

## 衛星による地震の電離圏への影響の観測

—ひのとり衛星により得られた電子温度の予備的解析—

小山孝一郎(首都大学東京)\*、児玉哲哉(宇宙航空研究開発機構)、鴨川 仁(東京学芸大学)、  
柿並義宏(九州大学) \*現在国立中央大学宇宙科学研究所

**概要:**1981年2月21日、太陽観測衛星「ひのとり」は、軌道高度約600km・軌道傾斜角31度の軌道に投入され、1982年7月まで北緯30度から南緯30度の領域で、日本の開発したユニークな2個のプラズマ測定器、電子温度プローブ、およびインピーダンスプローブによって良質な電離層プラズマデータを取得した。この高精度のデータは、赤道及び低緯度領域の電子密度(Ne)と温度(Te)変化を研究するのに理想的である。データはNASA NSSDCに収められており、多くの国外研究者が利用している。これまでこのデータを用いて、多くの成果がだされた。先ずプラズマバブル中の電子温度が世界で始めて計測され、その地方時依存性が明らかにされた。この結果を越えるデータは日本以外いまだ得られていない。また赤道、低緯度帯の電子温度の地方時に関する振るまいを初めてあきらかにするとともに電子温度に対して特に東西方向、南北方向の中性風の影響が極めて大きいことを示した。更にそれまで存在しなかった高度600kmでの電子温度モデルを構築した。これをもちいて磁気嵐時の朝方の電子温度の振る舞いをしらべた。このデータを使って更に幾つかの研究がなされうが、我々は一応、大体ではあるが、高度600kmにおける赤道帯電子温度のおもなる振る舞いを理解したと思われた時点で、懸案の電離圏への地震の影響に関する研究を開始した。以下はこれまでの解析結果の概要である。

**データ解析:**地震の電離圏への影響を研究するために、信頼できるデータを蓄積して先ず電離圏電子温度の平均的なモデルを作り、其のモデルからのずれを見るという手法をとった。これが我々が長年に亘り、モデル作成に労力を費やした主なる理由である。特に電子温度は電離圏物理量の中で周囲の変化に最も敏感である。ここでは1981年11月、1982年1月にフィリピン近くで発生した3つの地震に対し、構築したモデルを用いて、擾乱のない電離圏の電子温度と、それぞれの衛星軌道でえられた電子温度のモデルからのずれを調べた。これまでの解析結果の主なる結論は以下の通りである。

1. 夕方にあらわれる電子温度の上昇(我々は **Afternoon overshoot** となずけている)は地震発生約5日前から減少し始め、地震発生時に最小となり、地震発生後約5日で静穏時の電子温度にかえる。3つの地震のうち、大きい地震ほど前兆はより早く現れ、より遅く回復する傾向がある。
2. 電子温度減少の領域は震央を中心にして東へ約30度、西へ約30度の計60度に及ぶ。南北への分布は北半球に大きく偏り、震央で電子温度最低になる傾向がある。
3. ひのとりで得られた電子密度には、きわめて僅かの減少がみられる時もあるが明瞭ではない。多くの場合、イオノグラムからえたNmF2電子密度には大きな変化を見つけることは困難であった。マニラのイオノグラムを見ると、地震発生時を中心にして電離層高度が低くなっている。

**議論:**このような電離圏の振る舞いは解析した3つの地震の場合、震源の西、東方向いずれにも西向き電場が印加されたと考えると説明できそうである。電場は赤道異常に少しだけ影響するぐらいのものであるから1mV/m程度である。

先ず東向き電場により生成されている赤道異常においては、西向き電場により、最大電子密度の緯度が赤道側による。同時に赤道より少しずれた電離圏の電子密度が西向き電場により下方にむけて輸送される。この結果赤道異常の電子密度の高い層が夕方近くまで維持される。600km高度でのAfternoon overshootは低い高度で生成された光電子が600km付近の熱電子に衝突してこれを過熱することにより生じる。従って光電子生成高度と600km高度の間に電子密度の高い層があると、ここで光電子のエネルギーが失われる。上記の地震3件のばあい、このような事が生じたと考えられる。

残念ながら上記3地震ときにおける全電子数の緯度、地方時依存性を整理したデータはないが台湾でのChi-Chi地震前後の赤道異常の振る舞いは上記のメカニズムを支持しているように思える。

### 結び:

地震の電離圏への前駆現象に関する報告はここ数年急速に増え、新たな電離圏研究の展開を思わせるほどである。とはいえまだこの研究は生まれたばかりであり、多くの電離圏研究者が懐疑的である。しかし我々研究者はこれらの報告を検証する社会的義務があるようにおもっているが、現実にはこの問題に取り組むには新たな課題のうえにそれぞれの研究者はこれまでの研究の遂行に時間をとられるため、ためらいがあることも理解できる。

我々の解析結果は電離圏電子温度の振る舞いに電場が寄与していることを強く示唆しているように思える。このことは電子温度のよる地震前駆現象の検出は、電場が効果的に働くF層高度異常で且つ低緯度に限られることをしめしている。緯度がたかくなればなるほど電場の電離研への影響はうすれる。日本の緯度付近では電場による寄与を検出するには高い。これが過去に日本での地震の電離層電子密度の変化が検出されにくい理由であろうと考える。

電子温度がゆっくりと変化していることが電場によるものであるとすると、地磁気データ、地電流が長期[やく10日]にゆっくりドリフトしていることを示唆しているが多くの局地的な擾乱が存在する地上において長期変動を抽出するのは容易ではないように思える。

ひとりの解析結果はまた我々に衛星による観測が必要であることを強く印象づけた。衛星は基本的には電子密度、温度測定器を搭載することで目的を達せられるが、地震による電場の電離圏への浸透メカニズム、電離圏で生じる種々の物理現象を解明するためにはこれまで地震に伴って生じたと報告されている、大気光の増大、荷電粒子の降下、低周波電波の発生を同時に検証することが肝要である。

衛星は最も簡単で軽量な場合、スピン型、あるいは重力勾配型を採用できる。衛星軌道は、得られたデータから先ずモデルを構築すること、および電子温度の変化の現れやすい高度を考えると、軌道傾斜角30-35度、高度550-600kmの円軌道であるべきで、すべての地方時をカバーすることも必要である。