Form 3

論 文 要 旨

Abstract

論 文 題 目

Title: **Numerical modeling of continental extension to collision: Examples from Red Sea, Gulf of Suez and Anatolia**

Numerical modeling has been a useful and a powerful tool since its invention in the early 60's. Of the various modeling methods finite element method (FEM) has been one of the basic tools applied in geological and geophysical research today. This thesis is based on the summary of three separate works where numerical modeling has been applied using FE software package (Hayashi, 2008). The main purpose has been to investigate rheological structure and analyzing the possible state of stress and deformation in the Red Sea, Gulf of Suez and Anatolia. Numerical approach we used includes plane strain modeling for the Red Sea and plane stress modeling for the Gulf of Suez and Anatolia. The study area represents a vast and complex geodynamic setting that is largely governed by the relative movement of northward moving African and Arabian plates with extension in the south to collision in the north. It is an excellent area and natural laboratory to study active tectonics and ongoing deformation in the lithosphere. The structural models investigated by using FE software package (Hayashi, 2008) in this thesis provide useful information in describing distribution of the stresses and their condition, as well as possible areas of deformation which are helpful in understanding the occurrence of the faults and earthquakes. Modeling results demonstrated that the physical property of rock layer and boundary conditions resulting from the plate kinematics are the very important and essential parameters that control the stress field and deformation pattern in the region. Stress data from world stress map (WSM) project and GPS data are used as proxy for the verification of our modeling results. Fault plane solutions, on the other hand, provide important information about the tectonic setting and focal depth data is extremely valuable for understanding regional stress field as well. The correlation between measured or observed stress data, structural fabrics, active faults and earthquake focal depth data, in general, showed that brittle fracture is the relevant mechanism in generating contemporary stress field, earthquakes and active faults in the region.

Name: **Sunil Kumar Dwivedi**

（様式第５－２号）課程博士

２００９年８月４日

琉 球 大 学 大 学 院
理 工 学 研 究 科 長　殿

論文審査委員
主査　氏　名　　林　大五郎
副査　氏　名　　有馬　眞
副査　氏　名　　古川　雅英

学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し，学位論文の審査及び最終試験を終了したので，下記のとおり報告します。

記

<table>
<tr><td>申　請　者</td><td colspan="2">専攻名　海洋環境学　氏名Sunil K. Dwivedi 学籍番号[redacted]</td></tr>
<tr><td>指導教員名</td><td colspan="2">林　大五郎</td></tr>
<tr><td>成績評価</td><td>学位論文　（合格）　不合格</td><td>最終試験　（合格）　不合格</td></tr>
<tr><td>論文題目</td><td colspan="2">Numerical modeling of continental extension to collision: Examples from Red Sea, Gulf of Suez and Anatolia
大陸の引っ張りと衝突の数値モデル：紅海、スエズ湾とアナトリアについての例</td></tr>
<tr><td colspan="3">審査要旨（２０００字以内）</td></tr>
</table>

（次頁へ続く）

審査要旨

本研究はプレート発散境界の典型の一つである Red Sea 地域および Eurasian plate, African plate, Arabian plate の存在する地域の運動を有限要素法を用いて解析し、最適の境界条件すなわち各プレートの運動を WSM や GPS データと比較することにより求めたものである。

本論文は３部からなっている。（１）Red Sea 南東部のNE-SW断面でのRed Sea の発展（２）Gulf of Suezの活動状況（３）Anatolia microplate の西方移動の原因

（１）Red Sea の発展モデルのうち、extension と uplift さらに extension. この３つの地質時代の断面での応力と変位を計算し、WSM や GPS データと比較し、最も適合する境界条件を見つけた。この結果、Red Sea の形成はマントルからのマグマの上昇による可能性がもっともらしいと結論づけた。

（２）シナイ半島の周辺では Gulf of Suez, Gulf of Aqaba, Red Sea が会合している。

この地域では、Gulf of Suez が現在 rift として発展しているのかどうかが問題となっている。Gulf of Suez は small scale mantle convection とそれに続く地殻の薄化冷却により rift として Miocene にできた。その後 African plate, Arabian plate, Aqaba rift, Dead Sea fault, Red Sea rift の運動とともに活動し続けているとする説。一方 Suez rift は最近の５Ｍａの間 inactive である。Suez rift の停滞と活動の休止は Aqaba rift と Dead Sea fault に沿う運動に伴っているとする説などがある。この研究はこの問題に対する解釈を提供する。

WSM や focal mechanism solution から得られた P、T 軸さらに GPS データと最もよく適合するのは３の Red Sea rift + Aqaba rift + Dead Sea F の活動であった。すなわち Suez rift の活動を考慮しない方がよい。これは Gulf of Suez の活動は現在すでに終了していることを意味する。

（３）なぜ Anatolian plate が西方に移動しているかについては、諸説がある。

ここでは Anatolian plate, Eurasian plate, African plate, Arabian plate とそれらの境界と考えられる断層 NAFZ, EAFZ, DSFZ を含む領域を考え plane stress の条件で simulate した。

Arabian plate の push よりも Anatolian plate の西方への引っぱり、すなわち西の端の Hellenic Arc での subduction で Anatolian plate が引っ張り込まれていることが西方移動の主な原因であると思われる。

Rift発展は現在重要な問題として注目されておりAGUの２００９年秋のTectonophysicsのT19-sessionでGulf of California-Salton Trough Rift Margin: Recent Findings and Remaining Questionsと題して論議される。

Sunil K. Dwivediによる"Numerical modeling of continental extension to collision: Examples from Red Sea, Gulf of Suez and Anatolia"と題された博士論文審査会は２００９年８月４日（火）１３時から１４時までの１時間に理学部複合棟１０２教室で行われた。ここでの発表と討論の結果から合格とする。