

階層型ネットワークを考慮した広域道路ネットワークのサービス水準に関する研究

和田 卓¹・岸田 真²・丸山 大輔³・山内 能章⁴

¹正会員 (財)国土技術研究センター 道路政策グループ (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1)

E-mail:t.wada@jice.or.jp

²非正会員 (財)国土技術研究センター 道路政策グループ (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1)

E-mail:m.kishida@jice.or.jp

³正会員 (財)国土技術研究センター 道路政策グループ (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1)

E-mail:d.maruyama@jice.or.jp

⁴非正会員 (財)国土技術研究センター 道路政策グループ (〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1)

E-mail:y.yamauchi@jice.or.jp

広域的な移動を支援する道路ネットワークについては、東日本大震災の教訓を踏まえ、その評価方法としてこれまでの費用対便益分析による効率性の観点から、あらたに必要性や有効性などの視点を含めた観点から評価を行っていくことが重要となっている。本稿では、このような背景のもと拠点間をネットワークとして提供すべきサービスについて、連絡する拠点の規模や地形的条件などからその水準を複数設定し、そのサービスを表す指標から拠点間の状況について、代替路の状況、拠点間を結ぶ最短経路距離と最短所要時間から算出した連絡速度という概念を用いて検証し、連絡速度が80km/h（ブロック中心都市間）や60km/h（地域中心都市間）をサービス水準として広域的なネットワークの整備の状況を示すことができることを提示した。

Key Words : *service level of the highway networks, hierarchical network, connecting speed*

1. はじめに

これまで道路事業については、道路の必要性とともに経済・社会の側面からみた妥当性の観点から個別の事業について評価を行い、効率性を担保して進められてきた。一方、広域的な道路ネットワークの評価については、東日本大震災の教訓を踏まえ、これまでの費用対便益分析による効率性による視点に加え、必要性や有効性などの観点から評価を行うことが重要となっている。これからの道路事業の評価には、ネットワーク上のリンクの評価項目として、主要都市間やネットワーク全体として防災機能を向上させるかどうかの視点を新たに加えることが必要であると位置づけられている¹⁾。また、下川らは日本の道路についての階層性について言及し、日本の道路ネットワークについて、階層性を持たせた道路分類による評価からの道路の計画や整備後の道路の照査の重要性を解いている²⁾。さらに、ドイツでは道路のトラフィック機能の考え方として、階層分類によって都市間の間隔等から目標とする旅行速度を規定している³⁾。

一方、これまで広域的な視点で道路ネットワークについて評価を行った研究としては、大山らによりネットワ

ークシステムそのものの連結性、安定性を構造面から評価する研究⁴⁾や、ネットワークのリンクから時間信頼性を評価する研究⁵⁾など信頼性からの視点が主となっている。また桐山は、道路のサービス水準の指標のあり方について提案し、現状の計画水準や混雑度などのサービス水準については計画・設計段階と運用段階とで一貫しておらず事後評価がしづらい課題を指摘している⁶⁾。

そこで本稿では、高速道路の整備がまだ計画に対して7割程度にとどまるなか、改めて広域的な移動を支援する道路がどのようなサービスを提供しているのか、円滑性の視点からある拠点間をネットワークとして享受されるサービス指標を設定し、その水準のあり方について論ずる。

2. ネットワークを構成する拠点の考え方

ここでは対象とするネットワークを構成するためのノード（拠点）について記述する。

高速自動車国道や一般国道については、拠点間を連絡するために、その都市の指定の要件が明確化されていることを踏まえ、都市規模や交通拠点性から図1のとおり、

それぞれ200箇所の拠点を設定した。拠点間を連絡する上で、人口規模等を踏まえ、50 km以内に隣接する相対的に小さな都市については、対象外とした。これは、日本の都市の成り立ちから高密度な都市が主要な道路沿いに連たんする傾向が多く見られることから人口規模では多くの都市が対象となりうるが、トリップ距離により高速道路の利用率が向上する傾向があり、平成17年道路交通センサスによると、50km以上のトリップ高速道路の利用率が3割を超えることから、本論の対象として広域的な移動を考えた場合には50 km以内に隣接する拠点を対象としないことは妥当であるとする。

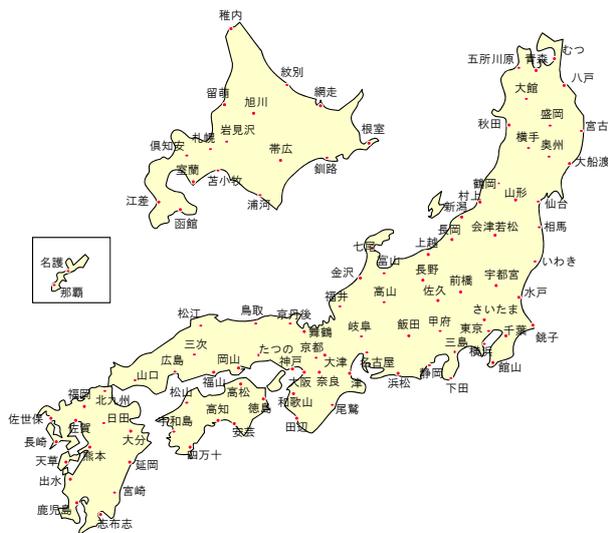


図1 対象とした拠点

3. 旅行速度を用いた広域道路ネットワークのサービスの状況

桐山⁶⁾が示すとおり、一般的には2地点間AとBの移動の円滑性に関するサービスを示す指標として「旅行速

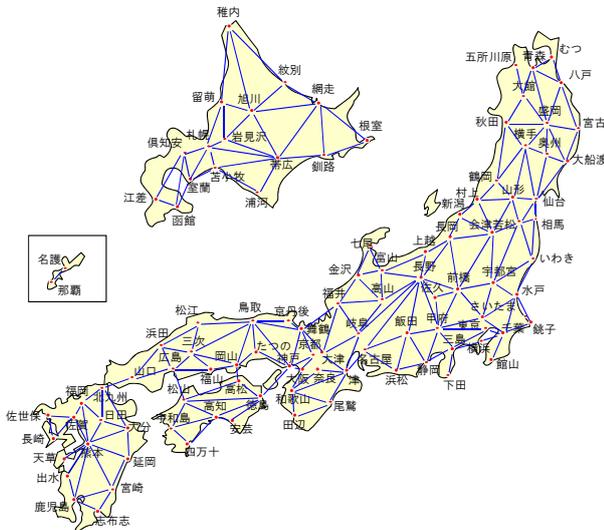


図2 対象とした全国のネットワーク

度」があげられる。そこで、前項で設定した拠点について拠点相互の距離が50 km以上のリンクを対象としてネットワーク構成を整理し(図2)、プローブデータを活用して拠点間の移動が最速となる、つまり時間が最短となるルートについて旅行速度を算出した。なお各経路の距離最短経路の延長は概ね50~250kmとなった。

ここで、最も望ましい移動としては、高速でかつ最短距離で拠点間が移動できることになるが、実際には、道路ネットワークが密になっていない、もしくは最短で高速に走行できる道路が結ばれていないなどの理由から、広域的な移動には選択できる経路が限られ、最速に移動をするには大きく迂回をせざるを得ない状況が生じることがある。従って、まずどの程度各拠点間の移動の際に迂回をしているのか、旅行速度と時間が最短となる経路(時間最短経路)、さらに距離が最短となる経路(距離最短経路)との関係を見てみると、表1のようになった。高速道路利用の割合との関係を見ると、どの拠点間の連絡でも活用されていることがわかる。

表1 対象とする拠点間の経路数と経路が異なる主な理由

| 対象とする拠点間 | 経路数 (高速利用) | 経路が異なる主な理由 |
|-----------------------|---------------|---|
| 対象とする拠点間 | 208 (183) | — |
| うち時間最短経路と距離最短経路が完全に一致 | 57 (38) | — |
| うち時間最短経路と距離最短経路がほぼ一致 | 86 (81) | ・現道に並行するバイパス等が存在し迂回した方が早い ・拠点中心部から最寄りICが遠い |
| うち時間最短経路と距離最短経路が一致しない | 65 (64) | ・距離最短経路とは異なる経路に高速道路が存在し、その経路の方が早い |

旅行速度と高速道路利用の割合との関係を見てみると、高速道路利用の高い区間について旅行速度も速くなる傾向があるが(図3)、一方、どの程度迂回しているか、時間最短経路と距離最短経路のそれぞれの延長の比を迂

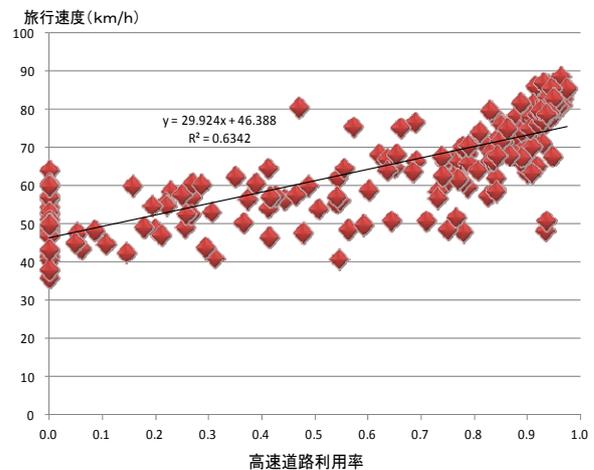


図3 旅行速度と高速道路利用との関係

回数 α として、そのリンク数の割合を旅行速度帯にわけて見てみると（図4）、旅行速度が高い層ほど、迂回している区間の割合が高いことがわかる。

従って、旅行速度で各拠点のサービスの状況を評価すると、2地点間の移動のサービスとしては過大になると考えられる。これは、実勢の旅行速度は高いものの、大きな迂回を強いられ、結果的に利用者からみたサービスの状況を見る上では不十分で、本来最短となる経路で高速に移動できれば得られるサービスに対して、迂回を強いられることによる負の価値が見込まれていないからであると考えられる。日本の場合は、欧米諸国と異なり、急峻で複雑な地形を有する国土の特徴から必ずしも直線的に拠点間を連絡できるわけではないため、広域的な視点で2地点間の移動性を評価するには、迂回状況を加味した距離に依存しない指標が必要となる。

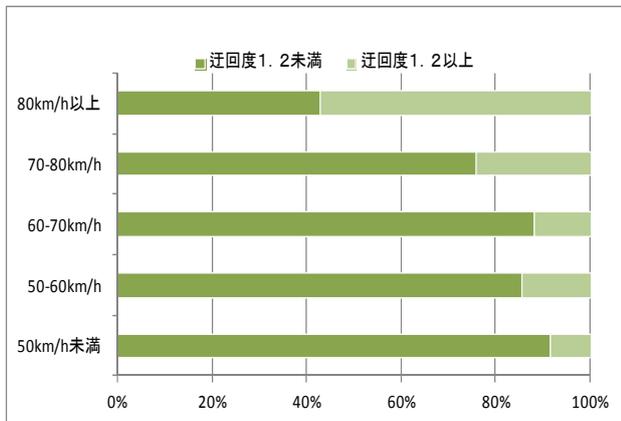


図4 旅行速度帯別の迂回の状況

4. 「連絡速度」を用いた広域的なネットワークサービスの評価

以上の課題を踏まえ、広域的な2地点間のサービスについて旅行速度に迂回状況を考慮した「連絡速度」を用いて評価を行うこととした。

連絡速度とは、「2地点間で通行できる最短の経路の移動距離（最短距離経路の距離）を、それらの地点間を最短で移動できる時間（最短時間経路の所要時間）で除したもの」と定めた。最短距離経路の距離 L_0 、最短時間経路の所要時間 T_1 とし、これを最短で移動できる経路の距離 L_1 と、迂回数 α を用いると、連絡速度 V_d は、

$$V_d = \frac{L_0}{T_1} = \frac{1}{\alpha} \times \frac{L_1}{T_1} = \frac{1}{\alpha} V_1 \quad (1)$$

$$\text{ただし、} \alpha = \frac{L_1}{L_0}$$

となる。改めて、各拠点間の旅行速度と迂回数から、各拠点間の連絡速度を算出した。さらに、迂回の大さ別に連絡速度の状況について、そのリンク数の割合を連絡

速度帯にわけて見てみると（図5）、連絡速度が低い層に、迂回している区間の割合が高くなっている。

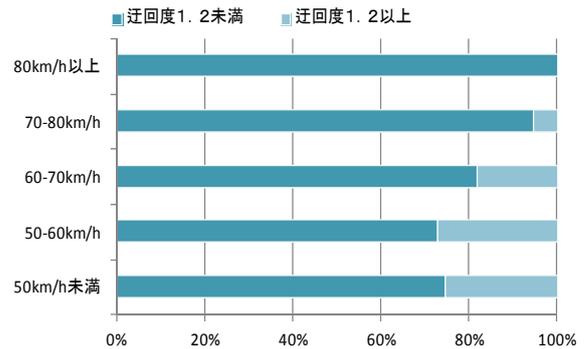


図5 連絡速度帯別の迂回の状況

次に、連絡速度を用いて広域道路ネットワークのサービスの状況を整理し評価検証を行った。各拠点間について連絡速度を4区分に分類したものが図6である。全体的には、地域によって差が大きく、平均は59km/h、半数以上は60km/hを下回る状況となった（図7）。一方、高速道路の利用割合別に見てみると、高速道路の利用が8割を超える区間では、連絡速度の平均は65.8km/hで、60km/h以上の割合が7割を超えている。

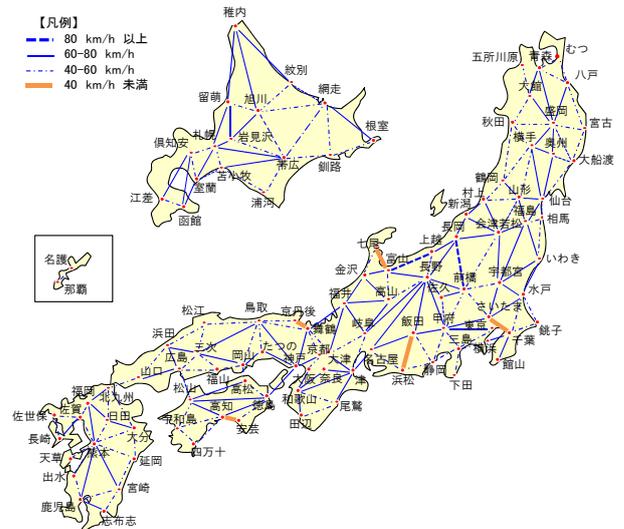


図6 全国の連絡速度の状況

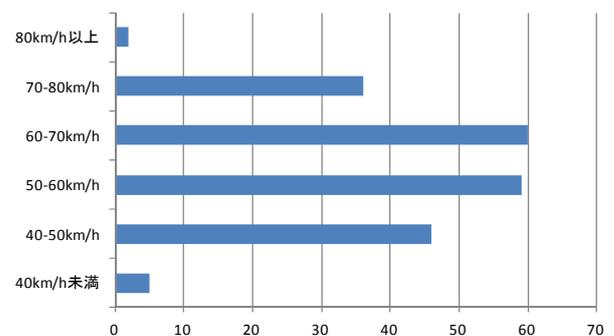


図7 連絡速度帯別拠点間数

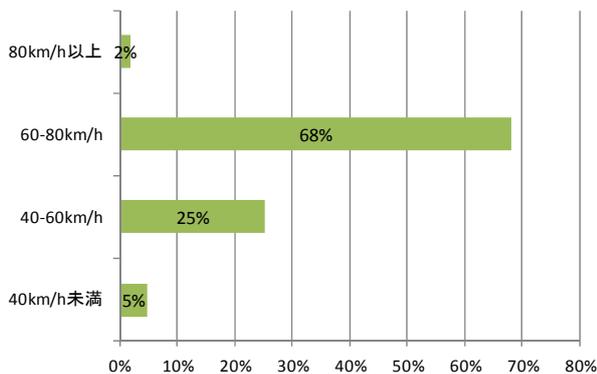


図8 連絡速度帯別拠点間の割合
(高速道路利用延長が8割以上の区間)

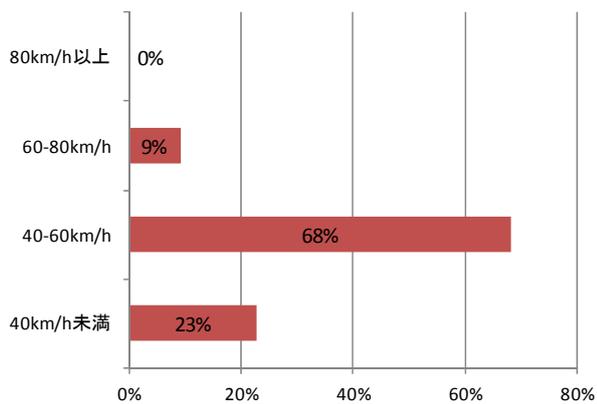


図9 連絡速度帯別拠点間の割合
(高速道路利用延長が2割未満の区間)

一方、図9に示すとおり、高速道路利用の割合が2割にも満たない場合は、平均では48.4km/h、9割が60km/h未満となり、40km/hにも満たない区間も2割以上存在する。

さらに、図10は、高速道路の利用割合と連絡速度の状況を散布図で示したものである。最小二乗法により近似式を求めると、高速道路利用率 x に対して、連絡速度 V_d との関係は、式(2)のとおりとなり、高速道路で結ばれた区間（つまり高速道路利用率が100%）で連絡速度は最大、66.7 km/hとなる。

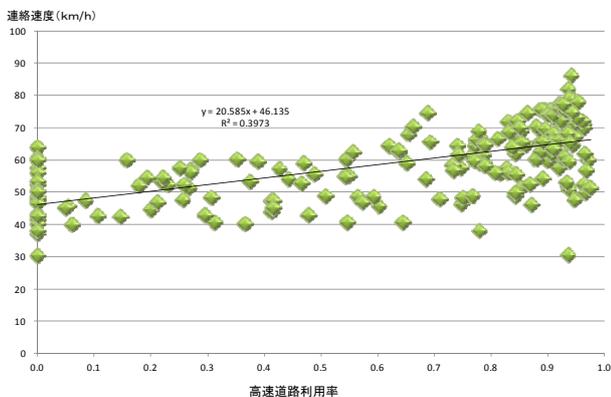


図10 連絡速度と高速道路利用率との関係

$$V_d = 20.585 x + 46.135 \quad (2)$$

$$(R^2=0.3973)$$

以上から、現在構築しているネットワークを評価する上では、連絡速度が60km/hに達しているかどうかを1つの目標とすることができると考えられる。

5. 「連絡速度」を用いた全国的なネットワークサービスの評価

次に、ブロック中心都市（仙台、新潟、東京、名古屋、大阪、広島、高松、福岡、の8都市）を拠点として、拠点間の迂回度と連絡速度を算出した（表2）。さらに、迂回可能な経路数として、高速道路を利用した迂回による実距離が1.5を上回らない経路を対象として算出を行った。なお、各経路の距離最短経路の延長は概ね200～600kmとなった。

表2 ブロック中心都市間の連絡速度

| 経路 | 迂回度 α | 連絡速度 (km/h) | 可能な迂回経路数 |
|--------|--------------|-------------|----------|
| 東京-仙台 | 1.0 | 81 | 0 |
| 仙台-新潟 | 1.2 | 67 | 0 |
| 東京-新潟 | 1.1 | 77 | 1 |
| 東京-名古屋 | 1.0 | 76 | 1 |
| 新潟-名古屋 | 1.1 | 73 | 1 |
| 新潟-大阪 | 1.0 | 74 | 1 |
| 名古屋-大阪 | 1.1 | 71 | 1 |
| 大阪-広島 | 1.0 | 74 | 1 |
| 大阪-高松 | 1.0 | 81 | 1 |
| 広島-高松 | 1.0 | 78 | 0 |
| 広島-福岡 | 1.0 | 80 | 0 |

その結果、迂回が大きい仙台と新潟間を除き、どの区間も70～80km/h程度の連絡速度であることがわかった。あわせて、高速道路を利用して移動できる経路について迂回が可能な経路を見てみると、必ずしも連絡速度が高いからといって代替となる経路があるわけではないこともわかった。

6. 「連絡速度」を用いた広域的なネットワークにおける階層性をもったサービス水準の提案

これまでの現在の広域的な道路ネットワークの利用状況から、ブロック中心都市間を結ぶような全国的なネットワークと、地域の中心都市等間を連絡するネットワークを対象とした際のサービス水準について、連絡速度と迂回との観点から、表3のとおり、2つの階層にてサービス水準について提案する。ただし、実証的に各拠点間の経路について、主となるリンクを上位階層とし、その階層へのアクセスは時間が短い、もしくはないためにほとんど無視できるものと仮定した。結果、次のような2

つの階層によるサービスを提案した。

ブロック中心都市間を連絡するネットワークは、拠点間の距離が200～600kmとなり、大都市間を結ぶまさしく国土の大動脈となる幹線道路のネットワークである。この場合は、連絡速度のサービス水準として80km/hを満たすことに加え、代替性についても確保できるネットワークが形成されていることが要件となる。もう一つは地域の中心都市等間を連絡するネットワークは、拠点間の距離が50～250kmとなり、地方ブロック間の移動を支える幹線道路のネットワークであるといえる。この場合は、連絡速度のサービス水準として60km/hを満たすことが一つの要件になると考えた。

表3 階層を考慮したサービス水準

| | 連絡速度 | 迂回経路数 |
|---------------------------|--------|-------|
| ブロック中心都市間を結ぶような全国的なネットワーク | 80km/h | 1以上 |
| 地域の中心都市間を連絡するようなネットワーク | 60km/h | — |

6. まとめと今後の課題

今回、広域的な拠点間を結ぶ道路による移動のサービスを表す指標として連絡速度という概念を用いて、高速道路の整備状況などから拠点間の連絡速度の有効性を示すとともに、迂回度も加えた、階層別のサービス水準についての提案を行った。今後は、以下の課題が挙げられる。まずは、今回提案した指標については、拠点間の経路の内、主となるリンクと当該リンクへアクセスするリンクについて、簡便な方法としてこれらを区別すること

なく拠点間の連絡状況を示した。しかし、階層ごとにサービスを明確にするためには、拠点間の状況によってどの階層の道路をどの程度利用しているか明らかにしていく必要があると考える。

また、道路計画上、どのようなサービス水準が望まれるのか、新たな事業の評価手法等計画論への活用についてさらに検討を行う必要があるほか、季節や時間帯に応じたサービス水準や代替性による指標との組み合わせや、鉄道や内航海運など他のモードも含めた連絡速度による結びつきや代替性の確保など、より多様なサービスのあり方について検討を深めていくことが肝要である。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会道路分科会評価部会第4回委員会資料、2011年6月
- 2) 下川澄雄, 内海泰輔, 中村秀樹, 大口敬: 道路の階層区分を考慮した交通性能照査手法の提案, 土木計画学研究・講演集土木計画学研究・講演集No.43, 2011年5月
- 3) 前田信幸, 喜多秀行: 道路交通サービスの水準評価の現状と展望に関する考察, 土木計画学研究・講演集 Vol: 26巻, 2002年
- 4) 大山達雄, 諸星穂積: 経路数え上げによるネットワークシステムの連結性の定量的評価とわが国道路網への応用, オペレーションズ・リサーチ, 2003年7月号
- 5) 高山純一, 大野隆: 連結性能から見た道路網の信頼性評価法, 土木計画学研究・講演集No.11, 1988年11月
- 6) 桐山孝晴: 道路のサービス水準の考え方について, 交通工学, 2005年1月号 (Vol. 40, No. 1)

A study on the service level of the highway networks considering the hierarchical network.

Takashi WADA, Makoto Kishida, Daisuke MARUYAMA and Yoshiaki YAMAUCHI

It is more important that the road network to support broad-based movement is evaluated from the necessity and effectiveness as a new evaluation method, in addition to the viewpoint of cost-benefit analysis of efficiency, based on the lessons of the earthquake East Japan. In this paper, we set the index is “connecting speed” that is described the services levels provided by the network that connects between the base. Connecting speed is calculated from the distance of the shortest path and the shortest time between the bases. We present that the connecting speed service levels are 60km / h or 80km / h those are able to indicate the status of the development of a wide-area network.