



ベルギーで数学を

東京理科大学 創域理工学部 情報計算科学科 准教授

のぐち けんた
野口 健太

滞在地：ベルギー王国 ゲント

在外先：ゲント大学

滞在期間：2023年4月1日～2023年9月1日

5ヵ月間、ベルギー王国の Ghent（以下、ゲント）という街に滞在してきました。東京理科大学の「在外研究員」制度で滞在先を自由に選べるということで、周囲の日本人研究者と相談して、ゲント大学の Carol Zamfirescu さんを訪ねることにしました。

■出発前後

在外研究員全体を通して、出発前の準備が一番大変でした。ヨーロッパは基本的に90日を超えて滞在するためにはビザが必要なのですが、ビザの手続きは国によって様々です。ベルギーでは特に（研究者ビザの

代わりに）労働ビザを取得する必要があったこと、それに伴い必要な書類も増えてビザ取得に4ヵ月ほどかかったことが大変でした。周りにベルギービザを取得したことがある人など当然居ないため、理科大やゲント大学の方々の助けを借りつつも基本的には全て自分で調べなければならず、「ビザを取得する苦労も良い経験」の一言で片付けるにはあまりにも辛い心労が重なる経験でした。一方で住まいについては、海外滞在中で住まいを探すことはかなり大変だという話を何人かから聞いていましたが、Zamfirescu さんがまず初めにアパートメントを大家さんと交渉の上抑えてくだ



フランドル伯居城
ゲントで有名な観光地。中に入っ
て見学できます。目の前でビール
を楽しむ人々も。

さり大変助かりました。3月の下旬にビザを何とか取得でき、4月1日に予定通り出発した後は、とにかくすべてが素晴らしい経験でした。住まいは駅と大学とZamfirescuさんの家に近いアパートメントの5階の部屋で、とても良い場所で生活することができました。写真は部屋からの眺めで、毎朝クロワッサンとコーヒーを頂きながらこののどかな風景を眺めていました。

アントワープという街は、都会過ぎず田舎過ぎず、緑が多く、街行く人が優しく、あまりに平和な空間でした。街の建造物はどれも独特で歴史を持ち、教会や美術館・博物館が数多くあり、中心地には観光客が程よくおり、トラムやバス・自転車を便利に使用することができます。広すぎず狭すぎずちょうど良い広さで、公園や植物園も近くにあり散歩をするのがとても楽しかったです。有名な食べ物はベルギーワッフル、チョコ、ビール、フライドポテト（現地ではベルgianフライとも呼ばれる）、ムール貝などです。料理は日本人の口に合うように思い、とても満足でした。特に甘いもの全般やパンが美味しく、よく頂きました。ビールは1500種類以上あると言われており、主にスーパーマーケットで購入して楽しみました。多用はしませんでした。日本食を多く取り扱っているスーパーマーケットも家から徒歩圏内にあり便利でした。

■研究について

私は「グラフ理論」と呼ばれる数学、特にその理論的な側面を専門として研究しています。グラフとは、簡単に言うと点と線からなるネットワーク構造です。数学の研究と聞くと何をしているか想像できない方も

多いと思いますが、基本的には議論と没頭です。週に2、3回 Zamfirescu さんやほかの研究者の方々と自分の研究内容について発表し合ったり、特定の問題について議論したりしました。そこで新たに得られた具体的な問題や抽象的な問題意識を持ち帰って、一人で考える、その繰り返しです。そのため時間はあればある程良いですし、お金はほとんど必要ありません。

滞在中に進めた研究は大きく分けて4つあります。いずれもこの記事執筆した2024年3月現在、論文にまとめて学術誌へ投稿し査読中です。数学の論文は、証明が正しいかどうか匿名の査読者が確認する時間が長く必要であるため、論文が受理されて学術誌に掲載されるまでには1年前後の時間が必要なのです。問題を解くスピード競争にならずにじっくりと時間をかけて考えられる、数学の魅力の一つだと感じています。

4つの研究について、内容よりも進み方に重きを置いて紹介します。滞在後まず開始したものは HIST と呼ばれるグラフに関する研究で、詳しい説明は省略しますが、写真の黒板の様子を見ていただければ数式だけでなく図を多用することが伝わるかと思います。Zamfirescu さんが私の滞在の少し前から元同僚の Jan Goedgebeur さん及び指導する博士課程学生の Jarne Renders さんと開始していた共同研究に私が参入する形となりました。4人の長所が活かせる研究テーマであり、一大目標は「Malkevitch 予想」と呼ばれる予想の解決です。頂点数が小さなグラフにおいて、Goedgebeur さんと Renders さんの強みであるプログラミング能力を頼って計算機を用いて全探索した結果も効果的に活用し、Malkevitch 予想に関連する多



アパートメントの外観
5階建てですが、現地の数え方では「0階」があるため4階建てです。



アパートメントの部屋からの眺め
この眺めがとても気に入り、今でもこの写真をパソコンの壁紙に設定しています。



とある教会の内観
多くの教会を見学しました。その荘厳さに圧倒されました。

くの話題をまとめ、4人による共著論文「HIST-Critical Graphs and Malkevitch's Conjecture」を準備しました。帰国後もメールによる議論を続け、12月に無事学術誌へ投稿することができました。

2つ目の研究は、Zamfirescuさんが5月29日から6月2日にカナダのモントリオールで研究集会を主催し（私は不参加）、そこから持ち帰ってきた問題についてです。一つの重要な結果には割と早くたどり着き、さらに2人で議論を重ねた結果、得られた結果と残された問題をまとめて公開するのが良いという結論に至り、8月16日に2人による共著論文「Spanning trees for many different numbers of leaves」を学術誌へ投稿しました。

3つ目の研究は、「閉曲面上のグラフの双対の連結度」に関するものです。あえて用語の説明はしませんが、Zamfirescuさんの博士課程の指導教員であるGunnar Brinkmannさんは閉曲面上のグラフに関する研究の専門家で、計算機援用によるものも含めて数多くの研究成果を出しています。彼の博士課程学生であるHeidi Van den Campさんによるセミナーが6月2日に開かれ、現在彼女が研究している対象や問題をある程度理解することができました。それらに関連する未解決問題に興味を持ち、しばらく考えた後にその問題を解く良いアイデアを思い付き、6月20日にBrinkmannさんとVan den Campさんと議論を行ったところ、それが機能しそうだということで共同研究が始まりました。さらに議論を重ねると、そのアイデアは元の未解決問題を解決するだけでなく、より一般的な枠組みでの定理を与えることがわかってきました。

複数人でアイデアを持ち寄って議論を行うことの重要性を改めて実感しました。帰国後のメールによる議論で最終調整し、3人による共著論文「Face sizes and the connectivity of the dual」を9月に学術誌へ投稿しました。

4つ目の研究は、8月9日から11日にゲント大学にて行われた、Zamfirescuさん・Goedgebeurさん・Van den Campさんらが主催する研究集会「Belgian Graph Theory Conference」から始まりました。世界的に著名なCarsten Thomassenさんの招待講演の内容に関連するもので、その集会においては直接議論することはありませんでしたが、Zamfirescuさんと後日や帰国後のメールによる議論を重ね、2人による共著論文「Non-Hamiltonian Cartesian products of two even dicycles」を1月に学術誌へ投稿しました。

このように5ヵ月の滞在中に様々なきっかけで想像を超える多くの研究結果及び共同研究の芽を得ることができました。偶然や縁によるところが大きいですが、対面で議論を行い個人で考えるというセットを、複数の問題を並行しながら、様々な研究者と繰り返す・継続することがいかに重要であるかを実感しました。日々の業務に追われると研究集会やセミナーで発表することはおろか参加することさえ敬遠してしまいがちなのですが、数学の研究を推進するためには他者を交えた適切な入出力を定期的に行う必要があります。在外研究員制度は海外に行けることもさることながら、研究にまとまった時間を割けることも素晴らしいです。



ベルギーワッフルの屋台にて

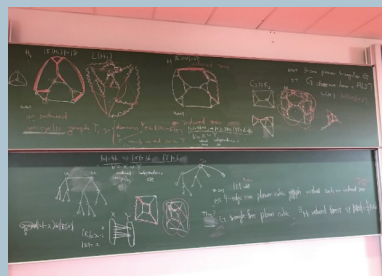
焼きたてのサクサクふわふわで、皆に愛されるワッフル。コーヒーとの相性も抜群。



ムール貝の白ワイン蒸し
スーパーマーケットに売っているムール貝で、妻が3回も作ってくれました。



ゲント大学のキャンパス
私が通った写真の理学部のほか、各学部のキャンパスがゲント市内に散在しています。



議論の後の黒板
写真のような大きな黒板のある部屋でよく議論をしました。

■異文化体験について

昨今よく「ダイバーシティ（多様性）」がうたわれていますが、この感覚は実際に日本を出てみないとわからない、そう感じる5ヵ月間でした。ベルギー王国は歴史的に複雑な国で、アントワープが位置する北部のフランドレン地域の人々は主にオランダ語を話し、南部のワロン地域の人々は主にフランス語を話します。また一部ドイツとの国境付近にドイツ語を話す人々も居て、公用語はこの3つです。首都ブリュッセルではオランダ語とフランス語を母語とする人々が共存し、お互い話すときは英語になることが多いとのことで、皆流暢かつ聞き取りやすい英語も話します。おかげで言語が通じず困ったということは、ほぼありませんでした。一方でアントワープ大学の授業は概ねオランダ語で行われているとのことで、英語でなく自国の公用語が使われている点に関しては日本と同じです。人種も様々で、現地の方から歴史や風土の興味深い話も伺い、文字通りの「多様」性に触れることができました。数学という枠組みにおいても、他者との議論を通じてアイデア同士が交錯・摩擦することで良いものが生み出されるということを滞在中に何度も経験しました。これは滞在先の研究者のレベルが高いという理由もありますが、同時に普段日本人数学者とのみ行っていた議論とは異なる土壌であるからこそ生まれたものであると感じています。このような様々な立場の人たちと意見交換を行うことによる新しい知・価値の創出を実感することができ、日本における研究・教育活動においても、この体験を伝えて実践してゆきたいと考えています。

■家族と過ごす素晴らしさ

私は前半の2ヵ月半は妻とともに過ごしました。まず現地に着いてからの手続きにおいて、1人で行うのと2人で行うのでは大違いで助けられました。また大学でのセミナーやZamfirescuさんに招待されたディナーなど事あるごとに妻と2人で行きましたが、現地の方との交流が非常にスムーズになったと感じています。やはり1人で居るよりも、家族で行動している方が自然なコミュニケーションが生まれやすいのだと思います。また観光も1人では億劫になりがち（もちろん人に依りますが）ですが、家族がいるとモチベーションも上がり体験も共有でき、結果として現地の文化に触れる機会は量・質ともに各段に増加します。このように、海外へは家族と一緒にいくのが良いと確信しています。

■まとめ

研究がすこぶる捗り、文化体験や生活面でも極めて楽しく有意義な滞在となりました。このような素晴らしい体験ができたのは、滞在を快く受け入れていただき信じられないくらい親切であったZamfirescuさんのおかげであり、妻とともに心より感謝しています。アントワープという素晴らしい場所を満喫した一方で、どのような場所でも「人」が良いところに幸せが集まることを実感しました。理科大をはじめとした日本での生活においても周りの人々と助け合い、これからも幸せな研究生生活を過ごしてゆきます。



アントワープの市街地1
写真のように建物の一つひとつに特徴があり、文字通り異国情緒です。



アントワープの市街地2
こちらも特徴的な教会や建物たち。晴れ渡る空も気持ちが良いです。



Zamfirescuさんのお勧めのアイス屋
アントワープの人々はアイスが大好き。肌寒い日でも食べ歩く人をよく見かけました。

