

エコドライブの理論と実践

(公財)豊田都市交通研究所
研究部 主任研究員 加藤秀樹

2011年12月2日(金) まちべん

エコドライブ普及施策と課題

- エコドライブ10のすすめ
 - エコドライブ普及連絡会
(警察庁, 経済産業省, 国土交通省, 環境省)
 - ふんわりアクセス「eスタート」
特に, ゆっくり加速を推奨
- エコドライブの効果
 - 車両単体で10~20%のCO₂削減効果
- 現状の課題(ゆっくり加速)
 - そもそも, 効果の理論的裏付けがない
 - 交通流全体への影響が未解明
 - ゆっくり加速は, 流れを悪くする?
 - 一般ドライバへの普及
 - “発進5秒後に20km/h”わかりにくい。

地球と走ろう 環境にやさしいエコドライブで

- 1 ふんわりアクセス「eスタート」**
やさしい発進を心がけましょう。
普通道より少し遅やかに発進する(普通道より遅く発進の目安は約1秒遅く)ことで1%程度の燃費が削減されます。やさしいアクセル操作は安全運転にもつながります。同時に発進を待って、ゆったりした発進で開始しましょう。
- 2 加減速の少ない運転**
車線変更は余裕をもって、交通状況に応じた安全な定速走行に努めましょう。
車線変更に余裕をもつことが大切です。車線変更を目的たり、遠慮しつづける走り方をすると、追越車の機会も多くなり、その分車線変更の回数、発進・制動の回数も増えます。また、同じ速度で走行し、高次のギアで走行する方が燃費がよくなります。交通状況に応じ、できるだけ追越車や減速の少ない安全な運転をしましょう。
- 3 早めのアクセルオフ**
エンジンブレーキを積極的に使しましょう。
エンジンブレーキを使うと、燃料の消費が抑えられる(燃費アップ)ので、燃費削減効果が期待されます。停止位置が決ったら、早めにアクセルから足を離して、エンジンブレーキで減速しましょう。また減速した時、坂道を下る際にはエンジンブレーキで減速しましょう。
- 4 エアコンの使用を控える**
車内を冷やし過ぎないようにしましょう。
炎天下の車内では、こまめに換気・換風の操作を行いましょう。特に夏場には窓を開けておくことがポイントです。外気温が25℃前後、エアコンを使用すると、12%程度の燃費が削減されます。
- 5 アイドリングストップ**
無用なアイドリングをやめましょう。
10分間のアイドリング(ニュートラルレンジ、エアコンOFFの車内)で、130cc程度の燃料を消費します。特に冬は冷気を取り除くための燃費削減にはアイドリングをやめましょう。
- 6 睡眠運転は適切に**
エンジンをかけたらすぐ出発しましょう。
現在販売されているガソリンエンジン車には睡眠運転モード、車内温度や特別な状況を検知し、走りながら自動的にエンジンが止まるモードがあります。燃費することにより走行時の燃費は高くなりますが、その燃費削減する10%程度の燃費削減効果はありますが、全体の燃費削減効果は低いです。
- 7 道路交差情報の活用**
出かける前に計画・準備をして、渋滞や道路混雑等の情報をチェックしましょう。
1時間のドライブで、道に迷って10分余計に走行すると14%程度の燃費削減に相当します。地図やナビ等を利用して、行き先及び目的地をあらかじめ計画・準備をしましょう。また道路交差情報や渋滞情報を利用して渋滞を避ければ燃料と時間の節約になります。カーナビやカーラジオ等で道路交差情報をチェックして活用しましょう。
- 8 タイヤの空気圧をこまめにチェック**
タイヤの空気圧を適正値(約2.3kg/cm²)に保つこと、極端な高低・変動を避けましょう。
タイヤの空気圧が適正値より0.1kg/cm²(0.5kg/cm²)不足した場合は、市街地で2%程度、郊外で4%程度、それぞれ燃費が増えます。また、安全運転のためにも定期的な点検が必要です。
- 9 不要な荷物は積まずに走行**
不要な荷物を積まないようにしましょう。
100kgの不要な荷物を積むと、3%程度の燃費が増えます。車の燃費は荷物の量に比例します。積む必要のない荷物は、車から下ろしましょう。
- 10 駐車場所に注意**
渋滞などをまねくことから、適法駐車はやめましょう。
交通の妨げになる場所での駐車は交通渋滞を発生させ、平均速度が時速40kmから時速20kmに落ちると、31%程度の燃費削減に相当すると考えられています。

エコドライブ普及連絡会
(警察庁, 経済産業省, 国土交通省, 環境省)

本日の「まちべん」の目標

- **エコドライブの疑問を解決**
 - 本当に効果があるの？
 - どんな運転をしたら効果的なの？
 - 他のドライバーの迷惑にならないの？

うん、エコドライブをはじめよう！
- **意見交換：豊田市でのエコドライブ**
 - 豊田市での普及推進
 - こんな研究の視点が良い

発表の流れ

- 1) エコドライブの理論：
 - 自動車工学の理論に基づく効果的なポイント

- 2) 実車両を用いた実証試験：
 - 路上走行試験
 - シャシーダイナモ試験

- 3) 交通流全体のエコドライブ評価：
 - コンピューター上のシミュレーション

1) エコドライブの理論

- 重りを持ち上げる仕事

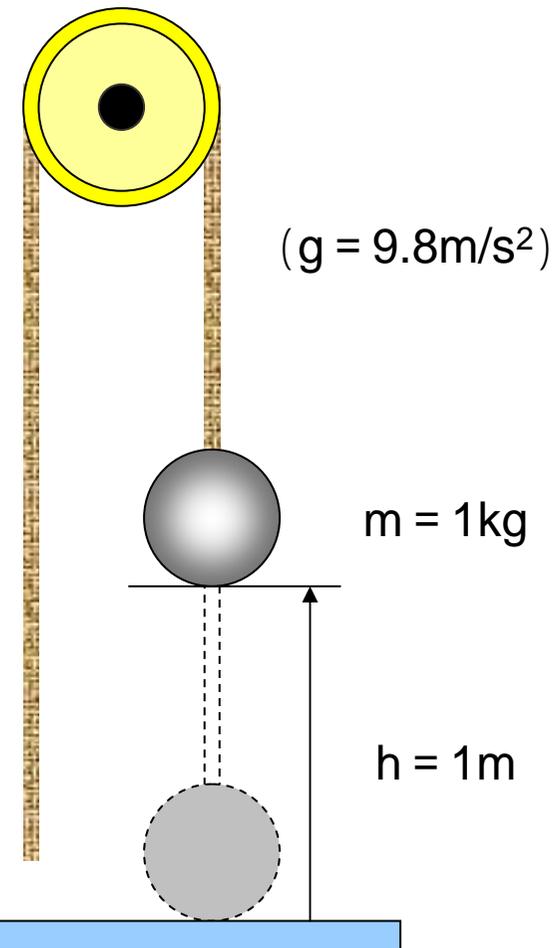
$$\begin{aligned}\text{仕事 } W(\text{J}) &= m \cdot g \cdot h \\ &= 9.8(\text{J})\end{aligned}$$

- 必要な燃料(電力)は

$$\text{燃料(電力)} = \text{仕事} / \text{効率}$$

乗用車用ガソリンエンジンの
エネルギー効率: 10 ~ 20%

自動車は、エネルギー効率の悪い乗り物



簡単な自動車の運動力学

- 車の走行に作用する3つの力(抵抗)



- 車の特性・走行状態から作用する力を計算し、
走行に必要なエネルギーを算出 運転特性の指標

$$\text{走行に必要なエネルギー} = \text{作用する力} \times \text{走行距離}$$

走行エネルギーの算出

- 1秒毎の走行抵抗 R (N),車速 V (m/s),仕事率 P (W)

$$P = (R_r + R_l + R_a) \cdot V$$

$$R_r = \mu_r \cdot m \cdot g$$

$$R_l = \mu_a \cdot A \cdot V^2$$

$$R_a = (m + \Delta m) \cdot \alpha$$

- ・車重 m (kg): 1,000(kg) + 55(kg/人)
- ・転がり抵抗 μ_r : 0.013(-)
- ・空気抵抗係数 μ_a : 0.211(kg/m³)
- ・前投影面積(m²): 車幅(m) × 車高(m) × 0.85
- ・回転部分相当質量 m (kg): m (kg) × 0.035
- ・加速度 α (m/s²): $(V(t+1) - V(t-1)) / 2$
(無風,平坦,大気の標準状態を仮定)

- 1走行あたりに必要なエネルギー W (J)
 - 正の仕事率のみを走行時間 T (s)で積分

$$W = \sum_{t=0}^T P(t) dt \quad \text{ただし, } P(t) < 0 \text{ のとき } P(t) = 0$$

理想的な走行パターンを用いた検討

パターン1

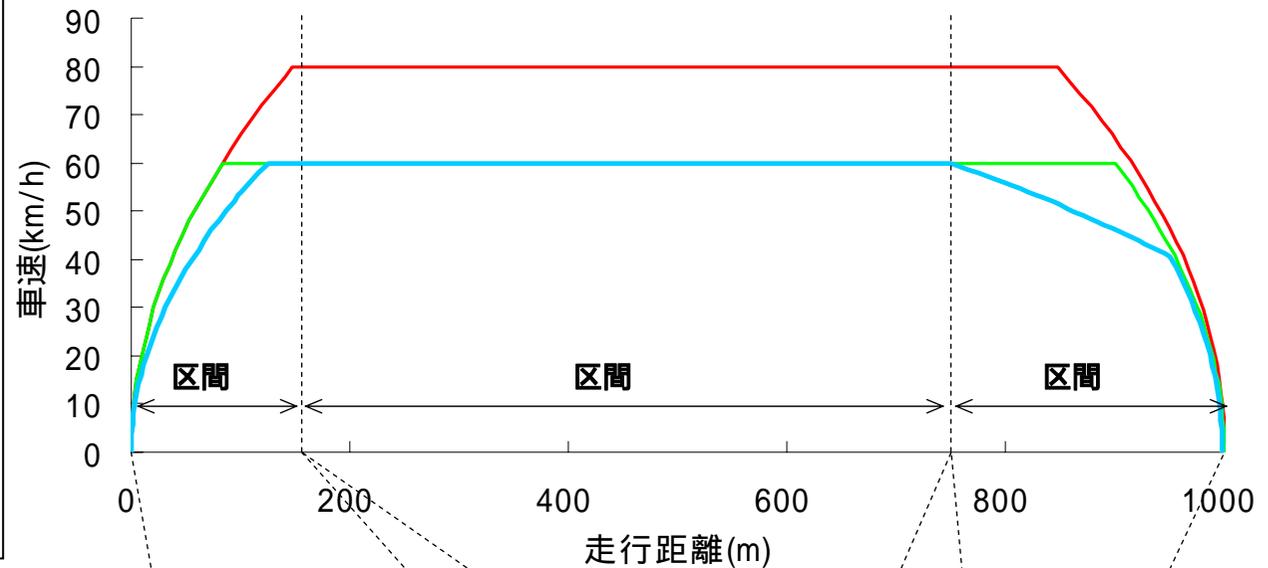
- ・急な加速 (6km/h/s)
- ・等速走行 (80km/h)
- ・惰性走行のない減速

パターン2

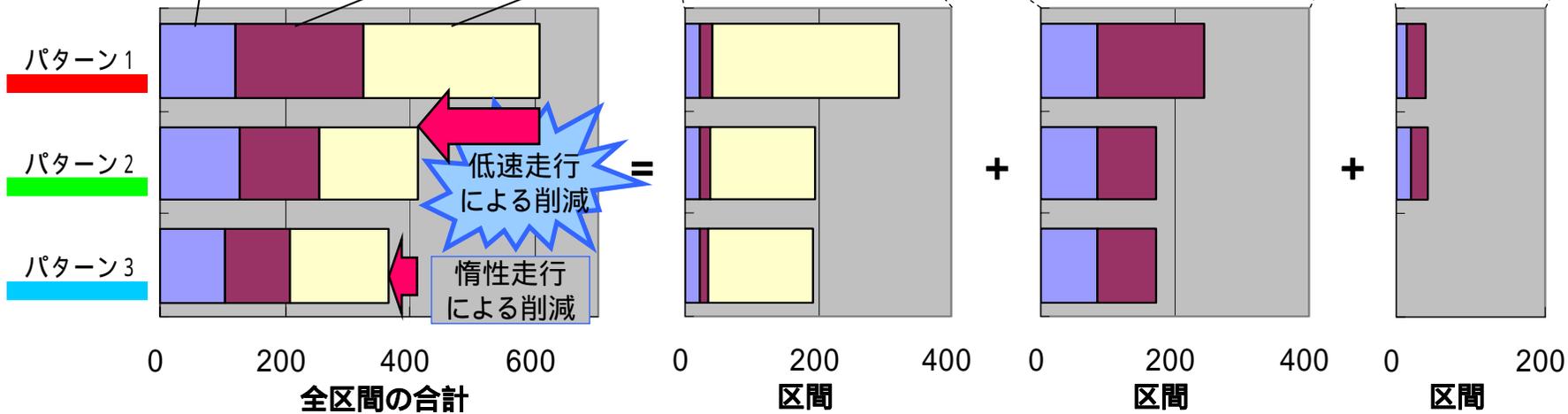
- ・急な加速 (6km/h/s)
- ・等速走行 (60km/h)
- ・惰性走行のない減速

パターン3 (オススメエコドライブ)

- ・普通の加速 (4km/h/s)
- ・等速走行 (60km/h)
- ・早めのアクセルオフ (惰性走行)



転がり抵抗、空気抵抗、加速抵抗に対して必要なエネルギー



走行に必要なエネルギー (kJ)

エコドライブの理論のまとめ

● エコドライブのポイント

1. 制限速度を守って、等速走行を心がける

効果大

- 最高速度を控えめにすることで、燃費が大幅に向上します。
- 目標の速度に近くなったら、アクセルを緩めて、一定の速度で走行して下さい。

2. 交通の流れを予測して、アクセルを早めに緩める

効果中

- 前方の信号や車の流れを予測し、早めにアクセルを緩めて惰性走行を行いましょ。
- 車両が持っている運動エネルギーを有効に使用することができます。

2) 実車両を用いた実証試験

- 路上走行試験

- エコドライブのポイントを実践
- エコドライブ効果を計測
- 効果の裏付け

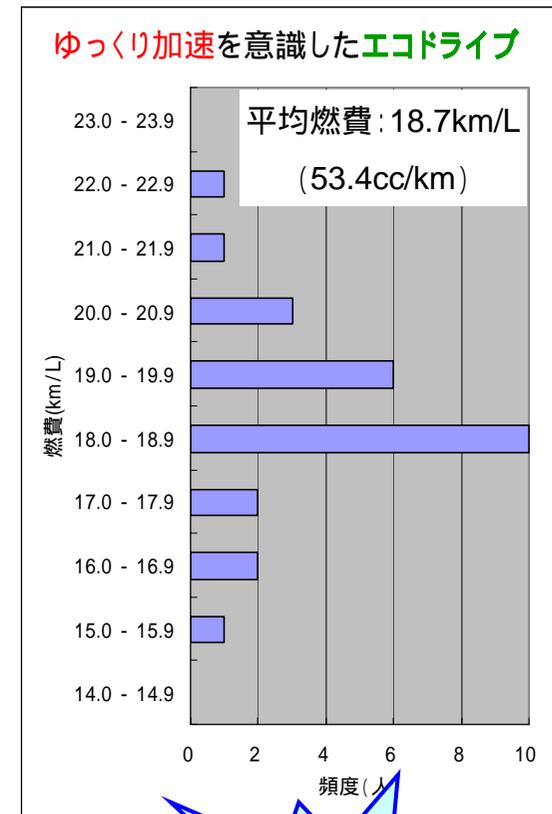
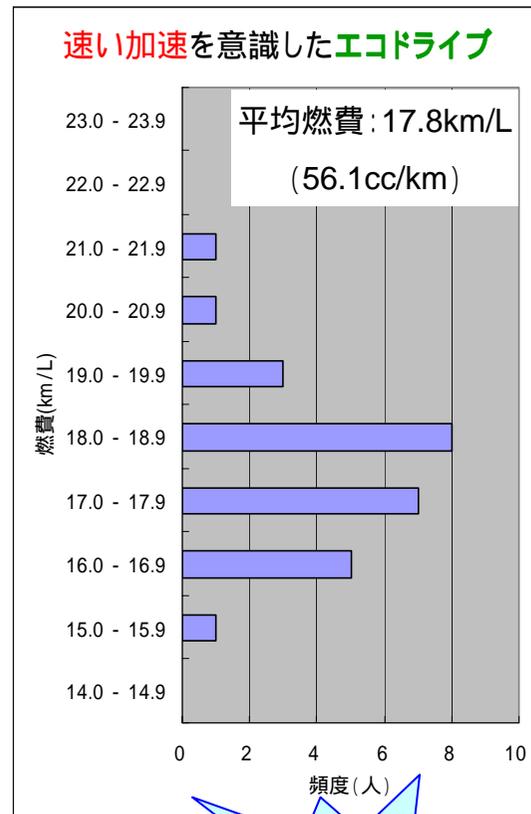
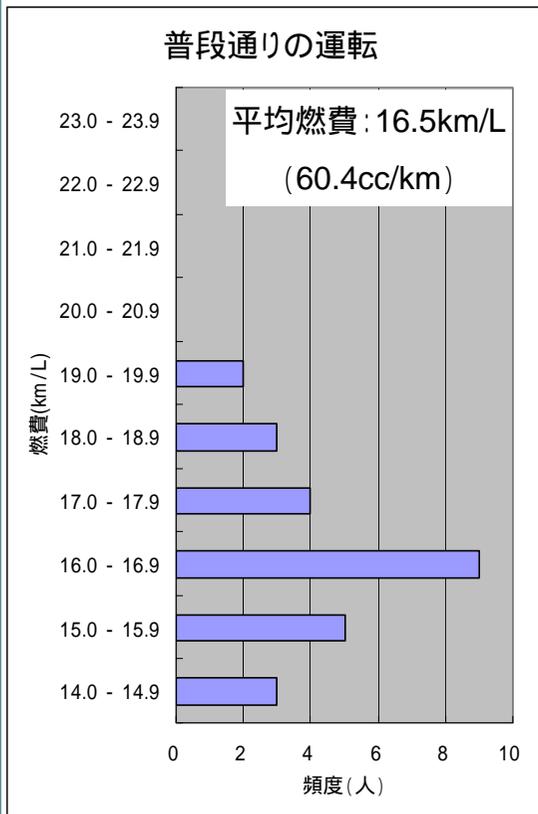
- 概要

- 約5.2kmの一般道コース
- 26名(2日間)参加

調査のポイント

- 口頭指示のみ
 - 指導員は同乗しない
 - わかりやすく誰でもできる？
- 運転方法(一人3回走行)
 - 普段通りの運転
 - ゆっくり加速を意識したエコドライブ
 - 速めの加速を意識したエコドライブ

路上走行試験の結果

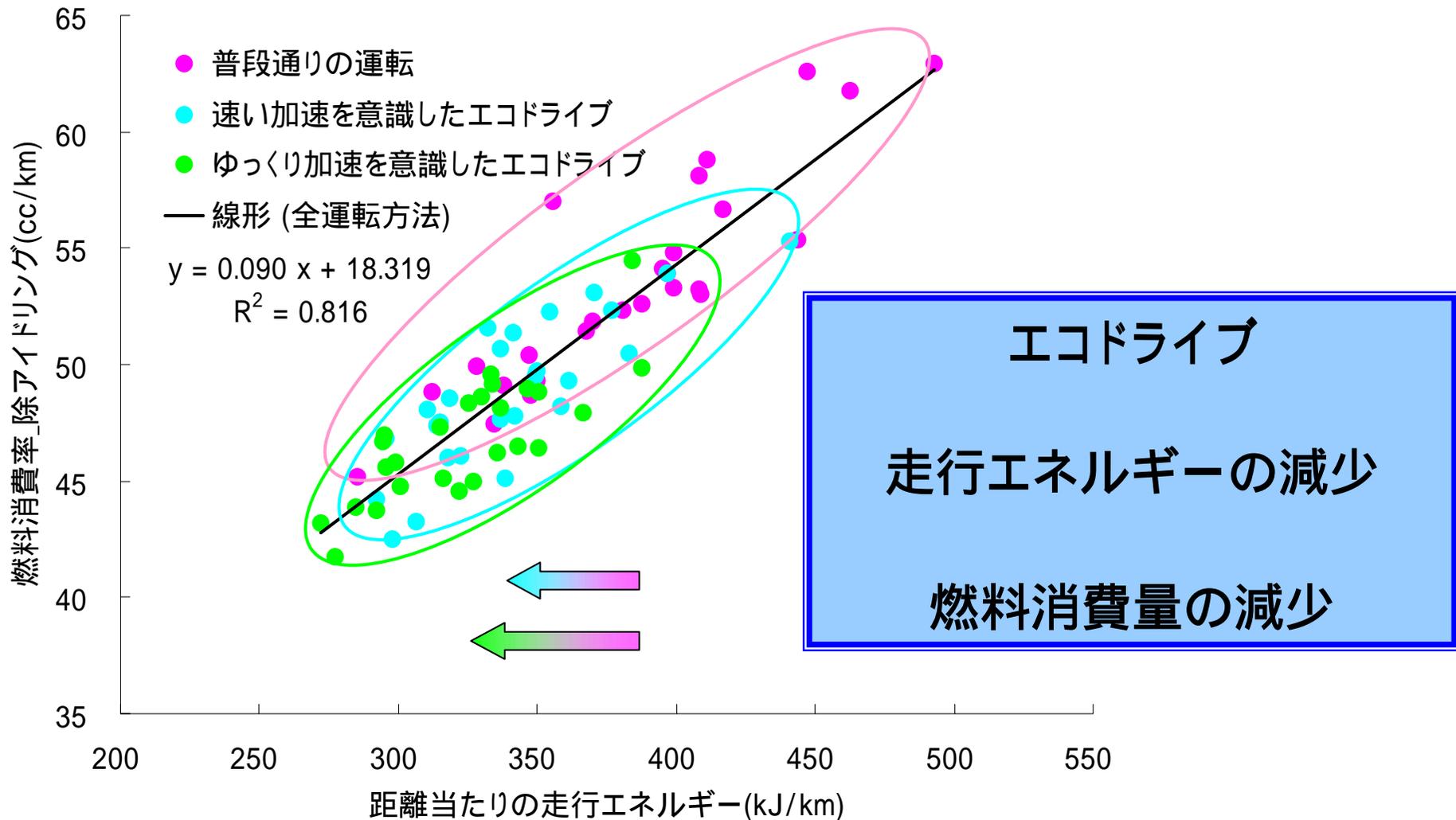


燃料削減率
(26名の平均)

7.1%

11.6%

走行エネルギーと燃料消費の関係



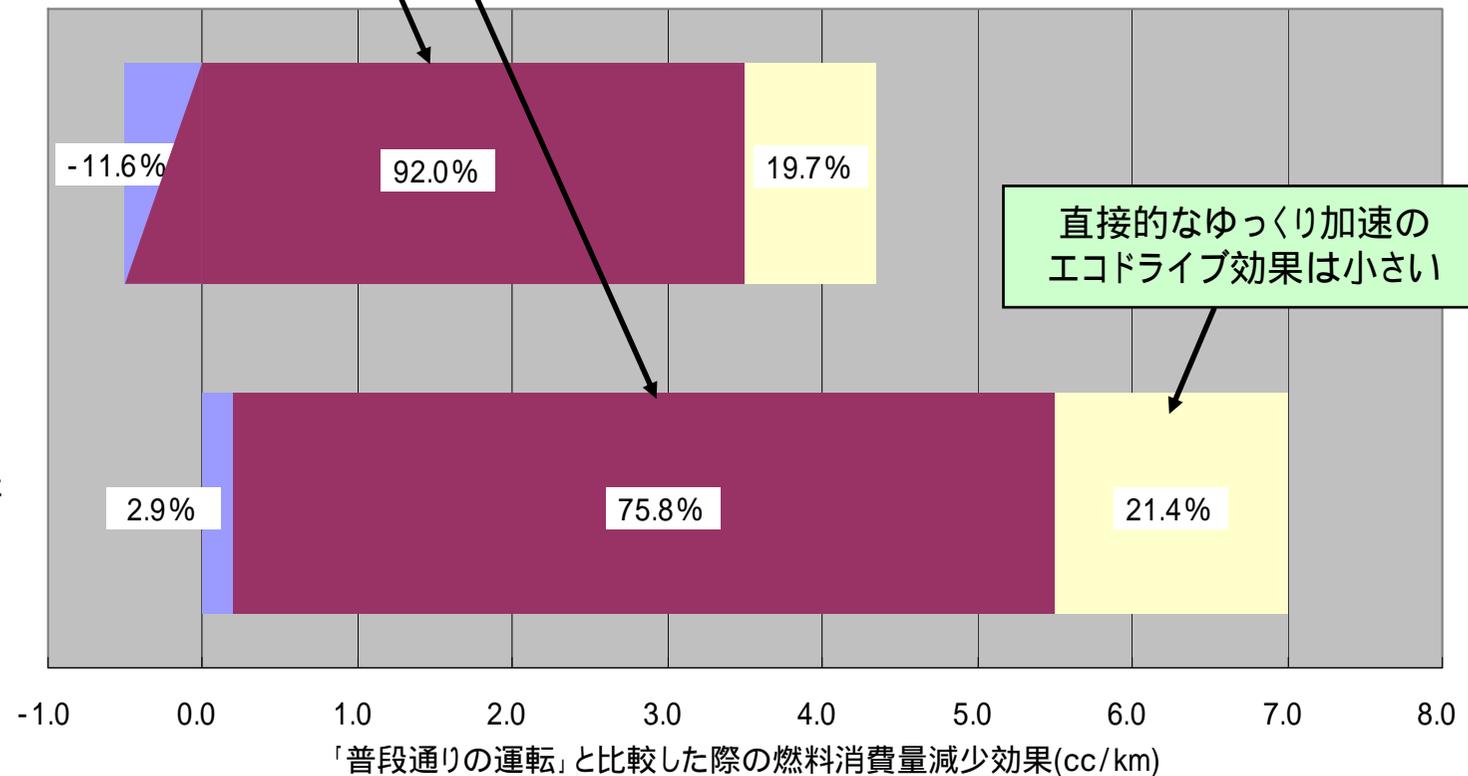
エコドライブ効果の内訳

走行速度の抑制, 早めのアクセルオフの効果が大きい

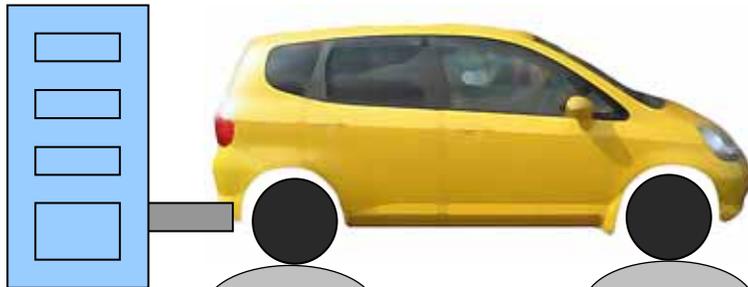
- 停止時間減少による効果
- 走行エネルギー減少による効果
- その他の効果

速い加速を意識した
エコドライブ
(削減効果7.1%)

ゆっくり加速を意識した
エコドライブ
(削減効果11.6%)

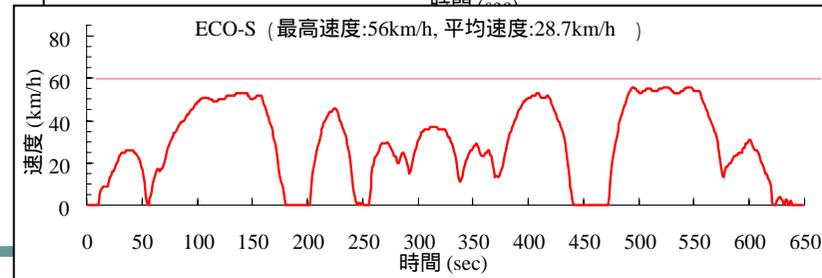
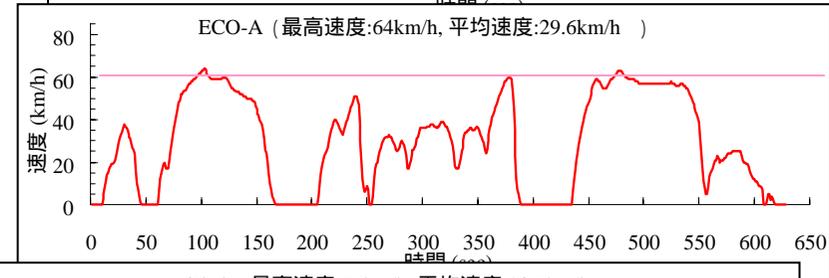
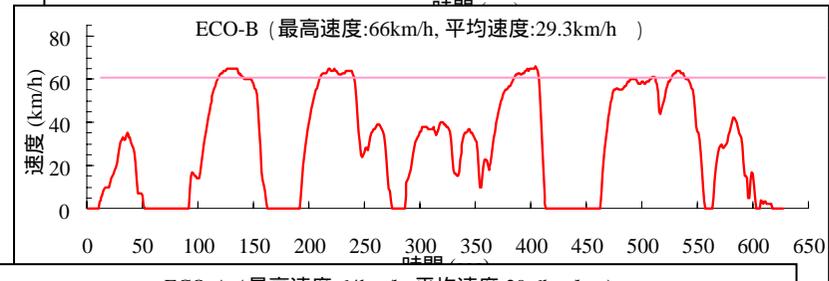
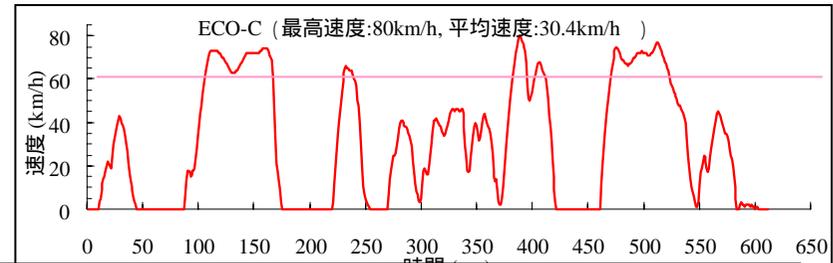


シャシーダイナモ試験

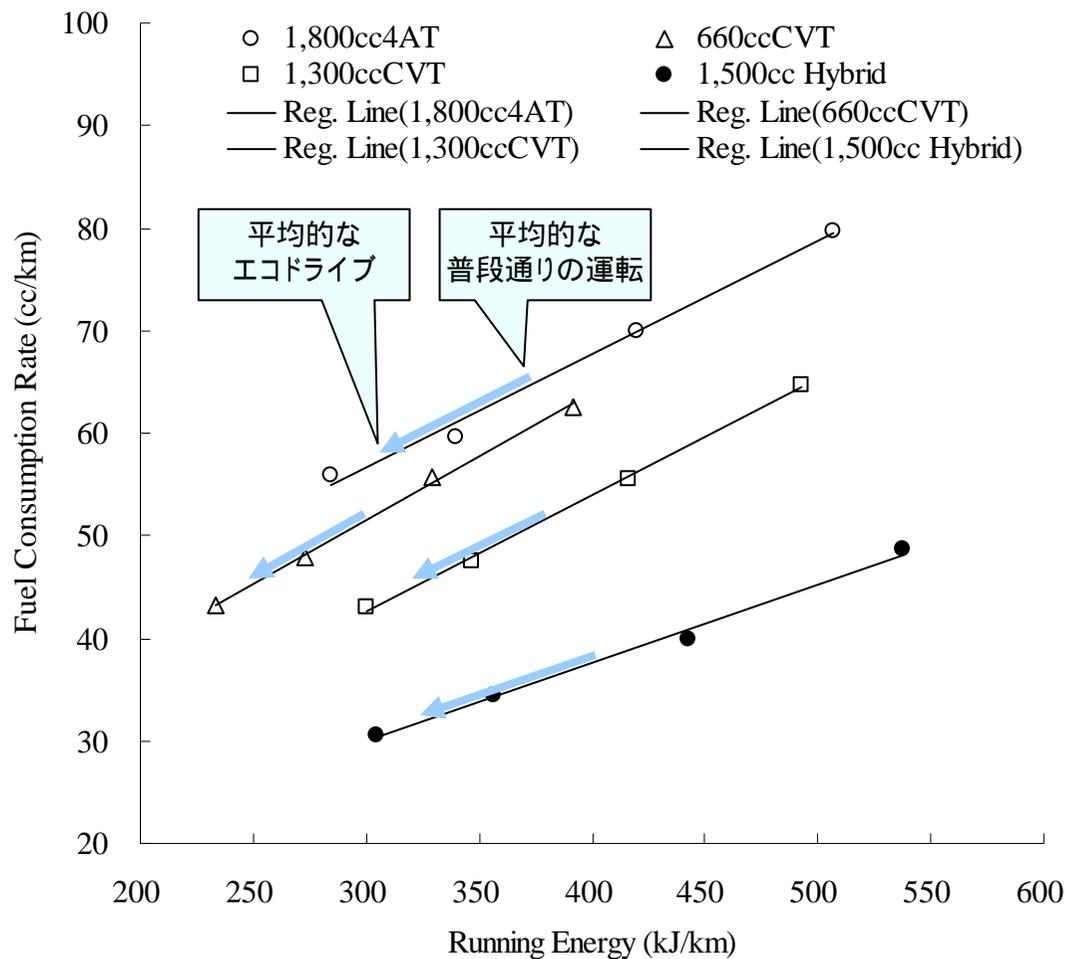


シャシダイナモ設備

- シャシダイナモ設備
 - 実環境走行を再現
 - 燃費、排ガスを計測
- エコドライブ試験モード
 - 走行エネルギーをエコドライブ達成度の指標として、4つの走行パターンを作成
 - 複数の車種について、エコドライブ効果を計測



エコドライブ試験モード結果(ホットスタート)



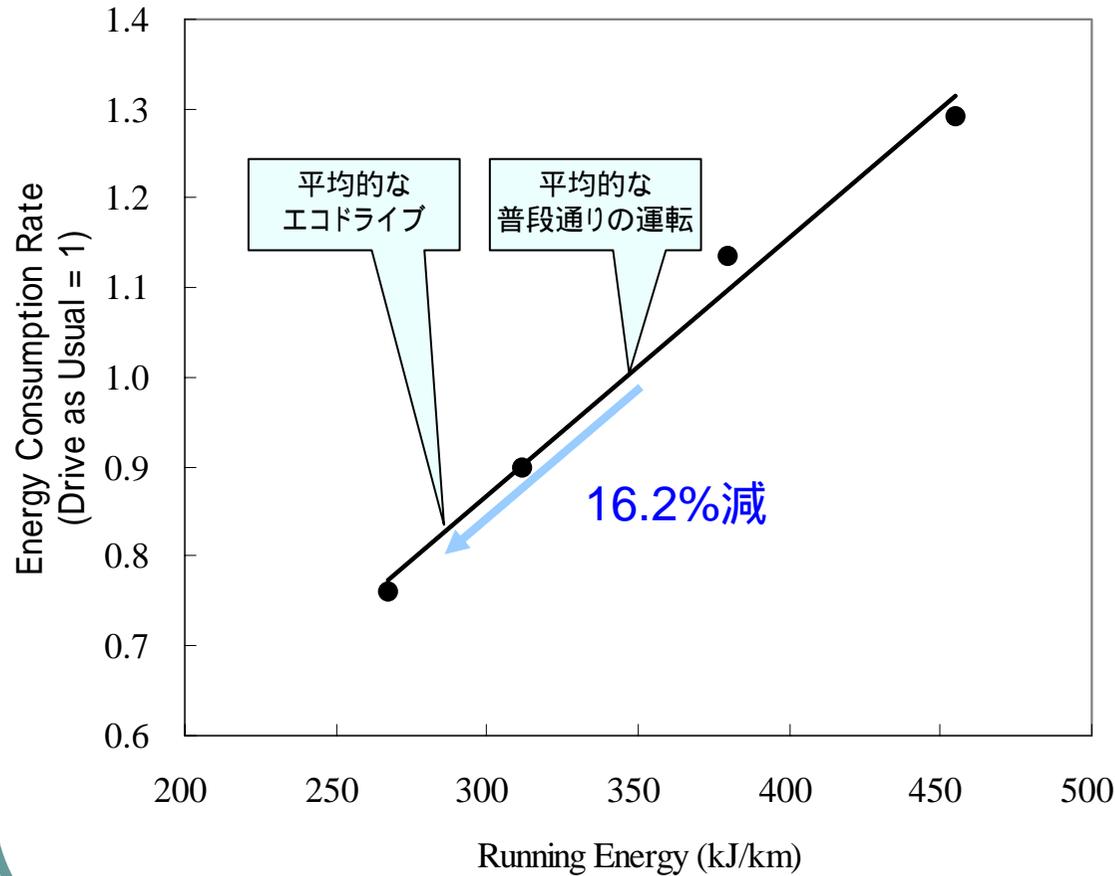
- 単位距離当たりの走行エネルギーと燃料消費率: 良好な直線関係

- エコドライブ普及効果の推定

- 1,300ccCVT: 12.2%
- 660ccCVT: 12.0%
- 1,800cc4AT: 10.9%
- 1,500ccHEV: 12.6%

- 車種を問わず、少ない走行エネルギーで運転するエコドライブが有効

エコドライブ試験モード結果(次世代EV)



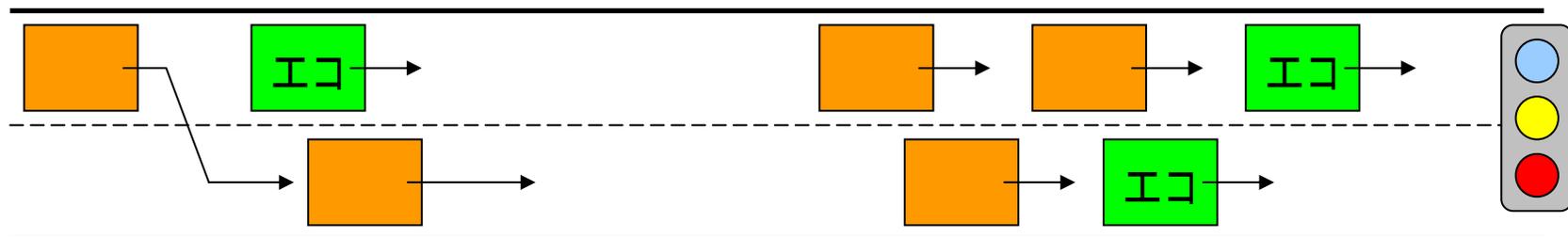
常に高い効率で稼働する車両ほど、少ないエネルギーで走行するという考え方は重要

実車両を用いた実証試験のまとめ

- 路上走行試験
 - 制限速度を守る。早めのアクセルオフというエコドライブのポイントは、実際の道路でも効果がある。
- シャシーダイナモ試験
 - エコドライブのポイントは車種を問わず効果がある。
 - EVでは、効果が大きい。
 - 低炭素車両が普及した場合にも、エコドライブは重要な視点

3) 交通流全体のエコドライブ評価

- 交通流の中で、エコドライブを実施する車両が混入すると、他の車両も含めた交通流全体に、どのような影響を与えるのか、
- 交通流シミュレーションを用いて定量的に評価する。



交通流シミュレーションを用いた検討



シミュレーションの設定と評価方法

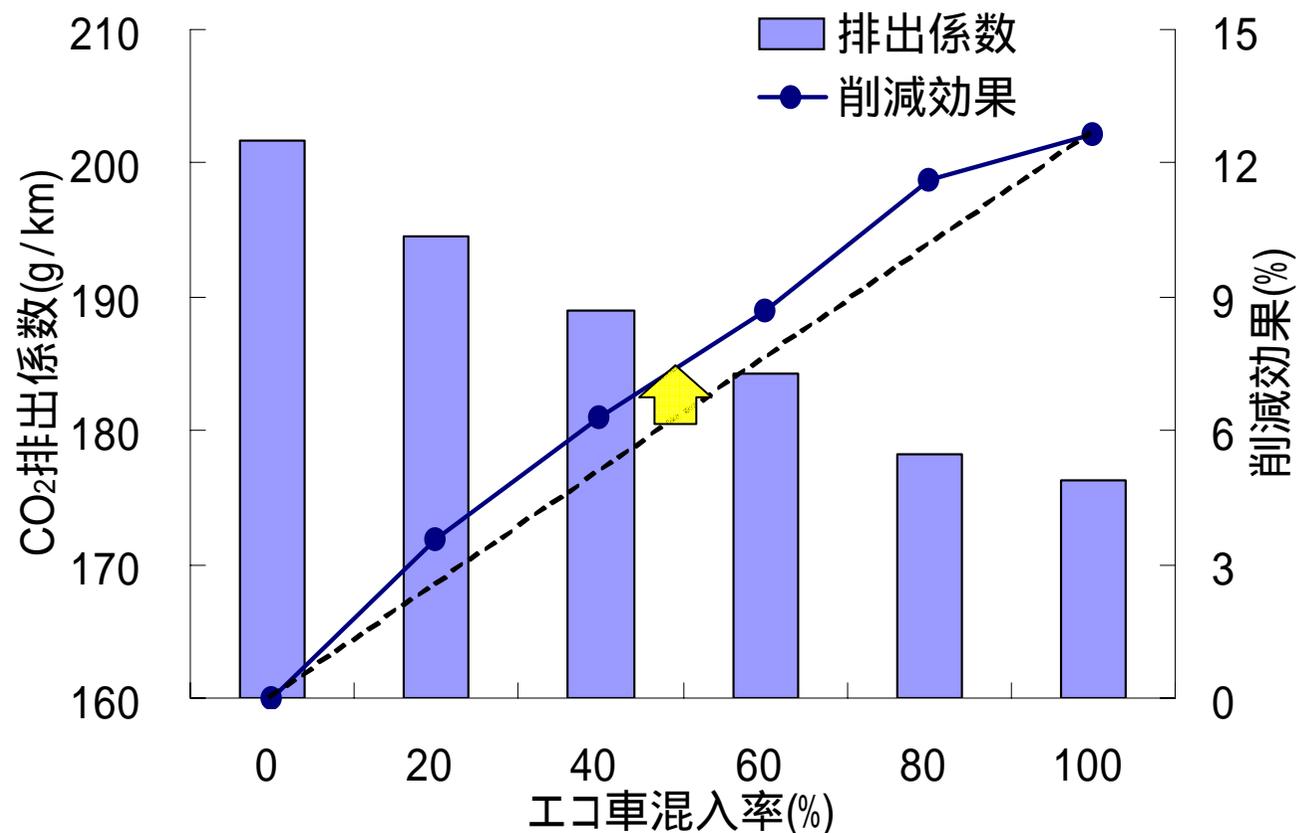
● 車両タイプ(運転挙動)の設定

車両タイプ	エコ車	非エコ車
最高速度	55.0 ~ 58.3km/h(25%)	65.0 ~ 68.3km/h(25%)
の分布	58.3 ~ 61.7km/h(50%)	68.3 ~ 71.7km/h(50%)
(出現確率)	61.7 ~ 65.0km/h(25%)	71.7 ~ 75.0km/h(25%)
加速方法	発進5秒後, 時速30kmに 到達する加速パターン (最高加速度: 8km/h/s)	
減速方法	減速度: -5km/h/s 一定	

● 評価の方法

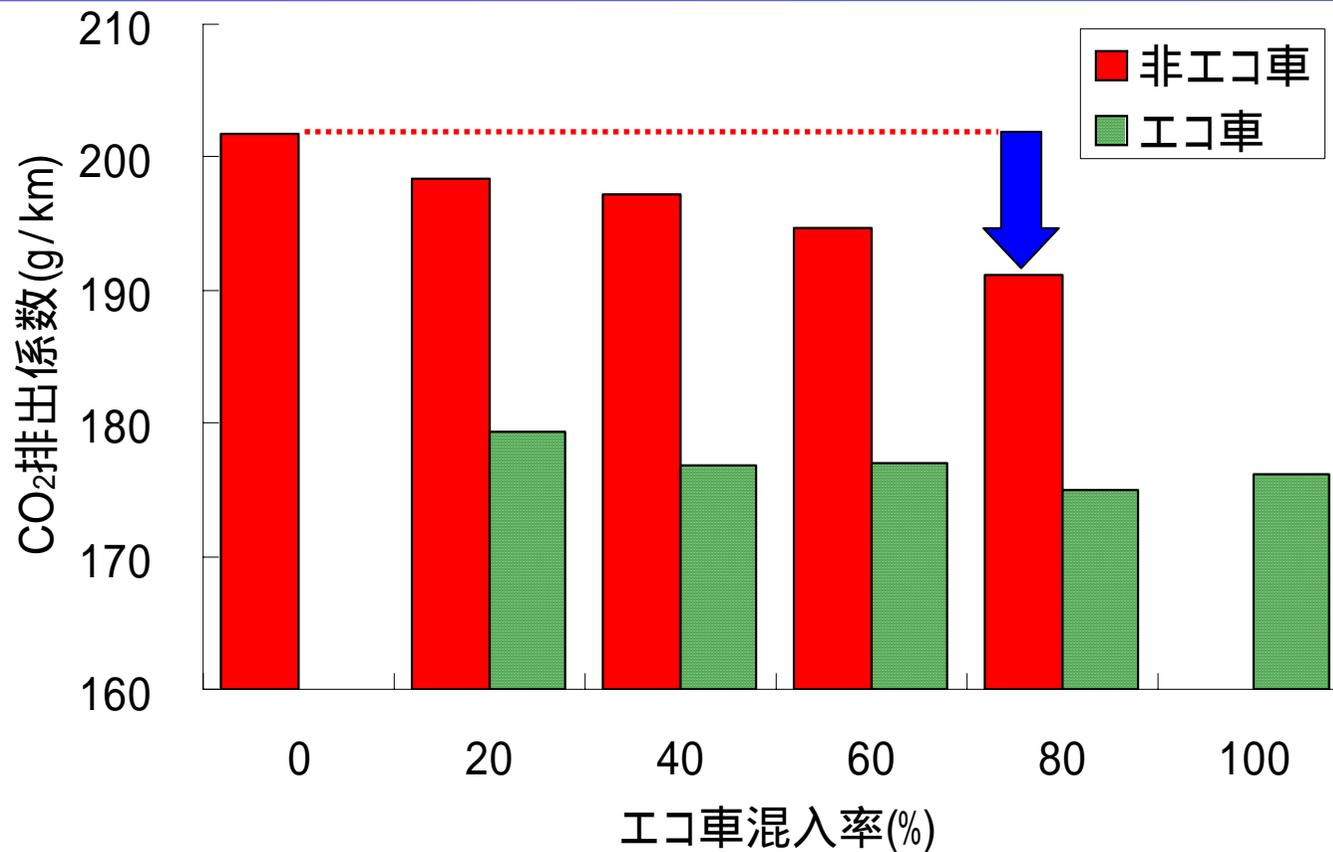
- 評価時間: 60分間(30分 ~ 90分)
- 対象車両: 区間両端を直進した車両
- エコ車の混入率を0% ~ 100%まで20%刻みに6通りの組合せ

エコ車混入率とCO₂削減効果 (上り方向)



- ✓ エコ車混入率の増加に伴い、CO₂排出係数は減少
- ✓ 上り方向で13%、下り方向で14%のCO₂削減効果
- ✓ 混入率と削減効果はリニアな関係ではなく、混入率以上の効果

車両タイプ別のCO₂排出係数 (上り方向)

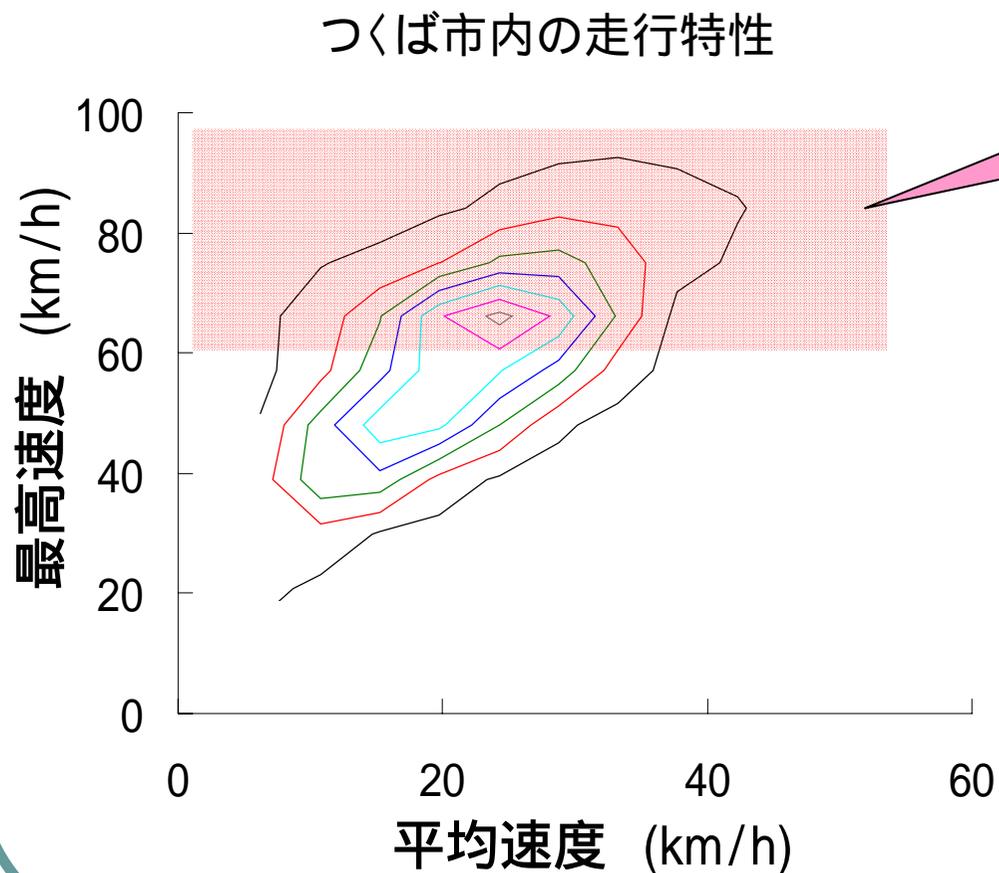


- ✓ エコ車混入率の増加に伴い、非エコ車のCO₂排出係数が減少
- ✓ 混在するエコ車によって最高速度が抑制された波及効果

交通流全体のエコドライブ評価のまとめ

- 交通シミュレーションを活用すると、エコドライブを実施していない車両も含めた交通流全体のエコドライブ効果を推計できる。
- 「制限速度を守る。」というエコドライブ方法は、交通流全体としても削減効果がある。
- エコドライブ車両の混入率増加がすると、エコドライブを実施していない車両にも削減効果が波及する。
- (追加) 交通量が多い場合、ゆっくり加速を行うと青信号時間内に通過できる交通量が減るため、CO2排出量を増加させることもある。

エコドライブのCO₂削減余地は



法定速度である時速
60kmを超える走行

つくば市内の走行では、
最高速度が高く、改善の
余地が大きい

豊田市では、・・・。

ご清聴ありがとうございました。

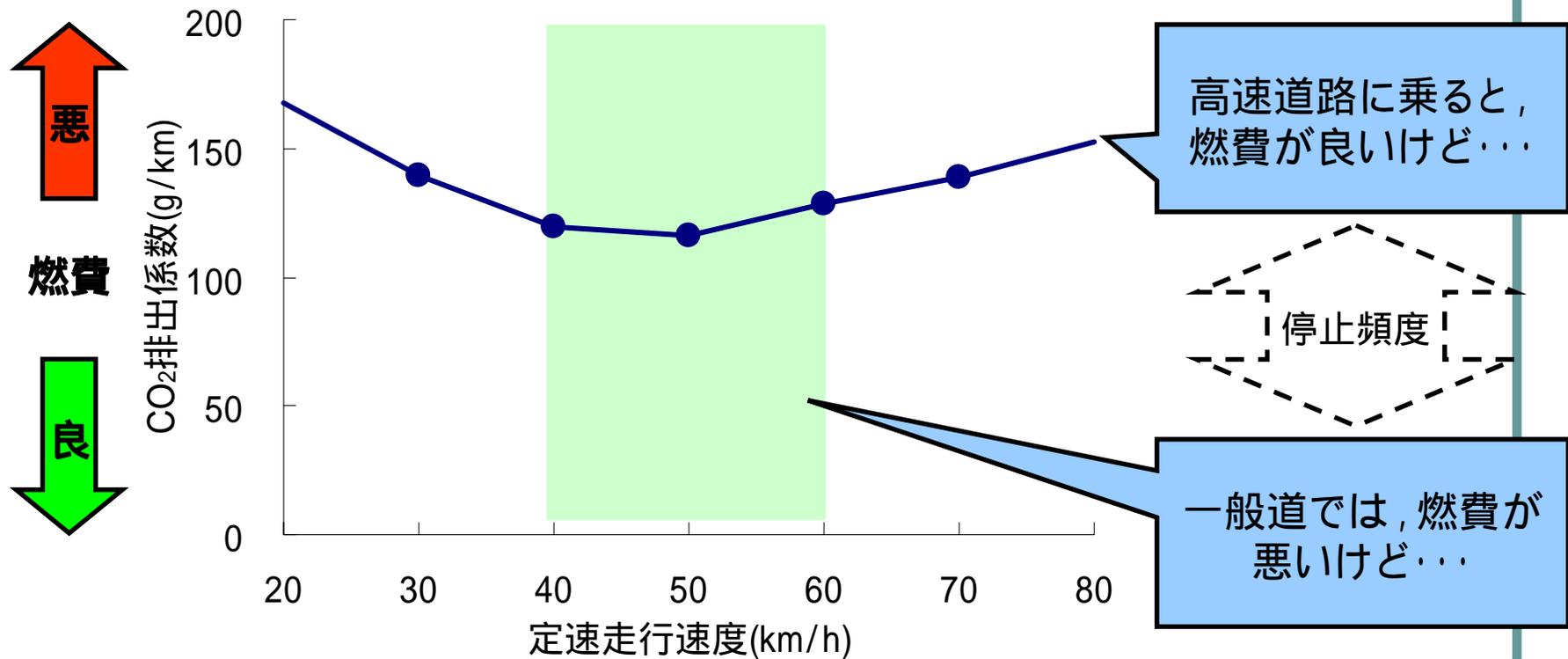
- 本発表は、独立行政法人国立環境研究所で実施した以下の研究成果の一部です。
 - 特別研究「身近な交通の見直しによる環境改善に関する研究」(H17-19年度)
 - 奨励研究「交通流シミュレーションを用いたエコドライブ普及施策の評価に関する研究」(H20年度)

補足資料

0) 時速何キロで走ると燃費が良い？

定速走行での燃費

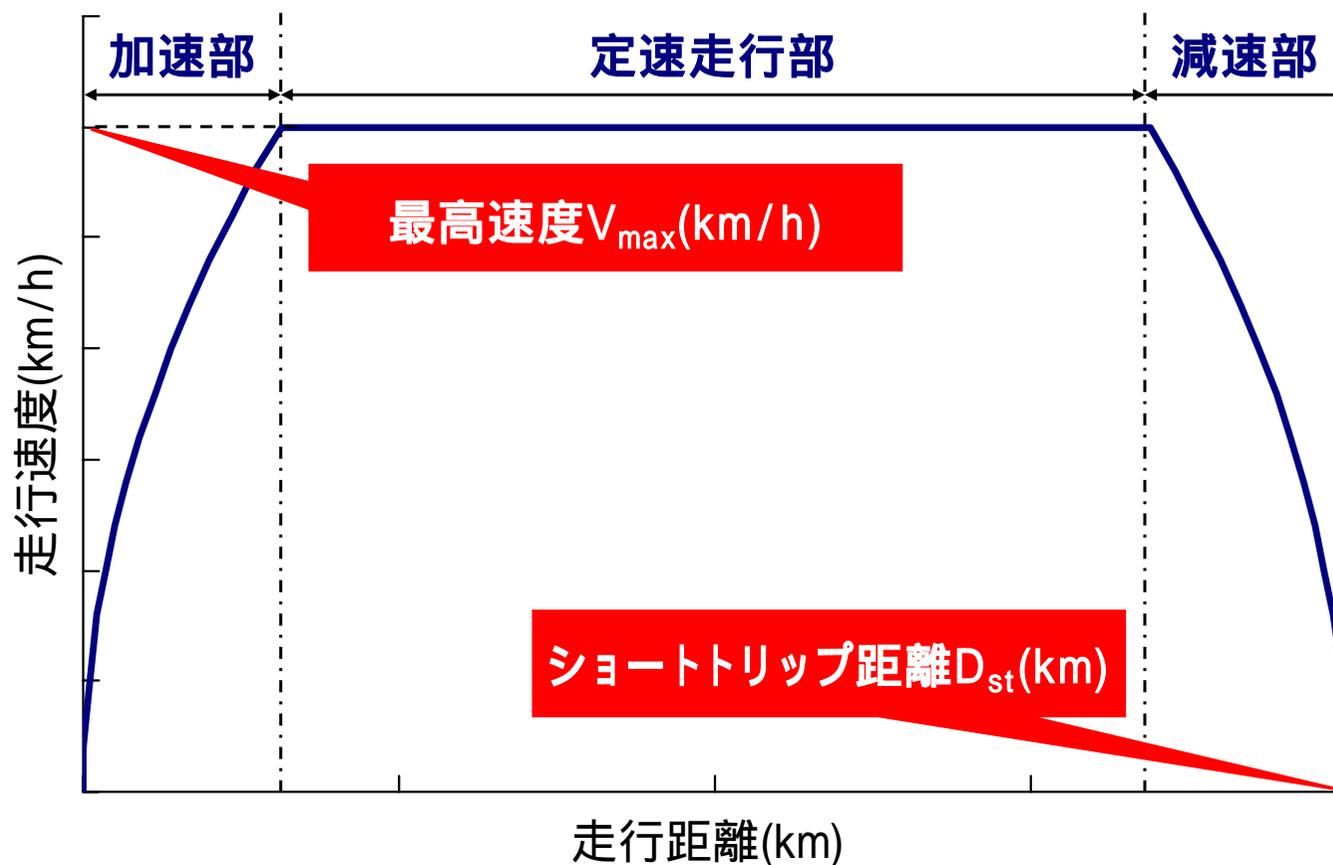
定速走行での燃費(km/L) CO₂排出係数(g/km)



- 日本の乗用車は、時速40～60kmで燃費が良い。
- 最近では、時速40kmで燃費の良い車種が多い可能性あり。

0) 時速何キロで走ると燃費が良い？

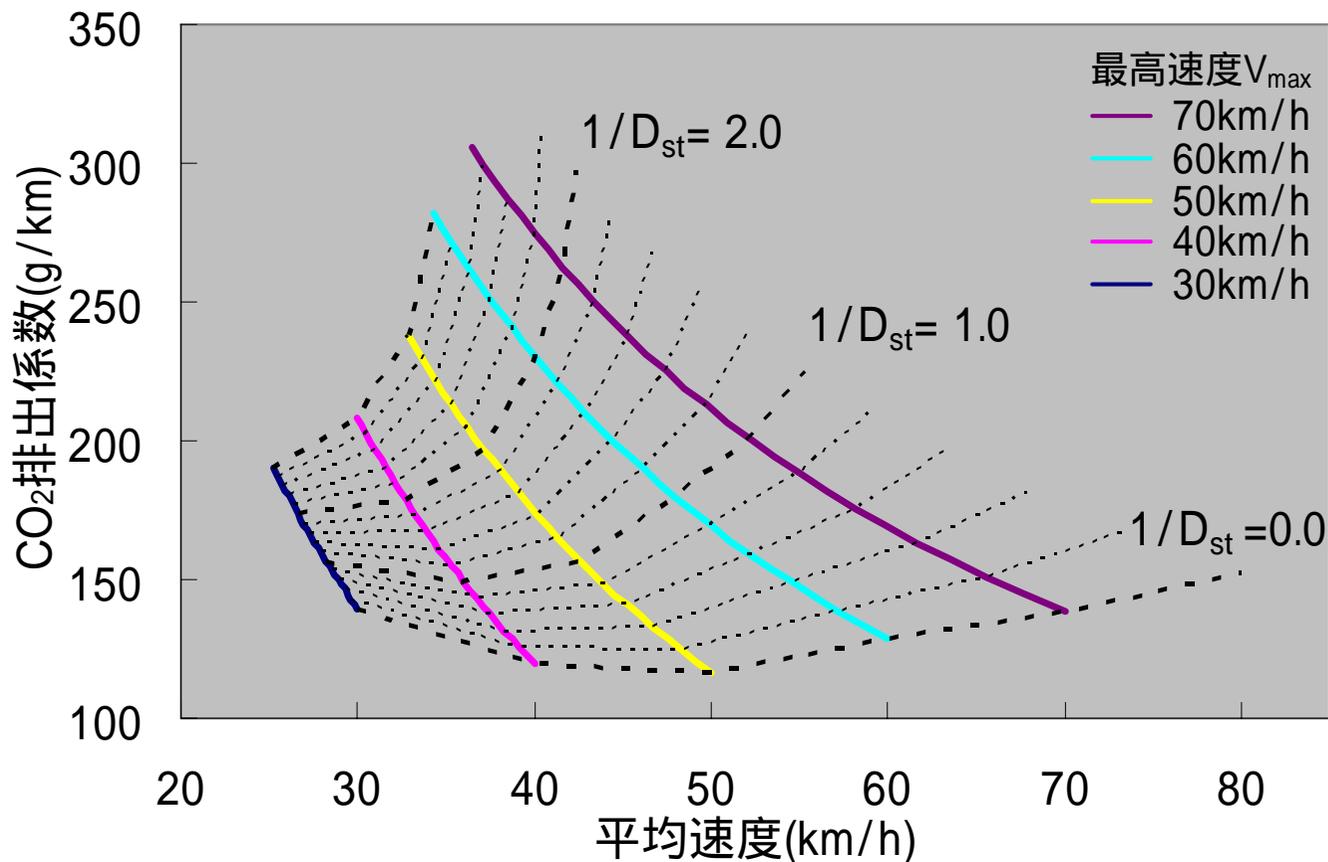
想定する走行パターン



- 加速 定速走行 減速を繰り返すショートトリップ(停止なし)
- **最高速度**と**ショートトリップ距離**を変え, CO_2 への影響を検討

0) 時速何キロで走ると燃費が良い？

平均速度とCO₂の関係



- 停止頻度が高くなると、平均速度は低下し、CO₂は増加
- 最高速度を低くすると、平均速度は低下するが、CO₂は減少

本来ならば、停止時間を含んだ検討が必要