

## 自己評価報告書

平成23年 4月 5日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008~2011

課題番号：20340137

研究課題名(和文)計装化圧子圧入法による岩石の力学的不均質性のマッピング

研究課題名(英文) Mapping of mechanical hardness in rocks with depth-sensing nanoindentation technique

研究代表者

増田 俊明(MASUDA TOSHIKI)

静岡大学・理学部・教授

研究者番号：30126164

研究分野：構造岩石学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 地質学

キーワード：超微小硬度計、鉱物、ダイヤモンド圧子、圧痕、マイヤー硬度、点接触変形、エネルギー原理、アクティブ防振台

## 1. 研究計画の概要

本研究では、新たに導入するアクティブ防振台の効果を確認した上で、超微小硬度計により、どのように硬さマッピングを行うか、について総合的に検討する。また、硬さマッピングを利用して、どのようなことが解るのか、さらには「どのような原因で力学的不均質性が岩石ないで生じるのか、についても検討を始める。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 本研究で導入したアクティブ防振台は、効果的に振動を減らしていることが解った。

(2) 圧痕データにより高解像度硬さマッピングを行うために、一つの圧痕形成に伴い、どのようなことが起こっているのかを調べた。レーザーラマン分光学的研究により、圧痕中心部では2 GPa 以上の高圧力(高差応力)が生じていることが解った。また、圧力分布は、圧痕サイズの2倍程度のところまで及んでおり、圧痕間隔をある程度(圧痕サイズの3倍程度)長くする必要があることが解った。

(3) 硬さマッピングを定量的に行うための最適な硬さ指標はマイヤー硬度であることが解った。マイヤー硬度を利用すると圧痕を形成するために必要なエネルギーの見積もりができるが、従来普及しているピッカース硬度では、これが出来ない。

(4) モース硬度1から9の代表的鉱物に関して、荷重を変えて測定を繰り返した結果、圧痕の深さと圧痕を形成するために要したエネルギーの間の関係が、両対数グラフにプロットするとまるで平行四辺形が並んでいるように見えることに気がついた。すなわち、

ある鉱物に着目すると、圧痕の深さとエネルギーを両対数に取ったグラフは傾きが約3の直線上に並んでいるように見える。一方、同じ荷重に着目すると、それぞれの鉱物の圧痕の深さとエネルギーの両対数プロットは傾きがほぼ1の直線上に並んでいるよう実見える。この2つの傾きは、深さ-荷重曲線の指数が2であることを仮定すると理論的に示すことが出来ることが解った。

(5) 三角錐圧子を使って石英のc軸に垂直な面に圧痕を作る実験を行ったら、規則的にまるで換気扇のファンのように3カ所で六角形の範囲にドフィネ双晶が形成された。これは予想外の発見であった。

## 3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

当初の予測通りアクティブ防振台は効果を発揮している。レーザーラマン分光測定は、予想以上の高圧が圧痕中心部に加わっていることを示した。平行四辺形の関係や石英のドフィネ双晶の発見は予想外であった。これらの成果を総合し達成度は②と判断した。

## 4. 今後の研究の推進方策

(1) これまでの平行四辺形の関係は結晶方位について全く配慮していなかった。今後は結晶方位依存性について検討する。その上で、圧痕の深さと圧痕をつくために要するエネルギーの両対数関係を、さらに深く究明する予定である。

(2) 平行四辺形の2つの傾きについて、理論的検討を進める予定である。

(3) 圧痕形成時に超微小硬度計により自動的に計測される変位の値には、鉱物そのもの

の変位の他に超微小硬度計自体の変形を加わっているはずで、その分の過剰値を見積もって、鉱物自体の変位-荷重曲線の信頼度を上げる。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① Masuda, T., Miyake, T., Enami, M., 2011. Ultra-high residual compressive stress (>2 GPa) in a very small volume (<1  $\mu\text{m}^3$ ) of indented quartz. *American Mineralogist*, in press. (査読有り)
- ② Masuda, T., Miyake, T., Kimura, N., Okamoto, A., 2011. Application of the microboudin method to palaeodifferential stress analysis of deformed impure marbles from Syros, Greece: implications for grain-size and calcite-twin palaeopiezometers. *Journal of Structural Geology*, in press. (査読有り)
- ③ Kimura, N., Nakayama, S., Tsukimura, K., Miwa, S., Okamoto, A., Masuda, T., 2010. Determination of amphibole fracture strength for quantitative palaeostress analysis using microboudinage structures. *Journal of Structural Geology*, 32, 136-150. (査読有り)

[学会発表] (計4件)

- ① 増田俊明・尾吹萌・桑谷立・大森康智・木村希生・岡本敦・鳥海光弘 Klamath Mountain で発見した角閃石の paracrystalline microboudinage 構造: 差応力-歪曲線の復元、日本地質学会富山大会 2010年9月18日 富山県
- ② 増田俊明・櫻井涼子・三宅智也・山之内未来・大森康智・針金由美子・岡本敦、圧痕形成における平行四辺形の法則の提唱、日本地質学会岡山大会 2009年9月5日 岡山県
- ③ 増田俊明・三宅智也・岡本敦 差応力値の比較: マイクロブーディン法-方解石双晶法-再結晶粒径法、日本地質学会秋田大会 2008年9月21日 秋田県
- ④ 増田俊明・伊計秀明・神田寛行・釘宮康郎・大森康智 遅れ破壊によるナノメートルスケールの断層の出現、日本地球惑星科学連合 2008年大会 2008年5月26日 千葉県

[図書] (計1件)

増田俊明、2010、はじめての応力。朝倉書店

[その他]

インターネットのホームページアドレスは <http://www.sci.shizuoka.ac.jp/%7egeo/staff/Masuda/Masuda.html> である。