

Society 5.0 を支える革新的コンピューティング技術
2019 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

戸川 望

早稲田大学 理工学術院
教授

地理空間情報を自在に操るイジング計算機の新展開

主たる共同研究者:

高山 敏典 (ゼンリンデータコム 技術本部 エキスパートエンジニア)

研究成果の概要

本研究では、Society5.0 の実現に不可欠な「地理空間情報処理」の高度化に焦点をあて、これを非ノイマン型計算機の一つとしてイジング計算機によって解決することを目的としたものである。

2022 年度においては戸川グループ・高山グループは以下の通り研究を実施し、特に、海外トップジャーナルに複数回採択され、プレス発表など積極的な成果発信も合わせて行った。

[戸川グループ]

① 地理空間情報ソフトウェア層

(1)複数の集積所を持つ容量制約付き配送計画問題の実イジング計算機による評価, (2)複数日にまたがる旅行計画問題の実イジング計算機による評価, (3)「新しい生活様式」のための密回避経路最適化問題の実イジング計算機による評価を行った。中でも(1)についてはスピン数を削減し、論理イジングモデルより物理イジングモデルを生成する手法(ランダムアニーリング), (2)については移動手段の最適化, (3)については混雑度の時間変化, 滞在時間変化を取り入れた問題解法を実現した。

② 地理空間情報量子計算理論

従来の量子アニーリングに加え、制約条件を満たす状態空間にのみ量子状態遷移を引き起こす量子ゆらぎを追加することや、実イジング計算機へ入力するイジングモデルの前処理に相当するエネルギー地形変換により、最適解獲得確率の向上を確認した。

③ 地理空間情報理想イジング計算機設計

地理空間情報処理に典型的な制約条件を実イジング計算機に効率的に組み込むための基礎理論としてスピン変数消去法の構築を行った。CREST 他チームとの連携により、マージ手法を組み込んだ実イジング計算機のためのアーキテクチャの設計・最適化を行った。

[高山グループ]

④ 地理空間情報アプリケーション層

イジング計算機を利用した最適配置アプリケーションに対し、2021 年度の試作を発展させ、多様な要件で利用可能な最適配置基盤を構築し、複数要件、複数地域に対応するように進展させた。実使用に資する API・ライブラリ開発を行った。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Tatsuhiko Shirai and Nozomu Togawa, "Spin-variable reduction method for handling linear equality constraints in Ising machines," IEEE Transactions on Computers, Early Access (DOI: 10.1109/TC.2023.3239539).
- 2) Tatsuhiko Shirai and Nozomu Togawa, "Multi-spin-flip engineering in an ising machine," IEEE Transactions on Computers, vol. 72, no. 3, pp. 759-771, 2023 (DOI: 10.1109/TC.2022.3178325).
- 3) Etsushi Saeki, Siya Bao, Toshinori Takayama, and Nozomu Togawa, "Multi-objective trip planning based on ant colony optimization utilizing trip records," IEEE Access, vol. 10, pp. 127825-127844, 2022 (DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3227431)