

令和 6 年 5 月 16 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05213

研究課題名（和文）プラント事故防止のためのプラント運転データからの有害アラーム抽出技術の開発

研究課題名（英文）Identification Method of Nuisance Alarms for Safe Plant Operations

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） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、プラントアラームシステムの適正化を目的に、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有害アラーム抽出法を提案した。連鎖アラームの抽出問題をバイオインフォマティクス分野の配列アラインメント問題に帰着することで、DNAやタンパク質の配列アラインメントアルゴリズムを応用し、大規模なプラント運転データからの有害アラームの高速抽出を実現した。提案手法は、連鎖アラーム内のアラームの入れ替わりや欠落にも対応できる。本研究の成果は、より安全なプラントオペレーション実現の有力な手段となることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、プラント運転データからの有害アラーム抽出法を開発した。従来のアラームシステムの評価指標は、アラームの発報数に基づくマクロな指標であるため、どのような有害アラームがいつ発生したか特定できず、それらの評価結果をプラントアラームシステムの適正化に反映することが難しかった。本研究が提案する手法は、有害アラームをプラント運転データからピンポイントで抽出できるため、直ちに有害アラームの削除やアラーム管理範囲の変更などの具体的な対策を検討することができる。このようにプラントアラームシステムの評価を、従来の量的評価から質的評価へ転換することが、本研究の学術的独自性である。

研究成果の概要（英文）：Advances in distributed control systems in the chemical industry has made it possible to inexpensively and easily install numerous alarms in them. A poorly designed alarm system might cause nuisance alarms. One type of nuisance alarm is a sequential alarm, which reduces the capability of operators to cope with plant abnormalities because critical alarms are hidden in them. We improve the identification method of sequential alarms by the dot matrix analysis. We applied the improved method to the simulation data of an extractive distillation column, and the simulation results indicate that the method can extract sequential alarms that occurred simultaneously in plant-operation data.

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 有害アラーム プラント運転データ ドットマトリックス解析

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

プラント監視制御システムの急速な高性能化は、低コストで大量の監視変数にアラームを設定できる環境を運転現場にもたらした。しかし、個々のアラームの必要性や管理範囲の妥当性が十分精査されないままアラームシステムが設計されている運転現場も多く、連鎖アラームや繰り返しアラームなどの有害アラームが増加している。有害アラームはオペレータの重要アラームの見落としや異常診断のミスなどを招き、ヒューマンエラーによるプラント事故の主要な原因となっている。

先行研究において、プラント運転データからの有害アラーム抽出問題が、DNA の配列アライメント問題に帰着できることを示した(王ら, 2015)。有害アラーム抽出問題を一種の配列アライメント問題として定式化し、アラームの種類とそれらの発報順(発報パターン)が完全に同じであるとき、二つのアラーム配列は一致すると定義した。アラーム配列中の一致する部分配列の抽出には、ドットマトリックス解析を応用した。ドットマトリックス解析(Mount, 2004)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。

実際のプラントでは、同一のプラント異常が原因で発報した連鎖アラーム同士であっても、プラント異常発生時のプラント状態のわずかな違いによって、連鎖アラームに含まれるいくつかのアラームの種類が異なったり、一部のアラームの発報順が入れ替わったりすることが予想される。このような連鎖アラームは、ドットマトリックス解析では連鎖アラームではないと判定されるという問題があった。

2. 研究の目的

本研究では、プラント運転データからの有害アラーム抽出法の改良を目的とする。従来のアラームシステムの評価指標は、アラームの発報数に基づくマクロな指標であるため、どのような有害アラームがいつ発生したか特定できず、それらの評価結果をプラントアラームシステムの適正化に反映することが難しかった。ドットマトリックス解析による連鎖アラーム抽出法は、有害アラームをプラント運転データからピンポイントで抽出できるため、直ちに有害アラームの削除やアラーム管理範囲の変更などの具体的な対策を検討することができる。このようにプラントアラームシステムの評価を、従来の量的評価から質的評価へ転換することが、本研究の学術的独自性である。

3. 研究の方法

従来のドットマトリックス解析による連鎖アラーム抽出法には、連鎖アラーム内のアラームに欠落や入れ替わりが発生した場合に、連鎖アラームとして抽出されないという問題があった。また、アラーム間の時間差を考慮しないため、発報時間差が大きく異なる二つのアラーム列を同じ連鎖アラームとして誤判定するケースがあった。本研究では、上記の問題点を解決するため、以下のように手法を改良した。

(1) アラームの欠落や入れ替わりがある連鎖アラームの抽出

同一の連鎖アラーム配列が完全に一致していない類似度の高い配列も抽出を行うため、アラーム配列内に 1 箇所の欠落や入れ替わりが生じた際にも同一の連鎖アラームとして抽出を行う。図 1 に示すように、アラームが 1 箇所欠落している連鎖アラームは、ドットマトリックスのグラフ上に対角線が 1 ドットずれて現れる(青枠部分)。また、アラームの入れ替わりは、対角線と直行するドットとして現れる(赤枠部分)改良手法では、これらのグラフ上の点を形成する 1 箇所の入れ替わりや、1 箇所のアラームの欠落時にも同一の連鎖アラームとして抽出を行う。

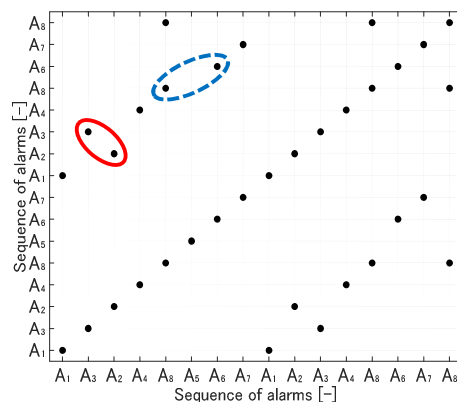


図 1 アラームに欠落や入れ替わりがある場合のドットマトリックス解析結果の例

(2) 発報時間差の可視化

連鎖アラーム間の発報時間差を可視化するために、連鎖アラームのファーストアラームから連鎖アラームに含まれるすべてのアラームとの発報時間差を示すグラフを考案した。図2に発報時間差を示すグラフの例を示す。図中の○と*は同一種類と判定された連鎖アラーム内のアラーム間発報時間差を示し、連鎖アラーム毎に異なる色を用いて示す。○と*の差により、連鎖アラーム間の発報時間差を目視で確認することができる。

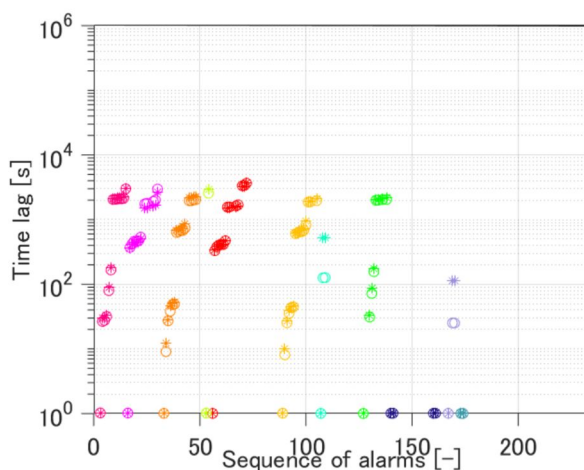


図2 アラーム発報時間差の可視化の例

4. 研究成果

改良手法を、共沸蒸留プロセスの15日間のシミュレーションデータに適用した。このデータには265回のアラームと操作が記録されている。図3に改良ドットマトリックス手法による解析結果を示す。図3に示すように、改良手法はドットマトリックス解析の連鎖アラームのグラフィカルに抽出が行える特徴を維持したまま、より精度の高い連鎖アラームの抽出を行うことができる。また、連鎖アラームのグルーピング閾値と連鎖アラーム間の発報時間差を自由に設定できるため、プロセスにあった連鎖アラーム抽出を行うことができる。

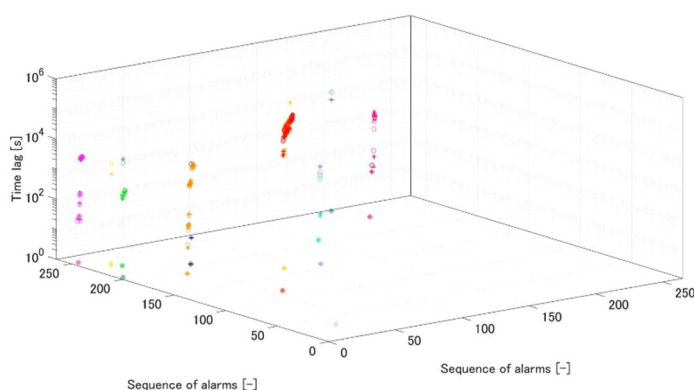


図3 改良ドットマトリックス法による連鎖アラーム抽出グラフ

提案手法はアラームとその発報時間のデータしか用いておらず、プラント情報などを必要としないため、様々なプラント現場での適用が期待される。今後、汎用性の高い連鎖アラーム抽出ツールとしての使用が期待される。

<参考文献>

王ら, 化学工学論文集, 41, 333-339 (2015)

Mount, Bioinformatics Sequence and Genome Analysis Second Edition (2004)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yanaga Ai, Noda Masaru	4. 巻 49
2. 論文標題 Identification Method of Multiple Sequential Alarms that Occurred Simultaneously in Plant-operation Data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computer Aided Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 1531 ~ 1536
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/B978-0-323-85159-6.50255-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐野 泰盛, 野田 賢
2. 発表標題 有害アラームによるヒューマンエラー防止のための論理アラーム処理技術
3. 学会等名 第65回自動制御連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福地大輔, 野田賢
2. 発表標題 アラーム間の発報時間差を考慮したプラント運転データからの連鎖アラーム抽出法
3. 学会等名 第64回自動制御連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福地大輔, 野田賢
2. 発表標題 プラント運転データからの連鎖アラーム抽出: Dot Matrix 解析と動的計画法の比較
3. 学会等名 化学工学会第52回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福地大輔, 野田賢
2. 発表標題 連鎖アラーム抽出のためのプラント運転データのグラフィカル表示法
3. 学会等名 化学工学会第86年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関