

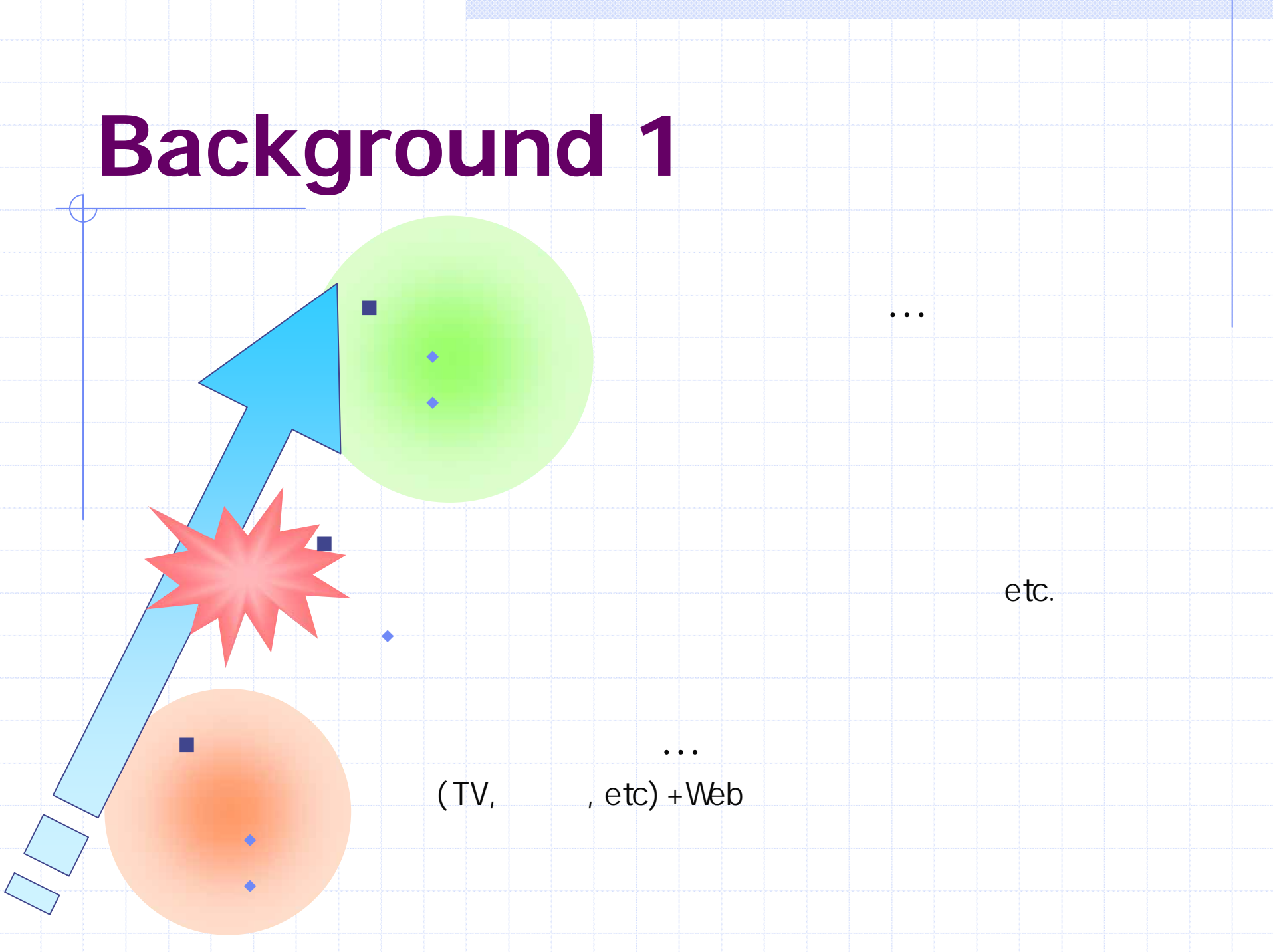
道路交通流の円滑化に向けた 情報共有に基づく協調カーナビの提案

産業技術総合研究所 情報技術研究部門
マルチエージェントグループ
山下 倫央, 車谷浩一

Index

- ◆ 背景
- ◆ 混雑情報の配信の影響
- ◆ 協調カーナビの提案
- ◆ 実験結果
- ◆ まとめ

Background 1



- 新たな情報技術による解決...群ユーザ支援

- ◆ 目的: 個人の満足度の増加 + 社会的な効率の向上
- ◆ 情報の流れ: 双方向(システム 個人)

- 新たな社会的不安定性の発現

パニックの発生, 株価の暴騰・暴落, 混雑の集中 etc.

- ◆ 限られた資源への過度の集中

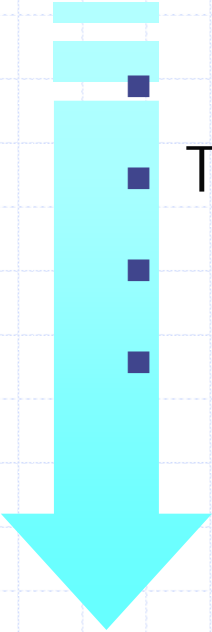
- 情報提供システムの発展...個人ユーザ支援

従来のメディア(TV, ラジオ, etc)+Webの普及 + 情報端末の進歩

- ◆ 目的: 個人の満足度の増加
- ◆ 情報の流れ: 単方向(システム 個人)

Background 2

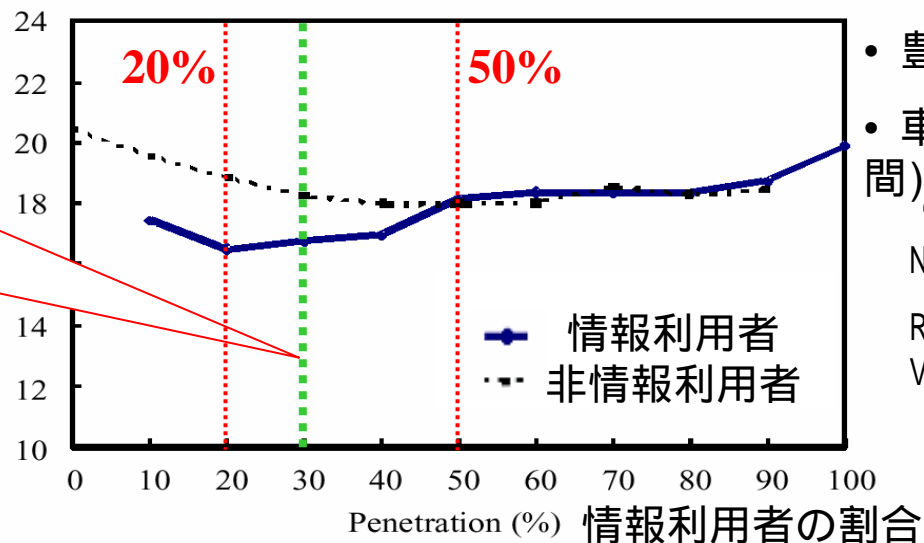
道路交通システムにおける情報サービスの推移

- 
- 交通情報の配信なし
 - TVやラジオからの交通情報の配信
 - カーナビゲーションの普及
 - 主要幹線道路の交通情報の配信
 - ◆ 1996年...道路交通情報通信システム(VICS)の開始

交通情報サービスの普及は
道路交通システムの移動効率を向上させるか？

Present Navigation System

◆ 混雑情報が配信された場合の平均移動時間の変化



- 豊田市全域を対象
- 車両発生台数22万台(6時間)
“広域交通流シミュレータ NETSTREAM”, 棚橋巖ら
R&D Review of Toyota CRDL
Vol. 37 No. 2, 2002 より

現在のカーナビ
普及率 **約30%**
(2004年12月末 住友
信託銀行調べ)

平均移動
時間(分)

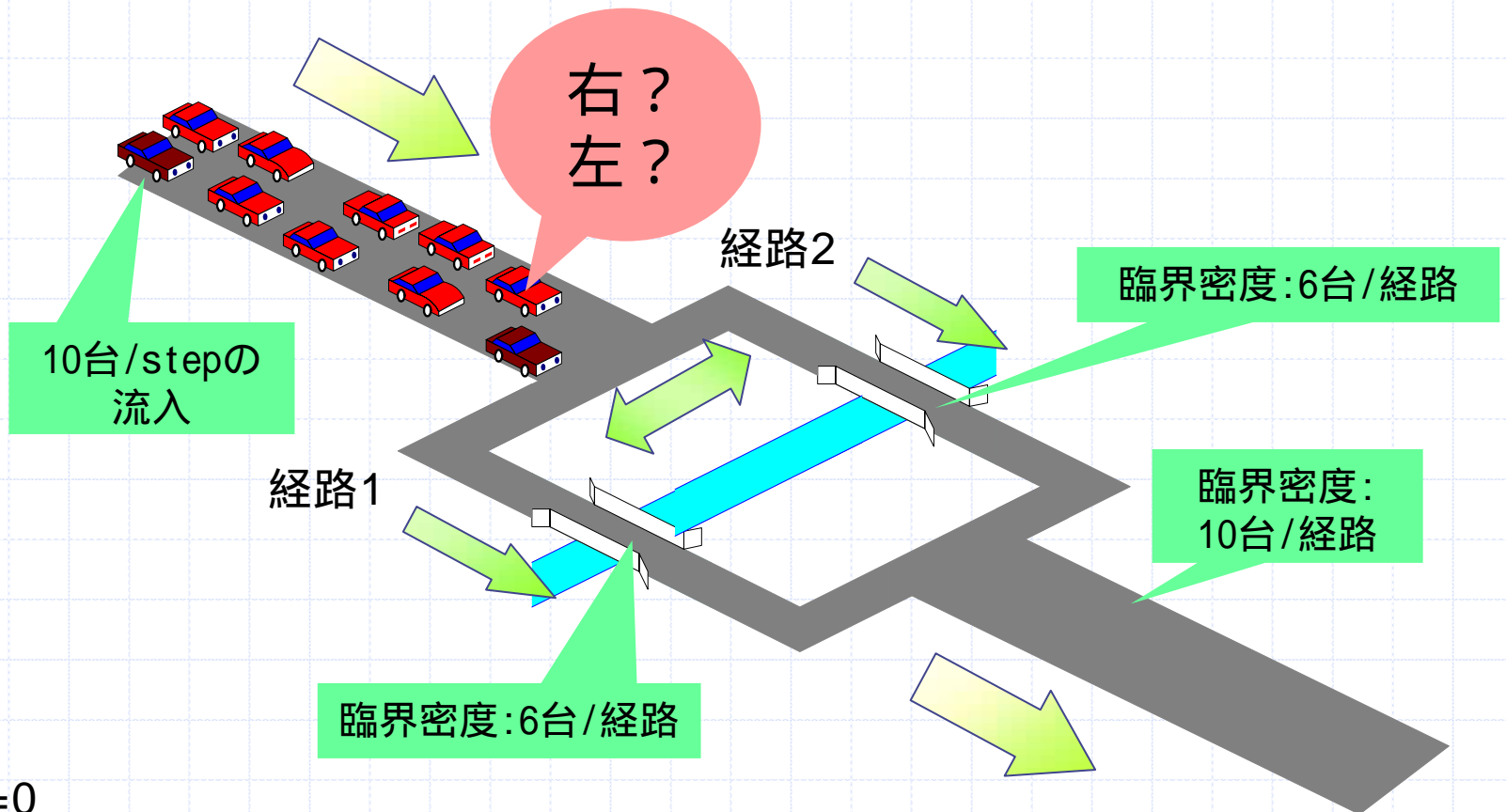
• **情報利用者が20%以上**
利用者の増加に伴い
平均移動時間が増加

空いている経路へ集中
(輻輳の同期)が原因

• **情報利用者が50%以上**
利用者と非利用者の
平均移動時間に差がない

混雑情報の配信による 輻輳の発生メカニズム

- ◆ 各ドライバーが左右どちらかの経路を選択
(右折左折の影響は無視)



時刻T=0

混雑情報の配信による 輻輳の発生メカニズム

◆ 各ドライバーがたまたまどちらかの経路を選択

- ◆ 問題：各車両が混雑情報に基づいて
経路選択したにもかかわらず混雑が発生
- ◆ 原因：車両が各経路に分散せずに空いている経路へ集中
- ◆ 解決：各車両から経路情報を収集し、マクロ情報を
配信して情報共有することで集中を平滑化

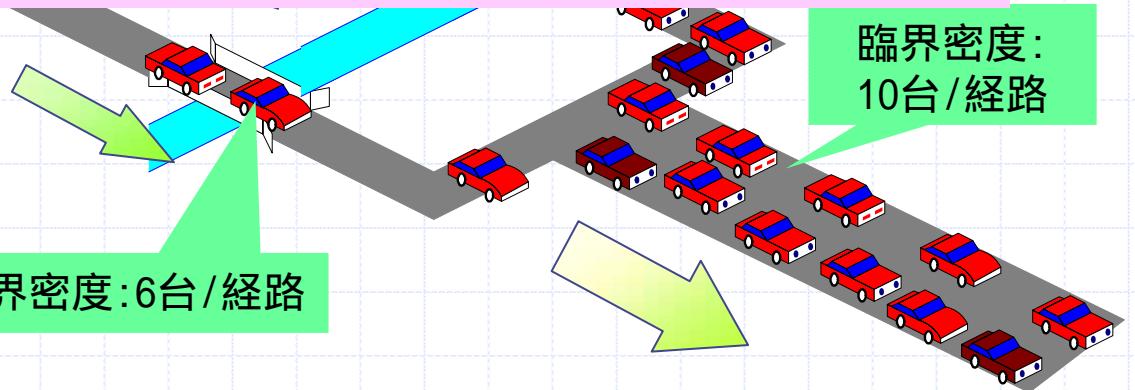
1台が経路1, 9台が経路2
を選択する

経路1

臨界密度: 6台/経路

臨界密度:
10台/経路

時刻T=4



目的

◆ 経路情報の共有に基づく協調カーナビの提案

提案手法を用いる車両の移動効率だけでなく、システム全体としての移動効率も向上させられるカーナビゲーションシステムの構築



着目する条件

1. 個人的誘因

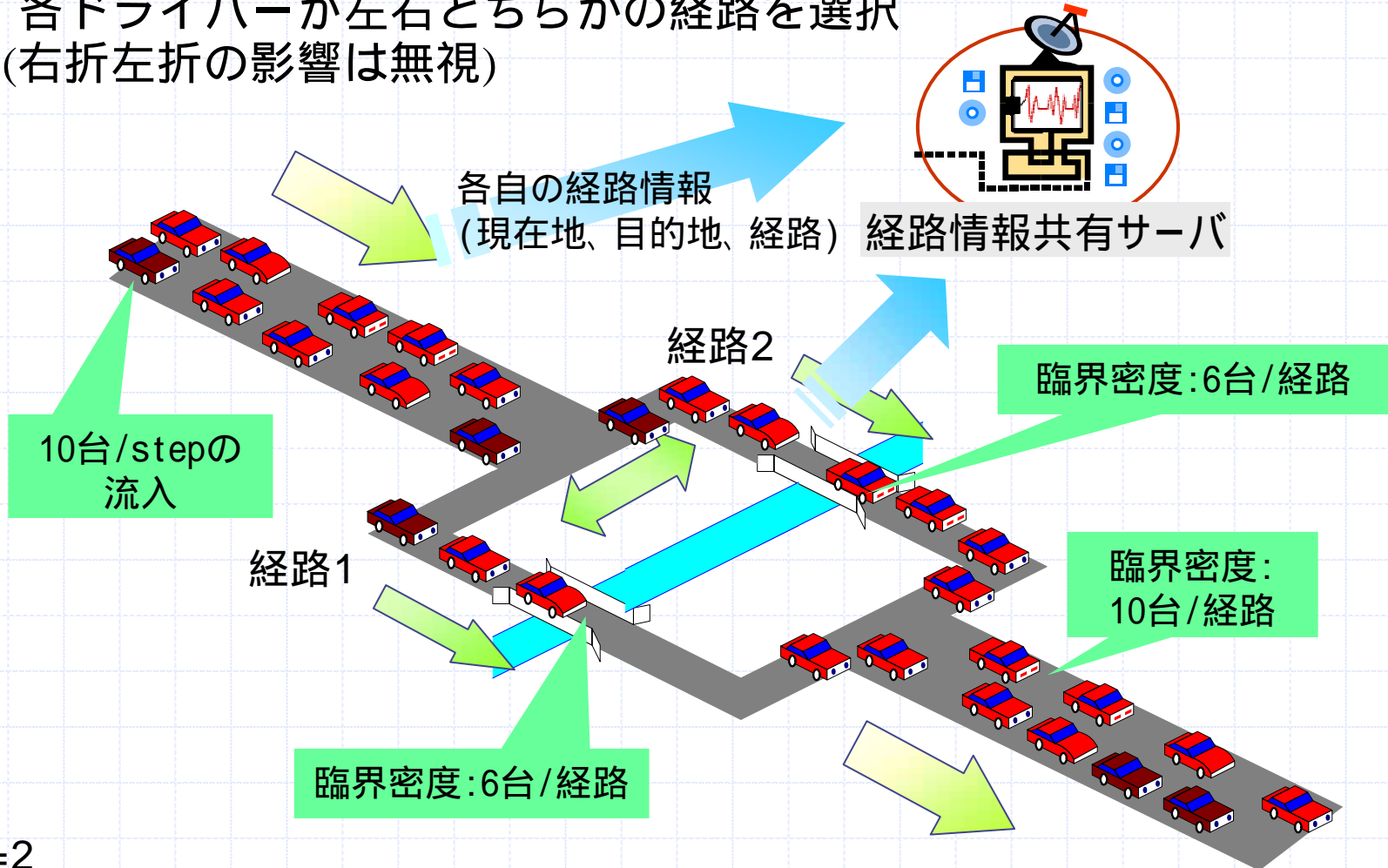
提案した戦略を用いると、他の戦略を用いるよりも高い移動効率を実現可能

2. 社会的受容性

提案した戦略を用いるドライバーが増加すると、提案した戦略を用いるドライバーの移動効率が向上

協調カーナビ - 経路情報の共有 -

- ◆ 各ドライバーが左右どちらかの経路を選択
(右折左折の影響は無視)



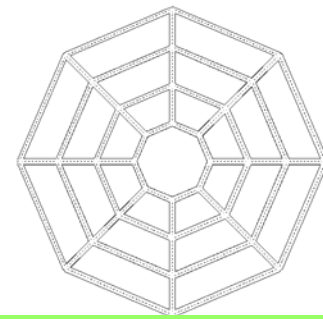
時刻T=2

最近のITSとの比較

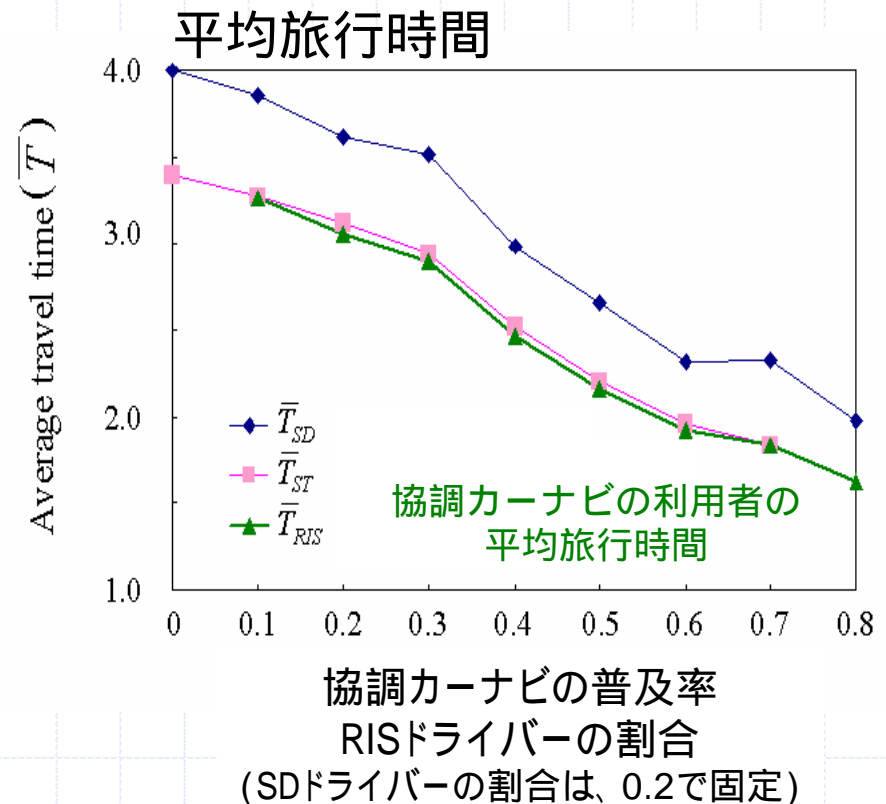
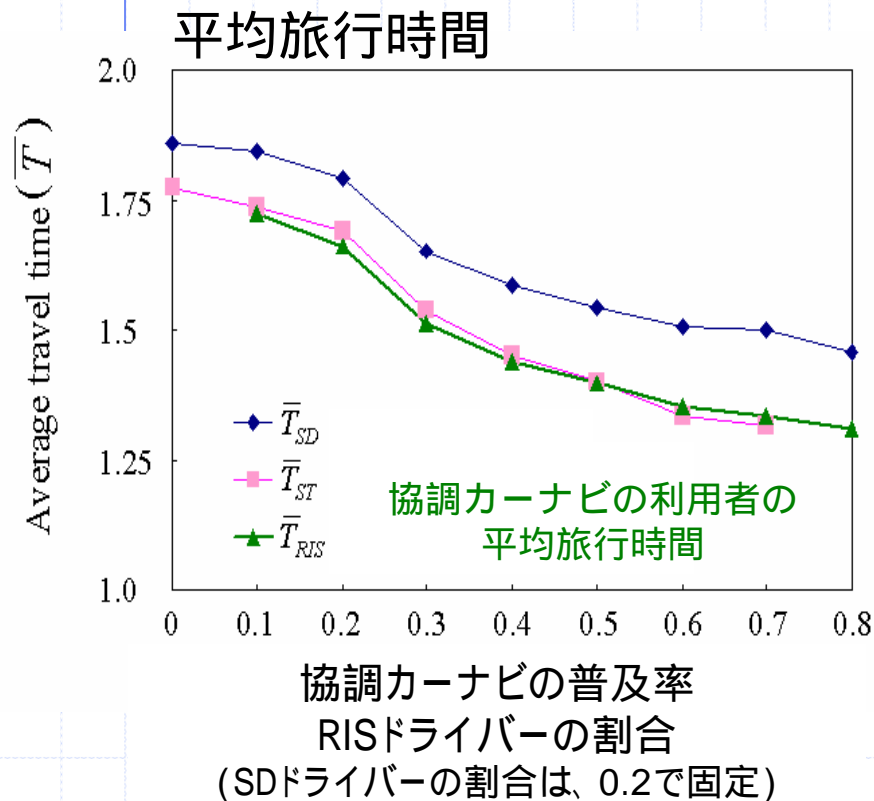
ITSの効用の一つとして、渋滞の軽減が謳われながらも、全体として渋滞を緩和させるようなサービスの提案はない

従来のITS	協調カーナビ
<p>◆ 情報収集</p> <ul style="list-style-type: none">■ プロブカーの利用■ 環境に設置されたセンサー■ 情報の種類<ul style="list-style-type: none">◆ 車両ID, 時刻, 位置, 進行方向, 速度◆ ワイパーフラグ, ウィンカー, ブレーキフラグ	<p>通信方式は同じ</p> <p>車両ID、時刻、位置、経路情報 (目的地、途中経由地)</p>
<p>◆ 情報処理</p> <ul style="list-style-type: none">■ 加工・集約<ul style="list-style-type: none">◆ プロブカー及びセンサーから集めた情報を集約して、混雑情報として配信■ 既にある予測システム<ul style="list-style-type: none">◆ 過去の蓄積データから 未来の混雑状況を予測	<p>収集した経路に基づいて、これから車両が集中しそうな場所を算出</p>
<p>◆ 情報配信</p>	<p>通信方式は同じ</p>

Result 放射環状

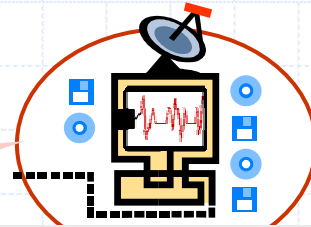
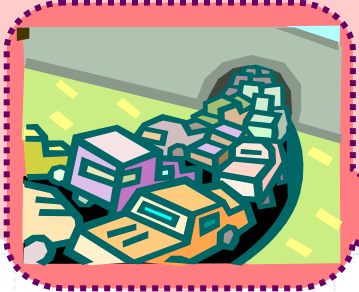


- 他の経路選択戦略を使うよりも、協調カーナビの利用者の旅行時間が短い
- 協調カーナビの普及率が上がるに連れて、全体の平均旅行時間も減少



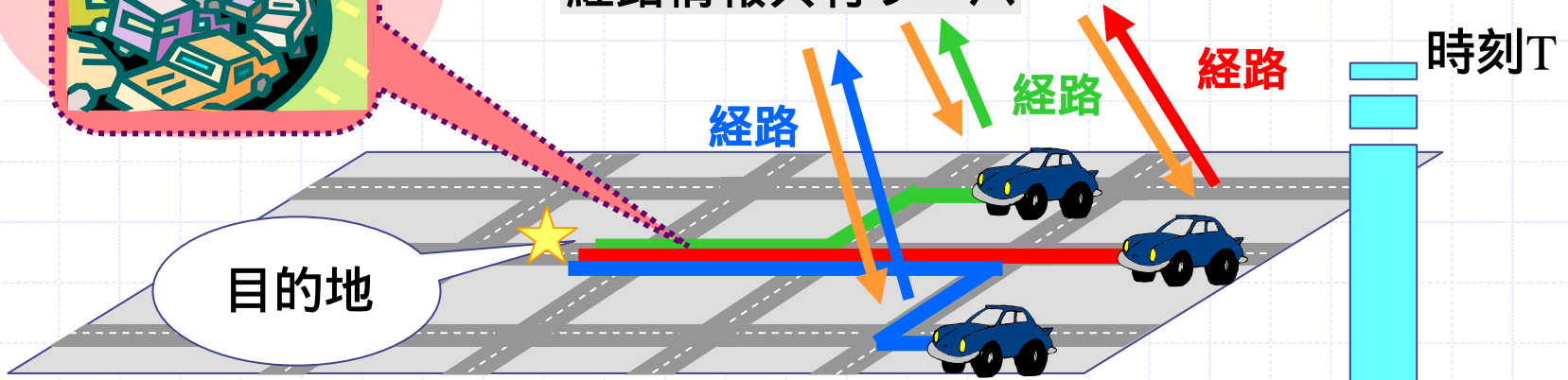
協調カーナビ - 経路情報の共有 -

混雑発生！



経路情報共有サーバ

集めた経路情報を用いて
今後の混雑情報の
算出し、配信する



目的地

経路

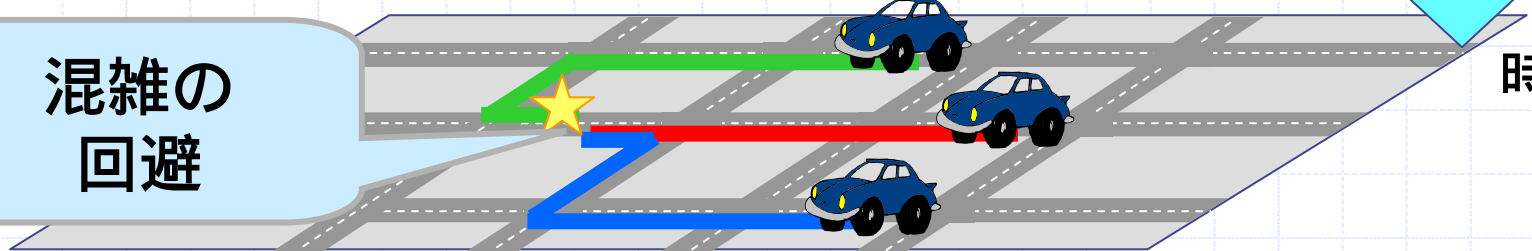
経路

経路

時刻T

各車両が配信された混雑情報を用いて
自ら経路を変更

混雑の
回避



時刻 T+1

協調カーナビの効果の検証

複数の経路決定戦略が混在する環境で効果を検証

- 単純なミクロ交通流モデルを採用
1. **SD**: 最短距離経路 (**S**hortest **D**istance Route)
 - 地図のみを持つドライバー
 2. **ST**: 最短時間経路...**交差点毎に**経路の再計算 (**S**hortest **T**ime Route)
 - VICS受信機付きのカーナビを使用するドライバー
 3. **RIS**: 最短時間経路+**経路情報の共有**...**交差点毎に**経路の再計算 (**S**hortest Time Route with **R**oute **I**nformation **S**haring)
 - VICS受信機付きのカーナビに加えて、車載通信機器により経路情報サーバを介して経路情報を共有するドライバー

ST: 最短時間経路戦略

- 各車両への入力情報: 車両密度
- 各車両の選択経路: 現在の車両密度に基づく旅行時間を最小化する経路

◆ 混雑を考慮

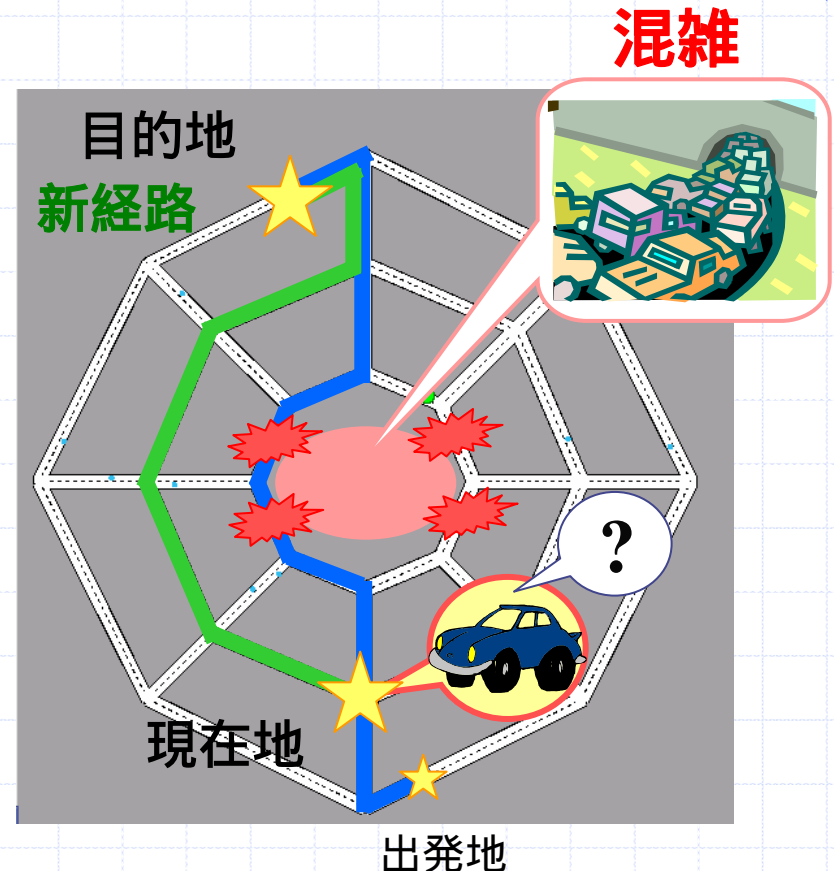
- ・現在の混雑に基づき、各ブロックでの移動速度から期待通過時間を算出
- 各リンクの予想通過時間を算出



◆ 期待通過時間が最短となる経路を選択

- ・リンクの期待通過時間を重みとして経路を算出

◆ 交差点毎に経路を再選択



RIS: 経路情報共有戦略

- 各車両への入力情報: 他のRISを用いる車両の通過経路に基づき
経路情報共有サーバが算出した期待混雑度
- 各車両の選択経路: 期待混雑度が最小となる経路を選択

ドライバー

- ◆ 期待通過時間が最短となる経路を選択
 - ・リンクの期待通過時間を
重みとして経路を算出

↓ ドライバーがサーバへ通知

サーバ

- ◆ 収集した経路に基づき各リンクの
期待混雑度を算出

↓ サーバがドライバーへ通知

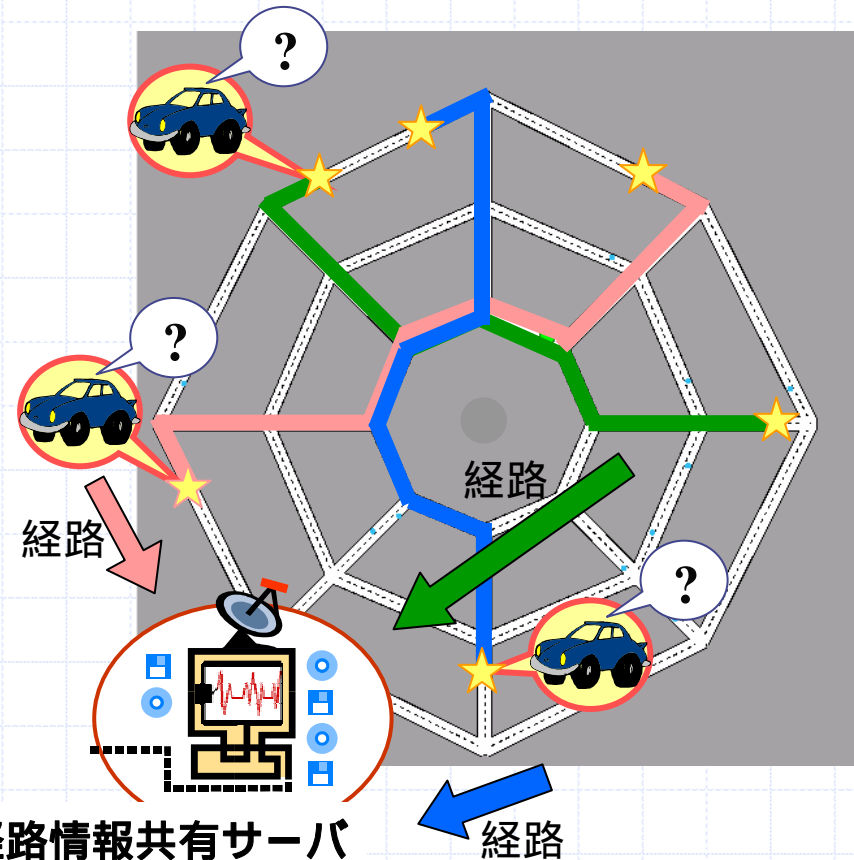
ドライバー

- ◆ 期待混雑度が最短となる経路を再選択

↓

交差点毎に経路を再選択

サーバへ通知



RIS: 経路情報共有戦略

- 入力情報: 他のRISを用いる車両の通過経路に基づき経路情報共有サーバが算出した期待混雑度
- 選択経路: 期待混雑度が最小となる経路を選択

ドライバー

- ◆ 期待通過時間が最短となる経路を選択

・リンクの期待通過時間を
重みとして経路を算出

↓ ドライバーがサーバへ通知

サーバ

- ◆ 収集した経路に基づき各リンクの
期待混雑度を算出

↓ サーバがドライバーへ通知

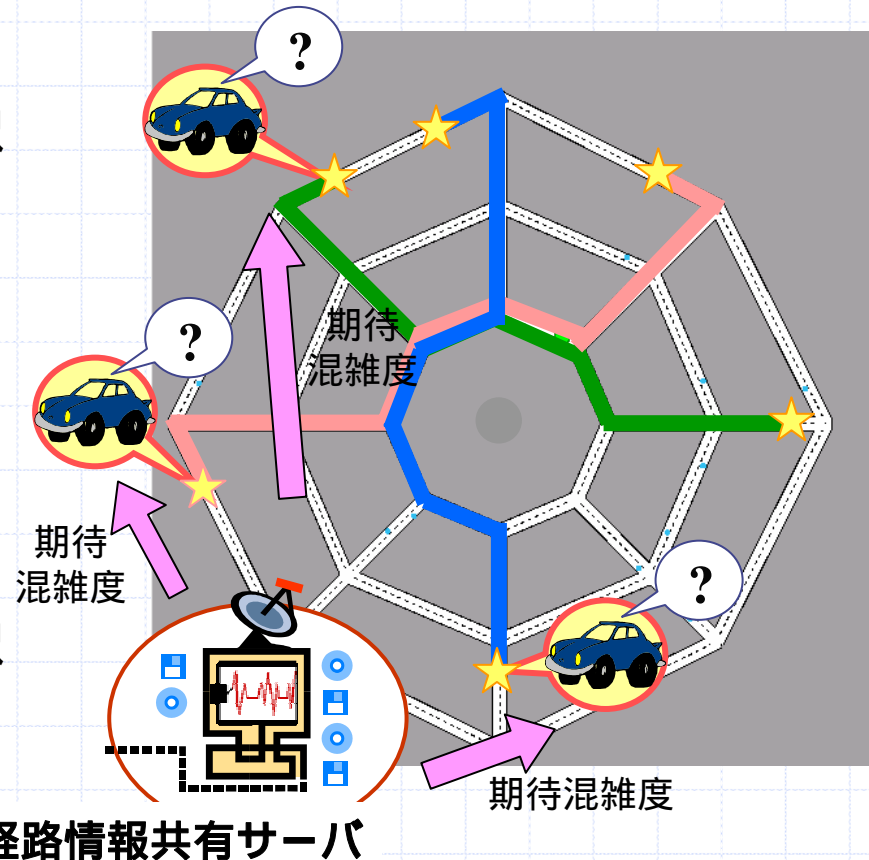
ドライバー

- ◆ 期待混雑度が最短となる経路を再選択

↓

交差点毎に経路を再選択

サーバへ通知



Simulation Settings 1

3種類の戦略: SD(最短距離), ST(最短時間), RIS(情報共有)の比率を変えて, 経路情報共有の効果を検証

◆ 各戦略の割合

- SD(最短距離): **0.2 (fixed)**
- ST(最短時間)とRIS(情報共有): **0: 0.8 ~ 0.8: 0**

◆ 旅行時間の正規化

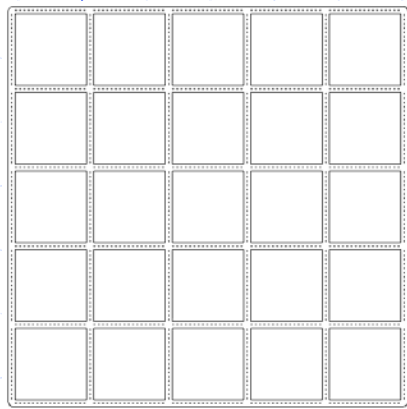
- 旅行時間 =
$$\frac{\text{実際の旅行時間}}{\text{理想旅行時間}}$$

◆ 理想旅行時間

出発地点から目的地点までの最短経路を自由流速度で移動した場合の旅行時間

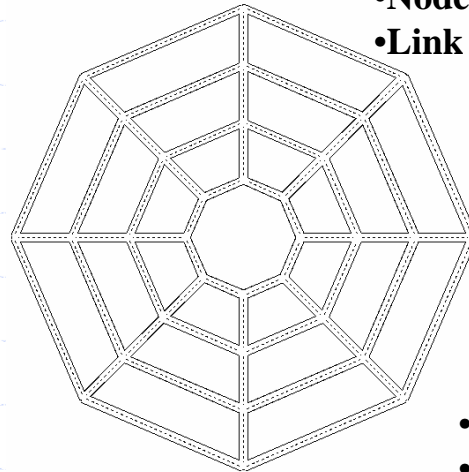
Simulation Settings 2

◆ 道路ネットワーク



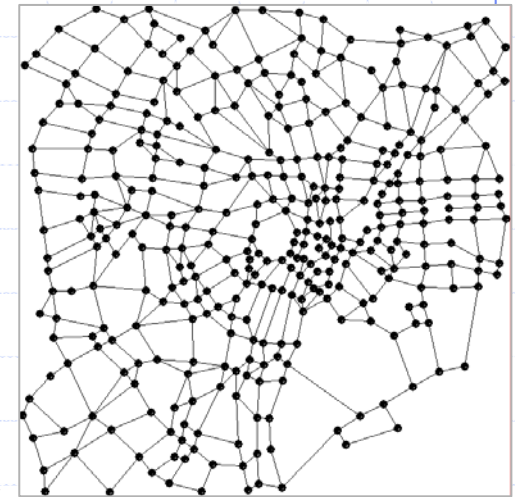
•Node 36
•Link 60 × 2

(a) 格子状 (5 × 5)



•Node 32
•Link 56 × 2

(b) 放射環状(四重)



•Node 120
•Link 200 × 2

(b) 東京(皇居中心の10km四方)

◆ 車両発生総数: 25,000.

1step毎の車両の発生数: N_{gen}

・ 格子状...40, 45 ・ 放射環状...30, 35 ・ 東京...55, 65

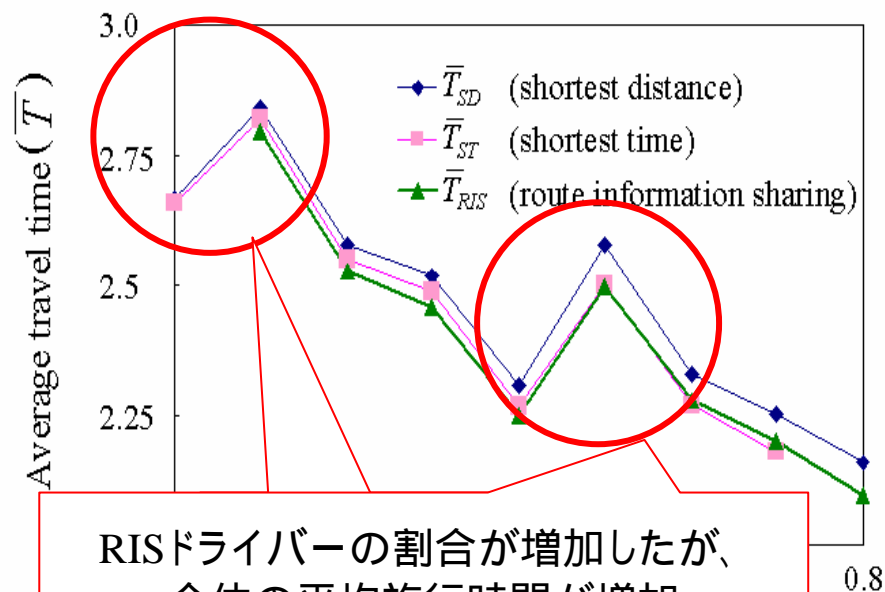
◆ 出発地と目的地の割当...ランダム

・ 目的地到着した車両はネットワークから取り除かれる

Result 1 格子状

1step毎の車両発生数: 40

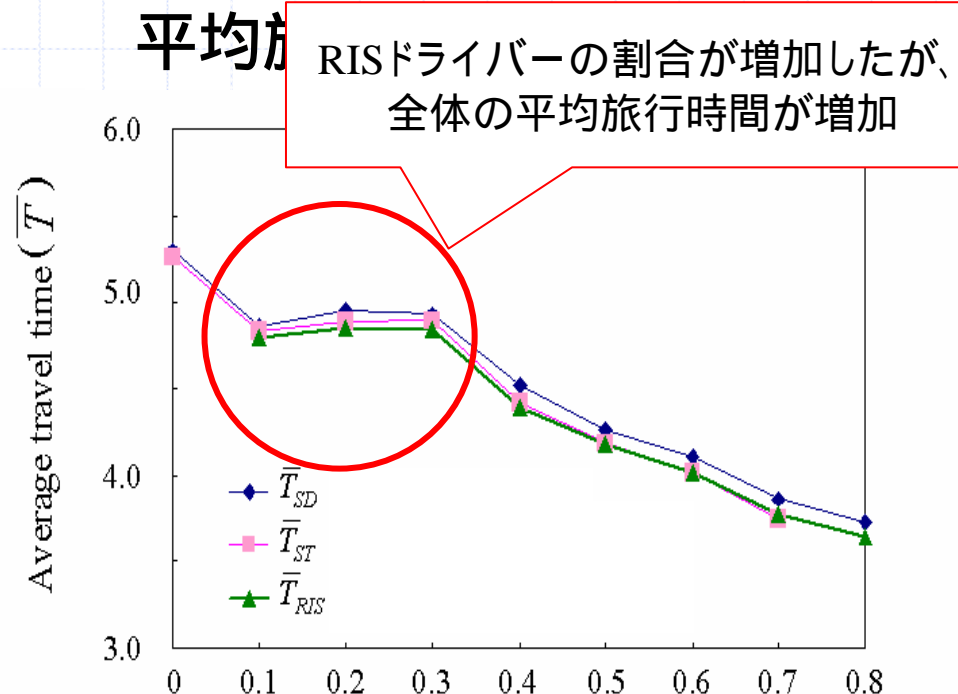
平均旅行時間



(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

1step毎の車両発生数: 45

平均旅行時間



RISドライバーの割合
(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

Result 1 格子状

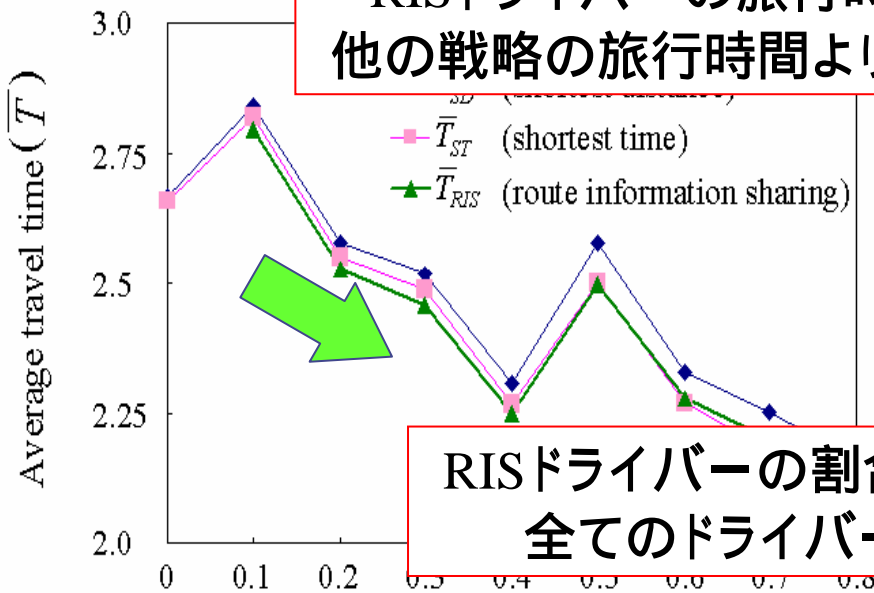
1step毎の車両発生数: 40

1step毎の車両発生数: 45

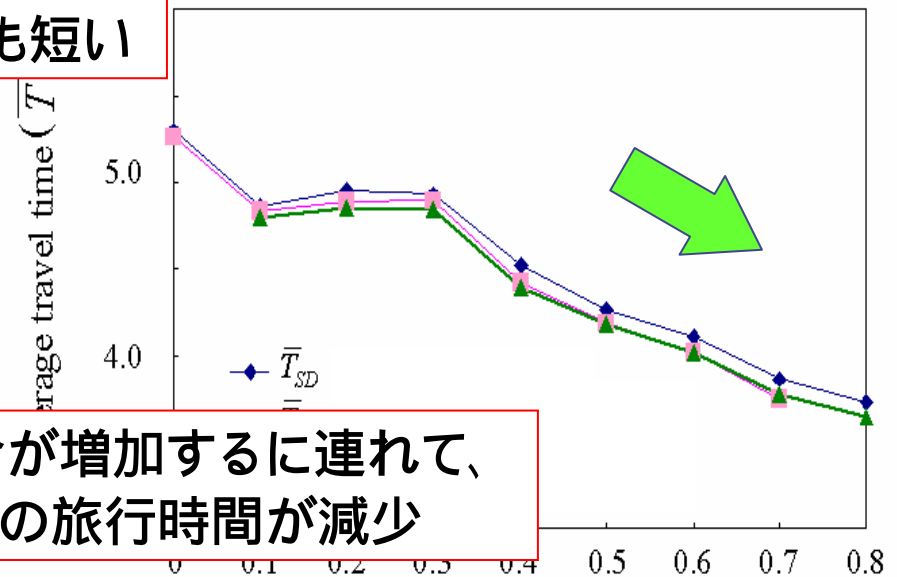
平均旅行時間

平均旅行時間

RISドライバーの旅行時間が
他の戦略の旅行時間よりも短い



RISドライバーの割合が増加するに連れて、
全てのドライバーの旅行時間が減少



RISドライバーの割合
(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

RISドライバーの割合
(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

Result 2 放射環状

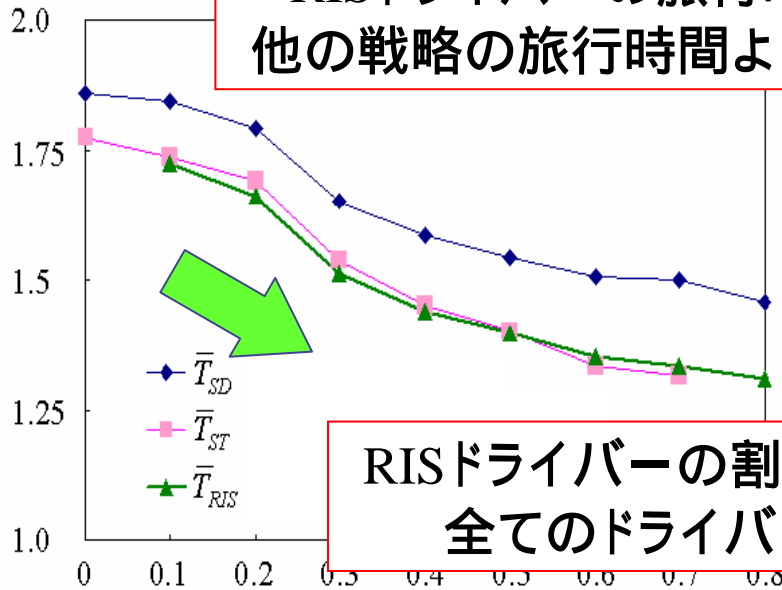
1step毎の車両発生数: 30

1step毎の車両発生数: 35

平均旅行時間

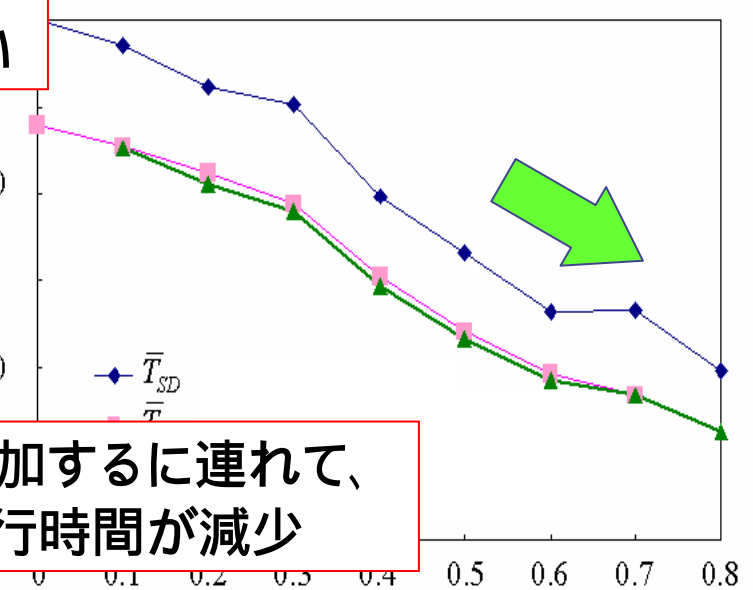
平均旅行時間

RISドライバーの旅行時間が
他の戦略の旅行時間よりも短い



RISドライバーの割合が増加するに連れて、
全てのドライバーの旅行時間が減少

Average travel time (\bar{T})



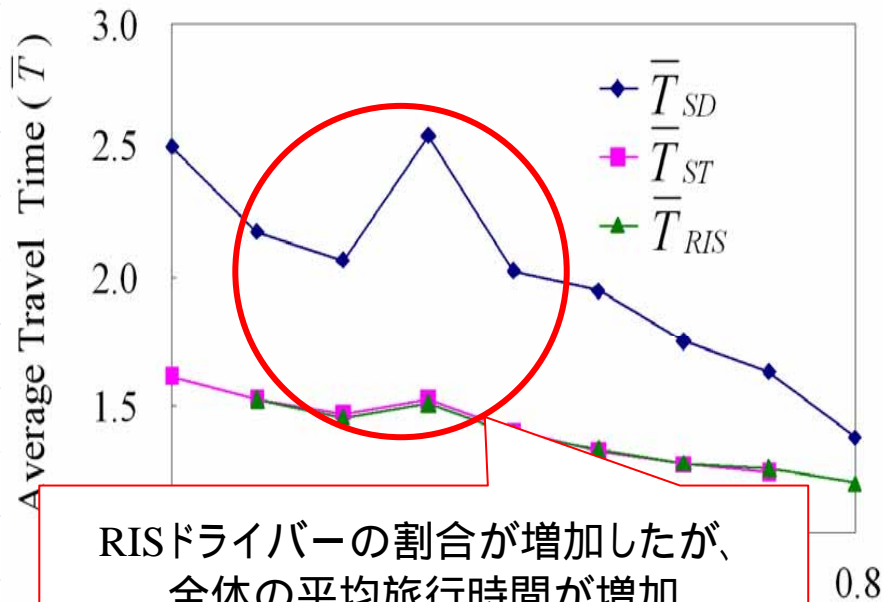
RISドライバーの割合
(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

RISドライバーの割合
(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

Result 3 東京

1step毎の車両発生数: 30

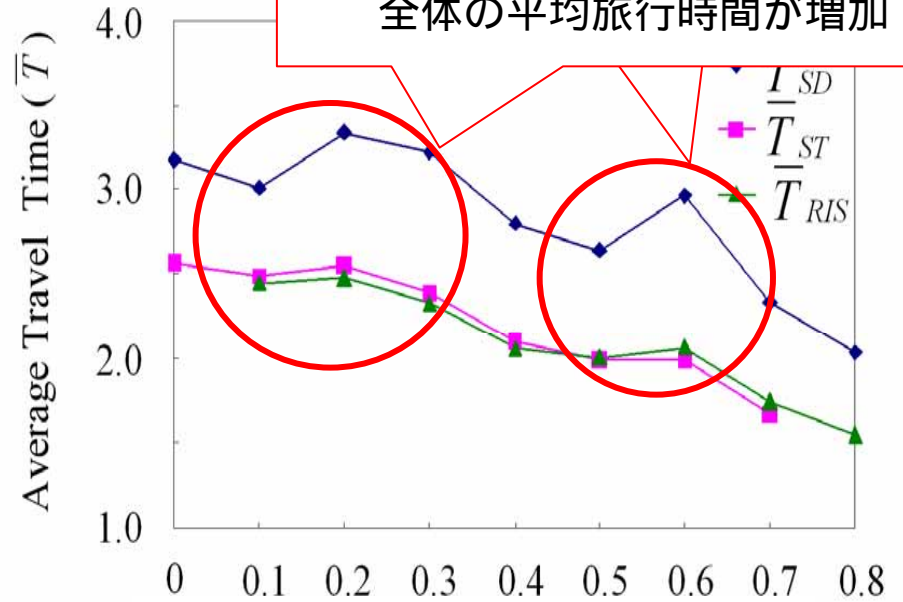
平均旅行時間



(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

1step毎の車両発生数: 35

平均



RISドライバーの割合
(SDドライバーの割合は、0.2で固定)

Result 3 東京

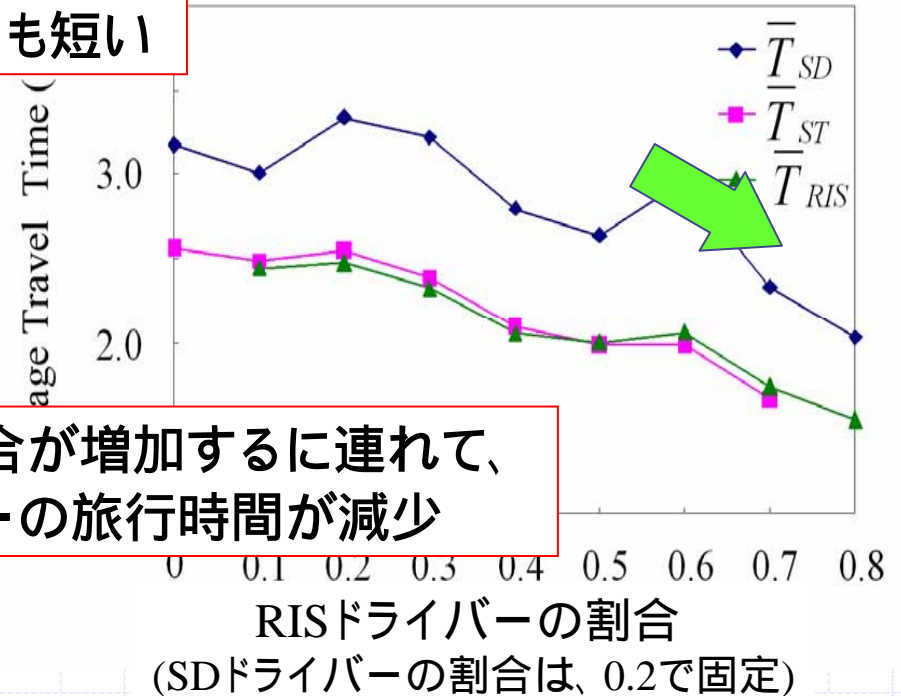
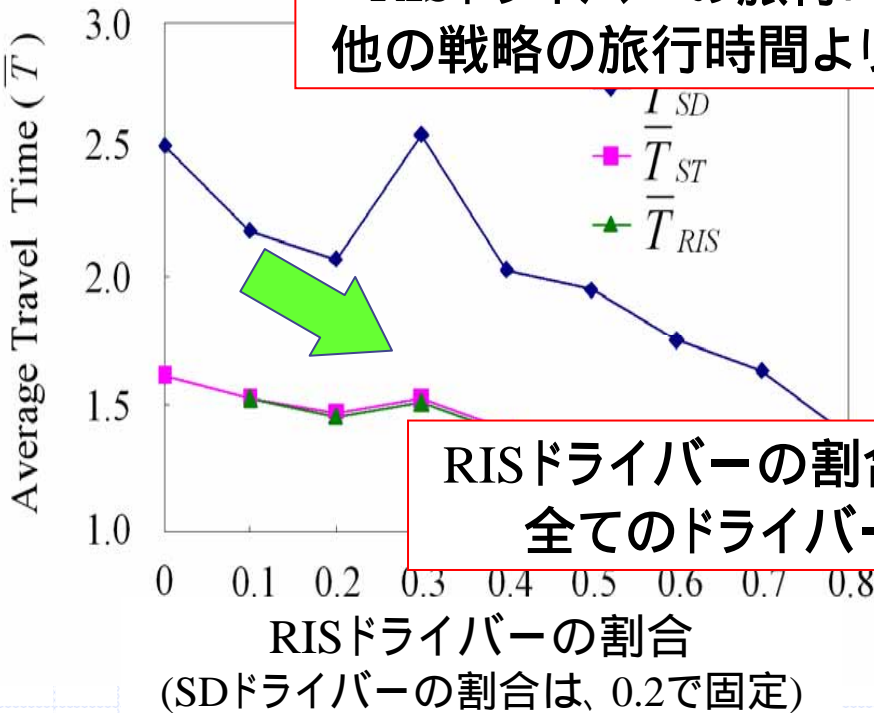
1step毎の車両発生数: 30

1step毎の車両発生数: 35

平均旅行時間

平均旅行時間

RISドライバーの旅行時間が
他の戦略の旅行時間よりも短い



RISドライバーの割合が増加するに連れて、
全てのドライバーの旅行時間が減少

まとめ

◆ 経路情報の共有の効果は？

個人的誘因と社会的受容性の観点から

■ 各ネットワークごとのシミュレーション結果

	格子状	放射環状	東京
1. 個人的誘因			
2. 社会的受容性			

■ 課題

1. 個人的誘因...最短時間戦略に対する優位性の確保
2. 社会的受容性...協調カーナビユーザの増加に対する旅行時間の減少の不安定性の除去

Conclusion

- ◆ 情報提供システムにおいて、個人の利便性だけでなくシステム全体の効率を向上を目指して「情報共有」に着目した。その適用例として道路交通システムにおいて経路情報を共有する協調カーナビを提案した。
- ◆ 情報共有の効果を検証するために、3種類の経路決定戦略: 最短距離戦略 (SD), 最短時間戦略 (ST), 経路情報共有戦略 (RIS), の比率を変えてシミュレーションをおこなった。
- ◆ シミュレーション結果から、経路情報の共有により、それを用いる個人の移動効率を向上させるだけでなく、経路情報を共有する車両群、その他の戦略を用いる車両の移動効率の向上も確認した。

Future Work

- ◆ 混雑情報の精度の影響
 - 情報の時間遅れとノイズの混入を考慮
- ◆ システム全体の混雑状況を表す指標
 - 時間推移を考慮した車両の集中と拡散の度合い
- ◆ 個人情報サービスとしての充実
 - 時間最短戦略に対する優位性
- ◆ 出発時間選択への応用
- ◆ その他の交通システムとの連携
 - 信号機との連携
- ◆ 交通シミュレータの導入
 - AIMSUN NG の利用
 - 実際の道路網
 - ◆ 山手線周辺を含む地図データから道路ネットワークを生成