

名古屋市道路網ネットワークに対する最短経路数え上げ問題

2000MM019 飯田幸範 2000MM028 伊藤喜規
指導教員 伏見正則

1 はじめに

本研究は名古屋市の道路を最短経路数え上げ問題として取り扱い、名古屋市の道路ネットワーク網がどのような特性を持っているのかを調べ、考察している。名古屋圏は、わが国の国土の中央部に位置し、東京圏、大阪圏とともに三大都市圏のひとつを形成している。名古屋圏は、国土の中央に位置するという恵まれた立地条件のもと、国の基幹産業である自動車産業をはじめ、航空機、工作機械、繊維、陶磁器など製造業の一大拠点として発展してきた。また、名古屋圏は大都市としては珍しく豊かな自然環境に恵まれた地域でもある。

なかでも名古屋市は、人口の面から見ても名古屋圏全体の20%を占める大都市である。産業面では、市内総生産額は28%を名古屋市が占めている。このように人口、産業面から見ても名古屋市はこの地域の中心都市となっていることは明らかである。この結果、自然と名古屋市に人や物の流れというものが発生し、交通需要が供給に対してそれをはるかに上回ってしまっている。それにもとない慢性的な交通混雑、渋滞が発生し、はたまた環境公害、交通事故の増加にもつながっている。[9]

2 研究の動機

私たちが今までに交通渋滞というものを十分経験してきた。その中で交通量というものは時間、曜日、天候によって著しく変化をする。そのため、特に朝夕のラッシュ時には需要と供給のバランスがとれなくなり、交通渋滞が発生する。それらや右折専用車線がない交差点というものが交通渋滞を引き起こしている原因の一つになっていることに気づいた。

私たちは今回、少しでも交通渋滞の緩和をしたいという立場から道路ネットワークに興味を持ち、名古屋市の道路網を考察し、把握することによって研究を進めていく。本研究では、数理計画法を中心とするオペレーションリサーチ理論に基づいたモデル分析という立場からそれらにアプローチしていく。

3.1 最短経路数え上げ問題について

与えられたあるネットワークにおいて、対応する2つの地点間の距離をあらわすそれぞれの枝の“長さ”が与えられている。任意の1頂点からもう1つの別の頂点

に至る経路の長さが最小となる経路、つまり最短経路を求める。このような最短経路をネットワーク上の任意の2頂点間に対して求める。

ネットワークの頂点の個数を n とすると、任意の2頂点間の間の最短経路は全部で $n(n-1)$ 本存在する。

まずネットワークのそれぞれの枝がこれらの $n(n-1)$ 本の最短経路のうち何本に含まれるかをすべて数え上げる。次にその本数の値をそれぞれの枝の“最短経路の重み”とする。ネットワークにおいてそれぞれの枝がどれだけ“利用”されているかを表していることから、いわばそれぞれの“枝の重要度”とみなすこともできる。ネットワークのそれぞれの枝に対応する最短経路の重みをすべて求める問題を最短経路数え上げ問題と呼ぶ。[1]

3.2 道路セグメントの混雑

実際の道路網ネットワークにおけるそれぞれの道路の混雑度は、ネットワークの本質的な構造に加えて、それぞれの道路の容量あるいはその周辺の交通需要の状況などによって複雑に影響を受け、決定されるものであると考えるのが妥当である。

ネットワークのそれぞれの枝に対応する道路を道路セグメントと呼ぶ。最短経路数え上げ問題を解くことによって、それぞれの枝の最短経路の重みあるいは枝の重要度が対応するすべての道路セグメントに対して得られる。いま与えられたネットワークにおいて、すべての交差点あるいは末端地点に対応する2つの地点の間に、方向も考慮して単位量の交通需要が発生すると仮定すると、それらはすべて最短経路を利用して目的地に到達するとみなすことができる。したがってそれぞれの道路セグメントの混雑度は、道路の容量が非常に大きい(無限大)と仮定すれば、ネットワークにおける対応する枝の最短経路の重みによって表せる。すなわち枝の最短経路の重みをそれぞれの道路セグメントの混雑度評価とみなそうというわけである。

最短経路数え上げ問題の前提として、与えられたネットワークのすべての異なる2頂点の間に単位量の交通需要が発生することを仮定した。しかし、この前提はかなり限定的になる。それは、実際の交通需要はある頂点の組に対しては非常に大きく、また別の頂点の組に対してはほとんどないといったように、2頂点の組によってか

なり異なるからである。一方、実際の道路網ネットワークにおいて交通需要がかなり近似的もしくは、正確に得られていたとしても、ここで前提としたように道路の容量を無限大とするわけにはいかない。すなわち実際の道路網ネットワークにおいては、道路の容量が有限であるため、ある道路セグメントの混雑度がある程度以上になると、利用者はその経路を迂回して、最短経路ではないにしても、その次に総距離の短い経路を選ぶことになるであろう。このようにして実際の道路セグメントの混雑度は、道路の容量の制約を受けつつかなり複雑に決定されることになる。

最短経路数え上げ問題については、枝の最短経路の重みの値（実際にはその対数をとったもの）がどのような確率分布を有するかという問題は大変興味深い問題である。[1]

4.1 問題へのアプローチ

ここでは、本研究の問題とアプローチについて述べる。本研究では名古屋市の道路網を簡単なネットワークモデルにし、各道路の利用状況を把握することを目標とする。そしてそこから出された解により名古屋市の道路網の特性を見出していく。

まず、名古屋市の道路網をネットワークとしてとらえ、与えられたある地点からほかのある地点までの長さが最小となる経路、つまり最短経路を見つけることが考えられる。最短経路を見つける方法としてはもっとも有力なダイクストラ法をもちいる。そして与えられたすべての地点間において最短経路を求め、各道路ごとに最短経路に何回使われたかを数え上げる。その道路が最短経路に何回使われたかということとその道の「利用度合い」として認識することによって名古屋市全体の道路網を把握しようというわけである。これを最短経路数え上げ問題という。

この最短経路数え上げ問題は交通の流れがすべて最短経路を通るということが前提である。また、先ほども述べたようにその道の「利用度合い」を交通量として見立てることに特徴があるため、実際の交通の流れとは異なった結果になりかねない。しかしながら、私たちがこの最短経路数え上げ問題を駆使し今回の研究に臨もうとしたのは、これまでに東京、岐阜、甲府といった地域では最短経路数え上げ問題によって研究がなされており、実際の交通の流れと類似した結果が得られているためである。最短経路数え上げ問題によって導き出された結果によって名古屋市の道路網の特性を調べ、検討し、それらから考えられる問題点を考察していく。

4.2 ネットワークの定義

ここでは本研究にもちいる道路ネットワークの定義をしていく。以下はネットワークの定義に関するものである。

- 道路の交差点または末端地点をノード、それらを結ぶ道路を枝と呼ぶことにする。
- 各ノードには番号が与えられており、各枝においては長さが与えられているものとする。
- ネットワークとはいくつかのノードの集合と、それらを結ぶ枝の集合によって定義されるものである。
- 名古屋市の道路網の中でもある一定の基準を満たした主要道路に限定し、それらの限定した道路について研究を進めていくことにする。[3]

4.3 道路を選択する基準

今回の研究では名古屋市の道路ネットワークを作成しなければならない。そのためネットワークに含まれる道路を選ぶにはそれなりの基準が必要である。なぜならば一方通行であるような細く小さな道路において交通量を求めたとしても、果たしてその道路の「利用度」というものは信頼性があるかといえば、疑わしいものがある。このような小さな道路をネットワークに含めてしまっただけではあまりにも無意味である。

だから私たちはネットワークに対応する枝を取捨選択すること、つまり道路を選択する基準というものを考えた。

たとえば、道路を選ぶ基準として

- 県道以上であること
- 2車線以上の道路であること

と、ほかにもいろいろな考え方がある。

しかしながら名古屋市の道路の特徴として、全国的に比べて大きな国道であるにもかかわらず、都市部と近郊では車線数にばらつきがあり、道路一本とってもそれを同じ道路として取り扱うのは困難な状態である。例として国道一号線がそれである。

そこで数多くある道路からネットワークを形成する道路を限定するため、国土地理院発行のソフトウェア、数値地図[10]を用いてある一定レベル以上の道路、つまり国道、県道、主要幹線道路、主要地方幹線道路にうまく絞り込むことができた。

4.4 名古屋市の道路ネットワーク図

これを用い、名古屋市の道路をすべて把握し取捨選択

することによって以下の名古屋市道路ネットワーク網を作成した。

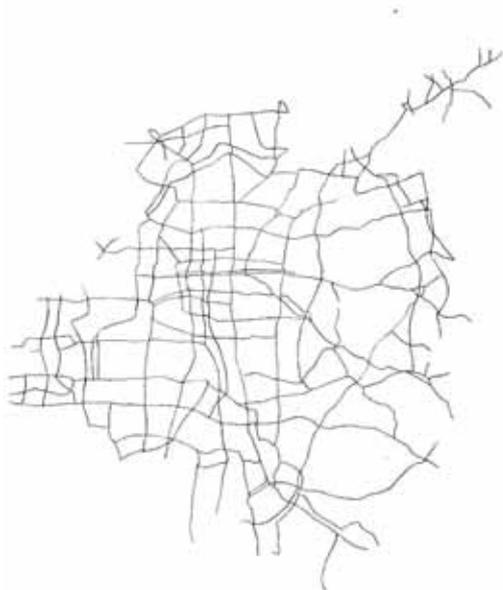


図4.4 名古屋市道路ネットワーク図

5.1 最短経路数え上げ

名古屋市道路ネットワークはノード数311、枝が487のネットワークである。このことから最短経路というものは、 311×310 で、96410本存在するとことになる。よって96410本の最短経路を計算して各枝の重みを求めた。重みの最大値は15156であり、すべての最短経路の中の約15%がその枝を利用していることに相当する。これには理由があり、今回作成したネットワークが名古屋市限定ということで、守山区へ伸びる枝が一本に限られてしまっているからである。そのため名古屋中心のほうから守山区への最短経路を求めると、必ず通る枝が存在し必然的に重みが高くなると予想される。そして重みが最大の枝の周りも軒並み10000という高い重みを示している。

5.2 クラス分け

ここでは最短経路を数え上げたものをある一定のレベルごとに分けた。

下の表は、枝の重みを一定のレベルごとに区切りクラス分けしたものである。

クラスは全部で18に区切った。

FROMはそのクラスの初めの値を、TOはその

クラスの終わりの値を示している。

枝の数とはそのクラスに対応する枝がいくつあるのかを表している。

クラスを18で区切ったのは、重みが均一に振り分けられ、特徴というものを見出しやすくしたかったためである。たとえばクラス5というのは枝の重みが201から350の枝の集合で21本の枝が存在していることになる。

クラス	FROM	TO	枝の数
1	0	20	6
2	21	40	2
3	41	100	9
4	101	200	14
5	201	350	21
6	351	500	20
7	501	700	75
8	701	900	18
9	901	1200	30
10	1201	1600	42
11	1601	2000	37
12	2001	3000	62
13	3001	4500	62
14	4501	6500	43
15	6501	9000	28
16	9001	12000	14
17	12001	15000	2
18	15001	18000	1

表5.1 重みのクラス分け

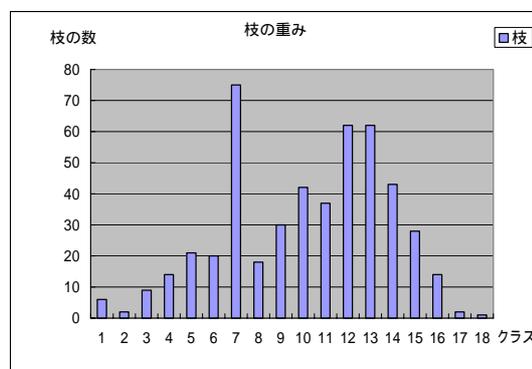


図5.2 重みのクラス分けグラフ

一番大きなクラスはクラス7であった。これは名古屋市道路ネットワークの末端ノードと結ばれている枝が44本あるため、末端ノードからほかの310個の枝に向かう最短経路というものが310本発生する。そして他のすべてのノードから末端ノードに向かう最短経路、つまり逆方向の最短経路も310本発生するため、あわせて枝の重みが620という枝が44本存在することになる。このためクラス7というのが自然と多くなったと思われる。つまりこのネットワークの構造上クラス7が多くなったということだ。末端ノードの数とすべてのノード数でこの数は左右されるものだと考えられる。

次いでクラス12と13が互いに62本と多く、次にクラス14が43本と多かった。この3クラスで487本ある全体の枝の約35%を占めている。つまりこのクラス12以上のクラスという道路が全体的に見ても利用頻度の高い道路だということが言える。ゆえにクラス12以上の道路が利用頻度の高い道路、クラス12未満の道路が利用頻度の低い道路だとする。



図5.3 クラス12以上のネットワーク図

国道1号、19号、41号、153号、247号、302号の太白区へ抜ける道などは利用頻度が高いことが分かる。302号は環状線とも呼ばれており、実際には朝夕のラッシュ時には渋滞が必ず起こるような利用頻度が高い道路である。しかし、名古屋市に限定した今回のネットワークでは302号は途切れてしまうため納得のいく結果は得られなかった。また22号、23号、15

4号などの道路は実際には非常によく利用される大きな道路なのだがそれにともなった結果は得られなかった。これは今回作成した名古屋市道路ネットワーク図が閉鎖的なネットワークであるためや、国道22号、23号、154号の付近にはそれぞれ41号、1号、247号という大きな道路が存在し、それらの道路が最短経路として扱われてしまうためこのような結果になったと思われる。

また全体でみると名古屋駅を中心とした放射線状のネットワークがうまく形成されていることが分かる。名古屋駅から信州方面には19号、飛騨高山方面には41号、長野方面には153号という大きな国道が作られており、その周りを環状線である302号が名古屋市全体を把握することによって交通をスムーズにしている。また1号や23号や247号は三重県方面や知多半島方面を網羅している。それらの道路の重みが高いのは非常によく整備がされている証拠だと思われる。

参考文献

- [1] 伏見正則：都市機能の集中、分散の得失に関する数理的評価の方法の研究（文部省科学研究費補助金研究成果報告書），1993年，pp.1-184.
- [2] 福島雅夫：数理計画入門，朝倉書店，1999年，pp60-69.
- [3] 河西朝雄：C言語によるはじめてのアルゴリズム入門，技術評論社，2001年，pp.322-359.
- [4] 国土工通省国土地理院：数値地図ユーザーズガイド。（財）日本地図センター，1998年，pp.1-25，pp.248-250，pp.294-295.
- [5] 藤重悟：グラフ・ネットワーク・組合せ論，共立出版株式会社，2002年，pp.42-48.
- [6] 大山達雄：最適化モデル分析，日科技連出版社，1998年，pp.186-202.
- [7] 森哲男：数理計画法～最適化の手法～，共立出版株式会社，1994年，pp.49-57.
- [8] 浦昭二・原田賢一：C入門，培風館，2000年.
- [9] 名古屋高速道路白書2002：
<http://www.nagoya-expressway.or.jp/nexpark/hakusaho/main.html>.
- [10] 国土地理院：数値地図2500（空間データ基盤），1997年.