

論文審査の結果の要旨

氏名 川端 洋輔

本論文は「深宇宙における光学情報を用いた宇宙機の自律軌道決定について」と題し、深宇宙探査機の光学情報を用いた自律軌道決定について、特に惑星間航行時での観測対象天体の選択方法に着目し、二つの手法を提示したものである。一方は、軌道決定時の誤差楕円体最大主軸の誤差を最も低減できるように幾何学的位置関係を用いて観測対象天体の選択を高速で行う手法である。他方は、従来から用いられている複雑な共分散解析を行わずに誤差共分散行列を算出する手法を考案し、これを利用することである特定の軸の軌道決定誤差を低減するように観測対象天体を選択する手法である。これらにより、光学情報を用いた軌道決定の特性を明らかにし、具体的な適用例を用いて、その有効性を示している。

論文は全 5 章からなる。第 1 章の導入に続き、第 2 章において本論文での議論の元になる基本概念が紹介される。第 3 章および第 4 章において、本論文の核である「光学情報を用いた観測対象天体の取捨選択手法」が示される。第 5 章では、結論と今後の課題をまとめている。以下、本論文の核となる第 3 章、第 4 章について詳述する。

一つ目の主題となる第 3 章では、幾何学的な位置関係を用いて簡易的に観測対象天体を選択する方法を論じている。ここでは、光学航法カメラによる観測対象として太陽系の天体を考慮しているが、観測対象の選択肢が多数あることは観測方向の多様性につながる反面、ある法則・目的に則った適切な取捨選択手法が必要とされる。そこで、本章では、探査機、観測対象の幾何学的な位置関係のみの情報を用いて、軌道決定による誤差楕円体の最大主軸の大きさを最も低減できる観測天体を選択する手法（簡易観測天体選択手法）を提案している。加えて、観測対象がもつ軌道情報誤差、および実視等級も考慮した、より一般的な観測天体選択が可能となるような手法を拡張している。最後に、提案手法を具体的な運用例に適用し、その有効性を示している。

本論文、二つ目の主題となる第 4 章では、ある特定方向の誤差を低減したい場合の観測天体選択手法について論じている。この目的のためには、評価時点の誤差共分散を得る必要があるが、その手法に本論文の工夫がある。ここでは、探査機の運動を等速度直線運動とみなすことで従来の共分散分析解析を数列の問題に帰着させ、探査機、観測対象の幾何学的な位置関係、観測点数、観測誤差から、手早く誤差共分散行列を近似算出する手法を考案している。得られた近似誤差共分散を利用することで、特定軸の誤差抑制に着目した観測天体の取捨選択を実現している。ここでは、地上局のアンテナ指向方向についての誤差を低減する事例、および観測感度が悪い方向の誤差を低減する事例を

用いて、提案手法の有効性を示している。

このように、本論文は、深宇宙における光学情報を用いた自律軌道決定について、特に、観測対象天体の選択手法に焦点をあて、効率的に観測天体を評価・選択する手法を提案し、その有効性を示したものである。特に、観測対象の軌道情報誤差や実視等級まで考慮した、より広い観点からの評価が可能な点、および、ある特定方向の軌道決定精度に着目した評価が可能な点が独創的である。近年、低いコスト、ミッションの挑戦性の観点から小型深宇宙探査機が注目され、今後、その利用が広がっていくものと予想される。一方、現在広く用いられている電波航法では、大型アンテナや長時間の運用時間が必要とされ、地上の人・設備のリソース、コストの面で課題がある。今後、深宇宙探査機の増加が予想される中で、本論文で提案される手法は、地上からの支援を大きく縮減できる可能性のある自律軌道決定を実現するための鍵となる有用なものである。

以上、申請された論文は独自性・有用性を併せ持ち、先端エネルギー工学、特に深宇宙探査学に貢献するところが大きい。なお、本論文の第 3 章、第 4 章の成果は川勝康弘氏との共同研究によるものであるが、論文提出者の寄与が十分であると判断する。よって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上、1672 字