

時間均一な混雑料金の利用者行動への影響に関する個人差を考慮した理論的解析

東京大学 学生員 井料 隆雅
東京大学 正会員 桑原 雅夫

この研究では、時間に対して変化しない混雑料金による混雑緩和政策を行ったときに、利用者の行動がどのように変化するか、特に、どのような人が混雑料金政策によって道路の利用を中止（または開始）するかについて、個人差を考慮した出発時刻選択問題を応用して理論的な解析を行う。

現在海外で実施されている混雑料金政策の多くは、混雑料金の額を時間的に積極的に変化させることを行っておらず、朝から夜までなどの長い時間帯、または終日にわたって一定の混雑料金を課すようになっている。このような政策では、混雑料金によって道路利用者の一般化交通費用が増大し、一部の利用者が道路の利用を中止することをねらいとしている。しかし、実際には、それまで道路を利用していなかった一部の潜在的な利用者が、混雑料金による渋滞の緩和によって道路の利用を開始することも考えられる。このように、混雑料金には需要抑制効果の他に需要誘発効果も存在すると考えられ、これらの効果がどのような利用者に対してどの程度働くかということを知るのには、混雑料金政策を考察する際に必要となることである。

今回の研究では、利用者の行動を理論的に解析するために、単一ボトルネック道路における個人差を考慮した出発時刻選択問題^{[1][2]}を用いる。いま図1のように、ひとつの出発地とひとつの目的地が存在し、その間は唯一の道路で結ばれ、そこに容量一定のボトルネックが1つある状況を想定する。ボトルネック以外の旅行時間は一切変化しないものとする。出発地には道路を利用することを欲する人々（以下利用希望者）が存在し、これらのうち道路を利用する者は、必ずこの道路を用いて出発地から目的地に行かなくてはならない。各利用者は特定の希望到着時間を持ち、この希望時間外に目的地に到着する利用者は、希望時間と到着時間のずれ（スケジュールディレイ）によって生ずる費用（スケジュールコスト）を負担する。一方、すべての利用希望者は、道路の利用を中止し、その他の交通手段で移動するか、あるいは移動を中止することも可能であるとする。利用者は一般化交通費用を最小化するように行動するとする。一般化交通費用 p は、

$$p = c_w w(t_d) + c_s(t_w - t_d) + K \quad (\text{道路を利用するとき: ただし } t_w < t_d \text{ のときは } p \rightarrow \infty)$$

$$p = p_m \quad (\text{道路を利用しないとき})$$

とあらわされるとする。ここで、 K は混雑料金、 t_d は利用者が選択するボトルネック出発時刻、 t_w は利用者が希望するボトルネック出発時刻である。なお、いまボトルネック以外の旅行時間は一切変化しないので、利用者の出発時刻選択行為および希望到着時刻はボトルネックを出発する時間を基準にとって表現することが可能であることに注意したい。また、 $w(t_d)$ は時刻 t_d に流出した利用者のボトルネックでの待ち時間、 c_w は単位待ち時間あたりの費用、 c_s は単位スケジュールディレイあたりの費用、 p_m は道路を利用しないの機会費用である。ここで、 t_w, c_w, c_s, p_m は各利用希望者に対して外性的に与えられる量で、これらの値は各個人で異なるとする。利用希望者は道路を利用するか、

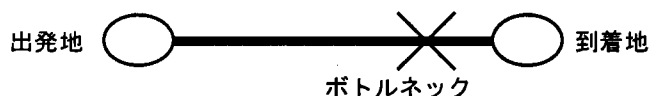


図1 想定するネットワーク

あるいは道路を利用しないかを選択し、利用する際は t_d を選択することが可能である。また、この系は均衡、すなわち、すべての人が現状の t_d の選択によって自分のコストを最小化しており、自分の行動を変化させる必要がない状況、になっているとする。

キーワード：混雑料金、出発時刻選択問題、個人差

連絡先： 153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産研究所 第5部 桑原研究室

Tel 03-5452-6001 ext.58175 Fax 03-5452-6420 E-mail iryo@nishi.iis.u-tokyo.ac.jp

さて、全ての利用希望者が道路を利用する状況（すべての利用希望者について $p_m \rightarrow \infty$ ）については、すでに解法が示されている^{[1][2]}。そのうち図による解析方法^[2]を図2に示す。図2ではすべての利用者を $(t_w, c_s/c_w)$ の二次元平面に分布させている。この分布に応じて平面上に一本の線が引け、その線の上部の人は自分の希望時刻通り ($t_w = t_d$) に目的地に到着し、下部の人は希望時刻より早め ($t_w > t_d$) に目的地に到着する、ということが分かっている。また、この線の下部の面積を用いて、渋滞の一般化交通費用を c_w で除したもの、すなわち

$$\pi = w(t_d) + c_s/c_w(t_w - t_d)$$

を求めることができる（図2）。なお、この値は $(t_w, c_s/c_w)$ のみに依存することに注意したい。

今回のケースでは、道路を利用した際の一般化交通費用に応じて道路を利用しない人がいる。これにより需要は減少する。需要の減少は境界線を押し下げ^[2]、それによって π が減少する（図3）。この傾向は、 K が大きい、すなわち混雑料金が大きいために道路を利用した際の一般化交通費用が大きい場合にはより強くなる。すなわち、もし K を増加させない時の π を π_0 、 K を増加させた時の π を π_w とした場合、この差

$$\pi_w - \pi_0 = \Delta\pi < 0$$

が成立する。このように表記したとき、この利用者の道路を利用した際の一般化交通費用の変化 Δp は、

$$\Delta p = c_w \Delta\pi + \Delta K$$

である。（ ΔK は K の増加量を示す）

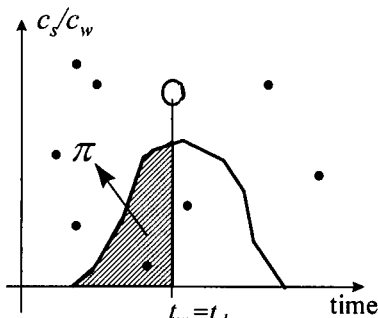


図2 出発時刻選択問題の図解法。境界線は需要（点）分布で決定される。特定の利用者（○印）の π は図の斜線部の面積で示される。

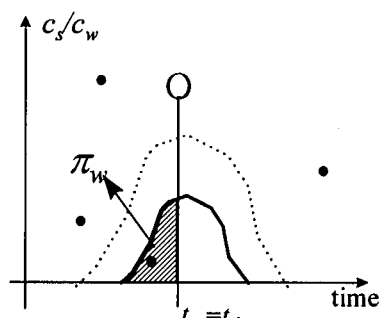


図3 混雑料金による π の変動。境界線は需要の減少により下に下がり、そのため π は全ての利用者について減少する。

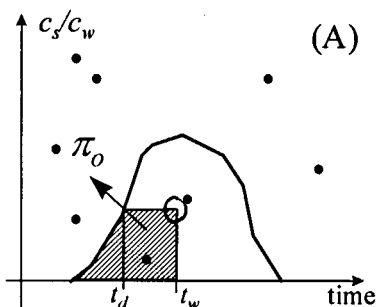
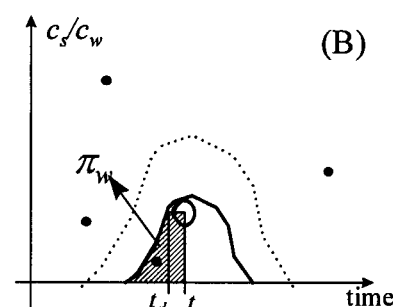


図4 c_s/c_w が小さい利用者（○印）の混雑料金による π の変動。
 c_s/c_w が小さい利用者の π は図のように示される。このような利用者は混雑の少ない時刻に旅行を行い ($t_d < t_w$)、スケジュールコストも小さいために、混雑が激しい時 (A) でも c_s/c_w が大きい利用者比べて π が小さい。そのため混雑料金で混雑が緩和しても (B)、 π の変化はそれほど大きくない。



よって、もし c_w が大きければ Δp は負になる可能性が高く、これにより道路を利用した際の一般化交通費用が機会費用 p_m を下回れば、この人は道路の利用を開始することになる。以上により、 c_w が大きい人は混雑料金政策によって道路の利用を開始する傾向があり、逆に c_w が小さい人は道路の利用を中止する傾向があることがわかる。

$\Delta\pi$ が小さい場合は上記の傾向は弱くなる。一般的に、 c_s/c_w の小さい利用者、すなわちスケジュールをシビアに感じない利用者は、 $\Delta\pi$ が小さくなる傾向がある（図4）。そのため、 c_s/c_w の小さい利用者は、大きい利用者比べて料金政策による行動の変化をあまり起こさない傾向があることがわかる。

参考文献：

[1] Newell G.F.: The Morning Commute for Non-Identical Travelers, *Transportation Science*, Vol.21, No.2, pp.74-88, 1985.

[2] 井料隆雅, 桑原雅夫: 道路交通における動的な混雑料金の理論的解説 - 個人差を考慮した出発時刻選択問題 -