

谷口 隆晴

神戸大学大学院システム情報学研究科
准教授

幾何学的離散力学を核とする
構造保存的システムモデリング・シミュレーション基盤

§ 1. 研究成果の概要

近年の工業製品は複雑・大規模な連成系としてモデル化されることが多いが、一般に、連成系のモデリングは難しい。また、モデルが構築出来たととしても、そのモデルに基づいてシミュレーションする際には、適切にシミュレーション手法を設計しなければ、計算が破綻してしまいやすい。本研究では、このような場合を想定し、幾何学的離散力学や計算代数学、データ駆動型モデリング手法などを組み合わせ、系の望ましい性質を再現するような、頑健なモデリング・シミュレーションフレームワークを構築することを目的としている。本年度の取り組みとしては、系の挙動を定めるラグランジアンと呼ばれる量が良い性質をもつ場合について、位置と速度を座標として記述して運動を記述する場合におけるディラック構造を定義し、運動方程式をディラック系の枠組みで定式化した。これは、連成系シミュレーションの力学についての基礎理論となる。また、位置座標のみで表すことが出来ないような拘束を受ける場合に理論を拡張した。また、自然系と呼ばれる、通常の Newton 力学で記述されるような系について、エネルギーを保った連成モデルの構成法と、それを保つシミュレーション手法の設計法を構築した。図 1 は構築した手法によるシミュレーション結果である。連成によって、片方から他方へのエネルギー伝達が行われていることなどが確認できる。

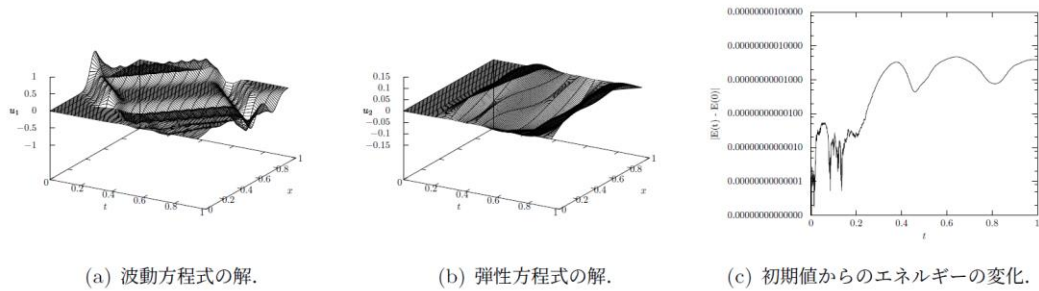


図 1：連成系に対する全エネルギーを保つモデリング・シミュレーション手法の適用例.

また、その他、計算代数学を用いてソフトロボットの解析・制御を行う手法の開発や、インパルス応答から計算代数を利用した構造的同定可能性解析手法を応用して系のパラメータを推定する手法、二元分割表に対するホロノミック勾配法と呼ばれる方法を利用するためのソフトウェアの開発と公開、不均質反応ダイナミクスのデータ駆動型モデリングなどを行った。

【代表的な原著論文】

1. Mizuka Komatsu, Shunpei Terakawa and Takaharu Yaguchi, “Energetic-Property-Preserving Numerical Schemes for Coupled Natural Systems”, Mathematics, vol. 8, 249, 2020
2. Hiroaki Yoshimura, “Dirac structures and Lagrangian systems on tangent bundles”, Symmetry and Singularity of Geometric Structures and Differential Equations, RIMS Kokyuroku No.2137, 2019.
3. Masaki Ito, Tatsu Kuwatani, Ryosuke Oyanagi, Toshiaki Omori, “Sparse Modeling of Nonlinear Dynamics in Heterogeneous Reactions”, Lecture Notes in Computer Science, vol. 11054, pp. 380-391, 2019

§ 2. 研究実施体制

(1) 谷口グループ

- ① 研究代表者: 谷口 隆晴 (神戸大学システム情報学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・離散ラグランジュ・ディラック力学によるエネルギー保存解法
 - ・自動離散微分による数値解法の自動導出
 - ・アルゴリズム的数値解析の基礎理論
 - ・実用性改善付き数値計算
 - ・微分同相群の部分群近似定理
 - ・乳がん診断システムや乱流計算等への応用, 企業との共同研究

(2) 吉村グループ

- ① 主たる共同研究者: 吉村 浩明 (早稲田大学理工学術院 教授)
- ② 研究項目
 - ・離散ラグランジュ・ディラック力学
 - ・ディラック系による様々なシステムのモデリング
 - ・非平衡熱力学への応用

(3) 大森グループ

- ① 主たる共同研究者: 大森 敏明 (神戸大学工学研究科 准教授)
- ② 研究項目
 - ・構造保存的システムモデリング
 - ・シンプレクティック・スパースモデリング
 - ・幾何学的構造を事前知識とするシステムモデリング

(4) 高山グループ

- ① 主たる共同研究者: 高山 信毅 (神戸大学理学部数学科 教授)
- ② 研究項目
 - ・モデリング・シミュレーションのための計算代数