

## 50. 築年数と転用を考慮した地域公共施設の動的施設配置問題

### Dynamic Facility Location Problem Considering Age of Facility and Conversion

西沢 昴\*・鈴木 勉\*\*

Subaru Nishizawa\*, Tsutomu Suzuki\*\*

Managing life cycle cost of public facilities is a hot issue, since central and local governments are facing severe fiscal conditions. This paper expands facility location model to include increasing maintenance cost, efficient utilization of existing facilities, and conversion to the appropriate use of public facilities due to demand change by aging society. The model is then applied to facility location in one-dimensional city that has two types of population, schoolchild and elderly, and facilities for each population. Applying the model to three scenarios of population distribution change, we found out that utilizing existing facilities and conversion allow us to make more facilities and lower travel cost, and that the compactation scenario and centralized population scenario are suitable for applying conversion due to low travel cost and great effect of conversion on reducing travel.

*Keywords: public facility, life cycle cost, aging, conversion, compact city*

公共施設, ライフサイクルコスト, 老朽化, 転用, コンパクトシティ

#### 1. はじめに

近年、地方公共団体では厳しい財政状況が続く中、地域公共施設の老朽化が進んでおり、総務省が各地方公共団体へ向けて「公共施設等総合管理計画」の策定を指導するなど、地域公共施設の管理に注力し始めている。自治体でも「公共施設白書」を作成し、地域公共施設の維持管理に注力しているケースが見られる。

各自治体は公共施設の将来保全費について、定められた建替えサイクルの際に、建物の延床面積に建替単価を乗じて建替費や改修費を推計している<sup>1)</sup>。しかし、実際の保全費用は、全ての期間について一元的に決まるわけではなく、施設劣化年数に合わせて増加すると考えられる。保全に関しては、以前は老朽化の事後に修繕を行っていたが、事前に保全する「予防保全型」の考え方を取り入れて実施する例も増加している<sup>2)</sup>。

一方、わが国では人口減少・少子高齢化が進行し、地域公共施設の利用需要も変化していくことが予想されるため、これに合わせて利用者の利便性も維持できるよう配慮していく必要がある。しかし、施設の新築には一般に多額の費用がかかる。したがって、比較的安価に需要の変化に対応する手段として、既存施設の転用の事例が増加している。例えば、需要変化に伴う小学校の転用事例<sup>3)</sup>は、2002～2012年の期間で全国で約3,000例にのぼり、公民館、資料館、老人福祉施設など様々な施設へと転用されている。建物全体を用途変更する場合もあれば、一部を用途変更する場合もある。横浜市では、条例によって用途が決定されたものとして、小学校がコミュニティハウスや高齢者福祉施設等に転用・複合化された事例があるが、背景には小学校人口の減少がある<sup>4)</sup>。また、京都府では余裕教室の老人福祉施設への転用事例があるが、背景には児童生徒の減少によ

て余裕教室が生じたこと、一方で着実に高齢化が進むことが予想されたことが挙げられる。小学校も同一の施設内に存在し、小学生と高齢者によるコミュニティも創出されている<sup>5)</sup>。コストを抑制するために、このような転用の事例はさらに増加していくと考えられるが、既存小学校の老朽化が進んでいる場合には、転用を考えるのは難しくなると考えられる<sup>6)</sup>。また、転用前後で地理的位置は変更できないので、その場所で転用後の施設の一定の需要が見込まれるといった条件が整わないと、これも実現は難しいと考えられる。近年、コンパクトシティの考え方が拡大しているが、施設や人口が相互に近接していることが将来の転用のしやすさを決める条件になるものと考えられ、都市のコンパクト化の影響も考える必要がある。

そこで本論文は、施設の築年数に合わせた施設保全費と施設の用途の転用に着目し、2種類の施設を対象とした $p$ -メディアンモデルを土台として、ある期間内の公共施設配置再編を限られた予算の中で、保全・新築・転用に必要なコスト制約を満たしながら、移動費用の最小化を目的とした動的施設配置問題を定式化するとともに、モデルを構築して、転用が有利となる都市構造条件や総移動距離を定量化することを目的とする。

続く2章で、線分都市モデルにおける施設が築年数に合わせて増加する保全費と施設新設費の制約を満たしながら、移動費用の総和を最小化する動的施設配置モデルを定式化する。次に3章で、2章のモデルに転用の概念を加え、2種類の需要を満たす動的施設配置モデルとして定式化する。そして4章で、2章および3章のモデルを都市構造シナリオ設定の異なる仮想空間に適用し、配置・移動費用がどのように変化するかを明らかにする。最後に5章で、本論文の結論と今後の課題をまとめる。

\* 学生会員・筑波大学大学院システム情報工学研究科(University of Tsukuba)

\*\*正会員・筑波大学システム情報系(University of Tsukuba)

## 2. 新築・保全費を考慮した動的施設配置モデルの定式化

### 2.1 モデルの概要

本章ではp-メディアンモデルを土台として築年数を考慮した動的施設配置問題を定式化する。施設配置問題はこれまでに様々な拡張がなされており、実社会における課題を扱うモデル化が行われてきた。例えば既存施設活用のため、既存施設の存在を考慮した施設配置問題が開発されている<sup>7)</sup>。また、2種類の機能・需要の異なる施設を両方の機能を持つ第3のタイプの施設に統合するときに、統合施設の最適な場所を決定するメディアン型配置問題が開発され、幼保一元化に適用されている<sup>8)</sup>。そして人口の周期的変動の下での施設の新築・廃止の動的過程を導かれている<sup>9)</sup>。しかし、近年の施設管理状況を踏まえ、築年数に合わせて増加する保全費を考慮した施設配置問題はまだ提案されていない。さらに新築を原則行わないという管理状況の下、転用がどのような時系列メカニズムで行われるかについて言及した研究は見当たらない。そこで本研究では、西沢・鈴木(2015)<sup>10)</sup>により、一方の需要が減少、他方は増加している2種類の施設を対象にして開発された転用を考慮した施設配置モデルをベースにして、さらに上記2つを考慮した動的施設配置モデルを定式化する。

ある期間において2種類の時系列的な施設利用人口が与えられた需要点および施設立地候補点と点間の距離を定義した空間を想定し、異なる2種類の施設を設置することを考える。時系列的な施設利用人口によって需要が変化することを想定し、片方の種類の施設(以下施設1と呼ぶ;小学校を想定)の需要は減少する一方で、もう片方の施設(以下施設2と呼ぶ;高齢者施設を想定)の需要が増大する状況を考える。各期で全ての施設利用者が最寄り施設を利用する状況を考え、全期間の予算制約の下で施設配置を決定する。各期で新築・廃止を決定することができるが、新築の際にはそれぞれ1施設当たり所与のユニットコストが発生する。施設を継続して設置するためには保全費がかかるが、そのコストは築年数に依存するものとする。これらの制約の下、目的関数である全期間の全移動費用を最小化する施設配置を考える。

### 2.2 定式化

全期間の移動距離を最小化する施設の動的配置を決定する問題は以下のように定式化できる。

$$\min_{x_{ijt}, y_{jt}, y_{jt}^2} D = \sum_{i,j,t|t>0} p_{it}^1 d_{ij} x_{ijt}^1 + \sum_{i,j,t|t>0} p_{it}^2 d_{ij} x_{ijt}^2 \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \sum_j x_{ijt}^1 = 1, \forall i, t|t > 0 \quad (2)$$

$$\sum_j x_{ijt}^2 = 1, \forall i, t|t > 0 \quad (3)$$

$$y_{jt}^1 \geq x_{ijt}^1, \forall i, j, t|t > 0 \quad (4)$$

$$y_{jt}^2 \geq x_{ijt}^2, \forall i, j, t|t > 0 \quad (5)$$

$$y_{jt}^1 \leq \sum_{(t',\alpha,\beta)|t-(\beta-\alpha)\leq t'\leq t} u_{jt'\alpha\beta}^1, \forall j, t|t > 0 \quad (6)$$

$$y_{jt}^2 \leq \sum_{(t',\alpha,\beta)|t-(\beta-\alpha)\leq t'\leq t} u_{jt'\alpha\beta}^2, \forall j, t|t > 0 \quad (7)$$

$$y_{jt}^1 + y_{jt}^2 \leq 1, \forall j, t|t > 0 \quad (8)$$

$$\sum_{(j,t,\alpha,\beta)|t>0} c_{\alpha\beta} u_{jt\alpha\beta}^1 + \sum_{(j,t,\alpha,\beta)|t>0} c_{\alpha\beta} u_{jt\alpha\beta}^2 \leq B \quad (9)$$

$$u_{jt\alpha\beta}^1 = 0, \forall j, \alpha, \beta | \alpha > 1 \wedge (j \in J^1 \vee \alpha \neq \alpha_j^1) \quad (10)$$

$$u_{jt\alpha\beta}^2 = 0, \forall j, \alpha, \beta | \alpha > 1 \wedge (j \in J^2 \vee \alpha \neq \alpha_j^2) \quad (11)$$

$$u_{jt\alpha\beta}^1 = 0, u_{jt\alpha\beta}^2 = 0, \forall j, t, \alpha, \beta | t > 1, \alpha > 1 \quad (12)$$

$p_{it}^1, p_{it}^2$ : 施設1, 施設2の利用者数

$d_{ij}$ : ノード*i*から施設候補点*j*までの時間距離

$x_{ijt}^1, x_{ijt}^2$ : 期間*t*におけるノード*i*の施設1, 施設2の候補点*j*への割当(バイナリ変数)

$y_{jt}^1, y_{jt}^2$ : 期間*t*における施設候補点*j*の施設1, 施設2の有無(バイナリ変数)

$u_{jt\alpha\beta}^1, u_{jt\alpha\beta}^2$ : 期間*t*における施設候補点*j*のα期からβ期の間に残存する施設1, 施設2の新築または既存施設利用の有無(バイナリ変数)

$J^1, J^2$ : 既存施設1または2の施設立地点*j*の集合(所与)

$\alpha_j^1, \alpha_j^2$ : 施設候補点*j*に既存施設1または2がある場合の施設の築年数(所与)

$c_{\alpha\beta}$ : 建築物の築年数α期からβ期にかかる新築または保全に要する費用(α=1のときは新築費用を含む)

式(1)は目的関数である全期間の移動距離の総和を最小化することを示す。式(2)(3)は利用者が各期においていずれかの施設に必ず配分されること、式(4)(5)はその期で存在する施設に配分されること、式(6)(7)は各施設が、その期からさかのぼってα期からβ期の間に新築または既存施設利用がされているときのみ存在しうるとすることで築年数を考慮することを示す。式(8)は同じ立地点に2種類の施設が同時に立地しないことを示す制約である。式(9)は新築費用・保全費用の全期間での総和が一定予算*B*以内であるという予算制約を示す。また、式(10)~(11)は、期間1に立地点*j*に築年数α<sup>1</sup>またはα<sup>2</sup>期の既存施設がある場合それを利用可能、または新築が可能であること、式(12)は期間2以降は築年数を1に戻して新築するか、築年数を戻さずにそのまま利用することしか選択できないことを意味する。これにより、既存施設の立地点と築年数を与えることも可能である。

## 3. 転用を導入した動的施設配置モデルの定式化

### 3.1 モデルの概要

次に、2章のモデルにさらに転用条件を加える。ここでは、2章の前提から、施設用途や需要の変化によって施設1が施設2への転用、あるいはその逆の転用も可能であることを考える。施設の変化に対する費用として、新築費用、築年数に対する保全費用に加えて、転用費用*ε*を導入する。それらの制約の下で、全期間の施設1, 施設2への移動距離を最小化する施設配置を考える。

### 3.2 定式化

設定に関しては2章とほぼ同様であるが、施設1, 2に対して転用に関する制約をそれぞれ加える。全期間の移動距離を最小化する施設の動的配置を決定する問題は以下のよう定式化できる。

$$\min_{x_{ijt}^1, y_{jt}^1, y_{jt\alpha\beta}^1} D = \sum_{i,j,t|t>0} p_{it}^1 d_{ij} x_{ijt}^1 \quad (1)$$

$$+ \sum_{i,j,t|t>0} p_{it}^2 d_{ij} x_{ijt}^2$$

s. t. (2), (3), (4), (5), (8), and

$$y_{jt}^1 \leq \sum_{(t,\alpha,\beta)|t-(\beta-\alpha)\leq t\leq t} u_{jt\alpha\beta}, \forall j, t|t > 0 \quad (6')$$

$$y_{jt}^2 \leq \sum_{(t,\alpha,\beta)|t-(\beta-\alpha)\leq t\leq t} u_{jt\alpha\beta}, \forall j, t|t > 0 \quad (7')$$

$$\sum_{j,t,\alpha,\beta|t>0} c_{\alpha\beta} u_{jt\alpha\beta} + \sum_{j,t|t>0} c^r z_{jt}^{12} \quad (9')$$

$$+ \sum_{j,t|t>0} c^r z_{jt}^{21} \leq B$$

$$u_{j0\alpha\beta} = 0, \forall j, \alpha, \beta \quad (10')$$

$$u_{j1\alpha\beta} = 0, \forall j, \alpha, \beta | \alpha > 1 \wedge (j \in J \vee \alpha \neq a_j) \quad (11')$$

$$u_{jt\alpha\beta} = 0, \forall j, t, \alpha, \beta | t > 1, \alpha > 1 \quad (12')$$

$$y_{j0}^1 = 1, \forall j, t | j \in J^1 \quad (13)$$

$$= 0, \text{ otherwise}$$

$$y_{j0}^2 = 1, \forall j, t | j \in J^2 \quad (14)$$

$$= 0, \text{ otherwise}$$

$$(y_{jt}^1 + y_{jt}^2) - (y_{j,t-1}^1 + y_{j,t-1}^2) \leq u_{jt1\beta}, \quad (15)$$

$$\forall j, t, \beta | t > 2$$

$$2 - y_{j,t-1}^1 - y_{jt}^2 - (1 - \sum_{\beta} u_{jt1\beta}) + z_{jt}^{12} \quad (16)$$

$$\geq 0, \forall j, t | t > 0$$

$$y_{j,t-1}^1 - z_{jt}^{12} \geq 0, \forall j, t | t > 0 \quad (17)$$

$$y_{jt}^2 - z_{jt}^{12} \geq 0, \forall j, t | t > 0 \quad (18)$$

$$\left(1 - \sum_{\beta} u_{jt1\beta}\right) - z_{jt}^{12} \geq 0, \forall j, t | t > 0 \quad (19)$$

$$2 - y_{j,t-1}^2 - y_{jt}^1 - \left(1 - \sum_{\beta} u_{jt1\beta}\right) + z_{jt}^{21} \quad (20)$$

$$\geq 0, \forall j, t | t > 0$$

$$y_{j,t-1}^2 - z_{jt}^{21} \geq 0, \forall j, t | t > 0 \quad (21)$$

$$y_{jt}^1 - z_{jt}^{21} \geq 0, \forall j, t | t > 0 \quad (22)$$

$$\left(1 - \sum_{\beta} u_{jt1\beta}\right) - z_{jt}^{21} \geq 0, \forall j, t | t > 0 \quad (23)$$

$u_{jt\alpha\beta}$  : 期間  $t$  における施設候補点  $j$  の  $\alpha$  期から  $\beta$  期の間に残存する施設の新築または既存施設利用の有無 (バイナリ変

数)

$z_{jt}^{12}$  : 期間  $t$  における施設候補点  $j$  の施設1から施設2への転用の有無 (バイナリ変数)

$z_{jt}^{21}$  : 期間  $t$  における施設候補点  $j$  の施設2から施設1への転用の有無 (バイナリ変数)

$J$  : 既存施設立地点  $j$  の和集合 (所与)

$a_j$  : 施設候補点  $j$  に既存施設がある場合の築年数 (所与)

$c^r$  : 建築物の一施設当たり転用費用

式(1)~(8)は2章と同様である。ただし、2章と異なり、ここでは施設の新築または既存施設利用の有無を表す  $u_{jt\alpha\beta}$  の施設種を区別しないので、式(6)(7)の代わりに式(6')(7')を用いる。式(9')は新築費用・保全費用・転用費用の全期間での総和が一定予算  $B$  以内であるという予算制約を示す。また、期間  $t$  は0の値もとるとし、式(10')は期間0には新築はしないこと、式(11')は期間1に立地点  $j$  に築年数  $a_j$  期の既存施設がある場合それを利用可能、または新築が可能であること、式(12')は期間2以降は築年数を1に戻して新築するか、築年数を戻さずにそのまま利用することしか選択できないことを意味する。式(13)~(14)は既存施設の立地制約、式(15)はいずれかの施設の有無が0から1に転じたときに新築となることを意味する。式(16)~(19)および式(20)~(23)はそれぞれ転用の有無を表すダミー変数  $z_{jt}^{12}$  および  $z_{jt}^{21}$  を定義する  $y_{j,t-1}^1 y_{jt}^2 = z_{jt}^{12}$  および  $y_{j,t-1}^2 y_{jt}^1 = z_{jt}^{21}$  を線形化した式群である。

## 4. 仮想空間におけるモデルの適用

### 4.1 ケースおよび人口分布パターン設定

少子高齢化の動向を踏まえ、全国に多くの事例が見られる小学校から高齢者施設への転用を対象とする。本研究では3つのケースにモデルを適用し、それぞれ3種類の人口分布シナリオの結果を比較する。ケース1は、既存の施設立地がなく新築のみに依る状況を想定する。ケース2は既存施設が立地しており、継続して利用可能な状況を想定する。ケース1および2は2章の定式化を用いる。ケース3は既存施設の立地に加え、小学校から高齢者施設への転用が起きる状況を想定し(図1)、3章の定式化を用いる。

本研究におけるモデルの適用は1次元の線分都市に対して行う。線分の長さを1100とし、100毎のセグメントの中央に施設候補点があり、その倍の22箇所の均等に分布する需要点上に利用者が存在する状況を想定する。既存施設ありのケースは、小学校3校が立地地点  $J^1 = \{4, 6, 8\}$  に配置されている場合を考え、それぞれ築年数を  $(a_4^1, a_6^1, a_8^1) = (2, 4, 2)$  と設定する(既存高齢者施設はなし)。

総人口数は、小学生は初期総人口132から各期で22ずつ減少し、高齢者は初期総人口22から各期で22ずつ増加する。全ての期間において小学生と高齢者の総人口は変化せず154とする。人口分布に関して、小学生・高齢者に対して一様に減少・増加する「均等型」(シナリオA)、期間につれて中心部人口密度が高くなるように減少・増加する「集約型」(シナリオB)、初期から中心部人口密度が高い

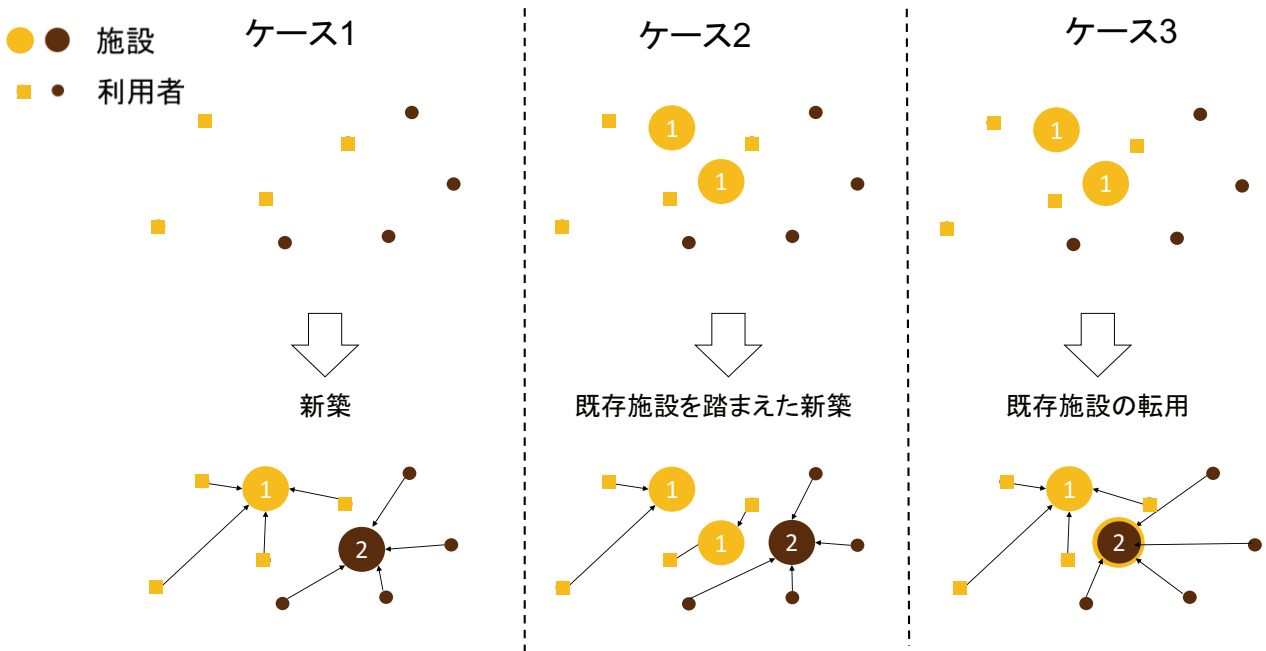


図1 ケース別概念図

状態で減少・増加する「集中型」(シナリオC)の3種類を設定する(図3)。これらにモデルを適用し、結果の比較を行う。

#### 4.2 最適施設配置と移動距離との関係

転用は様々なパターンがあり、普遍的な費用設定を示すことは困難である。西沢・鈴木(2015)は実際のデータを参考に大規模な改修を伴う際の新築費用と転用費用の比を2:1としている。一方、既存の施設の状態を活かしてほぼ原状のまま利用する転用もあり、費用は大小様々であると考えられる。ここでは既存施設を利用した簡易な転用を想定し、総予算( $B$ )600、新築費用100、転用費用( $c$ )10とする。保全費用は初期は新築費用に含まれるとし、増分が1期間毎に線形に2ずつ増加するような逡増型の関数を設定する(図2)。つまり期間1から期間6まで立地した場合、保全費用の合計は $0+2+4+6+8+10=30$ となる。

図3はケース・シナリオ別最適解を示したものである。0期とは既存施設の位置を表している。これを見るとケース1に関しては、シナリオBおよびCは施設の立地が中心に集約する傾向があることが分かる。また、シナリオB、Cを比較すると中心施設の種類の異なっていることが分かる。また、ケース2に関しては、シナリオA・B・Cの順に施設の立地が中心に集約される傾向があることが分かる。特にシナリオCは全ての施設が隣接しており、集約の傾向が強いことが分かる。ケース3に関しては、転用数がシナリオAでは1回のみである一方、シナリオB・Cでは2回起きていることが分かる。転用が起きている場合を比較すると、人口分布が変わらないシナリオAでは縁辺の小学校が転用されている一方で、シナリオB、Cでは転用が起っており、同時に高齢者施設の新築が起きていることが分かる。

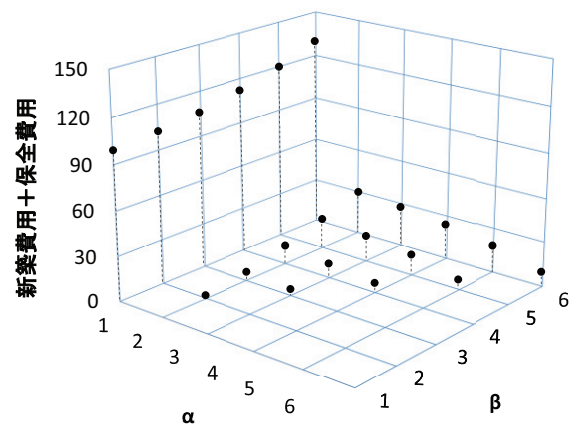


図2 新築費用・保全費用 $c_{\alpha\beta}$ の設定

また、ケース別に見ると、図3からケース2は既存施設が使えるので、同じ予算制約でも新築数を抑えることでより多くの施設を開くことができることを示している。また、ケース3は転用に費用を充てることで需要の大きな変化に対応でき、総移動距離を減らすことができることを示している。さらに、表1・図4より、総移動距離はケース1・2・3の順で減少し、またシナリオA・B・Cの順で減少している。同費用であれば転用によって、利用者のアクセシビリティの観点から利便性を向上させる可能性があることが分かる。また、ケース2とケース3の比較により転用導入による総移動距離の減少率を見ると、シナリオAでは1.6%に留まるのに対し、シナリオB・Cではそれぞれ4.2%、4.7%であり、アクセシビリティの観点から集約型都市構造において転用が有効であることが示されている。

シナリオA

シナリオB

シナリオC

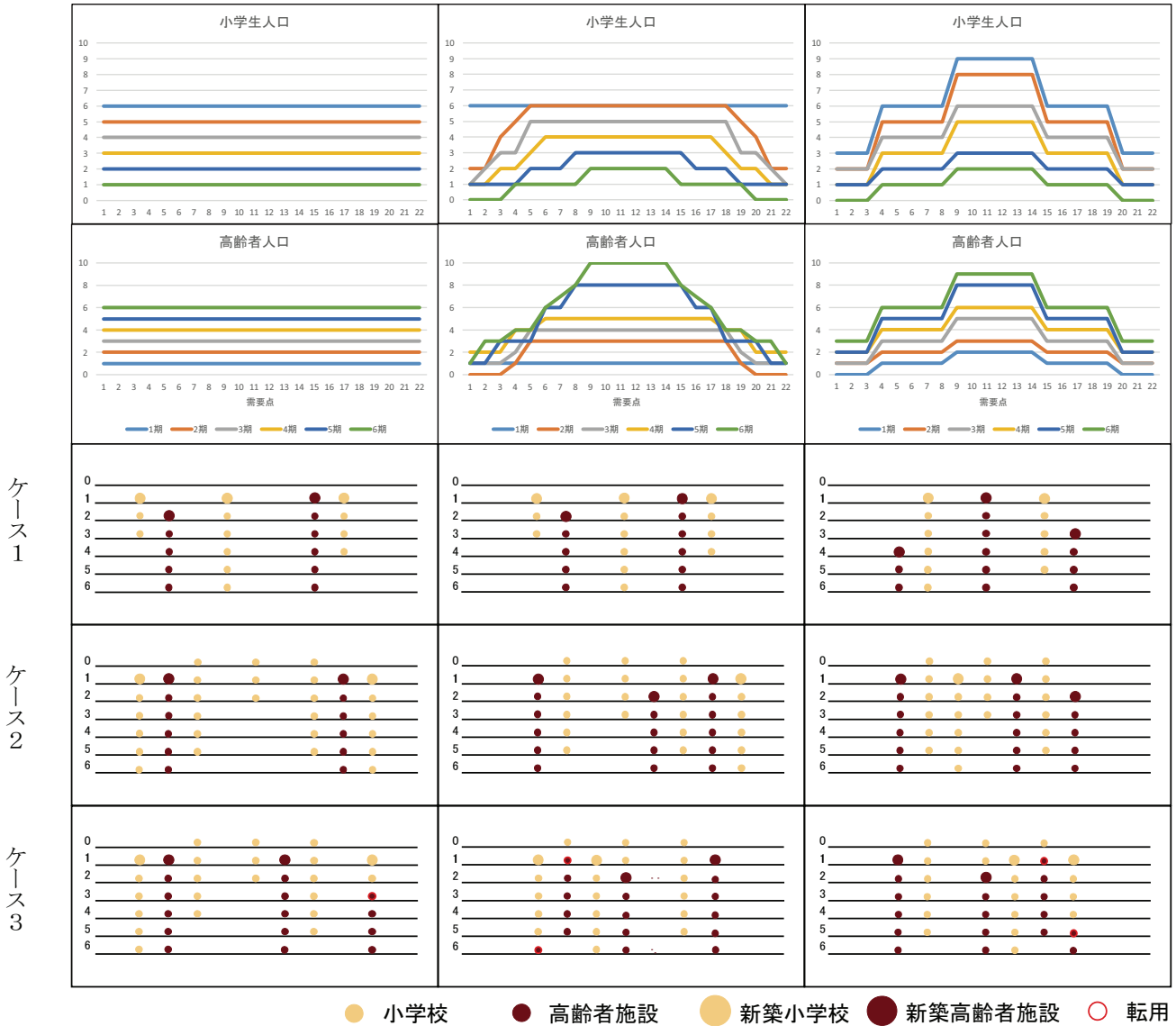


図3 ケース・シナリオ別人口設定と最適配置

表1 ケース・シナリオ別モデル適用結果

ケース	シナリオ	総移動距離									ケース1に対する移動距離比率	ケース2に対する移動距離比率	新築数	転用数	コスト
		1期	2期	3期	4期	5期	6期	計(小学生)	計(高齢者)	計					
1	A	19,450	16,700	17,700	22,750	28,000	24,850	60,600	68,850	129,450	100.0%	134.4%	5	-	598
2	A	10,550	12,350	15,750	17,150	18,550	21,950	32,250	64,050	96,300	74.4%	100.0%	4	-	594
3	A	10,950	13,150	16,100	15,750	17,000	21,850	46,650	48,150	94,800	73.2%	98.4%	4	1	594
1	B	19,750	13,150	14,450	20,550	21,250	18,850	51,850	56,150	108,000	100.0%	122.3%	5	-	598
2	B	14,950	11,350	11,950	13,950	13,350	15,450	39,550	41,450	88,300	81.8%	100.0%	4	-	594
3	B	16,900	13,000	13,200	13,700	12,800	14,950	45,250	39,300	84,550	78.3%	95.8%	4	2	596
1	C	20,450	23,250	20,500	15,350	14,550	16,300	60,300	50,100	110,400	100.0%	125.9%	5	-	598
2	C	14,700	13,600	14,050	14,550	14,600	16,200	45,250	42,450	87,700	79.4%	100.0%	4	-	594
3	C	13,250	13,850	13,800	13,800	13,700	15,150	44,150	39,400	83,550	75.7%	95.3%	4	2	596

最後に、図5より小学生と高齢者の総移動距離を見ると、どのケースにおいてもシナリオB・Cが総移動距離時間の差があまりなく、施設種類間で公平な立地となっていることが分かる。

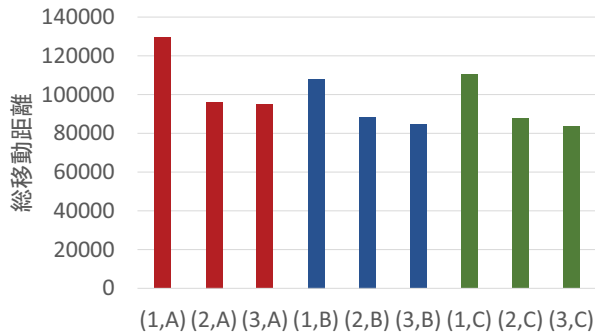


図4 ケース・シナリオ別総移動距離  
 (( ) 内はケース, シナリオを示す)

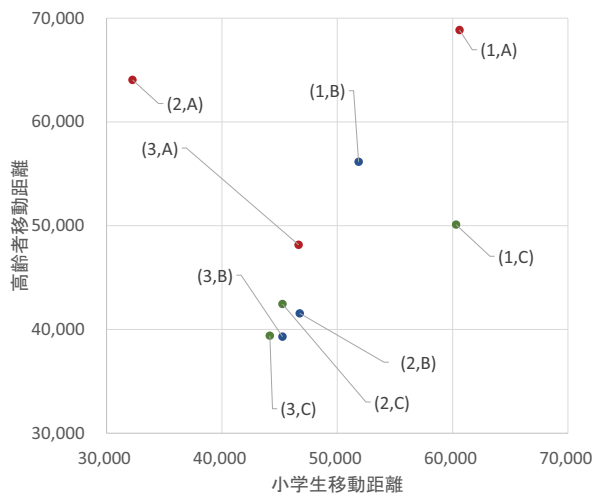


図5 ケース・シナリオ別小学生・高齢者総移動距離  
 (( ) 内はケース, シナリオを示す)

## 5. おわりに

本研究では施設の築年数に合わせた施設保全費用と施設の転用に着目し、*p*-メディアンモデルを土台として、ある期間内の公共施設配置再編を限られた予算の中で新築・転用・保全に必要なコスト制約を満たしながら、移動費用の最小化を目的とした動的施設配置モデルとして定式化し、このモデルを3つのシナリオを設定した仮想空間において適用した結果、以下のことを示した。

- (1) 本研究の動的施設配置モデルにより、人口分布や既存施設の配置に応じて、総移動距離最小化の観点から転用を含めた施設立地と変化を決定することができる。
- (2) 既存施設の利用や転用を可能にすることによって、同

じ予算制約下で施設数をより多くすることが可能となり、利用者の総移動距離をさらに削減できる。

- (3) 仮想空間においてモデルを適用した結果、総移動距離の観点から人口が集約している都市構造は、他の都市構造と比べて転用が有効である。
- (4) 総移動距離を比較すると、集約型都市構造が最も小さくなり、年齢層別の総移動距離を見ても公平性を保つことができる。

今後の課題として、施設容量の概念の導入・複合化概念の導入が挙げられる。また、新築・転用・保全費用の適正値について言及していくことが必要である。さらに同目的関数値の際に、都市構造別に費用がどの程度必要になるかという観点からアプローチを行うことで、公共施設マネジメントを都市構造別の特徴から判断していくことができると考える。さらに、実際の都市に適用することも今後の課題である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24241053, 25242029, 26560162, 26289170 の助成を受けた。ここに記して感謝する。

## 参考文献

- 1) 財団法人自治総合センター (2011) : 地方公共団体の財政分析等に関する調査研究会報告書, 2011年3月。
- 2) 大阪府 (2014) : 自治の窓 今こそ、公共施設等の老朽化に立ち向かうとき～公共施設マネジメント手法を活用した一考察～, 2014年3月。
- 3) 文部科学省 (2010) : 廃校の実態及び有効活用状況。
- 4) 横浜市 (2013) : 横浜市公共建築物マネジメント白書, 2013年3月。
- 5) 文部科学省 (2013) : 学校施設の老朽化対策について～学校施設における長寿命化の推進～, 2013年3月。
- 6) 斎尾直子 (2008) : 公立小中学校の統廃合プロセスと廃校舎利活用に関する研究 - 茨城県過去30年間全廃校事例の実態把握と農山村地域への影響 -, 日本建築学会計画系論文集, 第73巻, 第627号, pp.1001-1006。
- 7) 鈴木 勉 (2011) : 既存施設を活用した都市施設の再配置モデル—メディアン型およびカバリング型条件付施設配置モデルの一般化と統廃合への応用—, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.421-426。
- 8) 鈴木 勉 (2012) : 2種類の施設を統合する施設配置問題 - 幼保一体化への適用 -, *Transactions of the Operations Research Society of Japan*, Vol.55, pp.27-41。
- 9) 鈴木 勉 (2014) : 周期的人口変動下での動的施設配置とコンパクト化の有効性に関する研究, 都市計画論文集, Vol.49, No.3, pp.591-596。
- 10) 西沢 昂・鈴木 勉 (2015) : 転用を考慮した公共施設配置再編モデル, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, pp.76-77。