

知創の杜

FUJITSU

2017 Vol.4

いろいろな場面で役立つ数理最適化
—効率化や最適化の問題を数理の世界で解決してみると—

富士通総研のコンサルティング・サービス

社会・産業の基盤づくりから個社企業の経営革新まで。
経営環境をトータルにみつめた、コンサルティングを提供します。

個々の企業の経営課題から社会・産業基盤まで視野を広げ、課題解決を図る。
それが富士通総研のコンサルティング・サービス。複雑化する社会・経済の中での真の経営革新を実現します。

お客様企業に向けた コンサルティング



課題分野別コンサルティング

お客様のニーズに合わせ、各産業・業種に共通する、多様な業務の改善・改革を図ります。経営戦略や業務プロセスの改善などマネジメントの側面、そしてICT環境のデザインを通して、実践的な課題解決策をご提案します。



業種別コンサルティング

金融、製造、流通・サービスなど、各産業に特有の経営課題の解決を図ります。富士通総研は、幅広い産業分野で豊かな知識と経験を蓄積しており、あらゆる業種に柔軟に対応するコンサルティング・サービスが可能です。

社会・産業基盤に 貢献する コンサルティング



国や地域、自然環境などの経営の土台となる社会・産業基盤との全体最適を図ることで、社会そのものに対応する真の経営革新、業務革新を実現します。

お客様企業に向けた コンサルティング



経営革新

Business Transformation

ビジネス・トランスフォーメーション

激しい環境変化に応じた企業・行政の経営改革や、事業構造の変革

業務改革

Process Innovation

プロセス・イノベーション

より効率的なビジネス・プロセスや、顧客起点の業務改革

新規事業

Business Creation

ビジネス・クリエーション

企業連携や新たなビジネスモデルによる新規事業の創出

リスク管理

Business Assurance

ビジネス・アシュアランス

ガバナンスとリスクマネジメントを見直し、経営基盤をさらに強化

ICTグランド デザイン

ICT Grand Design

ICTグランドデザイン

経営と一体化し、競争力を高めるICT環境と情報戦略をデザイン

社会・産業基盤に貢献する コンサルティング



知創の杜

2017 Vol.4

CONTENTS

4 ●

特集

数理最適化技術による
リサイジング・イノベーション
—昨今のアナリティクスの話題—

8 ●

フォーカス

数理最適化技術で実現した広域ガス供給設備の
保全業務改革

18 ●

あしたを創るキーワード

AIの登場によってさらに発展する最適化技術

21 ●

ケーススタディ1

異業種共同輸配送促進に向けた
マッチングの仕組み構築
—さらなるCO₂排出量削減を目指して—

26 ●

ケーススタディ2

最適化技術を活用した物流戦略における
意思決定支援
—物流拠点の立地の見直し—



特集

数理最適化技術による リサイジング・イノベーション —昨今のアナリティクス的话题—

株式会社富士通総研
執行役員
ビジネスアナリティクス事業部長*
渡辺 南

ビッグデータやIoT (Internet of Things : モノのインターネット)、AI (人工知能) というものに職業柄、日常的に向き合っている中で感じるものがいくつかあります。

■ 執筆者プロフィール



渡辺 南 (わたなべ みなみ)

株式会社富士通総研 執行役員 ビジネスアナリティクス事業部長*

1979年 富士通株式会社入社。1988年 株式会社富士通総研へ出向。流通ビジネス分野コンサルタント、ビジネスサイエンス分野コンサルタントを経て現在に至る。

【著書】「差延の戦略」(共著 富士通ブックス 1995年)、「流通ネットワークキング革命」(共著 富士通ブックス 1996年)、「リレーション・プロセス・マネジメント」(共著 ダイアモンド社 2000年)

1. 統計学は「安定を生み出す活用」から 「不安定な状況でも最適化を図る活用」へ

例えば統計学。

ビッグデータを可視化したり、ビッグデータから特徴を抽出したりモデルを生成したりする際に必要不可欠な道具の1つが統計学であり、そうした背景からか、ここ何年かで習得しておくべきスキルとして株を上げています。大学などでも、教育に力を入れている分野の1つということです。

その統計学の典型的な使われ方ですが、例えばモノづくりにおいて、安定的な生産品質を維持するために品質変動に影響を与えるパラメータのモニタリングと調整を施し、変動を抑制したり排除したりするというのが典型的な使われ方です。

統計学が多用される分野、例えば製薬の薬事検定においても、マーケティングにおける顧客分析にしても、販売計画における需要予測にしても、データの中にある安定的な傾向、つまりは統計的特徴量を抽出して、それぞれの分野の品質、歩留まり、生産性などを維持していこうとするものです。

ところが、最近はこうした安定を生み出すための活用から踏み出して、不安定な状況や複雑な環境の中でも、目的とするパラメータの最適化を図るといった活用が行われるようになってきました。

環境を改善して誤差の発生を抑えていく、あるいは観測システムを高度化してコントロールシステムを高精度化していくというアプローチではなく、誤差や変動を受容して最適化を図っていくというアプローチです。

例えば、1つ1つの予測精度を高めるのではなく、「全体として最もコストミニマムでアウトプットを最大化できるか？」といったような問題です。

こうしたテーマの^{こうし}1つが、ボラティリティ(価格の変動性)に注目したポートフォリオ理論であり、その後に金融商品市場の拡大につながった金融工学です。

製造物やプラント、あるいは社会インフラの管理などにおいても、個々のパーツや設備の維持を個々独立

に管理していくというスタイルから、全体として最適に維持管理していこうという取り組みがはじめていますし、カスタマー・エクスペリエンスの分野でも安定的な傾向で顧客を捉えるだけではなく、刹那的な状況や環境に影響された状況などをモデル化して接点機会を最適化するという取り組みがなされています。

こうした応用では、従来のように統計学を統計学のまま使うのではなく、例えばディープラーニング^(注1)や数理最適化といった他分野の技術とのコンビネーションで使われることも特徴の1つでしょう。

昨年は、AIの囲碁ソフトがプロ高段者に勝って注目を浴びましたが、着手選択枝の膨大な囲碁ソフトがここにきて急速に力をつけてきたのも、「モンテカルロ木探索」という統計的な手法を内挿したからだということです。

「クリーンな生産環境でエラー率8σ、9σの品質を目指す」といった細部精緻化のために使われていた統計学が、「時々刻々変化するビジネスのディシジョン」といった経営判断の最適化のために当たり前のように使われるのも、もう目と鼻の先の話でしょう。

2. 数理最適化はAIにより大規模な問題を 解けるようになった

最近はAIブームということでAIに関するお客様からのお問い合わせには様々なものがあります。

それこそ多種多様で、ビジネスの多様性やイノベーションの息吹を感じるわけですが、独自に分類してみると、大きくは3つの分野のニーズがあると理解しています。

- (1) 既存のデータ(機械のログであったり、システムのトランザクションデータであったり、オペレーション日誌であったり、様々ですが)を機械学習にかけてイノベーションのとは口^{くち}に立てないか、といったビッグデータ・チャレンジからつながるテーマ
- (2) 組織にストックされている情報(いわゆるノウハウ情報ですが)を組織化・知識化して活用の高度化を図ったり、専門業務の生産性を高めようとする知識処理分野

(3) 事業、組織、オペレーションシステムのプロセスや状態を最適化してインプット最小化・アウトプット最大化を図る領域

今回は数理最適化をテーマとしているので、(3)について述べたいと思います。(もちろん(1)(2)についてもコア領域としてコンサル/ソリューションを提供しています。)

数理最適化技術というのは、オペレーショナルなシステムを数理的なモデルで記述して最も有利な解を導き出すという技術です。OR(Operations Research)と言った方が、通りがよいかもしれません。

この数理最適化技術、例えば物流センターから、多数のコンビニ店に商品を配送するロジスティクスシステムにおいて、各店に定められているそれぞれの店着時間を守って、総走行距離を最短にしたり、必要貨物車台数を最小にしたりする配送計画に使われています。

この数理最適化技術に関するニーズが増えてきています。

その背景には、AIが話題になって、「コンピュータって、自分たちが考えているよりもう少し利口かもしれない」という期待値が上がったということがあるでしょう。

数理最適化では、実際のビジネス課題を数式に置き換えて、その数式をコンピュータに解かせるという手続きをするわけですが、課題を単純化した、いわゆるトイモデル(Toy model)では容易に解けても、現実に運用するために考慮が必要な様々な細かい条件を入れていくと、数式の規模が膨れ上がっていきます。数理最適化で厄介なのは、この数式の膨れ具合に対して解を出すための計算量が級数的に増加するということでした。この計算量の抑制に対して、これまでも様々なアルゴリズムが供給されてきましたが、ここに来て、AI技術の援用や量子アニーリング^(注2)といった新たな技術でより高速化が見込める、つまりは、より複雑な問題や、より規模の大きな問題を解くことができるようになってきたのです。

では、大規模な問題を解くことができるということは、どういうことなのでしょう？ 大規模な問題を解けるシ

ステムを持つということは、ビジネス上でどのような意味を持つのでしょうか？

3. 大規模な問題を解くということ、問題を大規模化すること

問題の規模を大きくして改めて解き方を考える、あるいは管理対象範囲を広げたとえて、その全体を最適に運営していくといったテーマが経営革新の取り組みの中で最近増えてきています。

例えば、従来の独立採算事業単位を見直して、より大きなユニットにして運営していくといったチャレンジ、あるいは従来それぞれ独立して生産していた複数の工場について、それらの工場全体のサービス率の最大化を目指して相互調整型の工場群に転換するといったチャレンジです。

こうしたビジネスの大規模化は、生産性の向上や利潤の拡大という点では元々正しい選択です。事業フレキシビリティの拡大やリスクの縮退という点からもメリットがあります。

例えば、保険や証券、金融といったリスクビジネスにおいては、一般に貸出資産や引受保険などのリスク資産をバルク化すればするほど、リスクレートは下がりますし、一般事業会社においても規模を大きくすればするほど固定費賦課低下などによって収益率は上がります。

しかしながら、これまでの経営理論では、こうした規模の経済には限界点があり、その限界点以降はむしろ収益率が下がる収益逡減のジレンマに陥る、規模を追いかけるのは賢明な経営ではない、というのが常識でした。

規模を大きくしていくと、管理コストが指数的に増加するのがその理由です。また管理が複雑になりすぎて、現実問題として管理不能になるためです。

ところが、もし指数的に増加する管理コストを抑制できたら、あるいは大規模化する事業システムを最適に管理できる方法が手に入ったらどうでしょう？

そこにはブルーオーシャンが見えてきます。

現実に、生産システム、ロジスティクス、保守、事業計画、事業管理など、様々な分野でコントロールスコープの見直しや拡大がなされるようになってきています。そして、そうしたコントロール範囲のリサイジングやアップサイジング課題に対してビッグデータ、AIなどの技術を活用することによって大きな果実を獲得できるようになってきています。

生産性の向上、事業効率の向上というのは、経営においては普遍的なテーマですから、少し大げさに言えば、こういうことに手をつけない経営者は不作為を問われるのではないかと思います。

また、話は少し飛びますが、TPP (Trans-Pacific Partnership: 環太平洋パートナーシップ) の推進も、これを破棄して、さらにNAFTA (North American Free Trade Agreement: 北米自由貿易協定) の見直しを迫るトランプ政権の構想も、経済最適化のスコープと目的関数のリサイジング問題と捉えることができます。そして、こうしたダイナミズムはあらゆる経済活動に影響を与えることになります。

内的リサイジングへの挑戦、外的リサイジングリスクへの対応に、経営者の皆さんにはぜひ数理最適化技術やOR技術を活用してほしいものです。

経営革新やそれに伴う新たなビジネスの勃興をITはいくつかの節目で支えてきましたが、それぞれの節目に共通するのは、1つではない複数のテクノロジーが同時に、あるいは合わせ技で臨界点を越えたその時ではないでしょうか。

とすれば、今まさにビッグデータテクノロジー、IoTテクノロジー、AIテクノロジーと三種の梃が揃ったわけですから、これから当分はイノベーションが花盛りになるでしょう。

(注2) 量子アニーリング：量子焼きなまし法 (quantum annealing、略称: QA) は、量子ゆらぎを用いた過程によって、解候補 (候補状態) の任意の集合から任意の目的関数の最小値 (グローバルミニマム) を探す一般的方法である。主に探索空間が多くのローカルミニマムを持ち離散的である問題 (組み合わせ最適化問題) に対して用いられる。(出典: Wikipedia)

* なお、渡辺執行役は2017年3月31日付けで退任。

(注1) ディープラーニング：多層構造のニューラルネットワークを用いた機械学習。システムがデータの特徴を学習して事象の認識や分類を行う。

フォーカス

数値最適化技術で実現した広域ガス供給設備の 保全業務改革

新しいICTの使い方によってビジネスのデジタル化が活発化していますが、ガス供給網のメンテナンス業務を改革するのに数値最適化技術がどのように役立ったのでしょうか？

本対談では、「数値最適化技術で実現した広域ガス供給設備の保全業務改革」というテーマで、東京ガス株式会社防災・供給部供給設備管理センターの市川所長、飯嶋副所長、富士通株式会社のフィールド・イノベータの鵜飼さん、システムエンジニアの砂土居さん、株式会社富士通総研の茂木チーフシニアコンサルタントに語っていただきました。進行役は株式会社富士通総研ビジネスアナリティクス事業部の渡辺事業部長です。

(対談日：2017年1月13日)



対談者(左から)(対談当時の所属・役職でご紹介しています)

鵜飼 丈太：富士通株式会社 フィールド・イノベーション本部 フィールド・イノベータ

砂土居 知子：富士通株式会社 社会基盤システム事業本部 第四システム事業部

市川 昭仁：東京ガス株式会社 防災・供給部 供給設備管理センター所長

飯嶋 健：東京ガス株式会社 防災・供給部 供給設備管理センター副所長

茂木 美恵子：株式会社富士通総研 ビジネスアナリティクス事業部 チーフシニアコンサルタント

渡辺 南：株式会社富士通総研 ビジネスアナリティクス事業部 事業部長*

1. ガスの安定供給を支え、供給網の保安を担う供給設備管理センター

渡辺 AI、ビッグデータ、IoTといった新しいICTの使い方によってビジネスのデジタル化を加速する動きが活発化しています。消費者・生活者に新たな価値提供をしていくデジタルマーケティング分野、製造・生産のさらなる高度化やパーツ・製品レベルからプラント・システムレベルまでの品質維持といったIndustrie4.0の取り組み等があります。また、事業活動の生産性の飛躍的な向上によって事業のスケラビリティや経営の合理的判断を実現するスマート経営も盛んになると思われます。本日は、ガス供給網という社会的に極めて重要で広域に張り巡らされたインフラの保守事業のデジタル化による業務改革に早くから取り組まれておられる東京ガス株式会社防災・供給部供給設備管理センター所長の市川様、副所長の飯嶋様にお話を伺います。市川様、早速ですが供給設備管理センターのお仕事についてご紹介いただけますか？

市川 都市ガスは工場で製造されてから様々な設備を通じてお客様にお届けしますが、供給設備管理センターでは1都6県に点在する280の施設について、主にLNG(液化天然ガス)基地から出る高圧導管の各所にある高圧ス



市川 昭仁 (いちかわ あきひと)

東京ガス株式会社 防災・供給部 制御設備G
供給設備管理センター 所長

1987年に入社し、現職場の前身である供給センターにて全社通信設備の計画・建設・維持管理業務に従事する。1997年から全社情報通信インフラの整備・保安業務用アプリケーション開発を経験後、2005年から再び保安通信設備・供給設備(電気・計装)の計画・建設・維持管理業務を経て2016年から現職。

テーションの電気計装の維持管理、町中の一般にはガスタンクと呼ばれるガスホルダーのある整圧所の電気、計装、機械設備の保全に37名で対応しています。

供給設備管理センターは防災・供給部制御設備グループに所属しており、制御設備グループの基本使命はガスの供給調整に重要な供給施設の建設・維持管理と自営無線の建設・維持管理です。

供給設備管理センター37名の業務は、整圧所ホルダー、無線の中継所、地区ガバナーに関する電気とコントロール用の計装設備、ガスホルダーも含めた機械設備の計画・建設・維持・管理です。高圧ステーションも電気や計装設備、無線鉄塔設備は特殊なので、我々が一括して維持管理を行っています。

渡辺 広域の多くの施設の建設・維持・管理と無線鉄塔の維持といった多岐にわたる業務を37名でこなされているというお話でしたが、そうした難しい業務を行うために、どのようなことを重視していらっしゃいますか？

飯嶋 「安定供給」と「保安の確保」が最重要課題でキーワードになると思います。口で言うのは簡単ですが、実践していくうえでの業務基準があり、その配下に定められる作業要領・各種点検業務マニュアルを確実に実行することによって安定供給を実現しています。供給エリアの拡大によって設備数も増え、急ぐあまり手順がおざなりにならないよう、業務基準・作業要領の順守を所員に徹底しています。

渡辺 そうすると、業務の中に占める教育や訓練が重視されているのでしょうか？

飯嶋 はい。若年層が増えて、3分の2が20代前半です。入社間もない人間に「安定供給」「保安の確保」を意識しろと言っても難しいので、常にキーワードを口に出すことで、重要な仕事であると意識付けをしています。さらに、作業手順を省いたりしていないか、チェックリストを活用しているか、厳しくチェックすることを徹底し、適切な手順で仕事が早期に身につくよう教育しています。

2. ガス供給網のメンテナンス業務改革とスケジューリングシステム

渡辺 なるほど、こうした「安定供給」と「保安の確保」といった絶対的な命題に加えて、広域にまたがる多数のガス供給施設の維持管理を、少数精鋭部隊で効率的に実施していかなければならないということですね。

市川 1都6県という広範囲で280の施設を1拠点から見えており、何をしても移動距離が長く時間的制約があり、さらに加えて今後地域拡大や施設増加が見込まれる中で、従来からのメンテナンス方式では早晚業務量がオーバーフローしてしまうことは明らかでした。何とかしなければならないという危機感を持っているところへ、富士通さんからフィールド・イノベーション(FI)^(注1)の提案を頂き、私たちの業務を分析してもらい、新しいメンテナンス方式を導き出していただきました。まさ

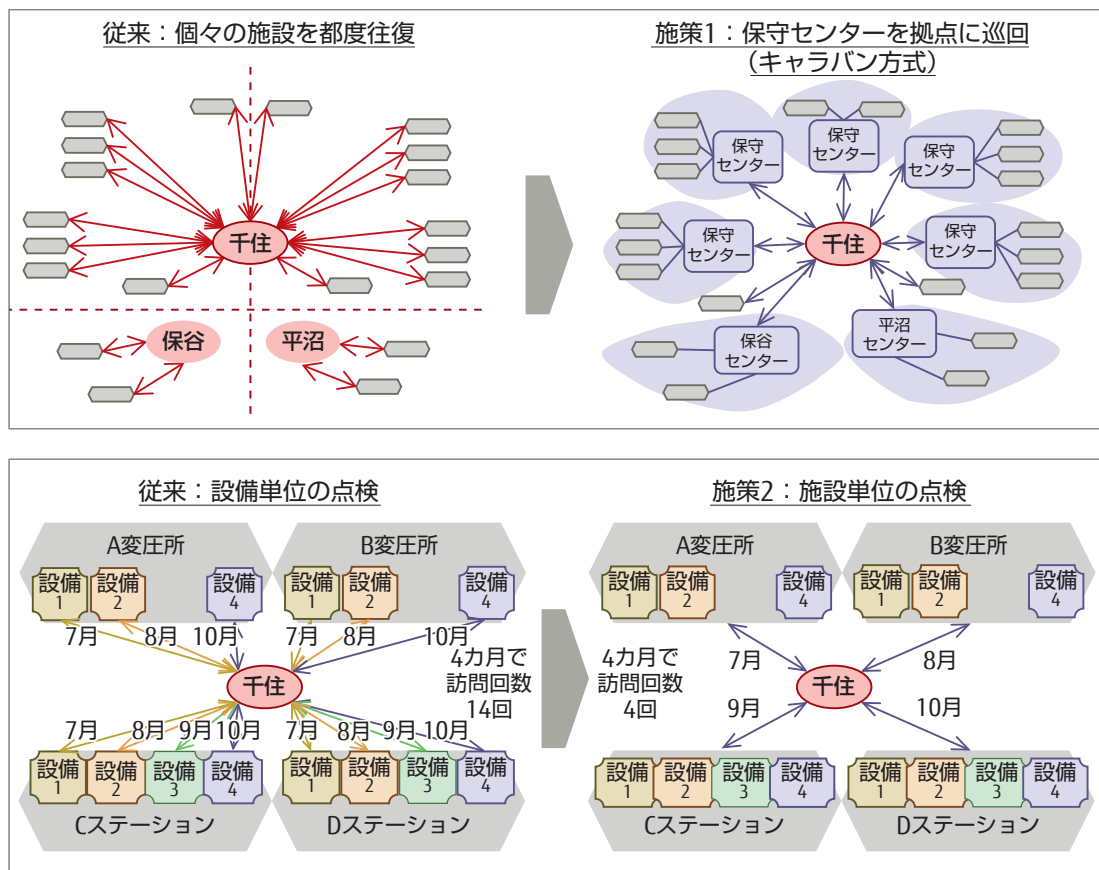
に業務改革です。そして、新しいメンテナンス方式に基づいた最適計画を自動的に算出できるスケジューリングシステムの開発を経て現在はその運用を開始したところです。

渡辺 業務改革となった新しいメンテナンス方式とは、いったいどのような内容なのでしょうか？

市川 ポイントは2つあります。

1つ目は、それまでは千住センター1か所を中心として、個々の施設を都度往復する移動スタイルでしたが、それでは今後の施設の広域化に伴って移動距離がどんどん伸びてしまうため、遠方の保守エリアに中継拠点となる保守センターを設置し、そこを拠点に巡回する移動スタイルを取り入れました。

2つ目は、設備単位の保守から施設単位の保守への変更です。それまでは、今月は電気設備、来月は計装設備



●図1 業務改革のポイント

といった具合に設備単位でのメンテナンス計画を立て、対象となる設備がある全ての施設を訪問していましたが、来月、また別の設備のメンテナンスのために同じ施設を訪問するなど、移動時間の無駄が考えられました。そこで、設備単位ではなく施設単位、つまり出向いた先の施設にある設備をいくつか同時にメンテナンスする方法に変えることにしました。

渡辺 今までやってきた業務を変えるのは容易ではなかったと思います。供給設備管理センターの業務革新を支えているスケジューリングシステムはどのようなシステムか、ご紹介いただけますか？

飯嶋 スケジューリングシステムは翌月の仕事のスケジュール、つまり、280施設のうち、あらかじめ毎月の業務が平準化されるよう計算された来月のメンテナンス対象施設を抽出し、業務に必要な知識レベルを持つチーム編成と、最も効率のよい施設巡回順序を導き出し、最適なメンテナンススケジュールを計算するシステムです。

以前は、翌月のスケジュールを人間の頭で考えるのに1人かかりきりで1週間近く要していましたが、今はシステムによって50分で結果が出てきます。システムで出た結果をそのまま使うわけではなく、実際は人手で

微調整をしていますが、それでもスケジュールを立てる時間が大幅に短縮できたのが大きなメリットです。

渡辺 計画作業が効率化して1週間から50分に短縮し、メンテナンス作業が設備ごとの周期から施設ごとになったことで実際の作業の生産性が向上したと伺いましたが、計画が前倒しでできることによって、業務をきちんとなすこと、そのための準備が余裕をもってできることもメリットですね。さて、砂土居さんはこのスケジューリングシステムの開発と提案の富士通側責任者ですが、現在のシステムの稼働状況をどう見ていますか？

砂土居 皆さんのメンテナンス業務が今までの設備単位から施設単位になって、やり方が一変しましたが、混乱なく実施されているのを見て、お役に立てているのかなと自負しています。機械設備、電気設備、計装設備と大きくまとめてお話をされていますが、実際には同じメンテナンス作業でも施設の規模や導入年代によって行うことが違ったり、レベルの高い人しかできないもの、作業にかかる時間や必要な人数等バラバラです。こういった特徴をすべて加味して最適なチーム編成を考えて計画を立てるのは、人の手では不可能だったと思っています。

渡辺 システムのカットオーバーはいつ頃でしたか？

砂土居 2015年12月の終わりです。約1年、このシステムでのスケジュールでメンテナンス業務を回していただいているところです。

3. 業務改革

—危機意識と変革プランそして最適実行解のシンクロニシティ—

渡辺 業務改革の経緯について、もう少し触れていただけますか？

飯嶋 「チャレンジ2020ビジョン」^(注2)策定が東日本大震災後の2011年11月で、それを受けてLNGバリュー



飯嶋 健 (い い じ ま た け し)

東京ガス株式会社 防災・供給部 制御設備G
供給設備管理センター 副所長

1986年に入社し、現職場の前身である、供給センターにてガス供給施設の維持管理業務に従事する。これまでに、遠隔監視システムの現場システムの設計・建設を約5年、ガスの高圧～中圧の供給調整業務を8年経験し、それらを活かした維持管理業務の実施と、後進への技能伝承を行っている。

チェーンの高度化を掲げる中、導管部門に課せられた対応が「エネルギーを安全かつ効率的安定的に供給する」ことでした。供給設備管理センターの業務に直結するところでしたが、「2020ビジョン」以降、エリアを拡大してLNGを多方面で復旧・利用していく動きが出てきて、その後どれくらい設備が増え、エリアが広がっていくか、2012年時点では明確に見えませんでした。それまでも、この広いエリアで多くの箇所のメンテナンス・維持管理業務に対応するには時間に余裕があるわけではない中、さらにエリアが広がり箇所数も増えるとなると、本当に大丈夫なのかと疑問視したのです。そういうタイミングで富士通さんからご提案があり、業務効率化に役立つ知恵をお貸しいただけるということで、業務の見直しを始めたわけです。自分たちの仕事の先行きに不透明感を抱いている時期に、「考えてみませんか」と声をかけていただいたのです。

渡辺 それが富士通からFIの提案だったのですね。このプロジェクトがどのように始まったのか、鵜飼さん、お話しいただけますか？

鵜飼 当時、「タイミングがよかった」と言われました。震災後に拡大した遠方エリアへも千住センター1か所からメンテナンスに行っていて、インタビューを行うと「無理を感じるけど、30年やってきたのだから」と、皆が今の業務のやり方に疑問を感じ、今後のさらなる広域化に不安を感じていることがわかりました。現場に立ち会って行った業務量調査からも1日で行って戻る移動時間が長いのは明白で、その後の皆で行ったワークショップでは、「移動距離を短くしたい」「やり方が違うのでは」「施設ごとによった方がいい」「1回遠方に行ったら泊まって複数設備を回ったら」「泊まっていけない就業規則なら、規則を変えるしかない」といった、業務改革に前向きな意見がたくさん出ました。我々の仕事は全員が合意したうえで進めるので、ワークショップで皆が同じカードを出した結果から、遠方の中継拠点をベースに巡回する移動スタイル、施設ごとのメンテナンススタイルという2つの業務改革をご提案したのです。そして本当に効果があるのか裏付けるために実証実験をしたところ、業務のやり方を変えることで移動距離は短縮され、施

設が広域化しても今と同じ人数で回り回ることができるとうわかったのです。問題はスケジュールを誰が作るかです。今までやり方を変えずにやってきたのは、複雑な条件を守りつつ、かつ移動時間を短縮させるような効率的なスケジューリングができないからで、システム化して欲しいとお客様から言われました。



鵜飼 丈太 (うがい じょうた)

富士通株式会社 フィールド・イノベーション本部
第六FI統括部 フィールド・イノベータ
(富士通認定フィールド・イノベータ)

1985年 富士通株式会社入社、大手金融機関向けの営業を経験。1989年よりマルチメディアビジネスの商品企画・広告・宣伝・拡販プロモーション・商談対応に従事。1994年 ベンチャー企業を立ち上げ、役員として経営に携わる。さらにSE会社の事業管理を経験後、2009年よりフィールド・イノベータとしてお客様の業務改革に取り組んでいる。

渡辺 やり方を変えて業務のイノベーションを行うということで、フィールド・イノベータから提案があったわけですが、それをまとめた結果は東京ガス様の皆さんにどう捉えられたのでしょうか？

飯嶋 当初は半信半疑であったというのが正直なところです。ですが、話を伺う中で、来年、再来年、20年先まで見渡したとき、20XX年に破たんするということを見せられてしまい、今までどおりに続けていても数年後は破たんすると気づいたわけです。これまで業務効率化というと、点検周期を伸ばそう、作業を簡便にして時間を短くしようという内容の変更、つまり「守りのメンテナンス」でしたが、今回は考え方を変えて、業務のやり方自体を大きく変える「攻めのメン

テナンス」に挑まなければ、となりました。

渡辺 当初から東京ガス様の将来に対する危機意識が高いことがあり、それに対してFIのスタディ結果、変革の提案がぴったりフィットしたということですね。

飯嶋 不透明感を各自が持ち始めたタイミングでご提案いただいたことが良かったのですね。仕事に余裕がある中で見せられても流してしまったかもしれませんが、会社として新たなビジョンが打ち出された時期であり、タイムリーな提案だったと感じています。

市川 今でも大変なのに、その先もっと交通の便の悪い所まで伸びていく、どうしようと思っていたところに、明確な数字で表されたので、皆の心に入ったのかもしれません。

4. 数理最適化技法の適用

—「業務平準化」と「移動距離最小化」を満たした スケジューリング—

渡辺 東京ガス様の危機感に対し、業務をこう変えれば何とかなりそうということが共有でき、それを実現させるシステムが必要になりました。そこで、富士通と富士通総研が参加して業務の計画、見える化、モデル化で数理最適化技法をシミュレーションし、適合性の検討から実装につながったわけですね。業務を変えるというコンセプトを受け、現実に実行可能なスケジューリングシステムの開発に携わった茂木さんから話してもらいましょう。

茂木 富士通総研はスケジューリングシステムの数理最適化の機能設計およびロジック開発を担当しました。FIを実施した直後でしたので、お客様の課題は明確で、今後供給設備が広域化しても今のままの人数で対応していきたい、そのためには業務を平準化し、移動距離を削減する必要があるということでした。この課題は、月間スケジューリングシステムを作れば解決するといった単純なものではありませんでした。数十年先まで平準化された中長期計画と年次計画、さらに、それをイ

ンプットした月間スケジュール、この3段階のロジックが必要だったのです。

まず、中長期計画、年次計画についてですが、お客様の業務が年によって、月によってばらついてしまう要因は、メンテナンス業務の点検周期にあります。設備ごとに点検周期が定められており、その周期以内に次のメンテナンスを実施しなければなりません。2か月に1回、3か月に1回といった月次レベルの周期、2年に1回、3年に1回といった年次レベルの周期、長いものでは20年に1回といった周期があります。それら周期をうまく組み合わせて、今後20年の作業を平準化しつつ、かつ、施設の訪問回数が最小になるように、月々にメンテナンス作業を割り振る問題について数理最適化技術を用いて解きました。数理最適化は、作業の平準化と施設の訪問回数最小化といった異なる目的のバランス点を見つける組み合わせ問題が得意なのです。

次に、中長期計画、年次計画によって月々に割り振られた作業に対して、移動距離を最小にする効率的な施設訪問ルートとチーム編成を決定するロジックを構築しました。施設訪問順番やチーム編成も組み合わせ最適化の問題で、ここにも数理最適化技術を用いました。この部分がスケジューリングシステムに搭載されています。



茂木 美恵子 (もき みえこ)

株式会社富士通総研 ビジネスアナリティクス事業部
チーフシニアコンサルタント

2004年 株式会社富士通総研に入社。製造業向けサプライチェーン計画システム開発やインフラ業向け非常災害時復旧計画システム開発など、数理最適化技術を用いたシミュレーションおよびシステム導入支援コンサルティング業務に従事。

【外部発表】災害時の早期復旧のための配電非常災害対応システム：復旧計画策定支援機能の開発(共著)(2011年 日本OR学会秋季研究発表会)

渡辺 開発前にシミュレーションで計画が可能であると確認したのでしょうか？

茂木 はい。開発前にシミュレーションで検証を行い、今の37人体制のまま業務継続できるという結論に至りました。また、設備ベースから施設ベースにメンテナンススタイルを変更し、数理最適化技術を用いて計画を立案することで、年間の施設訪問回数を年間約1,500回から約500回まで削減できるという効果も定量的に示せています。

渡辺 点検周期や移動時間といった様々な制約があって人手では大変なシミュレーションですが、数理最適化技術を適用してシミュレーションしても良い答えが出ないケースもあります。プロジェクトとしては運が良かった面もあるのでは？

茂木 この話を頂いたとき、特徴的な点検周期の制約条件が数理最適化技術の考え方にぴったりでしたので、目標水準を満たす実行可能計画を導き出す自信がありました。それに、中長期計画、年次計画、月間スケジュールのすべてに数理最適化技術が適合するなんてめったにありませんから、絶対解きたいという思い入れも強かったです。ロジックから考えると数理最適化は東京ガス様の課題にぴったりだったのですが、数理最適化は所詮コンピュータによる数値計算なので、時に血の通わない結果を出すこともあります。現場の方からすると受け入れ難い結果だったかもしれませんが、説得に苦労されたのではないのでしょうか。

市川 継続的なメンテナンス業務を行っている中で、あるタイミングでいきなり平準化した新しい計画に切り替えましたので、一部の作業の点検周期を前倒しすることになりました。当然、メンテナンス作業にはお金もかかるわけで、実施したばかりのメンテナンス作業もありましたから、抵抗はありました。でも、5年後、10年後を見据え、折衝も含め内部で対応してきました。

5. 現場業務で使い続けられるシステム開発 —数理最適化に血を通わせる調整—

渡辺 シミュレーションがうまくいき、システム開発も順調に進んだのでしょうか。こういう大規模な計画システムも最近注目を浴びて業務改革に入れていくチャレンジが増えていますが、当時は事例としてもあまり多くありませんでした。砂土居さんはどのようなシステムにしようという作戦だったのですか？

砂土居 皆さんの実際の業務を拝見していると、緊急対応も入るし、急に行けなくなる人もいるので、数理技術で最適化した結果をそのまま実施しようとしても、現場には受け入れられないと思いました。ですので、臨機応変に対応できるシステムを心がけました。例えば、誰がどこに行くという個人の割り当ては数理技術では出さず、結果が出た後で個人をチームに割り当てたり、その週内でどの施設に行くかは決めるけど作業の順番は現場に任せることにしたり、あとは緊急対応も調整できるようにしています。



砂土居 知子 (すなどい ともこ)

富士通株式会社 社会基盤システム事業本部
第四システム事業部

1988年 富士通株式会社入社。エネルギー業種担当SEとして、OA系、設備系、営業系システムの開発・保守に従事。

【外部発表】「ICTソリューションによる設備保全業務の効率化」(共著 都市ガスシンポジウム2016)

渡辺 「血の通わない数理最適化」に砂土居さんが血を通わせたということですね。

茂木 今回工夫したのは、様々な業務シナリオを想定して複数パターンのシミュレーションを実施し、結果を可視化し、お客様の望む結果に近づくよう比較検討いただいた点です。要件定義ですべて条件が網羅できるわけではないので、地図上に月別の訪問施設をプロットするようなシミュレーション結果をお見せしながら、雪が降る季節は北の山間地に行かない、連休は観光地に行かないといった条件を聞き出しました。また、トレードオフの関係にある「業務の平準化」と「移動距離の最小化」のバランスを決定していただく時も、平準化重視バージョンと距離重視バージョン、その2つのバランスバージョンをシミュレーションし、定量的な数値で結果の違いを説明しました。

渡辺 距離重視か平準化重視かというのはパラメータで随時変更できるのですか？

茂木 はい。継続的に使えるシステムを目指し、パラメータ化できる部分はできるだけパラメータにしようと、砂土居さんと相談しながら機能決定していきました。最適化の出す結果が意図と合わなくなってきたら、パラメータを調整することで対応できます。作業員人数や施設数、設備の作業自体もパラメータになっているので、それを増やしていただければ、今後さらに施設が増えたときにも使っていただけます。

渡辺 そのあたりの仕様は、血が通うようにかなり練り込んだんですね？

茂木 これまでに、様々な業種・業務の計画系システムに数理最適化を適用してきましたから、数理最適化がどうしても血が通わない結果になりがちなのは予想できていました。そこをカバーできるシステムの機能を砂土居さんと話し合い、富士通サイドから「こういう調整機能があるべき」というご提案をさせていただきました。

砂土居 一番心配だったのが、最適化で出た結果とその調整結果で、果たして業務を回していけるかということです。机上では「この週こういうチームでこれだけ

の作業を」と出ますが、そのとおりに皆さんが動けるのか心配でした。今それに従って業務を回していただいていると知り、ホッとしているところです。

渡辺 一般のシステム開発では、システムの納品には責任を負うけど、業務効率化の目標が達成できるかどうかは契約上はコミットしないというスタイルだと思います。今回はその目標達成をシステムが担保しなければならなかったわけで、プロジェクトリーダーとしてはその点の苦労があったのではないですか？

砂土居 そうですね。「こういうシステムを作って欲しい」という機能要件を頂いたというより、一言でいえば「業務改革がやりたい」というのがリクエストでしたから。でも、今回はその業務改革のシナリオが、背景を含めFIフェーズからお客様内部も富士通サイドも全員で共有できていたので、お客様の期待には必ず応えられると考えていました。

渡辺 普通は機能要件が定義され、これを作ろうという合意で開発しますが、共通認識は機能要件よりむしろ業務目標を達成できるシステムを作るということだったのですね。

砂土居 システム開発では、要件定義で伺ったものが設計になると「やっぱりこうしたい」ですとか、設計したら「仕様変更したい」といったことが多々ありますが、今回はそういった変更がほとんどありませんでした。それは目標がシンプルで「平準化」と「効率化」だけに絞っていったからだと思います。組織として目指す目標が明確で芯が通っているので、今後も大きく変わることはないと思っています。ただ、要件定義時の想定より施設増設が急速で、この対応は必要となってきます。

市川 個別の機能というより最終目的を達成するためにシステム開発してくださいと、開発に当たり、やり方に対して機能を指示しなかったのが、行ったり来たりがなかったのではないかと思います。

渡辺 今はうまく使われているのでしょうか？

飯嶋 システムを100%使いきれているとは正直言えません。というのは、今システムを使っているのが従来スケジュールを作っていた人間で、今回のシステム開発にあまり参加しておりませんでした。そこへシステムが出来上がったからといって渡しても、彼らの頭にあるパラメータとシステムにあるパラメータは一致していないので、疑問を感じながら触っているのが現状だと思います。その一方で実際にこのシステムで組まれたスケジュールで現場を動かしている現状があるので、近いうちにシステムの有効性に気づき、より積極的な利用が行われるものと思っています。

渡辺 今の計画システムがメンテナンスのスケジュールを作るところは、飯嶋さんから合格点を頂いているようですが、市川所長の目からご覧になっていかがですか？



渡辺 南 (わたなべ みなみ)

株式会社富士通総研 執行役員
ビジネスアナリティクス事業部長*

1979年 富士通株式会社入社。1988年 株式会社富士通総研へ
出向。流通ビジネス分野コンサルタント、ビジネスサイエンス
分野コンサルタントを経て現在に至る。

【著書】「差延の戦略」(共著 富士通ブックス 1995年)、「流通ネット
ワーキング革命」(共著 富士通ブックス 1996年)、「リレーショ
ン・プロセス・マネジメント」(共著 ダイアモンド社 2000年)

市川 前年度はトライアルで、本格的に使い始めたこの1年ではまだ評価まで結びついていませんが、まずは1年間回っていたなと感じています。特にキャラバンで回った所はすでに実施して効果が見えているので、及第点は超えていると言えます。もっと活用すると効率的に余裕をもった業務ができるかと思うので、担

当者が使いこなせるかが今後の課題です。あとはチームとして業務に当たっており、若い人が多く、教育を兼ねてメンテナンスに行くことがありますので、そういった点を加味しながら、うまくシステムを活用できると良いですね。

6. 今後の展望

—スリムでパワフルな事業者を目指して—

渡辺 スケジュールリングシステムの導入によって、業務拡大に対応できる体制が整ったお話を伺いました。最後に、今後の供給設備管理センターの抱負についてお伺いしたいと思います。

市川 まず1つ目は、スケジュールリングシステム運用を軌道に乗せて、来年開通する施設、その先の工事着手している施設、そういったものの維持管理が入ってきたときに大丈夫が再検証しつつ、施設拡大・業務拡大に対応していくということです。

2つ目は、今回の計画範囲はメンテナンス、定期点検業務でしたが、設備更新作業など他業務も含めた業務計画最適化が将来的にできると、業務全体の効率化が期待できます。更新工事の担当者はその現場以外の現場の維持管理も担当しており、両方の業務負荷がかかっているのが現状です。平準化を目指して、例えば更新工事をしている現場の定期点検は工事立会者が対応して、他の場所の維持管理を他の担当者が対応するというような対応で負荷の軽減が図れると思います。

3つ目ですが、最近の社長の発言の中でも「スリムでパワフルな導管事業者を目指す」と宣言しています。管理場所が増えて動線的にも伸びていきます。そうした中では業務の品質や効率化はもちろんですが、加えて人のマネジメントや業務サポートの高度化が大切な課題と考えています。

渡辺 ガス供給網が今後さらに拡大していくというのが事業の前提なわけですね。

市川 社会インフラとしての輸送網ということで、輸送導管は整備しなければいけないというのが国の政策

でもあるので、我々がメンテナンスする施設が増えていくことが見えています。また、お客様が新たに増えれば、その設備の作業が10分で済んだものが1日かかる設備に変わったりしますので、数が増えなくても行う内容が濃くなります。そういったところを織り込んでいくと、もう1回業務を見直す時期が来るかもしれません。人を見る立場としては、キャラバンで行ったままの人たちとセンターとのつながりが希薄になるので、そういったところをどうカバーしていくかも今後の課題ですね。

飯嶋 これから施設が増えれば仕事が増えるといったパラメータを変える部分は、ユーザーが調整できるシステムを作っていたので、そこは私が担当させていただいています。要件定義ではその辺はあまり多くないと見込んでいたようですが、今年度すでに20か所くらい発生してしまったので、見込み違いな点があります。ですが、ユーザー側で対応可能な作りとなっているので、粛々と進めていきます。そのような運用面の改善として、私以外でも触れる人間を増やしていかなければならないし、システムのメンテナンスをするためのインタフェースを追加する等、考えていかなければいけないと思います。現場の維持管理をしている部署がこういったシステムを作るケースは珍しいので、富士通さんが私たちから意見を吸い上げるのにご苦労されたのではと思います。非常に熱心に取り組んでいただいたことで、今回システムが機能しているということに感謝しています。このスケジューリングシステムは1回適用してしまうと、止めるとか他のものに変えるといったことが難しい、使い続けていかなければならないシステムなので、今後とも富士通さんにご協力いただきながら、メンテナンスして使えるシステムを継続していきたいと思っています。

渡辺 今年4月にはガス小売自由化がスタートするということで、東京ガス様のビジネス環境も大きく変化していくと予想されます。そうした中、ガス供給インフラ、社会基盤として一層重要性が増していくと思います。これらの敷設や維持管理の安心安全という点から、サービスレベルの向上という点から、ますます高度化が必要だろうと思います。本日はありがとうございました。

東京ガスグループについて

東京ガスグループ^(注3)は1885年創立以来、首都圏を中心に都市ガス供給を通じてお客様の豊かな暮らしや社会の発展を支えてきました。1969年に日本で初めてLNGを導入し、天然ガスのトップランナーという立場でLNGのバリューチェーン確立・強化、天然ガスの普及・拡大に努め、国内外から評価を受けています。2020年に向かいLNGのバリューチェーン高度化を図り、日本のエネルギーセキュリティの向上とエネルギーコストの低減、エネルギーシステムの革新に貢献し、東京ガスグループの持続的な成長・発展を目指します。昨年4月に電力小売自由化が開始し、今年4月にガスの全面自由化が予定されている時代の変革期に当たり、一昨年10月に東京ガスの目指す姿として新しいコーポレートメッセージ「あなたとずっと、今日よりもっと」を策定しました。日本のエネルギー業界が変わる中、東京ガスは電力販売など時代のニーズに応じて社会の発展に貢献すべく、グループの総力を挙げてスピード感を持って大胆に挑戦していこうと宣言しています。一方、130年にわたって大切にしてきた安心・安全・信頼というブランド価値を礎に、お客様の安心・安全を確保し、一層信頼いただけるよう努めていくと発表しています。現在、従業員は東京ガス単体で約8,000人、グループ全体で17,000人という体制で、供給エリアは1都6県1,100万軒超、約6万キロのガス導管でガスを供給しています。

(東京ガス株式会社 防災・供給部
市川供給設備管理センター所長 談)

(注1) フィールド・イノベーション (FI)：お客様ともにビジネス課題を可視化し、ICTだけでなく仕事のやり方やスキル、業務プロセスを含めて改革を推進する活動。

<http://www.fujitsu.com/jp/about/businesspolicy/fieldinnovation/>

(注2) 東京ガス チャレンジ2020ビジョン

<http://www.tokyo-gas.co.jp/Annai/plan/>

(注3) 東京ガス株式会社様HP

<http://www.tokyo-gas.co.jp/>

* 渡辺執行役は2017年3月31日付けで退任。

あしたを創るキーワード

AIの登場によってさらに発展する最適化技術

株式会社富士通総研
ビジネスアナリティクスグループ
プリンシパルコンサルタント
山根 審治

最適化技術は過去数十年間に理論とITの進歩とともに活用範囲を広げている。従来であれば実現しなかった複雑かつ大規模な問題も解くことが可能になってきた。この技術の適用の従来アプローチは、技術に知見のあるエンジニアが問題の定義とモデリングを行い、システム上で実装して結果を算出するものである。ここにきて、近年注目を集めているAI技術、特にDeep Learning^(注1)等を活用して、判断の観点をシステムが自動で作成することにより、従来より適切かつ高度な解を算出することを目指すようになってきている。我々に対するニーズも、人の判断・感性に自動でより近づくことに変わってきており、最適化技術とDeep Learningの組み合わせを行うなどの取り組みを始めている。ここでは、この傾向について概説し、最適化の今後について述べる。

■ 執筆者プロフィール



山根 審治 (やまね しんじ)

株式会社富士通総研 ビジネスアナリティクスグループ プリンシパルコンサルタント

1990年 富士通株式会社入社、株式会社富士通総研へ出向。遺伝的アルゴリズムを応用した配送計画、数理モデルを活用した輸送経路改善など、最適化に関するモデリングとシステム開発、コンサルティング業務に従事。また、物流効率化・環境関係の政策支援調査事業等にも携わる。

1. 最適化技術と問題解決アプローチ

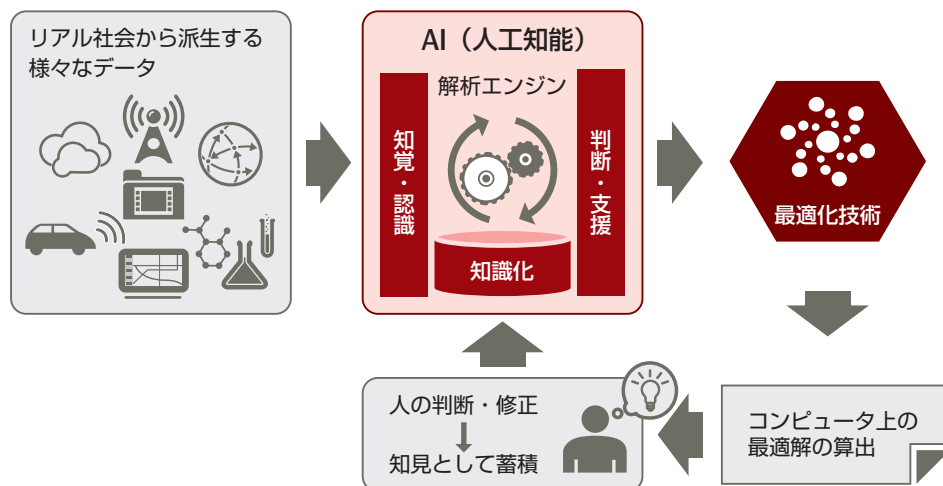
最適化技術は、制約条件がある中で目的関数を最大化または最小化する技術である。例えば、物流の輸送計画では、限られたトラック台数と時間の中で、最短距離・最短時間で輸送することを目的としてルートを作成することに活用される。人が意思決定する際も同様の考え方を行うが、システムでは人が扱えない膨大なデータ量と計算力を活用して解を算出する。近年、実社会では大規模最適化問題を解決する必要性が高まり、大規模な生産・物流最適化問題や、地震・台風などの災害に備えるための防災計画の策定等に活用されている。そして数理計画法や遺伝的アルゴリズム等のメタヒューリスティクスなどの個々の技術の発展とともに、複数の解法を組み合わせる方法が考案・実用化されている。

最近特筆すべきは、「手法中心のアプローチ」から「データ起点の問題解決型のアプローチ」に変わってきた点である。実データを解析し、問題点・ボトルネックを見つけたうえで、解決する方法を設計するのである。我々コンサルタントは、このようなアプローチを採ることにより条件を網羅的に把握し、ボトルネックを理解し

たうえで、最適化技術に取り込む条件を抽出し、優先度を決定して解を算出してきた。

2. 最適化技術適用の課題をフォローするAI技術の活用

昨年、Deep Learning技術を用いたアルファ碁がプロ棋士を破ったことから、AI技術の活用が叫ばれるようになった。AIは人の知的な処理をコンピュータで行う技術であり、最適化技術も前述のとおり、人の意思決定に代わるものであって、AIの1要素である。ただし、現在求められているのは、Deep Learningが行うように機械が自律的にデータから知識のアルゴリズムを学ぶことである。従来の最適化技術の適用には、コンピュータが処理できるように人間が条件と目的項目を決定した後解を算出し、その後の調整も行うPDCAサイクルが必要であるという課題があった。技術の適用には相応の知識と経験が必要なため作業に時間を要し、また、実務は複雑で100%の条件をコンピュータに与えることはできないため、算出された解を手直しして実務に適用する必要があった。しかし、ビジネススピードが速まり、企業としての「意思決定」に複雑な要因が絡み合



●図 AI活用による最適化技術適用

う中、より迅速に変化に対応するための革新が求められている現在、それでは追いつかない。

上記課題を解決するため、我々は従来の最適化技術の活用プロセスの見直しと、人が手直しの際に行っていた意思決定を自動的に取り込み、より高度な解を算出することに取り組み始めている。1つ目は、データ起点の問題解決アプローチにAIを活用することである。データから様々な傾向や特徴を自動で抽出し、問題を解くうえでのボトルネックを自動検出して、最適化の条件とする試みである。2つ目は、最適化技術により算出された解を人が評価し修正を行うが、その知見をデータ化し、次の解を求める際のインプットとすることである。このサイクルをうまく回すことができれば、当初データとしてなかった判断基準が加わり、より実務で求められる解に近づくはずである。

このサイクルを実現するために、最適化技術に従来の統計・予測等の技術とDeep Learning等の最新技術を組み合わせ、より速く高精度な解を提供することを目指し、実用化に取り組んでいる。実務問題は複雑で、AIと一言で言っても活用領域は様々に異なる。問題や目的によって考慮すべきことは無数にあるため、対象領域を定めて1つ1つ実現方法を検討し、実務解を算出するモデルを作成することが必要である。

3. 今後の展望

現在のAI技術は人の判断を完全に代替することはできず、上記サイクルを実現するためには地道な取り組みが必要である。しかしながら、2010年以降のビッグデータ・IoTといったムーブメントと人の意思決定を支援し超える技術の出現により、知的処理の高度化は今後ますます発展することは間違いない。従来のITの活用方法が高度化するとともに、従来、コンサルタントやエンジニアが担っていた分析やシステム構築といった役割も、ビジョン策定など、より戦略的な視点で顧客の変革を支援する役割へと大きく変化するであろう。

(注1) Deep Learning：ニューラルネットワークをベースとした手法であり、ニューラルネットワークは人間の脳の神経回路の仕組みを疑似したモデルである。学習の基になるデータからコンピュータが自動的に特徴を抽出してくれる点が従来の技術との大きな違いである。



ケーススタディ 1

異業種共同輸配送促進に向けたマッチングの仕組み構築 —さらなるCO₂排出量削減を目指して—

我が国の物流分野におけるCO₂排出削減量は、平成24年度は基準年(平成2年度)比で20.1%の大幅な削減が達成できたものの、物流分野におけるCO₂排出の大半を占めるトラックについては、積載率が低下傾向にあり、今後一層CO₂削減のための改善を図ることが急務となっている。

そのような中、まだ十分に浸透していない異業種企業間の共同輸配送に着目し、様々な業種の荷主企業と様々な品目を取り扱う物流事業者の共同輸配送を促進すべく、マッチングシステムを新たに開発・構築し、実証実験を通じて、あるべきマッチングシステムの姿を検証した。^(注1)

■ 執筆者プロフィール



沖原 由幸 (おきはら よしゆき)

株式会社富士通総研 ビジネスアナリティクスグループ プリンシパルコンサルタント

総合電機メーカー物流子会社での物流業務を経て、2004年 富士通株式会社入社、2007年 株式会社富士通総研へ出向。戦略立案から業務改革までロジスティクス全般に関わるコンサルティング業務に従事。また近年は、人材育成に関わるコンサルティングも実施。



山根 審治 (やまね しんじ)

株式会社富士通総研 ビジネスアナリティクスグループ プリンシパルコンサルタント

1990年 富士通株式会社入社、株式会社富士通総研へ出向。遺伝的アルゴリズムを応用した配送計画、数理モデルを活用した輸送経路改善など、最適化に関するモデリングとシステム開発、コンサルティング業務に従事。また、物流効率化・環境関係の政策支援調査事業等にも携わる。

1. 課題

異業種共同輸配送実現の障壁

同業種における共同輸配送の事例は多く存在する。例えば、2015年に報道された味の素をはじめとする大手食品メーカー6社の共同輸配送は記憶に新しく、また電機業界においても電機メーカー間の共同輸配送は以前から展開されている。共同輸配送は、各々の輸配送の非効率部分を吸収することで、積載率向上による物流コスト低減、さらにはCO₂削減につながる有用な施策として着目されているのである。

しかし一方で、異業種企業間の共同輸配送の事例はあまり存在しない。その実現に向けた障壁として、次の2点が挙げられる。

- (1) そもそも異業種の企業間で交流し、出会う場が存在しない。
- (2) 異業種の荷主企業が共同輸配送に関するニーズ情報を共有し、そのマッチングを支援する仕組みが存在しない。

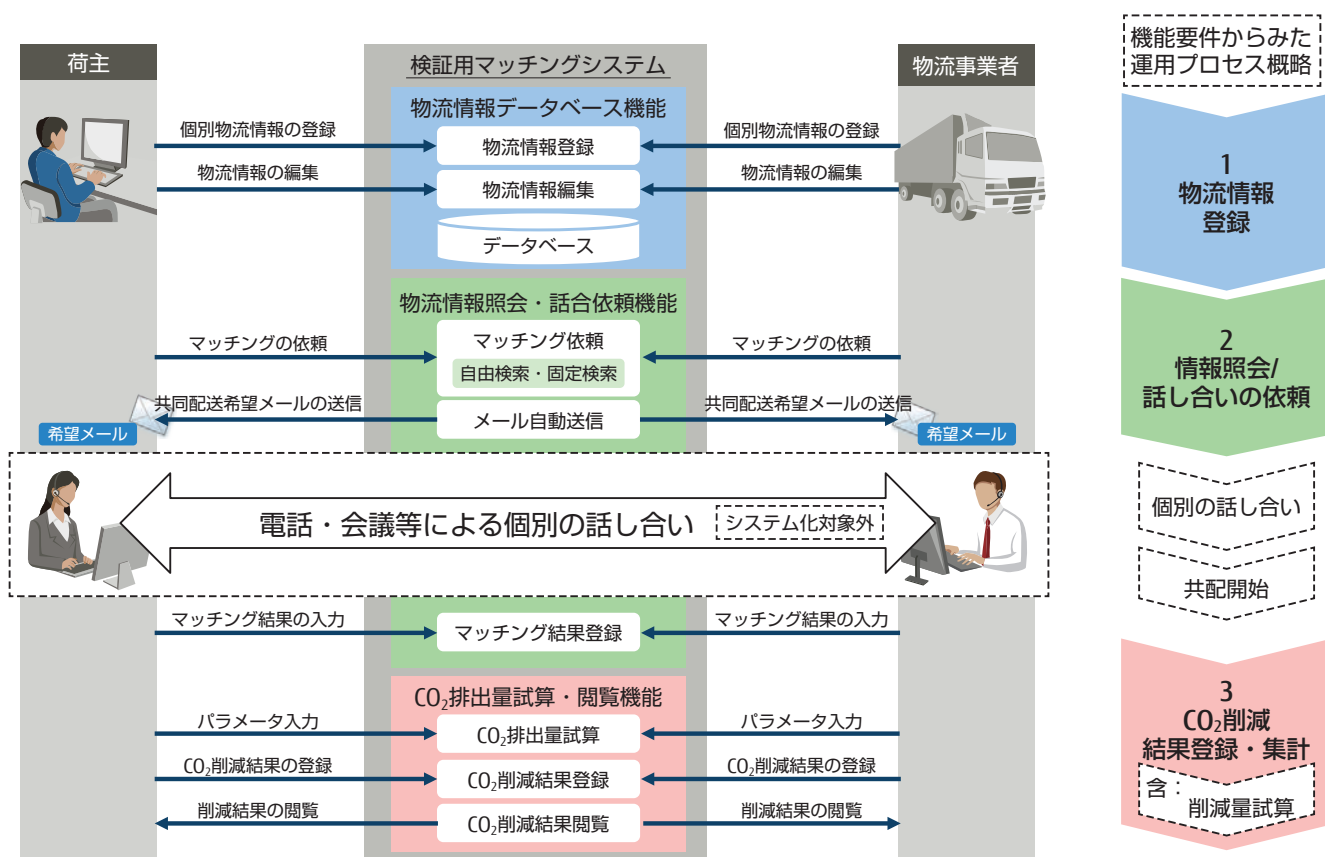
を共有し、そのマッチングを支援する仕組みが存在しない。

2. 展開施策

異業種企業間の「出会いの場」と「共同輸配送のニーズ情報」を提供するマッチングシステムを新たに開発し、前項で述べた障壁の解決に向けた有用性を検証する実証実験を行った。実証実験は、平成26年度より2か年にわたり実施している。

(1) マッチングシステムの概要

マッチングシステムの目的は、様々な業種の企業が貨物や車両に関する共同輸配送のニーズ情報を登録・照会することにより、今まで出会うことができなかった企業が出会い、共同輸配送検討につなげることである(図表1)。このシステムは、既存の求貨求荷システムが対象としている「物流事業者同士」や「物流事業者と荷



●図表1 マッチングシステムの概要



●図表2 マッチングシステムの画面(抜粋)



【貨物に関する共同輸配送のニーズ情報項目】

- ①貨物品目
- ②貨物量/回
- ③温度帯（常温・冷蔵・冷凍）
- ④臭い（あり・なし・その他）
- ⑤汚れ（あり・なし・その他）

【車両に関する共同輸配送のニーズ情報項目】

- ⑥温度帯（常温・冷蔵・冷凍）
- ⑦臭い（臭い積載可・不可・要調整）
- ⑧汚れ（汚れ積載可・不可・要調整）
- ⑨空き重量
- ⑩空き積率

●図表3 共同輸配送のニーズ情報項目

（ 方 式 ）

（ 内 容 ）

①	掲示板型	車両/または貨物を探している企業が、掲示板に登録されている情報の中から自身で探し出すタイプ。
②	自動マッチング型	車両情報と貨物情報を完全自動でマッチング。
③	運営スタッフ型	車両情報と貨物情報をコーディネーターがマッチング。

●図表4 マッチング支援の方式

主企業」に限らず、「荷主企業同士」の出会いも対象としている。つまりマッチングシステムそのものが幅広い「出会いの場」を提供しており、特定の組み合わせに限定した仕組みではない。（図表2）

また、出会いの活性化は、マッチングシステムに登録する共同輸配送のニーズ情報項目と、マッチング支援の方法に大きく依存する。

マッチングシステムに登録する共同輸配送のニーズ情報項目は、無駄な出会いを生じさせず、かつ出会いの可能性を抑制させない項目を総合的に判断して10項目に絞り込み、実証実験に臨んだ。（図表3）

マッチング支援の方式には3つの方式がある（図表4）。今回の実証実験は、異業種企業間の共同輸配送に挑む前例の少ない取り組みであることから、まずは方式①の「掲示板型」にて異業種企業間の共同輸配送検討の条件を洗い出し、その結果を踏まえて自動マッチングの可能性を検証することとした。なお、自動マッチングはマッチングロジック設計に高度なスキルを要するが、物流業界でニーズの高い方式として認識されている。

(2) 実証実験の概要

マッチングシステムを活用した実証実験は平成26年度より2か年にわたり実施した。以下、平成27年度の実

証実験について紹介する。

■実証実験実施期間

平成27年11月9日(月)から平成28年2月12日(金)
までの3か月

■実証実験参加企業

荷主企業：20社

※業種内訳は、食料工業品やゴム製品・塗料製造
等(図表5)

物流事業者：23社

※全国展開している大手物流事業者から地域密着
型等まで

■実証実験結果

登録情報件数：169件

(貨物情報は136件、車両情報は33件)

共同輸配送に向け検討した組数：17組

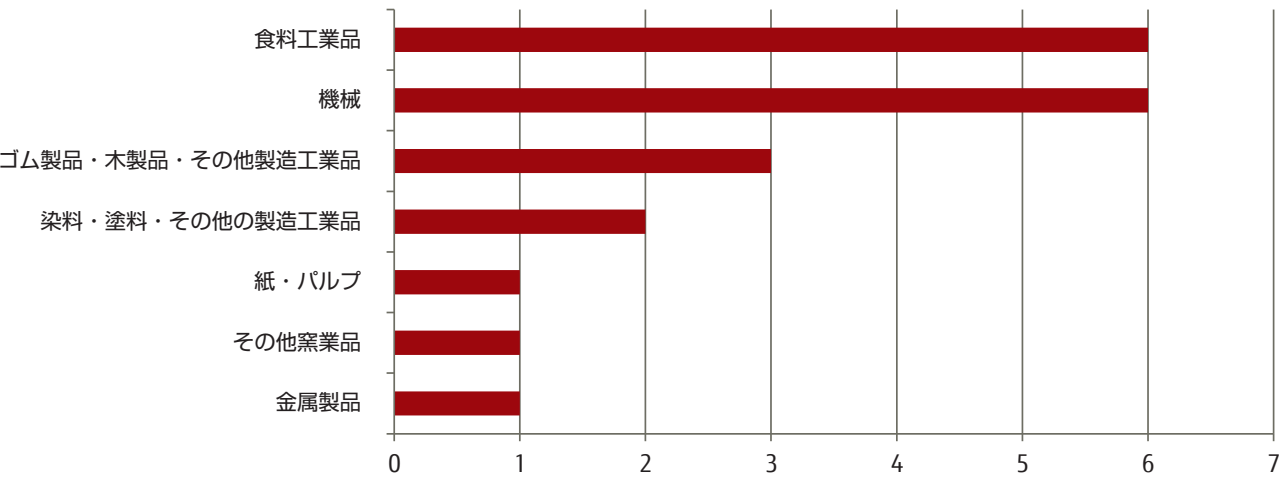
(うち7組が実験期間中に共同輸配送開始)

3. 成果

異業種企業間の出会いの場

図表6は、参加企業種別に、登録情報の参照(含：直
コンタクト)回数を整理した表である。「物流事業者同士」
「物流事業者と荷主企業」に限らず、「荷主企業同士」の参
照回数も多く、出会いの場としてマッチングシステム
が有用であったことが分かる。

なお実証実験時に出会った企業で、現在もその関係
を継続・拡充している事例もある。今後は実証実験の
枠組みにとどまらず、ビジネスベースで異業種企業間
の共同輸配送を牽引する組織の発掘が必要である。本
件については、現在、国土交通省が窓口となり、組織
発掘に向け、貨物運送事業者や専門卸等からの問い合
わせに対応しているところである。



●図表5 荷主企業の業種構成

		参照した企業	
		荷主	物流事業者
参照された企業	荷主	68	215
	物流事業者	48	69

●図表6 マッチングシステムの登録情報を参照した回数

マッチングシステムの要件 ―共同輸配送のニーズ情報―

マッチングシステムに登録する共同輸配送のニーズ情報項目については、図表3に示す10項目で実証実験に臨んだものの、実証実験後に参加企業へヒアリングした結果、車両特性や納入条件、さらに商品強度に関する情報も追加する必要があるとの意見が出た。必要な情報項目は、業種構成により異なってくることも想定されるが、共同輸配送検討に向けた重要要件として考えられる。

なお、参加いただいた全企業より、現状のマッチングシステムが共同輸配送実現に有用であるとの意見も頂いた。

4. 今後の取り組み

本事例では、これまで業務ルールや条件が合わない
と敬遠されていた「異業種共配」というテーマに対し、
解決策を検討した。実務で活用できる解を得るためには、
愚直な業務課題の抽出と整理、そしてボトルネック解
消や効率化のためのIT活用が不可欠である。このような
取り組みが広がり、マッチングの規模が広がれば、企
業や車両・貨物のマッチングを自動で行うことが必要
になり、最適化技術の活用が求められる。

このように輸送サービスの高度化とドライバー不足
の深刻化という二律背反の状況が進行する中、これま
での既成概念を超える条件の下で、最適化への期待が
強まっている。その期待に応えられるように広い視点
での業務コンサルティングと技術適用に取り組んでい
きたい。

(注1) 物流分野におけるCO₂削減ポテンシャル等に関する調査業務：
環境省・国土交通省連携の物流分野におけるさらなるCO₂削
減に向け、その可能性を検証する業務であり、平成25年度か
ら3か年にわたり実施された。富士通総研は、平成26年度・
27年度に2か年にわたり、実証実験を通じて可能性を検証。

ケーススタディ 2

最適化技術を活用した物流戦略における 意思決定支援 —物流拠点の立地の見直し—

株式会社富士通総研
ビジネスアナリティクスグループ
チーフシニアコンサルタント
太田 崇

富士通総研では物流分野において最適化技術を活用した意思決定支援コンサルティングを数多く実施している。最適化技術を活用することにより大規模な施策においても定量的な評価が可能であり、施策の効果や複数の施策の優劣を明確にし、意思決定にかかる時間を短縮することができる。本稿では、輸配送全体を俯瞰した施策の1つである「物流拠点立地の見直し」に最適化技術を活用した意思決定支援コンサルティングについて述べる。

■ 執筆者プロフィール



太田 崇（おおた たかし）

株式会社富士通総研 ビジネスアナリティクスグループ チーフシニアコンサルタント

2001年 富士通株式会社入社、株式会社富士通総研へ出向。主に、物流分野や環境分野において、最適化技術を活用したコンサルティング、システム化支援、技術教授などに従事。

1. 輸配送全体を俯瞰する大規模施策の 定量的評価が物流コスト削減の課題

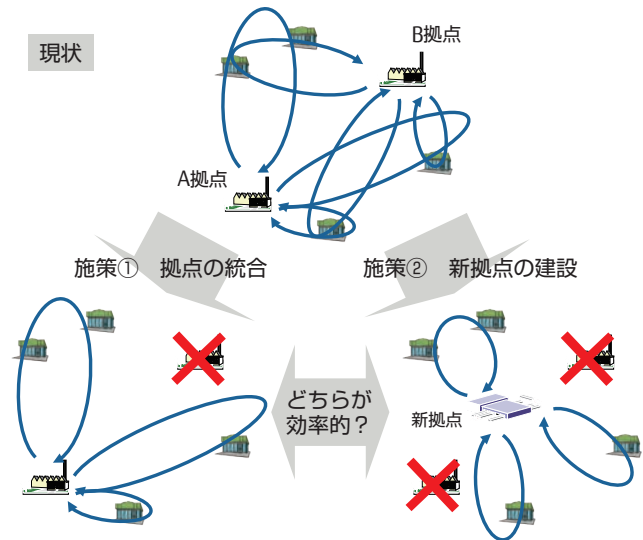
物流コストは販売費や一般管理費の大きな割合を占めており、その削減は企業の最重要課題の1つとなっている。中でも輸配送にかかるコストは物流コストの50～60%を占めており、その注目度は高い。また、企業の合併や買収が増加する昨今、合併や買収後の物流網の見直しは非常に大きな課題であり、輸配送全体を俯瞰したドラスティックな改善が必要となる。しかし、輸配送全体を俯瞰する大規模な施策については、その効果を定量的に評価できず、実施を判断しきれないのが現実である。

富士通総研では、物流分野において最適化技術を活用した意思決定支援コンサルティングを数多く実施している。高度な最適化技術を活用して算出された定量的評価は、輸配送における意思決定の絶対的な根拠となるものである。また、定量的な評価により、施策の効果や複数の施策の優劣が明確になるため、意思決定にかかる時間を大幅に短縮することが可能となる。

2. 物流拠点の立地見直し 施策の意思決定支援に最適化技術を活用

輸配送全体を俯瞰し、戦略的に解決するための施策として、物流拠点の立地の見直しが挙げられる。例えば、倉庫の利用率や車両の積載率の改善には、倉庫や物流センターの統廃合が有効である。ただし、物流拠点の統廃合にも様々な施策があり、**図1**のように物流拠点を2か所から1か所にする場合でも、どちらかの拠点を廃止すべきか、両方の拠点を廃止して新たに拠点を建設すべきか、最も効果的な施策を判断する必要がある。

物流拠点の立地を見直して物流拠点を適切な位置に建設することにより、物流の効率化が図れ、輸配送コストや輸配送にかかる距離を削減できる。そのため、物流拠点の見直しは多くの企業にとって重要な経営課題となっているが、定量的に分析・評価する方法は確



●図1 物流拠点の統廃合の施策

立されておらず、大半は定量的な根拠を持った意思決定がなされていないのが現実である。

例えば、複数の物流拠点を統合して新規に物流拠点を建設する場合は、まず候補地（地域）を列挙し、その中から適切な建設場所を決定する。そして、輸配送や現場オペレーションに関する実地検証を行うのが一般的な手順である。物流拠点の建設場所の選定には、輸配送コスト、必要在庫量、キャパシティ、オペレーションの実行性などを考慮する必要がある。しかし、実際にはこれらの厳密な試算ができず、無駄に広い敷地の確保や、必要以上に都心に近く地価の高い場所の選定が行われている。物流拠点の見直し施策を評価する際に最も重要なことが、輸配送に関する評価である。在庫量やキャパシティなどは輸配送ネットワークが決定することで初めて試算が可能となるものであり、輸配送ネットワークの設計が疎漏であれば、その後の試算はすべて不正確なものになってしまうからである。しかし、輸配送に関する評価は様々なパターンを比較評価する必要があり、厳密な評価が困難である。

このような現状を踏まえて、富士通総研が提供する物流拠点見直しに関する意思決定支援コンサルティングでは、特に輸配送に関する評価に注力しており、複数の拠点候補地、多数の輸配送ネットワークシナリオ

に対して最適化技術を活用し、より厳密な数値評価を行っている。

3. 最適化技術を活用した 数値シミュレーションの内容

物流拠点の立地見直しにおける数値シミュレーションは、物流拠点の立地シミュレーションと配送ルートシミュレーションを組み合わせることで、さらに具体的なシミュレーション結果を提供している。

物流拠点の立地シミュレーションは、配送先の分布状況と需要量などから効率的な物流拠点の建設数とその位置、さらに各拠点の担当エリアを求めるものである。現場担当者の経験や勘、または条件や情報量を絞った簡易的な計算によるものとは違い、厳密なシミュレーシ

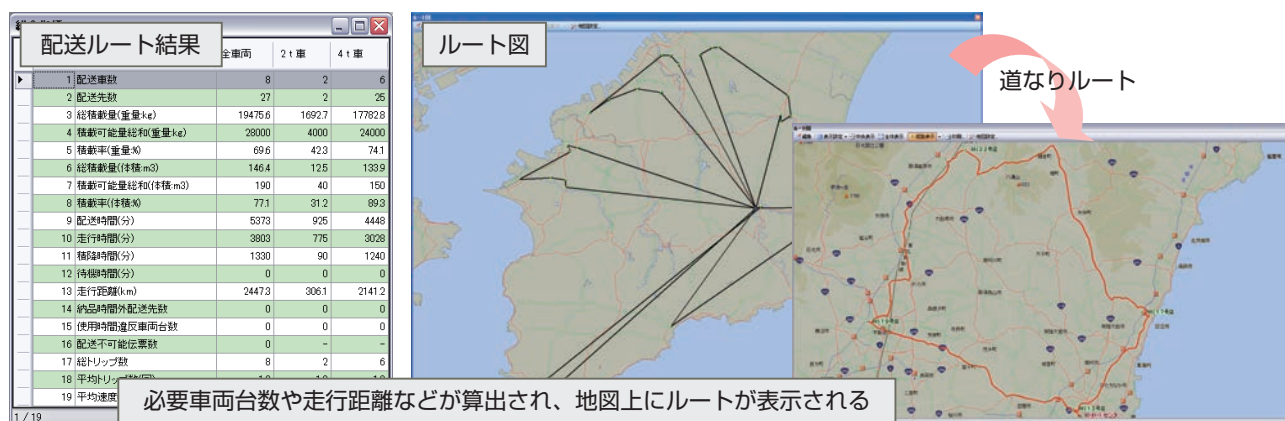
ョンを行うことにより信頼性の高い数値結果を提供できる。配送ルートシミュレーションとは、物流拠点から複数の車両が複数の配送先を巡回して荷物の配送などを行う際に、どの車両がどの配送先をどういう順番で巡回すれば効率的かを求めるものである。これらのシミュレーションを組み合わせることで、物流拠点の立地シナリオに対する配送車両の必要台数などを算出することができ、日々の運用までを含めた、より具体的なシミュレーション結果を得られる。また、これらのシミュレーション結果は数値だけでなく、地図上に表現することも可能であり、「見える化」による視覚的理解も容易なため、お客様の意思決定に貢献できる。

物流拠点の立地シミュレーションと配送ルートシミュレーションの結果イメージを図2、図3に示す。

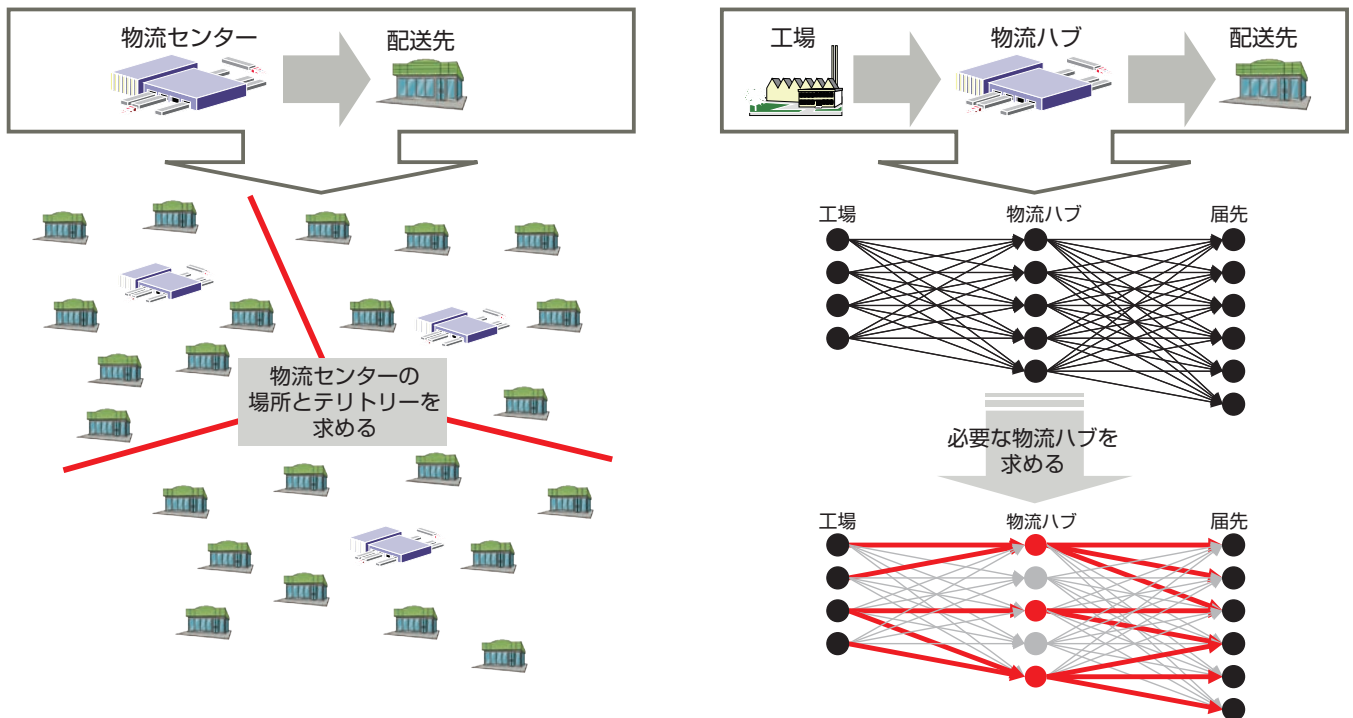
拠点立地シミュレーションでは、物流センターや物



●図2 物流拠点の立地シミュレーションの結果イメージ



●図3 配送ルートシミュレーションの結果イメージ



●図4 拠点の効率的な建設位置をシミュレーション

流ハブなどの拠点の効率的な建設位置をシミュレーションする(図4)。単純に物流センターから配送先に荷物を配送する場合の物流センターの立地や、工場から物流ハブを経由して配送先に荷物を運ぶ場合における物流ハブの立地シミュレーションなど、様々な物流形態に対応することが可能である。この問題を解決するためには、物流拠点の固定費、物流拠点のキャパシティ、配送先の需要量、物流拠点と配送先間の道なり移動距離、輸送にかかる変動費などを考慮する必要がある。これらすべての条件を考慮して膨大な量のパターンを評価することは、人間の手計算では非常に困難である。

配送ルートシミュレーションでは地域内の効率的な配送ルートをシミュレーションする。配送だけでなく集荷(ミルクラン)や集荷先から配送先への移送といったモデルをシミュレーションすることも可能である。この問題では、車両の最大積載量、荷量、指定配送時間、配送先間の道なり移動距離・移動時間、荷物の積降作業の時間などを考慮する必要がある。車両数や配送先数が増えると、その組み合わせ数は爆発的に増加し、

こちらも人間の力では答えを算出することは非常に困難である。

富士通総研では、このような組み合わせ最適化問題に対してメタヒューリスティック解法という最適化技術を用いることで効率的に問題を解決している。メタヒューリスティック解法とは、膨大な量の組み合わせパターンから効果的な組み合わせを効率よく見つけ出すための代表的な手法である。

4. 最適化技術を活用した 数値シミュレーションによる効果

あるお客様の事例では、企業の合併後、それぞれの物流拠点から配送を行う担当エリアの見直しシミュレーションを行った結果、車両台数を11%削減できることが分かった。また、別のお客様の事例では、仕分け作業を行うための物流ハブを外部に設けるべきかどうかの経営課題に取り組んだ際に、既存の物流拠点を活用し、さらに新規に物流ハブを設けた方が現状に比べて

輸配送コストが6%削減でき、新規に設けた物流ハブの維持費を差し引いても十分コストの削減が図れることが分かった。その他、当初有力と考えられていた施策は想定よりコスト削減量が低いことが分かり、逆に有力視されていなかった別の施策の効果が大きかったために、その施策に対する実証実験や導入検討が進められた例もある。

このように、実施を躊躇していた施策の効果が明確になり、意思決定に貢献することはもちろん、想定とは異なる現実が明らかになることも多々ある。

5. 拡大する最適化技術の活用分野

本稿では、最適化技術による拠点立地シミュレーションと配送ルートシミュレーションを活用した物流分野の意思決定支援コンサルティングについて述べた。最適化技術を活用することにより、物流分野だけでなく、SCM全体、生産計画や日々のスケジューリング、勤務シフト表の作成など、様々な分野の問題を解決することができる。

また、ビッグデータ、IoT、AIといったキーワードを背景にハードウェア、ソフトウェアともに新たな技術の開発が進んでいるが、富士通総研ではこれらの技術を最適化技術と組み合わせる取り組みを行っている。この取り組みにより、単に数値的に最適な結果ではなく、より人間が導き出す答えに近いシミュレーション結果を求めるニーズにも対応できることを目指している。

知創の杜バックナンバーご紹介

知創の杜

検索

<http://www.fujitsu.com/jp/group/fri/resources/magazine/>

マガジン

富士通総研のエコノミストやコンサルタントによる、トレンド予測、提言、コンサルティング事例など情報を紹介する情報誌です。
冊子体の販売はしておりませんのでご了承下さい。

2017年

知創の杜 2017 Vol.1

成熟社会におけるゲームチェンジの足音
ー既存ビジネスフレームを新しい価値で破壊するEaterー

2017年1月25日発行

 ダウンロード [2.58MB]



・【特集】

成熟社会における次なるビジネスのありか
ーゲームチェンジの潮流ー

・【フォーカス】

未来の社会と、企業が仕掛けるゲームチェンジ

・【キーワード】

ICTプラットフォームはビジネスのプラットフォームたり得るか

・【ケーススタディ】

アジア新興国におけるサブドメインの可能性

メルマガ会員登録

FRIメールニュース

検索

<http://www.fujitsu.com/jp/group/fri/resources/news/FRIemailnews.html>

ビジネスに役立つ情報を
毎月第1火曜日にお届けします。

→ オピニオン

→ 研究レポート

→ コンサルティング事例

→ サービス紹介

→ セミナー案内

FRI メールニュース

事例紹介やイベント・セミナーのご案内など、
お客様のビジネスに役立つ情報をお届けします
無料メルマガジン

[→ お申し込みはこちら（購読無料）](#)

FRI メールニュースとは

FRIメールニュースは、ビジネスに役立つ情報を毎月お届けする無料メルマガジンです。
最新のコンサルティングサービスや顧客事例の紹介、オピニオン、研究レポート、イベント・セミナー
情報などを掲載してお届けします。

[サンプルを読む](#)

お知らせ

富士通総研主催のイベント・セミナー開催案
内、経済見通し、プレスリリース、書籍紹介など
についてお知らせします。

現場で使えるコンサルティング事例

富士通総研のコンサルティング事例をご紹介します。
お客様のビジネス変革やITの戦略的活
用のためのヒントがここにあります。

オピニオン

富士通総研のコンサルタントとエコノミストが、
今、世の中で話題となっているテーマやコンサ

研究レポート

富士通総研 経済研究所のエコノミストが、経
済・産業・経営の分野で、緻密な調査・研究に

www.fujitsu.com/jp/fri/

株式会社 富士通総研

FUJITSU RESEARCH INSTITUTE

〒105-0022 東京都港区海岸1丁目16番1号 ニューピア竹芝サウスタワー
TEL: (03) 5401-8391 FAX: (03) 5401-8395

本誌に掲載する「内容」および「情報」は過去と現在の事実だけでなく、将来に関する記述が含まれています。これらは、記述した時点で入手できた情報に基づいたものであり、不確実性が含まれています。したがって、将来の業務活動の結果や将来に惹起する事象が本誌に記載した内容とは異なったものとなる恐れがありますが、当社は、このような事態への責任を負いません。読者の皆様には、以上をご承知いただくようお願い申し上げます。

「知創の杜」の一部または全部を許可なく複写、複製、転載することを禁じます。

文中に記載された会社名、各製品名などの固有名詞は、各社の商号、登録商標または商標です。