

審査結果の要旨

論文提出者氏名 中村 太一

工学修士中村太一提出の論文は「衛星による災害観測能力の総合的評価手法の提案とそれに基づくコンステレーション設計に関する研究」と題し、7章からなっている。

衛星による災害監視は宇宙の重要なミッションの一つである。国際災害チャータによる衛星災害観測の協力体制に加え、日本においてもALOS（だいち）、ALOS2（だいち2）など、災害監視を一つのミッションとする衛星が打ち上げられ、災害時の状況把握に力を発揮してきた。しかしながら、人命にかかわる発災後2~3日（応急対応期）までの時間においては、東日本大震災における事例でも示されるように、地上における情報空白を衛星観測が埋めるには至っていない。その背景には、これまでの衛星による災害監視は既存の地球観測衛星を活用する形でベストエフォートの実現してきた経緯もあり、そもそも最適性の観点から衛星スペックや軌道配置を論じる機会自体がほとんどなかった点があげられる。今後の政府の宇宙開発利用の戦略立案においても、災害監視を主目的にした衛星スペック及びその観測網の検討が要請されるが、それを進めるには、候補となる観測システムが災害時にどのような情報提供能力を持つかを客観的に評価する指標が必須であり、その整備が重要な課題である。

そこで本論文では、衛星能力と画像の視認性に基づく情報抽出・提供能力を総合的に評価でき、かつ防災機関等との間でその効果の認識を共有できる明快な指標として「サービサビリティ関数」を提案し、この指標を用いることによって災害観測に適したコンステレーションの構築が可能であることを、いくつかの適用事例等に基づきシミュレーションで具体的に示している。また、このようなフレームワークが各種の災害対応に対して適用可能であることを、想定される発災時ワークフローに基づく検討により実証し、さらに、本指標の応用により、従来型衛星と低コスト化した小型衛星の組みあわせによるコンステレーションの評価も可能になることをあわせて示した。

第1章は序論であり、発災直後の情報空白期間短縮のために最適な衛星活用の議論がこれまで十分ではなかったという現状の課題認識を示した上で、衛星コンステレーションの「最適性」を論じるための指標の構築と実証を本研究の目的とする旨を述べている。

第2章では上記指標として、発災後所定時間内の被災地域観測確率と、観測結果に基づく被災箇所の特定期間性を表す視認性・判読性係数からなるサービサビリティ関数を定義している。その関数値に影響を与えるパラメータとしては、軌道力学から算出される衛星ターンアラウンド時間に加え、地上運用の所要時間、並びに晴天率や衛星信頼度等の確率変数を網羅的に考慮し、また視認性・判読性係数については、センサ画素数と対象物検知確率のモデル式を反映した。そして、これら多様な要素によって決まる、各時刻ごとのサービサビリティ関数を、モンテカルロシミュレーションで計算する手法を示している。

第3章では、本関数の重要な利用法として、合成開口レーダ(SAR)による災害検知に適合したコンステレーションの検討への適用を図っている。ここでは、防災機関等のニーズを踏まえ、サービサビリティ値のベンチマークとして「発災後6時間において0.8」を設定し、特に影響度の高い衛星機数、軌道面等のパラメータに関する感度解析により絞り込みを行い、最適コンステレーション候補を抽出している。

第 4 章では上記検討を発展させ、対象地域の網羅度を上げたパラメータ詳細調整と、加えて地形特性を考慮した対応力の確認により最適コンステレーションをさらに詳細化するプロセスを定義し、日本域及びアジア域を対象としてサービスサビリティ関数を最大化する検討を行っている。これにより、本関数を用いた客観的な衛星配置の検討が可能であることを実証した。

第 5 章では、発災時ワークフローの各段階における検知対象とその視認性要求を適切なモデルとして反映することにより、様々な状況に対応するサービスサビリティ関数が算出できることを示しており、これにより、本論文で提案するフレームワークが各種の災害への対応にも拡張可能であるとしている。

第 6 章では、中大型衛星の一部を多数の小型低コスト衛星により置き換えた際にサービスサビリティ関数がどう変化するかを検討しており、これらの衛星のコストモデルと合わせることにより、従来型衛星と小型衛星及びその混合観測網を一つの評価基準で比較評価できることを示している。

第 7 章は結論と今後の課題について述べている。

以上要するに、本論文は、人工衛星観測網が災害対応機関等に情報提供できる能力の指標としてサービスサビリティ関数を提案するとともに、同関数を用いた衛星災害観測の最適化フレームワークの構築可能性や、各種災害への拡張可能性をシミュレーションにより実証したものであり、災害監視分野への衛星利用拡大の上で貢献するところ大である。また、利用者視点から導いたサービスサビリティ関数の使用は、従来難しかった異なるタイプの衛星コンステレーション間の相互比較を可能とするものであり、宇宙工学・衛星工学上貢献するところも大きい。

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。