

月面低周波電波天文観測のための実証ミッション検討

A Study on the Mission Display for the Lunar Low Frequency Astronomical Observatory

岩田 隆浩[1]; 宮原 啓[2]; 月面低周波電波天文研究会 河野 宣之[3]

Takahiro Iwata[1]; Akira Miyahara[2]; Kawano Nobuyuki Lunar Low Frequency Astronomy Study Team[3]

[1] JAXA/宇宙研; [2] 宇宙航空研究開発機構; [3] -

[1] ISAS/JAXA; [2] JAXA; [3] -

1. はじめに

電波の窓より波長の長い低周波電波領域は、観測天文学に残された最後の未開拓分野の一つとなっている。この領域の電磁波は、太陽及び木星をはじめとする太陽系内惑星の電磁現象、星間/銀河間の磁場や低温プラズマ、宇宙線加速領域など、宇宙の様々なスケールでの現象を提示しているものと考えられる。しかしながら低周波電波観測の困難さは、地上では無論、地球周回軌道においても地球からの電波雑音の影響を受けることに加え、波長が長い故に空間分解能が悪くなることにある。そこで我々は、安定な地盤と地球からの遮蔽を確保できる月の裏側に、大型電波干渉計を建設することを提案しており、その第1段階では、小型アンテナによるミッション実証を行う計画である(野田, 他, 2005, 本合同大会講演)。第1段階のミッション目的は、地上システムと比較しながら月面観測システムと干渉計の技術的検証を行うことと、地上及び軌道上観測では達成できなかった高分解能で観測することであり、月-地球間の2素子の超長基線干渉計を構成する。本システムでは、将来の低周波大型施設のためのスケールモデルとすること、地上での観測を可能にすることから、観測周波数を25MHz-30MHz帯とする。これにより、例えば木星のバースト現象をこれまでより2桁小さい18kmの分解能で検出し、放射源の微細構造、メカニズム、物理状態を解明する。本公演では、そのシステムの検討を論じる。

2. システムの検討

(1) 観測システム

月面の低周波電波観測システムは、観測用アンテナ、受信機、データサンプラを有する観測局と、データ記録、地球へのデータ中継、全システムへの電源供給を行う中継局から構成される。観測用受信アンテナには、半波長(5.5m)の水平クロスダイポールアンテナを用い、これを月面上1mの位置に設置する。ビームは鉛直方向に天頂角 \pm 約60度となることから、木星電波を観測するために月の中低緯度に設置する。アンテナ利得は約7dBi、放射効率(5MHz)は全帯域幅(5MHz)でも0.3以上が達成されるが、月面レゴリスは電気伝導率が小さいため、観測方向のビームパターン劣化を見込む必要がある。

観測用受信機はプリアンプ2系統、偏波分離回路、掃引受信機より構成される。アンテナからの直交2偏波成分は2chのプリアンプで40~60dB程度増幅されたのち、AD変換器で直接サンプリングされる。サンプリングされた信号は、中継局まで伝送された後にPLDまたはFPGAにより信号処理を経て、半導体データレコーダへの記録または実時間伝送が行われる。地球へのデータ送信には、地球指向に固定されたハイゲインアンテナを用いる。

(2) 展開機構

アンテナの展開方式では、インフレーションによる展開、ステムアンテナによる伸展、ローバによる運搬が候補となる。低周波電波の波長では、アンテナ素子の設置位置・姿勢、アンテナ形状への要求が緩いことと、着陸時に回避不可能な岩石等があっても障害となることなく展開する必要があることから、収納カプセル+インフレーション方式を検討のベースラインとする。インフレーションの形状は、質量の低減、収納性、展開性、形状安定性、将来の大型化への適用性により、ワイヤアンテナを内側に持つ円環型が有利と考えられる。展開後のアンテナ形状の保持には、低温硬化型樹脂による固定が考えられる。

(3) 越夜技術

月の表面は、昼間120から夜間-180の変化が予想される。このため、太陽電池から電力供給される昼間に観測を行い、夜間は運用を休止して越夜を行う。夜間の保温は観測データ処理系を対象とし、相変化蓄熱材を用いて50から-60の範囲に抑える。この場合の他機器の耐低温性が課題であり、今後地上での検証試験により実証していく計画である。