

## プラズマサウンダーによるプラズマ診断と月惑星観測への応用

## Plasma sounder observations in space for plasma diagnosis and planetary environment

# 小野 高幸 [1]

# Takayuki Ono[1]

[1] 東北大・理

[1] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.

プラズマサウンダーは、電離圏・プラズマ圏電子密度分布の遠隔観測装置として確立された歴史を持つ。この観測は高度 1000km の電離層のトップサイドより約 100  $\mu$  sec 幅の大電力 RF パルスを送信し、電離層より反射してくるエコーの遅延時間と観測周波数の関係より電離層電子密度構造を探るものである (Franklin and Maclean, 1969)。サウンダー観測は 1962 年 9 月に打ち上げられたカナダの電離層観測衛星 Alouette-I に始まり、その後 Alouette-II、米国の ISIS-I、-II 衛星の一連の観測が行われて、電離層研究に大きな貢献を残している (Jackson and Warren, 1969)。その後米国にはプラズマ圏を探索する ISIS-C 計画があったが、これは 2000 年に打ち上げられた IMAGE 衛星により実現した (Reinisch et al., 2001)。また旧ソ連では Inter Cosmos-19 や COSMOS-1809 による観測結果やプラズマ物理学上の知見などが公表されている。サウンダーと類似する観測手法はヨーロッパにおいて比較的小振幅の RF パルスを用いる Relaxation Sounder として GEOS 衛星並びに ISEE 衛星による磁気圏内 in-situ 観測やその後の地球惑星探査観測に応用されている (Etcheto et al., 1978, Kurth et al., 2001)。

我が国では、1978 年打ち上げられた UME-2 号 (ISS-b)(Hakura, 1982) の経験を持つが、一方、宇宙空間プラズマ中の能動観測装置として開発された独自の歩みをもつ流れがあり、1978 年に打ち上げられた科学衛星 JIKIKEN(EXOS-B)(Oya et al., 1981) において確立された (Oya and Ono, 1981, 1987)。この成功を皮切りに、観測装置は 1984 年打ち上げの OHZORA (EXOS-C) 衛星、及び 1989 年打ち上げの AKEBONO(EXOS-D) 衛星に搭載されて、中・低緯度より極域にかけての電離圏電子密度分布を得て電離圏プラズマのダイナミックな変動を捉える観測がおこなわれている (Obara et al., 1985, Uemoto et al., 2005)。さらに探査機の失敗により観測は実現しなかったが、1998 年に打ち上げられた NOZOMI(Planet-B) 探査機においては、火星電離圏構造と表層地形観測装置としての使命を担うこととなった。

サウンダー観測は本来電離圏密度構造を得る目的を持つが、Alouette、ISIS 観測の重要な成果として、宇宙空間プラズマ中に大きな擾乱をもたらすことで様々なプラズマ不安定現象が生ずることが発見された。この概念を基に 1970-80 年代にはプラズマの能動実験という研究分野が生まれ、プラズマサウンダーは密度のリモート観測のみならず、その場のプラズマ状態のモニターあるいは波動粒子相互作用の基礎実験のツールとしての新しい立場を確立し、プラズマ診断の重要な方法論の一つとして位置づけられている。

近年、Mars Express 探査機では火星電離圏や火星地下の水の探査を目指すサウンダー観測が行われている。サウンダー観測として月の表面と地下を観測しようという試みは、1972 年にアポロ 17 号の ALSE 実験によって実施された (Phillips et al., 1973)。この実験では、表層堆積物を透過して、地下約 3km 程度までの地質構造を捉えている (Peeples et al., 1978)。ALSE は技術的には多くの課題を残したものの、VHF-HF 帯の電波による月の地下構造探査が可能であることを実証した。このアイデアは我が国の SELENE 衛星搭載の月レーダサウンダー (LRS) へと発展しており、今後の惑星探査においても重要な観測手法として発展が期待されている (Ono and Oya, 2000)。