

# 地震に関連する地圏・大気圏・電離圏カップリング

鴨川仁(東京学芸大学), 服部克巳(千葉大学), 劉正彦(台湾・国立中央大学)

## 1 地震に関連する大気圏・電離圏擾乱

地震に関連する電磁気現象は、地電流、超低周波電磁波などの地上観測だけに現れる現象だけでなく、電離圏擾乱などの現象も報告されている。後者については1970年代から指摘され始め、ロシアを中心に数多くの観測報告がある。特にGufeldら(1992)は、VLF帯電磁波の電離圏-大地導波管内の伝搬観測から下部電離層の状態を調べた。その後、この方法を用いて、ロシア、日本、イタリアが積極的に観測を行い、LF帯でも同様な観測が行われるようになった。その後、1995年ごろから同様な電波伝搬観測を用いた方法で、VHF帯電磁波においても地震前の異常伝搬が見られると指摘があった。現在では日本を中心にこの周波数帯を使い地震の前兆変化を目的とした電波伝搬観測を進めている。一方、Liu et al.はイオノゾンデ(Liu et al., 2000)やGPS-TEC(Liu et al., 2001)を使って、台湾で生じるM5以上の地震について調べたところ、台湾上空のF層の電子密度が地震前減少することを指摘し、最近では統計的な結果も得ている(Liu et al., 2005)。さらに、我々は大気圏にも地震前に擾乱があることを統計的に示している(Fujiwara et al., 2004)。最近ではこのような統計的結果も増えてきた。

## 2 発生メカニズム

もし、以上の大気・電離圏擾乱が地震の本震前の“なにか”によって起こされているのであれば、いくつかの地上観測で“なにか”の異常を捉えられるべきだと考えられる。そして発生メカニズムは数多く提案されている(図1)。まずは、地上に大気電場が発生しそれが電離圏に及んでいると考え方がある。しかし震央から数十キロ離れた範囲ではLiu et al. (2000)の結果を説明するような大気電場変動は見あたらないという観測結果も我々は得ている(Kamogawa et al, 2004)。またこれらの大気電場の発生原因は、本震前のラドン放出や、正の電荷を帯びた格子欠陥が、地震活動前の微小破壊によって励起され地上まで拡散してくるという考え方などがある。

一方、地震前、大気重力波が地表から電離圏に伝達しているのではないかとという観測結果の解釈やモデル計算もある。実際これらのインフラソニック波、大気重力波の励起を観測で捉えたという主張はあるが、検証にはもう少し時間がかかると思われる。この大気重力波の励起源として主張されているものは、地震前の地表面の長周期振動や熱源の発生である。前者は、地表面のわずかな上下変動が電離圏では大きく大気を変化するという事実が基礎になっており、実際に地震時の変化を電離圏で捉えたという論文は、数多くある。しかし、長周期の地表面の変動を高感度で捉えることのできる超伝導重力計による観測では、前兆的な変動が見られたという報告は今のところない。後者については、地震前の地表面の局所的な温度上昇や赤外線放射など観測例はあるがこれらが電離圏擾乱の起源にはならないであろうという数多くの指摘がある。

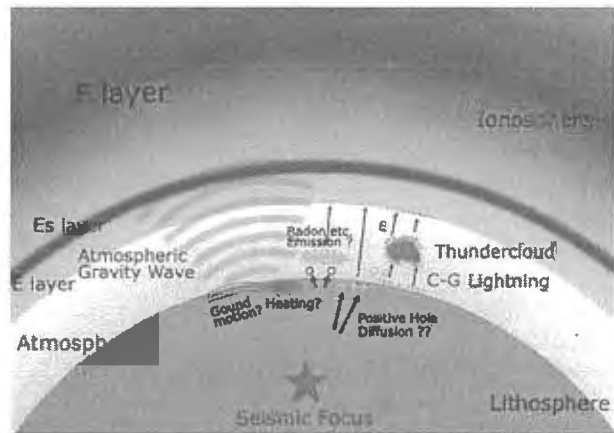


図1 地震に関連する大気圏・電離圏擾乱の発生メカニズム

## 3 まとめ

最近の研究では地震に関連する大気圏・電離圏擾乱の存在を統計的に支持しつつある。それゆえ、メカニズムの研究も含め今後さらに研究を発展させる必要がある。

## 参考文献

- Fujiwara, H., M. Kamogawa, M. Ikeda, J. Y. Liu, H. Sakata, Y. I. Chen, H. Ofuruton, S. Muramatsu, Y. J. Chuo, and Y. H. Ohtsuki, Atmospheric anomalies observed during earthquake occurrences, *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L17110, doi:10.1029/2004GL019865, 2004.
- Gufeld, I. L., A. A. Rozhnoi, S. N. Tyumensev, S. V. Sherstuk, and V. S. Yampolsky, Radiowave disturbances in period to Rudber and Rachinsk earthquakes, *Phys. Solid Earth*, **28**, 267-270, 1992.
- Kamogawa, M., J. Y. Liu, H. Fujiwara, Y. J. Chuo, Y. B. Tsai, K. Hattori, T. Nagao, S. Uyeda, and Y. H. Ohtsuki, Atmospheric Field Variations before the March 31, 2002 M6.8 Earthquake in Taiwan, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **15**, 445-461, 2004.
- Liu, J. Y., Y. I. Chen, S. A. Pulinet, Y. B. Tsai, and Y. J. Chuo, Seismo-ionospheric signatures prior to M≥6.0 Taiwan earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 3113-3116, 2000.
- Liu, J. Y., Y. I. Chen, Y. J. Chuo, and H. F. Tsai, Variations of ionospheric total electron content during the Chi-Chi earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 1383-1386, 2001.
- Liu, J. Y., Y. I. Chen, Y. J. Chuo, and C. S. Chen, A statistical investigation of pre-earthquake ionospheric anomaly, *J. Geophys. Res.* (in press), 2005.