

研究代表者

佐藤一郎 国立情報学研究所
Ichiro Satoh National Institute of Informatics

研究分担者

南和宏¹ 羽田昭裕² 加藤公一³ 星野力⁴ 佐藤祐嗣⁵ 澤上多恵子⁶ 井上祐司⁷ 諸岡光⁸ 岡田晴樹⁹ 中川善博¹⁰ 梅田勝彦¹¹ 野口和洋¹² 柴立真澄¹³ 小澤聖幸¹⁴ 吉永武史¹⁵ 藤田憲祐¹⁶ 古田直哉¹⁷ 東和弘¹⁸ 横溝浩一¹⁹ 内山文雄²⁰ 田代勝章²¹ 園部英一郎²² 永井克明²³ 田中至盛²⁴ 石田理²⁵ 品田輝彦²⁶ 立木昭次²⁷ 日比野友彦²⁸ 小川亮²⁹ 佐野真一³⁰
Kazuhiro Minami¹ Akihiro Hada² Kimikazu Kato³ Chikara Hoshino⁴ Yuji Sato⁵ Taeko Sawakami⁶ Yuji Inoue⁷ Mitsuru Morooka⁸ Haruki Okada⁹ Yoshihiro Nakagawa¹⁰ Katsuhito Umeda¹¹ Kazuhiro Noguchi¹² Masumi Shibata¹³ Masayuki Ozawa¹⁴ Takeshi Yoshinaga¹⁵ Kennsuke Hujita¹⁶ Naoya Huruta¹⁷ Kazuhiro Azuma¹⁸ Koichi Yokomizo¹⁹ Humio Uchiyama²⁰ Katsuaki Tashiro²¹ Eiichiro Sonobe²² Katsuaki Nagai²³ Yoshitake Tanaka²⁴ Tadashi Ishida²⁵ Teruhiko Shinada²⁶ Shoji Tachiki²⁷ Tomohiko Hibino²⁸ Ryo Ogawa²⁹ Shinichi Sano³⁰

¹国立情報学研究所 ^{††}日本ユニシス株式会社 ^{†††}凸版印刷株式会社

[†]National Institute of Informatics ^{††}Nihon Unisys Ltd. ^{†††}Toppan Printing Co. LTD.

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

概要

物流・サプライチェーンにおける CO2 排出量削減手法として、プログラム解析・最適化手法を利用した物流トラックの集配経路の最適化・選択方法と、電子タグを利用したサプライチェーンに応じた新しい排出枠取引及びカーボンオフセット方法を提案して、両方法について実用化を念頭に両方法の実証実験を行い、物流トラックの排出量削減と商流に応じた排出枠付き商品及び排出枠取引を実現する。

Abstract

We proposed two approaches to reduce the amount of green house gas emitted in supply-chains. The first is to make the routes of logistic trucks more efficient by treating truck routes as program execution flows. It defined specification languages for truck routes and optimizations approaches for such programs specified with the languages. The second is to enable a small amount of carbon emission rights to be managed and traded by using RFID tags or barcodes as certificated securities on the rights. We evaluated the approaches in social experiments.

1. まえがき

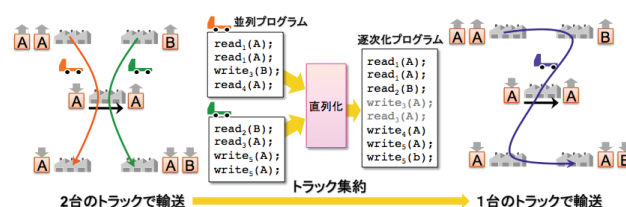
実際の CO2 排出量削減には、実経済活動との親和性の高い削減手法が不可欠である。そこで実経済活動の根幹のひとつである物流・サプライチェーンに直目して、CO2 排出量削減技術として、①物流トラック経路の効率化により、輸送部門の削減と、②商取引を通じた新しい排出枠取引を提案し、その実証実験を通じて、実現への道筋を付けていく。

2. 研究内容及び成果

物流トラックの経路効率化は、トラック経路をプログラムの実行の流れとして扱い、プログラムに関わる効率化や検証手法を利用する新しい方法を提案した。実際、トラック経路は往復や路線変更があるが、プログラムにおけるループや分岐に相当することから、本研究ではトラック経路を表すプログラミング言語を設計した。具体的には荷物の集配は、集荷先に相当する変数から、荷物に相当するデータをトラックに相当する変数に読み出し、配荷先に相当する変数に書き込むことに相当し、荷物の形や重さはデータの型に相当する。なお、トラック経路のプログラム化は国内外に研究事例がなく、その先駆けとなる。トラック経路はプログラム化されることで、例えばコンパイラで利用されるコード最適化を利用することで効率化できるようになった。研究ではトラック経路に利用できるコード最適化を

選ぶとともに、トラック経路向きのコード最適化手法を提案した。従来の経路効率化は、巡回セールスマン問題に代表されるように全体最適化手法が代表的であるが、大幅な経路変更は現場から支持されないが、本手法は従来経路への部分的効率化であるために実利用において有利となる。この他、トランザクションで用いられる直列化手法、つまり並列プログラムをその処理内容を変えずに逐次プログラム化で、トラック台数を削減する方法を提案した(図 1)。対象経路によるが、3 割程度の効率化が確かめられている。

図 1：トランザクション手法によるトラック数削減



また、共同物流、つまり多数事業者で少数トラック台数のシェアは物流効率化する方法として、トラック経路をプログラムの実装、荷主の条件をプログラムの仕様として扱うことで、ソフトウェア検証手法による、荷主の条件にあったトラックを見つける方法を実現した。これは共同物流は、物流効率化や CO2 削減の切り札とされてきたが、運用の難しさから実用化が進んでいなかったが、本研究は大

規模な共同物流管理に道を開くものとなり、クラウドコンピューティング上での提供が可能になっている(図2)。

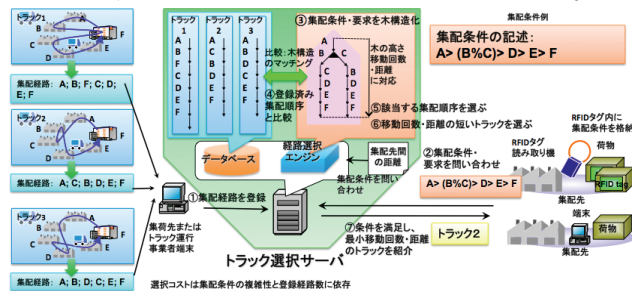


図1：提案手法によるシステム構成

商取引を通じた新しい排出権取引は、企業などの排出削減貢献を、商品流通を通じて、サプライチェーンの上流から下流に還流させるために、IC タグやバーコードを排出権に関わる、ある種の有価証券のように利用できるようにする。なお、物流の実状を考えると、通信切断など ICT に頼れない状況でも可用性があることが、実用化においては重要な要件となる。具体的には商品などに貼付された何らかのユニーク ID に対して、小口化した排出権を割り当てるものである。ただし、小口化した排出権の取引・管理手法は皆無であり、世界に先駆けて小口排出権を扱うための決済口座を設計・実装した。排出権は1トン単位に ID が割り当てられていることから、一般の金融口座のように残高を管理するのではなく、入金された紙幣の通し番号も管理する口座となる。また、IC タグまたはバーコードの ID と口座上の小口排出権を紐付けさせる。これにより、商品の製造者または販売者は、IC タグまたはバーコードを貼るだけで、任意の商品を排出権を割り当てて販売できるようになり、これは既存の排出権付き商品の制約を減らすこととなり、大きな意味を持つ。

そして排出権の決済は、小口排出権を表す IC タグまたはバーコードを受け取ったものが、排出権の割り当て者に請求することになるが、本研究では IC タグまたはバーコードそのものを返却させる方法を提案した(図3)。これは例えば IC タグまたはバーコードの ID を使って請求すると、正統な請求者であるかを認証するコストが大きくなるが、それを物理的な受け渡しで削減するとともに、通信が利用できない状況下でも対応できるからである。また、IC タグまたはバーコードの返却が請求となるため、商品に貼付された排出権でも、それを表す IC タグまたはバーコードを他者に譲渡しても、その譲渡先が請求できる。これは簡易な排出権取引を実現するうえで大きな意味をもち、さらに排出権の寄付利用という新しい需要を増やすことになる。

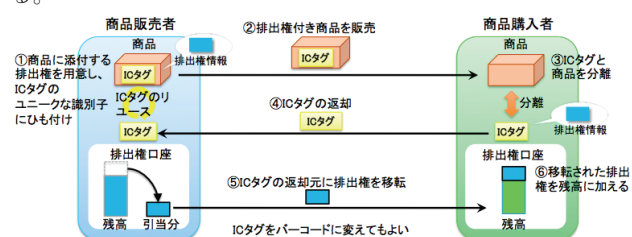


図3:IC タグまたはバーコードを利用した排出権取引

さて提案手法の評価として、実際のサプライチェーンにおける実証実験を行い、スーパーマーケット(イトーヨーカドー・アリオ北砂店)で、提案手法による排出権貼付飲料品(5千個)を一般消費者に対して販売し、その決済を行ってもらうことで、提案手法の実用性を確かめた(図4)。当該商品の販売数は前月対比で約3.5倍となり、さらに

35%の購入者が決済に参加することとなった。なお、本実験は一般消費者が参加する排出権取引としては世界初となる。また、小口化した排出権の譲渡手法を評価するために、デパート(そごう横浜店)において、小口排出権を表すカードを販売して、個人間の取引の可能性を確かめた。



図4：実証実験

3. むすび

物流における排出削減は、従来のトラック物流の効率化手法との親和性が高く、さらにトラック側への機材は不要なために導入コストが低い。また、商流による排出権取引は実証実験を通じて、改良を行うことで実用化できる段階まできており、提案手法を利用する事業者や自治体を期待したい。

【誌上発表リスト】

- [1] Ichiro Satoh: "A Formal Framework for Cooperative Logistics Management," Business Process Management, vol.99, Springer (2011.8).
- [2] Ichiro Satoh: "A Scheme for Carbon Offsetting Products and Services," Proceedings of 13th IEEE Conference on Commerce and Enterprise Computing (CEC 2011), pp.201-206, (2011.8).
- [3] Ichiro Satoh: "A Formal Approach for Milk-Run Transport Logistics," IEICE Transactions 91-A(11): pp.3261-3268, (2009.11)

【登録特許リスト】

- [1] 佐藤一郎, 集配経路選択システム, PCT 出願 (PCT/JP2009/059136) EU, (2010.12.16)
- [2] 加藤公一, “正当性管理システムおよび識別情報発行用プログラム”, 日本, (2012.3)
- [3] 佐藤一郎, “排出量取引システム及び排出量取引方法” (PCT/JP2009/069976), EU (2012.3)

【受賞リスト】

- [1] 社団法人日本包装技術協会 第34回木下賞 改善合理化部門提出“IC タグを使った CO2 削減システム”(仮)
- [2] 佐藤一郎, ISAmI'2010 Best Paper Award, (2010.6)
- [3] Ichiro Satoh, IEEE International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS-2012), “Best Paper Award”(2012.7)

【報道発表リスト】

- [1] “ICT を活用した CO2 排出量取引の新たな取引手法の実用化を目指すコンソーシアム「サプライチェーン環境貢献技術検討協議会」を設立”, (2011.11.24)
- [2] “消費者向け CO2 排出量取引に関する世界初の実証実験を開始” (2011.2.8)
- [3] “世界初、CO2 排出権取引の新たな取引手法を実証実験” (2012.2.8)