

の可能性などについて討論がなされた。

(討 20) 高エネルギー注入製錬プロセス

(北海道大学 石井邦宜ほか)

21 世紀は宇宙製錬プロセスの幕明けとの視点から次世代技術への芽と考え方を論じた。CO, CO₂ の活性分子による鉄鉱石の還元と炭素のガス化反応の促進、高エネルギー水素による鉄鉱石の低温での還元、波長可変大容量レーザーによる原子への分離または水素プラズマによる溶融メタルの強制蒸発を利用した蒸発製錬などを提案した。

この発表に対し、活性化水素の利用の展望、微小電磁振動による微細気泡の生成などについて討論された。

(討 21) 超音波振動の製錬プロセスへの動力的応用

(豊橋技術科学大学 川上正博ほか)

超音波の特性、従来の製精錬への応用例および新プロセスの可能性について述べた。超音波は重力加速度の例えば 10⁴ 倍という巨大な力を発し、キャビテーション(微細気泡発生)と超音波噴流なる流れを誘起する。応用例としては、凝固組織の微細化、石灰のスラグへの溶解促進、溶鋼の真空脱窒の促進、気泡の微細化、介在物の凝集促進などがあり、適当な印加方法が開発されれば新プロセスとなる可能性が高い。

この発表に対し、超音波による介在物の凝集機構、気泡の合体が起こることはないか、などの討論がなされた。

総合討論では、中西恭二(川崎製鉄)より、大学から出てくるアイデアは特許化してガードすべきこと、またアイデア実現のために大学間の連携も必要とのコメントがなされた。

最後に座長のまとめとして、(1)スクラップの不純分除去、硫黄・塩素利用製精錬、蒸発精錬など文字どおり次世代のものもあるが、大部分はすぐにも参考にできるものである、(2)今回の大学側からのまじめな提案に対して先に企業側からの実りある回答を期待したい、(3) Principle oriented 時代の戦略として学術と技術とロマンとの融合が大切であり、それには新原理・理論の導入、温故知新、制約条件解除への挑戦が基本になる等が述べられた。

長時間にわたる討論会であったが会場は終始盛況で、本テーマへの関心の高さを伺わせた。終わりに講演者ならびに討論会に参加していただいた皆様方に深く感謝いたします。

Ⅲ. 加工プロセスにおける AI (人工知能) 利用の現状

座 長 NKK エレクトロニクス本部

川 畑 成 夫

加工プロセスの制御は生産性の向上・品質歩留りの向

上および労働生産性の向上による競争力の強化のため極めて重要な役割を果たしてきた。

今後システム化の対象が拡大されるに伴って従来システム化が困難であった、いわゆる悪構造問題の解決が急がれており、またシステム規模がますます膨大になるに伴ってソフトウェア生産性・メンテナンス性の必要性も高まり解決の手法として AI の利用が望まれている。

このような観点から、本討論会では最新の AI 利用について公開し、その効果と問題点について討議した。

(討22) モールド湯面レベル制御へのリアルタイムエキスパートシステムの適用

(住友金属工業(株)システムエンジニアリング

事業本部 笹部幸博ほか)

連続鋳造プロセスにおける鋳片品質・鋳片歩留りの向上に大きな影響を与える溶鋼湯面レベル制御には、現代制御理論の適用がなされているが十分な実用化に至っていない。ここでは丸ビレット連鋳湯面レベル制御にエキスパートシステムを適用し、パラメーター調整の最適化・制御不良原因の推定と簡易操業診断機能の有効性が確認された。ビレット連鋳ではスラブ連鋳に比べてモールド断面積が小さく、外乱要因がレベル変動に与えるゲインが大きい。また SN 流量特性変動の取扱いは難しい。このため従来法のみでは十分な制御性を維持することが困難で、今回オペレーターの判断基準を加味し、湯面変動原因の推定とパラメーター調整が可能なエキスパートシステムを構築した。本システムの適用によって各パラメーターが適正に維持され、湯面変動幅 5 mm 以上の鋳片比率が適用前に比べて約 4 割弱と大幅に減少した。

オペレーターの知識を収集し、そのエッセンスを抽出の上知識ベースを作り上げる過程が最も重要であると判断し、キーマンの専従化と知識ベースの実操業での確認、KE の組織的な育成に注力した。知識収集の過程は各社共に経験のあるところであり、期間・要員などについて質疑され聴講者の深い関心が認められた。

(討23) AI を適用した棒鋼加熱炉抽出ピッチ制御システム

(新日本製鉄(株)室蘭製鉄所 佐坂晋二ほか)

棒鋼工場加熱炉抽出から仕分・結束に至るまでの連続物流では、各工程の作業能力を総合的に判断して工程管理を行い、加熱炉抽出ピッチを最適に制御することが重要である。しかしこれには複雑な判断要素に基づく予測が必要で、数理モデル化のみによる自動化が困難で従来はオペレーター判断に頼らざるを得なかった。

今回この目的に知識工学を適用し、物流予測に基づく最大能力での操業を可能とする最適ピッチ自動操業システムを構築した。知識ベースの編集・ソース管理は EWS を用い、編集された知識ベースはコンパイルされた後支援計算機に転送される。推論エンジンはこの支援

計算機に組み込まれ、圧延計算機から送られた操業データを基に推論を行って結果をまた圧延計算機に戻して抽出ピッチが自動制御される。

オンライン推論に必要なシステム全体の高速化が留意され、エキスパート処理部と制御処理部の分離とエキスパート処理部への RETE マッチアルゴリズムの採用が行われている。結果は常に最小ピッチで圧延され、圧延 T/Hr が約 7% 向上した。また AI の適用によってピッチ変更が連続的で滑らかになり、人間の持つ「慎重に様子を見る」制御とは質を異にしていると報告され、ほかでも経験する特徴として聴講者の興味を引いた。

(討24) スラブ物流制御エキスパートシステムの開発
(新日本製鉄(株)八幡製鉄所 新留照英ほか)

熱延工場のスラブ抽出には操業状況を適確に把握することのほか、通板性・操炉性・生産性など多様な判断を伴うため熟練運転員の判断に依存しているのが現状である。

今回このスラブ物流制御の中核となるスラブ抽出制御にエキスパートシステムを応用し、実操業に適用できることを検証した。システムはオペレーターの操業知識に基づいた知識ベースにより推論を行い抽出順を決定する機能と、抽出順決定スラブに対して最適な抽出タイミングを与える機能に大別されている。特徴は、熟練者の操業ノウハウに強く依存する部分と、本来論理的に定まるべき部分とを機能的に峻別し、複合システムとして処理性の向上を図っている点である。抽出順決定には知識ベースシステムを適用し、推論に必要な専門知識は大きく四つのルール群に機能分割してプロダクションルールで記述してある。

結果についてオンライン適用率・アイドルタイム削減効果を操業モード、品種ごとに詳細に示してある。平均 85% 以上の高い適用率で実操業に使われ、有効性が確認された。

(討23) (討24)の発表に対しては知識の表現形式・推論実行の優先順位などについて討論され、聴講者の参考になった。

(討25) 鉄鋼物流制御への AI の適用と評価
(川崎製鉄(株)水島製鉄所 馬場和史ほか)

知識工学的アプローチは、いわゆる雑構造問題のシステム化・自動化の方法として注目されており、種々のプロセスに適用されている。ここでは加工工程物流制御に適用して事例として、ビレット精整物流制御・EGL コイル搬送制御・厚板冷却床入側搬送制御の 3 ケースが紹介され、その効果と問題点について述べられた。

各事例につき、使用機種・使用ツール・ルール数が示され適用目的と得られた知見、結果について明らかにされた。物流問題に関する知識の特徴として、条件判断の複雑な組合せが挙げられるため、手続型言語を使用した場合処理フローが複雑となる。AI を適用することにより

プロダクションルールが適用でき、知識の可視性から、ソフトウェアの生産性向上・システムの柔軟性に効果をもたらすことが本適用経験から示された。

この発表で問題提起された、ルール数が増加した場合の応答性向上対策、操業エキスパートからのノウハウ獲得の難しさ、そしてシステム構築手法の未確立による試行錯誤等の課題に対し、聴講者も大きな問題意識と関心を持っており熱心に討論された。

(討26) AI を使ったコイル物流制御システムの開発
(住友金属工業(株)システムエンジニアリング
事業本部 細田光司ほか)

熱延精整プロセスのコイル物流は、コイルのトラッキングを始めとして、置場管理、各ラインへの装入指示から出荷指示までほぼすべてがオペレーター判断により行われてきた。このため各作業場ごとのオペレーターが独自の判断で操業し、総合的な計画運用がなされないこと、情報量の多さからマンパワーを十分かけないと操業の最適化が図れない等の問題があった。今回の発表はこの問題点を解決するため各作業場のオペレーター操業ノウハウを集約し、全作業指示を自動作成するエキスパートシステムについて行われた。

全体システムは計 15 台のマイコンによる大規模システムとなっている。単純な情報処理は従来型システムで行い、その処理後に従来型システムより推論部を起動して推論解を再び従来型システムで処理し、他マイコンへ情報伝達するという機能分担となっている。

結果として能率の向上、コイル管理オペレーターの省力、クレーン運転員の負荷軽減が実現された。

本システムは大量情報量に対し、高速な推論処理が要求される高度のものであるが、自社開発の ES ツールの採用と従来型システムとの機能分担により目的が達成されており、聴講者の参考になった。

(討27) 熱延コイル合否判定エキスパートシステムの開発
(新日本製鉄(株)八幡製鉄所 新留照英ほか)

計算機の判断能力を人間の判断レベルに近づける手法としての知識工学に着目し、熱延工場における品質合否判定業務への適用を図った。合否判定業務は、判定基準が複雑多岐であり、しばしば変更されることに加えて品質判定のベースとなるプロセス計測データにエラーを含むため従来の計算機手法に基づいた画一的処理では解決が困難であった。今回操業エキスパートの持つ経験的知識を利用可能とすると共に、システムの柔軟性を向上させたシステムの開発を行った。

本システムの特徴は知識表現に分かりやすいプロダクションルールを採用し、機能ごとに四つのルール群にブロック化して不必要なルールの照合を回避し高速推論を実現した点である。結果の評価はシステムの判定結果とオペレーター判定との一致率で行い、極めて高い判定精

度が得られている。ここで合否判定作業の完全自動化についての目途がついたと判断し、実機運用に向けて必要な設備設置などを進めている。

この発表に対して、完全自動化する際に計測データ信頼性向上対策の必要性や、今後のオペレーター機能の在り方などについて討論された。

(討28) 薄板在庫スラブ運用エキスパートシステムの開発

((株)NKK-EXA 技術部 石井孝治ほか)

製鉄所においては受注ロットを集約して生産と結びつける生産計画を主体としているが、近年特により小さく・より多様化している受注ロットと生産ロットのギャップから生産段階で在庫スラブが発生しやすくなっている。これを極力減少させる在庫引当てのシステム化は従来手法では極めて難しく専門家の作業に頼らざるを得なかった。今回知識工学手法を導入してエキスパートの経験やノウハウを知識ベース化し維持管理しやすい実用システムの開発を行った。

本システムは大規模データベースや各種マスターから必要な情報を読み出して前処理を行う従来型システムと、最適な引当てを推論する知識ベースシステムとを統合させたもので、汎用大型計算機上で市販のエキスパートシステム開発ツールを使用して実現させ、バッチ処理で一度に全引当てを行う。システムの特徴は大量のデータに同一の知識ユニット群を繰返し適用させる方法を実現したことと大量データの相互マッチングを効率良く行うための絞り込み方式を工夫したことである。これにより従来困難であった業務のシステム化が可能になり専門家と同程度の引当てが可能となって今後この領域への適用の拡大が期待され関心を集めた。

以上7件の発表が行われたが、加工工程、加工プロセスの物流および工程運用にAIを適用し、その経験を通して貴重な知見を得ている。AIとは本来情報高度利用を目的とする道具であって、推論・学習そして創造という人間の知的活動を代行するものと考えられている。

しかし現段階ではエキスパートシステム構築によって人間の持つ知識の蓄積と機械の持つ正確性・高速性とを融合させ、従来手法によるプロセス制御では不得意であった問題を補完し、不完全ながらも機能の高いシステムを創り出した段階と言えるであろう。

発表されたシステムの適用による効果は、

- ・品質歩留り能率の向上、省力化等を目的とする鉄の加工プロセス中で従来方法では構造的にシステム化しにくかった悪構造をもつ分野への適用範囲の拡大。
 - ・今後ますます膨大となる鉄のシステム化作業に対し、ソフトウェア生産性向上・メンテナンス性向上への貢献。
- に集約できると述べられた。また、使いやすいツールの開発を望む声も多かった。

会場は満席に近い状態で、本テーマに関する非常に強

い関心がうかがわれた。終わりに充実した内容を熱心に講演していただいた講演者の皆様と討論に参加された聴講者の方々に深く感謝いたします。

Ⅳ. 蛍光X線及び固体発光分光分析の最近の進歩

座長 住友テクノロジー(株)

真鍋 浩

副座長 NKK 中央研究所

岩田 英夫

鉄鋼分析における、蛍光X線及び固体発光分光分析の歴史は、常に迅速性と精度向上を求め、今なおオンライン分析の主役をつとめている。今回の討論会においても、固体発光分光分析法での励起源の研究・開発、蛍光X線分析における定量性の向上技術、更にはオンライン分析における、合理化、効率化等、最近の進歩あるいは課題について10件の発表と討論があった。

(討29) 発光分光分析法による鋼中微量炭素の定量

(住友テクノロジー(株) 猪熊康夫ほか)

50 ppm以下の微量炭素のオンライン迅速分析方法として、固体発光分光分析の適用について、分析精度の向上のため、スペクトル線の発光パターン、測光条件および分析試料の問題について検討を加えた。

スパークとアークの組合わせ放電において、スパーク部よりもアーク部で測光する方が精度・正確度とも良好である。(C 193.09 nm) また、試料表面及び対電極の状態が精度に大きく影響することから、予備放電パルスを多くとること、あるいは高出力放電を予備放電に使用することにより、精度・正確度とも向上する。

溶鋼試料の脱酸剤としては、Siが適当であった。サンプリングを含め、最適条件を選べば化学分析値との比較精度は、±2 ppm以内が期待できる。

(討30) 固体発光分光分析法における鉄鋼中の微量元素の分析精度向上

(新日本製鉄(株)室蘭製鉄所 奥山祐治)

高純度鋼中の微量元素成分、特にC, P, S, Al, CaおよびBのオンライン迅速分析において、固体発光分光分析における微量元素分析にかかわる誤差要因とその解決策を見出し、分析限界について検討した。

サンプリングにおける誤差要因として、サンプラーの材質からの汚染(C, Al)、冷却速度の差に基づく試料のマクロ組織の差、試料調整時の表面研磨材からの汚染が認められた。分析直前の試料表面の温度も一定(20~50°C)とする必要がある。発光条件では、スパーク放電よりアークライク放電のほうが精度がよいが、固体発光分光分析では装置のドリフトは避けられず、再現性のよ