

道路建設による道路網の機能への影響に関する分析

An Analysis of the Influence on the Function of a Road Network by the Road Construction

函館工業高等専門学校 環境システム工学専攻 ○学生員 原田 雄一 (Yuichi Harada)
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

中核都市では、中心市街地から人口が流出する一方で、郊外部への住宅立地が促進され、人口の郊外化が進んでいる。同時に、商業機能も商業集積地区や郊外型大型店舗の出現により、郊外部への立地が進んでおり、都市機能の郊外化が顕著である。また車の保有率は年々増加しており、都市機能の郊外化に伴い、移動距離の増大、目的地の多様化が生じ、自動車への依存度が高まっている。このよう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。

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。

本研究は、道路網の機能の観点から新規道路建設の影響を分析することが目的である。具体的には、函館都市圏の道路ネットワークを対象に、道路建設前後で道路網が処理不可能な交通需要分布から、函館都市圏の交通問題を議論する。

2. 道路網の機能

道路の機能は、交通機能、土地利用誘導機能、空間機能に分けられる。土地利用誘導機能は新たな市街地形成などに大きな役割を果たす。また、空間機能は、防災空間、生活環境空間、公共公益施設の収容空間などである。両者は、交通機能がもたらす間接効果であり、この機能を十分に発揮できるような交通計画が重要な課題である。道路の計画、設計を行う際、その道路が年間を通じて提供すべきサービス水準を満足するため、交通容量を設定する。このサービス水準は、ピーク時間交通量が交通容量を越えない時、交通流は自由流領域におけるある速度での定常的走行を可能にすることであり、これを実現するために必要な交通容量を決定する。そのため、交通容量は、道路の機能性を図る指標と考える。

道路網の処理能力を算定するため、配分シミュレーション法から道路網容量を算定する方法が提案されている¹⁾。この手法では、道路網のボトルネックをカットとして検出し、リンク容量増強策が道路網容量に与える影響を感度分析している。そして、大規模ネットワークにおいてはカットが複数存在しており、それぞれのカットが独立しているのではなく、相互に依存していることを明らかにした。

その後、配分シミュレーション法の問題点を解消するため、利用者均衡条件下での道路網容量算定手法が提案されている²⁾。この手法は、容量制約のあるネットワークにおいて、流れ

きれない交通量を超過需要として算定し、実ネットワーク上の交通需要から道路網容量を算定している。

道路網容量の議論は、多くの分野³⁾に応用されているが、本研究では新規道路建設が道路網容量とフロー特性に与える影響を分析している。

3. 函館都市圏の交通の現状

3.1 函館都市圏の交通ネットワーク

函館市は函館駅を中心に扇形の都市を形成し、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。



図-1 広域交通体系(平成12年現在)

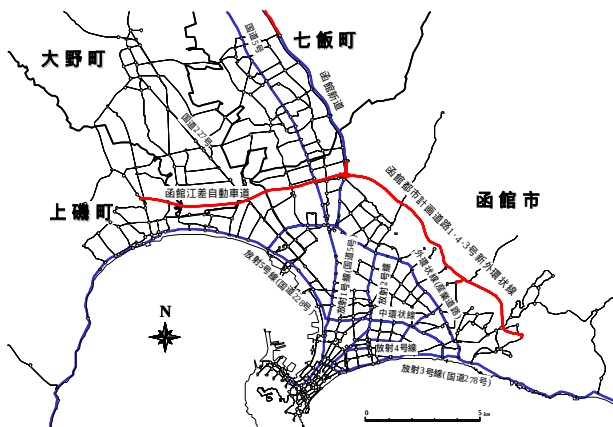


図-2 都市内交通体系

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-1)。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。また、函館市の東部へは国道278号があり、戸井町に至る。一方、函館市内の道路網(図-2)は函館駅を中心に5放射2環状線が、放射1号線(国道5号)、放射2号線、放射3号線(国道278号)、放射4号線、放射5

号線(国道 228 号)、中環状線、外環状線(産業道路)が配置されている。

3.2 函館都市圏の土地利用状況⁴⁾

用途地域には、建築できる建物の種類にもとづいて、12 種類あり、建物の用途により住居系、工業系、商業系の 3 種類に大別される(表-1)。函館都市圏における土地利用状況(3 分類)を図-3 に示す。

表-1 土地利用用途

用途地域の種類(12 分類)	用途地域(3 分類)
第 1 種低層住居専用地域	住居系地域
第 2 種低層住居専用地域	
第 1 種中層住居専用地域	
第 2 種中層住居専用地域	
第 1 種住居地域	
第 2 種住居地域	
準住居地域	工業系地域
近隣商業地域	
商業地域	
準工業地域	商業系地域
工業地域	
工業専用地域	

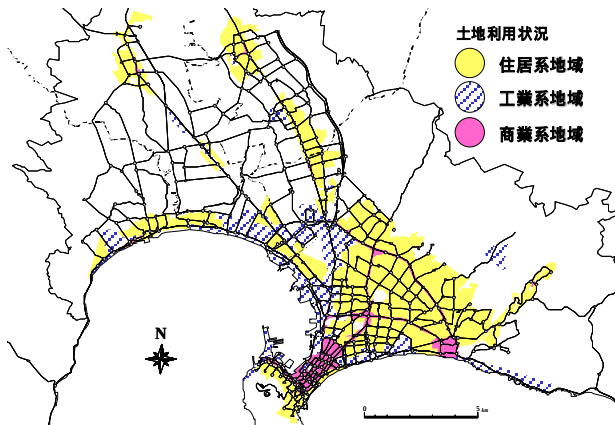


図-3 函館都市圏の土地利用

函館市の市街化状況は、函館湾・太平洋沿岸に工業地域、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。

函館市の将来の市街化区域計画は「函館山を基点に扇状に広がる都市構造を維持継承し、計画的・効率的な市街地形成を図るため、その基本となる将来市街化区域を、都市の外縁の環状道路として都市計画決定された函館圏都市計画道路 1・4・3 号新外環状線の内側及び函館新道の西側に設定する。」となっている。

これより、函館都市圏の都市計画は函館市北西部を中心に進められる傾向がある。

3.3 函館圏都市計画道路 1・4・3 号新外環状線⁵⁾

函館都市圏の交通は大半が 5 放射 2 環状線で処理されており、本地域での交通問題は、周辺 3 町からの流入が桔梗～七重浜地区に、東部からの流入が湯の川地区に集中し、慢性的な渋滞箇所となっている。また、近年、昭和・陣川・赤川地

区で人口の郊外化が急速に進んでおり、外環状線(産業道路)やその周辺路線での混雑も問題となっている。

函館圏都市計画道路 1・4・3 号新外環状線(以下、新外環状線と称す)は、函館市の外縁に位置する環状道路であり、函館市及び上磯町、七飯町、戸井町等を結ぶ道路として計画された延長 15.0km の地域高規格道路である(図-2)。

当路線は、道南の玄関口である函館空港と広域交通拠点の函館 IC 間を連結することにより空港アクセスの向上や物流の円滑化を促進し、テクノポリス函館等地域プロジェクトの推進による地域活性化を支援するものである。また、整備効果としては、函館都市圏の環状道路の一部を構成し、都市部に集中している広域幹線交通を分散導入し都市内交通の渋滞緩和の他、市場圏の拡大効果、地域産業の振興、高次医療機会等の確保、観光による地域経済の活性化、社会生活圏の拡大などが期待されている。

このように、新外環状線計画には渋滞緩和効果以外に、経済効果や函館圏の発展に大きな期待が持たれている。

4. 函館都市圏の道路網の機能性

4.1 道路網容量

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」と定義される。道路が処理可能な状態とは、リンク交通量が交通容量を超えない場合である。いま、道路網に容量超過リンクが発生し、ある OD 交通が容量超過リンクを通らずに移動できなくなった場合、道路網は交通をさばき切れなくなった状態になる。この時、通過可能な交通量、すなわち道路網容量がこの道路網の機能であると考えられる。また、このときに発生する、容量超過リンクの集合によって形成された断面により OD 交通の経路が寸断された場合、この断面をカット断面といい、また、カット断面を構成するリンクの容量を合計したものを断面容量という。カット断面は、道路網のボトルネックを示し、道路網の機能を分析する上で重要な要因である。

4.2 需要変動型均衡配分²⁾

本研究で考える問題は、交通ネットワーク上のリンク交通量が均衡配分条件で記述されたとした場合に、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発生・集中交通量(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として提案されている。

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

ここで、

- $\hat{q}_{od}$: 目標 OD 交通量
 $\bar{q}_{od}, \bar{u}_{od}$: od 間の交通量毎に与える定数
 f_r^{od} : od 間の交通量の r 番目経路の交通量
 q_{od} : od 間の交通量の最大 OD 交通量
 e_{od} : od 間の交通量の超過 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 (Davidson 関数)を用いた。

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

$\bar{c}_{ij}$: 交通容量
 α : パラメータ

この問題を解くことにより、ネットワーク上に流しうる最大発生・集中交通量とさばき切れない交通量(超過交通量)が算出される。以下の分析では、この超過交通量の交通需要に占める割合で議論を進める。

4.3 使用データ⁶⁾

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 369(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 1,552 本(そのうち一方通行 22 本)である。リンクコスト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、自由走行時間、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)。

また、新外環状線をネットワークの対象として使用するにあたっては、函館圏都市計画にある建設予定位置図をもとに IC の位置、路線長を調査し、道路規格については函館新道のものを使用した。

4.4 分析結果

分析の結果、現況・新外環状線開通時ともに 国道 228 号(上磯町茂辺地周辺)、上湯の川交差点～国道 278 号、七重浜・桔梗・昭和・陣川地区の 3 地点でカットが検出された。図-4、図-5 では容量超過リンク・カット断面・超過交通需要の空間分布を発地ごとに集計したものを示した。これより、

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、渡島西部地区からの超過交通量は現況・新外環状線開通時ともに交通需要の 64%となった。一方、渡島西部地区への超過交通量は現況・新外環状線開通時ともに交通需要の 62%となり変化はなかった。すなわち、この断面における新外環状線の効果はない。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。ここで発生しているカット断面の容量は、現況・新外環状線開通時ともに 4,000 台である。

渡島東部地区の交通は、上湯の川から高松町付近で函館市と分断されており、渡島東部地区からの超過交通量は現況・新外環状線開通時ともに交通需要の 28%となり変化がなかった。この原因としては、国道 278 号の容量不足と、上湯の川から新外環状線への流入部で容量超過しているため、代替路線として機能していないためだと考えられる。一方、渡島東部地区へのカット断面は現況では上湯の川から高松町付近で発生しているが、新外環状線開通時には函館市内のカット断面とつながって函館市を囲むような形状になる。このときの超過交通量は現況では交通需要の 16%、新外環状線開通時には 24%となった。ここで発生しているカット断面の容量は、現況でのカット断面で 19,200 台、新外環状線開通時でのカット断面で 28,800 台となっている(新外環状線開通時での渡島東部地区へのカット断面の容量については 述べる)。

周辺 3 町からの交通と都市内からの交通は七重浜・桔梗・昭和・陣川地区で分断されており、周辺 3 町からの超過交通量は現況・新外環状線開通時ともに交通需要の 47%となった。一方、函館市内から郊外への超過交通量は現況では交通需要の 38%、新外環状線開通時には 36%となった。この七重浜・桔梗・昭和地区(工業地域)、陣川地区(住宅地域)は函館都市圏の交通のボトルネックであり、交通需要が集中していることが渋滞の原因であると考えられる。ここで発生しているカット断面の容量は、現況でのカット断面で 63,200 台、カット断面で 66,540 台、新外環状線開通時でのカット断面で 63,700 台、カット断面で 94,540 台(函館市内から渡島東部地区へ向かう交通需要によって発生したカット断面は、このカット断面につながった)となっている。また、新外環状線開通時において、五稜郭公園周辺の路線はほとんどが容量超過リンクとなっており、五稜郭公園北東部を中心にカット断面が発生している。カット断面はこの地域への交通の流入により発生し、カット断面はこの地点からの交通流出により発生している。

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、現況の道路網の処理能力は全体の 76.7%、新外環状線を建設した場合では 76.2%であることがわかった。

5. おわりに

本研究の分析を通して、新外環状線の建設前後での道路網容量の変化がないことが分かった。この原因としては、新外環状線への流入部が現況でカット断面内にあり、都市内からの交通が経路選択できない状況にある。新外環状線を利用するため、都市内の交通が大きく迂回するため、都市内で東西方向へ移動する路線の混雑が発生し、内々交通が減少した。

以上の 2 点から、新外環状線の開通により、都市内から郊外部への交通量は増加し、内々交通が減少し、道路網容量に変化がみられなかった。

以上のことより、新外環状線を建設するには、容量超過になっている路線の容量増強(放射 1,2,5 号線、外環状線)や TDM(交通需要マネジメント施策)、土地利用パターンの変更などと併用して行う必要があると考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、北海道大学大学院 内田賢悦先生にはモデルの理論から展望において、貴重な助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 十二里孝夫他、カット探索手法の札幌都市圏道路網への適用について、土木学会北海道支部・論文報告集 第55号(B), 1999. 2, pp596 ~ 599
- 2) 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

- 3) 内田賢悦他、交通行動の中止を考慮した災害時における交通ネットワークモデルに関する研究、土木学会北海道支部・論文報告集 第59号, 2003. 2, pp690 ~ 693
- 4) 函館市都市計画マスタープラン、函館市、1998
- 5) 函館圏都市計画道路1・4・3号新外環状線 環境影響評価方法書、北海道、2003
- 6) 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

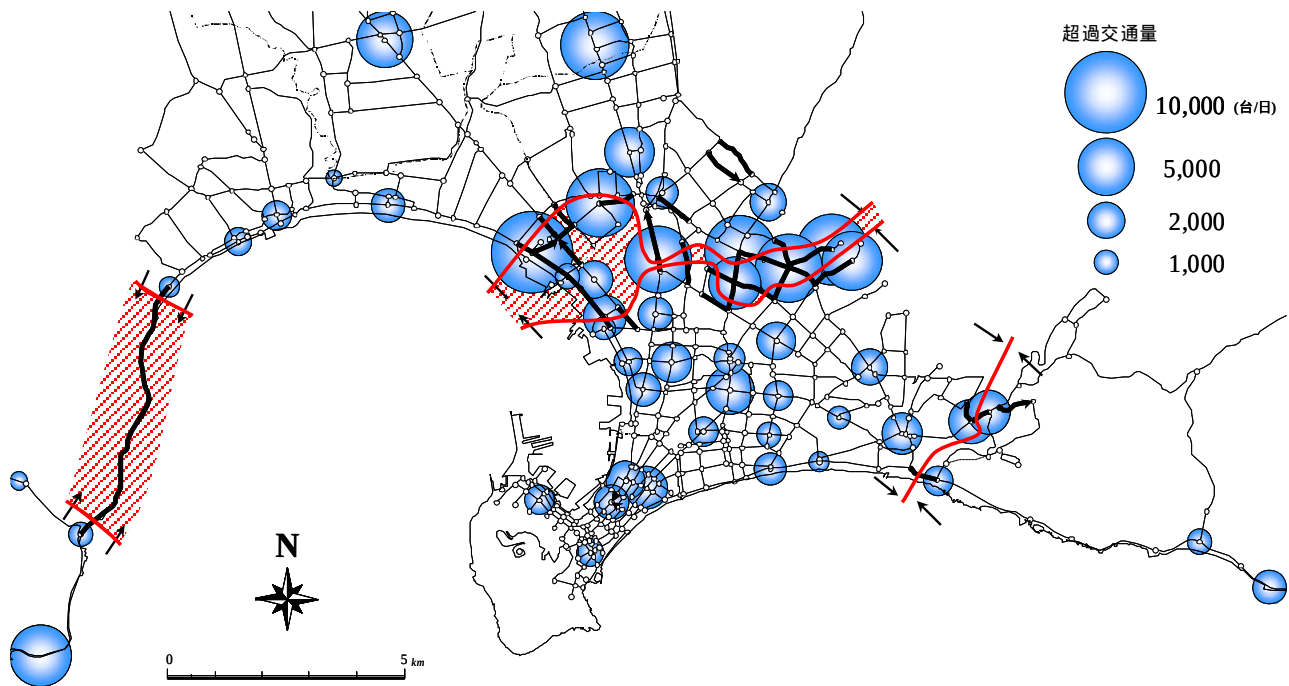


図-4 超過交通需要(発生交通量計); 現況

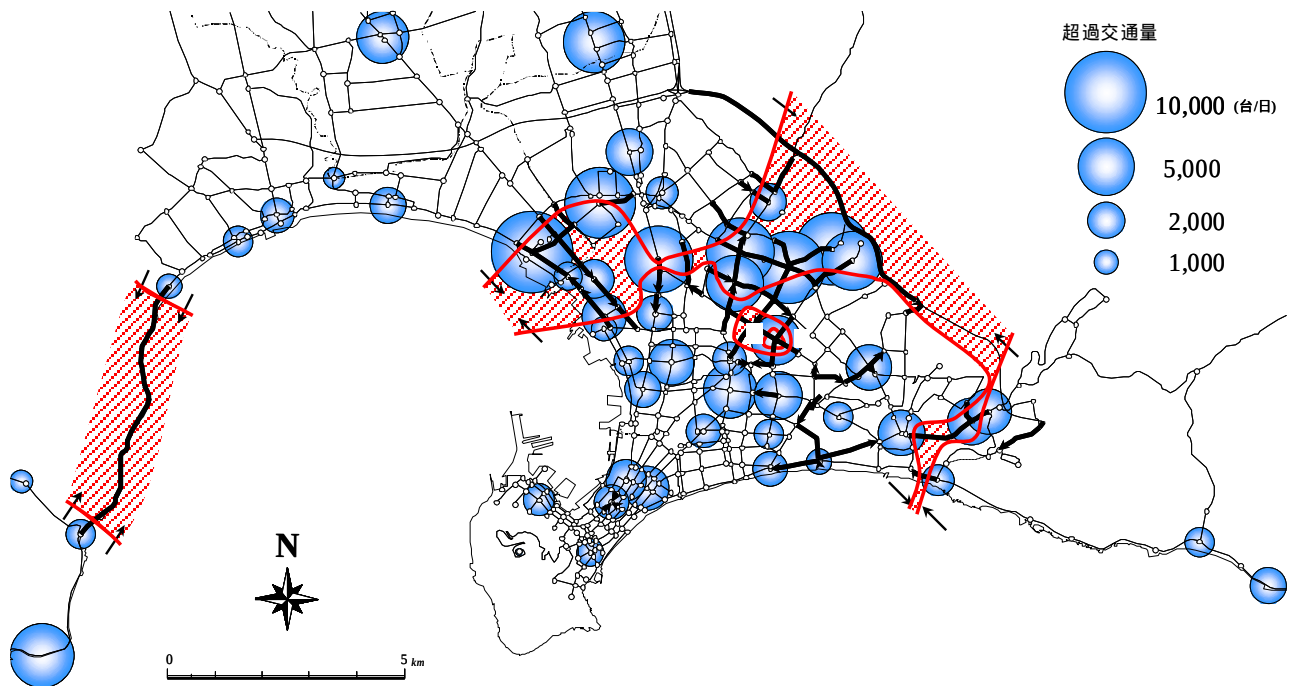


図-5 超過交通需要(発生交通量計); 新外環状線開通時