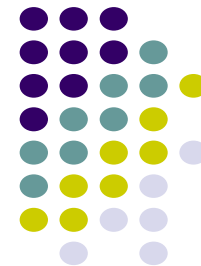


# いい加減の交通制御を目指して

---



平成26年5月15日

愛媛大学 吉井稔雄

# 経歴



- 1964 大阪(十三)に生まれる
- 1992 東京大学工学部 土木工学科 卒業
- 1994 東京大学大学院 工学系研究科 土木工学専攻 修士課程 修了
- 1994-99 東京大学 生産技術研究所 助手
- 1999-03 高知工科大学 助教授
- 2003-10 京都大学大学院 工学研究科 准教授
- 2010- 愛媛大学大学院 教授
- 
- 1999 博士(工学) 東京大学工学部  
「大規模ネットワークに適用可能な動的配分シミュレーション  
モデルの開発と適用」(指導教官:桑原雅夫教授)

# 経歴



交通工学を勉強するきっかけは...

東京上京後のコペルニクスの転回

- ・青信号は短い方がよい

(信号サイクル長と文明の程度は反比例する:故越教授)

- ・道路上に自転車(自動車?)をとめてはいけない

小学生からバリバリのテッチャン



「乗客は電車が創造する」 小林一三さん

# はじめに



人工知能学会HPより:

「人工知能」とは何だと思うでしょうか？まるで人間のようにふるまう機械を想像するのではないのでしょうか？これは正しいとも、間違っているともいえます。なぜなら、人工知能の研究には二つの立場があるからです。一つは、人間の知能そのものをもつ機械を作ろうとする立場、もう一つは、**人間が知能を使ってすることを機械にさせようとする立場**です。そして、実際の研究のほとんどは後者の立場にたっています。ですので、人工知能の研究といっても、人間のような機械を作っているわけではありません。

# はじめに



どこまで機械にさせるのか？

- ・最後は人間が決断して行う

人間の能力を機械が補完する

- ・機械が行う

不都合が生じたときのみ人間が介入(後始末)する

# 本日の話題



## 1. 交通制御

信号制御, 流入制御

## 2. 運転支援

経路案内

# 信号制御



## 利点

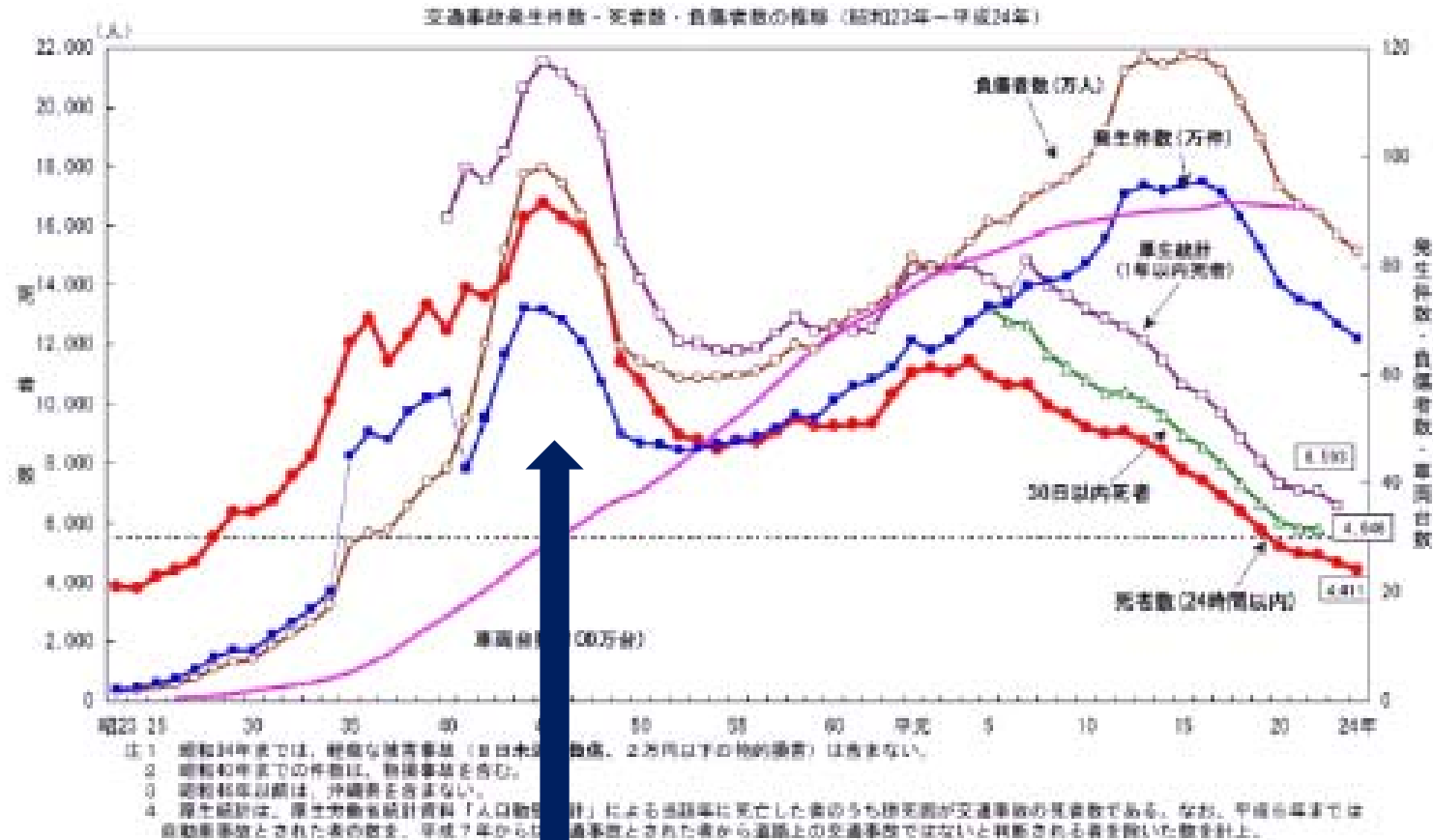
- ・ 動線分離による安全性と効率性の向上

## 欠点

- ・ 無駄な待ち時間の発生
- ・ 信号切替時における急停止, 信号無視
- ・ 制御エラー時における危険発生



# 安全性の向上

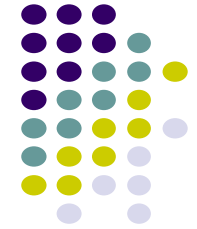


出典(財)全日本交通安全協会HP

信号，ガードレール，歩道橋



# 信号サイクル長と文明の程度



信号サイクル長と文明の程度との間に強い逆相関

- ・長いサイクル長では、無駄な待ち時間が増大

ニューヨーク: 60秒程度



バンコク: 180秒以上

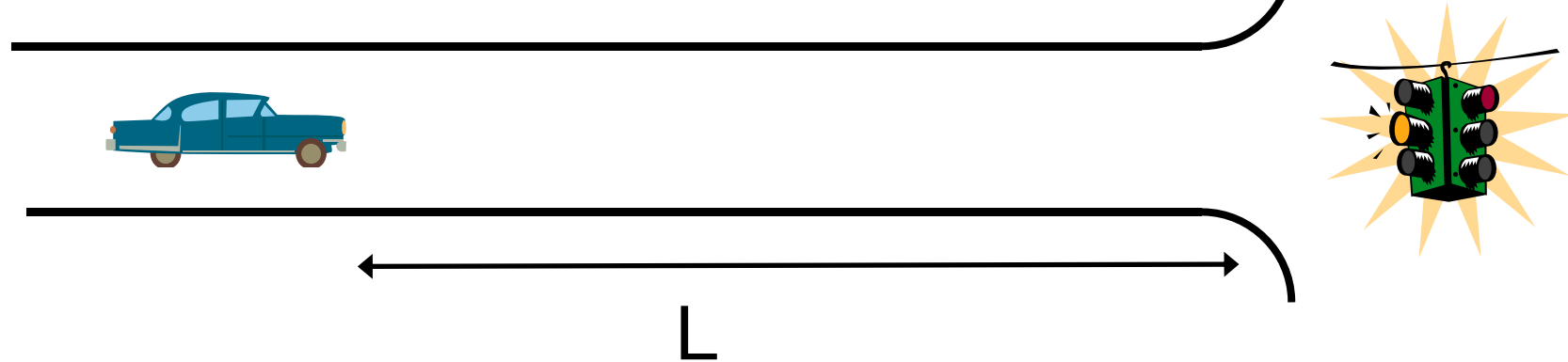


# ジレンマゾーンとオプションゾーン



信号交差点への接近時に

通過するか停止するかの判断を迫られる

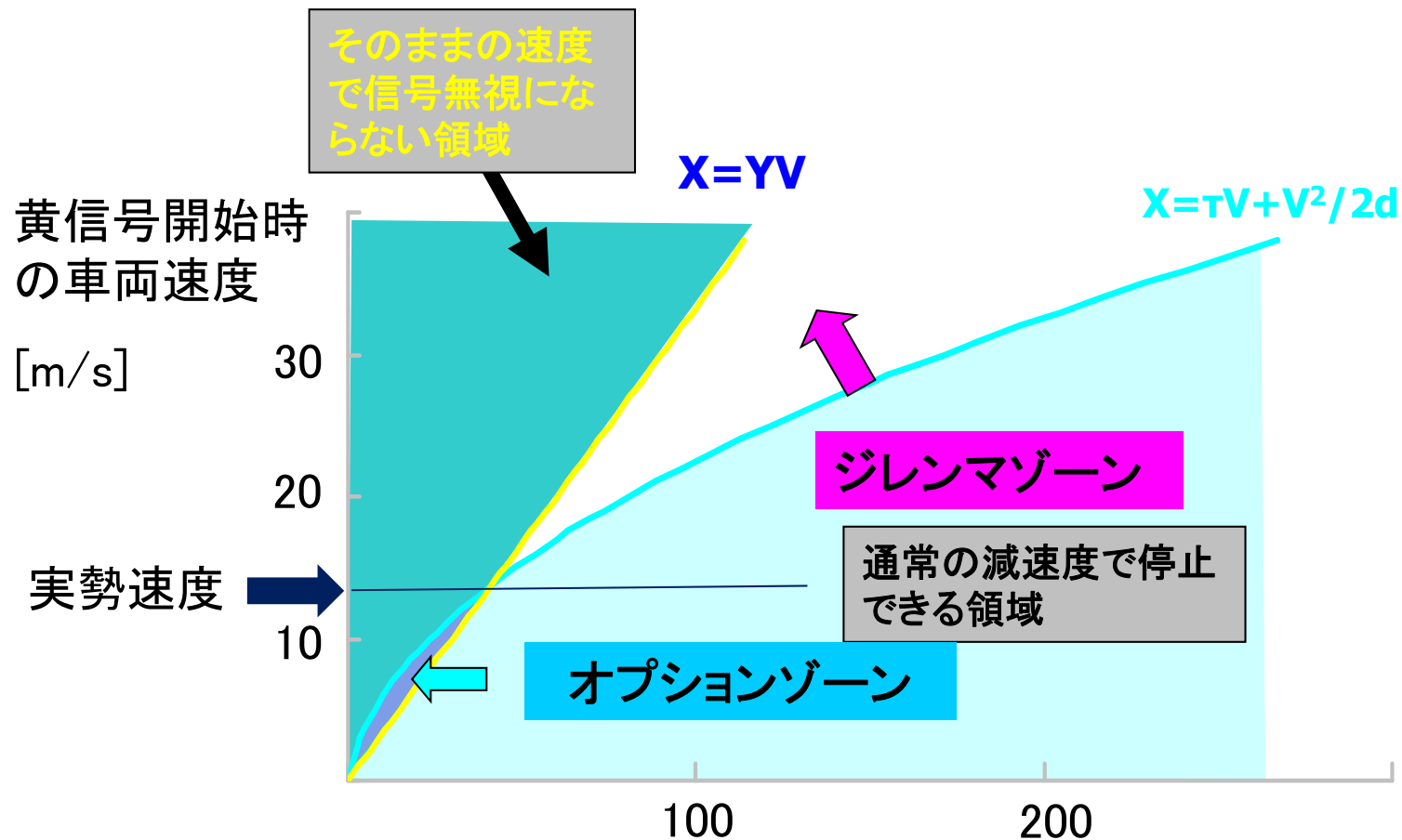


通常の減速度( $d$ )で停止  $L > \frac{1}{2}dt^2, v = dt$   $\Rightarrow v^2 < 2dL$

速度 $v$ で、黄信号時間帯に停止線通過  $L < vY$   $\Rightarrow v > \frac{L}{Y}$

黄時間長= $Y$

# ジレンマゾーンとオプションゾーン



黄信号開始時における交差点からの距離

(  $Y$ :黄時間長 3.0(s)  $\tau$ :運転者の反応時間 0.7(s)  $d$ :平均減速度 3.0(m/s<sup>2</sup>) )

# 交通シミュレーションによる予測



交通シミュレーションを用いた到着タイミングの予測

動画: AVENUE.avi

提供: (株)アイ・トランスポート・ラボ (<http://www.i-transportlab.jp>)

# 信号機がないと...



# 交差点信号制御



・人の能力の限界



・車両側の能力次第



管制官

VS.

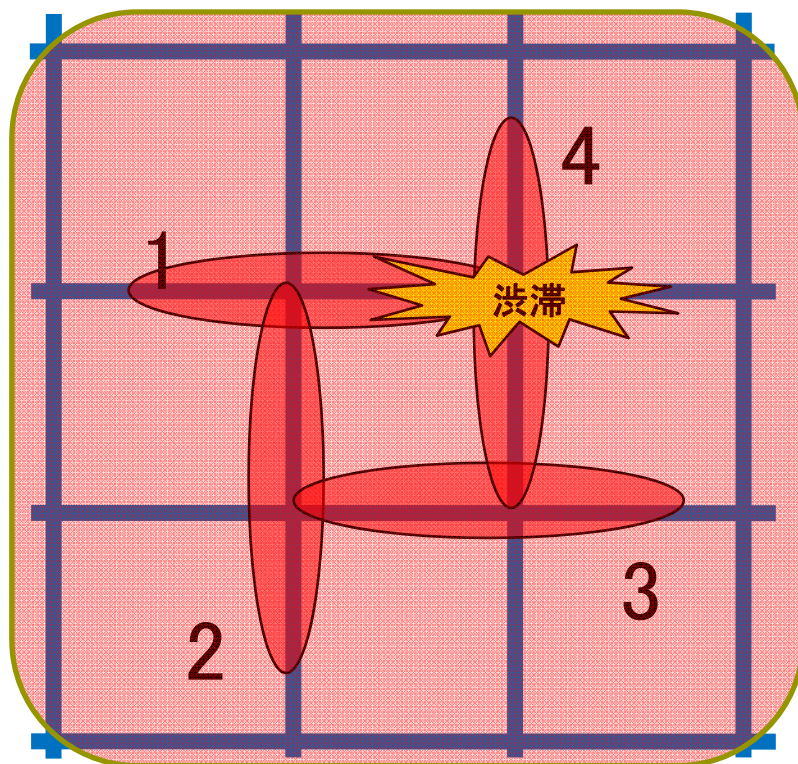
機械制御



# グリッドロック現象



◆都心部の混雑する道路ネットワークにおいて  
もし渋滞発生後、何の対策もしないと



**渋滞発生**



**渋滞延伸**



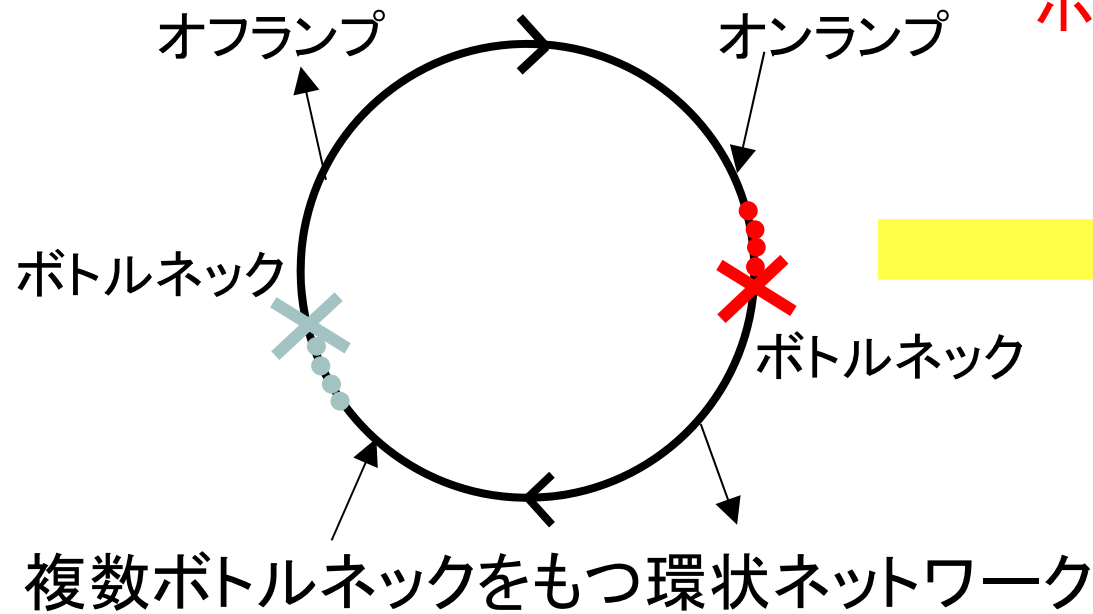
**流率の低下  
(グリッドロック)**

# 流入制御(ランプメータリング)

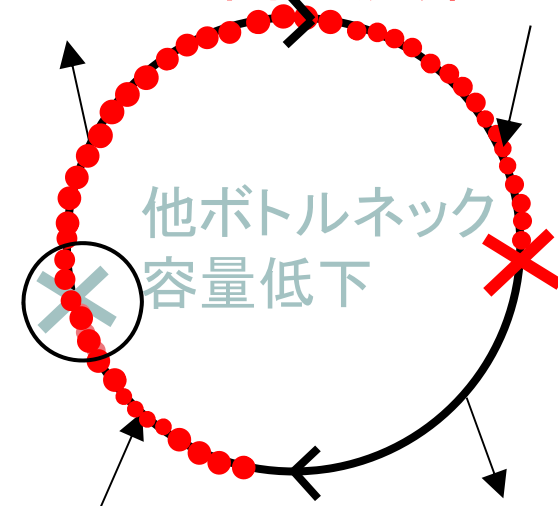




# グリッドロック現象



ボトルネック区間の渋滞が延伸



放置すると...

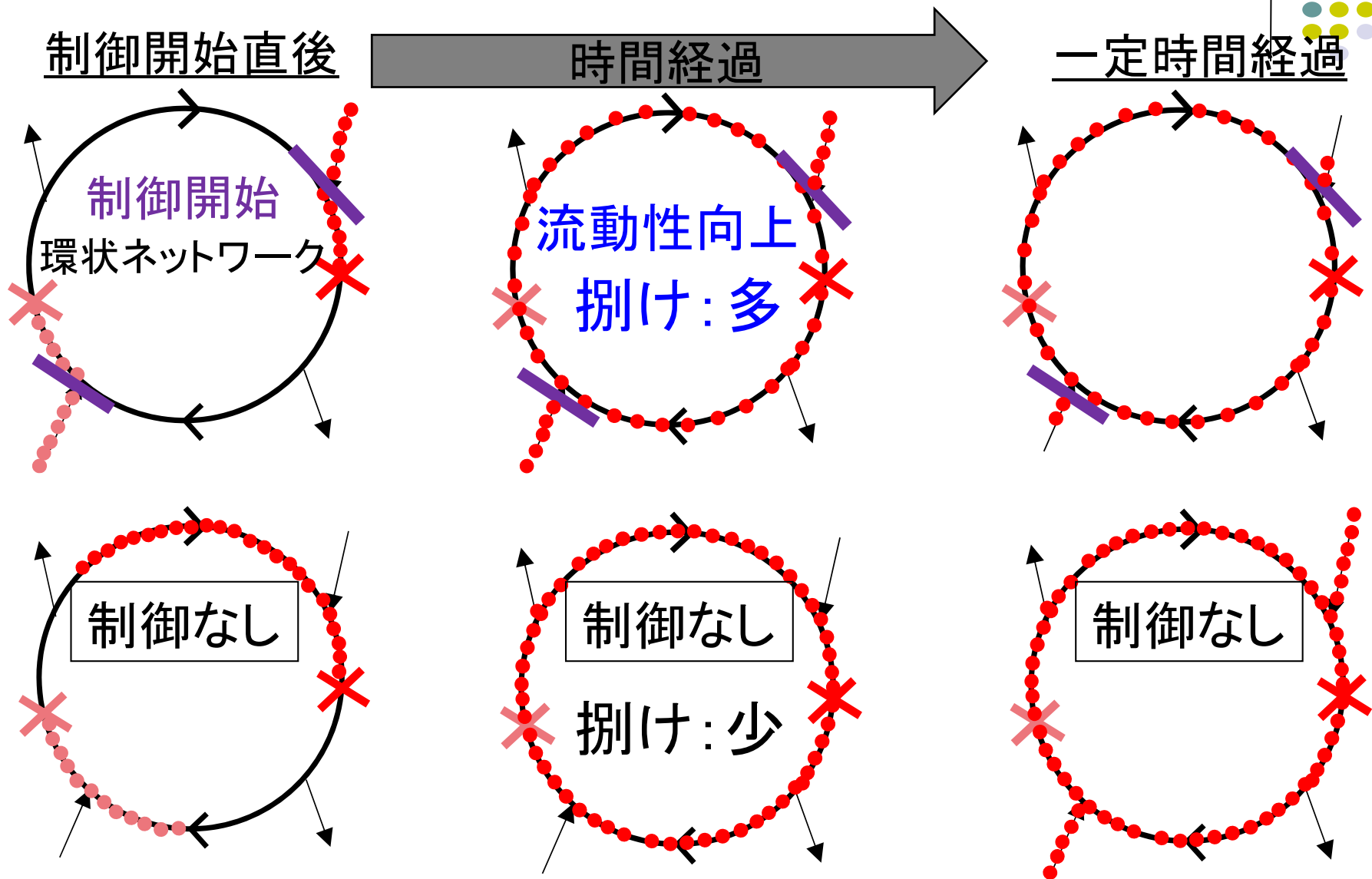
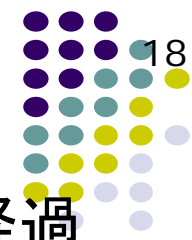
さらに渋滞延伸

**グリッドロック**

全車両停止



# 流入を制御すると...

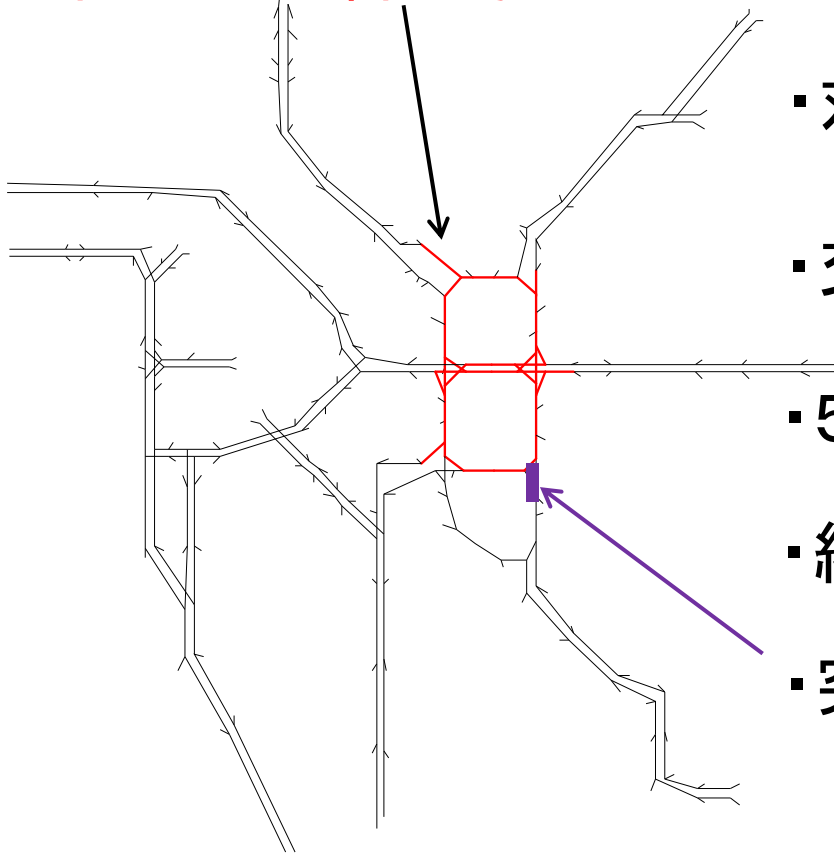


制御実施 → 交通の円滑化

# 制御の有効性検証

## シミュレーション概要

### 集計QK制御対象エリア



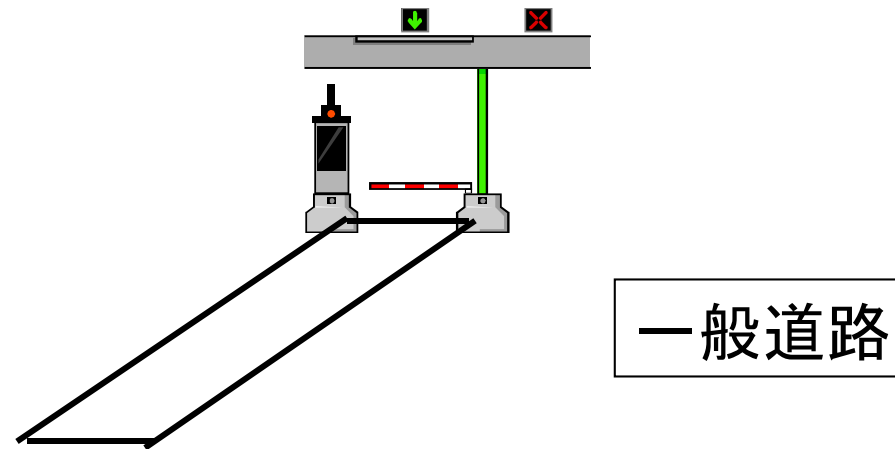
- ・対象路線：阪神高速道路ネットワーク
- ・交通流シミュレーションSOUNDを使用
- ・5時～12時に出発するOD交通を使用
- ・総発生車両台数：268,928台
- ・突発事象：7時半～9時（容量1/2に）  
（事故による車線閉塞）

# オンランプにおける一般道路への迂回



ランプ部における待ち台数が10台に達する

→ 一般道路へ迂回



一般道路・高速道路合わせて制御の有効性を検証



# シミュレーション概要



## 3ケースで検証

1.制御なし

2.集計QK・ローカルLP組合せ制御実施

→ **最大限の効果が発揮できる理想的な制御**

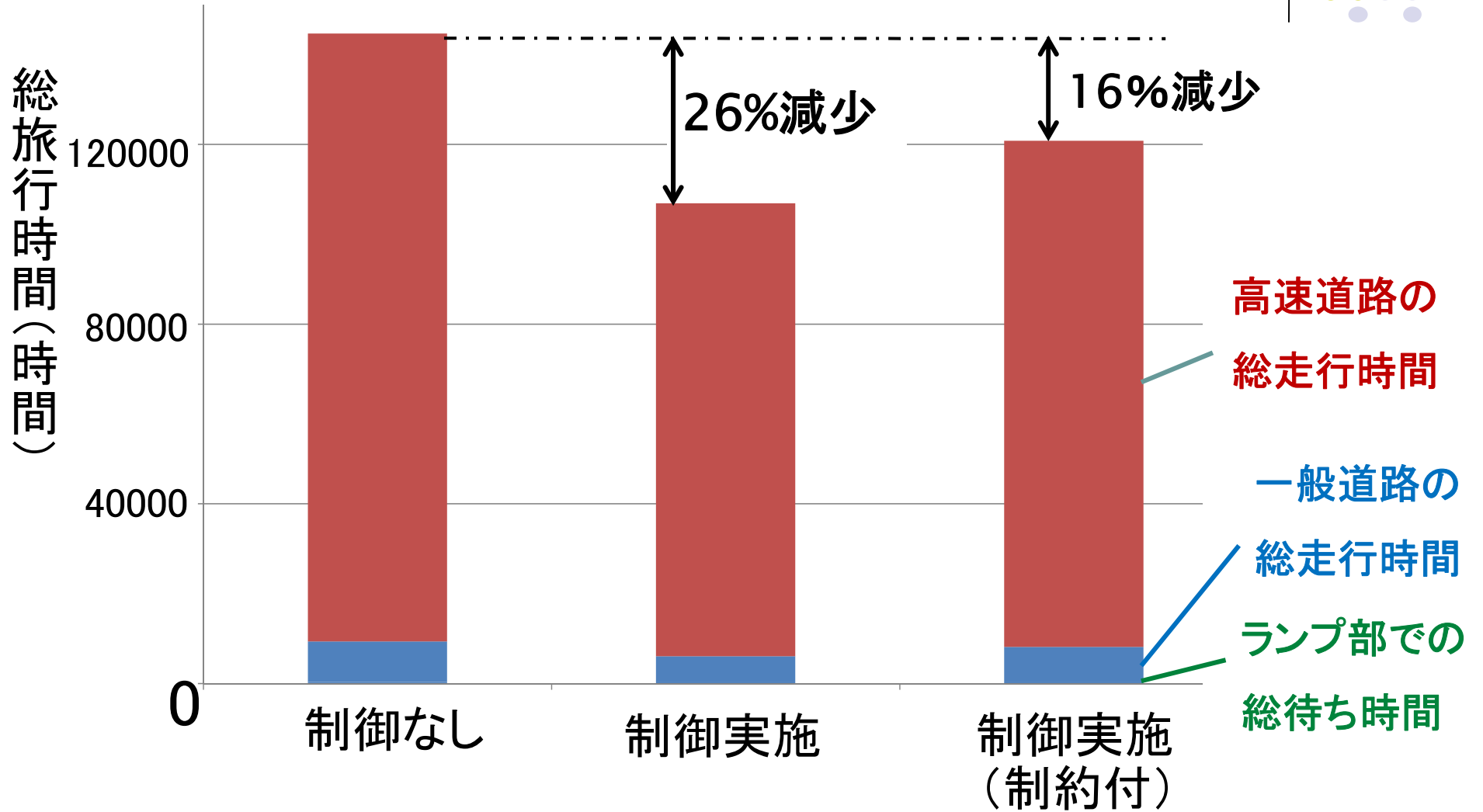
- ・オンランプの制御に関する制約を設けない  
オンランプを無制限に閉鎖してしまう可能性

3.集計QK・ローカルLP組合せ制御実施(制約付)

→ **実務を想定した制御**

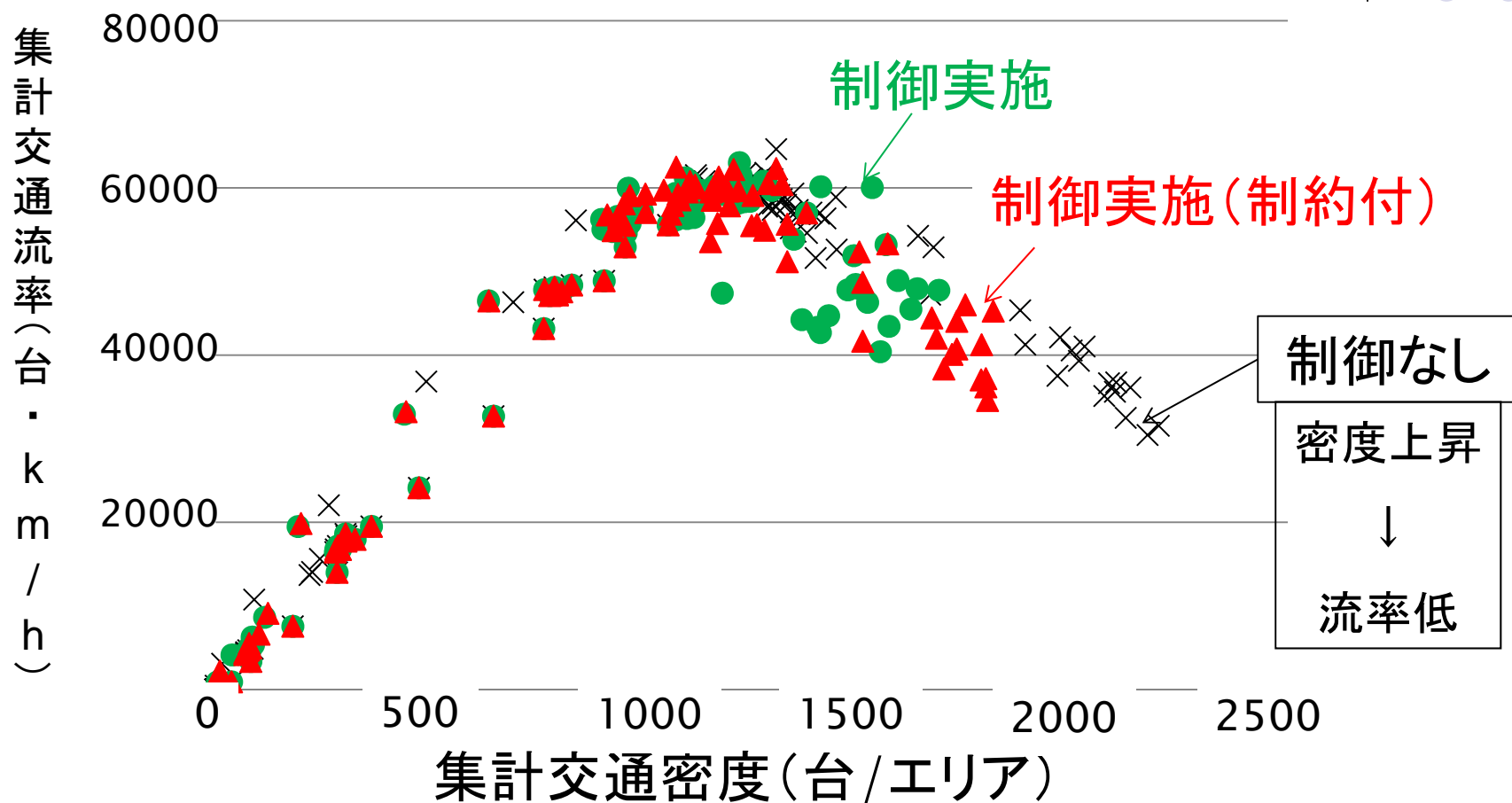
- ・オンランプの制御に関する制約を設ける
  - ・連続閉鎖時間の上限値→60分
  - ・同時に閉鎖するオンランプ数→5オンランプ(全10オンランプ)

# 総旅行時間



制御実施による円滑性向上効果

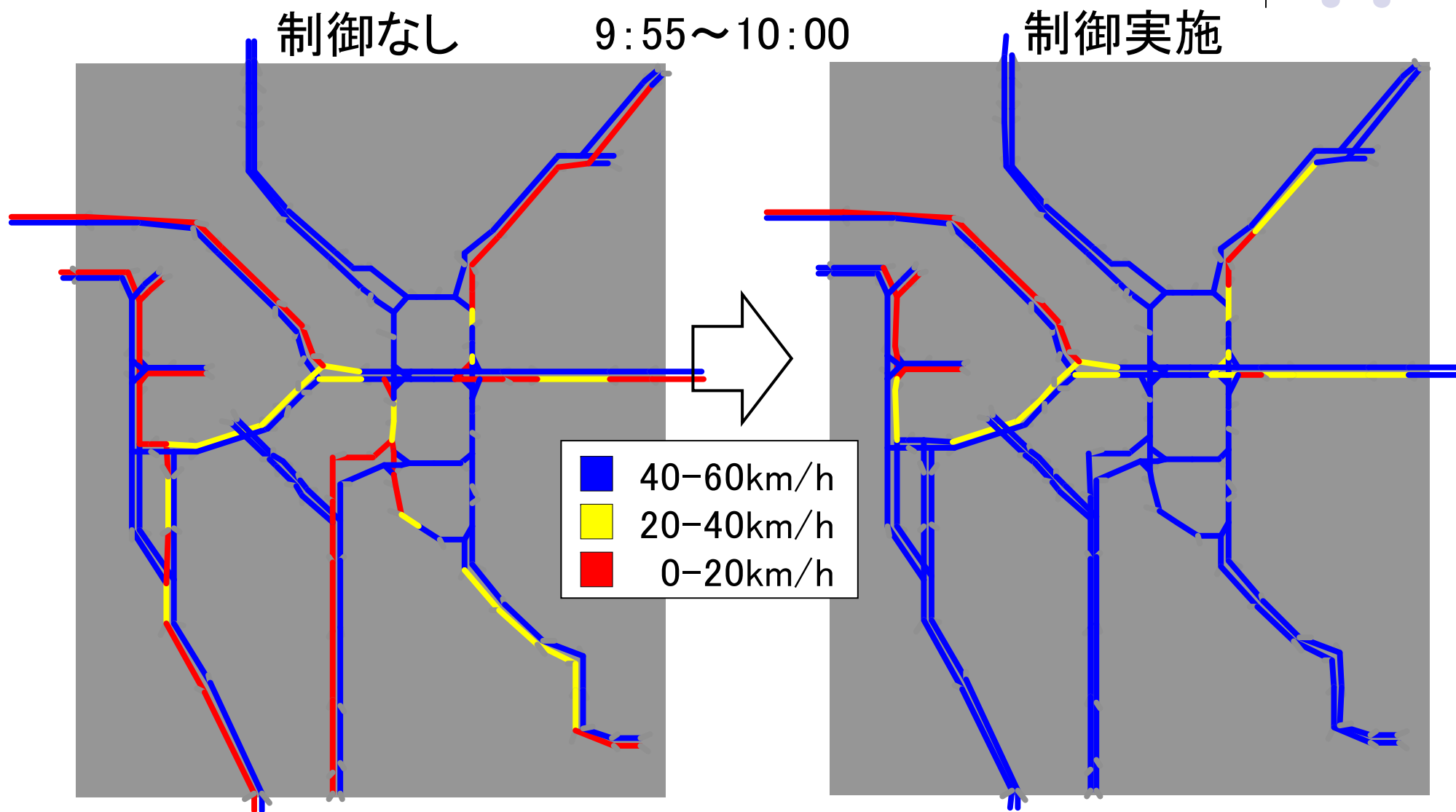
# 交通状態図



集計交通密度が抑えられている

高い交通流率を確保

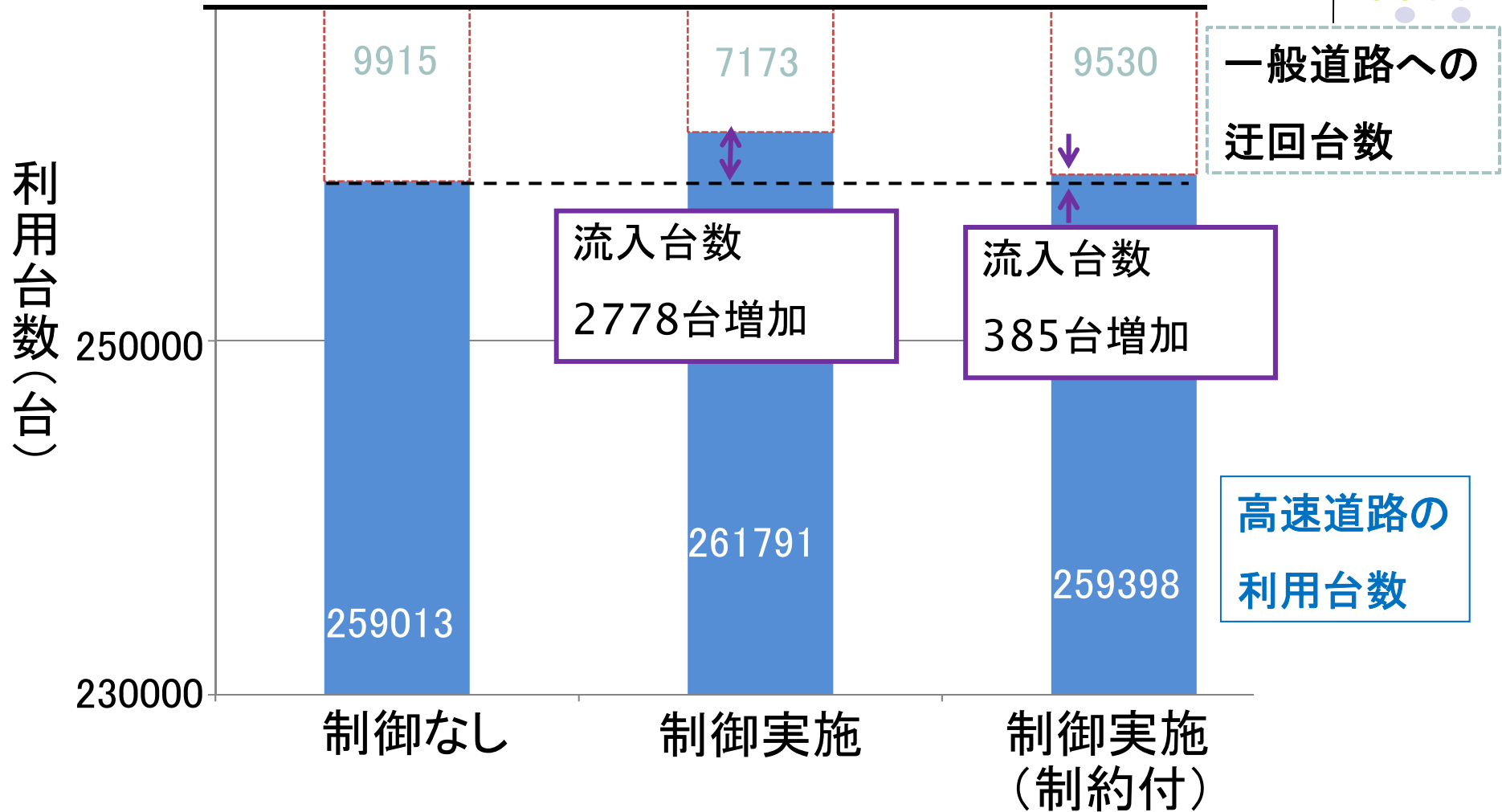
# リンク別平均速度ランク図



平均速度上昇



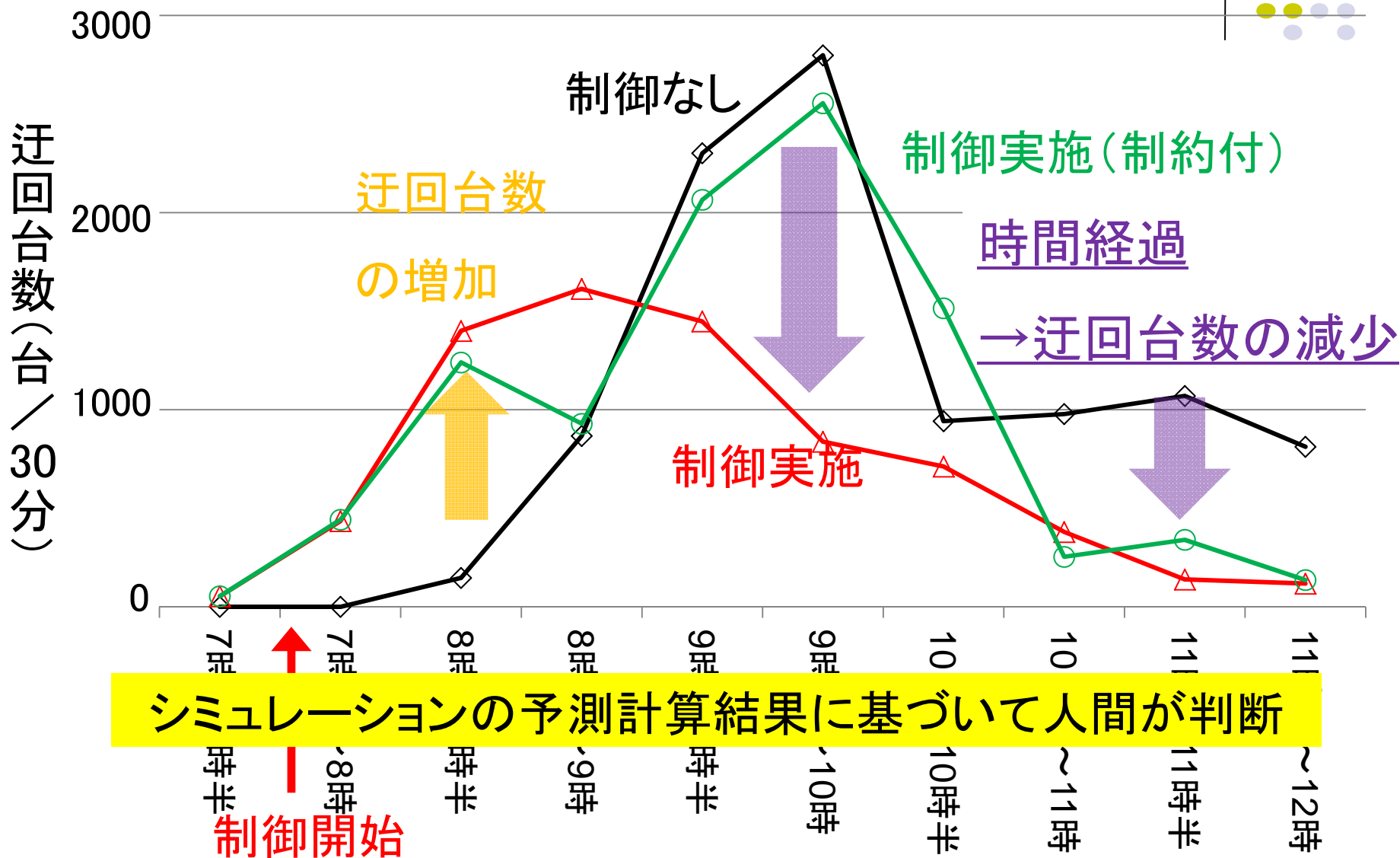
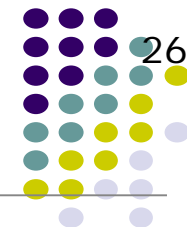
# 高速道路への流入台数



制御により本線の流動性向上

→高速道路への流入台数が増加

# 一般道路への迂回台数の時間推移



# 自動運転は実現するか？



## 自動運転は実現するか

### AUTONOMOUS VEHICLE

1. データを道路やGPSと照合して位置を特定
2. 3秒先の状態を推定、最適な対応を選択
3. 最適な軌道を選択
4. ハンドルやアクセル、ブレーキを操作

- 周辺環境認識センサー  
レーザーで全方位的な環境を認識
- 前方検知システム  
カメラで前方などを検知
- 自己位置推定センサー  
自車を認識
- 周辺環境認識センサー  
車速や方位と前方の位置を認識

**実際の走行例**

1. ゆっくり進行
2. 急いで進みをはかる
3. 急いで減速を要する場面にでく

技術的課題

制度的課題

自動化の普及率

歩行者

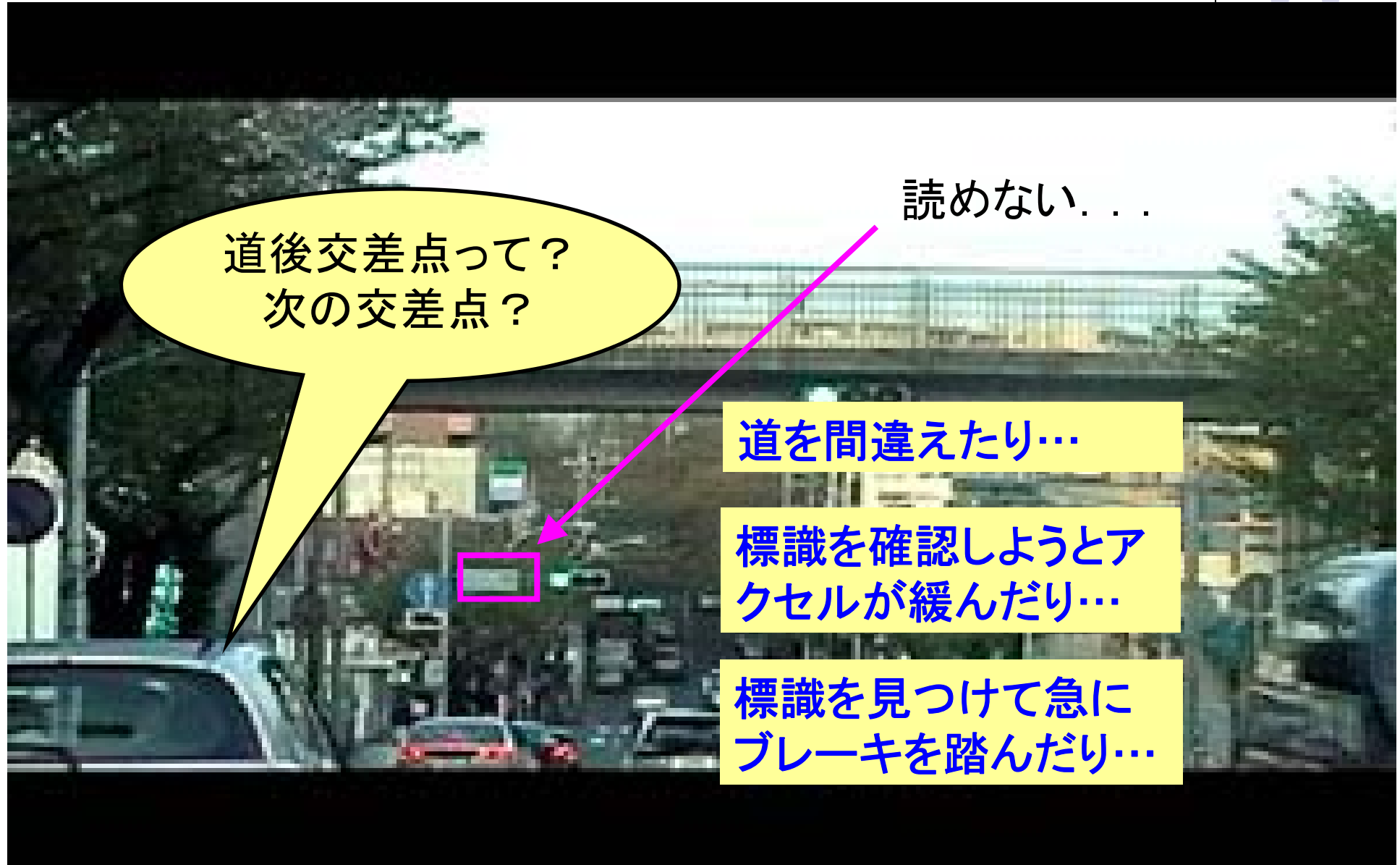
最後は自分の責任で運転したい？

いすゞの自動車の予約  
乗積量200t以下、車体長さ20m以下

データ通信 | データ通信

歩行者や自転車、自動車の区別 (車心、幅、進行方向)

# 経路案内の問題点



道後交差点って？  
次の交差点？

読めない...

道を間違えたり...

標識を確認しようとアクセルが緩んだり...

標識を見つけて急にブレーキを踏んだり...



わかりにくい道案内,  
何が問題なのか???



現状では、説明する人の工夫に依存  
順序, ランドマークの利用, 距離

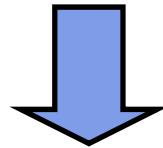
次の信号を右へ  
三つ目の信号を左へ  
交差

- ・特徴点(交差点)の名称がないこと
- ・名称が有る場合でも複雑で使いにくい
- ・標識が識別しにくい



# 素朴(安価)で有効な提案

- ・特徴点(交差点)の命名
- ・遠方から瞬時に識別可能な標識の設置



交差点目印標識 **ココ！マーク** の提案

ココマーク

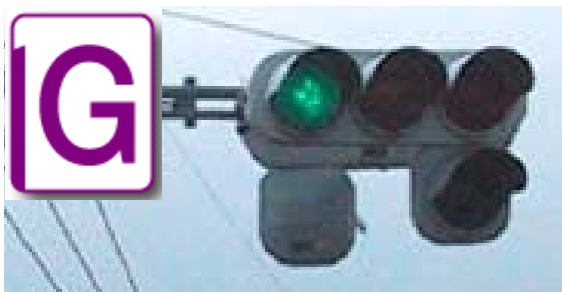
動画:cocomark.mp4

提供:有限会社ピージェーアイ

# わかりやすい経路案内に向けて



## 1. 交差点の命名



交差点に**名称(記号)**を与えることで**経路案内**が容易に.

# 提案する経路案内システム



例えば...







# 提案する経路案内システム

## 2. 遠方からの交差点認識

交差点への接近時には

道路の案内標識やカーナビとリンクさせることで交差点接近時により遠方から交差点を確実に認識することが可能



標識



108系標識

(事前・予告)



ナビ画面

# 経路案内システム導入による効果



- ・交差点に命名
  - 統一的かつ容易な道案内の実現
- ・曲がるべき交差点を遠方から認識
  - 交通の円滑性・安全性の向上
- ・記号をグローバル化することで,
  - 外国人も認識可能に

# 記号化標識の設置効果



現在、高知市内38交差点に標識を設置





## 実走行実験による評価

### 設置効果

- ・道に迷わない → 快適なモビリティ
- ・急ブレーキ回数の減少 → 交通安全性の向上
- ・不要な低速走行の減少 → 交通円滑性の向上
- ・カーナビ注視の軽減 → 交通安全性の向上
- ・その他(グローバル化, 歩行者に対する道案内など)

# 実験の設定



## <被験者の属性>

中富良野町, 上富良野町での走行経験が少ない  
20代~40代の男女ドライバー

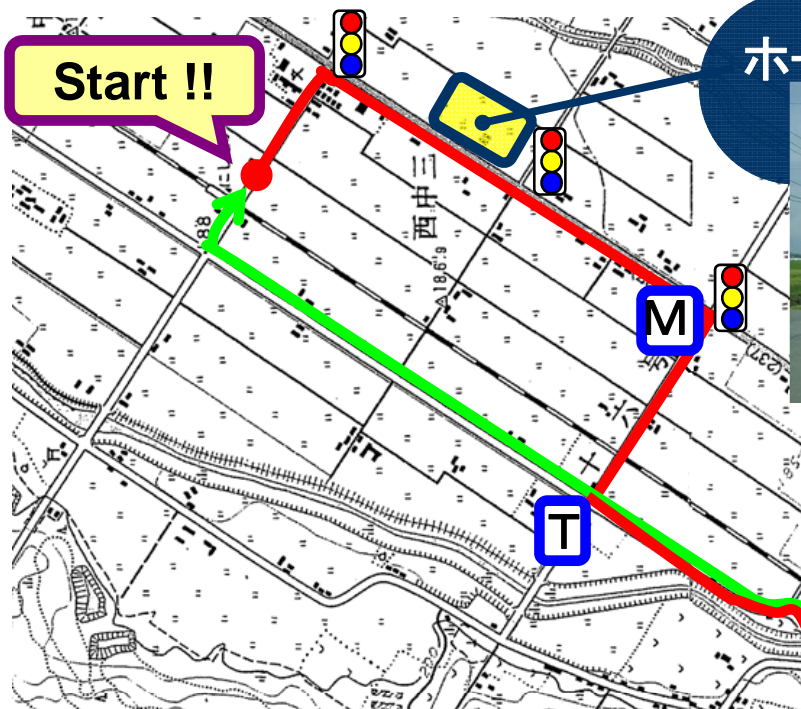
設置前	10人	}	計20人
設置後	10人		

## <ドライバーへの指示内容>

- ・走行コースマップ,
- ・走行経路を簡潔に言葉で説明した経路誘導文

のみを頼りに指定したコースを車で4周走行する.





ホームセンター

記号化標識設置後



信号交差点M(エム)を右折

交差点T(ティー)を左折

信号交差点V(ブイ)を越え、約150m先の交差点A(エー)を右折



記号化標識設置前

ショッピングセンター「BESTOM」を越えてすぐの信号交差点を直進し、次の信号交差点を右折

踏切を通過し、「止まれ」標識がある交差点を左折

一つ目の信号を越え、約150mの三差路を右折。

交差点手前右側にある駐車場が目印です。

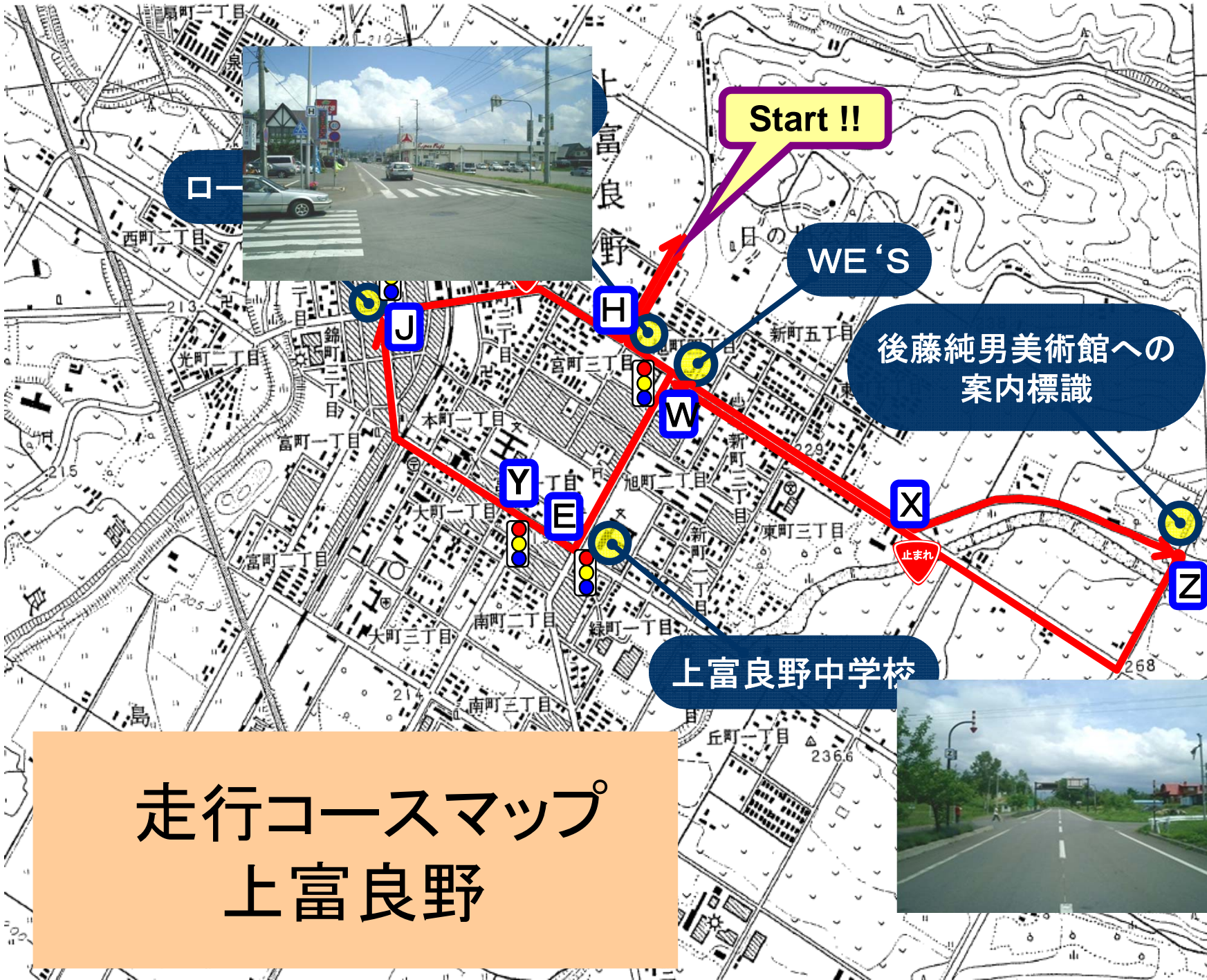
Uターン



一時停止







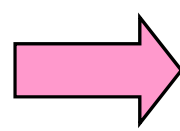
走行コースマップ  
上富良野

# 評価項目



## 1). 交差点を間違えた回数

走行実験中，曲がる交差点を間違えた回数をカウント



設置前  
設置後

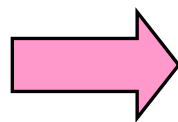
総数を比較

## 2). 運転後に行う不安度アンケート

Q.「交差点を曲がるとき，間違っているかもしれないと感じたか？」

「よく感じた」	……	4点
「時々感じた」	……	3点
「あまり感じなかった」	……	2点
「全く感じなかった」	……	1点

不安度を点数化



設置前  
設置後

点数を比較



# 実験結果1)



- 1). 交差点を間違えた回数  
(中富良野, 上富良野合計)

設置前

13回



設置後

4回

減少!

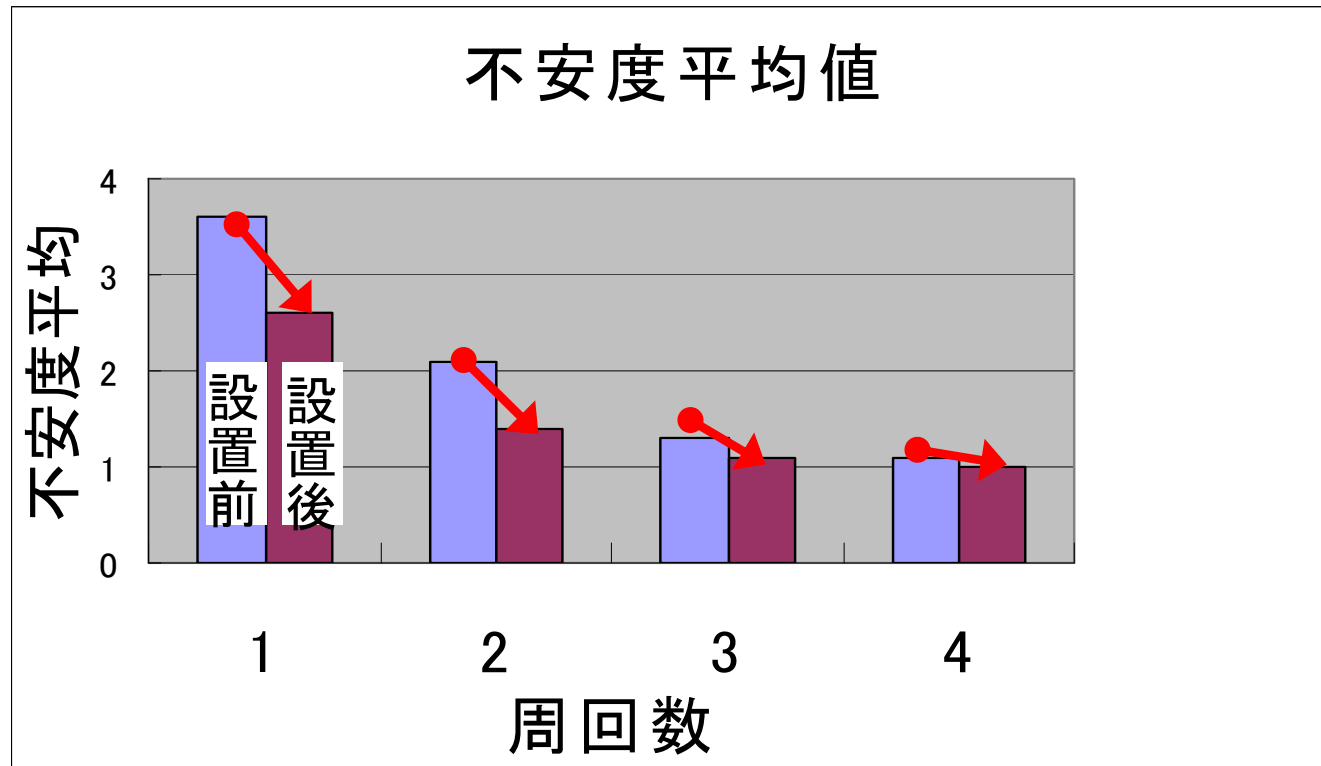


正確な道案内の可能性が示された.

# 実験結果2)



## 2). 不安度アンケート調査



全ての周回において不安度は減少！



心理的負担の軽減が証明された。

# 記号化標識の設置効果

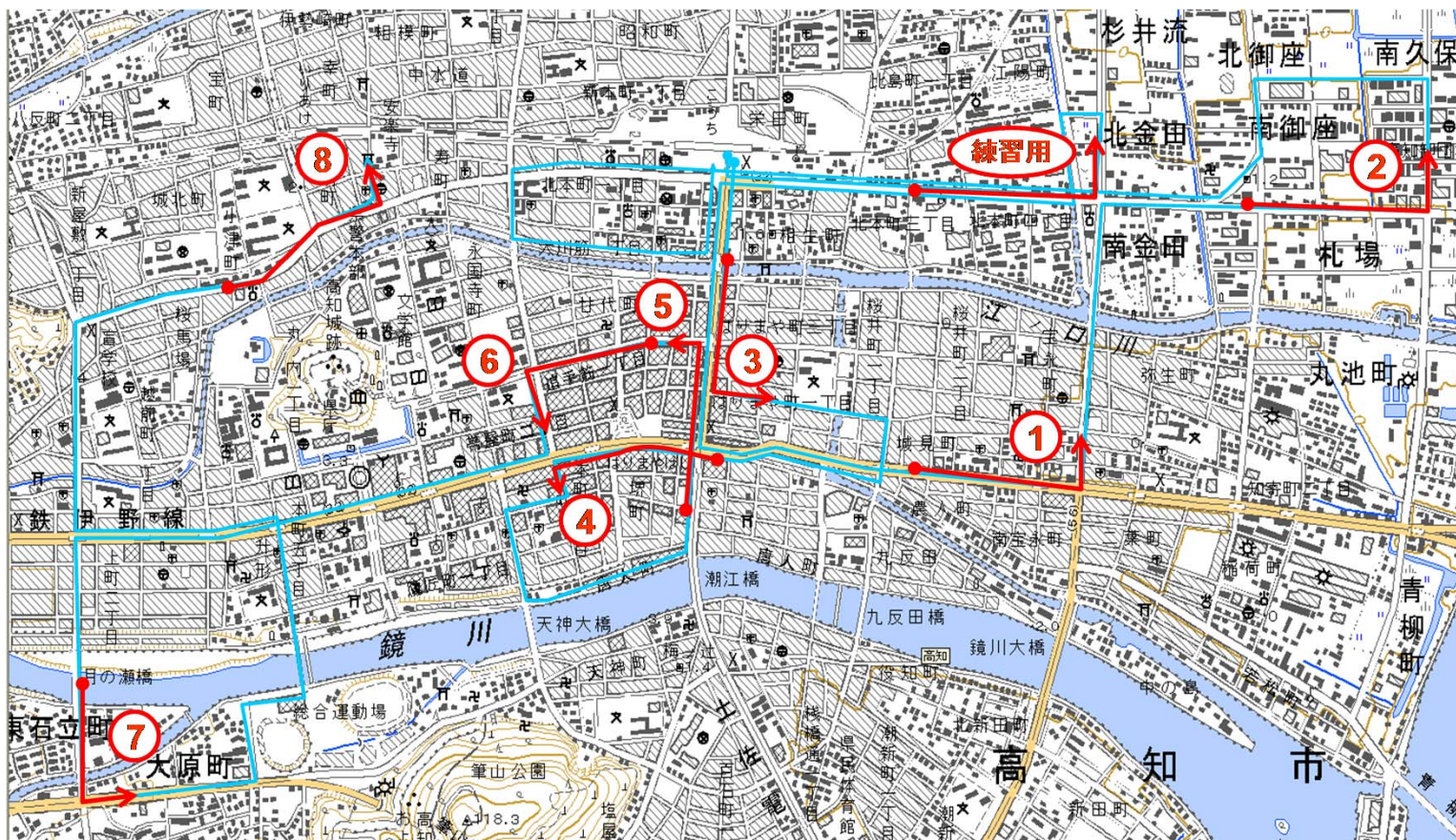


- ・道に迷わない → 快適なモビリティ
- ・急ブレーキ回数の減少 → 交通安全性の向上
- ・不要な低速走行の減少 → 交通円滑性の向上
- ・カーナビ注視の軽減 → 交通安全性の向上

# 運転挙動観測実験



記号化標識を用いて経路案内するカーナビ  
を搭載した車両で実車走行実験を実施





## ◆ カーナビ画面注視時間

→ 交差点300m上流から右左折後までの  
画面総注視時間を計測

<計測方法>

ビデオカメラでドライバーの視線を撮影



前方を見ている



カーナビを見ている

眼球の動きからカーナビ画面注視時間を計測



# ◆カーナビゲーション



記号化標識を

・画面上に表記

+

・音声案内

することによって経路誘導

カーナビ画面イメージ

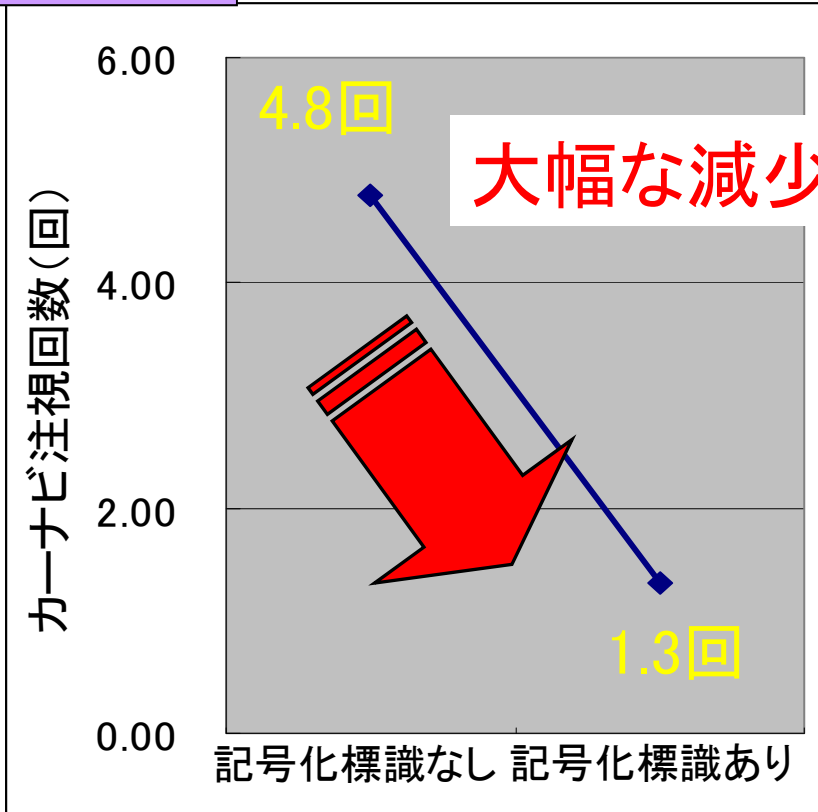


# 実験結果

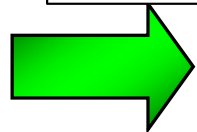
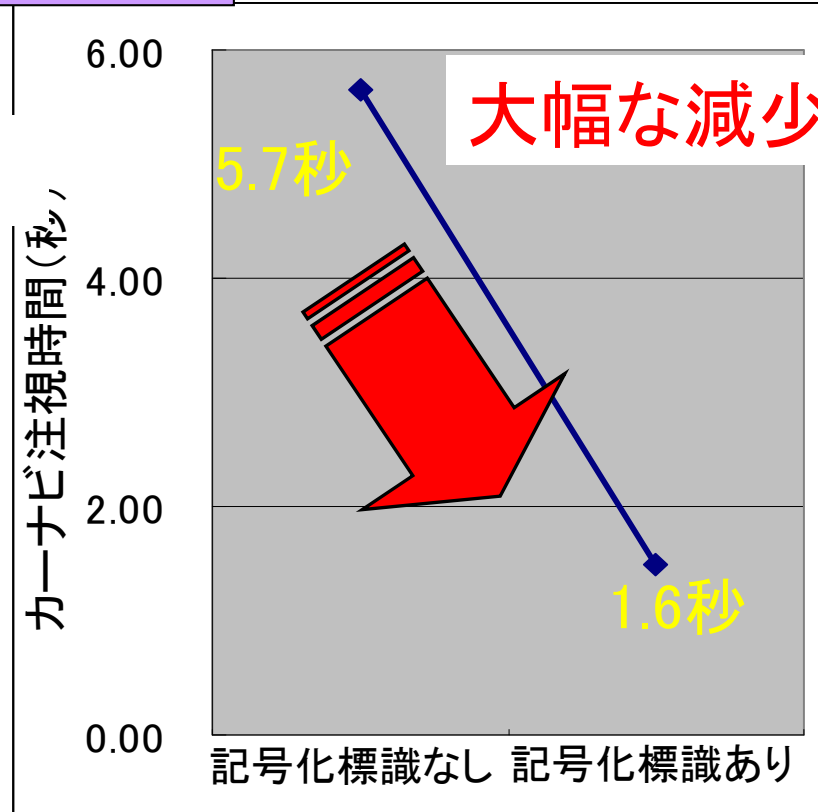


## ＜カーナビ注視回数・注視時間＞～平均値の比較～

注視回数



注視時間



**記号化標識ありでカーナビ画面注視回数・時間**

**ともに大幅に減少**

# 交通事故のリスク



一般道路走行時に事故を起こす  
確率は、高速道路の5～10倍程度

## 事故発生リスク

松山市まで

あなたが事故を起こす確率は  
“1万回中1回”

## 事故遭遇リスク

松山市まで

あなたが事故に遭う確率は  
“10%”

## 事故損失リスク

松山市まで

あなたが一回走行するあたり  
に失うお金は“300円”



# いい加減の交通制御とは？



技術力にあわせて...

機械制御

マニュアル



# 人工知能への期待と不安



## 人工知能への期待

生産性の向上,

交通では安全性/円滑性の向上

## 人工知能の不安

哲学的観点