

## 地震雲今昔 Seismic cloud of past and present

高橋 耕三<sup>1\*</sup>  
Kozo Takahashi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> なし

<sup>1</sup> none

[はじめに] 50年以上前から巨大地震の前には、異常電界や地震雲が観測されているが、地震雲による地震予知は、宏観異常現象による他の予知同様、二セ科学・疑似科学の典型例とされてきた。しかし、最近の宇宙からの観測により、的中率100%の予知法と期待されるようになってきた。例えば、付図に示すように、兵庫県南部地震(1995/01/17 M:7.2)の約1週間前には、竜巻状の雲柱が観測され、この雲は、宇宙から見ると、流れる雲の中にある動かない雲であり、地震雲と識別できる。ただし、的中率は高いが予知率は高くない。と言うのは、この雲柱は、大気が過飽和のときしか発生しないし、雨天及び曇天のときは、発生しても検知することができないため、発生する確率が小さいばかりではなく、仮令、発生しても、検知できる確率も小さい。なお、これまで地震雲と言われてきた、雲の大部分は、地震予知とは無関係な妄言かも知れない。

[地震雲発生メカニズム] 積乱雲内の水滴は約 $10^{-10}$ の領域で氷晶に変わる。固体の融点は表面が内部よりも低い。氷晶の場合も $10^{-10}$ 付近では表面は液体のまま保たれている。氷晶内部には正孔と自由電子が存在し、正孔は結晶外に拡散できないが、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、氷晶の固体部分は正に帯電する。積乱雲内部では、氷晶は衝突を繰り返しており、衝突の際、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、小さい氷晶の負に帯電した表面の水は大きい氷晶に移動し、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、雲頂の電圧は約30 MVにも達する。この電位のためと、雲頂/電離層間の電気伝導度は比較的に大きいため、電離層から雲頂へ負電荷が流れ込み電離層が正に帯電する。負に帯電した大きい氷晶は、落下して、地表を負に帯電する。その結果、地球全体で、約1.8 kAの負電流が地表から電離層へ還流し、電離層の電圧は、地表にたいして、約40万Vで平衡する。

地表近くの大気電流は、落雷を含めて、宇宙線シャワーの軌跡に沿っている。湧水及び地表大気中のラジウム(Ra)・ラドン(Rn)の放射線濃度が増大して、地表の電気伝導度が局所的に一時大きくなると、この高電圧による、地表/電離層間を宇宙線シャワーの軌跡に沿って流れる微弱電流が、局所的・一時的に強まり、更に、Pinch効果により電流密度が高まると、霧箱と同様のメカニズムで霧が発生し、地震雲となると考えられる。上記の雲柱が観測されたとき、震源域でのRn濃度の急上昇が観測され、この条件を満たしていた。

地震雲の発生も、Rn濃度の急上昇も、共に発生確率は非常に小さいため、これらが同時に同じ震源域で起きる確率は零に近いと、地震雲の発生とRn濃度の急上昇を独立事象とし、偶然、地震前に同時に起きたと考えるのは不合理であろう。

ところで、RnもAerosolも風で流されるため、地震雲が、Rn・Aerosolが鉛直に上昇したため発生したと考えることは困難である。地表/電離層間の電気抵抗は鉛直線が最小となることから、鉛直線に近い宇宙線シャワーの軌跡間の、火花放電を伴わない電流密度の小さい電子・イオンにより発生したとする方が妥当であろう。この電流は脈流であり、広帯域の電界を誘起し、これが地震前の異常電界として観測されるのである。

Ra・Rnは、UのPo・Pbへの崩壊の過程で発生する。Uは、地殻の結晶の構成元素ではなく、結晶境界面に存在する。このため、微小亀裂が発生すると、ウラン化合物・ラジウム化合物・Rnが間隙水に溶け出し、湧水に混入して地表に出て来る。即ち、上記の地震雲の発生は、地震前の震源域での微小亀裂の発生が必要条件である。

[おわりに] 二セ科学・疑似科学の妄言と言われていた地震雲が、新しい観測手段により信頼性の高い予知法の観測対象に変わったように、宏観異常現象による他の予知も、新しい観測手法により、信頼性の高い予知に変わる可能性がある。例えば、電界観測による予知は、現在は学会では無視されているが、電界の発生源が同定されれば、地震の発生場所・規模の予知が可能な、地殻変動によるよりも遥かに信頼性と精度の高い予知となるであろう。

### 参考文献

日本地球惑星科学連合 2010 年大会 SS012-08 大地震の直前に観測される地震雲の発現メカニズム 高橋耕三

キーワード: 地震雲, 地震予知, 直前予知, 前兆電界, 電界発生源同定

Keywords: seismic cloud, earthquake prediction, short-term prediction, precursory electric fields, locating source regions

# Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

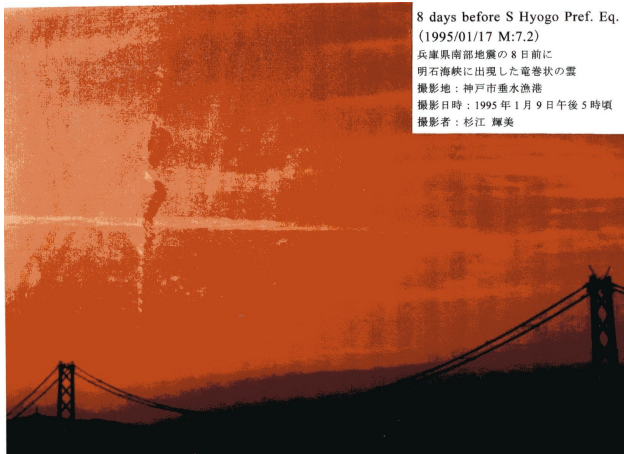
©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SSS30-01

会場:106

時間:5月20日 16:15-16:30



8 days before S Hyogo Pref. Eq.  
(1995/01/17 M:7.2)  
兵庫県南部地震の8日前に  
明石海峡に出現した竜巻状の雲  
撮影地：神戸市垂水漁港  
撮影日時：1995年1月9日午後5時頃  
撮影者：杉江 輝美

## 乱数実験による BPT 分布予測モデルの精度評価 Numerical simulation to test and evaluate the forecast probabilities by BPT distribution model

岡田 正実<sup>1\*</sup>  
Masami Okada<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 気象庁気象研究所  
<sup>1</sup> Meteorological Research Institute, JMA

### 1. はじめに

地震調査委員会では、各地の活断層及び海域地震の長期評価を進め、大地震発生の危険度を30年間の発生確率などとして発表している。確率計算は、対象の断層・地域で方法が異なるが、基本的には、更新過程 BPT(Brownian Passage Time) 分布モデル (BPT モデル) である (地震調査委員会、2001)。予測手法の有効性が未だ確認されていないので、シミュレーションで予測成績の検証と信頼性評価を試みる。

### 2. BPT モデルの発生確率計算

繰り返し地震の発生間隔が BPT 分布に従うものとする。(1) 発生間隔データから最尤法で BPT 分布のパラメータ (平均  $\mu$  と変動係数  $\sigma$ ) を求める。(2) 予測期間内に発生する確率を条件付き確率で計算する。

個数  $N$  が大きければ、(1) で得たパラメータの精度がよいので問題ない。しかし、 $N$  が小さい場合には、推定精度が劣るので、(2) でそのまま使用すると、予測精度も劣る。

### 3. 乱数実験

偶然的な要因による予測確率の不確実性を確かめるもので、初めに BPT 分布 ( $\mu=100$ 、 $\sigma=0.24$ ) に従う乱数を多数準備する。 $N$  個の乱数を 1 組とし、1000 組を作る。別に、予測に対応するものとして、最後の地震からの経過  $T_p$  より大きい乱数を BPT 母集団から 1000 個抽出する。各組のデータから BPT モデルで予測期間内にイベントが発生する確率を計算する。予測対応の乱数で、予測成績を求める。モデル比較に、同じ乱数を用いて小標本論対数正規分布モデル (LN-SST) で発生確率を計算し、予測成績を求める。

### 4. 結果

$N=4$ 、 $T_p=75$ 、 $T=25$  の場合、BPT モデルによる予測確率は幅広く分布し、0.99 より大きいものが 25 例と突出する。LN-SST では、0 または 1 に非常に近い発生確率の出現頻度はかなり減少し、突出はなくなる。 $N=7$ 、 $T_p=75$ 、 $T=25$  の場合は、BPT モデルでも予測確率の分布はまとまり、突出もなくなる。

平均対数尤度 MLL 及び Brier スコア BS は下表の通りである。MLL は大きい方が、BS は小さい方が良い予測である。BS の一部を除き、BPT モデルより LN-SST の値 (括弧内の値) が優れている。なお、完全不適中に極めて近い場合は、対数尤度の計算が困難であるので、その値を -20 としてある。PP は母集団から計算した発生確率である。

結論として、繰り返し地震の発生間隔が BPT 分布に従うものとしても、地震数が少ない場合は、BPT モデルよりも、小標本論対数正規分布モデルで計算する方がよい。BPT 分布を使用するのであれば、ベイズ統計で処理するのが適当である。

BPT 分布乱数を用いた予測 (1000 回) のスコア

N	Tp	period	PP	MLL	BS
4	50	25	0.135	-0.585(-0.443)	0.135(0.131)
4	75	25	0.475	-0.969(-0.789)	0.302(0.282)
4	100	40	0.862	-0.867(-0.530)	0.156(0.171)
7	50	25	0.135	-0.476(-0.434)	0.130(0.128)
7	75	25	0.475	-0.755(-0.734)	0.272(0.266)
7	100	40	0.862	-0.611(-0.498)	0.151(0.155)

キーワード: 地震予測, BPT 分布, シミュレーション, 対数正規分布, ベイズ統計, 繰り返し地震

Keywords: repeating earthquake, earthquake forecast, BPT distribution, numerical simulation, Bayesian approach, log-normal distribution

## 地震活動の静穏化現象の時間的・空間的安定性 - その2 Spatiotemporal stability of seismic quiescence 2

吉川 澄夫<sup>1\*</sup>, 林元直樹<sup>2</sup>, 明田川保<sup>3</sup>

Sumio Yoshikawa<sup>1\*</sup>, Naoki Hayashimoto<sup>2</sup>, Tamotsu Aketagawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 地磁気観測所, <sup>2</sup> 気象研究所, <sup>3</sup> 気象庁

<sup>1</sup>Kakioka Magnetic Observatory, <sup>2</sup>Meteorological Research Institute, <sup>3</sup>Japan Meteorological Agency

昨年秋の地震学会では2011年東北地方太平洋沖地震の前の静穏化現象について時間的・空間的安定性の観点から検討を行った。その結果、地震に先だつ静穏化現象は2001年頃から震源域北半分のプレート境界に出現しほぼ同一の領域において安定して継続していたことが確認された。一方で静穏化領域の出現が大きな地震発生に直結しない場合があることが明らかになった。このような現象はパラメータの設定の仕方によって生じる人為的なものである場合が多いと考えられる。今回はパラメータの設定方法によって見かけの静穏化現象が出現する例を検証した結果を報告する。

解析に使用した方法は前回と同様、eMAP(明田川・伊藤, 2008; 林元・明田川, 2010)と称する地震活動静穏化・活発化検出ツールである。このツールでは地域毎の地震検知能力の違いや地震活動の特性に合わせて種々のパラメータを調整することにより地震活動域の特徴を空間的に把握する事ができる。

静穏化現象は断層面間の比較的強度の低い接触面(アスペリティ)で局所的滑りによる応力低下によって引き起こされると考えられる。上述のように東北地方太平洋沖地震において静穏化現象が震源域の北半分で観測される一方南半分で地震活動が活発化したのは、北半分で応力低下、南半分で応力増加が生じたことを反映したと解釈できる。一方で地震活動の揺らぎに伴う一時的な活動低下によって見かけの静穏化現象が現れる場合があるが、適切なパラメータを設定する事により安定した静穏化領域を抽出することが可能である。その判別の1つの基準となるのはいわゆるドーナツパターン(Mogi, 1969)である。この現象は静穏化領域を取り囲む比較的強度の高いアスペリティにおいて地震活動の活発化領域が出現することによって生じ、地震発生場の物理的性質を反映する普遍的な現象と考えられる。

キーワード: 地震活動, 静穏化現象

Keywords: Seismic activity, Quiescence

## タイムリバーサルに基づく震源振動の動的モデルと地震予知 Dynamic model of hypocenter vibration based on time reversal and prevision of earthquake

菊池 年晃<sup>1\*</sup>Toshiaki Kikuchi<sup>1\*</sup><sup>1</sup> 防衛大学<sup>1</sup>National Defense Academy

活断層や地殻の歪みに関する多くの報告がなされている。これらの静的な知見も必要であるが、近い将来の地震の予知には活断層の動態を知ることが重要である。先に、駿河湾における地震波に対してタイムリバーサル処理を行ない、震源振動を解析した。そして、タイムリバーサルパルスの周波数スペクトルの方位依存性から震源は、等価的に移動性音源であることを明らかにした。更に、音源の移動方向にある狭い範囲の観測点で、受信信号のP波の先頭部のみの振幅が増大することを確認した。これらの結果から、震源振動は、パラメトリック効果により圧力が累積的に加算され、狭いビームが放射されるという動的モデルを提案した。この動的モデルは、活断層中に生じた亀裂が徐々に拡大して破断に至る過程とその事後、即ち、地震の前兆、本震及び余震に一貫して成立する。このモデルを、2009年から2012年の間に富士山付近で発生したマグニチュード5以上の4つの地震について検証し、その有効性を示す。

始めに、2009年8月に駿河湾の中部で発生した地震に対して、震源を囲む44ヶ所の観測点で受信したP波信号にタイムリバーサル処理を行い、震源位置に形成されるパルス、即ち、タイムリバーサルパルス(TRP)を求めた。このTRPは震源が放射する等価的な音源に相当する。求められたTRPには明確な方位依存性が確認された。この方位依存性の成因を解明するために、方位に対するTRPの周波数スペクトルを求めた。周波数スペクトルは方位角によって大きく変化した。そこで、方位角に対する最大振幅周波数の分布を求めた。その結果、方位が西から東に移動するにつれて最大振幅周波数が大きく上昇して、そして下降した。周波数の上昇は音源が移動したためである。移動方向は西伊豆西へ集中した。西伊豆西に近い伊東と河津での受信信号は通常の波形であったが、西伊豆西の受信信号のみが先頭部が膨張していた。西伊豆西はこの地震に対する特定観測点である。この観測点に限定すると、余震の受信波形は、本震以上にP波の先頭部が膨張していた。これは亀裂が断層全般に拡大したためと考えられる。一方、本震以前に発生した前兆地震でも先頭部の膨張が多く観測された。この様に頭部が大きくなることは活断層中での亀裂の進行速度が伝搬速度に近くなった場合に発生する。即ち、パラメトリック効果によって生じると考えられる。これらの結果から震源振動の動的モデルを提唱した。活断層から放射された狭角のビームが地表に達する点をパラメトリックスポット、ここで観測される頭部の増大したパルスの頭部をパラメトリックヘッドと呼ぶ。

このモデルを、2009年から2012年の間に富士山付近で発生したマグニチュード5以上の4つの地震について検証する。発生日と震源は、S1):2009/8/11 駿河湾中部、S2):2011/3/15 富士裾野、S3):2011/8/1 駿河湾南部、S4)2012/1/28 山梨県東部である。各地震に対して、周辺に配置されている観測点で受信した信号に、タイムリバーサル処理を施した。それらのTRPと周波数スペクトルの最大振幅周波数を求めた。その結果から、震源振動の移動方向を求め、その方向の観測点の受波波形を調べて、パラメトリックスポット(PS)を求めた。全ての地震に対してパラメトリックスポットが確認できた。各地震のパラメトリックスポットは、S1):西伊豆西、S2):西野原、S3):真鶴、S4):駒ヶ根であった。

動的モデルは上記のように、前兆、本震及び余震に関して一貫して成立する。従って、その特性を地震予知に利用することが出来る。2009年8月に駿河湾の中部で発生した本震より前の、2008/1/26から2009/8/11までに、同じ震源域で発生したマグニチュード2以上の地震は17回である。その中でパラメトリックヘッドを伴った波形は7回観測された。これらは活断層中を亀裂が高速で移動し始めた前兆を示している。従って、各活断層に固有のパラメトリックスポットで、マグニチュード2程度の地震波を観測して、その変化を調べることは地震予知として有効と考えられる。

本報告では、防災科学技術研究所のHi-netによる地震データを使用しました。ここに謝意を表します。

キーワード: 地震予知, タイムリバーサル, 震源振動, 地震波伝播

Keywords: Prevision of earthquake, Time reversal, Hypocenter vibration, Seismic wave propagation

## 海底地磁気ネットワーク観測による海溝型巨大地震直前予知のシナリオ Scenario for imminent prediction of strong subduction-zone earthquake via ocean-floor geomagnetic observation network

榎本 祐嗣<sup>1\*</sup>, 田畑 勲<sup>1</sup>Yuji Enomoto<sup>1\*</sup>, TABATA, Isao<sup>1</sup><sup>1</sup> 富山県工業技術センター<sup>1</sup> Toyama Industrial Technology Center

2011 東北沖地震では発生約 40 分前から電離層の電子密度増が観測された (Heki 2011) 一方, 地上での全磁力の前兆変動はあったとしてもノイズレベル以下 ( $\sim 7.2\text{nT}$ ) であった (Minamoto 2011; Utada et al. 2011). これらを説明できるメカニズムとして震源核と深層ガスとの相互作用による電流発生モデルを提示した (Enomoto, 2012). すなわち震源核が形成される準静的過程で, クラックの発生とともにその隙間に流れ込む深層ガス分子に破壊新生面から放射されるエキソ電子が付着し, 負帯電したガスを後方から高圧の深層流体が押すことで強制電流が流れるという内容である. 強制電流  $I$  は次式で表される (Enomoto, 2012).

$$\log I = 0.5M + \log(5.1 \times 10^2 \text{ken}^2 D_c / v_i) \quad (1)$$

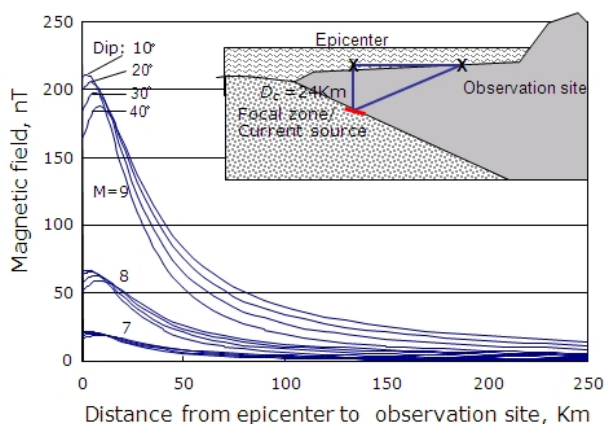
ただし,  $e$ : 電荷素量,  $n$ : 負電荷密度,  $k$ : 電流の流れる断面積と震源核面積の比,  $M$ : 地震マグニチュード,  $h$ : クラック間隙,  $D_c$ : 震源深さ,  $v_i$ : 深層ガス粘度である.  $\text{ken}$  はラボ実験から決められる. 震源核電流が誘導する磁場変動量は, 東北沖地震の前兆現象が発現した電離層や陸域の地磁気観測点は遠方であるため, 地震前兆由来の信号は自然界のノイズより小さい. 直前予知のためには, ノイズレベルに比べて十分大きい信号の検知が望ましい. それを満足する条件がある.

式 (1) から, Biot-Savart 則にもとづく磁場変動と海溝型地震の震央からの距離ならびに断層傾斜角との関係を図 1 に示した. 海溝型地震の断層傾斜角は小さいため, 震源海底付近での磁場変動は大きい. 想定される震源域の海底に磁力計を設置すれば, 遠方観測点のデータ比較からノイズと十分識別可能な強度の磁場変動を観測できる可能性が高い. すなわち, 想定震源海域に少なくとも 3 箇所の磁力計を設置すれば, 各点の信号強度から電流源 (震源) 位置と震源電流値, さらにその震源電流から地震規模を推定できる. 地震直前の磁場変動は, 電離層の電子密度増加の前兆現象と調和的であるから, この変動が観測されてから数 10 分で地震発生に至ることになる. この間に地震規模や震源位置の予測は十分可能である. ただし, 震源での準静的破壊 (電流発生) が本震に至らないことも考えられ, この場合は予知が空振りする. しかし前兆猶予時間が数 10 分であれば, 経済活動を一時停止させた防災対応をとって例え空振りに終わっても, その損失は最小限にとどまる. 以上の考察から, 海底地磁気ネットワーク観測による海溝型巨大地震の直前予知法を提唱する.

参考文献は英文アブストラクトに記載.

キーワード: 海溝型地震, 地震予知, 地震電磁気, 海底地磁気観測, エキソ電子放射, フラクトエミッション

Keywords: Subduction-zone earthquake, Earthquake prediction, Seismo-electromagnetics, Seafloor geomagnetic observation, Exo-electron emission, Fractoemission



## 1946年南海地震前に四国太平洋沿岸部で目撃された海面変動(2) On the sea level changes that were witnessed before the 1946 Nankai earthquake on the Pacific coast of Shikoku(2)

梅田 康弘<sup>1\*</sup>, 板場智史<sup>1</sup>, 細 善信<sup>2</sup>  
Yasuhiro Umeda<sup>1\*</sup>, ITABA, Satoshi<sup>1</sup>, HOSO, Yoshinobu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター, <sup>2</sup>京都大学 防災研究所  
<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup>DPRI, Kyoto Univ.

### 1. はじめに

昭和南海地震(1946年12月21日04時19分)の前に、四国太平洋沿岸で海水位の変動があったという証言がある。「潮の狂い」「海流の変化」は数日前からあり、20日夜から本震直前に帰港した漁船は、海水位低下のため接岸できなかったという証言は8カ所で得られている。須崎や宇佐では海面が2m~3m低下していたとされているが、その一方で海水位の低下は知らず、帰港時には船も問題なく接岸出来たと言う証言も6カ所で得られている(中村, 2009)。

このように大きな海面変動があったという証言と、そのような変化はなかったという相異なる証言を説明するには、本震の数日前から小規模な津波が発生していたためではないかと考えられる。本震直前にはその規模が大きくなり、低潮時に帰港した船は接岸できず、そうでない時に帰港した船は問題なく接岸出来たのではないかと考えた。

### 2. 須崎における潮位の観測

本震前の、おそらく小規模と思われる海底変動によって2m~3mもの海水位の変化が起こりうるか否かを確認するため、須崎湾の7カ所で潮位の連続観測を行った。当初の予定では外洋から入ってくる波浪について調べる予定であったが、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震による津波を観測したので津波振幅と周期について調べた。

室戸岬沖の水深約2300mに設置されていた海洋研究開発機構(JAMSTEC)による津波波形および室戸岬西方沖13kmで観測されたGPS津波波形(科研費基盤研究s1221)と比較した結果、津波振幅は前者で最大20倍、後者で最大8倍程度増幅されることがわかった。20倍の増幅なら10cm~15cmの、8倍なら25cm~38cm程度の海面変動を起こすような海底地殻変動があれば、須崎湾で2m~3mの海面変動が発生しうることがわかった(梅田・板場2012)。

### 3. 海面変動の周期

須崎湾で観測された津波の周期は40分程度で、第1波から翌日になってもほとんど変わらない。スペクトル解析の結果40分、50分、70~80分付近にピークが現れた。これらのスペクトルピークは津波でない時、すなわち荒れた天候の時も、安定した天候の場合もほぼ同じ周期の所に現れる。何かの共振周期と思われるが、その事は別途にし、上記の結果は3月11日の津波でなくても、他の原因でも同じ共振周期が卓越することを示している。もしそうであれば、面積も変位も小規模な海底地殻変動が、本震の数日前から、間欠的に繰り返し、場所も変えて発生しておれば、「潮の狂い」と言った海面変動の説明は可能である。卓越周期が40分~60分であれば、その半分の20分~30分は低潮位時になる。上述の増幅度を考慮すると帰港時に接岸できなかった船があった事も説明できる。

### 4. 海面変動を起こした場所

海面変動があったという証言は四国太平洋沿岸の高知県と徳島県で得られているが、足摺岬より西ではそのような証言は無い。また足摺岬の驗潮記録にも本震前に、40分~80分周期の海面変動は見られない。もし南海トラフに近い沖合いであれば足摺岬より西にも伝わったと思われるので、本震前の小規模な海底地殻変動の繰り返しは、南海トラフより陸側の土佐湾の中や紀伊水道の中で起きていたのかもしれない。なお証言で、低潮位の証言はあるが高潮位の証言はない。この事は津波では説明できない。

キーワード: 南海地震, 海面変動, 目撃証言, 津波

Keywords: Nankai earthquake, sea level change, witness testimony, tsunami

## 2011年東北地方太平洋沖地震に先行した F-net 連続波形画像の欠測増加 The increase in missing waveform images of the F-net broadband seismograph network preceding the 2011 Tohoku earthquake

未 芳樹<sup>1\*</sup>

Yoshiki SUE<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 所属なし

<sup>1</sup>No institution affiliation

### 1. はじめに

広帯域地震観測網 F-net は、地震計 STS-1 および 2 型、73 観測点により構成される観測網である。地震計の固有周期は 120 秒 (STS-2) より長く、長周期の振動を捉えることができる。

ホームページでは連続波形画像が提供されているが、その解析として次の報告がなされている。Daily Spectral Plot によると、穏やかな日でも周期凡そ 2-5 秒付近に主要な振動が存在しており、変動の大きな日には振幅の増大に加え 5 秒より長い周期の振動が加わる事がある。Daily Plot の画像容量による解析では数日から 2 週間程度、Hourly Plot では数時間から数日程度の変動を示す (末, 2010)。

### 2. 解析

連続波形画像の容量は変動を示すが、これは地表面の振動を計測したものであるため、逆に地震計はその影響を受ける可能性がある。そこで F-net の稼働状況を調べた。稼働状況を示す情報としては 2 つある。

a. 欠測データ: 瞬断から長期までの欠測を示す公式情報であり、欠測の理由も示される。一方、情報の更新は不定期である。

b. 連続波形画像の欠測: 画像の統括頁に「画像無し」が示される。これは 1 日あるいは 1 時間を超える連続した不具合を示すと推測される。欠測の理由は示されない。情報の更新は、2 日遅れではあるが毎日なされる。

「欠測データ」と「連続波形画像の欠測」は、共通部分はあるものの一致はしない。主題の地震に際しても一致はしないが、本震に先駆けて両者とも同様に増加を示した。そこで、2010 年 6 月 1 日より 2011 年 5 月 15 日までの連続波形画像 (Daily plot) の欠測数を調べた。

### 3. 結果

図 1 に示すように 2010 年 6 月 15 日から 12 月 14 日までの 6 ヶ月間に於いて、平均欠測数 = 0.33, 標準偏差 ( ) = 1.11 と 1 日 1 箇所以下の安定した状態であった (注: 全観測点欠測のケースでは、欠測数 10 (全数の 1/7, 概ね一地域) として計算した)。2010 年 12 月 22 日から 2011 年 1 月 18 日にかけて 1 度目の増加があり最大 4 観測点となった。一旦減少の後、2 月 16 日から 2 度目の増加があり、2 月 19 日から 3 月 2 日にかけて再度 4 観測点 (札幌 (コード: HSS), 岩手山形 (IYG), 気仙沼 (KSN), 白峰 (SRN)) となった。3 月 2 日の状態を図 2 に示す。この後減少したが、本震発生時は通常より多い 2 観測点の欠測があった。本震後は 5 月 2 日に零に復帰した。欠測数 4 は安定状態から 3.3 離れたまれな状態である。岩手山形と気仙沼観測点は震源に大変近い場所で、しかも両者の距離も近い。2 度目の増加期間は、本震域で M5 クラスの地震が連続して発生していた 2 月 13 日から 3 月 2 日までとも概ね重なる (気象庁カタログ)。

「欠測データ」によると、欠測の原因として長期では electric power supply trouble が、短期では data logger restart recording がある。

尚、札幌観測点については原因が observatory set up であり、地振動以外の事象が欠測の原因であったかもしれない。この場合には欠測数 = 3, = 2.4 となるが、依然としてまれな状態である。

### 4. 議論

大地震前の欠測画像の増加は、発生した地表面の長周期振動が F-net の許容値を超え、F-net が耐えられなかったと推測している。この動きは、STS 型地震計にとっては地すべりのような大きなものであったのかも知れない。electric power supply trouble による欠測は、地震計が過大振動に晒されている事を示す良い指標であるかも知れない。又、data logger restart recording が短期間に増加する場合も F-net システムが不安定になっていることを示すと推測する。

高感度地震観測網 Hi-net ではこのような現象は見られないが、これは周波数特性 (固有周期 = 1 秒) により地震前の長周期振動に反応しないためと推測する。

尚、筆者は、本報が速報であり、更なる事例による検証が必要であることを認識している。

謝辞

防災科学技術研究所の F-net 観測網のデータを使用させて頂きました。記して感謝致します。



SSS30-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 18:15-19:30

参考文献

末芳樹, 2010, 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, D31-12.

キーワード: F-net, 広帯域, 地震網, 長周期, 連続波形

Keywords: F-net, broadband, seismograph network, long period, waveform

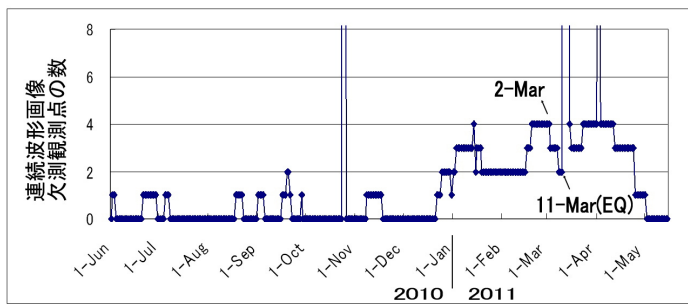


図1. 2010年6月1日より2011年5月15日までの連続波形画像欠測観測点の数.

HOKKAIDO region			
HIL	DSS	DHG	KMJ
KMP	KSP	NKG	NMR
NOP	SHB	URH	
TOHOKU region			
SHM	HPO	IYG	KSK
KSJ	MMA	TMR	IYS
KANTO region			
BSJ	BSI	NJO	KZS
ONS	KOSW	TSK	VMZ
CHUBU region			
ADM	FUJ	JIC	KNM
BYV	KIK	NAA	SBT
SGJ	SRN	FIO	MJM
KIBI region			
BSU	KIS	NMT	NOX
BSA	WTR	YAS	DKA
CHUGOKU region			
MRW	NSK	SAG	DSI
KYU region			
SHIKOKU region			
ISJ	DAW	HGW	ISA
HAI region			
KYUSHU region			
AMM	FUK	BAG	BNJ
KCH	BGM	NTK	SFR
SIR	SJM	FAS	TKO
TKO	TMC	YNG	SMM

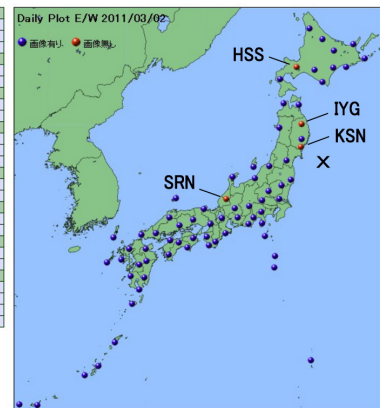


図2. 2011年3月2日の連続波形画像欠測観測点の配置 (出典: NIED).

## 最大瞬間風速からの地震予知(8) - 地震の原因からの予知 - Earthquake prediction from peak gust(8)-Earthquake prediction from cause of earthquake-

猿渡 隆夫<sup>1\*</sup>

Takao Saruwatari<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> なし

<sup>1</sup> none

### 1. 地震の原因

仮説は検証しなければならない。まさにこの考えに基づき、まだ検証されていないマントル対流説に疑問をもち地震の原因を探究した。

そして、今までの多くの大地震(気象情報が必要なことから2000年以降の大地震)から、台風から温帯低気圧になる時と低気圧が発達する時の運動エネルギーの大きい下降気流の強風が地殻に衝突し、しばらくして、衝突地点で大地震を起こすことが分かった。

衝突から地震発生までのタイムラグについては人造地震(人間が起こした地震)

・大きなダムに貯水を開始後地震が発生している。

・地下深部に放射性廃水を捨てた時も地震が発生した。廃棄を止めたら次第に収まった。

などで証明されている。さらに、風向とメカニズム解の軸が一致することから力学的にも証明された。また風のエネルギーの方が地震のエネルギーより大きいと推定され問題ないとする。

この下降気流の強風は衛星画像においてドライスロット(雲のない領域)として見る事ができる。その先端(あるいは根本)が震央になっていることが分かった。顕著なドライスロットがある場合にはM6.5以上、顕著なドライスロットがない場合にはM6.5以下と推定される。

発生時期は、1週間後から7か月後です。平均的には3か月後である。

以上を2010年10月の地震学会で発表している。

そして、東北地方太平洋沖地震にて、上述の方法によって地震予知ができることが実証され、2011年5月のJPGUにて発表している。

<http://www2.jpgu.org/meeting/2011/yokou/MIS036-P85.pdf>

2010年12月3日15時の衛星画像図と震源断層図(京大HPから)を示した。それらの図からドライスロットの先端部と震源域とが一致しており、まさに風力が地震の原因であることを示すとともに、地震の発生場所、地震の大きさ、地震のメカニズム解の予知ができることを示している。

南海トラフを構成するフィリピン海プレートでの巨大地震の発生は、8月から2月に限られさらに12月に多いという季節性が報告されています。これは、巨大台風が9月に多く来て、約3か月後にその地震が発生することの証明になっています。マントル対流説では説明ができません。

「マントル対流によってプレートに蓄積された歪のエネルギーが、ある限界を超えたときエネルギーを解放して地震が発生する」との仮説が間違いであることが証明された。

### 2. 最近の予知例

2011年2月18日低気圧 2011年3月15日 静岡県東部の地震 M 6.4

2011年9月22日台風15号(5時の衛星画像) 2012年03月14日 三陸沖 M 6.9

2012年6月07日台風03号(3時の衛星画像) 2012年12月07日 三陸沖 M 7.4

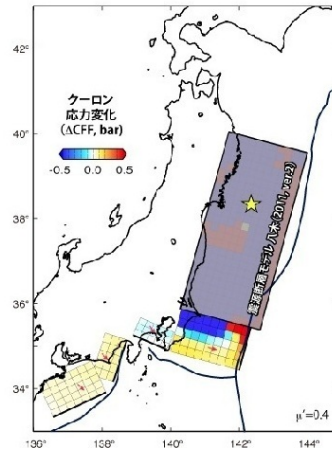
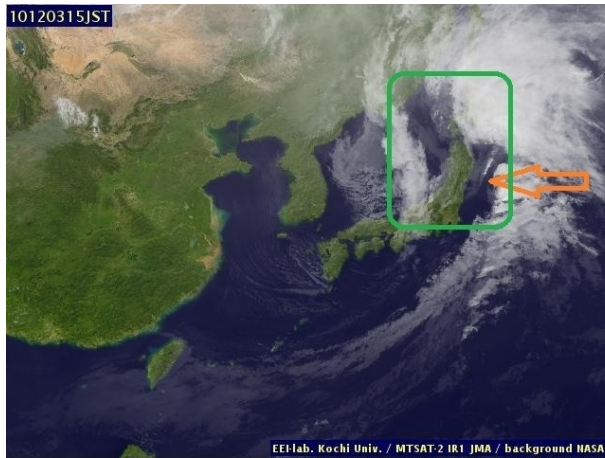
キーワード: 最大瞬間風速, 地震予知, ドライスロット, 衛星画像, 地震の原因

Keywords: peak gust, earthquake prediction, dry slot, satellite image, cause of earthquake

SSS30-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月20日 18:15-19:30



## 地震予知理論の基礎 A basic theory for earthquake prediction

佃 為成<sup>1\*</sup>  
Tameshige Tsukuda<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本女子大  
<sup>1</sup>Japan Women's Univ.

地震はなぜ起こるか?: 地下岩盤に不均等な力が加わって剪断応力が高まり、剪断破壊(地震)が発生する。剪断応力が集中する周辺では岩盤にねじれの歪が現れる。そこでは、収縮場と膨張場が隣り合わせで生成される。大きな地震とは?: ねじれの歪場の規模が大きいか、小さくともそのような場が多数並んで生成される。あるいは、大小規模の場が混在する。

大地震の準備過程とは、ねじれの歪場が成長していく過程。剪断応力が岩盤の強度と同程度かそれを越えるレベルに増大したとき、臨界状態と考える。何かのトリガーがかかれば大地震が起こる。

岩盤の中に収縮域と膨張域が形成されていく大地震の準備過程には長期、中期、短期、直前のそれぞれの現象(前兆現象)が伴う。

直接的な前兆現象は岩盤の歪変化(地殻変動)である。群発地震発生や地震活動静穏化も歪変化に密接に関係する。間隙水移動と熱や物質、電荷の輸送による現象も発生する。さらに、地表や空中の様々な現象が派生的に発生する。その中には、地表付近の測定と言えども地下深部の歪や応力の情報をもたらすものもある。

地学的考察から地震像を超長期的に予知し、長期的なねじれの歪場形成に伴う前兆現象を捉えて地震発生の準備が行われている領域の特定を行い、発生の規模も予知する。中期、短期の加速する岩盤の変動をとらえながら、直前現象(トリガー要因も含め)を監視し、直前の予知をする。

ところで、1970年代にダイラタンシー・モデルが提唱され、岩盤の膨張にともなう種々の前兆現象の研究が行われた。室内の岩石実験から類推されたこのモデルは、そもそも非常に浅い岩盤にしか適用できないものであった。地震予知のモデル構築には、深部の岩盤において、膨張だけでなく収縮、しかもこれらが隣り合うように発生すること念頭に置くべきである。

キーワード: 地震予知, ねじれの歪場, 岩盤膨張, 岩盤収縮, 前兆現象

Keywords: earthquake prediction, shearing strain, dilatation, contraction, precursor

## 岩石破壊に伴う電波放射における破壊条件への依存性と地震・火山活動探知への応用

### Radio wave emission due to rock fracture in various modes and its application to earthquake/volcanic activity detection

高野 忠<sup>1\*</sup>, 加藤 淳<sup>1</sup>, 鈴木 裕太郎<sup>1</sup>, 三枝 健二<sup>1</sup>  
Tadashi Takano<sup>1\*</sup>, Jun Kato<sup>1</sup>, Yutaro Suzuki<sup>1</sup>, Kenji Saegusa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本大学・理工学部

<sup>1</sup>Nihon University, College of Science and Technology

#### 1. まえがき

以前、岩石破壊に伴って300 MHzから2.2 GHzのマイクロ波が、放射されることが観測された [1]。また1 MHzでの受信系を加えて、1 MHzから1.8 GHzにおける電波放射が報告された [2]。

その後、岩石破壊の条件を変えて、電波観測実験を続けた。具体的条件は、破壊の速度や水分の有無、熱収縮チューブの有無である。その結果、ゆっくり破壊の過程における、放射を観測できた。また岩石表面に水分が有っても、電波放射には殆ど影響しないことが示された。

本稿では、測定系構成と実験結果について報告する。最後に本実験結果について、地震や火山活動の探知への応用性から考察する。

#### 2. 測定系

本測定系は、1 MHzと300 MHz、2 GHz、1.8 GHzを扱う。各周波数帯に対応して、アンテナと低雑音増幅器およびフィルタを設ける。1 MHzと300 MHzは十分周波数が低いので、全周波数を記録できる。しかし2 GHzと1.8 GHzはそのままでは、量子化したデータ量が多すぎて扱いにくい。そのため、ヘテロダインで低い周波数に落としてから、デジタル化してデータ格納する。従ってこの2周波数帯らの波形は、電波波形そのものではなく中間周波数帯での波形である。

各周波数帯の測定系は校正しておき、受信波形高さから受信信号電力が推定できる。通常は信号発生器からの信号に対し、校正する。しかし1 MHz帯では、アンテナの利得が分からず、かつ受信機のインピーダンスが分からないので、この方法が使えない。そこで中波放送の電波を受けて、受信系全体の応答を校正した [2]。

現象は破壊に伴う瞬間的なものであり、反面、信号を記録するメモリは有限である。従って、メモリを駆動始めるためのトリガ信号が、測定上重要である。

#### 3. 測定結果

##### 3.1 基準状態での観測波形

圧がかかってから短い時間(1秒以下)で急激に破壊する場合を、基準状態とする。メモリのトリガ信号としては、最も高い周波数である18GHz信号を用いて、その雑音レベルよりわずかに高いレベルに設定した。

そのため、弱い1.8 GHz信号も記録できた。20msecの全観測時間で、数本のパルス波形がある。各パルスを拡大すると、該当する電波成分がそのパルスを包絡線として含まれていることが分かる。斑レイ岩と花崗岩、玄武岩で殆ど差異が無い。

##### 3.2 ゆっくり破壊

この場合圧がかかってから数分かけて、ゆっくり破壊する。この時得られた波形を、図1に示す。長い観測時間で見ると、基準状態よりパルスの本数が少ない。しかしゆっくり破壊する分だけ、パルスが長期間に分散している可能性がある。

パルス高さは、急激破壊した時と同じである。図2に示す拡大波形も、大きな差は無い。玄武岩でも、斑レイ岩と同じレベルである。

##### 3.3 水分が存在する時の破壊

岩石を水につけた後、余分な水を拭きとって、破壊実験に供する。この場合も殆ど差異が無いが、パルス数はむしろ多くなっている。この結果から、電波は岩石表面で発生するのではなく、岩石内部で発生していると思われる。

##### 3.4 熱収縮チューブで緊縛した時の破壊

信号が受かっているが、チューブが無い基準状態より、弱くなっている。

#### 4. 地震や火山活動の探知への応用性

地震に際しプレート境界や断層域、あるいは固着域で岩石が破壊されるが、その様子は定かではない。破壊速度については、従来の固着域の破壊モデルでは、ゆっくり破壊されるようである。ゆっくり破壊で電波が発生しても、波高

値は急激破壊の時と同じになる。従って、平均電力は発生時間長に反比例するので少なくなるものの、瞬時電力は変わらない。このような電波を捕らえるためのセンサは、信号発生時間長に適した積分機能を有しなければならない。

岩石は地下水と混在すると思われる。しかし、岩石破壊に際し岩石内部で電波が発生すれば、十分電力が得られる。ただし、発生した電波が地下を伝搬するかは、別問題である。実験と理論から、波長の数倍大きい亀裂があれば、十分損失が少なくなることが示されている [3]。従って高い周波数（短い波長）を使えば、地下からの電波を検出できる可能性がある。

## 5. 参考文献

[1] 牧謙一郎, 相馬央令子, 石井健太郎, 高野忠, 吉田真吾, 中谷正生, “ 岩石圧縮破壊に伴うマイクロ波放射の観測 ”, 日本地震学会・地震, 第58巻, 2号, pp.375-384, 2006 .

[2] 高野忠, 加藤淳, 平島舞, 三枝健二, “ 岩石破壊に伴う 1 MHz から 18 GHz の電波放射観測と発生エネルギーの推定 ”, 地球惑星科学連合大会, S-CG69, 幕張, 5月, 2012 .

[3] 三枝健二, 細野浩二, 雨海貴大, 高野忠, “ 地中亀裂のマイクロ波伝搬損失の基礎検討 ”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J95-B, No. 10, pp. 1364-1371, 2012.

キーワード: 電波放射, 岩石破壊, 破壊条件, 地震, 火山活動, 探知応用

Keywords: Radio wave emission, rock fracture, various modes, earthquake, volcanic activity, detection application

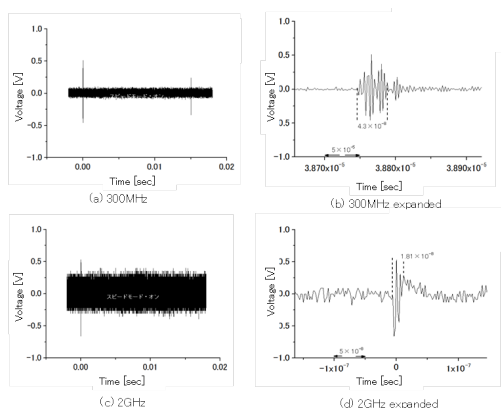


Fig. 1 Measured results in slow destruction of basalt. The trigger signal is from 2GHz channel with a discrimination level of 500 mV. The sampling frequency is 500 MS/s.

## 南関東地域における M7 クラス地震震央の確率予測について Seismicity models of forecasting future M7-class earthquake epicenters in the southern Kanto region, central Japan

井元 政二郎<sup>1\*</sup>, 藤原 広行<sup>1</sup>, 森川信之<sup>1</sup>, 岩城麻子<sup>1</sup>, 前田宜浩<sup>1</sup>, 山口 亮<sup>2</sup>

Masajiro Imoto<sup>1\*</sup>, Hiroyuki Fujiwara<sup>1</sup>, Nobuyuki Morikawa<sup>1</sup>, Asako Iwaki<sup>1</sup>, Takahiro Maeda<sup>1</sup>, Makoto Yamaguchi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所, <sup>2</sup> 損害保険料率算出機構

<sup>1</sup>NIED, <sup>2</sup>NLIRO

地震調査委員会の長期評価(平成16年)によると、南関東におけるM7クラス地震の今後30年以内の発生確率は約70%である。この長期評価には、発生の予想される領域(深さ30-80km)が図で示されているが、位置は特定されていない。この想定領域はM7クラス地震の震源域に比べ広範囲であるため、南関東における地震動予測の精度向上には、M7クラス地震震源の特定が大きな課題となる。本研究では、M7クラス地震震源を確率的に特定することを目的として、地震モデルの構築を試みる。モデルの妥当性は、過去のM7クラス地震震央を用いて対数尤度により評価することとした。このため、地震モデルは、震源の深さを考慮しない2次元のモデルとした。

今回は、観測された地震震央の平滑化手法による地震モデルの構築において、プレート間地震とプレート内地震の比率を情報として取り込むことを試みた。まず、観測された発震機構解をその地点で期待されるプレート間地震の解と比較する。両者の隔たりを、Kagan角により定量的に評価する。閾値以下の地震をプレート間地震と見なす。調査対象領域を0.1度間隔に区分し、プレート間地震の比率を求める。ABICを用いた平滑化により、有意な比率変化を得る。

気象庁の震源カタログから5つのデータセットを作成した。データ1:調査対象領域に発生したM5以上の地震(全地震)。データ2:太平洋プレート上面の上5kmの面より深い地震。データ3:太平洋プレート上面の上5kmの面より浅い地震(フィリピン海プレート内、北米プレート内、およびプレート間の地震)。データ4:データ3にプレート間地震の割合を用いて仮想的に作成したデータ、フィリピン海プレートと北米プレート間の地震。データ5:フィリピン海プレート内および北米プレート内地震。ここに、データ4とデータ5に含まれる地震は、プレート間地震の割合を反映するため1個に満たない端数となる。

地震動予測地図の作成において、断層を特定しない地震については、2次元正規分布による震央位置の平滑化と、地域区分による平均化により、期待頻度が計算されている。本研究では、2次元正規分布による震央位置の平滑化を用いることとし、平滑化の波長を0.1度刻みに0.1~1.0の範囲で期待頻度を得た。

過去のM7クラス地震の震央における期待頻度を求め、その対数尤度の合計によりモデルを評価した。この際、期待頻度の合計に生じるモデル間の差を補正するため、全領域における平均値で正規化した相対頻度(確率利得に相当)を用いた。データ1~5や平滑化の波長により、平均確率利得に大きな差が生じる。プレート内地震(データ5)において、平均確率利得の最大値(=約1.3倍)を得た。

謝辞:本研究は、地震保険調査研究費による調査研究事業の一環として実施しました。

キーワード: M7 クラス地震, 南関東, 地震活動モデル, 地震動予測

Keywords: M7-class earthquakes, Southern Kanto, Earthquake forecasting model, Seismic hazard