175. ハフモデルと介在機会モデルの相互互換条件

The comparison study of Huff-model and intervening opportunity-model

古山正雄
Masao Furuyama

The subject of this paper is to show the spatial pattern of the retail facilities under which Huff－model and Stouffer－model are able to behave almost similarly. The main result is as follows; if the market places are located uniformly randomly, Huff－model and Stouffer－model are quite similar each other.

From this point of view, we would like to show that Shneider－model is also able to be translated into Huff-model very easily.

Keywords： Huff-model, Stouffer-model, Shneider-model, uniformly-distribution, intervening opportunity
ハフモデル、ストウファーモデル、シュナイダーモデル、一様分布、介在機会

１章　はじめに

本稿の主題は、移動の法則を表す二つのモデル、重力モデルと介在機会モデルとが、互いに同じ挙動を示す空間条件を導くことである。移動の法則に関しては、すでに１９世紀において、ラベンシュタインによる移住の法則やカーリーの重力モデルの提案がなされていたが、２０世紀にはいって、ストウファーモデル、シュナイダーモデルといった介在機会型モデルが提案されるようになる。しかし重力モデルと介在機会型モデルの理論面からの比較研究は少なく、現実データの説明力の向上という視点からの研究がほとんどであった[1),2)]。その意味で、参考文献１）は数少ない優れた理論研究である。この論文において岡部は、機会認知モデルと空間配置変換関数という洗練された概念装置を提案し、それを用いて重力モデルとシュナイダー型介在機会モデルの差異と同相性を考察している。ただし、同論文はストウファーモデルへの言及が少く、また重力モデルとシュナイダーモデルの同相性を数式表現で与えているために空間分布がイメージしにくく。

本稿の都市解析上の役割は、この不便さを改めることにある。言いかえると、我々が感覚的にも理解できるように、解析的な結果を施設の分布型として提示することである。すなわち買物行動を念頭に置いて、重力モデルの代表としてのハフモデル、介在機会モデルの代表としてのストウファーモデルとシュナイダーモデルを取り上げ、これら三者を直接比較できるように、三者の互換性を保証する店舗分布を提示することが本稿の目的である。

本稿で得られた結果を整理すると、ハフモデルとストウファーモデルの相互互換条件は、店舗の一様分布であることが示される。次に、店舗が一様に分布している場合には、シュナイダーモデルとハフモデルの相互互換が可能であることが示される。つまり、ストウファーモデルの挙動は、ハフモデルに翻案すれば、距離の２乗に反比例し、同じくシュナイダーモデルは距離の４乗に反比例することが理論的に示される。これらの結果は、店舗分布のみならず公共施設の配置にも適用可能である。この結果は、交通予測に関するモデルの選択基準や施設と利用者の間のインタラクション関数に関する基礎的知見として活用されることが期待できるだろう。

２章　買物行動のモデル化

本稿では人々の移動のなかでも、買物行動を想定して議論を進めていく。そこで買物行動を表す典型的な表現式を紹介しておく。但し、本稿の目的に沿った形での整理を行い、見やすい形の定義式を与える。勿論これらは一般に良く知られている形式と基本的に同等である[4)]。

２－１節　ハフモデルの定式化

ハフモデルの基本的な考え方は、「近い店舗にはよく行くが、遠い店舗にはあまり行かない。また、大きい店舗には便利なのでよくでかける」というものである。ハフモデルはこの考え方に重力モデルを適用して、次のように定式化する。ｉ地点にいる人にｋ地点にある売場面積Ｓｋ の店舗が及ぼす吸引力の大きさHikは、売場面積に比例し、距離の２乗に反比例すると考える。したがって、消費者のいる地点ｉと店舗のある地点ｋとの距離をｒikとすると、

$$H_{ik} = 定数 \frac{S_k}{(r_{ik})^2} \quad (i \neq k,\quad k=1,\cdots)$$

正会員　京都工芸繊維大学工芸学部造形工学科（Kyoto Institute of Technology）

特に各売場面積Ｓｋが一定ならば、Ｓｋ＝１　とおいて、

$$Hik=\frac{Ui}{(rik)^2} \qquad (1)$$

ここで定数Ui は、全体を１にするための調整項である。したがって、Hik は確率と考えてよい。一般的にはUi の値は、点ｉの位置に依存する。

しかし、以下の考察で示されるように、店舗配置が一様分布のときには、点ｉの位置に依存する必要が無くなるため、添え字ｉは不要となる。

２－２節　ストウファー型介在機会モデルの定式化

介在機会モデルは、ハフのモデルほど一般に知られていないが、その基本的な考え方は「介在機会モデルでは、距離が問題なのではなくて、消費者と店舗との間にある競合店舗の量が抵抗値として作用する」というものである。したがって、まず、消費者のいる地点ｉから近い順に、店舗に、１、２、・・・、ｋ、・と順番をつける。そして、地点ｉの消費者がｋ番目にある店舗に行く割合は、目的地ｋにある機会の数に比例し、途中に介在する機会の数に反比例すると考えるのである[2)]。この考え方に従って機会の数を売場面積で代表させることにすると、ｉとｋの間の吸引力Oik は、次のような式で表せることになる。

$$Oik=定数\frac{Sk}{S1+S2+\cdot\cdot+Sk} \qquad (i\neq k,\ k=1,\cdot\cdot)$$

この式で、消費者のいる地点ｉから、各店舗を近い順に１、２・・、・・、ｋ、・と順序付け、第ｋ番目の店舗の売場面積をＳｋとする。

特に、各店舗の売場面積Ｓｋが一定のとき、

$$Oik=\frac{C}{k} \qquad (2)$$

ここで定数Ｃは、全体を１にするための調整項である。つまり、Oik は確率と考えてよい。定数の値は、ハフモデルと違って、点ｉの位置に依らないことに留意してほしい。また、売場面積が一定ならば、（２）式の分母は施設個数となり、（１)式のハフモデルの分母である距離の２乗と対比される。

２－３節　シュナイダー型介在機会モデルの定式化

介在機会モデルには上で述べたストウファーモデルとは別のシュナイダーモデルという定式化が考えられている。この基本的な考え方は、「平面上の任意の１点ｉから出発し、近い店舗から順に商品を求めて買物行動を行う。

この時、施設規模が一定ならば、１つの店舗で買物を行う確率をＰとする。１≧Ｐ≧０」というものである。この考えに従えば、点ｉから出発した客が、第ｋ番目の店舗で商品を買う確率Ｐik は

$$Pik=P(1-P)^{k-1} \qquad (\sum_{k=1}^{\infty}Pik \to 1) \qquad (3)$$

となる。なぜなら、ここでは、介在機会という考え方に従っているため、１番目から（ｋ－１）番目までの店舗では商品を買わないという確率を考慮しなければならないからである。広く解釈すれば、（ｋ－１）番目までの施設では買い物要求を満たせなかった人の割合を考慮するということでもある。

モデル式が紹介されたので、これらを比較するための要点を述べておこう。モデルの表現式の相違点は、移動を疎外する抵抗値として距離を用いるか、介在機会を用いるかにある。だがこの相違点は、介在機会の分布を距離の分布に変換することによって解消できるだろう。店舗密度を買物距離に変換するわけだ。また本稿ではあくまでも店舗分布に焦点をあてて論考するために、売場面積は同一であるという措置をとることをお断りしておきたい。

３章　ストウファー型介在機会モデルとハフモデルが相互互換となるための必要十分条件

本章では、ストウファーモデルとハフモデルを比較し、相互に互換となる店舗配置を求めよう。その配置とは、上に予告したとおり店舗の配置が一様分布となることである。

３－１節　ストウファーモデルとハフモデルの互換条件

３－１－１項　十分条件の証明

「同一売場面積の店舗が一様分布しているならば、

Hik＝Oik　となる。」

証明；平面上に密度 ρ で一様に分布している店舗を考える。これらの店舗を、平面上の任意の一点、消費者のいる位置ｉから見て、近い順に番号を付ける。店舗が一様分布しているとき、任意の地点ｉから見て第ｋ番目の店舗までの距離ｒik の期待値は、良く知られているように[7)]、

$$E(rik)=(2k-1)!!/2^{k-1}(k-1)$$

この式をスターリングの公式を用いて近似すれば、

$$E(rik)=\frac{\sqrt{k}}{\sqrt{\pi\rho}} \qquad (4)$$

となる。この値は、任意の１点を中心とする円内にｋ個の点が含まれるような円の半径の期待値に相当する。言い替えると、ｒik を任意の１点ｉを中心とする円内にｋ個の施設が含まれるような円の半径で近似することになる。

この結果をハフモデル式（１）に適応すれば、

$$H_{ik}=\frac{U_i}{(E(r_{ik}))^2}=\frac{\pi\rho U_i}{k}$$

同じく、ｉとは別の点ｊをとり、点ｊから第ｋ番目の店舗までの距離をｒjkとすると、店舗分布は一様だから、点ｊに関しても同様に、店舗との吸引力は

$$H_{jk}=\frac{U_j}{(E(r_{jk}))^2}=\frac{\pi\rho U_j}{k}$$

となる。UiとUjはそれぞれ、点ｉ，ｊに関する定数で、全体を１にするための調整項である。ここで、互いの式を比較してみる。

Ui、Uj以外の項は同じであり、ｋに対して和をとれば全体が１になることから、Ui＝Uj　となることが判る。そこで改めて、Ui＝Uj＝U　とおくと、点ｉに作用するｋ番目の店舗の吸引力は、

$$H_{ik}=\frac{\pi\rho U}{k}$$

一方､このことをストウファーモデルで表現すれば､式(２)から、

$$O_{ik}=\frac{C}{k}$$

従って、定数項を比較し、店舗密度を　$\rho=C/\pi U$　と設定すれば、Hik＝Oik　が得られる。

３－１－２項　必要条件の証明

「売場面積が一定の時、ハフモデルとストウファーモデルが同じ挙動を示すためには、すなわちHik＝Oikとなるためには、店舗分布は一様分布でなければならない。」

証明；式(1)と式（2）から、Hik＝Oikならば、

$$\frac{U_i}{(r_{ik})^2}=\frac{C}{k}$$

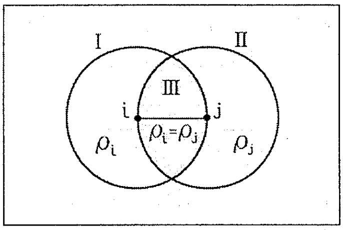
なので、

$$\frac{k}{\pi(r_{ik})^2}=\frac{C}{\pi U_i}=\rho_i$$

でなければならない。この式の左辺は、店舗数を面積で割った値を意味している。一方、右辺は地点ｉにのみ依存する定数である。したがって、この式全体としては、店舗数は点ｉを中心とする円の面積に比例することを示している。言い換えれば、平面上の任意の１点ｉの廻りの店舗密度が一定でなければならないことを意味している。そこでこの密度を改めてρiで表す。ところで、点ｉとは異なる点ｊ（ｉ≠ｊ）を平面上にとり、点ｊから第ｋ番目の店舗までの距離をｒjkとすると、点ｊに関してもハフモデルとストウファーモデルの吸引力は等しくなければならないので、

$$\frac{k}{\pi(r_{jk})^2}=\frac{C}{\pi U_j}=\rho_j$$

つまり、点ｊの廻りの店舗密度も一定である。この密度をρjとおく。ここでもし、　$\rho i\neq\rho j$　と仮定するならば、以下のような矛盾が生じる。つまり点ｉを中心として半径ｒijの円を描き、点ｊを中心として半径ｒjiの円を描けば、両円の重なる部分において密度の異なる領域が生じる。（図－１参照）　これは点ｉの廻りの密度が一定と言う条件に矛盾する。したがって、$\rho i=\rho j$　でなければならない。このことは、平面上の任意の２点の周辺にある店舗の密度が互いに等しくなければならないことを意味している。以上のことから、売場面積が一定ならば、店舗個数は、任意の１点を中心とする円の面積に正比例し、かつ半径一定の円内に含まれる店舗個数の期待値は、位置によらず、平面上で一定となる。すなわち、店舗配置は一様分布でなければならないことが結論される。



図－１　$\rho i=\rho j$を示す図

ストウファーモデルとハフモデルが互換性をもつためには、店舗配置が一様分布でなければならないが､定数の間にも、一定の関係が成り立つことが要請される。すなわち、$\rho i=\rho j$、Ui＝Uj　となることが必要である。そこで改めて、$\rho i=\rho j=\rho$、Ui＝Uj＝Uとおくと、

$$\rho=\frac{C}{\pi U}=\frac{C}{\pi U_i}=\frac{k}{\pi(r_{ik})^2}$$

の関係が成り立つことが要請される。今後は、一様分布の場合のハフモデルの定数項は、Ｕを用いることにし、一般の場合と区別することにしよう。また一様分布であることから、距離についてもｒik　は　ｒik＝定数$\sqrt{k}$　でなければならない。つまり任意の点ｉから見て、第ｋ番目の施設までの距離が$\sqrt{k}$に比例する様な分布でなければならない。この条件は以下の章でも鍵となる関係式である。

3－2節　シュナイダーモデルとハフモデルの比較

シュナイダーモデルとハフモデルが互換となるための条件は、残念ながら一様分布とは言えない。このことを以下に確認するとともに、その原因を明確にしておきたい。
まず、ハフモデルとシュナイダーモデルが同じときには、式(1)と式（3）から、Hik＝Pik でなければならない。
つまり、

$$\frac{k}{\pi (r\,ik)^2}=\frac{kP\ (1-P)^{k-1}}{\pi U i}$$

でなければならない。この式は店舗密度がkの値によって変わることを意味している。なぜなら左辺は、店舗密度を表しているが、右辺の値はkが増加するにつれて、急激に減少して0に近付く。つまり、点iから遠くなるにつれ、店舗密度は低くなる。したがって、一様分布ではない。いま、点iの位置は平面上で任意であるから、任意の点から見て遠くにいく程、低密度になるような分布である。したがって、ハフモデルとシュナイダーモデルが同じ挙動を示すということは、店舗分布が一様ではないということを意味する。

逆に、平面上に密度ρで一様に分布している店舗を考える。この場合、任意の点iから見て第k番目の店舗の吸引力Hikは、式（1）と式（4）から、

$$H\,ik=\frac{U}{(E\ (r\,ik)\ )^2}=\frac{\pi \rho U}{k}$$

となり、吸引力Hikはkの反比例関数である。
一方、シュナイダーモデルでは

$$P\,ik=P\ (1-P)^{k-1}$$

であるから、シュナイダーモデルの吸引力　Pik　はkの指数関数である。したがって、いかに定数項Pを調整しても、一般には　Hik≠Pik　となってしまう。
そこで、HikとPikとが互換となるためには、Pをkの関数と見なすことが必要であり、この問題を具体的に解決する方法を以下の4章で詳しく考察する。

4章　ストウファーモデルとシュナイダーモデル

シュナイダー型モデルとハフモデルの表現式を直接的に同じにすることは困難である。そこで、ストウファー型とシュナイダー型の介在機会モデルどうしを比較し、その結果を店舗分布が一様な場合のハフモデルの立場から眺めることにしよう。

4－1節　シュナイダー型とストウファー型の互換条件

式（3）と式（2）を較べると、いずれもkの減少関数であるが、逓減の仕方はまったく異なっているため、直接比較することは出来ないことが判明した。そこで両者が互換性を持つためには、式（3）の方を改変して、式（2）に合うように修正する。つまり、式（3）のPの値を定数ではなく、kの関数と考えるのである。

具体的には、ある店舗で買物をする確率は、近さの順位k、つまり店舗の近さに依存する事実を素直に表現すればよい。この事実を小文字のpとその添え字kを用いて表現する。そうすると、式（3）は、次のように書ける。

$$P\,ik=p\,k\ (1-p1)\ (1-p2)\cdot\cdot(1-p\,k-1)$$

ここで、視察により、 $p\,k=\frac{1}{k+1}$ と置くと、
上式は次のようになる。

$$\begin{aligned} p\,k &= \frac{1}{k+1}\left(1-\frac{1}{2}\right)\left(1-\frac{1}{3}\right)\cdot\cdot\left(1-\frac{1}{k}\right) \\ &= \frac{1}{(k+1)\ k} \\ &= \frac{1}{k}-\frac{1}{k+1} \qquad \left(\sum_{k=1}^{\infty} P\,ik \to 1\right) \qquad (5) \end{aligned}$$

ここで一様分布を仮定し、式（5）と式（2）の比較から、

$$\begin{aligned} p\,k &= \frac{1}{k}-\frac{1}{k+1} \\ &= \frac{1}{U}(O\,ik-O\,ik+1) \\ &= \left\{\frac{U}{E\ (r\,ik)^2}-\frac{U}{E\ (r\,ik+1)^2}\right\}\frac{1}{\pi \rho U} \\ &= 定数\left\{H\,ik-H\,ik+1\right\} \end{aligned}$$

このことから、シュナイダーモデルにおいて、第k番目の店舗で商品を買う確率は、ストウファーモデルにおいて、同じくハフモデルにおいても、第k番目の店舗の吸引力から、次の第k＋1番目の店舗の吸引力を引いた値に比例することが判る。シュナイダーモデルと他のモデルの互換可能性が示唆された。

4－2節　シュナイダーモデルとハフモデル

さて、式（5）と式（4）を比較してみると、kが大きいとき

$$P\,ik=\frac{1}{k}-\frac{1}{(k+1)} \rightarrow \frac{1}{k^2}$$

$$P\,ik \rightarrow \frac{1}{k^2}=\frac{定数}{(E\ (r\,ik)\ )^4}$$

となる。このことは、シュナイダーモデルにおいて、買物をする確率を近い店舗では大きく、遠い店舗では小さくなるように旨く与えれば、店舗の分布が一様分布であることを媒介にして、ハフモデルと互換可能となることを示唆している。すなわち、ハフモデルにおいて距離の減少速度を距離の4乗に反比例するように与えれば、ハフモデルと

シュナイダーモデルは相互に互換可能となる。従って、ハフモデルを媒介にして、介在機会モデルに於けるストウファーモデルとシュナイダーモデルを比較すると、シュナイダーモデルでは距離の影響が極めて大きく、ストウファーモデルの２乗の早さで逓減して行くことが判る。ストウファーモデルは買回品に対応し、シュナイダーモデルは近隣の最寄品に対応した買物行動を表しているともいえよう。技術的には勿論、シュナイダーモデルを改変して近接順位による重みづけ、$pk=1/(k+1)$ を導入した結果である。次にこの重み付けの方法と具体的な意味について考察する。

５章　シュナイダー型モデルとハフモデルの比較

前の４章でシュナイダーモデルとストウファーモデルが互換になる条件として、第ｋ番目の店舗での買物可能性ｐｋを視察によって、

$$pk=1/(k+1)$$

とした。これはかなり恣意的な操作のように思われるかもしれない。しかし、店舗の分布が一様分布である事を背景に考えれば、ｐｋの意味はかなり明確であり、自然な仮定であることが説明される。すなわち、平面上に一様に分布する店舗を近い順にグループ化する。そして各グループから代表店を選んで買物行動を行う場合を想定するのである。このような場合には、シュナイダーモデルはハフモデルと同じ式で表現されることがわかる。

まず店舗の分布密度ρが平面上で一様であると仮定する。平面上の任意の１点ｉから距離ｒにあるドーナツ形の領域$2\pi r\Delta r$に含まれる店舗数の期待値は、

$$\rho(2\pi r\Delta r)$$

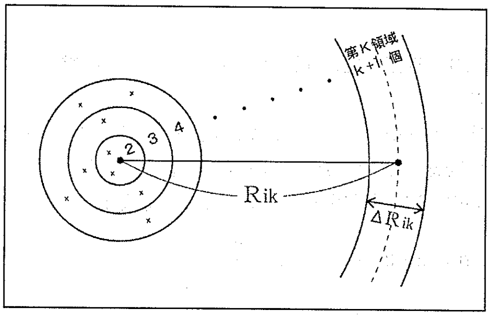
となる。つまり、店舗数は距離ｒの一次関数となる。そこで、

$$\rho(2\pi r\Delta r)=k \qquad (6)$$

となるような店舗密度を想定すれば、距離ｒ付近にはｋ個の店舗が存在することになる。これらの店舗は距離に対して等価であるため、１店舗当りの吸引力は　$(1/k)$ と考えるのが自然であろう。

ところで、式（6）において、Δr　を極めて微小にとれば、常に　$k=1$となならざるを得ない。従って、実際に式（6）を成立させるためには、ｒとΔrをあらためて、次のように設定するのが現実的である。

まず、図－２に示すように、平面上に一様に分布する点を、任意の点ｉから近い順位に番号を付け、第２番目の点と第３番目の点の中間点を通る円を描く。次に、５番目と６番目の点の中間を通る円を描く。この様にして順次円の半径を増大させ、隣合う２つの円弧で挟まれたドーナツ型の領域内に含まれる点の数を１個づつ増やしていく。この結果、第ｋ番目の領域内にはｋ＋１個の点が含まれることになる。



図－２　RikとΔRikの設定方法

ここで、改めてRikとΔRikを次のように定義する。

Rik；任意の点ｉから第ｋ番目のドーナツ型領域の中点までの距離の期待値
ΔRik；第ｋ番目のドーナツ型の幅の期待値

さらに、点ｉにいる顧客の買物行動について次の２つの仮定を設ける。

仮定１「同じ領域内にある施設は、点ｉに対して（距離がほぼ同じであることから）同じ吸引力を持つ」
仮定２「１つの領域からは、その領域を代表する１店舗を選び出して、買物を行う」

この仮定は、実際の買物行動において、不動産や下宿先を探す場合などを考えれば、自然な仮定であることが実感されよう。この買物行動は、距離別にゾーニングを行い、各ゾーンから代表点を選び、距離の近い代表点から順に検討を加え、その１つを選び出す方法である。
仮定１から、第ｋ番目の領域内に含まれるｋ＋１個の点達は等価な吸引力を有するので、１点が選ばれる確率は、$1/(k+1)$となる。
仮定２から、点ｉにいる人が領域ｋの代表点で買物をするということは、領域１から領域（ｋ－1）迄の代表点では買物をしなかったことになるので、その可能性を考慮しなければならない。

以上の考察から、点ｉの人が領域ｋで買物をする吸引力をハフモデルによって求め、さらに点ｉの人が領域ｋで買物をする確率をシュナイダーモデルによって求め、両者を比較して互換性を確認してみよう。

先ずシュナイダー型の介在機会という考え方のもとでは、点ｉの人が領域ｋの代表点で買物をする確率Ｐikは、

$$P\ ik = P_k(1-P_1)(1-P_2)\cdot\cdot(1-P_{k-1})$$
$$= \frac{1}{k} - \frac{1}{k+1} \rightarrow \frac{1}{(k+1)^2}$$

となり、近似の仕方は異なるが、式（5）と同様の結果を得る。

次にハフモデルに基づいて、点ｉの人が領域ｋの代表店で買物をする確率Hikを求めてみる。まず、点ｉから領域ｋの中点迄に存在する点の個数ｎの期待値は、

$$n = (2+3+\cdot\cdot\cdot+k) + \frac{k+1}{2}$$
$$= \frac{(k+1)^2}{2} - 1$$

一様分布の場合、式（4）から第ｎ＋１近隣点までの距離の期待値 r in+1 を求めると、

$$r\ in+1 = \frac{\sqrt{n+1}}{\sqrt{\rho\pi}} = \frac{k+1}{\sqrt{2\pi\rho}}$$

となる。この結果を用いて、Pik とHin+1 の関係を求めると、

$$P\ ik = \frac{1}{(k+1)^2} = \frac{U}{(r\ in+1)^2} \quad \left(\frac{1}{2\pi\rho U}\right)$$
$$= 定数\ (H\ in+1)$$

となり、密度をρ＝（1／２πU）とすると、

$$P\ ik = H\ in+1$$

このような買物行動ではシュナイダーモデルとハフモデルは極めて近い挙動を示すことが判る。左辺はｋ個のグループから選ばれた代表店舗相互の介在機会モデルを意味しているが、右辺は第ｋ番目のグループの中点付近（若干越えた所）に位置する店舗に対するハフモデルを意味している。一方、このときのストウファーモデルは、

$$O\ in+1 = \frac{C}{n+1} = \frac{2C}{(k+1)^2}$$

となるので、Pik＝定数Oin+1 が得られる。

６章　結果のまとめと考察

本稿の主な結果を整理して提示するとともに、今後の課題についての考察を行う。

結果１：ハフモデルとストウファーモデルが相互互換されるための必要十分条件は、売場面積の等しい店舗が一様分布することである。

結果２：シュナイダーモデルは、一様に分布する店舗を上手くグループに分け、各グループの代表店舗に対して適用すると考えれば、ストウファーモデルやハフモデルと互換可能となる。

結果３：ストウファーモデルはハフモデルで言えば、距離の２乗の低減率に相当し、シュナイダーモデルは近接性の重みをうまく付ければハフモデルで言えば距離の４乗の低減率に相当する。このことは買物行動で言えば、買回品と最寄品の買物行動の表現に対応する。

本稿で論考した店舗の一様分布は、たとえば京都市の中心部分や山科盆地において観察される事例である。[6] 京都の商業は、小学校区を単位とする生活圏に由来するものであり、市の中心部においてきめ細かく高密に分布している。加えて、一定の寸法構成に裏付けられた街区割りと宅地割、それに条件づけられた一様な人口分布が店舗分布の一様性をもたらしたものと考えられる。[8] このように店舗の一様性は、均質で安定的した成熟都市の一面でもあるのだが、近年、公共交通機関の整備によって京都の一様性は破壊されつつある。また、本年から施行されるまちづくり三法によっても店舗分布が変化する可能性がある。こうした変化の時期にあたり、歴史都市における施設分布の一様性の意味や価値を見直す作業の一端として本稿を位置づけたいと考える。

また、開発に伴う影響度調査やインパクトスタディーでは、重力型モデルと介在機会モデルではかなり異なる挙動を示すことがある。本稿では位置の影響だけを調べるのが目的であったが、施設規模の変化の影響を測定する場合には、２つのモデルの差異が問題となるが、本稿の主題とはずれるので、別稿に譲りたい。

---

1) OKABE Atsuyuki, (1976)、「Theoretical comparison of the opportunity and gravity models.」Regional Science and Urban Economics, vol. 6, pp.381-397

2) 下総薫監訳、(1987)、「都市解析論文選集」， pp.137－159、古今書院

3) 岡部篤行、鈴木敦夫、(1992)「最適配置の数理」、pp.161-162、朝倉書店

4) 古山正雄、(1993)、「買い物行動におけるハフモデルとストウファーモデルの比較」、日本建築学会近畿支部研究報告集、pp.701-704

5) 古山正雄、鈴木賢治、(1994)、「公共施設と商業施設の経済波及効果の比較」、平成６年度日本建築学会近畿支部研究報告集、pp.697-700

6) 笠原一人、古山正雄、(1997)、「商圏推定問題におけるハフモデル、介在機会モデル、ボロノイ図の相互比較－京都市を事例として－」、平成９年度都市計画論文集、pp.115－120

7) 笠原一人、古山正雄、(1998)、「最短木および階層を有する木の長さに関する考察」、日本建築学会計画系論文集、第505号、pp.155-161

8) 京都市商業集積検討委員会、(2000)、「京都市商業集積検討委員会報告書」、pp.1-25

9) 京都商店連盟、(2000)、「まちづくりにおける地域商業の課題と今後の基本方向」、pp.1-17