

運行系統整理によるバス利用満足度向上の 情報理論による解釈

茂呂 浩平¹・須貝 康雄²

¹学生会員 千葉大学大学院 工学研究科 博士後期課程 (〒 263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)
E-mail: adfa3285@chiba-u.jp

²工博 千葉大学大学院 工学研究科 教授 (〒 263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-33)

バスの利用者が減少した要因の一つとして、利用者にとってバスの運行系統が分かりにくいことが挙げられている。そのため、バスの利便性向上の一環で、運行系統を整理、統合する事例がある。運行系統の整理、統合の方式として、バス路線のBRT化により、軌道系の輸送手段のように特定の道路に路線を集約する事例がある。運行系統を集約し単純化することにより、複雑な路線網から特定の経路を探索する必要性が解消されることにより、利用者が経路探索を試みる意欲を削ぐ障壁を低くすることを実現している。本研究では、運行系統を整理、統合することが利便性の向上につながる理由を情報理論の手法により説明することを試みる。さらに、情報理論により得られた知見から、どのように運行系統を整理、統合すると利便性向上の効果が得られるか考察する。

Key Words: choice set, information, route reorganisation, reduction of a mental burden

1. はじめに

路線バスの利用者が減少していると言われるようになってから久しい。国土交通省から発表される「バスの車両数、輸送人員及び走行キロ¹⁾」において、平成 26 年度の乗合バス輸送人員は 41.75 億人であり、資料に記載されている年度における年間輸送人員の最高値は、昭和 45 年度の 100.73 億人と比較すると約 41%に減少している。輸送人員が最低となった平成 23 年度 (41.18 億人) と比較すると、多少増加しているが、昭和 45 年度と比較すると少ない輸送人員が続いている。バスを運行する企業の経営が厳しくなったとの原因として、十勝バスでは、利用者の減少に注目し、経営改善のための調査を事業者が自ら行ったところ、バスのサービスを行っている地域の住民が「不安だから乗らない」と言う声が多く寄せられたとの報告がある²⁾。さらに、同報告では、「家の前にバス停があるが、どこに行くのか、いくらかかるのか、前から乗るのか後ろから乗るのかすら分からない」と言う声も多かったことが紹介されている。そして、バスの利用に関する不安を解消するために、目的地や乗り方、経路ルートをわかりやすく書いた案内を作り、それを手に沿線の世帯への訪問を進めた結果、バスの利用者が明らかに増えたことが報告されている。また、「バスに乗るのは手段であり目的ではない」ことを認識して、サービスの向上に努めている。

新潟市では、「にいがた交通戦略プラン」において、新

たに導入するバスシステムの説明³⁾に次のような記載がある。“新バスシステムは、都心軸における「BRT(Bus Rapid Transit)」導入と併せて乗換拠点などを整備し、全市的なバス路線の再編を図るものです”。“BRT の運行により、現在まちなかで過剰気味に走行しているバスを集約することで、生じた余力を郊外路線の増便などにまわすことができるようになります”。さらに、新バスシステムを説明するパンフレット⁴⁾において、BRT 導入による利点の一つに次のような記載がある。

- 新バスシステム導入前において、“バス停が多すぎて、どこで乗ればいいのか分からない”。
- 導入後の改善点として、“行き先や乗り場が整理されて、分かりやすく乗れる”。

これらの記述は、バスを乗車することを利用者が決断した後、実際に乗車するまでに必要な判断の選択肢、例として「どの行き先のバスに乗車すればよいのか」、「どの乗り場から乗車すればよいのか」等の選択肢の個数を整理して減少することで、利用しやすくなると認識していると考えられる。

本研究では、選択肢の個数に注目し、バスに乗車するために必要とする心理的な負担の軽減方法を情報理論における情報量で表現することを試みる。

2. 選択肢の数が人に与える心理的影響

物事を選択する時、選択の自由度が大きい、つまり、選択肢数が多い程、選択の結果に対する満足度が大きくなると思われてきたが、Iyengar らは、選択肢の数と満足度は比例しないことを示した⁵⁾。さらに、選択肢が多い場合、選択を行う者にとって、選択の対象が楽しみを与えるものであっても、心理的負担が大きいことを示した。つまり、好きなことに関する選択を行う場合でも、選択肢が過多の場合、選択行為自体を楽しんで行えるが、選択行為を行った時点で心理的負担が大きくなり、次の行動へのモチベーションが小さくなることを示した。十勝バスの報告²⁾の例では、手段である「バスに乗る」時点で心理的負担が大きくなり、実際の目的である行為を行うモチベーションを減少させてしまうことに相当する。

Christensen は、複雑な選択肢に関して、高精度で最適な候補を選択する場合、選択肢の複雑さに比例して選択に要する時間が大きくなることを示した⁶⁾。さらに、選択行為で利用可能な時間の長さには制限がある場合、選択の精度を犠牲にした判断を行っていることを示した。また、Christensen は、選択を行う当事者が「主観的に精密な選択の思考をした」と認識している場合、精密に選択していないと認識している場合と比較して、選択結果に関する確信が強い、すなわち満足していることを示した⁷⁾。

3. 選択肢の数がバスの利便性に与える影響

(1) 選択肢の数と情報量の関係

Iyengar らは、選択肢数の差異に着目し、選択肢数が選択行為に与える心理学的影響を示した⁵⁾。確率変数として、次のように解釈することが可能である。確率変数 X, Y の事象数をそれぞれ、 $|X|, |Y|$ とする。 $|X| \gg |Y|$ の場合、確率変数を選択行為として評価した時、評価結果の順序が $X \preceq Y$ となる。

この順序関係を説明するために、次のような仮説をたてる。

- 確率 p の事象を選択する場合、情報量 $-\log_2 p$ を消費する。
- 選択行為における心理的負担は、選択行為で消費する情報量に比例する。
- 選択行為に対する評価の順序は、心理的負担の大小関係を逆転した順序と一致する。

つまり、確率変数 X, Y の事象から 1 事象を選択する場合、それぞれの選択行為で消費する情報量が I_X, I_Y である場合、 $I_X > I_Y$ ならば $X \preceq Y$ であるとす。

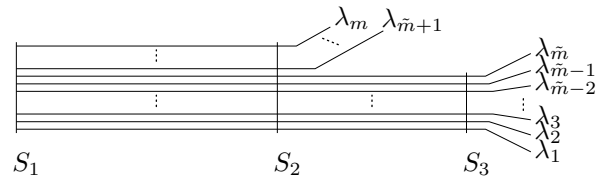


図-1 路線系統図(運行系統整理前)

Iyengar らが行った実験では、スーパーマーケットの食品売り場で、ジャムの試食を行った結果がジャムの購買に結びつく結果を確認している。選択行為の確率変数 X, Y を $|X| = 24, |Y| = 6$ とした場合、 $X \preceq Y$ となることを示した。確率変数 X, Y から事象をそれぞれ 1 個選択する場合、それぞれの事象の確率は

$$p_X = \frac{1}{|X|} = \frac{1}{24} \quad (1a)$$

$$p_Y = \frac{1}{|Y|} = \frac{1}{6} \quad (1b)$$

であり、情報量は

$$I_X = 3 + \log 3, \quad I_Y = 1 + \log 3 \quad (2a, b)$$

となり、 $I_X > I_Y$ であることがわかる。

(2) バスの利便性への影響

Iyengar らの実験では、ジャムの種別の選択肢と、ジャムを購入すると言う評価の関係を明らかにしている。バスに関しては、利用可能な運行系統の選択肢と、バスに乗車したことの満足度による関係に置き換えることが可能である。つまり、24 系統の中から 1 系統を選択して乗車する場合と、6 系統の中から 1 系統を選択して乗車する場合を比較すると、6 系統の中から選択する場合の方が満足度が大きくなる。

4. 運行系統の整理

新潟の例のように、街中では多くの路線(運行系統)が乗り入れられ、多本数のバスが利用可能なケースを想定し、運行系統を整理することがバスの利便性に与える影響を確認する。

(1) 整理前の運行系統

図-1 のようなバスの路線を想定する。図-1 に記したバス路線は、全ての系統 $(\lambda_1, \dots, \lambda_m, \lambda_{m+1}, \dots, \lambda_m)$ が駅 S_1 を起点として、停留所 S_2 まで同じ経路を運行する。系統 $\lambda_1, \dots, \lambda_m$ は、さらに遠くの停留所 S_3 まで同じ経路を運行することを表している。また、全ての停留所では、該当箇所の経路を運行する系統全てが利用可能であると仮定する。

(2) 利用可能な運行系統の割合

図-1において、起点 S_1 からバスを利用する場合を想定する。

a) 利用可能な系統が 1 系統の場合

停留所 S_3 以遠へ移動する場合を考える。情報量は、

$$I_3 = -\log p_3 = \log m \quad (3)$$

となる。

b) 利用可能な系統が \tilde{m} 系統の場合

停留所 S_2 以遠、 S_3 までの停留所へ移動する場合を考える。利用可能な系統であるかの判断を \tilde{m} 回繰り返すことになるので、情報量は

$$I_2 = -\log \frac{\tilde{m}}{m} = \log \frac{m}{\tilde{m}} \quad (4)$$

となる。

c) 全ての系統が利用可能な場合

停留所 S_2 までの停留所へ移動する場合を考える。全ての系統を利用可能なので、確率 $p_1 = 1$ の選択を行うことになる。情報量は

$$I_3 = -\log 1 = 0 \quad (5)$$

となる。

(3) 整理後の運行系統

S_1 から S_3 まで運行する系統を 1 系統に統合する場合を考える。停留所 S_2 以遠、 S_3 までの停留所へ移動する場合を考えると、利用可能な系統数が $m - \tilde{m} + 1$ となる。情報量は、

$$I_2^{\dagger} = \log(m - \tilde{m} + 1) \quad (6)$$

となる。

(4) BRT として系統を統合した場合

S_1 から S_3 まで運行する系統を 1 系統に統合する場合を考える。さらに、統合した系統を既存の一般的なバスとは異なる BRT として運行する場合を考える。バスの利用者は、BRT を一般のバスとは異なったタイプの交通手段だと認識していると仮定する。

停留所 S_2 以遠、 S_3 までの停留所へ移動する場合、BRT を利用することになる。バスの利用者は、 S_1 で乗車する系統を選択する時、一般のバスに乗車するか、BRT のバスに乗車するのか二者択一を行う。そして、BRT を選択すればよい。つまり、確率 $\frac{1}{2}$ の選択を行うことになる。情報量は、

$$I_2^* = -\log \frac{1}{2} = 1 \quad (7)$$

となる。

(5) 運行系統を整理した影響

バスの運行系統を整理する例において、系統の整理の影響を受ける「停留所 S_2 以遠、 S_3 までの停留所へ移動する場合」の場合を確認する。消費する情報量の順序は、 $m > \tilde{m} \gg 2$ である場合、

$$I_2 > I_2^{\dagger} \geq I_2^* \quad (8)$$

となる。上記の仮説が正しいと仮定すると、乗車するバスを選択する行為に関して、バスの運行系統を整理することで利便性が上昇したことになる。さらに、乗車すべき運行系統が特別な交通手段として利用者に認識されると、利便性がさらに上昇することが予想される。

5. 段階的選択の影響

「にいがた交通戦略プラン」のパンフレット⁴⁾において、多過ぎてどこで乗ればよいのか分からないバス停を整理し、分かりやすくすることが、バス利用の促進のための戦略として記述されている。バスの乗り場を探す行為は、乗車するバスの系統を見つけ出す前、あるいは、見つけた後に必要とする選択行為である。つまり、乗り場を探す行為は、バスに乗車するために必要とする 2 回の選択行為の一つである。乗り場を整理して分かりやすくすることは、乗車するバスの系統を探し出す行為の他に必要となる選択行為の心理的負担を軽減する効果があると考えられる。

(1) 情報量としての解釈

乗車する系統を探すために必要とする情報量を I_r 、乗り場を探すために必要とする情報量を I_s とした場合、バスに乗車するために必要とする情報量は

$$I_{rs} = I_r + I_s \quad (9)$$

となる。乗り場を整理して分かりやすく改良することは、 I_r を小さくして、 I_{rs} を減少させることに相当する。

(2) 段階的選択の利点

最終的な目的に適した選択肢を見つけ出すために、 n 段階の選択行為を行う場合を想定する。各選択行為を順に C_1, C_2, \dots, C_n とし、各選択行為に必要とする情報量を $I_{C_1}, I_{C_2}, \dots, I_{C_n}$ と仮定した場合、選択行為を行うのに必要な情報量は、

$$I = \sum_{i=1}^n I_{C_i} \quad (10)$$

となる。段階的選択で心理的負担の小さな選択行為を見つけ出すことは、

$$\arg \min_c \sum_{c \in C} I_c \quad (11)$$

の解を求めることに相当する。ここで、 C は、段階的選択を行う時の選択行為の集合である。

(3) 具体的な計算例

バスの系統数が $64 (= 2^6)$ 個存在し、東西南北の各方面ごとに 4 種類に分類が可能である場合を仮定する。さらに、全系統の中から南方面の 1 系統だけ探し出す場合を想定する。

a) 段階的選択を行わない場合

確率は、 $\frac{1}{64}$ となるので、情報量は

$$I_f = -\log \frac{1}{64} = 6 \quad (12)$$

となる。

b) 南方面の系統数が m の場合

段階的選択として、はじめに方面別の選択を行う。方面を選択する時の確率は $\frac{1}{4}$ である。南方面の系統の中から目的の系統を見つける確率は $\frac{1}{m}$ である。選択に必要とする情報量は

$$I_m = -\log \frac{1}{4} - \log \frac{1}{m} = 2 + \log m \quad (13)$$

となる。必要とする情報量が、段階的選択を行わない場合と比較すると

$$\Delta I = I_f - I_m = 4 - \log m \quad (14)$$

の差異が発生する。

$m = 2^4 = 16$ の場合、 $\Delta I = 0$ となる。段階的選択を行っても、段階的選択を行わない場合と比較して、必要とする情報量を減少させることができない。

$m > 2^4$ の場合、 $\Delta I < 0$ となり、段階的選択を行うと、必要とする情報量が増加してしまう。

$m < 2^4$ の場合、 $\Delta I > 0$ となり、段階的選択を行うと、必要とする情報量を減少させることができる。

(4) 一般的な計算例

全選択枝数を m 、段階的選択を行う場合の各選択行為の選択枝数の組を

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\} \quad (15)$$

とする時、

$$m > \prod_{i=1}^k m_i \quad (16)$$

であれば、段階的選択を行うことで、必要とする情報量を減少させることが可能になる。

式 (16) の不等号の向きが逆になるような場合、各段階の選択行為における心理的負担が小さく抑えられている。しかし、繰り返し選択行為を強いられる負担の増加により、各段階の選択行為における心理的負担の減少分を相殺していることになる。

6. 認知度の影響

嶋本らによって、バスネットワークの認知度が高いほどバスの満足度が高いことが示された⁸⁾。

(1) バスネットワークの認知度

バスネットワークの認知度が高い状態とは、日常的にバスを利用している人の状態である。つまり、日頃から利用しているバスネットワークを熟知している利用者は、自分の移動とは関係がない不要な選択枝を適切に排除することが可能であると考えられる。

逆に、認知度が低い利用者は、不要な選択枝を排除できず、多くの選択枝が存在する選択を行っていることに相当する。さらに、認知度が低いと、実際には存在しない余分な選択枝を追加して選択を行う場合もある。

バスネットワークの認知度が高い利用者は、式 (15) において、選択枝数を適切に減少させることが可能である。言い換えると、選択枝数の組が

$$\exists M^* = \{m_1^*, m_2^*, \dots, m_k^*\} \text{ s.t. } \forall m_i \in M, m_i^* \leq m \quad (17)$$

となるように段階的選択を行うことが可能となる。

BRT のように専用道路が設定されている場合、視覚的にバスの走行方向を認識することが可能になる。乗車しようとするバス停から遠方へ専用道路が続いていることが認識できると、バスの走行方向を限定することが容易になる。バスネットワークの認知度が低い利用者であっても、バスの走行方向を容易に限定することが可能なので、余分な選択枝の増加を抑制する効果が見込まれる。

(2) 認知度と選択枝数の関係

認知度が高い利用者は、少ない選択枝から選択を行うことが可能である。逆に、認知度が低い利用者は、多くの選択枝から選択を行う可能性が大きくなる。

(3) 選択枝数と満足度の関係

選択枝が少ない選択行為ほど、選択に必要とする情報量が小さくなる。前述した仮説が正しければ、選択に必要とする情報量が小さいほど、選択行為に関する心理的負担が小さくなり、Christensen⁷⁾が明らかにした通り、選択結果に大きな満足を得られると考えられる。

(4) 認知度の影響に関する結論

嶋本らが示した、バスネットワークの認知度とバスの満足度の相関が、Christensen が示した選択結果に対する満足度に関する結論と一致することが確認できた。また、バスネットワークの認知度と情報量の関係から、

選択に必要な情報量が小さいほど、満足度が大きいと言える。

7. 結論

バス利用時に、運行系統や乗り場の選択等、必要とする判断を選択行為が有する情報量と関連付けることを試みた。また、選択行為に関する心理的影響と情報量との関係に関する仮説をたて、バスを利用する時に消費する情報量とバス利用のしやすさに相関が存在することを確認した。バスの利用しやすさを情報量の観点で解釈し、段階的選択の構造を適切に設計することにより、バスの利用しやすさを向上させる方法が提示できた。

ただし、情報量とバスの利用しやすさの相関が、大域的に存在することの確認はできていない。さらに、仮説における、情報量と選択行為の心理的負担の関係に関する確認が十分ではない。よって、今後の課題として、情報量と選択行為の心理的負担の大域的な相関を確認する必要がある。情報量と心理的負担の大域的な相関が確認できれば、バスネットワーク等の交通システムにおいて、満足度を向上させる有効な手法が提示されたことになる。つまり、交通システムの利用者が行う選択行為を適切に設計すると、満足度が大きな交通システムを実現することに大きな貢献ができる。

参考文献

- 1) 国土交通省旅客課: バスの車両数、輸送人員及び走行キロ, <http://www.mlit.go.jp/common/000117169.pdf>, 2016年7月22日参照。
- 2) 経済産業省: 平成25年度おもてなし経営企業選出企業一覧 02 十勝バス株式会社, <http://www.meti.go.jp/policy/servicepolicy/omotenashi-keiei/kigyousen/pdf/25-02.pdf>, 2016年7月22日参照。

- 3) 新潟市: 新バスシステムとは, <https://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/doro/kotsu/newsystem/torikumi/bussystem/shinbustoha.html>, 11 2013, 2016年7月22日参照。
- 4) 新潟市: 新バスシステムによる新しい公共交通, https://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/doro/kotsu/newsystem/torikumi/bussystem/shinbustoha.files/shinbus_pmp2510.pdf, 11 2013, 2016年7月22日参照。
- 5) Iyengar, S. S. and Lepper, M. R.: When choice is demotivating: Can one desire too much of a good thing?, *Journal of personality and social psychology*, Vol.76, No.6, pp.995–1006, 2000.
- 6) Christensen-Szalanski, J. J.: Problem solving strategies: A selection mechanism, some implications, and some data, *Organizational Behavior and Human Performance*, Vol.22, No.2, pp.307–323, 1978.
- 7) Christensen-Szalanski, J. J.: A further examination of the selection of problem-solving strategies: The effects of deadlines and analytic aptitudes, *Organizational Behavior and Human Performance*, Vol.25, No.1, pp.107–122, 1980.
- 8) 嶋本寛 and 畑直貴: バス満足度及びサービスレベルの認知と選択肢集合の関係性分析, *都市計画論文集*, Vol.50, No.3, pp.723–729, 2015.

(2016. 7. 31 受付)

INTERPRETATION BY THE INFORMATION THEORY OF ORGANISATION OF SERVICE ROUTES FOR IMPROVEMENT OF THE CUSTOMER SATISFACTION

Kohei MORO and Yasuo SUGAI

Many people think that the bus services is difficult to use in Japan. For example, they do not know how they find an appropriate bus service. It prevents further them from using bus services.

In this paper, we try to remove these obstacles to use bus services. First, we analyse the obstacles from the psychological viewpoint. Also we attempt to find a relation between the information of a choice set in the information theory and the mental burden of the choices. Secondly, we consider the influence that the structure of choices gives in our satisfaction. Finally, we suggest a way to improve satisfaction of using a transportation system in designing structure of the choice.