


最適速度交通流モデル

Optimal Velocity Traffic Flow Model

モデリングとシミュレーション特論

2019年度

只木進一



追従モデル

Car-following model

- 自動車は前の車両の挙動についていく
 - 先行車両と同じ速度
 - 先行車両との車頭距離を一定に
- 課題
 - 密度に対する速度の変化
 - 追従遅れの記述

最適速度モデルの基本

Fundamentals of Optimal Velocity Model

- ▶ 車頭距離 Δx に対応した最適な速度がある
 - ▶ 最適な速度は Δx のsigmoidalな関数
- ▶ 最適速度からずれると、ずれの大きさに比例した加速度で調整する

最適速度モデル

Optimal Velocity Model

- ➡ 車両の位置 x
- ➡ 先行車両への車頭距離 Δx

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \alpha \left[v_{\text{optimal}}(\Delta x) - \frac{dx}{dt} \right]$$

- ➡ 位置の二階微分方程式
 - ➡ 挙動遅れが自然に入る

階段型の最適速度関数の場合

Step OV Function

$$v_{\text{optimal}}(\Delta x) = \begin{cases} v_{\text{max}} & \Delta x > d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- ➡ 長さ L のサーキットに N 台の車両
 - ➡ $b = \frac{L}{N} > d$: 全車両が v_{max} で走行
 - ➡ $b < d$: 車両は加減速を繰り返す

渋滞からの脱出

Escape from Jam

➡ 2台が車頭距離 Δx_J で停止

➡ 時刻 $t = 0$ で先行車が $\Delta x > d$ となりスタート

$$x^P(t) = \Delta x_J + v_{\max} t - \frac{v_{\max}}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t})$$

➡ 時刻 $t = t_0$ で後続車が $\Delta x > d$ となりスタート

$$\Delta x_J + v_{\max} t_0 - \frac{v_{\max}}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t_0}) = d$$

渋滞からの脱出

➡ 後続車の軌跡

$$x(t) = v_{\max} (t - t_0) - \frac{v_{\max}}{\alpha} (1 - e^{-\alpha(t-t_0)})$$

➡ 車頭距離

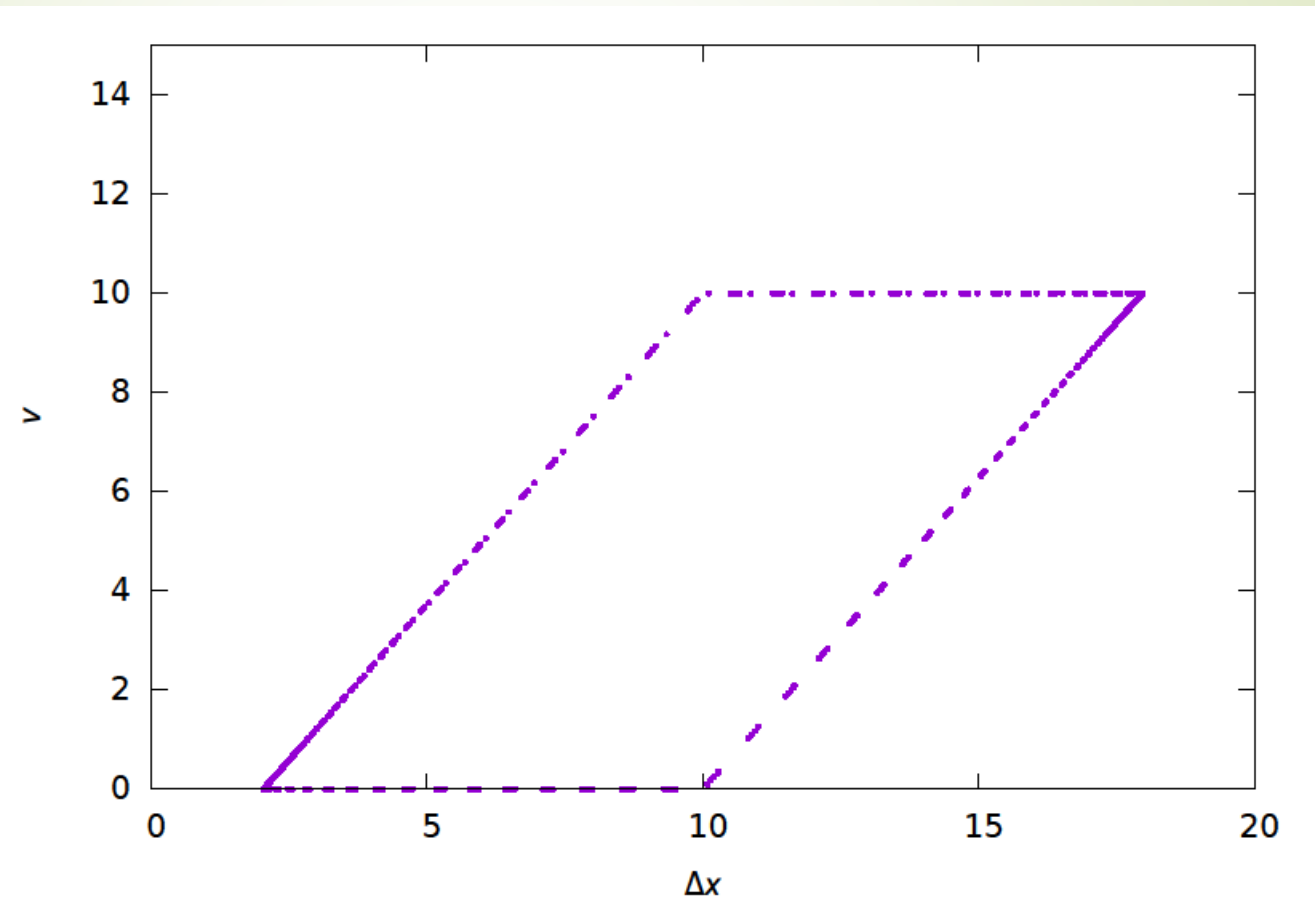
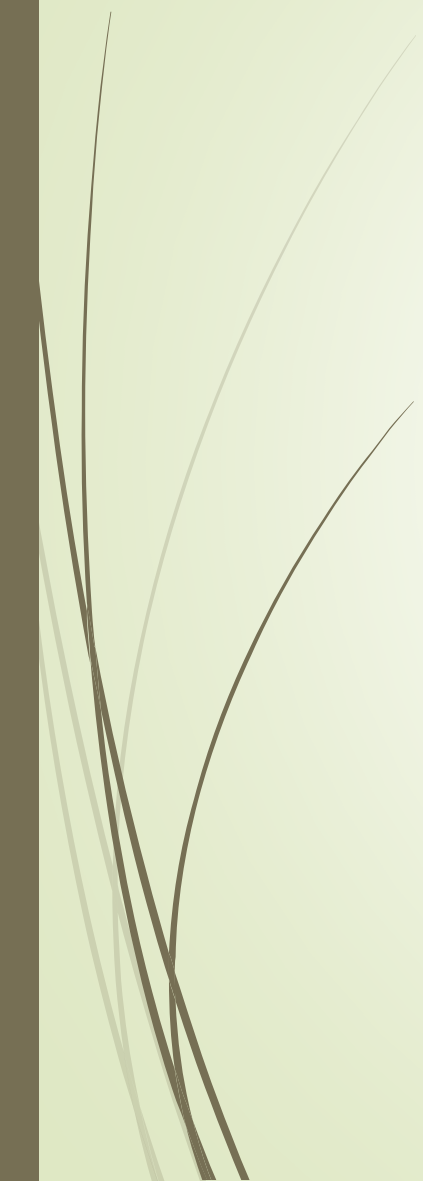
$$\Delta x(t) = d + \frac{v_{\max}}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t_0}) (1 - e^{-\alpha(t-t_0)}) \xrightarrow{t \rightarrow \infty} \Delta x_J + v_{\max} t_0$$

渋滞への追着き

Catch up to Jam

- 車頭距離 Δx_F で走行している二台
- 時刻 $t = 0$ で先行車が $\Delta x < d$ となり減速開始
- 時刻 $t = t'$ で後続車が $\Delta x < d$ となり減速開始

$$\Delta x(t) = d - \frac{v_{\max}}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t'}) (1 - e^{-\alpha(t-t')}) \xrightarrow{t \rightarrow \infty} \Delta x_F - v_{\max} t'$$

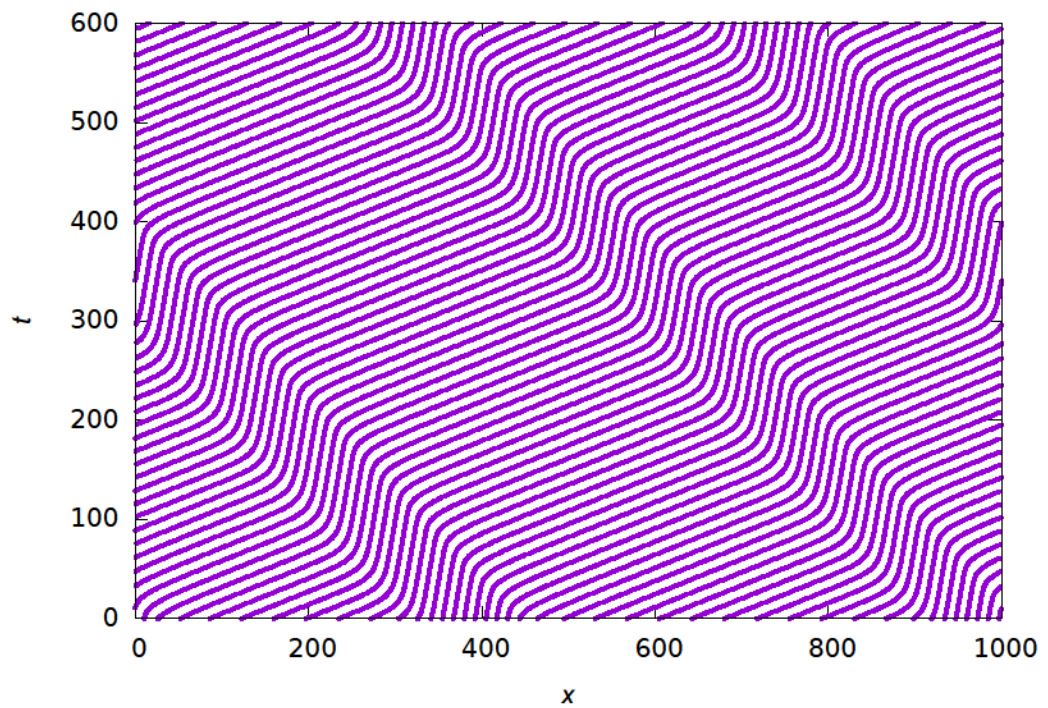
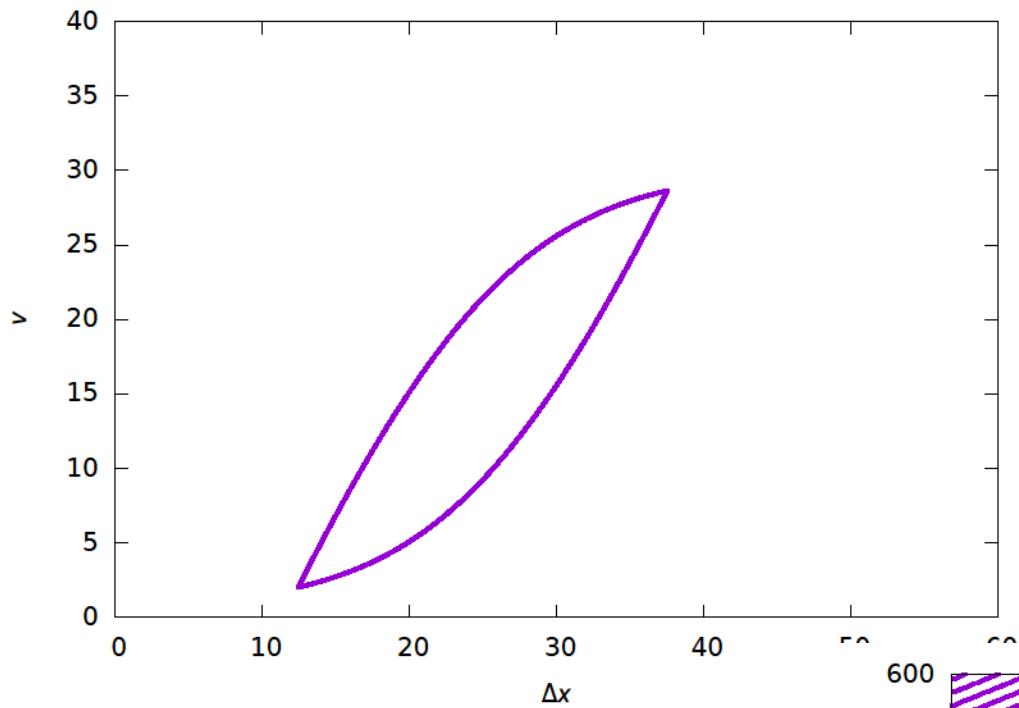


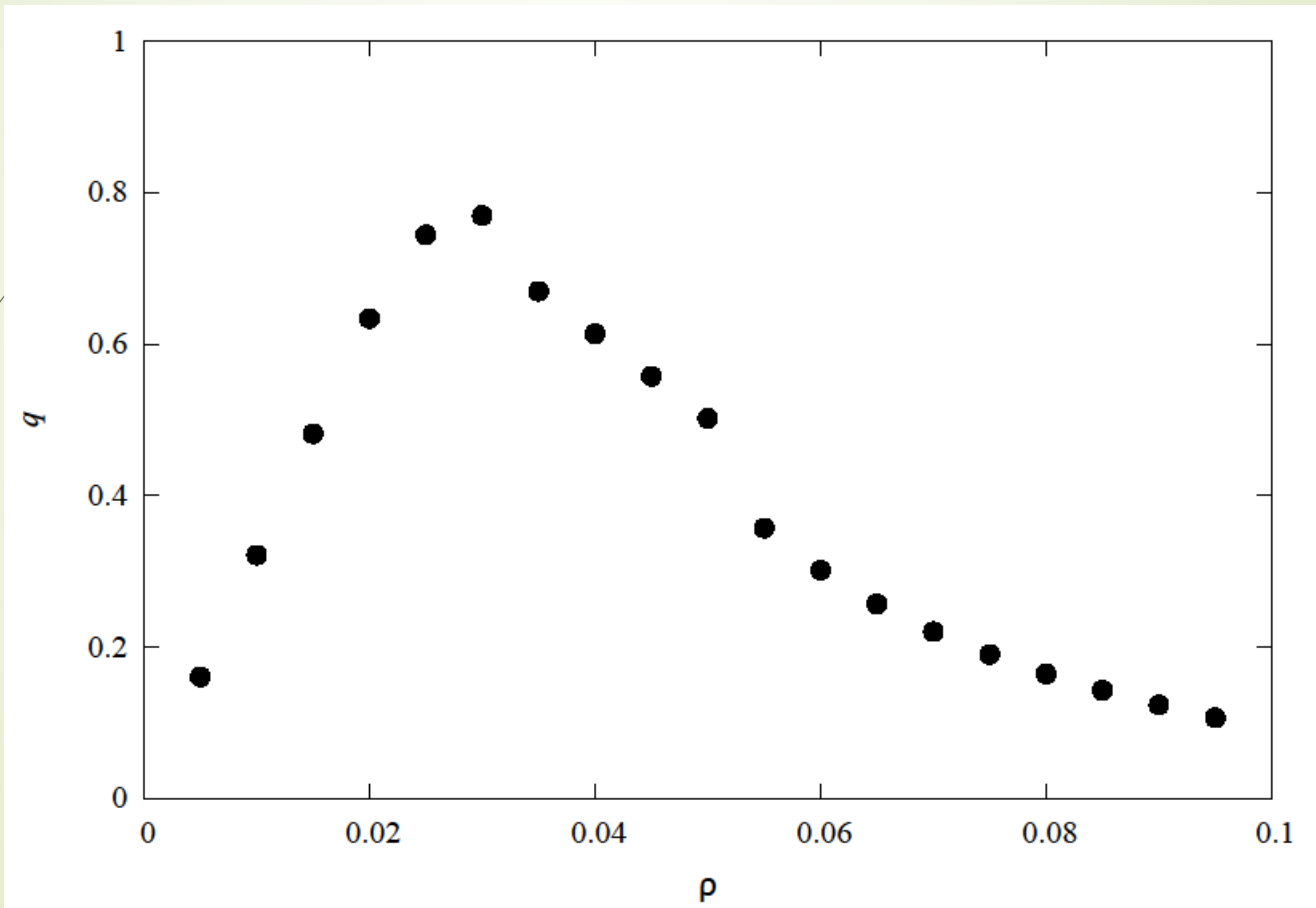
現実的な最適速度関数


Realistic OV Function

$$v_{\text{optimal}}(\Delta x) = \frac{v_{\text{max}}}{2} \left[\tanh\left(\frac{\Delta x - d}{w}\right) + c \right]$$

パラメタ	値
v_{max}	33.6 m/s
d	25 m
w	23.3 m
c	0.913
α	2 s^{-1}







サンプルプログラム

- ▶ <https://github.com/modeling-and-simulation-mc-saga/OV>



クラス構成

Class Design

- ▶ abstractModelパッケージ


- ▶ Car

- ▶ 一定の時間間隔で位置と速度を保持するクラス

- ▶ 動作は記述しない

- ▶ OV

- ▶ OV関数を与えて、車両を動かすモデルの本体

- 
- ▶ analysisパッケージ
 - ▶ Fundamental
 - ▶ 基本図のデータを生成
 - ▶ HV
 - ▶ 密度と速度の相関を生成



- ▶ modelsパッケージ

- ▶ Simulaionクラス

- ▶ 指定されたOV関数でシミュレーションを実行

- ▶ Stepクラス

- ▶ OV関数として階段関数を指定

- ▶ Tanhクラス

- ▶ OV関数としてtanhを指定