

ダブルエンドレス型架線の集材費用 モデルについて

——長方形伐区モデルにおける集材費用計算例——

古 谷 士 郎・神 崎 康 一*

On a cost model of logging operation utilizing a double-endless
cable yarding system

—some examples of computation of logging cost
with rectangular cutting site models—

Shirou FURUTANI, Kouichi KANZAKI

要 旨

林道の適正規模を道路間隔でとらえようとする場合、適正集材幅を基にすべきである。この考え方から、ダブルエンドレス型架線の集材費用モデルを用いて、伐区を長方形としたときの単位量 (ton) 当りの集材費を、搬出材に対する林道費の負担方法が異なる場合について計算し、計算例を示した。その計算例から、林道費負担が集材費に与える影響が大きいこと、また、小面積一定林分からの搬出の場合林道費負担分の影響により、適正集材幅は、単位出材量 (ton/ha) が少ないほど短くなり、より高密度な路網が必要とされることなどが示された。

I ま え が き

林道は運搬施設であるということから、その最大の目的は輸送条件の改善にある。したがって、その効果のうち具体的なものを考えると、人員の輸送に関係する林内到達歩行時間の縮少と、木材の輸送に関係する伐出経費の節減をあげることができる。とりわけ、林道の適正規模を、マチューズ理論以来多くの路網理論がそうであるように、林道水平間隔でとらえようとする場合、伐出経費中の集材作業費との関係で考えるのが妥当である。一般に、集材作業の能率や費用は、搬出材の集材運搬距離と最も関連が深い。このことから、林道の適正間隔を求める場合、集材距離によって集材コストがどのように変化するかを考慮し、それを基にして林道間隔を求めることが必要であり、多くの場合、それだけでも十分である¹⁾。

以上のような考え方から、我国の山地林で最近、もっとも普通に用いられている、ダブルエンドレス型の架線集材法を唯一とするような場合について、2の集材法の費用モデルにより、単位量 (ton) 当りの集材費を計算することにした。伐区は長方形と仮定し、林道費の負担方法を変えて計算を行なった。その計算結果から、適正集材域幅や適正林道間隔について若干の考察を行

* 鳥取大学農学部

なった。

Ⅱ 架線集材の費用モデル

費用モデルを構成する架線集材費用は架設撤去費、木寄せ費、運搬作業費の3つからなるものとする。林道間隔を考える場合、搬出距離に関連した集材費を求めることが必要であるということから、搬出距離に直接関係のない伐倒費や集材後の処理費は、本モデルには含めない。なお、用語の混乱を避けるため以下、架線集材は作業全体をさす言葉とし、運搬作業とは、すでに架設された架線を使った、運搬作業のみをさす言葉とする。

1. 架設撤去費 C_K

ダブルエンドレス型架線の架設撤去所要人工数を、鳥取県林試の桑原氏の収集した資料により、スパン長との関係で示すと、図1のようである。△印が20馬力以上の集材機を用いたもので、○印が15馬力以下のものである。

なお、△印の平均馬力は45.25ps、○印は14.06psであった。ここで、所要人工数を n_K 、スパン長を L_m として、 $n_K = A + BL$ という式にあてはめると(A, B は係数)

$$15\text{ps以下では} \quad n_K = 5.665 + 0.03839L \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$20\text{ps以下では} \quad n_K = -0.00188 + 0.0351L \quad \dots\dots\dots(2)$$

となる。さらに、(1)(2)式の係数について、集材機馬力を $P(\text{ps})$ とし、 a, b, c, d を定数として $A = a + b/P, B = c + d/P$ と仮定すると

$$\left. \begin{aligned} A &= -2.5584 + 115.127/P \\ B &= 0.0336 + 0.06706/P \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(3)$$

となる。資料数は少ないが、ここでは、(3)式をダブルエンドレス型架線の架設撤去費を求めるための係数とし、

$$C_K = W_n(A + BL) \quad \dots\dots\dots(4)$$

とする。ここで、 W_n は1人工当りの日当である。

2. 木寄せ作業費 C_A

架線の許容荷重 Q_m は、スパン長 $L(m)$ 、支間傾斜角 $\alpha(\text{度})$ 、使用索の種類と太さ、安全率、負荷時の中央垂下比 S_D によって異なり、平均張力式を用いると

$$Q_m = \frac{w}{2}(8S_D K_m \cos \alpha - L \sec \alpha) \quad \dots\dots\dots(5)$$

ただし、 w =単位長さ当りの索自重(kg)

K_m =破断強度/(安全率 $\times w$)

である。実作業では、1回当りの運搬荷重はかなり大きいバラツキのあるものであるが、本モデルにおいては、 Q_m から搬器と搬器にかかる曳索重の合計 Q_e を引いたものの7割で一定であると仮定する。すなわち、運搬荷重 $Q = 0.7(Q_m - Q_e)$ である。

ところで、架線で材を運搬する場合、あらかじめ

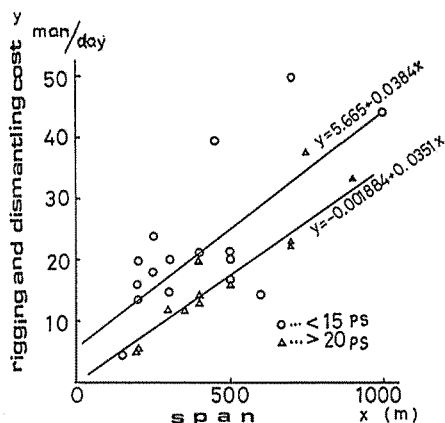


Fig. 1. The number of man per day for rigging and dismantling operation.

ある量(ここでは Q) をひとまとめにしておく必要がある(このひとまとめにする作業を木寄せ作業と呼ぶ)。そこで、本モデルでは、以下のように行うことにする。

いま、平方メートル当り $\rho(\text{kg}/\text{m}^2)$ の出材量が伐区全体に一樣に分布していると仮定する。このとき、丁度 Q だけの材が存在する一辺の長さ $r(\text{m})$ の正方形領域で、一対の対辺の中点を結び、まずその線上に材を集め、さらにその線上を正方形の中心へ集める方法をとる。このような木寄せパターンを仮定すると、木寄せ作業の仕事量 W_A は、 $r=(Q/\rho)^{1/2}$ ということにより、

$$W_A = \frac{1}{2} r^3 \rho \eta = \frac{Q\eta}{2} \sqrt{\frac{Q}{\rho}}$$

となる。ここで η は 1kg の材を動かすのに要する力 (kg/kg) である。さらに、木寄せ作業の出力を $P_a(\text{kg}\cdot\text{m}/\text{時間})$ として、一荷重 Q の木寄せ作業所要時間 t_a を機械的に求めると、

$$t_a = \frac{W_A}{P_a} = \frac{Q\eta}{2P_a} \sqrt{\frac{Q}{\rho}}$$

となる。以上より、1本の架線で集材し得る面積を $A(\text{m}^2)$ とすると、総運搬回数 $N_t=A/h^2$ だから木寄せ作業時間の総計 t_A は、

$$t_A = N_t t_a = \frac{A\eta}{2P_a} \sqrt{Q\rho}$$

である。木寄せ作業の実働1時間当りの費用を C_a とすると、木寄せ総費用 C_A は

$$C_A = C_a t_A \quad \dots\dots\dots(6)$$

とあらわせる。

3. 運搬作業費 C_B

図2のような不規則な形の伐区があるとき、先柱を道から一番遠い伐区の端に、元柱を土場作設可能な場所近くの道端に設置し、スパン $L(\text{m})$ の架線を張ったものとする。そして、その架線直下に、前項で述べた一辺 $r(\text{m})$ の正方形を、その中心が丁度線下にくるように区割し、これを中心として、伐区全体を、図2に示すように正方形で区割する。ここで正方形の位置を次のように決める。架線と直角な方向の正方形の並びを、土場に近い方から第1行、第2行、……第 i 行……とし、架線に平行な並びを第0列として、左右にそれぞれ第1列、第2列……第 j 列……とする。このとき、第 i 行、第 j 列の正方形を (i, j) と呼ぶことにする。 (i, j) 正方形の中心に集められた材 Q を搬出するのに要する時間 t_{ij} は、横取りはすべて架線に直角に行なわれるものとしたとき、搬器の搬送速度を v_1 、返送速度を v_2 、横取り引込み速度を v_3 、引寄せ速度を v_4 とすると、

$$t_{ij} = [(i-1)r + y] \left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} \right) + jr \left(\frac{1}{v_3} + \frac{1}{v_4} \right) + z \dots\dots\dots(7)$$

となる。ここで、 y は土場から $(1, 0)$ 正方形の中心までの距離であり、 z は1回当りの荷掛け、荷降ろし合計時間である。 z は、もし搬出される材があらかじめ木寄せを終っているものとする、 Q に関係なく一定と見なせる。なお、 v_1, v_2 は、架線の最大許容速度を $V_l(\text{m}/\text{秒})$ 、集材機出力を $P(\text{ps})$ としたとき、 $v_1 = \min\{V_l, V_l(1 + \alpha/|\alpha|) + |75P| - [(Q_c + Q)\sin\alpha]\}$ 、 $v_2 = \min\{V_l, V_l(1 - \alpha/|\alpha|) + |75P|/(Q_c \sin\alpha)\}$ とする。ここで、 α が+のときは先柱が高い場合とする。

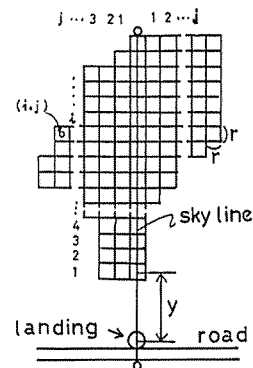


Fig. 2. A model of cable yarding.

以上の仮定より、伐区内の横取りが可能な正方形を集材運搬するのに必要な時間 t_B は、

$$t_B = \sum_{ij} t_{ij} \quad \dots\dots\dots(8)$$

として求めることができる。運搬作業の時間当り費用を C_b とすれば、運搬作業の総費用は

$$C_B = C_b t_B \quad \dots\dots\dots(9)$$

である。

4. 架線集材作業費 C

1 架線当りの架線集材作業費を C_T とすると、

$$C_T = C_K + C_A + C_B \quad \dots\dots\dots(10)$$

となる。したがって、ある伐区において、張り替回数が n で、その第 i 番目の架線の対象面積が $A_i(m^2)$ であり、そのときの出材量密度が $\rho(kg/m^2)$ 、架線集材作業費が C_{Ti} であるとすれば、この伐区でのトン当り平均架線集材費 C は

$$C = \frac{\sum C_{Ti}}{\sum \rho_i A_i} \times 1000 (\text{円/ton}) \quad \dots\dots\dots(11)$$

とあらわされる。

III 長方形伐区についての費用モデル計算例

伐区の形は普通大変不規則なものであるが、ここでは、ごく単純化した長方形の伐区について、前項の費用モデルにより、トン当り架線集材費を計算することにする。その前に費用モデルにおける木寄せ作業の時間費用 C_a 、運搬作業の時間費用 C_b を定める。木寄せは 1 人による人力木寄せが行なわれるものとし、1 日の実働時間 5.8 時間、日当 8000 円とすると $C_a = 1379$ (円/時間) となる。つぎに C_b は以下のように計算する。

$$C_b = C_{b1} + C_{b2} + C_{b3} + C_{b4} \quad \dots\dots\dots(12)$$

ここで、 C_{b1} は時間当りの人件費、 C_{b2} は時間当りの機械費、 C_{b3} は時間当りの鋼索費、 C_{b4} は時間当りのブロック等資材費である。

まず、 C_{b1} を求める。運搬作業は 4 人 1 組で行なわれるとし、日当を 8000 円/人・日、実働時間を 5.8 時間とすれば、

$$C_{b1} = 8000 \times 4 / 5.8 = 5517 \text{ 円/時}$$

となる。つぎに C_{b2} は、

$$C_{b2} = aW^2 + bW + c + a'P^{b'} + (0.24d + 0.003e)P \quad \dots\dots\dots(13)$$

ただし、 $a = 9.894E-6$, $b = 0.1601$, $c = 378.1662$.

$a' = 7.0204$, $b' = 0.704$, $d = \text{軽油 } 1l \text{ の価格}$

$e = \text{オイル } 1l \text{ の価格}$

$p = \text{集材機エンジンの定格出力 (ps)}$

$W = 1 \text{ ドラムの巻込索量の重量 (kg)}$

によって求められる。 C_{b3} は

$$C_{b3} = L \{ a(D_1^2 + 5D_2^2) + b(D_1 + 5D_2) + 6c \} \quad \dots\dots\dots(14)$$

ただし, $a = 9.2588E-6$, $b = 0.30501E-3$, $c = 0.03377$

$D_1 = \text{軌索径 (mm)}$, $D_2 = \text{曳索径 (mm)}$

によって求められる。 C_{b4} は

$$C_{b4} = n(aD_2^2 + bD_2 + c) \quad \dots\dots\dots(15)$$

ただし, $a = 0.02566$, $b = -0.0754$, $c = 0.1596$, $n = 20$

である。 C_{b2} , C_{b3} , C_{b4} の算出方法および各係数算出のための具体的なデータは文献 2²⁾ を引用したものであり, 詳細はそれに譲るが, 以下簡単に説明を加えることにする。まず, C_{b2} はつぎのようにして求められる。集材機の価格を, エンジン価格とそれを差し引いた価格に別けると, 前者が馬力の指数関数として, 後者がドラム巻き込み索重量の 2 次関数として近似できる。それを基にして, 集材機の耐用年数を 10 年, 年利率を 5%, 残存価 0, 年間の稼働時間 1020 時間として, 時間当り償却費を求め, これに時間当り燃料費を加えると (13) 式が得られる。 C_{b3} の場合は, 鋼索の m 当り価格を索径の 2 次関数として近似し, 耐用時間を 1020 時間, また, ダブルエンドレス型架線索張では曳索は軌索の 5 倍の長さが必要だとして求めたものである。最後に C_{b4} は, ブロック価格を使用曳索の 2 次関数として近似し, 耐用年数 5 年, 年利率 5%, 残存価 0, 年間の稼働時間 1020 時間として, n 個使用するものとして求めたものである。

1. 林道費が架線集材費に含まれない場合の計算例

1-① 伐区長とスパン長がほぼ等しい場合

この項では, 横取り幅は左右とも $X(m)$ とし, また, 伐区の長さは $Y(m)$, スパン長 $L = Y + r$ として, 元柱から $r/2$ の位置に土場があるものとする。このとき, 運搬作業の総時間は (7), (8) 式をもとにして次式で表わされる。

$$t_B = (1 + 2N) \left[Mz + \frac{r}{2} M(M+1) \left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} \right) \right] + rMN(N+1) \left(\frac{1}{v_3} + \frac{1}{v_4} \right) \quad \dots\dots\dots(16)$$

ここで, $N = X/Y - 0.5$, $M = Y/r$ である。

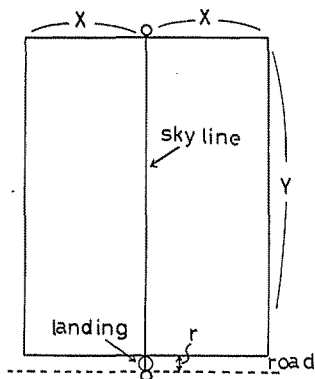


Fig. 3. A model of rectangular logging site such as span length nearly equals with length of logging site.

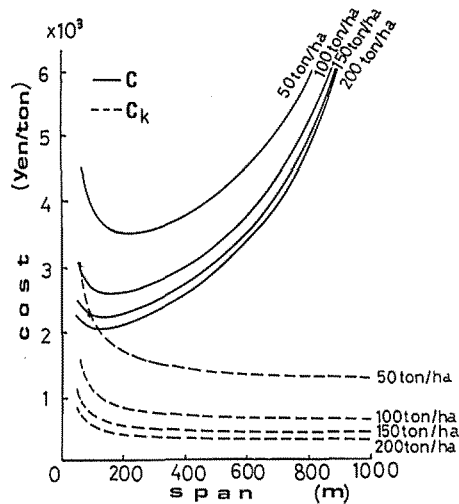


Fig. 4. Logging cost (C) and rigging and dismantling cost (C_k) when span length nearly equals with length of logging site.

以下, $\alpha = -10^\circ$, $S_D = 0.05$, $P = 20 \text{ ps}$, $D_1 = 16 \text{ mm}$, $D_2 = 9 \text{ mm}$, $X = 25 \text{ m}$, $K_m = 5900 \text{ kg}$ (安全率 2.8), $V_1 = 350 \text{ m/分}$, $v_3 = v_4 = 100 \text{ m/分}$, $z = 6.893$, $P_a = 0.05 \text{ ps}$, $Q_e = 100 \text{ kg}$ という値を代入して, 伐出量密度の異なる場合について, 架線集材作業のトン当たり費用とスパン長との関係を計算すると図4のようになった。実線は架線集材費のトン当たりの費用 C で,

$$C = \frac{C_T}{2\rho \times Y} \quad \dots\dots\dots(17)$$

であり, 破線は, その費用のうちの架設撤去費負担分 C_k で,

$$C_k = \frac{C_K}{2\rho \times Y} \quad \dots\dots\dots(18)$$

である。このような図から, 道端に接して, 架線が張れるような地形で一様な林地がある場合, その奥行き Y により, 架線集材費用の見当をつけることができる。そして, 集材費用として, 投入可能な限界値が決められているなら, それとの比較により, Y の限界距離, それをもとにした道路間隔の限界距離を決めることができる。さらに, 図4に見られる実線の極小値を, 費用余裕が最大になるという意味から, 適正伐区長とみなせば, それをもとにしてきめられる適正林道間隔を伐出木密度 ρ のパラメータとして, 見当づけることもできる。ところで, 図4では, トン当たり架線集材費と, 架設撤去費を示したが, ここで, 架線集材費を構成する3つの費用がどの程度になるかを見るため, $\rho = 200 \text{ ton/ha}$ の場合について図4と同じデータで計算すると図5のようになる。伐出木密度が比較的大きく, スパン長と伐区長がほぼ等しい図5のような場合では, 仮設費の影響がスパン長が長くなると小さくなり, 運搬作業費のしめる割合が大きくなることがわかる。

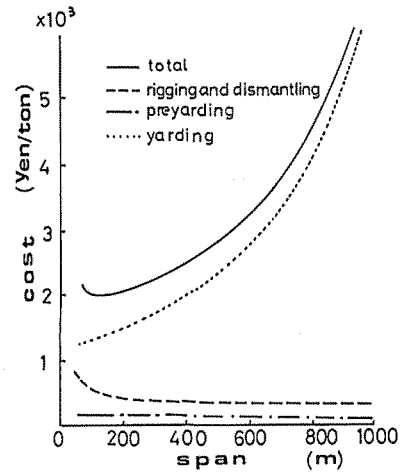


Fig. 5. The details in logging cost (hauled timber volume per ha=200t/ha)

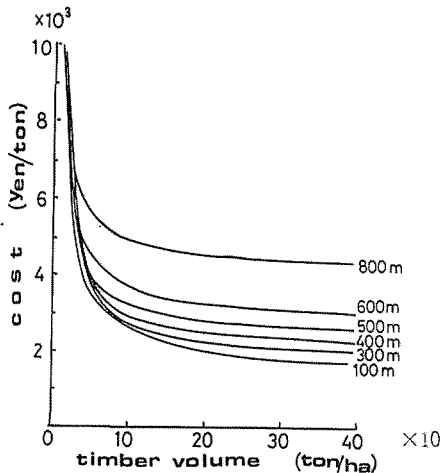


Fig. 6. The relationship between logging cost and hauled timber volume per ha.

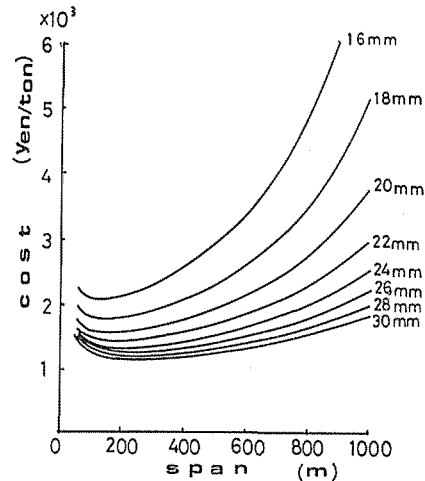


Fig. 7. The changes of logging cost by diameters of sky line.

ある。この図の場合、 ρ が 100 ton/ha 以下になると、スパン長が変わっても、急激にトン当たり費用が高くなることがわかる。間伐材の搬出の場合、単位面積当りの搬出量が少ないことから、 ρ のわずかな変化が、集材費用に大きく影響することがわかる。以上の計算例における索径と集材機馬力は、現在、民有林でもっとも多く用いられている水準のものを選んだが、とくに索径を太くすると集材作業の能率が高くなり、図7に示すように集材費用は安くなる。

1—②、道から離れた一定面積の長方形伐区の場合

我国の民有林地では一般に林分単位が小さく、森林組合等を通じて協業化されていたとしても、多くの場合、林分の取り扱いは別個である。このような場合、その都度架線等を対象林分に張って行なわれることになる。そこで、このような場合の模型として次のような伐区を考えて計算してみた。

前項と同様に、横取り巾は $X(m)$ で左辺同じとし、長さが $100 m$ の伐区を考える。そして、道端の土場から伐区の先までを $Y(m)$ として、スパン L はこれに等しいとする。図4と同じデータを使って計算すると図8のようになる。図4の場合に較べて、トン当たり集材費は、はるかに大きい値となることがわかる。スパン $500 m$, $\rho = 200 \text{ ton/ha}$ の場合の架線集材費と架設撤去費を求めてみると、図4ではそれぞれ 2814 円/ton , 347 円/ton であるのに対して、図8の場合、 4515 円/ton , 1734 円/ton であった。この様に、道から離れて伐区が存在するような場合、架設撤去費の影響が距離 Y が増えると大きくなる事がわかる。

2. 道路費負担を含めた場合の計算例

前項では林道費負担分を架線集材費に含めない場合の計算例を示したが、ここでは、林道費を木材生産費用として、搬出材に負担させた場合について計算する。負担すべき林道費については以下のように考える。いま、ある広い林地（取扱い時期、令級、樹種などの異なる林分の集合）を対象として、長さ $S(m)$ の林道が開設され、その開設費の償却、維持、管理費等を含めて、 $K \text{ 円/m}$ をその対象林地の一世代（60～80年）の間に負担しなければならないとする。すなわち、負担すべき林道費は総計 $S \times K \text{ 円}$ で、これを対象林地の一世代全出材量で負担するものとするわけである。この場合、 $S \times K \text{ 円}$ の林道費の分配負担の仕方には2つの考え方があり、それぞれについて計算することにする。その1つは、この林道を使用して出材される材に、その材の質、単価などに関係なく、均等にトン当たり一定額を負担させる場合であり、もう1つは、図8で見られたように、集材距離が遠くなると費用面で不利になることから、集材距離に応じて負担額に差をつける場合である。

2—① 道路費負担均等の場合

道路費を全出材量均等に負担させるとすると、その単位出材量当りの負担額 R_E は、

$$R_E = \frac{S \cdot K}{V_T} \quad V_T: \text{対象林地の一世代伐出量}$$

で、対象林地が決まれば V_T はある一定の値となり R_E はある一定の値となる。ここでは、対象林地を次のようにとる。すなわち、林道に沿って両側に一定距離の帯状部分（片側を $Y_1(m)$ 、

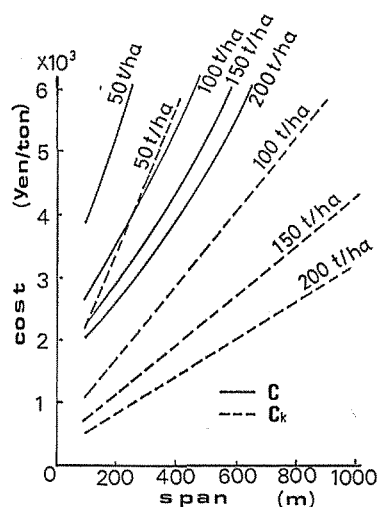


Fig. 8. Logging cost (C) and rigging and dismantling cost (C_k) when yarding is done for a limited and small area of cutting site (0.5 ha) away from road.

その反対側を $Y_2(m)$ とする)を対象林地とする。このとき、林道が直線に近かければ、対象林地面積は $S(Y_1+Y_2)$ となるが、山地の林道などでは、谷や尾根といった地形的要因等のために屈曲が生じ、そのため対象林地面積は $S(Y_1+Y_2)$ より小さくなり

$$S(Y_1+Y_2)/E \quad (E>1)$$

のようになる。2の E の値は、迂回率(任意の2点間の実際の林道の路線長と、その2点間の直線距離の比とする)にほぼ等しくなると思われ、ここでは、 E に迂回率をあてはめることにし、

$$R_E = \frac{K \cdot E}{V(Y_1+Y_2)} \quad \dots\dots\dots(19)$$

V : 対象林地の単位面積当りの1世代当りの伐出量 (kg/m^2)

ときめる。そして(11)式で求めた特定林分の単位出材量当りの架線集材費 C と R_E の和を C_R とする。図7と同じく面積一定 ($0.5ha$) の長方形伐区について、 $K=10,000$ 円/ m 、 $E=1.3$ 、 $\rho=300$ ton/ ha として、 $Y=Y_1=Y_2$ 、すなわち、その長方形伐区が、林道費負担の対象となる林地内で、道から一番遠い伐区であるとし、集材機の馬力数をはじめ、他のデータを図8と同じとして計算すると図9のようであった。この図を見ると図8では見られなかった極小点が、林道費負担のため現われ、極小点の Y は ρ が小さくなる程短くなっている。この極小値となるときの Y を適正集材域巾 Y_{Op} と考えることにすると、 Y_{Op} が ρ の小さい程短くなっていることは、 ρ の大きい主伐などに比較して、 ρ の小さい間伐の場合に、より高密度な路網が要求されることが示される。また、図9から、もし集材費として許容される限界費用がわかっているならば、これをもとにして、集材限界巾を決めることも可能である。

2-② 集材費を均等にする場合

この項では、道からの距離によって道路負担に差をつける1つの考え方として、林道費を含めた集材費を対象林地のどの林分でも同じにする場合について計算する。この場合の道路費を含めた単位出材量当りの集材を C_0 とすると、節項において、 $C_R=C+R_E$ であったのと同様に $C_0=\bar{C}+R_E$ とあらわせる。ここで、 $\bar{C}$ は、 C が特定林分の平均単位量当り架線集材費であったのに対して、対象林分全体の平均単位量当り架線集材費としなければならない。この場合、特定林分の単位出材量当りの道路負担額は

$$R_E-(C-\bar{C}) \quad \text{または} \quad R_E-(C_R-C_0)$$

とあらわされる。

以上のような林地の模型として、図10のように巾 $2X$ 、長さ Y の長方形の中に、長さ方向に $50m$ づつ区切られた林分が並んでいるとし、 X を横取り巾として、各林分別々に架線

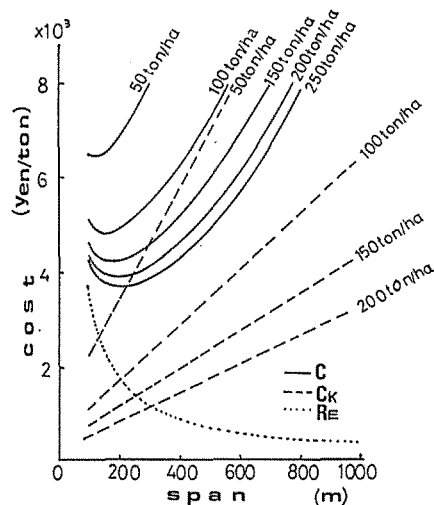


Fig. 9. Logging cost (C) with charges (R_E) for road cost (K) when yarding is done on the same condition with fig. 8. C_K is rigging and dis mantling cost.

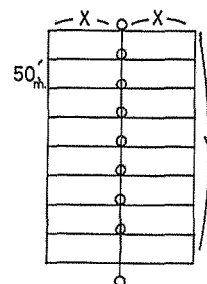


Fig. 10. The model of logging site when yarding was done separately for a limited and small cutting area which is continuously.

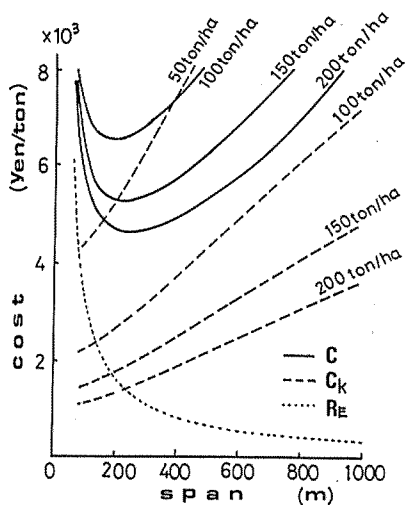


Fig. 11. Logging cost (C_R) with charges (R_E) for road cost and rigging and dismantling cost (C_K) with the model in fig. 10. one cutting area is 0.25 ha, road cost (K)=10000yen/m.

を張り集材する場合について、前項と同じデータを使って計算すると図11のようになる。

この場合も極小点の Y_{0P} は ρ が小さいほど短くなっているのがわかる。これがこま切れ林分でなく、1つの林分であるとするとき図12のようになり、こまぎれ林分の場合より、当然集材費用は安く有利であり、架設費の負担が小さくなるので、極小点は P が小さいほど、スパンの長い方に動いている。

3. 費用モデルにおける林道費の影響

ここでは、林道費が変化すれば、集材費用がどのように変化するかを見るため、図4のような全スパン伐区の場合について $\rho=200\text{ kg/m}^2$ のときのトン当たり費用を林道費が異なる場合について計算することにし、それを示すと図13のようになる。当然ではあるが、林道費が高くなるほど、集材費は高くなり、その極小点は、スパンの長い方へ移動する。そして、出材費に対して林道費の与える影響がかなり大きいものであることがわかる。以上のことから、作業道を目的とした道路は、道路負担費の高くなる高規格の道より、負担費の安い低規格の道を多くつくるべきだといえる。

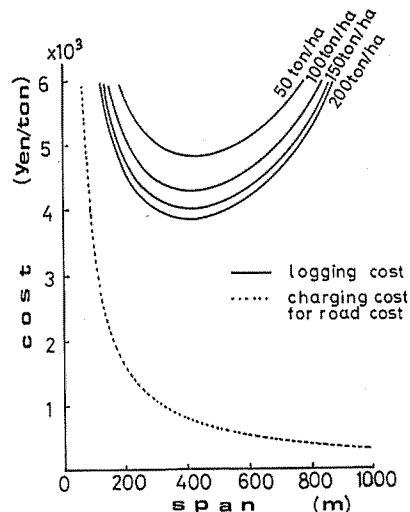


Fig. 12. The logging cost with charge for road cost in case of model in fig. 3.

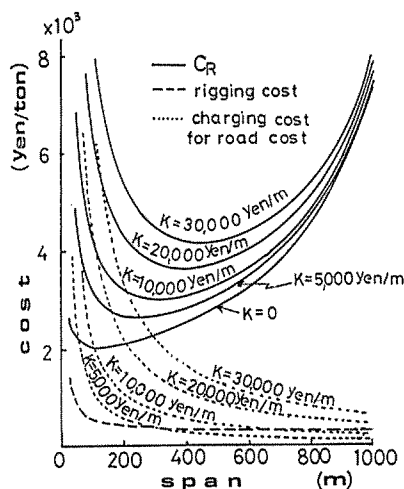


Fig. 13. The effect of road cost (K) to logging cost (C_R).

IV 適正集材域幅と適正林道間隔の決め方について

今まで述べてきたように、図4などに見られる集材コストの極小点を、費用余裕が最大となる意味から適正集材域幅と考えた。ここでは、適正集材域幅および適正林道間隔の決め方について考

えてみる。まず、ある林地に対してまったく新たに路線を計画する場合は、Ⅲの2-②のような計算法で得られる集材費の極小点付近にある程度の幅をとって、その路線の適正集材域とすればよい。したがって、道路費 K が同じであれば、適正林道間隔はこの適正集材域幅の2倍であるとすればよい。

しかし、既設道の隣りに新設路線を計画する場合や、隣り合う新設予定線で地形等の要因から道路費が異なる場合など、道路費負担が両路線で異なるときには、負担の安い路線の適正集材域幅は、負担の高い路線の集材費の極小点との比較をもとにして決めるべきだろう。いま、既設道の隣りに新設路線を計画し、それぞれ、林道費 K が 0円/m, 10,000円/m であったとする。このとき、費用モデルを使って（例えば図11のような）計算した $K=0$ 円/m のときの集材費の極小値を C_1 、その点の集材域幅 Y を Y_1 とし、 $K=10,000$ 円/m の場合を C_2 、 Y_2 とする。このとき、適正林道間隔は Y_1+Y_2 ではなく、つぎのようにすべきである。 C_2 と同じ集材費となる $K=0$ の場合の Y の値を Y_3 ($Y_3>Y_1$) とする、既設道の適正集材域幅は Y_1 ではなく Y_3 とすべきで、この Y_3 と Y_2 の合計をこの場合の適正林道間隔とするのである。

すなわち、適正林道間隔は、上述の両路線に対する集材費がほぼ同じになるような集材域幅の合計したもののうち、両者の集材費の合計が最小であるような距離にすればよい。

V お わ り に

以上、ダブルエンドレス型架線の集材費用モデルを用いて、単純な長方形伐区に対して、いくつかのケースについて計算例を示したが、このような費用モデルを使って、実際の林地での適正集材距離、また、その値をもとにした適正林道間隔による路網の配置などを求めるには、当然、不規則な伐区あるいは対象林地についての費用モデルの計算が必要であろうし、その他、架設可能位置の検討など、種々の検討が必要とされるであろう。

最後に、本モデルの計算においては、鳥取県林試の桑原氏の収集された資料を使わせていただいたが、桑原氏に対して、ここで厚く御礼申し上げ謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 神崎康一他、地方定住促進のための「緑のコンビナート構想」に関する調査報告書、1981
- 2) 神崎康一：3支点架線の限界仕様について、広葉樹研究 第1号 1980

Résumé

In order to consider the optimum density of forest road based on road spacing, it is necessary to obtain optimum yarding distance. So, a cost model on logging operation utilizing a double-endless cable yarding system was created and logging cost per hauled unit timber weight (ton) were computed on a few cases of different charging methods for road cost with its cost model. In the computation on the cost model, also, a few models of rectangular logging sites were used. From the example of computation, it is shown that road cost had effects on logging cost fairly, and that optimum yarding distance tended to become shorter as the hauled timber volume per ha decreased, in such cases that yarding was done for a limited and small cutting area being away from road.