

フルウェーブ解析による ELF/VLF 波動分布関数の考察

Characteristics of ground-based wave distribution function method for ELF/VLF waves, using full wave analysis

酒井 智弥[1], 鷹野 敏明[1], 島倉 信[1]
Tomoya Sakai[1], Toshiaki Takano[2], Shin Shimakura[1]

[1] 千葉大・自然科学

[1] Graduate School of Sci. and Tech., Chiba Univ., [2] Graduate School of Sci. and Tech., Chiba Univ.

磁気圏 ELF/VLF 波動の電離層透過域を推定する手法として、波動分布関数推定法(wave distribution function method : WDF)が開発されている。本研究の目的は、VLF 波動のダクト放射による地上の電磁界を full wave 計算し、WDF 法の推定結果と電離層下部の波動分布を比較して系統誤差を評価することである。推定された波動分布の形状については地上観測点の位置や周波数依存性について考察する。また、ダクト伝搬する波動と電離層を透過する波動の波数の範囲を表す trapping cone と transmission cone の重なりやダクト終端高度等に依存する電離層下部の波動分布の違いが WDF 法の推定結果にどのように反映されるか検討する。

磁気圏プラズマ中を伝搬するホイッスラ波や、磁気圏に起源をもつヒス、コーラスなどに代表される ELF/VLF 帯の電磁波は、磁気圏ダクトに補足されて伝搬し、電離層を透過後、地上で観測される。これらの波動の電離層透過域の位置や広がりやを推定することは、伝搬路であるダクトや磁気圏プラズマの構造、ELF/VLF 波動の発生伝搬機構の研究にとって重要である。

地上で観測された ELF/VLF 波動の電離層透過点を推定するための到来方位推定法は種々存在するが、多くの手法は到来する波動を単一平面波と仮定し、その波面を決定するものである。Nagano(1989)は VLF 波動のダクト放射を仮定した full wave 計算を行い、電離層透過域の広がりや大地・電離層伝搬効果を含んだ各種方位推定法の誤差について総合的評価を行った。これによって波動分布最大点から約 150km 離れた位置における到来波動の偏波の左旋化と NPE 法の誤差増大が示された。また、大地・電離層間伝搬効果を多重反射波の重ね合わせで評価する H. J. Strangeways によるモデルでは、特に推定誤差の周波数依存性が正しく評価されないことが示唆されている。

一方、電離層透過域のような波動分布を推定する手法として、波動分布関数推定法(wave distribution function method : WDF)が開発されている。本来、WDF 法は人口衛星で電磁界 6 成分が観測された VLF 波動の解析を目的として L. R. O. Storey と F. Lefeuvre(1979)によって考案されたものであるが、積分核に変更を施し(Shimakura, et al.), 地上における電磁界 3 成分観測データに適用されている。WDF 法では観測点に到来する波動を無数の平面波の合成と考え、波数(到来方位)に対するエネルギー密度分布を推定することができる。地上観測の場合は波動の電離層透過域をエネルギーが集中した領域としてとらえることができ、推定された波動分布の分散は電離層透過域の広がりを反映することが計算機シミュレーションで確認されている。しかしながら、このような WDF 法の有効性はこれまでのところ、電離層下部に分布させた素波によって到来波を合成したシミュレーションデータを用いて評価されている。また、大地・電離層間伝搬効果に対する考察には、Strangeawys と同様のモデルが使用されている。

そこで本発表では、VLF 波動のダクト放射による地上の電磁界を full wave 計算し、WDF 法の推定結果と電離層下部の波動分布を比較して系統誤差を評価する。推定された波動分布の形状については地上観測点の位置や周波数依存性について考察する。full wave 法を用いた評価によって、より現実的なモデルで他の推定法と WDF 法の長所、短所を明確にできると思われる。また、これまでに行われた実観測データへの適用において、推定された到来方位が観測点天頂付近に集中する傾向が見られるが、その原因究明も期待できる。さらに、ダクト伝搬する波動と電離層を透過する波動の波数の範囲を表す trapping cone と transmission cone の重なりやダクト終端高度等に依存する電離層下部の波動分布の違いが WDF 法の推定結果にどのように反映されるか検討したい。WDF 法の推定結果から VLF 波動の発生、伝搬機構を議論するためには、大地・電離層間伝搬効果だけでなくダクト放射モデル、電離層透過モデルを含めたシステムで物理現象を矛盾なく説明しなければならない。このような今後の研究目的のためには平面層状媒質中の電波伝搬をシミュレートできる full wave 法が大変有益である。