

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04045

研究課題名(和文) コア変形法を適用した原位置地殻応力測定による内陸広域応力場の解明

研究課題名(英文) Elucidation of inland tectonic stress distribution based on in-situ crustal stress measurements by means of DRA method

研究代表者

小村 健太郎 (Kentaro, Omura)

国立研究開発法人防災科学技術研究所・地震津波防災研究部門・特別技術員

研究者番号：90399361

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：日本列島の原位置の絶対応力に関するデータ、特に深さ100mを越える深部データは、陸域においても、数少ない状況にあるなか、掘削で採取された既存の岩石コアを用いた地殻応力測定法を適用し、信頼性の高い地殻応力データをはばひろく取得することを目指した。本研究から、孔井掘削において岩石コア採取と孔壁画像検層が実施され、条件が適合して、ボアホールブレイクアウトが観察されれば、原位置地殻応力の値と方位をとともに計測できるという方針が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地殻の原位置地殻応力(絶対応力)は地震発生過程やテクトニック変動を理解する上で、重要な物理量である。しかし、従来、測定手法の困難さもあって、圧倒的に測定データが乏しかった。本研究では、これまでの手法に比べて、手間の少なく、単純な理論にもとづく手法であるコア変形法による原位置地殻応力測定を実施した。その結果、深部掘削がなされ、岩石コアが採取、保管されていれば、原位置地殻応力の値を測定できることがわかった。今後、他の観測井でも同様の手法により、日本列島広域での原位置地殻応力の測定に向けた先導となった。

研究成果の概要(英文)：In-situ crustal stress is an important factor to understand earthquake mechanism and tectonic activities. However, the reliable in-situ stress data down to more than 100m depth seems to still be poor, because complicated procedures are necessary for measurement in a borehole. We tried in-situ crustal stress measurements at deep seismic observation wells, applying DCDA (Diametrical Core Deformation Analysis) method to recovered rock core samples to estimate stress values. DCDA method measures the circumferential diameter variation due to stress relief after the core recovery, and use elastic constants of the rock core. Present studies suggest a pair of DCDA method by recovered rock core and borehole breakout observation by borehole wall image logging is recommended to measure both of value and orientation of in-situ crustal stress in the case of borehole breakout is produced.

研究分野：地球内部物理学

キーワード：コア変形法 原位置地殻応力 岩石コア 広域応力場 地震観測井

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地殻内に歪が蓄積され、応力が高まり、それが強度を越えたとき地震が発生すると考えられている。そのため、地殻の原位置での絶対応力を知ることは、応力蓄積とそれに続く地震発生過程を理解する上で、重要な情報である。しかし、信頼性の高い原位置での絶対地殻応力データは、測定に必要な手間と費用がかかるため、海域は言うにおよばず、陸域においても、他の地震観測や地殻変動観測のデータに比べて、データ量は圧倒的に少ないのが現状である。地震が迫るにつれ、実際に地殻応力が高まっているのかどうかさえ、十分に実証されているとはいえない。本研究は、最近になって開発された、岩石コアを利用した手法により原位置での地殻応力測定を数多く実施し、それをもとに地殻応力がどのように分布しているのか、地震前に地殻応力が高まっているのかをはっきりさせ、地震発生の本質を見極めようとするものである。

2. 研究の目的

本研究では、従来、地震発生過程を理解する上で必要不可欠であるにもかかわらず、十分な知見が得られているとはいえなかった地殻内の応力状態について、原位置での地殻応力測定手法として、コア変形法(Diametrical Core Deformation Analysis, DCDA 法)を、地震観測施井等の岩石コアに適用して、原位置での地殻応力を多数測定することにより、陸域の広域にわたる信頼性の高い絶対地殻応力データを取得して、内陸の広域地殻応力場を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、岩石コアの断面形状を計測する「コア変形法」を適用して、原位置地殻応力を測定する。地震観測からは、地震前後の応力の主軸の回転と、差応力値が推定され、地殻変動観測からは、地殻歪の時間変化が推定されるのに比べて、本研究の地殻応力測定は、ある時点における絶対応力そのものを測定する。

コア変形法では、掘削で岩盤から円柱状に採取された岩石コアが、地殻応力から解放され、断面が扁平な楕円状に膨張する現象を利用する。この膨張を弾性変形とみなし、楕円断面の長軸および短軸の長さ d_{max} および d_{min} と、同断面に元々作用していた地殻応力の最大値および最小値 S_{max} および S_{min} の間に成立する近似式から、地殻応力値の偏差 ($S_{max} - S_{min}$) が求まる。また、コアの方位が既知ならば d_{max} の方位として S_{max} の方位が求められる。

$$S_{max} - S_{min} = \frac{E}{1-\nu} \frac{d_{max} - d_{min}}{d_{min}}$$

ここで E および ν はそれぞれ岩石コアのヤング率とポアソン比である。

岩石コアの直径を計測するコア直径測定装置を Funato and Ito (2017, IJRMMS) にならって整備し(図1.参照)、既存の孔井から採取され、弾性変形の大きいと見込まれる岩石コアにコア変形法を適用して、採取後、時間の経過した岩石コアに対して、コア変形法が適用できることを確認するとともに、西日本地域の防災科研地震観測井の岩石コアを、選別して、コア変形法を適用し、応力値を求める。同時に、解析に必要な岩石の弾性定数を求める岩石試験を行う。さらに、広域の多地点でより信頼性の高い、地殻応力の絶対値データを求めることを目指す。

4. 研究成果

近畿地方には、多くの活断層が分布し、歴史的に地震活動が活発であるため、地震、地殻変動、地下水等、密に観測が進められている。本研究では、コア変形法を適用するのに、防災科学技術研究所の Hi-net 観測網で、大阪平野にある地震観測井の岩石コアに着目し、ボアホールブレイクアウト法の適用と併せて地殻応力値を測定した。

大阪府の此花観測井の基盤に達する深度 2035.5m コアと田尻観測井の同じく基盤となる深度 1202.4m および 1494.8m コアにおいて、採取後、10 年以上経過したものではあるが、コア直径測定装置による測定で、外周にそって直径がサインカーブ状に変形していた(図2.参照)。先行研究(Omura et. al., JPGU2018, SIT26-P04; 小村他, 地震学会 2018, S11-03)により、1000m を超えるような深部岩石コアでは、採取後の弾性変形が大きく、コア変形法の適用できることが示されていることから、本件もコア変形法の適用可能とみなした。採取された岩石コアの岩石試験(P波速度, S波速度, 密度測定, 線載荷強度試験)から導出される弾性定数を適用し、応力値を求めたところ、~60 MPa から 100MPa を越える差応力値となった。大きな差応力に意味があるかどうか、さらに周辺の観測井コアのコア変形法による応力値とも比較しながら、考えていく必要がある。一方、ボアホールブレイクアウトの方位から、応力の水平最大圧縮方位は、此花で N80° E-N260° E, 田尻で N65° E-N245° E となり、周辺の北近畿地域における、東西方向の圧縮応力方位に整合的となった。

本研究では、深部掘削がなされたこと、ボアホールテレビア検層が実施されたこと、岩石コアが採取、保管されていたことが相まって、原位置地殻応力の値および方位を測定することができた。今後、他の観測井でも同様の手法により、日本列島広域での原位置地殻応力の測定に向けた先導となった。

他の観測井へ同様の手法を適用することで、日本列島内陸の広域で原位置地殻応力測定していくことが現実的となり、地殻応力の変化から地震発生に至る地殻活動の変化をとらえること、現在の地殻応力状態と活断層の活動との関係をとらえること、地震発生を長期的に予測するパラメーターとしてとらえること、などについて議論したり、他のGNSSデータ、地震データを組み合わせて、地殻内の応力分布と、応力蓄積・解放をモデル化することに寄与することが期待される。

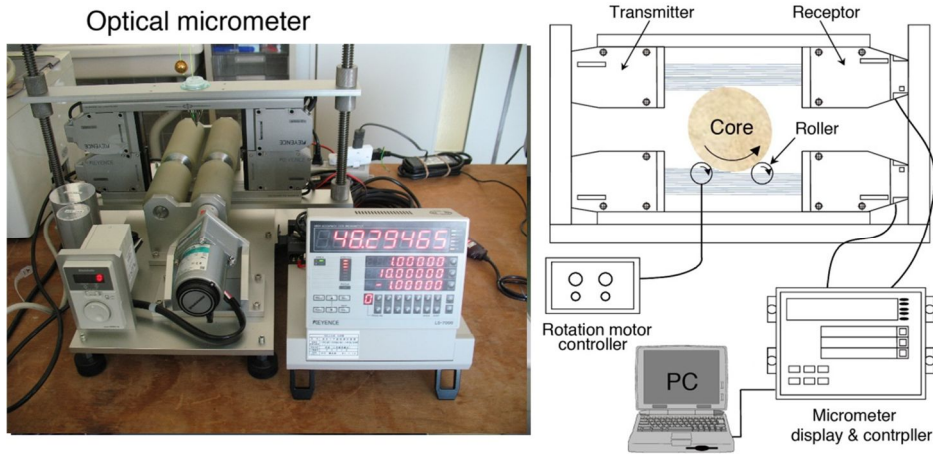


図 1.防災科学技術研究所に整備された、コア直径測定装置。ローラーに円柱状のコアを載せ、回転させながら、向かいあう 2 組の光センサーで、コアによる陰の部分を確認してコア直径を計測する。

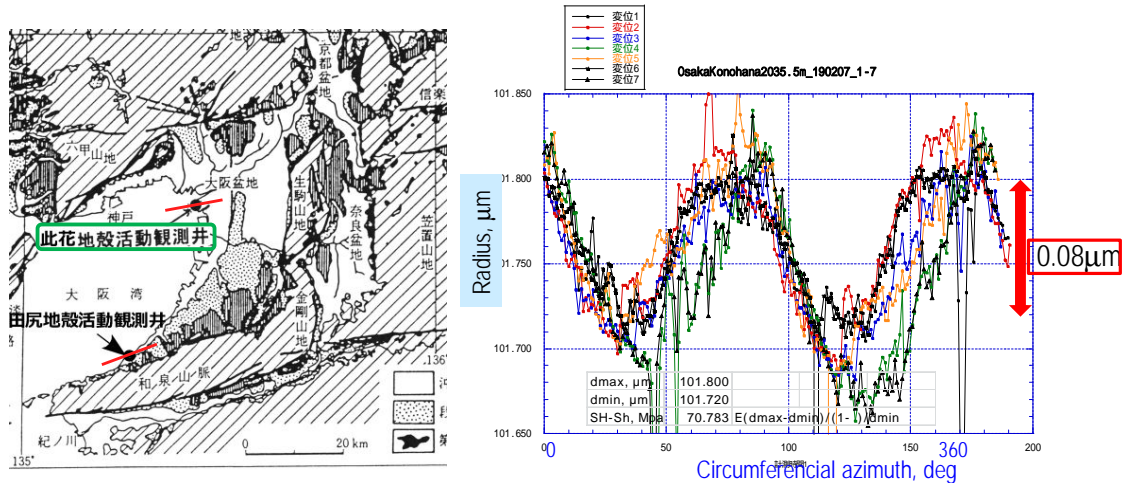


図 2.此花観測井のボアホールブレイクアウト法で求めた水平最大圧縮方位（左図）と深度 2035.5m 岩石コアの周方向の半径(左上図)。サインカーブ状になり、応力開放にともない断面が楕円状に弾性変形している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kentaro Omura, Akio Funato, Takatoshi Ito
2. 発表標題 In-situ crustal stress measurement in inland Japan - Applications of DCDA method to rock core samples from NIED seismic observation wells -
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2020年大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小村健太郎
2. 発表標題 大阪平野下基盤における原位置地殻応力 - 深層地殻活動観測井におけるボアホールブレイクアウト法による方位測定 -
3. 学会等名 日本地震学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kentaro Omura, Akio Funato, Takatoshi Ito
2. 発表標題 In-situ crustal stress in inland Japan with application of DCDA method to rock core samples of seismic observation wells
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kentaro Omura・Weiren Lin・Takatoshi Ito・Akio Funato
2. 発表標題 Applications of DCDA method for in-situ crustal stress measurement - Rock core samples from NIED seismic observation wells -
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小村健太郎・林為人・伊藤高敏・船戸明雄
2. 発表標題 防災科研地震観測井コアへのコア変形法の適用 - 原位置地殻応力推定の試み -
3. 学会等名 日本地震学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	伊藤 高敏 (Ito Takatoshi)	東北大学流体科学研究所・教授	
研究協力者	船戸 明雄 (Funato Akio)	深田地質研究所・理事	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------