法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-05-09

自動車の各種走行状況における燃料消費の測定

武田, 晋一郎 / TAKEDA, Shin’ichiro / 鈴木, 広志 / 大谷, 七良 / OYA, Shichiro / SUZUKI, Hiroshi

(出版者 / Publisher)
法政大学工学部
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
Bulletin of the Faculty of Engineering, Hosei University / 法政大学工学部研究集報
(巻 / Volume)
3
(開始ページ / Start Page)
85
(終了ページ / End Page)
93
(発行年 / Year)
1966-03
(URL)
https://doi.org/10.15002/00004267

自動車の各種走行状況における燃料消費の測定

教授　武田晋一郎（基礎学科）
鈴木広志
大谷七良

Measurement of Fuel Consumption of the Automobiles under Various Drive Conditions.

Shin'ichiro TAKEDA, *Professor of Physics*
Hiroshi SUZUKI
Shichirō ŌYA

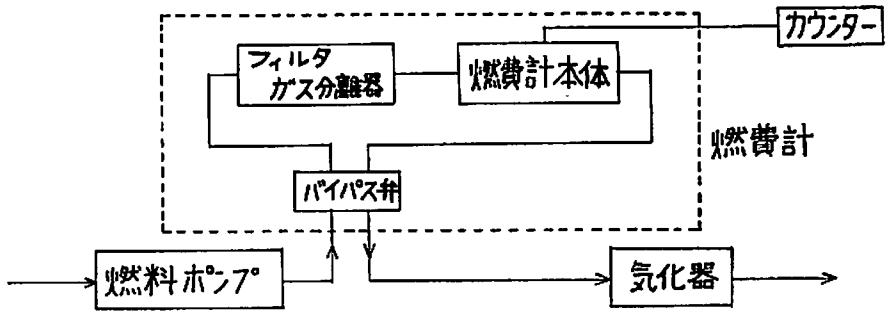
1. 緒　　言

自動車の各種走行状況における燃料消費量の多少は運転者の最も関心のある問題であるが，適当で正確な燃料流量計および積算計がないと詳しいことは不明である．今回われわれは東京精密測器株式会社製の燃量計 DG 100 E を実験用自動車セドリックに装備し，ドライバーの関心の深い各種運航燃量を測定することができたので，その結果を述べて一般の参考に供する次第である．

2. 燃料消費量計の装備および実験道路

使用した燃料消費量計（東京精密測器製 DG 100 E）はピストン式の容積流量計の原理によるもので，1 cm^3 毎に積算器（カウンター）を作動させるようになっている．これを燃料ポンプと気化器との間に第1図のように挿入配管する．本体は車の前席の床に置いたから，燃料（ガソリン）はエンジン室からビニール管でそれと連結し，それを通ってから，エンジン室内の気化器へ導かれる．燃料消費量は本体上面の親計数器（10 cm^3 単位）と電線で導かれた子計数器（カウンター，1 cm^3 または 10 cm^3 単位）で指示される．子計数器の電磁石は可成りの大きさの音（カチ，カチ）を出すので，ドライバーは耳で燃料消費の速さを運転中においても推測することができる．もちろん別の測定者が時間，距離の値と同時に消費燃量をカウンターより読取って記録するのである．

燃量計より可成り長い導管（ビニール管および銅管）で気化器へ連結されてあるので，アクセ



第1図　燃費計装備図

ルペダルの動作に伴う燃料消費速度の変化にいかに早く燃量計が追従できるかについて多少の問題があるが，実際の使用した感じでは遅れは 2～3 秒以内で，普通の使用では支障はないと考えられた．

走行実験は多くは一般道路の広くて閑散なものが狭山丘陵の近くにあり，全長 4 km ほどの中の 660 m ほどを利用したが，この道路は少し勾配があって平地走行のテストには適当ではなかったが，工学部の近傍には他に適当なところが得られないのでそこを使用した．勾配は水準測量によって実測したが，660 m の区域ではほぼ一様で

1000 m につき 5.8 m

である．平坦道路における燃料消費量への修正は上りと下りの平均値を以ってした．このことは厳密には疑問のあることであるが，勾配が割合小さいので可成り正当なものと思う．

3. 定速度走行中の燃費率の測定

実験用自動車セドリック（1500 cc 1960 年製）を使用して，上記の試験道路の長さ 660 m の区間を一定速度（20 km/h～70 km/h）で走った間に消費された燃料を 1 cm^3 の単位で測定した．区間の長さが短いので，消費量は 50～70 cm^3 であり，1 cm^3 の誤差は起り得るので測定精度は 1.5% 程度である．

気化器は車に前から付いていたもの（約5年間使用）と新しく交換したものとの2種について実験した．燃費率としては

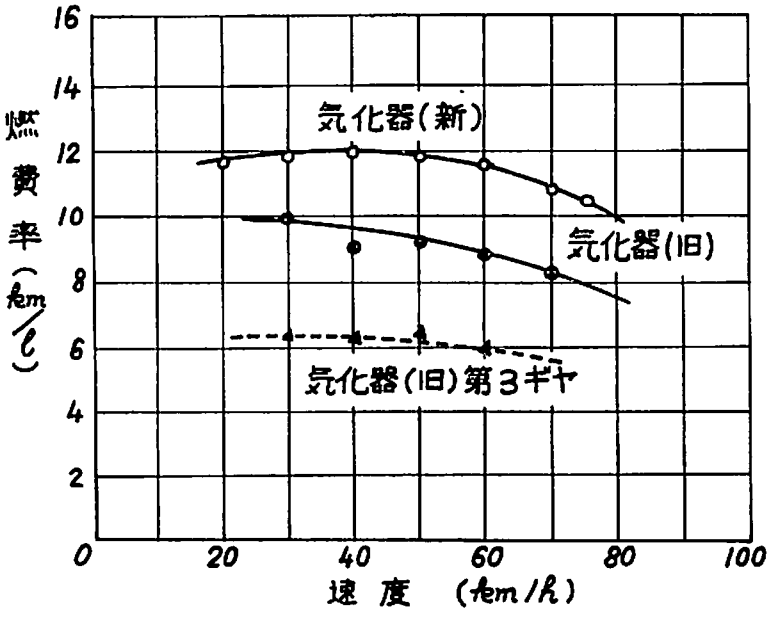
$$\frac{0.660\ \mathrm{km}}{\text{消費燃量}\ l} = \text{燃料}\ 1\,l\ \text{当りの走行距離}\ (\mathrm{km}/l)$$

で表示した．結果は第 2 図に示す通りで，時速 40 km 付近でもっとも燃費は少く大きな速度（70 km/h）では悪くなる．遅い方はその悪くなり方は緩徐であるから，一般にいって定速度で走る限り，自動車は遅く走る方が燃費率はよいといってよいであろう．

気化器の新しいものと古いものとの燃費率の相違は可成り著しいものがあるから（20%），気化器のノズル調整その他はもっと気をつけなければならない．

変速が第3速の場合は当然ながら，第4速の場合より燃費率が悪くなることは第2図の点線の通りである．これは旧気化器に対するものである．したがって，**自動車はできる限りトップギヤ（第4速）で走った方が燃費率がよい**わけである．

また，**点火進角の変更**は燃費率に可成りの影響を及ぼすであろうと推測されたので 660 m のコースで，広い範囲（5°～20°）に渉って進角を変えて実験したが，定速度の走行燃費に関する限り，余り変化が認められなかった．もちろん，加速性能には著しき変化が認められた．したがって，実用走行燃費には影響があるものと思われる．



第2図　定速度速行中の燃費率の速さによる変化（新旧二つの気化器に対して）

4.　非定速度走行時の燃費

定速度で走行中の燃費については前節の通りであるが，車の加速のための燃費，坂道の上り下りの燃費，アイドリング回転中の燃費，乗車人員の多少による燃費率の変化など車のドライバーの常に多少とも気につけている諸点について実験したものを纒めて，非定速度走行時の燃費と題して，本節に述べる．

（1）　加速燃費について

停止より発進して 30 km/h または 40 km/h まで加速するに，変速ギヤ1速だけ，1，2 速併用，2速だけ，3速だけなどの場合の燃費の差を測定した．結果は，つぎの第1表に示した通りで，1速だけは2速だけ，1,2 速併用よりは悪い．3速だけは発進に無理があるのは別としても燃費もよくはない．**正規のギヤ操作で加速するのがよい**としておくことである．

第1表 加速燃費

速度変化	0～30 km				0～40 km/h	
変速ギヤ	1 速	1, 2 速	2 速	3 速	1, 2 速	2 速
加速距離	45 m	21 m	21 m	30 m	45 m	37 m
加速時間	12.6 sec	6.6 sec	6.8 sec	10.8 sec	8.9 sec	8.6 sec
燃費	26 cm³	11 cm³	11 cm³	16 cm³	23 cm³	22 cm³
	(4.8 cm³)	(2.1 cm³)	(2.1 cm³)	(3.2 cm³)	(4.9 cm³)	(4.1 cm³)

これらの加速中に走行した距離を 30 km/h および 40 km/h の定速度走行中の燃費率で計算した燃費を示せば，最下段のような値である．加速燃費は定速度走行中の燃費に比して格段の差（約5倍）があることが知れる．したがって加速停止を繰返して行わねばならない都市の交通混雑がいかに燃費を大きくしていることかが想像されるわけである．

（2） 坂道の上り下りの燃費

坂道の上り下りの燃費の一例として箱根仙石原の付近の勾配 3.5° の傾斜道路の長さ 500 m の部分についての燃料消費量を実測した．結果は第2表の通りである．これによれば，坂道の上りは登坂抵抗 $W\sin\theta$ が極めて大きいものであることを如実に示しころがり抵抗 $\mu_R W$ に比して格段に大きいことを示すものである．したがって，燃料 1 l 当りの走行 km も 4 km と甚だ小さくなっている．それに反し，下り道では勾配抵抗は加速側に働きエンジンの力を助けるので燃費は極めて小さく，40 km/h，第 4 速ギヤではアイドリングのときと大差ない程である．したがって，この程度の坂道ではエンジンを第4速でつないだ方が運転上は安全で，燃料消費にも影響がなくギヤを neutral にする必要がないといえる．

第2表 坂道（傾角 3°5）における燃費

上り下り	速度 km/h	変速比	消費燃料 cm³	1秒間の消費量 cm³/sec	燃費率 km/l
上り	40	第 3 速	119	2.41	4.2
	43	第 4 速	115	2.56	4.3
	30	第 2 速	143	2.14	3.5
	30	第 3 速	121	1.81	4.1
下り	40	第 3 速	20	0.42	25.0
	40	第 4 速	10	0.21	50
	40	neutral	11		45
	40	第 4 速	9	0.19	53
	50	〃	10	0.25	50
	60	〃	12	0.38	42
	70	〃	13	0.46	38

高度差 10 m について平均速度 40 km/h として平坦路より余計に必要な燃量を第2表と第2図とにより算出すれば

勾配　$\frac{5.8}{1000}$ 付近で　10 m の高度差について　約 15 cm³

〃　$\frac{61}{1000}$ 付近で　10 m の高度差について　約 20 cm³

となる．したがって，出発地点と目的地点との高度差が h m であれば，上昇のための燃費の増加は

$$\frac{h}{10}\times 15=1.5\,h\ \ \mathrm{cm}^3 \quad \text{または} \quad \frac{h}{10}\times 20=2\,h\ \ \mathrm{cm}^3$$

である．よって，高度差 50 m 地点を往復すれば，その所要燃費の差は高度差の原因により

$$1.5\times 100=150\,\mathrm{cm}^3 \quad \text{または} \quad 2\times 100=200\,\mathrm{cm}^3$$

が生じていることになる．

（3）アイドリング中の燃費

エンジンのアイドリング中の燃料消費量は一般に僅小ではあるが，暖機運転時間の伸長と信号停止持ち時間の交通混雑による延伸は綜合燃費率の悪化に関係があるので，新旧両気化器について回転数（rpm）を変化した場合の単位時間（sec および min）の消費量を求めた．次の第3表

第3表　アイドリング燃費

回転数 rpm	新気化器		旧気化器	
	1秒当り	1分当り	1秒当り	1分当り
600	0.141 cm³	8.5 cm³	0.187 cm³	11.2 cm³
700	0.174	10.5	0.233	14.0
800	0.194	11.6	0.261	15.6
900	0.210	12.6	0.245	14.7
1000	0.235	14.1	0.296	17.7
1100	0.280	16.8		

の通りである．新しい気化器の方が，矢張り消費量が少い．回転数の増加に伴って消費量が増加しているのは当然のことである．**あまり高い回転数に調整しておくのは不利である．**

交通渋滞のため 20 分間も待てば，アイドリング燃費だけで 200 cm³ 程度の消費増加があり，その上加速のため毎回 10 cm³ ぐらいの燃費が加算されるので，結局全体としては大きな値（400 cm³ 程度あるいはそれ以上）になる．このようなとき，距離が伸びても**回り道して早く目的地へ行った方がよい**ことになる．しかし，どの程度の回り道まで有利であるかは，例えばアイドリング回転数 700 rpm，燃費 0.174 cm³/sec の場合をとり，20 分間の待ち時間とすれば燃料消費は約 200 cm³ である．これを 40 km/h の定速走行の燃費におきかえると，第2図の新気化器の燃費率 12 km/l の値を用いて

$$12\times 0.200=2.4\ \mathrm{km}$$

となる．すなわち，2.4 km 程度の回り道（所要時間 3.6 分）をしても定速走行ができれば，そ

の方が有利なことになるのである.

なお，参考のために1時間のアイドリング燃費量で 40 km/h で定速走行するとして，何 km 走れるかを新気化器の場合に計算してみると，下表のようになる.

第4表 アイドリング1時間の燃料消費量で走れる距離 (km)

アイドリング回転数	600	700	800	900	1000 rpm
燃料消費量 l	0.508	0.636	0.700	0.756	0.845
走行料 km	6.1	7.6	8.4	9.1	10.1

(4) 乗車人員の多少による燃費の相違

乗車人員の多少によって自動車の総重量が変化する. 1 人の重量を 60 kg とすれば，最大乗員数6人と最小乗員数1人との差5人の重量，5×60=300 kg の車体重量 1200 kg に対する比の割合で，即ち 300/1200=0.25 で燃料消費が増加するわけであるが，μ_R なる転動抵抗以外の影響もあるので，これ程の影響はないと思われる. 工学部の周囲の道路約 4.1 km を人数5人と1人との二つの場合について燃量を求めたところ，次の値を得た.

乗員5人の場合　491 cm³, 551 cm³　平均 521 cm³

乗員1人の場合　467 cm³, 451 cm³　平均 459 cm³

平均値の差 62 cm³ を 459 cm³ で割れば，13.5% となる. 4人の場合を重量の割合で推定すれば 16.7% で大きな差はない.

(5) 発進停止を繰返して走った場合の燃費

区間 660 m の道路を発進停止を繰返して走った場合の全燃費は

発進停止回数	20 回	10 回
全燃費	262 cm³	170 cm³

であるが，この距離を 40 km/h で走れば燃費は 70 cm³ 程度である. 30 km/h までの加速燃費が約 10 cm³ である (第1項参照) から，20 回で 200 cm³, 10 回で 100 cm³ これらに 660 m の走行燃費 70 cm³ を加えると，上記の実測値に非常に近い値になるのは興味深いことである.

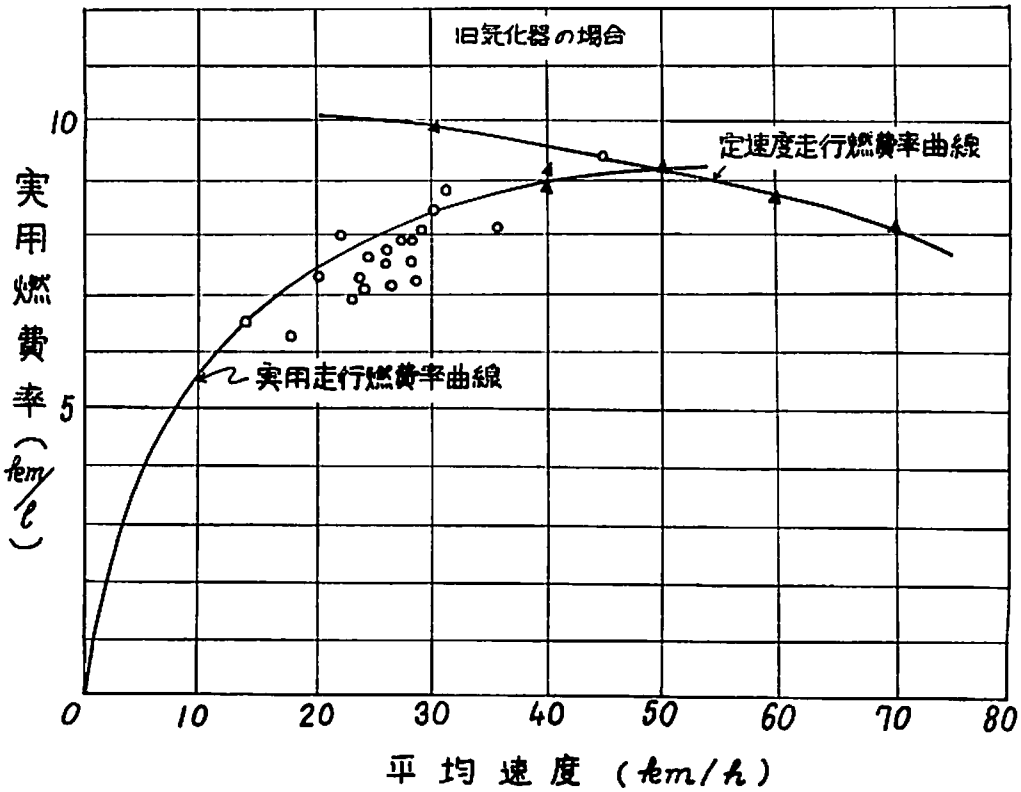
5. 実用走行燃費率について

いま**実用走行燃費率**として，車が発進して相当距離を走ってから目的地に着きエンジンを停止するまでに走った距離 (積算距離計による)，時間，消費燃料を毎回測定したとき

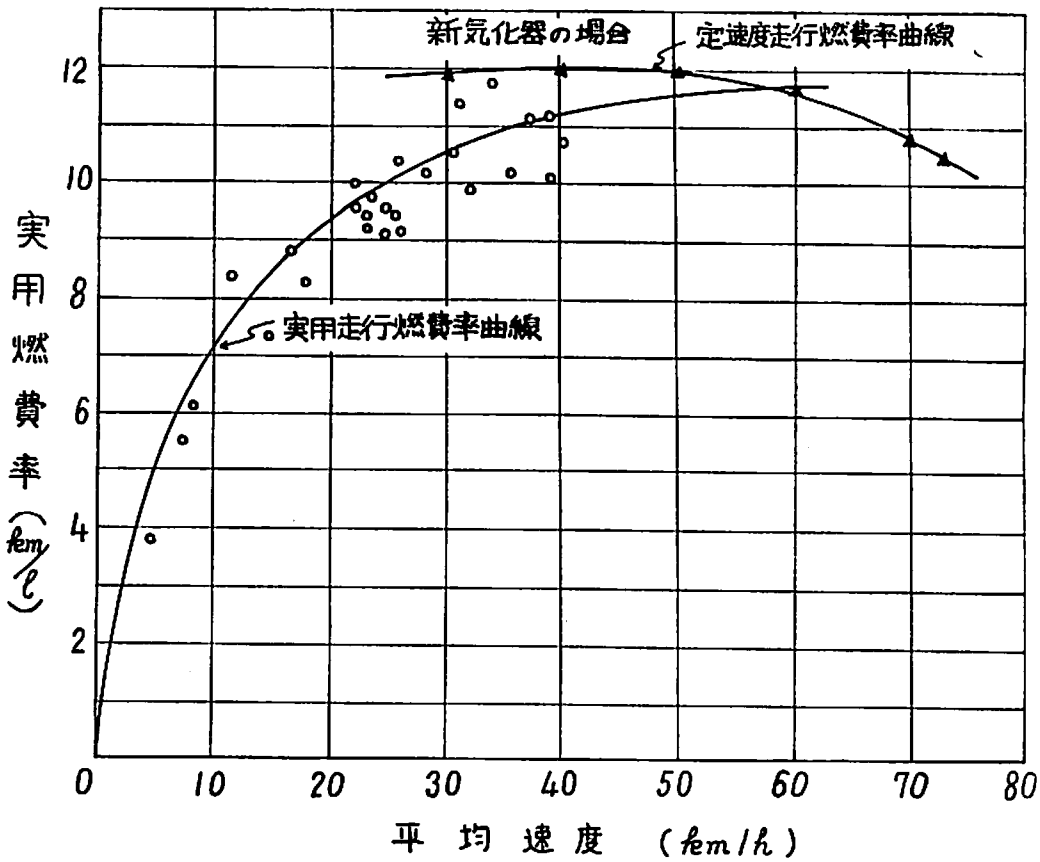
$$\text{平均時速} = \frac{\text{走行距離 (km)}}{\text{経過時間 (h)}}$$

$$\text{実用走行燃費率} = \frac{\text{走行距離 (km)}}{\text{消費燃量 } (l)}$$

のように定義して，実験用自動車を各種の実用走行条件にて走らせたときのデータをとったとこ



第3図　実用走行燃費率と平均時速との関係（旧気化器）



第4図　実用走行燃費率と平均速度との関係（新気化器）

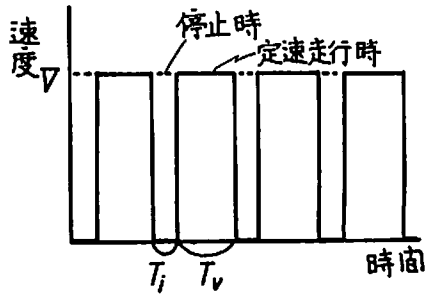
ろ新旧の二つの気化器に対して第3図と第4図の結果を得た．

実用走行燃費率曲線は第2図の定速走行中の燃費率曲線を越えることはないと推論される．白丸が実測された実用走行燃費率の値を表示し，何れも定速走行燃費率曲線を越えるものはない．図示の実用走行燃費率曲線は実測点の平均値を示すのではなく，実用走行を第5図のような矩形波の速度分配，すなわと定速度 V (km/h) と停止 0 (km/h) の混在するものとモデル化して計算して求めたものである．

計算はつぎの通りである．全走行時間 T を定速 V の時間 T_v と停止時間 T_i との和と考え

$$T_v+T_i=T \qquad (1)$$

$$\frac{T_v}{T}=\xi \text{ とおけば，} \frac{T_i}{T}=1-\xi \qquad (2)$$



第 5 図

平均速度 V_{mean} は

$$V_{\text{mean}}=\frac{V\cdot T_v+0\cdot T_i}{T_v+T_i}=\frac{VT_v}{T}=\xi V \qquad (3)$$

となる．また，燃費率は

$$\text{燃費率}=\frac{T_V\cdot V}{L_V\cdot T_V+T_iL_i}=\frac{\xi V}{\xi L_v+(1-\xi)L_i} \qquad (4)$$

となる．ただし，

L_V＝定速 V のときの単位時間 (h) 毎の燃料消費量 (l)

L_i＝車停止，エンジン idling 時の単位時間 (h) ×の燃料消費量 (l)

(4) 式が**実用走行燃費曲線の一つの理論式**である．

(1) 旧気化器の場合

$$V=50\text{ km/h},\ L_v=50/92=5.44\,l$$

$$L_i=0.233\times3600\text{ cm}^3=0.838\,l$$

(2) 新気化器の場合

$$V=55\text{ km/h},\ L_v=55/11.8=4.66\,l$$

$$L_i=0.174\times3600\text{ cm}^3=0.627\,l$$

として，ξ の値に 0～1 の値の変化を与えて (2)，(3) 式より V_{mean} と燃費率とを計算して第3図および第4図にプロットしたグラフが実用走行燃費率曲線である．実測の点と対照すれば，大体よく一致していることが認められるであろう．

しかし，実測点がいくらか下に偏っているのは，加速燃費を無視したからであって，これを考慮すればグラフは下の方に少し下がるので一致はほとんど完全になろう．

6. 結　　言

自動車の運用に関連する燃料消費のドライバーの観点よりの諸問題を，信頼のできる燃料流量積算計の使用によってほとんど解決することができた．定速走行中，加速中，坂道上昇または下中，エンジンブレーキ時，アイドリング時等を実測したのち，平均速度に対する実用走行燃費率曲線の理論式を極めて簡単な走行モデルより推定して実際に合致することを確かめた．この曲線が確定すれば，流量積算計がなくても実用燃費率を推定にて求めることができる用途がある．

（昭和 40 年 10 月 27 日）