



高炉操作室(写真: JFEスチール(株))

鉄と鋼 第100巻記念

計測・制御・システム分野
座談会

計測・制御・システム研究が 支える製鉄技術の高度化

日本の鉄鋼業が、欧米の技術であった転炉や連続鋳造を使いこなし、圧延機を国産化していった背景には、従来の要素技術の上に高度な付加価値技術を開発したことがきっかけとなっている。その原動力となったのが、日本発の計測・制御・システム分野の研究開発によって生まれた技術であった。

日本の計測・制御・システムがどのように誕生し、世界最高水準の鉄鋼技術を支えてきたのか。高度化の足跡をたどりながら今後の展望について、議論していただいた。

(2014年6月17日収録)

出席者(敬称略)

安藤 繁	東京大学 大学院情報理工学系研究科 システム情報学専攻 教授
白井 正明	東京工業大学 ソリューション研究機構 先進エネルギー国際研究センター(AESセンター) 特任教授
玉置 久	神戸大学 大学院システム情報学研究科 情報科学専攻 教授
本田 達朗	新日鐵住金(株) 技術開発本部 プロセス研究所 計測システム研究部 主幹研究員
佐々木 純	新日鐵住金(株) 技術開発本部 プロセス研究所 制御研究部長(司会)
津田 和呂	JFEスチール(株) スチール研究所 計測制御研究部 主任研究員
西野 都	(株)神戸製鋼所 技術開発本部 生産システム研究所 制御技術研究室 室長
鷲北 芳郎	(一社)日本鉄鋼協会 論文誌編集委員会 計測・制御・システム分野担当幹事、「鉄と鋼」第100巻特命小委員会 委員

不可能を可能にした先人たち

佐々木 本日はお集まりいただきありがとうございます。最初に、日本の鉄鋼業において計測・制御・システム研究が、各年代で果たしてきた役割や代表的なエピソードからお話したいこうと思います。

安藤 「鉄と鋼」今月号で、80年代に開発された「モールド湯面レベル計」の復刻論文が掲載されています。湯面レベル計は連続鋳造プロセス実用化のキーデバイスです。接近が困難な悪環境中での動作が求められる大変チャレンジングな技術であったと思います。私はこの論文を読み大変感動しました。センサーは現象や目的を的確に捉えた洞察とコンパクトな実現が

ポイントになりますが、その後も成功に至らなかったいろいろなアイデアがある中で、渦電流式と正帰還に着眼した技術者としてのセンスに感銘しました。実用化に至るまで、さまざまな困難に直面したことが想像されます。しかし鉄の強みは、こういう画期的な仕事ができる技術者たちを育て、活躍の場を与えていたという点にあります。これからもぜひ技術者の能力を育み個性を発揮できる場を大切にしてほしいと思いました。

本田 私が入社した85年頃、鹿島や和歌山の熱延工場では3本ラインのレーザー式平坦度計が動いていました。当時最先端のレーザー装置やカメラなどを使い高額な開発だったと思います。これに関していくつかの発表・投稿がなされました。業界全体で共通する平坦度制御へのニーズに応え、最新レーザー技術などを駆使した独自計測方法の考案で華々しい発表だったと思いますが、ずいぶん前から稼働を停止しています。

その後、ツインビーム方式と呼ばれる平坦度計が普及しました。しかし、これも板の蛇行に追従できないなど応答が遅いという課題を抱え、ダイナミックフィードバックの実現までには至っていませんでした。計測担当者たちはあきらめずに考え続け、その結果、2011年に熱延仕上圧延における形状測定技術の開発とそれを利用した平坦度制御が発表されました。ようやく熱延仕上出側平坦度のダイナミックフィードバックが実用化されたのです。この技術にはカメラの小型高精細化、高輝度LEDの出現、パソコンの性能向上とこれら部品の安価化、信号処理技術の進歩が大きく寄与していますが、やはり研究課題を追求し続けた担当者たちの“ものづくりへのこだわり”が成し遂げた賜物だったと思います。

計測・制御・システムは“中核技術”

白井 私が鉄鋼プロセスに関わり始めた90年代前半には、品質への要求が以前にも増して格段に高まりました。それに呼応して、薄板の中でも缶用材料や自動車鋼板などの高級材の生産に関連する計測・制御技術が大きく進展しました。90年代後半になると、さらにコスト競争力向上へのニーズが強くなりました。計測・制御・システム技術は、デジタル化の流れも活用しながら、それらのニーズに対応し、さまざまな品種の品質・材質センサーや操業のための最適化技術が実用化されました。センサーは、かつて歩留まりを低下させる必要悪とも言われていましたが、今では品質作り込み技術向上になくてはならない装置となっています。

計測・制御・システムは“周辺技術”と言われることもありますが、それは一時代前の感覚です。今は計測・制御・システムがなければ鉄は作れない、“中核技術”なのです。鉄鋼業の設備投資の抑制に伴い、それまで製鉄所を支えてきた設備メー



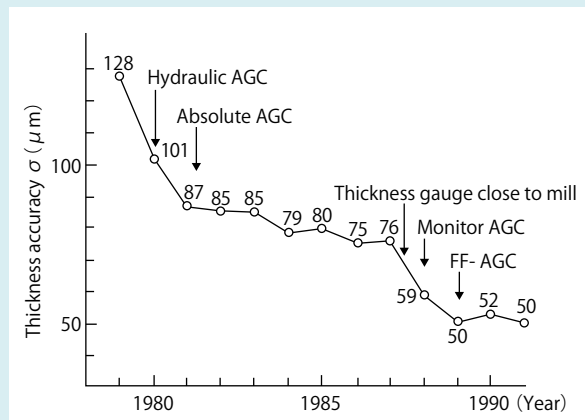
(司会)
佐々木 純

新日鐵住金(株)
技術開発本部
プロセス研究所
制御研究部長

カー、計測・制御機器メーカー、システムインテグレーターなどの陣容が大幅に縮小された時期がありました。このことは一時的には鉄鋼メーカーにとって大きな不安材料となりました。しかし、これを契機に、計測・制御・システムについても外部に頼らず、自社独自の技術開発をより重視することになり、今日の日本鉄鋼業の技術的優位性を保つことにつながったのだと思います。

西野 薄板の板厚制御には、歩留まりや生産性をいかに上げるかという課題があります。80～90年代、各社が競い合って実用化したのが多変数最適制御でした(図1)。それと、連続製造の分野では冒頭お話のあった湯面レベル計が計測分野の代表的なピックスでしたが、制御分野ではH ∞ 制御があげられます。モデル化誤差や板温度などの操業条件が変動する状況下でも制御系の安定性を補償し、自動制御の適用範囲を大きく拡大させました。当社(神戸製鋼)でもいまだに活躍して

■厚板圧延における板厚精度改善の変遷(図1)



制御モデルの高精度化による改善に加え、油圧圧下装置の導入によるアクチュエータの高応答化やミル直近板厚計を活用したMonitor AGC、FF-AGCの実用化が板厚精度の改善に大きく貢献した。

(出典: 鉄と鋼Vol.79(1993), No.3, p.236)



安藤 繁

東京大学
大学院情報理工学系
研究科
システム情報学専攻
教授

いる技術で、連続鋳造を高効率的に動かすためには不可欠です。

90年代中期以降は、ビジネスモデルが特徴ある製品による多品種少量生産の方向へ一段とシフトしました。制御技術の分野では製品のさらなる高付加価値化に向けた適用範囲拡大や機能向上が課題となりました。制御モデルの精度を向上させる技術については、塑性加工等の分野で盛んに物理モデルや実験モデルの研究がされましたが、制御工学の分野でもARMAXモデルなどの時系列モデルや逐次最小二乗法といった学習方法のオンラインでの活用が実用化されました。動的制御の分野では、マスフローAGCの実用化が進み、さらに高精度制御の適用範囲を広げることを目指したILQ制御が実用化されました。こうした取り組みにより、実用的な制御系の構築が可能となりました。

鷲北 私は、高度経済成長期に熱間圧延工場を計算機制御された方の回顧録を初めて読んだとき、当時のプアな計算機能力でよく制御していたものだと感心しました。鉄鋼業はマスが大きいので、わずかの精度向上でも金額的な効果が大きく

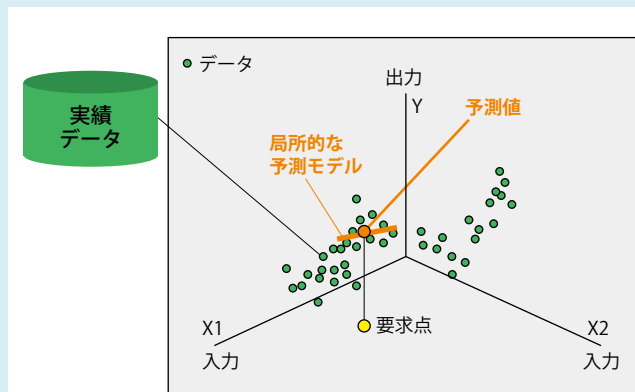
なります。板幅の精度を1mm向上させると1億円儲かると言われていたそうです。昔ながらの職人気質の技術者の執念を感じました。この頃は現代制御理論はまだ登場していませんので、単純な制御方式が多いのですが、当時の計算機環境としては最大限の努力が注がれていました。90年代に入ってから、西野さんがお話された通りです。私は91年入社なのでよく覚えていますが、現代制御理論が薄板の多変数最適制御などに普及し始め、それをいかに使うかを各社で競い合っていた時代でした。この背景には計算機能力の飛躍的向上があります。しかし、手段の方ばかりに注目が集まり、現代制御理論を応用することに最大の意義を見出していた感があります。新しい技術の適用のドライビングフォースになったとは思いますが、本当にその技術でないとダメなのか、もっとシンプルにできるのではないかとといった議論はされていなかった気がします。また、多品種小ロット化が進むにつれ、現代制御理論を適用することによって複雑化した制御系を、どうメンテナンスしていくかという新たな課題が浮き彫りになりました。このような反省から、最近では必要最小限でシンプルなシステムでいかに効果をあげるかということを考えるようになったと思います。

問題を深く捉える目が革新を生み出す

佐々木 皆さんのお話を伺い、先人たちは当時まだ解明されていない研究課題が将来どういう技術になるのか、先読みする力があつたのだと感じました。着眼点が良かったということでしょう。

安藤 私が学生の頃、X線CTでEMIスキャナーが東京女子医大に導入され、さっそく見学に行きました。頭の断面は2万点ぐらいで再構成されており、線形問題に落ちるため2万×2万の行列の逆行列を掛ければできることは、学生の私にも想像

■ジャスト・イン・タイムモデルの概念 (図2)



従来の数式モデルに代わり、過去の実績データそのものが入出力関係を記述する。入力を与えられた際に、データベースに蓄積された過去の実績の中から、入力が近いデータを抽出し、局所的な予測モデルを逐次構築することにより出力を推定する仕組み。近年の計算機能力向上により実用化され、数式モデルを得にくい対象の制御に貢献している。

(出典: 計測と制御 Vol.49(2010), No.7, p.441)

できました。しかし驚いたことに、それが16ビットのミニコンで実行されていました。乗算も遅くメモリが64kBしか入らない中で到底不可能な規模の演算を1分足らずで行い、再構成像ができ上がります。その背景に美しい数学的原理があったことは調べてすぐにわかりました。ここからわかることは、「問題を深く捉える目」が大きな革新を生み出すということです。鉄の世界においても、湯面レベル計の研究開発のように問題を見る目を持った方がいて、現在に至るまで置き換わることのないイノベーションを開発し、鉄の発展に大きく貢献しました。このことを、私たちは忘れてはならないと思います。

津田 確かに制御の世界では、先人たちには先見の明があったと思います。私が入社した1990年代でも、世の中でロバスト制御の設計環境が整ってきたら、すぐ湯面レベル制御に応用するという流れがありました。湯面レベル制御では、レベル計で湯面振動を測定して、その振動の周波数によって制御するか、しないかを分けなければならないのですが、ロバスト制御系がそれを効率的に実現したのです。さらに2000年頃になると、計算機の計算能力やハードディスクのストレージ容量などが飛躍的に向上し、大量に蓄積された過去のデータを高速で利用できるようになりました。そういう環境が整った後に、鉄鋼業ではジャスト・イン・タイムモデル(図2)が真っ先に応用され、醸成してきたアイデアを見事に花開かせたのです。このように80年代から今日に至るまで、制御応用の環境が整ったら、それをすぐに鉄に反映させようというフロンティア精神が一貫してありました。

佐々木 先人の重みが伝わってきますね。システム分野ではどうでしょうか。

玉置 私が大学を出た90年代当時は、現実的な最適化が計算機で近似的に行えるようになり始めた頃でした。物理世界での問題ではなく、論理や情報の世界での問題として、何らかの解決策が与えられるようになりました。シミュレーションが精緻にできるようになったことで、現象を再現でき、対象システム側の理解を高めたのです。先ほどの白井先生のお話のとおり、計測・制御・システム技術は鉄鋼プロセスに深く関わっています。しかし中核になり切れないのは、鉄の物理システムに対して、まだ距離があるからだと思います。それをどんどん近づけていくことが、これからの重要なテーマではないでしょうか。少し付け足しますが、私が学生時代に読んだ「システム工学」というテキストの冒頭で、オペレーションズ・リサーチは方策を考えるだけであるが、システム工学では方策をハードウェアの構築などで具現化することを含んでおり、そこまでをやらないとシステム工学ではない、と書かれていました。ですからシステムエンジニアは、「夢のような製鉄所」を作らなければならないとも思っています。

白井 夢のような製鉄所というのは、かなり本質を突いたご指摘だと思います。それが、私のこだわっている計測・制御・システム



玉置 久

神戸大学
大学院システム
情報学研究科
情報科学専攻 教授

技術は周辺か中核かという話にもつながってきます。システムエンジニアは鉄鋼プロセス全体を考えていくべきなのです。例えば、製鉄所の外を含めて製鉄所全体のエネルギーをもう一度見直す必要があるかもしれません。熱工学部会だけではなく、システム部会の目で製鉄所の再構築を提案してもいいのではないのでしょうか。

研究会のテーマ設定が難しい時代

佐々木 部会の話題が出てきましたので、続いて研究会活動について考えてみたいと思います。安藤先生には2003～2006年度に「内部欠陥検出の高度化」という研究会を主宰していただきました。

安藤 内部欠陥検出の高度化で印象に残ったのは、玉置先生も発言されましたが、計算機の能力が非常に高くなると、現実のものに近い形でシミュレーションができるようになるということです。具体的にはシミュレーションしたものを、実際の測りたいものや情報を得たいものとパラレルに動作させて、まず測りたい実際の物理現象とシミュレーションされた計算機の中の現象を合わせるという方法論ができます。シミュレーターの出したものと実際の現象が整合してくると、そのシミュレーターにある内部状態は全部いわば計算機の中にあるので、いかようにもアクセスできるようになります。そこで大きな革新が生まれます。シミュレーションが現実と整合するようにモデルを改善しストックしてゆけば、生産製造に役に立つ情報はそれらから取り出し分析することでいかようにでも得られ無尽蔵な資源となります。そういう新しい可能性を感じる魅力的な研究でした。研究会活動には、社会への貢献を目指し、業界あげて高い水準の技術を求めていくという共通認識があります。大学の立場から見ても、非常に素晴らしい活動であり、ぜひ続けていただきたいと思っています。

白井 私は2003年頃に鉄鋼協会内で計測・制御・システム



白井 正明

東京工業大学
ソリューション研究機構
先進エネルギー
国際研究センター
(AESセンター)
特任教授

工学部会における研究会活動の重要性を訴えていました。内部欠陥検出の高度化では、マネジメントの立場として、この研究会を立ち上げなければならないという使命感がありました。この研究会の成果は、結晶粒界での超音波の散乱や磁気探傷の数値モデリングなど、材質計測の基礎の進歩に貢献しましたが、これは各企業では独自開発できなかった領域です。若手メンバーが参加し、研究会の中で技術の共有ができたことが、その後の各社の材質計測技術進展の基礎となりました。

本田 鉄鋼業界内の競争が激化する中、研究会のテーマ設定が難しい時代が続いています。担当者はテーマ設定に苦慮されてきたように思います。直近の「無線ワイヤレスセンサネットワークの鉄鋼応用のための先端技術」などは、鉄鋼プロセスにおける適用先や効果が具体的で、比較的実用に近いテーマ設定であり、技術的にも興味深いものです。担当者たちの意欲と努力を推察し、感心しております。私はフォーラムに参加した経験はありませんが、入社3～5年目のとき、膜厚計測の研究会に参加しました。参加者はそれぞれの会社で随分カラーが異なり、それでも一緒に1つの仕事をする中で、楽しく交流させていただきました。昨年、八幡製鐵所に行った際、当時のメンバーの一人に会いました。当時のことをお互い良く覚えていて、

印象に残る交流があったことを改めて感じました。

佐々木 現在、研究会の見直しが鉄鋼協会内で進んでいます。計測・制御・システム研究を鉄鋼のどの分野で、どういう形で活かしてゆくの、出口イメージを提示しなければなりません。そこが研究会発展の鍵になるのではないのでしょうか。エージェント研究会の主査を務めていただいた経験を含めて、玉置先生にお話いただきたいと思います。

玉置 産学連携では、連携して何をやるかが重要です。エージェント研究会の反省も含めてですが、鉄鋼業全体に対する貢献という視点、特に研究開発課題・技術の狙い所・ゴールという“what”をクリアにし、それに対する解決策である“how”を検討するというスタンスをより明確にすべきであると感じています。

これからは「人」と「データ」がキーポイントの1つになります。研究開発の内容についても、表層的な人間とのインタラクションを扱う技術や、単にデータを処理・利用する技術ではなく、人の役割・動態やデータの持つ意味などを明確にした上で、目標・課題をクリアにし、目的に合わせて研究開発を進めていくことが肝要だと思います。研究者や技術者が議論しながら総合的に物事を考えていく過程は、特に若手にとって刺激的で、いい経験になります。私が参加していた90年代の研究会は活気にあふれていました。もちろんオープンにできない情報もあったはずですが、フランクな議論を楽しんでいました。最近は楽しむという面が少なくなっているように思います。もう少し余裕を持ってやらないと、付加価値は高まらないという気がしています。

驚北 1999～2002年度には「大量データをベースにした省力化のための診断・制御の高度化」というテーマで研究会が行われています。これはすごいことだと思います。今でこそビッグデータと騒がれていますが、15年も前から取り組んでいたのです。

白井 早稲田大学の内田健康先生が主査で私が副主査でしたが、当時、非常に進んでいるという意識はありませんでした。製鉄所に蓄積されている大量のデータをうまく利用すれば、いろいろなことが見えるのではないのかというごく自然な共通



認識があったのです。もちろん内田先生が一所懸命作ってくださったストーリーですが、そんなに気負ったところはありませんでした。

本田 今後10～20年、これまでの30年と同様のペースで技術進歩があるとなると、それだけでも、どうなるのか測り知れません。ハードディスクの容量ならメガバイトからテラバイトへと6桁も変化しました。大量データ統計処理の活用として、大きな影響があるかも知れません。今は分析するためのデータとして、何をどのように測定するのかを選ぶことが重要と考えられています。しかし6桁も処理量が増えたときには、その必要がなくなるかも知れません。大量のデータによって、測定内容を選ぶ必要がなく、理想的な生産をすることができる日が来るのかも知れません。

人と協調する制御の実現

玉置 記憶装置の容量は、2000年が6エクサバイト、10の18乗であったのに対して、2020年には35ゼットバイト、10の21乗となる見通しもあります。確かに鉄鋼プロセスの中でもデータは量的に増えていくことが予測されます。そのとき質的な意味を考えなければなりません。

鷺北 リアルタイムの制御では、今もデータが2週間程度残っています。ただ残念ながら、それがどのぐらい使われているかというと、何かトラブルがあったとき後々の解析で見えるくらいです。それを使って実際に次の制御のことを考えると、オンラインでチューニングしていくとか、そこまでの活用はあまりなされていません。

西野 私たちがデータに向き合うときの関心事の1つに、オペレーターの頭の中のノウハウが実績データにどんな形で反映されているのかということがあります。データの活かし方にもいろいろあると思うのですが、1つのポイントは頭の中のノウハウをいかにデータから見出すかです。

安藤 オペレーターの頭の中に、いろいろな過去のデータがインプットされているのだと思います。しかし、例えばハードディスクに入っている温度の時系列に相当するような大量のデータが



本田 達朗

新日鐵住金(株)
技術開発本部
プロセス研究所
計測システム研究部
主幹研究員

蓄積されて、それを使っているということは非常に少ないと思います。一般に、人間が判断時に何の情報が使われるかというと、80%は目、20%は耳、あと残りわずかのものが匂いだと言われます。

もう一つ重要なところは、今の情報処理や計測、制御のシステムは結局まだ人間の能力に及んでないということです。ある種の計算や情報処理に関しては、もちろんシステムが凌駕していますが、判断力や観察能力に関しては桁違いに人が優れています。絶対に忘れてはいけないことは、まず人が判断する能力を活かす仕組みを作ることです。そのときオペレーターにグラフを見せるのではなく、オペレーターの感覚に訴えるような情報を忘れずにデータ化することが大事だと思います。人は目で見て音で聞いたものと、その波形データがどういうふうに変化するかを連動させることで、判断しています。人の能力に関連づけた形でデータを蓄積すべきだと思います。

西野 おっしゃる通りです。今、制御フォーラムでは、「人と協調する制御」というコンセプトで勉強を進めています。計算機は特定の計算は非常に速いですが、それ以外はやはり人間の能力が優れています。究極の目標は完全自動化ですが、その道筋として、人と制御がどう絡むのかというのは大きなテーマだと認識しています。



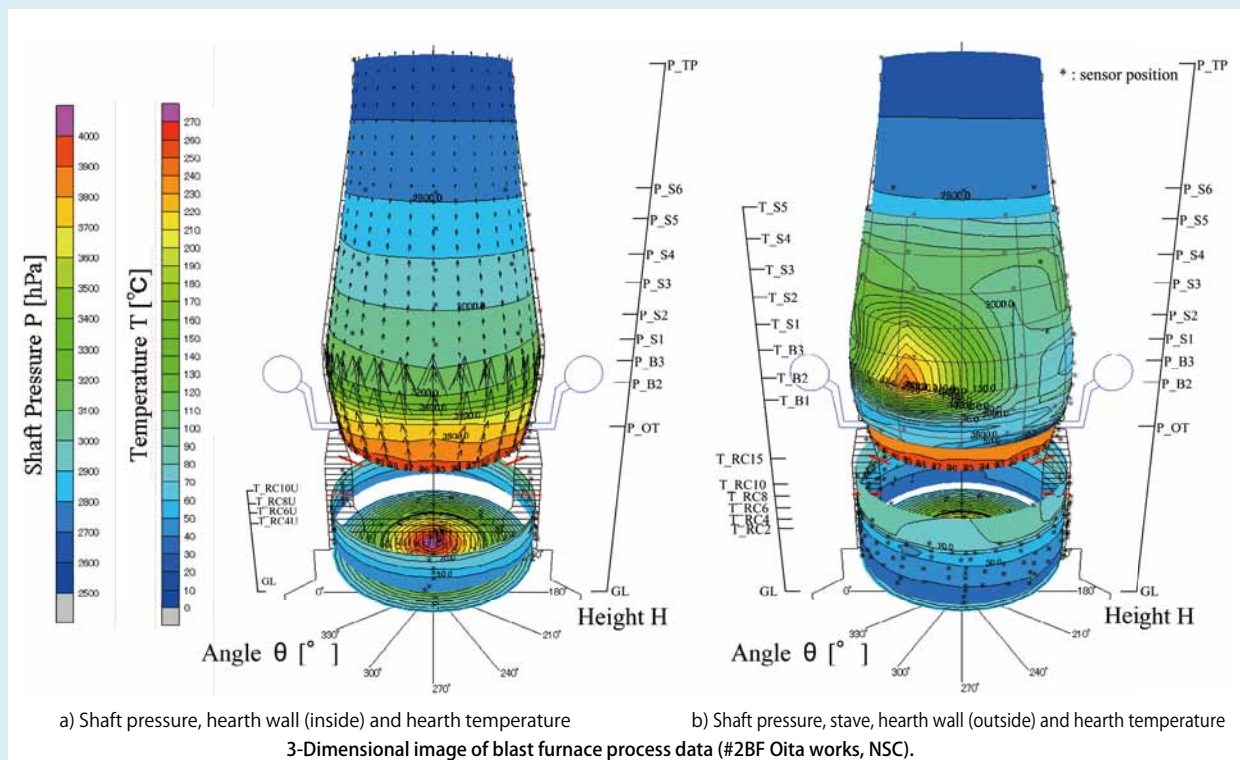
安藤 私は、高炉にセンサーを付けて内部の挙動をビジュアル化する研究開発に感動しました(図3)。ビジュアライズされると、人が判断に関与できるようになります。ビジュアライズされた結果が自分の頭の中の印象と異なれば、何かおかしいと言えるわけです。人をシステムの中に取り込んで、それぞれの強さ、利点、得意なところを組み上げるシステムづくりが本当に求められています。

津田 私も(当時の)新日鐵さんの高炉可視化の取り組みは素晴らしいと思いました。従来いろいろな指標で時系列のグラフをオペレーターは見ていたのですが、それを立体イメージで表現しています。安藤先生がおっしゃった通りです。現場で何か問題が起きたとき、それぞれ違う脳内モデルを持った人たちが議論をしても、かみ合いません。しかし1つのディスプレイに表示された立体イメージを通して、複数の人が議論することで、問題解決が早くなると思います。またベテランから若手への技能伝承がスムーズになるメリットもあると思います。

かつて制御応用の世界では「人から操作を奪え」という

合言葉がありました。しかし一足飛びには実現できませんでした。自動車業界ではパーキングアシスト、ブレーキアシスト、オートクルーズによる一定速度走行など、ドライバーをアシストする制御システム搭載が進んでいます。一制御技術者として、あらゆる環境条件下における制御システムの信頼性構築は非常に困難であるという印象があり、安全性が最も求められている自動車分野で最新制御システムが次々と搭載されていることには驚きを隠せません。この背景には3つの要素があると個人的には考えています。1つ目は、制御システムはあくまでアシスト機能であり、最終的な運転責任はドライバーにあることが明示されていること。2つ目は悪環境下でのセンサー信頼性向上、3つ目はロジック内のフェールセーフ機能の充実です。制御応用の視点からは1つ目の「アシスト」というキーワードが重要と考えています。その際、人の判断に役立つ情報を出力するという立場以外に、人の特性までシステムが取り込んだ上で有用情報を出力する立場もあると思います。このあたりを今後の制御研究会として提案していきたいと考えています。

■高炉プロセスデータの可視化例(図3)



高炉の操業においては、炉内のガス流れを監視、制御することが重要である。このため高炉の炉体表面には多くの温度センサー(約500個)、圧力センサーが設置されている。これらのセンサーデータを、時間的、空間的に瞬時に定量的に把握するための可視化システムを構築し、実炉に装備した。これにより操業のレベル向上と安定化が図られた。

(出典: 計測自動制御学会産業論文集 Vol.8(2009), No.10, p.85)

安藤 アシストだとお手伝いだけになりますますがそうではなく、目標は、人の能力を3～5倍にしたスーパーマンにすることです。人は過去のデータをすべて覚えられているわけではありません。それはコンピューターの情報処理システムの方が、非常に得意としていることです。データを検索したり、関連するデータの候補を出してくれたりという能力と、人の感覚が融合したとき、スーパーマンになってとんでもない発見ができるのだと思います。

玉置 自動車の運転におけるパワーアシストは、アシストというよりもコンペンセイトの側面が強いように思います。人の操作に対して、例えば「止まるという機能」が要求されるというのはわかりやすい。でも鉄のオペレーションを考えたときは、そう単純ではありません。対象が複雑ですから。潜在的に10の能力がある人が、自動制御や計測系、システム系が導入されてないために1のパフォーマンスしか発揮できないというとき、最大限潜在能力を発揮できるようにしてあげることが重要です。そういうことを産学連携のテーマに掲げれば、大学側にとっても魅力を感じるものになると思います。

佐々木 今、各部会で30年先までのロードマップを作る作業を行っています。人との関わりは大きな切り口になります。また人をアシストする、もしくは能力をエンハンスするような技術を作っていくことによって、結果として他工程でより高度なオペレーションができるようになります。高付加価値製品が作れるような動きにつなげられる提案を、研究会ができるといいのではないかと思います。

真の産学連携のあり方

佐々木 ここからは学の立場である先生方と産の立場の私たちがどうやってさらに交流を深めていったらいいのか、産学連携について議論してみたいと思います。企業側から見て鉄鋼協会での産学連携が有効であることは、これまでの議論の中でもお話がありました。一方、計測・制御・システム分野は、参加する先生方の主たるフィールドが鉄鋼技術に限らないという側面があります。それゆえに活動の一層の広がりが期待されているのです。

玉置 一般的に、工学系分野は実学的な要素があります。鉄鋼システムに関わっている皆さんと共同研究に取り組むことは、大学にいる者にとって大いなるプラスになると思います。そのとき大学というシステムは、産学連携で外部資金を獲得することに対する評価軸はあるのですが、特に潜在的な部分について、得られる成果が大きくてもそれに対する価値観が低い。そこが産学連携の大いなる障壁になっていると思っています。

西野 制御分野は高額な実験設備が必要なわけではないの



津田 和呂

JFEスチール(株)
スチール研究所
計測制御研究部
主任研究員

で、大学の先生方にとっては資金源としての魅力はなく、むしろ具体的な課題を知ることや産業界への貢献をモチベーションにされているものと理解しています。一方、研究会提案が申請負担に対して、以前よりも通りにくくなっていたり、フォーラム予算削減の中で先生方と技術的ディスカッションができる時間が減っており、大学と企業双方にとってWin-Winになっているのか、少し心配しています。先ほど話がありましたが、2000年頃に取り組みまれた成果がジャスト・イン・タイム・モデリングという形で花開きました。10年先のシーズを先取りしていた形です。その後、大量データを活用した診断技術が検討され、まさに昨今のビッグデータブームを先取りしていたのかと感心しています。そういう意味で、その後のオンライン最適化やばらつきを考慮した制御シーズについても今後の実用化が大いに期待できるものと考えており、改めて産学共同活動の有効性を認識しています。困難もありますが、何とかこの取り組みを継続させることが日本の鉄鋼業の発展を考える上で大変重要と考えています。

白井 私が鉄鋼メーカーにいたとき、共同研究や産学連携の際には先生方に「鉄鋼業界の中に入ってきてください」というお願いをしていました。しかし今、私が在籍している大学の企業との共同研究部門では、大学の中に拠点を作り企業に入ってきてもらっています。研究者や技術者は、企業の制約や常識から気分的に距離を置くことができます。その視点も大事だろうと思います。

本田 大学との共同研究は大いに有効だと思います。社内ではできなかったシミュレーションを大学に委託し、操作パラメータ数の多い複雑な現象を方向付けすることが可能になった例もあります。このシミュレーション自体は一般事象を対象にした内容ですが、その適用先を伏せることにより会社側も情報は守秘できました。計測制御システム分野の技術革新は、非常に広範囲でかつスピードが著しく速い。その周辺も含めると、鉄鋼研究者だけではフォローしきれないように思えます。産学連携の必要性はそこにあるのではないのでしょうか。



西野 都

(株)神戸製鋼所
技術開発本部
生産システム研究所
制御技術研究室
室長

佐々木 安藤先生は鉄鋼以外の業界もいろいろな形でご覧になっています。鉄が今後どういう視点を強めていくべきだとお考えでしょうか。

安藤 企業の立場で見たら、先生方と当面の研究をやるよりも、自分たちの会社に優秀な人材を取り込むことの方が重要なのではないのでしょうか。だから優秀な人材が鉄鋼分野に興味があくように仕向けなければいけないのですが、ただ見学会を実施しただけでは学生は就職してくれません。問題を解決することの醍醐味を感じさせなければ、学生は興味を持ちません。そのための手段として、大学の中で私たちが学生に、鉄の人たちが考えている問題を理解させたり、魅力を伝えたりしなければなりません。大学の先生方にとって、研究会活動は大変刺激的です。企業の人たちという議論でき、先生方も問題のおもしろさに気が付きます。そうすれば大学に帰ってから学生たちに話すし、関連したテーマを学生たちに学ばせることもあります。それが産学連携というもの真の姿ではないかと思います。研究成果をすぐに使おうということよりも、学生を含めた大学という環境と産業界の開発研究環境をもっと近づけることがポイントではないでしょうか。

C群課題に関わる活動の模索

佐々木 安藤先生のお話は、部会の活動に対して非常に示唆に富むご指摘でした。やはり人ですね。接点の仕組みとして若手フォーラムを有効に使いたいところです。昨年、若手フォーラムの存続の是非について部会内で議論した際、やめるべきという意見は全くなく、続けるべきという意見が大勢を占めました。

鷲北 理解し合うことが大事でしょうね。先生方が本当に研究したいテーマと、私たちが経済効果として得たいテーマは、必ずしも一致しません。それが縦糸分野の場合、やりたいことという意味では、産学はほとんど一致しているのではないかと思います。横糸分野の場合、いかにマッチングして、いい課題を見つ

けていくかがポイントとなります。

津田 私は若手フォーラムの仕組みはとても有効だと思っています。アウトプットを必ずしも求めず、自由に先生と技術者が議論できています。過去の若手フォーラムで大学側として参加された先生が今の制御フォーラムのメンバーとして活躍されているというケースもあります。将来を担っていく上で、産学連携の場を作って交流することは大切なことです。

佐々木 例えば若手フォーラムで、縦糸A群と横糸B群が交わるC群(図4)に関わる活動に取り組んでいくことは可能だと思いますか。

玉置 C群は企業側も大学側も若手だと難しいのではないのでしょうか。どちらかがシニアであるほうがやりやすいと思います。

津田 B群にとってはA群のニーズを踏まえて活動すべきであり、実際フォーラムや研究会で企業側メンバーがA群ニーズを紹介する形で活動してきました。しかし計測・制御・システムの分野では、企業側メンバーも、社内では横糸組織内で活動しているケースがほとんどなので、いわゆるA群ニーズを本当の意味で語れる状況ではありません。したがって協会内の研究活動を活性化する上で、C群カテゴリーを設定することは有効な手段と考えます。注意したいのは内容がC群カテゴリーということだけでなく、従来のA群メンバーが参加する形でC群研究会を運営することが肝要です。一方、C群カテゴリーの研究会提案をするためには、A群とB群それぞれのメンバーが事前に十分な交流をすべきだと思います。現在はそのような直接的な場は存在せず、個々人の活動に委ねられています。そのような直接的あるいは間接的な場をどこに求めるかが課題です。研究準備会などの形式で実現することも可能かもしれませんが、現行の活動にプラスする形でさらに時間を割けるかどうかは各々の力量に依存するかもしれません。

全体を見据えることの大切さ

佐々木 次は、将来を展望したいと思います。今後の鉄鋼業における計測・制御・システム研究についてご意見をお願いします。

玉置 鉄鋼プロセスや材料といった要素技術主導ではなく、計測・制御・システム工学分野が全体を引っ張っていくようなスタンスも重要であると思います。極論的ではありますが、鉄鋼業の全体モデルなしに、要素技術だけを高めることはナンセンスではないのでしょうか。もちろん部会内においても、制御やモデル化のための計測、計測のためのシステム技術など、密に連携していくことが肝要であると思います。要するに、経営的な視点も含めて常に全体を見ながら、操作点としての各論が重要ではないかと思っています。

西野 私は玉置先生のお話に同感です。実は前回の制御

フォーラムで取り組もうとした話題が、製鉄所全体を見た省エネのための制御でした。最近の欧州の取り組みを見ていると、当たり前のように製鉄所全体の網羅的なシミュレーションで大きな方針や筋道を立てて、ストーリーを描いた後に、各論を深めていくという手法を取っています。これまでのように要素技術をしっかり作って、こういうことができるとわかってから、その後で全体の方向性を決めていくというやり方は難しくなっています。例えばフォーラム活動では、共通のプラットフォームを議論できるような整理が大事ではないかと思います。

玉置 全体モデルなしに要素技術を高めてもナンセンスには、部会が全体を見据えた上で常に目的を持つことによって、それが要素技術の向上につながればよいという思いが込められています。欧州の自動車関連のフォーラムでドイツの人たちと話をしたときのことですが、大手各社は決して競争ばかりしているわけではありません。向こうは大学との交流も盛んですから、情報共有が結構できていて、今後ドイツの自動車業界をどうしていくかという議論がベースにあります。広くものを見て、細かいところを開発していくことが勘所ではないかと感じました。

本田 この分野は商品の研究開発などに比べ情報開示が難しいと思います。しかし、優秀な若い人を獲得する観点でも、鉄鋼におけるこの分野の魅力をPRする必要があり、一定の情報開示が必要となると改めて思います。また若い研究者に、魅力ある鉄鋼の計測・制御・システム研究の場を提供するためには、外部発表は必要です。差別化と守秘に縛られるばかりでなく、魅力的な情報発信についても踏み込んでいく努力が必要かと思っています。そうすると産学連携も一層強化されるのではないかと考えています。

白井 私は最近の鉄鋼メーカーの若手技術者が、いろいろな学会に幅広く出席する余裕がなくなっているのではないかと少し心配しています。例えば大学の計測やシステムの研究室に行けば、他の分野や業界の話も当然入ってくるわけです。知識の幅が広がります。学位を取得するだけでなく、今まで気が付いていなかったシーズを得る場になるわけです。シーズは決して枯渇していません。私が現役の頃、他の業界で進んでいる解析手法を取り入れて成功した案件もありました。そういうことをもって考えるべきだと思います。

津田 私も同感です。本日のお話で安藤先生と玉置先生からデータ同化や、モデルとセンサーの合わせ技の活用というお話が出ました。後者はプロセスのモデルにセンサーの値を融合させて、本来計測できないところも推定しようという考え方です。この分野は化学工学、特に石油精製の業界において発展し、鉄鋼業は先を越されていました。その分野の先生が過去の制御フォーラムで活躍され、鉄鋼業にも浸透してきているという例もあります。



鷺北 芳郎

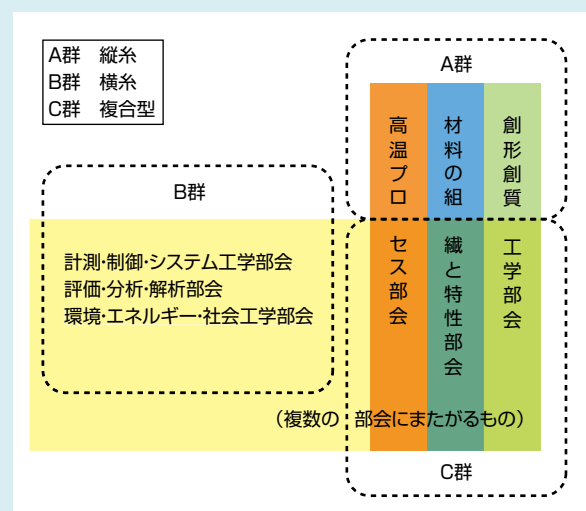
(一社)日本鉄鋼協会
論文誌編集委員会
計測・制御・システム分野
担当幹事、「鉄と鋼」第100巻
特命小委員会 委員

新日鐵住金(株)
技術開発本部
プロセス研究所
制御研究部
主席主幹研究員

自ら成長するシステムの構築

鷺北 私は90年くらいに導入された圧延機の制御がだんだん陳腐化してしまっているため、そのギャップを埋めるブレークスルーをしなければならないと考えています。全体最適は1カ所が崩れると連鎖的に全部崩れてしまうところがあります。そこが人とシステムの最大の違いです。人はゆっくりとした変化に対しては自ら修正していきます。最適ではないのですが、環境の変化に自ら対応できます。しかし大きなシステムになってしまうと、作った当初はうまく機能しても、時間が経つと使いものにならなくなってしまいます。人が対応していることをデータから読み取って、システムを少しずつ変えていくことができるようになればいいと思います。そういう技術が開発されれば、全体最適がどんどん広がっていくのではないかという気がします。

■学術部会の「縦系」「横系」模式図 (図4)



日本鉄鋼協会が検討中の学術部門「縦系」「横系」の模式図。

(出典: (一社)日本鉄鋼協会学会部門会議資料2013年11月)



(前列左から)白井正明氏、安藤繁氏、玉置久氏(後列左から)西野都氏、津田和呂氏、佐々木純氏、本田達朗氏、鷺北芳郎氏

安藤 人とシステムは何が違うかというと、人は成長し続け、成長が止まったときはもはや老化です。ですから、システムも成長のメカニズムが内包されていけばいいのです。例えば、いろいろ過去のデータが蓄積されて、それが活用されるようになっていけば、それは1つの成長システムです。ネット上のウィキペディアやソーシャルネットワークにしても、みんな自然に成長する仕組みを取り入れています。成長とは柔軟性と拡張性が内包されているということ以外に、内部に取り込まれた矛盾や不純が除かれたり、統合し純化していく仕組みが同時に存在していることが本当によいシステムです。

私はセンサネットワークについて慶應義塾大学の本多先生らと共に取り組んでいます。そのときコンシステンシーをどうやって維持していくかという課題がありました。特に計測は大量のデータを集めたからいいというものではなく、矛盾していたら、情報はないに等しくなってしまう。あるいは誤ったデータが混じっているということが、情報の価値を失わせてしまいます。自然に正しいものが残って、誤ったものが排除されていく仕組みを作らなければなりません。センサネットワークをキーにすれば、日本でしかできないような本当のセンサネットワークができるのではないかと期待しています。

玉置 最近レジリエンスという言葉をよく耳にしますが、昔で言う創発システムや、自律分散システムなど、ヒントになる概念はいくつか出てきています。しかしシステム論的には決定打に欠け

ています。そういうとき、人には創造性があるって、評価する中で変わる、外から評価されて変わるという、内と外のバランスが結構絶妙なのです。内で変わるだけでは破綻をきたしますし、内が変わらなければ外から刺激を与えても何も変わりません。システムという見方をすれば、成長していく、あるいは変わっていく、淘汰されるのかもしれませんが、そういう変化を生むという仕掛けを何かの階層で入れないといけません。あまり直接的に入れ過ぎると、また理屈ばかりこねて高尚なことを言っているだけでは動かないシステムになります。最も難しいところですが、そういうところを狙って結果に結び付けていけるといいのではないかと思います。

安藤 鉄鋼各社でリーダーシップをとる地位の人たちは、先見性を持って会社を率いていてほしいですね。そうするといつも若々しく、そして新しいものが次々に生み出される魅力ある企業になると思います。そのためには成長する仕組みを作らなければなりません。上の人たちは、その成長ホルモンを若い人たちに注入していただきたいものです。

佐々木 ぜひ私たちの部会も、鉄鋼業界に対して成長ホルモンを注入できるような集団でありたいと思います。本日は大変有意義なご意見をいただき、ありがとうございました。