

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01685

研究課題名（和文）あの数秒間を打開する緊急地震超速報ネットワークによる都市直下型地震検知の実践

研究課題名（英文）Practice of detection of epicentral earthquake by super-early warning network

研究代表者

大久保 寛（OKUBO, KAN）

東京都立大学・システムデザイン研究科・准教授

研究者番号：90336446

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：地震警報システムの速報性の向上を念頭に、地震断層運動に伴って変動する地球磁場信号を利用することを目指し、そのための磁力計を検討している。
本研究では、TMR、FG、および SQ 磁力計の野外同時並行観測を実施して、磁力計を検証した。TMR 磁力計のRAW出力と帯域幅制限フィルタの組合せにより、Pi信号を抽出した。並行観測を維持し、地磁気における地殻変動に関連する磁場変化観測を継続する。

研究成果の学術的意義や社会的意義
地震警報システムの速報性の向上は重要な課題である。そのための地球磁場信号の利用であり、そのために必要な磁力計の開発実証は重要である。

研究成果の概要（英文）：In order to improve the alertness of the earthquake warning system, we aim to use the earth's magnetic field signal that fluctuates with earthquake fault movement, and we are investigating some magnetometers for the purpose.
In this study, simultaneous observations of TMR, FG, and SQ magnetometers were carried out to validate the magnetometers. The Pi signal was extracted by a combination of the RAW output of the TMR magnetometer and a bandwidth limiting filter. Maintaining continuous parallel observations is important for observing magnetic field changes associated with crustal deformation.

研究分野：計測工学

キーワード：地球磁場観測 地震 磁力計

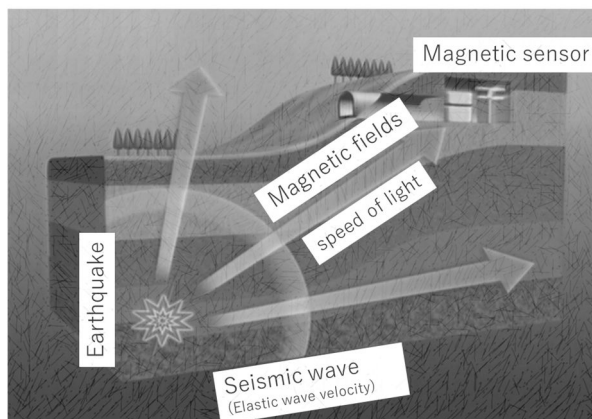
科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地震大国・日本で暮らす我々にとって、地震の発生をいかに早く検知できるかは、重要な問題である。すなわち、巨大地震の発生を予測・検知することは人類にとって目標の1つと言える。特に日本列島は多くの人が暮らす大都市部や発電所などが多く分布する沿岸部に数多くの活断層が存在するため、安全性確保という観点からも現代社会において直下型の大地震の検知は重要である。現在は、気象庁所轄の緊急地震速報が提供されているが、速報性については、更なる検討予知は十分にある。

また、2011.3.11 東北地方太平洋沖地震以降、余震域を中心に、全国で比較的大きな内陸直下型地震が頻繁に発生し、被害の報告もされている。これまでも地震災害の低減を目指し、気象庁を中心にして、緊急地震速報が提供されている。しかし、現在のこの警報システムは地震波の縦波であるP波を検知してから警報を出す方法を用いているため、P波が観測点に到達するまでの時間遅れは必ず発生する。これは大地中を進む弾性波のスピード(数km/s)の限界と言える。巨大地震発生時には、そのわずかな数秒が極めて重要となることも考えられる。

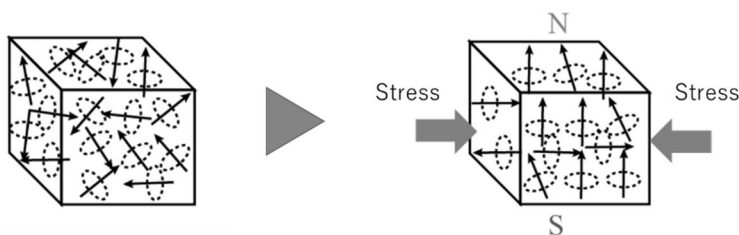


2. 研究の目的

地震警報システムの速報性の向上を念頭に、地震断層運動に伴って変動する地球磁場信号を利用する方法のため、そのための磁力計を検討する。磁場信号は地震波信号とは異なり、震源域での伝搬途中の影響をほとんど受けず、大地中をほぼ光速で伝わるため、地震発生と同時に時間遅れなくリアルタイムで観測出来る可能性が大きな利点と言える。

3. 研究の方法

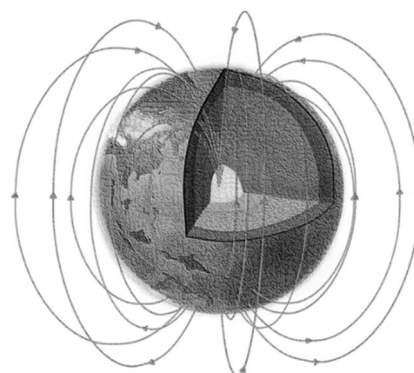
ピエゾ磁気効果とは岩石あるいは土壌においての応力による磁化の変化を指す。この効果は多くの室内実験によって調査がされており、磁性体理論でも理解されている。地震が発生すると断層面近傍で応力が変化するためピエゾ磁気効果により震源近傍で磁場変化が発生する。



この岩石中の磁気変化を捕らえるために、地磁気観測用の磁力計が必要となる。本研究では高温超電導 SQUID 磁力計と TMR アレイ磁力計を検討する。磁力計開発のポイントは、これまでの観測結果より、磁場変化量は極めて小さい値であることがわかっているため、この磁場の変動成分を計測する SN 比の高い磁力計が必要ということである。

4. 研究成果

福島県の IWK にある観測所で TMR 磁力計を使用した長期にわたる地磁気観測を実施した。並行観測要素としては FG 磁力計と SQ 磁力計を使用した。TMR 磁力計の RAW 出力と帯域幅制限フィルタの組合せにより、Pi 信号を抽出した。このときの TMR 磁力計の最小検出感度は 0.02 ~ 0.03Hz の場合で 1.1nT だった。



私たちはこれまでフラックスゲート磁力計(以下「FG」という)を用いたサンプリングレート 2Hz の連続観測を報告し、地震波到着の数秒前に地磁気が約 300pT 変化していることを発見した。さらに、超電導量子干渉素子磁力計(SQ)を用いて、小さな地震でも検出できる信号の数を増やしてきた。

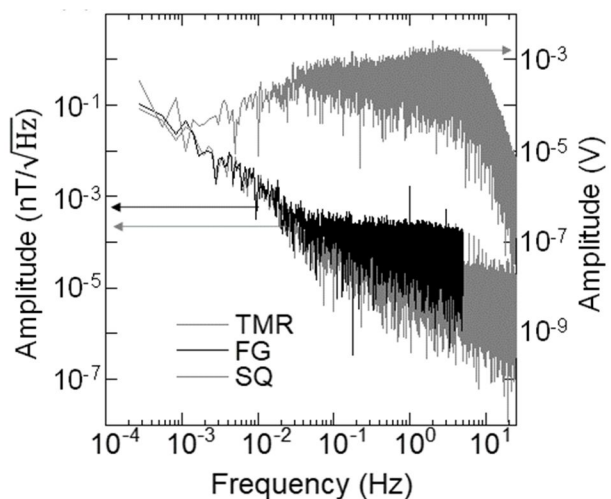
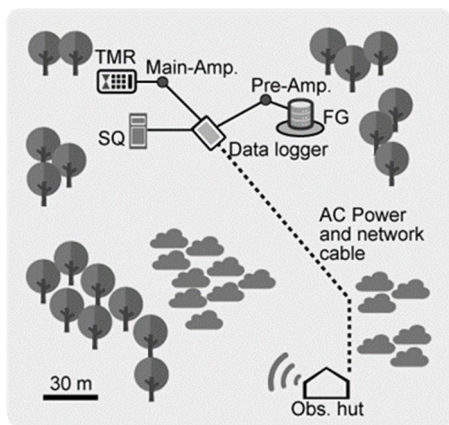
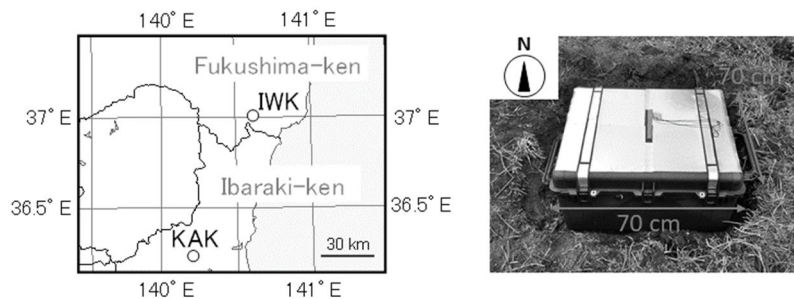
地磁気は、1日のうち数時間スケールだけでなく、数10秒スケールでもさまざまなメカニズムにより継続的に変化する。太陽の活性化に依存する太陽風は、強度が約 10 nT、周期が1秒から150秒の地磁気脈動(Pi)を引き起こすことがよくある。Piのモニタリングは、無線通信システムに影響を与える太陽活動の把握にも役立つ。太陽活動によるシステムへの影響を防ぐために、各種磁力計からなるネットワークによる並列観測が安定した無線通信に貢献する可能性がある。

我々は従来のFGに加えて、トンネル磁気抵抗を利用した磁力計(TMR磁力計)に注目し、長期間の地磁気観測を実施した。屋外での長期間の連続観測はこれまで行われていなかった。Pi磁場の観測にTMR磁力計を使用し、野外磁場観測を検証した。

図は、設置個所の地図とTMRセンサーが設置されたボックス、および観測点の概略である。雨風を避けるために固定した。TMRセンサーの最も感度の高い軸は、北方向を指すように設定する。本研究で実施した並行観測より得られた各磁力計のデータと比較することができる。観測点は図に示すように植物に囲まれた野原に位置しており、市街地からはかなり離れたところにあります。さらに、これらの磁力計間の距離は離れており相互に干渉しない。図は、IWKで評価されたTMR、FG、およびSQ磁力計のノイズスペクトル密度(NSD)を示す。TMR磁力計の出力電圧が表示されている。

本研究では、TMR、FG、およびSQ磁力計の野外同時並行観測を実施して、磁力計を検証した。

並行観測を維持し、地磁気における地殻変動に関連する磁場変化観測を継続する。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Yuta Katori, Kan Okubo	4. 巻 7
2. 論文標題 Neural network based geomagnetic estimation for multi-site observation system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 352,357
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/comex.2018XBL0017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Isogami Shinji, Oishi Yuto, Furukawa Chikara, Ohnishi Nobuhito, Okubo Kan	4. 巻 14
2. 論文標題 Long-term outdoor observation of geomagnetic fields using tunneling magnetoresistance-based magnetometer and detection of long-period oscillations of geomagnetic pulsations: prospects for earthquake disaster prevention	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 056502 ~ 056502
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1882-0786/abf66a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Y.Oishi, Y.Katori, S.Isogami, T.hato, A.Tsukamoto, K.tanabe, N.Onishi, C.Furukawa, K.Okubo
2. 発表標題 Comparison Analysis of High-Resolution Geomagnetic Field Data Observed Using HTS-SQUID Magnetometer
3. 学会等名 IUGG2019, 27th, No.JA10p-269, Jul,2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K.Okubo, Y.Oishi, Y.Katori, S.Isogami, T.Hato, A.Tsukamoto, K.Tanabe, N.Ohnishi, C.Furukawa
2. 発表標題 Development of High-Resolution HTS-SQUID Magnetometer for Observation of Magnetic Signals from Earthquake-Piezomagnetic Effects
3. 学会等名 ISS2019, 32nd, no.OR-2-INV, Dec,2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N.Kaneko, H.Nagahama, K.Okubo, and M.Nakashima
2. 発表標題 Change in Streaming Potential with Earthquakes
3. 学会等名 2ND CONFERENCE OF THE ARABIAN JOURNAL OF GEOSCIENCES (CAJG), Nov,2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大石悠斗, 磯上慎二, 波頭経裕, 塚本晃, 田辺圭一, 古川克, 大西信人, 大久保寛
2. 発表標題 福島県いわき観測点における地磁気並行観測
3. 学会等名 Conductivity Anomaly 研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuto OISHI, Yuta KATORI, Tsunehiro HATO, Akira TSUKAMOTO, Keiichi TANABE, Shinji ISOGAMI, Chikara FURUKAWA, Nobuhito ONISHI, Kan OKUBO
2. 発表標題 An Observation-Based Analysis of High-Resolution Geomagnetic Field Data Using HTS-SQUID Magnetometer
3. 学会等名 AOGS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担者	磯上 慎二 (Isogami Shinji) (10586853)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・磁性・スピントロニクス材料研究拠点・主任研究員 (82108)	

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
---------	---------