

令和2(2020)年度科学研究費助成事業(科学研究費補助金)
 実績報告書(プログラム実施報告書)
 (研究成果公開促進費)「研究成果公开发表(B)
 (ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI)」

課題番号：20HT0062

プログラム名：渋滞学入門～人は何人いると渋滞するのか？～



所属 研究 機関	名称	国立大学法人東京大学
	機関の長 職・氏名	総長・五神 真
実施 代表者	部局	先端科学技術研究センター
	職	准教授
	氏名	柳澤 大地

開催日	① 令和2年8月12日(水) ② 令和2年8月20日(木)
実施場所	オンライン (Zoom, SpatialChat)
受講対象者	① 中学校3年生, 高校生 ② 中学校3年生, 高校生
参加者数	① 中学校3年生:6人, 高校1年生:9人, 高校2年生:4人, 高校3年生:1人 ② 中学校2年生:1人, 中学校3年生:6人, 高校1年生:8人, 高校2年生:5人
交付申請書に記 載した募集人数	① 20名 ② 20名

プログラムの目的

我々は日常生活での歩行中に様々な混雑を体験するが、混雑によってどれくらい歩行速度が遅くなるのか、そして目的地到着までにどれくらい余計に時間がかかるようになるのか、といったことをきちんと計算して考えることは少ない。実施代表者は、これまでの科研費による研究の中で、科学的な研究が困難に思える人の集団歩行の研究を行ってきた。具体的には、実験で観測される現象を再現できるような数理モデルを構築し、それを用いて混雑の緩和方法を提案してきた。その経験と成果を生かして、本プログラムでは、一見科学によって分析することが難しそうな人の集団歩行でも、適切に単純化した実験系を考えることによって、きちんとした科学的結果が得られることを知ってもらいたいと考えた。また、そのような単純化した系であれば、中学後半から高校で習う数学を用いて、現実を予測可能な数理モデルを作ることができることを紹介し、数学の力を実感してもらうことを目的とした。

プログラムの実施の概要

【オンライン開催への変更】

申請時は、受講者が実際に歩行実験に参加し、そのデータを解析するプログラムを予定していた。しかしコロナウイルスの感染拡大のため、受講者が大学に集まり混雑を体験する歩行実験を行うことは困難になってしまった。そこで、当研究室で過去に行った実験データを解析するオンラインプログラムに変更することになった。しかし、それだけではもともと予定していたプログラムよりもだいぶ短いものになってしまうため、オンラインでも可能なゲーム式の実験を新たに複数追加した。また受講者に積極的にプログラムに参加してもらうため、

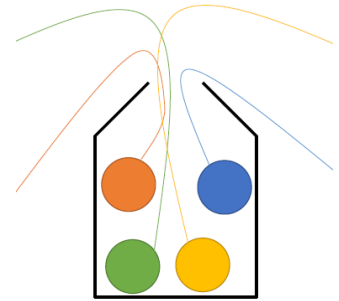
大学院生をグループリーダーとする3 - 4名の小グループを複数作り、実施代表者の講義とグループごとに分かれて取り組む実験や解析が、短い時間で交互に入れ替わるような構成にした。

【当日のスケジュール】

10:00-10:15 実施代表者による科研費の説明・講義, 大学院生スタッフの自己紹介

10:15-11:00 ミンツの実験(チーム戦&個人戦)

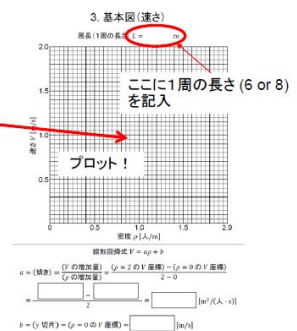
避難を模擬した瓶から玉を取り出す実験をオンラインでゲームにして行った。瓶の口は小さく、二人以上が同時に玉を取り出そうとすると、瓶の口で詰まってしまう玉を取り出すことができない。従って、各プレイヤーが順番に取り出していく必要があるが、玉を避難しようとする自分と考えると、当然皆早く避難したいので順番を待つことは難しい。このジレンマを体験してもらった上で、実施代表者の研究内容を紹介し、避難時の競争と協力の影響について考えた。



11:00-12:00 サーキット歩行実験データの解析

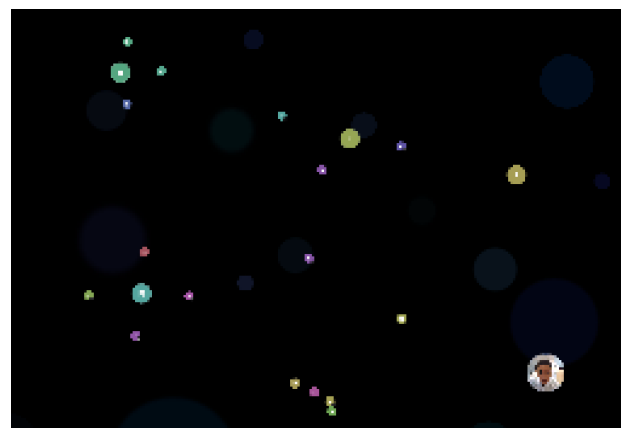
サーキットを複数の人が周回する実験ビデオから、ストップウォッチを使ってサーキットを回るのにかかる時間を算出した。この作業を歩行者の人数が異なる複数のケースについて行い、歩行者の密度と速さの関係を表すグラフ(基本図)を描画した。

歩数	人数 (人)	周回数	時間 (s)	速度 v (m/s)	密度 ρ (人/m)	流量 Q (人/m/s)
1	2	2				
2	4	2				
3	6	2				
4	8	1				
5	10	1				
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						



12:00-13:00 昼休憩・大学院生スタッフとの交流

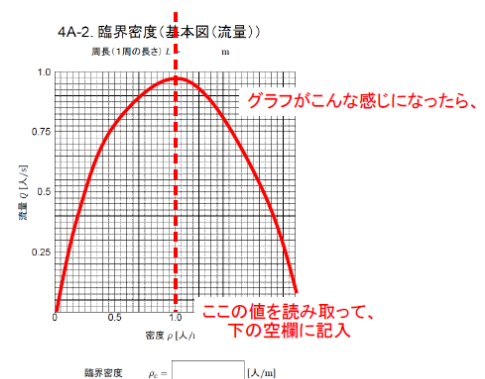
大学院生スタッフが SpatialChat という Zoom とは別のオンライン会議システムで待機し、受講生が自由に質問できる時間を設けた。SpatialChat では、右図のように、個人(色付きの円)が画面上の部屋を自由に移動できるので、同じグループの大学院生スタッフ以外にも自由に話を聞きに行くことができる。実際、右図では大学院生スタッフの周りに受講生が集まっているのが分かる。受講生は大学の雰囲気や受験、研究など様々な質問を大学院生スタッフにしていた。



13:00-14:00 歩行者モデルの作成

解析した実験データを再現できるような歩行者の数理モデルの作成に取り組んだ。この作業では中学校や高校で学習する二次関数がポイントとなる。グラフを描いて軸の座標を読み取る方法(右図)や平方完成を行う方法などを紹介し、受講生は自分の履修状況に応じて解析方法を選択した。最終的には渋滞が発生する歩行者密度を計算し、本プログラムのタイトルでもある「人は何人いると渋滞するのか？」に答える結果を得ることに成功した。

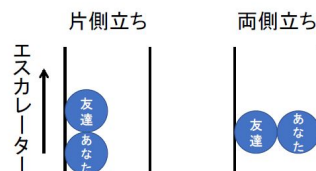
- プロットしたグラフから、流量 Q が最大になる密度 ρ_c を読み取る



14:00-14:40 エスカレーター片側・両側立ち実験

最後に、当研究室で取り組まれている最新の研究テーマの一つであるエスカレーターの片側・両側立ちについて紹介した。近年、主に安全面からエスカレーターの両側立ちが推奨されているが、実際には片側立ちとなっていることが多い。ゲーム式の実験で、なぜ両側立ちの実現が難しいのかを実感してもらい、両側立ちを普及させるための方法について考えた。

- 3人は、友達と一緒に、両側立ちしたい人
- 1人は、急いでる人で、歩きたい人
- まず、3人の両側立ちしたい人が、順番に、
 - 片側立ち
 - 両側立ちをのどちらかを選択(全員が見えるチャットに書き込む)

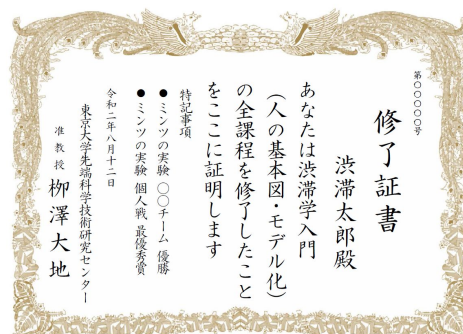


14:40-16:00 大学院生スタッフとの交流

昼休憩時と同様に、SpatialChat を用いた大学院生スタッフとの交流の時間を設けた。昼休憩時よりも時間も多くあったため、受講生は大学に関係する様々な話を大学院生スタッフから聞くことできた。

【プログラム終了後】

参加した受講者には、実験ゲームの結果も記載した修了証書(右図)を送付した。また欠席した受講者から希望があった場合には、本プログラムの資料を送付した。



【広報活動】

ひらめき ときめきサイエンスのホームページ以外に、大学のホームページや大学院生スタッフのネットワークを活用して広報活動を行った。予定通りの受講者が集まったので、次回開催時も同様の方法で広報活動を行いたいと考えている。

【安全配慮】

オンライン実施となったため、特別な安全配慮は必要なかったが、今後対面で行う際は、歩行実験に対する安全対策に加え、感染に対しても十分な対策を行った上で本プログラムを実施したいと考えている。

【反省と今後の発展性・課題】

アンケート結果を見る限り、受講生には充実した時間を過ごしてもらえたのではないかと考えている。またいくつか個別にお礼の御連絡やお便りも頂き、オンラインでも実施してよかったと思っている。コロナによる急なオンライン実施への変更にも関わらずプログラムを成功させることができたのは、大学院生スタッフの働きが大きい。受講生3 - 4名に1人の大学院生スタッフが付くことができたため、解析の途中でつまずくことがあってもすぐに質問でき、受講生ごとのペースで課題を進めることができたのがよかったと考えられる。またゲーム式の実験を最初に行ったため、受講生が大学院生スタッフにすぐに打ち解けることができたとも思われる。昼休憩や最後の大学院生スタッフとの交流時間に、大学に関する様々な話を聞いたのもよかったようである。

実施代表者の渋滞学(群集運動・人の歩行)の研究テーマには、サーキットの歩行以外にもボトルネックを通過する流れや角を曲がる流れなど、多くシチュエーションが存在する。そこで、今年度の経験を活かしながら、来年度以降も新しいシチュエーションで毎年本プログラムを開催し、数学が社会問題の解決に役立つことを多くの中高生に実感してもらいたいと考えている。

また、実施代表者が単独で教材を作成すると、どうしてもボリュームが多くなってしまっているので、事前に大学院生スタッフによる確認を今年度以上に徹底し、短い時間の中で楽しみつつ学んでもらえるようなプログラムにしていきたい。