

小売吸引力モデルにおける「距離」概念再考

—抵抗度の直接推定—

中 西 正 雄

I はじめに

小売吸引力モデル（または引力モデル）は、さまざまな小売施設（店舗、モール、商店街など）がどれだけの買物客を惹きつけることができるか（すなわち来客数）を測定するのに用いられる。なかでも Huff・モデル (D. L. Huff 1962) とその拡張型である魅力度—抵抗度モデル (Huff & Batsell 1974) は、1970年代から90年代の初頭にかけて、いわゆる大店法のもとでの商業調整に利用されたため、広くその名が知られている。その当時は膨大な量のデータが集められるとともに、多数の分析結果が発表されて、モデルの適用範囲や問題点も次第に明らかになった。商業・流通関係の理論的モデルとして、これほど広範な実証的検討がなされたものは少ないといっても過言ではない。この形のモデルは大店法の消滅後も広く実務的に応用されており、とくに大規模な地理的情報システム (GIS) データベースとグローバル測位システム (GPS) の普及によって、実務レベルでの利用が一層容易になっている (平下 2002)。

このように小売吸引力モデルはすでに実務的応用の段階に入っているため、もはやこれ以上の理論的な検討は必要ないように見えるかもしれない。しかしどんなに使い込まれた理論モデルであっても、実務に適用するにはデータ収集や分析手法に関して現実と理論のギャップを埋めるための無理な簡略化仮定をしたり、調査の実施上不都合な部分を見逃したりすることがある。

小売吸引力モデルにおいても例外ではない。この論文では、魅力度－抵抗度型の小売吸引力モデルの適用において、当然のように考えられてきた「距離」の測定について再検討を行う。さらに実際に距離を測定することなしに抵抗度の測定を行う方法について提案を行いたい。

II 魅力度－抵抗度型モデルにおける「距離」の測定

まず広く使われている魅力度－抵抗度モデルの概要に触れておこう。このモデルは、ある起点 i (住所、勤務先所在地、通学先など) にいる消費者が、買物出向先としてある目的地 j (ここでは小売施設) を選択する確率を規定する、いわゆる確率モデルである。その基本的な仮定は

$$\pi_{ij} \propto a_j / r_{ij} \quad (1)$$

と書ける。上の式で

π_{ij} = 起点 i にいる消費者が買物目的地として地点 j を選択する確率

a_j = 目的地 j の魅力度

r_{ij} = 起点 i から目的地 j への旅行に関わる抵抗度

である。言葉で表せば、「地点 (起点) i にいる消費者が買物目的地として地点 j を選ぶ確率は、地点 j の魅力度に比例し、地点 i から地点 j への旅行にかかわる抵抗度に反比例する」となろう。この仮定からよく知られた次の公式が導出される。

$$\pi_{ij} = \frac{a_j / r_{ij}}{\sum_{k=1}^m a_k / r_{ik}} \quad (2)$$

ここで、 m は選択可能な目的地の数である。

このモデルの魅力度 a_j はその目的地の諸特性 (たとえば売場面積、品揃えの幅、駐車場面積など) によって決められる要素であって、どの消費者にも一様に影響をあたえると想定されている。初期のハフ・モデルでは「 a_j は売場面積に比例する」と規定されたが、その後の修正によって「 a_j は複数の管理可能なマーケティング変数の関数である」と規定されるようになった。

た。多数のパラメータを推定するのに必要な統計的方法も開発されて、現在では小売施設の計画や管理の実務に役立つモデルへと進化している。この小論ではこれ以上魅力度について解説することはできないが、興味ある読者は他文献（たとえば中西 1983）を参照されたい。

これに対し、抵抗度 r_{ij} は起点 i にいる消費者にのみ作用する要素で、地点 i と地点 j との間の旅行の特性（道路の混雑度、公共交通機関の有無および運転頻度など）によって影響を受けると考えられる。ハフ・モデルを初めとして、最も多く使われている r_{ij} の規定は次のような形である。

$$r_{ij} = d_{ij}^{-\lambda} \quad (3)$$

ここで d_{ij} は地点 i と地点 j との間の「距離」であり、 λ は距離抵抗を表すパラメータである。 d_{ij} について「距離」と括弧つきにしたのは理由がある。小売吸引力モデルには物理的距離を使うと思われがちだが、実際には「時間距離」（＝2 地点 (i, j) 間の旅行時間）を用いることが多い。ハフは「買物行動は消費者の生活時間の一部を使ってなされるので、買物にかかる時間の機会損失を考慮に入れるべきだ」と主張し、最初からハフ・モデルの「距離」変数として時間距離を採用したので、それが一つの伝統となったのである。なお時間距離には単に起点 i と目的地 j との間の交通機関（自家用車を含めて）の乗車時間だけを測定するのではなく、もし交通機関を乗り継ぐようなことがあれば、乗り継ぎに要する時間を含めるのが一般的である。さらに公共交通機関の場合には、運転頻度の多少を時間距離に反映させるために、予想される平均待ち時間を加えることがある。ただし乗り継ぎ時間や平均待ち時間のような旅行時間の付加的部分については、測定者の判断に大きく依存しているため、かなりの誤差やバイアスが入りこむ余地がある。

しかし最近の多くの GIS では、時間距離を排して、物理的距離を使うようになった。GPS の普及により 2 地点間の距離が簡単に測定できるようになったからである。だが 2 地点間の直線距離はかならずしも時間距離を正確に反映していないことは容易に想像がつく。徒歩や自転車で移動できるような距離ならまだしも、公共交通機関を利用しなければならない状況下で、上

に述べたような乗り換え時間や平均待ち時間をGPSで算出できるとは思えない。この問題を多少とも緩和するために、直線距離でなく、「シティブロック・メトリック」（2地点間の縦軸の差と横軸の差との合計）を用いることが推奨された時期もあるが、これとて時間距離とはかなり異質のものであることは間違いない。GPSによって高精度に測定された距離にはそれなりの説得力があるが、時間距離に関するハフの論理が正しければ、精度のみを追求することは避けるべきであろう。

実は「距離」の測定にはさらに困難な実務的問題が残っている。それは2地点間の距離を測るといえるとき、起点または目的地のどの部分を結んで距離を測るべきかがあいまいなケースが多いことである。この問題は時間距離にも物理的距離にも共通の問題である。われわれが消費者の買物行動をモデル化する時、起点と言え、目的地と言っても、それぞれが一定の面積を持つ地域であることが通常である。「起点」はしばしば一つの市全体とか、数千人が住む一つの住宅地全体とか、かなりの空間的な広がりをもった地域として規定される。また「目的地」にしても、大きな商業集積（たとえば新宿、銀座、梅田など）の場合にはその範囲を空間的に示すこと自体が困難である。

この距離測定の問題は起点データの地理的集計度が上がれば上がるほど深刻になる。言い換えると、それぞれの起点なり、目的地の面積が大きくなればなるほど、物理的距離にせよ、時間距離にせよ、どの2地点間の距離を測ればよいか、判断が難しくなるからである。物理学の引力モデルの類推から、起点または目的地の「重心」を探して重心間の距離を測ればよいという考え方もあるが、理論的にも、実務的にも、ある地域の重心がどこにあるかを見つけることは容易ではない。後に述べる東京都の消費者買物調査の場合、最高の集計水準に対応する起点は東京23区のうち複数区をまとめたものになっている（付録A参照）。1例を挙げると、「城西」地域は世田谷区、中野区、杉並区、練馬区を含んでいる。たとえば目的地が新宿であるとして、いったいこの地域のどの地点から新宿までの物理的距離を測ればよいのであろうか。また城西地域から目的地の新宿に到達するまでの時間距離を測ることも容易

ではない。複数の公共交通機関が存在し、この地域の異なる部分に住む人々は異なる交通機関（自家用車を含めて）を利用するからである。

以上の議論によって小売吸引力モデルにおける「距離」の概念がかならずしも明確でないこと、およびその測定に際して様々な問題があることが明らかになった。しかし小売吸引力に関する実務的な調査では、こうした距離測定の問題はあまり真剣に考えられていない。買物目的地選択比率（(2)式の π_{ij} の実測値）を高い精度で測定しようとする、同じ起点からできるだけ多くの消費者標本を集めることが望ましい。しかし、上述のように、起点の空間的広がりが大きくなるほど距離の定義があいまいになるので、距離測定の精度を上げるために起点をできるだけ狭く規定する必要がある。さらに広域（たとえば複数の都市域）にわたる消費者の買物行動を俯瞰するには、かなりの起点数を調査地域全般にばらまく必要がある。こうした三つの条件を実務的に満たそうとすると必要な標本サイズが大きくなり、調査費用がかさむ。現実には、調査費用の制約から、かなり広い地域を起点として設定することで調査対象とする起点数を減らそうとする傾向がある。こうした場合、距離の定義や測定精度にはあまりこだわらないで調査が行われている。小売吸引力モデルのいわば基本変数である距離について、実務的にはかなりあいまいな定義やいい加減な測定が行われているのが実情なのである。

だからと言って、集計度の高いデータの利用をあきらめ、個人レベルのデータを分析すればすべての問題が解決するわけではない。たしかに個々の消費者に関して時間距離なり、物理的距離を測定できれば、どの2地点間の距離を測るかという問題は生じないように見える。しかし現在はまだ個々の回答者（消費者）に物理的距離や時間距離を測定する手間を押しつけることは難しいであろう。結局は調査者がそれぞれの回答者に代わって距離の測定を行うことになる予想される。現在は旅行時間を調べるためのインターネット・サイトを利用できるとはいえ、数百人、数千人の回答者に代わって交通機関のスケジュールを調べて旅行時間を算出する作業は、不可能ではなくとも大きな費用をとまなうと考えられる。こうしたことを考慮すると、もし起

点や目的地に関する地理的集計水準の高いデータを利用して、実際に物理的距離（または時間距離）を測定することなく、消費者の買物行動を容易に分析できるなら、はるかに対費用効果が高い調査を行えるだろう。

次節では、起点と目的地間の「距離」を実際に測定することなしに、集計水準の高い消費者買物行動データを分析する方法について、一つの提案を行う。

III 仮想空間における起点座標を用いた抵抗度の測定

物理的であれ、時間的であれ、距離を実測することなしに小売吸引力モデルを用いることなどできないように見えるかもしれない。しかし多次元尺度法的一种である量的展開法 (Metric Unfolding) を用いれば、複数の起点と複数の目的地間の部分距離行列をもとに、起点、目的地それぞれの座標を測定することができる (de Leeuw (2005))。この考え方を拡張すれば、通常の消費者買物行動調査結果から起点と目的地の座標を推定することができるはずである。ただし小売吸引力モデルが量的展開法と違うところは、目的地の魅力度を測定しなければならない点である。結論から言うと、一つの目的地の座標と魅力度を同時に推定することは不可能なので、目的地の座標については実測値を用いることにする。以下に目的地の魅力度と起点の座標を測定する方法を示す。

確率 π_{ij} の規定には(2)式を使うが、この式中の r_{ij} については次のように規定する。

$$r_{ij} = d_{ij}^2$$

抵抗度パラメータ λ が2と定数であるのは、当面 λ の推定が課題ではなく、単に r_{ij} を推定しようとしているからである。 d_{ij} については通常のユークリッド距離を定義する。

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

上の式で起点の座標 (x_i, y_i) と目的地の座標 (x_j, y_j) とに同様の記号を用い

ているが、実質はまったく違う。後者は地図上の実測値であるが、前者はある仮想空間上の座標である。この仮想空間上の座標については後に詳しく述べることにしたい。

このモデルを消費者買物行動データに適合させて、魅力度 $\{a_j, j=1, 2, \dots, m\}$ と起点の座標 $\{x_i, y_i; i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m\}$ と推定するには最尤法を用いる。目的関数は次の対数尤度関数である。

$$\ln(L) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m n_{ij} \ln(\pi_{ij}) \quad (4)$$

上式で n_{ij} は起点 i から目的地 j に買物に行った消費者数である。

推定の手続きは以下の通りである。

Step 1: まず各目的地の座標を地図上もしくは地図ソフトを用いて測定する。

Step 2: 各目的地の魅力度と各起点の座標の初期値を決める。

Step 3: 各起点の座標を所与として、各目的地の魅力度を推定する。

Step 4: 各目的地の座標と魅力度を所与として各起点の座標を推定する。

Step 3 と Step 4 は(4)の対数尤度値が収束するまで反復する。収束は早くないが、これまでの適用例では経路依存は見られず、的確に収束することが分かっている。

IV 事例1 東京都における消費者買物行動調査 (2001年)¹⁾

この調査の目的は東京都内の繁華街への買い物客出向状況を調べることで、起点における買物行動調査と目的地における来街客調査、および目的地周辺の交通量調査とが行われた。(調査の詳細については付録Aを参照。) 以下では起点における買物行動調査(平成13年10月実施)から、最も集計度の高い結果(表1)のみを用いて、前節で提案された方法を検証する。

1) この論文で使用した「東京都における繁華街利用実態調査」データの入手にあたっては、大阪商業大学総合経営学部 酒井 理 准教授(当時東京都労働経済局商工指導所商業部主任)にご尽力いただいた。ここで感謝の意を表したい。

表1 東京都消費者の繁華街外向行動

目的地	起 点									行合計
	都心	副都心	城東	城北	城南	城西	多摩東部	多摩南部	多摩西部	
新宿駅周辺	10	195	89	27	40	466	286	91	8	1212
池袋駅周辺	1	166	37	253	5	205	71	2	0	740
渋谷駅周辺	15	42	23	10	157	157	38	23	3	468
銀座駅周辺	73	29	156	14	134	42	25	10	2	485
錦糸町駅周辺	1	0	154	0	2	0	2	2	0	161
上野駅周辺	14	25	135	12	7	5	1	0	0	199
浅草駅周辺	1	1	71	0	8	3	2	0	1	87
吉祥寺駅周辺	0	3	3	2	1	166	264	22	8	469
立川駅周辺	0	0	1	0	0	1	108	156	94	360
八王子駅周辺	0	0	0	0	0	0	6	228	10	244
町田駅周辺	0	0	1	0	0	3	3	150	0	157
赤羽駅周辺	0	1	1	62	0	0	0	0	0	64
日本橋駅周辺	6	2	25	2	6	3	3	1	0	48
蒲田駅周辺	0	0	0	0	52	0	0	0	0	52
自由が丘駅周辺	0	0	1	0	22	16	0	0	0	39
府中駅周辺	0	0	0	0	0	0	53	7	0	60
他都内の繁華街	22	20	157	42	130	170	124	76	22	763
他都外の繁華街	0	0	18	2	31	9	60	45	18	183
利用しない	9	22	134	27	59	63	98	28	38	478
合計	152	506	1006	453	654	1309	1144	841	204	6269

出所：「東京都における繁華街利用実態調査報告書」、東京都産業労働局産業政策部、平成13年7月。13ページ表2.6より作成。原表の買物出向者比率から逆算したので、±1程度の誤差がある。

前節で述べた手続きに従い、モデルの適合化を試みた。まず各目的地の座標を地図ソフトから読み取り、新宿を原点としてkmで表示したものが次表²⁾である。なお表1に目的地として含まれている「他都内の繁華街」、「他都外の繁華街」、「利用しない」については分析に含めていない。

- 2) 小売吸引力モデルの距離変数として時間距離を用いる伝統からすると、起点の座標を地図から読み取ることは物理的距離への移行を意味して、あまり望ましいことではないかもしれない。しかしこの調査の全目的地はほとんど「……駅周辺」と質問票に示されていた。また今回の分析に用いた16の繁華街はほとんどJRの山手線と中央線の主要駅周辺である。したがって目的地間の時間距離はJRの電車の所要時間で測ることが妥当であろう。しかし山手線や中央線のように運転頻度が高い路線では、2駅間の電車の所要時間は物理的距離とほぼ比例しているであろう。これが今回時間距離を使わずに地図から読み取った座標を用いた理由である。

表2 買物目的地（繁華街）の座標

	新宿	池袋	渋谷	銀座	錦糸町	上野	浅草	吉祥寺
水平軸	0.00	1.08	0.17	6.44	11.35	7.60	9.69	-11.99
垂直軸	0.00	3.87	3.26	1.99	0.52	2.26	1.93	1.22
魅力度初期値	12.09	7.39	4.70	4.82	1.63	2.00	0.88	4.70
	立川	八王子	町田	赤羽	日本橋	蒲田駅	自由が丘	府中
水平軸	-28.59	36.1	24.53	2.04	7.29	1.57	-3.15	-21.85
垂直軸	0.52	3.87	15.44	8.56	-0.94	-12.82	-8.29	-1.88
魅力度初期値	3.57	2.44	1.57	0.63	0.50	0.50	0.38	0.63

出所：地図ソフト「プロアトラス2002、首都圏」（株式会社アルプス社）による。

注）水平軸は緯度方向、垂直軸は経度方向を示す。座標値は新宿を原点として km で表している。

次に各目的地の魅力度 (a_j) と各起点の座標の初期値を求めた。目的地の魅力度については表1の右端にある起点合計を定数で割って用いた。表2に魅力度初期値とあるのがそれである。（このモデルの特性として、魅力度に定数を掛けても、割っても確率には影響しない。）各起点の座標初期値はここに示さないが、地図上で適当な値を選んで用いた。最終結果はあまり初期値に影響されないようである。

表3は各目的地の魅力度、表4は各起点の座標の推定値を示している。適合度の指標としては対数尤度が-8023.9であり、推定された買物客数と表1の買物客数との相関係数は0.969であった。後者から見て適合度はかなり高いと言えよう。

図1は各目的地（繁華街）の魅力度推定値を示したものである。予想通り新宿が圧倒的な強さを誇っていて、池袋、渋谷、銀座がこれに続いている。吉祥寺、立川、八王子など東京西部の繁華街が健闘していることも興味深い。この調査ではいわゆる計画的ショッピング・センターが明示的に目的地として含まれていないが、表1の「他都内の繁華街」がこれに当たるとすれば、その魅力度を合計しても新宿にはとうてい及ばないようである。

図2は表2の各目的地の座標と表4の起点座標の推定値とを同時プロット

表3 目的地の魅力度推定値

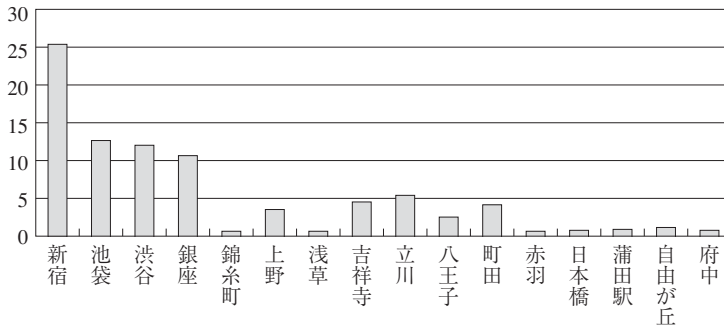
目的地	魅力度
新宿	25.49
池袋	12.66
渋谷	12.17
銀座	10.64
錦糸町	0.69
上野	3.52
浅草	0.54
吉祥寺	4.57
立川	5.35
八王子	2.58
町田	4.21
赤羽	0.70
日本橋	0.76
蒲田	0.91
自由が丘	1.22
府中	0.74

表4 起点の座標推定値

起 点	水平軸	垂直軸
都心	6.11	-0.16
副都心	3.04	1.95
城東	10.16	0.53
城北	1.76	7.04
城南	3.62	-10.03
城西	-6.80	1.86
多摩東部	-17.90	3.21
多摩南部	-32.96	-9.11
多摩西部	-31.27	3.23

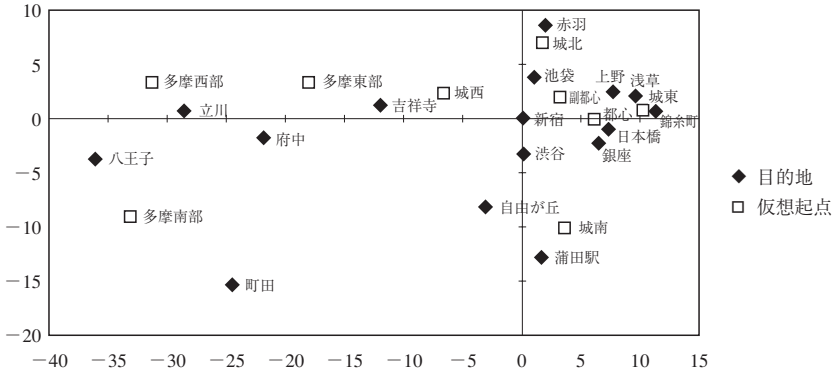
注) 座標は新宿を原点として km で表されている。

図1 目的地の魅力度測定値



したものである。起点の推定座標は一応それらしい場所に収まっている。もちろん推定された起点の座標はあくまでも仮想空間内にあり、それを無理やり現実の空間に対応させることはあまり意味がない。しかし図2のようなプロットから推察できることも種々あるだろう。たとえば、多摩西部が立川の

図2 起点の仮想的位置
(目的地は地図上の実測布置)



すぐ傍にあったり、城東が浅草の近辺に位置したりしているのは、もともとこれらの地区内部に小売施設が少なく、買物行動における消費者の距離抵抗が低いことをうかがわせる。調査地域に詳しい識者の目から見れば他にも示唆があたえられることがあるかもしれない。

この事例では、起点と目的地間の距離を測定することなく、東京都内の繁華街の魅力度を推定できることが示された。しかし小売吸引力モデルの利用者からは「抵抗度の推定ができていない」という指摘があるかもしれない。なるほどわれわれがこれまで抵抗度と呼んできた λ が推定されていないのは小売吸引力モデルとして片手落ちと見える。しかしよく考えて見れば、 λ は抵抗度のパラメータに過ぎないのであって、本来抵抗度は r_{ij} で表されているのである。言い換えれば、起点の座標は d_{ij} の中に使われて、 r_{ij} を推定するための中間の変数に過ぎない。この事例ではこれ以上 r_{ij} の分析は行わないが、次の事例では r_{ij} を詳しく検討することで、起点と目的地との関係をさらに明らかにしよう。次の事例では、商品ごとに魅力度および抵抗度の違いがあることを前提に、ここで提案したモデルがどこまで使えるかを検討する。

V 事例2 福岡市における買物行動調査（1976年）

この事例は福岡市の5つの住宅街（松崎、月隈、長住、原、下山門）において1976年度に実施された買物行動調査の結果（詳細は付録A）である。データとしてはかなり古いが、このモデルの検証には適している。それぞれの住宅地に住む回答者に商品種類別に「ふだん行く商店街」を市内外30の商店街から選んでもらった結果が付録Bに示されている。30の目的地のうち、以下では主要な10の商店街のみを分析に含めた。このデータの分析にあたっては、まず目的地の座標を確定しなければならない。33000分の1地図から読み取り、天神を原点とした座標（km単位）に変換したものが次表である。

表5 福岡市における主要商店街の座標

	香椎	博多駅	中州・川端	天神	渡辺通	野間・高宮	雑餉隈	西新	荒江	姪浜
水平座標	4.16	1.85	0.76	0.00	0.66	1.39	5.97	-4.26	-4.85	-7.43
垂直座標	7.66	-0.20	0.53	0.00	-0.83	-2.67	-4.92	-0.86	-2.41	-0.89

（注）目的地の座標は天神を原点として km 単位で表示。

図3に起点と目的地のおおよその位置を示した。

このデータを用いて、目的地の魅力度が商品種類によって異なるかどうかを検証した分析結果が表6である。この表の最下段はモデルによって推定された買物客数と付録Bの買物客数との間の相関係数である。適合度は非常に高い。目的地間の比較を容易にするために、西新の魅力度を1とし、その他の商店街の魅力度は西新との相対的な大きさで表している。予想通り天神の魅力度はどの商品分野においても高いが、身の回り雑貨で最も高く、食料品で最も低い。中州・川端は5品目中4品目で2位であるが、食料品では西新に2位を譲っている。

表7は起点座標の推定値を商品種類別に示している。図4に各起点のおおよその座標（地図上で比定）と起点座標の推定値とを示した。この図で商品種類別の起点座標推定値をそれぞれの起点ごとに点線で囲って見ると、ほぼ

図3 福岡市の主要商店街（1976）

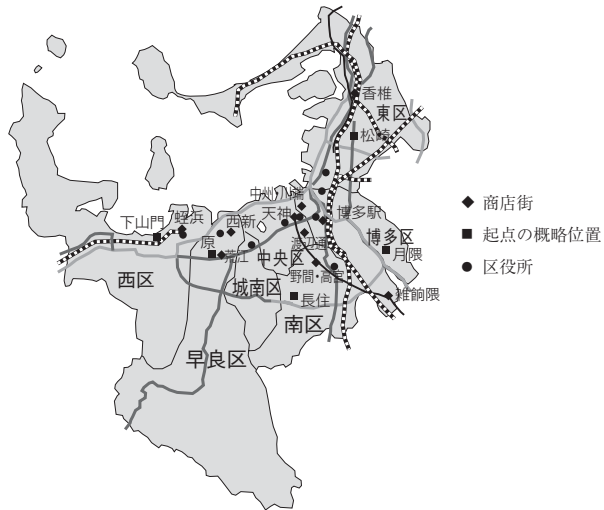


表6 商品種類別の目的地魅力度比較

	衣料品	身回雑貨	食料品	家庭用品	文化用品
香 椎	0.25	0.06	0.76	0.43	0.32
博多駅	1.09	0.97	0.13	0.20	0.73
中州・川端	3.70	3.12	0.17	1.32	2.19
天 神	16.33	22.5	2.66	7.79	13.52
渡辺通	0.19	0.11	0.11	0.08	0.42
野間・高宮	0.05	0.09	0.00	0.11	0.09
雑餉隈	0.58	0.67	0.20	0.46	0.52
西 新	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
荒 江	0.02	0.00	0.15	0.14	0.08
姪 浜	0.15	0.12	0.05	0.26	0.03
最大尤度	-1631.44	-1018.32	-78.52	-1135.7	-1045.41
相関係数	0.998	0.998	0.999	0.999	0.998

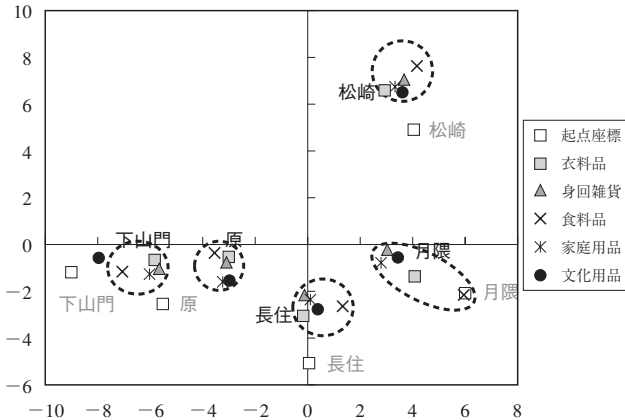
同じ位置に集まっていることが分かる。この図では、起点の推定座標は商品分野間でそれほど大きく異なっていないので、起点と目的地間の抵抗度には商品分野間で大差がないように見える。しかし図4をよく見ると商品分野に

表7 起点座標の推定値（商品種類別）

起点	衣料品		身回雑貨		食料品		家庭用品		文化用品	
	水平座標	垂直座標	水平座標	垂直座標	水平座標	垂直座標	水平座標	垂直座標	水平座標	垂直座標
下山門	-5.801	-0.614	-5.608	-0.984	-7.125	-1.087	-6.091	-1.155	-6.79	-1.000
原	-3.035	-0.564	-3.127	-0.777	-3.571	-0.359	-3.262	-1.524	-3.012	-1.494
長住	-0.203	-3.012	-0.187	-2.141	1.322	-2.637	0.090	-2.251	0.382	-2.763
月隈	4.04	-1.335	3.027	-0.222	5.922	-2.099	2.793	-0.678	3.418	-0.539
松崎	2.897	6.637	3.661	7.008	4.158	7.656	3.308	6.750	3.558	6.568

(注) 座標は天神を原点として km 単位で表している。

図4 推定された起点座標（商品種類別）



よって微妙にその相対位置が異なることも読み取れる。松崎を除く他の起点の推定座標はそれぞれのおおよその位置（□で表示）から市の中心部（とくに天神）に向かって引き寄せられていて、とくに身の回り雑貨にこの傾向が強い。他方食料品は最も引き寄せられる傾向が弱い。この結果と表6の魅力度推定値の結果と比較すると、「中心部の魅力度が高い商品ほど、起点座標が中心に引き寄せられる」ように見える。この推測が成り立つとすれば、起点座標の推定値と魅力度の推定値とは相互依存関係にあり、どちらも独立した推定値を得ることができないかもしれない。

しかし、すでに述べたように、ここで推定される起点座標はあくまでも仮想空間における座標であって、それを実空間に比定することはあまり意味がないのである。実はこのモデルで推定しようとしているのは起点と目的地間の抵抗度 (r_{ij}) であって、起点座標そのものではない。後者は抵抗度を推定するための工夫に過ぎないとも言える。ではこのモデルで測定された抵抗度は妥当なものなのだろうか。 r_{ij} を抵抗度の独立な推定値として妥当であるとみなすことができれば、魅力度と起点座標との推定における相互依存関係を心配するする必要はなくなる。

付録Cは推定された r_{ij} を商品種類別に示している。この推定値の妥当性を検証する一つの考え方は、これまで小売吸引力モデルで想定してきた(3)式

$$r_{ij} = d_{ij}^\lambda$$

の関係が成り立っているかどうかを調べることである。もしこの関係が成り立つなら、推定された抵抗度は、すくなくともこれまでの小売吸引力モデルにおいて「距離」や λ (商品種類別に推定) で表された抵抗度と同じくらいの妥当性があるといえよう。もちろんこの関係を調べるには、外部データとしてなんらかの距離の指標が必要である。このモデルの主旨からして、単に抵抗度の妥当性を検証するだけの目的で物理的距離や時間距離を計測するのは無意味と言えるが、今回は起点が一つの町名で括られる程度の大きさであり、その中心座標を「重心」と仮定してもあまり無理がない。(すでに図3と図4に示してある。) このおおよその起点座標を使って起点-目的地間の物理的距離を計算して付録Dに示した。

検証には(3)式両辺の対数を取り

$$\log(r_{ij}) = \alpha + \lambda \log(d_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (\varepsilon_{ij} \text{ は誤差項})$$

の形の対数線形回帰を用いて推計を行った。

表8は商品種類別に λ の推定値と、 r_{ij} と d_{ij} との適合度を示す R^2 とを示している。 R^2 は、食料品を除いて0.689から0.566の値であり、モデルによって推定された r_{ij} は物理的距離と高い相関関係を持っていることが分かる。ま

表8 λ の推定値

	衣料品	身回雑貨	食料品	家庭用品	文化用品
λ 推定値	1.693	1.812	3.576	1.913	1.970
t -値	9.80	7.91	3.95	9.13	10.31
p -値	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R^2	0.667	0.566	0.246	0.635	0.689

た λ の推定値はすべて統計的に有意であり、その値も最寄品である食料品で最も高く、買回品（たとえば衣料品）で低くなっている。これらの結果から、 r_{ij} の推定値は従来の「距離」の λ 乗で表わされる抵抗度と同等の妥当性を持っていると結論できる。ここでは時間距離との整合性を調べていないが、もともと物理的距離と時間距離の相関はかなり高いので、時間距離を用いてもほぼ同じような結果が得られたであろう。

なお表8の λ の推定値はこれまでの多くの研究で推定された数値の範囲に入っていることも述べておきたい。一例をあげれば、1965年度に福岡市で行われた買物行動調査を用いて筆者自身が推計した数値では、婦人子供服1.99、生鮮食品2.27、荒物・金物2.20といった数値が得られている（中西1983、p. 208、表7.5）。これらは衣料品、食料品、家庭用品と対応する。11年間に小売施設の分布や交通環境が変化したことを考えに入れても、表8の λ の推定値は妥当な範囲に入っていると言えるだろう。

VI まとめと結論

この小論では、小売吸引力モデルの適用にあたって、これまで当然と考えられてきた物理的距離（または時間距離）の測定に関する問題点を検討した。永年にわたる実証研究の蓄積にもかかわらず、実務的レベルでの距離概念のあいまいさや測定の困難さは克服されていないのが現状である。小売吸引力に関する調査で起点ごとの買物目的地選択比率を高い精度で推定するには、起点を狭く規定してかつ一起点ごとの回答者数を増やす必要があるが、そうすると調査費用が大きくなる。しかし調査費用を低くするために起点と目的

地との面積を大きく規定すると（すなわち地理的集計度を高くすると）、「どの2点間で距離を測定するか」があいまいになって、距離を高い精度で測定できないという難しい問題がある。

この問題を回避するため、この小論では*実際に物理的距離や時間距離を測定することになしに*、小売施設の魅力度や起点—目的地間の抵抗度を測定する方法を提案した。計量心理学の量的展開法を拡張し、目的地の座標に既知の値を使う代わりに、目的地の魅力度と起点の座標とを測定の対象とすることでこの問題を解決できることを示した。

起点を広域に指定して買物行動を調べた東京都における買物行動調査と、複数の商品分野ごとに起点—目的地間の買物行動を調べた福岡市での調査との二つの事例を用いて検証したところ、いずれの場合にもモデルとデータの間の高い適合度が得られた。これらの事例から見て、ここに提示した方法が小売施設の魅力度の推定に有効であることが明らかになった。また起点—目的地間の抵抗度に関しても、伝統的な「距離の λ 乗」で示される抵抗度と同程度に妥当な推定値が得られたと言える。

この論文で提案した分析方法の主な利点はもちろん物理的距離や時間距離の測定を必要としない点にあるが、そこから派生する利点は、東京都の事例のような広域的な起点を選択した場合にも目的地の魅力度を測定できることである。将来ここで提示した方法が小売吸引力モデルの適用範囲を拡大することを期待したい。今後はこの測定方法の中に魅力度を構成する要素（たとえば売場面積、商品の品揃え、駐車場の有無など）を直接取り込んで、より実務的に応用できるモデルにする方向で研究を進めたい。

この分析方法の一つの弱点は、起点—目的地の抵抗度の測定値をそのまま目的地における小売施設の計画や管理に応用できないことである。パラメータ λ を使ったモデルであれば、調査に含まれない起点や目的地間の抵抗度を計測できるが、この小論の方法ではすでに調査された起点と目的地との組に関してのみ抵抗度測定値が存在するからである。起点が比較的小さく設定されていて、重心位置の比定が容易な場合は、むしろ従来通りの「距離」

(の乗) の形で抵抗度を測定する方が実務的と言えるかもしれない。しかし東京都の事例のように起点が広域に設定されている場合、この弱点をどう解決するかは今後の研究課題としたい。

(筆者は関西学院大学名誉教授)

参 考 文 献

- de Leeuw, Jan (2005), "Multidimensional Unfolding," an entry in Everitt, Brian S., and David C. Howell (eds.), *The Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science*, Wiley.
- 平下 治 (2002) 監修、『GIS マーケティングのすべて』、日経情報ストラテジー別冊、日経 BP 社。
- Huff, D. H. (1962), *Determination of Intra-Urban Retail Trade Area*, Publication of Real Estate Research Program, Graduate School of Business Administration, Division of Research.
- Huff, D. H., and R. R. Batsell (1974), "Conceptual and Operational Problems with Market Share Models of Consumer Spatial Behavior," in M. J. Schlinger, ed., *Advances in Consumer Research*, Vol. II, Association for Consumer Research, 165-72.
- 中西正雄 (1983)、『小売吸引力の理論と測定』、千倉書房。
- 東京都産業労働局産業政策部 (2001)、「東京都における繁華街利用実態調査報告書」、平成13年7月。

付録A 調査方法の概要

1. 東京都における繁華街利用実態調査

調査の主旨：都内消費者の日常の買物行動およびとない繁華街の利用状況を調査し、今後の街づくりをはじめとした地域商業政策のための基礎資料とする。

調査研究実施機関：東京都労働経済局商工指導所商業部

実施日程：平成12年10月 消費者世帯調査実施

調査研究班の構成：調査企画・研究・執筆 商工指導所商業部 主任 酒井 理

アドバイザー (学識経験者)：関西学院大学商学部 教授 中西 正雄

調査対象と調査の方法：

消費者世帯調査

対象：東京都在住の消費者 (島嶼在住者は除く)

層化2段階抽出：町丁目1000地点を各区市町村に世帯数を基準とした比例配分で割り当て、各区市町村では割り当てられた町丁目の数だけ無作為に抽出して調査対象町丁目を決定した。総回答者数は6302で、そのうち32.9%は主婦であった。

方法：調査票は町丁目ごとに配布間隔を計算の上、地理的にまんべんなく行き渡るように12票ずつ無作為に投函された。消費者の日常行動、繁華街の利用実態を把握することを

調査目的とすることから、回答者の年代、性別に偏りのあるサンプル抽出を避けるため、調査票を一世帯に対して複数通（3通）入れることで、個人単位の回答を得やすくするという方法をとった。投函後、被験者による調査票記入、郵送回収という手続きをとった。

消費者調査における起点の定義；

都心	千代田区、中央区、港区	多摩東部	武蔵野市、三鷹市、府中市、調布市、小金井市、小平市、東村山市、国分寺市、国立市、田無市、保谷市、狛江市、清瀬市、東久留米市
副都心	新宿区、文京区、渋谷区、豊島区	多摩南部	八王子市、立川市、昭島市、町田市、日野市、東大和市、武蔵村山市、多摩市、稲城市
城東	台東区、墨田区、江東区、荒川区、足立区、葛飾区、江戸川区	多摩西部	青梅市、福生市、羽村市、あきる野市、瑞穂町、日の出町、檜原村、奥多摩町
城北	北区、板橋区		
城南	品川区、目黒区、大田区		
城西	世田谷区、中野区、杉並区、練馬区		

来街者調査（略）

2. 福岡市における消費者買物行動調査

調査時点：1976年秋

調査起点：5起点（松崎、月隈、長住、原、下山門）

目的地：32商業集積（うち1つは近くのお店）、

標本サイズ：1000サンプル、

買物出向先の質問項目：「最近買った店」と「普段買いつけのなじみの店」の2つ

品目：5品目（衣料品、身の回雑貨、食料品、家庭用品、文化用品）

付録B 福岡市における買物行動調査結果（「ふだん買物に行く商店街」への買物客数） 1976年

起点 (住宅地)	目的地（商店街）										その他の買物先			合計
	香椎	博多駅	中州・川端	天神	渡辺通	野間・高宮	雑餉隈	西新	荒江	姪浜	その他	近くの店	訪販・通販	
下山門	0	4	21	118	0	1	1	101	1	14	26	6	14	307
衣原	1	3	30	263	3	1	0	95	0	2	32	7	10	447
長住	0	9	50	247	7	3	1	7	1	0	55	25	21	426
月隈	0	47	45	167	2	0	11	5	0	0	40	72	23	412
松崎	56	9	51	191	1	0	0	2	0	0	18	20	11	359

身回雑貨	下山門	0	3	9	96	1	1	0	78	0	6	2	2	0	198
	原	0	1	13	200	3	0	0	71	0	0	4	5	2	299
	長住	0	4	24	233	1	2	0	2	0	0	8	21	2	297
	月隈	0	41	34	120	0	0	5	3	0	0	12	49	2	266
	松崎	38	8	21	160	0	0	0	0	0	0	6	6	1	240
食料品	下山門	0	0	0	1	0	0	0	6	2	18	0	237	0	264
	原	0	0	0	8	0	0	0	45	0	0	0	281	0	334
	長住	0	0	0	6	0	6	0	0	0	0	13	301	1	327
	月隈	1	1	1	3	1	0	2	0	0	0	7	310	2	328
	松崎	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	167	2	281
家庭用品	下山門	0	0	7	44	2	0	3	79	12	38	45	82	5	317
	原	0	4	12	139	1	2	0	160	10	2	16	77	4	427
	長住	1	3	22	190	2	8	0	6	0	0	36	153	4	425
	月隈	1	15	19	76	3	1	3	0	0	0	42	241	8	409
	松崎	128	0	14	69	0	0	0	1	0	1	22	124	0	359
文化用品	下山門	0	1	11	51	5	1	1	35	3	16	21	121	36	302
	原	0	2	15	144	5	0	0	61	3	0	16	164	38	448
	長住	0	4	19	132	8	7	1	3	0	0	26	185	60	445
	月隈	1	32	21	110	3	0	4	3	0	0	34	146	59	413
	松崎	91	7	19	116	1	1	0	0	0	0	10	86	29	360

付録C 起点—目的地間の抵抗度推定値

起点 (住宅地)	目的地 (商店街)									
	香椎	博多駅	中州・川端	天神	渡辺通	野間・高宮	雑餉隈	西新	荒江	姪浜
衣料品	167.58	58.68	44.34	34.03	41.79	55.89	157.15	2.44	4.12	2.71
	119.30	23.97	15.58	9.53	13.72	23.99	100.09	1.58	6.70	19.38
	132.83	12.13	13.46	9.12	5.53	2.64	4.77	21.08	21.97	56.66
	80.84	6.10	14.24	18.11	11.69	8.84	16.57	69.07	80.21	131.65
	2.63	47.82	41.90	52.45	60.69	88.97	142.97	107.36	141.86	163.21
身回雑貨	170.03	56.21	42.83	32.42	39.31	51.77	149.59	1.84	2.60	3.31
	124.18	25.09	16.80	10.38	14.35	23.96	99.96	1.28	5.64	18.48
	114.86	7.92	8.02	4.62	2.45	2.76	45.61	8.21	21.82	53.95
	63.34	1.39	5.71	9.21	5.97	8.70	30.72	53.46	66.85	109.69
	0.67	55.21	50.41	62.52	70.36	98.90	147.55	124.58	161.14	185.30
食料品	203.73	81.30	64.76	51.94	60.67	74.95	186.22	8.28	6.92	0.13
	123.97	29.39	19.53	12.88	18.12	29.92	111.86	0.72	5.84	15.14
	113.98	6.22	10.33	8.70	3.72	0.01	2.83	34.29	38.16	79.56
	98.26	20.21	33.55	39.47	29.31	20.90	7.95	105.15	116.15	179.59
	0.00000	67.02	62.36	75.90	84.16	114.37	161.37	143.30	182.47	207.22
家庭用品	182.67	63.94	49.75	38.43	45.69	58.21	159.70	3.45	3.11	1.85
	139.34	27.88	20.38	12.97	15.87	22.93	96.80	1.43	3.31	17.73
	114.70	7.31	8.17	5.08	2.36	1.86	41.12	0.84	24.44	58.33
	71.32	1.12	5.59	8.26	4.57	5.96	28.08	49.74	61.43	104.46
	1.54	50.41	45.21	56.51	64.40	92.49	143.24	115.11	150.46	173.58

文化用品	194.80	75.27	59.33	47.11	55.54	69.65	178.25	6.44	5.75	0.41
	135.12	25.30	18.31	11.30	13.93	20.73	92.44	1.95	4.22	19.84
	122.81	8.73	10.97	7.78	3.83	1.02	35.90	25.15	27.51	64.45
	67.71	2.58	8.21	11.97	7.69	8.68	25.70		59.00	71.87
	117.69	1.54	48.70	44.31	55.79	63.05	90.11	137.74	116.21	151.29

付録D 起点—目的地間の概算距離 (km)

起点 (住宅地)	目的地 (商店街)									
	香椎	博多駅	中州・ 川端	天神	渡辺通	野間・ 高宮	雑餉隈	西新	荒江	姪浜
下山門	15.86	10.89	9.91	9.08	9.67	10.49	15.43	4.76	4.32	1.61
原	14.02	7.70	6.95	6.04	6.38	6.89	11.72	2.06	0.66	2.51
長住	13.32	5.15	5.58	5.00	4.23	2.71	5.97	5.94	5.50	8.49
月隈	9.83	4.53	5.82	6.32	5.47	4.66	2.92	10.32	10.86	13.47
松崎	2.66	5.63	5.52	6.40	6.71	8.11	10.11	10.12	11.54	12.85