

**日本学術振興会**  
**プロセスシステム工学第143委員会**  
**平成20年度 第5回研究会議事録**

1. 日 時： 平成21年2月6日（金） 13：10～17：00

2. 場 所： 東京 弘済会館 （東京都千代田区麴町5-1）

3. 出席者： 49名（順不同，敬称略）

委員長：長谷部伸治（京都大学）

委員：大杉 健（ジャパンエナジー），轡 義則（住友化学），小西信彰（代理：末吉一雄，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），野田 賢（奈良先端科学技術大学院大学），瀧野哲郎（東京工業大学），山下善之（東京農工大学），伊藤利昭，梅田富雄（青山学院大学），北島禎二（東京農工大学），木村直樹（九州大学），栗本英和（名古屋大学），黒岡武俊（富山大学），関 宏也（東京工業大学），外輪健一郎（徳島大学），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），松本秀行（東京工業大学），矢野智之（名古屋大学），石田敏和（宇部興産），大田原健太郎（クレハエンジニアリング），大坂 宏（大坂システム計画），川村継夫（オメガシミュレーション），村越俊二（代理：小林隆広，出光興産），小崎恭寿男（日揮），重政 隆（東芝三菱電機産業システム），坂本英幸（横河電機），中川明浩（代理：畑 利幸，日産化学工業），中西 勤（代理：森下敏治，三菱化学），馬場一嘉（ダイセル化学工業），樋口文孝（出光興産），矢羽田喜彦（三井化学），布野俊彦（日立ハイテクトレーディング），村山 大（東芝），山田幸治（宇部興産），菅野智司（富士電機システムズ）

委員以外の出席者：菊池忠雄（東芝三菱電機産業システム），竹内健史（出光興産），金子弘昌（東京大学），菊池康紀（東京大学），藤咲範男（日立ハイテクトレーディング），浅井弘人（日産化学工業），野口芳和（日揮）

4. 研究会 テーマ：PSE 研究最前線（学側研究紹介およびアンケート調査を踏まえて）

0) 研究会趣旨説明，アンケート結果報告 by 山下善之 委員

北 島：アンケート結果の公開は？

長谷部：順番づけて講評するつもりはない。個別に対応可能（事務局まで）。

（司会：山下善之 委員）

1) 「プラント運転の安定化と効率化のための高精度ソフトセンサ開発」

《講演者》 東京大学 船津公人 委員，金子弘昌 氏（資料#1）

[概要] 蒸留塔においてソフトセンサモデルが劣化する問題，ポリマー重合反応塔において製品切り替えの際に予測性能が低下する問題に取り組みられた成果を紹介された。

<質疑応答>

野 口：①原油切り替えの運転にも対応可能なモデルか？②DCS 等のコントローラに組み込んでオンラインで使用できる手法なのか？

金 子：①切り替え前後のモデルを構築できれば対応可能である。②計算負荷が低いいためオンラインで使用可能であるし，説明変数  $x$  のみのデータしか用いていないので適用可能だと思う。

末 吉：①何をもいいモデルとするのか，その判断基準は？②ポリマーの事例では，実際の銘柄数は多いと思うが，1つのモデルで対応は無理だったのか？

金 子：①RMSE，つまり，未知の予測データと実測データの近さ（誤差）で判断にしている。②平均化されたモデルになってしまう。そのため，急激な目的変数  $y$  の動きへの予測性能に限界がある。銘柄毎にモデルを構築しているが，計算時間・労力ともに非現実的な取り扱いにはなっていない。

森 下：①正常な運転範囲が重要という話だが，それをどうやって決めたのか？②400 時間のデー

タを用いているが、その間に変動がなければ、その範囲を超えたものは予測できないモデルだと思うが、どうしたのか？

金子：①管理限界を超えたものを異常（以内なら正常）と判断している。②今回、予測したいデータの範囲が400時間であった。

長谷部：データの少ない銘柄への対応は？

金子：似ているデータを混ぜて1つのモデルを構築している

（司会：大杉 健 委員）

## 2) 「データマイニング手法に基づくプラント運転操作知識の獲得」

《講演者》 東京農工大学 山下善之 委員（資料#2）

[概要] データマイニング手法を適用することによって有用な運転操作知識を抽出する方法を紹介され、適用事例について触れられた。

<質疑応答>

梅田：まったく予想外の異常の場合（構造的変化がある）、物理モデルでは対応できないと危惧したのだが。

山下：物質・熱収支なので構想的な変化があれば検出し易くなると思う。動的なモデルになっていて、 $dF/dt$ なども考慮され、関係なければ使われない。そうすれば精度が上がる。

北島：WS-21で抽出したルールは人間があとで解釈したものであるとすれば、化学工学的知識をもっていて、後付けで説明したと言えると思う。フォワード的に運転操作知識を獲得できないだろうか。

山下：理論的に運転知識が得られるならそうすべきだが、それではカバーしきれないから技術伝承が問題になっている。例えば、エキスパートシステムでは、運転ルールを知識として表現して（インタビューして表現して）行う方法では知識にならなかった。しかし、データマイニングなら知識の一部を獲得する支援の1つになり得る。人間が見てルールに気付いたら一つの知識獲得であり、気付かなくても無理矢理運転してしまうのも1つの方法。運転支援ツールとして捉えて欲しい。

船津：ILPでは背景知識をどう書くかが難しいと思うが、ILPを適用した例はあるか？

山下：プラント関連で適用した例はないと思う。

## 3) 「プラント運転における熟練度評価」

《講演者》 富山大学 黒岡武俊 委員（資料#3）

[概要] プラントオペレータの熟練度を客観的に評価する手法を紹介された。具体的には、メンタルワークロード、プロトコル分析を利用したプラント運転評価、生理信号を用いたオペレータの思考状態のモニタリング、Levenshtein 距離を用いた熟練度評価、である。

<質疑応答>

北島：①Levenshtein 距離の話で、正しい手順とは？②プロトコル分析において、あくまでもよりよいオペレーションを追求するなら、評価として主観でもよかったのでは？

黒岡：①共同研究例では、上手なオペレータの手順を基準にした。共同研究の時、手順が個人個人で勝手になるのは困るという話であった。手本となる人の手順を基準として検討した。もちろん、異なるオペレータの手順を比較するといったことも可能だろう。②主観でも評価できれば問題はない。そのためには評価する人の技術が重要になる。そんな人を各工場に配置する必要がある。

伊藤：熟練者の応用力はどう評価されているのか？

黒岡：紹介した手法では、シナリオに則った試験になっている。シナリオを複数個用意すれば評価できるかも知れない。新人をベテランと比べれば応用力を評価できるかも知れない。

関：Levenshtein 距離で評価される際、トレーニングシミュレータの1回目から2回目へ進んだ際、試行錯誤的にうまくいっていきながら、反省など色々考えて臨んでいるのか。

黒岡：素人なら試行錯誤的にうまくいっていったというパターンである。新人・中堅が2回目に

うまくなったのは、どこを間違っていたかについて勉強して臨んでいる。

森 下：訓練シミュレータがなくても使えるアプローチなのか？

黒 岡：手本となるデータがあることが前提のアプローチである。訓練シミュレータがなくても、発生した現象に対して手本を用意できるかがポイントである。同じような状況がよく発生するようなプラントなら、そのまま使える。種類として同じような状況が起こるなら、データベースとの比較になるだろう。実データに対しても使えるようにしたい。

長谷部：安定度について、アラームの差で比較するのではなく、どのアラームから消していくかという操作手順と密接に関係しているのではないか。

黒 岡：アラームサマリで本当の操作だけを抽出してシンボル化して比較するという方法と、操作+どんなアラームが出たかということもシンボル化して比較するという方法を試している。アラームまで含めて比較した方が良い結果が得られている。そこに安定度も入っていると読んでいる。しかし、操作順と発生したアラーム順序が変わらないのに、安定度、アラーム残渣のカーブは違っているという結果が出たので、手順のみでは抜け落ちが生じているかも知れない。その解析は今のところできていない。

北 島：手順については、何にもとづいて区切っているのか？

黒 岡：DCS にイベントに依る。

#### 4) 「HAZOP に基づく独立防御層設計」

《講演者》 東京工業大学 瀧野哲郎 委員 (資料#4)

[概要] 今日、HAZOP が安全設計の設計根拠になっているとは言い難く、独立防御層設計はコンセプトと捉えられがちである。この問題の原因を考察し、独立防御層設計を安全設計の方法論とするためのエンジニアリング要件について考察された。

<質疑応答>

梅 田：プレの P&ID が表に出てこない点についてどう思われるか。人によっても違うだろうが、PFD を作るまでに間にアラームデザインが必要になってこないか。

瀧 野：プレの P&ID がファイナルの P&ID と結びついていれば話は別である。でも、プレができたときには既にアラームがデザインされていて、その前に PHA を実施しておかねばならないと思う。エンジニアリングのやり方を変えたらどうか。計算機パフォーマンスが向上した今日、昔のエンジニアリングワークから改変されて良いのではないか。製造・生産が人間の幸せのために存在するなら、人を被害に遭わせることはあってはならない。Safety を前提にしてデザインを変えていくという環境が揃っていないから、その環境を揃えねばならない。環境が揃った段階で、エンジニアリングを変えるべきではないか。

長谷部：制御系設計と一緒にこのあたりを取り組むイメージか。

瀧 野：その通りだと思う。IPL の 2 番と 3 番はおなじところでデザインされて良いと思う。

鈴木：コメントとして、HAZOP の現況はプレの P&ID で実施して、ファイナルで実施している。アラーム設計は最終段階でされている。最初から取り組んで引き継いでいけばよい。設計情報が上流から流れて、それが設計されて下流に繋がるようになっていないところが今のネックではないだろうか。

瀧 野：前からのロジックが後ろのロジックに繋がっていないところを問題視している。

#### 5) 総合討論

配布資料：

- #1: プラント運転の安定化と効率化のための高精度ソフトセンサー開発
- #2: データマイニング手法に基づくプラント運転操作知識の獲得
- #3: プラント運転訓練における熟練度評価
- #4: HAZOP に基づく独立防御層設計

以上