

複数の集落による地域公共交通サービスの 計画支援手法に関する研究

公共システム研究室 伊藤祥太

1. はじめに

地方都市や過疎地域においては、自治体の財政的な制約のために限定的な水準のサービスしか期待できない場合がある。この場合、自治体や運輸事業者が主体的に地域公共交通サービスを決定するのではなく、集落の住民組織に一定の予算を与えて、彼らが主体となってサービスを検討するという計画方式が考えられる。

しかし、集落の住民組織のみで、自らの集落にとって望ましいサービスを見出したり、複数の集落から合意が得られるような路線サービスを導出することが困難となる場面が想定される。このような場合、自治体の担当者の助力を得ながらサービスを検討することが有効であろう。

そこで本研究では、このような計画場面における自治体の担当者を技術的に支援するための手法を検討する。

2. 基本的な考え方

自治体の担当者の計画支援手法として、本研究では、1) 自治体の担当者にとってもより簡易で直感的に理解しやすい集落の住民のニーズの把握とそれに基づいたサービスの導出手法、ならびに、2) ゲーム理論を援用して複数の集落に合意が得られるサービスを見出すための手法を検討する。その際、財政的な制約のもと限定的な水準のサービスしか期待できない地域を本研究で想定していることを踏まえると、財政的に実行可能なサービスの候補が数多くあるわけではない。このため、2)の検討においては、一つのサービス、すなわち、唯一解を絞り込むのではなく、もっともらしい複数の候補を導出するという考えに基づくものとする。

3. 集落のニーズに基づいたサービスの導出手法

集落が地域公共交通サービスを必要としていること理由は、それを利用して日常生活の活動を実施したい人の移動手段を確保したいということにある。したがって、集落が望ましいと考えるサービスは、与えられた予算制約のもとで活動の機会が保障できる人数（以後、「保障人数」と呼ぶ）がより多いサービスと考えられる。

仮に地域公共交通サービスが1往復あり、その1往復に関して集落から目的地へ到着する時刻と目的地から集落へと向かう時刻をそれぞれ g_d と h_f とする。ここで、活動を開始したい時刻を

g_j , 終了したい時刻を h_k とすると、活動したい時間帯と実行可能な時間帯の乖離に起因する抵抗の大きさは次式のように表すことができる。

$$m_{df}(g_j, h_k) = \gamma_g^+[g_j - g_d]^+ + \gamma_h^+[h_f - h_k]^+ + \gamma_g^-[g_d - g_j]^+ + \gamma_h^-[h_k - h_f]^+ + \gamma[(h_k - g_j) - (h_f - g_d)]^+ \quad (1)$$

ここに、 $[z]^+ = \max[z, 0]$ である。また、 $\gamma_g^+, \gamma_h^+, \gamma_g^-, \gamma_h^-, \gamma (\geq 0)$ は抵抗のパラメータである。一方で、時刻 g_d に目的地に到着し、時刻 h_f に目的地から集落方面に出発するサービスがない場合には、活動を行うことができない。以上より、任意の時刻 g_d と h_f に関しての抵抗は次式で表すことができる。ただし、 θ はサービスがない場合のペナルティであり、禁止的に大きな値である。

$$c_{df}(g_j, h_k) = m_{df}(g_j, h_k)x_d y_f + \theta(1 - x_d y_f) \quad (2)$$

$$x_d = \begin{cases} 1 & \text{(時刻 } g_d \text{ に往路の便がある場合)} \\ 0 & \text{(上記以外の場合)} \end{cases} \quad (3)$$

$$y_f = \begin{cases} 1 & \text{(時刻 } h_f \text{ に復路の便がある場合)} \\ 0 & \text{(上記以外の場合)} \end{cases} \quad (4)$$

ここで、抵抗に起因する減衰項を $f(c_{df}) = \exp(-c_{df})$ と表す。これは、抵抗が生じる場合にはその抵抗に曝される一部の人には活動の機会が保障できないことを表している。

ここで、ある路線において公共交通サービスが1日に複数のサービスを提供しているとする、個々人は抵抗が最も小さくなる時刻のサービスを利用すると考えられる。よって、活動を開始したい時刻が g_j , 終了したい時刻が h_k である人にとっての減衰項は次式で表される。

$$\bar{f}(g_j, h_k) = \max_{d, f \geq d} f(c_{df}) \quad (5)$$

したがって、予算の制約によって n 往復のサービスしか確保できない場合、(6)~(8)式によって活動の機会を最大にするサービス、すなわち、集落にとって望ましいサービスを求めることができる。ただし w_{jk} は、時刻 g_j に活動を開始し、時刻 h_k に活動を終了する人数を表している。

$$\sum_j \sum_k w_{jk} \bar{f}(g_j, h_k) x_d y_f \rightarrow \max \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_d x_d = \sum_f y_f = n$$

$$x_d = \begin{cases} 1 & (\text{時刻} g_d \text{に往路の便がある場合}) \\ 0 & (\text{上記以外の場合}) \end{cases} \quad (7)$$

$$y_f = \begin{cases} 1 & (\text{時刻} h_f \text{に復路の便がある場合}) \\ 0 & (\text{上記以外の場合}) \end{cases} \quad (8)$$

4. 合意しうる路線サービス案の導出手法

集落の集合を N で表し、任意の集落を i ($i \in N$) で表す。個々の集落には行政から予算 I_i が拠出されており、その額を踏まえて集落は自身が希望するダイヤの提示 a_i を表明する。各集落にとって、どの提示がよいのかは他の集落の提示に依存するため、集落が提示しうる候補はいくつかあり、その集合を A_i で表す。ここで、集落が合意しうる路線サービス案を以下の手順で導出する。

- (1) 各集落から表明されうる提示の特定
- (2) 実行可能な路線サービス案の導出
- (3) 合意しうる路線サービス案の導出

(1)では、どの集落からどのような提示がなされるかについては、3章で取り上げた検討を自治体の担当者とともに行った集落であれば自治体の担当者が自ずと分かる。その一方、そうでない集落については、自治体の担当者が何らかの情報に基づいて、3章の手法も適宜用いて特定する。

(2)では、次式を満たす実行可能な提示の組み合わせの集合 A^* を導出し、任意の組み合わせ $a^* (\in A^*)$ に対応した路線サービス案を実行可能なサービス案とする。

$$A^* = \{a \mid c_i(a) - r_i(a) + \phi_i(v) \leq I_i, \forall i \in N\} \quad (9)$$

ただし、 $c(a)$, $r_i(a)$ はそれぞれ任意の提示の組み合わせ a のもとの運行費用、集落ごとの運賃収入とする。また、 $\phi_i(v)$ は複数の集落で運行を共同化することによって得られる節約額の配分額である。

(3)では、保障人数、運行便数に対してパレート劣位となるサービス案を排除する。パレート劣位の観点で排除の対象となる提示の組み合わせは次式の b^* で表される。ただし、 $z_i(a)$ は集落 i における保障人数、 $u_i(a)$ は集落 i が提案する運行便数である。次式において少なくとも一つの i について $z_i(a^*) > z_i(b^*)$, $u_i(a^*) > u_i(b^*)$ である。

$$z_i(a^*) \geq z_i(b^*) \quad (\forall i \in N) \quad (10)$$

$$u_i(a^*) \geq u_i(b^*) \quad (z_i(a^*) = z_i(b^*), \forall i \in N) \quad (11)$$

5. 事例分析

集落 A と集落 B が表および図 1 に示す人口規模と位置関係にある場面を想定した。このとき、財政的に実行可能な案は複数あった。これらの案に関する各集落の保障人数の分布を図 2 に示す。これからパレート劣位となる案を排除し、各集落が提案する便数で表したものが図 3 である。

図 2 と図 3 より、集落 A、集落 B が合意可能となるサービス案は保障人数が「集落 A : 10.381 人、集落 B : 5.834 人」かつ運行便数が「集落 A : 5 便、集落 B : 3 便」となるサービス案となる。

6. おわりに

本研究では、2つの集落から構成される場面を想定した。今後の課題としては、3つ以上の集落がある場合にどのような路線サービス案が導出できるのか検討する必要がある。

表 各集落の位置関係と人口規模

	集落 A	集落 B
1日の潜在的利用者数	12人	9人
目的地までの距離	4km	6km

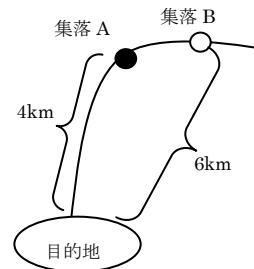


図 1 各集落の位置関係

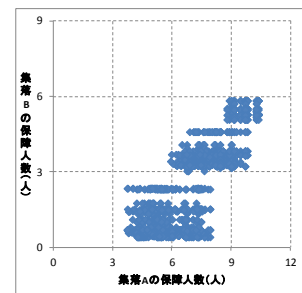


図 2 実行可能な組み合わせのもとでの各集落の保障人数の分布

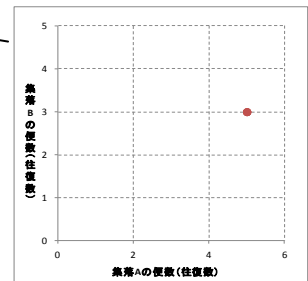


図 3 (10)式によって排除されない提示のもとでの各集落の運行便数

路線サービス案1				路線サービス案2			
集落A		集落B		集落A		集落B	
往路	復路	往路	復路	往路	復路	往路	復路
10:00	10:00			10:00	10:00		
		11:00	12:00			11:00	12:00
13:00	13:00			13:00	13:00		
		15:00	15:00			15:00	15:00
17:00	18:00			17:00	18:00		
18:00	18:00			18:00	18:00		
路線サービス案3				路線サービス案4			
集落A		集落B		集落A		集落B	
往路	復路	往路	復路	往路	復路	往路	復路
11:00	10:00	10:00		10:00	10:00		
13:00	13:00	12:00	12:00	13:00	13:00	11:00	12:00
		15:00	15:00			15:00	15:00
17:00	18:00			17:00	18:00		
18:00	18:00			18:00	18:00		

図 4 合意しうる路線サービス案