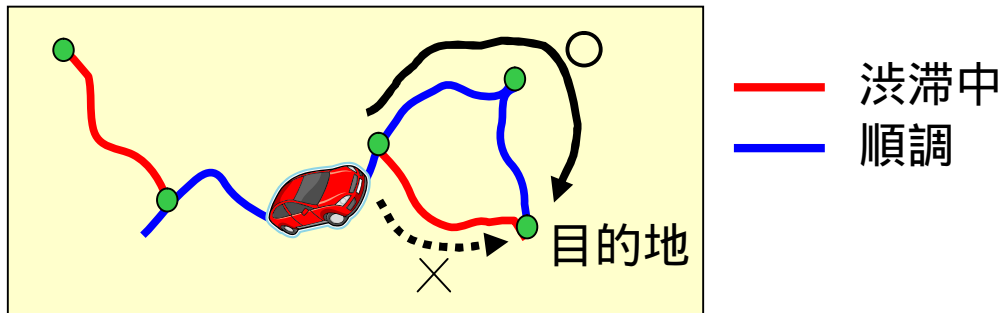


交通シミュレーションにおける二つの課題
- 空間補間と将来予測 -

有用な二つの交通情報

- 任意のリンク(区間)における現在の交通状況

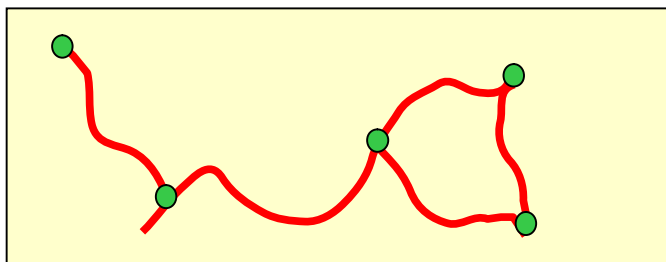
経路変更



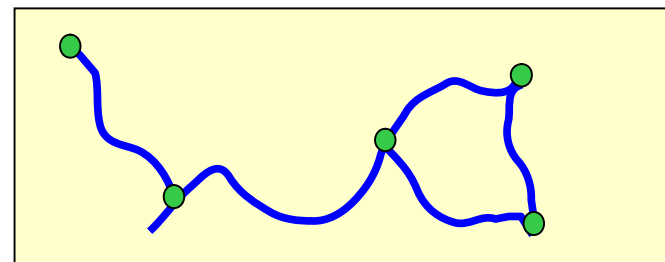
- 未来の交通状況

移動手段、出発時間の変更

現在

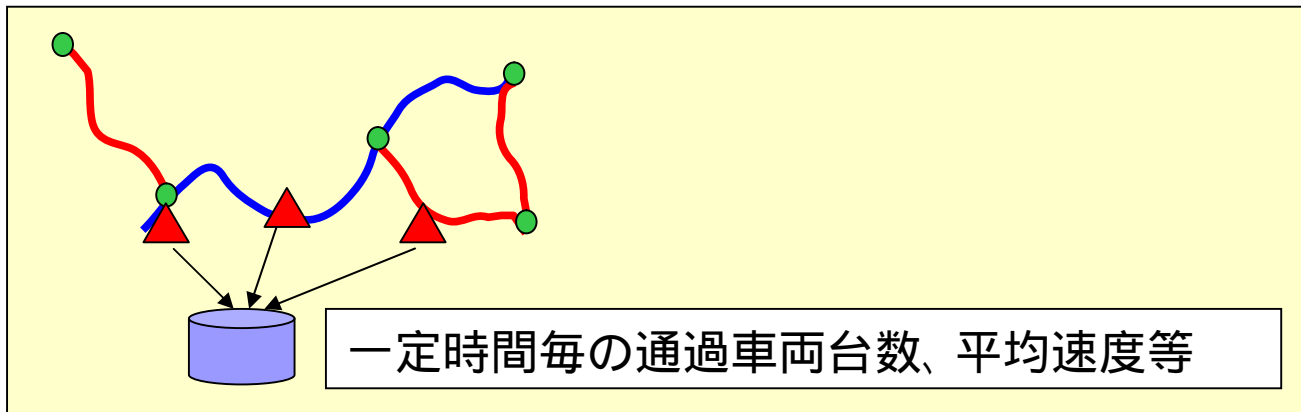


X時間後

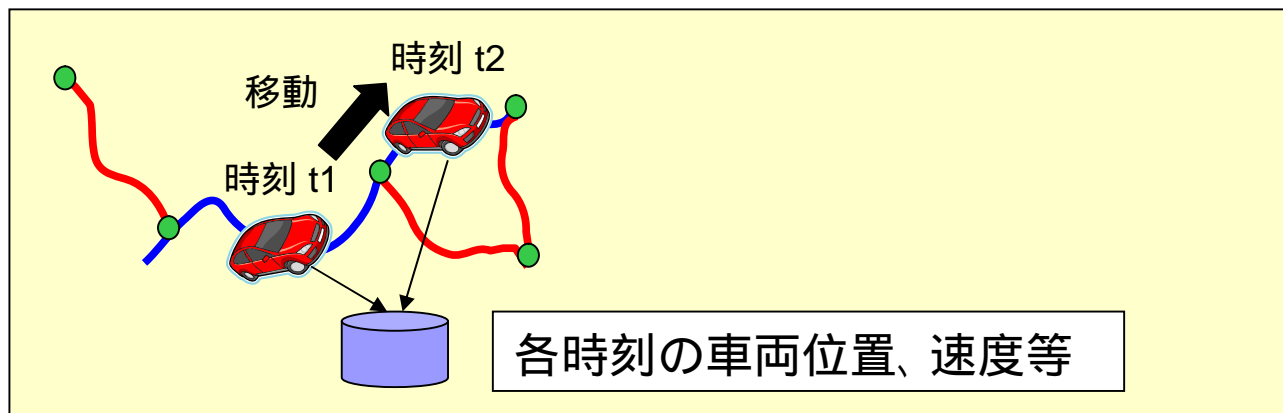


取得可能データ

■ 定点観測データ



■ プローブカーデータ



2種類のデータの特徴

■ 定点観測データ (VICIS等)

装置設置地点では、定常的(1~5分毎)にデータ取得可能

空間カバー範囲は狭い(高速道路、主要道路のみ)

地点速度を基に旅行時間を推定するため精度は低い

■ プロブカーデータ

各区間、時間帯の取得データ数にばらつきがある

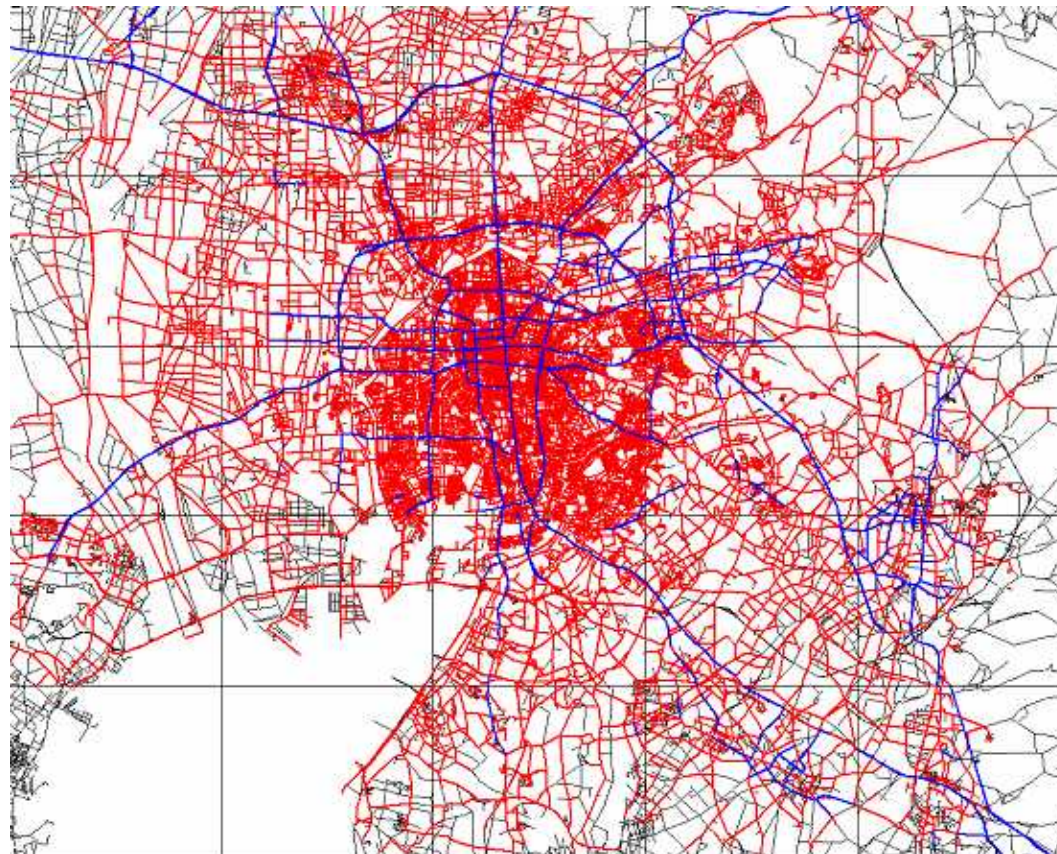
空間カバー範囲は広い(累積で見れば)

実際の旅行時間を取得可能



任意の区間、時間帯における詳細なデータは取得できない

プローブカーとVICSのカバー範囲比較



プローブカー 約1500台
期間 2002/11 1ヶ月

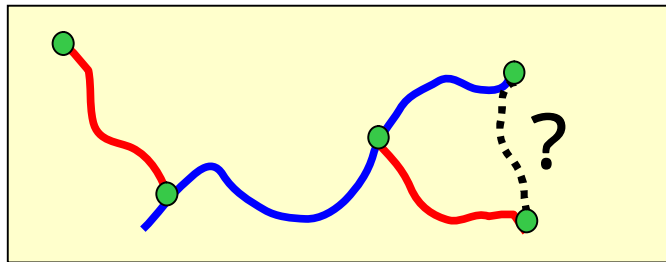
— VICS
— プローブカー

王 立暁, “プローブカーデータとVICS データの融合による旅行時間推計に関する研究”, 名古屋大学大学院環境学研究科 都市環境学専攻空間環境学コース修士論文(平成16年) p.5 図2.2より引用

交通情報提供における二つの課題

■ 空間補間

観測データの無いリンク(区間)の交通状況を推定

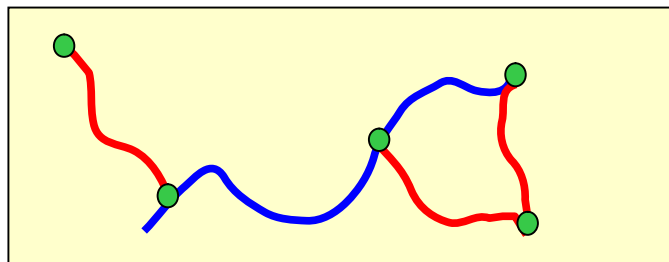


— 渋滞中
— 順調

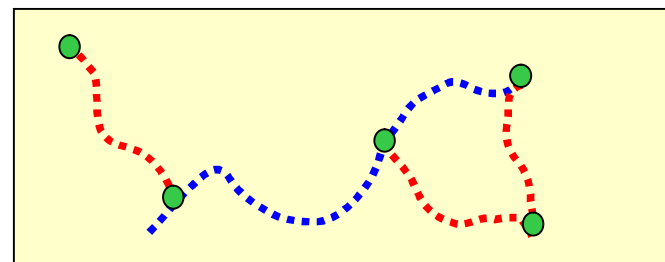
■ 将来予測

各リンクの未来の交通状況を推定

現在



X分後?



先行研究

- 日立グループ (日立製作所、日産、Xanavi)
主成分分析を用いた相関分析 (過去の統計データも参照) に基づく空間補間、および予測
- 筑波大
ファジィC-means法を用いた空間補間 (VICSデータのみ)
- 名古屋大
VICSデータとプローブカーデータの融合 (相互補完)
- Gerhard-Mercator University (ドイツ)
CAシミュレーションによる空間補間、および予測 (VICSデータのみ)

ここを狙いたい



CAシミュレーションのメリット

- より正確・詳細な旅行時間推定が可能

シミュレーション内で実際に車両が走行するため

「現実データ シミュレーション結果」でなければならない

- 現在のデータのみ使用(空間補間の場合)

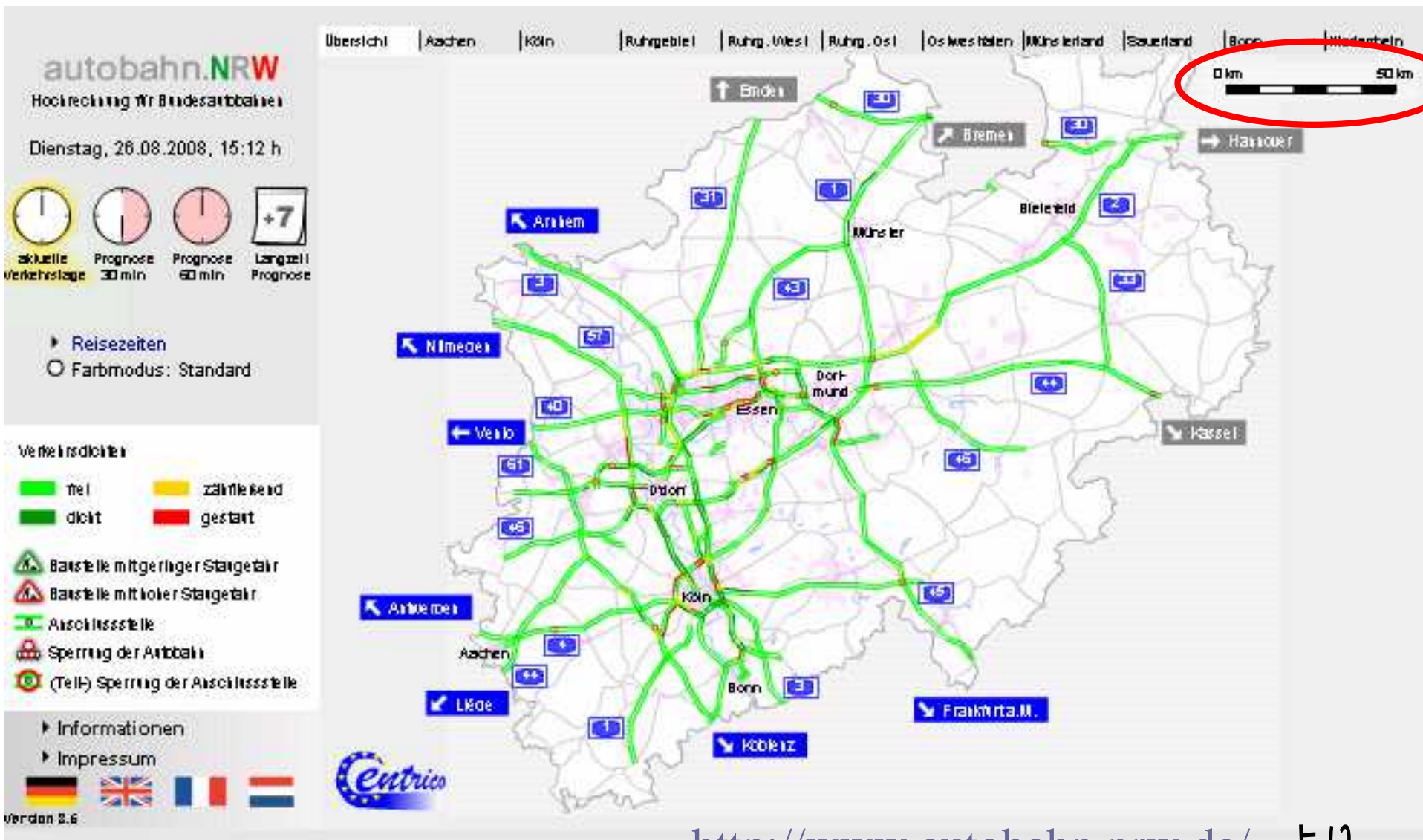
災害時には、過去の統計データが使えない可能性あり

予測、特に長期予測に関しては、統計データが必要

- 計算が高速

シミュレーションが有効となるためには、「現実 > シミュレーション実行時間」でなければならない

ドイツで稼働中(Webで公開 250000ユーザ/日)



<http://www.autobahn.nrw.de/> より

1Cell=7.5m、Cell数=1400000、PC(500MHZ)で実行可能

autobahn.NRW

Hochrechnung für Bundesautobahnen

Dienstag, 26.08.2008, 15:17 h



- ▶ Reisezeiten
- Farbmodus: Standard
- Baustelleninfo

Verkehrsdichte

- grün: frei
- gelb: zählförmig
- dunkelgrün: dicht
- rot: gestaut

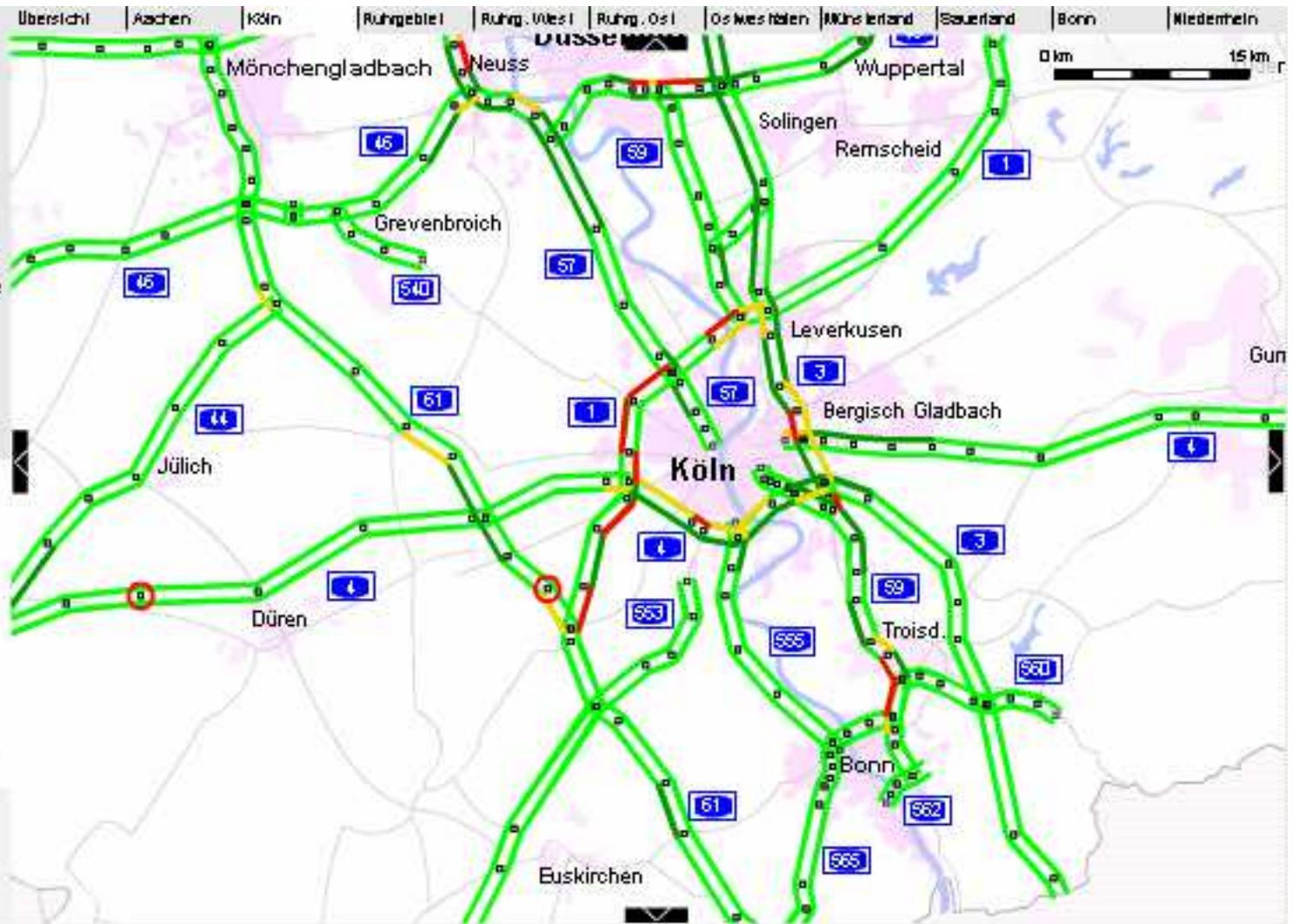
- ▲ Baustelle mit geringer Staugefahr
- ▲ Baustelle mit hoher Staugefahr
- ⊕ Anschlussstelle
- ⊘ Sperrung der Autobahn
- ⊙ (Teil-) Sperrung der Anschlussstelle

▶ Informationen

▶ Impressum



Version 3.6



研究課題

■ VICSデータとプローブカーデータの融合

時間的・空間的なデータのカバー範囲拡大

同一時刻、区間であっても同一のデータは得られない(観測装置・手法の相違のため)

■ 現実データとCAシミュレーションのすり合わせ

如何に「現実データ シミュレーション結果」へもっていくか

- まずはVICSデータを用いてマクロな統計量(ある区間、時間帯の通過台数や平均速度)の再現を目指す
- 過去および現在のVICSデータ(5分毎のリンク旅行時間等)は日本道路交通情報センターから入手可能

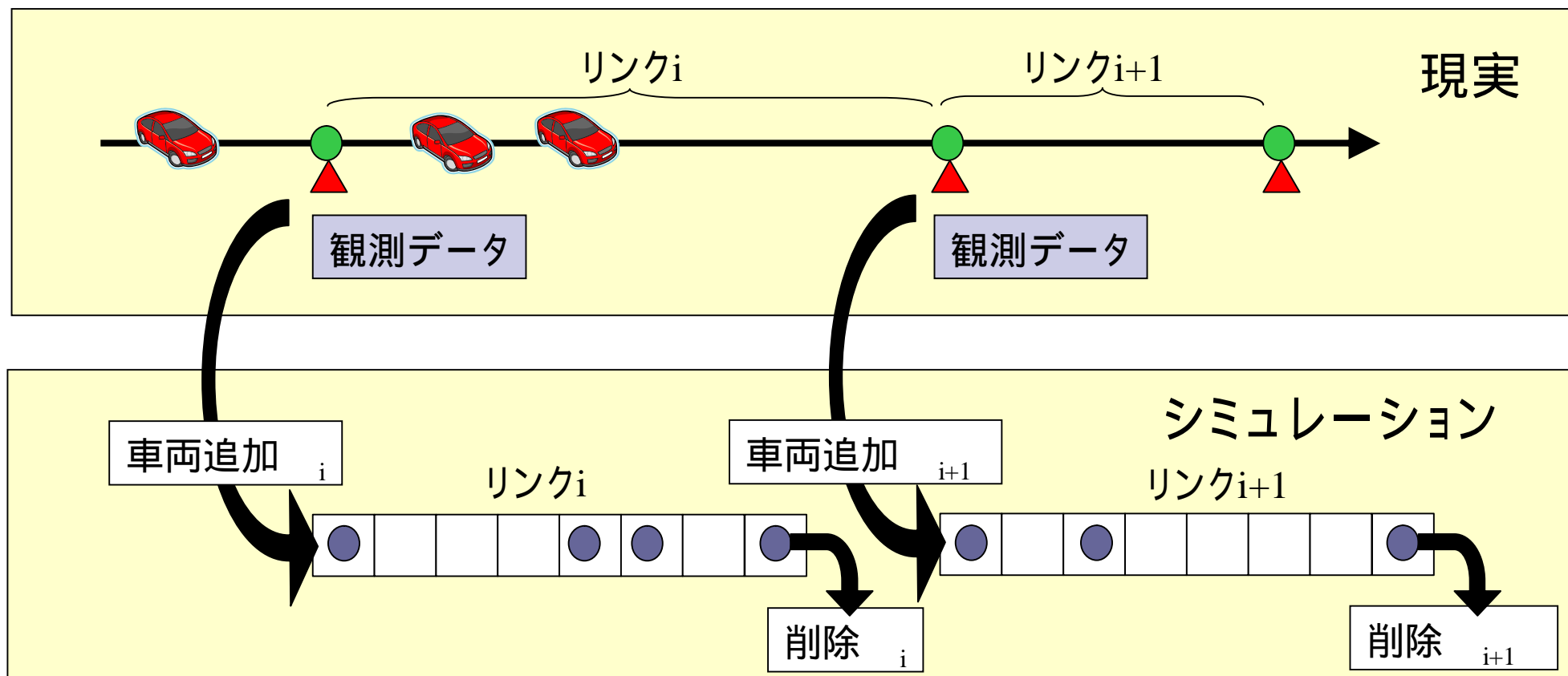
■ より現実的なCAモデルへの改良

例えば、Stochastic Optimal Velocityモデル

Masahiro Kanai, Katsuhiko Nishinari and Tetsuji Tokihiro, “Stochastic optimal velocity model and its long-lived metastability”, *Phys. Rev. E*, 72, 035102(2005)

現実とシミュレーションのすり合わせ1/2

最も単純なSink- and Source-Strategy



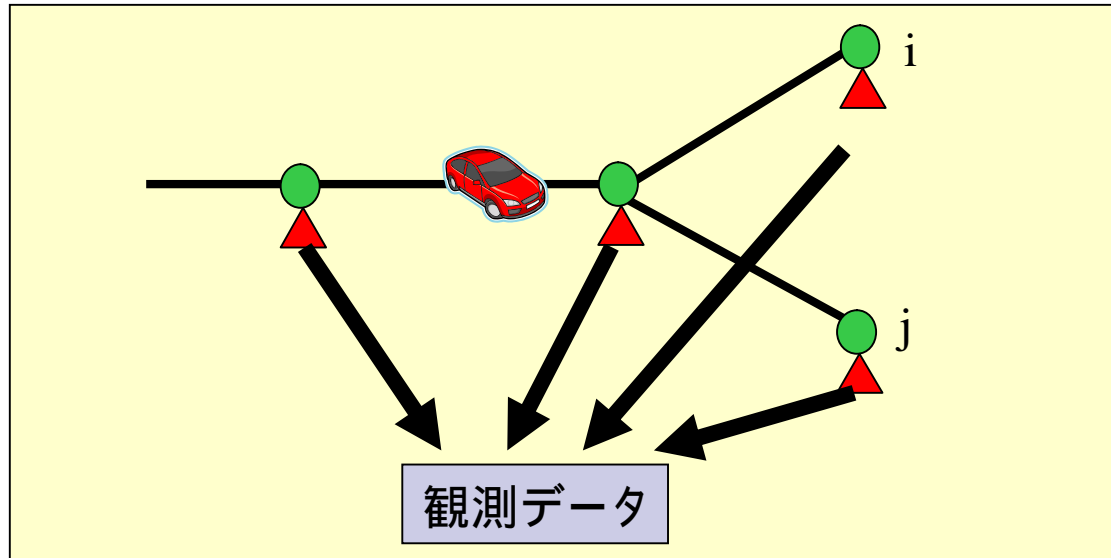
改良のために

$$\sum |\beta_i - \alpha_{i+1}| \rightarrow 0$$

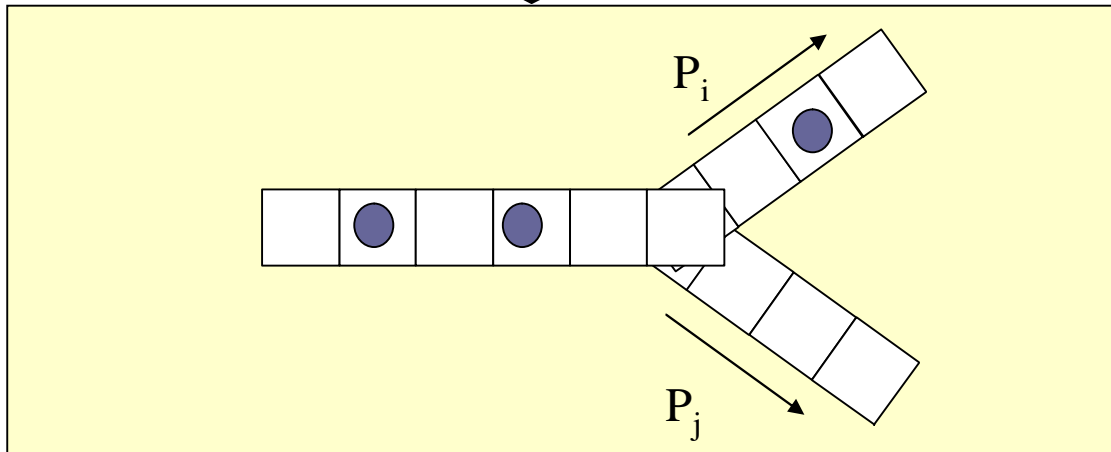
追加車両の影響で、既存の車両がブレーキを踏まない

現実とシミュレーションのすり合わせ1/2

分岐点における進入確率の推定



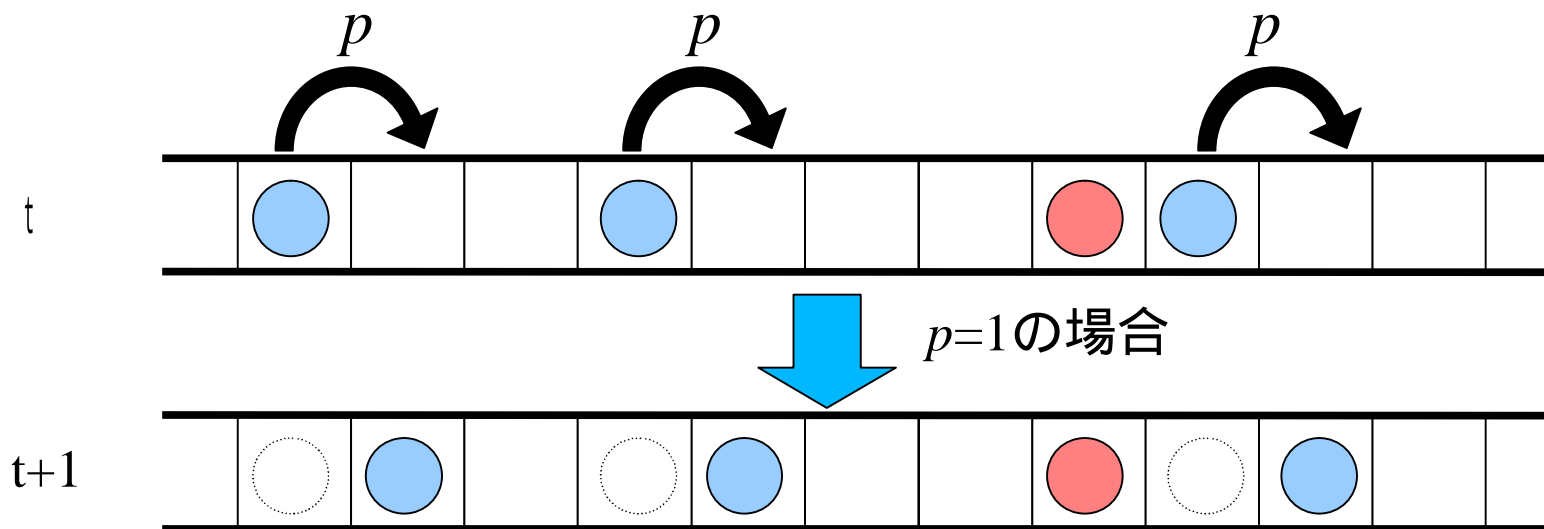
P_i , P_j の推定



交通流モデル 1/6

- Asymmetric Simple Exclusion Process (ASEP)

離散化されたCellular Automaton(CA) モデル

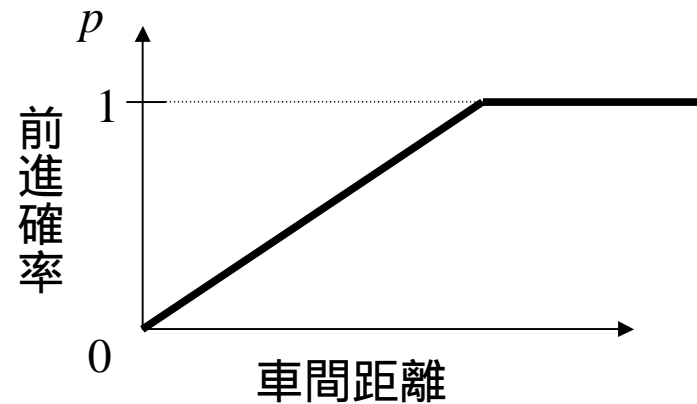
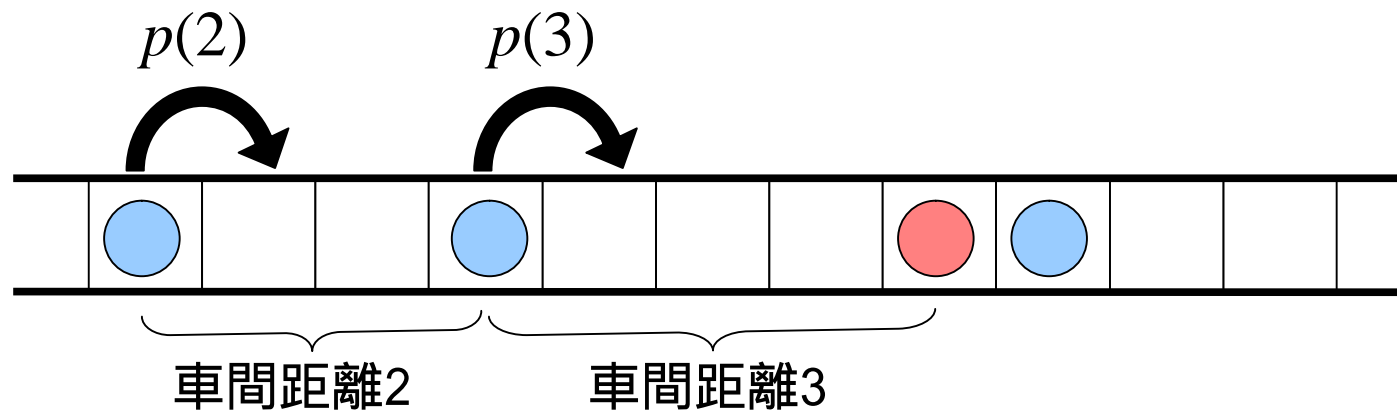


- 道路をCellに分割し，空間を離散化
- 各Cellには，最大1台の車のみが存在可能
- 前方のCellが空いている時，確率 $p(=const)$ で前進

交通流モデル 2/6

- Zero Range Process (ZRP)

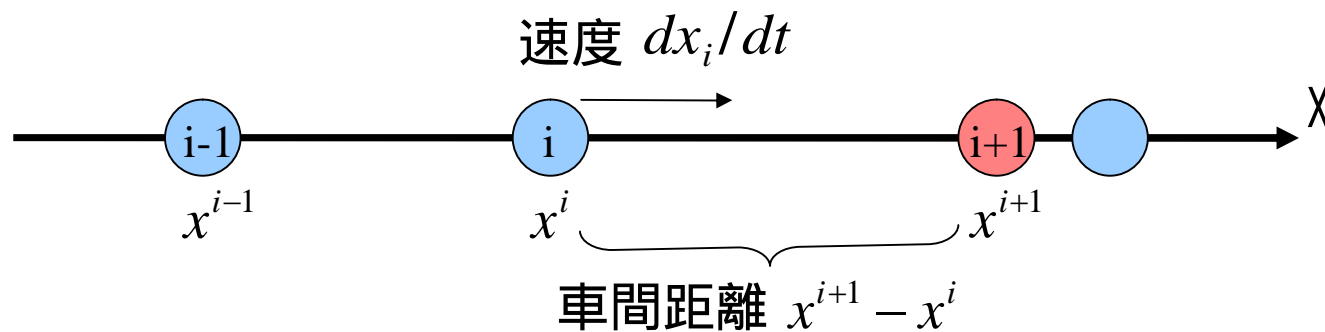
前進確率 p は前の車との車間距離に依存



交通流モデル 3/6

- Optimal Velocity (OV) モデル

連続かつ決定論的モデル
各車両は、前の車との車間距離に応じた最適速度 V に近づけるように速度を調整



$$d^2x_i/dt^2 = a[V(x_{i+1} - x_i) - dx_i/dt]$$

$x^i = x^i(t)$: 時刻 t における車 i の位置

V : Optimal Velocity Function

a : パラメータ

交通流モデル 4/6

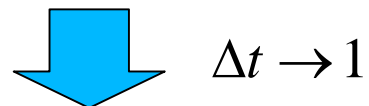
- Stochastic Optimal Velocity(SOV) モデル
OVモデルの離散化、確率モデル化

離散化

$$d^2 x_i / dt^2 = a[V(x_{i+1} - x_i) - dx_i / dt] \quad \text{OVモデル}$$



$$v_i^{t+\Delta t} = (1 - a\Delta t)v_i^t + a\Delta t V(\Delta x_i^t)$$



$$v_i^{t+1} = (1 - a)v_i^t + aV(\Delta x_i^t)$$

v_i^t : 時刻 t における車 i の速度

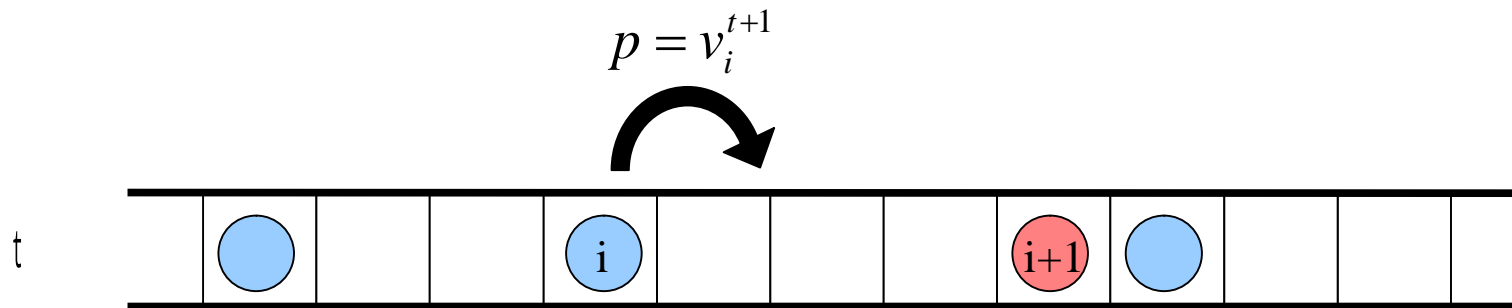
Δx_i^t : 車間距離

交通流モデル 5/6

Stochastic Optimal Velocity(SOV) モデル (続き)

確率モデル化

→ 前方のCellが空いている時, 確率 $p(= v_i^{t+1})$ で前進
ただし $\forall i, t \quad 0 \leq v_i^t \leq 1, 0 \leq V(\Delta x_i^t) \leq 1$

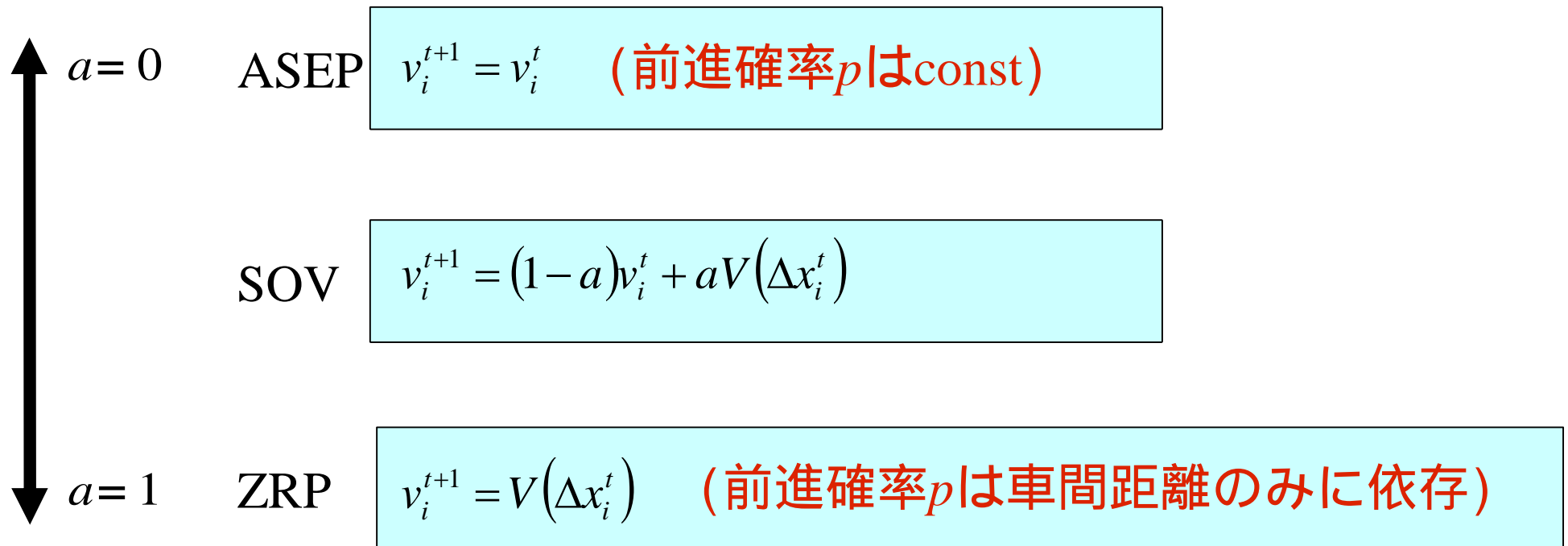


整理すると

$$\begin{aligned}v_i^{t+1} &= (1-a)v_i^t + aV(\Delta x_i^t) \\x_i^{t+1} &= x_i^t + 1 \quad \text{with } p = v_i^{t+1} \\ \Delta x_i^t &= x_{i+1}^t - x_i^t - 1\end{aligned}$$

交通流モデル 6/6

- Stochastic Optimal Velocity(SOV) モデル (続き)
 - SOVとASEPおよびZRPの関係



Masahiro Kanai, Katsuhiko Nishinari and Tetsuji Tokihiro, "Stochastic optimal velocity model and its long-lived metastability", *Phys. Rev. E*, 72, 035102(2005)

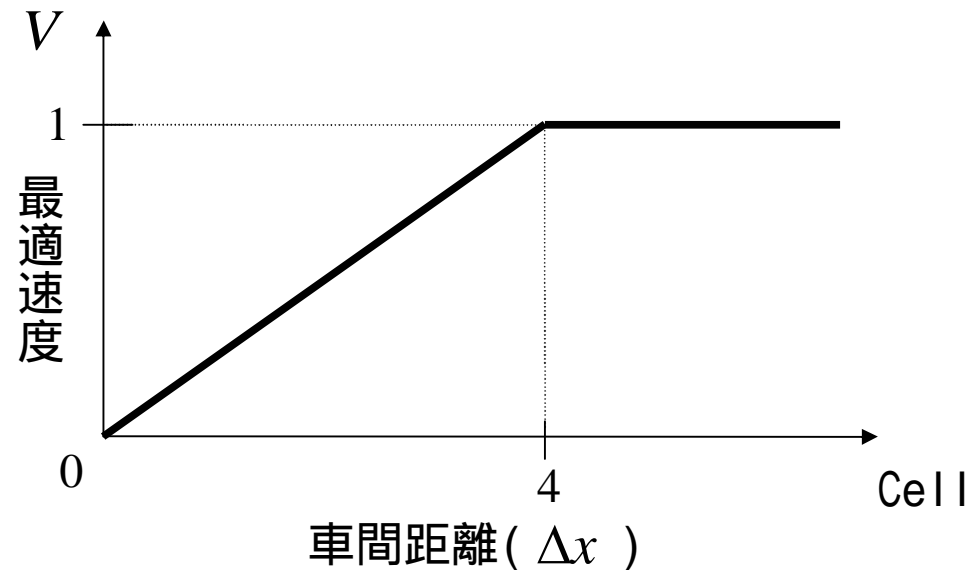
実世界とシミュレーションの対応

例：高速道路

	実世界	シミュレーション
最高速度	100km/h	1cell/step(p=1の時)
距離	7.5m	1cell
時間	0.27sec = (7.5m)/(100km/h)	1step

•Optimal Velocity Function

$$V(\Delta x) = \begin{cases} x/4 & (x \leq 4) \\ 1 & (x \geq 4) \end{cases}$$



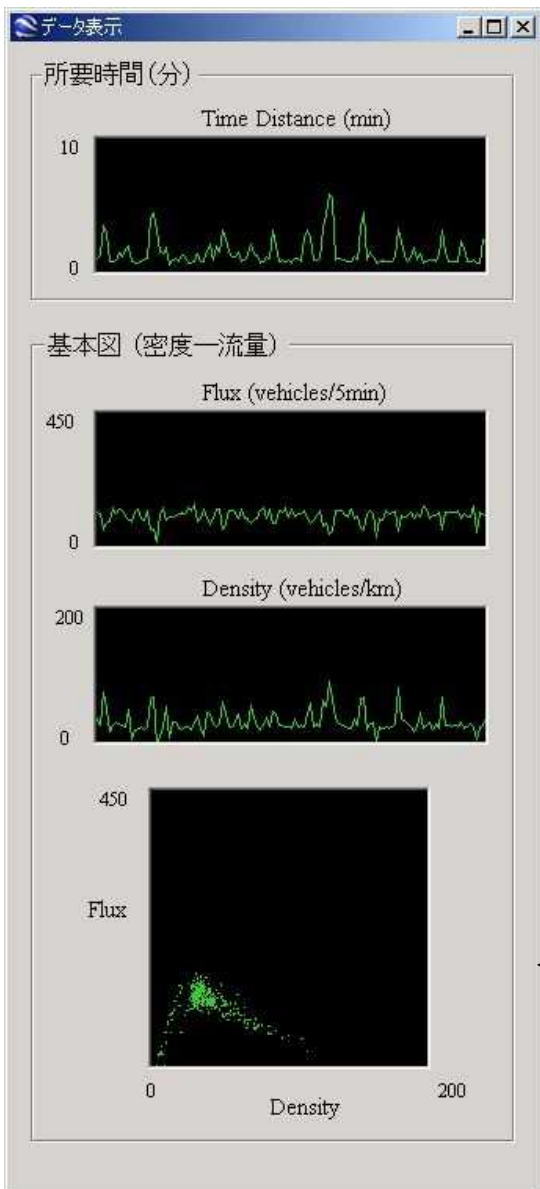
シミュレーション例（全体図）



シミュレーション例（拡大図）



シミュレーション例（結果）



← 推定所要時間（分）

← 流量（vehicles/5min）：5分間にある地点を通過した車の台数

← 密度（vehicles/km）：道路上のある区間1kmの間に存在する車の台数

← 基本図（密度 - 流量）