距離分布による都市施設配置計画の研究

（修 士 論 文）

（指導教官　腰塚　武志 助教授）

筑波大学大学院社会工学研究科　大澤　義明

1. はじめに

都市施設計画を考えるとき，利用者から施設までの距離は重要な役割を演ずる．本論文では，今まで近似的にしか求められなかった利用者から施設までの距離の分布(以下，距離分布と呼ぶ)を，解析的に求める方法を示す．

さらに，大宮市の小学校を対象とし，現状の圏域(小学校区)による距離分布と，最適な圏域(現状の施設の位置を動かさないで距離の総和を最小とするという意味での最適)である Voronoi 多角形による最近隣距離分布を導出し，両者を比較し，「距離」という見地から現状の圏域の問題点を追求する．

2. 距離分布の導出

N個の施設および各施設にたいして一意に定まる利用者の圏域が与えられたとする．さらに各圏域の利用者密度を，それぞれの圏域で一定ρ_iとする．このとき，確率密度関数の形で表わされた距離分布$f_R(r)$は，次のようになる．

$$f_R(r)=(1/P)\sum_{i=1}^{N}\rho_i L_i(r). \qquad (1)$$

ただし，$L_i(r)$＝施設iを中心とする半径rの円の圏域i内の弧の長さ(図１)，P＝利用者総数．

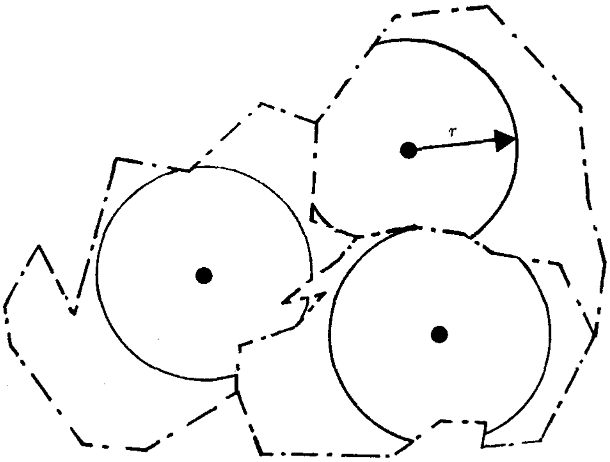


図 1　弧の長さ（$L_i(r)$）

ところで，任意の圏域において$L_i(r)$を求めることは煩雑である．そこで，圏域を角数の多い多角形と考え，各多角形をその１辺と施設の位置で定まる三角形に分割し(図２)，さらに，各三角形を２個の直角三角形に分割する(図３)．

こうして，任意の圏域をいくつかの直角三角形で表わすことができる．したがって，$L_i(r)$を各直角三角形ごとに求めることにより，式(1)は次のように書ける．

$$f_R(r)=(1/P)\sum_{i=1}^{N}\rho_i\sum_{j=1}^{Mi}\delta_{ij}\sum_{k=1}^{2}\xi_{ijk}L_{ijk}(r). \qquad (2)$$

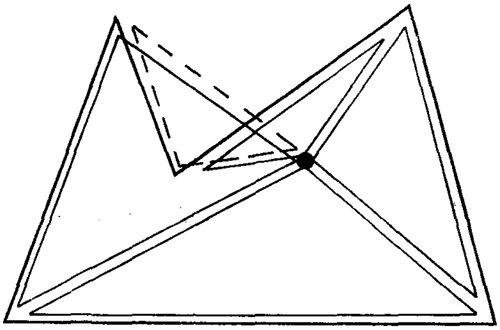


図 2　多角形(太い実線)の三角形分割(細い実線($\delta_{ij}=1$)および破線($\delta_{ij}=-1$))

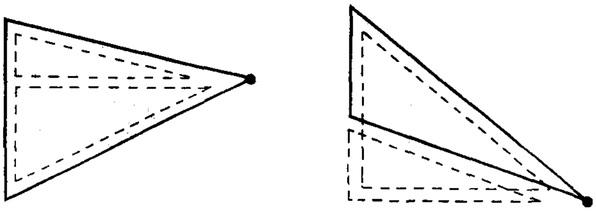


図 3　三角形の直角三角形分割

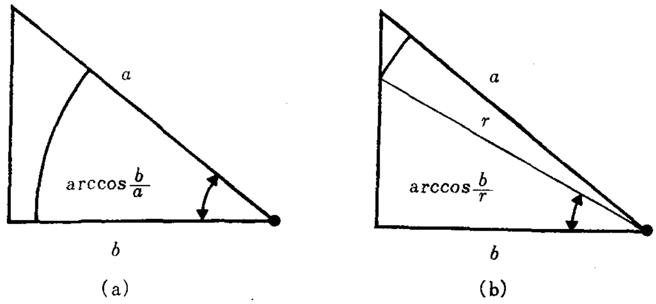


図 4 直角三角形の弧の長さ$(L_{ijk}(r))$

ただし，

$$\delta_{ij}=\begin{cases}1 \\ -1\end{cases} \quad (\text{圏域}\ i\ \text{の三角形}\ j\ \text{の符号変数}),$$

$$\xi_{ijk}=\begin{cases}1 \\ -1\end{cases}\left(\begin{array}{l}\text{圏域}\ i\ \text{の三角形}\ j\ \text{における} \\ \text{直角三角形}\ k\ \text{の符号変数}\end{array}\right),$$

$$L_{ijk}(r)=\begin{cases}=r\ \ \arccos\ (b/a) & (0\leq r\leq b) \\ =r\ [\arccos\ (b/a)-\arccos(b/r)] & (b<r\leq a),\end{cases}$$

M_i=圏域 i での三角形の数．

ここでは，$L_{ijk}(r)$ は，直角三角形における弧の長さ(図 4)を表わしている．変数 δ_{ij} は，施設 i の位置を原点とし，その圏域の頂点との偏角を求め，隣り合う頂点との偏角の差より決定できる．また，ξ_{ijk} は，三角形 j の圏域側の 2 頂点の角度より決定できる．なお，

$$\int_0^b r\ L_{ijk}(r)dr=\frac{a}{6}\left(a\sqrt{a^2-b^2}+b^2\log\frac{a+\sqrt{a^2-b^2}}{b}\right),$$

$$\int_0^b r^2L_{ijk}(r)dr=\frac{b}{12}\ (a^2+2b^2)\sqrt{a^2-b^2}$$

であるから，距離分布の期待値および分散を計算することができる．

このように，圏域を直角三角形へ分割することにより距離分布のシステマティックな計算が可能となるわけである．

3. 最近隣距離分布の導出

最近隣距離とは，利用者が最も近い施設を選択するときの施設までの距離である．したがって，最近隣距離分布は，Voronoi線図を求め，Voronoi多角形を圏域として与えることにより，式(2)より計算できる．

4. 大宮市小学校区の評価

大宮市内35校の小学校区の編成を評価するために，現状の小学校区を圏域としたときの距離分布と，Voronoi 多角形を圏域としたときの最近隣距離分布を求めた(図5 および表 1)．各圏域の利用者密度 ρ_i は，昭和50年国勢調査区データ(1854点)を用い，鉛直線算法(点位置決定法)により推定している．

図 5 および表 1 から，小学校の位置を固定したままで圏域を現状の小学校区からVoronoi 線図に切り換えることによって，直線距離で約 100m ほど通学距離の平均値を短縮できることがわかる．この 100m の差は，図 6 のように，小学校区とVoronoi線図の一致しない領域，すなわち，より近いところの小学校があるのに，遠くへ通学しなければならない地域によって生みだされたと解釈できる．

したがって，なるべく Voronoi 線図に近いように小学校区を是正すればよいわけであるが，100m程度しか違わないのであれば，現状の小学校区もかなり良いといえるかもしれない．

6. おわりに

本論文では，施設計画を行なううえで重要となる 2 つの問題，「施設までの距離」「施設規模」のうち，特に前者に注目し，考察を加えた．ここでは，小学校を応用例としてとりあげたが，施設と利用者が一意に定まるような施設にたいしては，同じようなアプローチは可能であろう．

表 1 期待値および標準偏差（単位 km)

	期待値	標準偏差
最近隣距離分布	0.646	0.387
現行小学校区による距離分布	0.736	0.443

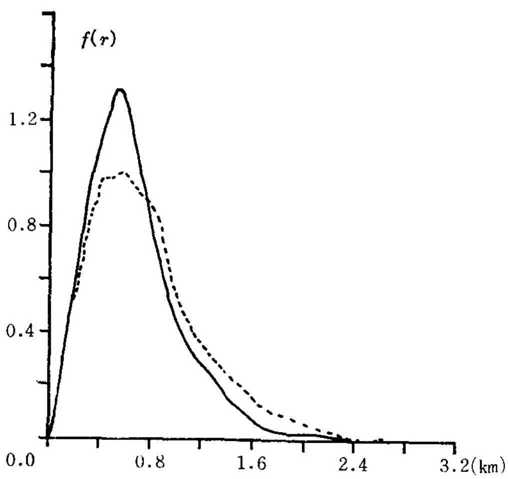
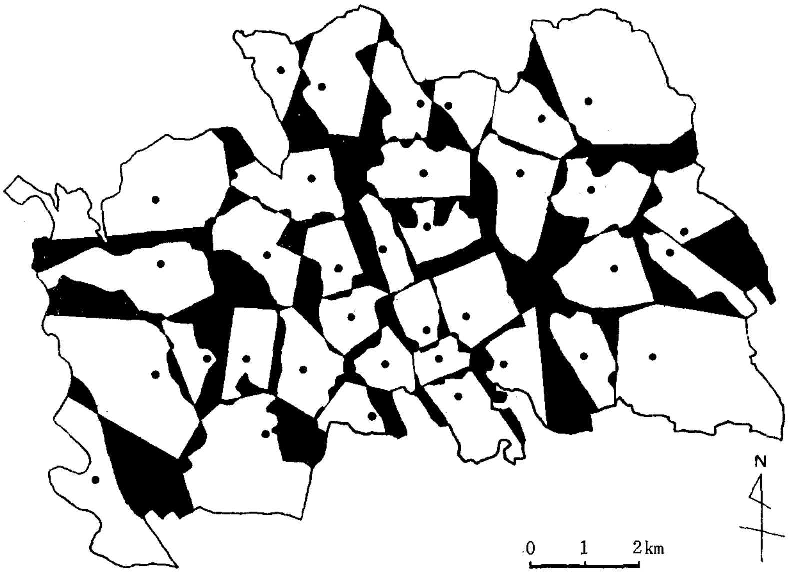


図 5 最近隣距離分布(実線)と現行の小学校区による距離分布(点線)

図 6 小学校区とVoronoi線図の一致しない領域



参 考 文 献

[1] 伊理正夫, 他：地理情報の処理に関する基本アルゴリズム. 日本OR学会報文集, (1983)

[2] 腰塚武志, 大澤義明：点の分布パターンと最近隣距離分布. 日本OR学会1982年秋季アブストラクト集, (1982), pp. 116-117

[3] 腰塚武志, 大澤義明：最近隣距離分布による都市施設計画. 日本OR学会1983年春季アブストクトラ集, (1983), pp. 232-233