

2種類の車両を混合した一車線路の交通流

Traffic Flow by Two Kinds of Cars on One-lane Street

146037 追泉 元康 [岩井研究室]

見本

1. はじめに

自動車は身近な交通手段として用いられており、交通事故・渋滞など様々な社会問題の原因でもある。高速道路での観測から、交通流の典型的な性質が見出されている。最近、それを理解するため、セルオートマトンという単純なモデルを用いた数値実験が行われている。交通流の性質が、そのような簡単なモデルで理解されるかは、大変興味深い。本研究では、セルオートマトンを用いた2種類の車両移動ルールが混ざった一車線路の交通流について数値実験を行い、単純なルールでどの程度現実の交通流の性質を説明できるか調べる。

2. 交通流とは^[1]

日本の高速道路には数km毎に車の流れを観測する計測器が設置されている。計測器では5分間に通る車の平均台数である流量(q)とその車の平均速度(v)が記録されている。その例として、図1,2に1996年の東名高速道路で観測されたデータを挙げる。図1は平均速度(v)と車頭距離(Δx)の相関図である。車頭距離とは、車間距離に自車両の車長を加えたものである。図2は流量(q)と密度(ρ)の相関図である。密度 ρ は観測データである流量(q)と平均速度(v)から、次式で求めることができる。

$$\rho = q/v \quad (1)$$

ただし、各量の単位をあわせるため、適切な定数をかけ

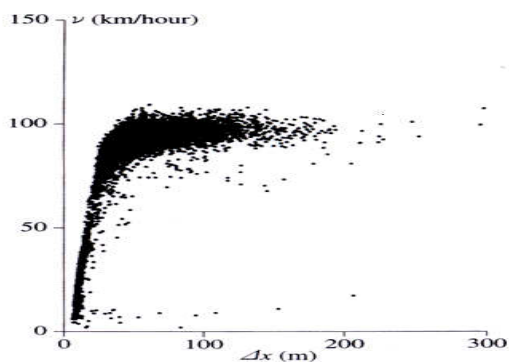


図1. 速度と車頭距離の相関図

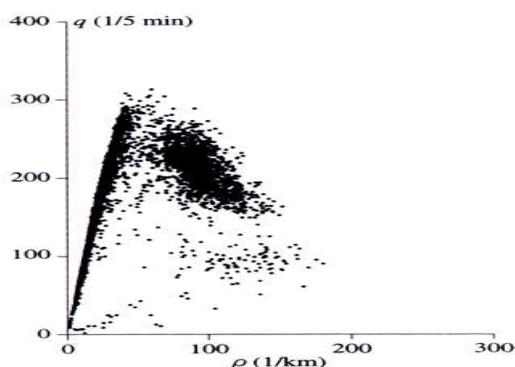


図2. 密度と流量の相関図

る必要がある。図1より車頭距離が25~30mを境に、平均速度は異なる振る舞いを見せる。車頭距離が小さい領域では、車頭距離と平均速度はほぼ比例しており、渋滞が起こっていると想像できる。また、車頭距離が30mを超えると、車は法定最高速度付近で自由に走行している。図2では分布が山形の形状を示し、山頂を境に図1に対応した性質が見える。山頂の左側の密度30~40(1/km)以下では、密度と流量はほぼ原点を通る直線上に分布している。式(1)から、ここでは速度が一定であることがわかる。速度を見積もるとおよそ法定最高速度100km/時であることから、この領域は自由走行状態と考えられる。一方、密度が大きい山頂の右側の領域では、密度の増加に伴い流量が減少している。従って、ここでは渋滞が起きていると考えられる。

3. セルオートマトンとは^[2]

セルオートマトンとは、空間を離散化した要素であるセルが離散的な状態を取り、周囲のセルの状態に依存したある決定論的なルールに従って状態を変えていくダイナミカルモデルである。本研究では、一車線道路を考え、各セルには車が最大1台入れるとする。従ってセルの状態は2つなので1次元2状態セルオートマトンモデルを用いることとなる。

4. 車両移動ルール

本研究では、速度の遅い車（以下では普通車と呼ぶ）と速い車（以下では高速車と呼ぶ）の2種類の車を考える。普通車の車両移動ルールとして3近傍を考慮したWolfram（ウルフラム）のルール184を用いる。このルールは、進行方向を右として、ある車の右隣のセルに車がないときには次の時間ステップでその車は右隣のセルに進み、いるときには前に進めずにその場にとどまる。高速車のルールは1次元2状態5近傍セルオートマトンモデルを用いた。2つ先のセルまで車がないときには次の時間ステップで2つ先のセルまで進み、2つ先に車があり1つ先に車がないときには1つ先のセルまで進み、1つ先に車があり2つ先に車がないときは1つ先のセルに進み、2つ先まで車がいるときにはその場にとどまる。従って、最高速度は2となる。この2種類の車を混合して同じ道路上を走らせる。

5. 実験方法

道路の全長を100セルとし、道路の両端では周期境界条件を用いたので、車両数は保存する。混合する普通車と高速車の総台数とその割合を変化させ、表1に示す諸量を計算した。ただし、流量は、観測点を1ステップあたりに通過する平均車両数とした。

表1. 諸量と計算式

量	記号	計算式
密度	ρ	車両総数/道路長
車間距離	Δx	(道路長-車両総数)/車両総数
平均速度	v	流量/密度

平均速度は 1 ステップあたりの車両の平均移動セル数となる。

6. 実験結果

6. 1 定常状態

時間が経過するとセル全体の変化がほぼ周期的な変化を続ける定常状態になる。観測は初期配置に依存しなくなる定常状態で行いたい。そこで、車両数を各 10 台刻みでそれぞれ 10 回交通流の様子を観測し、定常状態になるまでの時間ステップを観測した。その結果、普通車だけでは最大でも 27 ステップ後には定常化し、高速車だけでは最大で 52 ステップ後に定常化した。2 種類を混合した場合、普通車 20 台高速車 40 台のときと普通車 40 台高速車 10 台のときに定常化まで長い時間がかかり、最大で 32 ステップ要した。この結果より、最大でも 52 ステップ後には定常的になることが予想される。本研究では、初期の 200 ステップを過渡期として、200 ステップ以降の 10,000 ステップで計測を行った。

6. 2 初期依存

普通車のみ・高速車のみ場合では車の初期配置に対する依存性は得られなかった。しかし、二種類を混合した場合には、高速車と低速車の初期配置に依存する場合があることがわかった。そのため、ランダムに定めた初期配置を 100 準備し、初期配置に関する平均を行った。

6. 3 密度と流量の相関

図 3 に密度と流量の相関を示した。普通車・高速車の割合を変えた 6 本の線を図中に示したが、凡例における数値は高速車の割合である。普通車だけの場合、密度 0.5 を境に自由走行から渋滞に変化した。これは、全車両が最高速度で走れる密度が、普通車の場合 0.5 以下であるためである。高速車だけの場合、密度 0.33 と 0.66 で流量が最大の 0.66 をとり、密度 0.5 で流量が極小値 0.5 となり M 字型となった。密度が 0.33 の定常状態では、全車両の車両間距離が 2 となり全ての車両が 1 ステップに 2 セル進み、速度は最高速度の 2 で流量が 0.66 となる。また密度が 0.66 の定常状態は、“2 台の車両が連続しその前に 1 台分の車両間距離がある”状態が繰り返され、全ての車両が 1 ステップに 1 セル進み、速度が 1 で流量が 0.66 になる。密度 0.5 では全車両の車両間距離が 1 となり、全ての車両が 1 ステップに 1 セル進み、速度が 1 となり流量が 0.5 となる。また式 (1) より、速度は密度が 0.33 以下で 2、0.5 から 0.66 では 1 となる。

普通車と高速車を混合した場合、密度が 0.5 以下では流量は混合割合に無関係であるが、0.5 より大きくなると、混合割合が増えるにつれて普通車の結果から高速車の結果へと遷移していく様子がわかる。

6. 4 車両間距離と平均速度の相関

図 4 は、図 3 で計測した 6 つの場合の車両間距離と平均速度の相関を示した。この図で平均速度が 1 に満たない領域では、各車両は速度 0 または 1 で走行し、平均速度 1 から 2 の間の領域では、各車両は速度 1 または 2 で走行している状態である。普通車のみでは、車両間距離 1 以下では渋滞により速度が下がり、1 以上では普通車の最高速度 1 で走行していることがわかる。高速車のみの場合、車両間距離 0.5152 と 1 と 2.0303 の 3 つが境となり、0.5152 までは速度は 1 以下となり、そこから 1 までは速

度 1 を保ち、1 から 2.0303 に至るまで速度は 1 から 2 に変化する。車両間距離が 0 から 2.0303 の間が渋滞状態で、2.0303 以上が自由走行状態である。普通車と高速車の混合の場合、普通車が存在しているため、それが律速となり、速度が 1 を上回ることはいない。しかし高速車の割合を増やすにつれ、平均速度が 1 未満となる車両間距離が小さくなり、渋滞の度合いが弱くなっている。

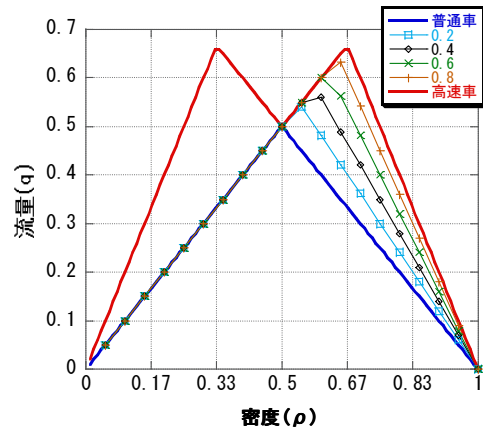


図 3. 密度と流量の相関図

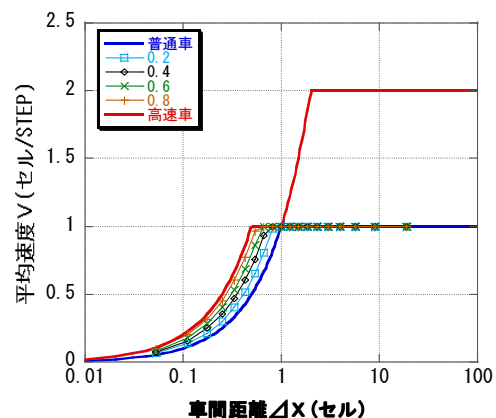


図 4. 車両間距離と速度の相関図

7. 考察

停滞しにくい移動ルールで動く車両の割合を増やすことにより、停滞する車の総量が少なくなり、渋滞中の速度も大きくなった。図 2 の渋滞領域の点のばらつきと図 3 の混合割合の異なる線の分布を類似性より、現実の道路では車両間距離の取り方や平均速度が異なる車両が場所により様々な割合で存在するために図 2 のようなばらつきが生じているのではないかと推測する。

8. 今後の課題

本研究では、1 車線周期境界条件下で行った。しかし、実際の高速道路は 2 車線で追い越しができ、高速道路から降りられ、別の車も入ってくる。今後はそれらの効果を取り込んだ、より現実に近いモデルで実験したい。

参考文献

- [1] 只木進一、「交通流の科学」、日本物理学会誌、55 巻 (第 3 号)、pp.166-171、2000 年。
- [2] 加藤恭義、「セルオートマトン法」(森北出版)、1-25 頁、1998 年 10 月 30 日。

卒業研究要旨の書き方

【発表会期日】平成 20 年 2 月 8 日（金）

【会場講演要旨】発表当日、会場ごとに必要な部数を用意し、資料として配布する。

※発表後、「卒業研究要旨集」用の完成原稿を提出することになる。

締め切り：2 月 15 日（金）予定

【原稿の書き方】

1. 原稿のレイアウト

別紙の原稿見本を参照のこと。

2. 原稿用紙のサイズ

A 4 版の白紙に、上 15mm、下 20mm、左右 20mm の余白をとり、縦書きで 53 文字×60 行で設定する。一人あたり A 4 で 2 ページに納める。

3. 表題など

- ・和文表題は 12 ポイントの文字を使用し、中央揃えとし、ゴシックフォントを使用する。

- ・英文表題は 9 ポイントの文字を使用し、和文表題の下に中央揃えとする。

- ・学生番号、氏名、所属研究室は 1 行に書き、12 ポイントの文字（明朝体）を使用し、中央揃えとする。

- ・1 ページ目左上に、平成 19 年度卒業研究発表会（日本大学工学部情報工学科）、その下に

記号#1—#2 を明朝体 9 ポイントで記述する。ただし、#1 は会場番号で#2 は会場での発表番号である。

2 ページ目右上に平成 19 年度卒業研究発表会：記号#1—#2 を明朝体 9 ポイント

で記述する。

4. 本文

2 段組とし、1 行の文字数は 25 文字で、明朝体を使用する。2 ページ目の先頭行は右段・左段ともに 3 行目から書く。

5. 各節の表題

表題の前後に 0.5 行の間隔をあける（表題を選択し、ワードメニューの書式→段落→インデントの行間隔で間隔の段落前・段落後を 0.5 行とする）。ゴシックフォントを使用し、書き始めは 1 文字分空白を入れる。

6. 図表・写真・表

図、写真番号は図 1、図 2、・・・、表番号は表 1、表 2、・・・のように記載する。図・写真のタイトルは、図の下側に、表のタイトルは表の上側にゴシックフォントを使用し、中央揃えとする。

7. 式

式番号は、(1)、(2)、・・・のように記載し、右揃えとする。式と文章の間に空白を入れる。本文中では、「式 (1) は・・・を表す」のように記述する。

8. 参考文献

本文中の引用箇所には、文章右肩に（上付き添え字で）小括弧【】を付した番号を記入し、同じ番号で要旨末尾に

文献内容（著者名、題目、出版名、ページ、発行年月日）を記載する。