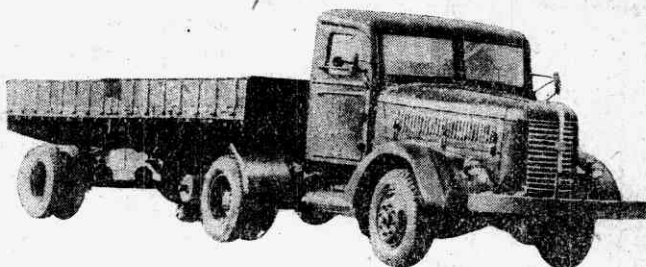


貨物自動車の輸送能力



平 尾 收

トレーラートラック KTB61型 自重 7,200kg,
最大積載量 10,000kg (金剛製作所製車)

貨物自動車の輸送能力を、その積載量、走行速度、および能率について考えてみることにする。

1. 最大積載量

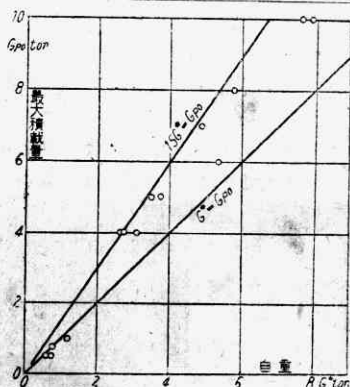
貨物自動車にはそれぞれの車に應じて最大積載量が定められており、街路を走っている車の後部に「最大積載量4t」などと書いてあるのは多くの方が御承知のことと思う。現在日本で製作されている貨物自動車の最大積載量は第1表に示すようにオート三輪車、ダットサンの500kgから、日野、池貝等のトレーラートラックの10tにまでおよんでいる。

第1表 最大積載量

	日野 T-12 (トレーラートラック)	池貝 MTT-4 (トレーラートラック)	いすゞ TB60	ふそう B.1	民生 TT.9	いすゞ TX-61	いすゞ TX-80	ニッサン 180
自重 kg	9,230	10,100	8,000	4,850	5,240	3,820	3,500	2,520
積載量 kg	10,000	10,000	5,770	7,000	6,000	5,000	5,000	4,000

	トヨタ BM	ふそう T-2	トヨ ベッ	オオタ	ダット サン	ダイハツ	マツダ	くるがね
自重 kg	2,640	2,860	1,150	780	700	630	620	630
積載量 kg	4,000	4,000	1,000	750	500	500	500	500

しかし、この最大積載量は、これ以上積んではならぬという意味ではなく、普通の意味の道路なら、かなり悪い道でもこの積載量までは積んで、自由に走つてもさしつかえないことが保証されていることを示す値



第1図

である。すなわちアスファルト舗装の良好な道路なら、この最大積載量の五割増ぐらいの過荷重を積んでも、何等支障がないのが普通である。このときにもつとも弱點になるのは普通はタイヤである。最大積載量のときのタイヤの荷重はタイヤメーカーの定めている標準荷重に對してすでに30%ぐらいの過荷重になっている場合が多い。この最大積載量と車の自重との関係は第1圖に示すように前者が自重の1~1.4倍ぐらいになっている。この比はなるべく大きい方があらゆる點において有利であるが、これは強度、とくに耐久力に大きな関係があり、材料の研究および構造の合理化によつて、自重を軽減す

る努力が常に拂われている。

2. 走行速度

上述の積載量は1臺の車で1回に運び得る量であるが、輸送能力はこれだけで定まるものではなく速度も考慮に入れねばならぬことはいふまでもない。すなわち、積載量2tの車が、甲乙2地點の間を1往復する間に積

載量1tの車が、2往復し得るとすれば、この場合この兩者の輸送能力は同一であると考えてよからう。このような場合には輸送能力はその積載量 G_p kg と速度 V km/hr の積 $G_p \cdot V$ kg-km/hr であらわすことができる。そこで G_p には最大積載量 G_{p0} を用い、 V にはその状態を出し得る最高速度 V_{max} を用いて $G_{p0} \cdot V_{max}$ の値を國產自動車について計算してみると第2表のようになる。

これは常に最高速度で走るとした場合の輸送能力であるが、実際にはわが國ではこのようなことができるはずがなく、速度は実際に道路を走り得る實用値を用いなければ眞の輸送能力をあらわすものとはいえないわけである。そこで日本の貨物自動車は、實際にどのぐらいの速

第 2 表 $G_p \cdot V_{\max} \times 10^{-4}$ kg-km/hr

日 野 T-12 (トラクター トラクタ)	池 貝 MTT-4 (トラクタ)	ふそう B.1	民生 TT.9	いすゞ TX-61	いすゞ TX-80	ニッサン 180	トヨタ MB	ふそう T-2	ト ヨ ベツト	オオタ サ	ダツト サ	ダイハツ	マツダ	くるがね
50	40	52	37	34	34	31	31	26	6.0	4.5	3.0	3.0	3.0	3.0

度で路を走っているかという点、自動車技術会の運行試験の結果によれば車種により、また、同じ車でも道路の幅、路面状況によつてそれぞれ異なり、幅の広い良好な路面では大きい車の方が速く、幅の狭いところでは小型車の方が速く走れる結果となつており、大體現在の道路状況では平均して小型の方が平均速度は早くなつてゐる。すなわち小型は約 30 km/hr 普通車*で 25 km/hr、大型車で 20 km/hr 程度の平均速度**である。いずれにしても最高速度としては 70~80 km/hr の能力を持つてゐる車が、せいぜい 40 km/hr 程度までの速度でしか走り得ないわけであるから、現状では車の耐久力も大して損わず、かつ危険のともなわない範囲で積載量を増す方が實際の輸送能力が増すことになり、しかも速度の犠牲もほとんどなくてすむわけである。

しかし道路の幅が廣く路面が良好で常に最高速度で走り得る場合には、積載量を増すと輸送速度を減ずる結果になり、高度の機動性を特長とする自動車輸送としては好ましくない。これが Ford, G. M. C 等のトラックを日本では 4t 積として用いているのに米國では 3~2.5t 積として用いている理由である。米國では幹線道路では 100~150 km/hr のほとんどその最高速度に近い高速で走ることである。このような道路事情と、ガソリンの価格が低いことによつて、もつぱら高速で走つて輸送能力を増そうとする傾向にあり、そのために自動車發動機の出力をさらに増大することが要求されるのであるが、わが國においてはこれと反對に、上述の道路状況から速度が 30~40 km/hr 以下に制限されるため、ガソリンまたは、ディーゼルでは出力にまだ餘裕があり、積載量を増すことによつて、輸送能力を増そうとする傾向にある。このためまさにタイヤの能力の極限に近いところまで積載量を増している現状である。

さて自動車が最高速度で走っているときには、その状態で發動機のだし得る最大出力が、走行抵抗に對する所要馬力にちょうど等しくなつてゐる。この所要馬力は、自動車の總重量 G と速度とにほぼ比例する「ころがり抵抗馬力」と、前面面積 A と速度の三乗に比例する「空氣抵抗馬力」とよりなると考えるのが普通である。すなわ

* 普通車とは、ニッサン、トヨタ、いすゞ等の 4~5 t 積の車をいう。

** 自動車で道路を走っている場合他の車とすれちがつたり道路が曲つたり、または種々の障害物があるために速度は常に變らなければならぬのが普通で、相當の距離を走る場合には速度計を 35~40 km/hr に合わせて走つたつもりでも平均速度は 30 km/hr 程度になる場合が多い。

ち一般に速度 V で走るときの所要馬力 L は

$$L = \frac{1}{\eta_t \cdot 3.6 \cdot 75} (\mu_r \cdot G \cdot V + \mu_l A V^3) \text{ IP} \dots\dots\dots (1)$$

ただし η_t = 傳導效率、 μ_r = ころがり抵抗係數、

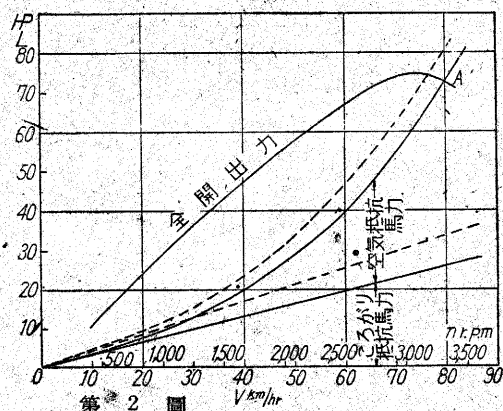
G = 車の總重量 kg, V = 速度 km/hr,

μ_l = 空氣抵抗係數, A = 前面積 m^2

トヨタ、ニッサン等の普通の 4t 積の貨物自動車では、最大積載量のときの總重量は $G_0 = 6,500$ kg ぐらいで、前面面積は $A = 4.6 \text{ m}^2$ 程度である。また普通の舗装道路では $\mu_r = 0.012$ としてよく、空氣抵抗係數 μ_l は積荷の形、風向によつても變るが、貨物自動車では平均して $\mu_l = 0.005$ ぐらいにとることが多いから、傳導效率 $\eta_t = 0.9$ として (1) 式にこれらの値を入れると

$$L = 0.32V + 0.95 \times 10^{-4} V^3 \text{ IP} \dots\dots\dots (2)$$

となる。上式でわかるように、低速では第 1 項に對して第 2 項はきわめて小さく省略し得るが、高速では第 2 項の方が大きくなる。この關係は第 2 圖に示す通りである。また車輪の直径と、齒車比がわかれば、各速度に對應する發動機の回轉數は定まるから (第 2 圖参照)、發動機回轉數とそれに対応した正味最大出力との關係がわかつていれば、第 2 圖に走行速度と、そのときに出し得る正味最大出力との關係を記入することができる。これと所要馬力の曲線との交り A が最高速度に對應する點である。



今積載量を増した場合は總重量が増してころがり抵抗馬力は増すが、空氣抵抗馬力はほとんど變化しないと考へてよい。すなわち第 2 圖の場合最大積載量の 50% の過荷重を積むとすると總重量は 2 倍して $G = 8,500$ kg となり (2) 式の第 1 項は $0.42V$ となり、このときの抵抗馬力は 2 圖の破線のようになる。たとえば 30 km/hr で走る場合餘裕馬力は充分あるが最高速度は 80 km/hr が 76 km/hr に下る。このように平地においては積載量を増

第 3 表 $G_{p0} \cdot a \text{ kg-km/l} \times 10^{-3}$

	大 型 車			普 通 車			小 型 車			
	ジ ー ゼ ル			ジ ー ゼ ル	ガ ソ リ ン		ガ ソ リ ン			
最大積載量 kg	10,000	7,000	6,000	5,000	5,000	4,000	1,000	750	500	500 (オート三輪)
$G_{p0} a \text{ kg-km/l} \times 10^{-3}$	23~30	34~37	26~33	32~43	29~32	23~30	13~15	11~13	10~12	11~15

しても最高速の低下は比較的小さいが、少しでも勾配があるところの差はかなりいちじるしくなる。たとえば 1/100 の勾配を登るときに最高速は最大積載量のときには、約 70 km/hr なのが、50% 過荷重では 60 km/hr に低下する。

3. 輸送の効率

上述の $G_{p0} V \text{ kg-km/hr}$ の値は単位時間當りの輸送能力をあらわすものであるが、次に燃料 1 l 當りの輸送能力をあらわすものとして自動車の燃料消費率 $a \text{ km/l}$ 、すなわち 1 l の燃料で走り得る距離と、最大積載量 G_{p0} との積 $G_{p0} a \text{ kg-km/l}$ も重要な数値である。これをかりに輸送効率とよぶことにする。この値を種々の自動車について計算してみると第 3 表のようになり、大型車程この値は大となつてゐる。そこで常に最大積載量で使用する場合には大型車程効率がよいことになる。しかし最大積載量より少い荷物、たとえば 1 t の荷物を運搬する場合には $G_p = 1$ であるから $G_p \cdot a = a$ となり 1 t 積んだ場合の燃費 km/l によつて輸送効率があらわされることになり、小型車の方が有利になる。そこでまずこの自動車の燃費がその大きさによつていかに變るかを一般的に考えてみることにする。今幾何學的に全く相似形をした自動車を考えると、一定の速度 $V \text{ km/hr}$ で走る場合にはその燃料消費率 km/l と車の総重量との間には次の関係がある⁽¹⁾。

$$a = \frac{k_0}{G + k_1 G^{\frac{2}{3}} + k_2 G^{\frac{1}{3}}}$$

ただし k_0, k_1, k_2 はその車の型式、考える速度によつて定まる定数。

また相似形の車では最大積載量 G_p は、そのときの総重量 G に比例するから、この比例常数を k とすると

$$a \cdot G_{p0} = \frac{k \cdot k_0 \cdot G^{\frac{2}{3}}}{G^{\frac{2}{3}} + k_1 G^{\frac{1}{3}} + k_2}$$

すなわち最大積載量のときの輸送効率 $a \cdot G_{p0}$ は総重量 G 、すなわち車の大きが増すと増加するが、 $G \rightarrow \infty$ の極限では $a \cdot G_{p0} \rightarrow k_0 \cdot k$ の一定値をとり、また $G \rightarrow 0$ で $a \cdot G_{p0} \rightarrow 0$ となる、すなわち G の小さいときは、大きさが少し變ると能率 $a \cdot G_{p0}$ はかなり變わるが、 G が大きくなると $a \cdot G_{p0}$ の値は $k \cdot k_0$ の局限値に近づきあまり變化しなくなる。

また一般に総重量が $G \text{ kg}$ 、發動機のシリンダ容積が $V_h \text{ l}$ 、速度 $V \text{ km/hr}$ で走る場合の發動機の所要正味出力が $L \text{ HP}$ で其の状態における發動機の摩擦損失馬力が L_f であるとし、かつこのときの發動機回転数が毎分 n であるような歯車比および車輪直徑を有する自動車の燃費を $a \text{ km/l}$ とすると、 a は $\{L + L_f + V_h n / 900\}$ にほぼ逆比例すると考えてよい⁽²⁾ から、今この車で最大積載量で舗装道路を $V \text{ km/hr}$ の速度で走るときの所要出力を L_0 、燃費を a_0 とし、積載量を増したり、あるいは積載量は變えないでも他の車を牽引したり、あるいは道路状況が悪くなる等によつて同じ $V \text{ km/hr}$ で走るときの所要正味出力が増し L となつた場合の燃費 a がどうかを考えてみる。この場合速度は變えないから發動機回転数 n は變化せず、摩擦損失馬力 L_f も變わらないと考えると、すなわち $L_f = L_{f0}$, $n = n_0$ そこで

$$a/a_0 = \frac{L_0 + L_0 + V_h n_0 / 900}{L + L_{f0} + V_h n_0 / 900} \dots \dots \dots (3)$$

空気抵抗が問題にならない低速度 (20 km/hr 程度) の場合には發動機の正味所要馬力 L は

$$L = \mu_r \cdot V \cdot G / \eta_t \cdot 75 \cdot 3.6 \text{ HP} \dots \dots \dots (4)$$

ただし μ_r = ころがり抵抗係数, η_t = 傳導効率

G = 総重量 kg , V = 行速度 km/hr

また摩擦損失馬力 L_f は軸受等の摺動部分の摩擦と補機の駆動に要する出力である。これ等は發動機の型式、構造、使用する補機によつて變化するが、普通の自動車發動機においては極く概略の値として次のような式で表わすことができる。

$$L_f = V_h \left\{ 0.55 \left(\frac{n}{1000} \right) + 0.85 \left(\frac{n}{1000} \right)^2 \right\} \text{ HP} \dots \dots \dots (5)$$

ただ、 V_h = 發動機のシリンダ容積 l

n = 發動機の回転数 r. p. m

また國產の貨物自動車では、最大積載量を積んだときの総重量 $G_0 \text{ kg}$ とシリンダ容積 $V_h \text{ l}$ との比はほぼ一定となり次のようになつてゐる。

$$G_0 = 1.72 \times 10^3 V_h$$

そこでこの値を用いることにすると最大積載量を積んで $V \text{ km/hr}$ の速度で走るときの正味所要出力 L_0 は

$$L_0 = \mu_r \cdot V \cdot 1.72 \times 10^3 V_h / \eta_t \cdot 75 \cdot 3.6$$

そこで普通の舗装道路を走る場合合を考えることにして $\mu_r = 0.012$ とし、また傳導効率を $\eta_t = 0.9$ とする。また

(1) 自動車技術會論文集, 1 卷 1 號, 自動車の大きさ と 燃料消費量。

(2) 自動車技術會論文集, 1 卷 2 號, 自動車の燃費 と 速性能。

速度は $V=30\text{km/hr}$ の場合を考えることにして、このとき發の動機回轉數を 1000 r.p.m とし、これ等の値を上述の式にそれぞれ代入すると

$$L_f=1.4V_h, L_0=2.5V_h, V_h n/1000=1.1V_h$$

となるから (3) 式は

$$a/a_0 = \frac{2}{\frac{L}{L_0} + 1} \dots\dots\dots (6)$$

そして、(4) 式でわかるように一定速度で走る場合に、 μ_r, η_t が一定であれば、 L は G に比例するから (6) 式は次のように書くこともできる。

$$a/a_0 = \frac{2}{\frac{G}{G_0} + 1} \dots\dots\dots (6')$$

また最大積載量 G_{p0} とそのときの總重量 G_0 との関係は小型車では $G_{p0}=\frac{1}{2}G_0$ 程度のもが多く、普通型、大

型車では $G_{p0}=\frac{1}{1.7}G_0$ 前後のものが多い。(第1圖参照)

このような自動車で今 50% の過荷重を積んだ場合の總重量 G は、正規の最大積載量のときの總重量 G_0 に對して、小型車では 1.25 倍となり、普通型大型車では約 1.3 倍になる。これを (6') 式に入れると a/a_0 の値はそれぞれ 0.89 および 0.80 となる。つまり最大積載量の 50% 増し過荷重を積むと、燃費すなわち $1/l$ の燃料で走り得る距離は、それぞれ約 11% および 13% 減少することがわかる。しかし積載量は 1.5 倍になつてゐるから、輸送効率 ($\text{kg}\cdot\text{km}/l$) はそれぞれ $0.89 \times 1.5 = 1.34$, および $0.87 \times 1.5 = 1.31$ 倍となり、増すことがわかる。また全く同型の車に最大積載量の荷を積んでこれを引張る場合に

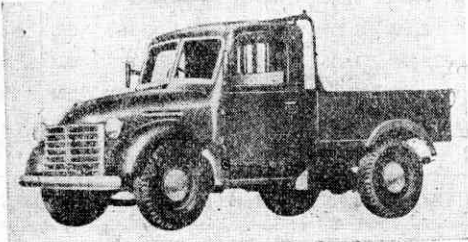
は、1臺で走る場合の約 2 倍の出力を要する筈であるから、(6) 式で $L/L_0=2$ とすると $a/a_0=\frac{2}{3}$ となり、積載量は 1臺の場合の 2 倍になるから、輸送効率は $\frac{2}{3} \times 2 = 4/3$ となる。

このように道路状況によつて走り得る速度がある値に制限される場合には、發動機出力が不足してその速度で走ることができなくなることがあり、またタイヤの荷重能力が許すかぎり積載量を増す程輸送能力 $\text{kg}\cdot\text{km}/\text{hr}$ も増すし、輸送効率 $\text{kg}\cdot\text{km}/l$ も増すことになる。前にも述べたようにわが國においてタイヤの局限にも達する荷重で貨物自動車を使用しているのは、このような事情によるものである。それで發動機の出力の方はガソリン、ジーゼル車においては、現状で不足を感じる程でもないが、薪、炭等の代燃車では出力もかなりぎりぎりのところになつてゐるといふよう。

これに反し歐米諸國の道路の完備したところでは 100 km/hr 以上の高速で走る必要上、最大積載量はわが國のその半分位にしている。しかもより高速度で走るために、常に出力を増加することが要求されている。このようなところでは薪、炭の代燃車は出力が不足するだけでも使用に耐えないものになる。

このように、貨物自動車の輸送能力は 1 度に輸送する荷物の量と、道路の状況によつて非常に左右されるものでそれぞれの條件に最も適した車種があるはずである。

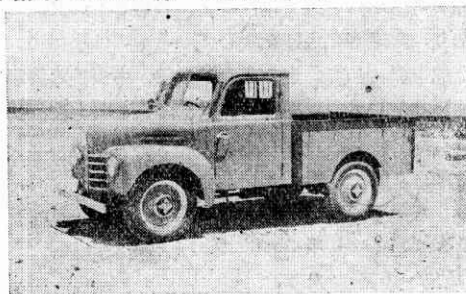
良好な道路、高速度で走り得る道路は自動車の輸送力を増大するための第一の要件である。



第3圖



第5圖



第4圖

第3圖 小型トラック。トヨベツト (トヨタ自動車株式會社製) 自重 1,200 kg 最大積載量 1,000 kg

第4圖 小型トラック。OS-6 型 (高速機關工業株式會社製) 自重 800 kg, 最大積載量 750 kg.

第5圖 普通型トラック。ニッサン 180 型。(日産自動車株式會社製) 自重 2,860 kg 最大積載量 4,000 kg

次號 報告 (1951 年) 新年號

論 說	星 合 正 治
調 査	スペクトル應用の進歩.....藤 森 榮 二
研 究	ヴァイオリンの製作.....(糸 川 英 夫 熊 谷 千 尋 久 松 敬 弘 山 田 龍 男)
	鐵さびとその対策.....(山 田 龍 男)

防振ゴムの性質.....	{ 西 村 源 六 郎 古 川 浩
金屬の内部摩擦とヤング率の測定.....	{ 大 澤 眞 人 丸 山 茂
現代建築の美.....	池 邊 陽
その他 速報、技術史ノート、トピック、隨筆、生研ニュース等	