

平成 20 年 5 月 23 日

情報・システム研究機構
国立情報学研究所
National Institute of Informatics

エコ物流を実現するプログラム言語を開発

国立情報学研究所（所長：坂内 正夫（さかうち まさお）以下 NII）は、ネットワーク技術を活用したプログラム言語を使って、エコ物流（トラック配送の効率化、CO₂ 排出量削減）を実現する方法を開発しました。

トラックによる二酸化炭素(CO₂)の排出量を減らす方法として、共同集配やミルクラン方式などのエコ物流が期待されています。しかし、実際の運用では集配における様々な制約や要求、例えばジャストインタイムや集配順序などを満足した共同集配トラックを見つけることが難しく、エコ物流は普及が進んでいません。今回の方法では、集配順序やタイミングを記述するためのプログラム言語により、トラックの集配経路をプログラム、集配制約・要求をプログラムの仕様として扱い、プログラムの正当性や制約・要求を満足するかどうかを調べる方法をつかって、集配制約・要求を満足して、移動回数や距離が最小となるトラックを選ぶことができます。これにより多様な集配制約・要求と CO₂ 排出量が少ないトラック運行を両立することができます。

1. 研究の背景

二酸化炭素(CO₂)など温室効果ガスによる地球温暖化が問題化しています。1997 年の第 3 回気候変動枠組条約締約国会議で採択された京都議定書では、日本は 2008 年から 2012 年までに約 6%の温室効果ガス排出削減(1990 年比)が決まりましたが、現状は温室効果ガス排出量がむしろ増えているといわれています。その中でも運輸部門の CO₂ 排出量は日本全体の約 2 割を占め、そのうち約 9 割が自動車によるものです。その中でも CO₂ 排出量の多いトラック輸送における CO₂ 排出量はその削減が急務になっています。また、ここ数年、燃料代が高騰していますが、トラック輸送の効率化は燃料消費を減らすことになり、経済的にも重要です。

1. 1. エコ物流

トラック輸送の CO₂ 排出量を下げる方法として、エコ物流と呼ばれる方法が提案・試行されています。そのひとつが共同輸送です。これは複数事業者が、集配トラックを共同で運行することで、トラックの積載効率をあげる方式です。さらに CO₂ 排出量の削減効果が高いとして注目を集めているのがミルクラン方式です。これは酪農家から牛乳をあつめる方法を参考にした方法です。図 1 の左図のように現在集配では各発荷主(部品工場)がトラックを用意して、そのトラックで集荷先(組立工場)に荷物(部品)を運ぶことが前提になっています。しかし、トラック数が多くなり、集荷先から発荷主に戻るときのトラックの荷台は空であり、無駄が多い輸送方法です。ミルクラン方式では集荷先がトラックを用意します。そして複数の発荷元をまわって荷物を集めて集荷先に運びます。このためトラックの数が少なくなりますし、空のトラックを走らせることも少なくなり、従来手法と比べて効率化され、CO₂ 排出量を削減することができます。

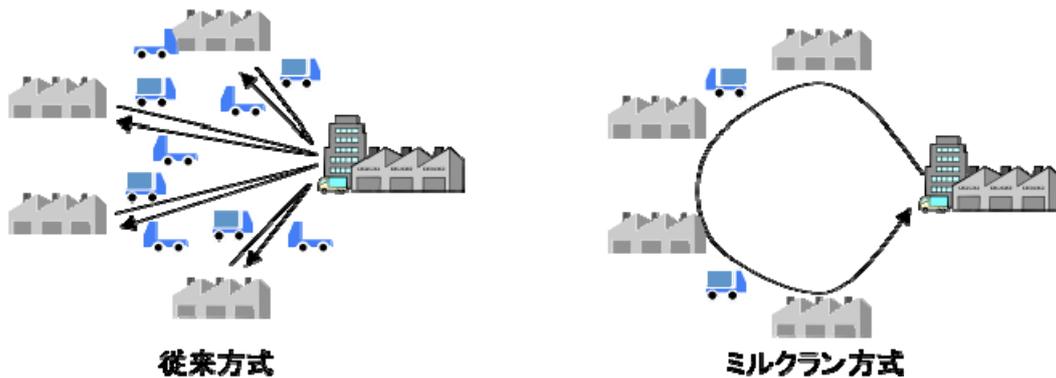


図1：従来物流方式とエコ物流（ミルクラン方式）の比較

1. 2. エコ物流はなぜ普及しないのか

CO2削減に有効とされるエコ物流ですが、残念ながら普及が進んでいません。これは集配には様々な制約や要求、例えばジャストインタイムという言葉に代表されるように集配時間が決められていることや、食品の集配ではトラックの集配中に食品が傷むことが多く、鮮度が求められない部材を先に集荷し、鮮度が求められる部材については集荷先(加工工場)にトラックが到着する直前に集荷することが求められていることなどによります。ミルクラン方式や共同集配では、制約や要求に応じてトラックを用意する代わりに、いろいろな経路・時間で集配先をまわるトラックを複数用意して、集配先はそれぞれの制約や要求に応じて適切なトラックを選択します。しかし、その選択が難しく、これがミルクラン方式や共同集配の普及の妨げになっていました。

2. 詳細

今回開発した方法は、この問題に対して、コンピュータサイエンス、そのなかでもプログラムという大きく異なる技術を使って解決をはかります。具体的には、トラックの集配順序は、プログラムを実行したときの処理の流れと似ていることに着目して、プログラム言語をつかって、集配順序や制約・要求を表します。一方、プログラムの開発では、プログラムを実際に動かす前に、プログラムが仕様を満足しているかを検証したり、性能を解析します。このプログラムの検証手法を応用し、移動回数や距離が短くなるトラック経路を見つける方法を開発しました。つまり、トラックの集配経路をプログラム、集配制約や要求を仕様として扱えば、トラック経路が、仕様、つまり集配制約や要求を満足しているか、その実行に無駄がないのかを調べることができます。

2. 1. トラック集配順序および集配制約を記述のためのプログラム言語

ただし、プログラムと集配はそもそも違う概念です。既存のプログラム言語では集配順序やタイミングにおける制約や要求を表せません。そこで集配経路や制約を記述するための専用のプログラム言語と、プログラムの検証手法を使った経路選択手法とを世界で初めて開発しました。

2. 2. プログラム言語の概説

このプログラム言語では、図2のようにトラックが集配先をまわる順番、例えばある集配先についてから別の集配先に行くことや、逆に複数集配先を順序不定でまわってよいことを表します。またミルクランや共同集配では複数集配先や複数荷物の集配制約を満足する必要があります。そこで一台の

トラックが複数の集配順序を同時にこなしてよいことなどを表せるようになっていきます。

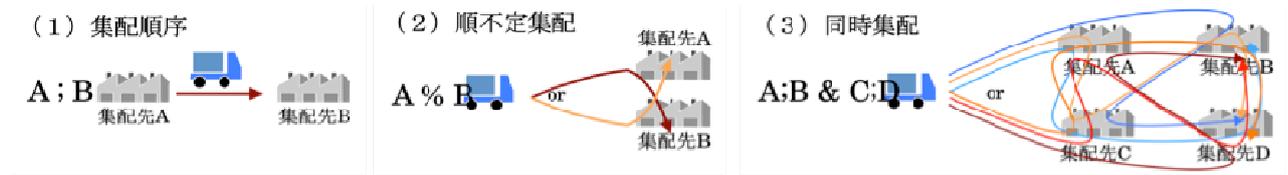


図 2：プログラム言語による集配経路記述

3. システム構成

この方法は導入・運用コストが少なくなるように設計されており、具体的には図3のように最適なトラックを紹介するトラック選択サーバと、トラック運行事業者と集配先に用意された端末から構成されています。

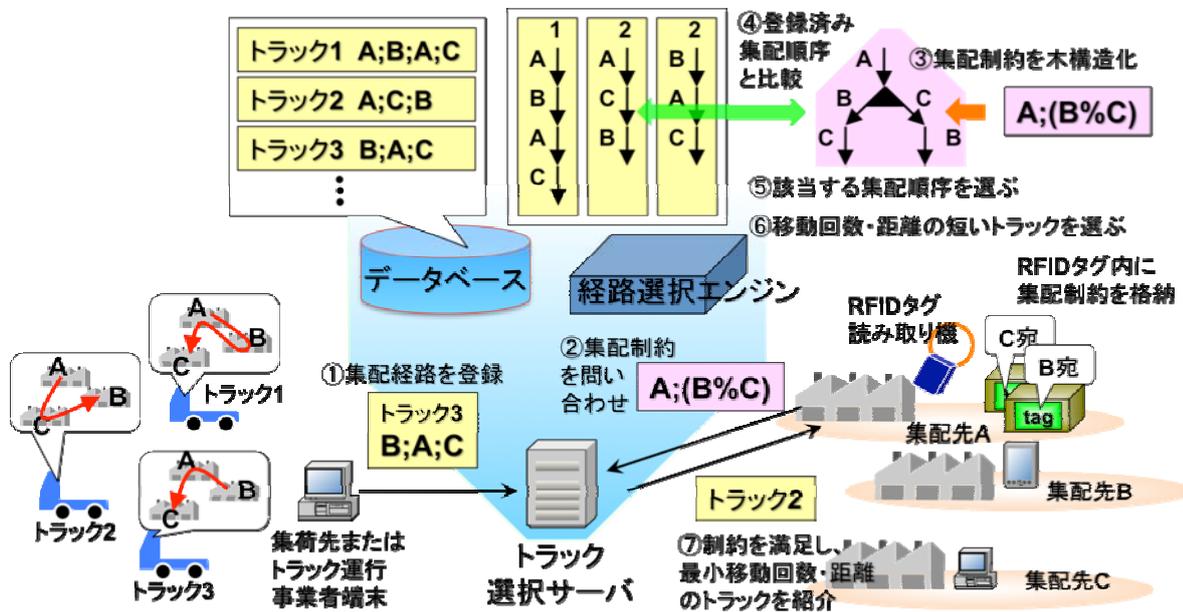


図 3：システム構成

このトラック選択サーバは、GoogleなどのWeb検索エンジンに似ているかもしれません。つまり、トラック選択に特化した検索エンジンとみることができます。このサーバは各トラックの集配経路のうち、集配順序やタイミングなどの情報をその内部のデータベースに保存しています。そしてサーバはトラックを探している集配先から探したいトラックの制約や要求を受け取ると、該当するトラックをデータベースの中から探します。もし複数のトラックが該当する場合は、その中で移動回数または移動距離が一番短いトラックを選んで、問い合わせ結果としてその集配先に返します。

また、トラックの集配順序と時間は、トラックの運行計画書から機械的に変換できるので、このシステムを使うためにプログラム言語を覚える必要はありません。集配請求も現在、ビジュアルプログラミングによる記述システムの開発が進んでおり、プログラミングは不要になる予定です。

トラック自体にも機器追加や改造は一切不要です。このプログラム言語は集配制約をコンパクトに記述することができるので、RFIDタグ(ICタグ)や2次元バーコードの容量内に集配制約を書き込むことができます。この結果、商品に添付したRFIDタグやバーコードに格納された集配制約を読み

込んで、そのまま経路選択サーバに商品配送に最適なトラックを問い合わせることもできます。

トラック検索エンジンは Web 検索サービスと似ていると書きましたが、集配は Web 検索とは違います。一番の違いは、Web 検索サービスでは、検索キーワードと多少ずれたページを選んでも許されますが、物流では間違ったトラックを選んでしまうと、荷物が届かないかもしれませんし、届いても輸送に時間がかかりすぎて生鮮食品は傷んでいるかもしれません。このため制約を満足するトラックだけを選ぶ必要があります。このため、本研究では、プログラム言語や選択手法は数学的にも定義されており、問い合わせ結果は集配制約や要求を満足することが数学的に保証されます。

4. 効果

今回開発した方法により、エコ物流の運用上の問題を解決すること、つまり集配制約にあったトラックを適切に選ぶことができ、よりCO2排出量がすくないトラック移動経路を選ぶことができます。

これによりエコ物流が本格的に普及すれば、物流分野のCO2削減が期待できます。現在のエコ物流では限られた事業者だけが参加していますが、本研究では集配経路や集配制約を記述するプログラム言語を開発したことから、このプログラム言語で集配経路や制約を記述すれば誰でも共同集配などのエコ物流に参加できることになり、エコ物流を広く普及することにつながります。

また、効率的なトラック運用はCO2削減をもたらすだけでなく、軽油やガソリンなどの燃料の削減や省エネにつながります。これは燃料代高騰による、物流コスト負担の増加を防ぐ上でも重要な技術となります。

さらに、集配経路をプログラムとして扱えることにより、従来技術では考えられなかったような新しいエコ物流が創出されることも期待できます。

なお、発表者(佐藤 一郎)は、ソフトウェアの研究が専門ですが、RFIDタグのISO委員を務めており、物流業界ともつながりを持っています。今後は物流団体への啓蒙活動を行うとともに、実証実験を行う予定です。

【本件の問い合わせ先】

国立情報学研究所

佐藤 一郎 (さとう いちろう) アーキテクチャ科学研究系教授

取材窓口／その他問合せ

国立情報学研究所 (NII: エヌアイアイ)

企画推進本部広報普及チーム 担当: 小野・佐久間

〒101-8430

東京都千代田区一ツ橋 2-1-2 (学術総合センター18階)

TEL: 03-4212-2135(直通) FAX: 03-4212-2150

E-mail: kouhou@nii.ac.jp

URL: <http://www.nii.ac.jp>