

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

地震発生頻度のリアルタイム予測

(3) 最も関連の深い建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

ウ．地震活動評価に基づく地震発生予測

(4) その他関連する建議の項目：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

ア．地震・火山現象の基礎データベース

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本課題では主として次に挙げるモデルを検証する．

- ・グーテンベルグ・リヒター則
- ・ETAS (Epidemic-type Aftershock Sequence, Ogata, 1988)
- ・現在の微小地震との関係
- ・過去の大地震の位置との関係
- ・活断層との関係

これらのモデルを用い、ある特定の地域の特定の期間に対する地震活動の事前予測を行う．第一段階として、日本の内陸と海域をいくつかの大きな地域に分割し、1年から5年の期間の予測を行う．

最初の4つのモデルは時間依存であり、1日ないしはそれより短時間に更新されるリアルタイムな情報更新システムに適應できる．例えば、米国カリフォルニア州では、グーテンベルグ・リヒター則に基づき1日間の地震発生を予測するシステムが運用されている (<http://pasadena.wr.usgs.gov/step/>)．この他、ひずみレートや歴史地震、活断層の情報をを用いた静的なモデルの検証結果を利用し、その手法を改善する方法を検討する．

地震活動を正確に特徴付けるため、考慮しなければならないいくつかの課題がある．例えば、小イベントについての空間的な検出可能範囲の整合性、長期間にわたる最小イベントの整合性、深さの決定精度、海域での震源決定精度、検出能力の整合性である．これらの要素を地震データ(気象庁一元化カタログ)で検証する．

この課題の重要な部分は、実際の地震データを用いた定量的な事前予測の検証である．我々は、すべての結果を再現し点検できるように、用いたアルゴリズムを明確に記述する．現在のデータを用いて継続的にモデルを改良する予定であるが、これらのモデルを統一的に評価できることを保証する．また、事前予測の結果と過去のデータによる後予測の結果とをはっきりと区別する．改良したモデルに対応する物理モデルを逆問題的に推定し、地震発生のメカニズムに帰着させる．

(6) 本課題の5か年計画の概要 :

平成 21 年度は、特にグーテンベルグ・リヒター則および ETAS を用いて、日本の内陸と海域をいくつかの大きな地域に分割し、1 年から 5 年の期間の地震活動の事前予測を行なう。地震活動の記録を整理し、検証・開発すべきモデルを特定する。特にグーテンベルグ・リヒター則及び ETAS を用いて、1 年から 5 年の期間の地震活動の事前予測を行う。複合的なモデルを理解する手助けになるよう、視覚に訴える情報表示システムを構築する。

平成 22~25 年度は、時間依存のモデルのリアルタイム応用手法を開発し、地震活動の事前予測の検証をする。同時にモデルの改良を進め、改良モデルに基づき地震発生メカニズムを推定し、発生予測モデルに物理的意味を与える。すべての記録が全国規模であり、その膨大な情報量をモデルの中で取り扱うために、大型計算機を利用する。

(7) 計画期間中(平成 21 年度~25 年度)の成果の概要 :

平成 21 年度

ある特定の期間、地域における地震の発生数を予知するモデルを開発した。対象地域は日本全国にわたっている。このモデルは地震の発生数を統計的に予知し、自己回帰過程によって、特定の期間の Gutenberg-Richter の b 値を決定する。モデルはまた、マグニチュードの大きい地震についての時間的要素の調整も含まれている。前に大きな地震が起きてから、時間が経つにつれて、また大きな地震が起きる可能性は増大すると思われるからである。この予知モデルは 1995 年から 2008 年の地震活動に基づいて作られた。現在、この結果を 2009 年 2 月から 2010 年 3 月の実際の地震密度図と比べているところである。このモデルは従来のものとは二つの点で違っている。密度推定を取り入れたこと、時間変化の要素を加えたことである。モデルは Earthquake Forecasting Testing Experiment for Japan に提出されている。

平成 22 年度

日本周辺で発生する前震の発生確率について研究した。図 1 は大きな地震の前に小さな地震が発生した組み合わせにおける、時空間間隔の関係をあらわしたものである。地震の発生が陸上か海域かを問わず、組み合わせの時空間間隔は時空間的に均一に分布しているのではなく、数日以内に 10 km 以内で起こる組み合わせが著しく多いことがわかった。この結果は、前震の発生する頻度は、ふたつの地震がランダムに発生する確率よりずっと大きいことを示している。

この知見は、ある地震が大地震の前震であるかどうかのリアルタイムでの確率予測に利用可能であり、これをオンラインで計算するシステムを構築した。2010 年 9 月 1 日から 10 月 5 日までの期間について予想し、ある地震の発生後 5 日以内に 10 km 以内の地点でより大きな地震が発生した場合、前震による予想が成功したと判断した。

平成 23 年度

前震の発生に基づいた地震の発生確率をリアルタイムで計算した。日本の過去の地震カタログを調べたところ、ある地震(前震)がより大きな地震を伴う確率は 5% 程度である(平成 22 年度の成果)。そこで、現在の地震の発生状況をリアルタイムで入力し、より大きな地震が発生する確率を Gutenberg-Richter 則に基づいて計算した。日本周辺の領域について、このような確率を自動的に計算し、その結果を表示するウェブサイトを設置している。

図 2 は 2011 年 3 月 9 日の三陸沖の地震 ($M_w7.2$) の 1 時間前の地震発生確率の分布を示す。図 3 は 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震 ($M_w9.0$) の 1 時間前の地震発生確率の分布である。両方のケースにおいて、日本の東海岸が黄色く色付けされており、ほかの地域より高い地震発生確率が予想されていたことがわかる。これら 2 つの地震は、地震発生確率が高いと計算されていた地域(黄色)で発生している。これらの地域はそれぞれの本震の発生前から地震が発生していたからである。

平成 24 年度

前震の発生に基づいた地震の発生確率をリアルタイムで計算し、日本周辺の領域についてその確率を自動的に計算して表示するウェブサイトを設置する活動を続けている。2012 年 11 月 19 日の根室沖の

地震 (Mw5.2) の 1 時間前の地震発生確率を判断したところ、確率が比較的高いと計算されていた地域で発生していた。これらの地域はそれぞれの本震の発生前から地震が発生していたからである。地震活動の統計的予測結果を検証する手法についての研究を行い、予測の正確性を評価する新しい手法を提案した。このパラメータは、地震が発生した地域や発生しなかった地域を含むすべての地域を考慮することができるため、より良い統合的な指標となっている。

平成 25 年度

過去 14 年間の前震活動についてまとめた。図 1 に示された分布に基づいて、本震の 2 キロ圏内、2 日以内に発生した前震を探した。2000 年以降、 $M > 4.5$ の内陸地震は 124 回あり、そのうち 46 回 (37 %) は $M 1.0$ 以上の前震を伴っていた。前述のように、横ずれ地震は前震を伴う場合が多い。しかし、ある地震が前震であるかどうかはいまだにあとになってみないとわからない状態である。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物 (論文・報告書等) :
Smyth, C., M. Yamada, J. Mori, 2012, Earthquake forecast enrichment scores, Research in Geophysics, doi: 10.408/rg2012.e2.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

James Mori , 大見士朗 , 加納靖之 (京都大学防災研究所)

他機関との共同研究の有無 : 有

宮澤理稔 (東京大学地震研究所)

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 京都大学防災研究所地震予知研究センター

電話 : 0774-38-4205

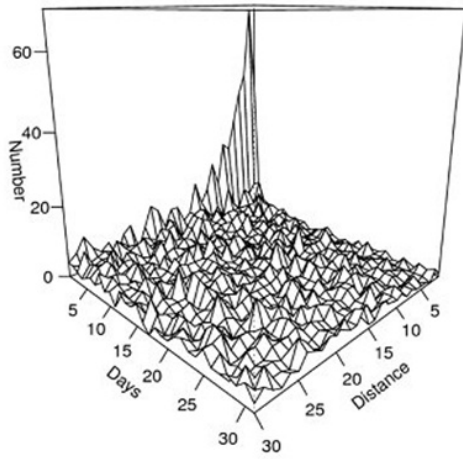
e-mail : mori@eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp

URL : <http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/mori/>

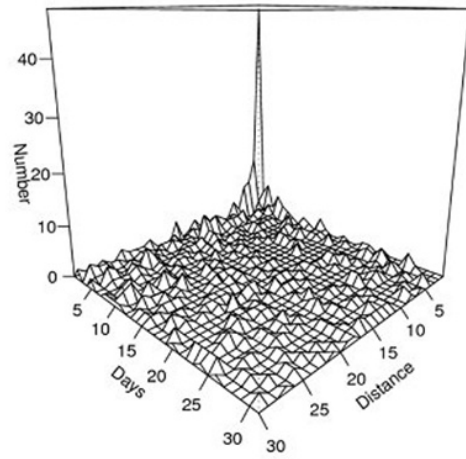
(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : JamesMori

所属 : 京都大学防災研究所 地震防災研究部門



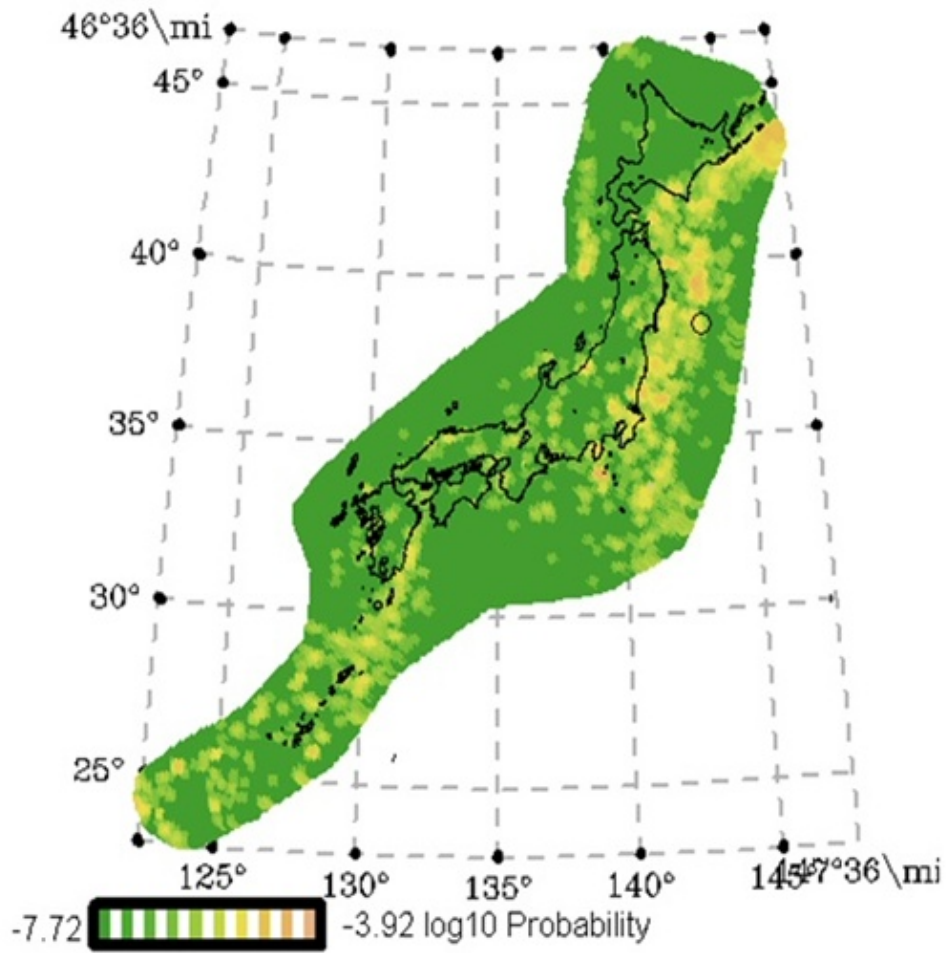
Offshore Data



Mainland Data

図 1

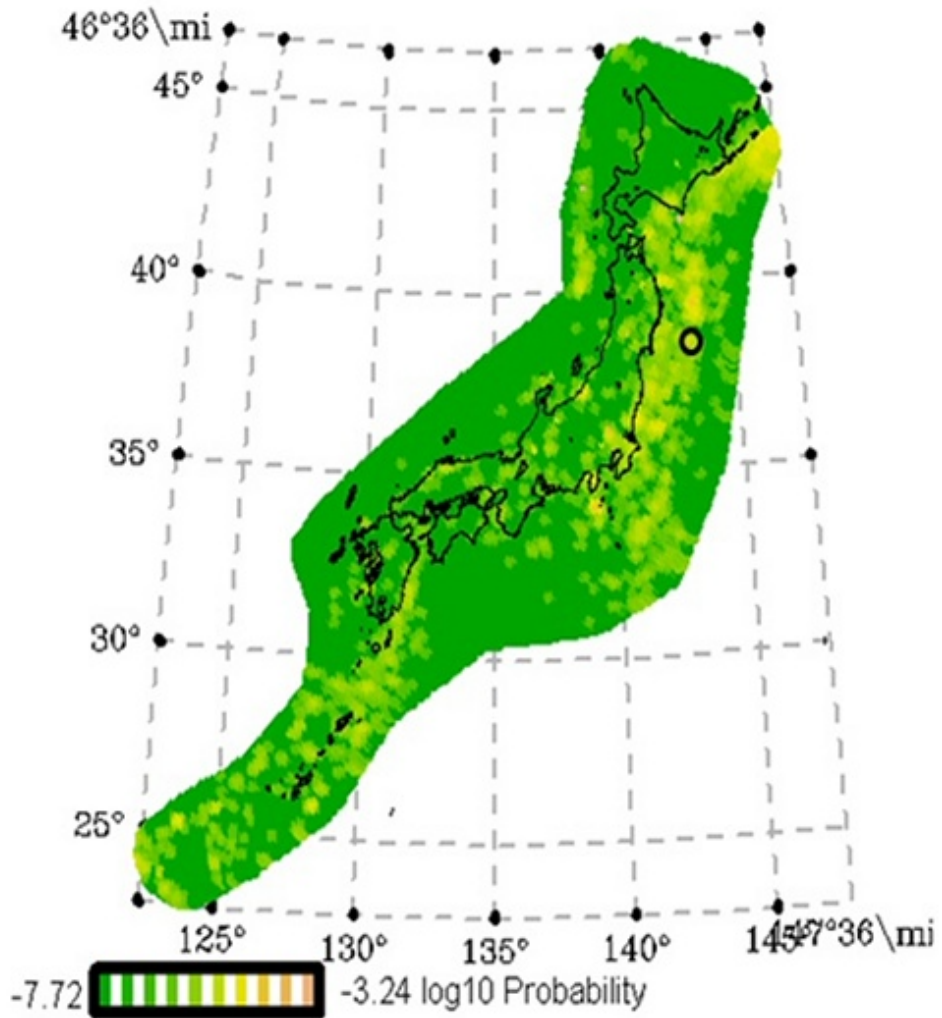
大きな地震の前に小さな地震が発生した組み合わせにおける，時空間間隔の関係をあらわしたものである



1 hour before March 9 Foreshock

図 2

2011年3月9日の三陸沖の地震 (Mw7.2) の1時間前の地震発生確率の分布。黒丸が地震の震央を示す



1 hour before March 11 Tohoku mainshock

図 3

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の1時間前の地震発生確率の分布。黒丸が地震の震央を示す。