観光駐車場の将来計画に関する研究

——理 論 の 部——

正員　毛　利　正　光*

STUDY ON THE FUTURE PLANNING OF SIGHT-SEEING PARKING SPACES

By Masamitsu Mōri, C.E. Member

Synopsis : We know that traveling by motor-vehicle is extraordinaly increasing year by year through the developments of automobile and arrangements of highway net-work. It must be established that various methods needed for the safety, efficiency and relief of highway traffic. One of them is in the planning and arranging of parking spaces. By the planning it is necessary to calculate the needed spaces by farseeing the every year's increases in future.

But about sight-seeing parking places, the frequency of happening of parking demands have seasonably, daily and timely considerable variations, and then maximum happening of them is concentrated near the some hours in a day. The author has analysed these parking characteristics, and presented a method of estimation in future of parking demands, and then shown the theory of distribution test to deal with the data for the basic planning, so calculated the required spaces by use of this theory, then given several numerical examples in this paper.

要旨　最近の急激な自動車の発達と道路網の整備せられるに従つて，自動車を利用する旅行は年々増加の度を加えつつあり，かかる道路交通の安全と利便を計り，交通の能率と緩和を計るために種々なる対策が立てられねばならない。その一つとして駐車場の計画整備せられることが必要になつてきた。計画に当つては年々の増加に対する将来の見透しを立てて所要の容量の算定を行うことが必要である。

しかして観光客を対象とする駐車場では，駐車需要発生の頻度が季節的にかなり変動し，また週日および時間的にもかなり変化し，しかもその最大値の起こるのが1日の内のある定まつた時間の付近に集中している。かかる駐車の特性を分析し，将来値の推計の一方式を提案し，計画上の基礎となる資料算定上の分布検定の理論を示し，これから所要の容量算定を行つたものでこの理論を適用した二，三の計算例を示した。

1. ま え が き

最近の急激な自動車交通の発達と道路網の整備改良せられるに従つて，観光バスあるいは乗用車を利用する旅行は年々増加の度を加えつつあるとともに，道路交通の輻輳は，いまや道路の構造・計画上に抜本的手術を施さねば到底救い難い状態となつてきた。しかるに道路の新設・幅員の増大は現下の国情，財政的観点からはきわめて至難の事業であると云わねばならない。しかして道路交通の能率，利便と安全および交通の緩和を計るため，今そくざにその対策を立て解決を計られねばならない多くの問題がひき起こされてきた。すなわち道路を最大限に利用し，その効果をできるだけ大ならしめるために行う種々の交通の規制，制限や禁止であつて，とりわけ大都市における駐車の問題はその早急な対策をたて解決を計ることが要望されている。

さきに駐車場計画の基礎理論の研究[1),2)]において明らかにしたように，駐車場容量を決めるための基礎的事項は，駐車需要の強度の算定と駐車場の場所的特性を表わす平均駐車時間を求めることである。これらの値を明らかにして駐車不能の生ずる確率をある限度におさえることによつて，経済的な所要容量を決めることができる。この考え方は観光駐車場の場合にも応用できるが，観光客を対象とする駐車場では，計画に当つてまず駐車需要の将来数に対して的確な見透しを立てて，計画し立案することが第一の基本的事項となる。しかして観光客を対象とする駐車需要の発生する強度は季節的にかなり変動しているとともに，時間的にもその最大値の起こるのが，1日のうちのある定まつた時間の付近に集中しており，また平均駐車時間は観光対象により大体ある定まつた値のものが大多数であり，これらの他は季節的にかなり正しい変化を繰り返えしているものである。従つてこれら

* 大阪市立大学講師，工学部土木教室

の既往の調査資料を基として，年々の増加に対する将来の見透しを立て，上記の特性を明らかにして所要の計画を行うことが必要である。このため次に述べるような基礎調査と理論計画を行つてみた。

2. 駐車需要台数の季節的変動量およびその将来値の推計

ここに季節的変動量とは年間を通じて正常値と見なされる値から季節によつて変動する量をいう。すなわち，正常値からの偏差の量となるから，12カ月の季節変動量の合計は 0 であることになる。一般に駐車場を利用する車の台数は，時と共に変化する一つの時系列と考えることができるが，この原時系列は長期的変化と，季節的変化との和に対して，若干の不規則的変化が含まれていると考えることができる。いま利用台数を時間の関数 $y(t)$ とおいて，仮りに長期的変化を一次式で表わされるとすると，次のごとくおくことができる。

$$y(t)=A+Bt+\varphi(t)+\varepsilon(t) \qquad (1)$$

ここに

$A+Bt$：長期的変化の傾向を表わすもので，A, B は定数である。

$\varphi(t)$：季節的変動量で，一カ年を週期として年々規則的に繰り返される変動であつて，これらは春夏秋冬の自然現象や社会生活上の風俗習慣により原因されるものと考えられるもので，すなわち正常値からの偏差の量である。いま t を月単位にとつて考えてみと 12 カ月の合計は 0 で，$\varphi(t)$ は近似的に Fourier 級数に展開できると考えて

$$\varphi(t)=\sum_{\lambda=1}^{\infty}\left(a_\lambda\cos\frac{\lambda\pi t}{6}+b_\lambda\sin\frac{\lambda\pi t}{6}\right)$$

とすることができる。

$\varepsilon(t)$：数年あるいは数十年ごとに現われる長い週期の変動があると考えたときの循環的な変動とか，観測値の誤差，その他の予期し得ない多くの複雑な変化に原因する不規則変動を一まとめにして考えた値とする。

上に述べたことから t を月単位にとつて考えてみると

$$\sum_{t=1}^{12}\varphi(t)=0 \text{ および } \varphi(t+12i)=\varphi(t) \text{ [ただし } i=0,1,2,\cdots\cdots \text{で年を示す]} \qquad (2)$$

ゆえに第 i 年 t 月の値は $y(t+12i)=A+B(t+12i)+\varphi(t+12i)+\varepsilon(t+12i) \qquad (3)$

であるが第 i 年一年間の平均値 $\bar{y}_i$ は

$$\bar{y}_i=\frac{1}{12}\sum_{t=1}^{12}y(t+12i)=A+B(6.5+12i)+\frac{1}{12}\sum_{t=1}^{12}\varepsilon(t+12i) \qquad (4)$$

最後の項は一年間の平均値であるから，かなり 0 に近いと見なして，これを省略すると次のようになる。

$$\bar{y}_i=A+B(6.5+12i) \qquad (4')$$

$i=0,1,2\cdots\cdots n-1$，の n 年間を考えるとして定数 A,B を最小自乗法によつて定めると

$$\bar{y}=\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}\bar{y}_i=A+B\left(6.5+12\frac{n-1}{2}\right) \qquad (5)$$

また

$$\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}i\bar{y}_i=\frac{n-1}{2}A+B\left\{\frac{13(n-1)}{4}+\frac{12(n-1)(2n-1)}{6}\right\} \qquad (6)$$

式 (5),(6) から A,B を求めると

$$\left.\begin{aligned}B&=\frac{1}{2n(n^2-1)}\left\{2\sum_{i=0}^{n-1}i\bar{y}_i-(n-1)\sum_{i=0}^{n-1}\bar{y}_i\right\}\\A&=\frac{16n+5}{4n(n+1)}\sum_{i=0}^{n-1}\bar{y}_i-\frac{12n+1}{2n(n^2-1)}\sum_{i=0}^{n-1}i\bar{y}_i\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

次に t 月について n 年間の平均値を求めると

$$\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}y(t+12i)=A+B\{t+6(n-1)\}+\varphi(t)+\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}\varepsilon(t+12i) \qquad (8)$$

となるからこの場合にも，$\frac{1}{n}\sum_i\varepsilon(t+12i)$ は n が相当大きな数であれば，0 に近いものとなるから，これを省略すると

$$\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}y(t+12i)=A+B\{t+6(n-1)\}+\varphi(t) \qquad (8')$$

となる。これから n 年間の総平均値，式 (5) の $\bar{y}$ を引いて

$$\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}y(t+12i)-\bar{y}=B(t-6.5)+\varphi(t) \qquad (9)$$

とすると，右辺の第一項は容易に計算し得るから，$\varphi(t)$ が自然と計算されることになる。これが所要の季節変動量である。

（a）嵐山観光駐車場における計算例

表—1 は嵐山観光駐車場における既往の調査資料を整理し，将来値を計算したものであるが，計算に当つては，昭和 29 年 1 月を第 0 年第 1 月として計算したものである。

すなわち式 (5) から

$$\bar{y}=\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{2}\bar{y}_i=A+18.5\,B$$

$$\therefore\ 1\,380.41=A+18.5B \qquad\qquad (10)$$

また式 (6) から

$$\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}i\bar{y}_i=\frac{1}{3}\sum_{0}^{2}i\bar{y}_i=A+26.5\,B$$

$$\therefore\ 1\,567.85=A+26.5\,B \qquad\qquad (11)$$

$$\left.\begin{aligned}\therefore\ B&=23.43\\ A&=946.96\fallingdotseq 947\end{aligned}\right\} \qquad\qquad (12)$$

$$\therefore\ \bar{y}_i=947+23.43(6.5+12\,i) \qquad\qquad (13)$$

次に式 (9) から各月の平均値と総平均値 $\bar{y}$ との差，すなわち偏差から

$$\text{偏差}=\frac{1}{3}\sum_{0}^{2}y(t+12\,i)-\bar{y}$$

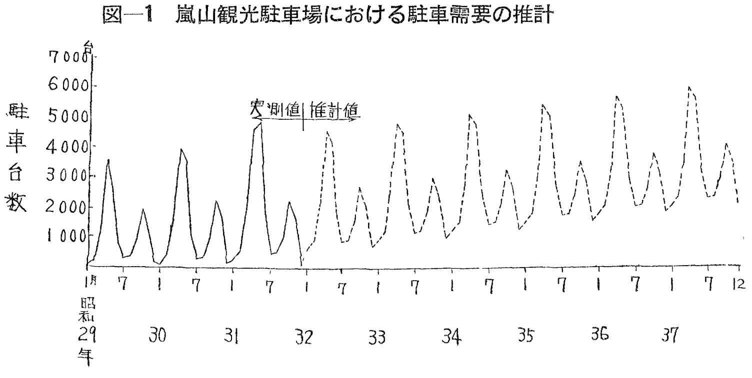
$$=B(t-6.5)+\varphi(\mathrm{t})$$

$$\therefore\ \varphi(\mathrm{t})=\text{偏差}-23.43(t-6.5) \qquad\qquad (14)$$

表—1　嵐山観光駐車場における季節変動量と推計値

昭和年	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計	$\bar{y}_i$	$i\bar{y}_i$
29	0	48	236	1 259	3 558	2 606	845	308	336	921	1 973	1 208	166	13 464	1 122 00	0
30	1	73	322	1 478	3 925	3 549	1 083	285	310	1 003	2 167	1 670	154	16 019	1 334.91	1 334 91
31	2	217	542	2 016	4 646	4 862	1 923	420	519	1 000	2 285	1 647	135	20 212	1 684 33	3 368 66
合計		338	1 110	4 753	12 129	11 017	3 851	1 013	1 165	2 924	6 425	4 525	455	49 695	4 141 24	4 703 57
平均		112.66	366.66	1 584 33	4 043 00	3 672 33	1 283 66	337 66	388 33	974 66	2 141 66	1 508 33	151 66	—	1 380.41	1 567.85
偏差		-1 267.55	-1 013.75	203 92	2 662 50	2 291 92	−96 75	−1 042 95	−992 08	−405 75	761 25	127 92	−1 228 75	—	—	—
季節変動量		−1 139	−908	286	2 721	2 327	−85	−1 055	−1 027	−464	679	23	−1 358	—	—	—
32	3	675	929	2 147	4 605	4 235	1 846	899	951	1 537	2 704	2 071	714	—	—	—
33	4	956	1 211	2 428	4 886	4 516	2 127	1 181	1 232	1 819	2 985	2 352	995	—	—	—
34	5	1 237	1 429	2 709	5 168	4 797	2 408	1 462	1 513	2 100	3 266	2 634	1 276	—	—	—
35	6	1 518	1 773	2 993	5 449	5 078	2 690	1 743	1 794	2 381	3 547	2 915	1 557	—	—	—
36	7	1 800	2 054	3 271	5 730	5 359	2 971	2 024	2 076	2 662	3 828	3 196	1 838	—	—	—
37	8	2 081	2 335	3 553	6 011	5 640	3 252	2 305	2 357	2 943	4 110	3 477	2 119	—	—	—
38	9	2 362	2 616	3 834	6 292	5 922	3 533	2 586	2 638	3 224	4 391	3 758	2 401	—	—	—
39	10	2 643	2 897	4 115	6 573	6 203	3 814	2 868	2 919	3 505	4 672	4 039	2 782	—	—	-
40	11	2 924	3 179	4 396	6 855	6 484	4 095	3 149	3 200	3 787	4 953	4 321	2 963	—	—	—

図—1　嵐山観光駐車場における駐車需要の推計



から季節変動量を求めることができる。ゆえに第 i 年 t 月の値は次式で計算される。

$$y(t+12i)=947+23.43(t+12i)+\varphi(\mathrm{t}) \quad \cdots\cdots(15)$$

表—1 の昭和 32 年 1 月以降の値は式 (15) による計算値を示したものである。これを図に示したものが **図—1** である。

(b) 清水坂観光駐車場における計算例

次に同様な計算を清水坂観光駐車場について行つたものを示したものが **表—2** であるが，この場合同駐車場は昭和 28 年 4 月に初めて開設されているが，基礎資料の都合上，昭和 28 年 5 月を第 0 年第 1 月として計算したものである。すなわち

$$\bar{y}=3368.49=A+18.5B \quad \cdots\cdots(16)$$

$$\frac{1}{n}\Sigma i\bar{y}_i=3575.13=A+26.5B \quad \cdots\cdots(17)$$

$$\therefore \left.\begin{array}{l} B=25.83 \\ A=28.75 \end{array}\right\} \quad \cdots\cdots(18)$$

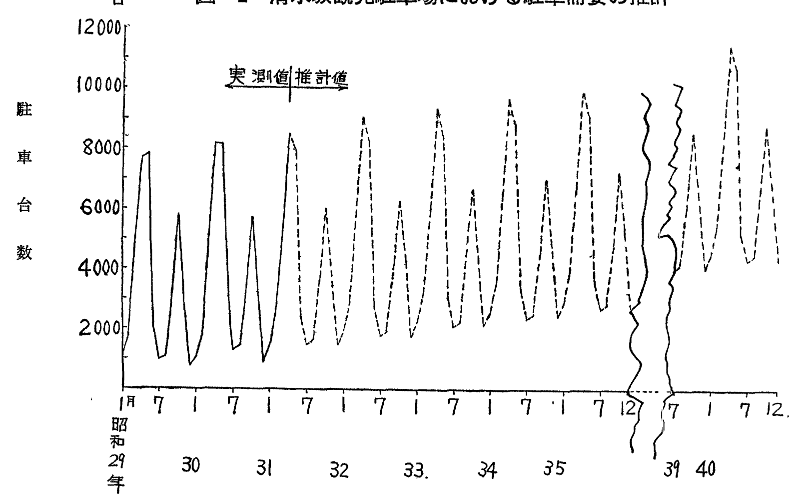
ゆえに前と同様にして次式により計算することができる。

$$y(t+12i)=2875+25.83(t+12i)+\varphi(\mathrm{t}) \quad \cdots\cdots(19)$$

計算値を示したものが **表—2** で，これを図示したものが **図—2** である。

以上基本的な計算方法について考究してきたのであるが，観光駐車場といわれるような施設が必要とされるようになつてきたのは日なお浅く，これが将来の需要度について考察するためには基礎となるべき資料に乏しく，わずかに，2，3 年分の資料が得られるに過ぎず，多くは全く過去の資料と云うべきものはない現状である。従つて本計算に当つても，わずか 3 年分の資料を基として考察しているため，例えば長期的変化の傾向を一応次式と考えて計算を進めたが，これは今後資料の蓄積せられることによつて，より合理的な算定式が使用されるべきものであることはもちろんであるが，一応の基礎的理論とその計算方法を示したものである。

図—2　清水坂観光駐車場における駐車需要の推計



3. 駐車需要台数の週日変化に関する考察

先に駐車需要の推計において季節的変化について知ることができた。これから計画の対象としては大体陽春 4 月の駐車需要を調査分析して基礎資料とすればよいことがわかる。すなわち計画上必要な資料として過去昭和 29，30，31，年の 3 年間の毎年 4 月の駐車実態を示す資料に基づいて，日および時間変化を示すと**表—3，4** のようである。これから週日変化の特性を知り，その特性に基づいて，時間変化とその性格を把握し，計画に必要な駐車需要の時間的強度を推計すればよいことになる。

週日変化に対する考慮としては，日曜日（または日曜日と土曜日）とその他の週日とを別個に分けて考える必要があるかを決定しなければならない。いま日曜日を a，その他を b で表わすことにし，a および b における駐車台数を大きさの順に並べる。もし観光自動車が a に多いならば，これらの並べ方のうちで a は最初の方に多く，b は後の方に多く，b に多いならばその逆となる。こういう場合 a, b の分布はいずれかに，かたよることになる。一般に a, b がそれぞれ本質的に異なるものであれば，これらの配列中において，a, b はそれぞれ集中的に

分布するものとなることが考えられる。すなわちこれらの問題を一般的に考察することとして，a および b なる標識をもつたサンプルと考えて，これらを大きさの順に並べたとき標識出現の相互的関係についての分布を考えればよいことになる。

1）分布検定に関する基礎理論

いま考えている場合では，標識の種類は a，b の2種で，これらが1列に配列されたとき順次隣り合つている要素の標識が同一であるとき，それら一連の同一の標識をもつた要素は，相共に一つのラン（run）を構成するという。すなわちこれらの配列についてこのランの分布について考察すればよいことになる。

いま m コの a と n コの b と合わせて要素の総数 $m+n=l$ コのものを一列に並べたときその配列の仕方は $l\,!/m\,!\,n\,!$ であつて，これらおのおのはすべて等しい確率で起こるものと考える。

つぎにこれら $l\,!/m\,!\,n\,!$ 組の場合のうち，長さ j なるランの数を r_j，長さ j なる b のランの数を s_j とする。例えば配列が

aaabbaabaabbab ……………………………(20)

となつたとすれば，$r_1=1,\ r_2=2,\ r_3=1,\ s_1=2,\ s_2=2$ でその他はすべて 0 である。a，b のランの総数をそれぞれ，r，s で表わすと，

$$r=\sum_j r_j \qquad (21)$$

$$s=\sum_j s_j \qquad (22)$$

である。また a についてだけ考えると，1つが単独に現われるのが r_1 カ所，2つつづいて現われるのが r_2 カ所……となつているから，r_1，$2r_2$，$3r_3$，……を全部考えると a の総数 m になる。b についても同様に結局

$$m=\sum_{j=1}^{m} jr_j=r_1+2r_2+3r_3+\cdots\cdots+mr_m \qquad (23)$$

$$n=\sum_{j=1}^{n} js_j=s_1+2s_2+3s_3+\cdots\cdots+ns_n \qquad (24)$$

となることは明らかである。

つぎに $r_1,\ r_2\cdots\cdots r_m$ なる数を与えるとき，a の r コのランを一列に並べる並べ方の数は多項係数

$$\frac{r\,!}{r_1!\,r_2!\cdots\cdots r_m!},\quad (r=r_1+r_2+\cdots\cdots+r_m)$$

によつて与えられる。同様に b の方についても

$$\frac{s\,!}{s_1!\,s_2!\cdots\cdots s_n!},\quad (s=s_1+s_2+\cdots\cdots+s_n)$$

となる。これらは a，b に関するラン r，s のそれぞれの配列の仕方の数であつて，この一つづつの並べ方に対して，a のランと b のランを交互に並べる方法の数を考えると，r と s との差は1以下である。もしも2以上の違いがあるとすれば，同様のものの2つのランが隣り合うことになり，これはランの定義に反することになるからである。

表—2　清水坂観光駐車場における季節変動量と推計値

年月	月／年	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	合計	$\bar{y}_i$	$i\bar{y}_i$
28.5～29.4	0	6 591	1 814	718	855	2 867	4 810	3 236	646	1 024	1 739	4 691	7 688	36 679	3 056.58	0
29.5～30.4	1	7 823	2 023	990	1 148	3 086	5 708	2 978	744	1 077	1 821	4 882	8 177	40 457	3 371.41	3 371.4
30.5～31.4	2	8 145	2 186	1 288	1 436	3 046	5 719	3 543	841	1 539	2 792	5 135	8 472	44 142	3 677.50	7 354.0
合	計	22 559	6 023	2 996	3 439	8 999	16 237	9 757	2 231	3 640	6 352	14 708	24 337	121 278	10 105.49	
平	均	7 519.66	2 007.66	998.66	1 146.33	2 999.66	5 412.33	3 252.33	743.66	1 213.33	2 117.33	4 902.66	8 112.33		3 368.49	3 575.13
偏	差	4 151.17	−1 360.83	−2 370.83	−2 223.16	−368.83	2 043.84	−116.16	−2 624.83	−2 155.16	−1 251.16	1 534.17	4 743.84			
季節変動	量	4 010	−1 477	−2 461	−2 288	−408	2 031	−103	−2 586	−2 091	−1 161	1 650	4 886			
31.5～32.4	3	7 841	2 380	1 421	1 620	3 526	5 991	3 883	1 426	1 946	2 902	5 739	9 001			
32.5～33.4	4	8 151	2 690	1 731	1 930	3 836	6 301	4 293	1 735	2 256	3 212	6 050	9 311			
33.5～34.4	5	8 461	2 999	2 061	2 240	4 146	6 611	4 603	2 045	2 566	3 522	6 359	9 621			
34.5～35.4	6	8 771	3 309	2 371	2 550	4 456	6 921	4 913	2 355	2 876	3 832	6 669	9 931			
35.5～36.4	7	9 081	3 619	2 681	2 860	4 766	7 231	5 223	2 665	3 186	4 142	6 979	10 241			
39.5～40.4	11	10 320	4 859	3 901	4 100	6 006	8 471	6 362	3 905	4 426	5 382	8 219	11 481			
40.5～41.4	12	10 630	5 169	4 211	4 410	6 316	8 781	6 672	4 215	4 736	5 692	8 526	11 790			

表—3 嵐山観光駐車場利用台数の日並びに時間変化

（○印は日曜日を示す）

年月	日＼時	8〜9	9〜10	10〜11	11〜12	12〜13	13〜14	14〜15	15〜16	16〜17	17〜18	計
昭	1	13		15	15	23	6	7	18	1		98
	2	3	5	3	14	33	14	12	4	7	1	96
和	3	8	3	4	35	10	18	12	5	1		96
	④	2	8	22	52	63	14	77	22	15	5	330
29	5	4	1	11	27	33	3	9	11	7		106
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
年	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	26	2	4	3	38	23	6	2	7	5	3	93
4	27	4		8	28	41	9	7	5	10	8	120
	28	6	1	11	24	15	6	5	1	1	2	72
月	29			9	30	21	10	4	3	2	3	82
	30	6	1	4	34	20	6	6	3	4	6	90
小計		145	103	328	833	812	435	379	254	165	104	3 558
一日平均		4.8	3.4	10.1	27.8	27 0	14.5	12.5	8.5	5.5	3.5	117.6
昭	1	3	6	10	15	7	15	5	4	10		75
	2	3		23	6	32	21	12	9	8	10	124
和	③		9	15	45	74	57	27	16	12	7	262
	4	13	8	26	10	13	19	8	11	3	1	112
30	5	1	9	14	17	38	23	6	9	4	4	125
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
年	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	26	4	2	8	38	19	6	12	8	8	7	112
4	27	11	2	14	16	27	27		15	9	5	126
	28	2	9	10	23	25	11	8	15	7	20	130
月	29	5	8	7	58	41	11	7	8	5	2	152
	30	3	7	8	44	15	10	9	10	5		111
小計		147	204	376	783	822	542	355	324	212	160	3 925
一日平均		4.9	6.8	12.5	26.1	27.4	18.1	11.8	10.8	7 1	5.3	130.8
昭	1	2	5	17	27	12	15	13	6	3	1	101
	2	2	8	11	16	40	13	15	13	8	10	136
和	3	6	12	3	24	26	23	16	17	8	6	141
	4	3	6	21	24	33	31	8	14	12	17	169
31	⑤	6	9	16	26	24	17	12	12	8	4	134
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
年	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	㉖	2	13	18	28	39	4	6	3	3		116
4	27	9	10	19	22	20	18	18	4	6	6	132
	28	4	6	5	30	39	7	15	11	19	9	145
月	29	13	5	7	26	54	29	15	17	18	1	185
	30	1	11	14	30	18	16	14	8	3	4	119
小計		187	250	371	855	914	610	488	430	327	214	4 646
一日平均		6 2	8.3	12.4	28.5	30.5	20 3	16 3	14 3	10.9	7 1	154 8

$r=s$ ならば，aのランの一つの配列をbのランの1つの配列の間に入れる方法は2通りある。すなわちaのランが最初にくる場合と，bのランが最初にくる場合の2つである。一般に2種類のものがあつて，第1種のもの r コと第2種のもの s コ合わせて $r+s$ コを交互に配列する方法の数を，r と s の関数として $F(r, s)$ と書くことにすれば，明らかに

$$
\left.\begin{aligned}
F(r,\ s)&=0 \qquad |r-s|>1\ \text{のとき}\\
&=1 \qquad |r-s|=1\ \text{のとき}\\
&=2 \qquad r=s\ \quad\ \text{のとき}
\end{aligned}\right\} \cdots\cdots\cdots(25)
$$

ゆえに求める場合の数 $N(r, s)$ は

表—4 清水坂観光駐車場利用台数の日並びに時間変化

(○印は日曜日を示す)

年月	日＼時	8~9	9~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	計
昭和29年4月	1	40	42	23	23	15	17	8	3	6	1	183
	2	55	38	29	36	15	11	13	13	8	2	220
	3	57	22	36	29	15	21	15	16	5	18	234
	④	35	28	42	44	30	31	27	17	13	10	277
	5	42	30	42	31	24	28	23	31	22	31	304
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	26	61	19	52	28	41	22	19	16	8	3	269
	27	97	43	41	28	36	34	18	31	11	9	348
	28	61	50	32	23	19	31	21	14	10	2	263
	29	53	15	15	28	33	12	20	8	3	3	190
	30	49	48	18	28	26	33	11	11	7	1	232
小計		1 544	1 135	1 094	974	708	606	596	480	326	225	7688
一日平均		51.5	37.8	36.5	32.4	23.6	20.2	19.9	16.0	10.9	7.5	256.3
昭和30年4月	1	58	34	25	38	40	41	13	14	10		273
	2	41	36	29	24	37	19	39	24	10	1	260
	③	42	37	45	51	49	32	23	17	8	4	308
	4	42	18	29	54	23	16	12	9	11	7	221
	5	22	39	53	35	21	17	21	16	11	4	239
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	26	68	46	28	41	29	14	12	12	7	1	258
	27	65	50	46	35	29	24	11	22	6	3	291
	28	41	68	16	29	22	6	17	21	15	5	240
	29	56	57	23	34	18	25	19	8	5	2	247
	30	46	34	49	38	36	26	39	17	14	7	306
小計		1 451	1 309	1 048	1 302	840	665	568	506	319	169	8 177
一日平均		48.5	43.6	34.9	43.4	28.0	22.2	18.9	16.9	10.6	5.6	272.6
昭和31年4月	1	30	41	70	38	30	27	15	15	2		268
	2	33	30	48	56	35	21	8	7	5	2	245
	3	36	41	59	30	31	24	19	10	11	6	267
	4	24	34	36	54	15	25	20	17	17	6	248
	⑤	24	34	47	48	35	21	16	18	12	4	259
	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
	26	78	44	27	49	29	19	16	15	5	5	287
	27	127	26	18	41	41	23	15	8	4	2	305
	28	83	39	31	43	48	27	34	12	7	4	328
	㉙	70	26	41	49	39	22	11	15	11	3	287
	30	61	39	21	27	30	15	8	10	10	4	225
小計		1 584	1 035	1 197	1 447	1 086	673	547	396	308	200	8 472
一日平均		52.8	34.5	39.7	48.2	36.2	22.4	18.2	13.2	10.3	6.7	282.4

$$N(r,\ s)=\frac{r\,!}{r_1!\,r_2!\cdots\cdots r_m!}\cdot\frac{s\,!}{s_1!\,s_2!\cdots\cdots s_n!}\cdot F(r,\ s)$$

となる。これを $l\,!/m\,!\,n\,!$ で割れば，その確率

$$P_r(r_1,\cdots\cdots r_m;\ s_1\cdots\cdots s_n)=\frac{r\,!}{r_1!\cdots\cdots r_m!}\cdot\frac{s\,!}{s_1!\cdots\cdots s_2!}\cdot F(r_1\ s)\bigg/\frac{l\,!}{m\,!\,n\,!}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(26)$$

が得られる。

つぎに r と s の同時分布を求める。そのために式 (26) において s と r を固定して，r_j 並びに s_j について加え合わせればよい。この場合 r については，式 (21) と (23) を，s は式 (22) と (24) を満足しなければならない。そこで s_j の同時分布を求めるためには式 (26) を r_j について加える。したがつて r のすべての分割，す

なわちな $\sum_j r_j=r$, $\sum_j^m j r_j=m$ なるすべての組 $(r_1, \cdots\cdots, r_m)$ について，多項係数 $r!/r_1! \cdots\cdots r_m!$ を加え合わせる。そのために恒等式

$$(x+x^2+x^3+\cdot\cdots\cdots+x^m)^r$$

$$=\sum_{r_1+r_2+\cdots\cdots+r_m=r} \frac{r!}{r_1!\,r_2!\cdots\cdots r_m!} x^{r_1}(x^2)^{r_2}(x^3)^{r_3}\cdots\cdots(x^m)^{r_m}$$

$$=\sum_{r_1+r_2+\cdots+r_m=r} \frac{r!}{r_1!\,r_2!\cdots\cdots r_m!} x^{1r_1+2r_2+3r_3+\cdots+mr_m} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(27)$$

を考えると，ここで x^m の係数を求めれば今必要とする和の値が得られる。 しかるに式 (27) についても，括孤内を無限限級数にした

$$(x+x^2+\cdots+x^m+x^{m+1}+\cdots\cdots)^r \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(28)$$

についても x^m の係数に変わりはない。式 (28) は

$$\frac{x^r}{(1-x)^r}=x^r\left\{1+\frac{r}{1!}x+\frac{r(r+1)}{2!}x^2+\cdots\cdots+\frac{(r-1+t)!}{(r-1)!\,t!}x^t+\cdots\cdots\right\}=x^r\sum_{t=0}^{\infty}\frac{(r-1+t)!}{(r-1)!\,t!}x^t$$

となるから，x^m の係数は $r+t=m$，すなわち $t=m-r$ なる項の係数となる。ゆえに求むる和は

$$\frac{(x-1+m-r)!}{(r-1)!\,(m-r)!}=\frac{(m-r)!}{(r-1)!\,(m-r)!}=\binom{m-1}{r-1}$$

となる。ゆえに r と s_j との同時分布は

$$P_r(r;\ s_j)=\frac{(m-1)!}{(r-1)!\,(m-r)!}\cdot\frac{s!}{s_1!\,s_2!\cdots\cdots s_n!}\cdot F(r,\ s)\Big/\frac{l!}{m!\,n!} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(29)$$

で与えられることになる。同様に r_j と s との同時分布は

$$P_r(r_j;\ s)=\frac{r!}{r_1!\,r_2!\cdots\cdots r_m!}\cdot\frac{(n-1)!}{(s-1)!\,(n-s)!}\cdot F(r,\ s)\Big/\frac{l!}{m!\,n!} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(30)$$

となる。

次に r と s の同時分布であつて，これは式 (29) について s が式 (22) と (24) を満足する範囲で，すべてを加えれば得られる。すなわち同様の計算によつて r と s の同時分布の式

$$P_r(r,\ s)=\frac{(m-1)!}{(r-1)!\,(m-r)!}\cdot\frac{(n-1)!}{(s-1)!\,(n-s)!}\cdot F(r,\ s)\Big/\frac{l!}{m!\,n!} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(31)$$

が得られる。

いま一方の $r_1, r_2, \cdots\cdots r_m$ のみの分布について考えると，式 (30) からこれをあらゆる s について加えればよいわけで式 (25) の条件から

$$\sum_{s=1}^{n}\frac{(n-1)!}{(n-s)!\,(s-1)!}F(r,\ s)=\frac{(n-1)!}{(n-r+1)!\,(r-2)!}\cdot 1+\frac{(n-1)!}{(n-r)!\,(r-1)!}\cdot 2$$

$$+\frac{(n-1)!}{(n-r-1)!\,r!}\cdot 1=\frac{(n+1)!}{(n-r+1)!\,r!}$$

であるから r_j の同時分布は

$$P_r(r_j)=\frac{r!}{r_1!\,r_2!\cdots\cdots r_m!}\cdot\frac{(n+1)!}{(n-r+1)!\,r!}\Big/\frac{l!}{m!\,n!} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(32)$$

となる。s_j の同時分布の式も同様である。

したがつて式 (31) を s について加えるか，式 (32) を r について加え合わせれば r の分布関数が得られる。すなわち

$$P_r(r)=\frac{(m-1)!}{(r-1)!\,(m-r)!}\cdot\frac{(n+1)!}{(n-r+1)!\,r!}\Big/\frac{l!}{m!\,n!} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(33)$$

次に重要な a と b のランの総数を $r+s=u$ とするとき，この u の分布を求める。このとき $u=2k$（偶数）の場合と，$u=2k+1$（奇数）の場合に分け考えると

$u=2k$ のとき

式 (25) から $F(r,\ s)$ は $r=s=k$ の場合だけ 2 であつて他は 0 になる。ゆえにこのときは

$$P_r(u=2k)=2P_r(k,k)=2\frac{(m-1)!}{(k-1)!\,(m-k)!}\cdot\frac{(n-1)!}{(k-1)!\,(n-k)!}\Big/\frac{l!}{m!\,n!} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(34)$$

$u=2k+1$ のとき

$(r=k+1,\ s=k)$ と $(r=k,\ s=k+1)$ の 2 つの場合は $F(r,\ s)=1$ で，その他の場合は 0 になる。

よつて

$$Pr(u=2k+1)=Pr(k+1,\ k)+P_r(k,\ k+1)$$
$$=\frac{(m-1)!}{k!(m-k-1)!}\cdot\frac{(n-1)!}{(k-1)!(n-k)!}+\frac{(m-1)!}{(k-1)!(m-k)!}\cdot\frac{(n-1)!}{k!(n-k-1)!}\bigg/\frac{l!}{m!n!}$$
$$=\frac{(m+n-2k)(m-1)!(n-1)!}{(m-k)!(n-k)!k!(k-1)!}\bigg/\frac{l!}{m!n!}\cdots\cdots(35)$$

すなわちランの総数の分布は式 (34), (35) によつて与えられる。したがつてランの数の和を問題にする場合にはこれらの両式を使つて検定することができる。この場合これらの式に m, n と適当な ε を与えて，ランの総数を u とし，u が u' という値を超えない確率 $Pr(u\leqq u')\leqq\varepsilon$ ［または $P(u\geqq u')\leqq\varepsilon$］なるごとき最大（または最小）の u' を求めればよい，しかして m と n とは交換しても u の分布には変わりはない。

参考文献および資料

1) 毛利正光：駐車場計画に関する基礎理論の研究，土木学会論文集第 38 号（昭 31.10）pp. 49–53.
2) 毛利正光：駐車場計画における車輛の出入量強度の算定法と運営に関する基礎的考察，土木学会論文集第 46 号（昭 32.6）pp. 46–51.
3) 毛利正光：バスターミナルの計画運営の理論に関する研究，土木学会論文集第 49 号（昭 32.10）pp. 9–16.
4) 小河原正巳訳：ウイルクス数理統計学，春日出版社，1956 年4月，pp. 328–335.
5) 水野　坦他3名共著：統計数値表の使い方，朝倉書店，昭 30.1, pp. 73–77.
6) Frieda S. Swed and C. Eisenhart : Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives, Annals. of Math. Stat., Vol. VIX (1943) pp. 66–87

（昭. 33. 5. 15）

昭和 34 年 3 月 5 日印刷
昭和 34 年 3 月 10 日発行
土木学会論文集第61号　定価 120 円（〒 20 円）

編集者　東京都新宿区四谷一丁目　社団法人 土木学会　国分正胤
印刷者　東京都港区赤坂溜池5　株式会社 技報堂　大沼正吉

発行所　社団法人 土木学会
東京都新宿区四谷一丁目　電話 (35) 5130・5138・5139　振替東京 16828 番