

BepiColombo/MMO の DC・低周波電場観測：PWI/EFD

DC and low frequency electric field measurement in BepiColombo/MMO : PWI/EFD

笠羽 康正[1], 岡田 敏美[2], 石坂 圭吾[3], 早川 基[1], 松岡 彩子[1], 小嶋 浩嗣[4], 八木谷 聡[5], 笠原 禎也[6], 松本 紘[4], 橋本 弘藏[4], 大村 善治[4], 臼井 英之[4], 筒井 稔[7], 長野 勇[5], 三宅 壯聡[2], 村田 健史[8], 小野 高幸[9], 白鳥 裕[10], 岡田 雅樹[11]

Yasumasa Kasaba[1], Toshimi Okada[2], Keigo Ishisaka[3], Hajime Hayakawa[1], Ayako Matsuoka[1], Hirotsugu Kojima[4], Satoshi Yagitani[5], Yoshiya Kasahara[6], Hiroshi Matsumoto[4], Kozo Hashimoto[4], Yoshiharu Omura[4], Hideyuki Usui[4], Minoru Tsutsui[7], Isamu Nagano[5], Taketoshi Miyake[8], Takeshi Murata[9], Takayuki Ono[10], Yutaka Shiratori[11], Masaki Okada[12]

[1] 宇宙研, [2] 富山県大・工・電子情報, [3] 富山県大, 工, 電子情報工, [4] 京大・宙空電波, [5] 金沢大・工, [6] 金沢大・工学部・情報システム, [7] 京産大・工, [8] 愛大・工・情報, [9] 東北大・理, [10] 九東大・宇宙地球, [11] 極地研

[1] ISAS, [2] Electronics and Informatics, Toyama Pref Univ, [3] Electronics and Informatics, Toyama Pref. Univ., [4] RASC, Kyoto Univ., [5] Kanazawa Univ., [6] Dept. of Information and Systems Eng., Kanazawa Univ., [7] Info. Commu. Sci. Kyoto Sangyo Univ., [8] Elec. and Inf., Eng., Toyama Pref. Univ., [9] Computer Sci, Ehime Univ, [10] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ., [11] Dept. of Space & Earth Info. Tech., Kyushu Tokai Univ., [12] NIPR

BepiColombo/MMO は、水星で電場・プラズマ波動を初めて観測を行うことになる。

Electric Field Detector (EFD) は、BepiColombo/MMO のモデル観測器のひとつである Plasma Wave Instrument (PWI) のサブセットのひとつで、DC-32Hz の電場を測定する。また、衛星ポテンシャルを計測する「シングルプローブ観測」によって、電子密度 0.1/cc 以上 (衛星電位: 100V 以下を想定) の領域で電子密度計測を行う。この開発・運用は、日欧共同で構成される PWI チーム全体で担うことを想定している。

本論文では、PWI におけるこれまでの DC/低周波電場観測、特に電界センサーの検討状況について述べる。

1. DC・低周波電場観測の目標

PWI/EFD は、DC 電場観測において、水星磁気圏の電場構造を観測し、プラズマ運動、特に磁気圏構造を支配する大局的プラズマ対流や、境界面近傍およびサブストーム擾乱時における局所的プラズマ運動を解明する。また、存在することが期待される水星オーロラ領域における静電ポテンシャル構造や、沿磁力線構造を明らかにする。また、水星の昼側・夜側間における光電子放出の違いによって生じる「ポテンシャル差」の生成可能性を解明する。

また、衛星ポテンシャル測定による電子密度 (・温度) 測定によって、磁場及びプラズマ粒子観測などと併せて水星磁気圏の大局的構造を明らかにする。

また、PWI の波動観測の一部として、水星磁気圏にトラップされた Alfvén 波動の計測により、水星磁気圏・電離大気・表面 (電気特性) のリモートセンシングを行うとともに、各種イオン関連波動の計測により、水星表面から放出される重イオンと太陽風との相互作用を検出し、水星大気の流出・加熱過程を明らかにする。

2. PWI/EFD の機能

PWI/EFD は、PWI の中で以下の機能を担う予定である。

1) DC-Electric field (DP): $\pm 0.01 \text{ mV/m} \sim \pm 100 \text{ mV/m}$

予測される Convection 電場 (数 mV/m) を精度よく観測することを目標とする。

2) AC-Electric field (DP): $\pm 0.01 \text{ mV/m/Hz}$ (at 10Hz)

Mariner10 では、振幅数 nT 程度の Alfvén 波が磁力計で計測された。この電場成分の検出を感度の最低限の目標とする。

3) ポテンシャル (SP): 0-100V

Mariner10 の観測は、磁気圏内の電子密度が 1~0.1/cc 程度まで小さくなることを示している。また、電子データは衛星ポテンシャルが 100V 程度まで上昇したことを示唆する。この全域をカバーすることを目標とする。

3. 電界センサー

PWI は、電界センサーとして、2 対の電界観測用ダイポールアンテナを用いる。

現在の想定は、GEOTAIL/PANT アンテナと同様の思想の元で設計されるもので、長さ 15m のワイヤの先端に直径 7cm の球を配置した top-hat 型アンテナを 4 本使い、2 対のダイポールアンテナとする。直流電場は、先端の球によって周囲のプラズマの「電位」を測ることで計測される。球には、光電子放出が一樣になるよう Aquadag コーティングを施す。また、先端 1m を除いてワイヤに Polyimide フィルムでコーティングし、プラズマとの直流的なカップリングを絶縁して直流電場の観測精度を向上させる。交流電場はワイヤ部分で受信される。アンテナの根元 1~2m

には導電性シールドを施し、交流電場測定への衛星本体のノイズの影響を抑止する。

MMO 衛星のような「円筒スピン安定型・非太陽指向」衛星では、衛星本体の影がアンテナの片側に落ちることによって光電子放出のアンバランスが電界アンテナ間で発生する。これによるノイズ発生を最小限にするため、アンテナを衛星の底面から展開し、またスピン軸を2度程度反太陽方向に倒す。

現在、この構造の詳細、特に展開機構と伸展の解析を進めつつある。特に「軽量、高信頼性、耐熱」の3条件を満たす改善を要する。現在の予定重量は600-700g程度で、熱設計の改善を含めた更なる軽量化を行っている。また、光電子放出量の変動影響について、Geotail 衛星の結果を元にした定量化検討を進めている。

欧州提案の「Cluster 型」センサーは、PANT の先端近傍に「ガード電極」を設置して衛星-プローブ間の光電子を切り、DC・低周波観測の特性を改善するものである。現在、高周波特性劣化の対応、ガード電極に配する preamp の環境評価などの検討を依頼するとともに、GEOTAIL と CLUSTER の実観測の比較検討を準備中である。その概略についても触れたい。