

生産・物流最適化技術の開発と今後の展開

古川 昭仁（開発企画部/システムソリューション事業部システム1部北九州システムグループ兼務）
稲富 峰憲（開発企画部/システムソリューション事業部システム1部北九州システムグループ兼務）
梅田 公範（システムソリューション事業部システム1部北九州システムグループ）

近年、少子高齢化に伴って日本の生産年齢人口は減少傾向にあり、産業界でも人手不足への対応とともに、さらなる生産性向上による競争力強化が経営の最重要課題の1つとなっている。

その課題解決に向けて高度ITを活用した業務改革への取り組みが加速化している。

本稿では、高度IT活用技術の柱の1つとして取り組んでいる「最適化技術の生産・物流計画への応用開発」の内容と成果、および今後の展開について紹介する。

1. はじめに

近年、少子高齢化に伴って日本の生産年齢人口（図1）は減少傾向にあり¹⁾、とりわけ製造業、建設業においては、人手不足への対応が経営の最重要課題の1つとなっている。鉄鋼業においても、生産や物流の多くの現場で、人が計画・判断など意思決定を行って対応しており、今後、加速する人手不足への対応とともに、さらなる生産性向上による競争力強化が課題である。その解決に向けて、高度ITを活用した業務改革への取り組みが本格化している。

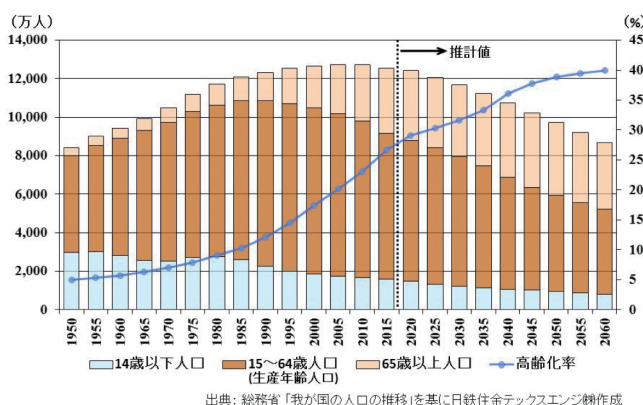


図1：日本の人口推移

当社においても、高度IT活用によるさまざまなソリューションを展開しており、その柱の1つとして「最適化技術の生産・物流計画への応用開発」に取り組み、鉄鋼や電力などのお客様向けに最適化ソリューションとして適用拡大を実現してきた。その後、さらなる効率化と高度化を目指して、汎用化技術の開発に取り組み、鉄鋼生産スケジュールへの適用など、その効果・有用性を確認することができた。そこで本稿では、これまでの開発経緯と直近の開発成果、および今後の展開について紹介する。

2. 生産・物流計画の課題と最適化ニーズ

我々が取り組んできた鉄鋼業界では、図2のように人手不足への対応に加え、事業環境の激変に伴い「生産設備集約や既存設備強化」など競争力強化を図っており、今後も「現有設備の効率的な利用や省エネ、コスト切下げ」が重要課題である。これら課題に対して、生産コスト最小化や在庫バランス適正化、エネルギーロス最小化、納期遵守率最大化、スループット最大化などを考慮して日々、人が計画・判断を行い対応している。一方で人による計画作成上の課題・問題点もある。例えば、計画担当者によって計画精度や最適性にバラツキがあることや、部分最適化に陥りやすい点、計画作成に時間がかかるため、迅速・確実な見直し作業が十分に行えないなどの課題がある。

今後、人手不足への対応と、さらに複雑化していく制約条件の下で、より効率的な業務を推進していくためには、人の意思決定を全体最適化の視点から強力に支援する環境が必要である。

その解決策の1つとして「最適化手法」を用いたソリューション提供が考えられる。

近年、少子高齢化に伴って

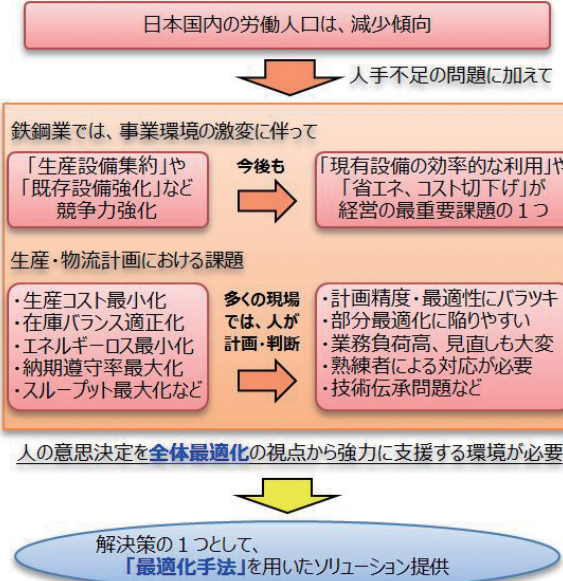


図2：生産・物流計画の課題と最適化ニーズ

3. 最適化手法選択の考え方

生産・物流計画に用いられる主な手法を図3に示す。近年、コンピュータの高速・大容量化や最適化アルゴリズムの高速化に伴い、数学的解法である「数理最適化技術」を活用した実用的なシステム構築が可能となり、当社も当該技術を活用した数理最適化ソリューションの提供を推進してきた。

	ルールベース	最適化手法	
		メタヒューリスティクス（近似解法）	数学的解法（厳密解法）
手法	If-Thenルールなど	遺伝的アルゴリズム (GA) 焼きなまし法 (SA) など	数理最適化技術 混合整数計画法 (MIP) など
特徴	事前に想定されたケースに対して確定した動作のみ	準最適解しか得られない	数学的に厳密な最適解を得る
	トライ&エラーでのアプローチ ルールの煩雑化	数学的解法に比べ比較的短時間で計算可能	問題規模によっては立案時間大

※上表は弊社評価によるもの

近年、コンピュータの高速・大容量化、最適化アルゴリズムの高速化により、「数理最適化技術」を活用した実用的なシステム構築が可能となった

図3：最適化手法選択の考え方

4. 数理最適化ソリューションにおける開発経緯

鉄鋼業においては、最適化システムの適用拡大が進められており²⁾、当社では鉄鋼メーカーと連携しながら応用開発に取り組んできた。例えば、「石炭ヤード払出し工程」（図4）では、コークス炉に石炭を供給するための配合槽の在庫を切らさないように、リクレーマや錯綜する物流ルートなどの設備干渉を考慮しながら、適切な輸送タイミングと輸送量を決定し（図5）、

効率的な輸送計画を短時間で作成する必要がある難しい問題である。本問題に対して、数理最適化技術を用いてモデルを構築し、熟練者と同等以上の計画を高速に自動作成（1日分を1分以内）するシステムを実現した。このような鉄鋼での実績を活かして、その後、鉄鋼と輸送工程が類似する石炭火力（図6）への適用拡大にも取り組んできた。発電計画や配船計画などを前提条件に、受払重機干渉や発熱しやすい低品位炭の消費期限、発電ユニットごとの石炭消費基準など複雑な制約条件を考慮しながら、限られた貯炭スペースの中で効率的な受払計画を自動作成し、業務効率化や制約条件厳格化、滞船リスク最小化などを実現可能なシステムを構築してきた。

さらなる適用拡大を推進する上での課題とその対応策について次項より説明する。

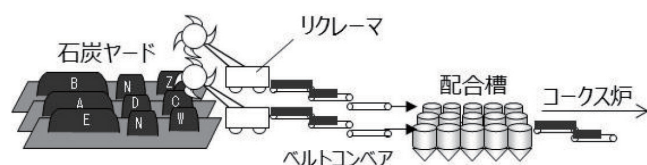


図4：石炭ヤード払出し工程

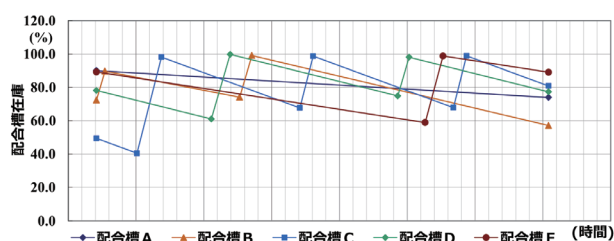


図5：配合槽在庫推移グラフ（計画）

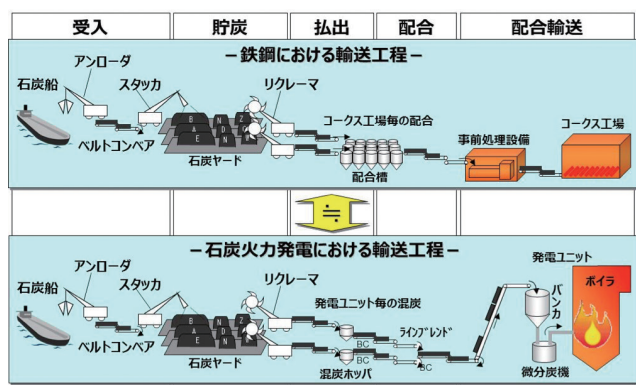


図6：鉄鋼と石炭火力の輸送工程

5. 数理最適化ソリューション適用拡大における課題と独自ツール開発

▶5.1 開発の基本的な考え方

最適化システム構築上の主な課題は、以下のとおりである。

- (1) 数理最適化モデルの定式化には、高度な最適化技術者が必要
- (2) モデル作成負荷が高い（ソフト：数万行）
- (3) 人がプログラムするためバグもあり、デバッグ作業も大変

これらの理由により、迅速な適用拡大が困難であった。そこで課題解決に向け、独自ツール開発に取り組んだ。具体的な開発内容を以下に示す。

▶5.2 物流要素の抽象化による部品化・汎用化

複数工程で成り立つプラントに対して、製品などの物の流れや作業の流れを工程、タスクといった概念で抽象化し、その過程で利用される設備や装置、作業クルーなどをリソースとして定義し、汎用部品データベース化を実現、生産・物流工程フローをグラフィカルに定義可能とした（図7）。

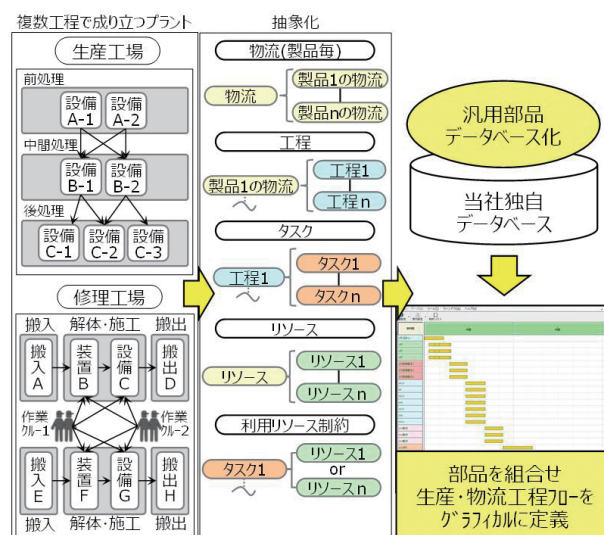


図7：物流要素の抽象化による部品化・汎用化

▶5.3 高度な数学的専門知識を必要としない構築環境

生産・物流工程における制約条件や評価関数を簡単に画面から登録可能（数式入力など不要）とし、その情報を元に数理最適化モデルを自動生成する仕組みを開発した。これにより、デバッグ済みの洗練された最適化モデルが自動生成され、高生産・高品質なシステム構築を可能とした（図8）。

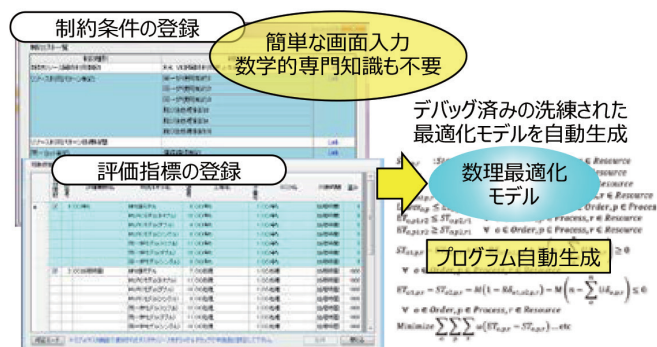


図8：高度な数学的専門知識を必要としない構築環境

▶5.4 最適化一貫システムについて

前述に加え、計画対実績差異の自動抽出・定量評価が可能な仕組みも構築し、作業環境変化を迅速に次のアクションに反映することで、継続的な現場力向上が可能な最適化一貫システムを実現した（図9）。

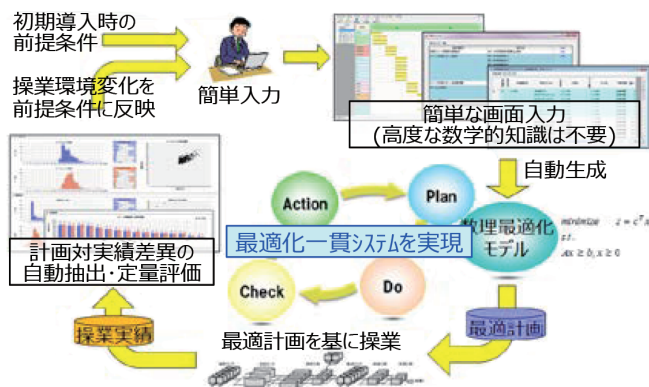


図9：最適化一貫システム

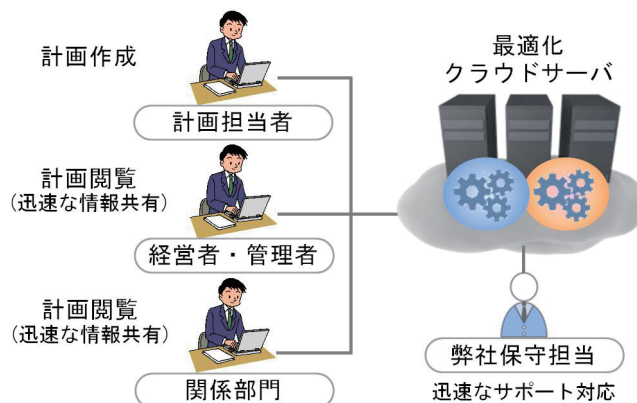


図12：クラウドサービスの提供

5.5 効果検証結果

本独自ツールを用いて、鉄鋼での物流最適化シミュレーションに適用した結果、最適化モデル構築負荷を大幅に低減できることが明確になった（図10）。

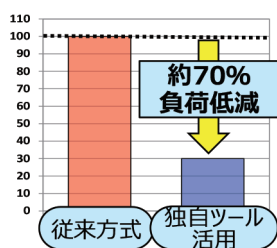


図10：最適化モデル構築負荷

6. 今後の展開

数理最適化技術が、有用性・効果を発揮する分野（製造・物流、エネルギー、運輸・港湾、航空・宇宙、医療・福祉、都市計画など）は幅広く、特に熟練者など特定の人材に依存している業務、意思決定を当該担当者に代わって、強力に支援する環境を実現する上でのコア技術である。今後、これらの最適化技術を基盤に、種々の計画問題への適用推進を図るとともに、さらなる高度化・効率化、より使いやすいシステムを目指した機能改善に取り組んでいく。例えば、オペレータノウハウ（人による判断・調整）や操業実績を最適化モデルに取り込み、よりタイムリーなモデル改善による計画精度向上（図11）なども図っていく。また、クラウドサービス（図12）として、すでに一部実用化済みであるが、前述の機能などサービスメニューを拡充しお客様へ提供していく。

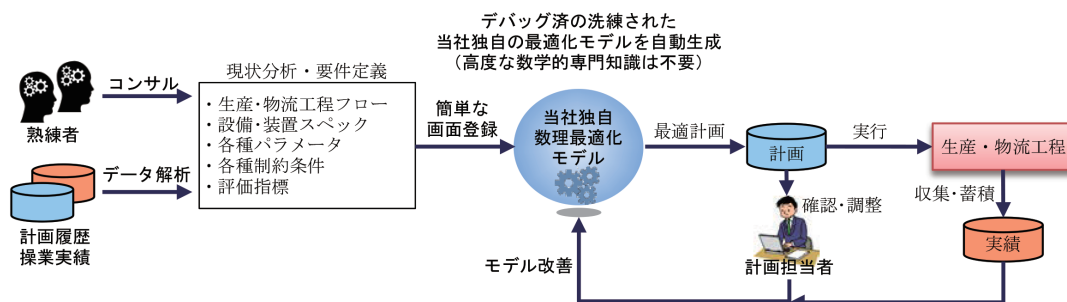


図11：タイムリーなモデル改善による計画精度向上

7. おわりに

本稿では、生産・物流最適化技術における開発経緯と直近の開発成果および今後の展開について紹介した。今後、人手不足への対応に加え、ますます大規模・複雑化していく社会システムに対して、保有技術と先進技術の有機的な組み合わせと活用により、総合的なベストソリューション・サービスを提供することで、社会の発展に貢献していく。

参考文献

- 総務省：情報通信白書；日経印刷；p. 2 （2016）
- 橋爪健次，佐々木純，下井辰一郎，住田伸夫，杉浦雅人，大下功，小林敬和：計測・制御・システム技術の歩みと今後の展開；新日鉄技報；Vol. 391, p. 118-119 （2011）

お問い合わせ先

電計事業本部 開発企画部

TEL 093-288-5030