

# 商用車プローブデータを用いた 大型車の登坂性能に関する実証的研究

野中 康弘<sup>1</sup>・石田 貴志<sup>2</sup>・大口 敬<sup>3</sup>・三浦 嘉子<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社 道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル)  
E-mail: y\_nonaka@doro.co.jp

<sup>2</sup>正会員 株式会社 道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル)  
E-mail: t\_ishida@doro.co.jp

<sup>3</sup>フェロー会員 東京大学生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)  
E-mail: takog@iis.u-tokyo.ac.jp

<sup>4</sup>非会員 株式会社富士通交通・道路データサービス (〒105-7123 東京都港区東新橋1-5-2 汐留センター)  
E-mail: y-miura@jp.fujitsu.com

道路の階層区分において、高速道路はトラフィック機能に卓越した最上位の階層に位置づけられる。高速道路は緩やかな平面線形と縦断線形の組合せにより、高速走行が担保されるよう計画・設計される。しかし、山岳地域のように大きな縦断勾配を採用せざるを得ない区間では、大型車の高速走行が難しくなることから、登坂車線が設置される。一方で、道路構造令の解説と運用には、登坂性能に関する記述がみられるが、大型車の走行性能も日々進化しており、この登坂性能曲線がどの程度実態を捉えているかは定かではない。また、道路の走行性能を照査するためには、様々な道路構造条件下において、いかなる走行状態が実現するかを推定するための実態調査の知見の蓄積も重要である。そこで、本研究では商用車プローブデータを活用して、高速道路の登坂区間における走行実態を分析するとともに、既存の登坂性能曲線と比較考察する。

**Key Words :** hill-climbing performance, heavy vehicle, commercial vehicle probe data

## 1. はじめに

道路の階層区分において、高速道路はトラフィック機能に卓越した最上位の階層に位置づけられる。高速道路は緩やかな平面・縦断線形の組合せにより、高速走行が担保されるよう計画・設計される。しかし、山岳地域のように大きな縦断勾配を採用せざるを得ない区間では、大型車の高速走行が難しくなることから、登坂車線が設置される。一方で、道路構造令の解説と運用には登坂性能に関する記述がみられるが、大型車の走行性能も日々進化しており、この登坂性能曲線がどの程度実態を捉えているかは定かではない。また、道路の走行性能を照査にあたっては、様々な道路構造条件下における走行状態を推定するための実態調査の知見の蓄積も重要である。

そこで、本研究では(株)富士通交通・道路データサービスが保有する商用車プローブデータを活用して、高速道路の登坂区間における走行実態を分析するとともに、既存の登坂性能曲線と比較考察する。

## 2. 分析方法

### (1) 対象区間・期間

本研究では、中国道(下)美祢IC～美祢西ICの約13.5kmうち、498.5～503.5kpの5kmを対象とする(図-1)。そのうち、499.4～501.5kpの2.1kmで登坂車線が設置されており、縦断勾配は+5.0%、設計速度・規制速度はともに80km/hとなっている。

また、対象期間は平成26年10～11月の2ヶ月間とする。



図-1 対象区間位置図

(2) 地点速度変動図の作成

登坂区間における走行実態を分析するため、(株)富士通交通・道路データサービスが保有する商用車プローブデータより、地点速度変動図を作成する。当該データの内容は、車両総重量7t以上、最大積載量4t以上の車両に装着が義務化されているタコグラフ（富士通製タコグラフは中型車以下の車両にも搭載されている）より抽出できるものが主であり、モバイル通信を通じて富士通データセンターに集約される。そのうち、本研究では「区間詳細分析データ」として1秒単位の点列データを使用する。なお、データはGPS緯経度座標で管理されていることから、「高速道路KP・経緯度対応テーブル」に基づいて、10m刻みのKPに変換（マップマッチング）し、KPベースで管理・分析を行う。また、対象とする5.0kmの通過時間より旅行速度を算出する。

次に、データ区分について述べる。富士通製タコグラフは、ETC車載器と連携するものがあり、これから取得した料金所通過履歴情報より料金車種区分を把握することが可能である。具体的には、軽自動車、普通車、中型車、大型車、特大車の5区分である。また、ドライバーの申告（押釦）により実車と空車を知ることができる。ただし実車の場合、その積載状況は不明であること、実車・空車ともドライバーの申告であるため誤りの可能性があることに注意が必要である。本研究では、車種と実車・空車を区分して分析する。その他、データには「車両ユニークID」が付与されている。これを用いることで、同一車両における実車・空車別速度変動を比較分析する。

(3) 速度勾配図の作成

個々の車両の登坂性能を比較分析するため、「道路構造令の解説と運用（平成16年2月）」<sup>1)</sup>を基に速度勾配図を作成する。作成手順を以下に示す。

a) 対象車両の性能諸元整理

「道路構造令の解説と運用」<sup>1)</sup>に従い、普通トラックを対象とする。なお、ここでいう普通トラックとは、国産普通トラックであり、その平均性能0.76W/N（10PS/t）を考える。普通トラックの性能諸元を表-1に示す。

表-1 普通トラックの性能諸元

項目	諸元
トンあたり馬力	10PS/t
ギアの段数	4速
各ギアの効率とギアの最速	Low 80% 15km/h
	2nd 85% 25km/h
	3rd 85% 45km/h
	Top 90% 80km/h
空気抵抗系数	0.0035
車両前面投影面積	6.2m <sup>2</sup>
車両総重量	14000kg
ころがり抵抗系数	0.01

※「道路構造令の解説と運用（平成16年2月）」を基に作成

b) 置換勾配図の作成

実際の縦断線形には、縦断曲線が挿入されている。そのため、縦断曲線部の勾配については、「道路構造令の解説と運用」<sup>1)</sup>に示されている方法を採用し、縦断曲線長と無関係に置換勾配を設定する。具体的には、縦断曲線を4等分し、両端の1/4の区間は前後勾配区間に組み入れ、中央の2/4の区間は前後勾配の代数平均値に等しい勾配を有する区間とみなす。

c) 速度勾配図の作成

「道路構造令の解説と運用」<sup>1)</sup>に記載されている式(1)をVに展開した式(2)に、置換勾配図の値を代入することで速度勾配図を作成する。

$$t = \frac{3600}{V_m} h \eta \left\{ 1.2 - 1.3 \left( \frac{V}{V_m} - 0.6 \right)^2 \right\} \quad (1)$$

ここで、 $t$  : 重量当たり駆動力 (N/kN)  
 $V_m$  : 各ギヤにおける最高速度 (km/h)  
 $h$  : 出力重力比 (W/N)  
 $\eta$  : 伝達抵抗 (効率)

$$V = V_m \left\{ \sqrt{ \frac{1.2}{1.3} - \frac{t V_m}{4680 h \eta} } + 0.6 \right\} \quad (2)$$

d) 許容最低速度の確認

「道路構造令の解説と運用」<sup>1)</sup>では、許容最低速度について、設計速度の1/2とすることが明示されている。本研究の対象区間は、設計速度が80km/hであるため、許容最低速度は40km/hである。一方、NEXCO3社が高速道路の設計に用いる「設計要領第四集幾何構造編」<sup>2)</sup>では、設計速度80km/hに対する許容最低速度が50km/hとなっている。対象区間の速度勾配図（例えば図-6）をみると、50km/hを下回る区間に登坂車線が設置されており、計算値が妥当であることが確認できる。

3. 商用車プローブデータの概要

(1) 曜日別プローブ台数

対象区間を通過した商用車プローブ台数は12,809台/2ヶ月である。図-2に示す曜日別平均プローブ台数をみると、平日は237台/日で、休日の158台/日の1.5倍である。

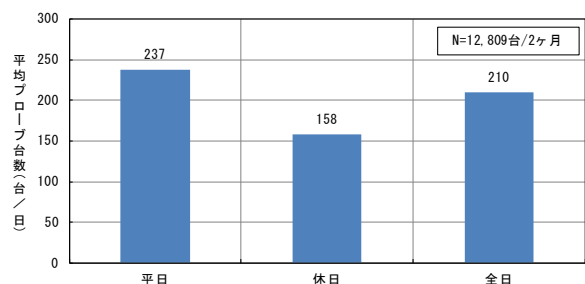


図-2 曜日別平均プローブ台数

## (2) 車種別プローブ台数

分析データの車種別平均プローブ台数を図-3に、車種構成率を図-4に示す。「大型車」は曜日にかかわらず全体の5~6割を占め、「特大車」は数%にとどまる。「中型車」は1割程度存在するが、「軽自動車」は1台も存在せず、普通車も1台2ヶ月のみである。なお、車種が不明なデータが3~4割存在する。

以降の分析では、「大型車」と「特大車」を中心に考察するが、「中型車」+「普通車」（表記は「中型車」とする）も比較参考として併記する。

## (3) 実車・空車別プローブ台数

実車と空車の構成率を図-5に示す。ここでは、「中型車」、「大型車」、「特大車」を合わせた8,551台/2ヶ月のうち、実車と空車が不明な411台/2ヶ月(約5%)を対象外とした上で、構成率を算出する。

全体のうち、実車は91%、空車は9%である。車種別では、「中型車」と「大型車」の空車は8~11%であるのに対し、「特大車」は21%とその割合が高い。「特大車」は積荷の種類が限定されるため、回送による空車走行が多いものと考えられる。

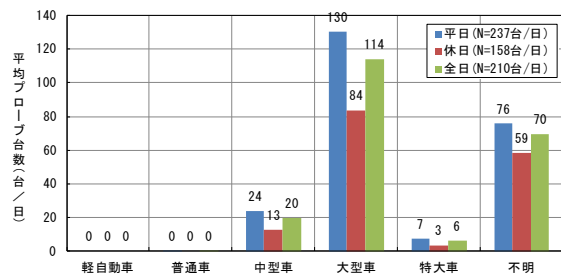


図-3 曜日別車種別平均プローブ台数

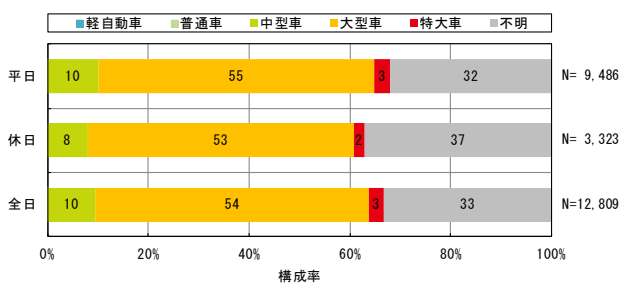


図-4 曜日別プローブ台数の車種構成率

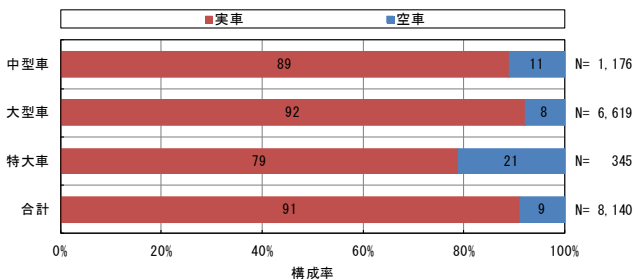


図-5 車種別プローブ台数の実車・空車構成率

## 4. 地点速度変動の車種間比較分析

### (1) 地点平均速度の比較

図-6は、車種別に個々の車両の1秒ごとの瞬間速度を200m区間単位で集計して算術平均したもの（以下、地点平均速度）である。図中の青線は前述の速度勾配図であり、50km/hを下回る区間に登坂車線が設置されている。

各車種の地点平均速度をみると、いずれも登坂車線設置区間において速度低下しており、進行方向の下流に向かうほど速度低下量が大きくなっている。特に「特大車」の速度低下が顕著である。

### (2) 個々の車両速度の比較

個々値の地点速度変動の車種間比較を図-7に示す。

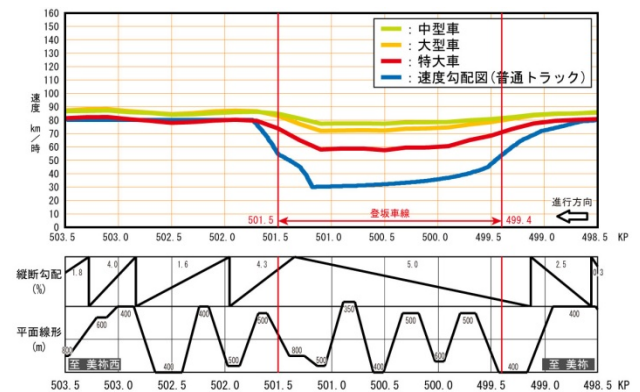


図-6 地点平均速度の車種間比較

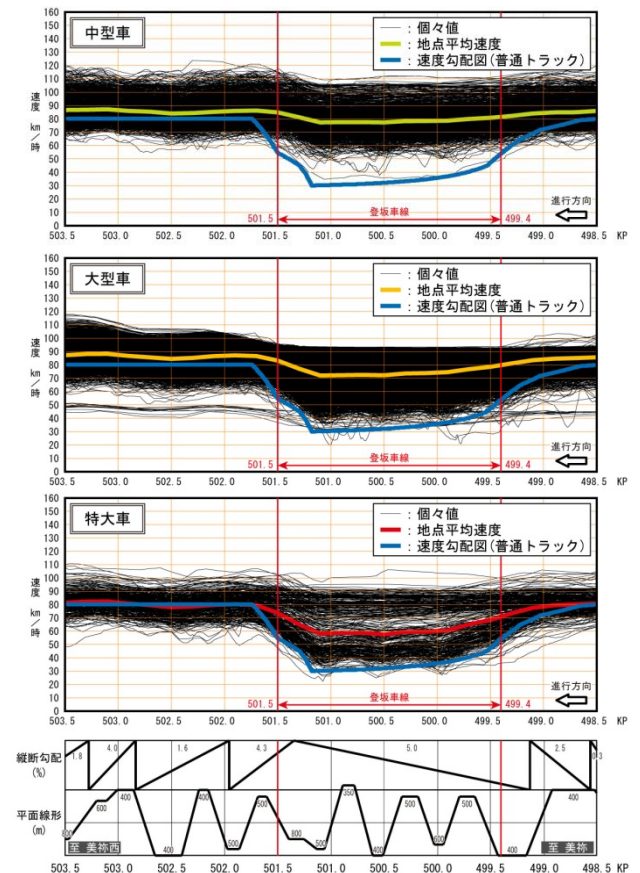


図-7 地点速度変動の車種間比較 (個々値)

登坂車線設置区間の速度勾配図と個々値を比較すると、「大型車」と「特大車」に速度勾配図を下回る車両は少なく、むしろ最低速車両が速度勾配図をほぼトレースしている様子がわかる。一部の速度勾配図を下回る車両について過積載の可能性があるとすれば、速度勾配図は実態と合致していることが示唆される。なお、「中型車」にあっても最低速車両が速度勾配図に近い走行挙動を呈していることがわかる。

## 5. 地点速度変動の実車・空車比較分析

### (1) 地点平均速度の比較

地点平均速度の実車・空車比較を図-8に、車種別地点

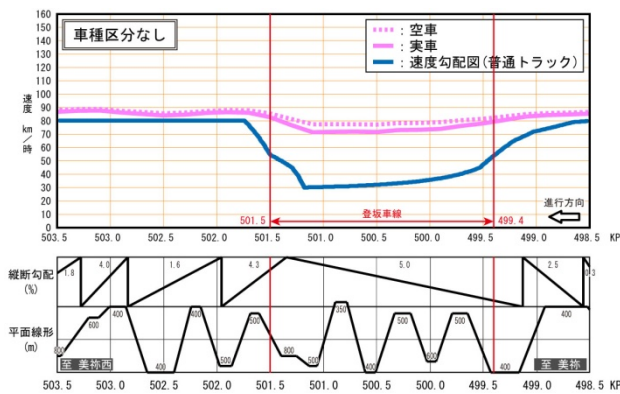


図-8 地点平均速度の実車・空車比較

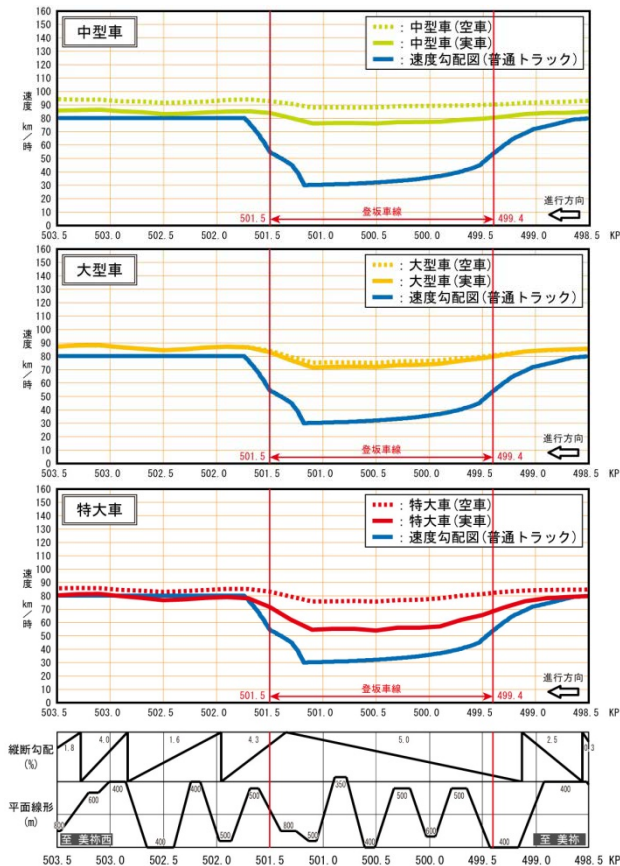


図-9 車種別地点平均速度の実車・空車比較

平均速度の実車・空車比較を図-9に示す。全体傾向として、登坂区間では空車に比べて実車の方が速度が低い。また、車種別にみると、「特大車」は「中型車」と「大型車」に比べて空車に対する実車の速度低下量が大きい。

### (2) 個々の車両速度の比較

図-10に個々値の車種別地点速度変動の実車・空車比

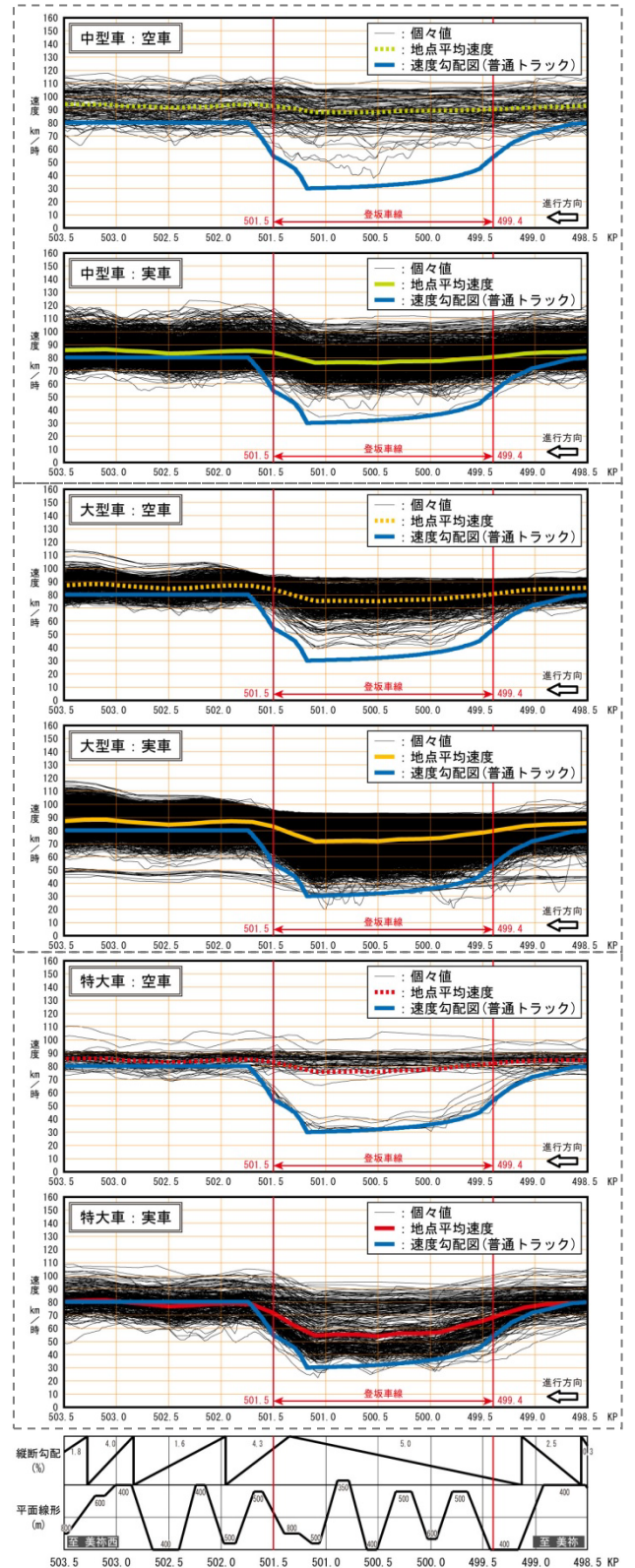


図-10 車種別地点速度変動の実車・空車比較 (個々値)

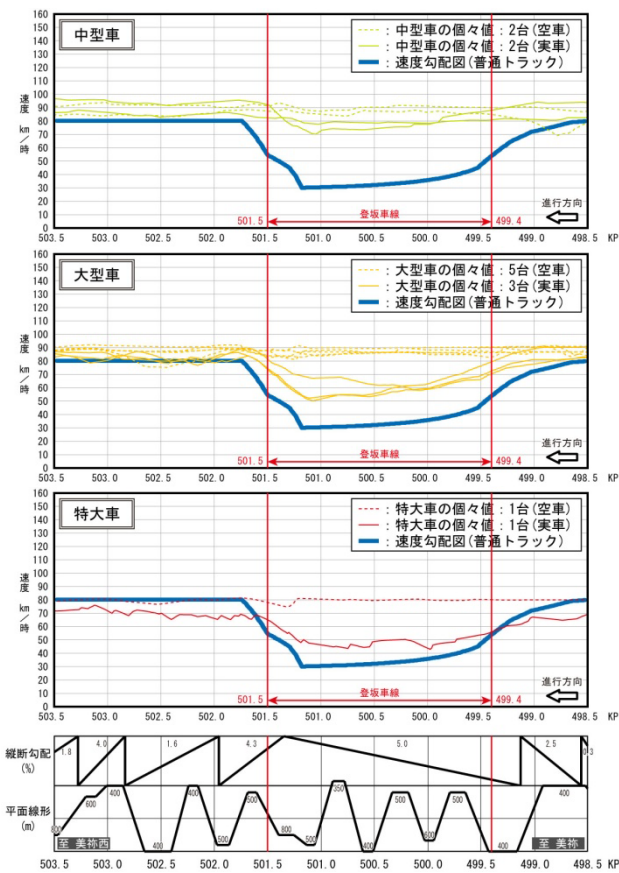


図-11 同一IDによる車種別地点平均速度の実車・空車比較

較を示す。「大型車」では、空車で60km/hを下回る車両が少ないのに対し、実車では多くなる。実車では、速度勾配図付近の車両もみられる。「特大車」では、空車で速度が二分されている。速度が低い車両は、本来は実車の車両と考えられる。実車においても同様の傾向が確認でき、速度が高い車両は本来空車と考えられる。なお、「中型車」では、空車で70km/hを下回る車両が少ないのに対し、実車では多くなる。ただし、速度勾配図付近の車両はほとんど存在しない。いずれにせよ、実車において最低速車両が速度勾配図をほぼトレースしている様子が確認できる。

(3) 同一車両の実車・空車別車両速度の比較

図-11は、同一IDに着目した車種別地点平均速度の実車・空車比較を示した例である。対象とした「中型車」、「大型車」、「特大車」の計3IDでは、空車に比べて実車で速度低下していることがわかる。また、「中型車」、「大型車」、「特大車」の順で、速度低下量が大きくなっていることも確認できる。

6. 旅行速度分析

図-12は、車種別、実車・空車別に旅行速度を比較した結果である。空車・実車同士で車種別の旅行速度を比

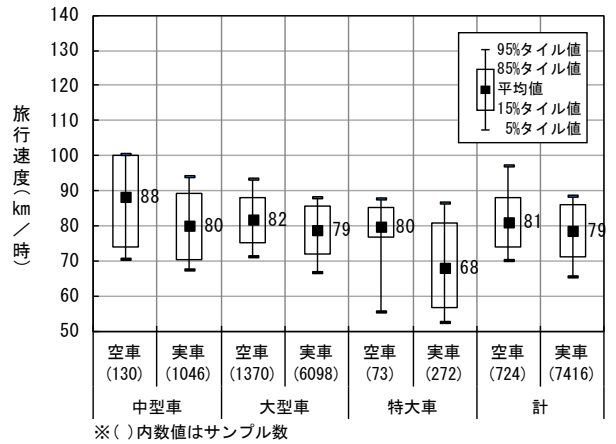


図-12 車種別実車・空車別旅行速度比較

表-2 車種別旅行速度の有意差検定結果

実空	比較対象：中型車と大型車		
	分散	t値	有意差(5%水準)
空車	異分散	6.89	あり
実車	異分散	4.53	あり

実空	比較対象：大型車と特大車		
	分散	t値	有意差(5%水準)
空車	異分散	1.92	なし
実車	異分散	15.77	あり

表-3 実車・空車別旅行速度の有意差検定結果

車種	比較対象：空車と実車		
	分散	t値	有意差(5%水準)
普通車+中型車	異分散	8.59	あり
大型車	異分散	14.16	あり
特大車	異分散	9.49	あり
全車種	異分散	7.87	あり

較すると、「中型車」、「大型車」、「特大車」の順で旅行速度が低くなっている。表-2に示す車種別旅行速度の有意差検定の結果をみると、空車の「大型車」と「特大車」では有意差がないものの、その他ではすべて車種間で旅行速度に有意差が認められる。

また、同一車種で実車・空車別旅行速度を比較すると、空車に比べて実車の旅行速度が低い。さらに、実車の「特大車」はその分散が大きいことも特徴である。表-3に示す実車・空車別旅行速度の有意差検定の結果では、すべての車種で空車と実車に有意差が認められる。

7. まとめと今後の課題

本研究では(株)富士通交通・道路データサービスが保有する商用車プローブデータを用いて、高速道路の登坂区間における走行実態を分析した。

まず、車種間の地点速度変動を比較したところ、「中型車」、「大型車」、「特大車」のいずれの車種も、登坂車線設置区間において速度低下しており、進行方向の下流に向かうほど低下量が大きくなっていることを確認

した。「中型車」, 「大型車」, 「特大車」の順で低下量が大きく, 特に「特大車」で顕著であった。一定区間の車種別旅行速度の有意差検定を行った結果, 車種間で有意な差があることが認められた。また, 登坂車線設置区間における個々のプローブ車両をみると, 「大型車」と「特大車」のうち最低速車両が, 速度勾配図をほぼトレースしており, 速度勾配図は実態と合致していることを確認した。すなわち, 任意の路線・区間単位で速度勾配図を描画し, 路線・区間の旅行速度に換算することで, 大型車(貨物車)に着目した走行性能指標として評価できる可能性もあると考える。

次に, 地点速度変動の実車・空車比較を行ったところ, 空車に比べて実車の速度が低く, いずれの車種も旅行速度に有意な差があることを確認した。同一車両に着目して実車・空車比較を行った結果でも, 同様の傾向が確認できた。

これら分析を通して, (株)富士通交通・道路データサービスが保有する商用車プローブデータは, 高速道路の登坂性能を分析するに十分なサンプル数があること, 車種区分や実車・空車のデータが有効であることが示された。一方で, 実車・空車のデータはドライバーの申請(押卸)によって登録されることから, 誤情報が含まれる可能性も多分にある。よって, 双方に混在する誤情報を合理的に排除する方法論の検討が必要である。

さらに, 他の登坂車線設置区間で同様の分析を行い, 登坂車線区間長や縦断勾配の影響を比較分析することで, 登坂車線のあり方を検討することも必要であろう。

#### 参考文献

- 1) (社)日本道路協会: 道路構造令の解説と運用, 2004.
- 2) 東・中・西日本高速道路(株): 設計要領第四集幾何構造編

## A STUDY ON HILL-CLIMBING PERFORMANCE OF HEAVY VEHICLE BY THE COMMERCIAL VEHICLE PROBE DATA

Yasuhiro NONAKA, Takashi ISHIDA, Takashi OGUCHI and Yoshiko MIURA