OVモデルによる交通流の研究

明治大学大学院　理工学研究科　基礎理工学専攻　数学系　博士前期課程1年　佐合洋彰
指導教員　三村昌泰

1. 世の中は渋滞であふれている!!

身の回りには様々な渋滞がある．本研究では，その中でも車の渋滞に焦点を当てる．

2. 渋滞実験

杉山雄規先生（名古屋大学）グループの実験

等間隔・等速度で走っている．

時間が経つと，自然に渋滞が発生！

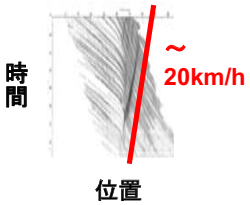
渋滞は後方へ伝播していく．

http://www.youtube.com/watch?v=7wm-pZp_mi0

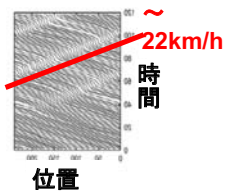
3. 研究動機

なぜ渋滞は後方に伝播するのか？そしてその速さは？

渋滞の空撮図
Treiter et al. (U.S.A. 1970)



円周サーキット実験(2003)



「渋滞流（首都高で観測）は交通の進行方向と逆に上流へ伝播し、速度はおおむね一定で**20km/h程度**である。」交通工学通論（越編著,技術書院1989）

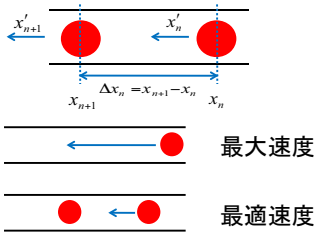
http://www.px.tsukuba.ac.jp/home/tcm/kyoshida/winter2004/Sugiyama-1.pdf

4. 最適速度（Optimal Velocity）モデル

加速度が車間距離と現在の速度の関数で表現されるモデル

$$x_n'' = a(V(\Delta x_n) - x_n')$$

- $V(\Delta x)$：最適速度関数
- n：車数
- a：ドライバー感度
- x_n：位置
- x_n'：速度
- x_n''：加速度
- Δx_n：車間距離 $(\Delta x_n = x_{n+1} - x_n)$

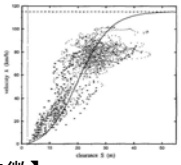


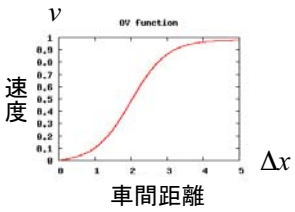
M. Bando, et al., J. Phys. I France, Vol. 5, pp.1389-1399 (1995)

5. OV関数

車間距離に対して，最適な速度を返す関数（実測データを元に定義）

【実測データ】





【特徴】

- $V' > 0$
- $V < \infty$
- $V(0) = 0$

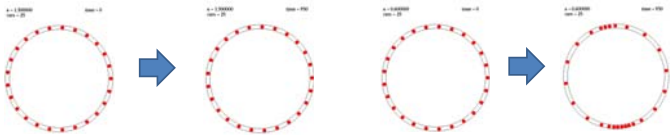
$$V(x) = \frac{\tanh(x-2) + \tanh(2)}{2}$$

M. Bando, et al., J. Phys. I France, Vol. 5, pp.1389-1399 (1995)

ある程度混んできたら，ドライバー感度によって渋滞が起こるか起こらないかが決まってくると予測される．

ドライバー感度（a）をパラメータとして考える！

6. シミュレーション



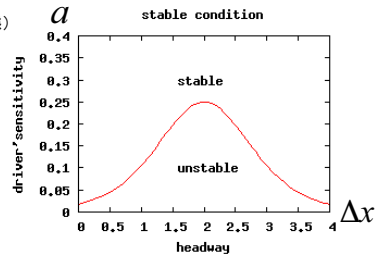
ドライバー感度が高いと渋滞が起こらないが，ドライバー感度が低くなると渋滞が起こる．

7. 定常解の線形安定性

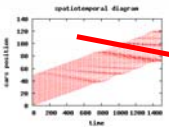
定常解（全車が等速度で走行してる状態）

$$(x_i, x_i') = \left(\frac{L}{N}, 0\right) \quad 1 \le i \le N-1$$

漸近安定条件 $a > \frac{1}{2}V'\left(\frac{L}{N}\right)$



8. 後退速度



$a = 0.5$

～20km/h？

数値計算からも分かるように，渋滞が後退していることは分かる．

OVモデルは空間が離散のため，粒子(車)の振る舞いは解析しやすいが，全体としての振る舞いは解析しにくい．

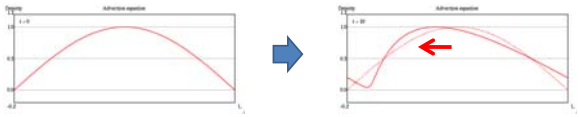
粒子の情報は失われてしまうが，全体の振る舞いを考えることが出来る空間連続なモデル（流体モデル）を考える！

9. 今後の研究課題

流体モデル（Lighthill and Whitham model (1955)）

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \rho(x,t)}{\partial t} + \dfrac{\partial q(x,t)}{\partial x} = 0 \\ q(x,t) = \rho(x,t)v(x,t) \\ v(\rho) = c(1-\rho) \end{cases}$$

ただし，
$\rho(x,t)$：場所 x，時刻 t における密度
$v(x,t)$：場所 x，時刻 t における密度の速度
$q(x,t)$：場所 x，時刻 t における流量
と定義する．



渋滞が後退していることが数値計算から分かる．
流体モデルを考えることにより，渋滞が後退することを考えることが出来そうだ．
したがって，流体モデルを解析していく．

10. まとめ

- ある密度を超えると，自然に渋滞が発生する．
- ドライバー感度（a）が高いほど，渋滞は起こりにくい．