

ノード間距離指標を用いた新設リンクの決定法

九州大学工学部 正 外井哲志

九州産業大学工学部 正 吉武哲信

1. はじめに

道路網の形態評価では、交通量の大小や混雑状況のみにとらわれず、道路網の連結による移動の可能な地域の拡大やそれに伴った道路網内の各地域のポテンシャルの増大と均等化など、道路網整備による地域の均衡ある発展の面を重視する。このため、時間距離等を用いた道路網全体の評価値の開発が中心課題となる。本研究は、形態評価指標の1つであるノード間距離指標を用いた新設リンクの抽出法の開発を試みるものであり、ノード間距離の平均値を最小化する方法¹⁾に引きき、同標準偏差を最小化する方法について述べる。

2. 道路網に新設すべきリンクの抽出法

(1) リンク新設によるノード間最短距離の変化

新設リンク(長さ l_{MN})は、図-1のように、

(a) 他のリンクと交わらない場合、(b) 他のリンクと交わる場合、(c) ノードを通過する場合の3通りに分けられる。

(a) の場合、最短経路が変化するための条件は、図-2で経路Sよりも経路I-M-N-Jが短くなることであり、I J間の経路がMNを通過するときの最短距離は、一般に次式で求められる。

$$d_{IJ}' = \min(d_{IM} + l_{MN} + d_{NJ}, d_{IN} + l_{MN} + d_{MJ}) \quad (1)$$

(b) の場合、新たなノードが発生するので、最短経路が部分的に変化する。図-3のようにリンクLを新設すると、新たにノードR、Sが生じ、I J間の最短経路が変化するが、R、Sの1リンク外側のノードで構成される部分道路網を想定し、そのノード相互間で最短経路を求めることにより、道路網全体の最短経路の変化に対応できる。

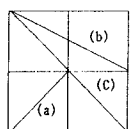


図-1 新設リンク

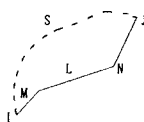


図-2 他のリンクと交差しない場合

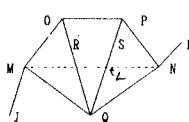


図-3 他のリンクと交差する場合

すなわち、I J間の最短経路がRまたはSを経由すれば、M, N, O, P, Qのうちの2ノードを必ず経由するから、次式によって、リンク新設後のI J間の最短距離を求めることができる。

$$d_{IJ}' = \min \{ d_{IP} + d_{PQ} + d_{QJ} \} \quad (2)$$

$$(P, Q) \in (M, N, O, P, Q)$$

ここに、

d_{PQ} : リンクL新設後のP Q間の最短距離

ただし、①既存ノードと新設ノード(R, S)との間の距離、および②新設ノード相互間の距離が加わるので、これらを考慮する必要がある。

(c) の場合、新たなノードの発生はないが、新設リンクが分割されるので複数のリンクを新設した場合と同様の効果を生む。このため、(b)の場合と同様に部分道路網の最短経路の探索を行ったうえで新たなノード間距離を求める必要がある。

(2) ノード間距離標準偏差の変化

リンク新設前のノード間距離の平均値と分散は、ノードの組合せ数をNとすれば、

$$\bar{d} = \sum_{i < j} d_{ij} / N \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i < j} (d_{ij} - \bar{d})^2 / N \quad (4)$$

リンク新設による d_{ij} の変化量を Δd_{ij} とすれば、変化後の最短距離 d_{ij}' の平均値、分散は、

$$\bar{d}' = \bar{d} - \Delta \bar{d} \quad (5)$$

$$\sigma'^2 = \sigma^2 - 2 S_{\Delta d} + S_{\Delta d}^2 \quad (6)$$

ここに、

$$\Delta \bar{d} = \sum_{i < j} \Delta d_{ij} / N \quad (7)$$

$$S_{\Delta d}^2 = \sum_{i < j} \Delta d_{ij} \Delta d_{ij} / N - \Delta \bar{d}^2 \quad (8)$$

$S_{\Delta d}^2 = \sum_{i < j} \Delta d_{ij}^2 / N - \Delta \bar{d}^2$
 $S_{\Delta d}^2$ 、 $S_{\Delta d}^2$ を構成する要素のうち、 d_{ij} と $\bar{d}$ は新設前の最短距離とその平均であるから既知である。 Δd_{ij} と $\Delta \bar{d}$ はI J間の最短距離の変化量とその平均であるから、ノード間距離平均値の変化量を求める際に同時に求めることができる。

(3) 新設リンクの評価の方法

これまで、新設リンクを抽出する評価基準として、ノード間距離平均値の減少量 Δd を用いてきた¹⁾が、(2)に示したように標準偏差の変化を事前に予測できるので、標準偏差の減少量 $\Delta\sigma$ を用いることも考えられる。また、最短距離の大きなノード間を短縮するという考え方に立てば、 $(\Delta d + \Delta\sigma)$ を評価基準とするのが有力であろう。

(4) アルゴリズム

新設リンクの抽出アルゴリズムを図-4に示す。

MN間の直結リンクを仮定し、これが他のリンク交差しない場合には左の流れとなり、IJ間の経路がリンクMNを通過する場合の最短距離 d_{ij} 'を求め、それがリンク新設前のIJ間の最短距離 d_{ij} よりも小さい場合のみ、その差 Δd_{ij} を距離短縮量とする。交差する場合には、部分道路網を作成してそれを構成するノード間の最短経路探索を行い、IJ間の経路が新設リンクまたは新設ノードを通過する場合のIJ間の最短距離 d_{ij} 'を求め、 d_{ij} よりも小さい場合のみ、その差 Δd_{ij} を距離短縮量とする。新設ノードが発生する場合には、それに由来するノード間距離の増加分の調整を行う。最後に、新設ノードの単位距離当りのノード間距離指標の減少量が最大のリンクMNを求め、新設リンクとする。

3. 計算例

9ノード12リンクの格子型道路網を対象とした。評価基準は、すでに述べた平均値の減少量、標準偏差の減少量、両者の和の3種類である。基本型(NET-0)を対象とした計算では、3つの基準においてともにリンク①が選ばれた。同様にしてリンク②、③が選定され、NET-3が構成された。NET-3を対象とした計算では、基準により評価が分れ、平均値の減少量ではリンク④が、他の2基準ではリンク⑤が選定され、それぞれNET-4、NET-5を構成した。このようにしてNET-9、NET-10、NET-11などが構成されてくる。これらの過程を通じて、3つの評価基準の特徴は必ずしも明確ではないが、強いていえば、NET-9のような比較的バランスの取れた形態は、評価基準2(平均値と標準偏差の和の減少量)ならば構成されたい。

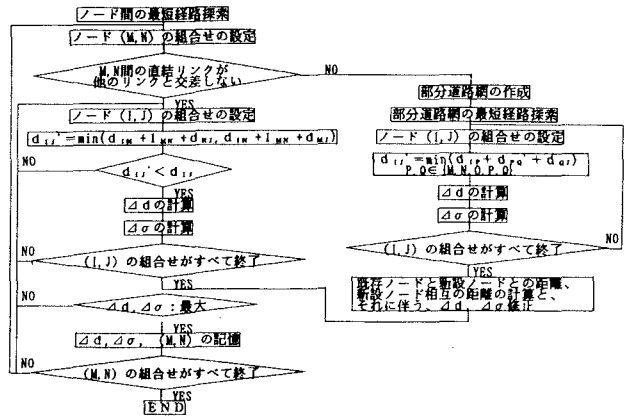


図-4 新設リンクの抽出アルゴリズム

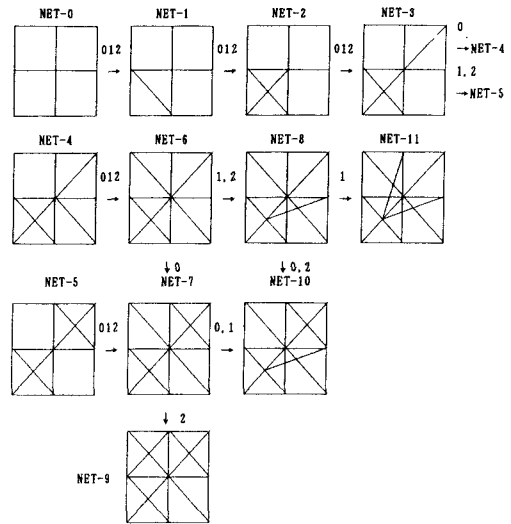


図-5 新設リンクの設置順

4. 結論および課題

本稿では、道路網においてノード間距離平均値、標準偏差ならびに両者の和を効率的に減少させることを目的とした新設リンクの抽出法を示した。

格子道路網への適用結果からは、バランスの取れた形態は平均値と標準偏差の和の減少量を最大にしていく方法が有効ではないかとの仮説を得ることができた。道路網の平均的な効率性と部分相互の均衡をいかに両立させるかは本研究の大きな課題であり、こうした点については、さらに検討する必要がある。
[参考文献] 1) 外井・吉武：ノード間距離指標を用いた道路網の構成法、土木計画学研究・講演集No. 17, 1995. 1, pp. 81-84