

## 論文内容の要旨

博士論文題目

プラントアラームマネジメントのためのアラームシステムの性能監視

氏名 高井 努

(論文内容の要旨)

プラントアラームシステムは化学プラントの安全操業に必要不可欠なヒューマンマシンインタフェースの一つである。アラームシステムを常に適正に維持することは、安全だけでなく品質や生産性の向上などプラント操業の価値に直結する。一般に既設プラントにおけるアラームマネジメントは、CAPDo (Check、Act、Plan、Do) アプローチであり、アラームシステム性能を評価することから始まる。そして、この評価プロセスはその後の改善活動を効果的に実施するために極めて重要である。これまでの評価法は、アラーム発生率やアラーム発生分布、アラーム持続時間などを定量的に評価するものが主流であった。しかし、これらは単に警報 (シグナル) としてのアラームに着目しており、アラームシステムの役割を捉えていないため、アラームシステムの本質的な評価法として問題があると指摘されていた。

本研究では、プラント運転ログデータから連鎖アラームなどの迷惑アラームやオペレータの運転知識を抽出するためのイベント相関解析法を提案した。この方法では、バイナリ変換したアラームや操作のイベント発生系列間の最大相互相関値に基づき、関連するイベント群をグルーピングする。続いて、グループを構成するイベントの種類から、連鎖アラーム、繰り返しアラームおよび対応操作なしアラームを抽出する。バイナリ変換時に適切なタイムウィンドウ幅を自動的に選択できるよう拡張されたイベント相関解析法を、代表的な大規模化学プラントであるエチレンプラントの運転ログデータに適用し、類似度の評価結果に基づきグループ化されたイベント群を詳しく分析した結果、プラント運転ログデータから迷惑アラームや定型操作を抽出できることを示した。

つぎに、プラントアラームシステムの特徴である操作相関性、一意性、適時性をプラント運転ログデータのデータ解析により定量的に評価する方法を提案

した。提案法では、プラント運転ログデータに含まれるアラームイベントや操作イベントの発生系列間の類似度とタイムラグをイベント相関解析により求め、アラームシステム全体の操作相関性、一意性、適時性を評価する。提案法により共沸蒸留プロセスの運転ログデータを評価した結果、従来の KPIs (Key Performance Indicators) では適正化の対象と判定されなかったアラームイベントや操作イベントの問題点を抽出できることを確認した。

さらに、アラームシステムの 8 特性を定量的に評価するアンケート法を提案した。提案するアンケートは、オペレータのアラームシステムに対する要望等を記述回答する設問を追加することで、アラームシステムの具体的な改善の方向性を詳しく調べることもできる。各製造現場のニーズに応じた設問を追加することや、実際に発報したアラーム数等のデータ解析からの評価値を加えることで、実用性の高い評価ができる。

本研究の成果は、実際の製造現場エンジニアやオペレータといった実務者レベルによる日々のプラントアラームシステムの改善活動に大いに貢献するものと期待される。

## (論文審査結果の要旨)

本研究は、化学プラントの安全操業に必要不可欠なアラームシステムの適正化を目的として、プラント運転ログデータからの迷惑アラーム抽出法およびアラームシステムの8特性評価法を提案するとともに、提案手法の有効性を実プラントにおいて検証したものである。

プラント運転ログデータのイベント相関解析法では、バイナリ変換したアラームや操作のイベント発生系列間の最大相互相関値に基づきイベントをグルーピングし、グループを構成するイベント種類に基づき連鎖アラーム、繰り返しアラームおよび対応操作なしアラームを抽出する。バイナリ変換時に適切なタイムウィンドウ幅を自動的に選択できるように拡張されたイベント相関解析法を、大規模化学プラントであるエチレンプラントの運転ログデータに適用した結果、プラント運転ログデータから迷惑アラームを正しく抽出できることを示した。本手法はシンプルであるため、現場のエンジニアやオペレータにも使いやすく、今後さまざまな化学プラントへの適用が進むことが期待される。

つぎに、プラントアラームシステムの8特性の操作相関性、一意性、適時性を、プラント運転ログデータの解析により定量的に評価する方法について考察している。提案法では、プラント運転ログデータに含まれるアラームや操作のイベント発生系列間の類似度とタイムラグをイベント相関解析により求め、アラームシステムの操作相関性、一意性、適時性を評価する。提案法により共沸蒸留プロセスの運転ログデータを評価した結果、従来の評価指標では適正化の対象と判定されなかったアラームイベントや操作イベントの問題点を抽出できることを示した。さらに、アラームシステムの8特性のすべてを定量的に評価するアンケート法を提案した。提案するアンケートでは、オペレータのアラームシステムに対する要望を記述回答させることで、アラームシステムの具体的な改善の方向性を詳しく調べることができる。実際に、エチレンプラントの現役オペレータを対象にアンケートを実施し、アンケート結果がアラームシステムの課題抽出に役立つことを確認している。

以上のように本論文は、アラームシステム適正化のため、イベント相関解析による運転ログデータからの迷惑アラームの抽出法およびアラームシステムの8特性評価法を提案するとともに、これらの手法の有用性を実プラントにおいて実証したものとして、知能システム制御の分野において、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。