

氏名	やまねたかし 山根尚志
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3906号
学位授与の日付	平成18年7月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	位相差分特性を考慮した設計用模擬地震動作成に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 竹脇 出 教授 上谷 宏二 教授 井上 一朗

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、地震動のフーリエ振幅及びフーリエ位相に反映される震源・伝播・地盤特性を組織的・合理的に考慮することが可能な簡便で実用的な設計用模擬地震動作成手法を提案したものであり、以下の6章から構成されている。

1章は序論であり、研究の背景を整理して本研究の位置付けを明確にするとともに、研究の目的と論文の概要について述べている。

2章では、隣り合う成分波に関するフーリエ位相の差(位相差分)が「うなり」の概念と関連していることに基づき、波形の重ね合わせという簡明な手法を用いて、位相差分特性と地震動経時特性の類似性に関する理論的背景を明らかにしている。また、すべての位相差分が一樣であるようなフーリエ位相を有する時刻歴は振幅特性に依存せずパルス波となることを示し、以降の理論展開で用いる位相差分特性の基本的性質について整理している。

3章では、2章で示した波形経時特性と位相差分特性の関係に関する基礎的知見を基に、空間上の二点間(例えば震源と観測点直下の地震基盤間)の地震動波形と位相差分分布の相関性について考察し、位相差分特性が有する物理的意味が震源・伝播・地盤特性と関連付けて説明できることを明らかにしている。これは、2章で得られた単一の波形に関する概念を空間上の二点間における波形の相関性に展開し、位相特性に内在している地震及び地震動に関する情報について明らかにしたものである。特に、位相差分分布の集中度・分散性が、震源破壊過程を反映したディレクティブリティ効果と波動伝播における位相速度の揺らぎに起因していることを理論的・実証的に示している。

4章では、まず、成層地盤の境界面における波動の透過及び反射によって位相差分が変化しないことを示し、前章までと同様、波形の重ね合わせという簡明な手法を用いて、次元重複反射理論による基盤入射波と地表波の位相差分特性がほぼ同じものとなることを指摘している。これは、地表で観測された地震動のフーリエ位相を基盤波に適用することにより、物理現象として適正な位相特性を有する模擬地震動作成できることを示唆している。次に、提示した理論と3章で明らかにした位相差分特性に関する基本的性質を基にして、 $\omega^2$ モデルで与えられる振幅特性と観測記録の位相特性を組み合わせる地震動を評価する手法を提案している。更に、提案手法を用いて同定した $\omega^2$ モデルに関するパラメータが既往の研究成果と調和的であり、また断層パラメータの相似則に則っていることも確認している。

以上の展開を基にして、5章において設計用模擬地震動作成手法を提案している。すなわち5章では、4章で示した地震動評価手法を骨格とし、これに位相差分特性の選択基準を組み合わせる模擬地震動作成手法を構築している。具体的には、まず、観測地震動の位相差分の分散性についてその標準偏差を指標として分析し、内陸直下地震とプレート境界地震に関する位相差分特性の選択基準を示している。次に、得られた評価式に基づき観測記録より選択したフーリエ位相と $\omega^2$ モデルで与えられるフーリエ振幅を用いて基盤波を合成し、これに次元重複反射理論を適用して地表波を作成する手法を展開している。更に、作成した模擬地震動と観測地震動の特性が調和的であることを示し、提案した手法の妥当性を確認している。本手法は、位相差分特性に基づいて震源・伝播・地盤特性を反映したフーリエ位相を設定し、地震学・地震工学の分野で広く認知されている $\omega^2$ モデル(震源特性)、距離減衰(伝播特性)及び次元重複反射理論(地盤特性)で規定さ

れるフーリエ振幅を組み合わせることで模擬地震動を合成するものであり、(1)これらの特性を独立して合理的に決定できる、(2)広帯域の模擬地震動を一貫した考えに基づき容易に作成できる、(3)プレート境界地震と内陸直下地震に対して統一的に適用できるという特徴を有している。

6章は結論であり、本研究で得られた成果を総括している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、地震動のフーリエ振幅及びフーリエ位相に反映される震源・伝播・地盤特性を組織的・合理的に考慮することが可能な簡便で実用的な設計用模擬地震動作成手法を提案したものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 振幅特性と位相特性という2個の要因と、震源・伝播・地盤特性という3個の要因から成る計6個の構成要素を規定することにより、時刻歴波形の有する性質をこれら6個の特性と関連付けて模擬地震動を作成することができることを明らかにした。
2. 振動数域において隣接するフーリエ位相の差を位相差分として定義し、位相差分特性と震源・伝播・地盤特性の関係について考察した後、それらの基本的性質に関する知見を整理している。提案した理論に基づき作成した波形が観測記録とも整合することを確認し、位相差分特性が有する物理的意味を明らかにした。
3. 本理論は、模擬地震動の合成において観測地震動のフーリエ位相を利用することを前提としており、多数の観測記録から位相特性を選択する基準を提示している。具体的には、プレート境界地震記録と内陸直下地震記録の位相差分の標準偏差特性を分析することにより、この位相差分の標準偏差特性を指標とした位相選択基準が地震タイプ毎に提示可能であることを明らかにした。
4. 提案した評価式に基づき観測記録から採用したフーリエ位相と、地震学・地震工学の分野で広く認知されている $\omega^2$ モデル（震源特性）、距離減衰（伝播特性）及び次元重複反射理論（地盤特性）などにより規定されるフーリエ振幅とを組み合わせることで模擬地震動を合成する手法を構築した。提案手法により得られた波形と観測記録を比較し、提案手法は観測記録を設計上十分な精度で適切に再現できることを実証した。

以上要するに本論文は、地震動のフーリエ振幅及びフーリエ位相に反映される震源・伝播・地盤特性を組織的・合理的に考慮することが可能な簡便で実用的な設計用模擬地震動作成手法を提案したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年5月25日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。