

道路網の機能からみた交通需要分布に関する分析

An Analysis on the Trip Generation and Attraction specified by the Function of a Road Network

函館工業高等専門学校 環境都市工学科 ○学生員 塚田 健太(Kenta Tsukada)
 函館工業高等専門学校 環境都市工学科 正員 佐々木恵一(Keiichi Sasaki)

1. はじめに

近年の交通問題は、経済のグローバル化、情報化など、日本社会における経済構造や生活様式などの変化によって複雑化している。それは、交通が社会経済活動の派生需要であり、このような変化が交通需要に大きな影響を与えているためである。そのため、既往計画による交通計画では対応できない点が表れている。例えば、通勤交通・業務交通などのある時間帯のみに発生する交通についての議論がある。これは、職住割り当て問題とも関連しており、都市規模の拡大、人口の郊外化は、就業地や居住地の空間的分布に変化を与え、交通に大きな影響を及ぼすためである。

交通計画を行う上で、いつ、どこに、どれぐらいの需要が発生するかが議論になる。しかし、従来の交通需要分析は、道路のサービス水準の算定や交通網上のボトルネックの抽出といったハード面での議論がなされてきた。近年、交通需要予測の利用の範囲は、単なる交通網計画に止まらず、交通運用計画、交通管理計画、道路交通情報提供などソフト的対策にも利用範囲が広がってくると、人間の交通行動に基づく、理論性のある配分理論が要求されるようになってきた。このような要請に対応できる配分理論は利用者均衡配分である。

道路ネットワーク機能の評価に関しては、道路網の形状や性能の観点のみならず、その中での行動の種類や土地利用パターン等の議論が重要である。本研究は、函館都市圏の道路ネットワークの道路網容量を算定し、道路網の機能と交通需要分布の関係を議論する。

2. 函館市の現状

2.1 函館都市圏の土地利用状況

函館市は函館駅を中心に扇形の都市を形成しており、周辺の大野町、上磯町、七飯町の1市3町で函館都市圏を形成している。都市内の道路網は放射線と環状線を組み合わせた形状であり、その周辺で土地開発が進んでいる。土地利用用途は函館湾・太平洋に工業地域、函館駅前・五稜郭・美原・湯の川に商業地域、五稜郭から産業道路沿道地域と周辺3町に住居地域が発展している。この様に、函館都市圏の都市構造は、北東部から南西部にかけて移動軸がある構造になっている。一方、函館都市圏の将来計画は以下の通りである。

住居地：放射1号線、2号線、中環状線への沿道立地をはかり、必要に応じて容積率で対応する。

商業地：函館駅前、本町、美原地区を商業地、十字街地区を観光商業系、湯の川地区を観光宿泊の拠点とする。

工業地：函館湾内の専用化を進める一方、函館市の吉川、北浜、西桔梗、上磯町七重浜、追分、谷好地区において地場産業を育成するための地区と位置づけ、推進する。

流通業務地：函館圏流通センターを中心に発展を目指す。

特に、函館新道開通に伴い、広域交通体系が完成し、桔梗地区で今後更なる流通業務や沿道サービスの発展をはかる。

これより、函館都市圏の都市計画は函館市北西部の桔梗地区に商業、産業、流通の中心が進められる傾向にある。

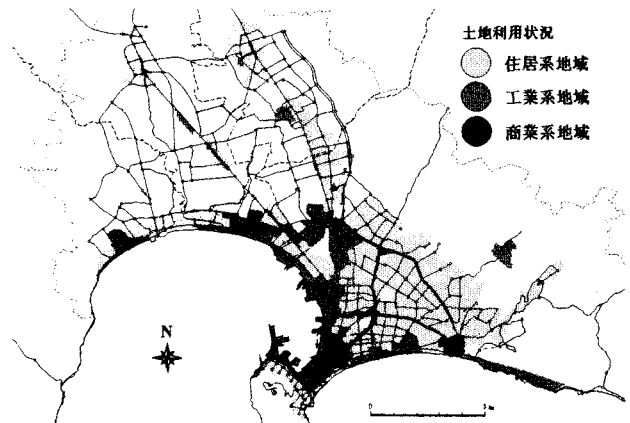


図-1 函館都市圏の土地利用

2.1 問題の明確化

全国の将来人口は徐々に減少するといわれているが、北海道においても例外ではなく、その一因として、出生率の低下に伴う少子化であるといわれている。

函館市と近隣3町の人口推移を函館圏域内の人口動向を見てみると、函館市の人口は、昭和15年から増加しはじめ、昭和55年に32万人を越えた後、減少傾向にある一方、近隣3町では増加傾向にあった。これは、函館都市圏においても人口の郊外化は進んでいたことを示している。しかし、近年、周辺3町の人口も減少傾向に進む一方で、函館市の人口減少が止まっており、函館市への人口の回帰傾向があると言われている。同時に、世帯数も増加しており、良好な住宅地需要は根強くある状況にある。函館都市圏においては、産業道路沿線への住宅立地、旭岡団地、上湯の川団地の建設、周辺3町への郊外化という形で市街地が急速に拡大していった。しかし、慢性的な渋滞が常に問題となっている。例えば、産業道路における朝夕の渋滞、七重浜周辺、函館空港周辺の慢性的な渋滞があげられる。

渋滞対策においては多くの対策や手法が提案されている。しかし、その多くが道路建設による容量増強といったハード面の議論が多いが、近年ではその交通需要分布に着目した交通需要管理(TDM)の議論が進められており、この需要分布は土地利用計画により決定される。

土地利用計画は、用途の議論、施設の配置や維持・管理の検討も重要であると考えるが、その機能が十分に発揮され

るための検討も重要であると考え。そのため、交通施設の機能性と土地利用計画の関係を分析して、その問題点を明らかにする必要がある。

3. 函館都市圏の交通の現状

3.1 函館都市圏の交通体系

函館都市圏は、函館市の北西部に周辺 3 町が位置し形成されている。都市間交通体系は、上磯町からは国道 228 号、大野町からは国道 227 号、七飯町からは国道 5 号と函館新道とが連結している(図 2)。これら 4 路線は函館市桔梗地区に集中して函館市内へ続いている。一方、函館市内の道路網(図 3)は西部地区を中心に 5 放射 2 環状線が配置されている。

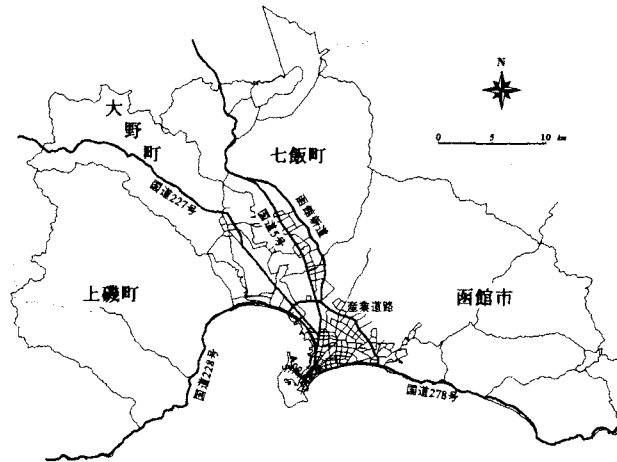


図-2 広域交通体系

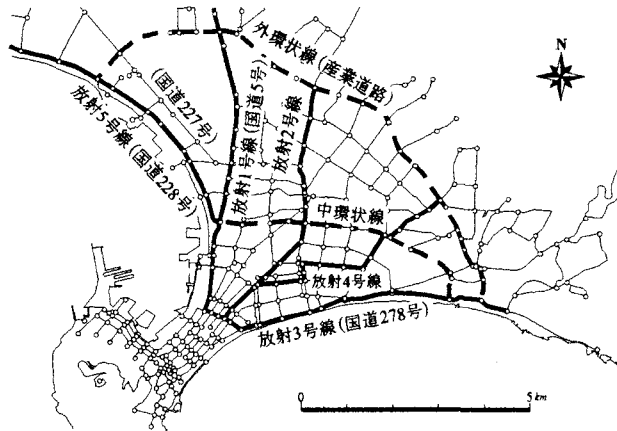


図-3 都市内交通体系

3.2 均衡配分手法²⁾

本研究では、函館都市圏の交通状況を把握するため、利用者均衡配分を用いて函館都市圏の交通需要予測を行った。本手法の概要は次のようになる。それぞれのドライバーは自分にとって最も所要時間の少ない経路を選択する。その結果として、起終点間に存在する経路のうち、利用される経路の所要時間は皆等しく、利用されない経路の所要時間よりも小さいか、せいぜい等しいという均衡状態となる。利用者均衡の定義と等価な最適化問題は以下のようなになる。

$$\min Z_p = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw$$

$$s.t. \quad \sum_{k \in k_{rs}} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0$$

$$x_a = \sum_{k \in k_{rs}} \sum_{s \in \Omega} \delta_{a,k}^s f_k^{rs}$$

$$f_k^{rs} \geq 0, x_a \geq 0$$

ここで $t_a(w)$: リンク a の交通時間

x_a : リンク a の交通量

Q_{rs} : rs 間の交通需要

$\delta_{a,k}^s$: リンク・経路結合行列

f_k^{rs} : rs 間の k 番目経路の交通量

また、本研究では、リンクパフォーマンス関数 $t_a(x)$ に BPR 関数を用いた。

$$t_a(x) = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{x}{C_a} \right)^\beta \right]$$

ここで t_0 : 自由走行時間

C_a : 交通容量

α, β : パラメータ

上記の問題は利用者の総走行時間 Z_p の最小化問題として置き換えたものである。すなわち、目的関数 Z_p を最小化することによって利用者均衡の条件が得られる。

3.3 分析データ³⁾

今回使用したデータは平成 11 年に行われた函館都市圏パーソントリップ調査をもとに作成したものである。本研究で用いた道路ネットワークにおいて、ノード数は 362(うち、セントロイドが 62)である。また、対象のネットワークは広域幹線道路(函館新道)、主要幹線道路(国道)、都市内幹線道路とし、リンク数 764 本(そのうち一方通行 12 本)である。BPR 関数については各リンクの路線長と種・級・車線数を調査し、最高速度、交通容量などを集計した(各リンクの自由走行時間 t_0 は路線長を最高速度で割ることにより求めた)。

3.4 函館都市圏の交通特性

配分結果を平成 11 年に調査された道路センサス調査と比較した結果、相関係数 0.893 と比較的高い相関で再現できた。なお、交通需要予測値は図-4 に示した。

分析の結果、交通量の多い路線は外環状線(産業道路)の 65,000 台であり、放射 5 号線(国道 228 号)の 42,000 台、国道 227 号、放射 1 号線(国道 5 号)の 62,000 台とそれに平行する路線の 44,000 台、放射 3 号線(国道 278 号)の 40,000 台、中環状線と放射 4 号線の交差点の 54,000 台、道道函館南茅部線の 22,000 台となっている。

放射 1 号、5 号の交通量が多い原因は周辺 3 町からの流入が両路線に集中しているためと考えられる。また、放射 1 号から流入してきた交通量は外環状を通り放射 2 号へ迂回しようとするのが分かる。そのため、都市内の交通と合流するこの地点で交通渋滞が発生していると把握できる。また、若松地区付近では西部地区へ向かう路線が容量超過となっており、都市内交通のボトルネックとなっていることが分かった。

以上のことから、駅周辺での渋滞については、既存ネットワークの形状が扇状であり、その要の部分に交通の集中している地点があること、また昭和地区の渋滞については郊外化による OD パターンの変化にネットワーク機能が対応できていないためと考えられる。

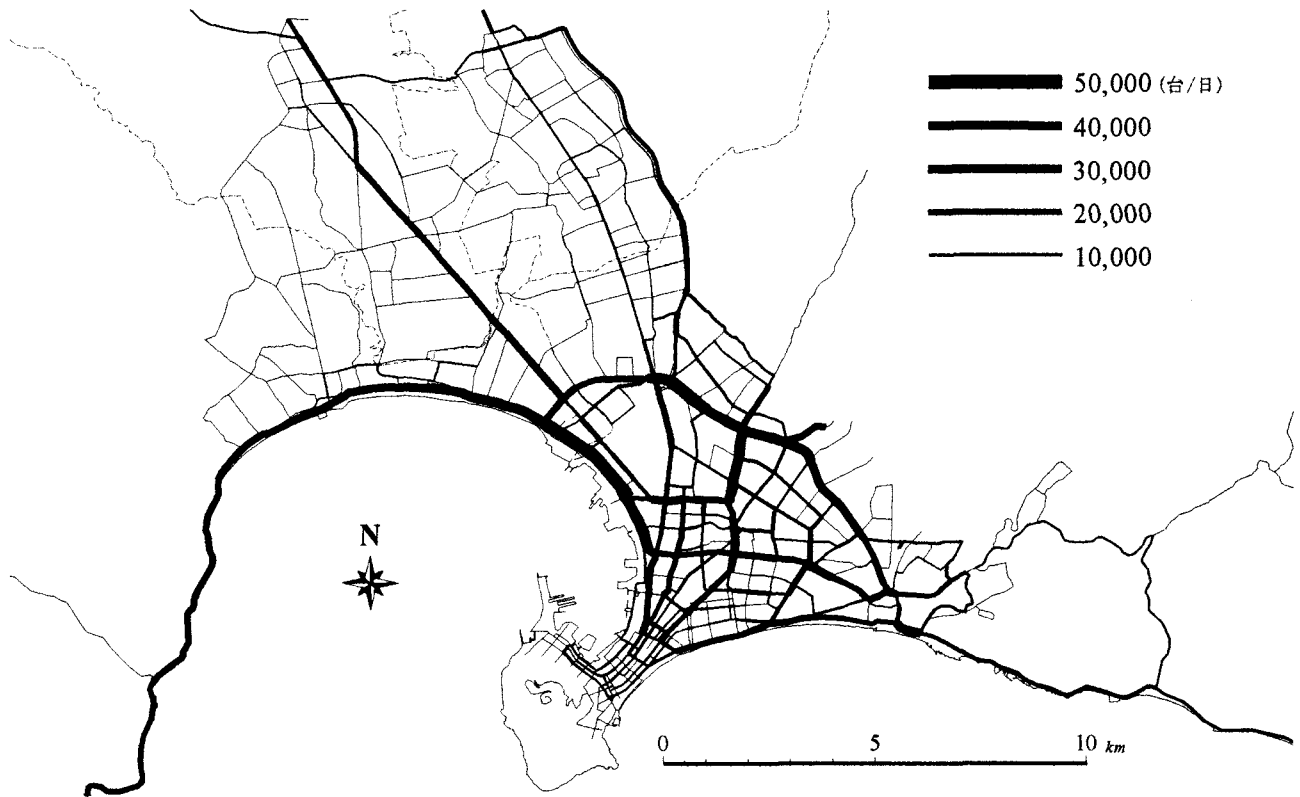


図-4 交通需要予測値

4. 函館都市圏の道路網の機能性

4.1 道路網容量⁴⁾

道路網容量とは、一般に「各道路区間の交通容量が与えられたときに、道路網が処理可能な最大トリップ数」と定義され、ネットワーク特性とフロー特性によって規定される。道路が処理不可能な状態とは、リンク交通量が交通容量を超過した場合であり、道路網について考えるとカットが発生した状態である。そのため道路網容量とは、どの路線の交通量も交通容量以下の状態の発生・集中交通量と定義される。一方、実際のOD交通量と道路網容量との差は超過交通需要であり、交通システムの機能性と土地利用状況の不整合により生ずる。これは、交通計画の観点で考えると交通施設の供給不足、土地利用計画の観点で考えると住宅・商業地域の超過供給であるため、都市計画においては、交通施設整備と土地利用計画のバランスを考慮する必要がある。

道路網容量は、容量を中心としたネットワーク計画における量的評価要因として、また計画道路網の交通処理能力の把握、自動車交通量の抑制計画、土地利用・都市施設整備計画など既存道路網の交通処理能力を超えるような交通需要の増大に対する各種計画を考える上で重要な評価要因である。

4.2 需要変動型均衡配分⁴⁾

本研究で考える問題は、交通ネットワーク上のフローパターンが交通均衡配分条件で記述されると仮定した場合に、各リンクに容量制約のあるネットワーク上に流しうる最大OD交通量(最大発生・集中交通量)パターン(道路網容量)を求める問題である。具体的には、次の数理最適化問題を解けばよい。

$$\text{Min. } Z(q) = \sum_{od} q_{od} \cdot \ln \frac{q_{od}}{\bar{q}_{od}}$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{ij} \int_0^{x_{ij}} t_{ij}(w) dw + \sum_{od} \bar{u}_{od} e_{od} \leq \bar{\eta} \\ & x_{ij} = \sum_{od} \sum_r f_r^{od} \delta_{ij,r}^{od} \quad \forall ij \\ & \sum_r f_r^{od} = q_{od} \quad \forall od \\ & q_{od} + e_{od} = \bar{q}_{od} \quad \forall od \\ & e_{od} \geq 0 \quad \forall od \\ & f_r^{od} \geq 0 \quad \forall r, od \end{aligned}$$

ここで、

- \hat{q}_{od} : 目標 OD 交通量
- $\bar{q}_{od}, \bar{u}_{od}$: OD ペア od 毎に与える定数
- f_r^{od} : OD ペア od の r 番目経路の交通量
- q_{od} : OD ペア od の最大 OD 交通量
- e_{od} : OD ペア od の超過 OD 交通量
- x_{ij} : リンク ij の交通量
- t_{ij} : リンク ij のリンクコスト関数
- $\delta_{ij,r}^{od}$: リンク・経路結合行列
- $\bar{\eta}$ 定数

リンクコスト関数は容量制約を考慮した以下の関数型を用いた。

$$t_{ij}(x_{ij}) = t_{ij}^0 \cdot \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{x_{ij}}{\bar{c}_{ij} - x_{ij}} \right) \right\}$$

\bar{c}_{ij} : リンク交通容量

α : パラメータ

分析に使用したデータは3章で交通量推計に用いたデータと同様のものを使用した。

4.3 分析結果

分析の結果、①国道 228 号(上磯町茂辺地周辺)の渋滞、②湯の川交差点～国道 278 号の渋滞、③七重浜、桔梗、昭和地区の渋滞の 3 地点で検出された。図 5 は超過交通需要の空間分布を発地ごとに集計したものである。これより、

①渡島西部地区の交通は国道 228 号の渋滞により函館都市圏と分断されており、超過交通量は交通需要の 55%にあたる。この路線は渡島西部地区からの交流の路線であるが、交通容量が低いうえ、代替路線がないためボトルネックとなっている。

②渡島東部地区の交通は湯の川交差点付近で函館市と分断されており、この地域においても、国道 278 号の容量不足と代替路線が少ないことが原因と考えられる。しかし、上湯の川、旭岡は函館東部に位置する住居地であり、また渡島東部には戸井町など函館市と密接な関係にある地域であり、朝夕に交通需要が集中する地域となっている。

③周辺三町との交流を分断している七重浜、桔梗、昭和地区の渋滞では、港町を出発する交通需要の 45%、七重浜の 41%、西桔梗の 51%、陣川の 60%、東山の 50%が交通を阻害されている。この東山、陣川地区(住宅地域)、七重浜、桔梗地区(工業地域)は函館都市圏の交通のボトルネックであるこの地域に、交通需要が集中していることが渋滞の原因であるとされる。

以上のことから、函館市は周辺市町村から孤立した状態になっている。現在の交通需要に対する道路網容量の比率を処理能力とすると、現在の道路網の処理能力は、全体の 76.6%であることがわかった。

5. 結論

本研究の分析を通して、函館都市圏において 3 地点で渋滞箇所が検出された。そのため、函館市の道路網は交通を処理しきれていない現状にあると言える。また、処理しきれない交通量(超過交通量)の分布を示すことにより、道路網の処理機能が人口の郊外化に対応できていないことがわかった。

渋滞緩和策として、①放射線道路の容量増強、公共交通機関の充実の様な交通処理能力の拡大、②あいのり、モーダルシフト、時差出勤の様な交通需要管理、③交通需要の分散、職住近接、都市内の再開発の様な土地利用パターンの変更などが挙げられる。

函館市は西部地区から扇形に開発が進み、市内は高密度な土地利用がなされており、新規道路の建設や拡幅などは難しい。また、土地利用パターンの変更においても多くの議論が必要である。そのため、交通需要管理を推進する必要があると考える。

参考文献

- 1) 函館市都市計画マスタープラン、函館市、1998
- 2) 土木学会、交通ネットワークの均衡分析—最新の理論と解法—、丸善、1998
- 3) 昭和63年度 総合都市交通体系調査-函館圏パーソントリップ調査報告書-、1988
- 4) 赤松 隆・宮脇 治、利用者均衡条件下での交通ネットワーク最大容量問題、土木計画学研究・論文集No.12、pp719-729、1995

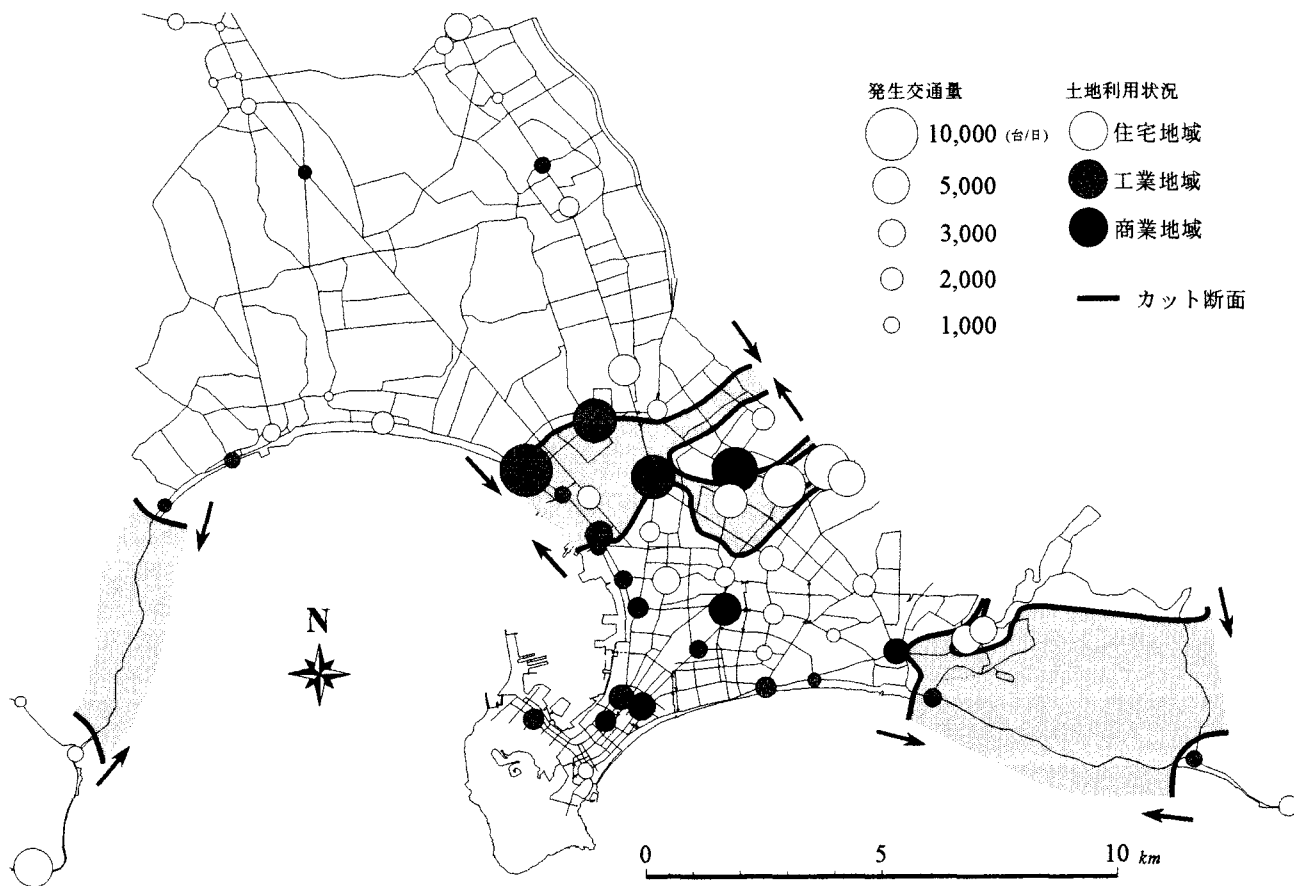


図-5 超過交通需要(発生交通量計)