

博士学位論文

Dual Vee Model を用いた  
根本原因解析手法(RCADVM)の構築と適用

平成 24 年度

慶應義塾大学大学院  
システムデザイン・マネジメント研究科

前島 弘則

## 要 旨

近年、システムが大規模かつ複雑になるにしたがい、重大な事故が増大している。また、類似の事故が繰り返し発生することが見受けられる。事故の再発防止のためには、根本原因解析を行うことにより背後要因を検討し、組織・プロセスにその原因を求め、是正措置を講じることが重要である。これまでの根本原因解析は、故障の木解析やなぜなぜ分析等のツリー型解析ツールを用いて実施することが推奨されてきたが、これらのツールは、解析者が対象システムを熟知していることを前提としており、かつ解析のガイダンスがないため、網羅性に欠けることが指摘されている。そこで、本研究では、複雑なシステムはシステムエンジニアリング手法を適用して開発が行われることに着目し、システムのライフサイクルを表現するモデルのひとつである Dual Vee Model を用いた、新たな根本解析手法 (Root Cause Analysis using Dual Vee Model: RCADV M) を構築する。そして、構築した手法を、実際の複雑なシステムの事故、特に宇宙機及び原子力発電所システムの事例に適用し、その有効性を検証する。なお、この手法は、事故の直接原因を既知とし、直接原因をインプットとして、根本原因解析を行うものである。

以下、本論文の構成を示す。

第1章「序論」では、本研究の背景となった複雑なシステムにおける重大な事故と根本原因解析の重要性、根本原因解析の先行研究と課題、本研究の目的及び目標の設定、信頼性に関する専門用語の定義、本研究の範囲、論文の構成を記述する。

第2章「複雑なシステムの不具合の根本原因解析事例と課題」では、これまでの提案されている根本原因解析手法を調査し、これまでの手法が有する課題を識別する。また、複雑なシステムの不具合の実例として、報告数が多い宇宙機システムを対象に選び、軌道上不具合の調査結果から、原因がどのフェーズに多いのかを分析し、宇宙機システムの不具合の特徴を明らかにする。さらに、我が国の宇宙機システムの軌道上不具合の根本原因解析事例の調査結果から、これまで用いられてきた手法を示す。

第3章「Dual Vee Model を用いた根本原因解析手法(RCADV M)の構築」では、複雑なシステムに適する根本原因解析手法のモデルを構築する。まず、従来の手法の課題を改善するための仮説を立て、その仮説を実現するためのモデルを構築する。その際、ツール(Tools)と方法論(Methodologies)の定義を取り入れ、双方を区別して扱う。

第4章「RCADVМを適用した不具合事例原因解析」では、構築した根本原因解析手法を、実際の複雑なシステムの不具合に適用する。対象システムとしては、宇宙機（「かぐや」「みどり2」）及び原子力発電所（浜岡原子力発電所）を選定し、計6件の不具合について適用結果を検証する。

第5章「考察」では、提案手法と従来手法の解析結果を比較検討し、提案手法の有効性を示す。さらに、得られた根本原因をもとにして是正措置を提案する。また、提案手法の特徴を明らかにし、適用可能な対象システムの範囲を考察する。

第6章「結論」では、本研究の結論を示す。

## Abstract

Recently as systems have become larger and more complex, the number of severe accident increases. It is extremely important to conduct a root cause analysis on a severe accident and to determine organizational or process factors as root causes. Corrective actions derived from the root causes should be implemented to prevent a recurrence of a similar accident.

This thesis describes a model of a new root cause analysis method for nonconformance of complex systems especially the causes are originated in development phase. The verification results of the usefulness of the proposed methods are also described.

Chapter 1: Reviewed previous works. Found out that there are few previous works those study the root cause analysis for the nonconformance originated in development phase.

Chapter 2: Determined the problems which the common root cause analysis methods have. Those are 1) dependence on knowledge and experience of analysts, 2) lack of guidance for analysis, and 3) difficulty to show relation among identified causes.

Chapter 3: Constructed the new model of the root cause analysis using Dual Vee Model, ISO 9000 Quality Management Model, and Five Whys. The method was named as RCADVM.

Chapter 4: Applied RCADVM on the accidents occurred on the spacecraft systems (“Midori2” and “Kaguya”) and the nuclear power plant systems (“Hamaoka No.1 and 5) and identified the root causes for the accidents. The corrective actions were also determined.

Chapter 5: Verified the analysis results of RCADVM by comparison to the previous works. Developed a complex – operability/maintainability chart to clarify the characteristics of RCADVM. Categorized systems into the four areas in the chart. Specified systems to which RCADVM can be applied effectively.

Chapter 6: Concluded the thesis.