

自己評価報告書

平成23年 5月 9日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2007 ~ 2010

課題番号：20246075

研究課題名 (和文) 都市の統合自然災害シミュレーションシステムの開発

研究課題名 (英文) Development of integrated natural disaster simulation in urban area

研究代表者 堀 宗朗 東京大学・地震研究所・教授
(HORI, Muneo)

研究者番号：00219205

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学, 構造工学・地震工学・維持管理委工学

キーワード：地震防災, 自然災害防災, 数値計算, エージェント, 可視化

1. 研究計画の概要

統合自然災害シミュレーションシステムとは、災害シナリオに応じて、都市に生じる災害・被害と被害対応を数値計算によって予測するシステムである。地理情報システム (GIS) を使って都市や構造物の解析モデルを作成し、災害・構造物応答、被害対応を計算し可視化する。

多数の数値解析手法を組み込むとともに、共通モデリングデータ (CMD) を用いた統合技術を開発する。特に被害対応には、人を模擬したエージェントシミュレーションを開発する。

2. 研究の進捗状況

統合自然災害シミュレーションの基盤となる、地震・洪水の数値解析手法の取り込みが終了している。高度な構造物地震応答解析と洪水解析である。この数値解析手法の入力となる都市モデルを自動構築するため、汎用オブジェクトの開発を行い、コード化を終了した。汎用オブジェクトとは、各種 GIS のデータを共通のフォーマットに変換したデータと、個々の都市モデルに変換しうるメソッドから構成される。

上記の物理シミュレーションとは別に、マルチエージェントを使った復旧過程のシミュレーションの開発に成功した。これは、被害を受けた構造物を修復する技術者エージェントと、構造物を使用し便益を得る利用者エージェントが、都市モデルの中を自律的に活動し、修復と利用を行うシミュレーションである。全利用者の便益が最大となるような復旧戦略の立案支援を念頭に、全技術者の復旧過程のシミュレーションを行う。離散資源配分問題として定式化し、客観的なシミュレ

ーションを可能としている。

2010 年度までにコード化を終了した、物理シミュレーションとマルチエージェントシミュレーションの数値解析手法を並列化することに成功した。改善の余地はあるものの、問題の規模と計算機の能力に対し、一応のレベルの性能を出すことに成功をみた。別途、進められている京計算機のプロジェクトに対しても、基本コードとして利用できるレベルである。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

都市自然災害シミュレーションシステムのプロトタイプは、東京 23 区を対象として、完成した。このプロトタイプでは、地震と洪水のシナリオに応じて、地震動と洪水という物理シミュレーションと、その復旧過程のマルチエージェントシミュレーションをシームレスに実行することができる。

最終的なシステムを開発するためには、プロトタイプの汎用性・冗長性を改善すること、シミュレーションの高速・大規模化を図ることの二点が大きな課題となっている。確実に課題解決を実現するため、迂遠ではあるが、システムのアーキテクチャの柔軟性を高めるという方針を立てている。

東京 23 区を対象とした、統合自然災害シミュレーションのプロトタイプを高度化することに成功した。シミュレーションに要する計算の高速・大規模化を実現するため、大型並列計算機を利用した、計算効率・規模を大幅な向上が達成された。

なお、高度化されたプロトタイプは、京計算機のプロジェクトで検討された、高知市を対象とした地震災害シミュレーションに転用

することにも成功した。プロトタイプの汎用的利用が可能であることが実証された。

4. 今後の研究の推進方策

東京 23 区と高知市の他、仙台市を対象とした統合自然災害シミュレーションを実施する予定である。これは、地震と津波の複合災害のシミュレーションを実現することを目指とする。物理シミュレーションには津波侵入の数値解析手法と、津波による構造物損傷・破壊の数値解析手法の組み込みを図る。マルチエージェントシミュレーションでは、市全域をモデルとした、全市民の避難行動という大規模計算を実施する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① M. Hori and T. Ichimura: Current state of integrated earthquake simulation for earthquake hazard and disaster, *Journal of Seismology*, 2008.
- ② M. Hori, K. Oguni and T. Ichimura: Integrated Simulation for Earthquake Hazard and Disaster Prediction, *Journal of Earthquake and Tsunami*, 3, 121-141, 2009.
- ③ T. Ichimura, M. Hori and J. Bielak: A Hybrid Multiresolution Meshing Technique for Finite Element Three-Dimensional Earthquake Ground Motion Modeling in Basins Including Topography, *Geophys. J. Int.*, 177, 1221-1232, 2009.
- ④ T. Ichimura and M. Hori: Structural Seismic Response Analysis Based on Multiscale Approach of Computing Fault-Structure System, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 38, 439-455, 2009.
- ⑤ T. Ichimura, M. Hori and M.L.L. Wijerathne: Linear Finite Elements with Orthogonal Discontinuous Basis Functions for Explicit Earthquake Ground Motion Modeling, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 2011. DOI: 10.1002/nme.3062.

[学会発表] (計 10 件)

- ① M. Hori: White Paper on Computational Simulation, NEES/E-Defense Phase 2 Planning Meeting, National Science Foundation, Arlington, Virginia, USA, Jan. 12-13, 2009.

- ② M. Hori: Peta-scale computation, USA-China-Japan Workshop on Promotion of Earthquake Engineering, Shanghai, China, Feb. 22-24, 2009.
- ③ M. Hori, Integrated Earthquake Simulation, Seminar at Department of Civil Engineering, Princeton University, Princeton, USA, March 17, 2009.
- ④ G. Sobhaninejad and M. Hori: Generic Design of a Distributable Class for Integrated Earthquake Simulation, PARENG2009, The First International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing for Engineering, Pécs, Hungary, 6-8 April, 2009.
- ⑤ M. Hori, Development of integrated earthquake simulation, JST- NSFC Workshop on Evaluation and mitigation of environment and natural disaster impact on urban area and infrastructures, Hotel Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, June. 11-12, 2009.
- ⑥ P.E.B. Quinay, T. Ichimura, M. Hori and T. Nagashima: Spatial-Temporal Multiscale Approach for Three-dimensional Crust Layer Estimation, 7th ACES International Workshop, Otaru, Hokkaido October 3-8, 2010.
- ⑦ P.E.B. Quinay, T. Ichimura and M. Hori: A Physical Modeling Approach for Seismic Response Estimation of Nuclear Power Plant Structures, UP ICE Centennial Conference on Harmonizing Infrastructure with the Environment, Philippines, 11-12 November, 2010.
- ⑧ P.E.B. Quinay, T. Ichimura and M. Hori, Madgededara Lalith: Seismic Response Estimation of Structures Considering Fault-structure System, 3rd Asia Conference on Earthquake Engineering, Thailand 1-3 December, 2010.
- ⑨ M. Hori, K. Oguni, W. Lalith, and T. Okinaka H. Chen: Application of Particle-Discretization-Scheme Finite Element Method to estimate variability of crack paths in fracture experiment, WCCM2010, 19-22, July, 2010, Sydney, Australia.
- ⑩ M. Hori, G. Sobhaninejad, T. Ichimura, & M. Lalith, Enhancement of Integrated Earthquake Simulation with High Performance Computing, SAUS 2010, Kobe, Japan, 27-28, March, 2010.