

# 赤道異常，及び大氣中に於ける GPS 電波のレイトレイシングによる伝搬解析

## GPS wave propagation in an equatorial anomaly and atmosphere by ray tracing

# 松尾 敏郎[1]

# Toshio Matsuo[1]

[1] 京大・情報学・通信情報システム

[1] Communications and Computer Eng., Kyoto Univ.

GPS 電波のような UHF 帯電波は、一直線に伝搬するとおもわれがちだが、背景の電子密度で遅延し、密度勾配で屈折する。高度 2 万 km の GPS 衛星はプラズマポーズの外側を飛翔し、GPS 衛星からの電波は地上に到達するまでには、電子密度は低く、電子密度勾配がプラズマポーズ、密度も勾配も大きい電離圏、及び大氣などの特徴ある媒質中を伝搬し地上に到達する。通路は媒質の勾配で曲げられ、通路に沿った背景の電子密度で遅延するので電波を使った測位、TEC、気象などの研究に影響がでる。GPS 電波は、これらの領域で、どのように曲げられ遅延し、地上に到達するのかをレイトレイシングで調べた。レイトレイシングにはアップルトン-ハートリーの屈折率を与える式を用い、背景のプラズマ密度分布は拡散平衡モデルを用いた。プラズマポーズモデルにはスタンフォードモデルを用い、赤道異常モデルを作った。GPS 電波の地上観測では、大氣と電子密度の影響を切り分けることは難しく、測位は電子密度と大氣による通路の曲がり、TEC では磁気圏電子密度と大氣の分離が、気象の分野では電離層の補正などが問題になる。GPS 電波の地上受信には、多くの誤差要因があげられているが、電離層の補正も、そのうちのひとつである。簡単な補正モデルが与えられているが、赤道異常などの不規則電子密度構造のみならず、プラズマポーズも考慮する必要がある。電離層の補正には、GPS の 2 周波 (L1:1.57542GHz, L2:1.22760GHz) を使えば電離層の遅延量がわかり、大氣との分離が可能と考えられているが、これは、2 周波が同一のパスの場合で、背景の分散性媒質を考えると、同一の通路を伝搬した電波が観測されたとは考えにくい。レイトレイシングでは、伝搬中の情報を得ることができるので、L1 と L2 をプラズマポーズの効果を調べるために、衛星から真下に電波を送信した。プラズマポーズを通過直後の遅延時間は、電子密度が低いので、大変小さい結果を得たが、密度勾配は大きいので、同じ方向に送信されたのにも関わらず L1 と L2 の通路はわずかに離れて伝搬するようになり、GPS 伝搬には無視出来ない領域であることが明らかになった。この後、電波は電離圏のトップサイドまで、遅延時間を増加しながら、徐々に離れるように伝搬する。電離圏の効果は、高度 1000km から真下や、斜めに送信して調べた。電離圏の密度は高く、勾配も大きいので、斜め伝搬になるにつれ、両者の差は広がる。特に、赤道異常中では、そうでないときの伝搬に比べて、増加した電子密度で遅延時間は増加し、密度の緯度勾配が大きいので L1 と L2 の到達緯度差は、より、拡がることが明らかになった。また、等方大氣の屈折率モデルを用い同様の計算をしたが、本報告では、媒質中の遅延時間と通路を真空中の伝搬特性と比較して報告する予定である。