

## カーボンフットプリントのための計算システムに関する情報科学的研究

著者	趙 培江
学位名	博士（工学）
学位の種類	課程博士
報告番号	甲第401号
研究科・専攻	工学専攻
学位授与年月日	2017-03-23
URL	<a href="http://doi.org/10.15118/00009197">http://doi.org/10.15118/00009197</a>

氏名	チョウ バイコウ 趙 培江
学位論文題目	カーボンフットプリントのための計算システムに関する情報科学的研究
論文審査委員	主査 教授 永野宏治 教授 板倉賢一 教授 塩谷浩之

## 論文内容の要旨

現在のカーボンフットプリント(CFP) 制度には、(1)CFP が公開されている商品の数が少ない。(2)CFP の大きさを把握しにくい。(3)CFP の認知度が低いといった問題がある。これらの問題を解決するために、本研究は、[1]CFP の計算効率を改善する。[2]CFP の評価基準を作り出す方法を開発する。[3]CFP の認知度を向上させることを目的として行った。

CFP 計算の効率を改善するために、本研究では、CFP 自動計算システムを構築した。この計算システムでは、計算者の計算作業を効率化するため、生産メーカーから収集されたデータの読み込み、CO<sub>2</sub> 原単位の検索、CFP 計算式の組み立て等の作業をほぼ自動で実施できるようにした。本計算システムを使って、CFP の計算方法を学び始めた直後の 4 人の学生と筆者は、30 社が製造した 130 品の CFP を約 1 ヶ月で計算できるようになった。

CFP の評価基準を作り出すために、本研究ではテキストマイニングを用いて、ウェブで公開されたオープンデータを使って、製品の CFP の範囲を計算する手法を提案した。本手法では、CFP に関するデータをウェブサイトから認識、抽出するアルゴリズムを、ディープラーニングの手法に基づいて開発した。そして、ウェブで公開されている多量なデータを使って、CFP の範囲を推定できることを示した。この CFP の範囲は、CFP の評価基準として製品の CFP の量の大きさの評価に使える。

CFP に関するデータを認識、抽出する手法では再帰自己符号化器(RAE) と N-gram モデル解析を組み合わせた固有表現抽出法を提案した。この抽出法は、RAE を用いて任意単語数の文節の固有表現解析し、N-gram モデルを用いて入力文節と前後文節の文脈を分析し、入力文節の固有表現を推定する。実験の結果では、この手法の F 値は 90.4%であり、提案手法が任意単語数の文節の固有表現抽出に有効であることを確認した。

CFP 社会認知度を向上させるために、本研究ではコープさっぽろと共同し、新たな CFP 取組を実施した。この取組では、130 品の食品・日用品の CFP を計算し、CFP が消費者の目につくように、CFP を印刷した包装のデザインを工夫した。また、取組をパンフレットで紹介した。この取組の効果を、2014 年と 2015 年に 2 回のアンケート調査で調べ、取組の効果を検証した。

## ABSTRACT

Carbon footprint (CFP) system has some problems to realize low-carbon society: (1) number of CFP-labeled products is small, (2) it is difficult to understand quantitatively CFP, (3) social recognition of CFP is low. In order to overcome these problems, I have studied to improve the efficiency of CFP calculation, to develop a method to create the evaluation criteria of CFP, and to improve the social recognition of CFP,

In order to improve the efficiency of CFP calculation, in this study, I have designed and developed a CFP automatic calculation system. In this calculation system, in order to streamline the computation work of persons who calculate CFP, it is possible to almost automatically perform work such as reading the data on CFP collected from the manufacturer, searching CO<sub>2</sub> intensity unit, and assembling CFP calculation formula. Using this calculation system, four students, who have just started to learn a method of the CFP calculation, could calculate 130 items produced by 30 companies in about one month.

In order to create the evaluation criteria of CFP, I have proposed a method to calculate the range of CFP of products by using both a text mining technique and the open data published on the web. I have developed algorithms to recognize and extract data on CFP based on deep learning. I have collected large amounts of data from websites. I have shown that it is possible to estimate the range of CFP of a large number of products. Moreover, the range of CFP, which is estimated with my algorithm, can be used as a criteria of CFP.

In the method of recognizing and extracting data on CFP, I have proposed a named entity extraction method combining recursive autoencoder (RAE) and N-gram model analysis. In this extraction method, RAE is used to analyze named entities of a clauses. The N-gram model is used to analyze the contexts of input clauses and preceding and following clauses, and estimate the named entities of input clauses. A result of a computer experiment has shown that the F value was

90.4%, and the proposed method is effective to extracted named entities of clauses.

In order to improve CFP society recognition, I have collaborated with COOP-Sapporo. We carried out a new approach for improvement of recognition of CFP. In this approach, we calculated the CFP of 130 items of food and daily necessities and devised design of packages that printed CFP, so that CFP can be seen by consumers. We have also distributed pamphlets that introduced CFP. We carried out questionnaire surveys in 2014 and 2015 and investigated the effect of this approach.

## 論文審査結果の要旨

低炭素社会を実現するための社会制度の一つとしてカーボンフットプリント(CFP)が実施されている。本論文は、CFPを社会に普及させるために、その計算システムについて情報科学的な手法により検討し、まとめている。

本論文は全5章からなる。第1章は緒論である。第2章では、CFPの計算方法を考察し、計算効率を上げる仕組みを考案し、それを組み込んだ計算システムを開発した。この計算システムでは、従来は手作業でやっていた情報処理の多くを自動化した。その自動化した主な処理は、CO<sub>2</sub>原単位や輸送距離の取得、CFP計算式の組立である。また、CFPの計算には計算者のミスが不可避と分析し、入力データの修正を容易にできるユーザインターフェースを工夫した。このCFP計算システムにより、CFPの計算時間が、手作業でやっていた時に比べて約10分の1に短縮された。また、このCFP計算システムにより、短時間で多数の製品についてCFPを計算できるようになったため、第4章に述べるCFPをラベル付けした製品の販売を可能にした。第3章では、ウェブに公開されているデータから原材料に関わるテキストを自動抽出して、CFPを自動計算し、そのCFPの分布範囲を示す手法を提案した。この情報処理では、再帰自己符号化器とN-gramモデルを組み合わせて、原材料に対応するテキストを自動抽出する手法を開発し、その性能を評価した。ウェブデータを使って計算したCFPの分布範囲をCFPの基準にする考えは、CFPの計算において新しい考えである。第4章では、企業と共同して、CFPの計算成果を製品にラベル付けする取組を述べ、CFPの認知度に対するその効果を検証した。計算したCFPをラベル付けした商品を店頭販売するとともに、パンフレットでCFPを紹介する取り

組みを実施した。そして、CFPの認知度を調べるアンケート調査を、その取り組みを実施する前後に行った。論文では、その取り組みの効果を統計的手法で検討し、その取り組みがCFPの認知度向上に貢献していることを示した。第5章は結論である。

本論文はCFPの社会的実現にむけて情報システム、情報処理法について新たな知見があり、工学的貢献が期待できることから、学位論文の最終審査に合格と判定し、本論文は博士（工学）の学位論文に値すると認める。