

授賞者の研究業績の紹介

2020年度 第13回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙工学分野

北村 憲司(きたむら けんじ)

三菱電機 (株) 鎌倉製作所 衛星情報システム部 技術第四課 専任

業績の題目：低推力スラスタを用いた静止衛星の軌道遷移および軌道保持制御方式の開発

電気推進などの低推力スラスタは高い推進効率をもち、必要とする推進重量が化学推進に比して格段に小さいという特徴があるため、深宇宙探査機や近地球衛星の軌道の遷移・制御への応用が広がりつつある。しかし低推力のため軌道遷移および制御には長期の時間を要するという課題があり、最適制御の観点からは、まだ研究の余地を多く残している。

北村憲司氏は、低推力スラスタを用いた場合の、初期投入軌道から静止軌道へ遷移するための制御方式や、静止軌道上の位置を保つための制御方式の研究開発を精力的に行ってきた。北村氏の顕著な業績を以下にまとめる。

1) 最小エネルギー軌道遷移の解析解の導出 (論文[1])

静止衛星を初期軌道から静止軌道に投入するための2次元平面内での最小エネルギー制御問題は、解析的には解くことが困難で、従来、数値解法に依存せざるを得なかった。北村氏は、時間平均化したハミルトニアンを用いた平均化正準方程式を導き2点境界値問題を解析的に積分して、最適制御入力と最適軌道を導くことに成功した。解析解と、擬似スペクトル法を用いた数値最適解を比較した結果、高い一致度が得られ、解析解の妥当性が検証された。北村氏の求めた解析解は、軌道遷移に関する知見をもたらすとともに、数値最適解を求める際の初期値としても有効なものである。

2) 最短時間軌道遷移問題に対するフィードバック制御則の提案 (論文[2])

北村氏は、低推力スラスタを用いた3次元の最短時間軌道遷移問題を考察し、各軌道要素の誤差に基づいてフィードバック制御でスラスタの向きを決定する新しい制御則を提案した。この制御則ではフィードバックゲインを軌道長半径、離心率、軌道傾斜角のいずれかの軌道要素の関数と仮定し、粒子群最適化のようなメタヒューリスティックな手法を用いて、フィードバックゲインの最適化をはかった。数値シミュレーションの結果から、どの軌道要素を用いても、簡単な制御則で最短時間軌道遷移問題に対して適切な解を与えることを示した。

本手法は、従来のフィードバック手法に比して軌道遷移に要する時間を最大16%短縮することができる。簡単な手法ながら数値最適解に対して遜色のない結果を与える、実用

的価値の高いものである。

3) 低推カスラスタによる精密軌道保持手法の提案 (論文[3])

北村氏は、低推カスラスタによる静止衛星の精密な軌道保持手法を提案している。外乱を考慮した解析的な平均軌道要素を導き、この軌道要素に基づいて4基の低推カスラスタによる効率的なフィードバック軌道保持方法を提案し、その効果を数値シミュレーションで確認している。従来提案されている、低推カスラスタによる静止衛星の軌道保持は、連続噴射によるものであるが、北村氏の提案するフィードバック制御側は、近似的にはインパルス噴射とみなすことができ、実用性の観点から優れている。また、従来の化学推進と比較して静止衛星の緯度・経度の保持精度を一桁向上させることができる。このように、静止衛星の運用に大きな貢献をするものである。

以上の通り、北村氏は、低推カスラスタを用いた静止衛星の軌道遷移と軌道保持を対象に、優れた業績を挙げている。最小エネルギー軌道遷移に関しては平均化法による解析解を導き、また最短軌道遷移に関してはフィードバック制御則を導いている。さらに静止衛星の軌道保持においては効率的な実践的フィードバック制御則を提案している。

平均化法を導入した数学的取扱いに、いくつもの卓越した点が見られるとともに、これらの成果は、今後の低推カスラスタによる静止衛星の軌道遷移と軌道保持に対して工学的洞察を可能とし、かつ実用的な制御手法の観点からも貢献は大きい。

このように北村氏は、人工衛星・宇宙機の軌道制御分野を中心に、今後も日本の宇宙工学の発展にリーダーシップを持って貢献していく研究者・技術者となることが期待されることから、氏に宇宙科学奨励賞を授与することとなった。

推薦対象論文

[1] Kitamura, K., Yamada, K., and Shima, T.,

“Minimum energy coplanar orbit transfer of geostationary spacecraft using time-averaged Hamiltonian” ,

Acta Astronautica, Vol. 160, 2019, pp. 270-279.

[2] Kitamura, K., Yamada, K., and Shima, T.,

“Minimum Time Orbit Raising of Geostationary Spacecraft by Optimizing Feedback Gain of Steering Law” ,

Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan, Vol. 17, 2019, pp. 363-370.

[3] 北村 憲司, 末延 博, 山田 克彦, 島 岳也, “
解析的な平均軌道要素を用いた静止衛星の高精度軌道保持” ,
航空宇宙技術, Vol. 14, 2015, pp. 113-121.