

# 研究助成申請書（平成27年度第58回）

平成26年11月25日

公益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58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	助教	
生年月日	西暦 1985年1月9日生 満29歳 (本年9月末現在)		学 位	博士(工学)	
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	産業プラントにおける異常検出および異常原因診断システムの開発				
研究期間	自 平成27年 6月 1日 至 平成29年 5月31日 (2年間)				
実施場所					
申請金額	※ 2,000 (千円)			<b>【参考】</b>	
(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  
2012年1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 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
  - ・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
  - ・回帰モデルの適用範囲と予測誤差の関係に関する研究
  - ・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
- 助教着任後
  - ・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
  - ・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
  - ・効率的な材料設計のための戦略的材料探索手法の開発
  - ・安定的で効率的な推定制御のための適応型非線型回帰分析手法の開発

#### [主な業績]

- [1] H. Kaneko, K. Funatsu, *AIChE J.*, **60**, 160-169, 2014. (査読有)
- [2] H. Kaneko, K. Funatsu, *AIChE J.*, **60**, 600-612, 2014. (査読有)
- [3] M. S. Escobar, H. Kaneko, K. Funatsu, *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, **137**, 33-46, 2014. (査読有)
- [4] H. Kaneko, K. Funatsu, *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, **137**, 57-66, 2014. (査読有)
- [5] H. Kaneko, K. Funatsu, *J. Chem. Inf. Model.*, **54**, 2469-2482, 2014. (査読有)
- [6] H. Kaneko, T. Okada, K. Funatsu, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **53**, 15962-15968, 2014. (査読有)
- [7] H. Kaneko, K. Funatsu, *AIChE J.*, **59**, 2339-2347, 2013. (査読有)
- [8] H. Kaneko, K. Funatsu, *AIChE J.*, **59**, 2046-2050, 2013. (査読有)
- [9] H. Kaneko, K. Funatsu, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **52**, 1322-1334, 2013. (査読有)
- [10] H. Kaneko, K. Funatsu, *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, **126**, 30-37, 2013. (査読有)
- [11] T. Kishio, H. Kaneko, K. Funatsu, *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, **127**, 70-79, 2013. (査読有)
- [12] H. Kaneko, K. Funatsu, *Comput. Chem. Eng.*, **58**, 288-297, 2013. (査読有)
- [13] H. Kaneko, K. Funatsu, *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, **128**, 111-117, 2013. (査読有)
- [14] H. Kaneko, K. Funatsu, *J. Chem. Inf. Model.*, **53**, 2341-2348, 2013. (査読有)

#### (受賞歴)

日本化学会 情報化学部会 JCAC 論文賞, 2013年11月  
Computers & Chemical Engineering, Most Cited Articles 2010-2012, 2013年10月  
化学工学会第78年会 SIS 部会 研究奨励賞, 2013年5月  
2012年度計測自動制御学会産業応用部門・奨励賞, 2012年11月  
2011年度日本コンピュータ化学会吉田賞(論文賞), 2012年5月  
2011年度東京大学工学系研究科長賞, 2012年3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

本研究では、産業プラントにおける複数のプロセス状態やその変化を考慮に入れた高精度な異常検出モデルを開発すること、および異常検出後にその異常原因を診断するシステムを開発することを目的とする。本手法によりプラントの管理を行うことで、プラントの爆発などの重大な事故を未然に防ぐことが可能となる。さらに近年のベテラン運転員から若手運転員への技術伝承の問題にも貢献できる。

### ① 研究背景

産業プラントの安全かつ安定的な運転のためにはプラントの運転状態を監視しなければならない。プラントでは膨大な測定データが蓄積されていることからデータに基づいたプロセス管理が注目されている。実際のプラントでは数多くのプロセス変数を管理しなければならない、その一つ一つまたはそれらの組み合わせを独立して管理することは非効率である。そこで**多変量統計的プロセス管理**の活用が検討されている。複数のプロセス変数およびそれらの関係性を同時に管理するわけである。図1のように過去の正常データを用いて異常検出モデルを構築しておくことで、新しいデータが測定されたプラントの状態が正常な状態か異常な状態かを判定できる。異常と判定された場合は適切な操作を実施することで**重大な事故につながることを未然に防ぐ**。

これまでデータベースにある正常データを使用して一つの異常検出モデルを構築していた。しかし、プラントには複数のプロセス状態があることが多く、一つのモデルではすべての状態に対応できない。さらに、プラントの状態は時々刻々と変化するため、モデルを構築した時の正常データと新しい正常データは異なる。モデルは**正確な異常検出ができなくなってしまう**。

またこれまでデータの静的な状態に基づいて異常を検出していたが、データがどのような軌跡をたどってその状態になったかという**動的な重要**も考えられる。

異常を検出した後は、適切に正常な状態に制御するため**異常原因を特定**することが重要である。これまで異常に関連しているプロセス変数を特定することは検討されていたが、**異常なプロセス変数が特定できたからといって異常原因を特定できるわけではない**。従来は、異常データもデータベースにあるにも関わらず、**正常データのみから異常検出モデルが構築**されていた。異常原因の特定のため蓄積された**異常データを有効活用**できると考えられる。

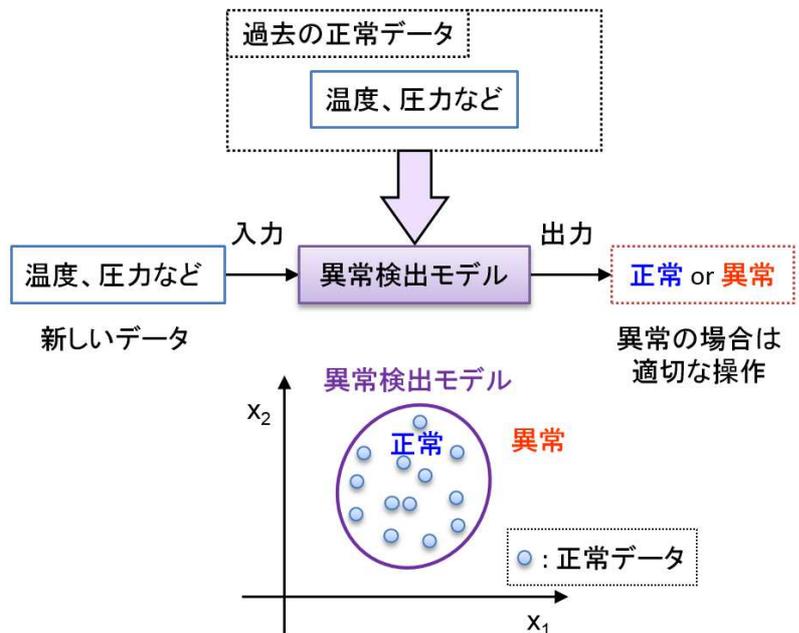


図 1. 異常検出モデル

### ② 到達目標

以上の背景を踏まえ、本研究の目的を様々なプラント状態およびその変化に対応可能な異常検出モデル・異常原因診断システムを開発することとした。そして本研究の到達目標を、

- ☆ データの状態を考慮した複数の異常検出モデルを用いた異常検出手法の開発
- ☆ 過去の異常データを活用した異常原因診断システムの開発と設定した。

### 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、一つの異常検出モデルを構築してある一つの正常状態を考慮する研究はなされていたが、複数のプラントの状態を考慮した研究はなされていない。本研究のように**複数の異常検出モデル**を構築するアプローチは世界で初である。異常が検出された後にその異常に関与するプロセス変数を特定する試みは行われているが、重要なことは**異常原因を診断**することである。本研究において、データの軌跡やこれまで扱われていなかった過去の異常データを活用することは独創的であり、それにより異常原因を診断することはプロセス管理において必須といえる。

近年、産業プラントにおいてベテラン運転員から若手運転員への**技術伝承**が問題になっている。プラントで測定されているデータは各運転員が操作した履歴を反映しているため、本手法により運転データを最大限に活用して得られたモデルを利用することでプロセス管理におけるスムーズな技術伝承が可能になる。本手法によりプラントを管理することで**重大な事故を未然に防ぐ**ことができるだけでなく、**プラント運転の効率化・安定化**が実現できる。なお、申請者はプロセスシステム工学第143委員会に所属しており、同委員会の会員企業は多く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。

## 研究実施方法大要

### 概要

平成27年度にデータの状態を考慮した複数の異常検出モデルを開発し、平成28年度に異常原因診断システムを開発する。実際のプラントを使用して様々な異常状態を発生させることは現実的でないため、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複数の正常状態のデータ、異常状態のデータを生成し、異常検出および異常原因診断の検討を行う。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。

#### ・27年度

データの状態を考慮した複数の異常検出モデルを用いた異常検出手法を開発する。本手法の概念図を図2に示す。データ分布が複数に分離している場合など、従来手法では正常データの領域を広く取り過ぎてしまい適切な異常検出ができない。本研究ではまずデータをかたまり、つまりクラスターごとに分類する。クラスタリング手法として階層的クラスタリング法やk-means法などが存在するが、これらの手法では一つのデータはどれかのクラスターに所属しなければならない。正常データを明確な境界で分けることが困難な場合は、一つのデータが複数のクラスターに所属可能なファジークラスタリングも活用する。

得られたクラスターごとに異常検出モデルを構築する。線形の主成分分析で対応できない場合は、データ密度を推定することで対処する。データ密度推定法として、k最近傍法やone-class support vector machine等を、データの特徴を考慮して使用する。一つのデータが複数のクラスターに所属する可能性もあるため、ある異常検出モデルに全データを入力して正常と判定されたデータは、異なるクラスターであっても対象のモデルを構築するデータに追加する。

異常を検出する際は、複数のモデルにデータを入力し、どれか一つでも正常と診断した場合は正常と判断する。しかし、プラントの状態は時々刻々と変化するため、モデルが対応できなくなってしまう。そこで新しい測定データを使用して各異常検出モデルを更新する。ただ、正常と判断されたデータを使用して各異常検出モデルを更新することでプラントの状態変化に追従できると考えられるが、徐々に異常状態になる際に、モデルが異常データにも合ってしまう危険性もある。そこで、モデルを更新する際は、複数の異常検出モデルで正常と判断されたデータのみにする。これにより確かな正常データのみで異常検出モデルを更新することが可能となる。

#### ・28年度

過去の異常データを活用した異常原因診断システムの開発を行う。まず異常データを異常の種類ごとに分類する。次に27年度で得られた正常データの各クラスターと各異常データを用いてそれぞれ異常判別モデルを構築する。判別分析手法としては外部データに対する予測性能の高いsupport vector machineを活用する。異常が検出された際は、複数の異常判別モデルに入力して異常かどうかの判定を行うことで、異常の種類ごとに異常と判定された確率を得る。この確率が高い異常が実際に起きている異常と考えられる。これにより過去に存在した異常については適切に判定できる。

未知の異常については、複数の異常検出モデルの中で異常と診断したモデルを使用して各プロセス変数の寄与を求める。寄与の大きいプロセス変数とその周辺で測定されているプロセス変数について、正常状態から異常状態にたどり着いた軌跡を確認することで異常原因を特定する。

異常検出モデル・異常原因診断システムともに、まず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複数のヴァーチャルプラントを使用して複数の正常状態や異常状態のデータを作成し、本手法の検証を行う。その後、実プラントデータを用いて本手法の検討を行う。

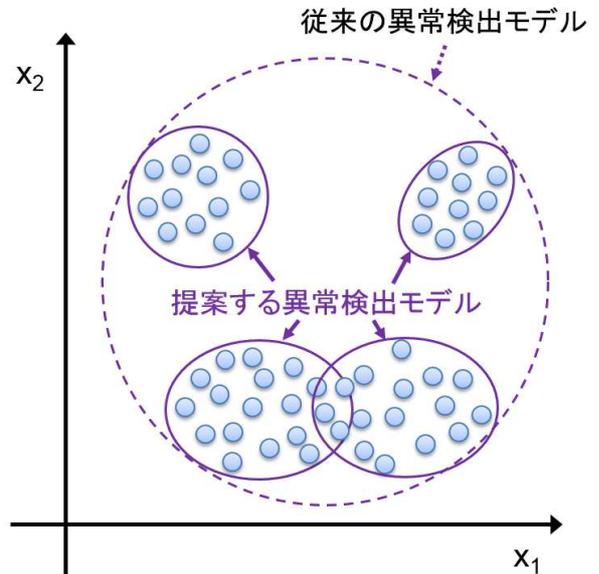


図 2. 提案手法

### 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年度短期海外派遣採択	434,000円
平成24年度 公益財団法人豊田理化学研究所「豊田理研 スカラー」	700,000円
研究テーマ：効率的な材料設計のための戦略的材料探索手法の開発	
平成24-26年度 科学研究費補助金・若手研究(B)	2,930,000円
研究テーマ：安定的で効率的な推定制御のための適応型非線型回帰分析手法の開発	
平成26年度国際交流援助(前期) 公益財団法人 矢崎科学技術振興記念財団	190,000円