

超信地操向 8 輪駆動作業車の林地搬出作業に対する 適応性に関する二三の考察

伏見 知道*・青野 忠勝**

Some discussion on the Adaptability of a Pivot Steering Vehicle driven by 8 Wheels for Hauling Work in the Forest

Tomomichi FUSHIMI and Tadakatsu AONO

Summary: We studied the performance and discussed the adaptability of a pivot steering vehicle driven by 8 wheels for hauling work on a forest slope.

1. For the test vehicle, a drop-side-gate body, which consisted of a main part (for logs of 2m in length) and an extension (for logs of 3m in length), was built.
2. On a forest slope with an average gradient of 15°, the test vehicle loaded with logs (600kgf) made a running speed of 2.2 to 2.8 kilometer an hour.
3. In a forest road on granite with an average gradient of 10°, the test vehicle loaded with logs (1,000kgf) made a running speed of 5.0 to 6.0 kilometer an hour.
4. The minimum turning radius of the test vehicle was 1.5m or 1.6m using the pivot steering system. This vehicle was able to change from forward to reverse (an 180° turn) within a very short time on a straight forest road 3.3m in width.
5. The maximum tractive force of the empty vehicle of 1,190kg in weight mounted up to 760kgf, and that of the vehicle laden with 600kg in weight mounted up to 1,150kgf.
6. The driver of the test vehicle needed some hearing protector against the noise of the test vehicle in operation.

The adaptability of an 8-wheel-drive vehicle equipped with a pivot steering system to hauling work on a forest land was consequently recognized. It is now necessary to reexamine the relation between the center of gravity or the load weight, etc., and the running or turning performance on the forest slope.

要 旨 8 輪駆動の多用途農作業車をとりあげ、間伐材用の荷台を製作し、搬出走行性能と運転者に対する騒音

* 森林工学研究室 Laboratory of Forest Engineering

** 附属農業高等学校 Attached Senior Agricultural High School

本報告の 1 部は第94回日本林学会大会（盛岡）で発表した。

の安全性を測定し、超信地操向方式の多輪運搬車の林内搬出作業に対する適応性について二、三の考察を試みた。走行速度は、間伐材640kg積載時、平均勾配15°の林内傾斜地で2.2~2.8km/hr、1,012kg積載時、平均勾配10°の粗軟質林道上で5~6km/hrで、小型クローラ運搬車の直進走行性能にまさる。また、最小回転半径は1.5~1.6mできわめて小さく、積載時林道直線路での180°方向転換が短時間で行なうことができる。一方、運転時騒音は、他のトラクター類と同様で、運転者は聴力保護具の使用が必要である。これらの結果から、この種の超信地操向方式を採用した多輪型運搬車には、林内搬出走行に対するすぐれた適応性が期待できるものと判断される。

I はじめに

農林業用の各種自走式運搬車が、1970年台後半から、西日本を中心に爆発的に普及してきている。その中心はクローラ型車輛で、傾斜地で高い性能を発揮することが期待された。しかし、クローラ型は、傾斜角10°~15°以下の土地で、走行性能が優れ安定しているのだが、凹凸の多い急斜面では、旋回性能や転倒面での安全性が十分でなく、農道や林道上での高速走行も不可能である。クローラ型のこのような欠点を補おうとして、開発されているのが、6輪以上の車輪を備えた多輪型運搬作業車である。

わが国の林業は、傾斜地が主体で、小規模でしかも分散している林地において、農業との兼業……というよりも農業中心に行なわれる場合が多い。しかも現今の農業は、里山を中心とする果樹園芸や、山地部を開発造成した大規模農地あるいは放牧地における酪農化、更には休耕田対策としての耕種転換など、多様化の様相を示してきてい

表-1 供試8輪車の主要諸元

Table 1. Specifications of applied vehicle driven by 8 wheels.

		K - ス - パカ - 800 D
本機諸元	全長×全幅×全高 軸距(ホイールベース) 輪距(トレッド) 最低地上高 運転整備重量 最大積載量	2,615×1,590×1,265mm 545×3=1,635mm 1,250mm 320mm 930kg ワゴン重量(330kg)+1,000kg
性能	速度(副変速—高) 速度(副変速—低) 登坂力 最大安定傾斜角 最小回転半径	前後進共0~14.8km/hr } 油圧モーター変速 前後進共0~7.2km/hr } 車両総重量 2.2ton時 25° ハイダンプワゴン(自重330kg)、満載(1 ton)時、約38° 1.6m
原動機	型式 総排気量 最大出力 始動方式 燃料タンク	いすゞ2AA1 (ディーゼル) 水冷4サイクル、2気筒、直列 975cc 19PS/2,600rpm グロープラグ付セルスタータ 30ℓ
油圧	走行用油圧ポンプ PTOポンプ 走行用油圧モーター 作業機操作バルブ	ダイキン PV1515 島津 SP 20-16 ダイキン MV 18 ダイキン KL-3連
運転装備	制動方式 駐車ブレーキ 操向方式 変速方式 タイヤ	油圧手動式(操向ハンドル兼用)中立位置制動 機械手動式 左右車輪独立駆動回転差操向式 2操向ハンドル 無段変速 高低副変速レバー付 AG 20×10.00-10 4PR

る。このような農業に従属的な兼業林業経営が多い中で、林業生産を推し進めるために、林道網の拡充や小型運搬車その他搬出機の開発が進められている。したがって、農作業と一体的に林業にも兼用できる作業車があれば、林業にとっても有意義なものと思われる。すなわち、傾斜不整地における直進及び旋回走行性能がすぐれた、走行及び操向方式の小型運搬車の出現が、林業においても望まれる。

そこで、最近の各種運搬車のなかでも、油圧機構による走行及び超信地旋回方式を採用した多用途農作業車に注目し、既設木馬道、牛馬道あるいは歩道を拡幅改修した路線、更には林内斜面内における木材搬出車としての可能性について検討することとした。今回は、供試車用の着脱自在型3方開き側板付荷台を試作し、搬出作業における安全性について、走行性能・けん引性能・積卸し時間及び運転者に与える騒音の影響等の実験検討と、超信地操向方式による曲進性能について、若干の考察を試みた。なお、供試車輛を提供し実験に協力いただいた愛媛井関販売株式会社、実験に協力して下さった附属農業高等学校機械班の生徒諸君及び附属演習林に対し、ここに記し謝意を表します。

II 供試車輛の概要

1. K-800D本機

供試車輛の本体は、Kスーパカー800Dで、その主な仕様は表-1のとおりである。タイヤ式8輪全輪駆動、左右独立型で、作業機の駆動操作も全て油圧機構で行なわれる。エンジンは水冷2気筒ディーゼル型19P Sで、低速と高速に切り換えられる。歯車に替わり油圧モータ変速機構のHST方式で無段階連続的変速が可能であるが、

表-2 供試車輛のその場旋回(180°方向変換)所要時間

Table 2 The time required to change the front direction of the vehicle by 180°.

車 状 況	場 所	
	沢筋低平部路上	斜面中腹部路上 (全幅員3.3m)
空車(本機+全荷台) 重量 1,110kgf	3"0~9"6 (4"8)	8"8~20"4 (13"2)
実車(空車+600kgf) 重量 1,710kgf	6"6~12"2 (8"5)	9"4~20"2 (14"7)

() 内は平均値

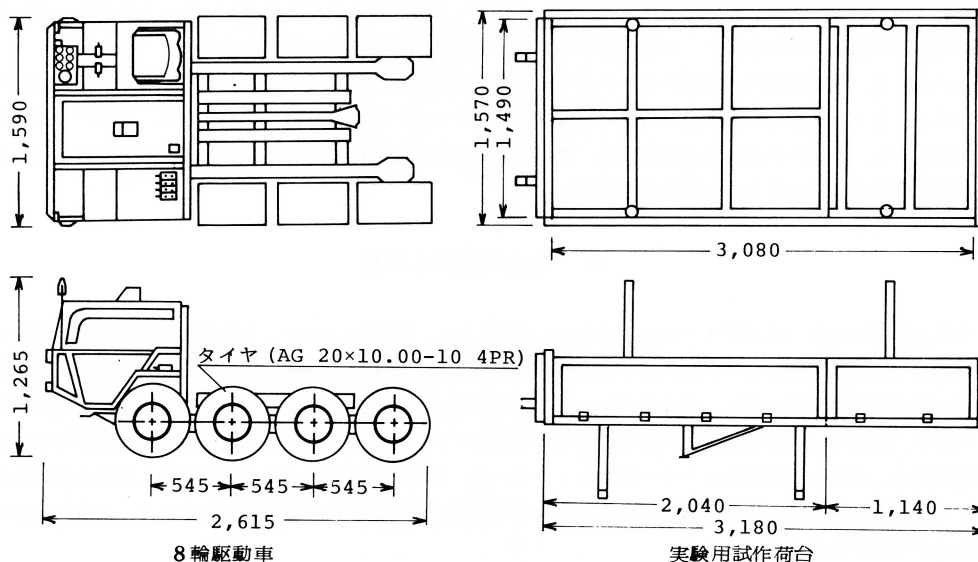


図-1 供試車輛の概観

Fig.1. The schematic drawing of the vehicle applied.

操作・操向ハンドルを中立から前進・後進それぞれ5段切り換え用ストッパーが設けられ、中立位置制動である。速度は低速時0～7.2km/hr、高速時0～14.7km/hrである。本機は、図-1に示すように長さ約2.6m、幅約1.6mで、最低地上高32cm、運転整備重量930kgfである。雪上・湿田用の鋼板製クローラ（シュー33枚、重量40kg、ジョイント4個ボルト締め、前部3輪に装着）が用意されている。K-スーパーは、他に1200D型があるが、一般トラクタ類の使用が困難な、山間の狭い傾斜地のような立地条件を考慮し、都市近郊における酪農専業経営（規模20～30頭）における牧草栽培を主対象に、地域複合経営を目指す大規模水田農家、更にはハウス及び露地園芸農家での多目的な農作業への利用を考えて、開発された。そこで、本機に交換取り付け可能な多種類の作業機を用意し、各種の作業に対応できるよう工夫されている。昭和54年度販売開始以来、昭和56年度までの3年間に、518台が納入使用されているという。

2. 実験用試作荷台

今回の実験用に製作したK800D用の荷台は、図-1に示すように、主荷台2,040×1,570mm（内法1,975×1,495、高さ390mm）重量190kgfと延長荷台1,140×1,570mm（内法1,105×1,495、高さ390mm）重量90kgfからなり、3方開き側板をつけている。主荷台は自在屈折式支持脚3本で地上に静置し、供試本機への主荷台の取付けは、荷台案内脚を本機誘導板沿いに移動させ、本機と主荷台の左右噛み合い部分を組み合わせした後、L型ピン2本を挿入し固定する。延長荷台の接続は、底部連結棒の差し込みと、側板のボルトナット固定による。荷台付き供試車輛の全長は3.6mまたは4.7mになる。主荷台だけで使用する場合は、しいたけ原木その他2m材の運搬に、延長荷台を接続した場合は3m長の間伐材その他の運搬が可能である。

3. 本機の積み卸しと荷台着脱時間

供試車輛の本体K800D型は、トラックに積載し、現地に運ばれる。同型のK1200D型は、リフトダンプを組み合わせた車輛について、ダンプ車の型式認定（運輸省）があり、空車時だけ公道走行が認められている。

現場到着後、運搬トラック上で、ロープを解き始めてから、供試本機エンジン始動、あゆみ（長さ3.0m）掛け渡し、林道上へ下車、方向修正等発進準備終了までの所要時間は約5分である。そのうち、あゆみ降下時間は約30秒である。一方荷台は、本機下車に半ば平行して卸され、主荷台の本機への取付固定に3分10秒ないし4分30秒を要し、更に延長荷台の接続に3分40秒を要している。

作業終了後の撤収時には、まず延長荷台固定ボルトは必ず1分5秒、全荷台の取りはずし4分0秒、更にトラックへの積み込み収納5分45秒、ロープ掛け2分49秒で、所要時間合計13分34秒である。

以上のように、供試車輛の、運搬トラックからの下車、行動開始準備完了までの所要時間と、作業終了後の荷台取りはずし、トラック積載収納までの所要時間は、後者がやや長いけれどもほぼ変わらない。なお、これらの時間分析の概要から、本機への荷台装着組立ては、慣れにより若干所要時間の短縮が可能と思われるけれども、荷台自体の簡易枠構造化の検討を含めた軽量化が望まれる。

III 丸太の積み卸し工程

スギ丸太間伐材62本（末口径4～13cm平均7cm、材長3.0m、全材積1.284m³、全重量1,012kgf、1本平均16.3kgf）を3群に分け、供試車輛荷台への積み卸し作業時間を観察した。作業は、路側に集積された丸太を2名で荷台へ積み込み、更に車側の路端に卸し、積み上げた。丸太の本数別、材積別及び総重量別の積み卸し所要時間の関係を図-2に示す。約20本0.4m³の積み込み所要時間は2分内外で、積み卸しともほぼ同様の直線的関係を示し、積み込み所要時間が、荷卸し所要時間よりやや長くかかっている。この程度の径級の丸太の積み卸し作業の難易度には、丸太1本当り重量の違い、特に含水状態の違いに基づく重量変動の影響はあまり現われないで、所要時間は取扱い丸太本数に支配されるようである。

供試車輛への積み卸しは、車輛沿い路側であり、作業場としては緩斜面であるので、前回ツリーラック¹⁾積み込みが、約15°～33°の林内斜面で行われたのと比べてみると、図-2内に示しているように、今回の例は、15°～20°の林地斜面における値にほぼ匹敵し変動幅も狭い。

IV 直進走行性能

1. 林内斜面登降坂

本学米野々演習林内岩屋小屋林道終点到続く林内の山腹斜面末端の傾斜変換部にある歩道沿い空間を利用して、供試車輛の林内登降坂試験を行った。

登降坂部、成林したスギ林内で、通路部の樹間距離は、狭い所で 180 cm, その縦断勾配は10°ないし22°, 局部的に24°の所もあったが、延長140m区間の平均勾配は約15°である。この区間内で、空車による短距離の発進停止の反復試験と、連続走行試験、更にスギ丸太640kgf積載時の走行試験を実施した。路面部は、歩道といっても特に整形してないので、凸凹が多く、路幅も不整一であるため、通行時に供試車輛が左右に移動するのに伴い、車体が樹幹に接触しないよう注意する結果、速度を著しく低く抑えなければならなかった。勾配24°の地点には岩盤の露出部があって、640kgf積載時に車輪がスリップし登坂不能であった。この試験における走行距離と所要時間の関係を示すと図-3のとおりである。短距離の発進停止走行は、走行区間の条件が比較的一様であるため、連続走行時に比べるとやや、所要時間が短くなっている。3m丸太640kgf積載時の登坂試験結果は、空車の短距離走行時の傾向線に近く分布し、この場合の時速は2.2kmないし3.2kmになる。積載車による降坂試験は、運転手が車側に立った随伴運転による後進走行の例を示しているが、時速は2.1km程度である。前進降坂であっても、林道上の走行と違って、路面や周囲環境条件に制約され、走行速度がかなり低下している。

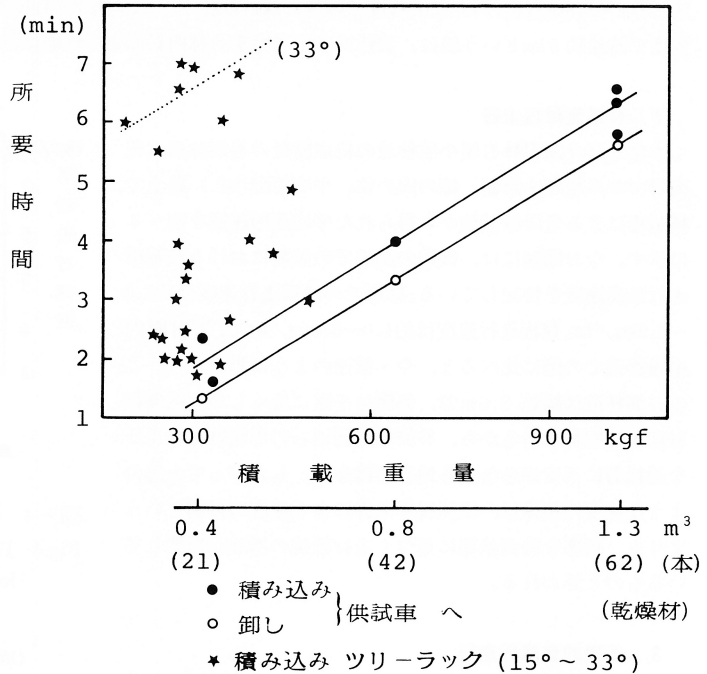


図-2 丸太の積卸し工程

Fig.2 The relation between the loadage and the time required to load logs the vehicle.

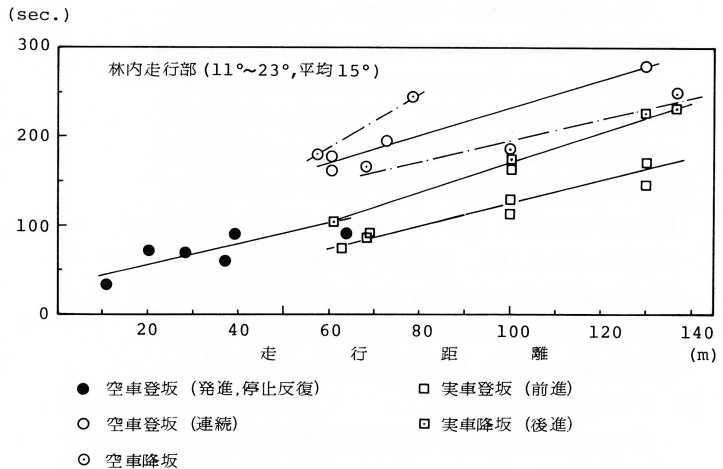


図-3 林内登降坂所要時間

Fig.3 The running time and the running distance at a forest slope of average gradient 15°.

林内斜面走行路勾配と走行速度の関係は、比較用の適当な林内斜面が得られないので、今回は明確にできない。しかし、積載車走行試験から得られた大略の推定値を示すと、平均勾配12°程度で時速3 km前後、勾配15°程度で時速2.2km~2.8km程度、勾配20°程度で時速1.2km程度、そして勾配24°程度が限界のようである。ここに示す勾配15°程度で時速約3 kmという値は、装軌式小型運搬車の林内斜面走行性能にほぼ匹敵している。

2. 林道登降坂走行

本学米野々演習林岩屋小屋林道の終点附近の谷筋林道（花崗岩マサの粗礫土路面、締め固め軟、平均勾配10°）路上で、積載車による登降坂試験から得られた平均運搬速度を図-4に示す。なお同図には、後述の農道での試験における積載車走行最高速度を併記している。林道での降坂走行速度は約5.0~5.5km/hr、登坂走行速度は約4.0~5.0km/hrで、果樹園内中腹農道での例に比べると、やゝ低速のように思われる。この谷筋林道は幅員3.6mで、谷側は平坦に近くしかも両側路肩部まで樹林であるから、谷側急斜面沿いの中腹林道のような運転者に不安感を与える地形ではない。したがって上記のような速度の相違は、周囲視界条件による速度の抑制というよりも、粗悪な路面状態に基づく走行抵抗の増加が影響しているものと思われる。

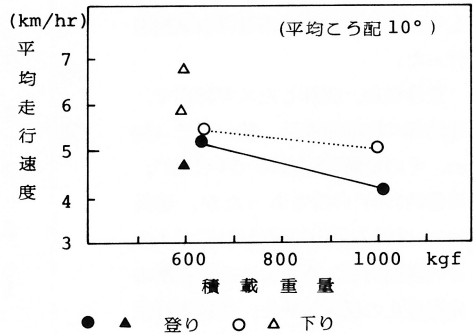


図-4 積載重量と路線上走行速度
Fig.4 The average running speed and the loadage.

3. 基礎的登降坂走行

林内及び林道における走行・搬出試験を基に、基礎的走行実験を企画し、本学附属農業高等学校溝辺果樹園周辺農道を中心に、一定区間における登降坂走行試験を実施し、傾斜地内農道及び林道の走行に際しての、供試車輛の安全限界について考察した。

(1) 平坦裸地走行

マサ土の粗粒質で軟い平坦裸地上一定区間における、供試車輛空車による前進及び後進走行時の速度変化を図-5に示す。エンジン高速時には、操作ハンドル位置1から5に向かい次第に増速し、最大11.6km/hrを示す。この間、前進走行速度が後進走行速度よりやゝ大きい値を示すが、ほとんど相違はない。エンジン低速時には、操作ハンドル位置1から4まで直線的に増速し、前進走行時6.7km/hrに達し、後進走行との速度差は0.5km/hrである。操作ハンドル位置4から5までの加速度はかなり減少している。前進走行速度は、エンジン高速時に、低速時の約1.73倍で、路面条件の影響がうかがわれる。

(2) アスファルト舗装路走行

アスファルト舗装路は、果樹園地内農道では、路面の改良保全の他に、排水機能の向上を兼ねさせる目的で、多く用いられているのであるが、林道では集落近辺を除き、まだ限られたものである。アスファルト舗装勾配2°の路上における、供試車輛空車時の前進及び後進走行時の速度変化を図-6に示す。前進走行では、登坂走行時

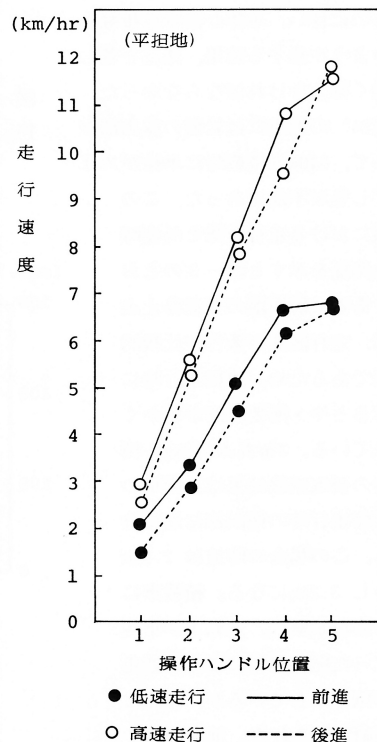


図-5 平坦土質路における走行（空車）
Fig.5 The change of running speed at a level road on weathered granite. (by empty vehicle)

最大速度が、エンジン低速時 6.7km/hr、高速時10.7km/hr、これに対し降坂走行時最大速度は、エンジン低速時 7.2km/hr、高速時12.0km/hrに達する。一方、後進走行では、登坂走行時最大速度が、エンジン低速時 6.7km/hr、高速時11.3km/hr、これに対し降坂走行時最大速度は、エンジン低速時 6.7km/hr、高速時12.6km/hrに達している。アスファルト舗装で路面条件が良好であるのだが、この程度の勾配路であっても、エンジン低速時及び高速時、あるいは前進走行時及び後進走行時のいずれにおいても、同一条件の登坂速度と降坂速度の間に相違が認められるようになっていく。一方、登坂走行時の前進走行速度と後進走行速度との間には、ほとんど差が認められないけれども、降坂走行時には、前進走行と後進走行とは、おおよそ0.5km/hr以上の速度差が認められる。

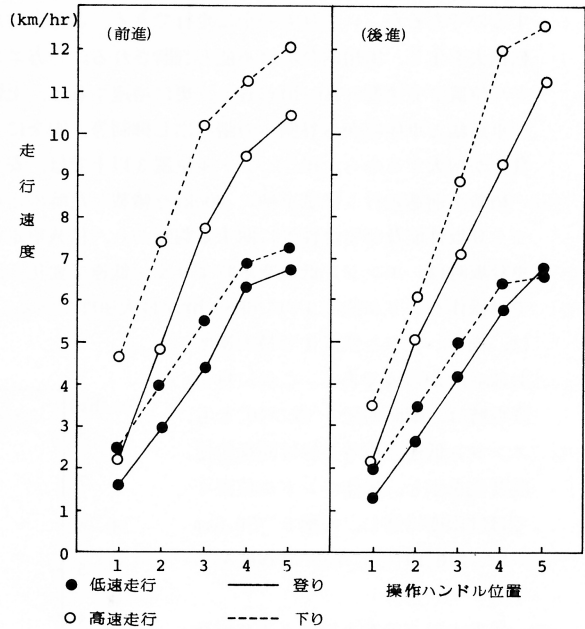


図-6 アスファルト道における走行 (空車)

Fig.6 The change of running speed at asphalt pavement of gradient 2°.

(3) 傾斜地内農道走行

泉層群砂岩地域の丘陵地に開設された果樹園内傾斜面上の農道において、登降坂走行試験を実施した。

(i) 空車前進走行：供試車輛による結果を図-7に示す。縦断勾配5°の路上では、エンジン低速時及び高速時とも、操作ハンドル位置数の増加とともに走行速度がほぼ直線的に上昇し、エンジン高速の登坂時に9.0km/hr、降坂時12.0km/hrに達する。高速での降坂走行は、操作ハンドル位置3を越えると時速10km以上となり、また前進走行であっても山腹路線ということもあって、運転者の緊張感を増しているようである。これに対しエンジン低速時の前進走行は、いずれのハンドル位置でも安全に走行できる。次に縦断勾配10°の路上では、エンジン低速時前進走行において、登坂時の最大速度 5.8km/hr、降坂時の最大速度6.7km/hrに達

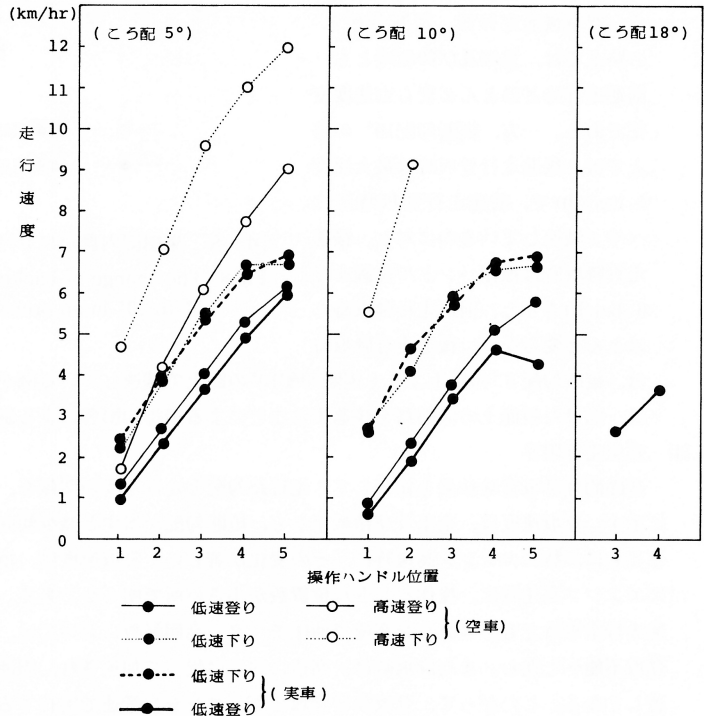


図-7 果樹園内農道における前進走行 (土質道)

Fig.7 The change of advanced speed at an earth road of gradient 5° to 18° in an orchard (empty and laden vehicle).

するのであるが、いずれも安全に走行できる。これに対し、エンジン高速時は、登坂時に油圧モーターの空転損失を生じ、実用的登坂は不能と判断される。一方エンジン高速時の前進降坂走行に当っては、操作ハンドル位置2で速度9.1km/hrに達し、更に増速すると、土質路面の影響もあり空車体の揺動が増し、山腹斜面や車道幅と車体幅から谷側への踏み出し抑制等、安全について、運転者の注意力の集中が要求され、精神的負担が増大するから、操作ハンドル位置3以上では、安全上、走行を中止する方がよいと判断される。

(ii) 積載車前進走行：供試車輛に600kgを積載した時の走行結果を図-7に併記している。空車時の結果に基づく登坂性能及び安全性等に関する判断から、積載車走行試験は全て、エンジン低速状態で実施した。積載車登坂時は、エンジン低速空車時よりやや低速で変化し、縦断勾配5°では最大速度6.0km/hr、縦断勾配10°では操作ハンドル位置4の4.6km/hrが最大速度である。更に果樹園内勾配18°の斜面における積載車の登坂は、操作ハンドル位置4で最大速度3.7km/hrが限度である。これに対し降坂時は、縦断勾配5°及び10°とも、エンジン低速空車時とほぼ同様の速度変化を示し、操作ハンドル位置4ではほぼ限度に達し、勾配5°で6.5km/hr、勾配10°で6.7km/hr程度を示す。

(iii) 後進走行：後進走行による登坂及び降坂結果を図-8に示す。斜面内傾斜路上の後進走行は、安全上運転者の注意力の著しい集中が要求されるから、エンジン低速で実施している。空車後進走行は、縦断勾配5°の路上では、登坂及び降坂時とも、前進走行時とほとんど変らぬ速度変化である。一方、縦断勾配10°の路上では、後進走行登坂時は最大速度5.1km/hrで、前進走行登坂時に比べやや減速しているのに対し、後進走行降坂時は操作ハンドル位置4で6.4km/hrを示し、前進走行降坂時とほとんど変わらない。後進走行降坂時は、縦断勾配5°の路上よりも縦断勾配10°の路上で減速している例があり、やや趣を異にするのだが、これは、開けた斜面上の傾斜路を後進することによる精神的影響による制動操作の結果と思われる。

(4) 安全走行限界

基礎的登坂実験結果を総合して、走行路勾配と走行速度の関係を、空車及び積載車別に図-9及び図-10に示す。登坂速度は、空車及び積載車とも、縦断勾配が増すと減少傾向を示すが、操作ハンドル位置数の増加とともに、特にエンジン高速時に、その変化が著しい。降坂速度は、縦断勾配が増すと増加し、その割合は特にエンジン高速時に、操作ハンドル位置数が小さい所で明らかである。縦断勾配5°を越えると、登坂時は、前進走行空車時でも、エンジン高速で油圧モーター高回転数においては、モーターの空転損失を生じ、しだいに登坂不能へと進む。また降坂時は、高速に向うに従って加速され、周囲環境条件からくる走行不安感の増大が著しくなる。したがって、登坂及び降坂とも、エンジン低速で実行するのが、安全上望ましい。エンジン低速での登坂時最大速度は、縦断勾配5°で6.2km/hr、縦断勾配10°で5.8km/hrであり、また降坂時最大速度は操作ハンドル位置4で示される6.7km/hr程度である。以上の結果、供試車輛の前進走行の際の安全確保のためには、積載車及び空車とも、縦断勾配10°前後以上の路上では、エンジン低速とし操作ハンドル位置3ないし4ま

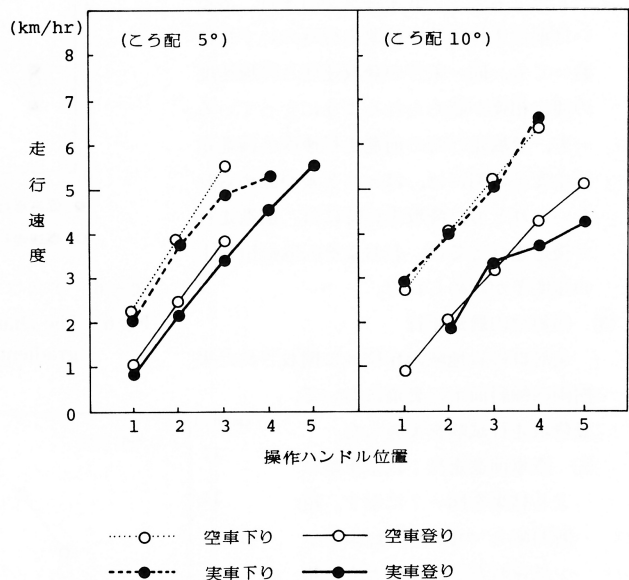


図-8 果樹園内農道における後進走行（土質道）

Fig.8 The change of backing speed at an earth road of gradient 5° to 10° in an orchard (empty and laden vehicle).

での範囲で、登坂及び降坂を実施するのが好ましいと判断される。また、供試車輛の後進走行の際には、空車及び積載車とも、操作ハンドル位置2ないし3、すなわち走行速度4~5 km/hr以下とするのが比較的安定していて、傾斜地走行上の安全限界と思われる。

V 旋回走行性能

供試車本機は、左右車輪が独立駆動になっているので、2本の操作操向ハンドル（変速操作と操向を兼ねたレバー式ハンドル）を使いわけることによって、「緩旋回」、「信地旋回」及び「超信地旋回」を連続的に実施可能である。「緩旋回」は、旋回の内側車輪と外側車輪がともに同一方向に回転し、その回転速度差の割合に応じた回転半径をとって旋回する方法で、二重差動式ともいわれる。また「信地旋回」は「その場旋回」³⁾とも呼ばれる場合があるが、旋回内側車輪の動力を断つか固定して（供試機では内側用操作操向ハンドルを中立に保つ）、外側車輪用操作操向ハンドルを操作して行う旋回方法で、クローラトラクター類で一般に用いられる。更に「超信地旋回」は、旋回内側と外側の車輪を互に逆方向に回転させることにより、同一直線路上で、一気に180°方向変換する、すなわち「完全なその場旋回」⁴⁾をする方法であり、「ピボットターン」「スピントーン」あるいは「スポットターン」と呼ばれる。

供試車輛が持つ超信地旋回性能は、傾斜林内や林道上等の、狭小で急傾斜の地形における方向変換を容易にし機動性を高めるもので、林内作業を目差す車輛にとっては、作業性能上重要と考えられるものであり、著者が供試車輛に注目した最大の理由もこの点にある。そこで供試車輛が、農道上で180°方向変換する場合の、わだち跡最外側が示す所要回転半径を測定し、林業用各種

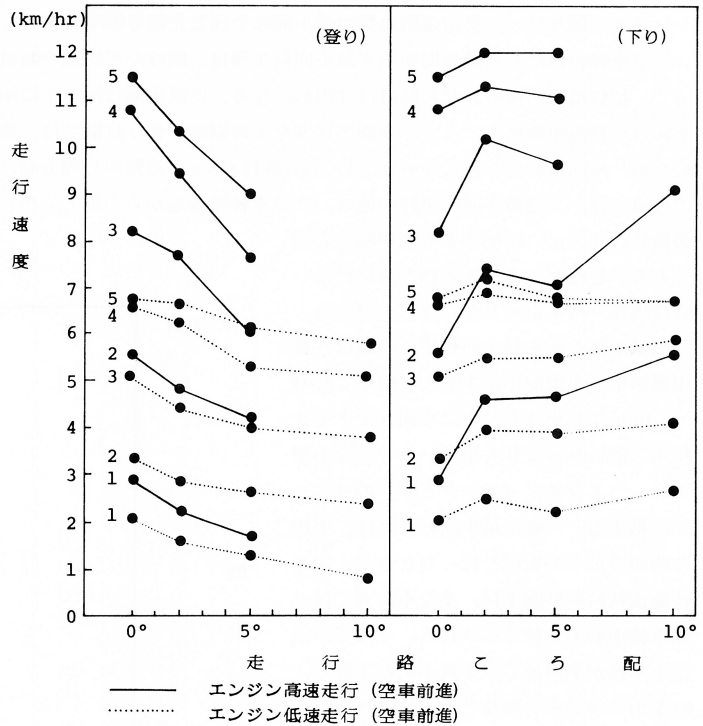


図-9 路線こう配と操行ハンドル位置別の走行速度

Fig.9 The relation between the running speed of the empty vehicle and the gradient of road (parameter : control lever position).

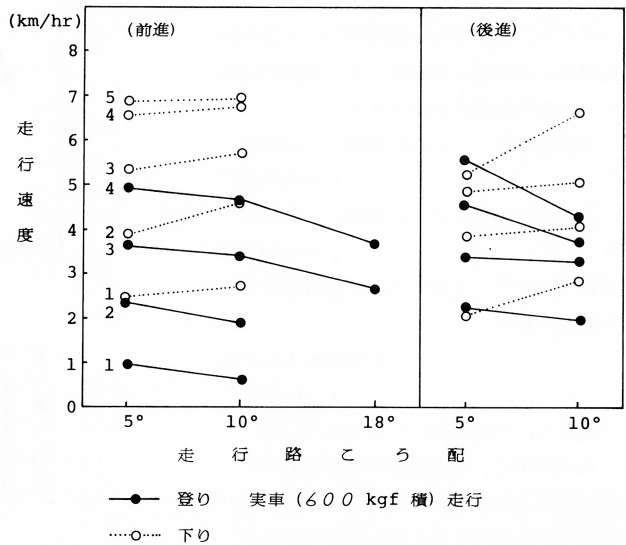


図-10 路線こう配と操行ハンドル位置別の走行速度

Fig.10 The relation between the running speed of the laden vehicle and the gradient of road (parameter : control lever position).

トラクター類及び小型農用運搬車類の最小回転半径と比較考察するとともに、旋回所要時間も測定している。

供試車輛のわだち跡最外周が示す最小回転半径は、開けた平坦地や幅員に余裕のある路上では、1.5mないし1.6mで、超信地旋回後のわだち跡はほぼ円形になる。供試車輛は図-11に示すように荷台が後部に突出するから、路上幅員や斜面中腹路上のような空間部に安全上の制約を伴う位置では、操向ハンドルの若干の切り返しし操作を含むため、旋回後わだち跡は短直径3.1m、長直径3.8mの道路中心線方向にや、長い楕円状になっている。なお実際の現場では、上記最小回転半径の他に、供試車輛後輪端からの最大突出長（主荷台装備時約1.1m、更に延長荷台装備時約2.1m）に相当する余裕幅が必要である。したがって、障害物を避け得ない時は当然、後進走行とならざるを得ない。

供試車輛が示す最小回転半径の値は、農用運搬車が平坦地で示す例²⁾、4輪車で2.04~3.08mより小さく、更に小回りのきく3輪車の例1.98mよりも小さい。そして小型クローラトラクタ（キャタトラ）の1.5mに匹敵する。一般に最小回転半径は、平坦な路面で最小の旋回を行ったときの、履帯接地面軌跡の外側半径、また車輪式では外側車輪中心の半径で示される。そこで、供試車本機が平坦地で示す最小回転半径と、林業用トラクター類及びその他農林業用の作業・運搬車類の最小回転半径を図-11に示し、旋回性能を比較考察してみる。林業用トラクター類（これらの中には一般土木荷役用との兼用型も含まれる）の諸元⁵⁾によると、ホイールトラクター（4輪車）は、操向方式の違いによって分布が若干異なるけれども、軸距または接地長(x)と最小回転半径(y)の間にきわめて高い相関が認められ、次の回帰式が得られる。

$$\begin{aligned} \text{車体屈折式} \quad y &= 2.0498x - 0.2628, \\ r &= 0.9196^{**} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{その他4輪車} \quad y &= 1.8246x - 0.4603 \\ r &= 0.8940^{**} \end{aligned}$$

これらに対し、クローラ型では値がちらばり相関も低い。

$$\begin{aligned} y &= 0.6596x + 0.9205 \\ r &= 0.4840^* \end{aligned}$$

ただし、**は99%、*は95%の信頼。

これらの中で、供試車輛は軸距のわりに、最も小さい最小回転半径を示す位置にあり、供試車輛が備えている超信地操向方式が、平坦地におけるきわめてすぐれた旋回性能を示す方法であることをよく示している。

供試車輛の超信地旋回方式による狭い路上での180°方向変換の所要時間を表-2に

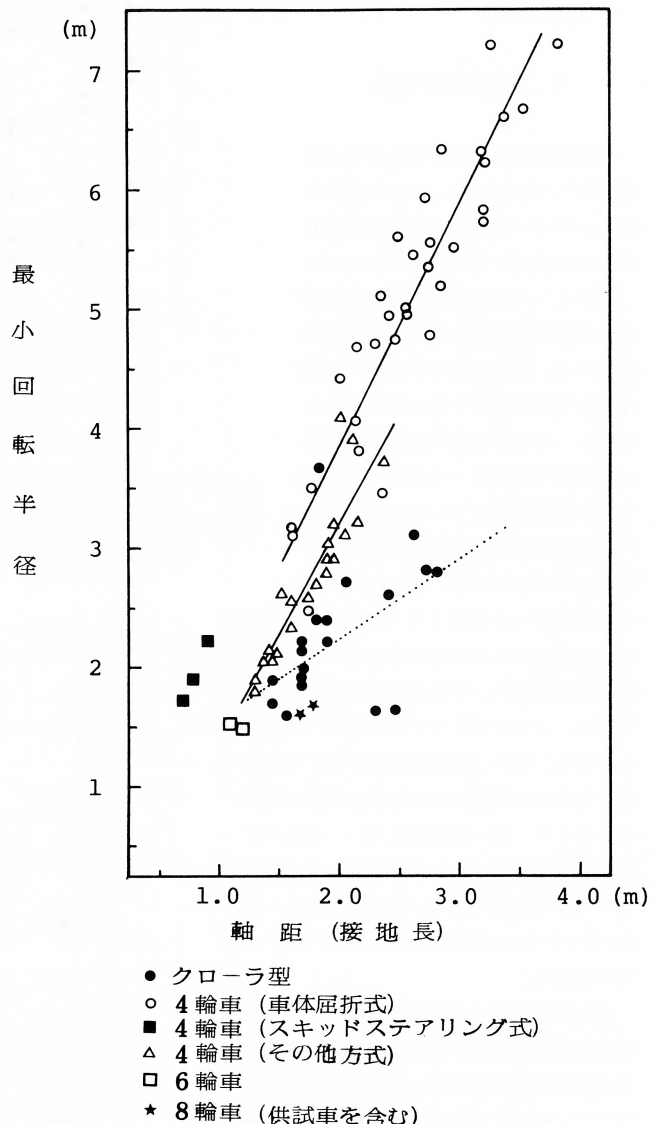


図-11 林業用トラクター類の旋回性能

Fig.11 The turning performance of the forestry tractors, relation between the wheel base (or the length of ground contact) and the minimum turning radius.

示す。積載車では空車に比べ、沢部低平路上で1.8倍、中腹路上で1.1倍の平均所要時間である。また、沢部低平路上と中腹路上での旋回所要時間を比べると、空車時は2.8倍、積載車では1.7倍である。中腹路上での旋回所要時間が、沢部低平路上に比べて大きいのだが、空車と積載車とで差がほとんどない。これは、斜面中腹路上は全幅員3.3 mで、運転者は山腹に対し、谷側に車輛後部を突出させながら、しかも若干の切り返しハンドル操作をしながら旋回しなければならないため、中腹路上での旋回所要時間は、開けた低平部路上で1度のハンドル操作だけで旋回できる場合に比べると、著しく増すものと思われる。いずれにしても、直接路上の任意の部分で、180°方向変換が、きわめて短時間でできるのだから、実際作業時には、時間をかけ十分慎重に安全を期するようにしたらよい。なお、この種油圧駆動方式では、超信地旋回に際し最も負荷がかかる⁶⁾ので、積載車ではエンジン低速で旋回し、高速では切り返し旋回を実行するなど、無用の負荷増大を抑制することが大切である。なお、今後は、林内斜面で旋回性能を考察する必要がある。

VI けん引力

供試機本機には、各種の附属けん引作業機が用意されている。今回は、丸太積載用荷台を製作し運搬車として試験しているのであるが、林業の現場では、ワイヤロープによる木寄せやトレーラのけん引運搬も考えられるから、自動車工学分野の推力を従に、けん引工学分野のけん引力を主に考える。供試車輛のけん引力は、一端をアンカーしたワイヤロープに歪計式荷重計(9 E 01-L 6)を介させてけん引し、検出値を指示計(9 E 52)で読みとるとともにサーボ記録計(S R 6421)に連続記録した。測定は空車及び600kg積載車で、花崗岩マサ土裸地と泉層群砂岩風化土の農道において行ない、記録紙上の変動振幅から平均値と瞬間的変動域を続取り、結果を図-12に示す。マサ土軟質裸地では、空車(本機+主荷台, 1,100kg)だけであるが、操作ハンドル位置1で平均580kgf最大610kgfを示したが、操作ハンドル位置2では400kgf以下に低下し、滑りが現われ測定不能になった。泉層群砂岩風化土の農道は車輛通行によりある程度堅く締った土であるが、そこでの測定結果は、空車(1,100kg)での平均値は、操作ハンドル位置2で最大750kgfを示し、その前後のハンドル位置では低下し、ハンドル位置4ではエンジンが停止している。600kgの袋詰め碎石を積載した車輛(1,700kg)では、操作ハンドル位置数の増加とともに値が漸増し、平均値は、操作ハンドル位置3でほぼ限界、位置4で最大値1,050kgfを示し、エンジンが停止している。このような関係は油圧モーターの特性に対応するものようである。積載車のけん引力は、空車に比べると変動振幅域は小さく、安定している。これらの値をもとに、けん引力係数をみてみると、空車で平均値は、操作ハンドル位置2の0.68で、車輛のけん引力が、地表状態(土質、含水状態、草生状況)やタイヤの種類状態によって影響されるのであるが、4輪車(8PS, 445kg, バイндаタイヤ付)の裸地での例⁷⁾に比べるとやや大きい。積載車では平均値の最大が0.67で、コンクリート路上の前記4輪車の例⁷⁾や6輪車及びゴムクローラ車の値0.60~0.75の範囲にはいる。なお、車輛型式の違いによって、積荷重量の変化による重心位置の移動に伴う接地面積の変動や、路面状態の相違に伴う推力・けん引力の変化、したがってけん引力係数の変動もおこり得るから、なお今後の検討が必要である。

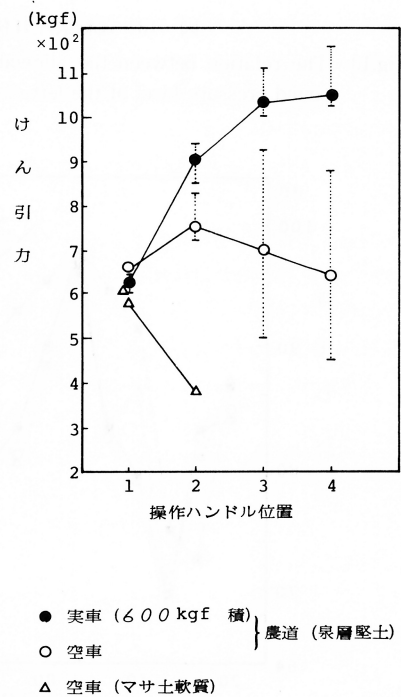


図-12 けん引力の変化
Fig.12 The relation of the tractive force to the position of the control levers.

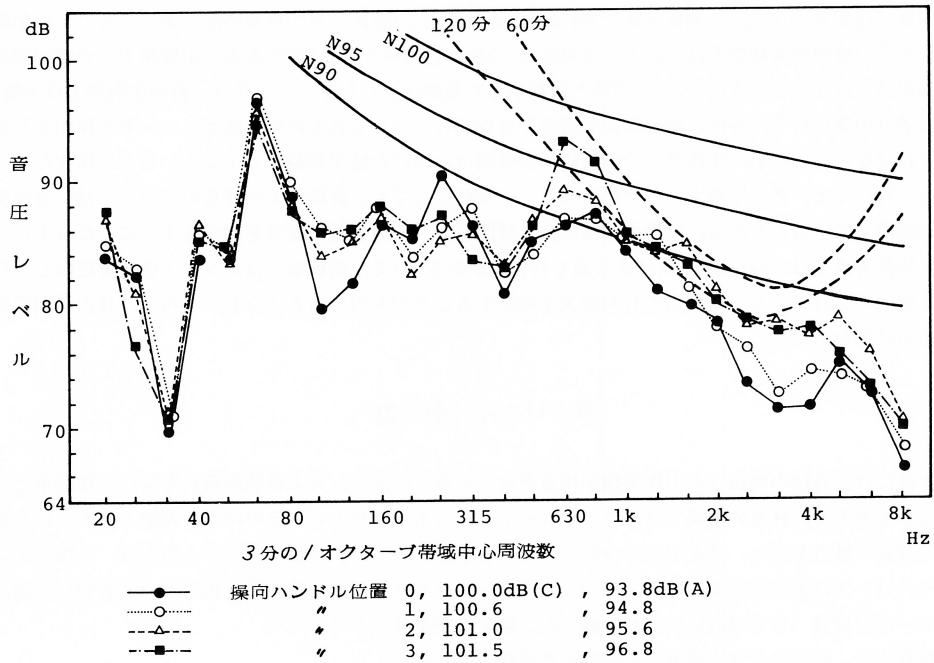


図-13 運転者左耳位置における騒音の周波数分析(エンジン低速時)

Fig.13 The relation between the allowable time without ear protector and the change of one third octave sound pressure level at the left ear of a driver on low speed of engine.

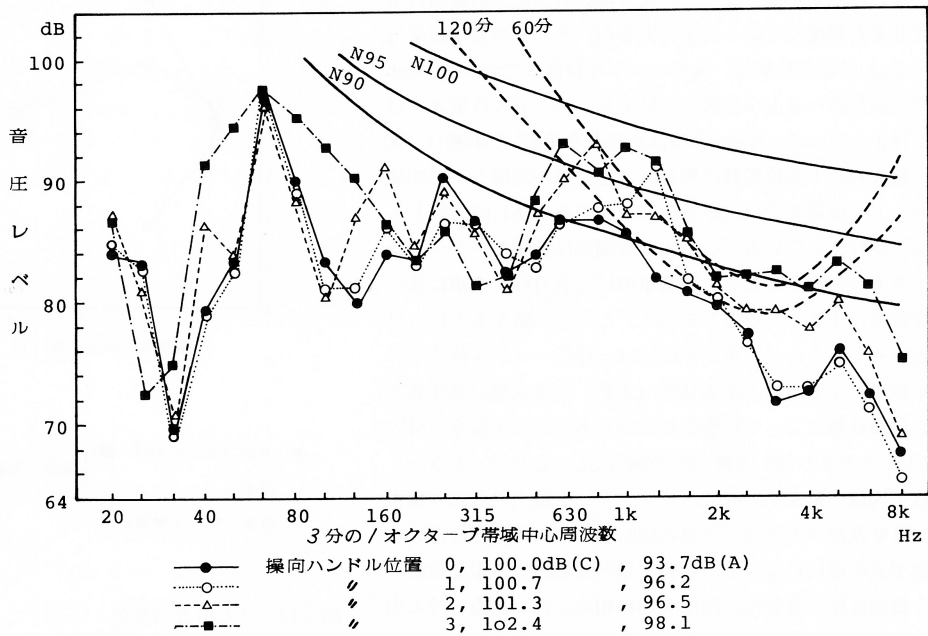


図-14 運転者左耳位置における騒音の周波数分析(エンジン高速時)

Fig.14 The relation between the allowable time without ear protector and the change of one third octave sound pressure level at the left ear of a driver on high speed of engine.

Ⅶ 騒音の影響

供試車輛の林内搬出作業への適応性をみるにあたり、運転者の聴力保護上の安全性について考察するため、供試車輛の運転時騒音を測定分析してみる。供試車輛上の運転者の左耳（エンジン側）の位置に、コンデンサマイクロホンがくまようヘルメットに取りつけた。運転中の騒音レベルを、指示騒音計（NA-09）のA及びC特性で読み取った後、C特性で3分の1オクターブ分析器（SU-56A）にかけ、自動分析駆動装置（DU-03）を利用し、高速度レベルレコーダ（LR-03）に記録した。測定は、エンジン低速及び高速別に、制動時すなわち操作ハンドル位置0から3まで切り換え行った。

1. 騒音レベルの変化

騒音レベルの変化を図-13及び図-14の欄外に示す。操作ハンドル位置0では、エンジン低速時(650rpm)及び高速時(2,650rpm)とも、騒音レベルは93.8dB(A)すなわち100.0dB(C)で、ほとんど相違がない。この値は、小形運材車⁸⁾や農業用トラクター(10PS~29PS;ディーゼルエンジン2気筒搭載機)⁹⁾の例の、空転時最大95dB(A)に匹敵するものである。操作ハンドルの切換えにより油圧モーター回転数が上昇するとともに騒音レベルも上昇し、ハンドル位置3で、エンジン低速時97.2dB(A)、エンジン高速時98.1dB(A)を示す。

2. 騒音特性

騒音の3分の1オクターブ分析結果をエンジン低速時と高速時別に、図-13及び図-14に示す。これに日本産業衛生協会の聴力保護のための騒音暴露許容基準(1969)及びISOで討議されたNR数曲線を記入している。まづ日本産業衛生協会の許容基準に照らしてみる。操作ハンドル位置0では、いずれも、630Hz帯から2,000Hz帯にわたる周波数帯で、音圧レベルが許容基準に抵触するため、1日120分の連続暴露が許されるにすぎない。油圧モーターの回転が加わると、前述のように騒音レベルはいく分上昇し、エンジン低速時には、100Hz~125Hz帯、500Hz~800Hz帯及び1,600Hz~8,000Hz帯において、またエンジン高速時には125Hz~160Hz帯及び500Hz~8,000Hz帯にかけて、音圧レベルが上昇してくる。これら周波数帯域でのレベルの変化は、遠藤等⁷⁾のトラクター類騒音の、静止時に対する作業時の変化とほぼ同様である。以上の結果はエンジン低速時には1日60分以内、エンジン高速時には1日60分以内、ただし操作ハンドル3では40分以内の連続暴露が許されるにすぎないことを示している。次に参考までに求めた騒音評価指数(N値)をみってみる。エンジン低速時及び高速時とも、空転制動時にN=90、操作ハンドル位置1及び2ではN=95である。これに対し、操作ハンドル位置3では、N=95または100になっている。N値の結果もまた、遠藤等の報告⁷⁾で車輛数90例中83%がN値85以上で、N値90前後の例が約半数含まれることと、ほぼ同様の一般的傾向の中に入るようである。

これらの許容基準は、常習的に騒音に暴露される場合の永久的聴力損失量を、ある程度以下にとどめることを前提に考えられたものであるから、運転者の聴力保護のためには、供試車輛による作業時はもち論、空転制動時にも、連続暴露は好ましくないで、間欠暴露となるような作業仕組みを考え実行すること、及びなんらかの聴力保護具を作業中に使用することが必要である。

Ⅷ む す び

超信地操向8輪駆動農作業車に、筆者等が設計製作した間伐材搬出用荷台を装着し、搬出走行性能と騒音面での安全性について考察した。積載走行性能及びけん引性能は、従来の小型運搬車類と同程度あるいはそれ以上を示すだけでなく、最小回転半径が小さく、狭い林道直線部での方向変換が短時間でできるなど、林地内作業への適応について、概念的に可能性が認められる。今後は、林地の傾斜度・地表状態及び積載条件に対する旋回・転倒等について検討し、超信地操向方式の林業用車輛への適応性についてさらに考察を進めたい。

引用文献

- 1) 伏見知道・江崎次夫・藤久正文：ツリーラックによる間伐材搬出法について。愛媛大農演報17, 61~68, 1980。
- 2) 川崎 健・長谷川三喜：傾斜地における特殊運搬車の走行性能と適応性。第5報, 4輪運搬車について。四国農業試験場報告34, 31~53, 1979。
- 3) 林業機械化協会編：林業用トラクタとその作業・機械編。林業機械化協会, 東京, 101~130, 1974。
- 4) 自動車技術協会編：新編自動車工学ハンドブック。図書出版社, 東京, 57~58, 1976。
- 5) 林業機械化協会編：林業機械便覧。林業機械化協会, 東京, 56~95, 1982。
- 6) 川崎 健・古川嗣彦：傾斜地における超信地操向車輛の旋回性能。四国農業試験場報告35, 97~108, 1980。
- 7) 伊藤茂昭・竹内 学・古川嗣彦・川崎 健：4輪運搬車の登坂性能——主としてタイヤの種類および路面条件の影響。四国農業試験場報告30・89~102, 1977。
- 8) 三村和男：小形運材車の動力性能。日林論92, 519~522, 1981。
- 9) 遠藤俊三・芝野保徳・笹尾彰・林環樹：乗用トラクタ作業におけるオペレータ騒音の実態。農業機械学会関西支部報42, 27~29, 1977。

(1983年8月31日受理)