

base storage. TABLEUX, is a decision table based knowledge acquisition tool which can be used in combination with SHERPA for developing real-time expert system applications. Three examples of prototypes being developed for sinter plants, blast furnaces and continuous casters, using SHERPA, are described.

The use of the SHERPA and TABLEUX facilities has enabled real-time expert system prototypes to be built over periods of weeks. In a number of cases the resultant prototype has shown sufficient functionality to attract requests for immediate implementation as production systems.

### An AI Tool and Its Applications to Diagnostic Problems

By Hiroshi NARAZAKI *et al.*

C言語を用いてパソコン向けの診断型エキスパートシステム構築用ツールを開発した。本ツールにおいて、診断知識はツリーと因果関係テーブルの二種類の形式で表現される。ツリー表現は結論を絞り込んでいく手順を表現するのに適し、因果関係テーブル表現は徴候と原因の因果関係確信度を表現するのに適している。さらに、本ツールは、事象の真偽を表現する確信度を外部プログラムやデータファイルにより与えたり、結論に対応して特定の外部プログラムを起動できるなど、外部ソフトウェアと連携した推論を行う機能を有している。また、外部プログラムから一定時間間隔で、あるいは特定の事象の発生時に推論を起動することにより、オンライン型エキスパートシステムを実現できる。

本ツールの適用例として、高炉アクションガイダンスシステムと探傷装置故障診断システムについて述べる。

### Blast Furnace Operation

#### Expert System for Blast Furnace Operation at Kimitsu Works

By Shigeru AMANO *et al.*

高炉の日常操業管理においては、現在でも操業者の経験や知識が重要であり、このような知識表現が可能な知識工学システムを、君津第3、第4高炉に導入し実用化した。知識ベース構築に当たっては、最も操業に長じた経験者のノウハウを抽出し、検出端判定・中間判定・最終判定・アクションの4段階の仮説推論方式で表現した。また、システム導入に当たっては、日本語処理プロダクション言語の採用、推論結果等の表示機能の充実、知識ベース修正テストランのためのオフライン系端末の設置など、操業者によるメンテナンス性を重視した。この結果、システムの運用管理を現場主体とすることが可能となった。オンライン稼働後は、定期検討会による推論の実績評価、知識ベースの修正向上を図っている。この結果、本システムは両高炉の実操業管理に高い適用率

で活用されており、操業の安定化が得られている。

### Application of a Self-learning Function to an Expert System for Blast Furnace Heat Control

By Yasuo NIWA *et al.*

炉熱制御エキスパートシステムの制御精度とメンテナンス性の向上を目的に、学習機能を開発し実操業へ適用した。この学習機能は短期学習機能と長期学習機能から構成されており、1988年3月に適用を完了した。

短期学習機能は、センサーデータの基準値、出鉄口間の溶銑温度差、溶銑温度の昇温パターンについて推論するもので、長期学習機能は、三次元メンバーシップ関数の構築、調整やセンサー間の重み係数の調整に関してガイダンスするものである。

実操業への学習機能適用結果から次のことがわかった。

- (1) センサー間の重み係数についてのガイダンスは非常に有効である。
- (2) メンバーシップ関数の作成入力工程は、本機能を活用することにより大幅に時間短縮ができる。
- (3) 学習機能の導入により、炉熱制御エキスパートシステムの適用率および溶銑温度の制御性の向上が図られた。

### A Hybrid Expert System Combined with a Mathematical Model for Blast Furnace Operation

By Koichi OTSUKA *et al.*

住友金属工業(株)では数式モデルと経験則とを組み合わせて、知的な高炉操業を行うシステムを開発した。

本システムは、定常時においてはTSモデルと呼ばれる高炉数式モデルを用いて溶銑温度ばらつき低下に重点を置いた制御を行い、異常時には経験則を用いて安定優先の操業を行うことに特徴を有する。

さらに異常時には異常の原因の追究支援を行うとともに長期的操業面での対処法もガイドする機能を有する。

本システムは1988年10月に鹿島第1高炉に導入された。現在、短期的な制御については実操業に有効に活用されている。今後は長期的な異常原因診断および対処法ガイドへのルール充実化が課題である。

### Steelmaking and Continuous Casting

#### An Application of Expert System to LD Converter Processes

By Michitaka KANEMOTO *et al.*

転炉吹錬制御技術は計算機技術の向上等により確実にレベルアップしてきたが、モデルとして取り扱えない部分が依然としてあり、完全自動化に至っていないのが現状である。操業者の知識を計算機に移植することで、こ

の状況を打破しようと考え、現在 AI 適用技術として実用化されつつあるエキスパートシステムを吹錬制御に適用することを検討した。本開発は 1986 年にスタートし、オンライン稼動可能なプロトタイプシステムを構築し、その後 1988 年にテストを終了した。開発システムは、吹錬スタート前のスタティック推論部と吹錬中のダイナミック推論部に大別できる。スタティック推論部は、現在のシステムに対し操業者が行う補正ノウハウを主に格納した。ダイナミック推論部では、Fuzzy の概念を導入して、スラグ-メタル反応状況の推定を効果的に行わせることに成功し、制御に反映させた。プロトタイプシステムによる連続操業テストを行った結果、吹止め成績に関し熟練操業者並みの成績が得られた。

### Real-time Expert System Applied to Mold Bath Level Control of Continuous Caster

By Yukihiko SASABE *et al.*

連铸プロセスにおけるモールド湯面レベル制御性は、铸片品質を決定する重要要因の一つである。和歌山製鉄所丸ビレド連铸機においても渦流式レベル計適用後、従来以上に厳密な湯面レベルの管理が必要になり、湯面変動抑制のため種々のオートチューニング手法の適用を試みてきた。今回、これらチューニング手法にオペレーターのノウハウを加えたチューニング則をエキスパートシステム上に構築し、

- i) 制御パラメーター自動調製
- ii) 湯面変動原因推定
- iii) 操業状況推定

が可能な湯面レベル制御システムを開発、実機適用した。本文では、従来の制御系の概要と問題点について述べた後、新湯面レベル制御システムの機能と構成および実機適用における湯面変動抑制効果ならびにエキスパートシステム手法の実機適用における評価について言及する。

### Rolling and Welding

#### Computer Aided Simulation on Universal Rolling Processes

By Manabu KIUCHI *et al.*

形材圧延時の塑性変形特性の解明を目的とした新しい数値解析手法、すなわち、複合要素法（拡張モデル）を提案した。従来の複合要素法（均一モデル）では、長手方向横断面内での長手方向速度の均一分布を仮定していたのに対し、本拡張モデルでは長手方向速度の不均一分布を表すことが可能である。

拡張モデルを H 形鋼ユニバーサル圧延に適用し、フランジ-ウェブの圧下率配分が、圧延荷重・トルク・ひずみ分布・圧延後製品形状・ウェブ-フランジ間のメタルフロー、等に及ぼす影響を調査した。一連の解析の結果本モデルの適用を行うことにより妥当な解析結果が得られることが明らかとなり、さらに、フランジ-ウェブ

の圧下率配分が、圧延時の被加工材の塑性変形特性に大きく影響を及ぼすことが理論的に確認された。ゆえに本モデルは、H 形鋼ユニバーサル圧延やその他の形材圧延時の孔型設計・工程設計に有用な情報を提供し得るものと思われる。

#### Expert System for Determining Welding Condition for a Pressure Vessel

By Shuichi FUKUDA *et al.*

最近の製品の多様化、複雑化により溶接条件の決定が急速に困難となってきた。そこで本研究では溶接施工要領書作成支援エキスパートシステムを開発した。本システムの特徴は溶接条件の決定過程が技術者により、また会社により異なることに注目し、データとその処理操作を一体化したオブジェクト指向の考え方を Prolog に導入した点である。すなわち溶接に関する知識の記述には Prolog は適しているが、その知識を操作するメタ知識の記述はあまり容易ではない。そこでオブジェクト指向の考え方を導入することによりその解決を図った。これにより従来の他のトップダウンのシステムとは異なりボトムアップの知識表現が可能となり、日本の生産状況により対応したシステムが構築できた。

### Production and Quality Control

#### An Expert System of Automatic Slab Assignment for Hot Strip Mill

By Yoshihiro JIMICHI *et al.*

熱延用スラブの引当業務にエキスパートシステムを組み込み完全自動化するシステムを開発した。このシステムは、従来型言語の生産管理システムと同一計算機上で統合され、ハイブリッド型の構成となっている。エキスパートシステムは、当社が独自に開発した構築ツール SMI/MARKS を用いて開発した。このツールには、従来型のシステムとの統合を容易にするリンケージ機能があり、これを活用することにより、既存の生産管理システムのデータベースを利用したり、また推論結果をデータベースに更新するシステムを実現できる。

評価テストにより下記の効果を確認し、順調に稼動している。

- (1) 専門家がマニュアルで行っている引当とはほぼ同件数の引当作業を自動的に行える。
- (2) 必要以上にグレードの高いスラグの引当を大幅に抑制し、コストを合理化できる。
- (3) 従来専門家が 6 時間かけて行っていた作業が 1 時間に短縮できる。

#### Fully Automated Bar Mill Pacing Control System Incorporating Artificial Intelligence

By Shinji SASAKA *et al.*

新日鉄・室蘭棒鋼工場では、加熱炉抽出ピッチの決

定・自動制御を行う本格的なオンラインリアルタイム・エキスパートシステムを開発した。

本システムは、加熱炉から成品精整までの広範囲なラインの材料状況や鋼種等を把握し、複雑に変化する生産処理能力を知識工学を適用したプロダクションルール等により表現し、物流状況判断や生産処理能力予測を最適に推論することにより自動抽出を実現するものであり、生産性の向上・安定操業に大きく貢献できることが確認できている。

### An Expert System of Efficient Coil Transfer in Finishing Line of Hot Strip Mill

By Fumiki HIRAO *et al.*

熱延工場で圧延されたコイルは、精整工程を処理される間にコンベヤーやクレーン、コイル搬送台車で種々の搬送を受ける。これらのコイルの効率的搬送を目的としたエキスパートシステムを開発した。このエキスパートシステムは精整ラインの制御システムの一部としてリアルタイムで稼働している。

このエキスパートシステムには二つの主な機能がある。搬送すべきコイルの選択、および台車へのコイルの載荷や台車からのコイルの吊り上げのためのループ軌道上の位置の選択の二つである。

このエキスパートシステムは 309 ルールで構成され

ており、そのルールの中ではコイルの選択のルールの占める割合が最も大きい。

このエキスパートシステムは約 10 か月で完成させることができた。

### An Expert System for Quality Diagnosis of Glass Films on Silicon Steels

By Harutoshi OGAI *et al.*

本論文では、品質診断エキスパートシステムの構築を支援する独自の知識獲得および修正方法を述べる。そこには、品質診断の専門家の知識を表形式で表した知識表現を用いている。最終の品質特性を、製造プロセスの途中の操業状態から予測する特定の狙い値からずれパターンを表にまとめている。

実際の品質診断システムでは、この表と 1 対 1 対応した「知識テーブル」というデータファイルをエディターで作成または修正すると、If-then 形式の「知識ベース」が知識生成プログラムによって生成される。この知識ベースで実際の品質診断のための推論が実行される。

本方法の実際の応用として電磁鋼板の被膜診断システムについてそのシステム構成とそのヒューマンインタフェースをも含めて説明する。

会員には「鉄と鋼」あるいは「ISIJ International」のいずれかを毎号無料で配布いたします。「鉄と鋼」と「ISIJ International」の両誌希望の会員には、特別料金 5 000 円の追加で両誌が配布されます。

## 書 評

### 日本鉄鋼技術史

下 川 義 雄 著

本書は、古代製鉄、高炉製鉄、平炉製鋼、転炉および電気炉製鋼、造塊および連続鋳造、鋼管製造の歴史から構成されている。従来の鉄鋼技術史に関する書物は、鋼管製造については圧延等の加工技術の一部として触れているものが多く、本書のように他の加工技術に触れずに鋼管製造にのみ全体のページ数の 20% を当てているものはめずらしい。これは、著者が我が国の鋼管製造のパイオニアである鉄鋼会社の研究所にて鋼管製造の研究に従事し、その後工専、大学の教授として教鞭をとりつつ技術史を研究しまとめた、という背景によるものらしい。

このほかの本書の特徴には、資料の収集が非常に丹念にされていること、まだ他の書ではあまり取りまとめられていない新しい事項、例えば炉外精錬等が取り上げられていること、などがある。引用されている資料は、この種の研究を始めようとする人が原典に遡りたい時に、非常に良い手がかりを与えるだろう。

技術史という観点からはやや気になる点もある。それは、技術の発展をうながした背景あるいは必然性についての記述がやや弱く、事実の羅列に追われているところの多いことである。特に、近代になるとそれが目立つ。しかし、近代に至れば至るほど歴史的評価を定めることは難しいので、やむを得ないところだろう。

これから鉄鋼技術史に関心を向けようとする方には便利な書物である。すぐに読まれなくとも手元に置いておく価値のある書物である。

(千葉工業大学 雀部 実)

A 5 判 499 ページ 定価 4 600 円  
1989 年 4 月 アグネ発行