

07

みんなが協力せず勝手に急ぐとどうなる？

混雑ゲームの均衡計算

どんな研究

道路や通信などのネットワークでは、ある辺(リンク)を使う人が多いほどその辺は混雑し、コスト(所要時間)が大きくなります。ネットワークの各利用者が経路(辺の組合せ)を選ぶ際に、**誘導や制御がなく各々自分勝手にコストが小さい経路を選ぶ**場合、どの辺がどの程度混雑するか計算できます。

どこが凄い

素朴な方法では、全ての経路について確率の計算をすることになりますが、経路の数が膨大なため実用上は不可能でした。私たちは**二分決定グラフ**とよばれるデータ構造を用いて経路の集合を小さく表現することで、計算を高速化し、実用的な大きさのネットワークでの計算を可能にしました。

めざす未来

本技術により、**道路や通信のネットワークの混雑状況を簡単に予測**できるようになり、ネットワークの設計に役立ちます。また、本技術における「辺」は「アイテム」、「辺の組合せ」は「アイテムの組合せ」と一般化でき、経済学などの一般的な場合におけるゲーム理論的解析にも役立つと考えられます。

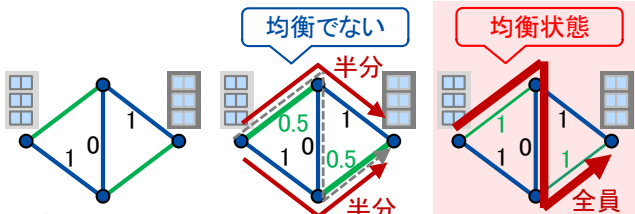
混雑ゲームと均衡状態

- 無数のプレイヤー
- プレイヤーは経路(辺の組合せ)を選ぶ
- なるべく総コストが小さくなるよう選ぶ
- 選べる経路は決まっている
- 使う人が多いほどコストが増える辺もある



→ 各プレイヤーはどのような経路を選ぶ？

全員が、選べる中で今コスト最小の経路を選んでいる状態
= プレイヤーの不満が出ない状態 … 均衡状態



*青線: コストは固定

*緑線: 使うプレイヤーの割合と同じだけのコストがかかる



使う人が多いほどコスト増

従来技術の課題

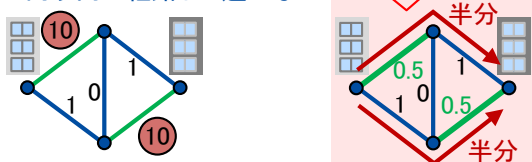
選べる経路に制限がないとき: 均衡状態は簡単に求まる

制限があるとき: 選べる経路を一つ一つ見るしかない

→ 膨大な数の経路があり均衡状態の計算は困難

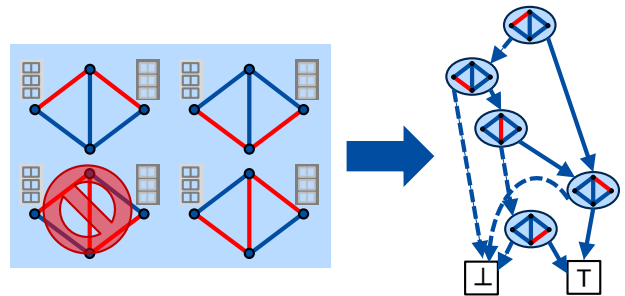
制限の例:

合計10円以内の経路しか選べない

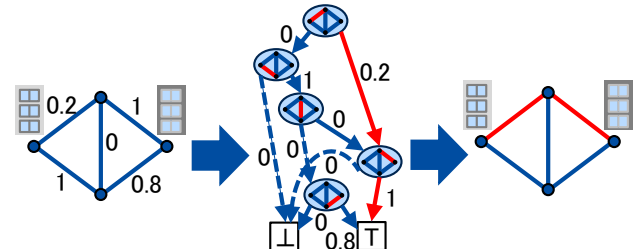


二分決定グラフを用いた解法

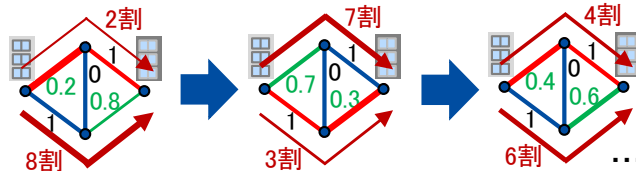
ゼロサプレス型二分決定グラフ (ZDD) を用いて、選べる経路の集合のうち共通部分をまとめて**コンパクトに表現**
• 例えば**8,000兆個**の経路を**1MB未満**で表現できることも



ポイント1. 選べる経路の集合の中でコスト最小の経路は ZDDを使って簡単に求められる



ポイント2. 現時点のコストの値でコスト最小の経路を求め、その経路を選ぶプレイヤーを増やすことの繰り返し(反復)で均衡状態が求められる



関連文献

[1] K. Nakamura, S. Sakaue, N. Yasuda, "Practical Frank-Wolfe method with decision diagrams for computing Wardrop equilibrium of combinatorial congestion games," in *Proc. 34th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, 2020.

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

