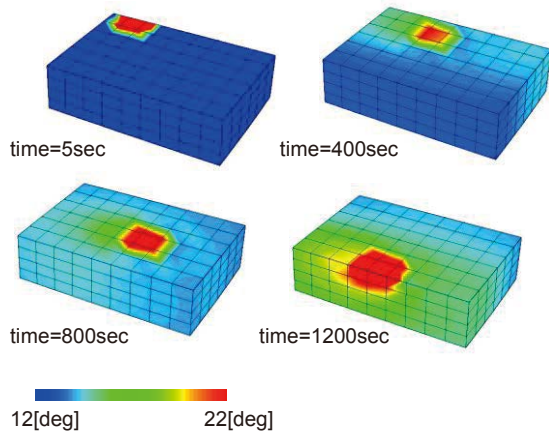


Fig.9 Temperature distribution of workpiece

Figure 7 illustrates a configuration of the prototype system developed for the thermal state estimation. The prototype system consists of two major modules. They are a data collector and a state estimator. The system acquires temperatures of predetermined points by using thermocouples when a data acquisition request message is sent to the data collector. A minimum interval of data collection is one second. A state estimator is developed based on an optimization method which searches parameters. The Quasi-Newton method is employed as an optimization method. FEM analysis provides to evaluate the optimization candidates. After iterating the optimization procedures, appropriate parameters to fit the measured data are selected so as to reduce the difference between measured data and corresponding analysis results. After determining the parameters, the estimation step is incremented to a next time step. Communication between state estimator and data collector is implemented based on RS-232C protocol. All software are coded by C++ language.

Figure 8 shows an example problem for an evaluation of the procedures of thermal state estimation. Workpiece material is S45C steel. Axial depth of cut is 1mm and tool path is shown in Fig 8(a). Measurement points of temperature for the estimation are also illustrated in Fig. 8(b). By using these measured temperatures (Ch1, Ch3, Ch6), temperature distribution in transient heat conduction is estimated. In this case, a heat flux of the heat source and a heat transfer coefficient of the surface are estimated as variable parameters. From the comparison between the measured temperature and estimated temperature at Ch2 and Ch 7, mean square errors of both points are less than  $3^{\circ}\text{C}$  <sup>(5)</sup>. Figure 9 shows the estimated temperatures distribution at different time. By using the limited surface information, a whole temperature distribution of workpiece can be estimated accurately. Converging this information into the machining error information obtained by post-process measurement is an important future work.

## 5 CONCLUTIONS

As a basic component for the smart manufacturing, a concept and framework of accuracy assured machining are proposed. As the topics regarding fundamental technologies to implement the proposed concept, outline of on-machine shape measurement and intelligent monitoring are explained. Although the results are only from small-scale evaluation, these technologies can be employed to implement the accuracy assured machining. By integrating these technologies, the changeable manufacturing, which enables product personalization, becomes a common production style in near future.



## ACKNOWLEDGMENT

This study was partly funded by Grant-in Aid for Scientific Research by the Japanese Ministry of Education, Science and Culture.

## REFERENCES

- (1) Jay Lee, Behard Bagheri, Hung Ann Kao, and Edzel Lapira, Industry 4.0 and Manufacturing Transformation, Manufacturing Leadership Journal, February 2015 , (2015), pp. 36-43.
- (2) Hoda A. ElMaraghy (*ed.*), Changeable and reconfigurable manufacturing systems, Springer, (2009).
- (3) Yoshiaki Kakino, Yukitoshi Ihara, Yoshinori Iwasaki, Atsushi Matsubara, and Hisashi Otsubo, Study on Amendable Machining System by Using Machining and Measuring Center (1st Report), Journal of the Japan Society for Precision Engineering, Vol. 59, No. 10, (1993), pp.1689-1694(*in Japanese*).
- (4) Go Abe, Masatoshi Aritoshi, Tomoki Tomita, and Keiichi Shirase., Development of On-machine measurement System Utilizing Line laser Displacement Sensor, International Journal of Automation Technology, Vol.5, No.5, (2011), pp.709-714
- (5) Koji Teramoto, Ryuichi Tanaka, Tohru Ishida, and Yoshimi Takeuchi, Thermal state visualization of machining workpiece by means of sensor-configured heat conductive simulation, JSME International Journal Series C, Vol. 49, No.2, (2006), pp. 287-292.
- (6) Shozo Takata., Generation of a Machining Scenario and Its applications to Intelligent Machining Operation, Annals of CIRP, Vol.42, No.1, (1993), pp.531-534.
- (7) Koji Teramoto, Jun'ichi Kaneko, Tohru Ishida, and Yoshimi Takeuchi, A framework of compositional machining simulation for versatile machining simulation, JSME Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.2, No.4, (2008), pp. 668-674.
- (8) Heizaburo Nakagawa, Toshiki Hirogaki, Yohshihiro Kaji, Yoshihiro Kita, and Yoshiaki Kakino, In-situ Suitable Controlled Scan of Laser Stylus for Point Measuring of Free Surface, Journal of the Japan Society for Precision Engineering, Vol.69, No.10, (2003), pp.1423-1427 (*in Japanese*)
- (9) Miyuki Takaki, Hiroyuki Narahara, Hiroshi Koresawa, and Hiroshi Suzuki, 2013, Improve in accuracy of 3D modeling from Three-dimensional non-contact type measurement data, Proceedings of the 2013 JSPE Spring Conference, (2013), pp.23-24(*in Japanese*).

# MIER2015

Joint Symposium on Mechanical - Industrial Engineering, and Robotics 2015  
Muroran Institute of Technology - Chiang Mai University

**Date** : May 29 (Fri) - 30 (Sat), 2015

**Venue** : Muroran Institute of Technology

## Topics :

The MIER2015 intends to enhance interdisciplinary interaction, therefore, various topics related to the mechanical engineering, industrial engineering and robotics are welcome. The followings are typical topics of the symposium.

1. Modeling and simulation of mechanical systems
2. Mechanical systems design and application
3. Manufacturing engineering and technology
4. Industrial engineering and production management
5. Robotics and automation
6. Sensing and measurement
7. Medical application and biomechanics

## Important Date :

Abstract submission : Feb. 28, 2015  
Acceptance notification : Mar. 31, 2015  
Full paper submission (optional)  
: June 30, 2015

## Paper submission :

All authors are invited to submit extended abstracts. Furthermore, authors who will make presentations at the symposium can optionally submit a full paper. The abstracts and full papers should be written in English. The abstracts will be reviewed by the technical committee and all accepted abstracts will appear in the proceedings (abstract book). Submitted papers will be peer-reviewed by the editorial committee and published in the special issue of "Memoirs of the Muroran Institute of Technology". Authors information will be appeared in the symposium web site.

## Contact :

Organization Committee :  
mier2015@mmm.muroran-it.ac.jp

<http://www.muroran-it.ac.jp/mech/MIER2015/>



# 学 術 論 文



## 渡島半島西岸部せたな町の漁業方言語彙

～東岸部旧榎法華村との比較の視点から～

橋本 邦彦<sup>\*1</sup>Dialectal Words Related to Fishery in *Setana* Located in the Western Region of the *Oshima* Peninsula

～From the viewpoint of comparison between the western region and the eastern region～

Kunihiko HASHIMOTO<sup>\*1</sup>

(原稿受付日 平成 27 年 6 月 26 日 論文受理日 平成 28 年 2 月 2 日)

## Abstract

The purpose of this paper is as follows: 1) To classify words related to squids, octopuses, fishing tools, fishing methods, fish names, fish processing and traditional fishery events into three types of “used,” “known,” and “not used” by the interviewees, which were collected through the fieldwork in *Setana* in the western region of the *Oshima* Peninsula; 2) to describe their meanings, usages and background information in detail. Compared to the dialectal words of *Todohokke* in the eastern region, it is revealed that ecologically-conditioned, socially-conditioned and linguistically-conditioned factors, interacting with one another, produce similarity and difference in word forms/meanings between the two regions.

Keywords : Comparison, Fishery dialect, Ecologically, Socially, Linguistically, *Oshima* Peninsula

## 1 はじめに

本稿の目的は、渡島半島西岸部の漁業関連の方言語彙を調査した結果を「使う/使っていた」、「知っている/聞いたことがある」、「使わない/聞いたことがない」の 3 つの使用状況から分類し、そこから得られる所見を提示することにある。その際、渡島半島東岸部下海岸地域に位置する旧榎法華村（現在函館市）で調査された語彙との比較を試みる。

2000 年から 14 年に亘って旧榎法華村で実地調査を行ってきた経緯と理由については、島田・橋本・寺田・塩谷(2001)及び橋本(2012)で詳しく述べられている。この間、調査に携わる者にも協力する者にも、退職や死亡などで異動があったが、2011 年(平成 23 年)より「旧榎法華における伝統的漁業・造船に関する語彙調査」の題目で科学研究費補助

金の助成を受けたことをきっかけにして、新たな研究態勢の下で、風、潮流などの自然現象や漁具、漁法、魚種、魚加工に関連した語彙に焦点を当てた調査に着手することができた。その際、昔の漁の様子や現在の漁の詳細について通曉した 3 名の調査協力者と出会い、数々の興味深い語彙とそれに関連した情報を得ることができた。その一部は、橋本(2014)、島田(2014)、塩谷(2014)および橋本(2015)として公刊されている。

この調査の中で、イカ加工及びタコ漁に関わる語彙が豊かである事実を知ることとなった。前者については、先行研究で部分的に言及されているものの網羅的ではなく、スルメ加工の廃れた現在、そこで用いられた語彙は、専ら、当時を知る調査協力者の記憶の中にのみ保管されているにすぎない。後者については、対象地域を含む周辺の町村史で簡単に触れられているだけで、詳しい記述に出会うことはない。これは、イカ漁、イワシ漁、タラ漁、コンブ漁などを基幹とした漁業活動の実態を鑑みれば当然のことであろう。しかしながら、調査の過程で、タコは換金性の高い魚種として現在盛んに漁獲されていること、また、それに関連した漁法、漁具、魚種等の名称が意外に多い事実が判明した。もともと、『昭和 9 年・渡嶋市廳管内水産業概要』

<sup>\*1</sup> 室蘭工業大学 ひと文化系領域

に記された「専用漁業権ノ種類」には、蛸箱漁業の記載があることから(『假法華村史』 1989: 664)、戦前から細々と続いていたものが、これまで主要であった魚種の漁獲量が減少した結果、表舞台に押し出されてスポットライトを浴びる状況に至った感がある。

イカとタコは、渡島半島東岸部沿岸で獲れるだけでなく、西岸部（松前町、上ノ国町、江差町、乙部町、八雲町熊石、せたな町、奥尻町等）沿岸においても漁獲される。それならば、語彙についても、共通点や相違点が存在するはずである。隣接する地域で用いられる漁業関連語彙を比較の視点から考察する時に興味深い事実が浮かび上がって来るのではないかとの見通しを立て、新たな実地調査を開始することにした。幸い、2014年(平成26年)より「渡島半島東岸部と西岸部における伝統的な漁業関連方言語彙の比較調査」(科学研究費補助金、基盤研究(C)、課題番号 26370523)が採択され、3年間のプロジェクトを実施できる環境が整ったのである。

調査地を選定するに当たり役に立ったのは、2013年(平成25年)に実施した「渡島半島西岸部漁業関連方言語彙調査」(室蘭工業大学平成25年度グループ基盤研究による助成)であった。この調査旅行では、せたな町を皮切りに、島牧村、寿都町、岩内町、泊村、余市町、小樽市の各々の漁業関連施設及び郷土館・博物館を訪れ、過去・現在の漁業の実態とそれに付随した資料を収集することを目的とした。この調査旅行で、せたな町が西岸部と東岸部を結ぶ交通の要衝に位置すること、現在でも比較的漁業が盛んであること、言語面においても方言の保持者がいることを確認することができた。そこで、今回の調査の地をせたな町と定め、調査協力者を求めることとした。

せたな町は2005年9月1日に、北檜山町、瀬棚町、大成町の3町が合併して新たにできた町で、北海道久遠(くどう)郡に属する。旧町は、それぞれ、北檜山区、瀬棚区、大成区となり、せたな町役場が

北檜山区徳島に、支所が瀬棚区と大成区に置かれている。『北海道せたな町勢要覧 2007』「資料編」によると、総面積 638.64km<sup>2</sup>、人口 10,728 人、主要産業は、農業、畜産業、漁業等である。参考のため、せたな町の地理的な位置を左記に掲げる。

2014年9月初旬にせたな町産業振興課に調査協力者の紹介を依頼したところ、水産振興係の職員を通して、現在北檜山区に在住している元漁師の方を紹介して頂いた。そこで、この方を調査協力者として、2回の調査が次の要領で実施されたのである。

### A. 第1回調査

- 実施日：2014 年 9 月 4 日（木）
- 実施場所：せたな町北檜山区新成 西田栄氏宅
- 調査協力者：西田栄氏（1925 年生まれ；89 歳；元漁師）
- 調査者：塩谷亨、島田武、橋本邦彦（3 名とも室蘭工業大学教員）
- 調査項目：漁具、漁法、魚加工、魚種、風・潮等自然現象関係の語彙

## B. 第2回調査

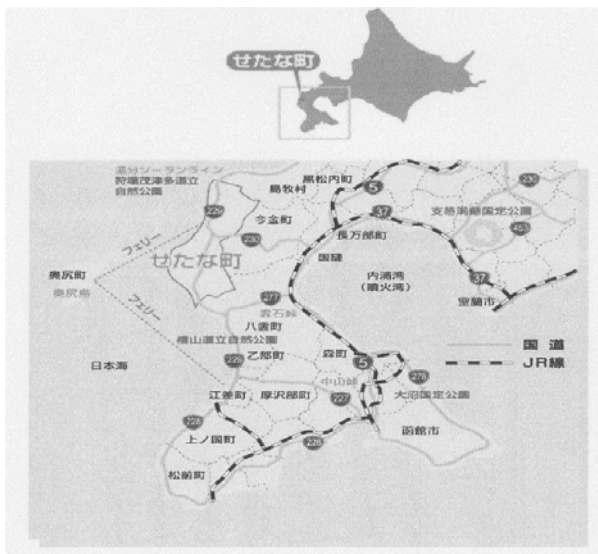
- 実施日：2015 年 2 月 26 日（木）
- 実施場所：せたな町北檜山区新成 西田栄氏宅
- 調査協力者：西田栄氏（1925 年生まれ；89 歳；元漁師）
- 調査者：塩谷亨、島田武、橋本邦彦（3 名とも室蘭工業大学教員）
- 調査項目：漁具、漁法、魚加工、魚種、漁業関連行事などの語彙

調査は、2013 年 8 月 28 日(水)及び 29 日(木)、2014 年 2 月 22 日(土)及び 23 日(日)に実施された旧榎法華村での実地調査・面談で得られた語彙を参考にして作成された語彙表に基づいて行われた。ただし、各語彙について一つひとつ機械的に聞き取るのではなく、過去から現在に至るせたな町、特に北檜山地区の漁業の様子について、個人的な経験や所感を自由に語ってもらう形で進められた。その談話の流れの中で、調査者は必要と判断した時に適宜質問をして、調査協力者から答えを引き出すように努めた。このように調査協力者の側に自由裁量を委ねたことで、当初予定していなかった語彙情報、例えば、魚種や漁業関連行事の名称とそれに付随した説明を新たに得ることができた。

第2回調査では、前日の2月25日(木)にせたな町大成区にある大成郷土館において伝統的な漁具の展示を見学したのだが、その折、学芸員の木村浩太郎氏(30代)から、大成地区の漁業について詳細な解説を頂いた。そこで得られた知見も、本稿の中に盛り込まれている。

なお、旧榎法華村における調査結果を考察しまとめたものは、橋本(2014)及び橋本(2015)として発表しているのので、参照してもらいたい。

本稿の目的は、せたな町での 2 回の調査で得られた語彙の内、イカ・タコに関連した語彙、漁具・



せたな町地図(『北海道せたな町勢要覧 2007』より)



漁法などに関連した語彙、魚種の名称に関連した語彙、伝統的な行事に関連した語彙を、各々採り上げ、「使う/使っていた」、「知っている/聞いたことがある」、「使わない/聞いたことがない」の3点から分類した上で、意味、用法、背景情報等を記述することにある。その際に、旧蝦夷法華村で判明した事柄と比較して、共通点と相違点並びにその要因や理由などを明らかにする<sup>1)</sup>。

第2節ではイカとタコ関連語彙を、第3節では漁具・漁法関連語彙を、第4節では魚種関連語彙を、第5節では伝統的な行事関連語彙を扱う。第6節は結論で、本稿の考察で明らかとなった事実を踏まえて、方言語彙の生まれる要因を明らかにし、渡島半島西岸部と東岸部の漁業関連方言語彙の関係を比較方言的視点に立った今後の調査の可能性を指摘したい。

## 2 イカ・タコ関連の方言語彙

### 2.1 イカ関連語彙

漁具・漁法、加工について16語彙の調査ができた。

- (1) **アガイガ**: S-Ø/T; イカ干しの際に雨にあたったもの。  
#S: 同じものを**アマイカ**と言い漬物にした<sup>2)</sup>。  
#『大成町史』(1984: 401): 以前は漁業協同組合で漁民にイカを生で出荷させて加工することなく、漁民がイカを自家加工したため、特に雨天の場合は塩イカにしたりしたが、殆んどお金にならなかった。(下線部は筆者による)
- (2) **イカゴロカコー**: S-Ø/T; イカゴロをゆでて油をとること。  
#S: **ゴロ**(内臓)は山側にある畑の肥料にした。  
#T: この油をチャッカー船の燃料にした。
- (3) **イカノシ**: S/T; スルメイカの加工法。  
#S: 干したイカを**ノス**(のぼす)作業。のしたイカを10枚合わせて出荷した。  
#T: イカのみみを歯で噛んで広げ、イカの足を**アグド**(かかと)で踏んで伸ばした。
- (4) **カップイガ**: S-Ø/T; スルメイカにするのに天気が悪くて干すのに時間がかかり、捨てるようなイカ。  
#T: 干イカが雨に打たれて湿ったもので、鮮度が落ちる。**アガイガ**とも言う。((1)参照)
- (5) **カナマギ**: S/T-NA; 鉛とビニルから成るイカ釣り漁具。  
#S: せたな町では**カナマキ**と発音する。
- (6) **カーンバイト**: S/T-NA イカを寄せるための道具。カーバイトのこと。  
#S: カワサキ船でハネゴを用いた頃にイカ漁で焚いた。  
#石垣(1980: 72): **カーバイト**に真鍮のホヤをかけた。なお、イカ寄せの方法は、使用する漁

具の変遷に伴って、ランプ⇒ガス灯⇒アセチレン灯⇒カーバイトに変わっていった。

- (7) **キカイマギ**: S/T-NA; 自動機械巻。  
#S: 昭和55年当時広く行われていたイカ釣り漁法。せたな町では**キカイマキ**と発音する。
- (8) **ゴロ**: S/T; 船を陸上に巻き上げる時、船底に入れる円筒形のローラーのこと。旧蝦夷法華村でもこの意味で使用。ただし、せたな町の調査では、下記に記すように、指示対象が異なるように見える。  
#S: 「戦後は船に**ゴロ**を付けて大きな**トンボ**でイカを釣った。」(西田氏談より)  
イカ釣りの漁具を指すのか。
- (9) **トンボ**: S/T; イカ釣り用具で、イカを引っかける針の一種。天秤の端に道糸を付け、針各一本を付ける。海中に入れて**シャクリ**を繰り返すことによって、本体がトンボの舞っているように見えることから名づけられた。(橋本 2015: 89)  
#S: 2本トンボから3本トンボに移行した。水面に浮いたイカを釣るのに適している。
- (10) **ナヤ**: S/T; スルメ加工でイカを干すために浜に建てた杭のこと。
- (11) **ナヤガケ**: S/T; スルメ加工でイカを干す乾燥場のこと。  
#S: ナヤ(木架)に5尺の竿を9本並べてイカを干した。  
#T: 浜近くの海中に杭を打って、その上に設置した。  
#石垣(1983: 244)、吉岡(2003: 92): 身欠きニシン加工時の乾燥場のこと。
- (12) **ノリコ**: S/T; 船を持っていないため、他人の船に乗り込むイカ釣り漁師。  
#S: 親方に雇われる漁師。  
#『北檜山町五十年の歩み』(2004: 324): ひと船に14~18人が乗り込む。親方とは二分・八分の割合で、現物の生イカで決済した。  
#吉岡(2003: 98): 日本海側のイカ付け場所(岩内、小平)でも用いられる。石狩浜では**アイノリ**と呼称している。
- (13) **ハセガケ**: S-NU/T; スルメ加工時にハセにイカをきれいに並べて干すこと。  
#S: 西田氏の父親の世代が使用した。イカを2尾ずつあげる天秤状の仕掛けで、早く釣り上げることができるので操作の上手な漁師は多く獲った<sup>3)</sup>。  
#『海と船と漁労の記録~六ヶ所村泊地区~』(2002: 8):  
**ハセ**: スルメ加工時に用いる用具。木の棒を立てて縄を張ったもの。これにイカを干す。
- (14) **ハネゴ**: S/T; イカ釣りの道具。片側2本ずつ、計4本の針が付いている。これを用いてイカを2尾ずつあげる。イカが海面近くに浮いている時に使用する。(橋本 2012: 9)  
#S: 昭和15、16年頃に使用した。イカを早く釣り上げることができた。
- (15) **ホガキイガ**: S-Ø/T; スルメ加工時の用語。  
#T: 鮎色に粉を吹いている良質のイカ。

- (16) マス：S/T-NA；漁船で漁師ひとり分のすわる場所。1m 四方の正方形。  
#S：ここでイカを釣った。

## 2.2 タコ関連語彙

漁具・漁法、魚種に関して 17 語彙の調査をした。

- (17) イサリ：S-Ø/T；タコを獲る道具。針金を曲げて針状にし、錘に鉛を使用する。潮上から潮下(または、風上から風下)へ漁具を流し、タコが掛かると浮きが沈んだり、流れが止まったりする。  
#T：漁師が色鮮やかなビニルやひも、プラスチック板などを利用して独自に製作する。  
#『郷土史探訪Ⅲ』(1982: 12)：鹿部や下海岸地方で使用する。
- (18) イサリヒキ：S-Ø/T；タコ獲り、またはタコ獲り漁師。  
#石垣(1983: 40)「今日はイサリヒキが出た」  
＜増毛＞
- (19) イッパイ、ニハイ：S/T イカを数える単位。ヘエとも言う。(石垣 1980: 61)  
#S：タコの数え方。  
#T：イカやタコを数える単位。
- (20) サンヤ：S-Ø/T-Ø；タコの異名。(吉岡 2003: 108)  
#『新 北のさかなたち』(2003)には地方名(北海道)にこの名称は見当たらない。
- (21) シンバリ～シバリ：S/T；タコを獲る道具。(石垣 1983: 161)  
#S：1970 年代までこれを用いて、箱メガネでタコを突いた。  
#『北檜山町史』(1981: 421)によると、古くから太櫓で行われていたタコ漁法で、通常、シンバリと呼ばれる。シンバリは海底岩礁、または玉石の散在する場所でのタコの捕獲に適している。  
#T：エビが一杯入ったかごが海に落ちた時、それを引っかけて取る道具。  
#吉岡(2003: 58)では、コンブ拾いや海中に沈んだ物を引き上げる道具として紹介している。
- (22) ソーダコ：S/T；ミズダコの雄の呼び名。『新北のさかなたち』(2003: 342)のミズダコの地方名(北海道)シオダコ(雄)の異音と考えられる。  
#S：体が大きく、漁獲数が多い。身が柔らかい。
- (23) タコバコ：S-Ø/T；タコ獲り用の箱。  
#『郷土史探訪Ⅲ』(1982: 11)：箱は磯船で 2～3 日海中に投下しておく。現在では 15～20 日位で引き上げる。
- (24) タコカゴ：S/T-NA；タコ獲り用のかご。  
#S：現在、せたな町で行われている漁法。
- (25) タコカギ：S/T-NA；タコを穴から引っ張り出して獲る道具。  
#S：せたな町の北檜山地区では使用されな

いが、大成地区で用いられている。

- (26) ドロダコ：S-Ø/T；ヤナギダコ(和名)のこと。  
#S：せたな町には生息していないとのことである。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 348)：北海道の地方名で、ギンダコ、コダコ、ボンダコとも言う。
- (27) ハエナワ：S-NU/T；タコカラヅリはえ縄漁。バツケナワとも言う。(『郷土史探訪Ⅲ』(1982: 11))  
#S：かつて使用したことはあったが、せたな海ではうまくいかなかったので、現在は使用されていない。
- (28) バツケナワ：S-NU/T；タコ漁の仕掛け。ハエナワと同じ。(『郷土史探訪Ⅲ』(1982: 11))  
#S：ハエナワとも言う。  
#T：ハエナワとも言う。ただし、ハエナワとは針が異なる。タコバコ漁より以前に行われていたとする説と同時に進行われていたとする説がある。
- (29) ヒトカキ、フタカキ：S/T-NA；タコの体を区分しての数え方。  
#S：足 2 本でヒトカキ、頭一つでヒトカキ。タコ一匹全体で 5 カキ。
- (30) マダコ：S/T；ミズダコの雌。和名のマダコのことではない。  
#S：ソーダコ(雄)に較べ体が小さいが、高値で売れる。
- (31) ミズダコ：S/T；和名であるが、北海道ではソーダコとマダコの総称名である。オオダコという地方名もある。(『新 北のさかなたち』2003: 342)
- (32) ボツツ：S/T；タコの胴の部分の呼称。一見、頭のように見えるので、ボツツ(帽子)という。ミズダコのボツツは北海道では食用である。
- (33) ボンデ：S/T；タコバコ(旧榎法華村)、タコカゴ(せたな町)の海上標識。その他、網やはえ縄漁でも用いる。ボンデンとも言うが(吉岡 2003: 116)、せたな町と旧榎法華村では専らボンデと発音する。

## 2.3 イカ及びタコ関連語彙についての所見

以上、調査協力者から確認の取れた 33 語彙についての所見を渡島半島東岸部旧榎法華村で得られた語彙情報及び先行文献の関連事項を参照しつつ述べていきたい。

スルメイカ加工の語彙は、旧榎法華村における 2013 年 9 月と 2014 年 2 月の 2 回の聞き取り調査で 12 語彙が採集され、注目されるようになった。従来の文献では、イカ釣り漁法については、多くの語彙が挙げられている(たとえば、石垣(1980)、『榎法華村史』(1989)、『特別展 海と船と漁労の記録～六ヶ所村泊地区～』(2002)、橋本(2012)を参照。)イカ漁は、東岸部地域では盛んであるが、生イカの流通の発達していなかった時代、加工は必須の工程作業であった。

一方、文献によると、西海岸ではニシン粕加工に関する言及が散見されるし、また、地元の郷土館に

も種々の加工器具の展示があるが、それははるか昔の物語である。『瀬棚町史』(1991: 520)の語るところでは、ニシン漁の全盛時代は明治 25~30 年頃であった。その後、時折の漁獲はあったものの、不漁と言ってよい状態が続いた。89 歳になる調査協力者の談話では、昭和 25~30 年頃、留萌方面に出稼ぎに出かけた折に、ニシンの釜たきを見た経験があるそうである。西部沿岸地域ではニシンが獲れなくなった代わりに、イカ漁が、漁法を発達させながら盛んに行われるようになった。

イカ釣り関連語彙は、(6)カーンバイト、(8)ゴロ、(9)トンボ、(12)ノリコ、(14)ハネゴ、(16)マスの 6 語彙が「使う」もしくは「使っていた」回答を得たのに対し、旧榎法華村で出会った 7 つの加工関連語彙の内、「使う」との回答があったのは、(3)イカノシ、(10)ナヤ、(11)ナヤガケの 3 語を数えるのみである。特に、干したイカの状態を指す(1)アガイガ、(4)カップイガ、(15)ホガキイガの 3 語彙は「使わない/聞いたことがない」とのことである。ただし、(1)#S に記したように、旧榎法華村とせたな町とは、異なる方言語彙を使用している。

(2)イカゴロカコー(加工)については、旧榎法華村では内臓まで加工して油を取っていたのに比べ、せたな町においては加工をせず、そのままの形で畑の肥料にしていたようである。

今回の調査語彙から漏れたが、橋本(2015: 94)は、旧榎法華村で使用されたイカ加工関連語彙として、カナガス、シボリ、ハネダシ、ヤリダシを報告している。以上から、東岸部の方が西岸部よりもイカの漁獲後の加工に関して精緻な語彙が用意されていると考えられる。

タコ関連語彙は、漁法・漁具に関して、東岸部と西岸部との間に、無視できない違いが観察できる。(17)イサリ、(18)イサリヒキ、(19)タコバコ、(27)ハエナワ、(28)バツケナワは旧榎法華村で確認されたばかりか、『郷土史探訪Ⅲ』(1982)でも詳しく言及されている。他方、(24)タコカゴ、(25)タコカギは、せたな町で最も一般的な漁法・漁具である。(27)#S で言及したように、ハエナワは潮流等の影響で、当該海域では不向きな漁法であり、過去に試したがやめてしまったとのことで、知ってはいるが使わない語彙となっている。また、同じ西岸部の近隣地域でも、岩場の多い大成地区でのみ使用される(25)タコカギのようなものもある。これは、橋本(2013)で述べた「生態学的」条件が方言語彙を規定する典型的な例と言えるだろう<sup>4</sup>。

(29)ヒトカキ、フタカキは(19)イッパイ、ニハイと違って、タコ一匹の部位の区分の仕方と数え方の両方を反映した語彙である。先行文献にもこれまでの調査でも出会わなかったものなので、さらなる調査が必要である。

タコの名称は、種類だけではなく、雄と雌によっても異なっているので、注意を要する。特に、本州各地で獲れるマダコと渡島半島両岸部でマダコと呼ばれるものとは、指示対象にずれがある。和名のマダコは、北海道では生息していないが主要な魚種に入っていないのだけれども、高値で売れる雌のミズダコにこの名を冠しているのは、経済上

の優位性という共通項がある故であろうか。和名のヤナギダコを指す(26)ドロダコは旧榎法華村では漁獲されるが、せたな町では知られていない。漁獲のあるなしは、当然、語彙の有無に関与する。

(21)シンバリ〜シバリは、せたな町ではタコ獲り漁具を示し、石垣(1983: 161)の説明と一致するが、旧榎法華村では指示対象がまったく異なる。後者は、面白いことに、西部沿岸北部に位置する石狩浜、厚田浜の語彙を扱う吉岡(2003: 58)の説明と合致している。語彙と指示対象の違い及びその地理的分布については、今後究明すべき課題であろう。

### 3 漁具・漁法・魚加工関連語彙

#### 3.1 漁具・漁法・魚加工関連語彙

本節では、第 2 節で記述したイカとタコに関わる以外の漁具、漁法及び魚加工に関連した語彙を扱う。

- (34) アツイ : S-Ø/T ; ニシンの群来が非常に多く接岸した状況を言う。  
#T : イワシやホッケに対し用いる。
- (35) アツノリ : S-Ø/T ; 建網の胴網に乗網したニシンが適量以上に多いこと。  
#T : ニシン以外の魚種にも使用する。
- (36) アナ : S/T-NA ; 魚の集まるところ。  
#吉岡(2003: 3) : アゲ : 魚群の通過する上空に海鳥の群れ飛ぶ現象。厚田浜、石狩浜では用いるが、せたな町、旧榎法華村では使わない。
- (37) アミオコシ : S/T ; ニシンが乗網したときや、潮変わりのときなど、船頭の号令で起こし船が網を手繰っていくこと。  
#T : ドラムで巻く。ニシン以外の魚種でも用いる。
- (38) アミオオコス : S/T ; アミオコシの動詞形。  
#S : カクアミ(角網)に魚を集めて網をあげる。その際に、ハオイ音頭を歌った<sup>5</sup>。
- (39) アワビカコー : S/T-NA ; アワビ加工。  
#S : 釜で煮た後、燻しかごに入れて乾燥させる工程をとる。  
#『北檜山町史』(1981: 405-406) : アワビ加工には、最も古い天日による加工法のクシアワビ(串アワビ)のほかに、シロボシアワビ(白干鮑)とクロボシアワビ(黒干鮑)の二つの製法があった。長崎御用俵物と呼ばれ、中国へ輸出された。
- (40) アンカ : S/T ; 錨のこと。漁を行う際に船が流されないようにするために用いる。  
#S : ブドーヅルノアンカ : 終戦当時、ぶどうの蔓を石に巻いてアンカの代わりに用いた。
- (41) イシワラ : S/T-NA ; 石原の海底のこと。  
#川内(1977: 147)によると、海底の状態を表す語彙にはほかに、スナバ(砂場)、ネ(根)、オジマ : 底岩のこと、シンズミゾリ : 船底がつかえる位の深さの岩、トンビゾリ : ところどころ岩が海面に頭を出しているソリ、ズンブイワ<sup>6</sup> : 海面から少し頭を出してい



- る小さな岩、**イワ**：人が上がっていられる  
 くらいの岩、**シマ**：畳 2〜3 枚以上の広さの  
 岩がある。  
 #『南茅部町史 上巻』(1987:970)には、**タガ  
 ネ**(高磯)：7 尋半(1.5m×7)から 8 尋(1.5m×  
 8)くらいの所にある岩磯、の言及がある。
- (42) **イドコ**：S/T-NA；秋、カモメの集まっている  
 ところ。  
 #S：大物の魚がいる。
- (43) **イロオミル**：S/T；魚群を見る。ニシンやイワ  
 シは海面に浮く魚なので、海の色で群衆がわ  
 かる。  
 #S：魚が群衆をなして来ると、海の色が変わ  
 る。船のやぐらから波と波の間に注目し、  
 波が立つ前の側面を見る。コナゴ、ホッケ  
 などに用いる。  
 #石垣(1983:46)：「ニシンが来るころになると、  
 沖がかりして**イロオミル**のに真剣だ」<余  
 市>
- (44) **ウタセリョー**：S/T-NA；打たせ漁。  
 #S：川崎船に帆をはり、ヒラメを獲った。  
 #石垣(1983:49)：**ウタセブネ**：無動力で三角  
 帆を使う漁船。根室管内尾岱沼のシマエビ  
 漁が有名。
- (45) **オツネン・オツネンヤトイ**：S-NU/T-0；冬の  
 期間、次のニシン漁まで越冬すること。  
 #S：昭和 25〜30 年頃、小樽や留萌に出稼ぎ  
 に行ったが、期間は 50 日程度で、冬を越  
 すことはなかった。
- (46) **オキアゲ**：S/T；漁場で網に入った魚を汲み上  
 げ、陸に運んで、廊下または魚坪(なつぼ)  
 に入れる一連の作業。  
 #S：網についたものを落とすこと。**コハタキ**  
 とも言う<sup>7</sup>。  
 #T：**テツアミ**(綴網)を使用する。
- (47) **カクアミ**：S/T-0；角網。ニシン建網の一種。
- (48) **カクドー**：S/T；角胴。魚粕を絞る時に用いる  
 道具<sup>8</sup>。  
 #S：ホッケで魚粕を製造する時に使用した。  
 #T：イワシで魚粕を製造する時に使用した。
- (49) **カマタギ**：S/T；魚粕を製造するために大釜に  
 魚を入れてたくこと。通常、ニシンやイワシ  
 をたいた。  
 #S：**カマタキ**と発音する。「ニシン粕製造につ  
 いては、出稼ぎの際に、留萌でたいていた  
 のを覚えている。せたな町では、ホッケや  
 コナゴをたいた。」(西田氏談)  
 #T：釜は各家庭にあり、使用しない時には、  
 五右衛門風呂のように、風呂として利用し  
 た。ホッケ粕も製造した。
- (50) **カマド**：S/T-NA；釜をのせて火をたく道具。  
 #S：石を積み、粘土と藁で作った。その上に  
 釜をのせる。浜の人たちの来ない場所に設  
 置した。ここでコナゴもたいた<sup>9</sup>。
- (51) **ガンタ**：S/T-NA；網を巻く滑車のこと。  
 #石垣(1983:100)の説明では、丸太を動かす  
 時に使う道具。柄と爪の間にはさみ、転が  
 しながら丸太を移動させる。
- (52) **コナゴリョー**：S/T-NA；小女子(こうなご)漁。  
 オオナゴの 5cm くらいの幼魚。佃煮の原料に  
 なる。  
 #S：漁期は 6 月まで。漁師は 15 人。煮るの  
 は夜で、女の仕事だった。
- (53) **サグリ**：S/T-0；大群で岸寄りする魚を綿糸に  
 針のようなものを付けて、しゃくって魚を獲  
 る方法。  
 #S：**シャクリ**と言う。ヒラメやホッケを釣る  
 漁法。  
 #T：代わりに「**キンコ**さ魚を落とす」(田中末  
 廣氏談)と言う。
- (54) **サッカイ**：S/T-NA；**クルマカジ**(車轡)のこと。  
 磯船を漕ぐ際に使用した。  
 #S：ニシン場で和船を操作する際に使用した。  
**ロ**(櫓)と**サッカイ**を使い分けた。両者は操  
 作法が異なる<sup>10</sup>。
- (55) **シャーロ**：S/T-NA；船をすべらせる通路。
- (56) **テンテンヅリ**：S/T；マス釣り漁法で、一本釣  
 りのこと。  
 #S：マスだけではなく、ヒラメやホッケもこ  
 の漁法で釣った。  
 #T：オンコの木、エナメル、**ナンダッパリ**、  
**ケッパリ**(毛鉤)を使用する。
- (57) **ダマ**：S/T-NA；ホッケなどの魚が集まってでき  
 る渦。
- (58) **ナマコリョー**：S/T-NA；ナマコ漁。  
 #S：**ハッシャク**で獲る漁。獲れたナマコはお  
 湯で茹で、**イブシカゴ**で燻す。
- (59) **ハッシャク**：S/T-NA；ホタテやナマコなどを  
 獲る道具。櫛状の爪で海底の貝やナマコをひ  
 っかいて獲る。  
 #S：**マンガン**とも言う。ナマコは**アンカ**を打  
 って獲り、一斗樽に入れた。煮てから干し  
 た。  
 #石垣(1983:314)：**マンガン**：海底の貝類を獲  
 るケタ網。鉄製の熊手状をしていて、海底  
 をかいて砂中の貝を獲る。
- (60) **フナイリマ**：S/T-NA；舟入間。前浜で磯船を  
 置く施設のある船着き場。
- (61) **ボッチ**：S/T-NA；母船のこと。  
 #石垣(1983:300)には、「帽子、ずきんなど冬  
 のかぶりもの」との説明があるだけで、せ  
 たな町で採録された上記の意味の記載は  
 ない。
- (62) **メクラツキ**：S/T-NA；アワビ突き漁法。ガラ  
 スに油を敷いて海中を見ながら突く。  
 #S：獲ったアワビはモッコ 3 袋(1 袋 30kg 程  
 度)に入れて運んだ。

### 3.2 漁具・漁法・魚加工関連語彙についての所見

全 29 語彙の内、今回の調査で初めて採集され、  
 旧蝦夷法華村の調査では確認されていない語彙が 16  
 語(55%)あった。この中で、(39)**アワビリョー**、(52)  
**コナゴリョー**、(58)**ナマコリョー**、(59)**ハッシャク**、  
 (62)**メクラツキ**は、漁獲物によって規定される語彙  
 である。太平洋側でも、たとえば、『室蘭の近海で  
 とれる美味しい魚！ポスター』(室蘭食の街づくり

推進協議会)にアワビとナマコが描かれているが、主要な漁獲対象魚ではない。コナゴは漁獲されないようである。

(44)ウタセリョーがヒラメ漁の漁法として言及されているのは、興味深い。この漁法は、水深が浅く、海底に藻が繁茂している場所での漁獲のために考案された。野付半島沿岸でのホッケイシマエビ漁が有名である。この漁法がヒラメ漁にいつ頃、どこで行われていたのか、他の地域でも行われているのかについては、今後調査する必要がある<sup>11)</sup>。

(36)アナ、(42)イドコ、(57)ダマのように魚群の存在を示す自然現象、(4)イシワラ、(60)フナイリマのように地勢に関係する語彙、(51)ガンタ、(55)シャロ、(61)ボッチなど漁具、漁船等に関連した語彙も今回の調査で浮上したもので、東岸部の調査協力者に確認しなければならない。

(34)アツイ、(35)アツノリはニシン漁との関連で多くの文献や方言辞典に挙がっているにもかかわらず、せたな町の調査協力者は「使わない/聞いたことがない」と回答している。一方、旧榎法華村の70代後半の現役漁師の調査協力者は、イワシやホッケに転用した形で「使う」回答をしている。ニシン漁の廃れた西岸部では忘れ去られた語彙が、東岸部では他の魚に適用して残ったのであろうか。

魚加工の用語である(48)カクドー、(49)カマタギ〜カマタキ、(50)カマドは、語彙としては残ったが、利用対象魚種は違っている。東岸部はイワシ粕、西岸部はニシン粕という区分は昔時の記録を反映するものではあるが、ニシンは大正時代に、イワシは昭和初期に漁の盛期を終えてしまったのであるから、ホッケやコナゴに席を譲ったとしても不思議ではない。コナゴ炊きが専ら西岸部の製造であるのに対し、橋本(2015)で提示されたように、イカゴ炊きは東岸部に特有のものであった。ホッケ炊きは、両地域に共通している。

(47)カクアミ、(53)サグリ〜シャクリは各々、西岸部でのみ使用される漁具と漁法である。(57)テンテンヅリは、一般にサクラマス等の漁獲方法で(『乙部町史 上巻』(2001: 161))、旧榎法華村でも用いるが、せたな町ではヒラメやホッケも釣り対象魚としていた事実が確認される。

最後に、注意すべき事項として、(46)オキアゲ、(51)ガンタの意味が、先行文献の説明とは異なる点である。これは、調査協力者の思い違いから来るものなのか、実際に調査協力者の生活圏で用いられていたが文献から漏れていたのかを、さらに調査していく必要がある。

#### 4 魚種関連語彙

##### 4.1 魚種関連語彙

当初、魚種に関する語彙は、調査票に入っていなかった。調査協力者の談話の中で、あるいは大成郷土館の学芸員との会話の中で、地元で獲れる魚の方言名と考えられる呼び名が20個ほど採集されたので、本節に記載することにした。これらの語彙はすべて旧榎法華村で未調査のものばかりである。

なお、他の文献に挙げられている関連情報も参考のために記した。

- (63) アオバ：S/T-NA；ヒラメの幼魚。  
#石垣(1983: 19)：アオツパ：ヒラメの幼魚。
- (64) ウマ：S/T-NA；ヒラメの大きいもの。1m 以上になる。
- (65) ガサエビ：S/T-NA 棘の多い小さなエビ。  
#S：大成地区にある郷土館学芸員の木村浩太郎氏(30代)から得た語彙である。北檜山地区在住の調査協力者、西田栄氏は、知っているけれども自身は使わないとのことである。  
#江差町とせたな町ではイモバラエビを、ガサエビ、もしくはオニエビと呼ぶ。このエビはボタンエビに形状は似ているが、殻をむくとき手が頭や腹部の棘のためガサガサになるところから命名された。漁師たちはゴジラエビとも言う<sup>12)</sup>。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 352, 519)によると、シャコの地方名であり、シャコエビとも呼ぶ。なお、北海道でのシャコ漁は石狩湾に限られるとのことである<sup>12)</sup>。
- (66) コナゴ：S/T-NA；イカナゴの小型のもの。  
#S：調査協力者が20代の頃(昭和20年代)、太櫓で佃煮に加工されていた。1〜3月が漁期で網が20統<sup>13)</sup>あった。この魚を追ってホッケが集まった。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 516)：イカナゴの大型のものをオオナゴ、中間のものをチューナゴと言う。
- (67) ゴンタ：S/T-NA；マグロの小型のもの。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 228, 516)：クロマグロの地方名。成長するに従って呼び名が変わり、幼魚はヨコワ、体重20kgまでの小型魚はメジ、やや大きいものをゴンタ、大型魚をオオマと呼ぶ。
- (68) ザツパ：S/T-NA；雑魚のこと。小さかったり、鮮度の落ちた売り物にならない魚の総称。  
#石垣(1983: 147)には「魚のくず」との説明がある。
- (69) ダッコビ：S/T-NA；ヤナギノマイのこと。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 182)には、「ダッコ」という呼び名がある。」と記されている。
- (70) テックイ：S/T-NA；ヒラメのこと。
- (71) チューボッケ：S/T-NA；中型のホッケ。
- (72) ナガヅカ：S/T-NA；ハモ(和名マアナゴ)のような細長い形状の魚。  
#S：砂原では食すが、せたなでは食べない。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 214, 516)によれば、「長い藁束(わらづか)」に由来する。ガジ、ガンズ、ガンジ、ワラヅカ、ホンワラヅカ、ホンワラが地方名である。
- (73) ナガヨ：S/T-NA；モングリとも言う。20cm位の細長い形状の魚で、5月頃ヤリイカの入ってくる時期にポン網に入る。飯寿司にしたり、魚油をとったりする。



#『新 北のさかなたち』(2003: 220, 516)でイカナゴのことを、渡島半島では**モグリ**と呼ぶと記述されている。「砂に潜る性質」からの命名である。なお、**ナガヨ**の呼び名は記載されていない。

- (74) **ナガラ**～**ナガラゾイ**: S/T-NA; ソイの一種。大きい型のものであるが、おいしくない。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 188): クロソイのこと。
- (75) **ネボッケ**: S/T-NA; 大きな型のホッケ。岩礁に住み着いており、回遊しない。
- (76) **バクダン**: マダラの大きいものを指す。大成地区在住の木村浩太郎氏から収集したが、北檜山地区在住の西田栄氏は使わず、代わりに**ゴンボダラ**と言うとのことである。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 220, 516): **ゴンボチカ**: チカの大型のもの<留萌地方>
- (77) **ババガイ**: S/T-NA; ホッキ貝のこと。
- (78) **ハルボッケ**: S/T-NA; 春に漁獲されるホッケ。
- (79) **マキボッケ**: S/T-NA; 渦を巻いて集まるホッケのこと。
- (80) **マゾイ**: S/T-NA; キツネメバルを指す場合と、クロソイを指す場合がある。地域によって指示する魚に違いがある。
- (81) **ムラゾイ**: S/T-NA; ハチガラのこと。  
#『新 北のさかなたち』(2003: 516): 松前町では**ムラ**と呼ばれることもある。
- (82) **ローソクボッケ**: S/T-NA; 小さい型のホッケ。  
#石垣(1983: 352-353): ホッケ(アイナメ科)の小型のもの。大型を**タラボッケ**、中型を**チューホッケ**と言う。

#### 4.2 魚種関連語彙についての所見

魚種関連の語彙は、今回の調査での大きな収穫の一つであった。渡島半島東岸部及び西岸部に位置する町村で編纂された町村史の水産関係のページには、ニシン、イワシ、イカ、ヒラメ、カレイ、コンブ、アワビ、ウニなどの、比較的漁獲量が多く、市場に流通する換金性の高い魚種については言及されているものの、漁獲量が少なく、腐りやすいためほとんど地元で消費されている魚種は一括して「その他の魚」として扱われるため、どのくらいの数の魚種がどのような方言名で呼ばれているのか知られることが少なかった。第4.1節に挙げられた魚種は、ヒラメ、ホッケ、ソイ、イカナゴ、ヤナギノマイ、ナガヅカ、シャコ、ホッキガイなど多種であると同時に、地域の生態的条件(地勢、潮流等)と密接に結び付いたものと言えるだろう。

「出世魚」は、成長するに従って名称が変わる魚のことであるが、ブリ、ボラ、スズキなどが夙に知られている。たとえば、ブリは東京付近の東日本では小さい順に、ワカシ、イナダ、ワラサ、ブリと呼び名が変わる。これが、大阪付近の西日本では、ツバス、ハマチ、メジロ、ブリと異なる名前になる。地域ごとに方言名が存在するのである。ブリのように有名ではないが、渡島半島西岸部で漁獲される魚の中にも、大きさや獲れる時期、生息の仕方によって呼び名を複数持つものが4種類見出された。

一つ目は、ホッケである。ホッケは最近でこそ全国的に知られて、漁獲量が飛躍的に増えているが、保存がきかないため、かつては肥料用のしぼり粕を取る以外に利用法がなかった。『瀬棚町史』(1991: 544)によれば、ホッケ漁は、**コナゴ**漁と共に、ニシン漁の不振に伴って行われるようになった、代替漁であった。明治30年代から始まり、今日まで続いているが、調査協力者の証言によると、最近では漁獲量が著しく減少し、型も小さくなったという。魚体/年齢の小さい順での名称は、次の通りである。

##### 1) ホッケの名称:

- ① **アオボッケ**～**ピリカ**: 表層回遊期の 5cm～18cm までの幼魚。青緑色をしている。(木村 1979: 177, 『北檜山町史』 1981:418)
- ② **ローソクボッケ**: 着底してから1歳くらいまでの幼魚。20cm 前後の細長い体形で、底引き網で獲れる。((82), 木村 1979: 177, 『北檜山町史』 1981:418)
- ③ **ハルボッケ**～**マキボッケ**: 1歳半の3～6月頃、沿岸にプランクトンを追って回遊する。体調は25cm 前後。プランクトンを捕食する際に、海面に渦を巻いて集まるので、**マキボッケ**とも呼ばれる。一説には、巻き網で漁獲されるので、この名が付いたとも言われている。((78), (79), 木村 1979: 178, 『北檜山町史』 1981:418)
- ④ **ネボッケ**～**ヒガンボッケ**: 岩礁に定着して回遊しない大型のホッケ。魚体の大きさから、**チューボッケ**(中ボッケ)、**オオボッケ**(大ボッケ)、**タラボッケ**、**トクダイボッケ**(特大ボッケ)～**ドーラクボッケ**(道楽ボッケ)と言う。((71), (75), 木村 1979: 178, 『北檜山町史』 1981:418)

上記は成長段階に応じて付けられた名称であり、その意味で、ブリなどの「出世魚」と同じカテゴリーに属する。ただし、**ハルボッケ**と**マキボッケ**に見るように、対象物は同じでも、漁獲される時期に基づいて命名されるのか、生態の特徴から命名されるのかで異なる名称のある場合が観察できる。また、**ネボッケ**を大きさによって4つに下位区分した名付けも見いだせる。

二つ目は、イカナゴである。この魚は東岸部における調査では一度も耳にしたことがない。今回の西岸部の調査では、(66)**コナゴ**と(73)**ナガヨ**～**モングリ**を見出したのであるが、独立行政法人青森産業技術センターのホームページには、大きさを尺度とした次のような名称が掲載されている。

##### 2) イカナゴの名称:

小型 ←————→ 大型  
チリメン > **コウナゴ** > メロウド > **ナガヨ** > オオナゴ

丸印の語彙が今回の調査で指摘されたものであり、残りは今後改めて調査する必要がある。地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部のホームページによると、コウナゴは体調 6cm 以下位、チューナゴは 10cm 前後、オオナゴは 10cm 以上である。もしこの記述が正しいなら、(73)**ナガヨ**～**モ**

ングリの体長は 20cm であるから、2)の序列は**オオナゴ>ナガヨ**になるはずである。調査協力者の指示する対象と独立行政法人青森産業技術センターの指示する対象が同一のものであるのか、異なるものを指しているのかを確認しなければならない。

三つ目は、ヒラメであり、(63)**アオバ**、(64)**ウマ**、(70)**テックイ**が挙げられている。ヒラメの幼魚は、石垣(1983: 19)や『新北のさかなたち』(2003: 518)では、専ら、**アオッパ**(青葉)の記載があるのみである。その形状と色から青葉であるのなら、せたな町での発音が標準語音に近い。**テックイ**はヒラメの鋭い歯からの連想から命名された可能性があるが、大型のものを指すのかどうかは不明である。一般に、成魚の全長は 30~40cm で、1m を超えるものはまれである(『新北のさかなたち』2003: 235)。このことから、**テックイ**は通常の大きさの成魚を示し、**ウマ**は大型の成魚を指すと捉えるのが妥当であるように思われる。

四つ目は、マグロである。残念ながら、今回の調査では(67)**ゴンタ**の 1 例しか採取されなかったが、文献では、大きさによりこの語彙を含めて 4 語が採り上げられている。マグロを津軽海峡を臨む旧戸井町(現在函館市)を中心に、渡島半島東岸部でも西岸部でも漁獲される魚であるので、これらの名称は各地で用いられるのかを調査しなければならない。

同一魚種の複数名称の他に注意を引くものが、さらに二つある。第一は、せたな町内であっても「使う」と「使わない」に分かれる魚種名の存在である。(65)**ガサエビ**と(76)**バクダン**である。大成地区在住の木村氏は、知り合いの漁師が大成地区沖合でガサエビ漁を行っていると言っているのに対し、北檜山地区に住む西田氏は、同地区沖合で漁獲されないのだから聞いたことはあるが使わないとの回答をしている。同じように、大型のタラを木村氏は**バクダン**と呼ぶのに対し、西田氏は**ゴンボダラ**と言う。せたな町という行政の単位で物事をくくりがちであるが、漁業は、たとえ隣接し合っているとしても、漁場や漁獲物等に従って相違を露呈する事実を目を向けたい。

第二は、(60)**ダッコビ**である。文献では**ダッコ**に限定されている。せたな町糸びすや釣具店のブログでも**ダッコビ**とあるので、少なくともこの地域で定着した語形であろう<sup>14</sup>。東岸部でヤナギノマイを何と呼ぶのかについては今後の調査に委ねたい。

## 5 行事等関連語彙

### 5.1 漁業に関わる行事等関連語彙

これも第 4 節の語彙同様、調査する予定はなかったが、調査協力者の西田栄氏の談話の中 5 語の漁業に関わる行事と唄の言及があった。氏より『北檜山 50 年の歩み』(2004: 766-767)に寄稿された歌詞原稿示しながら身振りを交えての唄を披露していただく機会を持ち、重要な伝統的語彙であるとの確認ができたので、改めて調査票に入れることにした。

(83) **キリアゲ**: S/T-NA ; スケトウやヤリイカなどの漁の最後の時期に、親方が漁師をねぎらうために催す宴会。久遠(くどう)で盛んに行われた。

(84) **コタタキウタ~イヤサカオンド**<sup>15</sup>: S/T-NA ; 子叩き唄~弥栄音頭。網についたニシンの卵(数の子)を叩いて落とす時に歌う唄。

#『北檜山 50 年の歩み』(2004: 765-766): 太櫓沖揚音頭は、船漕ぎ唄、網越し唄、鯨くみ唄、子叩き唄から構成され、作業の内容によって唄が変わる。その中で、子叩き唄は、網の目がふさがるまで数の子がかかり、ムシロを水にひたしたように重くなるので、子叩き棒ではたいて取り除く作業の折に歌う。

(85) **ナグライ**: S/T-NA ; 祭りの後引き(次々に盃を酌み交わす酒宴)のこと。

#S: 調査協力者によると、北檜山区新成地区では 2013 年まで行っていた。

(86) **ハオイ**: S/T-NA ; **ハオイ**とは、船漕ぎ唄を歌う時に音頭をとる漁夫のことで、普通、船頭が務める。ニシン漁の建網にニシンがのると、船頭の**ハオイ**で漁師が歌って櫓を合わせ、船を漕いで沖に出た。帰りの船でも同じ唄を歌うが、歌詞が変わる場合もある。(『北檜山 50 年の歩み』2004: 766、『大成町史』1984: 390)  
#石垣(1983: 258): **シタゴエ**: **ハオイ**に合わせて漁師たちが歌う唄のこと。

(87) **ハツウマ**: S/T-NA ; 2 月の初午(はつうま)の時に北檜山区新成地区(鵜泊)にある新成稻荷神社で行われる神事。ニシンの群来を願って顔を白く塗り合い、最後に胴上げをする。**シトギ**祭りとも言う。2 月最初の午の日に催す。

#『北檜山 50 年の歩み』(2004: 846)、『大成町史』(1984: 371): **シトギ**: コメの粉をといで団子状にしたもの。

### 5.2 漁業に関わる行事等関連語彙についての所見

(83)から(87)の 5 つの語彙はすべてニシン漁に関係するのであるから、ニシン漁の絶えてしまった今日、実生活からは分離された伝統行事である。ただ、西田氏の証言から、(85)**ナグライ**と(87)**ハツウマ**行事は 2013 年まで毎年行われていた。地区の高齢化が進み後継者がいなくなったので、やむなく中止するに至ったそうである。

『北檜山町史』(1981: 451)には、**ハツウマ**(初午)について次のような詳細な記述がある。

「初午の準備は男だけでやる。部落の者が輪番で当番にあたり、当番の代表者の家を宿とし、酒、さかなのほかに二、三升の米の粉を作り、あまりで梁(しとぎ)を作る。部落民が宿に集まり座についたところで、当番の者が参集者の顔に米の粉をつけてやる。これは、ニシンの群来をかたどったもので、一同は米の粉を顔につけたまま、一晚中無礼講で飲み食いをする。」

同じせたな町でも大成地区では、稻荷様の社に



赤飯と油揚げを供えて、その荒らされ具合によってニシンの豊凶を占ったようである(『大成町史』(1984: 371))。

ニシン漁に関係のある行事として、今回の調査では出てこなかったが、**アゴアワセ**(網子合わせ)と**アゴワカレ**(網子別れ)が広く知られている。『北檜山町史』(1981: 452)には、次のような説明がある。

「**アゴアワセ**：三月中旬になると(ニシン漁の出稼ぎのため)各地から漁夫が集まってくる。親方の家に全員集合すると、あらかじめ決めておいた漁夫の役割を新しい板に書いた番付が発表され、座敷に飯台を据え、酒、さかなの皿鉢、あん入りの餅などをのせ、四斗樽のかがみを抜き、飲み放題、たべ放題で豊漁を祈念して前景気をつけ、親方と船頭を胴上げして宴を終える。」

#カッコ内は筆者による。

「**アゴワカレ**：沖揚げが終わり、鯺つぶしも終わると、魚坪を洗い、その後に酒、マクリ汁(鮮度の落ちた鯺に野菜を入れた塩汁)、ぼた餅が出て漁を祝い、次の漁を期待する酒宴。」

アゴアワセ最後の胴上げはハツウマ神事と共通している。ニシン漁が親方を中心として大勢の漁夫から成る大規模経営の形態を持っていたことを彷彿とさせる行事であるが、すでにはるか昔の物語であり、文献資料に残るのみと考えられる。

調査協力者の西田氏は北檜山沖揚音頭保存会の代表者であり、『北檜山 50 年の歩み』「第 3 章 文化活動」に沖揚音頭の歌詞を寄稿している。その原稿を提示して後、実際に、唄を披露して下さった。

●西田氏自筆原稿：



2015 年 2 月 26 日西田栄氏宅で撮影

沖揚音頭の歌詞は、「船漕ぎ」、「網越し」、「鯺くみ(ソーラン節)」、「子たたき(いやさか音頭)」で構成され、船頭と漁夫の掛け合い唄と作業を表現する身振り手振りの所作とを通して、海で働く漁夫のたくましさや漁中の躍動感を見事に伝えている。

語彙の形ではないが、漁獲物の取引の仕方について、貴重な証言を得た。それによると、調査協力者の若い時分、獲った魚は親方のところに持って行き、味噌や醤油と交換し、現金を受け取ることはなかったという。魚と生活物資がいわばバーターで取引されていた事実がわかる。漁業に関わる取引のやり方にも地域によって、あるいは時代によって独自の形態があれば、それに関連した語彙も

発掘される可能性が存在するかもしれない。

## 6 結論

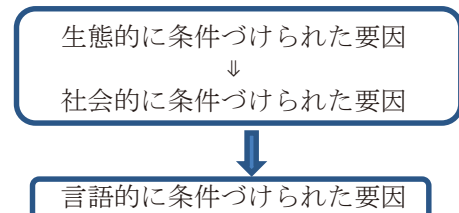
せたな町での 2 回に亘る聞き取り調査により収集された語彙を、イカ・タコ、漁具・漁法・魚加工、魚種および行事の 4 つのカテゴリーに分けてまとめたのであるが、この分類から方言語彙を生み出す 3 つの要因が明らかとなった。

第一の要因は、生態的に条件づけられた要因(ecologically-conditioned factors)である。この要因の中には、風や潮流などの天候、地形や緯度・経度などの地勢、漁獲される魚種など、自然条件に関わるものが入る。たとえば、第 2 節で採り上げたタコの仕掛けは西岸部と東岸部で異なり、それに伴って用いられる語彙に違いが見られる。その要因は、潮の流れ、海底の状況、漁獲されるタコの習性等に依存している。同じことは、第 3 節で見たように、他の漁具や漁法にも妥当する。魚種の呼び名についても、典型的に、生態的に条件づけられている。市場に出回るか地元で消費されるかにかかわらず、ある程度の数量の獲れる魚種名は、かなりの多様性を見せている。

第二の要因は、社会的に条件づけられた要因(socially-conditioned factors)である。これには、魚加工や伝統的な行事など、地域共同体での人間の営みが組み入れられる。たとえば、ニシン漁のような大規模経営の漁には、労働に従事する雇い漁夫同士の、あるいは雇い主との関係性を築き上げる唄や所作、宴会などがあるばかりか、漁獲物を加工するための様々な過程や用具・装置が存在する。それらのものにはすべて呼び名があり、地域共同体によって異なりがあるのである。

第三の要因は、言語接触や借用、類推や拡張、指示対象のずれ等の、言語的に条件づけられた要因(linguistically-conditioned factors)である。これは、隣接する地域間で観察されるだけではなく、漁業に見られるように、船での移動が日常的に行われる領域では、地理的に離れた場所でも存在し得る要因である。

三つの要因が複雑に絡み合っ、地域ごとに、方言語彙の共通性と相違性が生じるわけであるが、この三者間には次のような序列があるように思われる。



せたな町のようにコナゴが豊富に漁獲される生態的に条件づけられた地域では、成長の段階に応じた複数の呼び名が存在し、それを加工処理するという社会的に条件づけられた産業に独特な語彙が付与されている。旧榎法華村ではかつてイワシの漁獲を誇り、魚粕製造に関連した語彙が一定数

存在するが、その多くは西岸部のニシン粕製造に使用された語彙と重なる。生態的に条件づけられて漁獲される魚種を前提にして、社会的に条件づけられた魚加工処理の用語が、言語的に条件づけられた要因(たとえば、言語接触か言語借用)を通して、イワシとニシンという異なる指示対象に適用しながら、渡島半島の東岸部と西岸部で同じ語彙を共有しているのである(橋本 2015)。

方言語彙を、隣接地域であっても、比較の視点から眺めるとき、共通点と相違点は、序列の関係性の中で三つの要因が相互作用しながら生み出されるのではないだろうか。この仮説の証明は、東岸部と西岸部とのさらなる方言語彙の調査と分析の進展に委ねたい。

## 謝辞

本調査研究は、平成 26 年度科学研究補助金(課題番号: 26370523)の交付による「渡島半島東岸部と西岸部における伝統的な漁業関連方言語彙の比較調査」における研究成果の一部を公にしたものである。研究協力者を紹介くださったせたな町産業振興課水産振興係の職員の皆様、漁業の今昔について興味の尽きない談話を語ってくださったばかりか煩雑な質問に快く答えてくださった調査協力者の西田栄氏、並びに飛び込みの見学者に貴重な情報を提供してくださった大成郷土館の木村浩太郎氏に心からの御礼を申し上げたい。また、共同研究者として全面的に協力してくださった室蘭工業大学の塩谷亨氏、島田武氏、三村竜之氏に謝意を表したい。もちろん、本稿の誤り等の責任は、専ら著者ひとりに帰すものである。

## 注

- 1 本稿の語彙表では、次の略記号を使用する。  
S: せたな町  
T: 旧榎法華村  
S/T: せたな町、旧榎法華村双方で「使う/使っていた」(の左側はせたな町、右側は旧榎法華村)  
S-NU/T, or S/T-NU: せたな町あるいは旧榎法華村のどちらかで「知っている/聞いたことがある」が「使わない」  
S-Ø/T, or S/T-Ø: せたな町あるいは旧榎法華村のどちらかで「使わない/聞いたことがない」  
S-NA/T, or S/T-NA: せたな町あるいは旧榎法華村のどちらかで「未確認」  
# NU: Not Used, NA: Not Attested, Ø: Nothing
- 2 「方言語彙: 使用状況; 意味・用法」の順で記載する。せたな町で、または旧榎法華村で教示された特記事項は、「#S: せたな町、#T: 旧榎法華村」のように記す。その他の文献から得られた情報は、#の後に文献名を表示する。なお、語彙項目は、アルファベット順に記載する。
- 3 ヤマデのことを言っているのか。因みに、ヤマデについては、橋本(2012: 10)で次のように説明されている。「磯舟でイカを獲るときの道具。針が 2 本付いている。ハネゴと比べると、作業が簡単にはかどると言わ

れている。」

- 4 たとえば、潮の流れの速い房総半島の勝浦では、タコツボを用いての漁がおこなわれている。
- 5 漁に関わる伝統行事については、第 4 節で詳述する。
- 6 石垣(1983: 189)に、松前町白神で採集された語彙として、「ソリ: 暗礁。ジンプともいう。」との記載がある。
- 7 旧榎法華村の調査協力者によるテツアミの使用についての言及はオキアゲの説明と一致するが、せたな町の調査協力者の説明にはかなりのずれがある。実際に、オキアゲをコハタキと同じ意味で用いているのか、それとも調査者の思い違いによるものかについては、調査の必要がある。
- 8 形状の異なるマルドー(丸胴)もある。会田(2006: 142)は、「蝦夷地におけるニシン搾粕生産技術を、本州のイワシを利用した魚油、魚粕生産の技術に求めると、・・・・・・・・・・、関東、東北地方のイワシ搾粕製造で使用されていた丸胴が北海道に伝わったと考えることができる。」と説明している。実際、会田(2006: 144)で言及されているように、『青森県の漁具』(1975: 44)に、八戸地方で使用されたイワシ油絞機は、確かに丸胴である。また、『郷土史探訪Ⅲ』(1982: 21)には、丸胴の写真が掲載されているが、これも丸胴である。会田の説に従うと、丸胴から角胴に形状が変化したと考えられるが、旧榎法華村でもせたな町でも調査協力者たちは皆、角胴のみを使用したと証言している。
- 9 『郷土史探訪Ⅲ』(1982: 20)に「昔時をしのばせる釜場」のキャプションを付して、カマドの写真が掲載されている。これを見ると、土中に直接コンクリートでカマをのせる大きな穴を二つ備えたカマドが固定して設置されている。戦前の家庭の台所にあった薪で燃やすカマドの高さを大人の足の脛あたりにして、形を大きくしたものを想像してもらいたい。砂原では、イワシ釜と呼ばれる直径 150cm 位の鉄製のものを用いられ、薪や石炭で一度に 200kg から 300kg のイワシを煮ることができた。
- 10 類家(2007: 76)の「ニシン漁撈と使った漁具のいろいろ」中の[差網に使用したもの]の一覧表に、次のような記述がある。  
「櫓(ろ): 堅木で作る。船の推進用で船 1 艘で 3~4 挺使用。  
サッカイ: 堅木で作る。巾約 10cm、長さ 4~5m。船を進めるためのものとして使用。」  
サッカイは魯に較べて丈が長い。西田氏は、両者の使い方を身振りを交えて解説してくれたが、残念ながら、それを言葉で再現することができない。
- 11 『新 北のさかなたち』(2003: 235)には「北海道でのヒラメの漁業は、津軽海峡と日本海沿岸の主に水深 100m より浅い所で行われる。漁法は主に定置網、刺し網、へらびき釣り。」とあり、ウタセ漁への言及はない。
- 12 引用元の URL は、次の通りである。  
<http://plaza.rakuten.co.jp/clover5296/diary/200909080000>  
<http://blogs.yahoo.co.jp/umai3103/45989784.html>  
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ske/osazu/oz01fis/fis074.html>

WEB について教示してくださった島田武氏に感謝申し上げる。

- 13 「～統」は建網や曳網などを数える単位である。なお、刺網の場合、「～放」を用いる。『北海道漁業史』(1957)参照のこと。
- 14 ぬびすやの <http://ameblo.jp/ebisuyayouten/entry-10588112166.html> を参照のこと。このブログの存在を教えてください島田武氏にお礼を申し上げます。
- 15 『大成町史』(1984: 371)によると、イヤサカ音頭は 8 月 16～20 日頃まで行われる盆踊りで盛んに歌われた。

### 参考文献

- 会田理人、「ニシン搾粕圧搾器の改良」、『北海道開拓記念館研究報告 鯨漁場からみた北海道の近現代史 - 鯨場親方青山家資料の分析をとおして -』第 19 号、2006、137-146.
- 青森県立郷土館、『青森県の漁具 青森県民俗資料図録 第 2 集』、1975、青森県郷土館.
- 石垣福雄、『北海道(昭和 55 年度)各地方方言収集緊急調査 文字化原稿：楸法華村』＜未公開原稿＞、1980.
- 石垣福雄、『北海道方言辞典』、1983、北海道新聞社.
- 江差の味な歳時記、<http://blogs.yahoo.co.jp/umai3103/> (2015 年 6 月 12 日最終閲覧)
- ぬびすや、<http://ameblo.jp/ebisuyayouten/> (2015 年 6 月 12 日最終閲覧)
- 乙部町史編さん審議会、『乙部町史 上巻』、2001、乙部町.
- 川内繁三、「南茅部の漁業語彙」、小野米一(編)『北海道漁村方言の研究・南茅部のことばと生活』、1977、147-160、北海道教育大学旭川分校国語教室.
- 北檜山町史編集委員会、『北檜山町史』、1981、北檜山町.
- 北檜山町史編集室、『北檜山町五十年のあゆみ』、2004、北檜山町.
- 木村盛武、『北の魚博物誌』、1979、北海道新聞社.
- 砂原町教育委員会・砂原町文化財調査委員、『郷土史探訪 III 砂原町の漁具』、1982、砂原町.
- 塩谷亨、「道南方言とハワイ語における水産物語彙について」、『北海道言語文化研究』第 12 号、2014、33-42.
- 島田武、「楸法華方言における「潮」、「塩」の発音について - 個人語のレベルでの一事例 -」、『北海道言語文化研究』第 12 号、25-32.
- 島田武・橋本邦彦・寺田昭夫・塩谷亨、「楸法華(とどほっけ)における言語と風習 - 失われゆく伝統」、『室蘭工業大学紀要』第 51 号、2001、173-182.
- せたな町政策調整課 HP、『北海道せたな町勢要覧 2007』、<http://www.town.setana.lg.jp>(2015 年 6 月 26 日最終閲覧).
- 瀬棚町史編さん委員会、『瀬棚町史』、1991、瀬棚町.
- 地方独立行政法人青森産業技術センター水産総合研究所 HP、<http://www.aomori-itc.or.jp> (2015 年 3 月 13 日最終閲覧)
- 地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部 HP、<http://www.hro.or.jp>、(2015 年 3 月 13 日最終閲覧)
- 大成町史編集委員会、『大成町史』、1984、大成町.
- 楸法華村史審議会、『楸法華村史』、1989、楸法華村.
- 橋本邦彦、「渡島半島東岸部の漁業関係の語彙」、『北海道言語文化研究』第 10 号、2012、23-37.
- 橋本邦彦、「渡島半島東岸部の漁業及び海事関係の語彙について」、『室蘭工業大学紀要』第 62 号、2013、69-80.
- 橋本邦彦、「楸法華における「風」及び「潮」・「波」に関連した方言語彙について」、『北海道言語文化研究』第 12 号、2014、3-23.
- 橋本邦彦、「楸法華村における「漁具」、「漁法」、「魚種」、「魚加工」に関連した方言語彙について」、『室蘭工業大学紀要』第 64 号、2015、85-97.
- 北海道漁業制度改革記念事業協会、『北海道漁業史』、1957、北海道庁.
- 北海道水産林務部水産経営課 HP、<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ske/osazu/oz01fis/fis074.html> (2015 年 6 月 12 日最終閲覧).
- 水島敏博・鳥澤雅(監修)、『新 北のさかなたち』、2003、北海道新聞社.
- みちのく北方漁船博物館、『海と船と漁労の記録～六ヶ所村泊地区～』、2002、みちのく北方漁船博物館.
- 南茅部町史編集室、『南茅部町史 上巻』、1987、南茅部町.
- 室蘭食の街づくり推進協議会、『室蘭近海でとれる美味しい魚!』＜ポスター＞、室蘭市
- 楽天ブログ HP、<http://plaza.rakuten.co.jp/clover5296/diary/> (2015 年 6 月 12 日最終閲覧).
- 類家直人(編)、『復刻版松前古老百話・白神』、2007、松前古老百話・白神復刻実行委員会.
- 吉岡玉吉、『北海道日本海漁撈漁具用語事典』、2003、自費出版.



# Language Change in Media

## - Stereotypes perpetuated -

Margit KRAUSE-ONO<sup>\*1</sup>

(Received 26<sup>th</sup> June 2015, Accepted 2<sup>nd</sup> February 2016)

### Abstract

Media is said to be the Fourth Estate in modern democracies. However, national media also use stereotypes to perpetuate self-images of its own culture and prejudiced images of other cultures. An analysis of the reporting and broadcasting by German media concerning the recent Greek debt crisis will illustrate this power. The outcome demonstrates that media cannot be ignored in the teaching of ICC and its training, and that true media literacy is essential.

Keywords: media, stereotype, media literacy

## 1 INTRODUCTION

In modern democratic states, media is often said to be, in addition to the executive, legislative and judicial powers, legal Fourth Estate. Although media does not have a power of its own to change politics or to punish power abuse, by publishing thoroughly investigated reports/articles and by raising public discussions, people can be made aware of problematic situations in society, can get involved and sometimes change those situations (Leyendecker, H., 2009). Media's role is to 'check' the government and other public institutions by critically investigating their acts/deeds, to write about them and inform the public. In a democracy, the existence of differently orientated newspapers, magazines, TV programs etc. are necessary for the public to obtain different information leading people to form their own opinion on a certain subject (BPB, 2011). On the other hand, it has historically been said that published news is not necessarily the opinion of the public but that the prevailing (ruling) opinion is the opinion of the rulers e.g. those in power. (*Die herrschende Meinung ist die Meinung der Herrschenden*) (Marx, K. & F. Engels, 2014).

Over the past 20 years or so, the media in Germany have become more and more similar in their reporting

and the opinions they propagate. Albrecht Mueller (2009) in his book 'Meinungsmache' (The Making of Public Opinion) gives various examples of non-fact related publications in media which reported non-critically on political decisions. Journalists being members of think-tanks and other organizations close to power are one reason for this. This has been well demonstrated in the TV program 'Die Anstalt' (run in the German ZDF-channel in 2014). Another reason for this situation is that print media have become concentrated in the hands of a few owners or foundations, such as the publishers Bertelsmann and Springer, who control more than 75% of the German print media. These groups have continued to cut personnel. (Berger, J., 2014). Only a few journalists are employed full-time and have a very restricted time-budget to investigate a certain subject. Many articles are written by freelancers or part-time journalists, whose income depends on how far they comply with unspoken rules (Berger, J., 2014). Also, many journalists no longer specialize in a certain field, such as science/ economics/ politics etc., but have to write on any subject they are assigned (Habermas, J., 2010).

On the other hand, however, media's role in society cannot be overemphasized. It forms people's self-images and their images of others. Media continuously perpetuates culture as well as ideas, images, and stereotypes - about the culture of the country where the media is based and other countries' cultures. (Krause-

<sup>\*1</sup> College of Liberal Arts

Ono, M. & S. Waechter, 2008). In daily life, orientations and decision-making are often based on stored stereotypes and prejudices. They are also often used to identify one's own group as good and others as bad, or at least to create a moral distinction between groups (Thomas, A., 2006; Tajfel, H., 1982). Stereotypes and prejudices are omnipresent and often, for good or for bad, replace reflection, questioning, and doubt when they are most needed. To become aware of one's stored stereotypes and prejudices, one requires reflective consciousness. To overcome them, points in common with the other group have to be found, focused, and trained on (Thomas, 2006). The latter is always an important part of ICC-training, lessons, and workshops. In fact, in every training or teaching of ICC, awareness raising of media's role and its working is necessary for the development of true media literacy. So far, however, in the field of ICC itself, media's role have not yet been fully studied and investigated (Sueda, K., 2009).

Therefore, media always has a significant role in the perpetuation and reinforcement of stereotypes and prejudices in public opinion, especially when other nations and countries are concerned. In the case of the EU, with its 28 member-states and within the Eurozone with 19 member-states, stereotypes and prejudices among the countries and about each other abound. In this situation, and especially since the start of the so-called Euro-crisis in 2010, the responsibility of the media is of even greater importance. Foremost is the responsibility of the German media, as Germany is economically the biggest and most influential country of both groups. This paper examines, to a certain extent, how the majority of German media portrayed Greece and what effect this had.

## 2 BACKGROUND

After the Lehman Shock in 2007/8, the German media reported only for a very short time that this was a financial crisis of banks. Very soon the story was rewritten into a state debt crisis with enormous consequences for the EU countries in the EU's south and/or periphery such as Ireland, Portugal, Spain, Italy and Greece. Although in the majority of these countries, the percentage of debt in comparison to the GDP had not been high before the crisis, this changed after 2008 and in 2010 Greece was bankrupt (OECD statistics 2011).

A default then would have helped the Greek people, but not the big private investors, European banks, who had invested/speculated without thoroughly checking and now had a pile of bad loans. A default would have meant the bankruptcy of some of the banks. The IMF was

called in by the EU and the ECB and together they forged a 'rescue program for Greece', using the ESM, which was mainly a smoke-screen to hide the bailout of, among others, two major German and French banks (Prichet-Edwards, 2015).

Within a year, most of the bad loans had been shifted to the public sector. Those loans had to be shouldered mainly by the Greek people and tax-payers of the other EU-countries (Flassbeck, 2015). Very little of the money lent by the ECB, EU and the IMF reached a typical Greek citizen. Instead, a draconian austerity plan was installed and supervised by members from the IMF, the ECB and the EU, who ensured that the Greek government in power would not deviate from the path forced upon them.

The loans granted had to be used to pay interest rates and old loans back. The result was a shrinking of 25% of the Greek economy within the past five years. Wages are down by a third. Unemployment is up to 27% (60% among young people). Suicides have risen 40%, and the young and bright try to leave the country (Flassbeck, H., 2015). Because Greece has no control of the common currency, the Euro, it has to pay high interest rates for money borrowed, which combined with the shrinking economy, inflates the whole original debt.

Only recently, the research department of the IMF admitted (Telegraph, June 2015) that the imposed austerity program on Greece did not work as had been planned and that the entire prognosis had been wrong. The IMF debt report on Greece was published three days before the referendum on July 5, 2015 (IMF, 2015).

If, what has been summarized above, would have been investigated properly by so-called quality print media in Germany and reported on in a neutral and fact-sticking manner, the opinion of the German public would almost certainly be very different today.

## 3. GERMAN MEDIA COVERAGE OF THE GREEK DEBT CRISIS

Europe is no longer what J.N. Hughes-Wilson (2002) portrayed in the cartoon 'The perfect European should be ...' in the late 1990's. In 1995 the EU had expanded to 15 members, which were all former Western European countries. In the cartoons, stereotypes about each other were portrayed in a way that elicited sniggers and laughs about one's own image. Existing stereotypes were used to raise awareness in a non-threatening way. Since then the EU expanded to 25 countries in 2004 and to 27 countries in 2007. In 2007, the EU also celebrated its 50<sup>th</sup> anniversary and things seemed fine on the surface.

After the Lehman Shock, however, stereotypes and prejudices have risen again, especially since 2010.

Germany's self-stereotype is to be very serious, hard-working, and analytical, sticking to the rules, and taking written words for truth (Schroll-Machl, 2002). This combined with its idea and focus on the necessity of a balanced budget, plus its paranoid fear of inflation, was negatively instrumentalized by the German media in their reporting on Greek debts. From 2010 onward, instead of explaining the fact that at least one big major German bank had to be bailed-out, the widely read newspaper BILD (2 million printed, and read by about 8 million people) became the cheerleader in Greece-bashing with most of the other printed media following. BILD used simple headlines, very little text using prejudices and no explanation of the real and actual facts: (Bildblog, 2015).

- Greece broke/bankrupt! [*Griechenland pleite!*]
- Then sell your islands, you broke Greeks ... and the Acropolis with it! [*Verkauft doch eure Inseln, ihr Pleite-Griechen ...und die Akropolis gleich mit!*]
- That's how good they have it, those broke Greeks [*So gut geht's den Pleite-Griechen*]
- Greeks richer than us! [*Griechen reicher als wir!*]
- NO! No more billions for the greedy/voracious Greeks! [*NEIN! Keine weiteren Milliarden für die gierigen Griechen!*]
- I am worried about my money [*Ich habe Angst um mein Geld*] etc.

These and similar slogans were/are repeated in other mainstream print media, such as in FAZ, WELT, SZ, and BZ as well as in talk-shows on TV, even in programs of good standing. The Greeks are continuously portrayed as irrational, lazy, stubborn idiots, the ones responsible for the whole mess, squandering money and still wanting to party on German tax-payers money. This is done in a blunt and condescending tone. In contrast, the EU, ECB and IMF are backed by the media leaving no doubt who is right and who is wrong. The ground was prepared to put, in the public opinion, all the blame on the 'lazy' Greeks.

It is not easy to find articles in mainstream media which try to explain what really happened. The whole responsibility is put onto the Greeks, with no word about the bail-out of the banks or the problems of sharing a common currency without the legal tools to balance surpluses and deficits among its member-states, with no word about the rigid implementation of the austerity program by IMF officials in Athens and their behavior towards an elected Greek government. The latter was even forbidden to pass any laws in parliament before the

negotiations were concluded and the debts paid back (Nicos Kotsias, Greek secretary of state, May 2015).

Instead, in nearly all media the German tax-payers are told they are paying for the Greek debts. Germans are turned and emotionalized against the Greeks and vice-versa. After the election in January 2015, when the leftist Syriza government pledged to negotiate new terms of repayment, the concerted Greece-bashing rose to a crescendo and became increasingly very personal.

Prime Minister Tsipras and his finance minister Yanis Varoufakis are portrayed in nearly all mainstream media as tricksters, gamblers, betrayers, who do not do their homework, and are childish, crazy, treacherous and insincere (Wolf, W. 2015). Especially since the moment Tsipras announced plans to hold a referendum, he and his government were accused of blackmailing and threatening institutions, and compared to a child, who has lost its temper and gone wild (Mueller, A. 2015).

The bombardment of Greece-bashing news continues nearly hourly as many print media have an online version which is updated several times a day. Of course, it is impossible to publish thoroughly researched news at such a pace. However, all those constantly and everywhere repeated reports drive the message home: the Greeks are the bad, we are the good and do not want to be duped. The Greek budget is a hole that can never be filled. Let the Greeks go and don't throw good money at them.

After having 'brainwashed' the public, the media exculpates itself by citing the newest poll, which shows that the majority of Germans (more than 60%) do not want "to give any more of their money to the Greeks. The Greeks should exit the Eurozone and go back to a Drachma currency and leave the EU altogether" (ZDF Politbarometer, June 2015).

One of the rare moments of truth could be found in the German ARD TV program *Hartaberfair* (2015) where the following was reported: Jean-Claude Juncker, now president of the European Commission mentioned at an official event in Brussels on April 20, 2011: "When things become tight, one has to lie!" [*Wenn es Ernst wird muss man lügen!*]

The bashing is sometimes less crude, but maybe all the more powerful as the following interview (ARD Tagesthemen, June 2015) of the president of the European Parliament, Martin Schulz, by Thomas Roth, anchor of the German ARD news-program Tagesthemen, shows.

The aim is to propagate that IMF, ECB, and the EU are the good side and that on the Greek side reigns ideology and irrationality. This message is cleverly embedded in

deprecatory remarks, which are all the more credible, as the main part contains some insights, such as that austerity does not seem to work and that an employment program for Greece is necessary. (Mueller, A., 2015).

The remarks in question are the followings:

1. Schulz thinks that there is reason in politics, “even on the side of the Greek government [*selbst auf Seite der griechischen Regierung*][Translation by the author]”.
2. Schulz: “We feel stressed out/ get the needle [*Wir fühlen uns genervt*]”
3. Schulz: “We too do not understand some of the reactions any more. [*Wir verstehen auch manche Reaktion nicht mehr*]”
4. Schulz: “We do not understand why these people (the Greek government) do not accept it, but maybe we will get enlightened. [*Warum diese Leute (die griechische Regierung) das nicht akzeptieren, verstehe ich nicht, aber vielleicht lernen wir es noch.*]”
5. Schulz: “That is why I am a bit astonished that Mr. Tsipras does not want to agree to the offer, but maybe he will still see reason. [*Deshalb bin ich so etwas ein bisschen erstaunt, dass der Herr Tsipras die Angebote nicht annehmen will, aber vielleicht kehrt die Vernunft ja noch bei ihm ein.*]”
6. T. Roth: “What is he playing at there? [*Was er da treibt.*]”
7. Schulz: “This government must finally understand that so many people want to help her. [*Da muss diese Regierung endlich begreifen, dass so viele Menschen ihr helfen wollen.*]”

The above tactics are well described in Albrecht Mueller’s book ‘*Meinungsmache*’ (2009) (The Making of Public Opinion).

For five years now, Greece suffered under austerity and is still told that they are not doing their homework, e.g. to put through ‘reforms’ and privatize Greek assets such as ports, logistic infrastructure etc. According to Galbraith (2015), what is explained in Naomi Klein’s book ‘*The Shock Doctrine*’ (2007) seems to be the exact blue-print for what was and is done to Greece.

#### 4. CONCLUSION

In the past 20 years, more and more print media are concentrated in the hands of a few which has led to staff cuts, rationalizations and out-sourcing. Most of the remaining full-time journalists are connected to various think-tanks and institutions, and are too close to the centers of power to be interested in reporting on themes from a different and a differentiating perspective. Simply copying releases of news agencies and other

media, repeating remarks of politicians and so-called ‘experts’ without questioning their content has become normal. This has been well demonstrated by ‘*Die Anstalt*’ (2014).

When reporting on events; media perpetuate auto- and hetero-stereotypes and prejudices which transport negative messages (Allport, 1979). The latter are especially dangerous as they play on crude, non-reflected emotions and are easily believed when presented in a way compatible with people’s self-image. This could be easily seen in the German reporting on Greece with the media greatly influencing how ideas and opinions are shaped.

Those in elected and non-elected positions of power tend to utilize media for their own purposes, such as to form public opinion. This was already well described by Eduard Bernay in his book ‘*Propaganda*’ in 1928. In today’s world this is often done in a concerted action by various actors writing for print media or appearing on TV, giving interviews etc. to achieve these goals. Media are no longer independent, but moves in aligned actions, which when examined closely, often repeat each other, thereby enforcing the message to be pushed through (Habermas, J., 2010). With this method, a lie repeated several times by various actors in various media is seen as true (Mueller, A., 2009). People tend to believe media, which is therefore a very important factor in intercultural communication.

ICC can no longer ignore media when it comes to ICC training and/or sensitization courses about other cultures. The best course will be in vain if the power of media and its usage is not addressed. Fortunately during the past couple of years, this has been pointed out by various researchers in Japan (Sueda, K., 2009) and has been also addressed by the author (Krause-Ono, M., 2014) in previous publications.

It is essential to deal with stereotypes and prejudices, both how they come into being and how to resist them. They are never helpful in finding a solution and rather aggravate an already tense situation. Real media literacy has to be taught, questioning the words or text published and broadcast. This may require individual research of the facts. In the case of the Greek debt crisis this is of utmost importance, as the political and economic future of a whole continent might be at stake. Important questions to ask would be: Cui bono? (For whom is it good or who does it really serve?), plus repeatedly asking ‘why?’. It is essential to get actively informed and not to rely on mainstream media. Each individual must watch out for easy messages which use stereotypes and prejudices in order to put one side down. If this is the



case, as in the German media reporting on the Greek debt crisis, an ICC-training course for the journalists and those behind them is indispensable.

## REFERENCES

- (1) Allport, G., *The Nature of Prejudice*. New York: Perseus Books Publishing, L.L.C. (1979).
- (2) ARD, Tagesthemen, *Economy, Schulz Interview* <http://www.tagesschau.de/wirtschaft/schulz-interview-103.html> [last retrieved June 27, 2015] (2015).
- (3) Berger, J. *Wem gehört Deutschland?* [Who owns Germany?] Westend Verlag GmbH, Frankfurt. (2014).
- (4) Bernays, E., *Propaganda*. archive.org. (1928).
- (5) Bildblog, *Deja-vu with Chancellor Merkel* <http://www.bildblog.de/ressort/bild-de/> [last retrieved June 25, 2015] (2015).
- (6) Bundesanstalt fuer politische Bildung (bpb) [German Federal Agency for Civic Education], *Why media are important* <http://www.bpb.de/izpb/7492/warum-medien-wichtig-sind-funktionen-in-der-demokratie?p=all> [last retrieved June 14, 2015] (2011).
- (7) Die Anstalt, <http://www.zdf.de/ZDFmediathek#/beitrag/video/2241768/Die-Anstalt%22-vom-23-September-2014> [last retrieved June 25, 2015] (2014).
- (8) Flassbeck, H., *The 'good way' of Greece, the Troika and the Future of the EMU* <http://www.flassbeck-economics.de/der-gute-weg-griechenlands-die-troika-und-die-zukunft-der-ewu/> [last retrieved July 3, 2015] (2015).
- (9) Galbraith, J., *Only the 'No' can save the Euro* <http://www.socialeurope.eu/2015/07/greece-only-the-no-can-save-the-euro/> [last retrieved July 5, 2015] (2015).
- (10) Habermas, J., *[No democracy can afford this]* <http://www.sueddeutsche.de/kultur/juergen-habermas-keine-demokratie-kann-sich-das-leisten-1.892340> [last retrieved June 14, 2015] (2010).
- (11) Hartaberfair, <https://www.youtube.com/watch?v=Cctw4OHUvZ8> [last retrieved July 5, 2015] (2015).
- (12) Hughes-Wilson, J. N., *The perfect European should be...* [http://www.erothitan.com/press\\_info/2002-10-28\\_the\\_perfect\\_european\\_en.html](http://www.erothitan.com/press_info/2002-10-28_the_perfect_european_en.html) [last retrieved June 14, 2015] (2002).
- (13) IMF, *Report on Greece debts* <http://www.reuters.com/article/2015/07/03/us-eurozone-greece-imf-idUSKCN0PD20120150703> [last retrieved July 5, 2015] (2015).
- (14) Klein, N. (2007). *The Shock Doctrine*. Picador, New York.
- (15) Kotsias, N., *How can I save a country?* <http://www.wdr5.de/veranstaltungen/philcologne-nikos-kotzias-griechenland-100.html> [last retrieved, June 1, 2015] (2015).
- (16) Krause-Ono, M. & S. Waechter, How much does culture matter?: Soccer players' verbal expressions as reported in the media. *Journal of Intercultural Communication*, 11, 107-119 (2008).
- (17) Krause-Ono, M., Five National News Programs on the Great East Japan Earthquake 2011. *Muroran Memoirs*, 63, 63-75 (2014).
- (18) Leyendecker, H., *[,F' like Fourth Estate]* <http://sz-magazin.sueddeutsche.de/texte/anzeigen/29159/V-wie-Vierte-Gewalt> [last retrieved June 6, 2015] (2009)
- (19) Marx, K. & Friedrich Engels, *Die deutsche Ideologie*. Berlin: Verlag der Conumax GmbH. (2014).
- (20) Mueller, A., *Meinungsmache* [The Making of Public Opinion]. München: Droemer Verlag (2009).
- (21) Mueller, A., *Reactions, Referendum, Greece Update* <http://www.nachdenkseiten.de/upload/pdf/150628-cw-reaktionen-referendum-griechenland-update.pdf> [last retrieved July 2, 2015] (2015).
- (22) OECD, *Central Government Debt* [http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GOV\\_DE\\_BT#](http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GOV_DE_BT#) [last retrieved June 5, 2015] (2011).
- (23) Schroll-Machl, S., *Die Deutschen – Wir Deutsche* [The Germans – We Germans]. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht (2002).
- (24) Sueda, K., Panel-discussion at Sietar Japan Conference, Reitaku University (2009).
- (25) Tajfel, H., *Gruppenkonflikte und Vorurteil. Entstehung und Funktion sozialer Stereotypen* [Conflict in Groups and Prejudices]. Bern: Huber (1982).
- (26) Prichet-Edwards, A., <http://www.telegraph.co.uk/finance/economics/11654639/IMF-has-betrayed-its-mission-in-Greece-captive-to-EMU-creditors.html> [last retrieved June 29, 2015] (2015).
- (27) Thomas, A., Die Bedeutung von Stereotypen und Vorurteilen im interkulturellen Handeln [The Meaning of Stereotype and Prejudice in Intercultural Encounters] *intercultural journal online* 2006-2 (2006).
- (28) The New York Times, *The I.M.F. Agrees With Athens That Greece Needs Debt Relief* [http://www.nytimes.com/2015/07/03/business/international/greece-referendum-bailout.html?hp&action=click&pgtype=Homepage&module=first-column-region&region=top-news&WT.nav=top-news&\\_r=1](http://www.nytimes.com/2015/07/03/business/international/greece-referendum-bailout.html?hp&action=click&pgtype=Homepage&module=first-column-region&region=top-news&WT.nav=top-news&_r=1) [last retrieved July 3, 2015] (2015).



- (29) Wolf, W., *Images transported in Media, an appalling account from Germany*  
<http://faktencheckhellas.org/medienbilder-stimmungsbilder-ein-traurig-machender-abschreckender-bericht-aus-deutschland/#more-449> [last retrieved July 3, 2015] (2015).
- (30) ZDF Politbarometer, *Clear majority wants no more concessions made to Greece*  
<http://www.heute.de/deutliche-mehrheit-keine-weiteren-zugestaendnisse-an-griechenland-38840556.html> [last retrieved June 20, 2015] (2015).
- 

メディアで用いられる言葉の変化  
ーステレオタイプが続くー

クラウゼ小野 マルギット\*1

概要

現代の民主主義においてメディアは第四階級と言われているが、メディアもまた自文化のセルフイメージと他文化に対する片寄ったイメージを保持し続けるためにステレオタイプを用いている。最近のギリシャ累積債務危機に関するドイツメディアの報道と放送を分析すると何が見えて来るのか。その結果が示しているのは、メディアに関する ICC の教育とそのトレーニングをないがしろにすることはできないということであり、真のメディアリテラシーが不可欠だということである。

キーワード： メディア、ステレオタイプ、メディアリテラシー

\*1 ヒト文科系領域

# アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の 音韻論的位置付け

三村 竜之<sup>\*1</sup>

## Phonological Interpretation of the Voiceless Alveolar Trill in Icelandic

Tatsuyuki MIMURA<sup>\*1</sup>

(原稿受付日 平成 27 年 6 月 26 日 論文受理日 平成 28 年 2 月 2 日)

### Abstract

Icelandic has the voiceless alveolar trill. The voiceless alveolar trill has traditionally been analyzed as a realization of /hr/ sequence, and within a recent framework based on the modern distinctive feature theory, the trill may be analyzed as the devoicing of /r/ which is triggered by the feature [+spread glottis] of the following segment. However, both of these two previous analyses have several deficiencies in their data and argumentation. On critical examination of the previous studies and based on the data of compounds and phrase/sentences, which both of the previous analyses failed to take into consideration, this paper shall draw the following three conclusions: i) besides /r/, the voiceless alveolar trill is a phoneme in Icelandic; ii) the voiceless trill in the word-initial and -medial position are both phonemic; iii) the voiceless trill in the word-final position is the realization of /r/ which is devoiced at the utterance-final position.

Keywords : minimal pairs, phonemic alternations, compounds, sentences, utterance-final devoicing

## 1 はじめに

### 1.1 本研究の背景と目的

アイスランド語の鳴音(sonorants)には鼻音、側面音、ふるえ音があり、これらには全て調音位置並びに調音様式が同一である無声音も存在する。具体例を示す<sup>\*2</sup>:

- (1) a. *fímmti* [fím̥t̪i] 「五番目の」
- b. *hneta* [n̥é:ta] 「ナツツ」
- c. *banki* [báŋ̥ki] 「銀行」
- d. *stelpa* [sté̥lpa] 「女の子」
- e. *mars* [mḁ́rs] 「三月」

これまで、特に無声鼻音に関しては Jessen and Pétursson (1998)<sup>(1)</sup>や Pétursson (1973)<sup>(2)</sup>など盛んに議論がなされてきたが、無声側面音や無声歯茎ふるえ音に関しては先行研究が著しく乏しく、殊に後者に関しては音韻論的な論及は皆無に等しい。また、管見に及ぶ範囲で無声歯茎ふるえ音に関する論及もわずかに確認されるものの、いずれもデータや論証に多くの不備を残している。

そこで本稿では、実地調査を通じて得られた一次資料に基づき先行研究の不備や問題点を解消するとともに、先行研究が見落としていた複合語や文(句)における無声歯茎ふるえ音の振る舞いを

表記を持っている。但し、accent aigu と accent grave を主強勢と副次強勢の記号として使用するなど、便宜的に IPA の正用法とは異なる表記法を採用している点に留意されたい。

<sup>\*1</sup> 室蘭工業大学 ひと文化系領域

<sup>\*2</sup> 資料の音声表記には国際音声字母(IPA)による簡略

精査し、より包括的で且つより優れた無声歯茎ふるえ音の音韻論的な解釈を提案する。

## 1.2 アイスランド語について

アイスランド語はアイスランド共和国<sup>\*3</sup>の公用語である。印欧語族のゲルマン語派に属し、デンマーク語やノルウェー語などと共に北ゲルマン諸語（ノルド諸語）を形成する。その他のノルド諸語に比して古語の姿を色濃く残しており、未だ形態論や統語論が複雑な点で特異である。

音韻論的には、無論、英語やドイツ語などには立てられない音素が立てられ得るものの、音素配列の傾向性や音節量の制約（例：短母音開音節(CV)は強勢を担い得ない）など、その他のゲルマン諸語に通ずる性格を有する。

また、強勢を伴う閉音節における母音量（母音の長短）と音節末子音の数の間に見られる相補的な関係や制約（例：VCC/V:C; \*V:CC）など、（デンマーク語を除く）ノルド諸語に特有の特徴も保持している。

その一方で、アイスランド語に固有ではないものの、ゲルマン語ではごく一部の方言にのみ観察される「前気音 preaspiration」（本稿では [ʰ] にて標記する；例：vatn [vátʰ(t)tʰ] 「水」）を有する。また本研究の主題である無声の鳴音も多いためか、全体的に無声摩擦音が豊富であるかのような聴覚印象を与える点も特徴的と言える。さらに、アイスランドの語の閉鎖音（両唇音・歯茎音・軟口蓋音の三系統）は、「声 voice」の有無ではなく「気音 aspiration」の有無で区別される点も特徴的である。

## 1.3 調査・インフォーマント

本稿で引用する資料は、全て、筆者が母語話者一名<sup>\*4</sup>をインフォーマントとして行った実地調査（2014年8-9月、2015年3月；首都 Reykjavík にて）を通じて採取した一次資料である。資料の採取方法にはいわゆる「調査票読み上げ形式」を採

用した。調査票には後述する先行研究において引用されている語例も全て項目として盛り込んだ。実際の調査では、調査票に記載した項目のほか、調査項目の発音や意味に関連する事項の追加並びに確認も併せて行った。なお、調査者である筆者とインフォーマントが最も効率よく相互の意思の疎通を図ることが可能である言語がデンマーク語であるため、調査を実施する際の媒介言語にもデンマーク語を使用した。

## 2 資料

筆者の採取した資料から無声歯茎ふるえ音の具体例を以下に示す。なお、全て引用形 (citation forms) での発音である<sup>\*5\*6</sup>。

### (2) a. 語頭

*hraði* [rá:ði] 「速度」

*hrár* [rá:ʀ] 「生の」

*hring* [ríŋk] 「輪 INFL.」

### b. 語中・語末

(i) *harpa* [há:pa] 「ハープ」

*svart* [suá:rt] 「黒い INFL.」

*björk* [bʲó:rk] 「樺」

(ii) *mars* [má:rs] 「三月、火星」

*fersk* [fé:rsk] 「新鮮な INFL.」

*þorskur* [θó:rsku:] 「鱈」

(iii) *hár* [há:ʀ] 「髪」

*hrár* [rá:ʀ] 「生の」

(2b.iii)に示した語例は、無声歯茎ふるえ音が語末に現れながらも、(2b.i)や(2b.ii)に示した語とは異なり子音連結を成してはいない、いわゆる「絶対語末 absolutely final」の位置の事例である。

して尽力して下さった Guðmundsdótti 氏にこの場をお借りして心より御礼を申し上げる。

\*5 アイスランド語の正書法では母音字にアクセント記号(accent aigu)を付することがあるが、音韻論的な意味でのアクセントの所在を表しているわけではない点にくれぐれも留意されたい。

\*6 各語例の日本語訳に付した INFL. は当該語例が変化形であることを示す。アイスランド語は屈折変化の豊富な言語であり、本稿においても屈折形をた数引用しているが、屈折形の詳細（名詞であれば性・数・格、動詞であれば人称・時制など）を明記すると却って煩雑となる嫌いがあるため、一律 INFL.を付して表すこととする。

\*3 人口約 33 万人(2015 年 1 月；出展: Hagstofa Íslands (<http://www.hagstofa.is/>); 2015 年 5 月 18 日閲覧)。

\*4 インフォーマントは Auður Guðmundsdótti 氏。女性。1955 年 Reykjavík 市の生まれ。Reykjavík にて生育。日本の小、中学校に相当する grunnskóli にてアイスランド語とデンマーク語の教師として教鞭を執る。母語であるアイスランド語のほか、デンマーク語と英語の高い運用能力を有する。インフォーマントと

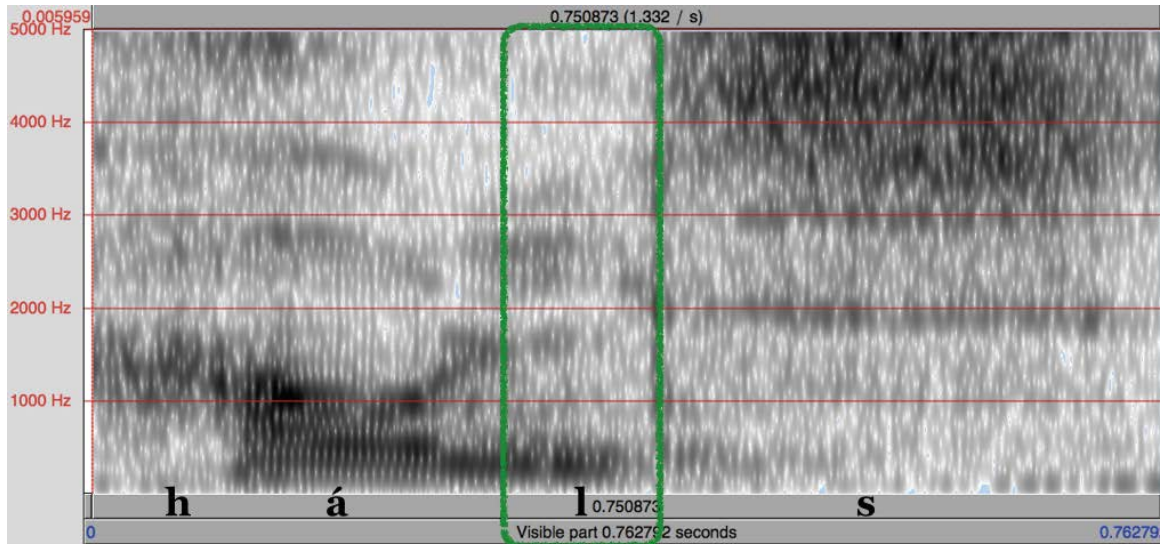


図 1: *háls* のスペクトログラム

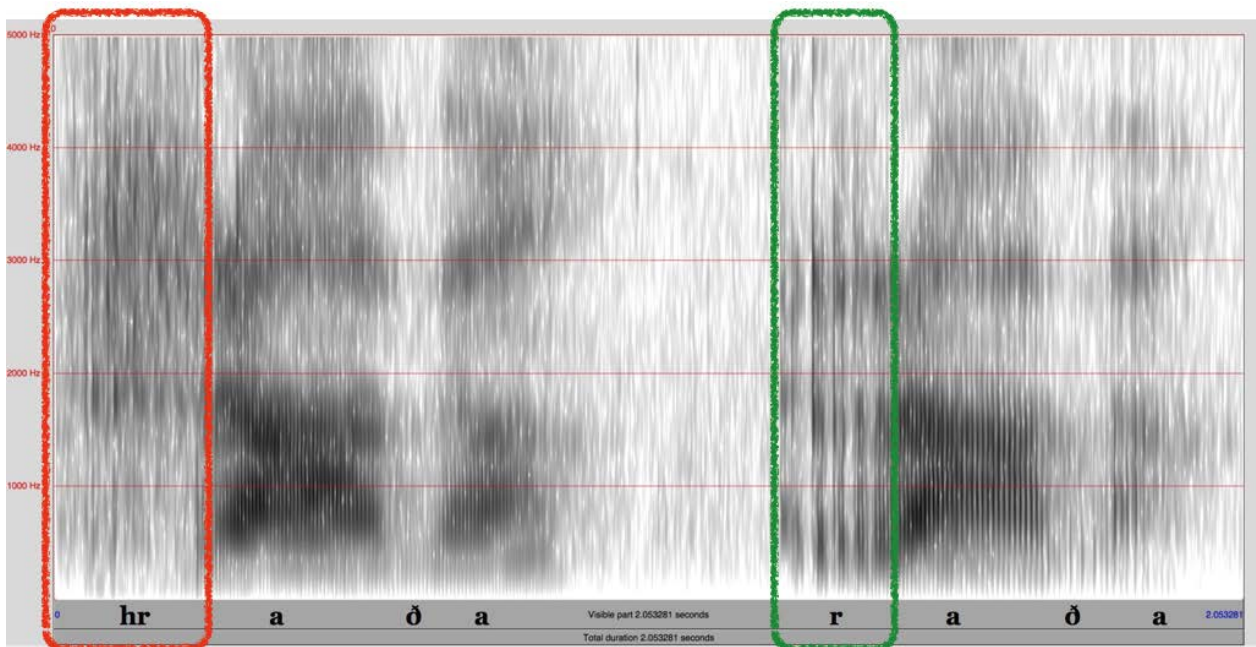


図 2: *hraða* と *raða* のスペクトログラム

なお、(2b.ii)に示した語例から明らかであるが、無声歯茎ふるえ音は無声摩擦音[s]の直前に現れ得る点に注意されたい。既に Rögnvaldsson (2013)<sup>(3)</sup>も指摘しているが、筆者の調査資料からも、無声歯茎ふるえ音を除く鳴音のいずれも、[s]の直前に無声音として現れることはない。ここでは、筆者の資料より側面音の具体例を引く（併せて図 1 も参照されたい）：

(3) *háls* [háʎls] \*[háʎls] 「首」

また、語頭であり且つ母音に直接先行する位置

では、以下に示すような無声歯茎ふるえ音と有声歯茎ふるえ音の最小対も確認されている（併せて図 2 も参照されたい）：

- (4) a. *hraða* [rá:ða] 「急ぐ」  
           – *raða* [rá:ða] 「配列する」
- b. *mörk* [móer̥k] 「印 INFL.」  
           – *mörg* [móer̥k] 「多い INFL.」
- c. *marka* [már̥ka] 「印をつける」  
           – *marga* [már̥ka] 「多い INFL.」

なお、語末で且つ母音に直接後続する位置（絶対



語末の位置)では、無声歯茎ふるえ音と有声歯茎ふるえ音の最小対は確認されていない<sup>\*7</sup>。

### 3 先行研究とその問題点

冒頭で言及した通り、アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の音韻論的・音素論的位置付けに関する論及は著しく乏しい。管見に及ぶ範囲では無声歯茎ふるえ音それ自体を独立した音素として立てる論及は皆無に等しく<sup>\*8</sup>、i) 子音連続 /hr/ の実現形とする立場か、ii) 後続子音による無声化と解釈する立場の二つのみである。本節では、前者の代表として Haugen (1958)<sup>(6)</sup>を、後者の代表として Rögnvaldsson (2013)<sup>(3)</sup>を取り上げて、それぞれ批判的に検証する。

#### 3.1 音素連続/hr/とする解釈: Haugen (1958)

アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の音韻解釈に言及した唯一の研究とも言える Haugen (1958: 60)<sup>(6)</sup>は、下記の二点を論拠として、語頭における無声歯茎ふるえ音を子音連結/hr/として解釈する: i) 語頭における子音連続 /pr-, tr-, kr-/ との分布上の体系的な均斉; ii) 語頭における無声歯茎ふるえ音が hr-で綴られる。

アイスランド語において/h/と/r/は既に設定することが可能である音素であるため、既存の音素を組み合わせただけが新たに無声歯茎ふるえ音を音素として設定するよりも経済的であるという点では優れているといえよう。しかしながら、筆者は、以下の五つの点において問題点を残すと考える。

まず第一に、hr-という綴りを論拠の一部としているが、音韻論としての説明力が著しく乏しい。第二に、子音連結 /hr/ 全体が無声歯茎ふるえ音と

して実現するのか、あるいは /h/ により /r/ が無声化するのか解釈の核心が不明確である。第三に、仮に /h/ による /r/ の無声化と解釈するならば、表層の実現形に至る過程において/h/を削除する規則が別途必要となり、経済性 (economy) の反面、全体的な説明が複雑となる。第四に、語中や語末における無声歯茎ふるえ音に関する論及が皆無である。最後に、仮に語頭と同様に語中や語末の無声歯茎ふるえ音を /hr/ と解釈すると、アイスランド語において不適格な構造の音節を許容することとなる。例えば (2b.ii)に例として引いた *fersk* は語音のレベルでは[CVCCC]という構造をとるが、仮に無声歯茎ふるえ音を/hr/と解釈すると、音素のレベルでは/CVCCCC/という構造であると分析される。注意すべきは、アイスランド語では強勢を担う音節は短母音を核(nucleus)とする場合は、音節末子音(coda)は最大三つまでという制約が存在する点である。従って、Haugen の解釈では *fersk* は音節量の制約に違反することになり、アイスランド語における音韻論内部での整合性に支障をきたすこととなる。

以上から、筆者は、無声歯茎ふるえ音を/hr/と解釈する Haugen の解釈は容認できない。

#### 3.2 弁別素性[+/-spread glottis]による無声化: Rögnvaldsson (2013)

アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の音韻解釈を直接論じた研究ではないが、無声鼻音と無声側面音を前気音と関連付けた統一的な解釈を試みる従来の論考に倣えば、無声歯茎ふるえ音を後続子音が有する弁別素性‘spread glottis’ (cf. Halle and Stevens (1971)<sup>(7)</sup>; 以下[+/-sg]とする)によって引き起こされた無声化として解釈ができそうである。以下、Rögnvaldsson (2013: 94)<sup>(3)</sup>を代表例として取り上げ、批判的に検討を行う。

既に 1.2 節において言及した通り、アイスランド語の閉鎖音は気音の有無で対立しており、従来の弁別素性理論 (distinctive feature theory) の枠組みでは有気音は[+sg]、無気音は[-sg]と解釈することができる。この枠組みに基づくと、例えば(2)で例に引いた *mörk* 「印 INFL」における無声歯茎ふるえ音は、後続する閉鎖音[k]が音素 (基底表示) としては有気音/k<sup>h</sup>/であり、その弁別素性[+sg]により引き起こされた/r/の無声化として説明することができる。同様に、*mörg* 「多い INFL」において無声ではなく有声の歯茎ふるえ音[r]が現れているのは、後続する破裂音[k]が音素としては[-sg]である/k/の

\*7 音節頭子音で子音連結を形成する際にも最小対は存在し得ると推定されるが、そのような語例は現時点では筆者の資料では確認されていない。

\*8 筆者の把握している限りでは、Malone (1952)<sup>(4)</sup>が無声歯茎ふるえ音それ自体を独立の音素として認める (と読み取ることが可能である) 唯一の研究である。しかしながら、論拠は全く明確にされておらず、従って、ここでは先行研究として取り上げない。また、例えば Árnason (2005: 1562)<sup>(5)</sup>のように音韻論的な位置付けを明確にせぬまま無声歯茎ふるえ音の記号をスラッシュと共に (いわば、音素として認めているかのごとく) 使用している研究者も多数いるが、同様に本研究では先行研究としては扱わない。

ため無声化が引き起こされていないからである、と説明することができる\*<sup>9</sup>。

しかしながら筆者は、この解釈は以下に述べる二つの問題点を孕んでいると考える。まず第一に、[+sg]による無声化では説明のできない反例が存在する。既に第2節にて例に引いた *mars* 「三月、火星」や *fersk* 「新鮮な INFL.」などから明らかであるが、無声歯茎ふるえ音は摩擦音/s/の直前に現れうる。しかしながら、例えば Thráinsson (1978)<sup>(8)</sup>も指摘するように、/s/は[-sg]である。そもそも[+sg]である分節音は“with the vocal folds drawn apart to allow a ‘breathy’ articulation”や‘a longer VOT’といった特性を有するが (cf. Spencer (1996: 143)<sup>(9)</sup>)、このような音声特性を欠く/s/には直前に立つ/r/の無声化を引き起こし得ないはずである。

第二に、[+sg]による無声化の解釈を成立させるためには、/r/は常に子音が直接後続することが前提となるが、この条件を満たさずとも無声歯茎ふるえ音が現れる語例は多数存在し、全て[+sg]による無声化の解釈の反例となる。例えば、(2a)に例として引いた *hraði* 「速度」や *hár* 「髪」における無声歯茎ふるえ音のように、母音に直接先行する場合やそもそも子音が後続しない場合は、[+sg]による無声化という解釈は成立し得ない。

ある特定の環境における無声歯茎ふるえ音に関しては説明が可能ではあるものの、その他の環境における無声歯茎ふるえ音については説明することができず、従って、弁別素性[+/-sg]に基づく解釈は極めて説明力が乏しいと言わざるを得ない。

#### 4 筆者の解釈

前節にて論じたように、先行研究はある特定の環境や条件下における無声歯茎ふるえ音の説明は可能であるものの、アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の全体像を捉えるには未だ至っていない。その要因としては、先行研究では語、とりわけ単純語における無声歯茎ふるえ音にのみ着

目していたことが挙げられる。

そこで筆者は、先行研究に欠けていた複合語や文など、単純語よりも大きな単位における無声歯茎ふるえ音の振る舞いを精査し、以下の解釈を提案する：

- (5) a. 音素/r/とは別に無声歯茎ふるえ音（便宜的に /r0/とする）を独立の音素として設定する。
- b. 語頭並びに語中における無声歯茎ふるえ音は音素/r0/が実現したものである。
- c. 語末（絶対語末）における無声歯茎ふるえ音は、（語末ではなく）発話末尾における/r/の無声化したものである。

論拠は以下の三つ：i) 語頭並びに語中において[r]と無声歯茎ふるえ音の対立する最小対が存在する；ii) 語末（形態素末）における[r]と無声歯茎ふるえ音の交替現象；iii) 発話末尾にかけての調音エネルギーの減衰。次節にてそれぞれの論拠について詳しく論じていく。

##### 4.1 論拠 1: 最小対の存在

語頭（で且つ母音に直接先行する場合）並びに語中では、無声歯茎ふるえ音は[r]と対立し、既に(2)に示したように最小対が存在する：

- (6) a. *hraða* [rá:ða] 「急ぐ」  
– *raða* [rá:ða] 「配列する」
- b. *mörk* [mórk] 「印 INFL.」  
– *mörg* [mórk] 「多い INFL.」
- c. *marka* [márka] 「印をつける」  
– *marga* [márka] 「多い INFL.」

以上から、アイスランド語では音素/r/とは別に音素/r0/を設定することが可能であると結論づけることができる。

##### 4.2 論拠 2: 語末（形態素末）における交替現象

前節では語頭並びに語中の無声歯茎ふるえ音が独立した音素として位置付けられうることを主張したが、では語末における無声歯茎ふるえ音はいかに位置付けられるであろうか。語末では前述したような最小対は確認されていないが、先行研究が視野に入れていなかった複合語や文、句における無声歯茎ふるえ音の振る舞いを精査した結果、語末に立つ無声歯茎ふるえ音は[r]と交替しうるということが明らかとなった。

\*9 音声（表層）のレベルでは無気音である *mörk* の [k]をなぜ音素（基底）のレベルにおいて有気音/k<sup>h</sup>/と分析するのか疑問が残る。この点を明確に論じた研究は管見に及ぶ範囲では皆無であるが、筆者が推察するに、有気音が後続しながらも鳴音に無声化の生じない方言形 (cf. Thráinsson (1978)<sup>(8)</sup>)をも扱い得る統一的な理論の構築が、*mörk* の無気音[k]を/k<sup>h</sup>/と解する積極的な動機となっているのではないか。

まず複合語の具体例を以下に示す:

- (7) a. *hár* [háʀ] 「髪」 (*hár-* [háʀ-] ~ [háʀ-])  
 e.g. *hárþurrka* [háʀθʉ́r(ʀ)ka] 「ヘアドライヤー」  
 (< *hár* + *þurrka* [θʉ́r(ʀ)ka] 「ドライヤー」)  
 cf. *hárnál* [háʀnàʀ] 「ヘアピン」  
 (< *hár* + *nál* [náʀ] 「針」)  
 b. *yfir* [í:ʋɪ] 「-の上に」 (*yfir-* [í:ʋɪ-] ~ [í:ʋɪ-])  
 e.g. *yfirtaka* [í:ʋɪtʰá:ka] 「引き継ぐ」  
 (< *yfir* + *taka* [tʰá:ka] 「取る」)  
 cf. *yfirlæknir* [í:ʋɪrlækʰnɪr] 「医長」  
 (< *yfir* + *læknir* [lækʰnɪr] 「医者」)

(7a) の *hár* を例にとると、複合語 *hárþurrka* の前部要素として用い、無声化を引き起こしうるであろう音 (*þurrka* の初頭の音) が後続する場合は、*hár-* の末尾の *r* は単独形と同じく無声の歯茎ふるえ音として現れているが、一方、無声化を引き起こし得ない音 (*nál* の初頭の音) が直接後続する場合は、*r* は有声音である [r] として現れている。また (7b) の *yfir* の末尾の *r* も同様に、無声化を引き起こしうる音 (*taka* の初頭の音) が後続する場合は無声歯茎ふるえ音で現れているが、無声化を引き起こし得ない音 (*læknir* の初頭の音) が後続する場合は [r] で現れている。

(7) に示したような語末における無声歯茎ふるえ音と [r] の交替現象は、文や句においても観察される。具体例を以下に示す:

- (8) *stór* [stóʀ] ~ [stóʀ] 「大きな」  
 e.g. *Magnú er stór* [stóʀ] *maður* [má:ðʉ́r].  
*Magnús* be large/great man  
 「Magnús【人名】は背の高い/偉大な男性です。」  
 cf. *Hallgrímskirkja er stór* [stóʀ] *kirkja* [kʰɪrkʰa].  
*Hallgrímskirkja* be large church  
 「Hallgrímskirkja【固有名詞】は大きな教会です。」

複合語における *hár-* や *yfir-* と同様、*stór* の語末の *r* も無声化を引き起こし得ない音 (*maður* の初頭の音) が後続する場合は有声音である [r] で現れているが、無声化を引き起こし得る音 (*kirkja* の初頭の音) が後続する場合は無声歯茎ふるえ音として現れている。

なお、前節にて既に音素 /r/ の実現形として位置付けた語頭における無声歯茎ふるえ音は、仮に有声音が先行しても一貫して無声音のままである点

に注意されたい:

- (9) *hring* [rɪŋk] 「輪 INFL.」 (-*hring* [-rɪŋk]; \*[rɪŋk])  
 e.g. *giftingahring* [giftɪŋkaɪŋk] 「結婚指輪 INFL.」  
 (< *gifting* [giftɪŋk] 「結婚」 + *hring*)

以上から、無声歯茎ふるえ音は語頭と語末ではその音韻論的な性質が大きく異なり、後者の場合に比して前者の場合は音韻論的な自律性が高い (換言すれば、それ自体を音素として認定することが可能である) ことが明らかとなる。では、改めて語末における無声歯茎ふるえ音は音韻論的にどのように捉えるべきであろうか。

### 4.3 論拠 3 発話末尾における無声化

第 4.2 節にて示したように、語末 (母音に直接後続し、且つ子音連結を形成しない場合) における無声歯茎ふるえ音は後続子音の性質によっては有声音である [r] と交替し得ることが明らかとなったが、(1) において例に引いた引用形の音形からも明らかのように、休止 (pause) が後続するいわゆる絶対語末の位置においては一貫して無声歯茎ふるえ音のみが現れている。

このような語末における無声歯茎ふるえ音の振る舞いを合理的に説明するべく、筆者は語末の無声歯茎ふるえ音を音素 /r/ の実現形として解釈する。第 4.2 節において示した交替現象は音声環境に規定された現象であり、例えば (7b) で例に引いた *yfirtaka* における *yfir-* の末尾の無声歯茎ふるえ音は、後続子音である [tʰ] によって引き起こされた無声化として純粋に音声学的な説明が可能である。

同様に、絶対語末の位置における無声歯茎ふるえ音も音声学的に説明が可能な無声化現象であると筆者は考える。周知の通り、有声音は生体の振動 (開閉運動) を伴う音であり、その振動の原動力となる呼気流を発生させるためには一定のエネルギーが必要となる。しかしながら、調音に費やすエネルギーは発話の開始部に比して発話の末尾にかけて漸次的に減衰するのが一般的である。そこで、語 (word/lexicon) と発話のレベルを分け、引用形で発音した語も独立した一つの発話を成すと捉え、語末にも同種の調音エネルギーの減衰が生じていると考えることができる。つまり、**これまで語末と捉えてきた位置を発話末尾と捉え直す**ことにより、語末における無声歯茎ふる



え音の持つ「無声性 voicelessness」が自身の固有の特性ではなく、発話末尾における調音エネルギーの減衰によって引き起こされた声帯振動の停止、換言すれば「後語彙的 (postlexical)」に導かれた無声化として解釈することが可能となる。

\* \* \*

これまで論じてきた筆者の解釈に基づき(1)に示した語例を音素分析すると、下記の通りとなる(紙幅の都合上、語義は割愛する; なお、長母音と二重母音の表記に関しては暫定案である点に注意されたい) :

- (10) a. 語頭 *hraði* [ráðɪ] /ráðɪ/, *hrár* [ráʊr] /ráʊr/,  
*hring* [ríŋk] /ríŋk/  
 b. 語中・語末  
 (i) *harpa* [háɾpa] /háɾpa/, *svart* [sváɾt] /sváɾt/,  
*björk* [bjœɾk] /bjœɾk/  
 (ii) *mars* [máɾs] /máɾs/, *fersk* [féɾsk] /féɾsk/,  
*porskur* [θóɾskur] /θóɾskur/  
 (iii) *hár* [háʊr] /háʊr/, *hrár* [ráʊr] /ráʊr/

## 5 結語

以上、本稿では、アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の音韻論的位置付けに関して、先行研究の批判的検証を通じて、筆者独自の解釈案を論じてきた。

本稿における議論と結論を要約すると以下の通り:

- (11) a. 先行研究とその問題点:  
 i) 語頭(母音に直接先行する場合)における無声歯茎ふるえ音を /hr/ と分析; 語中並びに語末における無声歯茎ふるえ音に関しては論及なし; 綴り字 *hr-* を論拠としており説明力に乏しい; 音節量制約に違反する音節(\*VCCCC)を生み出してしまう。  
 ii) 無声無気閉鎖音(基底では有気音と推定)に直接先行する無声歯茎ふるえ音を、後続子音が有する弁別素性[+spread glottis]により引き起こされた無声化と解釈; その他の環境における無声歯茎ふるえ音に関しては論及なし; 反例の存在: [-spread glottis]である

[s]の直前に無声歯茎ふるえ音が現れる; 母音に直接先行する場合並びに絶対語末の場合のように、後続子音が存在しない環境では解釈が成立しない。

b. 筆者の解釈:

- i) 最小対の存在を論拠として、無声歯茎ふるえ音を独立した音素として設定; 語頭並びに語中の無声歯茎ふるえ音は音素のレベルでも無声歯茎ふるえ音であると分析。  
 ii) 複合語や文、句における語末(形態素末)における無声歯茎ふるえ音と[r]の交替現象が音声学的に規定されている事実を論拠に、この位置に立つ無声歯茎ふるえ音の音韻論的な自律性の低さを指摘。  
 iii) 語と発話のレベル分けを提案; 絶対語末の位置に立つ無声歯茎ふるえ音は発話末尾における/r/の無声化として解釈。

先行研究は特定の環境における無声歯茎ふるえ音のみを対象としており、アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の全体像を捉え切るには至っていなかった。それに対し筆者の解釈は、複合語や文、句も含めて無声歯茎ふるえ音の振る舞いを過不足なく説明することが可能であり、この点でより優れていると言えよう。

冒頭で触れたようにアイスランド語の無声鼻音や無声側面音に関する先行研究は比較的豊富ではあるものの、本稿で指摘したような論考や資料における不備や問題点を同じく孕んでおり、またいずれも断片的な論考にとどまっている。今後は、本稿において提案した解釈を他の無声鳴音の解釈にも応用し、有声音も含めたアイスランド語における鳴音の全体像の解明を試みたい。

## 謝辞

本稿は、日本言語学会第150回大会(2015年6月20日、大東文化大学板橋キャンパス)における口頭発表並びに予稿集原稿<sup>(10)</sup>の内容に基に、聴衆諸氏からいただいた助言を踏まえて加筆及び修正を加えたものである。貴重なコメントを下さった上野善道先生(東京大学名誉教授)、Timothy Vance先生(国立国語研究所)、清水克正先生(名古屋学院大学名誉教授)にこの場をお借りして御礼を申し上げる。



また、本稿に対して有益な助言を下された二名の査読者にもこの場をお借りして御礼を申し上げます。

#### 文献

- (1) Jessen, M. and M. Pétursson, Voiceless nasal phonemes in Icelandic, *Journal of International Phonetic Association* Vol.28 (1998), p198-212.
- (2) Pétursson, M., Phonologie des consonnes nasales en islandais moderne, *La Linguistique: revue internationale de linguistique générale* Vol.9 (1973), p115-138.
- (3) Rögnvaldsson, E., *Hljóðkerfi og orðhjutakerfi íslensku*, Málvísindasöfnun Háskóla Íslands (2013).
- (4) Malone, K., The phonemes of modern Icelandic, *Studies in Honor of Albert Morey Sturtevant*, University of Kansas Press (1952), p5-21.
- (5) Árnason, K., The standard language and their systems in the 20th century I: Icelandic, Eds., Oskar Bandle et al, *The Nordic Languages: An International Handbook of the History of the North Germanic Languages* Vol.2, Walter de Gruyter (2005), p1560-1773.
- (6) Haugen, E., The phonemics of modern Icelandic, *Language* Vol.34 (1958), p55-88.
- (7) Halle, M. and K. N. Stevens, A note on laryngeal features, *Quarterly Progress Report, MIT Research Laboratory of Electronics* Vol.101 (1971), p198-212.
- (8) Thráinsson, H., Dialectal variation in Icelandic as evidence for aspiration theories, *The Nordic Languages and Modern Linguistics 3: Proceedings of the Third International Conference of Nordic and General Linguistics* Vol.3 (1978), p533-544.
- (9) Spencer, A., *Phonology: Theory and Description*, Blackwell (1996).
- (10) 三村竜之, アイスランド語における無声歯茎ふるえ音の解釈について, *日本言語学会第 150 回大会予稿集* (2015), p284-289.

## 発達障害のポジティブイメージの増減と持続に関する検討

今野 博信<sup>\*1</sup>, 前田 潤<sup>\*2</sup>

## A Study on Sustainable and Increase or Decrease of the Positive Image of the Developmental Disorder

Hironobu KONNO<sup>\*1</sup>, Jun MAEDA<sup>\*2</sup>

(原稿受付日 平成 27 年 6 月 26 日 論文受理日 平成 28 年 2 月 2 日)

## Abstract

The education of disorders understanding is an important issue for students of teacher-training course. In one teaching professional class, students visited the children's development support facilities. Students responded three times to the survey of the Disorders image by SD method. The first test was checked before the visiting, the second was immediately after it, and third was two months after it. Although assessment of the positive image has been increased after the visiting, many of the students were decreased to two months later. However, in a certain number of students it showed the tendency of the positive image is increased or maintain even after two months. This phenomenon has been discussed as the effect associated with the "sleeper-effect".

Keywords : Development disorders, Teacher training, Sleeper-effect

## 1 問題と目的

教職課程を受講する学生には、教育に関わることに自覚的であることが期待されている。知識や技術の効果的な指導方法だけに関心を向けるのではなく、教授対象の生徒達に接する際の指導者像を自分なりに意識してほしいからである。教育という営みでは、人と人の直接の関わりが基本となるので、指導者が与える印象は重要である。

生徒達に関わっての現代的な課題の一つに、発達障害への対応が考えられる。これには、自分が受け持つ生徒に発達障害をかかえる例を考えなければならない場合<sup>(1)</sup>に加え、当事者の生徒と共に学ぶ周囲の生徒達への指導も考えられなければならない。つまり、障害理解教育の視点が、指導者像

の要素に組み込まれている必要がある。学校での体験が、生徒各自の成人後の障害観を形づくっていくことを考えれば、指導者は大きな責任を担っていると考えなければならない。

そうした障害理解のための教育的実践には、見学や実習体験、ロールプレイや疑似体験、当事者との懇談など様々な取り組みがある。総体としては、このような取り組みを体験した後で参加者の障害に対するイメージが、ポジティブな方向に変化することが知られている<sup>(2)(3)(4)</sup>。しかし、参加直後の変化だけでなく、一定期間後までの追跡をして調査している研究はあまり多く見られない。

任・谷垣・祖父江・豊田・北山・中井(1995)<sup>(5)</sup>では看護学生 52 名の精神障害に対する態度が、質問紙法により調査された。実習前後と卒業時(実習後 3 ヶ月から 10 ヶ月後)の 3 時期の比較では、実習直後に許容的に変化した質問項目で、卒業時にその状態が維持された項目もあるが、実習前にもどってしまう項目や逆に実習前よりも否定的に変

\*1 学泉舎 室蘭工業大学非常勤講師

\*2 室蘭工業大学 ひと文化系領域

化する項目があったと報告されている。看護学の実習と教職課程の見学では、履修内容に違いがあつて当然であるが、イメージの変化や維持についての共有されるべき知見はあるはずである。

教育に関わつての研究では、徳田(1992)<sup>⑥</sup>が幼児教育学科の女子学生 35 名に対して 3 回の質問紙調査を実施している。視覚障害者向けの「さわる絵本」の製作実習の前後と 6 ヶ月後の追跡調査が行われ、製作の「1 週間後では視覚障害者と交流する場面においてとまどうことが少なくなった」のに、「6 ヶ月後には態度が作成前の傾向に戻る事が明らかになった」とされている。

今野・前田(2014)<sup>⑦</sup>においては、児童発達支援施設を見学した教職課程の受講学生 34 名について、事前と事後と 2 ヶ月後の 3 回の質問紙調査を行っている。発達障害を含む障害についてのイメージは、総じて見学直後にポジティブな評価が増加し、2 ヶ月後の追跡時期には減少した。質問項目は 5 因子に分類され、特定の因子において評価が大きく変動する学生の群が見出された。一方で、見学直後にも大きくポジティブイメージが増加せず、さらに追跡時期でもあまり減少しない群も見出された。このような評価行動の差は、学生自身の「障害」との関わりの自覚や学生相互の話し合いの親密度が影響するものと考察している。

見学などを通して、障害理解の促進を目指す場合には、その効果がより持続的に定着することが期待される。そのためには、見学そのものがもつ効果に任せるのではなく、指導者側からの何らかの働きかけが必要となるはずである。加えて、教職課程に学ぶ学生としては、自身が指導者となった際に、生徒達に対して意識的に働きかけができるような授業の構想力も期待されている。参加者の内面に働きかけて、質的な変化につながる指導方法の確立が望まれている。

本研究では、見学の実施方法や事後の追加指導の改善に資するため、見学実施前後に調査をおこない、いわゆる「障害」の印象変化と、学生評価の時間的変動の関係を検討することを目的とした。

## 2 方 法

### 2.1 調査対象

M 大学で 2014 年度の教職科目を受講した工学部 3 年生のうち、3 回の調査の全てに回答した 33 名を対象とした。学生は 4 学科に分かれ、建築系学科 2 名、機械系学科 5 名、化学系学科 14 名、電

子系学科 12 名であつた。性別では、男子 26 名に対し女子 7 名であつた。

### 2.2 調査内容

見学は、就学前からの発達相談や療育を行う市の児童発達支援施設で、2014 年 10 月後半からの三日間のいずれかに参加する形で、午前か午後に分かれて 4 回実施した。障害に対するイメージ測定は、松村・横川(2002)<sup>⑧</sup>を参考にした SD 法による質問紙によって行った。

障害(発達障害を含む)についてのイメージ調査は、20 の感情を表す形容詞対による質問紙で、項目ごとに 7 段階で評価する形で実施した。評価の値は、ネガティブな表現からポジティブな表現まで 1 点から 7 点を配点し、中点となる 4 点には「どちらでもない」の表現を用いた。例えば、「明るいー暗い」の項目で、回答者が「とても明るい」を選べば 7 点とし、「かなり明るい」を選べば 6 点、「やや明るい」を選べば 5 点とした。

調査は 3 回実施した。一回目は見学前の 10 月上旬に一斉に調査し(事前/pre)、二回目は、10 月下旬から 11 月上旬の見学直後に調査した(事後/post)。三回目は、見学から約 2 ヶ月後の 12 月中旬に一斉に調査した(追跡/follow-up)。

質問用紙上では、ポジティブとネガティブな表現が左右一方に偏らないようにし、また質問の順番を入れ替えることで複数回の回答における慣れをなくすようにした。質問紙以外にも、見学後の感想文や施設職員による出張講義の感想文、最終授業でのアンケートの提出を求め、合わせて考察の対象とした。

また、回答に際しては、個人の成績とは関係がないこと、結果は見学の効果を検討するためだけに用いられ、公表される場合にも個人が特定されることがない旨の説明をした。

## 3 結 果

### 3.1 基礎的な統計量など

得られたデータは、20 の質問項目が 3 時期分になり 33 名分を合わせると 1980 件となった。統計処理に対する信頼性をクロンバックのアルファ係数<sup>⑨</sup>で計算すると、 $\alpha=0.899$  となり尺度の妥当性が確かめられた。

見学の不参加者が少なく、統制群は設けなかった。4 回の参加人数は順に、16 名 5 名 6 名 6 名であつた。日時間の差を post 評価の平均値を用いて

比べると(日時を被験者間要因、項目を被験者内要因とした  $4 \times 20$  の分散分析) <sup>(10)</sup>、5 名参加の回で、項目によっては他の回より好意的な評定が多かった( $F(57,551)=1.62, p<.01$ )。この回だけが午後の見学で、日課内容に違いがあった影響と考えられた。データの信頼性を調べると、5 名の回答を含めない場合に一貫性が高まることが示された( $\alpha=0.906$ )が、含めた場合でも高い信頼性が得られたことから 4 回の見学をまとめて分析対象とした。

学科の違いによる差について、全評定の平均値を用いて同様の比較(学科を被験者間要因、時期と項目を被験者内要因とした  $4 \times 3 \times 20$  の分散分析)をしたところ、学科に関わっての有意差は見られなかった。

男女の性別についても同様に、全評定の平均値を用いて比較(性別を被験者間要因、時期と項目を被験者内要因とした  $2 \times 3 \times 20$  の分散分析)したところ、性別に関わる有意な差は見られなかった。

### 3.2 先行研究との類似

項目同士の関係を調べるために、3 調査時期のデータを用いて主因子法バリマックス回転による因子分析<sup>(11)</sup>を行った。参考にした松村・横川(2002)に合わせて抽出因子数を 5 に指定した結果を表 1 に示した。

表1 質問項目の因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	共通性
手際よい	0.59	0.16	0.05	0.41	0.05	0.54
優秀な	0.56	0.06	-0.14	0.01	0.13	0.35
関わりたい	0.55	0.12	-0.49	0.11	0.00	0.58
役に立つ	0.51	0.11	-0.31	-0.13	-0.01	0.38
近づきたい	0.50	0.20	-0.39	0.32	0.06	0.55
かわいらしい	0.50	0.07	-0.48	0.20	0.21	0.57
きれいな	0.46	0.29	0.02	0.18	0.13	0.34
気の毒でない	0.19	0.69	-0.01	0.23	0.18	0.60
安全な	0.00	0.69	-0.22	0.17	0.07	0.56
正常な	0.21	0.61	-0.07	0.10	0.10	0.44
幸せな	0.40	0.44	0.05	0.36	0.19	0.53
共生すべき	0.12	0.09	-0.66	-0.02	0.06	0.46
個性あふれる	0.05	-0.02	-0.58	0.12	0.19	0.39
迷惑でない	0.40	0.41	-0.56	-0.01	0.01	0.65
怖くない	0.18	0.35	-0.38	0.30	-0.07	0.39
共感できる	0.22	0.20	-0.13	0.73	-0.09	0.65
身近な	-0.03	0.18	-0.27	0.67	0.14	0.58
おだやかな	0.08	0.19	0.20	0.36	-0.21	0.26
明るい	0.17	0.34	-0.23	0.03	0.82	0.88
陽気な	0.10	0.07	-0.05	-0.04	0.59	0.37
負荷量の二乗和	2.47	2.23	2.23	1.82	1.32	
寄与率	12.34	11.17	11.13	9.08	6.59	
累積寄与率	12.34	23.51	34.64	43.72	50.30	

この因子分析結果と、松村・横川(2002)の因子分析結果との一致度を計算すると、 $\kappa$ (カッパ統計量) $=0.737$  となり、かなりの一致が見られた<sup>(12)</sup>。質問項目の妥当性と群化に、高い合理性が認められた。松村・横川(2002)の結果に従って、因子 1 は「評

価」、因子 2 は「同情感」、因子 3 は「親和性」、因子 4 は「心理的距離」、因子 5 は「性格イメージ」と命名した(表 2)。上下段で一部に分類の差が見られるが、一致度係数からは大きい差とは認められない。

表2 因子分析による分類(上段)と松村・横川(2002)の結果(下段)の比較

評 価	同情感	親和性	心理的距離	性格イメージ
手際よい 優秀な 関わりたい 役に立つ 近づきたい きれいな かわいらしい	気の毒でない 幸せな 安全な 正常な	共生すべき 怖くない 迷惑でない 個性あふれる	共感できる 身近な おだやかな	明るい 陽気な
手際よい 優秀な 関わりたい 役に立つ 近づきたい きれいな かわいらしい	気の毒でない 幸せな 安全な	共生すべき 怖くない 迷惑でない おだやかな 安全な	共感できる 身近な	明るい 陽気な 個性あふれる

同様の手続きで、評定行動の群化のために回答者を対象にした因子分析を行った結果を表 3 に示した。5 因子が抽出されて、評定の変わり易さ(易変性)によって、1 から 5 までの群に分けられた。群ごとの人数は易変性 1 から順に、8,8,8,7,2 名であった。

表3 評定行動の因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	共通性
X007	0.89	0.00	0.06	-0.26	-0.16	0.88
X019	0.64	-0.27	0.17	-0.13	0.19	0.57
X003	0.57	-0.43	0.38	-0.33	-0.19	0.80
X032	0.57	-0.19	0.33	-0.15	0.04	0.49
X030	0.53	-0.20	0.46	-0.31	0.35	0.76
X031	0.53	-0.24	0.36	-0.40	-0.16	0.65
X005	0.52	-0.39	0.33	-0.23	0.02	0.60
X011	0.49	-0.15	0.22	-0.07	0.02	0.32
X022	0.02	-0.77	0.01	-0.33	-0.19	0.74
X021	0.24	-0.65	0.37	-0.25	0.11	0.69
X020	0.15	-0.65	0.27	0.05	0.02	0.51
X033	0.53	-0.59	0.01	-0.05	0.11	0.65
X025	0.19	-0.54	0.50	-0.17	-0.26	0.67
X014	0.46	-0.51	0.36	-0.10	-0.34	0.72
X012	0.38	-0.44	0.37	-0.17	0.30	0.60
X023	0.23	-0.40	0.20	-0.14	-0.07	0.28
X024	0.24	-0.31	0.70	-0.33	-0.06	0.75
X002	0.31	-0.12	0.67	-0.33	-0.07	0.67
X015	0.09	-0.20	0.58	0.03	0.15	0.41
X016	0.46	-0.31	0.53	-0.01	-0.07	0.59
X004	0.49	-0.08	0.50	-0.36	-0.01	0.63
X017	0.33	-0.42	0.46	-0.27	-0.14	0.60
X006	0.09	0.01	0.46	-0.44	-0.01	0.41
X026	0.24	-0.32	0.44	-0.28	-0.35	0.56
X008	0.00	0.05	0.06	-0.81	-0.02	0.66
X018	0.14	-0.19	0.26	-0.63	0.03	0.52
X028	0.47	-0.31	0.03	-0.61	-0.02	0.69
X027	0.36	-0.30	0.09	-0.60	0.03	0.58
X001	0.10	-0.27	0.22	-0.49	0.30	0.46
X013	0.34	-0.09	0.14	-0.47	-0.11	0.38
X009	0.25	-0.31	0.28	-0.34	-0.03	0.35
X010	0.09	-0.23	0.08	-0.08	-0.68	0.54
X029	0.31	-0.24	0.15	-0.38	0.54	0.62
負荷量の二乗和	5.19	4.30	4.21	4.01	1.64	
寄与率	15.72	13.04	12.75	12.14	4.96	
累積寄与率	15.72	28.75	41.51	53.65	58.60	

質問項目と評定行動の関係について 3 時期の変化を図 1 に示した。多くの群では、事前(pre)から事後(post)にかけてポジティブ評定が増加し、post から追跡(fu)にかけては減少するという変化を見せた。ところが、因子 2 の「同情感」(気の毒でない・安全な・正常な・幸せな)においては、易変性 2 の



群で pre から post にかけてポジティブ評価が増加し、post から f/u にかけても増加の傾向が見られた( $F(2,56)=2.64$ ,  $p=.079$ )。他の 1,3,4 の群では、このような増加の変化は見られず、易変性 1 の群では、pre<post、post>f/u、pre<f/u のポジティブ評価の増減で有意差が見られた( $F(2,56)=11.13$ ,  $p<.01$ )。また、易変性 5 の群では、逆にポジティブ評価の漸減を示したが、統計的に有意な差はなかった。

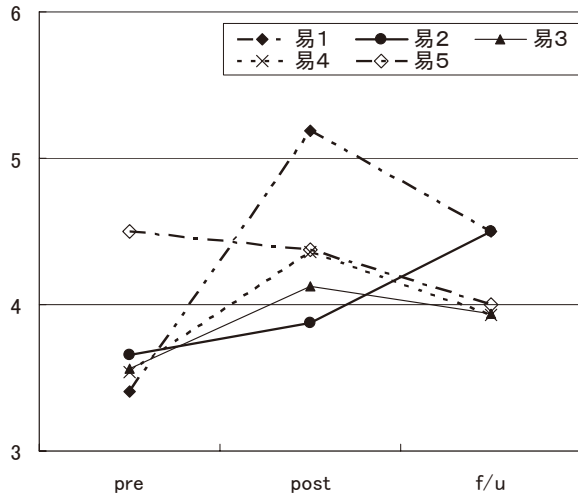


図1 「同情感」の易変性群ごとの3時期の変化

今野・前田(2014)の因子分析結果と今回の分析結果を比較すると、一致度は $\kappa=0.24$ となり低い一致しか得られなかった。また、今野・前田(2014)と松村・横川(2002)の一致度は $\kappa=0.30$ であった。今回の結果が、松村・横川(2002)と類似している点は強調されてよいと考えられる。

### 3.3 群別の評価行動

回答者の群ごとの評価行動を調べるために、質問項目の因子別に三調査時期による変化を抽出することにした。質問項目の因子別の評価値を、回答者の群ごとに平均値として算出した数値を用いた。例えば、第2因子の「同情感」には、気の毒でない・安全な・正常な・幸せな、の4項目が含まれるので、これらの評価値を回答者の易変性1から5までの群ごとに平均値を求めた。

図2は、因子別に群ごとの評価行動を示した散布図である。因子別、易変性の群別の平均値を用い、post の値から pre の値を減じた数をX軸に、f/u の値から post の値を減じた数をY軸にして各群の評価変化をプロットしてある。図中の1から5までの数字は、易変性1と易変性2の群に対し、質

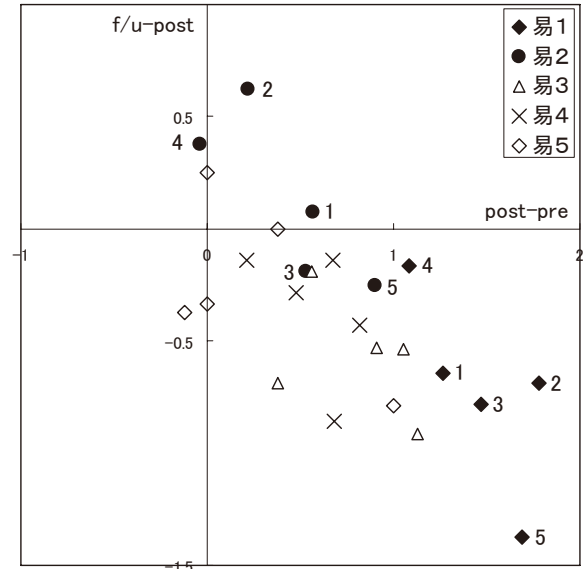


図2 因子と易変性群ごとの平均値による分布

問項目での因子1から因子5までを示すために付したものである。

見学後のポジティブ評価の増加は、X軸でプラスの方向にプロットされ、追跡時期にポジティブ評価が増加すればY軸のプラス方向にプロットされる。易変性1群(◆)では、pre から post にかけて増加したポジティブ評価が、post から f/u にかけて減少したことが示されている。とくに、因子5であるところの、明るい・陽気な、の「性格イメージ」において、そうした増加と減少が顕著である。

易変性2群(●)では、pre から post にかけての増加は大きくなく、post から f/u にかけては増加した因子が多く見られた。とくに因子2の「同情感」では見学後のポジティブ評価が少なく、追跡時期のポジティブ評価が多い。また、因子4の「心理的距離」では、見学後にポジティブ評価がわずかであるが減少を見せ、追跡時期に増加している。易変性1群と易変性2群の評価行動では、対照的な差があると考えられる。

### 3.4 感想文などに見られた反応

見学後にはミニレポートの提出を課したので、その内容も検討対象とした。レポートの提出条件は、文字数では1000字程度とし、いわゆる「障害」と接した感想やスタッフの対応方法、施設の工夫や自分が過去に体験したこととの比較など、6点の視点を例示し、その中から自分で視点を絞り記述するように指示がなされた。文字数を下回る例はなく、むしろ1800字を越えるような文字数の書き込みも見られた。

提出された見学の感想文は、後日の授業で施設職員による特別講義が行われた際の感想文と合わせて報告集にまとめられた。その報告集から易変性の群別に個人の感想文を抜き出して、その文書で用いられている言葉に注目して数え出した。特徴的な用いられ方をしている言葉として、元気・明るい・かわいい・変わりなく・こだわり・確か・関わり・違う、の8語を抜き出し、易変性1群と易変性2群とで出現数を比較した。両群の人数は共に8名ずつで、それぞれの文字数の合計は、1群で約8600字、2群で約8800字であった。出現数の比較を表4に示した。

表4 感想文中に用いられた言葉の出現数

	元気	明るい	かわいい	変わりなく
易変性1	4	3	6	12
易変性2	1	1	1	5
	こだわり	確か	関わり	違う
易変性1	2	1	2	1
易変性2	4	4	4	11

元気・明るい・かわいい・変わりなく、の4語は易変性1群の感想文中で多く用いられ、こだわり・確か・関わり・違う、の4語は易変性2群において多く用いられていた。このうち、変わりなく・違う、の2語を選び出し、言葉と易変性について2×2の $\chi^2$ 検定を行った結果、出現数の偏りが有意であった( $\chi^2(1)=11.02, p<.01$ )。残差分析の結果から、「変わりなく」の語は、易変性1群で多用され易変性2群では少なかった。「違う」の語は、易変性1群ではほとんど用いられず易変性2群では多用されていた。

## 4 考 察

### 4.1 対象学生の実環境の違い

本研究では、教職課程を履修する学生による児童発達支援施設の見学において、発達障害を含むいわゆる「障害」イメージが、どのように変化するかを調査した。調査時期は見学前と見学直後、見学後2ヶ月を経過した追跡期の3回であった。結果からは、先行研究の結果とのかなりの一致が明らかになったが、前年度の見学に際して調査した結果とはあまり一致していなかった。

松村・横川(2002)では、調査対象の学生が普段の生活で「障害」と接する機会があまりなかったことは考慮されるべきである。河内・齊藤・河内・伊藤(2009)<sup>(13)</sup>では、松村・横川(2002)とほぼ同じ手続きでSD調査をしているが、因子分析の結果は異なっていた。このことに関して、河内ら(2009)

ではつぎのように考察している。「本研究の対象者は臨床心理学および関連領域に関する情報に対して頻繁に接する環境にある一方、松村・横川(2002)の対象者はそうではなかった」。

この見解にそって解釈するのであれば、今回の因子分析結果が松村・横川(2002)と類似を示したことは、回答者の多くが臨床心理学や関連領域についての情報にあまり接していない、つまりは発達障害などの情報にもふれる機会が少ないからと理解しなければならない。

このことを確かめるために、評定行動の特徴から、ポジティブ評定が大きく増減した易変性1群を仮に「障害」との接点より乏しい群と見なし、その群を除いた残りの群のデータで、もう一度因子分析をし直してみた。その結果を用いて松村・横川(2002)との一致度を計算すると、 $\kappa=0.31$ となつて、一致度は急激に下がってしまった。

同じ除外後のデータを用いて、河内ら(2009)での因子分析結果との一致度を算出すると、 $\kappa=0.40$ となるので、松村・横川(2002)との一致度より高くなることが確認できた。つまり、見学の前後で大きくポジティブ評定を増減させる群は、あまり発達障害などの情報に接していないと仮定することができて、その群を含めた評定行動の変化は、松村・横川(2002)の結果と一致する。ところが、その群を除いた場合の評定行動は、臨床心理学および関連領域に関する情報に対して頻繁に接する環境にある学生といくらか一致する傾向を示した、と解釈することができる。

今回の見学は、自閉症などの発達障害や外見的に障害がはっきりしない障害をもつ就学前の子どもたちが対象であった。見学時には、子どもたちとゲームをし、その中で直接体を触れ合わせる体験もあった。こうした条件が、先行研究とは異なる結果を導き出す可能性は考えられる。

精神障害者一般や視覚障害者などを対象とした先行研究では、特定の人物が調査の際に想定されていたわけではない。それに対して、この調査の見学実施後では、具体的で個別な体験が想定された。例えば、外見上は障害を意識させない様子から受けた印象と、個別の直接的な関わりで意思疎通の難しさを実感したことが、落差となって強く印象づけられたこともあり得る。

先行研究との比較は、集団を全体としてとらえた視点から言及する際により適合的であり、具体的で個別な差については、この見学を体験した集団に限定して言及すべきであろう。

#### 4.2 時間経過後のポジティブ評定の増加

易変性 1 群のポジティブ評定が大きく増減する変化に対して、易変性 2 群では、見学後から追跡時期にかけてポジティブ評定が増加する傾向が見られた。この漸増の現象をどのように理解すべきであろうか。原岡(1968)<sup>(14)</sup>では、Hovland & Weiss (1951)<sup>(15)</sup>による sleeper-effect の効果が検討されている。これは、情報提示後の受け手の態度変容について、communication 直後よりも一定期間後にその影響が現れる場合があり、その情報提示が信憑性の低い communicator からの場合などで限定的に見出されるとされている。

易変性 2 群では、見学の際に子ども達と接した体験を、懐疑的に受け止めた可能性がうかがわれる。外見では、明るく元気そうに見える子ども達であっても、その表面的な印象からは簡単にうかがい知ることのできない内面の困難さ意識していた可能性を考え得る。

例えば、表 4 には感想文に用いられた言葉の出現度数を示したが、易変性 1 群では「変わりなく」という言葉が多く用いられていた。これに対して易変性 2 群では、「違う」という言葉が多く用いられていた。易変性 1 群の感想で注目されていたのは、主に子ども達の健常児との「変わりなさ」であったことに対して、易変性 2 群では何らかの「違い」に関心が向けられていたと考えることができる。このことは、易変性 2 群において、元気・明るい・かわいい、などの表面的な印象を形容する語の使用頻度が低かったことからもうかがい知ることができる。

易変性 2 群においては、子ども達を見た目の印象で判断するのではなく、より内面に注目しようとして、見学での体験を懐疑的に理解しようとしたと考えることができる。つまり、外見には信憑性を認めないという態度を仮定できる。その後に時間が経過するにつれて、その疑念をいだかせた子ども達の表面的な印象が薄れ、自身の判断に抑制的に作用していた要素から解放されて、結果として sleeper-effect の効果が現れたと考えられる。

例えば、易変性 2 群の感想に次のような記述が見られた。「子どもたちは、外見は普通の子どものと全然変わりはないが、少しだけ心理的な面で普通の子どものと違いがあるように感じた」とあり、その後に将来にわたっての具体的な困難を伴う場面について筆を進めていた。「普通の子どもの」と変わらない印象については、どの群の感想にも記述

が多いが、今後に予想される困難な場面についても記述する例は、あまり多くない。

他にも易変性 2 群の感想には、障害をもつ知人と比した記述、家族に見学時の子どもとの接し方を相談した記述、社会の側が障害をどう受け止めているのかの現状についての記述など、見学時に体験した内容にとどまらない多様な視点からの記述が多く見られた。

さらに、実際に触れ合いを体験した相手が、外見的には障害を意識させない発達障害などをもつ子どもたちであったという条件が影響した可能性が大きい。易変性 2 群は、目に見えたものだけに限定されことなく、目に見えない状況までを考えようとしたので、結果として sleeper-effect の効果を生じさせたものと考えられる。

#### 4.3 態度の変わりやすさと見学の効果

易変性 1 群と易変性 2 群を含め見学参加者の間で、体験内容に特別な差はなかった。また、見学の参加態度にも差は見られなかった。ところが、体験の受け止め方に違いがあり、その変化の仕方にも違いが見られた。こうした違いは、特定の集団に影響する要素の問題というよりも、個人の中で体験内容がどのように評価検討されるかの問題と考えざるを得ない。

易変性 1 群と易変性 2 群との対比では、図 2 における分布が対照的である。とくに、因子 2 の同情感で両群の違いが明確になっている。易変性 1 群においては、全ての因子でポジティブ評定が見学後に増加し追跡時期に減少を見せている。それに対し易変性 2 群では、見学後に減少を見せた因子 4 があり、それはまた、因子 1 と因子 2 と共に追跡時期では増加に転じている。

因子 4 は「心理的距離」として、共感できる・身近な・おだやかな、の項目が含まれる。これらの評定が、易変性 2 群では見学後にポジティブな評定を減らしたのは、前述した懐疑的な受け止め方の影響と解釈することができる。つまり、子ども達の印象からだけでは、自分との間合いを判断することができない葛藤状態が生じた可能性が大きい。因子 1 の評価や因子 2 の同情感と共に、時間が経過することで、冷静な判断に自信をもてるようになり、その自信にもとづいてポジティブな評定行動が促進されたと考えられる。

その他の、易変性 3 群や 4 群、5 群についても論議する必要があるが、特徴的な評定行動を抽出できなかったため、易変性 1 群と 2 群とくに注



目して議論を進めた。また、見学後にも回答者のいわゆる「障害」のイメージを変化させる要素は、例えば施設職員による特別講義や毎回の授業などに見出すことができる。つまり、見学によって描かれたイメージが静的に変化していくのを追究しているのではなく、そこには動的に働きかける要素があることは考慮されるべきである。

しかし、そうした要素は、受講する学生全てに影響を与えるものなので、細かく切り分けて議論することはしなかった。それらの影響の仕方は、受講する学生に一律に平均的に影響するわけではないので、特別な反応が見られた場合は個別にそれらの影響を分析にしていく必要がある。この研究では、全体的な傾向を把握するためにそこまで立ち入っていないが、必要な視点であると考えている。

最後に、見学などを実施した際に期待されることとの関連についてである。見学や実習やロールプレイなどの活動では、そこで体験した内容が各自に強く印象受けられることが期待される。さらに、それらの体験で参加者の態度に変化が生じたのなら、その変容が長く持続することも期待されている。では、そうした強い印象や、態度変容の持続について、今回の調査からどのような示唆を得ることができるであろうか。

第1に、表面的な印象に頼らず、より内面に注目した問題意識をもつように仕向けることが考えられる。これは、外見による影響だけでは時間の経過で印象が薄れるに従って、態度変容があったとしてもまた元に戻ってしまうことから、そうならない方法を構想するということである。

第2に、体験を好意的に受け止めるだけではなく、その場では出会わなかった場面なども想像し、負の側面にも目を向けさせる必要がある。これは、懐疑的な見方で自分の体験を分析するという意味でもある。

第3に、各自の体験を発表し合い、個別に理解していた内容をより一般的な知識として再編することが重要である。これは、先ほどの懐疑的な分析を集団として課題化することでもある。体験の意味を客観視し、共有化を図ることは、結果として各自の内面的な豊かさを保障する営みであるといえる。

第4に、体験したことから、自分はずいぶんどう行動するかを考えるように仕向ける必要がある。これは、易変性2群の心理的距離において、見学後にはポジティブな評価ができなかったのに、時

間をおいてからポジティブに自分の関わり方を想定できるようになった変化から導き出された知見である。見学の体験ですぐに自分の行動が変化することを求めるのではなく、内実を整えていく時間が必要だと考えるべきである。

こうしたことを考慮に入れて、各種の活動を構想していくなら、印象をより強いものにし、参加者の態度変容をより持続的なものにできると考えることができる。

今回の調査では、3回の調査時期を設けた。さらに時間が経過した後にもう一度追跡調査をするならば、それは、見学などの直接の影響というよりも、見学後の各種の情報を当人がどのように見学体験と関連づけたかを、調べることになるはずである。その受け止め方にも、ポジティブイメージの易変性が関係している可能性がある。今後の課題として考えておくべきである。

今回は、易変性2群に見られた、ポジティブイメージの漸増について集中的に分析したが、それは時間経過に従って、今後もそのポジティブ評価が増加していく可能性に期待できるからである。このような評価行動をする同学者がいることに、周囲の学生が気づくことだけでも、見学体験の意味づけに深みが増すことも期待したい。

最後に、これまで障害理解教育の例としての見学とそのイメージ評価について論じてきたが、この両者の関係については、ていねいな議論が充分にはなされてはいない。障害理解教育の成果が、障害イメージのポジティブ化に現れると、言い切ることにはできないのは当然である。今回は、指標の一つとして数値化しやすいSD法の評価値を利用することにして議論を進めた。多様な視点からこの障害理解教育とイメージの関係について、引き続き議論は必要である。

## 5 まとめ

見学や観察や実習などの体験授業が、学習者の理解を深め、対象への好意的な受容を増加させることが広く知られている。ところが、実施から一定期間を経た後の追跡調査では、その好意的な変化が実施前の状態に戻ってしまう例も報告されている。本研究では、施設見学の直前直後と約2ヶ月後の3調査時期で、ポジティブ評価の変化を指標にした見学の効果を比較検討した。

結果としては、見学直後にポジティブ評価を激増させ追跡時期にそれを激減させた易変性1群と、



見学直後にポジティブ評定の激増は見られず追跡時期に増加させた易変性 2 群が見出された。この対比的な 2 群の評定行動を分析し、効果的な見学授業を実施するための知見が得られた。

研究内容をまとめると、次のようになる。調査対象は教職課程を受講する大学 3 年生 33 名で、見学先は市立の児童発達支援施設であった。調査は 20 の形容詞対からなる質問項目に、7 段階で評定をする質問紙法で実施された。各質問の配列や尺度などは、慣れを防ぐ調整を行った。

20 項目の因子分析から 5 因子が抽出され、参考とした松村・横川(2002)の結果とかなり一致したことから、順に「評価」、「同情感」、「親和性」、「心理的距離」、「性格イメージ」と命名した。

回答者の因子分析から 5 因子が抽出されて、評定の変わり易さ(易変性)によって、1 から 5 までの群に分けられた。群ごとの人数は易変性 1 から順に、8,8,8,7,2 名であった。

全体としては、事後(post)におけるポジティブ評定の増加と、追跡(f/w)で減少する評定行動が見られた。因子 2 の「同情感」において、易変性 2 群では、事前(pre)の評定からしだいにポジティブ評定が増加していく傾向が見られた。この漸増については、原岡(1968)が、Hovland & Weiss (1951)の sleeper-effect を検討している結果と類似の効果が現れたものと解釈した。

つまり、易変性 2 群では、見学の際に子ども達と接した体験を、懐疑的に受け止めた可能性があり、見学での外見的な印象で判断しない(外見に信憑性を認めない)という態度が、一定期間後にポジティブ評定を増加させるという sleeper-effect に相当する効果をもたらしたと考えた。

見た目よりも自分と「障害」との関わりを意識した内面化を促すなど、見学そのものの効果に任せるのではなく、指導者側からの働きかけでより印象深く、持続する態度を導き出せる可能性について検討を加えた。

具体的には、①表面的な印象に頼らず、より内面に注目した問題意識をもつように仕向けるようにする。これは易変性 1 群でポジティブ評定が激増し後に激減する傾向の緩和を意図している。②体験を好意的に受け止めるだけではなく、その場では出会わなかった場面なども想像し、負の側面にも目を向けさせる必要がある。これは易変性 2 群での懐疑的な受容が後のポジティブ評定増加に結びついた効果の一般化である。③各自の体験を発表し合い、個別に理解していた内容をより一般

的な知識として再編すべきである。これは前の 2 項目を実践する手立てである。④体験したことから、自分はずいぶんどう行動するかを考えるように仕向ける、といった内容である。個人の行動化までを意識させることで、得られた知見をより有効に活用できるはずである。

こうしたフォローアップを講じることで、見学などで得た印象が、より普遍的でありながら個人的にはより深く内面化されていくものと期待できる。今回の調査では、発達障害が主要なテーマになっていたが、こうした指導法には一般化できる面があると考えられるので、多様な体験活動で実践されることを望みたい。それらの実践から、新しい気づきももたらされるはずで、それらの積み重ねによって、より良い指導法が確立されていくものと思われる。

## 注と文献

- (1) 文部科学省(2012) 通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について 全国の小中学校で、推定値として 6.5%の児童生徒に、学習面又は行動面で何らかの支援が必要であると報告されている。  
さらに同報告では、「教員養成において発達障害に対する知識や指導技能などを身に付けられるようにすること」や、「それらの(支援の必要な)児童生徒も含めた学級全体に対する指導をどのように行うのかを考えていく必要がある」とも述べられている。
- (2) 隈元晴子, 常盤野晴子, 細谷恵佑(2013) 管理栄養士を志す大学生の精神障害者に対する社会的態度の変容: 専門知識を活かしたボランティア活動の効果. 藤女子大学 QOL 研究所紀要, 8(1), 43-49.
- (3) 栗本一美, 塚本千恵子(2003) 精神疾患患者と接しての学生のイメージ変化と実習の学び: 精神看護学 1 日実習を体験して. 新見公立短期大学紀要, 24, 171-180.
- (4) 牛澤美恵子, 北島靖子(1995) 小児看護実習における学生の子どもに対するイメージの変化とその変化に影響を与える実習条件. 順天堂医療短期大学紀要, 6, 14-24.
- (5) 任和子, 谷垣静子, 祖父江育子, 豊田久美子, 北山裕子, 中井義勝(1995) 看護学生 of 精神障害に対する態度について一実習を通して変化した態度は卒業時にも維持されるか?— 京都大学医療技術短期大学部紀要 15, 27-33.
- (6) 徳田克己(1992) 「さわる絵本」作成体験が視覚障害者に対する態度変容に及ぼす影響: 変容効果の持続性の検討 (障害 10), 口頭発表. 日本教育心理学会総会発表論文集, (34), 515.
- (7) 今野博信・前田潤(2014) 児童発達支援施設の見学に表れた学生評定の易変性について, 室蘭工業大学紀要, 64, 143-151

- (8) 松村孝雄, 横川剛毅(2002) 知的障害者のイメージとその規定要因. 東海大学紀要. 文学部, 77, 104-112.
- (9) クロンバックのアルファ係数: 信頼性の指標となる信頼性係数の一つで、心理尺度で使われた項目の回答にどの程度一貫性があるかの指標となる。通常、アルファ係数が 0.8 以上であれば一貫性があると見なされる。
- (10) ANOVA4 on the Web: 桐木建始氏(広島女学院大学教授)が作成し公開しているサイトを利用。4 要因までの分散分析および多重比較(Ryan 法)の分析ができる。ブラウザ上でそのまま動作するので、インストールは必要ない。  
<http://www.hju.ac.jp/~kiriki/anova4/>(2016.1.6 現在)
- (11) 主因子法バリマックス回転による因子分析: 変数の間の相関関係から共通因子を求めることで、多くの変数を少数個の共通因子にまとめて説明する手法として因子分析がある。解釈しやすくするために、因子軸を回転させる方法がよく用いられる。バリマックス回転は、因子間に相関がないと想定した直交回転の一つである。今回の分析には、青木繁伸氏(群馬大学教授)が公開している Black Box のサイトを用いた。  
<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/BlackBox/BlackBox.html>(2016.1.6 現在)
- (12) 一致度としてよく用いられるのが、カッパ統計量である。ギリシャ文字の  $\kappa$  で表すことが多い。カイ二乗の考え方と同様に、実測値と期待値を比べて算出し、数値が 1 に近いほど分類の一致を示す。0.61~0.80 の間にあれば実質的に一致していると見なされる。
- (13) 河内哲也, 齊藤恵一, 河内なぎさ, 伊藤淳一(2009) 大学生における自閉症のイメージに関する研究. 北海道言語文化研究, 7, 63-70.
- (14) 原岡一馬(1968) Communicator の信憑性, Communication 内容および意見変化の持続. 教育社会心理学研究, 8(1), 105-121.
- (15) Hovland, C. I., & Weiss, W. (1951). The influence of source credibility on communication effectiveness. Public opinion quarterly, 15(4), 635-650.

## 図 書 館 委 員 会

委員長	附 属 図 書 館 長	教 授	松 田 瑞 史
委 員	く ら し 環 境 系 領 域	准 教 授	山 中 真 也（紀要編纂部会委員）
〃	も の 創 造 系 領 域	教 授	齋 藤 務
〃	し く み 情 報 系 領 域	教 授	畑 中 雅 彦
〃	ひ と 文 化 系 領 域	教 授	黒木場 正 城（紀要編纂部会部会長）
〃	建 築 社 会 基 盤 系 学 科	准 教 授	後 藤 芳 彦
〃	機 械 航 空 創 造 系 学 科	講 師	長 船 康 裕（紀要編纂部会委員）
〃	応 用 理 化 学 系 学 科	准 教 授	上 井 幸 司
〃	情 報 電 子 工 学 系 学 科	准 教 授	倉 重 健太郎
〃	全 学 共 通 教 育 セ ン タ ー	准 教 授	清 末 愛 砂（紀要編纂部会委員）
〃	情 報 メ デ ィ ア 教 育 セ ン タ ー	准 教 授	桑 田 喜 隆
〃	図 書 ・ 学 術 情 報 事 務 室	ユ ニ ッ ト マ ネ ジ ャ ー	横 井 有 紀（紀要編纂部会委員）

平成28年 3 月25日 印 刷 (非売品)  
平成28年 3 月25日 発 行

編 集 室 蘭 工 業 大 学  
発 行 〒050-8585 室蘭市水元町27-1

印 刷 株式会社 日 光 印 刷  
室蘭市寿町2丁目3番1号  
TEL (0143) 47 - 8 3 0 8

表紙デザイン 目 黒 泰 道



