

令和元年5月31日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26420216

研究課題名(和文) 発光衛星精密追尾システムの開発

研究課題名(英文) Study on a capturing and tracking system of a cube satellite

研究代表者

河村 良行 (Kawamura, Yoshiyuki)

福岡工業大学・工学部・教授

研究者番号：90167362

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：小型の発光する人工衛星を効率よく補足しさらにそれを追尾するシステムの開発を行った。まず、天体観測用の大型の経緯台を導入し、これに250mm口径の反射型天体望遠鏡を取り付け、光電子増倍管による微弱光検出走査検出システムを造った。駆動モーターをパルスモーターからトルクの大きなACモーターに変えたこと、また減速ギア比の最適化を行ったこと、追尾プログラムの最適化を行ったこと等により、ハンチング現象を取り除くことができ追尾性能が向上し、ISS等の低軌道を周回する衛星の追尾が可能になった。さらに改良を重ね、最終的にはドローンの様に不規則な運動をする発光飛行体の追尾も可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、宇宙への関心が高まり、その科学的な利用の研究の裾野が大学生まで広がりつつある。米国においては、高校生も超小型LED発光衛星の打ち上げを企画し、申請者に技術的な質問を寄せている。衛星の制作・打ち上げとともにその観測は車の両輪の関係にあり、相異なる技術ながら重要・必須の技術である。しかしながら、宇宙からの光は弱く、またその補足は艱難を極める。世界的にもいくつかのLED発光小型衛星が軌道上に放出されたが、その信号を確実に捉えた例は数少ない。(申請者の知る限り我々の例のみではないかと考える)このような現状の中で、発光衛星の補足・追尾方向にしっかりとした指針を示せたことは有意義なことと考える。

研究成果の概要(英文)： We have developed a system to efficiently capture and track small luminous satellites. First, a large scale platform for astronomical observation was introduced, and a 250 mm aperture reflective astronomical telescope was attached to it, and a weak light detection scanning detection system using a photomultiplier was built.

By changing the drive motor from a pulse motor to an AC motor with a large torque, optimizing the reduction gear ratio, and optimizing the tracking program, etc., the tracking performance is improved. It has become possible to track satellites in low orbiting, such as the ISS. Further improvements have been made, and eventually it has become possible to track light-emitting vehicles with irregular movements like drones.

研究分野：レーザー工学

キーワード：LED 小型衛星 追尾

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

申請者らは、2011 年度に JAXA の外郭団体である (財) 日本宇宙フォーラムによる、国際宇宙ステーション (ISS) から放出される超小型人工衛星の公募に応募し採択され、福岡工業大学超小型衛星「にわか」の開発を開始した。

2012 年 10 月 5 日、この衛星が ISS より放出され、2013 年 7 月 4 日に大気圏に突入するまで 9 カ月の間、高速マイクロ波通信と LED 光の地上への伝送、のミッションを達成した。開発には、本学情報工学科の研究室と知能機械工学科に所属する申請者の研究室に所属する多数の学生も参加し、JAXA や関係機関から多くの助言や御指導をいただいた。LED の発光・受光実験については、LED 光の出力が微弱で (約 4W) 発散角が大きい (約 120 度)、地上における光強度が極めて低く、かつ大気からの迷光 (都市の光の大気による反射) が雑音となったにもかかわらず、受光した光信号をフーリエ解析することにより、LED の光信号の時間構造を完全に同定することができ、光信号の送信速度の定量的な測定に成功し、本格的な光通信実験への課題が明らかとなった。

また、その写真撮影や目視による観測にも成功した。この研究を通して、発光する衛星からの光信号の観測には、観測光学系の観測視野を極力狭くして迷光を減らし、衛星が出現する広い視野範囲からの確に衛星の位置を見つけ出し、これを正確に追尾してゆく技術が不可欠であることが明らかとなった。

### 2. 研究の目的

申請者らは、高速マイクロ波通信と LED 光の地上への伝送、をミッションとした超小型衛星「にわか」を開発した。この衛星は 2012 年の 10 月 5 日に国際宇宙ステーションから放出され、2013 年の 7 月 4 日にその寿命が尽き、運用が終わった。この経験を踏まえ、将来、LED を半導体レーザーに置き換え光の指向性を向上させ、これを高精度の姿勢制御機能を持つ衛星に搭載し、衛星・地上間で 1G ビット / 秒程度の高速光通信の実証実験を行うためには、衛星の高精度な捕捉・追尾技術を獲得することが重要であることが分かった。本研究では、光を発する衛星を、出現が予想される比較的広い視野範囲から見つけ出し、自動追尾するためのシステムを開発することを目的とする。

### 3. 研究の方法

平成 26 年度は、天体望遠鏡 (経緯台) を導入し、制御速度を上げるためにその駆動系を DC サーボに改造し、精密で高速の方位角仰角制御を可能にした。平成 27 年度は、高速ガルバノスキャナーを導入し、微弱な発光体を捕捉・追尾する光学系の試作・開発を行った。平成 28 年度は、前年度に試作した発光衛星追尾システムの追尾アルゴリズム及びプログラムの開発を行い、室内実験でその追尾性能を評価する。平成 29、30 年度は、高度や光量 (太陽の反射光) の異なる様々な人工衛星を模擬観測対象に、その追尾を行い、観測データの蓄積を行う。この結果をもとに、さらに捕捉・追尾速度の向上と観測視野角を縮小し、S/N の向上を行なう。また、近年その利用分野が拡大しつつあるドローンに取り付けられた LED の発光を用いて、不規則な運動に対する追尾を試みる。

### 4. 研究成果

小型の発光する人工衛星を効率よく補足しさらにそれを追尾するシステムの開発を行った。まず、天体観測用の大型の経緯台を導入し、これに 250mm 口径の反射型天体望遠鏡を取り付け、光電子増倍管による微弱光検出走査検出システムを造った。駆動モーターをパルスモーターからトルクの大きな AC モーターに変えたこと、また減速ギア比の最適化を行ったこと、追尾プログラムの最適化を行ったこと等により、追尾性能が向上し当初追尾性能向上の妨げになっていたハンチング現象を抑えることができ、ISS 等の低軌道を周回する衛星の追尾が可能になった。さらに改良を重ね、最終的にはドローンの様に不規則な運動をする発光飛行体の追尾も可能になった。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

T. Tanaka, Y. Kawamura and T. Tanaka, "Development and Operations of Nano-Satellite FITSAT-1 (NIWAKA)", Acta Astronautica, Vol. 107, 112-129 (2015)

〔学会発表〕(計 4 件)

河村良行、田中卓史、「発光する超小型衛星の制作・打ち上げ・観測の記録」、第62回宇宙科学技術連合講演会、2018年10月26日、久留米市(久留米シティプラザ)(招待講演)

河村良行、田中卓史、「衛星位置探索方法に関する考察と飛翔体追尾システムの開発」、九州小型衛星の会(QSSF)平成28年度研究会、2017年3月4日、九州工業大学(北九州市)(招待講演)

河村良行、田中卓史、「福岡工業大学における超小型人工衛星関連研究の進展(発光人工衛星追尾システムの研究)」、九州小型衛星の会(QSSF)平成26年度研究会、2015年3月21日、福岡Ruby・コンテンツ産業振興センター(福岡市)(招待講演)

河村良行、田中卓史、「FITSAT-1 観測活動概要」、九州小型衛星の会(QSSF)平成25年度研究会、2014年3月15日、九州大学(福岡市)(招待講演)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.fit.ac.jp/~kawamura/>

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：木野仁

ローマ字氏名：Hitoshi Kino

所属研究機関名：福岡工業大学

部局名：工学部知能機械工学科

職名：教授

研究者番号(8桁)：50293816

(2)研究協力者

研究協力者氏名：田中卓史

ローマ字氏名：Tanaka Takushi

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。