

商業物流における配送計画シミュレーションの試み

上田哲郎*

佐藤康治†

岡田和義‡

久保幹雄§

はじめに

日用品等を小売店に巡回配送する配送計画シミュレーションは、時間制約、問題規模などの点から複雑なオペレーショナルモデルとなる場合が多い。本稿では、商業物流における配送計画決定支援のため簡略化したケーススタディを実施したので報告する。

また、商業物流に代表される小口の輸送シミュレーションでは、業者毎にさまざまな制約条件や運用形態があり、配送ルート最適化や日常業務支援のための統合的な配送計画システムを迅速に構築するのは困難な状況である。本稿では、オブジェクト指向技術を用いた配送計画システムのためのフレームワークを提案する。

1 ケーススタディの概要

今回のケーススタディでは、配送センターに集約された荷を、主に2t車クラスの小型トラックで、一台あたり平均20~30の配送先を巡回する。これをトラック台数30台を有する配送センターで見た場合、総配送先数は600箇所を越え、問題の規模はかなり大きなものとなる。

現状の配送計画は、予め定められたエリアマスター¹と、ルートマスター²をもとに、タクト毎の総荷量を順次トラックに割り当てていく手法を人手によって行っている。この手法の問題点は、次の通りである。

- マスターが固定されているため、タクト毎、季毎の荷量の変化に対応できない。
- 適切な配送ルートの決定は配車係の経験に大きく依存する。
- 巡回ルートはドライバーに依存しており、管理者はルートを把握していない。

これにより、積載率の恒常的な低下、トラックの余剰所有、ドライバーの超過勤務、などの実質的な問題が発生している。

2 配送計画モデル

配送計画の難しさは先に上げた配送先数の規模の他に以下のような点が挙げられる。

- 大型車(4t以上)が入れない場合が多く、トラック台数の規模が大きくなる。
- ~時まで、時~時まで、のようなタイトな納入時間枠制約がついている場合が多い。
- 検品など配送以外の無視できない流動的な所要時間が存在する。
- 荷量は、日常的に小幅に、季毎に大幅に変動する。
- 労働条件の問題から最大稼働時間が厳しく制限されている。
- 3タクト/日になっており、配送計画に費やせる時間は極めて短い(15分以下)。

以上のような、問題点を踏まえてより現実には則した配送計画モデルが要求される。モデルは複雑になる可能性があるが、今回は移動時間と荷役時間だけに着目した簡略化したモデルを採用してシミュレーションを行っている。

*Tetsuro Ueda 日産自動車(株) 環境・交通研究所

†Kouji Sato 日産自動車(株) 環境・交通研究所

‡Kazuyoshi Okada 日産自動車(株) 環境・交通研究所

§Mikio Kubo 東京商船大学

¹経験的にトラック一台に割り当てた配送先地域

²経験的な推奨ルート

また、シミュレーション計算モデルには、一般化割り当て法と2-opt ローカルサーチによる巡回セールスマンアルゴリズムを用いている。

3 配送計画システム

商業物流の形態は様々であり、より実務に密着したシステムを迅速に提供するために、オブジェクト指向を用いた、配送計画システムのフレームワークを構築する必要がある。配送計画システムフレームワークには、以下のような要求が挙げられる。

1. データ入力に関してデータベースが汎用的に扱えること
2. データ出力に関して地図表示、帳票作成などが汎用的に扱えること
3. アルゴリズムエンジンが抽象化され、アルゴリズムの差し替え、チューンナップが容易に行えること

3.1 データベースマネジメント部

1. のデータベースマネジメント部により、使用するデータベースの違いを吸収する。既存の電算化されたデータベースを流用することも可能であるし、あらたに小規模なデータベースを構築して使用することもできる。既存の大型機による管理システムが存在するのであれば、配送計画システムを既存システムのクライアントと位置付けた、クライアント／サーバーシステムの構築も可能となる。

3.2 ディスプレイ部

2. のディスプレイドライバ部は、結果の出力を抽象化したものである。配送ルート の地図表示による、ドライバーへの視覚的指示や、配送計画表の出力など、さまざま出力形態を差し替えて使うことができる。また、日報や請求業務に結び付けるための帳票作成においても、業者毎に異なったフォーマットなどを

ディスプレイドライバの変更だけで容易に吸収することができる。

3.3 アルゴリズム部

3. のアルゴリズムエンジンは、業者毎に詳細な制約条件に合わせて綿密にチューンナップされなければならない。問題の規模、時間制約の有無、タクト数、トラックー日の回転数、物流センター数、などが業者毎によってまちまちなためである。また、日常的な配送計画を支援する短期モデルシステムから、季毎、年度毎の配送ルートや配送エリアの決定に用いる長期モデルシステムに幅広く対応するためには、問題毎に最適なアルゴリズムを選択できなければならない。

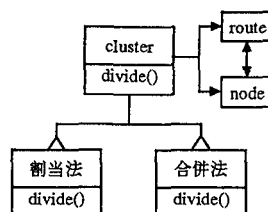


図 1: アルゴリズム部のクラス階層

例えば、配送エリアを決定するクラスタ分け問題に対しては、図1のように階層化できる。clusterクラスでは、そのメソッドdivideを定義しているだけで、具体的な実装はそれ以下の割り当て法や、合併法などによる。

配送計画システム側では抽象的なclusterクラスを決められたプロトコルで呼び出す。それらが実行時にどのように具象化されるかについては関知しない。したがって、未知のアルゴリズムの導入に対しても配送計画システム自体にはなんら手を加える必要がない。

cluster オブジェクトの扱うデータも、node、routeなど抽象化されたデータを用いる。nodeは、地図上の点を表すクラスで、デポ、配送先、高速道路インターなどはnodeクラスから派生した具象クラスになる。routeは、

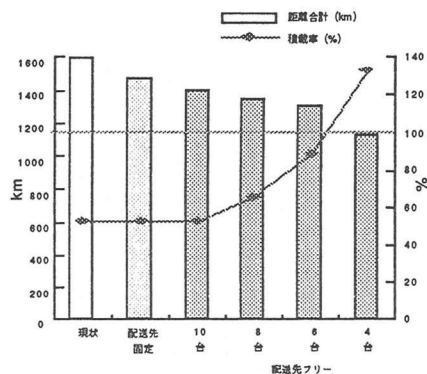


図 2: シミュレーション結果

node のリストになる。node に自分が属する route へのポインターを保持させることで計算を高速に行うことが可能になる。

アルゴリズムのクラスは、このような抽象的なデータを扱うので、例えば node に属性が増えたり、新たな種類の node が追加されたとしてもアルゴリズムはそれらを統一的に区別することなく扱うことが可能である。

このような、配送計画ドメインの骨組みを抽象化したものを配送計画アプリケーションフレームワークと呼ぶ。フレームワークに対して、具象的な部品を自在に挿し替えることで、柔軟なシステムを迅速に構築することが可能になる。

フレームワークは、Windows95 をプラットフォームに C++ を用いて開発する。また、UNIX 版も合わせて開発する。

4 シミュレーション

4.1 シミュレーション結果 1

配送先 118 箇所、トラック数 10 台を対象にシミュレーションによる改善効率を試算した。配送先間の道のり距離は、緯度経度から求めた直線距離により近似した。制約条件は積載容積のみであり、移動時間が最小になるようにシミュレーションした。計算モデルには、一



図 3: 結果の地図表示

般化割当法を用いた。シミュレーション結果を図 2 に示す。また、シミュレーション結果の配送ルートを地図上にマップした例を図 3 に示す。

1. 現状: トラック台数 10 台での総走行距離は 1587km であり、平均積載率は 52.9% であった。
2. 配送先固定: 各々のトラックの配送先を現状のままに、配送ルートを最適化するシミュレーションでは、走行距離は 1462km となった。走行距離削減率は 8% であり、大幅な改善は期待できないことがわかる。
3. 配送先フリートラック台数固定: 配送先を固定せず、トラック台数を現状の 10 台とした場合、総走行距離は 1400km となった。この時点で、削減率は 12% とわずかに向上したが、走行距離が極端に少ない車両があり、トラック台数削減の可能性が示唆された。
4. 配送先フリートラック台数 8 → 4 台: 配送先フリーでトラック台数を 8 台、6 台へと減少させた結果、トラック 6 台で走行距離削減率 17%、積載率 35% アップの良好な結果が得られることがわかった。さ

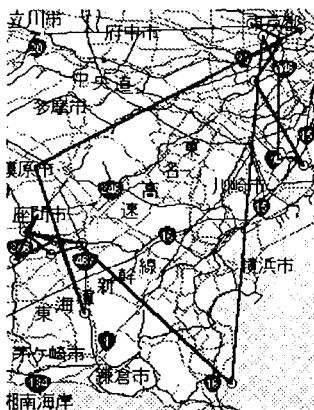


図 4: 現状の配送順序

らにトラック 4 台では過積載であり不可である。

4.2 シミュレーション結果 2

配送先 62 箇所 (うち時間制約付 8 箇所), トラック数 3 台を対象に時間枠を考慮した改善効率を試算した。

積載容積を守りながら、移動時間が最小となるように、セービング法とタブーサーチによる解の改善を用いて、配送エリアの設定と、最適配送ルート の決定を行った。

シミュレーション結果によると、時間にしておよそ 28% の改善³が見られた。また、積載容量の関係からトラック台数の削減はできなかった。シミュレーション前後のトラック一台分の配送順序を地図上に表示すると図 4, 5 のようになる。

時間制約が多く存在する場合には、問題が複雑になるため、ドライバーの経験的な判断が必ずしも適切なルートとは言えず、シミュレーションによる大幅な改善が期待できる。

³ トラック 3 台トータルで現状: 30.2 時間、改善後 21.8 時間

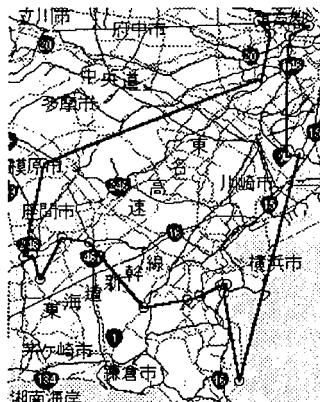


図 5: シミュレーション後配送順序

5 まとめと今後

走行距離の削減に視点を置いた配送計画シミュレーションでは、走行距離 12% の削減、トラックの 40% 削減、積載率の 35% アップ、が可能ながわかった。また、時間制約のある配送では、ドライバーの経験的な判断に比べて大幅な改善 (28%) が可能ながわかった。

今後は、最大稼働時間、高速道路料金などの輸送コストを考慮した、より現実 に則したシミュレーションを行っていく。また、輸送コストの他にエネルギー消費量や CO2 排出量についてトラックの原単位を導出した上で削減効果を試算したい。

参考文献

- [1] 岡田和義, 佐藤康治, 久保幹雄. 自動車部品の混載輸送における輸送計画モデル. オペレーションズリサーチ, Vol. 42, No. 5, pp. 321-324, May 1997.