

地震雲今昔 Seismic cloud of past and present

高橋 耕三^{1*}
Kozo Takahashi^{1*}

¹なし

¹none

[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)

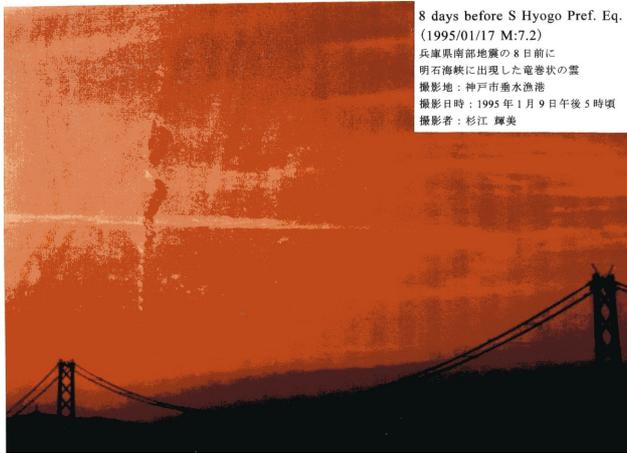
©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



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^{1*}
Masami Okada^{1*}

¹ 気象庁気象研究所
¹ 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 μ と変動係数 σ) 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^{1*}, 林元直樹², 明田川保³

Sumio Yoshikawa^{1*}, Naoki Hayashimoto², Tamotsu Aketagawa³

¹ 地磁気観測所, ² 気象研究所, ³ 気象庁

¹Kakioka Magnetic Observatory, ²Meteorological Research Institute, ³Japan 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^{1*}Toshiaki Kikuchi^{1*}¹ 防衛大学¹National 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^{1*}, 田畑 勲¹Yuji Enomoto^{1*}, TABATA, Isao¹¹ 富山県工業技術センター¹ 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).

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

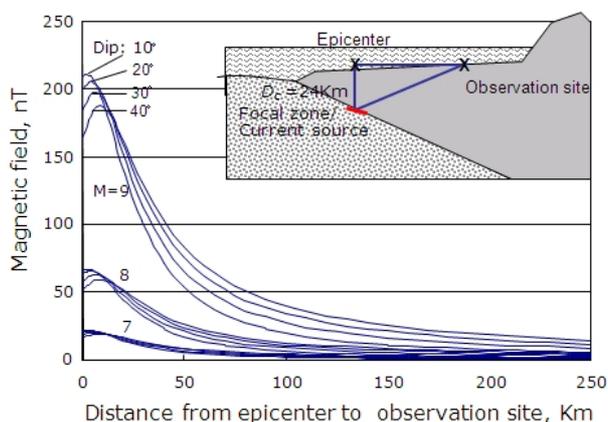
ただし, e : 電荷素量, n : 負電荷密度, k : 電流の流れる断面積と震源核面積の比, M : 地震マグニチュード, h : クラック間隙, D_c : 震源深さ, v_i : 深層ガス粘度である. ken はラボ実験から決められる. 震源核電流が誘導する磁場変動量は, 東北沖地震の前兆現象が発現した電離層や陸域の地磁気観測点は遠方であるため, 地震前兆由来の信号は自然界のノイズより小さい. 直前予知のためには, ノイズレベルに比べて十分大きい信号の検知が望ましい. それを満足する条件がある.

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^{1*}, 板場智史¹, 細 善信²
Yasuhiro Umeda^{1*}, ITABA, Satoshi¹, HOSO, Yoshinobu²

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