

早稲田大学 数物系科学拠点 数物系科学コース 修了報告書 (2021年9月~2024年3月)

数物系科学コース在籍期間 2021年9月~2024年3月

博士学位受領大学	取得学位名	区分(課程・論文)	受領年月日
早稲田大学	博士(工学)	課程	2024年3月15日

2021年9月進入

総合機械工学専攻 谷口 靖憲

I. 論文

1. Y. Taniguchi, K. Takizawa, Y. Otaguro, and T.E. Tezduyar, "A hyperelastic extended Kirchhoff–Love shell model with out-of-plane normal stress: I. Out-of-plane deformation", *Computational Mechanics*, **70** (2022) 247–280, doi: [10.1007/s00466-022-02166-x](https://doi.org/10.1007/s00466-022-02166-x).
2. Y. Taniguchi, K. Takizawa, Y. Otaguro, and T.E. Tezduyar, "A hyperelastic extended Kirchhoff–Love shell model with out-of-plane normal stress: II. An isogeometric discretization method for incompressible materials", *Computational Mechanics*, to appear, 2024.
3. H. Takeda, Y. Asai, S. Ishida, Y. Taniguchi, T. Terahara, K. Takizawa, and Y. Imai, "Isogeometric boundary element analysis of creasing of capsule in simple shear flow", *Journal of Fluids and Structures*, **124** (2024) 104022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2023.104022>.
4. Y. Asai, S. Ishida, H. Takeda, G. Nakaie, T. Terahara, Y. Taniguchi, K. Takizawa, and Y. Imai, "A computational model of red blood cells using an isogeometric formulation with T-splines and a lattice Boltzmann method", *Journal of Fluids and Structures*, **125** (2024) 104081, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2024.104081>.

II. 受賞歴

JSCES スカラーシップアワード (2023年度)

III. 研究発表

国際会議

1. Y. Taniguchi, K. Takizawa, and T.E. Tezduyar, "A hyperelastic Kirchhoff–Love shell model with out-of-plane normal stress", in *The 15th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XV) and the 8th Asia–Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM VIII)*, Online due to the COVID-19, (2022).
2. Y. Taniguchi, K. Takizawa, Y. Otaguro, and T. Tezduyar, "A hyperelastic extended kirchhoff–love shell model with out-of-plane normal stress: Comparison with the plane-stress model", in *Extended Abstracts of Advances in Computational Mechanics (ACM2023)*, Texas, USA, (2023).

国内会議

1. 谷口靖憲, 滝沢研二, and テズドゥヤー・タイフン, "Isogeometric 離散化に基づく面垂直応力の厚み方向変化を考慮した Kirchhoff–Love シェル定式化の検討", in 日本計算工学会 第26回計算工学講演会, Online due to the COVID-19, (2021).

2. 谷口靖憲, 滝沢研二, and テズドゥヤー・タイフン, “Isogeometric 離散化に基づく面垂直応力を考慮した Kirchhoff–Love シェル定式化 —平面応力シェルとの比較・検討—”, in 日本応用数理学会 2021 年度年会, Online due to the COVID-19, (2021).
3. 谷口靖憲, 滝沢研二, and テズドゥヤー・タイフン, “Isogeometric 離散化に基づく面垂直応力の厚み方向変化を考慮した Kirchhoff–Love シェル: 境界条件式に関する考察”, in 日本機械学会第 34 回計算力学講演会, Online due to the COVID-19, (2021).
4. 谷口靖憲, 滝沢研二, and テズドゥヤー・タイフン, “赤血球膜に対する Skalak 構成則による弾性体近似の妥当性検証”, in 日本機械学会 第 32 回バイオフロンティア講演会, Online due to the COVID-19, (2021).
5. 谷口靖憲, 滝沢研二, and テズドゥヤー・タイフン, “厚み方向垂直応力を考慮した拡張 Kirchhoff–Love シェルの定式化”, in 科学技術振興機構 若手数学者交流会 (第 3 回), Online due to the COVID-19, (2022).
6. 谷口靖憲, 滝沢研二, and テズドゥヤー・タイフン, “Skalak 構成則に基づく曲げ剛性を考慮した新しい赤血球膜モデル —静止形状解析による妥当性検証—”, in 日本機械学会 第 33 回バイオフロンティア講演会, 神戸, (2022).
7. 谷口靖憲, 滝沢研二, and テズドゥヤー・タイフン, “赤血球膜に対する膜圧を考慮したシェル理論に基づく定式化”, in 日本応用数理学会 第 19 回研究部会連合発表会, 岡山, (2023).
8. 谷口靖憲, 滝沢研二, 乙黒雄斗, and テズドゥヤー・タイフン, “厚み方向垂直応力を考慮した拡張 Kirchhoff–Love シェルによる非圧縮薄肉構造のアイソジオメトリック解析”, in 日本計算工学会 第 28 回計算工学講演会, 筑波, (2023).
9. 谷口靖憲, 滝沢研二, 乙黒雄斗, and テズドゥヤー・タイフン, “厚み方向垂直応力を考慮した拡張 Kirchhoff–Love シェルによる非圧縮薄肉構造の定式化—厚み方向垂直応力が曲げ剛性にもたらす効果についての考察—”, in 日本応用数理学会 第 20 回研究部会連合発表会, 長岡, (2024).

IV. 2023 年度の研究概要

2022 年度に定式化を論文発表した(論文 1)拡張 Kirchhoff–Love シェルモデルを、計算機に実装する手法を新たに開発した。非圧縮材料で構成された薄肉構造に対しては、非圧縮拘束条件によって厚み変化を表現する変数を消去し、厚み変化を含めたシェルの形状を基準面と呼ばれる 2 次元曲面によって完全に記述することに成功した。これにより、従来の平面応力シェルと同じ未知数において新たに「厚みの力学」を導入することが可能となり、厚み方向垂直応力を受けるような現象をより理論に忠実に表現することが可能となった。圧縮性材料で構成された薄肉構造に対しては、「体積膨張率」を一時的な未知数とした厚み方向の力学を解くことにより、基準面形状に対する厚みを局所的な情報のみで記述することを可能とした。これにより、圧縮性材料においても従来の平面応力シェルと同じ未知数において「厚みの力学」を導入することが可能となった。非圧縮性薄肉構造に対する計算手法に関する論文は既に査読を終えており、今後は新たに開発した圧縮性材料に対する計算手法の妥当性について、数値解析の側面から検証していく予定である。

V. 総括 (2021 年 9 月～2024 年 3 月)

本コース在籍中において、滝沢研二教授の下で「Kirchhoff–Love シェルに厚みの力学を導入し、さらにその計算方法を考察する」という内容の研究に主に取り組みました。特に、力学と変分法に基づく定式化を行いこれまでよりも力学的に妥当な定式化を実現するだけでなく、従来の計算負荷の枠組みの中で計算する手法を実現できた点に満足しています。それだけではなく過程において、拠点長の滝沢教授から有限要素法やアイソジオメトリック解析といった数値計算手法の実装方法や考え方を勉強する機会を頂いたことや、2023 年 8 月から 11 月にかけて、拠点のメンバーで計算力学分野のトップレベルの研究者である Tayfun E. Tezduyar 教授の下で、アメリカ・ライス大学における指導を受ける機会を頂いた点など、非常に有意義な経験であったと強く思います。アメリカ渡航中においては現地の国際会議に出席する機会を頂き、世界トップレベルの研究者の発表を直接聴講することが出来、さらにその中で自分も発表する機会を頂くなど、これ以上ない貴重な経験を数多くさせていただきました。拠点長の滝沢研二教授をはじめ、アメリカ渡航の手続きに非常に多くの時間を割いてくださった石崎由香利様、受け入れてくださり親身にご指導頂いた Tayfun E. Tezduyar 教授をはじめとする、拠点の皆様に感謝申し上げます。