

## (株) 日立製作所における OR 活用事例のご紹介

01508080	(株) 日立製作所	*細田 順子	HOSODA Junko
05000931	(株) 日立製作所	小倉 孝裕	OGURA Takahiro
05001037	(株) 日立製作所	高橋 由泰	TAKAHASHI Yoshiyasu
05000879	(株) 日立製作所	堀田 多加志	HOTTA Takashi

### 1. はじめに

(株) 日立製作所では、産業分野を中心に、アーバン分野・電力分野など幅広い分野へOR 技術を活用し、事業の高度化を図っている。各事業における課題を踏まえた上で、ビッグデータ解析、シミュレーションによる現象把握と対策立案、数理最適化による最適解算出、機械学習を用いた出力推定などの手法を活用することで、課題を解決している。本発表では、弊社における OR 活用分野、および、配送計画ソリューションへの数理最適化技術の適用事例について紹介する。

### 2. (株) 日立製作所における OR 活用分野

これまでに弊社ではOR 技術を適用することで、実問題における課題を数多く解決してきた[1]。アーバン分野においては、制約プログラミングの適用により高速な鉄道運行計画の立案を実現したり、深層学習を用いることで油田開発の支援を行ったりしている。電力分野では、スマートグリッドのシミュレーションを行い効率的な電力供給を可能とし、水処理分野では数理最適化を用いて水道施設の統廃合案を作成している。産業分野では、在庫シミュレーションにより在庫配置を適正化したり、人のノウハウを AI により学習させ、人の勘と経験を活かした生産計画の立案を可能とした。

以下では、産業分野の配送計画ソリューションへの数理最適化技術の適用事例について紹介する。

### 3. 配送計画ソリューションへの数理最適化技術の適用事例

#### 3.1 概要

近年、物流業界では、配送量が増加する一方で労働者数は減少してきており、これまで以上の効率化が求められている。特に、トラックドライバ不足が深刻化しており、物流拠点の見直しを含めた配送効率化が求められている。そこで、(株) 日立製作所は (株) 日立物流とともに、数理最適化技術を活用して物流拠点配置と配送ルートと同時に最適化する技術を開発した。

開発した技術を使って実際にお客様の拠点配置見直しを行う担当者は、必ずしも数理最適化の知識を有しているとは限らない。そこで、あらかじめ拠点配置の仕方や考慮する可能性のある制約式をテンプレートとして用意し、その中から担当者が必要な制約を簡単に選択できるようにすることで、数理最適化の知識がなくとも数理最適化を適用した拠点配置見直しを行うことができるようにした。

その結果、本技術開発を始めた 2016 年から現在までに、40 件以上の拠点配置見直し案をお客様へ提案している。このような提案を通じて技術力の高さを示すことは、お客様と信頼関係を築くことに貢献している。

#### 3.2 拠点配置と配送ルートと同時に最適化するアルゴリズム

拠点配置と配送ルートと同時に決定する問題は Location Routing Problem と呼ばれ、これまでも多くの研究が行われている。しかし、従来の研究は納品時間枠、複数車型や連続走行時の休憩時間の考慮などがなく、実業務へ適用することはできなかった。

実業務における配送条件を考慮した配送計画に基づいて拠点配置を選定するために、本技術では 2 段階ヒューリスティクスを開発した[2]。1 段階目は想定され得る配送ルートを作成するステップ、2 段階目は作成した配送ルートの中から最適な配送ルートを選定し、拠点配置を決定するステップである。1 段階目では、各拠点候補に対して、全ての配送先へ配送すると仮定して配送ルートを作成する。配送ルートの作成に実業務で使用している配送計画ツールを使うことで、実業務と差異の無い配送ルートを作成することが可能となる。2 段階目では、想定されうる全ての配送ルートを候補とし、使用する場合には 1、使用しない場合には 0 とする 0-1 変数を導入する。この 0-1 変数を、拠点の能力制約の下で、コスト最小となるように混合整数計画法により決定する。

#### 3.3 拠点配置と配送ルート最適化ツール

開発したアルゴリズムをコアエンジンとし、業務知識に基づいて条件設定を行う GUI と組み合わせることで、数理最適化の知識の無い担当者でも使えるツ

ルとした。

図1に評価したい拠点配置のパターンを選択する画面を示す。本ツールには、あらかじめ評価指標（トンキロ/コスト）と評価方法（全拠点候補に対して評価指標計算/最適拠点配置選定）をテンプレートとして用意しており、担当者が選定した評価指標・評価方法に応じて必要な制約式を自動的に判別する。また、配送条件も任意に選択できるようにテンプレート化することで、担当者が選択した配送条件に対応する制約式のみを有効化することが可能となる。選択可能な配送条件には、車格別の積込み時間、荷物別の積込可能時刻、直送配送のみ、といった学術的な論文で取り扱われないような詳細な条件が含まれる。

有効化された制約式の係数のみを入力として受け付けることで、モデル作成を簡易化している。

モデル作成の支援だけでなく、計算した結果を図2のようにグラフィカルに表示することで、拠点配置見直し案の空間的な把握を支援している。



図1 評価指標および評価方法の選択画面

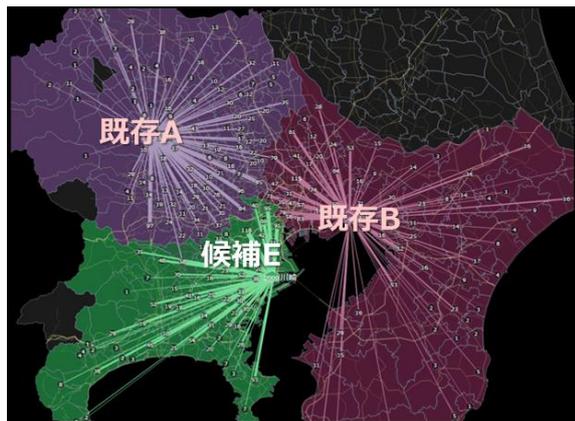


図2 拠点および配送先表示画面

### 3.4 日用品メーカーの事例

本ツールを用いて、お客様の拠点配置見直しをした事例を紹介する。日用品メーカーであるお客様は、国内2ヶ所の物流拠点から4ヶ所の中継拠点を經由し、

100以上の店舗へ配送していた。売上は堅調に伸びており、将来的に現在の物流拠点では能力不足となることが予想された。このため、物流拠点の見直しを行うこととなった。

物流拠点の見直しにあたり、まずはベースケースとして現状の物流拠点配置の再現を行い、配送量や配送単価といったパラメータが実態を表していることを確認した。具体的には、配送実績のデータから配送経路を書き起こし、配送量や支払い金額から配送単価を算出した。ツール上に再現した拠点配置に対して算出された配送費を実績の支払い金額と比較し、配送実績データの見落としや解釈に誤りがないことを確認した。今回、数理最適化技術を実業務に適用するにあたり、この作業が最も重要な作業であった。

ベースケースの評価をした後、決定したパラメータを使って物流拠点配置の見直しを行った。今回の事例では、物流拠点数を1ヶ所/2ヶ所、中継拠点の有/無を組合せて4つのシナリオを作成した。各シナリオに対し、本ツールを使って最適な拠点配置および配送ルートを決め、その際のコストを算出した。本ツールを使うことで、お客様自身では得られなかった4つのシナリオに対するコスト算出結果を提示することが可能となり、お客様の拠点配置見直し案策定の一助となることができた。

### 4. おわりに

(株)日立製作所では、産業分野、アーバン分野、電力分野など幅広い分野へOR技術を活用している。本発表では、これまでに40案件以上の適用実績のある配送計画ソリューションへの数理最適化技術の適用事例を紹介した。これらの事例を通じて、著者らはOR技術が事業貢献に対して強力な武器になることを実感している。今後とも、OR技術の実業務への適用を進め、ORの普及に貢献していく所存である。

### 参考文献

- [1] (株)日立製作所 学会活動レポートHP <http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/report/index.html>
- [2] Junko Hosoda, Miho Kobayashi, Takaharu Sakurada and Takahiro Nishilawa, "Location Routing Problem with Transportation Mode Options", Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Rabat, Morocco, April 11-13, 2017, pp. 1468-1477

