

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題（または観測項目）名：

伊豆半島東部における地磁気全磁力及び自然電位観測

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-1) 地震発生先行過程

ア. 観測データによる先行現象の評価

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

(5) 本課題の5か年の到達目標：

伊東市御石ヶ沢付近における地磁気全磁力観測（連続及び繰り返し）を継続するとともに、データ補正手法について調査研究を進め、全磁力観測データから地殻活動の変動に伴う変化成分を評価することにより、伊豆半島東部の地震活動、地殻変動等と地磁気全磁力変化の関係を調査する。また、地下水の流動等と関係のある自然電位の観測を実施し、火山との関連を調査する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

下記(1)～(3)を実施し、伊豆半島東部の地震活動、地殻変動等と地磁気全磁力変化の関係を調査する。

(1) 御石ヶ沢付近における全磁力連続観測、繰り返し観測及び伏角測定の実施

(2) 御石ヶ沢付近における自然電位測定領域の現地調査及び自然電位観測の実施、並びに自然電位連続観測における環境ノイズの影響調査のための観測

(3) 全磁力観測に関する補正手法の調査、適用、評価、並びに傾斜変動に関するピエゾ調査

(7) 計画期間中（平成 21 年度～25 年度）の成果の概要：

地磁気全磁力連続観測点を、ローカルな磁気異常帯の影響を避けて、伊東市御石ヶ沢から群発地震の震央に近い玖須美元和田 (KSM) へ移設するとともに、DI 補正に基づいて外部磁場変動成分を除去する解析手法の調査研究を実施した。そして伊豆半島東部地域の地磁気全磁力連続観測網 (図 1) を用いて、2009 年 12 月に発生した火山性の伊豆半島東方沖地震の後 2010～2012 年の期間における群発地震活動や地殻の上下変動に関連するとみられる地磁気全磁力変化について調査した。2010～2012 年の期間中、主なイベントとして 2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動やその後 7 月と 9 月に伊豆半島東方沖で発生した小規模な群発地震がある。地震活動は 2010 年と 2012 年には静穏であったが、2011 年については比較的活発であった (図 2)。この期間は、火山性微動が観測されなかったこ

と、傾斜計や GPS による地殻変動観測では火山活動によるとみられる変動は認められなかったことなどから、火山性の地震活動は無かったと判断されている。全磁力連続データについては、外部磁場変動成分の除去や年周変化の評価等の解析を行った(図3)。また、御石ヶ沢を含めた過去の観測経験により、伊豆半島東部は全磁力トレンドと永年変化の区別が付きにくい地域であることが示唆されたことからトレンド成分を除去した後、潮汐変動も無視して短期的な全磁力変動に関して考察した(図4)。

期間中はマグマ貫入が原因で発生した群発地震はなかったため、2011年に観測された全磁力変動は、断層のずれによるピエゾ磁気効果が原因で生じた可能性が疑われた。地震発生頻度の高い領域に近い観測点では全磁力は増加し、特に震央に近い観測点では2011年9月の群発地震の終息後に全磁力の減少が認められた(KSM, YOB, 及び KWN)。このような特徴的な全磁力変化が2012年には見られなくなり年周変化が目立ち始めたことと、2012年に地震活動が静穏化していることとは調和的であった。ところが、2010年については地震活動が2012年と同様に静穏化しているにもかかわらず、観測点によっては地震活動が比較的活発化していた2011年よりも大きな全磁力変動が確認された。本課題では観測点の近くに単純全磁力差を求めるための参照点を取らずに柿岡を基準に解析したので、潮汐変動と同様にローカルな全磁力変動が相殺されずに目立ったと考える。そこで、地殻の隆起に伴う圧力効果が全磁力観測に与える影響を確認するために、全磁力連続データと国土地理院が公開しているGPSを用いて測定された測地高度の日々変動とを比較した。2010~2012年の期間中、地殻の上下変動については小室山以南で季節的な変化が見られたが、その上下変動の振幅は2010年より2011年の方が小さいことが示された(図5)。もし小室山以南の隆起に対してピエゾ磁気効果が働かならばその北側では全磁力減少が期待されるが、観測結果は逆の全磁力増加を示している。これを踏まえて、全磁力変動の定性的な理解が可能な物理的解釈について以下のように推論した。まず、2009年12月末に発生した火山性の伊豆半島東方沖地震に伴う地下の熱水活動が、地震活動の静穏化にもかかわらず2011年10月頃まで継続したと思われる。熱水活動は、地殻が季節変化により隆起するタイミングで上昇することにより熱消磁を引き起こし、小室山北側の観測点(KSM, YOB, KWN 及び OKN)で全磁力の増加傾向をもたらした。熱水上昇に伴い地殻の隆起も増したが、2010年から2011年にかけて熱水活動は徐々に衰弱したため、地殻の季節変動と全磁力変動とは共に2010年より2011年の方が小さくなった。2011年7月と9月の群発地震に伴う地殻変動は、地殻の季節変動より小規模であったため、全磁力には群発地震に対応した目立つ変化はなかった。さらに2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の前後で地殻の上昇に熱水上昇が伴ったことで小室山北側の観測点(YOB, KWN 及び OKN)の全磁力が増加傾向を示した。2011年10月以降には熱水活動は終息に向かい帯磁の構造へと移行したため、小室山北側の観測点(KSM, YOB, 及び KWN)においては全磁力の減少が見られた。但し、内陸では海岸に近い地域とは別の熱源があり、急な熱変化が生じなかったためOKNでは目立った全磁力減少が見られなかったと思われる。そして、2012年には地下の熱活動を伴わないため地殻が季節変動する時期に目立った全磁力変動は見られなくなった。地下の熱活動は、2010~2011年の期間で強化されることなく衰弱し、2011年10月以降の熱供給の途絶に伴う温度降下による帯磁をもって終結した。

観測された全磁力変化については、地殻の隆起に伴い期待されるピエゾ磁気変化が有意に確認されなかったため、岩石の応力変化よりはむしろ地下の熱変化が原因で生じた結果である可能性が高いと考えられる。伊豆半島東部の火山性地震は、マグマ貫入に伴うひずみ等が原因となって別のマグマ貫入が発生し、地震の群発活動を誘発することがあるため、群発活動の経過の見通しを立てるための観測は監視の上で重要である。2009年12月の伊豆半島東方沖の群発地震活動は翌2010年早々には終息する気配が見られたが、地殻の上下変動に伴う地下の熱水の上昇下降に起因すると思われる磁場変動が2011年10月頃まで継続したことが全磁力観測により示唆された。伊豆半島東部における地磁気全磁力連続観測網は、地下の熱活動の経過を評価するのに有効であると考えられる。

- (8) 平成25年度の成果に関連の深いもので、平成25年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
笹岡雅宏・大和田毅・有田真・山崎明・田口陽介・小河勉、伊豆半島東部における地殻の上下変動と関連する地磁気全磁力変動、地磁気観測所テクニカルレポート、第11巻、2014(投稿中)。

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

気象庁地磁気観測所調査課

他機関との共同研究の有無：無

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：気象庁地磁気観測所調査課

電話：0299-43-6909

e-mail：kakioka@met.kishou.go.jp

URL：http://www.kakioka-jma.go.jp

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：笹岡雅宏

所属：地磁気観測所観測課



図1. 伊豆半島東部における地磁気全磁力連続観測点(●)の配置図.

地磁気観測所の観測点：玖須美元和田(KSM)，東京大学地震研究所の観測点：初島(HA3)，網代(AJR)，湯川(YKW)，与望島(YOB)，川奈(KWN)，奥野(OKN)，池2(IK2)。同図にGPS連続観測電子基準点〔宇佐美，伊東(伊東A)，小室山，伊東八幡野〕の位置(■)を示す。伊東と伊東Aは隣接していることに注意。

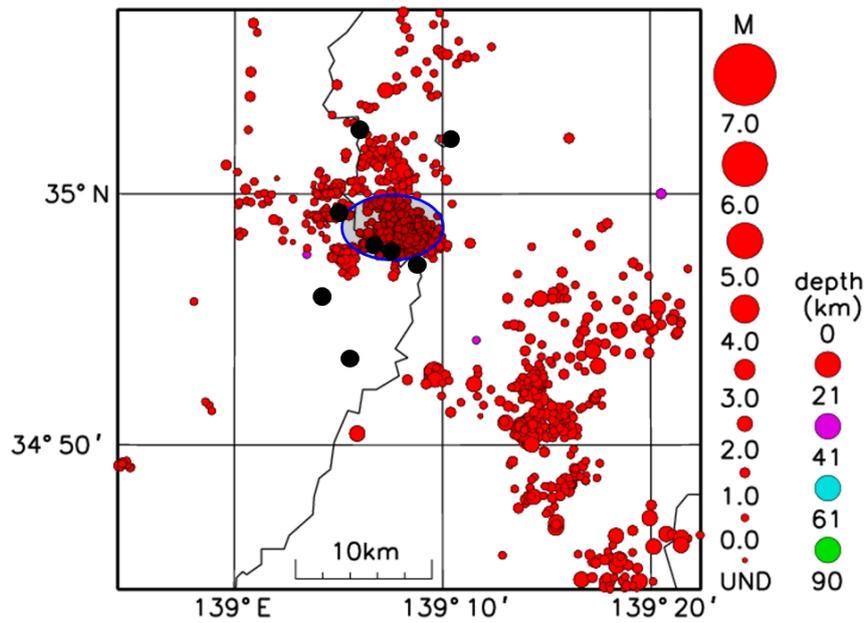


図 2. 2011 年の震央分布図.

図 1 中の観測点位置を●で示す. 青線で囲んだ領域は, 2 回の小規模な群発性地震 (7 月中旬~下旬及び 9 月中旬~下旬) の主な発生域を示す.

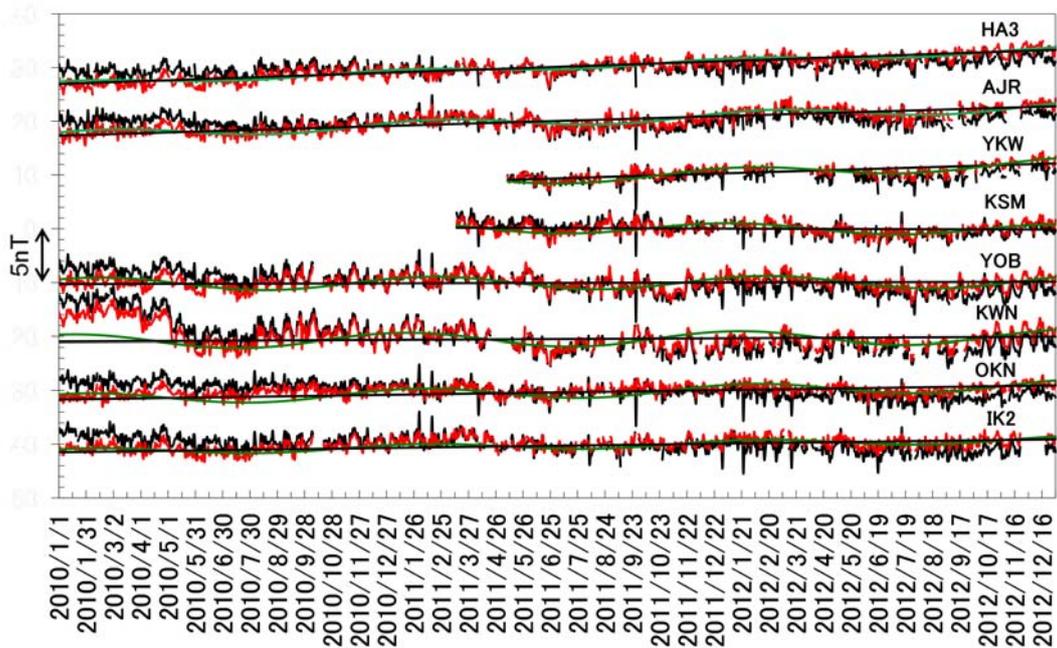


図 3. 地磁気観測所観測点 (KSM) と地震研観測点 (HA3, AJR, YKW, YOB, KWN, OKN, IK2) の解析結果比較 (2010.01.01 - 2012.12.31).

柿岡基準の単純全磁力差 (黒線), 外部磁場変動成分を除去する解析後の結果 (赤線), 年周変化 (緑線). それぞれにトレンド (黒直線) を付加. KWN については 5 月 4 日に人工擾乱によるギャップあり.

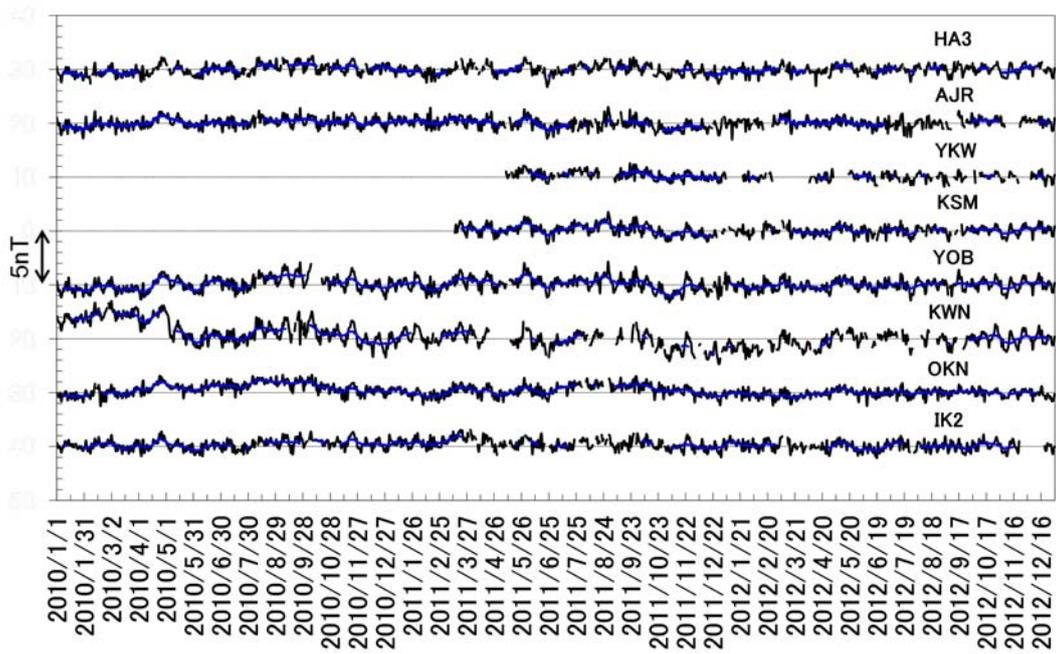


図4. 地磁気観測所観測点 (KSM) と地震研観測点 (HA3, AJR, YKW, YOB, KWN, OKN, IK2) の地磁気全磁力の日々変動比較 (2010.01.01 - 2012.12.31).

各観測点について、図3中の解析結果から年周変化とトレンドを差し引いてプロット (黒線). 青線は潮汐周期を無視するための15日間移動平均を示す. KWNについては5月4日に人工擾乱によるギャップあり.

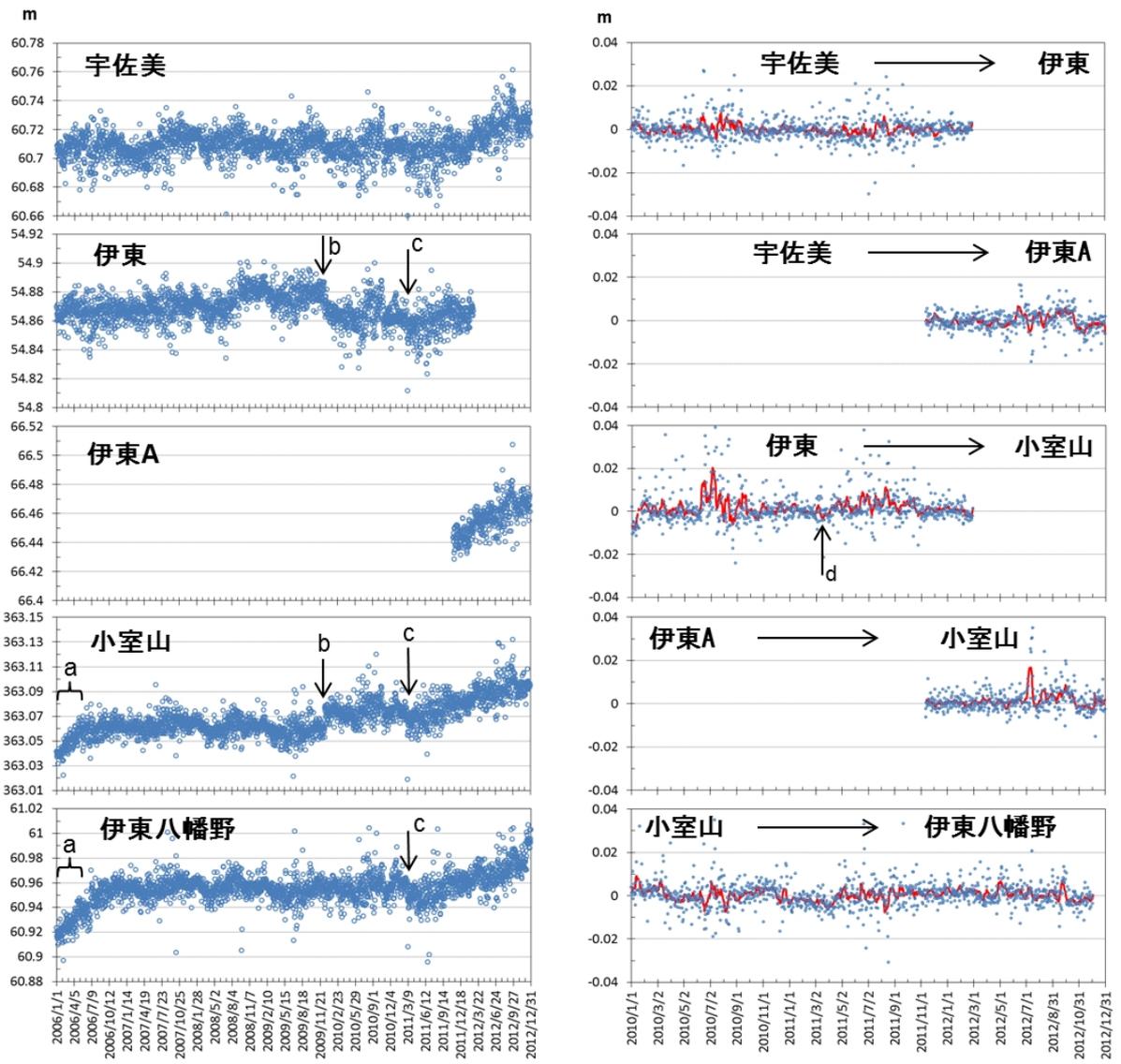


図5. GPS連続観測による地盤の上下変動。

(左) 電子基準点の高さ (2006.01.01 - 2012.12.31). 図中に指し示すイベント：a. 伊豆半島東部の群発地震 (2006年1月～5月), b. 伊豆半島東方沖地震 (2009年12月18日), c. 東北地方太平洋沖地震 (2011年3月11日). (右) 北側観測点を基準とした南側観測点の比高 (2010.01.01 - 2012.12.31). 青点：年周変化とトレンド成分を除いた比高, 赤線：10日間移動平均. 矢印dは東北地方太平洋沖地震の発生を示す.