

Artificial Intelligence Applications at Kawasaki Steel



山崎 順次郎
Junjiro Yamasaki
水島製鉄所 制御技術
部制御技術室 主査(部
長補)



岩村 忠昭
Tadaaki Iwamura
水島製鉄所 制御技術
部制御技術室 室長(部
長)



新井 慎也
Shinya Arai
システム部システム研
究室 主任研究員(課
長)

1 結 言

鉄鋼における AI 技術は、「試みの時代」を経て「実践の時代」に入っている。AI は、理論的には知識工学、ファジィ理論、ニューロネットワーク等の総称として使われる理論体系である。コンピュータ技術の昨今のめざましい進歩に歩調を合わせて、AI 理論の実践応用が進められ、鉄鋼業においても数多くの適用を推進している。1984 年 2 月、当社の丸ビレット精整ラインへの知識工学の応用が、従来のバッチ的なコンサルティング型知識工学だけにとどまらず、世界に先がけて実プロセスのリアルタイム・エキスパートシステムにまで実用化されたのもまさにこの潮流に乗るものであった。AI 技術の鉄鋼プロセスへの実践応用が以来非常に活発化し、当社においても AI 情報連絡会を設け、AI の普及と評価に努めている。その理由は鉄鋼プロセスの進化と密接に関連している。1980 年頃までの鉄鋼のプロセスは、大型化、高速化、連続化といったマスプロダクション生産形態として発展した。1980 年代後半にはいって、「チャンスフリー」という言葉に代表されるマスプロダクションの中の多品種小ロット生産を目指す鉄鋼の FMS (flexible manufacturing system)¹⁾ プロセスを実現することに各社とも総力をあげて取り組んでいる。それは FMS プロセス技術の中の重要課題である「いかにより高度なプロセス自動化を達成するか」という命題への一つの解を AI 技術に求めていることにはかならない。鉄鋼プロセスにおける「自動化」は、単に人の作業を機械に置きかえることを指すだけではない。情報処理や判断計画業務をもシステム化することを含めて自動化といっている。鉄鋼の新 FMS 時代においては、マスプロダクション時代の「良構造問題」のみの自動化から、「悪構造問題」まで自動化の対象範囲が拡大することが FMS 化の必須要件であり、AI 技術の開発導入に期待がかかっている要因になっている。具体的には、転炉吹錬制御やミルの板厚、形状制御の良構造問題のみの自動化から、複数のプロセスの最適化や高炉炉況制御

要旨

1984 年 2 月、川崎製鉄がビレットミル精整に設置した 2 台の丸ビレット自動疵取りグラインダー・ラインを制御する目的で、世界で初めてリアルタイム・エキスパートシステムが稼動して以来、プロセス制御や物流制御の場面での AI 技術の適用が積極的に各方面で進められている。本報告では、鉄鋼生産プロセスの FMS 化への取り組みと、AI 技術がどのようにこれまで展開されてきたかを分析した。鉄鋼の FMS プロセス実現の潮流のなかで、各プロセスの計画、制御、測定、学習、診断の問題分野において、エキスパートシステム、ファジィ、ニューロネットワーク等の AI 技術が適用され、プロセス問題の解決領域の拡大に寄与しつつある。

Synopsis:

Since February 1984, Kawasaki Steel developed the real-time expert system at the round billets conditioning yard for the first time in the world, and it has begun to actively apply the AI technology to many areas of the process control problems such as material flow, automation systems and so on. The authors have analyzed on paper how the AI technology has been developed under the condition of FMS process realization at the steel production system.

The AI technology of the expert system, fuzzy control theory, and nuero-network system is applied to problem areas such as the planning, control, measurement, learning, and diagnosis of each process. They are contributing to expansion of the solving methods in the FMS process.

といった悪構造問題をもその自動化の対象としてゆく時代への変遷である。

一方、従来は良構造問題として自動化されたシステムも、製品品種の多様化、高精度製品ニーズ、チャンスフリー操業といった新しい操業条件下では、人の知識経験で解決すべき課題が顕在化し、過去に開発した自動化システムの陳腐化も問題になっている。これらの問題解決にも AI 技術が期待されている。

本論文では、当社における AI の取り組みの現状および今後の展望について論じる。

2 鉄鋼の生産プロセスの合理化と AI

鉄鋼業はこれまで各製造工程の革新を以下の観点から求め続けてきた。

- (1) 生産プロセスそのものの革新
- (2) 生産物流の合理化
- (3) 生産歩留・原単位向上
- (4) 生産の自動化・省力化
- (5) 高付加価値製品の開発

である。具体的には、分塊圧延から連続铸造(連铸)、バッチ焼鈍

* 平成 3 年 6 月 21 日原稿受付

から連続焼鈍への変革 (1), 連铸~ホット連続化プロセスの開発 (2), 厚板, ホット仕上ミルの精緻な圧延技術およびモデルの開発 (3), 精整ラインの無人化指向 (4), 冷延表面処理の製品品種の多様化 (5) 等がそれぞれの課題に対応する代表例である。

このような合理化努力は, 鉄鋼プロセスのなかでいかに多品種小ロット生産の生産システムを実現するかにあったともいえる。例えば連铸~ホット連続化プロセスは, 本来連铸と圧延の特性差, 例えば能力差やそれぞれのハンドリング素材単位の差を克服し, ホット圧延の多様なプロダクトミックスの制約のなかで要求製品品質特性を作り分ける製造技術である。それは大幅圧下ミルのような新しい圧延ミル²⁾と既設の加熱炉およびミルを使って最大限の能力を引き出す FMS 化という新しい鉄鋼操業コンセプトに立った総合ソフトウェア技術といえよう³⁾。冷間タンデムミルと酸洗ラインの連続化のように複数のパッチプロセスを結合して連続化し, マスプロダクションのなかで多品種小ロット生産形態を実現する場合も, ホット圧延と同様, チャンスフリー化のためのシステムや制御技術の開発が必要であった。

プロセスの連続化や同期化による FMS 化は, まずクレーンによる素材ハンドリングのような人手作業を極力排除する物流の自動化を中心に進められてきた。次のステップの鉄鋼プロセスの FMS の特徴は,

- (1) 従来の目視情報からセンサやプロセス制御モデルによる制御情報への置換
- (2) ミルオペレータ手動介入操作の制御アルゴリズム転換
- (3) 上流下流情報のより広域な高密度情報の提供
- (4) 従来オペレータに任されていた操業順命令の合理的な自動決定

等である。つまり AI (特にエキスパートシステム) の本来的意味である「専門家の知識を活用して意志決定を支援する⁴⁾」システムとしてプロセスの FMS 化を進めてきた。したがって, 「AI 技術が生まれたからエキスパートシステムが発生したのではない」という国枝⁵⁾の指摘は正しく, 知識ベースシステムの形にこそなっていないが, エキスパート的なシステムは鉄鋼プロセスではかなり高いレベルで実現しており⁶⁾, 各プロセスで AI 技術を受け入れる下地は十分であったといえる。

鉄鋼のプロセス構造を Fig. 1 に示す。設備を核として人, 情報, 制御およびコンピュータ群からなっており, 極度に人的要素を排除した自動化プロセスが実現されているが, 一方, 人と情報, 人と設備とのかかわりを完全に排除することはできない。それはプロセ

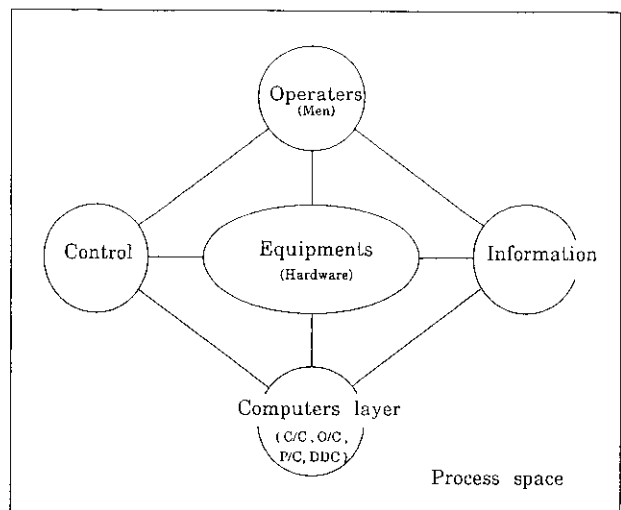


Fig. 1 Structure of iron and steel processing

ス非定常状態の監視や, それに対する制御への介入や, スケジュール変動に対する人の情報処理判断等, プロセス運転下での人の存在は大きい。AI 技術導入の前提条件となっているのが, プロセス状態や情報の定量化, それらの情報に対する作業の標準化であることを考えると, いかに各プロセスに対して, 多岐にわたりコンピュータ化がなされているかがその要件になる。Fig. 2 に, 一例として水島製鉄所のプロセスコンピュータ導入数の推移を示すが, プロセスコンピュータのシステム開発が, 1980 年以後, 積極的に行われ AI 導入の下地が着々と培われたことがわかる。このように新しい設備の導入と制御や情報処理の機能範囲の拡大と充実が図られて, 人と 3 要素 (制御, 情報, コンピュータ) のかかわりは濃密なものとなった。そして現在は, より高度な FMS プロセス実現のために, AI 技術にける期待を大きくさせる, プロセスニーズとシステム環境にあるといえる。その理由は, 制御は良構造問題も含めた高精度化, 設備はより信頼性のある設備へのレベルアップ, 情報は広域・高密度化へ各要素が求められ, 人が三つの要素に対して果たしている役割部分の自動化をはかるための方法論としての期待である。例えばローカルな最適化制御は実現していたが, 全体プロセスの最適化はオペレーターに依存していたプロセス (高炉), 設備診断やプロセス診断の自動化, 明確な評価関数が定義しにくいとか, 定量的モデル化の難しい計画業務の自動化等が対象となっている。

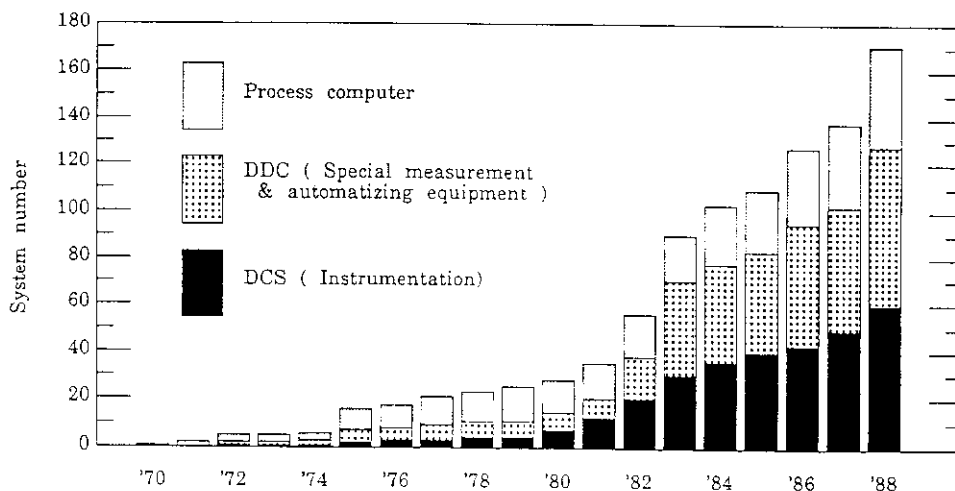


Fig. 2 Increase in the number of digital control systems and process computers (Mizushima Works)

3 鉄鋼生産システムへの適用

鉄鋼プロセスをソフトウェア面から見ると、Fig. 3 の構造で表現される。

(1) 計画 (Planning)

製造ラインに与えられる製造命令であり C/C, O/C と呼ばれるビジョンが分担し、単に製品仕様だけでなく生産順序、タイミング、組合せ等生産計画を分担する機能

(2) セットアップ (Setup)

与えられた製造命令とプラントの測定または予測計算値からコントローラへの初期値決定計算システムであり、転炉や圧延プロセスでは数式モデルをもとに最適化計算を行う機能

(3) コントローラ (Controller)

いわゆる DCS や PLC がその機能を担当する部分で、一般には高速制御周期でプラントからのフィードバック値によりプラントの駆動系（モータ、弁、シリンダ等）を制御する機能

(4) 観測 (Observe)

プラントや製品の物理的状態を測定したりモデルにより予測する機能

(5) 適応 (Adaptive)

コントローラのゲインやパラメータをプラントや製品条件によりダイナミックに変更し、制御ループの最適化をはかる機能

(6) 学習 (Learning)

セットアップモデルの予測部分に対して、実績プラント出力値（観測部出力）を用いてパラメータ補正を行う機能

(7) 診断 (Diagnosis)

プラントの設備信号、プラントの運転信号、品質測定値をそれぞれ用いて設備、操業、製品品質の健全性を総合的に判定する機能

鉄鋼の FMS 化の推進の中で、最近、特に物流が話題になるが、この物流の自動化でいえば、計画の一部（業務）と、セットアップとを P/C が分担している。観測部のトラッキング信号により製品および台車の位置トラッキングを行い、物流最適化（一般的にはヤード処理能力最大等）を行うべく台車と被搬送製品の割り付けや台車ルート決定を行っている。このように離散系の物流においてもミル制御のような連続系のプロセスと同様、Fig. 3 のソフト構造で説明できる。

Table 1 は、現在当社が開発もしくは開発中の事例を、適用分野別に分類したものである。この表には、千葉および水島両製鉄所で

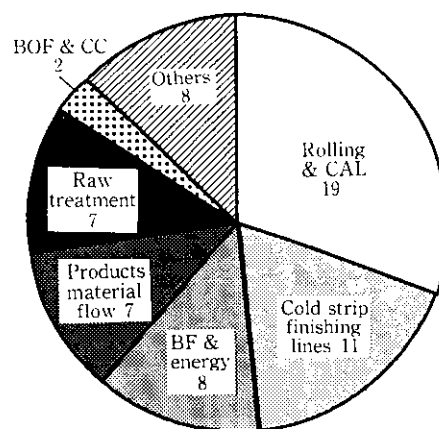


Fig. 4 Process classification of AI applications

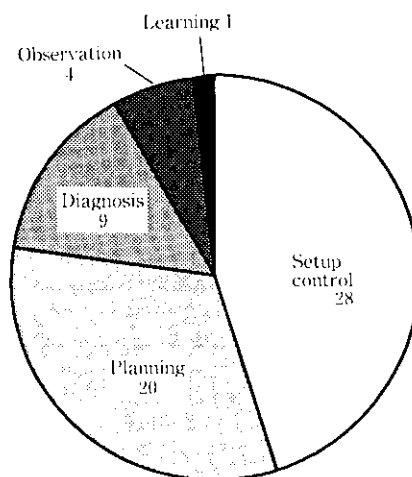


Fig. 5 Problem classification of AI applications

同時開発している事例や技術トランスファーした事例、例えば高炉制御のような事例は1件としてカウントしている。プロセス分野別の適応事例を Fig. 4 に示す。また適用分野別分類を Fig. 5 に示す。これらの適用事例の特徴を以下に述べる。

3.1 測定（データ解釈）問題

金属組織写真のデータ抽出のように、画像処理にルールベースを用いてパッチ的に処理する問題を除くと、測定問題には、ニューラ

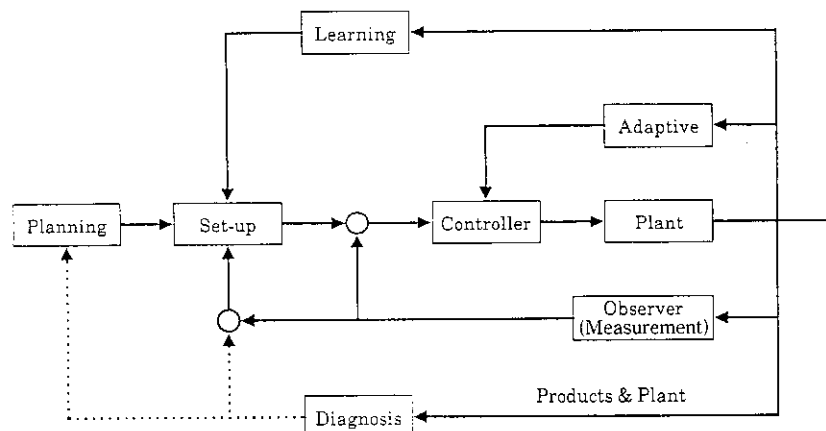


Fig. 3 AI functions structure of iron and steel processing

Table 1 Examples of AI applications

Problem types	Applications	Process							
		Raw materials	Ironmaking Energy	Steelmaking Cont. casting	Rolling Pickling Cont. annealing	Stainless steel Surface finishing Silicon steel	Warehouse	Shipping yard	Others
Analysis problem	Monitoring (interpretation)	Prediction of blast furnace temperature (NN)	○						
		Automatic recognition of marked letters on slabs (NN)		○					
		Classification of surface defects (NN)				○			
		Pattern recognition of microstructure photograph							○
	Diagnosis	Diagnosis of coiling machine			○				
		Diagnosis of hydraulic reduction system in cold tandem mill			○				
		Diagnosis of automatic gauge control system in cold tandem mill			○				
		Diagnosis of surface quality of hot rolling coil			○				
		Diagnosis of surface quality of coil as products			○				
		Diagnosis of silicon steel quality				○			
		Diagnosis of rotating machines							○
		Abnormality diagnosis of software programs							○
		Abnormality diagnosis of computer terminals							○
	Control setup	Dynamic control of conveyors between ore preparation plant and sinter plant	○						
		Sinter plant automatic control	○						
		Sinter process burning point control (FZ)	○						
		Ore sizing plant automatic control (FZ)	○						
		Coke oven combustion control (FZ)	○						
		Steam pressure control in steel works		○					
		Blast furnace operation control		○					
		Granulated slag bunker operation control		○					
		Burden distribution control in blast furnace		○					
		Hot stove combustion control (FZ)		○					
		Flux and coolant charging control			○				
		Billet flow control in conditioning yard			○				
		Slab reheating furnace combustion control			○				
		Automatic control of entrance table of cooling bed in plate mill			○				
		Rolling speed control in tandem mill			○				
		Pacing control in slab reheating furnace in hot strip mill			○				
		Optimum speed control in continuous annealing process			○				
		Rolling control in dull surface strip			○				
		Strip temperature control in No.3 pickling line			○				
		Coil buggies optimum operation control in EGL yard				○			
		Coating control in continuous galvanizing process				○			
		Stainless steel coils automatic transportation control				○			
		Electro-magnetic coils automatic transportation control				○			
		EGL products quality control				○			
		Box furnace temperature control (FZ)				○			
		Stainless steel coil automatic transportation control					○		
Synthesis problem	Planning (including design)	Ore bunkers assignment plan	○						
		Raw material coal blending plan	○						
		Seamless pipe rolling schedule			○				
		Stainless steel materials ordering schedule			○				
		Slab charging schedule in batch furnace			○				
		Manufacturing schedule in pickling line			○				
		Rolling schedule in No.4 tandem mill			○				
		Small size coils build-up schedule				○			
		Slitter assignment plan in silicon steel line				○			
		Automatic design of coil combination				○			
		Berth plan for plate shipment					○		
		Vehicle assignment for product shipment					○		
		Ship's stowage plan for steel products					○		
		Berth plan for product shipment in steel works					○		
		Berth plan for raw materials carrier					○		
		Consultation for use of MARC(structure analysis package)							○
		Support system of creep test							○
		Patent manuscript guidance system							○
		Repairing support guidance system for water pipe lines							○
Others	Learning	Automatic rule acquisition in cooling bed control system			○				

NN : Neural networks FZ : Fuzzy theory

ルネットワークが、主要手段として適用されている。

ニューラルネットワークでは、与えられた教師モデルに対して、各段ニューロの非線形関数の入力変数の重みがバックプロパゲーション法により決定される。一度そのネットワーク構造が決定されると、多様な入力信号に対して教師パターンへの分類出力の高速処理は可能で、連铸マーキングの文字認識⁷⁾や高炉炉熱の将来推移⁸⁾の予測などの適用例がある。またレーザーや光学素子からの鋼板表面の疵入力信号をパターン処理し疵種分類することも可能となる。ニューラルネットワークのこのような適用は、大量の分布信号処理や、長期間大量データのプロセス解析など、従来の統計データ処理だけでは特徴抽出の困難な対象に対して有効な手段として、今後適用拡大が期待される手法である。

3.2 診断問題への適用

診断問題は、設備診断、操業診断および品質診断に大別できる。これらの問題は、プロセス信号の測定、それらのデータ収集システムが完備していることが前提条件となるが、何より重要なことは、目的とする診断に対して設備保全者、操業者および品質管理者がいかに深い知識をもっているかに依存している点にある。測定信号に対して上下限アラームを設定し、オペレータに注意を喚起するシステムは従来からどのプロセスにも設備化されているが、AI を適用した設備診断システムは、さらに踏みこんで、

- (1) 熟練者の知識の共有化
- (2) 個人のバラツキのある判断基準の標準化
- (3) 高度化システムのスキルフリー化

を目的としている。

このような高度な診断 Know-How は試行錯誤と多くの経験の蓄積により獲得されるものであり、AI 技術の適用分野として有望視されている。しかし、設備診断は、せっかく開発しても、診断対象の設備の保全能力が向上し故障発生機会が稀となり、診断システムが有効に生かされない例もある(2 TAN 油圧下設備診断⁹⁾)。高炉の炉況診断をベースに操業のオペレーションガイダンスを行った Go-Stop システム⁹⁾も一種の操業診断であった。ここで培われた高炉操業の深い知識が、新しい高炉制御のエキスパートシステムのベースとなっていることを考えると、「まず測定しデータを探る」ことの大切さが AI 技術の基本であることを考えさせる事例であり、現象の定量化がすべての診断のベースとなっている。本特集号では品質診断の事例として、冷間タンデムミルのエキスパートシス

テム¹⁰⁾を紹介する。

3.3 セットアップ制御問題への適用

セットアップ制御問題は、AI 技術適用の中心テーマになっている。その対象は、

- (1) 高炉や焼結のように反応や燃焼が複雑に絡み合い数式モデル化の困難なプロセス
- (2) 焼結焼成制御や熱風炉燃焼制御、ボックス炉温制御のように、単純な PID 制御では被加熱(または焼成)材のコントロールの困難な制御課題
- (3) 加熱炉計算機制御や冷間ダル圧延制御のように良構造問題として扱われていた制御問題であっても、より高度な自動化を意図した時に AI 技術の適用が有効となる課題
- (4) 精整ラインの物流やヤード内コイル搬送制御のように深い知識は必ずしも求めないが、プログラム開発の効率化と保全性を目的とした制御課題

に分類される。鉄鋼の制御技術の方法論と自動化の関係を Fig. 6 に示す。鉄鋼プロセスの自動化の目的には、品質、歩留り、操業安定および省力などいろいろな視点があるが、省力の観点から自動化を見たとき、究極的な自動運転の形態を無人化工場とした場合、

全自動運転⇔運転室統合⇔1 プルビット⇔無人化

のステップで操業形態は進化する。現在、水島製鉄所の操業形態を統一的に見るために、無人化度を次のような統合度(α)と、オペレータ1人当たりの担当設備数をカウントし、各プロセスを評価し Fig. 7 に示した。

統合度(α)

$$= (1 - \text{運転台} \times \text{プルビット数} + \text{機能を持つ設備数}) \times 100$$

統合化が進んでいないほどαは小さく、無人化工場では100に近づく。一般的に予想どおり精整およびヤード作業は低位にあり、次いで圧延工程、高いのはプロセスラインとなっている。このように各プロセスの自動化の水準を評価してゆくと、AI 技術をどこに適用してゆくべきかプロセス分野と問題分野が明確になってくる。また、AI 技術だけで自動化が進むわけではないが、自動化が進むほど、そこにいる「人」には知識、情報の集中化が進むことから、人を補完する技術という面からも AI が期待されている。今回の特集号では、高炉操業の AI 技術¹¹⁾を紹介する。

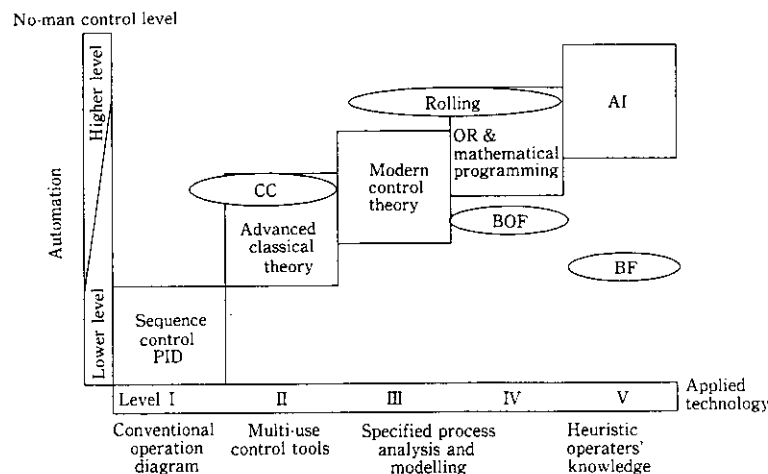


Fig. 6 Control methods and automation level

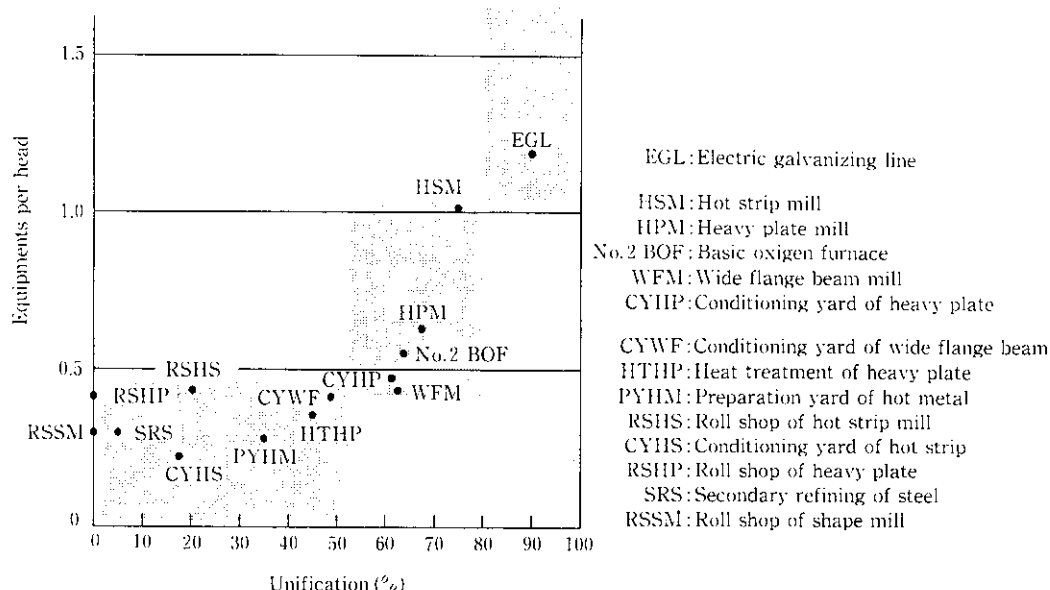


Fig. 7 Equipments per head and unification

$$\text{Unification} = \left(1 - \frac{\text{Cont. Desks} \times \text{Pulpits}}{\text{Num. of equipments}} \right) \times 100$$

3.4 計画問題への適用

計画問題への適用は、計画策定業務そのものへの適用（例えば、シームレス鋼管圧延順序組）、生産ラインの実行指示前段における計画の実行調整業務への適用（例えば、厚板出荷沿岸作業計画や外販トラック配車組）とに分けられる。前者のねらいは、制約条件が複雑でかつ評価指標が環境に依存する問題に対して、解の質向上を目指し、AI技術の対象問題定義およびその解法の柔軟性に着目したものである。後者は、基準化・標準化が難しい熟練者の経験則を整理しAI技術による技術伝承をねらったものである。開発時期から見ると、後者が先行し徐々に前者が増大する傾向にある。これは、製鉄所の総合生産管理システムに代表される計画指向の生産の仕組み作りのなかで、まず計画と実操業との仲立ちをする業務一熟練者への依存が強い一の自動化あるいは半自動化の要請が強かったためである。一方、適用分野で見ると、製鉄所における物流・出荷にかかわる業務が先行し、生産管理そのものへの適用が後を追っているといえる。これは、製鉄業はある一面で運送業と呼ばれるほど、原料から最終出荷にいたる過程で物流作業が大きな比重を占めている。それら物流業務は、常に各生産ラインの操業の影響を受けながら、そこでの攪乱要因を吸収する緩衝機能も要求される業務であり、システム化が困難な悪構造の分野であった。また、実際システム化が一番遅れた分野であり、そのためAI技術適用が先行したといえる。本特集号では、原料炭配合計画、シームレス鋼管圧延順序組のエキスパートシステム^{12,13)}を紹介する。

3.5 知識自動学習への適用

ニューラルネットワークも一種の学習機能を備えているが、ここでは、知識の自動獲得、知識の自動学習の観点から分類した。本特集号では厚板クーリングベットの事例¹⁴⁾が紹介される。厚板出荷沿岸作業計画の開発では、プロトタイプ開発と本番システムはほぼ同等の時間を要していることを考えると、知識の学習機能の理論研究と実践評価が今後のAI技術の一層の拡大に重要なテーマとなっている。

4 今後の課題

知識工学の実プロセスへの適用については、一時の過熱状態から堅実な取り組みの段階にきている。この間、AIシーズに対する問題点も実行の過程で指摘されている^{15,16)}。それを川崎製鉄での体験をもとに要約すれば次のようになる。

- (1) 「ルールの透明さ」がいわれているが、AI技術の限界として、“知識獲得ボトルネック”ということが指摘されていた。AIの有効性は、知識ベースにどれだけ有効知識を収納するかにかかっている。現在は、AIシステム設計者（KE: knowledge engineer）が属人的な方法で専門家からの知識の引き出しを行っており、その過程の優劣や遅早がシステムの性能・工期を決定付けている。この知識獲得過程に対する何らかの方法論なりツールの開発が求められている。
- (2) 全く運転方案や技術標準のないシステムを対象とするときの知識獲得（または知識整理）においては、システム設計の段階では、AIを使うことによる有利さが出てこない。例えば、厚板出荷沿岸作業計画の開発においては、実システムは、プロトタイプ製作の2倍のマンパワーがかかっている。
- (3) AIの部分と、従来手続きのプログラムのソフト・インターフェース（AIツールのホストシステムへの取り込み）が煩わしい。
- (4) コンピュータ資源（メモリ、演算時間）の大量消費の問題が常に発生し、いかに実用システムレベルに抑えるかが難しい。
- (5) AIシステム開発は、専門家および従来システムのエンジニアKEの協調によって開発が推進されているが、まだKEとしての要員は数少ない。今後、基幹業務のシステム化のなかで、AI技術をチャンスロスなく適用していくには、従来のシステム化技術を熟知しAI技術も兼ね備えたKEの早急な養成とエンドユーザも扱えるツールの開発も必要である。

しかし、AI技術が鉄鋼プロセスに与える効果は、上記の制約はあるものの、

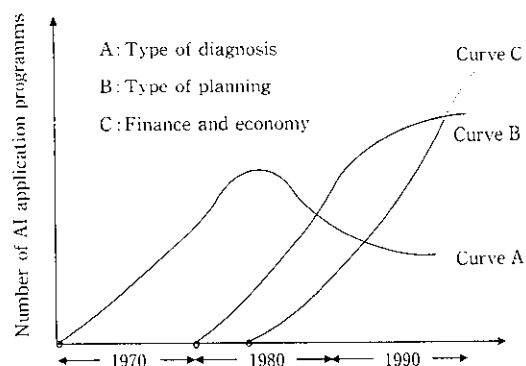


Fig. 8 Trend of AI application programming

- (1) 問題解決領域の拡大 (例えば高炉や物流制御)
- (2) 知識ベースプログラミングのソフト開発効率向上
- (3) 潜在知識の定量化

の3点にあらう。また、AI 理論やコンピュータ技術の発展が、上記の制約を解決し、鉄鋼生産システムにさらに大きな効果を与えると思われる。一方、AI の市場について、溝口は、設計・計画システムが今後伸びることを予測している (Fig. 8)。当社においても監視・制御を含めると70%近くをこの分野が占めていることを考えると、溝口のBカーブに既に乗って事例が増大している状況にある¹⁷⁾。その背景は次のように考えられる。

- (1) 2章でも述べたが、鉄鋼プロセスへのより高度な知能化を図っていく有力な手段として、AI 技術が位置づけられている。
- (2) 一方で、深い知識を持った専門家が高齢化とともに漸減し、技術、スキルの伝承が重要になっている。また、本来操業知識は会社の最大の資産であるとの認識が深まりつつある。
- (3) AI の研究に携わる人の数も増加し、ソフトウェア危機を唱

えた「第5世代コンピュータ」¹⁸⁾や「鉄鋼FMS化」プロジェクトのように国と産業との産学共同研究が近年進められている。

- (4) エレクトロニクスの進歩による AI 開発ツールの機能向上。

知識処理だけにたよっている AI が、学習システム、ニューラルネットワーク、ヒューマンインターフェースまで方法論が拡大され、問題解決領域はさらに拡大している。

5 結 言

AI の適用・導入が進み、システム開発技法の一つとして定着してくるにつれ、現状の AI 技術の限界を認識しながら、何がより企業に利益をもたらすのか、課題そのものの効果が問われる時期に入っている。そのためには、従来のモデルや制御アルゴリズムの高精度化のなかで解決すべき課題と、AI 技術により解決すべき課題と、問題解決によりもたらされる効果のバランスを考えて、開発を進めなければならない。AI 技術が鉄鋼業にもたらしたインパクトは、プロセス知能化の手段として、今までの手続き型ソフトでは解決の難しかった高炉のような大規模プロセスや物流への問題解決の方法論を提供し、その有効性が証明できたことである。また、従来システム化が困難であった技能課題にも、技術伝承の観点からテーマ化され、開発が推進されていることである。この面から、当社は、全社的な組織体制のもとで、AI 化の推進開発に当たっている。プロセスコンピュータが登場したときも、これが何に使えるかといわれる時代があったが、今ではプロセスコンピュータなくしては鉄鋼プロセスの制御は不可能の時代になっている。AI 技術についてもハード・ソフト両面から、鉄鋼プロセスに大きく根を張り、より高度な鉄鋼 FMS 時代が到来することを筆者は望んでいる。

参 考 文 献

- 1) 通商産業省製鉄課監修: 鉄鋼業 AI 時代, (1989), [産業新聞社]
- 2) H. Nikaido, K. Fujiwara, H. Abe, and M. Nihei: Proceeding of AISE Spring Conference, (1989)
- 3) 例えば, 日本鉄鋼協会 第112回(秋季)講演大会討論会<連綿・熱間圧延の直結化>
- 4) 小林重信: 「知識工学」, (1986), [昭晃堂]
- 5) 国枝 壽, 岡 孝幸, 杉浦 充: 日立評論, 70 (1988) 11, 31
- 6) 岩村忠昭: 計測と制御, 24 (1985) 11, 1021
- 7) 浅野一哉, 館野純一, 丸山 智, 新井和夫, 茨木通雄, 柴田 勝: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 253
- 8) 小幡晃志, 野村 真, 牧 勇之輔, 小林敬司: 鉄と鋼, 76 (1990), S998
- 9) 岩村忠昭, 山崎順次郎, 広畑和宏: 計測と制御, 27 (1988) 2, 8
- 10) 井口弘明, 北尾育治, 佐藤克明, 入月克巳, 唐澤直樹, 小松富夫: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 225
- 11) 飯田 修, 谷吉修一, 上谷修一, 上谷年男, 沢田寿郎, 橋本正広, 芹田大介: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 210
- 12) 中田衛志, 寺園清己, 藤本英男: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 185
- 13) 深谷真文, 片桐忠夫: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 191
- 14) 岡村 勇, 馬場和史, 高橋 暢, 潮海弘資: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 218
- 15) 日本機械工業連合会: 「産業機械分野における AI の応用に関する調査研究報告書」, (1988), 48
- 16) E. フェイゲンバウム, P. マコーダック: 「エキスパートカンパニー」, (1988), [TBS プリタニカ]
- 17) 溝口文雄: IBM REVIEW, 106 (1989), 1
- 18) 瀧 一博: 白石記念講座, 日本鉄鋼協会, (1989), 9