

日本学術振興会
プロセスシステム工学第143委員会
平成15年度第2回研究会議事録

1. 日 時： 平成15年7月18日（金） 13：15～17：00

2. 場 所： 東京 弘済会館 （東京都千代田区麴町5-1）

3. 出席者： 47名（順不同）

委員長：小野木克明（名古屋大学）

委 員：松山久義（早稲田大学）、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）、高田晴夫（三菱化学）、長谷部伸治（京都大学）、柘植義文（九州大学）、平尾雅彦（東京大学）、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）、伊藤利昭（名古屋工業大学）、清水良明（豊橋技術科学大学）、栗本英和（名古屋大学）、淵野哲郎（東京工業大学）、青山 敦（東京工業大学）、吉田雅俊（東北大学）、樋野 励（豊橋技術科学大学）、武田和宏（九州大学）、矢野智之（名古屋大学）、黒岡武俊（富山大学）、加納 学（京都大学）、小坂洋明（奈良先端大）、野田 賢（京都大学）、北島禎二（東京農工大学）、喰田秀樹（出光石油化学）、山崎克彦（鐘淵化学工業）、伊豆和己（代理：蛭田光弘、呉羽テクノエンジ）、大田原健太郎（呉羽テクノエンジ）、滝波明敏（昭和電工）、垣花克彦（代理：玉井克宏、住友化学工業）、響 義則（住友化学工業）、馬場一嘉（ダイセル化学工業）、清水佳子（東芝）、小崎恭寿男（代理：昆潤一郎、日揮）、西野由高（日立製作所）、林田 豊（三井化学）、松岡 豊（三井化学）、林 功（代理：小尾秀志、森永乳業）、坂井 幹（代理：山崎正尊、山武）、坂本英幸（横河電機）

委員以外の出席者：

西澤 淳（三菱化学）、久下本秀和（住友化学工業）、松尾 徹（三井化学）

4. 研究会

1) 「意思決定支援技術としての多目的最適化」(資料#1) 豊橋技術科学大学 清水 良明 委員
ものづくりにおける多目的最適化の役割と必要性についてふれ、意思決定支援技術としての利用可能性について説明があった。またこれまでの多目的最適化手法を分類しそれぞれの特徴を述べるとともに、いくつかの方法について紹介があった。

<質疑応答>

山下(善)：いろいろな手法があるが、どんな問題に対してどんな手法を使えばよいのか。

清水(良)：パレート最適解の集合がどうなるかというのは問題によって異なり、解く前にその形がわからない。したがって、その問題に対して一番効果的な手法が何かもわからない。最近よく使われている MOGA は、解の形を知らなくてもパレート最適解集合を求められるからだと思われる。

長谷部：ワークショップ No. 26 では多目的最適化を中心にやるのか。

清水(良)：必ずしも多目的最適化を中心にやるわけではなく1つの側面である。ワークショップで具体的に何をやるのかまだ決めていない。最近最適化はPSEのなかであまり表に出てきてないが、実際にはいろいろな場面で最適化をしたいというニーズはあるはずであり、各企業で現在どのような手法が使われていて、最適化できない場合は手法のどこに問題があるのかを検討しながら進めていきたい。また、最適化手法自身も新しい手法が出てきており、それについて勉強しながらそれがどこまで使えるのかを検討したい。

テーマ：「制御性能監視」

2) ワークショップ No. 25 「制御性能監視」 中間報告 京都大学 加納 学 委員
2002年4月に活動を開始したワークショップ No. 25 「制御性能監視」について、メンバーの紹介とこれま

での活動内容および今後予定している研究成果について説明があった。

3) 「制御性能監視の基礎」(資料#2)

京都大学 加納 学 委員

Harris によって提案された最小分散制御をベンチマークとする制御性能監視手法を中心に、ユーザ定義のベンチマークを用いる方法、PID 制御の性能評価、LQG をベンチマークとする方法について説明があった。

<質疑応答>

昆：インパルス応答を使うならば結局はシステムを同定しているのではないか。

加納：1 変数の制御量に対して白色化フィルタを作るだけであり、同定実験は必要ない。

伊藤(利)：個々のコントローラのモニタリングとは別にプラントワイドなモニタリングが必要だと考えるが。

加納：プラントワイドな制御性能監視は非常に重要であり、これから考えていかなければならない点であるが、今のところ具体的にそれをどう実現していくかまだアイデアはない。

伊藤(利)：どこか他でプラントワイドな制御性能監視をやっている人はいるのか。

加納：プラントワイドな制御についてはあるが、制御性能監視まで考えているのはみたことはない。

北島：この方法は制御性能について定量化できたことが1つのメリットであるが、良いか悪いかは相対的に評価するしかないのでは。

加納：実際にこの制御性能監視で想定しているのは、プラント全体の制御ループをチェックし、CLP が 0.5 以上のループは目をつぶり、0.1 とか 0.2 などの悪いループでかつ重要なものに対して対策をとるということを、継続的に繰り返すによって、数ヶ月あるいは数年経ったらプラント全体の制御性能がよくなることを目指している。

北島：制御性能評価手法そのものの研究とは別に、その手法を実際にどう使っていくかということについても議論されているのか。

加納：それについても論文などで出てきている。

4) 「産業界における制御性能監視に対する取組み (三菱化学の事例)」(資料#3)

三菱化学(株) 西澤 淳 氏

三菱化学の制御性能監視に対する取組みの紹介があり、実用的な制御性能評価指標として、独自に考案した制御量および操作量の標準偏差の散布図に基づく指標などについて説明があった。

<質疑応答>

西谷：ここでの説明はループ制御に限定した話なのか。

西澤：その通りであり、シングルのみで多変数系までは考えていない。

西谷：いろいろな指標を使って診断しておられるが、その解決にはいろいろなレベルの方法があり、それについてはどのように考えているのか。

西澤：今のところは劣化の検証までを考えており、その解決はエンジニアのスキルに任せている。今後は WS25 での成果などを取り込んでいきたい。

松山：評価指標のなかに AUT 投入率というものがあったが、制御性能監視に関する活動をして Ce や Cu の評価がよくなると、AUT 投入率もよくなる傾向になったか。

西澤：コントローラが使われないのは性能が悪いからであり、改善されれば AUT 投入率も上がってくると考える。

伊藤(利)：制御性能が劣化する原因を調べて、何か統計的なデータがあるか。

西澤：そこまでデータがない。私の印象ではバルブスティックなどによる劣化が多いと感じるが、データまではとっていない。

滝波：評価に使われるデータはすべてプリンタに出力される情報を PC に繋いだものから得られるのか。

西澤：サービスファクターやアラーム件数はプリンタからとっている。一方、Ce, Cu はプロセスデータベースからとっている。

滝波：Ce, Cu という指標でほとんど異常検知はできると考えているのか。それとも別の指標があった方がよいと考えているのか。

西澤：異常の検知自体は Ce, Cu でよいと考えている。今後は劣化の原因や対策に注力したいと考えている。

5) 「バルブスティック検出手法の開発」

住友化学工業(株) 久下本 秀和 氏

計装機器の不具合の1つであるバルブスティックを取り上げ、バルブスティックのモデル化手法およびその検出手法として4つの方法について説明があった。

<質疑応答>

清水(佳): Backlash 関数同定を用いた方法をもう一度説明して欲しい。

久下本: MV-流量の関係図において右側の直線を左にシフトし、MV-流量の相互相関係数が最大になることを求めることにより Backlash を同定する方法である。

松尾: バルブのヒステリシスに対するメーカーの保証値はどのくらいか。

久下本: カタログ値には2%と書かれている。制御系に影響を及ぼすのはバルブヒステリシスが1%ぐらいといわれているが、国内のバルブメーカーでは通常バルブは0.5%以下であり、きれいに設置されていればまったく問題ない。

西谷: ここでのバルブスティックとは微妙に設計された動き以外の動きする場合も含んでいるのか。

久下本: 狭い意味でのバルブスティックとはグランドパッキング部の摩擦でギクシャクした動きを呼ぶようであるが、ここで見せたデータが狭い意味でのバルブスティックなのかどうかはわからない。

伊藤(利): オリフィス流量計がよくふれることがあるが、バルブスティックが2%とかあると結構ふれるものなのか。

久下本: 国内ではポジショナーがほとんど付いているので、現実的にはそこまで大きな問題にはならないと考えられる。もしかしたら、国内ではポジショナーが何らかのトラブルを起こしていることが多いのかもしれない。バルブスティックが1%を超えるようだとPIDとハンチングという状態に近い動きをする。また、オリフィスのセンサ側の流量がふれる問題もあり、その辺りの判断は難しい。

6) 「時間一周波数領域を使った制御性診断」

三井化学(株) 松尾 徹 氏

Wavelet 変換を利用した制御性診断について説明があった。まず、シミュレーションやプラントから得られた時系列データの Wavelet 変換について説明があり、次に Wavelet 変換したデータの類似度を測るソフトウェアについて説明があり、そしてプラントデータへの応用として3つのケーススタディの紹介があった。

<質疑応答>

西谷: 制御系をつけた上での話なのか。

松尾: この例では1つの制御ループではなくて、蒸留塔への入力(流量)がどのように(圧力や温度などに)関係しているのかについて考えている。

長谷部: 実際にはいろいろなところで制御されている状態でプロセスのデータをとっていると考える。そのとき、コントローラの操作量と制御量の間関係しているところは非常に強く相関がでてきて、関係していないところは本当に原因と結果の間の相関がでてくると考えられるが、それらはうまく切り分けることができるのか。

松尾: 制御ループに入っているところはMVとPVの関係は明確に同じパターンがでてくる。一方、この蒸留塔の例のように、圧力と温度は制御上では連携をもっていないが、結果的に同じパターンになるようなグループ分けができる。

川村: 時系列解析に Wavelet 変換を使うとどこに特徴がでるのか。

松尾: 時系列データの相互相関をとればある程度はわかると考えられるが、例えば Wavelet 変換を用いることによってむだ時間のシフトが測定することができる。また、直感的にみやすいというものも1つである。

7) ワークショップ No. 25 の活動へのコメント

西谷: 松尾氏の話とモデリングの話と一緒に考えみて欲しい。制御設計の際に様々なモデルが用いられると考えられるが、設計したものを実際に運用しそのデータの解析結果をもう一度モデリングレベルに戻して再設計するといったサイクルができれば非常に強力な武器になると思われる。時間があれば検討していただきたい。

北島: ソフトウェアのリリースを考えておられるので、ワークショップという形態でソフトウェアを開発したプロセス、リリースに向けての必要な準備、公開するときのライセンス、などについて、報告書の付録かどこかに是非ふれて欲しい。

なお、研究会で集めたアンケート（コメント・意見・質問など）にて、次の質問があり、これについてご講演者から回答をいただいた。

加納委員へ

（質問） 最小分散のむだ時間をどのように時系列データから求めるのですか。

（回答） 難問です。日常の運転データを使用するという事は、一般的には、プロセスは同定できないということになります。いわゆる、閉ループ同定の問題です。このため、無駄時間も求めることができません。もちろん、設定値変更を行ったときの運転データがあれば、そこから無駄時間を求めることはできます。現実には、プロセスに関するオペレータやエンジニアの知見に基づいて、おおよその無駄時間を決めることが多いようです。さらに、無駄時間に幅を持たせて（5～10分というように）、その範囲で性能評価指標を計算するという方法もよく利用されています。性能評価指標の正確な値を知ることが究極の目的ではなく、見直すべき制御ループを洗い出すことが目的ですから、この程度の荒い方法でも十分に役立つようです。一方で、運転データから無駄時間を求める努力もなされています。私が見る限りでは、ウェーブレット解析が有する信号の不連続点を見付け出す能力を利用して、無駄時間を求める方法について研究がなされています。その実用性については、勉強不足で把握できていません。

また、久下本氏と松尾氏からご講演で使われたスライドの年次報告書への掲載についてご承諾をいただいた。（資料#4, #5）

配布資料：

- #1: 意思決定支援技術としての多目的最適化
- #2: 制御性能監視の基礎
- #3: 産業界における制御性能監視に対する取組み（三菱化学の事例）

年次報告書への掲載資料：

- #4: バルブスティック検出手法の開発
- #5: 時間一周波数領域を使った制御性診断