

高速道路のサービスエリアにおける 駐車実態調査とその解析 (その 4)

—駐車容量の算定方法—

The Study on Actual State of Parking in Service Area of Expressway (Part IV)

—The Estimation Method of Parking Capacity—

川 浦 潔*

Kiyoshi KAWAURA

1. はじめに

さきに¹⁾, 高速道路のサービスエリアにおける駐車実態について, 調査資料の解析結果を発表したが, 今回はそれらの結果を利用して, 駐車場の容量を算定する方法に関して検討を加えた。

従来は, 平均駐車時間を基礎とした占有率を用いて駐車容量が算定されていたが, 本研究によれば, 駐車不能の確率を基礎としたシミュレーションによる方法によって, より合理的で経済的な駐車容量の算定が可能であると考えられるので, これらの方法について比較検討した。

2. 駐車容量の算定方法

(1) 占有率による方法

この方法については, 次の方法が示されている²⁾。

駐車容量(台) = {片側設計交通量(台/日)} × (立寄率) × (ラッシュ率) ÷ {駐車区画当たり占有率(台/時)}
ここに

立寄率 = 立寄台数(台/日) / 本線交通量(台/日)

ラッシュ率 = ピーク時立寄台数(台/時) / 立寄台数(台/日)

立寄率は, 駐車場への吸引力を示す指標とも考えられるもので, この値は箇所ごとに異なり, 名神高速道路のサービスエリアでは, 実測の結果休日で 0.1~0.3 程度という数値が示されている。

ラッシュ率は, 駐車場利用の時間的変動を示すファクターであって, 駐車場においては, 特にピーク時の集中度が高いので, このピーク時の処理をいかに効率的に行なうかが, 運用面のみならず, 駐車場の計画設計の場合も, 常に中心的問題点となることを考えて採り上げられているものである。実測結果から, 名神高速道路のサービスエリアの駐車場で 0.17~0.25 程度の値を示しており, その結果

(立寄率) × (ラッシュ率) = ピーク時立寄台数(台/時) / 本線交通量(台/日)

の値として 0.02 が示され, 東名高速道路のサービスエリアの駐車場の駐車容量算定の基礎的数値となっている。

る。駐車区画当たり占有率は, 駐車場での平均駐車時間を基礎にして算出されるが, 実測の結果からサービスエリアにおける平均駐車時間が 30 分であるので, その値は 2 となるとしている。

以上のような算定方法による駐車需要量を用いて駐車容量の算定を行なう場合, 次のような問題点がある。

① ピーク時のみを対象とするように係数が決められているので, 運用面における弾力性に欠ける。

② 駐車不能確率を考慮した経済的な駐車容量を算定することができない。

③ 算定基礎として本線の計画交通量が採られており, サービスレベルを考慮した本線の交通容量に対する検討がなされていない。

④ 立地条件による駐車希望性向の相違を示す係数が示されず画一的な係数となっている。

(2) 流出入量比による方法

待ち合わせ理論を用いて, 到着台数分布をポアソン分布とし, 駐車時間分布を指数分布と仮定することにより, 駐車台数分布の確率を計算すれば, 駐車不能確率を知ることができ, 容易に駐車容量を算定し得ることが示されている³⁾。しかし, 駐車時間分布は, 指数分布とはかなり違い, ワイブル分布にきわめてよく当てはまることの実証された⁴⁾。実測によれば, 到着台数分布がポアソン分布, 発車時間間隔分布が指数分布をなしていることが確かめられた⁵⁾ので, ここでは, 例えば S 個の駐車区画を有する駐車場へ, 平均 $1/\lambda$ なる時間間隔で自動車が到着し, n 台の駐車があって, $1/n\mu$ なる時間間隔で自動車が発車する場合, $\lambda/n\mu$ (流出入量比) を用いることにより, 待ち合わせ理論の適用を試みる。この場合, n 個の区画を占有する車両台数が $(n-1)$ 台という状態に移行する割合は μ ではなくて, $n \leq S$ か $n \geq S$ かによって, それぞれ $n\mu$ かまたは $S\mu$ となる。

一般に, 高速道路における駐車場では, 駐車区画がふさがっている時に到着した車両は, 空くの待つことなしに立ち去るので, この条件で $a = \lambda/\mu$, $\rho = a/s$ として待ち合わせ理論を適用する。駐車場に 1 台もない確率 P_0 および n 台いる確率 P_n はそれぞれ

* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

研 究 速 報

表 1 駐 車 不 能 率 表

| n | a | | | n | a | | | n | a | | |
|-----|----------------------|----------------------|----------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|-----|----------------------|----------------------|----------------------|
| | E _n =0.05 | E _n =0.10 | E _n =0.15 | | E _n =0.05 | E _n =0.10 | E _n =0.15 | | E _n =0.05 | E _n =0.10 | E _n =0.15 |
| 91 | 86.0350 | 94.2420 | 101.7477 | 105 | 100.3642 | 109.5977 | 118.1078 | 155 | 151.8744 | 160.6361 | 176.6588 |
| 92 | 87.0566 | 95.3376 | 102.9156 | 110 | 105.4941 | 115.0894 | 123.9554 | 160 | 157.0459 | 170.1514 | 182.5208 |
| 93 | 88.0786 | 96.4335 | 104.0835 | 115 | 110.6297 | 120.5843 | 129.8051 | 165 | 162.2201 | 175.6683 | 188.3837 |
| 94 | 89.1008 | 97.5296 | 105.2516 | 120 | 115.7706 | 126.0824 | 135.6567 | 170 | 167.3970 | 181.1867 | 194.2474 |
| 95 | 90.1233 | 98.6259 | 106.4198 | 125 | 120.9163 | 131.5832 | 141.5100 | 175 | 172.5765 | 186.7064 | 200.1119 |
| 96 | 91.1462 | 99.7223 | 107.5882 | 130 | 126.0664 | 137.0866 | 147.3649 | 180 | 177.7583 | 192.2273 | 205.9771 |
| 97 | 92.1693 | 100.8189 | 108.7566 | 135 | 131.2207 | 142.5924 | 153.2212 | 185 | 182.9425 | 197.7495 | 211.8431 |
| 98 | 93.1927 | 101.9157 | 109.9251 | 140 | 136.3789 | 148.1004 | 159.0789 | 190 | 188.1287 | 203.2728 | 217.7096 |
| 99 | 94.2164 | 103.0126 | 111.0938 | 145 | 141.5408 | 153.6105 | 164.9378 | 195 | 193.3170 | 208.7972 | 223.5768 |
| 100 | 95.2404 | 104.1098 | 112.2625 | 150 | 146.7060 | 159.1224 | 170.7977 | 200 | 198.5073 | 214.8226 | 229.4446 |

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^S \frac{a^n}{n!}} \quad P_n = \frac{\frac{a^n}{n!}}{\sum_{n=0}^S \frac{a^n}{n!}} \quad (1)$$

として得られるが、これはアーランの式 (Erlang's Formula) と呼ばれる式と同形で、特に $n=S$ のときには

$$P_S = \frac{\frac{a^S}{S!}}{\sum_{n=0}^S \frac{a^n}{n!}} \quad (2)$$

となり、 P_S は駐車区画が全部ふさがっている確率で、換言すれば、駐車区画が全部ふさがっているために立ち去る確率とも考えられる。これを駐車不能確率と呼ぶ。

式 (2) はアーランの損失式 (Erlang's Loss Formula) と言われている式と同形である。

式 (2) を計算することは困難であるので、いま P_n を E_n で表わし、漸化式⁹⁾を求めると

$$\begin{cases} E_n = \frac{a E_{n-1}}{a + n E_{n-1}} \quad (n \geq 1) \\ E_0 = 1 \end{cases} \quad (3)$$

が得られ、 $E_0=1$ であるから、これから出発して順次計算することにより E_n が求められる。

流出入量比 ρ は一種の利用率であって、駐車不能車が待ち行列を作る場合、 $\rho \geq 1$ ならばその長さは際限なく伸び、 $\rho < 1$ ならば平衡状態に達する。

漸化式を用いて駐車不能確率を求める数表が、与えられた a と n に対してすでに広範囲で精密に計算されているが、この場合、一定値 E_n に対して、すなわち駐車不能確率を一定として、 a と n との関係を与えた数表を用意すれば、きわめて便利である。その数表の 1 例⁹⁾ を表 1 に示す。この数表は、

| E _n の範囲 | ΔE _n のきざみ | n の範囲 | Δn のきざみ |
|--------------------|----------------------|---------|---------|
| 0.001~0.01 | 0.001 | 1~100 | 1 |
| 0.01 ~0.1 | 0.01 | 100~200 | 5 |
| 0.1 ~0.5 | 0.05 | | |

の構成で計算されたもので、式 (3) の関係を用いて、簡単な左右挾撃法によって行ない、一定値 E_n に対して式 (3) の右辺の計算値が $E_n \pm 10^{-7}$ 以内に入るまで追跡されている。この表を用いる場合、各駐車不能率の欄の数値をそれに対応する n で除した数値が ρ を示している。この表の利用方法は、例えば、駐車容量 100 台を持つ駐車場においては、駐車不能率が 5% 以上となるのは $\rho=0.95$ 以上のときであり、10% 以上となるのは $\rho=1.04$ 以上のときであり、さらに 15% 以上となるのは $\rho=1.12$ 以上のときである。したがって、駐車容量 100 台の駐車場では、流出入量比がほぼ 0.95, 1.04, 1.12 のときには、駐車不能率はそれぞれ 5%, 10%, 15% となる。また、同じ駐車不能率を想定するならば、駐車容量が大きい程流出入量比が大となり有利であることも判明する。すなわち、駐車不能率 5% とすれば、駐車容量 100 台のとき $\rho=0.95$ であるが、駐車容量 200 台ならば $\rho=0.99$ となる。さらに、100 台の容量を持つ駐車場で流出入量比が 1.2 であるとき、駐車不能率を 10% となるようにするためには、駐車区画を 15 増設して 115 台の容量とすればよいことも推定できる。

この方法では、流出入量比が単位時間のとり方によりかなりの相違があり、短い単位時間程ばらつきも大きく、名神高速道路の天津サービスエリアや駐車場における実測の結果によれば、5 分間単位ではおよそ 0.6~1.5 の範囲、1 時間単位ではおよそ 0.9~1.1 の範囲であり、 ρ の値の決め方のむずかしさとモデルの単純化の必要上、実用性が少ないと思われる。

(3) シミュレーションによる方法

本研究の結果によれば、駐車場へ到着する車両の台数分布はポアソン分布をするが、駐車時間分布がワイブル分布をすることが確かめられたので、単純に待ち合わせ理論を適用して解を求めることは困難である。このような場合には、電子計算機によるシミュレーションを実施することにより、その解が得られると考えられるが、この方法によって解を得ることも単純なことではない。現実

には、解析的な手法で解の得られない現象も多く、長期間にわたる観測の結果の分布は分っているが数式で示されるような形でない場合とか、解析的に解を求め難い分布をなしている場合も多く、このような場合には、電子計算機を有効に使って、機械の容量の範囲内でシミュレーションを行なうことにより、解を求めることが要求される。この場合用いられる手法として、モンテカルロ法により乱数を発生せしめ、発生した乱数を用いて現象をシミュレートする手段により解を求める方法がある。シミュレーションを行なうために、本研究においては入力として、指数乱数および駐車時間分布の乱数が必要である。一様乱数からとったある乱数を R とすれば

$$R = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$\therefore t = -1/\lambda \cdot \ln(1-R)$$

また $R = \int_0^t \frac{m(t-\gamma)^{m-1}}{t_0} \cdot e^{-(t-\gamma)m/t_0} dt = 1 - e^{-(t-\gamma)m/t_0}$

$$\therefore t = \gamma - t_0^{1/m} \ln(1-R)$$

したがって、 t に対応して $-1/\lambda \cdot \ln(1-R)$ は指数分布をし、 $\gamma - t_0^{1/m} \ln(1-R)$ はワイブル分布をすることに

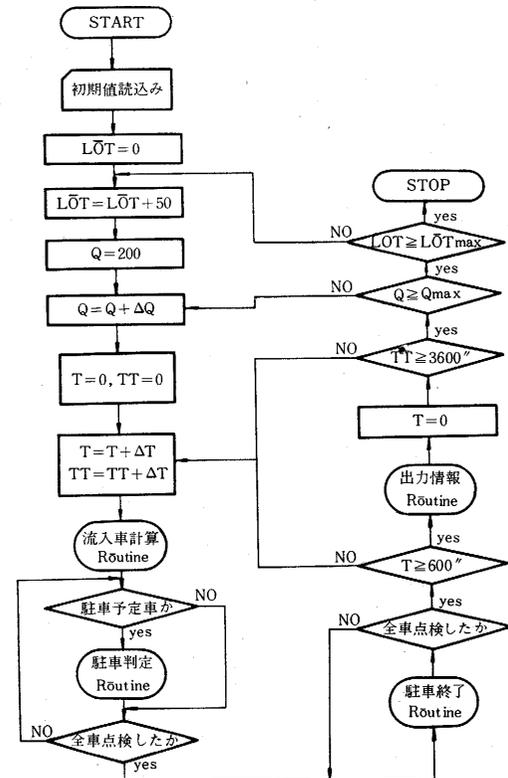


図1 ブロックダイアグラム

なる。

以上、乱数発生機構をルーチンとして電子計算機に組み込み (図1) のようなブロックダイアグラムにより駐

研究速報
車不能確率の計算を行なわせた。この場合、駐車希望車両台数については、次のような配慮の上で3種を決定した。

すなわち、片側2車線高速道路の可能交通容量は、大型車混入率 25~30% として、2,200台/時/車線×2車線=4,400台/時となる。都市間高速道路の性格上、サービスレベルを $B(0.35\sim0.5)$ あるいは $C(0.5\sim0.75)$ 程度とすれば、大津型のサービスエリアであれば、駐車希望率を 0.25 として

$$(\text{駐車需要量}) = (\text{可能交通容量}) \times (\text{サービスレベル}) \times (\text{駐車希望率})$$

は、400台/時~800台/時を考えばよいと思われる。大津で実測された本線交通量は、最大が2,300台/時で、サービスレベルがほぼ B と C との中間程度であった。また、駐車時間分布のパラメータは $m=1.2$, $t_0^{1/m}=23.0$, $\gamma=0$ とした。

使用した電子計算機は、FACOM-270/30 で、与えられた駐車希望車両数に対し、電子計算機内で発生せしめ得る車両数は 400台/時のとき 96.5%、600台/時および 800台/時のとき約 85% であった。その結果を (表2) に示す。

表2 シミュレーションによる駐車不能の確率

| 交通量 Q | 発生交通量 Qp | LOT 数 | 駐車不能台数 | 不能確率% |
|--------|----------|-------|--------|-------|
| 400台/時 | 386台/時 | 50 | 196台 | 50.8 |
| 600 | 510 | | 312 | 61.2 |
| 800 | 682 | | 488 | 71.6 |
| 400 | 386 | 100 | 53 | 13.7 |
| 600 | 510 | | 127 | 24.9 |
| 800 | 682 | | 321 | 47.1 |
| 400 | 386 | 150 | 0 | 0.0 |
| 600 | 510 | | 12 | 2.4 |
| 800 | 682 | | 160 | 23.5 |

演算の結果が、駐車不能の確率を考慮した、現実に側して合理性のある経済的な駐車容量を決定し得る一つの算定法を示唆しているものと確信する。

3. 駐車容量算定法の比較

本論文にて述べられた3つの駐車容量算定法について比較を試みるが、それぞれ基礎となる仮定が相違しているため、全く同一次元で比較をすることに困難である。ここでは、(3)項のシミュレーションにおいて算定された数値の基礎となった数値を用いる。

すなわち、駐車時間分布が $m=1.2$, $t_0^{1/m}=23.0$, $\gamma=0$ 、平均駐車時間=21.0分のワイブル分布に従う、駐車容量150台の駐車場に510台/時の駐車希望車両がポアソン分布をなして到着し、発車時間間隔は指数分布をするものと仮定する。

研 究 速 報

占有率は、平均駐車時間が 21.0 分なので 2.86 である。もし全部駐車可能として占有率による方法で容量を求めると、510 台/2.86=178 台となり、この方法では 28 台分の不足となる。流出入量比による方法では、発車台数が 150 台×2.86=429 台なので、流出入量比が 510 台/429 台≒11.9 となり、表 1 から約 15% 以上の駐車不能確率を生じ、全部駐車可能とするには約 195 台分の容量を必要とする。しかるに、シミュレーションによる方法によれば、表 2 から見られるように、ほぼ 150 台の容量で駐車不能確率はほとんど 0 であり、その他の例においてもほぼ同様な結果が得られることは明白である。

4. おわりに

駐車容量の算定方法として、占有率を用いる方法、待ち合わせ理論による方法、シミュレーションによる方法の 3 方法について述べ、それらの比較を試みた。その結

果、駐車不能確率を考慮したシミュレーションによる方法が、最も現実則して合理性のある経済的な駐車容量を決定し得る方法であることを示した。

(1969 年 4 月 7 日受理)

参 考 文 献

- 1) 川浦 深：高速道路のサービスエリアにおける駐車実態調査とその解析(その 1)，生産研究，Vol. 20，No. 6。(その 2)，生産研究，Vol. 20，No. 7。(その 3)，生産研究，Vol. 21，No. 8
- 2) 高速道路調査会：高速道路における休憩施設の計画設計要領作成に関する調査報告書，1967年 3 月
- 3) たとえば，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 8 月
- 4) 大前義次，森村英典：待ち行列の理論と実際，日科技連ライブラリー⑦，日科技連
- 5) 鈴木輝信，高木謙三：アーラン損失式数表，電々公社電気通信研究所「研究実用化報告」，別冊 5 号，1960。

次 号 予 告 (10 月号)

研 究 解 説

充填層における吸着ならびに反応の過渡特性.....河 添 邦大朗
杉 山 衣世子
街路交通の面制御理論.....越 正 毅

調 査 報 告

カナダの大学.....大 蔵 明 光
—金属と材料学科からみた一側面—

研 究 速 報

立方晶金属における対応粒界の種類と解析法.....石 田 洋 一
Fe-Cr 固溶合金定常クリープの Cr 濃度・応力依存性.....宮 原 一 哉
石 原 一 洋
集会室内の空気分布に関する実測および模型実験.....勝 田 高 司
土 屋 喬 智
市 田 良
正 田
RC アパートにおける住い方と屋内気候要素の相関分析.....勝 田 高 司
寺 村 上 達 周
川 股 重 也
柴 田 耕 一
Kirchhoff-Love の仮定に基づく連続体基礎論.....中 村 輝 男
境界線上の特異点および点の集中反力について.....中 村 輝 男
急しゅん波測定系のレスポンス時間の検討.....河 村 達 雄
大 平 矩 史

AGEING CHARACTERISTICS OF Pb-Sb ALLOYSSeiichi NISHIKAWA
Kazuo TSUMURAYA

FLUCTUATIONS OF RESPONSE SPECTRA—PART 1—清 水 信 行
—OF MULTI-DEGREES-OF-FREEDOM SYSTEM THROUGH ANALOG COMPUTATION—
柴 田 信 行

マトリックス法による配管系熱応力解析.....浦 野 征 夫

研 究 室 紹 介

松永研究室.....松 永 正 久