

# 修士論文

## 長周期レイリー波コーダの起源 —高次モードの寄与—

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

前田 拓人

(指導教官 佐藤 春夫 教授)

平成 14 年

### 要 旨

長周期上下動地震波形には、地球を周回するレイリー波の到来だけでは説明のつかない大振幅の波群が長時間にわたって継続している。この波群には、地形変化や上部マントルの速度不均質、異方性構造などに起因する散乱波の寄与が存在することが期待される。本研究では、90s から 180s の周期帯について、全エンベロープ形状の形成過程を輻射伝達理論とアレイ解析を用いて調査した。

上下動の速度波形の平均 2 乗振幅 (MS) エンベロープは、球面上の輻射伝達理論に基づくレイリー波基本モードの一次等方散乱過程でよく説明できることが知られている [Sato and Nohechi (2001)]. 本研究では、震源からの輻射が等方的な場合について、球面上の一次散乱理論に基づく理論エンベロープの解析解を導出することに成功した。この解を用いることで、理論 MS エンベロープの計算時間と精度を大幅に改善することができた。この一次散乱理論を 1999 年 8 月にトルコで発生した Izmit 地震 (Mw=7.6) で観測された地震波形の MS エンベロープに適用したところ、散乱強度を示す散乱係数として  $g_0 = 2 \times 10^{-6} [\text{km}^{-1}]$ 、全減衰として  $Q^{-1} = 7.82 \times 10^{-3}$  を得た。しかし、震源時からの経過時間で 30,000s を超えるころから、観測される MS エンベロープ振幅が理論予測と系統的にずれることがわかった。これは散乱係数や減衰のパラメータの調整では説明が不可能であり、基本モードレイリー波の散乱波だけでは説明のつかない波群がエンベロープ形成に寄与していると想定される。

そこで、防災科学技術研究所による F-net の観測点をアレイとして取り扱い、周波数-波数スペクトル解析によって、エンベロープの経過時間毎の構成波群の特徴と性質を波の到来方向と見かけ速度から調べた。解析した地震は、Izmit 地震に加えて 1998 年 5 月の台湾南西部の地震 (Mw=7.4)、

1999年9月の台湾集集地震 ( $M_w=7.6$ ), 2002年3月のHindu-Kushのやや深発地震 ( $M_w=7.6$ , Depth=228.5km), さらに2002年9月のFijiの深発二重地震 ( $M_w=7.7$ , Depth=633.7km, 678.9km) の計5つである. 直達レイリー波の到来から, 震源時からの経過時間 60,000s までの各時間において卓越している波群の解析を行った. どの地震でも, レイリー波の到来  $R_1$  と  $R_2$  の間には大円経路から大きく外れた方向から到来するレイリー波散乱波が検出された. しかし, 浅い地震では経過時間 30,000s を過ぎると, 基本モードレイリー波に替わって位相速度 10km/s 以上のスフェロイダル振動の高次モード波群がエンベロープに寄与していることが明らかになった. 震源が深い地震では, 表面波基本モードから高次モードに卓越する波群が切り替わる経過時間が 15,000s から 20,000s とやや早かった. これは震源での高次モードの励起量が浅い地震よりも多いためであると推測される. また, 高次モードから構成される部分のエンベロープからレイリー波のコーダ減衰を推定した. その結果, コーダ減衰は地震によって  $Q_c^{-1} \approx 1.9 \times 10^{-3}$  から  $2.4 \times 10^{-3}$  の値が得られた. この減衰量と PREM による各モードの減衰量との比較から, 経過時間 30,000s を超える経過時間でエンベロープに主に寄与しているモードの次数は 10 から 14 程度であると推定された. これらの高い次数のモード解の振動は基本モード表面波よりも深い構造の影響を受ける. 下部マントルや外核の減衰が小さいため, 非常に長い経過時間の後にも十分な大きさの振動が続いたものと解釈できる. また, これらの波群は ScS, SKS, PKP といったコア-マントル境界付近の構造に影響を受ける長周期実体波が継続していると解釈することも可能である.

これらの解析から, 上下動 MS エンベロープ形状が, 経過時間が短い場合は基本モードレイリー波とその散乱波によって, 経過時間が長くなると主としてスフェロイダルモード振動の高次モードによって構成されていることが明らかになった.

本研究によって, 波群到着から 20 時間以上にわたって, 周期 90s から 180s の上下動速度波形のエンベロープ形状とその構成要素を初めて明らかにすることができた. また, 高周波地震波の解析で発展してきたエネルギー論的な視点が長周期地震波の伝播の解析に対しても有効であることを示すことができた.