

Gaussian Beam 法を用いた不整形地盤によるやや長周期地震波の解析

京都大学工学部 正員 山田善一  
 京都大学工学部 正員 野田 茂  
 中 部 電 力 正員 ○山脇 司

1. まえがき 昨年9月のメキシコ地震の際、メキシコ市は甚大な被害を被った。この震害は、同市が軟弱地盤盆地上に位置するという不整形地盤条件と、周期2秒前後のやや長周期の表面波(?) という2つの要素によって特徴づけられる。本研究は、横方向にも不均質な媒質における表面波を合成する Gaussian Beam 法を用いて、やや長周期の表面波の解析、ならびに Gaussian Beam 法の有用性の検討を行った。

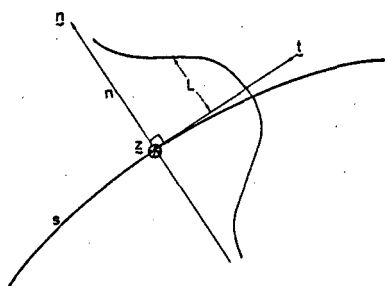
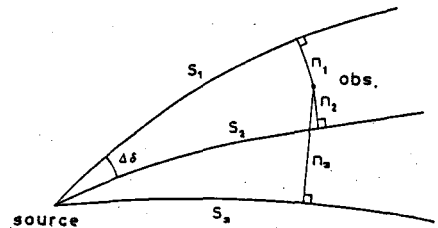


図1 Gaussian Beam

2. 表面波 Gaussian Beam法 実体波に対する Gaussian Beam 法 (以下 G.B. 法) は Cerveny<sup>1)</sup> によって、また表面波に対する G.B. 法は Yomogida<sup>2)</sup> によって提案された。表面波 G.B. 法の概略を以下に記す。①対象領域をグリッドに分割し、各グリッドポイントごとに地盤構造を与え、正規モード理論を適用して周期ごとに位相速度、群速度、固有モードなどを算出する。②位相速度分布に従って震源から波線をトレースし、波線に沿った座標で波動方程式を解き、G.B. を得る。その結果、図1に示すように各波線は、波線に垂直な方向に Gauss型の振幅分布を有する。③震源時間関数とのたたみ込み積分を行った後、図2に示すように観測点において G.B. を重ね合わせ、合成波形を得る。震源時間関数としては、図3の包絡線である Gabor wavelet を採用した。さらに本研究では、④図4に示すように、波線直下地盤の固有値解析を G.B. 法の定式化に組み入れ、3次元的に解析し、⑤点震源に対する断層震源モデルの radiation pattern を表示する地震モーメントテンソルも取り入れ、より現実に近づけるようにした。G.B. 法は波線理論の一種であるが、観測点での波形を合成する際、必ずしも波線が観測点を通る必要のない点が、従来のものと大きく異っている。これは、大幅な計算時間の短縮を可能にする。



$$u(\text{obs.}) = \sum_i \Delta s_i u_i(s_i, n_i, t)$$

図2 観測点での重ね合せ

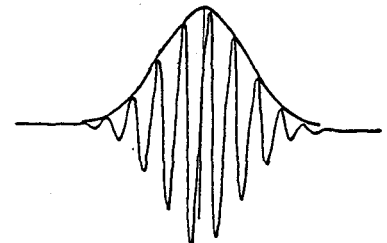


図3 Gabor wavelet

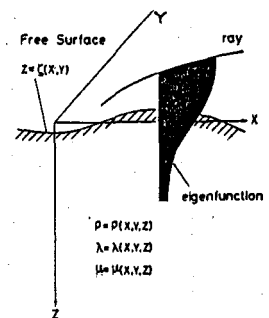


図4 地盤の固有関数

Yoshikazu YAMADA, Shigeru NODA, Tsukasa YAMAWAKI

### 3. 数値計算結果と考察

ここでは、1968年 Imperial Valley で起こった Borrego Mtn. 地震に本手法を適用し、El Centro 地点での表面波の合成を試みた。Imperial Valley の地盤構造は爆破探査のデータ (Fuisら<sup>3)</sup>) によった。断層の巨視的なパラメータは Heatonら<sup>4)</sup> が用いた結果と Swangerら<sup>5)</sup> によるものに加味し、断層の上盤のすべり角： $\lambda=180^\circ$ ，断層面の傾斜角： $\delta=90^\circ$ ，走向： $\phi=138^\circ$  とし、震源深さ： $h=8\text{ km}$ ，地震モーメント： $M_0=9 \times 10^{25}\text{ dyne cm}$  とした。図5はラブ波の1次モードで周期2秒(上)および4秒(下)の波線経路図であり、○印が震源、×印が観測点 (El Centro) である。周期2秒の径路図では、かなりばらつきが認められるのに対し、周期4秒の径路図では、波線は観測点付近を密に通過している。図6が、図5に対応するラブ波の transverse 成分 (図1のB方向に相当する) の合成波形図である。右端が各波線による波の総和波形で、それ以外の波が各波線による波形である。各波線による波形は、震源時間関数の影響が強く現れている。図5、図6とも周期によって、結果が大きく異っている。これは地盤構造に正規モード理論を適用した結果、波線経路および合成波形が周期に応じて異なつた様相を示したと考えるべきであり、表面波の震動様式に地盤条件が大きく関与していることを示唆する。

**5. 結論** 表面波の震動様式は地盤条件に大きく影響を受ける。表面波 G.B. 法は現在のところまだ十分な完成度を有するとは言い難いが、既往の手法に比し、地盤構造の違いによる波線経路および合成波形の敏感な点、計算時間の短縮、計算容量の縮小など、その有用性には大いに期待できる。

参考文献は紙面の都合上省略する。

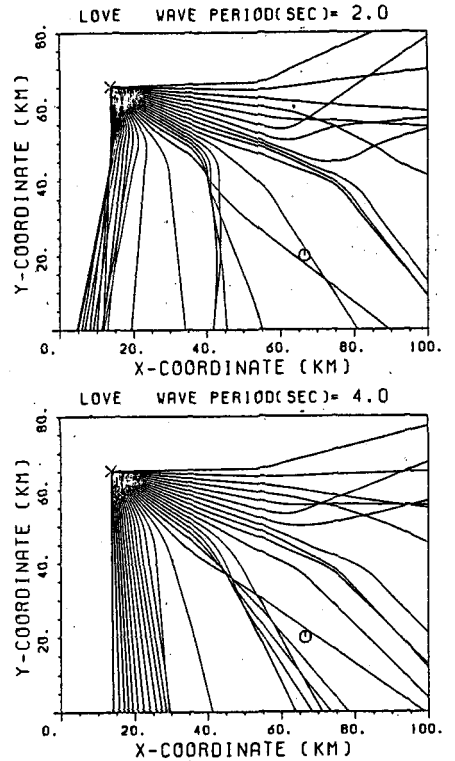


図5 波線経路図

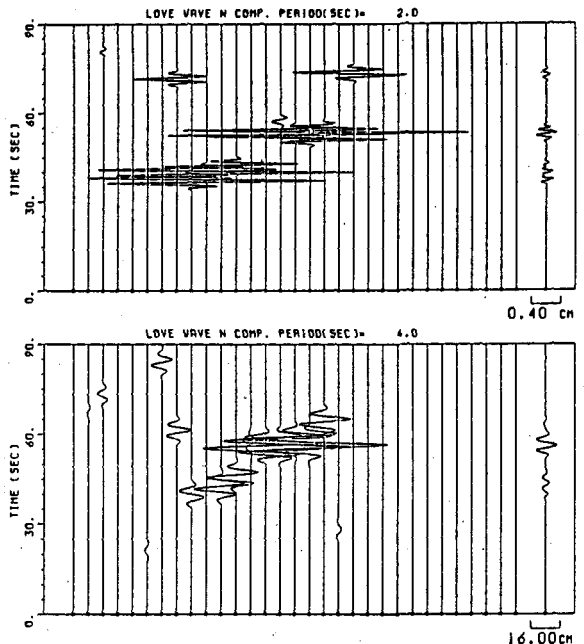


図6 合成波形図