

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560522

研究課題名(和文)ディペンダブル・プロセス制御系の構築手法

研究課題名(英文)Framework for a dependable process control system

研究代表者

山下 善之(Yamashita, Yoshiyuki)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60200698

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：化学プラントの運転時における各種の損失を極力少なくするために、高い信頼性を持った安全なプロセス制御システム(ディペンダブル・プロセス制御システム)を実現するための枠組みを構築した。特に、限られた情報の中でも高精度にプラントの運転状態を把握し、運転モードを適切に移行できるような手法を開発することが出来た。これにより、従来のシステムでは対応が困難であったような異常時における対応操作をも考慮した上での、高い信頼性と可用性、保守性、安全性を実現するプロセスシステムの設計を可能とした。

研究成果の概要(英文)：To minimize the various losses during the operation of chemical plant, a framework to realize the dependable process control system was developed. A high performance monitoring method to capture the plant operation regime was developed. This method enables appropriate management of plant operation under the limited information. This method will provide a design of highly reliable, easy to maintain, and the safe process systems.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・制御工学

キーワード：知識型制御 異常診断

1. 研究開始当初の背景

近年、製造プロセス技術の発展により、化学プラントの運転はますます高精度かつ高性能に行われるようになってきた。一方では、システムが複雑になると、構成要素の数が増えることになり、その結果として、システム全体としてはどこかで故障が起こる可能性が増えてしまうことになる。プラントを構成するさまざまなサブシステムの中には、故障に対しては脆弱な部分も多く、ひとたび故障が発生した場合には、生産性を低下させるばかりか、安全や環境に対して大きな影響をおよぼす事態に発展しかねない。しかし、たとえ故障が起こったとしても、設計や操作が適切であれば、その影響を最小限にとどめることができるはずである。

これまでも、故障を迅速に検出しその原因を診断するためのシステムは様々な角度から研究・開発され、実用化されてきている。しかし、診断結果に基づいて行われる故障時の対処は、強制的なシャットダウンを除きオペレータの操作やエンジニアの判断にまかされてきた。ところが、オペレータの対応操作などは、時間的制約や情報・知識の制約、組み合わせ的な制約などのために必ずしも十分であるとは限らない。

そこで、申請者らは、科学技術研究費基盤研究(C)「耐故障性を有するプロセス制御系の創造」(平成 19 年度～21 年度)において、プロセス制御系の設計時に、故障時の対処までを予め考慮しておくことによって、故障の発生時にも可能な限り適切な制御を行わせるための耐故障制御手法を開発した。そこでは、目指す制御系を実現するための要素技術を「故障診断技術」、「耐故障制御技術」、「システム管理技術」の 3 つの技術としてとらえ、それぞれの技術を統合することによって新たな制御系の実現形態を開発した。

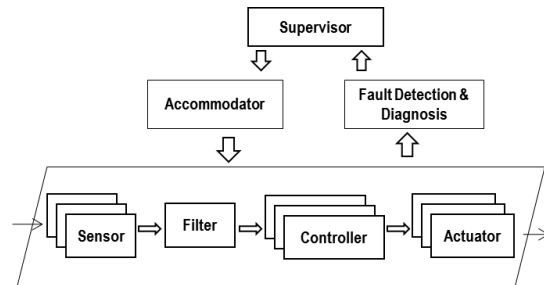
2. 研究の目的

化学プラントの運転時における各種の損失を極力少なくするために、高い信頼性を持った安全なプロセス制御システム(ディペンダブル・プロセス制御システム)を実現するための枠組みを構築する。それにより、従来のシステムでは対応が困難であったような異常時における対応操作をも考慮した上での、高い信頼性と可用性、保守性、安全性を実現するプロセスシステムの設計を可能にする。さらに、プロセス制御システムのディペンダビリティ評価手法を確立することによって、化学プラントにおいて高い生産性を維持したままで信頼性や安全性をより高め、安心を提供できる制御系の設計・評価手法を提供することを目的とする。

3. 研究の方法

ディペンダブル・プロセス制御システムの基本構成は、通常制御系の上の階層に、異常の検出・診断や調整を行う層があり、さら

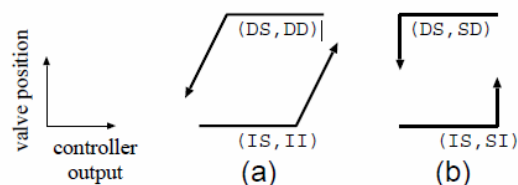
にその上に全体を管理するスーパーバイザが置かれるものとなる。



この構成のシステムを適切に動かすためには、状況に応じた対応操作を適切に決定し、実施する必要がある。この課題の解決のためには、少なくとも、(a) 状況の認識、(b) 対応操作の候補集合の生成、(c) 候補集合からの最適解の選択の 3 つの課題を解決する必要がある。ここで、(a) の課題の解決には異常診断システムの高度化が、(b) と(c) の課題の解決には、「運転モード」と「モード間の状態遷移」の設計がキーとなる。本研究では、まず、プロセスのさまざまな状態を想定して、「異常診断」や「運転モード」を考え、「運転モード間の状態遷移」を用いて安全性や信頼性などを考慮したプロセス制御系の設計を行う手法を開発する。

4. 研究成果

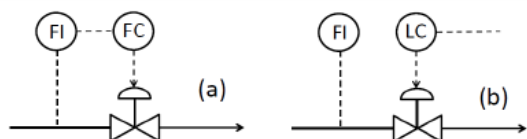
(1) プラントの運転状況を認識するための新たな異常検出・診断手法として、定性的な挙動解析に基づく手法を開発し、シミュレーションによってその有効性を確認した。すなわち、多変数の経時変化を 2 次元空間内のベクトル系列として表現することによって、簡単なパターン認識問題としてプラントの状態を判別できるようになった。空間表現の一例を下図に示す。この例では、化学プラントの制御システムに不可欠なアクチュエータであるコントロールバルブの挙動を、かに的に表現したものとなっており、この表現を応用することによって、コントロールバルブの異常を高精度に検出・診断することが可能となった。



(2) モデルベースの異常診断手法のための状態推定手法を開発し、その手法を応用した異常の検出・診断手法を提案した。具体的には、単純なモデルの組み合わせによってシステムの入出力関係を表現することによって、解析的にモデルパラメータを求めることが出来るようになり、対象プロセスの挙動を迅

速かつ正確に予測できるようになった。このことによって、異常時の各対応操作を行った後の挙動を予測することが可能となり、対応操作の最適な選択を行うための支援情報を提供できるようになった。

(3) プラント運転の異常検出において、データ駆動型的手法と対象のプロセス知識を組み合わせる手法を開発し、シミュレーションによって検証した。簡単なプロセス知識の活用によって、データ駆動型の異常検出手法の性能を大きく向上させることが出来ることが明らかとなった。例えば、下図のような制御系のまわりでの異常検出では、流量の測定値の挙動と制御系の挙動とに強い関連があることはプロセス知識から明らかであるので、その知識を反映させるようにデータを構築することによって、異常の検出精度を向上させることが出来た。



(4) 化学プラントにおいて極めて重要な製品組成のようなデータは、通常は、測定が容易ではないためにオンラインで継続的にはそくていされていない。しかし、オフラインでの計測値はあるため、このような状況での取得データを有効に活用することが出来れば、プラントの運転監視において極めて重要な情報を提供することが出来るようになる。そこで、半教師付き学習の考え方を導入して、少ない運転データでも、最大限に情報を抽出して、モニタリングの精度を向上させるための手法を開発し、シミュレーションによって検証した。この方法の導入によって、特に、データ密度の低い運転領域において、モデルの推定精度を向上させることが可能となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Junichiro Kon, Yoshiyuki Yamashita, Control Engineering Practice, 査読有, Vol. 21, 2013, pp.195-203

DOI:10.1016/j.conengprac.2012.09.021

Yoshiyuki Yamashita, Journal of Advanced Computational Information Intelligence and Intelligent Informatics, 査読有, Vol. 16, 2012, pp. 503-507

<http://www.fujipress.jp/finder/xslt.php?mode=present&inputfile=JACII001600040003.xml>

山下善之, CICSJ Bulletin, 査読無, 31 巻, 2012, pp.15-18

JOI:DN/JST.JSTAGE/cics/31.15

山下善之, 化学工学, 査読無, 76 巻, pp. 734-736, 2012

Viet Ha Nguyen, Yoshiyuki Yamashita, Moonyong Lee, J. Chemical Engineering of Japan, 査読有, Vol. 44, 2011, pp. 345-354

DOI:10.1252/jcej.10we325

〔学会発表〕(計 11 件)

Yoshiyuki Yamashita, "Co-learning with locally weighted PLS for soft sensors of nonlinear processes," 5th International Symposium on Advanced Control of Industrial Processes (ADCONIP2014), May 29, 2014, Hiroshima

Yoshiyuki Yamashita, "Enhancing data-driven fault detection through extended attribute variables," International Automatic Control Conference (CACS2013), December 2 2013, Sun Moon Lake, Taiwan

高見俊介, 山下善之, 「データ駆動型異常診断におけるプロセス知識の活用手法」, 第 55 回自動制御連合講演会, 2012 年 11 月 17 日, 京都大学

蛭原雄太, 山下善之, 「状態推定フィルタを用いたセンサバイアスの推定」, 化学工学会第 44 回秋季大会, 2012 年 9 月 20 日, 東北大学

Yoshiyuki Yamashita, "Knowledge-based attribute generation for data-driven fault diagnosis in process systems," 11th International Symposium on Process Systems Engineering (PSE2012), July 19, 2012, Singapore

山下善之, 「人間とコンピュータの協調によるオペレーションの高度化」, 化学工学会プラントオペレーション研究会, 2012 年 4 月 25 日, 大阪科学技術センタ

Junichiro Kon, Yoshiyuki Yamashita, "Model identification based on ARX models with transfer functions," 14th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChe2012), Feb. 22, 2012, Singapore

昆潤一郎, 大宮司理晴, 山下善之, 「伝達関数を用いた ARX モデルによるモデル同定法の実プロセスへの適用」, 第 54 回自動制御連合講演会, 2011 年 11 月 19 日, 豊橋技術科学大学

山下善之, 「プロセスシステムのモニタリングと制御」, 第 54 回自動制御連合講演会, 2011 年 11 月 20 日, 豊橋技術科学大学

蛭原雄太, 高見俊介, 山下善之, 「非線形動的モデルに基づく異常の検出・同定手

法」, 化学工学会第 43 回秋季大会, 2011 年 9 月 16 日, 名古屋工業大学
Yoshiyuki Yamashita, “ Dynamic analysis and monitoring of process control loops,” International Conference of Modeling, Simulation and Optimization (ICMSO-2011), April 20, 2011, Kuala Lumpur, Malaysia

〔図書〕(計 1 件)

山下善之 監修, 「計測・モニタリング技術」, 2011 年, シーエムシー出版, 総ページ数(231)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ:

<http://www.tuat.ac.jp/~pselab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下善之 (Yamashita Yoshiyuki)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号: 60200698

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし