

徳島大学工学部 正員 沢田 勉

1. まえがき 地震動のフーリエ位相の差分(位相差分)のひん度分布(位相差分分布)は、地震波の振幅の非定常性とよく一致する。^{1), 2)} また、位相差分の平均的な傾向は、従来の非定常スペクトルの解析結果とある程度対応する。しかしながら、位相差分と非定常スペクトルの細部の対応性は必ずしもよくない。³⁾ 本報告では、その原因に対する検討を行ない、位相差分と非定常スペクトル⁴⁾の対応性について考察を加えた。

2. 位相差分による非定常解析の問題点について 地震波のフーリエ解析においては、高速フーリエ変換(FFT)を用いるため、記録に後続のゼロを付加して時間点の数を2の累乗にする。この後続のゼロは、フーリエ振幅スペクトルにはほとんど影響を与えず、むしろ、リンク効果が除去できるという利点をもつ。⁵⁾ しかしながら、後続のゼロがフーリエ位相にどのような影響を与えるかについての検討は、これまでほとんどなされてない。

ここでは、後続のゼロがフーリエ位相に与える影響を検討する。いま、次のようなフーリエ振幅と位相をもつ模擬地震動を作成し、これを基本波とする。フーリエ振幅としては、実地震動のフーリエ解析より得られる振幅をそのまま用いる。ここでは、1940年 Imperial Valley 地震の El Centro の N-S 成分を用いる。フーリエ位相としては、位相差分 $\Delta\phi_k$ と角振動数の刻み幅 $\Delta\omega$ の比 $t_{gr} = -\Delta\phi_k / \Delta\omega$ が低周波数で大きく、高周波数になるにつ

れて小さくなるように規則的に与えた。Fig. 1 には、この

ようなフーリエ振幅および位相と、それより得られる模擬

波形を対比して示した。次に、この基本波に後続のゼロを

付加して位相差分を求めた。付加するゼロの数は、基本波

の継続時間も T として、 $T/3$ に相当する数とした。Fig. 2

は、この場合の位相差分を示したものである。この図から、

後続のゼロを付加した場合でも、位相差分の全体的な傾向

は基本波のそれと変わらないが、細部で凹凸が生じ、特定の

周波数では、とくに大きな乱れが生じるこがわかる。

この原因を検討するため、Fig. 1 のフーリエ振幅と Fig. 2

の位相差分を比較した。Fig. 1 のフーリエ振幅スペクトル

図に記入した○印は、Fig. 2 において位相差分に大きな乱れ

が生じている周波数を示す。これより、後続のゼロを付

加した場合に位相差分が大きく乱れる周波数ではフーリエ

振幅が小さい値をとることがわかる。このように、振幅が

小さい成分波のフーリエ位相は後続のゼロの影響を強くう

ける。したがって、地震波の位相差分の解析では、後続の

ゼロを付加しない方がよい。また、以上のことから類推す

ると、地震波の強震部以降に長い減衰部をもつ地震動では、

強震部の位相はかたより乱れていると考えられる。

3. 位相差分と非定常スペクトルの対応性について 前節で述べたように、地震動記録に後続のゼロを付加した場合には、とくに振幅の小さい周波数において、位相差分には大きな乱れが生じる。ここでは、後続のゼロを付加した場合と付加しない場合について位相差分を求め、非定常スペクトルと比較する。なお、解析には FFT を用いるため、付加しない場合の時間刻みは、原波形のそれと異っている。Fig. 3~5 は、El Centro の加速度記

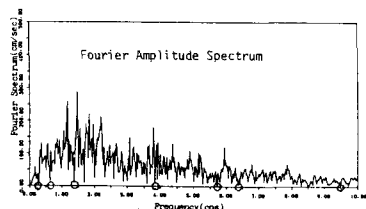
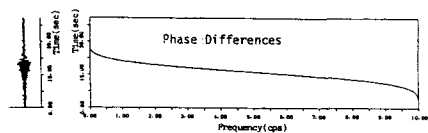


Fig.1 Fundamental Wave, Phase Differences And Fourier Amplitude Spectrum

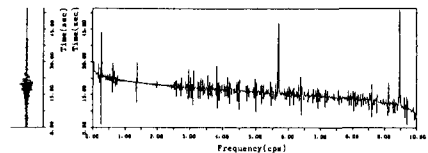


Fig.2 Phase Differences in The Case of Adding Trailing Zeros

録について、後続の
 ゼロを付加した場合
 の位相差分、付加し
 ない場合の位相差分、
 および非定常スペク
 トルを示したもので
 ある。ただし、後続
 のゼロを付加しない
 場合には、前回の解
 析結果を考慮して、
 振幅が小さい周波数
 の位相差分を除去し
 ている。また、リン
 ク効果を考えて、位
 相差分の範囲を -2π
 $\sim 2\pi$ に拡張し、 $\Delta\phi$
 ≥ 0 の領域の位相
 差分も除去した。こ
 れらの図より、後続
 のゼロを付加しない
 場合の位相差分は、
 非定常スペクトルと
 よく一致することが
 わかる。Fig. 6と7

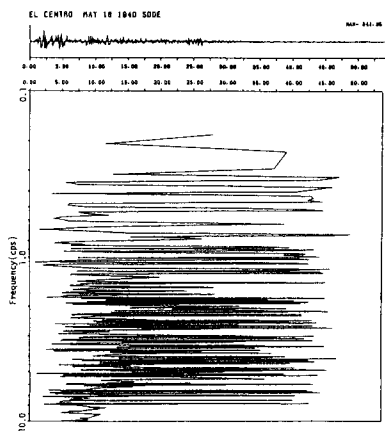


Fig.3 Original Phase Differences of El Centro Accelerogram

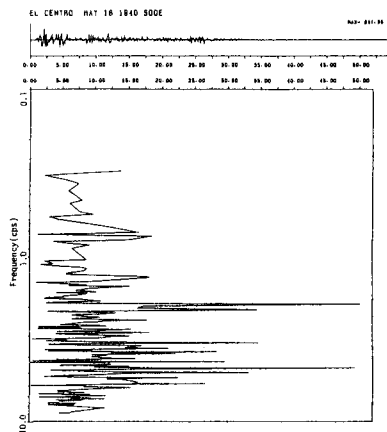


Fig.4 Modified Phase Differences of El Centro Accelerogram

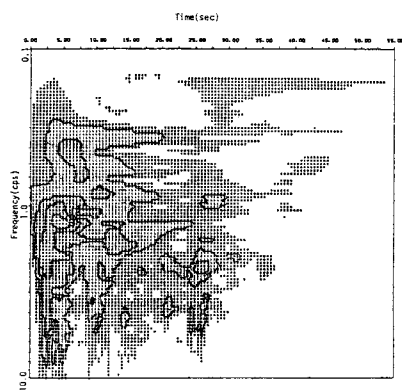


Fig.5 Evolutionary Spectrum of El Centro Accelerogram

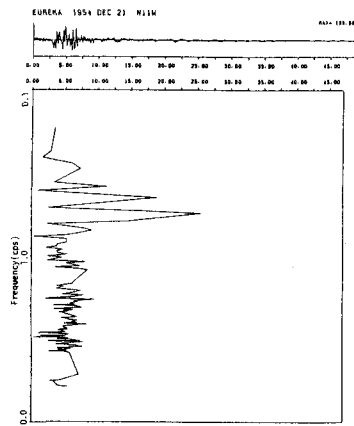


Fig.6 Modified Phase Differences of Eureka Accelerogram

には、Eureka地震
 の加速度記録について、後続のゼロを付加しない場合の位相差分と
 非定常スペクトルを示す。前図同様、両者の一致性はよいことがわ
 かる。以上のように、後続のゼロを付加せず、かつ振幅が小さい周
 波数の位相差分を除去した場合には、位相差分と非定常スペクトル
 の対応性はよくなる。

4. あとがき 地震動の位相差分は、後続のゼロの影響をうけ、
 とくに振幅が小さい周波数において、大きな乱れを生じる。したが
 って、位相差分の解析では、後続のゼロを付加せず、かつ振幅が小
 さい周波数の位相差分を除去する方がよい。

参考文献 (1) 大崎他；第5回日本地震工学シンポジウム，1978。
 (2) Katukura et al.；Proc. of 5th Japan Earth. Engr. Symp.，
 1978。(3) 沢田他；第38回土木学会年次講演会，1983。

(4) 亀田；土木学会論文報告集，第235号，1975。(5) 大崎；地震動のスペクトル解析入門，鹿島，1976。

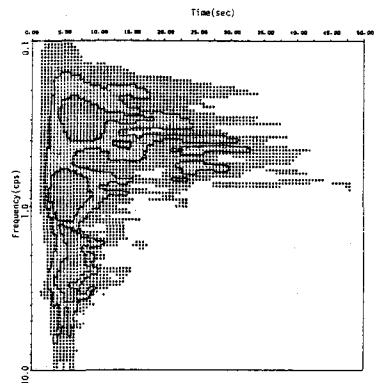


Fig.7 Evolutionary Spectrum of Eureka Accelerogram