

迂回時間に基づく道路評価とその関連問題

01105370 足利工業大学 川中子 敬至 KAWANAGO Takashi

1. はじめに

交通手段として自動車を利用していると、事故や工事のための道路規制に出会うことがある。ある程度幅員のある道路ならば車線規制や交互通行で済むが、これでも渋滞をまねくことが多い。まして幅員のより小さな道路では、その地点は通行止めとされ、迂回路を設定するのが普通である。

事故や工事でなくても、市街地内の橋梁や高速道路への取付道路では、頻繁に渋滞が発生している。これは代替路が少ないという構造的な原因によるもので、目的とする地点へ到達するにはその経路が極めて重要であることを意味している、と考えられる。

この研究では、現在走行中の道路の所要時間（以下、直通時間と略）と、この道路が遮断されたときに取られる迂回路の所要時間（同、迂回時間）との比に着目し、道路の重要性を評価してみる。この比が大きくなる程その道路は重要であることになり、幅員の拡張や代替路の設計が必要なことになる。

そこで最初に、事例地内の2地点間について直通時間や迂回時間を推定し、それぞれの経路の重要性を評価する。次に、事例地内で発生した人身事故データから、経路が実際に遮断される可能性を検討する。最後に、車線数から各経路の最大輸送能力を計算し、道路評価値との関係を分析する。

なお、ここでの事例地には栃木県足利市を用いた。また事故データは、平成5年9月から平成6年8月までのものである。

2. 問題の設定と前提条件

以上の議論で示されている様に、この研究の目的は、道路の重要性を評価することである。そこで、どのように評価すれば良いかを検討することと、事故発生による道路の遮断がどのように影響するかを分析することが、この研究の問題となる。

次に、こうした問題を検討する上で考慮されなければならない諸条件を、整理しておく。

(1) 各車両は信号機が青となった時点で走行を

開始し、赤または黄色を確認した時点で減速して停止するものと仮定する。

(2) 重要性の評価では、各車両の走行には障害がまったく無いものとする。すなわち、交通事故・道路工事・違法駐車等は考慮しない。

(3) 各車両には安全確保のため、状況に応じて徐行あるいは一時停止が義務づけられている。しかしここでは、この様な状況に遭遇しないものとする。

(4) 走行車両数は、各道路の指定走行速度が維持できる範囲内であるとする。すなわち、渋滞が起こらないものとする。

なおここでの車両には、二輪車・軽車両・特殊自動車は含まれていない。

3. 最小時間経路の探索

参考文献[1]あるいは[2]によれば、道路上の2地点間を移動する際に必要となる時間 $E(T)$ は、次式で推定できる。

$$E(T) = n \cdot p \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{v}{2\alpha} + \frac{v}{2\beta} \right) + \left(\frac{Q}{v} + \frac{v}{2\alpha} + \frac{v}{2\beta} \right)$$

ここで、 n は2地点間の信号数を表し、 p は信号で停止させられる確率の平均値を表している。また、 h は平均信号停車時間、 v は車両の走行速度、 α は加速度、 β は減速度（負号は除く）、 Q は2地点間の距離をそれぞれ表す。なお[2]では、 $\alpha = \beta$ が仮定されている。

事例地内でこれらの統計量を得るには、次のような方法を用いた。最初に、 n や Q は住宅地図から調べられる。 p は信号1サイクル（青+黄+赤）の時間に対する停止信号（黄+赤）の時間の割合をそれぞれ求め、平均値を計算すれば良い。その過程で、 h も得られる。さらに、 α や β は実測した平均値を用いる。最後に v は、指定速度30、40、50、60km/hの代表的な地点について実測し、結果を各道路の指定速度に従って、それぞれ割り付けた。

今度は所要時間の推定式をもとに、2地点間を結ぶ最小時間経路の探索方法について検討する。この最小時間経路を見つけるアルゴリズム

が得られれば、2地点間を直接結ぶ道路が存在する場合と、そうでない場合とについて所要時間を計算し、それらの時間比を求めることから、道路の重要性が評価できる。この研究では最小時間経路を求める際に、最短経路が最も早く求められる方法の1つである、ダイクストラ・アルゴリズムを応用した。

手順1:

- ① 始点 (S1) となる節点に、ラベル $L(S1) = \frac{v}{2\alpha}$ (加速に必要な時間) を付ける。
- ② S1以外のすべての節点 j に、ラベル $L(j) = \infty$ を付けておく。
- ③ $i = S1$ とし、 $M = \{1, 2, \dots, n\} \setminus S1$ とする。

手順2:

- Mが空になるまで、次の操作を繰り返す。
- ① S1以外の任意の節点 j に対し、
 $L(j) > L(i) + E_{ij} + C(j) \cdot F_{ij}$ ならば
 $L(j) = L(i) + E_{ij} + C(j) \cdot F_{ij}$,
 $R(j) = i$ とする。
 - ② $\min_{j \in M} L(j) = L(j_0)$ ($j_0 \in M$) となる j_0 を探す。この様な j_0 が2個以上あるときは、そのうちの1個を選ぶ。
 - ③ j_0 をMから除く。 $i = j_0$ とおく。

手順3:

すべての節点にラベルが付いたら、終点 (S2) のラベル $R(S2)$ からRを逆に辿って始点へ至る。こうして得られる経路が、最小時間経路。また、終点のラベル $L(S2)$ の値に

$$\frac{v}{2\beta} - C(S2) \cdot F_{R(S2), S2}$$

を加えた時間が、最小時間となる。これは、終点のラベルに終点で減速するための時間を加え、そこを通過するための時間を引くことにあたる。

上のアルゴリズムで、 $C(j)$ には節点 j で表される交差点に信号機があれば1を与え、なければ0を与えておく。また、 E_{ij} 、 F_{ij} はそれぞれ推定式の一部で、以下の通りである。

$$E_{ij} = n \cdot p \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{v}{2\alpha} + \frac{v}{2\beta} \right) + \frac{q}{v}$$

$$F_{ij} = p \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{v}{2\alpha} + \frac{v}{2\beta} \right)$$

なお、 E_{ij} は $i \sim j$ 間の所要時間を表し、 F_{ij} は i 方向から j で表される信号を通過する際に必要な、減速によるロスタイムを表す。

4. 道路の重要性といくつかの関連問題

以上で得られた結果に基づいて実際に道路の重要性を評価し、事故などとの関係を分析する。

最初に交差点を節点とし、その間の道路を枝とすることにより、事例地をネットワーク表現した。得られたネットワークの大きさは、節点の数が125個で、枝の数が194本となった。

次に、このネットワーク上の各枝に3節のアルゴリズムを適用し、その枝が存在する場合とそうでない場合について最小時間を求め、比を計算した。この結果、時間比が10を越える枝が9本得られた。こうした時間比の大きな枝は、主要道路を結ぶ特定の短い区間が多く、それらの中には橋梁を含むものが多かった。

逆に、時間比が2以下となる枝は43本あった。これらの枝を地図に照らし合わせてみると、国道50号線や122号線といった、地方都市を結ぶ主要道路に含まれるものが多かった。そこで、これらの主要道路には何らかの代替経路が設計されている、ということがわかった。

また、計画が進行中である北関東自動車道のインタ・チェンジの位置を、ネットワークに照らし合わせてみた。この結果、インタ・チェンジの建設と合わせて足利・太田間にある道路の拡幅、あるいは代替経路の建設が必要であることがわかった。この道路にも橋梁が含まれており、これが栃木・群馬両県の境となっている。

さらに、時間比と事故頻度との関係を分析した。ここでは枝上での事故発生数を枝の距離で割り、この値と時間比との間で相関係数を求めた。この結果、ネットワーク全体での相関係数は $r=0.199$ 程度であったが、事故の発生が見られた道路に限って計算すれば $r=0.393$ 、と弱い相関が見られた。

最後に、節点間の平均走行速度と車線数から道路の最大輸送能力を計算し、時間比との関係を分析した。相関係数は $r=-0.106$ であった。

参考文献

[1] 川中子・矢部：迂回時間に基づく道路の重要性評価。システム工学会誌, Vol.18, No.1-2, (1995.3).
 [2] 腰塚・今井：平均走行速度と信号数。日本OR学会春季研究発表会, (1991.5).