

論文の内容の要旨

論文題目 宇宙システム開発効率化のための知識の分子化による知識再利用手法に関する研究

氏 名 高橋 亮平

近年、民間の宇宙ビジネス拡大とともに、ロケット、人工衛星をはじめとする宇宙システム開発ミッション数は増加している。一方で、宇宙システム開発プロジェクトにおけるコスト超過、スケジュール遅延の問題、打ち上げ後の不具合によるミッション目的の未達の問題は解決しない。その原因として、システムにおいて、どういう設計がふさわしいか、設計時に何に気を付けるべきか、試験で何を確認すればよいかといった、プロジェクトを支えるエンジニアの技術的な知識の不足があげられる。

解決方法として、技術の積極的な再利用が挙げられる。技術の再利用は、検討すべき設計事項、実施すべき検証事項を減らし、プロジェクトをシンプルにする。一方で、全く異なる目的や環境条件で、異なるアーキテクチャを用いて実施するミッションでは、技術の再利用を簡単に行うことはできない。それは、技術は他の技術と創発しシステムを構築しており、異なるコンテキストは不具合をはじめとする別の創発を生むリスクがあるからである。別の方法として、ドキュメントに記載できる知識へと技術を変換し、データベースにそれらを集約し、ユーザーが適宜それに検索をかけ参照することで 知識を再利用することが挙げられる。しかしながらこの方法では、ユーザーが必要だと認識し検索できる知識は再利用される一方で、ユーザーが必要だと認識していない知識は見落とされ再利用されない可能性がある。これは、重大な不具合リスクの見逃しにつながり、コストやスケジュールの超過、軌道上不具合につながる危険がある。また、知識を誤ったコンテキストで再利用してしまい、思わぬ不具合につながるリスクもある。多くのプロジェクトでは、この課題を、経験豊富な専門家による技術レビューによって解決を行っている。専門家は、単なる経験に加え、深い物理的な知識を持っており、必要な知識を把握し、どのようなコンテキストで知識を再利用できるかを判断することができる。一方で、専門家に設計情報やミッションのコンテキストを伝達し、認識を共通化するのに多くのリソースが必要となる。

この課題を解決するため、本研究では、異なるプロジェクト間で、エンジニアが必要な知識に関する認識や再利用の条件を知らなくても、役立つ知識を効率的、かつ専門家のレビューのように効果的に再利用するフレームワーク「知識分子」を提案する。ここで「知識」とは、宇宙システム開発プロジェクトに関わる知識全般を指し、

例えばコンポーネントの機能や性能、コンフィギュレーションに対する不具合リスク、不具合の改修・防止方法や検証方法などである。また知識分子は、知識が結合する条件を定量的な条件とグラフ構造で表すことができ、それらに基づき知識自身が自律的に、システムにおいて適合できる個所を特定できる手法である。

また、このフレームワークを効率的に活用するために、以下も付随して提案を行った。まず、知識分子の結合条件、宇宙システムのモデルを表現するためのオントロジーを提案した。このオントロジーにより、知識が結びつく条件を、システムにおける物理的な挙動レベルで表現することが可能となる。次に、オントロジーを活用し、知識分子と宇宙システムのモデルを結合するためのアルゴリズムを提案した。このアルゴリズムにより、エンジニアが必要な知識を認知していなくても、重要な知識に気づくことが可能になる。次に、結合した知識のうち重要な知識を識別するための知識評価手法を提案した。これにより、大量の知識が再利用された場合でも、それらのうちエンジニアにとって重要な知識分子を識別することが可能である。最後に知識分子を活用するためのツールの実装を行い、それを活用するプロセスを定義した。

また、本研究では、次の4つの実験を行い、提案手法の有効性、実用性の検証を行った。まず、簡易的な模擬衛星に対する知識再利用を実施し、提案手法が想定通り知識を再利用できるかを試験した。次に、過去に開発完了している実衛星EQUULEUSの知識を、開発中のISSL6Uに再利用するケーススタディを行い、実衛星への応用性、知識分子の評価の有効性の確認を行った。次に、提案手法と、ルールベースのみを使った手法の比較を実施し、知識分子で新たに実現できる効果を確認した。最後に、試験的に実際にCubeSat衛星開発の経験をもつユーザーにツールを利用してもらい、実環境での有効性を確認した。なお、知識分子は様々な知識を取り扱える一方で、網羅的に検証を行うことは難しいため、本研究では「不具合」の知識に絞り、より実運用等の例を想定し説明や検証を行った。

最後に、提案手法の特徴を整理しつつ、残った課題の整理、およびそれらを解決する方法として考えられる方法をまとめた。