

科学技術振興調整費による研究開発

- 1 地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究 -グリーン関数の省容量化格納法に関する研究-

Study on High Performance Storage Technique for Greens Functions Databank

(研究期間 平成 12~16 年度)

国際地震工学センター

横井俊明

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

Toshiaki Yokoi

This study is aimed to develop a tool based on a new efficient technique to reduce the quantity of calculation and storage necessary for theoretical Green's function databank based on the strategy. i. e., reduction of the number of combination between point sources and receivers for that we have to perform numerical simulation that requires huge CPU-time consumption. Case study shows us a good accuracy for recovering the stored waveform and efficiency to reduce the quantity of data. The duration of necessary calculation is also reduced, however, not sufficiently for the calculation of real scale problems.

【研究目的及び経過】本研究課題では、シナリオ地震に対する強震動予測手法¹⁾が、予測地震動の統計的評価やリアルタイム地震防災等諸所の震源過程に対する面的強震動予測を必要とする分野でさらに有効に利用される為に必要となると考えられる、想定震源断層上の点震源群と地表観測点群の組み合わせに対する理論的グリーン関数を効率的に計算・格納・利用できるツールの開発を目的とした。

期(平成 12~14 年度)では、先ず、単独の点震源に対する地表面での波動場の理論計算値の省容量化に対する、動画や音声信号等対象の既存技術の適用性・圧縮率等について検討した。その結果、既存技術では精度に問題がある事、また単に波動伝播理論計算結果の圧縮のみを考えていては圧縮率に限界があり、省容量化と共に省計算量化への考慮が必要である事が判った。これに対しては、点震源と観測点の組み合わせ数を低減する近似の導入を提案し²⁾、事例による数値実験等により、想定される圧縮率や精度の検討を行った³⁾。

期(平成 14~15 年度)では、上記に基づいた省容量化・省計算量化理論的グリーン関数データベース構築システムの開発、及び、防災科学技術研究所が開発し、公開されている有限差分法による地震波動伝播数値計算コードである GMS(Ground Motion Simulator)⁴⁾への適合化作業を実施した⁵⁾。

【研究内容】大量の点震源と観測点の組み合わせに対する Green 関数群に対して、「点震源の位置の変化によって、地震動の空間変動のパターンは近似的に変化しない」という仮定が成り立つ範囲で、代表点同志の Green 関数に、計算値のスペクトル比で与えられる観測点移動と震源移動の補正フィルターを適用する事で、図 1 に示

すように、震源と観測点の新たな組み合わせに対するグリーン関数を近似的に求めることができる。この考え方に基づき、省容量化かつ省計算量化グリーン関数データベース構築手法の開発を試みた。

第 I 期での具体的な検討事項は、下記の通りである³⁾。

- (1)上記の近似が成り立つ範囲を現実の速度構造を使った比較的小規模な格子モデルによる数値計算により確認した。観測点群では基準点からS波の約1波長以内、点震源群では約0.4波長以内で良好な近似波形が得られた。
- (2)上記の計算事例での、震源と観測点の組み合わせ数と計算量の低減率の確認。組み合わせ数の低減率は約5%、計算量の低減化は約10%程度であった。
- (3)さらに圧縮率を上げるため、スペクトル比のゼロ・ポール表現による近似の精度と圧縮率の確認。使った zero と pole は5~13個程度で、圧縮率は約1%となった。

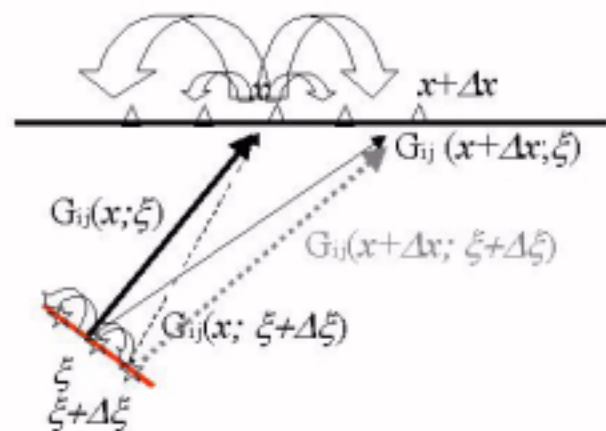


図 1 基本的な考え方で採用する近似の概念図

次に、第 期では、グリーン関数データバンク構築システムの開発のため、下記を実施した⁵⁾。

(4)点震源のすべり角を固定した場合、しなかった場合の、モーメントテンソルの基本成分を考慮した省容量化の定式化を行った。

(5)空間二次差分の有限差分法のプログラムを計算エンジンとしたグリーン関数データバンク構築システムの開発と動作確認と精度の検討を行った(図2)。

(6) 公開されている大規模な速度構造モデルに対応できる高速度化数値計算エンジン(GMS)への適合作業の実施、それに伴うGMSソースコードの修正を行った。具体的には、点震源を与えるための一連の命令文、及び Reciprocal Green's Function法⁶⁾を取り込むための一連の命令文の修正が必要であった。同時に、マルチプラットフォーム対応とインストーラの作成によるインストール作業の自動化も実施した。

【研究結果】 本研究課題の実施により、震源過程の大量の場合の数に対して面的に強震動を計算・格納・利用を効率化する方法が示され、シナリオ地震による強震動予測を統計的な取り扱いやリアルタイム地震防災等へつなげる方向が示された。

ただし、現在利用可能な数値計算エンジンをワークステーション等で使用する場合には、波動場の数値計算自体に未だに長大な時間がかかる為、上記の省容量化手法を使っても「震源過程の大量の場合の数に対して面的に強震動を利用すること」が実用段階に入ったわけではない。しかしながら、ワークステーション等では数週間かかる計算を数時間以下で実施できる計算機が日本でも既に存在すること、また近年の計算機ハードウェアの急速な発展と数値計算手法の急速な進化から将来の数値計算の高速化が十分期待できることを考えると、本研究には、将来を準備する布石としての意味がある。

【謝辞】

本研究は、文部科学省科学技術振興調整費総合研究「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」(代表:入倉孝次郎(京都大学防災研究所)の一環として実施した。

【参考文献】

- 1) 科学技術庁振興調整費研究グループ代表:入倉孝次郎(京都大学防災研究所)、地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究、日本地震学会講演予稿集、2001年秋季大会
- 2) 横井・藤原: 地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究第 1 回シンポジウム論文集,43-46, 2002.
- 3) 横井・藤原: 地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究第 2 回シンポジウム論文集,7-11, 2003.
- 4) Shin Aoi, Hiroyuki Fujiwara, 3D Finite-Difference Method Using Discontinuous Grids, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 89, 918-930, August 1999
- 5) 横井・藤原: 地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究第 3 回シンポジウム論文集,113-118, 2005.
- 6) Graves, R. W. & D. Wald : Resolution analysis of finite fault source inversion using one- and three-dimensional Green's functions 1. Strong motions, Jour. Geophys. Res., Vol. 106, 8745-8766, 2001

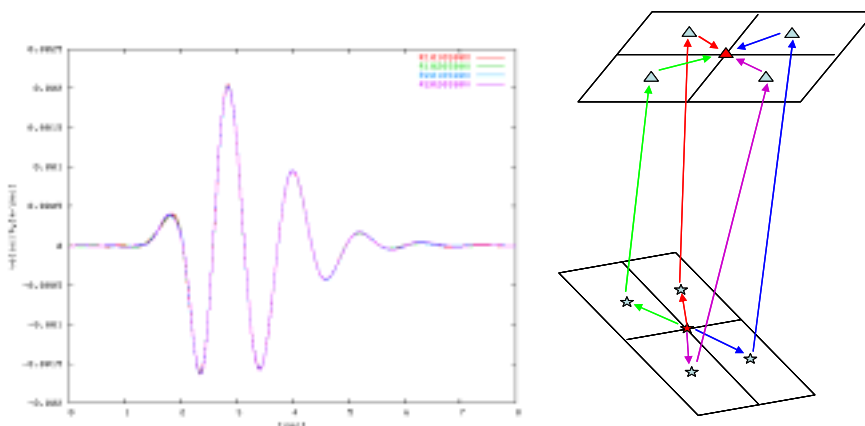


図2 データバンクからの復元精度検討事例