

林道の上り勾配部の路面状態と自動車速度

著者	山崎 忠久
雑誌名	三重大學農學部學術報告 = The bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University
巻	64
ページ	29-38
発行年	1982-03-01
その他のタイトル	Study on the Relationship between the Speed of Motor Vehicles and the Condition of Road Surface on the Up-Grade Section of Forest Roads
URL	http://hdl.handle.net/10076/3239

林道の上り勾配部の路面状態と自動車速度

山 崎 忠 久

Study on the Relationship between the Speed of Motor Vehicles and the Condition of Road Surface on the Up-Grade Section of Forest Roads

Tadahisa YAMAZAKI

I. はじめに

林道（自動車道）は主として林産物の搬出や森林の管理・経営のための人員や資材の輸送を目的とした林業用施設としての機能を持ち、また路線によっては農山村地域の一般交通路としての機能も備え、さらに近年では森林のリクリエーションの利用のための通行路としての利用もあり、自動車社会のなかでその役割は大きい。

林道（自動車道）の構造は道路法にいう「道路構造令」に準じた「林道規程」により、自動車道の区分（1・2・3級）に応じて設計速度と幅員が決められ、さらに各設計速度値と曲線半径、視距、縦断勾配などが関係づけられ規定されている。

林道上を走行する車両の速度に影響を及ぼす因子は幅員、勾配、線形、路面状態など林道構造のすべてであり、車両の運転者は周辺の地形、沿道の状況、林道の線形、路面状況などに応じて、自分の運転能力に合せて安全・快適に走行できる速度を選び車両を走らせる。

林道の路面は規程第22条に「路面は、特別の場合を除くほか砂利道とし、…」と規定され、砂利敷路面を原則としているが既設林道の機能向上を図り、農山村地域の環境の改善に資するため、日交通量60台以上で、人家等10戸（およそ500m以内）または5戸（およそ250m以内）以上ある区間、公共用建物に係る区間、急勾配で路面侵蝕のはなはだしい区間、急カーブ区間その他交通安全の確保のため必要な区間などに該当する箇所については、農林漁業用揮発油税財源身替林道整備事業などにより林道の舗装が行われている⁴⁾。林道の舗装の効果については、維持管理面の効果や登坂力の確保、輸送の効率化などが考えられる。

以前筆者は、輸送の効率化、運転者に対する精神的負担の軽減という視点から、砂利敷林道（砂利道）の勾配部における運材トラックの走行速度を考慮した最急勾配について検討を試みた³⁾が、さらにそれらの勾配部を舗装することにより、どの程度の速度が確保でき、砂利道に比べてどれ程のスピードアップが期待できるかという視点から、上り勾配部の砂利道とアスファルト舗装道路の速度差について、自動車の走行性能線図を利用して求めた理論的計算値と走行速度調査の結果から検討を試みたので、その結果について報告する。

II. 方法と条件

林道上を走行する車両の速度は、常に一定ではなく幅員、勾配、線形、路面状態などによって変化する。車両の運転者は林道の線形、路面の状況、幅員、縦断勾配などの走行環境に応じ、自分の運転能力も考慮して車を走らせていると考えられる。走行速度を左右する因子は数多いが、勾配部の路面状態の違いが走行速度にどのように影響を及ぼすか、とくに路面を舗装することによって、どの程度のスピードアップが可能かを自動車走行性能線図を利用して求めた値と走行速度調査結果から検討する。

1. 走行性能線図利用による走行可能速度の算定

林道の縦断勾配とその勾配部を走行する車両の走行速度との関係を明らかにするには非常に多くの仮定を必要とし困難である。また、林道上を走行する車両と林道の条件を考慮するだけでは不十分で、その車両の運転者のことも考慮しなければならない。しかし、砂利敷路面および舗装路の林道直線勾配部でアクセルペダルを一杯に踏み込んで車両を走行させる場合を仮定すれば走行性能線図により勾配と車両速度の関係を求めることができる。

走行性能線図は、一定速度で走行する場合の全走行抵

抗を林道の勾配に応じ走行抵抗曲線として描き、その自動車が出し得る最大駆動力を各変速歯車ごとに計算して同じ図面上に描くことにより得られる。

自動車が一定速度で走行する場合の全走行抵抗 R (kg) は (1) 式で示される。

$$R = \mu_r \cdot W + \mu_a \cdot A \cdot V_a^2 + W \cdot \sin \theta \quad \dots (1)$$

ただし

W : 車両総重量 (kg)

μ_r : ころがり抵抗係数

μ_a : 空気抵抗係数

A : 自動車の前面投影面積 (m²)

V_a : 自動車の対空気速度 (km/h)

θ : 林道縦断勾配 (水平面と路面のなす角)

対空気速度 V_a は無風時または無風に近い状態を仮定すると $V_a \approx V$ となり、全走行抵抗 R は

$$R = \mu_r \cdot W + \mu_a \cdot A \cdot V^2 + W \cdot \sin \theta \quad \dots (2)$$

となる。

自動車のエンジン性能を駆動力 F (kg) で表すと

(3) 式のようになる。

$$F = \frac{200}{D} \cdot T_e \cdot I \cdot \eta_t \quad \dots (3)$$

ただし

T_e : エンジンの回転力 (kg·m)

D : 駆動輪タイヤの有効直径 (cm)

I : 全減速比

η_t : 機械効率

エンジンの正味平均有効圧力を P_{me} (kg/cm³)、シリンダの容積を V_h (cm³) とすると

$$T_e = \frac{1}{400\pi} \cdot P_{me} \cdot V_h \quad \dots (4)$$

自動車の速度とエンジン回転数との関係は

$$V = \frac{6 \cdot \pi \cdot D \cdot n}{10^4 \cdot I} \quad \dots (5)$$

(5) 式より

$$n = \frac{10^4 \cdot I \cdot V}{6 \cdot \pi \cdot D} \quad \dots (6)$$

ただし

V : 自動車の速度 (km/h)

I : 全減速比

D : 駆動輪タイヤの有効直径 (cm)

n : エンジン回転数 (rpm)

また、エンジンの絞り弁全開のときの正味平均有効圧

力 P_{meo} と、エンジンの毎分の回転数 n との関係 (7) 式により表すと、任意の回転数に相当する正味平均有効圧力 P_{meo} を推定することができる¹⁾。

$$P_{meo} = (P_{meo})_{\max} \left\{ 1 - \frac{(n - n_0)^2}{(n_1 - n_0)(3n_1 - n_0)} \right\} \quad \dots (7)$$

ただし

n_0 : 最大トルクの得られる回転数 (rpm)

n_1 : 最大出力の得られる回転数 (rpm)

$(P_{meo})_{\max}$: 最大トルクの得られる正味平均有効圧力 (kg/cm³)

(2) 式および (3) 式を用い、全走行抵抗 R (kg) と最大駆動力 F (kg) の正確な数値計算を行うには、エンジンの性能試験、各種抵抗係数の測定、タイヤ有効径の算出など、試験・実験による数値の使用が必要であるが、本論文では前報⁸⁾に準じて下記の数値を用い計算した。また、エンジンの回転力 T_e については、モデル車両のカタログ記載のエンジン性能曲線から読み取れることも可能であるが、式 (4)、(6)、(7) を用いて計算した。

(1) ころがり抵抗係数 μ_r

ころがり抵抗係数は林道の路面条件、自動車の速度、タイヤの状況などにより異なると思われるが、舗装路は 0.015、砂利道 (路面状況普通) については 0.08 を使用する^{1,2,6)}。

(2) 空気抵抗係数 μ_a

空気抵抗は勾配部上り走行速度が低い場合、ごくわずかな値となり省略しても良いが、車両の大型化に伴い車両前面の投影面積が大きいこともあり考慮する。 μ_a は車両の型により異なり、トラックについては 0.0045、バス 0.0035、乗用車 0.0025、乗用車 (箱型) 0.0032 とする^{1,2,5)}。

また、車両の投影前面面積 A は全高×全幅×0.9 を用いる⁶⁾。

(3) 動力伝達効率 η_t

動力伝達率は車種、変速歯車の形式およびかみ合い、潤滑油の状態、回転速度などに支配されることが予想され、効率の数値はまだ的確にはわかっていないようであるが、四段変速車両について、 η_t を第 1 速 0.80、第 2 速 0.85、第 3 速 0.90、第 4 速 0.95 とする。また OD 付車両については 0.90 とする^{1,3,5,6)}。

(4) タイヤ有効直径 D

JIS D 4202 (1977) に示されている参考事項中の動荷重半径を使用する。

(5) 車両総重量 W 、全減速比 I 、シリンダ容積 V_h 、

表-1 自動車諸元

No	1	2	3	4	5	6	7	8
車種・型式	T社 MS80-KD 乗用車	T社 TT106V-KDF 貨客車	T社 Bu-19 マイクロバス	N社 N620 1トン車	T社 EXM42W 2トン車	T社 EC20 4.5トン車	H社 KR321 6トン車	I社 SFR330 6.5トン車
車両重量kg	1,355	1,050	2,635	1,010	2,320	3,310	4,330	4,720
最大積載量kg		500 (300)		1,000	2,000	4,500	6,000	6,500
乗車定員(人)	5	2 (5)	26	3	3	3	3	3
車両総重量kg	1,630	1,660 (1,625)	4,065	2,175	4,485	7,975	10,495	11,385
最高速度km/h	155	155	105	135	100	110	105	90
総排気量cc	1,988	1,588	2,977	1,483	2,701	5,871	6,211	6,373
最高出力 $\frac{\text{ps}}{\text{rpm}}$	$\frac{115}{5,600}$	$\frac{100}{6,000}$	$\frac{85}{3,600}$	$\frac{77}{5,200}$	$\frac{81}{3,600}$	$\frac{145}{3,200}$	$\frac{155}{3,200}$	$\frac{135}{2,600}$
最大トルク $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{rpm}}$	$\frac{16.5}{3,800}$	$\frac{13.7}{3,800}$	$\frac{20.0}{2,200}$	$\frac{12.0}{3,200}$	$\frac{18.5}{1,800}$	$\frac{37.0}{2,000}$	$\frac{41.0}{2,000}$	$\frac{41.5}{1,600}$

最大トルク時回転数 n_0 、最大出力時回転数 n_1 など

いずれもモデル車両のカatalog記載の数値を用いる。モデル車両は走行速度調査時の昭和48年～昭和50年頃の自動車カatalogの中から車種、PS/tを考慮して選んだ。モデル車両の主な諸元は表-1のとおりである。

2. 林道における車両走行速度調査

走行速度調査は奈良県吉野郡川上村地内の高原林道において、昭和48年10月23日および24日に砂利道、昭和50年12月3日および19日に舗装路面について行った。高原林道における舗装は昭和46年度より国庫補助事業（農林漁業揮発油税財源身替林道整備事業）および県事業として施行されてきた。舗装は在来砂利路面上に上乘せする方法で行われ、特に勾配修正は行っていない。舗装路における調査区間は、砂利道について実施した調査箇所とほぼ同一の場所に設定した。舗装路における調査は前報⁷⁾と異なり、手持ちスイッチと電磁オシログラフを用い、一定速度で流れる記録紙上に測定地点の通過を記録し、のちに記録紙上より通過所要時間を読みとり、測定区間長を通過時間で除し区間走行速度を求めた。

測定区間の勾配は、砂利道は9.5%（区間長100 m）で舗装路は9.3%（区間長96 m）であった。

III. 結果と考察

1. 走行可能速度の算定

上述の方法で、砂利敷路面（砂利道）およびアスファ

ルト舗装（舗装路）の林道直線勾配部を走行する車両のエンジンスロットル全開時における走行速度を求めため、走行性能線図を描き、勾配と車速の関係を求めた。結果は図-1に示すとおりである。

また、各車両の勾配部における舗装路速度と砂利道速度の速度差は表-2に示すとおりである。

これらから、一般に砂利道に比べ舗装路における速度値は大きく、舗装路と砂利道の速度差は車種、勾配により異なる。また、貨物車類では緩勾配部で速度差が大となり、積車の場合はおよそ13～16%の勾配区間で砂利道と舗装路の速度差はほとんど無くなっていることがわかる。このことは、理論的には舗装路での速度は大きくなるが、車種により速度差の出ない勾配が存在する場合があるということである。

勾配部における路面状態の違いが車両速度にどのように影響を及ぼすか、とくに舗装することによってどの程度のスピードアップが可能であるかを知るために、舗装路速度と砂利道速度の比を求めた。結果は表-3に示すとおりである。

舗装路における速度比は一部分をのぞき1を超えている。このことは、舗装路速度が砂利道速度より大きくなることを意味し、砂利道を舗装することによりスピードアップされるということになる。また、大型車両は小型車両に比べて全般に速度比が大きく、とくに貨物車（4.5～6.5トン車）は積車の場合、緩勾配のところで速度比が

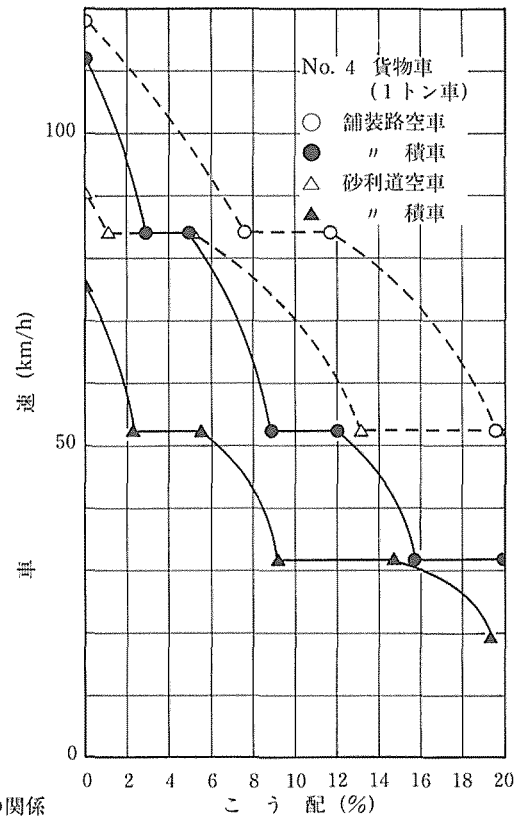
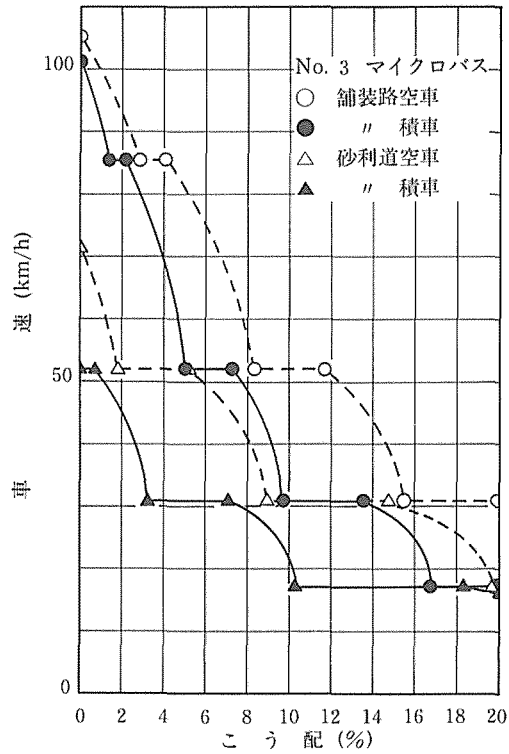
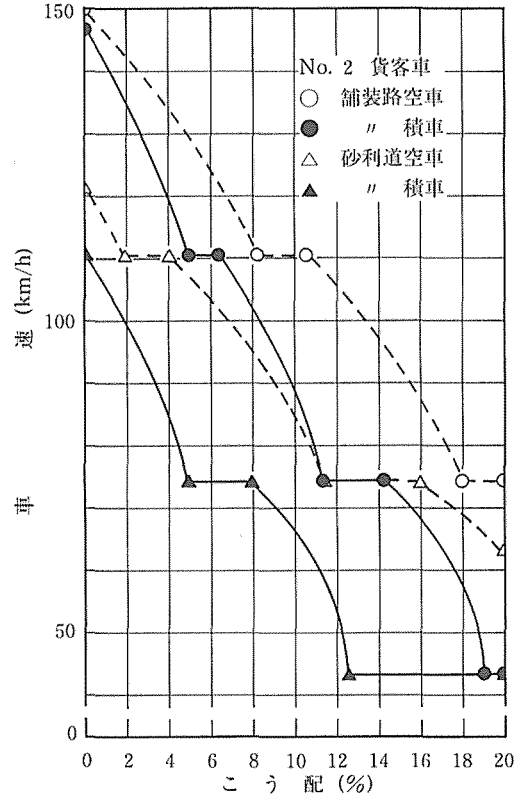
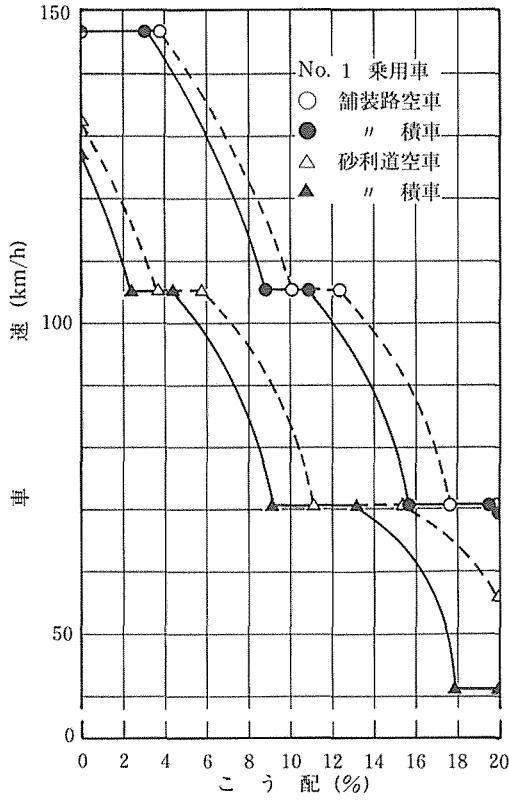
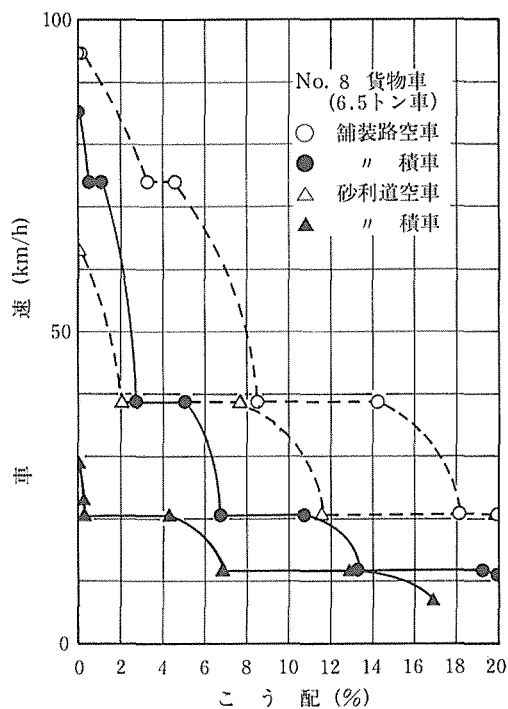
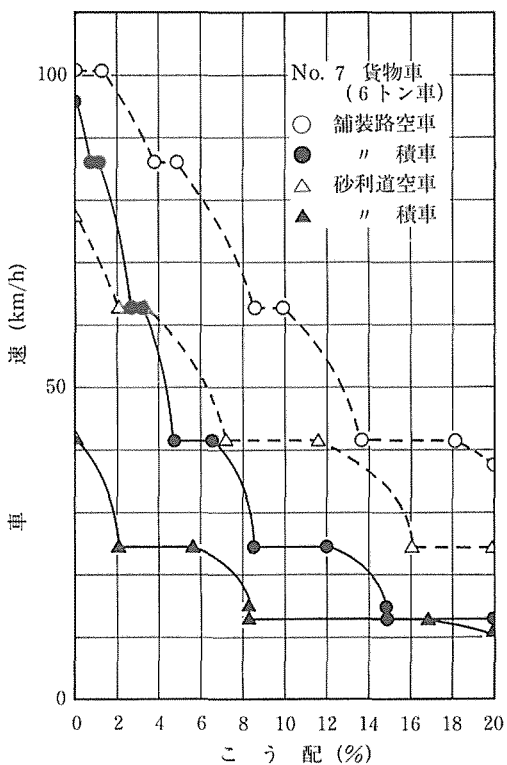
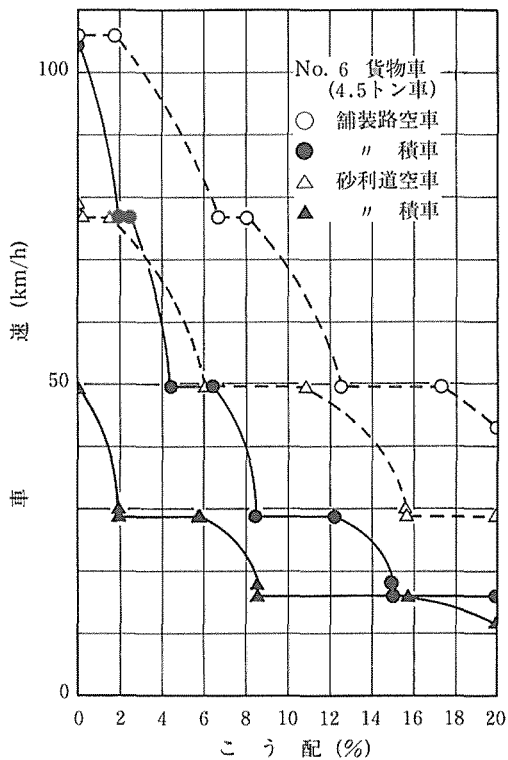
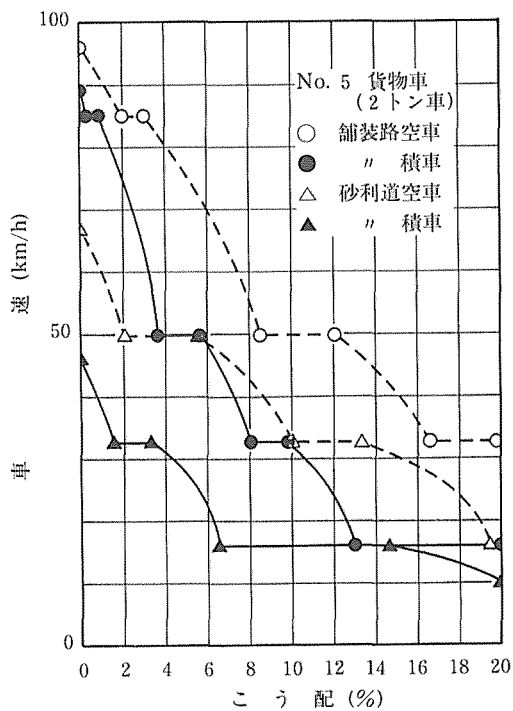


図-1 (a) こ う 配 と 車 速 の 関 係



図一 (b) こう配と車速の関係

表-2 舗装路速度と砂利道速度の速度差 km/h

こう配 %	1 乗用車		2 貨客車		3 マイクロ バス		4 小型貨物車 (1,000 kg)		5 貨物車 (2,000 kg)		6 貨物車 (4,500 kg)		7 貨物車 (6,000 kg)		8 貨物車 (6,500 kg)	
	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁
0	14.4	19.9	28.8	37.2	33.5	49.1	27.5	36.5	29.2	43.5	26.8	55.1	22.8	55.1	31.5	56.2
1	20.4	27.4	30.5	35.5	36.2	39.2	30.0	35.8	31.0	45.5	29.0	49.0	29.1	48.6	34.3	53.5
2	27.4	36.9	32.0	35.5	40.6	39.9	26.5	36.5	34.3	42.0	30.0	48.0	33.5	47.0	43.7	40.1
3	35.4	41.8	27.7	34.5	33.5	42.5	22.5	31.8	35.2	30.5	29.2	43.6	28.6	38.3	37.4	18.2
4	41.1	37.9	23.7	35.0	33.5	38.2	18.5	31.8	30.9	19.1	29.0	30.9	25.1	31.7	35.3	18.2
5	36.2	34.0	22.0	36.0	29.1	21.7	13.5	31.3	25.7	22.3	29.2	20.8	28.4	17.1	33.2	19.3
6	31.0	32.5	19.5	36.2	25.3	21.1	10.5	27.5	21.2	25.8	31.9	21.4	28.4	17.4	27.4	16.5
7	28.5	30.5	19.0	33.9	21.5	21.1	8.0	25.0	17.0	26.5	27.2	20.4	30.3	18.2	20.9	8.9
8	27.0	29.5	17.0	28.4	16.0	19.5	7.0	20.8	13.3	17.7	27.2	16.5	26.6	15.7	11.8	8.9
9	24.5	30.6	19.8	26.0	21.1	15.7	10.5	17.2	11.1	16.7	23.4	12.8	21.2	11.5	2.6	8.9
10	22.5	34.5	25.3	23.0	21.1	8.6	14.5	20.7	16.6	16.2	18.8	12.8	21.1	11.5	5.6	8.9
11	30.6	34.4	30.0	19.0	21.1	13.8	18.5	20.7	17.1	13.2	14.0	12.8	17.4	11.5	9.6	8.7
12	34.5	29.9	31.4	19.6	20.2	13.8	23.0	20.7	17.1	9.7	8.8	12.8	13.7	11.5	18.2	7.0
13	32.4	24.6	27.4	31.0	17.0	13.8	28.0	17.5	14.8	1.7	5.2	11.2	9.7	10.2	18.2	4.1
14	27.9	20.5	23.4	31.0	13.2	13.0	25.8	13.7	12.8	0	8.2	9.0	4.9	8.0	18.2	0.7
15	22.9	15.0	18.9	28.9	7.3	10.5	22.3	9.0	10.5	0.1	12.8	3.4	7.9	0	16.6	1.5
16	18.0	9.1	13.9	25.4	1.8	7.8	19.3	1.7	7.5	0.8	20.8	0.2	13.4	0	14.1	2.3
17	12.3	14.6	10.5	20.9	3.3	0	15.3	3.5	6.0	1.8	20.8	0.9	17.1	0.2	10.8	11.5
18	6.1	29.6	6.0	15.4	5.0	0	10.3	5.7	8.5	2.8	19.4	1.7	17.1	0.8	4.4	11.5
19	10.1	29.6	7.6	5.9	7.8	0.2	4.8	9.0	12.5	4.0	16.9	2.8	15.5	1.3	0	11.5
20	15.1	28.5	11.1	0	13.8	1.0	0.7	31.5	16.4	5.8	14.4	4.3	13.2	2.0	0	11.1

注) W₀は空車, W₁は積車,

およそ2またはそれ以上の値となっている。このことは、舗装路における速度が砂利道の速度のおよそ2倍になるということであり、普通自動車を設定車両とする1級および2級林道においてはこれらの勾配部を舗装することにより、より輸送効率を上げることが可能である。

また、平担路走行速度を100とした場合の各勾配部走行速度は表-4に示すとおりである。空車で走行する場合、小型車両（乗用車、貨客車、1トン積貨物車）はかなりの急勾配まで走行速度が2分の1（速度比50）とならないが、大型車（2トン～6.5トン積貨物車、マイクロバス）ではおよそ8～12%勾配で2分の1となる。積車の場合には小型車（乗用車、貨客車）はおよそ12～16%勾配で走行速度が2分の1となり、他の車両はおよそ3～9%勾配で2分の1となる。

一般に、車両類の能力の差が林道勾配部における走行速度に大きな影響を及ぼすことが考えられるが、表-4からも小型車両は上り勾配部で速度低下の割合が小さく、貨物車類・その他単位重量当り馬力の小さい車両は勾配

の影響を受けて速度低下がはなはだしいことがわかる。

なお、タイヤが駆動輪として働く場合、路面とタイヤの摩擦係数が十分でないで駆動輪がスリップして走れないが、駆動輪荷重 W_r を乗用車0.6W、トラック・バス0.7W、タイヤと路面の摩擦係数 μ をアスファルト舗装路0.75、砂利道0.55として⁶⁾粘着力を計算した結果、本論文で取扱っている20%勾配までの範囲内では、いずれの車種も粘着力が走行抵抗より大きくなり、スリップすることなしに走行できる。

2. 走行速度調査結果

高原林道における車両走行速度調査結果は表-5に示すとおりである。また、砂利道と舗装路における測定結果から車種ごとに、砂利道速度と舗装路速度を比較し、速度差を求めたものが表-6で、大型乗用車（マイクロバス）を除いて舗装路速度と砂利道速度の差はいずれも5%水準で有意となった。

舗装路における大型貨物車の測定台数が少ないので、大型貨物車の舗装路速度と砂利道速度を比較することが

表-3 砂利道速度を1とした場合の舗装路速度

こう配 %	1 乗用車		2 貨客車		3 マイクロ バス		4 小型貨物車 (1,000 kg)		5 貨物車 (2,000 kg)		6 貨物車 (4,500 kg)		7 貨物車 (6,000 kg)		8 貨物車 (6,500 kg)	
	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁	W ₀	W ₁
0	1.11	1.16	1.24	1.34	1.47	1.95	1.30	1.48	1.44	1.96	1.34	2.12	1.29	2.33	1.50	2.95
1	1.16	1.23	1.26	1.34	1.57	1.77	1.36	1.52	1.52	2.18	1.38	2.13	1.41	2.30	1.62	3.62
2	1.23	1.34	1.29	1.36	1.78	1.88	1.32	1.63	1.68	2.29	1.40	2.68	1.53	2.65	2.10	2.97
3	1.32	1.40	1.25	1.37	1.65	2.16	1.27	1.61	1.71	1.94	1.41	2.52	1.46	2.58	1.97	1.89
4	1.39	1.36	1.21	1.41	1.65	2.24	1.22	1.61	1.62	1.63	1.44	2.08	1.41	2.30	1.91	1.89
5	1.34	1.33	1.21	1.48	1.56	1.70	1.16	1.60	1.52	1.82	1.49	1.73	1.50	1.70	1.86	2.00
6	1.30	1.33	1.19	1.49	1.51	1.69	1.13	1.54	1.41	2.15	1.63	1.76	1.55	1.73	1.71	1.97
7	1.28	1.33	1.19	1.46	1.47	1.69	1.10	1.53	1.37	2.68	1.55	1.78	1.68	1.83	1.54	1.77
8	1.28	1.35	1.18	1.38	1.39	1.67	1.09	1.49	1.31	2.12	1.55	1.72	1.64	1.84	1.31	1.77
9	1.27	1.41	1.22	1.37	1.69	1.60	1.14	1.49	1.29	2.06	1.47	1.81	1.51	1.90	1.07	1.77
10	1.27	1.49	1.30	1.35	1.69	1.39	1.21	1.66	1.50	2.03	1.38	1.81	1.51	1.90	1.17	1.77
11	1.41	1.49	1.38	1.31	1.69	1.81	1.28	1.66	1.53	1.84	1.29	1.81	1.42	1.90	1.33	1.76
12	1.49	1.42	1.42	1.36	1.66	1.81	1.38	1.66	1.53	1.61	1.19	1.81	1.34	1.90	1.89	1.61
13	1.46	1.35	1.37	1.72	1.55	1.81	1.53	1.56	1.46	1.11	1.12	1.71	1.25	1.80	1.89	1.36
14	1.40	1.30	1.32	1.72	1.43	1.76	1.49	1.43	1.41	1.00	1.20	1.57	1.13	1.63	1.89	1.06
15	1.32	1.23	1.26	1.67	1.24	1.62	1.43	1.29	1.35	1.01	1.35	1.22	1.24	1.00	1.81	1.15
16	1.26	1.15	1.19	1.59	1.06	1.46	1.37	1.06	1.26	1.05	1.73	1.13	1.48	1.00	1.69	1.25
17	1.18	1.26	1.15	1.48	1.12	1.00	1.29	1.13	1.23	1.13	1.73	1.06	1.70	1.02	1.53	/
18	1.09	1.72	1.09	1.36	1.19	1.00	1.20	1.22	1.35	1.22	1.68	1.12	1.70	1.07	1.22	/
19	1.17	1.72	1.11	1.14	1.34	1.01	1.09	1.40	1.63	1.34	1.59	1.22	1.64	1.11	1.00	/
20	1.27	1.70	1.18	1.00	1.81	1.06	1.01	/	2.04	1.58	1.50	1.37	1.54	1.19	1.00	/

注) W₀は空車, W₁は積車, /は砂利道走行不可

できないが、それらを含めた貨物車類の比較では、速度差は6.2 km/hで舗装路速度と砂利道速度の速度比は1.36となり36%の速度増加となっている。また、乗用車類では速度差10.3 km/h、速度比1.51となり51%の速度増加、貨物車と乗用車を合せた全四輪車では8.8 km/hの速度差で、速度比は1.46となり46%の速度増加となった。

速度調査区間の勾配は砂利道9.5%、舗装路9.3%でほぼ同一とみなせるが、測定車両の積荷重量、乗車人員などの詳細が不明であるので、速度差の計算値と測定値を正確に比較できないが、表-2の9%および10%勾配の空車時(W₀)と積車時(W₁)の平均値を計算し、測定速度差と比較すると、乗用車では測定速度差13.9 km/hに対して計算値は27.5~28.5 km/h、貨物車では9.9 km/hに対して22.9~24.2 km/h、また小型貨物車では6.3 km/hに対して13.8~17.6 km/hとなり、測定速度差は計算速度差のおよそ0.4~0.5となる。したがって、測定速度差は計算速度差のおよそ40~50%の速度が

確保されていることになる。

また、速度比は普通乗用車の場合、測定速度比が1.63となるのに対して計算値はおよそ1.3~1.4、貨客車は1.45に対しておよそ1.3、小型貨物車は1.35に対しておよそ1.3~1.4となり普通乗用車と貨客車は測定値のほうが大きく、小型貨物車はほぼ同じ値となっている。

これらのことは、計算値の車両はエンジンスロットル全開時を仮定しているが、実際の走行ではスロットル全開ということのごくまれで、運転者が道路環境に応じてアクセルペダルの踏み方を加減してスロットル開度を調節して走行するためであると考えられる。

3. 林道勾配部における速度と舗装

林道規程による制限勾配は、設計速度により異なり設計速度40 km/hの場合は7%、30 km/hでは8%、20 km/hでは9%であるが、地形の状況・その他やむをえない場合は延長100 m以内にかぎり10、12、14%まで上げることができる。砂利道勾配部における走行速度と勾配の関係については前報⁸⁾で検討し、路面状態の違いに

表一 4 0%勾配走行速度を100とした場合の速度比

こう配 %	1 乗用車		2 貨客車		3 マイクロ バス		4 小型貨物車 (1,000kg)		5 貨物車 (2,000kg)		6 貨物車 (4,500kg)		7 貨物車 (6,000kg)		8 貨物車 (6,500kg)	
	砂	舗	砂	舗	砂	舗	砂	舗	砂	舗	砂	舗	砂	舗	砂	舗
	空 車															
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	95.5	100	95.7	97.7	88.1	94.5	93.4	97.0	89.8	94.8	97.2	100	91.9	100	88.1	95.0
2	90.2	100	91.0	94.9	72.6	88.1	92.8	93.6	75.6	88.3	94.9	99.2	81.6	96.4	63.2	88.4
3	84.2	100	91.0	92.0	72.6	81.3	92.8	90.3	74.3	88.3	89.8	94.7	80.5	90.7	61.3	80.4
4	79.3	99.5	91.0	89.3	72.6	81.3	92.8	86.9	74.3	83.9	83.8	90.0	78.1	85.4	61.3	78.2
5	79.3	96.2	88.3	86.0	72.6	77.1	92.8	82.6	74.3	78.4	76.1	84.8	73.0	84.7	61.3	76.0
6	78.9	92.2	86.2	82.7	69.5	71.4	90.6	78.4	73.1	72.9	64.2	78.1	66.6	79.7	61.3	69.8
7	76.2	88.2	82.1	79.0	64.3	64.3	87.8	74.2	68.9	65.6	62.7	72.5	57.2	74.4	61.3	63.0
8	72.5	83.7	78.8	75.0	57.6	54.5	85.1	71.2	63.6	58.1	62.7	72.5	53.2	67.6	60.3	52.7
9	68.7	78.6	74.7	73.5	43.1	49.4	81.2	71.2	57.6	51.7	62.7	68.9	53.2	62.2	57.1	40.8
10	63.4	72.5	70.1	73.5	43.1	49.4	76.8	71.2	49.4	51.7	62.7	64.6	53.2	62.1	52.4	40.8
11	56.2	71.5	65.2	72.7	43.1	49.4	72.4	71.2	48.7	51.7	62.2	59.7	53.2	58.4	46.0	40.8
12	53.3	71.5	61.1	70.3	43.1	48.6	66.3	70.3	48.7	51.7	59.4	52.7	52.4	54.2	32.4	40.8
13	53.3	70.1	61.1	67.7	43.1	45.5	58.6	68.6	48.7	49.3	56.1	46.8	49.9	48.2	32.4	40.8
14	53.3	67.1	61.1	65.0	43.1	41.9	57.7	66.1	47.2	46.1	52.3	46.8	46.9	41.2	32.4	40.8
15	53.3	63.6	61.1	62.0	42.7	36.0	57.7	63.1	44.9	42.2	46.4	46.8	43.1	41.2	32.4	39.2
16	52.5	59.6	61.1	58.7	40.6	29.3	57.7	60.6	42.7	37.5	36.3	46.8	36.0	41.2	32.4	36.5
17	50.7	54.1	59.0	54.7	38.5	29.3	57.7	57.2	39.7	33.9	36.3	46.8	31.2	41.2	32.4	33.0
18	48.7	48.1	56.9	50.0	36.1	29.3	57.7	53.0	35.9	33.9	36.3	45.5	31.2	41.2	32.4	26.2
19	45.7	48.1	54.9	49.4	32.2	29.3	57.7	48.3	29.9	33.9	36.3	43.1	31.2	39.6	32.4	21.6
20	41.9	48.1	52.0	49.4	23.8	29.3	56.9	44.2	23.7	33.5	36.3	40.7	31.2	37.3	32.4	21.6
	積 車															
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1	94.1	100	95.6	95.6	97.9	89.1	90.3	92.9	84.6	94.4	88.4	88.7	90.1	89.0	70.8	86.9
2	86.6	100	90.2	91.5	87.7	84.6	76.8	84.4	71.4	83.7	58.1	73.4	68.8	78.2	70.8	71.2
3	82.8	100	84.3	86.4	70.3	78.2	69.1	75.0	71.4	70.8	58.1	69.2	58.7	64.9	70.8	45.4
4	82.8	97.3	77.1	81.4	59.3	68.3	69.1	75.0	67.0	55.7	58.1	57.0	58.7	58.0	70.8	45.4
5	81.1	93.3	68.0	75.3	59.3	52.0	69.1	74.6	60.0	55.7	58.1	47.4	58.7	42.9	67.0	45.4
6	77.2	88.8	67.2	74.8	59.3	51.4	67.5	70.1	49.5	54.3	56.9	47.4	58.0	42.9	59.0	39.4
7	72.8	83.7	67.2	73.2	59.3	51.4	62.9	64.7	34.7	47.5	52.8	44.5	52.7	41.5	39.9	24.0
8	66.9	77.9	67.2	69.5	55.9	48.0	56.3	56.5	34.7	37.6	46.3	37.7	45.4	35.8	39.9	24.0
9	58.7	71.5	63.9	65.4	50.7	41.6	46.4	46.6	34.7	36.5	32.1	27.4	30.9	25.2	39.9	24.0
10	55.6	71.5	60.3	60.7	42.8	30.5	41.7	46.6	34.7	36.0	32.1	27.4	30.9	25.2	39.9	24.0
11	55.6	71.5	55.3	54.2	32.8	30.5	41.7	46.6	34.7	32.6	32.1	27.4	30.9	25.2	39.9	23.8
12	55.6	68.4	49.4	50.2	32.8	30.5	41.7	46.6	34.7	28.7	32.1	27.4	30.9	25.2	39.9	21.8
13	55.6	64.8	39.1	50.2	32.8	30.5	41.7	43.8	34.7	19.7	32.1	25.9	30.9	23.8	39.6	18.2
14	53.9	60.6	39.1	50.2	32.8	29.7	41.7	40.4	34.7	17.8	32.1	23.8	30.9	21.6	37.5	13.5
15	51.6	54.8	39.1	48.8	32.8	27.2	41.1	35.7	34.5	17.8	32.1	18.4	30.9	13.3	34.7	13.5
16	48.4	48.1	39.1	46.4	32.8	24.6	39.5	28.1	33.0	17.8	31.7	15.1	30.9	13.3	31.9	13.5
17	44.1	48.1	39.1	43.4	32.8	16.8	37.1	28.1	30.8	17.8	30.3	15.1	30.4	13.3	／	13.5
18	32.3	48.1	39.1	39.7	32.8	16.8	34.2	28.1	28.6	17.8	28.7	15.1	29.0	13.3	／	13.5
19	32.3	48.1	39.1	33.2	32.4	16.8	29.8	28.1	25.9	17.8	26.4	15.1	27.8	13.3	／	13.5
20	32.3	47.3	39.1	29.2	30.8	16.8	／	28.1	22.0	17.8	23.4	15.1	26.1	13.3	／	13.1

注) 砂は砂利道, 舗は舗装路, /は走行不可

表-5 車種別平均速度 km/h

区 分	大型貨物車		大 型 乗用車	普通乗用車			小型貨物車				二輪車	軽自動車	
	全	運材車	マイク ロバス	全	乗用車	貨客車	全	空車	林産物	その他		乗用車	貨物車
砂利道	13.9	14.5	13.8	22.0	21.9	22.2	18.2	18.8	13.7	17.9	21.0	24.2	25.4
	18.4 ~9.9	18.4 ~12.9	16.0 ~12.0	29.8 ~14.5	26.5 ~14.6	29.8 ~14.5	24.5 ~11.4	23.4 ~14.8		24.5 ~11.4	40.4 ~7.3		
舗装路	19.2	19.2	16.8	34.2	35.8	32.1	24.5	27.1	19.1	23.7	36.4	23.5	31.5
			19.3 ~14.0	42.7 ~26.6	40.7 ~31.7	42.7 ~26.6	33.9 ~17.2	32.9 ~19.6		33.9 ~17.2			

注) 上段は平均値 下段は最高~最低
最高~最低の記入のないものは、測定数が1~3個のもの

表-6 平均速度比較 km/h

区 分	全 (含二輪車)		全 四 輪 車		乗 用 車 類		貨 物 車 類	
	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路
速 度	19.4	28.1	19.1	27.9	20.2	30.5	17.4	23.6
差	8.7※		8.8※		10.3※		6.2※	

区 分	普通乗用車 (乗用車)		普通乗用車 (貨客車)		普通乗用車 (乗)+(貨)		小型貨物車 (空車)		小型貨物車 (全車)		大型乗用車 (マイクロバス)	
	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路	砂利道	舗装路
速 度	21.9	35.8	22.2	32.1	22.0	34.2	18.8	27.1	18.2	24.5	13.8	16.8
差	13.9※		9.9※		12.2※		8.3※		6.3※		3.0	

注) 舗装路はアスファルト舗装を示す
※ 5%水準で有意

より走行速度—登坂勾配に大きな差が生じ、環境条件の良くない場所で、どうしても大きな勾配をとる必要が生じた場合は舗装をするなどして路面を改良する必要がある。

一般に林道を舗装すると図-1、表-2のようにスピードアップがはかられる。これは(2)式において、同じ走行抵抗(駆動力)の場合、路面状態が μ_r から μ_r' へ変化すると $(\mu_r - \mu_r') \cdot W \cdot \mu_a \cdot A = (V^2 - V'^2)$ と路面状態の差が速度の差となって現れるためである。また、(3)式および(5)式から、車両を走らせる場合、大きな駆動力を必要とする時は減速比を大きく、すなわち低速のギヤを使い、逆に速度を大きくとろうとすれば減速比を小さく、すなわち高速のギヤを使うことになる。その結果、低速ギヤでは駆動力は大きいけど速度は低くおさえられ、高速のギヤでは速度は大きいけど駆動力は小さくなる。

駆動力・走行抵抗と車速の関係は図-2のようになり、舗装路および砂利道の走行抵抗が R_0 、 R_1 の場合は車

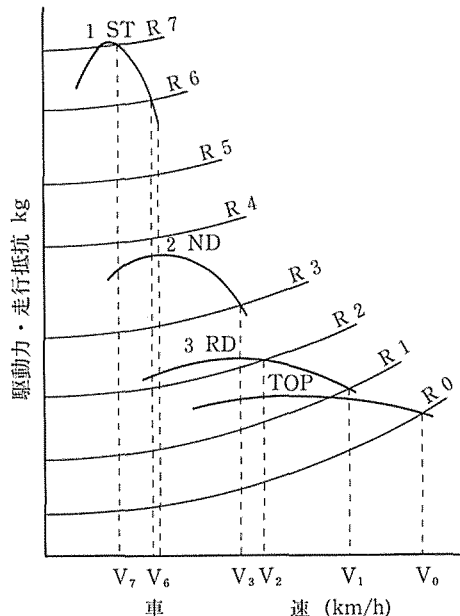


図-2 駆動力・走行抵抗と車速の関係

速は V_0 , V_1 となり速度差は大きい。また, R_2 , R_3 や, R_6 , R_7 の場合は速度差は $V_2 - V_3$, $V_6 - V_7$ となり小さくなる。しかし, 走行抵抗が R_4 , R_5 のような場合は速度は等しくなり, 速度差は 0 となる。

林道における舗装は, 前述のように農林漁業用揮発油税財源身替林道整備事業などにより実施されるが, 同整備事業でいう「急勾配区間」とはおよそ 7% を超える区間で⁴⁾, これらの急勾配部における舗装は, 計算値および速度測定値からも, スピードアップをはかることが可能であるが, 緩勾配部における貨物車類の速度比はそれらより大きく, これらの緩勾配部の舗装はより輸送効率の向上につながると考えられる。

したがって, 今後は輸送効率向上の点からもこうした区間の舗装も路線によっては考慮されてしかるべきものと考ええる。

IV. ま と め

本研究は林道における輸送の効率化という視点から, 砂利敷路面の林道(砂利道)とアスファルト舗装の林道(舗装路)の速度差について, 走行性能線図を利用して求めた値と走行速度調査の結果から検討した。結果を要約すれば次のようである。

(1) 一般的には舗装路における速度は砂利道における速度に比べ大きい, 車種により速度差のない場合がある。有意とならなかった大型乗用車(マイクロバス)を除いた他の車種の速度差は理論計算速度差のおよそ 40~50% となった。

(2) また, 貨物車類は急勾配区間に比べ緩勾配区間のほうが速度差が大きく, 緩勾配区間の速度比(舗装路速度/砂利道速度)は貨物車(4.5~6.5トン車)の場合, およそ 2 か, それ以上となることが予想される。

(3) したがって, 輸送効率向上の点からも林道急勾配部における舗装は, 急勾配部だけでなく緩勾配部についても考慮されるべきであろう。

終りに本研究をすすめるにあたりご指導, ご便宜をいただいた渋谷欣治教授に深謝の意を表します。

引 用 文 献

- 1) 平尾 収・近藤政市・亘理 厚・山本峰雄; 理論自動車工学, 東京, 山海堂, 6~12, 1966
- 2) 伊吹山四郎・多田宏行・毛利正光; 道路, 東京, 彰国社, 67~68, 1973
- 3) 近藤政市; 基礎自動車工学, 東京, 養賢堂, 41~42, 1972
- 4) 日本林道協会; 林道必携実務編, 東京, 1979
- 5) 小田柿浩三; 設計および製図, 東京, 山海堂, 41~43, 1966
- 6) 尾崎紀男; 自動車工学, 東京, 森北出版, 182~186, 191~193, 1972
- 7) 山崎忠久; 林道の急勾配部における車両走行速度について, 三重大学農学部学術報告第49号, 127~138, 1975
- 8) 山崎忠久; 林道における運材車両の走行速度と最急勾配の関係, 三重大学農学部学術報告第59号, 87~98, 1979

Summary

This is a report on the running speed of motor vehicles on the up-grade section of forest roads. The running speed varies with the condition of the road surface. From a standpoint of transportation efficiency on forest roads, the author discusses a speed difference between on gravel surface roads and on asphalt paved roads with the automobile performance diagram (theoretical value) and the results from a survey of the running speed (survey value). The main results are summarized as follows.

(1) In general the running speed of motor vehicles on paved roads is higher than on gravel surface roads. But in the running speed of some types of vehicle, there was no speed difference between on gravel roads and on paved roads.

It was found that the difference in the surveyed running speed of vehicles, except light buses, between on gravel roads and on paved roads is 40~50% of the difference in the theoretical speed.

(2) Moreover, the difference in the running speed of motor trucks is greater at the gentle grade section than at the steep grade section. It is expected that the running speed ratio (the speed on paved roads/the speed on gravel roads) of motor trucks (4.5 ton~6.5 ton) at the gentle grade section will be about 2 or more.

(3) In improving the transportation efficiency, it is recommended to pave the forest roads with asphalt not only at the steep grade section but also at the gentle grade section.