

磁気赤道～中緯度帯プラズマ圏内のVLF/ELF電磁波動特性

Characteristics of VLF/ELF Waves in the Plasmasphere from Magnetic Equator to Middle-Latitudes

大島 普功 [1], 笠羽 康正 [1], 笠原 禎也 [2], 岡田 敏美 [1]

Shigenari Ohshima [1], Yasumasa Kasaba [2], Yoshiya Kasahara [3], Toshimi Okada [4]

[1] 富山県大・工・電子情報, [2] 京大・情報学・通信情報システム

[1] Electronics and Informatics, Toyama Pref. Univ., [2] Toyama Prefectural Univ., [3] Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto Univ., [4] Electronics and Infomatics, Toyama Pref Univ

地震に起因するとされるVLF/ELF帯波動の衛星観測が数例報告されている。このような観測はプラズマ波動が小さい中緯度-赤道域で可能だが、この領域の波動調査は不十分である。今回、あけぼの衛星により中緯度～赤道域プラズマ圏内のVLF/ELF波動平均強度と衛星で受信するに必要な地上での最小電波放射強度を評価した。前者では、低域混成周波数帯で局所波動が卓越するもののその上下で波動は十分小さいことを確認した。また後者では、地上から10-100W程度の放射があれば常時受信可能であることを確認した。上記を基礎として地震電磁波動の検出を試みたが、過去の報告に相当する現象は検出できなかった。

プラズマ圏を飛翔する人工衛星(Intercosmos-24[1]等)により、地上からの地震に起因するとされるVLF/ELF帯波動の観測が数例報告されている。このような観測は局所的なプラズマ波動が小さい中緯度-赤道域で可能だが、その低活動度故に本領域のプラズマ波動調査は不十分である。本研究では、あけぼの衛星を用い(1)中緯度～赤道域におけるプラズマ圏内VLF/ELF波動の平均的強度分布、(2)プラズマ圏における電波受信強度と地上での電波放射強度との相関を調査し、プラズマ圏内における電離層下起源電磁波の受信に必要な波源の最小放射レベルを評価した。また、上記を基礎として地震関連電磁波動の検出を試みた。

プラズマ圏内VLF/ELF波動分布の解析には、1989-90年にあけぼの衛星が磁気緯度+40～-40degで観測した全データを用いた。ここでは、低域混成周波数[f_{LHR}] (約1kHz)とその上下の3バンドにおける波動強度分布について報告する。f_{LHR}ではプラズマ圏に起因する波動が卓越するが、その上下では波動活動度は小さい。本解析により、(1)f_{LHR}でも低緯度域では波動強度が減少するものの、依然として-90dB V/m程度の活動が見られること、(2)f_{LHR}以上では、波動強度は磁気緯度が+30～-30degにおいて-110dB V/m以下まで減少すること、(3)f_{LHR}以下では、高度3000km以下を除き機器雑音程度の活動に留まることを確認した。これらの波動強度はおおむねKp Indexと正の相関を有するため、磁気静穏時には更にS/N良く電離層下起源の電磁波検出が可能となる。また、これらの解析に付随して、磁気赤道域にて100Hz以下の波動強度が頻繁に上昇するという新現象を確認した。磁気赤道では高域及び低域混成周波数でも活動度の上昇が見られるが、これらとの相関は必ずしも明瞭でない。波動モードの特定を含め今後の課題である。

プラズマ圏における電離層下からのVLF受信電波強度の評価には、オメガ電波及び雷電波を用いた。これらの解析は大前[2]や宮村[3]などにより詳細な報告がなされている。今回の解析では、彼らの結果の確認、特に(1)地上から狭帯域で1kW程度の電波放射がなされたとき、送信側と衛星とが磁力線footprintで10deg程度離れていても-100dB V/m程度で受信されること、(2)full wave法による数値計算によって、ダクト伝搬を開始した後における電離層・プラズマ圏内での減衰が数dB程度に過ぎないことを確認した。これらは、電離層下に起源を持つ電磁波の観測には、衛星のL値・磁気経度が波源にある程度近ければ高度に依らず観測可能であることを示す。以上により、簡単な推定ではあるが、VLFにおいて地上から狭帯域で10-100W程度の電波放射がなされればあけぼの衛星で常時受信可能であることを確認した。ELF帯でも同様の解析が必要であるが、今後の課題である。

以上を基礎として、1989-90年において地震に関連する電磁波現象の探索を行った。M5以上の地震発生前後1週間に衛星footprintが震源から10deg以内をよぎることを条件に、89年に26点、90年に81点のサンプルを得た。これまでの解析では、地震エネルギーと平均的電波強度との相関はなく、またいくつかの電磁現象も全て局所的なプラズマ波動と同定された。今回の解析では数秒程度の継続時間しか持たないバースト現象は検出できず、またあけぼの衛星軌道の性格上、地震直前直後に震源直上を通過するケースは極めて限定されるという問題はあるが、数十～数百W以上の電波現象が長時間継続して起きることはないと言える。この現象の探求には、伝搬異常の解析も含め、地上サイトや短周期衛星による更なる検証が必要である。

プラズマ圏内の波動強度分布の解析は、NOZOMIによる火星探査や現在検討が進められている水星探査との比較の上でも意味がある。また、衛星による電離層下の電波活動探索は、SpritesやElves等の新たな放電現象の観測や金星・火星・木星・土星など他惑星での観測など応用が期待できる。このため、以上の解析は今後も継続する予定である。

[1] O.A. Molchanov et al., Observation by Intercosmos-24 satellite of ELF-VLF electromagnetic emissions associated with earthquakes, Ann. Geophys., 11, 431, 1993.

[2] 大前 拓也、電離圏/磁気圏中のオメガ信号の伝搬特性、京都大学工学部修士論文、1995年

[3] 宮村 和俊、Full wave法による波源を考慮した電離層中のELF/VLF伝搬に関する研究、金沢大学工学部博士論文、1997年.