

# 先端科学技術研究科 修士論文要旨

所属研究室 (主指導教員)	ユビキタスコンピューティングシステム (安本 慶一 (教授))					
学籍番号	2411112	提出日	令和 8年 1月 19日			
学生氏名	小坂 修平					
論文題目	ToFカメラを用いた俯瞰測定による超々小型衛星群の軽量な位置・姿勢推定					
要旨						
<p>地球上のあらゆる場所でセルラー接続を提供するため, LEO(低軌道)衛星を利用した非地上系ネットワーク(NTN: Non-Terrestrial Networks)への需要が高まっている。地上デバイスと衛星間の直接通信を実現するため, 1万機を超える超々小型衛星が高密度なフォーメーションフライト(以降FF)を行い, 巨大なフェーズドアレイアンテナ以降PAA)を構築する新しい衛星通信が提案されている。このシステムでは, 各衛星の位置・姿勢, そして地球表面に対してPAA全体の角度を高精度に推定する必要がある。一方で, 1万機のノーマル衛星を低軌道でFFさせるという極めて過酷な環境は, 搭載機器の電力, サイズ, コストに厳しい制約が課される。本研究では, 制限されたリソース課題に対して, 低電力Time-of-Flight (ToF)カメラを俯瞰位置に搭載した85機のアンカー衛星と, そのアンカー衛星によって位置・姿勢が測定されるノーマル衛星から構成されるアーキテクチャを提案する。これにより, 最小限のセンサー数で低電力・低コストのFFの実現を目指す。さらに, 高精度と低処理負荷の両立という課題に対して, 軽量なテンプレートマッチング手法を提案する。この手法では, ノーマル衛星を表現した3次元テンプレートモデルと点群データを最適にフィッティングさせる。また, 衛星の幾何学的・対称的な構造の活用やテンプレートモデルの点群数の削減を通して, 高効率・高精度を実現する。地球表面に対するPAA全体の角度を推定では, 各アンカー衛星を同じ座標系で表現する課題がある。そこで, アンカー衛星同士の相対位置推定の伝搬を通して座標系を共有を実施し, RANSACを用いたFFの平面近似を実施する。シミュレーション評価では, 本研究が目標とする精度を達成し, 平均位置誤差1 mm程度, 平均姿勢誤差0.1°未満であることを示した。さらに, 85機のアンカー衛星を用いたPAAの平面近似による角度推定では, RSME0.0159度を実現した。モック衛星等を用いたハードウェアを用いたテストでは, 位置誤差8 mm未満を達成した。また, 実際の飛行運用に実用的な消費電力で, Raspberry Pi 4上で約217機の衛星を約6.5秒で処理できることを確認した。</p>						