

氏名	宋 彤
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学術
学位授与番号	博甲第1786号
学位授与の日付	平成10年3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科システム科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文題目	フォールトツリー自動生成法と異常診断システムに関する研究
論文審査委員	教授 則次 俊郎 教授 大崎 紘一 教授 井上 昭 教授 鷲尾 誠一 教授 田中 豊

学位論文内容の要旨

化学プラント、原子力発電プラントなど大規模システムの安全性を向上させるために、システムに対して安全性評価を実施し、必要な対策を講ずる必要がある。フォールトツリー解析はシステムの安全性を定量的に評価できる手法であるが、大規模で複雑なシステムに対して、ツリーの生成は困難である。これに対して、本研究では、フォールトツリー自動生成法を提案する。

フォールトツリー自動生成において、対象プロセスの構造および要素異常の因果関係をいかにモデル化するかが重要な問題である。この問題に対して、対象プロセスの構造と要素故障モードを論理マトリックスを用いて表現し、ツリーを生成する方法を提案した。さらに、シーケンス制御回路については、信号経路を自動的に探索し、その情報を基にフォールトツリーを生成する方法を提案した。

一方、プラント・プロセスでの重大事故の発生を防止するために、万一異常が発生した場合、その原因を明らかにするために異常診断システムの開発が必要である。異常状態を識別するために、データパターンを用いる方法があり、この能力に優れたニューラルネットワークの利用が有効である。本論文では、大規模プロセスに対する診断を可能となるため、複数のニューラルネットワークを用いた異常診断システムを提案する。また、異常診断システムにおいて、診断のための知識ベースが重要な役割を果たす。本研究では、要素異常をフローグラフの形式で記述し、それらを結合して、プロセス全体の異常状態をモデル化して知識ベースを構築する方法を提案した。これらの手法を実験プラントに適用し、その有用性を検証した。

論文審査結果の要旨

本論文は、フォールトツリー自動生成法及び異常診断システムに関する一連の研究成果をまとめたものである。石油・化学プラント、原子力発電プラント等の大規模システムの安全性を向上させるために、システムに対して安全評価を実施し、必要な対策を講ずる必要がある。フォールトツリー解析はシステムの安全性を定量的に評価できる手法であるが、フォールトツリーの生成は困難な問題の一つである。これに対して、本論文では、化学プロセス及びシーケンス制御回路を対象としたフォールトツリー自動生成法を提案している。一方、プロセスの重大事故の発生を未然に防止するためには、万一異常が発生した場合、その原因を明らかにするための異常診断システムが重要な役割を果たす。そこで、本論文では、マルチニューラルネットワークを用いた異常診断システムと異常伝播関係モデルを用いた異常診断システムを提案している。

本論文の主な内容は以下の通りである。

第1章では、フォールトツリー生成及び異常診断システムに関する従来の研究について述べている。

第2章では、事象関連マトリックスを用いたフォールトツリー自動生成法を提案している。隣接マトリックスにより、プロセス要素とノードの接続関係を表現する。マトリックスを解析することにより、フォールトツリー内の事象レベルと事象展開論理ゲートを決定し、ツリーの基本構造を求める。このツリー基本構造に、要素ゲイン、故障モードに関する情報及びトップ事象を与え、フォールトツリーを完成する方法である。

第3章では、シーケンス制御回路を対象として、信号経路自動探索によるフォールトツリー自動生成法を提案している。構成要素の異常伝播関係を、要素ミニツリーの形式でモデル化し、データベースへ格納する。回路内の配線情報に対して信号伝播経路を自動探索し、回路の信号伝播知識ベースを作成する。トップ事象に関する情報と信号伝播知識ベースの情報を基に、要素のミニツリーを結合し、フォールトツリーを自動生成する。この方法により、複雑な信号経路を有するシーケンス制御回路のフォールトツリー自動生成が可能となっている。

第4章では、異常診断マルチニューラルネットワークの構築法を提案している。対象プロセスのフォールトツリーの情報を基礎として、回路レベル、要素レベルのそれぞれに対してニューラルネットワークを構築し、異常診断を行う方法を示している。フォールトツリーのトップ構造の情報をネットワークに学習させ、回路レベルのネットワークを構築している。このネットワークを用いて制御回路の故障、制御不可能な外乱など回路レベルの異常要因を推定する。また、回路レベルでの異常要因を表現する部分フォールトツリーの情報を要素レベルのネットワークに学習させる。このネットワークでは、プロセス異常発生の原因となっている要素故障を推定する。この異常診断システムを構成する各ネットワークは規模が小さく、容易に学習データを整理することができるという利点を有する。

第5章では、モジュール型知識を用いた診断システムの構築法を提案している。プロセスを構成する要素の入出力変数の異常と故障モードの因果関係を明らかにし、要素のフローグラフとしてモデル化する。対象プロセスの構造に従い、これらの要素フローグラフを結合し、プロセスフローグラフを作成する。これを異常診断知識ベースとする。異常診断は、診断用センサからの検出値を基に異常診断知識ベースの情報を探索し、異常原因を推定する。この異常診断システムは、プロセス設計の変更や、修正に対して柔軟に対応することが可能である。

第6章では、本論文の内容をまとめている。

以上の論文内容、参考論文などを総合的に審査し、本研究は学術上ならびに実用上の寄与が大きく、博士（学術）の学位論文に値するものと判断した。