

格子面法による平均到達距離の推定

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	酒井, 徹朗 楊, 筱琴
巻/号	72巻1号
掲載ページ	p. 11-16
発行年月	1990年1月

論 文

格子面法による平均到達距離の推定*

酒井 徹朗**・楊 筱琴**

酒井徹朗・楊 筱琴：格子面法による平均到達距離の推定 日林誌 72：11~16, 1990
 林道利用区域内の地点から林道までの至近距離を到達距離と考え、一定の到達距離内にある開発面積等を算定する簡易測定法として格子面法を考察した。格子面法とは林道網が描かれた地形図を適当な間隔の格子面で覆い、林道路線を含む格子面数を数え、路線延長・到達距離階別面積・平均到達距離を算定するものである。106カ所の林道網を対象に、従来の計測法で得た路線長などの値と、通過格子面数との関係について分析した。この結果これら間には密接な関係のあることがわかった。路線長と到達距離階別面積は通過格子面数に格子間隔に応じた係数を乗じることで求められる。平均到達距離は格子点法により測定した利用区域面積を用い、路線長などと同様な方法で簡単に算定できる。この簡易測定法により容易に到達距離に関する指標が得られ、この指標が林道網の評価指標として用いられることが期待できる。

SAKAI, Tetsuro, and YANG, Xiaqin: Estimating mean access distance by the grid method J. Jpn. For. Soc. 72: 11~16, 1990 We propose the simple method for the measurement of road length, development area, and the mean access distance called the grid method. An access distance is the shortest straight distance between a forest road and a point in an exploitation area. An area within a fixed access distance is called a development area for the distance. When we measure a road length, a mean access distance, and so forth by this method, at first, a forest-road network and an exploitation area are covered by a grid. Then, the number of grid squares that include a road and the number of grid line crossing points within an exploitation area are counted. We investigated the relationships between the number of grid squares that include a road and development areas, and so forth which, were calculated by the usual method. The number of investigated networks was 106. As a result, a strong correlation was observed between them. A road length and a development area were estimated by multiplying a coefficient by the number of grid squares that include a road. A mean access distance (M. A. D.) was estimated by equation. This method is useful to evaluate a forest-road network for production. We hope to add the idea of access distance to indices of evaluation of forest-road networks.

I. はじめに

林道と林地との距離(以下、到達距離とよぶ)や、林道からの到達距離が一定長内となる林地面積(率)を算定することは、林道を生産基盤として評価するうえで重要な意義をもつ。現在それらの算定法は、林道や利用区域の平面座標値を読み取り、計算により求める方法(2)や、林道からの距離が一定以内の利用区域を地形図などに描き、その面積を測定する方法(1)等が一般に用いられているが、これらの計測法は多大な労力と時間を要し、座標読み取り装置や面積計などの機材も必要とする。そのため生産基盤としての林道網の評価に、到達距離に関連した評価指標が林道密度の

ようにはあまり用いられていないのが現状である。しかし容易に到達距離などを算定できる簡易法があれば、到達距離を使用したより合理的な林道網の評価方法が一般化する。そこで矩形内の道路への到達距離の期待値やその分布を用いて、平均到達距離などを算定する簡易法を検討した。その結果、到達距離などの簡易測定法として格子板を用いる方法(以下、格子面法とよぶ)が有用なことがわかった。本論文では格子面法の考え方と測定法、この方法の適応性について報告する。

II. 格子板を用いた簡易測定法

1. 考え方

対象林道網を一定間隔の格子板で覆い、路線を含む

* 本報告の一部は第100回日本林学会大会で口頭発表した。

** 京都大学農学部 Fac. of Agric., Univ. of Kyoto, Kyoto 606

格子面数を計測し、平均到達距離や一定到達距離内の面積等を、簡単に算定できないかと考えたのがこの研究の発端である。格子面法の測定概念を図-1に示す。対象路線をある間隔の格子板で覆い、必要な情報を読み取ろうというものである。点格子板による簡易な面積測定では対象区域内の点数を計数するが、本方法では林道を含む格子面の数と対象区域内にある格子点数を計数する。以下本論文で到達距離という場合は、ある点と林道との最短な水平距離を指す。到達距離は林道がある距離以下の間隔をもつ点列とみなし、それらの点への最短距離として算定されている。平均到達距離は林道網の全利用区域(開発対象地域内の利用区域)における到達距離の平均値である。

2. 検討資料

格子面法の有用性を検討するため三重県・奈良県・和歌山県の林道網整備計画の路線(網)図を利用した。これらの路線図は国土地理院発行の5万分の1の地形図に描かれている。それらの中から無作為に106カ所の林道(網)を抽出し、座標読み取り装置(デジタイザ)により、路線および利用区域の平面座標を計測した。そのデータを用い従来の平均到達距離等の計測法である格子点法(格子間隔100m)により、路線延長・利用区域面積・100mごとの到達距離内面積および平均到達距離を計算機で算出し、格子面法との比較対象値とした。なお、3県の全路線の平均延長は1,111m、平均林道利用区域面積が300haであった。また格子面法による測定は、格子間隔300mから1,000mまで100mごとの計8種類の格子板について、計算機を用いたシミュレーションの手法により計測した。対象とした路網図が5万分の1の地形図であり、読み取りの手間と精度を考えると、格子面の大きさは5mm間隔

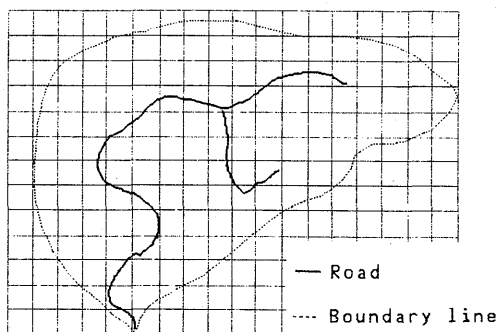


図-1. 格子面法
The Grid method

が最小の大きさと考えたこと、さらに格子間隔を狭くすると測定数が多くなり簡便法としての利便性が失われることや、比較値である格子点法による実測が格子間隔100mで行ったことなどを考慮して格子面法の対象間隔は300mからとした。測定は、格子板を構成する個々の矩形内に路線を含むか否かを判定し、路線を含む格子面数(以下通過格子面数とよぶ)および利用区域内に含まれる格子線の交点数(格子点数)を計数した。なおこの場合、格子面に少しでも林道がかかれば通過格子面数として計数する。また、格子板の原点は乱数を用いて決定し、計測計算に伴う規則性を排除した。なお実用に際しての測定では、透明なアクリル板等で作成した格子板を地形図上に置き計数する。

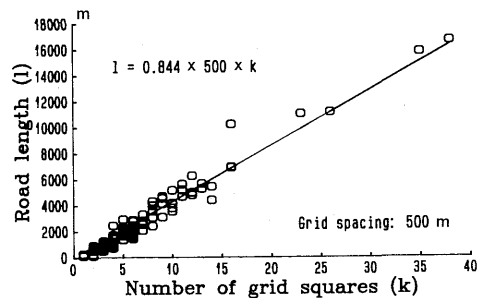


図-2. 路線延長と通過格子面数の関係

Relationships between the number of grid squares that include a road and the road length

表-1. 格子板を用いて路線延長を求める場合の係数(a)

The regression coefficient (a) for road length

格子間隔(d_m) Grid spacing (m)	a	相関係数 Coefficient of correlation	$a \times$ 格子間隔 ($a \times d_m$)
300	0.842	0.977	252.6
400	0.849	0.963	339.6
500	0.858	0.948	429.0
600	0.841	0.932	504.6
700	0.830	0.909	581.0
800	0.873	0.901	698.4
900	0.843	0.848	758.7
1000	0.812	0.855	812.0
平均(Mean)	0.844		
標準偏差	0.017		

(Standard deviation)

ただし、路線延長= $a \times$ 格子間隔 \times 通過格子面数。

Note : d_m , Grid spacing.

III. 考 察

1. 路線延長

格子間隔が 500 m の格子板で測定した場合の通過格子面数 (k) と従来の方法で計測した路線延長 (l) の関係を図示したものが図-2 である。両者間には格子間隔 (d_m) を媒介として (1) 式のような強い線形関係がある。

$$l = a \cdot k \cdot d_m \quad (1)$$

表-1 に格子板の間隔ごとに路線延長を通過格子面数から求める推定式の係数 (a) と通過格子面数と実測による路線延長との相関係数を示す。(1) 式の比例定数 a は格子間隔に関係なく一定値 0.844 (標準偏差 0.0166) となることがわかる。このように格子板を用いて (1) 式により路線長を推定することができる。

なお、(1) 式は路線延長の推定方法 (3) として有名なランダムな直線と路線との交点数を用いた BUFFON の針の問題に基づく推定式 ((2) 式) の特別な場合と考えられる。

$$d_r = \pi \cdot n / 2l_a \quad (2)$$

d_r : 林道密度, n : 交点数, l_a : ランダムな直線の延長。

格子線と路線との交点数は通過格子面数と密接な関係がある。そのため、格子面法は格子板を形成する 2 組の平行な直線群と路線との交点を計数する場合とみなせる。いまかりに縦横 p, q 個の格子面に含まれる地域の林道網を想定すると、

$$d_r = l / (p \cdot d_m \cdot q \cdot d_m) \\ l_a = p \cdot d_m \cdot (q + 1) + q \cdot d_m \cdot (p + 1) \quad (3)$$

となり、(3) 式をそれぞれ (2) 式に代入し p, q が十分大きいとして整理すると、(1) 式の形になる。

2. 開発面積

道路からの至近距離が一定距離 (l_e) 内である利用区域の面積 (A_e) を算定することは、生産基盤としての道路を評価するうえで非常に重要である。本論文では以後そのような面積を開発面積とよぶ。開発面積は、たとえば 100 m 以内の林地は間伐対象林地として採算に見合った区域というように、具体的な森林作業と結びつく実用的な意味がある。図-3 は 200 m 以内の開発面積 (A_{200} (ha)) と格子間隔 500 m の格子板で測定した通過格子面数 (k) との関係を示している。両者の間には強い相関関係があり、その回帰式は (4) 式となる。

$$A_{200} = 14.96 \cdot k \quad (r_2 = 0.9556) \quad (4)$$

表-2 は道路からの距離と測定に用いる格子板の格子

間隔ごとに、開発面積の推定式の係数と相関係数を示したものである。一般的に、格子間隔が狭いほど両者の相関関係は強い傾向がある。また到達距離が 200 m 以内の場合が他の距離にくらべ相関関係が強い。これは比較値として用いた格子点法の間隔が 100 m であるためと考えられる。表-2 が示すように、通過格子面数と一定距離内の開発面積との相関係数が高いので、開発面積の推定に格子面法が有用であることがわかる。

ところで、(4) 式は個々の格子面におけるその内部道路への到達距離の分布に関係があると考えられる。そこで、格子内部の路線までの距離関係を、格子面とその格子面内部の道路との位置関係により次の四つの型 (図-4) に分類モデル化し、算定してみた。なお路線は各通過点を結ぶ線分と仮定する。

- タイプ 1: 隣合う 2 辺を通過する場合。
- タイプ 2: 相対する辺を通過する場合。
- タイプ 3: 格子点内に終点がある場合。
- タイプ 4: 同一辺に戻ってくる場合。

格子面内での路線の位置は、図-4 に示すように、2 ないし 3 の位置係数に値を与えることで決定される。これらの位置係数に乱数の値を与え、路線の位置を決めるという手法により、到達距離等を算定した。図-5 は到達距離階別の平均面積比率の累加分布をタイプ別に示したものである。X 軸は到達距離の格子間隔に対する比率で、Y 軸は 1 格子面積に対する到達距離内の開発面積の比率である。四つのタイプとも到達距離とそれ以内の開発面積比率の関係には同様の傾向にあり、タイプごとにその値にあまり差のないことがわかる。格子間隔 500 m、到達距離 200 m 以内の場合、図-5 において格子間隔に対する到達距離の比率が 40% であるから、その開発面積率は各タイプともおよそ 60%

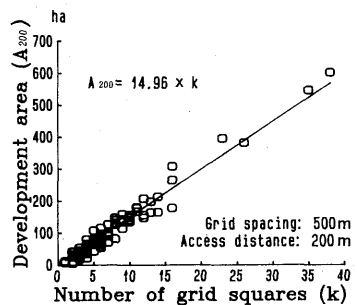


図-3. 200 m 以内の開発面積と通過格子面数の関係 Relationships between the number of grid squares that include a road and the development areas

表-2. 道路からの距離が一定値以内となる開発区域の面積を求める際の係数(c)
The regression coefficient (c) for development area

格子間隔 Grid spacing (m)	道路からの距離 Access distance (m)					
	100	200	300	400	500	600
300	4.65 (0.977)	8.80 (0.977)	12.05 (0.963)	14.57 (0.942)	16.42 (0.917)	17.80 (0.891)
400	6.26 (0.964)	11.83 (0.965)	16.21 (0.953)	19.61 (0.934)	22.11 (0.911)	23.97 (0.885)
500	7.92 (0.951)	14.96 (0.956)	20.52 (0.947)	24.83 (0.929)	27.99 (0.904)	30.34 (0.878)
600	9.33 (0.940)	17.64 (0.945)	24.21 (0.940)	29.34 (0.928)	33.13 (0.910)	35.95 (0.888)
700	10.74 (0.915)	20.34 (0.926)	27.92 (0.920)	33.79 (0.904)	38.12 (0.884)	41.36 (0.861)
800	12.91 (0.909)	24.39 (0.911)	33.44 (0.900)	40.46 (0.882)	45.64 (0.862)	49.49 (0.838)
900	14.03 (0.855)	26.52 (0.859)	36.43 (0.855)	44.11 (0.840)	49.76 (0.822)	53.96 (0.799)
1000	15.05 (0.864)	28.42 (0.864)	38.99 (0.856)	47.16 (0.838)	53.13 (0.813)	57.55 (0.788)

ただし、道路から一定距離内の開発面積 (ha) = c × 通過格子面数。(), 相関係数。
Note: (), Coefficient of correlation.

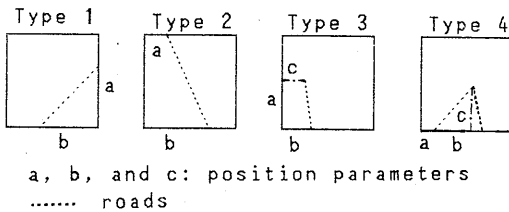


図-4. 格子モデルのタイプ
Types of grid models

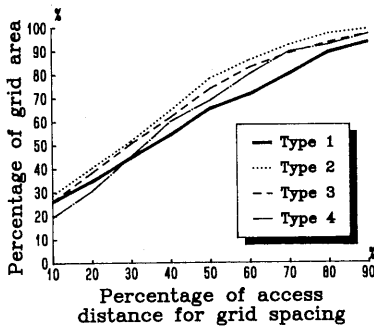


図-5. 格子モデルによるタイプ別の到達距離と開発面積率の関係

Relationships between the percentages of access distances for the grid spacings and the percentages of development areas in grid areas by grid models

前後である。格子面積が 25 ha であるから 1 格子面当たりの開発面積はその 60% 約 15 ha となる。この値

は(4)式の回帰係数と合致している。これは他の格子間隔あるいは到達距離の場合も同様である。このように(4)式の係数は図-4に示される各タイプごとの期待値の加重平均とみなせる。そこで各タイプごとの通過格子面数を計測し期待値を乗じて開発面積を算定してみた。算出した到達距離が 200 m 以内の開発面積と格子点法による開発面積の相関関係は 0.970~0.863 と、表-2に示す通過格子面数の場合とほぼ同じで大差がなかった。簡易測定法という観点からみると、タイプごとに計数する方法は煩雑であり、実用的には通過格子面数を用い表-2に示す係数で算出することで十分と考える。なお、500 m 間隔の格子板を用いて 200 m 以内の開発面積を推定したとき、格子点法による実測値との誤差の標準偏差は 19.8 ha であった。この誤差は通過格子面数の計数において、格子板の置き方によりその総数が増減する程度の範囲であると考えられる。

3. 平均到達距離

図-6は格子間隔 500 m の格子板を用いた場合の通過格子面数と平均到達距離の関係を示した散布図である。これから明らかなように両者間は相関関係は認められない。これは平均到達距離の概念には利用区域という面積の概念が含まれているのに、通過格子面数には利用区域という概念が含まれていないためと考えられる。そこで、通過格子面数(k)と利用区域面積(A)

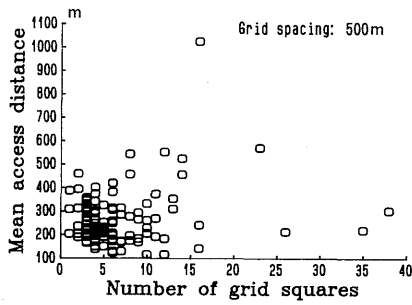


図-6. 平均到達距離と通過格子面数の関係
Relationships between the number of grid squares that include a road and the mean access distances

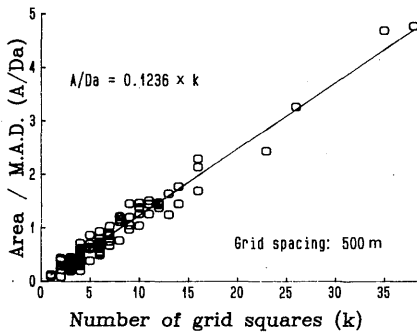


図-7. 利用区域面積を平均到達距離で除した値と通過格子面数との関係
Relationships between the number of grid squares that include a road and the exploitation areas divided by mean access distances (M. A. D.)

表-3. 格子板を用いて平均到達距離を求める際の係数(b)
The regression coefficient (b) for mean access distance

格子間隔 (d_m) Grid spacing (m)	係数 b	相関係数 Coefficient of correlation	格子間隔/ b (d_m/b)
300	0.072	0.975	4139.5
400	0.097	0.956	4110.6
500	0.124	0.963	4045.9
600	0.145	0.946	4124.2
700	0.168	0.922	4175.7
800	0.201	0.903	3981.7
900	0.219	0.856	4110.6
1000	0.235	0.877	4246.7
平均 (Mean)			4116.9
標準偏差 (Standard deviation)			74.4

ただし、平均到達距離 = 利用区域面積 / ($b \times$ 通過格子面数)。
Note: d_m , Grid spacing.

を平均到達距離 (d_a) で除した値との関係について検討した結果が図-7である。その回帰式は(5)式のようになり、その回帰係数 (b) および相関係数は格子間隔ごとに表-3のようになる。

$$A/d_a = b \cdot k \quad (5)$$

このように通過格子面数とともに利用区域内の格子線の交点数を計数し、点格子板による簡易面積測定を行い、(5)式および表-3より平均到達距離を推定することができる。なお、500 m 間隔の格子板を用いて平均到達距離を推定すると、格子点法による実測値との差の標準偏差は 69.2 m であった。林道が利用区域内の一方などに偏在しているところではその差は大きかった。

4. 適用例

この簡易法を市町村規模での開発面積や平均到達距離の算出に適用してみた。測定は和歌山県龍神村と奈良県東吉野村の林内道路(林道と公道)を対象とし、5万分の1の地形図を用い、格子間隔 500 m の格子板を用いて行った。また併せて格子点法による測定も行った。その結果は表-4に示すとおりである。平均到達距離でみると格子面法による測定値は東吉野村で約 10 m、龍神村で約 40 m 格子点法による測定値より短い結果となった。開発面積率(総面積に対する開発面積の割合)は上記と同様に東吉野村では約 5~9%、龍神村では約 2~6% 少ない傾向にあった。格子面法は格子点法にくらべると精度的に悪いが、平均到達距離を 50 m 単位、開発面積率を 10% 単位程度の概略で知る

表-4. 市町村規模での格子面法の適用結果

The application of the grid method for measurements in some village areas

Feature	到達距離 Access distance (m)	東吉野村 Higashi-yoshino	龍神村 Ryujin
総面積 Area (ha)		13069	25222
平均到達距離 Mean access distance (m)		439 (446)	385 (429)
開発面積率 (%) Percentage of development area	100	14.6 (19.7)	16.6 (18.8)
	200	27.6 (32.6)	31.4 (34.6)
	300	37.8 (42.8)	43.1 (47.2)
	400	45.8 (55.3)	52.2 (58.3)

() , 格子点法による計測値。

Note: () , Measurement by the point-grid method.

場合には十分利用できる。また、格子点法による測定は座標読み取りや計算に多大な労力と時間を要し、龍神村の場合パソコン(PC-9801)による計算だけで約4時間費やした。これらのことを考慮すれば、この簡易法は平均到達距離や開発面積を推定するためには容易で有用だと考える。従来、市町村規模での林道網の評価指標には林道密度が用いられてきたが、今後はこの簡易法に基づく平均到達距離や開発面積も評価指標として加えられることが期待できる。

IV. おわりに

格子板を用いて路線長、ある一定距離内の開発面積、平均到達距離を算定する簡易法について報告した。格子板を用いて推定する方法は簡易であり、実用上十分精度があった。また、この簡易測定法により開発面積や平均到達距離といった合理的な評価指標が容易に求められるので、林道網の評価にも役立つ。本報告では

紀伊半島という限られた地域でのデータを使用して各係数を求めたが、今後は他の地域で求めた各係数と比較検討を行い、必要ならば地域性や地形的条件も考慮に入れた各係数値の確定を行いたい。また推定誤差の大きい、極端にかたよって偏在する林道網の場合の平均到達距離の簡易測定法についてもさらに検討を加えたい。

引用文献

- (1) 堀 高夫・北川勝弘：点格子法による平均到達距離推定値の誤差。日林誌 69：146～151, 1987
- (2) 酒井徹朗：林道の配置に関する研究(II)。京大演報 56：111～222, 1980
- (3) SUNDBERG, U., and SILVERSIDES, C. R.: Operation efficiency in forest 1. 219pp, Kluwer Academic, Dordrecht, 1988

(1989年4月26日受理)