

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	久保 久彦
論文題目	Study on rupture processes of large interplate earthquakes estimated by fully Bayesian source inversions using multi period-band strong-motion data —The 2011 Tohoku-oki and the 2011 Ibaraki-oki earthquakes— (周期帯別の強震波形を用いたフルベイジアン震源インバージョンから推定される巨大プレート境界型地震の破壊過程に関する研究—2011年東北地方太平洋沖地震及び2011年茨城県沖地震を例にして—)		
(論文内容の要旨)			
<p>2011年3月の東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) (以下、2011年東北地震) の地震波は、周期10秒以上の長周期の地震波を用いた震源インバージョンと周期数秒から0.1秒の地震波を用いた震源過程のモデリングから、異なった断層面領域から射出されていることが指摘されている。広帯域地震動生成の観点から、本研究は統一的な手法による同地震の周期帯別の時空間すべりモデルの構築方法を提案して、この方法を2011年東北地震と2011年茨城県沖地震 (Mw7.9) に適用することによって、沈み込み帯で発生する巨大地震の広帯域震源特性の解明を行った。</p> <p>本研究ではまずフルベイジアン推定を、地震波形を用いる震源過程解析に取り入れ、マルチタイムウィンドウ法と組み合わせて、時空間すべりを求める新たな震源過程解析手法を開発した。この方法を2011年茨城県沖地震記録に適用し、従来の方法と比較することによって、手法の有効性を示した。</p> <p>次に、この新たなフルベイジアン震源過程解析手法に基づいて、周期帯別の時空間すべりモデルを構築する方法論を提案した。複数の連続する周期帯の強震動波形記録を用意し、それぞれの記録に対して同一手法で震源過程解析を行うことにより、周期帯別の震源モデルを構築し、周期帯別のすべり速度時間関数の空間的な違いに基づく議論を行った。その際、沈み込み帯という複雑な地下速度構造領域において、信頼度の高いグリーン関数を得るため、日本全国をカバーする三次元地下速度構造モデルである全国一次地下構造モデルを適用した。本研究では震源域でおきたM6クラスの地震の実地震記録を再現することによってこの三次元地下速度構造モデルの検証を行っている。構築された広帯域グリーン関数を用いて、本研究で提案された震源インバージョンの分解能テストをモデル実験によって確認した。</p> <p>上述の解析方法を2011年東北地震に適用し、同地震の周期5～100秒の周期帯域における広帯域震源像を調べた。30mを超える巨大なすべりをもつ宮城県沖浅部では短周期地震波の励起が弱いことが分かった。また、宮城県沖深部は40秒の時間差を持って二度の破壊が起きており、それらの破壊における励起地震波の卓越周期に違いがあることを見出した。二度の破壊の広がりの違いを考えると、宮城県沖深部の破壊現象は階層型アスペリティの破壊によって説明できる可能性を示した。またこの宮城県沖深部では比較的短周期 (周期5-25秒) の地震波から長周期 (周期25-100秒) の地震波</p>			

まで幅広く放射されていたことも分かった。

同様の手法を2011年茨城県沖地震に適用し、長周期地震波は破壊開始点の南もしくは南東の浅い領域から、一方、短周期の地震波は震源から約30km西のプレート境界深い領域から主として放射されていることを見出した。

本研究において提案された周期帯別の震源インバージョン手法により、2011年東北地震だけでなく2011年茨城県沖地震においても、長周期地震波生成領域と短周期地震波生成領域が主として深さ方向で棲み分けていることを示した。しかし、2011年東北地震の宮城沖深部では広帯域の地震波が射出され、ほぼ同じ領域で生じた2度の破壊が異なる周期特性を持つなど、短周期・長周期の深さによる棲み分けだけでは説明しきれない特徴をもつことを明らかにした。

(論文審査の結果の要旨)

広帯域地震動生成の観点から地震の断層破壊過程を明らかにしていくことは、詳細な震源過程の不均質性や、震源の物理を考える上での運動学的情報を得ること、さらには地震被害に関わる地震波の生成メカニズムを解明する上で必要不可欠である。本論文では、短周期と長周期の地震波生成過程が異なると先行研究で指摘されている2011年東北地震を対象とし、同地震の地震波放射特性の周期依存性の詳細及びその広帯域地震動生成メカニズムの解明を目的として、連続的な周期帯の地震記録に対して同じ震源解析手法を適用することによる周期帯別震源モデルの構築方法を提案した。

このため本論文では、フルベジアン推定法を、波形記録を用いた時空間すべり分布の推定で使われるマルチタイムウィンドウ法による震源過程解析に組み合わせた新たな震源過程解析手法を開発した。本手法を2011年茨城沖地震に適用し、従来の方法との比較を行うことによって、その有効性を示した。ここで新しく開発されたフルベジアン震源過程解析手法は、超パラメータ決定や未知パラメータの確率分布を求めることが比較的容易にできることから、震源モデルのパラメータの信頼性に関する議論を可能としている。

また本論文では、沈み込み帯という複雑な地下構造を考慮した信頼度の高いグリーン関数の構築のために、日本全国をカバーする三次元地下速度構造モデルである全国一次地下構造モデルを用いた、三次元差分法によって求められた広帯域三次元グリーン関数を使用した。その際、地下速度構造モデル及びグリーン関数の妥当性をM6クラスのイベントの実観測記録を再現することによってモデルの有効性を示している。計算コストの問題から広帯域三次元グリーン関数はこれまであまり用いられてこなかったが、沈み込み帯で発生する地震を対象とした震源過程解析における三次元グリーン関数の必要性とその利用法についての提案を行った。

上記の震源過程解析手法に基づいて、2011年東北地震と2011年茨城県沖地震に適用し、これらの地震の周期帯別の震源モデルの構築とその結果に基づいた広帯域震源像を明らかにした。2011年東北地震に関しては、30mを超える巨大なすべりを持つ宮城県沖浅部では短周期地震波の励起が弱いこと、また宮城県沖深部で時間をおいて生じた二度の破壊は励起地震波の卓越周期に違いがあること、さらにそれぞれの破壊の広がり方の違いから宮城県沖深部では階層型アスペリティの破壊が生じていた可能性があることを指摘した。加えて、この深部の破壊は長周期地震波もある程度は放出していたことがわかった。一方、2011年茨城県沖地震は、破壊開始点より浅い側での長周期地震動生成と、深い側での短周期地震動生成といった領域分けができることもわかった。

本論文は周期帯別震源モデルの構築を通じた広帯域震源像の推定方法を提案し、これまで系統的に行われてこなかった、広帯域地震動生成の観点に基づいて2011年東北地震等の震源特性の解明を図ったものであり、2011年東北地震の宮城沖での複雑な破壊過程を、周期別の地震波生成の観点からより詳細に解明した点など、高く

評価することができる。今後、本論文の手法により様々なプレート境界型地震の詳細な断層破壊過程が明らかにされていくことで、地震の発生・成長過程の解明や動力学モデルパラメータの推測、更にはプレート境界巨大地震の強震動及び津波予測のための震源のモデル化に有用な知見が得られるものと期待される。

参考論文計7編は、強震動記録や遠地実体波記録、地殻変動記録という様々な記録を用いた震源モデルの推定、震源域周辺の海山や他のプレート境界が断層破壊に与える影響の考察など、いずれもプレート境界などでおきた大地震の詳細な震源破壊過程の推定及び巨大地震の発生・成長様式の解明に関わる重要な研究成果がとりまとめられている。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月20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。

要旨公表可能日： _____ 年 _____ 月 _____ 日以降