



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



## 電波併用のトランスポンダシステムの開発—空中強力超音波を用いた距離測定システムの研究（1）—

メタデータ	言語: jpn 出版者: 日本音響学会 公開日: 2012-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 天城, 雄太, 三浦, 弘晃, 桶谷, 涼太, 秋庭, 啓次郎, 青柳, 学, 田村, 英樹, 高野, 剛浩 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1694">http://hdl.handle.net/10258/1694</a>

## 電波併用のトランスポンダシステムの開発 空中強力超音波を用いた距離測定システムの研究(1)

その他(別言語等)のタイトル	Development of transponder system using ultrasonic wave with radio wave - Study on distance measuring system using aerial high power ultrasonic wave (1) -
著者	天城 雄太, 三浦 弘晃, 桶谷 涼太, 秋庭 啓次郎, 青柳 学, 田村 英樹, 高野 剛浩
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2010年秋季
ページ	1165-1168
発行年	2010-09
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/1694">http://hdl.handle.net/10258/1694</a>

## 電波併用のトランスポンダシステムの開発

—空中強力超音波を用いた距離測定システムの研究 (1) —\*

☆天城雄太 三浦弘晃 桶谷涼太 秋庭啓次郎 青柳学 (室蘭工大)  
田村英樹 高野剛浩 (東北工大)

## 1 はじめに

ロータリー除雪車の除雪作業中における巻き込み事故が発生している。特に、歩道用除雪車の先導員が巻き込まれる事故が多く、先導員の安全を確保する装置の開発が求められている。

現在、建設現場等で使用される作業員接近探知・警報装置は超音波トランスポンダ方式を用いたものがある。しかし、既存の装置では激しい降雪時や、排雪時に生じる雪煙により超音波距離計測が困難になる問題がある。本研究の目的は降雪時などの減衰の大きな環境下でも音波による距離測定を可能にするシステムを構築することである。本報告では空中強力超音波と電波を併用したトランスポンダシステムによる距離測定の試作結果について報告する。

## 2 装置概要

## 2.1 システム構成

システム概要を Fig.1 に示す。除雪車側から送信された超音波信号が先導員側で受信されるまでの時間を計測し、両者の距離を算出する。超音波信号をボルト締めランジュバン型振動子(BLT)と放射板を用いた超音波トランスデューサから送信し、圧電マイクにより受信する。除雪車側と先導員側端末は RF 無線モジュールにより相互に送受信可能である。先導員側には姿勢センサが搭載されており、転倒などの非常事態を検出し、無線で除雪車側に知らせる。除雪車側装置と先導員側装置をそれぞれ Fig.2 および Fig.3 に示す。Fig.2 右側に示すカバーは放射板およびホーンを雨や雪などから保護するためのものである。

## 2.2 超音波トランスデューサ駆動回路

BLT, ホーンおよび放射板からなる超音波トランスデューサは、温度や負荷により共振周波数が変動する。したがって、常に大きな出力を得られるよう超音波トランスデューサの共振周波数の変化を追尾し、安定した動作が可能な PLL 発振駆動回路を用いた[1],[2]。駆動回路のブロック図を Fig.4 に示す。

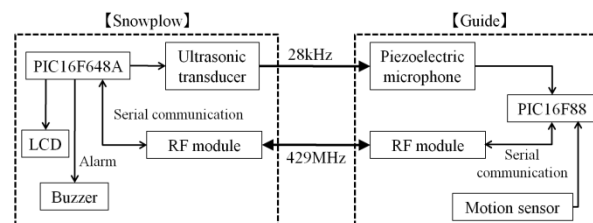


Fig.1 Outline of transponder system.

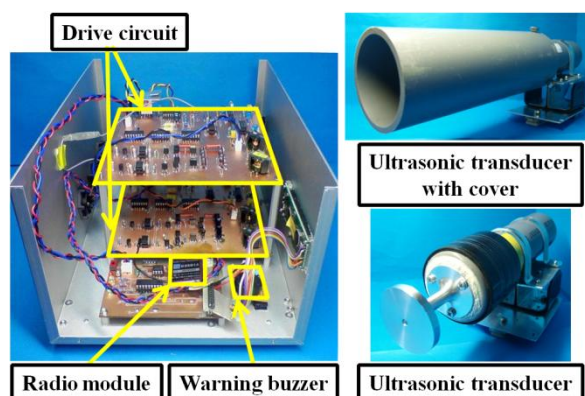


Fig.2 Equipment on snowplow.

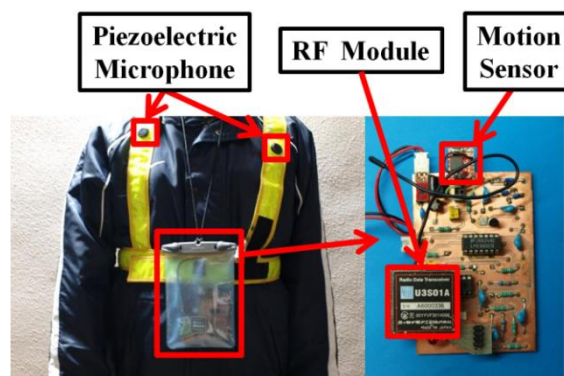


Fig.3 Equipment on guide.

\* Development of transponder system using ultrasonic wave with radio wave, —Study on distance measuring system using aerial high power ultrasonic wave (1) —, by AMAGI, Yuta, MIURA, Hiroaki, RYOTA, Okeya, KEIJIRO, Akiba, AOYAGI, Manabu (Muroran Institute of Technology), TAMURA, Hideki, TAKANO, Takehiro (Tohoku Institute of Technology)

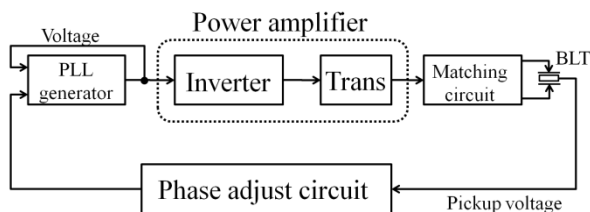


Fig.4 Block diagram of drive circuit.

### 2.3 距離測定プログラム

距離測定プログラム概要を Fig.5 に示す。除雪車側端末は起動後、先導員側端末の状態を確認するためのシリアルデータ(MT1)を送信する。先導員側端末は MT1 を受信後、モーションセンサにより先導員の状態(転倒しているか否か)を判定し、判定結果に応じたシリアルデータ(RT1)を送信する。除雪車側端末では RT1 により、先導員が正常であると、超音波信号を送信する。超音波信号が先導員側端末で受信されると、直ちに除雪車側端末へとシリアルデータ(RT2)を送信する。除雪車側端末は超音波信号を発射してから RT2 を受信するまでの時間を測定し、距離に換算する。算出距離が、設定されている危険距離内であった場合、警報により運転者に危険を知らせる。また、RT1 の受信により先導員が転倒していることが判明した場合も警報を鳴らす。危険距離は任意に 4 段階に設定可能である。

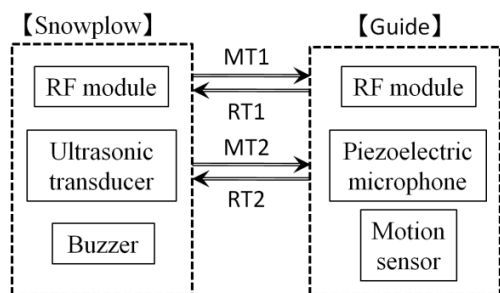


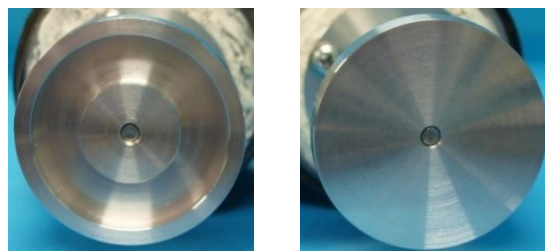
Fig.5 Outline of range-finding program.

## 3 試作超音波トランスデューサ

### 3.1 超音波トランスデューサの構成

実験では同じ仕様の BLT(本多電子(株)製, 3028P4B, 28kHz, 400W)を 3 個用い、BLT に合わせて設計されたジュラルミン製のステップホーンと段付円形放射板を接合した [3],[4]。段付円形放射板は、直径 55 mm, 最小厚み 1 mm で、その他中央部と円周上は 7 mm の厚みである。段付面を放射面とした段付型(表面)を 1 台、平面側を放射面とした段付型(裏面)を 2 台製作した。放射板の

平面側は雪や雨などが付着しにくい構造であるため、比較のために用いた。試作した超音波トランスデューサを Fig.6 に示す。



(a) Radiation from stepped face (b) Radiation from flat face side

Fig.6 Prototype ultrasonic transducer using stepped circular radiation plate.

### 3.2 段付型(表面) アドミタンス特性

一気温変化に対して：低温時と室温時における測定結果を Fig.7 に示す。低温時に共振周波数が高いほうにシフトした。

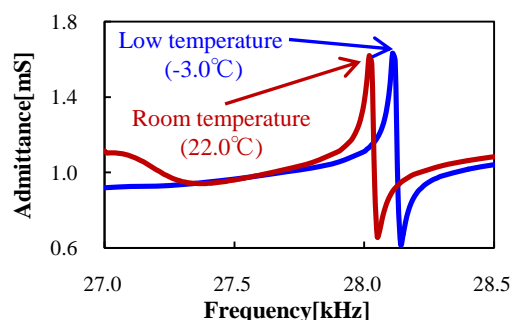


Fig.7 Temperature dependency of admittance characteristics.

一水滴負荷に対して：放射板に水滴付着時と無負荷時のアドミタンス特性を Fig.8 に示す。水滴付着によりアドミタンス及び共振周波数がともに大きく低下した。

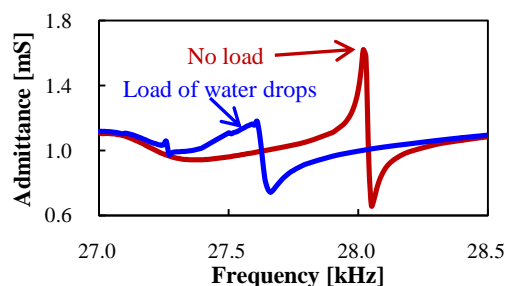


Fig.8 Admittance characteristics in the case that water drops put on the radiation surface.

## 4 測定可能範囲

両方の段付型放射板を用いた超音波トランスデューサの測定可能範囲を Fig.9~11

に示す。段付放射板は正面方向に鋭い指向性がある。段付型(裏面)は、表面よりも正面方向の指向性が弱く $\pm 45^\circ$ 方向にサイドローブが表れているが、段付型(表面)とほぼ同じ放射特性が得られた。

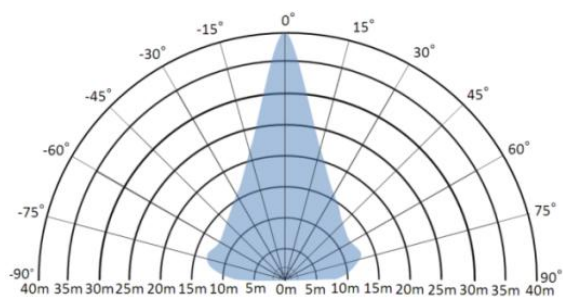


Fig.9 Measurable range of stepped circular vibrating plate.

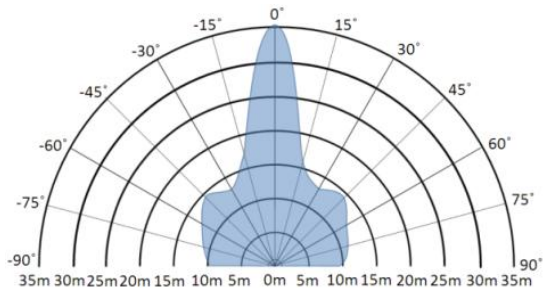


Fig.10 Measurable range of reverse face of stepped circular vibrating plate.

## 5 距離測定システムの動作実験

試作した装置を除雪車に搭載したときの測定距離と誤差の結果を Fig.11 に示す。実験はスノーシュートが前面にある運転手の視界が一番悪い状態で行った。斜線部分は先導員から放射板が見えない領域を示している。段付型(表面)を用いて放射板正面から 4 m 地点に先導員が立ち、俯角  $13^\circ$  で先導員方向に傾けてある。

先導員から放射板が見えない範囲ではほぼ測定不可能であり、また誤差が大きくなる傾向があった。改善策としてトランスデューサを屋根の両端にそれぞれ設置することが考えられる。超音波が届きにくい範囲が減少することで、測定不可能な範囲がなくなり、誤差も小さくなると考えられる。

オーガ(雪のかきこみ装置)が駆動されたときは大きな騒音と車両振動が発生したが、同様の測定結果となり、誤動作はなかった。

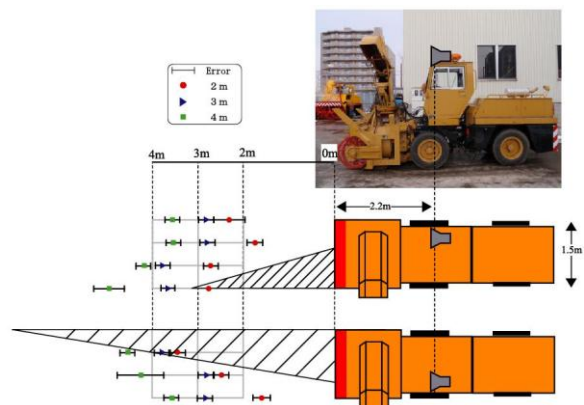


Fig.11 Arrangement of ultrasonic transducer on snowplow.

## 6 2 台の超音波トランスデューサを用いた実験

除雪車の屋根の両端にトランスデューサを設置することを想定した実験を体育館で行った。測定に用いた体育館の見取図とトランスデューサ配置図を Fig.12 に示す。段付型(裏面)の超音波トランスデューサを 2 台使用し、幅 1.5 m の小型ロータリー除雪車を想定した。つまり、設置間隔 1.4 m、床からの高さ 0.76 m として、各トランスデューサの正面およびその中間の 3 点を中心にして、単体使用時と 2 台使用時の測定可能範囲を測定した結果を Fig.13 に示す。

また、カバーを付けて同様に測定した結果を Fig.14 に示す。

各トランスデューサから放射された超音波は干渉せず、それぞれのトランスデューサの測定可能範囲の和となった。したがって、トランスデューサを 2 台用いることで、スノーシュートの裏側にはどちらかの超音波信号が届くことになり、測定不可能な範囲はほぼなくなり、警報装置の距離測定誤差も減少すると考えられる。

内径 75 mm で放射板から 100 mm を覆うカバーを付けた場合の測定可能範囲は、付けてない場合と比較してわずかに指向性が低下した。 $0^\circ$ (正面)、 $\pm 45^\circ$ 及び $\pm 75^\circ$ 方向では測定可能距離が小さくなり、 $\pm 60^\circ$ 方向では大きくなったが、測定可能範囲に大きな変化はなかった。以上より、カバーを付けても警報装置として使用するのに十分な距離範囲が得られた。

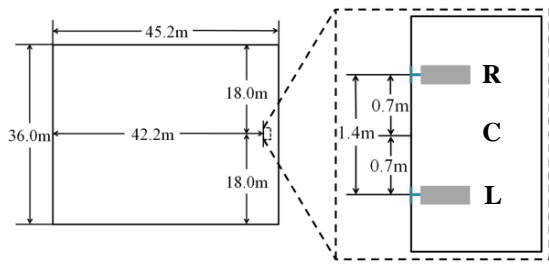
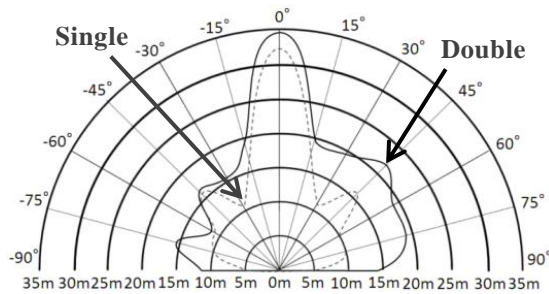
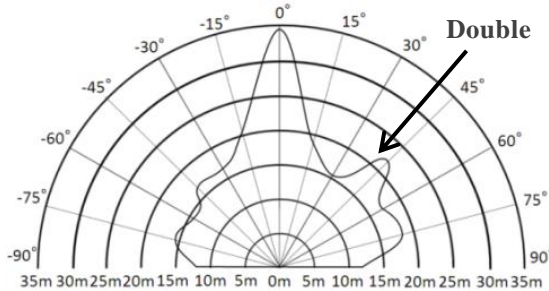


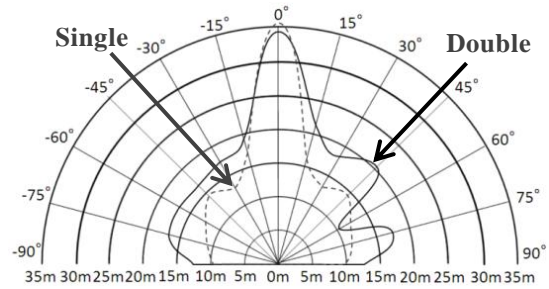
Fig.12 Layout of gymnasium and transducer arrangement.



(a) In front of transducer at L.



(b) In front of transducer at C.



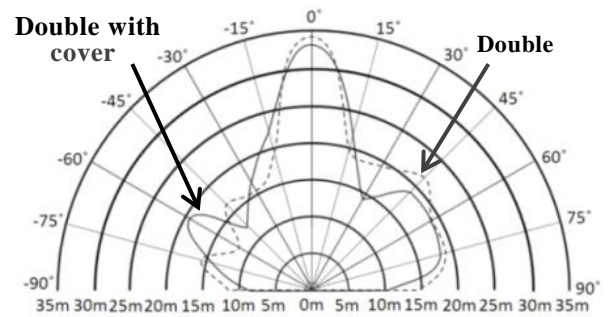
(c) In front of transducer at R.

Fig.13 Comparison of measurable ranges by setting up single transducer and double ones.

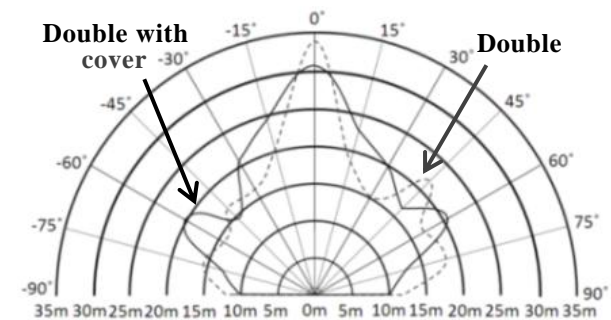
## 7 おわりに

強力超音波を用いることにより警報器として十分な距離を測定できることが確認できた。

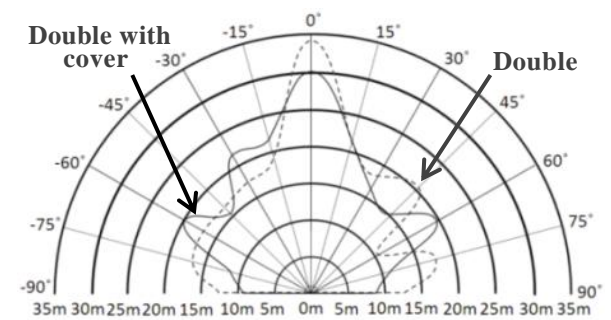
除雪車に搭載するトランスデューサが1台では距離計測誤差が大きい範囲が生じた。2台のトランスデューサの超音波干渉はなく、除雪車の屋根の両端にトランスデューサを搭載することにより、距離測定誤差が小さくなり、測定可能範囲が拡大すると考えられる。また、カバーを付けても十分な距離を測定できることが分かった。



(a) In front of transducer at L.



(b) In front of transducer at C.



(c) In front of transducer at R.

Fig.14 Comparison of measurable ranges by double transducer with cover and without one.

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、日本大学伊藤洋一教授に多くの助言を頂きましたことに感謝いたします。また、研究にご支援・ご協力を頂きましたロードマシン株式会社澤登信之氏に御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 稲葉保, トランジスタ技術, CQ 出版社, 2001年11月号, 283-289, 2001.
- [2] 稲葉保, トランジスタ技術, CQ 出版社, 2001年12月号, 238-246, 2001.
- [3] (社)日本電子機械工業会, “超音波工学,” コロナ社, 8-67, 90-92, 1993.
- [4] 大塚哲郎, 瀬谷浩一郎, 音響学会誌 **47**, “段つき円形振動板を用いた強力空中超音波音源,” 478-483 1991.