



スパースな結合行列を持つ組合せ的構造の分析や構成、及びその情報分野への応用

解析学、応用数学  
およびその関連分野

研究者所属・職名： システム情報系・教授

ふりがな みやお いん

氏名： 繆 いん

主な採択課題：

- [基盤研究\(B\)「スパースな結合行列を持つ組合せ的構造の分析と構成」\(2018-2022\)](#)
- [基盤研究\(C\)「デジタル指紋及びグループ検査に共通する組合せ構造とアルゴリズムに関する研究」\(2015-2017\)](#)

分野： 組合せ論、情報理論

キーワード： 結合行列、スパース、デジタル指紋、検査計画、多元接続通信

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

デジタル・コンテンツの違法なコピーの流通をどのように防ぐか？大量の新型コロナウイルス検体をどのように迅速かつ正確に検査するか？同一のチャンネルで複数の情報を送る時、通信中のユーザーをどのように効率的に識別するか？などこれらの問題に潜んでいる共通性を明らかにし、組合せ論や符号理論、情報セキュリティを駆使し、具体的な問題だけでなく、より根源的な問題を解決することを目的とした研究を行っている。

●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

これらの問題は、スパースな結合行列を持つ組合せ的構造の分析や構成に帰着することができる。結合行列に色々な条件を与えてその分析や構成を行ってきたが、ここでは1の数が極めて少ない（スパース）結合行列に対応し、従来の問題と本質的に異なっている。そこで従来の手法に加えて、ランダム符号化や極値組合せ論、最適化理論などを用いて、スパースな結合行列の理論的な体系の構築を試みている。

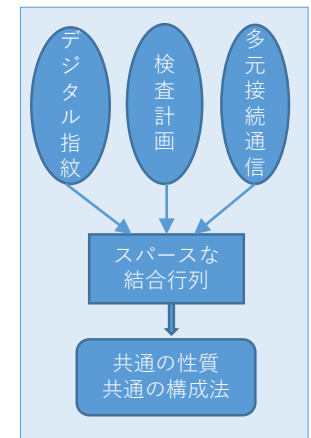


図1 研究全体像



## スパースな結合行列を持つ組合せ的構造の分析や構成、及びその情報分野への応用

解析学、応用数学  
およびその関連分野

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

デジタル指紋や検査計画、多元接続通信は、数年前まで、各々に独自に発展してきたが、最近の研究によりそれらの緊密な関係が少しずつ明らかにされてきた。我々は、これらの問題に共通するスパースな結合行列のなかの組合せ的構造に注目し、その最適構造の存在性や構成法の面から体系的に研究する上で、他分野の問題に応用できるものを探索している。成功例として、次の成果が挙げられる。

- (1)スパースな結合行列の行数が与えられた時、その最大列数の上下界確定問題を極値組合せ論や確率的手法などを用いて、部分的に解決した。
- (2)最大列数を持つ数種類のスパースな結合行列を組合せ論的・代数的・幾何学的手法により構成した。
- (3)多数のオブジェクトの中で稀に発生する有意なオブジェクトをスパースな結合行列を用いて一意に特定する効率的なアルゴリズムを開発した。
- (4)ある種のスパースな結合行列が分散型ストレージシステムにおける情報消失を効率よく修復できる局所的修復可能符号との関係を明らかにし、局所的修復可能符号の構成法を開発した。

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

スパースな結合行列の組合せ論的条件は応用によって多少は異なるが、本質的に共通する性質を持ち、共通する構成法も十分考えられる。スパースな結合行列の統一的な理論体系を構築することで、様々な新しい応用問題を解決することが期待される。

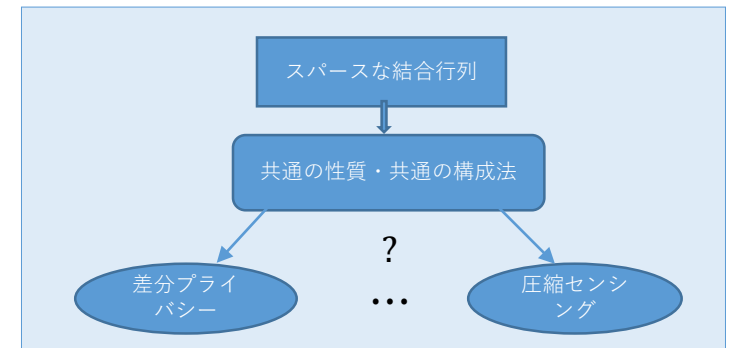


図2 研究展望