

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 4 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20360183

研究課題名（和文） フォーメーションフライト衛星による高度連携電磁波計測法の研究

研究課題名（英文） Study on co-operational measurement system for plasma waves by means of formation-flying satellites

研究代表者

笠原 禎也 (KASAHARA YOSHIYA)

金沢大学・総合メディア基盤センター・教授

研究者番号：50243051

研究分野：電波計測工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：電波科学，宇宙科学，自律制御ソフトウェア，衛星通信，科学衛星，磁気圏

1. 研究計画の概要

本研究課題では、人類の活動に影響を及ぼす地球近傍宇宙環境を高機能計測するシステムとして、編隊飛行（フォーメーションフライト）する小型衛星群に搭載する VLF 帯電磁波動高度連携同時多点観測器に関する基礎研究を行なう。具体的には、観測器の設計・開発上、必須である (A) 編隊飛行衛星高度連携観測シミュレータの開発と同シミュレータを用いた連携動作実験、(B) 限られたテレメトリ容量で、重要情報のみを衛星から地上伝送する電磁環境計測データの自動選別・圧縮手法、(C) 地球周辺宇宙の空間構造を多点同時観測データから推定するグローバルセンシング法の3点に主題をおき、研究・開発を進める。

2. 研究の進捗状況

研究概要に示した3つの主題の進捗状況は以下の通りである。

(A) 編隊飛行衛星高度連携観測シミュレータによる連携動作実験

有線LANで相互接続した複数台のPCをそれぞれ個別の衛星と見立て、衛星間通信による親子衛星間コマンド・テレメトリ伝送を模擬する通信モジュールを開発した。さらに、宇宙空間の通信環境を模擬するため、衛星間通信のデータレートや遅延時間などを任意に制御できる宇宙空間模擬モジュールを開発し、様々な環境を想定して親衛星の指示で連携動作を模擬する実験体制を整えた。次に月探査衛星「かぐや」による自然波動観測データをベースにした疑似観測イベントを与え、親子衛星間のイベント情報交換手順と、親衛星の判断に基づく最適観測動作の実験を行い、

連携動作によって観測効率の向上が見られることを実証した。

(B) 電磁環境計測データの自動選別アルゴリズムの検証・評価

かぐや衛星搭載の波形捕捉器（LRS/WFC）に実装した自動判別機能を月周回軌道上で運用し、実証実験を行なった。また同観測器の実測データを用いて、実装した自動判別機能の性能を定量評価し、実運用に用いた判別パラメータの妥当性を実証した。さらに、時間局所的な観測イベントを正確に検出するための改善点や、観測波動の偏波や楕円率などの特徴パラメータを機上の限られたリソースで算出する信号処理手法を考案した。

(C) 自然波動データを用いたグローバルセンシング法の研究

あけぼの衛星で観測された雷起源電波（ホイストラ）の自動検出アルゴリズムを開発し、あけぼの衛星によって地球プラズマ圏内で観測されたホイストラの特徴パラメータをデータベース化した。また雷起源ホイストラを利用した地球プラズマ圏の電子密度分布の推定アルゴリズムについて検討を行った。

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している。

(理由)

編隊飛行衛星高度連携観測シミュレータについては、通信モジュール・宇宙環境模擬モジュール・機上処理モジュールなど、連携実験を行うための必要機能が一通り実装され、疑似データを用いた最適観測動作の実験から、我々の提案する連携動作アルゴリズムが観測効率の向上に寄与することを実証した。この成果は学術論文として投稿し、採択が決

定済みである。またかぐや衛星に搭載した有用波の自動判別機能も順調に機能し、運用に用いた判別パラメータが妥当であることが確認された(学術論文投稿中)。また第3の主題である自然波動からのグローバルセンシング法についても、元となる雷起源ホイストラの自動抽出とデータベース化を進め一方で、データを用いた電子密度の空間分布推定法の検討も進んでおり、地球プラズマ圏内の電子密度モデル補正に活用できる環境が整いつつある。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度となる平成 23 年度は、以下の項目について研究を行う。

(A) 編隊飛行衛星連携シミュレータを利用し、磁気圏モデルと衛星予測軌道を考慮に入れて (1) 各領域の判定対象となり得る観測イベントの選定 (2) イベント検出情報に基づく最適モード移行アルゴリズムとタイムアウト値の決定法、(3) 伝送誤りや障害(誤検知・誤作動)に耐える安定な連携手順について検討し、連携観測動作と独立観測動作のトレードオフを評価する。

(B) 電磁環境計測データの自動選別・圧縮アルゴリズムの研究

(1) 「かぐや」搭載の自然波動観測器で採用したデータ選別・圧縮機能を改良し、リアルタイム OS を搭載する衛星用 CPU に適用した場合のデータ選別・圧縮法の実装と性能評価を行う。

(2) 観測波動の偏波や楕円率等の特徴量パラメータを機上でリアルタイムに算出し、低容量のテレメトリで地上伝送する信号処理法の計算負荷・精度を検討し、その有効性を評価する。

(C) 多点観測データを用いたグローバルセンシング法の研究

編隊飛行衛星の予測軌道から期待される衛星軌道上の観測イベントを疑似データとして用い、磁気圏構造推定に必要な観測パラメータを検討するとともに、その推定精度を評価する。

上記のプロセスをチーム内の研究者が協調して実施し、定期的な研究打合せ会議で情報共有しつつ研究を進める。得られた成果は、関連の学会・研究会・学術誌で公表するほか、将来衛星設計への提案として JAXA などにも提言を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

① 竹中 悟, 笠原 禎也, 小嶋 浩嗣, 井町

智彦, 編隊飛行衛星による連携観測模擬実験システムの開発, 電子情報通信学会論文誌, J94-B(7), (印刷中), 2011.

- ② Y. Goto, T. Fujimoto, Y. Kasahara, A. Kumamoto, and T. Ono, Lunar ionosphere exploration method using auroral kilometric radiation, *Earth, Planets and Space*, 63(1), 47-56, doi:10.5047/eps.2011.01.005, 2011.
- ③ K. Hashimoto, M. Hashitani, Y. Kasahara (他 10 名), Electrostatic solitary waves associated with magnetic anomalies and wake boundary of the moon observed by KAGUYA, *Geophys. Res. Lett.*, 37(L19204), doi:10.1029/2010GL044529, 2010.
- ④ T. Ono, A. Kumamoto, Y. Kasahara, (他 11 名), The lunar radar sounder (LRS) onboard the KAGUYA (SELENE) space craft, *Space Science Reviews*, 154(1-4), 145-192, doi: 10.1007/s11214-010-9673-8, (印刷中; 2010 年 8 月オンライン公開), 2010.
- ⑤ Y. Kasahara, A. Hirano, and Y. Takata, Similar data retrieval from enormous datasets on ELF/VLF wave spectrum observed by Akebono, *Data Science Journal*, 8, IGY66-IGY75, doi:10.2481/dsj.SS_IGY-002, 2010.

[学会発表] (計 31 件)

- ① 笠原 禎也, 衛星による ELF/VLF 帯観測とその将来展望(招待講演), GEMSIS-太陽, 磁気圏, 電離圏ワークショップ 2010, 2010.12.27, 名鉄犬山ホテル(愛知県)
- ② S. Takenaka, Y. Kasahara, H. Kojima, T. Imachi, Development of a co-operational observation simulator for formation-flying magnetospheric exploration mission, 2010 Asia Pacific Radio Science Conference, 2010.9.24., Toyama International Conference Center (富山県).
- ③ Y. Goto, Y. Kasahara, S. Hayashi, T. Ide, Modeling of the plasmaspheric density profile from large datasets of VLF waves and GPS signals (Invited Paper), 2010 Asia Pacific Radio Science Conference, 2010.9.23., Toyama International Conference Center (富山県).
- ④ 寺尾 康宏, 笠原 禎也, 笠羽 康正, 井町 智彦, 後藤 由貴, 小嶋 浩嗣, 水星探査衛星 MMO 搭載プラズマ波動観測器の機上処理ソフトウェアの開発, 電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会, 2010.2.26, 情報通信研究機構本部(東京都)
- ⑤ 竹中 悟, 笠原 禎也, 小嶋 浩嗣, 井町 智彦, 編隊飛行衛星による連携観測模擬実験システムの開発, 2010.2.26., 情報通信研究機構本部(東京都)