

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：30108

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20560363

研究課題名（和文） 多地点同期受信電力測定による衛星姿勢推定

研究課題名（英文） Satellite attitude estimation by measuring the received power multi-point synchronization

研究代表者

三橋 龍一（MITSUHASHI RYUICHI）

北海道工業大学・創生工学部・教授

研究者番号：90254698

研究成果の概要（和文）：超小型人工衛星(CubeSat クラスの人工衛星)に搭載されているアンテナは、アマチュア無線帯のダイポールアンテナであることがほとんどである。そこで、アンテナ放射パターンを利用して、地上受信局で受信電力の変化を測定することで人工衛星の姿勢推定が可能である。さらに、多地点で同期受信することにより、短時間で人工衛星の姿勢推定が可能であることを実データの測定と解析で明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Antenna are mounted on nano-satellite (CubeSat satellite class), it is a dipole antenna of amateur radio band is almost. Therefore, the satellite attitude estimation is possible by using the antenna radiation pattern, measuring the change in received power at the ground receiving station. In addition, we revealed in measurement and analysis of real data that by receiving multi-point synchronization, satellite attitude estimation is possible in a short time.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：通信方法(無線、有線、衛星、光、移動)・アマチュア衛星通信

1. 研究開始当初の背景

北海道工業大学の教員や学生が中心メンバーであった「北海道 CubeSat 開発プロジェクトチーム」が、2006 年 9 月 23 日に JAXA(宇宙航空研究開発機構)の M-V ロケット 7 号機によって打ち上げた超小型人工衛星 HIT-SAT は、CubeSat クラスの人工衛星としては世界初の能動的な姿勢制御実験をメインミッションの 1 つとしていた。しかし、搭載したジャイロが取得したデータ量は数メガバイト

に達し、太陽同期の極軌道であった。そのため、1 日の可視時間は総計で 20 分程度であり、搭載した無線機の転送速度では約 3 ヶ月の期間を要した。そこで、何らかの方法で HIT-SAT の姿勢情報を取得する手法を開発する必要に迫られていた。

2. 研究の目的

既に単一の地上局が、HIT-SAT からの電波を受信すると、受信電力が周期的に変化することを発見していた。また、その受信電力の

変化パターンにより姿勢推定が可能であることを明らかにしていた。しかし、単一局で HIT-SAT の姿勢を受信電力の変化から推定するためには 10 数秒以上の連続したデータが必要であり、スピンアップ実験中の詳細なスピン速度の変化をとらえることはできなかった。そこで、多地点の地上局で同期受信したデータを解析することにより、大幅に測定時間を短縮する方法を確立することを目的に研究を行った。

3. 研究の方法

北海道工業大学に設置されている地上局と同様な受信システムを東京都に在住しているアマチュア無線家の自宅に設置し、HIT-SAT からのダウンリンク信号を同期受信し、同時に受信電力の測定を行った。

同期は測定制御に使用した PC の内部時計を使用した。2 地点の受信電力データを相関処理し 2 つの信号の時間遅延量を求めることにより角速度を推定する。

4. 研究成果

単独地点で得られた受信電力データからの HIT-SAT の角速度を推定するには連続した 10 数秒以上の混信の無いデータが必要であった。しかし、現実にはアマチュア無線帯の中でも特に衛星通信に割り当てられている周波数帯は違法に強力な電波を出す移動局が多く存在している。データのダウンリンクに使用している FM 変調の信号はより弱い信号が埋もれてしまうため、全く受信できなくなることもしばしば発生する。

本研究で、2 地点ではあるが複数地点の受信電力データを使用することにより、HIT-SAT の角速度を連続した 1~3 秒で推定できることを明らかにすることができた。今後打上げられる超小型人工衛星も何らかの方法で姿勢制御実験を行うことが多くなると思われる。その場合、本手法を適用して姿勢推定の手助けができる。

5. 主な発表論文等

(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 15 件)

T.Sato, K.Takenami, S.Nishizato, R.Mitsuhashi, S.Satori and S.Kase: "Attitude estimation of small satellite HIT-SAT by fluctuation in receiving electric field power", Proc. of 26th International Symposium on Space Technology and

Science, 査読無, Hamamatsu, Japan, 2008-f-24, 2008 June
H.Nagata, T.Uematsu, M.Ito, A.Kakikura, Y.Kaneko, K.Mori, T.Sato, R.Mitsuhashi and T.Totani: "Development of 90kgf Class CAMU Hybrid Rocket for a CanSat Experiment", Proc. of 26th International Symposium on Space Technology and Science, 査読無, Hamamatsu, Japan, 2008-u-08, 2008 June
T.Sato, R.Mitsuhashi, S.Satori, K.Isimura, T.Totani, A.Nakamura, K.Hori, T.Yasunaka, and HIT-SAT development team: "Orbital experiment of nano-satellite "HIT-SAT" as a sub-payload of M-V rocket", Proc. of 26th International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu, 査読無, Japan, 2008-u-15, 2008 June
T.Sato, K.Takenami, R.Mitsuhashi, S.Satori: "Attitude estimation of nano-satellite HIT-SAT by received power fluctuation", Proc. of International Symposium on Antennas and Propagation, 査読有, Taipei, Taiwan, 1645149, 2008 October

竹浪恭平, 佐藤立博, 三橋龍一, 安本裕紀, 羽鳥翼, 安中俊彦, 植松努, 「超小型衛星を受信するための複数地上局システム」電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, pp.15-18, SANE2008-55(2008-10)

T.Sato, R.Mitsuhashi, S.Satori:
"Attitude Estimation of
Nano-satellite "HIT-SAT" Using
Received Power Fluctuation by
Radiation Pattern", Proc. of 2009
IEEE International Symposium on
Antennas and Propagation &
USNC/URSI National Radio Science
Meeting, 査読有, Charlestone, SC
USA, 310.5, 2009 June
H.Yasumoto, A.Nakao, T.Sato,
R.Hayasaka, R.Mitsuhashi:
"Quantitative Study of Received
Power Fluctuation by
Nano-Satellite", Proc. of the 2009
International Symposium on
Antennas and Propagation, 査読有,
Bangkok, THAILAND, WD2 pp.181-184,
2009 October
羽鳥翼, 三橋龍一, 佐鳥新, 加瀬誠
志, 「超小型人工衛星の姿勢推定に
用いるアンテナ放射パターンの一検
討」電子情報通信学会技術研究報告,
査読無, A・P2009-172(2010-1)
中尾明弘, 安本裕紀, 早坂亮佑, 白
石健太, 佐藤立博, 三橋龍一, 「受
信電力データによる飛翔体の伝搬特
性と状態推定に関する研究」電子情
報通信学会技術研究報告, 査読無,
CAS2009-78, SIP2009-123, CS2009-73
(2010-3)
竹浪恭平, 佐藤立博, 三橋龍一, 安
本裕紀, 羽鳥翼, 安中俊彦, 植松努
「地上局システムによる超小型衛星
の受信に関する研究」, 北海道工業
大学研究紀要 第 37 号, 査読有, ,
pp.223-227(2009)

佐藤立博, 三橋龍一, 佐鳥新, 佐々
木一正「受信電力の変動を利用する
超小型人工衛星HIT-SATの姿勢検出
法」, 電気学会論文誌C, 査読有,
Vol.129 No.6 2009
pp.1094-1100(2009)
加藤聡貴, 佐藤立博, 早坂亮佑, 白
石健太, 竹澤 聡, 高島昭彦, 三橋龍
一「LRFを用いた衛星の姿勢検出法」,
北海道工業大学研究紀要 第 38 号,
査読有, pp.47-51(2010)
中尾明弘, 安本裕紀, 早坂亮佑, 佐
藤立博, 三橋龍一「超小型人工衛星
の姿勢変化に伴う受信電力変化の定
量的検討」, 北海道工業大学研究紀
要 第 38 号, 査読有,
pp.129-132(2010)
羽鳥翼, 三橋龍一, 佐鳥新, 加瀬誠
志「超小型人工衛星の姿勢推定に用
いるアンテナ放射パターンの検討」,
北海道工業大学研究紀要 第 38 号,
査読有, pp.133-136(2010)
早坂亮佑, 佐藤立博, 中尾明弘, 三
橋龍一, 佐々木正巳「2 地点の受信電
力データを用いた超小型衛星の角速
度推定」電子情報通信学会技術研究
報告, 査読無, SAT2011-55,
pp.99-104(2011-12)

[学会発表](計 20 件)

三橋龍一, 佐藤立博, 竹浪恭平, 安
部潤一郎, 中尾明弘, 羽鳥翼, 戸谷
剛, 佐鳥 新, 「超小型人工衛星
HIT-SATの運用結果」電気・情報関係
学会北海道支部大会, 1, 札幌
(2008/10/25)

竹浪恭平, 佐藤立博, 三橋龍一, 安本裕紀, 羽鳥翼, 安中俊彦, 植松努, 「複数地上局による超小型衛星の受信」電気・情報関係学会北海道支部大会, 2, 札幌(2008/10/25)

羽鳥翼, 佐藤立博, 竹浪恭平, 三橋龍一, 加瀬誠志, 「超小型人工衛星HIT-SATのアンテナ放射パターン」電気・情報関係学会北海道支部大会, 3, 札幌(2008/10/25)

佐藤立博, 羽鳥翼, 三橋龍一, 佐鳥新, 「受信電力の変化による超小型衛星の姿勢検出法」平成 21 年電気学会全国大会, 3-027, 札幌(2009/3/19)

安本裕紀, 竹浪恭平, 佐藤立博, 中尾明弘, 島谷悠花, 三橋龍一, 安中俊彦, 植松努, 「複数遠隔地上局を用いた超小型衛星の運用システム」平成 21 年電気学会全国大会, 3-107, 札幌(2009/3/19)

中尾明弘, 佐藤立博, 安部潤一郎, 竹浪恭平, 安本裕紀, 三橋龍一, 「CAMUIロケット飛翔時の受信電力変化の計測」電子情報通信学会総合大会, B-2-59, 松山(2009/3/17)

三橋龍一, 佐藤立博, 竹浪恭平, 中尾明弘, 羽鳥翼, 戸谷剛, 加瀬誠志, 佐鳥新, 「超小型人工衛星HIT-SATの実験結果」電子情報通信学会総合大会, B-2-60, 松山(2009/3/17)

羽鳥翼, 佐藤立博, 竹浪恭平, 三橋龍一, 佐鳥新, 加瀬誠志, 「超小型人工衛星HIT-SATのアンテナ放射パターンの検討」電子情報通信学会総合大会, B-2-61, 松山(2009/3/17)

三橋龍一, 佐藤立博, 中尾明弘, 羽鳥翼, 「2地点の受信電力の変化に

よる超小型人工衛星の姿勢推定法」電気・情報関係学会北海道支部大会, 62, 北見(2009/10/18)

羽鳥翼, 佐藤立博, 竹浪恭平, 三橋龍一, 佐鳥新, 加瀬誠志, 「超小型人工衛星の姿勢推定のためのアンテナ放射パターンの検討」電気・情報関係学会北海道支部大会, 63, 北見(2009/10/18)

中尾明弘, 佐藤立博, 安本裕紀, 早坂亮佑, 三橋龍一, 「超小型人工衛星の受信電力変化の定量的検討」電気・情報関係学会北海道支部大会, 64, 北見(2009/10/18)

早坂亮佑, 佐藤立博, 中尾明弘, 加藤聡貴, 白石健太, 三橋龍一, 「受信電力データを用いた飛翔体の角速度検出法」平成 22 年電気学会全国大会, 3-064, 東京(2010/3/17)

加藤聡貴, 佐藤立博, 早坂亮佑, 白石健太, 竹澤 聡, 高島昭彦, 三橋龍一, 「LRFを用いた人工衛星の形状による姿勢推定法」平成 22 年電気学会全国大会, 3-065, 東京(2010/3/17)

白石健太, 佐藤立博, 加藤聡貴, 早坂亮佑, 三橋龍一, 「Wavelet変換を信号処理に用いた受信電力変化による超小型衛星HIT-SATの姿勢推定法」平成 22 年電気学会全国大会, 3-076, 東京(2010/3/17)

安本裕紀, 三橋龍一, 「ドップラーシフトを用いた超小型人工衛星の初期軌道決定」電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 113, 札幌(2010/10/23)

早坂亮佑, 三橋龍一, 「受信電力データによる超小型衛星の角速度検

出」電気・情報関係学会北海道支部
連合大会, 114, 札幌(2010/10/23)
早坂亮祐, 佐藤立博, 中尾明弘, 三
橋龍一, 「2地点の受信電力データに
よる超小型衛星の姿勢検出法」第54
回宇宙科学技術連合講演会講演集,
1P27, 静岡(2010/11/17)
加藤聡貴, 早坂亮祐, 竹澤聡, 高島
昭彦, 三橋龍一, 「LRFを用いた衛星
の形状による姿勢推定に関する実験
的研究」, 日本機械学会第49回北海
道支部講演会, 611, 札幌
(2010/11/7)
三橋龍一, 早坂亮祐, 佐藤立博, 中
尾明弘, 加瀬誠志, 「遠隔地点同期
受信による超小型人工衛星の高精度
回転速度推定法」電子情報通信学会
総合大会,B-2-30, 東京(2011/3/15)
三橋龍一, 安本裕紀, 早坂亮祐, 佐
鳥新, 佐々木正巳, 三澤顕次「ドッ
プラーシフト計測による超小型人工
衛星の軌道要素の同定」電子情報通
信学会総合大会,B-2-52, 岡山
(2012/3/23)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三橋 龍一 (MITSUHASHI RYUICHI)
北海道工業大学・創生工学部・教授
研究者番号: 90254698