

Coda-Q を用いた地域地殻応力場変化推定のための基礎的研究 Fundamental study on estimation of change in local stress field using coda-Q

岡本 京祐^{1*}, 三ヶ田 均¹, 後藤 忠徳¹, 武川 順一¹

OKAMOTO, Kyosuke^{1*}, MIKADA, Hitoshi¹, GOTO, Tada-nori¹, TAKEKAWA, Junichi¹

¹ 京都大学工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Kyoto University

本研究では、地震波末尾のコーダ部分の減衰率から得られる Coda-Q 値が地殻の地域応力場変化を反映するという仮説を立て、その仮説を数値実験により実証した。

過去には Coda-Q 値が地震前に変化することや、火山体周辺の低速度地域で異常を示すことが言われていたが、決定論的に Coda-Q 値の変化に影響を及ぼす要因を見出した研究はなく、変化を引き起こす原因は判然としていなかった。言い換えれば、不均質の度合いの強い媒質に対する地震波でのイメージングは困難であり、個々の散乱体や断層の形状・大きさなどを決定論的に決めて解析されることは少なかった。そのため、不均質の度合いの強い媒質に対しては、Coda-Q 値を用いた統計論的解釈に基づく解釈がほとんどであったと言える。本研究では、それら統計論的解釈の中で、Aki (2004) の観測結果に着目した。この研究では米国カリフォルニア州サンアンドレアス断層周辺の地震頻度と、当該地域の Coda-Q 値の逆数が時系列で似た挙動を示し、両者の相互相関を取ると相関係数が 0.8 以上という高い値を取ることが言われている。この事実に基づき、我々は「地震活動を引き起こす地殻応力場変化と Coda-Q 値が相関性を持つ」という仮説を立てた。また、1995 年に発生した兵庫県南部地震前後において、Coda-Q 値や b 値といった統計量がともに大きな変化を示したことが言われており、こうした統計量と地下の物理的状態との間に何らかの規則的関係が存在する可能性があり、前述の仮説を支持している。

仮説の検証のために、数値計算による波動伝播シミュレーションにより、コーダ波の応力に対する応答性を検討する。本研究では、コーダを構成する波群が地殻内に分布する散乱体から発生する散乱波であると仮定し、数値的にコーダを形成し、その Coda-Q 値を求めることとした。既に岡本ほか (2010) では、地殻モデルに応力が載荷された際に弾性変位を考慮すると、Q 値変化から応力の大きさと方向が定量的に分かる可能性があることが示されている。しかし、この研究では応力変化に伴う Coda-Q 値変化が系統的であるとはいえ、微小な変化 (数十 MPa の応力を載荷した際に、%オーダー程度の Coda-Q 値変化) だったため Coda-Q 値変化の実測値を説明できるモデルとは言えなかった。そこで、本研究では応力が載荷された際に Coda-Q 値変化を及ぼす要因として、弾性変位の他にクラックの開鎖・生成及び配置の変化、弾性波速度異方性の発生を考慮することとする。また、震源は十分遠方にあり観測点においては、平面波がモデル下方から一様に入射する状態を仮定した。数値計算の結果、Coda-Q 値の変化と平均法線応力 (封圧) の大きさの変化に比例関係があることが明らかとなったことに加え、Coda-Q 値変化は実測を説明できる可能性があることが分かった。このことは、Coda-Q 値変化より応力の大きさを推定できる可能性があることを示している。

Coda-Q 値と地殻応力との間に統計処理から見出される定性的関係ではなく、定量的な関係を見出すことができれば、将来的には地震の準備期間を捉える事や、トンネル掘削・CO₂ 地下貯留などの際に用いることのできる新たな地殻活動モニタリングにつながる可能性がある。また、ボアホール掘削による応力解放法や GPS から面ひずみを計測し応力を求める方法と異なり、地震発生の際となる地殻で深数 km の応力変化を得られる可能性がある。

キーワード: Coda-Q, 減衰, 異方性, 地殻応力, 数値計算

Keywords: Coda-Q, attenuation, anisotropy, stress field, numerical simulation