

2009 年度 修士論文

学校適正配置計画立案支援手法の開発

Development of supporting method for planning optimal location of schools

荻野 公佑

Ogino, Kosuke

東京大学大学院新領域創成科学研究科

社会文化環境学専攻

目次

1. 序論	1
1.1. 学校再編問題の現状	3
1.2. 学校再編問題における本論文の位置付け	3
1.3. 本論文の構成	4
2. 研究手法	5
2.1. 学校適正配置に関する先行研究	7
2.2. 当研究における最適化対象	7
2.3. 当研究における最適化の方針	8
2.4. 当研究で用いる求解手法	8
3. 求解モデルの検討	11
3.1. 配置計画案の評価項目	13
3.2. 学校の削減数に関する検討	16
3.3. 通学距離に関する検討	16
3.4. 学校の適正規模に関する検討	17
3.5. 既存の社会的境界との適合性に関する検討	17
3.5.1. 分散吸収型制約	18
3.5.2. 完全吸収型制約	18
3.6. 空間的連続性に関する検討	20
3.6.1. 空間的連続性制約の定式化	21
3.6.2. 仮想地域における実験	22
3.6.3. 実地域への適用に当たって	27
4. 学校適正配置導出システム	31
4.1. 最適化の詳細	33
4.1.1. 最適化対象	33
4.1.2. 最適化に用いるデータ	35
4.1.3. モデル定式化の準備	37
4.1.4. 集合・添え字	39
4.1.5. パラメータ	40
4.1.6. 変数	41
4.1.7. 第1段階モデル	42

4.1.8. 第2段階モデル	44
4.1.9. メッシュグループ	46
4.2. GUIと操作方法	47
5. 再編案とその評価	51
5.1. 求解環境	53
5.2. 配置計画案の評価手法	54
5.3. 分析結果	56
5.3.1. 平均通学距離	56
5.3.2. 最大通学距離	58
5.3.3. 学校収容児童数の標準偏差	59
5.3.4. 通学校の変更	60
5.3.5. 学校存続地域内の通学校の変更	61
5.3.6. 最近隣校への割り当て	62
5.3.7. 飛び地の有無	63
6. まとめ・今後の課題	65
6.1. まとめと結論	67
6.2. 今後の課題	67
7. 参考文献	69
資料編	75
全プロジェクト 結果詳細	76
各評価項目値 比較表	137
求解モデル ソースコード	151
梗概	161

1. 序論

1.1. 学校再編問題の現状

近年、少子高齢化の影響のため、地域の人口構造の変化から小規模学校が増加し、学校数の余剰が問題となっている。今後の日本の人口推移について国立社会保障・人口問題研究所が2006年に行った予測によれば、総人口が2010年現在の約12,700万人から2050年頃には9,500万人程度に、特に14歳以下の人口では約1,700万人から820万人程度に減少すると言われている。そもそもこうした少子高齢化の傾向は近年始まったものではなく、14歳以下人口に関して言えば1955年頃の3,012万人をピークとしてほぼ単調に減少している。

こうした状況下で、多くの自治体で学校再編の取り組みが行われているが、住民らによる強い反対を受ける場合も多く、地域社会を二分するような地域紛争に発展することも稀ではない。これは葉養(1997)が指摘するように、学校や学区は「地域社会の文化的中心であり精神的結合の基礎」である[7]ことに起因する現象であり、また同時にこうした紛争の発生が学校施設が非常に強い地域社会的意味を持つ要素であることの裏付けとなっていると言える。

学校施設の持つ地域社会的意味の大きさが再認識されつつある一方で、「地方教育行政の組織及び運営に関する法律」の改正に伴う市町村教育委員会の裁量範囲の拡大など、教育行政における地方分権も進んできていると言える。その結果、東京都品川区や福岡県穂波町における学校選択制や、北海道江別市における隣接区域選択制など、これまでの通学区域制に囚われない新たな通学校決定の手法も模索されつつある。しかし、こういった手法にも通学上の安全性の問題や、特定の学校への人気の集中に伴う学校規模の不均一性といった様々な問題から採用する自治体も少なく、主流になりつつあるとはいえない状況である。

まとめれば学校再編問題の現状は、少子化による学校再編への圧力の増加と教育の地方分権化が進んでいく中で、各自治体が通学区域制に軸足をおきつつも各地域の実態に即した学校再編の手法を模索しつつあると言える。

1.2. 学校再編問題における本論文の位置付け

本研究は学校再編案の作成を行うシステムの開発を行い、通学区域制に基づいた学校再編計画策定を支援することを目的としている。これは、学校選択制等の新たな学校編成の手法が生まれつつある中で、通学区域制に基づく学校再編がまだまだ主流であり、通学区域制に基づく再編案検討の方法にもまだ改善の余地があると考えられるためである。

学校再編は多くの場合、住民の反対を受けスムーズに実行にされない。これに関して、学校施設の持つ強い地域社会的意味が学校再編を困難にしている事実は論を待たない。しかしながら困難さの原因を、この点だけに求めるのはいささか乱暴な議論であると思われる。現状、自治体による再編案の検討にあたっては十分な方法論が確立しておらず、

多くの場合自治体担当者の勘と経験に基づいた線引きに任せてしまっていると言える。結果的に自治体が住民を納得させ得るような、再編案の根拠となるデータを示せていない事実も、反対騒動の原因の一端を担っていると言えるのではないだろうか。

各対象地域に関する客観的な情報を作成する手法が確立すれば、これを再編案の理論的根拠とすることで、住民の納得を得ることが可能になると考えられる。以上の理由で当研究では、特定地域の学校統廃合時にその地域の人口分布・学校配置・既存学区等、種々の空間データを用いて、児童の通学時の安全性・運営コストなどの評価基準を最適化する学校配置及び学区構成の立案システムを開発し、学校再編を支援することを目的とする。

1.3. 本論文の構成

本論文は以下のように構成される。

第2章 研究手法では、先行研究の紹介及び、最適化を行う対象の説明と最適解の導出を行う数理的手法についての説明を行う。

第3章 求解モデルの検討では、学区に関する様々な評価項目を検討し、本研究で行う学校適正配置導出手法の概念的な説明を行い、適正配置導出モデル作成の方針を提示する。

第4章 学校適正配置導出システムでは、前章までで決定したモデル作成の方針に従って作成したモデル及び、データ操作の手法など、最適化に関するより具体的な手法を紹介し、システム全体の構成を提示する。

第5章 再編案とその評価では、前章までで紹介したシステムを用いて、実際の地域での再編案を作成・評価するとともに、求解条件の違いが結果に与える影響の分析を行う。

第6章 まとめ・今後の課題では、本研究のシステム作成・結果分析等を通して得られた知見を改めてまとめるとともに、考えうる改善点を提示する。

2. 研究手法

2.1. 学校適正配置に関する先行研究

学校適正配置の問題は、学校配置の問題と学区構成の問題から構成される。学校配置の問題とは、当該圏域内に何校の学校を建設するか、また圏域内のどの位置に学校を配置するか決定する問題である。一方、学区構成の問題は、圏域内の全ての地点について、圏域内に存在するどの学校に割り当てるのか決定する問題である。

学校適正配置の問題に関する研究で最も古いものはYeates(1963)によるもので、これらの2つの問題のうち学区構成の問題のみが扱われている[1]。Yeatesは、学区構成の問題を輸送問題と捉え、各学校の収容可能児童数を制約として、地域内児童の総通学距離の最小化を目的関数としたモデルを提案している。学区構成の問題については、Maxfield(1972)がYeatesのモデルに、最大通学距離と人種混合比率の制約を加え[2]、McKeown・Workman(1976)はスクールバスによる通学が行われる非都市地域において、バスの移動距離・消費燃料が最小となるような学区構成を導出するモデルを提案するなど、Yeatesの古典的なモデルに手を加える形で発展してきた[3]。これらの研究の多くでは、問題を線形計画問題として立式し、単体法をはじめとする厳密解法を用いて求解を行っているが、近年では、モデルの複雑化・圏域決定の空間単位の細分化に伴う計算負荷の増大のため、焼きなまし法・遺伝的アルゴリズムといった近似解法を用いた研究もなされている[8,16]

もう一方の学校配置の問題が扱われ始めたのは90年代になってからである。川中子・矢部(1990,1991)が学校の廃校・移動が地域の児童の総通学距離・最大通学距離に与える影響を分析し[5,6]、大谷ら(2002)は少子化に伴い今後の学校配置の問題は施設の削減が前提となるとして、Pメディアンモデルによる通学距離に注目した学校統廃合のシミュレーションを行い、現実の統廃合を十分に説明できることを示した[11]。また、株式会社数理システムによる全国小中学校適正配置案導出システム(2007)では、近似解法を用いることで、総通学距離と最大通学距離に注目して学校配置問題を扱い、学校配置と学区構成の両方を考慮した最適解を導出することに成功している[18]。

2.2. 当研究における最適化対象

「学校適正配置問題が従来の施設配置問題と異なるのは、施設の削減が前提となる点と地域コミュニティの制約を受ける点の2つである」と大谷(2002)が指摘するように[11]、確かに近年行われている学校再編のほとんどが地域内の学校位置・学校数の変更を伴っており、一部の大規模住宅地開発により人口増となっている地域を除けば、ほとんどの地域では少子化の影響から学校数を減少させる圧力を受けているといえる。この事実を考えれば、学校配置問題を無視した学校適正配置導出手法は、少なくとも日本の現状にはそぐわないと評価できる。そのため当研究では学校配置問題・学区構成問題の両方を最適化の対象とし、特に学校配置問題については学校の統廃合を前提とした手

法の提案を目的とする。

2.3. 当研究における最適化の方針

当研究では学校適正配置の問題に関わる様々な社会的制約も定式化しモデルに組み込むことで、より現実に即した学校適正配置案を作成できる手法を提案する。それは、学区の適正配置導出に当たって特に今回のように学校統廃合を考慮する場合、先の引用で大谷が述べるような「地域コミュニティの制約」といった社会的制約を特に強く受けると考えられるためである。大谷(2002)の調査によれば、

過去に学校統廃合を行った市町村の教育委員会、そして保護者と地域住民や行政からなる学校統合検討協議会に対して、平成 11 年 9 月に、個別面接方式によって行った聞き取り調査結果をまとめると、廃校になる児童の通学先を選択する際の主な要因として、①児童の通学距離、②通学先が変更される児童の数、③統合先の学校の収容能力、④統廃合によって削減される教職員の数、⑤地域的まとめ、⑥住民の意向の 6 つが挙げられている。[11]

とされている。これらのうち①～④は物理的制約、⑤・⑥は社会的制約であると言える。①～④の物理的制約に関しては、2.1.節で紹介した多くの先行研究でも、求解に際して考慮されている。一方、⑤,⑥のような社会的制約を明示的にモデル上で扱う例は少ない。しかしながら各地域の実際の学校再編に当たっては、様々な社会的制約が存在し、物理的制約のみを用いるモデルの出力をそのまま再編案として利用できる例はほぼ皆無といえる。現実的に考えて、既往研究で扱われてこなかった社会的制約をモデルに加えたとしても、そのまま再編案として利用できるような出力を得られる汎用的なモデルを作成するのは不可能である。しかしながら今までの物理的制約のみに着目したモデルと比べて、より現実的な出力が得られる可能性は多分にあると言え、また社会的制約の考慮が出力に与える影響を定量的に示すことが出来ると考えられる。以上が、社会的制約をモデルに加える理由である。

ところで社会的制約と一口に言っても、どういった社会的制約を採用するかは非常に大きな問題となってくる。例えば社会的制約には、学校の歴史的価値の高さ、あるいは地元の有力者の母校である、といった非常に地域性の高い条件も存在し、これらの条件まで漏れなくモデルに加えるのは不可能であるし、さほど意義があるとは考えられない。この問題については、3章において詳しく検討していくことにする。

2.4. 当研究で用いる求解手法

当研究は基本的には 2.1.で紹介した研究のうち、学校配置・学区構成の両方を最適化

対象としている数理システム(2007)のモデルを参考としつつ進めていく[18]。

数理システムによる方法では現実的な計算量の制約から、学校配置と学区構成の問題を別個の問題として扱っている。具体的にはモデルを2段階に分け、第1段階では学校容量を制約、学校数の最小化を目的関数として、統廃合を伴う学校配置の決定を行う。なお各学校の位置については既存の学校位置を採用し、学校位置の移動については考慮しないものとしている。続く第2段階では、第1段階で決定された学校配置を寄与として、学校容量と児童の最大通学距離を制約、総通学距離の最小化を目的関数に取って学区構成の決定を行っている。

当該研究において最適化計算には株式会社数理システムの数理計画問題汎用ソルバである NUOPT を利用している。NUOPT では様々な解法の利用が可能であり、第1段階に関しては存続させる学校の組み合わせが莫大な数となり計算量が非常に大きくなることから WCSP と呼ばれる近似解法を利用している。また第2段階に関しては、Yeates をはじめとする古典的モデルと同様、学区構成の問題を輸送問題と捉えることで線形計画問題として立式し、単体法による計算を行っている。

計算量を考えた場合に学校配置と学区構成を同時に最適化するのは非常に困難であり、当研究においても上記モデルと同様にモデルを2段階に分けて求解を行うこととする。また解法についても WCSP と単体法を用いることとする。以下ではこれらの解法について簡単にではあるが説明を行う。

WCSP

京都大学問題解決エンジングループの開発によるアルゴリズム。同グループでは「問題解決エンジン」として、様々な組み合わせ最適化の標準問題群に対し、個々の問題に適合したメタヒューリスティックスのアルゴリズムを用意しておくことで、あらゆる組み合わせ最適化問題を同一の枠組みで扱えるシステムの研究開発を行っている。

WCSP はこの問題解決エンジンのうち、(重み付き)制約充足問題に対応するアルゴリズムである。[10,13]重み付き制約充足問題とは、相対的重要性(重み)が与えられた複数の制約条件に対し、出来るだけ多くの制約を満たす解、あるいはそのような解の集合を探索する類の問題である。

これはタブーサーチを応用したメタヒューリスティックスのアルゴリズムであるため厳密解が得られる保証は無いものの、大規模な整数計画問題に対し、非常に高速に実行可能解(近似解)を求めることができる。なおこのアルゴリズムの適応範囲は、整数変数のみを含み、かつすべての変数に上限と下限がある問題となっている。

立式に当たっては、前述の通り目的関数、制約式に重みを設定することができる。制約の重みには、ハード制約、セミハード制約、ソフト制約の三種類が存在する。

単体法

線形計画問題の解法の一つで、シンプレックス法とも呼ばれる。線形計画問題とは幾つかの変数に対して、複数の一次等式・一次不等式で表現された制約を満たす範囲で一次式で表される目的関数を最小化・最大化するような変数値の組を探索する問題である。

単体法では、線形計画問題の最適解は制約を漏れなく満たした実行可能解で構成された超多面体の頂点のいずれかに存在することを利用して、多面体の頂点間の移動を繰り返し、目的関数値が最良となる頂点を探すことで最適解を探索する。変数・制約条件の数と同じオーダーの反復回数で最適性の保証ある解を探索することが可能である。

なお NUOPT では、単体法を整数変数を含む問題に対して適用した場合、単体法を分枝限定法(Branch and bound method)という枠組のなかで繰り返し行い、最適性の保証のある整数解を求める。

以上が本研究で求解に用いる手法である。計算に当たっては、数理システムによる研究と同じく NUOPT を利用することとする。

3. 求解モデルの検討

本章では学校適正配置導出に当たって、モデルに目的関数・制約条件として算入し考慮する学校配置・学区構成に関する評価項目を決定し、より具体的なモデルの作成方針を述べる。3.1.では学校配置・学区構成に関する評価項目を列挙し、その中からモデルに含めるべき項目を検討する。3.2.以降ではモデルに加える各評価項目についての定量化・定式化の方法を検討する。なお本章以降では、最適化の対象である学校配置・学区構成を合わせて配置計画（案）と呼ぶ。

3.1. 配置計画案の評価項目

本節では配置計画案に関する様々な評価項目について、その特徴とモデルへの算入の検討を行う。学校配置・学区構成に関する評価項目については葉養(1998)が体系化を行っている[19]。以降ではこれに基づき評価項目を列挙し、それぞれについて検討を行っていくこととする。

◆ 学校の削減数

学校統廃合に伴って生じた学校の削減数を指す。これにより維持コスト等の自治体の経済的負担の軽減を図ることが出来る。本研究では学校の統廃合を伴う学校配置も最適化対象としているため、確実にモデルに加える必要がある。なお学校の削減数と以降に示す評価項目のほとんどはトレードオフの関係になるため、慎重に扱う必要がある。

◆ 通学距離

➤ 児童の総通学距離・平均通学距離

地域全体での通学距離の総和・平均をとった値を指す。実際の平均通学距離は東京 23 区のような都市部では 500m 前後であり、人口密度の低い地方の農村地域でも 2km 程度の地域がほとんどとなっている。Yeates(1963)は現実の学区構成の 84%を総通学距離の最小化を図ったモデルだけで説明することに成功しており[1]、学校適正配置の導出モデルでは最も重要な項目であると言え、本研究でも取り扱う。

➤ 児童の最大通学距離

地域全体で最も学校が遠方にある児童の通学距離。地理的に偏った学校配置や自治体の物理的形状の影響等で一部の児童の通学距離が極端に長くなり、負担が偏ってしまうケースは学校施設の公共性を考えた場合に好ましくなく、平均通学距離とは別個に最大通学距離の考慮も必要となると考えられる。本研究でも取り扱うこととする。なお通学距離に関しては法規上、「通学距離が、小学校にあってはおおむね 4 キロメートル以内、中学校にあっては概ね 6 キロメートル以内である

こと(義務教育諸学校施設費国庫負担法施行令第3条1項2号)」とされている。

◆ **幹線道路等による区域分断の有無**

区域が幹線道路等の児童にとって危険な要素によって分断されておらず、安全に通学することが出来るかどうかを指す。法令として規定は無いが、文部省の学校施設設計指針には「児童・生徒等が通学する通学路は、鉄道線路や交通ひんぱんな道路等と交差することは避けることが望ましい」とされている。また葉養(1998)に「学校建築学の知見としても通学区域からは幹線道路を締め出し、むしろ幹線道路を境目として通学区域を作るという考え方が採用されている」[19]とあるように、学校再編にあたって一般的に考慮されている項目と言える。本研究では他の評価項目を優先し、この項目については取り扱わないこととする。

◆ **学校の適正規模**

各学校の児童数が過度に少なく／多くなり、授業等に支障を来していないかどうかを指す。学校の適正規模については様々な議論がなされているものの、明確な定義はなされていない。法令としては学校教育法施行規則の第17条で「小学校の学級数は、12学級以上18学級以下を標準とする。ただし、地域の実態その他により特別の事情のあるときは、この限りでない。」と定められている。しかし現実的にはこれを満たしていない学校も多く存在する。この項目はYeatesのモデルの唯一の制約となっており、モデルに必ず算入する必要があるといえる。

◆ **学校収容児童数の均等性**

地域内の各学校の児童数がある程度均等になっているかどうかを指す。児童数に過度な偏りがある場合、教師一人当たりの受け持ち児童数に差が生じるなど、学校間の教育水準が不公平となり好ましくない。しかし、そもそも学校周辺の児童数に地域差があり現実の学区構成でもある程度の不均等は存在するため、ある程度は許容すべきといえ、これを目的関数・制約条件としてモデルに直接加えるのは難しいと考えられる。

◆ **将来人口推計・上位計画との整合性**

同地域の将来人口推計・上位計画とある程度整合性のある学校配置・学区構成になっているかどうかを指す。当然ながら学校施設は数十年以上の期間連続して使用される施設である。圏域内児童数が少子化の影響でさらに減少したり、あるいは地域の大規模開発で増加した場合にも適切に教育サービスを提供できるよう将来人口推計や上位計画と整合性のある施設配置を行う必要がある。モデルに与える人口データをこれらを考慮した値に変換することで、モデルへの適用が可能と考えられる

が、結果に本質的な違いを与えないと考えられるため本研究では取り扱わない

◆ 住民・子供の生活圏域、行動圏域と学校区の大きさの整合性

繰り返している通り学区構成はそのまま地域コミュニティの基礎となっている場合が多い。そのため各学区と生活・行動圏域間で物理的スケールがあまりに異なる場合、地域コミュニティ内の円滑なコミュニケーションの障害となる可能性がある。先述した最大通学距離の考慮により実現できると考えられるため、明示的には取り扱わない。

以上が葉養が挙げている配置計画案に関わる評価基準である。しかしながらこの研究後も様々な研究が行われ、これ以外の幾つかの合理性の基準が提案されている。以降ではこれらの基準について説明を行う。

◆ 地域的まとめり

➤ 既存の社会的境界との適合性

再編後の学区構成が既存の地域コミュニティの構成と一致しているかどうかを指す。地域コミュニティの境界に明確な定義がないため評価の難しい項目である。町会・氏子圏といった既存の町丁目境界や、既存学区構成などが地域内コミュニティの境界と一致しているケースが多いと考えられるが、地域差が顕著に現れることが想像に難くない

➤ 空間的連続性

学区構成の各部分が飛び地を含まず空間的に連続となっているかどうかを指す。地域的まとめりの物理的定義といえる。学区構成では飛び地に関連する規則は明確には定められていないものの、葉養(1998)によれば「通学区域に飛び地を持つ自治体では、飛び地の解消は適正化を図る際の検討事項となっており」[19]とされており、学区構成の検討に当たっては考慮が必要な項目である。

◆ 小学校区と中学校区間の整合性

同一の小学校の通学区域が入れ子状に一つの中学校区に含まれているかを示す指標。富永(2003)は、各中学校区が複数の小学校区を包含する学区形態をスクールファミリーと定義し、学区再編時にスクールファミリーを導入した場合、他の評価項目に与える影響を調査している[12]。

当研究では2章で述べた通り、学校再編に関わる社会的制約を考慮することでより適切な配置計画案を求めることを方針としている。そこで本研究ではこれらのうち求解に

あたって考慮する項目として、物理的制約として「学校の削減数」・「通学距離」・「学校の適正規模」を。社会的制約として「地域的まとまり」を採用する。「地域的まとまり」については「既存の社会的境界との適合性」と「空間的連続性」の2つに分けて定義する。また「学校児童数の均等性」については配置計画案に関する評価を行う際に活用する項目として採用する。次節以降では求解にあたって考慮する項目のそれぞれについて、実際にモデルでどのようにして扱うかの検討を行う。

3.2. 学校の削減数に関する検討

学校の削減数を最適化に際して明示的に扱っている数理システム(2007)による研究では、学校配置の最適化を行うにあたって「学校数の最小化」を目的関数としており[18]、所与の制約下で実現可能な最低学校数での配置計画案を導出するモデルを作成している。学校数の削減はそのまま学校施設の維持コスト等の削減につながることを考えれば、制約を満たす範囲で学校数の最小化を図るのはあり得る手法であると言える。しかしながら学校の削減数は平均通学距離や既存学区との乖離等の他のほとんどの評価項目とトレードオフの関係にあり、単純に学校数の減少を善とする扱いでは不十分と考えられる。そこで本研究では学校の削減数を目的関数ではなく、制約条件としてモデルに取り入れることとする。具体的にはまず数理システムのモデルと同様に「学校数の最小化」を目的関数として求解を行い、同制約下で可能な最大の学校削減数を算出する。そして削減学校数がそれ以下の各場合の結果を、存続学校数を制約とすることで算出する。これにより存続学校数の変化が他の評価項目に与える影響を算出することが出来ると考えられる。

3.3. 通学距離に関する検討

通学距離に関しては、前述の通り総通学距離と最大通学距離に分類できる。川中子ら(1990,1991)はこれらの分類は自治体側と住民側の要望の違いを示しており、総通学距離の最小化は自治体側の要望であり、最大通学距離の最小化は住民側の要望であると指摘している。例えば登下校時に通学バスを運行している自治体を考えた場合に、総通学距離を最小化するような学区構成を採用し、学校がバスの運行領域で中心的な位置に存在する場合は最も輸送コストを減らすことが出来、自治体側の要望に答えているといえる。一方で最大通学距離を考慮する場合は、総通学距離の最小化によってある一部の地域だけが極端に長い通学距離を強いられるようなケースを回避することが出来る。地域のトータルとしてみれば非効率的になるが、一部住民に負担が集中することによる不満が出づらいう意味で住民側の要望を満たしていると言える。[5,6]

全ての先行研究が総通学距離に関してはモデルに目的関数値として算入しており、最大通学距離に関しては一部の研究で制約として加えている。これらの通学距離に関する

2 指標をモデルに両方とも算入しているモデルでは、いずれも最大通学距離を制約とし、総通学距離を目的関数としている[2][11][18]。それらの研究では両者の間に矛盾が生じることなく、両項目について優れた配置計画案を導出する事に成功している。そのため本研究でもその手法に則った形で総通学距離を目的関数に、最大通学距離を制約条件にとったモデルを作成することとする。

3.4. 学校の適正規模に関する検討

学校教育法施行規則第 17 条では小学校の適正規模について「12 学級以上 18 学級以下を標準とする」としているが、実際の学校規模は必ずしもこの規定の範囲内に収まっておらず、学校配置計画の策定にあたり争点となることが良くある。これは葉養(1998)が指摘する通り「法的基準を根拠づける教育学的論拠が欠如している」ため[19]であると言える。一方、学級規模については公立義務教育諸学校の学級編制及び教職員定数の標準に関する法律において、「小学校の学級規模について 40 人以下であるとする」と定められているのみである。

本研究では学校規模について、先行研究に倣い最大収容児童数・最小収容児童数に関する制約を設定して扱うこととする。この際、最大/最小収容児童数を設定する必要があるが、本研究においては、上記の法令上の規定と現実的に学校規模の制約は満たし得ないことを鑑み、最小収容児童数を 30 名*1 学級*6 学年で 180 名、最大収容児童数を 40 名*4 学級*6 学年で 960 名として計算を行うことにする。

3.5. 既存の社会的境界との適合性に関する検討

学校再編の検討を行う場合、一般的に自治体が最も重視する項目は通学校が変更となる児童を出来る限り生じさせないことと言われている。これは学区構成の大幅変更は、学区を舞台として培ってきた地域コミュニティのつながりを損なう結果となるため、地域内に激しい反対意見を生むからであると考えられる。このことから既存学区構成はそれ自体、地域社会的に大きな意味のある境界となっていると考えられる。そこで本研究では地域コミュニティを構成する「既存の社会的境界」として、本研究では既存の学区構成を利用することとする。

これについて、例えば地域の代表的な社会的境界である町会・自治会境界と既存の学区構成が必ずしも合致しておらず、既存の学区構成のみを社会的境界として扱うのはいささか乱暴であるとの意見も有ると思われる。しかし、葉養(1997)が「これまでの学校配置で個々の町会・自治会の区割りとの合致が保持されていない場合でも、学校統合の実施過程では、連合町会としての大きなくくりや地域のまとまりとの対応関係で考えられているのが普通である」と指摘しているように[7]、既存の学区構成をそれ自体に地域内の複合的な社会的境界を包含した地域内の社会的境界の代表と定義しても問題

ないと考えられる。そのため以降では既存の社会的境界として既存の学区構成を用い、学区構成の大規模な変更をそのまま地域コミュニティの消失と捉えていくこととする。

本研究では既存学区に関する制約としてまず「元々通学していた学校が存続となった地域・児童については必ず同一の学校に通い、学校割当の変更を認めない」なる制約を設定する。学校統廃合を伴う学校再編を考えた場合、単純に総通学距離の最小化を考えて学区構成の検討を行うと、学校容量の関係で廃校となった学校の周辺学校の学区にも玉突き式に影響を与える場合がある。この制約によって 1 つの学校の廃校が波及的に多くの児童の通学校変更を招く事態を防ぎ、結果的に存続となった学校に根ざした地域コミュニティを維持することが出来ると考えられる。通学校が廃校となった児童・地域の扱いについては少し複雑な制約を与えるため、3.5.1.節以降で説明を行う。

3.5.1. 分散吸収型制約

既存学区において廃校となった学校に割り当てられていた地域については、再編時には別の学校に割り当てる必要が生じる。図 3-1 に示した概念図のように当該地域を幾つかの学校の学区に分断することを許し、この地域に関しては制約を与えない場合の既存学区制約を『分散吸収型の既存学区制約』と定義する。図 3-1 の例では A～D 校の 4 校が存在した地域から、A 校が廃校になったケースを想定している。分散吸収型では、この A 校の学区を分断して他の学校に割り当てるのを許すため、元 A 学校の学区は B～D の各学校に分断して割り当てられている。

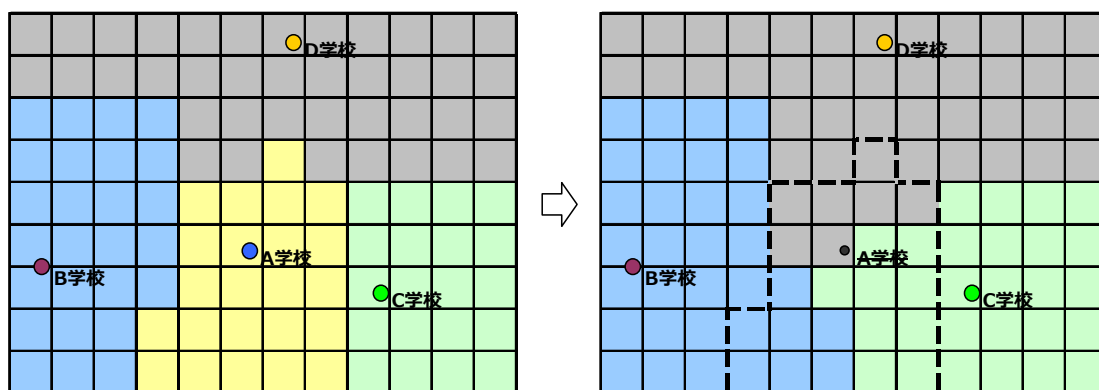


図 3-1 分散吸収型概念図

3.5.2. 完全吸収型制約

現実の学校統廃合では近接の学校との合併という形式を取るケースは非常に多い。そこで図 3-2 に示した概念図のように通学校が廃校となった地域について、分散吸収型のように分断することを許さず、全地域一括で他の学校に割り当てる必要がある、とする場合の既存学区制約を『完全吸収型の既存学区制約』と定義する。図 3-2 では廃止

となったA学校に割り当てられていた地域は一括してC学校に割り当てられている。

分散吸収型と比較した場合、完全吸収型制約では存続となった学校を中心に根ざした地域コミュニティだけでなく、廃校となった学校に根ざしていた地域コミュニティも維持することが出来る。しかしながら多くの学校の統廃合を伴うような大規模な学校再編を考える場合には、完全吸収型では制約が厳しすぎ、全ての制約を満たす結果が得られない恐れがある。一方、分散吸収型制約では完全吸収型制約を用いた場合の結果よりも物理的側面で優れた合理的な結果を出力できると考えられる。

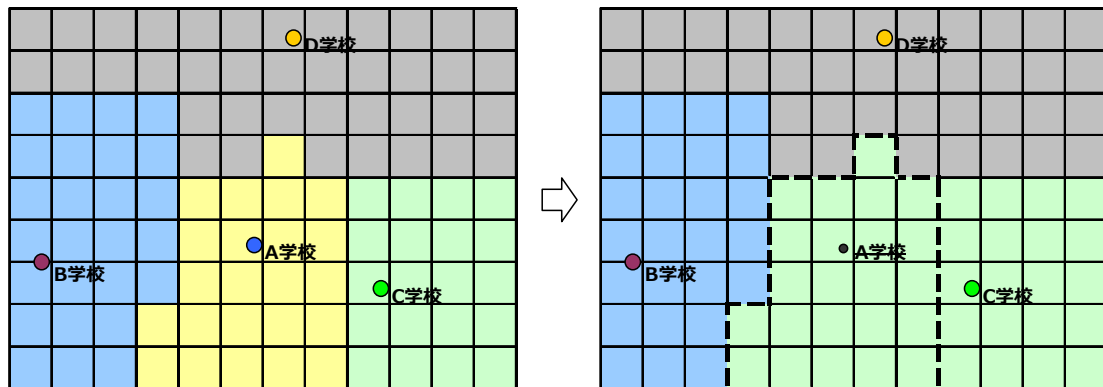


図 3-2 完全吸収型概念図

本研究では、既存学区あるいは地域コミュニティに関する制約として、制約なし・分散吸収型制約・完全吸収型制約の 3 つのパターンでそれぞれの結果を出力することを考えている。これらの結果を相互に比較することにより、既存学区の考慮が配置計画案の物理的合理性に与える影響を定量的に分析することが出来ると考えられる。

3.6. 空間的連続性に関する検討

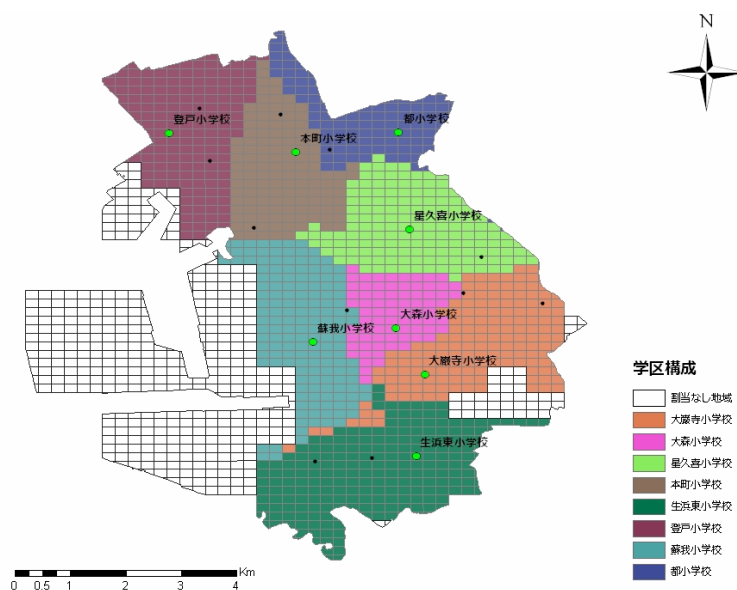


図 3-3 飛び地を含む学区構成の例

実際の配置計画案導出を行うに当たり、飛び地が発生しているか否かは考慮する必要がある項目である。葉養(1998)も「通学区域に飛び地を持つ自治体では、飛び地の解消は適正化を図る際の検討事項となっており」[19]と述べ、飛び地の検討の重要性を指摘している。

先行研究では、ほとんどのケースで目的関数を総通学距離の最小化としているため、学区構成は各学校を代表点とするボロノイ分割に似た、飛び地のない学区構成となる場合が多い。しかしモデルの制約条件が厳しい場合、図 3-3 のように飛び地が生じることもあることが分かっている。この場合では主に各学校の収容可能人数の制約のため飛び地が生じている。図 3-3 の学区構成は通学距離の最小化を目的関数としており、地域トータルとしては物理面で最も合理的な学区構成と言えるが、一方では物理的合理性と引き換えに一部住民の不満を誘発しかねないという意味で社会的制約を満たしていない不完全な学区構成とも言える。空間的連続性を社会的制約として明確に定義し、モデルに制約として加えることで地域住民が直感的に受け入れやすい飛び地の無い学区構成を導出することが出来ると考えられる。本節ではこの空間的連続性のモデルへの導入について検討を行う。

3.6.1. 空間的連続性制約の定式化

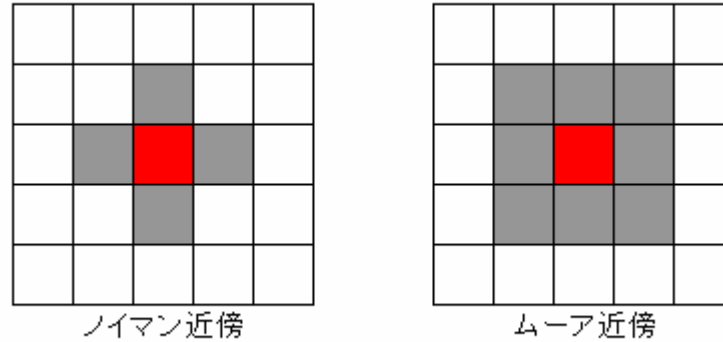


図 3-4 ノイマン近傍とムーア近傍

空間的連続性の定式化に当たり、まず空間的連続の定義を行う。なお本研究では縦横約 150m 程度のメッシュと呼ばれる格子状の地域を学区構成の検討における最小単位としているため、ここでは格子状の地域での空間的連続性を考えることにする。素朴に考えて空間的に連続であることは「同じ空間領域に割り当てられる地域が他と孤立して存在していない」と言い換えられると考えられる。今回の格子状地域で考えるならば「近傍のメッシュ中に少なくとも 1 つは自メッシュと同じ空間領域に割り当てられるメッシュが存在する」なる制約を考えればよい。ところで、ここで「近傍」という言葉を用いたが、特に格子状の地域における近傍の定義については少し考える必要がある。格子状地域の近傍の定義についてはセルオートマタと呼ばれるシステムに関連する研究で詳しく検討されている。

セルオートマタとはセルと呼ばれる格子で構成された地域に対してシミュレーションを行うシステムの名称であり、この中では「近傍」の定義について図 3-4 に示したような当該セルを中心として 4 つのセルのみを近傍であるとするノイマン近傍と、当該セル周りの 8 つのセル全てを近傍とするムーア近傍の 2 種が存在する[20]。ムーア近傍を採用した場合、斜めに細長い学区構成も空間的連続であるとされてしまい、直感的な空間的連続と一致すると言いがたい。そのため恣意的ではあるが、本研究ではノイマン近傍を用いて空間的連続性を考えることにする。

単純に「近傍のメッシュ中に少なくとも 1 つは自メッシュと同じ空間領域に割り当てられるメッシュが存在する」という制約とした場合、図 3-5 に示すような、この制約につい

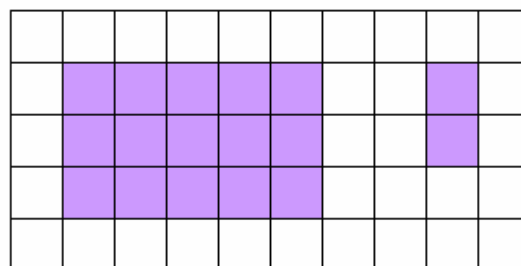


図 3-5 飛び地が生じる例

ては満たしているものの、飛び地を含んだ解が得られる可能性が残る。そこで今回対象としている学区割当の問題の、各空間領域がそれぞれ学校と言う代表点を持つ、という性質を利用する。結論から言えば学区構成の最適化における飛び地の回避は「どのメッシュも近隣の同一学校に割り当てられたメッシュだけを辿って割当学校までたどり着くことが出来る必要がある」とすることで実現できると考えられる。制約としては「隣接するメッシュのうち、同じ学区に割り当てられており、かつ、その学校までの距離が自メッシュよりも短いメッシュが存在する」と記述できる。以下で、これに関して具体的に説明を行う。

図3-6のメッシュMにおいて上記制約は「メッシュMがA小学校に通う場合、Mと隣接し、MよりもAに近いm1,m2いずれかのメッシュもA小学校に通う必要がある」となる。さらにm1がA学校に割り当てられている場合、同様の制約がm1にも課される。この繰り返しがA学校に到達するまで行われるため、最終的にメッシュMはA学校に通うメッシュのみを通してA学校に到達することが出来る、地域全体としては連続性制約を満たす配置計画案を得ることが出来る。

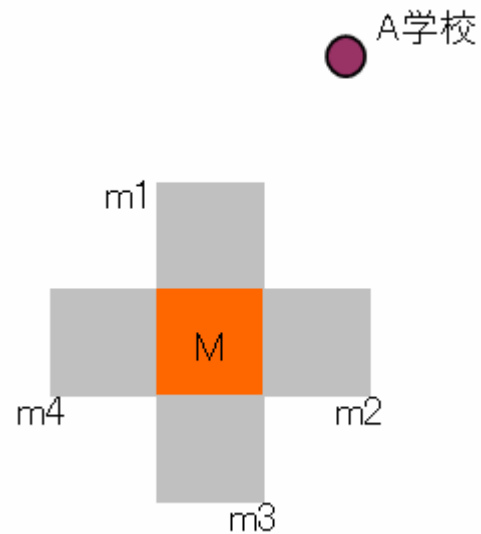


図 3-6 連続性制約の具体例

こういった制約を設けることで空間的連続性の保証が行えると考えられるが、連続性を考慮しない場合と比較して計算量が非常に多くなることが予想できる。そのため次節ではこの制約を加えたモデルを実際に作成し、仮想的な地域において正しく求解が出来るかを確認する。

3.6.2. 仮想地域における実験

<集合・添え字>

Mesh :メッシュの集合、添え字は m 及び $m_$

School :学校の全候補集合、添え字は s

cont :2つの隣接するメッシュの組み合わせのみ含む部分集合。添え字は m と $m_$

cont 集合について簡単に説明する。図3-7においてメッシュ1は2, 5と。メッシュ2は1,

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

図 3-7 メッシュ例

3, 6 と隣接している。ここで隣接関係にあるメッシュのみを抽出することで、表 3-1 に示される cont 集合を作成することが出来る。隣接に関する操作をすべてこの cont 集合内で行う事により、計算負荷を大幅に減少させることが出来る。これを行わない場合、隣接に関する操作を行うたびメッシュ数の 2 乗程度の計算が必要となり、本研究で用いる環境では計算が完了しなかった。

表 3-1 cont 集合

m	m _c
1	2
1	5
2	1
2	3
2	6
...	

<定数>

n_m : メッシュ m に存在する児童数

$dist_{m,s}$: メッシュ m と学校 s の距離

$capaUpper_s$: 学校 s の最大容量

$capaLower_s$: 学校 s の最小容量

$closer_{m,m_,s}$: 隣接・学校との遠近を示すパラメータ
 : メッシュ m_c が、メッシュ m と隣接しており、かつ学校 A までメッシュ m よりも近い場合には 1、それ以外の場合 0 になる。具体例を図 3-8 に示す。

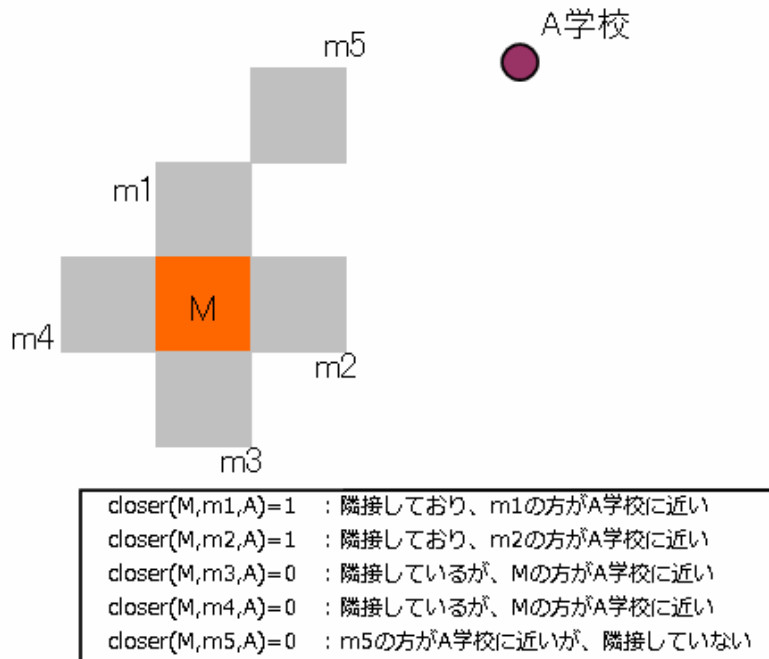


図 3-8 closer の値

$onSch_m$: メッシュ m 上に学校があればその学校のID、なければ0になるパラメータ

<変数>

$x_{m,s}$: メッシュ m が学校 s に通うならば1、そうでないならば0

<目的関数>

なし

(制約を満たす様々な解のうち初めに見つかった1つが出力される)

<制約条件>

(1) 変数の上下限に関する制約

$$x_{m,s} = \{0,1\}$$

(2) 各学校の容量に関する制約

$$\forall s \quad capaLower_s \leq \sum_m x_{m,s} * n_m \leq capaUpper_s$$

(3) 各メッシュには1つ通う学校がある

$$\forall m \quad \sum_s x_{m,s} = 1$$

(4) 各学校の割当メッシュは空間的連続性を有する

$$\forall m \quad \sum_{m_s, (m, m_s) \in cont} x_{m,s} * x_{m_s} * closer_{m, m_s} \geq 1 \quad (onSch_m < 1 \text{ の場合のみ})$$

(5) 各学校を包含するメッシュは必ずその学校に通う

$$\forall m \quad x_{m,s} = 1 \quad (onSch_m \neq 0 \text{ かつ } s = onSch_m \text{ の場合のみ})$$

このモデルをテスト用の仮想的な地域に適用し正しく連続性ある解を得られるかどうか実験を行い確認した。求解に用いた環境は次の通り

メッシュ数：16*16=256
 学校数：8校
 児童数：全メッシュ1人
 容量制約：20~50名/校

結果は図 3-9 の通りで、空間的連続性を持つ学区の求解に成功した。

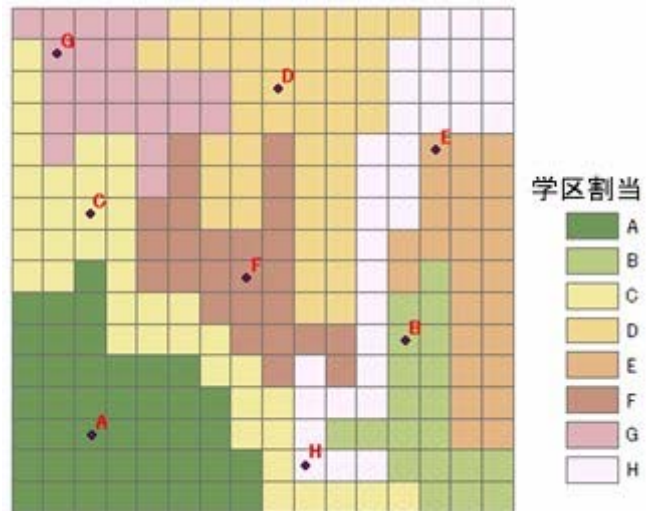


図 3-9 連続性の保証ある学区割当

この手法により、

- ・ 代表点に基づく空間分割である
- ・ 各領域がただ一つの代表点に基づく領域に割り当てられる
- ・ 空間分割の割当単位が格子状のメッシュである

などの性質を持つ空間分割問題における空間的連続性の定式化と計算が可能であることを示すことができた。

しかしこの手法では制約式(4)において変数同士の乗算を行っており、全体として非線形問題となってしまっている。そのため上での求解には WCSP を利用した。2.4.節で説明したように、本研究で求解に用いるアルゴリズムは、

単体法：線形計画問題の解法の一つ。最適性の保証を持つ。先行研究では学区割当の求解に用いている。

WCSP：制約充足問題の解法。最適性の保証はないものの、変数が整数型である大規模な整数計画問題に対しても高速に近似解を求めることが出来る。先行研究では学校配置の決定に用いている。

の2つであり、特に空間的連続性を考慮する学区割当問題は最適性の保証のある単体法を用いて求解を行うべきであることが分かっている。これは、詳細は省くが総通学距離の最小化を目的関数とした Yeates(1998)のモデル[1]と同様のモデルを WCSP で計算させた場合、あちこちに虫食い状に飛び地が生じた不完全な解が出力され、最適解に到達することが出来なかったためである。そのため学区割当の問題については出来る限り単体法を用いて計算を行いたい。前述の通り単体法は非線形問題を解けない

ため、今回の制約をそのままの形で学区割当のモデルに組み込むことは出来ない。そのため、実地域を対象とした学区割当問題に空間的連続性を加えるにあたって、

1. 連続性制約を線形で表せる形に変換し単体法で解く
2. 学区割当の問題もWCSPを用いて解く

のどちらか一方を選択する必要がある。それぞれの手法で起き得る問題点として、1の手法では、制約を線形で表す手法を考える必要がある。一方2の方法では、最適性の保証がないため不完全な解しか得られない可能性がある。前述の通り学区構成の問題をWCSPで解いた場合には最適解まで到達することが出来ないため、可能であれば1の手法を進めていくのが好ましいと考えられる。次節ではこれを踏まえながら、実地域へ連続性制約を適用する方法についてさらに詳しく検討を行う。

3.6.3. 実地域への適用に当たって

1の手法について、問題となっているのは前述のモデルの制約式(4)

$$\forall m \quad \sum_{m_{_},s,(m,m_{_}) \in cont} x_{m,s} * x_{m_{_},s} * closer_{m,m_{_},s} \geq 1 \quad (onSch_m < 1 \text{ の場合のみ})$$

のうち $x_{m,s} * x_{m_{_},s}$ の部分である。これを線形に変換する問題は次のような問題に置き換えられる。

2つのバイナリ型整数変数 x, y に対して、 x, y が共に 1 である場合のみ 1 となるような値 z を $z = x * y$ 以外の、 z が線形となる方法で定義する。

x	y	z
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

これに関連する手法として McCormick の緩和式がある[15]。McCormick は次のような一般的な非線形の最適化問題

<目的関数>

$$\min_{x,y,z,w} z$$

<制約条件>

$$z - x + w = 1 \quad (1)$$

$$w = xy \quad (2)$$

$$(x^L, y^L, z^L, w^L) \leq (x, y, z, w) \leq (x^U, y^U, z^U, w^U) \quad (3)$$

に対して、非線形の制約条件である(2)式を以下の線形で表された(4)-(7)の McCormick の緩和式に変換できることを示している。

$$w \geq x^L y + y^L x - x^L y^L \quad (4)$$

$$w \geq x^U y + y^U x - x^U y^U \quad (5)$$

$$w \leq x^U y + y^L x - x^U y^L \quad (6)$$

$$w \leq x^L y + y^U x - x^L y^U \quad (7)$$

この方法を用いれば、上の問題は、 x, y の上下限がそれぞれ 1, 0 であるため、

$$\begin{aligned}
z &\geq 0 \\
z &\geq x + y - 1 \\
z &\leq x \\
z &\leq y
\end{aligned}$$

と 4 つの制約式を用いることで表現することが出来る。3.6.2.節のモデル内では、制約式(4)は

$$\begin{aligned}
z_{m,m_s} &\geq 0 \\
z_{m,m_s} &\geq x_{m,s} + x_{m_s} - 1 \\
z_{m,m_s} &\leq x_{m,s} \\
z_{m,m_s} &\leq x_{m_s} \\
\forall m \quad \sum_{m_s, (m,m_s) \in cont} z_{m,m_s} * closer_{m,m_s} &\geq 1 \\
&\text{(onSch}_m < 1 \text{ の場合のみ)}
\end{aligned}$$

(いずれも $(m, m_s) \in cont$ の場合のみ)

と変換することができる。これにより連続性制約を LP の形で表すことが出来る。

この形式で 3.6.2.節に示したモデルの書き換えを実際に行ったが、この手法では正しく求解することが出来なかった。この理由としてはモデル内(1)の制約式により $x_{m,s}$ の定義は 0-1 のバイナリ型とされているが、本来単体法は連続型の変数を用いることを前提とした手法であり、離散型を対象としていないことであると考えられる。本研究の環境では NUOPT の機能により変数が整数型である場合には、分枝限定法と単体法の組み合わせで計算を行うようになっているが、変数が連続型の場合と比べると計算は困難となる。そのため(4)制約式を LP 変換により線形計画問題として記述できたものの、単体法では計算負荷が大きくなり、現実的な時間内に最適解に到達できなかったものと考えられる。

ところで数理システム(2007)による方法[18]をはじめとする、学区構成の問題を輸送問題として扱うモデルでは変数を 0-1 の連続型で扱っている場合が多い。これは求解に大きく影響を与える制約が容量制約のみであり、変数を連続型で扱っても変数値が上手く 0-1 に割れるケースがほとんどであるからである。そこで今回のケースでも変数を連続型で扱うことで計算負荷を減らせば、最適解に到達できると考えられる。この方法を実際に試したところ、LP 変換のため制約の数が多くなってしまったためか、 $x_{m,s}$ の値が期待

されるようにきれいに 0-1 には分かれなかった。

以上のことから「1.連続性制約を線形で表せる形に変換し単体法で解く」方法で、実地域に空間的連続性を適用するのは困難であると判断できる。そのため「2.学区構成の問題もWCSPを用いて解く」方法を取る。前述したとおり WCSP によって学区構成の問題を計算させた場合、最適でない結果が得られる可能性がある。しかしながら連続性制約を加えることで、虫食い状に飛び地の生じたような学区構成は得られないと考えられる。以上の理由から学区構成の問題に対しても WCSP を用いた求解を行うこととする。次章では本章までで決定したモデルの作成方針を踏まえて、実際にモデルの定式化を行い、求解を行っていく。

4. 学校適正配置導出システム

本章では 3 章までで決定したシステムの作成方針に沿って作成したモデル及びシステムの使用法の説明を行う。4.1.節では最適化に用いるデータと定式化したモデルに関する説明を行う。4.2.節ではシステム利用時に用いる GUI の説明と、求解にあたって指定の必要な各求解環境項目に関する説明を行う。

4.1. 最適化の詳細

4.1.1. 最適化対象

本研究では入力データを作成すれば汎用的にあらゆる市区町村の配置計画案を導出出来るシステムを作成し、自治体による学校再編を支援することを目的としている。しかしながら最適化を行うに当たっては、ある程度データの作成と編集が必要とされるため、本論文中ではモデルの適用対象を千葉県千葉市中央区内に存在する小学校と定め、この地域に関して求解環境を様々に変化させた配置計画案を作成し、これらの分析を行っていくこととする。なお本論文中では、各種パラメータの値や各制約を設けるかどうかの情報など、モデルでの求解の際に外部から与える情報をまとめて「求解環境」と呼んでいる。本節では最適化手法の説明に先立って対象地とした千葉市中央区の現況の説明を簡単にではあるが行う。

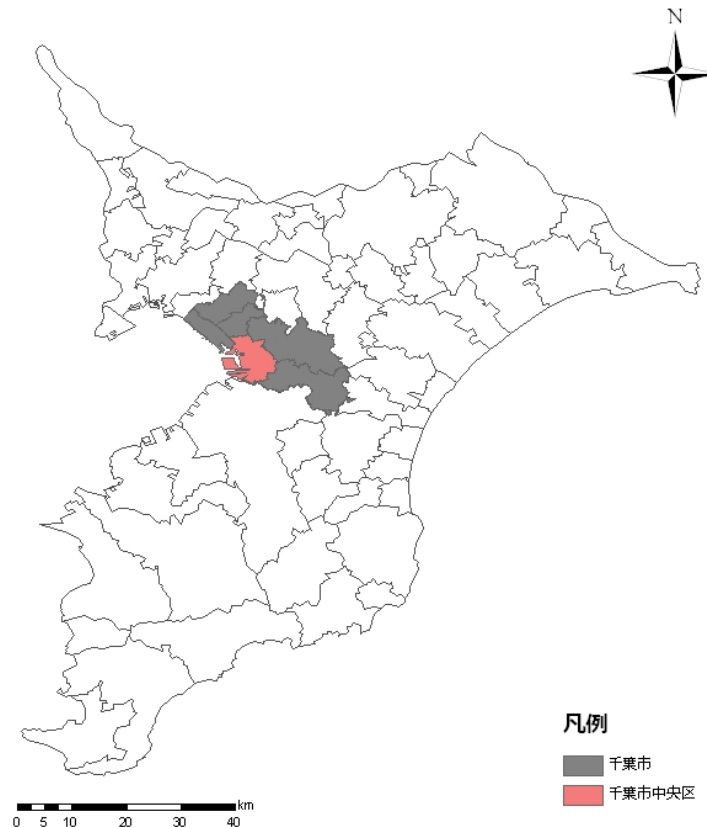


図 4-1 中央区の所在

千葉市は東京都心までおよそ 40km の地点、千葉県のおよそ中央に位置する同県の県庁所在地で、政令指定都市及び業務核都市に指定されている。同市は 6 つの行政区より構成されており、中央区・稲毛区・美浜区は郊外や臨海部を中心に大規模な住宅団地が点在し都市的な性格が見て取れる。一方、花見川区・若葉区・緑区などの行政区では区内の多くの領域で自然が多く残されており、同市内でも様々な性格を持つ地域が混在していると言える。

このうち中央区は同市の中心市街地である千葉駅周辺のエリアを含む、政治・経済・文化の中心であり、商業・業務等の様々な都市機能や多くの文化施設が集積している。区の西部地域は昭和期以降の大規模な海面埋立てにより造成された埋立地であり、ほとんどが工業施設または港湾で占められている。中央区の人口は平成 21 年 9 月 30 日現在で 195,201 人であり千葉市全域の人口 952,613 人の約 20% を占め、6 行政区中では最大の人口規模を有している。図 4-2 から見て取れるように、近年でも中央区人口は微増の傾向にあるといえる。

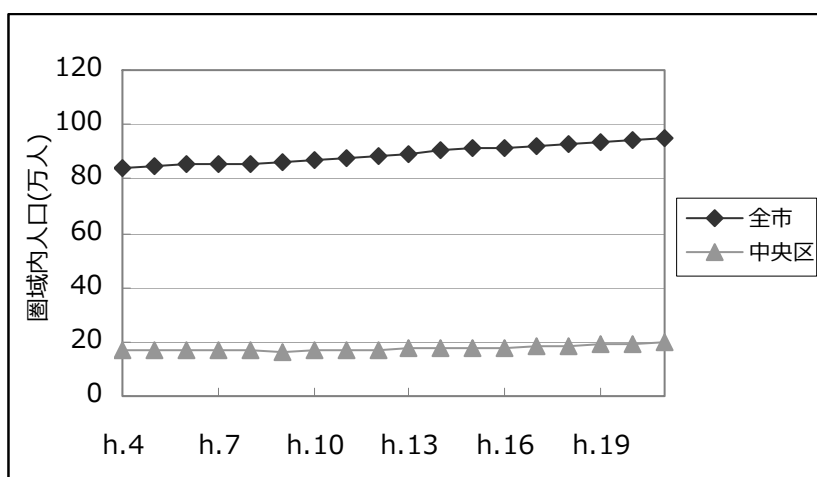


図 4-2 千葉市・中央区人口推移

一方、図 4-3・表 4-1 に示すのは千葉市 web サイト内で公開されている小学生児童数に関するデータである[21]。これによれば、直近 10 年程度は総人口と同じく微増の傾向を見せているものの、児童数が最大であった昭和 50 年代と比較すれば児童数がほぼ半減していることが分かる。その結果現在の学校規模分布は表 4-1 に示した通りになっている。学校教育法施行規則 第 41・79 条によれば小学校の適正規模は 12~18 学級と定められていることから、同市内では大規模校・小規模校が多数生じており学校規模の不均衡が生じていると言える。

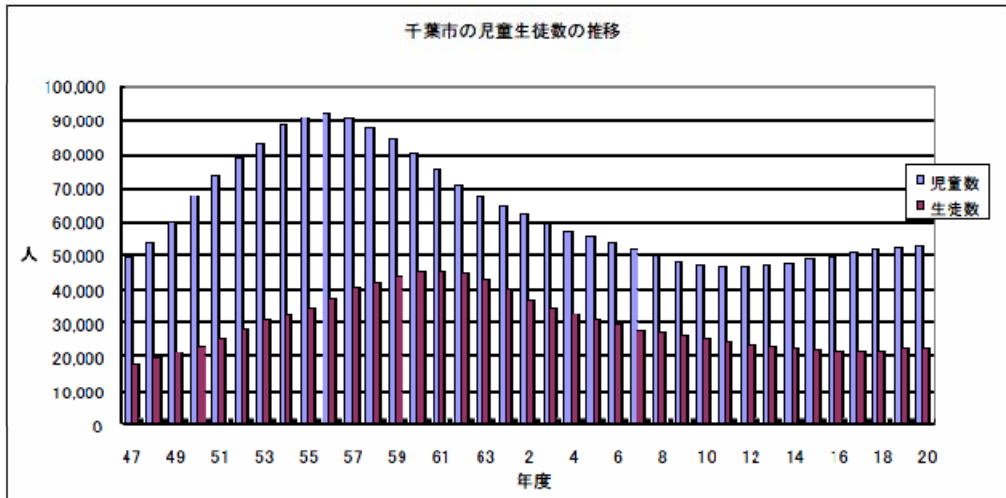


図 4-3 千葉市の児童・生徒数の推移

表 4-1 千葉市 学校規模別学校数(H.20)

規 模	小学校	中学校
6学級以下	18校	9校
7学級以上11学級以下	27校	20校
12学級以上18学級以下	37校	21校
19学級以上24学級以下	28校	6校
25学級以上30学級以下	10校	0校
31学級以上	0校	0校
合計	120校	56校

4.1.2. 最適化に用いるデータ

本節では、最適化に利用する各空間データの説明を行う。

◆ 現存する小中学校位置

- 全国学校総覧 2006年版（原書房,2005年4月現在）より作成

◆ 児童数分布

- 平成12年国勢調査メッシュ（4次メッシュ）に含まれるデータのうち、6-12歳人口より作成
- 4次メッシュそのものでは一辺が約500mと非常に粗くなるため、これを縦横それぞれ3分割し一辺が約150mのメッシュ（超4次メッシュ）を作成し、これを学区構成を考える最小単位としている
- 児童数に関して、4次メッシュより細かいデータは得られなかったため、各超4次メッシュの児童数は、4次メッシュの児童数を面積按分した値を利用して作成した

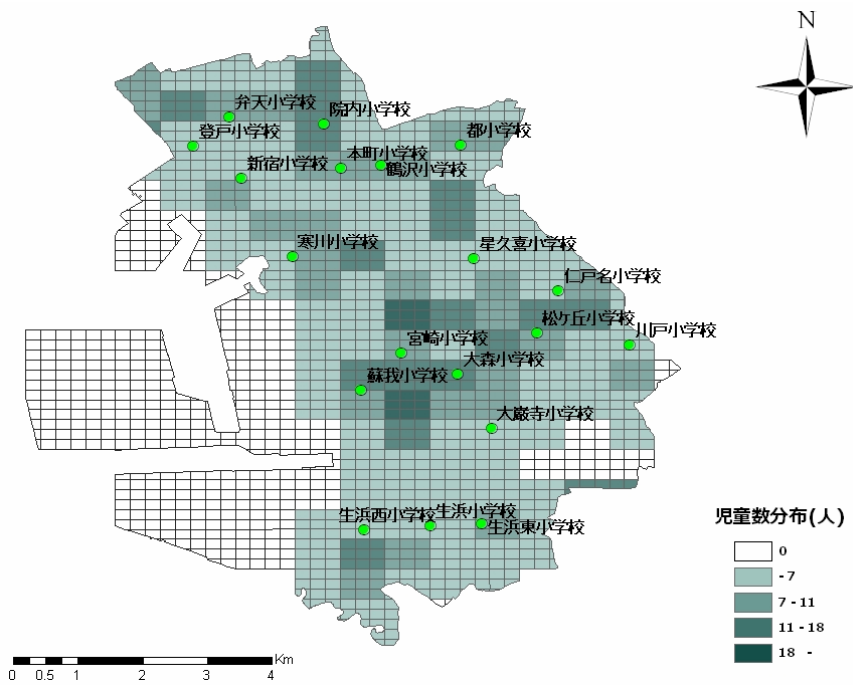


図 4-4 中央区 児童数分布

◆ 既存学区構成

- 千葉市 Web サイト内で提供されている小学校区域図(平成 20 年度)より作成

◆ 市区町村境界

- ESRI Japan 社の提供する全国市区町村境界データ(2005 年 4 月現在)に基づいた市区町村境界を利用

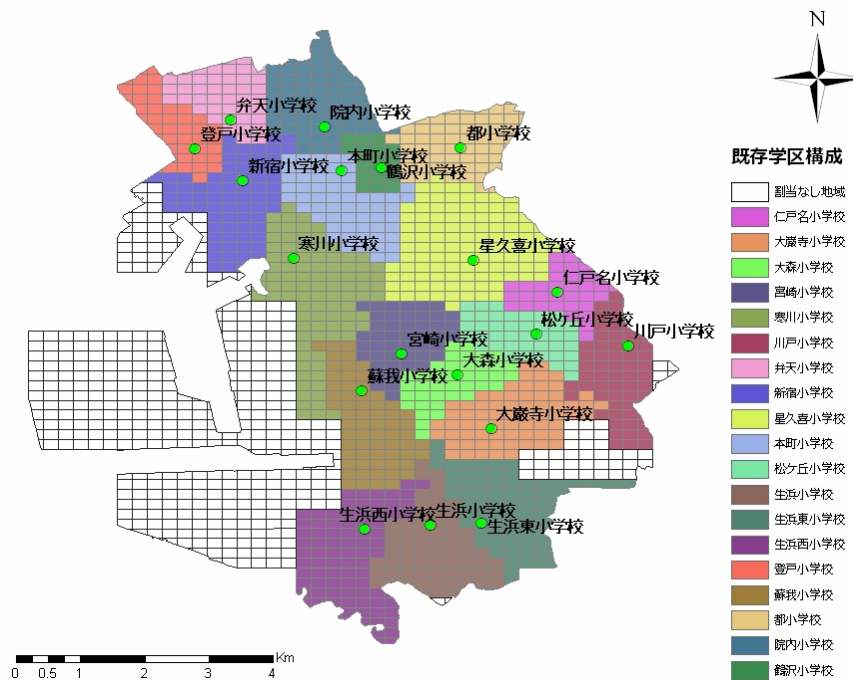


図 4-5 中央区 既存学区構成

◆ **通学距離**

- 各メッシュと各学校の経度・緯度のデータよりユークリッド距離を算出

4.1.3. モデル定式化の準備

当研究では最適化対象を学校配置と学区構成としており、これらに関して同時に最適化を行うと計算量が莫大となってしまう。そのため本研究で作成するモデルは 2 段階構成としており、第 1 段階では学校の統廃合を含めた学校配置の決定を行い、第 2 段階で学区構成の決定を行う。

求解環境の違いにより、目的関数・制約条件が変わってくる場合があるため、本節ではモデルの説明に先立ち、モデルの定式化に影響を与える求解環境に関して説明する。

学校数の指定

- ◆ 学校数制約なし
 - 存続させる学校数に関する制約をもたない
 - 学校数の最小化が目的関数になるため、学校数は他の制約を満たす範囲内で最小の値となる
- ◆ 学校数制約あり
 - 第 1 段階に学校数が設定値と一致する、という制約が追加される

既存学区の考慮

- ◆ 既存学区制約なし
 - 既存学区を考慮しない
 - 第 1 段階では、児童の通学距離の総和が最小になる存続学校の組み合わせを選択する
 - 第 2 段階では、制約を満たす範囲内で児童の通学距離の総和が最小になる学校割当を選択する
- ◆ 既存学区制約あり
 - 分散吸収型
 - ◇ 第 1 段階では、通っていた学校が廃校となってしまう児童数が最小になる存続学校の組み合わせを選択する
 - ◇ 第 2 段階では、制約を満たす範囲内で児童の通学距離の総和が最小になる学校割当を選択する。ただし、以下の制約を加える
 - ◇ 第 1 段階で「存続」となった学校の児童は、必ずこれまでと同じ学校に割り当てられる

-
- 完全吸収型
 - ◇ 第 1 段階では、通っていた学校が廃校となってしまう児童数が最小になる存続学校の組み合わせを選択する
 - ◇ 第 2 段階では、制約を満たす範囲内で児童の通学距離の総和が最小になる学校割当を選択する。ただし、以下の制約を加える
 - ◇ 第 1 段階で「存続」となった学校の児童は、必ずこれまでと同じ学校に割り当てられる
 - ◇ 第 1 段階で「廃校」となった学校の児童は、分割を許さず一括して他の学校に割り当てられる

空間的連続性の考慮

- ◆ 連続性制約なし
 - 第 2 段階で空間的連続性に関する制約を持たない
 - 目的関数が総通学距離の最小化となっているため、ボロノイ分割に近い結果が得られ、結果的に飛び地が生じない場合が多いが、制約のきつさにより飛び地が生じる可能性がある
 - 連続性制約を含まず、線形でモデルの記述が可能なので、単体法で求解を行う。そのため、第 2 段階に関しては最適性の保証ある解が得られる。
- ◆ 連続性制約あり
 - 第 2 段階で空間的連続性に関する制約を受ける
 - 物理的に不可能な場合を除いて、各学校の学区が飛び地を持たない構成となる。
 - 連続性制約を含むため、モデルが非線形となる。そのため、WCSP により求解されるため、解に最適性の保証がない。

以上の 3 項目については設定値によりモデルに変更が生じる。なお既存学区の考慮について、完全吸収型と分散吸収型の 2 種ではいずれを選択してもモデル自体に差異は生じない。これらの違いは 4.1.7.節で説明するメッシュグループのデータを変更させることで実現している。これについて詳しくは 4.1.7.節で説明を行う。

4.1.4. 集合・添え字

<全モデル共通>

Mesh : メッシュの集合、添え字は m, m_*

School : 学校の全候補集合、添え字は s

Reach : 通学可能なメッシュと学校の組み合わせの集合。

: 本来、メッシュはどの学校にも通いうるが、現実的に物理的距離の大きすぎる学校には通えない。そこで各メッシュに割り当てられうる学校の集合をあらかじめ与える事で計算負荷を減少させる。

DistLim : 許容出来る最大通学距離を示す値。通学距離が *DistLim* を超えるようなメッシュと学校の組は Reach 集合から外され、計算の際に考慮されない。つまり、式で表せば

$$dist_{m,s} \leq DistLim \Leftrightarrow (m,s) \in Reach$$

となる。具体的には図 4-6 の左の表に示すような全ての組み合わせをから、*DistLim* (図 4-6 では 2km) を超えるようなメッシュと学校の組を除いた組み合わせを作成する。

		school				
Dist		1	2	3	4	5
mesh	A	1.5	1.2	3	5.6	8.6
	B	7.6	5.5	1.6	2	1.2
	C	4.3	3.2	1	3.5	8.8
	D	3.4	0.5	1.6	1.9	6.8
	E	0.5	2.5	3.2	4.4	6.9

(km)

→

		school				
Dist		1	2	3	4	5
mesh	A	1.5	1.2	/	/	/
	B	/	/	1.6	2	1.2
	C	/	/	1	/	/
	D	/	0.5	1.6	1.9	/
	E	0.5	/	/	/	/

(km)

図 4-6 メッシュ-学校間距離と Reach 集合

<連続性制約ありの場合>

cont : 隣接している 2 つのメッシュの組の集合。添え字は (m, m_*)

4.1.5. パラメータ

<全モデル共通>

n_m : メッシュ m に存在する児童数

$dist_{m,s}$: メッシュ m と学校 s の距離

$capaUpper_s$: 学校 s の最大収容児童数

$capaLower_s$: 学校 s の最小収容児童数

<学校数制約ありの場合>

$SchConst$: 存続させる学校数

<既存学区制約ありの場合>

$r_{m,s}$: 既存学区構成でメッシュ m が学校 s に通うならば 1, そうでないならば 0

<連続性制約ありの場合>

a_s : 学校 s が存続するならば 1, 廃校となるならば 0

第 2 段階でのみパラメータとして扱い、第 1 段階で決定した a_s の値を用いる。

$closer_{m,m_s}$: 隣接・学校との遠近を示すパラメータ。

: メッシュ m_s が、メッシュ m と隣接しており、かつ学校 s までメッシュ m よりも近い場合には 1, それ以外の場合 0 になる。

$onSch_m$: メッシュ m 上に学校があればその学校の ID、なければ 0 になるパラメータ

4.1.6. 変数

<全モデル共通>

a_s : 学校 s が存続するならば 1、廃校となるならば 0

: 第 1 段階モデルのみ

$x_{m,s}$: メッシュ m が学校 s に通うならば 1、そうでないならば 0

<既存学区制約ありの場合>

y_m : 学区再編前にメッシュ m の通っていた学校が存続するなら 1、廃止となるなら 0 になる変数

$SchChange_m$: メッシュ m の割当学校が再編前後で変更となるなら 1、変更しないなら 0 となる変数

$SchStab_m$: メッシュ m の割当学校が再編前後で変更となるなら 0、変更しないなら 1 となる変数

4.1.7. 第1段階モデル

モデルの第1段階では、学校の統廃合を含めた学校配置について最適化を行う。

<目的関数>

◆ 学校数指定なし・既存学区考慮せず

- 学校数の最小化及び総通学距離の最小化

$$(\min) \quad M * \sum_s a_s + \sum_{m,s,(m,s) \in \text{Reach}} x_{m,s} * \text{dist}_{m,s} * n_m$$

(M は十分大きい値)

◆ 学校数指定あり・既存学区考慮せず

- 総通学距離の最小化

$$(\min) \quad \sum_{m,s,(m,s) \in \text{Reach}} x_{m,s} * \text{dist}_{m,s} * n_m$$

◆ 学校数指定なし・既存学区考慮する

- 学校数の最小化及び通学校が変更となる児童数の最小化

$$(\min) \quad M * \sum_s a_s + \sum_m \text{SchChange}_m * n_m$$

◆ 学校数指定あり・既存学区考慮する

- 通学校が変更となる児童数の最小化

$$(\min) \quad \sum_m \text{SchChange}_m * n_m$$

<制約条件>

- (1) 変数の上下限に関する制約

$$x_{m,s} = \{0,1\}$$

$$a_{m,s} = \{0,1\}$$

- (2) 廃校となる学校に通うことは出来ない

$$x_{m,s} \leq a_s, (m,s) \in \text{Reach}$$

- (3) 各学校の容量に関する制約

$$\forall s \quad \text{capaLower}_s * a_s \leq \sum_m x_{m,s} * n_m \leq \text{capaUpper}_s$$

(4)各メッシュには1つのみ通う学校がある

$$\forall m \sum_s x_{m,s} = 1$$

<既存学区制約ありの場合>

(5)元の学校が存続する場合、必ずそこに通う

$$\forall m \text{ SchStab}_m - y_m = 0$$

<学校数制約ありの場合>

(6)存続となる学校数は、指定された数と一致する

$$\sum_s a_s = \text{SchConst}$$

4.1.8. 第2段階モデル

モデルの第2段階では第1段階で決定した学校配置を寄与として、学区構成の最適化を行う。

<目的関数>

総通学距離の最小化

$$(\min) \sum_{m,s,(m,s) \in \text{Reach}} x_{m,s} * \text{dist}_{m,s} * n_m$$

<制約条件>

(1) 変数の上下限に関する制約

- ◆ 連続性制約なしの場合

$$0 \leq x_{m,s} \leq 1$$

- ◆ 連続性制約ありの場合

$$x_{m,s} = \{0,1\}$$

(2) 廃校となる学校に通うことは出来ない

$$x_{m,s} \leq a_s, (m,s) \in \text{Reach}$$

(3) 各学校の容量に関する制約

$$\forall s \quad \text{capaLower}_s * a_s \leq \sum_m x_{m,s} * n_m \leq \text{capaUpper}_s$$

(4) 各メッシュには1つのみ通う学校がある

$$\forall m \sum_s x_{m,s} = 1$$

<既存学区制約ありの場合>

(5) 元の学校が存続する場合、必ずそこに通う（完全吸収・分散吸収のみ）

$$\forall m \quad \text{SchStab}_m - y_m = 0$$

<連続性制約ありの場合>

(6)各学校の割当メッシュは空間的連続性を有する

$$\forall m \quad \sum_{m_{,s},(m,m_{,}) \in \text{cont}} x_{m,s} * x_{m_{,}s} * closer_{m,m_{,}s} \geq 1 \quad (\text{onSch}_m = 0 \text{ の場合のみ})$$

(7)各学校を包含するメッシュは必ずその学校に通う

$$\forall m \quad x_{m,s} = 1 \quad (\text{onSch}_m \neq 0 \text{ かつ } s = \text{onSch}_m \text{ の場合のみ})$$

第2段階では連続性制約を用いる場合は近似解法であるWCSPを用いる。これは各制約及び目的関数をペナルティとして扱い、ペナルティの小さい解を探索することで近似解を求める手法である。WCSPでは各ペナルティに重みを設定することが可能で、探索に当たっては重みの大きいペナルティを優先して減少させる。本モデルでは(5)の制約をセミハード制約に設定し、他の制約よりも重みを小さく扱っている。これは連続性制約と既存学区制約の両方を用いる場合に、両者間で矛盾が生じて解に不整合が生じる可能性があるためである。この具体例を図4-7に示した。図4-7においてメッシュMは既存学区においてA学校に割り当てられている。A,B両校が存続となった場合、既存学区に関する制約からメッシュMは必ずA学校に割り当てられる。この時メッシュMに関する連続性制約により、メッシュMに隣接し、かつメッシュMよりもA学校に近いメッシュはメッシュm2のみであるため、メッシュm2は必ずA学校に割り当てられる必要がある。しかしメッシュm2は既存学区制約上B学校に割り当てられる必要があり、ここに矛盾が生じる。

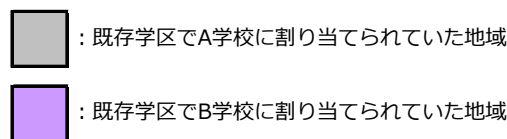
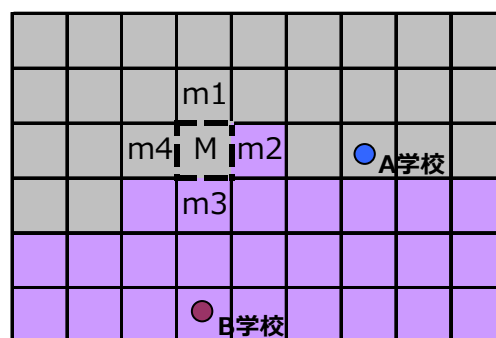


図 4-7 連続性制約と既存学区制約間で矛盾が生じる例

連続性制約と既存学区制約を同じ重みで扱った場合、このどちらが優先されるかはランダムに決定される。数個のメッシュが既存学区と異なる学校に割り当てられる制約違反と、飛び地が発生する制約違反では後者の方が配置計画案全体に与えるインパクトが大きいと判断し、本研究ではこれらのうち連続性制約を優先することとした。そのため、既存学区制約はセミハード制約とし、先述の例ではメッシュ m2 は A 学校に割り当てられるよう設定した。

4.1.9. メッシュグループ

本システムでは学区割当を考える最小単位は各超 4 次メッシュ（約 150m 四方の矩形領域）となっており、目の細かい学区を生成することが可能となっている。しかし現実的には、なんらかの物理的／社会的要因で学区を分断させたくない地域が存在するケースもあると考えられる。そのような場合にはそれらの地域に含まれるメッシュをメッシュグループとして指定してやることで、そのグループ内での割り当て学校は必ず同一となり学区分断を回避することが可能になる。また扱う変数の数が減少するため、計算負荷を軽減させることも可能になる。

なお既存学区制約に関して「完全吸収型」が選択された場合は、既存学区で同一学校に割り当てられていた地域を、それぞれ一つのメッシュグループに設定してやることで、制約式を増やすことなく計算を行うよう設定している。

4.2. GUI と操作方法

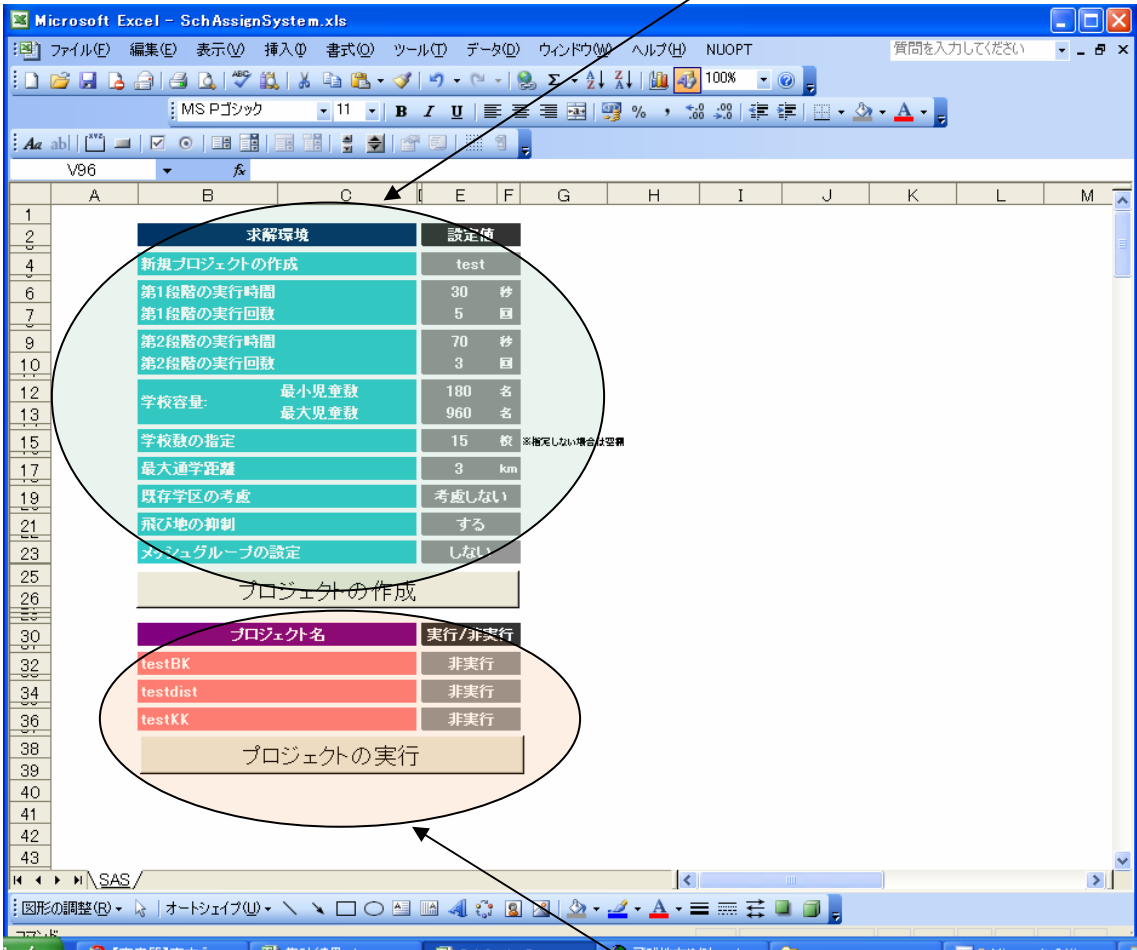
システムでは対象地域に対して、

- ◆ 第1段階では、それぞれの既存学校の存続／廃校の決定を行う
- ◆ 第2段階では、決定した存続学校に対して、学区構成の決定を行う

と2段階の計算を行い、配置計画案を作成する。しかしながら実際に求解を行うためには、これらの作業以外にも求解環境の設定や、それに基づく Reach 集合のデータ・メッシュグループに関するデータなど種々の入力データを作成する必要がある。これらの作業を条件変更のたびにを行うのは非常に効率が悪い。そのため図 4 に示すような GUI を作成し、これらの作業を自動的に処理できるようにした。

また GUI 中ではプロジェクトという概念を活用している。前述したとおり本システムでは、各種パラメータの値と各制約を設けるかどうかをまとめて求解環境と呼んでおり、これについては求解の前段階で外部から与えてやる必要がある。プロジェクトとはこの一つの求解環境の設定値を管理する単位であり、GUI を通してプロジェクトの作成・実行を行うことで様々な求解環境下で計算した配置計画案を得ることができる。図 4-8 に示す通り、GUI はプロジェクト作成部とプロジェクト実行部とに分けることが出来る。プロジェクト作成部では求解環境の一つ一つの項目の設定値を入力し、これらに沿ったモデルへの入力データの作成を行う。またプロジェクト実行部では作成されたプロジェクトを全て読み込み、それぞれの求解を実行するかを決定する。複数のプロジェクトを「実行する」に設定することで、複数のプロジェクトを一括で実行することを可能にしている。

【プロジェクト作成】
 求解を行う環境を設定する。
 「プロジェクトの作成」により、
 当該プロジェクト求解用の初期デ
 ータが作成される



【プロジェクト実行】
 作成されたプロジェクトを読み込み、
 それらを求解するかどうか設定する。

図 4-8 学校適正配置案導出システム GUI

ここで、プロジェクト作成に当たって設定の必要な求解環境の項目を説明する。

◆ **新規プロジェクトの作成**

- 作成するプロジェクトの名称を設定する。

◆ **第 1 段階の実行時間／回数**

- 第 1 段階の計算実行時間・繰り返し回数を設定する
- WCSP は探索的なアルゴリズムであり、初期値が解に与える影響が大きい。繰り返す度に異なる初期値が与えられるため、繰り返し回数を十分に取ると精度高い解が得られる可能性が高まる。

◆ **第 2 段階の実行時間／回数**

- 第 2 段階の計算実行時間・繰り返し回数を設定する
- 連続性を設定し、求解手法が WCSP となる場合のみ適用される。連続性制約を設定しない場合、第 2 段階の求解手法が単体法となるため、この値は無視され最適解に到達するまで計算を行う。

◆ **学校容量**

- 各学校の収容児童数の上限と下限を設定する。
- 設定値はモデル中の `capaUpper` と `capaLower` に代入される

◆ **学校数の指定**

- 第 1 段階で存続させる学校の数を指定する。指定しない場合、可能な限り学校数を少なくする。
- 設定値はモデル中の `SchConst` に代入される

◆ **最大通学距離**

- この値よりも遠くの学校には割り当てられないよう指定する。
- 設定値は `DistLim` に代入され、これを元に `Reach` 集合が作成される。

◆ **既存学区の考慮**

- 考慮しない／分散吸収型／完全吸収型のいずれかから選択する。
- 設定値によってモデルの目的関数・制約条件に変更が生じる

◆ **飛び地の抑制**

- する／しない、のいずれかから選択する
- 空間的連続性の制約を設け、飛び地を抑制するかどうか決定する。
- 設定値により、モデルの求解方法と制約条件に変更が生じる。

◆ **メッシュグループを設定する**

- する／しない、のいずれかから選択する
- メッシュグループ機能を利用するかどうかを決定する。
- 設定する場合、どのメッシュをメッシュグループとして設定するかファイル内で指定する必要がある。

以上が本研究で作成したモデル・システムの概要である。なお実際の求解に使用したモデルのソースコードは巻末の資料編に収録する。

5. 再編案とその評価

本章では4章までで示してきたモデルを実際に使用し、求解環境を様々に変化させつつ千葉市中央区の配置計画案を複数作成する。また、それらの結果について複数の評価項目に関して評価し、求解環境の違いが結果に与える影響の分析を行う。5.1.節では作成する配置計画案の求解環境について述べ、5.2.節では得られた配置計画案の評価手法の説明を行う。最後の5.3.節で実際に評価と分析を行う。

5.1. 求解環境

本システムにおいて入力する必要がある求解環境の項目は図 5-1 に示す通りで、全12項目である。

求解環境	設定値
新規プロジェクトの作成	test
第1段階の実行時間	30 秒
第1段階の実行回数	5 回
第2段階の実行時間	70 秒
第2段階の実行回数	3 回
学校容量: 最小児童数	180 名
最大児童数	960 名
学校数の指定	15 校 ※指定しない場合は空欄
最大通学距離	3 km
既存学区の考慮	考慮しない
飛び地の抑制	する
メッシュグループの設定	しない
プロジェクトの作成	

図 5-1 求解環境

これらの求解環境の項目のうち本研究では、「学校数の指定」・「既存学区の考慮」・「飛び地の抑制」に注目し、これらの値を変化させつつプロジェクトを作成することとした。具体的な設定値は以下の通り。

- ◆ 学校数指定：9校～18校
- ◆ 既存学区の考慮：考慮しない(dist)／分散吸収型(BK)／完全吸収型(KK)
- ◆ 飛び地の抑制：する(on)／しない(off)

それぞれの項目について一つずつ選択するため、 $10 \times 3 \times 2$ の全60個のプロジェクトを作成した。なお、プロジェクト名は指定された学校数・既存学区に関する設定・飛び

地抑制の設定を順に並べた形で示すこととした。例えば「学校数 15 校、既存学区の考慮は分散吸収型、飛び地の抑制を行う」とするプロジェクトはプロジェクト名が 15BKon となる。

なお学校数指定については 9 校以上となっているが、これは学校数の最小化を目的関数とするモデルによる求解をこの実験に先立って行い、その結果今回の求解環境では求解可能な存続学校数の最小値が 9 校であることが分かったためである。その他の求解環境項目に関しては全プロジェクト共通で最小児童数：180 名、最大児童数：960 名、最大通学距離：3km。実行時間・回数は全プロジェクトで第 1 段階について 30 秒 6 回、第 2 段階 70 秒 8 回とした。

5.2. 配置計画案の評価手法

本節では、比較の際に用いる各評価指標の説明を行う。各指標とその定義について以下に列挙する。

◆ 平均通学距離

- 地域内全児童の通学距離の平均

$$\frac{\sum_{m,s,(m,s) \in \text{Reach}} x_{m,s} * dist_{m,s} * n_m}{\sum_m n_m}$$

◆ 最大通学距離

- 地域内全児童の通学距離の最大値

$$\max_{m,s,(m,s) < \text{Reach}} \sum x_{m,s} * dist_{m,s}$$

◆ 学校収容児童数の標準偏差

- 地域内小学校の収容児童数に関する標準偏差
➤ 計算に当たっては存続となった学校の児童数のみ用いて求める

◆ 通学校変更に関する指標

- 通学校変更児童割合
◇ 地域内全児童のうち、通学する学校が変更となる児童の割合

$$\frac{\sum_m SchChange_m * n_m}{\sum_m n_m}$$

➤ 通学校変更地域面積割合

- ◇ 全地域のうち、割り当てられる学校が変更となる地域の割合

$$\frac{\sum_m SchChange_m}{\sum_{m,s,(m,s) \in Reach} x_{m,s}}$$

◆ 学校存続地域内の通学校変更に関する指標

➤ 学校存続地域内通学校変更児童割合

- ◇ 既存学区で通っていた学校が存続となった児童のうち、通学校が変更となる児童の割合

$$\frac{\sum_m SchChange_m * n_m * y_m}{\sum_m n_m * y_m}$$

➤ 学校存続地域内通学校変更地域面積割合

- ◇ 既存学区で割り当てられていた学校が存続となった地域のうち、割当学校が変更となる地域の割合

$$\frac{\sum_m SchChange_m * y_m}{\sum_m y_m}$$

◆ 最近隣校への割当に関する指標

➤ 最近隣校に通わない児童割合

- ◇ 地域内全児童のうち、最も近い学校以外に通うことになった児童の割合

➤ 最近隣校に通わない地域面積割合

- ◇ 全地域のうち、最も近い学校以外に割り当てられた地域の割合

5.3. 分析結果

本節では5.1.節で説明したプロジェクト群を求解することで得られた全60の配置計画案の比較を行い、各制約条件を用いるかどうかの結果に与える影響について分析を行う。なお、全60プロジェクトの詳細な結果については、資料編にて示す。また、以降の図において学校数に関しては存続学校数ではなく廃止とする学校数で示している。

5.3.1. 平均通学距離

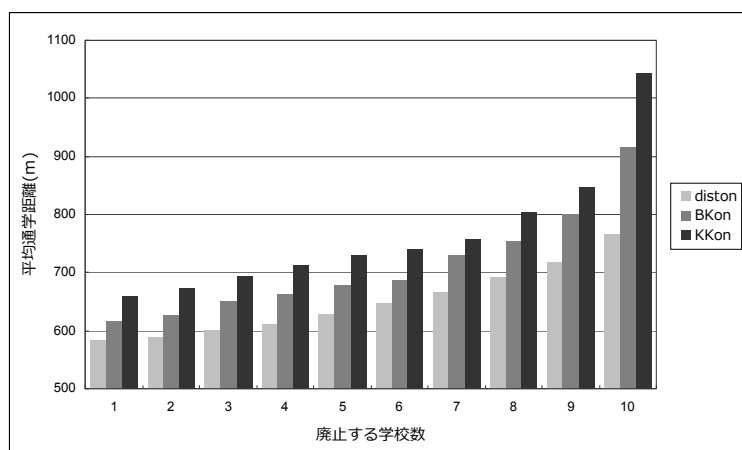


図 5-2 平均通学距離比較(連続性制約あり)

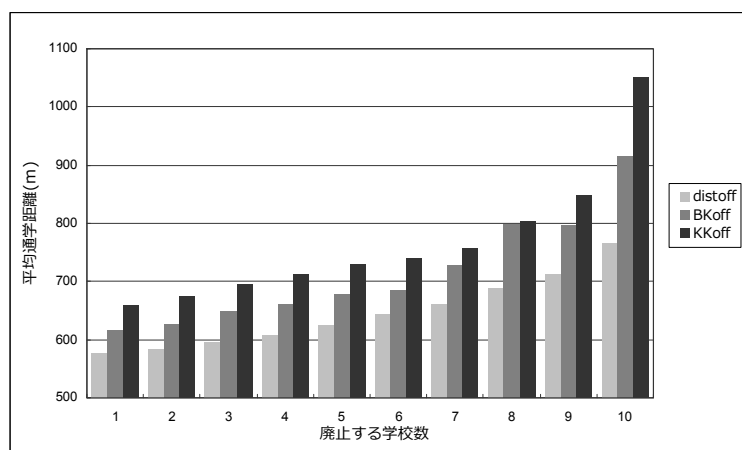


図 5-3 平均通学距離比較(連続性制約なし)

平均通学距離に関する結果は、図 5-2・図 5-3 に示す値となった。連続性制約の有無による結果の相違はほとんど見られなかった。一方、既存学区考慮の方法については、考慮なし・分散吸収型、完全吸収型の順に平均通学距離は大きくなっていくことが分かった。この順に制約が厳しくなっていることを考えても、妥当な結果であると言える。また既存学区の考慮方法の違いによる平均通学距離の差は、廃止学校数の増加につれ

増加していくが、距離の増加率で見ると図 5-4 に示す通り、既存学区を考慮しなかった場合と比べ、分散吸収型で 5~15%程度、完全吸収型では 10 校廃止の場合を除けば 15~20%程度の増加となっており、廃止学校数にかかわらず近い値で推移していると言える。

なお完全吸収型で廃止学校数 10 校の場合のみ平均通学距離が非常に大きくなっている。これは図 5-5 に示した 9KKon の結果が飛び地を生じてしまっていることから分かる通り、廃止学校数が 9 校の場合に、今回の制約内では飛び地を生じないような学区構成を作成することが不可能であるからである。

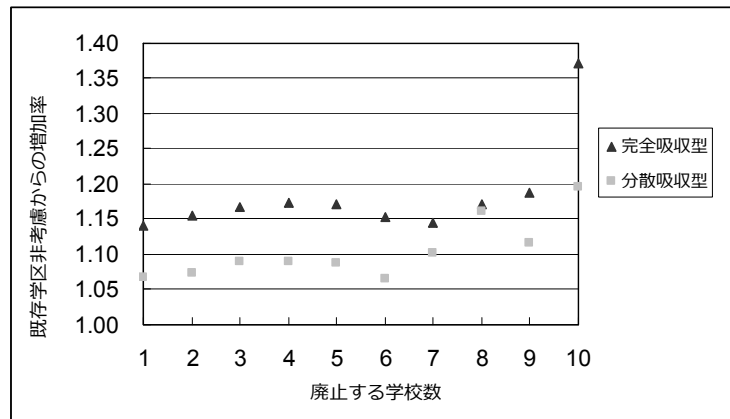


図 5-4 既存学区考慮時の平均通学距離増加率

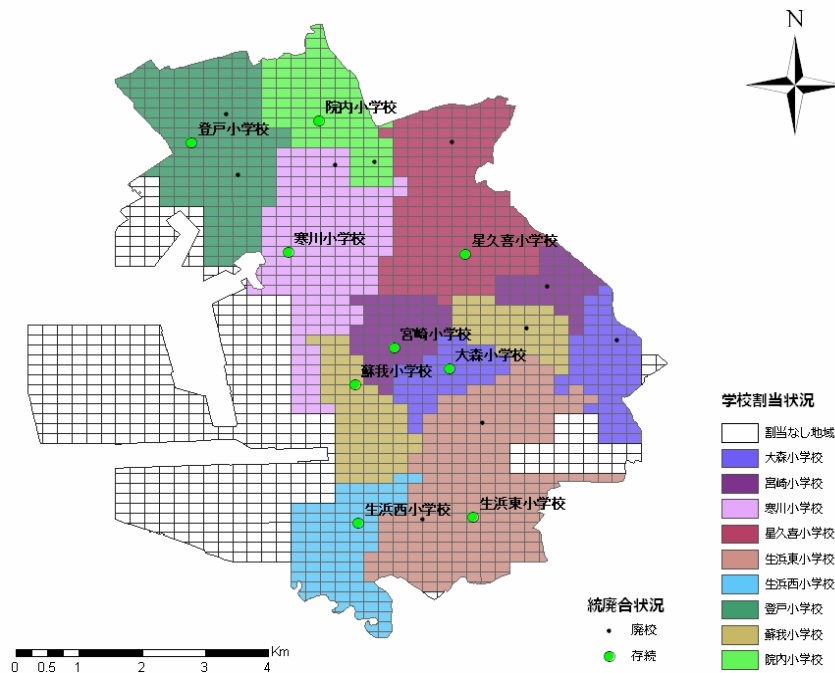


図 5-5 プロジェクト 9KKon の結果

5.3.2. 最大通学距離

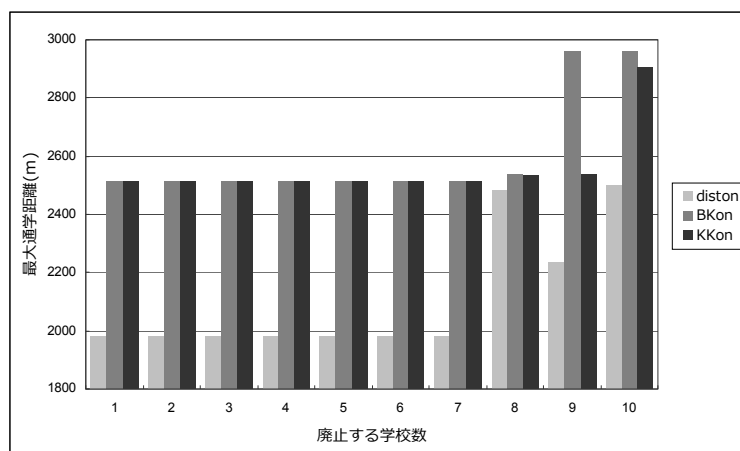


図 5-6 最大通学距離比較(連続性制約あり)

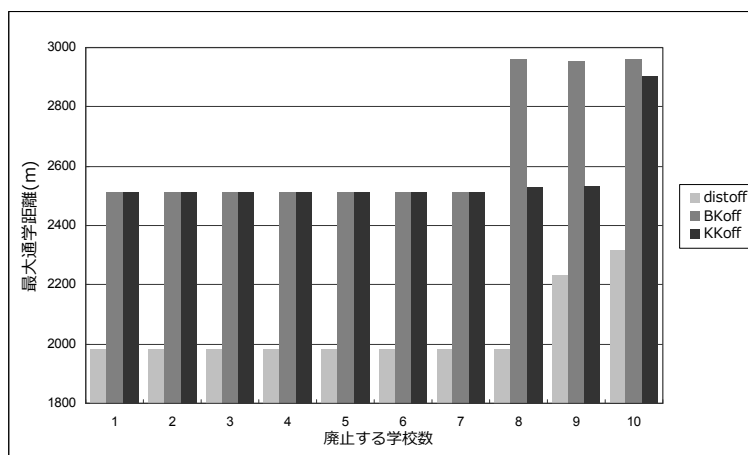


図 5-7 最大通学距離比較(連続性制約なし)

図 5-6・図 5-7 に最大通学距離に関する結果を示す。これらの比較から連続性制約の有無は総通学距離と同様、ほとんど影響を与えていないことが分かる。一方、既存学区制約は大きく影響を与えている。廃止学校数が 7 校以下だと分散吸収型・完全吸収型での最大通学距離は全て同じ値となっている。これは既存学区構成での最大通学距離と同じ値であり、既存学区の影響を大きく受けていることが分かる。本研究のモデルでは、最大通学距離に関して「3km 以上離れた学校への通学を認めない」とする制約を与えているのみで、目的関数には加えていない。しかし削減学校数がさほど多くない場合は実行上「総通学距離の最小化」を目的関数とすることで結果的に「最大通学距離の最小化」も行えているものと考えられる。

5.3.3. 学校収容児童数の標準偏差

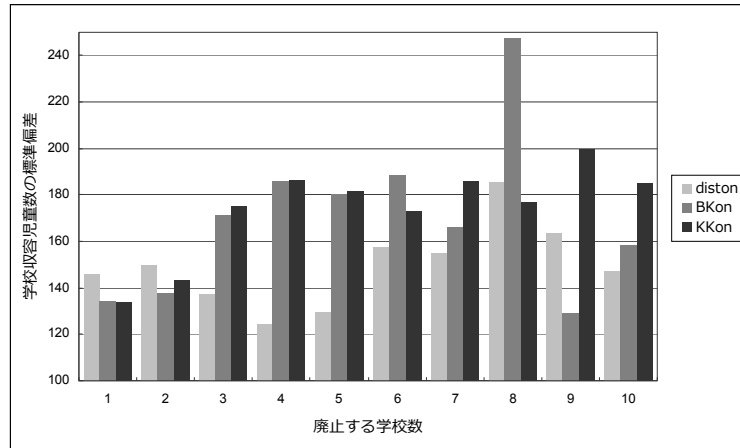


図 5-8 収容児童数標準偏差比較(既存学区制約あり)

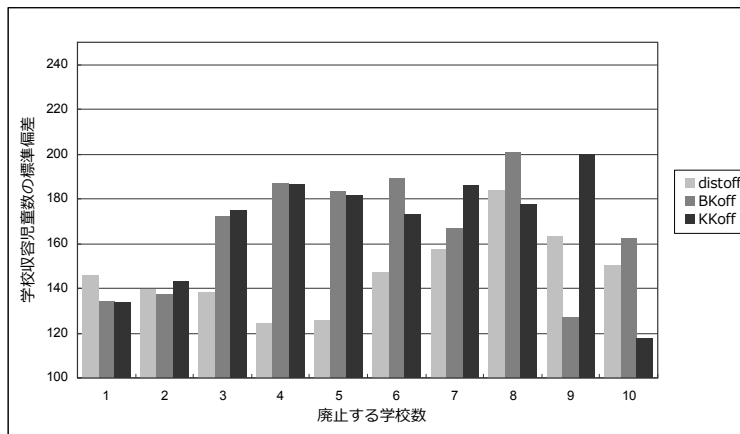


図 5-9 収容児童数標準偏差比較(既存学区制約なし)

図 5-8・図 5-9 に収容児童数の標準偏差に関する結果を示す。連続性制約の有無による違いは 8BKon と 8BKoff 及び 10KKon と 10KKoff 以外では見られなかった。他の評価項目の結果と異なり、ランダムに推移している。一般的には廃止校が増加すれば各学校が上限近くまで児童を受け入れる必要が生じるため、廃止校の増加につれて収容児童数の自由度は減少する。そのため素朴に考えれば学校間の学校容量に差を設けていない今回のケースでは、廃止校が増加すると収容児童数のばらつきが小さくなる予想できる。この結果がそうならないことから、収容児童数のばらつきに対して与える影響は、学校数の大小よりも学校配置のほうが大きいと言える。

5.3.4. 通学校の変更

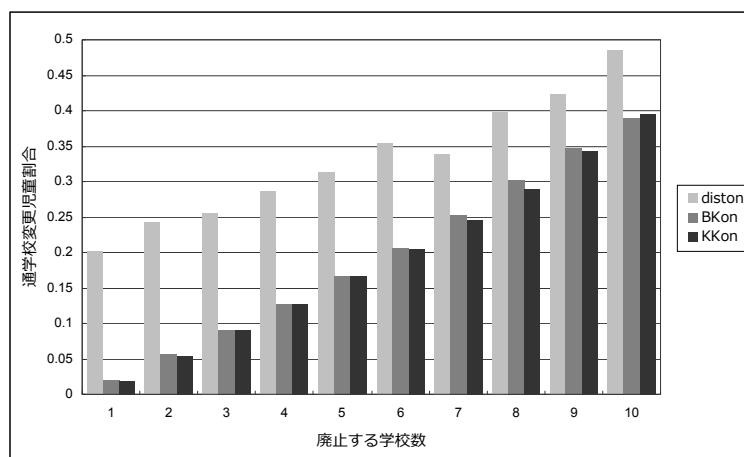


図 5-10 通学校変更児童割合比較(連続性制約あり)

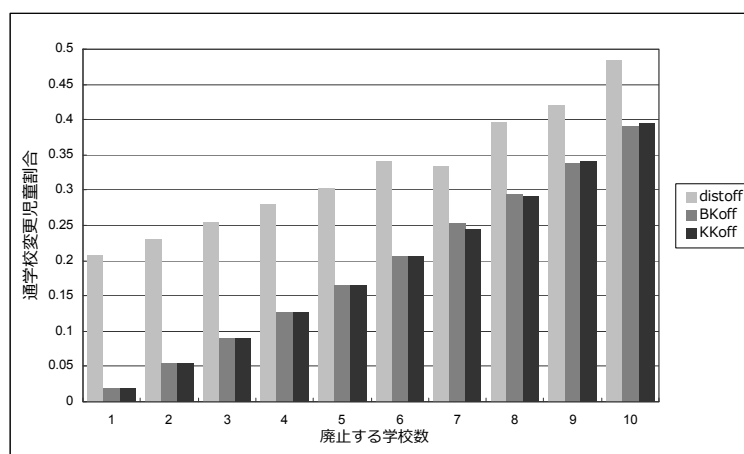


図 5-11 通学校変更児童割合比較(連続性制約なし)

図 5-10・図 5-11 に通学校変更児童割合に関する結果を示す。なお通学校変更地域面積割合の結果はこれとほぼ同じ推移を示したためここでは割愛し、資料編にて示す。分散吸収型・完全吸収型での結果は似通っているが、これはこれらのプロジェクトでは制約上、通学校変更児童数は既存学区での割当学校が廃校となった児童数と一致するためである。既存学区考慮なしの場合、他の結果と比べ 1~2 割程度高くなっており、既存学区の考慮を行うことが、通学校変更を抑制する効果を生んでいたことが示せた。なお、連続性制約の有無は結果にほとんど影響を与えていない。

5.3.5. 学校存続地域内の通学校の変更

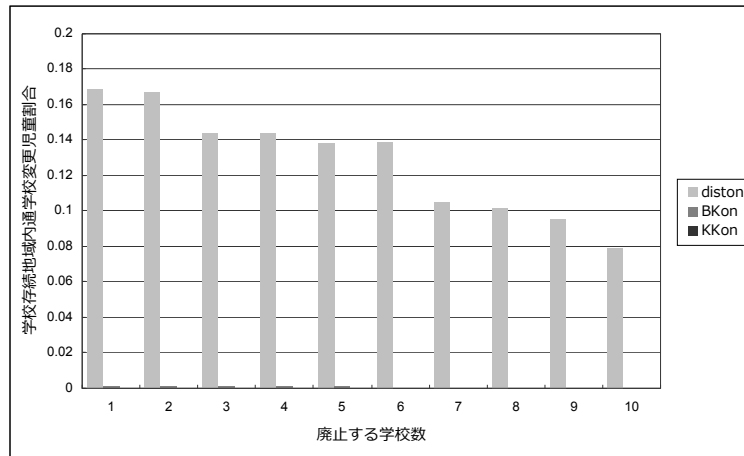


図 5-12 学校存続地域内通学校変更児童割合比較(連続性制約あり)

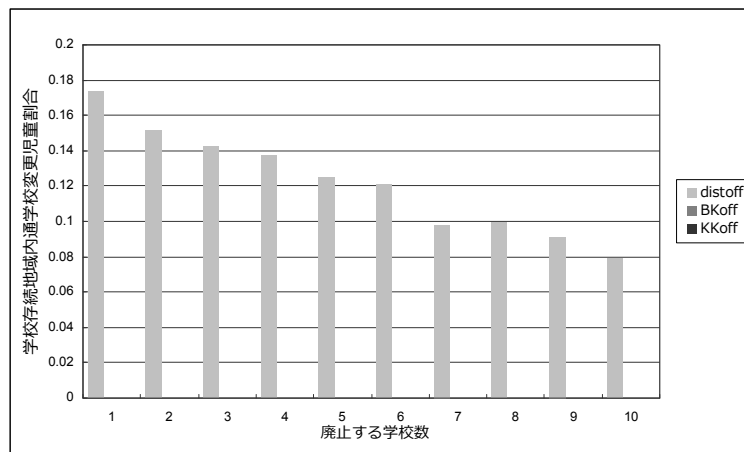


図 5-13 学校存続地域内通学校変更児童割合比較(連続性制約なし)

図 5-12・図 5-13 に学校存続地域内通学校変更児童割合に関する結果を示す。5.3.4. 節と同様、地域面積割合での結果は割愛する。分散吸収型・完全吸収型の結果は、いずれも通学校変更がまったく生じておらず(4.1.6.節で説明した連続性制約と既存学区制約間の矛盾に伴う例外を除く)、問題なく制約が満たされていることが分かる。既存学区非考慮の場合は、廃止する学校数が増加するほど通学校変更割合が減少している。これは、地域内の学校数が減少するに従い、各学校の校区面積が増加し、既存学区構成でその学校に割り当てられていた地域がそのまま同じ学校に割り当てられるケースが増加するためであると考えられる。

5.3.6. 最近隣校への割り当て

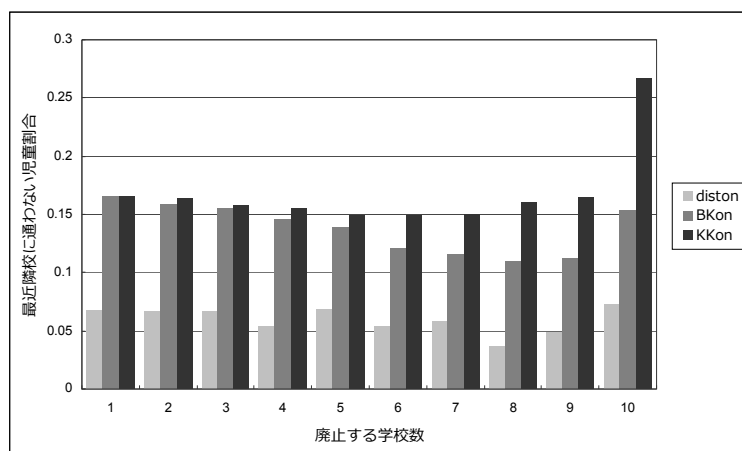


図 5-14 最近隣校に通わない児童割合比較(連続性制約あり)

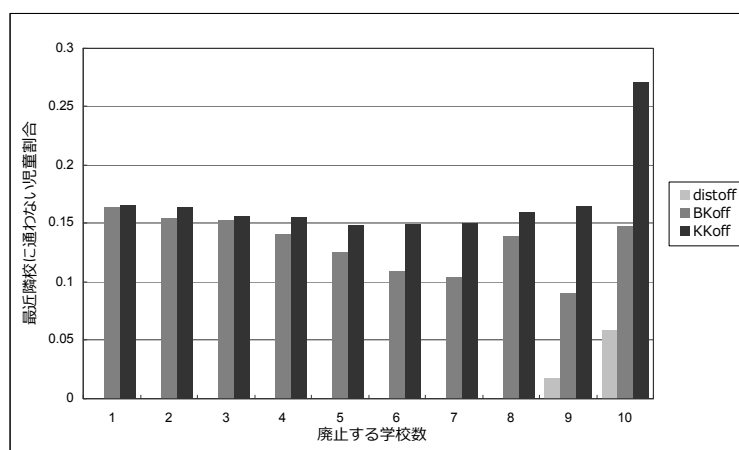


図 5-15 最近隣校に通わない児童割合比較(連続性制約なし)

図 5-14・図 5-15 に最近隣校に通わない児童割合に関する結果を示す。既存学区考慮なしの場合、連続性制約の有無が大きく影響を与えている。これは連続性制約の有無で解法が異なり、連続性を考慮しない場合は近似解法を用いるため、最適解に到達できなかったことが原因と考えられる。なお、これらの平均通学距離の違いは 5m 程度であり、実行上は問題ない結果が得られていると言える。

また distoff の結果では廃止学校数 8 校以下の場合に全児童が最近隣校に割り当てられることが分かった。distoff のプロジェクトでは、総通学距離の最小化と容量制約のみを制約とした古典的モデルと同一のモデルを用いており、この結果から古典的モデルを中央区のような都市地域に適用する場合、容量制約が結果的に機能せず単純に最近隣校に割り当てた結果と一致するケースが多くあることが示唆される。

5.3.7. 飛び地の有無

飛び地の有無については、結果を ArcGIS 上で表示し、そこから飛び地の生じている結果を抽出した。その結果、飛び地の生じたプロジェクトは

9BKoff,9distoff,9KKoff,9KKon,10BKoff,11BKoff,12BKoff,13BKoff,14BKoff,15BKoff であると分かった。これにより 5.3.1.節で示した 9KKon を除いて、連続性制約を設定することで飛び地を問題なく抑制できたことが分かった。具体例として 9BKoff の結果を図 5-16 に示す。

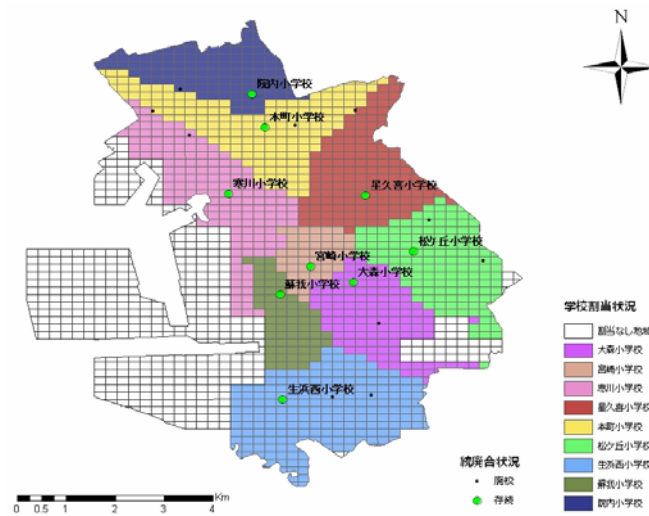


図 5-16 9BKoff の結果

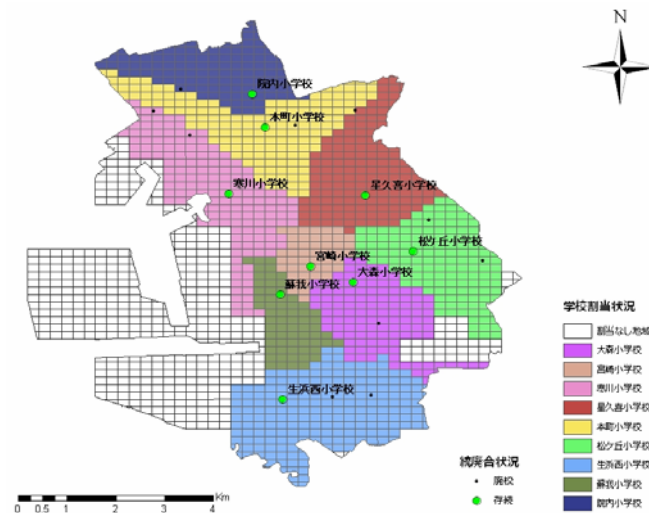


図 5-17 9BKon の結果

9BKoff では松ヶ丘小学校・大森小学校の学区に飛び地が生じてしまっている。この時の平均通学距離は 915.0m となっている。一方これに連続性制約を加えた 9BKon の結果は図 5-17 に示した通りであり、飛び地が解消されている。平均通学距離は 916.3m

と 9BKoff と比較すると増加しているが、ほとんど誤差の範囲と言える。

前節までに示した通り、連続性制約の追加の有無が学区に与える影響はほとんど無いといえる。以上から少なくとも今回の求解環境下では連続性制約を加えることで評価値を悪化させずに、飛び地の無い配置計画案を作成することが可能であることを示せたと言える。しかしながら今回発生した飛び地はいずれも非常に小規模であり、地域の変更あるいは求解環境の設定値の変更でもっと大規模な飛び地が生じた場合に、今回の結果と同じように評価項目値に影響を与えず飛び地を回避できるかどうかは不明である。

6. まとめ・今後の課題

6.1. まとめと結論

本研究ではモデルによる結果の分析を通して、既存学区に関する制約及び空間的連続性制約の有無が結果に与える影響の分析を行った。

既存学区に関する制約は分散吸収型と完全吸収型の2つを設定し分析を行ったが、この制約は平均通学距離及び飛び地の発生に対して特に大きい影響を与えた。平均通学距離については制約を設けない場合と比べて、分散吸収型で5~15%程度、完全吸収型では15~20%程度の増加が見られた。また、分散吸収型では廃止学校数がさほど多くない場合でも飛び地が発生してしまうケースが散見された。

一方、空間的連続性制約は「総通学距離の最小化」を目的関数とすることで飛び地が生じないような求解環境下ではほとんど影響を与えなかった。しかし分散吸収型制約を用いた場合・廃止する学校数が多い場合に「総通学距離の最小化」だけでは飛び地の発生を抑制出来ないケースが見られ、こういった場合には制約が効果を発揮した。連続制約を設けた場合、今回の対象地・求解環境においては若干の通学距離の増加と引き換えに飛び地の発生を回避することが出来た。

6.2. 今後の課題

本節では、当研究に関して今後の発展が期待される部分について述べる。

- ◆ 連続性の線形問題としての定式化
 - 学区割当の問題は慣例的に児童に関する線形の輸送問題として定式化し、単体法をはじめとする厳密解法で計算しているが、今回は連続性制約に関して非線形型に定式化した。その際 McCormick の緩和式を用いた線形化を試みたが、成功には至らなかった。WCSPによる近似解は本研究で用いた各評価項目値を見る分には厳密解とほぼ差が無いことを示せたが、最近隣校への割当状況など求解手法の違いにより差が出ている部分もあるため、今後可能であれば厳密解法による求解を行うべきである。
- ◆ モデルが2段階構成である
 - 本研究では、数理システム(2007)のモデル[19]に倣い、学校配置に関する求解をモデルの第1段階で、学区構成の問題を第2段階で求解する手法を取った。現実的にこれらの計算を一度に行うのは計算負荷が膨大となる、という問題はあるが、これらを同時に計算することが望ましいと言える。特に、第1段階は近似解法で計算を行っており、この計算がうまく行かない場合第2段階の手法の如何に問わず、評価項目値が望ましくない結果が得られるケースが生じうる。今回の結果で、11BKoffは他の結果と比べても評価項目値が悪く、このケースに当てはまると考えられる。

◆ 対象地が限定的である

- 本研究は対象地を千葉市中央区限定としており、他の地域を対象とした計算は行っていない。ある程度地域によって向き不向きが生じるのは致し方ないが、どんな地域に対しても汎用的に利用できるのが望ましい。その意味で、中央区のような都市的な地域だけでなく、もっと様々な特徴のある地域でもモデルの適用が可能であるか実証実験を行う必要があると考えられる。

7. 参考文献

-
- [1] Maurice Yeates : hinterland delimitation, A distance minimizing approach : The Professional Geographer, 15, 6, pp. 7-10, 1963
- [2] Donald W. Maxfield : spatial planning of school districts : Annals of the Association of American Geographers, 62, 4, 582-590, 1972
- [3] Patrick McKeown · Brian Workman : A study in using linear programming to assign students to school : INTERFACES Vol.6, No.4, August 1976, pp. 96-101
- [4] 及川清昭 · 藤井明 : 施設配置に伴う圏域構成の最適化モデルに関する研究 : history and theory of architecture 1987 pp.249-250
- [5] 川中子敬至 · 矢部眞 : 小学校事例より見た施設配置と圏域配分: Operations research as a management science research 35(5) pp.304-311 19900501
- [6] 川中子敬至 · 矢部眞 : 教育施設の配置 · 移転と学区割り編成に関する研究 : 日本オペレーションズ · リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集 1991 pp.148-149 19911016
- [7] 葉養正明 : 少子化時代の学校と地域—都市学校政策の動向と課題— : 都市問題 第 88 巻第 3 号 1997.3 pp.17-32
- [8] Antonio Antunes · Dominique Peeters : A dynamic optimization model for school network planning : Socio-Economic Planning Sciences 34(2000) 101-120
- [9] David S. Lemberg · Richard L. Church : The school boundary stability problem over time : Socio-Economic Planning Sciences, Volume 34, Number 3, 1 September 2000 , pp. 159-176(18)
- [10] Nonobe, Koji : An improved tabu search method for the weighted constraint satisfaction problem : INFOR 39 pp.131-151 2001
- [11] 大谷博 · 近藤光男 · 廣瀬義伸 · 高橋啓一 : 少子化時代における学校統廃合計画案の評価に関する研究 : 『都市計画』 50 巻 6 号, 2002.2, pp.44-46
- [12] 富永隆 · 貞広幸雄 : GIS による学区再編の計画立案——スクールファミリー制度の導

入可能性の検討——：地理学評論 76-10,p.743-758,2003

- [13] 茨木俊秀：「問題解決エンジン」への道：Bulletin of the Japan Society for Industrial and applied Mathematics 14(1) pp.67-70 20040325
- [14] 江川広樹・貞広幸雄：類似性に基づく代表点を持つ空間分割群の分類手法 ～学区再編の計画立案を事例に～：日本建築学会計画系論文集, 588, pp.79-86. 2005
- [15] LeoLiberti and Constantinos C.Pantelides : An exact reformulation algorithm for large nonconvex NLPs involving bilinear terms : Journal of Global Optimization, Volume 36, Number 2, 2006 10, 161-189
- [16] 桐村喬：遺伝的アルゴリズムによる小学校通学区域の設定—大阪府吹田市を事例として—：地理学評論 79/4, pp154-171 2006
- [17] 笹谷俊徳・貞広幸雄：複数の空間分割間の関係性を分析する手法の提案--道州制の区域案を事例に：GIS-理論と応用 16(2) pp.147～157 2008/12
- [18] 数理システム：全国小中学校適正配置案導出システム：2007
- [19] 葉養正明：小学校通学区域制度の研究-区割りの構造と計画-：多賀出版 1998
- [20] 村山祐司・柴崎亮介：シリーズ GIS 第一巻 GIS の理論：朝倉出版 2008
- [21] 千葉市webサイト：<http://www.city.chiba.jp/>：2010年1月20日閲覧

謝辞

本研究を進めるにあたり、浅見泰司教授、清水亮准教授、貞広幸雄准教授、石川徹准教授をはじめ、多くの方々のご協力をいただきました。

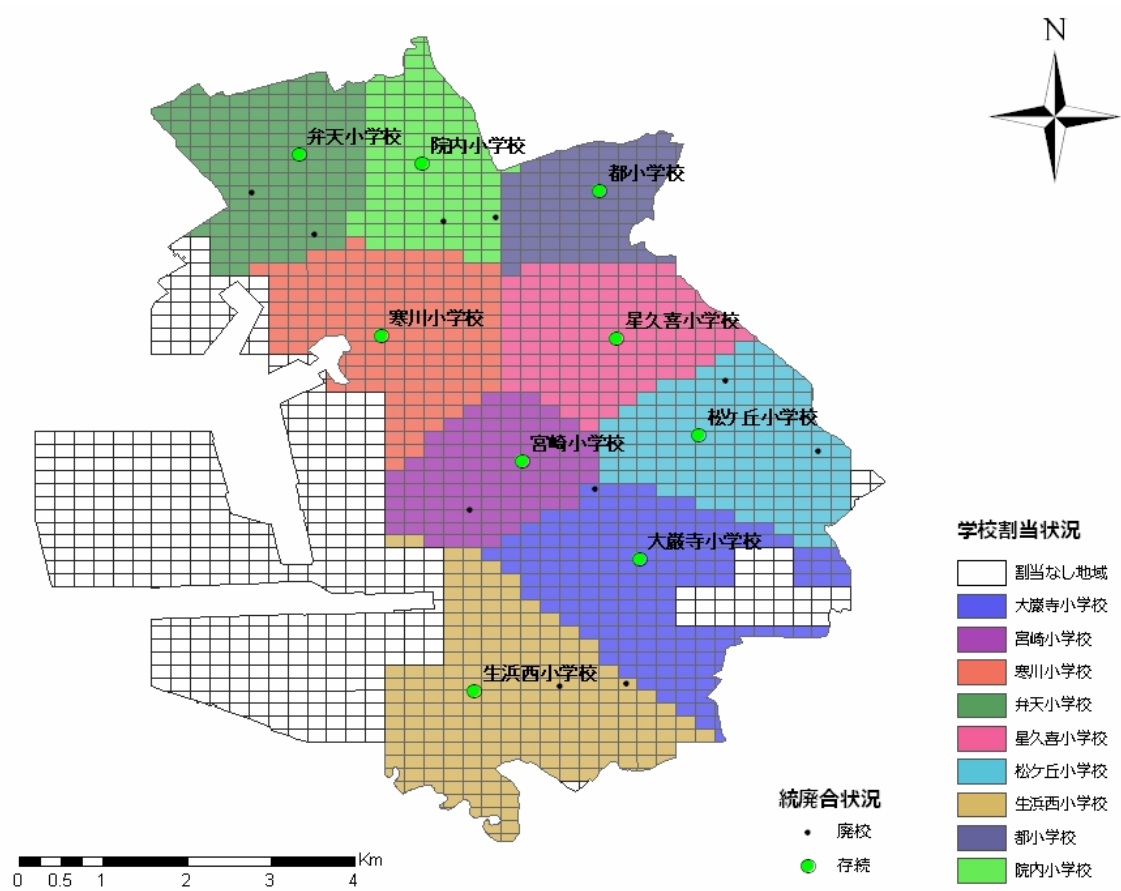
指導教員として、お忙しい中で研究テーマの決定から参考文献の提示、研究上のアイデアの提案に至るまで多くのご指導をいただいた浅見泰司教授。副指導教員を引き受けて頂き、ややもすると技術的な部分に傾倒し、本質的な部分がおろそかになりがちであった自分を軌道修正して頂いた清水准教授。研究室会議にて様々なアドバイスを下さった石川准教授。卒業研究の時点から、方針決定や解析に関して多くの助言を頂いた貞広幸雄准教授。皆様に感謝申し上げます。

また、技術的な部分でさまざまなサポートをしていただいた株式会社数理システムの佐藤様、多田様、藤井様。研究を進める上でお力添えいただいた研究室の先輩方、その他お世話になった全ての方々に深く感謝の意を表しつつ本論文の末筆とさせていただきます。

資料編

全プロジェクト 結果詳細

9distoff



各評価項目の値

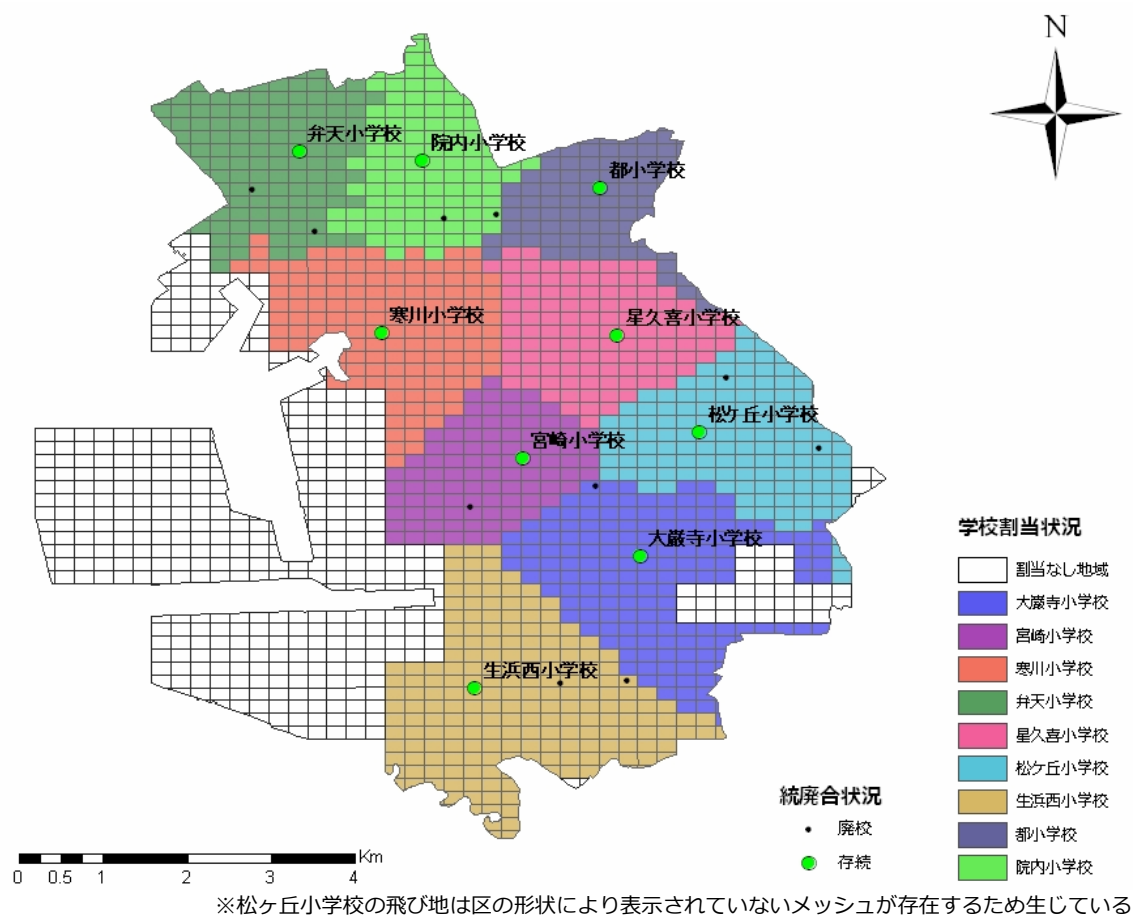
学校数	9	校
平均通学距離	765.3	m
最大通学距離	2314.5	m
学校収容児童数の標準偏差	150.0	
通学校変更児童割合	0.485	
通学校変更地域面積割合	0.517	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.079	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.091	
最近隣校に通わない児童割合	0.058	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.044	

各学校の児童数

院内小学校	824
寒川小学校	882
宮崎小学校	959
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	708
生浜小学校	0
生浜西小学校	816
生浜東小学校	0
川戸小学校	0
蘇我小学校	0
大蔵寺小学校	959
大森小学校	0
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	463
弁天小学校	827
本町小学校	0

(人)

9diston



各評価項目の値

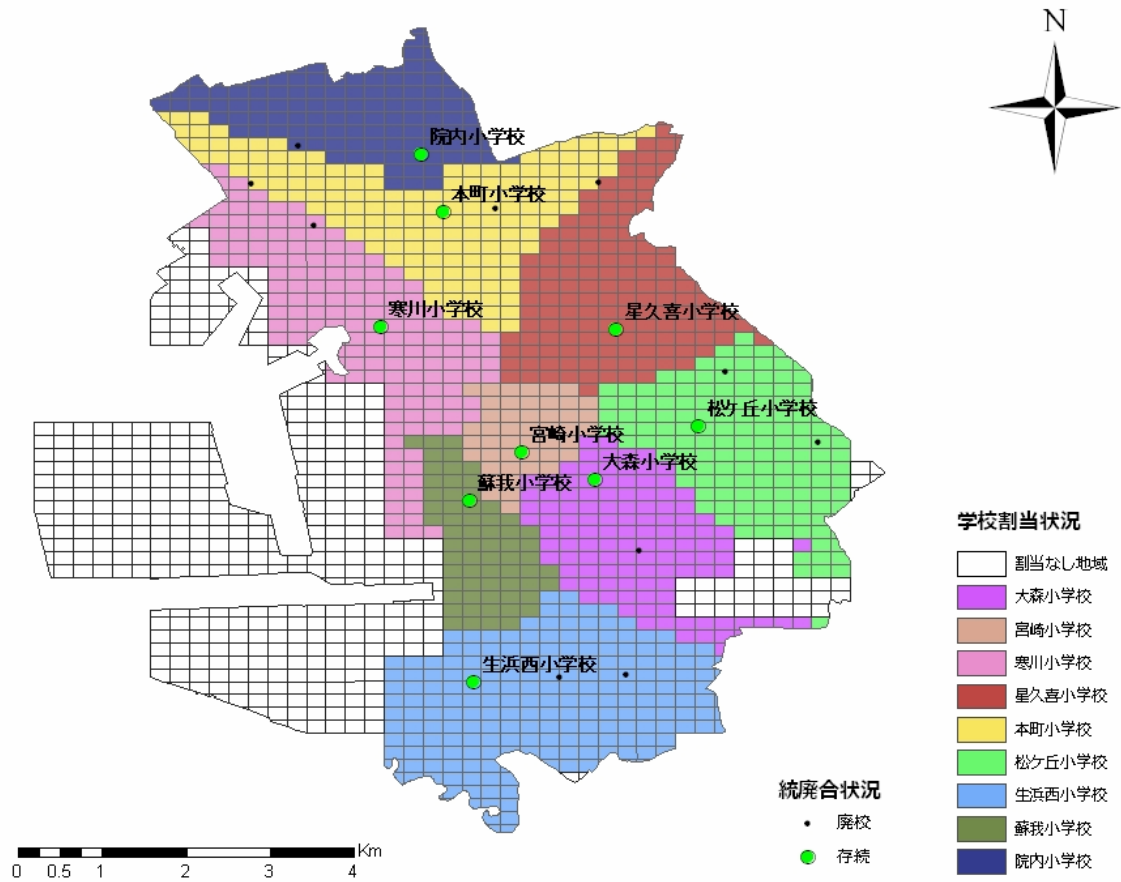
学校数	9	校
平均通学距離	767.1	m
最大通学距離	2498.3	m
学校収容児童数の標準偏差	147.3	
通学校変更児童割合	0.485	
通学校変更地域面積割合	0.521	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.080	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.097	
最近隣校に通わない児童割合	0.073	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.078	

各学校の児童数

院内小学校	823
寒川小学校	862
宮崎小学校	960
松ヶ丘小学校	952
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	729
生浜小学校	0
生浜西小学校	834
生浜東小学校	0
川戸小学校	0
蘇我小学校	0
大蔵寺小学校	955
大森小学校	0
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	460
弁天小学校	822
本町小学校	0

(人)

9BKoff



各評価項目の値

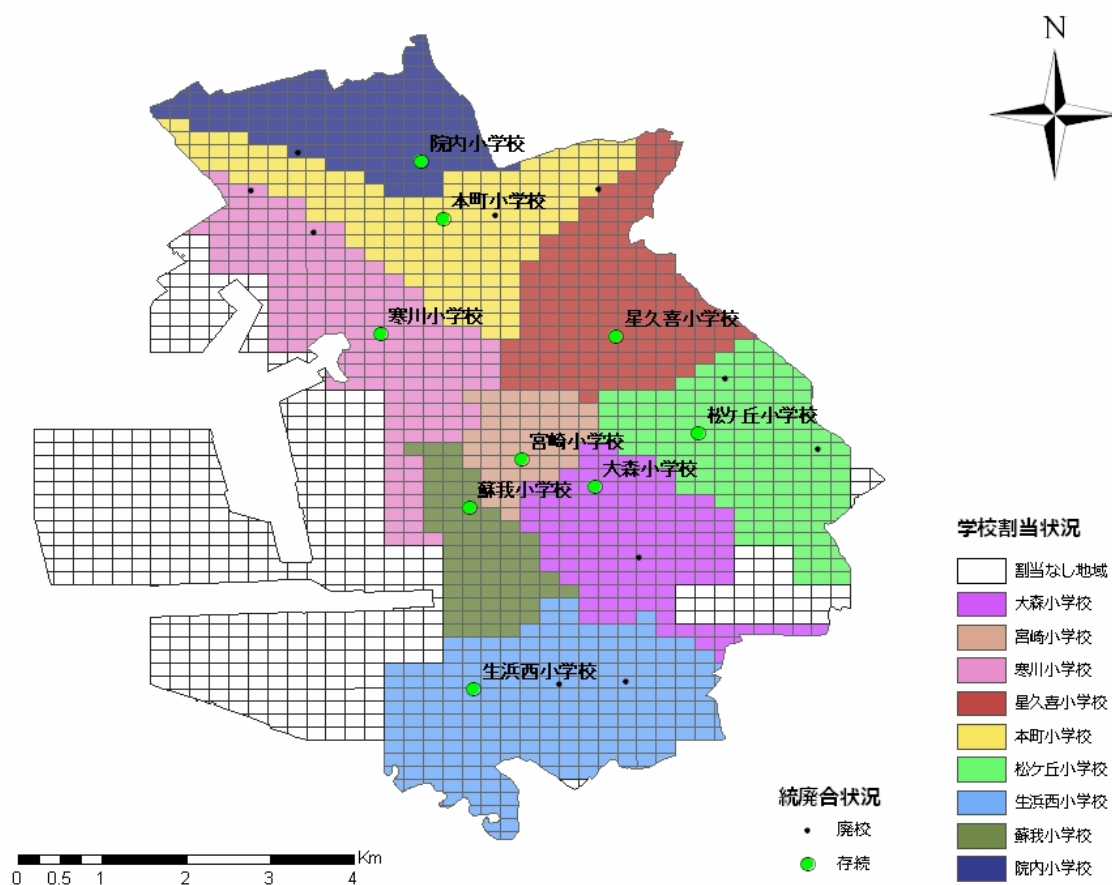
学校数	9	校
平均通学距離	915.0	m
最大通学距離	2960.2	m
学校収容児童数の標準偏差	162.3	
通学校変更児童割合	0.390	
通学校変更地域面積割合	0.484	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.148	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.151	

各学校の児童数

院内小学校	959
寒川小学校	887
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	788
生浜小学校	0
生浜西小学校	888
生浜東小学校	0
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	829
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	960

(人)

9BKon



各評価項目の値

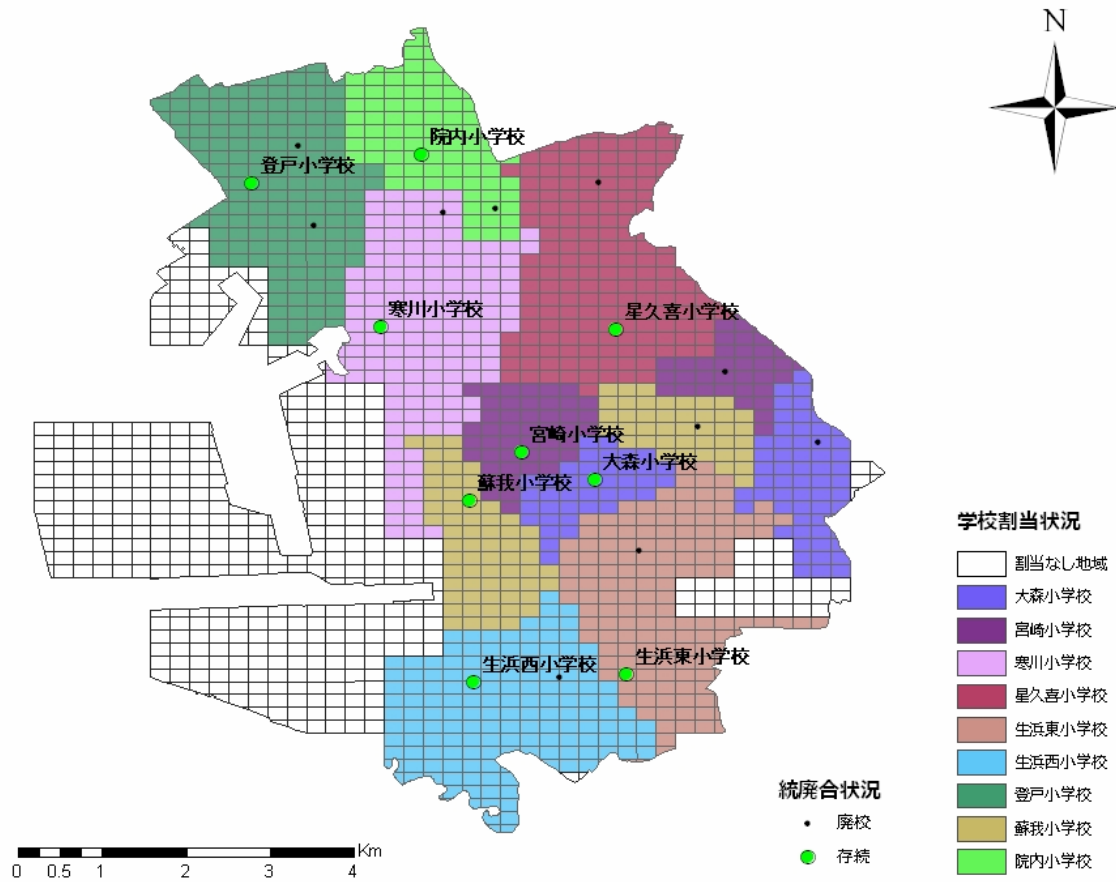
学校数	9	校
平均通学距離	916.3	m
最大通学距離	2960.2	m
学校収容児童数の標準偏差	158.6	
通学校変更児童割合	0.390	
通学校変更地域面積割合	0.484	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.153	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.157	

各学校の児童数

院内小学校	960
寒川小学校	891
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	927
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	789
生浜小学校	0
生浜西小学校	889
生浜東小学校	0
川戸小学校	0
蘇我小学校	434
大蔵寺小学校	0
大森小学校	849
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	960

(人)

9KKoff



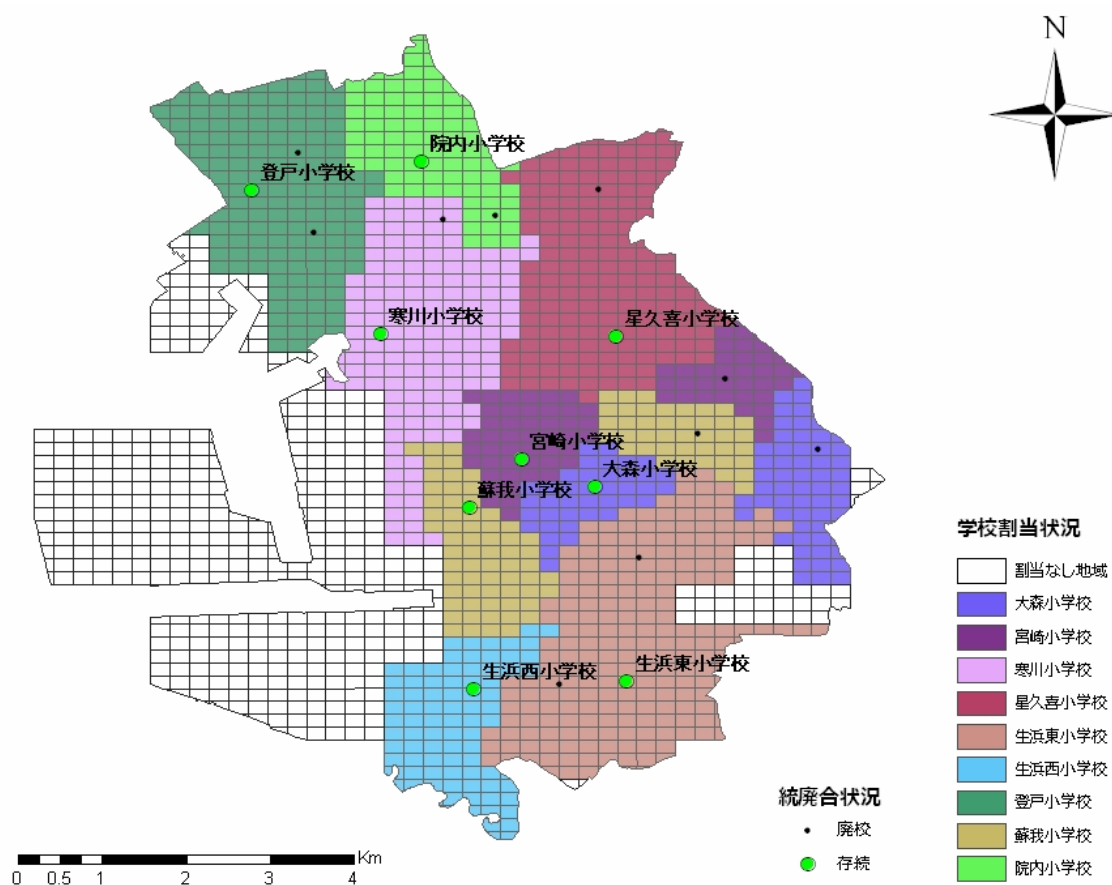
各評価項目の値

学校数	9	校
平均通学距離	1050.1	m
最大通学距離	2324.6	m
学校収容児童数の標準偏差	117.8	
通学校変更児童割合	0.395	
通学校変更地域面積割合	0.526	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.271	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.313	

各学校の児童数

院内小学校	761
寒川小学校	936
宮崎小学校	956
松ヶ丘小学校	0
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	942
生浜小学校	0
生浜西小学校	651
生浜東小学校	664
川戸小学校	0
蘇我小学校	826
大蔵寺小学校	0
大森小学校	726
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	0

(人)



各評価項目の値

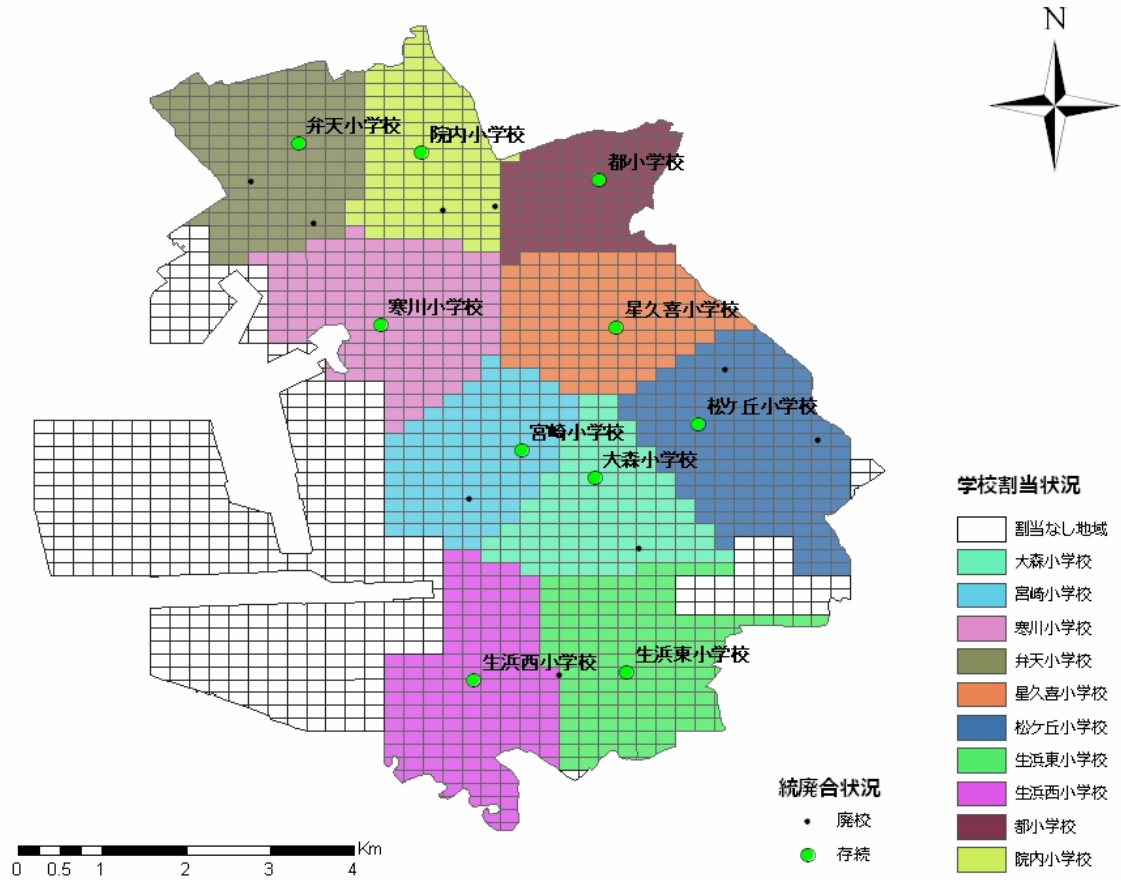
学校数	9	校
平均通学距離	1044.9	m
最大通学距離	2324.6	m
学校収容児童数の標準偏差	184.8	
通学校変更児童割合	0.395	
通学校変更地域面積割合	0.526	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.267	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.304	

各学校の児童数

院内小学校	761
寒川小学校	936
宮崎小学校	956
松ヶ丘小学校	0
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	942
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	960
川戸小学校	0
蘇我小学校	826
大蔵寺小学校	0
大森小学校	726
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	0

(人)

10distoff



各評価項目の値

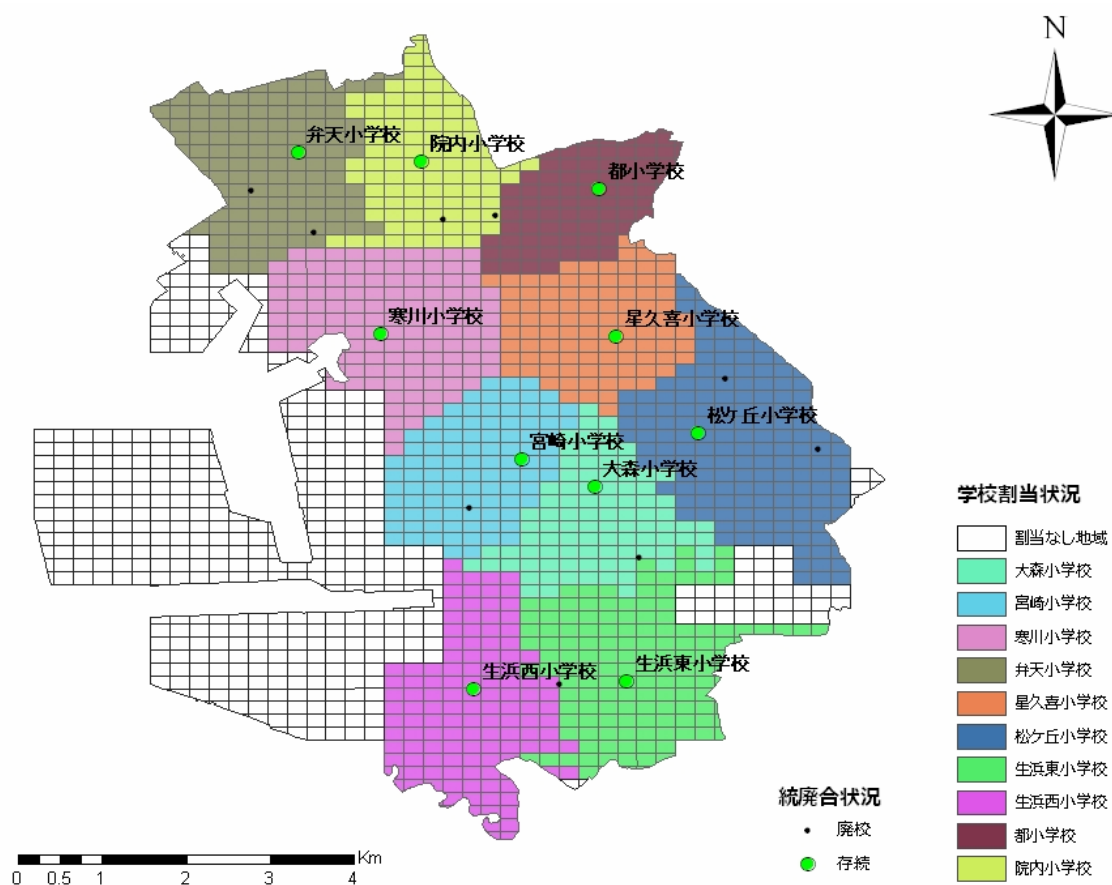
学校数	10	校
平均通学距離	713.4	m
最大通学距離	2233.8	m
学校収容児童数の標準偏差	162.8	
通学校変更児童割合	0.421	
通学校変更地域面積割合	0.482	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.091	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.099	
最近隣校に通わない児童割合	0.018	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.012	

各学校の児童数

院内小学校	824
寒川小学校	834
宮崎小学校	959
松ヶ丘小学校	890
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	577
生浜小学校	0
生浜西小学校	583
生浜東小学校	574
川戸小学校	0
蘇我小学校	0
大巖寺小学校	0
大森小学校	865
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	463
弁天小学校	827
本町小学校	0

(人)

10diston



各評価項目の値

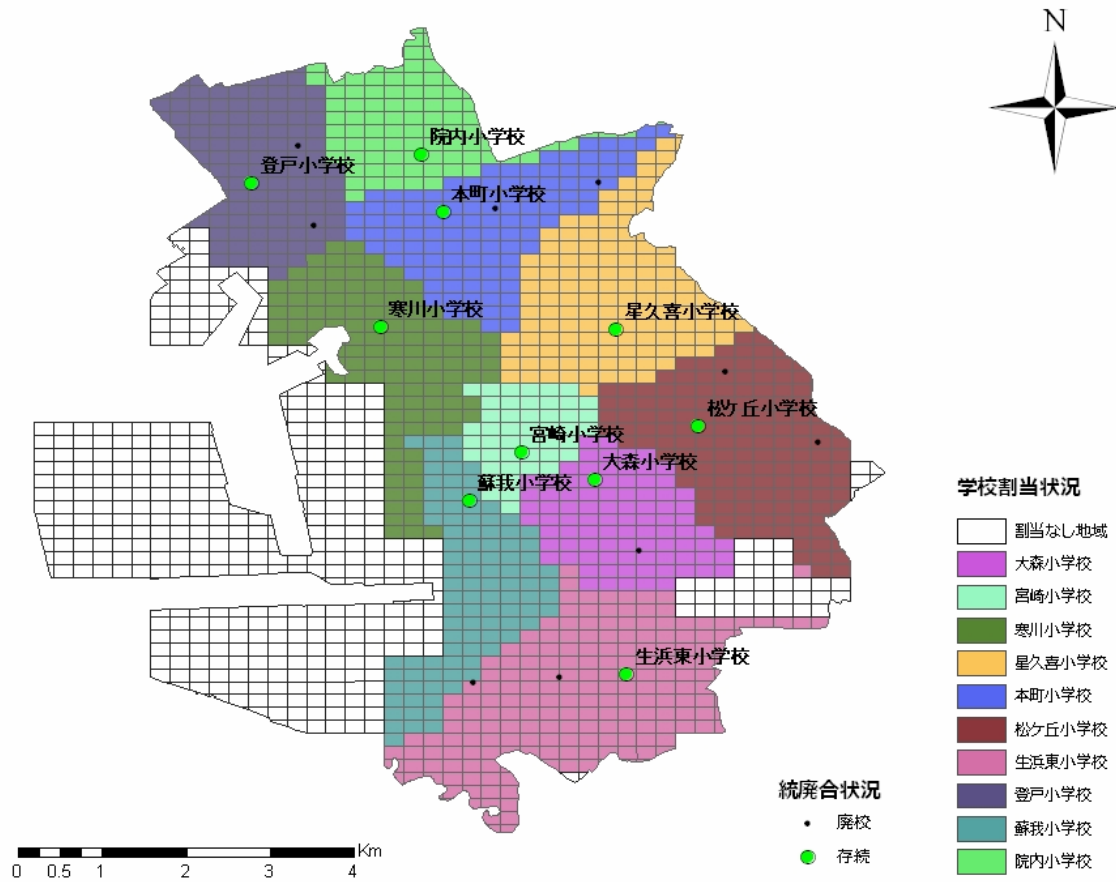
学校数	10	校
平均通学距離	716.7	m
最大通学距離	2233.8	m
学校収容児童数の標準偏差	163.4	
通学校変更児童割合	0.424	
通学校変更地域面積割合	0.495	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.095	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.121	
最近隣校に通わない児童割合	0.048	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.070	

各学校の児童数

院内小学校	821
寒川小学校	842
宮崎小学校	960
松ヶ丘小学校	939
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	577
生浜小学校	0
生浜西小学校	568
生浜東小学校	581
川戸小学校	0
蘇我小学校	0
大蔵寺小学校	0
大森小学校	818
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	477
弁天小学校	813
本町小学校	0

(人)

10BKoff



各評価項目の値

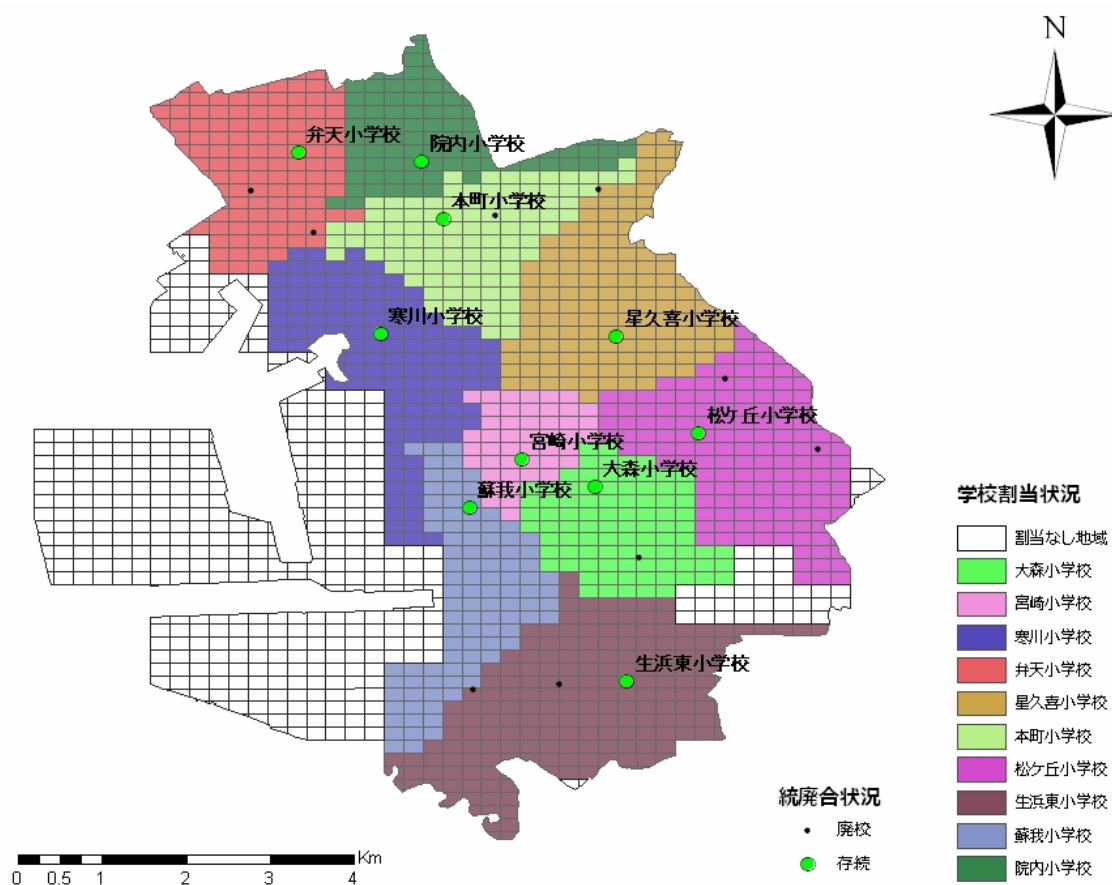
学校数	10	校
平均通学距離	796.4	m
最大通学距離	2956.9	m
学校収容児童数の標準偏差	127.4	
通学校変更児童割合	0.339	
通学校変更地域面積割合	0.449	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.091	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.106	

各学校の児童数

院内小学校	743
寒川小学校	667
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	737
生浜小学校	0
生浜西小学校	0
生浜東小学校	959
川戸小学校	0
蘇我小学校	507
大蔵寺小学校	0
大森小学校	688
鶴沢小学校	0
登戸小学校	741
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	697

(人)

10BKon



各評価項目の値

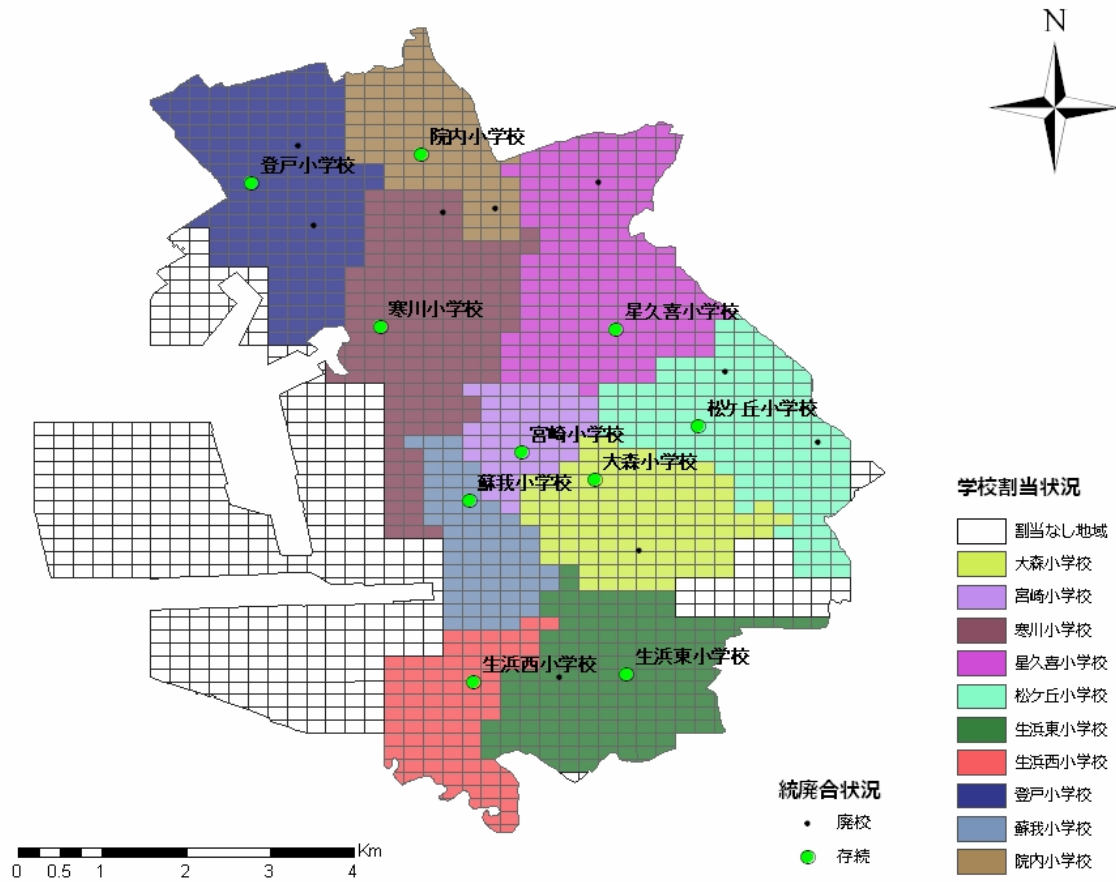
学校数	10	校
平均通学距離	800.1	m
最大通学距離	2956.9	m
学校収容児童数の標準偏差	128.8	
通学校変更児童割合	0.347	
通学校変更地域面積割合	0.450	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.112	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.138	

各学校の児童数

院内小学校	706
寒川小学校	706
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	957
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	770
生浜小学校	0
生浜西小学校	0
生浜東小学校	960
川戸小学校	0
蘇我小学校	506
大蔵寺小学校	0
大森小学校	686
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	0
弁天小学校	753
本町小学校	655

(人)

10KKoff



各評価項目の値

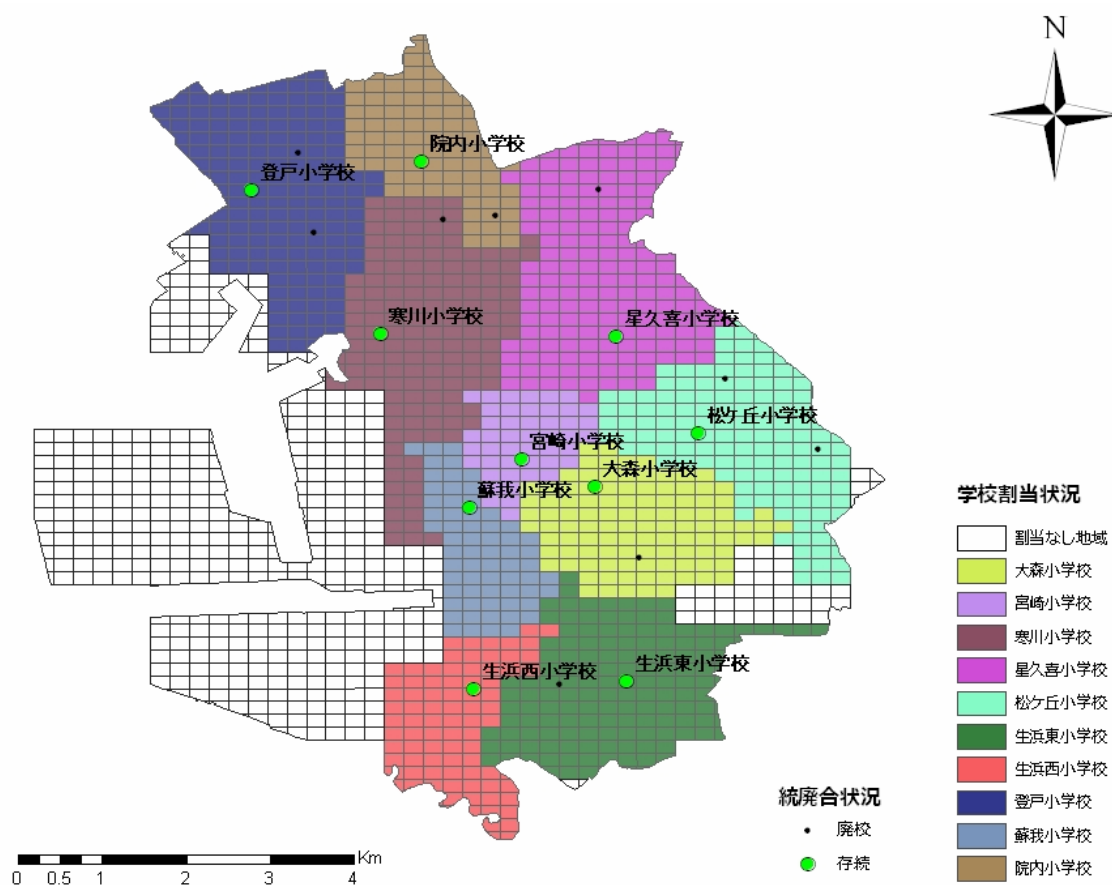
学校数	10	校
平均通学距離	847.2	m
最大通学距離	1893.9	m
学校収容児童数の標準偏差	199.6	
通学校変更児童割合	0.342	
通学校変更地域面積割合	0.474	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.165	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.211	

各学校の児童数

院内小学校	761
寒川小学校	936
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	942
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	0

(人)

10KKon



各評価項目の値

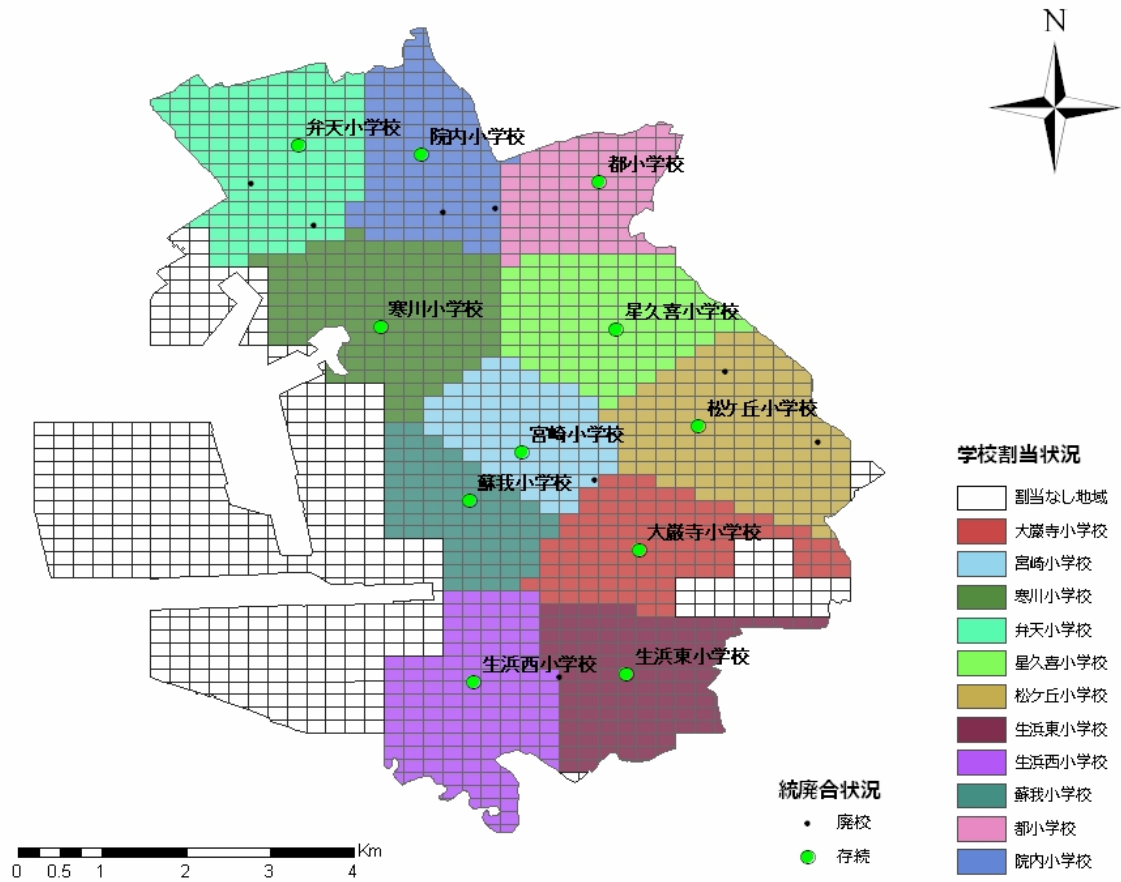
学校数	10	校
平均通学距離	847.2	m
最大通学距離	1893.9	m
学校収容児童数の標準偏差	199.6	
通学校変更児童割合	0.342	
通学校変更地域面積割合	0.474	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.165	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.211	

各学校の児童数

院内小学校	761
寒川小学校	936
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	942
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	0

(人)

11distoff



各評価項目の値

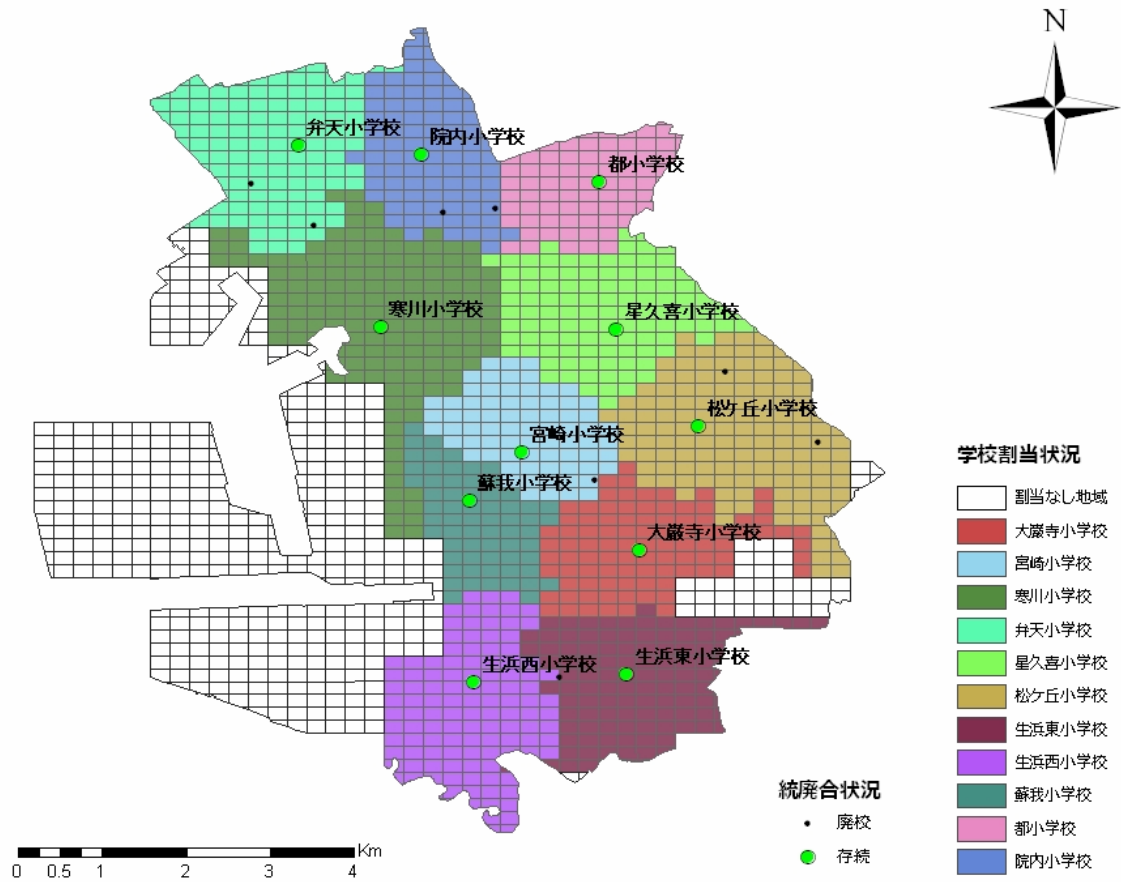
学校数	11	校
平均通学距離	687.7	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	183.9	
通学校変更児童割合	0.397	
通学校変更地域面積割合	0.431	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.099	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.129	
最近隣校に通わない児童割合	0.000	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.000	

各学校の児童数

院内小学校	824
寒川小学校	811
宮崎小学校	934
松ヶ丘小学校	940
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	568
生浜小学校	0
生浜西小学校	531
生浜東小学校	505
川戸小学校	0
蘇我小学校	517
大蔵寺小学校	476
大森小学校	0
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	463
弁天小学校	827
本町小学校	0

(人)

11diston



各評価項目の値

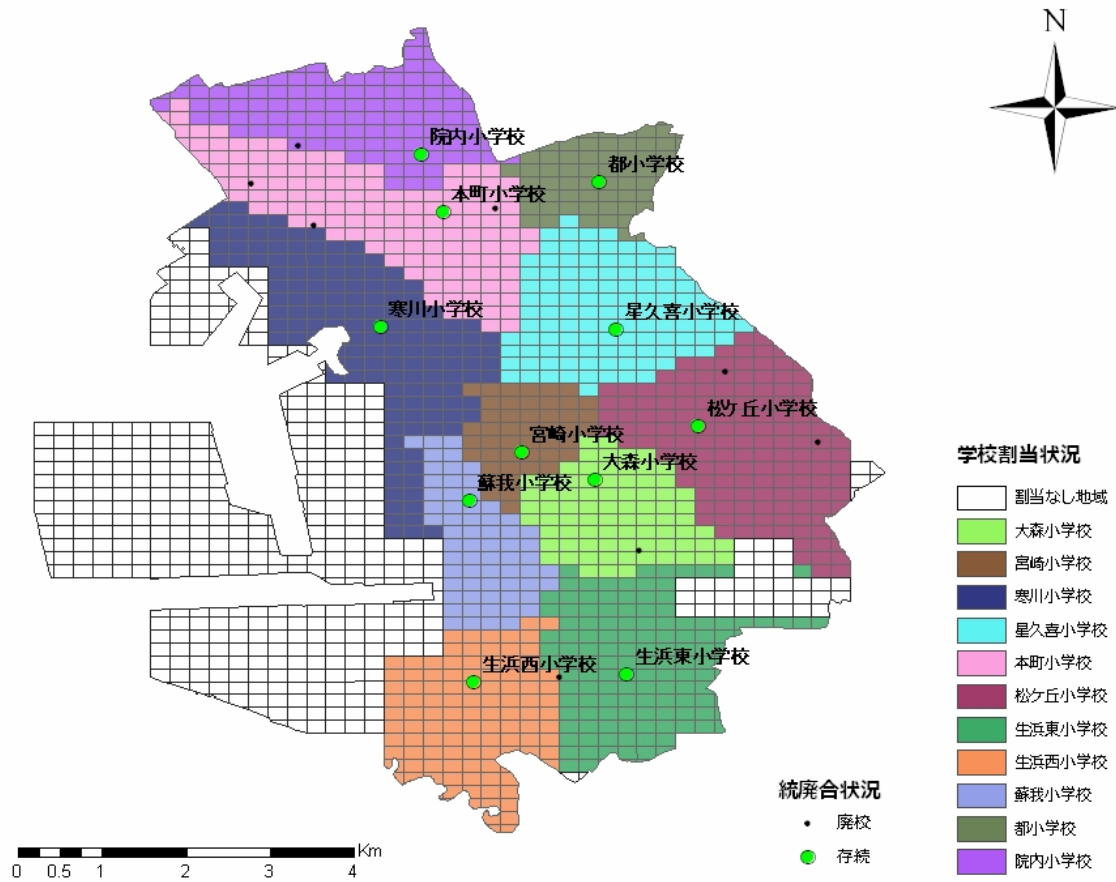
学校数	11	校
平均通学距離	692.5	m
最大通学距離	2482.0	m
学校収容児童数の標準偏差	185.4	
通学校変更児童割合	0.399	
通学校変更地域面積割合	0.424	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.102	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.119	
最近隣校に通わない児童割合	0.036	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.071	

各学校の児童数

院内小学校	804
寒川小学校	857
宮崎小学校	910
松ヶ丘小学校	956
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	564
生浜小学校	0
生浜西小学校	515
生浜東小学校	495
川戸小学校	0
蘇我小学校	525
大蔵寺小学校	505
大森小学校	0
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	446
弁天小学校	819
本町小学校	0

(人)

11BKoff



各評価項目の値

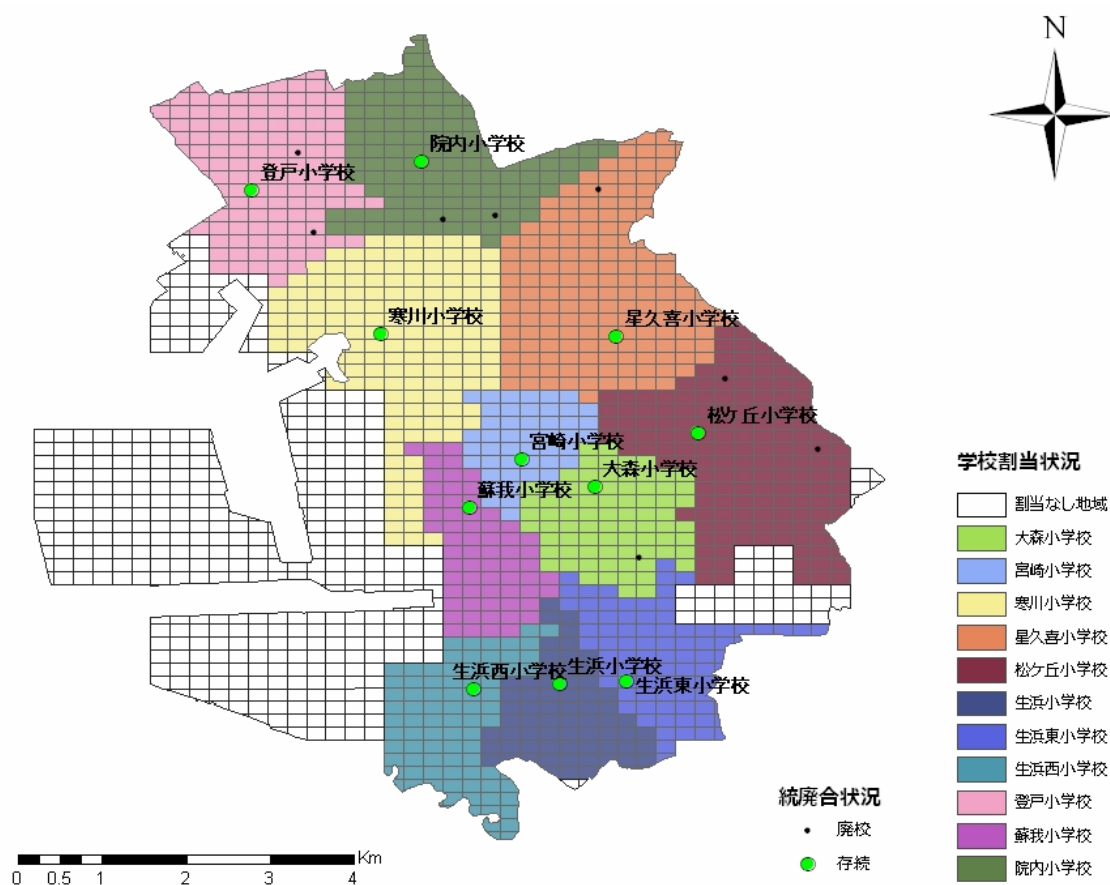
学校数	11	校
平均通学距離	798.1	m
最大通学距離	2960.2	m
学校収容児童数の標準偏差	200.7	
通学校変更児童割合	0.293	
通学校変更地域面積割合	0.360	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.139	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.137	

各学校の児童数

院内小学校	959
寒川小学校	806
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	624
生浜小学校	0
生浜西小学校	490
生浜東小学校	574
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	662
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	866

(人)

11BKon



各評価項目の値

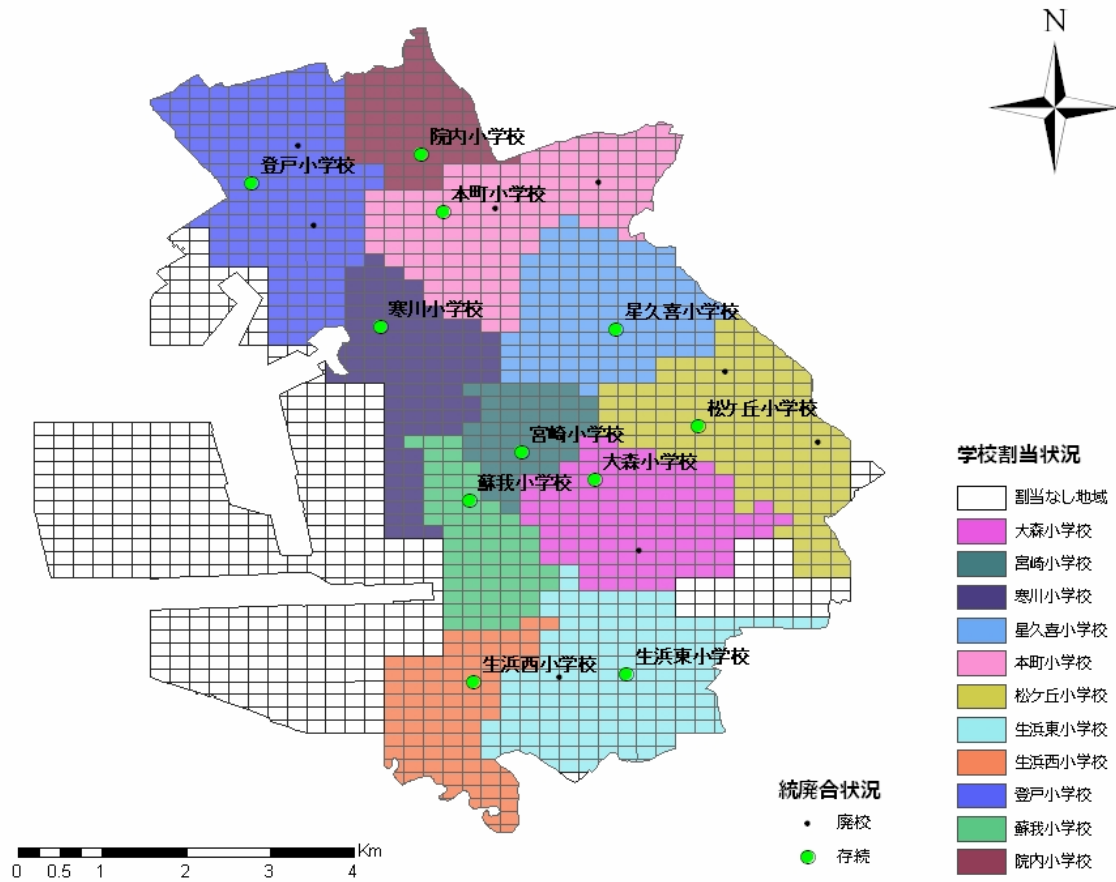
学校数	11	校
平均通学距離	755.5	m
最大通学距離	2534.7	m
学校収容児童数の標準偏差	247.6	
通学校変更児童割合	0.302	
通学校変更地域面積割合	0.364	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.003	
最近隣校に通わない児童割合	0.109	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.140	

各学校の児童数

院内小学校	960
寒川小学校	900
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	960
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	927
生浜小学校	297
生浜西小学校	356
生浜東小学校	403
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	659
鶴沢小学校	0
登戸小学校	808
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	0

(人)

11KKoff



各評価項目の値

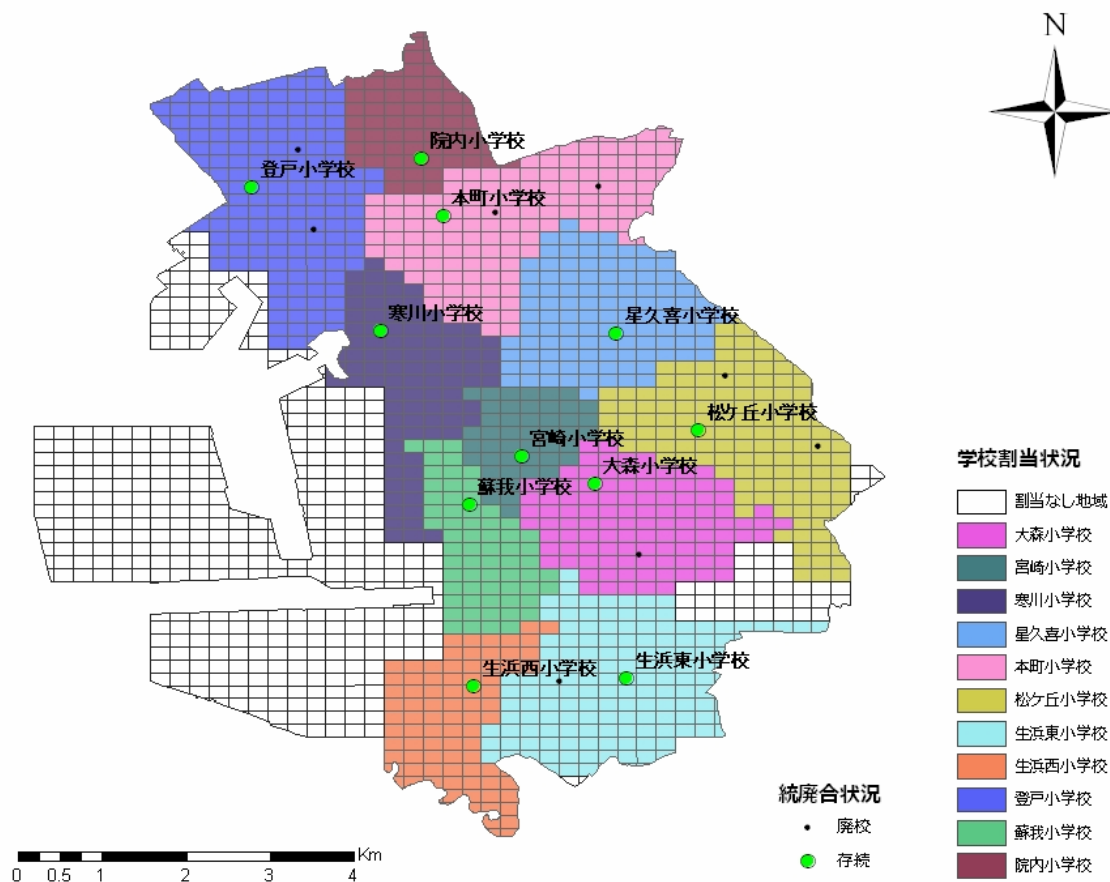
学校数	11	校
平均通学距離	805.1	m
最大通学距離	1638.3	m
学校収容児童数の標準偏差	177.1	
通学校変更児童割合	0.290	
通学校変更地域面積割合	0.421	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.160	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.200	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	851

(人)

11KKon



各評価項目の値

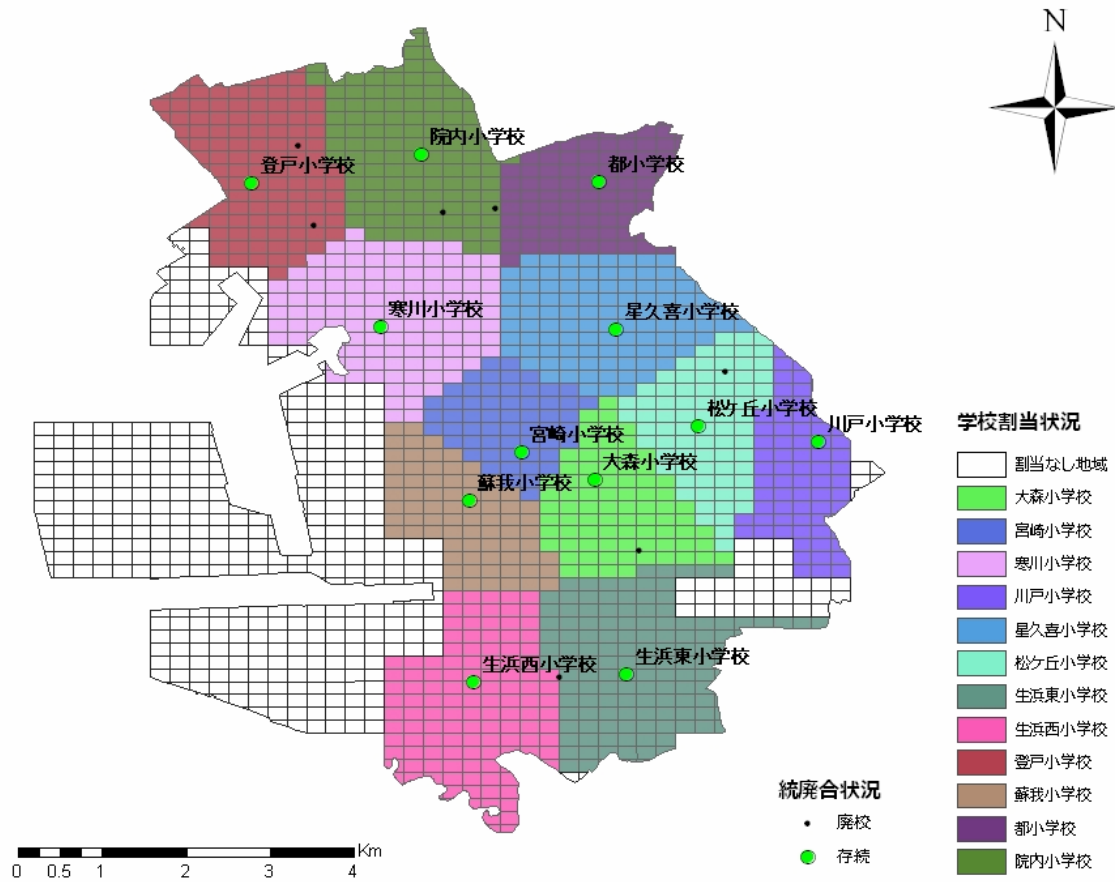
学校数	11	校
平均通学距離	805.1	m
最大通学距離	1638.3	m
学校収容児童数の標準偏差	177.1	
通学校変更児童割合	0.290	
通学校変更地域面積割合	0.421	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.160	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.200	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	0
弁天小学校	0
本町小学校	851

(人)

12distoff



各評価項目の値

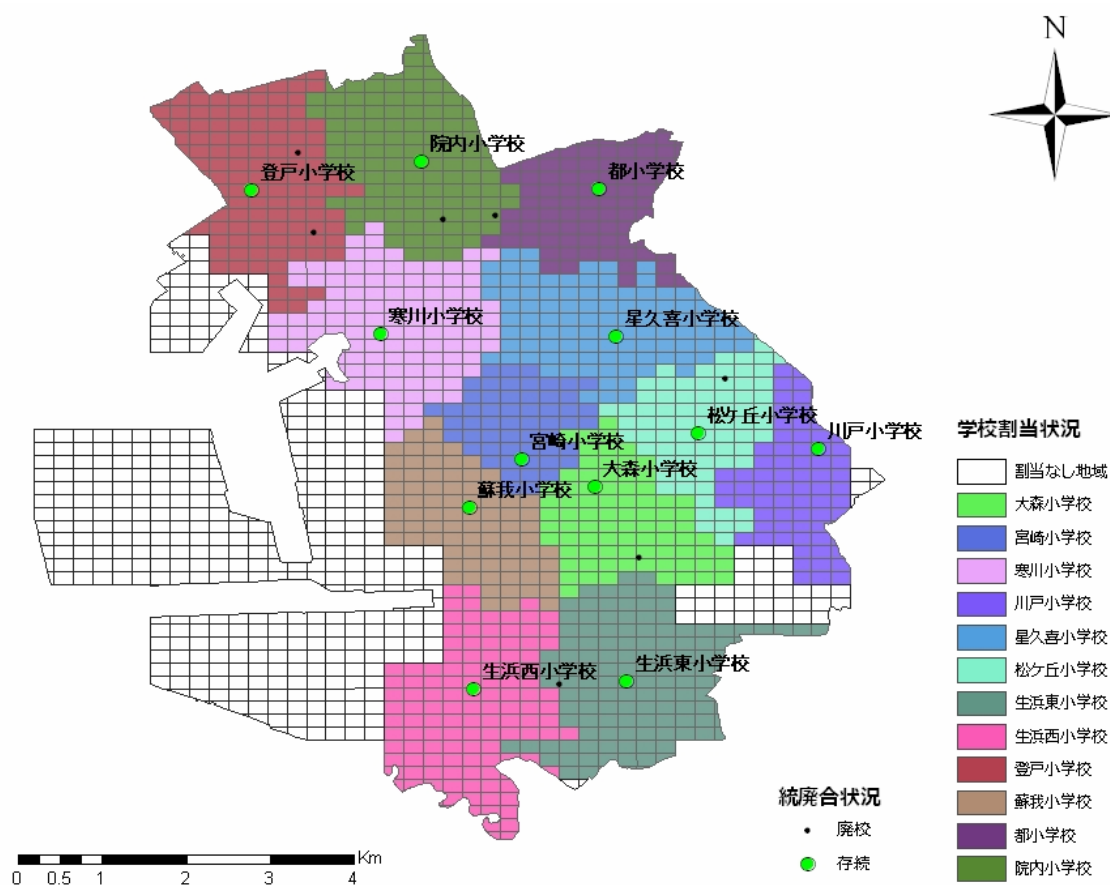
学校数	12	校
平均通学距離	660.6	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	157.9	
通学校変更児童割合	0.334	
通学校変更地域面積割合	0.390	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.098	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.105	
最近隣校に通わない児童割合	0.000	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.000	

各学校の児童数

院内小学校	944
寒川小学校	777
宮崎小学校	742
松ヶ丘小学校	558
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	554
生浜小学校	0
生浜西小学校	531
生浜東小学校	571
川戸小学校	332
蘇我小学校	513
大蔵寺小学校	0
大森小学校	670
鶴沢小学校	0
登戸小学校	741
都小学校	463
弁天小学校	0
本町小学校	0

(人)

12diston



各評価項目の値

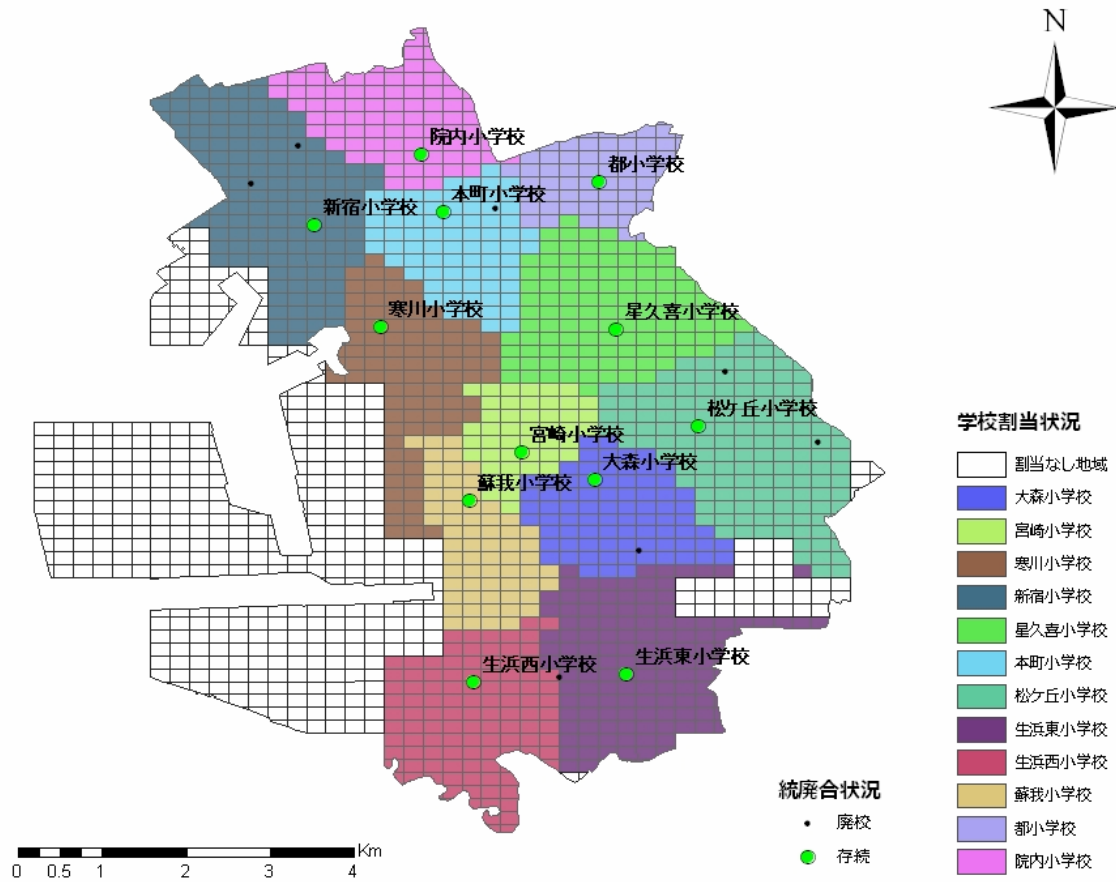
学校数	12	校
平均通学距離	665.6	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	154.9	
通学校変更児童割合	0.340	
通学校変更地域面積割合	0.401	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.105	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.121	
最近隣校に通わない児童割合	0.058	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.081	

各学校の児童数

院内小学校	933
寒川小学校	767
宮崎小学校	731
松ヶ丘小学校	620
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	549
生浜小学校	0
生浜西小学校	538
生浜東小学校	554
川戸小学校	307
蘇我小学校	567
大蔵寺小学校	0
大森小学校	612
鶴沢小学校	0
登戸小学校	748
都小学校	469
弁天小学校	0
本町小学校	0

(人)

12BKoff



各評価項目の値

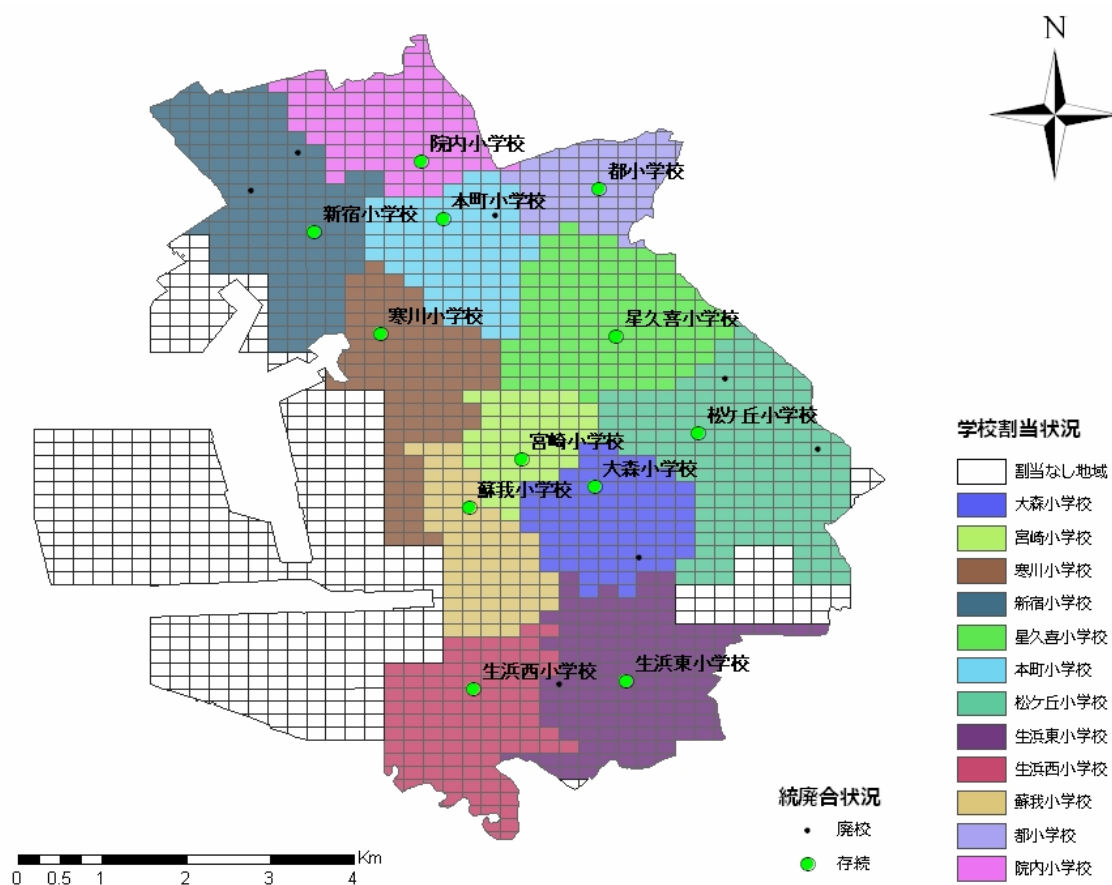
学校数	12	校
平均通学距離	727.6	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	166.9	
通学校変更児童割合	0.253	
通学校変更地域面積割合	0.298	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.104	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.109	

各学校の児童数

院内小学校	753
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	813
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	624
生浜小学校	0
生浜西小学校	490
生浜東小学校	574
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	662
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	507

(人)

12BKon



各評価項目の値

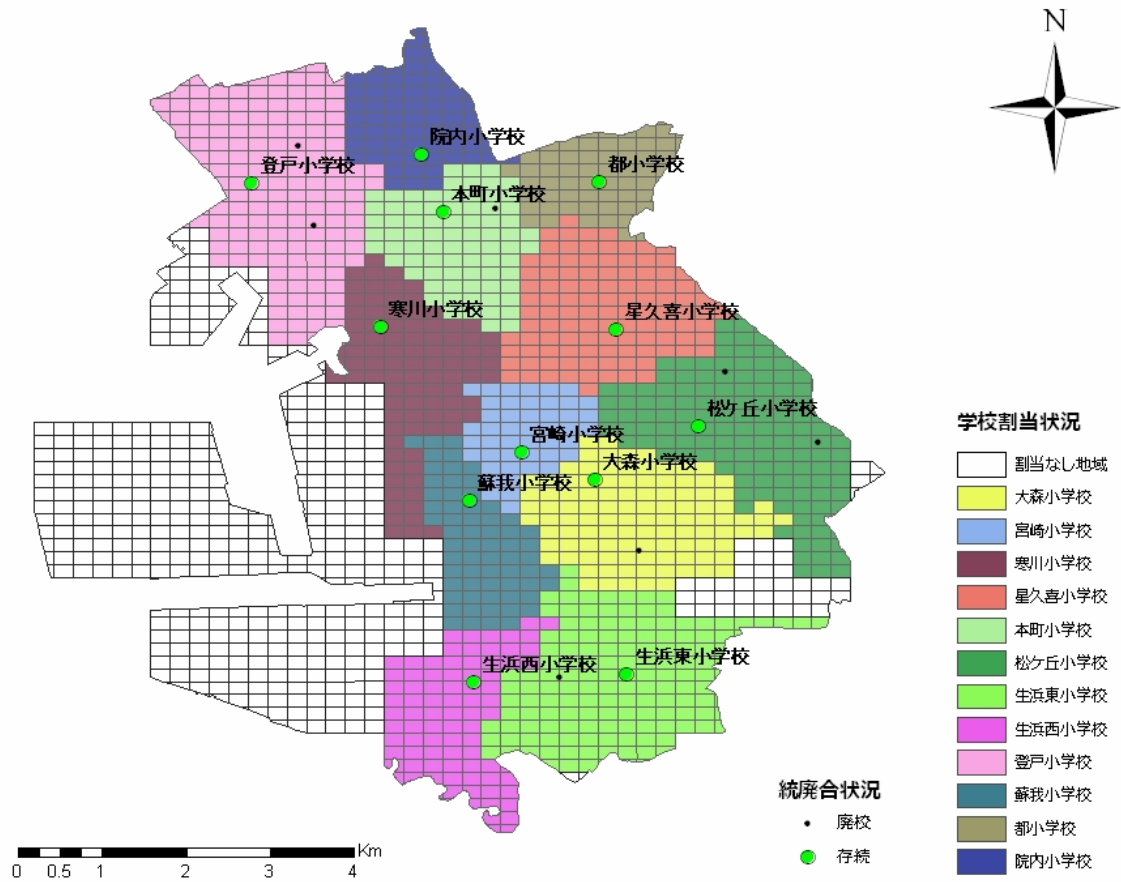
学校数	12	校
平均通学距離	728.8	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	166.1	
通学校変更児童割合	0.253	
通学校変更地域面積割合	0.298	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.116	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.134	

各学校の児童数

院内小学校	757
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	957
新宿小学校	803
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	634
生浜小学校	0
生浜西小学校	476
生浜東小学校	574
川戸小学校	0
蘇我小学校	431
大蔵寺小学校	0
大森小学校	664
鶴沢小学校	0
登戸小学校	0
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	514

(人)

12KKoff



各評価項目の値

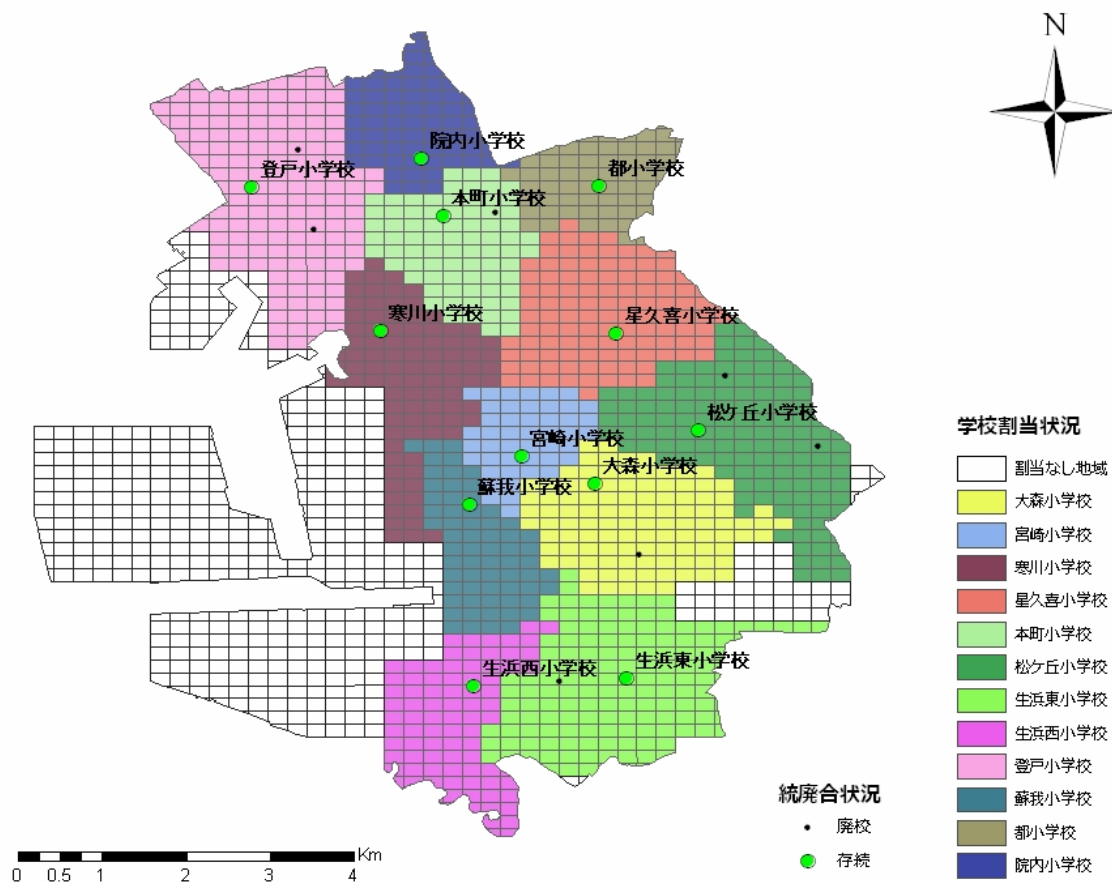
学校数	12	校
平均通学距離	756.4	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	186.1	
通学校変更児童割合	0.246	
通学校変更地域面積割合	0.368	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.150	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.182	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	521

(人)

12KKon



各評価項目の値

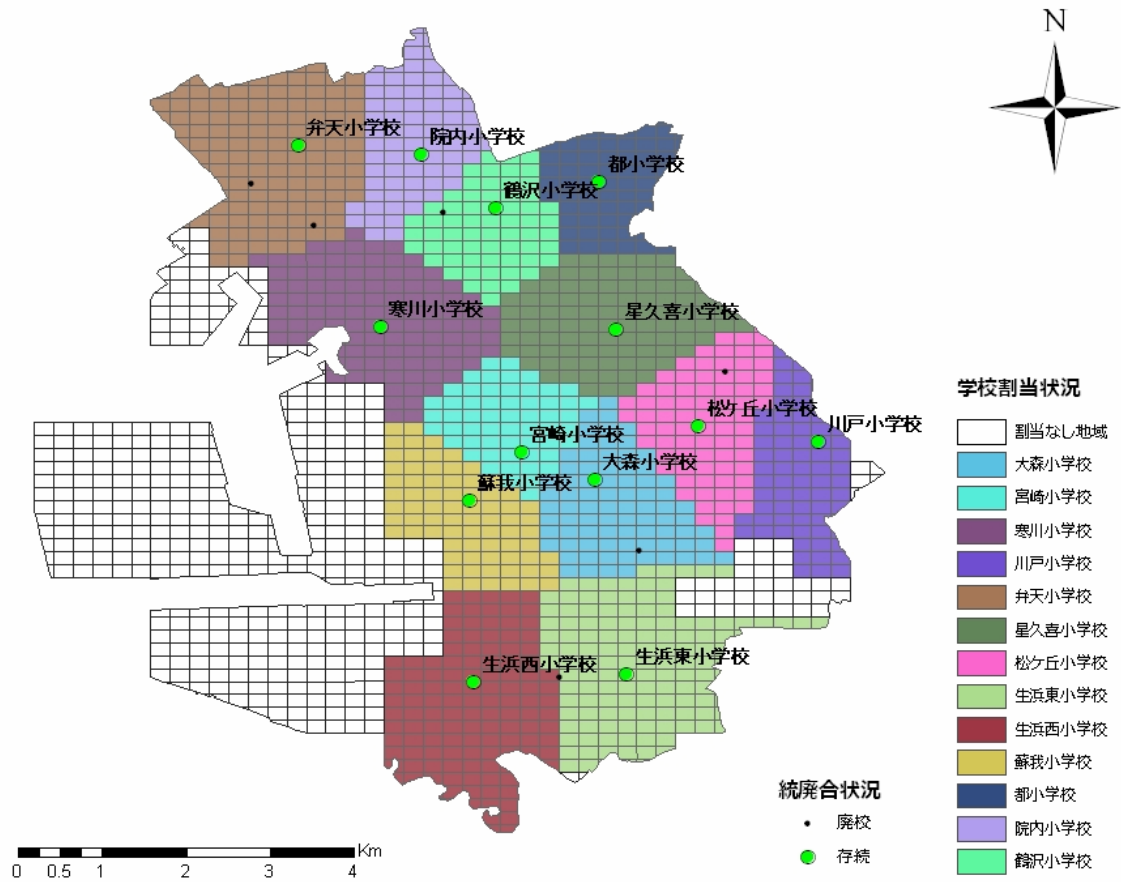
学校数	12	校
平均通学距離	756.4	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	186.1	
通学校変更児童割合	0.246	
通学校変更地域面積割合	0.368	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.150	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.182	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	934
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	521

(人)

13distoff



各評価項目の値

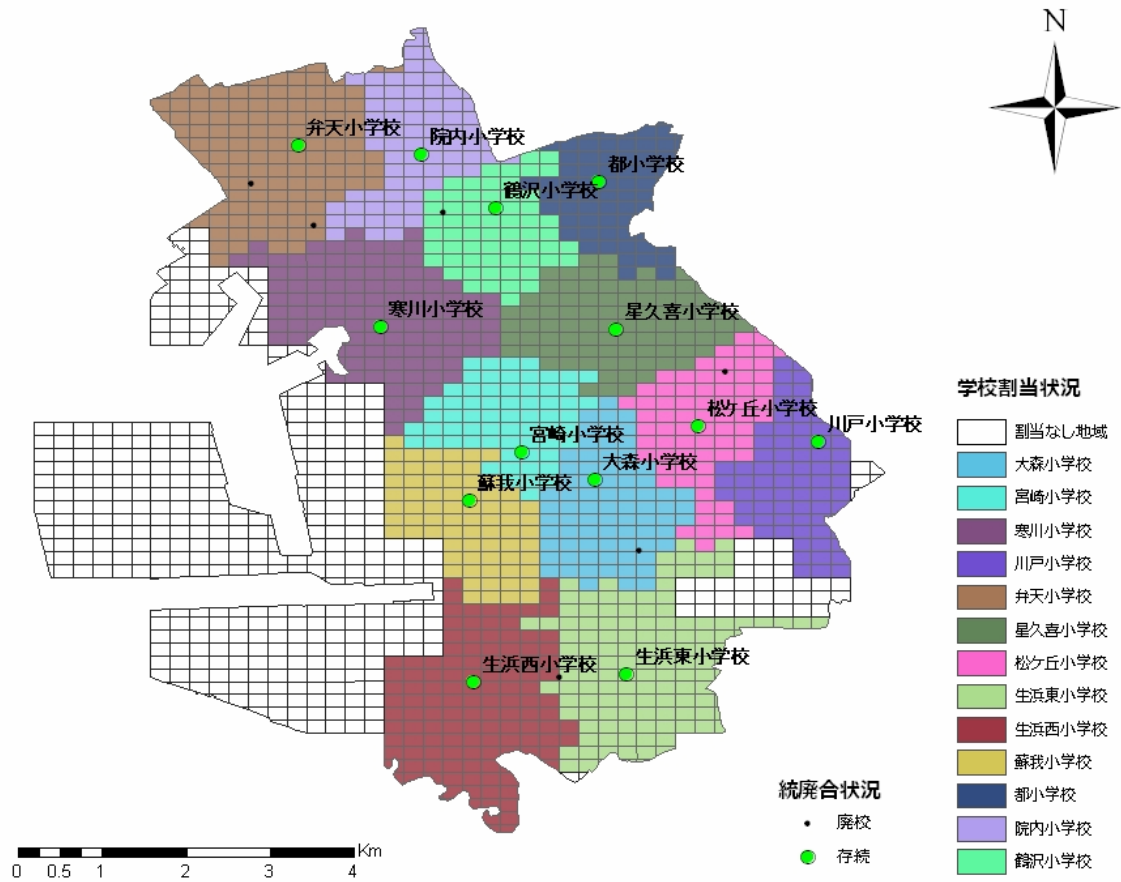
学校数	13	校
平均通学距離	641.7	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	147.2	
通学校変更児童割合	0.342	
通学校変更地域面積割合	0.395	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.121	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.132	
最近隣校に通わない児童割合	0.000	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.000	

各学校の児童数

院内小学校	638
寒川小学校	742
宮崎小学校	742
松ヶ丘小学校	558
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	526
生浜小学校	0
生浜西小学校	531
生浜東小学校	571
川戸小学校	332
蘇我小学校	513
大蔵寺小学校	0
大森小学校	670
鶴沢小学校	382
登戸小学校	0
都小学校	362
弁天小学校	827
本町小学校	0

(人)

13diston



各評価項目の値

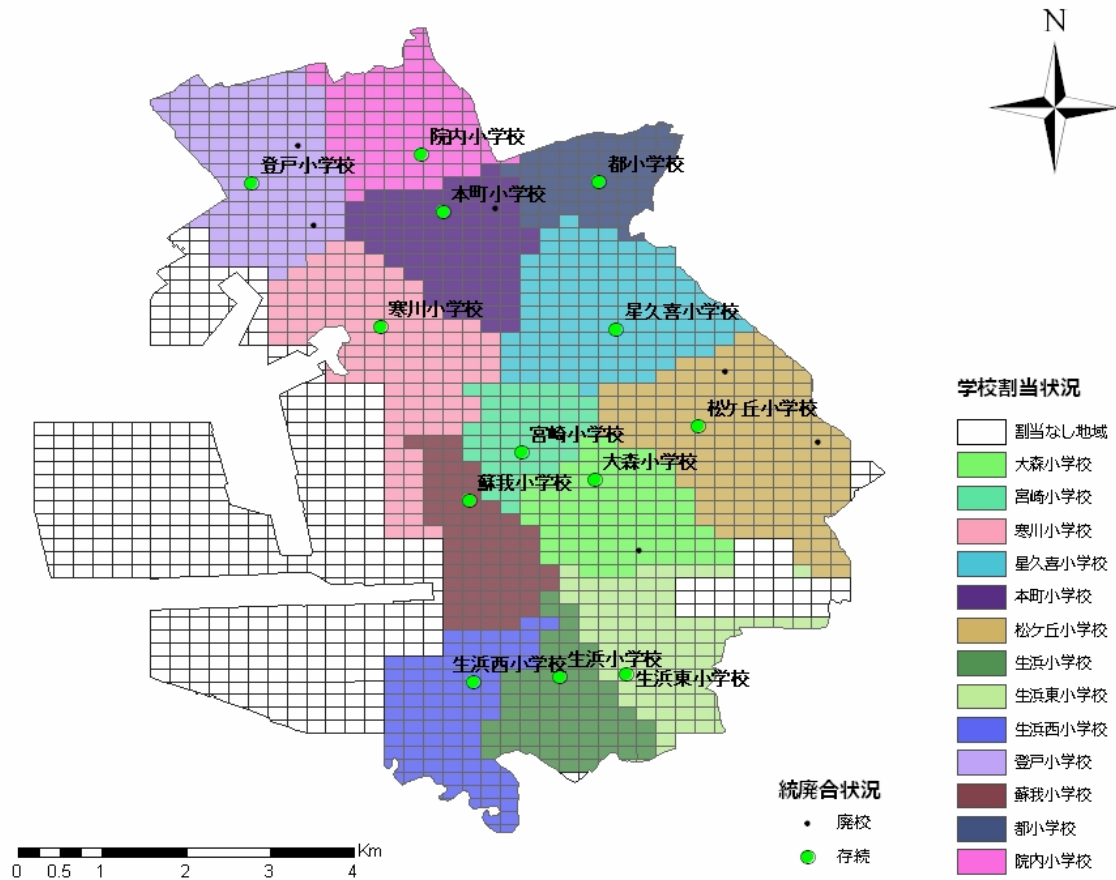
学校数	13	校
平均通学距離	646.8	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	157.4	
通学校変更児童割合	0.355	
通学校変更地域面積割合	0.413	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.139	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.158	
最近隣校に通わない児童割合	0.054	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.082	

各学校の児童数

院内小学校	637
寒川小学校	752
宮崎小学校	794
松ヶ丘小学校	579
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	488
生浜小学校	0
生浜西小学校	540
生浜東小学校	547
川戸小学校	319
蘇我小学校	482
大蔵寺小学校	0
大森小学校	667
鶴沢小学校	398
登戸小学校	0
都小学校	356
弁天小学校	836
本町小学校	0

(人)

13BKoff



各評価項目の値

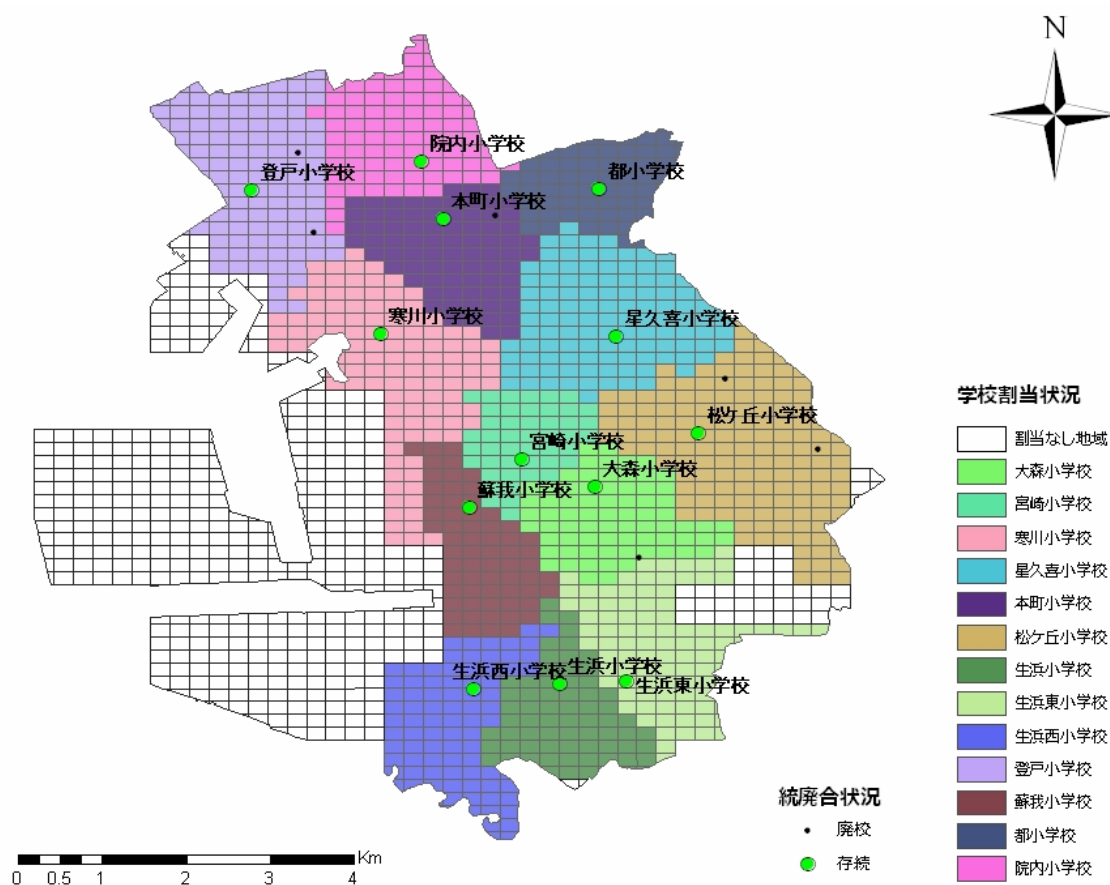
学校数	13	校
平均通学距離	684.2	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	188.9	
通学校変更児童割合	0.206	
通学校変更地域面積割合	0.258	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.110	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.117	

各学校の児童数

院内小学校	708
寒川小学校	667
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	624
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	412
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	662
鶴沢小学校	0
登戸小学校	741
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	514

(人)

13BKon



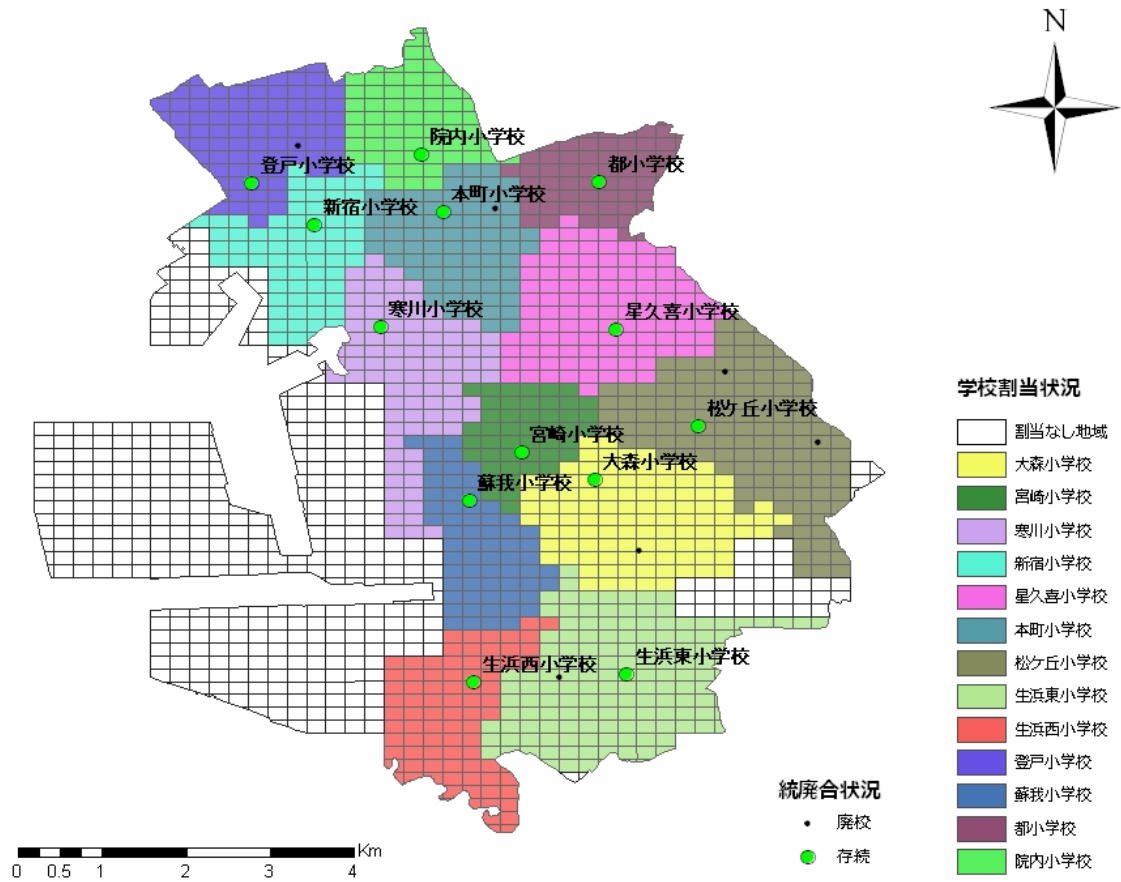
各評価項目の値

学校数	13	校
平均通学距離	685.5	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	188.2	
通学校変更児童割合	0.206	
通学校変更地域面積割合	0.260	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.002	
最近隣校に通わない児童割合	0.121	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.143	

各学校の児童数

院内小学校	717
寒川小学校	656
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	956
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	621
生浜小学校	297
生浜西小学校	356
生浜東小学校	420
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	658
鶴沢小学校	0
登戸小学校	751
都小学校	333
弁天小学校	0
本町小学校	506
(人)	

13KKoff



各評価項目の値

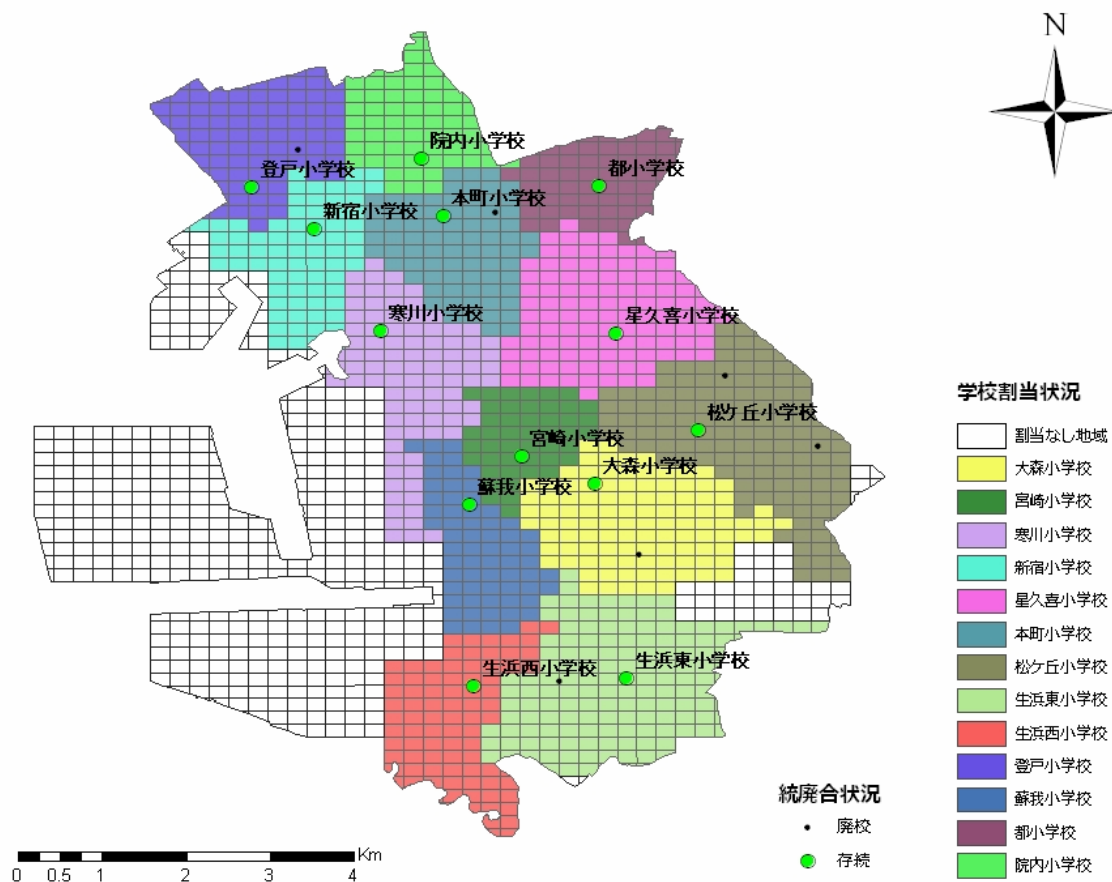
学校数	13	校
平均通学距離	740.0	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	173.0	
通学校変更児童割合	0.206	
通学校変更地域面積割合	0.316	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.149	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.181	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	639
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	521

(人)

13KKon



各評価項目の値

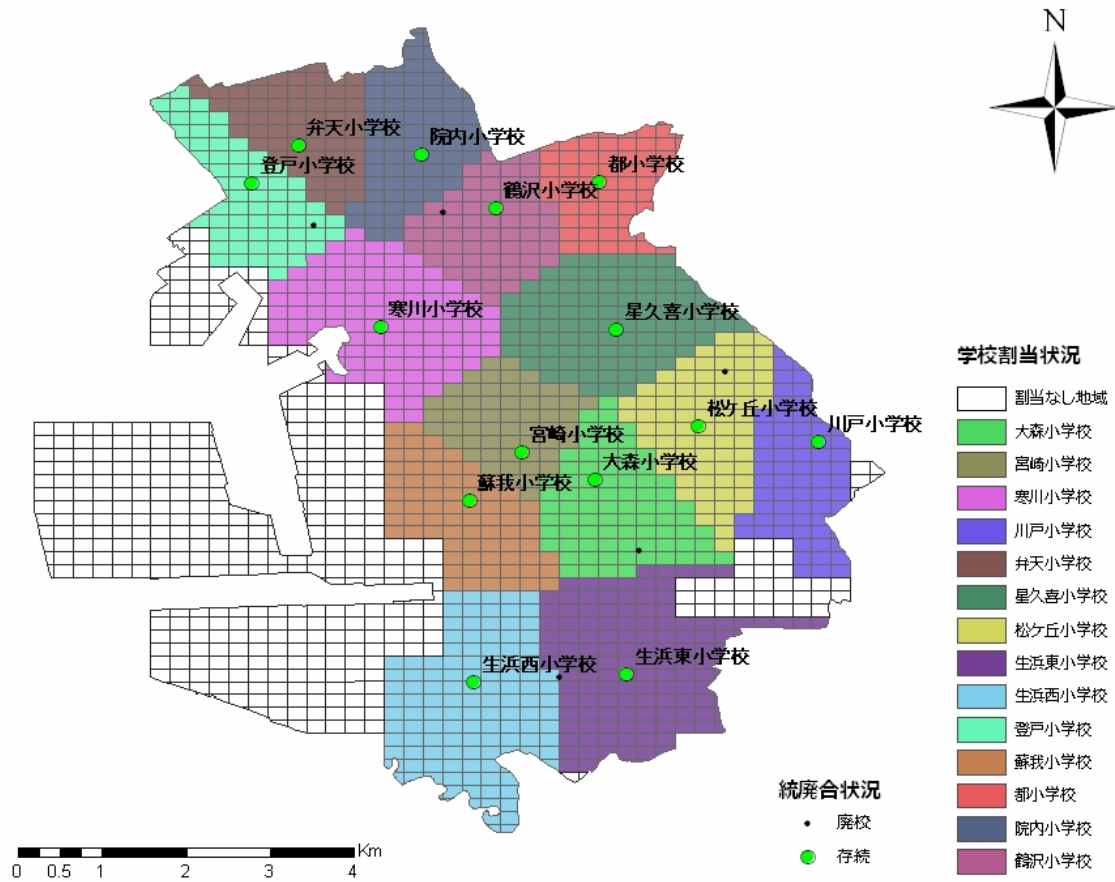
学校数	13	校
平均通学距離	740.0	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	173.0	
通学校変更児童割合	0.206	
通学校変更地域面積割合	0.316	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.149	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.181	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	0
生浜西小学校	356
生浜東小学校	682
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	639
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	521

(人)

14distoff



各評価項目の値

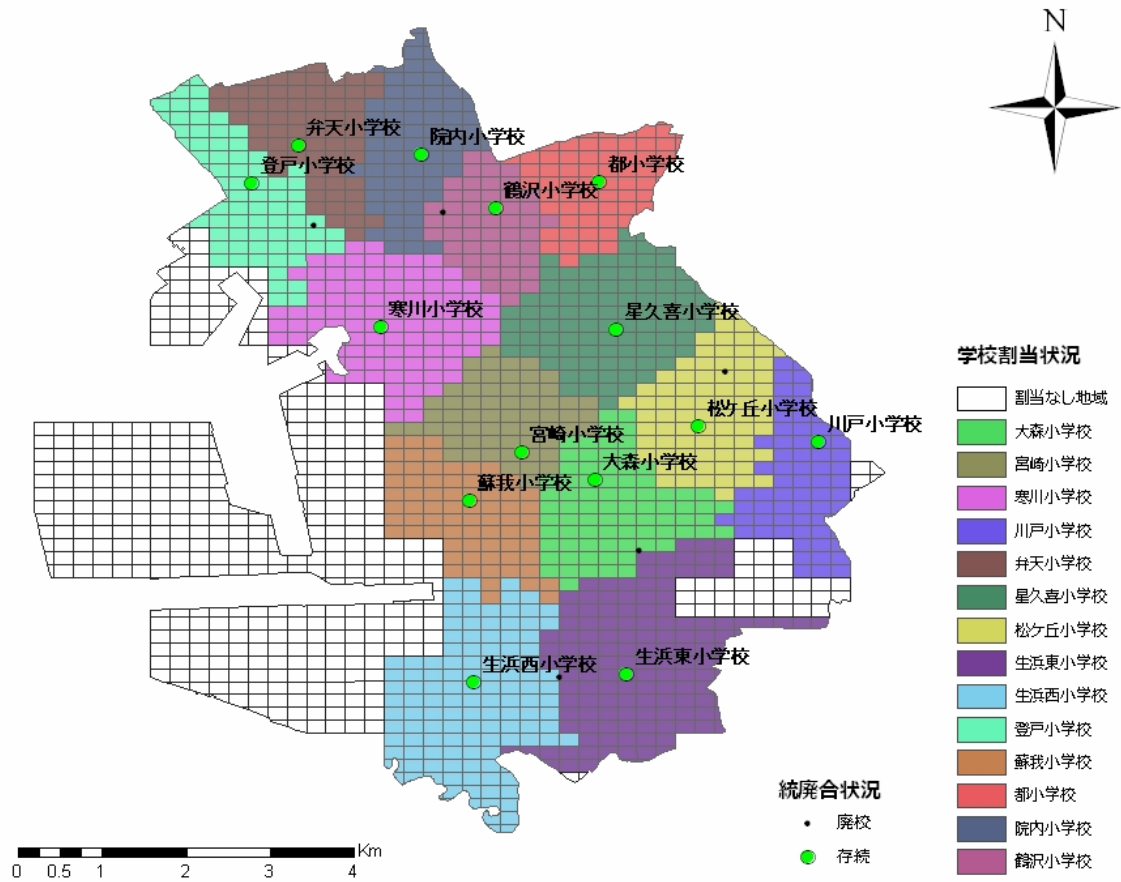
学校数	14	校
平均通学距離	623.2	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	125.7	
通学校変更児童割合	0.303	
通学校変更地域面積割合	0.361	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.125	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.133	
最近隣校に通わない児童割合	0.000	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.000	

各学校の児童数

院内小学校	638
寒川小学校	707
宮崎小学校	742
松ヶ丘小学校	558
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	526
生浜小学校	0
生浜西小学校	531
生浜東小学校	571
川戸小学校	332
蘇我小学校	513
大蔵寺小学校	0
大森小学校	670
鶴沢小学校	382
登戸小学校	459
都小学校	362
弁天小学校	402
本町小学校	0

(人)

14diston



各評価項目の値

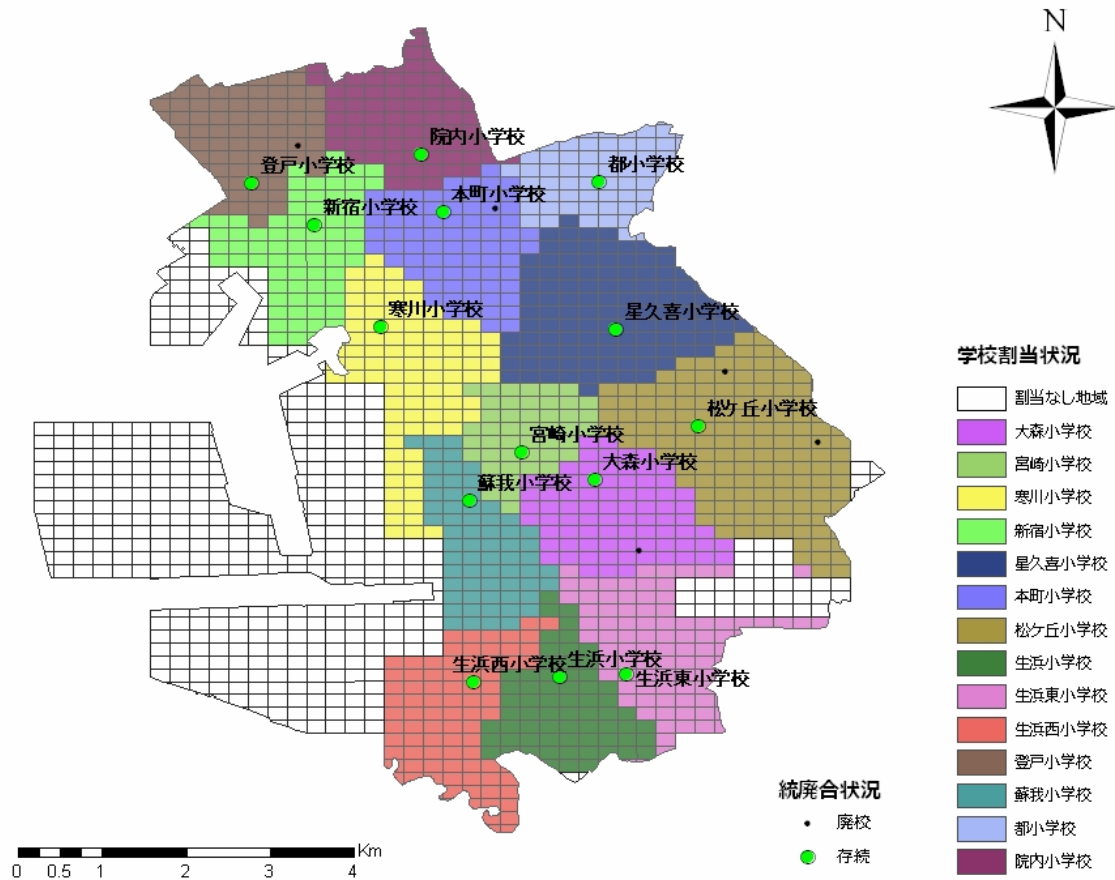
学校数	14	校
平均通学距離	629.0	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	129.5	
通学校変更児童割合	0.314	
通学校変更地域面積割合	0.369	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.138	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.143	
最近隣校に通わない児童割合	0.068	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.094	

各学校の児童数

院内小学校	638
寒川小学校	697
宮崎小学校	744
松ヶ丘小学校	589
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	516
生浜小学校	0
生浜西小学校	544
生浜東小学校	565
川戸小学校	308
蘇我小学校	513
大蔵寺小学校	0
大森小学校	664
鶴沢小学校	342
登戸小学校	500
都小学校	393
弁天小学校	381
本町小学校	0

(人)

14BKoff



各評価項目の値

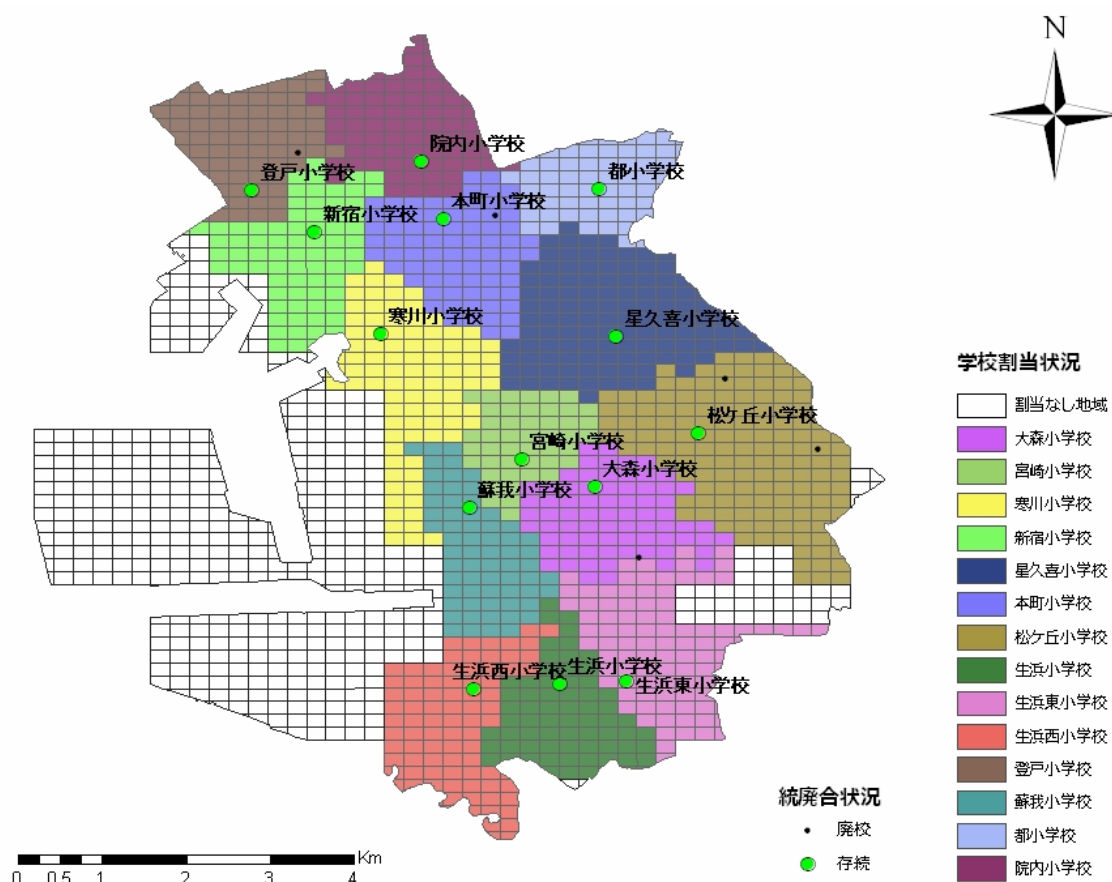
学校数	14	校
平均通学距離	677.6	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	183.1	
通学校変更児童割合	0.166	
通学校変更地域面積割合	0.196	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.126	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.146	

各学校の児童数

院内小学校	691
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	301
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	624
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	412
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	662
鶴沢小学校	0
登戸小学校	573
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	507

(人)

14BKon



各評価項目の値

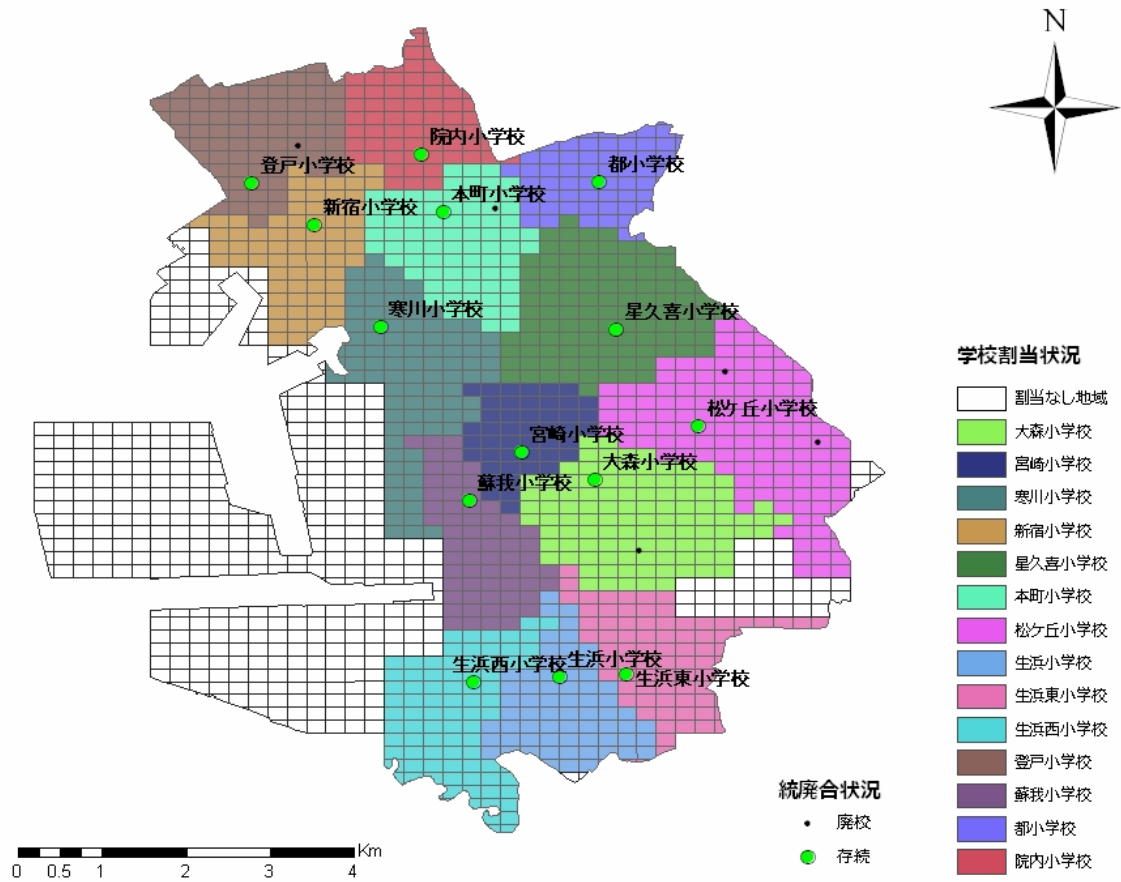
学校数	14	校
平均通学距離	678.8	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	180.4	
通学校変更児童割合	0.167	
通学校変更地域面積割合	0.199	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.001	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.003	
最近隣校に通わない児童割合	0.139	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.169	

各学校の児童数

院内小学校	681
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	955
新宿小学校	309
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	625
生浜小学校	297
生浜西小学校	356
生浜東小学校	420
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	656
鶴沢小学校	0
登戸小学校	576
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	507

(人)

14KKoff



各評価項目の値

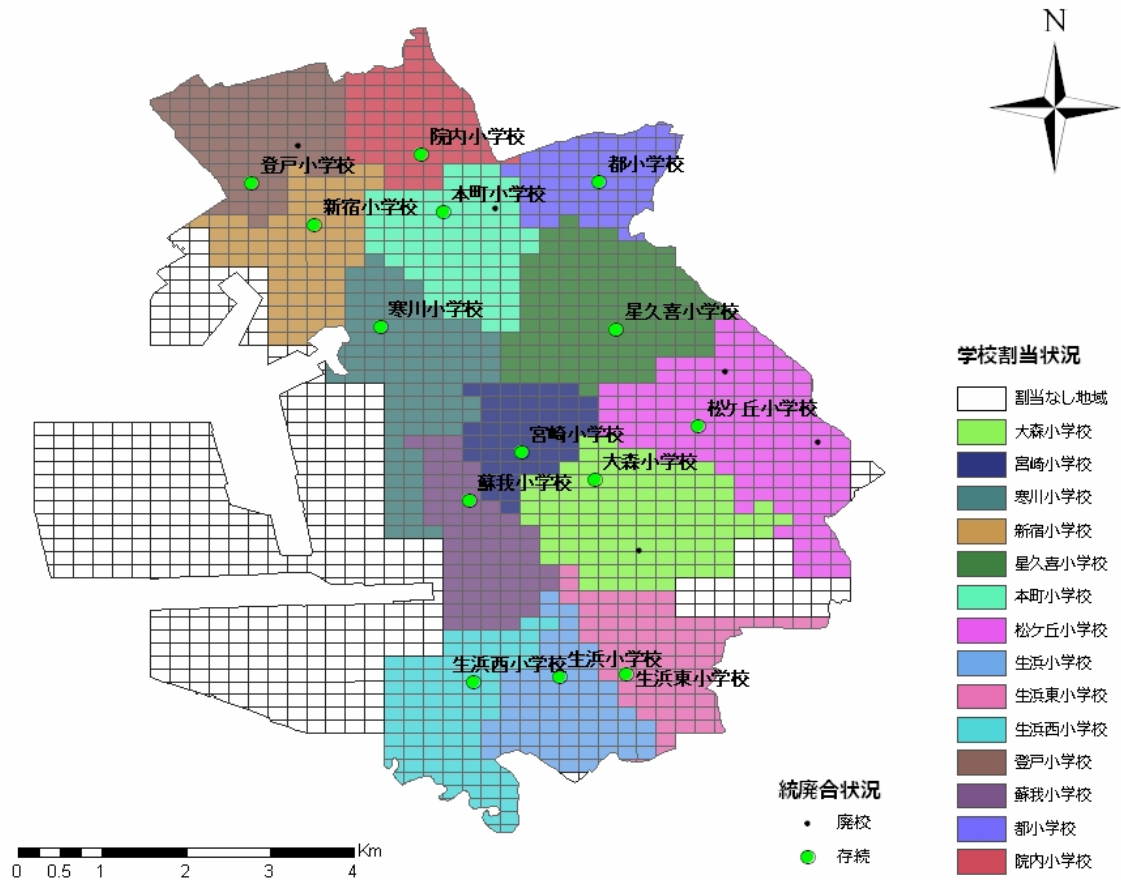
学校数	14	校
平均通学距離	730.2	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	181.6	
通学校変更児童割合	0.166	
通学校変更地域面積割合	0.263	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.149	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.183	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	639
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	521

(人)

14KKon



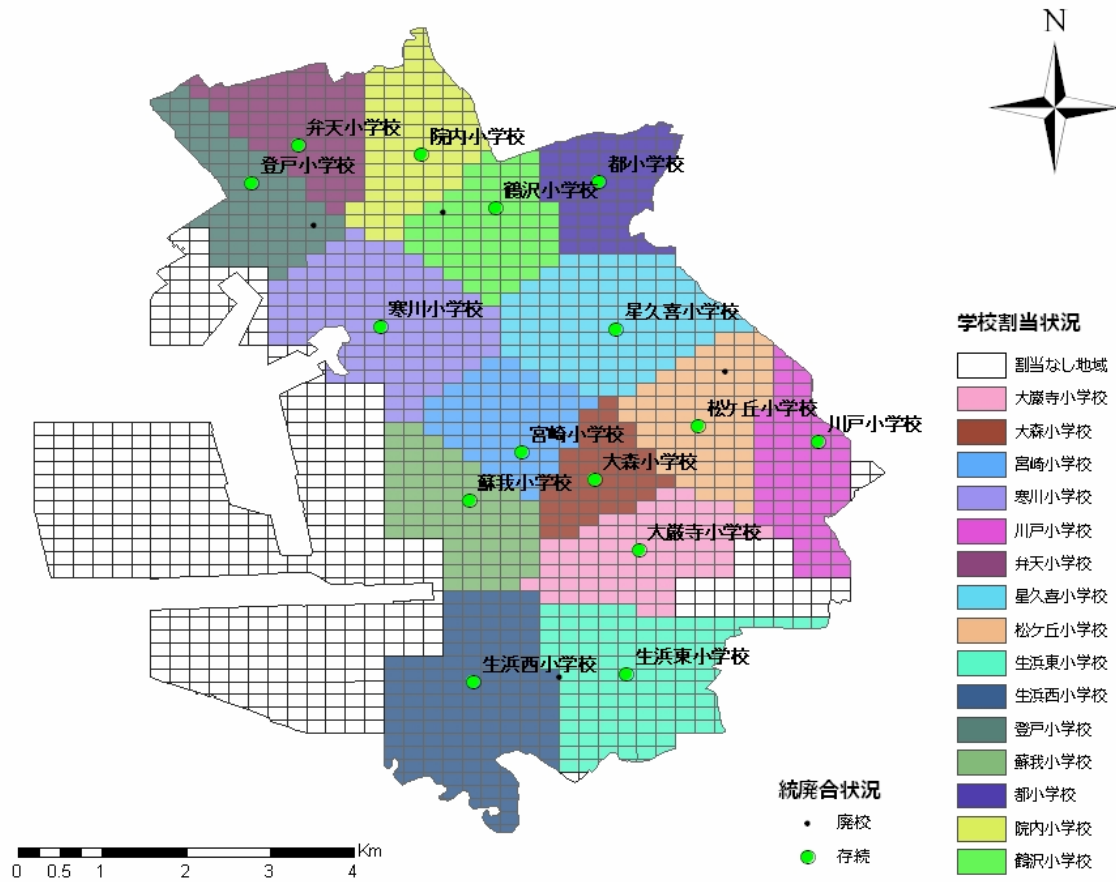
各評価項目の値

学校数	14	校
平均通学距離	730.2	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	181.6	
通学校変更児童割合	0.166	
通学校変更地域面積割合	0.263	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.149	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.183	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	639
都小学校	330
弁天小学校	0
本町小学校	521
(人)	

15distoff



各評価項目の値

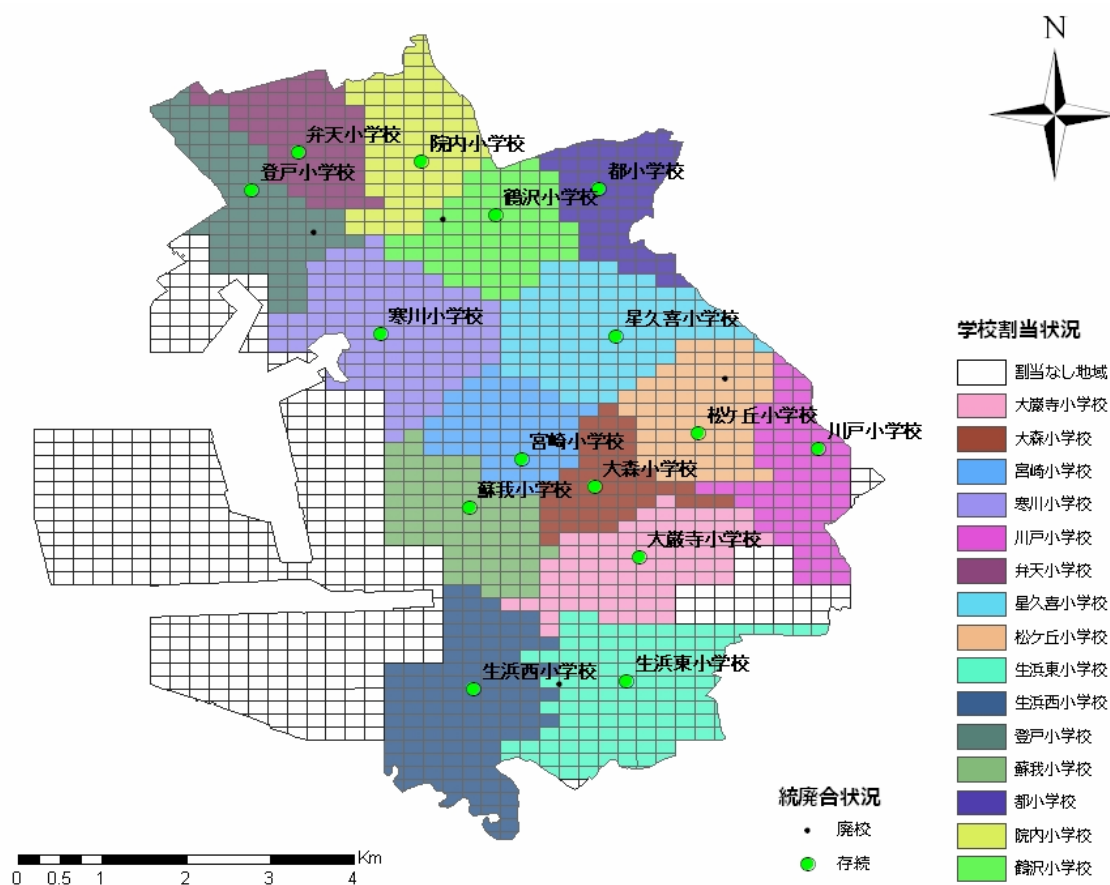
学校数	15	校
平均通学距離	612.7	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	124.4	
通学校変更児童割合	0.286	
通学校変更地域面積割合	0.337	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.144	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.166	
最近隣校に通わない児童割合	0.053	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.077	

各学校の児童数

院内小学校	649
寒川小学校	721
宮崎小学校	706
松ヶ丘小学校	554
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	518
生浜小学校	0
生浜西小学校	513
生浜東小学校	510
川戸小学校	330
蘇我小学校	499
大蔵寺小学校	336
大森小学校	465
鶴沢小学校	401
登戸小学校	502
都小学校	327
弁天小学校	361
本町小学校	0

(人)

15diston



各評価項目の値

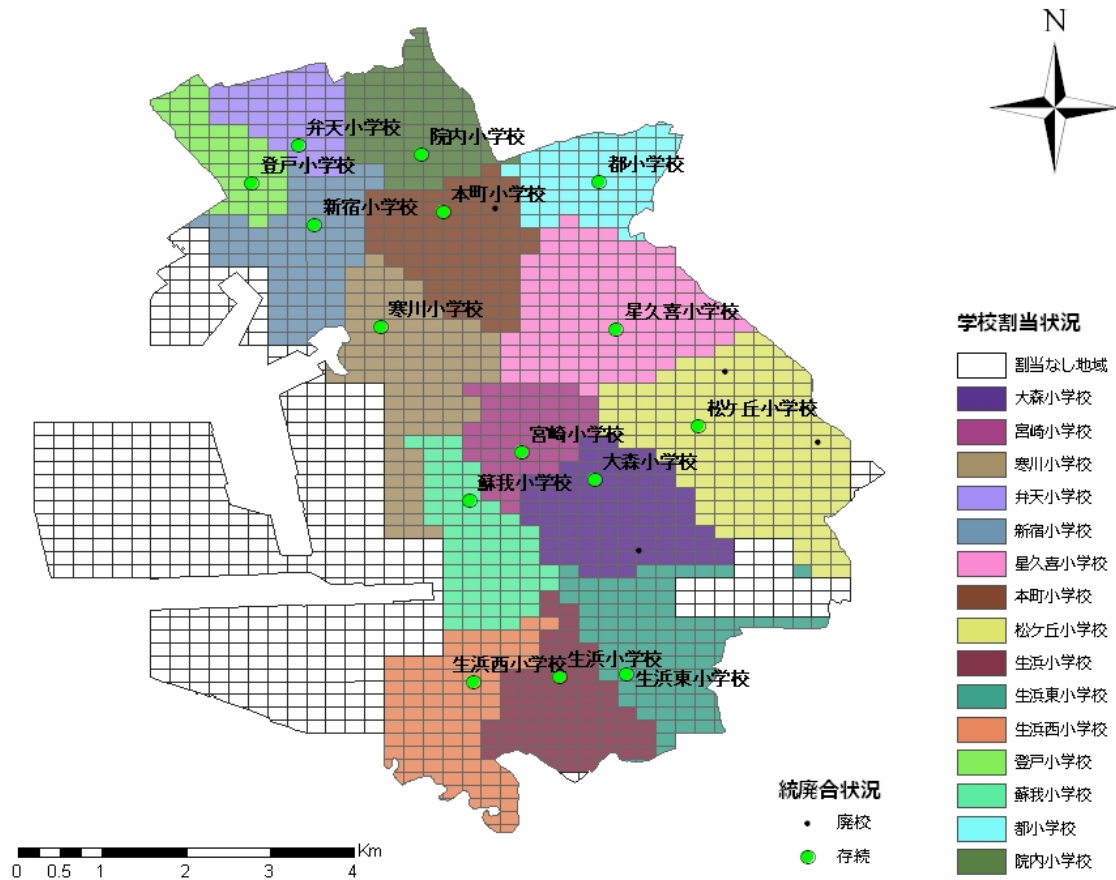
学校数	15	校
平均通学距離	612.7	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	124.4	
通学校変更児童割合	0.286	
通学校変更地域面積割合	0.337	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.144	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.166	
最近隣校に通わない児童割合	0.053	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.077	

各学校の児童数

院内小学校	649
寒川小学校	721
宮崎小学校	706
松ヶ丘小学校	554
新宿小学校	0
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	518
生浜小学校	0
生浜西小学校	513
生浜東小学校	510
川戸小学校	330
蘇我小学校	499
大蔵寺小学校	336
大森小学校	465
鶴沢小学校	401
登戸小学校	502
都小学校	327
弁天小学校	361
本町小学校	0

(人)

15BKoff



各評価項目の値

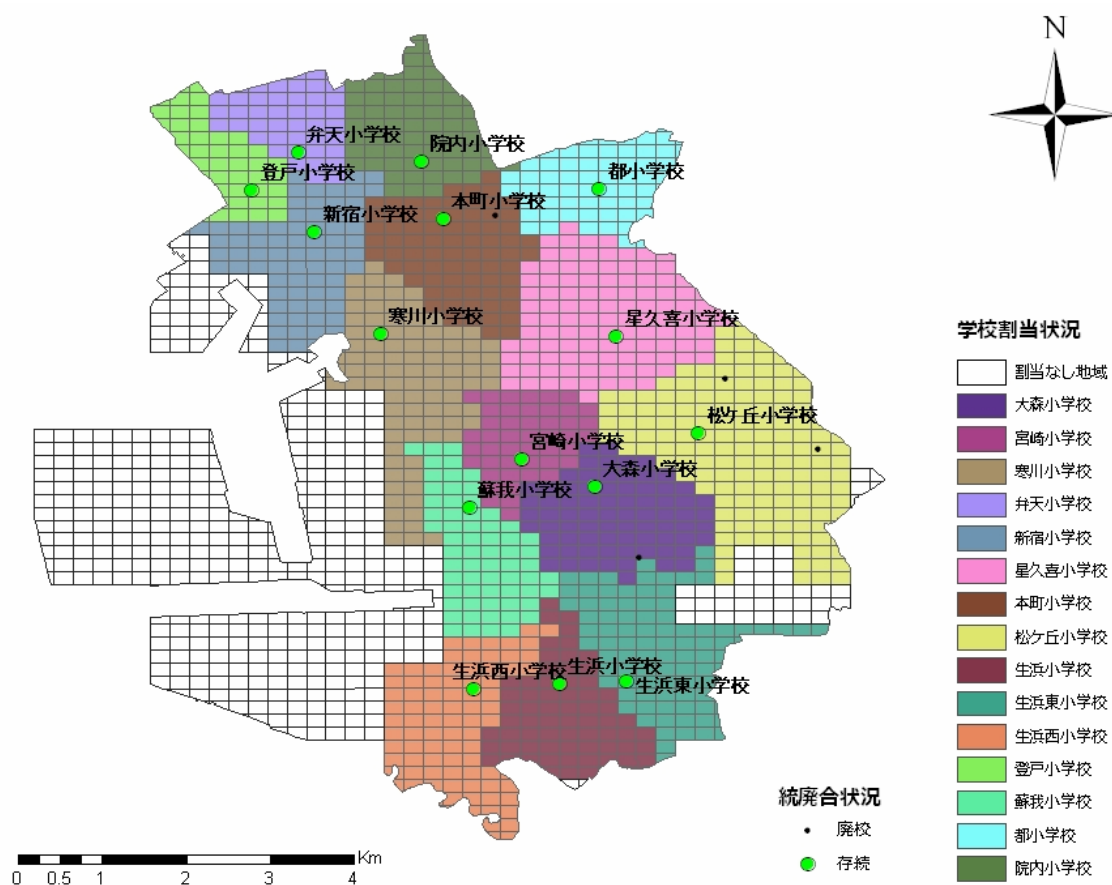
学校数	15	校
平均通学距離	662.4	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	187.2	
通学校変更児童割合	0.127	
通学校変更地域面積割合	0.157	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.141	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.159	

各学校の児童数

院内小学校	633
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	959
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	624
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	412
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	662
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	507

(人)

15BKon



各評価項目の値

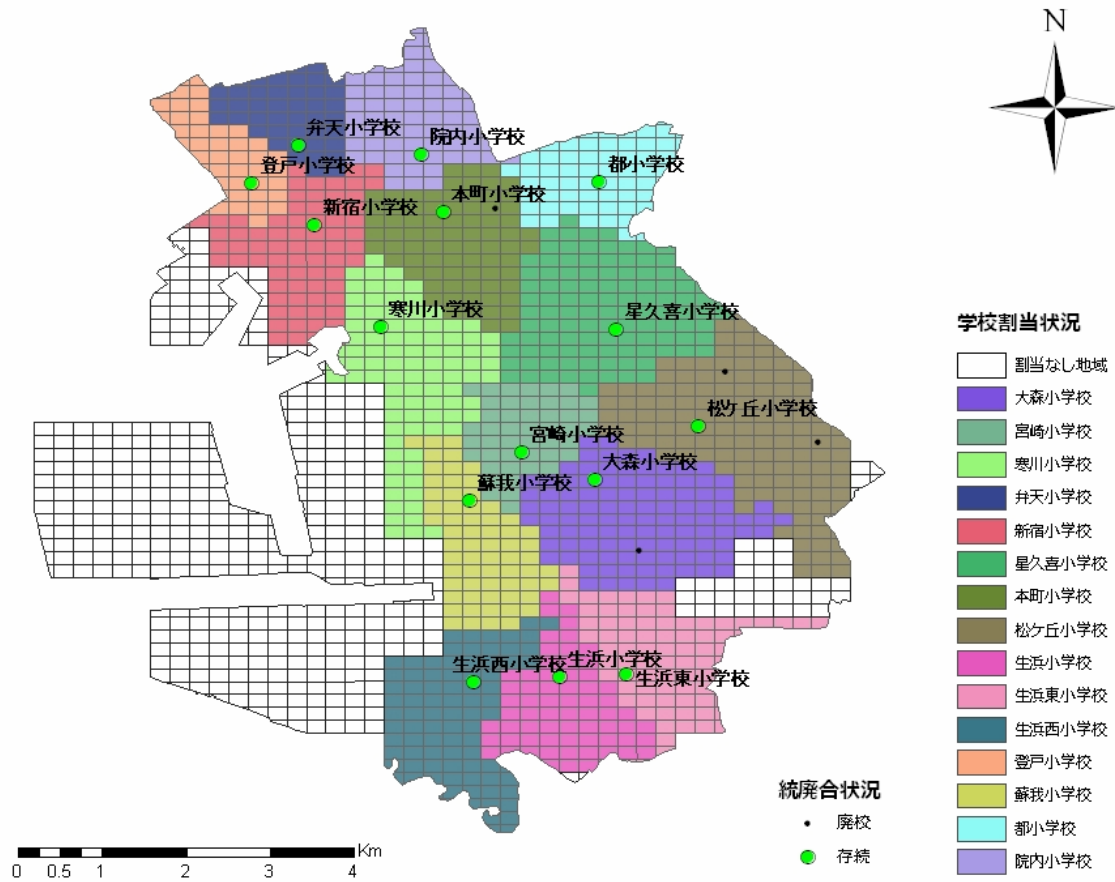
学校数	15	校
平均通学距離	663.0	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	185.7	
通学校変更児童割合	0.128	
通学校変更地域面積割合	0.160	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.001	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.003	
最近隣校に通わない児童割合	0.146	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.172	

各学校の児童数

院内小学校	633
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	958
新宿小学校	301
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	619
生浜小学校	297
生浜西小学校	356
生浜東小学校	423
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	655
鶴沢小学校	0
登戸小学校	343
都小学校	333
弁天小学校	289
本町小学校	505

(人)

15KKoff



各評価項目の値

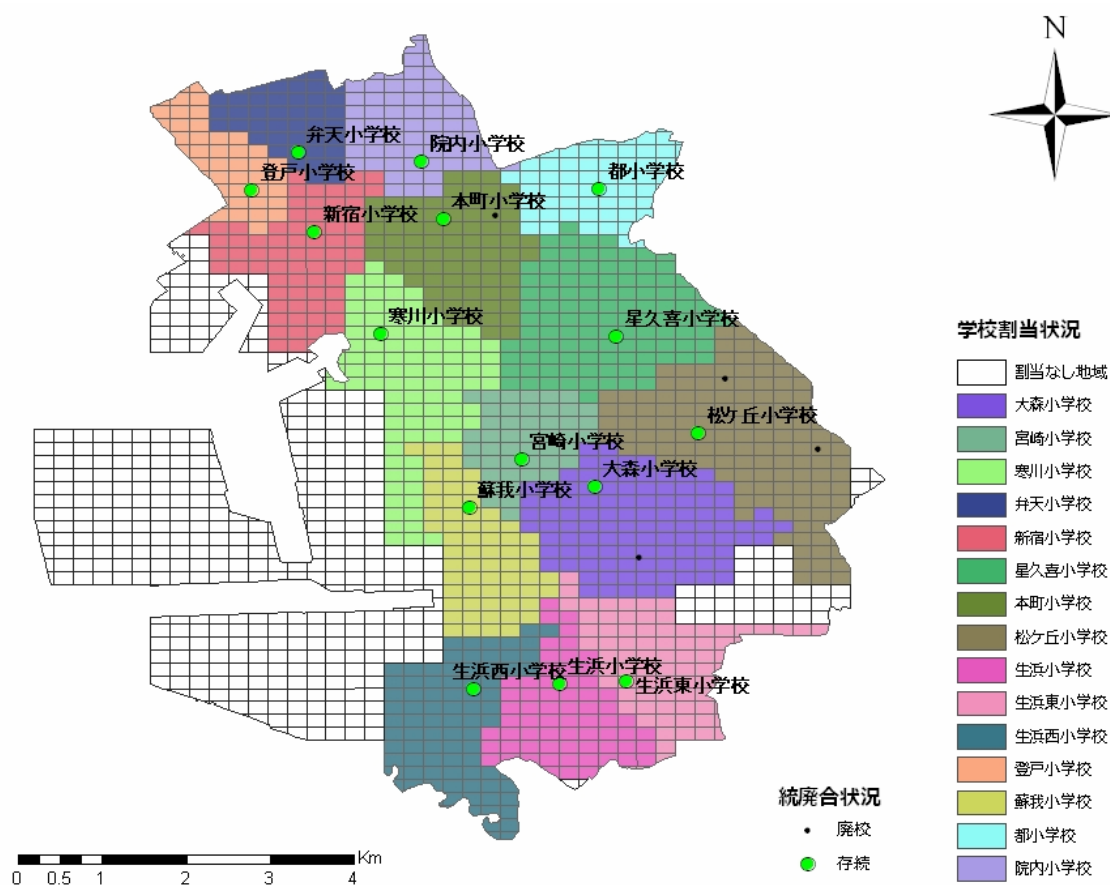
学校数	15	校
平均通学距離	713.5	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	186.2	
通学校変更児童割合	0.127	
通学校変更地域面積割合	0.211	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.155	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.186	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

(人)

15KKon



各評価項目の値

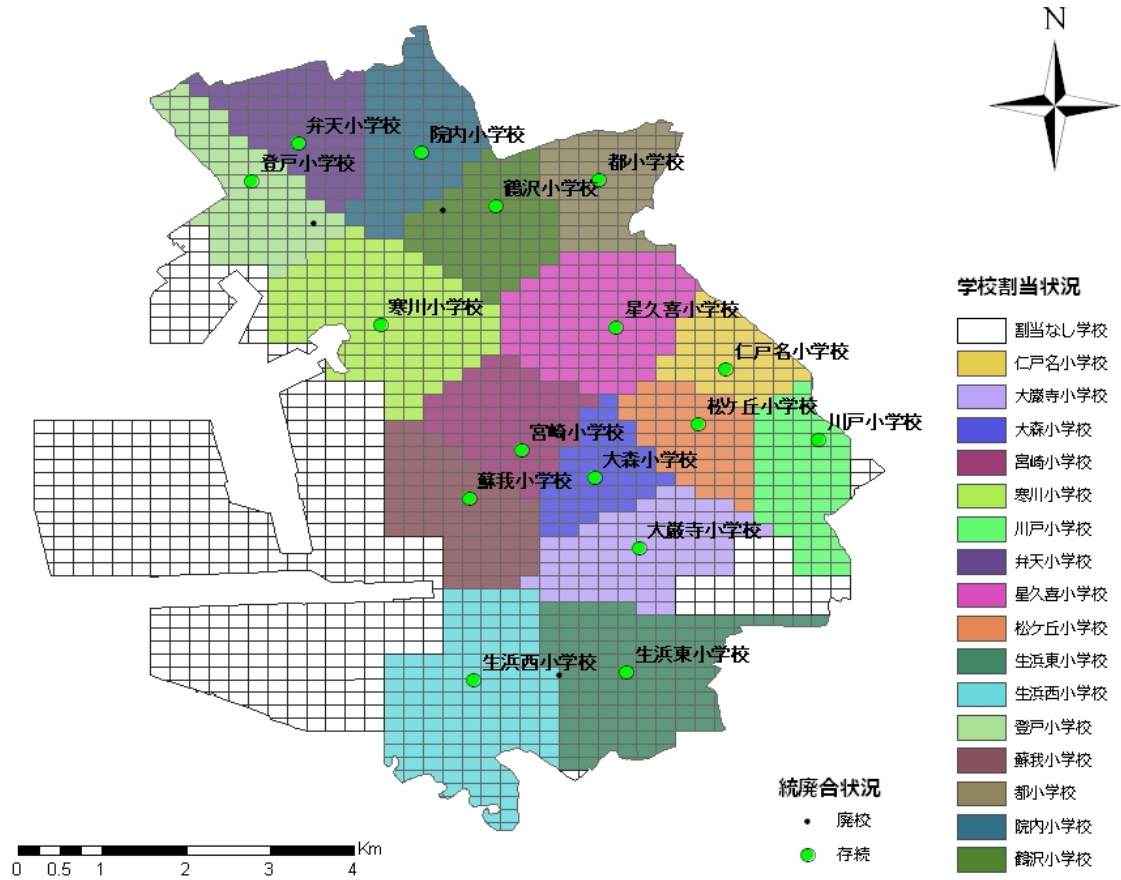
学校数	15	校
平均通学距離	713.5	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	186.2	
通学校変更児童割合	0.127	
通学校変更地域面積割合	0.211	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.155	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.186	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	0
大森小学校	745
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

(人)

16distoff



各評価項目の値

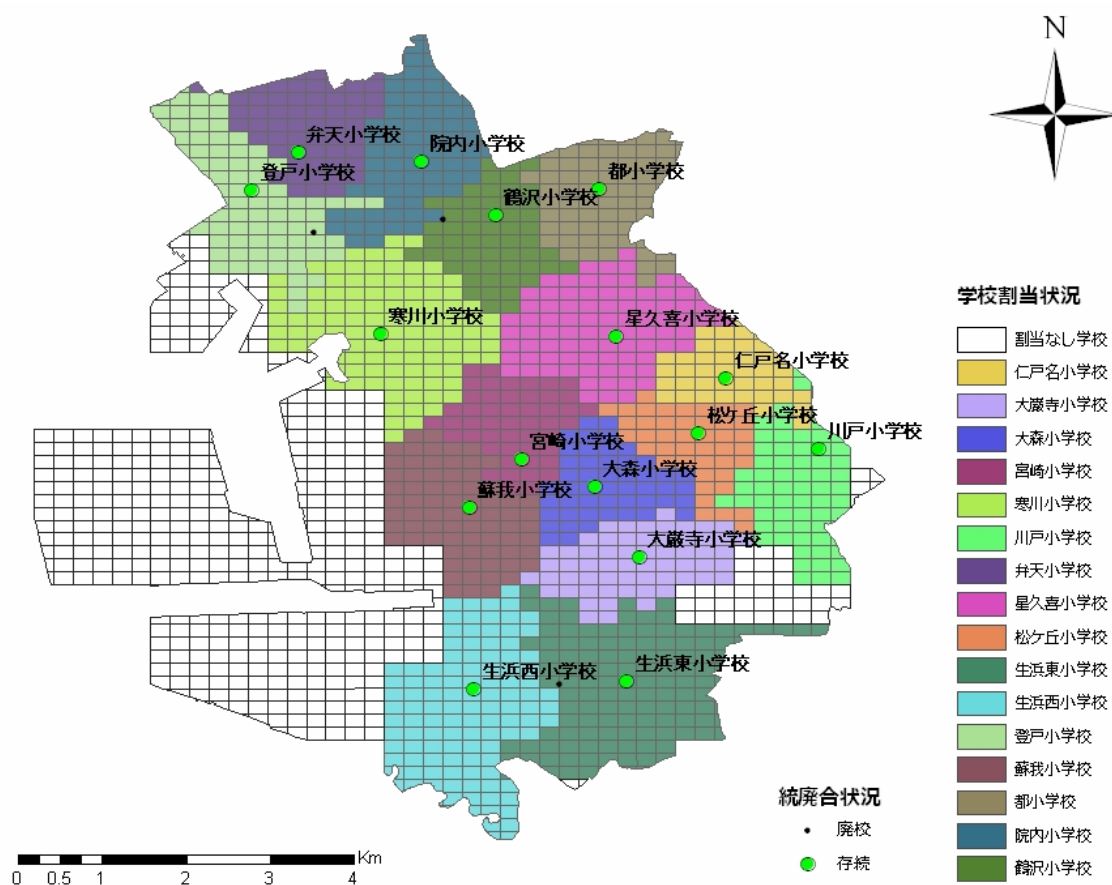
学校数	16	校
平均通学距離	595.9	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	138.3	
通学校変更児童割合	0.255	
通学校変更地域面積割合	0.306	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.142	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.160	
最近隣校に通わない児童割合	0.000	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.000	

各学校の児童数

院内小学校	638
寒川小学校	707
宮崎小学校	742
松ヶ丘小学校	350
新宿小学校	0
仁戸名小学校	258
星久喜小学校	498
生浜小学校	0
生浜西小学校	531
生浜東小学校	505
川戸小学校	273
蘇我小学校	480
大蔵寺小学校	328
大森小学校	476
鶴沢小学校	382
登戸小学校	459
都小学校	362
弁天小学校	402
本町小学校	0

(人)

16diston



各評価項目の値

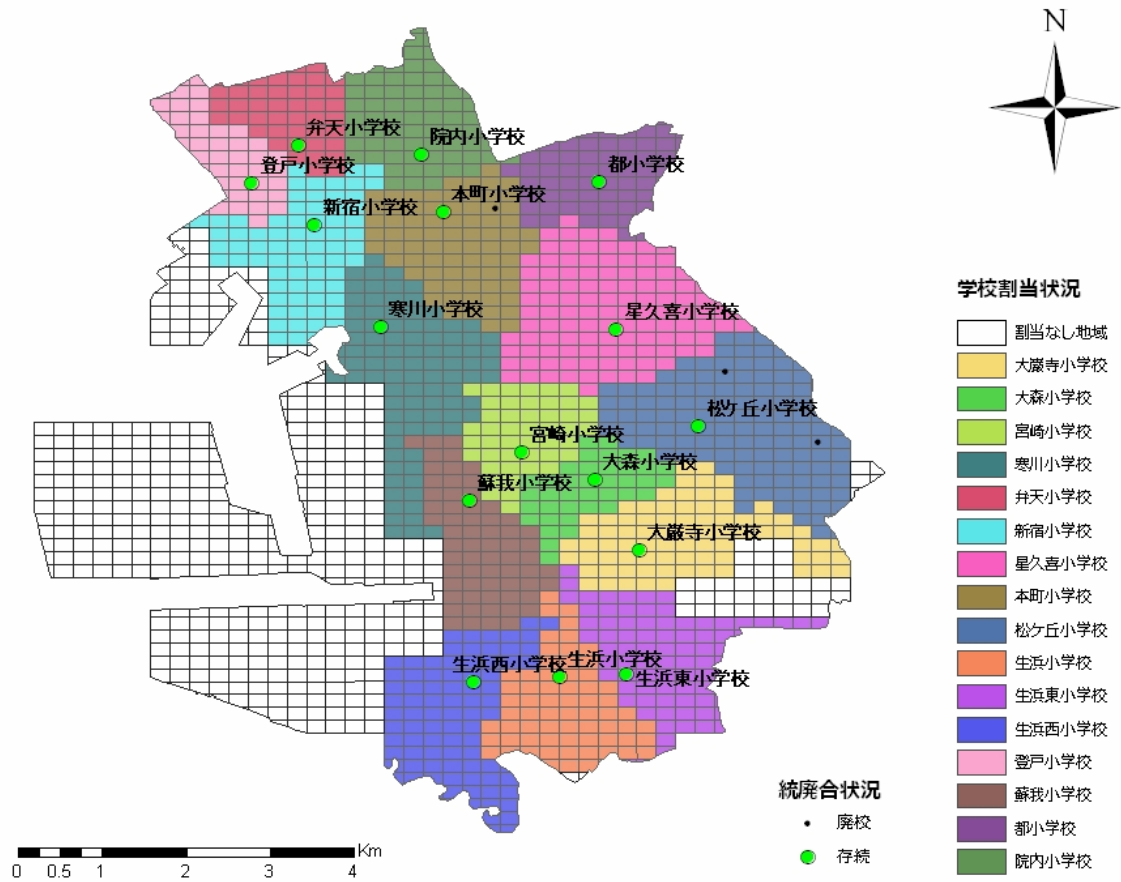
学校数	16	校
平均通学距離	601.8	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	137.1	
通学校変更児童割合	0.256	
通学校変更地域面積割合	0.314	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.144	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.170	
最近隣校に通わない児童割合	0.066	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.098	

各学校の児童数

院内小学校	645
寒川小学校	714
宮崎小学校	695
松ヶ丘小学校	368
新宿小学校	0
仁戸名小学校	267
星久喜小学校	476
生浜小学校	0
生浜西小学校	513
生浜東小学校	538
川戸小学校	285
蘇我小学校	491
大蔵寺小学校	289
大森小学校	491
鶴沢小学校	353
登戸小学校	519
都小学校	386
弁天小学校	364
本町小学校	0

(人)

16BKoff



各評価項目の値

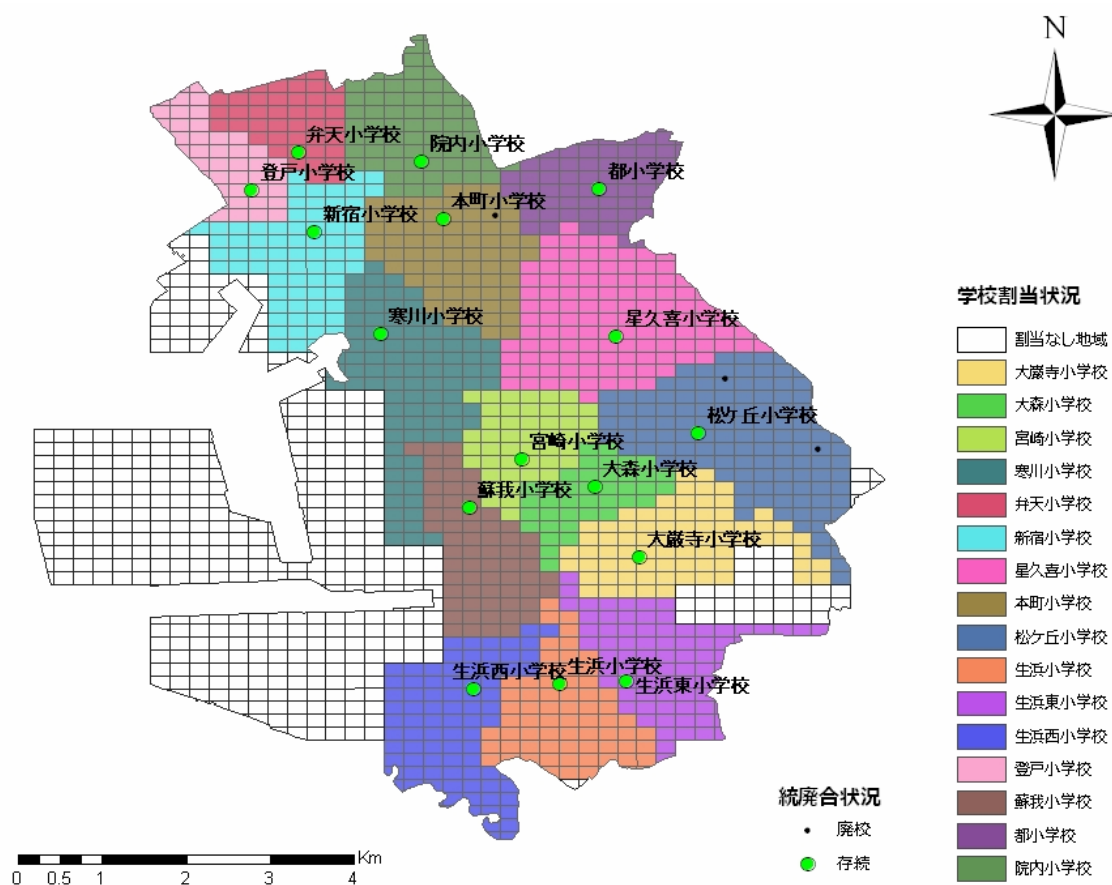
学校数	16	校
平均通学距離	649.9	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	171.8	
通学校変更児童割合	0.089	
通学校変更地域面積割合	0.100	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.152	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.172	

各学校の児童数

院内小学校	633
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	894
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	622
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	288
大森小学校	466
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	507

(人)

16BKon



各評価項目の値

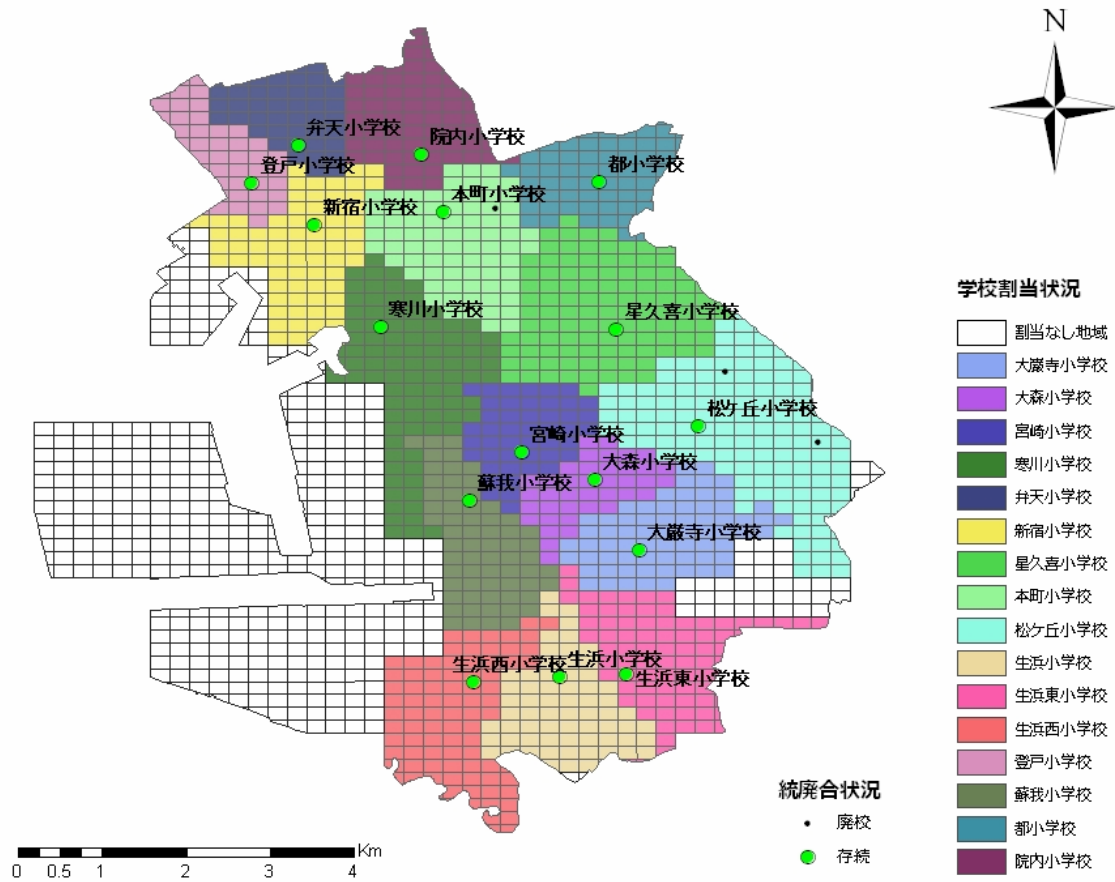
学校数	16	校
平均通学距離	650.2	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	171.6	
通学校変更児童割合	0.090	
通学校変更地域面積割合	0.102	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.001	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.003	
最近隣校に通わない児童割合	0.155	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.184	

各学校の児童数

院内小学校	639
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	891
新宿小学校	301
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	626
生浜小学校	297
生浜西小学校	356
生浜東小学校	384
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	287
大森小学校	466
鶴沢小学校	0
登戸小学校	343
都小学校	333
弁天小学校	289
本町小学校	498

(人)

16KKoff



各評価項目の値

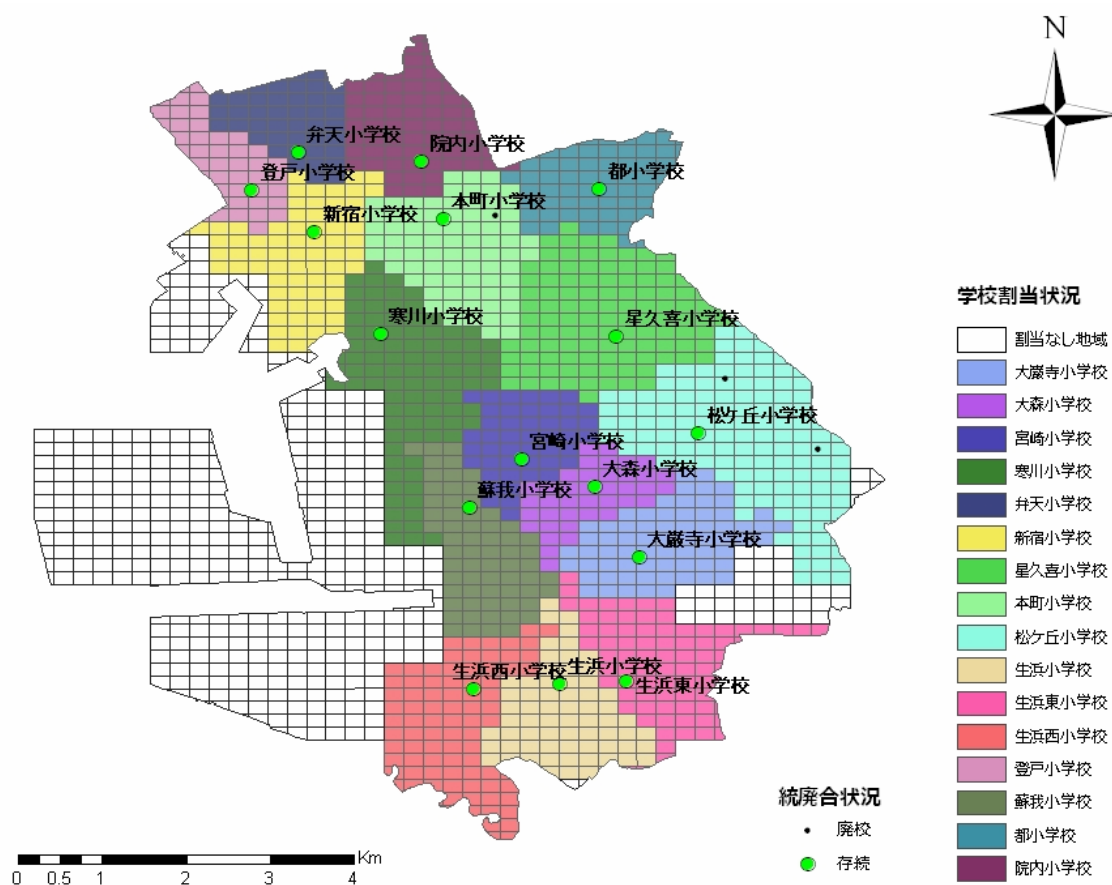
学校数	16	校
平均通学距離	695.3	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	174.8	
通学校変更児童割合	0.089	
通学校変更地域面積割合	0.158	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.157	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.187	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	278
大森小学校	467
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

(人)

16KKon



各評価項目の値

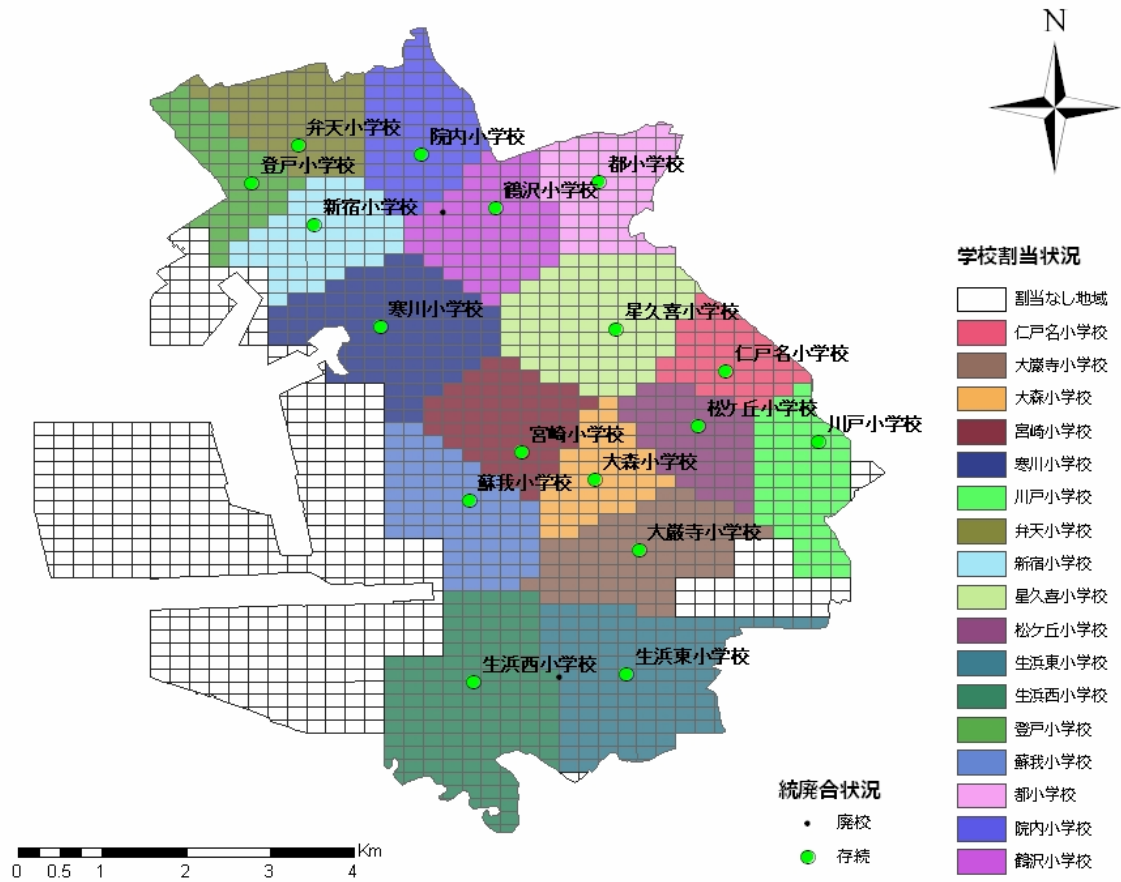
学校数	16	校
平均通学距離	695.3	m
最大通学距離	1338.3	m
学校収容児童数の標準偏差	174.8	
通学校変更児童割合	0.089	
通学校変更地域面積割合	0.158	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.157	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.187	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	916
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	0
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	278
大森小学校	467
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

(人)

17distoff



各評価項目の値

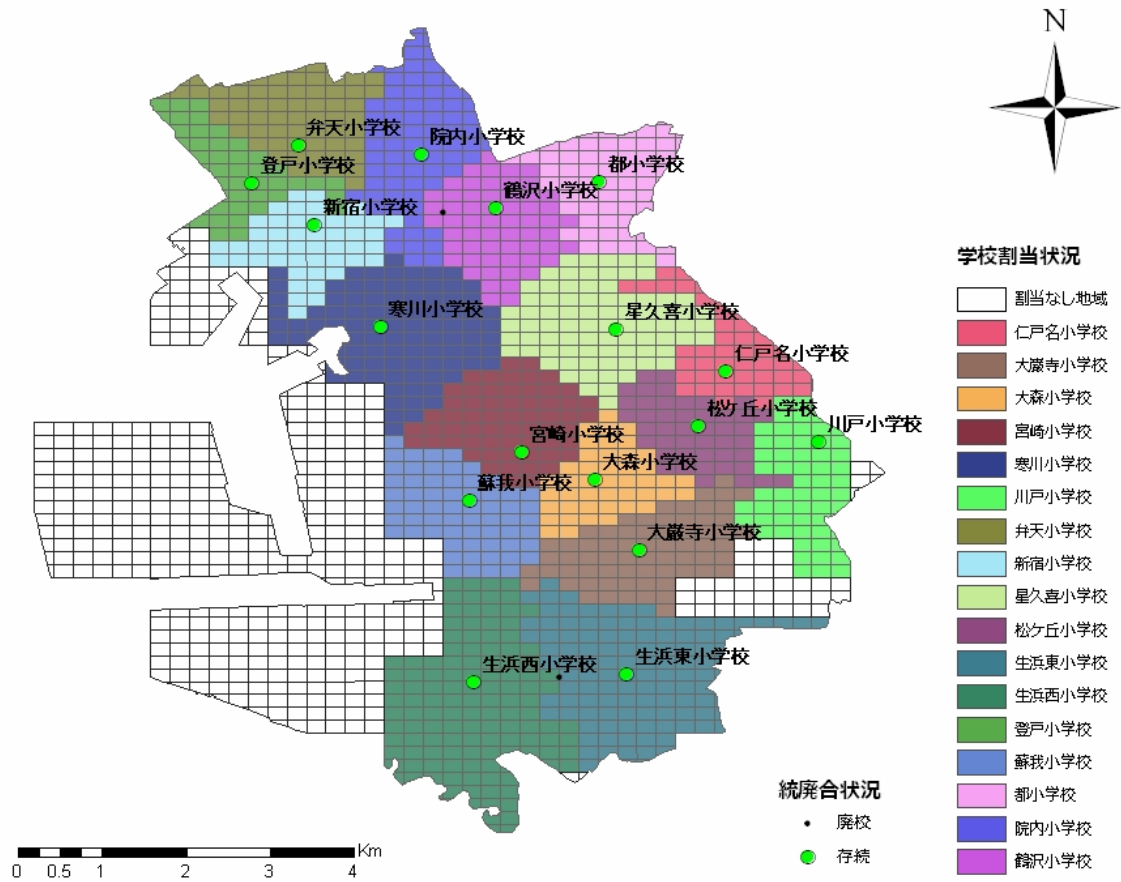
学校数	17	校
平均通学距離	583.4	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	139.7	
通学校変更児童割合	0.229	
通学校変更地域面積割合	0.270	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.152	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.177	
最近隣校に通わない児童割合	0.000	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.000	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	639
宮崎小学校	742
松ヶ丘小学校	350
新宿小学校	226
仁戸名小学校	258
星久喜小学校	498
生浜小学校	0
生浜西小学校	531
生浜東小学校	505
川戸小学校	273
蘇我小学校	480
大巖寺小学校	328
大森小学校	476
鶴沢小学校	382
登戸小学校	337
都小学校	362
弁天小学校	385
本町小学校	0

(人)

17diston



各評価項目の値

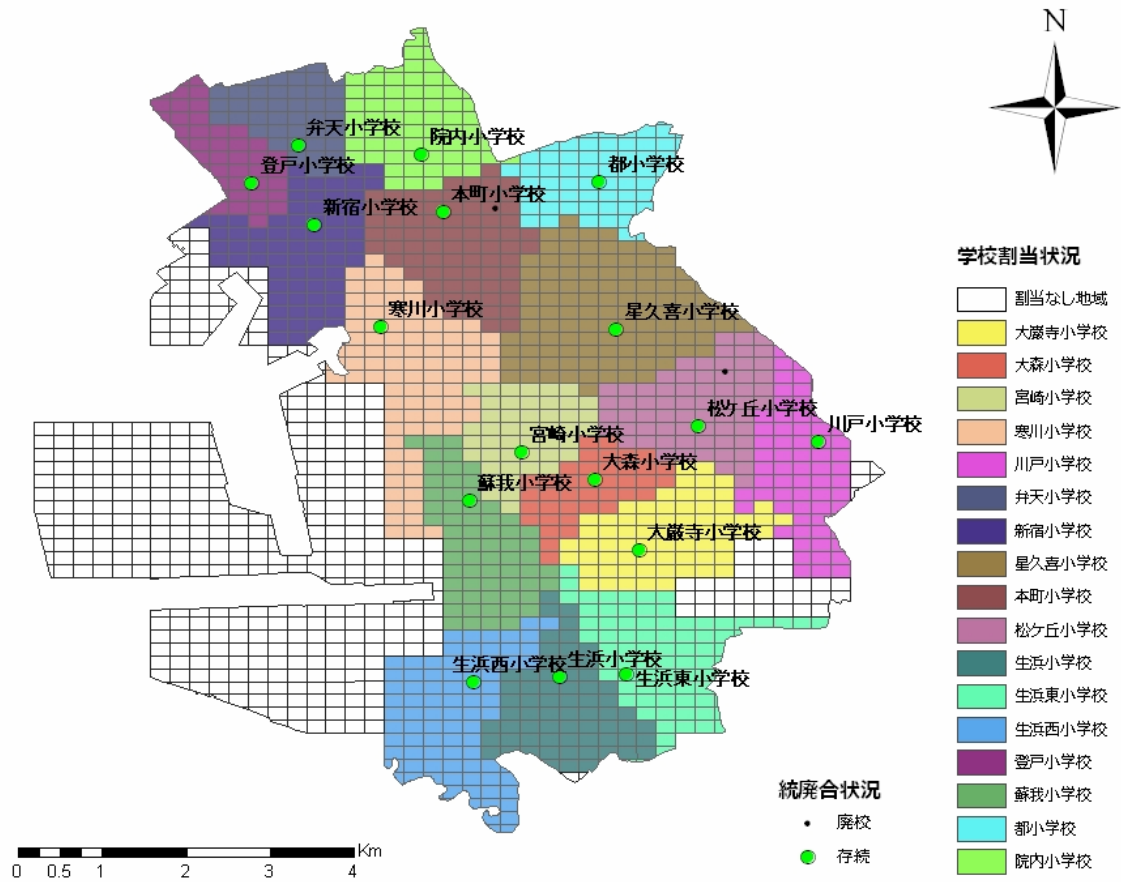
学校数	17	校
平均通学距離	589.5	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	149.6	
通学校変更児童割合	0.243	
通学校変更地域面積割合	0.289	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.167	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.199	
最近隣校に通わない児童割合	0.066	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.091	

各学校の児童数

院内小学校	623
寒川小学校	666
宮崎小学校	767
松ヶ丘小学校	368
新宿小学校	220
仁戸名小学校	251
星久喜小学校	483
生浜小学校	0
生浜西小学校	537
生浜東小学校	527
川戸小学校	273
蘇我小学校	451
大巖寺小学校	291
大森小学校	469
鶴沢小学校	390
登戸小学校	307
都小学校	345
弁天小学校	424
本町小学校	0

(人)

17BKoff



各評価項目の値

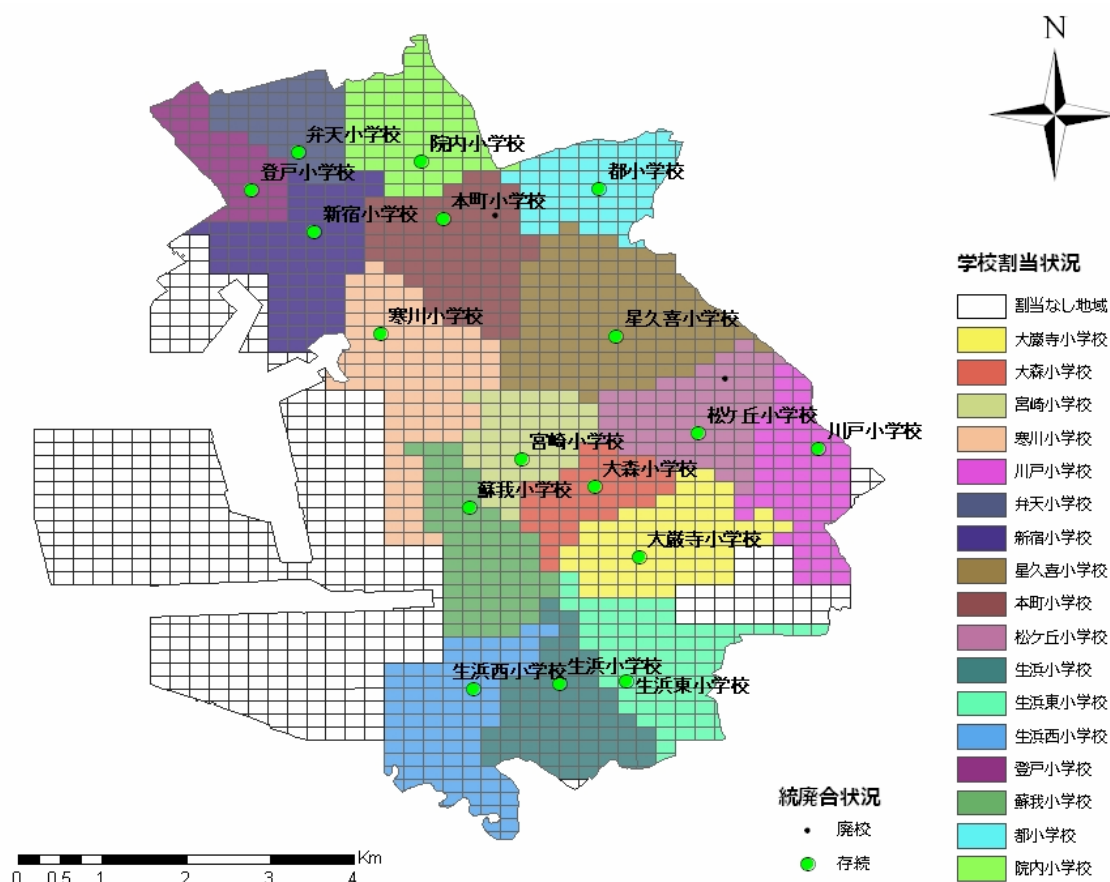
学校数	17	校
平均通学距離	626.6	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	137.2	
通学校変更児童割合	0.054	
通学校変更地域面積割合	0.047	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.154	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.175	

各学校の児童数

院内小学校	633
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	599
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	622
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	305
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	277
大森小学校	466
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	507

(人)

17BKon



各評価項目の値

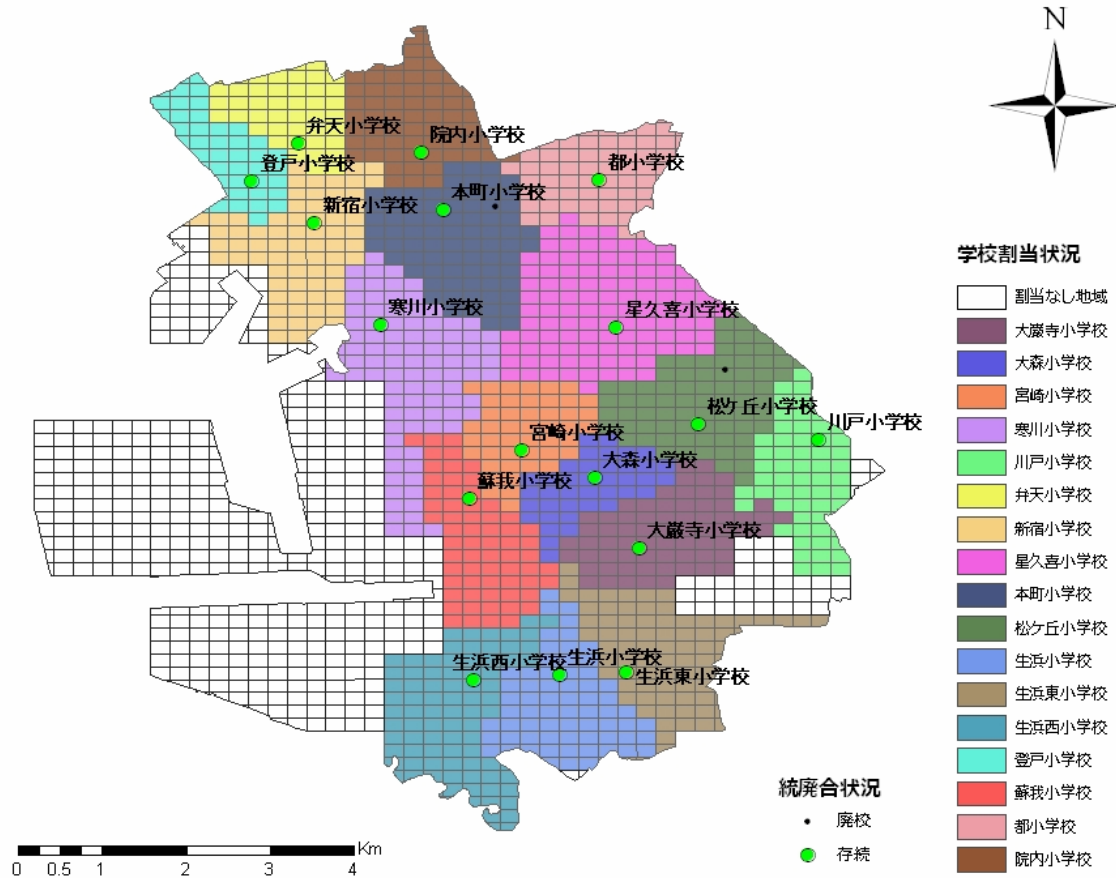
学校数	17	校
平均通学距離	626.9	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	138.0	
通学校変更児童割合	0.055	
通学校変更地域面積割合	0.050	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.001	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.003	
最近隣校に通わない児童割合	0.159	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.183	

各学校の児童数

院内小学校	626
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	599
新宿小学校	301
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	631
生浜小学校	297
生浜西小学校	356
生浜東小学校	384
川戸小学校	296
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	277
大森小学校	466
鶴沢小学校	0
登戸小学校	343
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	514

(人)

17KKoff



各評価項目の値

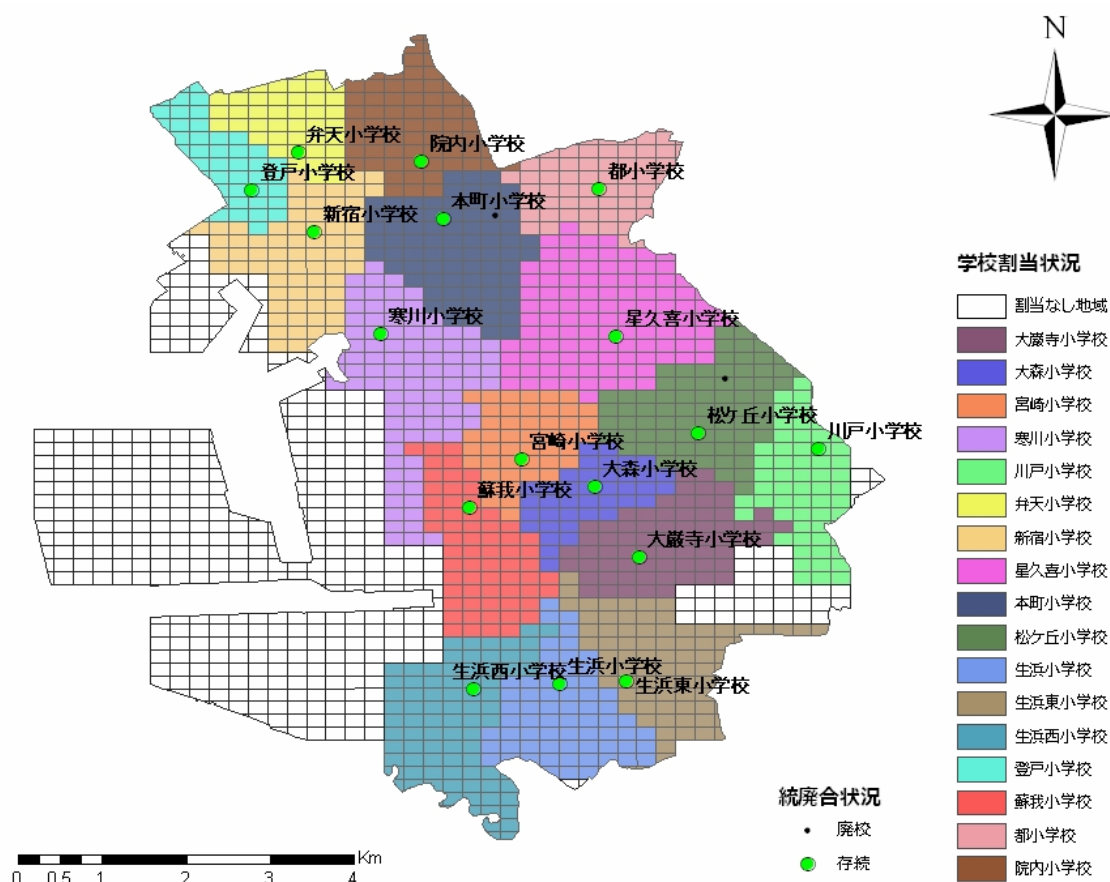
学校数	17	校
平均通学距離	673.3	m
最大通学距離	928.8	m
学校収容児童数の標準偏差	143.3	
通学校変更児童割合	0.054	
通学校変更地域面積割合	0.105	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.164	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.186	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	656
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	259
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	278
大森小学校	467
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

(人)

17KKon



各評価項目の値

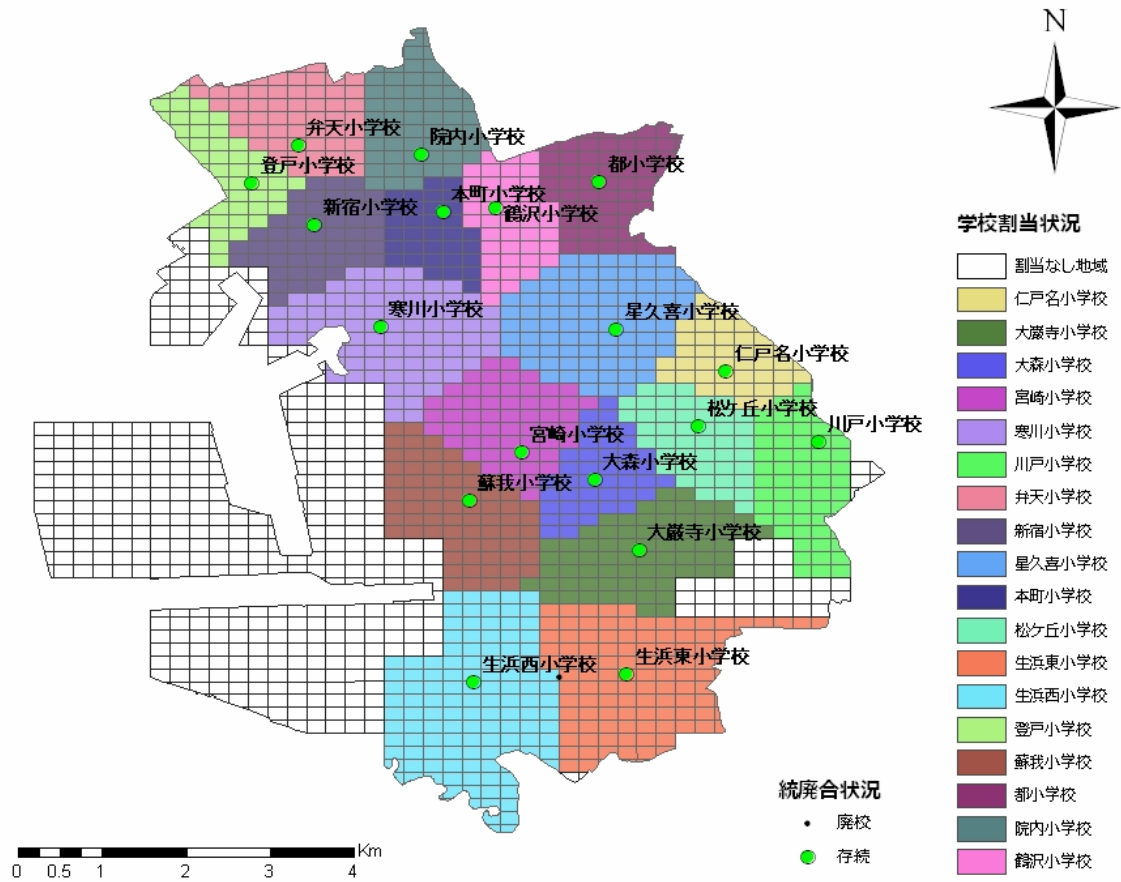
学校数	17	校
平均通学距離	673.3	m
最大通学距離	928.8	m
学校収容児童数の標準偏差	143.3	
通学校変更児童割合	0.054	
通学校変更地域面積割合	0.105	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.164	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.186	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	656
新宿小学校	295
仁戸名小学校	0
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	259
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	278
大森小学校	467
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

(人)

18distoff



各評価項目の値

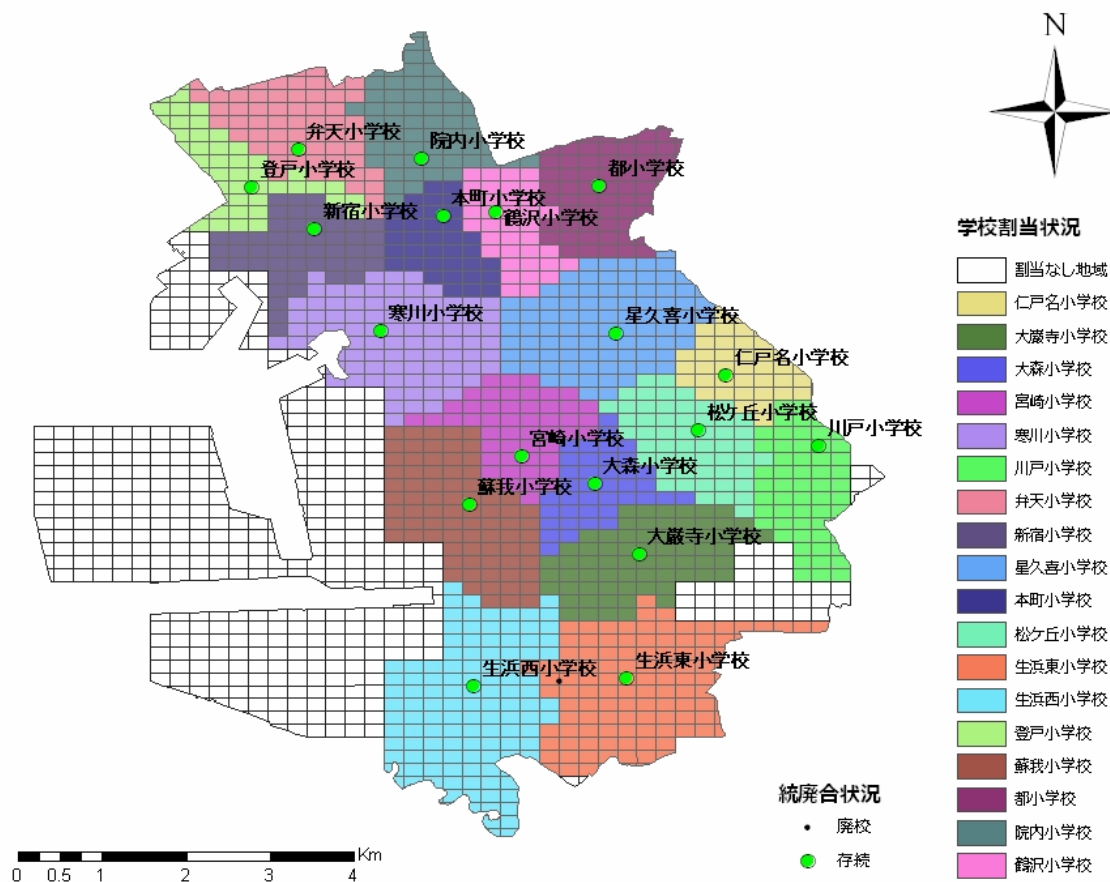
学校数	18	校
平均通学距離	577.3	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	145.9	
通学校変更児童割合	0.207	
通学校変更地域面積割合	0.246	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.174	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.196	
最近隣校に通わない児童割合	0.000	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.000	

各学校の児童数

院内小学校	560
寒川小学校	625
宮崎小学校	742
松ヶ丘小学校	350
新宿小学校	214
仁戸名小学校	258
星久喜小学校	498
生浜小学校	0
生浜西小学校	531
生浜東小学校	505
川戸小学校	273
蘇我小学校	480
大蔵寺小学校	328
大森小学校	476
鶴沢小学校	262
登戸小学校	337
都小学校	362
弁天小学校	385
本町小学校	204

(人)

18diston



各評価項目の値

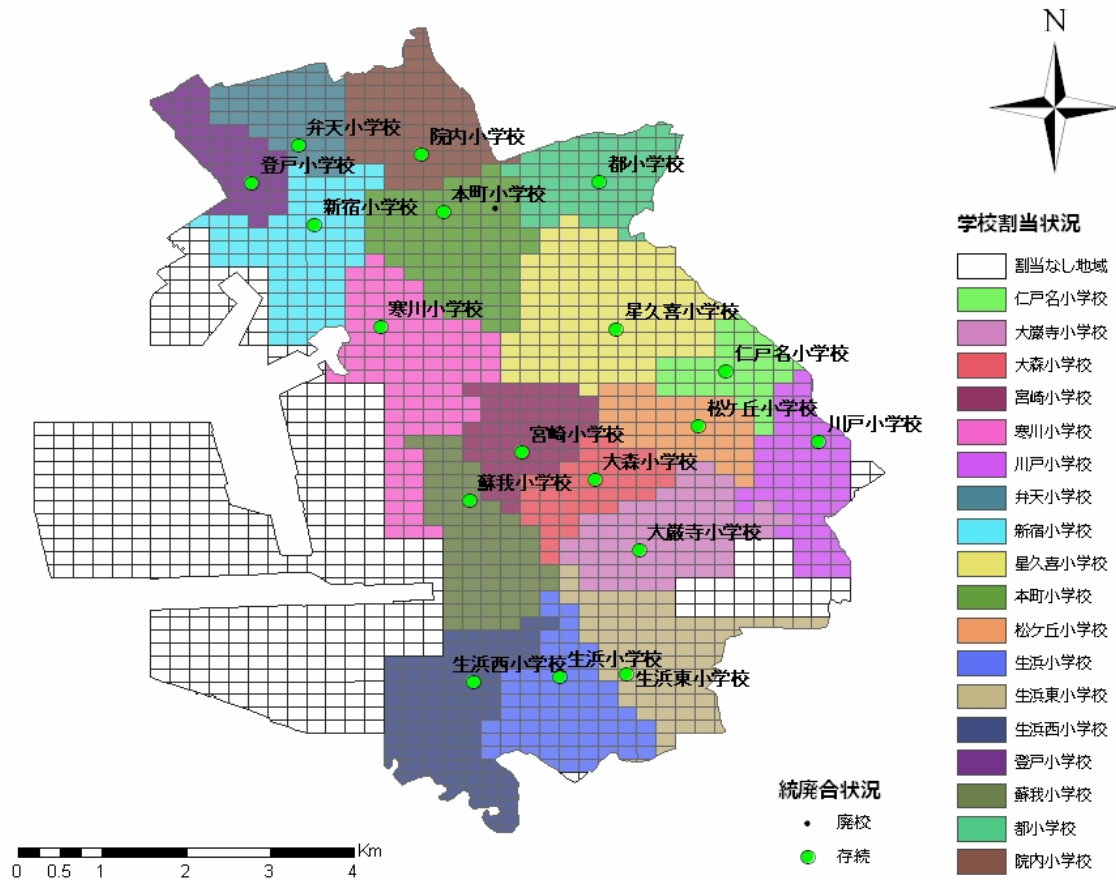
学校数	18	校
平均通学距離	582.6	m
最大通学距離	1981.4	m
学校収容児童数の標準偏差	145.9	
通学校変更児童割合	0.202	
通学校変更地域面積割合	0.241	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.169	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.190	
最近隣校に通わない児童割合	0.067	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.086	

各学校の児童数

院内小学校	577
寒川小学校	634
宮崎小学校	725
松ヶ丘小学校	433
新宿小学校	220
仁戸名小学校	251
星久喜小学校	482
生浜小学校	0
生浜西小学校	520
生浜東小学校	502
川戸小学校	254
蘇我小学校	508
大蔵寺小学校	307
大森小学校	418
鶴沢小学校	238
登戸小学校	329
都小学校	372
弁天小学校	399
本町小学校	222

(人)

18BKoff



各評価項目の値

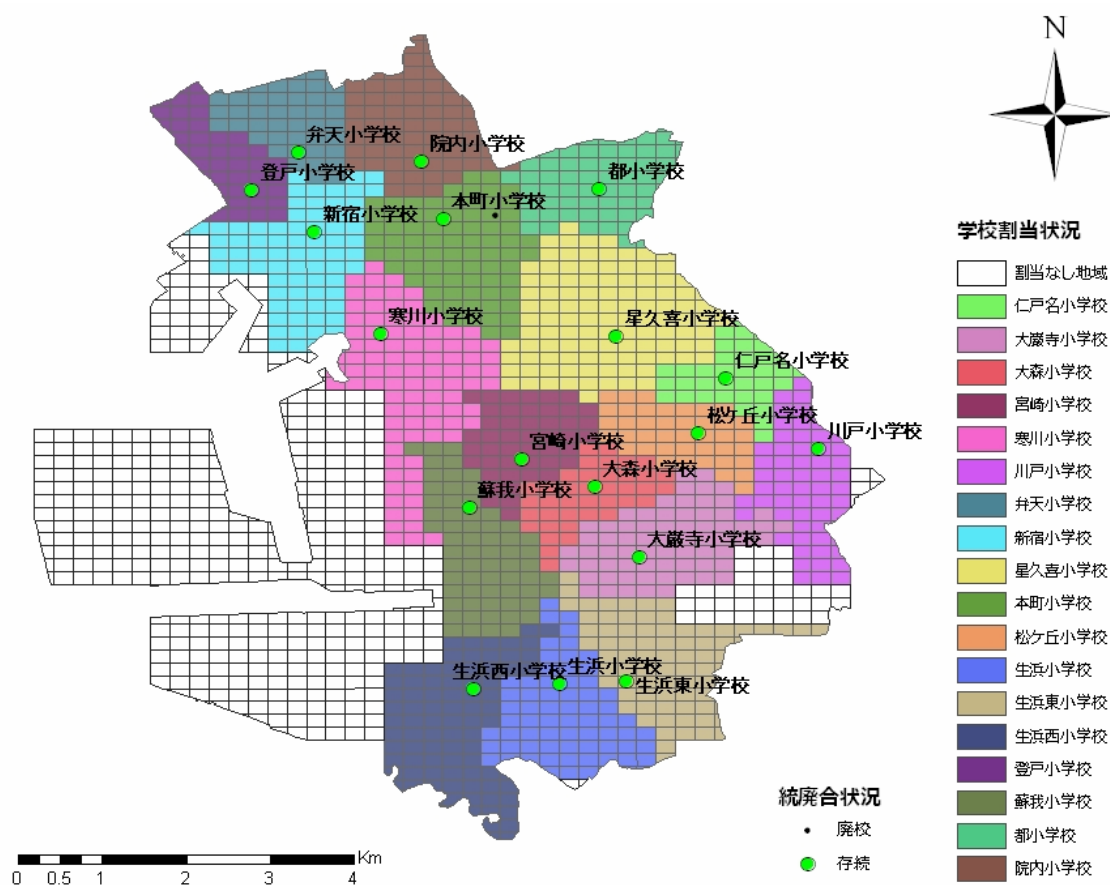
学校数	18	校
平均通学距離	616.0	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	134.4	
通学校変更児童割合	0.019	
通学校変更地域面積割合	0.016	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.164	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.188	

各学校の児童数

院内小学校	633
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	397
新宿小学校	295
仁戸名小学校	258
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	259
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	277
大森小学校	466
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	507

(人)

18BKon



各評価項目の値

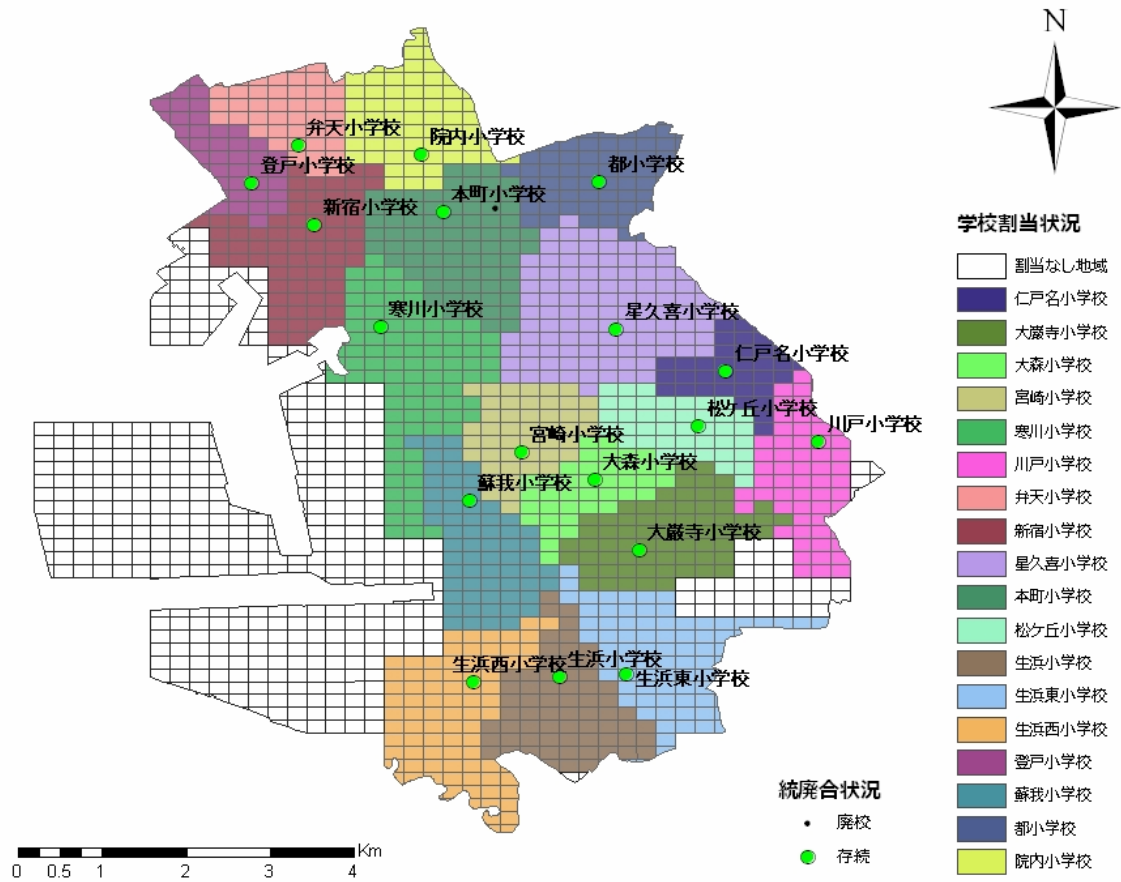
学校数	18	校
平均通学距離	616.1	m
最大通学距離	2513.3	m
学校収容児童数の標準偏差	133.9	
通学校変更児童割合	0.020	
通学校変更地域面積割合	0.019	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.001	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.003	
最近隣校に通わない児童割合	0.166	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.191	

各学校の児童数

院内小学校	626
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	397
新宿小学校	301
仁戸名小学校	258
星久喜小学校	611
生浜小学校	297
生浜西小学校	356
生浜東小学校	384
川戸小学校	259
蘇我小学校	428
大巖寺小学校	277
大森小学校	466
鶴沢小学校	0
登戸小学校	343
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	514

(人)

18KKoff



各評価項目の値

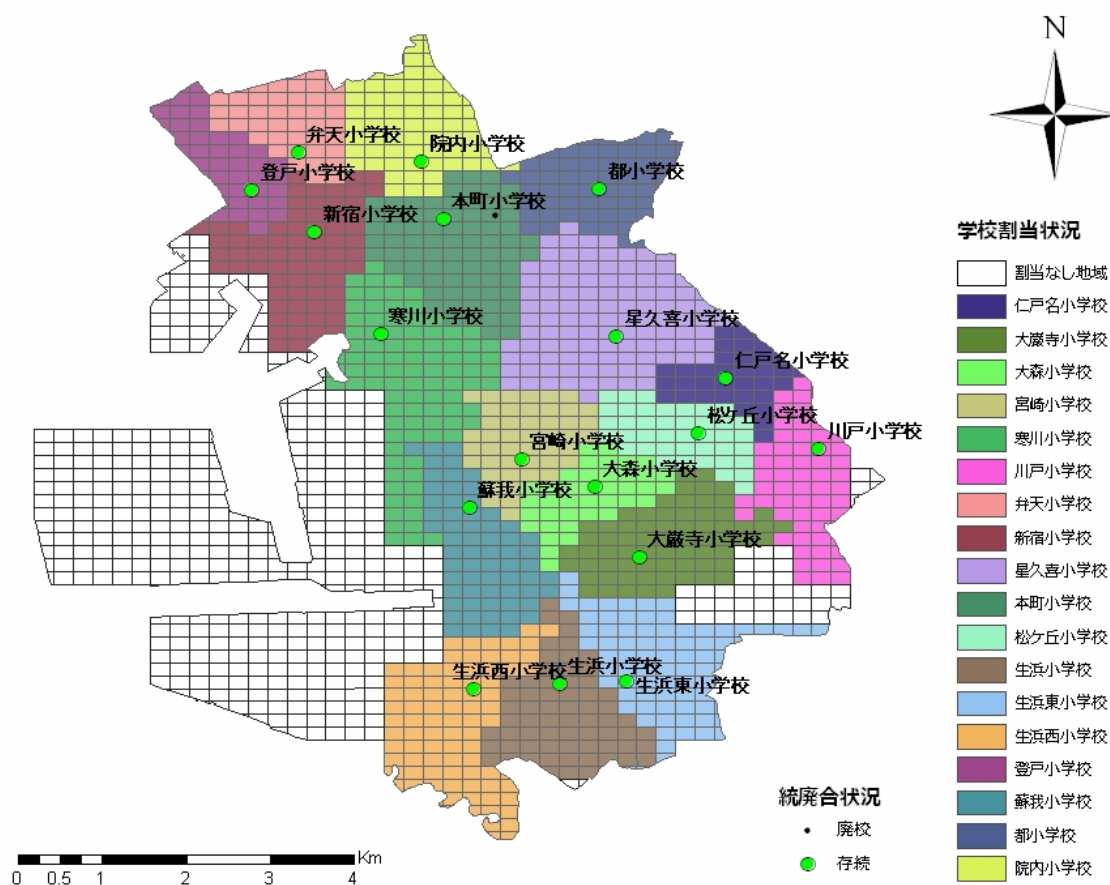
学校数	18	校
平均通学距離	658.7	m
最大通学距離	928.8	m
学校収容児童数の標準偏差	133.8	
通学校変更児童割合	0.019	
通学校変更地域面積割合	0.053	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.166	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.189	

各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	397
新宿小学校	295
仁戸名小学校	258
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	259
蘇我小学校	428
大蔵寺小学校	278
大森小学校	467
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

(人)

18KKon



各評価項目の値

学校数	18	校
平均通学距離	658.7	m
最大通学距離	928.8	m
学校収容児童数の標準偏差	133.8	
通学校変更児童割合	0.019	
通学校変更地域面積割合	0.053	
学校存続地域内通学校変更児童割合	0.000	
学校存続地域の通学校変更地域面積割合	0.000	
最近隣校に通わない児童割合	0.166	
最近隣校に通わない地域面積割合	0.189	

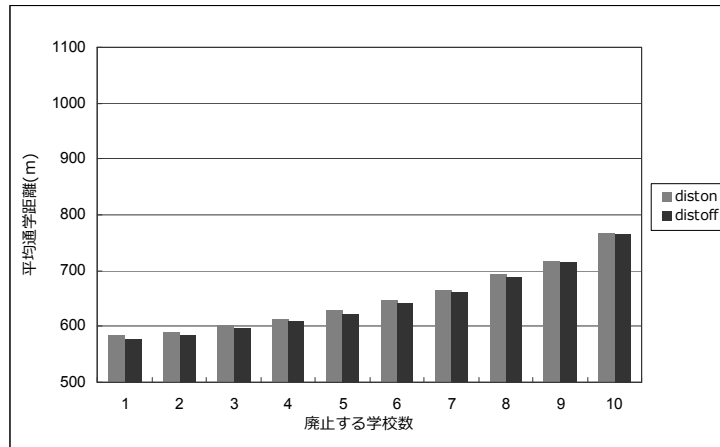
各学校の児童数

院内小学校	619
寒川小学校	557
宮崎小学校	697
松ヶ丘小学校	397
新宿小学校	295
仁戸名小学校	258
星久喜小学校	611
生浜小学校	295
生浜西小学校	356
生浜東小学校	386
川戸小学校	259
蘇我小学校	428
大巖寺小学校	278
大森小学校	467
鶴沢小学校	0
登戸小学校	350
都小学校	330
弁天小学校	289
本町小学校	521

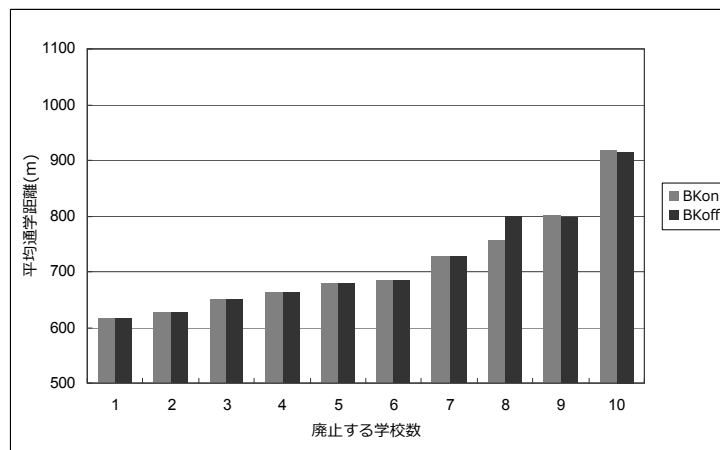
(人)

各評價項目値 比較表

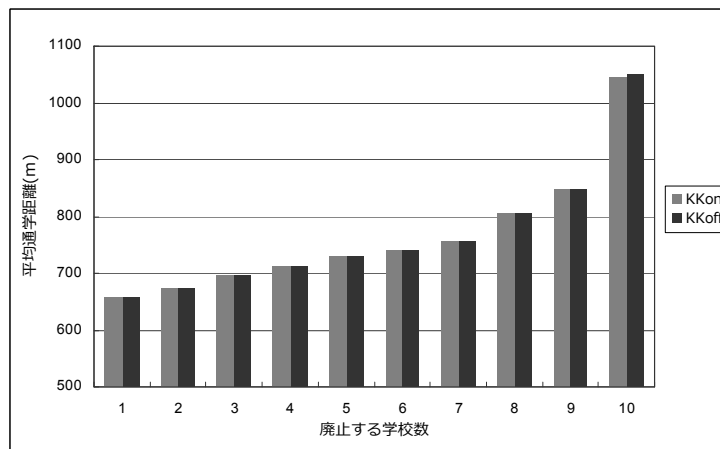
平均通学距離 連続性有無での比較



既存学区考慮なし

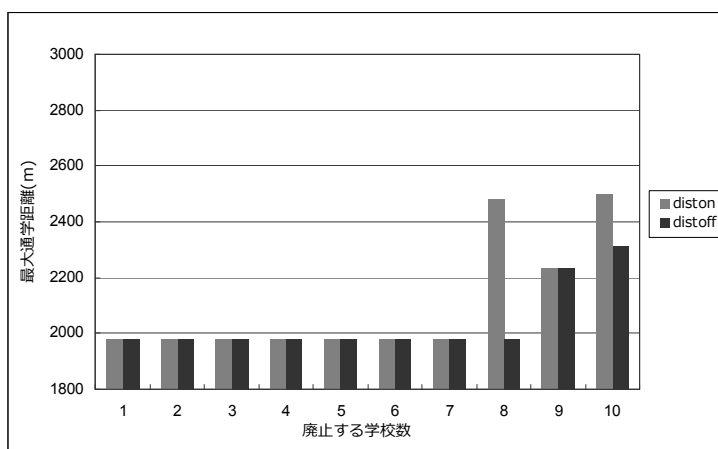


分散吸収型

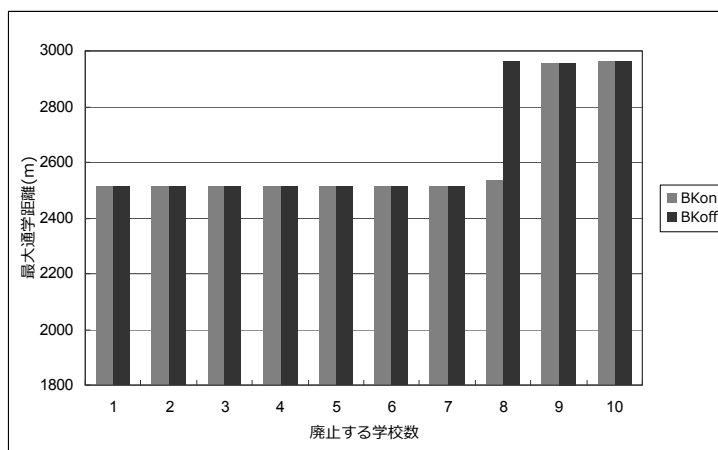


完全吸収型

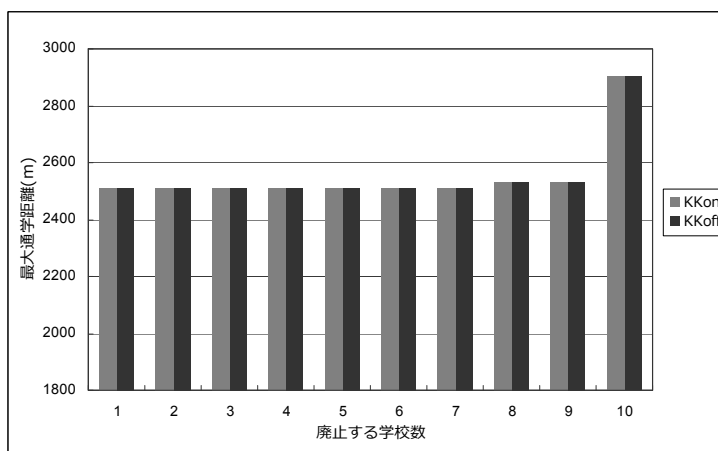
最大通学距離 連続性有無での比較



既存学区考慮なし

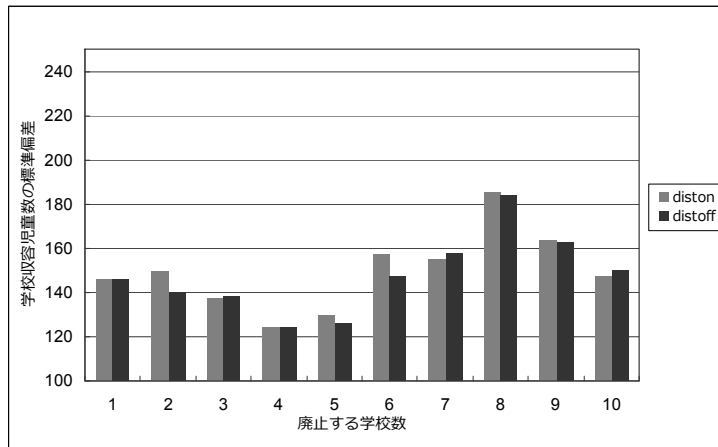


分散吸収型

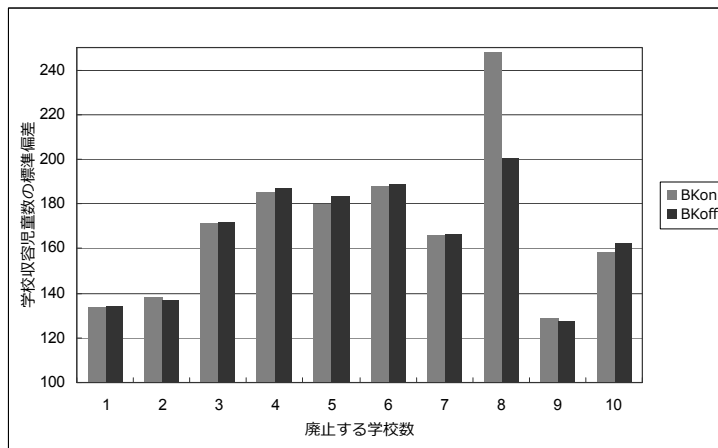


完全吸収型

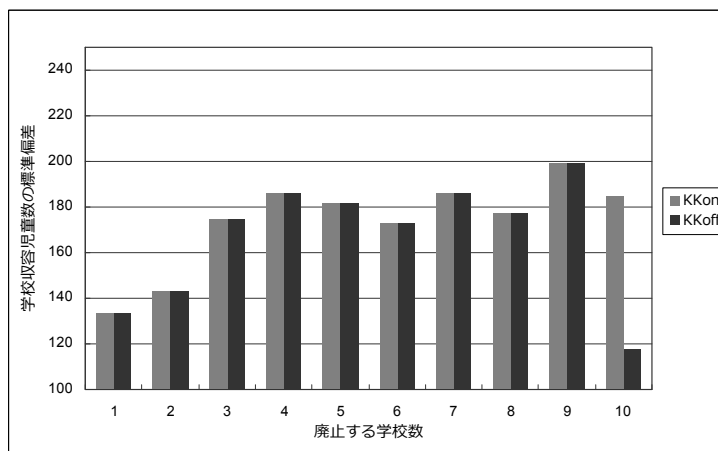
学校収容児童数の標準偏差 連続性有無での比較



既存学区考慮なし

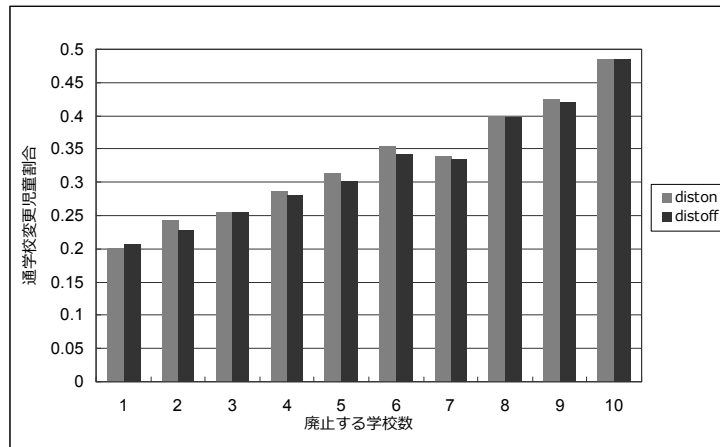


分散吸収型

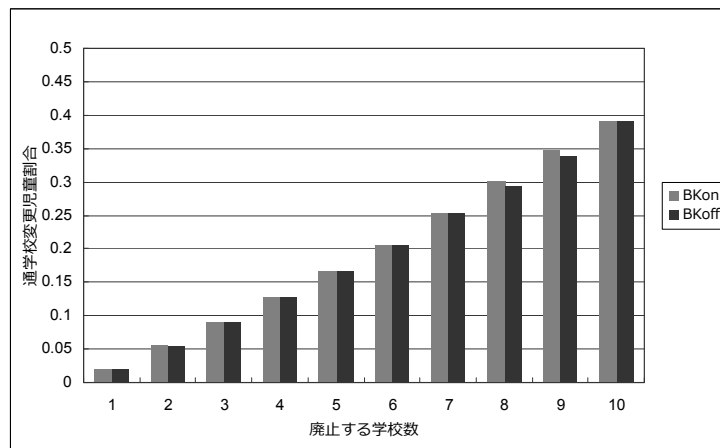


完全吸収型

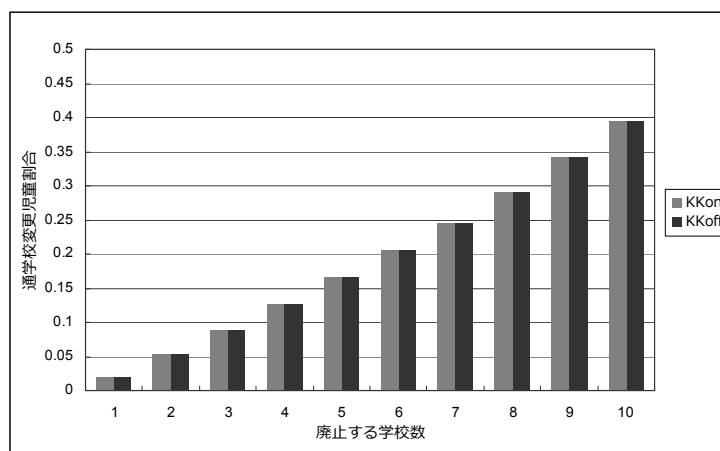
通学校変更児童割合 連続性有無での比較



既存学区考慮なし

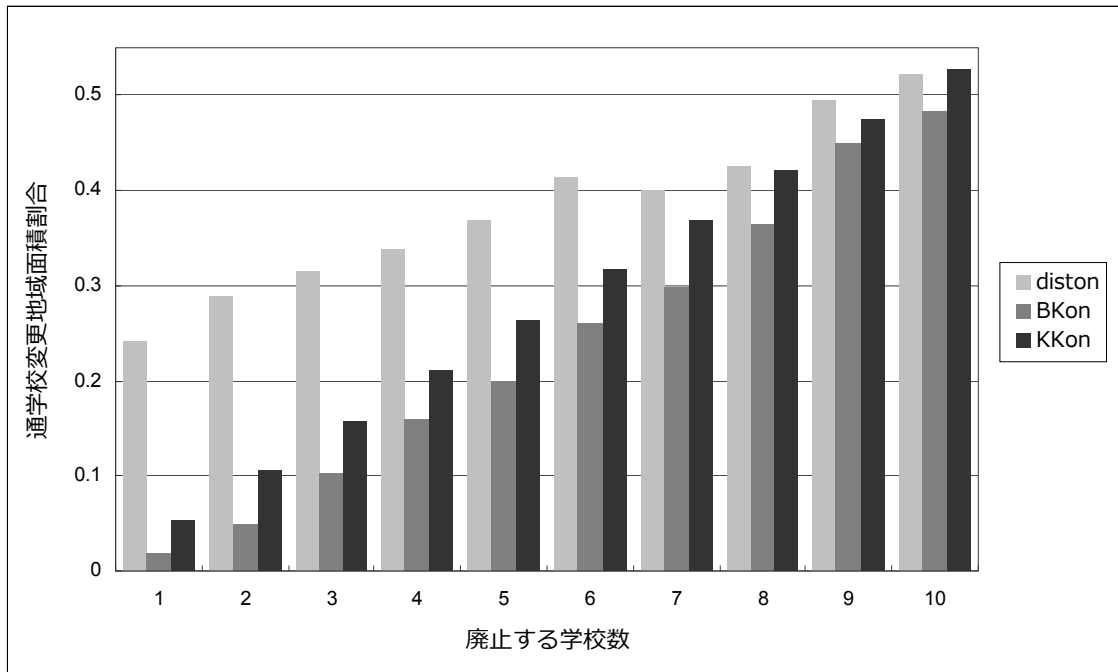


分散吸収型

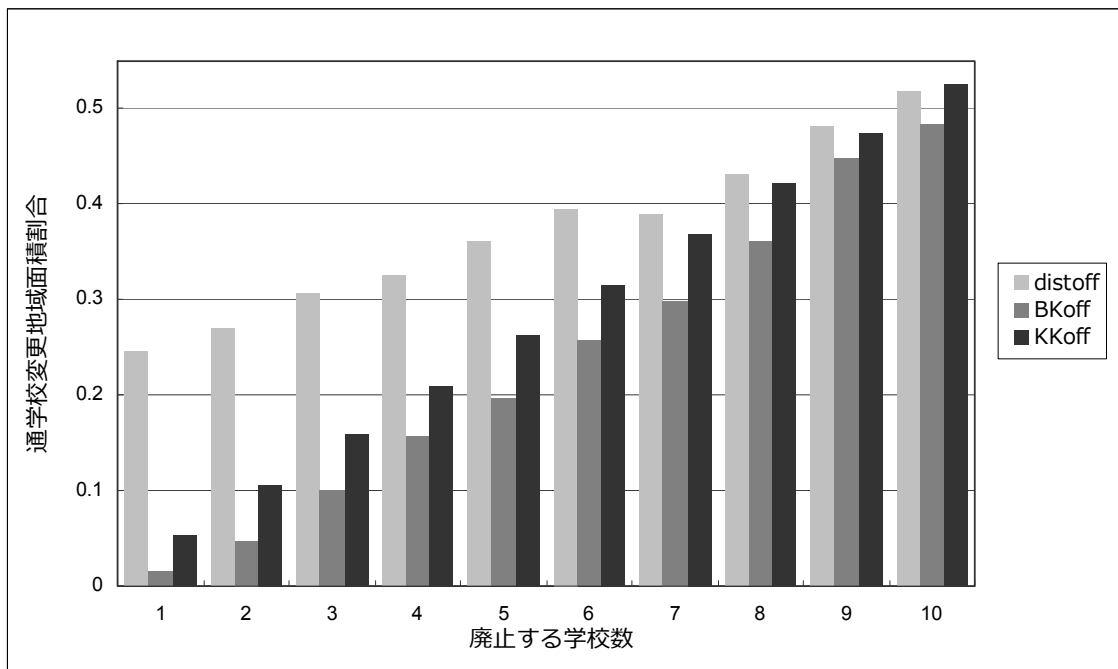


完全吸収型

通学校変更地域面積割合 既存学区制約での比較

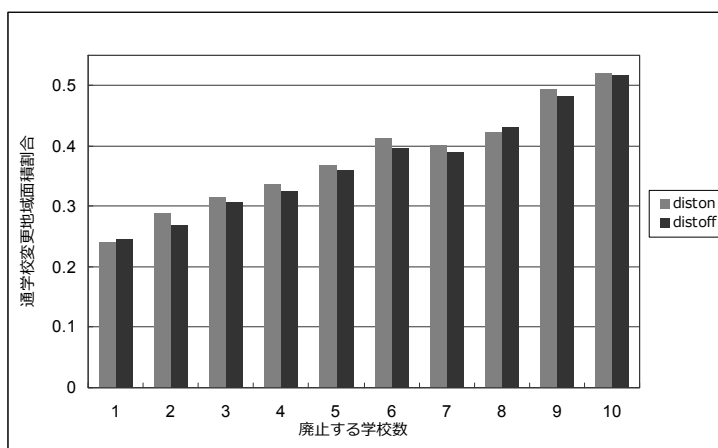


連続性制約あり

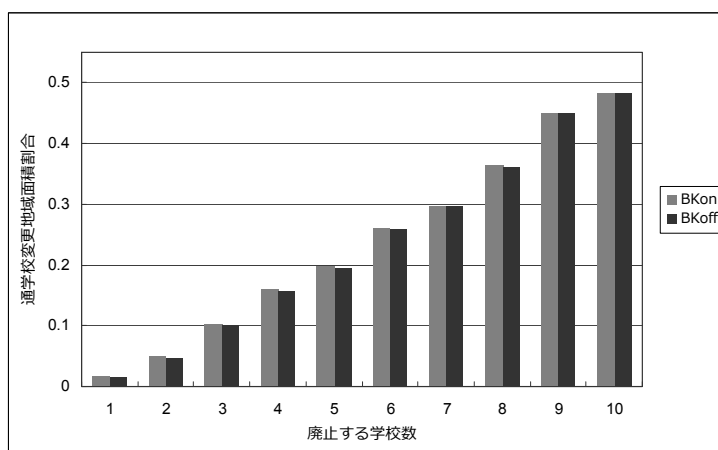


連続性制約なし

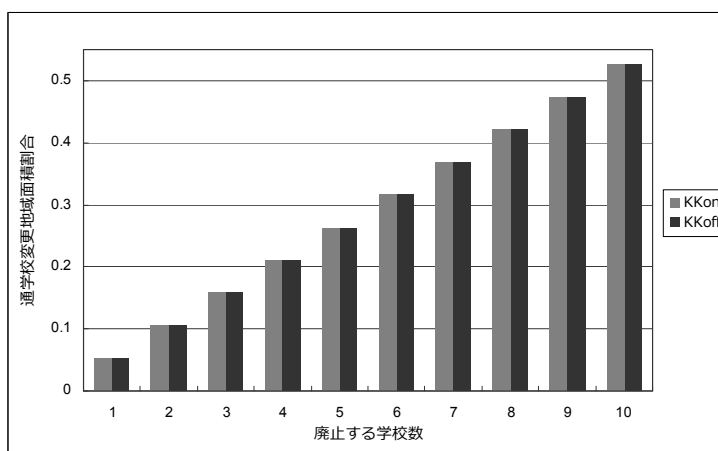
通学校変更地域面積割合 連続性有無での比較



既存学区考慮なし

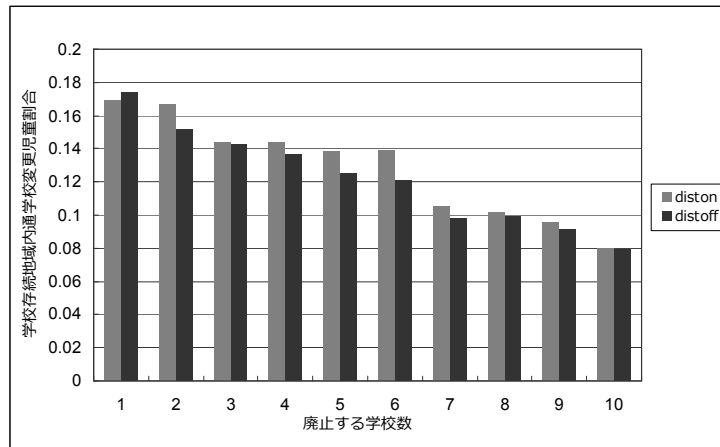


分散吸収型

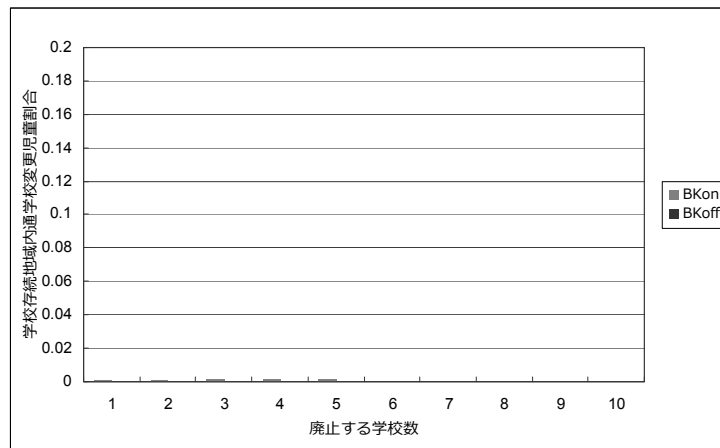


完全吸収型

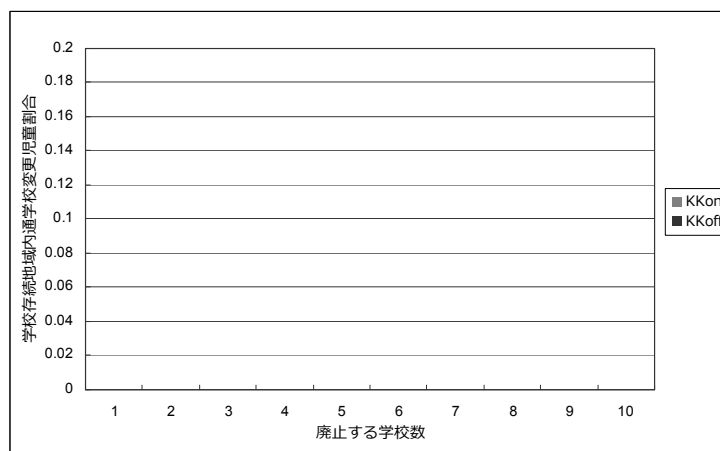
学校存続地域内通学校変更児童割合 連続性有無での比較



既存学区考慮なし

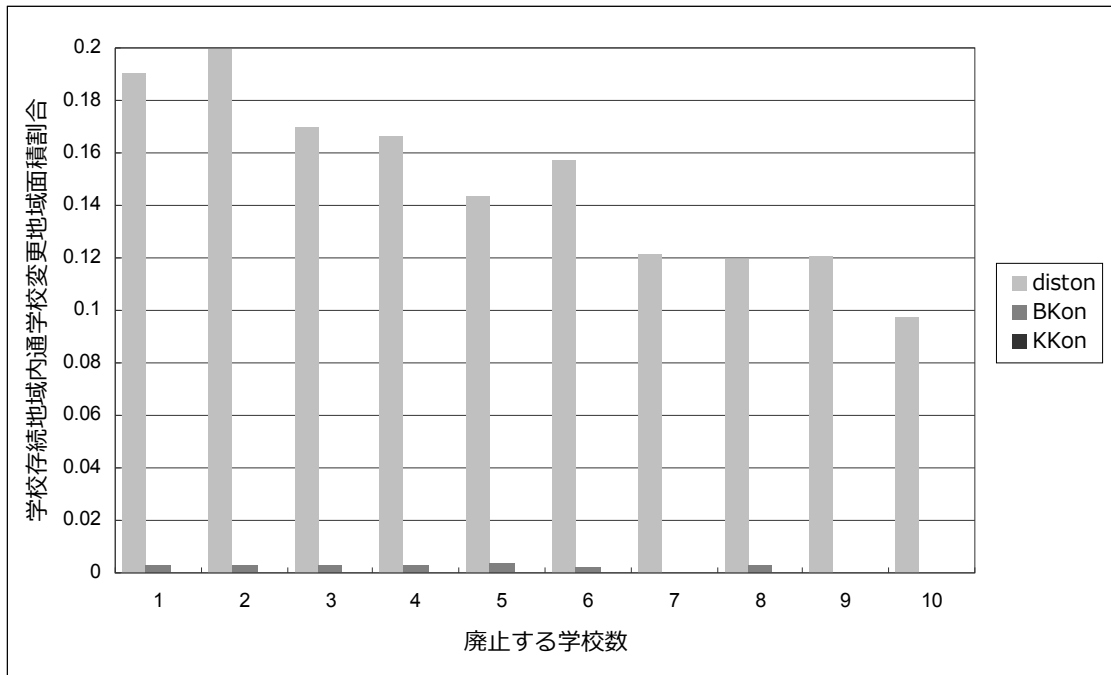


分散吸収型

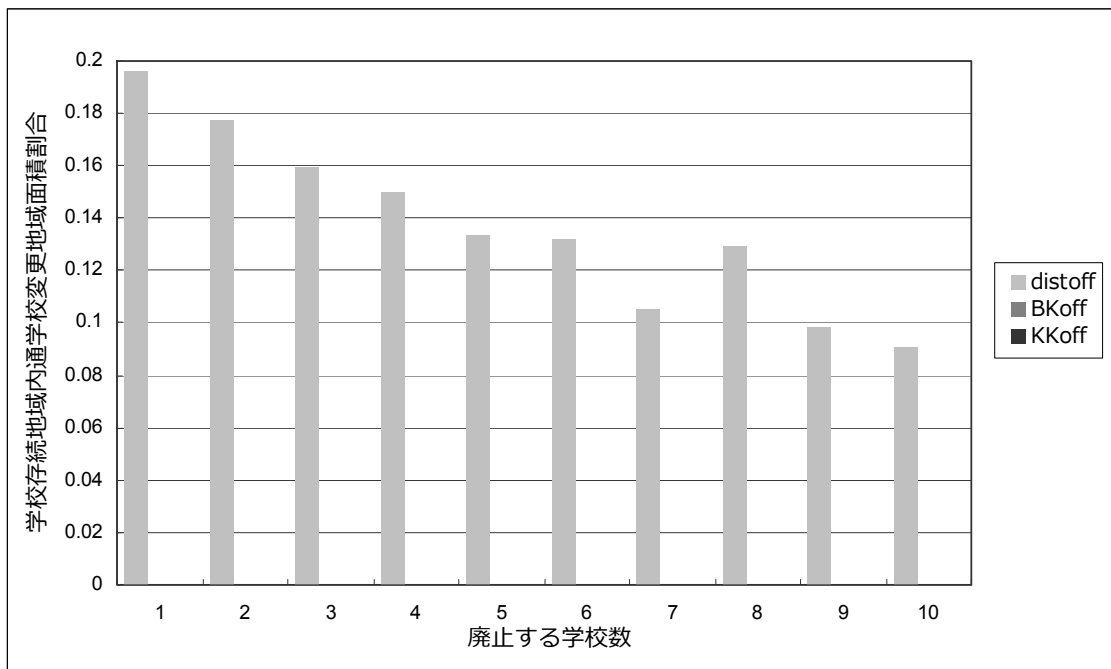


完全吸収型

学校存続地域内通学校変更地域面積割合 既存学区制約での比較

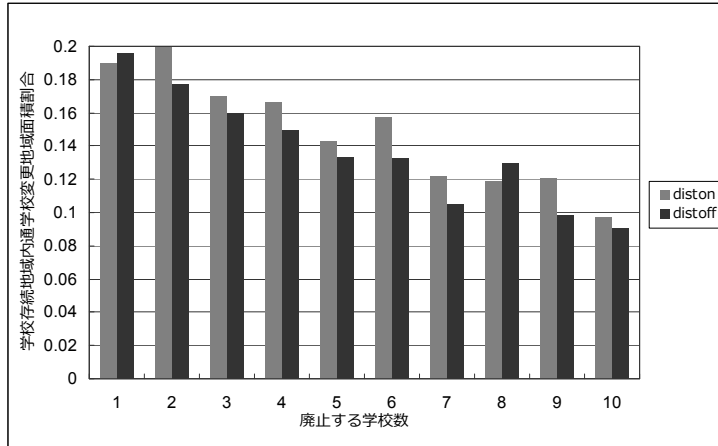


連続性制約あり

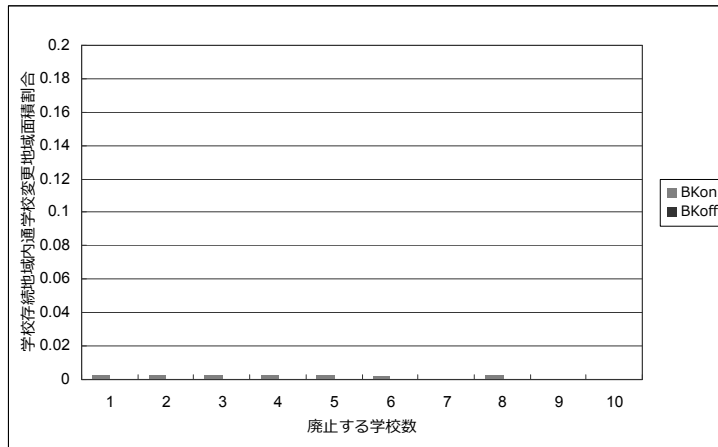


連続性制約なし

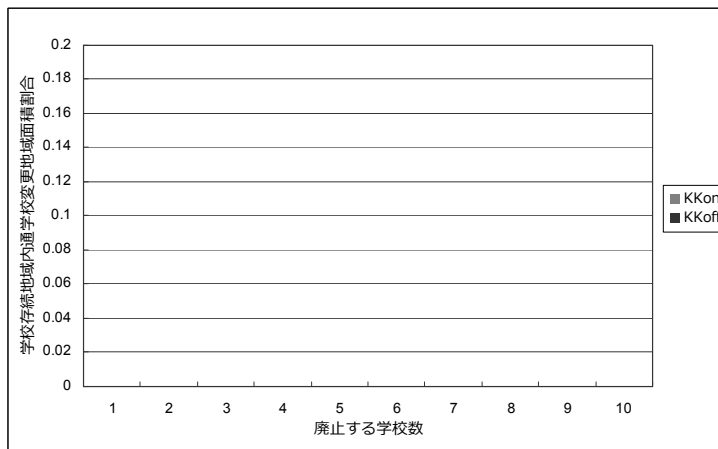
学校存続地域内通学校変更地域面積割合 連続性の有無での比較



既存学区考慮なし

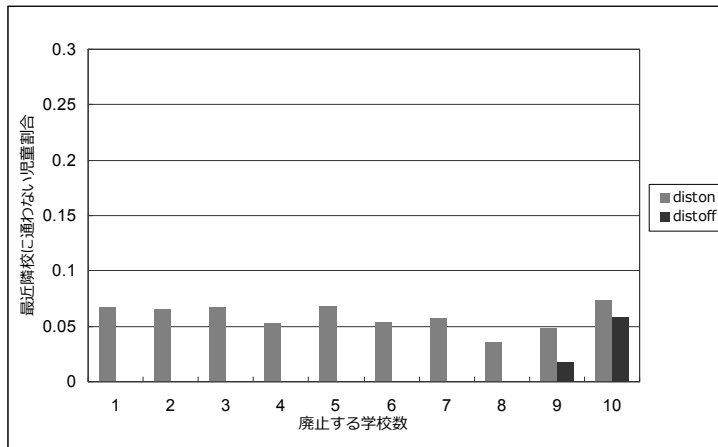


分散吸収型

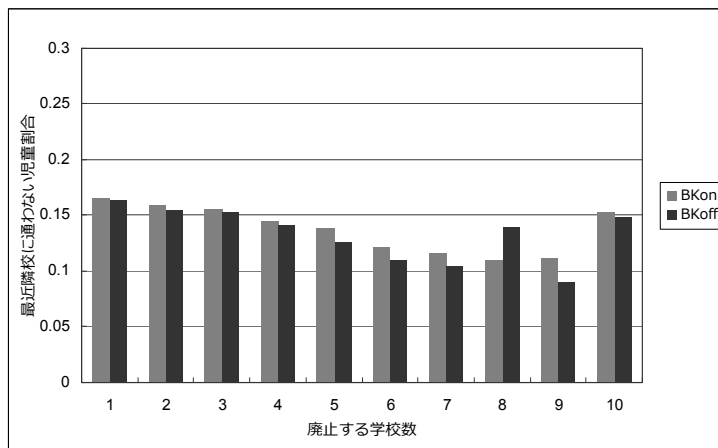


完全吸収型

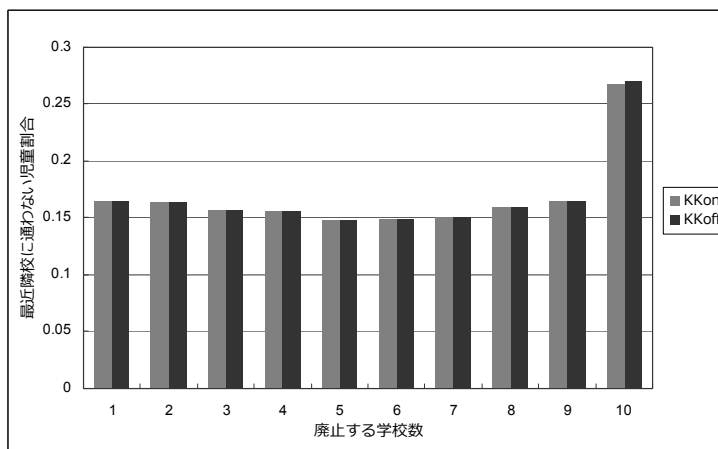
最近隣校に通わない児童割合 連続性有無での比較



既存学区考慮なし

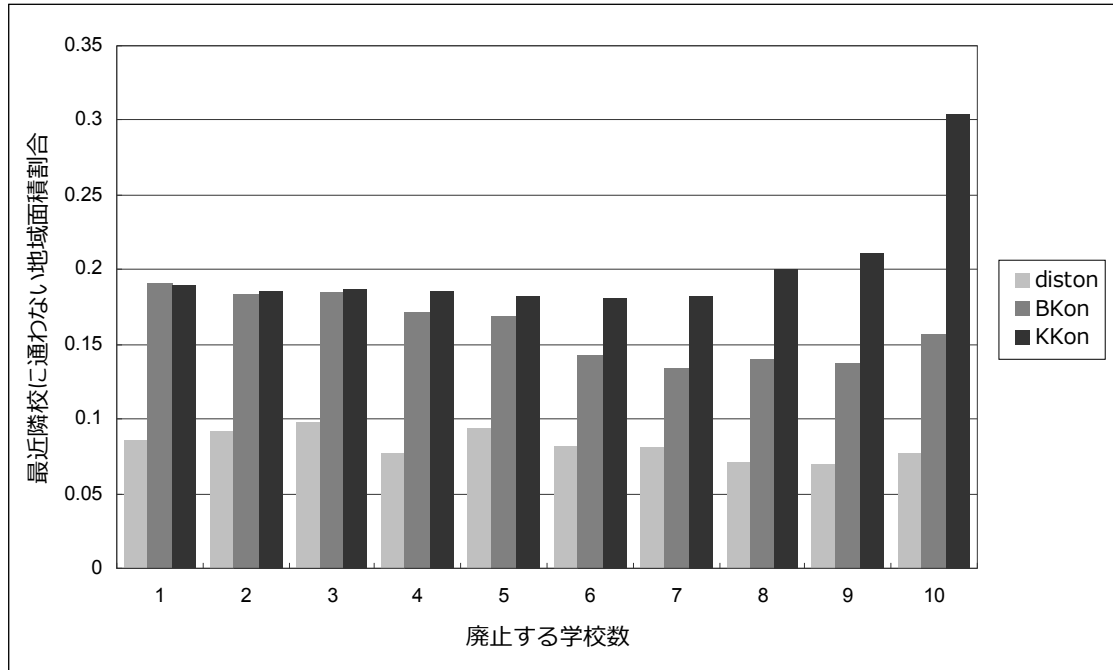


分散吸収型

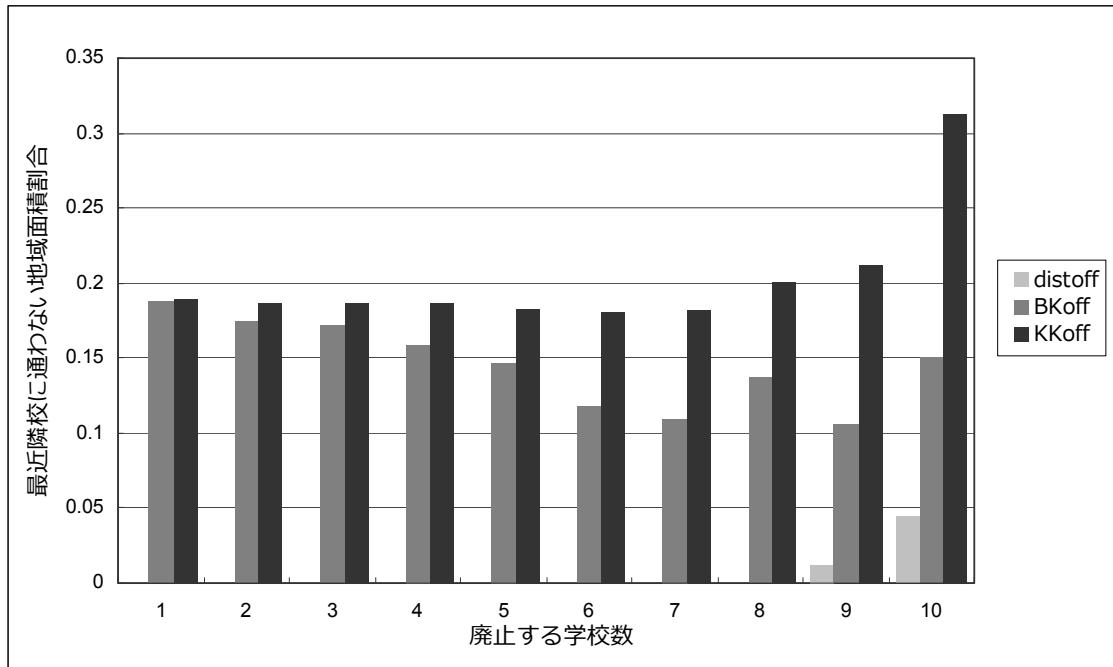


完全吸収型

最近隣校に通わない地域面積割合 既存学区制約での比較

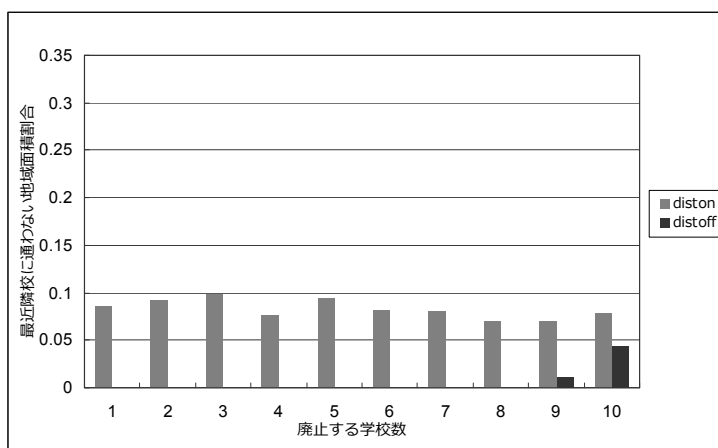


連続性制約あり

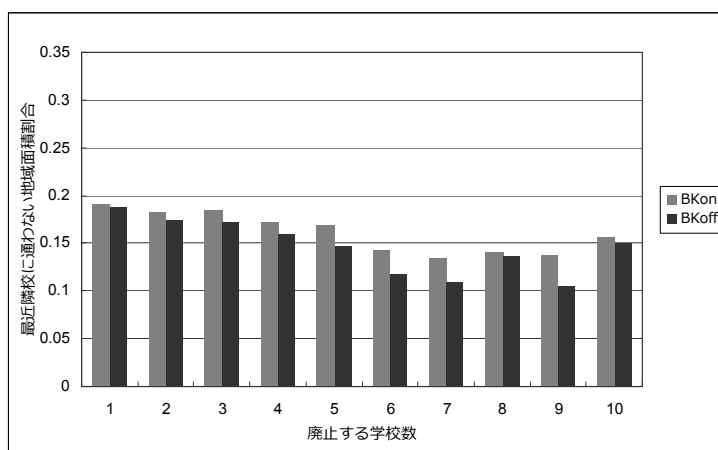


連続性制約なし

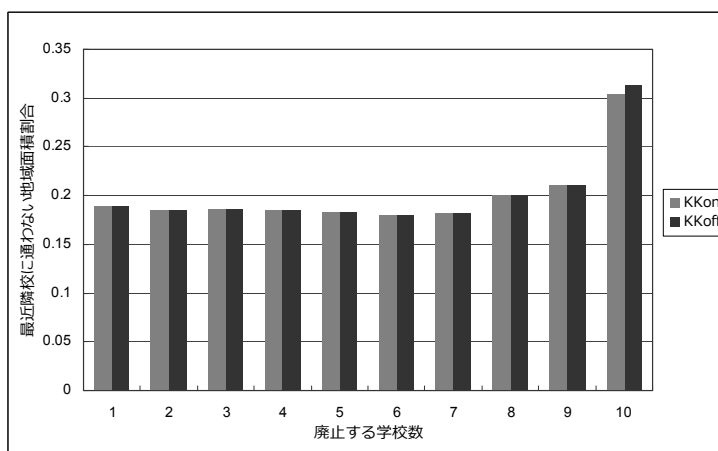
最近隣校に通わない地域面積割合 連続性有無での比較



既存学区考慮なし



分散吸収型



完全吸収型

求解モデル ソースコード

第 1 段階モデル

```
//wcsp による求解時間設定
options.method="wcsp";

Parameter time;
Parameter count;

if(count >= 1){
    wcspTryCount = count.val.asDouble();
}else{
    wcspTryCount = 1;
}

if(time > 0){
    options.maxtim = time.val.asDouble();
}else{
    options.maxtim = 60;
}

// Set
Set MeshGroup;
Set School;

// Element
Element mgroup(set = MeshGroup);
Element s(set = School);

//距離制約
Set Reach (dim = 2, superSet = (MeshGroup,School));

// Parameter
Parameter n(name = "n", index = mgroup);          // 各メッシュの人数
Parameter capaLower(name = "capaLower");
Parameter capaUpper(name = "capaUpper");
Parameter dist(name = "dist", index = Reach);    // 通えるかどうか
//学区変更前の各メッシュの割り当て学校
Parameter r(name = "r", index = (mgroup,s) ,type = binary);
Parameter flag_schNum; //学校数の制約について、0 なら設け、1 なら設けない
Parameter schConst; //存続させる学校数
```

```

//Variable
IntegerVariable a(name = "a", index = s, type = binary);
IntegerVariable x(name = "x", index = Reach, type = binary);

Expression y (name = "y", index = mgroup, type = binary);
//各メッシュが割り当てられていた学校の存続/廃止を示す
y[mgroup] = sum(a[s] * r[mgroup, s],(s,(mgroup,s)<Reach)) ;

Expression SchChange (name = "SchChange", index=mgroup, type=binary);
//1 なら通学校変化なし,0 なら変化あり
SchChange[mgroup] = sum(x[mgroup,s]*r[mgroup,s],(s,(mgroup,s)<Reach));
Expression SchChange_ (index=mgroup, type=binary);
SchChange_[mgroup] = -(SchChange[mgroup] - 1);

// 目的関数
Objective Obj(type = minimize);

Parameter model;
if(model == "Dist" && flag_schNum == 1){ //学校数制約あり・既存学区制約なし
Obj = sum(x[mgroup,s]*dist[mgroup,s]*n[mgroup],((mgroup,s),(mgroup,s)<Reach));
}else if(model == "Dist" && flag_schNum == 0){ //学校数制約なし・既存学区制約あり
Obj =sum(a[s], s)*1000000+sum(x[mgroup,s]*dist[mgroup,s]*n[mgroup]
_,((mgroup,s),(mgroup,s)<Reach));
}else if(model != "Dist" &&flag_schNum == 1){ //学校数制約あり・既存学区制約あり
Obj = sum(n[mgroup]*SchChange_[mgroup],mgroup);
}else{//学校数制約あり・既存学区制約なし
Obj = sum(a[s], s)*10000000+sum(n[mgroup]*SchChange_[mgroup],mgroup);
}

// 制約条件
// (1)学校が存続していなければ通えない
x[mgroup, s] <= a[s],(mgroup,s)<Reach;

// (2)学校に関する容量の制約
Expression num_people_sch(index = s);
num_people_sch[s] = sum(n[mgroup] * x[mgroup, s],(mgroup,(mgroup,s)<Reach)) ;

capaLower*a[s] <= num_people_sch[s];
capaUpper >= num_people_sch[s];

//(3)メッシュは 1 つ通う学校がある
//sum(x[mgroup,s],(s,(mgroup,s)<Reach))==1;
selection (x[mgroup,s],(s,(mgroup,s)<Reach));

```

```
//(4)割り当て学校が存続している場合,必ずそこに通う
if(model != "Dist"){
SchChange[mgroup] - y[mgroup] == 0;
}

//(5)学校数に関する制約
if(flag_schNum == 1){
sum(a[s],s) == schConst;
}

solve();

Expression Distsum;
Distsum = sum(x[mgroup,s]*dist[mgroup,s]*n[mgroup],((mgroup,s),(mgroup,s)<Reach));
Expression Distave;
Distave = Distsum/sum(n[mgroup],mgroup);

FILE* fp;
fp = fopen("../result.txt","w");
simple_fprintf(fp,"総通学距離:%d\n 平均通学距離:%f\n 学校数:%d\n 学校が変わる児童
数:%d\n\n",Distsum,Distave,sum(a[s],s),sum(n[mgroup])*SchChange_[mgroup],mgroup));
simple_fprintf(fp,"各学校の児童数\n");
simple_fprintf(fp,"%s=%d\n",s,num_people_sch[s]);
fclose(fp);

fp = fopen("../mgroup.csv","w");
simple_fprintf(fp,"mgroup,s,x\n");
simple_fprintf(fp,"%s,%s,%d\n",mgroup,s,x[mgroup,s],(mgroup,s)<Reach);
fclose(fp);

//fp = fopen("mesh.txt","w");
//simple_fprintf(fp,"m,s");
//simple_fprintf(fp,"%s,%s",m,

fp = fopen("../a.csv","w");
simple_fprintf(fp,"s,a\n");
simple_fprintf(fp,"%s,%d\n",s,a[s]);
fclose(fp);
```

第 2 段階モデル

```
//wcsp による求解時間設定
Parameter flag_cont;
Parameter time2;
Parameter count2;

if(flag_cont == 1){
    options.method="wcsp";
    if(count2 >= 1){
        wcspTryCount = count2.val.asDouble();
    }else{
        wcspTryCount = 1;
    }

    if(time2 > 0){
        options.maxtim = time2.val.asDouble();
    }else{
        options.maxtim = 60;
    }
}else{
options.method="simplex";
}

// Set
Set MeshGroup;
Set School;

// Element
Element mgroup(set = MeshGroup);
Element mgroup_(set = MeshGroup);
Element s(set = School);

//距離制約
Set Reach (dim = 2, superSet = (MeshGroup,School));

//隣接集合
Set cont(dim = 2,superSet=(MeshGroup,MeshGroup));

// Parameter
Parameter n(name = "n", index = mgroup);           // 各メッシュの人数
Parameter capaLower(name = "capaLower");           //各学校の容量の下限
Parameter capaUpper(name = "capaUpper");           //各学校の容量の上限
```

```

Parameter dist(name = "dist", index = Reach); //メッシュと学校間の距離
Parameter r(name = "r", index = Reach ,type = binary); //学区変更前の各メッシュの割り当て学校
Parameter a(name = "a", index = s, type = binary); //学校の存続/廃校を示す
Parameter model; //どのモデルで求解するのかを示す。
Parameter flag_group; //メッシュグループを作成しているのかどうかを示す
Parameter contiguity(index = cont); //隣接する 2 つのメッシュを示す
Parameter closer(index=(cont,s)); //隣接状況と当該学校への距離の長短を示す
Parameter onSch(index = mgroup); //メッシュ内に学校が存在しているかどうかを示す

//Variable
IntegerVariable x(index = Reach ,type =binary);

//Expression
//各メッシュが割り当てられていた学校の存続/廃止を示す
Expression y (name = "y", index = mgroup, type = binary);
y[mgroup] = sum(a[s] * r[mgroup, s],(s,(mgroup,s)<Reach)) ;//0 で廃止、1 で存続

// 目的関数
Objective Obj(type = minimize);

Obj = sum(x[mgroup,s]*dist[mgroup,s]*n[mgroup],((mgroup,s),(mgroup,s)<Reach));//距離

// 制約条件
// (1)学校が存続していなければ通えない
x[mgroup, s] <= a[s],(mgroup,s)<Reach;

// (2)学校に関する容量の制約
Expression num_people_sch(index = s);
num_people_sch[s] = sum(n[mgroup] * x[mgroup, s],(mgroup,(mgroup,s)<Reach)) ;

capaLower*a[s] <= num_people_sch[s];
capaUpper >= num_people_sch[s];

//(3)メッシュは 1 つ通う学校がある
if (flag_cont == 1){
selection (x[mgroup,s],(s,(mgroup,s)<Reach));
}else{
sum(x[mgroup,s],(s,(mgroup,s)<Reach))=1;
}

if(flag_cont == 1){

```

```

// (4) 各学校の学区は空間的連続性を有する
sum(x[mgroup,s]*x[mgroup_,s]*closer[mgroup,mgroup_,s],((mgroup_,s),(mgroup,mgroup_)<cont && (mgroup,s)<Reach && (mgroup_,s)<Reach)) >=1 ,onSch[mgroup] == 0;
// (5) 各学校を含むメッシュは必ずその学校に通う
x[mgroup,s]==1,onSch[mgroup] !=0 && s==onSch[mgroup] && a[s] == 1;
}

// (6) 割り当て学校が存続している場合、必ずそこに通う
Expression SchChange (name = "SchChange", index=mgroup, type=binary);
// 1 なら変化なし, 0 なら変化あり
SchChange[mgroup] = sum(x[mgroup,s]*r[mgroup,s],(s,(mgroup,s)<Reach));
Expression SchChange_ (index=mgroup, type=binary);
SchChange_[mgroup] = -(SchChange[mgroup] - 1);

if(model != "Dist"){
semiHardConstraint();
SchChange[mgroup] - y[mgroup] == 0;
}

solve();

FILE* fp;

Expression Distsum;
Distsum = sum(x[mgroup,s]*dist[mgroup,s]*n[mgroup],((mgroup,s),(mgroup,s)<Reach));
Expression Distave;
Distave = Distsum/sum(n[mgroup],mgroup);
Expression Distmax;
Distmax = max(x[mgroup,s]*dist[mgroup,s],((mgroup,s),(mgroup,s)<Reach));
Expression population;
population = sum(n[mgroup],mgroup);
Expression SchChangerate; // 学校が存続となった地域の学校変更となる児童の割合
SchChangerate =
sum(SchChange_[mgroup]*n[mgroup]*y[mgroup],mgroup)/sum(n[mgroup]*y[mgroup],mgroup);
Expression schNum;
schNum = sum(a[s],s);
Expression meshNum;
meshNum = sum(x[mgroup,s],((mgroup,s),(mgroup,s)<Reach));
Expression sVariation;
sVariation = sqrt(sum((num_people_sch[s] - population/schNum)*(num_people_sch[s] - population/schNum),s,a[s]==1))/schNum); // 児童数の標準偏差

```



```
fp = fopen("../result.csv","w");
simple_fprintf(fp,"総通学距離,%d\n 平均通学距離,%f\n 最大通学距離,%f\n 学校数,%d\n 通学校が変わる児童数,%d\n 通学校が変わる児童割合,%f\n 通学校が変わるメッシュ数,%f\n 通学校が変わるメッシュ割合,%f\n 学校存続地域の通学校変更児童数,%f\n 学校存続地域の通学校変更児童割合,%f\n 学校存続地域の通学校変更メッシュ数,%f\n 学校存続地域の通学校変更メッシュ割合,%f\n 児童数の標準偏差,%f\n\n\n\n\n",Distsum,Distave,Distmax,sum(a[s],s),sum(n[mgroup]*SchChange_[mgroup],mgroup),sum(n[mgroup]*SchChange_[mgroup],mgroup)/population,sum(SchChange_[mgroup],mgroup),sum(SchChange_[mgroup],mgroup)/meshNum,sum(SchChange_[mgroup]*n[mgroup]*y[mgroup],mgroup),SchChangerate,sum(SchChange_[mgroup]*y[mgroup],mgroup),sum(SchChange_[mgroup]*y[mgroup],mgroup)/sum(y[mgroup],mgroup),sVariation);
simple_fprintf(fp,"各学校の児童数\n");
simple_fprintf(fp,"%s,%d\n",s,num_people_sch[s]);
fclose(fp);

fp = fopen("../mgroup.csv","w");
simple_fprintf(fp,"mgroup,s,x\n");
simple_fprintf(fp,"%s,%s,%f\n",mgroup,s,x[mgroup,s],(mgroup,s)<Reach);
fclose(fp);

fp = fopen("../a.csv","w");
simple_fprintf(fp,"s,a\n");
simple_fprintf(fp,"%s,%d\n",s,a[s]);
fclose(fp);
```


梗概

学校適正配置計画立案支援手法の開発

Development of supporting method for planning optimal location of schools

学籍番号 47-086741
氏名 荻野 公佑 (Ogino, Kosuke)
指導教員 浅見 泰司 教授

1. 研究の背景と目的

近年、少子高齢化の影響のため、地域の人口構造の変化から小規模学校が増加し、学校数の余剰が問題となっている。14歳以下人口に関して言えば1955年頃の3,012万人をピークとして、2010年年度現在で約1,700万人、2050年度には820万人程度に減少すると言われている。こうした状況下で、多くの自治体で学校再編の取り組みが行われているが、住民らによる強い反対を受ける場合も多く、地域社会を二分するような地域紛争に発展することも稀ではない。これは葉養(1997)が指摘するように、学校や学区は「地域社会の文化的中心であり精神的結合の基礎」であることに起因する現象であり、また同時にこうした紛争の発生が学校施設が非常に強い地域社会的意味を持つ要素であることの裏付けとなっていると言える。

本研究は学校適正配置案の作成を行うシステムの開発を行い、通学区域制に基づいた学校再編計画策定を支援することを目的としている。これは、学校選択制等の新たな学校編成の手法が生まれつつある中で、通学区域制に基づく学校再編がいまだ主流であり、通学区域制に基づく再編案検討の方法にもまだ改善の余地があると考えられるためである。

2. 研究手法

2.1 最適化対象

学校適正配置は、学校配置の問題と学区

構成の問題からなる。学校配置の問題とは、当該圏域内に何校の学校を建設するか、また圏域内のどの位置に学校を配置するか決定する問題である。一方、学区構成の問題は、圏域内の全ての地点について、圏域内に存在するどの学校に割り当てるのか決定する問題である。

先行研究の多くでは最適化対象を学区構成のみとし、学校配置は寄与としている。しかし大谷(2002)が「学校適正配置問題が従来の施設配置問題と異なるのは、施設の削減が前提となる点と地域コミュニティの制約を受ける点の2つである」と指摘するように、現状の今後の学校再編にあたり、特に学校統廃合を含んだ学校配置の問題に取り組むのは必須である。

また、大谷が「地域コミュニティの制約」にも言及している通り、学校再編に当たっては地域社会的な制約も無視することは出来ない。一般的に学校再編の検討を行う場合、自治体が最も重視する項目は「通学校が変更となる児童を出来る限り生じさせないこと」と言われており、実際の再編に当たってはこうした地域社会的制約を重視した計画立案を行っているのは明らかである。本研究では地域社会的な制約として特に「既存学区との適合性」「空間的連続性」に着目して、これを考慮に加えたモデルの作成を行う。

2.2. 既存学区適合性

既存学区については、葉養が「地域のまとまりとの対応関係で考えられているのが普通であり」と指摘するように、地域の代表的な社会的境界であると言える。そう考えた場合、各地域・各児童の通学校の変更は地域コミュニティの消失に直結すると言え、出来る限り通学校の変更は回避すべきだと考えられる。そこで、既存学区の制約について図1に示すように分散吸収型制約と完全吸収型制約の2通りを定義する。

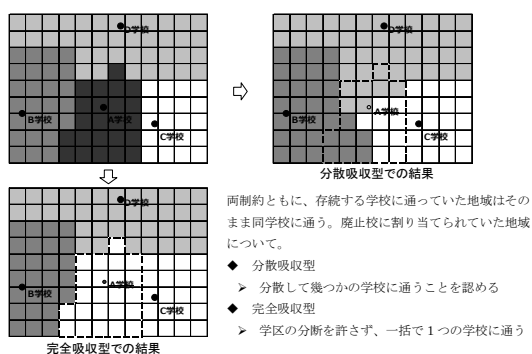


図1 既存学区制約の概念図

2.3. 連続性制約

ほとんどの先行研究において目的関数は「児童の平均通学距離の最小化」とされている。このとき学区構成はボロノイ分割に近づき、飛び地は生じない場合が多い。しかし、制約を厳しくした場合に飛び地が発生してしまうことが確認されている。この問題に対する抜本的な解決策は示されていない。そこで本研究では、「空間的連続」の定式化を行い、モデルにその制約を与えることで、飛び地発生の問題の解決を図る。

本研究では、空間的に連続であることを「隣接するメッシュのうち、同じ学区に割り当てられており、かつ、その学校までの距離が自メッシュよりも短いメッシュが存在する」と言い換える。なお、メッシュとは本研究内で学校割当を

検討する地域の最小単位であり、四方150m程度の矩形領域を指す。図2の具体例に従って説明すると、メッシュMがA学校に通う場合に、Mに隣接しかつAまでMよりも近いメッシュm1、m2のどちらか一方もAに通う必要がある。

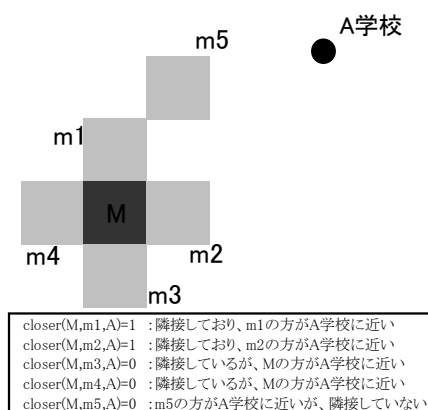


図2 連続性制約概念図

2.4. モデル概略

モデルは2段階構成となっており、第1段階で学校の統廃合を含めた学校配置の最適化を、第2段階では第1段階で決定した学校配置を寄与として学区構成の最適化を行う。

<集合・添え字>

Mesh :メッシュの集合。添え字はm,m_

School :学校の全候補集合、添え字はs

Reach :距離制約を考慮して通学可能なメッシュと学校の組み合わせの集合。

$$(dist_{m,s} \leq DistLim \Leftrightarrow (m,s) \in Reach)$$

DistLim : 許容できる最大通学距離

<定数>

n_m :メッシュm内の児童数

$capaUpper_s$: 学校sの最大容量

$capaLower_s$: 学校sの最小容量

$closer_{m,m_,s}$: m_がmと隣接し、かつsまでの距離がmより短い場合のみ1になるパラメータ。図2に具体例を示す

$onSch_m$: m 上に学校があればその学校の ID、無い場合は 0 になるパラメータ

$schConst$: 存続させる学校数

<変数>

a_s : 学校 s が存続となるならば 1、廃止となるならば 0。ただし、第 2 段階では定数として扱う。

$x_{m,s}$: メッシュ m が学校 s に通うならば 1、そうでないならば 0

y_m : 変更前にメッシュ m の通っていた学校が存続なら 1、廃止なら 0 となる変数

$SchChange_m$: 対象メッシュについて、通学学校が変更していれば 1、変更しないなら 0 となる変数

$SchStab_m$: 対象メッシュについて、通学学校が変更していれば 0、変更しないなら 1 となる変数

第 1 段階

目的関数

既存学区考慮なし

総通学距離の最小化

$$(\min) \sum_{m,s,(m,s) \in \text{Reach}} x_{m,s} * dist_{m,s} * n_m$$

既存学区考慮あり

通学校が変更となる児童の最小化

$$(\min) \sum_m SchChange_m * n_m$$

制約条件

(1) 廃校となる学校には通えない

$$x_{m,s} \leq a_s, (m,s) \in \text{Reach}$$

(2) 学校の容量に関する制約

$$capaLower_s * a_s \leq \sum_m x_{m,s} * n_m \leq capaUpper_s$$

(3) 各メッシュには 1 つのみ通う学校がある

$$\forall m \sum_s x_{m,s} = 1$$

(4) 存続学校数に関する制約

$$\sum_s a_s = SchConst$$

既存学区考慮時のみ

(5) 学校が存続する場合、必ずそこに通う

$$\forall m \quad SchStab_m - y_m = 0$$

第 2 段階

目的関数

総通学距離の最小化

$$(\min) \sum_{m,s,(m,s) \in \text{Reach}} x_{m,s} * dist_{m,s} * n_m$$

制約条件

(1)~(5)は第 1 段階と共通。

連続性制約設定時

(6) 各メッシュは空間的連続性を持つ

$$\forall m \quad \sum_{m',s,(m,m') \in \text{cont}} x_{m,s} * x_{m',s} * closer_{m,m',s} \geq 1$$

($onSch_m = 0$ の場合のみ)

(7) 学校を包含するメッシュはその学校に通う

$$\forall m \quad x_{m,s} = 1$$

($onSch_m \neq 0$ かつ $s = onSch_m$ の場合のみ)

3. 実験

3.1 実験対象・条件

モデルを千葉市中央区に適用した結果を示す。求解に当たっては

- ◆ 存続させる学校数 {9~18 校}
- ◆ 既存学区制約 {考慮なし dist・分散吸収型 BK・完全吸収型 KK}
- ◆ 連続性制約 {あり on、なし off}

の全 60 通りの結果を作成した。結果名はこれらを列挙し 12Bkon のように表記する。なお、最大通学距離は 3km 容量制約: 180~960 人/校とした。

3.2. 実験結果

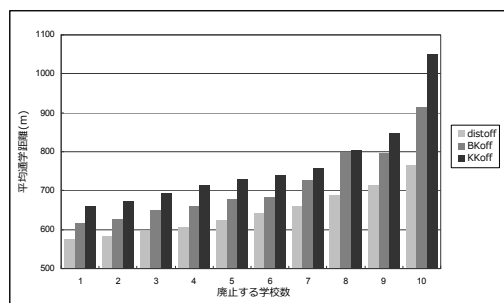


図3 平均通学距離(連続性制約あり)

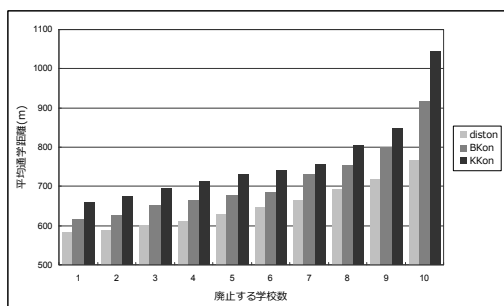


図4 平均通学距離(連続性制約なし)

既存学区に関する制約は、分散吸収型と完全吸収型の2つを設定し分析を行ったが、この制約は図3,4に示すように平均通学距離に対して特に大きい影響を与えた。平均通学距離については制約を設けない場合と比べて、分散吸収型で5~15%程度、完全吸収型では15~20%程度の増加が見られた。

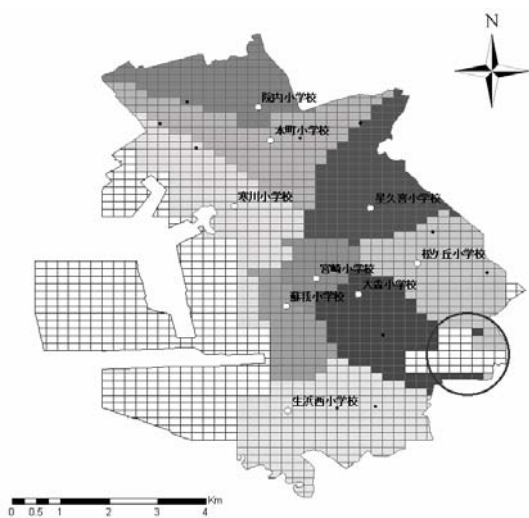


図5 9BKoffの結果

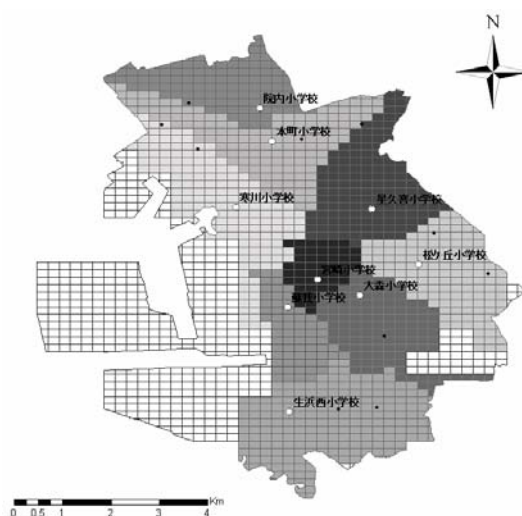


図6 9BKonの結果

連続性制約は「総通学距離の最小化」を目的関数とすることで飛び地が生じないような求解環境下ではほとんど影響を与えなかった。しかし、分散吸収型制約を用いた場合・廃止する学校数が多い場合に「総通学距離の最小化」だけでは飛び地の発生を抑制出来ない図5のようなケースが見られ、こういった場合に若干の通学距離の増加と引き換えに図6のように飛び地の発生を回避することが出来た。なお平均通学距離は、図5では915.0m、図6では916.3mであった。

4. まとめ

既存学区・空間的連続性を考慮した場合の適正学校配置の求解手法を提案し、既存学区の考慮が学校配置の物理的合理性に及ぼす悪影響の定量化を行った。また、物理的合理性にほとんど影響を及ぼすことなく飛び地の抑制を行えることを示した。

参考文献

葉養正明: 少子化時代の学校と地域—都市学校政策の動向と課題—: 都市問題 第88巻第3号 1997.3 pp.17-32

大谷博・近藤光男・廣瀬義伸・高橋啓一: 少子化時代における学校統廃合計画案の評価に関する研究: 『都市計画』50巻6号, 2002.2, pp.44-46