

2022 JACM 総会のご案内

岡田 裕 JACM 会長 (東京理科大学)

例年、JACM は IACM 関連の計算力学会議開催に合わせて、JACM 総会を開催してきておりますが、一昨年、昨年ともに本年は関連国際会議がいずれもオンライン開催となったためオンライン (Zoom) にて JACM 総会を開催してまいりました。しかし、本年は新型コロナウイルス感染症流行が終息しつつありますので、対面・オンライン (Zoom) のハイブリッドにて JACM 総会を開催することと致しました。

記

2022 年 JACM 総会のご案内

日時：2022 年 9 月 17 日(土) 13:30～16:45

場所：

- ・東京理科大学森戸記念館第 1 会議室
東京都新宿区神楽坂 4-2-2

地図、案内：

<https://www.tus.ac.jp/tuslife/campus/facility/>

- ・Zoom 遠隔 (オンライン参加の皆様には Zoom リンクを後日お知らせします。)

参加費：無料

第二部 JACM 20 周年記念 特別講演 (15:15～16:45)

東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻 吉村忍教授 (JACM 元会長、2011 年 JACM CM 賞受賞)
JACM の 20 年の歩みと今後への期待

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻 高木周教授 (2021 年 JACM CM 賞受賞)
流体力学における自由境界問題と数値計算手法の選定について

懇親会：

時間：総会終了後～1 時間半程度

場所：会場近隣を予定

会費：別途申し受けます

実施するかどうかについては後日お知らせする予定です。

問い合わせ先：JACM 事務局 jim@ja-cm.org

第一部 2022 JACM 総会(13:30～15:00)

議題：

- (1) 岡田会長挨拶
- (2) 名誉員証授与式
- (2) 2022 年 JACM Award 授賞式
- (3) 年間活動報告
- (4) 今後の活動計画
- (5) その他

以上

JACM 賞受賞者セミナーシリーズ開催報告

岡田 裕 JACM 会長 (東京理科大学)

第2回 JACM 賞受賞者セミナーの開催報告を致します。2022年3月17日(木)夕刻に第一回を開催しました。これは、JACM 賞受賞者の皆様の最新の研究成果を JACM 会員の皆様と共有する目的の下、JACM (Japan Association for Computational Mechanics) の新しい取り組みとして開始したセミナーシリーズ第2回目になります。今後、年3回程度、最近の JACM 賞受賞者の方々にご講演をお願いし、オンライン形式で開催していきます。なお、新型コロナウイルス感染症終息後は対面・オンラインハイブリッド形式として、講演終了後に簡単な懇親会を開催することで、ばらんな意見交換と研究交流の場になることを期待しています。

第二回目は下記の内容にて開催いたしました(写真1)。

日時: 3月17日(木) 17:00-19:00

場所: オンライン開催

1. 開会あいさつ JACM 会長、東京理科大学 岡田裕

2. 2018 JACM YIA 柴田和也氏

(東京大学大学院工学系研究科 システム創成学専攻 准教授)

粒子法の可変解像度の流体解析手法とその工学的応用

3. 2021 JACM YIA Shunhua Chen 氏

(School of Marine Engineering and Technology, Sun Yat-sen University, China, Associate Professor)

Fracture simulations of laminated composite structures subjected to various loading conditions

4. 閉会あいさつ JACM 副会長、早稲田大学 滝沢研二

第2回目は約30名の方々にご参加いただいています。柴田和也先生と Shunhua Chen 先生から粒子法や粘着要素による最先端の解析事例をご紹介下さいました。内容については、本号の記事としてご寄稿頂いた記事をご覧ください。JACM 総会が9月に予定されておりますので、次回は2022年12月に予定しております。今度こそ、対面・オンラインハイブリッド開催をたく考えています。ぜひご参加下さいませようお願い致します。

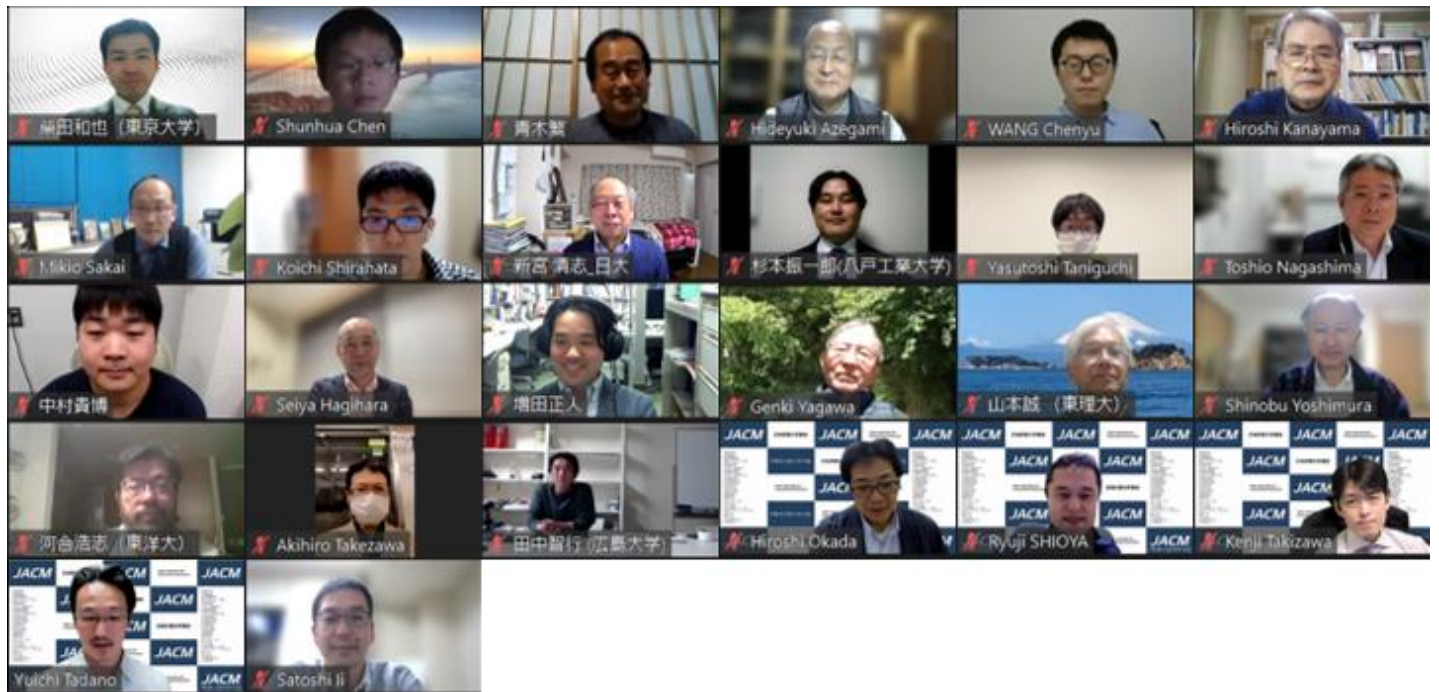


写真1 参加者集合写真

粒子法の可変解像度の流体解析手法とその工学的応用

Multi-resolution particle methods for fluid analysis and their applications in engineering

柴田 和也 (東京大学)

2022年3月17日にオンラインで開催されたJACM受賞者講演会において講演した要旨を報告する。

1. はじめに

MPS法やSPHなどの粒子法は自由表面流れの数値解析を得意としており、自由表面の大変形や分裂などを容易に計算できるという利点がある。ただし、自由表面流れの解析において空間解像度を局所的に変更することは、粒子の粗密による不安定性や計算誤差が生じやすくなり粒子法にとって難しい。そのため、通常の粒子法計算では計算領域全体に渡って均一な大きさの粒子(計算点)を使用することが多い。

流体現象の詳細を把握するためには、小さな粒子を用いる必要があることが多い。均一な大きさの粒子を計算領域全体に渡って使用する場合は、小さな粒子径の粒子を用いると粒子数が膨大になり、計算時間が長時間になる問題がある。そこで近年、空間解像度を局所的に変更可能な粒子法(可変解像度粒子法)^[1~9]が開発されている。その多くは、あらかじめ大きさの異なる粒子を配置しておく方法や、粒子を分裂・合体させる手法である。

2. 提案手法

著者らが提案した可変解像度粒子法は、大きく分けて2つある。1つは楕円体粒子モデル^[10]である。これはx, y, z軸の各方向に異なる径を持つ粒子のモデルである。座標変換を用いることで、通常の粒子法の計算プログラムを大きく変更することなく、ある座標軸方向の空間解像度を変更可能にしている点に特徴がある。

2つ目の可変解像度手法は、重合粒子^[11]と名付けた手法であり、計算領域を複数の小領域に分割し、小領域ごとに異なる粒子径を用いて計算する。各領域内においては均一の粒子径の粒子を用いる。小領域の端部同士をある距離だけ重ね合うように配置しており、小領域の端部において、小領域同士が接続されるよう内挿によって得られた速度分布と圧力分布を境界条件として与えるとともに、粒子を生成・削除することで粒子を流入・流出させる。各小領域内では均一の粒子径となるため、粒子の粗密に起因する計算誤差や計算の不安定性が生じにくいという長所がある。

3. 応用例

3.1 船舶に加わる波浪荷重の数値解析^[12]

楕円体粒子モデルと重合粒子という2つの可変解像度手法をMPS法に適用し、船舶に加わる波浪による衝撃荷重を計算した。結果、開発した計算手法を用いて求めた船首部に加わる波浪による圧力は実験値に近く、必要な粒子数を削減できることを示した。

3.2 流体潤滑解析^[13]

可変解像度手法の1つである重合粒子を用いて流体潤滑現象を効率的に計算する手法を開発した。2次元円筒/平面滑り軸受の計算を行い、圧力分布が理論解とほぼ一致することを示した。また、重合粒子法により、計算コストを低減できることを示した。

4. おわりに

可変解像度手法により粒子法の計算時間の大幅な短縮が可能となり、粒子法の実用性が向上したことについて紹介した。

謝辞

The JACM Computational Mechanics Award を2018年度に授与いただいた。また、本講演で紹介した研究は科学研究費補助金(基盤(C), 18K04576)の助成を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] Z. Tang, D. Wan, G. Chen, Q. Xiao, Numerical simulation of 3D violent free-surface flows by multi-resolution MPS method, *Journal of Ocean Engineering and Marine Energy*, 2 (2016) 355-364.
- [2] D.A. Barcarolo, D. Le Touzé, G. Oger, F. de Vuyst, Adaptive particle refinement and derefinement applied to the smoothed particle hydrodynamics method, *Journal of Computational Physics*, 273 (2014) 640-657.
- [3] X. Chen, Z.-G. Sun, L. Liu, G. Xi, Improved MPS method with variable-size particles, *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 80 (2016) 358-374.
- [4] M. Tanaka, R. Cardoso, H. Bahai, Multi-resolution MPS method, *Journal of Computational Physics*, 359 (2018) 106-136.
- [5] Wei Hu, et al., A consistent multi-resolution smoothed particle hydrodynamics method, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 324 (2017) 278-299.
- [6] L. Chiron, G. Oger, M. de Lefeffe, D. Le Touzé, Analysis and improvements of Adaptive Particle Refinement (APR) through CPU time, accuracy and robustness considerations, *Journal of Computational Physics*, 354 (2018) 552-575.
- [7] P.N. Sun, A. Colagrossi, et al., Multi-resolution Delta-plus-SPH with tensile instability control: Towards high Reynolds number flows, *Computer Physics Communications*, 224 (2018) 63-80.
- [8] Balázs Havasi-Tóth, Particle coalescing with angular momentum conservation in SPH simulations, *Computers & Fluids*, 197 (2020) 104384.
- [9] Xiaoxing Liu, Shuai Zhang, Development of adaptive multi-resolution MPS method for multiphase flow simulation, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 387 (2021) 114184.
- [10] K. Shibata, S. Koshizuka, I. Masaie, Cost reduction of particle simulations by an ellipsoidal particle model, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 307 (2016) 411-450.
- [11] K. Shibata, S. Koshizuka, T. Matsunaga, I. Masaie, The overlapping particle technique for multi-resolution simulation of particle methods, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 325 (2017) 434-462.
- [12] 柴田和也, 前田智紀, 馬場禎男, 金井健, 三段階の双方向重合粒子による可変解像度粒子法を用いた船舶に加わる波浪荷重の数値解析, 日本船舶海洋工学会春季講演会, 2021年6月1日.
- [13] D. Yamada, T. Imatani, K. Shibata, et al., Application of improved multiresolution technique for the MPS method to fluid lubrication, *Comp. Part. Mech.*, 9 (2022) 421-441.

Development of cohesive zone-based algorithms for impact failure of laminated glass structures

Shunhua Chen (Associate Professor, Sun Yat-sen University, China)

Laminated glass structures that are comprised of several glass layers bonded by plastic interlayers have found widespread applications in various engineering fields, e.g., automotive, architectural, and marine industries. Such structures are normally regarded as safety components, as the structures can absorb some impact energies and keep most of the glass shards adhered to the plastic interlayers for impact contact scenarios. Increasingly, numerical simulations have been advocated as a main approach for impact failure analyses of laminated glass. However, the impact failure phenomena of laminated glass are quite complicated and normally involve glass fracture, glass/interlayer debonding, and non-smooth contact interactions between cracks, thereby posing significant challenges for numerical simulations. To date, various numerical algorithms, e.g., the element deletion method, the combined discrete/finite element method, the extended finite element method, and the peridynamic method, have been developed and adopted for the application of interest. In this regard, the author and his co-workers have developed novel cohesive zone-based algorithms to accurately reproduce the progressive impact failure behavior of laminated glass. The main research works have been published on *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* (2015, 294: 72-99), *Composite Structures* (2016, 138: 1-11; 2019, 229: 111406; 2021, 256: 113112), *Computers & Structures* (2019, 215: 80-97), *Composites Part B: Engineering* (2017, 122: 47-60), *International Journal of Impact Engineering* (2019, 126: 147-159; 2020, 141: 103577; 2020, 141: 103564; 2022, 163: 104187), and *International Journal of Computational Methods* (2018, 15(08): 1850077), and the achievements can be summarized as follows.

Firstly, a series of novel cohesive zone models that can provide an efficient and effective way to model challenging crack behaviors have been developed to describe the two main failure patterns, i.e., glass fracture and glass/interlayer debonding, of laminated glass subjected to impact loadings. In our works, considering the structural characteristic of laminated glass plates, we started by developing intrinsic and extrinsic models in conjunction with solid-shell and shell elements for glass cracking. As for the debonding, we developed facet- and nodal-based intrinsic models that could effectively deal with the debonding between material layers (e.g., glass and interlayer) with large modulus mismatch, which allowed the use of non-matching cohesive elements. In order to address the artificial compliance issue, a nodal-based Lagrange multiplier/cohesive zone model was developed, where the continuities across material interfaces were effectively enforced via Lagrange multipliers at finite element nodes before the onset of interfacial cracking. In addition, a nodal-based extrinsic model was proposed, and numerical results showed that the novel model was computationally more efficient than traditional intrinsic models. Another novelty of this model is that it can effectively address the time continuity problem arising in conventional extrinsic models. Some of the results are shown in Figure 1.

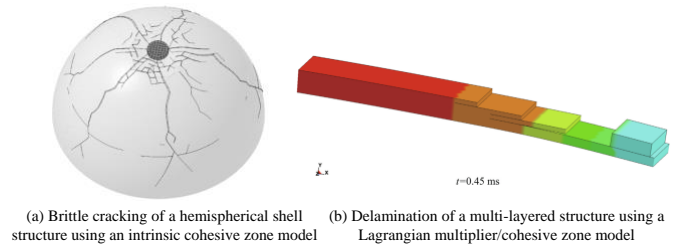


Figure 1: Brittle cracking and delamination simulations.

Secondly, contact algorithms have been developed in the context of cohesive crack modeling. In view of the adaptive insertion of extrinsic cohesive elements, an efficient global contact search algorithm including a regular search and an adaptive search was developed. As the contact interactions between cracks and fragments are typically non-smooth and multiple collisions among glass fragments are involved, the traditional segment-based contact algorithms are not sufficient. A robust local search algorithm was therefore developed, which facilitated the judgements of node-face and edge-edge contacts with a unified inside-outside approach. In the context of extrinsic cohesive modeling, an unphysical phenomenon called contact force jump may happen with the classical node-to-segment contact treatment, and thus mortar-based contact algorithms have been developed. In addition, contact algorithms were coupled with cohesive elements to achieve a smooth transition from cohesive cracking to pure contact sliding.

Thirdly, the impact failure behaviors of laminated glass have been thoroughly investigated via the developed cohesive zone-based numerical algorithms. We established high-fidelity finite element models for laminated glass, where glass/interlayer bonding was described via cohesive zone models as well. Our simulation results were found in good agreement with corresponding experimental data in terms of failure patterns and impact force histories. The propagations of stress waves of the laminated glass during the crack process were numerically illustrated, and the glass-ply cracking mechanism was revealed. The effects of interlayer film, the adhesion, impact velocity, and impact angle on impact failure behavior and energy absorption of laminated glass have been numerically investigated. Some of the results are shown in Figure 2. The numerical conclusions can be useful for the structural design of laminated glass structures.

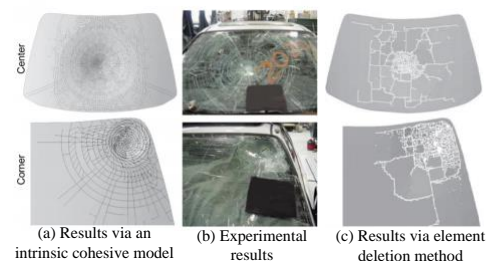


Figure 2: Comparisons of numerical and experimental results

編集責任者

滝沢 研二 (早稲田大学)