

林道の配置計画について (I)

——端点除去法——

酒 井 徹 朗

Studies on planning method of forest roads network (I)

— Elimination of unavailable end points

Tetsuro SAKAI

要 旨

林道通過予定点を任意の方法で結んだ路網によって集材可能となる林分の面積、あるいは一定歩行時間内で到達できる林分の面積を、減少させることなく、この路網の不要端点を除去し必要最低限の路網を求める方法について考察した。この方法で得られる結果は最初の路網の一部であるので、路網の与え方によって結果が異なる。ここではすべての林道通過予定点を開設評価値の総計が最小となるよう結ぶ路網、任意の点を基点として他のすべての通過予定点とを最小評価値で結ぶ路網、いくつかの重要な通過点を選びそれらを開設評価値の総計が最小となるよう結ぶ路網等について適用し、林道総延長、平均集材距離、平均スパン長等を算出し評価を行った。

は じ め に

林道の配置に関する研究は林道密度理論のように量的把握をめざす研究に比べあまり行なわれていない。生産地と消費地（製材工場等）を結ぶ運材路のネットワークに関する研究などはあるが、森林施業のための林道配置に関するものは少ない。

配置計画を行う場合、数多くの林道網計画について一定の評価基準—例えば集材可能面積（利用面積）、平均集材費、林道開設費、林地到達のための平均歩行時間等—を用い比較検討し樹立するのが一般的である。その際、様々な試案を数値地形図を用い電算機で比較検討する方法が簡便であることは既に報告¹⁾した。ここでは面積数百ヘクタール程度の一施業団地の概略的な林道計画をたてることを目的として、対象地域の林分に林道通過点を土場とする集材架線がすくなくとも一本架設できるような林道配置、あるいは林道通過点から林分まで一定歩行時間内で到達できるような林道配置を探索する手法について考察した。

手法について

1) 考え方 ある一定地域内の路網密度が増加するにつれ、平均集材距離や平均歩行時間は減少する。一般に密度が高いほどその減少率は少ない。このことは延長された部分から集材できる

林分、あるいは一定歩行時間で到達できる林分の面積が、地形的条件により限定されること、またそれらのうちで新しく集材（歩行）可能となった林分に比べ、延長部分以外の林道通過点へ最短距離で集材（以下歩行も含む）できる林分が、密度の増加に伴いおおくることに起因する。そこで全対象地域を集材可能にする充分な路網（以下原路網という）を与え、その各端点のうち集材可能林分の減少に関与しない端点を除去し必要最低限の路網を求め、各通過点での林道開設費や集材費の評価値を算出し、各点の機能（土場、連絡部等）や開設効果（増加面積当りの林道開設評価）を明確にする。更に開設効果の極端に低い部分を除外した場合の路網を求め、集材面積、林道延長、平均集材距離等を比較し、よりベターな路網を求めてゆく。この方法で得られる路網は必ず原路網の一部であるので、当初の原路網の設定により結果は異なる。一方全対象地域を集材可能とする林道通過点（土場）の組合せを求め、それらを総評価が最小となるよう結ぶ路網²⁾を求め原路網とする方法もあるが、通過予定点数が多くなると組合せが増え、それを求める方法に一考を要する。

また、林道通過点と林分との関係を規制する集材や歩行に関する条件、例えば最大スパン長1000mとか、20分以内の歩行とかいう条件の違いにより、同じ原路網を対象としても除去される端点は異なる。そのため地域の実情や開設目的にあった条件を設定し、それに合致した路網を求めてゆく必要がある。

2) モデル 路網は林道通過点を結ぶ線分の集合で表わすものとする。そのため林道通過点は対象地域全体を被う任意の間隔の格子点であっても、鞍部や他の林道との接続点や土場予定地等の地形的特色のある点であってもよい。前者の場合、地域内に一様に分布し地点番号（格子点番号）から容易に平面座標が算出できるとともに、地点相互間の位置・接続関係が判別できるため計算処理のアルゴリズムが簡易である。後者の場合、平面座標に関するデータを付加し、相互の位置関係を入力ないしは計算処理しなくてはならないため多量のデータの場合特に手間がかかる。

林分の位置も林道通過点と同様に格子点で表わす場合と、個々の施業林分を図心点（重心点）等で代表させる場合が考えられる。林道からの歩行時間を尺度として路網計画を考える場合は林分の図心点であっても充分であるが、架線集材を尺度とした場合は架設の可否が前提となるので林分をいくつかの格子点で表わした方がよい。ここでは路網配置の手法を考察するという立場から林道通過点及び林分の位置を同一格子点上に重ね合せたモデルを用いた。

林道通過点間の林道開設費の評価は、2点間の高低差、斜面方位の差、平均斜面傾斜を因子として計算³⁾した。集材に関しては各格子点を元柱、先柱とするすべての組合せに対し集材架線が架設可能か否か判定した。架設可能な集材線を中心線とする任意の幅の集材域を設定し、これに含まれる林分と林道通過点の組合せすべてを集材可能とし、林道通過点番号、林分番号、高低差、集材距離、スパン長を計算しファイル化した。

林分への歩行時間は林道通過点から一定距離内の林分を対象とし、高低差・水平距離を因子として計算した。林内歩行速度⁴⁾ (v) は上り下りの平均で(1)式で表わすと、歩行時間(t)は(2)式となり、 $h/d=0.42$ で極小値をとるから、最適歩行速度 (v_s) は(3)式となる。

$$v = 65.2 - 0.708I \quad (1)$$

$$t = \sqrt{d^2 + h^2} / (65.2 - 70.8h/d) \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} v_s &= 65.2 - 0.708I \quad (I \leq 42) \\ &= 35.3 \quad (I > 42) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

v : velocity (m/min) I : inclination (%)

t : walking time (min) h : difference of elevation (m)

v_s : the best walking velocity (m/min) d : horizontal distance (m)

最小歩行時間は傾斜が42%以下の場合は(2)式で、他の場合は歩行速度 35.3m/min で傾斜が42%の歩道があるものとして計算した。結果は林道通過点番号、林分番号、高低差、歩行距離、歩行時間を集材ファイルと同一フォーマットでファイル化し、探索等の処理が同一プログラムでできるようにした。

3) 端点除去の方法 端点除去のアルゴリズムは次のように行なわれる。なお林道通過点と林分の関係を集材の可否で表わす場合も歩行時間で表わす場合も同じ手法であるので集材について述べる。

Step1 路網の n コの端点 Q_i を識別する。

Step2 端点 Q_k に集材可能な m コの林分 P_j を求める。もしなければ端点 Q_k は除去対象とする。

Step3 m コの林分 P_j ($j=1, m$) 各々について端点 Q_i ($i=1, n$) 以外の林道通過点に集材可能かチェックする。端点 Q_l にしか集材できない場合、その組合せ $P_j Q_l$ を登録する。

Step4 Step2 から Step3 を n コの端点すべてについて行う。

Step5 登録された組合せ $P_j Q_l$ に含まれない端点を除去対象とする。

Step6 組合せ $P_j Q_l$ において林分 P_o が端点 Q_k のみとの組合せであれば端点 Q_k は除去対象とせず、端点 Q_k を含む組合せ $P_j Q_k$ を削除する。

Step7 組合せ $P_j Q_l$ で林分 P_o が2つ以上の端点 Q_k に集材可能であれば、各々の端点 Q_k における基点からの林道開設費の評価をそこに集材可能な林分数で除し、最小となる端点を求め、それ以外の端点を除去対象とする。

Step8 除去対象の端点が無くなるまで Step1より Step7 までを繰り返す。

適 用 例

既に林道開設費の評価、集材架線の架設の可否、歩行時間等が計算されている格子点間隔80m (20×20) の京都市左京区の民有林を対象に様々な路網を与え比較検討してみた。なお図は等高線間隔50mで描れている。図1は点 P_5 を基点として他のすべての点とを最小評価で結ぶ路網(図1-1)を与え、端点を除去した結果(図1-2)で、林道総延長12,599m、集材可能面積250ha、それに対する林道密度(以下同様)50.4m/ha、平均集材スパン長280m、平均集材距離98mとなった。各通過点における最小費用の集材林分面積を求めてみると、端点 P_{343} と合流点 P_{224} 間の路線では延長が740mありながら最小費用で集材される面積は2.6haと非常に少なく、開設効果が低い。これは端点 P_{343} に集材される林分が1つだけであるため、 $P_{343} \sim P_{264}$ まで最小費用で集材される林分の増加がないにもかかわらず除去できないためである。このような端点は P_{343} のほかに P_{35} 、 P_{62} 、 P_{158} 、 P_{260} 、 P_{321} 、 P_{384} など7点ある。そこでこれらの端点に集材される7つの林分を集材域から除いて再度端点除去によって整理してみると、総延長9,889m、集材可能面積246ha、林道密度40.2m/haとなった。集材可能面積は4ha減だが延長は2,710mも減少した。更にこの結果についても同様に考え、 P_{245} 、 P_{309} の2端点に集材される2つの林分を集材域から除外し、整理した結果が図1-3である。林道総延長9,729m、集材可能面積244ha、林道密度39.8m/ha、平均集材スパン長337m、平均集材距離114mとなった。これは図1-2の当初の結果に比べ集材可能面積は6ha減じただけで延長は2870mも減少した。一方平均集材スパン長は56m、平均集材距離は16m増加した。このように集材域確保のために莫大な林道開設を必要とする林分を除いて、比較する必要もある。

図2はすべての点を林道開設費の評価値の総計が最小となるよう結んだ路網(図2-1)を与え、端点除去法で整理した結果(図2-2)で、林道総延長11,613m、集材可能面積248ha、林

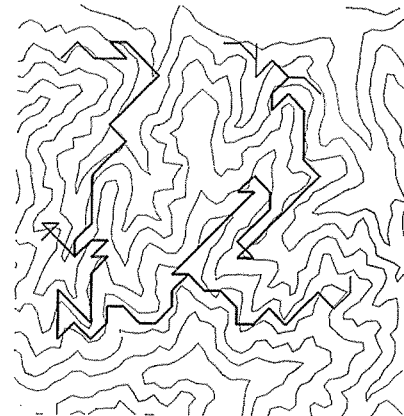
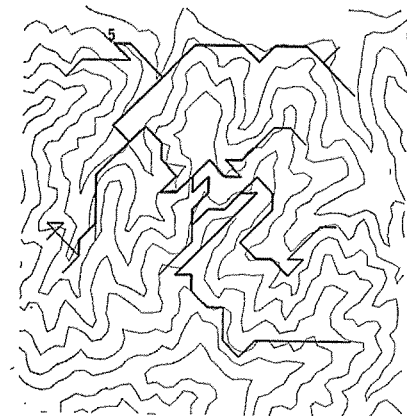
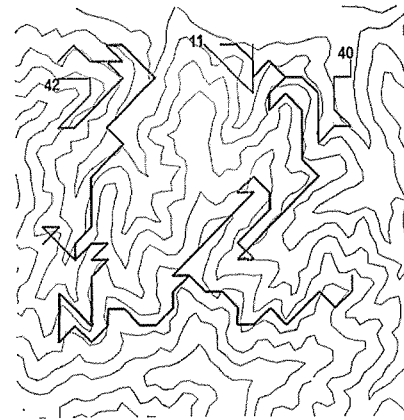
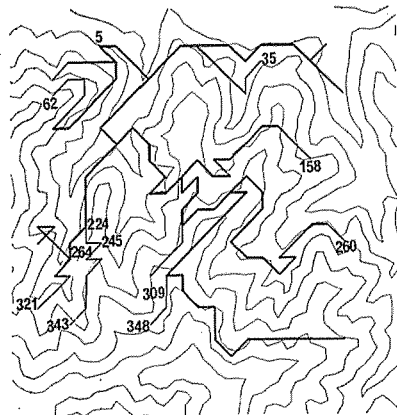
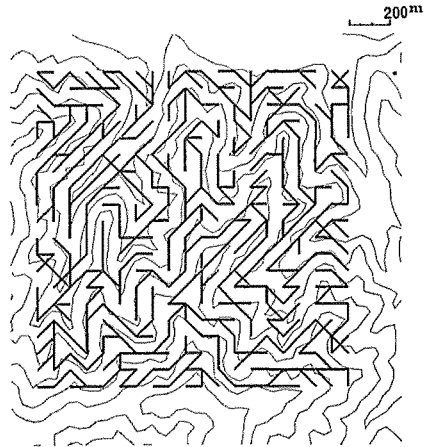
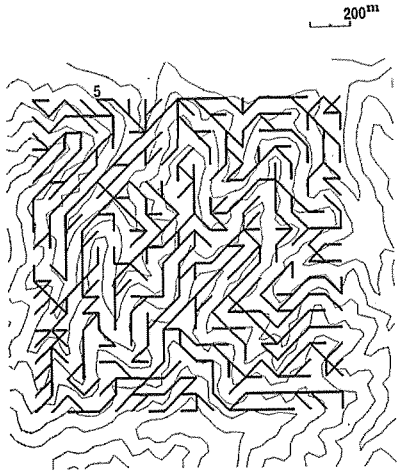


Fig. 1 An example of the shortest route between P5 and the other point
 Fig.1-1 (up) Original network
 Fig.1-2 (middle) Result of eliminating of unavailable end points
 Fig.1-3 (down) Result of eliminating 6ha from a skidding area to better an efficiency of a road

Fig. 2 An example of the shortest network
 Fig.2-1 (up) Original network
 Fig.2-2 (middle) Result of eliminating of unavailable end points
 Fig.2-3 (down) Result of eliminating 5ha from a skidding area to better an efficiency of a road

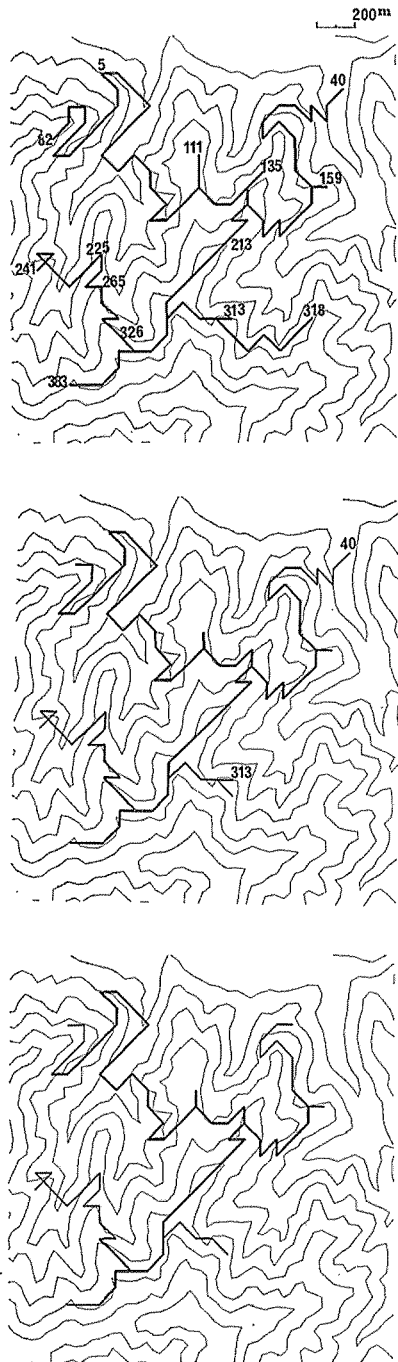


Fig. 3 An example of the shortest spanning subgraph for select points

Fig. 3-1 (up) Original network

Fig. 3-2 (middle) Result of eliminating of unavailable end points

Fig. 3-3 (down) Result of eliminating 2ha from a skidding area to better an efficiency of a road.

道密度46.9m/ha, 平均集材スパン長320m, 平均集材距離118mとなった。先程と同様 P11, P42, P40 にのみ 集材される林分を除外し, 再度整理した結果が図2-3である。林道総延長9,409m (2,204m減), 集材可能面積244ha (4ha減), 林道密度38.7m/ha, 平均集材スパン長333m, 平均集材距離113mとなった。

図3は集材架線が集中し山土場に適していると思われる地点14個所を選定し, それらを林道開設費の総評価が最小となるよう結ぶ総延長9,023mの路網(図3-1)を与え, 端点を除去した結果(図3-2)である。林道総延長8,490m, 集材可能面積232ha, 林道密度36.7m/ha, 平均集材スパン長304m, 平均集材距離113mとなった。端P40, P313にのみ集材される林分を先程同様除外して再度整理した結果が図3-3である。林道総延長7,991m (1,032m減), 集材可能面積230ha (2ha減), 林道密度34.8m/ha, 平均スパン長319m, 平均集材距離119mとなった。林道通過点のうち最小費用で集材される林分をもたない割合, 一すなわち土場と土場とを連絡する機能が主な林道部分の割合が30%であった。他の2例は38%前後である。これは原路網が選定された14点の任意の2点間を最小評価で結ぶルートからなっているためである。

集材可能面積あたりの林道開設費の評価値をみると, 図2-3の例が最も少ない。これを100とすれば図3-3が103, 図3-1が119, 図2-2が125, 図1-3が136, 図1-2が174となる。総評価が最小となる路網をベースとした配置がこの指数でみるかぎりにはベターである。

歩行時間を用いた結果は, 集材架線に比べ地形的制約が弱いため, 多くの場合どの林道通過点からも林分へ歩行できる。図2の原路網を対象とした場合, 総延長8,340m (36.1m/ha)で平均歩行時間7.1分であった。

おわりに

原路網より一定の条件を満足する路網を探索することはできたが、最適なものでみつけるまでに到らなかった。今後は循環路のある路網を含め路網の評価や計画について考察したい。なお本研究での計算処理には京都大学大型計算センターを利用した。

引用文献

- 1) 酒井徹朗：シミュレーションモデルを用いた林道計画に関する研究，京大演報No.53, p162—171, 1981
- 2) 神崎康一：グラフの理論による林道設計法，日林誌48, p365—371, 1966
- 3) 1)と同じ
- 4) 北川勝弘：林業における作業時間に及ぼす林道網の効果，79回日林講，p265—266, 1968

Résumé

We shall try to analyze planning methods for forest roads in a mountainous working area that is a few hundred hectare. In planning of forest road network, it is usual to compare with many plans about the cost of road construction, the skidding cost, the possible skidding area, average skidding distance, average walking times from road to working place, and etc.. These methods draw a minimum network without decrease of an available working area, eliminating an end point of network which available area is avail to other pass points for skidding or walking. The result is different, if the original network is diverse, so we try to plan for some network. Fig. 1 shows the shortest pass between P5 and the other points, Fig.2 shows the shortest road network and Fig. 3 shows the shortest spanning subgraph of select points for better landing points. It is considered that Fig.2-3 or Fig.3-3 is better than the other road network, judging from the valuation of road construction per skidding area.