

最適輸配送計画問題への数理計画法の適用

サントリー(株) 物流部 中川 賀津也

サントリーロジスティクス(株) 相田 剛

(株)住友金属システムソリューションズ 数理技術室 熊本 和浩, 小西 伸之, ○西田 大

1. はじめに

製造業における物流コストは、平均的には売上高の約 6.5%、食品業界では約 10%にものぼる。物流コストのうち、輸配送コストは半分以上を占めているとみられており、輸配送コストの削減余地は大きく、輸配送コスト削減は企業の経常増益に直結する。一方、近年は、社会の CO₂ 削減など環境問題への関心の高まりから、企業の環境に対する取組み姿勢は重要度を増している。

サントリー(株)及びサントリーロジスティクス(株)では、工場・物流拠点・資材会社等の相互間の貨物に対し、センターでの一元管理と最適輸配送計画システムにより、大幅な物流コスト削減と CO₂ 排出量削減を実現した。

(株)住友金属システムソリューションズ 数理技術室は、その中核となる最適輸配送計画問題の解法を、数理計画法を活用して新たに開発した。住友金属グループでは、これまでも数理計画法を活用した生産計画問題の解法[1]の開発などに取り組んできている。本報告では、対象問題と最適輸配送計画問題の解法につき紹介する。

2. 最適輸配送計画問題の概要

日々の輸送依頼データに対し、車両・車庫情報データなどのマスターデータを参照し、各種の制約条件を遵守した上で、車両台数が最小となるように、車両への積載明細と運行ルートを決める(図 1)。

運行ルートは、個々の車両について積地から卸地までの区間の走行と、次の積地までの空移動を繰り返すという、複数回転を基本とし、Full Truckload Vehicle Routing Problem に分類される問題である。制約条件としては、輸送依頼(荷物)に関するもの、拠点に関するもの、車両に関するものなどがあり、具体的には次のような制約条件

を考慮する。

- ・着荷時刻指定
- ・倉庫稼働時間帯
- ・車両の許容運行時間
- ・車両の許容帰庫時間

3. 解法の概要

今回開発した解法は、組合せ爆発防止、制約変更への柔軟な対応を狙う、セット作成とルート生成・選択からなる 2 段階の解法である。

以下、各ステップ別に詳説する。

(1)セット作成

1 車両に積載可能な品目の集まりをセットと定義する。セット作成では、個々の輸送依頼に基づいて、所与の車両に積載可能となるように、各品

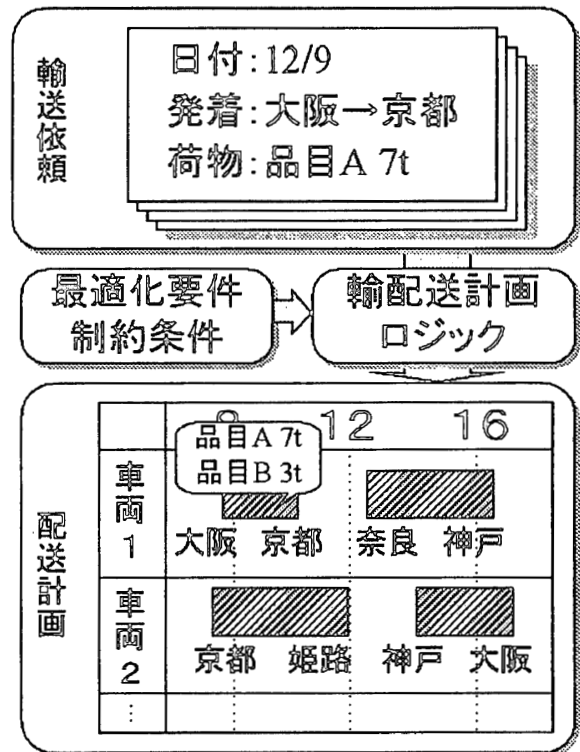


図 1. 最適輸配送計画問題の概要

目を組合せ、あるいは分割する。この際、できるだけ重量および容積の両積載率が高くなるような組合せを求めることにより、必要となる車両台数を削減できる。本解法では、ビンパッキング問題の解法である Best Fit Decrease 法を応用したヒューリスティクス解法を構築した。

(2) ルート生成・選択

前ステップで生成したセットを、地理的に直列に連結したものをルートと定義する。セットを連結することにより、ルートの候補を生成し(ルート生成)、生成されたルート候補群から、輸送依頼を全て満足した上で台数が最小となるルート候補の組合せを決定する(ルート選択)。

ルート生成では、車両や拠点に関する制約条件を考慮し、運行可能なルートのみを生成し、同時にそのルートの効率(空移動時間など)に基づき評価値を設定する。生成したルート i は、ルートに含まれる同区間のセット j の個数 a_{ij} をセット数分だけ並べたベクトルで表現する。いま、区間セット種類数を N 、生成されたルート候補数を M としたとき、 $N \times M$ 行列としてルート候補群行列 A を表現可能であり、 M 次元ベクトルとして評価値 C を表現できる。

ルート選択では、ルート生成の結果得られたルート候補 i に対し、その選択台数 x_i を変数する。選択の結果、各区間 j のセット数 b_j を満たすような制約条件のもとで、目的関数 Cx が最小となるように x を決定する。目的関数としては、台数最小のみで良い場合は、 $c = i$ for $\forall i$ とし、それ以外の要素も考慮する場合は適当な重み付けによる線形和とする。

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^M C_i x_i \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^M a_{ij} x_i = b_j \quad \text{for } \forall j \quad \dots \textcircled{2}$$

$$x_i : \text{integer} \quad \dots \textcircled{3}$$

①～③式のモデルは、整数計画問題であり、通常は、まず LP 緩和問題を求解し、LP 緩和解から Branch & Bound 法や近傍探索法などで、整数最適解または準最適解を求める。この問題の求解には市販の数理計画ソフトウェアなどを使用することも実際的には有用である。

なお、辞書式順列生成などの方法で運行可能なルートを全て生成すると、ルート数が莫大となり、ルート選択における整数計画問題の求解に時間がかかる、あるいはルート生成自体が終了しない恐れがある。したがって、例えば地理的に近いセット同士を連結してルートを優先して生成する方法などの、問題固有の知識を適用して有望なルートに絞り込んだ上で、ルート選択し、近似最適解を得ることが実用的である。

4. おわりに

本解法は、サントリーロジスティクス(株)において 1997 年から本番稼働している。センターでの一元管理による業務フローの改革と合わせて、必要な車両台数は 14% 減となり、輸送コストは十数億円の削減となった。また、車両の運行距離の短縮により、CO₂ 排出量の削減、省エネルギーを実現している。

(株)住友金属システムソリューションズ 数理技術室では、住友金属工業(株)での発足以来、約 40 年にわたり、数理計画法などの OR 理論を生産・物流計画に適用し、コスト削減・環境対応を図ってきた。本事例はその典型的な例であり、環境調和型ロジスティクスの大きな成功事例といえよう。

本事例が、OR 分野の今後の発展の一助となることを願ってやまない。

参考文献

- [1] N. Konishi, Y. Nakagawa, H. Nishida, N. Sakai, "A MIP-Based Approach to the Cutting Stock Problem for Roll and Long Strip Materials with Minimum Production Amount Constraint", International Conference on Advances in Production Management Systems, Nov 1996.