

異常時における列車運行情報提供と利用者の情報活用度を考慮にいたした  
経路選択推定モデル

02602500	東京工業大学	* 源 真一	MINAMOTO Shinichi
01302440	東京工業大学	高橋 幸雄	TAKAHASHI Yukio
	(財) 鉄道総合技術研究所	富井 規雄	TOMII Norio
01308650	(財) 鉄道総合技術研究所	武内 陽子	TAKEUCHI Yoko

## はじめに

本研究では、鉄道路線に中・大規模の遅れが生じた際に、列車運行や代替交通手段に関する情報を配信した場合の利用者行動モデルを構築し、シミュレーションによる数値実験を行なう。現在の、異常時における対象路線の列車運行情報や経路情報の提供は乗客や鉄道事業者が満足できるものとは必ずしも言えないため、よりよい情報提供とは何かを追い求めることの導入部、というのが本研究の位置付けである。

乗客は、提供された対象路線の列車運行情報や利用可能な代替交通手段の経路情報をもとに、自らの持つ情報や経験と照らし合わせながら、不効用値(不満度)をなるべく少なくするような経路選択を行うとする。その際、個々の乗客によって代替経路等に関する情報・知識・理解度等が異なることを表現するために、「情報レベル」と「情報活用度」という概念を導入する。そして、不効用値算出式、異常時の経路選択の種類、乗客の代替交通手段経験レベル、列車運行情報提供、提供された情報の活用度にわけて、モデルを構築する。

このモデルを用い、ある1つの異常時シチュエーションに対して、情報提供シナリオを複数用意し、結果を比較する。

なお、本研究で用いる「異常時」とは、対象路線に何らかの中・大規模の事故や故障が発生した状況を意味するものとし、「旅行」とは、乗客が列車やバスなどを利用して、出発地から目的地へと向かう一連の行動のことを指す。対象路線以外での事故・故障の発生は考えないこととする。また、代替交通手段は対象路線以外の路線を指し、必要な場合はバスを利用することもある。

## 不効用値算出式

不効用値算出式は、対象路線を利用した場合の式(1)と代替交通手段を利用した場合の式(2)を考える。これらの式は、[1]にある式をもとに到達時刻不効用値とバス乗車不効用値を追加したものである。なお、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\lambda_a$ 、 $\lambda_b$ 、 $\mu$ は個人毎に(ある分布に従って)定め

られるパラメータである。

$t_{j,ab}$	: 駅間 $a-b$ の乗車時間 (分)
$C_{j,ab}$	: 駅間 $a-b$ の混雑率 (%)
$t_k$	: 代替交通手段 $k$ の利用時間 (分)
$C_k$	: 代替交通手段 $k$ 利用時の混雑率 (%)
$T_W$	: 待ち時間 (分)
$N$	: 乗り換え回数 (回)
$A_W$	: 希望到達時刻
$A_R$	: 実到達時刻 (所要時間, 待ち時間等の関数)
$T_R$	: 列車乗車時間 (分), 代替交通利用時間 (分)
$B$	: 代替交通手段としてのバス乗車時間 (分)

予想不効用値 (対象路線利用) =

$$\alpha \sum_j \left\{ t_j \cdot \left( \frac{C_j}{100} \right)^\beta \right\} + \gamma \cdot N + \delta \cdot T_W + \lambda_a \{ \max(A_R - A_W, 0) \}^{\lambda_b} + T_R \quad (1)$$

予想不効用値 (代替交通手段利用) =

$$\alpha \left\{ t_k \cdot \left( \frac{C_k}{100} \right)^\beta \right\} + \gamma \cdot N + \delta \cdot T_W + \lambda_a \{ \max(A_R - A_W, 0) \}^{\lambda_b} + \mu \cdot B + T_R \quad (2)$$

式(1)のうち、第1項  $\left[ \alpha \sum_j \left\{ t_j \cdot \left( \frac{C_j}{100} \right)^\beta \right\} \right]$  は混雑不効用値、第2項  $[\gamma \cdot N]$  は乗り換え不効用値、第3項  $[\delta \cdot T_W]$  は待ち時間不効用値、第4項  $[\lambda_a \{ \max(A_R - A_W, 0) \}^{\lambda_b}]$  は到達時刻不効用値、第5項  $[T_R]$  は乗車時間を表す。式(2)では、代替交通手段を利用した場合はまとめて考えるため、第1項の  $\sum$  がなくなる。またバス利用不効用値として、第5項に  $[\mu \cdot B]$  が加わる。

## 異常時における乗客の経路選択

経路選択は、予想不効用値をもとに行われるとし、代替交通手段を利用した場合の予想不効用値は、提供された経路情報内容のレベル、乗客の情報活用度を考慮したその経路の予想所要時間、乗り換え回数などを利用して算出したものを用いる。乗客が経路選択

を行なうタイミングとしては、以下の4パターンを考える。

- 出発前滞在地出発時(自宅・会社・学校など)
- 対象路線の出発駅到着時
- 対象路線のホーム上(列車到着時、もしくは新たな列車運行情報が提供された時)
- 列車乗車中途中駅到着時

なお、一度、代替交通手段を利用することを選択した乗客は、再び対象路線に戻ることはないとする。

また、乗客の取りうる行動は次の4つを想定する。

- 旅行を中止する
- 旅行を一時取り止める
- 代替交通手段を利用する
- 代替交通手段を利用しない(対象路線を利用する)

旅行を一時中断した場合は、ある程度時間が経った後に旅行を再開する。

### 乗客固有の代替交通手段情報レベル

乗客は代替交通手段に関する情報(知識)を持っているが、その内容や利用の仕方は乗客によって異なる。この乗客毎の情報量(知識量)や利用度の差を、乗客固有の代替交通手段情報レベルと呼ぶ(以下、乗客固有の情報レベルと略する)。乗客固有の情報レベルは、5段階(0, 1, 2, 3, 4)を考える。4が高く、0が低いものである。

### 情報の提供

情報内容は、代替交通手段の経路情報と対象路線の運行情報にわけて考える。代替交通手段の経路情報内容は、利用可能な代替交通手段情報とその代替交通手段を用いた経路を選択した場合の予想所要時間、乗り換え回数などである。代替交通手段の経路情報は、その内容により5段階(0, 1, 2, 3, 4)のレベルに分ける。これを経路情報レベルと呼ぶ。また、対象路線の運行情報内容は、対象路線の復旧見込み情報、運転整理ダイヤ情報、運行中列車の混雑度情報などであり、内容によって5段階(0, 1, 2, 3, 4)のレベルに分ける。

### 提供された情報の活用度

鉄道事業者が提供する情報は、必ずしも全乗客が同様に受け取り、同じように活用できるとは限らない。例えば、携帯電話やPDAを用いた情報配信では、端末を持っていない乗客やインターネットに接続できない環境(トンネル内など)にいる乗客にはうまく配信することはできない。乗客が情報を受け取ることができるかどうかは、乗客毎にランダムに決定し、乗客が

情報を受け取ることができる確率を $p_u$ とする。また、情報を受け取ることができても、情報内容を100%理解できる乗客とそうでない乗客、提供された情報を信頼する乗客とあまり信じない乗客も存在する。提供された情報を活用できるかどうか、信頼するかどうかは「情報活用度」という値で表す。情報活用度は、経路情報の活用度と対象路線情報の活用度の2種類が存在する。これらはやはり5段階(0, 1, 2, 3, 4)の値を持つ。

経路情報の活用度を求めるためには、どれだけ正しく経路情報を理解できるかを示す経路情報理解度というものも考える。これも5段階(0, 1, 2, 3, 4)の値を持つ。提供された経路情報レベルと経路情報理解度の小さい値が、提供された情報により利用可能な情報レベルであるとする。従って、その乗客の経路情報の活用度は乗客固有の情報レベルとこの利用可能な情報レベルの大きい値となる(式(3))。

経路情報の活用度 =

$$\max\{\min(\text{提供された経路情報レベル}, \text{経路情報理解度}), \text{乗客固有の情報レベル}\} \quad (3)$$

対象路線情報の活用度は、提供された情報に対する乗客の理解度(信頼度)を表す。

情報活用度 $k(k=0, 1, 2, 3, 4)$ に対し確率変数 $u_k$ を考え、 $u_0, u_1, \dots, u_4$ はそれぞれ、 $\text{Tr}(100, 200, 300)$ 、 $\text{Tr}(1.0, 2.0, 3.0)$ 、 $\text{Tr}(1.0, 1.5, 2.0)$ 、 $\text{Tr}(1.0, 1.25, 1.5)$ 、 $\text{Tr}(1.0, 1.1, 1.2)$ の三角分布に従う。これらの確率変数は、代替交通手段を利用する場合の提供された経路情報の所要時間や待ち時間、対象路線を利用する場合の提供された運行情報における所要時間や待ち時間(復旧見込みまでの時間)などかけられ、それらの値を式(1)、(2)に代入することで各経路の予想不効用値を算出する。

### 数値実験の例

数値実験では、ある1つの異常時シチュエーションに対し、複数の情報提供シナリオを用意し結果を比較した。情報提供シナリオとは情報の提供内容・提供手段・タイミングなどの流れをまとめたものである。数値実験の結果、鉄道事業者が持つ情報が不十分な場合は、あまり積極的に情報提供をしない方がよい場合もあることがわかった。

## 参考文献

- [1] "オフピーク通勤による混雑緩和効果の解析 調査報告書", 運輸経済研究センター 1995年3月