

# 離散数学と離散アルゴリズムを使った離散最適化の研究

## 岡本 研究室



岡本 吉央  
Yoshio OKAMOTO

を司るのが高速アルゴリズムだ。  
**組合せを探り、最適解を導く  
離散最適化**

当研究室では、離散数学（組合せ、順列、グラフなどの離散的な構造に関する数理の研究）の手法を使って問題を解析し、独自のアルゴリズムを使って最適なアウトプット（結果）を導き出す「離散最適化」を研究している。

**研究概要**  
**大規模データに立ち向かう高速アルゴリズム**  
米国の調査会社IDCの報告によると、2011年のデジタルデータの総量は1.8ZB（ゼタバイト・1GBの1兆倍）に達し、ムーアの法則を上回る勢いで増え続けている。今、この大規模データをいかに活用するかが重要課題になっている。データを活用するためには、基本的なデータ処理を高速に行うことが必要となる。その処理

データを整理すると、個々の特徴や数字が持つ相互関係が抽象的なネットワークや幾何学的な図形といった形で表せるものが多い。このようにデータを表現したものが数理モデルである。数理モデルを使うと整理されたデータをコンピュータで扱いやすくなる。この抽象的なネットワークをコン

ピュータで扱うための手法・方法論がグラフアルゴリズムで、その数学的基礎を与えているのがグラフ理論だ。一方、幾何学的な図形をコンピュータで扱うための手法・方法論が計算幾何学で、その数学的基礎を与えているのが離散幾何学だ。

離散最適化では離散的な数理モデルを処理して、その中から最適な部分を見つけ出す。最適化のターゲットは広く、相手の戦略を予想し自己の戦略を立てる際に用いる「ゲーム理論」も離散最適化の射程内にある。

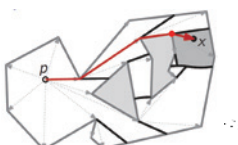
この離散最適化を使って、障害物のある通路をロボットが効率良く通るためのルートを割り出したリ、ワイヤレスネットワークにお

いて干渉を考慮しながらサービスをより多く提供するためのアンテナの配置を決めたりといった、最適な解を世の中のあらゆるデータから抽出できる。

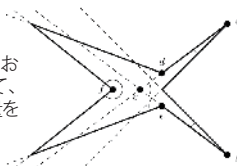
**アドバンテージ**  
**離散最適化の一連作業を全部行える**

当研究室のアドバンテージは、問題の特徴を抽出してネットワークや幾何学的な図形といった数理モデルを使う部分を構築する数理モデル化から始まり、独自のアルゴリズムを使って最適な解を抽出して、それを視覚化したアウトプットを作成するといった一連作業すべてを行えることだ。

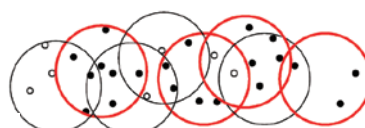
数理モデル化は一朝一夕に行え



障害物のある多角形領域における最短経路長問題に対して、既存のアルゴリズムの計算量を大幅に改善した。



彫刻庭園問題という新しい監視問題に対して、必要十分な監視員数に関する理論保証を改善し、計算複雑性も解明した。

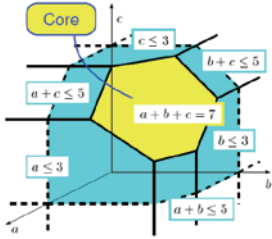


ワイヤレスネットワークにおいて干渉を考慮しながらサービスをより多く提供することを考察して、従来の結果を改善する高速近似アルゴリズムを開発した。

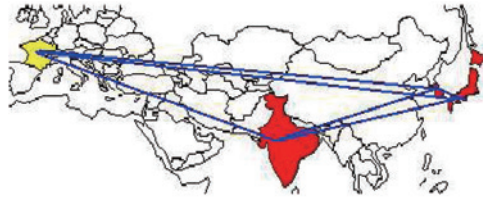
### キーワード

ネットワーク、離散アルゴリズム、離散幾何学、離散最適化、離散数学

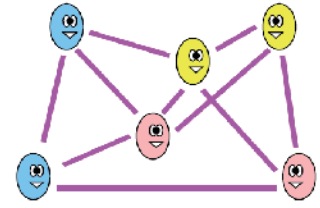
所属	大学院情報理工学研究所 情報・ネットワーク工学専攻
メンバー	岡本 吉央 准教授
所属学会	European Association for Theoretical Computer Science、LAシンポジウム、Mathematical Optimization Society、電子情報通信学会、日本オペレーションズ・リサーチ学会
E-mail	okamotoy@uec.ac.jp



協力ゲーム理論における大きな未解決問題である「コア安定性問題」に計算理論の視点からアプローチをして、その計算複雑性に迫る。



ノーベル賞受賞者をフランスから招待して、インド、韓国、日本で講演してもらおうとき、その旅費をこの3カ国でどのように分担すれば「公平」だと考えられるだろうか。この公平費用分担問題の計算複雑性を明らかにし、特殊な場合に対して効率的アルゴリズムを設計した。



エージェント間のコンフリクトがグラフで表現されているとき、エージェントに対する費用分担法を計算するためのアルゴリズムを設計した。

情報通信

製造(ものづくり)

ナノテクノロジー・材料

ライフサイエンス

環境

エネルギー

社会基盤

るものではない。データから必要な部分のみを抽出する際には、経験とノウハウに裏打ちされた、ある種の勘が必要だ。岡本はこれまでデータの数理モデル化を多数行った経験を持ち、最適な解を割り出すノウハウを持っている。

さらに、アルゴリズムを使った数理モデルの解析は、データの種類や欲しい結果に応じて最適なものを作り出さなければならぬ。当研究室では独自のアルゴリズムの作成も行っており、さまざまなケースに対応するアルゴリズムを用意できる。

### 独自アルゴリズムによる柔軟な解析手法

このように一連の作業をすべて行えるメリットは、解析して欲しいデータと、どのようなアウトプットが欲しいのかが決まれば、当研究室の手法や独自アルゴリズムを使って柔軟な解析ができることだ。例えば、より詳細なアウトプットが欲しい場合には数理モデル化の際の精度を上げてデータ抽出を行い、逆に簡易的なアウトプットで良ければ必要な部分のみを抽出する。これにより、アウトプット作成までの時間も調整が可

能となり、津波の到達経路から最適な避難路を割り出す等の用途にも対応できる。この避難路の割り出しの場合なら、秒単位で変わるデータからすぐに結果を出力する必要があるので、データを瞬時に解析し、データの中から本当に必要な部分のみを抽出して数理モデル化し、アルゴリズムも軽くすることで、結果を即答できるものを作る。このように解析方法については、一連の作業をすべてできる当研究室だからこそと言える。

計算幾何学の応用範囲は広い。ロボット動作計画、ワイヤレスネットワーク、地理情報システムに現れるような見るからに幾何学的な問題の他にも、機械学習、データマイニングに現れる問題のように幾何学と関係なさそうなもの

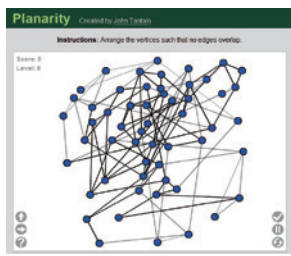
### 今後の展開

2012年、岡本は独創性と将来性に富む研究業績が認められ、オペレーションズ・リサーチ学会研究奨励賞を受賞した。

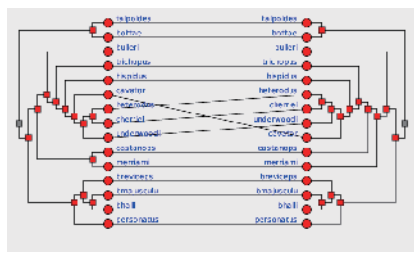
### 学会研究奨励賞受賞

2012年、岡本は独創性と将来性に富む研究業績が認められ、オペレーションズ・リサーチ学会研究奨励賞を受賞した。

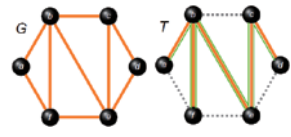
多くも、計算幾何学の問題として定式化できる。基本的にはどのようなデータに対しても応用が効くため、常日頃さまざまなデータを解析して知見を広げている。特に、数理モデル化の作業は、より多くのデータを解析することで勘を鍛えることができるというわれている。現場の課題は良い経験となることから、今後は共同研究に積極的に取り組んでいきたい。



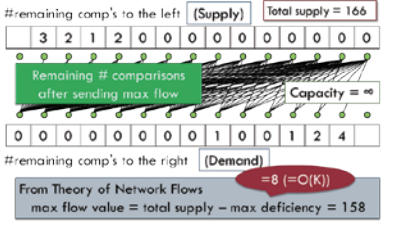
planarityというグラフ描画に関連するゲームの複雑さを離散数学、アルゴリズム理論の観点から解析した。



2つの異なる手法で得られた進化系統樹を視覚的に比較する手法がある。その手法に対するアルゴリズムに理論的基盤を与えた。



ネットワークの性能を評価する全域木混雑度という新しい指標に関して、その計算複雑性を解明し、高速な指数時間厳密アルゴリズムを開発した。



間違える可能性のある比較を用いて最大値と最小値を同時に計算する問題に対して、ネットワーク流の考え方をを用いることで、既存の手法よりも少ない比較回数で計算できる方法を開発した。

人間の勘や能力をコンピュータ上で再現したい

さらに、最終的には数学者として、勘という曖昧なものを計算機によって表現できるモデルにまで昇華していきたい。人間の考えられていることはコンピュータでも捉えられるはずだ。そして、いつかはこの作業を数理モデル化し、誰でも最適化ができるような世界を夢

見ている。