

日本学術振興会  
プロセスシステム工学第143委員会  
平成13年度第1回研究会議事録

1. 日 時： 平成13年5月11日（金）13：15～5月12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：48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（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）、大野 弘（神戸大学）、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）、中岩 勝（産業技術総合研究所）、橋本芳宏（名古屋工業大学）、青山 敦（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）、北島禎二（豊橋技術科学大学）、松本秀行（東京工業大学）、立野繁之（九州大学）、三浦 悟（大阪ガス）、轡 義則（住友化学工業）、馬場孝治（代理：渡邊仁志、ダイセル化学工業）、味村健一（千代田化工建設）、濱村光利（東洋エンジニアリング）、村岡俊和（代理：佃 正樹、日産化学工業）、春成 孝（日産化学工業）、西野由高（代理：白石朋史、日立製作所）、林田 豊（代理：江崎宣雄、三井化学）、米田 稔（三菱化学）、潮崎淳一（代理：山田 功、山武）、井海光二（山武産業システム）、坂本英幸（横河電機）

委員以外の出席者：

浜口孝司（名古屋工業大学）、田中康嗣（豊橋技術科学大学）、伊藤貴史（名古屋大学）

4. 研究会 テーマ：「第143委員会所属の大学・研究機関における研究紹介」

5月11日（金）

1) 未来開拓学術推進事業「プロセス工業のための環境・安全評価の技術情報基盤の構築」

成果報告（資料#1）

青山 敦 委員（東京工業大学）

プロジェクトの成果報告があった。最初にプロジェクトの動機について説明があり、次にプロジェクトで提案した技術情報基盤の紹介があった。提案する技術情報基盤は、戦略情報基盤、定型管理技術基盤、定型技術基盤、シミュレーション基盤、汎用DB/ファクトDB、の5つの階層からなっており、その具体例として、異常時操作支援システム、安全性評価支援システム構築の経過について説明があった。

<質疑応答>

高松：全体を統合するために蒸留や反応という単位操作をアクティビティモデルで表現してみたのか。それとも単位操作の考え方は必要なく、アクティビティモデル、微分方程式だけのシステムで生産というものと考えていけばよいとの考え方なのか。

青山：蒸留などの単位操作がいらないというわけではなくむしろ重要であるとする。アクティビティモデルで整理し直したのはシステムバウンダリを広げて見るためである。

春成：各段階での進捗状況の説明があったが、技術情報基盤として一般ユーザが使えるものは現在何割ぐらいと考えればよいか。

青山：今すぐ使えるソフトウェアプロダクトはない。一番下のレベルのモデリング・シミュレーション環境の部分は現在開発中であるので、あと1年ぐらいでシミュレータやモデラーについては利用可能になると考える。上のレベルについては、どういったものを作るべきかを提案した段階であるので、形式的な問題もあって開発が進んでいない。ただし、提案した概念を企業が発展させることは可能である。

大嶋：構築した技術情報基盤には、既存の化学プラント、例えばエチレンプラントのような大規模プラントの情報をどのくらい活かしているのか。また、これから先の化学産業は大規模から細かいスペシャリティの方へ変わっていくと考えられるが、大規模プラントから抽出した情報基盤がそういったプラントに転用可能なのか。

青山：そういったプロセス産業の変化には十分意識して基本的な概念を考慮しており、大規模プラントだけでなくバッチプラントやナノテクノロジーなどにも適用できると考える。

富田：マシン依存性、OS 依存性がない世界でないとい情報基盤といえないと考えるが、それについては何を使っているのか。また、それを選んだ理由は。

青山：基本的にはエージェントベースで考慮しており、表現形式は KIF, KQML を使い、エージェント間の通信は CORBA あるいは SOAP を使っている。

## 2) 「常微分・偏微分両方程式モデルに基づくエージェント指向の動的プロセスシミュレーション」(資料#2)

松本秀行 委員 (東京工業大学)

動的プロセスシミュレーションにおけるモデルの階層化について説明があり、各 stage のモデル化手法の説明があった。また、集中定数型モデルと分布定数型モデルの間にインターフェースを導入した階層化ハイブリッドシミュレーションシステムについての紹介があった。また、このシステムをマイクロリアクタープロセス設計・運転支援システムに適用するにあたっての考えが示された

### <質疑応答>

山下(裕)：PDE(偏微分方程式)で表したモデルと ODE(常微分方程式)で表したモデルをコンカレントにシミュレーションし定期的につき合わせていくという方法であると考えますが、PDE を途中までモデルリダクションするアプローチでなく、コンカレントに行うアプローチを選んだ理由は。

松本：コンカレントに行った理由は、一番最初の思想が PDE を全部解けば細かい情報まで得られるのではないかということであり、コンカレントにしてインターフェースの部分を知能的にすることによってユーザがいろいろ考えて決めなければならないという負担を減らせると考える。

## 3) 「ソフトコンピューティングを援用した多目的最適化手法とその応用」(資料#3)

清水良明 委員 (豊橋技術科学大学)

従来の多目的最適化法について概説したのち、新しい多目的最適化手法 MOON<sup>2</sup> の紹介があった。この手法の適用例として、機械設計問題、立地計画問題が示され、手法の有効性について説明があった。また、この手法を組み込んだウェブベースのソリューションシステムの紹介があった。

### <質疑応答>

橋本(芳)：ニューラルネットワークを用いて価値システムを構築する際、2つの対象の異なる属性を比べることにより比較表を作るのか。

清水：ここでは選好独立か効用独立という形でどこかを決めないと他が決まってこない。多目的な問題で評価関数の数が多くなったときにどうするかは解決していない。基本的に2目的ないし3目的を想定している。そのとき、属性を直接的に評価してその人の好みを集積したものをその人の価値観として用いている。

## 4) 「離散事象システムとしてのバッチ制御システムの設計」(資料#4) 橋爪 進 委員 (名古屋大学)

バッチ制御システムの合理的な設計法の開発のために、まずシーケンスを合成するために必要な情報を、プラントに関する情報、製品製造に関する情報、その他の情報、の3つに分類し、それらの情報からシーケンスを合成する方法の概略の説明があった。

### <質疑応答>

橋本(芳)：実行処方を作るときに使うスケジューリング情報と競合解消をするときに使うスケジューリング情報は別のものなのか。

橋爪：スケジューリングには、大雑把なスケジュールから詳細なものいくつかのレベルがあるが考えられ、それがそれぞれの段階で使われる情報の違いである。

長谷部：上の実行処方を作るときに使うスケジューリング情報は1つのジョブのなかでのどのハードを用いるかに使い、下の競合解消をするときに使うスケジューリング情報は他のジョブとの順序関係が書いてあればそれを競合解消に使うと考えた方がわかり易いと思うが。

橋爪：その通りに考えてよいと思う。また、上のスケジューリング情報が詳細に時刻まで与えられる場合には、下のスケジューリング情報はいらないと考える。

#### 5)「プラントオペレータの思考状態推定システム」(資料#5) 黒岡武俊 委員 (奈良先端大)

脳波から人間の思考状態を推定する方法についての説明があった。この方法は、脳波データから特徴量ベクトルを求め、それから思考状態として予め定義した4つの状態を推定する方法である。開発したリアルタイム思考状態推定システムの説明、ならびに実験状況の説明があった。

#### <質疑応答>

立野：オペレータが自信をもってやっている作業は正しいと仮定しているのか。必ずしもモードAがでているから正しいとは限らないのでは。

黒岡：モデルを作る際にどういうものを切り出してくるかということにかかってくる。ここでは、オペレータの判断が正しいときの脳波を切り出してきている。しかしながら、そういう問題が起こる可能性はあり、その場合にはオペレータがどのような特質をもっているかを考慮しなければならないと考える。

大嶋：プラントのモニタリングとオペレータのモニタリングとうまく combine すれば、その問題（必ずしもオペレータの判断が正しいとは限らないという問題）は解決できるのでは。

黒岡：そのように思う。プラントのモニタリングとオペレータのモニタリングを別々に行うのではなく、それらを合わせていくというのは大事なテーマだと考える。

栗本：脳波計は基本的に生理的なものを測っており、それを思考的な状態という精神的なものを推定するために用いている。しかし、生理的にいい状態が精神的にいい状態とは必ずしも組み合わせない。そう考えると、元々の $\alpha$ 波、 $\theta$ 波を直接測った方がこういう同定をしなくてもよいのではないか。

黒岡：そういうことも考えており、現在どのような脳波というのが重要かということを解析しているところである。

栗本：実験でのオペレータの感想は。

黒岡：10個の電極を付ける場合は付ける手間もあって評判がよくないが、簡易脳波計を用いたときはほとんど文句はでない。

#### 6)「共沸分離プロセスの合成支援システム」(資料#6) 長谷部伸治 委員 (京都大学)

共沸蒸留プロセスの設計として最適なエントレーナとプロセス構造の候補を導出する手順を、開発したソフトウェアを用いて説明があった。このシステムは均一系を対象とし、複数のエントレーナ候補に実行可能な共沸蒸留プロセスの構造を合成し、物性などに基づく制約条件による絞り込みとシミュレーションにより、最適なエントレーナとプロセス構造の候補を導出する。

#### <質疑応答>

富田：分離構造の候補の導出ののち、三角線図の領域を入出力流れに割り当ててから物質収支を使ってLPで解いているが、なぜ最初から物質収支を考えなかったのか。

長谷部：それはなかなかうまくいかない。蒸留境界線が1本しかない場合はいいが、3成分共沸があって蒸留境界線が複雑になっている場合はそう簡単に各流れの領域を固定することはできない。

橋本(芳)：3成分で両端を指定してそれに対する蒸留が可能かどうかを計算しているが、不可能な点というのは出てくるのか。実現できない蒸留の物質収支を指定することはあるのか。

長谷部：それはある。例えば、10個のエントレーナを与えて、そのなかで2塔システムで実行可能なのは3つぐらいしかない。

橋本(芳)：LPで決めた点が蒸留計算により実行できないことはあるのか。

長谷部：それはある。物質収支だけで決めてきたので、蒸留できる点は最適化のところで探すことになる。

#### 7)「共沸蒸留プロセスにおけるエントレーナ探索支援システム」(資料#7) 柘植義文 委員 (九州大学)

共沸蒸留による分離を可能とするための必要条件を満足するエントレーナ候補とプロセス構造を提示する

システムの説明があった。このシステムは不均一系を対象とし、共沸データベースの検索によって得られる定性的な情報のみを利用して、エントレーナ候補とプロセス構造を提示する。

<質疑応答>

橋本(芳)：実際には多成分系のものも多いと考えられるが、そのような場合にこの考え方をどのように拡張すればよいのか。

柘植：今のところ4成分以上はどのようにしたらよいか考えていない。

5月12日(土)

8)「プロセスシステムのコンピュータ支援システム」(資料#8) 山下善之 委員(東北大学)

プロセス信号とプロセスに関する知識から定性的な状態を推定するシステムの状態判別手法について紹介があった。この手法は、まずART2によるクラス分類を行い、次にクラスの出現頻度に基づいて状態変化を検出しようとするものであるとの説明があった。

<質疑応答>

鈴木：WS21のあとプロセスシステムの状態判別について引き続き検討した結果の発表であったが、WS21のその他のところについても今後進められる予定はあるのか。

山下(善)：現在検討を進めているものもある。運転データからの情報抽出についてC4.5に他の手法を組み合わせたものを考えている。

長谷部：この方法では物質収支は考えているのか

山下(善)：考えてない。完全にデータだけである。

長谷部：そうすると、例えば増産で原料が増え、それに対して物質収支が合うように出口もでてくるとき、それは違った状態として判断するのか。

山下(善)：そうです。

長谷部：変数の数が増えればいろんなことがわかる反面、ちょっとした違いで異なる状態として判別してしまう。何変数くらいで使うのが適当であるか。

山下(善)：今回の例では5変数のものをfeature subset selectionという方法により自動的に減らし、その結果3変数で行った。このような形で少し解析すると、どの辺りに着目すればよいかは目的に応じてある程度自動的にわかるので、それに基づいて変数を選べばよいと考える。変数の数の目安としては10~20程度が最大と考える。ただし、もし人間が教示データとしてこの状態はこれであるというようにラベリングするならばもう少し多くてもよいと考える。

西谷：工学の研究として大学側は、どういうことをしたいからどこまでの性能のものを作らなければならないといったことが明確でないのでは。その辺りはどのように解決していけばよいか。

山下(善)：大学の方の研究姿勢として実際にある対象に対してこれを解決したいからという動機で始まっていないのが実情である。ただし、この例についていえば、WS21で実際のデータが与えられ、これに基づいてポンプの故障が検出できるような方法を開発するという明確な目標がある。

最後に、山下(善)委員から、化学工学会第34回秋季大会(北大)で催される第1回ソフトウェア・ツール学生コンテストについての案内があった。

9)「内部熱交換型蒸留塔(HIDiC)の開発」(資料#9) 中岩 勝 委員(産業技術総合研究所)

最初に、産業技術総合研究所の概要について紹介があった。次に、内部熱交換型蒸留塔(HIDiC)の原理とベンチプラントの概要について説明があり、エチレン精留塔、ベンゼン塔などには十分な省エネルギー効果が期待されることが報告された。

<質疑応答>

春成：HIDiCの実績はないのか。

中岩：実プランとしては動いていない。

春成：一般の蒸留塔ではスタートアップ、シャットダウンも考えなければならないが、その辺りはどうなのか。

中岩：スタートアップ、シャットダウンの操作、安全性、異常時の対応辺りの操作は難しく、アメリカでは

そこがネックになって実現しないといわれていたが、実験の装置では一応手順として確立している。ただし、どういう条件のときでもスタートアップ、シャットダウンできるかについては、若干検討の余地がある。

濱村：内塔の器壁のところで internal reflux がかかり、これが偏流のもととなるがこれに対する工夫はどのようにしているのか。また、蒸留塔の規模が大きくなると伝熱面が不足するがそれに対する工夫はこれからどう考えるのか。

中岩：偏流に関してはある程度の高さのところで Distributor みたいなものをつけて防いでいる。ただし、偏流は防がなくてはならないが、一方で伝熱面は常に濡れた状態を保たなくてはならないので、その兼ね合いが難しい。また、大規模化したときの問題に対しては、チューブを複数にするなどが考えられ、伝熱面を工夫することについては実際に現在検討を行っている。

橋本(伊)：最初にこのアイデアが出たときは大勢が批判的だったが、その逆風のなかでここまでやられたことに対して感慨深くよかったと思う。

#### 1 0) 「マルチエージェントによるバッチプロセスの運転管理システム」(資料#10)

橋本芳宏 委員 (名古屋工業大学)

最初に、HIDiC の物質収支と分離能力について説明があった。次に、バッチプロセスの運転管理システムの開発について説明があった。このシステムは、材料にコントロールレシピを付けて流し、そのレシピをみて装置が処理を行うという形でバッチの制御をしようとするものである。また、各装置、各移送ラインおよび、各原料、ユーティリティがそれぞれ情報を持ち、動作するエージェントであるとして動作するバッチプロセス・運転管理システムのシミュレータを開発しつつあるとの報告があった。

##### <質疑応答>

富田：このシステムを作成して何を明らかにしたいのか。事象駆動型のカンバン方式に基づいたシステムを開発しようとしたときどんな問題が生じるかという観点からみたとき、何を明らかにしたいのか。また、ある時間経過後あきらめるというルールが多くなった場合、それでよいかどうかを検証することが必要ではないのか。

橋本(芳)：あきらめるというルールはバッチの時間制約を入れるために設けたが、現場のコントローラのみで自律分散で行うためにはこのような方法しかないと考える。これに対処するためにはスーパーバイザが必要だと考えるが、すべてをスーパーバイザでコントロールことは考えていない。下の現場のコントローラをある程度自律分散的に動かし、スーパーバイザと現場とをどう連動させれば最も望ましい動作をさせることができるかをこれから考えていきたい。

北島：自動車産業でこういったカンバン方式がうまくいっているのは、各工程での処理時間が平準化されているという前提があるからである。これに対しバッチの場合は処理時間がそれぞれ異なり、スーパーバイザは実際にレシピが来ないと処理時間がわからない。スーパーバイザが判断するための情報として今現在の状態がわからないと思われるが。

橋本(芳)：スーパーバイザはシミュレータをもっていて、それによりプラントの状態はわかると考える。現場のコントローラの構造と生産計画の部分のシミュレータの構造を同じものにさせたいと考えている。

#### 1 1) 「ポリマー物性の測定と制御」(資料#11)

大嶋正裕 委員 (京都大学)

材料創製における制御と設計の問題 (Control and Design Problems in Material Processing) について説明があった。マイクロセルラープラスチック、ナノセルラープラスチックの生成例を通して、ナノテクノロジーで生じる問題を解決するために制御専門家やプロセスシステム専門家がどう貢献できるかについての意見があった。

##### <質疑応答>

松本：構造をコントロールする clay をはさんだとき、既存のポリマーのモデル式に clay のフィードバック構造で入れることによってうまくモデル化できたとする。このとき、clay の制御の方程式を入れたモデルが実際に材料のなかで起こっている現象と一致するのか。つまり、得られた制御の方程式をサイエンスの方にフィードバックすることができるのか。

大嶋：ポリマーの伸張粘度があがった理由は clay の配向構造によるものであるが、この考察は材料専門家が担当し、制御専門家はフィードバック構造からこういう粘性の特性のもつもの、こういうカーブをも

つものを作れるかを材料専門家に提言するところで寄与できると考える。

松本：ポリマーの世界に制御理論があてはめられる可能性はあるのか。

大嶋：あてはめることができると思われる。

中岩：分子のレベルでコントロールしているのではなく、外部のマクロなパラメータを使って自己組織化している。自己組織化するモデルの構造をマクロなレベルで捉えるならばそれはPSEの範疇に入る。しかし、分子・原子レベルで追求するならば違うと考えるが。

大嶋：PSEの人間はマクロから入った方が考え易い。また、マクロからミクロに繋いでいかないといい製品は作れないと考える。そして、ミクロのレベルの物質シミュレーションを行ったとき、ある特性をもった（例えばこういう配向性をもった）分子が作れるかという問題は離散型の最適化問題に定式化できると考えられ、これに対してはシステム専門家が寄与できると考える。

西谷：大嶋委員がよい例を示してくれたので、若い人は先端技術分野と係わり合いでPSEを考え、積極的に貢献して欲しい。

### 1 2) 「プロセスデータ解析」(資料#12)

大野 弘 委員 (神戸大学)

異常検出へのCUSUM法の適用についての概説があり、従来のCUSUM法を多変量系に拡張する方法についての説明があった。また、Curve resolution problemについて概説があり、Evolving Factor Analysisによる方法とIndependent Component Analysisによる方法の説明があった。

#### <質疑応答>

富田：CUSUMを使って状況認識をするにあって、何を捉えている計算方法なのか、そしてそれを捉えるときに何を使われているかを明らかにする必要があるが。

大野：指標がどのような状態変化を捉えているのかではなく、対象を知っている人が物理的な意味を考えながら変数を選んで指標をつくるものと考えている。

### 1 3) 「第143委員会研究成果の取扱い」について

ワークショップで得られた成果、あるいは未来開拓学術研究推進事業のプロジェクトで得られた成果の取扱いについての議論に先立って、小野木委員長から国立大学で著作権がどう扱われているかについて説明があった。

#### <意見・コメント>

橋本(伊)：未来開拓学術研究推進事業のプロジェクトで作成したソフトウェアの取扱いについては、学振で現在検討中である。しかしこれに関係なく、各大学で作成したソフトウェアに関心ある企業と積極的に利用について検討して行って構わないと考える。

長谷部：大学側としては企業にソフトウェアのプロトタイプをただ使ってもらいだけでなく、できれば共同研究などの形で進められたらよいと考える。

小野木：PSE Asia 2000のときのアンケートでの企業側の意見としては、予算化しても特許等により知的財産を確保し研究成果を開扉すべきである、活動したメンバーが利益を共有できる仕組みを作るべきである、委員会で作成したシステムやツールを利用できる環境を整えて欲しい、委員会の研究成果を扱うための普遍的なルールを作りたい、といったものがあった。

重政：共同研究の形で進めていくのが望ましい。

米田：権利が保護されるのは当然と考える。WS19で開発されたソフトウェアに関しては、お互いに情報を交換しながら利用することができた。

春成：研究成果の取扱いに関するルールは作った方がよい。ソフトウェアは企業が使うにあたって実用に耐えられないものもあり不安である。その一つの原因は企業側が生データを出さないところにもあり、これに対しては共同研究で機密保持契約を結びざるをえない。基本骨格の思想をベースにして共同研究で発展して有効に活用するというイメージをもっている。

佃：共同研究でどこまで大学側がやってくれるかが不安である。企業側は最終的にはメリットを求めており、学問的な面からは離れていくことから、共同研究ではどのような形で進めればよいかわからない。大学側からの話を聞いて、それを企業がどう利用するかを検討し、それにより契約が行われるというイメージをもっている。

味村：今回の発表は非常に面白かったが、個人的にはレベルが高く、もう一つキーワードみたいなものがある

った方がわかり易い。次に、会社の環境がかなり厳しく、IT化や選択と集中という言葉で体質改善を迫られており、ローコストの競争とハイテクをフォローしていかなければならないが、広い分野で一つ一つの категорияが深くそれらを一企業ではフォローすることは難しい。よって、今後は大学側と一緒にやっていく形が自然であると考え。また、ソフトウェアを大学側でフォローし続けるのは大変であり、企業側とタイアップして適当なところで切るという形も一つの手だと考える。ソフトウェアの分野で企業側が大学側に望むのはコンサルタントである。

渡邊：興味のある研究成果は個別に話してみたい。

大杉：対象物の帰属の問題をどのように共通認識をもつのか。また、対象物の完成度や性格によって対応が異なると考える。ルールは大枠のコンセンサスがあればよいと考える。

井海：成果のアクセスにあまり制限がつくのはどうかと思う。企業側は使うだけでなく、結果を大学側にフィードバックすべきと考える。

小西：今回のようにまとめて成果発表があるのはうれしい。企業の立場からは、興味があれば積極的に企業から個別にアプローチし、一対一で対話をし対価も考えメンテナンスもすることから、現状で特に問題を感じていない。

最後に、橋本(伊)委員から「マイクロ化学プラント」ワークショップ(2001年5月24日(木);お茶の水スクエア)の案内があった。これの詳細は、<http://jsps143.pse.nuce.nagoya-u.ac.jp/> に案内されている。

配布資料：

- #1: 日本学術振興会「未来開拓学術推進事業」プロセス工業のための環境安全評価の技術情報基盤の構築
- #2: 常微分・偏微分両方程式モデルに基づくエージェント指向の動的プロセスシミュレーション
- #3: 豊橋技術科学大学 生産システム工学系(システム創製研究室)
- #4: 名古屋大学 プロセス知識工学講座
- #5: プラントオペレータの思考状態推定システム
- #6: 共沸分離プロセスの合成支援システム
- #7: 共沸蒸留プロセスにおけるエントレーナ探索支援システム
- #8: プロセスシステムのコンピュータ支援システム
- #9: 内部熱交換型蒸留塔(HIDiC)の開発
- #10: マルチエージェントによるバッチプロセスの運転管理システム
- #11: Control and Design Problems in Material Processing  
-How can process systems engineers contribute to material processing?-
- #12: プロセスデータ解析