

研究助成申請書（平成24年度第55回）

平成23年11月24日

財団法人みずほ学術振興財団 理事長 殿

私は、みずほ学術振興財団第55回工学研究助成募集要領の記載内容に同意の上、下記により研究助成を申請します。

記

フリガナ	カネコ ヒロマサ		所 属	東京大学大学院工学系研究科	
氏 名	金子 弘昌	印	役 職	特任助教	
			学 位	博士（工学）	
生年月日	西暦 1985年1月9日生 満26歳 (本年9月末現在)		専攻科目	化学システム工学専攻	
自 宅 住 所					
学 内 連 絡 先					
Eメールアドレス					
研究題目	産業プラントの制御性能向上のための新規推定制御手法の開発				
研究期間	自 平成24年 6月 1日 至 平成26年 5月31日 (2年間)				
実施場所					
申請金額	※ 2,000 (千円)			【参考】	
(内 訳)	費目 \ 年度	初年度	次年度	計	本研究所要経費総額 2,600 (千円) (調達内訳) ※ 当財団への申請額 2,000 (千円) 所属団体支出額 600 (千円) その他の援助額 0 (千円)
	備品購入費	600	0	600	
	消耗品費	100	100	200	
	旅 費	200	700	900	
	謝 金	0	0	0	
	そ の 他	200	100	300	
	計	1,100	900	2,000	

(申請金額内訳説明)

実際の運転データとして各プロセス変数が毎分または数秒ごとに測定されている大量のデータを使用するため、効率的に研究を進行するために高性能のコンピュータ(50万円)が必要である。データや結果の保存、バックアップのため、外付けハードディスク(10万円)が必要である。それぞれ備品購入費として計上した。

研究成果を広く発表するため、論文別刷代を消耗品費として、国内発表と海外発表を旅費として計上した。

その他に研究支援経費を計上した。

推薦者 所属大学

役職・氏名

印

推薦文 (申請者との関係: 同じ講座の監督教員)

申請者の学歴・職歴・研究歴及び業績

[学歴・職歴]

2007年3月 東京大学工学部化学システム工学科 卒業
2007年4月 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻修士課程 入学
2009年3月 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻修士課程 修了
2009年4月 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻博士課程 入学
2011年9月 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻博士課程 修了
2011年10月 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻船津研究室 特任助教着任

[研究歴]

- 学部
 - ・独立成分分析と遺伝的アルゴリズムを用いた新規回帰分析手法の開発
 - ・開発した回帰分析手法の定量的構造物性相関解析とソフトセンサー解析への応用
- 修士課程
 - ・高精度ソフトセンサー開発のための新規異常値検出手法の提案
 - ・ポリマー重合プラントにおけるトランジション終了判定モデルの構築
- 博士課程
 - ・回帰モデルの適用範囲と予測誤差の関係に関する研究
 - ・統計的手法を用いた高精度ファウリング予測モデルの構築
 - ・プロセスの動特性を考慮に入れた変数選択手法の開発
 - ・実用的ソフトセンサーのためのモデル劣化問題解決への取り組み
 - ・変数間の非線型性を取り入れた時間差分モデルの構築およびソフトセンサーへの応用
 - ・時間差分に基づくソフトセンサーモデルを用いたアンサンブル予測および予測精度の推定
 - ・長期運用が可能な高精度ソフトセンサー手法の開発およびプロセス管理への応用

[主な業績]

- [1] Kaneko H., Funatsu K., *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, **109**, 197-206, 2011. (査読有)
- [2] Kaneko H., Funatsu K., *Asia-Pac. J. Chem. Eng.*, Accepted. (査読有)
- [3] Kaneko H., Funatsu K., *Ind. Eng. Chem. Res.*, **50**, 10643-10651, 2011. (査読有)
- [4] Kaneko H., Funatsu K., *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, **107**, 312-317, 2011. (査読有)
- [5] 船津 公人, 金子 弘昌, シーエムシー出版, 化学分野におけるプロセスシステムの計測・モニタリング技術, 44-55. (査読無)
- [6] Kaneko H., Arakawa M., Funatsu K., *Comput. Chem. Eng.*, **35**, 1135-1142, 2011. (査読有)
- [7] 金子 弘昌, 船津 公人, *化学工学*, **74**, 26-29, 2010. (査読無)
- [8] Kaneko H., Arakawa M., Funatsu K., *AIChE J.*, **57**, 1506-1513, 2011. (査読有)
- [9] 金子 弘昌, 船津 公人, *分離技術*, **39**, 39-45, 2009. (査読無)
- [10] 金子 弘昌, 荒川 正幹, 船津 公人, *化学工学論文集*, **35**, 382-389, 2009. (査読有)
- [11] Kaneko H., Arakawa M., Funatsu K., *AIChE J.*, **55**, 87-98, 2009. (査読有)
- [12] Kaneko H., Arakawa M., *J. Chem. Inf. Model.*, **48**, 534-541, 2008. (査読有)
- [13] 金子 弘昌, 荒川 正幹, 船津 公人, *J. Comput. Aided Chem.*, **8**, 41-49, 2007. (査読有)

(受賞歴)

Best Presentation(優秀講演賞)、○金子 弘昌、荒川 正幹、船津 公人、東京コンファレンス、2009年9月
平成20年度東京大学工学系研究科長賞 銀賞、2009年3月

JCAC論文賞、金子 弘昌、荒川 正幹、船津 公人、2008年11月

第29回情報化学討論会 ポスター賞、○金子 弘昌、荒川 正幹、船津 公人、JP26、新潟、2006年11月

研究の目的及び理由 (研究の独創性、国内外の類似研究の有無等も記入)

概要

産業プラントにおける推定制御手法であるソフトセンサーを用いて、製品品質等のプロセス変数を効率的に所望の値に制御するため、制御したい変数とその他のプロセス変数の因果関係を考慮した新規ソフトセンサー手法を開発することを目的とする。本手法を用いることで、目的の製品品質の制御性能が向上するだけでなく、プラント運転の効率化や安定化が実現できる。原料使用量の削減や省エネ運転にもつながり、地球環境へ多大な影響を及ぼすことを確信している。

① 研究背景

産業プラントにおいては、測定困難なプロセス変数を推定する手法として、ソフトセンサーが広く用いられている。ソフトセンサーとは、オンラインで測定可能な変数(X)と測定困難な変数(y)の間で数値モデルを構築し、目的とした変数の値を推定する手法である(図1)。ソフトセンサーを用いることで、オンラインで精度良くyの値を推定可能である。このソフトセンサー技術は産業界において特に注目されており、プロセスシステム工学第143委員会第171回委員会・平成20年度第5回研究会において、申請者らの研究は産業界においてニーズが高い上位4テーマの中の1つに選ばれた。さらに同委員会においてソフトセンサーにおける問題解決を目的としたワークショップNo. 29が発足し、現在活動中である。産業界におけるソフトセンサーの現状と課題の整理や課題解決へ向けた技術開発を行うことで**実用的ソフトセンサーの構築**を目指している。

上記のワークショップで企業側に実施したアンケートでも明確となったことであるが、ソフトセンサーを用いてyの値を推定することは可能である一方、**ソフトセンサーを有効に活用したプラント制御が行われている訳ではない**。ソフトセンサーモデルを構築することは $y=f(X)$ の関数fを決定することに対応し、fを解析することでyとXの因果関係を把握できれば、効率的にyを所望の値に制御することが可能になるといえる。しかし現状、ソフトセンサー構築の際にはyとXの相関関係しか考慮されておらず、**適切にyとXの因果関係を表現する手法が必須**であるといえる。

一方我々は、以前にプラントの動特性を踏まえたプロセス変数選択手法を開発した。Xはある時間遅れを伴ってyに影響を与えるが、我々の手法を用いることで**最適な時間遅れとyに最も影響度の高いプロセス変数を同時に選択可能**である。この時間遅れを適切に考慮することで、yとXの因果関係を抽出できると考えられる。

② 到達目標

以上の背景を踏まえ、本研究の目的を**産業プラントの制御性能向上のための新規推定制御手法を開発すること**とした。そして本研究の到達目標を、

- ☆ プラントの動特性とプロセス変数間の因果関係を考慮したソフトセンサー手法の開発
- ☆ ダイナミックシミュレーションデータと様々な実プラントデータを用いた提案手法の汎化と設定した。

③ 本研究の独創性、予想される結果と意義など

これまで国内外において、より精度の高いソフトセンサーモデルを構築する、つまり誤差の小さいようなyとXの相関関係を抽出する研究は数多く行われているが、**yとXの因果関係を考慮したソフトセンサーに関する研究例はない**。本研究では、**ソフトセンサーの実用化を目指し、yとXの因果関係の考慮と予測精度の向上を同時に達成する**という世界で初となる試みを行う。そして、前述したプロセスシステム工学第143委員会のワークショップNo. 29の活動を十分に活用することで、企業側のニーズを反映し、研究成果をフィードバックすることが容易となる。

提案手法によりソフトセンサーを用いた**制御性能の向上が達成され、ソフトセンサーの利用者が加速度的に増加する**といえる。これらはワークショップNo. 29でも確認済みである。申請者の開発するソフトセンサーを用いることで、**目的の製品品質の制御性能向上だけでなく、プラント運転の効率化や安定化が実現できる**。また、モデルの予測性の向上が原料使用量の削減や省エネ運転にもつながり、さらにソフトセンサーが適用される範囲が拡大することで**地球環境へ多大な影響を及ぼすことを確信している**。

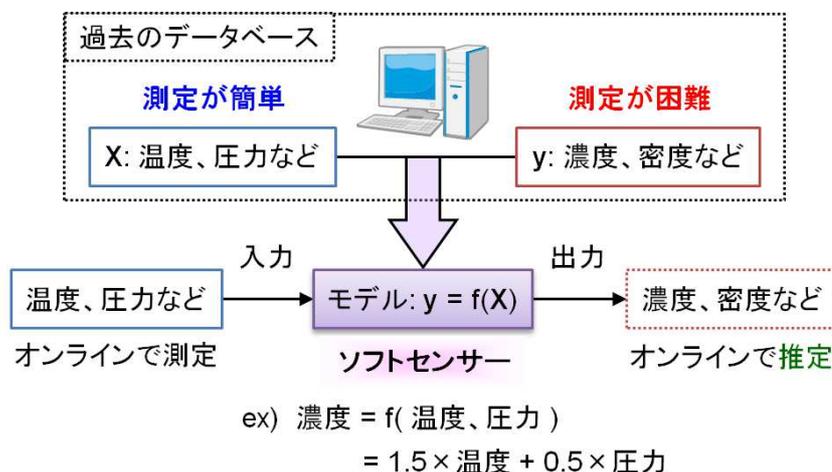


図1. ソフトセンサー

研究実施方法大要

概要

因果関係を考慮するためには操作したい変数を任意に変更する必要がある。しかし、実際のプラントを使用してそのような実験を行うことは現実的でない。そこで本研究では、ダイナミックシミュレータを使用した検討を行う。シミュレータを用いてデータを取得し、得られたデータを使用してプラントの動特性を考慮したソフトセンサーモデルを構築する。得られたモデルをシミュレータに組み込みプラント制御をシミュレートし、再度データを取得する。その後、制御性能を確認してモデルを改良する。この流れを繰り返すことで最適な制御性能を示すソフトセンサーモデルを設計する。最後に、シミュレータで得られた知見を実データで確認する。

・24年度

本研究では、実プラントの代わりにダイナミックシミュレータを用いて作成するヴァーチャルプラントを使用する。yとXの因果関係を考慮する場合には、Xに何らかの操作を加えてyの応答を確認することが必須であるが、実プラントを使用した実験は非現実的である一方、ヴァーチャルプラントを使用することでそのような実験が容易に実施可能となる。

研究実施方法の流れを図2に示す。まずダイナミックシミュレータを用いてプラントを設計した後、シミュレーションを行いソフトセンサーモデルの構築に用いるデータを取得する。様々なプラントの変動をモデル化する必要があるため、多くの変動を含むようシミュレーションを実施する。次に、得られたデータを用いてソフトセンサーモデルの構築を行う。この際、[研究の目的及び理由]で記述したプラントの動特性を含めてモデル化する手法を用いることで、Xの時間遅れを考慮してyを予測するモデルを構築する。その後、得られたソフトセンサーモデルをシミュレータに組み込み、再度シミュレーションを行う。この際、例えばモデルの回帰係数を確認することでXからyへの影響度に関する知見が得られるため、それに基づいて制御を行うよう設計する。外気温変化、原料変化、配管への汚れ付着など様々な変動をシミュレートし、プラントを安定化させる際の制御性能を確認する。得られたデータを踏まえて、モデルの改良あるいは再構築を行う。

以上の流れを繰り返すことで、yとXの因果関係を踏まえて最適な制御性能を示すソフトセンサーモデルの構築が可能になると考えられる。適切な因果関係を抽出できない場合は、データの生成過程を記述した統計的因果モデルである構造方程式モデルを導入する予定である。

・25年度

図2の流れにより、蒸留塔や精留塔などの反応を含まない単純な系で検証した後、ポリマー重合プラント等の反応を含む複雑な系で提案手法の検討を行う。必要があれば非線型回帰分析手法を導入する。提案手法を汎用化させるため、このようなケーススタディから得られた知識を蓄積し構造化を行う。

その後、実プラントデータを用いて提案手法の検討を行う。現状では、複数の蒸留塔、ポリマー重合プラント、触媒劣化プロセス、複数の膜分離活性汚泥法における実運転データを利用可能である。さらに上述したワークショップNo. 29の研究会を活用してプロセスデータを提供していただくことを考えている。多種多様なデータを用いた解析を通して、各プロセスにおける予測精度向上だけでなく、汎用的な手法の開発を目指す。ダイナミックシミュレータを使用する場合と同様に、プラントの特徴を考慮して得られた知見を構造化することで、新たなプラントに対しても適切に提案手法を利用可能にする。

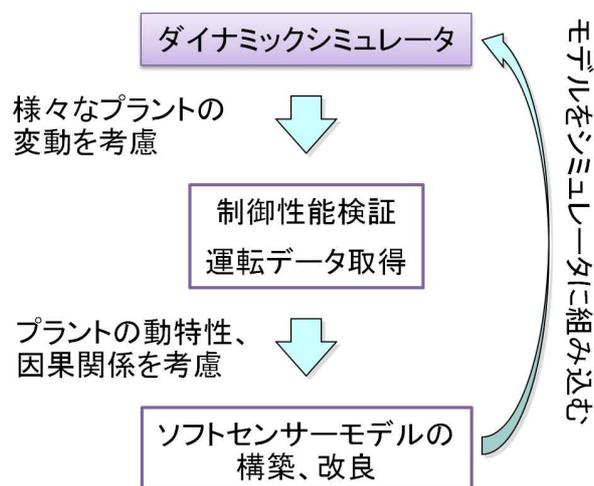


図2. 研究実施方法の流れ

過去における他からの援助例

平成20年度東京大学学術研究活動等奨励事業（国外） 200,000円

平成21年度採用分日本学術振興会特別研究員-DC1採用 200,000円×30カ月 = 6,000,000円

平成21、22、23年度科学研究費補助金 700,000円×3年 = 2,100,000円

グローバルCOEプログラム理工連携による化学イノベーション平成21年度海外留学 採択 434,000円