

東京大学生産技術研究所 正員 ○佐藤 暢彦
 同上 正員 久保慶三郎
 同上 正員 片山 恒雄

1. まえがき 自動車や鉄道の走行によって発生する振動が、周辺地盤にどのように伝播しているかについての実測的研究は多くの方面で実施されている。しかし、それらの研究における周波数解析はある測定時間内での平均的なパワースペクトル解析であるため、交通車輛の通過に伴う振動のように瞬時的に発生し、すぐ消滅するものを把握するためには、必ずしも適切であるとはいえない。本報文では、瞬時的な振動数特性を抽出することができるランニングスペクトルの一つの解析法を紹介し、交通振動解析への適用例を示す。

2. 解析方法 ランニングスペクトル解析の方法はいくつか提案されているが、ここではデジタルバンドパスフィルタを用いる方法によった。実測波形をある振動数 f を中心とする狭い帯域のバンドパスフィルタに通した結果は、 f 振動数 f の成分のみを含むと考えられる。時刻 t を中心とする $1/f$ 時間内におけるフィルタ出力の振幅の2乗平均値を $\delta^2(f, t)$ とすれば、瞬時的なパワースペクトル密度 $S(f, t)$ は

$$S(f, t) = \delta^2(f, t) / (2rf)$$

と定義できる。ここに r はバンドパスフィルタのバンド幅を表わす指数で、バンド幅は $2rf$ である。

3. 解析した実測記録 解析に適用した実測記録はI-271と同じものであり、その内の自動車の通過と振動波形との対応がつきやすく、しかも一般的と考えられる波形を数秒間選びだし、30Hz以下の振動数成分のみ波形状化して $1/100$ 秒間隔にデジタル化した。解析した記録は(i)地表面の道路軸方向(ℓ)、(ii)地表面の道路軸直角方向(u)、(iii)地表面の上下方向(v)、(iv)地表・地中の3方向を同時測定した4つのケースについてであり、各ケースについては全て同じ時間区間をとったが、ケース間の同時性はない。また r は0.1とした。

4. 結果とまとめ 図-1は地表面における振動を時間と振動数とによって分析したものであるが、各方向における時刻の同時性はない。図-2は高架道路の橋脚から31.1m離れた地点における地上面と地下10mにおける振動を比較したものである。各図とも図の右肩に測点位置と振動方向を示した。また、図中の数字はスペクトル密度の大きさを表わし、数字が大きいほど密度の値は大きい。コンターは密度のオーダーの変わるところに入っており、例えば数字の5は 10^{-3} から $10^{-2} \text{ Kin}^2 \text{ sec}$ の領域を示す。これらの結果から主な結論は以下のようである。

(a) 橋脚上を自動車通過するときに橋脚に発生する ℓ 方向の速度振動において、4Hz, 8Hz, 12Hz, 18Hzの成分が卓越していた。この中では4Hzの成分が最も強く、継続時間も長い。橋脚の u 方向振動では12Hzの成分が最も強く卓越するほか、20Hz程度までの比較的高い振動数成分と4Hzの成分の発生が認められたが、いずれも ℓ 方向の4Hz成分にくらべれば継続時間は短い。橋脚の v 方向振動には6Hz, 10Hz, 20Hz程度の成分がほぼ同じ強さで卓越していたが、継続時間は水平振動の場合にくらべて短い。

(b) 地盤の振動数特性は橋脚から20m程度離れた地点までは橋脚の振動数特性に良く似ている。

(c) 地表面の振動の6Hz以下以下の成分は、橋脚から80m程度の範囲ではいずれの方向の振動でも距離による減衰をほとんど示さない。これに対して、7~8Hz以上の成分の距離による減衰は極めて顕著である。

(d) 橋脚から30m程度離れた地表面の3方向のスペクトル構造にはほとんど相違がみられない。

(e) 深さ方向の振動振幅の減少は水平振動と上下振動で異なる。水平振動では11Hz程度までの成分は深さ方向に顕著に減衰するが、さらに高い振動数成分(18Hz)ではほぼ一定の振幅分布を示す。減衰の大部分は深さ5mまでに生ずる。これに対して、上下方向振動では11Hz程度までの成分でも減衰は小さく、18Hzの成分ではむしろ深い位置での振幅の方が大きい。

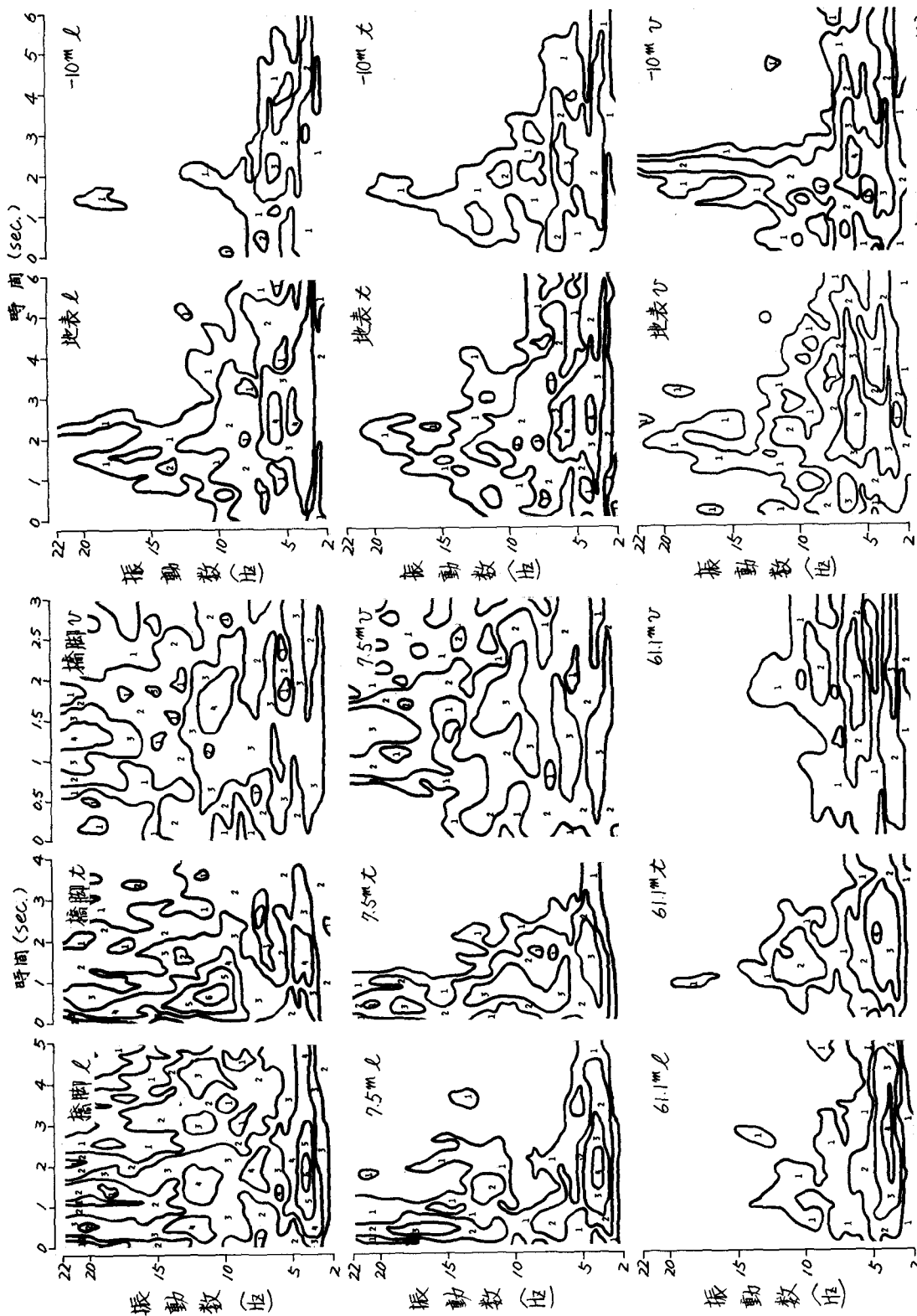


図-1. 地表面の振動の揺り変り

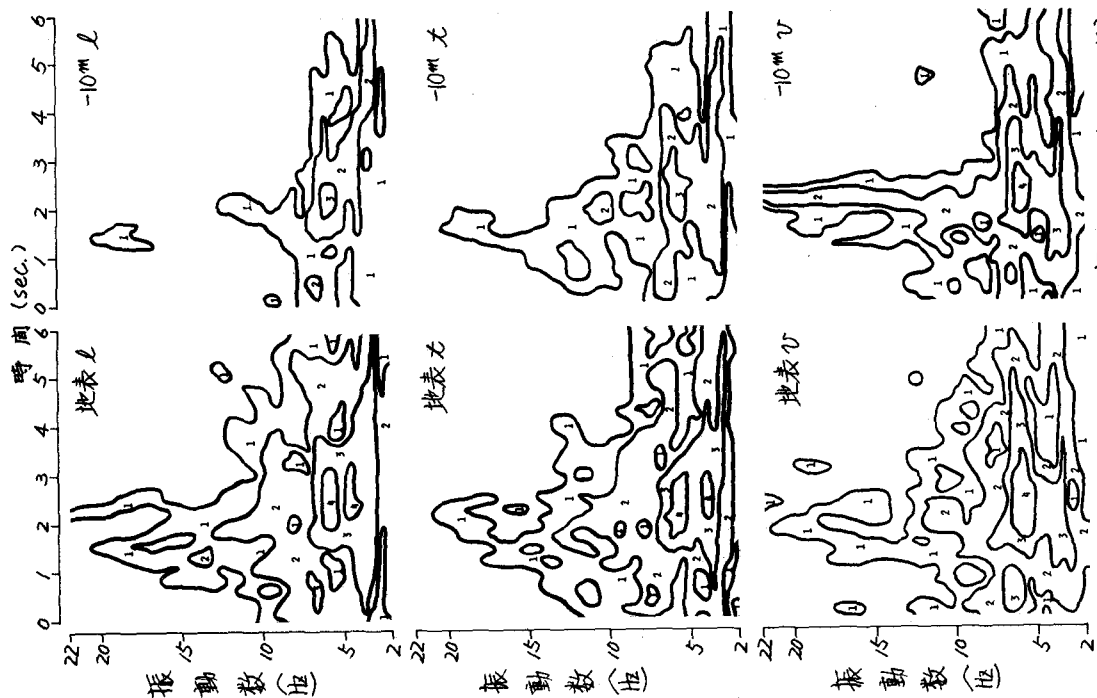


図-2. 地表と地下との振動 (橋脚から31.1m離れた地点)