

|          |  |
|----------|--|
| 氏 名      | 岩 田 貴 樹  |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (理 学)  |
| 学位記番号    | 理 博 第 2042 号   |
| 学位授与の日付  | 平 成 11 年 3 月 23 日  |
| 学位授与の要件  | 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当  |
| 研究科・専攻   | 理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻  |
| 学位論文題目   | A possibility that dynamic triggering occurs globally<br>(地震波による動的な歪み/応力変化で地震が誘発される現象が全世界的に起きている可能性) |
|          | (主査)   |
| 論文調査委員   | 教 授 中 西 一 郎 教 授 尾 池 和 夫 教 授 安 藤 雅 孝  |

### 論 文 内 容 の 要 旨

地震波が到来することで生じる動的な歪みまたは応力の変化によって地震が誘発される現象が全世界的に起きていないかどうか調べた。第1章では、大地震発生前後の地震の時系列を重ね合せ、重ね合せ後の時系列から、大地震発生前に比べ発後の方が地震数が有意に増えていないかどうか統計的に調べた。用いた地震カタログはPDEで、期間は1977年1月から1997年12月までである。地震の深さと規模を変えて解析した結果、100km以浅、 $mb \geq 6.0$ の地震が生じた後、100km以浅、 $mb \geq 5.5$ の地震数が有意に増加していることが分かった。即ち、「浅い大きな地震の発生後、浅い大きめの地震が増加する」ということで、この増加現象が地震波による誘発で生じていると考えて矛盾しない。つまり、地震波による誘発現象が全世界的に生じている可能性が示された。

第2章では、「この誘発現象が生じるかどうかは、地震波による歪みまたは応力変化の振幅の大きさに依存する」という仮説を立て、検証を行った。まず、ある大地震の周期70秒以上の地震波が、その大地震の発生前後に起きた地震の震源において引き起こした歪みまたは応力テンソルを計算した。それらを、計算された地点の地震の震源解に依存するいくつかの成分に直した。そして、その歪みまたは応力変化の最大値がある値以上であった地点の地震を残した時系列を、全ての大地震に関して作り、重ね合わせた。重ね合わせ後の時系列を見ることで、ある成分の歪みまたは応力に関し、ある値以上の変化が起こった後、地震数が有意に増加していないかどうかを統計的に調べた。地震カタログとしてはHarvard大学のものを用い、地震波による応力または歪み変化の計算はnormal mode theory [Gilbert and Dziewonski, 1975] に基づいて行った。期間は第1章と同様である。解析の結果、剪断方向に10Pa以上の応力変化が生じた場合、100km以浅、 $Mw \geq 6.0$ の地震が増えていることが分かった。増加現象の有意性には議論の余地があったが、「浅くて大きい地震」に対して増加傾向が見られるということと、地震発生を最も支配するであろう剪断応力の変化と地震数の増加が関連していることから、第1章の増加現象を地震波の振幅から説明できる可能性が示されたと考えられる。

また、第2章で増加現象が明瞭に有意でなかった理由としては、注目した地震波の周期が70秒以上と長かったことが考えられる。このことから、地震波による誘発現象を調べる際、より短い周期の地震波に注目する必要があると考えられる。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者は、動的な地震誘発現象が世界規模で起きているかどうかを、統計的手法および理論地震波動計算手法を用いて検討し、この誘発現象の発生が統計的に有意であることを明らかにした。

申請論文は2部から構成されている。1) 標準的地震カタログを用いて周期1秒前後の地震波動による誘発現象を検定した。2) ハーバード大学によって提供されている断層面カタログを用いて、断層面に働く応力・震源域での主応力も考慮し

た統計的検定を周期70秒以上の地震波周期帯域で行った。以下では上記の順に申請論文の審査結果を述べる。

これまで地震波動による動的誘発現象が世界規模で発生しているかどうかの統計的検討はなされていない。地球潮汐による準静的な誘発現象のみが検討されている。申請者は、申請論文に先立ち、修士論文において長野県松代地域で潮汐による準静的および地震波動による動的誘発現象の研究を行い、従来用いられていた方法と比較してより厳密な統計的検定手法を開発した。申請論文ではこの統計的検定法をさらに発展させた手法が用いられている。

標準地震カタログの20年間のデータを用いて世界規模の地震波動による地震誘発現象の統計的検定を行った。大地震発生前後の地震の時系列を重ね合せ、重ね合せ後の時系列から、大地震発生前に比べ発生後の方が地震数が有意に増えていないかどうかを調べた。地震カタログ自体の統計的検討から出発した詳細な統計的検定の結果、100km以浅、 $m_b \geq 6.0$ の地震が生じた後、100km以浅、 $m_b \geq 5.5$ の地震数が有意に増加していることが統計的に有意であることが明らかになった。この結果は、浅い大きな地震の発生後、浅い大きめの地震が増加する、と言いかえることが出来る。この結果は断層運動に関する力学的考察からも可能性の高い現象である。

つぎに申請者は誘発現象をより物理的に理解するために、誘発される地震の断層面上での応力変化および震源域での主応力変化を統計的検定に組みこむことを試み、これに成功している。この目的に適した地震断層面カタログとして、ハーバード大学から提供されたものを用いた。地震断層面上での応力変化および震源域での主応力変化を計算するには理論地震波形を計算する必要がある。地球の3次元的不均質構造が地震波形計算におよぼす影響と地震波形計算時間の両方を考慮して、ノーマルモード理論に基づいて周期70秒以上の地震波動の理論計算を行い、応力変化を理論的に計算した。このような地震波動計算を誘発現象の統計的検定に組み入れた試みはこれまでの研究には無い全く新しい試みである。

上記のような手法の開発により「誘発現象が生じるかどうかは、地震波による歪みまたは応力変化の振幅の大きさに依存する」という仮説を検定することが可能になった。第1章と同様に、ハーバード地震カタログ自体の統計的検討から始まる詳細な統計的検定の結果、剪断方向に10Pa以上の応力変化が生じた場合、100km以浅、 $M_w \geq 6.0$ の地震が増えていることが統計的に有意であることが示された。地震発生を最も支配するであろう剪断応力の変化と地震数の増加が関連していることから、この結果は第1章の増加現象を地震波の振幅から説明できる可能性が示されたと考えられる。

以上のように申請者は統計的手法を開発するだけでなく、動的な応力変化の理論計算を組み込むことにより、物理的イメージのよりはっきりした動的誘発現象の統計的検定を可能にした。この検定方法を用いて地震カタログを詳細に検討し、地震波動による動的誘発現象が世界規模で起きていることを示した。このように本申請論文は地震誘発という地震発生メカニズムを考える際の重要な問題に対して重要な貢献をするものであり、博士(理学)の学位を授与するに十分価値あるものと判断される。

なお、平成11年2月2日 主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について試問した結果、合格と認めた。