

OR 学会会員勤務地の立地分析

大澤 義明

1. はじめに

本稿では、OR 学会会員がどの程度日本全体に浸透しているのか、どのように分布しているのかを、ローレンツ曲線とウェーバー問題を通して分析する。特集記事としては理論的側面もしくは応用的側面のどちらかに集中しても書くことも可能であるが、このような身近な話題であれば、片方の側面のみに興味ある読者にも読んでいただける、と期待してのテーマ設定でもある。

まず、簡単に研究の背景を述べたい。第一に、学会間競争である。現在著者は、都市計画を学際的に研究する立場から、OR 学会の他に都市計画学会、建築学会など合計6学会に所属している。所属する学会が増えると、多角的に人的交流および情報交換が可能となる。指導すべき学生が増え、研究のスペクトルを拡げざるを得ない時期には特にメリットが大きい。反面、所属学会数にはほぼ比例して仕事も増える。家に帰ると、子供3人を抱え学会費もばかにならないと言われる。このような板挟みの状況にもかかわらず、年々学会も増え各方面から入会の誘いがある。第二に、学問と社会との距離を縮めることが不可欠である。少子化、国立大学の独立法人化も相まって大学間競争の時代へ突入した。この競争は別な視点から言うと学問分野間競争とも読みとれる。国際水準の研究活動はもちろん重要だが、アカデミックすぎず社会貢献、地域貢献できる研究活動でなければ、自然淘汰されてしまうかもしれない。

このような現在の学問的社会的情勢を視野に入れつつ、本稿では、OR 学会会員の勤務先データを用い、立地分析の基本的な道具であるローレンツ曲線およびウェーバー問題を通して、会員の空間的分布状況を検討する。特に、会員の地域的集中度、中心性を計測す

ることによって、学会間競争、学会の地域貢献を考える上での基礎的資料を提供できればと考える。

本稿で用いたデータは本学会平成10年度会員名簿[日本オペレーションズリサーチ学会(1998)]から、大学関係者だけを抜き出し、大学ごとに整理しそれらをデータベースに打ち込み分析したものである。本来ならばすべてのデータを打ち込んで解析する必要があるが、作業量が膨大となるため大学関係者だけで代表させる。総データ数は1,200である。集計単位は都道府県ごとに設定する。つまり、各大学のデータをそれぞれが位置する都道府県庁に代表させて集計する。また、比較の対象として、都道府県別大学教員数[文部省(1999)]、夜間人口[総務庁統計局(1995)]を利用する。記号については以下のように定義する。都道府県*i*における当学会会員数を A_i 、大学教員数を B_i 、夜間人口を C_i とする：表1参照。都道府県位置データとして都道府県庁所在地を用いそれらの平面座標を (X_i, Y_i) とする。こうして、各都道府県ごとに、 A_i, B_i, C_i, X_i, Y_i の合計5種類のデータ、すなわち、 47×5 の行列データを用意する。また、 A_i, B_i, C_i に対しては、全体に占める割合を A'_i, B'_i, C'_i とする。つまり、 $A'_i = A_i / \sum_{j=1}^{47} A_j$, $B'_i = B_i / \sum_{j=1}^{47} B_j$, $C'_i = C_i / \sum_{j=1}^{47} C_j$ と定義する。

2. ローレンツ曲線とジニ係数

日本全体でOR学会会員がどの程度集中して(偏在して)分布しているかを把握するために、ローレンツ曲線を利用する。ローレンツ曲線は、公共経済学や経済地理学において所得格差の不平等や企業立地の集中化を示すために頻繁に使われており、それら分野の標準的なテキストであるStiglitz(1988)やKrugman(1991)にて詳述されている。会員の偏在が望ましいのか望ましくないのかは難しい判断である。研究者にとって、情報交換、切磋琢磨という意味で集積のメリットは大きい。そういう意味から言うと集中する意義

おおさわ よしあき
筑波大学 社会工学系
〒305-8573 つくば市天王台1-1-1

表1 都道府県別データ

	OR会員数 A	大学教員数 B	夜間人口 C	A'/B'		A'/C'	
北海道	60	5651	5692321	1.31	(8)	1.10	(10)
青森県	8	1095	1481663	0.90	(17)	0.56	(22)
岩手県	7	1224	1419505	0.70	(28)	0.52	(23)
宮城県	23	3870	2328739	0.73	(25)	1.03	(12)
秋田県	3	717	1213667	0.51	(36)	0.26	(42)
山形県	5	874	1256958	0.70	(27)	0.42	(31)
福島県	7	1005	2133592	0.86	(19)	0.34	(36)
茨城県	29	2649	2955530	1.35	(6)	1.03	(13)
栃木県	12	2416	1984390	0.61	(31)	0.63	(19)
群馬県	3	1069	2003540	0.35	(44)	0.16	(46)
埼玉県	41	3223	6759311	1.56	(4)	0.63	(18)
千葉県	59	3395	5797782	2.14	(2)	1.06	(11)
東京都	272	42417	11773605	0.79	(22)	2.42	(1)
神奈川県	111	4381	8245900	3.12	(1)	1.41	(5)
新潟県	19	1866	2488364	1.25	(10)	0.80	(17)
富山県	11	1006	1123125	1.34	(7)	1.02	(14)
石川県	21	2254	1180068	1.15	(12)	1.86	(2)
福井県	3	883	826996	0.42	(40)	0.38	(34)
山梨県	4	894	881996	0.55	(35)	0.47	(26)
長野県	5	1202	2193984	0.51	(37)	0.24	(44)
岐阜県	9	1452	2100315	0.76	(23)	0.45	(28)
静岡県	12	1639	3737689	0.90	(16)	0.34	(38)
愛知県	78	8157	6868336	1.18	(11)	1.19	(9)
三重県	6	1126	1841358	0.66	(30)	0.34	(37)
滋賀県	5	703	1287005	0.87	(18)	0.41	(33)
京都府	40	7089	2629592	0.69	(29)	1.59	(4)
大阪府	105	10113	8797268	1.28	(9)	1.25	(7)
兵庫県	42	5038	5401877	1.03	(13)	0.81	(16)
奈良県	6	1288	1430862	0.57	(33)	0.44	(29)
和歌山県	1	596	1080435	0.21	(47)	0.10	(47)
鳥取県	8	673	614929	1.46	(5)	1.36	(6)
島根県	3	666	771441	0.55	(34)	0.41	(32)
岡山県	17	2922	1950750	0.72	(26)	0.91	(15)
広島県	50	3349	2881748	1.84	(3)	1.82	(3)
山口県	4	1385	1555543	0.36	(43)	0.27	(41)
徳島県	5	1413	832427	0.44	(39)	0.63	(20)
香川県	5	748	1027006	0.82	(20)	0.51	(24)
愛媛県	7	1080	1506700	0.80	(21)	0.49	(25)
高知県	2	823	816704	0.30	(45)	0.26	(43)
福岡県	58	7150	4933393	1.00	(14)	1.23	(8)
佐賀県	3	749	884316	0.49	(38)	0.35	(35)
長崎県	4	1266	1544934	0.39	(42)	0.27	(40)
熊本県	8	1615	1859793	0.61	(32)	0.45	(27)
大分県	5	819	1231306	0.75	(24)	0.42	(30)
宮崎県	7	939	1175819	0.92	(15)	0.62	(21)
鹿児島県	3	1499	1794224	0.25	(46)	0.17	(45)
沖縄県	4	1189	1273440	0.41	(41)	0.33	(39)
全国	1200	147577	125570246	1.00		1.00	

方が良い。しかし、世界スケールのみならず、都道府県レベルでの貢献が必要だという視点もある。事実、研究発表会では、「地域のOR」、「地域活性化のOR」等の特別テーマが設定されている。

ローレンツ曲線は、次のように計算される。最初に、各都道府県ごとに比率 A_i/B_i を計算する。この比率が大きいものは密度から見て会員が集中していると考えられる。比率の大きい順に並び替えて、最も大きい

比率から最も小さい比率まで順に、それぞれ会員数、大学職員数を累積してグラフ化する。別な言い方をすると、最も大きい比率をもつ都道府県の幾何ベクトル (B_i, A_i) を原点に置く。そして、大きい比率から小さい比率まで順に、幾何ベクトルの始点を前の幾何ベクトルの終点につなぎ合わせる：図1の黒丸参照。この結果得られる、原点から $(1, 1)$ を結ぶ直線分の軌跡をローレンツ曲線と呼ぶ。図1に、横軸を大学教員

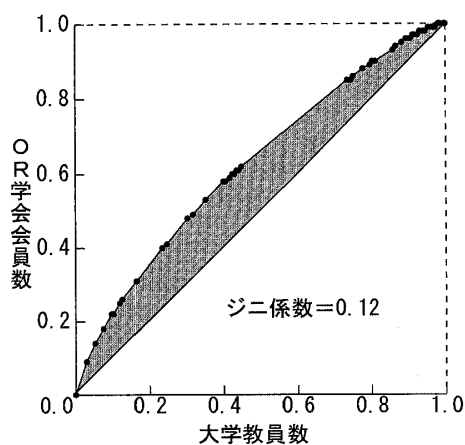


図1 対大学教員数に対するローレンツ曲線

数、縦軸を学会会員数として描いたローレンツ曲線を示す。一方、ジニ係数とはこの曲線をスカラー化した指標であり、図1の弓形（ハッチングを施した部分）の面積に対応する。したがって、この値は0から0.5までの範囲に収まる。地域的に偏在すればローレンツ曲線は上方に大きくふくらみ、それに応じてジニ係数は高くなる。もし、偏在が全くなければ、つまり会員が各都道府県均等に配分されていれば、ローレンツ曲線は45度線（対角線）と一致するので、この係数はゼロとなる。図1のジニ係数は0.12である。

さらに、どの程度学会会員が各都道府県に住む住民と公平に（潜在的に）交流できるかを見るために、横軸に夜間人口、縦軸に学会会員数をとり描いたローレンツ曲線を図2に示す。つまり、 B_i の代わりに C_i を用いて計算したものである。図2のジニ係数は0.17となった。この数値は、図1の結果より大きい。つまり、OR学会の大学教員への浸透度より地域住民への浸透度の方が偏っていることを意味する。

なお、表1はローレンツ曲線を描くために計算した比率 A_i/B_i 及び A_i/C_i も付記している。括弧内は順位を示す。この比率から、各都道府県への程度会員が浸透しているかが分かる。対大学教員比率（ A_i/B_i ）が高い都道府県は順に、神奈川県、千葉県、広島県である。逆に低いのは和歌山県、鹿児島県である。この結果から、神奈川県において、大学教員ポストに占めるOR関係者の占有率が最も高いと言える。一方、対夜間人口比率（ A_i/C_i ）を見ると、高い順に、東京都、石川県、広島県であり、低いのは群馬県、鹿児島県である。東京都の夜間人口は多いが、それを考慮してもOR研究者が多いことを意味する。

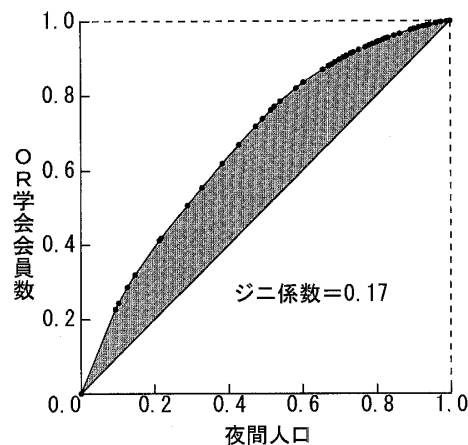


図2 対夜間人口に対するローレンツ曲線

3. ウェーバー問題と人口重心

OR学会会員がどこを中心に分布しているのかを定量的に理解するために、ウェーバー問題を考える。この問題は、平面上において利用者までの直線距離の総和が最小となる場所を求める。施設配置の枠組で解釈すると、利用者までの移動費用が最小となる地点を求めるモデルである。したがって、学会員が一同に会するとき移動エネルギーが最小となる点はどこかということを考える（もっとも、鳥のように直線距離で移動する前提はあるが）。立地問題を研究対象とする主な学問分野は、都市経済、地理、オペレーションズ・リサーチであるが、ウェーバー問題はどの分野でも取り扱われるという意味で基本的な問題である。

数学的に言うと、学会会員データの場合、 $\sum A_i \sqrt{(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2}$ を最小にする地点 (X, Y) を求める。ノルムの和である目的関数は凸となるが、偏微分してみると分かるように最適点は一般に解析的に表現できない。このため、繰返し法にて数値的に解く必要がある。この問題の解法として、Weiszfeld (1937)の方法がある。この論文はフランス語で書かれているにもかかわらず、立地問題に対し繰返し法を用いた最初の研究として、内外の立地論研究者から頻りに引用されている。余談ではあるが、このような論文が遠くプラハから東北大学発刊の雑誌へ投稿された事実は興味深い。

一方で、移動費用が距離の二乗に比例する問題を考える。数学的に言うと、 $\sum A_i \{(X_i - X)^2 + (Y_i - Y)^2\}$ を最小にする地点 (X, Y) を見つける。ウェーバー問題と比べると、遠い利用者への距離が相対的に効くので、遠くの利用者への配慮を施したモデルと解釈で

きる。定式化から直ちに理解できるように、この最適点は単純に人口重心と一致する。

学会員データから数値計算にて求めた最適地点（ウェーバー点と呼ぶ）を図3に示す。図3には、都道府県境、市町村境、主要鉄道及び高速道路も記載されている。比較のため、全国大学教員、昼間人口のデータによるウェーバー点も同時に示す。また、これら三種類のデータの人口重心も付記する。この結果から、当学会員のウェーバー点は八王子市付近となった。一方で、全国大学教員データのウェーバー点は甲府市付近、夜間人口データのウェーバー点は岐阜県中津川市付近となった。これらは直線移動を前提に求められたが、偶然にも高速道路中央道沿いに並んだ。また、これらウェーバー点の緯度はほぼ同一である。これは、日本の主たる社会活動が東西方向の軸線に沿って営まれていることに起因する結果かもしれない。それにしてもOR学会会員の結果が随分と東京都心へ寄っている。

さらに、得られた重心は、用いた3種類のデータの、どの3点も岐阜県もしくは長野県の中央道北側に位置した。ただ、学会会員の人口重心だけが長野県に位置し、他と比べ東京寄りである。このように、OR学会会員および全国大学教員データの場合、重心とウェーバー点との乖離は小さくない。

計算機技術の進歩や数値計算及び計算幾何学研究の蓄積は、ウェーバー問題多面的な拡張を可能とした。例えば、施設数を複数にした研究 (Iri, Murota and Ohya (1984))、離散平面さらには道路網へ移行した研究、迷惑施設として定式化した研究、目的関数をミニマックス型としたさらに多目的アプローチの研究競

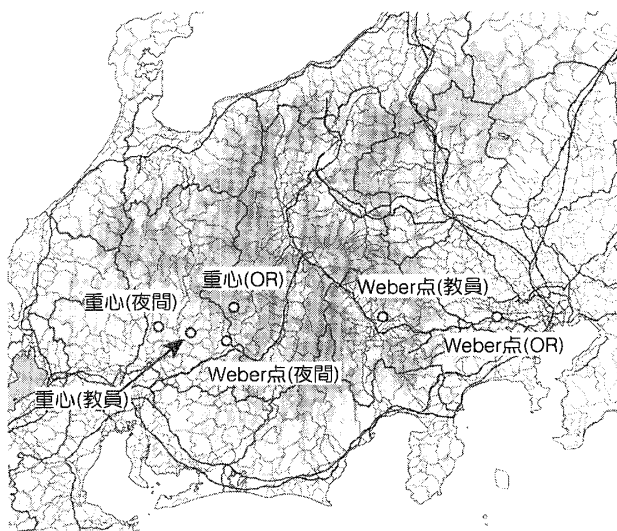


図3 Weber点と人口重心

争を考慮に入れたモデル、ハブ空港モデルなど、列挙に暇がない。興味ある読者は、Daskin (1995) (本特集の著者の一人)、Drezner (1995) (本特集の著者の一人の旦那さん)、Mirchandani and Francis (1990) などの図書を参照することを勧めたい。和書であれば、岡部、鈴木 (1992)、大澤 (1992) などがある。なお、Location ScienceやStudies in Locational Analysisという立地問題に特化した専門誌も発刊されている。Location Scienceについては、残念ながら近々他の雑誌と統合されるとのことである。

4. おわりに

本年2月から4月まで2ヶ月間ベルギーに滞在する機会を得た。欧州大陸の田舎を自動車で移動するとよく分かるのだが、山や河川などの地形抵抗で移動を妨げられる機会は日本より格段に少ない。純粹な（直線距離で移動可能な）平面上で構築されたウェーバーによる工業立地論、クリスタラーによる中心地論、同心円で導出されたチューネンの農業立地論が欧州で確立されたことに納得した次第である。

これらの理論はもちろん重要だが、モデルを構築する際、現実とのフィードバック、整合性が必要である。日本の各都道府県は個性が強く、それに応じてきめ細かくモデルを構築しなければならない。例えば、20年前の研究として腰塚 (1982) は利根川の障害度を現実の架橋数と周辺道路網密度との比較から分析している。最近の研究として、栗田 (1999) は日本の政令都市行政域を人口および面積サイズの点から検討を加えている。これらの研究は、理論的貢献に重きを置きつつも、応用を前提としており、日本特有の地形、気候、社会システムなどを明示的に扱っている。20年間、このような研究が他学会誌にて数多く発売されている。日本語発表を認めている。当学会誌でも、日本独自の問題意識に着目した研究により多くの発表の機会が与えられるよう道筋をつけるべきだと個人的に思う次第である。

謝辞 データ整理、計算、結果の図化等において、筑波大学社会工学研究科田村一軌君、同環境科学研究科大江直輔君の協力を得た。

参考文献

- [1] 日本オペレーションズリサーチ学会 (1998) : 平成10年度会員名簿.
- [2] 文部省 (1999) : 平成11年度学校基本調査報告書 (高

- 等教育機関編).
- [3] 総務庁統計局 (1995) : 平成7年度国勢調査.
- [4] P. Kruguman (1991) : *Geography and Trade*. MIT Press. (邦訳, 北村行伸, 高橋亘, 妹尾美紀訳, 脱国境の経済学, 東洋経済新報社 (1994))
- [5] J. E. Stiglitz (1986) : *Economics of the Public Sector*. E. W. Norton and Company. (邦訳, 藪下史郎訳, 公共経済学, マグロウヒル (1989))
- [6] Weiszfeld (1937) : Sur le point le quel la somme des distances de n points donnees est minimum. *Tohoku Mathematical Journal*, 43, 355-386
- [7] M. Iri, K. Murota and T. Ohya (1984) : A fast Voronoi diagram algorithm with applications to geographical optimization problems, Lecture Notes in Control and Information Science 59, *System Modelling and Optimization*, edited by P. Thoft-Christensen, 273-288, Berlin, Springer.
- [8] M. S. Daskin (1995) : *Networks and Discrete Location*. Wiley.
- [9] Z. Drezner (1995) : *Facility Location*. Springer.
- [10] P. B. Mirchandani and R. L. Francis (1990) : *Discrete Location Theory*. Wiley.
- [11] 岡部篤行, 鈴木敦夫 (1992) : 施設配置の数理, 朝倉書店.
- [12] 大澤義明 (1992) : 都市計画のためのモデル分析—施設配置理論モデル, (日本建築学会編) 建築・都市計画のためのモデル分析の手法, 井上書院, 136-149.
- [13] 腰塚武志 (1982) : 橋の相対的密度に関する考察. 都市計画学会学術研究論文集, 17, 91-96.
- [14] 栗田治 (1999) : 都市施設の適切な数に関する数理モデル—政令指定都市の区数に関する分析例—. 建築学会計画系論文集, 524, 169-176.