

カラマツ間伐材の搬出作業（6）

—車両の林内走行について—

九州大学農学部 森田 紘一

1. はじめに

搬出作業に従事している車両の、林内不整地での走行について、実作業での測定結果をもとに、本報では主として、走行時間あるいは走行速度を指標に、これらに影響をおよぼすと考えられる走行距離、路線の勾配等の係り具合から、その特性を究明する。

2. 使用車両および測定

使用車両は、軽の4WD車のスズキ・ジムニーと集材用大型ホイール・トラクタT-50の2機種で、各車両の諸元を表-1に示す。2機種とも4輪駆動で、車体に比し大径タイヤを装着し、さらにT-50は最高速度を 27km/h におさえ、速度よりは力に重点をおいた設

表-1 使用車両の諸元

	ジムニーLJ10	T-50
全整備重量(kg)	960	5900
登坂能力(度)	27.5	35
エンジン 排気量(cc)	359	4313
最大出力(ps/rpm)	25/6000	75/2370
最大トルク(kg-m/rpm)	3.4/5000	22.5/1800

計である。なお、けん引走行は、ジムニーは材を積載した木製のそりをチェーンで連結して、T-50は自装のワインチ・ラインに直接材を結束して行った。

測定項目は、土場と林内の積込現場間の走行距離、路線の勾配および走行時間で、測定は九州大学北海道演習林21, 22, 26林班におけるカラマツ間伐材の搬出作業時に行った。対象林地が林道から上方に位置したため、搬出作業はすべて下げ荷であった。

3. 分析結果と考察

車両の走行パターンを、①土場から林内積込現場までの空車前進 ②同じく空車後進 ③林内積込現場から土場までの材をけん引しての走行の3種類に分類し、路線の勾配要素として、平均勾配、最急勾配、勾配差の3つを採用した。

走行距離と走行時間の関係を図-1に示す。機種、走行パターンによって傾きに差違があるが、両者間には直線的な比例関係が認められる。この傾きは走行速度をも表わしており、小さい程高速度である。両機種ともこの傾きは、空車後進>空車前進>けん引走行の順になっており、材のけん引という負荷を負っても、下り勾配を利用したけん引走行が、空車でも勾配に抗

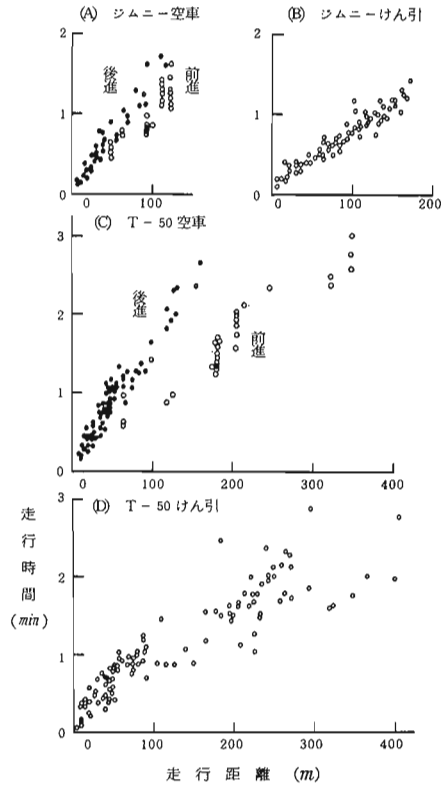


図-1 走行距離と走行時間の関係

しての走行よりも高速度であることを示している。すなわち、車両の走行に対して、路線の勾配の影響が何らかの形で表われていると推察できる。

そこでまず、勾配要素間の関係を相関係数でみると、統計的には、三者間には互いに何らかの相関がある結果をえた。しかしこれには物理的な意味は見い出せない。測定の範囲内では、統計上はどの勾配要素をとってもよいことになるが、走行に関与する因子として勾配という要因をとりあげる場合、判定が容易で、しかも走行の限界を決定する因子としても当然あげられる最急勾配を用いるのが最も妥当であると考えられる。

また、どの勾配要素が走行時間に与える影響が大であるかをみるために、両者の間の単相関係数と偏相関係数を求め、表-2に示す。機種および走行パターンによって勾配要素の影響の仕方が異っている。ジムニ

表-2 走行時間と勾配要素間の相関

	平均勾配		最急勾配		勾配差	
	単相関	偏相関	単相関	偏相関	単相関	偏相関
ジムニー	空車前進	-0.10 0.14	0.25* -0.08	0.75*** -0.53***		
	空車後進	0.19 0.10	0.36*** 0.03	0.70*** -0.09		
	けん引	-0.28* 0.36**	0.10 0.22	0.65*** -0.17		
T-50	空車前進	0.22 0.71***	0.50*** 0.66***	0.56*** 0.32*		
	空車後進	-0.13 0.37***	-0.01 0.22*	0.15 -0.16		
	けん引	-0.13 0.46***	-0.16 0.32**	0.11 0.22*		

一の走行には勾配差が、T-50には平均勾配が、T-50の空車前進走行ではすべての勾配要素が、走行時間に対し、高い相関関係を有していると判断される。ときに、勾配要素として最急勾配を用いることの妥当性を示したが、この結果からは、車両の特性を考慮して勾配要素を選択する必要があるといえる。

つぎに、走行距離、勾配要素と走行時間の関係を回帰式として求め、ジムニーの空車後進走行の場合を表-3に例示する。

表-3 回帰式の1例(ジムニー空車後進走行の場合)

回帰式 $T_1 = 0.04 + 0.0140D$ (R=0.97***)
 $T_2 = -0.02 + 0.0139D + 0.003Ga$ (R=0.97***)
 $T_3 = 0.02 + 0.0139D + 0.001Gm$ (R=0.97***)
 $T_4 = 0.04 + 0.0143D - 0.003Gd$ (R=0.97***)
 ただし $T_1 \sim T_4$: 走行時間 (min) Ga: 路線の平均勾配 (%)
 D: 走行距離 (m) Gm: 路線の最急勾配 (%)
 Gd: 路線の勾配差 (%)

標準化したデータによる重回帰式
 $T_2^* = 0.96 D^* + 0.03 Ga^*$
 $T_3^* = 0.96 D^* + 0.01 Gm^*$
 $T_4^* = 0.99 D^* - 0.04 Gd^*$

D	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	Tの測定値
24	0.38	0.37	0.37	0.37	0.33
44	0.66	0.65	0.66	0.63	0.63
89	1.29	1.28	1.28	1.27	1.25
117	1.68	1.67	1.67	1.67	1.62

いずれの場合も、高い相関をもつ回帰式として表わせ、この式から走行距離Dの広い範囲で、測定値に近い計算値を導くことができる。この時の各勾配要素の測定値の範囲は、 $12 < Ga < 32$, $12 < Gm < 38$, $0 < Gd < 16$ で、最大値を考慮しても、Gaで0.1(分)、Gmで0.04(分)、Gdで0.05(分)とDの3~7m分の影響しかなく、走行距離に比し、走行時間におよぼす影響は極めて小である。これらの重回帰式を標準化して、標準偏回帰係数からみても、Tに与える各Gの影響の度合いは、Dに比し極めて小さいことが確認できる。すなわち、この範囲の路線勾配は走行上とくに支障となる要因ではなく、車両の走行が可能な限りは、勾配という要素を考慮する必要は少なく、走行距離のみの1次回帰式で十分走行時間を示せるのではないかと考える。

図-1(D)において、走行距離と走行時間の関係は、走行距離80m付近を境に、直線の傾きが変化しているようにみえる。短距離の走行で傾きが大、すなわち、距離の割に走行時間がかかる傾向が認められる。そこ

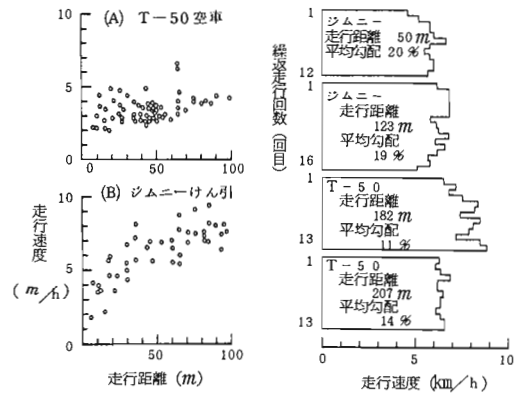


図-2 走行速度の立上がり 図-3 繰返走行

でこの辺を詳細にみるために、距離が100m以下の走行について、走行距離と走行時間の関係を示したのが図-2である。もし走行距離と走行時間が直線的な比例関係にあるなら、走行速度は図-2(A)のように、走行距離の如何によらず一定の値を示すはずであるが、図-2(B)のように、短距離走行で走行速度の下降傾向が認められる。すなわち、一定速度の走行状態に達するのにある程度の加速時間を要する。これを走行速度の立上がりと定義すると、この現象があるため、1サイクル中で発進を何度も繰り返すような走行は、作業工期の上で不利となる。

また、図-1(A)(C)の前進走行時に、同一区間の繰返走行例があるが、走行時間にかんがりのバラツキがみられる。同じ動作の繰返は慣れによりある程度の時間の短縮が期待できる。そこで、図-3に10回以上繰返された同地点間の走行について、繰返の回数が増加するにつれ、走行速度がどう変化していくかを示した。繰返回数の増加につれ走行速度が ①上昇して一定値に収束 ②下降 ③上昇傾向を継続 ④一定水準を保持する4つの傾向がうかがえるが、不整地での走行では、繰返回数の増加につれて、走行速度が上昇傾向を示すとはいえず、種々の傾向があることが分る。

4. おわりに

車両が不整地を走行している場合、走行時間は走行距離のみの回帰式で十分表現できる。そして、今回の測定値の範囲(最急勾配 ジムニー: 38%, T-50: 47%)では、路線勾配の影響はほとんどないといえる。また、短距離走行では走行速度の立上りの現象が顕著で、短区間で何度も発進・停車を繰り返すと走行時間にその影響が表われそうである。さらに、繰返走行においては、走行時間を短縮するような効果は期待できない、といった走行の特性が明らかとなった。