

大気イオンの観測結果から見られる3.11東北地方太平洋沖地震の前兆 Precursor observed by movements of aero-ionization measurement prior to the pacific coast of tohoku earthquake in 2011

矢田 直之^{1*}, 斉藤 好晴²

YADA, Naoyuki^{1*}, SAITO, Yoshiharu²

¹ 神奈川工科大学 工学部 機械工学科, ²NPO 法人大気イオン地震予測研究会 e-PISCO

¹Kanagawa Institute of Technology, ²e-PISCO

1. はじめに

いつ、どこで、どのような地震が発生するかを予測する地震の予知は、我が国のような地震の多い国にとって大きな研究命題の一つである。本研究では、地震の前兆現象の把握、将来的には確度の高い地震予知情報の発信を目標としている、NPO 法人 e-PISCO の複数の観測点において3.11 東北地方太平洋沖地震より2ヶ月以上前から観測されていた異常な現象について報告する。NPO 法人 e-PISCO では、本研究の測定地点である神奈川県厚木市を初めとする6カ所の正規測定点と1カ所の補助測定点を全国に設置しており、24時間体勢で大気イオン濃度の測定を実施している。

2. 測定方法

本研究で用いた大気イオン測定装置は、ゲルディエンコンデンサーを測定原理としており、コムシステム株式会社(東京・昭島)によって開発・製作された。大気イオン測定装置は、南向きの大学内の部屋に設置しており、ダクトを介して毎分45リットルで外気を吸入しており、その大気中のプラスイオンの値から1cm³あたりのプラスイオンの個数を算出している。測定された値は電話回線を通じてNPO 法人本部に30分ごとに送られており、その値の推移は正規測定点の3カ所に限りインターネット上で公開されている。

神奈川工科大学では、約10年前より大気イオンの計測を行っており、そのデータを1ヶ月単位でまとめたグラフと発生した地震とを比較するとともに、過去の地震前の大気イオンの変動と一致したパターンの中には、予報を学内に発信している。なお、神奈川工科大学で比較対象とした地震は、神奈川県内で有感地震であったもの、あるいは厚木市から半径300km以内で発生したM5.0以上の地震である。

3. 測定結果および地震の前兆現象

本研究では継続して測定されている大気イオンの測定結果の中から、東北太平洋沖地震およびその前後に発生した関連地震に関係があると思われる大気イオンの変動について、2010年12月から2012年4月までの測定結果を中心に報告する。本研究グループの大気イオンの測定はNPO 法人 e-PISCO の全国的な測定網の1ヶ所であり、2011年3月の東北太平洋沖地震の発生前に、全国的に見受けられた大気イオンの変動は、本研究グループの研究成果では過去に類を見ない現象を示している。具体的には震央から500km以上離れた長野県松本市の測定点において、12月の26日から見受けられた大気イオンの変動は実験装置の故障を疑わせるほどの異常な数値を複数回見せていた。

本来ならば、一つの規模の大きな地震(M7クラス)に対しては、多くても5回程度の大気イオンの異常しか見受けられないものであり、2004年の新潟県中越地震や2008年の岩手・宮城内陸地震の際も、これまでの経験に基づいて地震の発生日時を±48時間以内に予測することができた。しかしながら、今回の地震は大気イオンの変動の回数も、変動の頻度も、さらに変動が見受けられた測定点の箇所も、従来の変化とは大きく異なっており、結果的に正確な発生日時および場所を事前に予測することはできなかった。

4. まとめ

現在、地震の予知を目指して様々な手法が試みられており、本研究で用いた大気イオンの計測もそのひとつである。しかしながら現状では、どの手法も決め手に欠く状態であり、現在最も有効な地震の予知方法としては、複数の手法から総合的に判断することを提案したい。地震の予知に関しては、不可能説も含めて様々な議論が取り上げられているが、研究を遂行しない限り進歩・実現はあり得ないので、今後も様々な手法で挑戦することが望まれる。

キーワード: 地震予知, 前兆現象, 大気イオン, 東北太平洋沖地震

Keywords: prediction of earthquake, precursor, aero-ionization, the pacific coast of tohoku earthquake in 2011

東北地方太平洋沖地震の前兆的および余効的な地下水変動

Precursory and after-effect anomalous groundwater changes associated with the 2011 giant Tohoku earthquake of M9.0

佃 為成^{1*}

TSUKUDA, Tameshige^{1*}

¹ 日本女子大学

¹Japan Woomen's University

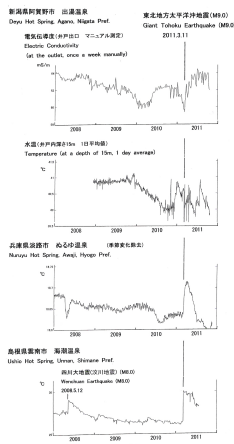
福岡，山口，島根，岡山，兵庫，京都，和歌山，静岡，神奈川，長野，新潟の各府県に展開している28カ所の地下水観測点の中から，2011年3月11日東北地方太平洋沖地震に伴う異常変化が観測されたものを紹介する．異常の検出は長期観測（4～16年間）が基本である．

明瞭な前兆的異常変化が確認されたのは新潟県阿賀野市出湯温泉である．川上貞雄氏所有第2号泉源（自噴泉，深さ約200m）で，2001年4月から川上氏によって電気伝導度と水温の測定が行われている．2008年10月からは精密水温自動測定を開始した．電気伝導度と水温は2009年末から顕著な下降変化が始まり，2010年5月には伝導度，同年12月には水温が上昇に転じた．そして，2011年3月11日の地震（M9.0）が発生した．前兆的変化の先行時間（期間）は1年数ヶ月となる．超巨大地震の震源断層の端から200km離れた新潟地域の地下深部において応力の緩和変化と引き続き増加変化が発生していたと考えられる．この観測点では2004年10月23日の新潟県中越地震（M6.8）と2007年7月16日の新潟県中越沖地震（M6.8）の際にも，先行時間（期間）がそれぞれ1年5ヶ月，4ヶ月の電気伝導度の前兆的変化をとらえている．

東北地方太平洋沖地震の余効は，出湯温泉のデータにも現れているが，他に，兵庫県淡路市のぬるゆ温泉，島根県雲南市の海潮温泉において地震直後から明瞭な水温上昇変化を記録した．立ち上がり時間と上昇量は，ぬるゆ温泉では約20日と70m，海潮温泉では10数時間と約3.5℃である．海潮温泉では，2008年5月12日の中国，四川大地震（M8.0）の際も同じような変化を記録している．その時の上昇量は約1℃であった．和歌山県那智勝浦町の温泉でも地震後，約2℃の水温上昇と湧出量増加（持ち主の証言）があった．兵庫県西宮市武田尾温泉や京都府亀岡市の井戸でも明瞭ではないが，前兆的ないし余効的な変動かもしれない変動が記録された．

キーワード: 地下水, 水温, 電気伝導度, 地震予知, 前兆, 余効

Keywords: groundwater, ground water temperature, electric conductivity, earthquake prediction, precursor, after-effect



2011年東北地方太平洋沖地震前の静穏化現象 - 再考 Re-examination of seismic quiescence prior to the 2011 Tohoku earthquake

吉川 澄夫^{1*}, 林元 直樹²
YOSHIKAWA, Sumio^{1*}, Naoki Hayashimoto²

¹ 地磁気観測所, ² 気象研究所

¹Magnetic Observatory of JMA, ²Meteorological Research Institute

昨年秋の地震学会で東北地方太平洋沖地震前の静穏化現象について報告した(吉川, 2011)。この調査では期間の違いに基づく検知能力の違いを考慮して2つの期間を設定して調査した結果, それぞれ以下の地震活動静穏化が検出された: (1)(1997年10月~2011年2月, M3以上)2001年頃から三陸地方沿岸域(長径300-400km) - (Case-A), (2)(1984年1月~2011年2月, M4以上)1996年頃から同地域より一回り大きい領域(長径約500km) - (Case-B)。この報告に対し, デクラスターの影響, 基準期間の地震活動の影響などに関する指摘があった。また上述のように下限Mにより静穏化検出領域と出現期間に違いが生じた事はパラメータ依存性を示唆する。今回はこれらの検討を踏まえた再調査の結果を報告する。

地震活動静穏化検出の方法には, 明田川・伊藤(2008)ならびに林元・明田川(2010)の開発した地震活動静穏化・活発化域の抽出手法(今後, e-MAPと仮称)を用いた。この方法は地域ごとの地震活動度の違いに対して適宜柔軟に対応するために個々の震源を中心とした探索円内の活動を表示するものである。今回再調査を行うに当たり, 下限M, 探索円の半径, 基準期間, 解析期間などの影響について検討を行った。この結果, 下限Mの設定の違いによって静穏化域の範囲が変わる事, 探索円を大きくした場合にも静穏化域の範囲が拡大しうる事などが明らかになった。パラメータの設定の仕方によって静穏化域が変わるものの, 静穏化域と地震規模との間のスケーリング則は明瞭に見られた。

以上の調査を踏まえた上で改めて東北地方太平洋沖地震前の地震活動の静穏化・活発化の状況を調べた結果, 静穏化域の範囲と出現時期の双方についてデクラスターによる大きな違いは認められなかった。一方, 1989年から1995年の期間に三陸地方沖合で地震活動が活発化した結果, この期間を基準期間に含めた場合には静穏化出現時期が相対的に早まる事が明らかになった。そこで, この期間が含まれるCase-Bにおいて基準期間を1984年から1988年の期間に改めて設定したところ, 静穏化の出現時期は2001年頃まで遅くなる様子が見られ, Case-Aと同様の結果が得られる事がわかった。

キーワード: 地震活動, 静穏化現象, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: seismic activity, quiescence, Tohoku earthquake

2011年4月11日いわき地震(M7)の余震に伴う地下水位変動

Groundwater level changes associated with aftershocks following the 2011 M7 earthquake occurred in Iwaki City, Japan

大槻 憲四郎^{1*}

OTSUKI, Kenshiro^{1*}

¹ 東北大学理学研究科地学専攻

¹ Dept. of Geol., Grad. S. of Sci., Tohoku Univ.

3.11 東日本太平洋沖巨大地震に誘発され、同年4月11日にいわき市西部でM7の正断層型地震が発生し、北北西 - 南南東方向、延長10数km、西落ち2mに達する塩ノ平断層が出現した。余震に伴う地下水動変動を短時間で観測できる機会であり、多数の地震を間近で観測してあわよくば前兆的变化を捉えたかった。4月21日から約50日間、水位変動の臨時観測を余震域内に借用した2本の深層孔井で実施した。孔井SMKは塩ノ平地震断層南端から南東に4.3km離れ、もうひとつの孔井HLNは前者から東に6.2km離れている。使用した水位計は応用地質社製S&DL高性能Model-4640A型で、精度は1mmで、データは1分毎に採取した。生データに9分間の移動平均を施し、10分毎のデータを用意し、さらに1時間毎のデータを抜き出した。観測期間中に内陸直下の23個の余震に加え、いわき市沖での4個の地震に関連した地下水位変動が観測された。

1) 観測期間中にSMKで4m余り上昇し、HLNで5m余り低下した。これらの水位変化は、いわき地震発生時刻をゼロとしたとき、ともに指数関数でよく近似でき(R^2 は0.99以上)、地震直後にSMKでは8mほど水位が低下し、その後緩和時間47.6日で上昇、HLNでは10m余り上昇し、その後29.4日の緩和時間で低下したことを示す。

2) BAYTAP-Gを用いて水位に対する潮汐と気圧の効果を補正した。出力された潮汐による水位変化成分とGOTIC-2で計算した潮汐による体積歪の理論値とを比較すると、SMKとHLNでの1mmの水位変化はそれぞれ0.30 nano-strain、および0.24 nano-strainに相当する。

3) 小名浜観測点で震度1を記録した地震1,600個をJMAのデータから抽出し、その中から $M^* > 1$ を満足する158個の地震を選んだ($M^* = M - M_c$ 、 $M_c = 2.4 \log r + 1.0$ 、と定義、 r は震源距離で単位はkm)。これらをBAYTAP-Gから出力された水位変化のtrend成分と比較した。この成分の大きなステップ状変化ほど大きな M^* に対応する傾向が明瞭で、SMKでは27個、HLNでは10個の地震に対応する水位変動が記録されていた。最大の変動は52mmであった。

4) 地震性の水位変化をより多く記録していたSMKに関して、水位変動として検出され得る下限マグニチュード M_c は、 $M_c = 2.48 \log r + 1.00$ と表された。観測された水位変化 w (mm)と M^* との関係は $M^* = 0.704 \log w + 0.196$ で近似され、理論と調和的である。

5) 水位変動を伴った27個のうち、24個の発進機構解がJMAかNIEDのwebsiteに公開されている。これらの震源パラメータと地殻変動解析プログラムMICAP-Gを用いてSMKとHLNでの静的体積歪変化を計算し、それを水位変化に換算した。この水位変化の理論値を観測値と比較した。その結果、63%にあたる15個の地震について観測値と理論値とがほぼ一致した。震央の位置や震源の深さを、それらの決定誤差の範囲内で変化させることを許容して初めて観測値と理論値とを調和させることのできる地震は7個(29%)である。これら合わせて92%の地震のうち、個数の多いSMKからのデータに関しては、体積歪と水位変化の比が0.38 nano-strain/mmであり、水位換算体積歪0.30 nano-strain/mmと調和的である。これらのことは水位変動の要因が静的歪変化であることを示している。しかし、これでは説明できない2個の地震があり、地震動による可能性がある。

6) 地震の3時間前頃から数mm以下の微弱な水位変動が認められることは、稀ではない(37観測事例中の11例)。地震直後の変動と極性が同じで在る場合も反対である場合もある。これらの変動が潮汐成分の除去が不完全であることが原因である可能性を検討したが、そうではないようであった。しかし、これらが前兆的変動である証拠は無い

キーワード: 地下水位, いわき地震, 余震, 体積歪, 前兆

Keywords: groundwater level, Iwaki earthquake, aftershocks, volumetric strain, precursor

巨大地震の発生日時やその月齢における沈み込み帯毎の特徴 Characteristics of Date, Time and Lunar Phase of Giant Earthquakes for Each Subduction Zone

尾崎 勇紀^{1*}, 藤井 義明¹

OZAKI, Yuki^{1*}, FUJII, Yoshiaki¹

¹ 北海道大学

¹Hokkaido University

横山ら(1997)は、戦後大谷地区で起こった大規模な陥没を対象に、その発生頻度と月齢との関係を求め、新月前後の月齢27日~2日と、満月前後の月齢14日~17日の間に約7割の陥没が発生していることを見出した。Nakata et al. (2008)は、低周波地震の発生頻度が、一日の中で変動する地球潮汐力のピークと一致することを示した。Tanaka (2010)は、2004年12月26日に始まり三度の巨大地震が発生したスマトラ沖地震の過去33年に発生した地震を対象に潮汐力の分析を行い、スマトラ沖地震発生前5年間の地震の75%が潮汐力の最大となる時間帯に集中して発生していることを見出した。田中(2011)は、2011年東北地方太平洋沖地震の発生直前の数年間に発生した地震の潮汐位相角の頻度分布が、すべり方向のせん断能力が最大となる角度付近にピークを持つことを示した。末(2011)は、南海トラフで684年~1946年の間に発生した巨大地震12例に関して、地震発生日の黄経差に顕著な偏りがあること、また月の直下を震源域が通過する時刻付近で発生しているケースがあることを示した。これらの研究は、地球潮汐力が地震を含む岩盤の破壊に大きな影響を持つことを示している。巨大地震が集中する月齢と発生日、発生時刻が沈み込み帯毎にある程度特定できるとすれば、年に数回、数時間の危険時間帯を示すことができ、減災には極めて有効な手段となり得る。そこで、ここでは巨大地震の予測に資するための一つの試みとして、1900年以降の世界のモーメントマグニチュード8以上の巨大地震について、プレートの沈み込み帯別に整理注目し、発生時の月齢等について検討した。なお、以下ではUTCを用いる。

Kuril Islandsでは7事象中6事象が月齢24~2日、8月~11月に発生している。Kuril Islandsに近い北海道付近を震源とした地震も似たような特徴を示した。Tongaでは5事象中4事象が月齢5~7日、すべての事象の発生時刻は5時~16時で、そのうち4事象が4月~6月に発生している。Kuril IslandsとTongaの二つの地域よりも明瞭ではないものの、Chileでは、新月の前後に7事象中4事象が発生し、7事象中2事象が満月の手前で、20時~5時に発生している。Peruでは、7事象中6事象が月齢3日、17日付近、すべての事象が12時~24時に発生している。日本については、月齢6日~20日前後にすべての事象が発生し、6事象中5事象が3月~6月に発生している。東南アジアについては、巨大地震発生と月齢との間には明らかな相関関係はみられなかった。

我が国の地震についてはマグニチュード8以上では数が少なすぎるので、1930年以降の日本気象協会マグニチュード6以上の地震について調査したところ、月齢6~8日の期間(東日本大震災が発生した月齢は6.3日)でやや多い以外は、月齢に関わらずおおよそ一定の割合で地震が発生している。ところが、マグニチュード7以上だと、月齢6~12日及び20~22日の期間に発生頻度が高い。震源地を海と陸に分けてみると、震源地が陸の場合は月齢4~14日及び20~22日以外には地震は発生していない。

地域別(北海道、青森から千葉県の太平洋側、西日本、九州・沖縄)でいうと、北海道付近を震源とする地震ではKuril Islandsと類似して月齢20~0日の期間に地震が集中しており、規模の大きい地震もこの期間に集中している。青森県から千葉県にかけての太平洋側付近を震源とする地震はおおよそ月齢6日、12日、22日に集中して地震が発生している。西日本付近で発生したほとんどの地震は月齢9~21日の期間に集中しており、それほど規模の大きい地震は発生していない。

季節別でいうと、2月~4月(春)は月齢4~15日に集中しており、5月~7月(夏)は月齢10~20日に集中している。8月~10月(秋)と11月~1月(冬)に関して言うと、地震発生頻度に明らかな偏りは認められないが、規模の大きな地震は月齢20~0日の間に集中している。また、冬から春にかけて地震の発生頻度が高い。

今後の研究により沈み込み帯毎に危険時間帯を絞り込めた場合、その妥当性については、もちろん潮汐力によるプレート沈み込み部の応力状態の変化等に基づいて検討する予定である。ただし巨大な本震の危険時間帯の予測という目的からは、小さい地震を予測してしまうことはむしろ避けるべきであり、小さい地震も対象にして、それぞれの断層に対して統計的に検討するのではなく、あくまでも巨大な本震の危険時間帯の予測を目的として、沈み込み部全体の応力状態について検討する方向で研究を進める予定である。

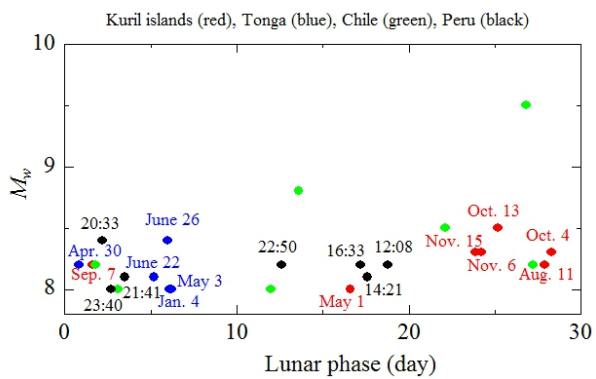
キーワード: 巨大地震, 月齢, 潮汐力, 沈み込み帯, プレート

Keywords: giant earthquake, lunar phase, tidal force, subduction zone, plate

SSS25-05

会場:301B

時間:5月20日 16:30-16:45



東北地方太平洋沖地震によって誘発された地域の地震活動の長期確率予測 Long-term probability forecast of the regional seismicity that was induced by the M9 Tohoku-Oki earthquake

尾形 良彦^{1*}

OGATA, Yosihiko^{1*}

¹ 統計数理研究所

¹The Institute of Statistical Mathematics

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震(M9)に誘発されて東日本の地震活動が活発化している。CSEP日本検証センターは2009年11月より日本列島とその周辺部、内陸部や関東地域での地震活動の確率予測のモデルを公募して、それらの予測結果を検証し評価している。しかし、超巨大M9地震の影響により、これまでのモデルを修正した予測の再投稿を受け付けている。本来、これらは時空間での確率予測で比較的短期の予測を想定しているものであるが、最近、首都圏での大地震の長中期確率に関する予測の報道が注目されている。

本報告では日本の各領域についての時間モデルで予測することを考える。まず、その領域がM9地震を含まない場合、地域内余震などの連鎖地震のETASモデルとM9地震による誘発寄与を示す大森宇津の減衰式の重ね合わせで地震活動を表現し、これをデータに当てはめ、一定の下限マグニチュード以上の地震活動予測に使う。

次に、地震のマグニチュード列のシミュレーションが必要である。マグニチュード頻度分布のGutenberg-Richter則を採用することが考えられるが、これは下限マグニチュードによってb値が異なる場合があるため、其の領域での大きな地震の確率予測に偏りをもたらす可能性がある。そこで、宇津カタログ(1885-1925)及び一元化(1997.11)前後の気象庁カタログからの地震で、其の領域のマグニチュードデータをブートストラップ・リサンプリングする。ただし、それぞれのマグニチュードについてカタログの期間や検出率を考慮した重みでリサンプリングする。

この様なマグニチュード列に対して、大森宇津式とETASの重ね合わせモデルで地震活動をシミュレーションし、これを大量に繰り返すことによって、所定の大地震の長期的発生確率を推定する。本報告では、30年後まで、南関東(首都圏)や東北地方のM6.7以上やM7.0以上の地震の確率予測、及び糸魚川静岡構造帯のM6.0以上やM6.5以上の地震確率予測の経過を示す。

キーワード: 大地震の長期予測, ETASモデル, 大森宇津の式, ブートストラップ・リサンプリング

Keywords: long-term probability forecast, ETAS model, Omori-Utsu formula, Bootstrap resampling