

第 1 章

結論

1.1 まとめ

本研究では、衛星内の情報伝達経路モデルを用いてコマンドによる故障箇所特定の過程を体系化する手法、及びコマンドの安全性と故障候補切り分け能力の大きさを示す指標を提案した。また、本手法を簡易的な衛星モデルで仮想的に与えた故障状態に対して適用し、本手法の評価を行った。実践例では、複数のコマンドの中から故障箇所特定のために適切なコマンドを探索し、そのコマンドに対して評価指標の計算を行ったものと共に提示した。提示されたコマンドを用いて検証を行うことにより、想定した故障箇所を特定できる能力があることを示した。

次に、コマンドの故障候補切り分け能力を示す指標に関して考察を行った。そこでは、時間制約がより厳しい状況での不具合分析においては「平均確認可能性」の大きなコマンドを用いることで数少ない通信の機会を利用できる可能性が高まること、不具合分析に使用できる時間が明確に分かっており、ある程度の余裕がある場合には「検証コマンド総数」が小さなコマンドを選択することで、最終的に少ない作業工程で故障箇所の特定が行える可能性があることを示した。

また、故障状態によってはシステムのみでは特定を行えなかった場合があることもわかった。そのような場合には人間の推論と組み合わせることで故障候補の絞り込みができ、提示された選択肢に従うことで推論に必要な情報を効率的に得ることができることを示した。同時に、人との推論を組み合わせても特定できない場合には設計の不備を考えられるため、設計の不備を発見することにつながることを示した。

一方で、本手法では安全性を示す指標として状態変化の小さなものが好ましいと考えていたが、人による不具合分析結果との比較によって、実際は安全を確保するために状態変化をする場合があること、本手法で見ることができる故障は主に接続関係に関するものに限定されており、コンポーネントが持つ機能の故障まで特定することはできないことなどが知見として得られた。

これらを踏まえた今後の展望を次に示す。

1.2 今後の展望

今後取り組むべき課題として以下にまとめた。

- コンポーネントの機能の接続関係を組み込んだ、より粒度の細かい故障箇所特定
- リンクの正常確率に実機の情報を組み込むことによる、検証の効率化
- 設計情報からのモデル自動生成

上記の課題に関して、今後進めていくべき具体的な取り組みを述べる。

1.2.1 機能モデルを組み込んだ粒度の細かい故障箇所特定

まず、コンポーネントの接続関係の故障だけでなく、各コンポーネントの機能の故障を扱うために、各コンポーネントが持つ機能の詳細なモデル化が必要になる。コンポーネントの機能は、階層的になっておりある機能を満たすためのサブ機能が存在するというような関係になっている。検証を行う過程に関してもまずは粗い粒度で故障箇所の特定を行い、その後故障箇所コンポーネントの持つ機能単位での故障の特定、サブ機能単位での故障の特定という風に段階的に切り分けを行っていく必要があると考えている。

また、上述した機能に対する故障を見るためにはテレメトリが持つ情報の意味に関してもシステムが扱えるようなオントロジーを定義する必要がある。現在、人間からの入力情報として、テレメトリが正常か異常かの2値しか与えることができていない。実際には、テレメトリの種類によって正常か異常かの基準はいくつかあり、

- テレメトリの取得可否
- テレメトリに含まれるパラメータの大小
- テレメトリの変化の有無

などが考えられる。これらの情報の違いを扱うために「テレメトリの種別」という概念を導入し、人間による入力のパターンを増やすことで、故障の種類を見分けることができるようにする必要がある。また同時に、機能に対応した故障を特定するためには、テレメトリと状態量の対応付けを考える必要がありこのモデルをどのように構築するかに関しては今後検討を進めていく必要がある。

1.2.2 対象システムの信頼性の組み込み

また、本研究では各リンクの正常確率を簡単のため0.5と固定して与えた。実際の衛星開発では、その機関で長年培われた技術や、実績のある機器など信頼性の高い設計項目が存在し、同時に新規実装項目や開発途中のソフトウェアなど信頼性の低い設計箇所も存在するなど、ばらつきがある。そこで、リンクの正常確率を、実際に設計・製造している衛星の各設計項目に対する信頼度

基づいて考えることによって、より効率的な検証作業につながる事が想像できる。これらの信頼度は事前知識的に組み込むことは可能であるが、今後の課題としては試験結果を元に不具合発生するコンポーネントの信頼性を下げていくなどし、学習させるシステムを構築することによって、対象とする衛星のモデルの再現度を高めることを検討したい。

1.2.3 設計情報からのモデル自動生成

また、本研究で用いた簡易的な衛星モデルは全て手作業によって記述した。実際に開発される衛星では、超小型衛星であっても膨大な数のコマンド及びテレメトリ、多くのコンポーネント間の回路などが存在し、手作業によるモデルの記述は作業コストやヒューマンエラーのリスクを考えると現実的ではない。また、実際の開発過程においては設計変更が幾度に渡って繰り返されることがほとんどである。そのため、その設計変更との整合性が取れなくなると本手法を用いた不具合分析を行うことは不可能である。これらを踏まえると、設計情報からモデルを自動生成し、設計情報の更新に応じて本手法で用いるモデルにも反映されるシステムが求められる。設計情報の中には、各コンポーネントの電気回路の接続情報や、物理的位置関係など、本手法で用いたモデルを構築するために必要な情報が含まれている。それらの文書の中からモデル生成を行う手法に関して、検討していこうと考えている。