

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K04129

研究課題名（和文）電磁プラズマ波の精密観測による地殻活動検知と短期地震予測法の確立

研究課題名（英文）Establishment of a Short-Term Earthquake Prediction Method and Detection of Crustal Activity by Precise Observation of Electromagnetic Radio and Plasma Waves on Earth

研究代表者

藤井 雅文（Fujii, Masafumi）

富山大学・学術研究部工学系・准教授

研究者番号：60361945

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：電磁気的および電子物理化学的な新しい原理の短期地震予測法を確立するため、超高周波（VHF）帯ノイズを低減する狭帯域フィルターを設計製作し、低ノイズ・高感度な電波観測が可能な装置を複数地点に配置し、大規模な地震の数時間前に異常な電波伝搬信号を検出することに成功した。さらに大規模数値シミュレーションにより異常信号が地震に関連して発生する物理的機構を明らかにし、数百kmの範囲の地殻活動のモニタリングと地震の短期予測が可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、地震の発生を数日から数時間前に察知し、その事態に備え、予期せぬ事態を最小化することを目標としている。これまでは地震が突然発生し、不意を突かれることによる不安と災害が極めて大きかったが、数時間前の予測が可能になれば心理的、社会的な安全や減災の効果は極めて大きい。学術的にもこれまで非常に困難とされていた地震の短期予測が可能であることおよびその物理機構を示した意義は小さくない。

研究成果の概要（英文）：In order to establish a short-term earthquake prediction method based on new principles of electromagnetics, electro-physics and electro-chemistry, we designed and fabricated a narrow-band filter to reduce very high frequency (VHF) band noise, and placed low-noise, high-sensitivity radio wave observation devices at several locations, and successfully detected anomalous radio propagation signals several hours before major earthquakes. We also succeeded in detecting anomalous radio propagation signals several hours before large earthquakes. Furthermore, we clarified the physical mechanism by which anomalous signals are generated in relation to earthquakes through large-scale numerical simulations, and showed that it is possible to monitor crustal activity over a range of several hundred kilometers and to predict earthquakes in the short term.

研究分野：電磁波工学

キーワード：電磁波観測 VHF 地表面プラズマ波 応力誘起電荷 個体電気伝導 短期地震予測 地殻活動モニタリング 電磁波解析

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地震の発生は突発的であり、従来方法ではその事前予測は困難であるとされてきた。しかし、地震の発生直前には電磁気的な現象が生じる可能性があり、これを的確に捉えることにより短期の地震予測が可能であることが近年明らかになってきた。これは、地震の前に地殻の岩盤に圧力が加わることにより地殻内部から膨大な電荷が放出されるためであることが示唆されている。こうして地上に出現した電荷は電波と相互作用し、地表面プラズモンとして振動、伝搬し、さらに上空を伝搬する電波が異常な回折を受ける電磁波異常現象として観測されることを、研究代表者は理論、数値シミュレーションおよび実験観測により示してきた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、地震前兆の電磁気学および電子物理化学的な発生原理を解明し、地震直前にその発生を予測する手法を確立することである。これにより、地震の発生を数日から数時間前に察知し、その事態に備え、予期せぬ事態を最小化することを目指している。これまでは地震が突然発生し、不意を突かれることによる不安と災害が極めて大きかったが、数時間前の予測が可能になれば心理的、社会的な安全や減災の効果は極めて大きいといえる。

3. 研究の方法

(1) 研究代表者は図1に示す日本の複数の地点(富山、静岡等)において、その他の地域から伝搬する電波の強度を常時観測、記録、解析している。これらの信号は非常に微弱であり、超高周波(VHF)帯の電波のノイズを低減するために、図2に示す非常に急峻な周波数選択性を有する超狭帯域阻止フィルターを開発し、これを用いることで都市部においても低ノイズかつ高感度な電波観測が可能な装置を製作し、複数の観測拠点をネットワークで結び、各地の観測データをリアルタイムで取得し解析できるシステムを構築してきた。

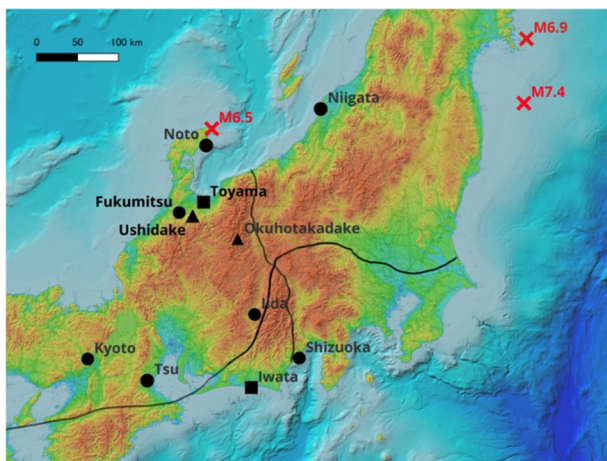


図1 電波観測点(○) 放送局(□) 主な断層帯(黒線) 主な震源位置(×)

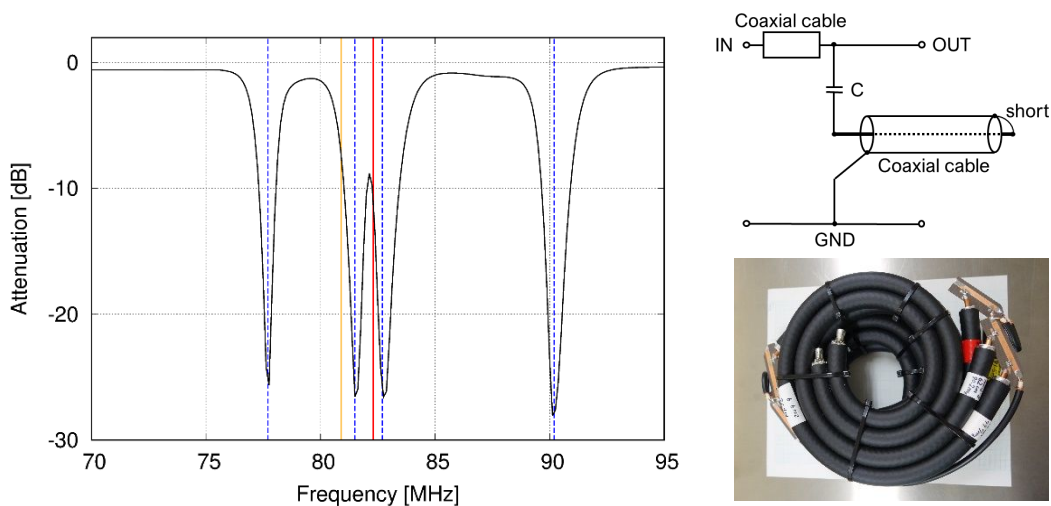


図2 超狭帯域阻止フィルターの伝達特性、等価回路、製作例

(2) 異常な電波伝搬の発現機構を明らかにするため、デジタル国土地形データを用いて有限差分時間領域法(FDTD法)による大規模数値シミュレーションを超並列スーパーコンピュータ上でを行い、山地、河川、海岸などの地形が地表面プラズマ波の伝搬に及ぼす影響を解析した。図3に三重県津市から静岡県磐田市への電波が伝搬する際の地形の概要を示し、図4に渥美半島太平洋側の地形を解析した際の数値モデルを示す。図4の地形を解析した結果、地表面に電荷が出現した状況では偏波に依存する電磁波の異常な回折が生じることを示すことに成功した。その解析結果例を図5に示す。また、その異常回折波の特性を詳細に解析し、地形のランダムな形状により電磁波が収束した無数のビームを形成しランダムな方向へ散乱放射する様子を明らかにした。これにより、地震の前兆現象が電波伝搬に及ぼす物理的機構を解明することができた。

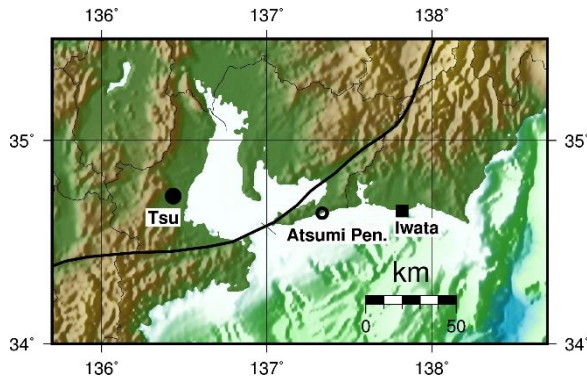


図3 津から磐田への電波伝搬経路地形

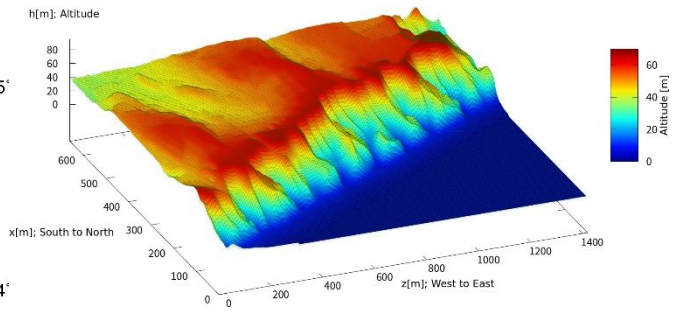
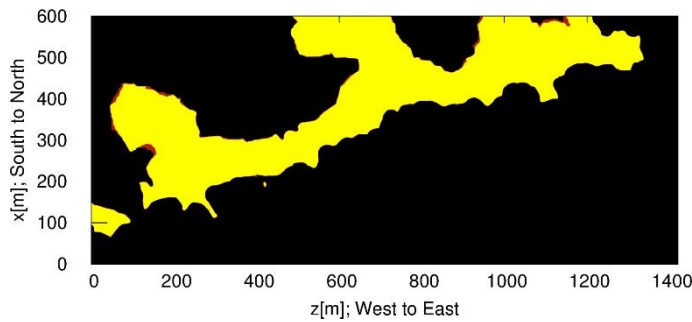
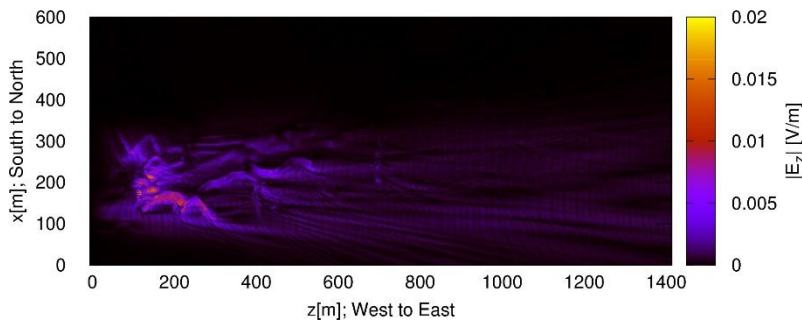


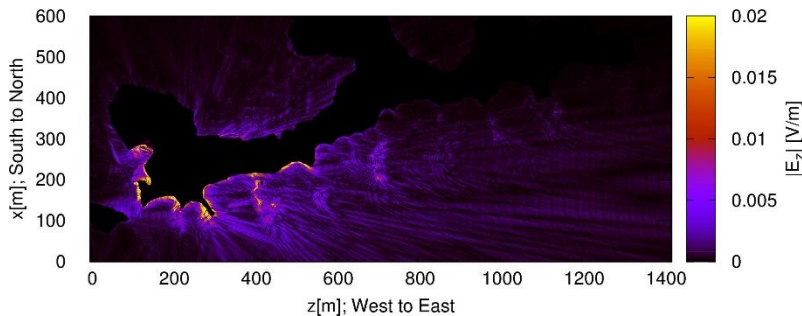
図4 渥美半島太平洋側の海岸地形解析モデル



(a) 地形の水平断面形状 (黄色部分)



(b) 地表面に電荷が存在しない場合 (地震のない場合を仮定) の電磁波散乱の解析結果



(c) 地表面に電荷が存在する場合 (地震前兆時を仮定) の電磁波散乱の解析結果

図5 図4の地形付近の電波伝搬の超並列スーパーコンピュータによる数値解析例

#### 4. 研究成果

(1) 本システムを用いて、複数の比較的大規模な地震の数時間前に異常な電波伝搬信号を検出し、そのような異常信号が地震に関連することを示した。また、地表面における電荷の存在の証拠となる偏波依存した地震前兆信号を検出することに成功した。

(2) 研究代表者がこれまでに検出した地震の前兆信号の例を下記に示す。これら以外にも多くの地震の前兆信号を観測および検出しており、それらの中から顕著な例を示す。

まず、図6に示すように、2022年3月16日に発生した福島沖地震(M7.4)の前日に、200km以上離れた2地点で極めて明瞭な前兆信号を検出した。この事象では静岡観測点での信号が強く、富山観測点での信号が弱かったため、太平洋側での地震が予測され、実際にその通り、最大電波強度を観測した約5時間後に地震が発生した。

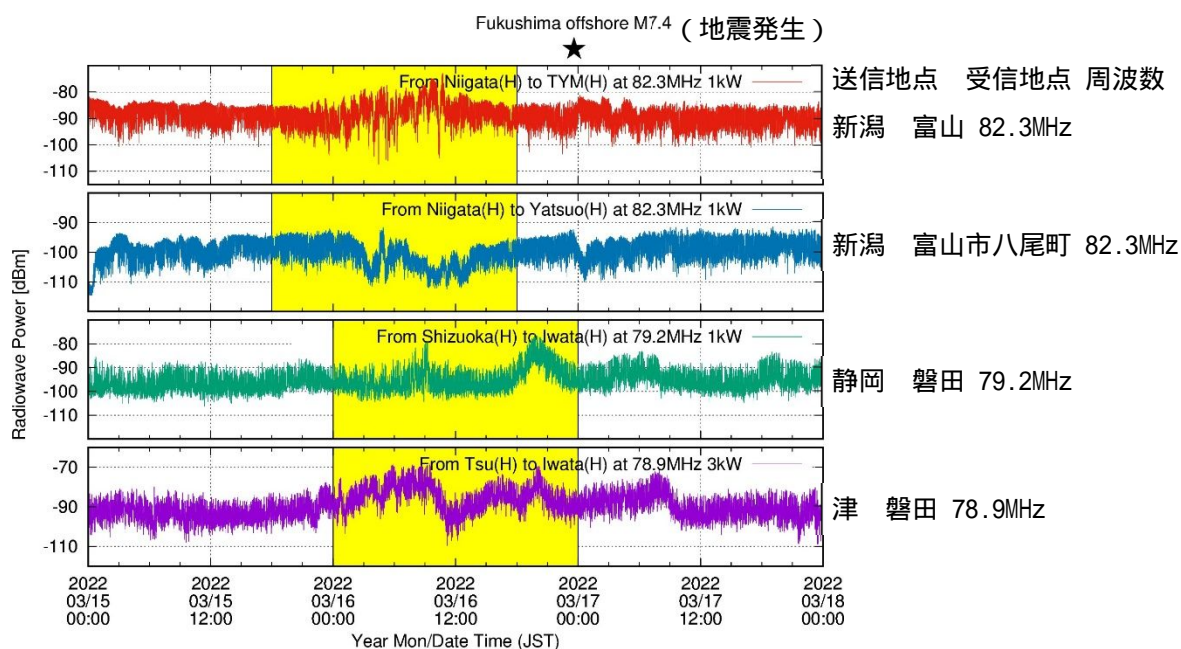


図6 福島沖地震(M7.4)における地震前兆信号(黄色背景)の観測例(太平洋側に強い信号)

また、図7に示す能登半島地震(M6.5)では富山観測点において明瞭な前兆信号を検出したが静岡観測点では検出しなかった。これにより日本海側における地震が予測され、その通り、最大電波強度観測の約3時間後に地震が発生した。

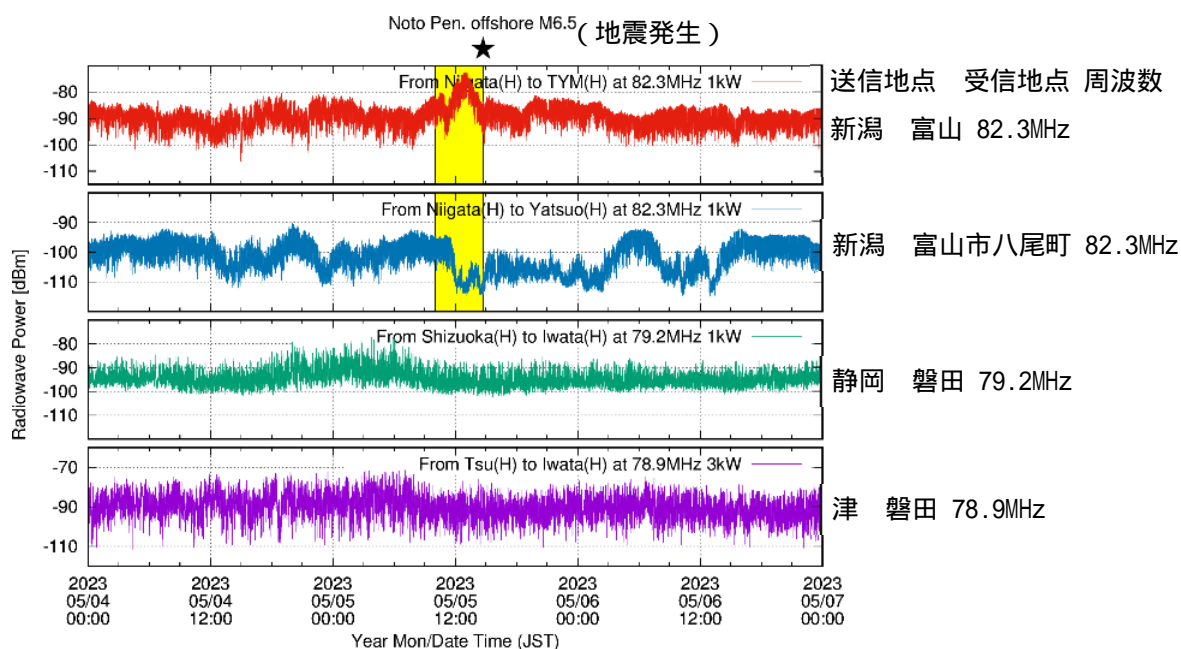


図7 能登半島地震(M6.5)における地震前兆信号(黄色背景)の観測例(日本海側に強い信号)

(3) 上記結果のように、現段階においては、比較的大規模な地震を数時間前に予測できることが示されている。ただし、電波観測地点数が限られるため発生地点に関しては太平洋側あるいは日本海側の程度の判別情報しか得られていない。これに対して、観測拠点を増設することにより、地震の発生地点をより正確に予測することが重要課題となっており、研究代表者はこのための観測拠点を募集および探査中である。

(4) これらの研究により、観測データを説明可能な物理的機構を明らかにし、この理論に基づき電磁波の観測を実施することにより数百 km の範囲の地殻活動のモニタリングおよび地震の短期予測が実際に可能であることを示した。これは、国内外において非常に困難とされていたことであり、本研究における原理の解明、観測手法の改良、大規模数値シミュレーションによる検証によって可能となったことであり、その社会的および学術的インパクトは絶大である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小池広夢, 早木健人, 野口颯太, 帯刀遼平, 宮岸知喜, 藤井雅文
2. 発表標題 深層学習による地震前兆時の電磁波異常伝搬の自動検出
3. 学会等名 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小池広夢, 早木健人, 藤井雅文
2. 発表標題 深層学習による地震前兆時の電磁波異常の自動検出
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masafumi Fujii
2. 発表標題 Observation and Analysis of Electromagnetic Precursors of Crustal Rupturing in Tonankai or East-South Sea Area of Japan
3. 学会等名 Progress In Electromagnetics Research Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牛木大志朗, 九澤遼太郎, 桃澤 健, 小池広夢, 藤井雅文
2. 発表標題 北陸-中部-東南海における電磁波異常と地震活動の関連性
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

英語論文プレプリント（2本）を研究室ホームページにて公開中  
地表面プラズマ波が媒介する地震前兆、その1：地震前兆信号の観測  
[http://www3.u-toyama.ac.jp/densou01/manu\\_Part1\\_7c2\\_em\\_precursor\\_plaintex\\_red.pdf](http://www3.u-toyama.ac.jp/densou01/manu_Part1_7c2_em_precursor_plaintex_red.pdf)  
地表面プラズマ波が媒介する地震前兆、その2：数値シミュレーションによる物理機構の検証  
[http://www3.u-toyama.ac.jp/densou01/manu\\_Part2\\_3a2\\_fdt\\_d\\_plaintex\\_red.pdf](http://www3.u-toyama.ac.jp/densou01/manu_Part2_3a2_fdt_d_plaintex_red.pdf)

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------