

鉄鋼生産で磨いた

情報技術を進化させ、

ビジネスの先鋭化に貢献

(上)

最適化技術

大規模な生産プロセスを持つ製鉄業は、他の業界に先駆けて情報技術を導入し、生産計画や工程管理、プロセス制御などの高度化に取り組んできた。新日鉄の情報システム部門として1980年代に誕生した新日鉄ソリューションズ(株)(NSSOL)は、鉄づくりをはじめとするさまざまな「現場」で培ってきたシステム化のノウハウを活かし、企画・構築・運用まで、新たな価値を創造する多彩なソリューションを提供している。今号から2回にわたり、企業の経営戦略と現場を結び、実効性の高い技術開発事例を解説。1回目は鉄鋼生産計画システムで培った最適化技術の概要とNSSOLの強み、新たな開発事例を紹介する。

※本企画では2010年4月号から、長年、製鉄事業で培ってきた経験と技術を基盤に成長・発展を遂げるグループ各社の保有技術にスポットを当てて、その原点と最先端の技術開発を紹介しています。

生活・ビジネスの さまざまな場面での 問われる最適化問題

多くの人が子どものころ、遠足の前に、決められた金額内でお菓子を買う組み合わせに悩んだ経験があるだろう。制約条件の下で目的関数を最大化(最小化)する解を探すことを「最適化問題」と呼ぶが、この場合は「満足度(価値)」が最大になるお菓子の組み合わせを求めることが問題を解く指標となる(ナップサック問題※1)。複数の投資案件や物流輸送手段の組み合わせの選択など、制約がある中で最大の価値を見出し、損失・リスクを最小化するビジ

ネス上の問題も論理的には同じ(図1)。しかし現実にはこうした典型的なナップサック問題のように簡単には解を出せないケースも数多くある。

その一例が、営業マンが各地に点在するお客様を訪問する順番を決める際に、所要時間や移動コストを最小にする「トラベリング・セールスマン問題(TSP)」だ(図2)。訪問件数が増えると最適化問題を解くための条件が増え、指数関数的に組み合わせが増大するため、計算を効率化・高速化しなければ実用時間内に解くことはできない。本来、どの解が最適かを比較証明するにはすべての可能性を列挙する必要があるが、実際のビジネスに役立たせるためには、適用するアルゴリズム※2

の適切な選択・組み合わせなど、人間の知恵と経験を組み込んで迅速に解を導き出す必要がある。

鉄の生産計画効率化の挑戦で 鍛えられた最適化技術

一つの鉄鉄から数万種類の製品をつくり分ける製鉄業は、製造業の中でも生産出荷計画を立てることが最も難しい生産プロセスを持つ。24時間、365日連続稼働する中で、注文変動や操業変動など複雑な制約条件に対応する生産計画を迅速に立案し、品種やロットの組み合わせの最適化を図ることが競争力の源泉となっている。新日鉄では1980年代に取り組んだAI(人工知能)や並列処

理、エキスパートシステムを使った診断技術開発の実績を活かし、遺伝的アルゴリズムなどを適用した計画系のシステム開発に取り組んできた。その後1990年代中盤、「制約論理プログラミング(※3)」、「整数計画法(※4)」などのツールが登場してから最適化技術の研究開発は加速化し、材料の圧延順などのスケジューリングや突発的なトラブルによる計画見直しなど、現場の複雑な条件変化に対応するシステムを構築することで鉄鋼生産計画の高度化・効率化に貢献した(図3)。

一方、計算機は1989年から2004年の15年間で処理時間は約1000倍早くなり、整数計画法を解くアルゴリズムも約2000倍改善され、合計200万倍の処

1 ナップサック問題の例

お菓子選択問題

	値段	満足度	300円
キャンディ	10円	50	
ポテトチップス	30円	70	
チョコレート	20円	80	

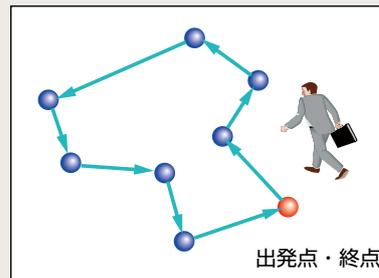
投資案件選択問題

	投資規模	可能性	300億円
A案件	10億円	50	
B案件	30億円	70	
C案件	20億円	80	

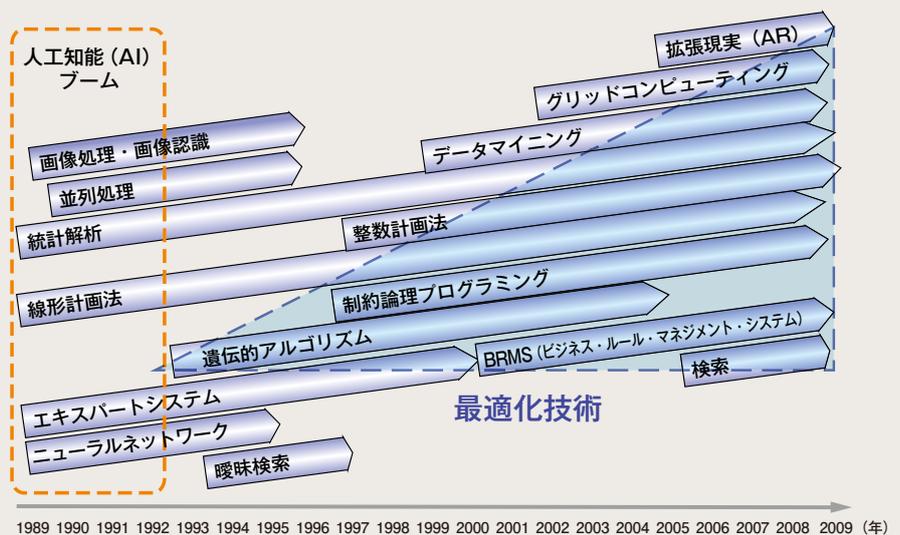
2 トラベリング・セールスマン問題(TSP)

最適化問題は一般に解くのが難しい

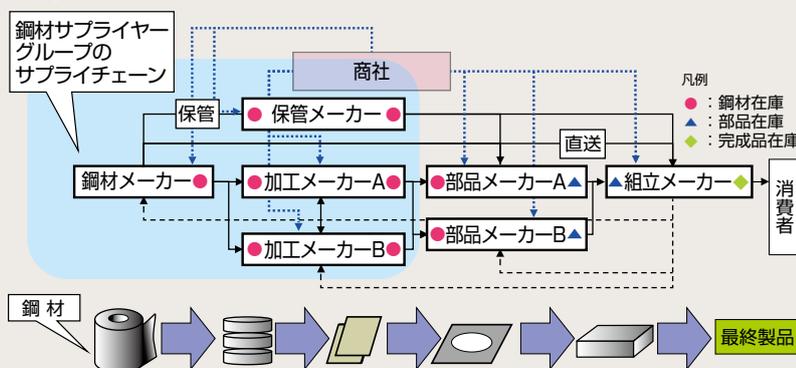
- ・ 解があるかどうかわからない
- ・ 得られた解が最適かどうかわからない
- ・ 問題の規模が大きくなると指数関数的に時間がかかる



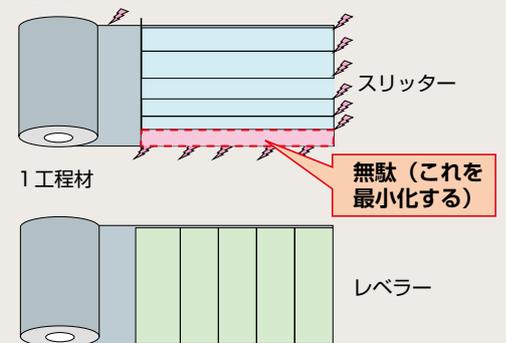
3 新日鉄ソリューションズの情報技術開発の歩み



4 サプライチェーンの一例



5 板の切り出しパターン



※ 1 ナップサック問題：一定容量の荷物が入るナップサックと、価値と大きさ(体積)が決められた複数の荷物が与えられたとき、ナップサックに収まる荷物の中で価値の総和が最大となる組み合わせを求めるもの。
 ※ 2 アルゴリズム：数学、コンピューティング、言語学などの分野で、問題を解くための効率的手順を定式化した形で表現したもの。算法(さんぼう)と訳すこともある。
 ※ 3 制約論理プログラミング：問題を制約の集合として記述してコンピュータに与えると、コンピュータが制約を満たした解答を見つけてくれるプログラミング・パラダイム。
 ※ 4 整数計画法：いくつかの1次式で表わされる制約条件を満たし、かつ1次式で表わされる目的関数を最適化(最大化・最小化)する整数解を求める手法。

理能力まで進歩した。こうした技術革新も最適化問題の実用性・可能性を大きく広げている。

NS SOLでは、AIブームが過ぎ他の多くの製造業の研究者が散逸する中で、生産現場を支援するシステム開発を継続的に実施。現場に存在する問題を適切なアルゴリズムの適用が可能な数式に落とし込み、複雑なシステムに組み込むという、「モデリング力」を着実に積み上げてきた。そして現在、NS SOLでは鉄鋼業の現場で培った知見をもとに、さまざまな産業分野における計画や物流などの最適化問題の解決に取り組んでいる。

緻密な鋼材活用と生産管理で サプライチェーンの 全体最適化を実現

ここで製鉄業を基軸とした産業間連携に寄与する最適化技術の事例を紹介する。製鉄会社(鋼材メーカー)は、鋼材間屋や鋼材加工・部品加工メーカー、そして最終製品をつくる組立メーカーなどのサプライチェーンを構築して

おり(図4)、サプライチェーン上の在庫を把握し有効活用することがトータルでのコスト低減、リードタイム縮小を実現する上で重要だ。しかし、製鉄会社が納める鋼材はトン単位の大きなコイルであり、一方、最終製品の部材は小さく種類や数も多いことから鋼材の効率的な利用は難しい。鋼材加工メーカーでは、コイルを細長い帯状に切るスリッターと幅方向に切断するレベラーという切断設備を組み合わせて、コイルからさまざまな形の部品製造用の資材を切り出しているが、組み合わせから余った部分はスクラップや長期滞在在庫となる(図5)。

また、従来は、最終製品の生産計画や鋼材の納入予定のリアルタイム情報を得にくかったため、間屋や加工メーカーでは生産変動に備えてある程度在庫を持つ必要があった。

そこでNS SOLでは「大きなコイルから最も無駄なく資材を切り出す」「リアルタイムに鋼材・製品在庫を把握して、必要な資材を必要だけ切り出す」ための最適化技術の開発に取り組んだ。そして品種別に、コイルと部品の注文サイ

ズとの対応や、切断設備の加工能力制約など複雑な条件が絡み合う中で、コイルから最も効率よく資材を切り出すシステムの開発に成功した。またこのシステムを使うと、どこにどの在庫があるのか、またその在庫が何日先の資材注文に対応するのかが一目でわかり、在庫がひっ迫している鋼材にはアラームを出して製鉄会社での生産計画にリアルタイムで反映される(図6)。

NS SOLでは、大規模な最適化計算を、分割した問題として複数の高速な計算機で並列的に計算処理する仕組みを構築することに より、高速に解を出す高機能なシステムを開発し、サプライチェーン全体の最適化を支援している(図7)。

日常生活やビジネスの さまざまな場面で 今後ニーズが高まる最適化技術

最適化技術を利用したシステムの提供例に、人材派遣会社の要員の派遣計画のサポートがある。毎月、全国各地3000カ所に1000人近くの人材を派遣する会社では、移動・宿泊費などのコストを抑え

ながら効率よく人を配置するという問題への解答が求められた。そこでNS SOLでは、従来十数人が1カ月かけて作成していた要員派遣計画を数分で立案できるツールを提供し、大幅なコスト削減に寄与した。

また、生活に身近なところでは鉄道の旅客輸送計画の最適化がある。高密度に組まれた鉄道のダイヤは需要予測などに基づき作成され、車両運用計画は車両数や車両の検査・整備の時期など、乗務員運用計画は乗務員数、乗務員の勤務時間などさまざまな制約に基づいて作成される(図8)。また、輸送障害による遅延が発生した際には、在線容量、折り返し時間の間隔などの制約を考慮してダイヤを修正し、それを踏まえて車両や乗務員の割り当てを変更して迅速な回復を促す。NS SOLでは、計画時と障害発生時の車両運用・割当計画を高速に自動立案・修正するシステムを提供している(図9)。NS SOLでは今後も、生活やビジネスのさまざまな場面に適用できる効率的で利便性・快適性の高いシステム技術の開発を追求していく。

監修 新日鉄ソリューションズ(株)



産業ソリューション事業部
部長 セグメント長
井上 和佳 (いのうえ・かずよし)
(1989年入社、
精密機械システム・計算機科学専攻)



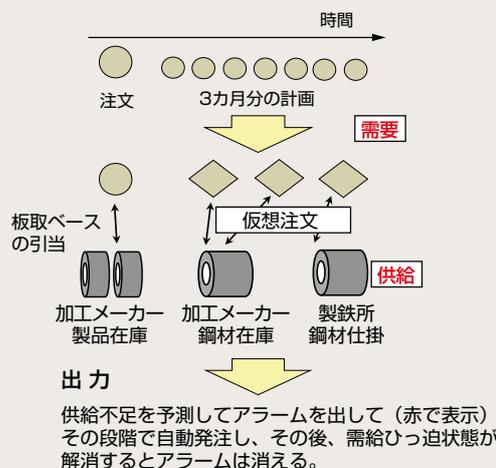
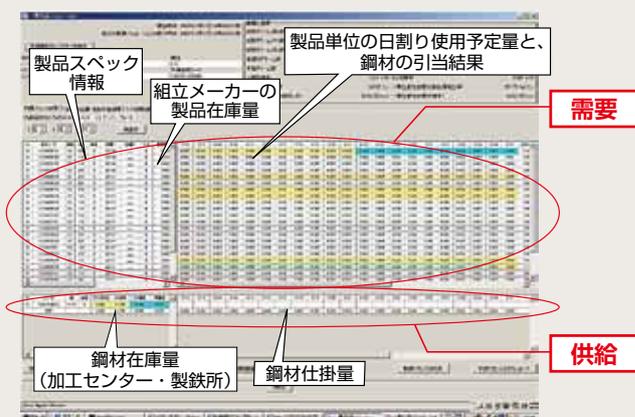
技術本部 システム研究開発センター
先端アプリケーション研究部
インテリジェントモデリンググループ
上席研究員 グループリーダー
玉川 純 (たまがわ・じゅん)
(1992年入社、金属工学専攻)



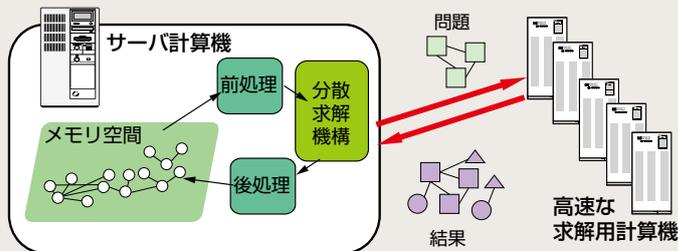
技術本部 システム研究開発センター
先端アプリケーション研究部
主務研究員
山本 政 (やまもと・まさし)
(2000年入社、電気工学専攻)

6 需給調整システム

需要と供給のバランスを取る



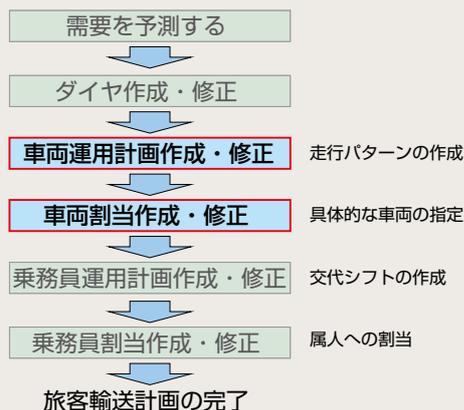
7 最適化計算を高速に行う並列分散処理の仕組み



コンピューティンググリッド技術の適用

複数の高速な計算機に分割した問題を配布して、
個々には時間のかかる最適化計算を、並列処理として
実現することにより、高速に計算をしている。

8 鉄道ダイヤ作成の流れとNSSOLの最適化システムの適用箇所



9 車両運用計画

