

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560184

研究課題名(和文)地震前兆時における電磁波の伝搬と散乱の新しい理論にもとづく短期地震予測

研究課題名(英文) Short-term earthquake prediction based on a new theory of propagation and scattering of electromagnetic wave before earthquakes

研究代表者

田原 稔 (Tahara, Minoru)

富山大学・大学院理工学研究部(工学)・助手

研究者番号：40242482

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：地震前兆の電磁気現象として、通常は受信できない見通し外の地域においてFM放送波を受信できることが報告されている。この現象を確認するため、FM放送波を受信するシステムを構築して継続観測した。観測データには地震の発生前に電磁的信号の増大が確認された。2次元及び3次元モデルによる電磁波伝搬の数値解析を行ない、表面プラズマ波により電磁波が遠くまで伝搬することが確認された。

研究成果の概要(英文)： It is reported that FM radio wave can be received as an electromagnetic precursor of earthquakes at the out-of-sight area where the radio wave can not be received normally. To confirm this phenomenon, we have constructed the system for receiving FM radio waves in Japan and performed continuous observation. Increase of electromagnetic noises was sometimes noticed in the observational data before earthquakes. We have analyzed electromagnetic wave propagation by two-dimensional and three-dimensional models, and it was clarified that a signal is transmitted to far places by the effect of surface plasma waves.

研究分野：複合領域

キーワード：電磁気現象 VHF帯放送波 見通し外伝搬

## 1. 研究開始当初の背景

我が国は多くの地震が頻発する地域であり、今なお首都直下、東海、東南海で予想されている大地震の危機に直面している。地震は場所、時を選ばない自然現象であり、昔よりこの自然現象の猛威に悩まされ続けてきた。これらの危機を回避すべく、中・長期的（数百年～数年）な予測の他に短期的（数ヶ月～数日）な予測を行なうことは重要なテーマと考えられる。

地震の短期予測は、従来からの地質学的なアプローチのほかに、近年は電磁気的なアプローチによる手法がクローズアップされている。これまで、地震の直前にはFMラジオ波の異常伝搬等をはじめとする様々な電磁気現象が生じることが確認されている。このような現象を継続的に観測することにより、地震の発生する場所、時間、規模を予測した事例が報告されている（Moriya et al, Geophys. J. Int., v.180, p.858, 2010 等）。

しかし、地震に伴う電磁気現象の観測における問題は、これらの現象のメカニズムがまだ理論的に解明されていなかったことである。また、この地震前兆としてのFMラジオ波の異常伝搬は荷電粒子の地表面上での振動である「表面プラズマ波」現象として理論的に説明できるという報告がある[1]。そこで今回、この新しい理論にもとづく科学的アプローチを採用することにより地震の前兆を捉え地震予知の可能性を探る。

## 2. 研究の目的

地震の直前に地殻の圧力変動により地表面に現れた電荷によって表面プラズマ波が励起される。そのとき励起された表面プラズマ波とFMラジオ波が結合することによりFMラジオ波が増強され、その結果普段は受信できない、見通し外のFMラジオ波の受信が可能となることがある。この状態が地震発生まで数日から週間程度継続するとされ、この異常現象を捉えることを試みる。

本研究ではFM周波数帯のラジオ波に注目し、地震が発生する直前の電波の異常伝搬と地震との関連性を探り、地震の前兆現象を地震発生の数週間程度前に捉えることを目標とする。地震が数週間以内に発生する（可能性がある）という短期予報情報が得られれば、日常生活、産業活動において効率的に防災対策を講じることが可能となると思われる。

## 3. 研究の方法

### (1) 観測システム及びデータベースの作成

観測システムの構築は以下に行なった。指向性アンテナ（八木アンテナ）を本学工学部屋上に設置し、アンテナと研究室内に設置してある受信機とをケーブルで繋ぎ、受信機をプログラムによって制御することにより、観測されたFMラジオ波の周波数ごとの受信強度を単位時間毎にPCへデータとして保存できるようなシステムとした。

観測対象とするFMラジオ波の周波数は富山市を中心に各方面万遍なく、かつ周波数が重複しないように選択した。このシステムを用いて、FMラジオ波の受信強度データを蓄積した。

### (2) 地震発生との関係

本システム構築後に日本国内で発生したM5.0以上の地震に対して、それぞれの地震発生の数週間前から地震発生までの受信データのチェックを行なう。本観測システムで検出したFMラジオ波の受信強度の異常が、地震の前兆か否かを検討した。

### (3) 数値シミュレーション

FMラジオ波の観測と平行して、大気中のFMラジオ波と表面プラズマ波との結合の現象を、平坦な平地モデルを用いた2次元の伝搬解析及び、山岳の地形を模した円錐モデルを用いた3次元の伝搬解析を行ない、地震直前のFMラジオ波の異常伝搬が表面プラズマ波によるものか確認した。

## 4. 研究成果

### (1) 観測データのノイズ

観測されたデータにおいてFMラジオ波の受信強度に通常と異なるノイズ波形が認められた時、まず、このノイズが地震前兆によるものなのか否かを判別する必要がある。観測データで通常多く見られるノイズは航空機によるFMラジオ波の反射によるノイズであり、これは細長いパルス状波形が同時刻に複数の観測周波数で見られる。

また5月中旬から8月上旬にかけて多く発生するスポラディックE層による電離層反射によるノイズは、数時間にかけて300km以上離れた場所にあるラジオ局の電波が増強されて受信される。電離層の観測データは情報通信研究機構（NICT）が日本列島の数カ所で観測したものを一般に公開しており、これと照合することによりスポラディックE層によるノイズを推定できる。

その他、雷によるノイズ、太陽フレアによる広帯域なノイズ、流星散乱と呼ばれる電磁波の見通し外伝搬によるノイズ、また大気状況によってダクト伝搬により見通し外へ電波が伝搬するノイズなどがある。これら以外にも人工的な高調波など非常に多くのノイズ要因が考えられる。これら多くのノイズを考慮して観測データを検討した。

### (2) 観測データ

構築したシステムを用いて観測したデータベースより、観測範囲内（観測対象としていたラジオ局の存在する範囲内）で発生した地震に対して観測データを検討したところ、その地震発生直前に地震の前兆と思われるノイズが観測されたデータがいくつか見受けられた。M4程度以上の地震では、電磁波異常が観測データに明確に表れることが多

いとされており[2]、これに基づいて発生した地震から地震の前兆と思われる観測データの推察を行なった。

### (3) 数値解析によるシミュレーション

今回、平坦な平地モデルと山岳地形を模した円錐モデルの2つのモデルを用いて地表プラズマ波の伝搬のシミュレーションを行なった。

#### 平地モデルにおける伝搬解析

解析モデルは、伝送距離(z-軸方向)100m、高さ(x-軸方向)40mの2次元モデルとした。このモデルにおいて、大地はx = 10mの位置に、そしてプラズマ領域は高さx = 10mの位置で伝送距離30m ~ 80mの範囲に設定した。

FMラジオ波の周波数は70MHzとし、波源はz = 0mの位置に電界方向がx-軸と並行となるように設定し、地表から高くなるにつれて放射強度が弱くなる半ガウス型の強度分布を持たせた。地表面の実効プラズマ周波数を60MHz ~ 400MHz (電荷密度  $2.69 \times 10^{14} \sim 1.19 \times 10^{16}/\text{m}^3$ )と変化させ、地表面電荷の変化による伝搬強度の変化のシミュレーションを行なった。なお外周部は完全吸収層とし境界における反射はないものとした。プラズマ周波数90MHzのときのシミュレーション結果を図2に示す。シミュレーションより、約90MHzより高い周波数において、プラズマ領域端まで信号が伝搬していることが確認され表面プラズマ波が励起されることが明らかになった。

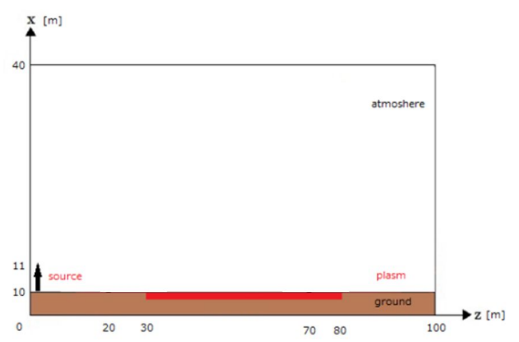


図1 2次元解析モデル

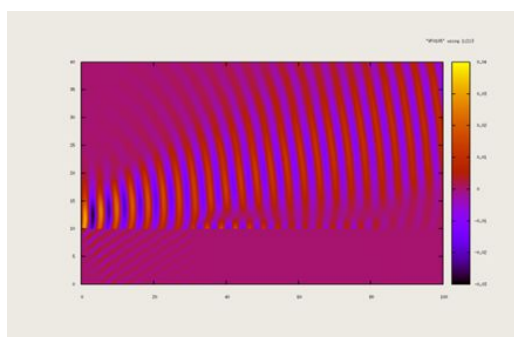


図2 プラズマ周波数90MHzにおける伝搬のシミュレーション

#### 円錐モデルにおける伝搬解析

解析モデルは、伝送距離(z-軸方向)100m、幅(x-軸方向)40m、高さ(y-軸方向)60mの3次元モデルとした(図3参照)。このモデルにおいて、大地はy=10mの位置とし、また山岳を模した円錐モデルは半径15m、高さ30mとしてプラズマ領域のある円錐を(z, x, y) = (50, 20, 10)位置に配置した。

FMラジオ波の周波数は70MHzとし、波源は(z, x, y) = (0, 20, 30)位置に電界方向がy-軸と並行となるように設定し、半ガウス型の強度分布を持たせた。円錐面の実効プラズマ周波数60MHz ~ 400MHz (電荷密度  $2.69 \times 10^{14} \sim 1.19 \times 10^{16}/\text{m}^3$ )と変化させ、地表面電荷の変化による伝搬強度の変化のシミュレーションを行なった。なお外周部は2次元モデルと同様に完全吸収層とし境界における反射はないものとした。プラズマ周波数90MHzのときのシミュレーション結果を図4に示す。円錐モデルの表面のうち信号源に面していない側面においては、円錐モデルにプラズマが出現しているときの方が出現していないときと比べて、電界強度が強く現れることがわかった。

以上のことにより、平坦な2次元モデル及び山岳などの障害物がある3次元モデルともに表面プラズマ波により、信号がより遠くまで伝搬することがシミュレーションにより明らかになった。

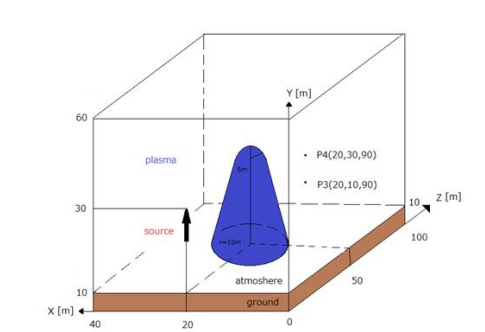


図3 3次元解析モデル

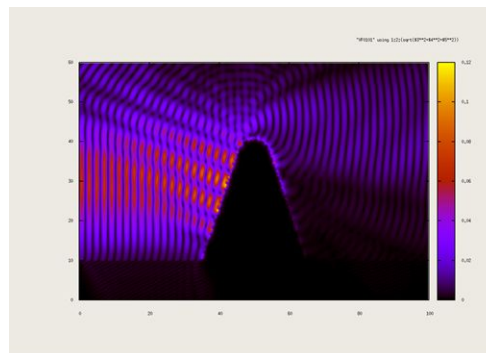


図4 プラズマ周波数90MHzにおける伝搬のシミュレーション

#### (4) 今後の方針

今回観測した電磁波のデータには地震に先行する明確な前兆現象は見いだせなかったが、地震に関連すると思われる電磁ノイズの増加が何例か確認された。今後、さらに観測データを蓄積し、このことについてより詳細に統計的解析を実施する予定である。

#### <参考文献>

- [1] M. Fujii, "Theory of ground surface plasma wave associated with pre-earthquake electrical charges"
- [2] 森谷 武男「地震予報のできる時代へ」

#### 5. 主な発表論文等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

田原 稔 (TAHARA, Minoru)  
富山大学・大学院理工学研究部 (工学)・  
助手  
研究者番号: 40242482