

日本学術振興会
プロセスシステム工学第143委員会
平成14年度第1回研究会議事録

1. 日 時： 平成14年5月10日（金）13：15～5月11日（土）12：00

2. 場 所： アクトシティ浜松コンgresセンター （浜松市板屋町111-1）

3. 出席者：46名（順不同）

委員長：小野木克明（名古屋大）

委 員：高松武一郎（京都大学）、橋本伊織（京都大学）、西谷紘一（奈良先端大）、大杉 健（ジャパンエナジー）、川村継夫（代理：船越良幸、三井化学）、小西信彰（横河電機）、重政 隆（東芝）、鈴木 剛（東洋エンジニアリング）、黒田千秋（東京工業大学）、長谷部伸治（京都大学）、柘植義文（九州大学）、大嶋正裕（京都大学）、山下善之（東北大学）、橋爪 進（名古屋大学）、梅田富雄（千葉工業大学）、仁井田和雄（千葉工業大学）、松本 繁（東北大学）、伊藤利昭（名古屋工業大学）、桂樹 徹（奈良先端大）、清水良明（豊橋技術科学大学）、富田重幸（宮崎大学）、栗本英和（名古屋大学）、橋本芳宏（名古屋工業大学）、淵野哲郎（東京工業大学）、山下裕（奈良先端大）、山場久昭（宮崎大学）、矢野智之（名古屋大学）、黒岡武俊（奈良先端大）、加納 学（京都大学）、野田 賢（京都大学）、北島禎二（豊橋技術科学大学）、樋口文孝（出光石油化学）、喰田秀樹（出光石油化学）、山崎克彦（鐘淵化学工業）、大田原健太郎（呉羽テクノエンジニアリング）、柳本 薫（システムプラザ）、武田真人（昭和電工）、響 義則（住友化学工業）、西 洋一（代理：前田陽造、東洋エンジニアリング）、春成 孝（日産化学工業）、林田 豊（代理：江崎宣雄、三井化学）、米田 稔（代理：西澤 淳、三菱化学）

委員以外の出席者：

村越正毅（経済産業省）、佐渡友秀夫、浜口孝司（名古屋工業大学）

4. 研究会 テーマ：「化学技術開発の動向・展開とPSE」

－産業界のニーズとPSE研究会活動の今後の方向付け－

<1日目> 5月10日（金）

(1) これからの化学技術開発とPSE

1) 「機能性化学産業の動向」（資料#1）

村越 正毅 氏（経済産業省）

（コメンテータ： 黒田 千秋 委員（東京工業大学））

化学産業の今後の発展性についてふれ、化学技術を基盤においた物質・材料技術によりユーザー産業に「ソリューション」を提供し、社会に「価値」を提案する産業形態としての機能性化学産業の産業構造上の意義、技術基盤、ビジネスモデル、取り組むべき課題について説明があった。また、黒田委員より、機能性化学産業においては、構造、機能、情報をいかに集約化していくかという創り込み技術が重要であり、そのためには、competition から cooperation への価値観の変化が必要であるとのコメントがあった。

<質疑応答>

栗本：経済産業省ではバブル後の構造的な問題をどのように改革をしているのか。それが日本の新しい産業構造のヒントになるのではないと思われる。

村越：化学産業においては集約化という方向で考えている。しかし、それを経済産業省側で音頭をとるのではなく、企業側で集約化の必要性が出てきたときにそれを支援する立場をとる。また、担当者が産業ごとに分かれていて全体を見失っていたことも反省点にあり、一つ一つの産業を担当しながら他のいろいろな産業を複数の目で見ていこうという形で進めている。

梅田：化学産業は産業のなかでどういうポジショニングにあるのか。

村越：化学産業はユーザ産業からは一つの材料産業にしか見られていない。経済産業省内でも下に見られている。しかしながら、現在デバイス産業などが東南アジアの攻勢によりかなり疲弊しているなかで、

化学産業で元気なところもあり、その逆境に耐える強さを分析し、その底力を伸ばすためにはどうすればよいかを提案しようと考え、機能性化学産業研究会の報告をまとめた。

武田(真)：鉄鋼産業や石油化学産業では海外移転や統合が相次いでいるが、国としては川上産業の5年後の状況をどのように考えているのか。

村越：役所が計画経済的に指導することはない。企業側がそれぞれ考えることであると思われる。国は法整備や税制面からの支援にとどまる。

2) 「次世代生産システムとPSEの果たす役割」(資料#2) 伊藤 利昭 委員(名古屋工業大学)

日本の製造業が再び強さを取り戻すためには、M. L. Dertouzosらの「Made in America」が提案した「プロダクティブ・パフォーマンス」に相当する概念の構築とその概念の具体化に向けての取組みを急ぐ必要があるとの話があった。そして、そのためには、デマンドチェーンとサプライチェーン、LCAをはじめとする社会と調和する生産技術、バーチャルコーポレーションなどを含めた「次世代生産システム」について議論する必要があることを説いた。

<質疑応答>

長谷部：デマンドチェーンを考えると、顧客の要求に対してどのような製品を作るかというところに適当なモデルが必要であると考えているがどうか。

伊藤(利)：現在のところではモデルという概念はない。過去の経験に基づいた知識に基づいて行われていることから、物理的なモデルに結びつけるようなモデルがあると思われるが。

長谷部：生産が外部委託されていく現状で、生産技術は維持できるのか。

伊藤(利)：今のEMSの動向をみると、従来の製造委託とは違い、生産技術込みで新しいビジネスが生まれているのではないかと考える。EMSでいう生産技術の価値観と従来の生産技術の価値観は違うのではないかと。生産で生き残るためには、技術をもっと大事にした方がよいと考える。

淵野：技術、顧客ニーズとは何か。これまで顧客ニーズに合わせるために多品種生産をしていたが、それは本当の意味で顧客ニーズに合っていなかったのではないかとと思われる。

伊藤(利)：多品種になったのは、システムチックに検討しなかったからだと思われる。試行錯誤的に品種を作り、それが顧客ニーズにあっていれば一つの製品となる。それがコスト的にあるいは製品として最適なものかどうかの保証がないのがほとんどではないか。“what to make”, “how to make”, “how to produce”, “how to operate”, “how to manage” はどれも技術であると考えているが、このうち自分にとって生産技術と扱ってきたのは“how to produce”, “how to operate”である。

加納：“how to make”, “how to produce”の違いは。

伊藤(利)：“how to make”はラボラトリ内での話で、“how to produce”は収益や設備のメンテナンスなども考慮した生産技術を表す。

梅田：ここでの次世代生産システムの範囲はどの辺りを描いているのか。

伊藤(利)：客とのすり合せの部分、すなわち試作をし、それによってのオペレーションの条件を決めるといった小さなレベルを考え、それから広げていくことを考えている。

梅田：顧客ニーズを多品種生産で対応してきたこれまでの方法を変えたいということは、顧客ニーズに対して製造側で少ない品種で対応できる技術をもつということを意味するのか。

伊藤(利)：現在、加工側からはこういった最終製品を作るための原料が欲しいという情報のみ原料側に与えられるだけであり、お互いのプロセスは知らされないことが多い。よって、原料側で工夫することと加工側で工夫することとのすみわけができていない。そのために多品種で対応せざるを得ない現状である。

淵野：部材産業が大きな付加価値を生むが、部材側、その川下側のどちら側がスペックを決めるのがよいのか。

村越：半導体材料産業では、すべてのスペックをデバイスメーカーが持っているのが現状である。材料メーカーは要求された材料を供給するのみで、それをどのようにデバイスメーカーが評価しているかも知らない。しかしながら、商品が高度化・高性能化するにしたがって材料メーカーの一社だけでは対応できず、複数の材料メーカーが協力して作り上げなければならない。この場合、その評価基軸は部材側がもたないと評価できないと考える。海外ではデバイスメーカーと材料メーカーとはイコールパートナーシップで技術開発を行っており、ある意味付加価値を共有している。また、ユーザ産業側は製品の機能を求めているが、一方材料メーカーはその機能を材料の特性で読み替えざるを得ないが、その間の因果関係を解明していくことが重要である。

(2) 産業界が求める PSE (その 1)

1) 「化学工学会産業部門からのテーマ提起」(資料#3) 佐渡友 秀夫 委員 (製品評価技術基盤機構) (コメンテータ: 松本 繁 (東北大学) 委員)

化学工学会産業部門技術委員会の新テーマ調査・検討 WG がまとめた化学関連産業部門が今後検討しなければならない重要検討課題についての中長期的視点からの新規テーマの調査結果の説明があった。また、科学技術基本計画一分野別推進戦略において化学工学の貢献が期待されるテーマの説明があった。さらに、日本学術会議化学工学研連の動きについても報告があった。これに対して、松本委員から、PSE に対してモデリング/シミュレーション/評価システムを考えて欲しいとの声が大きいとのコメントがあった。

2) 「晶析分野におけるコンピュータ利用」(資料#4) 大田原 健太郎 委員 (呉羽テクノエンジ) (コメンテータ: 橋本芳宏委員 (名古屋工業大学))

晶析操作を考える際には、分離としての情報(固液平衡、ろ過性、結晶の核発生と成長速度、溶媒の選択方法、…)と材料としての情報(多形性、形状と粒度分布、…)が必要であるが、わからない部分も多く、各企業のノウハウに依存しているところが大きいとの説明があり、これらの情報を得るためには分子シミュレーション技術などが必要ではないかとの話があった。これに対し、橋本委員から、あらかじめ核となる種を入れて晶析操作を行うことを考え、その種の大きさや数がどのように晶析に影響を及ぼすか調べてみたいとのコメントがあった。

<質疑応答>

加納: 種の大きさや量はケースバイケースになってしまいます危険性はないのか。

橋本(芳): まずバッチで多めに種を入れて成長させ、そのときに生成した製品の微粒子を分析することにより、成長速度と攪拌速度を推算する。そしてそれを基にして、与えられた系に対してどのくらいの量の種を入れればよいかを設計しようというアプローチを考えている。

長谷部: 攪拌翼の違い、温度の下げ方などで結晶の成長速度は変わってくるが、そういったなかでどのように推算するのか。

橋本(芳): 同じ装置を使うことを想定している。また、種の多めに入れることがキーである。そして種の成長を追うことにより、微粒子の核の発生を推算することを考えている。

富田: 晶析の世界でどのようなコンピュータ利用を考えているのか。

大田原: 晶析の形状とそのときの条件などのデータを整理するために利用できると考えられるが、今のところそういうものはない。

3) 「オンライン動的最適化」 武田 真人 委員 (昭和電工) (コメンテータ: 長谷部伸治委員 (京都大学))

石油化学プロセスにおけるオンライン動的最適化の必要性について説明があり、多品種少量生産の誘導品プラントではグレード移行が頻繁に起こるが、いち早く次の定常状態に移ることがオフスペックの製品を減らすことにつながり、そのため動的最適化が重要であるとの話があった。これに対し、長谷部委員から、オンライン動的最適化を考えるにあたっては、マルチモデル系の最適化や連続・離散混合モデルが必要とのコメントがあった。

<質疑応答>

橋本(芳): ダイナミックな最適化で切換え時間を最小にしたい場合、全開と全閉で対応できるのではないのか。そうするとオンライン動的最適化を導入する投資効果があるのか。

武田(真): 制約(例えば、水素を止めてしまうと分子量の大きなものができてしまうので全閉できない)があるので、全開・全閉で対応できない場合がある。また、複数の反応器が直列に繋がっている場合は、後ろの反応器は前の反応器と協調して操作しなければならないので、単純に全開・全閉で対応できない。複数の反応器が直列に繋がっている場合は投資効果があると考えられる。投資効果があるかどうかはオフラインのシミュレータで試算している。

西谷: リゴラスモデルを使って最適化する際に、新しい銘柄に対してシミュレーションしたとき、ダイナミ

クスでどのくらいの精度があるものなのか。

武田(真)：ダイナミクスは大丈夫だと思うが、物性の方の精度はあやしいと考えられる。

伊藤(利)：動的な最適化は、売れる製品は切換え時間最小と、売れない製品はオフスペック最小の2つがある
と考える。また、切換え時間最小にするための方法として水素のバルブのサイズアップまで考えてもよい
のではないか。ダイナミックなモデルを使ってオフラインの最適化を考えるときは、ただ最適な軌道
を求めるだけでなく、装置・機器のサイズの最適化まで含めたことを考えてもよいのではない
か。

(3) PSE 研究の最新情報 (ポスター形式) (資料#5)

大学委員から PSE 研究の最新情報として、以下のポスター (12 件) による発表があった。

1. 操作シーケンスの自動生成手法—部分グラフ同型問題による解法—
東北大学 山下善之
2. プロセス構造情報を用いたプロセス (安全) 管理
東京工業大学 渡辺紘道, ○ 淵野哲郎
3. S88 を考慮したバッチスケジューリングシステムのオブジェクト指向フレームワーク
豊橋技術科学大学 ○北島禎二, 楠見哲也, 清水良明
4. ハイブリッドダブサーチによる容量制約付き p-HUB 問題の解法
豊橋技術科学大学 ○清水良明, 和田健
5. 階層ペトリネットを利用したバッチ制御システムの設計
名古屋大学 ○矢島智之, 橋爪進, 栗本英和, 小野木克明
6. Wavelet 解析を用いたフィルム厚制御
名古屋工業大学 ○橋本芳宏, 伊藤利昭
7. マルチ・エージェントを用いたバッチプロセスコントロールの実現
名古屋工業大学 ○濱口孝司, 橋本芳宏, 伊藤利昭, 戸苺吉孝
8. 遠隔制御における伝送遅延・情報欠落の制御
奈良先端科学技術大学院大学 山下裕
9. 統計的プロセス運転監視システムの開発
京都大学 ○加納学, 長谷部伸治, 橋本伊織, 神戸大学 大野弘
10. 化学プロセスの動的最適化手法
京都大学 ○野田賢, 長谷部伸治, 橋本伊織
11. 管理幅を基にした流量計の故障診断システム
九州大学 ○柘植義文, 武田和宏, 立野繁之, 松山久義
12. シミュレータ・ジェネレータによる離散型生産システム搬送系の構造設計支援環境
—強化学習による搬送車制御ルールの獲得—
宮崎大学 ○山場久昭, 富田重幸

< 2 日目 > 5 月 1 1 日 (土)

(2) 産業界が求める PSE (その 2)

4) 「本質的な自動化をめざして」(資料#6)

喰田 秀樹 委員 (出光石油化学)

(コメンテータ: 山下 裕 委員 (奈良先端大))

プラント運転の際にオペレータへの依存度を下げると、変動に対してコントローラの適用可能範囲の拡大に向けての対応や要望について説明があった。また、コントローラ的设计支援についての PSE で解決して欲しい事柄の要望についても話があった。これに対し、山下委員から、理論面から自動化できる余地と、自動化するために必要な要素技術についてコメントがあった。

< 質疑応答 >

大嶋: リサイクルの外乱はどういう点で問題となっているのか。また、どう対処されているのか。

喰田: 例えば、プロセスの最後の部分で全体のスループットを上げるとき、その一部を原料側に戻すことが

ある。そのとき、装置のインベントリにより、入って戻ってくるまで数時間から1日かかるため、そのループにより戻ってきた外乱は未知として捉えてしまう。その対処は、コントローラのロバストに頼るか、人が手助けしているのがほとんどである。その外乱を組み込んだモデルまでは考えていない。

大嶋：なぜ、モデルにその外乱を入れないのか。

喰田：外乱が戻ってくることはわかっているが、いろんな因子が絡んでその都度同じように戻ってこないため、ある一定のパターンのモデルにすることができない。また、時間の問題もあって、1日経ってから戻ってくる外乱をわざわざモデルに入れようとは考えない。

大嶋：ハイブリッド制御も含めて統一的に制御を扱いたいという要求はあるのか。

喰田：あります。実際、例えば、最初はシーケンサなどでバルブを動かして、途中からPID制御を行うというようなことを行っている。

大嶋：出光石油化学、出光興産では、石油精製では自動化がかなり進められており、そのような状況ですら自動化を進める余地はどこにあるのか。また、制御対象を少しずつ変えていこうという動きはあるのか。

喰田：自動化のレベルの問題であるが、出光石油化学と出光興産では扱っているプロセスが違うので要求される性能が違う。また、未だオペレータが対応する部分もあり、これをゼロにしたいということはある。樹脂関係はグレードの変更が頻繁にあり、変更による特性変化があるので、それに対応しなければならないという部分もある。

長谷部：制御系に対する要求仕様は、どういう外乱が入るかからそれに対処するようにという形で与えられるのか、あるいは系がこの範囲内で動くようにという形で与えられるのか。

喰田：ケースバイケースでどちらもあり得る。また、担当者の問題もある。外乱はある程度押さえておく必要があるが、仕様を決めていく手順はマニュアル化しておらず、人に依存している。

伊藤(利)：仕様をかためないのは制御屋が力をもっていないからではないか。最終仕様を与えられてもそれを満足する設計に関してはあまり技術をもっていないのではないか。

喰田：どこまで設計できるかわからなかったということもあるかもしれないが、要求仕様をはっきり決めてこなかったという背景もあると思われる。

山下(善)：原理がオペレータに理解し易く、動作がオペレータの感覚とずれないこと、シンプルであることが要求されているが、この性質を満たしつつ本質的な自動化を進めるということは非常に難しいと思われるが。

喰田：本来は原理を知らなくても任せられるような完全自動化を実現するのが望ましいが、現状ではこういう場合にはこう対処するといった形で人が介入する部分が残っており、そのためにはある程度原理を知る必要がある。

西谷：制御システムのユーザは誰かがはっきりしておらず、曖昧のままではないか。

喰田：完全自動化の場合はオペレータはいないのでユーザは会社となる。しかしながら、現状はそこまで行きついておらず、オペレータが介在するため、ユーザとしては会社とオペレータの両方が考えられ、どっちを向いて設計しているかはっきりしていないように見られると思われる。

重政：WS25でもこれらの問題を取り挙げて検討していきたい。

5) 「化学会社におけるERP/SCM導入に対する取組み」

船越 良幸 氏 (三井化学)

(コメンテータ： 栗本 英和 委員 (名古屋大学))

三井化学と住友化学の合併に向けて、両社の業務系、計画系の統合をERP/SCMに関わる情報システムの導入を通して行うための取組みについて説明があった。これに対して、栗本委員から業務系システムの特徴、情報システムの導入効果の指標、業務活動分析の2軸などについてコメントがあった。

<質疑応答>

北島：上の計画系で分単位のレベルまで動作を決め、その計画通りに下を動かすという方向なのか。

船越：例えば、ポリプロを作る場合を考えると、銘柄は200~300種あり、それをロスがいかに少なくなるような日程計画を立てることが重要となる。その場合、上流のエチレンプラント、他のポリエチレンなどプラントとのバランスを考えなくてはならないが、これは月次あるは週次ぐらいの単位で最適化を行っている。その基で、日次・時次単位で個別のプラントの最適化を行っている。

西谷：環境に対する評価、安全が崩れたときのデシジョンメイキングなども化学会社にとって重要なことであるが、そういうスコープはERP/SCMのなかに入るのか。

船越：現時点では金やマスの流れを扱っているが、ビジネス全体のなかで環境・安全などについても入れて

いこうという動きはあるようである。

橋本(芳)：サプライチェーンでは、問題を解決するために、プラント全体、顧客、流通というように対象をどんどん広げないといけないのか。また、そうした場合、全体に利益があっても、個別には利益のないところもでてくるのではないのか。

船越：サプライチェーンは現在のところ社内に限っている。次のステップは主要なユーザにまで広げようと考えているが、そこまで十分だと思われる。サプライチェーンをどんどん広げることができるが、広げたからといって効率が上がるとは思えない。

喰田：事業部間の調整はこのシステムを使って行うのか。

船越：事業部間は、基本的に強いところが優先される状況である。

喰田：全グレードに対して解くのか、あるいはある程度グレードをまとめて解くのか。

船越：SCP では、ポリプロの場合派生する銘柄を含めた大きな銘柄単位（バルクとして捉えられる単位）でバランスを考える。ただし、そのバランスをもとに充填や物流計画では荷姿まで解けるようになっていく。

喰田：R/3 をどの程度カスタマイズしているのか。

船越：できるだけ用意されているモジュールを組み合わせて、三井化学のやり方に近いものを構築している。モジュールの域を超えて追加開発をした部分は他社と比べて少ないと思われる。

喰田：R/3 では販売のところを起点に動いているが、装置側の生じた制約から逆に遡って販売の方を動かすといった使い方ができるのか。

船越：プラントを一定に動かすことが重要な場合は、先に生産計画を立て、それから販売の方を動かすこともある。現状では、販売から動くものは約7割である。

6) 「プラントの設備診断技術」(資料#7)

小西 信彰 委員(横河電機)

(コメンテータ： 山下 善之 委員(東北大学))

ベンダの立場から、プラントの設備診断技術について、それを求める背景、それにより実現したいこと、診断の種類と技術について、フィールドバスを中心に説明があった。これに対して、山下委員より、プロセスシステムモニタリングにおいては分散環境下でのインテリジェント化、統合環境下での情報管理が課題であるとのコメントがあった。

<質疑応答>

荻野：デバイスの管理からプラントのメンテナンスまで視野に入れた話のなかで、保全に関するいろいろなサービスの紹介があったが、それらサービスを定量化(サービスを受け入れたときの投資効果)するためには、サービスを受ける側のアクティビティをきちんと定義する必要があると考える。

小西：定量化という面では、フィールドマンの削減が一番コストにきくのが現状であり、少人化というのを一つも目安としている。

伊藤(利)：北海油田では人をあまりおけないという事情からリモート診断技術が進歩した。日本でもフィールドオペレータの削減という状況から新しい技術を生み出そうとしているのか。

小西：従来のリモート診断では、壊れた機器を検出するというのが中心だったと考えられる。これからは壊れる前に検出するためにはどうするかを考える。

大嶋：マイクロなデータとは。

小西：従来、流量計といえばPV値しか扱えなかったが、これに温度や脈動のサイクルなどのデータも扱えるようになったという意味である。

大嶋：なぜ日本でフィールドバスが流行らないのか。

小西：新規のプラントがほとんどないからであると思われる。

長谷部：バルブだけでなく、ポンプなどの回転機、反応器などをフィールドバスに繋げないと、実際にフィールドマンを減らせないと思われるが、海外ではそういった情報を一箇所に取り込めるような形になってきているのか。

小西：そういうことはまだないと思われる。ただ、フィールドバスを使っているということと、ここで提案しているフィールドバスのソリューションを使えるというレベルであって、その上の回転機等については別のソリューションを提供しなければならないと考える。

喰田：フィールドバスが導入されない理由は、既存の設備に対しての交換を考えると、投資対効果があまり

ないということと、現実的にその必要性がそれほどないからである。また、導入のメリットが上の方まで伝わっていない。

配布資料：

- #1: 機能性化学産業研究会報告「新たな企業・産業文化の形成による価値提案型産業への挑戦」
- #2: 次世代生産システムと技術のマネジメント
- #3: 産業部門としての中長期課題 ー化学関連産業の国際競争力強化に向けてー
- #4: 結晶製品の高純度・高効率化への対応 ー連続結晶精製装置ー
- #5: PSE 研究の最新情報（ポスター形式）
- #6: 本質的な自動化を目指して
- #7: プラントの設備診断技術