

京都大学防災研究所 正員 佐藤 忠信
 京都大学防災研究所 正員 土岐 憲三
 京都大学大学院 学生員 石塚 憲

1. まえがき

地震動記録は一般に震源地における発震機構を表す時間関数と震源から観測点までの伝達経路の特性を表す時間関数（グリーン関数）との合成積で表現される。これまでに地震動記録から発震機構を表す時間関数とグリーン関数とに分離することを目的として、ヒルバート変換を用いて地震動記録の中に含まれる最小位相推移関数を分離し、これがグリーン関数と見なせることに着目して、発震機構を表す時間関数を抽出する方法を提案した。¹⁾²⁾ 本研究ではケプストラム解析³⁾の手法を用いて波形の分離を試み、これまでに提案した方法による結果と比較する。

2. 波形処理の手順

原波形をフーリエ変換し複素対数をとることによって振幅と位相を和の形に分離する。この場合、位相には主値しか現れないので、位相アンラップ操作を行ない連続関数になるようにした。次にこれをフリーエ逆変換し、ケプストラムを求める。このケプストラムは時間関数であるがもとの時間と区別するため、この時間軸をケフレンシと呼んでいる。原波形のフーリエスペクトルの対数を取ると発震機構を表す時間関数とグリーン関数の和の形に変換できるので、これをフーリエ逆変換したケプストラムも両者の和で表現される。したがって、適当なフィルターをかけることによって両者を分離することが可能である。ケプストラムにおいては、発震入力を表す情報はパルス成分として表されるのでフィルターで取り除き、必要な低ケフレンシ帯域の部分を取り出すことによって、グリーン関数についての情報をもつケプストラムを分離することができる。次にこれをフーリエ変換することによってグリーン関数を時間領域でもとめる。

3. 模擬波形を用いた理論の適用

図-1に1自由度系のインパルス応答関数を用い、大きさと入力時刻を変化させ、8波重ねあわせた模擬波形を示す。これにケプストラム解析を適用する。図-2に模擬波形のケプストラムを示す。入力情報がパルスとして現されていることがわかる。そこでパルス成分をフィルターでカットし、グリーン関数についての情報をもつと考えられる低ケフレンシ帯域の部分を取り出すことにより、分離したインパルス応答関数が図-3に示されている。図-4はヒルバート変換を用いた解析によって得られた結果が示してある。分離したインパルス応答関数については重ねあわせに用いたインパルス応答関数より減衰はやや大きいが、正確に分離されていることがわかる。これまでの方法では原波形のフーリエ振幅から最小2乗法を用いてインパルス応答関数のフーリエ振幅を決定していたのに対して、ケプストラム解析ではインパルス応答関数のフーリエ振幅そのものを分離できるため重ね合せの数が多くなると、後者の方の精度がよくなると考えられるが、8波程度

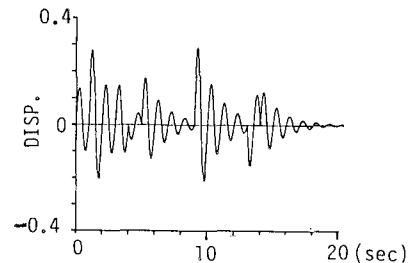


図-1 模擬波形

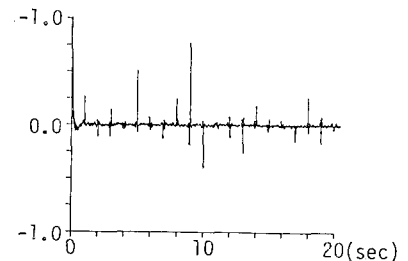


図-2 ケプストラム

度の重ね合せでは顕著な差は見られない。しかしながら、抽出されたインパルス列に関しては、ケプストラム解析に基いた結果はヒルバート変換を用いたものより分離度が悪くなっている。これは高振数動領域にお

けるインパルス応答関数の値が精度よく同定されていないためである。

4. 実地震動記録を用いた理論の適用

1968年の十勝沖地震

の八戸における記録(図-5)にケプストラム解析を適用する。図-6にケプストラム、図-7に2つの手法で分離したグリーン関数を示す。実地震動記録を用いた場合もいずれの手法によってもほぼ似たようなグリーン関数が得られることがわかる。

5. おわりに

以上ケプストラム解析を用いることによって、観測波形からグリーン関数と入力情報を分離することが可能であることがわかった。

しかしながらフィルタリング操作によって抽出されるグリーン関数では高振動数領域における振幅の同定が不十分ため、入力情報の同定精度はあまり良くないことがわかる。したがって入力情報の抽出を考える場合には、ヒルバート変換を用いることによって構築したアルゴリズムの方がケプストラム解析に基くものより精度の良いことがわかった。地震記録は地震動の3次元的な運動を記録したものであるから、今後は開発したアルゴリズムを多入力多出力系の問題へ拡張していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐藤忠信・辰巳安良：地震波の因果性についての考察，第39回年次学術講演会概要集，第1部，1984。
- 2) 土岐憲三・佐藤忠信・石塚 憲：地震動における位相特性の抽出とその同定，昭和60年度関西支部年次学術講演会講演概要，1985。
- 3) 森下巖・小畑秀文：信号処理，計測自動制御学会，pp149～173，1982。

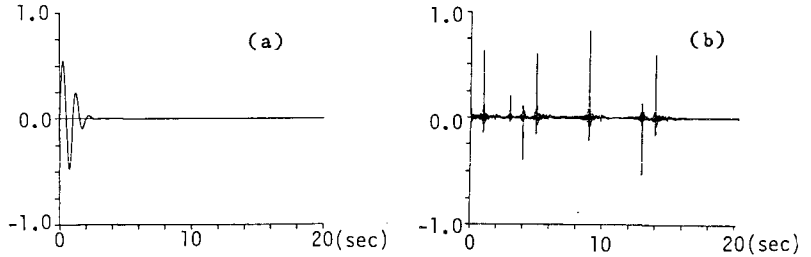


図-3 ケプストラムを用いた分離波形 (a) インパルス応答関数 (b) インパルス列

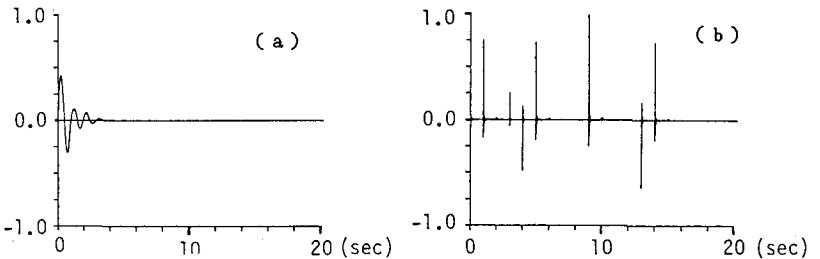


図-4 ヒルバート変換を用いた分離波形 (a) インパルス応答関数 (b) インパルス列

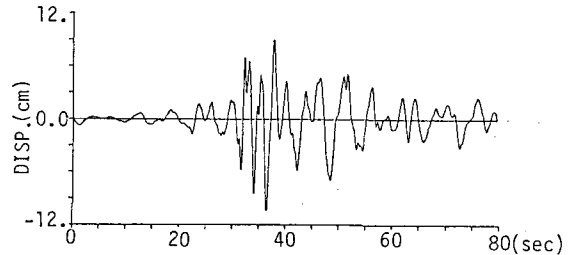


図-5 地震波形(八戸・NS成分・1968)

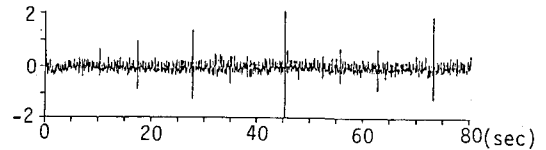


図-6 ケプストラム(八戸)

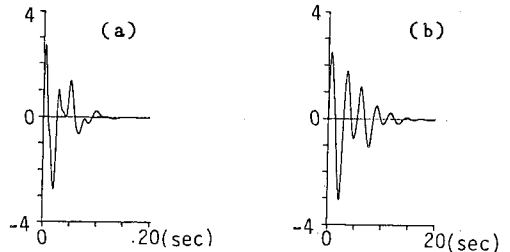


図-7 分離波形 (a) ヒルバート変換による (b) ケプストラム解析による