

Lバンド衛星テレメータ電波に関する二重ドップラー現象の発見と熱圏中性大気運動による起源の解明

Discovery of Double Doppler Shift Phenomena of L-band Telemetry Radio Waves Related to Thermospheric Neutral Atmosphere.

大家 寛 [1]

Hiroshi Oya[1]

[1] 福井工大・宇宙通信

[1] Space Commu. Fukui Univ. Tech.

1. 序

福井工業大学・あわら宇宙通信受信システムにて Noaa 衛星群の L バンドテレメータ電波に対する受信実験を行っている際、テレメータ電波の受信周波数に二種のドップラー周波数偏移が生ずることが明らかになった。この現象は L バンド周波数では電離圏プラズマ中の複屈折ではないことが容易に証明され、超高層大気による散乱、特に周波数選択性の高いゼーマン効果を伴ったメーザー現象との結論に至った。

2. 観測

あわら宇宙通信受信システムでは 10 m パラボラアンテナを主体とする 70dB の前置増幅器を備えている。Noaa 12、14、15、16、17 及び 18 号衛星のテレメータキャリア周波数のみの計測において、最小 - 100dBm の感度を持つスペクトルアナライザーで周波数分析を行っている。これらの衛星のキャリア周波数計測を約一年間を通じ 146 軌道実施した結果、約 9.6 % の割合でドップラー効果による互いに独立の二種類の周波数偏移を示すことが明らかになり、二重ドップラー現象と命名した。

3. 二重ドップラー現象の様相

二重ドップラー現象は、軌道計算より予測される主ドップラー偏移（以降 MDPS と呼ぶ）と、それから観測例ごとに最大ずれが 20 ~ 60kHz 程度に異なるが、MDPS から離脱して起こる副ドップラー周波数偏移（以降 SDPS と呼ぶ）を伴っている。そこで SDPS の生ずる様相は、典型的 A 型と、一部出現する B 型に分類できる。典型的な A 型は衛星テレメータ電波入感時と消感時にはほぼ MDPS と一つとなる Ad 及び Au 型と、テレメータ電波受信期間中の任意の時刻に MDPS と一致する Am 型に分かれる。なお、Ad 型は SDPS が MDPS より低い側、そして Au 型は SDPS が MDPS より高い周波数側に出現する場合を示す。従って、Am 型も入感時に SDPS が MDPS より高い周波数側に出現する場合と逆の場合がある。テレメータ電波観測時に一部の時間に SDPS の出現する B 型では、入感後に MDPS より低い周波数側に出現する Bd 型と、消感時に MDPS より高い周波数側に SDPS の出現する Bu 型がある。

4. 二重ドップラー現象の起源

二重ドップラーの出現の様相はこの現象が地上の異常反射やシステムの機器的特性ではないことを明確に示している。本研究では超高層大気に異なる速度で運動する二層の出現を仮定し、ゼーマン効果を伴ったメーザー現象として説明する。即ち、テレメータ電波の周波数 1698MHz の Noaa 12 及び 18 号の場合、高度 130km から 280km に至る領域に分布し、異なる速度をもって運動する NO 分子の振動共鳴線 1699.1882MHz に対しゼーマン効果を伴ったメーザー現象で説明される。また、テレメータ電波の周波数 1707MHz の Noaa 14 及び 17 号の場合、N₂O 分子の振動共鳴線 1709.2877MHz と同じメカニズムでゼーマン効果のもとでのメーザー効果として説明される。

5. E 層上部から F1 層における熱圏大気の wind shear の可能性

二重ドップラー現象を説明するモデルに基づいて高度 130km から 280km 領域における NO または N₂O 分子に二層の異なる運動に対し、MDPS と SDPS の周波数差を説明できる二層の大気の相対速度ベクトルを求めると、南北または北南向きで、水平方向に卓越し A 数 100m/s から時に 2km/s にも達することが結論される。二重ドップラー現象の出現時に wind shear 仮説でよく知られている発達した ES 層の出現について検討すると、逆は真ではないにしても、二重ドップラー現象が出現している時には一例を除いて、国分寺のアイオノグラムには発達した ES 層が出現している。

6. 結論

L バンド衛星テレメータ電波の周波数解析の結果、10 % 弱の割合で衛星運動に伴って、独立した二種のドップラー周波数偏移が観測され二重ドップラー現象と命名している。この原因は、高度 130km から 280km に分布する NO 及び N₂O 分子の振動準位とゼーマン効果を伴うメーザー効果が存在することによって説明された。この場合、E 層上部から F1 層にかけて中性大気分子に明確な wind shear が存在することが示唆される。従って、今後、スプレッド F 層との関連の究明が必要となる。