

## USNCCM14のご案内 (再掲載)

吉村 忍 JACM 会長 (東京大学)

14th U.S. National Congress on Computational Mechanics (USNCCM14)が2017年7月17日(日)~20日(土)にカナダ, モントリオール市 (Palais des Congrès de Montréal) で開催されます.

詳細は会議の詳細はWEBページ:

<http://14.usnccm.org>

に掲載されております. 以下に重要な締切日を列举致します.

2月28日 アブストラクト締切

3月31日 学生ポスター 締切

状況により変更があるかもしれません. WEBページを適宜ご覧下さい. JACM総会ならびに2017 JACM Awards授賞式をUSNCCM14期間中に開催致します. JACM会員の皆様におかれては本会議に奮ってご参加の程お願いいたします.

## 2017 JACM Awards の募集 (再掲載)

吉村 忍 JACM 会長 (東京大学)

日本計算力学連合 (JACM) は, 計算力学分野における顕著な功績および業績をあげた研究者を表彰する3種類の JACM Awards の候補者を募集します. JACM 会員におかれましては, 候補者を自薦他薦で奮ってご推薦下さい.

Award 受賞者には, 2017年7月17日-20日にカナダ・モントリオールで開催されます USNCCM14 (<http://14.usnccm.org>)の会議中に開催されます2017JACM総会において表彰予定です.

\*\*\*\*\*

### JACM Awards

#### The JACM Computational Mechanics Award

##### 日本計算力学賞 (3名以内)

計算力学の広い分野での顕著な研究業績, ソフトウェア開発, 計算技術開発に対して与えられる.

#### The JACM Young Investigator Award

##### 日本計算力学奨励賞 (3名以内)

計算力学分野で顕著な業績及び研究を行った40才以下 (表彰年以内に41才になってはならないこと) の研究者に与えられる.

#### The JACM Fellows Award

##### 日本計算力学連合フェロー賞 (5名以内)

計算力学分野で顕著な業績を上げ, JACM へのサポート, および IACM 関連国際学会に貢献した研究者に対して与えられる.

過去の受賞者は, 下記 URL で一覧できます.

<http://www.sim.gsic.titech.ac.jp/jacm/Japanese/Award/index.html>

\*\*\*\*\*

推薦書に記載して頂く項目は以下の通りです.

1. 推薦しようとしている Award の名称
2. 候補者の氏名, 所属・住所, e-mail アドレス (奨励賞候補者は生年月日も記載のこと)
3. 推薦者の氏名, 所属・住所, e-mail アドレス
4. 主な受賞歴を含む経歴 (最大10行以内)

完全なリストである必要はありません. 最近のもの, あるいは最も重要なポストを記載してください.

5. 候補者の最も主要な功績あるいは業績の簡潔な記述 (500字以内). 特に, その Award の候補者として推薦する理由がわかるように記載してください.

推薦状のフォーマット兼例文は, 同じ URL にあります. 推薦書は, 2017年3月31日(金)までに e-mail にて, 次のアドレスにお送りください.

送付先: [yoshi@sys.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:yoshi@sys.t.u-tokyo.ac.jp)

なお, 受賞者は主に日本国内において活動した研究者 (外国人も含む) となっています. 受賞者及び推薦者は, 応募時点で JACM 会員であることが必要です.

# JACM 関連研究室の紹介（その9）

今回は、鹿児島大学大学院理工学研究科機械工学専攻固体力学研究室及び東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻越塚・柴田研究室を紹介致します。

## 鹿児島大学大学院理工学研究科 機械工学専攻 固体力学研究室（池田・小金丸研究室） 池田 徹（鹿児島大学）

### 1. 鹿児島大学と研究室の構成

鹿児島大学は、第七高等学校、鹿児島師範学校、鹿児島県立大学などが合併して、1949年に新設大学として設立されました。法文学部、教育学部、理学部、医学部、歯学部、工学部、水産学部、農学部、共同獣医学部の9学部からなる教職員約2600名、学部生約9000名、大学院生約1500名よりなる総合大学です。水産学部、医学部、歯学部を除く6学部がある郡元地区は、鹿児島市中心部の鹿児島中央駅から市電で7分の交通至便な場所に位置しています。工学部は7学科からなっており、私達の研究室はその中の機械工学科の建物の中にあります。機械工学専攻は、約25名の教員を要しており、材料力学、材料工学、生産工学、流体力学、伝熱工学、機械力学、熱力学、制御工学、設計工学などの分野からなっています。機械工学専攻のユニークな研究としては、リハビリ支援ロボットの開発、聴覚器官の音受容メカニズムの研究、鉄鋼材料の材料ゲノムの研究、高温材料のクリープ挙動の研究などがあります。

本研究室は、私が2012年に京都大学から鹿児島大学に異動して発足しました。2016年に小金丸正明准教授が加わり、職員が教授1名（私）と小金丸准教授の2名、学生が博士前期課程6名、学部4年生10名の18名で構成されています（図1）。本研究室の主な研究内容は、界面破壊力学と電子実装工学で、それらのツールとして、計算力学を利用しています。

### 2. 界面破壊力学の研究

図2に示すような異種材料の界面角部は、応力特異場であり、応力と変位は、下記のような式で近似できます。

$$\sigma_{ij}^k = \sum_{m=1}^N C_m r^{\lambda_m - 1} f_{ij}^{mk}(\theta, \phi) \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (1)$$

$$u_i^k = \sum_{m=1}^N C_m r^{\lambda_m} g_i^{mk}(\theta, \phi)$$

ここで、 $\lambda_m$  は特異性固有値、 $N$  は特異性固有値の数、 $f_{ij}^{mk}(\theta, \phi)$ ,  $g_i^{mk}(\theta, \phi)$  は固有関数、 $k$  は材料の種類、 $C_m (m = I, II, \dots, N)$  は各特異性固有値のスカラーパラメーターです。この(1)式のスカラーパラメーターを *H-integral* という経路独立積分で解析する手法を開発し、その破壊発生評価基準の確立を目指しています。

また、エピタキシャル成長させたナノ薄膜の界面では、格子間距離の差に起因した大きな真応力が発生し、ミスフ

ィット転位と呼ばれる転位が発生することが知られています。このミスフィット転位周りの応力場を異方性弾性論や原子シミュレーションによって解析しています（図3）。



図1 研究室のメンバー

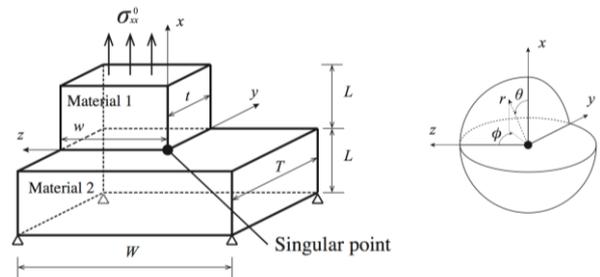


図2 三次元の異種材接合部

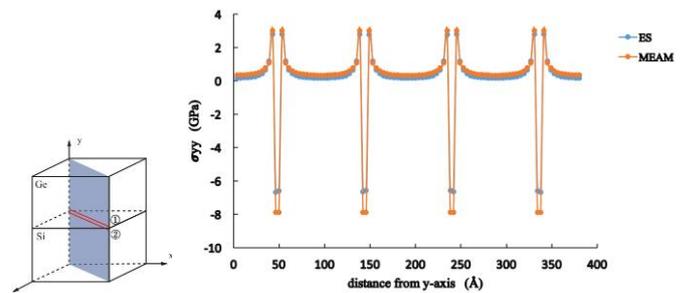


図3 Ge-Si 界面における Si 側 1 原子層での応力 ( $\sigma_{yy}$ ) の弾性解 (ES) と分子静力学法 (MEAM) の比較

### 3. 電子実装工学の研究

#### (1) パワーモジュール用樹脂のはく離強度評価に関する研究

パワーデバイスは、これまでの Si による IGBT 素子から、SiC や GaN などのワイドバンドギャップデバイスに徐々に移行しつつあります。これらの素子は、高速動作、低損失などの性質に加えて、Si よりも格段に高温でも動作する特性があります。しかしながら、現状では、はんだ等のチップ接合材料や封止樹脂にそのような高温に耐える

ものが無いため、高温に耐えるパワーモジュールを実現するには至っていません。当研究室では、封止樹脂と基板のはく離試験や、パワーモジュールの応力解析によって、パワーモジュールの樹脂と各部材のはく離防止設計の確立を目指しています。このような定量的な設計手法の開発により、より高温に耐える封止樹脂の開発目標が明確となるとともに、開発期間の長期化を招く原因となっている熱サイクル試験の回数を減らし、これまでよりも短時間でパワーモジュールの開発が行えると期待できます。

## (2) 応力による半導体デバイスの特性変動の研究

半導体デバイスに応力を負荷すると破損することが無くともデバイスの特性が変化することがあります。特にアナログ素子では、樹脂封止などの実装により生じた応力によってデバイス特性が変化し、設計どおりの特性が出ないことがあるため、重大な問題となります。また逆に引張り応力がかかると電子移動度が増加することより、ひずみ半導体としてデバイスの高速化に利用されることもあります。このような特性を予測するために、デバイスシミュレーターを用いた応力による特性変動の予測を行っています。これまでに、応力による Si 中の電子挙動の変化を予測することに成功しており、現在、ホールの挙動の予測方法を検討しています。電子の挙動を予測することで n 型半導体が、ホールの挙動を予測することで p 型半導体の特性変動を予測することが可能となります。

## 東京大学大学院工学系研究科 システム創成学専攻 越塚・柴田研究室

越塚 誠一（東京大学）

越塚・柴田研究室では、粒子法を用いた流れのシミュレーションを中心に研究しています。粒子法シミュレーションの研究では世界的に最先端です。本研究室の教授である越塚は、原子力工学科の出身で、粒子法として Moving Particle Semi-implicit (MPS) 法を 1996 年に提案し、これを用いて原子力分野の熱流動の研究を行ってきました。講師の柴田和也氏は、システム創成学専攻で 2007 年に博士を取得し、粒子法を用いて船舶工学や海洋工学に関する流れの研究を行っています。助教の松永拓也氏は粒子法等を用いた化学工学に関する流れを研究しており、2016 年にシステム創成学専攻で博士を取得しています。他に、特任研究員 2 名、博士課程の大学院生 7 名、修士課程の大学院生 10 名、卒論生 2 名、交換留学生 1 名、客員研究員 2 名、企業等からの共同研究員 7 名、秘書 1 名です。

以下に研究室の研究の概要を紹介します。まず第 1 は計算手法に関する研究テーマです。粒子法の高精度化や高効率化、連立一次方程式の解法、壁境界条件の効率的な計算手法、表面張力の計算手法、大規模並列計算手法などです。

図 4 に空間解像度を変化させることができる粒子法による波の伝播の計算例を示します<sup>(1)</sup>。左側は大きな粒子で計算して空間解像度が粗く、右側は小さな粒子を用いて空間解像度を細かくしています。両者は流入境界条件を介して連成しています。粒子法においても空間解像度を変化させたいとのニーズは強く、本手法はこれを比較的簡単なアルゴリズムで実現するもので、実用性が高い技術です。



図 4 空間解像度を変えた粒子法

第 2 の研究テーマは、新しい問題への粒子法の適用に関するものです。粒子法は様々な産業の問題に適用されるようになり、新しい計算モデルの開発や実現象との定量的比較による妥当性確認が求められています。図 5 は粒子法による回転槽内の流動解析の例です<sup>(2)</sup>。回転槽内には 4 枚のバッフル板が設置されていて、これらは厚みがない板として扱われています。これまでの粒子法では壁境界条件を与えるために壁粒子を用いていましたが、そうすると粒子の大きさの厚さが生じてしまいます。実際の回転槽では厚さがほぼ無視できる程度の薄い板が用いられることが多く、これを適切に表現する壁境界条件が求められています。

第 1 のテーマと第 2 のテーマは独立しているわけではなく、計算手法に対するニーズは、解きたい新たな問題によってもたらされる場合がほとんどです。粒子法の研究は、手法開発が新たな適用先を生み、それによって手法開発に対する新たなニーズが生まれる、というスパイラル的な発展の段階に達しています。

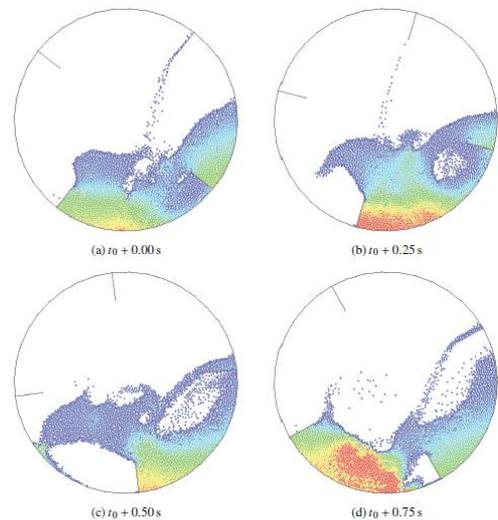


図 5 薄肉の壁境界条件を用いた回転槽内の流動解析

さらに「人の役に立つシミュレーション」を研究の方針にしています。図 6 は東日本大震災において発生した津波によって、福島第一原子力発電所が浸水する様子を再現したシミュレーションです<sup>(3)</sup>。実時間で 1,800 秒の挙動を、京コンピュータの 4,800 ノードを用いて 40 時間で計算したものです。粒子間距離を 1m として、約 2 億 5 千万個の粒子が使われています。津波シミュレーションは防災に役立ちます。

粒子法(MPS 法)はベンチャー会社により商用化されて

います。研究成果は商用ソフトウェアを通じて社会に貢献しています。ただし、研究室の学生は商用ソフトウェアを使わず、自らプログラムすることでソフトウェア開発のスキルを身につけてもらうようにしています。



図6 東日本大震災における福島第一原子力発電所への津波遡上の再現シミュレーションと可視化

#### 参考文献

- (1) K. Shibata, S. Koshizuka and I. Masaie, "Reduction of Simulation Cost and Expression of Arbitrary Smooth Wall Boundaries for the MPS Method" 12th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XII), 6th Asia-Pacific Conference on Computational Mechanics (APCOM VI), Seoul, July 24-29, 2016, 150955.
- (2) 松永拓也, 柴田和也, 室谷浩平, 越塚誠一, "ミラー粒子境界表現を用いたMPS法による流体シミュレーション" 日本計算工学会論文集 Paper No.20160002 (2016).
- (3) S. Koshizuka, K. Murotani, Y. Nannichi, K. Shibata, E. Nagai, T. Fujisawa and A. Anju, "Three-dimensional Flooding Analysis in the Turbine Building of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant by the Tsunami of Great East Japan Earthquake Using Particle Method" Proc. 11th Int. Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, Operation and Safety (NUTHOS-11), Gyeongju, October 9-13, 2016, N11P0057.

## 第6回計算力学シンポジウムの参加報告

大西 有希 (東京工業大学)

2016年12月5日に日本学術会議講堂にて第6回計算力学シンポジウムが開催されました。計算力学関連の8学会から若手研究者が各1名ずつ講演発表を行う第I部、および計算力学参照基準についてのパネル討論を行う第II部で構成され、質疑と討論が行われました。

まず、第I部では次の8件の講演がありました。

- ・**講演1(日本計算数理工学会)** 大阪大学の奥村大先生のご発表で、ドット穴パターンを持つ板ゲル材料を膨潤させた際に起こる局所的な座屈不安定をFEMにより正確に予測するモデリング手法が紹介されました。
- ・**講演2(CAE懇話会)** 住友ゴム工業の内藤正登氏のご発表で、ミクロ、マクロ、およびマルチスケールの解析を通じて次世代の省エネタイヤが近年どの様に開発されているのが紹介されました。
- ・**講演3(日本機械学会計算力学部門)** 京都大学の山田崇恭先生のご発表で、複雑な3次元構造を持つ鋳造用金型をトポロジー最適化手法を用いて設計する最新の応用事例などが紹介されました。
- ・**講演4(日本計算工学会)** 東北大学の加藤準治先生のご発表で、結晶構造が制御可能な次世代金属3Dプリンタの性能を引き出すためのトポロジー最適化に対する取り組みなどが紹介されました。
- ・**講演5(日本計算力学連合)** 小生の発表で、超弾性や弾塑性など非圧縮性が現れる複雑形状物体の大変形を四面体要素を用いて高精度に解く最新の平滑化有限要素法の定式化と解析事例を紹介しました。
- ・**講演6(日本シミュレーション学会)** PExProCSの後藤和哉氏のご発表で、スーパーコンピューター「京」で多点拘

束を含む大規模解析を行う場合は陽的自由度消去法が有効であるとのベンチマーク結果などが紹介されました。

- ・**講演7(可視化情報学会)** NTTの八木佐也香氏のご発表で、要素間の交流や共起性の表現に用いられるstorylineを用いて気象データ等を可視化し、ビッグデータをより分かり易く直感的に理解する手法が紹介されました。
- ・**講演8(日本応用数理学会)** 筑波大学の高安亮紀先生のご発表で、微分方程式の解が爆発するか否か、またいつ爆発するのかを精度保証付き数値計算を用いて高精度に予測するアプローチが紹介されました。

次に、第II部のパネル討論では明治大学の萩原一郎先生、東京大学の越塚誠一先生、ダイキン情報システムの平野徹氏がパネラーとして登壇し、現在日本学術会議において作成が進められている「計算力学参照基準」に関する発表と討論が行われました。計算力学の今後のあり方について技術者倫理の面なども加味した議論が繰り広げられました。

各学会からの若手代表の皆様のご発表はいずれも先駆的で勉強になるものが多く、発表後に噛み合ったディスカッションが出来たことが何より有意義で理解が深まりました。計算力学参照基準については勉強不足のため討論には参加出来ませんでした。参照基準作成の意義と難しさの一端を感じ取ることが出来ました。研究者の横の繋がりが得られると共に計算力学研究の社会的役割について考える機会を与えて頂きました皆様にこの場を借りて感謝申し上げます。



写真1 総合司会の吉村先生(左)と開会の辞の矢川先生(右)



写真3 第II部登壇の先生方(萩原先生は閉会の辞もご担当)



写真4 集合写真



写真2 第I部登壇の先生方

編集責任者

西脇 眞二 (京都大学)

山田 崇恭 (京都大学)