

アポロ計画で得られた“月震”波形の基礎的な分析

Basic analysis of moonquake waveforms from the Apollo missions



仲野 健一 Kenichi NAKANO ^{*1}

研究の目的

地球と同様に月においても震動現象が発生する。これを月震と言う。NASA アポロ計画で得られた月震波形には長い継続時間と強い散乱等の性質が知られているが、地震工学的な影響は未だ十分検討されていない。本報告においては、まず月震波形データの取得・波形処理手順を整理し、経時的な周波数特性の推定などを通じて震動特性を分析する。そしてそれらの知見に基づいて月面開発における構造物等への月震の影響について考察する。

研究の概要

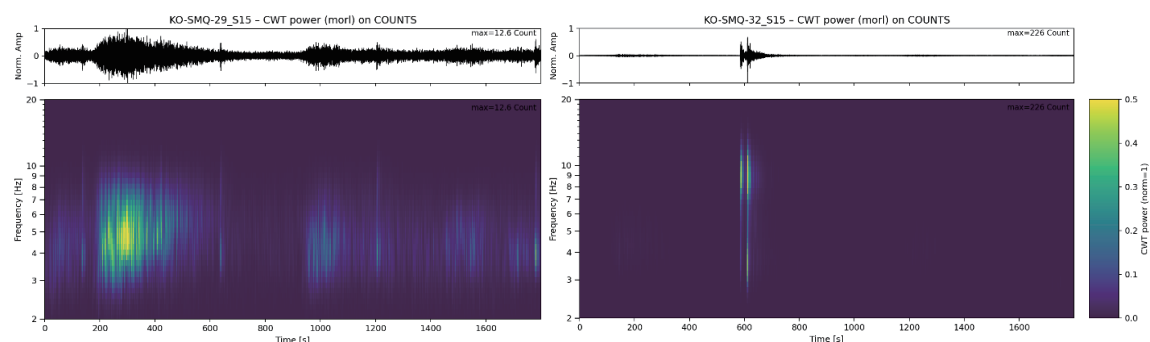
まず、NASA アポロ計画で得られた月震波形データを取得する手順を整理した。同手順で取得した月震波形に対して地震計応答特性の補正、物理値変換、ノイズ処理等の適切な波形処理を施したうえで、周波数解析を行った。周波数解析にはウェーブレット変換を用いる。ウェーブレット変換はフーリエ変換と同じ周波数解析手法の1つであり、時間領域と周波数領域の双方の情報を保持できるので、経時的な周波数特性の変化を捉えることができる。そして、建築構造分野でよく参照される司・翠川(1999)の距離減衰式と月震波形の最大速度PGVを比較し、距離減衰式と矛盾しない対応関係があることを見出した。最後に、上記分析結果を踏まえて地震工学的な観点で月面開発への影響を議論した。

結 論

図-1に本稿で取得した月震波形のウェーブレット変換波形を示す。各図上段にウェーブレット変換の元にした月震波形を示す。縦軸は規格化振幅である。下段には経時的な周波数特性を示す。縦軸は周波数、横軸は共通で時間軸である。これらを見れば、概ね3-6Hzの周波数帯域にエネルギーが集中していること、一部のイベントにおいては継続時間が短く3-6Hzを含めて10Hz程度まで幅広い周波数帯域で大きな振幅値が見られることがわかった。表-1に、本稿で整理した月震波形の特徴を示す。司・翠川(1999)の距離減衰式と月震波形の最大速度PGVの対応関係が矛盾しないことから、月面開発においては、開発ステップに合わせて、地震に関する知見も考慮して適切に月震の影響を評価する必要がある。

表-1 本稿で整理した月震波形の特徴

月震波形の特徴	
卓越周波数	・3-6Hz程度にエネルギーが集中する月震イベントが多い ・継続時間の短い月震波形もあり、10Hz程度の高周波数成分の寄与も無視できない
継続時間	・S15での浅発月震イベントにおいては、数十分程度揺れが続く ・複数のイベントによる揺れの寄与の可能性がある
地震動強さ (PGV)	・S15では震源距離が極めて遠いため観測記録のPGA, PGVは小さい ・司・翠川(1999)の距離減衰特性と月震波形のPGVは矛盾しない



(a) 1975年11月21日に発生した月震波形 (Mw5.3; 震源距離 1,833km) (b) 1976年2月13日に発生した月震波形 (Mw5.2; 震源距離 909km)

図-1 月震波形の経時的な周波数分析結果