

003
I S S N 0386—5878

土木研究所資料 第2319号

土 木 研 究 所 資 料

道路走行時の自動車の燃料消費

昭和61年2月

建設省土木研究所
道路部新交通研究室

Copyright © 1986 by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

道路走行時の自動車の燃料消費

新交通研究室 神 崎 紘 郎
山 田 晴 利
川 名 万寿雄

要旨

本報告書は、自動車の燃料消費量をシミュレーションによって求めた結果をとりまとめたものである。従来、燃料消費量を求めるためには、実験によって計測することが一般的であったが、実験時の走行条件、気象条件等を制御することが難しく、結果の再現性が必ずしも保証されていなかった。そこで、自動車のエンジンから車輪にいたる動力伝達系をモデル化して、燃料消費量を算定するプログラムを作成した。このプログラムを用いて、さまざまな走行条件下での燃料消費量を計算した。計算は、軽乗用車、軽貨物車、小型乗用車、小型貨物車（ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン）、普通貨物車、および大型バスの7車種について行った。計算結果から、平均旅行速度と燃費効率との関係を重回帰分析によって求めた。

キーワード：自動車，走行燃費，計算モデル，旅行速度

はじめに

従来、自動車の走行時の燃料消費量を求めるには、実際に自動車を走行させて燃料消費量を計測するか、平均旅行時間（あるいは平均旅行速度）と燃費との関係式を用いて推定するかのいずれかの方法に頼らざるをえなかった。しかし、自動車を走行させて燃料消費量を計測する場合には、走行条件、気象条件等を完全に制御することが難しいうえに、計画中の道路については計測ができないという欠点がある。また、実験式を用いる場合には、平均旅行時間ないしは旅行速度というただ一つの説明変数の与える影響しか考慮できないという難点があった。これらの事情を鑑みて、当研究室では、自動車の燃料消費量をさまざまな条件下で算定する電算プログラムを開発した。本報告書は、このプログラムを用いて、自動車の燃料消費量を車種別に算定した結果をとりまとめ、考察を加えたものである。

なお、本調査研究で用いた自動車の走行パターンは、関東地方建設局関東技術事務所の協力を得て測定を行ったものである。ここに記して、感謝の意を表わしたい。

昭和61年 2月

新交通研究室 神 崎 紘 郎
山 田 晴 利
川 名 万寿雄

目 次

1. 概 要	1
2. 走行燃費算定プログラム	3
2-1. 計算方法	3
2-2. 入出力項目	8
3. 走行パターン計測実験	13
3-1. 実験の手順	13
3-2. 実験の結果	14
4. 走行燃費の算定	17
4-1. 対象車種	17
4-2. 設定条件	18
4-3. 計算の結果	22
4-4. 考 察	30

1. 概 要

自動車の走行時の燃料費は、走行経費のうちの約半分を占めるので、道路の整備効果を把握するうえで重要な役割を果たす。そのため、従来から燃料消費量を計測するための実験が繰り返されてきた。しかし、実験による計測では、実験時の条件の制御が難しく、また実験条件の再現性も保証されないなどの難点がある。そこで、与えられた走行条件のもとでの燃料消費量を算定するための電算プログラムを作成して、さまざまな走行条件を再現し、燃料消費量を算定することとした。このようにすることにより、偶然的な変動要因の影響（風、気温、整備状況等）を除くことが可能になる。

燃費算定プログラムは、走行時間と走行速度との関係を与件として、さまざまな走行条件下での燃料消費量を算定するものである。したがって、走行時間と走行速度との関係をなんらかの形で把握しておかなくてはならない。本調査では、道路上を各種の自動車を走行させてこの両者の関係を求めた。この場合にも、走行条件の再現性、偶然変動の影響は存在するが、走行速度は燃料消費量の場合のように風、気温、整備状況等の影響を受けにくく、再現性も高いと考えてよい。また、測定のカース数を増やすことにより、偶然変動の影響は小さくすることが可能である。そこで、測定を何回か繰り返すことにより信頼性を上げるように努めた。

一般に、道路上の走行速度は、車種によって異なる。したがって、走行速度の計測も各車種ごとに行う必要がある。しかし、車種を余りに細分しすぎると、測定の手間が大きなものとなり、实际的ではない。道路5か年計画の整備効果の推計では、車種を乗用車、小型貨物車、普通貨物車、およびバスの4車種に区分している。そこで、ここでもこの車種区分を念頭において走行速度の計測を行った。ただし、バスと普通貨物車の走行速度の違いはそれほど大きくないと考えられるので、この両者はひとまとめにして、普通貨物車によって計測を行った。

しかし、燃料消費量は、走行速度とは異なり、各車種によって異なるばかりではなく、同一車種でもモデル、メーカー等によって差異がある。したがって、燃料消費量を計算するさいには、車種の細分が必要となるが、ここでも細分しすぎると計算のコスト、手間が馬鹿にならないものとなる。そこで、本調査では、燃費計算のさいの車種を軽乗用車、軽貨物車、小型乗用車、小型貨物車（ガソリンエンジンおよびディーゼルエンジン）、大型貨物車、および大型バスに区分した。実態を考えると、この区分ではまだ粗すぎるのは確かであるが、データの制約等もあるため、このようにした。

燃料消費量を算定するためには、走行状態を表わすデータばかりではなく、エンジンの燃料消費量をエンジンの回転数およびトルクの値から求めるためのデータが不可欠である。エンジンの回転数、トルクと燃料消費量との関係は、通常エンジンマップと呼ばれる図面によって与えられる。本調査では、このエンジンマップを燃費計算のさいの車種区分にしたがって各車種ごとに台上試験機を用いて測定した。測定は、（財）日本自動車研究所に委託して行った。

最後に、以上のデータを入力して求めた燃料消費量の値と、平均的な旅行速度とを回帰式によって結びつけた。これは、整備効果が旅行速度の上昇として与えられることが一般的であり、したがって、この両者の関係を求めておくことが必要だからである。

本報告書の構成は次のようになっている。2.では、燃料消費量算定プログラムの概要を示し、計算の方法、入力および出力の各項目について解説した。3.では、走行パターン計測実験の方法と結果をまとめている。4.では、これらの結果を用いて算定した燃料消費量の値を計算の前提条件とともに示し、考察を行った。

2. 走行燃費算定プログラム

2-1. 計算方法

走行燃費算定プログラムは、自動車の走行条件とエンジンマップとを入力として、燃料消費料を算定するものである。プログラムは次の4つの部分から構成されている：

- (1) 走行パターンブロック、
- (2) 走行抵抗ブロック、
- (3) トルク・回転数ブロック、および
- (4) 燃費計算ブロック。

各々のブロックの機能は次のとおりである。

(1) 走行パターンブロック

走行時間と走行速度との関係から計算対象となる時間内の各点での走行速度、加速度の値を計算し、ギアの段数を設定する。燃料消費量の値は、時間軸を細かくきざんだ各点での燃料消費量を足し合わせて求めることになるので、各きざみ点での速度、加速度の値とギアの段数とを与えておく必要があるのである。走行時間と走行速度との関係は、図-1(a)に示すように不規則なものとなるはずであるが、ここでは、これを(b)に示すように線型近似して与えることとした。ただし、図-1(b)に示したような走行パターンを用いて加速度を計算すると、その値が不連続になる点が生じる。この場合には、加速度が右連続となるように処理している。

(2) 走行抵抗ブロック

走行抵抗の値を計算する。走行抵抗は、ころがり抵抗、登坂抵抗、空気抵抗、およびコーナリング抵抗の和として求めることができる。ころがり抵抗の値は、車両重量と路面の抵抗係数の値とから求めることができるが、抵抗係数の値は、タイヤの内圧、接地荷重、転動速度、路面状態等によって変化する。このプログラムは、これらの要因の影響を考慮して抵抗係数の値を補正する機能も持っているが、今回の計算では、路面の状態によって抵抗係数の値を変化させるにとどめた。これは、実際の走行時におけるこれらの要因の値を知ることが困難なためである。登坂抵抗の値を計算するには、縦断勾配の値が必要である。また、空気抵抗の値の計算には、風速の値と空気抵抗係数の値とが必要となる。これらは、いずれも計算のさいに入力される。コーナリング抵抗については、今回の計算では考慮していない。これは、走行時のコーナリングに関する資料がほとんどないこととコーナリング抵抗を推定するためのデータが不十分なためである。

(3) トルク・回転数ブロック

走行パターンブロックで計算した速度、加速度の値、走行抵抗ブロックで求めた走行抵抗の値をもとにして各時間点でのトルク・回転数の値を計算する。なお、エアコン、パワーステアリング等を使用している場合には、これらの駆動のために必要なトルクを付加する。計算式は後述する。

(4) 燃費計算ブロック

トルク・回転数の値を対応する車種のエンジンマップと照合し、各時間点での燃料消費量の値を計算する。各時間点での値を足し合わせて、対象とする時間範囲での総燃料消費量を求める。エンジンマップとの照合の方法は後述する。なお、横風を受ける場合の燃費の補正および暖機の程度による補正をこの段階で行っている。ただし、今回の計算ではこれらの補正は行っていない。

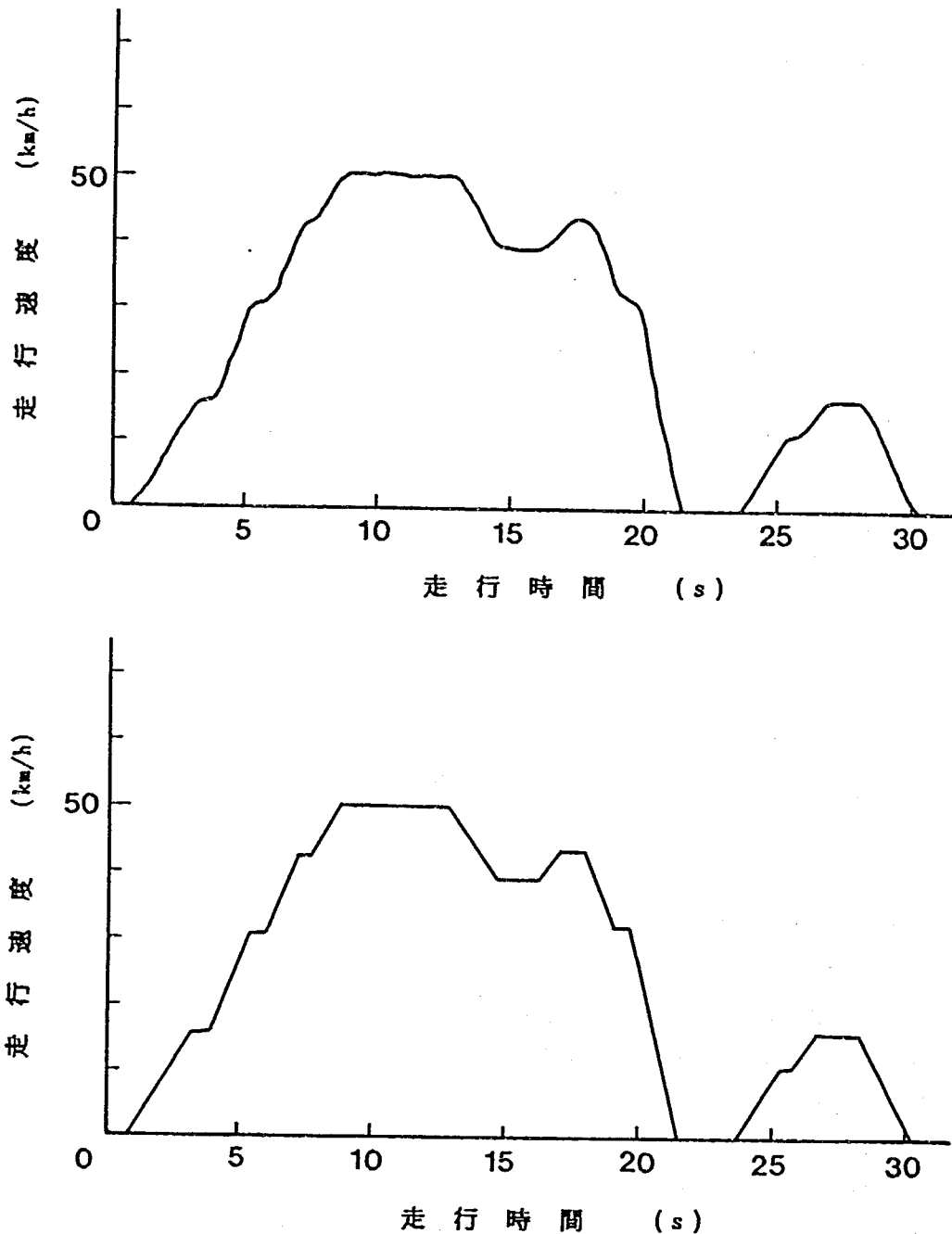


図-1. 走行パターン

次に、トルク・回転数の計算方法を述べる。自動車のトルク伝達機構を模式的に表わすと図-2のようになる。タイヤのトルク (T_v) と駆動力 (F_v) との間には

$$T_v = F_v \cdot R$$

なる関係が存在する。また、図-2に示した各部分の運動方程式は、以下のようになる:

$$F_v - D = (W/g) \cdot \alpha, \quad T_D - T_v = J_v \cdot \dot{\omega}_v,$$

$$T_P - T_F = J_P \cdot \dot{\omega}_P, \quad T_I - T_G = J_I \cdot \dot{\omega}_I,$$

$$T_E - T_I = J_E \cdot \dot{\omega}_E.$$

ただし、各変数の意味は表-1に示したとおりである。また、各変数間には、次のような関係がなりたっている:

$$T_P = (i_M \eta_M) T_G,$$

$$T_D = (i_F \eta_F) T_F,$$

$$\omega_I = i_M \omega_P, \quad \omega_P = i_F \omega_v, \quad \omega_E = \omega_I,$$

$$\alpha = R \dot{\omega}_v,$$

$$V = (3600/1000) \cdot R \omega_v,$$

$$N_E = \omega_E / 2\pi.$$

これらの式から、エンジンのトルクと回転数 (rpm) が次のように表わされることがわかる:

$$T_E = \frac{R}{i_F \eta_F i_M \eta_M} \left(\left(D + \frac{W}{g} \alpha \right) + J_A \frac{\alpha}{R^2} \right),$$

$$N_E = \frac{1}{2\pi R} \cdot \frac{1000}{60} \cdot i_F i_M V.$$

ただし、 $J_A = J_v + i_F^2 \eta_F J_P + (i_F i_M)^2 \eta_F \eta_M (J_I + J_E).$

上式中のDは、走行抵抗である。すでに述べたように、走行抵抗はころがり抵抗、登坂抵抗、空気抵抗、およびコーナリング抵抗の和として表わされる。ころがり抵抗は、車両重量をW、抵抗係数を μ とすれば、 μW で与えられる。また、縦断勾配を i (%) とすれば、登坂抵抗は、 $i W / 100$ で与えられる。空気の粘性係数を ρ 、自動車の走行速度をV、自動車の進行方向の風速を V_w 、自動車の投影面積をAとすれば、空気抵抗は $(1/2) \rho A C_D (V - V_w)^2$ で与えられる。ただし、 C_D は空気抵抗係数である。

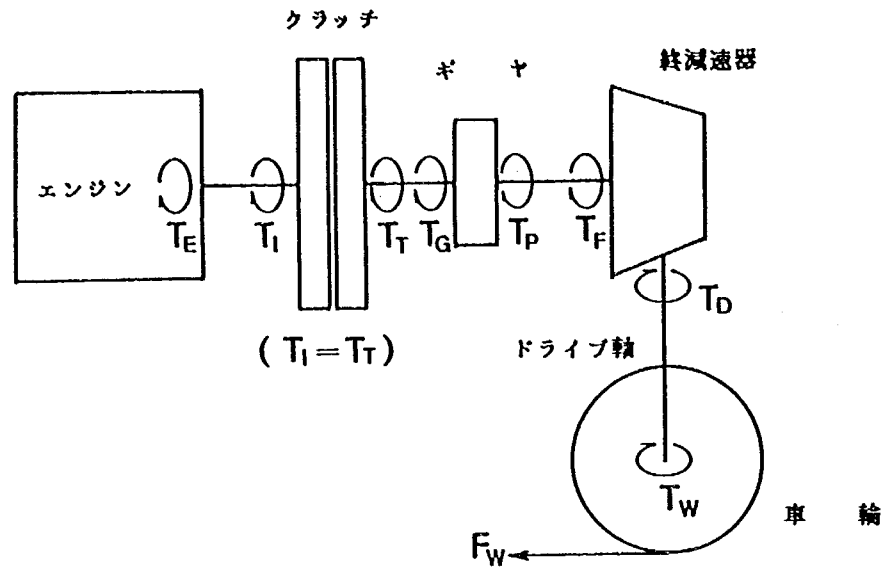


図-2. 動力伝達機構

表-1. 変数の定義

W	車両総重量 (kg)
R	タイヤの動荷重半径 (m)
η_M	ギヤボックス伝達効率
η_F	駆動軸以降の伝達効率
i_M	変速比
i_F	終減速比
V	車速 (km/h)
a	車両の加速度 (m/s^2)
g	重力加速度 (m/s^2)
F_v	車両の駆動力 (kg)
D	走行抵抗 (kg)
$T_E, T_G, T_P, T_F, T_D, T_W$	それぞれエンジン、トランスミッション、プロペラシャフト、デフ、ドライブシャフト、車輪における伝達トルク
J_W, J_P, J_T, J_E	それぞれ車輪、プロペラシャフト、トランスミッション、エンジンにおける回転部分の慣性モーメント
$\omega_W, \omega_P, \omega_T, \omega_E$	それぞれ車輪、プロペラシャフト、トランスミッション、エンジンの回転角速度 ($/s$)

エンジンマップを用いて燃料消費量を計算する方法は以下のようになっている。エンジンマップは、図-3に示したように、エンジンの回転数とトルクとの値から燃料消費量の値を求めるためのものであるが、プログラムに入力されるのは有限個の点のデータでしかない。このため、入力された点以外の回転数とトルクの値に対しては、補間によって燃料消費量の値を求める必要がある。このプログラムでは、有限要素法において広く使用されている線型補間法を用いてこの計算を行っている。ただし、与えられたエンジンマップのデータを用いて、重回帰分析によってトルク、回転数と燃料消費量との関係を導き、燃料消費量を関数の形で与えてもよい。この場合には、プログラムの変更が必要である。各時間点での燃料消費量が c_i (l/h) で与えられたならば、総燃料消費量は、

$$\sum c_i \cdot \Delta t / 3.6 \quad (cc)$$

として求められる。ここに、 Δt は時間刻みである (単位 s)。

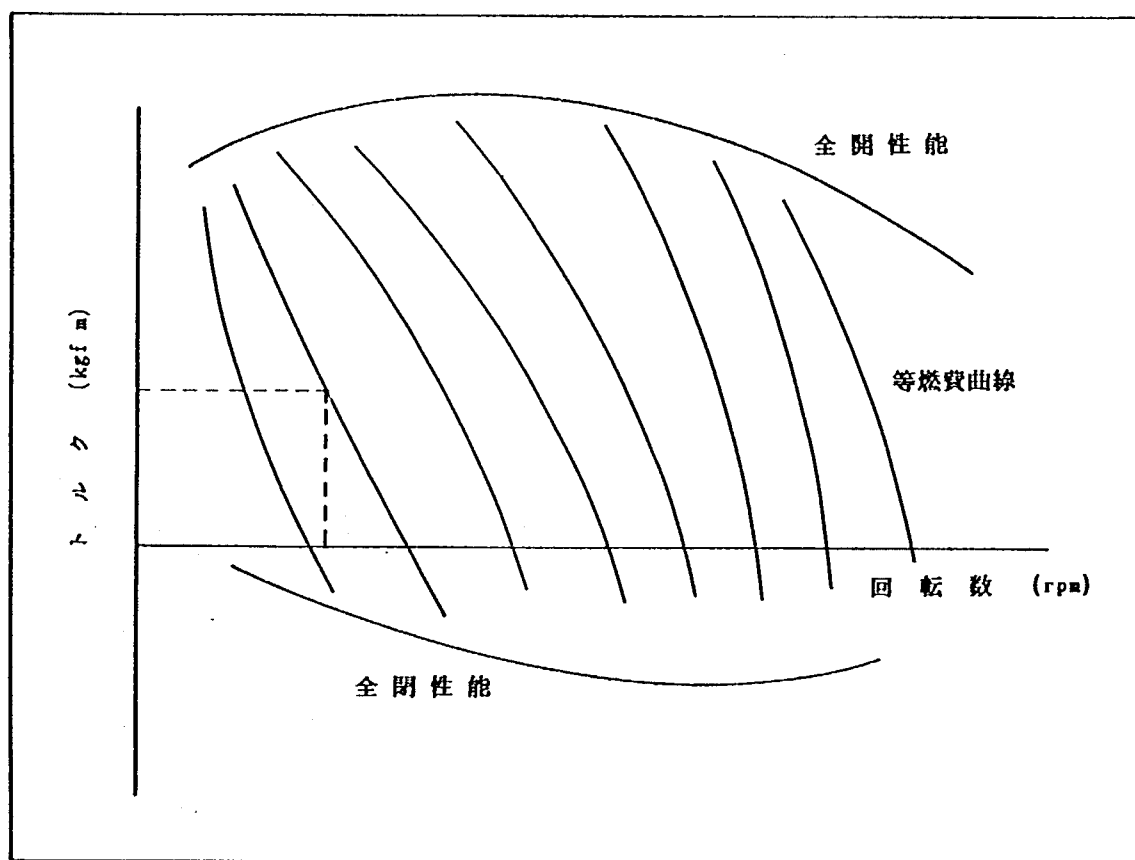


図-3 エンジンマップ

2-2. 入出力項目

本プログラムの入力および出力の項目は以下のとおりである。

(1). 入力項目

・ S カード

計算の総ケース数 (15)

計算時間——各ケースのうち最も長い値を指定する (単位 s: F 5. 0)

外気温度——空気密度を計算するために用いる (単位 °C: F 5. 0)

・ M O カード (最初のケースにのみ必要)

走行パターンを線型近似している区間の総数 (15)

・ M C カード (二回目のケース以降で必要)

走行パターンの変更の有無 (1 / 0: 15)

走行抵抗の変更の有無 (1 / 0: 15)

トルク、回転数の変更の有無 (1 / 0: 15)

エンジンマップの変更の有無 (1 / 0: 15)

・ M P カード

走行抵抗計算結果の打ち出しの有無 (1 / 0: 15)

計算結果のグラフ出力の有無 (1 / 0: 15)

コールドスタート / ウォームスタートの別 (1 / 0: 15)

横風を受ける区間の数 (15)

・ M Q カード (計算結果を各時間刻み点ごとに出力するかどうかを指定する)

走行パターンの出力の有無 (1 / 0: 15)

走行抵抗の出力の有無 (1 / 0: 15)

燃料消費量の出力の有無 (横風、暖機補正前の値、1 / 0: 15)

燃料消費量の出力の有無 (横風、暖機補正後の値、1 / 0: 15)

・ P 1 カード (最初のケースで必要)

走行パターンを与える。線型近似を行っている各区間ごとに順番に、区間の長さ (単位 s)、区間終端での速度 (単位 K m / h)、ギヤの段数を与える。なお、一番最初の区間では、初速を 0 K m / h と仮定している。

(5 (2 F 5. 0, 15))

・ P 2 カード (2 回目以降のケースで走行パターンを変更する場合に必要)

区間の開始時間、終了時間 (単位 s)、区間終端での速度 (単位 K m / h)

およびギヤの変速段を入力する。(4 (3 F 5. 0, 15))

・ R 1 カード (最初のケースで必要)

タイヤ圧 (単位 K g / c m²)、ころがり抵抗を与える区間の数、縦断勾配を与える区間の数、風による空気抵抗を与える区間の数、車種 (スポーツカー: 1、普通車: 2、商用車: 3、バス: 4、トラック: 5)、車両

重量 (単位 Kg)、前面投影面積 (単位 m^2)、タイプ (大型: 1、中型: 2、小型: 3) を入力する。車種は空気抵抗を計算するさいに、空気抵抗係数の値を参照するのに用いる。タイプは、コーナリング抵抗の計算のさいに使用する。(F 5. 0, 5 I 5, 2 F 5. 0, 1 5)

・ R 2 カード (最初のケースで必要)

ころがり抵抗係数の値をそれぞれの区間の長さ (単位 s) とともに与える。
(8 (F 5. 0, 1 5))

・ R 3 カード (最初のケースで必要)

縦断勾配の値 (単位%) をそれぞれの区間の長さ (単位 s) とともに与える。(1 6 F 5. 0)

・ R 4 カード (最初のケースで必要)

進行方向の風速の値 (単位 m/s) をそれぞれの区間の長さ (単位 s) とともに与える。(1 6 F 5. 0)

・ R 5 カード (最初のケースで必要)

コーナリングのさいの曲率半径の値 (単位 m) をそれぞれの区間の長さ (単位 s) とともに与える。ただし、直線区間では、曲率半径の値として、0 を入力しておく。(1 6 F 5. 0)

・ R 6 カード (2 回目以降のケースで、M C カードで走行抵抗を変更することを指定した場合に必要)

タイヤ圧の変更の有無と変更する場合のタイヤ圧 (単位 Kg/cm^2)、ころがり抵抗の値の変更の有無と変更する区間数、登坂抵抗の変更の有無と変更する区間数、風速の値の変更の有無と変更する区間数、コーナリング抵抗の変更の有無と変更する区間数、車種の変更の有無と新たに設定する車種、新たに設定する車両重量 (単位 Kg) および投影面積 (単位 m^2) の値、タイプの変更の有無と新たに設定するタイプを入力する。(1 5, F 5. 0, 1 0 I 5, 2 F 5. 0, 2 I 5)

・ R 7 カード (M 6 カードでころがり抵抗の変更を指定した場合に必要)

ころがり抵抗係数の値を変更する区間の開始時間、終了時間 (単位 s) とその区間におけるころがり抵抗の値を与える。(5 F (2 F 5. 0, 1 5))

・ R 8 カード (M 6 カードで登坂抵抗の変更を指定した場合に必要)

縦断勾配の値を変更する区間の開始時間、終了時間 (単位 s) とその区間における縦断勾配の値 (単位%) を与える。(1 5 F 5. 0)

・ R 9 カード (M 6 カードで風速の変更を指定した場合に必要)

風速の値を変更する区間の開始時間、終了時間 (単位 s) とその区間における風速の値 (単位 m/s) を与える。(1 5 F 5. 0)

・ R 1 0 カード (M 6 カードでコーナリング抵抗の変更を指定した場合に必要)

曲率半径を変更する区間の開始時間、終了時間 (単位 s) とその区間にお

- ける曲率半径の値 (単位 m) を与える。 (15 F 5. 0)
- ・ R 1 1 カード (MP カードで走行抵抗の出力を指定した場合に必要)
走行抵抗の出力をする区間の数 (15)
 - ・ R 1 2 カード (MP カードで走行抵抗の出力を指定した場合に必要)
各区間の番号、開始点の番号、終点の番号を入力する。ここで、開始、終了の番号は、時間刻みを 0. 1 秒として計算する。 (15 I 5)
 - ・ T 1 カード (最初のケースでは必須。2 回目以降のケースでは、MC カードでトルク、回転数の変更を指定した場合に必要)
最大トルクの値 (単位 $K g m$)、最大回転数の値 (単位 $r p m$)、車室内容積の値 (単位 m^3)、エアコンディショナーの使用の有無 (1 / 0)、パワーステアリング使用の有無 (1 / 0)、タイヤ有効半径 (単位 m)、終減速比の値、アイドリング時の回転数の値 (単位 $r p m$)、ギヤ数、各変速段のギヤ比を入力する。 (3 F 1 0. 0, 2 I 5, 3 F 1 0. 0 / 15, 6 F 1 0. 0)
 - ・ T 2 カード
トルク、回転数の値の出力をする区間の数 (15)
 - ・ T 3 カード
各区間の番号、開始点の番号、終点の番号を入力する。番号の計算方法は、R 1 2 カードと同じである。 (15 I 5)
 - ・ F 1 カード (最初のケースでは必須。2 回目以降のケースでは、MC カードでエンジンマップの変更を指定した場合に必要。)
線型補間で用いる三角形の数、節点の数、F 4 カードの枚数、燃料の種類 (ガソリン: 0、軽油: 1)、およびアイドリング時の燃料消費量の値 (単位 $/ h$) を入力する。 (4 I 5, F 5. 0)
 - ・ F 2 カード (最初のケースでは必須。2 回目以降のケースでは、MC カードでエンジンマップの変更を指定した場合に必要。)
各三角形を構成する節点を与える。 (5 (3 X, 3 I 4))
 - ・ F 3 カード (最初のケースでは必須。2 回目以降のケースでは、MC カードでエンジンマップの変更を指定した場合に必要。)
各節点の番号、回転数の値 (単位 $r p m$)、トルクの値 (単位 $K g m$)、燃料消費量の値 (単位 $/ h$) を入力する。 (3 (I 4, 3 F 7. 0))
 - ・ F 4 カード (最初のケースでは必須。2 回目以降のケースでは、MC カードでエンジンマップの変更を指定した場合に必要。)
全開性能に対応する回転数とトルクの値を入力する。 (15, 2 F 8. 0)
 - ・ F 5 カード (横風の影響を考慮する場合に必要)
横風を考慮する区間の番号、開始点の番号、終点の番号、横風の風速 (単位 m / s) を入力する。開始点、終点の番号の計算方法は R 1 2 カードと同じである。 (3 I 5, F 1 0. 0)

・ F 6 カード

計算した燃料消費量の値を出力する区間の総数。(I 5)

・ F 7 カード

各区間の番号と開始点、終点それぞれの番号を入力する。開始点、終点の番号の計算方法は R 1 2 カードの場合と同じである。(1 5 I 5)

特に指定が場合には、Sカードを除いて、各ケースごとにそのカードが必要である。Sカードは、1枚だけでよい。

(2) . 出力項目

出力される項目は、入力のさいに指定した各項目である。また、入力した値、条件は確認のためにすべて出力される。出力の形式は、割愛する。

3. 走行パターン計測実験

3-1. 実験の手順

走行パターンの計測は次のようにして行った。

測定の対象としたのは、軽乗用車、小型乗用車、および普通貨物車（8 t 積トラック）の3車種である。これらの車に速度測定装置と記録計（日本電子科学製オートコンビネーションメータACM20）を取り付け、走行時間と走行速度とを記録した。いずれの車種でも、運転手と測定員の2名が乗車している。なお、この測定にあたっては、関東地方建設局関東技術事務所にご協力いただいた。

走行する道路は、できる限り、起伏が少なく屈曲のないものを選択することとした。ただし、後の計算のさいに必要となるので、未改良区間についても走行した。また、雨が降っておらず、強い風の吹いていない日を選んだ。運転手には、ギアのシフトアップ/ダウンのタイミングをなるべく一定に保つように指示を与えた。計測を行ったのは、昭和59年の9月下旬から10月上旬にかけてである。

各車種の改良済道路の走行経路は、おおむね以下のようである。

<軽自動車>

国道6号青戸—駒形—浅草—東日本橋—首都高—国道16号千葉市街—柏市—市松有料道路—国道6号常磐橋—東関東自動車道—国道357号—千葉駅前—京葉道路—国道6号

<小型乗用車>

国道6号金町—向島—国道357号習志野—千葉市—国道16号八千代—国道6号—松戸市中央消防署—東関東自動車道—国道356号佐原市—神崎町—栄町—国道6号南柏駅—北松戸駅—国道6号立石—関東技術事務所—東関東自動車道成田IC付近—北松戸駅—関東技術事務所—国道6号—浅草橋—国道16号沼南町—国道6号松戸市馬橋—柏公園—松戸市岩瀬

<大型貨物車>

国道6号金町—環7交差点—言問橋—吾妻橋—蔵前—首都高—国道357号—登戸—穴川—小室—柏—京葉道路—東関東自動車道佐倉—国道6号柏—松戸—浅草橋—国道356号神崎—栄町—国道6号柏—二本木

未改良道路については、車両のやりくりの都合がつかなかったため、軽自動車の測定は行わなかった。小型乗用車、大型貨物車の走行区間は以下のとおりである。

<小型乗用車>

- ・新井木—東町—上蛇
- ・国道6号

- ・大角豆ー上室ー花室
- <大型貨物車>
- ・国道6号

3-2. 実験の結果

ペンレコーダによって記録された走行パターンをデジタイザによって読取った。読取りは、記録されたパターンを直線で近似して行った。その例を図-4に示してある。このような直線近似を行ったのは、燃費算定プログラムの走行パターンの入力形式に合わせたためである。各走行パターンの読取りの長さは、5分程度とした。

この結果、軽乗用車については、23パターンを得た。小型乗用車については、改良区間26パターン、未改良区間4パターンの計30パターンを得た。また、大型貨物車については、改良区間22パターン、未改良区間2パターンの計24パターンを得た。それぞれのパターンの旅行時間、旅行距離、平均旅行速度は、そのパターンに従って走行した場合の燃費の値とともに表-4に示してある。

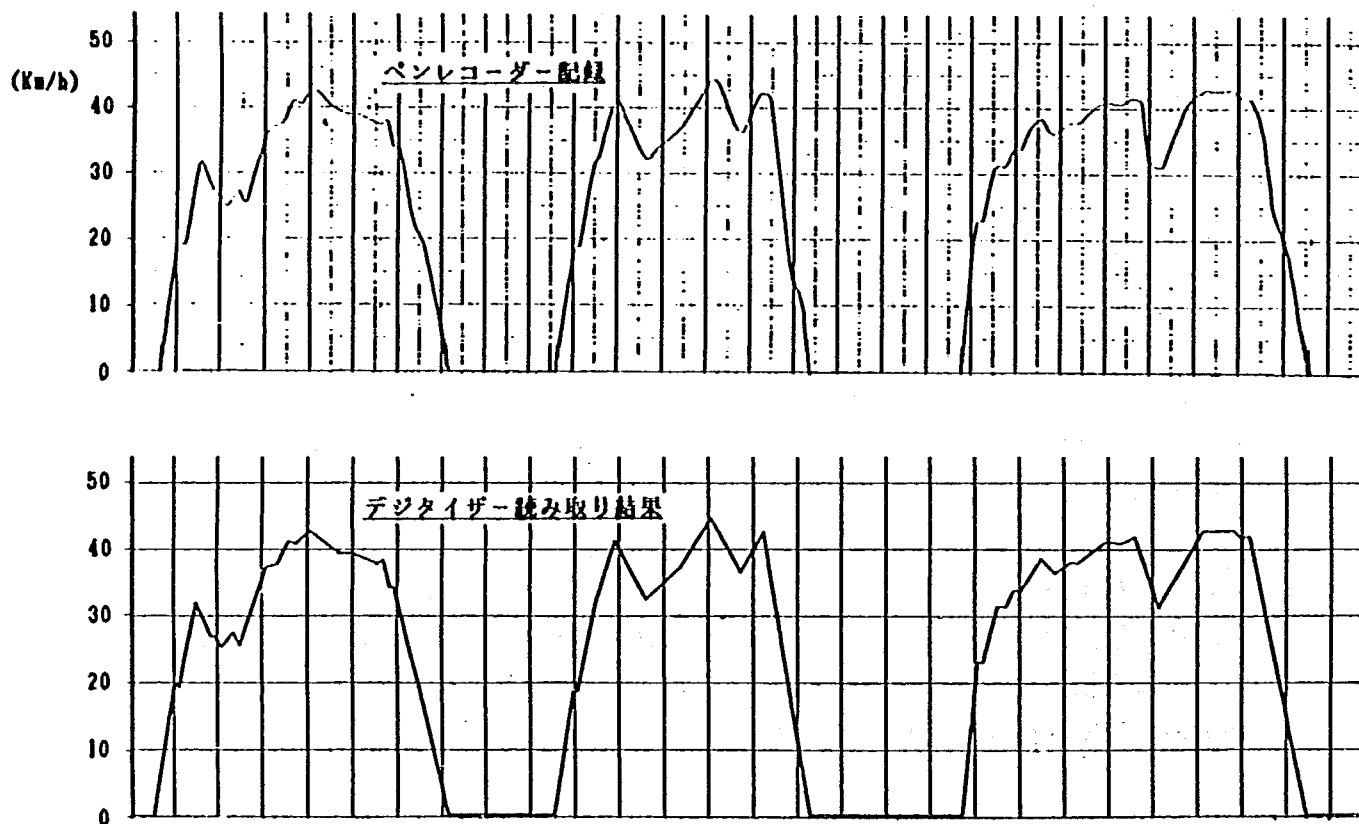


図-4 走行パターンの読取り
(上段: 記録されたパターン
下段: 直線近似したパターン)

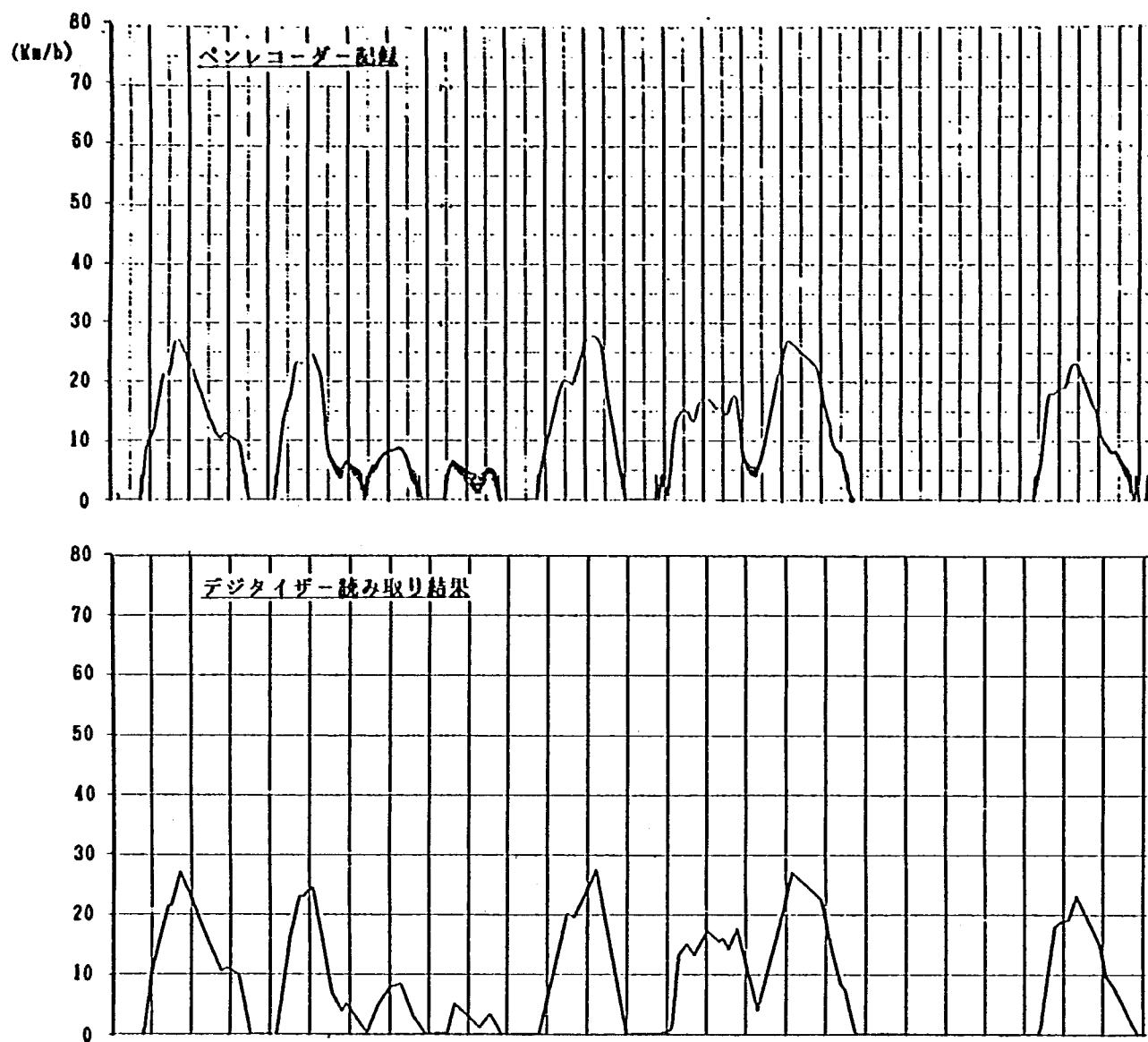


図-4 (続き)

4. 走行燃費の算定

4-1. 対象車種

一般に、燃料消費量は各車両により差異があると考えてよい。このため、道路上を走行している自動車の燃料消費量を求めるためには、車種をかなり細かく分類する必要がある。しかし、こうして分類した各車種ごとにエンジンマップ等のデータを収集するのは不可能に近い。また、燃料消費量の値を予測することを考えると、将来の交通量を細分された車種ごとに求める必要があるが、これは、交通センサスにおいても8車種分類を採用している点等からみて、現実には難しい。それゆえ、ここでは次の7車種について燃料消費量の値を計算することとした：

- (1) . 軽乗用車 (ガソリンエンジン) 、
- (2) . 軽貨物車 (ガソリンエンジン) 、
- (3) . 小型乗用車 (ガソリンエンジン) 、
- (4) . 小型貨物車 (ガソリンエンジン) 、
- (5) . 小型貨物車 (ディーゼルエンジン) 、
- (6) . 普通貨物車 (ディーゼルエンジン) 、および
- (7) . 大型バス (ディーゼルエンジン) 。

これら7車種と前節で述べた走行パターンとの間の対応は、表-2のようになっている。

表-2. 走行パターンと燃料消費量計算のための車種の対応

走行パターン計測のさいの車種	燃料消費量計算のさいの車種
軽乗用車	軽乗用車 (G) 軽貨物車 (G)
小型乗用車	小型乗用車 (G) 小型貨物車 (G) 小型貨物車 (D)
普通貨物車	普通貨物車 (D) 大型バス (D)

(注) G: ガソリンエンジン、D: ディーゼルエンジン

ただし、未改良区間については、測定数が少ないため、車種に関わりなく用いることとした。

小型乗用車、小型貨物車（ディーゼルエンジン）、軽貨物車、および普通貨物車については、それぞれのエンジンマップを計測することができたので、これらを入力として用いた。しかし、小型貨物車（ガソリンエンジン）、軽乗用車、および大型バスについてはエンジンマップが入手できなかったため、それぞれ小型乗用車、軽貨物車、普通貨物車のエンジンマップで代用している。この点に関しては、今後エンジンマップの計測を行って改善していく予定にしている。

4-2. 設定条件

計算に用いた各車種の機械的な条件は、以下に示すとおりである。

(1). 軽乗用車

<u>車両諸元:</u>	全長 × 全幅 × 全高 (mm)	3195x1395x1335
	車両重量 (kg)	545
	乗車定員 (人)	2 (4)
	最大積載量 (kg)	200 (100)
	車両総重量 (kg)	855 (865)
	計算時に設定した車両重量 (kg)	650
	前面投影面積 (m ²)	1.48
	空気抵抗係数	0.42
	タイヤの動荷重半径 (m)	0.25
<u>変速器:</u>	段数	4
	変速比	1 st 3.384
		2 nd 2.055
		3 rd 1.280
		4 th 0.892
		5 th
	終減速比	5.588

(2). 軽貨物車

<u>車両諸元:</u>	全長 × 全幅 × 全高 (mm)	3195x1395x1625
	車両重量 (kg)	655
	乗車定員 (人)	2 (4)
	最大積載量 (kg)	350 (250)

車両総重量 (kg)	1115 (1125)
計算時に設定した車両重量 (kg)	800
前面投影面積 (m ²)	1.8
空気抵抗係数	0.48
タイヤの動荷重半径 (m)	0.25

<u>変速器:</u>	段数	4
	変速比	
	1 st	3.834
	2 nd	2.358
	3 rd	1.542
	4 th	1.000
	5 th	
	終減速比	6.142

(3) . 小型乗用車

<u>車両諸元:</u>	全長 x 全幅 x 全高 (mm)	4455x1630x1385
	車両重量 (kg)	1145
	乗車定員 (人)	5
	最大積載量 (kg)	
	車両総重量 (kg)	
	計算時に設定した車両重量 (kg)	1255.0
	前面投影面積 (m ²)	1.80
	空気抵抗係数	0.42
	タイヤの動荷重半径 (m)	0.34

<u>変速器:</u>	段数	5
	変速比	
	1 st	3.321
	2 nd	2.013
	3 rd	1.308
	4 th	1.000
	5 th	0.864
	終減速比	4.111

(4) . 小型貨物車 (ガソリンエンジン)

<u>車両諸元:</u>	全長 x 全幅 x 全高 (mm)	4690x1690x1990
	車両重量 (kg)	1580
	乗車定員 (人)	3
	最大積載量 (kg)	2000

車両総重量 (kg)	3745
計算時に設定した車両重量 (kg)	1700.0
前面投影面積 (m ²)	2.69
空気抵抗係数	0.42
タイヤの動荷重半径 (m)	0.40

変速器:	段数	5
	変速比	1 st
		5.429
		2 nd
		3.048
		3 rd
		1.780
		4 th
		1.000
		5 th
		0.820
	終減速比	6.500

(5) . 小型貨物車 (ディーゼルエンジン)

車両諸元:	全長 x 全幅 x 全高 (mm)	5975x1880x2100
	車両重量 (kg)	2295
	乗車定員 (人)	3
	最大積載量 (kg)	2000
	車両総重量 (kg)	4460
	計算時に設定した車両重量 (kg)	3000.0
	前面投影面積 (m ²)	3.2
	空気抵抗係数	0.60
	タイヤの動荷重半径 (m)	0.37

変速器:	段数	5
	変速比	1 st
		5.608
		2 nd
		2.822
		3 rd
		1.644
		4 th
		1.000
		5 th
		0.793
	終減速比	5.800

(6) . 普通貨物車

車両諸元:	全長 x 全幅 x 全高 (mm)	10710x2490x2810
	車両重量 (kg)	7025
	乗車定員 (人)	3
	最大積載量 (kg)	8000

車両総重量 (kg)	15190
計算時に設定した車両重量 (kg)	11000.0
前面投影面積 (m ²)	5.58
空気抵抗係数	0.80
タイヤの動荷重半径 (m)	0.49

<u>変速器:</u>	段数	5
	変速比	1 st
		5.405
		2 nd
		3.203
		3 rd
		1.739
		4 th
		1.000
		5 th
		0.738
	終減速比	5.666

(7) . 大型バス

<u>車両諸元:</u>	全長 × 全幅 × 全高 (mm)	10760x2490x3100
	車両重量 (kg)	8555
	乗車定員 (人)	88 (29+58+1)
	最大積載量 (kg)	
	車両総重量 (kg)	13395
	計算時に設定した車両重量 (kg)	10200.0
	前面投影面積 (m ²)	6.00
	空気抵抗係数	0.55
	タイヤの動荷重半径 (m)	0.49

<u>変速器:</u>	段数	5
	変速比	1 st
		5.405
		2 nd
		3.203
		3 rd
		1.739
		4 th
		1.000
		5 th
		0.738
	終減速比	5.666

エンジンのトルクの値は、2-1で示したように、J_Aで表わされる回転運動による慣性抵抗を含んでいる。この項は、各回転部位の慣性モーメントとパラメータとから構成されているが、これらの値を求めるには、実測にたよらねばならず、簡単にその値を知ることにはむずかしい。そこで、次の表に示すように回転部分の相当重量を設定することとした。

表－3 回転部分慣性重量

変速段数	軽乗用車、軽貨物車	普通貨物車、
	小型乗用車、小型貨物車	大型バス
1 st	1 . 0 0	1 . 0 0
2 nd	0 . 5 4	0 . 4 6
3 rd	0 . 2 0	0 . 2 0
4 th	0 . 1 0	0 . 0 9
5 th	0 . 0 5	0 . 0 5

(注) 表中の数字は回転部分慣性重量の車両重量に対する比率を示す。

自動車ハンドブック等による。

上に述べた以外の条件は次のように設定した：

- ・外気温度は25℃。
- ・動力伝達系の伝達効率、トータルでみた場合、0.92である。
- ・縦断勾配の影響は考慮しない。
- ・コーナリング抵抗は無視する。
- ・タイヤ圧の変化、走行速度の違い等によるころがり抵抗係数の変化は無視する。
- ・横風の影響は考慮しない。
- ・十分に暖機された状態でスタートするものとする。
- ・エアコンディショナー、パワーステアリングは使用しない。
- ・改良区間の路面のころがり抵抗係数の値は0.014とし、未改良区間については、0.020および0.080の両方について計算する。これは、未改良区間の路面の状態はかなりの幅をもって変動することが予想されるためであり、また未舗装の路面における燃料消費量を算定する必要もあったためである。

4－3．計算の結果

4－1および4－2で述べた条件のもとで計算した燃料消費量の値を車種ごとに示したものが、表－4 a.～g.である。この表には、実測した走行パターンにしたがって走行した場合の燃料消費量の値だけではなく、定速走行した場合の消費量の値も示してある。

表-4. 燃料消費量計算結果 a. 軽乗用車

道路条件	パターン番号	旅行時間 (s)	旅行距離 (km)	平均旅行速度 (km/h)	燃料消費量 (cc)	燃費効率 (km/l)
パターン 走行	1 1 0 1	299.4	0.595	7.2	63.4	9.38
	1 1 0 2	349.3	1.062	10.9	124.0	8.57
	1 1 5 1	354.1	1.295	13.2	99.5	13.02
	1 1 5 2	369.1	1.534	15.0	153.2	10.02
	1 1 5 3	418.8	1.799	15.5	160.4	11.22
	1 2 0 1	389.0	1.892	17.5	162.2	11.66
	1 2 0 2	359.2	2.025	20.3	125.5	16.14
	1 2 0 3	299.2	1.722	20.7	128.6	13.39
	1 2 5 1	359.1	2.650	26.8	138.9	19.08
	1 3 0 1	314.6	2.510	28.7	157.4	15.95
	1 3 0 2	378.8	3.128	29.7	160.0	19.55
	1 3 0 3	448.7	3.894	31.2	210.6	18.49
	1 3 5 1	439.0	4.075	33.4	192.2	21.20
	1 3 5 2	349.3	3.597	37.1	116.8	30.80
	1 4 0 1	399.4	4.260	38.4	224.0	19.02
	1 4 0 2	389.0	4.432	41.0	211.3	20.97
	1 4 5 1	379.5	4.695	44.5	191.0	24.58
	1 4 5 2	549.1	7.024	46.1	258.2	27.20
	1 5 0 1	369.2	5.249	51.2	262.9	20.00
	1 5 0 2	429.0	6.183	51.9	252.1	24.53
定速 走行	1 6 0 1	398.8	6.961	62.8	261.9	26.58
	1 7 0 1	319.2	6.060	68.3	230.6	28.28
	1 8 0 1	309.2	6.801	79.2	299.4	22.72
	1 1 0 0	10.0	0.028	10.00 (1)	2.0	14.00
	1 2 0 0	10.0	0.056	20.00 (2)	2.5	22.40
	1 3 0 0	10.0	0.083	30.00 (3)	2.5	33.20
	1 4 0 0	10.0	0.111	40.00 (4)	2.7	41.11
	1 5 0 0	10.0	0.139	50.00 (4)	3.8	36.58
	1 5 5 0	10.0	0.153	55.00 (4)	4.5	34.00
	1 6 0 0	10.0	0.167	60.00 (4)	5.4	30.93
	1 6 5 0	10.0	0.181	65.00 (4)	6.3	28.73
	1 7 0 0	10.0	0.194	70.00 (4)	7.4	26.22
	1 7 5 0	10.0	0.208	75.00 (4)	8.6	24.18
	1 8 0 0	10.0	0.222	80.00 (4)	10.0	22.20
未改 良 1	1 9 0 0	10.0	0.250	80.00 (4)	13.3	18.80
	1 1 0 0	10.0	0.028	10.00 (2)	1.7	16.47
	1 2 0 0	10.0	0.056	20.00 (3)	1.8	31.11
	1 3 0 0	10.0	0.083	30.00 (4)	2.0	41.50
	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	312.2	21.49
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	150.4	24.82
未改 良 2	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	296.2	20.14
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	156.0	25.56
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	187.2	16.23
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	162.3	26.87
	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	585.0	11.47
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	329.1	11.34
未改 良 2	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	572.7	10.42
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	340.1	11.73
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	306.2	9.92
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	364.6	11.96

(注1) 走行パターン番号の4桁の数字は、第1桁目が車種 (1: 軽乗用車、2: 小型乗用車、3: 普通貨物車) を、次の2桁が旅行速度 (km/h, ただし 5 km/h きざみ) を、最後の桁が各旅行速度帯での連続番号を表わしている。また、定速走行の場合、' のついたパターンは変速段が異なることを意味している。変速段は、平均旅行速度の欄の括弧内に示されている。

(注2) 未改良1は、路面のこもり抵抗係数が0.020の場合の燃料消費量の値を、未改良2は、路面の抵抗係数が0.080の場合の値をそれぞれ示している。

b. 軽貨物車

道路条件	パターン番号	旅行時間 (s)	旅行距離 (km)	平均旅行速度 (km/h)	燃料消費量 (cc)	燃費効率 (km/l)
パターン 走行	1 1 0 1	299.4	0.595	7.2	72.7	8.18
	1 1 0 2	349.3	1.062	10.9	137.1	7.75
	1 1 5 1	354.1	1.295	13.2	114.6	11.30
	1 1 5 2	369.1	1.534	15.0	169.2	8.07
	1 1 5 3	418.8	1.799	15.5	178.0	10.11
	1 2 0 1	389.0	1.892	17.5	180.3	10.49
	1 2 0 2	359.2	2.025	20.3	142.4	14.22
	1 2 0 3	299.2	1.722	20.7	147.3	11.69
	1 2 5 1	359.1	2.650	26.6	165.2	16.04
	1 3 0 1	314.6	2.510	28.7	184.2	13.63
	1 3 0 2	378.8	3.128	29.7	188.7	16.58
	1 3 0 3	448.7	3.894	31.2	247.6	15.73
	1 3 5 1	439.0	4.075	33.4	237.6	17.15
	1 3 5 2	349.3	3.597	37.1	151.6	23.73
	1 4 0 1	399.4	4.260	38.4	274.2	15.54
	1 4 0 2	389.0	4.432	41.0	264.1	16.78
	1 4 5 1	379.5	4.695	44.5	237.3	19.79
	1 4 5 2	549.1	7.024	46.1	329.5	21.32
	1 5 0 1	369.2	5.249	51.2	331.0	15.86
	1 5 0 2	429.0	6.183	51.9	312.2	19.80
定速 走行	1 6 0 1	398.8	6.961	62.8	360.4	19.31
	1 7 0 1	319.2	6.060	68.3	322.4	18.80
	1 8 0 1	309.2	6.801	79.2	429.0	15.85
	1 1 0 0	10.0	0.028	10.00 (1)	2.4	11.67
	1 2 0 0	10.0	0.056	20.00 (2)	3.2	17.50
	1 3 0 0	10.0	0.083	30.00 (3)	3.5	23.71
	1 4 0 0	10.0	0.111	40.00 (4)	3.5	31.71
	1 5 0 0	10.0	0.139	50.00 (4)	5.2	26.73
	1 5 5 0	10.0	0.153	55.00 (4)	6.2	24.68
	1 6 0 0	10.0	0.167	60.00 (4)	7.5	22.27
	1 6 5 0	10.0	0.181	65.00 (4)	8.9	20.33
	1 7 0 0	10.0	0.194	70.00 (4)	10.5	18.48
	1 7 5 0	10.0	0.208	75.00 (4)	12.4	16.78
	1 8 0 0	10.0	0.222	80.00 (4)	14.4	15.40
	1 9 0 0	10.0	0.250	90.00 (4)	19.2	13.02
未改 良 1	1 1 0 0	10.0	0.028	10.00 (2)	1.8	15.55
	1 2 0 0	10.0	0.056	20.00 (3)	2.2	25.45
	1 3 0 0	10.0	0.083	30.00 (4)	2.4	34.60
	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	396.2	16.93
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	190.3	19.62
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	372.3	16.03
未改 良 2	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	199.2	20.02
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	226.4	13.42
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	205.1	21.26
	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	727.0	9.23
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	406.9	9.17
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	708.5	8.42
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	424.6	9.41
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	373.9	8.13
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	453.3	9.62

○. 小型乗用車

道路条件	パターン番号	旅行時間 (s)	旅行距離 (km)	平均旅行速度 (km/h)	燃料消費量 (cc)	燃費効率 (km/l)
パターン 走行	2 1 0 1	309.2	0.768	8.94	140.2	5.48
	2 1 0 2	369.9	0.965	9.39	177.8	5.42
	2 1 0 3	309.5	0.922	10.73	163.1	5.65
	2 1 5 1	319.1	1.149	12.97	163.6	7.02
	2 1 5 2	309.4	1.169	13.61	129.1	9.05
	2 2 0 1	299.7	1.497	17.98	182.9	8.18
	2 2 0 2	326.3	1.957	21.59	192.3	10.18
	2 2 0 3	329.0	2.049	22.42	233.4	8.78
	2 2 0 4	443.9	2.911	23.61	318.5	9.14
	2 2 5 1	364.0	2.550	25.22	218.2	11.69
	2 2 5 2	349.1	2.448	25.25	234.0	10.46
	2 2 5 3	468.6	3.412	26.21	304.5	11.21
	2 3 0 1	359.4	2.847	28.52	255.5	11.14
	2 3 0 2	359.5	2.923	29.27	241.1	12.12
	2 3 0 3	359.3	2.978	29.84	246.4	12.09
	2 3 5 1	374.3	3.553	34.17	267.9	13.26
	2 3 5 2	379.1	3.765	35.76	270.8	13.90
	2 4 0 1	339.0	3.538	37.57	288.9	12.25
	2 4 0 2	324.2	3.683	40.89	317.3	11.61
	2 4 5 1	409.1	4.839	42.58	323.7	14.95
	2 4 5 2	463.8	5.884	45.67	347.9	16.91
	2 4 5 3	478.0	6.257	47.12	413.6	15.13
	2 5 0 1	454.3	8.177	48.95	344.2	17.95
	2 5 0 2	349.1	4.970	51.25	268.9	18.48
	2 6 5 1	319.1	5.945	67.07	398.0	14.94
	2 7 5 1	358.8	7.298	73.22	493.9	14.78
定速 走行	2 1 0 0	10.0	0.028	10.00(1)	4.4	6.36
	2 2 0 0	10.0	0.056	20.00(2)	5.7	9.82
	2 3 0 0	10.0	0.083	30.00(3)	6.1	13.61
	2 4 0 0	10.0	0.111	40.00(4)	6.8	16.32
	2 5 0 0	10.0	0.139	50.00(5)	7.9	17.59
	2 5 5 0	10.0	0.153	55.00(5)	8.6	17.79
	2 6 0 0	10.0	0.167	60.00(5)	9.9	16.87
	2 6 5 0	10.0	0.181	65.00(5)	11.8	15.25
	2 7 0 0	10.0	0.194	70.00(5)	13.7	14.16
	2 7 5 0	10.0	0.208	75.00(5)	15.2	13.68
	2 8 0 0	10.0	0.222	80.00(5)	16.3	13.62
	2 9 0 0	10.0	0.250	90.00(5)	18.8	13.30
	2 1 0 0	10.0	0.028	10.00(2)	3.1	9.03
	2 2 0 0	10.0	0.056	20.00(3)	3.5	16.00
	2 3 0 0	10.0	0.083	30.00(4)	4.4	18.86
	2 4 0 0	10.0	0.111	40.00(5)	5.8	19.14
	2 5 0 0	10.0	0.139	50.00(4)	7.7	18.05
未改 良 1	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	522.0	12.85
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	272.8	13.68
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	485.6	12.29
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	283.3	14.08
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	301.0	10.09
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	318.2	13.71
未改 良 2	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	878.3	7.64
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	521.7	7.16
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	856.6	7.96
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	552.8	7.21
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	483.5	6.28
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	600.0	7.27

d. 小型貨物車 (ガソリンエンジン)

道路条件	パターン番号	旅行時間 (s)	旅行距離 (km)	平均旅行速度 (km/h)	燃料消費量 (cc)	燃費効率 (km/l)
パターン 走行	2 1 0 1	309.2	0.768	8.94	195.5	3.93
	2 1 0 2	369.9	0.965	9.39	240.4	4.01
	2 1 0 3	309.5	0.922	10.73	216.8	4.25
	2 1 5 1	319.1	1.149	12.97	225.1	5.10
	2 1 5 2	309.4	1.169	13.61	166.8	7.01
	2 2 0 1	299.7	1.497	17.98	250.2	5.98
	2 2 0 2	326.3	1.957	21.59	268.2	7.30
	2 2 0 3	329.0	2.049	22.42	348.4	5.88
	2 2 0 4	443.9	2.911	23.61	437.7	6.65
	2 2 5 1	364.0	2.550	25.22	310.8	8.20
	2 2 5 2	349.1	2.448	25.25	325.4	7.52
	2 2 5 3	468.6	3.412	26.21	459.9	7.42
	2 3 0 1	359.4	2.847	28.52	368.7	7.72
	2 3 0 2	359.5	2.923	29.27	346.4	8.44
	2 3 0 3	359.3	2.978	29.84	364.9	8.16
	2 3 5 1	374.3	3.553	34.17	395.5	8.98
	2 3 5 2	379.1	3.765	35.76	412.2	9.13
	2 4 0 1	339.0	3.538	37.57	430.8	8.21
	2 4 0 2	324.2	3.683	40.89	433.1	8.50
	2 4 5 1	409.1	4.839	42.58	499.0	9.70
	2 4 5 2	463.8	5.884	45.67	538.0	10.94
	2 4 5 3	478.0	6.257	47.12	584.2	10.71
	2 5 0 1	454.3	6.177	48.95	539.1	11.46
	2 5 0 2	349.1	4.970	51.25	412.7	12.04
	2 6 5 1	319.1	5.945	67.07	555.6	10.70
	2 7 5 1	358.8	7.298	73.22	696.6	10.48
定速 走行	2 1 0 0	10.0	0.028	10.00(1)	5.5	5.09
	2 2 0 0	10.0	0.056	20.00(2)	6.9	8.12
	2 3 0 0	10.0	0.083	30.00(3)	6.7	12.39
	2 4 0 0	10.0	0.111	40.00(4)	8.1	13.70
	2 5 0 0	10.0	0.139	50.00(5)	11.5	12.09
	2 5 5 0	10.0	0.153	55.00(5)	13.9	11.01
	2 6 0 0	10.0	0.167	60.00(5)	15.7	10.64
	2 6 5 0	10.0	0.181	65.00(5)	17.1	10.58
	2 7 0 0	10.0	0.194	70.00(5)	18.7	10.37
	2 7 5 0	10.0	0.208	75.00(5)	20.3	10.25
	2 8 0 0	10.0	0.222	80.00(5)	22.5	9.87
	2 9 0 0	10.0	0.250	90.00(5)	27.9	8.96
未改 良 1	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	751.2	8.93
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	391.5	9.53
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	670.7	8.90
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	408.7	9.76
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	435.4	6.98
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	475.1	9.18
未改 良 2	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	1250.6	5.36
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	707.7	5.27
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	1170.0	5.09
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	751.0	5.31
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	661.2	4.60
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	809.6	5.39

e. 小型貨物車 (ディーゼルエンジン)

道路条件	パターン番号	旅行時間 (s)	旅行距離 (km)	平均旅行速度 (km/h)	燃料消費量 (cc)	燃費効率 (km/l)
パターン 走行	2 1 0 1	309.2	0.768	8.94	193.2	3.98
	2 1 0 2	369.9	0.965	9.39	248.6	3.88
	2 1 0 3	309.5	0.922	10.73	278.3	3.31
	2 1 5 1	319.1	1.149	12.97	252.5	4.54
	2 1 5 2	309.4	1.169	13.61	167.8	6.97
	2 2 0 1	299.7	1.497	17.98	272.6	5.49
	2 2 0 2	326.3	1.957	21.59	267.1	7.33
	2 2 0 3	329.0	2.049	22.42	408.7	5.02
	2 2 0 4	443.9	2.911	23.61	498.8	5.84
	2 2 5 1	364.0	2.550	25.22	322.1	7.92
	2 2 5 2	349.1	2.448	25.25	366.5	6.68
	2 2 5 3	468.6	3.412	26.21	508.1	6.72
	2 3 0 1	359.4	2.847	28.52	389.9	7.30
	2 3 0 2	359.5	2.923	29.27	335.8	8.70
	2 3 0 3	359.3	2.978	29.84	354.8	8.40
	2 3 5 1	374.3	3.553	34.17	391.8	9.07
	2 3 5 2	379.1	3.765	35.76	387.1	9.73
	2 4 0 1	339.0	3.538	37.57	455.3	7.77
	2 4 0 2	324.2	3.683	40.89	462.5	7.96
	2 4 5 1	409.1	4.839	42.58	501.6	9.64
	2 4 5 2	463.8	5.884	45.67	479.9	12.26
	2 4 5 3	478.0	6.257	47.12	579.4	10.80
	2 5 0 1	454.3	6.177	48.95	474.9	13.00
	2 5 0 2	349.1	4.970	51.25	325.9	15.24
	2 6 5 1	319.1	5.945	67.07	488.8	12.17
	2 7 5 1	358.8	7.298	73.22	655.8	11.16
定速 走行	2 1 0 0	10.0	0.028	10.00 (1)	3.4	8.24
	2 2 0 0	10.0	0.056	20.00 (2)	4.6	12.17
	2 3 0 0	10.0	0.083	30.00 (3)	4.8	17.30
	2 4 0 0	10.0	0.111	40.00 (4)	6.1	18.18
	2 5 0 0	10.0	0.139	50.00 (5)	8.9	15.63
	2 5 5 0	10.0	0.153	55.00 (5)	10.5	14.58
	2 6 0 0	10.0	0.167	60.00 (5)	12.5	13.35
	2 6 5 0	10.0	0.181	65.00 (5)	14.5	12.48
	2 7 0 0	10.0	0.194	70.00 (5)	16.8	11.56
	2 7 5 0	10.0	0.208	75.00 (5)	19.4	10.72
	2 8 0 0	10.0	0.222	80.00 (5)	22.2	10.00
	2 9 0 0	10.0	0.250	90.00 (5)	28.7	8.71
未改 良 1	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	804.8	8.33
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	381.3	9.79
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	734.9	8.12
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	384.0	10.39
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	462.3	6.57
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	429.3	10.16
未改 良 2	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	1521.6	4.41
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	863.7	4.32
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	1492.0	4.00
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	911.1	4.38
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	786.0	3.87
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	964.0	4.52

f. 大型貨物車

道路条件	パターン番号	旅行時間(s)	旅行距離(km)	平均旅行速度(km/h)	燃料消費量(cc)	燃費効率(km/l)
パターン 走行	3 1 0 1	398.9	0.636	5.7	417.9	1.52
	3 1 0 2	398.8	0.721	6.5	466.7	1.54
	3 1 5 1	468.8	1.739	13.4	1165.3	1.49
	3 1 5 2	374.1	1.446	13.9	716.1	2.02
	3 1 5 3	448.5	2.019	16.2	1064.0	1.90
	3 2 0 1	408.9	2.122	18.7	1121.7	1.89
	3 2 0 2	359.1	2.071	20.8	1217.4	1.70
	3 2 5 1	429.0	2.870	24.1	1282.9	2.24
	3 2 5 2	338.9	2.282	24.2	1290.8	1.77
	3 2 5 3	418.6	3.024	26.0	1645.1	1.84
	3 3 0 2	339.4	2.924	31.0	1814.7	1.61
	3 3 0 3	314.3	2.724	31.2	1313.6	2.07
	3 3 5 1	438.9	4.445	36.5	1120.7	3.97
	3 3 5 2	349.3	3.640	37.5	1323.7	2.75
	3 4 0 1	379.1	4.122	39.1	2087.0	1.98
	3 4 0 2	399.5	4.677	42.1	2241.7	2.09
	3 4 5 1	429.1	5.455	45.8	2090.6	2.61
	3 4 5 2	309.2	3.983	46.4	696.1	5.72
	3 5 0 1	418.7	6.140	52.8	1061.8	5.78
	3 6 0 1	339.2	5.704	60.5	1889.9	3.02
	3 6 5 1	419.1	7.329	63.0	1532.2	4.78
	3 9 0 1	379.1	9.511	90.3	2596.6	3.66
定速 走行	3 1 0 0	10.0	0.028	10.00	7.5	3.73
	3 2 0 0	10.0	0.056	20.00	9.6	5.83
	3 3 0 0	10.0	0.083	30.00	11.9	6.97
	3 4 0 0	10.0	0.111	40.00	16.8	6.61
	3 5 0 0	10.0	0.139	50.00	23.4	5.94
	3 5 5 0	10.0	0.153	55.00	27.2	5.63
	3 6 0 0	10.0	0.167	60.00	31.7	5.27
	3 6 5 0	10.0	0.181	65.00	36.4	4.97
	3 7 0 0	10.0	0.194	70.00	41.5	4.67
	3 7 5 0	10.0	0.208	75.00	47.1	4.42
	3 8 0 0	10.0	0.222	80.00	53.2	4.17
	3 9 0 0	10.0	0.250	90.00	67.0	3.73
未改 良 1	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	3412.5	1.97
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	1636.4	2.28
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	3357.0	1.78
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	1694.3	2.35
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	1935.4	1.57
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	1503.6	2.90
未改 良 2	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	7227.3	0.93
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	4123.2	0.91
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	7079.5	0.84
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	4205.1	0.95
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	3677.6	0.83
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	4367.0	1.00

g. 大型バス

道路条件	パターン番号	旅行時間 (s)	旅行距離 (km)	平均旅行速度 (km/h)	燃料消費量 (cc)	燃費効率 (km/l)
パターン 走行	3 1 0 1	398.9	0.636	5.7	400.0	1.59
	3 1 0 2	398.8	0.721	6.5	442.8	1.63
	3 1 5 1	468.8	1.739	13.4	1127.4	1.54
	3 1 5 2	374.1	1.446	13.9	677.4	2.13
	3 1 5 3	448.5	2.019	16.2	1008.5	2.00
	3 2 0 1	408.9	2.122	18.7	1072.0	1.98
	3 2 0 2	359.1	2.071	20.8	1162.9	1.78
	3 2 5 1	429.0	2.870	24.1	1197.8	2.39
	3 2 5 2	338.9	2.282	24.2	1219.0	1.87
	3 2 5 3	418.6	3.024	26.0	1282.6	2.36
	3 3 0 2	339.4	2.924	31.0	1716.4	1.70
	3 3 0 3	314.3	2.724	31.2	1257.0	2.17
	3 3 5 1	438.9	4.445	36.5	1055.7	4.21
	3 3 5 2	349.3	3.640	37.5	1232.3	2.95
	3 4 0 1	379.1	4.122	39.1	2006.0	2.05
	3 4 0 2	399.5	4.677	42.1	2123.8	2.20
	3 4 5 1	429.1	5.455	45.8	1999.3	2.73
	3 4 5 2	309.2	3.983	46.4	660.5	6.03
	3 5 0 1	418.7	6.140	52.8	946.9	6.48
	3 6 0 1	339.2	5.704	60.5	1819.7	3.13
	3 6 5 1	419.1	7.329	63.0	1462.8	5.01
	3 9 0 1	379.1	9.511	90.3	2504.0	3.80
定速 走行	3 1 0 0	10.0	0.028	10.00	9.2	3.04
	3 2 0 0	10.0	0.056	20.00	12.1	4.63
	3 3 0 0	10.0	0.083	30.00	13.0	6.38
	3 4 0 0	10.0	0.111	40.00	16.0	6.94
	3 5 0 0	10.0	0.139	50.00	22.3	6.23
	3 5 5 0	10.0	0.153	55.00	26.1	5.86
	3 6 0 0	10.0	0.167	60.00	30.4	5.49
	3 6 5 0	10.0	0.181	65.00	35.0	5.17
	3 7 0 0	10.0	0.194	70.00	39.9	4.86
	3 7 5 0	10.0	0.208	75.00	45.4	4.58
	3 8 0 0	10.0	0.222	80.00	51.3	4.33
	3 9 0 0	10.0	0.250	90.00	64.8	3.86
未改 良 1	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	3236.3	2.07
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	1549.0	2.41
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	3191.6	1.87
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	1609.2	2.48
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	1826.9	1.66
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	1418.4	3.07
未改 良 2	2 0 0 1	508.7	6.708	43.02	6653.4	1.01
	2 0 0 2	309.7	3.733	43.40	3765.1	1.00
	2 0 0 3	483.6	5.966	44.41	6525.6	0.91
	2 0 0 4	319.0	3.988	45.00	3853.0	1.04
	3 0 0 1	378.9	3.038	28.86	3391.7	0.90
	3 0 0 2	399.1	4.361	39.33	3966.7	1.10

4-4. 考 察

表-4に示した計算結果をもとにして、平均旅行速度と燃費効率との関係をプロットしたものが図-5である。どの車種でも、平均旅行速度が40 km/h以下では、燃費効率の値の変動の幅が大きいことがわかる。旅行速度が40 km/h以下では、停止発進を繰り返すことが多く、そのためパターンもさまざまなものが存在し、このようなばらつきを生じたものである。これに対し、旅行速度が40 km/hをこえると、変動は小さくなる。このように高い旅行速度では、ほぼ定速で走行することになるので、変動は大きくならないのである。

次に、平均旅行速度と燃費効率との間の関係を重回帰分析によって定式化した^{*}。想定したのは、以下に示す関係式である：

$$y = \frac{a}{x} + bx + cx^2 + d,$$

ここに、 x ：平均旅行速度 (km/h) , y ：燃費効率 (cc/km) ,

a, b, c , および d ：パラメータ。

回帰分析に用いたのは、パターン走行のデータと速度50km/h以上の定速走行のデータである。未改良区間のデータは、分析の対象としていない。

分析の結果は、表-5にまとめてある。重相関係数の値は、0.88から0.98となっており、有意な結果が得られているが、 x^{-1} の項の係数の t 値が低いケースがある。

(脚注) *以下の計算結果は、「道路整備による効果の推計に関する調査研究報告書」
(建設省道路局、(株)三菱総合研究所、昭和60年3月)による。

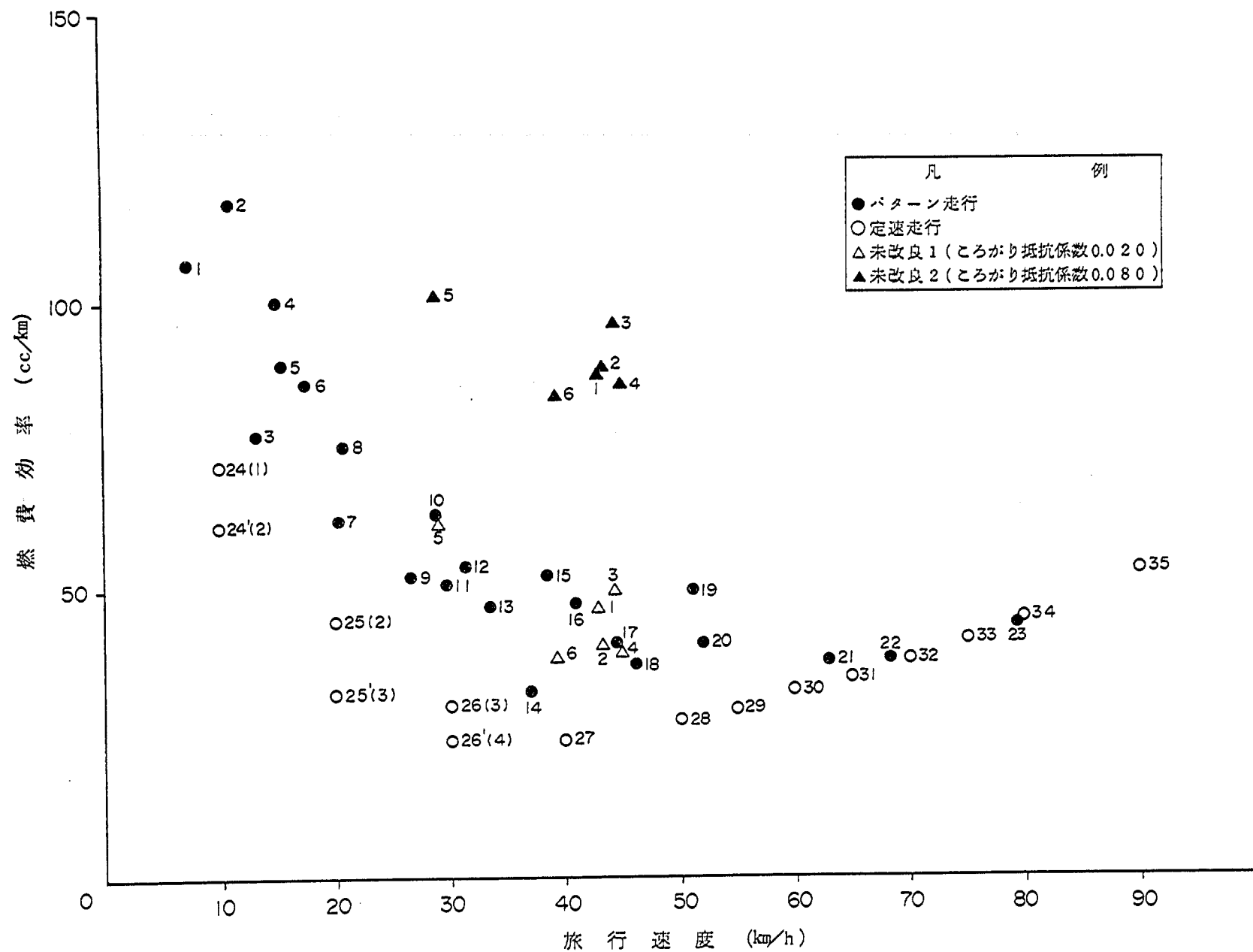
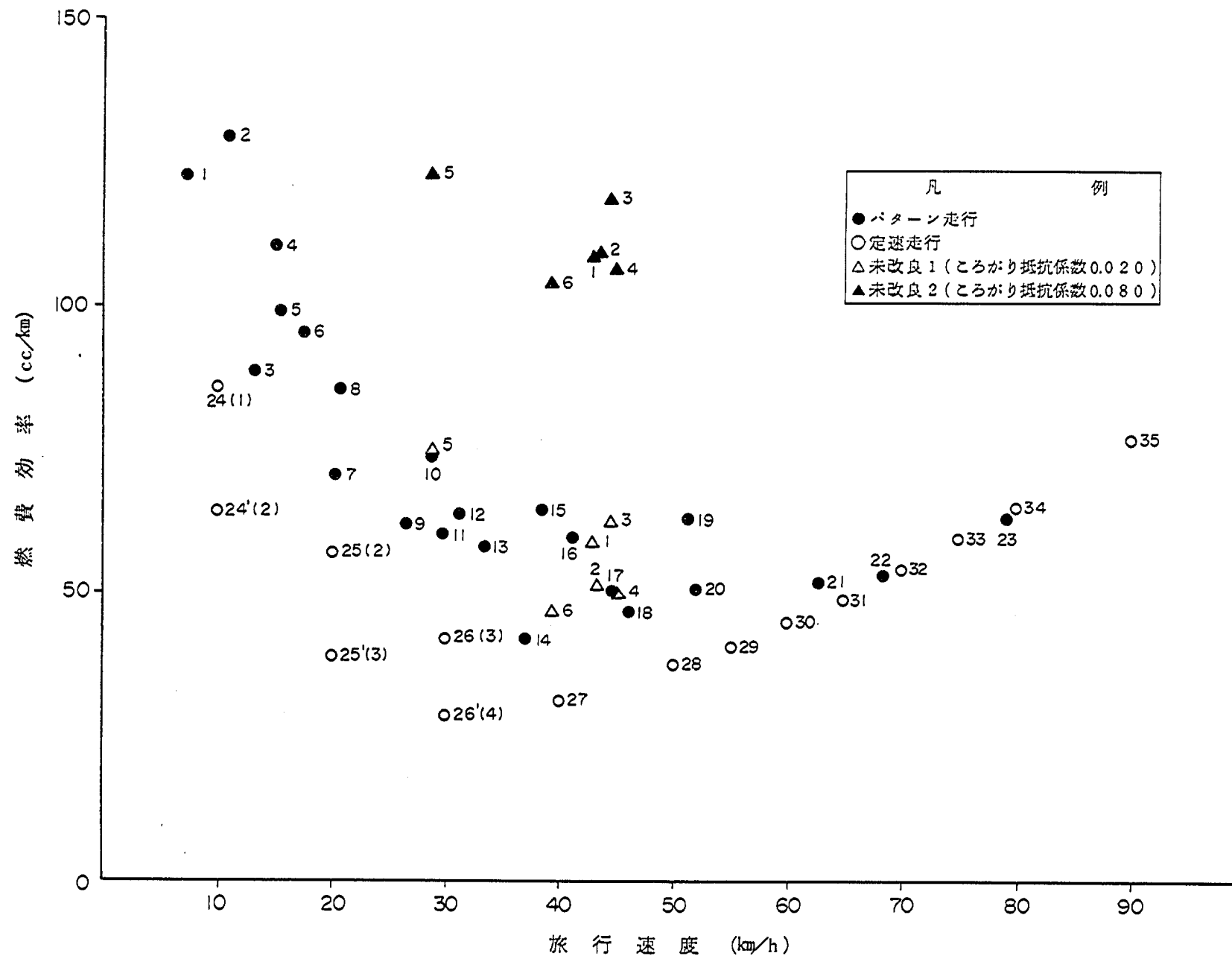
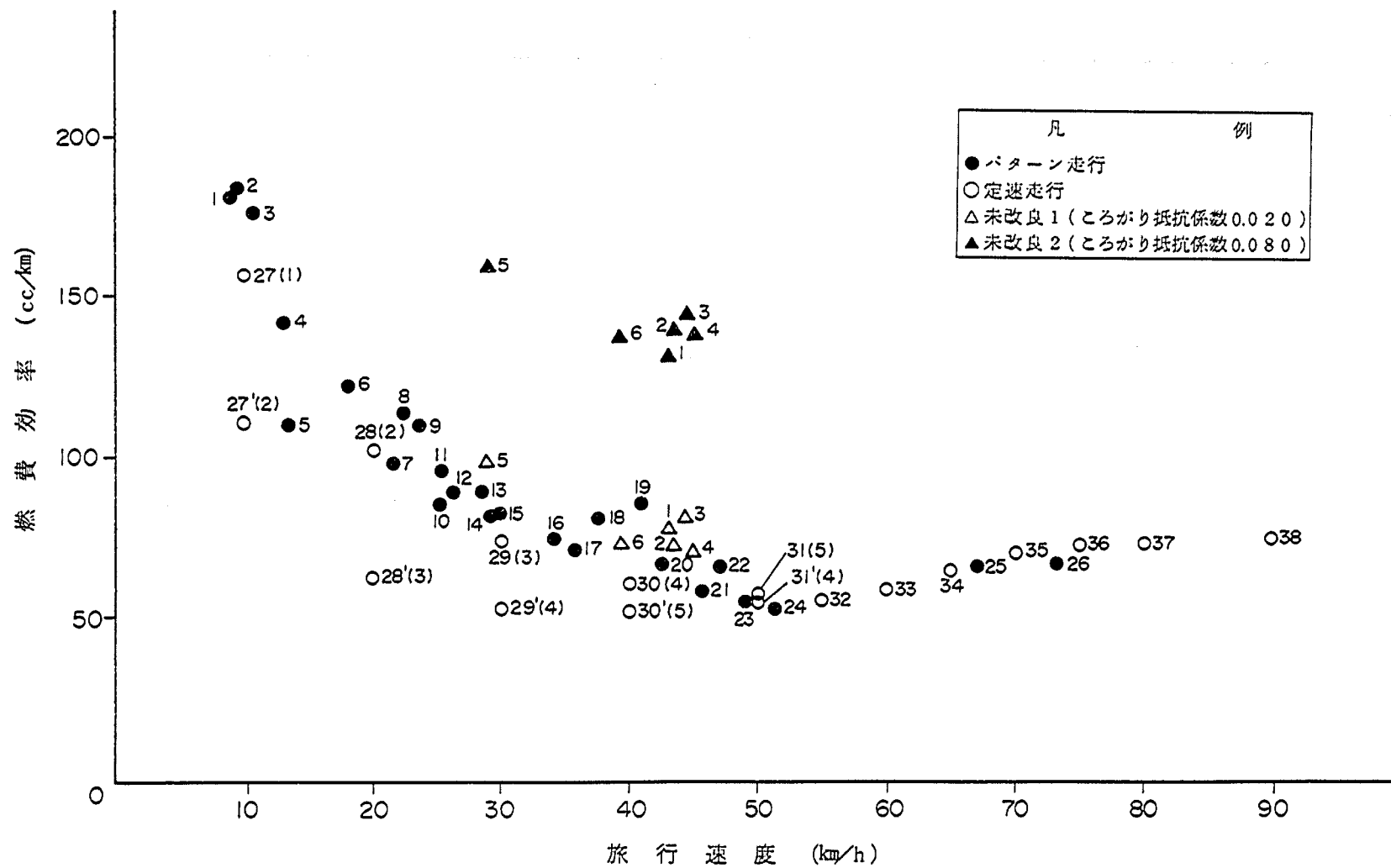


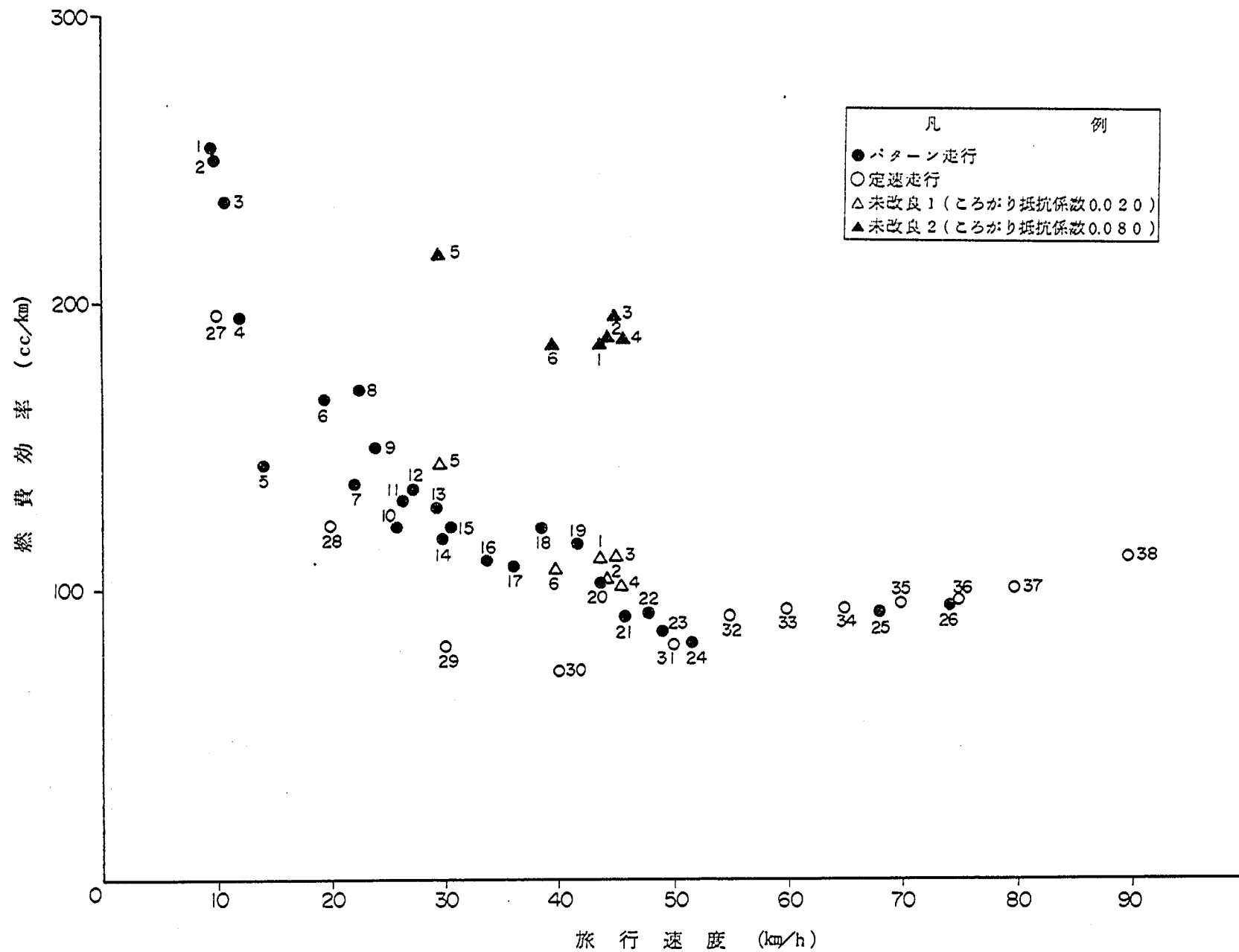
図-5. 平均旅行速度と燃費効率の関係 a. 軽乗用車



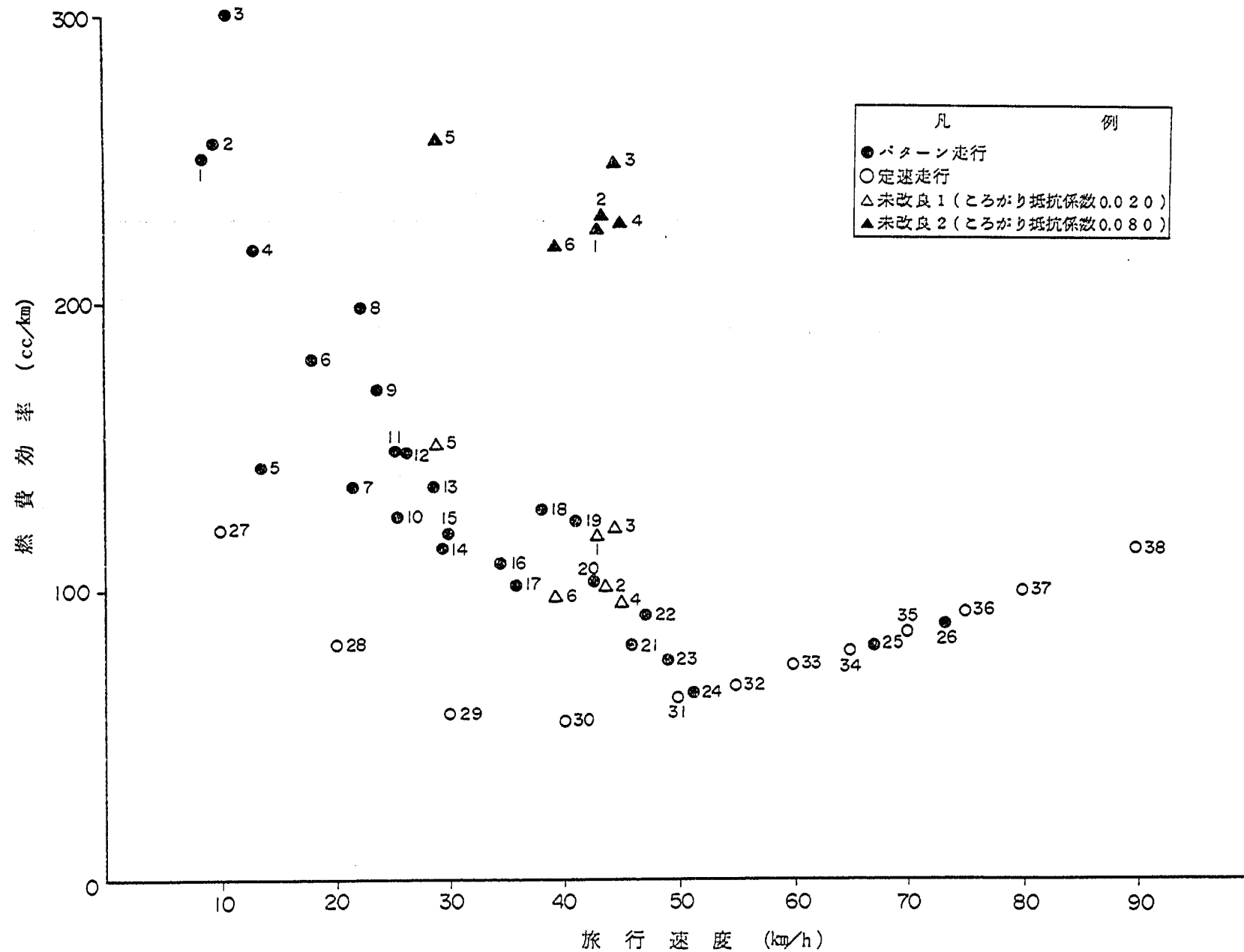
b. 軽貨物車

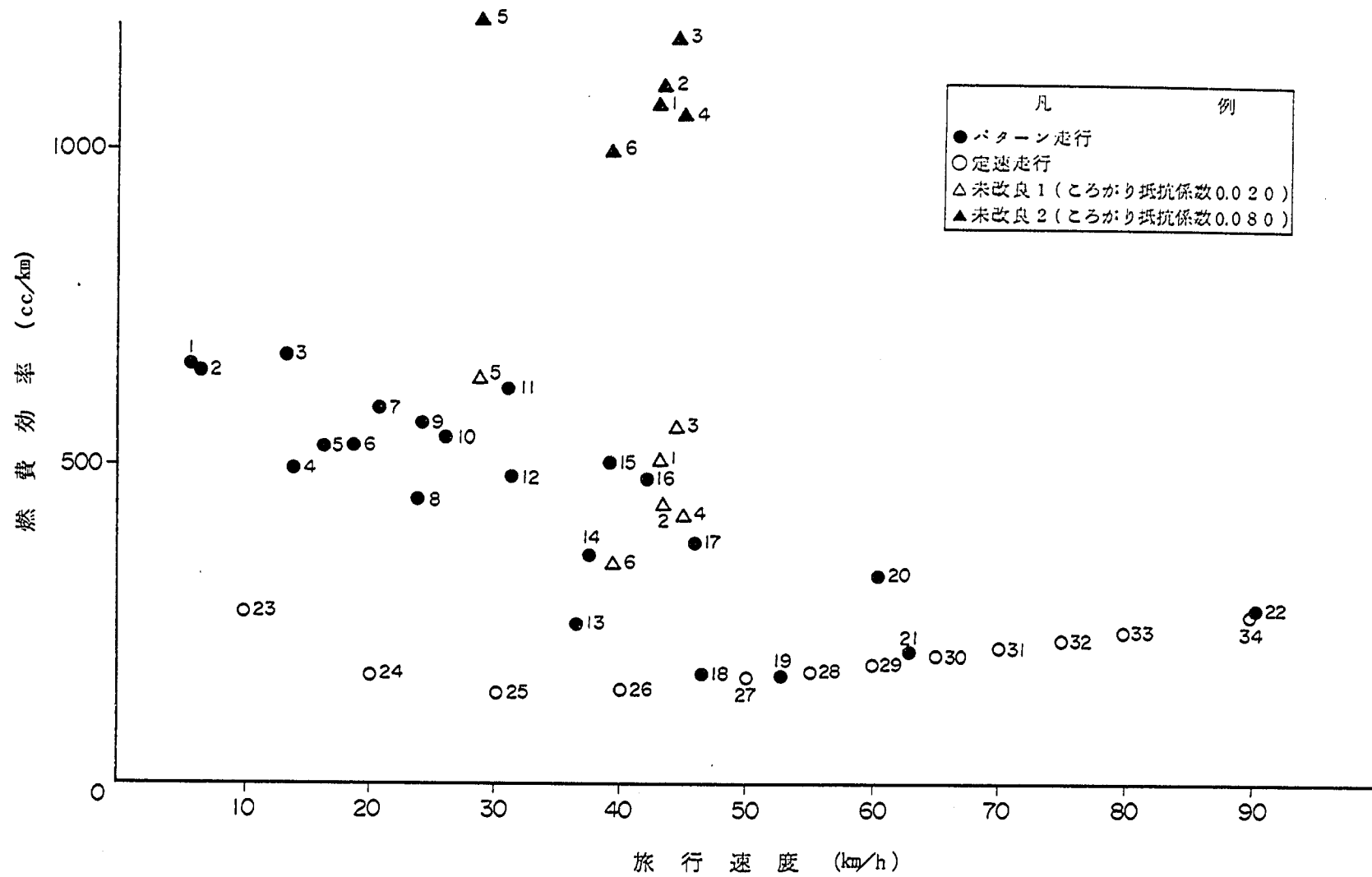


c. 小型乗用車

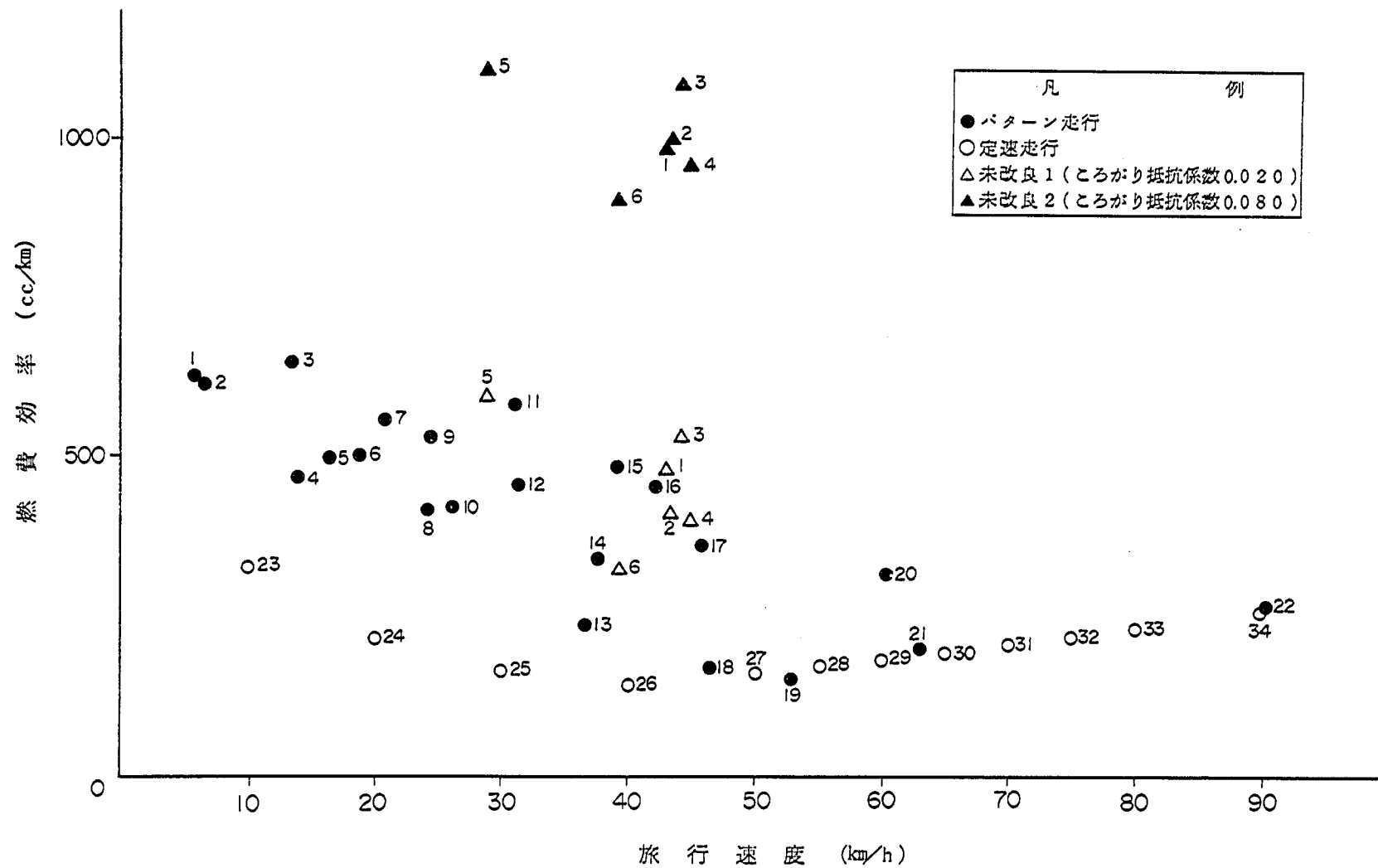


d. 小型貨物車…ガソリンエンジン





f. 普通貨物車



g. 大型バス

表－５．燃費効率の重回帰分析結果

車 種	偏 回 帰 係 数				重 相 関 係 数
	a	b	c	d	
軽 乗 用 車	137.6 (0.971)	-2.819 (5.089)	0.0241 (5.097)	114.29	0.945
軽 貨 物 車	189.0 (1.287)	-2.944 (5.129)	0.0272 (5.561)	122.94	0.940
小型乗用車	1103.0 (5.666)	-1.414 (1.955)	0.0151 (2.479)	73.86	0.967
小型貨物車 (G)	1332.0 (5.151)	-1.899 (1.958)	0.0186 (2.276)	116.62	0.966
小型貨物車 (D)	856.1 (1.872)	-5.128 (2.991)	0.0443 (3.069)	211.92	0.933
普通貨物車	-1381.0 (1.493)	-20.53 (4.289)	0.1405 (3.384)	983.74	0.880
大 型 バ ス	-1149.0 (1.288)	-19.05 (4.129)	0.1319 (3.297)	910.34	0.874

(注) 括弧内の数字はt値を表わす。

道路走行時の自動車の燃料消費

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第2319号
昭和61年2月(1986)
神崎 紘郎 , 山田 晴利
川名 万寿雄

要旨 本報告書は、自動車の燃料消費量をシミュレーションによって求めた結果をとりまとめたものである。

まず、自動車のエンジンから車輪にいたる動力伝達系をモデル化して、燃料消費量を算定するプログラムを作成した。このプログラムを用いて、さまざまな走行条件下での燃料消費量を計算した。計算は、軽乗用車、軽貨物車、小型乗用車、小型貨物車(ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン)、普通貨物車、および大型バスの7車種について行った。計算結果から、平均旅行速度と燃費効率との関係を重回帰分析によって求めた。

キーワード:自動車、走行燃費、計算モデル、旅行速度

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはいて
下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

新交通研究室 御中

No. 003

No. 003

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2319号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

