

## ノンダクト伝搬のホイストラを用いた電子密度分布推定に関する研究

### Feasibility of a radio tomography technique of electron density profile by using non-ducted propagation whistlers

# 後藤 由貴[1], 笠原 禎也[2], 佐藤 亨[3]

# Yoshitaka Goto[1], Yoshiya Kasahara[2], Toru Sato[3]

[1] 京大・情報学・通信情報システム, [2] 金沢大・工学部・情報システム, [3] 京大・情報学

[1] Dept. of Communications and Computer Eng., Kyoto Univ., [2] Dept. of Information and Systems Eng., Kanazawa Univ.,

[3] Informatics, Kyoto Univ.

多数の衛星を用いて磁気圏内の広範囲の電子密度分布をトモグラフィックに観測する技術が提案されている[1,2]。これらの手法は衛星間の電波の送受信において生じる伝搬遅延等の情報をもとに各衛星間のTECを算出し、衛星が取り囲む領域全体の電子密度の分布を推定するというものである。一方、磁気圏内には様々な種類の自然波動が存在する。こうした波動の伝搬特性を積極的に利用して広範囲の電子密度分布を推定する技術が確立できれば、大規模な衛星運用を必要としないという点で非常に有益である。

磁気圏内では電子プラズマ周波数、電子サイクロトロン周波数より低いVLF帯の電波はいわゆるホイストラモードで伝搬する。ホイストラモードの波動は、地球磁場やプラズマ密度の様子を強く反映するため、その伝搬特性を利用することで媒質の推定が可能である。我々のグループでは、以前から電波航法に利用されてきたオメガ信号(10.2kHz)を用いてプラズマ圏内の広範囲の電子密度分布を推定する手法について研究を行ってきた[3,4]。しかし、1998年、オメガシステムはその役割をGPSに譲り、停波されたため、新たな電波の利用が望まれている。本研究では、プラズマ圏内で観測されるホイストラの伝搬特性に着目し、この特性を利用することによりプラズマ圏内の電子密度分布の推定が可能かどうか検討をおこなっている。

ホイストラの地上観測は古くから行われており、現在でも磁気圏の電子密度分布の長期変動の研究などに利用されている。地上で観測されるダクト伝搬のホイストラの「分散」が周波数によらずほぼ一定である一方、衛星で観測されるノンダクト伝搬のホイストラは周波数によって伝搬路が異なるため「分散」は一定ではない。このため、衛星観測で取得されたホイストラのスペクトルから単純に伝搬路の電子密度を推定することはできない。その反面、衛星で観測されるノンダクト伝搬のホイストラは、様々な伝搬路を通して到来するため、衛星軌道上で観測される多数のホイストラの伝搬を総合的に取り扱うことにより、トモグラフィックに広範囲の電子密度分布を推定できると考えられる。ただし、ノンダクト伝搬のホイストラは磁力線に沿った伝搬をしないため、伝搬路自体をローカルな分散関係によって逐次的に推定する必要があるという点で問題は非常に複雑である。本研究の電子密度分布推定は、基本的にオメガ信号を用いた推定法と同様にモデルフィッティングを利用する。すなわち、衛星軌道上で観測されるホイストラのスペクトル形状を、レイトレイシングにより最もよく再現するような電子密度分布を反復改良により求める。ただし、電子密度分布はあらかじめ複数のパラメータをもつ十分に柔軟なモデルにより表現しておく。この方法により、VLF帯の様々な周波数の波動の伝搬に関してコンシステントな電子密度分布が再現される。

過去のあけぼの衛星の観測から、ホイストラの観測頻度はプラズマポーズの内側で非常に多く、観測確率が30%を超えるとされる。したがって本手法が必要とする情報は衛星観測において比較的容易に取得できると考えられる。ただし、現在、我々が積極的に利用できるのは、時間とともに周波数が単調に減少していくような最も一般的なホイストラに限られている。例えばLHR反射の結果として観測されるようなホイストラの利用は、電子密度推定において高度な解法が要求される反面、伝搬路におけるより詳細な分布が推定できる可能性があるため、今後検討していきたいと考えている。

[1] Ergun et al., J. Geophys. Res., 105, 361-373, 2000

[2] Ganguly et al., J. Geophys. Res., 105, 16063-16081, 2000

[3] Kimura et al., J. Atmos. Terr. Phys., 63, 1157-1170, 2001

[4] Goto et al., Progress in Discovery Science, (To appear)