

審査の結果の要旨

氏名 江口 隆夫

本論文は、課題が多い複合製品開発の要求分析工程において、設計者が効果的に情報共有できる階層型の製品情報モデルの形態と段階的にそのモデルを作成することができる新しいプロセスを提案している。さらに、製品開発のフロントローディングを実施するための **Verification & Validation** (モデル成立性検証と設計妥当性確認) の手法を具体的に提案している。本論文は全7章で構成されている。

第1章では、本論文の背景となる複合製品開発の課題と階層型の製品情報モデル、さらにはこれを使った段階的設計プロセス、設計妥当性検証の必要性を議論し、本研究の主要目的とアプローチについて述べている。

第2章では、複合製品開発の現状分析を行い、将来の開発方法を検討する上で解決すべき従来開発の課題を整理している。今後、複合製品に要求される条件から従来の延長線上では現状の問題解決は困難であることを指摘している。さらに近年普及が著しいモデルベース開発の問題点を整理し、今後取り組むべき課題領域を特定している。

第3章では、欧州自動車業界の事例をもとに課題解決の方向性について考察し、複合製品開発プロセスのあるべき姿のコンセプトを描き、開発プロセスのシステム要求分析を対象とし、本研究の課題を整理している。次に階層型製品情報のシステムモデルについて段階的設計プロセスを検討し、整理した製品情報モデルのモデリングの課題と要件から、本研究が検証すべき段階的設計プロセス、設計妥当性検証プロセスの構成を提示している。

第4章では、階層型・製品情報モデルを定義し、前提条件を設定している。製品情報モデルの要求、機能構造、振舞、制約、機能構造リファレンスについて、モデル作成において記述する **Diagram** と **SysML** 記述ルールを設定し、段階的設計プロセスにおいて、各階層で同じ粒度の要求、機能構造、振舞、制約の関係性モデルの表現する条件を設定している。

次に段階的設計プロセスにおいて、要求、振舞、制約の直接詳細化、類推プロセス、モデルの精緻化の条件を挙げ、これらの問題を解決する方法として、**Topdown-oriented Behavior Design system (TBD)** のフレームワーク、**Problem**

Frame による類推手法を、改良した状態遷移分析手法を導入してプロセスの実現性を導入し、検証することを提案している。

段階的な設計妥当性検証では、段階的設計プロセスの反復作業、製品情報モデルの成立性検証、設計妥当性の分析を実施するため、入力および出力情報となるモデル要素、モデルを作成する設計行為を管理する **Design Structure Matrix (DSM)** とその利用方法を提案している。

第5章では、第4章で提案した手法を利用し、段階的設計プロセスの詳細手順により **SysML** で記述したモデルを提示している。**TBD** のフレームワークを導入した段階的設計プロセスは、上位階層から振舞軸方向と下位階層への機能構造軸方法の二段階で、それぞれ要求、振舞、制約の詳細化、精緻化を実施している。この二段階の各段階で、要求、機能構造を入力とした **Problem Frame** を作成し、出力した要求、振舞、制約のモデル要素を統合するとともに、改良した状態遷移分析手法により振舞モデルの精緻化を実施している。

作成した実施例の検証から、①要求を分解、**PF** により要求を実現させる階層の機能構造の範囲を限定することで、モデル要素のバラツキを抑制できる、②改良した状態遷移分析手法により振舞要素のヌケモレを追加・更新でき、モデルを精緻化できる効果を提示している。

第6章では、段階的な設計妥当性検証の手法を提示し、第4章で設定した課題を検証している。まず、段階的設計プロセスにおいて、異なるモデルからモデル、モデル要素を生成、配置するプロセスについて、入力および出力情報となるモデル要素の依存関係、その設計行為を、二階層のモデル要素から構成される **DSM** で管理する方法を示している。次に製品情報モデルにおける段階的 **V&V** プロセスの定義し、モデル検証の方法を提示している。さらに、マトリックス分析を利用して、二種類のモデル要素間関係によるモデル要素間の間接的な関係の把握、クラスタリングによるモデル要素の複雑な関係群の抽出の二つの方法により、段階的 **V&V** の支援が実施できることを提示している。

第7章では、本研究の手法な成果を整理しており、本研究の成果を実際の開発環境に展開する手順とその効果について提案している。また今後の課題として、製品情報モデルの段階的設計プロセス、設計妥当性検証において、大量の情報分析を支援するツールの開発が必要であることを指摘している。

本研究は、今後の複合製品開発における課題を体系的に整理しており、その最優先課題となる製品情報モデルのあるべき姿と、製品情報モデルの作成方法、モデル検証方法を提案しており、これらの研究成果は、今後、複合製品開発を取り巻く環境に対応してゆく上で貴重な示唆を与える論文として評価できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。