論文・事例研究

小学校事例より見た施設配置と圏域配分

川中子 敬至，矢部　眞

1. はじめに

筆者のひとりが住む家から見て，東南北の三方角に小学校がある．東の小学校までは，直線距離で約2 km，南は約1 km，北は2.5kmほどある．筆者の家は，最も遠い北の小学校の学区に含まれている．

どの地方でも古くからある学校の位置は，その学校が作られた歴史的背景にもとづいて決められている．しかし昭和59年以降に作られた学校では，文部省から出された指示にしたがっている．これは，各世帯から0.45人の児童が通学すると仮定し，各自治会ごとの児童数を算出するものである．この結果，学区内の自治会の総児童数がいちじるしく多くなる地域には，学校が新設される．新設校が作られると，元の学区を自治会単位で適当に分割し，新しい学区としている．そこで人口増加の激しい地域には多くの学校が生まれ，それに応じて学区は小さくなってゆく．しかし人口増加の少ない地域では，元のままの大きな学区が改善されず残ることになる．このため，場所によって通学距離に差が生じ，不便なところが取り残されるという問題が発生する．

この研究では小学校を例に，公共施設の配置とその圏域について，施設提供者側（以下，自治体側と言う）と施設利用者側（以下，住民側と言う）という二面から見た検討を行なう．これらの検討には，昭和62年度の足利市の各世帯を住宅地図［5］より抜き出し，データとした．また地域内での世帯数の変動は，昭和60年の国勢調査結果［1］にしたがった．

かわなご　たかし　足利工業大学　経営工学科
〒326 足利市大前町268
やべ　まこと　工学院大学　生産機械工学科
受　理　平成元年6月1日
再受理　平成元年11月13日

2. 問題の分析と前提条件

前章で示したように，この研究の目的は，“良い学校の位置”を追究することにある．従来から学校位置の設定は，自治体側から見た選択で進められてきた．しかし近年，こうした問題へも，住民側の要望が取り入れられるようになり，2つの立場からの検討が必要となった．

（Ⅰ） 自治体側と住民側の要望に差があるとき

事例地とした足利市には，場所によって市が毎日，朝1回，夕方3回，通学バスを運行している学校がある．また，路線バスが利用できる地域に，交通費を月1000円支給している学校もある．主として輸送という面からの問題提起となるが，学校がなるべくある範囲内で，中心的な位置に建てられれば，かかる費用は最小化できよう．また，それぞれの学校に必要な教材の搬入や給食材料の購入でも，中心的な位置は都合が良い．これらは，自治体側から見た良さである．

住民側からすると，通学距離が少ないほど学校の位置は良いことになる．しかも，平均的に少ないよりむしろ，範囲内で最も遠い地域からの距離が少ないほど，望ましい学校の位置となる．

（Ⅱ） 自治体側と住民側の要望が共通しているとき

通学距離だけを取り上げると，学校の規模に大きな差を生じることがある．この差が小さいほど良いのは言うまでもない．

以上2点の検討を問題として設定する．

以上のほかにも，考慮しなければならない諸点は少なくない．

(1) 用地取得の難易

地形上不可能な場合という自然条件がある．さらに，地主の承諾が得られないという人為条件もある．

これらの場合は，なるべく近くて可能な場所とするほかはない．

(2) 自治体側の予算による制約

住民側へのサービス向上は望ましいことではあるが，新設あるいは移転のいずれも相当の費用がかかる．限られた税収では実行不可能ということもある．

(3) 人口の移動

1世帯当りの児童数の変化や，市内と市外あるいは市内どうしでも世帯数の変化があると言ってよい．幸いなことに足利市での変化は少ないが，将来のことについての予測はできない．

(4) その他にもいろいろな要因が考えられる．たとえば，ある学区の“飛び地”が他の学区内にある場合など．実際に足利市では，他の学校の学区にまわりを囲まれた1地区の児童が，自治会による選択によって，まわりとは別な学校へ通っていることがある．

さらに自治体当局や市町村議会の意向に左右されることもないとは言えないであろう．

上記には，世帯数の変動や用地買収費，校舎建設費という定量的な条件もある．しかし定性的な条件も含まれている．したがって(1)から(4)は，すべて除外する．

また過去の調査は可能だが，将来の予測ができないことから，この研究の結果をいつ実行するかということも対象外である．ただ，こういう問題について，検討事項と諸条件を明確にしておくことは，今後の意思決定のさいに役に立つ．

3. 現状分析と位置の最適化

現在足利市には27校の小学校と2つの分校がある．各小学校の位置と学区は図1に示されている．

この研究では，最初にこれらの学校について，現状の分析を行なう．分析に先立って，モデルを作成する．いま，平面上に$n+1$個の点$Z_0=(X_0, Y_0)$, $Z_1=(X_1, Y_1)$, $Z_2=(X_2, Y_2), \cdots, Z_n=(X_n, Y_n)$があり，$Z_1, Z_2, \cdots, Z_n$には，それぞれ重み$W(Z_1), W(Z_2), \cdots, W(Z_n)$が与えられているとする．この重みとは，その点から移動させる物の数やその重量を表わす．この研究では，児童の通学を一種の移動と考えているため，その点が代表する地域の児童数を点の重みとして表わすことにする．これらの重みをZ_0に集めるとき，移動のさいの労力負担や費用が，移動距離と移動させる物の重みに比例するなら，総負担（費用）は(1)式となる．

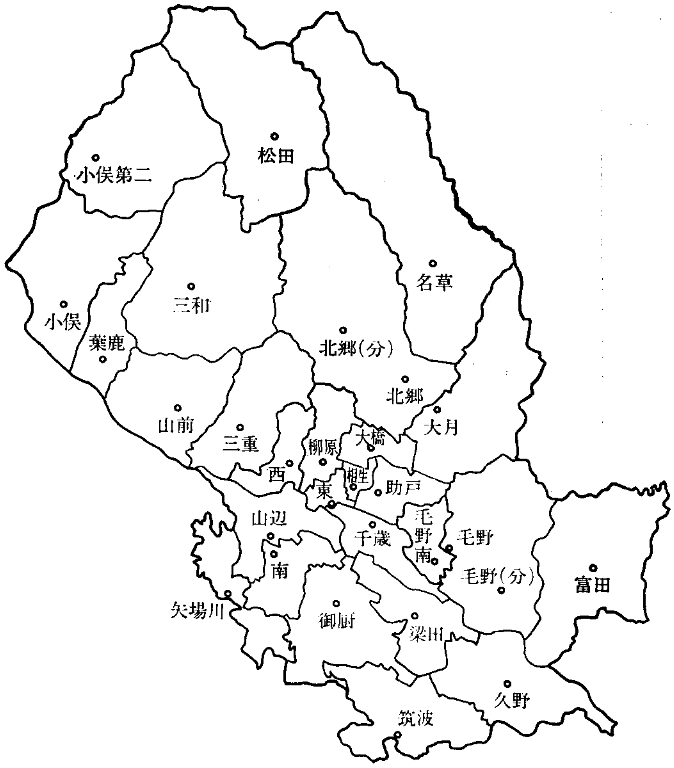


図 1 足利市内の小学校配置と学区割り

$$f=\sum_{i=1}^{n}\{W(Z_i)\cdot\sqrt{(X_i-X_0)^2+(Y_i-Y_0)^2}\} \qquad (1)$$

輸送や配分の問題で，$W(Z_i)$が荷の数や重量を表わすならば，Z_0点はちょうど生産地の集荷場や消費地の配送場を表わす位置となり，fが小さいほど，全体として良い位置であると考えられる．

今度は，ある1点Z_iを考える．Z_iに置かれていた物をZ_0まで移動させる立場から見ると，総負担(費用) fよりも，$W(Z_i)$が移動するための負担が問題となる．n個の点について，$W(Z_i)$の移動を順々に考えてゆくと，結局，最悪の場合だけを問題とすればよく，次の(2)式が得られる．

$$g=\max_{i=1}^{n}\{W(z_i)\cdot\sqrt{(X_i-X_0)^2+(Y_i-Y_0)^2}\} \qquad (2)$$

ここで学校の問題に戻ってみる．先ほどからの$W(Z_i)$は，地域Z_iでの世帯数（あるいは児童数）であり，関数fを最小とするZ_0位置は，**2.**で示されたように，市あるいは学区内の全域を見渡した場合の学校の最適位置となる．

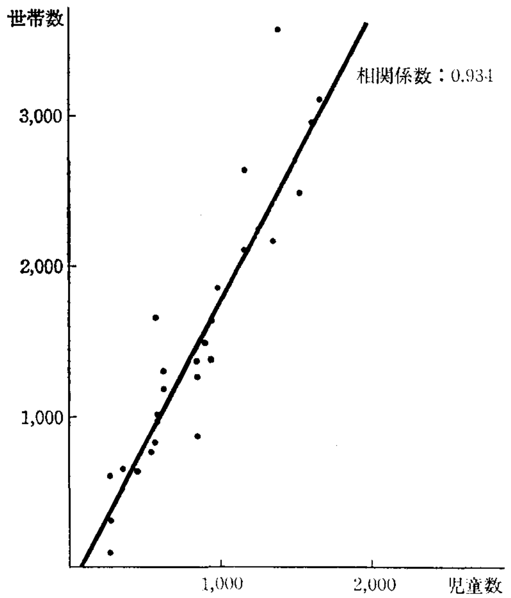


図 2 児童数と世帯数の関係

次に，関数 g を最小とする Z_0 位置を考えると，これは地域 Z_i が最悪とならない位置である．そこでこの位置は，地域の住民側から見た学校の最適地点となる．

いま，ある市全域が行列 $A=[a_{ij}]_{k\times l}$ に対応づけられているとする．行列の大きさは，k 行 l 列である．また行列の要素 a_{ij} は，第 i 行 j 列目の区域内の世帯数を表わしている．ここでの世帯数は，児童数の代用である．なお**1.**で示したように，文部省の指導でも児童数は世帯数×0.45で換算されるため，実際に児童数と世帯数との相関を調べてみると，**図 2** の散布図のように，相関係数が0.93となった．また地域を表わすのに行列の形をとったのは，各世帯を点で表わすと足利市でも 4 万点以上となり，個々の点を点のままで取り扱うことが困難であることによる．この研究では市全域をメッシュ化し，メッシュ内の区域と行列の要素とを結びつけた．なお世帯の移動は，前提により除外する．

以上のことから，市全域にm個の小学校 $Z_{0(t)}=\{X_{0(t)}, Y_{0(t)}\}$, $t=1,2,\cdots,m$ が配置されているとき，行列 A の第 i 行 j 列目に対応する区域の児童が，最も近い学校へ通うための移動距離は次式となる．

$$D_{ij}=\min_{t=1}^{m}[\sqrt{\{(j-1/2)h-X_{0(t)}\}^2+\{(k-i+1/2)h-Y_{0(t)}\}^2}] \quad (3)$$

ここで h はメッシュ幅を表わす．具体的にこの研究では，メッシュ幅に 500m を用いた．このメッシュ幅が小さいほど厳密な検討となるが，通学距離の問題であるから，±250m 程度の差は許容されるとしよう．またこれ以上メッシュを小さくすると，メッシュの境界にかかる世帯が増え，世帯数の勘定が困難になる．次に学校数の m は，ある特定の学校についての検討なら，$m=1$ でもよい．この(3)式を用いて関数 f と g を書き直すと，以下の二式となる．

$$f_{(k\times l)}=\sum_{i=1}^{k}[\sum_{j=1}^{l}\{a_{ij}\times D_{ij}\}] \quad (4)$$

$$g_{(k\times l)}=\max_{i=1}^{k}[\max_{j=1}^{l}\{a_{ij}\times D_{ij}\}] \quad (5)$$

これら 2 つの関数を用いて，学校配置の現状を分析する．ここでの分析法は，m校の学校について，最初に現在位置で関数 f と g の値を求め，次に東西南北へそれぞれ 100m 移動した地点でこれらの関数値を求めて，比較するものである．

現在位置に比べ関数値が小さければ“－”，逆に大きくなれば“＋”，変わりなければ“＝”として符号づけする．3 つの符号を，関数 f と g について組み合わせれば，**表 1** のように 9 通りとなる．そこで，これらの組合せにもとづき，足利市内の小学校（全29校）の位置を分析した．結果は**図 3** のように，松田小の移動が不可となり，北郷小分校，毛野小分校の移動は不必要となった．

表 1 関数値の増減と学校移動

f	g	移動	概要
－	－	可	自治体・住民両方にメリットあり．
－	＋	不可	住民に不都合．
－	＝	不必要	自治体にはメリットがあるが，住民は必要性を認めないため，あえて費用をかける必要はないはず．
＋	－	不可	自治体に不都合．
＋	＋	不可	自治体・住民両方に不都合．
＋	＝	不可	自治体に不都合．
＝	－	可	住民にメリットあり．自治体でも不都合ではない．
＝	＋	不可	住民に不都合．
＝	＝	不必要	現在位置は，最適地点の系列に含まれる．

実際に学校位置を動かすことができるか否かは，前提条件のように，この研究とは別な観点からの問題である．しかし，自治体あるいは住民から見て，最適な位置を知ることはそれなりの意義がある．そこで，(3)式の $\{X_{0(t)}, Y_{0(t)}\}$ を変数として，(4)式，(5)式の最小化を試みる．ここでは，各学校の現在の学区内での最適化 ($m=1$) と，市内の全域にわたる最適化 ($m=m$) の 2 通りを考える．用語の混乱を避けるため，関数 f を最小にす

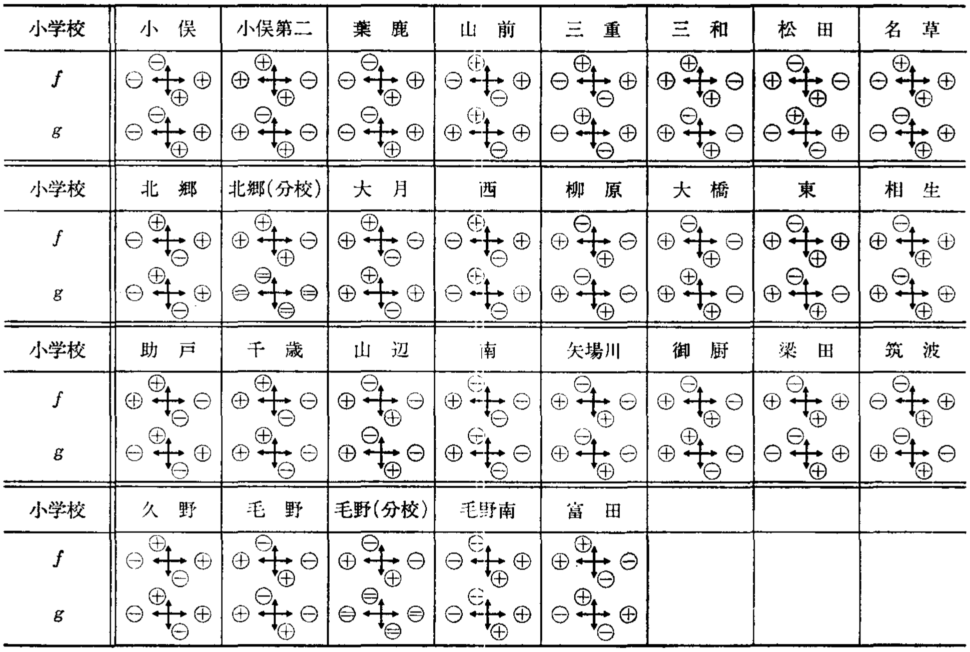


図 3　学校位置の現状分析

る Z_0 位置群を，仮に $Z_0{}^+{}_{(m)}=\{X_0{}^+{}_{(m)}, Y_0{}^+{}_{(m)}\}$，関数 g を最小にする Z_0 位置群を $Z_0{}^*{}_{(m)}=\{X_0{}^*{}_{(m)}, Y_0{}^*{}_{(m)}\}$ と名づける．この研究では，One-at-a-time 探索法による，2次元探索を試みた．結果は，**表 2**（$m=1$），**表 3**（$m=m$）に表わされている．ここで $Z_0{}^+$, $Z_0{}^*$ のうち，一方が現在位置から 500m 以上離れた場合を△，両方とも離れる場合をとして×印をつけると，表中のようになる．ここで 500m を判定基準としたのは，メッシュの幅が 500m であり，これ以下の距離では現在位置とほとんど同じ地点と考えられることによる．

以上の検討の結果，学校の現在位置は，表2から，現行の学区内ではほぼ良い位置にあること．また表3から，市全体としては，改善の余地のあることがわかる．

4.　学校の廃校・移転と利便性

前章の検討で，学校位置の移動が現実的であるかどうか問題となった．そこで，近年足利市で行なわれた学校移動を調査してみた．この結果，次の2例が見られた．

［a］ 廃校（名草小足松分校：昭和57年3月・児童数の減少による）

［b］ 移転（東小：昭和57年4月・当校が史跡『足利学校』跡地にあったため，校舎新築にさいし，文化庁が移転を求めた）

この研究では，これらの学校移動によって関数 f や g の値が，どう変わるかを調べてみた．結果は**表 4** のように，どちらの学校も移動によって，便利になってはいないことがわかる．特に廃校での g が，45.783から130.410へと約3倍にも増える点は，注目に値する．これは，特定の地域に負担が偏っていることを表わしている．

次に，統合の可能性を探ってみる．学校を統合した結果，通学距離をいちじるしく増すことは，特に小学校において望ましいことではない．そこで，分校の廃校だけを検討した．

廃校の分析は，関数値を比較する方法で進める．現在残っている2校を廃校にした結果が，**表 5** に示されている．この表にように，2校とも関数 g の値が不変であった．これは本校の近くに多くの世帯があり，分校の近くの世帯は少ないことを表わしている．そこで，これら2校を廃校にしても，不便になる住民がいないことがわかる．

以上の検討から，この研究では廃校が望ましいとされない学校が，実際には廃校にされ，廃校しても問題にならない学校が，廃校されずにきたことがわかった．

5.　圏域の配分

2つ以上の施設が配置されたとき，境界線を設けて，

表 2　学区内での最適位置

小学校	現在地 $Z_0=(x_0, y_0)$	判定	位置 $Z_0^+=(x_0^+, y_0^+)$	位置 $Z_0^*=(x_0^*, y_0^*)$
小　俣	(1.37, 11.92)		(1.08, 12.2)	(1.07, 11.95)
小俣第二	(2.23, 15.9)	×	(2.75, 16.25)	(2.96, 16.05)
葉　鹿	(2.43, 10.75)		(2.18, 10.8)	(2.15, 10.85)
山　前	(4.29, 9.36)		(4.13, 9.1)	(4.25, 9.0)
三　重	(5.9, 8.92)		(5.81, 8.45)	(5.75, 8.45)
三　和	(4.58, 12.53)	△	(4.74, 12.65)	(4.95, 13.0)
松　田	(6.4, 15.525)		(6.55, 15.7)	(6.38, 15.4)
名　草	(10.66, 13.15)	△	(10.58, 13.15)	(9.22, 13.4)
北　郷	(9.96, 10.2)	×	(9.75, 9.51)	(9.75, 9.7)
北　郷(分校)	(8.35, 11.46)	△	(9.16, 10.96)	(8.35, 11.46)
大　月	(10.86, 9.48)		(11.04, 9.35)	(10.86, 9.45)
西	(7.13, 7.98)		(6.75, 7.75)	(6.9, 7.75)
柳　原	(8.0, 8.0)		(8.18, 8.3)	(7.86, 8.4)
大　橋	(9.14, 8.39)		(9.23, 8.5)	(9.21, 8.45)
東	(8.17, 6.95)		(8.25, 7.25)	(8.25, 7.4)
相　生	(8.77, 7.35)		(8.79, 7.6)	(8.75, 7.5)
助　戸	(9.385, 7.28)		(9.48, 7.1)	(9.33, 7.2)
千　歳	(9.3, 6.41)		(9.46, 6.25)	(9.44, 6.25)
山　辺	(6.7, 6.14)	△	(6.76, 6.4)	(6.85, 6.8)
南	(6.845, 5.555)	△	(7.25, 5.25)	(7.15, 5.45)
矢場川	(5.6, 4.53)	×	(5.62, 5.5)	(6.0, 5.2)
御　厨	(8.54, 3.87)		(8.46, 4.05)	(8.5, 4.0)
梁　田	(10.46, 4.11)		(10.25, 4.25)	(10.06, 4.25)
筑　波	(10.12, 0.98)	△	(9.79, 1.15)	(10.45, 1.6)
久　野	(12.8, 2.38)		(12.73, 2.3)	(12.55, 2.25)
毛　野	(11.25, 5.8)	×	(11.75, 6.25)	(11.75, 6.11)
毛　野(分校)	(12.57, 4.79)	△	(12.79, 5.15)	(12.5, 5.5)
毛野南	(10.91, 5.5)	×	(10.67, 6.2)	(10.67, 6.1)
富　田	(15.07, 5.53)		(15.18, 5.35)	(15.08, 5.25)

（注） 原点は全市行列の左下の端で，カッコ内の数値は原点からの距離を表わす．判定の△は，Z_0^+, Z_0^* のうち一方が Z_0 より 500m 以上離れる．X は両方とも離れる．

表 3　市全域での最適位置

小学校	現在地 $Z_0=(x_0, y_0)$	判定	位置 $Z_0^+=(x_0^+, y_0^+)$	位置 $Z_0^*=(x_0^*, y_0^*)$
小　俣	(1.37, 11.92)	△	(1.08, 12.16)	(1.37, 11.93)
小俣第二	(2.23, 15.9)	△	(2.34, 15.76)	(2.23, 15.99)
葉　鹿	(2.43, 10.75)	△	(3.81, 9.71)	(2.43, 10.75)
山　前	(4.29, 9.36)	×	(4.25, 8.75)	(4.25, 9.275)
三　重	(5.9, 8.92)	△	(5.74, 8.49)	(5.99, 8.92)
三　和	(4.58, 12.53)		(4.39, 12.27)	(4.58, 12.53)
松　田	(6.4, 15.525)	×	(6.23, 14.46)	(6.4, 15.52)
名　草	(10.66, 13.15)		(10.46, 13.21)	(10.66, 13.15)
北　郷	(9.96, 10.2)		(9.75, 10.25)	(9.96, 10.2)
北　郷(分校)	(8.35, 11.46)	×	(7.25, 10.75)	(8.27, 11.46)
大　月	(10.86, 9.48)		(11.28, 10.03)	(10.86, 9.48)
西	(7.13, 7.98)		(6.75, 7.75)	(6.93, 7.98)
柳　原	(8.0, 8.0)	△	(8.25, 8.75)	(8.25, 8.25)
大　橋	(9.14, 8.39)	△	(9.71, 8.86)	(9.14, 8.39)
東	(8.17, 6.95)	△	(6.96, 6.56)	(8.17, 6.95)
相　生	(8.77, 7.35)		(8.33, 7.51)	(8.77, 7.35)
助　戸	(9.385, 7.28)	△	(9.7, 7.85)	(9.385, 7.28)
千　歳	(9.3, 6.41)	△	(9.25, 6.75)	(9.3, 6.4)
山　辺	(6.7, 6.14)	×	(5.75, 5.75)	(6.61, 6.14)
南	(6.845, 5.555)	×	(7.25, 5.25)	(6.85, 5.56)
矢場川	(5.6, 4.53)	△	(6.75, 3.75)	(5.6, 4.53)
御　厨	(8.54, 3.87)	△	(8.56, 3.96)	(8.54, 3.87)
梁　田	(10.46, 4.11)		(10.33, 4.1)	(10.46, 4.11)
筑　波	(10.12, 0.98)	△	(9.46, 1.21)	(10.12, 0.98)
久　野	(12.8, 2.38)	△	(12.52, 1.94)	(12.8, 2.38)
毛　野	(11.25, 5.8)	×	(11.75, 6.25)	(11.75, 5.93)
毛　野(分校)	(12.57, 4.79)		(12.94, 5.08)	(12.57, 4.79)
毛野南	(10.91, 5.5)	△	(10.24, 6.06)	(10.91, 5.5)
富　田	(15.07, 5.53)		(15.31, 5.48)	(15.07, 5.53)

（注） 原点は全市行列の左下の端で，カッコ内の数値は原点からの距離を表わす．判定の△は，Z_0^+, Z_0^* のうち一方が Z_0 より 500m 以上離れる．X は両方とも離れる．

それぞれの施設の利用地域を制限することがある．これを，施設の圏域という［2］．学校ならば，学区割りがこれに当たる．学区割りの設定は，通学距離の最小化と学校規模の均等化という二面性を持ち，学校配置以上にむずかしい問題である．これは，地域によって世帯密度が異なるためで，どの地域も同じ世帯数で，しかも家々が等間隔にあれば，問題は簡単になり，唯一つの解が得られる．しかし実際にはこういかず，通学距離を最小化するには学校の規模の差を無視し，学校の規模を均等化するには通学距離の差を犠牲にしなければならない．

最初に，通学距離から検討する．子供たちが，個々の家から最も近い学校へ通うと考えると，各子供たちにとっても学校側から見ても通学距離は最小となる．これは圏域の配分法として通常用いられるボロノイ線図による解と一致する．ボロノイ線図とは，ある点 i について，次の式が満たされる領域 C_i を作ることによって，全領

表 4　学校移動と関数値

学校	関数	廃校および移転	
		事前	事後
名草小足松分校	f	604.523	938.982
(S 57.3　廃校)	g	45.783	130.410
東　小	f	259.055	420.415
(S 57.4　移転)	g	109.880	180.898

表 5　分校の廃校と関数値

学校	関数	分校の廃校	
		現在	廃校後
北郷小および月谷分校	f	1865.975	2382.894
	g	271.049	271.049
毛野小および大久保分校	f	1920.472	2444.798
	g	499.129	499.129

域が分割された図である．

$$C_i=\{(X, Y : \sqrt{(X-X_i)^2+(Y-Y_i)^2} \leqq \sqrt{(X-X_j)^2+(Y-Y_j)^2}\}$$
$$i \neq j\,;\, i, j=1, 2, \cdots, n \qquad (6)$$

ここで，(X, Y) の軌跡は，点 i と点 j を結んだ直線の，垂直二等分線となっている．また，点 i は母点と呼ばれ，(X_i, Y_i)は母点の位置を表わしている．さらに，母点の数は n 個とする．そこで学校の現在位置を母点としてボロノイ線図を作成すると**図 4** の結果となる．

ここで，図 4 の描き方について簡単な説明を加える．ボロノイ線図の構成法としては，逐次添加法や再帰二分法[2]が知られている．しかしこの研究では，もっと簡単な方法で作図している．各々のメッシュをさらに縦横何等分かし，得られた小さな四角形の中心点で，(6)式をもとに，その四角形が含まれる圏域の，母点を決める．これを，メッシュ内のすべての四角形について行なう．1つのメッシュ内でこの作業が終わると，隣接した四角形間で各々の母点を比べ，異なる場合には両四角形の境界に辺を描く．図で示せば，たとえば**図 5** のように，メッシュ内の小さな四角形 $S_{p,q}$ が母点 u に最も近く，$S_{p,q+1}$ と $S_{p+1,q}$ が母点 v により近いとする．この場合 $S_{p,q}$ と他の 2 つの四角形との間に，図のような境界となる辺を描くわけである．メッシュ内のすべての四角形でこの作業を進め，さらにすべてのメッシュについてこれを行なえば，図全体の圏域が作れる．この方法の欠点は，境界となる辺が直角に交わる凹凸を作ることであるが，メッシュ内の分割数を適当に大きくすれば，この欠点は一応除外できよう．

このような方法を用いた理由は，この方法のアルゴリズムが式の形に依存しないことと，メッシュデータをもとに，圏域内の世帯数が簡単に推定できることによる．そこで，後に式を変えた配分をし，図 4 の結果と比較する．なお，この研究でのメッシュの分割数は，縦横それぞれ10等分（すなわち 100 等分）を用いた．

次に，規模の均等化という面から検討してみる．学校の規模を同程度とするには，世帯数にもとづいた圏域配分ができればよい．そこで**図 6** のように，ある 1 点(X, Y) について，その点と学校までの距離を半径とした円

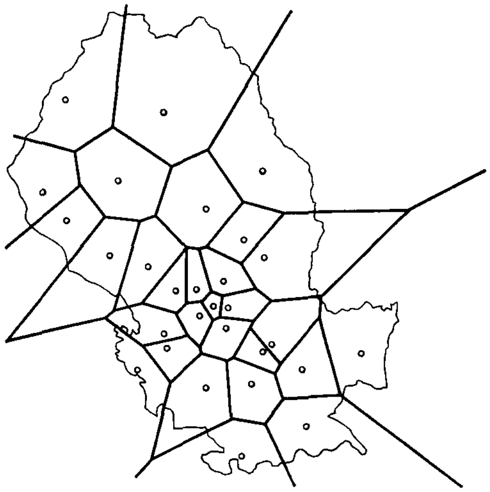


図 4　ボロノイ線図による配分

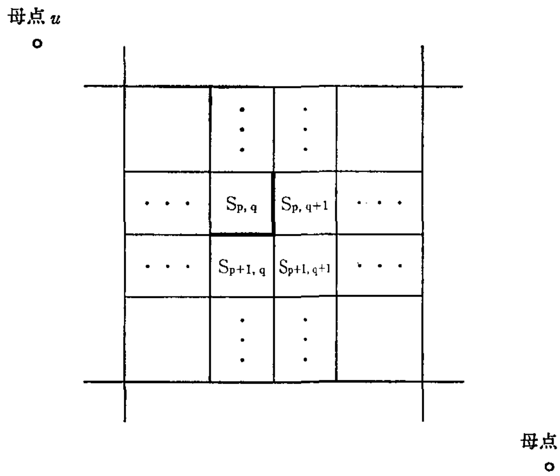
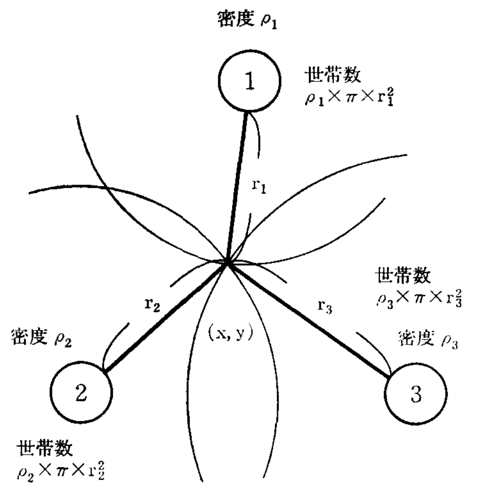


図 5　メッシュ内の境界辺



(x, y) は $\min_j \left\{ \rho_j \times \pi \times r_j^2 \right\}$ に所属

図 6　世帯密度にもとづく配分法

図 7　世帯数×距離による配分

を作る．この面積に学校付近の世帯密度をかけた値を，各小学校について求める．この値は，点 (X, Y) が各小学校に所属すると考えた場合の，学区内世帯数の推定値となる．推定値が最小となる学校へ点 (X, Y) を所属させれば，世帯密度の低い地域で大きな学区，高い地域で小さな学区となることから，得られた圏域での世帯数はほぼ等しくなると考えられる．しかしこの方法をそのまま用いると，付近の世帯密度に差のない学校間では，どの地域でも推定値が等しくなる．このため，点の所属する学校が，1つに決まらないことがある．また，世帯数の少ない地域は，異常に大きな学区となることもある．そこで，世帯数に通学距離の補正を加える．すなわち，次の式にしたがう配分を考える．

$$
\begin{aligned}
C'_i = \Big\{ (X, Y) : & \Big[\frac{S_i(R)}{\pi R^2} \cdot \pi \cdot \{ \sqrt{(X-X_i)^2 + (Y-Y_i)^2} \}^2 \\
& \times \{ \sqrt{(X-X_i)^2 + (Y-Y_i^2)} \} \Big] \\
\leqq & \Big[\frac{S_j(R)}{\pi R^2} \cdot \pi \cdot \{ \sqrt{(X-X_j)^2 + (Y-Y_j)^2} \}^2 \\
& \times \{ \sqrt{(X-X_j)^2 + (Y-Y_j)^2} \} \Big] \Big\} \\
& i \neq j \,;\, i, j = 1, 2, \cdots, n \qquad (7)
\end{aligned}
$$

ここで $S_i(R)$, $S_j(R)$は，i 校，j 校から半径R内の世帯数を表わしている．筆者らの実験によれば，Rが小さいほどよく世帯が配分される[3]．そこでこの研究では，$R=1$km とした．作図には，図4を描くさいに用いたプログラムを使用し，(6)式に相当する部分を，(7)式に変えた．結果は，**図 7** に表わされている．

2つの方法を比較するため，最初に各圏域に含まれる世帯数を推定してみる．これは，圏域内の世帯数がどの学校でもほぼ等しくなれば，学校規模の均等化が計れることによる．ここでの推定法は，500m メッシュを縦横10分割（すなわち100分割）した小さな四角形に，このメッシュ内の世帯数の1/100を与え，圏域に含まれる四角形の世帯数を累積するものである．この方法で得られた推定世帯数によれば，ボロノイ線図では，山前・山辺・御厨の3小学校は，児童数が異常に多いマンモス校のままである．また小俣第2小学校は，逆に児童数が異常に少ない学校のままでもある．これに比べ，この研究で提案した方法では，各校の規模の差は少ない．この点に関しては，ボロノイ線図による圏域での世帯数の標準偏差が，819.11 なのに対し，この研究での方法によれば，631.37 となることからも明らかである．

今度は，2つの圏域での通学距離を比較してみる．ここでは，**3.** の関数 f と g の値を各圏域について求め，比較する．結果は，小学校全体から見れば，確かにボロノイ線図での f 値，g 値のほうが小さい．しかし，個々の学校では逆の結果となるものも多く，どちらの配分法が勝っているかは一概には決められない．

以上2つの点から考えると，どういう場合でもボロノイ線図を用いた配分がよいというわけではないことと，この研究で提案した方法も，有効であることがわかる．

6. おわりに

この研究では，足利市内の小学校を例に，施設の配置

(学校配置) と圏域の配分 (学区割り) が，自治体側・住民側から見て適切かどうか検討した．この結果，

(1) 小学校は，市全域での最適地点群から離れているが，現在学区内ではほぼ良い位置にある．

(2) 分校を廃校にする場合でも，この研究の分析法を用いれば，不便になるかどうか事前に予測できる．

(3) 学校の現在位置を母点とした，ボロノイ線図にしたがって学区を割ると，マンモス校は解消されない．

(4) ［世帯数×距離］にもとづいて圏域を配分すれば，通学距離の面でも効果がある．

などがわかった．

ところでこの種の問題は，小学校や中学校といった教育施設に留まらず，管轄区をもつ公共施設では，同様に起こり得る．たとえば警察署（派出所）や郵便局ではそうであり，応用範囲は広い．またこれらの公共施設の位置をもとに，個々の地域の利便性を評価するという逆の問題もある．これらひとつひとつについては，別の機会に論じてゆきたい．

最後にこの研究を進めるに当たり，多大なご協力をいただいた，足利市役所学校教育課・学校管理課の皆様と，この論文の執筆に関し，有益なコメントをいただいた，レフェリーの諸先生に感謝の意を表わし，結びとする．

参考文献

［1］ 足利市：昭和60年国勢調査結果報告書・足利市の人口．1988.

［2］ 伊理正夫(編)：地理的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，T-83-1，1983.

［3］ 川中子敬至・矢部眞：小学校事例より見た公共施設の地理的配置．日本ＯＲ学会秋季研究発表会アブストラクト集(1988)，104-105.

［4］ 川中子敬至・井出記美代・坂田龍範・矢部眞：足利市における学校配置問題の総合報告．日本ＯＲ学会春季研究発表会アブストラクト集(1989)，269-270.

［5］ ゼンリン：住宅地図・足利市 '87．1987.

入会者氏名

(正会員)

青柳みどり(環境庁国立公害研究所)，有吉　収(徳山女子短期大学)，飯島　昭(㈱メトロ)，石川星児(灘神戸生活協同組合)，石鎚英也(近畿大学)，井ノ口美佐子(福山職業訓練短期大学校)，上田安男(日本テキサス・インスツルメンツ㈱)，上田仁郎(四條畷学園女子短期大学)，碓井良明(中小企業金融公庫)，内海良夫(㈱ＹＳ企画)，大岩浩一(㈱たくぎん総合研究所)，尾崎賢二(川崎重工業㈱)，掛井　正(㈱協和銀行)，神谷直希(㈱東海総合研究所)，北村眞一(山梨大学)，木村一裕(秋田大学)，佐口　功(日本ユニシス㈱)，末岡嘉隆(㈱東芝)，多和田聡(新日本証券㈱)，友澤　太(八重学習所)，内藤正明(環境庁国立公害研究所)，中尻英幸(中沼アートスクリーン㈱)，那須道生(㈱インテリジェント・テクノロジー)，野口雅之(日立エンジニアリング㈱)，西川富士男(㈱竹中工務店)，羽藤憲一(近畿大学)，渕野信一(ＮＴＴ)，星野佳織(桑園学園)，箕輪光博(東京大学)，向井勉(中電技術コンサルタント㈱)，森田恒幸(環境庁国立公害研究所)，山下慎一(菱信システム㈱)

(学生会員)

飯田浩之(九州大学)，浦部浩二(近畿大学)，大石聡一郎(九州大学)，岡田典子(東北大学)，菊地　裕(東北大学)，喜田泰成(姫路工業大学)，小孫康平(筑波大学)，佐藤祥子(東北大学)，白石正和(金沢工業大学)，高田健一郎(九州大学)，高橋直子(東北大学)，瀧口宏昭(九州大学)，立石幸嗣(東京工業大学)，中條有規(上智大学)，広田桂樹(九州大学)，福永真美(防衛大学校)，前田真哉(九州大学)，柳下晃央(工学院大学)，山崎博章(東京工業大学)

(賛助会員)

㈱神戸製鋼所

日本精工㈱

西部電機㈱

日鐵電設工業㈱

関東金属印刷㈱