2003年日本オペレーションズ・リサーチ学会
春季研究発表会

首都圏鉄道網における地利値の計算

02005260　慶應義塾大学　*鵜飼孝盛　UKAI Takamori
01107680　慶應義塾大学　栗田　治　KURITA Osamu

1　はじめに

本稿では店舗や住宅の立地を評価する際によく用いられる "地の利" を定量化することについて論じる．

交通網があまり発達していなかった時代には，どのような移動も同じように不便であり，どのような場所も同じように重要であったため，自然的な要因を除けば，地の利はどこも一様であった．しかしながら，交通網が発達した現代においては，交通路が集まる地点に地の利が大きく偏っていることは感覚的に明らかであろう．すなわち，交通網によって地の利に差異が生じているのである．

交通網により生じる地の利を定量的に扱った研究として文献 [1,2] がある．これらの研究は，地の利に関する定量的尺度として地利値という指標を定義し，街路網における値を計算している．しかし，その値は後述するように，交差点のみについて定義されている．人々や店舗が交差点以外に，より多く存在することを考えると，交差点以外の地点での地の利を記述できないことは致命的欠陥と言ってもよい．加えて，ある一つの交通路に着目すれば，流動量は中心部で最も大きくなること [3] を考えると，これらの計算では不十分であると考えられる．本稿では，(1) 地利値の首都圏鉄道網への適用と，(2) 都市平面全体への一般化の工夫について論じる．

2　地利値の紹介

まずは，文献 [1,2] に即して地利値を紹介しておこう．地利値とは，グラフ理論に基づいており，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．その最大の特徴は，ある頂点における値がその頂点に隣接する頂点における値の総和に比例することである．

交通網は，結節点とそれを結びつける交通路の集合から成っており，結節点を頂点と，交通路を辺としたグラフと見なすことができる．あるグラフの隣接行列 Λ とは，行列の要素 a_{ij} を，グラフの頂点 i と j が辺により結びついている（i と j が隣接するという）とき，$a_{ij} = a_{ji} = 1$，頂点 i と j とが隣接しないとき $a_{ij} = a_{ji} = 0$ として構成した (0,1) 行列である．この行列は頂点数 n に対応した n 次の実対称行列となる．

上記の隣接行列 Λ の最大固有値を λ，それに属する固有ベクトル x とすると，その関係は

$$\Lambda x = \lambda x \tag{1}$$

となる．Λ は n 次正方行列であるため，上式は次のように書き下すことができる．

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_12x_2 + \cdots + a_{1n}x_n &= \lambda x_1 \\ a_{21}x_1 + a_22x_2 + \cdots + a_{2n}x_n &= \lambda x_2 \\ &\vdots \\ a_{n1}x_1 + a_n2x_2 + \cdots + a_{nn}x_n &= \lambda x_n \end{aligned} \tag{2}$$

この式の第 i 行の右辺を左辺に移項して，整理すると，

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \cdots + (a_{ii} - \lambda)x_i + \cdots + a_{in}x_n = 0 \tag{3}$$

であり，容易に

$$x_i = \frac{1}{\lambda}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \tag{4}$$

が導かれる．ここで Λ は (0,1) 行列であるため，

$$x_i = \frac{1}{\lambda}\sum_{j\in\{a_{ij}=1\}} x_j \tag{5}$$

と書き表され，頂点 i に隣接する頂点の値の総和に，頂点 i の値 x_i が比例することが判る．ある頂点が地利値の大きい頂点と多く結ばれていれば，その頂点の地利値は大きくなる．いわば頂点の重要性を隣接関係に基づいて再起的に記述するという興味深い定義となっている．

文献 [1,2] では交通網として街路網を取り上げ，交差点を頂点，街路を辺としたグラフに基づいて地利値を求めている．

3　首都圏鉄道網における地利値

首都圏鉄道網において，地利値を計算する．対象は千葉，埼玉，神奈川，茨城，東京の全部と山梨，群馬，福島，静岡の一部を含む，2,360駅からなる鉄道網である．鉄道網の駅を頂点と，線路を辺としたグラフを作成し，その固有値・固有ベクトルを計算する．線路については各駅停車により（物理的に）結ばれる2駅だけではなく，急行や快速などの優等列車により結ばれる2駅も隣接するものとする．鉄道網の中心部の各駅の位置を中心とし，半径が地利値に比例するように円を描いたものが図1である．これを見ると，東京駅近辺に地利値の大きい駅が集中していることが判る．また，品川駅や四谷といった，東京駅から優等列車で結ばれている駅の値も大きくなっている．

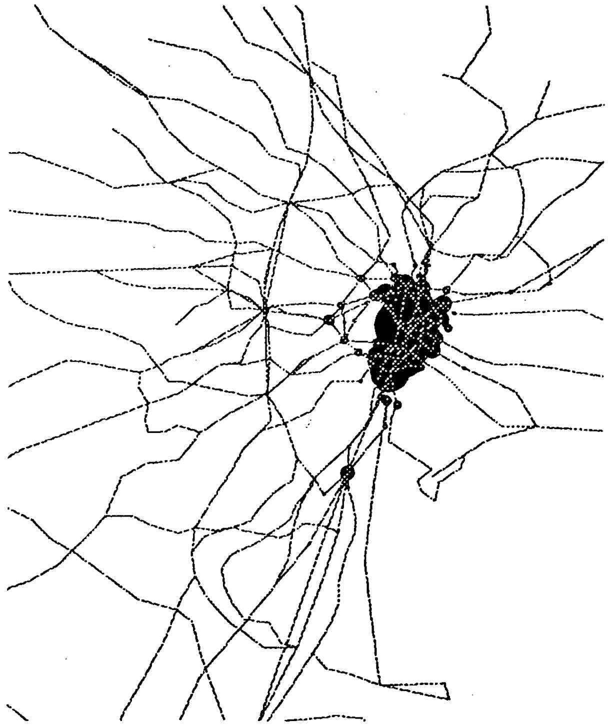


図 1: 首都圏鉄道網の地利値.

4 地利値の一般化

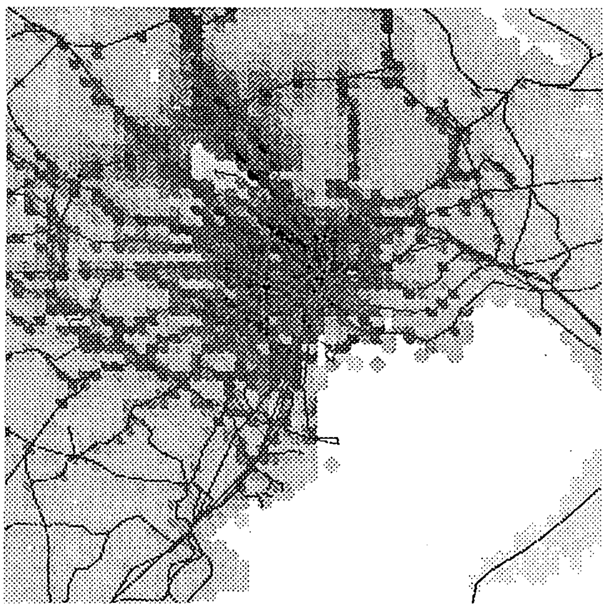
前節までのように計算できる地利値ではあるが，現実には人々の移動は駅から駅へと発生するのではなく，平面上に分散している．また，時間による影響を考慮していない．

そこで，対象となる平面領域をメッシュに分割し，2 つのメッシュ i, j 間の移動に要する時間が t 以下である場合には $a_{ij} = a_{ji} = 1$，そうでない場合には $a_{ij} = a_{ji} = 0$ となるような仮想的なグラフの隣接行列を考える．今回の研究では，11,478 個の 1km メッシュを導入し，$11,478 \times 11,478$ の隣接行列の固有値を計算した．メッシュ間の移動の所要時間については，(1) 駅からメッシュまでは直線で移動するものとし，直線距離が 1 km 以上であれば 30 km/時で移動するとしたときの時間に 13 分を加え，そうでない場合は 4 km/時で移動するとして所要時間を計算し，(2) 駅間の移動は鉄道網上の最短経路の所要時間として，これらの合計が最小となる移動経路を選択するものとした．

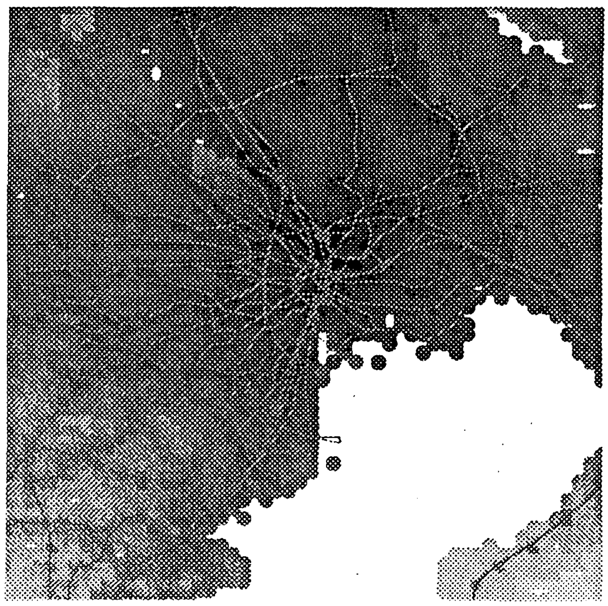
$t = 60, 120$ としたときの，首都圏鉄道網の中心部における一般化された地利値を図 2 に示す．色の濃い地点が値の大きい地点に，薄い地点が値の小さい地点に対応しており，鉄道網に沿って，また駅周辺に値の大きい地点が分布している．また，$t = 60$ と $t = 120$ と比較すると，隣接の条件が緩い後者において，中心部の値に大きな変化がないことが判る．

5 今後の課題

他の都市における交通網との比較し，諸都市の特徴を観察することができるであろう．また，固有ベクトルを求める際に計算される，固有値の意味や，近接度などのグラフ理論の他の指標との関係について明らかにする必要がある．



(a) $t = 60$



(b) $t = 120$

図 2: 首都圏鉄道網の一般化された地利値.

参考文献

[1] 野田 洋 (1995)：街路網の形態的特性に基づく定量的地利値の導入とその基礎的考察，日本建築学会計画系論文集，第 470 号，pp.139–148

[2] 野田 洋 (1999)：定量的地利尺度を用いた都市街路網の分析的研究，日本建築学会計画系論文集，第 519 号，pp.171–178

[3] 腰塚武志 (1992)：都市域の流動に関する理論的考察，日本都市計画学会学術研究論文集第 27 号，pp.343–348