

## 空間複合型施設の最適配置問題

01205430 筑波大学 \*鈴木 勉 SUZUKI Tsutomu

## 1. はじめに

近年、高地価による公共用地難や管理運営の合理化という理由により、小・中学校と公民館、図書館などをコミュニティスクールと称して同一建物内に設置したり、保育所・幼稚園・小学校などに高齢者施設を隣接させて世代間交流を促進しようとする例が見られるようになってきた。これらは都市施設の提供する異なるサービスの空間的な複合化と捉えることができるが、こうしたことが施設の最適配置パターンにどのような影響を与えるであろうか。

本稿は、このような空間複合型施設の最適配置を移動距離最小化の観点から定式化し、連続平面上の解を求め、その特徴を探ることを目的とする。

## 2. 空間複合型施設の最適配置モデル

同一の建物や敷地内に複数の用途や機能を持たせた施設を空間複合型施設と呼ぶ。いま、施設が提供するサービスは全て対等で  $n$  種類あるとし、それらを  $S_1, S_2, \dots, S_n$  とする。一般にある施設はこれらの内の一部のサービスを提供するものとする。例えば図1のように、施設Aがサービス  $S_1, S_3$  を提供、施設Bが  $S_1, S_2$  を提供する場合、□の利用者は  $S_1$  については双方とも提供しているので近い方を利用し、 $S_2$  については近い施設では提供されていないので、遠い施設まで足を運ぶものとする。

サービスと施設の対応関係は一般には無数に考えられるが、ここでは施設も全て対等で  $n$  種類あるとし、各施設はどれも  $k$  種類 ( $1 \leq k \leq n$ ) のサービスを提供するものとする。例えば、 $n=4, k=3$  の場合、図2のように  $S_1 \sim S_4$  の各サービスはA~Dの4種の施設のうち3つが提供し、各施設はそれぞれ3種のサービスを提供することとなる。 $(n, k)$  に対して考えられる施設とサービスの組合せを、 $n=4, 5$  の場合について図3に示す。同じ  $(n, k)$  に対して複数の組合せがある場合は、 $a, b$  を付して区別する。

このような仮定の下である領域  $M$  内に連続な需要分布が与えられたとき、平均利用距離を最小化する連続平面上での minisum タイプの空間複合型施設配置問題を考える。利用者はそれぞれのサービス毎にユークリッド距離で移動するものとする、サービス  $S_j$  についての移動距離は

$$T_i = \int_{x \in M} \min_{j \in F_i} \|x - x_j\| \rho_i(x) dx \quad (1)$$

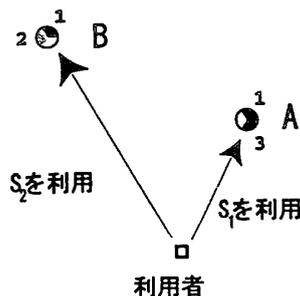


図1 空間複合型施設

となる。但し、 $x_j$  は施設  $j$  の位置、 $\rho_i(x)$  は地点  $x$  における需要密度を表し、サービス  $S_j$  の利用圏はそのサービスを提供する施設  $F_j$  を母点とする Voronoi 領域となる。これを用いて、全サービスに関する総移動距離は

$$T = \sum_{i=1}^n T_i \quad (2)$$

と求められる。 $T$  を最小化する施設配置を求める問題

$$\min_{(x_j)_{j \in \{1, \dots, n\}}} T \quad (3)$$

は非線形計画問題として、鈴木(1990)、Suzuki *et al.* (1991) 等と同様に Iri *et al.* (1984) の手法を用いれば、降下法により解を求めることができる。降下方向ベクトルは

$$\frac{\partial T}{\partial x_j} = \sum_i \frac{\partial T_i}{\partial x_j} \quad (4)$$

を利用すれば、各サービスにおける降下方向の和として求めることができる。

## 3. 円形領域における最適配置

提供するサービスの重複度が大きい施設同士は、相互排斥の関係にあり、お互いになるべく離れて立地する力が働く。しかし、施設の提供するサービスが多様化し、重複度が減少するにつれ、施設間の関係が相互補完に移行し、相互に近接して立地してもよい状況となる。このような力のバランスが最終的にどのような適正な配置パターンをもたらすかを需要密度の様な円形領域で計算してみよう。

図3に示した施設とサービスの組合せについて、各施設が1つずつある場合の解を図4に示す。●の施設の周囲の数字は提供するサービスを示す。 $k=1$  の場合は中心に集中立地し、 $k=n$  の場合は均等配置となるが、 $k$  がその中間の場合は、中心に引張られた分散型配置が得られる。(4,2)a の場合は  $k$  が  $n$  の素数となっているため2施設同士を組み合わせて配置するパターンとなるが、(4,2)b の場合と移動距離は同じである。 $k$  が  $\frac{1}{2}n$  を越えると、どの2施設も重複するサービスがあるため、重複度の大小により施設間距離が一様でないパターンが得られる。

## 4. おわりに

空間複合型施設の最適配置は、単一型の場合と異なり、必ずしも均質な点分布とならないことがわかった。現実の施設が提供するサービスは、同じものとして扱われるサービスでも多様な意味で異なる場合が多く、一様でない施設分布が望ましい例は数多いであろう。施設数が多い場合の求解や、異なる場所にある施設間の機能的な複合等を考慮した定式化等については今後の課題としたい。

なお、本研究は平成11年度文部省科学研究費補助金(奨励研究(A)、課題番号:10780273)による成果の一部である。

## 参考文献

- [1] Iri, M., Murota, K. and Ohya, T. (1984): A Fast Voronoi-diagram Algorithm with Applications to Geographical Optimization Problems, in: P.Thoft-Christensen (ed.) *Lecture Notes in Control and Information Science*, Vol. 59, Proceedings the IFIP Conference on System Modelling and Optimization, Copenhagen, Springer, Berlin, 273-288.

[2] Okabe, A., Boots, B. and Sugihara, K. (1992): *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*, John Wiley.

[3] 鈴木勉 (1990): 施設の最適な階層構造に関する考察, 都市計画論文集, 25, 331-336.

[4] Suzuki, T., Okabe, A. and Asami, Y. (1991): Sequential Location-Allocation of Public Facilities in One- and Two-dimensional Space, *Mathematical Programming B*, 52, 1, 125-146.

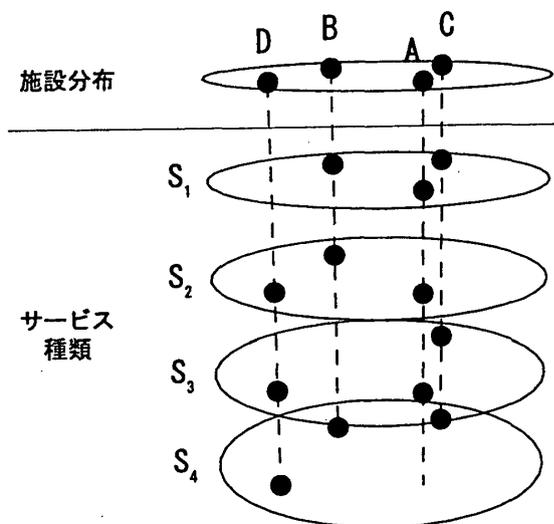


図2 サービス種別の施設分布 ( $n=4, k=3$ の場合)

		施設																								
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D					
サービス	$S_1$	+				+	+			+	+			+	+	+		+	+	+	+					
	$S_2$		+			+	+			+		+		+	+	+	+	+	+	+	+					
	$S_3$			+				+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					
	$S_4$				+			+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+					
		(4,1) a					(4,2) a					(4,2) b					(4,3) a					(4,4) a				

		施設														
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
サービス	$S_1$	+					+	+				+	+			
	$S_2$		+				+	+				+		+		
	$S_3$			+					+	+		+		+		
	$S_4$				+				+	+		+		+	+	
	$S_5$					+			+	+		+	+	+	+	
		(5,1) a					(5,2) a					(5,2) b				

		施設																			
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
サービス	$S_1$	+	+	+			+	+	+			+	+	+	+		+	+	+	+	+
	$S_2$	+	+		+		+	+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	$S_3$	+	+			+	+		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	$S_4$			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	$S_5$			+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		(5,3) a					(5,3) b					(5,4) a					(5,5) a				

+: 施設がそのサービスを提供  
 $(n, k)$ :  $n$ 種の施設が $n$ 種のサービスのうち $k$ 種をサービスするケース  
 (各サービスは $k$ 種の施設により提供される)

図3 施設種数・サービス種数とサービスの組合せ

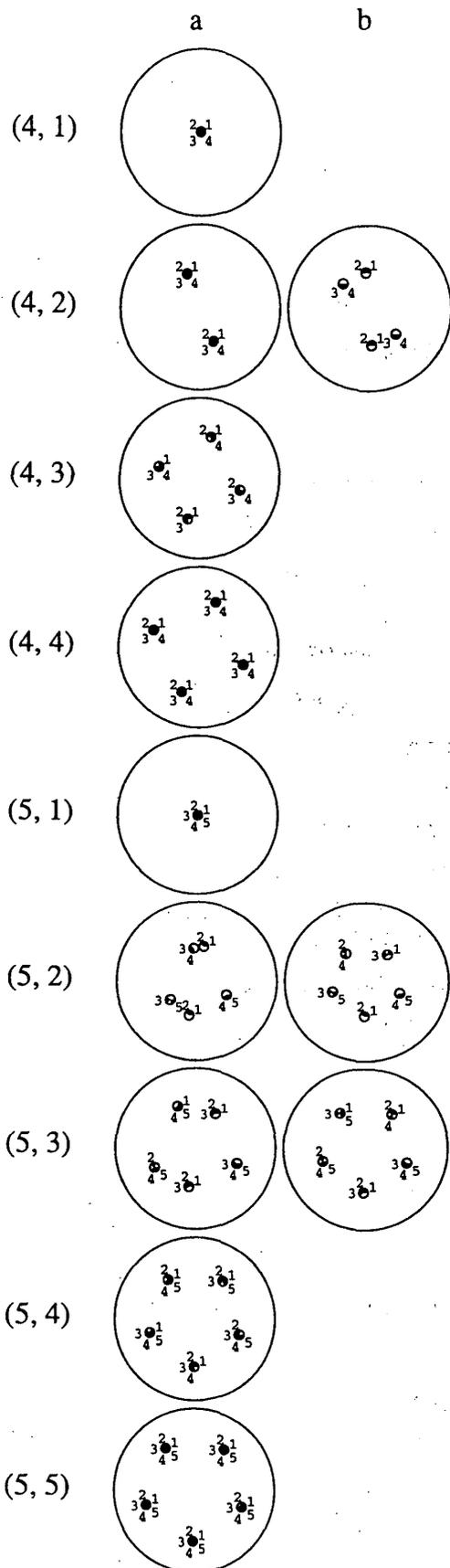


図4 円形領域における複合施設の最適配置