

2025 JACM 総会のご案内

萩原 世也 JACM 会長 (佐賀大学)

日頃、JACM活動につきましてはご支援・ご協力をいただき大変ありがとうございます。

2025年JACM総会を対面・オンライン (Zoom) のハイブリッド形式にて開催する予定です。

第一部を通常の総会として名誉員証授与式やJACM Award 授賞式、2024年度報告、2025年度計画等の報告を行い、第二部はJACM賞受賞者セミナーとして過去にJACM賞を受賞された方の学術講演をしていただく予定です。本年は、2024年The JACM Young Investigator Awardを受賞された松永拓也先生 (東京大学) と2023年The JACM Computational Mechanics Awardを受賞の酒井幹夫先生 (東京大学) にご講演をお願いしています。

セミナー終了後には、会場にて簡単ですが情報交換会を予定しております。後日、出欠・オンライン参加をお伺いしますので、ご予定いただければと思います。

2025 年 JACM 総会

日時：2025 年 9 月 6 日(土) 13:30～17:00

会場：早稲田大学グリーン・コンピューティング・システム研究機構 40 号館 1 階 102 室プレゼンテーションルーム
※Zoom によるハイブリッド開催

参加費： 無料、情報交換会費は別途申し受けます

第一部 2025 JACM 総会 (13:30～15:00)

名誉員証授与式、2025 年 JACM Award 授賞式、2024 年度報告、2025 年度計画等

第二部 JACM 賞受賞者セミナー (15:00～17:00)

情報交換会 (17:00～19:00)

JACM 賞受賞者セミナーシリーズ開催報告

和田 義孝 JACM 副会長（近畿大学）

JACM では、JACM 賞受賞者の最新の研究成果を会員の皆様と共有することを目的として、受賞者セミナーを開催しております。JACM 総会時を含め、年に 2 回程度、最近の JACM 賞受賞者の方々にご講演をお願いし、実施しております。

第 7 回 JACM 賞受賞者セミナーは、2025 年 3 月 1 日（土）に近畿大学東大阪キャンパス ブLOSSOMカフェ 3 階多目的ホールにて、対面・遠隔のハイブリッド形式で開催いたしました。今回は、2023 年 Young Investigator Award 受賞者の矢地謙太郎先生（大阪大学 准教授）と、同年 Computational Mechanics Award 受賞者の池田徹先生（鹿児島大学 教授）にご講演いただきました。講演内容につきましては、ご寄稿いただいた記事をご覧ください。大変興味深いご講演を賜り、活発な質疑応答も行われまし

た。

次回のセミナーは、2025 年 9 月 6 日の開催を予定しております。引き続き、皆様の積極的なご参加を心よりお待ちしております。



矢地 謙太郎先生(大阪大学) 池田 徹先生(鹿児島大学)

かたちの交叉を駆動力とする進化的トポロジー最適化

矢地 謙太郎 (大阪大学)

はじめに

トポロジー最適化は、設計領域内の材料分布を高自由度に最適化し、従来の経験則に依存せず斬新な構造形態を創出できる設計手法として発展してきました[1]。近年では、構造問題にとどまらず、熱・流体・電磁場やそれらが連成するマルチフィジックス問題、さらに積層造形との融合といった幅広い分野へと応用の裾野が広がっています。我々の研究グループでは、図1に示すような流体設計問題を中心に研究を推進してきました。

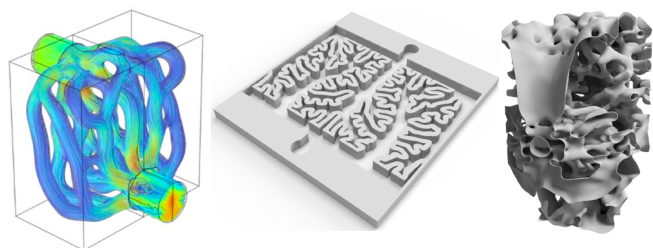


図1: トポロジー最適化の応用

一方、従来のトポロジー最適化の多くは勾配法を基本とするため、多峰性の強い設計空間では性能の劣る局所解に陥りやすいという限界があります。特に最大応力最小化問題や乱流熱伝達問題では、評価関数が強い非線形性や不連続性を有するため、初期値依存性が大きく、解探索が困難であることが知られています。また、大域的な探索を可能とする遺伝的アルゴリズムなどの進化的アルゴリズムは、次元の呪いにより計算コストが急増するため、非勾配型トポロジー最適化は依然として適用範囲が限定的となっています。

進化的トポロジー最適化の枠組み

このような背景から本研究では、進化的アルゴリズムの思想を取り入れ、「かたち」を交叉させながら進化的に探索するトポロジー最適化の枠組みを提案しています[2,3]。その基盤技術として、生成モデルである変分オートエンコーダや、今回は新たに最適輸送理論を導入しました。これらの特徴は、親個体の材料分布をモーフィングさせることで、その中間的な形態を子個体として生成・活用する点にあります。このアプローチにより、勾配計算を必要とせず、高自由度な形態の進化的探索が可能となります。

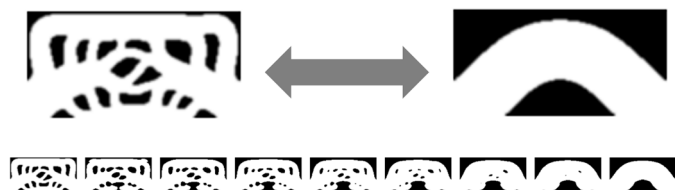


図2: 最適輸送理論によるかたちの交叉

応用事例

本講演では主に以下の事例を紹介しました。

(1) 乱流熱伝達場の設計: 簡易最適化モデル (Darcyモデル) と評価モデル (乱流モデル) を組み合わせ、実用的な設計手法として提案手法を適用しました。最適輸送補間の導入により、従来補間法に比べて熱性能と圧損低減の両立を達成できることを示しました。

(2) 非均質化によるマルチスケール最適設計: マクロとミクロの両スケールに対し生成モデルを構築することで、図3のようにラティスを組み込んだインフィル構造の高強度設計へ展開できることを示しました。

(3) 意匠性を考慮した形態設計: 感性工学的指標を取り込んだ生成モデルにより、意匠性と機能性を両立する設計提案も可能となることを示しました。



図3: インフィル構造の高強度設計

おわりに

かたちの交叉を駆動力とする進化的トポロジー最適化は、従来法では扱いが困難であった評価関数下での形態創成に新たな可能性を拓くものです。今後は、制御系との同時最適化 (Control Co-Design) や人工生命 (Artificial Life) など、動的な系への展開を目指しています。

トポロジー最適化はまさに新たな発展段階に入りつつあり、本講演が今後の技術進展の一助となれば幸いです。

この度 The JACM Young Investigator Award という栄誉ある賞を賜り、これまでご指導くださった先生方、共同研究者の皆様、日々ともに研究に励んでいる学生の皆さんに深く感謝いたします。また、発表の機会をいただきました JACM 関係各位にも心より御礼申し上げます。今後もさらなる研究の深化に努めてまいります。

参考文献

- [1] 西脇眞二, 泉井一浩, 菊池昇, 「トポロジー最適化」, (2013), 丸善出版.
- [2] S. Yamasaki, K. Yaji, K. Fujita, "Data-driven topology design using a generative model", Struct. Multidisc. Optim., 64(3)(2021)1401–1420.
- [3] K. Yaji, S. Yamasaki, K. Fujita, "Data-driven multifidelity topology design using a generative model: Application to forced convection heat transfer problems", Comput. Methods Appl. Mech. Eng., 388(2022)114284.

界面破壊力学の発展と現在

池田 徹 (鹿児島大学)

2025 年 3 月に開催された JACM 受賞者セミナーシリーズにおいて講演した内容を報告します。

はじめに

これまでに、均質体中き裂や異種材界面き裂周りの特異応力場に関しては多くの研究が行われている。Williams⁽¹⁾ はき裂や角部の周りの特異応力場が、固有値展開の形で表現されることを示した。この理論は、その後の界面き裂や接合角部周りの特異応力場を議論する基礎となっている。

異種材界面き裂の研究

界面き裂については、60 年代より接合された等方弾性体の界面き裂について多くの研究が行われている。Erdogan⁽²⁾によって、その応力拡大係数が提案され、異種等方弾性体の界面き裂近傍の特異応力場が多くの研究者によって研究された。

界面き裂は本質的に常に混合モードとなるため、混合モードの応力拡大係数がどのように振る舞うかを知ることが重要となる。我々もこの界面き裂の混合モード応力拡大係数の境界要素法による解析手法の開発⁽³⁾、混合モード界面き裂の破壊じん性値の計測⁽⁴⁾、混合モード界面き裂の進展方向の屈曲理論の提案⁽⁵⁾を行っている。

2 次元の異方性異種材界面き裂についても多くの研究が行われたが、最終的に Stroh Formalism⁽⁶⁾に基礎を置いた、Hwu⁽⁷⁾による応力拡大係数の定義が最も洗練され、かつ実用的であると考えられる。著者らも、重ね合わせの方法に基礎をおいた M-integral を有限要素法に適用して、Hwu の定義にしたがった応力拡大係数を解析する手法を提案している⁽⁸⁾。また、この方法は、なめらかなき裂前縁をもつ 3 次元き裂に拡張された⁽⁹⁾

2 次元の異方性異種材接合角部の特異性応力場と応力拡大係数の研究

き裂だけでなく、多数の異方性異種材料が接合した接合角部の応力特異性についても多くの研究が行われている。

Hwu ら⁽¹⁰⁾は、この異方性異種材接合角部周りの特異性応力場を Stroh Formalism を利用してより洗練された方法で解析できる Key matrix 法を提案し、さらに等方均質体中のき裂の応力拡大係数とも互換性のある、異方性異種材界面角部の応力拡大係数の定義を提案している⁽¹¹⁾。Nomura ら⁽¹²⁾は、ほぼ同時に、類似の応力拡大係数の定義を提案するとともに、H-integral を用いた熱応力下の応力拡大係数の解析手法も提案した。Hwu らの定義⁽¹¹⁾はより厳密であるが、応力特異性指数の数だけ応力拡大係数の組が存在するため、最も厳しい応力特性指数だけで、特異応力場が近似できない場合、応力拡大係数の数が多くなってしまう。これに対して、Nomura らの定義⁽¹²⁾は、全ての応力特異性指数の影響を 3 つの応力拡大係数に繰り込んでいるので、厳密性では Hwu らの定義に劣るが、より現実の異方性異種材角部の破壊の評価に適用し易いという意味で実用的である。

通常の界面き裂や角部周辺の特異応力場だけでなく、圧

電効果を考慮した特異性応力場の研究も数多く行われている。ここでも Hwu が Stroh Formalism を圧電材料に拡張し⁽¹³⁾、これを用いた、圧電材料間の界面接合き裂と接合角部のより洗練された応力拡大係数の定義を提案している⁽¹⁴⁾。

Abe ら⁽¹⁵⁾は、この定義および、この定義を Nomura らの定義⁽¹²⁾に適用した応力拡大係数を H-integral を用いて解析する手法を提案している。

鋭い 3 次元異方性異種材接合角部の特異性応力場と応力拡大係数の研究

また、上記で述べた応力拡大係数および、これを用いた漸近解で示される特異応力場は、2 次元およびなめらかなき裂もしくは角部の前縁を持つ 3 次元問題について、適応可能であった。しかし、多くの 3 次元構造物では、3 次元形状の鋭い角部から破壊が生じる例が多い。このような鋭い 3 次元角部に対しては、2 次元の応力関数である Stroh Formalism が使用できない。そこで、Williams⁽¹⁾の固有値展開法を用いるための固有値解析の方法として、Peageau ら⁽¹⁶⁾は、有限要素法を用いた固有値解析手法を開発した。この方法では、特異性の指数である固有値と固有関数が求められるが、遠方の境界条件に依存するスカラーパラメーターを求めることはできない。そこで、Koga ら⁽¹⁷⁾は H-integral を用いて、複素数を含めた全ての特異性指数に対応したスカラーパラメーターを求める手法を提案している。さらに、Abumi ら⁽¹⁸⁾は、この手法を熱応力に対応する様に改良した。また、Luangrampa ら⁽¹⁹⁾は、圧電問題に対応したスカラーパラメーターを求める手法を開発している。

これらの鋭い 3 次元異方性異種材接合角部のスカラーパラメーターは、応力拡大係数とは異なり、均質体中のき裂の応力拡大係数との間の互換性がない。言い換えると、その界面に関する 3 つの変形モードに対応している訳では無いので、強度評価に使用するには適当で無い。そこで、Ibrahim ら⁽²⁰⁾は均質体中のき裂の応力拡大係数とも互換性のある、鋭い 3 次元異方性異種材接合角部の応力拡大係数の定義を提案し、この応力拡大係数によって示される漸近解が接合角部周りの応力場を精度良く近似できることを示した。また、Ikegiri ら⁽²¹⁾は、この応力拡大係数を圧電材料に機械的・熱的・電氣的負荷が作用した場合に拡張し、鋭い 3 次元角部周りの応力拡大係数の分布を求めている。これにより、鋭い 3 次元異種材接合角部のどの方向にはく離が生じやすいかといった、より定量的な評価が可能になった。

この応力拡大係数は、2 次元異方性異種材接合角部から、均質体中のき裂に至るまで、全ての応力拡大係数と互換性がある。このとき、球座標の赤道面にある界面にとり、 φ 座標を変化させながら応力拡大係数の変化を見ることができ、角部周りの各界面上の応力拡大係数の分布を求めることができる。図 1 のモデルの 1/4 モデルを示したものが図 2 と図 3 である。二つの角部 Point A, Point B の周りの α, β, γ および $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\gamma}$ に沿っての応力拡大係数の分布を求

めた。

このとき、球座標の赤道面にある界面にとり、 φ 座標を変化させながら応力拡大係数の変化を見ることにより、角部周りの各面上の応力拡大係数の分布を求めることができる。図2、3の二つの角部 Point A, Point B の周りの α , β , γ および $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, $\hat{\gamma}$ に沿っての応力拡大係数を求めた。

求めた応力拡大係数から、はく離と関係が深い K_I とせん断成分を二乗平均した $\sqrt{K_{II}^2 + K_{III}^2}$ を図4、5に示した。

図4と図5をみると、側面である β , $\hat{\beta}$ の両端の値が K_I , $\sqrt{K_{II}^2 + K_{III}^2}$ とともに大きい、この両端からはく離する可能性が高い。また、 $\hat{\beta}$ の両端の値の方が β 両端よりも値が高いため、この角部については、Point B の β 面の両端のエッジに沿ってはく離が進展するものと予測される。今後、実際の試験片のき裂進展観察を行い、予測の有効性を検証して行く予定である。

最後に

2023 年度に The JACM Computational Mechanics Award を受賞いたしましたこと、今回の発表の機会をいただきましたことを、関係各位の皆様にお礼申し上げます。この荣誉ある賞を受けることができたのは、これまでご指導いただいた先生方や研究室の学生の皆様のおかげです。現役生活も残り少なくなりましたが、最後まで、いただいた賞の名に恥じないよう、頑張りたいと存じます。

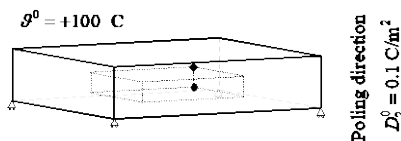


図1 樹脂に受け埋め込まれた圧電体。

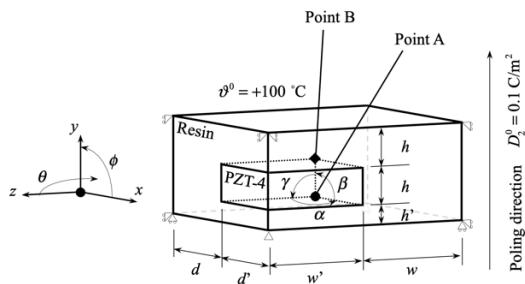


図2 図1の1/4モデル。

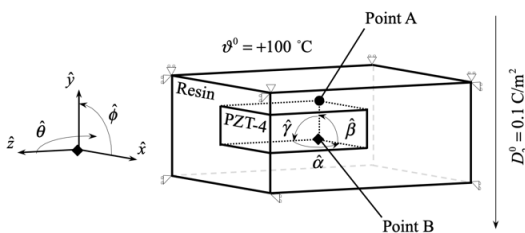


図3 図1の1/4モデル（図2を上下反転したもの）。

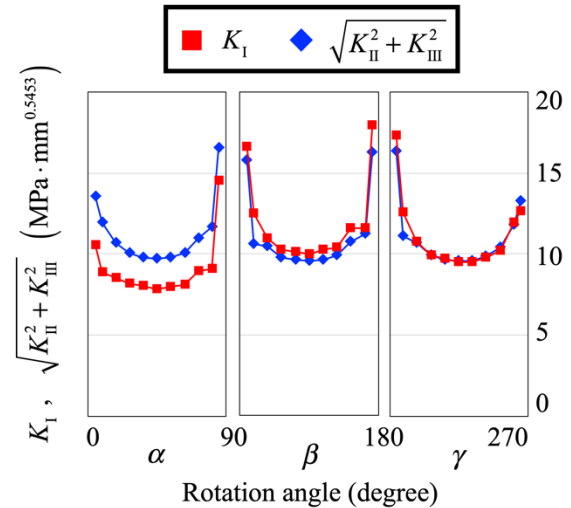


図4 Point A 周りの応力拡大係数の分布。

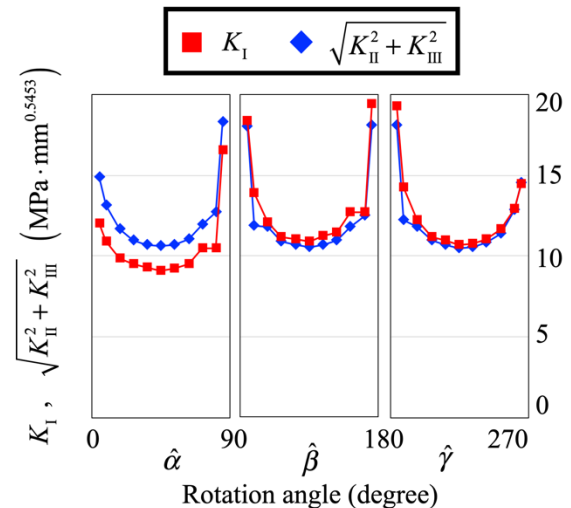


図5 Point B 周りの応力拡大係数の分布。

参考文献

- 1) Williams ML. Stress singularities resulting from various boundary conditions in angular corners of plates in extension. J Appl Mech 1952; 19: 526-528.
- 2) Erdogan F. Stress distribution in nonhomogeneous elastic plane with cracks. J Appl Mech 1963; 30: 232-236.
- 3) Miyazaki N, Ikeda T, Soda T, Munakata T. Stress intensity factor analysis of interface crack using boundary element method (Application of contour-integral method). Eng Frac Mech 1993; 45: 5: 599-610.
- 4) Ikeda T, Miyazaki N, Soda T. Mixed mode fracture criterion of interface crack between dissimilar materials. Eng. Frac. Mech. 1998; 59: 6: 725-735.
- 5) Ikeda T, Komohara Y, Nakamura A, Miyazaki N. Criteria for fracture and kinking of mixed mode interface crack, Trans JSME A 2000; 66: 644: 796-803.
- 6) Ting TCT. Anisotropic elasticity. Oxford University Press 1996.
- 7) Hwu C. Collinear cracks in anisotropic bodies, Int J Frac 1991; 52: 239-256.

- 8) Yamanaga K, Ikeda T, Miyazaki N. Stress intensity factor analysis of a crack on an interface between dissimilar anisotropic materials, *Trans JSME A* 2003; 69: 687: 1531-1538.
- 9) Nagai M, Yamanaga K, Ikeda T, Miyazaki N. Stress intensity factor analysis of an interface crack between anisotropic dissimilar materials under thermal stress. *Trans JSME A* 2006; 72: 715: 285-292.
- 10) Hwu C, Omiya M, Kishimoto K. A key matrix N for the stress singularity of the anisotropic elastic composite wedges. *JSME Int J A* 2003; 46: 40-50.
- 11) Hwu C, Kuo TL. A unified definition for stress intensity factors of interface corners and cracks. *Int J Solids and Struct* 2007; 44: 6340-6359.
- 12) Nomura Y, Ikeda T, Miyazaki N. Stress intensity factor analysis at an interfacial corner between anisotropic bimaterials under thermal stress. *Eng Frac Mech* 2009; 76: 2: 221-235.
- 13) Hwu C. Some explicit expressions of extended Stroh formalism for two-dimensional piezoelectric anisotropic elasticity. *Int J Solids and Struct* 2008; 45: 16: 4460-4473.
- 14) C. Hwu, T. Ikeda, "Electromechanical fracture analysis for corners and cracks in piezoelectric materials", *Int J Solids and Struct* 2008; 45: 22-23: 5744-5764.
- 15) Abe M, Ikeda T, Koganemaru M, Miyazaki N. Stress intensity factor analysis of a three-dimensional interfacial corner between anisotropic piezoelectric multi-materials under several boundary conditions on the corner surfaces. *Eng Frac Mech* 2017; 171: 1-21.
- 16) Pageau SS, Bigger SB. Finite element evaluation of free-edge singular stress fields in anisotropic materials. *Int J Numerical Methods in Eng* 1995; 38: 2225-2239.
- 17) Koga Y, Taguchi Y, Koganemaru M, Ikeda T, Miyazaki N. Development of the singular stress analyses for three-dimensional interfacial corners, *Trans JSME* 2017; 83: 845: No. 16-00382: 1-17.
- 18) Abumi Y, Kinose Y, Koga Y, Ikeda T, Koganemaru M. Analyses of the singular stress field around a 3D jointed corner of dissimilar anisotropic materials under thermal stress. *J Soc Mat Sci, Japan* 2021; 70: 5: 412-419.
- 19) Luangarpa C, Koguchi H, Evaluation of intensities of singularity at three-dimensional piezoelectric bonded joints using a conservative integral, *European J Mech/ A Solids* 2018; 72: 198-208.
- 20) Ibrahim O, Ikeda T, Koganemaru M. Unified definition of stress intensity factors at a sharp three-dimensional jointed corner. *Trans JSME* 2021; 87: 900: 1-14: DOI: 10.1299/transjsme.21-00112.
- 21) Ikegiri G, Ikeda T, Koganemaru M, Analysis of stress intensity factors at sharp 3D interface between dissimilar anisotropic materials under combined electric, thermal, and mechanical forces. *Proceedings of Mate* 2025; 283-288.

COMPSAFE 2025のご案内

萩原 世也 JACM 会長 (佐賀大学)

The 4th International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2025) が2025年7月1日 (火) ~4日 (金) に神戸国際会議場, 兵庫県神戸市で開催されます. この国際会議はThe Japan Society for Computational Engineering and Science (JSCES) and the Japan Association for Computational Mechanics (JACM)が共同で主催し, APACM Thematic Conference and an IACM

Special Interest Conferenceとして開催されます.

なお会議の詳細はWEBページ:

<https://www.compsafe2025.org>

に掲載されております.

JACM会員の皆様におかれてはCOMPSAFE2025に奮ってご参加の程お願いいたします.

APCOM-ACCM 2025のご案内

萩原 世也 JACM 会長 (佐賀大学)

The 9th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics/The 7th Australasian Conference on Computational Mechanics (APCOM-ACCM 2025) が2025年12月7日 (日) ~10日 (水) にBrisbane Convention & Exhibition Centre, Brisbane, Queensland, Australiaで開催されます.

会議の詳細はWEBページ: <https://www.apcom2025.org>に掲載されております.

JACM会員の皆様におかれてはAPCOM-ACCM 2025に奮ってご参加の程お願いいたします.

IACM 関連国際会議のご案内

萩原 世也 JACM 会長 (佐賀大学)

The International Association of Computational Mechanics (IACM)関連の国際会議 (WCCM, CFC, DTE, Special Interest Conference等)について
IACMのWEBページ: <https://iacm.info>

から申し込み期限等の情報を得ることができます.

JACM会員の皆様におかれましてはIACM関連の国際会議に積極的にご参加いただければと思います.