

高速道路網の規模と混雑耐久性について

02601310 明海大学 三浦英俊 MIURA Hidetoshi

1. はじめに

本研究では、快適な交通の流れを実現するために用意すべき道路網の規模をいかにすべきか、という素朴な問題に対するアプローチとして、「地域内の発生トリップ数」、「道路利用者の経路選択」、「道路の混雑」の3者の関係を明らかにすることにより、高速道路網の混雑に関する計量的性質を議論する。利用者の選択の判断の志向や道路の混雑の具合は、様々な要因によって異なり、他方で道路は選択する利用者の数が多数であるほど彼らの希望にそむいて混雑して走行速度は低下する。これらを数理モデルで表現し、地域内に起終点を持つトリップ発生数を与件として、渋滞道路が出現させないために必要な道路網の規模の下限を議論する。いわば道路網が渋滞という“故障”を生じるまでの“耐久性”を調べ、これを強めるために新設すべき道路の量を算出しようというわけである。

2. 道路網モデル

(i) 地域、高速道路網の形状と規模

道路網モデルを含む地域は図1のような正方形とする。この地域は都市内高速道路網を有する大都市中心部を想定しており、具体的な計算では一辺の長さを25(km)として計算を行う。高速道路網は $2n(n=2,3,4,\dots)$ 本の片側2車線道路で構成される格子状道路網として、 n^2 個の格子点にはそれぞれ高速道路の入口と出口が設置されている。隣接する2つの出入口間を結ぶ道路を1単位としてリンクと呼び、分析の必要に応じて同一入口出口間に複数のリンクを配置することもある(図1(b))。その本数を m と置く。

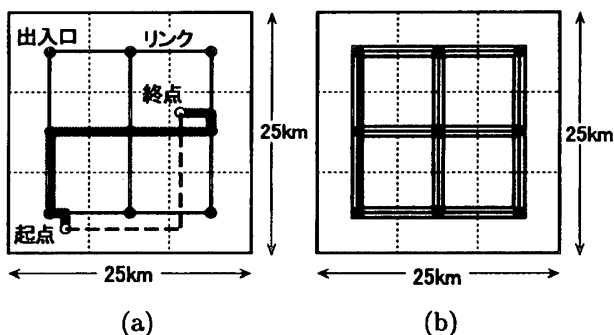


図1: 高速道路網モデル ($n=3$ の場合)

(ii) 速度

高速道路以外の場所での速度を、市街地道路の平均走行速度を想定して20(km/時)とする。高速道路の走行速度 v (km/時)は同一リンク上では一定で、単位時間当たりの通過台数 q (台/時)によって次のように変化すると仮定する:

$$v = \pm\sqrt{-0.3q + 900} + 30 \quad (0 \leq q \leq 3000). \quad (1)$$

(iii) 発生トリップ、経路、距離

地域内に起点と終点を有して自動車を手段とするトリップが、単位時間当たり N (トリップ/時)で空間的かつ時間的に一様に発生すると仮定する。起点から終点までの経路は2種類ある。一つは高速道路網を利用することなく移動するような経路である(図1破線)。もう一つは起点、終点それぞれから最も近い出入口間において高速道路網を経由する経路である(図1実線)。2種類の経路とも起点から終点、起点から入口、出口から終点までの距離はレクティニア距離で定義し、高速道路上はたどった経路距離を用いる。

(iv) 走行速度情報の提示と経路の決定

各リンクの走行速度情報が一定時間間隔で更新されて地域内に伝達される。全てのトリップの移動者は出発時の最新の速度情報をもとに最短所要時間を達成する経路を選択し、直ちに移動を開始する。移動途中で予定経路を変更することは許されない。

(v) 渋滞、耐久トリップ数

(1)式において v は定義域 $0 \leq q \leq 3000$ の範囲外では実数値をとらないことをもとに、3000(トリップ/時)以上のトリップが通行する高速道路の区間は渋滞するものとする。ここでどのリンクも3000(トリップ/時)を超えないような、 N の上限を耐久トリップ数 N^* と呼んで、道路網全体が持つ“混雑に対する耐久性”を表す指標として用いることとする。この値の大きな道路網ほど“混雑に強い”性能があることを示す。

3. 耐久トリップ数の計算

道路網モデルは具体的な手順として

1. 走行速度情報の提示
2. 出入口間の最短時間経路の決定
3. リンクの通過トリップ数の算出
4. リンクの走行速度の計算

を繰り返す。2については、ダイクストラ法を用いて容易に計算できる。3に関しては、リンク走行速度の変化によって高速道路の利用を止めるトリップ、あるいは新たに利用するトリップがあることに注意する必要がある。対象地域を高速道路網の出入口が中心になるように n^2 個の正方形に分割し、それらのうちの2正方形間の発生トリップ数 N/n^4 (トリップ/時)のうち高速道路を利用するトリップは D の中心にある入口から進入して D' の中心にある出口から出ることによって、手順3の各リンクごとの通過トリップ数の集計を行う[2]。最後に手順4として集計結果と(1)を用いてリンクの走行速度情報を計算し、手順1に戻る。発生トリップ数 N をパラメトリックに変化させて、手順1から4のサイクルを回しながらリンク通過トリップ数を計算し、3000(トリップ/時)を超えるリンクが現れた

表 1: 耐久トリップ数の変化

n	N^* (トリップ/時)	出入口数	路線総延長 (km)
2	21,700	4	50
3	27,500	9	100
4	29,100	16	150
5	35,800	25	200
6	39,900	36	250
7	46,600	49	300
8	51,500	64	350
9	58,100	81	400
10	63,300	100	450

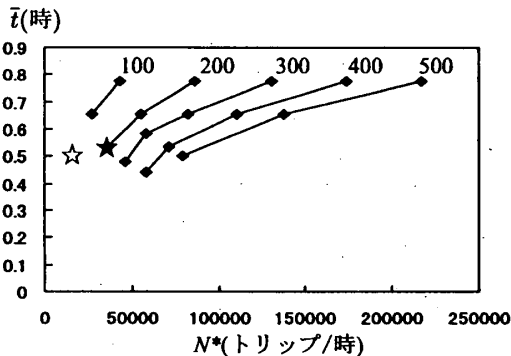


図 2: 3 指標の関係 (図中の数値は路線総延長 L)

ときの発生トリップ数が耐久トリップ数 N^* である。

4. 耐久トリップ数と道路網の規模

同一入口出口間のリンク本数 m を 1 に固定し、道路網の規模 n を変化させて耐久トリップ数を計算したところ、路線総延長に対してほぼ線形に増加することが明らかとなった (表 1)。

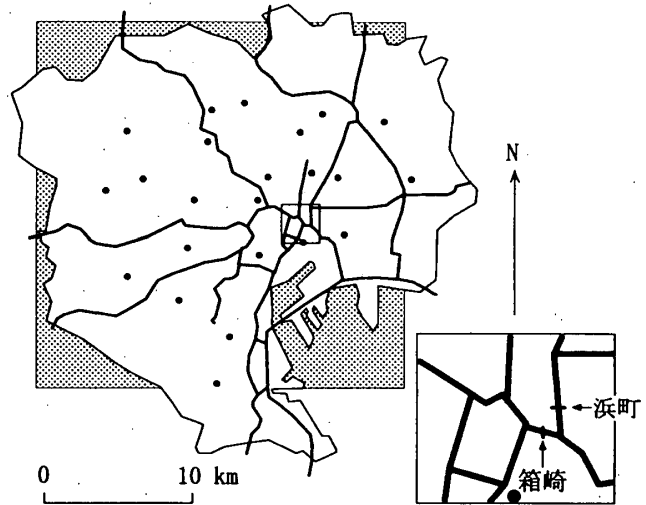
5. 平均移動時間と道路網の規模

ここで新たに、

1. 全トリップの平均移動時間 \bar{i} : 移動者の移動の速さを表す指標。都市計画者の立場から見ればサービス水準である。
2. 路線総延長 L : 費用を表す指標。道路の建設・管理費用を路線の長さに比例すると仮定した。

の 2 指標を導入して、耐久トリップ数 N^* と併せて道路網の規模との関連について議論する。図 2 は路線総延長 L ごとに N^* とそのときの \bar{i} をプロットし、3 つの指標の関係を示したものである。ここでは同じ L の道路網を線分で結んである。これを見ると移動の速さ、費用、耐久性のうち 1 つを向上させるためには、他の事柄のうち 1 つは犠牲にさせざるを得ないことが読み取れる。例えば、 \bar{i} を 0.6(時) に維持したまま N^* を 40,000(トリップ/時) から 80,000(トリップ/時) に引き上げるためには、おおよそ L を 200(km) から 400(km) と 2 倍にしなければならない。

図 2 の☆は、平成 2 年の国勢調査データをもとに算



- ・特別区部面積 617km²、路線総延長 194km
- ・黒点は区役所
- ・背後の正方形は一辺が 25km の正方形
- ・右下図は中央部分の拡大図

図 3: 首都高速道路と東京都特別区部

出した首都高速道路の耐久トリップ数を示す。発生トリップは特別区部の就業者・就学者が区役所を起点と終点として移動するとした (図 3)。また、この地域の面積は図 1 のモデルの地域とほぼ同じである。これを $n = 5$, $m = 1$ の道路網の☆と比較すると、首都高速道路は同程度の規模の格子状道路に比してサービス水準はほぼ同じであるが、その反面で混雑耐久性は半分に過ぎないことが明らかとなった。うまく設計すれば N^* を 36,000 程度にできたのに、同じ路線総延長で半分の混雑耐久性しか有していないという評価を下すこともできる。この性能を改善するには、まず最初にクリティカルなリンクである箱崎→浜町 (図 3) の混雑を緩和するための道路網改善計画に取りかかるべきである。

6. おわりに

本研究では混雑への耐久性という言葉を導入して高速道路網の必要な路線総延長を論じた。用いたモデルは、地域外からの流入トリップや利用料金など、実際的な混雑関連要因も取り入れることも可能である。しかし本研究では混雑への対応性能とそれを回避するために必要な道路の量を調べることに目的を絞る、実際の道路網の様子を写し出すこととの区別を徹底した。

参考文献

- [1] 松井寛 (1983): 高速道路交通流の動的記述モデル, 交通工学, Vol. 18, No. 2, pp. 17-26.
- [2] 三浦英俊, 腰塚武志 (1993): 2 種類の交通手段を持つ領域の移動時間について, 都市計画論文集, No. 28, pp. 397-402.
- [3] 土木学会 (1998): 交通ネットワークの均衡分析, 丸善.