

父島 (CBI) における津波誘導磁場の現象記録

館畑秀衛

地磁気観測所技術課

2014年10月7日受領, 2014年12月15日改訂, 2015年1月30日受理

要 旨

津波によって導電性のある海水が流動する時, 地球磁場との相互作用によって起電力が生じ, 海水中に誘導電流が流れる. この電流から2次的に誘導磁場が生まれる. 陸上の観測施設から津波による誘導磁場が観測された例は, 2010年2月27日チリ中部沿岸の地震津波による太平洋のイースター島での報告と, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波による観測の報告がある. 陸上からの誘導磁場の明瞭な観測の報告は, この2例のみで, 観測点としてもイースター島と父島だけであった. しかし父島二見港検潮所で高さ1m以上の津波を観測した例は過去にもあり, さらに過去の津波に関する誘導磁場の現象を発掘すべく, 父島の地磁気観測データを1995年まで遡って精査したところ, 他にも誘導磁場の現象が発見された. 前述の平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震津波に加えて, 新たに明瞭な事例が4例, 不確実な事例1例が発見され, 父島での観測例は合計6例となった. 明瞭な事例には, 津波の高さが22cmの小津波もある. 津波の振幅と誘導磁場の地磁気の鉛直Z成分(以下, Z成分)の振幅との比は, 感度として約1.0(nT/m)となった. また父島二見港検潮記録に対して, 誘導磁場の方が10~20分程早く発現する性質があり, 防災上注目に値すると思われる.

1. はじめに

地球磁場に貫かれた海水が流動する時, 海水中に起電力が生まれることはマイケル・ファラデーが理論的に予想し, 自らテムズ河で実験したことで知られている. その後, 津波の起電力を測定する試みは数多く行われているが, 確実な信号が得られた報告は見当たらない(Manoj *et al.* (2010)).

一方, 海水中に励起された電流は2次的に磁場を発生し, 津波による誘導磁場(以下, 津波誘導磁場)として, 海底に設置された磁力計で信号が得られただけでなく, 起電力の信号も得られた報告がある(Toh *et al.* (2011)). 陸上の地磁気観測施設によって津波誘導磁場が観測された例としては, 2010年2月27日チリ沿岸の地震津波(M8.8)で, 震央から3500km離れたイースター島(IPM)で明瞭な現象の報告がある(Manoj (2011)). さらに2011年3月11日東北地方太平洋沖地震津波では, 父島(CBI)での津波誘導磁場の現象が報告されている(Hamano *et al.* (2011)). 後者の現象については, 津波と誘導磁場に関する数値モデルも開発され, 詳

細な解析による研究が報告されている(館畑・浜野(2011); 館畑・浜野(2012)).

今回, 新たな津波誘導磁場の記録を求め, 父島(CBI)に関して2013年から1995年までのデータを遡って調査した.

2. 理論

津波誘導磁場に関する基礎として, 津波誘導磁場の理論を述べる. 潮汐流の様に, 鉛直方向に均一な海水の流動に対する詳細な考察は, Sanford (1971)に詳しい. その後, 津波誘導磁場を軌道衛星から観測するために, 実用的でシンプルな考察と定式が発表された(Tyler (2005)). さらに海底に設置した観測装置で津波誘導磁場を検知するために, 海底の自己誘導効果までを考慮した定式化が行われた(Sugioka *et al.* (2014)).

地球磁場下で海水の流動がフレミングの右手の法則(Fleming's right hand rule)に従って誘導電流を生じ, さらにアンペールの法則(Ampere's law)に従って2次的に生まれる津波誘導磁場の原理を示す

(図1).

図1から、北半球の下向きの地球磁場下では、海水の運動方向に向かって左手の方向に誘導電流が流れることが理解される。この磁力線は、電流 J から円弧を描いて観測点を通過する。津波が観測点から十分遠距離にあれば、対称性から磁力線は島の水平面に対して垂直に通過すると近似でき、津波誘導磁場は鉛直成分が卓越すると考えられる(図2)。

また、津波が父島から離れていても津波誘導磁場は観測点に届くため、検潮記録よりも早く発現すると予想される。つまり津波誘導磁場の観測は、一種の遠隔観測の性質を持つと考えられる。

図1, 2は模式的に示している。津波が観測点に向かって進行するとき、津波誘導磁場が観測点を下向きに通過する。地磁気観測では下向きの磁場を正とするため、津波の「押し波」が地磁気 Z 成分の正

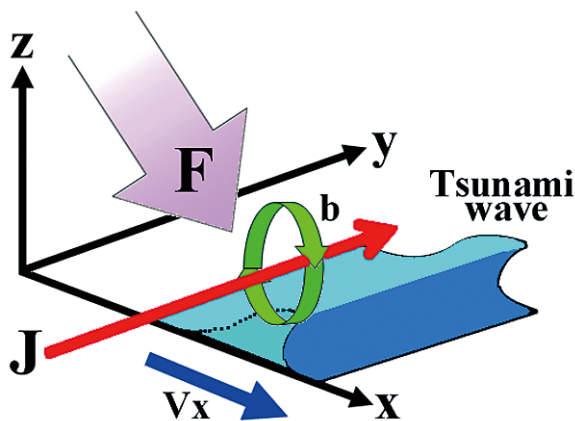


図1 地球磁場、津波の海水流動、起電力、2次誘導磁場の関係

3次元の x, y, z 座標で、津波は x 方向に伝播しており、海水の流速を V_x とし、津波誘導磁場が発生するメカニズムを示す。各変数は、 F ; 全磁力、 V_x ; 流速、 J ; 誘導電流、 b ; 津波誘導磁場である。

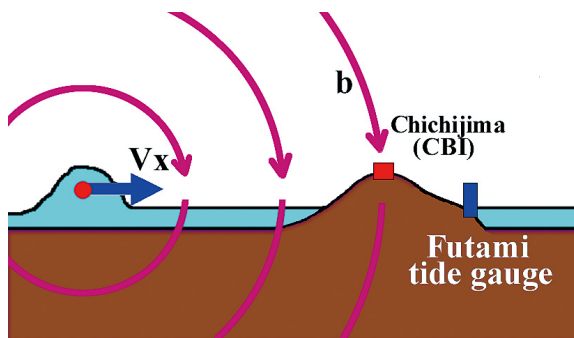


図2 津波によって誘導される磁場と地磁気観測点
津波から発生する誘導磁場が、地磁気観測点を通過する様子を模式的に示す。各変数は、 V_x ; 津波による海水の流速、 b ; 海水単位体積からの誘導磁場である。

の変化として観測される。

図3に父島二見検潮所と地磁気観測点(CBI)の位置を示す。二見検潮所は、父島の西側二見港の北側の海岸に位置し、父島(CBI)は検潮所の北西側の三日月山の上の標高155mに位置している。

なお、この地磁気観測点位置は、2002年12月2日の移設後の位置である。

3. データとフィルター処理

父島(CBI)は1970年11月の予備観測が始まりだが、データは公開されている1993年11月以降の秒値データを使用した。この期間のセンサーは主に島津製作所のMB-162である。ただし近隣道路からの車両ノイズのため、2002年12月2日に観測点移設が行われて現在の場所に移動している。

二見港検潮所は1975年4月の開所で、検潮記録は1990年からデジタル化しており、15秒サンプリングのデータを使用した。調査対象とした津波は、1994年10月4日22時22分北海道東方沖地震(M8.2)から、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震津波までとした。

検潮データ、地磁気データともにフィルター処理を行った。検潮データは1日2回程度の潮汐成分を含み、地磁気データも日変化等の長周期成分を含んでいるため、周期3~30分程度の津波と津波誘導磁場を分離する処理が必要になる。

検潮データは、潮汐成分除去のためにFFTを応用した透過特性1~60分のバンドパスフィルタを用い、地磁気データには、60分間の移動平均値を差し引いて長周期成分を取り除くハイパスフィルタを用いて処理した。

対比させる2種類のデータに異なるフィルター処理を行ったのは、検潮データが滑らかなデータであるのに対し、秒値地磁気データは秒単位の欠測が希にあり、FFT処理に不向きであったためである。

4. 津波誘導磁場の現象例

1994年から2011年までの津波で、父島で津波が観測された20事例について調査を行った。それぞれの津波による誘導磁場現象の有無と明瞭さの程度、津波の高さ等を表1に示す。また、津波誘導磁場の観測では別起源の地磁気変動がノイズとなり、観測不能となる場合もあるため、柿岡のK指数日合計を磁気的な擾乱の目安として示した。

各事例の津波の到達時刻(始まり)、および高さに関しては気象庁地球環境・海洋部の確定値を用いた。確定値とは、平常潮位(潮汐成分を含む)からの最大高さである。津波誘導磁場の現象の初動、お



図3 父島 (CBI) と父島二見港検潮所
 父島 (CBI) の位置を赤丸で示し、父島二見港検潮所を青丸で示す。国土地理院の web サービス地図を利用した。

表1 調査対象とした地震津波

津波誘導磁場が明瞭に現れている事例を◎, 認められる事例を○, 不確実な事例を△, ノイズ等で判別できない事例を×で示している。さらに柿岡 (KAK) の日合計 K 指数20以上と、津波高さ20cm 以上を灰色で示している。2010年12月22日父島近海地震津波の津波高さ22cm は、津波の最大高さの気象庁確定値であり、括弧内の13cm は振幅比較に使用した部分の高さである。日合計 K 指数は、0~24UTC の合計である。

| 発震時刻 (JST) | 地震イベント | 地震規模(M) | 津波誘導磁場の明瞭さ | 日合計 K 指数 | 津波の高さ(cm) | 誘導磁場の振幅 (nT) |
|-------------------|---------------------|---------|------------|----------|-----------|--------------|
| 1994年10月04日22時22分 | 北海道東方沖 | 8.2 | × | 26 | 151 | 欠測 |
| 1995年07月30日14時11分 | チリ北部沿岸 | 7.3 | × | 12 | 25 | |
| 1995年10月18日19時37分 | 奄美大島近海 | 6.6 | × | 23 | 32 | |
| 1995年12月04日03時01分 | 択捉島南方沖 | 7.7 | × | 18 | 43 | |
| 1996年02月17日14時59分 | イリアンジャヤ(インドネシア) | 8.1 | × | 13 | 194 | |
| 1996年06月10日13時03分 | アンドレアノフ諸島 | 7.6 | × | 9 | 14 | |
| 1997年04月21日21時02分 | サンタクルーズ諸島 | 7.9 | × | 23 | 18 | |
| 2001年06月24日05時33分 | ペルー沿岸 | 8.4 | × | 15 | 17 | |
| 2003年09月26日04時50分 | 十勝沖地震 | 8.0 | × | 26 | 21 | |
| 2003年11月17日15時43分 | アリューシャン列島ラット諸島の地震 | 7.2 | × | 26 | 11 | |
| 2004年09月05日19時07分 | 紀伊半島沖・東海沖の地震 | 7.1 | × | 16 | 17 | |
| 2004年09月05日23時57分 | 紀伊半島沖・東海沖の地震 | 7.4 | × | 16 | 37 | |
| 2006年11月15日20時14分 | 千島列島東方の地震 | 7.9 | ○ | 10 | 46 | 0.3 |
| 2007年01月13日13時23分 | 千島列島東方(シムシル島東方沖)の地震 | 8.2 | ○ | 0 | 38 | 0.4 |
| 2007年08月16日08時40分 | ペルー沿岸の地震 | 7.9 | × | 16 | 10 | |
| 2009年01月04日04時43分 | インドネシア・パプアの地震 | 7.4 | △ | 16 | 36 | 不確実 |
| 2009年09月30日02時48分 | サモア諸島の地震 | 8.0 | × | 1 | 11 | |
| 2010年02月27日15時34分 | チリ中部沿岸の地震 | 8.8 | ◎ | 1 | 43 | 0.4 |
| 2010年12月22日02時19分 | 父島近海の地震 | 7.8 | ◎ | 2 | 22(13) | 0.1 |
| 2011年03月11日14時46分 | 東北地方太平洋沖地震津波 | 9.0 | ◎ | 29 | 182 | 1.6 |

よび振幅は今回の調査で読み取った。磁場の振幅は、津波の高さの測定方法に準じて、津波誘導磁場と推定されるシグナル部分の正の最大値（片振幅）を振幅とした。図4、図6～図10は地磁気Z成分と検潮記録を対比させて表示している。ただし、それぞれは適宜、オフセットしている。地震の発生時刻に関しては利便性のために日本標準時（JST）、他の時刻は特に記述がなければ協定世界時（UTC）である。それぞれの現象と津波誘導磁場に関する幾つかの知見を以下に紹介する。

4.1 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（M9.0）

調査対象とした事例中、最も明瞭な津波誘導磁場の記録である。当日の日合計K指数は29で静穏とは言えないが、誘導磁場が現れた数時間の間は比較的静穏であったのと、津波の高さが182cmと高かったため、最も明瞭な記録となっている（図4）。

検潮記録による津波の到達時刻は、07:11である。一方、津波誘導磁場の初動は06:48であり、約20分早く現象が現れている。津波の最大高さは07:46に182cmを記録しており、誘導磁場の方は07:41に1.6nTである。

津波誘導磁場を読み取る場合、例えば別起源の現象が混入して判定が難しい場合がある。前述のように、津波誘導磁場はZ成分に卓越する性質があることを利用し、地磁気の水平H成分（以下、H成分）とZ成分を見比べるのが有効である。地磁気の垂直成分であるZ成分と、水平成分であるH成分を、フィルター処理を行わない元データの状態で示す（図5）。

元データでは津波誘導磁場と同時に、フィルター処理で除去されていた長周期変動が確認できる。電離圏、磁気圏を流れる電流による磁場は、水平成分が卓越する性質がある。Z成分に津波の初動に対応する津波誘導磁場が現れているが、対応する時刻のH成分では微弱であるので、垂直成分が卓越している。一方、06:00からZ成分の津波と同程度の周期の現象があり、津波誘導磁場の初動と見紛いそうであるが、H成分に注目するとZ成分に対応するピークがあり、別起源の現象と判定される。同様に10:40頃の現象も別起源と推定される。

この津波は調査した事例のうち、最も明瞭な津波誘導磁場であるが、それでも他の起源の磁場が混入するため、常にH成分とZ成分を比較して判定しなければならない。

以降の事例は同様にH、Z成分の比較吟味を行っ

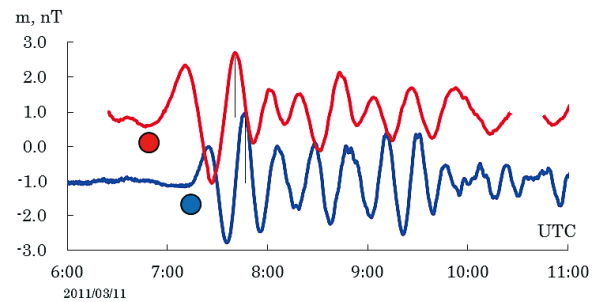


図4 2011年3月11日14時46分平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震津波（M9.0）

赤線でZ成分の磁場を、青線で二見港検潮所での津波波形を示す。青丸で津波到達時刻を示し、赤丸で津波誘導磁場の発現時刻を示す。振幅を読み取った相と高さを細実線でしめす。これらは図6～図10と同様である。Z成分の一部をノイズとして削除している。

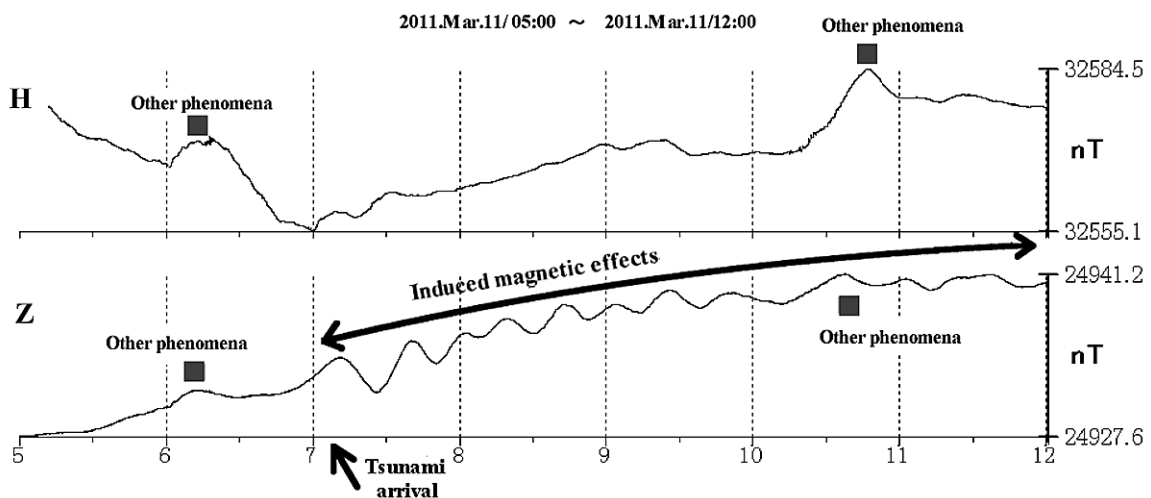


図5 2011年3月11日14時46分平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震津波（M9.0）での現象
灰四角で他起源による現象を示す。矢印で津波到達時刻と津波誘導磁場の現象を示す。

て判定している。

4.2 2010年12月22日父島近海の地震 (M7.8)

震源が父島東方約170kmであり、調査期間で最も近い波源の津波である。津波の高さは父島二見港で22cmの小津波であるが、津波誘導磁場が明瞭に現れている(図6)。津波の到達時刻は17:43であり、津波誘導磁場の初動は17:30頃と思われる。津波の最大高さは18:11に記録されている。それぞれ振幅が小さい波形であるため、青丸と赤丸で初動の対応を示すと共に、対応する相を小黑丸で示した。17:05頃から、Z成分の一部のデータを削除している。東北地方太平洋沖地震津波と同様に、H成分との比較から別起源の現象の重なりと判定したためである。

この津波では、赤丸、青丸で示した、それぞれの初動部分の対応が良いが、後続する部分では対応が良くない。後述する振幅の対比では初動の部分で高さを比較している。

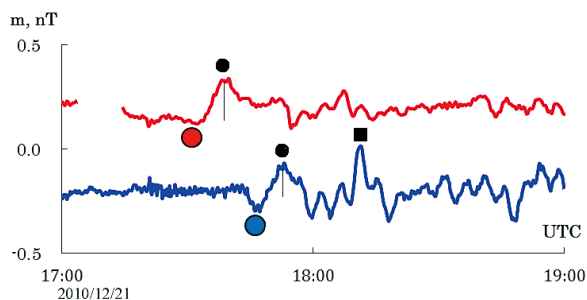


図6 2010年12月22日02時19分父島近海の地震 (M7.8)
Z成分の一部をノイズとして削除している。相の対比のために黒丸で、それぞれの波形のピークを示す。津波の最大高さの確定値は、黒四角で示すピークである。今回、振幅を対比するために使用したのは、黒丸で示したピークである。

4.3 2010年02月27日チリ中部沿岸の地震

この津波は遠地津波特有の紡錘状に始まる検潮記録となっており、津波の初動が不明瞭だが到達時刻は05:21、津波誘導磁場の初動は05:03頃と思われる(図7)。津波の最大高さは07:22に43cm、対応する津波誘導磁場の最大高さは06:48頃に約0.4nTとなっている。

東北地方太平洋沖地震津波の津波波形と津波誘導磁場では、それぞれの一山一山が対応させられる類似性があるが、この事例では類似性が見られない。

4.4 2009年01月04日インドネシア、パプアの地震 (M7.4)

震央は父島から南南西約3100kmの遠地津波で、この事例だけが南方からの津波である(図8)。津

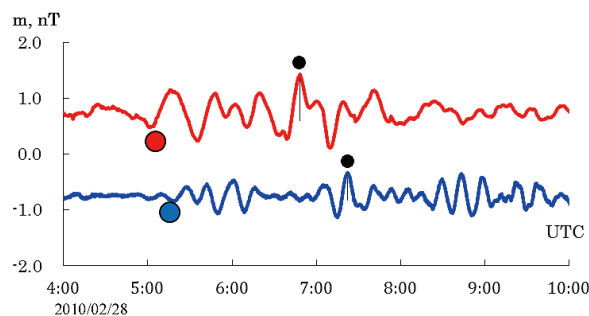


図7 2010年2月27日15時34分チリ中部沿岸の地震 (M8.8)
相の対応が困難だが、それぞれの振幅を読取ったピークを黒丸で示す。

波の到達時刻は00:17、高さは00:55に36cmとなっている。検潮波形は紡錘状に始まる遠地津波特有のものになっている。対応する津波誘導磁場は00:00頃から認められそうだが、津波の周期が約15分であるのに対し、Z成分の現象は30分近い周期で、それぞれが異なっている。津波誘導磁場として、確実な現象とは言い難い。

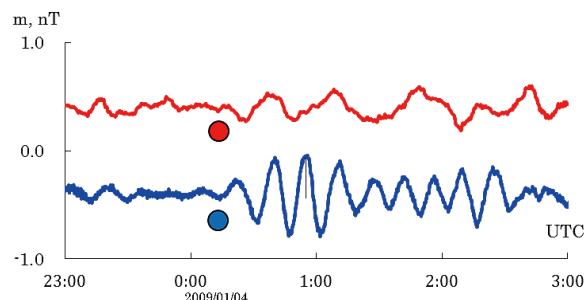


図8 2009年01月04日04時43分インドネシア・パプアの地震 (M7.4)

4.5 2007年1月13日千島列島東方(シムシル島東方沖) (M8.2)の地震津波

震央が父島から北東に約2500kmの地震であり、比較的珍しい正断層の地震による津波である(図9)。到達時刻は07:24、高さは08:32に38cmとなっている。日合計K指数は0と静穏な期間だが、Z成分には周期1時間半程度の緩やかに変動する成分が含まれている。津波誘導磁場の初動が判別し難いが07:10頃と思われ、振幅は約0.4nT程度である。比較的明瞭な津波誘導磁場の事例である。

4.6 2006年11月15日千島列島東方の地震 (M7.9)

4.5の千島列島東方(シムシル島東方沖)地震の約2ヶ月前に発生した地震で、震央も比較的近いが、発生した海域の水深が異なるのと、この地震が逆断層とメカニズムが異なるために津波の波形も異

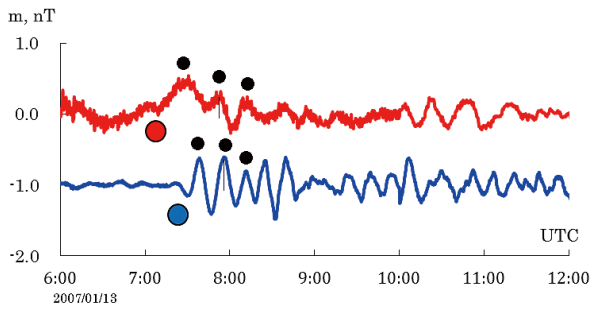


図9 2007年01月13日13時23分千島列島東方（シムシル島東方沖）の地震（M8.2）
相の対応は比較的良好だが、Z成分の第一波にやや長周期のノイズが重なっていると思われる。それぞれの対応するピークを小黑丸で示す。

なっている（図10）。到達時刻は14:12、高さは46cmである。津波誘導磁場は、2007年の地震に比較して明瞭であり、現象の始まりが14:00頃、振幅は0.3nT程度である。

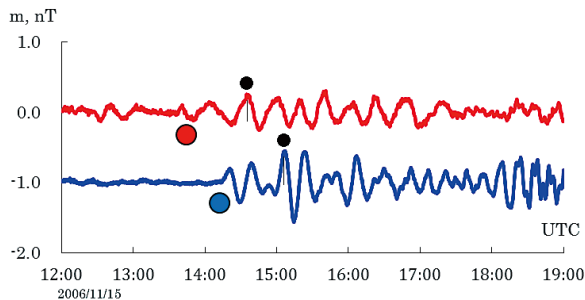


図10 2006年11月15日20時14分千島列島東方の地震（M7.9）
相の対応が困難だが、それぞれの振幅を読取ったピークを小黑丸で示す。

4.7 その他の地震の精査結果と総括

調査対象とした期間の、2006年千島列島東方の地震より過去の事例では、明瞭な津波誘導磁場が認められなかった。特に1996年2月17日イリアンジャヤの地震津波は、検潮記録で194cmと、父島二見検潮所の開設以来最も高い津波であったが、今回の調査では津波誘導磁場が認められなかった。また、1994年10月4日の北海道東方沖の地震の津波は151cmの高さであったが、残念ながら欠測中であった。

結果として平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震津波に加えて、前述の2010年2月27日チリ地震津波の津波誘導磁場は父島（CBI）でも明瞭に現れている他、2010年12月22日父島近海の地震津波、2007年1月13日千島列島東方地震津波、2006年11月15日千島列島東方地震津波でも明瞭な現象が認められた。また、2009年1月4日インドネシア・パプア地震津波でも、不確実ではあるが現象が認められる。

5. 考察

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震津波の津波誘導磁場は、検潮記録に対して位相差があるものの、一山一山が対応させられるほど似ている。また千島列島からの津波2例（2006年、2007年）でも、検潮記録と津波誘導磁場の波形の対応が良い。しかし、2010年チリ中部沿岸の地震では、それぞれの波形が大きく異なっている。前者の3例の津波の波源が、三陸沖と千島列島の波源から小笠原諸島沿いに南下する津波であるのに対し、後者の津波が小笠原諸島を東から西に直行して通過する津波であることが一因かもしれない。

今回の調査期間中、1995年～2004年以前の津波事例に津波誘導磁場が認められなかった。2002年の観測点移設が車両ノイズ対策であったことを考えると、この年を境に観測環境によってS/Nが異なっている可能性がある。また、日合計K指数が20以上の事例が多く、別起源の磁場の影響を受けて津波誘導磁場の信号が埋もれた事例もあると考えられる。

明瞭な現象の5例に関して、検潮記録と津波誘導磁場の振幅を比較すると、それぞれの振幅比は約1.0 (nT/m) になった（表2）。

また、同じデータではあるがグラフとして示す（図11）。

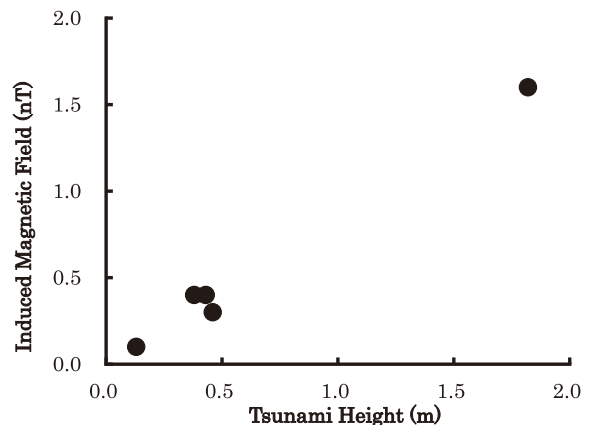


図11 津波誘導磁場と津波高さの振幅

表2から、振幅比は津波の高さによらず、ほぼ一定であることから、1.0 (nT/m) の値は地磁気観測による津波の検知感度と言える。ただし、検知感度は地磁気観測点と海岸までの距離によって異なることと、津波の屈折が周囲の海底地形によることを考え合わせると、この値は父島（CBI）に固有な値であり、他の陸上観測点では異なる可能性がある。また、図11から津波誘導磁場と津波高さとは、線形の関係と思われる。ただしデータが少ないため、津波の高さ1m～1.5mの事例があれば、

表2 津波の高さと津波誘導磁場の振幅
津波の高さ (m) と、津波誘導磁場 (nT) の振幅比を示す。

| 発生時刻(JST) | 地震イベント | 津波の高さ (m) | 津波誘導磁場の振幅(片振幅) (nT) | 振幅比 (nT/m) |
|-------------------|---------------------|------------|---------------------|------------|
| 2006年11月15日20時14分 | 千島列島東方の地震 | 0.46 | 0.3 | 0.7 |
| 2007年01月13日13時23分 | 千島列島東方(シムシル島東方沖)の地震 | 0.38 | 0.4 | 1.1 |
| 2010年02月27日15時34分 | チリ中部沿岸の地震 | 0.43 | 0.4 | 0.9 |
| 2010年12月22日02時19分 | 父島近海の地震 | 0.22(0.13) | 0.1 | 0.8 |
| 2011年03月11日14時46分 | 東北地方太平洋沖地震津波 | 1.82 | 1.6 | 0.9 |

より正確な検知感度が得られると考えられる。その意味でも、約1.7mの津波が観測された1994年10月4日北海道東方沖（M8.2）の津波来週時に地磁気データが欠測していたのが惜まれる。

津波到達時刻と津波誘導磁場の初動を、明瞭な5事例について比較すると、津波誘導磁場の方が10～20分早く現れているのが大きな特徴である。津波誘導磁場の観測が遠隔観測の性質を持つことを客観的に示している。

今後の課題として、今回得られた津波誘導磁場の事例が、不確実なものを含めても6例に過ぎず、また主観的に判定しているため、より客観的な数値実験を用いる解析が望まれる。観測点の移設を行った2002年以前の津波誘導磁場が見つからなかったが、地磁気のH成分を利用してZ成分から津波誘導磁場以外の起源の現象を取り除く手法を開発すれば、新たな現象が発掘できるかもしれない。

また、父島（CBI）のような島の地磁気観測点は、日本では海上保安庁水路部八丈島（現在は観測終了）、海外では前述のイースター島（IPM）の他、グアム島（GUA）フランス領ポリネシア（PPT）等が太平洋に散在しており、新たな津波誘導磁場の観測データが発見される可能性は高く、今回の知見を活かして新たな観測例を発掘するのは大きな課題である。

6. まとめ

1995年7月30日チリ北部沿岸の地震津波から平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震までの津波20事例について、父島（CBI）における秒値データを精査し、不確実なものを含めて津波誘導磁場の現象6例を得た。磁気嵐の無い静穏な状態では、2010年12月22日父島近海の地震で、高さ22cmの小津波でも明瞭な津波誘導磁場が認められた。今回、津波誘

導磁場が認められた事例の津波の高さから考えると、概ね高さ50cm以上の津波から津波誘導磁場が観測できそうである。東北地方太平洋沖地震津波時のK指数日合計が29であったことを考えると、高さ1m以上の津波では、確実に津波誘導磁場が観測されると期待できる。

津波の高さと津波誘導磁場の振幅（片振幅）の比を検知感度とすると、約1.0（nT/m）であった。

検潮儀に比較すれば検知力が低いものの、海拔155mの高台からの遠隔観測であることが特徴である。平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震では、高さ数十mの大津波に被災し、多くの検潮施設が観測不能となった（気象庁（2011））。津波誘導磁場の観測は、巨大な津波でも観測を継続可能であり、新しい巨大津波計としての応用が考えられる。

また、父島における津波誘導磁場の初動は、父島二見検潮所での観測より10～20分早く発現する性質があり、防災上注目に値する特徴と思われる。

今回の調査で得られた津波誘導磁場の調査結果が、地磁気観測と津波防災科学との新たな「掛け橋」となることを期待する。

謝辞

父島（CBI）での津波誘導磁場の発見者は、海洋研究開発機構（JAMSTEC）の浜野洋三上席研究官であり、今回の調査に関して多くの御指導を頂き、心から感謝致します。

気象研究所地震火山研究部（現：気象庁地磁気観測所技術課）の山崎明主任研究官には、多くのアドバイスを頂きました。心からお礼申し上げます。

地球環境・海洋部海洋気象課から、父島二見港検潮所の検潮データを提供頂きました。

最後に、1970年11月の予備観測に始まり、綿々と父島での地磁気観測を維持し続けている当所の諸兄

に感謝致します。

参考文献

- Hamano Y., Kasaya T., Ichihara H., Tatehata H., Magnetic signals from 2011 Tohoku earthquake tsunami observed at Chichijima magnetic station of JMA (MIS036-P80), *Japan Geoscience Union Meeting (DVD)*, 2011.
- 気象庁, 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震調査報告第I編, 気象庁技術報告第133号, 123-279, 2011.
- Manoj, C., A. Kuvshinov, S. Neetu, and T. Harinarayana, Can undersea voltage measurements detect tsunamis?, *Earth Pl. Sp.*, 62(3), 353-358, DOI:10.5047/eps.2009.10.001, 2010.
- Manoj, C., Stefan, M., and Chulliar, A., Observation of Magnetic Fields Generated by Tsunamis, *EOS*, Vol. 92, No. 2, DOI:10.1029/2011EO020002, 2011.
- Sanford, T. B., Motionally induced electric and magnetic fields in the sea, *J. Geophys. Res.*, 76(15), 3476-3492, DOI:10.1029/JC076i015p03476, 1971.
- Sugioka H., Hamano Y., Baba K., Kasaya T., Tada N. and Suetsugu D., Tsunami: Ocean dynamo generator, *Sci. Rep.*, 4:3596, DOI: 10.1038/srep03596, 2014.
- 館畑秀衛, 浜野洋三, 父島で観測された2011年東北地方太平洋沖地震津波による磁場変動の数値モデルを用いた定量的解析 (A32-02), 日本地震学会講演予稿集秋季大会, 34-34, 日本地震学会, 2011.
- 館畑秀衛, 浜野洋三, 父島で観測された2011年東北地方太平洋沖地震津波による磁場変動の数値モデルを用いた定量的解析 (その2), 日本地球惑星科学連合大会予稿集 (CD-ROM), HDS26-P07, 日本地球惑星科学連合, 2012.
- Toh H., Satake K., Hamano Y., Fujii Y. and Goto T., Tsunami signals from the 2006 and 2007 Kuril earthquakes detected at a seafloor geomagnetic observatory, *J. Geophys. Res.: Solid Earth* (1978-2012) Volume 116, B02104, DOI:10.1029/2010JB007873, 2011.
- Tyler R. H., A simple formula for estimating the magnetic fields generated by tsunami flow, *Geophys. Res. Lett.*, vol. 32, L09608, DOI:10.1029/2005GL022429, 2005.

Tsunami-induced Magnetic Field Records at the Chichijima Island Observation station

by

Hidee TATEHATA

Kakioka Magnetic Observatory

Received 7 October 2014; received in revised form 15 December 2014;

accepted 30 January 2015

Abstract

Because seawater conducts electricity, its movement can generate electric fields and currents through its geomagnetic field; these currents induce secondary magnetic fields. The Chichijima geomagnetic observation station (CBI) is located in the Pacific Ocean on Chichijima Island, where the tsunami observation station (Futami tide gauge) is also located. Tsunami and magnetic data can be obtained concurrently on Chichijima Island because the distance between these observation stations is only 1 km. Chichijima Island is therefore suitable as a site for research on tsunami-induced magnetic fields. After investigating about twenty tsunami events in the CBI database and Chichijima Futami tide gauge data from 1995 to 2013, I identified six cases of tsunami-induced phenomena. Of the six events, the signal of one was faint, but the signals of the following five events were clear: the 2011 earthquake and tsunami off the Pacific coast of Tohoku (2011/3/11 M9.0), the Chichijima Island earthquake (2010/12/22 M7.4), the 2010 Chile earthquake (2010/2/27 M8.8), the Kuril Islands tsunami (2007/01/13 M8.2), and the Kuril Islands tsunami (2006/11/15 M7.9). The fact that so many induced magnetic phenomena have been detected at one observation station may attract worldwide attention to the CBI. During periods of low solar activity, the induced magnetic signal can be detected if the amplitude (peak-to-trough distance) of the tsunami is 1 m or more. If a major tsunami with an amplitude of 2 m or more hits Chichijima Island, the induced magnetic fields are definitely detectable. Analysis of the five events with clear signals revealed that the ratio of tsunami amplitude to induced magnetic field amplitude is about 1.0 m per nT. The fact that the tsunami-induced perturbation of the magnetic field is detectable 10–20 min before the tsunami waveform arrives is a great advantage from the standpoint of disaster prevention. The magnetic field perturbations induced by tsunamis can therefore serve as a bridge between the sciences of geomagnetism and tsunami disaster prevention.