

96. 国土交通網整備と所要時間短縮効果の変遷に関する研究

On the Development of High-speed Transportation Network and its Effect on the Transition of Travel Time in Japan

安達 修平*・鈴木 勉**

Shuhei Adachi*, Tsutomu Suzuki**

High-speed transportation networks such as highway, bullet train, and airline play an important role in national spatial planning. However, these networks have been mainly constructed to improve accessibility between large cities. Thus, the effects of these networks in local cities have not been clarified sufficiently. In order to evaluate the transportation networks by travel time and regional balance, this study analyzes the change of travel time considering changes of networks from 1960 to 2035. First, we found out that network between Tokyo and Osaka had been connected first, networks which connect local cities had been constructed to reduce the disparity between cities. Second, the reduction of travel time occurred mainly by airline in Kyushu region, and by the Shinkansen in Tohoku region. Third, the construction of Linear Chuo Express is expected to improve the accessibility of Nagano and Yamanashi.

Keywords: high-speed transportation network, travel time, disparity, regional balance, national spatial planning

高速交通網, 所要時間, 格差, 地域バランス, 国土計画

1. はじめに

国土形成において、新幹線や高速道路をはじめとする交通基盤が重要な役割を果たしてきたことは論を待たない。しかし、これら新幹線や高速道路の整備により東京等の大都市間のアクセスを確実に便利にした一方、地方都市間を含めた国土全体のアクセス向上に繋がっているかどうかは自明でない。地域バランスを考慮した評価のためには、全国市町村の所要時間短縮を時系列で計測・比較することが必要である。

高速交通網がもたらした国土構造の形成を旅客交通の所要時間の観点から評価し、さらに高速交通網の整備について1つの高速交通手段に着目しバランス指標を作成し定量的に表すことで、国内市区町村間の高速交通網の整備度合の格差・優先順位の比較¹⁾²⁾や複数国間での比較³⁾⁴⁾⁵⁾を行ったものは数多くあるが、複数の交通手段の変遷を考慮して時系列にアクセシビリティの定量化を行ったものはあまりみられない。

本研究では、わが国高速交通網の変遷を概観した後、交通手段別に所要時間短縮効果を計測するために、平均所要時間、所要時間限界比、ジニ係数、寄与率などの評価指標を用いて交通網の整備による効果を定量的に表すことにより、市区町村別の時系列分析を行い、所要時間短縮効果の地域差と公平性、地域毎の所要時間短縮に寄与した交通手段を明らかにすることを目的とする。

2. 日本的高速交通網整備の変遷

我が国的高速道路の整備に着目してみると、1963年7月に日本初の都市間高速道路として名神高速道路が栗東IC～尼崎IC間で開通したのを皮切りに整備が進み、1965年7月に全通(小牧IC～西宮IC)し、さらに1969年に東名高速道路が全通(東京IC～小牧IC)した。その後、東名

高速道路、名神高速道路を軸として80年代までに中国自動車道、関越自動車道、東北自動車道が順次全通し現在に至る⁶⁾。一方、新幹線の整備を見てみると1964年10月に東海道新幹線が開業。高速道路の整備と同様にそれを軸として80年代までに山陽新幹線、東北新幹線、上越新幹線が開業し現在に至っている(表1)。高速交通網の整備によるアクセシビリティは地点間の直線距離と道路距離の比をみることや⁷⁾⁸⁾⁹⁾、時間距離を地図上の実距離によって把握できる時間地図をみることで明らかにできるが、多地域間の時間距離構造は2次元平面で表現するには限界がある¹⁰⁾。

表1 主な交通網の整備変遷

年月	開業区間
1964年10月	東海道新幹線開業(東京～新大阪)
1965年7月	名神高速道路全線開通(小牧～西宮)
1969年5月	東名高速道路全線開通(東京～小牧)
1975年3月	山陽新幹線全線開通(新大阪～博多)
1978年5月	新東京国際空港(現:成田国際空港)開港
1982年6月	東北新幹線開業(大宮～盛岡)
1982年11月	上越新幹線開業(大宮～新潟)
1983年3月	中国自動車道全線開通(吹田～下関)
1985年1月	関越自動車道全線開通(練馬～長岡)
1987年9月	東北自動車道全線開通(川口～青森)
1988年7月	新千歳空港開港
1994年7月	北陸自動車道全線開通(新潟中央～米原)
1994年9月	関西国際空港開港
1995年7月	九州自動車道全線開通(門司～鹿児島)
2005年2月	中部国際空港開港
2011年3月	九州新幹線延伸(博多～鹿児島中央)
2016年3月	北海道新幹線開業(新青森～新函館北斗)
2020年	新東名高速道路全線開通予定(海老名南～豊田東)
2023年	新名神高速道路全線開通予定(四日市～神戸)
2027年	リニア中央新幹線開業予定(品川～名古屋)
2031年	北海道新幹線延伸予定(新函館北斗～札幌)

技術の進展により交通手段そのものの移動速度が上昇することで我が国のアクセシビリティは大きく向上してきた。例えば新幹線の運行速度の上昇を、東京駅からの路線距離と所要時間を東海道新幹線の最速達種を対象にプロットすることでみると、最速達種別の移動速度は1964年の開業から増加

* 学生会員・筑波大学大学院システム情報工学研究科(University of Tsukuba)

**正会員・筑波大学システム情報系(University of Tsukuba)

しており、2015年までの半世紀で時速約100km/hの速度上昇がみられる(図1)。したがって、技術進歩も考慮した評価が必要である。

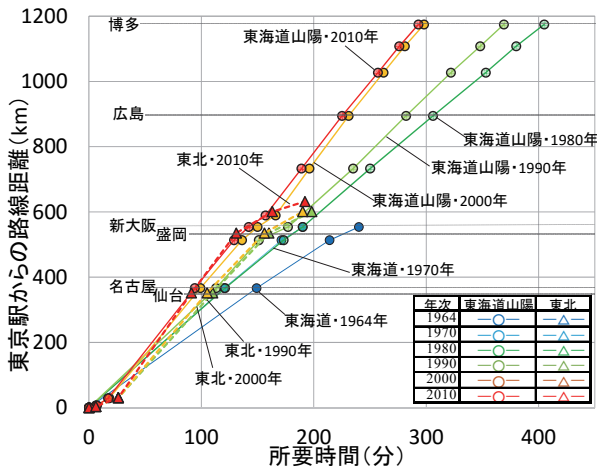


図1 新幹線の速度変遷

3. 研究の手法

3.1 全国交通網データの構築

全国デジタル道路地図と国土数値情報を基に、全市区町村を1960, 70, 80, 90, 2000, 10, 15, 25, 35年の1月時点の道路網、鉄道網、航空網、航路網、補助道路で結んだ全国交通網データを構築し、以下のルールで所要時間を計測した(図2)。

- ① 道路網上は、高速道路、都市高速道路、一般国道、主要地方道(都道府県道・指定市道)、一般都道府県道、指定市一般市道については、平成22年度交通センサス¹⁾による昼間12時間平均旅行速度で移動するものとする。速度は表2に示すとおりである。

- ② 鉄道網上は、新幹線については各年代についてそれぞれ主要新幹線駅間の路線距離・所要時間から設定を行う。また、在来線はJR(国鉄)・私鉄の全路線を対象とし、年代による路線の改廃を反映したうえで一律60km/hで移動すると仮定した。航空網上は旅客数上位30航路の空港間の大圏距離・飛行時間から設定した平均速度に搭乗手続き60分を加算した所要時間で移動する(表2)。

- ③ 島嶼部や主要航路については海路を移動する。

- ④ 道路網、鉄道網、航空網、航路網の交通網全てを用いた最速のルートで移動すると仮定する。

また、2025年のネットワークは2023年に延伸が予定されている北陸新幹線(金沢～敦賀間)および2027年に延伸が予定されている中央リニア新幹線(東京～名古屋間)、2035年のネットワークは2031年に延伸が予定されている北海道新幹線(新函館北斗～札幌間)等を組み込むことで将来の我が国の市町村間アクセシビリティをみる(図2)。中央リニア新幹線は環境影響評価準備書をもとにルートを定めた。また2025年、2035年ともに道路網・航空網については2015年(現在)のものを使用した。

表2 ネットワークの設定速度

道路階層	速度(km/h)	西暦	航空機	新幹線
高速道路	76.4	1960	$y=0.095x+35$	$y=0.43x-2.26$
都市高速道路	57.3	1970	$y=0.081x+35$	$y=0.34x-1.27$
一般国道	36.7	1980	$y=0.072x+31$	$y=0.34x-2.66$
主要都道府県道	31.1	1990	$y=0.071x+28$	$y=0.30x-2.06$
主要指定市道	21.7	2000	$y=0.070x+25$	$y=0.25x+7.56$
一般都道府県道	29.9	2010	$y=0.067x+25$	$y=0.24x+5.43$
一般市道	22.0	y : 所要時間(分)と x : 距離(km)の関係		

3.2 評価指標

アクセシビリティを表す指標として、全国市区町村(2015年基準、1896市区町村)間の全国市町村の人口重み付き平均所要時間と、限りなく交通網の整備が進んだと仮定した

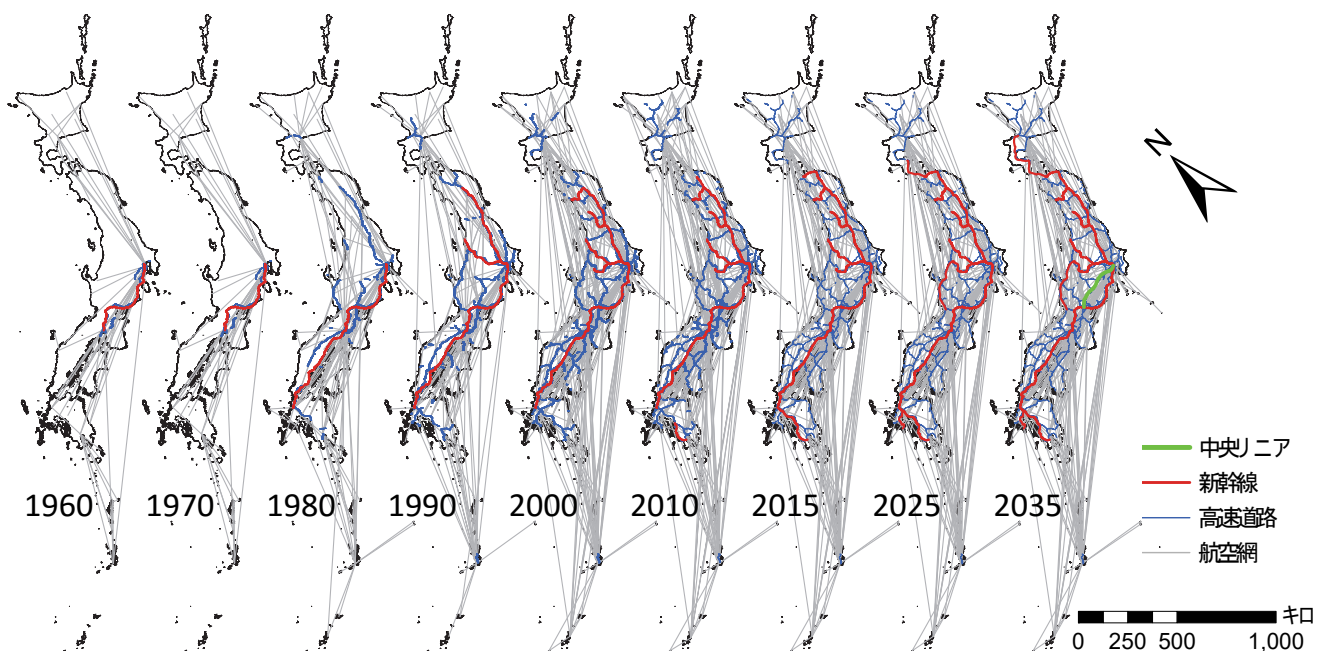


図2 ネットワークの整備変遷

ときにかかる限界所要時間（全ての2市区町村間が新幹線または航空機の速いほうで2016年現在の速度で直接結ばれたときにかかるとしたときの所要時間の平均）と各年の平均所要時間との比である**所要時間限界比**を求める。

ここで*i*を起点都市、*j*を終点都市、*n*を年次と定義すると平均所要時間 (T_{in})、所要時間限界比 (R_{in}) はそれぞれ以下のように定式化される。

$$T_{in} = \frac{\sum_j p_{jn} t_{ijn}}{\sum_j p_{jn}}$$

$$R_{in} = \frac{\sum_j p_{jn} t_{ijn}}{\sum_j p_{jn} t_{ij}^{\min}}$$

t_{ijn} : *n*年の都市*i*から都市*j*への所要時間 (分)

p_{jn} : *n*年の都市*j*の人口 (人)

t_{ij}^{\min} : 限りなく交通網の整備が進んだ時にかかる時間 (分)

平均所要時間は全国市区町村へのアクセシビリティの優

劣を表すものである。一方、所要時間限界比は限りなく整備が進んだときと比べて全市区町村へのアクセスがどの程度不便であるかを示しており、立地によるハンディキャップを除去したものとなっている。また、市区町村間の所要時間限界比の格差がどのような変遷を辿っているかを計測するため、**ジニ係数**を用いて我が国の交通アクセシビリティの格差の拡大縮小を明らかにする。さらに、2点間の移動について代表交通手段によって交通網未整備時からどれだけ所要時間の短縮が行われたかをその交通手段の**寄与率**として全市区町村で計測する。以上の4つの指標を組み合わせることで、アクセシビリティの変化とその要因となった交通手段（交通網の整備）を明らかにし、我が国の交通ネットワークがどのような優先順位をもって整備が進められてきたかを、アクセシビリティの格差の観点から評価する。

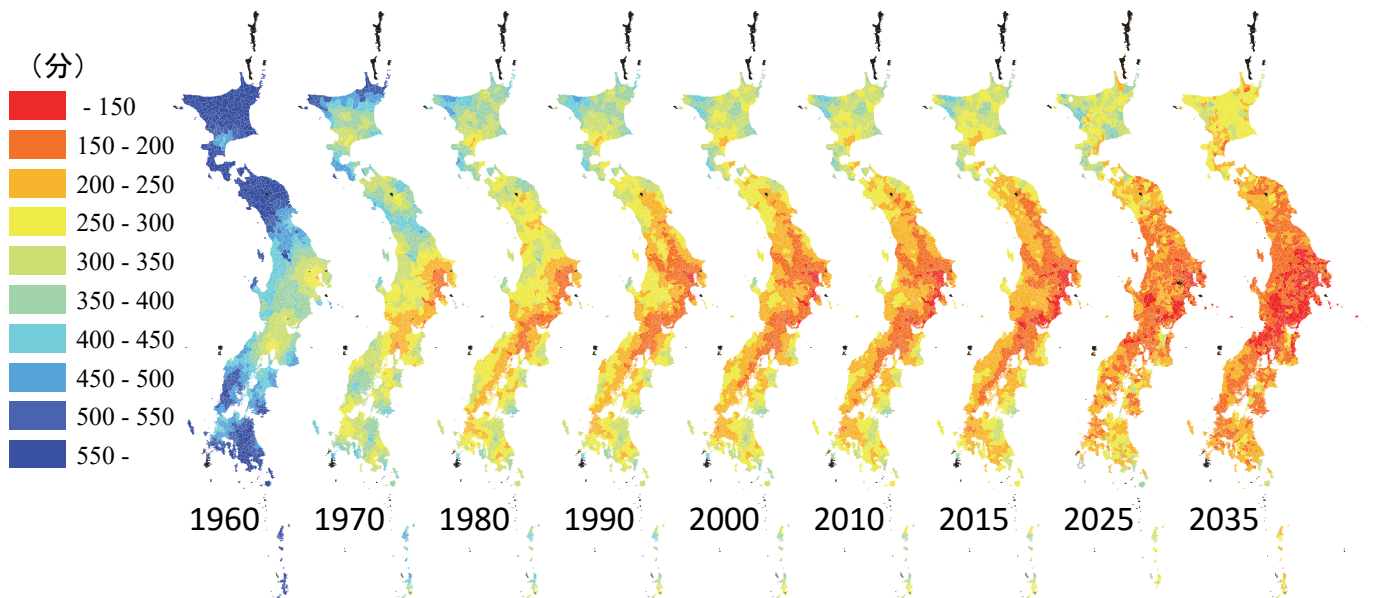


図3 平均所要時間の変遷

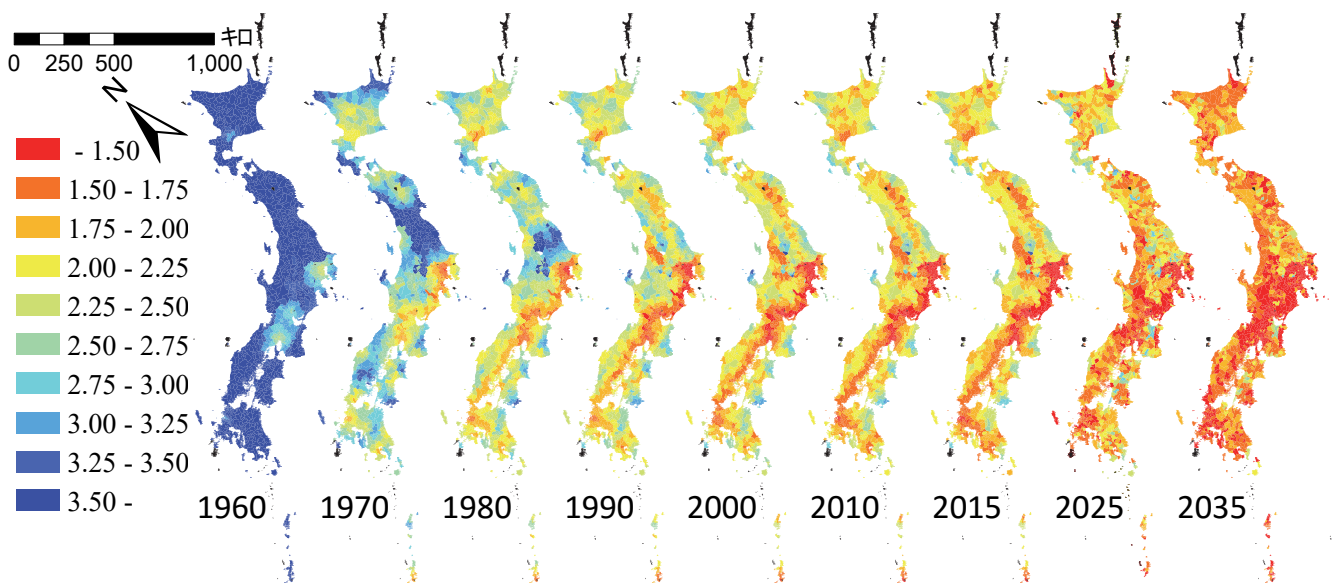


図4 所要時間限界比の変遷

4. 地域別所要時間の時系列分析

4.1 平均所要時間・所要時間限界比の推移

図3および図5より我が国の市区町村別の平均所要時間の推移をみると、1960～70年の10年間で整備が行われた東海道新幹線、東名高速道路、名神高速道路はその沿道および沿線だけでなく日本全国にその整備効果が波及し、多くの都市の平均所要時間を押し下げていることがわかる。国土の中央に位置する本州太平洋側の都市でどの年代においても他地域へのアクセスが相対的に良いことがわかる。反対に、札幌市や鹿児島市など外延部ほど他地域へのアクセスに多くの時間がかかる。このように市区町村毎に平均所要時間をとって比較を行うと、場所の違いによる影響が強く表れることがわかる。図4および図6から場所によるハンディキャップを取り除いた所要時間限界比をみると、首都圏や京阪神圏から整備が行われ、その後中国地方山陽地区や九州地方、東北地方のアクセス改善が図られたことがわかる。平均所要時間では他地域へのアクセスが比較的良好な場所とされた北関東や北陸地方は、所要時間限界比をみると値が高いまま推移しており、その立地の良さと比べると高速交通網の整備による恩恵をあまり預かっていないことがわかる。一方で、平均所要時間では他地域へのアクセスが相対的に良くないとされた札幌市や鹿児島市では、所要時間限界比をみると値が低くなっている。

1970年代や1980年代の西日本で顕著に見られるように

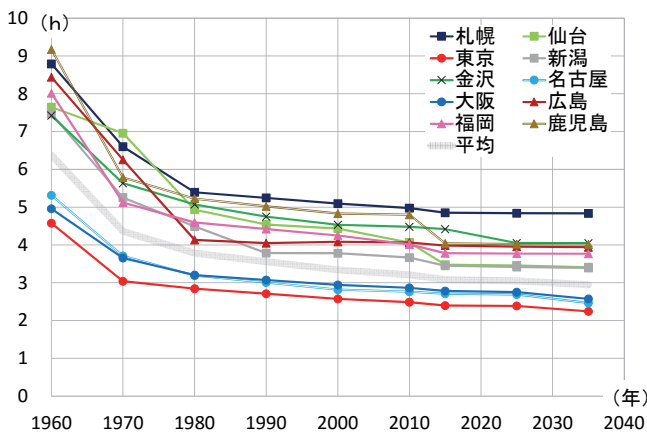


図5 11都市の平均所要時間

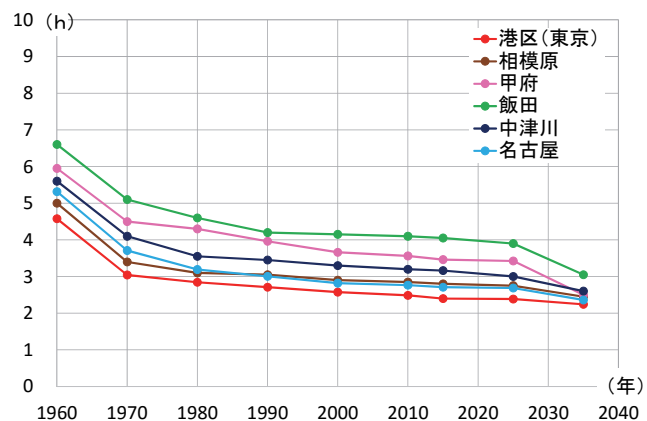


図7 中央リニア開業予定6都市の平均所要時間

新幹線の整備は面的にアクセス改善の効果を伝えやすいのに対し、同年代の北日本のように航空網の整備が進んだ地域では局地的にアクセスの良い場所が広がっており、航空網の整備は点的にアクセス改善効果をもたらすことがわかる。

初期に整備された交通網ほどアクセシビリティの向上に大きな影響を与える一方、近年は大都市を中心に所要時間限界比が1.3を割るような、交通網の極めて充実した自治体も増加しており、交通網の整備による平均所要時間、所要時間限界距離比の顕著な変化を見ることは難しくなっている。例えば、図7および図8は2027年開業予定の中央リニア新幹線の駅が設置される6つの自治体（東京都港区、相模原市緑区、山梨県甲府市、長野県飯田市、岐阜県中津川市、名古屋市中村区）の平均所要時間と所要時間限界比の推移を示したものである。港区や名古屋市中村区では中央リニア整備前から東海道新幹線等の高速交通網が整備されているため、中央リニア開業による平均所要時間と所要時間限界比に反映される影響は限定的なものである。しかし、甲府市や長野県高森町、中津川市などでは2025年から2035年にかけて平均所要時間と所要時間限界比がともに大きく押し下げられており、2027年の中央リニア開業による効果が大きいことが分かる。

4.2 地域間格差の推移

また、平均所要時間と所要時間限界比のジニ係数を求め

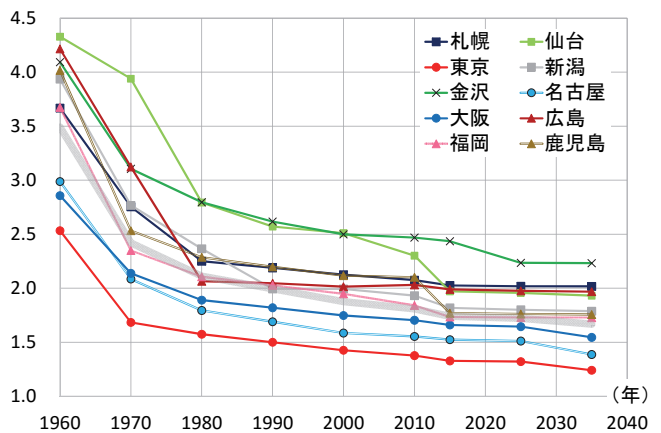


図6 11都市の所要時間限界比

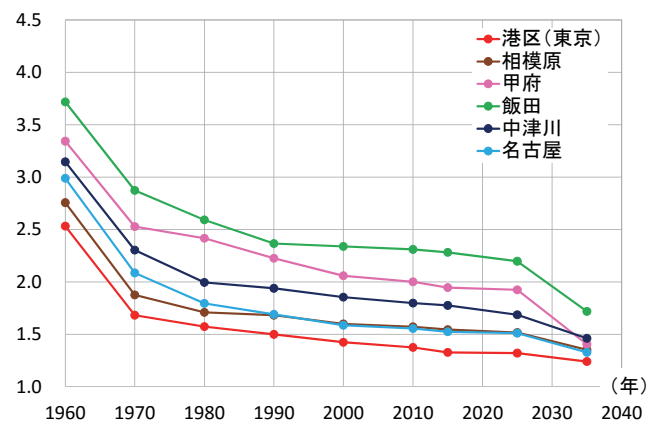


図8 中央リニア開業予定6都市の所要時間限界比

国内の地域間格差をあらわしたものが図9である。場所によるハンディキャップを除いた所要時間限界比は東海道新幹線の建設で一度値が大きくなる(格差が広がる)ものの、その後は2015年まで通減を続ける。しかし、新東名・新名神高速道路、中央リニア新幹線などの本州中央部の高速交通網のバイパス路線の開業が反映される2025年および2035年のネットワークでは値が反発する。

他方、平均所要時間のジニ係数は1980年まで減少したあと、一度値が大きくなるがその後は所要時間限界比と連動する。これによると我が国のネットワークはまず、大都市間のネットワーク整備が行われ、次に地方の末端まで延びるネットワークの整備が行われることで高速交通網の格差を縮小させた。しかし中央リニア新幹線の建設により再び格差が増大することがわかる。

5. 交通手段別寄与率の比較

5.1 代表交通手段の判別と所要時間の交通手段別割合

ある2都市間の移動において用いられた代表交通手段を定義し、これによって市区町村毎にどの高速交通手段が所要時間短縮効果をもたらしているかを明らかにする。本分析では、2点間の移動について複数の交通手段を用いている場合であっても、全行程を代表交通手段(航空機>リニア>新幹線>在来線>高速道路>一般道・航路の優先順)によって移動したと仮定する。

2点間の移動にかかる所要時間を、航空機を用いた時間、新幹線を用いた時間、在来線を用いた時間、高速道路を用いた時間(2035年は中央リニア新幹線を用いた時間も含む)に分けることで、都市*i*における*n*年の代表交通手段*l*の所要時間短縮への寄与率(C_{iln})を定義する。

$$C_{iln} = \frac{\sum_{j|m_{ijn}=l} (t_{ij}^{\max} - t_{ijn})}{\sum_{j|m_{ijn}=l} p_{jn} t_{ij}^{\max}}$$

t_{ij}^{\max} : 都市*i*から*j*までの一般道・航路での所要時間(分)

m_{ijn} : *n*年の都市*i*から*j*までの代表交通手段

寄与率は国内の交通網が一般道路および航路のみと仮定した際の所要時間からの短縮時間に占める交通手段別の所要時間短縮割合を意味している。したがって、各交通手段の寄与率の高い地域を明らかにすることで、高速交通網ごとの地域への影響度を捉えることが可能である。

5.2 寄与率の分析

高速交通網が未整備状態のときの国民1人あたりの平均所要時間がどの交通手段によってどの程度短縮されたかを表した平均寄与率(C_{ln}^{ave})が図10である。

$$C_{ln}^{ave} = \frac{\sum_i \sum_{j|m_{ijn}=l} (t_{ij}^{\max} - t_{ijn})}{\sum_i \sum_{j|m_{ijn}=l} p_{jn} t_{ij}^{\max}}$$

どの年代についても所要時間の短縮に最も貢献している交通手段は航空機であることがわかる。しかしながら、2000年以降は新幹線による短縮効果が短縮効果全体の25%を占めるようになり中央リニア新幹線開通後の2035

年には32%まで達する。

市区町村別に航空網による寄与率の変遷を表した図11をみると北海道地方や九州地方では航空網の整備によるアクセシビリティ改善効果大きい。また、時系列を追って航空網による寄与度変遷をみると、新幹線や高速道路の整備とも密接にかかわっていることがみてとれ、東海道山陽新幹線開業後の1980年では航空網による寄与率は全国的に低下するが、70年代後半から空港や航空網の整備が全国的に進むことで1990年には航空網による寄与度が80%を超える地域が増加する。また北陸新幹線と中央リニア新幹線の整備による影響をみることもできる。石川県では北陸新幹線が延伸されるまで航空網による寄与が70%を超えていたが、延伸後は50%以下に減少した。また、中央リニア新幹線は沿線以外でも広い範囲で整備による影響をみる事が可能であり、東京～名古屋間の部分開業であっても近畿以西に所要時間短縮効果をもたらすことがわかった。図12では航空機による短縮時間そのものを表しており、寄与率こそ新幹線やリニアに押されているが短縮時間そのものは増加しておりアクセス改善に寄与していることが分かる。

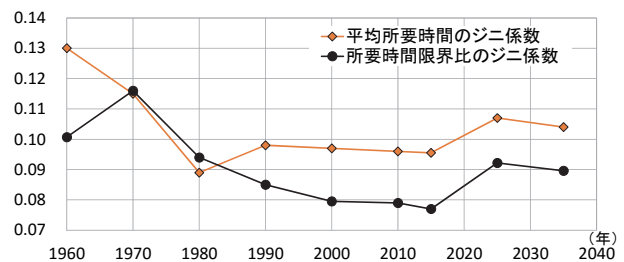


図9 平均所要時間と所要時間限界比のジニ係数

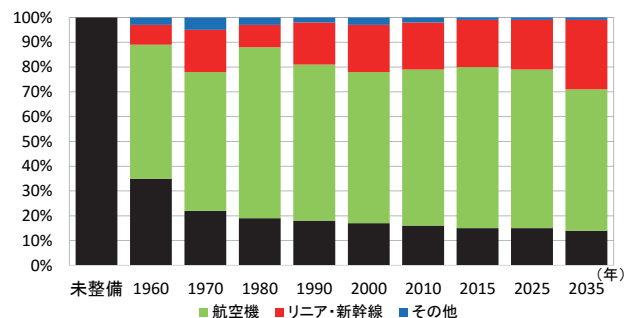


図10 交通手段別寄与率の変遷

6. おわりに

本研究では、平均所要時間および所要時間限界比と、それらのジニ係数、交通手段別の寄与度を用いることで高速交通網の整備順序と格差、交通手段・路線ごとの影響について市区町村ごとに変遷を見ながら明らかにした。結果として以下のことが明らかとなった。

- ① 我が国の高速交通網整備は二大都市間を軸にその後格差を埋めるように地方への整備が進められた。
- ② 九州地方や北海道地方では航空網の、東北地方や北陸地方では新幹線の整備効果が大きい。

③ 中央リニア新幹線の整備は、沿線に留まらず広範囲にわたってアクセシビリティ改善効果をもたらす。

本稿の成果は、速達性と公平性のバランスを意識した時間効率性の評価に留まっているが、バランスのよい国土交通網形成については、ネットワークの冗長性と効率性のトレードオフも重要な観点である。これについては今後の課題である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25242029, 26560162, 26289170 の研究成果の一部である。また、慶應義塾大学栗田治教授、鶴飼孝盛助教、首都大学東京講義亮助教には貴重なコメントを頂戴した。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Fröidh, O. (2005): Market effects of regional high-speed trains on the Svealand line. *Journal of Transport Geography*, **13**(4), 352-361.
- 2) 三浦英俊 (2013): 格子状道路モデルを用いた国土係数理論の導出と日米英の地域別道路総延長の比較. 都市計画論文集, **48**(2), 153-158.
- 3) Kim, H., Sultana, S. (2015): The impacts of high-speed rail extensions on accessibility and spatial equity changes in South Korea from 2004 to

2018, *Journal of Transport Geography*, **45**, 48-61.

- 4) 荻原剛・蛭子哲・岡英紀・西村巧 (2014): 都市間交通のサービス水準に関する国際比較～総合的な交通体系の構築に向けて, IBS-研究報告活動, 3-5.

5) Hsu, C. I., Chung, W. M. (1997): A model for market share distribution between high-speed and conventional rail services in a transportation corridor. *The Annals of Regional Science*, **31**(2), 121-153.

- 6) 国土交通省 (2015): 今後の高速道路のあり方 中間とりまとめ, http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/hw_arikata/chu_matome2/01.pdf, 2015.10.12 閲覧.

7) 腰塚武志・小林純一 (1983): 道路距離と直線距離, 日本都市計画学会学術研究発表会論文集, **18**, 43-48.

- 8) 西沢明 (1987): 直線距離と道路距離による道路網の利便性評価, 地域学研究, **18**, 145-164.

9) 森田匡俊・鈴木克哉・奥貫圭一 (2014): 日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究, GIS-理論と応用, **22**(1), 1-7.

- 10) 清水英範・井上亮 (2004): 時間地図作成問題の汎用解法, 土木学会論文集, **765**, 105-114.

11) 国土交通省 (2015): 平成 22 年度道路交通センサス一般交通量調査集計結果整理, <http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/data/pdf/syuukei04.pdf>, 2015.6.28 閲覧.

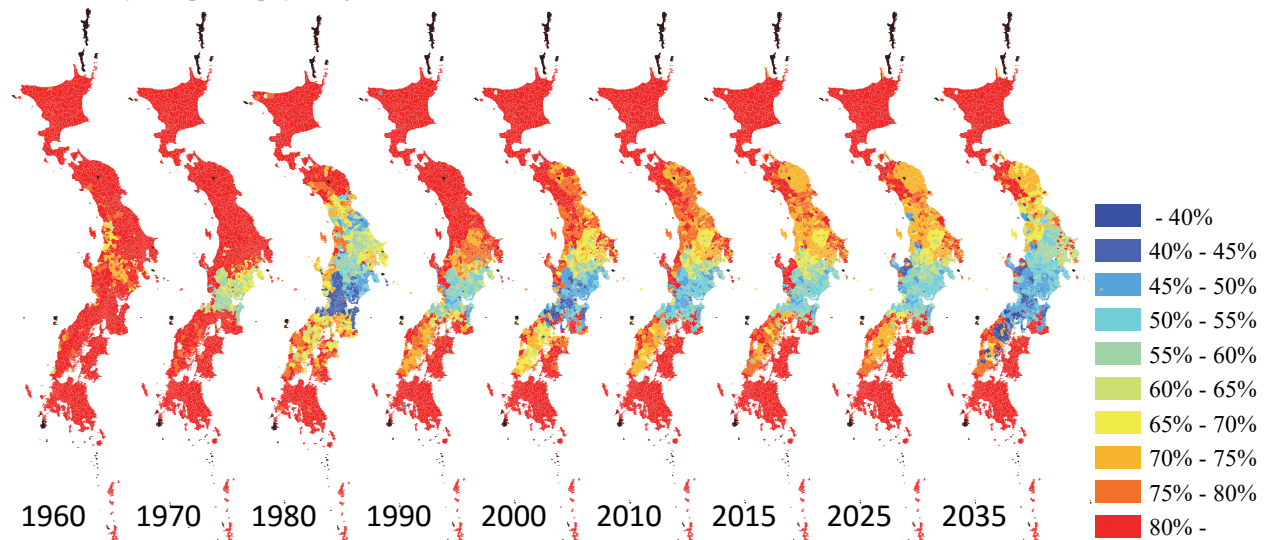


図 11 航空網による寄与率の変遷

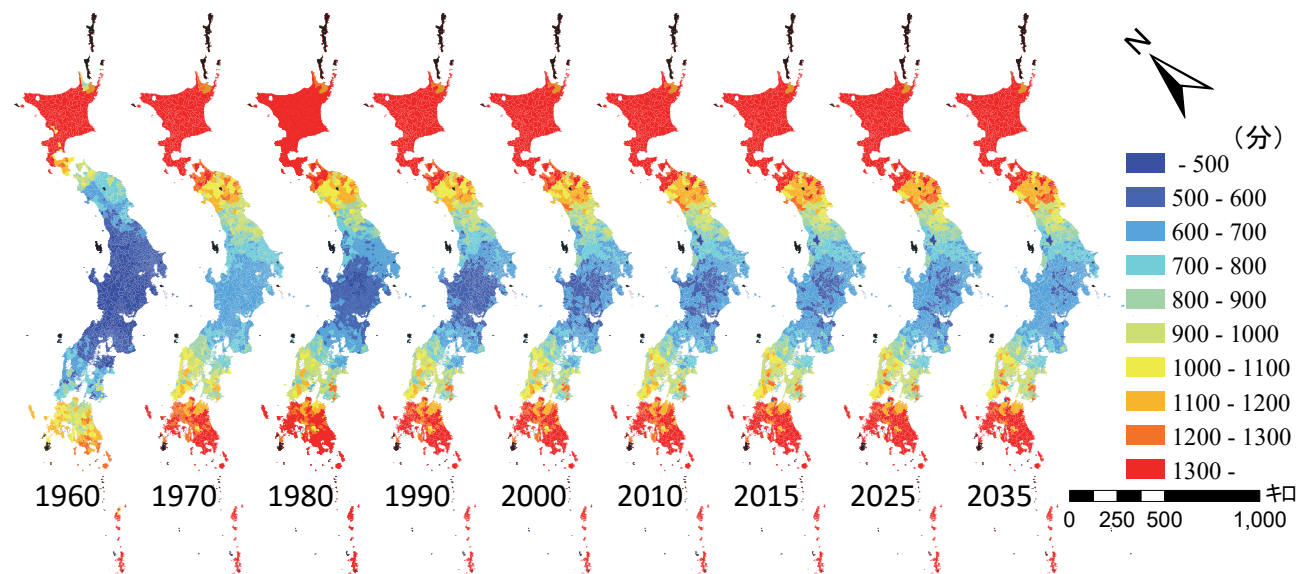


図 12 航空網による短縮時間の変遷