

氏名	幸田武久 ごう だ たけ ひさ
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第 827 号
学位授与の日付	昭和 58 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科精密工学専攻
学位論文題目	OPTIMAL LOGIC STRUCTURE OF SAFETY MONITORING SYSTEMS WITH TWO FAILURE MODES (二つの故障モードを持つ安全監視システムの最適論理構成)

論文調査委員 (主査) 教授 明石 一 教授 岩井 壯介 教授 得丸 英勝

論文内容の要旨

本論文は、安全監視システムに生ずる 2 種類の故障、すなわち不作動故障および誤作動故障によって招来される期待損失を最小化するためには、複数個のセンサをどのように組合せ安全監視システムの作動論理を構成すればよいかについて基礎的研究を行ったもので、9 章からなっている。

第 1 章は緒論であって、安全監視システムでは不作動故障のみでなく誤作動故障も考慮すべきであることを指摘し、このような相反する 2 種類の故障をもつシステム構成の最適化に関する従来の研究成果を概観し、さらに本研究の概要を述べて本研究の意義、目的を説明している。

第 2 章では、本論文で取扱う安全監視システムの論理構成モデルに関する基礎的概念（構造関数，双対構造関数，パス，カット，コヒーレント構造，信頼度関数）を説明し，不作動故障および誤作動故障の定義を明確にしたうえで，これら 2 種類の故障の定性的ならびに定量的評価方法を与えている。

第 3 章では，同質なセンサから構成される単チャンネル安全監視システムの最適論理構成を，コヒーレント構造の範疇で考察している。不作動故障および誤作動故障によって招来される期待損失を最小にする論理構成は k -out-of- n 論理構成であることを証明し，最適な k を求める公式を与えている。また期待損失の表現の特殊な場合として，安全監視システムの信頼度を最大にする最適論理構成をも導出している。さらに最適論理構成が，不作動損失，誤作動損失，プラントの異常発生確率，センサの不作動故障確率あるいは誤作動故障確率の値の変動により，どのように変化するかについても議論している。

第 4 章では，温度，圧力，流量など複数のプラント状態を監視している多チャンネル安全監視システムの作動論理を扱っている。すなわち，チャンネル間の論理構成が既に決定されている場合，各チャンネルへのセンサの配分およびその論理構成決定が問題となるが，期待損失を最小にする安全監視システムは各チャンネルのコヒーレント論理構成が k -out-of- n 論理構成となることを証明し，問題を非線形整数計画問題として定式化している。さらに，簡単な変数変換を施すことにより，問題が拡張された Lawler および Bell の方法で解けることを示している。

第5章では、異なるセンサ出力信号に基づいて、プラント状態を監視している安全監視システムの最適論理構成を、コヒーレント論理構成を包含する2値論理構成の範疇で考察している。その結果として、期待損失を最小にする論理構成は、簡単な切換え関数で決定されることを明らかにしている。また、センサの信頼度による最適論理構成の諸性質（例えば、ある状況下では非コヒーレント論理構成が最適となる）を導出し、この性質を用いて最適論理構成を決定するシステムティックな手法を提案している。さらに、全てのセンサが同質な場合に対して、最適論理構成を解析的に導出する手法を与えている。

第6章では、第5章を拡張し監視しているプラントの状態が複数個ある場合を取扱っている。安全監視システムは、第4章ではチャンネルの出力信号に基づいて作動するものとしているが、本章では各センサの出力信号に基づいて作動するものとしている。つまり、本章では、第4章で得られる最適論理構成を包含する2値論理構成の中から最適論理構成を求めている。第5章の切換え関数の拡張された関数が得られ、最適論理構成に関しても同様な諸性質が得られている。

第7章では、第6章で得られた最適論理構成に関する諸結果をプラント状態の故障間に統計的依存性がある場合について拡張している。プラントの状態のいずれかが異常になるとプラントに損失が生ずるとすれば、同様な諸結果が成立する。センサの信頼度に「正信頼度」と「負信頼度」という概念を導入して、各センサの故障間に統計的依存性がある場合を取扱い、同様な最適論理構成の諸性質を導いている。

第8章では、安全監視システムと緊急動作部を結合した安全保護系全体の最適緊急作動論理を考察している。保護系を検出部、判断部および緊急動作部から構成されるとし、第3章から第7章においては検出部の故障のみを考慮していたが、本章では各部ともに不作動故障と誤作動故障をもつとしている。最適緊急作動論理は、第6章で得られた切換え関数と類似の関数で決定されることを示し、さらに、判断部と緊急動作部が高信頼度であれば、最適緊急作動論理は検出部の信頼度のみにより決定されることを示している。すなわち、前章までの諸成果が、安全保護系の緊急作動論理の最適化にも応用できることを示している。

第9章は結論であって、以上の研究成果を総括し今後研究すべき問題点について述べている。

論文審査の結果の要旨

原子力プラントを始め、対象とするシステムが大規模かつ複雑になるにつれて、その安全監視システムには、ますます高度の信頼性が要求されるようになってきている。本論文は、複数個のセンサをどのように組合せ安全監視システムの作動論理を構成すれば、その不作動故障および誤作動故障によって招来される期待損失を最小化することができるか、すなわち、安全監視システムにおける作動論理構成の最適化に関する研究結果をまとめたもので、得られた主な成果は以下の通りである。

1. 安全監視システムの検出部を構成する各チャンネルへのセンサの最適配分、最適論理構成問題を、非線形整数計画問題に帰着させて解く手法を確立した。その過程で、各チャンネルに対して k -out-of- n 論理構成が最適となることを証明し、特に単チャンネルの場合には、最適な k の値を求める公式を導いた。また、安全監視システムの信頼度を最大にする問題も、一つの特殊な場合として取扱い示した。

2. チャンネル構造を仮定しないより一般的な場合、すなわち、検出部のセンサ出力信号に基づく安全監

視システムの作動論理最適化について、監視する状態が単一の場合、複数の場合および複数かつ統計的依存関係のある場合について、それぞれ最適作動論理構成法を導出した。すなわち、最適論理構成は、いずれも切換え関数とよばれる2値関数によって決定されることを解析的に明らかにした。さらに、得られた最適論理構成のもつ性質を詳しく考察するとともに、これを具体的に実現するための手順を与えた。

3. 安全監視システムに緊急動作部を加えた安全保護システム全体の作動論理最適化についても、安全監視システムの場合と類似の最適作動論理構成法を導出した。特に、各サブシステムの信頼度が高い通常の安全保護システムでは、最適作動論理は検出部のセンサの信頼度のみにより決定されるという興味ある事実を明らかにした。これは、1および2に述べた諸成果が、安全保護システム全体の作動論理最適化にも適用できることを意味する。

以上要するに、本論文は安全監視システムの最適作動論理構成法を導出し、その諸性質を明らかにしたものであって、学術上および実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

なお、昭和58年4月28日調査委員3名が試験を行った結果合格と認めた。