

第 30 回
交通流と自己駆動粒子系
シンポジウム

講演概要集

*Proceedings
of
the 30 th Symposium
on
Traffic Flow and Self-driven Particles*

— 2024 —

日時 : 2024 年 12 月 6 日(金) 10 : 00 - 15 : 00
7 日(土) 10 : 00 - 14 : 30

場所 : オンライン開催 (Zoom Meeting)

主催 : 交通流数理研究会

<https://mathematical-society-of-traffic-flow.github.io/symposium/>

第30回 交通流と自己駆動粒子系のシンポジウム・プログラム

主催: 交通流数理研究会 Zoom 会議

2024年12月6日(金)

10:00 - 10:05 あいさつ

10:05 - 11:00 招待講演 6-s1

人の流れから都市の姿を描く

青木高明

滋賀大学 データサイエンス学部

11:00 - 11:10 コーヒーブレイク

11:10 - 11:40 一般 6-1

東京ドームからの帰宅シミュレーション

浦田桂一郎, 柳澤大地, 西成活裕

東京大学 工学部 航空宇宙学

11:40 - 12:10 一般 6-2

災害時の道路啓開と緊急搬送・物的支援のシミュレーション

田尻翔吾, 中桐齊之

兵庫県立大学 環境人間学部 環境人間学科

12:10 - 13:30 ランチブレイク

13:30 - 14:00 一般 6-3

樟脳型の自己駆動粒子系の集団運動

大澤智

九州工業大学 大学院情報工学研究院 物理情報工学研究系

14:00 - 14:30 一般 6-4

非弾性剛体円板系の自己組織化空間不均一性と最終凝縮状態

北川遼, 麦田大悟, 村瀬信明, 礒部雅晴

名古屋工業大学 大学院工学研究科

14:30 - 15:00 一般 6-5

閉じた排他過程周りの摂動論に関して

渡邊真隆

名古屋大学 大学院情報学研究科 複雑系科学専攻

2024年12月7日(土)

10:00 - 10:55 招待講演 7-s2

生体の神経計算における確率性：線虫 *C. elegans* の温度感覚システムからの考察

松山裕典

名古屋大学 大学院理学研究科 附属ニューロサイエンス研究センター (NSI)

10:55 - 11:10 コーヒーブレイク

11:10 - 11:40 一般 7-1

交差点を含む8の字経路における2次元画像による深層学習走行ロボットの対面自律走行

山形周¹, 世良田竜平¹, 伊藤海夏斗², 秋元陽太², 狩野友基²,

北原颯一郎², 本田泰³

1 室蘭工業大学 大学院工学研究科 情報電子工学系専攻

2 室蘭工業大学 理工学部 システム理化学科

3 室蘭工業大学 しくみ解明系領域

11:40 - 12:10 一般 7-2

最適速度旋回アルゴリズムによるヘテロ群ロボットが創発する行動

世良田竜平¹, 本田泰²

1 室蘭工業大学 大学院工学研究科 情報電子工学系専攻

2 室蘭工業大学 しくみ解明系領域

12:10 - 13:30 ランチブレイク

13:30 - 14:00 一般 7-3

接触感染の一考察

石橋義弘 1, 福井稔 2

1 名古屋大学

2 中日本自動車短期大学

14:00 - 14:30 一般 7-4

MSTF30年の歩み

杉山雄規 1, 石渡龍輔 2

1 名古屋大学

2 室蘭工業大学 しくみ解明系領域

14:30 あいさつ、ディスカッション

目次

人の流れから都市の姿を描く	1
青木高明	
東京ドームからの帰宅シミュレーション	3
浦田桂一郎, 柳澤大地, 西成活裕	
災害時の道路啓開と緊急搬送・物的支援のシミュレーション	5
田尻翔吾, 中桐斉之	
樟脳型の自己駆動粒子系の集団運動	7
大澤智興	
非弾性剛体円板系の自己組織化空間不均一性と最終凝縮状態	9
北川遼, 麦田大悟, 村瀬信明, 磯部雅晴	
閉じた排他過程周りの摂動論に関して	11
渡邊真隆	
生体の神経計算における確率性： 線虫 <i>C. elegans</i> の温度感覚システムからの考察	13
松山裕典, 加納周, 中野俊詩, 森郁恵	
交差点を含む8の字経路における2次元画像による 深層学習走行ロボットの対面自律走行	15
山形周, 世良田竜平, 伊藤海夏斗, 秋元陽太, 狩野友基, 北原颯一郎, 本田泰	
最適速度巡回アルゴリズムによるヘテロ群ロボットが創発する行動	17
世良田竜平, 本田泰	
接触感染の一考察	19
石橋善弘, 福井稔	

30年間の論文集から振り返るシンポジウムの歩み.....	21
杉山雄規, 石渡龍輔	

人の流れから都市の姿を描く

Takaaki Aoki

¹ Faculty of Data Science, Shiga University.

Addressed problem: How to visualize human flow on map?

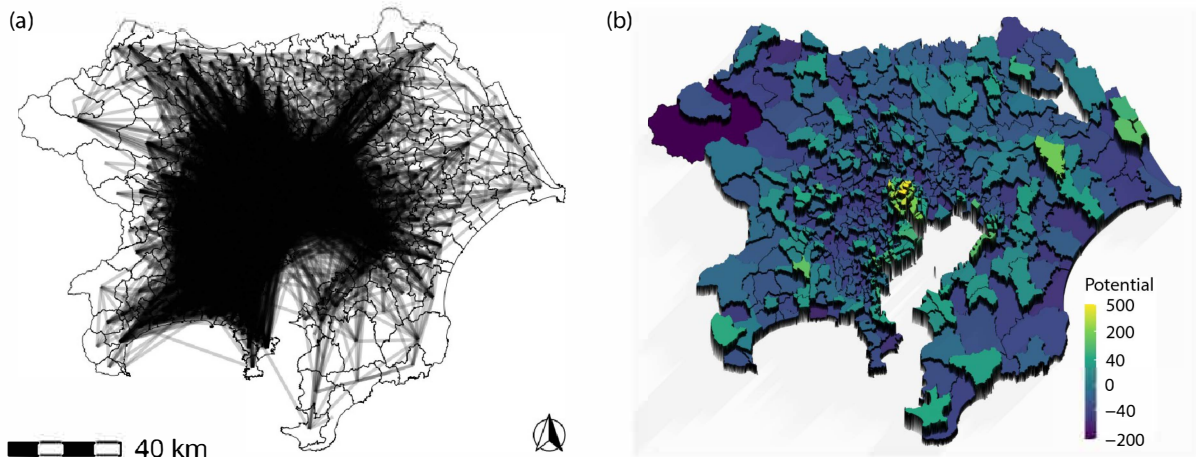
People are moving from one location to another in their daily lives, for commuting, shopping, entertainment, schools, etc. This human flow provides vital information for unfolding the actual shapes of cities based on lively human behavior by place-to-place interactions from origin to destination.

However, it is not easy to handle massive data on human flows as it is because, for example, when there are 1,000 locations on a map, the flow dataset is depicted by a million links from the origin to the destination.

Our solution: Use combinatorial Hodge theory to obtain the potential of the human flow

In this study, we identified the potential of human flow directly from a given origin-destination matrix. By using a metaphor for water flowing from a higher place to a lower place, the potential landscape visualizes an intuitive perspective of the human flow and determines the map of urban structure behind the massive movements of people. From the map, we can easily identify the sinks (attractive places) and the sources of human flow, not just populated places.

The detected attractive places provide beneficial information for location decision making for commercial or public buildings, optimization of transportation systems, urban planning by policy makers, and measures for movement restrictions under a pandemic.



Potential landscape in Tokyo from home-work trips in 2018.

[1] **Urban spatial structures from human flow by Hodge-Kodaira decomposition**, Takaaki Aoki, Shota Fujishima & Naoya Fujiwara, *Scientific Reports*, vol. 12, 11258 (2022).

[2] **Identifying sinks and sources of human flows: A new approach to characterizing urban structures**, Takaaki Aoki, Shota Fujishima & Naoya Fujiwara, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, vol. 51(2), 419-437 (2024).

東京ドームからの帰宅シミュレーション

浦田桂一郎, 柳澤大地, 西成活裕
東京大学 工学部 航空宇宙学科

概要

コロナ終息以降のイベントの開催数の増加に伴い、群集事故や電車の遅延といった「混雑リスク」への対策は、ますます重要性を増している。本研究では東京ドームを例に、イベント後に最寄駅へ向かう群集の混雑緩和を目的として、ドーム退出率・駅までの帰宅経路に存在する赤信号の時間に着目し、セルオートマトンモデルを用いてシミュレーションを行った。そして、コンサートやスポーツの試合といったイベントの種類に応じて、混雑指標を最小化するドーム退出率と赤信号時間の組み合わせを明らかにした。この結果は、東京ドームにおける各イベント後の規制退場などの群集マネジメントに役立つと考えられる。また、他の商業施設の混雑緩和や施設設計段階での混雑予想への応用も期待される。

1 序論

コロナウイルスが第五類に移行し、イベントの開催数・参加人数ともに増加傾向にある現在、イベントにおける混雑の緩和は非常に大きな問題となっており、特にイベント後の最寄駅の混雑や、それによる電車の遅延はニュースでも取り上げられるほどである。国土交通省によれば、年間東京都で発生する電車の遅延による経済損失は数億であり、この一部をこうしたイベント後の混雑が引き起こしているのは間違いなく、解決優先度が高い課題であると言える。それと同時に、こうした密集した場所では群集事故が起きる可能性が高まるため、事故防止の視点からも混雑対策を考える必要がある。

これに対する「スタジアム内部」の観点からのアプローチとして、[1] は歩行者シミュレータを用いて接触回数を指標に、分散退場時における一般的な野球ドームやサッカー場の内部の様子を調べ、分散退場オペレーションの評価基準を示した。また、[2] は関門海峡花火大会を例に、実際のデータとシミュレーションのデータの同化を用いて、実際のデータから初期条件を定め信号の開閉時間を制御し、花火大会の参加者の帰宅時間を含めた混雑指標を最小化する研究を行った。

本研究は、スタジアムの出口から駅入口の信号までをシミュレーションに組み込むことで、スタジアムからの退出と、帰宅道中の信号時間の両方の有効な制御方法について調べた。従って、イベントからの帰宅全体としての最適を考えることができるため、総合的な群集マネジメントに役立つと考えられる。イベントを大きく「コンサート型」、「スポーツ型」に分け、二つのイベントの性質に注目して解析しているのも新しい要素である。

2 シミュレーションモデルと設定

本研究では、図 2.1 (上) に示すような東京ドームから水道橋駅東口までの帰宅シミュレーションを、セルオートマトン

ン・フロアフィールドモデル (図 2.1 (下)) を用いて実施した。モデルの図の上段が 1 階、下段が 2 階に対応している。シミュレーションの入口はドームの出口である。ドームから退出した群集は、図 2.1 に矢印で示した経路を辿って駅に向かい、シミュレーションの出口である信号を渡ると帰宅完了となる。(シミュレーションから消える)

また、東京ドームのイベントを「コンサート型」と「スポーツ型」に分けた。相違点は、後者は観客に勝利チームと敗者チームの違いがあり退出開始時間が異なることである。

混雑指標としては、密度・衝突回数・全体帰宅時間・信号効率の逆数に重みづけして和をとったものを考えている。信号効率とは「青信号一定時間あたりに通過した人数」であり、これによって車道側の効率も考えられているため、常に青信号の状況が最適とはならない。

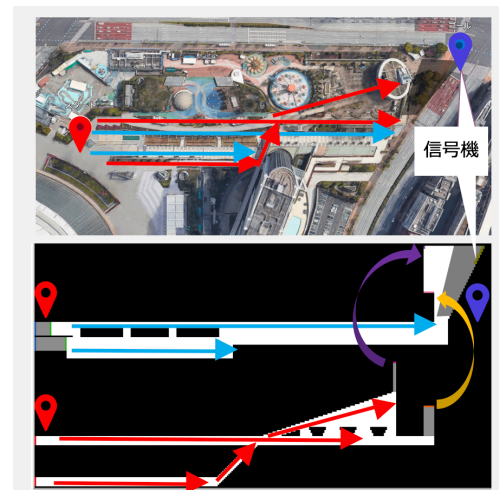


図 2.1: 実際のルート (Google Earth)(上) とモデル (下),

3 結果

3.1 コンサート型イベントの場合

図 3.1 は実際にコンサートが行われた日時の信号機付近の群集密度の時間変化と、そこから推算される条件でシミュ

レーションした結果である。これを見ると、シミュレーションによって実際のデータをよく再現できていることがわかる。

図 3.2 は信号とドーム退出率に対する混雑指標のヒートマップである。そこに指標を最小化する理論曲線と、シミュレーションから求めたパラメータの組み合わせをプロットした。理論曲線は流体力学の考えを用いて導出したものである。すなわち、入口の流量と出口の流量が釣り合う時が最適である。赤信号時間が 20 秒以上ではシミュレーション結果は理論曲線に沿い、それ以下でシミュレーション結果が予想より小さくなる結果となった。後者の理由としては、赤信号時間が短くなるにつれて出口付近に人がたまらず、従って出口流量が推算した値より小さくなるからだと考えられる。この曲線を用いれば、例えばコンサート型イベントの際にドーム退出率が 4.3 [人/sec] 付近になれば、赤信号時間は 80 秒に調整すると良いとわかる。(青信号は 40 秒で固定している。)

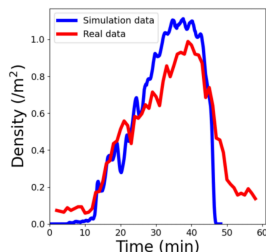


図 3.1: シミュレーションと実際の比較

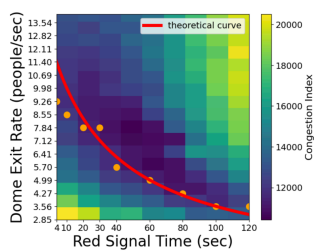


図 3.2: 最適なドーム退出率と赤信号時間に対する混雑指標

3.2 スポーツ型イベントの場合

野球等スポーツでは、勝ったチームのファンは試合後のインタビューを見るなど試合後も球場に残るため、敗北したチームのファンとドームから帰宅し始める時間が違うことが予想される。図 3.3 に実際に野球の試合が行われた際の信号機付近密度の時間変化と、そこから推算される条件でシミュレーションした結果を載せる。この図を見ると、シミュレーションによって、敗者と勝者のファンでピークが二つある特徴などを再現できていることが分かる。

スポーツ型では、ドーム退出率、赤信号時間に加えて、三つ目のパラメータとして勝者チームのファンの割合(勝者率)を考える必要がある。そのため、これらを軸として混雑指標の三次元のヒートマップを作成した(図 3.4)。現実では勝者率は席の予約状況から事前に推定できるので、ドーム退出率と赤信号時間の片方が定まれば最適なもう片方の値を推算することができる。例えば、A 対 B の試合でファン数が 6:4 であるときに A が勝ち、赤信号時間が 100 秒であるとすると、ドーム退出率は 3.5 [人/sec] になるよう規制退場させ

るのが良いとわかる。

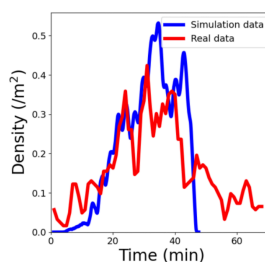


図 3.3: シミュレーションと実際の比較

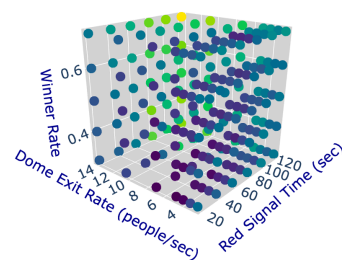


図 3.4: 赤信号時間・ドーム退出率・勝者率に対する混雑指標

4 まとめと今後の課題

本研究では、東京ドームのイベントから帰宅する群集のシミュレーションを行い、その結果を実際に観測された群集密度と比較をすることにより、シミュレーションの妥当性を検証した。そして、全員が同時に帰宅するコンサート型と、ファンによってドーム退出のタイミングが異なるスポーツ型という二つのイベント様式の場合に、混雑指標を最小化するドーム退出率と駅前の赤信号時間の組み合わせを明らかにした。従って、本研究成果を用いれば、赤信号時間に応じて、最適な規制退場を実施することができる。またドーム退出率の制御が困難な場合には、逆に赤信号時間の適切な設定により混雑を緩和できる。

将来的にはドーム到着率・赤信号時間を時間変化させられるようにし、実際にリアルタイムで東京ドームの混雑緩和に寄与できたらと思う。東京ドームの場合、併設施設への誘導や、空いている分かれ道への誘導も混雑を緩和する上で大きな対策となりうるので、こうした視点からも今後研究を進めていきたい。

本研究は、JSPS 科研費 JP23K21019, JP23K20947 の助成及び JST 未来社会創造事業 JPMJMI20D1 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 丹羽了, 鷹見竣希, 重中秀介, 大西正輝 ”スタジアムにおける分散退場オペレーションの効果分析”, 第 14 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM 2022), A33-3, 2015.
- [2] 大西正輝, 重中秀介, 山下倫央 ”大規模イベントにおける群集制御”, 特集: 「人間と相互理解できる次世代人工知能技術: 第 1 部『基盤技術編』」, 人工知能学会誌, Vol.34, No.6, p768-773, 2019.

災害時の道路啓開と緊急搬送・物的支援のシミュレーション

田尻翔吾, 中桐斉之¹

¹ 兵庫県立大学 環境人間学部 環境人間学科

概要

本稿では、地震等の災害発生時の道路啓開における緊急搬送・物的支援両立の為の道路啓開モデルを作成し、シミュレーション解析を行った。具体的には2次元格子路上に起点、終点、寸断されたリンクを設定、啓開パターンごとにアクセシビリティを算出した。その結果、必ずしも啓開リンク数が増加するに伴って最大アクセシビリティが増加するわけではなく、同時にリンクを復旧することによる相乗効果が見込まれることが分かった。

Simulation of elimination of road obstacles and emergency transport and material support during disasters.

Shogo Tajiri, Masayuki Nakagiri¹

¹ Department of Human Science and Environment Graduate School of Human Science and Environment University of Hyogo

Abstract

In this paper, a elimination of road obstacles model has been developed and a simulation analysis has been carried out in order to balance emergency transport and logistics support in elimination of road obstacles in the event of a disaster such as an earthquake. Specifically, the starting point, ending point and broken links were set up on a two-dimensional lattice, and accessibility was calculated for each elimination of road obstacles pattern. The results show that maximum accessibility does not necessarily increase as the number of revelation links increases, but that a synergistic effect of restoring links at the same time is expected.

1. はじめに

地震等の災害が発生した際、その直後から緊急搬送や、支援物資輸送・被災地支援者の輸送等、道路は平時の人や物資の輸送に加えて多くの人や物が行きかうこととなる。特に被災から72時間以内においては、被災者の生存率を大きく左右すると言われており[1]、一刻も早い負傷者の搬送が求められる。しかしながら、同時に災害時に道路は被災し、平時と比べて所要時間が延びたり、時には道路自体が寸断される事態となる。

これに対応するため、道路管理者である国土交通省や各地方自治体では「道路啓開計画」と呼ばれる

事前に災害の耐性が高く整備されるべき道路や、被災時に優先して復旧されるべき道路をまとめ、またどのようにして道路の応急修復(以後啓開とする)を行うのかを記した計画を策定している[2]。

しかしながら現在の道路啓開計画の多くはあくまで被災者の生存率に大きく関わる被災から72時間までの動きに特化したものが多く、それ以降の動きについては別で復興計画や復旧計画等の形で策定している事例やそもそも策定が確認されない事例がある。

また確かに被災から72時間以内が被災者の生

存率に大きく関わる[1]ものの、被災から 72 時間経過時に啓開が完了した道路は、救急搬送等に有用ではあるものの、それまでに救助が完了した人や、避難に成功した人々に対する物資支援に向けた道路の復旧の考慮が乏しい現状がある。

このことから本研究では医療救護活動において被災地外からの物的支援の受け入れが少ない中で救護活動が強いられる被災から 72 時間までとおおよそのライフラインが復旧し、広域的な支援を見込むことのできる被災から 1 か月まで[3]を目途とし、従来と同様の啓開をどこまで継続し、いつから避難所や物資拠点、役所の様な公的施設までの経路を中心に復旧していけば、救急搬送数と物的支援量を両立することが出来るかをコンピュータ解析により解明した。

2. モデル

災害により寸断された道路の復旧に対する優先順位に関する解析手法は複数あるが、本研究においては坂本ら(2018)[4]の用いた格子モデルを基にモデルを構築した。

モデルの概要としては、対象ネットワークに対する起点と終点のペアを決定し、寸断されているリンクに印をつけリンク数を算出する。ここで起点終点のペアの選択にあたっては、緊急搬送に関するペアだけでなく、物的支援のペアを別途追加した。次に「寸断リンク」と「対応可能リンク」から啓開パターンを作成し、その啓開パターンからノード間の最短所要時間を基とした起点終点ペアリストのアクセシビリティ(ACC)を(1)式から算出する。

$$ACC = \sum_k (D_k + L_k) \times f(c_{ij}) \quad (1)$$

ここで、 D_k は緊急搬送に関するノードペア k の重要度、 L_k は物的支援に関するノードペア k の重要度、 $f(c_{ij})$ はペア k に対応したノード ij 間の交通抵抗関数であり、ノード ij 間の最短所要時間とする。また、ACC が最大値となった時を第 n 次における最適道路啓開パターンとする。その後、啓

開していないリンクを算出し、最初に寸断されているとした道路の復旧が全て完了するまで繰り返す。

3. 結果

構築したモデルを C 言語(gcc version 13.2.1)を用いて計算機シミュレーションを行った。その結果、復旧リンク数が増加するに伴って、最大 ACC が必ず増加するわけではないことが分かった。このことから複数リンクを同時に復旧することで効果が強まる相乗効果があると考えられる。これは坂本ら[4]の結果を支持する。

4. まとめと今後の課題

本研究は地震等の災害発生時における道路復旧において、救急搬送と物的支援の両立を目指した啓開モデルを構築し、計算機シミュレーションから、復旧リンクの増加が必ずしも最大 ACC の増加につながるわけではなく、同時にリンクを復旧することによる相乗効果が見込まれることが分かった。

今回のモデルでは、ノードに搭載する情報が起点と終点のみとなっており、今後は道路啓開関連施設の被災状況をノードに情報として搭載可能な様にすることが必要である。

参考文献

- [1]国土交通省近畿地方整備局,阪神淡路大震災の経験に学ぶ 震災時における社会基盤利用のあり方について 第 1 章 死者を減らすために, <https://www.kkr.mlit.go.jp/plan/daishinsai/1.html>,(2002),(最終閲覧日:2024/11/05).
- [2]総務省行政評価局,災害時の道路啓開に関する実態調査 結果報告書,(2023).
- [3]東京都保健医療局,災害時医療救護活動ガイドライン (第 3 版) 改訂案,資料 2-2,(2024).
- [4]坂本淳・西内裕晶,大規模災害からの復旧対応力を考慮した道路啓開モデルの提案,都市計画論文集,Vol.53 No.3,pp859-866,(2018).

樟脳型の自己駆動粒子系の集団運動

大澤智興¹

¹九州工業大学 情報工学部 物理情報工学科

概要

自己駆動粒子系は、それらの相互作用により複雑な時空構造を示すことが知られている。水に浮かべた樟脳粒集団は、斥力相互作用下にある自己駆動粒子系として考えられる。ここでは、動的フロアフィールドモデルを用いた樟脳型の自己駆動モデルを用いて、一次元空間内に複数のモデル粒子や拡散と粒子移動を制限する壁や配置し、モデル粒子の集団運動の計算を行った。モデル粒子は、空間内を前後方向に移動可能なため、他の粒子とや壁に接近すると、移動方向を反転した。円環内に複数のモデル粒子を配置した場合は、粒子数や配置に依存して、多様な振動モードが出現した。壁に近接して複数のモデル粒子を並べ、拡散と移動方向に異方性を与えた場合は、モデル粒子集団の移動方向に異方性を生じさせることができた。

Collective motion in camphor-inspired self-driven particles

Chikoo Oosawa¹

¹ Department of Physics and Information Technology, Kyushu Institute of Technology

Abstract

Self-driven particles are known to exhibit complex spacetime structures due to their interactions. A collection of camphor particles floating on water can be considered a self-driven particle system under repulsive interactions. In this study, we employed a dynamic floor field model to simulate camphor-inspired self-driven particles in one-dimensional space, incorporating multiple particles along with walls that restrict diffusion and particle movement. The particles were capable of moving back and forth in space; when they approached other particles or walls, they reversed their direction of movement. When multiple particles were arranged within a circular ring, diverse oscillatory modes emerged, depending on the number and arrangement of the particles. Additionally, by aligning multiple particles close to a wall and introducing anisotropy in diffusion and movement direction, we were able to induce anisotropic collective motion within the particles.

1 序論

樟脳粒を水面に浮かべると、自己駆動粒子として振る舞うことが知られている [1]。運動の原因となるのは、粒から溶解する樟脳分子が水の表面へ等方的に拡散することに依存するが、高濃度の樟脳で表面張力が小さく、逆に低濃度の樟脳粒は表面張力の大きいくなる。そのため樟脳粒近傍の樟脳の濃度が

生じれば、樟脳粒は、樟脳濃度が低い方向へ移動する。このようなメカニズムを本報告では、動的フロアフィールドモデル [2, 3] を用いて、複数の粒子が一次元空間に存在する場合の集団運動について報告する。

2 モデル

動的フロアフィールドモデルでは、粒子の運動を離散化された時間と空間を考え、時間ステップごとに、粒子位置近傍の樟脳の強度 $I(t)$ (=フロアフィールドの状態) に依存して確率的に決定される。1次元下では、1ステップで左 ($x-1$) 右 ($x+1$) いずれか1に方向に移動可能であり、その確率は、

$$p_{x+1}(t) = \frac{\exp[k \cdot I_{x+1}(t)]}{\exp[k \cdot I_{x-1}(t)] + \exp[k \cdot I_{x+1}(t)]} \quad (1)$$

$$p_{x-1}(t) = \frac{\exp[k \cdot I_{x-1}(t)]}{\exp[k \cdot I_{x-1}(t)] + \exp[k \cdot I_{x+1}(t)]} \quad (2)$$

となる。 k は、モデル粒子の I に対する選好性を示し、 I に対して正で引力、負では斥力の効果となる。物質の強度 ($I \geq 0$) は、式 (3) で表現され、時空間的に変化する。

$$\begin{aligned} I_x(t+1) &= I_x(t)(1-\alpha)(1-\delta) \\ &+ \frac{\alpha(1-\delta)}{2}[I_{x-1}(t) + I_{x+1}(t)] \\ &+ (1-\delta)f_p\Delta(x-x_p) \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、

$$\Delta(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x = 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

である。ここで、 α, δ は、それぞれ足跡物質の拡散および分解または昇華の程度を意味し、 $f_p > 0$ は、粒子からの足跡物質の放出量、座標 (x_p) は、粒子位置を示す。このように、動的フロアフィールドモデルにおける I は、粒子の履歴 (位置と時間経過) をある程度保存し、モデル粒子の移動確率に影響し、結果的に非マルコフ的な運動の原因となる。樟脳粒モデルの場合は、 $k < 0$ であり、モデル粒子近傍の I が小さい方へ移動する確率が大きくなる [3, 4]。複数モデル粒子の場合は、全てのモデル粒子からの I の和によって移動確率が決まる。さらに排除体積効果も考慮した。粒子と物質を透過できない壁では、ゼロ流速条件を適用した。

3 計算条件、指標

モデル粒子の初期配置は有限長や円環状の一次元上にランダム、等距離、近接に複数粒子を配置した。モデル粒子の集団的な運動の指標として全ての粒子から速度から平均速度 $\bar{v} \in [-1.0, 1.0]$ を用いた (時計回り方向、右側を正とした, 図1参照)。粒子の移動は、式 (1)~(4) のように確率的に決まるため、同

一条件下で 10^4 回 \bar{v} を求め、それらから頻度分布を求め、分布の形状や統計量を求め比較した。

4 結果と考察

本モデルにおけるモデル粒子の移動は、等方的に拡散する I の影響を受け、時刻 $t = 0$ では、双方向に移動可能であり、さらに粒子間には、斥力相互作用が生じる。図1のように等間隔やランダムにモデル粒子を配置した場合には、 \bar{v} の平均は、ほぼ0になった。図2のような壁を導入すると、 $\bar{v} > 0$ と

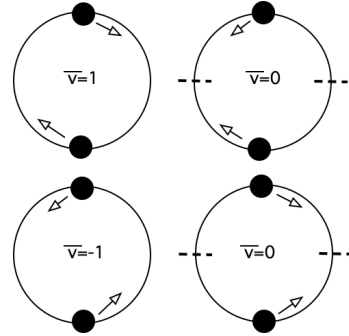


図1: 円環内に2個のモデル粒子を等間隔に配置した例:4種の移動モードが出現する。図中の●、白抜き矢印、点線は、それぞれモデル粒子、移動方向、粒子の衝突位置を示す。



図2: 壁による異方性の導入: ●は、図中の記号は図1と同じ。

なった。さらに、より小さい α , より小さい δ , より大きい f_p , より少ないモデル粒子数で、 \bar{v} の平均は、より大きくなった。

参考文献

- [1] Y.Matsuda, K.Ikeda, Y.Ikura, H.Nishimori, N.J.Suematsu, J. Phys. Soc. Jpn. 88,093002 (2019)
- [2] A. Kirchner, K. Nishinari, A. Schadschneider, Phys. Rev. E 67,056122 (2003)
- [3] C. Oosawa, Proceedings of the 26th Symposium on Traffic Flow and Self-driven Particles, pp.55-58 (2020)
- [4] C. Oosawa, J. Robot. Mechatron., Vol.35 No.4, pp. 918-921 (2023)

非弾性剛体円板系の自己組織化空間不均一性と最終凝縮状態

北川遼, 麦田大悟, 村瀬信明, 礒部雅晴

名古屋工業大学 大学院工学研究科

概要

本研究では、非弾性剛体円板系の反発係数の変化により生じる自己組織化空間不均一性と最終凝縮状態を、大規模分子動力学シミュレーションにより系統的に調べた。流動相-固相 (Alder) 転移点近傍において、非自明な協働運動や結晶化を伴う自己組織化パターンが生じた。

Self-organized spatial inhomogeneity and final condensed states in self-propelled quasi-elastic hard disk systems

Ryo Kitagawa, Daigo Mugita, Nobuaki Murase, Masaharu Isobe

Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

Abstract

We investigated self-organized spatial inhomogeneities in a quasi elastic hard disk system via large-scale molecular dynamics simulations. By changing packing fractions around the Alder transition point systematically, we elucidated non-trivial cooperative dynamics including crystallization and found the fascinating self-organized spatial patterns.

1 はじめに

非弾性剛体球を用いた自由冷却過程の粉体気体 (Granular Gas) 系 [1, 2] では、粒子数 N 、粒子占有率 ν 、反発係数 r により一般に、初期 (平衡) 状態から一様冷却状態 [3] を経て、速度場 (Shearing Regime)、密度場 (Clustering Regime) の順に不安定化し、非平衡定常状態に到達する。反発係数が 1 に近い準弾性極限、熱力学極限においては流体乱流と顕著な類似点が存在する [4, 5]。非弾性剛体円板の先駆的研究 [2] では、粒子数 $N = 1024$ の小規模系で、アルダー転移点 [6] より高密度の平衡系を初期条件とすると、粉体気体系の最終凝縮 (アトラクター) 状態として、シアバンド流以外にも双極渦構造 (正負の渦が 2 つずつ対向流として循環) の状態が存在することが報告されている。

本研究では、高密度系の非弾性剛体円板系に着目し、先行研究 [2] の約 1000 倍の約 100 万粒子系 ($N = 1024^2$) において、大規模 Event-Driven 分子動力学

シミュレーション (EDMD) [8] を遂行した。特に、アルダー転移点付近の高密度系に着目し、反発係数が $r \neq 1$ で生じる非自明なパターン形成と最終凝縮 (アトラクター) 状態について系統的に調べた。

2 シミュレーション手法

長方形 ($L_y/L_x = \sqrt{3}/2$) と正方形 ($L_y/L_x = 1$) の系内 (面積 $A (= L_x \times L_y)$) に配置した半径 σ の剛体円板からなる単成分粒子系 ($N = 1024^2$) (周期境界条件) を考え、様々な粒子占有率 $\nu = N\pi\sigma^2/A$ において、弾性系 ($r = 1$) にて十分に長時間 Event-Driven 分子動力学法 (EDMD) [8] を実行し、平衡状態まで緩和させた。次に、得られた平衡状態を初期状態とし、反発係数を $r < 1$ (Granular Gas における Inelastic Hard Sphere (IHS) モデル 1) および $r > 1$ (先行研究は文献 [7]) の両方の場合を考え、 r の値を変えて EDMD を実行し、定常状態への緩和過程を調べた。EDMD シミュレーションで

は、系のエネルギーを一定にするため、(i) 全粒子に対する速度スケールリング、(ii) 衝突粒子対のみに対する速度スケールリング、という2つの手法を適用した。緩和過程の解析には、空間不均一性を定量化するため、以下の物理量の場を用い可視化した：密度場 $D(\mathbf{r}) = \sum_i \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i)$ 、速度場 $\mathbf{V}(\mathbf{r}) = \sum_i \mathbf{v}_i \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i)$ 、および配向秩序場 $\Phi^*(\mathbf{r}) = \sum_i \varphi_i^* \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i)$ 。ここで、 \mathbf{r} は任意の位置座標、 \mathbf{r}_i は粒子 i の位置、 \mathbf{v}_i は粒子 i の速度、そして φ_i は粒子 i の配向秩序パラメータである： $\varphi_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} \exp(6i\theta_j^i)$ 。ただし、 i は虚数単位、 j は粒子 i の最近接粒子、 N_i は最近接粒子の総数、 θ_j^i は粒子 j から i への位置ベクトルと任意の基準軸（例えば x 軸）のなす角度である。なお、最近接粒子の特定には、2D-SANNex 法 [9] を用いた。また、物理量の空間場は、グリッドに分けたセル内で平均し、密度場 D_{CG} については、ガウシアンフィルターで粗視化（スムージング）した。粗視化された速度場 \mathbf{V}_{CG} と配向秩序場 Φ_{CG}^* については、それぞれ角度と偏角 ($\arg(\Phi_{CG}^*)$) の値のみを可視化した。

3 シミュレーション結果

3.1 反発係数 $r < 1$ の場合

図 1 は、準弾性剛体円板系 $(N, \nu, r) = (1024^2, 0.75, 0.996)$ における最終凝集（アトラクター）状態である。粗視化された密度場 D_{CG} お

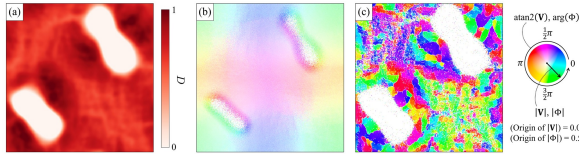


図 1: 準弾性剛体円板系 $(N, \nu, r) = (1024^2, 0.75, 0.996)$ における最終凝集（アトラクター）状態。(a) 密度場 D_{CG} 、(b) 速度場 \mathbf{V}_{CG} の方向、および (c) 配向秩序の粗視化偏角場 $\arg(\Phi_{CG}^*)$ 。

よび粗視化された速度場 \mathbf{V}_{CG} の方向において観察された最終的なアトラクターとして、逆方向の二帯せん断流だけでなく、正負二つずつの渦が対向流を形成し、正の渦の内部に二つの楕円形の空隙を伴う特異な循環流も発見された。配向秩序の粗視化された偏角場 $\arg(\Phi_{CG}^*)$ は、二つの楕円形の空隙の外側に高密度の結晶構造が出現することを示した。

3.2 反発係数 $r > 1$ の場合

図 2 は、準弾性剛体円板系 $(N, \nu, r) = (1024^2, 0.698, 1.0041)$ における最終凝集（アトラクター）状態である。

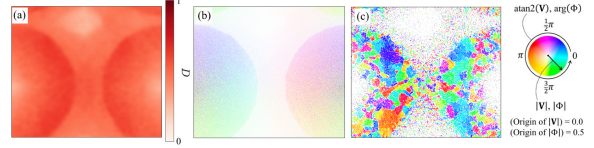


図 2: 準弾性剛体円板系 $(N, \nu, r) = (1024^2, 0.698, 1.0041)$ における最終凝集（アトラクター）状態。(a) 密度場 D_{CG} 、(b) 速度場 \mathbf{V}_{CG} の方向、および (c) 配向秩序の粗視化偏角場 $\arg(\Phi_{CG}^*)$ 。

講演では、パラメータを系統的に変化させ、空間不均一性と結晶化ならびに流れの特徴を軸に相図を作成する。また、Vicsek モデル [10] などのアクティブマターモデルとの類似点について議論する。

参考文献

- [1] I. Goldhirsch and G. Zanetti, Phys. Rev. Lett., **70** 1619 (1993); I. Goldhirsch, Annual Review of Fluid Mechanics **35**, 267 (2003).
- [2] S. McNamara and W. R. Young, Phys. Rev. E, **53** 5089 (1996).
- [3] P.K. Haff, J. Fluid Mech. **134**, 401 (1983).
- [4] M. Isobe, Phys. Rev. E, **68** 040301(R) (2003).
- [5] M. Isobe, Int. J. of Mod. Phys. C **23**, 1250032 (2012).
- [6] M. Engel et al., Phys. Rev. E **87**, 042134 (2013).
- [7] M. Isobe, AIP Conf. Proc. (USA), **708** 158 (2004).
- [8] M. Isobe, Int. J. Mod. Phys. C **10**, 1281 (1999).
- [9] D. Mugita et al., J. Chem. Phys. **160**, 174104 (2024).
- [10] T. Vicsek et al., Phys. Rev. Lett. **75**, 1226 (1995).

閉じた排他過程周りの摂動論に関して

渡邊真隆

名古屋大学 情報学研究科 複雑系科学専攻

概要

閉じた排他過程に脱吸着が付与されたモデルに関して、定常状態の一般的な表式を摂動論で導出する。この公式は[Phys. Rev. E **97**, 032135]で予想された空間一様な脱吸着付き ASEP の定常状態に関する予想を一般化して解決するものである。この手法を用いて一様脱吸着付きの開放端非対称単純排他過程の定常状態に関する相図を描き、平均場近似を用いて導出された結果を再現する。

On perturbation around closed exclusion processes

Masataka Watanabe

Graduate School of Informatics, Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan

Abstract

We derive the formula for the stationary states of particle-number conserving exclusion processes infinitesimally perturbed by inhomogeneous adsorption and desorption. The formula not only proves but also generalises the conjecture proposed in [Phys. Rev. E **97**, 032135] to account for inhomogeneous adsorption and desorption. As an application of the formula, we draw part of the phase diagrams of the open asymmetric simple exclusion process with and without Langmuir kinetics, correctly reproducing known results.

本文

非対称単純排除過程 (ASEP) は非平衡系の重要な可解モデルであり、物理学だけではなく生物学や社会現象との関連からも注目されている。ASEP は 1 次元格子を非対称に飛び移る粒子を記述する連続時間マルコフ過程であり、例えばその定常状態を調べることは興味深い。ASEP はその可積分性から定常状態が厳密に求まる利点がある一方、可積分性のない排他過程の定常状態はその重要性に反して調べるのが難しい。

我々は、そのような系のうち、閉じた排他過程が空間依存性のある脱吸着で摂動を受けたものを考え、その定常状態を一般的に導出した。なお、このうち特に重要な具体例が Langmuir kinetics (空間一様な脱吸着) 付きの ASEP (ASEP-LK) であり、モータータンパク質の運動を記述すると考えられている [1]。ASEP-LK の定常状態の摂動論による表式は [2] で予想されたが、これまで証明が与えられていなかった。我々の結果は、この予想を解決してさらに脱吸着に空間依存性を持たせる拡張を行ったものとなる。

我々の結果はこれまで平均場近似によって導出されてきた ASEP の相図の (摂動的部分の) 再現も可能で

ある。例えば、開放端 ASEP は端のサイトだけに脱吸着がある閉じた ASEP だと考えることもできるため、我々の公式が適用可能である。さらに、開放端 ASEP-LK の相図の一部も再現した。これらの結果は正当化が難しい可能性がある平均場近似を回避して相図を書き下す新たな手段として重要だと考えている。

詳細は [3] に出版済み。

参考文献

- [1] A. Parmeggiani, T. Franosch and E. Frey, “Phase coexistence in driven one-dimensional transport”, *Phys. Rev. Lett.* **90**, 086601 (2003)
- [2] J. Sato and K. Nishinari, “Relaxation dynamics of closed diffusive systems with infinitesimal Langmuir kinetics”, *Phys. Rev. E* **97**, 032135 (2018)
- [3] M. Watanabe, “On perturbation around closed exclusion processes,” *SciPost Phys.* **17** (2024), 092

生体の神経計算における確率性： 線虫 *C. elegans* の温度感覚システムからの考察

松山 裕典¹, 加納 周², 中野 俊詩², 森 郁恵^{1,3}

¹ 名古屋大学 大学院理学研究科 附属ニューロサイエンス研究センター (NSI)

² 名古屋大学 大学院理学研究科 理学専攻 生命理学領域

³ 北京脳科学研究所 (CIBR)

概要

脳は、感覚入力を知覚や行動に変換するある種のマシンと捉えられる。しかしながら、決定論的なロジックで作動するコンピュータとは異なり、生物の脳は周囲の環境に対して確率的に応答する。脳におけるこうした確率的計算の神経基盤を明らかにすることは、脳とコンピュータの相違点を浮き彫りにし、生体の神経計算に特有のロジックを理解する手がかりとなる。線虫 *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*) は、わずか 302 個の同定可能なニューロンからなる小規模な神経系を持ち、シナプスを介したニューロン間のワイヤリングが明らかにされている有用な実験動物である。こうした well-defined な神経系をモデルとすることで、生物における神経計算の原型を、シングルニューロンレベルからシステムレベルに至るまで包括的に理解できることが期待される。本講演では、我々がこれまでに *C. elegans* の神経系において見出してきた情報処理メカニズムを紹介する。まず、温度と摂食経験の連合学習によって生じる「温度に対する好き嫌いの反転」を支える神経ダイナミクスについて報告する。我々は「温度に対する好き嫌いの反転」が、温度感覚ニューロン (AFD) とそのシナプス後パートナーである介在ニューロン (AIY) の活動パターンによってコードされていることを明らかにした。次に、温度感覚を処理する神経回路において、ある種の感覚ニューロンが「ノイズ生成因子」として機能することを発見した研究を報告する。最後に、自発的な神経活動の機能を明らかにするために現在取り組んでいる試みを紹介する。我々は現在、内因性の自発活動と外部感覚入力とのクロストークを明らかにするため、自発的な神経活動オシレーションが外部の感覚入力の摂動によってどのように変化するかを計測する実験を行っている。

Stochasticity in Neural Computation: Insights from the *C. elegans* Thermosensory System

Hironori J. Matsuyama¹, Amane Kano², Shunji Nakano², Ikue Mori^{1,3}

¹ Neuroscience Institute (NSI), Graduate School of Science, Nagoya University, Nagoya, Japan

² Department of Biological Science, Graduate School of Science, Nagoya University, Nagoya, Japan

³ Chinese Institute for Brain Research (CIBR), Beijing, China

Abstract

Animal brain can be regarded as a type of machine that converts sensory inputs into perceptual or behavioral outputs. However, unlike computers operating on deterministic logic, animal brains respond to their surrounding environments in stochastic manners. Identifying

the neural basis of the stochasticity, which differentiates nervous systems from computers, provides insights into the logic underlying biological computation in living organisms. The nematode *Caenorhabditis elegans* (*C. elegans*) is an ideal model system for comprehensively investigating fundamental forms of stochastic computation in living organisms, ranging from the single-cell level to the systems level, due to its well-defined nervous system that consists of 302 identifiable neurons with fully mapped synaptic wiring. In this presentation, we will introduce the computational mechanisms we have identified in the *C. elegans* nervous system: First, we will report the neural dynamics involved in reversing "temperature preference" through associative learning between temperature and feeding experiences. The learning-induced reversal of temperature preference is encoded by the activity patterns of thermosensory neurons and their postsynaptic interneurons. Second, we will present our findings on the existence of specific neurons that function as noise generators in the temperature-processing circuitry. Finally, we will highlight our ongoing research on the functions of endogenous spontaneous neural activity. To examine the crosstalk between the intrinsic spontaneous activity and external sensory input, we are currently conducting experiments to measure how intrinsic spontaneous neural oscillations are altered by external sensory perturbations.

交差点を含む8の字経路における2次元画像による深層学習 走行ロボットの対面自律走行

山形 周¹, 世良田 竜平¹, 伊藤 海夏斗², 秋元 陽太², 狩野 友基², 北原 颯一郎², 本田 泰³

¹ 室蘭工業大学大学院 工学研究科 情報電子工学系専攻

² 室蘭工業大学 理工学部 システム理化学科

³ 室蘭工業大学大学院 しくみ解明系領域

概要

本研究の目的は深層学習を用いた走行ロボットの自律走行による対面8の字自律走行を実現およびその観測を通じて行動のための知能の原理を探求することである。8の字コースの走行では、円形コースでは発生しないロボット同士の交差が観測できる。交差点においては、直線的な追い越しや行き違いとは異なる知的行動が要求される。先行研究 [1] において、自律走行ロボットと人間による操縦ロボットの、対面8の字自律走行を観測することができた。本研究では、二次元画像による深層学習を用いて、自律走行ロボットのみによる8の字対面自律走行を観測する。

Autonomous two-way traffic of deep-learning running robots in a figure-eight route with an intersection by two dimensional image

Shu Yamagata¹, Ryuuhei Serata¹, Kanato Ito², Yota Akimoto², Tomoki Karino²,
Soichiro Kitahara², Yasushi Honda³

¹ Division of Information and Electronic Engineering, Graduate school of Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

² Department of Sciences and Informatics, Faculty of Science and Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

³ College of Information and System, Muroran Institute of Technology, Japan

Abstract

The purpose of this study is to develop a autonomous running system by using simple neural network and to find principles which bring a smooth traffic in a figure-eight route. We were able to observe intersections which do not appear in a simple route of circumference. At the intersection, they need an intelligence which is different from that for linear passing. As a result of the experiment, we were able to observe the figure-eight autonomous running in a face-to-face manner.

1 はじめに

交通流は我々が日常的に観測することができる現象である。対面歩行や交通渋滞といった集団行動は各個体の相互作用により組織的に形成される動きであ

るが、そのメカニズムは完全には解明されていない。我々は集団行動の一つである対面走行に注目した。

本研究ではカメラから得られた二次元画像データを入力としたニューラルネットワークを用いた自律走行により、8の字コースで人間による操縦と自律

走行で対面走行が可能か確かめることを目的とする。8の字にする理由は、円形コースでは観測できない90度の交差を観測できるためである。

2 走行実験

本研究では、図1のような8の字コースで走行実験を行う。内壁の直径は80[cm]、コースの幅は56[cm]である。外壁には青いテープ、内壁にはピンクと緑のテープを貼っている。これは教師データ収集と自律走行の際に外壁と内壁を認識しやすくするためである。また、走行実験で用いる走行ロボットは図2であり、カメラを1つ(図2の赤枠)、モータを2つ(図2の黄枠)搭載している。

走行実験では、2台の走行ロボットを用いて対面8の字自律走行を行う。自律走行を行う際は、片方の走行ロボットは人間が操縦する。自律走行に用いるアルゴリズムは、先行研究で開発された、カメラからの一次元画像データによるニューラルネットワークを用いた自律走行アルゴリズムである。一次元画像データとは、カメラから得られた画像のRGBそれぞれの値を縦方向に足したデータである。この一次元画像データを入力としてニューラルネットワークを用いて学習し、学習結果を用いて自律走行を行う。

教師データ収集の際はマウスを用いて走行ロボットを操縦する。マウスを動かした瞬間の画像とモータの出力を記録し教師データとする。また、本研究では壁より上下の範囲を取り除くために画像データを切り取っている。壁の上は人間や実験場所が映り、自律走行に意図しない影響を与える可能性があるためである。

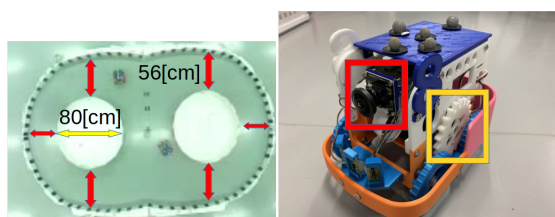


図1: 使用する8の字コース

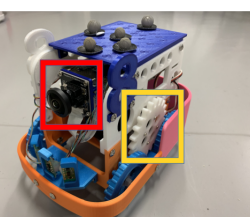


図2: 使用する走行ロボット



図3: 切り取った画像データ

3 実験結果

図4は人間が操縦した走行ロボットの軌道、とニューラルネットワークを用いて学習し自律走行した走行ロボットの軌道である。教師データ数は4000、学習回数は20000回とした。緑の内壁で外側に近づいている箇所があるが、対面8の字自律走行を行っている。

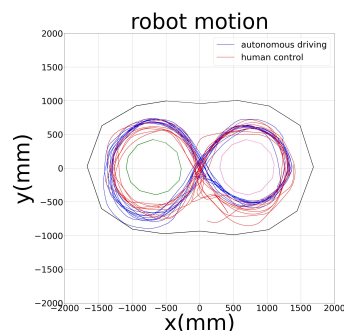


図4: 人間が操縦した走行ロボットの軌道(赤線)と自律走行した走行ロボットの軌道(青線)

4 まとめ

実験結果より、人間による操縦と自律走行での対面走行は可能であることが示された。成功の要因として、交差点でロボットと対面した時は速度を落とし、相手側を先に通過させた。また、自らが交差点に先に入っている状況では速度を落とさずにそのまま通行する方がスムーズな交差交通を実現できた。

交差点において、事前に回避ルールを一定に決めておいて、どちらかの方向に回避行動をとるとかえって衝突が起こる可能性が増加する現象を観測できた。

参考文献

- [1] 山形ら, 交差点を含む8の字経路におけるニューラルネットワーク走行ロボットの対面自律走行, 第29回交通流と自己駆動粒子・シンポジウム, (2023)

最適速度旋回アルゴリズムによるヘテロ群ロボットが 創発する行動

世良田 竜平¹, 本田 泰²

¹ 室蘭工業大学大学院 工学研究科 情報電子工学系

² 室蘭工業大学大学院 しくみ解明系領域

概要

我々は以前、2次元最適速度旋回アルゴリズムを用いた複数台走行ロボットでのひも状走行に成功した。本研究では2次元最適速度旋回アルゴリズム (2dovr) のパラメータを変化させることで、ロボットに4つの性格を持たせて、それらの様々な組み合わせを用いて走行実験を試みる。結果として、異なる性格を混ぜた走行の中には、全てのロボットを同じ性格で統一した走行よりも、よりひも状走行になりやすい組み合わせが存在した。

Emergent Behavior of Heterogroup Robots with Optimal Velocity Turning Algorithm

Ryuuhei Serata¹, Yasushi Honda²

¹ Division of Information and Electronic Engineering, Graduate school of Engineering, Muroran Institute of Technology, Japan

² College of Information and System, Muroran Institute of Technology, Japan

Abstract

We have previously successfully performed string running with multiple robots using the 2D optimal velocity turning algorithm. In this study, we experimentally created four different personalities for the robots by varying the parameters of the 2D optimal velocity turning algorithm (2dovr) and tried running experiments using various combinations of these personalities. As a result, there were some combinations of different personalities that were more prone to string running than the same personality for all the robots.

1 はじめに

人間の行動に必要な最小限の知能を発見するというのが、我々の研究背景である。対面歩行や交通渋滞といった集団行動は、各個体の相互作用によって自己組織的に形成される。しかしそのメカニズムは完全に解明されていない。そこで我々は集団行動の中でも、ひも状走行について着目した。

先行研究 [1] では、2次元最適速度旋回アルゴリズムを用いた複数台ロボットでのひも状走行に成功し

ていた。その研究では全てのロボットを統一したパラメータで動かしていた。つまり全てのロボットが全く同じ思考で走行していたと言える。しかし、現実世界では千差万別の性格を持った人間が、異なる思考を持って集団行動を行っている。そのため、本研究では最適速度関数のパラメータを変化させ、ロボットに異なる性格をもたせて走行実験を行う。より現実世界に近い環境で、ロボットが創発する行動が、どのように変化するのか観測することを本研究の目的とする。

2 性格分類

本研究では、最適速度関数のパラメータを4種類の性格に基づいて分類する(表1)。性格は、運転者行動と性格についての論文 [2] で用いられた分類より引用している。そして、これらの性格に基づいて分類されたロボット群を「ヘテロ群ロボット」と呼称する。

表 1: 4 種類の性格分類

	感応度	車間距離	全体速度
同調性性格	大	中	中
顕示性性格	大	小	大
過敏性性格	小	大	中
粘着性性格	中	中	小

3 走行実験

半径 2[m] の円形コースで走行実験を行う。コースの中に4台の走行ロボットを連なるように並べ、同時に走行を開始する。ロボットは2次元最適速度巡回アルゴリズムに基づいて走行する。他機体を発見した場合は近づき、発見していない場合は進行方向正面に進む。そして、壁に近づいた場合は、感覚運動画像によって弾性散乱を行う。

本研究では走行ロボットのパラメータを先述の4種類に分類し、様々な組み合わせで走行実験を行う。そして各走行で、ひも状走行へのなりやすさ及び、走行中のロボットが1箇所に集まって進まなくなる状態(以下、クラスターと呼称する)へのなりやすさを評価する。また、評価には各ロボットが収集した、前方の車両との相対角度 $[\theta]$ と車間距離 $[dist]$ の値を用いる。

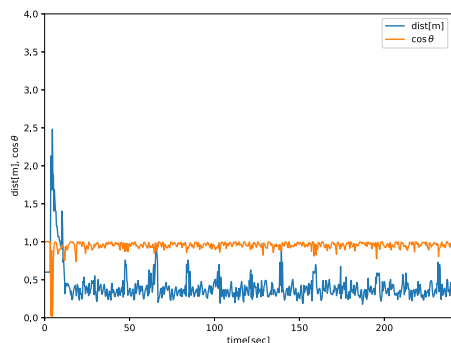


図 1: 走行ロボットが収集したデータの一例

4 実験結果

それぞれの走行で、ひも状走行へのなりやすさとクラスターへのなりやすさを比較すると、以下の図2のような傾向が明らかになった。

まず、異なる性格を混ぜた走行の中には、全てのロボットを同じ性格で統一した走行よりも、よりひも状走行になりやすい組み合わせが存在した。

そして、同じ性格のロボットによる走行でも、一緒に走る他の機体の性格が変わることで、ひも状走行及びクラスター状態へのなりやすさが大きく変わることが分かった。

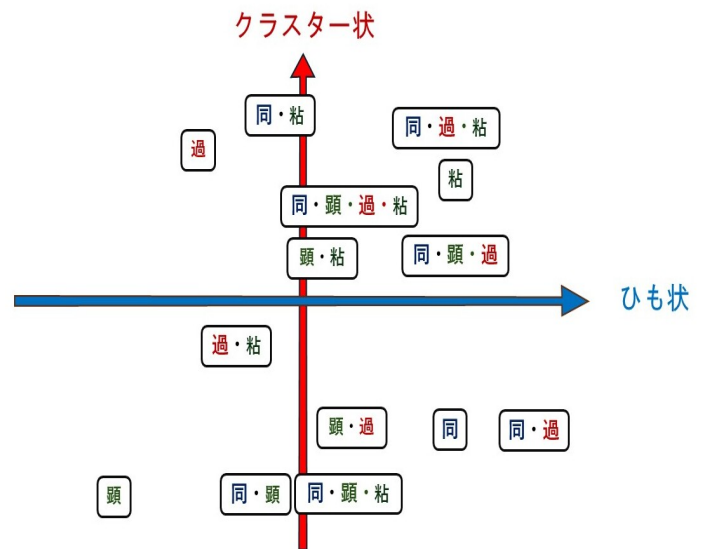


図 2: 全ての組み合わせパターンの比較

5 まとめと今後の課題

本研究では、2次元最適速度巡回アルゴリズムを用いたロボットのパラメータが変化することで、走行ロボットが創発する行動がどのように変化するかを調べた。結果として、異なる性格を混ぜた走行の中には、全てのロボットを同じ性格で統一した走行よりも、よりひも状走行になりやすい組み合わせが存在した。今後は更にロボットの台数を増やし、比較を行っていきたい。

参考文献

- [1] 山田将司, 李方正, 本田泰, 最適速度アルゴリズムによるスキッドステアリング 2D ロボットのひも状走行, 第 27 回交通流と自己駆動粒子系のシンポジウム論文集, p47-p50, (2021)
- [2] 詫摩武俊, 運転者行動と性格, IATSS Review, Vol.2, No.3, (1976)

接触感染の一考察

石橋善弘¹ 福井稔²

¹名古屋大学 ²中日本自動車短期大学

1. まえがき

接触感染について、1個の感染源から感染が広がるための臨界感染率を求めた研究は多く、治癒期間を1としたとき、臨界感染率は1次元、2次元でそれぞれ、 $\lambda=1.65, 0.4119$ と知られている。^{1,2)} 他方、蔓延状態から感染率がさがるときの感染消滅に至る過程の研究は少ないらしい。我々は、computer simulationにより、1次元系における感染消滅や平衡感染状態を調べた。

2. 感染率と感染確率

いま、感染率(期間1の間に感染事象が何回発生するか)を λ (たとえば $\lambda=1.65$)とする(この事象は滅多に起こらない事象であり、ポアソン分布に従う)。すると期間1を経過したときに、この事象が1回以上起こる確率 r は $r=1-\exp(-\lambda)$ で与えられる。以下ではこれを感染確率とよび、本論文では、この感染確率 r を用いる。

3. Simulation

いま、1次元系を考え、治癒期間 $V=1$ とする。 $r=1$ のとき、感染濃度 $Q=1/2(=V/(V+1))$ の平衡状態が得られる(図1)。この状態から感染確率 r を小さくすると、各 r に依存した平衡濃度がえられる。また、臨界感染確率 r_c 以下では、感染が消滅した濃度0の状態に相転移する。これは2次相転移である。

また、 $V=2, 3, 4, 5, 10$ について同様のsimulationを行なうと図2がえられた。

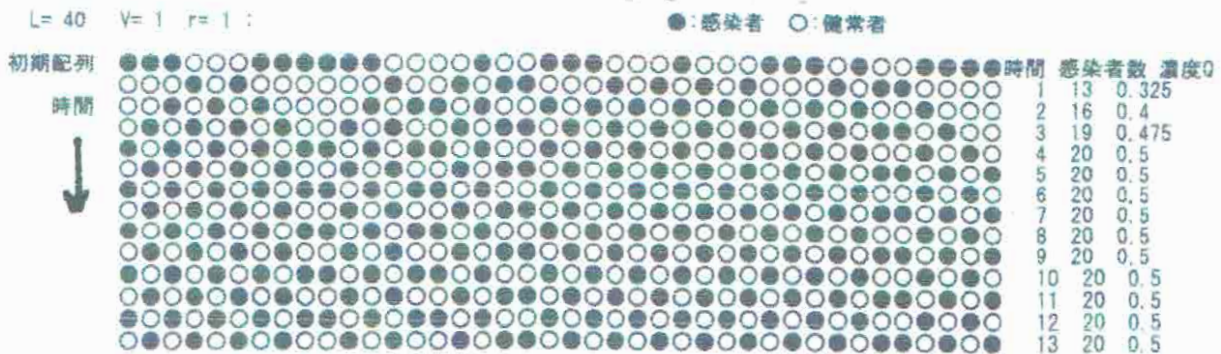
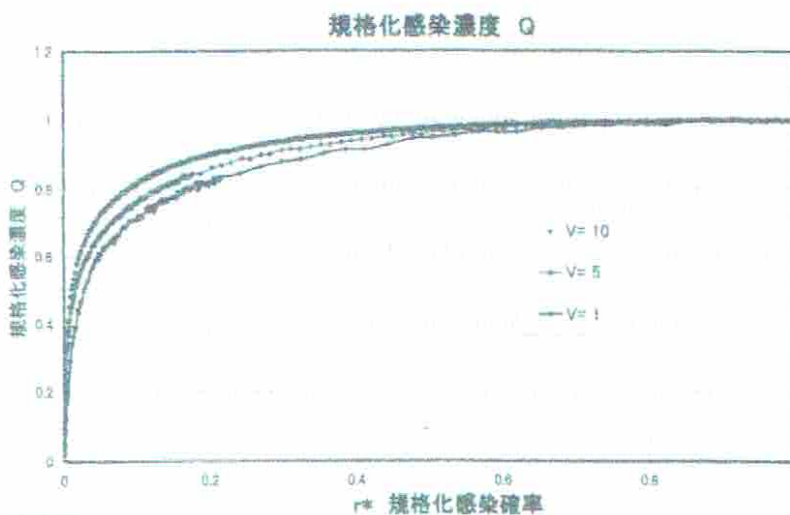
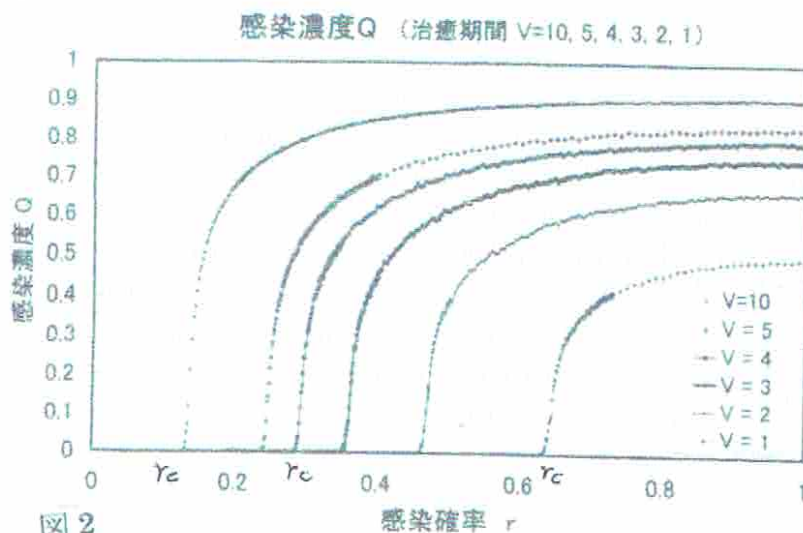


図1

4. 結果と考察

感染濃度を $(V+1)/V$ 倍し、感染確率を $R=(r-r_c)/(1-r_c)$ で規格化すると図3が与えられる。何らかの universality がみられるが、われわれは、それが何を意味するかなどを理解していない。各位のご教示、ご協力を願いたい。



参考文献

- 1) 今野紀雄「確率モデルって何だろう」(ダイヤモンド社)
- 2) 香取眞理「複雑系を解く確率モデル」(Blue Backs, 講談社)

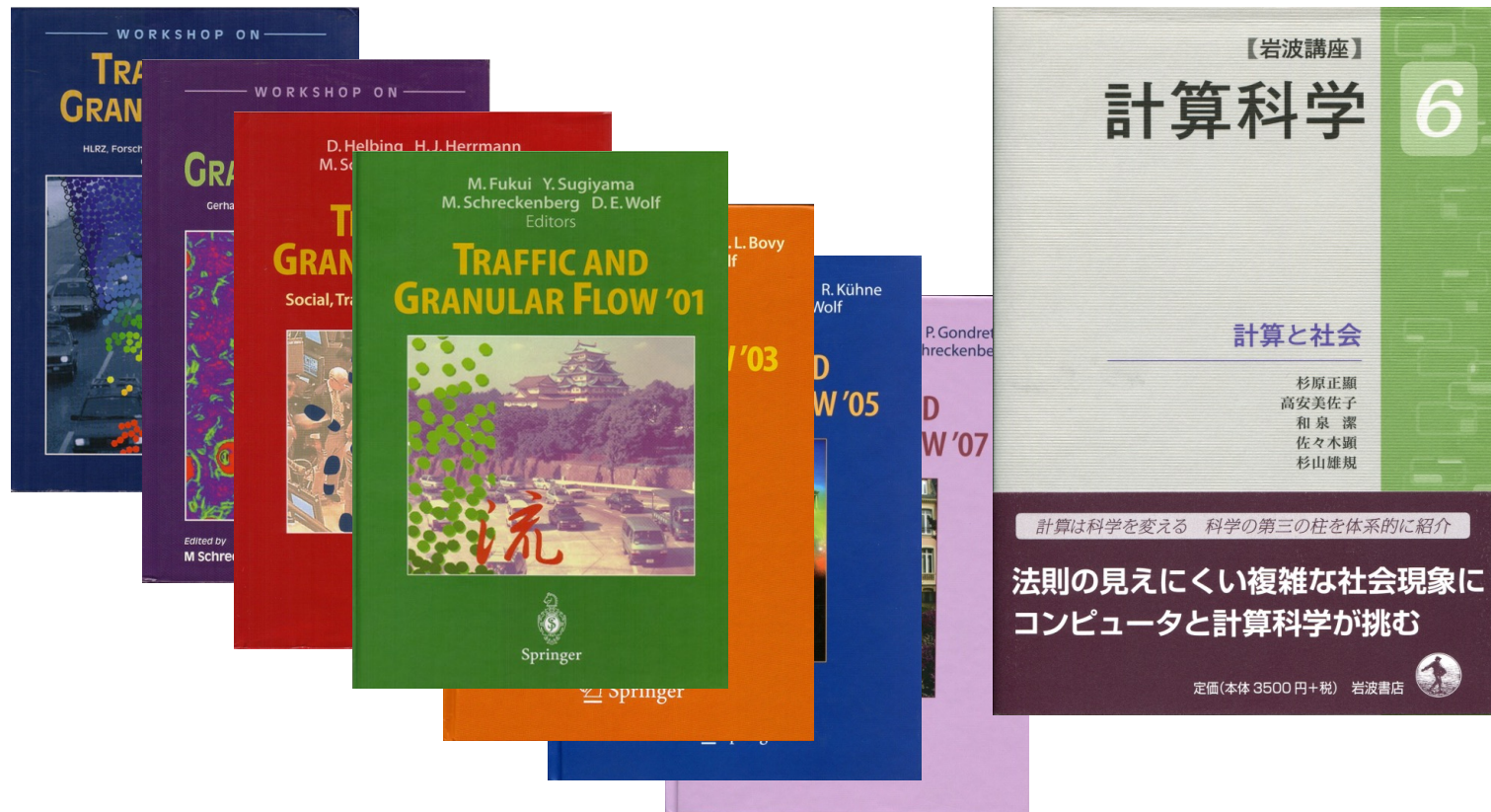
30年間の論文集から振り返る シンポジウムの歩み

杉山雄規(名古屋大学)
石渡龍輔(室蘭工業大学)

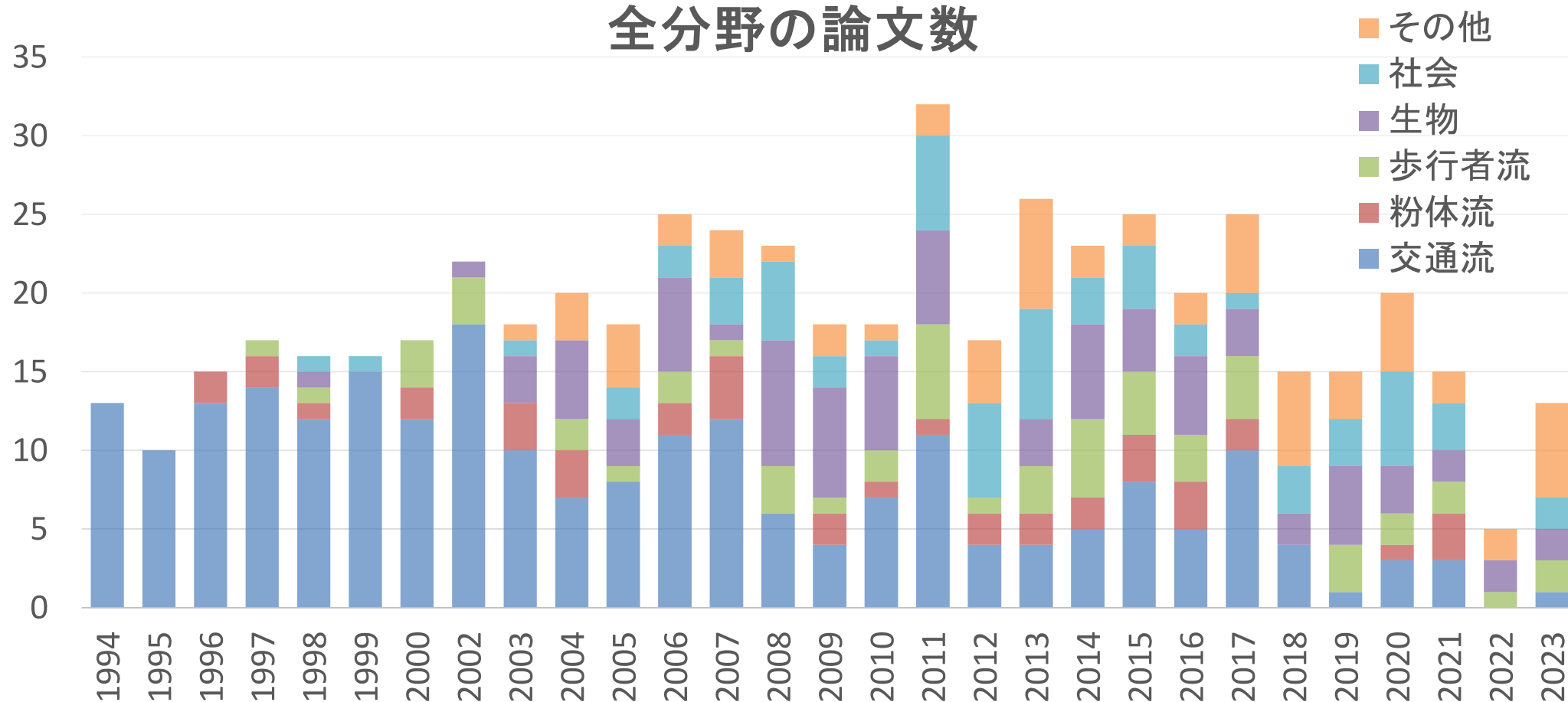
この分野の研究活動

- Conferences
- Traffic and Granular Flow '95~)
 - Pedestrian and Evacuation Dynamics `99~)
 - 交通流.自己駆動系シンポジウム '94~(30回)

アクセス・交通流数理研究会 <https://mathematical-society-of-traffic-flow.github.io>



全分野の論文数



- ・ 初期には交通流の割合が多いが、段々と減少している。
- ・ 社会・生物分野が、段々と増加している。

その他: 鉄道・エレベータ・空港

社会: 感染症、歩行者流: 都市・避難者・群衆

1995-2010
集団運動



2010-2024
システム

自己駆動粒子系 / 非対称相互作用-散逸系

粉体

Traffic and Granular Flow
1995 – 2024

車 (交通流)

人間集団 (歩行者・避難者・災害時)

Pedestrian and Evacuation
Dynamics
1999 -?

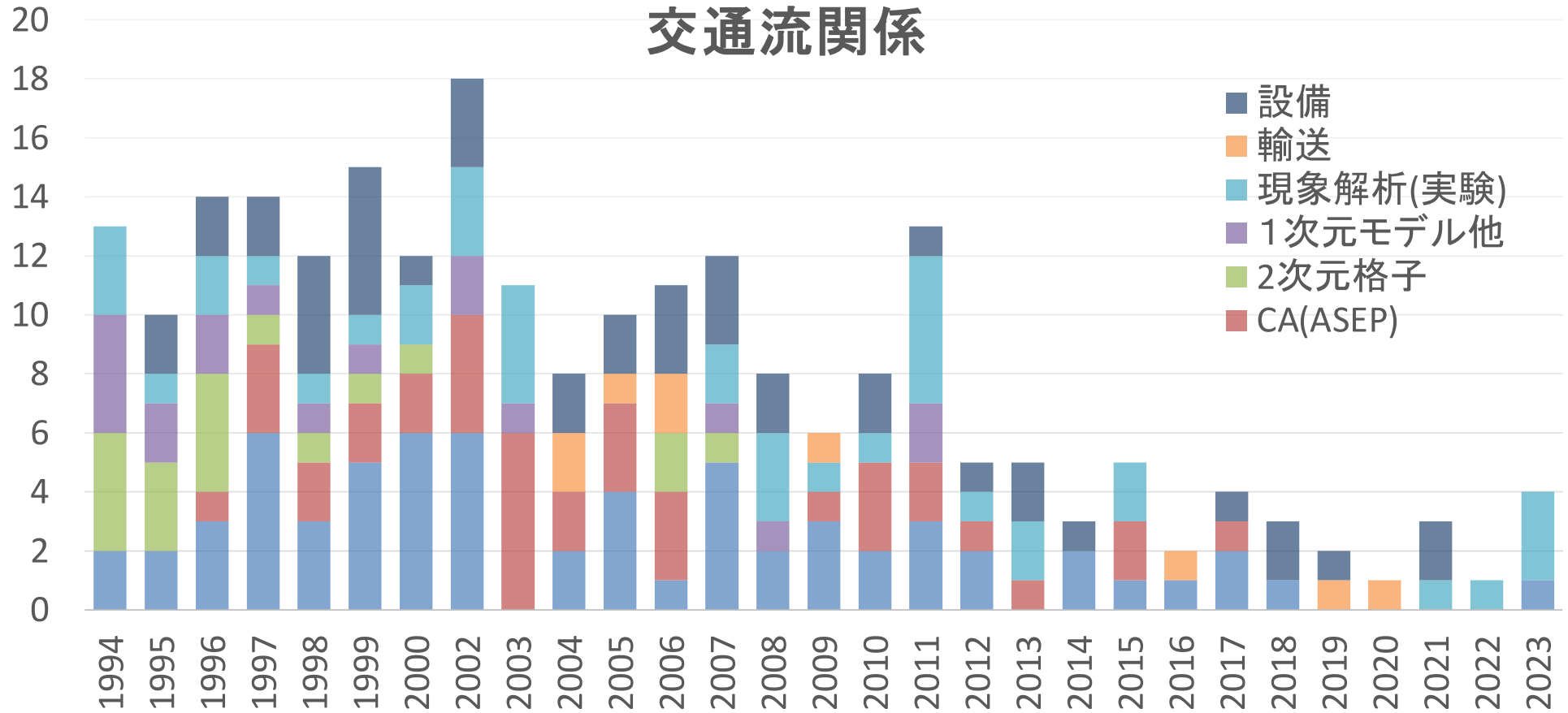
生物集団 - (群れ・細胞集団)

社会 - (都市・町・村・経済)

生物個体

(神経系・脳)

交通流関係



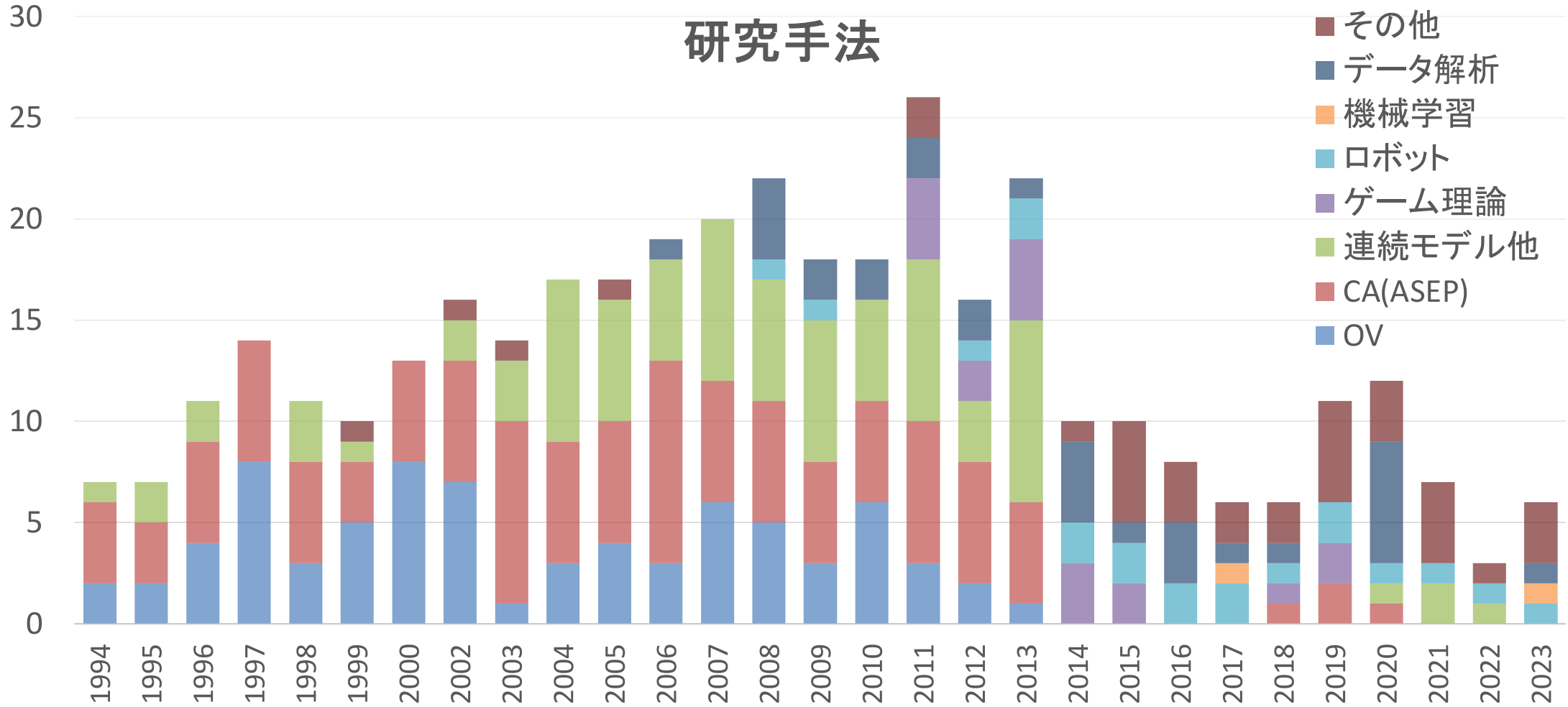
・ 2005年以前の現象解析は企業によるもの。以後は実験。

・ 1995年頃初期: Bihamの2次元格子模型

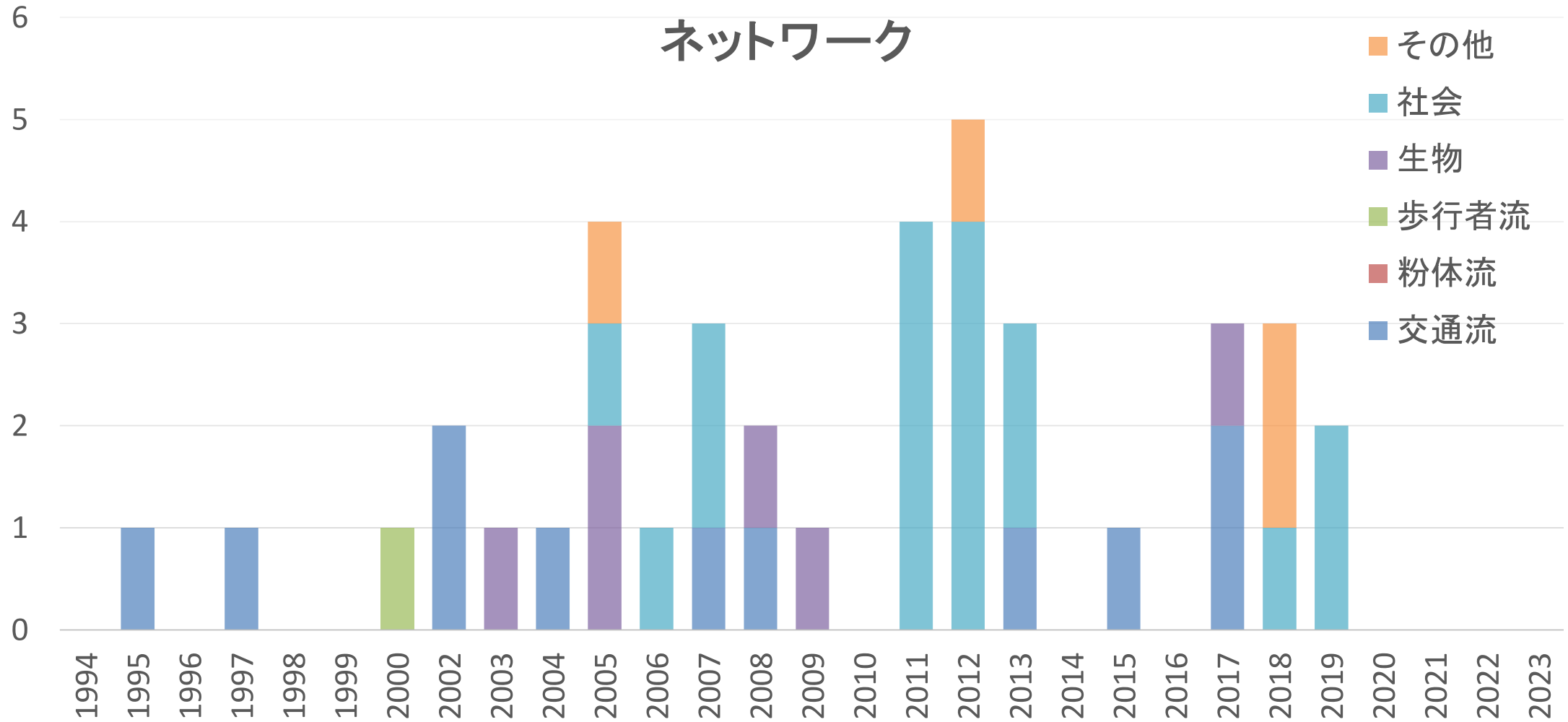
輸送: バス、列車、地下鉄

設備: 信号制御、道路網

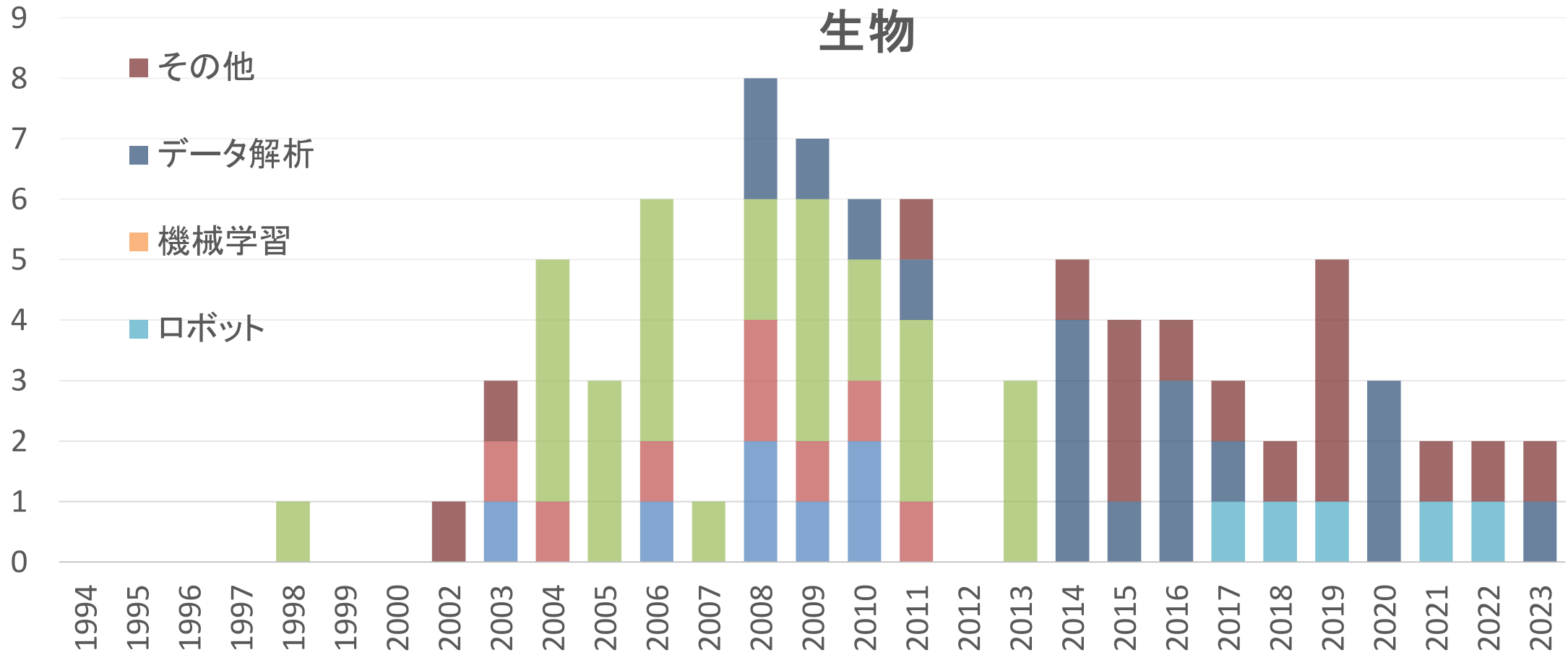
研究手法



ネットワーク



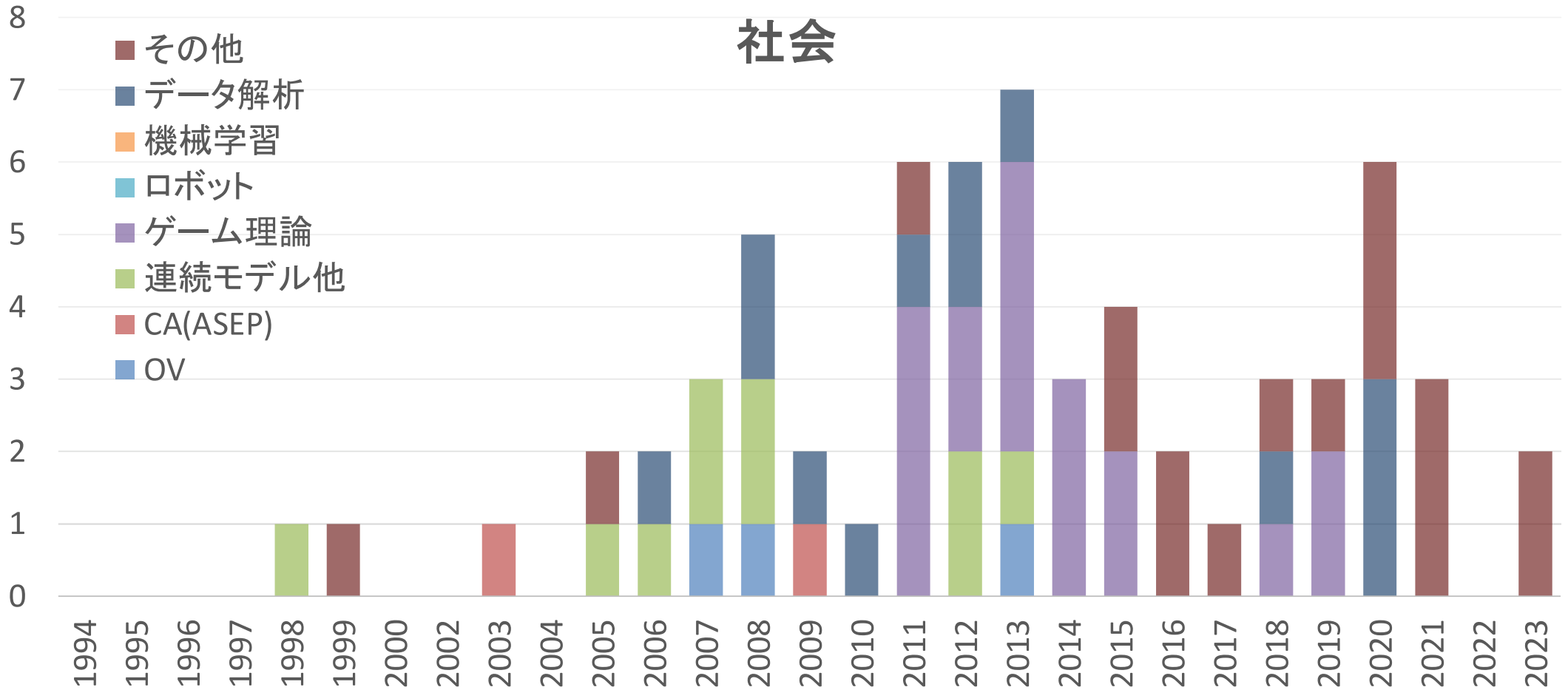
生物



2010頃以前: 生物の**集団運動**: 魚群、鳥の群れ、イカ、粘菌、アメーバ細胞集団
2dOV、CA、連続モデル

それ以降: 生物**システム**: 神経系、しくみ、
データ解析、ロボット、多様な方法

社会



2010頃以前: 人間・輸送手段の**集団運動**: 歩行者、鉄道、エレベータ、2dOV、CA、連続モデル

それ以降: **システム**: 感染症、避難システム、社会システム、経済データ解析、多様な方法

シンポジウムについてのお問い合わせは、下記までお願いします。

交通流数理研究会

世話人： 杉山雄規

Email: sugiyama.yuuki.w5@f.mail.nagoya-u.ac.jp

Web: <https://mathematical-society-of-traffic-flow.github.io/>

