

校区再編支援システムの構築と自治体職員による実証評価

Development and Empirical Evaluation of a School District Reorganization Support System by Municipal Officers

廣瀬 桃花¹ 清水 仁² 諏訪 博彦^{1,3} 安本 慶一^{1,3}
Momoka Hirose Hitoshi Shimizu Hirohiko Suwa Keiichi Yasumoto

¹ 奈良先端科学技術大学院大学 Nara Institute of Science and Technology

² NTT 西日本 NTT WEST, Inc.

³ 理化学研究所革新知能統合研究センター RIKEN Center for Advanced Intelligence Project

要旨: 少子化の進行により、全国の自治体では小中学校の統廃合や校区再編が進められている。しかし、その判断過程では地域の感情的対立や合意形成の難しさが課題となる。本研究では、通学距離や定員制約を考慮した最適化計算と地理的可視化を統合した校区再編支援システムを構築し、自治体職員による操作体験とアンケート評価を通じて、政策判断支援における社会的有効性を検証した。結果として、提案システムは操作性・説明責任・業務効率化の観点で高い評価を得、行政実務における「計算的透明性」の有用性を示した。

キーワード: 校区再編, 最適化, 可視化

Abstract: Due to the declining birthrate, municipal governments across Japan are consolidating schools and reorganizing school districts. However, emotional conflicts in the community and the difficulty of consensus-building remain significant challenges. In this study, we developed a school district reorganization support system that integrates optimization calculations—considering commuting distances and capacity constraints—with geographic visualization. We verified its social effectiveness in supporting policy decisions through hands-on experience and questionnaire evaluations by municipal officers. The results showed that the proposed system was highly rated for its operability, accountability, and operational efficiency, demonstrating the utility of “computational transparency” in administrative practice.

Keywords: School district reorganization, Optimization, Visualization

1 はじめに

少子化の進行により、全国の自治体では小中学校の統廃合や校区再編が急速に進んでいる。文部科学省は2024年に「適正規模・適正配置方針」[1]を策定し、各自治体に再編計画の策定を求めている。一方で、学校の統合や学区の見直しは地域コミュニティや児童・生徒の通学環境に直結し、住民合意形成の難航や感情的対立を招く事例も報告されている[2]。このような状況下では、政策判断の透明性と説明責任が強く求められるが、現状では計算過程や案比較を再現可能な形で提示できる環境が不十分である。また近年、最適化モデルを社会的意思決定に適用する際には、モデルの構造や制約・目的の意味を理解可能な形で提示する「解釈可能性 (Interpretable Optimization)」が重要視されている[3]。本研究は、この観点に沿って、数理最適化の結果を行政職員が直感的に確認できる UI と可視化を統

合し、計算と結果の対応関係を分かりやすく示すことを目指す。

近年、GISを用いて既存学区境界や将来人口を可視化する取り組みが一部自治体で進みつつある[4, 5]。しかし、多くの既存システム[6, 5]は閲覧機能が中心であり、学校の開閉条件や人口シナリオの変更に応じて最適化を再実行し、複数案を即時比較できるような行政実務向けツールは限られている。また従来の校区再編検討では、GIS操作や人口データ処理に一定の専門性が求められ、担当者のスキル差に依存しやすいという課題がある。さらに、従来の校区再編検討では、複雑なGIS操作や人口データ処理が必要であり、担当職員のスキルに依存しやすいという運用上の制約も指摘されている。こうした状況を踏まえると、行政実務に適合し、条件変更・計算・比較の流れを一貫して支援できるシステムの必要性は高い。

本研究は、通学距離最小化や学校開閉や定員などの

制約を考慮した MILP (Mixed Integer Linear Programming) モデルと、インタラクティブな地理可視化 UI を統合した 校区再編支援システム を開発する。さらに、実在自治体職員による操作体験とアンケート評価を通じて、本システムが政策判断・案比較・説明責任にどの程度寄与し得るかを検証する。本研究の特徴は、数理モデルの性能評価にとどまらず、行政担当者による“操作性・透明性・受容性”に焦点を当てた実証的分析を行う点にある。

本稿の貢献は以下の 3 点である。

1. 校区再編に特化した MILP モデルと GIS 可視化を統合した政策検討環境を設計・実装した。
2. 実在自治体職員による操作体験を実施し、政策判断の透明性向上や説明責任の補完に関する知見を得た。
3. 短時間で複数案を生成・比較できるインタラクティブ UI の有効性を実証した。

2 関連研究

2.1 教育施設配置と最適化手法

教育施設の最適配置問題は、通学距離、学校規模、公平性、地域連結性などを考慮した多目的最適化として古くから研究されてきた。Diamond ら [7] は複数指標を統合した学校統合案の最適化を行い、Antunes ら [8] は将来人口を組み込んだ動的モデルを提案した。Barcelos ら [9] は開発途上国の都市部を対象に社会経済要因を考慮した学校立地最適化を示した。

近年は人口減少を背景に、施設の開閉を扱う動的施設配置問題 (DFLP) が適用されている。Shimizu ら [10] は転校コストと変更数制約を考慮した校区再編モデルを定式化し、Gurobi による最適化で有効性を示した。Caro ら [11] は GIS と整数計画法を組み合わせた校区再編システムを構築したが、行政担当者による受容性や説明可能性の検証は行われていない。

また、学校区境界が社会的公平性に与える影響を分析した研究も報告されている。Monarrez [12] は、通学区の境界設定が人種隔離 (Segregation) を助長または緩和し得ることを示し、校区再編問題が単なる通学距離最小化にとどまらず、社会的公正性 (Equity) と密接に関わることを指摘している。この知見は、本研究が対象とする校区再編において、目的関数や制約条件を検討する際の重要な背景となる。

2.2 政策形成支援における最適化と可視化

行政施策の検討においては、数値的な分析結果を意思決定者や住民に分かりやすく提示し、合意形成や説明責任を支援するための可視化が重要な役割を果たす。特に、複雑な制約条件やトレードオフを伴う政策課題では、計算結果を単一の最適解として提示するだけでは、判断根拠を十分に共有することが難しい。

選挙区割りを対象とした参加型可視化ツールとして、MGGG Redistricting Lab による Districtr [13] が知られている。Districtr は、地図上での直感的な区画編集や複数案の比較を可能にし、区割り決定の透明性と参加性を高めている。一方で、教育政策を対象とする校区再編では、通学距離、学校定員、学校の開閉判断など、教育制度特有の複合的要件を同時に扱う必要があり、単純な区画編集ツールでは十分に対応できない。

数理最適化と GIS を統合した意思決定支援システムとして、Caro ら [11] は、整数計画法と GIS を組み合わせた校区再編支援システムを提案している。この研究では、制約条件や解を地理的に可視化し、ユーザが対話的に解を探索できる点が示されているが、行政担当者による理解や受容、説明への活用といった観点での評価は十分ではない。

また、公共政策支援システムの設計においては、利用者を意思決定プロセスに組み込む参加型デザイン的重要性が指摘されている。Kensing ら [14] は、専門家と利用者が協働してシステムを設計することが、実務への適合性や受容性を高めると論じている。この考え方は、行政担当者が条件設定や結果解釈に主体的に関与する政策検討プロセスと親和的である。

以上より、政策形成支援における可視化は、結果の提示にとどまらず、意思決定者の理解と説明を支えるインタフェースとして位置づける必要がある。

2.3 本研究の位置づけ

既存の校区再編研究の多くは、数理モデルの定式化や計算性能、あるいは得られる解の性質の分析に主眼を置いている。一方、行政実務における校区再編は、一度の最適化で結論を出すプロセスではなく、条件を調整しながら複数案を比較・検討し、関係者への説明や合意形成を経て意思決定が行われる反復的なプロセスである。このような実務的文脈においては、計算結果そのものだけでなく、計算過程の理解可能性や説明のしやすさが重要となる。

この点に関連して、Miettinen ら [15] は、意思決定者が最適化プロセスの途中で選好情報を与え、解探索を段階的に進める対話型多目的最適化の枠組みを整理している。また、Jeloudar ら [16] は、学校区割り問題を対象に、ユーザ操作と最適化計算を反復的に行う参

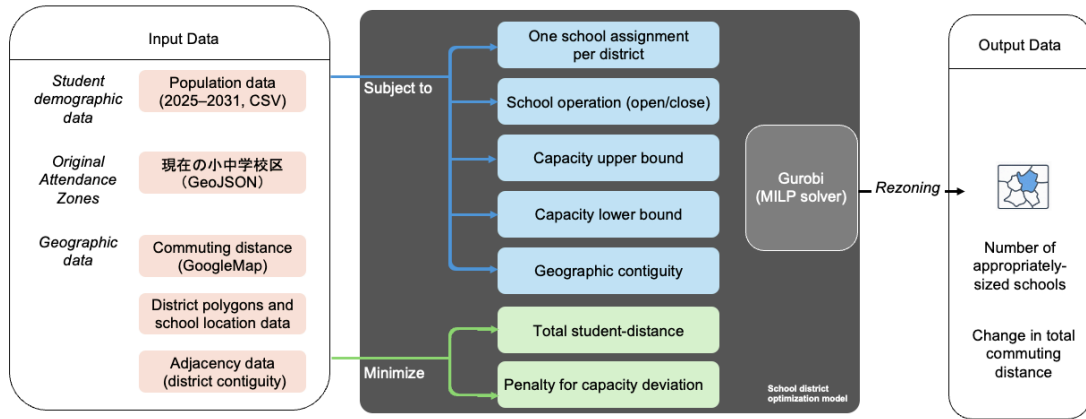


図 1: 本研究で用いる校区再編最適化のモデル構造

加型の区割り生成手法を提案している。これらの研究は、最適化を一度で完結させるのではなく、ユーザの判断を計算過程に組み込む設計思想を採用している点で、本研究と方向性を共有している。

これに対し本研究は、教育政策特有の制約条件、すなわち通学距離、学校定員、学校の開閉判断、および地理的連結性といった要件を統合した数理モデルを前提としつつ、行政担当者が実務の中で利用可能な UI 主導の反復型意思決定環境の構築に焦点を当てている。特に、「条件変更 → 即時計算 → 複数案の比較」という思考サイクルを支援するインタフェース設計を行い、数理最適化を行政実務に適用する際の操作性・透明性・説明責任を高める点に特徴がある。

さらに、本研究では、実在の自治体職員を対象とした操作体験とアンケート評価を通じて、提案システムが行政現場においてどの程度受容され、政策検討や説明業務を支援し得るかを実証的に検討する。このように、数理モデルの有効性に加えて、利用者視点での受容性や実務適合性を評価対象とする点に、本研究の独自性と貢献がある。

3 問題設定

本研究の最適化モデル全体の構造を図 1 に示す。人口データ、既存校区、通学距離、地理データ、隣接関係などの複数のデータ群が MILP モデルのパラメータとして統合され、唯一割当、学校の開閉状態、定員の上下制限制約、地理的連結性を満たすように校区を再編する。

最適化計算には Gurobi を用い、再編後の校区構成・通学距離の変化・定員達成状況など、政策判断に必要な指標を出力する。

3.1 概要

本研究が対象とする校区再編問題は、町丁目（需要点）を学校（施設）に割り当てる配置最適化問題である。目的は、全児童・生徒の通学距離を最小化しつつ、学校の開閉状態や定員の上下制限制約を満たし、さらに地理的に連結した校区を形成することである。

現実の行政運用では、児童・生徒数は年度ごとに変動する。本研究では、まず単年度の静的 MILP を定式化し、これを年度ごとに逐次的に解く方式を採用する。これにより、複数年度人口を扱いながらフロントエンドからの要求に応じた高速再計算が可能となる。

本モデルで用いる主な記号を表 1 に示す。

3.2 目的関数

本研究で用いる目的関数は、「通学距離の総和の最小化」と「容量逸脱ペナルティの抑制」の二項から構成される。通学距離は交通安全・移動負担・環境負荷といった複合的社会コストの代理指標とみなせるため、再編案の比較において中心的な役割を果たす。

$$\min_{x,y,c^+,c^-} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (W_j d_{ij}) x_{ij} + \lambda^+ \sum_{i \in I} c_i^+ + \lambda^- \sum_{i \in I} c_i^- \quad (1)$$

ここで、 λ^+, λ^- は容量逸脱に対するペナルティ係数であり、行政担当者が UI 上で調整可能な重みである。

3.3 制約条件

本モデルでは、実務における校区再編が必要となる割当制約・学校運営制約・定員制約・地理的連結性制約を以下のように設定する。

表 1: 数理モデルの記号 (単年度)

記号	意味
I	学校 (施設) の集合
J	町丁目 (需要点) の集合
W_j	町丁目 j の児童・生徒数 (当該年度)
d_{ij}	町丁目 j から学校 i までの通学距離
$x_{ij} \in \{0, 1\}$	町丁目 j を学校 i に割り当てると 1, それ以外 0
$y_i \in \{0, 1\}$	学校 i を開校とする場合 1, それ以外 0
C_i^+, C_i^-	学校 i の最大・最小定員
$c_i^+, c_i^- \geq 0$	容量逸脱の緩和変数 (ペナルティ付与)
$\lambda^+, \lambda^- \geq 0$	容量逸脱ペナルティの重み
r_i	学校 i の位置に対応する町丁目ノード
$f_{ijj'} \geq 0$	学校 i に関する, 町丁目 j から町丁目 j' へのフロー量
$A_{jj'} \in \{0, 1\}$	町丁目 j と j' が隣接している場合 1, それ以外 0

唯一割当制約

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad (\forall j \in J). \quad (2)$$

学校運営制約

$$x_{ij} \leq y_i \quad (\forall i \in I, \forall j \in J). \quad (3)$$

定員制約

$$\sum_{j \in J} W_j x_{ij} \leq C_i^+ y_i + c_i^+ \quad (\forall i \in I), \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} W_j x_{ij} \geq C_i^- y_i - c_i^- \quad (\forall i \in I). \quad (5)$$

地理的連結性制約 町丁目の隣接関係を表すグラフを $G = (J, E)$ とする. ここで J は町丁目の集合, $E \subseteq J \times J$ は隣接する町丁目対に基づいて定義される辺集合である. 町丁目の隣接関係は, 地理的境界の共有に基づく対称的な関係として与えられるため, 概念的には無向グラフとして表現される. 一方, 本研究で用いるフロー保存制約は有向辺を前提とするため, 各隣接対 $\{j, j'\}$ に対して両方向の有向辺 (j, j') および (j', j) を導入し, 計算上は有向グラフとして扱う. 学校 $i \in I$ の

校区が地理的に連結となるよう, 各学校ごとにフロー保存制約を導入する.

学校 i の位置に対応する町丁目ノードを $r_i \in J$ とし, 町丁目 j から町丁目 j' へのフロー量を表す連続変数を $f_{ijj'} \geq 0$ と定義する. このとき, 次のフロー保存制約を課す:

$$\sum_{(j, j') \in E} f_{ijj'} - \sum_{(j', j) \in E} f_{ij'j} = x_{ij} - (|J| - 1) y_i \mathbf{1}(j = r_i) \quad (\forall i \in I, \forall j \in J). \quad (6)$$

ここで, $\mathbf{1}(\cdot)$ は指示関数であり, 条件が真のとき 1, 偽のとき 0 を取る. すなわち, 学校 i に割り当てられた各町丁目 j では単位フローが消費され, 学校ノード r_i からは, 当該学校に割り当てられ得る町丁目数の最大値に対応するフローが供給される.

非隣接町丁目間でのフローを禁止するため, 隣接行列 $A_{jj'}$ を次のように定義する:

$$A_{jj'} = \begin{cases} 1 & \text{if } (j, j') \in E, \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

これを用いて, 次の容量制約を課す:

$$f_{ijj'} \leq (|J| - 1) A_{jj'} \quad (\forall i \in I, \forall (j, j') \in J \times J). \quad (7)$$

ここで $|J| - 1$ は, 一つの学校に割り当てられ得る町丁目数の最大値に対応する必要十分な上限である. 以上の制約により, 各学校 i に割り当てられた町丁目集合は, 学校ノード r_i を根とする連結な有向グラフとして構成され, 飛び地的な町丁目割当が排除される.

本研究では, 実務上ほとんど許容されない飛地校区を排除するため, このようなフロー保存制約に基づく定式化を採用し, 校区の地理的連結性を数理的に保証する.

4 提案システム

本研究で開発した校区再編支援システムは, 行政担当者が地図上で学校区や町丁目の条件を直感的に操作し, 通学距離や定員への影響を即座に確認できる Web ベースの意思決定支援環境である. 政策判断の透明性と説明責任の補完することを目的とし, 最適化モデルと地理的可視化 UI を統合して設計した.

図 2 に操作画面の例を示す. ユーザは町丁目ポリゴンや学校マーカーを直接クリックして条件を設定し, 通学距離の最小化や学校の開閉などの制約を反映した再編案を即時計算できる. 右側のパネルには平均通学距離や定員超過率などの指標が表示され, 条件変更の結

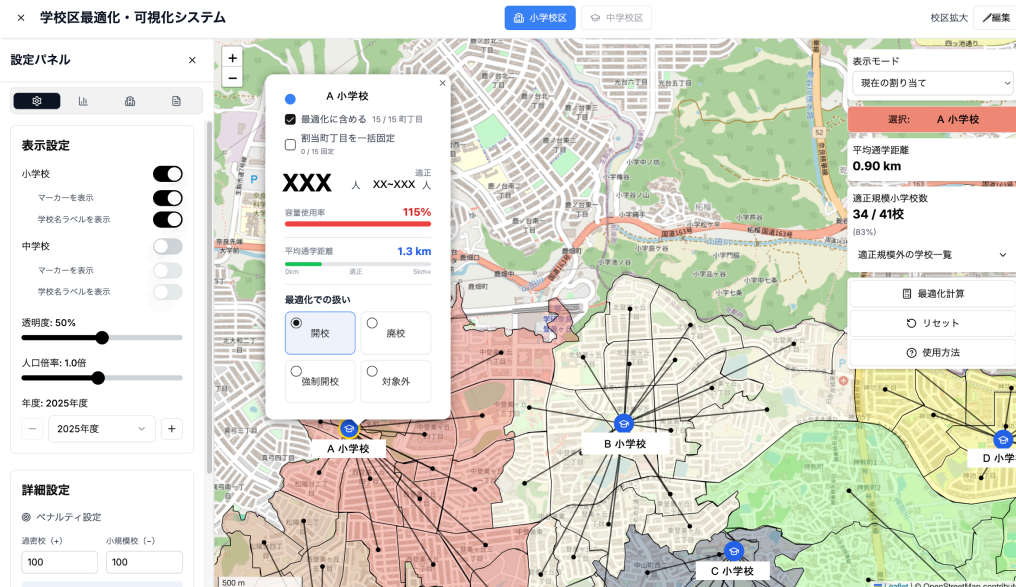


図 2: 提案システムの操作画面例。町丁目 TopoJSON¹および学校区オープンデータ²を用いたサンプル画面。

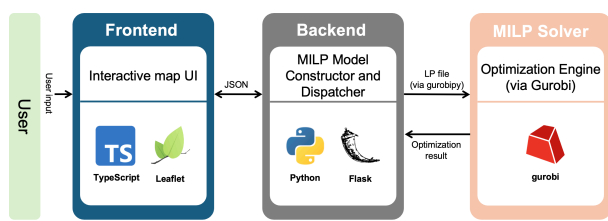


図 3: システム構成とデータフロー

果を視覚的に把握しやすい。このように、数理計算の結果を地理情報として直感的に扱える点に特徴がある。

4.1 構成とデータフロー

図 3 にシステム全体の構成を示す。フロントエンドは Next.js + TypeScript で実装し、地図描画には Leaflet を用いた。バックエンドは Flask (Python) を基盤とし、最適化エンジンに Gurobi^[17] を採用している。ユーザが UI 上で条件を変更すると、内容が JSON 形式で送信され、MILP (混合整数線形計画) に基づく最適化計算を経て GeoJSON として結果が返却される。ブラウザでは計算結果が即時に可視化され、複数案を反復比較しながら検討できる。

4.2 設計方針

行政職員が日常業務の延長で扱えることを重視し、次の三点を基本方針として設計した。

- **操作性**：学校や町丁目を直接クリックして条件を設定できる画面構成とし、追加のファイル編集や

複雑な設定作業を不要とした。非専門家でも短時間で複数案の生成・比較が行える。

- **透明性**：UI の設定項目が最適化モデルの主要な要素と対応しており、平均通学距離や定員超過率などの指標を明示する。設定と結果の関係が理解しやすく、説明の根拠提示を容易にする。
- **拡張性**：年度切替や将来人口シナリオ、最適化対象範囲の指定など、条件が増えても整理して扱えるよう、機能を分離して設計した。将来的な条件追加にも対応可能である。

4.3 主要機能

提案システムは、行政意思決定における試算・説明・合意形成を支援するため、以下の機能を備える。

- 学校の開閉指定・通学先ロック／解除（学校／町丁目の双方から指定可能）
- 最適化対象範囲の限定、年度切替、人口倍率（仮想シナリオ）設定
- 現行案・最適化案・手動調整案の切替
- 評価指標（平均通学距離、定員超過率など）の即時計算と提示

¹標準地域コード一覧 — 国勢調査町丁・字等別境界データセット。 <https://geoshape.ex.nii.ac.jp/ka/resource/>

²国土数値情報ダウンロードサイト。 https://n1ftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A27-v3_0.html

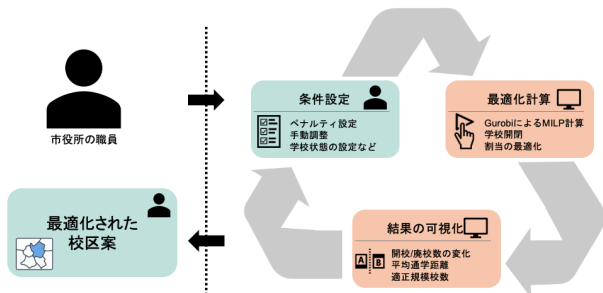


図 4: 自治体職員による校区再編支援システムのワークフロー

- GeoJSON・CSV によるエクスポート機能（庁内共有・会議資料作成を想定）
- ペナルティ

従来は表計算や GIS ソフトを併用して行われていた再編案の比較作業を、一つの Web アプリケーション上で再現性をもって実施できる点が特徴である。

4.4 想定ユースケース

図 4 は、本システムが行政実務のプロセスにどのように組み込まれるかの全体像を示したものである。本システムは、一般的な学校区再編プロセスの中で、次のような利用場面を想定している。これらは教育委員会業務の典型的な流れを参考に抽象化したものであり、特定自治体に依存しない。

- 庁内検討・協議段階：** 学校の開閉、対象範囲、人口シナリオなどの条件を調整しながら短時間で複数案を生成する場面。条件設定と出力が即時に確認でき前提共有が容易になる。
- 住民説明・広報段階：** 境界変更による通学距離や定員適正化の効果を地図上で提示し、誤解や不安が生じやすい要素を視覚的に説明する場面。操作内容をその場で再計算できるため、「特定の条件を変えた場合」の質問にも即応できる。
- 議会・報告書作成段階：** 追加検討や代替案の提示を求められた際に、同一条件で再現可能な計算を行い、根拠を図表として整理する場面。条件と出力が明確化されるため、意思決定過程の一貫性を補強できる。

これらのユースケースを通じて、本システムは数理最適化の計算結果を提示するだけでなく、行政内外の対話を支え、合意形成プロセスの透明性と再現性を高める政策支援型の情報基盤として機能することを目指す。

5 評価と考察

5.1 評価設計

本システムの行政現場における実用性を検証するため、ある自治体の学校再編業務を担当する職員 2 名を対象に、約 60 分間の操作体験を実施した。参加者は「現行案確認→条件設定→最適化→案比較」の一連のタスクを実行し、5 段階リッカート尺度によるアンケートおよび自由記述に回答した。本評価は大規模実証ではなく、行政実務者を対象とした予備的社会実験として位置付ける。

アンケートは「使いやすさ (A)」「政策立案への有効性 (B)」「従来手法との比較 (C)」の 3 カテゴリで構成した。設問内容と得点を表 2 に示す。逆転項目については得点を反転したうえで平均値を算出した。

5.2 結果概要

全体として高い評価が得られた。使いやすさ (A) は平均 4.15、政策立案への有効性 (B) は 4.83、従来手法との比較 (C) は 5.00 となり、特に B および C のカテゴリで満点に近い値が示された。

自由記述では、以下次のようなコメントが得られた。

- 「地図上での操作が直感的で、条件変更後の影響がすぐに分かる」
- 「住民説明や議会答弁で根拠を示す資料として活用できる」
- 「距離値を個別に確認したい」「PDF レポートの自動生成があるとさらに良い」

これらの結果は、本システムが設定と出力の対応関係を理解しやすく提示し、行政担当者が説明根拠を整理するための支援ツールとして有効に機能していることを示す。

5.3 自由記述の質的分析

自由記述を「操作性」「可視化」「説明責任」「機能要望」の 4 類型に整理したところ、最も多かったのは「説明責任」に関する意見であった。次いで「操作性」「可視化」が続いた。これは、行政実務において根拠提示と再現性の確保が強く求められていることを反映している。

一方で「距離値の個別確認」や「PDF 出力」など、実務導入を想定した具体的な改善提案も得られた。これらは、庁内利用から住民説明段階へ機能拡張するうえでの重要な示唆である。

表 2: アンケート結果 (2名の個票を並記し, A節は逆転得点化後に平均)

カテゴリ	設問内容	個票 (1人目,2人目)	平均
A：使いやすさ	A-1 頻繁に使いたい	5,4	4.5
	A-2 不必要に複雑だ (逆)	5,2 → 1,4	2.5
	A-3 使いやすい	5,5	5.0
	A-4 専門家支援が必要 (逆)	3,3 → 3,3	3.0
	A-5 機能統合が良い	5,5	5.0
	A-6 一貫性が欠ける (逆)	1,1 → 5,5	5.0
	A-7 すぐ使いこなせる	3,5	4.0
	A-8 使いにくい (逆)	1,1 → 5,5	5.0
	A-9 自信を持って操作できる	4,4	4.0
	A-10 学習が必要 (逆)	3,2 → 3,4	3.5
			A 節平均 (逆転後)
B：政策立案への有効性	B-1 検討効率を高める	5,5	5.0
	B-2 地図表示は理解に役立つ	5,5	5.0
	B-3 意思決定の質向上	5,4	4.5
	B-4 代替案の比較が容易	5,5	5.0
	B-5 指標の意味が理解しやすい	5,5	5.0
	B-6 公平性の担保に役立つ	5,5	5.0
	B-7 説明責任・透明性を高める	5,5	5.0
	B-8 合意形成を促進する	5,4	4.5
	B-9 実務導入可能性がある	5,4	4.5
		B 節平均	4.83
C：従来手法との比較	C-1 短時間で進められた	5,5	5.0
	C-2 案の質が高いと感じた	5,5	5.0
	C-3 根拠を説明しやすい	5,5	5.0
	C-4 公平だと感じた	5,5	5.0
	C-5 総合的に望ましい	5,5	5.0
		C 節平均	5.00

5.4 考察

本システムは、政策検討における設定条件と計算結果の関係を分かりやすく提示し、行政担当者が根拠を整理しやすくなる点に意義がある。特に、最適化モデルの社会実装においては、モデル内部の仕組みや制約の影響が利用者に理解可能な形で提示される「解釈可能性」が重要であると指摘されている [3]。さらに最近では、意思決定支援システムにおける透明性・説明可能性を体系的に整理した総説研究も登場しており、最適化モデルの利用者が計算根拠を理解しやすい環境設計の重要性が強調されている [18]。本研究の UI 連動型の可視化設計は、こうした透明性要求に応答するものである。本研究の UI 設計は、条件変更と指標変化が即時に連動する構造により、この解釈可能性を実務レベルで補完し、行政担当者が説明根拠を提示しやすい環境を構築している。従来、担当者は表計算ソフトによる距離計算や条件変更の再試算を手作業で行っており、条件の再現や案間の比較が困難であった。本システムでは、同一条件で再計算でき、主要な指標の変化を地図と数値で確認できるため、検討過程の透明性を高める効果が期待できる。

また、短時間の操作体験でも基本的な機能を理解できたことから、UI によって情報リテラシの差が吸収さ

れ、専門的なツールに不慣れな利用者でも政策検討に参加できる可能性が示された。これは、庁内の複数部署が協働して再編案を検討する際の支援としても有効である。

5.5 課題と今後の展望

今回の評価は参加者数が少なく、予備的な検証にとどまる。しかし、操作体験とアンケート結果から、(i) 政策検討の即時性、(ii) 説明資料作成の効率化、(iii) 条件変更に対する再現性の高い比較作業の支援、という三点について、本システムが行政実務に有用となる可能性が示唆された。特に、設定変更と指標更新が即時に連動する点は、根拠に基づく政策立案 (EBPM) [19, 20] の実践において重要となる「可視化」「説明可能性」「比較可能性」を補完する機能といえる。今後は、防災関連情報や通学路安全データとの組み合わせ、報告書出力の自動化、多年度人口推計を用いた将来シナリオ分析など、EBPM を志向した実務利用を念頭に置いた機能拡張が課題となる。

最終的には、行政におけるデータ活用型の政策形成を支える基盤として発展させることを目指す。

6 まとめ

本研究では、校区再編における政策判断を支援する Web システムを構築し、自治体職員による操作体験を通じて実務上の有効性を検証した。通学距離・定員制約を踏まえた案比較や、条件変更に応じた即時計算が評価され、政策判断の透明性向上や説明負担の軽減に寄与し得ることが示唆された。

今後の課題として、多年度人口を考慮した最適化や変更コストの導入、通学路安全情報の統合、PDF レポート生成など実務で求められる機能拡張が挙げられる。また、他自治体データによる外的妥当性の検証や、住民・議会と協働する場面での実践を通じて、意思決定過程の再現可能性と公平性をより高める情報基盤へ発展させていきたい。

謝辞

本研究は、JST 共創の場形成支援プログラム JPMJPF2115 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] 文部科学省. 適正規模・適正配置方針. https://www.mext.go.jp/content/20240808-mxt_syokyo02-000037481_2-1.pdf, 2024. 2025-11-26 アクセス.
- [2] 朝日新聞. 小中学校統合めぐり深まる溝 沼津で住民が署名運動. <https://www.asahi.com/articles/ASP9N7W82P9KUTPB001.html>, 2021. 2021-9-21 掲載. 2025-11-26 アクセス.
- [3] Sara Lumbreras and Pedro Ciller. Interpretable optimization: Why and how we should explain optimization models. *Appl. Sci.*, Vol. 15, p. 5732, 2025.
- [4] 宇治市教育委員会. 小中一貫教育体制の整備に GIS を活用. <https://www.esri.jp/industries/case-studies/49895/>, 2009. 2025-11-26 アクセス.
- [5] Esri Japan / ArcGIS Online. 小学校区データ (国土数値情報 令和 3 年度). <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=01715f90c5fd48c8afe0c2c5f703ef2b>, 2021. 2025-11-26 アクセス.
- [6] MapExpert. 全国市区町村ごとの小学校・中学校の学区と、幼稚園、高校、大学の位置情報. <https://school.mapexpert.net/>. 2025-11-26 アクセス.
- [7] James T. Diamond and Jeff R. Wright. Multiobjective analysis of public school consolidation. *Journal of Urban Planning and Development*, Vol. 113, No. 1, pp. 1–18, 1987.
- [8] António Antunes and Dominique Peeters. A dynamic optimization model for school network planning. *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol. 34, No. 2, pp. 101–120, 2000.
- [9] N. D. Pizzolato, F. B. Barcelos, and L. A. N. Lorena. School location methodology in urban areas of developing countries. *International Transactions in Operational Research*, Vol. 11, pp. 667–681, 2004.
- [10] Hitoshi Shimizu, Hirohiko Suwa, Tomoharu Iwata, Akinori Fujino, Hiroshi Sawada, and Keichi Yasumoto. School families: A new formulation of school district planning problem. In Tung X. Bui, editor, *56th Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2023, Maui, Hawaii, USA, January 3-6, 2023*, pp. 5122–5131. ScholarSpace, 2023.
- [11] F Caro, T Shirabe, M Guignard, and A Weintraub. School redistricting: embedding gis tools with integer programming. *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 55, No. 8, pp. 836–849, 2004.
- [12] Tomás E. Monarrez. School attendance boundaries and the segregation of public schools in the united states. *American Economic Journal: Applied Economics*, Vol. 15, No. 3, p. 210–37, July 2023.
- [13] MGGG Redistricting Lab. Public mapping with districtr. <https://districtr.org/>, 2019. 2025-11-26 アクセス.
- [14] Finn Kensing and Jeanette Blomberg. Participatory design: Issues and concerns. *Comput. Supported Coop. Work*, Vol. 7, No. 3–4, p. 167–185, January 1998.
- [15] Kaisa Miettinen, Jussi Hakanen, and Dmitry Podkopaev. *Interactive Nonlinear Multiobjective Optimization Methods*, pp. 927–976. Springer New York, New York, NY, 2016.
- [16] Mobin Y. Jeloudar, Irene Lo, and Katherine L. Mentzer. Optimization meets participation: Iterative zone generation for school assignment. In *Proceedings of the 5th ACM Conference on Equity and Access in Algorithms, Mechanisms, 2025*.

- [17] Gurobi Optimization, LLC. Gurobi Optimizer Reference Manual, 2022. <https://www.gurobi.com>.
- [18] Kassem Dannach, Wael Hosny Fouad Aly, Abbas Tarhini, and Saad Laouadi. Toward transparent optimization: A systematic review of explainable ai in decision-making systems. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol. 18, No. 4, p. 6707, 2025.
- [19] 内閣府. 内閣府における EBPM への取組. <https://www.cao.go.jp/others/kichou/ebpm/ebpm.html>, 2025. 2025-11-29 アクセス.
- [20] 内閣官房 行政改革・効率化推進本部. EBPM の推進. <https://www.gyokaku.go.jp/ebpm/index.html>, 2025. 2025-11-29 アクセス.