

SSS024-01

会場:301A

時間:5月27日 09:15-09:30

深発地震と浅発地震の連鎖傾向

The chain reaction tendency of a deep-focus earthquake and the shallow-focus earthquake

平道 富作士^{1*}

Fusashi Hiramichi^{1*}

¹ 平道設備設計

¹Hiramichi equipment design

経緯

2003.7.26 宮城沖・9.26 十勝沖地震の直前に深発地震が四日程度の間にも多発していた事に気が付きました。深発地震と浅発地震との関連について調査を始めました。調査を続けていく中で2004年中越地震や2006年11月千島列島地震、2008年茨城沖、2009年静岡沖でも周囲で同様な傾向(深発地震多発)があることを発見した。

仮説:

プレート潜り込み線上で発生する【深発地震】と、その後続の【浅発地震】には連鎖傾向がある

1. 深発地震の発生場所によって、特に影響を受けやすい地域があるのではないか
2. また、深発地震の発生するプレートの潜込み位置と1.の関係はどうか
3. 上記1. 2. で一定の相関関係がないか

検証:

1. 深発地震発生場所に対応する浅発地震の発生地域の偏りの有無について
2. 深発地震の発生するプレートが潜り込んだと思われる地域で起きた地震と1.の関係について
3. 上記2. で確認できた地域について相関関係の有無について

5. 検証方法

1. プレート境界(深発)地震を緯度・経度・深さで抽出しそこから5日間以内にプレート潜り込み線上で発生した浅発地震の発生率を求めた。(公式)
2. 上記と同じ条件(期間・緯度・経度・深さ)の全ての浅発地震を抽出し平均発生率を求めた。(公式)
3. 上記1. と2. を比較する

公式:

深発地震発生後5日間の浅発地震平均発生率(発生回数/日)

= 深発発生後の浅発地震数 ÷ (深発数 × 5日)

平時の浅発地震発生率(発生数/日) = 同じ範囲の総浅発地震数 ÷ (延べ日数)

比較倍率 = ÷

キーワード: 深発地震

Keywords: deep-focus earthquake

SSS024-02

会場:301A

時間:5月27日 09:30-09:45

F-net の連続波形画像に観測された 2007 年新潟県中越沖地震前の変動 - その 1 : Daily Plot

The variation recorded by waveform images of the F-net at the 2007 Niigataken Chuetsu-oki EQ - 1: Daily plot

末 芳樹^{1*}

Yoshiki Sue^{1*}

¹ 所属なし

¹No institution affiliation

1. はじめに

広帯域地震観測網 F-net は、広い周波数帯域を有する地震計 STS-1 および-2 型、凡そ 100 地点により構成される観測網であり、その観測値はホームページを通して日々公開されている⁽¹⁾。

このページでは地震計の波形データに加え連続波形画像が提供されている。その目的は波形データ選定時の期間確認用と推測されるが、これ自身も一つのデータを形成している。即ち、提供される 1 日毎波形画像 (Daily Plot) は、GIF 形式の画像ファイルであり、そのファイル容量 (単位: キロバイト、KB) は、描かれた波形の総長さに関係し、従って地表面の揺れの総量を示す為である。数式的な表現では以下となる。ここで記号“~”は、相関のあることを示す事とする。

F-net 連続波形画像の容量 (キロバイト、KB) ~ 描かれた波形の総長さ ~ 地表面の揺れの総量

連続波形画像の容量は一定期間の集積値であり、瞬時値である波形データとは意味が異なる。連続波形画像の容量に影響を与える要素として、波形の振幅 (即ち、速度)、振動数及び振動継続時間があるが、振幅および振動継続時間が大きく影響すると考えられる。

2. 解析

2.1 これまでの解析結果

1 日毎波形画像に関するこれまでの解析結果は、概略以下のとおりである⁽²⁾⁽³⁾。

- ・概ね連続的変動を示す。周期は数日から 2 週間 (10^5 - 10^6 秒) 程度である。
- ・伊豆・小笠原弧 (例えば神津島 (コード KZS)) の値は、本土に比べ常時かなり大きい。琉球列島でも変動が大きい地点 (例えば与那国 (YNG)) がある。
- ・本土の値は小さいが、遠方でも M 7 以上の大地震時には大きく変動する。尚、本土に於いても揺れの大きな地点 (例えば五城目 (GJM)) が幾つかある。
- ・1 日毎周波数分析画像 (Daily Spectral Plot) によると、計測値には静穏な日でも周期凡そ 2-5 秒および 100 秒付近で振動があり、変動の大きな日には、これらの振幅の増大とともに 5 秒より長い新たな周期の振動が加わる場合がある。

2.2 2007 年新潟県中越沖地震の解析結果

2007 年 7 月 16 日に発生 of 主題地震について調べ、以下の結果を得た。

< 方法 >

- ・領域: 震源域にある柏崎観測点 (KZK) を取り囲む合計 10 箇所の観測点 (赤泊 (ADM)、輪島 (WJM)、白峰 (SRN)、多賀 (TGA)、高遠 (TTO)、鬼石 (ONS)、足尾 (ASI)、八溝 (YMZ)、新発田 (SBT))。
- ・期間: 2007 年 5 月 1 日 ~ 7 月 31 日。
- ・データ種別: E/W (LHE) および U/D 方向 (LHZ)。

< 結果 >

- ・全観測点の値は、上記 2.1 に示すこれまでの結果と同様、地震前の 2 ヶ月間に変動を示している。
- ・この内、柏崎観測点 (KZK) 以外の観測値は同調した変動を示すが、値は大きくない。
- ・柏崎観測点の観測値には、周囲に比べて有意に大きな変動を示す期間が見られる。この期間は、本震のおよそ 50 日前及び 30 日前頃のそれぞれ数日である。後者は地球潮汐により震源域に本震発生時と同様の外力が加わる期日に近い。
- ・最後に、気象・海象 (波浪) および人間活動の影響について調べた。検証期間の特記すべき気象は 7 月 14 日鹿児島に上陸の台風 4 号であるが、この影響は見当たらない。海象 (波浪) に関しても、日本海側であることより気象の影響が多いと考えられるが、上述のように気象の影響が見当たらないので、海象も影響を与えていないと考えられる。仮にこ

これらの影響があったとしても柏崎の1観測点のみに影響を与える事は考えづらい。人間活動の影響も調べたが、検証期間に柏崎付近で特筆される人間活動は見当たらない。

謝辞：

解析には防災科学技術研究所より提供の広帯域地震観測網 F-net の記録を使用しました。記して感謝します。

文献：

- (1) F-net ホームページ、<http://www.fnet.bosai.go.jp/>.
- (2) 末 芳樹、2009、F-net の連続波形画像に観測される長周期振動（その1）、日本地震学会講演予稿集 2010 年度秋季大会、D31-12.
- (3) 末 芳樹、2009、F-net の連続波形画像に観測される長周期振動（その2）、日本地震学会講演予稿集 2010 年度秋季大会、P3-60.

キーワード: 地震, 広帯域地震観測網, 地球潮汐, 2007 年新潟県中越沖地震

Keywords: earthquake, F-net, earth tides, Niigataken Chuetsu-oki

SSS024-03

会場:301A

時間:5月27日 09:45-10:00

日本地震発生予測検証実験：概要と結果

Earthquake forecast testing experiment in Japan: Overview and test results

楠城 一嘉^{1*}, 鶴岡 弘¹, 横井 佐代子¹, 平田 直¹

Kazuyoshi Nanjo^{1*}, Hiroshi Tsuruoka¹, Sayoko Yokoi¹, Naoshi Hirata¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ERI, Univ. Tokyo

2009年11月から第一回日本地震発生予測検証実験を開始した。この実験で最も重要なことは、予測モデルの提案者とは別の研究者が、独立に予測モデルの評価を行うことである。このために、東京大学地震研究所にテストセンター（予測実験検証センター）を作った。そして、予測モデルの提案者は、テストセンターに予測モデルの計算機プログラムを実験開始前に提出した。テストセンターの研究者が、プログラムの実行と、実際に起きた地震との比較を行って、モデルの性能を評価する。この研究は、CSEP (Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability) と呼ばれる世界的な共同実験研究の一環で、現在、日本の他、米国カリフォルニア州、ニュージーランド、スイス、イタリア、ロシア、中国の研究者も参加している。日本では、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画（2009 - 2013年度）」の研究計画の一つとして行われている。

今回の実験の予測領域は（a）海域を含む日本全体、（b）陸域部だけの日本全体、（c）関東、の3つとした。この領域を経度 - 緯度 0.1 度毎の格子（約 10km 四方）に区切り、予測期間内に発生するマグニチュード 4 以上の地震の数をマグニチュード 0.1 刻みで予測する。4つの予測期間は、1日、3ヶ月、1年、3年である。ただし、（c）関東領域では格子間隔は 0.05 度とし、予測期間が 1年と 3年の実験ではマグニチュード 5 以上の地震を対象とする。また、正解とすべき地震データは、気象庁による確定震源リストを用いる。第一回の実験には、のべ 91 の予測モデルが提出された。これらの予測モデルは、提案者独自の仮説の下に構築されたものである。例えば、地震は多く起こった場所では今後もよく起こるとする説、全ての地震は余震を伴うとする説、全ての地震は前震を持つとする説、あるいは地震と地震の間にはある最適な時間間隔があるとする説がある。

本講演では、実験の概要を説明し、（a）海域を含む日本全体、（b）陸域部だけの日本全体の結果を報告する。（c）関東の結果は、この連合大会の他の講演で報告する。予測モデルの正しさはこの施行を何度も繰り返して初めて分かるので本実験を継続して行い、この結果から地震予測の可能性を明らかにしていきたい。結果の詳細は、<http://cseptesting.eri.u-tokyo.ac.jp/results/>を参照のこと。また、実験参加モデルとテストセンターは Earth, Planets, and Space の特集号“Earthquake Forecast Testing Experiment for Japan”（2011年3月に出版予定）で説明されている。

キーワード: 地震ダイナミクス, 国際プロジェクト, 計算地震学, 地震相互作用・予測・予知, 数理モデル, 統計解析

Keywords: Earthquake dynamics, Global collaboration, Computational seismology, Earthquake interaction, forecasting, and prediction, Mathematical and computer modeling, Statistical analysis

SSS024-04

会場:301A

時間:5月27日 10:00-10:15

地震予測モデルの検証法の改良 The improvement of the model testing for the earthquake forecasting models

姫野 哲人^{1*}, 楠城一嘉²

Tetsuto Himeno^{1*}, Kazuyoshi Nanjo²

¹ 国立極地研究所, ² 地震研究所

¹National Institute of Polar Research, ²Earthquake Research Institute

地震予測モデルが複数存在するとき、私たちはその中でどのモデルが良いモデルであるかを評価する必要がある。その評価方法はさまざまであるが、地震予知連絡会 (CCEP) などでは L-test, N-test, M-test, S-test, R-test のようなポアソン分布の尤度を元にした検定手法がよく用いられている。しかし、L-test に関してはさまざまな問題があるといわれることが多い。たとえば、N-test や S-test では非常に悪いという結果が出ているのに、L-test では非常に良いという結果がでることがある。これは、L-test で使われているポアソン分布の形に問題があるからかもしれない。ポアソン分布では、最大値となる点は期待値の小数部分を切り捨てた点である。したがって、多くの領域を同時に検証する L-test においては、期待値の総和と観測数の総和のずれが大きくなってしまう。

そこで私たちは、L-test のこのような問題を数値実験を行いながら検証し、いくつかの改良法を提案する。

キーワード: 地震, 予測モデル, 検定

Keywords: earthquake, forecasting model, test

SSS024-05

会場:301A

時間:5月27日 10:15-10:30

異なる物理指標間の空間的相関の時間変化に基づく地殻現象理解 (4) Understanding of crustal activity based on spatiotemporal relationships between various geophysical measures (4)

河村 将^{1*}, 工藤 健², 山岡 耕春³

Masashi Kawamura^{1*}, Takeshi Kudo², Koshun Yamaoka³

¹ 中部大学地球ウォッチ・市民安全センター, ² 中部大学工学部理学教室, ³ 名古屋大学地震火山・防災研究センター

¹Earth Watch - Safety Net RC, Chubu Univ., ²Dep. Natural Sci. and Math., Chubu Univ., ³RC for Seis. and Vol., Nagoya Univ.

各種物理指標間関係の時間発展と大規模内陸地震発生との関連性をさまざまな空間スケールでモニタリングするための指標(モニタリング指標)を作成することは、地殻活動モニタリング手法の開発や地震発生の統計・物理モデルを構築する上で重要なアプローチであり、本研究の目標である。そのために、地殻活動を反映した地震活動、GPS、重力異常、地温勾配等の各種地球科学データを収集してグリッドフォーマットに変換しデータベース化する作業を行ってきた。さらに、日本列島内陸地域における物理指標間関係の時間変化とその後の大規模内陸地震発生時期との関連性を統計的に評価する地殻活動総合相関評価システムを作成し、ともに短い時間スケールで変化する気象庁一元化震源カタログに基づく地震活動指標(地震エネルギー・地震数)と国土地理院GPSデータに基づく地殻変動指標(面積歪み速度・最大せん断歪み速度)に適用してきた。評価システムは、必要な物理指標の組(少なくとも一方は時間変化を示すもの)、使用物理指標のグリッド間隔等の各種調整パラメータ、構築しようとするモニタリング指標の定義を入力として要求し、(A)モニタリング指標の時間変化が特定の傾向を示す期間と(B)大規模(一定マグニチュード以上)内陸地震発生時期との関連性およびその偶然性を統計的に評価した結果を出力する。今年度は、上記(A)と(B)との関係をまとめた4象限表(4分割表)に基づく True positive ratio (予知率)や Hit rate (的中率)の確率利得算出による評価に加え、モニタリング指標の時間変化が特定の傾向を示す期間の数と Miss rate (1から Hit rate を引いたもの)との関係をまとめた誤差ダイヤグラム(Molchan diagram)による評価を行うことにより、統計的評価の質を高めた。改良評価手法の適用においても、統計的パフォーマンスの最も優れた物理指標組合せ・モニタリング指標定義が、現時点において地殻活動を最もよく反映するものと判定・選択される。この改良評価手法を組み込んだシステムを、昨年度と同じ日本列島内陸地域の地殻変動指標と地震活動指標に適用した。両物理指標の時空間関係をもとに作成するモニタリング指標を昨年度と同様の定義とした場合、その時間変化と $M \geq 6.0$ の内陸地震本震発生時期との関連性が最も高いと判定された地殻変動指標と地震活動指標の組合せは、面積歪み速度と地震エネルギーであり、昨年度の確率利得のみによる評価と一致した。今後データベースを更新することにより、この結果を検証していくことが大きな課題となる。

キーワード: 地震活動, 歪み速度, 時空間関係, 地殻活動, 確率利得, 誤差ダイヤグラム

Keywords: Seismicity, Strain rate, Spatiotemporal relationship, Crustal activity, Probability gain, Error diagram

SSS024-06

会場:301A

時間:5月27日 10:45-11:00

統計的手法による前震の識別 - 日本海溝沿い領域の場合 -

Identification of Predictive Foreshock Activity by Statistical Method along the Japan Trench

前田 憲二^{1*}, 弘瀬 冬樹¹
Kenji Maeda^{1*}, Fuyuki Hirose¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

前震活動は本震を予測するうえで有望な現象であると期待されている一方で、実際には本震が発生する前に前震を通常の地震活動から識別することは簡単ではない。特に、前震の理論的あるいは決定論的識別法は確立されておらず、予測のための前震の活用法としては過去の事例に基づいた統計的・確率論的なアプローチが現実的な方法の一つである。本報告では、Maeda (1996) の手法を基に、その後マグニチュードが改定された気象庁震源カタログを用い、効率的な本震発生予測のための統計的な前震活動の識別法とその手法による予測結果について報告する。

前震識別の手順は、1) 震源カタログから本震とのマグニチュードの差が1以上の余震活動を除去し、2) 特定の大きさ(緯度 $D^\circ \times$ 経度 D°) のセグメントの中で、特定の期間 ($T_f = 10$ 日と固定) の間に特定の数 (N_f) の地震(マグニチュードが M_f 以上) が発生した時、前震(群)の候補とみなし、3) その後特定の期間 (T_a 日) に本震が発生した場合に前震(群)であったと判定する。4) この前震(群)の定義において、 M_f, D, N_f, T_a をパラメータとして、本震を予測するために効率のよい前震(群)のパラメータをグリッドサーチにより求める。予測効率の指標としては、本震は時空間的に一定の発生率を持ってランダムに発生すると仮定したモデルを基準とし、前震活動による予測モデルとのAICの差 ($dAIC$) を主に用い、その他予知率 (AR) や適中率 (TR) も参考として用いた。以上の手順により、北日本の太平洋海域で発生した地震について、Maeda (1996) と同期の1980年から1993年までの期間に対し、気象庁の新しい震源データ(2003年9月のマグニチュード改訂後のデータ)を用いて再解析を行ったところ、 $M \geq 6$ の本震に対し、 $M_f = 5.0$ 、 $D = 0.5^\circ$ 、 $N_f = 3$ 個、 $T_a = 3$ 日とした場合が予測効率が高く、予知率=13% (7/55)、適中率=19% (9/47)、 $dAIC = 74$ 、確率利得=589倍という結果が得られた。また、本識別法による前震活動には明白な地域性があり、茨城県沖、宮城県沖、岩手県沖の3領域のみに前震活動がみられた。これらの領域のみに限れば、予知率=58% (7/12)、適中率=38% (9/24)、 $dAIC = 75$ 、確率利得=458倍という結果になった。逆に、これらの領域以外では、本識別法による前震活動による予測はほとんど期待できないと思われる。これら3領域について、同じパラメータを用い1994年から2009年までのデータに適用したところ、予知率=14% (1/7)、適中率=17% (1/6)、 $dAIC = 8$ 、確率利得=461倍と予測効率は低下した。この期間の地震活動度が低いことも一因と思われるが、本識別法により安定して高い予測効率が期待されるわけではないことが分かった。なお、3領域における1980年から2009年までの通算では予知率=42% (8/19)、適中率=33% (10/30)、 $dAIC = 87$ 、確率利得=554倍であった。

約21年周期で発生している茨城県沖の地震 ($M6.7 \sim M7.2$) については、地震調査研究推進本部 (2009) による長期的発生確率の評価がなされており、その結果と組み合わせることにより、より高い精度の予測が期待できる。即ち、長期的発生確率を基準発生確率とみなし、前震候補活動が現れた場合、その確率利得分だけ発生確率が高くなると考えることにより、繰返し周期の満期に近い時期に発生した前震候補活動の場合がとりわけ茨城県沖の地震の発生確率は高くなることになる。

キーワード: 前震, 統計的手法, 確率利得, 日本海溝沿い, 予知率, 適中率

Keywords: foreshocks, statistical method, probability gain, along the Japan trench, alarm rate, truth rate

SSS024-07

会場:301A

時間:5月27日 11:00-11:15

応力場の地震タイプ分類情報を用いた日本内陸地域の地震発生確率モデルの改良 Earthquake Occurrence Probability in Inland Japan Modified by the Information of Focal Mechanism Types of Stress Fields

弘瀬 冬樹^{1*}, 前田 憲二¹
Fuyuki Hirose^{1*}, Kenji Maeda¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

陸の地殻内地震の発生源として下部地殻のメルトの存在が指摘されている [Okada et al. (2010, EPS)] . 彼らは下部地殻の低速度域はマントルウェッジに由来する流体の湧昇に起因しているかもしれないと指摘した . 彼らの結果は流体による非弾性変形が歪集中域を形成し , 地震活動を促進するという Hasegawa et al. (2005, Tectono.) による仮説を支持する .

そこで , Hirose and Maeda (2010, SSJ) は , 日本全国の良質な 3 次元地震波速度データ [Omuralieva et al. (2010, JpGU)] と過去に発生した M6.0 以上の地震との関連を調べた . その結果 , モホ面付近の下部地殻における地震波速度 (V_p , V_s) が平均よりも遅い地域で M6.0 以上の地震が比較的多く発生していることを指摘した . その特徴に基づき , 各緯度・経度の深さ 30 km における速度構造から地震発生率に変換し , 地震発生予測モデル MGR [Hirose and Maeda (2011, EPS, in press)] に組み込んだ予測モデル MGR-V モデルを作成した . MGR モデルと比較したところ , 総合的なパフォーマンスはやや向上した .

一方 , 日本列島は太平洋プレート , フィリピン海プレート , 陸のプレートが相互に影響を及ぼし合い複雑な応力場を形成している . 地震発生予測モデルに応力場の情報を取り込むことで , 予測精度が向上すると期待される . そこで本研究では , 深さ 10 km における地震発生層付近の応力場の情報も考慮することによって MGR-V モデルの改良を目指す .

応力場を正断層型 , 逆断層型 , 横ずれ型のいずれの地震を発生させやすい場であるかによって 3 つに大別した Terakawa and Matsuura (2010, Tectonics) の結果を用い , 地震タイプ別の応力場ごとに Hirose and Maeda (2010, SSJ) と同じように速度構造と地震活動との関連を調べた . その結果 , 応力場が正断層型の地域 (全 4227 地点中 234 地点 , 主に別府 - 島原地溝帯) では , 速度構造と地震活動との関連はみられなかった . 一方 , 逆断層型の地域 (2097 地点 , 主に東日本および近畿地方) では , モホ面付近の下部地殻における地震波速度が低い地域において M6.0 以上の地震が比較的多く発生していることがわかった . また , 横ずれ型の地域 (1896 地点 , 主に北海道東部と西日本) もその傾向はみられる .

これらの結果を用いて改良した MGR-V モデルによる予測結果を報告する .

キーワード: 地震発生確率モデル, 地震波速度構造, 応力場

Keywords: Earthquake occurrence probability model, Seismic velocity structure, Stress fields

SSS024-08

会場:301A

時間:5月27日 11:15-11:30

地震活動の周期的発生の可能性 Possible periodicity of seismic activity

山科 健一郎^{1*}

Ken'ichiro Yamashina^{1*}

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

日本における地震活動の予測検証実験が進行している。過去の活動経過を参照すれば、それぞれの地点の平均的な活動度を推測することができるが、実際の活動には時間的な変動が大きい。これは、大きな地震に多数の余震が伴うことの反映でもあるが、そうした活動の有無を少しでも事前に見通すことが望まれる。

時間的な変動を考える試みの一つとして、ここでは地震活動の周期性について検討した。例えば予測テストで設定されている日本全体の領域について、気象庁の地震リストからマグニチュード5以上、深さ100km以浅の地震に注目すると、1923年、1933年、1943年、1952年…のように、ほとんど10年毎に地震発生数が前後よりもかなり多い年が繰り返されている。1963年前後の活動は目立たないが、1973年、1982-1983年、1994-1995年、2003-2004年には、また多数の活動が起きている。これらは、マグニチュード8級かそれに近い大きな地震が起きた年ともかなり重なっている。

活発な時期が10年毎に繰り返している傾向を延長すれば、次の活発な時期は2012-2014年頃に当たる。ただし、1938年や1968年に著しい活動が起こるなど、上記の傾向から大きく外れる例外も過去にはあった。周期的な傾向を予測に取り入れれば平均的に尤度を高めることができるが、予測の精度に限界があることはやむを得ない。

一方、周期的な地震の発生傾向は世界の他の地域でもかなり認められるのではないと思われるが、活動の時期やその間隔には違いがある。周期性のはっきりした外的要因が地震を起こしているというよりも、それぞれの領域での弾性歪みの蓄積速度と解放のバランスによって、活動の間隔が生じているのかもしれない。地震活動の周期性の有無については古くから議論されているが、広くは受け入れられていないように思われる。良質のデータが蓄積されてきた現在、改めてその可能性や物理的な意味を吟味することは意義があろう。

キーワード: 地震活動, 周期性, CSEP, 日本, 尤度, 歪み

Keywords: seismic activity, periodicity, CSEP, Japan, likelihood, strain

SSS024-09

会場:301A

時間:5月27日 11:30-11:45

地震の静穏化現象が西南日本の地殻内地震で見つかりにくい理由 Reason of rare appearance of the seismic quiescence for the crustal earthquakes in the southwestern Japan

吉川 澄夫^{1*}

Sumio Yoshikawa^{1*}

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

これまで Aki 法 (明田川・伊藤, 2008; 林元・明田川, 2010) により, 国内の顕著な地震 (M 6.7, 震度 5 弱以上, 1987-2010, 気象庁カタログ) を対象に静穏化現象の事例を検証してきた. 太田・他 (2010) の調査によると, 該当する地震 25 個の内, 静穏化が確認できた例は 10 例あった. 地震のタイプ別にみると, プレート境界型地震では 11 例中 6 例, スラブ内地震では 7 例中 3 例, 地殻内地震では 7 例中 1 例という結果である. また, 地殻内地震の発生領域別に見てみると, 東北地方では 1 例中 1 例に対して, 関東中部~西南日本では 6 例中 0 例という結果になった. ここで西南日本の地震 6 個の中 5 個は地殻内地震であることから, 西南日本で検出例が少ないのは多くが地殻内地震であったことによる可能性がある.

以上のように地震前の静穏化現象を伴う事例が地殻内地震もしくは西南日本に少ないのは何故であろうか. この理由については, 1) そもそも静穏化現象が常に起きるとは限らない, 2) 地震発生前の評価期間内における局所的地震活動の活発化, 3) 近隣の地震の余震活動など自然発生的な原因が考えられる. しかし, 東北日本のプレート境界型地震で静穏化現象が確認できた例が多い事も併せて考慮すると, 上述の自然発生的な要因が結果に本質的な影響を与える事例は少ないと見られる. そこで, 4) 検知能力の問題, 5) マグニチュード下限の設定など人為的要因を考えてみる. 実際, Aki 法を 2000 年の鳥取県西部地震 (M7.3) に適用するにあたり, 静穏化出現確率の基準を 1% に設定した場合静穏化は検出されないが, 同基準を 3% まで緩めると検出される (太田, 私信). 従って, 静穏化現象が見出されないのは, 西南日本の地殻内地震を対象とした場合の検出方法や基準に原因がある可能性がある. 地域によって検出基準を変えるのは客観的とは言えないかもしれないが東北日本と関東中部~西南日本とではテクトニクスが異なる事は事実であり, この事実が静穏化現象の検出結果に影響を与えている可能性がある. つまり東北日本のプレート境界型地震と地殻内地震はいずれも逆断層型であるが, 西南日本に発生する地震は横ずれ型が多い事, 関東・中部日本の地震では比較的高角の逆断層が多く, Aki 法は水平断面における地震活動の活動レベルの変化を抽出することから, 断層面が鉛直に近い横ずれ型や高角の逆断層型の地震に対しては静穏化現象が検出されにくいという原因が考えられる.

キーワード: 地震活動, 静穏化, 地震予知

Keywords: Seismic Activity, Quiescence, Earthquake Prediction

SSS024-10

会場:301A

時間:5月27日 11:45-12:00

新潟県出湯温泉における最近の水温変化と電気伝導度変化 - 新たな地震活動への前兆的変動か? -

Recent anomalous changes in temperature and electric conductivity of groundwater at Deyu Hot Springs, Niigata Prefecture

佃 為成^{1*}

Tameshige Tsukuda^{1*}

¹ 日本女子大

¹ Japan Women's University

地殻の変形や応力変化によって地下には圧力増大の場所や逆に減少の場所ができる。それに伴う間隙流体圧変化と、微小クラック群の生成、既成クラックの変形が加わって、地表へ向かう上昇流体の増加や減少が起こる。深部流体は高温かつイオン濃度が高いので、地下の圧力増加は、浅層地下水に混入する上昇流体の量を増加させ、温泉の水温を上昇させたり電気伝導度を高める。逆に、地下圧力が低下すると、水温や伝導度が低下する。

新潟県阿賀野市の旧笹神村地域にある出湯温泉・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。

深さ112mまでは直径12.5cmのケーシングパイプ(鉄管)が設置してある。その下部は直径7.5cmの素掘りである。5cm口径のパイプを用いポンプを使用して風呂場へお湯を引いている。自噴泉であるが、風呂を使用するとき水温を高めるため、ポンプを使用する場合がある。風呂場にて電気伝導度計(堀場製作所製ES-12)を用い、原則として早朝、1週間に1度程度測定している。

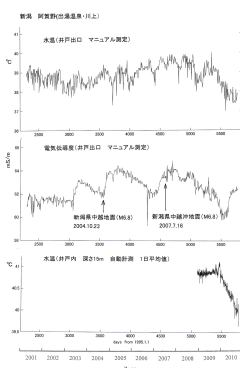
2008年10月からは精密水温自動測定を開始した。センサーを12月7日に深さ15mまで下げた。図のグラフ(下)にはそれ以降のデータを示した。

電気伝導度には特徴的な変化が記録されている。伝導度は、2003年5月ごろまではほぼ一定の60~62mS/mであったが、2003年6月ごろより上昇し、同年8~12月には63mS/mの値をもってなだらかなピークを形作った。この変動は2004年新潟中越地震の前兆、すなわち、地下岩盤の圧力増加に伴う深部水(高イオン濃度)の上昇によると考えられる。その後しだいに下降していったが、60~62mS/mのレベルに戻らない段階で、2004年10月23日の新潟県中越地震が発生した直後から上昇に転じ、2005年1月頃ピークに達した(64mS/m)。その後ゆるやかに下降を続け、2007年3月ごろから3たび上昇に転じた。そして7月16日、新潟県中越沖地震(M6.8)が発生した。

その後、伝導度は2009年末から下降し、水温も同じく下降したため、圧力緩和が起こったと解釈されたが、2010年5月末から伝導度は上昇に転じた。高温の水と高伝導度の水の起源が異なる可能性がある。いずれにせよ、新潟県地域において新たな応力変化が進行中である。

参考文献:

佃 為成, 2004年新潟県中越地震の前兆現象-地下水の電気伝導度変化と周辺の地震活動-, 電気学会研究会資料 電磁環境研究会, EMC-08, 31-34, 2008.



キーワード: 地下水, 水温, 電気伝導度, 地震予知

Keywords: groundwater, groundwater temperature, electric conductivity, earthquake prediction

SSS024-11

会場:301A

時間:5月27日 12:00-12:15

1946年南海地震前の目撃証言の定量化

A quantification of witness evidences before the 1946 Nankai earthquake

梅田 康弘^{1*}, 板場智史¹

Yasuhiro Umeda^{1*}, Satoshi ITABA¹

¹産総研 活断層・地震研究センター

¹GSJ, AIST

1. はじめに

1946年南海地震に至るまでの地殻の上下変動について、これまでに国土地理院の測量データと海上保安庁の測定値および地震時の調査値を結合させることによって長期間の変動曲線を描いてきた(梅田・板場, 2011)。本震直前については測定されたデータは無いので、目撃証言を定量化することによって直前の地殻変動を求めざるをえない。本講演では本震直前の地下水位の低下量を、地殻の上下変動量に換算する方法について述べる。

2. 井戸水減少に関するこれまでの研究

四国の太平洋沿岸の14地点で、地震の1週間前から前日に井戸水が涸れたり、著しく減少したりしたことが報告されている(梅田・板場, 2010)。そのうち12地点は背後の三方を山に囲まれた小さな三角州であり、2地点は砂州である。高知市など大きな河川を有する都市部での報告は無い。同じ三角州内でも涸れなかった井戸もたくさんあり、証言では涸れた井戸のほうが少ない。涸れた井戸のおおくは水深が2m - 3mであった。

三角州や砂州の透水性の良い地下では、比重の違いによって海水が淡水の下に楔のように浸透している。このように海水と淡水とが重力バランスを取っているところで僅かな土地の隆起があると、再バランスをとるため多量の淡水が水位の高いほうから低いほうに流れ、水位の高いほうの一部の井戸水が涸れることを梅田・他(2010)が定性的に示した。

3. 土地の隆起量と地下水位の低下量

高知県黒潮町佐賀地区では利水のため地下水構造が調べられ、また浅田・他によって水位勾配も調査された。これらの資料に基づいて当地区の地下水構造をかなり明確にすることができた。本予稿原稿ではその詳細は省略するが、厚み4mの帯水層が海岸から山際まで800m余りある。当地区において梅田・他(2010)のモデルを応用して隆起量と地下水低下量の関係式を求めた。隆起が進行している間に、この三角州に他からの淡水の供給が無い場合は、水位の高いほうから流れる水量と、塩水と淡水が再バランスをとるのに新たに要する水量とは等しい。この関係を用いて、土地の隆起量 h と水位の高い場所の地下水位(井戸水)の低下量 d との間に、 $d_{\text{sup}}^2/\text{sup}=90.8h$ が得られた。単位はmである。この関係式によれば、本震前に0.05mの土地の隆起が生じた場合、水位の高い山手の井戸水は2.1m余り低下することになる。

残念ながら同地区では本震前に井戸水が減少したという報告はあるものの、低下量はわかっていない。同町から北東に50km余り離れた土佐市新居地区では本震前日(12月20日)の朝から夕方までの10時間ほどの間に2m - 3mの水位低下があったことが、聞き取り調査(梅田・板場2010)によって判明している。もし地下水構造も佐賀地区と同じようで、上記の関係式が適用できるとすれば、新居地区では本震前日のおよそ10時間に0.05m - 0.1mの土地の隆起があったことになる。

文献

梅田・他(2010)南海地震前の井戸水の低下について 次の南海地震の予知に向けて 地震, 63, 1-10.

梅田康弘・板場智史(2010)1946年南海地震前の上下変動を示唆する目撃証言, 日本地震学会講演予稿集, 2010年度秋季大会, P3-61,271.

梅田康弘・板場智史(2011)1946年南海地震前の四国太平洋沿岸の上下変動, 地質調査研究報告, 投稿中

キーワード: 昭和南海地震, 目撃証言

Keywords: 1946Nankai earthquake, witness evidences

SSS024-12

会場:301A

時間:5月27日 12:15-12:30

地磁気指数 (AE 指数、Dst 指数) と日本付近の地震日の関係に係る統計分析 Statistical Analysis of relationship between geomagnetic index (AE, Dst) and earthquake-days in Japan and its vicinity

市橋 正生^{1*}

Masaki Ichihashi^{1*}

¹JAXA・研究開発本部・宇宙環境グループ

¹JAXA/ARD/ Space Environment Group

1. はじめに

地磁気活動と地震の発生に関係があるかは興味ある課題である。本研究は、地磁気の擾乱の程度を示す地磁気指数のうち、AE 指数 (主にオーロラ頻出現域を流れる電流に起因する地磁気擾乱を表現する) 及び Dst 指数 (中低緯度域での地磁気の軸に平行な向きの擾乱場を表現する) と、日本付近の地震日の関係について統計分析を行った。

2. 方法

(1) 対象期間: 1963年から2009年まで

(2) 地震日の定義:

日本付近の地域 (北緯25度以上47度未満、東経128度以上150度以下の範囲) において、M5以上の地震 (余震を除く) が発生した日 (日本標準時) を地震日とする。

(3) 各日 (UT) の AE 指数、Dst 指数について、地震日と地震なし日で各年平均値を比較し、二項分布評価を行う。

3. 結果

(1) AE 指数の観測値のある日のうち、地震日は2,493日、地震なし日が13,425日となり、AE 指数の平均値は、地震日が218.3nT、地震なし日が204.7nTとなり、地震日のAE 指数の方が大きくなった。年平均を見ると、AE 指数データの存在する計44年のうち、地震日のAE 指数が地震なし日のAE 指数より大となる年が計33年あり、地震日に地震なし日よりAE 指数が大きくなる年が有意に多いといえる (二項分布評価で $p=0.0012$)。

(2) Dst 指数については、地震日2,684日、地震なし日14,483年となり、Dst 指数の平均値は、地震日が-16.6nT、地震なし日が-15.2nTとなり、地震日のDstの方が小さく (負で絶対値は大) になった。年平均を見ると、計47年のうち、地震日のDst 指数が地震なし日のDst 指数より小さくなる (負で絶対値は大) 年が計32年となり、地震日に地震なし日よりDst 指数が小さくなる (負で絶対値は大) 年が有意に多いといえる (二項分布評価で $p=0.0093$)。

4. まとめ

以上の結果は、日本付近の地震日には地震なし日より、全球の地磁気の擾乱が大きいことを示していると思われる。

キーワード: 地震日, 日本付近, 地磁気指数, AE 指数, Dst 指数, 統計分析

Keywords: earthquake-day, in Japan and its vicinity, geomagnetic index, AE index, Dst index, statistical analysis

SSS024-13

会場:301A

時間:5月27日 12:30-12:45

地震直前に観測される電磁界の発生メカニズム Mechanism of generating electromagnetic fields just before great earthquakes

高橋 耕三^{1*}

Kozo Takahashi^{1*}

¹ なし

¹ None

[はじめに] 大地震の前には異常電磁界が観測されているが、電磁界の観測による予知は殆ど評価されていない。その理由の一つは前兆電磁界の発生メカニズムが明らかでないためと言われている。そこで、定性的ではあるが、この発生メカニズムの解明を試みる。{cr/}

[Background] 電離層は数百万 V に帯電し、約 1.4 kA の電流が電離層から地表に流れており、この正電流は雷雲起因の負電流で補償されている。付図 (実線は雷雲内の気流、破線は氷晶・霰の軌跡) に示すように、雷雲内の水滴は、約 -10 以下 (高度が気温 -10 層より上) の通常の積乱雲の雲水量の範囲では、霰は負に、氷晶は正に帯電する。一方、約 -10 以上 (高度が気温 -10 層より下) では、霰は正に帯電し、氷晶は負に帯電する。その理由は下記の様に考えられる。

固体の融点は表面が内部よりも低い。氷晶の場合も -10 付近では表面は液体のままに保たれている。結晶内部には自由電子と正孔が存在し、正孔は結晶外に拡散出来ないが、自由電子は表面の水膜部分にも拡散する。その結果、氷晶の表面水膜は負に帯電し、氷晶の固体の部分は正に帯電する。{cr/}

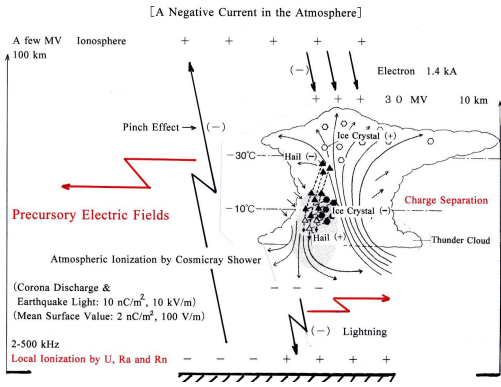
雷雲内部では、氷晶は互いに衝突を繰り返しており、気温 -10 以下では、氷晶間の衝突は弾性体間の衝突で近似でき、質量の小さい氷晶の速度変化が質量の大きい氷晶の速度変化よりも大きいため、小さい氷晶の負電荷を含む表面の水は大きい氷晶の方に移動し、小さい氷晶は小さくなり、大きい氷晶は大きくなるとともに、小さい氷晶は正に帯電し、大きい氷晶は負に帯電する。正に帯電した小さい氷晶は上昇気流で雲頂に運ばれる。雲頂・電離層間の電気伝導度は比較的大きいため、雲頂へ電離層から負電荷が流れ込み電離層が正に帯電する。大きい氷晶は霰となって落下し、降雨・落雷により地表を負に帯電する。この負の帯電と上記の正の帯電とで、電離層・地表間に数百万 V の電圧が発生する。{cr/}

他方、気温 -10 以上では、氷晶はやわらかいため、氷晶間の衝突で、氷晶は潰れ、合体して大きい氷晶となるか、または細分化して飛散するであろう。細分化した小さい氷晶では、負電荷を含む表面の水は飛散するため、負に帯電した水膜を失い正に帯電するとともに、その一部は大きい氷晶に付着する。このため、大きい氷晶は大きくなるとともに、正に帯電する。大きい氷晶は霰となって正の降雨をもたらす。なお、飛散した水膜は負に帯電した小さな氷晶となる。{cr/}

[前兆電磁界の発生メカニズム] 雷光の軌跡が Zigzag 状なのは、宇宙線シャワーの軌跡に沿って放電するためであり、電離層・地表間の電流も宇宙線シャワーに沿って流れているが、高度 10 km 以下の大気の電気伝導度は小さいため、観測できる地表での放電は、St. Elmo's fire のような場合に限られている。{cr/}

兵庫県南部地震の前には、垂直に伸びた地震雲が観測されている。この際、異常電磁界とともに、大気及び地下水中の Radon (Rn) 濃度の増加も観測されている。Rn は電気伝導度を増加させるため、電離層・震源域間の電流が局所的・間欠的に増大し、脈流が発生し、Pinch 効果によりその電流密度が増大し、この脈流に伴う電磁界が発生したものと考えられる。Rn は、U の Po・Pb への崩壊の過程で発生し、U は地殻を構成する結晶の元素としてではなく、結晶境界面に存在する。このため、地震前に結晶境界面に亀裂が発生すると、ウラン化合物・Rn が間隙水に溶け込み地表に出て来るとともに、Rn ガスが大気中に蒸発する。なお、地震直前に震源域で微小亀裂が発生すると、間隙水圧が増加し、地下水の噴出が増加するものと考えられている。

引用文献：雷の鳴る雲・鳴らない雲 高橋 つとむ 科学 Sep. 2010, Vol. 80 No. 9, pp. 916-917



キーワード: 地震予知, 前兆電磁界

Keywords: earthquake prediction, precursory seismic electromagnetic fields