

# セルオートマトン交通 流モデル

モデリングとシミュレーション特論

2019年度

只木進一

# 実測：日本坂トンネル 1996年8月9日



# 観測

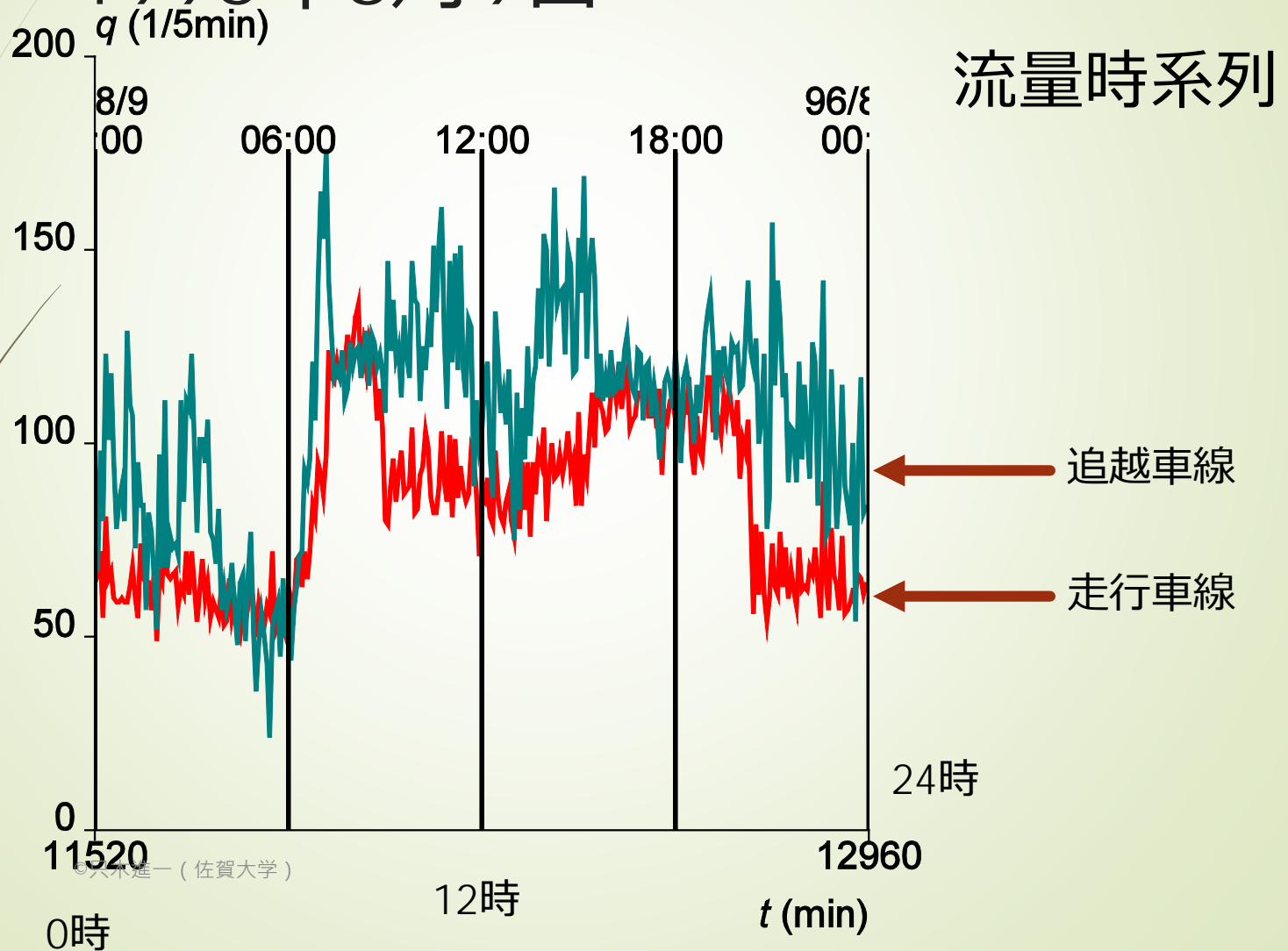
- コイルに発生するパルスから通過車両数を計測
- 二つのコイルに発生するパルスの時間差から速度を計測
- 5分毎に集計

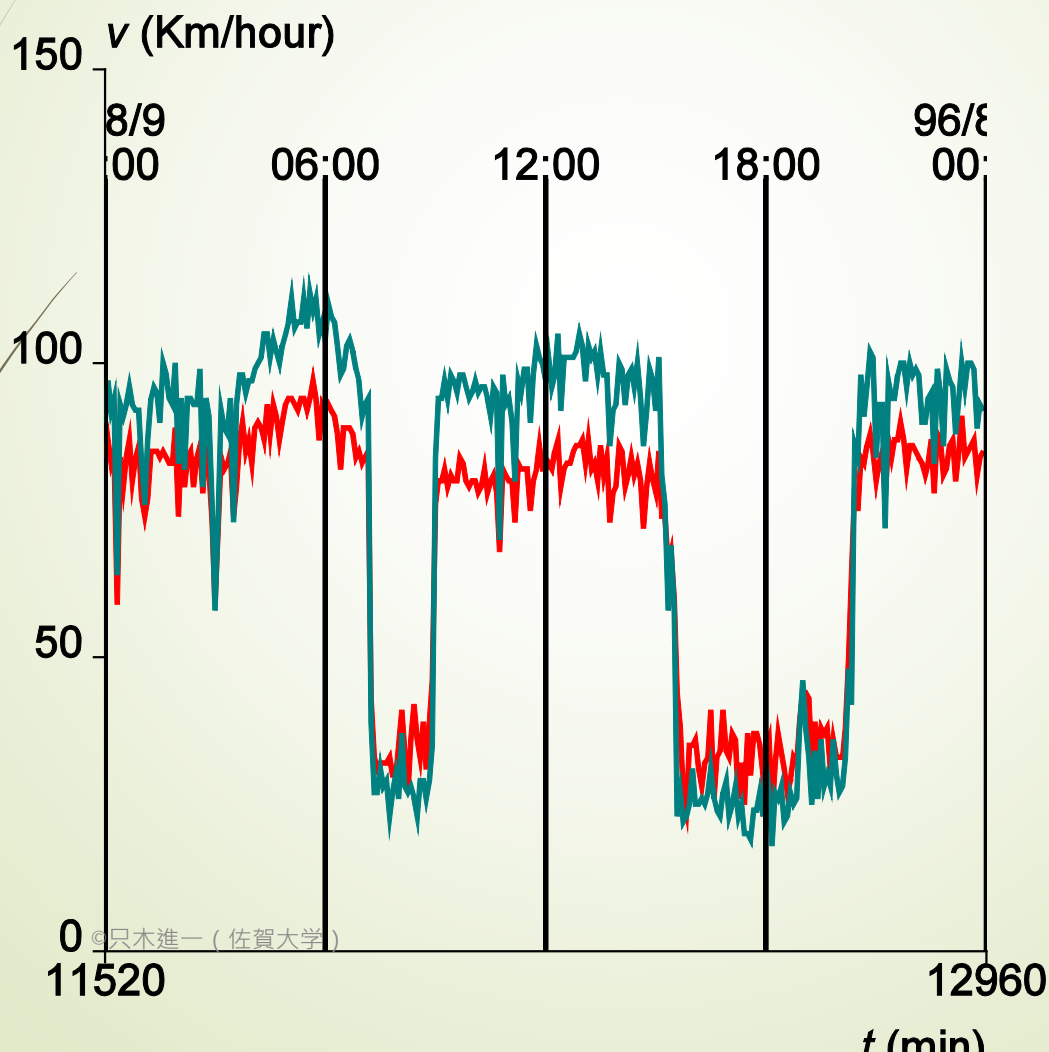


コイル

# 実測：日本坂トンネル

## 1996年8月9日

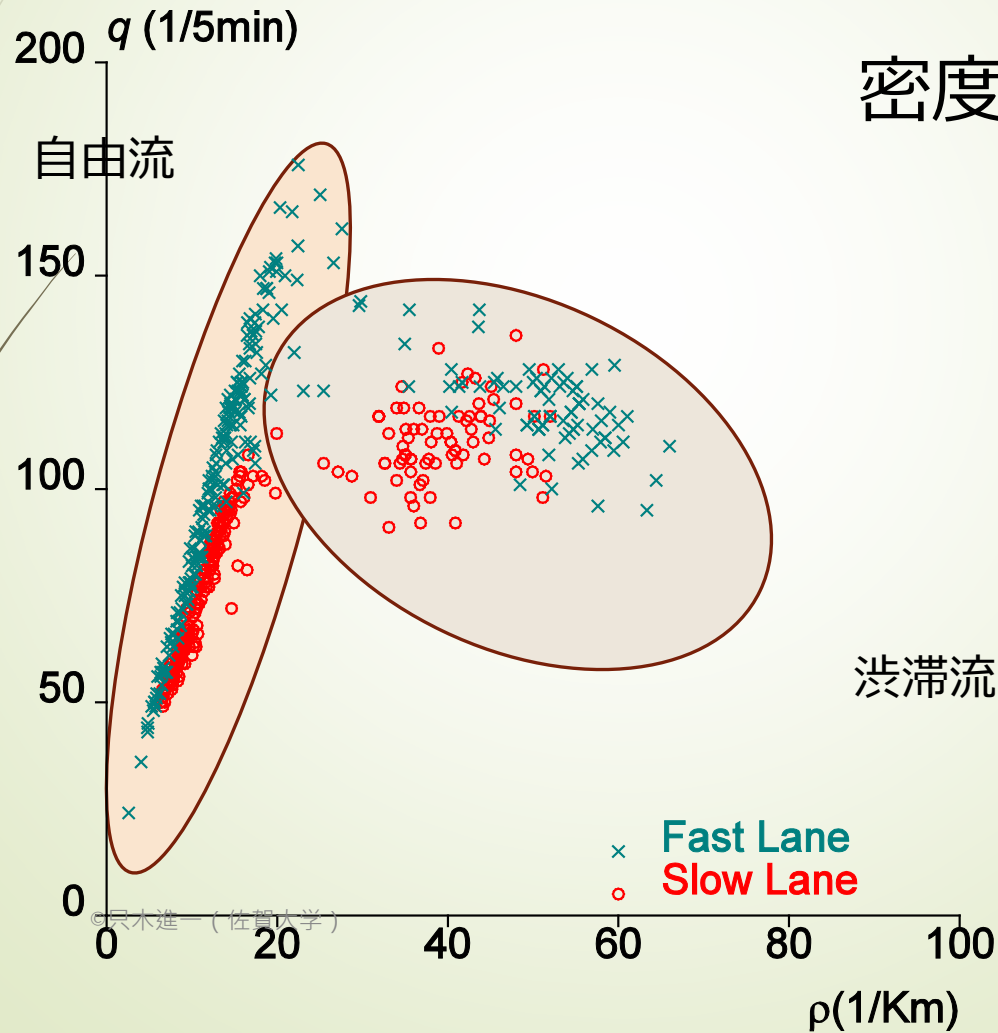




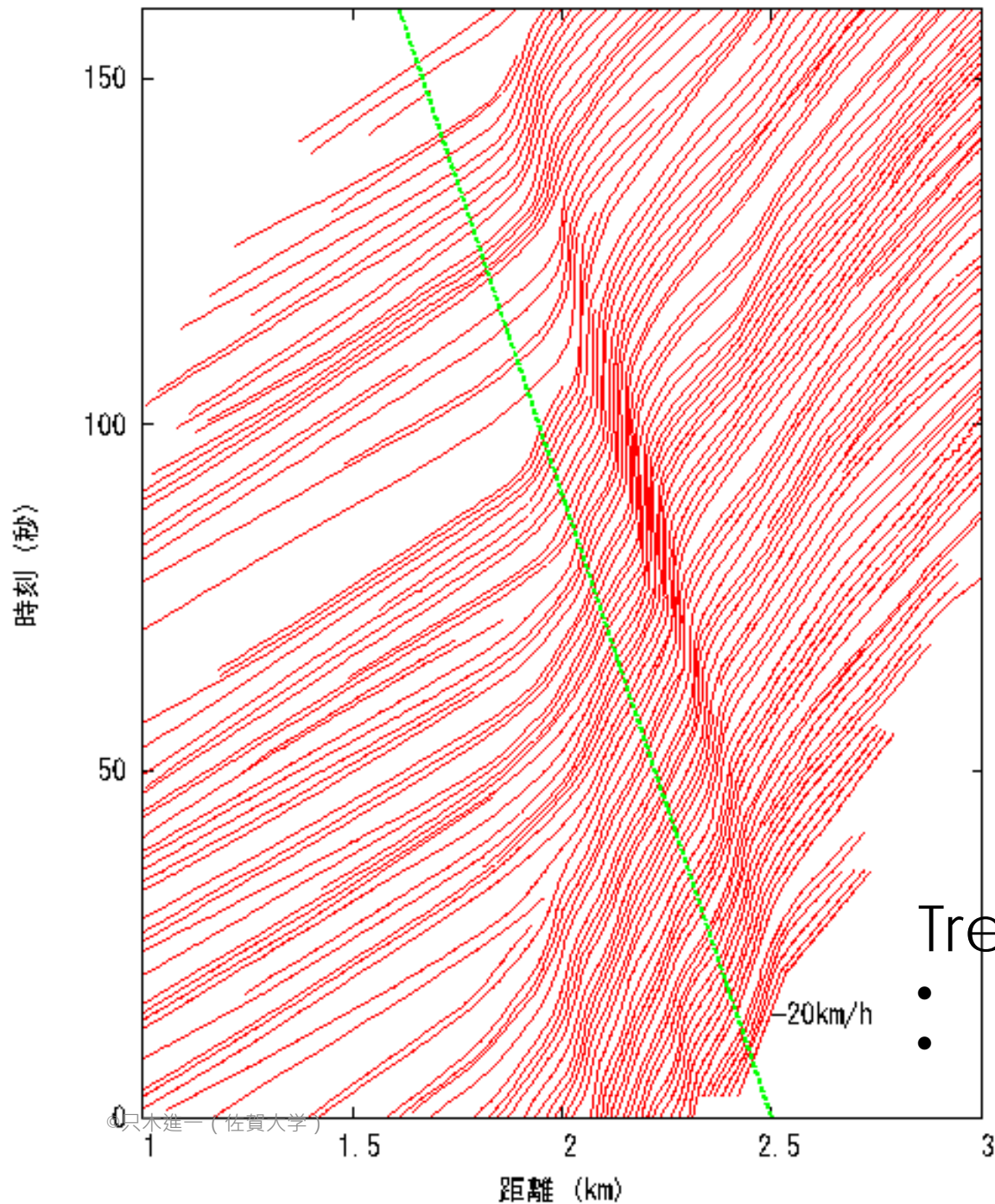
速度時系列

渋滞形成が  
はっきり見  
える

# 基本図：密度-流量相関





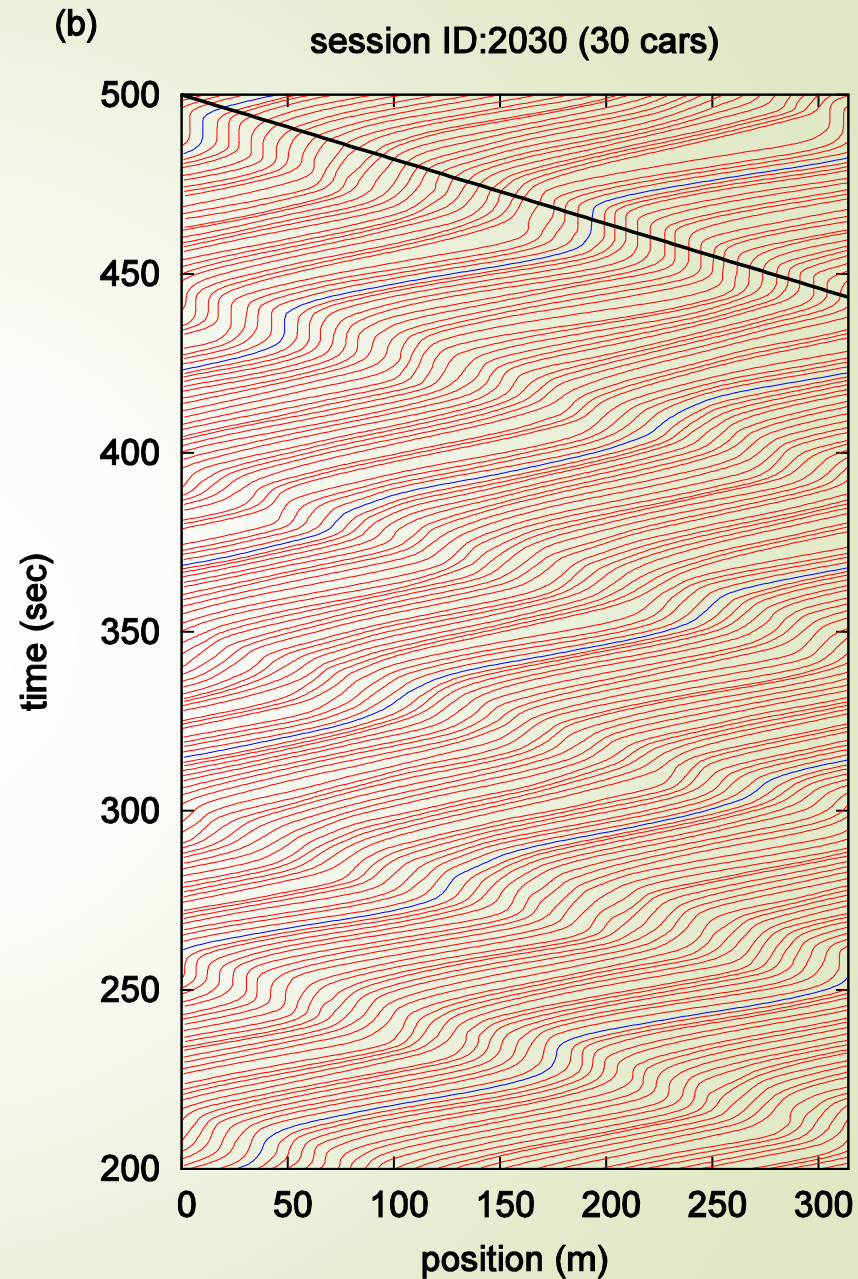


## Treitererの空撮

- 渋滞形成
- 渋滞クラスタの後退

# 交通渋滞実験 Tadaki他(2013)

- 渋滞の形成
- 渋滞クラスタの後退
- <http://iopscience.iop.org/1367-2630/15/10/103034/article>
- 動画





# モデル化：離散版

## ■ 重要な様相

- 車は**有限な長さ**があり、同じ場所を二つの車両が占めることができない（排除体積効果）
- 前の車両に**遅れて追従**

# 最も簡単なセルオートマトン交通流モデル

- 一つのセルに一つの車
- 車は、前が空いているときだけ前に一つ進む
- すべての車両は同時に動く

入力	111	110	101	100	011	010	001	000
出力	1	0	1	1	1	0	0	0

$$(10111000)_2 = 184$$

# 同期的更新の方法

$t$

0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



次の時刻の状態をダミーシステムに書き込む

ダミー

0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

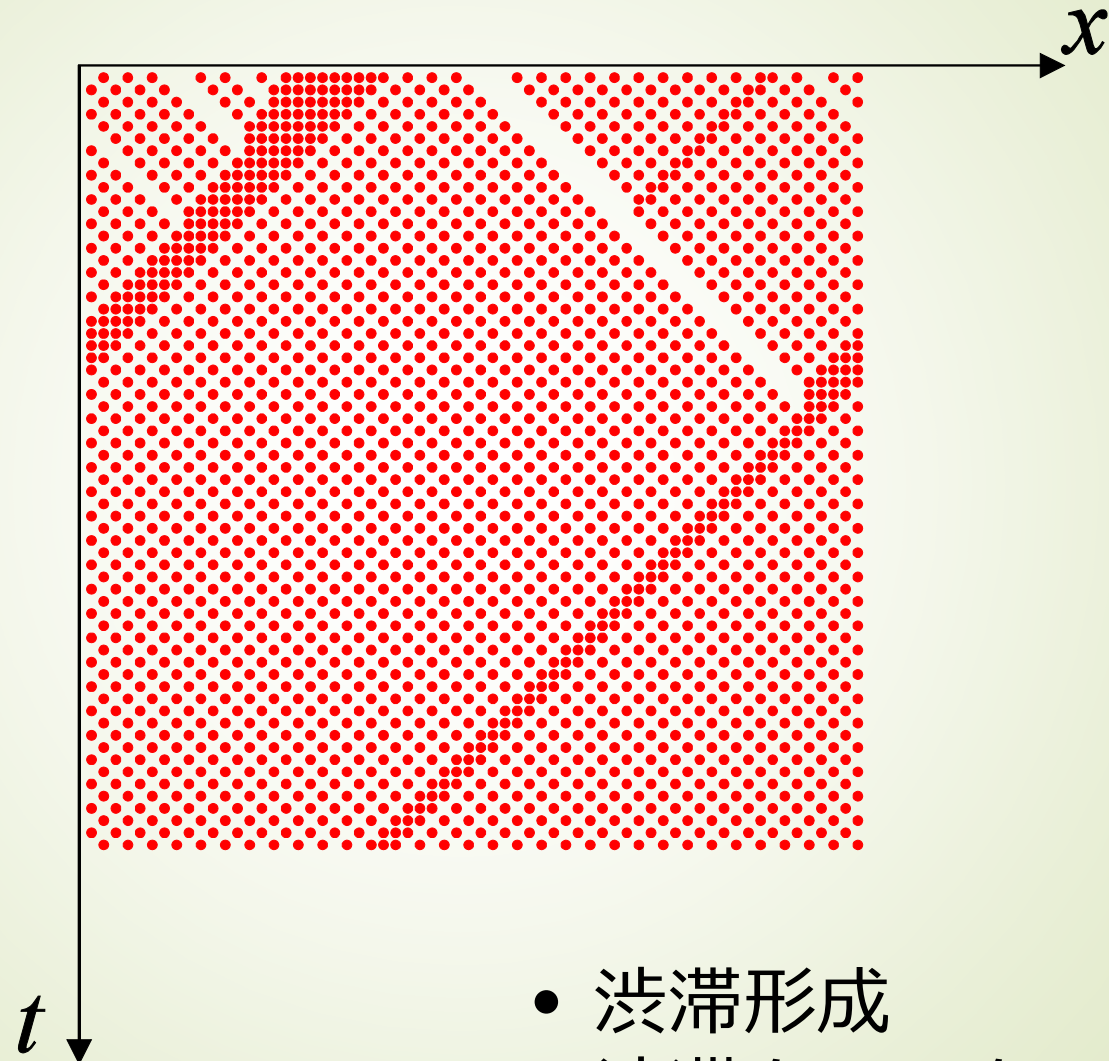


ダミーシステムの状態を元のシステムに書き込む

$t + 1$

0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

# シミュレーション結果

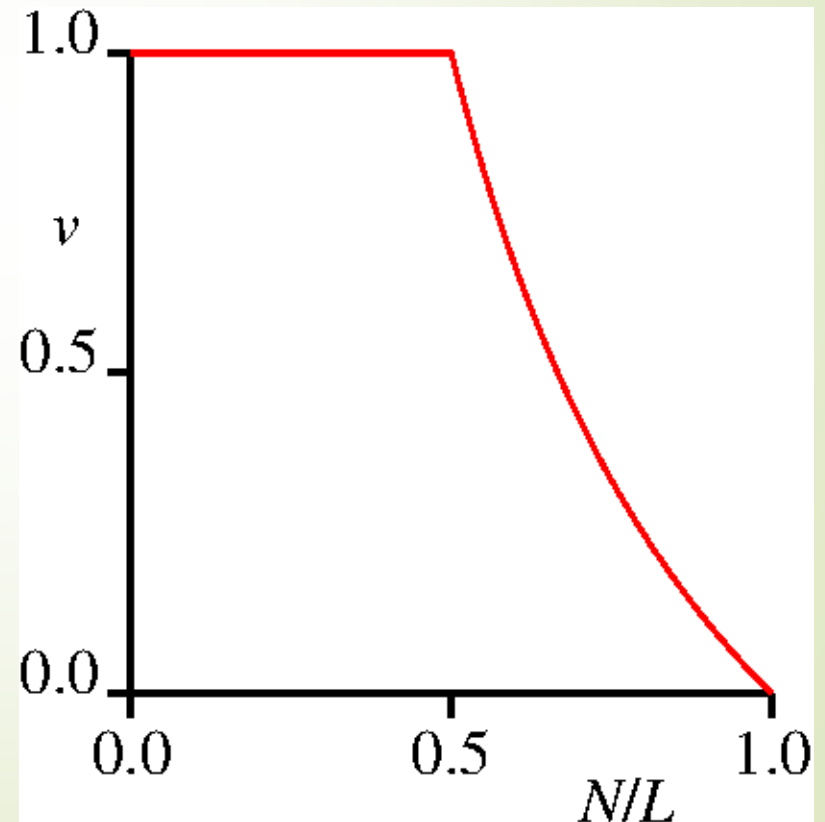


©只木進一 (佐賀大学)

- 渋滞形成
- 渋滞クラスタの後退

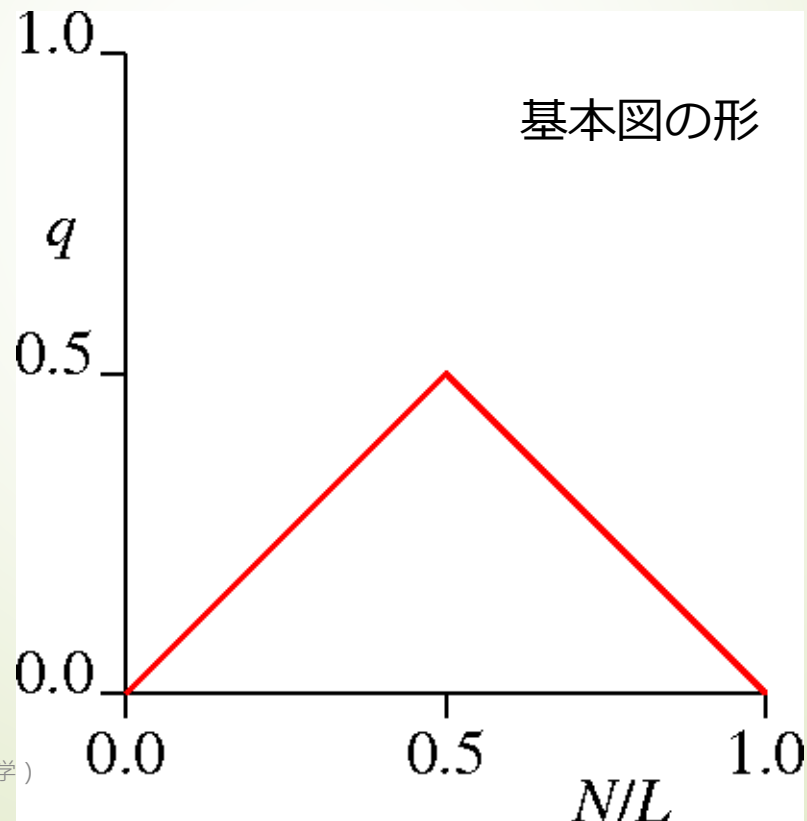
# $\rho = 1/2$ での相転移：平均速度

$$v = \begin{cases} 1 & \text{if } \rho \leq 1/2 \\ \frac{1}{\rho} - 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$



# $\rho = 1/2$ での相転移：流量

$$q = v\rho = \begin{cases} \rho & \text{if } \rho \leq 1/2 \\ 1 - \rho & \text{otherwise} \end{cases}$$



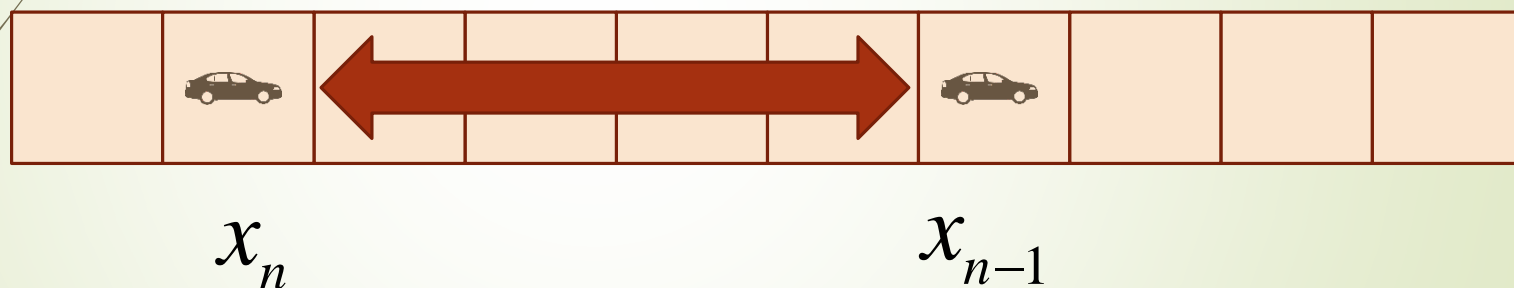


# モデルの拡張

## Fukui-Ishibashiモデル

- ➡ 最大速度 :  $v_{\max} \geq 1$

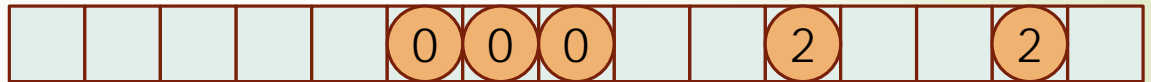
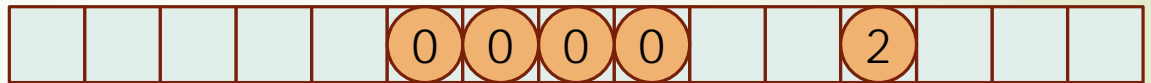
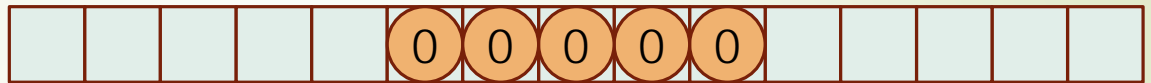
$$g_n = x_{n-1} - x_n - 1$$



- ➡ 現在の速度によらず、車頭距離で許される最大速度  $v_n^t = \min(g_n, v_{\max})$

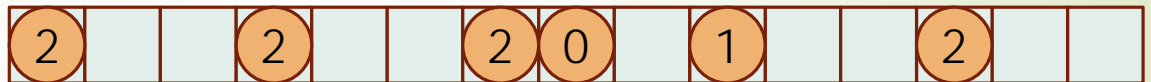
# 手動シミュレーション

$$V_{\max} = 2, L = 15, N = 5$$



# 手動シミュレーション

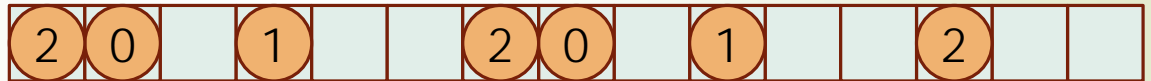
$$v_{\max} = 2, L = 15, N = 6$$



速度総和は  $9 = 2 \times 6 - 3 = 2N - 3$

# 手動シミュレーション

$$v_{\max} = 2, L = 15, N = 7$$



速度総和は  $8 = 2 \times 7 - 6 = 2N - 6$

# 理論的解析

■  $N < L/3$


■ 全ての車両が  $v = 2$  で走行

■  $N = \frac{L}{3} + 1$

■ 速度の総和は  $2N - 3$

$$\rho = \frac{L/3 + 1}{L} = \frac{1}{3} + \frac{1}{L}$$

$$v = \frac{2N - 3}{N} = \frac{2N/L - 3/L}{N/L} = \frac{2\rho - 3\rho + 1}{\rho} = \frac{1 - \rho}{\rho}$$


$$N = \frac{L}{3} + 2$$

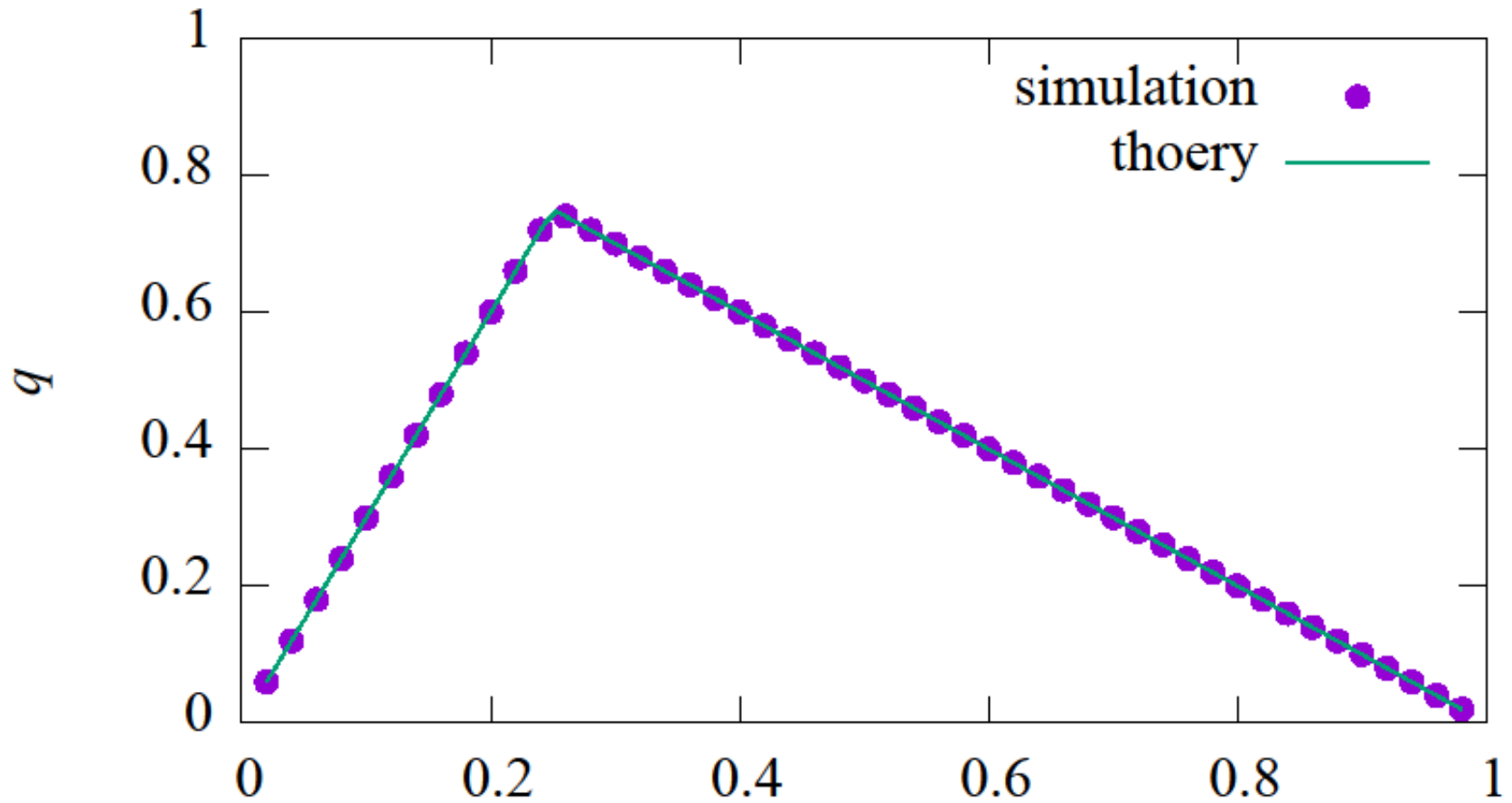
■ 速度の総和は  $2N - 6$

$$\rho = \frac{L/3 + 2}{L} = \frac{1}{3} + \frac{2}{L}$$

$$v = \frac{2N - 6}{N} = \frac{2N/L - 6/L}{N/L} = \frac{2\rho - 3\rho + 1}{\rho} = \frac{1 - \rho}{\rho}$$



# Fundamental Diagram ( $v_{\max}=3$ )



$$q = \begin{cases} v_{\max} \rho & 0 \leq \rho < 1/(v_{\max} + 1) \\ 1 - \rho & 1/(v_{\max} + 1) \leq \rho < 1 \end{cases}$$

# Nagel-Schreckenbergモデル

■ 以下の3ステップで速度を更新

■  $\bar{v}$ と $\tilde{v}$ は計算途中の値

■  $\bar{v} = \min(v_n^t + 1, v_{\max})$

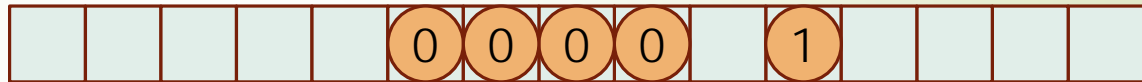
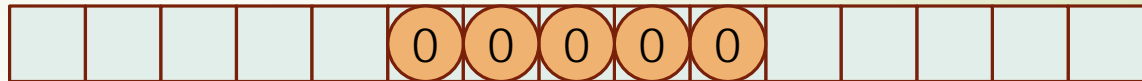
■  $\tilde{v} = \min(\bar{v}, g_n)$

■ 確率 $p$ で減速

$$v_n^{t+1} = \max(\tilde{v} - 1, 0)$$

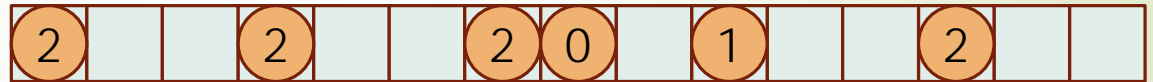
# 手動シミュレーション

$$V_{\max} = 2, L = 15, N = 5, p = 0$$



# 手動シミュレーション

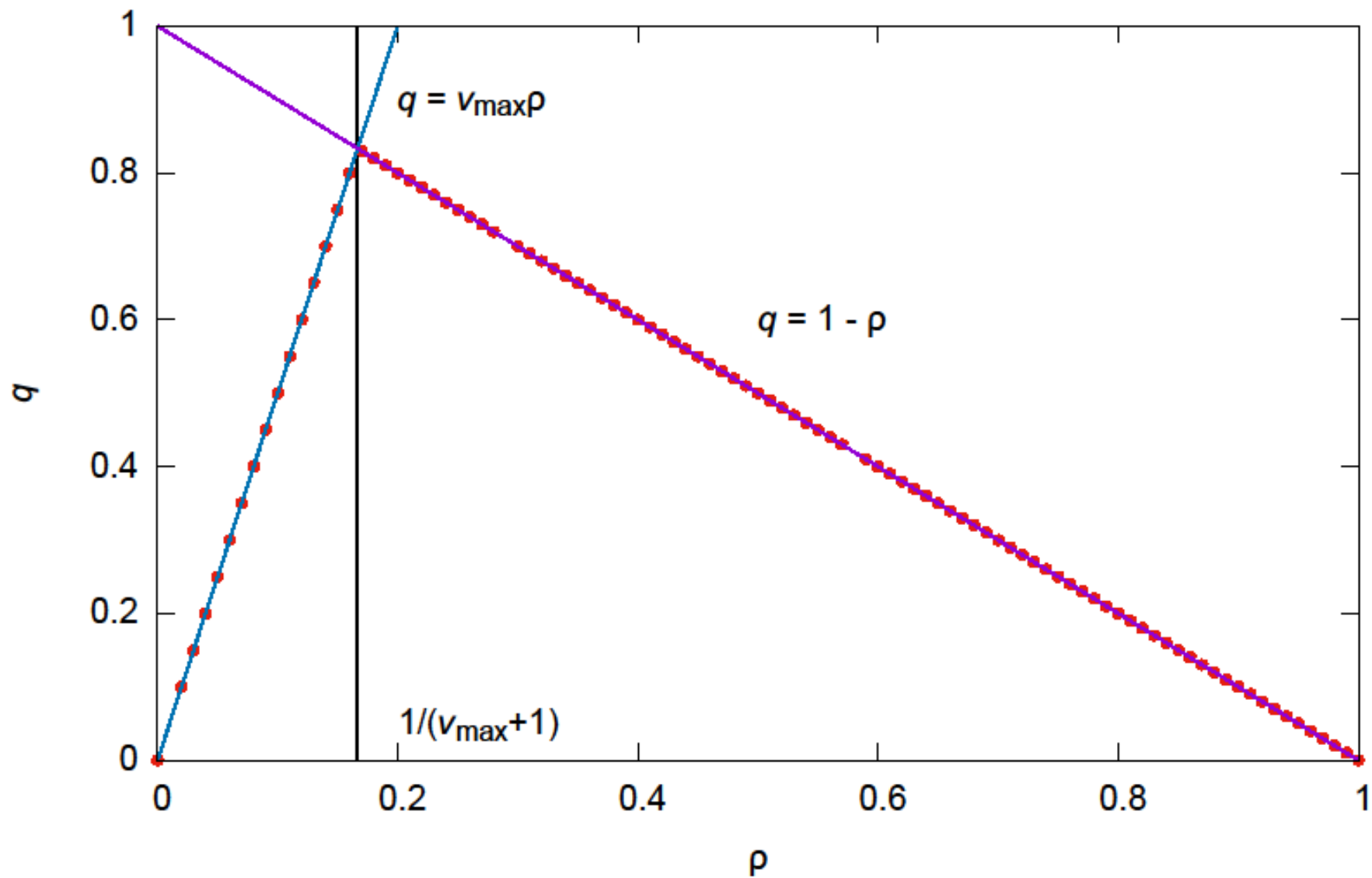
$$V_{\max} = 2, L = 15, N = 6, p = 0$$



速度総和は  $9 = 2 \times 6 - 3 = 2N - 3$

Fukui-Ishibashiモデルと同じ

Fundamental Diagram ( $L=100$ ,  $v_{\max}=5$ , deterministic)



Fundamental Diagram ( $L=100, p=0.2, v_{\max}=5$ )

