

## 林道の下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        | 66   |
| ページ      | 191-198  |
| 発行年      | 1983-03-01   |
| 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 Down-Grade Section of Forest Road |
| URL      | <a href="http://hdl.handle.net/10076/3409">http://hdl.handle.net/10076/3409</a>  |

## 林道の下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 Down-Grade Section of Forest Road

Tadahisa YAMAZAKI

## I. はじめに

林道の路面は、林道規程第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、林道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、前報<sup>3)</sup>において上り勾配部の砂利道とアスファルト舗装路の速度差について検討を試みた。本論文では下り勾配部の砂利道とアスファルト舗装路の速度差について、自動車の制動距離を用いて求めた理論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

林道の下り勾配部を走行する車両は、幅員、勾配、線形、路面状態、車両の積荷の有無などにより異なった速度で走行するが、車両の運転者により走行中の林道や車両の状態が考慮され、走行環境に合致した安全な走行速度が選択されていると考えられる。すなわち、運転者は前方の障害物や対向車の有無を確認しながら、エンジンブレーキを利用し、時にはブレーキペダルを踏み、またアクセルペダルを踏み、その林道に合致した安全に停止できる速度を選択して車両を走らせている訳である。

下り勾配部を走行する車両は、重力の影響で加速されるように力が働き、平坦部における走行時よりも走行速度が増すものと考えられるが、縦断勾配が大きくなると、それに伴って運転者はより危険を感じて速度を落とすことが考えられる。

降坂時における速度の低下は、車両の制動性能や運転者によりかなりの差異を生じ、簡単に算定することは困

難である。本論文では、前報で求めた平坦路(0%勾配)走行可能速度を用い、伊吹山らの方法<sup>3)</sup>と同様に平坦路を走行する時の制動距離を各勾配部においても確保するものと仮定して、林道の下り勾配部を走行する車両の速度を理論的に求め、走行速度調査の結果と合わせて、勾配部の路面状態の違いが走行速度に及ぼす影響、とくに路面を舗装することにより、どの程度のスピードアップが可能かを検討する。

## 1. 制動距離による走行可能速度の算定

林道勾配部における制動停止距離  $L$  (m) は、運転者が前方に障害物や対向車を発見し、停止の必要を感じ、ブレーキペダルを操作し、制動が開始するまでの制動おくれの時間内に車が進む距離、いわゆる空走距離(視認反応距離)  $l_1$  と、ブレーキが働いて車が減速され停止するまでの制動距離(実制動距離)  $l_2$  との和で表され、次式で示される<sup>2,5,6)</sup>。

$$L = l_1 + l_2 = \frac{V \cdot t}{3.6} + \frac{V^2}{3.6^2 \cdot 2 \cdot g \left( f + \frac{i}{100} \right)} \quad \dots (1)$$

ただし

- $V$ : 走行速度 (km/h)  
 $t$ : 視認判断反応時間 (sec)  
 $g$ : 重力の加速度 (9.8 m/sec<sup>2</sup>)  
 $f$ : タイヤと路面の縦すべり摩擦係数  
 $i$ : 林道の縦断勾配, 上りを正 (%)

平坦路 ( $i=0$ ) を速度  $V_0$  (km/h) で走行する車両の制動距離を  $D_0$  (m) とすると

$$D_0 = \frac{V_0^2}{3.6^2 \cdot 2 \cdot g \cdot f} \quad \dots (2)$$

また、勾配  $i$  (%) の下り部分を  $D_0$  (m) の制動距離

を確保して走行する時の走行速度を  $V_i$  (km/h) とすれば

$$D_0 = \frac{V_0^2}{3.6^2 \cdot 2 \cdot g \cdot f} = \frac{V_i^2}{3.6^2 \cdot 2 \cdot g \left( f - \frac{i}{100} \right)} \quad \dots (3)$$

(3) 式より

$$\frac{V_i^2}{V_0^2} = \frac{f - \frac{i}{100}}{f} \quad \dots (4)$$

したがって、 $i$  (%) 勾配部における走行速度  $V_i$  は

$$V_i = V_0 \sqrt{1 - \frac{i}{100f}} \quad \dots (5)$$

となる。

(5) 式を用い、砂利道 (砂利敷路面) と舗装路 (アスファルト舗装路面) の下り勾配部を走行する車両の速度を算定する場合、問題となるのがタイヤと路面の縦すべり摩擦係数 ( $f$ ) である。

この摩擦係数は、路面の状態、タイヤの状態、制動条件により異なると思われるが、砂利道 (乾燥路面) は 0.55、アスファルト路面 (乾燥路面) は 0.75、アスファルト路面 (湿潤路面) は 0.3~0.4、積雪路は 0.2、氷結路は 0.1 が使用できると考えられる<sup>1,7)</sup>。

また、平坦路 (0% 勾配) 速度  $V_0$  は前報で求めた車種別理論計算値を用いる。

## 2. 林道における車両走行速度調査

走行速度調査は、前報と同様に奈良県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なったもので、測定区間の勾配は、砂利道9.5% (区間長 100 m) で舗装路は9.3% (区間長 96 m) である。

## III. 結果と考察

### 1. 降坂可能速度の算定

上述の方法で、路面乾燥時の砂利道およびアスファルト舗装路の林道直線勾配部における勾配と降坂可能速度の関係を求めた。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-1に示すとおりである。

舗装路における速度値は砂利道における速度値に比べて大きく、舗装路と砂利道の路面の違いによる速度差は上り勾配部の場合と同様に車種、勾配により異なってい

る。一般に積車の場合の速度差は空車の場合の速度差より大きく、とくに荷を積んだ大型貨物車の速度差が大きい。また、普通乗用車のように勾配が急になると速度差の増加するもの、大型貨物車 (積車) のように勾配が急になるとそれに伴って速度差の減少するもの、貨物車 (空車) のようにわずかしき変化しないものに区分できる。

勾配部における路面状態の違いが車両の降坂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りどの程度のスピードアップが可能かを知るために、舗装路速度と砂利道速度の比を求めた。結果は表-2に示すとおりである。速度比 (舗装路速度/砂利道速度) はいずれも1を超えており、このことは、舗装路における速度が砂利道における速度より大きくなることを意味し、上り勾配部におけると同様に下り勾配部においても、砂利道を舗装することによりスピードアップが可能であることになる。また、大型車両は小型車両に比べ、積車の場合が空車の場合に比べて速度比が大きく、しかも勾配が急になるほど速度比は大きくなり、大型車両の積車の場合の速度比はおよそ2~3となる。したがって、運材車両が荷を積んで降坂する場合、すなわち順勾配部においては、アスファルト舗装を実施した場合の速度が砂利道の2~3倍の速度となることになる。

また、平坦路 (0% 勾配) 速度を100とした場合の各勾配部走行可能速度の比は図-2に示すとおりで、アスファルト路面 (乾燥路) が速度低下の割合が小さく、砂利道 (乾燥路)、アスファルト路面 (湿潤路)、積雪路、氷結路の順に速度低下の割合が大きくなる。すなわち、路面条件が悪くなる ( $f$  が小さくなる) と同一の制動距離で制動可能な速度が小さくなる訳である。

### 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-3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て速度差を求めたものが表-4で、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。

上り勾配部の場合と同様に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はできないが、それらを含めた貨物車類の比較では、速度差は9.2km/hで速度比 (舗装路速度/砂利道速度) は1.47となり47%の速度増加と

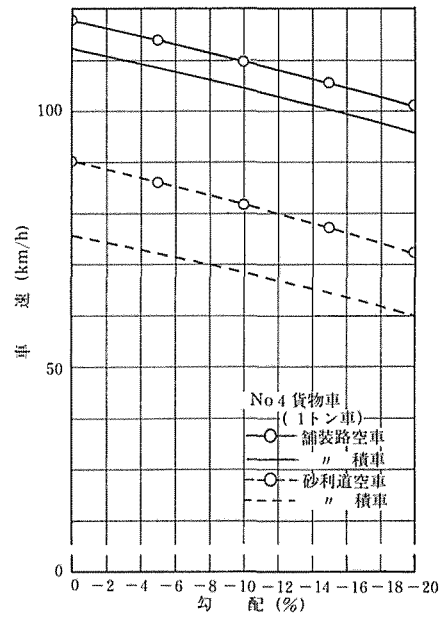
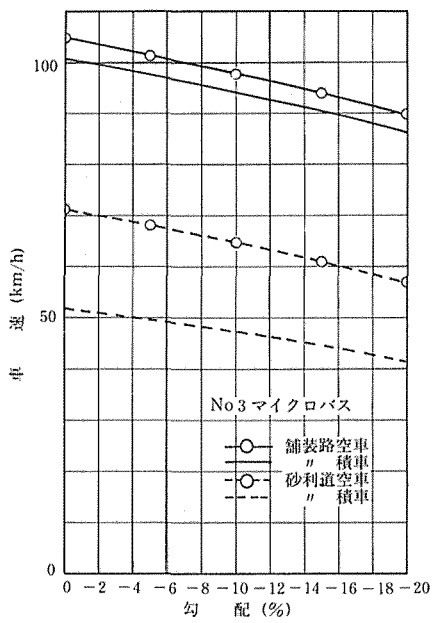
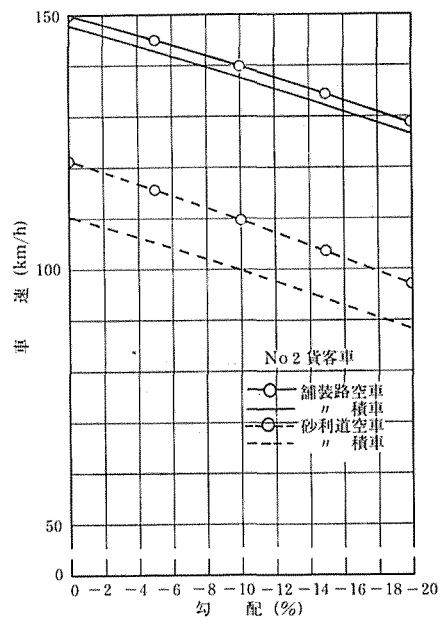
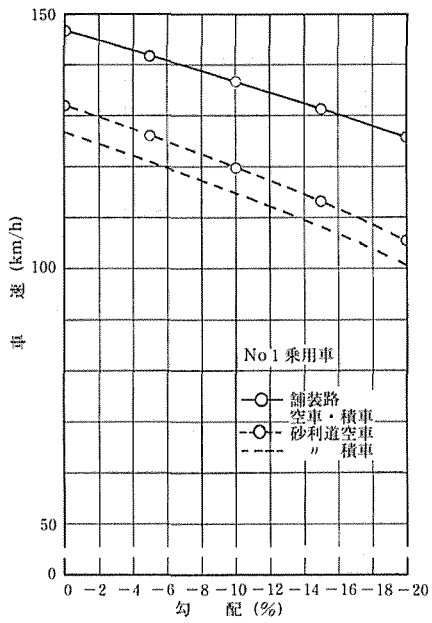


図-1(a) 勾配と車速の関係

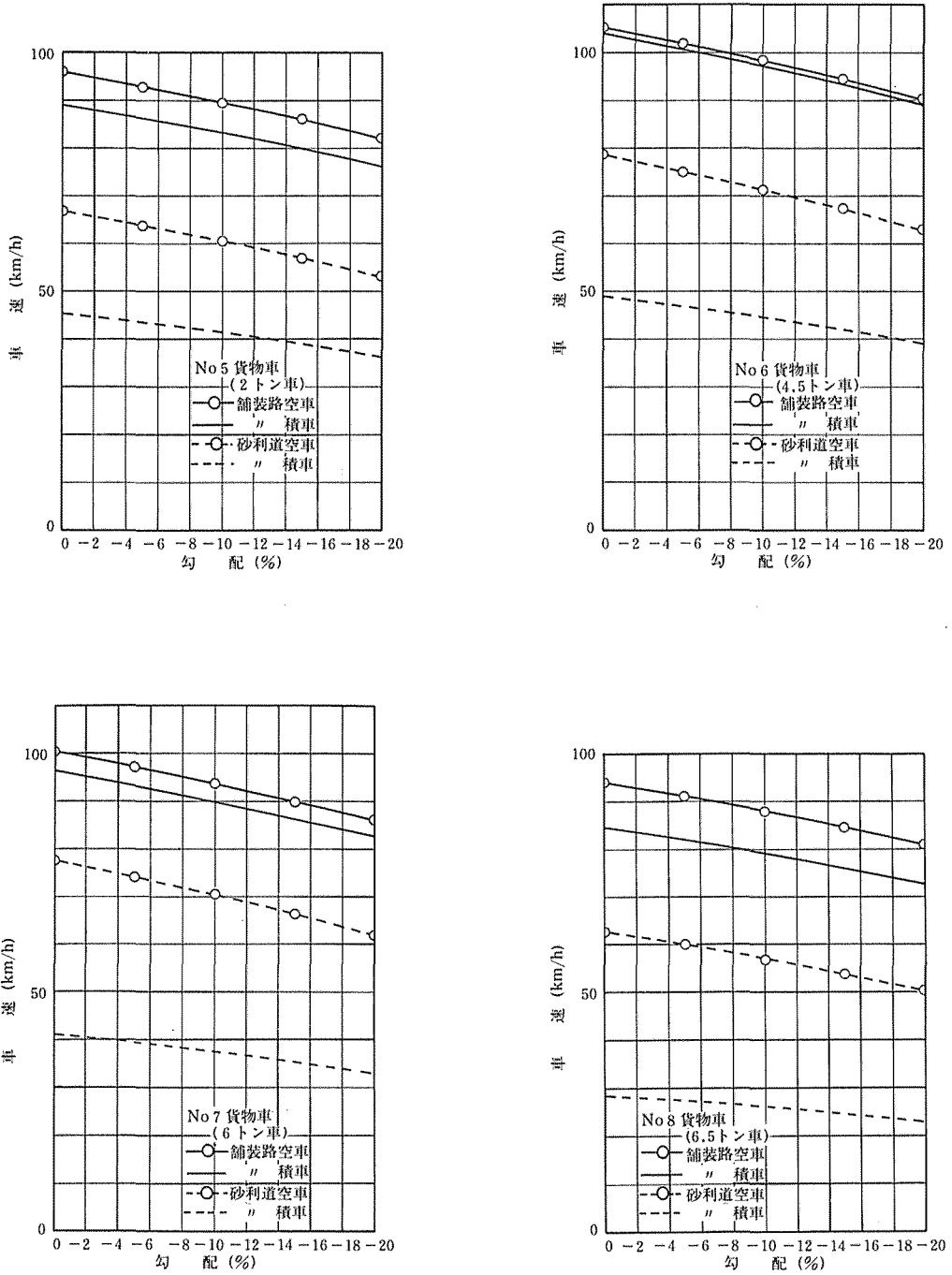


図-1 (b) 勾配と車速の関係

表-1 舗装路速度と砂利道速度の速度差

km/h

| 勾配<br>% | 1<br>乗用車       |                | 2<br>貨客車       |                | 3<br>マイクロ<br>バス |                | 4<br>小型貨物車<br>(1,000kg) |                | 5<br>貨物車<br>(2,000kg) |                | 6<br>貨物車<br>(4,500kg) |                | 7<br>貨物車<br>(6,000kg) |                | 8<br>貨物車<br>(6,500kg) |                |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
|         | W <sub>0</sub> | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub> | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>  | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>          | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> |
| 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       | 14.6           | 20.1           | 28.9           | 37.2           | 33.5            | 48.9           | 27.5                    | 36.5           | 29.2                  | 43.3           | 26.8                  | 54.8           | 22.8                  | 54.9           | 31.5                  | 55.9           |
| 2       | 14.8           | 20.2           | 29.0           | 37.2           | 33.4            | 48.7           | 27.6                    | 36.4           | 29.1                  | 43.1           | 26.8                  | 54.6           | 22.8                  | 54.6           | 31.4                  | 55.6           |
| 3       | 15.1           | 20.4           | 29.2           | 37.3           | 33.4            | 48.5           | 27.6                    | 36.3           | 29.1                  | 43.0           | 26.9                  | 54.4           | 23.0                  | 54.3           | 31.3                  | 55.3           |
| 4       | 15.3           | 20.6           | 29.2           | 37.3           | 33.3            | 48.3           | 27.7                    | 36.3           | 29.1                  | 42.8           | 26.8                  | 54.1           | 23.0                  | 54.0           | 31.2                  | 55.0           |
| 5       | 15.6           | 20.8           | 29.3           | 37.3           | 33.2            | 48.1           | 27.7                    | 36.2           | 29.0                  | 42.6           | 26.9                  | 53.9           | 23.0                  | 53.7           | 31.2                  | 54.6           |
| 6       | 15.8           | 21.0           | 29.5           | 37.4           | 33.2            | 47.9           | 27.8                    | 36.1           | 29.0                  | 42.5           | 26.9                  | 53.6           | 23.1                  | 53.5           | 31.1                  | 54.3           |
| 7       | 16.1           | 21.3           | 29.6           | 37.4           | 33.2            | 47.7           | 27.9                    | 36.1           | 29.0                  | 42.2           | 27.0                  | 53.3           | 23.1                  | 53.2           | 31.1                  | 54.0           |
| 8       | 16.3           | 21.4           | 29.8           | 37.4           | 33.1            | 47.5           | 27.8                    | 36.1           | 28.9                  | 42.0           | 27.0                  | 53.1           | 23.2                  | 52.9           | 31.1                  | 53.7           |
| 9       | 16.6           | 21.7           | 29.9           | 37.5           | 33.1            | 47.2           | 27.9                    | 36.1           | 29.0                  | 41.9           | 27.0                  | 52.8           | 23.2                  | 52.6           | 31.0                  | 53.4           |
| 10      | 16.9           | 21.9           | 30.0           | 37.5           | 33.0            | 47.1           | 28.0                    | 36.0           | 29.0                  | 41.7           | 27.0                  | 52.6           | 23.3                  | 52.4           | 31.0                  | 53.0           |
| 11      | 17.2           | 22.1           | 30.2           | 37.6           | 33.0            | 46.9           | 28.1                    | 36.0           | 29.0                  | 41.5           | 27.0                  | 52.3           | 23.3                  | 52.1           | 31.0                  | 52.7           |
| 12      | 17.4           | 22.3           | 30.3           | 37.7           | 33.0            | 46.7           | 28.1                    | 35.8           | 28.9                  | 41.4           | 27.1                  | 52.1           | 23.4                  | 51.8           | 30.9                  | 52.4           |
| 13      | 17.8           | 22.6           | 30.5           | 37.7           | 33.0            | 46.4           | 28.2                    | 35.8           | 28.9                  | 41.1           | 27.1                  | 51.8           | 23.5                  | 51.5           | 30.8                  | 52.1           |
| 14      | 18.1           | 22.8           | 30.7           | 37.8           | 33.0            | 46.3           | 28.3                    | 35.8           | 28.9                  | 41.0           | 27.2                  | 51.6           | 23.5                  | 51.3           | 30.8                  | 51.8           |
| 15      | 18.4           | 23.1           | 30.8           | 37.8           | 32.9            | 46.0           | 28.3                    | 35.8           | 28.9                  | 40.8           | 27.3                  | 51.3           | 23.7                  | 51.0           | 30.8                  | 51.4           |
| 16      | 18.7           | 23.4           | 30.9           | 37.9           | 32.9            | 45.9           | 28.5                    | 35.7           | 28.8                  | 40.6           | 27.3                  | 51.1           | 23.7                  | 50.7           | 30.7                  | 51.1           |
| 17      | 19.1           | 23.6           | 31.2           | 38.0           | 32.9            | 45.7           | 28.6                    | 35.7           | 28.9                  | 40.5           | 27.4                  | 50.8           | 23.8                  | 50.5           | 30.7                  | 50.8           |
| 18      | 19.4           | 23.9           | 31.4           | 38.1           | 32.9            | 45.4           | 28.7                    | 35.7           | 28.9                  | 40.3           | 27.5                  | 50.5           | 23.9                  | 50.1           | 30.7                  | 50.5           |
| 19      | 19.7           | 24.0           | 31.5           | 38.3           | 32.9            | 45.3           | 28.8                    | 35.7           | 29.0                  | 40.1           | 27.4                  | 50.3           | 24.0                  | 49.9           | 30.7                  | 50.1           |
| 20      | 20.1           | 24.5           | 31.8           | 38.3           | 32.9            | 45.1           | 28.8                    | 35.7           | 28.9                  | 39.9           | 27.5                  | 50.1           | 24.0                  | 49.6           | 30.6                  | 49.8           |

注) W<sub>0</sub>は空車, W<sub>1</sub>は積車

表-2 砂利道速度を1とした場合の舗装路速度の比

| 勾配<br>% | 1<br>乗用車       |                | 2<br>貨客車       |                | 3<br>マイクロ<br>バス |                | 4<br>小型貨物車<br>(1,000kg) |                | 5<br>貨物車<br>(2,000kg) |                | 6<br>貨物車<br>(4,500kg) |                | 7<br>貨物車<br>(6,000kg) |                | 8<br>貨物車<br>(6,500kg) |                |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
|         | W <sub>0</sub> | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub> | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>  | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>          | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> | W <sub>0</sub>        | W <sub>1</sub> |
| 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       | 1.11           | 1.16           | 1.24           | 1.34           | 1.47            | 1.95           | 1.31                    | 1.49           | 1.44                  | 1.96           | 1.34                  | 2.12           | 1.30                  | 2.34           | 1.50                  | 2.96           |
| 2       | 1.11           | 1.16           | 1.24           | 1.34           | 1.48            | 1.96           | 1.31                    | 1.49           | 1.44                  | 1.96           | 1.35                  | 2.13           | 1.30                  | 2.34           | 1.51                  | 2.96           |
| 3       | 1.12           | 1.17           | 1.25           | 1.35           | 1.48            | 1.96           | 1.31                    | 1.49           | 1.45                  | 1.97           | 1.35                  | 2.14           | 1.30                  | 2.35           | 1.51                  | 2.98           |
| 4       | 1.12           | 1.17           | 1.25           | 1.35           | 1.48            | 1.97           | 1.32                    | 1.50           | 1.45                  | 1.98           | 1.35                  | 2.14           | 1.31                  | 2.35           | 1.51                  | 2.99           |
| 5       | 1.12           | 1.17           | 1.25           | 1.35           | 1.49            | 1.97           | 1.32                    | 1.50           | 1.46                  | 1.98           | 1.36                  | 2.15           | 1.31                  | 2.36           | 1.52                  | 2.99           |
| 6       | 1.13           | 1.18           | 1.26           | 1.36           | 1.49            | 1.98           | 1.33                    | 1.51           | 1.46                  | 1.99           | 1.36                  | 2.16           | 1.31                  | 2.37           | 1.52                  | 3.00           |
| 7       | 1.13           | 1.18           | 1.26           | 1.36           | 1.50            | 1.98           | 1.33                    | m51            | 1.46                  | 1.99           | 1.37                  | 2.16           | 1.32                  | 2.37           | 1.53                  | 3.01           |
| 8       | 1.13           | 1.18           | 1.27           | 1.37           | 1.50            | 1.99           | 1.33                    | 1.52           | 1.47                  | 2.00           | 1.37                  | 2.17           | 1.32                  | 2.38           | 1.53                  | 3.02           |
| 9       | 1.14           | 1.19           | 1.27           | 1.37           | 1.51            | 1.99           | 1.34                    | 1.52           | 1.47                  | 2.01           | 1.37                  | 2.17           | 1.33                  | 2.39           | 1.54                  | 3.03           |
| 10      | 1.14           | 1.19           | 1.27           | 1.38           | 1.51            | 2.00           | 1.34                    | 1.53           | 1.48                  | 2.01           | 1.38                  | 2.18           | 1.33                  | 2.40           | 1.54                  | 3.03           |
| 11      | 1.15           | 1.19           | 1.28           | 1.38           | 1.52            | 2.01           | 1.35                    | 1.53           | 1.49                  | 2.02           | 1.38                  | 2.19           | 1.33                  | 2.41           | 1.55                  | 3.04           |
| 12      | 1.15           | 1.20           | 1.28           | 1.39           | 1.52            | 2.02           | 1.35                    | 1.54           | 1.49                  | 2.03           | 1.39                  | 2.20           | 1.34                  | 2.42           | 1.55                  | 3.05           |
| 13      | 1.15           | 1.20           | 1.29           | 1.39           | 1.53            | 2.02           | 1.36                    | 1.54           | 1.49                  | 2.03           | 1.39                  | 2.20           | 1.35                  | 2.42           | 1.56                  | 3.07           |
| 14      | 1.16           | 1.21           | 1.29           | 1.40           | 1.53            | 2.03           | 1.36                    | 1.55           | 1.50                  | 2.04           | 1.40                  | 2.21           | 1.35                  | 2.44           | 1.57                  | 3.08           |
| 15      | 1.16           | 1.21           | 1.30           | 1.40           | 1.54            | 2.04           | 1.37                    | 1.56           | 1.51                  | 2.05           | 1.41                  | 2.22           | 1.36                  | 2.44           | 1.57                  | 3.09           |
| 16      | 1.17           | 1.22           | 1.30           | 1.41           | 1.55            | 2.05           | 1.37                    | 1.56           | 1.51                  | 2.06           | 1.41                  | 2.23           | 1.36                  | 2.45           | 1.58                  | 3.10           |
| 17      | 1.17           | 1.22           | 1.31           | 1.41           | 1.55            | 2.06           | 1.38                    | 1.57           | 1.52                  | 2.07           | 1.42                  | 2.24           | 1.37                  | 2.47           | 1.59                  | 3.13           |
| 18      | 1.18           | 1.23           | 1.32           | 1.42           | 1.56            | 2.07           | 1.39                    | 1.58           | 1.53                  | 2.08           | 1.43                  | 2.25           | 1.37                  | 2.47           | 1.59                  | 3.14           |
| 19      | 1.18           | 1.24           | 1.32           | 1.43           | 1.57            | 2.08           | 1.39                    | 1.58           | 1.54                  | 2.09           | 1.43                  | 2.26           | 1.38                  | 2.49           | 1.60                  | 3.15           |
| 20      | 1.19           | 1.24           | 1.33           | 1.44           | 1.58            | 2.09           | 1.40                    | 1.59           | 1.54                  | 2.10           | 1.44                  | 2.28           | 1.39                  | 2.50           | 1.61                  | 3.17           |

注) W<sub>0</sub>は空車, W<sub>1</sub>は積車

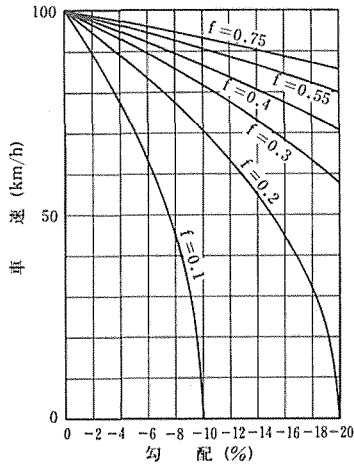


図-2 0%勾配走行速度を100とした場合の各種路面の勾配部走行速度の比

なった。また、乗用車類では速度差 11.5 km/h、速度比 1.50 となり 50% の増加、貨物車と乗用車を合計した全四輪車では 9.8 km/h の速度差で速度比は 1.45 となり 45% 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% ほぼ同一とみなせるが、上り勾配部の場合と同様に、測定車両の積荷の重量、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しく比較できないが、表-1 の 9% および 10% 勾配の空車時 ( $W_0$ ) と積車時 ( $W_1$ ) の平均値を計算し、測定速度差と比較すると、普通乗用車では測定速度差 10.8 km/h に対して計算速度差は 19.2~19.4 km/h、貨客車では 13.3 km/h に対して 33.7~33.8 km/h、また小型貨物車では 10.6 km/h に対して 32.0 km/h となり、測定速度差は計算速度差のおよそ 0.33~0.56 となる。したがって、測定速度差は計算速度差のおよそ 33~56% が確保されていることになる。

表-3 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           |               | 貨物車  | 乗用車  |
| 砂利道 | 14.4          | 12.8          | 16.8          | 24.3          | 24.5          | 24.0          | 21.5          | 21.9          | 19.3 | 21.7          | 22.2          | 25.3 | 26.1 |
|     | 20.7<br>~11.7 | 14.2<br>~11.7 | 20.1<br>~13.7 | 38.7<br>~14.2 | 38.7<br>~16.7 | 33.6<br>~14.2 | 36.4<br>~13.3 | 36.4<br>~15.0 |      | 31.3<br>~13.3 | 32.1<br>~13.6 |      |      |
| 舗装路 | 14.6          | 14.6          | 17.0          | 36.1          | 35.7          | 37.3          | 32.1          | 32.1          |      | 32.5          | 31.9          |      | 34.2 |
|     |               |               |               | 46.1<br>~29.7 | 40.7<br>~29.7 | 46.1<br>~31.3 | 40.0<br>~25.0 | 40.0<br>~25.0 |      |               | 37.6<br>~27.4 |      |      |

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観測値が 1~3 個のもの

表-4 平均速度比較

km/h

| 区分  | 全二輪車<br>(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  |
| 速度差 | 21.8           | 31.6 | 21.8 | 31.6 | 23.1  | 34.6 | 19.6 | 28.8 |
|     | 9.8※           |      | 9.8※ |      | 11.5※ |      | 9.2※ |      |

| 区分  | 普通乗用車<br>(乗用車) |      | 普通乗用車<br>(貨客車) |      | 普通乗用車<br>(乗)+(貨) |      | 小型貨物車<br>(空車) |      | 小型貨物車 |      | 二輪車  |      |
|-----|----------------|------|----------------|------|------------------|------|---------------|------|-------|------|------|------|
|     | 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  |
| 速度差 | 24.5           | 35.3 | 24.0           | 37.3 | 24.3             | 36.1 | 21.9          | 32.1 | 21.5  | 32.1 | 22.2 | 31.9 |
|     | 10.8※          |      | 13.3※          |      | 11.8※            |      | 10.2※         |      | 10.6※ |      | 9.7※ |      |

注) 舗装路はアスファルト舗装を示す。 ※ 5%水準で有意

また、速度比は普通乗用車の場合、測定速度比が1.44となるのに対して計算速度比は1.14~1.19、貨客車は1.55に対して1.27~1.37、小型貨物車は1.49に対して1.34~1.52となり、上り勾配部の場合と同様に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た。

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 40km/h の場合は7%、30km/h では8%、20km/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 100m にかぎり10, 12, 14%までとすることができる。林道規程第19条に定められている視距の値とその1/2の値を(1)式の制動停止距離Lに代入し、前方に落石、障害物、対向車などを発見して余裕をもって停止する場合 ( $t=2.5\text{sec}^{1,2,4}$ ) と急ブレーキをかけ停止する急制動の場合 ( $t=0.7\text{sec}^{1,5,6}$ ) に分け、舗装路と砂利道の各勾配部における速度を逆算し、勾配と速度の関係を求めると図-3に示すとおりで、舗装路及び砂利道のいずれの林道においても縦断勾配が急になると走行可能速度は低くなる。平坦部(0%勾配)と20%勾配部における速度差は、障害物など発見して通常の制動で停止する場合、砂利道では4.33km/h(視距40

m), 1.85km/h(視距20m)、舗装路においては2.77km/h(視距40m), 1.09km/h(視距20m)となり、急制動の場合は砂利道で10.78km/h(視距40m), 6.60km/h(視距20m)、舗装路においては8.32km/h(視距40m), 4.93km/h(視距20m)となる。また、対向車を発見して停止する場合、通常の制動では砂利道においては1.85km/h(視距20m), 0.68km/h(視距10m)、舗装路においては1.09km/h(視距20m), 0.38km/h(視距10m)となり、急制動の場合は砂利道では6.60km/h(視距20m), 3.78km/h(視距10m)、舗装路においては4.93km/h(視距20m), 2.71km/h(視距10m)となり、縦断勾配の増大に伴う速度低下は舗装路に比べて砂利道が大きい。

舗装路速度と砂利道速度の速度差は、制動の方法によっても異なるが、視距40mの場合は約3~11km/h、30mの場合は約2~9km/h、20mでは約1~9km/hで10mでは約0~4km/hとなる。また、速度比(舗装路速度/砂利道速度)は通常の制動の場合には1.03~1.12、急制動の場合では1.10~1.21となり、いずれの場合も停止距離が長ければ長いほど、勾配が急であれば急なほど走行可能な舗装路速度と砂利道速度の速度差が大きく、速度比も大きくなる。

また、舗装路及び砂利道のいずれの路面においても停

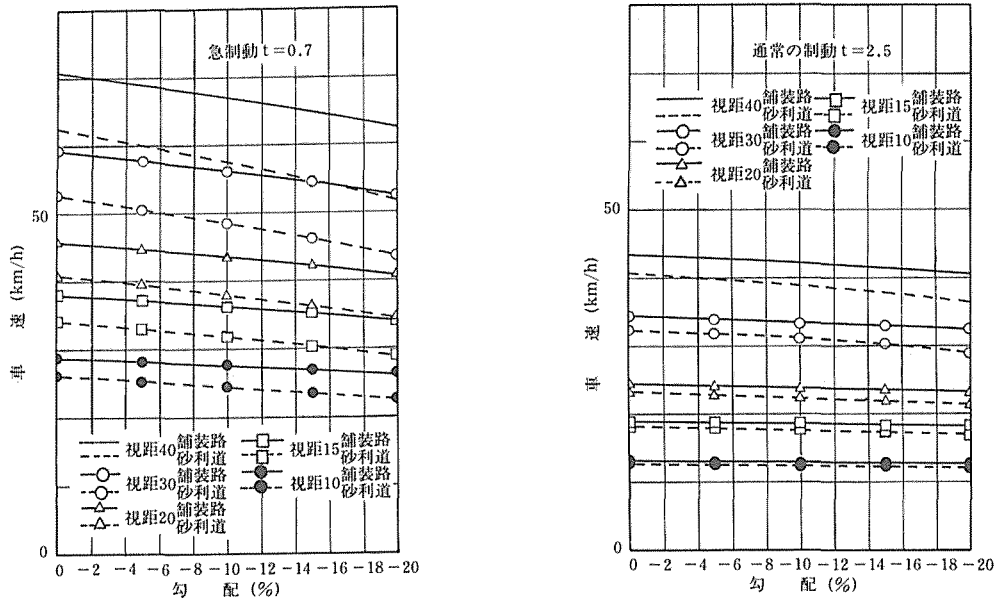


図-3 制動停止視距による勾配と車速の関係



止距離が長いほど各勾配部における速度は大きくなり、十分な制動停止視距を確保することにより安全かつ円滑な走行が可能となる。林道走行中の車両の運転者は路面の状態、線形、対向車の有無などをたえず自分の目を通してそれらの状況を把握して車両を走らせる訳で、一般の道路に比べて反応時間も短くなることが予想されるが急制動は安全上からもさけるべきで、余裕をもって停止出来る視距が確保されていることが重要である。林道の様に地形的制約のため急勾配、急カーブの多い道路において長い直線区間を取り入れる設計は困難であるかも知れないが、曲線部と曲線部の間の直線区間はできるだけ長くし、曲線部における視距も十分確保すべきであろう。

一般に砂利敷林道を舗装することにより下り勾配部においてもスピードアップが可能となるが、とくに地形の関係上どうしても十分な視距が確保できない場所では、砂利道を舗装することにより、同一の走行速度における制動停止距離を短かくすることが出来、その場所でのスピードダウンをおさえ、また同一の視距の箇所では路面を舗装することにより、スピードアップが可能で、上り勾配部と同様に下り勾配部にあっても路面の舗装は輸送効率の向上につながるものと考えられる。

#### 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、下り勾配部における砂利敷路面の林道（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、制動距離を用いて求めた走行可能速度値（理論値）と走行速度調査の結果を用いて検討した。結果を要約すれば次のようである。

(1) 一般に舗装路における速度は砂利道における速

度に比べて大きい。舗装路と砂利道の路面の違いによる速度差は車種、勾配により異なるが、積車の場合の速度差は空車の場合の速度差より大きく、とくに荷を積んだ大型貨物車の速度差が大きい。測定速度差は理論速度差のおよそ33～56%となった。

(2) また、縦断勾配の増大に伴う速度低下の割合は舗装路に比べて砂利道のほうが大きく、勾配が急になるほど舗装路速度と砂利道速度の比（舗装路速度/砂利道速度）は大きくなり、大型車両の積車の場合の速度比は約2～3となることが予想される。

(3) したがって、普通自動車を設計車両とする1級、2級の林道においては、上り勾配部と同様に下り勾配部の路面舗装も輸送効率の向上につながると考えられる。

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) 埴 克郎；交通工学入門，東京，山海堂，69～70，83～85，1970
- 2) 星 埜 和 ほか；道路，東京，コロナ社，38～40，1966
- 3) 伊吹山四郎ほか；こう配と走行速度の相関について，土木技術資料，8(6)，1～4，1966
- 4) 伊吹山四郎ほか；道路，東京，彰国社，153，1973
- 5) 自動車技術会編；新編自動車工学ハンドブック，東京，図書出版，3-32，18-31，1976
- 6) 近藤政市；基礎自動車工学前期編，東京，養賢堂，85～88，1972
- 7) 中村良夫ほか；2・3輪自動車，スクータ，東京，山海堂，216，1964
- 8) 山崎忠久；林道の上り勾配部の路面状態と自動車速度，三重大学農学部学術報告第64号，29～38，1982

#### Summary

From a standpoint of transportation efficiency on forest roads, the author discusses speed difference between on gravel surface roads and on asphalt paved roads with the theoretical value from a braking distance, and the results from a survey of the running speed at the down-grade section on forest road.

To improve transportation efficiency, it is desirable to pave forest roads with asphalt not only at the gentle grade section but also at the steep grade section.