

惑星探査用高効率サウンダーシステムの検討

熊本 篤志 [1]; 小野 高幸 [2]; 笠羽 康正 [1]; 飯島 雅英 [3]; 小林 敬生 [4]
[1] 東北大・理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物; [4] KIGAM

Concept studies of the high power-efficient sounder system for the planetary exploration

Atsushi Kumamoto[1]; Takayuki Ono[2]; Yasumasa Kasaba[1]; Masahide Iizima[3]; Takao Kobayashi[4]
[1] Tohoku Univ.; [2] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [4] KIGAM

Concept studies of the high-efficient sounder system for the planetary exploration have been carried out based on the problems with the previous sounder system applied for topside sounding of the Earth's and Martian ionosphere and the lunar surface and subsurface soundings. In order to apply the previous sounder system for explorations of planetary plasma, surface and subsurface structures of rocky planets, moons, and solar system small bodies, power consumption has to be more reduced with keeping transmitting power. Power efficiency should therefore be improved. It is unfavorable for attenuated echo detection that transmitting power is radiated isotropically with dipole antenna. Furthermore, in case that the planet or the moon has the ionosphere, pulse compression technique can not be directly applied due to the dispersion in the ionosphere. In order to solve the problems, following three developments have been planned: (1) Improvement of the power efficiency of the sounder system by using class-D/E amplification technique, (2) development of light-weight Yagi antenna system by applying inflatable structure technique, which is also applied for rigid antenna, and (3) development of onboard data processing system for modification of the reference signal for pulse compression by using ionosphere TEC derived from surface echo signals. By performing the development mentioned above, we are planning to establish the sounder system for the next generation, which can be applied for planetary exploration.

地球電離圏のトップサイドサウンディングを目的として開発されたロケット・衛星搭載サウンダーは、近年、火星電離圏、月表層構造に観測対象を広げ、将来の太陽系探査においても、惑星電離圏のプラズマ構造や惑星・衛星・小天体表層構造の解明への貢献を強く期待されている。SELENE 衛星の月レーダーサウンダー (LRS) の開発では、従来システム構成を踏襲しつつ、大電力化 (800W)、同一アンテナ送受信用の TR スイッチ導入、FMCW 方式パルス圧縮技術の導入等が行われた。電力制約の厳しい惑星探査ミッションにサウンダーシステムを展開していくためにはその省電力化が課題となってくる。また、固体惑星・衛星・小天体表層観測において、混入する非直下エコーの除去に有効な合成開口処理を行おうとした場合、従来システムの送信頻度 (1 回/50ms) を更に増やして半波長以下の間隔でレーダ送信を実施しなければならない。さらに、表層媒質の損失が大きい場合、地下エコーの減衰が大きく従来の衛星で使用されてきたダイポールアンテナでは S/N 不足に陥る。加えて、電離圏を持つ惑星・衛星の地下探査では、電離圏内で電波伝搬速度が周波数依存性をもつため、そのまま参照信号との相関処理を行ってもパルス圧縮の効果を得ることができない。

これらの諸問題を解決するために、従来のサウンダーシステムに対する改良案として (1) D/E 級増幅方式導入による 50% 以上の電力変換効率の実現並びに高周波パルス送信の実現、(2) 送信電力を観測対象に指向できる軽量宇宙展開八木アンテナの開発、(3) 視線電子総量 (TEC) の機上検出及び参照信号変調による電離圏の影響の補正手法の導入、の検討を行った。従来のサウンダーシステムで採用されている B 級増幅方式に代わって、パワーデバイスのスイッチング動作を利用した電力変換効率のより高い D/E 級増幅方式を採用することによって消費電力・発熱を抑えつつ高電力の送信が可能なサウンダーシステムの実現可能性を探る。高効率化によって 200-300W 以上の送信電力を確保しつつ、さらにパルスの送信頻度を 1 回/10ms 程度まで増加し、合成開口処理にも十分適合しうるようなレーダーサウンダーシステムを確立することも目指す。送信電力を観測対象に指向できる八木アンテナは、ダイポールアンテナに比べ S/N 上有利であるが、重量・展開機構の問題からこれまでの衛星観測では実現されていなかった。しかしながら近年、インフレーション構造技術を応用した軽量のリジッドアンテナが開発され、軽量ながら複雑な構造をもったアンテナシステムを宇宙空間で展開することも十分検討できるようになってきている。電離圏における分散の補正は、パルス圧縮された地表エコー電力が最大となるように TEC を決定し、補正された参照信号で改めて、地表・地下エコーを含む受信信号との相関処理を行う、という方式で行うことを検討している。惑星探査ミッションにおいて伝送レートは極めて限られたものとなるため、受信波形をそのまま地上に伝送することはおそらく難しく、機上でこれらの処理を実施する必要がある。今後これらの技術開発を進めることによって、将来の惑星ミッションに適用可能な高効率・高 S/N の次世代型レーダーサウンダーシステムの確立を目指していく。