

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24560942

研究課題名(和文) 論理アラーム処理のヒューマンエラー抑制メカニズムの解明と効果検証

研究課題名(英文) Logical Alarm Processing for reducing operator's human error

研究代表者

野田 賢 (NODA, MASARU)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号：60293891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：単一のプラント異常から複数のアラームが連鎖的に発報する連鎖アラームは、ヒューマンエラー発生の要因の一つとなることが示唆された。そこで本研究では、ドットマトリックス解析を用いたプラント運転データからの連鎖アラーム抽出法を提案した。提案手法を用いてプラント運転データから連鎖アラームを抽出し集約することで、効率的に連鎖アラームを削減できる。抽出した連鎖アラームに基づき適切な論理アラーム処理法を選択することで、安全なプラントオペレーションの実現が期待される。

研究成果の概要(英文)：In this research, we propose a method for identifying sequential alarms hidden in plant operation data by using dot matrix analysis. Dot matrix analysis is one of the sequence alignment methods for identifying similar regions in a pair of DNA or RNA sequences. The proposed method first converts plant operation data recorded in a distributed control system into a single alarm sequence by putting alarms in order of occurrence time. Next, regions similar to each other in the alarm sequence are identified. Finally, the identified regions, which are assumed to be sequential alarms, are classified into sets of similar sequential alarms in accordance with the similarities between them. Classifying sequential alarms into small numbers of groups with this method effectively reduces unimportant sequential alarms in industrial chemical plants.

研究分野：プロセスシステム工学

キーワード：プラントアラームシステム 連鎖アラーム ヒューマンエラー ドットマトリックス解析

1. 研究開始当初の背景

経験や知識などに基づく人間の高度な認識や判断に委ねられるプラントオペレータの業務の一つに、アラームシステムを使ったプラントの異常検知や異常診断がある。アラームシステムは、プラント状態が正常範囲から逸脱したとき、プラント監視制御室内のアラームランプや警報音などによりオペレータにプラント異常の発生を早期に通知し、正常状態に戻すための適切な対応操作を要求する。

近年のプラント監視制御システムの高度化により、アラームシステムの新たな機能として、論理アラーム処理(EEMUA, 2007)が、オペレーションの現場に急速に導入されている。これらの機能は、アラームの洪水が発生したりアラームの処理が滞ったときに、同じ種類のアラームを一つにまとめたり、発報したアラームの中で重要度の低いものを一時的にオペレータから隠すことで、重要アラームの見落としなどのヒューマンエラーの発生を防止する。

2. 研究の目的

本研究では、論理アラーム処理により有害アラーム発生時のヒューマンエラー発生を抑制するために、プラントオペレーションデータからの連鎖アラームの抽出法を提案する。抽出した連鎖アラームに基づき適切な論理アラーム処理法を選択することで、安全なプラントオペレーションの実現が期待される。

3. 研究の方法

連鎖アラームとは、単一のプラント異常発生後に連鎖的に発報したアラームの集合である。プラント異常の発生をオペレータに通知するためには一つのアラームが発報すれば十分である。それ以外のアラームはオペレータの負担となるばかりか、重要なアラームの見落としの原因となる。プラント運転データに潜む連鎖アラームを抽出すれば、適切な論理アラーム処理を選択できる。

連鎖アラームは、連鎖アラームに含まれるアラームの種類、それらの発報順で特徴付けられる。本研究では、これらを連鎖アラームの発報パターンとよび、二つの連鎖アラームの発報パターンが同じであるとき二つの連鎖アラームは一致するという。同一のプラント異常を原因とする連鎖アラームの発報パターンは、互いに完全に一致すると期待される。プラント運転データの中に完全に一致するアラームの発報パターンが複数個見つければ、それらは連鎖アラームの可能性が高い。

そこで、プラント運転データからの連鎖アラームの抽出問題を、プラント運転データ中のアラームの種類とそれらの発報順(発報パターン)が完全に一致する部分を抽出する問題に帰着させ、一致する部分配列の抽出に、ドットマトリックス解析を応用した。

4. 研究成果

ドットマトリックス解析(Gibbs and McIntyre, 1970)は、DNA やタンパク質配列の配列アラインメント手法の一種である。配列アラインメントとは、二つ以上の DNA の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列間の類似する部分配列の探索である。探索結果は、配列が持つ機能、構造や進化の情報を発見するのに利用される。

ドットマトリックス解析を、Fig. 1 の共沸蒸留プロセスのシミュレーションデータ(Kurata et al., 2011)に提案手法を適用した。この連続共沸蒸留プロセスは、アセトンを入レナーとして、ベンゼンとシクロヘキサンの混合物からベンゼンを分離する。このプラントには、9 個の監視変数があり、それぞれの監視変数の管理範囲の上下限に Table 1 に示す 18 個のアラームが設定されている。

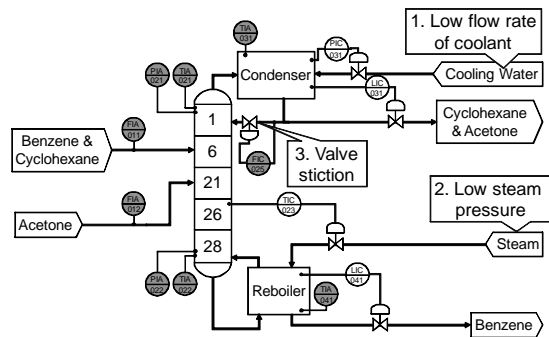


Fig. 1 Azeotropic Distillation Column (Kurata et al., 2011)

Table 1 Alarm Settings

Tag	Description	Normal operating condition	Alarm PH	Alarm PL	Unit
FIA012	Acet. flow rate	95.0	99.1(A ₁)	90.9(A ₁₀)	kg/h
FIA011	Feed flow rate	85.0	89.1(A ₂)	80.8(A ₁₁)	kg/h
TIA021	Top temp.	54.1	54.2(A ₃)	54.0(A ₁₂)	°C
TIA022	Bot. temp.	79.5	79.6(A ₄)	79.4(A ₁₃)	°C
TIA041	Reboiler temp.	81.1	81.2(A ₅)	81.0(A ₁₄)	°C
TIA031	Cond. temp.	54.0	54.1(A ₆)	53.9(A ₁₅)	°C
PIA021	Top press.	102.2	102.3(A ₇)	102.1(A ₁₆)	kPa
PIA022	Bottom press.	115.9	116.0(A ₈)	115.8(A ₁₇)	kPa
FIC025	Ref. flow rate	2830	2831(A ₉)	2829(A ₁₈)	kg/h

15 日間分のプラント運転データから、ドットマトリックス解析により連鎖アラームの抽出を試みた。ドットマトリックス解析の結果を Fig. 2 に示す。図中の○印はドットを表し、対角線方向に並んだドットを点線の枠で囲んだ。点線で囲んだ領域は、同じ発報パターンのアラーム配列が 2 回以上発生していること、すなわち連鎖アラームの発生を意味する。Fig. 2 から、15 日間に 40 個の連鎖アラームが発生していること、連鎖アラームが時間的に偏りなく発生していること、一つの連鎖アラ

ームに含まれるアラームの数が最少 2 個、最大 14 個であることが読み取れる。

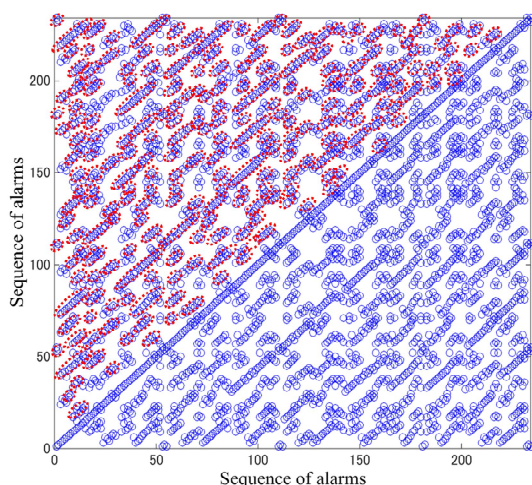


Fig.2 Results of Dot Matrix Analysis

連鎖アラームの最多発生回数は 3 回、一つの連鎖アラームに含まれるアラーム数の最大値は 14 であった。単一の連鎖アラームの発生回数が最大 3 回と少なかったのは、同じ連鎖アラームであっても、プラント異常発生時のプラントの状態によってアラームの発報順やアラームの種類が一部入れ替わり、異なる連鎖アラームとして抽出されたためと考えられる。連鎖アラームの類似度をレーベンシュタイン距離により評価すれば、連鎖アラームをさらに集約できる。

プラント運転データの中から連鎖アラームを抽出し、類似度に基づき少数のグループに集約すれば、適切な論理アラーム処理の選択に寄与できる。また、論理アラーム処理による効果を定量的に把握できる。提案法はプラント情報が不要であるため、異なるプラントにもそのまま適用できる。今後、様々な化学プラントへの適用が進み、論理アラーム処理によるプラントオペレーションの改善に役立つことが期待される。

〔参考文献〕

Engineering Equipment & Material Users' Association (EEMUA); ALARM SYSTEMS-A Guide to Design, Management and Procurement, EEMUA Publication No.191 2nd Edition, EEMUA, London (2007)

Kurata, K., Noda, M., Kikuchi, Y., and Hirao, M.; "Extension of Event Correlation Analysis for Rationalization of Plant Alarm System," Kagakukogaku Ronbunshu, 37(4), 338-343 (2011)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

王者興, 野田賢: ドットマトリックス解析によるプラント運転データからの連鎖アラーム抽出, 化学工学論文集, 査読有, Vol. 41, No. 5, 2015, pp. 333-339, DOI: 10.1252/kakoronbunshu.41.333

赤塚祥太, 野田賢, 杉本謙二, レーベンシュタイン距離に基づく連鎖アラームの類似性解析, 化学工学論文集, 査読有, Vol.39, No.4, 2013, pp.352-358, DOI: 10.1252/kakoronbunshu.39.352

〔学会発表〕(計 8 件)

Zhexing Wang and Masaru Noda: Dot Matrix Method with Sliding Window for Identifying Sequential Alarms in Noisy Plant Operation Data, ISChE 2015, Dec. 4-6, Jeju (2015)

Zhexing Wang and Masaru Noda: Dot Matrix Analysis of Plant Operation Data for Identifying Sequential Alarms Triggered by Single Root Cause, HCI International 2015, Aug. 2-7, Los Angeles (2015)

Zhexing Wang and Masaru Noda: Identification of Sequential Alarms in Plant Operation Data by using Dot Matrix Method, ISChE 2014, Dec. 5-7, Kuala Lumpur (2014)

王者興, 野田賢: ドットマトリックス解析によるプラント運転データからの連鎖アラームの抽出～共沸蒸留プロセスへの適用～, 2014 年度日本プラント・ヒューマンファクター学会大会, 9 月 12 日, 日本大学津田沼キャンパス (2014)

王者興, 野田賢: ドットマトリックス法によるプラント運転データからの連鎖アラームの抽出, 化学工学会第 79 年会, 3 月 18 日～3 月 20 日, 岐阜大学柳戸キャンパス(2014)

Masaru Noda: Similarity Analysis of Sequential Alarms for Plant Alarm System Rationalization - A Case Study of Ethylene Plant -, AIChE 2013 Annual Meeting, Nov. 3-8, San Francisco (2013)

Masaru Noda: Performance Monitoring of Industrial Plant Alarm Systems by Statistical Analysis of Plant Operation Data, HCI 2013, July 21-26, Las Vegas (2013)

Shota Akatsuka and Masaru Noda: Similarity Analysis of Sequential Alarms in Plant Operation Data by using Levenshtein Distance, PSE Asia 2013, June 25-27, Kuala Lumpur (2013)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<https://www.cis.fukuoka-u.ac.jp/~mnoda/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野田 賢 (NODA, Masaru)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号：60293891