

# 交通渋滞実験の詳細データ

中山章宏<sup>1</sup>, 福井稔<sup>2</sup>, 長谷部勝也<sup>3</sup>, 菊池誠<sup>4</sup>, 西成活裕<sup>5</sup>, 杉山雄規<sup>6</sup>, 只木進一<sup>7</sup>, 湯川諭<sup>8</sup>

<sup>1</sup> 名城大学理工学部, <sup>2</sup> 中日本自動車短期大学, <sup>3</sup> 愛知大学経営学部, <sup>4</sup> 大阪大学サイバーメディアセンター  
<sup>5</sup> 東京大学工学部, <sup>6</sup> 名古屋大学情報科学研究科, <sup>7</sup> 佐賀大学総合情報基盤センター, <sup>8</sup> 大阪大学理学部

## 概要

円形サーキットにおける2つの渋滞実験の詳細データを示す。平均速度の時系列にはベキ分布が現れる。また、渋滞クラスタができる前には、一時的に高速一様流が現れることがわかった。

## Detailed Data of Traffic Jam Experiment

Akihiro Nakayama<sup>1</sup>, Minoru Fukui<sup>2</sup>, Katsuya Hasebe<sup>3</sup>, Macoto Kikuchi<sup>4</sup>  
Katsuhiko Nishinari<sup>5</sup>, Yuki Sugiyama<sup>6</sup>, Shin-ichi Tadaki<sup>7</sup>, Satoshi Yukawa<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Meijo University, Nagoya 468-8502

<sup>2</sup> Nakanihon Automotive College, Sakahogi 505-0077

<sup>3</sup> Faculty of Business Administration, Aichi University, Aichi 470-0296

<sup>4</sup> Cybermedia Center, Osaka University, Toyonaka, Osaka 560-0043

<sup>5</sup> Department of Aeronautics and Astronautics, University of Tokyo, Tokyo 113-8656

<sup>6</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University, Nagoya 464-8601

<sup>7</sup> Computer and Network Center, Saga University, Saga 840-8502

<sup>8</sup> Department of Earth and Space Science, Osaka University, Toyonaka, Osaka 560-0043

## Abstract

We show detailed data of two traffic jam experiments on a circuit. The power law nature is found in time series of average velocity. We found the homogeneous flow with large velocity is temporarily made before a jam cluster is formed.

## 1 交通渋滞実験

高速道路の渋滞はボトルネックが原因であり、それがなければ起こらないと広く信じられている。しかし、最近の交通流理論は密度が高ければ渋滞が発生することを示している。我々はボトルネックがなくても渋滞が発生することを実験によって示した [1]。

実験は平坦なグラウンド上の全周 230m のサーキットで行われた。運転者は適切な速度と車間で前の車について走るように指示されている。このサーキットでは最大速度が  $30 \sim 40 \text{ km/h}$  になる。渋滞になる臨界密度は OV 模型を用いて見積もることができ、だいたい 20 台となる。我々は台数を変えながら何

回か実験を行なった。

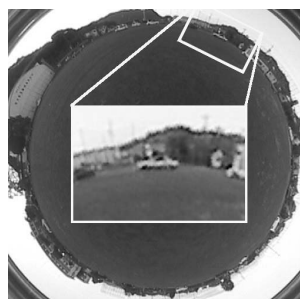


図 1: ビデオの 1 フレーム

実験の詳細データはサーキットの中央に置かれた

360 度全周カメラで録画した映像から抽出した (図 1)。我々は車の位置を 1/3 秒 (10 フレーム) 毎に記録し、その他の量はこれから計算したものである。

## 2 実験データ

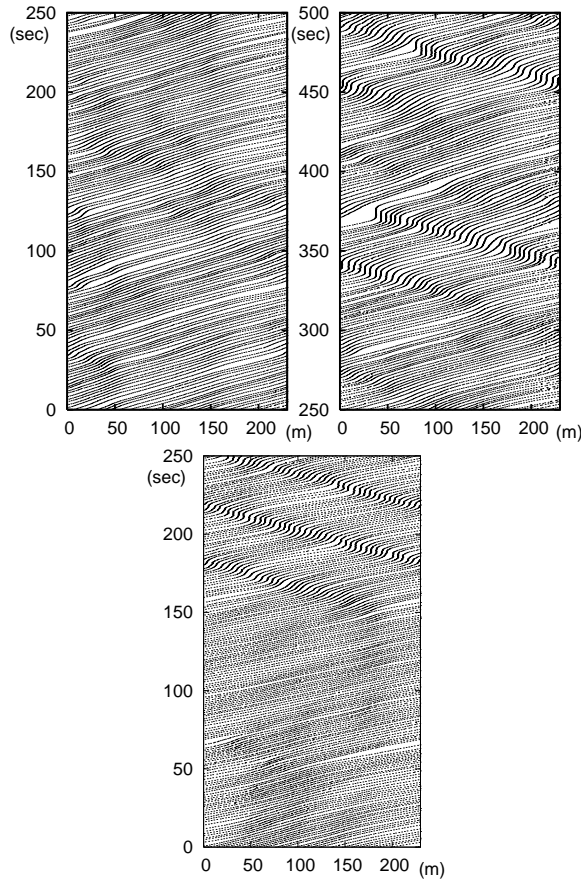


図 2: 時空図 : (上) 23 台、500 秒 (下) 22 台、250 秒

この実験では車の台数が 20 台では渋滞は発生しなかったが、22 台と 23 台の場合では渋滞が発生した。図 2 はその 2 回の時空図である。両方とも渋滞は開始後数分から 10 分程度で現れている。最初の 23 台の場合では、渋滞は 1 台の遅い車によって解消されているが、まもなく再出現している。このことは渋滞発生が避けられない性質のものであることを示している。22 台の場合に渋滞発生のプロセスがクリアに見えている。3 節でこの詳細なデータを示す。この時空図は実際の高速道路で観測された現象とよく似ている (図 3)。また、渋滞の後退速度  $\sim 20\text{km/h}$  は両方で共通である。我々はこの実験が実際の交通流の特徴を表わしていると考える。

図 4 は平均速度とその分散を示している。23 台の

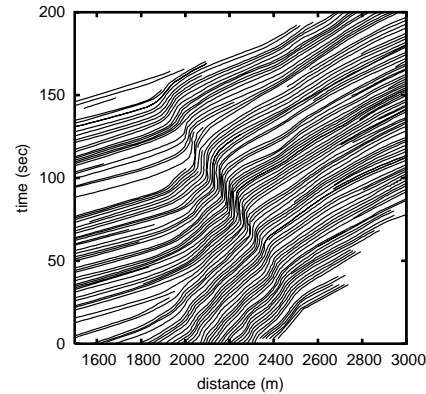


図 3: 実際の高速道路の時空図 [2]

場合はゆらぎが大きく渋滞への転移はそれほど明白でない。一方、22 台の場合は転移が明白であり、渋滞は小さい平均速度と大きい分散で特徴づけられる。

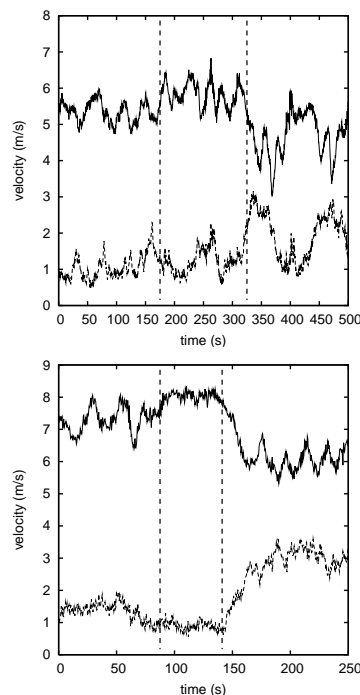


図 4: 平均速度と分散 : (上)23 台 (b)22 台

図 5 は平均速度のパワースペクトルを示している。ここに周期境界条件に起因する周期性とベキ分布の性質が見られる。実験においても実際の高速道路と同じようなベキ分布が見られることは興味深い [3]。

観測結果からいわゆる OV 関数を得ることができる。図 6 は観測された車間 - 速度関係と見積もられた OV 関数を示したものである。2 つの場合で最大

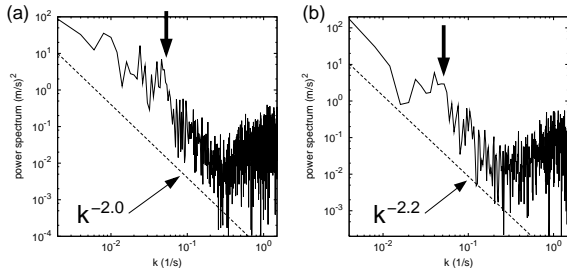


図 5: 平均速度のパワースペクトル: (a)23 台 (b)22 台

速度が異なる原因についてはいろいろ考えられる。例えば、運転者が状況に応じて運転の仕方を変える、何回か実験するにしたがって運転の仕方が上手になる、などである。

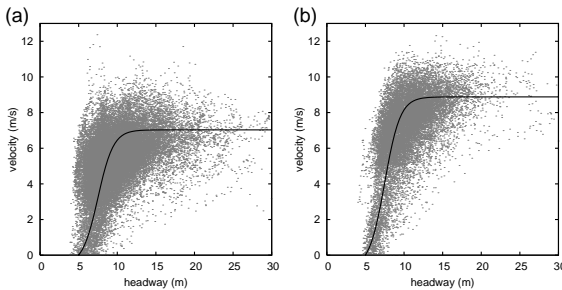


図 6: (a) 23 台 (b) 22 台

### 3 渋滞形成過程

ここでは 22 台の場合の渋滞形成過程について詳しく見る。図 7 は 3 つの段階における平均速度と、車間 - 速度関係を示したものである。最初、速度のゆらぎは比較的大きく、密度の大きい領域が現れては消えるということを繰り返す。

真ん中の段階では、ゆらぎが小さく平均速度の大きい状態がしばらく維持される。つまり、高密度一様流状態が実現している。この段階で現れた渋滞のタネが本当の渋滞クラスタへと成長する。

この実験で現れる渋滞は小さく、1 台の車によって解消されることもある (23 台の場合) が、実験で見られる渋滞の安定性から、実際の道路のような大きな渋滞クラスタは自然には決して消えないことがわかる。

次に、渋滞の形成過程において、各車がどのような運動をしているかを見る。図 8 は 3 台の典型的な車: (a) 早い車、(b) 標準的な車、(c) 遅い車、の運動を示している。図の右側 3 つは図 7 の 3 段階にお

ける、それぞれの車の運動を表わしたものである。

最初と最後の段階では、3 台の車の動きについての違いは比較的大きいが、真ん中の段階では 3 台の車は異なった車間でほとんど同じ速度の運動を行なっている。このような高密度一様 (あるいは定常) な状態が、実験において渋滞が発生するための必要条件になっているのかもしれない。

## 4 まとめ

ここでは円形サーキット上の渋滞実験の詳細データを示した。実験ではボトルネックがなくても密度が高ければ渋滞は自然に発生する。この事実は車の密度が渋滞発生において本質的な役割を果たすことを示している。ボトルネックの役割は密度を上げることであると考えられる。

実際の道路で観測された交通量は広い時間スケールでベキ分布を示す。この実験では平均速度がベキ分布を示した。このことはベキ的な性質の起源が実験的に調べられる可能性 (少なくとも短い時間スケールでは) があることを示唆する。

この実験では、渋滞が発生する前に一様 (あるいは定常) な状態が出現している。密度の非一様性が大きい場合、渋滞クラスタの形成はゆらぎの低密度部分によって妨げられる。渋滞が自然に発生するには、一定の長さの高密度領域が必要であるように思われる。これは数値計算で見られる、短い渋滞は不安定ですぐに消えてしまうことと関係があるのかもしれない。

## 謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (C) (課題番号: 18540409) の研究助成を受けている。

## 参考文献

- [1] Y. Sugiyama, et. al. Observation, theory and experiment for freeway traffic as physics of many-body system, in *Traffic and Granular Flow '03*, pp.45-58, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [2] J. Treiterer and J. A. Myers, *Interin Report EEs*, 278-3:13-38, 1970.
- [3] S. Tadaki, et. al. *J. Phys. Soc. Jpn.*, 75:034002-1-5, 2006.

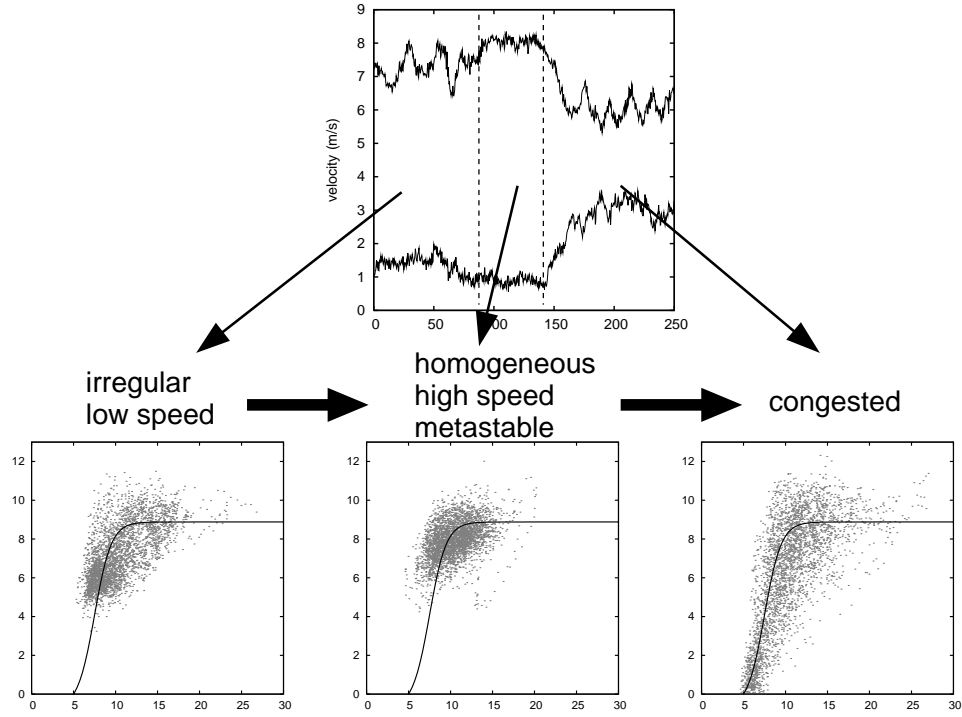


図 7: 渋滞形成のクリアな例 (22 台) : 上は図 4 と同じもの、下は図 6 から各段階のデータを抜き出したものである。

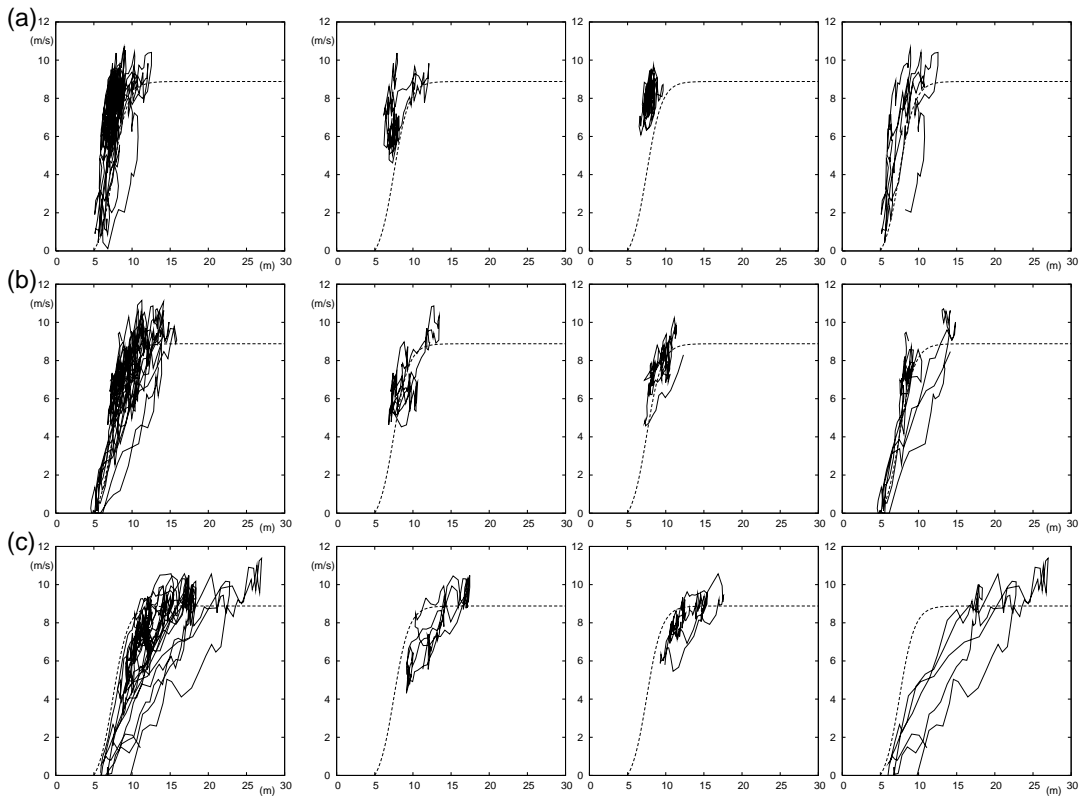


図 8: 車間 - 速度空間における各車の運動 : (a) 早い車 (b) 標準的な車 (c) 遅い車。最も左が全体のプロット、右の 3 つが渋滞形成の 3 段階における運動を示す。