

# ネットワーク形態からみた 幹線交通網整備の評価

宮内 弘太<sup>1</sup>・高田 和幸<sup>2</sup>・福島 拓之<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 東京電機大学大学院 理工学研究科建築・都市環境学専攻 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)  
E-mail: 16rmg09@ms.dendai.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京電機大学 理工学部理工学科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町)  
E-mail: takada@g.dendai.ac.jp

<sup>3</sup>非会員 日本貨物鉄道株式会社 (〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷五丁目 33 番 8 号 サウスゲート新宿)

ネットワーク (以下 NW) の研究は、今や様々な分野で行われている。しかしその内容は、NW の形態や信頼性等では評価されているが、発展の過程に対しての工学的考察は、あまりなされていないのが現状である。そんな中、近年の日本の幹線交通網は道路、鉄道、航空、船舶など多種多様にわたり、それぞれの輸送 NW が急速的に発展し複雑化している。そこで本研究では、ネットワークの形態からみた幹線交通網整備の評価と題して、現在の日本の交通網を複雑 NW 理論を用いて、鉄道・道路・航空を対象に、NW の特性について分析を行った。さらに三つの NW 間での関係性についても分析を行い、NW 間での結びつきを日本の社会的背景と共に考察することによって、輸送 NW 間のさらなる構築・整備を図ると共に、土木計画学の適応化を図る。

**Key Words:** *complex network, traffic network,*

## 1. 背景・目的

ネットワークの研究は、今や様々な分野で研究が行われている。例えば生物学では、遺伝子ゲノムの解読の際に用いられている。ゲノムの配列から見出される遺伝子は、生物を構成する部品の設計図としての役割を担うが、ゲノムが解読されたからと言って人の体の仕組みを理解できるという訳ではない。つまりは人間の体について調べたい場合はゲノムという名のネットワーク特性を調べるだけでは不十分であり、それに付随する人類が進化してきた要因やゲノムの変遷過程を調べる必要がある。それは他の分野のネットワークの研究でもそうである。現在の段階では、ネットワークの形態を把握するという事が研究のメインとなっており、ネットワークが構築されるまでの発展や過程を考察して分析している例は少ないのが現状である。ネットワークを構築してく過程の中には、少なからずの社会的背景や要因・ネットワークの変遷も関係しているのではないかといえる。そこで本研究ではネットワーク論を日本の交通網に適用し、得られた指標から見えてくる現象を把握し、評価していくことを目的とする。現在の日本の交通網は、いたる場所に張り巡

らされており、必要としない部分にまで存在しているのが現状である。例えば、人口の少ない市町村がネットワーク上では重要な拠点となっていることもある。よって本研究では、市町村に居住している人口の数で各市町村を都市と定義し、その都市部分を結ぶことによって構築された際の交通網ネットワークについての評価を行う。本研究では、日本の交通網を形成している手段として鉄道・車 (バス) ・飛行機の 3 つの移動手段を分析の対象とした。まず初めに都市と定義した地域間を結んでそれぞれの交通網手段別のネットワークの構築を行ない、指標の算出を行なった。次にそれぞれの移動手段を複合したネットワークの構築を行い、同様に分析を行った。最後に構築したネットワーク間での結びつきを日本の社会的背景や要因・時代の変遷を考慮して考察を行った。

## 2. 既往研究

交通網に複雑ネットワークを用いた既往研究について、浦田ら<sup>1)</sup>は、災害が発生した時の家族・近隣住民間でお互いを救援し合う際の行動を協調行動と称し、災害

発生時の避難行動をする際の協調行動ネットワークの形成を目指すことへの有意性を説明している。スケールフリー性を持つネットワークは、少数のノード数でネットワーク全体につながるという特徴を持ち、これを避難行動の中に取り入れることにより、災害時の被害の軽減を目指すといったものである。若林ら<sup>2)</sup>は道路網に対しての信頼性解析を行った。道路交通網の場合、ある経路が通行不可となった場合、その経路を代替する必要がある経路を全て抽出する必要はないという事を、最小パス法・最小カット法を用いて信頼度を求める手法を考案した。道路網の OD 間の接続性に関する研究として瀬戸ら<sup>3)</sup>があり、道路交通網の脆弱性の概念を用いて道路網のネットワーク評価の手法の構築を行っている。脆弱性の概念とは、あるノード間の接続が出来なくなった際の、道路網利用者にとっての最悪のケースを想定し、道路網利用者にとっての所要時間に対する被害を軽減することを説明したものである。以上の既往研究のように様々な観点から日本の道路網ネットワークについての研究がなされているが、まだ日本の社会背景と要因によって道路網ネットワークについての評価指標の考察を行っている研究はない。よって本研究では、先駆けとして行っている土木計画学分野への適応を図っていくものとする。

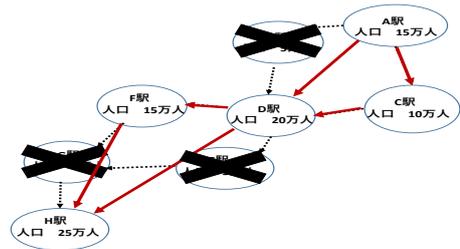


図-1 都市間におけるネットワークの構築例

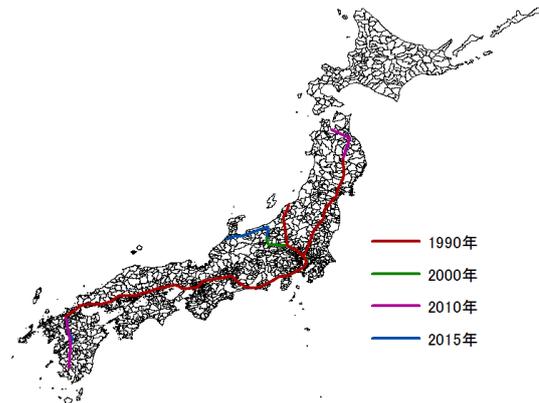


図-2 都市間における年代別のネットワーク  
(新幹線の路線を適用した例)

### 3. 使用データ

本研究では、道路網データと鉄道の路線データは「国土数値情報」よりデータを引用して分析を行った。航空路線データに関しては、国土交通省発行の「航空統計輸送年報」を基に分析を行った。各データについてはそれぞれ 1990 年, 2000 年, 2010 年, 2015 年に区切りデータの抽出を行った。鉄道の路線データを例とすると、まず最初に 1990 年以前に開通されている路線と駅を対象とし、データを抽出する。この時、開通されている駅が存在する市町村の居住人口数に着目をする。居住人口数が 10 万人以上を越えている場合、実在する路線に沿ってその駅を経由するようにリンクの作成を行う。居住人口数が 10 万人未満の場合その駅は経由せずに、次の居住人口数が 10 万人以上を越す駅を経由するようにリンクの作成を行う。図 - 1 は、都市間におけるネットワークの構築例についての図である。また市町村によっては、複数の駅が存在する場合もある。その時は、最も利用客の多い駅をその市町村の代表駅としてノードの設定を行っている。また今回のネットワークの構築をするにあたり、地域によっては区が存在するが、本研究では区は一つにまとめてネットワークの構築を行った。例として東京都 23 区は、東京 23 区と総称して最も利用客の多い駅を代表としてノードを設定した。これを 2000 年, 2010

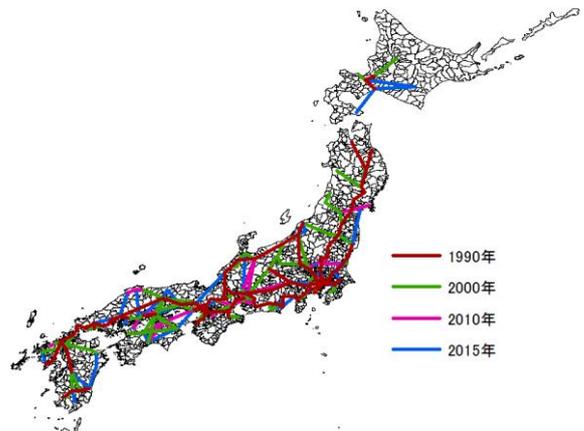


図-3 都市間における年代別のネットワーク  
(高速道路の道路網を適用した例)

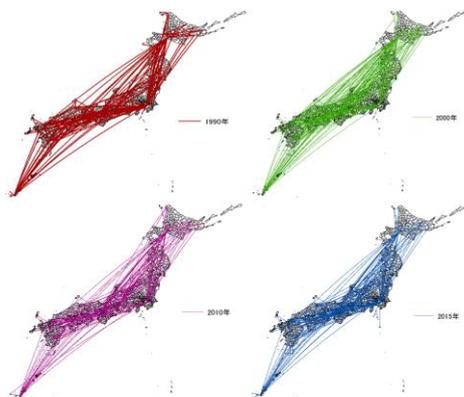


図-4 都市間における年代別のネットワーク  
(航空路線を適用した例)

年, 2015 年と同様に都市間におけるネットワークとして構築をした. また道路交通網のネットワークの構築の際には, IC, JCT をノードとして用いた. こちらも同じく IC, JCT が存在する市町村の居住人口数を基にその市町村を経由するかどうかを判断している. 図-2, は新幹線の路線データと乗車駅を用いた都市間における年代別のネットワークであり, 図-3 は, 高速道路の IC, JCT を用いた都市間における年代別のネットワークである. 図-4 は, 航空路線を適用した都市間におけるネットワークだが, 航空の場合, 空港のある場所というのは, 必ずしも人口の多い場所に建てられるものではない. 騒音の問題などにより, 埋立地や山を切り開いて建てられることもある. その為航空の場合に限り, 空港が存在する場所の居住人口数で都市を定義するのではなく, 空港付近に存在する市町村と代替して, 都市の定義を行った. よって本研究では, 離島にある空港はネットワークの構築の際に除外した.

#### 4. 推定結果

移動手段別のノード・リンク情報を表-1 に示す. ほとんどの移動手段が年々, ノード・リンク数と共に増加していることが読み取れる. しかし航空ネットワークのみ 2010 年時に減少していることが読み取れる. この年の社会的背景として読み取れることは, 大手の航空機会社の経営破綻により路線が集約しているという出来事があり, その結果路線数の減少に伴い, リンク数の減少につながっている. また新幹線・高速道路・航空の 3 つを複合したネットワークについてみて見ると, 2015 年と 1990 年間で 2 倍近くのノード・リンク数の増加が見られる. つまり居住人口が 10 万人以上を越える市町村を都市と定義した際における, 日本の交通ネットワークは, 年毎に機能性が増しているということが分かる. 都市間を移動する際の利便性の向上が確実に見られることが分かる. 表-2 は各ネットワーク指標の結果である. 指標の算出にあたり, 本研究では次数分布・クラスター係数・平均距離の 3 つの指標に着目をした. 図-5, 図-6, 図-7 はそれぞれの利用手段別のネットワークに対する次数分布の割合を表した図である

表-1 各ネットワークのノード・リンク数

ノード数 (リンク数)	1990年	2000年	2010年	2015年
新幹線ネットワーク	183 (554)	192 (580)	224 (668)	242 (720)
高速道路ネットワーク	358 (1138)	499 (1694)	544 (1980)	612 (2266)
航空ネットワーク	54 (147)	61 (258)	59 (173)	72 (195)
複合ネットワーク	487 (1583)	624 (2220)	677 (2461)	755 (2759)

表-2 各ネットワークの指標結果

	1990年	2000年	2010年	2015年
次数分布(パラメータ $\gamma$ )				
新幹線ネットワーク	1.9539	1.9606	1.9711	1.9725
高速道路ネットワーク	1.9265	1.8747	1.8299	1.8180
航空ネットワーク	1.8513	1.5989	1.7239	1.8306
複合ネットワーク	1.5768	1.5446	1.5373	1.5396
クラスター係数				
新幹線ネットワーク	0.0962	0.0945	0.0931	0.0922
高速道路ネットワーク	0.0930	0.0948	0.0977	0.0965
航空ネットワーク	0.4134	0.5275	0.1818	0.1640
複合ネットワーク	0.1294	0.1384	0.0977	0.1034
平均距離				
新幹線ネットワーク	29.6456	29.6430	30.6828	31.4663
高速道路ネットワーク	24.6908	22.3223	19.9697	14.3709
航空ネットワーク	3.0633	2.4148	2.2799	2.1902
複合ネットワーク	23.6083	21.7369	18.9425	14.0289

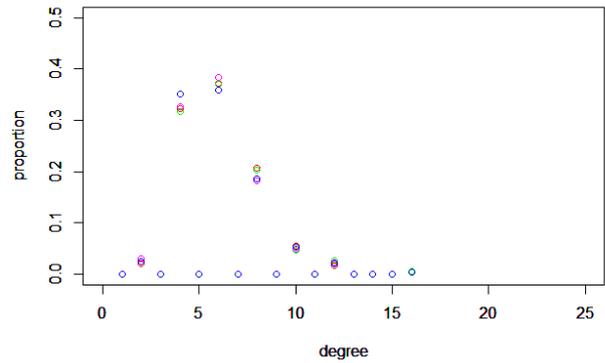


図-5 新幹線ネットワークに対する次数分布

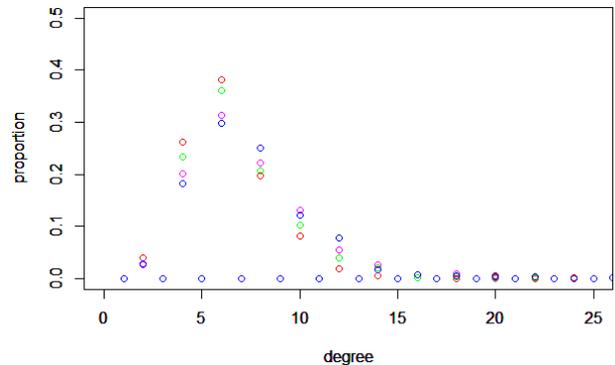


図-6 高速道路ネットワークに対する次数分布

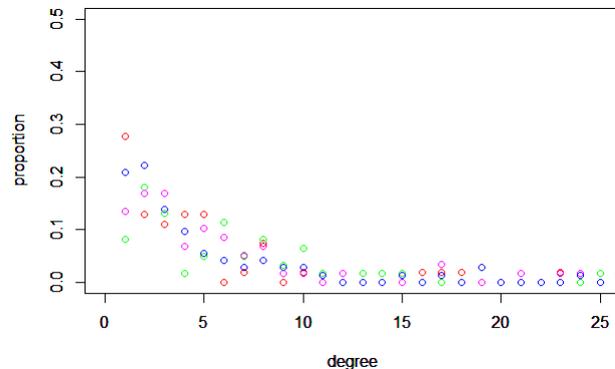


図-7 航空ネットワークに対する次数分布

## 5. まとめ

本研究では、都市間における交通ネットワークの構築を年代別に行い、ネットワーク指標を算出した。ネットワークの構築を行うにあたり、移動手段別に対するネットワークとそれらを複合させた複合ネットワークの構築を行い、指標の算出を行った。より詳細な指標の説明と、それに関連した社会的背景に対する要因についての考察は、発表時に公表することとする。

- 1) 浦田淳司, 羽藤英二: 複雑ネットワークモデルを用いた豪雨災害時の協調行動形成に関する, 土木学会論文集 D3, Vol.69, No.1, pp.29-40, 2013.
- 2) 飯田恭敬, 若林拓史, 吉木務: ミニマルパス・カットを用いた道路網信頼度の近似計算法, 交通工学, Vol.23, No.4, pp. 75-84, 1988.
- 3) 瀬戸裕美子, 倉内文孝, 宇野伸宏: 脆弱性の概念を用いた道路網接続性評価に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 37, CD-ROM, 2007.

(? 受付)

## 参考文献

### THE EVALUATION OF TRUNK TRAFFIC NETWORK VIEWD FROM NETWORK TOPOLOGY

Kota MIYAUCHI, Kazuyuki TAKADA and Hiroyuki FUKUSHIMA