

鉄道網を基にした名古屋市の地利値分布

2005MM022 伊藤聖也 2005MM075 鈴木友菜

指導教員：伏見正則

1 はじめに

都市や地域のなかで交通の利便性や商業発達などの立地条件の良し悪しをのことを「地の利」という言葉で表すことができる。地の利の良いところとは、どの場所からの移動も容易であり、交通や商業地が発達し、人が集まりやすいところといえる。

文献 [1] は地の利に関する定量的尺度である「地利値」という指標を示し、その鉄道網への適用を示している。本研究は、これに則し、名古屋市鉄道網においてこれを適用した結果を示し、名古屋市のどの辺りが地の利がよいかを示す。

2 地利値

地利値とはグラフ理論に基づいて定義された尺度で、グラフの頂点同士の隣接関係をマトリクス表現した隣接行列の最大固有値に属する固有ベクトルのことである。

鉄道でいえば駅を頂点、駅同士を結び付ける線路を辺とするグラフ G を作るができる。 G の頂点の集合を V 、辺の集合を E 、隣接行列を A 、2 頂点 $v_i, v_j \in V$ を結ぶ辺を $v_i v_j \in E$ とする。隣接行列 $A = a_{ij}$ は、頂点 i と頂点 j が互いに結ばれている (i と j が隣接している) とき $a_{ij} = a_{ji} = 1$ 、頂点 i と頂点 j が結ばれていない (i と j が隣接していない) とき $a_{ij} = a_{ji} = 0$ 、という条件から作られる。よって、隣接行列 A は、

$$a_{ij} = a_{ji} = \begin{cases} 1 & v_i v_j \in E \quad (\text{隣接している}) \\ 0 & v_i v_j \notin E \quad (\text{隣接していない}) \end{cases} \quad (1)$$

を成分とする n 次の 0-1 行列となる (n は頂点の個数)。この隣接行列 A の固有値 λ 、固有ベクトル x は、

$$Ax = \lambda x \quad (2)$$

を満たす。ここでペロン・フロベニウスの定理より、 A の絶対値最大の固有値の中には正のものがあり、その最大固有値には正の成分からなる固有ベクトルが属する。この“最大固有値に属する固有ベクトルの成分 x_i ”を頂点 i の地利値という。さらに式 (2) より、

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (3)$$

が得られる。ここで、隣接行列が 0-1 行列の場合、頂点 i と頂点 j が隣接していなければ $a_{ij} = 0$ であるから、式 (3) より、

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{a_{ij}=1} x_j \quad (4)$$

となり、固有ベクトルの成分 x_{ij} は、 i 点と隣接する頂点の値の総和に比例していることがわかる。言い換えると、

地利値は、隣接する頂点における地利値の総和に比例する値になっていることがわかる。よって、ある頂点が地利値の大きい頂点と結ばれているか、結ばれている頂点の数が多いと、その頂点の地利値は大きくなる。逆を言えば、ある頂点が地利値の小さい頂点と結ばれているか、結ばれている頂点の数が少ないと、その頂点の地利値が小さくなる。

さらに地利値は交通網の位相のみに依存する特徴がある。たとえば、隣接条件の悪い端などは地利値が小さいが、どこの点へも行きやすい中心部の地利値は大きくなる。

また 0-1 隣接行列で作られたベクトル成分は線路の長さなどの交通網の特質を無視したものである。現実の交通網の有意性を高めるためには、隣接行列 A の成分 a_{ij} に 0-1 を与える代わりに $(0, c_{ij})$ なる非負データを与え、重みをつけ計算すればよい。

3 鉄道網への地利値の適用

地利値は、2 章で述べた通りグラフ理論に基づく尺度であり、各頂点が辺によって他点とどのように結ばれているかという隣接関係から導かれる。

本章では、鉄道網における隣接関係を 2 種類示す。各駅停車のみを考慮して隣接行列を作成する。これを物理的隣接関係と呼ぶ。もうひとつは、各駅停車だけでなく急行や快速などを含めた全列車種別を考慮して隣接行列を作成する。これを論理的隣接関係と呼ぶ。

3.1 データ

名古屋市鉄道網 (JR, 名鉄, 近鉄, 地下鉄, あおなみ線, 東海交通事業) における 142 駅を対象とする。

論理的隣接関係の快速や急行などの停車駅データは、路線図ドットコム [2] の名鉄電車標準停車駅と JR 東海 (名古屋地区) 在来線標準停車駅のデータを使用して作成する。また一部列車停車駅やホームライナーなどの有料列車も含め隣接関係を作成する。

3.2 物理的隣接関係と論理的隣接関係

3.1 節を基に、物理的隣接関係と論理的隣接関係の隣接行列を作成する。そして、それぞれの地利値を 2 章で述べた方法で計算し、表 1 に結果を示す。

3.3 考察

3.2 節の結果より、物理的隣接関係と論理的隣接関係共に名古屋駅、金山駅が上位であることがわかった。これは、これらの駅は他の駅に比べ複数の路線が集中し、隣り合っている駅が多いためである。物理的隣接関係の特徴として、上位には名古屋駅周辺の駅が多くなった。これは、名古屋駅の成分値が極端に大きいため、その駅に隣接する駅の地利値も増えたからであると考えられる。論理的隣接関係の特徴として、物理的隣接関係より JR 線や名鉄線の

表 1 物理的隣接関係と論理的隣接関係による地利値

物理的隣接関係		論理的隣接関係	
名古屋	1.00	名古屋	1.00
金山	0.45	金山	0.80
伏見	0.44	山王	0.41
八田	0.43	尾頭橋	0.41
山王	0.38	千種	0.34
尾頭橋	0.38	上小田井	0.34
国際センター	0.34	伏見	0.32
米野	0.29	栄生	0.32
亀島	0.29	鶴舞	0.31
枇杷島	0.28	八田	0.31

駅の地利値が大きくなった。また、名古屋駅と金山駅の結び付きが強くなった。これは、両駅間を快速電車で走ることにより隣接関係となり、互いに大きかった地利値がさらに大きくなったからであると考えられる。それに伴い、両駅を通る JR 線、名鉄線の各駅の地利値も全体的に大きくなり、上位にそれらの路線の駅が増えたと考えられる。

4 所要時間を用いた地利値

本章では現実の有意性を高くするため、重み付けをおこない隣接関係を作成する。しかし、重み付けの方法によっては、地利値の特徴である“交通網の位相のみに依存する”という特徴が損なわれるため、それに配慮し重み付けをおこなわなければならない。本研究では各駅間の所要時間を用いて隣接行列の作成をおこない、地利値を求める。所要時間に関しては、各駅同士の移動を鉄道網を使っておこなうこととするため、“交通網の位相のみに依存する”という特徴は損なわれない。

4.1 データ

名古屋市鉄道網（JR、名鉄、近鉄、地下鉄、あおなみ線、東海交通事業）における 142 駅を対象とする。所要時間は駅すばあと [3] から採った平日 10 時における各駅間の所要時間を使用する。

4.2 0-1 行列を作成した場合

本節では、文献 [1] でおこなっている所要時間を考慮した 0-1 隣接行列の作成をおこない、地利値を計算する。各駅間の所要時間を t_{ij} とし、それがある値 T [分] 以下なら隣接しているものとして計算する。すなわち隣接行列 A を以下のように定義する。

$$a_{ij} = a_{ji} = \begin{cases} 1 & (t_{ij} \leq T) \\ 0 & (t_{ij} > T) \end{cases} \quad (5)$$

表 2 は $T=10$ 分、20 分、30 分の場合における各隣接行列の上位 10 位まで地利値の値を示す。また、この場合の本郷駅の地利値もあわせて示す。さらに表 2 は、固有ベクトルの最大成分で割った値を地利値としている。そのため固有ベクトルの最大地利値は 1.00 となっている。以後の章でも表で示す場合、これを同様におこなう。

表 2 0-1 行列を用いた場合

$T=10$ 分		$T=20$ 分		$T=30$ 分	
栄(栄町)	1.00	鶴舞	1.00	金山	1.00
千種	0.92	千種	0.98	千種	0.99
名古屋	0.89	栄(栄町)	0.97	名古屋	0.99
上前津	0.86	金山	0.95	鶴舞	0.99
矢場町	0.83	上前津	0.95	上前津	0.99
久屋大通	0.83	久屋大通	0.94	久屋大通	0.99
伏見	0.83	矢場町	0.94	栄(栄町)	0.98
丸の内	0.82	伏見	0.94	東別院	0.98
新栄町	0.81	名古屋	0.92	伏見	0.98
今池	0.80	新栄町	0.92	矢場町	0.98
本郷	0.04	本郷	0.25	本郷	0.58

4.3 0-1 行列を用いない場合

本節では、隣接行列 A に 0-1 行列を用いず、 $(0, c_{ij})$ なる非負データを与え、隣接行列を作成する。地利値の計算方法としては、2 章のペロン・フロベニウスの定理が 0-1 行列においても成り立つことから、前節までと同じ方法で地利値を計算する。

4.3.1 所要時間の逆数を重みとした場合

重み付けの方法として、各駅間の所要時間 t_{ij} の逆数の場合を考える。隣接行列 A を以下のように定義する。

$$a_{ij} = a_{ji} = \begin{cases} c_{ij} = 1/t_{ij} & (t_{ij} \neq 0) \\ 0 & (t_{ij} = 0) \end{cases} \quad (6)$$

表 3 は、所要時間の逆数で重みをつけた場合の上位 10 位までの地利値を示す。

表 3 所要時間の逆数で重みづけしたとき

駅名	地利値
名古屋	1.00
金山	0.97
久屋大通	0.95
栄(栄町)	0.93
丸の内	0.92
上前津	0.91
伏見	0.87
大曽根	0.85
鶴舞	0.84
千種	0.83

4.3.2 所要時間を指数関数に代入としたものを重みとした場合

重み付けの方法として、各駅間の所要時間 t_{ij} を $e^{-\alpha t_{ij}}$ に代入した場合を考える。このときの α は任意の正定数値である。隣接行列 A を以下のように定義する。

$$a_{ij} = a_{ji} = \begin{cases} c_{ij} = e^{-\alpha t_{ij}} & (t_{ij} \neq 0) \\ 0 & (t_{ij} = 0) \end{cases} \quad (7)$$

表 4 は α に 1.00 と 0.05 を代入したときの上位 10 位までの地利値を示す。

表 4 $e^{-\alpha t_{ij}}$ で重みづけをした場合

$e^{-t_{ij}}$		$e^{-0.05t_{ij}}$	
丸の内	1.00	名古屋	1.00
久屋大通	0.89	金山	0.98
伏見	0.69	栄(栄町)	0.96
国際センター	0.66	千種	0.94
栄(栄町)	0.57	上前津	0.94
名古屋	0.57	鶴舞	0.93
高岳	0.42	久屋大通	0.92
大須観音	0.39	伏見	0.91
上前津	0.38	矢場町	0.90
矢場町	0.29	丸の内	0.89

4.4 考察

まず、4.2 節の結果は、 T がどの場合でも中心部かつ複数の路線からなる駅が上位となった。またこれらの駅は T の値を大きくしても地利値にほとんど変化がみられなかった。逆に本郷駅などの周辺部の駅をみると、 T を大きくすることによって、地利値が大きくなることがわかった。このことから 0-1 行列から得られる結果から、 T による中心部と周辺部の地利値の変化の違いをみることができた。

4.3 節の結果より、所要時間の逆数 (4.3.1) と $e^{-0.05t_{ij}}$ に所要時間を代入した場合 (4.3.2) は、所要時間の重みが反映され、どの駅の地の利がよいか厳密な結果が得られた。しかし、 $e^{-t_{ij}}$ に所要時間を代入した場合 (4.3.2) は、5 分以上かかる区間で c_{ij} が 0 に近い値をとるため所要時間の重みとして反映されず、重みづけとして適していないと考えられる。

5 所要時間の比較

本章では、データの違いによってどのくらい地利値が変わってくるか調べるため、平日の朝のラッシュ時と、休日昼間の所要時間を用いて地利値の比較をおこなっていく。

5.1 データ

名古屋市鉄道網 (JR, 名鉄, 近鉄, 地下鉄, あおなみ線, 東海交通事業) における 142 駅を対象とする。

平日の朝のラッシュ時の所要時間として「駅すばあと」[3] から採った平日 8 時における各駅間の所要時間を使用する。また、休日昼間の所要時間として「駅すばあと」[3] から採った休日 12 時における各駅間の所要時間を使用する。

5.2 0-1 行列を作成した場合

本節では、4.2 節でおこなっている所要時間を考慮した 0-1 隣接行列の作成をおこない、平日の朝のラッシュ時と休日昼間の地利値をそれぞれ計算する。隣接行列 A は式 (5) の定義を使用する。

表 5 は $T=10$ 分のときの各隣接行列の地利値の結果を示す。

表 5 $T=10$ 分における平日 8 時, 休日 12 時の地利値

平日 8 時		休日 12 時	
栄(栄町)	1.00	栄(栄町)	1.00
上前津	0.95	千種	0.86
久屋大通	0.94	上前津	0.85
矢場町	0.92	久屋大通	0.82
千種	0.89	名古屋	0.82
名古屋	0.88	矢場町	0.78
鶴舞	0.87	伏見	0.75
伏見	0.85	金山	0.71
新栄町	0.84	新栄町	0.69
今池	0.81	丸の内	0.68

5.3 0-1 行列を用いない場合

本節では、4.3 節でおこなっている $(0, c_{ij})$ なる非負データを与え、隣接行列を作成する。平日の朝のラッシュ時と休日昼間の地利値をそれぞれ計算する。

4.3.1 でおこなった各駅間の所要時間 t_{ij} の逆数の場合を考える。隣接行列 A は式 (6) の定義を使用する。

4.3.2 でおこなった各駅間の所要時間 t_{ij} を $e^{-\alpha t_{ij}}$ に代入した場合を考える。隣接行列 A は式 (7) の定義を使用する。このときの α は 0.05 とする。

表 6 は所要時間の逆数の場合における各隣接行列の地利値の結果を示しており、表 7 は所要時間 t_{ij} を $e^{-0.05t_{ij}}$ に代入した場合における各隣接行列の地利値の結果を示している。

表 6 逆数で重みづけによる平日 8 時, 休日 12 時の地利値

平日 8 時		休日 12 時	
上前津	1.00	名古屋	1.00
名古屋	0.99	栄(栄町)	0.97
金山	0.99	金山	0.95
栄(栄町)	0.98	上前津	0.93
久屋大通	0.94	久屋大通	0.93
伏見	0.88	伏見	0.87
矢場町	0.88	大曾根	0.86
鶴舞	0.86	丸の内	0.85
千種	0.86	鶴舞	0.84
大曾根	0.85	千種	0.81

5.4 考察

0-1 行列の $T=10$ 分の場合と $(0, c_{ij})$ 行列の場合で時間帯による地利値の違いを調べた。

それぞれの結果から、時間帯が違っても地利値の違いがあることがわかった。0-1 行列の $T=10$ 分の結果、休日昼間は乗り換え待ち時間が長く、短い時間の移動が困難であることが地利値の数値に影響したと考えられる。よって、時間帯による利便性の違いがあるといえる。また $(0, c_{ij})$ 行

表 7 $e^{-0.05t_{ij}}$ の重みづけにおける平日 8 時, 休日 12 時の地利値

平日 8 時		休日 12 時	
金山	1.00	名古屋	1.00
名古屋	0.98	金山	0.98
栄(栄町)	0.95	栄(栄町)	0.97
上前津	0.94	千種	0.94
千種	0.94	上前津	0.94
鶴舞	0.94	鶴舞	0.92
久屋大通	0.93	久屋大通	0.91
矢場町	0.91	伏見	0.90
伏見	0.90	矢場町	0.88
東別院	0.89	新栄町	0.87

列の結果の違いから, 上位の駅の順位に名城線の駅が多いことがわかる。これは, 名城線の運行間隔が平日の朝のラッシュ時と休日昼間で大きく違うことから, その路線の駅の地利値は大きな変化があり, 名城線の各駅の時間帯による地利値の違いは大きいと考えられる。

6 地価分布との比較

本章は, 4.3 節の所要時間の逆数 (4.3.1) と所要時間を指数関数に代入としたもの (4.3.2) の $(0, c_{ij})$ 行列での重みづけの比較をおこない, どちらの結果が現実的な結果であるかを検証していく。検証の仕方は, 地価分布と地利値をプロットさせることで地価分布と相関性がある方を現実的な結果として示す。

6.1 データ

名古屋市鉄道網 (JR, 名鉄, 近鉄, 地下鉄, あおなみ線, 東海交通事業) における 142 駅を対象とする。

所要時間は「駅すばあと」[3] から採った平日 10 時における各駅間の所要時間を使用する。

地価分布は, 地価公示・地価調査マップ [4] の地価公示 (2008 年 1 月) の価格マップを使用する。範囲は名古屋市全域と春日井市の一部, 日進市の一部, 清須市の一部を対象とする。

6.2 プロット

所要時間の逆数 (4.3.1) と所要時間を指数関数に代入としたもの (4.3.2) の比較をおこなう。それぞれの結果は, 表 3 と表 4 の $\alpha=0.05$ のときの結果を使用する。比較の仕方は, 地価分布とそれぞれの結果をプロットさせる。また相関係数を計算し, どちらの地利値が地価分布と相関性が高いかを判断する。このとき駅の地価は厳密に測れないことから, 各駅の一番近い場所の地価でプロットをおこなう。また商業地, 住宅地に関係なく一番近い場所を地価とする。同距離に 2 つ以上の地価がある場合は, 平均をその駅の地価とする。

実行結果

地価が 200 万円/ を超える名古屋駅, 栄(栄町) 駅, 久屋大通駅, 伏見駅, 矢場町駅, 丸の内駅を含めプロットさせ

ると, 上位と下位で地価に差が出過ぎてしまったため, 相関関係があるかどうか見て取ることができなかった。よって, 上に書いた 6 駅を除いた場合のプロットもおこなう。

さらに, 以下の表にそれぞれの相関係数を計算したものを示す。

表 8 相関係数表

	地価	200 万円/ 以下の地価
所要時間の逆数	0.55	0.74
$e^{-0.05t_{ij}}$	0.47	0.69

6.3 考察

200 万円/ 以下の地価に限ると, 所要時間の逆数の場合の散布図では直線関係に近いものとなり, かなり相関関係があることが見て取れた。これは相関係数からも判断することができ, 所要時間の逆数の場合は 0.74, $e^{-0.05t_{ij}}$ の場合が 0.69 となったことから, 所要時間の逆数の場合のほうが地価分布と相関性が高くなっていることがわかる。

しかし, 200 万円/ を超える地価を含めた全体の地価を考えると, 名古屋市の中心地の地価と地利値における関係は見られなかった。名古屋市の中心地の地価は, 交通の便にくわえて商業の発達がかなり見られるため, 地価も莫大な値となっている。よって名古屋市の交通網だけに特化した地利値では, 相関関係が見られなかったと思われる。

7 おわりに

本論文は, 名古屋市鉄道網においてどの駅の地の利がよいかということを示すことが第一の目的であった。各駅間の所要時間を用いて, 様々なデータや隣接行列の作成を工夫することによって, いくつかの地利値を導くことができた。そして, 6 章で求めた地利値を地価分布と比較することで, 現実的な結果を導きだせたと考えられる。その結果, 所要時間の逆数の場合が一番相関性があったため, 本論文における地の利の一番よい場所というのは名古屋駅であったといえる。

しかし, 地利値は各駅間の所要時間だけでなく, 様々な視点から求めることが可能である。このことから, 本論文で結論づけた結果に満足せず, 新たに地利値の求め方を工夫し, 検証していくことが大切であるといえる。

参考文献

- [1] 鶴飼孝盛・栗田治:「交通網により生成される都市平面上の地利値分布 - 首都圏鉄道網に基づく地利値メッシュ地図 -」。都市計画文集 No.38-3, 社団法人日本都市計画学会, (2003), pp. 163-168.
- [2] 路線図ドットコム: <http://www.rosezmu.com/> .
- [3] 駅すばあと: <http://ekiworld.net/> .
- [4] 地価公示・地価調査マップ: <http://chika.m47.jp/> .