

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 20 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2012

課題番号：20560061

研究課題名 (和文) 大規模接触問題の領域分割法による並列解析手法の開発

研究課題名 (英文) Development of large-scale parallel analysis method for contact problem based on domain decomposition method

研究代表者

宮村 倫司 (MIYAMURA TOMOSHI)

日本大学・工学部・講師

研究者番号：20560061

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎

キーワード：計算力学, 接触問題, 有限要素法, 領域分割法

## 1. 研究計画の概要

申請者が提案した BDD 法による等式制約条件付問題の解析手法と、申請者等がこれまでに開発した数理計画法に基づく大規模不等式制約条件付問題の解析手法 (内点法 + semismooth Newton 法) をそれぞれ発展させた上で組み合わせ、次世代の超並列計算機上で大規模な摩擦のある接触問題解析を実現する。実用的な解析に用いることができるような解析コードを開発し、地震工学、建築構造分野等の例題に適用する。

## 2. 研究の進捗状況

これまでに以下の研究成果を得た。

## (1) 内点法における線形問題への反復型解法の適用

内点法における線形問題の求解について研究した。まず、内点法における線形問題に対して共役勾配法を適用することを試みた。内点法における線形問題は、ペナルティ法における線形問題と同様に非常に悪条件問題となる。制約前処理と呼ばれる手法を前処理として用いることにより、収束解が得られることがわかった。

## (2) PC クラスターの構築

経費で購入したマルチコア PC サーバに Linux をインストールし、ネットワークで接続することで PC クラスターを構築した。マルチコア CPU に対応できるように、OpenMP によるスパース行列、ベクトル積の並列計算について研究を行った。

## (3) 内点法と Semismooth Newton 法を組み合わせた解法の開発

接触問題の解法として内点法と

Semismooth Newton 法を組み合わせた手法を開発した。提案手法は International Journal for Numerical Methods in Engineering 誌に掲載された。

## (4) BDD 法による摩擦のない接触問題の解析コードの開発

本研究の目的のひとつは、次世代のスーパーコンピュータで大規模な接触問題解析を実現することであり、そのために、本研究で開発する解析コードのベースとなる ADVENTURE\_Solid の解析機能の汎用化を先に行うこととした。しかし、当初予定していた接触解析機能の実装作業が遅れている。マルチコア型 CPU への OpenMP, pthread による対応等の機能は完成した。

## (5) 摩擦のある接触問題への対応

プロトタイプコードの開発を行い、スパースソルバーを用いたコードを完成させた

## (6) 建築構造における接触問題

実用的な接触問題として、建築構造における接触問題 (合成梁と柱の接触, 2 枚の ALC パネル外壁の接触等) についてメッシュ作成の手法を検討した。

## (7) GPGPU 対応

GPU を用いた接触判定アルゴリズムについて研究を行い、日本計算工学会で発表した。

## 3. 現在までの達成度

当初の計画よりも遅れている

(理由)

(1) 摩擦のない接触問題の BDD コードへの組み込み

本研究では、実用的な大規模接触問題解析の実現を目指し、オープンソースの並列有限要素解析コードである ADVENTURE\_Solid に接触問題解析機能を実装する計画であった。特に摩擦のない接触問題に対して、Semismooth Newton 法による求解アルゴリズムを採用する方法については、既に開発済の MPC を考慮した BDD 法 (MPC+BDD 法と呼ぶ) を基に実装可能であることがわかっている。しかし、開発済の MPC+BDD 法のプロトタイプコードを ADVENTURE\_Solid に移植すること、接触問題の入力データを汎用化する仕組みを実装することに手間取り、未だに完成していない。

#### (2) 摩擦のある接触問題の大規模解析向けアルゴリズムの構築

摩擦のある接触問題に対して線形ソルバーとしてスパースソルバーを用いた基本的な解析コードの開発は完了したものの、それに対する有効な数値計画法等の手法の開発が完了していない。また、BDD 法で非対称問題を扱い実用的な問題に適用できるようなコードの開発が進んでいない。

#### 4. 今後の研究の推進方策

(1) 摩擦のない接触問題については、Semismooth Newton 法に基づく解法を ADVENTURE\_Solid に実装することを早急を実現する。

(2) 摩擦のある接触問題について、線形ソルバーとして反復法を使えるような求解アルゴリズムを提案し、その有効性を研究期間内に示せるように努力する。

次世代のスーパーコンピュータへの対応については、コードの開発も進んでいるので、上記の2点を解決した上で結合したい。

#### 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)

①Tomoshi MIYAMURA, Yoshihiro KANNO and Makoto OHSAKI, “A practical variant of the semismooth Newton method for frictionless contact problems”, JSME, Journal of Computational Science and Technology, Vol. 3, No. 1, 54-65 (2009) (査読有)

②山下拓三, 熊谷知彦, 小河利行, 宮村倫司, 大崎純, 「マルチグリッド法と可変複合モデルを用いた強風を受けるシェル構造物の屋根形状最適化」, 日本建築学会構造系論文集, No. 636, 297-304 (2009年2月) (査読有)

③Makoto OHSAKI, Tomoshi MIYAMURA, Masayoshi KOHIYAMA, Muneo HORI, Hirohisa NOGUCHI, Hiroshi AKIBA, Koichi KAJIWARA, Tatsuhiko INE, “Finite element analysis for

simulation of dynamic collapse behavior of highrise steel frames”, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 38, 635-654 (2009.4.25) (査読有)

④Takuzo YAMASHITA, Tomohiko KUMAGAI, Tomoshi MIYAMURA, Toshiyuki OGAWA and Makoto OHSAKI, “Application of the Multigrid Method to Finite Element Analysis of Fluid Flow Around Domes in Strong Wind”, Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS), Vol. 50, No. 3 (n. 162), 181-191 (Dec. 2009) (査読有)

⑤Tomoshi MIYAMURA, Yoshihiro KANNO and Makoto OHSAKI, “Combined Interior-Point Method and Semismooth Newton Method for Frictionless Contact Problems”, International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 81, 701-727 (2010) (査読有)

[学会発表] (計28件)

1) Tomoshi MIYAMURA他, Combination of Interior-Point Method and Semismooth Newton Method for Large-Scale Frictionless Contact Problems, ECCOMAS2008(30 June - 4 July, 2008, Venice, Italy) (CD-ROM)

2) Tomoshi Miyamura他, Parallel FE-Analysis For Collapse Simulation Of 4-Story Steel Building Frame, 7CUEE and 5ICEE, 887-892(March 3-5, 2010, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan)

3) Tomoshi Miyamura他, Large-Scale Parallel FE-Analysis for Simulation of Collapse Behavior of Steel Building Frames, WCCM / APCOM 2010(July 19-23, 2010, Sydney, Australia)

他25篇

[図書] (計1件)

Tomoshi MIYAMURA, “Chapter 7: Incorporation of multipoint constraints into domain decomposition methods”, in Substructuring Techniques and Domain Decomposition Methods, F. Magoulès (ed.), Saxe-Coburg Publications, Stirlingshire, UK, 171-202 (2010)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ

<http://cs.ce.nihon-u.ac.jp/~miyamura>