

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K22031

研究課題名（和文）地震ピエゾ磁気効果を利用した内陸型地震プレスリップ検知への挑戦

研究課題名（英文）Challenge for pre-slip detection of inland earthquakes using seismo-piezomagnetic effect

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） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：従来の研究結果は、地震発生時に生ずる電磁界信号が存在したとしても、極めて小さいということを示唆している可能性が考えられる。本研究では、地震と因果関係のあり、前駆的に発生する磁場変化の検出を目指した要素技術の検討を行う。TMRアレイ磁力計について、受信系の回路を含めて改良を行い、フィールド観測にて運用し、地磁気の変動成分を捉えるための検討を実施した。IWK観測点において、長期間の地球磁場変動観測に対応する観測エリアを確保・整備・保守した。TMRアレイ磁力計とHTS-SQUID磁力計とFG磁力計の平行同時観測および解析を行った。観測システムとしての習熟度は向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

巨大地震の発生を予測・検知することは人類史上最大の目標の1つであるともいえる。地震現象に関係する地殻の変化を、新しい観測項目で検知するための技術は重要である。

研究成果の概要（英文）：The results of previous studies may suggest that the electromagnetic field signals generated during earthquakes, if they exist, are extremely small. In this study, we will examine elemental technologies aimed at detecting magnetic field changes that are causally related to earthquakes and occur in a prodromal manner. The TMR array magnetometer, including the circuit of the receiver system, was improved and operated in the field observation to detect the components of geomagnetic field variation. We established and maintained an observation area at the IWK station for long-term observation of the earth's magnetic field variation, and conducted parallel and simultaneous observation and analysis of the TMR array magnetometer, HTS-SQUID magnetometer, and FG magnetometer. The proficiency of the observation system was greatly improved. It is important to maintain the observation system and to detect small changes in the magnetic field associated with crustal changes.

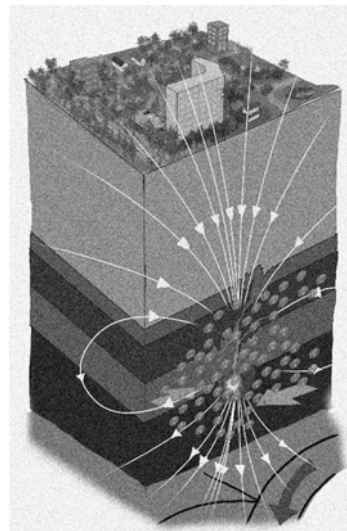
研究分野：計測工学

キーワード：磁場観測 フィールド観測 ピエゾ磁気効果

### 1. 研究開始当初の背景

地震現象に伴う電磁気現象については、これまで国内・国外で 100 年以上にわたって数多くの議論行われてきている。しかしこれまで、地震と電磁界信号の因果関係を明確に示すような観測結果(地震がまさに発生したときに、まったく同時に観測された電磁界信号など、地震との因果関係が明確な結果)は十分に得られていない。これは、地震発生時に生ずる電磁界信号が存在したとしても、極めて小さいということを示唆している可能性が考えられる。

我々の研究のグループは、平成 20 年 6 月に発生した岩手・宮城内陸地震において、国内・国外を通して初めて、地震発生の際にその時に変化する地球磁場信号の観測に成功した。さらに、平成 25 年 9 月の福島県東部地震において、岩手・宮城内陸地震と同様の地球磁場変化を観測した。その信号は地震が発生した時刻から地震波が観測点に到達する直前までの数秒の間に、地球磁場がゆっくりと明確に変化したものである。また、その後の余震で得られた信号についても詳細に検討したところ、同様の地震断層運動に対応する地球磁場信号が観測されていることが明らかとなった。この信号は、地震断層運動に伴う圧電磁気(圧磁気)効果により震源近傍に磁場変化が発生したことによるものである。いわゆる地震断層運動に伴い震源域で磁気に変化する「地震圧電磁気効果」の存在を実際の観測によって示した。



### 2. 研究の目的

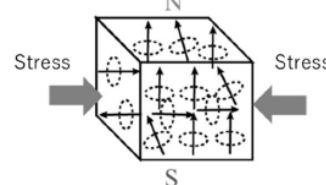
巨大地震の発生を予測・検知することは人類史上の最大の目標の1つであるともいえる。特に日本列島は多くの人が暮らす大都市部や発電所などが多く分布する沿岸部に数多くの活断層が存在するため、災害対策・安全性確保という観点からも現代社会において直下型大地震の検知は多くの生命を救うことに結びつく極めて重要な課題となる。

2011.3.11 東北大地震以降、余震域を中心に、熊本や鳥取、大阪、北海道など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。今はまさに直下型地震の多発時代を迎えようとしてつつあると可能性が指摘される。

これまで、研究グループでは、地震に伴う磁場変化を継続的に観測から検討してきたが、この微小な磁場変化を精度よく捉えることが今後のカギである。また、地震圧電磁気効果を地震の前駆現象として検知することができれば、早期地震発生検知へつながらる可能性が考えられる。プレスリップは、地震発生時の断層運動における前駆的な滑り現象であり、古くから地震発生予測の可能性が議論されている。

プレスリップは、地震予知として議論させるいわゆる「前兆現象」とは全く異なる。すなわち、プレスリップの考え方として、これは地震をドライブする現象であり、すでにプレスリップ発生時は地震現象(断層運動)が始まっている状態と言える。

一方、圧電磁気効果とは図のように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圧電磁気効果により震源近傍で磁場変化が発生する。これが「地震圧電磁気効果」である。



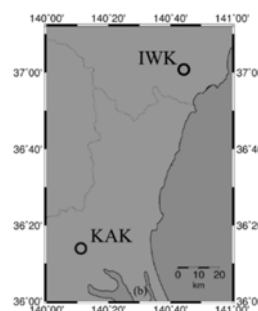
本研究では、このプレスリップに伴って地震圧電磁気効果により発生する磁場変化の検出を目指した要素技術の検討を行う。

### 3. 研究の方法

地震圧電磁気効果によって発生するこの岩石中の磁気変化を捕らえるためには、地磁気観測用の磁力計の検討が重要となる。そこで、本研究では複数の磁力計を用いた並行観測技術を検討する。

磁場観測のポイントは、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、この磁場変化を確実に計測するための SN 比の高い高感度磁力計が考えられる。

研究グループでは、IWK (福島県いわき市) 観測点において、長期間にわたる地球磁場の変動観測を実施し、TMR アレイ磁力計と HTS-SQUID 磁力計と FG 磁力計を平行に同時観測し、磁力計の改良を検討するとともに、地磁気の連続フィールド観測を実施した。



#### 4. 研究成果

TMR アレイ磁力計をフィールド観測に運用する試みはこれまでほぼなく、受信系の回路を含めて、地磁気の変動成分を捉えるための検討を実施した。

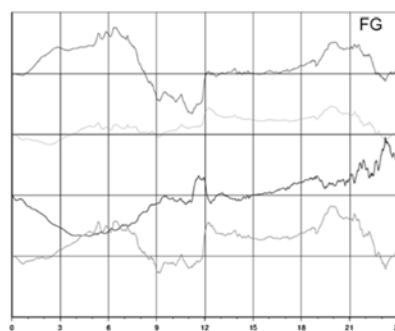
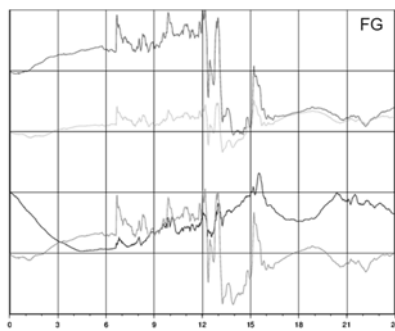
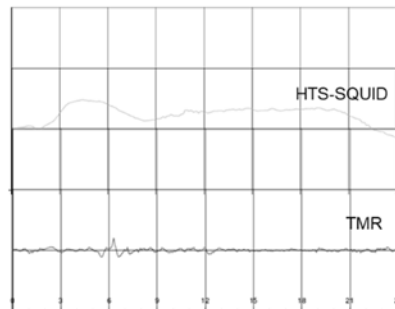
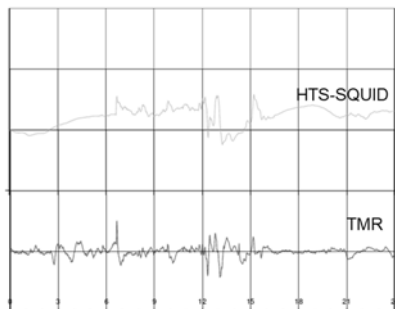
IWK 観測点において、長期間の地球磁場変動観測に対応する観測エリアを確保・整備・保守した。

TMR アレイ磁力計と HTS-SQUID 磁力計と FG 磁力計の平行同時観測および解析を行った。それぞれの磁力計の改良検討を実施し、地磁気フェール度観測の評価検討した。図に、平行同時観測された TMR

アレイ磁力計、HTS-SQUID 磁力計、FG 磁力計の信号の例を示す。TMR 磁力計は改良検討により変動分を適切に計測できている。

今回の研究期間には近郊である程度規模の大きい地震現象は発生しなかったため、残念ながら

前駆的地震ピエゾ磁気効果の実地検証はできなかったが、観測システムとしての習熟度は大幅に向上した。観測体勢を維持し、地殻変化に伴う微小な磁場変化の検出につなげることが重要である。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Naoto Kaneko, Hiroyuki Nagahama, Kan Okubo, Michiyo Nakashima	4. 巻 -
2. 論文標題 Change in Streaming Potential with Earthquakes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2nd Springer Conference of the Arabian Journal of Geosciences (CAJG-2)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件／うち国際学会 2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

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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