

御技術は、系の動特性の支配による品質と歩留まりの向上効果のみならず、技能を技術として体系化することや、新製品・新商品の量産化への寄与も可能となる。そのためには、関連する分野との連携が必要となる。システム制御技術は、計測分野との連携のみならず、計算機能力のますますの向上を背景として、知識工学、プロセス解析技術、材料科学といった、多方面の分野との一層の連携により、新たなパラダイムを創出することが期待される。

6.4 システム技術の進展

1990年代に入り、半導体製造技術の飛躍的な進歩に伴い、コンピュータのダウンサイジングと演算速度の高速化が目覚ましい進行が計られた。この結果、大規模メモリの登場と低価格化が実現し、生産分野でもマルチメディア情報の利用に対する関心が高まってきた。1990年代後半になると、インターネットが普及しはじめIT時代の幕開けとなった。すなわち、パーソナルコンピュータの普及と、通信ネットワーク技術の進歩に支えられ、インターネットが従来の大学など特定のユーザによる利用から、一般社会でも利用され始めてきた。また、コンピュータ能力が増大したことにより、システム技術も理論中心の研究からシミュレーションをベースとしたシステム技術の開発に比重が移り、現実問題を解決するための技術が次々と登場した。以下では、システム技術の進展と鉄鋼業におけるシステム技術の活用状況について、現状と今後の課題を述べる。

6.4.1 過去10年間のシステム技術とその応用

(1) システム技術の進展

生産管理を支える主なシステム技術として、シミュレーション、最適化OR技法、AI・ヒューリスティック技術がある。シミュレーションでは、生産活動を計算機上で再現して事前に生産における課題が検討できるほか、生産条件の調整も可能となる。シミュレーションでは、設備制約や実際の生産管理におけるノウハウを反映することが容易なので効果的である。また、原材料の投入順や使用設備機械の選択の検討とスケジュール結果をガントチャートなどの図式で表示する汎用ソフトなどが開発され、鉄鋼だけでなく非鉄分野や、半導体など他の産業での適用も行われている。ところで、原材料の投入や使用設備の指定など、生産計画や生産スケジューリングにおいては現場特有の条件があり、従来から人間が操業経験を生かして適切な処置をしてきた。これらのディスパッチングと呼ばれる判断について、人間の知識を生かした方が現場に受け入れやすいとの観点からAI・ヒューリスティック技術の有効性を認め、シミュレーション技術やOR技法との組

み合わせにより実用的な生産管理技術を目指す動きもある。

一方、最適化OR技法については、数理的な取り扱いによる厳密な最適解の計算が可能なることから、大学を中心に研究が進められてきた。すなわち、対象を記述する制約条件を設定し、この制約下で目的関数を最大化あるいは最小化するシステム最適化の方法論について、目的関数の勾配に沿って探索を行う方法論が発展してきた。この結果、線形問題だけでなく、非線形関数で制約条件や目的関数が記述される非線形最適化問題の解法も開発されてきた。ところで、生産管理の問題では、機械の選択、注文の処理順などの整数変数を、生産量などの実数変数と同時に扱う混合整数計画問題の最適解を求める必要がある。これに対し、分枝限定法を中心にした解法が提案され、求解の高速化を図るための枝刈り法などの実用的な研究成果も報告されてきた。

(2) 鉄鋼での展開

鉄鋼業においても、システム技術を積極活用して生産管理技術の進展が図られてきた。鉄鋼の生産管理では、上工程から下工程まで複数のプラントでの生産計画やスケジューリングが行われる他、広大な工場内での製品横持ちの物流管制が課題である。このように、鉄鋼では生産管理業務の対象システムが大規模であることから、最適化技術の適用が困難と思われてきた。しかし、熱心な鉄鋼技術者により生産および物流計画の分野で対象を限定し最適化が積極的に試みられてきた。たとえば、コイル編成においてオーダの充当方法の最適化に対して数理計画法を適用する試みや、製鉄所内の機関車走行管制に分枝限定法を適用した計画システムの開発などである。その一方で、シミュレーション技術を積極的に活用して大規模な生産や物流管理の問題解決が図られてきた。

また、鉄鋼生産現場で蓄積されていた操業経験が直接利用できるAI・エキスパートシステムの利用が盛んに行われた。AI・ヒューリスティックスをコンピュータ上に移植する商用ソフトが開発販売されており、これらのソフトを活用した生産計画や生産スケジューリング、さらに工場内製品搬送や出荷管制システムが各社で開発され実用化されている。

6.4.2 最近のシステム技術の進展

(1) システム技術の進展

生産管理の課題を解決する上で不可欠のシステム最適化について、最適化メタ戦略と呼ばれる方法が種々提案され開発されてきた、これを用いて離散値システムの最適化法を効果的に行う方法が研究され実用化されてきた。組み合わせ最適化は、離散的に与えられた制約条件の下で、目的関数を最大あるいは最小にする数理計画問題である。近年、さまざまな経験的知識を有機的に結合し、より効率的に最適解を探索す

るメタ戦略と呼ばれる方法が提案されてきた。すなわち、局所探索 (LS法)、遺伝的アルゴリズム (GA法)、シミュレートッドアニーリング法 (SA法) などである。これらの方法の特徴は、探索する解空間内の部分空間だけを探索して近似的に最適解を得るというものである。できるだけ良好な解を見つけるために、できるだけ広い範囲を探索するのであるが、その一方で探索に要する計算時間をできるだけ短縮するために、探索履歴を利用して探索領域を狭め効率的な探索をおこなうものである。

これらメタ戦略の中で、GA法は進化計算と言われることもある。進化計算では、生物の進化を模擬した計算が行われる。すなわち、解候補からなる個体集合を作成し、この集合内で選択・淘汰や複製、組み換え、突然変異などの演算操作をして個体群を進化させる。そして、これら個体の環境適合度合いを評価しつつ進化計算を繰り返して最適解を探索するものである。ところで、鉄鋼業に代表される大規模生産システムでは、製品が出荷するまでに複数の工程で加工処理が行われるので、従来から各工程毎に生産計画や生産スケジュールを作成していた。しかし、各工程での中間仕掛かりを低減したり、生産リードタイムを短縮したいとのニーズに対応するためには、複数工程を連ねた、より大きな最適化問題を短時間で解く必要がある。このニーズに応えるために最適化メタ戦略の高速化が研究されてきたが、これと並行して大規模最適化のための分散処理技術が提案されてきた。分散処理技術では、たとえば工程毎に生産計画の最適化を行いつつ、工程間では生産順や製品の納期等に関する情報交換を行い、各工程では必要に応じて作成済みの生産計画を調整する。このようにして、中小規模の最適化問題を分散的に解きながら情報交換により全体として大規模な最適化問題を短時間で解こうとするものである。

一方、コンピュータのダウンサイジングが進み、IT技術が社会で広く活用されるようになったが、コンピュータを活用する上で不可欠なソフトウェアの構築用プラットフォームについては、機種に応じ特定のオペレーティングシステム (OS) が必要となっていた。このため、ソフトウェアの構築と適用を進める上でより自由に展開できるオープンなシステムへの要望が出てきた。Linuxはその動きに対応したものであり、自由に再配分できることが出来るため、最近注目を集めている。すなわち、Linux上では多様なソフトウェアが利用できるため、高価なソースコードライセンスや非開示の制約を必要としない。また、ソースコードが隠蔽されないため、コンピュータハードのベンダーが自由にドライバーソフトなどを作成することが可能になっている。さらに、システムトラブル発生の際の対応に優れており、Linuxシステムはソフトウェア技術の発展を加速すると言われている。

(2) 鉄鋼での活用

1995年 (平成7年) 度に発足した日本鉄鋼協会学会部門計測・制御・システム工学部会では、システム技術も研究課題として取り上げられ、大学の研究者の参加を得てフォーラム活動が開始された。生産技術部門との連携により、製鉄現場でのシステム技術やシステム最適化のニーズ抽出が行われた。すなわち、原料ヤード運用計画、製鋼計画と熱延計画、厚板予備材充当計画、コイル積載計画、厚板材料計画のロットまとめ極大化、異常診断などが最適化メタ戦略の対象として取り上げられ、最適化のための数学モデルの研究と、GA法など最適化メタ戦略の応用に関するテストが行われ、適用効果についての検証が行われた。また、製鉄一貫システムのシミュレーションや、個別工程での最適化と全体最適化の整合、生産計画やスケジューリングシステムの自己保全性など、分散環境下での生産計画やスケジューリングの統合最適化のためのモデル化とその解法について研究が開始された。この研究活動の中で、製鋼と熱延工程間の生産計画の連携を取り上げその数学モデルと最適計画手法の研究が行われた。また、最適化メタ戦略の応用研究に続いて自律分散型スケジューリングの方法論の調査と適用可能性が研究された。

さらに、生産計画に止まらず、物流・流通についても鉄鋼における課題の調査と解決方法の検討が行われた。すなわち、原料船運航計画、鉄鋼製品の輸送計画、場外物流トラック最適配車計画などが取り上げられ物流部門での最適化技術の適用方法が研究された。これらシステム最適化方法論の研究と適用検討が行われる一方で、鉄鋼の生産現場では老朽化したシステムの更新時期を迎え、最新のコンピュータの導入および、IT関連技術の利用が積極的に行われてきた。すなわち、コンピュータのダウンサイジングと分散処理システムの推進である。前述した基盤システムソフトウェアについても、Linuxを用いてOSに左右されない生産管理システムの開発が進められている。

(3) 今後の課題

鉄鋼における生産システムは極めて大量の製品を扱い、多くの製造工程を経て、多種類の製品が生み出される大規模生産システムである。これまで、製鋼から熱延までのモデル化と計画立案の研究、精整ヤードでの物流制御の研究など部分的に大規模システム最適化の研究が進められてきた。これらの成果を踏まえ、今後は一層の大規模システム最適化が計られるべきである。この中で、生産と物流が一体となった最適化が必要となる。そのための方法論は徐々に準備が進んでおり、今後その実現が期待される。

さらに、鉄鋼業の上工程から下工程を連ねた全体最適化が考えられている。サプライチェーンマネジメント (SCM)

と呼ばれるコンセプトが提案されている。一方、20世紀の我が国鉄鋼業の発展を支えた熟練技術者が今後減少する事態が予想されることから、鉄鋼業に蓄積されている技術を伝承するための仕組みを準備しなければならない。この仕組みはナレッジマネジメントと言われるが、現在システムフォーラムを中心に企業と大学の共同研究が発足して仕組み作りの活動がスタートしており、今後の研究成果が待望されている。

6.5 新技術への期待

計測・制御・システム技術は、鉄鋼協会のいくつかの文書の上では「周辺技術」と表現されているようである。これはもちろん、単に過去の表現がそのまま残っているだけのことであり、現在でもそのような見方をする方はおられないであろう。巷間の一般的な定義からしても、計測・制御・システム技術が、鉄鋼の中核技術（コア・テクノロジー）の一つであることは間違いないことである。

しかもその役割は、前節までに明らかにされたように、この10年間にますます大きくなってきている。技術の発展や変化の度合いが他分野に比べて著しいこともあり、中核技術としての重みを今後さらに増して行くものと思われる。

6.5.1 計測技術

これまでの計測技術は、操業に必須の様々なプロセス量をより精度良く、より高速に、より広い範囲で測定する方法を提供したり、製品の品質をオンラインで判断したりすることを可能にしてきた。したがって、現状の操業を前提とするのであれば、それに必要な基本的な計測は、既にそのほとんどが実現されているように見える。

だが、今後の計測技術は、センサ技術・伝送技術・信号処理技術などの絶え間ない革新により、これまで到底不可能と思われていたような計測を可能にし、新しい情報を提供できるようになるであろう。これまで見えなかったものが見えるようにすることによって、従来の延長線上での省力化・高速化・高品質化に寄与するだけでなく、操業そのものを大きく変えることもあると期待される。

6.5.2 制御技術

鉄鋼プロセスは、従来、新しい制御理論がいち早く実現される代表的なフィールドであった。近年、設備更新や新設備建設の減少のため、新技術を積極的に適用する機会が一頃に比べれば減少していたものの、今後は、旺盛な世界的需要の予測のもと、設備能力をより高めようとする気運のなかで、新しい制御理論が実設備で効果を発現する機会が再び増えるであろう。

また、制御システムを実装する計算機の飛躍的な性能向上/コスト低下により、従来、速度や精度、あるいは投資効果などの面で実現できなかった制御手法を取り入れることが容易になりつつある。このことも、今後、より積極的に新しい制御技術の適用が推進される要因になる。

6.5.3 システム技術

元来、鉄鋼メーカーが技術のリード役となっていた分野であるが、この10年ほどは他業界での進展がめざましく、相対的に遅れが生じている可能性がある。しかしながら、プロセスや商品の複雑さ・物流規模の大きさなどから、鉄鋼業こそがこの技術の活用を最も必要としているという点は変わらない。

複雑な製造プロセスを熟知した上でシステム開発を行う必要があり、既存のパッケージソフトをそのまま使ったり、外部システムハウスに開発を任せるような安直な対応ができない困難さはつきまとうものの、今後は、近年の数理技術の進歩・情報通信技術の進歩を享受することにより、膨大なデータを取り扱いながら、生産・物流の効率を更に向上させ、ひいては、生産戦略・経営戦略立案を支援する役割にもより重点が置かれるようになるだろう。

6.5.4 計測・制御・システム技術がもたらす 企業間競争力の変動

世界規模での統合が進むなど、毎年のように勢力地図が書き換えられている鉄鋼業界において、日本の鉄鋼メーカーは、現在も“実力”トップであることは間違いない。これは、複雑な鉄鋼製造プロセスを知り尽くした日本の技術者・技能者が極めて高度な生産技術を作り上げ、優れた品質の商品を生み出してきたからである。永年の経験に裏打ちされたこれらの技術は容易には真似されるはずがなく、それが日本の鉄鋼業の優位性を保ってきたとも言える。

しかしながら、計測・制御・システム技術の進展により、今までは“表面”しか見えなかったプロセスが、“内部”まで可視化できるようになったり、従来、ベテランオペレータの技能や勘も必要であったプロセスが、新たな制御手法の導入によってベテランを凌ぎ、しかも柔軟な最適操業が可能になるとしたら、経験の少ないメーカーにも強力な武器が与えられることになるのではないだろうか。また、全く新しい生産計画・管理システムが構築されることにより、リードタイムが劇的に短縮されたり、大幅な物流費削減が可能になるとしたら、いち早くそれに取り組んだ企業が圧倒的に優位に立つことになるのではないだろうか。

今後の計測・制御・システム技術は、鉄鋼業における中核技術として、それへの取り組みの差が新たな勝者と敗者を生み出す要因の一つになるであろう。