

# Graduate School of Data Science



YOKOHAMA  
CITY  
UNIVERSITY  
公立大学法人  
横浜市立大学

## 研究紹介 Research

藤田 慎也 准教授

データサイエンス専攻

電車の路線探索やネットショッピングの Recommend 機能、荷物の効率的な配送から電気・水道のインフラ整備に至るまで、私たちの日常生活に欠かせない機能の実現を支えているのが、グラフ理論と呼ばれる数学の一分野である。

グラフ理論におけるグラフとは、棒グラフや折れ線グラフ、円グラフといった日常よく見かけるグラフのことではない。平面上に複数の点を配置し、点と点を線（辺）で結んで得られる線画が、グラフ理論におけるグラフである。人間関係を例にとれば、各人を点とみなし、2人が知り合いであれば点どうしをつなぎ、知り合いでなければ点をつながないこと

で、人間関係に関するネットワークがグラフとして描かれる。

このグラフ理論の研究において、新たな概念を次々と提唱し、研究の最前線をリードしているのがデータサイエンス専攻の藤田慎也准教授である。

### グラフ理論と全域木

高校時代は文系志望であったという藤田准教授は、多くの時間を図書館で過ごしていた。偶々手に取った本が、数学者ピーター・フランクルが著した『数学放浪記』だ。フランクルの専門は組合せ論であり、その奥深さに魅了された藤田准教授は、文系から理系に転向し、大学では組合せ論を学ぶこ



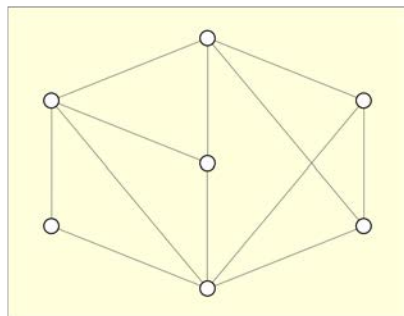
藤田 慎也 准教授

データサイエンス専攻

とにする。そこで出会ったのが、組合せ論と密接な関連を持つグラフ理論だ。

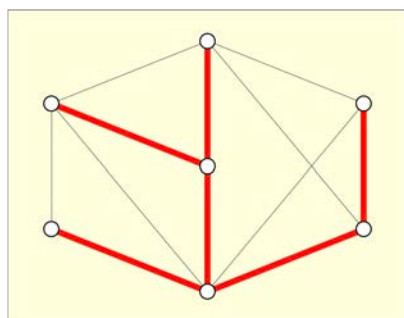
# 大災害からの避難に備える グラフ理論と安全集合による データサイエンス研究

グラフ理論では「全域木」と呼ばれる概念が重要な役割を果たす。まず下のグラフをご覧ください。



点とそれらを結ぶ線（辺）は、コンピュータ端末と端末どうしをつなぐネットワーク線と考えたり、物流拠点とそれらを結ぶ道路、あるいは空港と航空路線などと考えたりすればよい。

点と点を結ぶ辺はいくつかあるが、それらの中からいくつかの辺だけをピックアップし、全ての点を「木」のような形で結んだグラフが「全域木」だ。例えば下の図で、太く赤い辺で結ばれたグラフは全域木となる。



赤い辺を、右上の点から辿っていても、左上の点から辿っていても、途中で枝分かれし、最終的にはどの点にも辿り着くことができる。なお、全域木の形は必ずしも一通りとは限らない。同じグラフで他の形の全域木を作成することも可能だ。

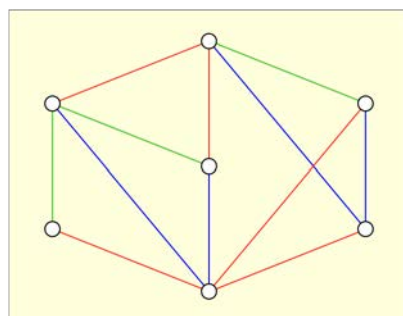
全域木は、物流網や通信網の構築には欠かせない。ムダな経路を

省き、全てのネットワーク拠点を効率的に結んでいくためだ。

### 辺着色されたグラフ上の全域木

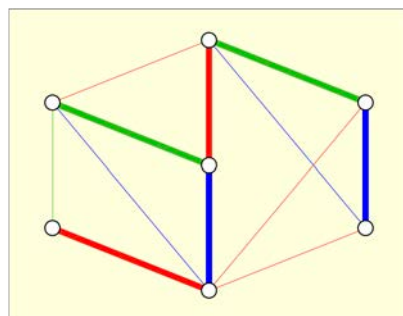
藤田准教授の独創的な研究テーマの一つは、この全域木の応用範囲を広げるための「辺着色グラフ」の考察である。

さきほどのグラフでは辺の色は全て同じであったが、下のグラフでは各辺が青、緑、赤のいずれかで着色されている。色の違いは、基地局間の通信に用いる周波数の違いや拠点間の輸送手段の違いと考えればよい。

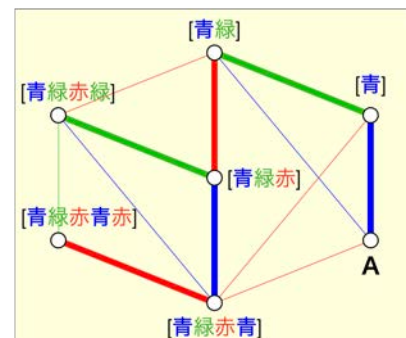


このとき、どの点についても、同色の辺が同時に複数つながらないようにして全域木を作成することは可能だろうか。どの点でも、青・緑・赤色の辺はそれぞれ最大でも一つしか使わないようにして、全域木を作れるだろうかということである。

下の図が答えの一つだ。どの点を見ても、ある色の太い辺は多くとも一つしかつながっていないことが分かる。



辺着色グラフの問題を考察することで、全域木上のどの拠点までどのルートを通って物品や信号を運んでいけばよいのか、明確な指示が可能となる。例えば下の図で、右下の拠点Aからスタートすることにしよう。



中央の最下部の拠点へ物品を届けなければ、[青緑赤青]と指示すればよい。指示された色の辺を、全域木上で順番通りに次々と辿ることで、目的地に到達できる。また、到着地が左上の拠点であれば、[青緑赤緑]と指示することで、中央の点までは先ほどと同じルートを辿っても、そこからは緑の辺を辿って左上の点へ向かえばよいことが分かる。

「辺着色グラフ上でこのような全域木が存在すると、様々な現実問題への適用が考えられます。同時に次の課題として、省エネや情報データを扱う上でのメモリ節約といった観点から、グラフで使用する色の種類をなるべく少なくすることを研究しています」と藤田准教授は新たな課題への意欲をのぞかせる。

### 「安全集合」とは何か

グラフ理論の分野において、藤田准教授の最大の貢献の一つが「安全集合」問題の提案だ。

自然災害が頻発する我が国で

は、災害の危険から身を守るため、避難場所の確保が欠かせない。このとき問題となるのは、どの場所にどの程度の広さの避難域を確保しておけばよいのかという点である。

避難場所には、住民が住むわけにはいかない。いざというとき、住民が避難してくる場所だからである。そして、避難場所には避難する住民全員を収容できるだけの広さが求められる。ただし避難場所は、広ければ広いほどよいわけではない。避難場所が広すぎれば、それ以外の可住地が限られてしまうからである。さらに、居住地から遠い地域は避難場所としては不適當だ。

このように避難場所の設定には様々な制約が課せられる。藤田准教授は、この問題はグラフ理論によって解決できると考え、新たに「安全集合」という独創的な概念を提案した。

例えば下のグラフを見てみよう。全部で9つの点があり、これらの点は住民が住む場所あるいは避難場所として使用できる。

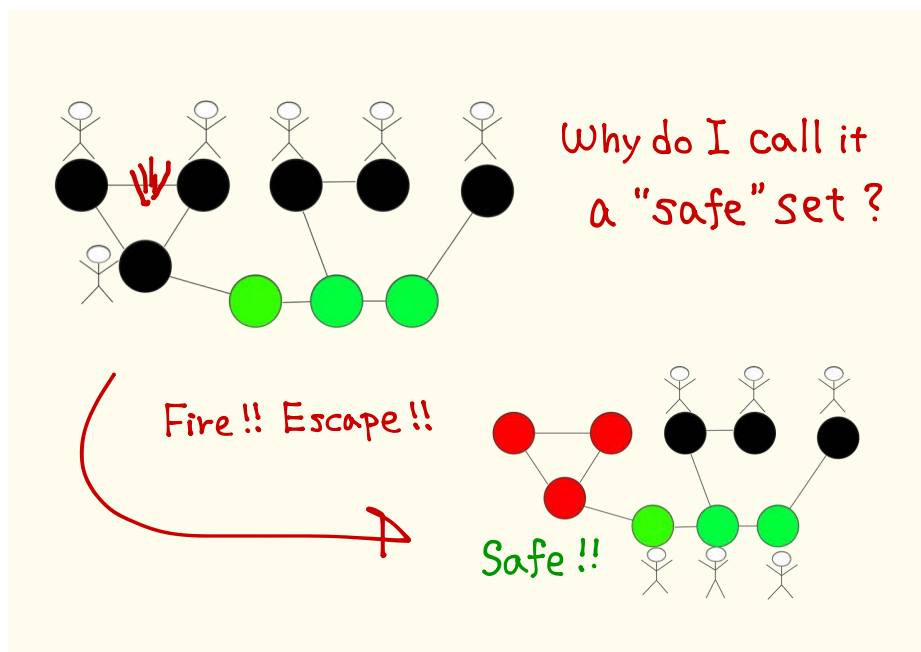
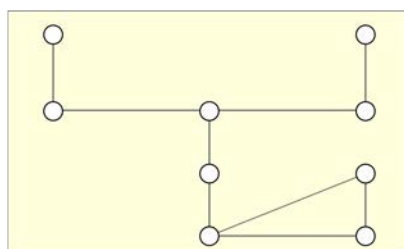


Fig 1. グラフ上の「安全集合 (Safe Set)」

それでは、どの点を居住地とし、どの点を避難場所とすればよいのだろうか。

その答えの一つを示したのが上のFig 1.だ。さきほどのグラフと点の位置関係は異なるが、点と辺の関係は保っている。そして、黒い点を居住地とし、緑の点を避難場所とすればよい。この緑の点が「安全集合」だ。

例えば、左上の3つの点がつながった居住地で火災が発生したとしよう。避難場所である緑の点も3つあるため、火災の発生場所である3つの点に住む全ての住民が避難場所に避難できる。

上側中央の2つの点で示された居住地や、右上の1つの点で示さ

れた居住地で災害が発生した場合も同様だ。避難場所である緑の点とは辺がつながっており、緑の点は3つあるため、避難場所としては十分な広さが確保されている。どの居住地で災害が発生しても、緑の点に全住民を収容することが可能となる。

### 今、世界的に注目を浴びる「安全集合」

藤田准教授が2016年に発表した「安全集合」というアイデアは、グラフ理論を実社会へ応用していく新たな可能性を秘めた考え方として、今、世界的にも注目を浴びている。

学術雑誌Networksに掲載され

“データサイエンスに応用可能なグラフ上の最適化問題は山積しています。グラフ理論の新たな展開に挑戦していくことで、データサイエンスの理論的な基盤を支えていきたい”

た藤田准教授の論文はダウンロード数で20位以内にランキングされた。グラフ理論を専門とする各国の研究者が、藤田准教授とともに「安全集合」の新たな展開を探っている。

### データサイエンスの理論的な基盤としてのグラフ理論

横浜市立大学で研究することの利点の一つは、その立地にあると藤田准教授は言う。

「横浜市大は東京国際空港からのアクセスもよく、国際的な共同

研究を行うには快適な環境が整っています」

また、データサイエンスでは、実際の解析結果が注目を集めることが多い。しかし藤田准教授は、理論研究の重要性を強調する。

「データサイエンス研究は機械学習や統計手法によるデータ解析が主流です。しかし、私の研究室ではグラフ理論の視点からデータサイエンスの新たな方向性を見出したいと考え、国内外の共同研究者たちと積極的な学術交流を行っています」

「データサイエンスに応用可能なグラフ上の最適化問題は山積しています。グラフ理論の新たな展開に挑戦していくことで、データサイエンスの理論的な基盤を支えていきたい」と藤田准教授は語る。

進化が著しいデータサイエンスの今後の新たな展開は、藤田研究室の独創的な理論研究に支えられているのである。



## Activity Report



### データサイエンス専攻 博士前期課程入学試験を実施しました

令和4年8月23日（火）に、データサイエンス専攻博士前期課程入学試験が実施され、15名が合格されました。



### データサイエンス専攻 博士後期課程入学試験を実施しました

令和4年9月23日（金・祝）に、データサイエンス専攻博士後期課程入学試験が実施され、2名が合格されました。



### ヘルスデータサイエンス専攻 博士後期課程入学試験を実施しました

令和4年9月23日（金・祝）に、ヘルスデータサイエンス専攻博士後期課程入学試験が実施され、4名が合格されました。



### 今年度はモバイルオーダー、OMOで新たな共同研究を展開

データサイエンス専攻 佐藤彰洋教授と、横浜を拠点とするスタートアップ企業であるスカイファーム株式会社は、昨年度実施したフードデリバリー・テイクアウトの購買データ分析の共同研究をさらに発展させ、新規事業モバイルオーダーとOMO（Online Merges with Offline）におけるデータ分析の共同研究を新たに開始します。詳細はHPをご覧ください。



## Schedule



- ・ 令和5年2月4日（土）  
データサイエンス専攻博士後期課程入学試験およびヘルスデータサイエンス専攻博士前期課程入学試験を実施します。

公立大学法人 横浜市立大学大学院  
データサイエンス研究科 ニュースレター  
令和4年 11月号

© 2022 データサイエンス研究科