

地域間交流可能性に関する 多様度の長期推移計測

波床 正敏¹

¹正会員 大阪産業大学教授 工学部都市創造工学科(〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1)

E-mail: hatoko@ce.osaka-sandai.ac.jp

国土計画をはじめ、近年しばしば「多様」が重要な概念として取り上げられるようになったが、それを定量的に計測することは十分に行われていない。そこで、その全国的な交流パターンの多様性が長期的に地域発展に与えてきた影響の分析することを最終的な目標としながら、本研究では全国的な交流パターンの多様性の長期的な変化を計測した。

1898年以降の8年次について期待所要時間（EVTT）を計測し、それをもとに都道府県間交通量や交流可能性量を推計し、量的な面と多様度の面から長期的推移を示した。その結果、交通量の面、交流可能性の面ともに年次を経るにつれて量が拡大するとともに、多様度についても上昇していることがわかった。しかし、近年は交通量、交流可能性ともに量も多様度も伸びが鈍化していることが確認できた。

Key Words : diversity, accessibility, inter-regional transportation, long-term

1. はじめに

(1) 研究の背景

国土計画をはじめ、近年しばしば「多様」が重要な概念として取り上げられるようになった。例えば、最近の国土計画である国土形成計画の全国計画（平成27年8月閣議決定）では、「多様」のキーワードが様々な使われ方をしながら215箇所（除く目次）で登場する。しかし、「多様」の概念は重要であるとの前提で語られていることは明確ではあるものの、具体的に多様であることがどのような結果をもたらすかについては、生物多様性関連を除き、定性的に語られるだけであり、定量的な影響についてはほとんど明らかにされてこなかった。

例えば、本研究で取り上げようとしている交流の多様性についても、「多様な対流」という表現で同計画に登場しているが、定量的にはどのような状態なのかについて明確ではないばかりか、多様性を定量的に計測することすら行われていない状況にある。

(2) 本研究の目的

本研究の問題意識としては、都市間交通を介しての地域間交流に着目し、その全国的な交流パターンの多様性が長期的に地域発展に与えてきた影響を分析することを最終的な目標とする。ただし、本論文の目的としては、このうち全国的な交流パターンの多様性の長期的な変化

を計測することとする。

都市間交通の交流パターンの多様性が地域に与える影響については、詳細は後述するが、短期的な生産性の向上に寄与するという観点と長期的な環境変化に対する強靱性という観点が存在すると思われるが、都市間交通整備の影響が極めて長期的であるということを考慮すると、後者の視点で研究することが重要ではないかと思われる。

2. 国土構造に関する多様性について

(1) 多様性の考え方

多様性は生態学分野で重視されてきた概念であるが、その考え方^{1)~4)}を国土構造に当てはめて考察すると次のようになるのではないだろうか。

(a) 直接的利用価値

生態学では将来の効率改善の視点から多様性を重視する考え方である。国土構造について類推すると、滅多に必要としない機能であっても国土にとって重要なものもあるので地域の機能が多様であったり、他地域と交流できた多様な機能が使えることは重要だという考え方になるとと思われる。

(b) 高い生産性

生態学では、多様な生物から構成される生態系の方が少数の種で構成される場合よりも生産力が高いという考え方である。国土構造について類推すると、地域に多様

な機能が備わっていたり多様な機能にアクセスできると社会のニーズにマッチしやすく、地域が活性化する可能性があるため、多様性は重要だという考え方になると思われる。

(c) 長期的な環境変化への対応

生態系では生物が様々な環境に適応して生き延びてきたのは、生態系の多様性が大きな役割を果たしてきた。静的には高効率な種で占有される方が生産性が高くなるのは当然だが、高効率を発揮できる環境が限られていると環境変化に弱く、多様性が確保されている方が生態系全体として環境変化に対して強くなるという考え方である。国土構造についてあてはめると、社会のニーズの変化に対して、多様な地域の機能が備わっていたり、多様な機能にアクセスできる方が不確実性に対して強いという考え方ができる。

(d) 多様な文化への貢献

生態系では、人間文化が生物多様性に依存しており、地域固有の生物がその土地の文化を生み出してきたという面があるとの考え方をしている。これを国土構造にあてはめると、多様な機能が備わっていたり多様な機能と交流できることは地域文化に影響を与えるという考え方ができる。

上記に述べた国土構造における多様性の各役割については、今後、本研究を含めて調査され、分析される対象となるものであると考える。本研究では、国土構造に関する多様性のうち、交流の多様性に着目して分析する。

3. 本研究の分析方法

(1) 交流可能性の計測方法

交流可能性指標については、これまでに様々な計算方法が考案されているが、指標に求められる特徴としては①地域間の空間的抵抗が小さいほど指標値が大きい（交流の発生可能性）、②交流した際の訪問地における接触可能時間が長いほど指標値が大きい（交流の質）、③交流元や交流先の規模が大きいほど指標値が大きい（交流の量）、という方法が求められるのではないかと考えられる。

上記①③を満たす指標としては例えば重力モデルなどを使った流動量推定式が使用できると考えられ、②については一定時間内で往復する際の訪問地で有効に活動に利用できる時間の大きさ⁵⁾を使うという方法が考えられる。以上を考慮し、本研究では以下の式(1)を使って交流可能性指標を計算して分析することとした。

$$ACS_{ij} = F_{ij}^{(estimate)}(W - EVTT_{ij} - EVTT_{ji}) \quad (1)$$

ACS_{ij} : ij 間の交流可能性値

$F_{ij}^{(estimate)}$: ij 間の流動量推定値

W : 往復の時間帯の長さ（ここでは1080分⁵⁾）

$EVTT_{ij}$: ij 間のEVTT（期待所要時間⁶⁾）

(2) 期待所要時間の計測と対象年次

EVTT(Expected Value of Traveling Time: EVTT)⁶⁾は、都市間交通で運行されている便ごとの所要時間や乗り継ぎ等を考慮でき、各便の所要時間が小さく、運行頻度が高いほど指標値が小さくなり、また各便の所要時間や運行本数が同じ場合でも、団子運転のような実質的な利便性が低い場合、あるいは便によって費用が大きく異なっていて実質的に利用できる便が限られる場合などには指標値が大きくなる。実際のダイヤに沿って算出することで、乗継ぎの良否についても考慮できる。EVTTは利用者(需要側)の実際の移動抵抗のうち、都市間交通における移動時間の特徴を考慮した指標となっている。

本研究では、表-1のような分析対象年次について調査した。各年次の概要についても、同表に示した。

(3) $F_{ij}^{(estimate)}$ の推計方法

本研究での交流可能性指標には、式(1)のように指標計算の一部に流動量推定値 $F_{ij}^{(estimate)}$ を組み込むこととしたが、これについては以下の式(2)で示された重力モデルを用い、実際のパラメタ推定は両辺の対数をとった式(3)を用いた。

$$F_{ij} = \alpha P_i^\alpha P_j^\beta \exp(\gamma EVTT_{ij}) \quad (2)$$

$$\ln(F_{ij}) = \alpha \ln(P_i) + \beta \ln(P_j) + \gamma EVTT_{ij} + \delta \quad (3)$$

F_{ij} : ij 間の旅客流動量(千人/年)

P_i, P_j : 都道府県人口(千人)

$EVTT_{ij}$: ij 間のEVTT(分)

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$: パラメタ

パラメタ推定に用いるデータは、旅客流動量は2010年の幹線旅客純流動調査(秋期平日、鉄道および航空)、都道府県人口は2010年の国勢調査人口を用いた。EVTTは2010年の沖縄を除く都道府県を結ぶ幹線鉄道網(JR・第3セクター)および航空路(1日5往復以上の路線)を分析対象とした。バスや航路などについては空港アクセス交通以外は原則として考慮していない。これら条件で最小自乗法によりパラメタを推定した結果が表-2である。以後、式(2)式(3)および表-2の値を用いて $F_{ij}^{(estimate)}$ を計算し、それを用いて式(1)により交流可能性値を計算する。

(4) 多様性の計測方法

都道府県間流動が特定のOD間で顕著に多く、全体の流動量が拡大してもそれが偏在していると、長期的には

表 1 分析対象年次と使用資料および概要

年次	資料	概要
1898年	汽車汽船旅行案内 (明治31年8月1日発行)	鉄道網の骨格が形成されつつあるが、鉄道が未整備、或いは整備されていても東海道線などを中心とするネットワークに接続していない県が17(秋田、山形、新潟、山梨、富山、和歌山、鳥取、島根、徳島、香川、高知、愛媛、山口、大分、宮崎、長崎、鹿児島)ある。
1915年	公認汽車汽船案内 (大正4年2月1日発行)	奥羽線、北陸線、信越線、中央線、鹿児島線などが全通し、山陰線、日豊線なども一部開通したため、ほとんどの都市が鉄道でつながった。しかし、四国4県と宮崎は未整備である。
1934年	鉄道省編纂汽車時間表 (昭和9年12月1日発行)	羽越線、日豊線、山陰線などが全通するとともに、高山線、伯備線、豊肥線などの横断線路も整備され、土讃線を除き幹線はほぼ完成している。また、一部に航空路線が開設されているが、運賃や運送力の面で交通ネットワークとしてはまだ一般的ではない。
1950年	日本国有鉄道編集時刻表 (昭和25年10月1日発行)	交通ネットワーク自体は1934年時点と大差ないが、GHQの軍用輸送が行われるなど、第二次世界大戦の影響が残っている。経済的に疲弊しているため、交通網に対する大規模な投資はほとんど行われていない。戦争の影響でこの時点においては、航空路線は存在していない。
1961年	日本国有鉄道編集時刻表 (昭和36年10月1日発行)	新幹線開業3年前で、在来線については現在とほぼ同じネットワークが完成し、複線化、電化等の輸送力増強が進められている。東海道線などでは優等列車が多数運行され、スピード、フリークエンシーの面で地方との差が生じている。また、航空路線が増しつつある。
1975年	国鉄監修時刻表 (昭和50年10月1日発行)	東海道、山陽新幹線が全通し、航空路線もかなり普及している。特に新幹線の延伸の影響として、西日本方面の交通利便性が比較的高くなった時期でもある。
1990年	JR時刻表 (平成2年3月1日発行)	東海道、山陽、東北、上越の各新幹線が開業し、青函トンネル、瀬戸大橋の開通によって、北海道、本州、四国、九州の全都道府県が鉄道でつながっている。航空路線も増加し、沖縄を含めたネットワークができていく。
2010年	JTB時刻表 (平成22年10月1日発行)	九州新幹線、北陸新幹線、東北新幹線の各整備新幹線が部分開業している。また、秋田、山形の各ミニ新幹線も運転されている。

表 2 重力モデルの係数推定

決定係数		0.7965	
自由度調整済み決定係数		0.7963	
観測数		2292	
項	推定値	t値	p値
P_i	$\alpha = 1.0779$	44.84	<.0001
P_i	$\beta = 1.0752$	44.80	<.0001
EVTT	$\gamma = -0.005676$	-32.01	<.0001
定数項	$\delta = -11.0828$	-34.96	<.0001

p_i : i の生起確率

この式で計算される値はシャノンのエントロピーとも呼ばれ、単位は物理量としては無次元であるが、通常はビット (bit) が用いられる。この指標は事象数が多くなればなるほど大きな値となり、ある事象が集中して生起する場合に小さな値をとるため、多様性を表現する指標として利用することができる。なお、式(4)では対数の底が2となっているが、他の値 (例えば、eや10) を底として計算した場合についても結果は式(4)による結果の定数倍になるだけで基本的な表現内容は同じである。

本研究では、交流可能性のパターンについて、上述の方法で情報量として多様度を計算して分析する。具体的には、交流可能性値の各ODを総合計値で除して確率に変換し、式(4)によりビット換算した。ただし、少数の遠距離間の組合せでは交流可能性値が負になる場合があり、その場合は計算から除外した。

4. 流動の全体的パターンの推移について

(1) 交流量総数とその多様性の推移

表-1に示した各年次について、3.(3)の方法で都道府県間流動を推計した。また、各ODが前流動量に占める割合を計算した上で、式(4)を用いて多様性指標としてシャノンのエントロピーを計算した。図-1は横軸に全国の都道府県間流動の総数を、縦軸にシャノンのエントロピー (bit) を使って多様度を示したものである。都道府県間の組み合わせが有限である関係上、本分析における多様度の上限は約11 bitである。

地域発展の差異を生じる可能性がある。また、多様性は地域全体の変化への対応力に影響があると考えられる。そこで、本章では前章で推計した流動量と交流可能の各分布の偏在状況を定量指標で明らかにする。

分布の多様性あるいは偏在状況を定量的に表現する方法としては、都市地域計画分野ではまだ適用事例は多くはないが^{7),8)}、生態学分野では生物の多様性が重要な視点であるため、情報量を計算することで定量化する手法が確立されており、計算方法については教科書レベルの入門書^{9),10)}で説明されている。

生態学の論文の中で一番良く使われるのはマッカーサーの多様度指数であるが、本研究では情報理論で用いられるシャノン・ Weiner (Shannon-Wiener) 関数を用いて計算することとする。

$$H = -\sum_i (p_i) \log_2(p_i) \quad (4)$$

H : 平均情報量 (bit)

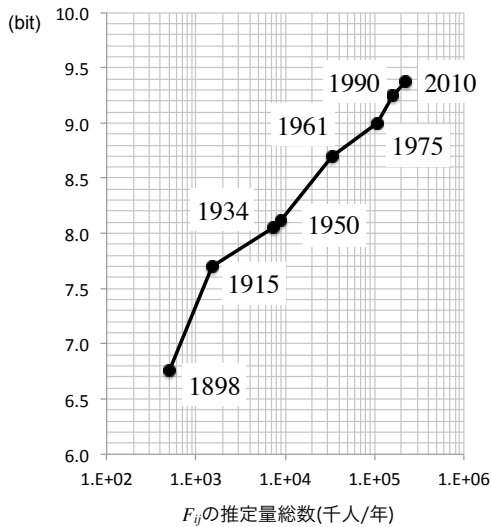


図-1 交流量総数とその多様性の推移

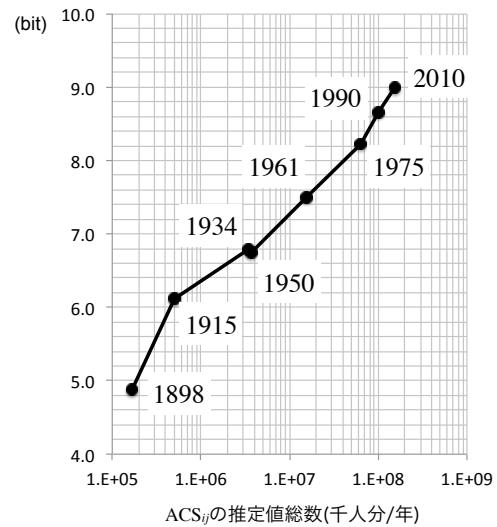


図-2 交流可能性総量とその多様性の推移

図からわかるように、都道府県間流動の総数が年次が進むにつれて増加するとともに、多様度も増加している。これは、古い年代では都市間の時間距離(EVTT)が非常に大きく、比較的近距离ばかりで都道府県間移動が行われていたと推計されたのに対し、近年は交通網が発達した結果、全国的な交流が行われるようになったと推計された結果を反映している。

各年次間の変化について考察すると、部分的な幹線鉄道網整備状態であった1898年から、全国的に整備が概ね行き渡った1915年にかけて交流量も多様度も大きく伸びており、交流できる地域が拡大したこと（および人口そのものが増加したこと）を反映しているものと考えられる。機関車の大型化などにより全国的な幹線鉄道の高速化が進んだ1934年にかけても交流量は伸びているが、多様度の伸びはやや鈍化しており、特定地域間への流動の集中が進んだと考えられる。

戦後については、航空路の開設や幹線鉄道における近代化などが進んだ1950年から1961年にかけて再び交流量も多様度も大きく伸びている。その後も東海道山陽新幹線の開業や多数の航空路線の充実などを反映して1975年までは多様度の伸びはやや鈍化しながらも交流量は伸びたが、新幹線建設の鈍化などを反映し、2010年までの推移は比較的变化の少ないものとなった。

(2) 交流可能性総量とその多様性の推移

前節の都道府県間流動の推計値をもとに、式(1)を用いて交流可能性指標を計算し、さらにその分布に関して式(4)を用いて多様度を計算した。図-2は交流可能性の総量を、縦軸に多様度を示したものである。ここでも多様度の上限は約11 bitである。

図からわかるように、基本的な傾向は図-1と同じであるが、式(1)が一日交通圏を想定した指標になっているた

め、古い時代では日帰り交通が可能なODそのものが少なく、さらに日帰り可能であっても現地滞在時間が短いために式(1)を用いて交流可能性指標を計算するとさらに指標値が小さくなってしまったため、多様度の数値が図-1の場合よりも小さい傾向にある。

この図においても、戦前の1898年から1934年にかけての時期や戦後の1950年から1975年にかけての時期において交流可能性も多様度も大きく伸びていることが確認できるが、1975年以降2010年までの両指標の伸びは小さいことがわかる。

5. 本研究のまとめと今後の課題

本研究では、1898年以降の全国の都市間交通網についてEVTTを計測するとともに、それを元に交流量や交流可能性指標を推計し、これらの分布についての多様度を計測した。

その結果、交流量の面、交流可能性の面ともに年次を経るにつれて量が拡大するとともに、多様度についても上昇していることがわかった。しかし、近年は交流量、交流可能性ともに量も多様度も伸びが鈍化していることが確認できた。

本研究ではこのような全般の傾向について計測を行ったが、個別の都道府県では交流先の多様度の傾向が異なっていると思われる、詳細な分析が今後の課題である。また、そのような交流量もしくは交流可能性量の量的推移や多様度の推移が長期的な地域の発展に与えてきた影響について、詳細な分析を行って行くことも今後の課題であると考えられる。

参考文献

- 1) 日高敏隆:生物多様性はなぜ大切か, 昭和堂, 2005.

- 2) 井上民二, 和田英太郎:生物多様性とその保全, 岩波書店, 1998.
- 3) 川那部浩哉:生物界における共生と多様性, 人文書院, 1996.
- 4) 鷺谷いづみ, 矢原徹一:保全生態学入門 遺伝子から景観まで, 文一総合出版, 1996.
- 5) 中川大, 波床正敏, 加藤義彦:交通網整備による都市間の交流可能性の変遷に関する研究, 土木学会論文集, No.482/IV-2, pp.47-56, 1994.
- 6) 天野光三, 中川大, 加藤義彦, 波床正敏:都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究, 土木計画学研究論文集, Vol.9, pp.69-76, 1991.
- 7) 谷口守, 阿部宏史, 松原学:都市分析における電子電話帳データの活用可能性, 土木計画学研究論文集, Vol.21, No.1, pp.191-196, 2004.
- 8) 波床正敏, 山本功樹:多様性指標を用いた商店街群の比較分析 -ショッピングセンター・がんばる商店街・一般商店街の比較-, 実践政策学第2巻1号, pp.115-123, 2016.
- 9) 鷺谷いづみ, 矢原徹一:保全生態学入門 -遺伝子から景観まで-, pp.124-128, 文一総合出版, 1996.
- 10) 伊藤嘉昭:生態学と社会 -経済・社会系学生のための生態学入門-, pp.24-28, 東海大学出版会, 1994.

(2017. 7. 31 受付)

A STUDY ON DIVERSITY OF INTER REGIONAL ACCESSIBILITY MEASURED WITH LONG-TERM STANDPOINT

Masatoshi HATOKO