

伐出作業の効率化 ～トラクタ集材地形区分～

木 幡 靖 夫

はじめに

地形傾斜の比較的緩やかな北海道では、車両系の機械を使った集材作業が広く行われている。



写真 集材作業中のクローラタイプトラクタ（排土板付き）

とりわ、トラクタはその代表格であり、作業の対象となる材の大きさや集材規模（事業量）に応じて、投入すべき機種が経験的に選択されている。

一般に、使用機種の大半はクローラタイプ（キャタピラー式）のトラクタである（写真参照）。この理由としては、ホイールタイプ（タイヤ式）のトラクタと比べ登坂力が大きく、泥ねい地などの不整地走行に優れているためと考えられる。しかし、トラクタ性能の過信からか、時折、走行限界を

超えるような危険な状況での作業も見られる。

そこで、作業の安全性や効率化について考えるため、最近刊行された林業機械シリーズ 74 “トラクタ集材と集材路”（林業機械化協会、1986）をとりあげ、この内容を中心にトラクタ集材地形区分についての解説を行った。本稿で使用した図、表等も同書の中から引用させていただいたものである。引用を快く承諾していただいた機械化協会ならびに井上源基氏に厚くお礼申し上げます。本稿を読んで興味を持たれた方は、さらに同書を参照されたい。

林地条件の把握

トラクタ集材の最大のメリットは機動性に富むことであり、このことが架線集材との違いといえる。もし、林内にトラクタ走行を阻害する要因がなければ、トラクタは自由に林地を走行し、目的地点へ最短距離で到達することができる。しかし、実際の集材現場では数々の障害が出現し、それがトラクタ走行およびトラクタ集材作業を規制している。

トラクタ集材作業に影響を及ぼす作業条件因子の中で、トラクタ走行を直接的に支配するのは地形地表に関する因子である。機械化作業の先進国であるスウェーデンでは、機械導入の可否を判定するため地表の状態、地表の荒さおよび傾斜の3要因を取り上げ、伐出作業のための地形分類が行われている。この分類方式に準じ、わが国でも前述の井上源基により、トラクタ集材地形についての検討がなされている。井上は、トラクタ集材作業に対する林地条件の記述

表示の因子として地形傾斜，地表障害物及び地表状態の3要素を取り上げた。以下，井上の提示した表示因子に基づき，林地条件の定量的な把握方法について説明する。

1 地形傾斜

トラクタの登坂能力はクローラタイプ，ホイールタイプとも最大 30～35 度の値がメーカー表示されている。しかし，実際の作業現場では地形傾斜以外の阻害因子が出現するため，作業限界値は 15～20 度と考えられる。さて，ここで用いた傾斜区分は表 - 1 に示したとおりで，傾斜度別に平坦地，緩斜地，中斜地，急斜地および急峻地の5区分である。

表 - 1 集材作業からみた地形傾斜区分

地形傾斜 tan (%)	0～10 (6度未満)	10～20 (6～11度)	20～33 (11～18度)	33～50 (18～27度)	50～ (27度以上)
傾斜の種類	平坦地	傾斜地	中斜地	急斜地	急峻地

傾斜については，対象地域全体に一定間隔で測点を設け，各測点で傾斜の方向にそって水平距離 25mの間の傾斜を測定し，度数の最多クラスをもってその地域の傾斜クラスとしている。しかし，この方法は広い現場では実行困難なので。対象が比較的小面積の場合には，代表的な地形における傾斜度を用いて全体を表わす方法もとられる。

2 地表障害物

トラクタが走行する林内には，伐根，枝条・倒木，転石などの障害物が存在する。もちろん間伐や択伐作業下の林分では，これらの他に残存立木も大きな走行障害要因となっている。

地表障害物の大きさ，密度および分布状態は対象林分の施業経歴により一様でなく，また影響の度合いも走行するトラクタの大きさによって異なってくる。一般に高さ 25 cm，径 50 cm 以上の大きさの障害物があれば，トラクタは迂回走行を余儀なくされ，さらに大きさや密度が増大するにつれ迂回時間及び迂回距離も増大する。

障害物については，対象地域全体に一定間隔で測点を設け，各測点を中心とした 100 m²以上の区域内の障害物の数や大きさを測定するが，大面積の場合には標準地を設定しての調査が能率的である。

3 地表状態

地表状態は地表の支持力（地耐力）や土質によって表わされる。地表支持力は車両の接地圧（注参照）に関係し，林内の走行性能に影響を及ぼすもので，コーンペネトロメータ（土壤抵抗測定機）などにより測定される。

表 - 2 トラクタ集材地の地表状態分類

地表状態 (粘着係数 μ)	～0.2	0.3	0.4	0.5	0.6～
土質	腐植土 (湿)	砂質粘土 (湿)	砂質粘土 (乾)	粘土 (湿)	粘土 (湿)

ここでは、地表状態を示す指標を土質に求め、その粘着係数で表わすこととした。土質と粘着係数の関係は表 - 2 に示すとおりである。

注) 接地圧 (単位: kg / cm^2)

重心位置、地長とともに軟弱地上での走行性能を示すもので、接地圧はその地盤でどれくらいぬかるかの判定基準となる。平均接地圧が 0.3 ~ 0.4 程度であれば、軟弱地の中でも最も走行困難な深い自然積雪上でも走行可能とされる。間伐作業などで使われる 3 トンクラスのトラクタは 0.35、湿地タイプで 0.22 である。ちなみに人間が片足で立ったときの接地圧は 0.3 程度である。

接地圧は次式により簡単に求められる。

$$\text{接地圧 (kg / cm}^2\text{)} = \text{全装備重量 (kg)} / \text{接地面積 (cm}^2\text{)}$$

トラクタ走行難易度

トラクタが林地を走行する際の目的地点への到達しにくさをトラクタ走行難易度といい、地形傾斜、地表障害物の密度と大きさ、地表状態およびトラクタ幅の各因子を含む関係式(省略)によって表わすことができる。

トラクタ走行難易度は、一般に地形傾斜が急になるほど大きく、地表障害物の出現頻度(密度)が高くなるほど増大し。さらに、地表状態の軟弱度を示す粘着係数が小さいほど大きくなる(図 - 1 参照)。

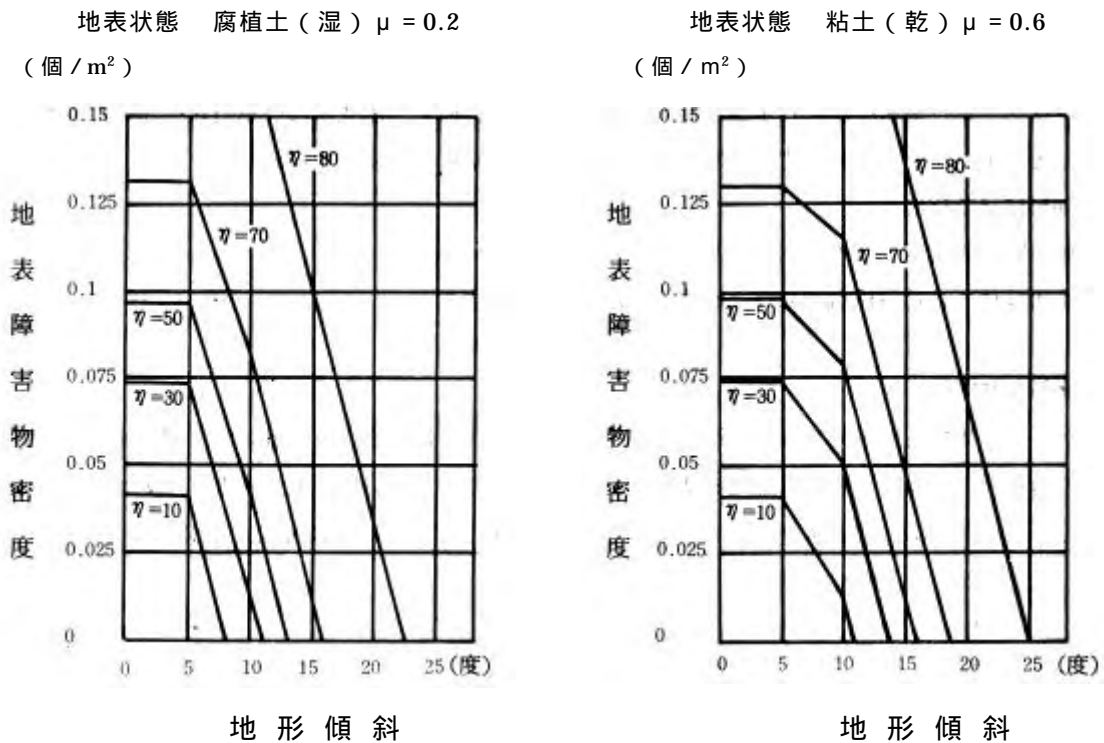


図 - 1 トラクタ走行難易度 () による林地条件の区分

「トラクタ集材と集材路」より(一部著者が加筆)

トラクタ集材地形区分

以上より、トラクタ走行難易度は各林地の条件によって異なることがわかった。そこで、トラクタ走行難易度を指標として表 - 3 に示すような地形区分を行った。これはトラクタ走行が不可能となる難易度（架線適用地）に対し5段階の区分を与えたもので、I . 極良地形、 . 良地形、 . 中地形。IV . 悪地形、V . 極悪地形及び . 架線適用地形の6区分である。

表 - 3 トラクタ走行難易度による集材地形区分

トラクタ走行難易度 (: %)	~ 10	10 ~ 30	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 80	80 ~
トラクタ集材作業の難易度	極めて容易	容易	中程度	困難	極めて困難	不可能
地形の種類	. 極良	. 良	. 中	. 悪	. 極悪	. 架線地帯

地形傾斜、地表障害物及び地表状態の3要因についてそれぞれトラクタ走行難易度を求め、トラクタ集材地形区分を行ってみると次のようになる。

地形傾斜が急峻な場合（27度以上）、トラクタ走行はほとんど不可能となり、急斜地（18～27度）の場合でもトラクタ走行は困難ないし不可能となる。したがって、このような地形傾斜の林地では架線集材が優先される。

地表障害物については、その密度が0.1（ha当たり1,000個）以上ではトラクタ走行は困難ないし不可能となる場合が多いが、これは地形傾斜の急峻、地表状態の良悪および障害物の大きさとも関連して考えねばならない。

トラクタ走行が可能だと判定される地形として、極めて困難および不可能を除いた地形を考えると、トラクタ走行に対する各地形要素の目安が得られる。すなわち、

地形傾斜で18度以下。

地表障害物密度では0.13（ha当たり1,300個）以下。

地表状態では粘着係数で0.3、砂質土（湿）以上。

簡易な判定法

トラクタ集材地形区分を現場で適用する際の方法を述べる。走行難易度に関係する地形要素（地形傾斜、地表障害物および地表状態）を2つの要素に分け、地表障害物に関する要素（Ir）ならびに地形傾斜と地表状態に関する要素（Ii）として、それぞれ次式より求める。

$$Ir (\%) = \quad \times 100$$

$$Ii (\%) = (\tan \quad + I\mu) \times 100$$

ただし、
$$Im \frac{3}{5} - \frac{1}{1 + (1 + 9m^2)}$$

：地表障害物密度

b：トラクタ幅（m）

x：地表障害物平均径（m）

μ : 粘着係数
 α : 地形傾斜

図 - 2 は縦軸に I_r , 横軸に I_i をとり , トラクタ集材地形区分の範囲を示したものである。図中の各点は、わが国の代表的なトラクタ集材地形について I_r と I_i を求めプロットしたものである。これにより天然林では、困難に相当する場合が多いことがわかる。また、一斉人工林では立木密度が高く、地形傾斜も中～急斜地にあることが多いため。トラクタ集材不可能地に区分されている。しかし、何回かの間伐を経た林分では立木密度が低く、加えて傾斜も緩やかな立地にあるため、集材地形は容易と区分されている。

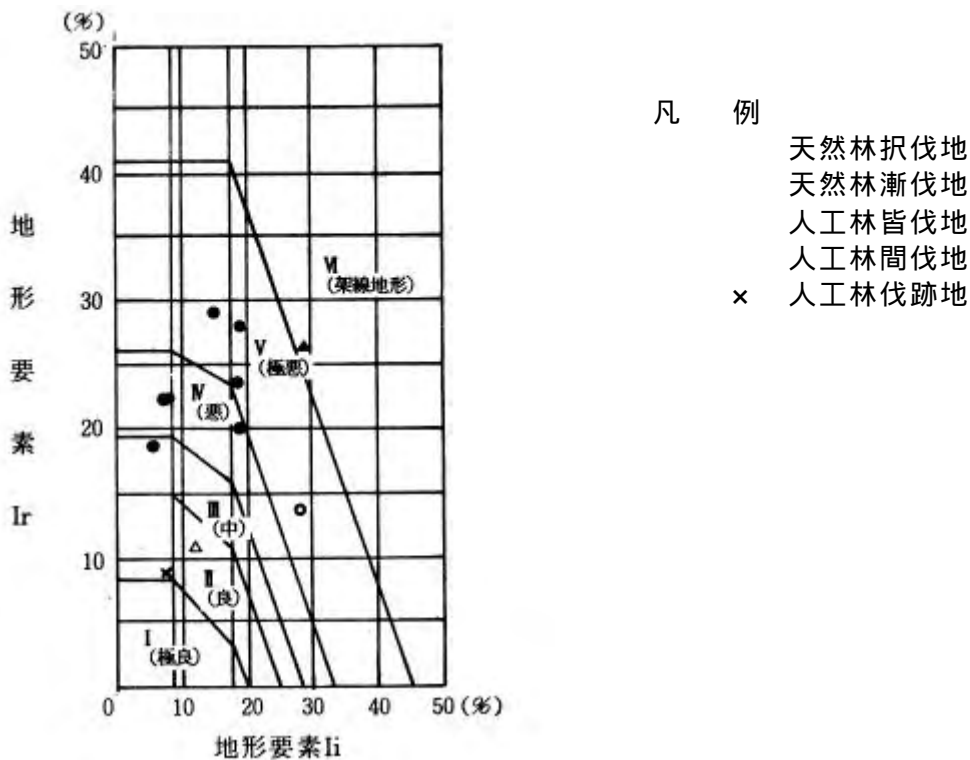


図 - 2 トラクタ集材地形区分
 「トラクタ集材と集材路」より (一部著者が加筆)

なお、これらの例は主として本州のものであり、地形の比較的緩やかな北海道内の一般民有林では、その大部分が容易～中程度の集材地形に区分される。したがって、北海道では当面、トラクタを使った現行の作業方式を基本とし、対象地域の路網密度や集材規模に応じて導入機種、台数を決定し、これらを組み合わせた効率的な作業システムを組み立てていけばよいと考えられる。

(経営科)