

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^{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、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出来る。

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 (未, 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。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為と推測している。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

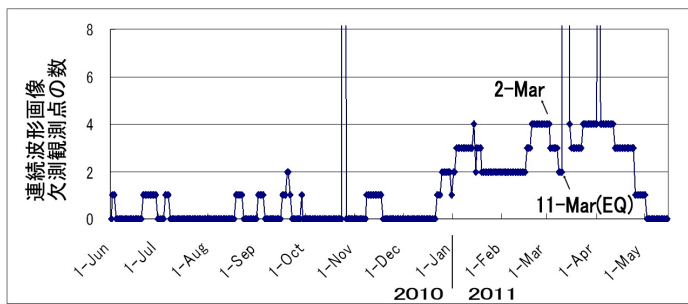


図1. 2010年6月1日より2011年5月15日までの連続波形画像欠測観測点の数.

HOKKAIDO region			
HIL	DSS	DHG	KMJ
KMP	KSP	NKG	NMR
NOP	SHB	URH	
TOHOKU region			
SHM	HPO	EYG	KSK
KSJ	MMA	TMR	TYG
KANTO region			
BSJ	BSI	NJO	KZS
ONS	KOSW	TSK	VMZ
CHUBU region			
ADM	FUJ	JIC	KNM
BYV	KIK	NAA	SBT
SGJ	SRJ	TIO	WJM
KIBI region			
BSU	KK	NMT	NOX
BSA	WTR	YAS	YCK
CHUGOKU region			
MPW	NSK	SAG	DSJ
TYT			
SHIKOKU region			
ISJ	DAW	HGW	ISA
KIUSU region			
AMM	EJK	BK	BNJ
KH	BGM	NYK	SFR
SIR	SHM	FAS	TKO
TKO	TMC	YNG	ZMM

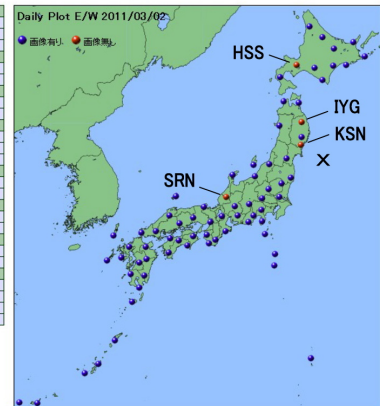


図2. 2011年3月2日の連続波形画像欠測観測点の配置 (出典: NIED).

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^{1*}

Takao Saruwatari^{1*}

¹ なし

¹ 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)として見ることができる。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

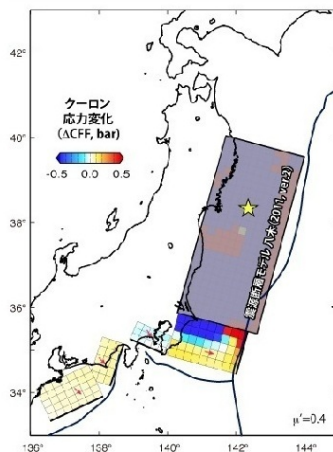
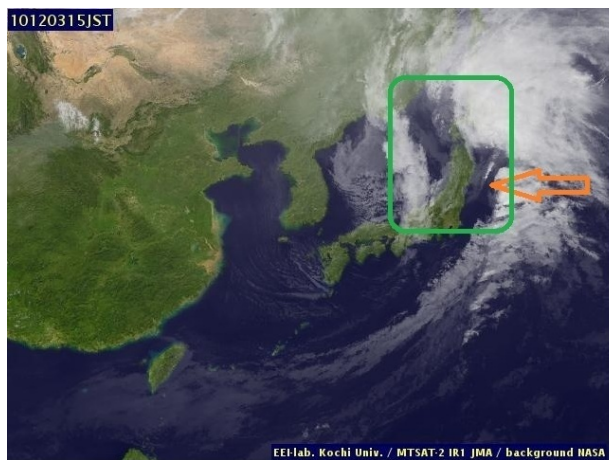
キーワード: 最大瞬間風速, 地震予知, ドライスロット, 衛星画像, 地震の原因

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^{1*}
Tameshige Tsukuda^{1*}

¹ 日本女子大
¹Japan 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^{1*}, 加藤 淳¹, 鈴木 裕太郎¹, 三枝 健二¹
Tadashi Takano^{1*}, Jun Kato¹, Yutaro Suzuki¹, Kenji Saegusa¹

¹ 日本大学・理工学部

¹Nihon 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

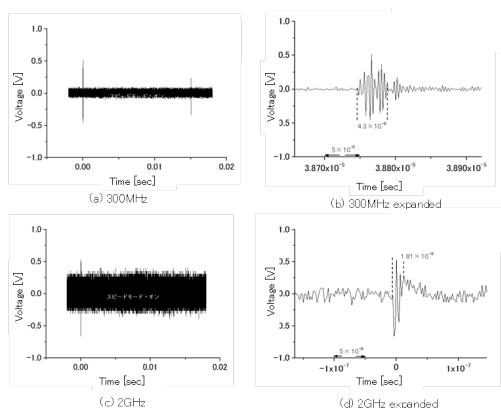


Fig. 1 Measured results in slow destruction of basalt. The trigger signal is from 2GHz channel with a discrimination level of 500 mV. The sampling frequency is 500 MS/s.

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^{1*}, 藤原 広行¹, 森川信之¹, 岩城麻子¹, 前田宜浩¹, 山口 亮²

Masajiro Imoto^{1*}, Hiroyuki Fujiwara¹, Nobuyuki Morikawa¹, Asako Iwaki¹, Takahiro Maeda¹, Makoto Yamaguchi²

¹ 防災科学技術研究所, ² 損害保険料率算出機構

¹NIED, ²NLIRO

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