

渋滞現象の数理再現

～NaSchセルオートマトンモデルによる解析～

江口 佳甫(東京都立小石川中等教育学校3年生)

研究概要

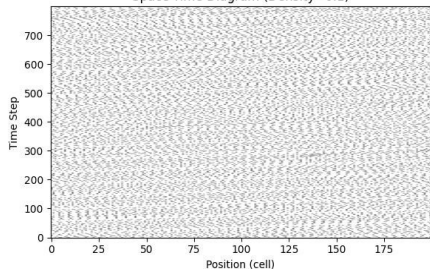
車をドライブするうえで一番いやなことは何か。それは**渋滞**であろう。かという私も、いつも通る道路がいつも混んでいて、とても不便に感じている。
そこで本研究では、その道路の交通の様子を数理的に再現し、どのような条件でスムーズな流れから渋滞が発生するのかを調べることを目的とした。特に、交通の状態が急に変化する**臨界点**に注目して分析を



1. 渋滞波の再現

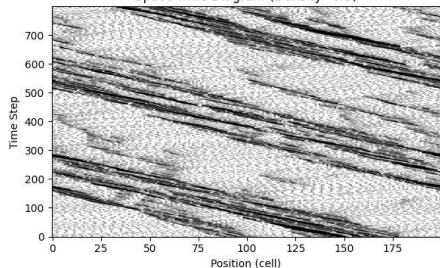
先行研究で提案されたNagel-Schreckenberg (NaSch) モデルが実際に渋滞現象を再現できるかを確認した。これは本研究を進めるうえでの**基礎検証**として行ったものである。車両密度(ρ)を0.1～0.6の範囲で変化させ、ランダム減速確率を固定し、

Space-Time Diagram (Density=0.1)



低密度($\rho=0.1$)の結果。
自由流であることが確認できる

Space-Time Diagram (Density=0.3)



中密度($\rho=0.3$)の結果。
Stop-and-go型の渋滞波が確認できる

その結果、密度が低いときは自由流、高いときは全体が渋滞状態となり、中程度では車の停止と発進が繰り返されるstop-and-go型の渋滞波が後方に伝わる様子が確認できた。これにより、先行研究で報告されている**渋滞波の再現に成功し**、NaSchモデルの**妥当性を確認**することができた。

2. 身近な道路の渋滞臨界点解析

次に、NaSch法を用い、家の近くの朝方よく渋滞する道路(赤線部分)で渋滞臨界点を求めることにした

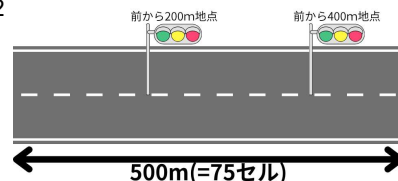


◎研究目的

本研究は、日常的に利用される道路において、渋滞が発生する条件を明らかにすることを目的とする。車両の密度や速度、信号や交差点などの要素が渋滞に与える影響をシミュレーションと観測により解析し、渋滞の臨界点を特定することを目指す。これにより、効率的で安全な交通運用のための知見を提供する。

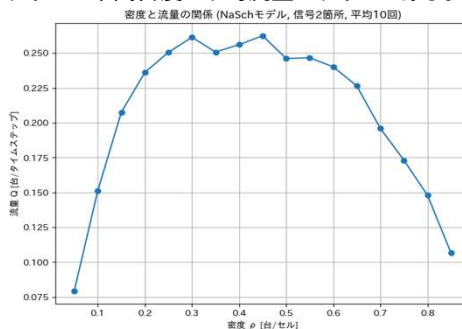
◎研究条件

- ・使用言語: Python
- ・使用ライブラリ: numpy, matplotlib.pyplot
- ・道路長500 m、信号2箇所(200 m、400 m)
- ・シミュレーション100ステップ×10回(平均を算出)
- ・最大速度=50 km/h(2 セル/タイムステップ)
- ・ランダム減速確率=0.2
- ・車両密度0.05～0.85
- ・測定: 平均流量



◎研究結果

このグラフは車間密度と平均流量のグラフである。



シミュレーションの結果、道路の密度が増加するにつれて平均流量は増加し、ある密度を境に急激に低下することが確認された。この平均流量の最大値が観測される密度域、すなわち $\rho=0.3\sim0.45$ 付近が渋滞の臨界点であることが明らかになった。このことから、この道路においては、この密度域を超えると交通の流れが著しく阻害されると考えられる。

まとめ

本研究では、身近な道路における車両密度と平均流量の関係をNaSchモデルに基づき解析した。その結果、道路の混雑が一定の水準を超えると交通の流れが急激に低下することを確認し、渋滞臨界点を求めることができた。また、信号の配置や車両の挙動を考慮することで、単純な密度だけでは説明できない渋滞形成の要因を把握できることも示された。さらに、NaSchモデルは計算が簡便でありながら、実際の交通現象の特徴を再現可能であるため、道路設計や交通管理における効率的な施策検討に有用である。