

プラズマバブルによる散乱を考慮した VHF 帯海外 TV 放送波伝搬シミュレーション

Simulation of propagation of VHF overseas TV broadcasting waves scattered by equatorial plasma bubbles

赤池 宜昭[1]; 中田 裕之[2]; 大塚 雄一[3]; 長嶋 郁生[2]; 鷹野 敏明[2]

Yoshiaki Akaike[1]; Hiroyuki Nakata[2]; Yuichi Otsuka[3]; Ikuo Nagashima[2]; Toshiaki Takano[2]

[1] 千大・自・電子情報; [2] 千葉大・自然科学; [3] 名大 STE 研

[1] Electronics and Information Sci., Chiba Univ.; [2] Graduate School of Sci. and Tech., Chiba Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.

千葉大学では、千葉県館山市に設置した LPDA(Log-Periodic Dipole Array)アンテナにて VHF 帯電波観測を行っており、春秋の 20~24 時[JST]にかけて本来到来しないはずの 50~75MHz の海外 TV 放送波が観測されている。また、春秋の夜間にかけて、鹿児島県佐多町においてプラズマバブル(Plasma bubble)が観測されている。これらは同時に観測されている事が多い。館山の LPDA アンテナは西方向を向いていることから、電波は西から到来していると考えられ、館山に対して西に位置する佐多で観測されているプラズマバブルは、館山で観測された VHF 帯電波の異常伝搬要因として十分考慮すべきものであり、その相関関係は本学において確かめられている(長嶋他, 2003 年合同大会)。そこで本研究ではその相関関係をシミュレーションを行うことによって確かめることを目的としている。

plasma bubble は、名古屋大学太陽地球環境研究所によって鹿児島県佐多町(31.0°N, 130.7°E)に設置された全天気光カメラを用いて連続観測されている。

plasma bubble とは電離層(F 層)において、プラズマ密度が局所的に(2桁以上)減少する現象で、春秋の夕方から夜にかけて磁気赤道領域に現れ、上空 1000km 以上まで上昇した後、磁力線に沿って拡散するために、沿磁力線構造をしている。スケールは、東西方向に数 10km~100km 程度、南北方向(磁力線方向)に数 100km 程度で、内部に数 m 程度のスケールの不規則な密度分布をもっている。この疎密構造(プラズマイレギュラリティー)によって、波長が数 m である VHF 帯電波は、バブル内に突入すると散乱される。散乱方向は、突入点での磁場と電波の伝搬方向のなす角度をとると、磁場とをなす円錐状の方向である。バブルは沿磁力線構造であることから、佐多で観測された位置(高度は 250km)から伸びた磁力線を求めればその分布は容易に得られる。そこで、磁力線モデルである IGRF モデルを用いて磁力線を計算することによって、緯度方向に伸びた地表に垂直な板状のモデルを想定した。

今回、電波伝搬路の計算方法として Ray-tracing 法を用いた。これは、送信点から放射された電波の伝搬方向を屈折率の変化によって決定し、その経路を逐次追跡することで、受信点までの伝搬経路計算するものである。

送信点から受信点までのシミュレーション(計算)手順は以下の通りである。

- (1)送信点を決定する(今回はフィリピン - マニラ 121°E 15°N に固定)。
- (2)プラズマバブルの位置(経度)を決定する(仮定したバブルのモデルを使用)。
- (3)電波の送信方向(北からの角度と打ち上げ角)を決定する。
- (4)決定されたパラメータを用いて、レイトレイシング法により電波の伝搬経路を計算する。
- (5)電波が、想定したプラズマバブルに衝突した場合には、その衝突点(散乱点)における磁場と伝搬方向のなす角を求め、電波の散乱方向を求める。
- (6)求めた散乱各方向に対して、レイトレイシング法によって伝搬経路を求め、地上に到達した電波についてはその到達点を求める。

ここで、レイトレイシング法において屈折率を計算する際に用いる電子密度プロファイルは、130°E 20°N(フィリピンと館山の間点)における 2001 年 11 月 12 日 22 時[JST]の IRI モデルを使用した。

今回は、2001 年 11 月 12 日の例について検証を行った。同日 23 時頃、東経 127°北緯 27~33°の位置にプラズマバブルが観測され、館山において 20~24 時[JST]の間、いくつかの周波数(50~75MHz)で受信強度が増加した。そこで今回は、その中から、フィリピンから送信されたと考えられる電波(59.75, 65.75, 71.75MHz)に注目した。

まず、59.75MHz の電波についてシミュレーションを行ったところ、両イベントが同時に観測されている 23 時において、電波は館山まで到来する結果となった。また、同様に 65.75, 70.75MHz についてもシミュレーションを行ったところ、それぞれ電波が到来するという結果になった。このことから、周波数に依存しない観測例に合致しており、シミュレーションによって現象を説明できる。

また、これらを他の日時のデータにも適用できるよう、フィリピンから送信された電波が館山に到達するためにプラズマバブルが存在すべき領域を求めた。