

住民による生活交通の調達における集団意思決定に関する考察

鳥取大学大学院 学生会員 ○竹内隆博
 鳥取大学工学部 正会員 谷本圭志
 鳥取大学工学部 正会員 喜多秀行

1. はじめに

住民による生活交通の調達の取り組みが見られる。バスダイヤは各利用者の一日の行動に不可避的な影響を及ぼすため、調達に際しては住民が利害の調整をしつつ集団でダイヤを設計することは困難である。このため、住民の集団意思決定基準を知ることができれば、その基準のもとで導出されるダイヤを住民にまず示すことで、効率的にダイヤを設計することができると考えられる。そこで、本研究では住民がどのような集団意思決定基準に基づいてダイヤを決定するかを実験を用いて明らかにする。

2. 集団意思決定基準

住民にとって便利なバスダイヤとは、希望する活動を充足するものである。つまり、希望する活動の時間を不本意に削ったり、延長することで生じる時間（以後、調整時間という）が少ないダイヤである。よって、調整時間の大きさがダイヤの不便さの代理指標となる。住民間での調整時間の公平性が住民の集団意思決定基準であると仮定し、協力ゲームにおける解概念を用いる。それらのうち、実際にどれが用いられているかを実験を用いて推定する。ダイヤの設計に参加するプレイヤーを i 、プレイヤーの集合を $N=\{1,2,\dots,n\}$ で表す。任意の提携を $S(\subset N)$ で表す。費用関数を C で定義し、任意の提携 S の費用を $C(S)$ で表す。ここで、費用関数 $C(S)$ は提携 S のメンバーが、共同でバスサービスを調達せずに個別でサービスを調達した場合に被る調整時間である。集団意思決定基準の候補として仁とその修正概念¹⁾を用いる。ダイヤの設計のもとでは、仁は次式のように表される。

$$\min \gamma$$

$$\sum_{i \in S} x_i - C(S) \leq \gamma \quad (1)$$

$$\sum_{i \in N} x_i \geq C(N) \quad (2)$$

ただし、 x_i はバスサービスを調達した際のプレイヤー i の調整時間である。(1)式の左辺は、ある提携 S における配分 $x_i(i \in N)$ への不満である。(1)式の左辺を修正することにより、仁の修正概念が定義できる。

3. 実験と集団意思決定基準の推定

実験は4人の学生に異なった活動スケジュールを与え、それに基づいて1日を活動するものとし、その際の移動手段としてバスサービスが提供される場面を想定する。被験者にはバスダイヤを協議して決定してもらった。4人が1つのダイヤに合意した場合、バスを調達することができるが、そうでなければ調達できないものとする。実験におけるサービスの設定を表1に示す。

表1 交通サービスの設定

調達可能な交通サービス	バス（1日に3往復利用可能）
調達が不調の場合の交通サービス	鉄道（1日に1往復のみ利用可能）
移動時間	バス、鉄道ともに15分
運賃	バス、鉄道ともに300円

ダイヤが決定された後に被験者にダイヤの代替案を提示し、一対比較を行ってもらった。その結果、合計32サンプルを得た。このデータを用い、どの協力ゲームの解概念が被験者が想定していた集団意思決定基準に近いのかを推定した。

被験者が比較する2つのダイヤを1, 2で表し、任意のダイヤを j で表す。ダイヤ j のもとでのサンプル番号 m の確定的な不満を $V_j(m)$ で表し、不確定的なそれを $\varepsilon_j(m)$ で表す。被験者が一対比較によってダイヤ j を選択した場合、ダイヤ j のもとでの不満はもう一方のダイヤ k のそれよりも小さくなることから、次式が成り立つ。

$$V_j(m) + \varepsilon_j(m) \leq V_k(m) + \varepsilon_k(m) \quad (3)$$

ここで、プロビットモデルを用いると次式が成り立つ、

$$\text{Prob}[V_j(m) + \varepsilon_j(m) \leq V_k(m) + \varepsilon_k(m)] = \Phi\left(\frac{V_k(m) - V_j(m)}{\sigma}\right) \quad (4)$$

ここに Φ は正規分布の分布関数を表しており、 σ は $\varepsilon_j(m) - \varepsilon_k(m)$ の分散を表している。

次いで、最尤推定法より次式に示す対数尤度関数を定式化し、どの基準が最も高い尤度を得るかについて検討した。

$$L = \sum_m \left[\ln \left\{ \Phi \left(\frac{V_k(m) - V_j(m)}{\sigma} \right) \right\} \right] \quad (5)$$

推定の結果、各解概念の尤度は表2のようになった。よって、仁と弱仁の尤度が最も高く、仁と弱仁が集団意思決定基準に近いといえる。なお、本実験で不適、もしくは仁と等しい結果になる解概念（比例仁、相対仁）は分析の対象外とした。

表2 協力ゲームの解の尤度と分散

	尤度	分散
仁	-9.70	2.72
弱仁	-9.70	2.72
平均差仁	-11.82	50.53

4. 仁の基準に基づく調整時間の決定方法

集団での合意が得られない場合にはバスサービスの調達を行えないことから、費用関数には次式が成り立つ。

$$C(S) = \sum_{i \in S} C(i) \quad (6)$$

この費用関数の特性に基づいて検討すると、最大不満を持つのは全ての単独提携である。

前章の結果より、集団意思決定基準として仁が有力であることが明らかになった。しかし、仁の算定は線形計画法を用いなくてはならず、計算は必ずしも容易ではない。そこで以下では、本研究の費用関数の構造のもとでは仁は容易な公式として導きうることを示す。

単独提携の最大不満の最小値は次式で表せる。

$$\left\{ C(N) - \sum_{i \in N} C(i) \right\} / n \quad (7)$$

ただし、 n はプレイヤーの数である。

よって、仁は次式で求められる。

$$x_i = C(i) + \frac{C(N) - \sum_{i \in N} C(i)}{n} \quad (8)$$

よって、(8)式に示す調整時間を満たすバスダイヤをまず住民に示すことが効率的なダイヤの決定につながると考えられる。

5. 活動スケジュールにおける調整時間の実行可能性

本実験で用いた活動スケジュール（5種類存在する）において、仁の基準を用いて各プレイヤーの調整時間を推定した。次いで、推定した調整時間がその活動スケジュールで実行可能かどうかを検討した。その結果を表3に示す。

表3 各活動スケジュールにおける調整時間の整合

活動スケジュール1	×
活動スケジュール2	×
活動スケジュール3	×
活動スケジュール4	×
活動スケジュール5	○

○：(8)式で求めた調整時間が実行可能である

×：(8)式で求めた調整時間が実行可能でない

表3より、(8)式で求めた調整時間は、ある活動スケジュールにおいては実行可能でない場合があり、調整時間の推定には(8)式のみでは不足であると考えられる。そこで(8)式に活動スケジュールの制約条件を加える必要があると考えられる。

6. おわりに

今後は、活動スケジュールの制約を明示的に考慮して基準を推定し、それを用いたバスダイヤの設計アルゴリズムを開発したい。

参考文献

- 1) 鈴木光男：新ゲーム理論，勁草書房，1994