

**日本学術振興会**  
**プロセスシステム工学第143委員会**  
**平成21年度 第4回研究会議事録**

1. 日 時： 平成22年1月29日（金） 13：10～17：00
2. 場 所： 東京 京都大学東京オフィス （東京都港区港南 2-15-1）
3. 出席者： 64名（順不同，敬称略）

委員長：長谷部伸治（京都大学）

委員：響 義則（住友化学），小西信彰（代理：石橋昌宏，横河電機），篠原和太郎（東芝），鈴木 剛（東洋エンジニアリング），高田晴夫（三菱化学エンジニアリング），山田 明（三井化学），柘植義文（九州大学），野田 賢（奈良先端科学技術大学院大学），橋本芳宏（名古屋工業大学），山下善之（東京農工大学），加納 学（京都大学），伊藤利昭，梅田富雄（青山学院大学），菊池康紀（東京大学），木村直樹（九州大学），島田行恭（労働安全衛生総合研究所），関 宏也（東京工業大学），武田和宏（静岡大学），殿村 修（京都大学），濱口孝司（名古屋工業大学），船津公人（東京大学），橋爪 進（名古屋大学），松本秀行（東京工業大学），北島禎二（代理：蛭原 雄太，東京農工大学），山下 裕（北海道大学），大田原健太郎（代理：濱村隆史，クレハ），川村継夫（オメガシミュレーション），重政 隆（東芝三菱電機産業システム），大宮司理晴（ジャパンエナジー），中川明浩（代理：豊原秀史，日産化学工業），馬場一嘉（ダイセル化学工業），濱村光利（代理：若林敏祐，東洋エンジニアリング），丸山 亨（新日本石油精製），滝波明敏（昭和電工），内山正生（代理：立川公一，東洋エンジニアリング），増田士朗（首都大学東京），高峯 寛（代理：田中峰夫，住友化学），村越俊二（出光興産），松本 伸（代理：斎藤祐介，東燃化学），末吉一雄（横河電機），杉浦彰俊（森永エンジニアリング），矢羽田喜彦（三井化学），小崎恭寿男（代理：野口芳和，日揮），西澤 淳（代理：天野壮一，三菱化学），山田幸治（宇部興産），平井都志也（ソニーセミコンダクタ九州），村山 大（東芝），樋口文孝（出光興産），竹田浩伸（代理：大山 敏，三菱化学）

委員以外の出席者：十河信二（三井化学），小松規秀（カネカ），村田 尚（東洋エンジニアリング），小林隆広（出光興産），小河守正（山武），讃岐 亮（新日本石油精製），湯本隆雅（オメガシミュレーション），大寶茂樹（三井化学），西村泰治（三井化学），根岸靖典（東芝三菱電機産業システム），吉井清次（出光興産），本田祐四郎（ジャパンエナジー），田代 敦（ジャパンエナジー），片山 徹（同志社大学）

4. 研究会 テーマ：プロセス制御技術 ～Workshop No.27 成果報告～

0) 研究会趣旨説明

（司会：加納 学 委員）

1) 「ワークショップ No.27 活動概要の紹介」

《講演者》 京都大学 加納 学 委員（資料#1）

【概要】 高度プロセス制御に関するアンケート調査結果報告書，周波数領域での PID 調整法，モデル構築を必要としない PID 調整法 E-FRIT，モデル予測制御システムのモデルミスマッチ検出法，プラントワイド制御や異常検出・診断のベンチマークとして利用できる酢酸ビニルモノマー製造プラントの Visual Modeler モデルなど，ワークショップ No.27 の成果概要について報告された。

2) 「高度プロセス制御アンケート調査結果の紹介」

《講演者》 京都大学 加納 学 委員（資料#2）

【概要】 日本の産業界におけるプロセス制御の現状と課題を整理し，今後の技術開発の方向性を明らかにするために，ワークショップ No.27 が中心となって高度プロセス制御に関するアンケート調査結果の概要を紹介された。

<質疑応答>

橋 本：プロセス制御技術の技術者育成の時代の向かうのか，あるいは，ベンダーに任せる・外注

する形が続くのか。どう思われるか？

山 田：技術者を育成していく方向で考えているが、ディスカッションして方向性を考えていきたいと思う。

長谷部：鉄鋼分野で利用されている高度制御 (H-infinity) が化学プロセス分野であまり使われていない原因は？化学プロセスでは物理モデルを作るだけの価値が見いだせないのか？

加 納：推測でしかないが、モデル化ができるかどうか依存しているだろう。鉄鋼の場合、物理モデルを構築できる下工程 (圧延など) に高度制御が適用されている。一方、化学プロセスでは物理モデル構築が難しい。その辺りが利用頻度の差が生まれているのではないか。

増 田：確かに、鉄鋼では圧延中心に物理モデルが作られる。ただ、フィードバック制御の例は少ないようだ。鉄鋼で要求されるのはセットアップの部分であって、ダイナミクスは横において準備段階で利用されることが多く、その準備がうまくいった後にダイナミクスを考慮して性能を上げていく格好を印象として持っている。

加 納：鉄鋼制御担当者のバックグラウンドと化学制御担当者のバックグラウンドが違う点も影響しているのかも知れない。

伊 藤：周波数領域からみた方が、プロセス特性や品質の特性を捉えやすいと思う。化学プロセスでは周波数という概念でみることは難しく、周波数まで分割して見たことがなし、得られる情報も有用でないのかも知れない。それから、今後の課題で挙げられていた“設備固有の制御目的に対応できない”というのは、従来の化学プロセスではないものを対象としているのか。

加 納：今回のアンケート調査ではその辺りまで切り込んだ質問は設定していないし、その辺りは把握できていない。それから、周波数に関する話は、良くも悪くも、化学プロセス分野の周波数に対する態度と他分野の周波数に対する態度は大きく開きがある。プロセス制御のテキストには周波数の話をカットしたものも登場している。

(司会：橋本芳宏 委員)

### 3) 「データを用いた直接的制御パラメータ調整法－FRIT 法の基本的な考え方と関連研究の紹介－」

〈講演者〉 首都大学東京 増田士朗 委員 (資料#3)

[概要] 運転データからプロセスモデルを用いないで直接、制御パラメータを調整する FRIT 法の基本的な考え方を紹介された後、関連研究として、VRFT 法、E-FRIT 法、非反証制御に基づく手法についてその特徴を述べられた。

〈質疑応答〉

橋 本：不安定な対象に対して、閉ループ系で安定化されていれば、提案法で制御パラメータ決定をできるという話だった。このとき、もし閉ループ同定なら、不安定系を同定してからになるので難しいと思われる。今回の提案法は強力かつ簡便なツールなのだろうと思う。

増 田：不安定な対象では規範モデルの設定が難しくなる。そのあたりをクリアしなければならぬし、E-FRIT は自動的にそのあたりを解決できるという特徴があると思う。

### 4) 「E-FRIT を用いた蒸留塔及び燃料系の PID チューニング」

〈講演者〉 昭和電工 滝波明敏 委員 (資料#4)

[概要] 蒸留塔の圧力ハンチング対策として、制御性不良箇所の特特定を行い、ワークショップ No.27 で作成された E-FRIT を用いた PID チューニングツールでチューニングを実施した。その結果、蒸留塔の圧力ハンチングが抑制されるとともに、燃料ロスを低減することができた。

〈質疑応答〉

篠 原：a) パラメータ算出結果と最終値の違いは？b) D 動作をゼロにしてパラメータ決定もできたのではないかと？

滝 波：a) 最終値とは最終的に採用した値を意味する。E-FRIT で得られた値を参照しながらマニュアルで最終調整している。b) 今後それについて試してみたい。

- 立 川： a) 今回示されたケーススタディではステップ応答を実施しているのか？それから、マニュアルによるパラメータの最終調整法は？
- 滝 波： a) 外乱がなければ実プラントで上げ下げするデータでモデル化できるのかもしれない。今回は初の試みだったので、ステップ状の入力を入れている。b) 基本的には、I 動作を弱める場合には、I 動作を弱めると同時に、P 動作を強くする、というように、バランスを考えながら徐々に制御パラメータを変更していった。
- 加 納： 制御ループを切って、ステップ状変化の実験は要らないということである。実際には、外乱に打ち勝つぐらいの設定値を振るステップ状入力を求めている。

#### 5) 「部分空間法による閉ループ同定」

《講演者》 同志社大学 片山徹 氏 (資料#5)

[概要] まず Forssell & Ljung (1999) に基づいて、予測誤差法の立場から閉ループ同定の問題点を中心として復習された。ついで、部分空間法に基づく 2 つの閉ループシステムの同定法 SSARX 法 (Jansson 2003, 2005) および 2ORT 法 (Katayama & Tanaka 2007) を解説された。最後に簡単な数値例を紹介された。

＜質疑応答＞

- 加 納： 冒頭の話をつまめると、直接法でいいという断定でよいか。また、ユーザ側であるプロセス制御の人達には何を薦めるか。
- 片 山： 実際の問題でそう言い切れるかどうかかわからない。また、時間はかかるが、prediction error method だろう。それから、MATLAB の N4SSID を使った経験はないが、他者の論文を見てみると、いい結果は出ていないように思う。
- 重 政： 無駄時間がある場合には、大凡分かる場合には、データ収集して使うものか？
- 片 山： 現実的な方法だと思う。無駄時間がある場合には難しい。部分空間法ではパラメタライゼーションしないので、高次のモノで同定して、それから低次元化するアプローチになるのではないか。

#### 6) 「プロセス制御技術開発におけるダイナミックシミュレータの活用事例」

《講演者》 東京工業大学 関宏也 委員, オメガシミュレーション 湯本隆雅 氏 (資料#6&7)

[概要] ワークショップ No.27 で開発した Visual Modeler を用いた酢酸ビニルモノマー製造プラント (VA プラント) のダイナミックシミュレータの構成と公開概要について、デモを交えて紹介された。また、ワークショップ No.27 で取り組んだ研究テーマのうち、プラントワイド制御、PID 制御に関する技術開発において、ダイナミックシミュレータを活用した事例 (VA プラントのプラントワイド制御系の検証, 自励振動情報を用いた PID 再チューニング手法の開発) について紹介された。

＜質疑応答＞

- 大 山： a) 今回の事例で、積分時間を変えても適用できるのか？b) 振動情報という話で、顕著に振動していないように見られるが、問題ないのか？
- 関 宏也： a) コントローラで周波数伝達関数の値が違ってこなければ適用できない。b) 理屈の上では問題ないが、S/N の影響を受けるだろう。詳しくは検討していない。

#### 7) 「モデル予測制御システムのモデルミスマッチ検出」

《講演者》 京都大学 加納 学 委員 (資料#8)

[概要] モデル予測制御システムの性能を高く維持するためには、操業条件やプロセス特性の変化などによって生じるプラントとモデルのミスマッチを検出し、適確に対応する必要がある。モデル再同定には多大な労力が必要となるため、大規模なモデルのどこに重大なミスマッチがあるかを見極め、そこだけを再同定できることが望ましい。本講演では、日常の運転データから重大なミスマッチが存在する要素を特定する統計的方法を紹介された。

<質疑応答>

片 山：データ数は？

加 納：実データ検討事例の場合、5日分、制御周期2分なので、3500点くらい。シミュレーションの場合、1分周期で700点のデータを使用している。

立 川：5日間のデータ数を使用しているのか。

加 納：使用している。今回の手法の場合、設定値の変更があって欲しい手法である。

大 山：特別に加工したとか、操作したデータは使用していない。

鈴 木：ノイズの大きさ、大きくする仕方は？全部が隠れるまでか？

加 納：ステップ幅を決めておいて、全部がゼロになったら終了としている。

8) 総合討論

配布資料：

#1: Workshop No.27 活動概要

#2: 高度プロセス制御アンケート調査結果 概要報告

#3: データを用いた直接的制御パラメータ調整法—FRIT 法の基本的な考え方と関連研究の紹介 —

#4: E-FRIT を用いた蒸留塔の PID チューニング

#5: 部分空間法による閉ループシステムの同定

#6: PSE143 WS27 VA モデルの概要と今後の展開

#7: プロセス制御技術開発におけるダイナミックシミュレータの活用事例

#8: モデル予測制御システムにおけるモデルとプロセスのミスマッチ検出

以上