Ⅳ－７

# 駐車場容量解析の一手法の提案

岐阜大学　正会員　宮城俊彦　学生会員　牧村和彦
学生会員○本部賢一　学生会員　小林浩

【目的】

従来、駐車場の容量解析は、シュミレーションによる手法[1]や、客のランダム到着を仮定した待ち行列理論[2]を使った手法が主に用いられてきた。しかし、前者には現況再現性はあっても理論的な裏付けがなく、汎用性に欠けるという欠点があり、また後者には到着率が入口ゲートのサービス率を越える場合には対処できないという欠点がある。

そこで、本研究ではNewellの待ち行列理論[3]を応用して、これまでの解析手法では考慮されていなかった入口・出口のサービス容量、さらに駐車容量を考慮した新しい駐車容量解析の手法を提案するものである。

【解析手法】

（１）　客の到着分布

時刻ｔまでの客の累積到着数をＡ（ｔ）とおく。すなわち、ｉ番目の客の到着時刻を$t_i$とおくと、

$$A(t)=(t_i \leqq t \text{ なる } t_i \text{ の数})$$

今、初めの客が到着してから最終の客の到着時刻までの時間をｋ個の時間帯に分割し、ｉ番目の時間帯の到着数を$n_i$（ｉ＝１、２、・・、ｋ）とおき、時間帯の長さを$\varDelta t$（＝一定）とおくと、各時間帯の客の到着率$\lambda_i$は

$$\lambda_i = n_i / \varDelta t$$

で与えられる。また、客の到着が一様分布であると仮定すると、時間帯ｉにおける累積到着分布$A_i(t)$は、次式で与えられる。

$$A_i(t)=\lambda_i \cdot t$$

（２）　駐車場入口ゲートのサービス分布

時刻ｔまでに入口ゲートから流入する客の累積分布をＤ（ｔ）とおく。ｉ時間帯における入口ゲートサービス率（単位時間当りの入口ゲート流入数）を$\mu_i$とおくと、ｉ時間帯での累積流入分布$D_i(t)$は次式で与えられる。

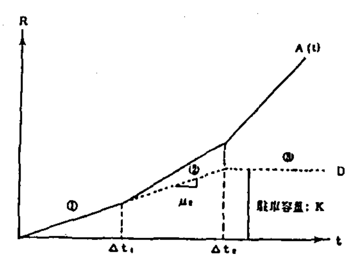
$$D_i(t)=\mu_i \cdot t$$

サービス率の上限（ゲート容量）を$\mu_{max}$とおく。$\mu_i$は到着率$\lambda_i$、空き駐車ロット数に応じて変化する。すなわち、到着率がゲート容量を越える場合（$\lambda_i > \mu_{max}$）、$\mu_i = \mu_{max}$でなければならず、このとき待ち行列が発生する。到着率がゲート容量以下の場合（$\lambda_i \leqq \mu_{max}$）には、２つのケースを想定する必要がある。第一のケースは、$\lambda_i < \mu_{max}$で、かつ、駐車容量に余裕がある場合である。このときは客の到着に応じてゲートを開閉すればよいので、$\mu_i = \lambda_i$（$\leqq \mu_{max}$）である。しかし、駐車場が満車ならば入口ゲートの流入は、出口ゲートからの流出に対応して行われる。したがって、$\mu_i$は次のように情況に応じて３つのケースが考えられる。

$$\mu_i = \begin{cases} ①\ \lambda_i & : \lambda_i \leqq \mu_{max} \text{ でかつ空き駐車ロットがある場合} \\ ②\ \mu_{max} & : \lambda_i > \mu_{max} \text{ でかつ空き駐車ロットがある場合} \\ ③\ \phi_i & : \text{駐車場が満車の場合（} \phi_i \text{ は出口ゲートサービス率）} \end{cases}$$

客の到着が一様でなく、ランダム到着の場合には、①の場合でも待ち行列が発生する可能性がある。しかし、この場合の待ち行列台数は、②、③に比べると問題が少ないので考慮外とする。

Ａ（ｔ）とＤ（ｔ）の①～③のケースを重ね合わせた例を示したのが図　１である。この例では、$0 \leqq t \leqq \varDelta t_1$では、$\lambda_1 < \mu_{max}$であり、したがって、$\mu_1 = \lambda_1$となる。$\varDelta t_1 \leqq t \leqq \varDelta t_2$では、$\lambda_2 > \mu_{max}$であり、$\mu_2 = \mu_{max}$である。$t = \varDelta t_2$で駐車場は満車となり、かつ 施設からの流出もない（$\phi_i = 0$）ため、ゲートは閉じられる。したがって、$t \geqq \varDelta t_2$では、$\mu_3 = 0$であり、待ち行列は拡大する。




図－１　入口ゲートのサービス分布

この例からも明らかなように、入口ゲートでの待ち行列数の累積値W（t）は次式で与えられる。

$$W(t)=A(t)-D(t)$$

（3）　客の流出分布

時刻tまでに出口ゲートから流出する客の累積分布を$D^{*}(t)$とおく。i時間帯における出口ゲートサービス率（単位時間当り出口ゲート流出数）を$\phi_i$とおくと、i時間帯での累積流出分布$D_i^{*}(t)$は次式で与えられる。

$$D_i^{*}(t)=\phi_i\cdot t$$

出口ゲートのサービス率の上限（出口ゲート容量）を$\phi_{max}$とおく。$\phi_i$は退出客数に応じて変化する。すなわち、退出率（$\eta_i$）が$\phi_{max}$を越える場合には、$\phi_i=\phi_{max}$であり、客は流出するのに施設内で待つことになる。$\eta_i\leqq\phi_{max}$　ならば　$\phi_i=\eta_i$　となる。

退出客数あるいは退出率は入口ゲート流入数あるいは流入率と同じであり、単に施設内滞留時間$\tau$だけ遅れて生じると仮定する。今、施設内滞留時間を時間帯$\varDelta t$の整数倍、$\tau=j\cdot\varDelta t$とおくと、

$$\phi_i=\begin{cases}① \ \eta_i\ (=\mu_{i-j}) & :\eta_i\leqq\phi_{max}\text{のとき}\\ ② \ \phi_{max} & :\eta_i>\phi_{max}\text{のとき}\\ ③ \ 0 & :i-j\leqq 0\text{のとき}\end{cases}$$

先の例、図 1に流出分布曲線を重ね合わせた図を図 2に示す。滞留時間$\tau=\varDelta t$と仮定しており、したがって、$\mu_1=\eta_2$、$\mu_2=\eta_3$でかつ、$\phi_i\leqq\phi_{max}$である。図 1の例では流出を仮定していなかったため、$t=\varDelta t_2$で満車になり、$D_3(t)=0$であった が、この例では流出のため空き駐車ロットができるので入口ゲートはオープンし、待ち台数が減少する。

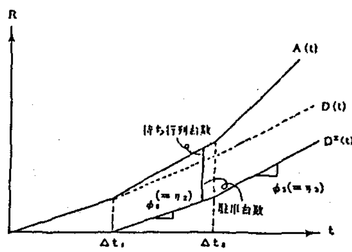



図 2 出口ゲートでの流出分布

この例からも明らかなように、駐車台数の累積分布P（t）は次式で与えられる。

$$P(t)=D(t)-D^{*}(t)\quad\leqq K$$

K：駐車容量

（4）　入口及び出口ゲートの流入、流出曲線の修正

図 2の例は流出を考慮して駐車台数が容量以下になる例であった。しかし、流出を考慮しても満車になるケースもあり、その場合には入口ゲートのサービス率が変化する。今、図 2の例で、$\phi_{max}=\phi_2$の場合を想定する。また、$t=\varDelta t_2$で P（t）＝K（満車）になったとすると、前のゲート流入曲線D（t）を新しい流入曲線D'（t）に変更する必要がある。したがって、この場合の入口ゲートのサービス率（D'（t）の傾き）は低下し、前よりも待ち行列長が長くなる（図 3）。

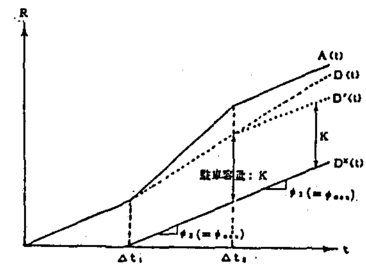



図 3　入口流入曲線の修正

入口ゲートからの流入率が変化すれば、その時間帯内に流入する客数が変化し、施設内滞留時間内後に流出する客数も変化する。すなわち、流出曲線はもはやD（t）に基づくものではなくなり、D'（t）に基づいて描く必要がある。このように、流入、流出曲線は駐車容量を媒介として互いに連動するため、累積曲線は時間経過に応じて逐次修正しながら作成する必要がある（図 4）。

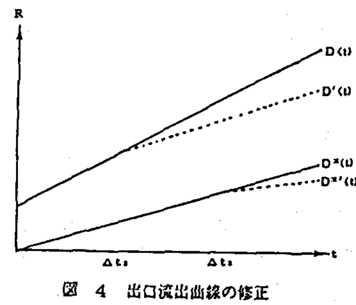



図 4　出口流出曲線の修正

参考文献

1）宮武修，中山隆；モンテカルロ法，日刊工業新聞社，昭和３５年．

2）米谷栄二，加藤晃；路外駐車場の容量に関する理論的解法，土木学会論文集，第３６号、昭和３１年．

3）G．F．Newell；待ち行列論の応用，サイエンス社，昭和４８，９．