

高速道路サービスエリアのお手洗いの適切な空間計画に関する研究

その3 必要便器数の算定

高速道路 トイレ ログセンサー
空間計画

正会員 ○河合 希*¹
会員外 山本 浩司*²
正会員 北澤 秀吉*¹
同 添田 昌志*²

1. 研究の背景と目的

高速道路の休憩施設を利用する利用者にとって、「より快適」「より便利」「より楽しい」休憩施設お手洗い（以下、「お手洗い」という。）空間を提供するため、お手洗い便器数の最適化が求められている。

本稿では、中日本高速道路株式会社東京支社が管理する東名高速道路他のお手洗いの利用実態調査の結果から得られた利用者の諸特性を整理し、待ち行列解析を行うことにより、混雑の発生しない最適なお手洗い便器数の算出手法を開発したので報告を行うものである。

2. 既往の研究

銀行、エレベーター（図1）、高速道路の料金所等、日常生活の中でサービスを受けるために行列ができることは珍しくない。このような現象は「待ち行列」と呼ばれている。また、この事象を理論的に調べ、それに関する対策を立てて混雑を解消させる学問は「待ち行列理論」と呼ばれており、オペレーションリサーチ手法の中できわめて古くから研究されてきた理論となっている。

この理論において、利用者の到着が不規則であり、且つその到着は他の利用者の到着と独立していると考えられる場合、利用者の到着はポアソン分布（図2）に従うことが確認されており、伝統的な待ち行列理論として膨大な研究として蓄積されている。



図1 待ち行列の適用事例(エレベーター)

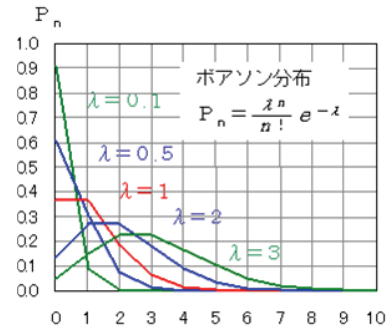


図2 利用者の到着が単位時間あたり平均 λ でランダムに発生する時、平均が λ のポアソン分布
(出典：木暮仁 OR手法の解説)

このような待ち行列事象に関しては、利用者の到着分布とサービス時間分布をとって与件することにより、施設数の算出が可能となる。例えば村川ら^{1) 2) 3) 4)}は、伝統的な待ち行列理論による駅舎トイレにおける器具数算定法の提案を行っている。しかし、我々が実施した利用状況調査の結果から、お手洗いでは、移動体として乗用車やトラック等を使用される個人の利用者と、観光バス等を利用される団体の利用者（以下、「属性の異なる利用者」という。）の到着過程に違いがあり、これが混雑発生の大きな要因となっていることが確認された。

このため、お手洗いを利用する利用者の到着過程をポワソン過程としてモデル化する伝統的な待ち行列理論では、事象の到着率が確定的であり、このような利用者の到着過程を十分に表現できない。このため、本研究では、このような利用者が混合してお手洗いに到着する現象を、2次元ポワソン過程としてモデル化するとともに、モンテカルロシミュレーションにより、最適なお手洗い便器数の算出手法を開発した。以下にその概要を示す。

3. 最適なお手洗い便器数の算出

前述したように、昨今のお手洗いの混雑発生状況から、伝統的な待ち行列理論では解析できない状況が浮上してきたため、本研究では、その要因についての分析結果、及び混雑発生の要因分析結果に基づき、利用者の到着数の算出等手法を開発することにより、最適なお手洗い便器数を算出することとした。

3-1. 利用者の到着数の算出

東京支社が管理する一部のお手洗いは、扉にマグネット式のセンサーが設置されており、利用者がお手洗いに到着した時点と、出た時点に関する情報が常時記録されている。(図3)

これらの情報から、ある時間帯に使用中である便器数を推定することが可能である。便器数が十分に多く確保され、待ち行列が発生しない状況下では、利用者がお手洗いに到着すると同時に利用を開始するものとし、ある時刻において使用されている数をその時間帯における到着数とみなすことができる。一方、団体の利用者の到着等により、すべてのお手洗いに利用者が到着しているときには、待ち行列が形成される。しかし、この時の観測データはすべてのお手洗いが利用中であるという情報のみが記録され、待ち行列が発生している場合の利用者の到着数に関する情報を把握することができない。

このため、本研究では、お手洗いの観測データから待ち行列が継続していた時間に関する情報をもとに、利用者の到着数を算出する方法を開発した。

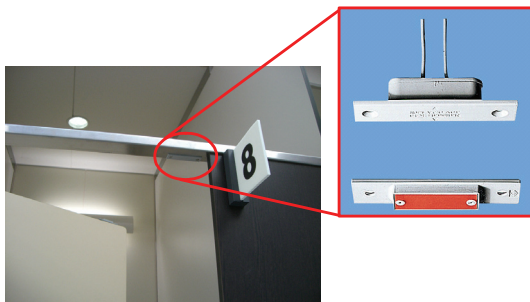


図3 観測装置(各ブースの扉に設けられたセンサー)

3-2. お手洗い便器数の算出

お手洗い便器数以上の利用者が到着したときには、待ち行列が形成される。利用状況調査の結果から、お手洗いは属性の異なる利用者が到着していると考えられる。個人の利用者は、お手洗いにランダムに到着し、その到着間隔は指数分布に従い、到着過程もポワソン過程として記述できる。一方、団体の利用者はお手洗いに集団で到着する。団体の利用者の到着過程もポワソン過程に従うが、到着する団体の規模が確率分布していると考えられる。

お手洗いは、前項のとおり、センサーが設置されており、利用者の到着者数が算出できるため、このように属性の異なる利用者が混合してお手洗いに到着する現象を、利用者の到着確率と利用時間の2次元ポワソン過程

としてモデル化するとともに、平成19年度に実施した休憩施設の利用実態調査の結果から算出したお手洗いの管理水準(許容待時間:2分)を前提とした上で、モンテカルロシミュレーションにより、最適な便器数を算出することとした。

本モデルの適用事例として海老名SA女性お手洗いの算出結果を以下に示す。(図4)

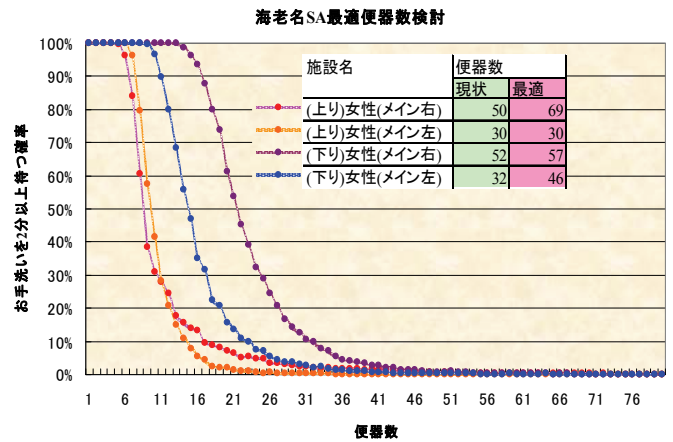


図4 必要お手洗い便器数の算出結果

4. まとめ

本研究では、利用者がお手洗いに到着する現象を、供用中の休憩施設の利用実態調査結果に基づき2次元ポワソン過程モデルを用いて記述するとともに、モンテカルロシミュレーションにより、最適な便器数を算出手法を開発した。今後の休憩施設の改修の際には、本手法を適用することにより最適な便器数の検討を行うことにより、利用者にとって「より快適」「より便利」「より楽しい」休憩施設お手洗い空間の提供に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 村川三郎ら：駅舎における乗降者数とトイレ利用車の検討-駅舎トイレにおける機具数算定法に関する研究 その1、日本建築学会計画系論文集、第522号、pp91-96、1999
- 2) 越川康夫ら：駅舎における器具使用とその特性の検討-駅舎トイレにおける機具数算定法に関する研究 その2、日本建築学会計画系論文集、第528号、pp59-65、2000
- 3) 村川三郎ら：駅舎トイレにおける器具数算定法の一提案-駅舎トイレにおける機具数算定法に関する研究 その3、日本建築学会計画系論文集、第545号、pp59-64、2001
- 4) 薬師神厚志ら：駅舎トイレにおける待ち時間の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、2000
- 5) 貝戸清之ら：道路施設の巡回頻度と障害物発生リスク、土木学会論文集F Vol. 63 (2007)、No. 1 pp.16-34

*1 中日本高速道路株式会社東京支社

*2 中日本高速道路株式会社東京支社 博士(工学)

*3 LLP 人間環境デザイン研究所 博士(工学)

*1 Central Nippon Expressway Company Limited Tokyo Branch

*2 Central Nippon Expressway Company Limited Tokyo Branch Dr. Eng

*3 LLP Human Environment Design Laboratory Dr. Eng.