

リモコントラクタの利用技術の開発

木 幡 靖 夫

機械作業を安全に進める上で、操作のリモコン化は有効な手段の一つといえよう。林業試験場では、国が開発したリモコントラクタを昭和 63 年度から借り受け、積雪寒冷な作業環境下での効率的な利用技術の開発に取り組んでいる。その一環として、いろいろな走行条件とスリップ率との関係を調査した。ここでは、その結果と、合理的な走行および集材作業の進め方について紹介する。

リモコントラクタの仕様

供試機種は、林野庁の林業機械開発改良事業（昭和 58～61 年度）で開発された、アーティキュレート操向機構をもつホイールタイプの六輪駆動車である。外観を写真 - 1 に示したが、全長 3,600mm、全幅 1,455mm、全高 2,410mm、総重量 2,100kg、出力 24.5 馬力となっている。本体には、積込み・荷おろし用のグラップル付ローダークレーンと、積み込まれた材を締め付けるためのクラムバンク装置が備わっている。機械の操作はすべてリモコン化されており、手元の無線送信機を用いて、離れた場所から作業を進められるのが最大の特長である。なお写真 - 1 では後輪異覆帯が装着されているが、操向時にタイヤサイドをこすするため、今回の調査では履帯を取り外した。



写真 - 1 リモコントラクタの外観

注 本試験では後輪の履帯を取り外した。

試験の方法と場所

車両系の機械が効率的な走行をしているかどうかを調べる指標の一つとして、タイヤのスリップ率がある。ここでは、各種の条件下でリモコントラクタを走行させ、スリップ率を調べた。その際、スリップ率は次式により求めた。

$$S = (L_s - L_d) / L_s \times 100 (\%)$$

ただし、S：スリップ率

L_s：無負荷時の前輪 3 回転による進行距離

L_d：負荷時の同様進行距離

走行試験は、林業試験場の構内と、道有林岩見沢経営区 72 林班 63 小班（三笠市幌内の 27 年生トドマツ林）に設定した機械作業実験林の集材路で行った。前者は、盛り土による平坦地

で、ここでは路面状態（軟弱さ）別，積載方法別に積載量とスリップ率との関係を調査した。後者は，昭和 38 年植栽のトドマツ人工林に開設した集材路で，前者と同様の走行条件について傾斜とスリップ率との関係を調べた。

平坦地での走行試験

1 単体での走行

単体走行と積載走行に分けて，走行条件別スリップ率を調べた。走行条件のうち，路面状態については乾いて堅固，濡れて軟弱，締め固められた雪上の3通りである。濡れて軟弱な路面とは，含水比 21.8%で，タイヤ跡が刻まれるほどの柔らかさである。

リモコントラクタは，走行ギヤ（高速・低速）とエンジン回転（低・中・高）を組み合わせることにより，6通りの走行状態を選択することができる。

そこで，前述した3通りの路面状態において走行速度別にスリップ率を調べた（図 - 1）。スリップ率は堅固な路面（平均 7.9%）<軟弱な路面（平均 9.3%）<雪上（平均 10.0%）となり，路面の影響を強く受けることがわかった。なお，どの路面状態でも走行速度とスリップ率との間には，統計的に有意な関係はなかった。

この試験により，リモコントラクタは最高約 5 km / 時（1.39 m / 秒）の速度で走行できることがわかった。しかし，オペレーターは歩いてトラクタを追うので，作業上の走行速度としては 2 ~ 3 km / 時を適当と考える。そこで，以下の試験では走行速度を約 3 km / 時となるように設定した。

2 積荷状態での走行

次に，路面状態（乾いて堅固，濡れて軟弱），積載方法，積載量を組み合わせてスリップ率を調べた。積載材はカラマツ間伐材で，平均末口径 13.7cm，材長 3.0m と 3.7m の短幹材である。積載方法は，材を完全に荷台に積み込む方式（以下，積載という）と，材の一端だけを荷台に載せる方式（以下，半積載という）の2通りとした。その結果が図 - 2 である。スリップ率は積載方法，積載量にかかわらず軟弱な路面で大きく，堅固な場合の 1.1 ~ 1.3 倍であった。スリップ率は半積載の場合に積載量の増加に伴い大きくなり，軟弱な路面では積載量 0.815m³ で 11.6% と最も大きなスリップ率となった。

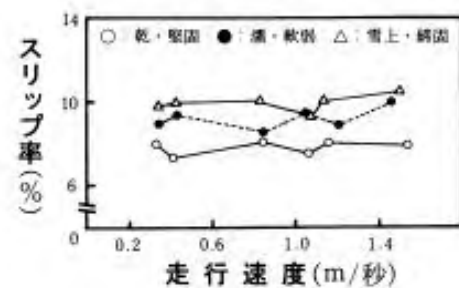


図 - 1 走行速度とスリップ率
(平坦地，単体走行)

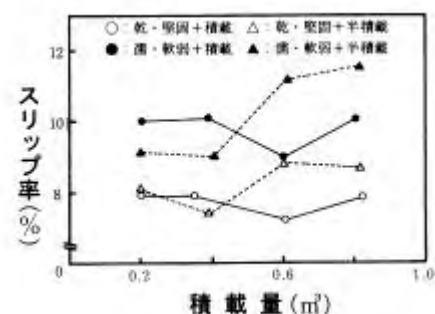


図 - 2 積載量とスリップ率
(平坦地，積荷走行)

傾斜地での走行試験

1 単体での走行

リモコントラクタ単体で，路面状態（乾いて堅固，濡れて軟弱）別，傾斜度別に登坂試験を

行った。図 - 3 にその結果を示してある。路面が堅固な場合（含水比 13.1%）のスリップ率は傾斜 4 度で約 10%，10 度で約 11%であった。一方，路面が軟弱（含水比 40.1%）な場合には，4 度で約 12%，10 度で約 17%となり，堅固な場合を上回った。すなわち，傾斜地では単体走行の場合でも，平坦地に比べてスリップ率が大きくなり，走行上の影響を受け易いこと，その程度は傾斜が急になるほど，路面が軟弱なほど大きくなることがわかった。

2 積荷状態での走行

次に，積荷状態で登坂試験を行った。積荷はトドマツ間伐材で，積載には平均末口径 9.6cm，材長 2.4m と 3.7m の短幹材を，半積載には平均胸高直径 13cm，材長約 9m の全幹材を用いた。図 - 4 に示したように，堅固な路面で 0.274m³ を積載した場合のスリップ率は，傾斜 4.5 度で 10%，12 度で 13.3%であった。また，軟弱な路面で 0.252m³ を積載した場合のスリップ率は，傾斜 3 度で 14.0%，11 度で 17.1%であった。この結果を無積載時と比較すると，軟弱な路面の場合において，傾斜が 7 度を越すような場所では積載した方がスリップ率は小さくなる傾向が認められる。この状況は，同じ路面条件下で積載量を 0.407m³ とした場合にも同じであった。しかし，積載量を 0.461m³ に増やしたところ傾斜 8 度で 20.6%のスリップ率となり（図 - 5），走行に著しい支障が生じた。さらに，積載量を 0.61m³ としたときには約 13 度の登坂が困難となった。

以上のことから，軟弱化した傾斜地では，ある程度の材を積載する方がより安定した走行ができると考えられる。一般に，車輪トラクタのけん引力はスリップ率 16%以上ではあまり増加せず，作業は 16%以下のスリップ率で行うことが得策とされている。このことを考えると，路面が軟弱な場合の積載量は 0.4m³ 程度が限界といえよう。なお，積載方法を半積載（0.400m³）とした場合には，7.5 度の傾斜でも 19.7%という大きなスリップ率となり（図 - 5），走行に支障をきたした。したがって，路面が軟弱になりがちな林内の集材路では，積載しての走行が半積載よりも有利である。

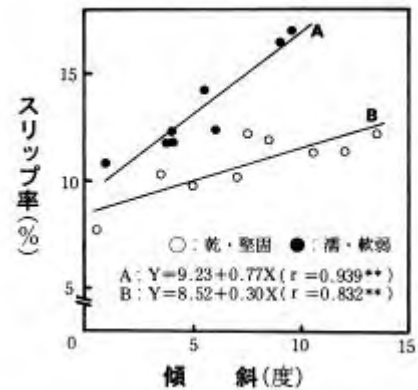


図 - 3 傾斜とスリップ率
(傾斜地，単体走行)

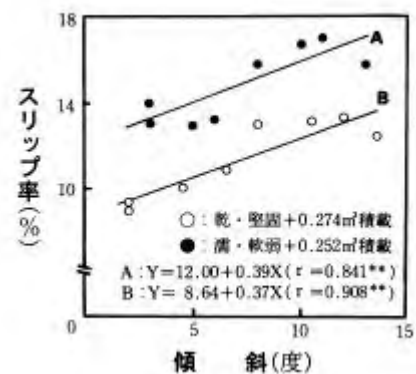


図 - 4 傾斜とスリップ率
(傾斜地，積荷走行)

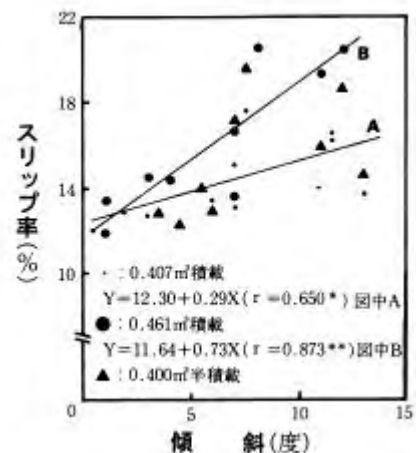


図 - 5 軟弱路での傾斜とスリップ率
(傾斜地，積荷走行)

集材作業試験

以上の走行試験結果を踏まえ、図 - 6 に示すような集材路において集材作業試験を行った。現地は 27 年生のトドマツ人工林で、積込みには平均末口径 9cm，材長 2.4m と 3.7m の短幹材を用いた。集材路の幅員は 3m，平均傾斜は 5 度（最大 14 度），土場から積込み地点までの距離は 487m である。路面の状態は軟弱で，タイヤに泥が付着するほどの泥寧箇所も一部にみられた。走行に要した時間は，空荷

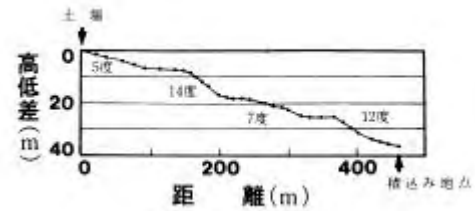


図 - 6 集材路の縦断面図

での降坂で 8 分 31 秒， 0.422m^3 を積荷しての登坂で 9 分 44 秒であり，走行速度は，それぞれ $0.95\text{m}/\text{秒}$ （約 $3.4\text{km}/\text{時}$ ）， $0.83\text{m}/\text{秒}$ （約 $3.0\text{km}/\text{時}$ ）であった。なお，林内での積込みに 6 分 42 秒，土場での荷おろしに 5 分 32 秒を要したので，土場を出てから材を積んで戻ってくるまでのサイクルタイムは 30 分 26 秒となる。これを用いて一日（6 時間）当たりの集材工期を試算すると，集材回数 11.8 回，集材量 4.98m^3 となる。さらに，シミュレーションによって集材距離を変えた場合の工期を求めたところ，距離 250m で 7.01m^3 ，100m で 9.50m^3 となり，集材距離が短いほど高い工期が得られることがわかる。この工期は，リモコントラクタと同程度の大きさの小型運材車の工期とほぼ等しいものであった。

ところで，前述のようにリモコントラクタを使った作業では，オペレーターが歩いてトラクタを追わねばならない。集材作業試験のケースでは，1 日に約 11.5 km の距離を歩くことになる。オペレーターは，積込みや荷おろしなど機械操作のすべてを担当しており，長距離の歩行はかなりの負担となる。シミュレーションの結果では，集材距離が 250m の場合の一日の歩行距離は約 8.3km，同じく 100m では 4.5 km と短くなり，歩行に要する時間が少なくてすむ。したがって，リモコントラクタを使った作業では，路網密度を高めるなどして，集材距離を短くする配慮が必要である。

今後の取組み

これまでの調査によって，リモコントラクタの基本的な操作性，走行および集材能力を明らかにすることができた。それらをここで整理してみると，作業時の走行速度は時速 3 km 程度が適当であること，特に走行障害となるものがない限り平坦地では一度に $0.6 \sim 0.8\text{m}^3$ の材を集材することが可能であること，傾斜地では半積載よりも積載しての走行が有利であること，傾斜度や路面状態にもよるが積載量が 0.4m^3 以下であれば走行支障は大きくないことなどである。

現在，伐根や転石などの障害物の乗越え能力や，積込み用ローダークレーンの作業能力について調査を行っている。今後さらに，枝条や伐根などの走行障害物がある林内や積雪条件下での走行・作業試験を行い，リモコントラクタの効率的な利用技術の開発を進めていきたい。

（機械作業科）