

交通円滑化のための自動運転

東京大学
生産技術研究所 教授



大口 敬
Oguchi, Takashi

WEB site <http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/~takog/>



次世代モビリティ社会

1. 徹底的な『見える化』の推進：センサとデータ融合・推定
スリットの間隙から垣間見るような現状を憂う
地上センサ, 車両センサ, 携帯端末, 不足部分の推定, イベント検出
2. ETCの発展形：応分な負担を公平に分配する仕組みへ
無料道路の幻想, 自動車関連税の曖昧さ, 電気自動車ただ乗り論
特急/普通, 繁忙/閑散期, 乗降自由, 重量と維持補修費, 一般税負担の限界
3. VICSの発展形：スマホナビ?, ウェアラブル化, シームレス化
ガイダンス, 誘導, コンシェルジュ等. 一般サービスの一つが経路案内
4. 交通を支えるインフラの刷新, 技術革新
メリハリのある街路構造, 利用者の利用の仕方, 分離と混在
標識不要?, 位置を知るには?, 信号不要?, 交通規制は... ?
5. 運転の自動化：でもモビリティの楽しみは享受したい！
「いざ」頼り(衝突被害軽減B), 面倒なことはお任せ(渋滞前～中ACC+)
高齢者と子供(過疎/Zone30), 場所(専用路と混在空間) + 状況による作動



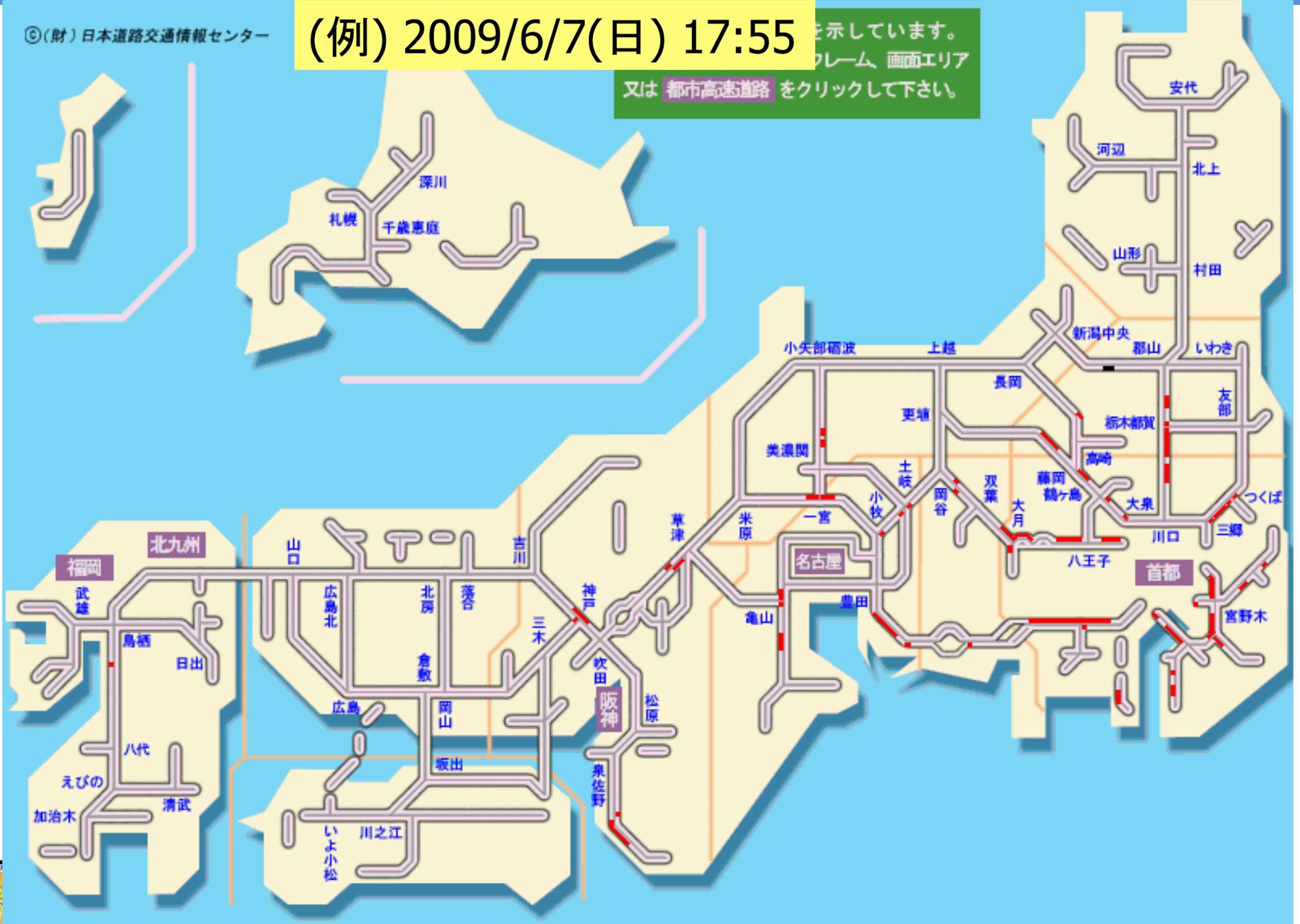
日本の高速道路：交通渋滞の原因となるボトルネック

©(財)日本道路交通情報センター

(例) 2009/6/7(日) 17:55

を示しています。
フレーム、画面エリア

又は **都市高速道路** をクリックして下さい。



日本の高速道路：交通渋滞の原因となるボトルネック

4-1331 にお問い合わせ下さい。なお、集中時や夜間帯は録音応答となります。

東京周辺



多くのボトルネックがサグ区間

については、神奈川県（一般道）の「横浜・川崎」画面で提供しています。



日本の高速道路：交通渋滞の原因となるボトルネック

拡大：サグ区間

中央道



東名高速



渋滞の先頭位置は
単路部に存在(分合流なし)



日本の高速道路：交通渋滞の原因となるボトルネック

東名高速の渋滞先頭位置＝ボトルネック

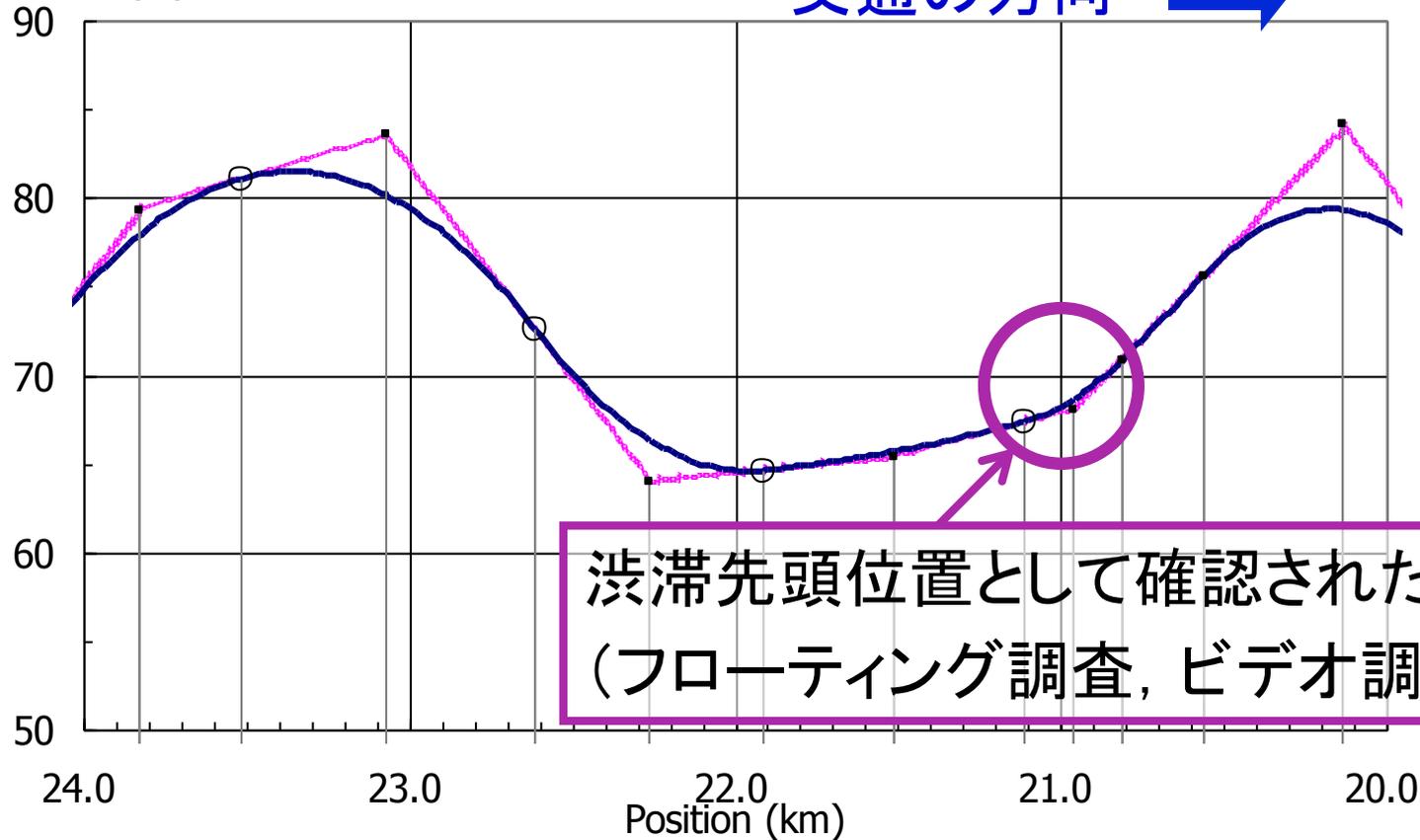
PA流入路位置
(約 27 km上流)

IC流出路位置
(約19 km下流)



Altitude (m)

交通の方向



渋滞先頭位置として確認された付近
(フローティング調査, ビデオ調査等)

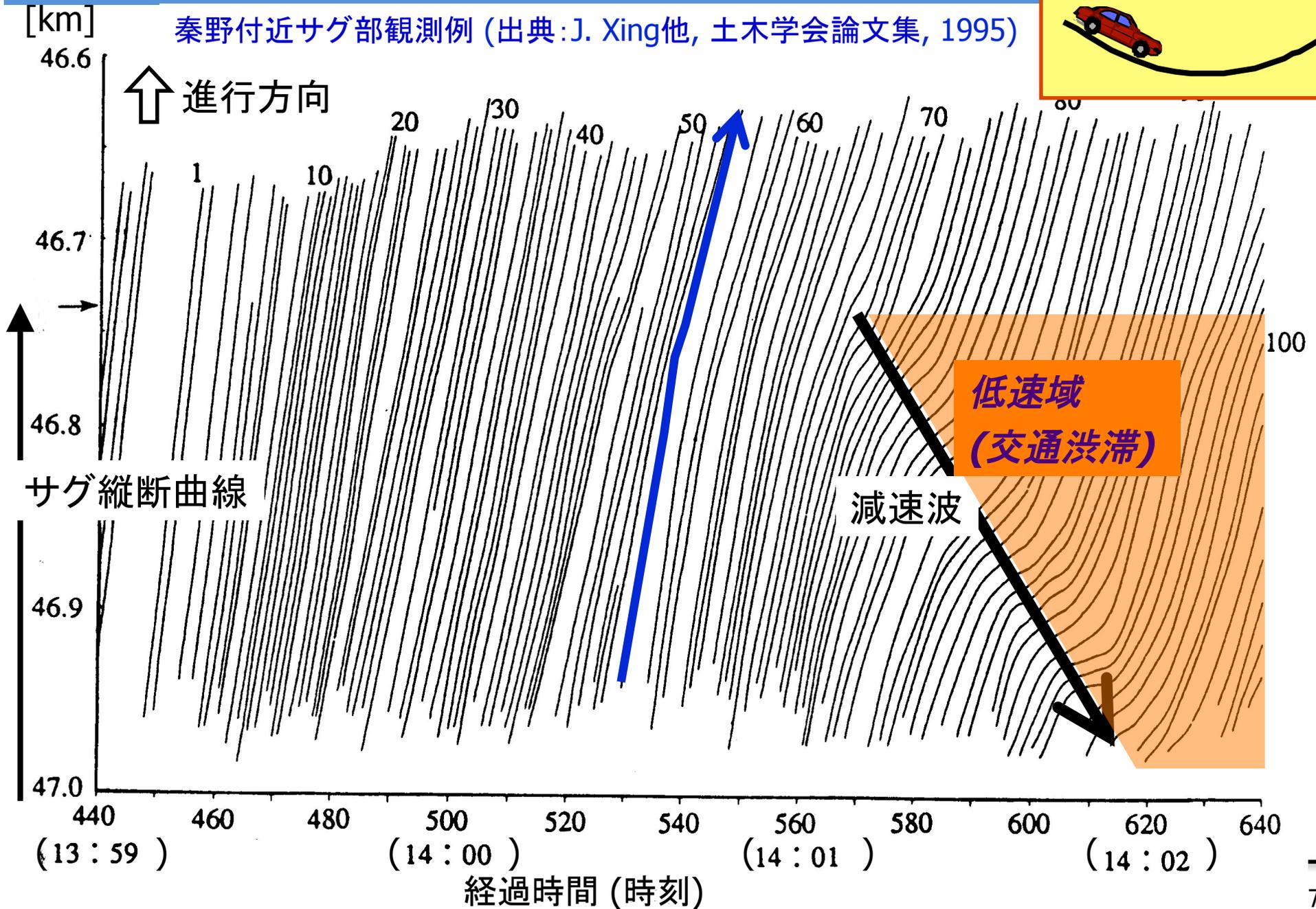


高速道路 単路部渋滞 (サグ区間)

サグ部(Sag)

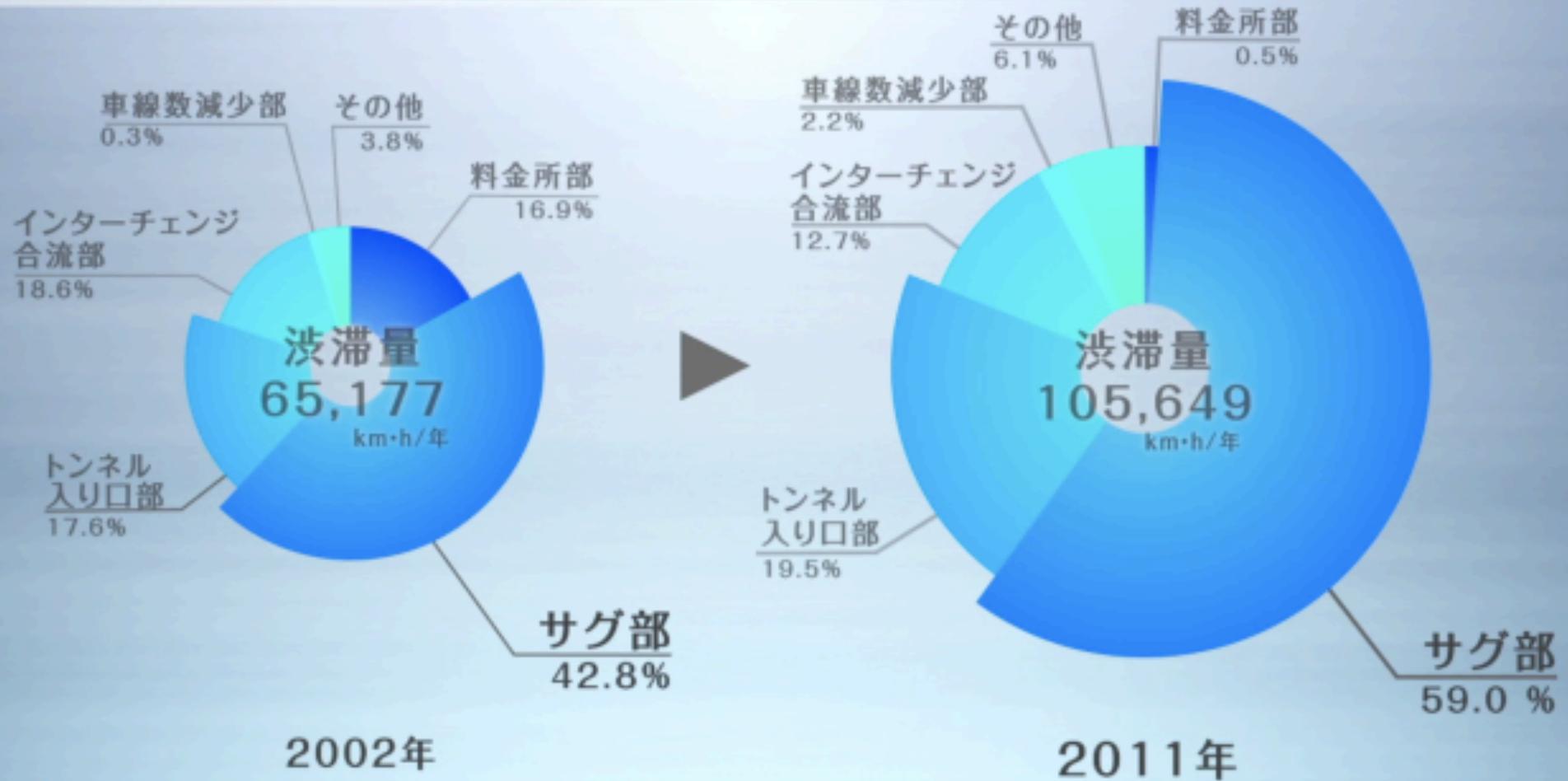


秦野付近サグ部観測例 (出典: J. Xing他, 土木学会論文集, 1995)



高速道路の渋滞原因：サグ部6割，＋トンネルで8割

都市間高速道路における渋滞発生割合



※資料提供：国土交通省



単路部ボトルネック(サグ/トンネル)渋滞

渋滞対策の基本原則

- 交通需要の時空間分散
- ボトルネック交通容量の増大

「単路部」ボトルネックには、交通容量増大の余地はあるはず

• 単路部ボトルネック交通容量の特性

■ 渋滞発生時交通容量

一般単路部交通容量の**8割**程度

渋滞ごとに大きく変動, 巨視的には確率的扱いが必要

微視的には**運転者挙動**(車線選択・追従挙動)の一般特性とその**個体差**(車両, 運転者)に影響

■ 渋滞後捌け交通容量

一般単路部交通容量の**6割**程度にまで低下

運転者の渋滞巻き込まれによる**飽き・疲れ**に起因

この低下が渋滞継続時間など渋滞損失の増大を起こす



サグにおける渋滞発生メカニズム

1. 交通需要増大
2. 内側車線利用偏在
3. 内側車線上車群形成
 相対低速・非追従車両
 相対高速・短車間追従車両
4. サグによる微小擾乱
5. 車群中車頭時間増大波上流増幅伝播
 車群中減速波上流増幅伝播[車両/運転者相違 → 確率的交通容量]
6. 継続的低速車列の形成
 車群末尾大Hwy低速車に後続車群が吸収
7. 勾配変化による緩慢増速(速度回復)挙動
 勾配(心理)による緩慢な増速(速度回復)挙動
8. サグ下流の増速区間固定化
 渋滞先頭位置の固定化
9. 渋滞中走行の飽きと疲れによる更なる車頭時間増大

追従挙動モデル - 認知と反応

追従挙動の一般的なモデル化

心理/反応も考慮した
勾配影響モデル



個人差 と マクロな交通流特性の考慮

ACCとは？

- クルーズ・コントロール**CC**システム：
 - 米国での普及
- アダプティブ・クルーズ・コントロール**ACC**システム：
 - 自動追従，発進はマニュアル／全車速ACC

ACCによるサグ渋滞緩和実験demo

in "ITS World Congress Tokyo 2013" (第20回ITS世界会議東京2013)

- **CACC** (Cooperative Adaptive Cruise Control) システム：
 - 複数車両間の車車間通信による自動追従
- 国土交通省：オートパイロットシステム検討会
 - その一つとして，ACCによる渋滞緩和・解消
(国総研＋自動車メーカー 共同研究の取組み)

既存ACC車両(各自動車メーカーにより商品化されているもの)

- 各社とも全車種, 基本的な制御ロジックは同じで,
目標車間時間(Time Gap) G [s] を維持しようとする
※現実には味付けあり...
- 全車種に**3セットの設定値**が準備
 - L** (Long): G (approx.)= 2.2 – 2.4 [s]
 - M** (Middle): G (approx.)= 1.8 [s]
 - S** (Short): G (approx.)= 1.3 [s]
- ACCシステムからの出力は;
 - "スロットル開度" または "ブレーキ操作圧力"

運転の自動化⇨運転者の操作の省力化

パワートレイン

- 点火装置／オートチョーク／電子制御化 ⇔ エンジン知識
- シンクロ有無 ⇔ ダブルクラッチ操作技術
- 変速機MT/AT ⇔ ギア比・トルクの感覚的知識, ノッキング
- 低速フラットトルク化 → パワートレイン知識/意識の低下

操舵・操安置 (Active Safety Technologies) → Tactics Support

- ABS, TSC, ESC ⇔ ブレーキ, アクセル, ハンドル操作技術, 意識
- CC, ACC (高速 → 全車速 → 発進補助付), Pre-crash Safety
- 車線逸脱防止 → 車線変更誘導!?! • DSSS 情報提供

走行計画 (Strategic Support)

- 電子地図 + GPS, DR位置・方向情報 ⇔ 紙地図参照
- 経路案内 Car Navigation + 渋滞情報考慮



運転者操作の省力化のメリット・デメリット

メリット

運転負荷の低減

- **回避**: オーバーラン, スピン, コースアウト, 速度超過, トルク不足
- **操作単純化**: ダブルクラッチ + 半クラッチ + アクセル + ハンドル...
- **事前準備単純化**: 地図読み, 時間計画, 燃料補給計画...

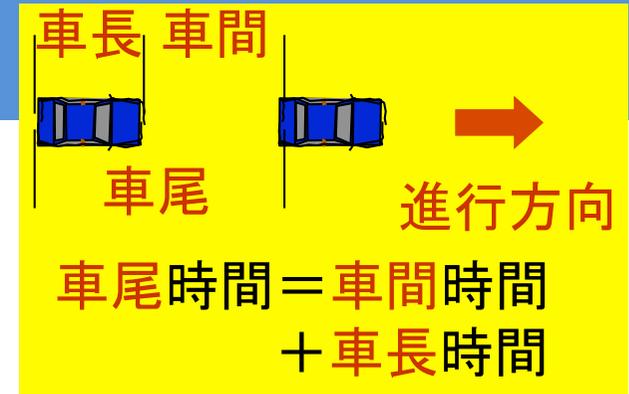
デメリット

散漫, 慣れ, 飽き → 危険行動誘発 *Risk Homeostasis*・不効率行動

- 速度超過傾向助長, 車線逸脱傾向, 急ブレーキ/加速/ハンドル
- **サグ渋滞の増加**, 信号発進流低下, ...

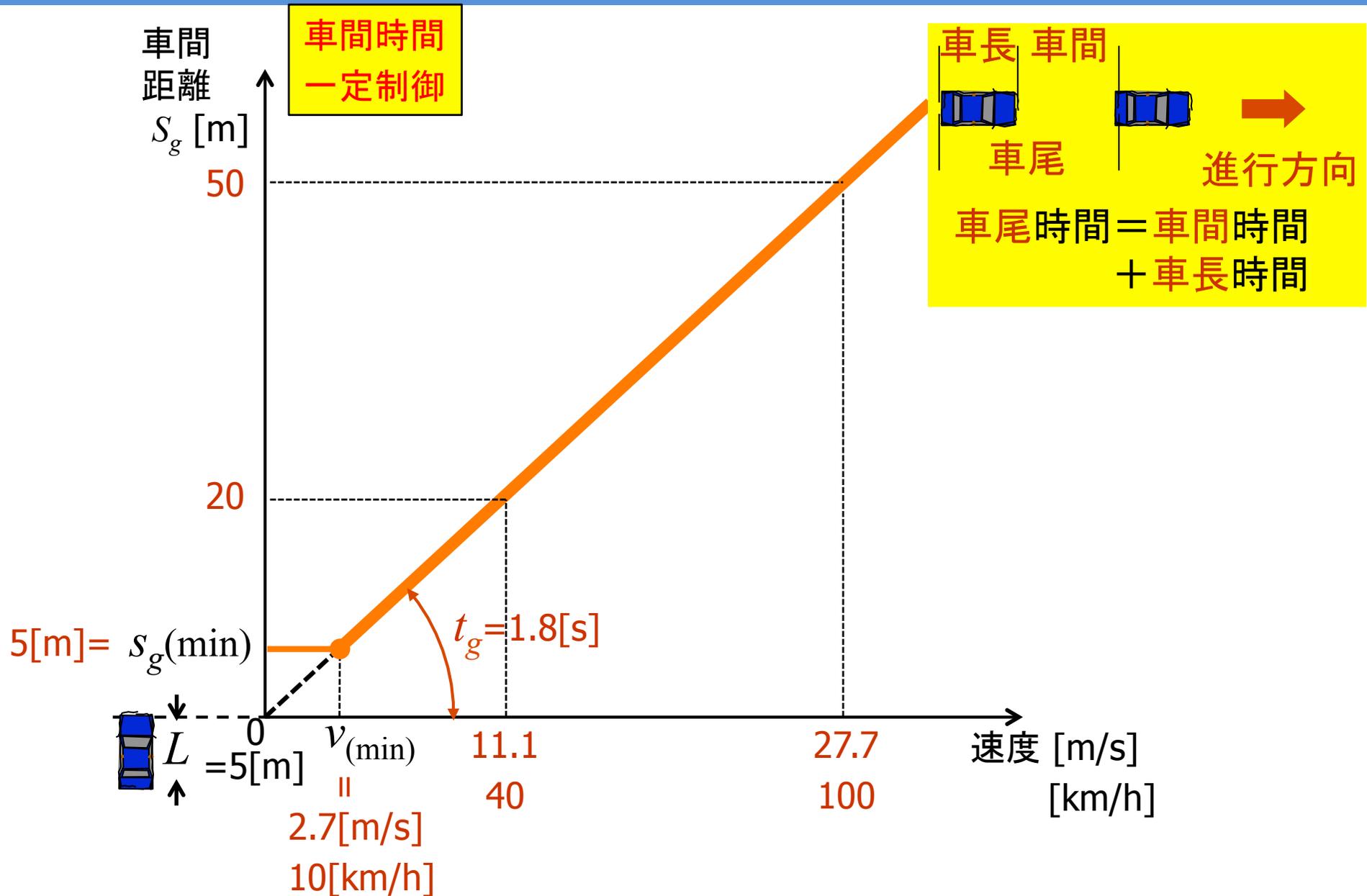


交通円滑化ACC+ 1. 新ロジック提案

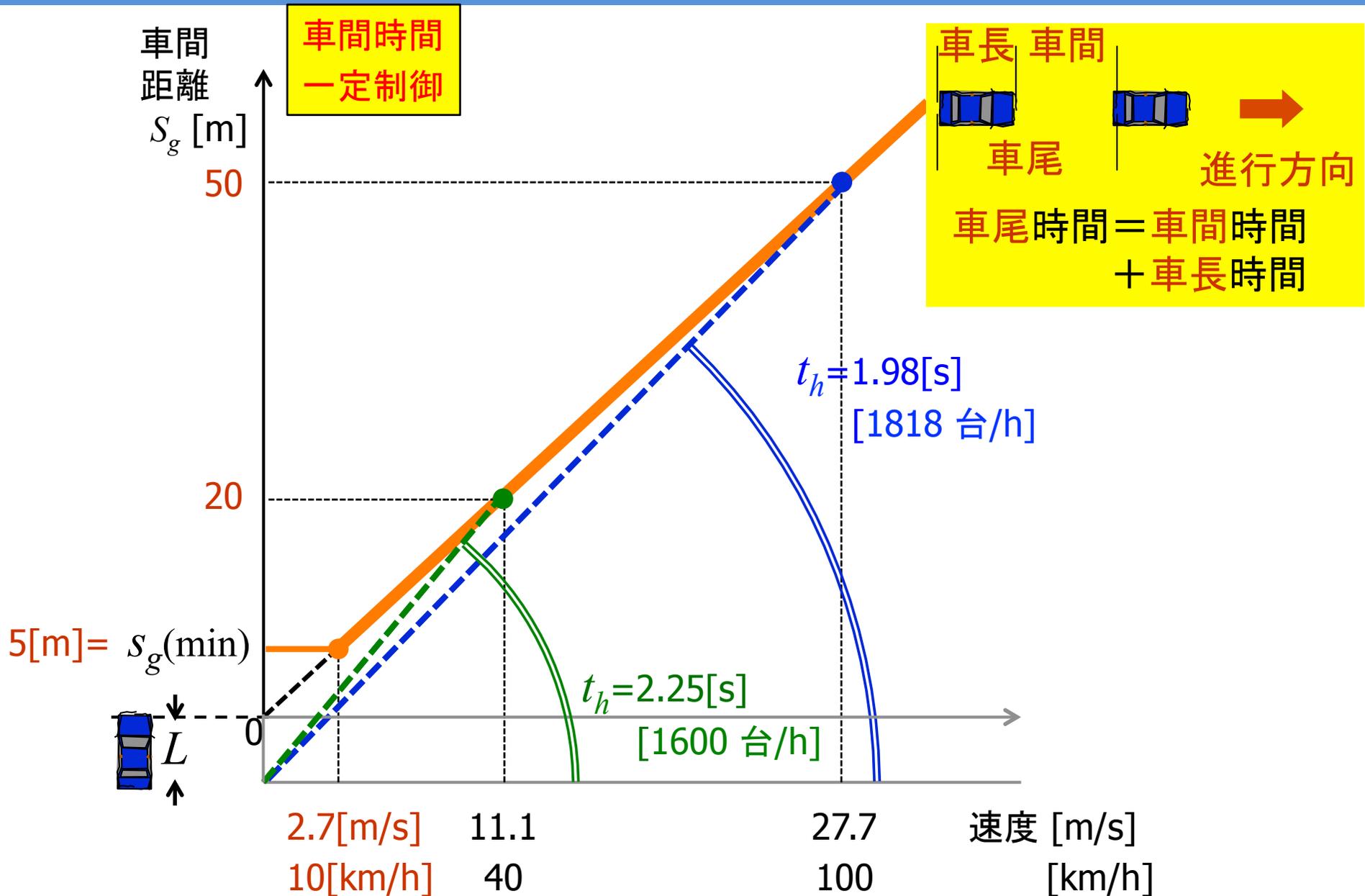


- 既存の市販 ACC
 - 制御ロジックは「**車間時間一定**」
 - **円滑性** の観点からは、速度低下すると **車尾時間が増大する (=交通流率の低下)**
 - **安全性** の観点からは、ACCは 安全車間 を維持しようとする
- 新しいACCアルゴリズムの提案
 - 制御ロジック:「**車間時間を減速に応じ低減**」(車尾時間一定に維持)
 - **円滑性** 観点では、交通流率(車尾時間の逆数)は 低下しない
 - **安全性** の観点からは、速度低下すると **車間時間も減少する**。
最小車間時間 (又は速度)を設定しておき、これを下回る時はACCによる自動追従制御をやめる。
→ '**衝突被害低減ブレーキ機能**' への切替え
 - **(+) 過渡応答性能設計が必要**

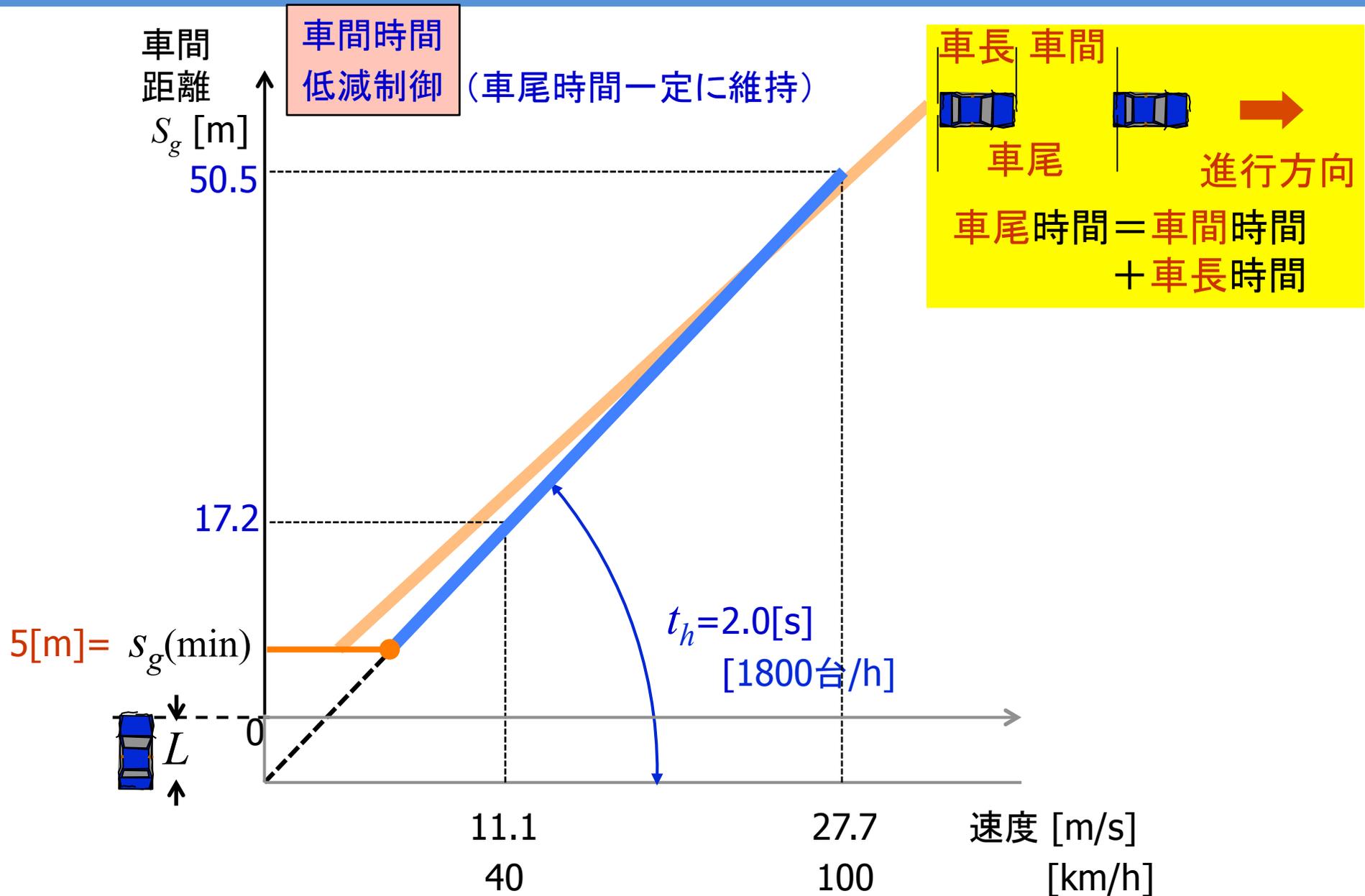
交通円滑化ACC+ 1. 新ロジック提案 – 既存ロジック



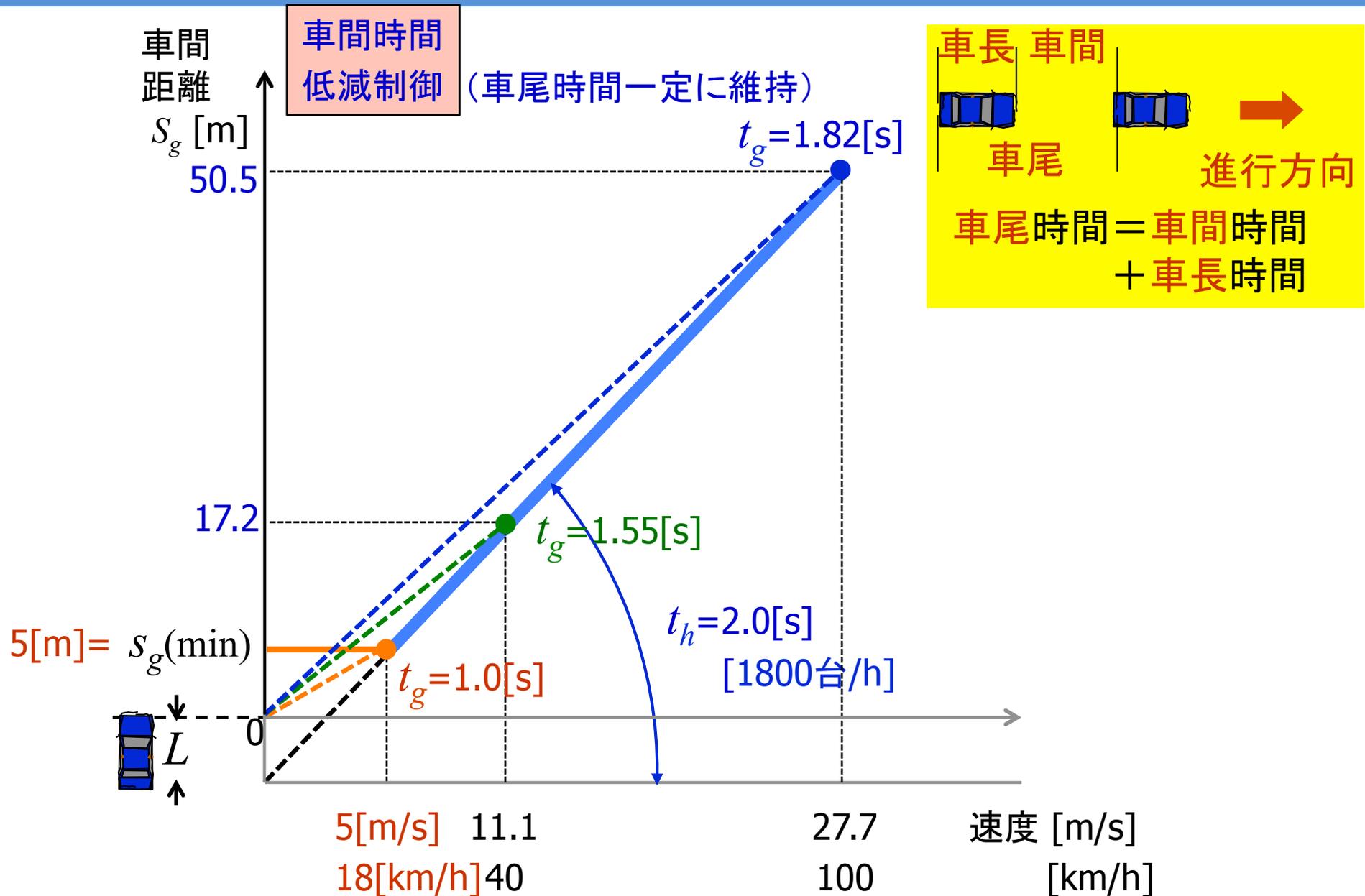
交通円滑化ACC+ 1. 新ロジック提案 – 既存ロジック



交通円滑化ACC+ 1. 新ロジック提案 – 提案ロジック



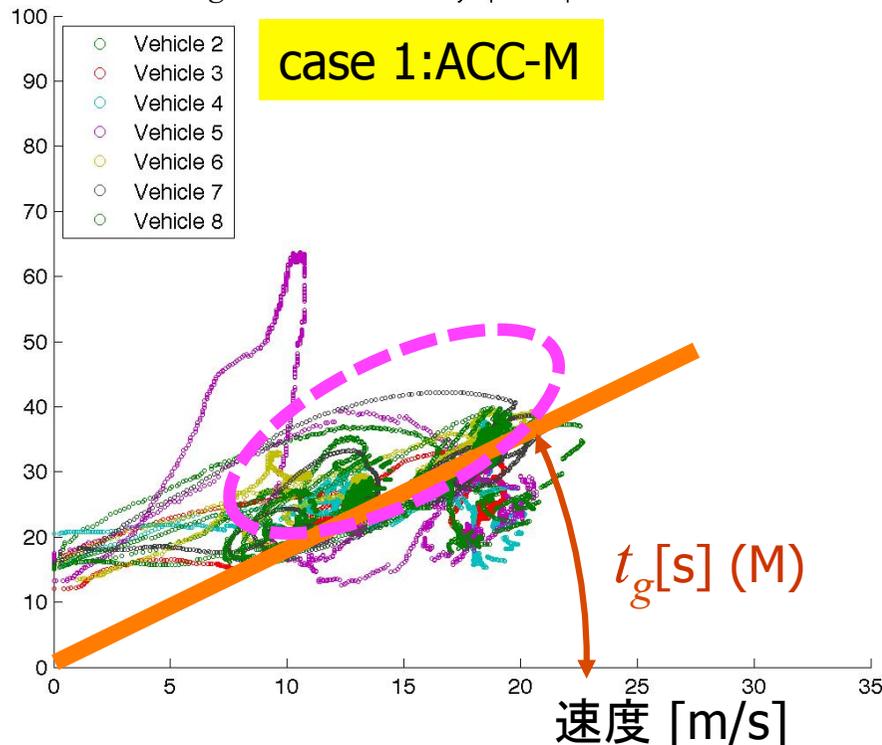
交通円滑化ACC+ 1. 新ロジック提案 – 提案ロジック



交通円滑化ACC+ 2. 過渡応答性能設計の必要性

- 一時的な車頭時間の増大を防ぐ必要がある:「過渡応答性能」 (= 一時的な交通流率の低下)
- たとえ提案する新しい制御ロジックが採用されたとしても、ACC制御器のパラメータを変更する必要がある

車間距離 S_g [m]



車間距離 S_g [m]

