

関東・中部地方の S コーダ波エンベロープに見られる特徴  
浅野陽一（防災科学技術研究所）

地震波の直達波の後に続くコーダ部分は、地下の地震波速度や密度のランダム不均質によって散乱された波によって構成されていると考えられており、コーダ波エンベロープの振幅が時間経過とともに滑らかに単調減少する様子は、一様ランダムな不均質媒質中での一次等方散乱といった単純化されたモデルによって比較的良く説明されている。しかしながら、強い反射体や散乱体が局在する場合には、エンベロープは必ずしも滑らかな減衰曲線を描かずに、ある震源経過時間におけるエンベロープの振幅増大や時間減衰率の変化が観測される場合がある。例えば、Obara and Sato (1988) は、防災科学技術研究所が関東・東海地方に密に展開した地震観測網（現在は高感度地震観測網 Hi-net に編入）の記録から太平洋プレートの上面での反射 S 波を見出した。また、Obara (1997) は、前述の反射 S 波を含むような S コーダ波エンベロープの形状が、地下の反射面と地表での反射を考慮した一次等方散乱モデルによって説明されることを示した。このような振幅増大や時間減衰率の変化を引き起こすような 顕著な反射面や散乱体の空間分布をより広域にわたって調べるために、ここでは、防災科研 Hi-net のうちの関東・中部地方およびその周辺域に位置する 380 観測点について、浅発地震の S コーダ波エンベロープの形状を調べた。

本解析では、上述の 380 観測点から震央距離 30km 以内で発生した M1.5 ~ 3.0 の浅発微小地震 1680 個について、バンドパスフィルタ（通過帯域 4 - 8 Hz）を通した 3 成分速度記録から M S エンベロープ（以下では、単にエンベロープと呼ぶ）を合成し、震源経過時間 50 秒から 60 秒の間の平均二乗振幅によってコーダ規格化を行った。さらに、各観測点におけるエンベロープ形状の大局的な特徴が見やすくなるよう、同一観測点で観測された複数の地震のエンベロープについて対数平均をとり、観測点平均エンベロープを合成した。また、顕著な反射波や散乱波の到達にともなうエンベロープ振幅の増大を容易に検出するために、観測点平均エンベロープの振幅の時間変化率を幅 5 秒の時間窓で評価した。このようにして合成されたエンベロープと観測点平均エンベロープの例を図 1 に、また、各観測点において評価された時間変化率を図 2 にそれぞれ示す。以下では、それらのエンベロープに見られる特徴とその地域性について述べる。

まず、図 1 (a) の金山観測点（岐阜県）の記録を見ると、震源経過時間約 15 秒程度までは振幅は経過時間とともにほぼ滑らかに減衰し、その後、わずかに増大に転じた後、約 20 秒以降には再び減衰していることがわかる。また、図 1 (b) の今市観測点（栃木県）、および (c) の清川観測点（神奈川県）の記録では、約 25 秒から 45 秒にかけて振幅の増大が見られる。このような“エンベロープ振幅の増大”は他の観測点の記録にも広く見られる。例えば、図 2 (a) に示す 14 秒から 19 秒までの間の時間変化率をみると、この時間帯にエンベロープ振幅が減衰せずに増大している観測点は、金山観測点以外にも長野県南部、岐阜県中部、および福井県にかけて広く分布していることがわかる、しかも、それらの観測点は、沈み込むフィリピン海プレートの等深線に沿って分布するようにも見える。この“エンベロープ振幅の増大”は、一次 S S 散乱を仮定するとモホ面近傍に分布する散乱体によるものと考えられ、そのような散乱体がプレート境界付近に位置する陸側プレート内のモホ面近傍に分布することは、地殻の発達を考える上で興味深い。一方、関東地方において約 45 秒前後に見られるようなエンベロープ振幅の増大（例えば、図 1 (c)）は、Obara and Sato (1988) や Obara (1989) によって詳細に調べられ、太平洋プレート上面の深さ約 80km から 100km おける反射波と考えられている。しかしながら、図 1 (c) に見られるような反射波の明瞭な記録ばかりではない。図 1 (b) に見られるように、約 25 秒以降というより早い時間帯から振幅が緩やかに増大するようなエンベロープも見られる。そのようなエンベロー

ブは、本解析の結果、栃木県を中心とする関東地方北部に広く見られることが判った(図2(b)).  
 このようなエンベロープの形状は、この地域の太平洋プレート上面よりも浅い深さ約 50km から太平洋プレート上面付近の約 100km にかけてといった、広い深さ範囲に散乱強度が強い領域が分布していることを示唆している。このようなエンベロープ形状の地域性は、太平洋プレート上面の反射特性の地域性のみならず、沈み込むフィリピン海プレートや、陸側のウェッジマンタルの構造にも影響されているものと考えられ、やはり大変興味深い。

以上に述べたように、防災科研 Hi-net のうちの関東・中部地方およびその周辺域に位置する 380 観測点について、それらの観測点近傍で発生した浅発地震のエンベロープ形状を調べた。その結果、地殻やマンタル内の大規模な不均質構造によると思われる特徴的な“エンベロープ振幅の増大”が見出された。このようなエンベロープの形状をうまく説明するような散乱強度と内部減衰の空間分布をモデル化することが、将来的には重要な課題になるものと思われる。

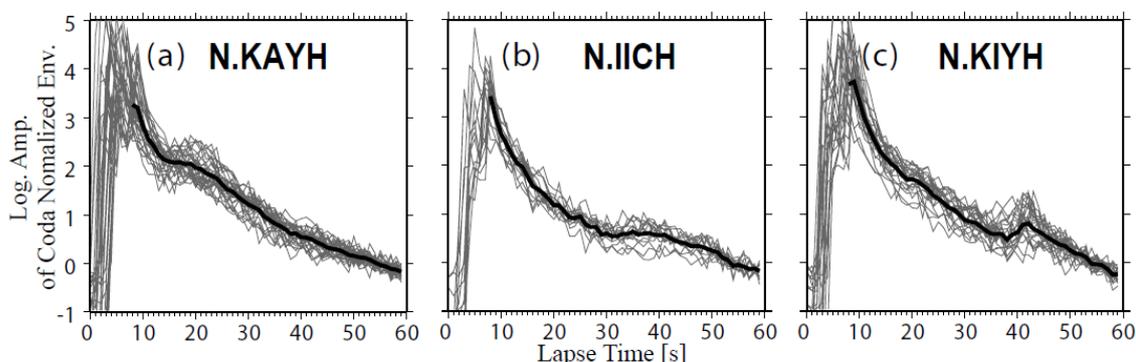


図1 . MSエンベロープの例 .(a) 金山観測点(岐阜県), (b) 今市観測点(栃木県), および (c) 清川観測点(神奈川県)における記録を示す . 灰色実線はそれぞれの地震についてのMSエンベロープを, 黒太実線はそれらの観測点平均エンベロープを示す .

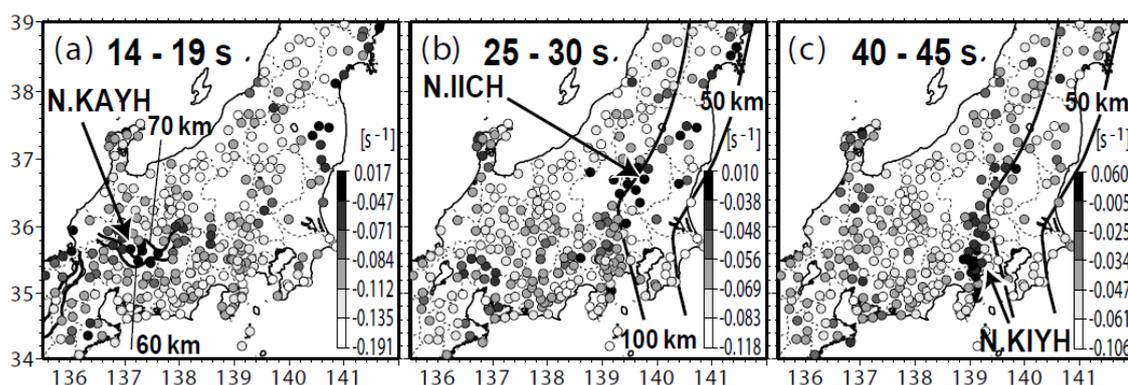


図2 . 各観測点における平均エンベロープの振幅の時間変化率 . 震源経過時間 (a) 14 秒から 19 秒, (b) 25 秒から 29 秒, および (c) 40 秒から 45 秒までの幅 5 秒の時間窓で評価した観測点平均エンベロープの振幅の時間変化率 . グレースケールは時間減衰率の大きさを表す . (a) 図にはフィリピン海プレートの上面の深さ [Shiomi et al. (2008)] を, (b)(c) 図には太平洋プレートの上面の深さ [Hasegawa et al. (1994)] を黒実線で併せて示す .