

# コーダ波エンベロープにみられるリップルの起源の検討

小菅正裕

弘前大学理学部附属地震火山観測所

E-mail: mkos@cc.hirosaki-u.ac.jp

## 1. はじめに

東北地方北部で観測されるSHコーダ波には、図1のように振幅が繰り返し増加する現象が見られる場合がある。図中dのなめらかな曲線は散乱モデルから期待されるコーダ波の包絡線で、これと実際の包絡線のずれをリップルと名付ける。リップルがどのような原因で発生するかを調べることは、現実的な散乱モデルの構築やリソスフェアの不均質性を議論する上でも重要である。ここではリップルの中でも図1のような周期的リップルに着目し、その性質やリップルを生じる地震の空間分布を調べ、周期的なリップルが現れる原因を考察する。

## 2. リップルのスペクトル

周期的なリップルが現れる地震を選び出すために、リップルのスペクトル特性に着目して解析を行う。まず、SH波の2乗平均波形を計算する。その手続きを図1に示す。水平2成分の波形からSH波を合成してバンド・パス・フィルターをかけ、振幅を2乗した後、フィルターの中心周期の2倍の範囲での平均振幅を

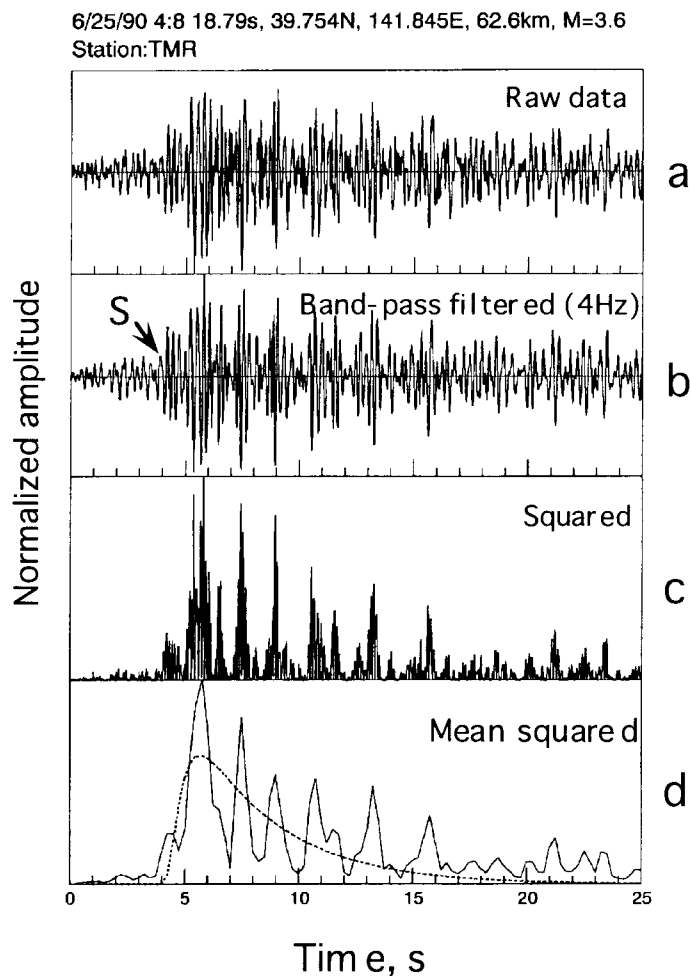


図1 周期的なリップルが見られる地震のコーダ波エンベロープのデータ処理の例。上からSH波の原波形(a)、バンド・パス・フィルターをかけた波形(b)、2乗した波形(c)、2乗平均波形(d)を表す。各波形はそれぞれの最大値で規格化してある。dのなめらかな曲線は散乱モデルから期待されるエンベロープを表す。

計算する。解析に用いた観測点は青森県内の5点で、地震は北海道及び東北地方において発生した浅発地震及びやや深発地震408個を用いた。

周期的なリップルが見られる地震のスペクトルは、そのピークが鋭いこと、すなわち、ピークの振幅が大きく、かつ、ピークの幅が狭いことによって特徴づけられる。そこで

i) スペクトルのピークと平均スペクトルの比 ( $R$ )

ii) スペクトルのピークの半値幅 ( $W$ )

を、周期的なリップルが見られる地震を選び出すためのパラメータとした。さらに、周期的なリップルがある程度継続している地震を選び出すために、

iii) リップルの継続時間 ( $D$ )

を加えた3つのパラメータを基にリップルの出現を判定した。これらのパラメータは地震の規模 ( $M$ ) と震源距離 ( $r$ ) に依存するので、次のような経験的関係を求めて、規模と震源距離依存性の影響を除去した。

$$R = a_R M + b_R \log r + c_R ,$$

$$\log W = a_W M + b_W \log r + c_W ,$$

$$\log D = a_D M + b_D \log r + c_D .$$

データにこれらの関係式を当てはめた場合の標準偏差を考慮し、 $R$ ,  $W$ ,  $D$ に対するスコア (-1, 0, +1) を与え、スコアの総計によって地震の分類を行った。

### 3. リップルが見られる地震の空間分布

下北半島の泊観測点について解析した地震を、スコアの総計によって分類した空間分布を図2に示す。この図において黒いシンボルほどスコアが大きい、すなわちリップルが見られることを表す。同じ領域でもリップルが見られる地震と見られない地震が混在して、その分布は複雑である。しかし、リップルが見られる地震 (スコアが2以上) に着目すると、それらは海溝と火山フロントの間、及び津軽海峡から渡島半島南部にかけて分布しており、ランダムに分布しているわけではない。後者の領域で発生した地震からのリップルの出現は、他の観測点ではあまり明瞭ではない。一方、前者の領域で発生した地震からのリップルの出現の割合は、どの観測点でも共通して高い。このことは、リップルの出現が観測点固有のローカルな原因よりは、東北地方北部の広域的な構造に起因するものであることを示唆する。

### 4. リップルの起源の検討

リップルの起源としては、以下のようなものが考えられる。

- (1) 不適切なデータ処理による見かけ上のもの
- (2) 震源からの放射特性
- (3) 観測点直下の地盤特性
- (4) 伝播経路の効果

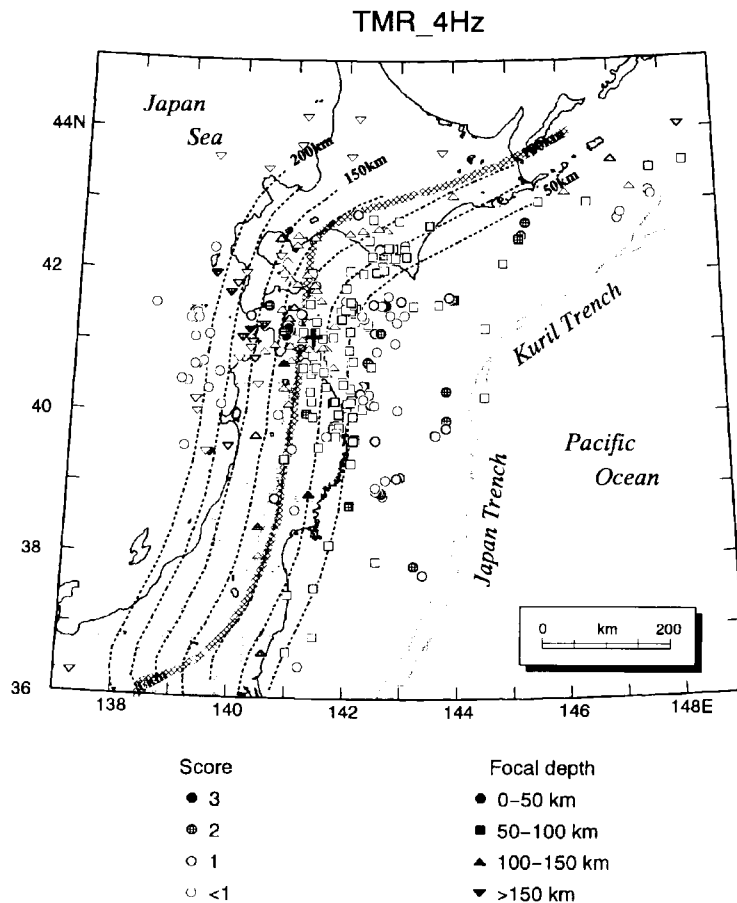


図2 下北半島の泊観測点でのリップルの出現。震央のシンボルをスコアの総計で分類して示す。黒いシンボルほどスコアの総計が大きい、すなわちリップルが見られることを示す。シンボルの種類は震源の深さを表す。

以下ではそれぞれの可能性について検討する。

#### 4-1. データ処理について

定常的なリップルの波形はフィルターのバンド幅・減衰傾度等のパラメーターにはほとんど依存しない。また、図1に見られるように、原記録においてもリップルが認められる。従って、(1)の可能性は低い。

#### 4-2. 震源からの放射特性について

リップルの継続時間は、地震の規模から期待される震源時間関数の継続時間よりもはるかに長い。また、震源からの放射であれば、振幅の増大は全観測点で同じ時間間隔で現れるはずであるが、実際はそうではない。従って、(2)の可能性も否定される。

#### 4-3. 観測点直下の地盤特性について

解析に使用した観測点においては、盆地生成表面波は観測されない。従って、リップルが大規模な盆地状構造において生成された波とは考えにくい。より小規模な観測点直下の地盤特性を評価するために、SH波と上下動のスペクトル比を求めた（図3）。その結果、いくつかの観測点では0～6 Hzの帯域で複数のピークが見られ、観測点直下での多重反射波が存在する可能性を示唆する。しかし、地盤特性は観測点ごとに異なり、これだけでリップルの出現を説明することは困難である。また、各観測点において地震ごとにリップルの卓越周期がばらつくことも、周期的リップルを観測点の地盤特性の寄与とするには否定的な結果である。

#### 4-4. 伝播経路の効果について

リップルが出現する地震の空間分布は、観測点ごとに地盤特性が異なるにも関わらず、観測点の位置にはあまり依存しない。これはリップルの出現が観測点の地盤特性よりは、3でも述べたように、より大規模な構造に関連していることを示唆する。周期的なリップルが見られる地震は海溝と火山フロントの間に位置し、波線が主に太平洋プレート内を通過する場合に卓越するように見える。これらの観測事実と過去に他地域で観測された変換波の研究を参考にすると、周期的リップルは沈み込む太平洋プレート上面の低速度層内にトラップされた波である可能性がある。

#### 5. おわりに

今回の解析結果によれば、周期的リップルは伝播経路の途中に存在する太平洋プレートの構造に起因する可能性が最も高い。観測点直下の地盤特性の寄与は否定できないが、2次的な効果であろう。今後は理論記象を計算することによって、周期的なリップルを説明しうる構造を推定することが必要である。

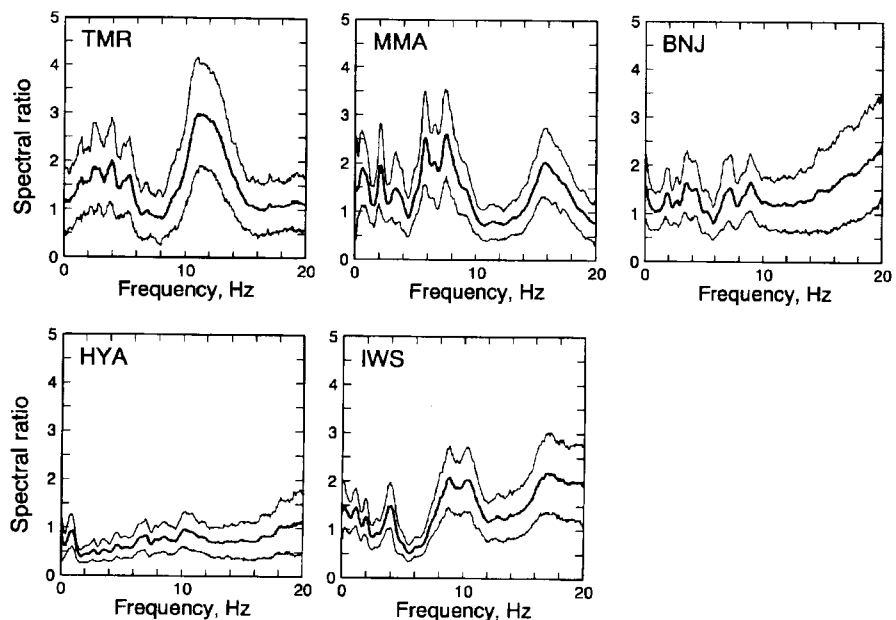


図3 SH成分と上下動成分のスペクトル比から求めた、各観測点の地盤特性。中央の線が平均で、その上下の線は標準偏差を表す。