

どんな研究

道路や通信網などの社会インフラは、あるリンクに利用が集中すると混雑し所要時間といったコストが増えます。本展示では、各ユーザが**自分勝手に**経路やリンクの組合せを選択しても、結果的に**混雑せずにユーザのコストが低くなる**ような、最適な社会デザインを効率よく求める技術を紹介します。

どこが凄い

私たちは、社会デザインをどう変化させればよりコストが下がるかを**微分可能計算**という方法を用いて求める新手法を開発しました。また、膨大な数の経路を**二分決定グラフ**とよばれるデータ構造で圧縮し計算に用いることで、経路設定に限らない広い設定の問題を効率的に扱えるようになりました。

めざす未来

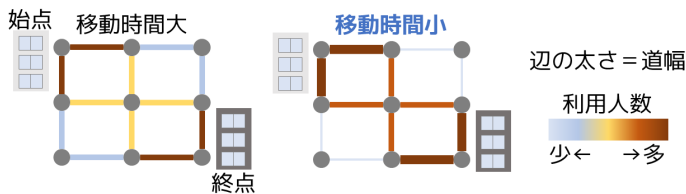
本技術により、例えば道路の改良や通信帯域の拡充などのネットワーク設計を通じて、**人流や通信網の混雑を減らす**ことに貢献できる可能性があります。また、我々の混雑状況計算手法は汎用的であり、組合せ最適化を含む機械学習の問題など、**より広範な分野への適用**が期待されます。

社会デザイン

道路の道幅・速度制限、通信路の通信帯域など、インフラ設計時に調整が利く部分

→ 調整して**インフラの混雑を抑えたい**

(例) 道幅を調整して移動時間を抑える



組合せ混雑ゲームと均衡状態

人々が自分勝手に道路ネットワーク等のインフラを利用する状況をモデル化

- 無数の人々が各々コストの小さい経路やリンクの組合せを選択
- リンクのコストは**通る人が多いほど増加**



均衡状態

プレイヤーが各々自分のコストを下げようとして至る状態
…どのプレイヤーのコストも等しく最小な状態



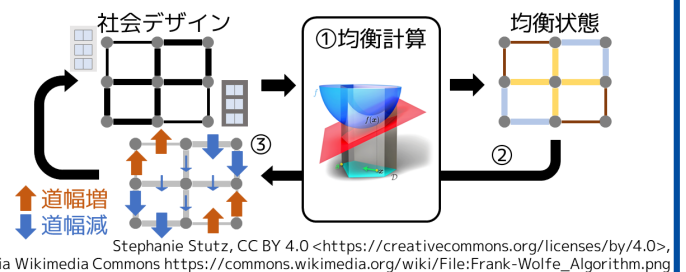
均衡状態の最適化

予算制約などの中で、**どう社会デザインを決めれば平等性を確保した上でもプレイヤーのコストが小さくなる?**

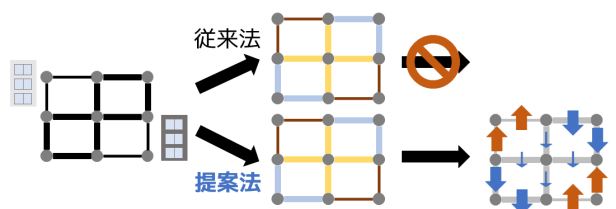
- 経路の数は膨大 → ある社会デザインの下で均衡状態を計算するのも難しい
- さらに、良い社会デザインを見つけ出す必要がある

提案法のポイント

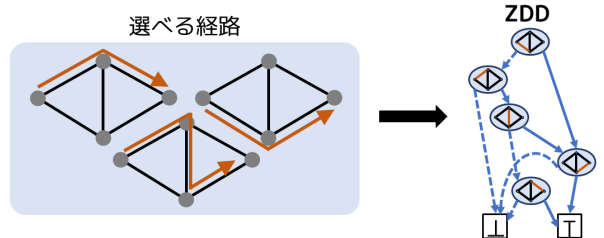
- ① ある社会デザインの下で均衡状態を計算
- ② 社会デザインの変化に対するコストの増減 (**微分**) を**均衡計算の過程を使って計算**
- ③ 微分をもとに社会デザインの変化を定めて更新を繰り返すことで良い社会デザインを求める



ポイント1: 社会デザインに対する微分の情報を計算できる均衡計算手法を開発し、**広い問題に適用可能**に



ポイント2: ゼロサプレス型二分決定グラフ(ZDD)を用いて選べる経路の共通部分をまとめて表現、圧縮したまま均衡計算に利用し、**高速計算が可能**に (例) 8,000兆個の経路を**1MB未満**で表現



関連文献

[1] S. Sakae, K. Nakamura, "Differentiable equilibrium computation with decision diagrams for Stackelberg models of combinatorial congestion games," in *Proc. 35th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 2021.

連絡先

中村 健吾 (Kengo Nakamura) 協創情報研究部 言語知能研究グループ
Email: cs-openhouse-ml@hco.ntt.co.jp