

京都大学工学研究科 フェロー 谷口 栄一
 京都大学工学研究科 学生員 岡田 明
 京都大学工学部 学生員 ○井坪 慎二

1.はじめに

道路は日常生活を営む上で、もっとも基本的な施設である。道路には様々な機能が存在するが、その中で交通機能ということを考えると、定時性、速達性、連続性などが優れていることが望ましい。

しかし、現在の道路整備効果分析においては、速達性を表すと考えられる所要時間の平均値により分析されており、定時性、つまり時間的な信頼性は考慮されていない。そのため、本研究では時間信頼性の向上による便益の評価手法を確立することを目指す。

2.時間信頼性について

時間信頼性とは、「ある所要時間内に目的地に到着することができる確率」と定義することができる。一般に、道路状況は日々変化し、所要時間は変動している。そのため比較的長い期間でみると、所要時間は分布をなしていると考えられ、本研究では、この分布のばらつきの程度により時間信頼性を評価可能と考える。

時間信頼性の分析において重要となるのは、出発時刻についての決定といえる。通勤行動など、到着時刻制約の厳しい交通行動では、時間的余裕を見積もって出発時刻を選択している。所要時間のばらつきが減少し、信頼性が向上すれば、安全余裕時間を削減できるので、出発時刻が遅くすることができる。結果として、人々の自由にできる時間が増加し、便益が増加する。

このような時間信頼性の向上による便益は、人の行動原理に基づくものである。そのため、その計測にあたっては、時間信頼性を考慮した出発時刻選択を考える必要がある。

3.時間信頼性を考慮した出発時刻選択モデル

本研究では、Hallらの考え方をもとに期待不効用が最小となる出発時刻を選択するモデルを定式化する。

ある時刻 t_0 に出発して、時刻 t' に到着したときの遅刻早着に関する不効用 $c(t', t_0)$ は以下のように表される。

$$c(t', t_0) = \begin{cases} (t_d - t') \cdot c_f & \text{if } t' \leq t_d \\ (t' - t_d) \cdot c_d & \text{if } t' > t_d \end{cases} \quad (1)$$

ただし、

c_f : 早着時間損失係数 (円/分)

c_d : 遅刻ペナルティ係数 (円/分)

t_d : 到着制約時刻

経路の所要時間確率密度関数が $f(t)$ で与えられているとする。移動時間に関するコストである移動時間損失 C_m は以下のように表すことができる。

$$C_m = c_m \cdot E(f(t)) \quad (2)$$

c_m : 移動時間損失係数 (円/分)

以上のことから、遅刻早着に関わる不効用と移動時間に関わるコストを足して、時刻 t_0 に出発したときの期待不効用 (expected dis-utility) $EDU(t_0)$ は、以下のように表される。

$$EDU(t_0) = \int_{-\infty}^{t_d - t_0} c_f \{t_d - (t_0 + t)\} f(t) dt + \int_{t_d - t_0}^{\infty} c_d \{(t_0 + t) - t_d\} f(t) dt + c_m \cdot E(f(t)) \quad (3)$$

今ドライバーが期待不効用 EDU が最小とするような出発時刻を選択するとすると、最適出発時刻 t_0^* は以下のような最適化問題として定式化される。

$$t_0^* = \min_{t_0} EDU(t_0) \quad (4)$$

ここで、所要時間確率密度関数 $f(t)$ の分布関数 $F(t)$ の逆関数 F^{-1} を用いると最適出発時刻 t_0^* は次のように表せる。

$$t_0^* = t_d - F^{-1}\left(\frac{c_d}{c_d + c_f}\right) \quad (5)$$

以上のように、本モデルを用いると、所要時間分布、各時間損失係数が求まればそのときの期待不効用と出発時刻を求めることができ、所要時間分布の変化を貨幣価値に換算できる。

4.所要時間不確実性が出発時刻選択行動に与える影響

本節では所要時間が正規分布に従うと仮定し、定式化した出発時刻選択モデルを用いて、標準偏差を変化させることにより、所要時間の不確実性が出発時刻選択に及ぼす影響について考察する。

ここでは、到着制約時刻が 9:00 で通勤経路が 1 本

しかないある一人のドライバーについて考える。早着時間損失 c_f は 30(円/分)、遅刻ペナルティー係数 c_d は 300(円/分)とした。ある経路の所要時間の平均は 40 分とし、標準偏差を 1 分から 20 分と変化させて計算を行った。ここでは、遅刻早着に関する不効用にのみ着目する。計算結果を図 1 に示す。

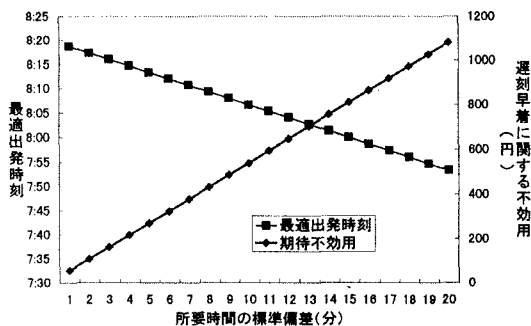


図 1 所要時間の不確実性が出発選択行動に与える影響

図 1 を見ると、所要時間の不確実性が減少すると最適出発時刻は早くなることがわかる。また、所要時間の不確実性の減少によりドライバーが被るであろう期待不効用も減少する。これらのことは、所要時間の不確実性が減少するとドライバーに便益が生じていることを示している。本設定では、所要時間の標準偏差が 10 分から 5 分に減少すると 270 円の便益が生じている。

5. 交通障害の発生が出発時刻選択行動に与える影響

日本の道路はサービスレベルが低く、都市域では慢性的な渋滞に悩まされている。これらの渋滞は、交通量の増加による自然渋滞がほとんどであるが、路上駐車、交通事故等による車線閉鎖により交通容量が低下するとさらに激しい渋滞を引き起こすと考えられる。

本研究では、これらの故障車や交通事故など、交通容量を低下させて深刻な渋滞を引き起こす要因を交通障害 (traffic impediments) として定義する。交通障害発生による渋滞によって、時間信頼性が減少する。そうしたとき、ドライバーに対して時間信頼性が減少したことにより何らかの不効用が生じていると考えられる。そのため、本節では交通障害の発生を考慮した所要時間分布を用いて、交通障害発生確率がドライバーに与える影響について分析する。

所要時間確率密度関数 $f(t)$ を以下のように設定する。

$$f(t) = (1-a) \times f_1(t) + a \times f_2(t) \quad (6)$$

$f_1(t)$: 自然渋滞時所要時間の確率密度関数

$f_2(t)$: 交通障害発生時所要時間の確率密度関数

a : 交通障害発生確率

ここでは、移動時間損失係数 c_m は 56(円/分)とし、その他の損失係数は 4 と同様に設定した。また、自然渋滞時所要時間確率密度関数 $f_1(t)$ は平均 40 分、標準偏差を 7.4 分の正規分布とし、交通障害発生時所要時間確率密度関数 $f_2(t)$ は平均 80 分、標準偏差 13.1 分の正規分布とした。これらの平均と標準偏差の関係は、松本ら²⁾の研究をもとに決定した。交通障害発生確率を 0 から 0.2 まで 0.01 刻みで変化させた。計算結果を図 2 に示す。

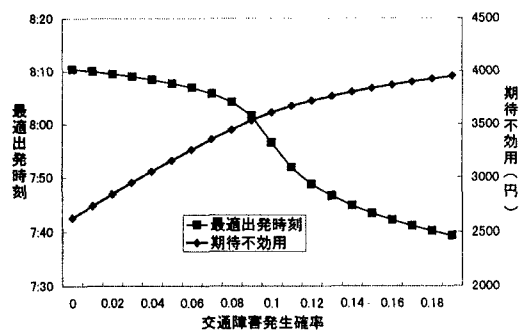


図 2 交通障害の発生がドライバーに与える影響

図 2 を見ると、交通障害発生確率が增大すると、最適出発時刻は早くなり、期待不効用は増大している。これらのことから、何らかの施策により交通障害の発生を減少させることができれば、ドライバーに便益をもたらすことを示している。

6. 最後に

本研究では、時間信頼性を考慮した出発時刻選択を考えることにより、時間信頼性向上便益の計測手法の開発を試みた。

その結果、各損失係数及び所要時間分布を求めることができれば、出発時刻選択モデルにより時間信頼性向上の便益を計測することができることが分かった。

本研究では、所要時間確率密度関数を正規分布により設定したが、今後は実際の所要時間分布を詳しく調べていく予定である。

¹⁾ Randolph W. Hall: Travel Outcome and Performance: The Effect of Uncertainty on Accessibility, Transportation Research Part B, Vol.17, No.4, pp.275-290, 1983

²⁾ 松本昌二, 白水義晴: 所要時間の不確実性が時刻の指定された物資輸送に及ぼす影響, 土木学会論文集, 353/IV-2, pp75-82, 1985.1