

# 「フカシギの数え方」から広がる アルゴリズムの理工学

——二分決定グラフによる離散構造処理と広がる応用分野——

## 小特集編集にあたって

編集チームリーダー 麻生英樹

「おねえさんの問題」を御存じだろうか？  $n \times n$  の格子グラフの対角にある二つの頂点を、同じ所を二度通らずに結ぶ経路（最短経路でなくてもよい）を全て数え上げる問題は、一見簡単そうに見えるが実は難しく、経路の数を一般的に表す公式や漸化式は見つかっていないという。 $n$  が大きくなるにつれて経路の数は爆発的に増えてゆき、単純な方法で全ての経路を数え上げることはすぐに不可能になる。2012年に日本科学未来館で開催された「フカシギの数え方」という企画展示の中で、この問題に取り組むおねえさんを主人公とした動画が作成され、YouTubeの未来館チャンネルやニコニコ動画にもアップロードされて大きな話題を呼んだことから、上記の問題は「おねえさんの問題」として有名になった。

グラフ上の経路は、グラフの枝の並びによって表現されるが、集合、論理関数、グラフ、文字列集合、順列集合などのデータ構造は離散構造と呼ばれる。ある離散構造の部分構造のうち一定の条件を満たすものを列挙するような処理は、多くの問題に共通した重要性を持っている。近年、特に、大規模な離散構造データの処理が求められるようになってきているが、離散構造の部分構造の数が組合せ爆発を起こすために非常に困難な問題である。

本小特集では、「二分決定グラフ (BDD: Binary Decision Diagram)」とそこから派生した様々なデータ構造を基盤としてこうした課題に挑戦するアルゴリズム技術の最前線について、2010年に開始されたERATO 湊離散構造処理系プロジェクトの成果を中心に、応用事例を

交えて解説して頂いた。

まず第1章では、BDDやゼロサプレス型BDD (ZDD: Zero-suppressed BDD) などに基づく離散構造データの処理技法についての概観として、本小特集における基盤的な概念や手法が紹介されている。最初に読まれることをお勧めする。続いて第2章と第3章では、文字列などの系列データを扱うための系列二分決定グラフ (系列BDD) と順列集合を扱うための $\pi$ DDについて、それぞれ、全文検索やルービックキューブの最小手数の評価といった興味深い応用例も含めて紹介して頂いた。

第4章と第5章では、より応用的な話題として、ZDDを用いたグラフ列挙技法であるフロンティア法を電力網の最適化手法と信頼性手法に応用する方法、ZDDを用いた極小ヒッティング集合の列挙技術、「おねえさんの問題」の解法であるグラフ列挙アルゴリズム Simpath の並列化技術、大規模な探索木の分散メモリ上での並列探索技術と将棋ソフトウェア GPS 将棋への応用などが紹介されている。

最後に第6章では、これまでに紹介された列挙技術を実際のビジネスに活用するために必要となる技術として、膨大になりやすい列挙結果から有用なパターンを抽出する方法について解説して頂いた。具体的な大規模データ活用事例や大規模データを扱うためのツールも紹介されている。

本小特集によって、大規模な離散構造を扱うことの重要性、難しさ、面白さに触れるとともに、少しでも大きな構造を扱えるようにするための様々な取組みを知って頂き、紹介されたツールなども使ってみて頂ければと思う。最後に、企画段階から編集に御協力頂いた湊真一氏をはじめとする湊ERATOプロジェクトの皆様へ御礼申し上げる。

小特集編集チーム 麻生 英樹 湊 真一 青木 啓史 石田 明  
甲田 泰照 椿 泰範 弓場 竜