

エレクトロニクス分野におけるソリューション技術展開

Deployment of Solution Technologies in the Electronics Field

大西 忠治^{*(1)} 浜田 直也^{*(2)} 福谷 和彦^{*(3)}
 Tadaharu OHNISHI Naoya HAMADA Kazuhiko FUKUTANI

抄 録

コンピュータ技術やネットワーク技術を中核とするITの急速な進展に見られるエレクトロニクス技術分野の新技术を鉄鋼業にいち早く適用して、設備、プロセスが持つ課題の定量的評価から対策の提案、実行までの一貫した取組みを行うソリューション技術展開について概説する。具体的には、鉄鋼製造設備の投資コスト削減を目的としたオープン系システムソリューション、及び製造コスト削減、生産能力、品質向上の観点からのプロセス制御ソリューション、電磁流体解析ソリューション、プロセス・品質計測ソリューションにおける各々の技術展開について論じている。

Abstract

In the Electronics field, information technology (IT) has been developing rapidly with sophisticated computer and network technologies in its core. In this paper, we outline our deployment of solution technologies which take consistent steps: identifying a problem, designing the solution systems and implementing them, while applying these evolving technologies to the various processes in the steel industry. Specifically our solutions consist of open systems solution, process control solution, magnetic fluid analysis solution, and instrumentation solution which all work drastically for cutting costs, improving productivities and qualities of the steel products.

1. 緒 言

国内需要の低迷や市場経済のグローバル化の進展等により、鉄鋼業界の競争は国内外における業界再編や事業部門の統合等の形となって現われ、益々激化の一途を辿っている。

一方、エレクトロニクス分野を俯瞰するとコンピュータ技術やネットワーク技術の中核とする情報・通信技術 (IT) の急速な進展の下で、Device-net^{*1}やPROFIBUS^{*2}に代表される制御用ネットワークのオープン化やWindows^{*3}、UNIX^{*4}、及びLinux^{*5}等に見られる基本ソフトウェア(OS)領域での汎用化、オープン化が促され、一般産業システムにおける各種オープン技術の適用が急速に拡大しつつある。また、コンピュータ技術の発展は多種、多量のデータを短期間で処理可能とし、大規模な鉄鋼製造プロセス現象の定量化、モデル化を行うための各種信号、情報処理技術や数値解析技術、シミュ

レータ技術も実用に供するレベルとなってきた。

装置産業である鉄鋼業にこれらエレクトロニクス分野における最新技術をいち早く適用することで、プロセスの持つ課題を定量的に評価し、解決に向けた対策の提案から実行までの一貫した取組みを行う、いわゆるソリューション技術展開を具現化していくことで、設備投資や製造コスト削減、品質競争力を高めていくことがシステム制御技術分野に携わる技術者の使命であると考えられる。

本報では、鉄鋼製造設備やシステムを対象として、エレクトロニクス分野におけるソリューション技術の展開について概説する。

2. 鉄鋼業におけるエレクトロニクス技術の役割と今後の展開

先ず鉄鋼製造分野のエレクトロニクス技術が果たしている役割について述べる。図1は鉄鋼製造プロセスの構造概念図である。鉄鋼

^{*(1)} 技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター システム制御技術部長
 千葉県富津市新富20-1 〒293-8511 TEL:(0439)80-2406

^{*(2)} 技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター 計測・制御研究開発部長

^{*(3)} 技術開発本部 環境・プロセス研究開発センター システム制御技術部 システム制御技術グループ グループリーダー

^{*1} Device-netは、ODVA(Open DeviceNet Vendor Association)の登録商標

^{*2} PROFIBUSは、独シーメンス、Bosch、ABB等が共同で開発したフィールドバス

^{*3} Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標または商標

^{*4} UNIXは、X/Open Company Limitedが独占的にライセンスしている米国並びにその他の国における登録商標

^{*5} Linuxは、Linus Torvaldsの米国及びその他の国における登録商標または商標

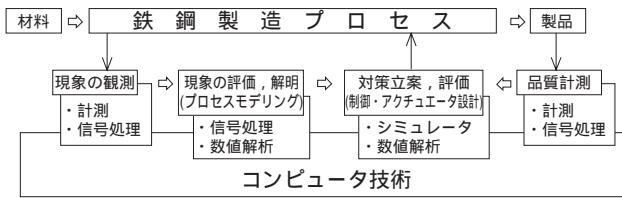


図1 エレクトロニクス技術の果たす役割

の各プロセスはそれぞれに対応した材料を加工、処理して製品を製造する。このときプロセスの現象は計測機器や信号、情報処理装置等で観測され、得られた情報とその時の操業データを用いて各種情報処理・数値解析技術を駆使してプロセス現象の評価、解明(モデリング)を行う。次にモデル化されたプロセスに対してシミュレータを用いた制御系設計、数値解析によるプロセス駆動源としてのガスや電力等による各種アクチュエータ設計を行うことで製造プロセスを最適に制御する。

製造された製品の材質や形状はリアルタイムで計測機器によって実測され、製品の品質要求に応じて前述のアクチュエータを制御することにより、要求品質に合致した製品を製造する。このように鉄鋼製品の製造過程において、計測、信号・情報処理、数値解析、シミュレータ技術等のエレクトロニクス技術はプロセスの現象解明からモデリング、品質の造り込みまでを一貫して実現し、プロセスの持つ本来性能の発揮やプロセスの自動化、省力化を実現するためのキー技術である。またこれらはコンピュータ技術によって統括・制御されており、エレクトロニクス技術の進展が鉄鋼製造プロセスの発展に大きく寄与していることは論をまたない。

次にエレクトロニクス分野から見た鉄鋼業の課題と今後の展開について論じてみたい。

図2に鉄鋼製造プロセスとそれに対応するエレクトロニクス技術の変遷を示す。鉄鋼業が「鉄は産業の米」と言われた1970年代には大量生産に向けた新鋭設備投資が旺盛であり、個々の設備に対して当時の最新エレクトロニクス技術が駆使されてきた。1980年代に入ると合理化や生産性向上の要請に呼応して、コンピュータ技術も素子の微細加工技術の進展をベースにその性能が飛躍的に向上し、鉄鋼業もその成果を取り込みプロセスの自動化や製品品質の精度向上に向けて機能増強を図ってきた。1990年代になるとユーザーニーズの更なる多様化とも相まって、多品種造り込みに対応すべくプロセス制御の高度化を推し進めてきた。

このように、鉄鋼業は時代の要請に応じて最新のエレクトロニクス技術を導入することで高生産、高効率な製造設備、高品質、高機能な品質造りを実現してきたが、一方では、大量生産期以降に導入した電気、計装、計算機設備は稼働後20年から30年を経過し、電機メーカーでの部品の製造中止や保守中止、及び設備の機能劣化によ

て更新が必要な時期に直面している。従って今後の課題は、大量の設備更新はもとより設備機能改善に際して冒頭に記したエレクトロニクス分野におけるオープン化技術を適用することにより、安価で高性能な設備としてリニューアル・機能アップするためのソリューション技術展開が望まれる。

更に、製造コスト削減、生産能力、製品品質向上を目的とした、プロセス制御の観点から今後の課題を考察する。従来はPIDによる古典制御が主体であったが、1980年代にはコンピュータ性能の向上を受けてプロセス現象を数値モデル化して取り扱う現代制御理論が導入され、多変数制御の実用化によりプロセス制御精度が格段に向上してきた。しかるにこれらの取組みは鉄鋼製造プロセスの中でも現象のモデル化が比較的容易な圧延工程や表面処理工程のいわゆる製品工程が主体である。

粉体や高温流体を取り扱う製鉄工程(原料、焼結、コークス、高炉)や製鋼工程(転炉、連続 casting)では、プロセス現象が極めて複雑であり現象のモデル化が困難なことから、人の経験や知識を用いたファジーやAI等の知識型制御が導入されているが、操業者や操業条件の変更等に対して必ずしもロバスタな制御系とはなっていないのが実情である。最適制御の観点から考えると現象のモデル化が必要であり、ここでは計測や信号・情報処理、数値解析、シミュレータ等のエレクトロニクス分野におけるソリューション技術展開が望まれる。

以上論じてきた鉄鋼製造設備、及びプロセス制御の観点からのエレクトロニクス分野における課題と今後のソリューション技術展開を図3に示す。

次章にて各ソリューションの技術展開としての筆者等の取組み概要を紹介することとするが、数値解析ソリューションについては、現在、主に取組んでいる連続 casting 設備への電磁力応用としての電磁流体解析ソリューションを中心に紹介する。尚、エレクトロニクス分野での取組みから派生したプロセスアクチュエータや新商品開発のためのツールとしてレーザー加工への取組みも行われており、各ソリューションの詳細な取組み事例と併せて、本誌の別稿に掲載しているのでそちらを参照願いたい。

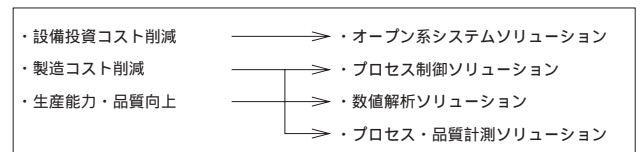


図3 エレクトロニクス分野における課題とソリューション

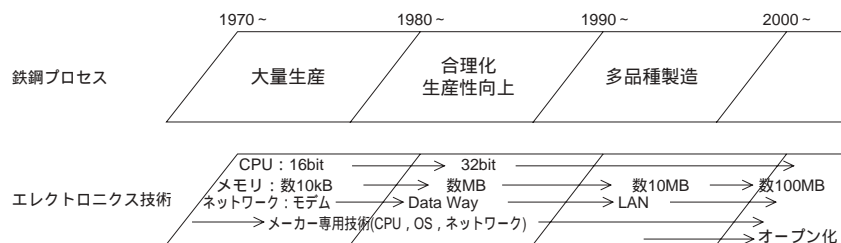


図2 鉄鋼製造プロセスとエレクトロニクス技術の変遷

3. エレクトロニクス分野におけるソリューション技術展開について

3.1 オープン系システムソリューション

現状の鉄鋼業における情報・制御システム機能は、図4に示すように生産計画、技術管理、設備管理等を対象とする管理系ビジネスコンピュータ(バッチ処理)を最上位に、操業管理、品質管理、工程管理等を対象としたビジネスコンピュータ(オンライン処理)、プロセスの最適制御、自動化を司るプロセス制御用コンピュータと電気計装制御装置(PLC, DCS)、及び電気計装フィールド機器のハイアラキー構成となっている¹⁾。近年のコンピュータ技術の急速な発展はEWSサーバやパーソナルコンピュータ(PC)能力の飛躍的な向上や汎用、オープン系OSの普及を促し、鉄鋼業においても従来のプロセス制御用コンピュータを専用コンピュータから汎用のEWSやPCへとダウンサイジング可能な環境となっている。

かかる背景からオープン系システムソリューションでは、図5に示すようにプロセスの最適制御・自動化等を実現するためのアプリケーションソフトウェア(APソフト)をメーカーに依存することなく自前で共通的に使用すること、及びメーカー専用OS上で動作するAPソフトの内容を変更することなく既存のシステムを最新システムへと更新可能とすることにより、ハードウェア選定のメーカー依存からの脱却、ハードウェア更新のみでの既存システムの最新システムへの刷新による設備投資コストの抜本的削減に取り組んでいる。

具体的には、APソフトがあらゆる汎用、オープン系OS上で動作可能とするC言語用汎用ミドルウェアソフトウェア⁶⁾ NS SEMI SYSTEM⁶⁾を独自開発することによりメーカー専用コンピュータをEWSやPCへ代替可能とし、君津製鐵所ピレット連続鋳造設備への適用を皮切りに大幅な設備投資コスト削減を実現している²⁾。ま

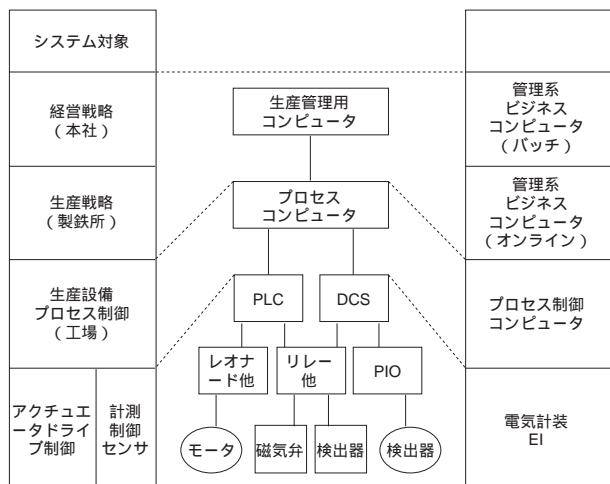


図4 鉄鋼情報・制御システムの機能階層

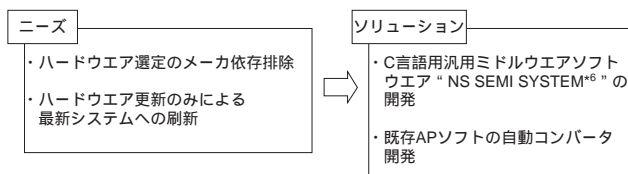


図5 オープン系システムソリューション

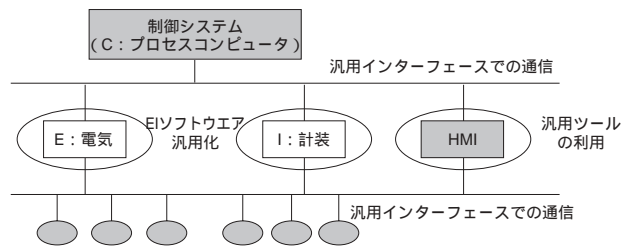


図6 オープン化後の鉄鋼プロセス制御システム構成イメージ

た、“NS SEMI SYSTEM⁶⁾”をベースとして各種メーカー専用OSに対応したAPソフト自動コンバータシステムの開発では、既に数例のシステムで検証を終え、いずれもほぼ100%に近い自動コンバージョンの実現に目処を得ている。

今後は、上記の各種ソフトウェアをパッケージ化することで、鉄鋼製造システムにインストールしていくと共に、現場でのチューニングや課題解決については専任のメンバーで対応していく方針である。一方、PLCやDCSの電気計装制御装置の制御用ソフトウェアは高速処理等が強く要求されることからメーカー技術に依存しているのが実情であるが、ソフトウェア製作ツールが汎用PCに移行している状況を踏まえ、上記のプロセス制御用コンピュータへの取組みと同様に、ソフトウェア自製化を支援するためのツール開発を推進している。

将来展望としては上述のソフトウェア開発に加え、図6に示すようにプロセスコンピュータと電気計装制御装置間、及び電気計装制御装置とフィールド機器間のネットワークの汎用化、オープン化を指向することでシームレスな鉄鋼製造システム構成の構築も視野に入れて取り組んでいる。

3.2 プロセス制御ソリューション

鉄鋼製造プロセスは、気体、粉体、流体、固体の全ての現象を取り扱う非常に複雑で高速な処理が要求される系であり、これまで種々の制御手法が提案、導入されている。

従来は圧延工程を中心としてプロセスの現象解明を実施し、主に現象を線形近似した“線形制御則”を適用してきたが、今後は、従来より一層製品品質に密着した制御、及び従来の性能をブレイクスルーする新たなプロセス制御への取組みが要求される。

プロセス制御ソリューションでは、PCや汎用シミュレータの性能・能力向上を背景として、図7に示す如く品質データを含む多種、多量のデータ解析による“非正常、非線形プロセスモデル”の実現、及びプロセスのダイナミクスを考慮した詳細プロセスモデルを含むダイナミックプロセスシミュレータを自製し、プロセスが持つ各種現象を定量的に解明することで新たな制御則や制御システムの提案を行っている。

具体的事例としては、圧延工程での取組みはもとより、前述した如く、粉体や流体を取り扱う製鉄工程や製鋼工程を対象として、厳密な物理モデルからなるプロセス現象のモデル化、及びプロセスシミュレータ自製による新制御則や制御システム適用への取組みを

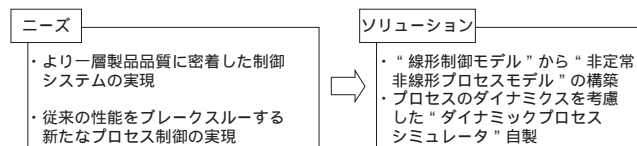


図7 プロセス制御ソリューション

⁶⁾ NS SEMI SYSTEMは、新日本製鐵株の日本における登録商標

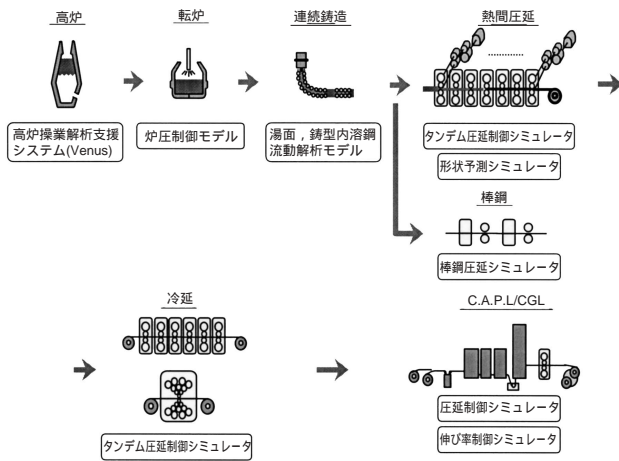


図8 非正常・非線形プロセスモデルとシミュレータツール群

行っている。現在、高炉に多数設置されているセンサの計測データを画像情報化することで、熟練した操業オペレータが保有している高炉の操業状態を客観的な画像情報として可視化するシステム（Venus）の開発や、連続鋳造設備の鋳型内での溶鋼の流動現象を三次元流体解析によってモデル化³⁾することによる新たなモールド湯面レベル制御側の構築等に取り組んでいる。

図8に新日本製鐵が現在保有している“非正常，非線形プロセスモデルとシミュレータツール群”を示す。今後は、これらのモデル・シミュレータの適用拡大を図ることで、制御性能の向上に課題を残しているプロセスを対象として抜本的なコスト削減，生産性向上，品質競争力強化に取り組んでいくこととしている。

3.3 数値解析ソリューション

電磁力応用機器は、対象物に電磁場を印加することにより非接触で力や熱エネルギーを付与できることから、クリーンで制御性に優れたエネルギー源として従来から鉄鋼業に導入されてきており今後もその適用ニーズは高い。しかるに、単純な場合を除いて現象の解明が極めて困難であることから効果の検証が難しく、今後新たなプロセスへの適用拡大を実現していくためには、現象解明や効果検証のための解析，設計手段が強く望まれている。

電磁流体解析ソリューションでは上述の課題解決に向けて、新日本製鐵が独自開発した汎用電磁場解析ソフトウェア⁷⁾ FLEDYTMを基盤として、オンライン実験装置代替ツールとしてのシミュレーション環境の構築に取り組んでいる(図9参照)。

具体的な取組み事例として、連続鋳造設備の鋳型内溶鋼に攪拌力(M-EMS: In-Mold-Electro Magnetic Stirrer)やプレーキヤ(LMF: Linear DC Magnetic Field)を付与する電磁コイル装置の解析，設計について紹介する。図10は、Maxwellの方程式に基づいた電磁場解析(FLEDY⁷⁾)と、Navier-Stokesの式に基づく流体解析，及び溶鋼の伝熱，凝固解析，鋳型内の伝熱解析を連成することで新たに構築した



図9 電磁流体解析ソリューション

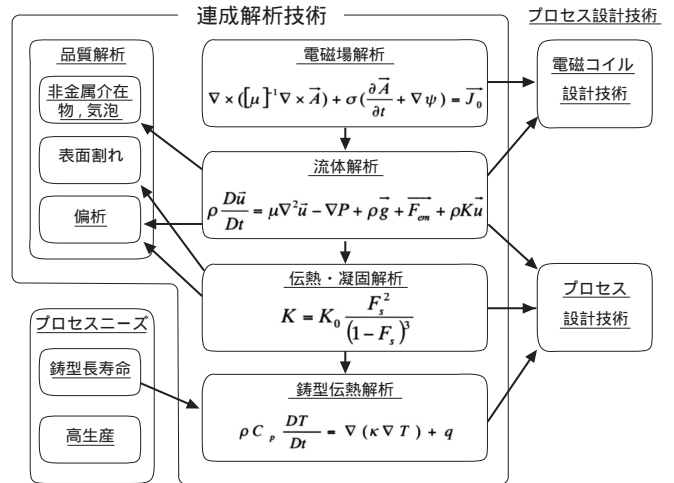


図10 連続鋳造鋳型内の溶鋼流動現象連成解析ツール構成

電磁流体連成解析ツールである。コンピュータの性能向上とも相まって、三次元詳細モデルの構築と解析，及び実機設備データでの検証が可能となり，更に実際の鋳造品質データとの合わせ込みを行うことで，鋳造品質レベルでの検証も可能となっており，M-EMSやLMFの電磁コイル設計手段としてオンライン実験装置代替のシミュレーション環境を構築している。

現在、本ツールを活用した各種電磁コイルの設計手法を確立しており，製鐵所の鋳造設備仕様(鋳型サイズや鋳造速度等)に応じた最適な電磁コイルを製作するための設計(コイル形状，電圧，電流，周波数，極数等々)を実施し，当初計画通りの性能を発揮している。更に，電磁流体解析で培った技術を基盤として，電磁場解析による鋼材の特性解析への展開も推進中である。

3.4 プロセス・品質計測ソリューション

鉄鋼業における計測技術は、図1に示すように製造プロセスのモデル化を目的として温度，成分，形状等のプロセス現象を観測するための“プロセス計測”と，疵や材質等の製品の品質を計測することを目的とした“品質計測”に大別できる。前者は主にプロセスを最適に制御するために必要なモデル化情報をオンラインで正確に計測しかつ安価な計測システムとして確立することが，後者は疵や欠陥情報をできるだけ前工程で検出して製品品質の造りこみを行うこと，及びユーザーへの最終品質保証機器として微細な疵や欠陥を高精度で計測するシステムがそれぞれ要求される(図11参照)。

プロセス計測ソリューションの観点においては，温度，振動，塵埃といった他産業に比べると非常に過酷な条件下での計測が必要とされる鉄鋼プロセス計測において，近年のメモリやマイクロプロセッサ技術の発展により，プロセスの情報を高精度カメラによって

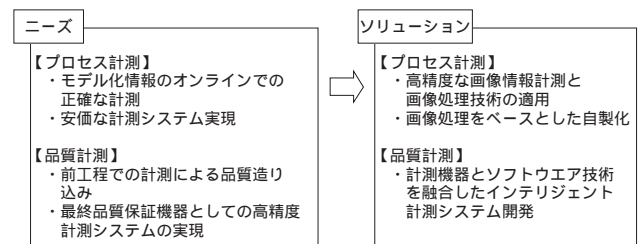


図11 プロセス・品質計測ソリューション

⁷⁾ FLEDYは，新日本製鐵㈱の日本における登録商標

高精度、高速、かつ安価に画像として取り込むことが可能となり、また取り込んだ画像を処理するための画像処理装置も高性能化、廉価化の状況にある。従って、画像処理技術をベースとして、ユーザーでの自製も視野に入れ、従来対応できていないプロセス計測に資するセンサ開発を推進している。

次に品質計測ソリューションでは、ニューラルネットワークやウェーブレット変換等の各種知識処理の発展に代表されるソフトウェア技術の進展により、従来の電磁気や超音波等によるハードウェアセンサシステムが、検出器から得られた計測情報をソフト処理する、いわゆるインテリジェントセンサシステムへと移行してきており、各種ソフトウェア技術を駆使した高精度な疵・材質弁別方式の確立による新たなセンサシステム構築に向けた開発を推進している。

4. 結 言

コンピュータ技術の進展は社会に様々な利便性を提供し、21世紀のグローバルな社会システム基盤として、今後も機能・性能両面において更なる向上が予想される。

本報では、このように進展の著しいコンピュータ技術に代表され

るエレクトロニクス分野における新技術をいち早く鉄鋼業に適用することで、設備、プロセスが持つ課題の定量評価から対策の提案、実行まで一貫して取組むソリューション技術展開の概要について論じた。各々の活動成果は社内への適用拡大はもとより、パッケージ化することにより商品メニュー化し、広く社外への提供も視野に入れて推進していく所存である。

コンピュータ技術やネットワーク技術に見られるエレクトロニクス分野の新技术の潮流を、装置産業である鉄鋼業に従事するエレクトロニクス技術者が鋭敏な感性を持って取り入れていくことが、鉄鋼業の更なる発展に貢献していくことを念頭に積極的なソリューション技術展開を行っていきたい。

参考文献

- 1) 中北 ほか:鉄鋼制御システムのライトサイジングへの取組み 計測と制御 34 (11) 843-847(1995)
- 2) 河原 ほか:鉄鋼メインプロセス制御へのオープンシステム技術適用事例 計測自動制御学会 第14回産業システムシンポジウム .1997
- 3) 鈴木 ほか:Level Control Model by Numerical Fluid Dynamics Method 4th International Conference on Intelligent Processing and Manufacturing of Materials 2003
- 4) 藤崎 ほか:電磁場技術の鉄鋼プロセスへの応用 新日鉄技報 (364) 24-29(1997)