エレベータリングにおける交通需要の推定法と検定法

平 沢 宏 太 郎

(株)日立製作所日立研究所 日立市久慈町大甕 4026

(昭和 46 年 5 月 11 日 受付)

Estimation and Test of Traffic Demand of Elevatoring

Kōtarō HIRASAWA

(Hitachi Research Laboratory of Hitachi Ltd., Hitachi)

(Received May 11, 1971)

Although the mean passenger arrival rate λ_{ij} from i th floor to j th floor is the most important data for an elevator traffic calculation, it can not be measured easily. Therefore a method to estimate λ_{ij} from easily obtainable data has been in much demand.

In this thesis, two methods of λ_{ij} estimation (for the time being, they are named the first method and the second method, respectively) and the test method of evaluating these methods statistically are presented.

The first method is suitable for a rough estimation and the second method is suitable for a detailed estimation.

The test method is based on the principle that the coincidence of the measured value and the estimated value of λ_{ij} is not always optimum.

By the numerical study, it has been proved that those estimation methods are effective.

1. ま え が き

i 階から j 階に行く目的で、単位時間に i 階に到着するお客の平均人数 λ_{ij} (人/s) は、エレベータ交通計算の基本となるデータであるが、実測が困難（特に超高層ビルでは）なため、簡単に手にはいる資料から λ_{ij} を推定する手法の開発が強く要求されていた。本論文では、具体的な推定法として提案する 2 つの推定法（かりに、第 1 推定法、第 2 推定法と名付ける）と、これらの推定法の良否を評価する検定理論についてのべる。

2. λ_{ij} 推 定 法

Fig. 1 に示すように、ビルの階床を昇り方向、降り方向の順に、 $1, 2, \dots, F, \dots, 2F-2$ のように番号づけをする。ここで、 1 は最下階、 F は最上階である。 i ホールという使い方は昇り、降り方向を考慮した、 i 階という使い方は昇り降り方向を一括した呼称と約束する。したがって、昇り方向については、 i ホール＝

Fig. 1 Naming of building's floor

i 階昇り方向、降り方向については、 $2F-i$ ホール＝ i 階降り方向となる。第 1 推定法は非常に大まかな λ_{ij} の推定に適した手法であり、

(1) 5 分間にエレベータを使用する客数はビル総収容人口の何 % であるか (TD, traffic demand)

(2) 基準階から出入りする交通需要の全交通需要に占める割合 (k_1 = 外部交通需要/全交通需要)

(3) 基準階からビルにはいってくる交通需要の基準階から出入りする交通需要に対する割合 (k_2 = 外部

入力交通需要/外部交通需要)

(4) ビル内部(基準階から出入りする交通需要をのぞく)の昇り交通需要のビル内部の全交通需要に対する割合(k_3 =内部昇り交通需要/内部交通需要)

(5) 各階の収容人口(y_i), ビルのテナント構成を考慮して λ_{ij} を推定する手法である. 本手法は, TD, k_1 , k_2 , k_3 などを変更することにより, 出勤, 退勤, 昼食, 平常, 閑散, 偏昇, 偏降などの λ_{ij} を推定することができる. 第2推定法は, 第1推定法より良好な λ_{ij} の推定を行なう目的で開発した手法であり,

(1) 各ホール (1, 2, ..., 2F-2) にエレベータに乗ろうと思って単位時間に到着するお客の平均人数の実測値 ($\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$)

(2) 単位時間に各ホールでエレベータから降りるお客の平均人数の実測値 ($\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$)

(3) 各階の収容人口(y_i), ビルのテナント構成を考慮して λ_{ij} を推定する手法である. 第2推定法は

(a) $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ から TD, k_1 , k_2 , k_3 を計算する.

(b) 第1推定法によって, TD, k_1 , k_2 , k_3 などにより λ_{ij} の推定を行なう.

(c) (b) の λ_{ij} より求まる $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}} = \sum_j \lambda_{ij}$, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}} = \sum_j \lambda_{ji}$ と, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ ができるだけ一致し, しかも

(b) の λ_{ij} の性質を保持するくりかえし形の修正計算を行なう.

より構成されている. 第2推定法は, 第1推定法より多くの情報量を使用するという意味で, 第1推定法より, 精度の良い推定が可能であるが, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ の実測という問題がある. なお, 上記(c)の修正計算は, (b)で求めた λ_{ij} の性質をできるだけ保持しながら, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$ と $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ と $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ ができるだけ一致するように λ_{ij} を修正するという道路交通の配合問題などでよく知られている平均係数法, デトロイト法, フレータ法²⁾を使用した.

2.1 第1推定法

入力データは, TD, k_1 , k_2 , k_3 , y_i , F : ビルの階床数(階), k : 基準階(階), P : 1階床交通需要係数(0~1), Q : 会社相互間交通需要係数(0~1), I_i , I_j : 会社相互間指標, y : ビルの総収容人口である. 1階床交通需要係数: $i \sim i+1$ 階間, もしくは $i \sim i-1$ 階間の交通需要のその他の階間の交通需要に対する割合(0~1), 会社相互間交通需要係数: 異なる会社階間の交通需要の同じ会社階間の交通需要に対する割合(0~1), 会社相互間指標: i 階と j 階が異なる会社のとき $I_i \neq I_j$.

第1推定法の基本的考え方は,

(1) 外部交通需要は, 各階の人口比で配分する

$$\left(\text{たとえば, } \lambda_{kj} = y \times \frac{\text{TD}}{100} \times \frac{1}{300} k_1 k_2 \frac{y_j}{y - y_k} \right)$$

(2) 内部交通需要は, テナント構成(P , Q), 各階の収容人口(y_i)を考慮して構成された各ホール間の第2配分係数 $\rho_{2ij} = \rho_{1ij} y_i y_j$ にて各階に配分する

(たとえば, $j > i$ のとき

$$\lambda_{ij} = \frac{\rho_{2ij}}{\sum_i \sum_j \rho_{2ij}} y \times \frac{\text{TD}}{100} \times \frac{1}{300} (1 - k_1) k_3$$

(3) 第2配分係数内の第1配分係数 ρ_{1ij} は,

i と j が異なる会社のとき $\rho_{1ij} = Q$

i と j が1階床へだたっているとき $\rho_{1ij} = P$

i と j が異なる会社で, しかも1階床へだたっているとき $\rho_{1ij} = M_{in}(P, Q)$

である.

2.2 第2推定法

入力データは, F , k , P , Q , I_i , y_i , $N_{\max}$: 平均係数法, デトロイト法, フレータ法などの収束計算繰返し回数(回), $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$: エレベータに乗ろうと思って単位時間に $\underline{i}$ ホールに到着するお客の平均人数の実測値(人/s), $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$: 単位時間に $\underline{i}$ ホールでエレベータからおりるお客の平均人数の実測値(人/s)である. 第2推定法は前述したとおり, (a) TD, k_1 , k_2 , k_3 の計算, (b) 第1推定法, (c) λ_{ij} の修正計算部分よりなっており, まず, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ より, ビル内のおおまかな交通の流れ(TD, k_1 , k_2 , k_3)をつかみ, これを使って第1推定法よりおおまかな λ_{ij} の推定を行なう. その後, 第1推定法で計算された λ_{ij} の性質をできるだけたもちながら (λ_{ij} のもつパターンをできるだけぎりいかしながら) $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$ と $\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}$, $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ と $\lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$ ができるだけ一致するような λ_{ij} の修正計算を行なう手法である.

(c) の修正計算²⁾は,

(イ) 平均係数法

$$\lambda_{ij} \leftarrow \lambda_{ij} \left(\frac{\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}}{\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}} + \frac{\lambda_{\underline{j}}^{\text{out}}}{\lambda_{\underline{j}}^{\text{out}}} \right) / 2 \quad (1)$$

(ロ) デトロイト法

$$\lambda_{ij} \leftarrow \lambda_{ij} \frac{\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}} \lambda_{\underline{j}}^{\text{out}} \lambda}{\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}} \lambda_{\underline{j}}^{\text{out}} \lambda'} \quad (2)$$

ここで,

$$\lambda_{\underline{i}}^{\text{in}} = \sum_j \lambda_{ij}, \quad \lambda_{\underline{i}}^{\text{out}} = \sum_j \lambda_{ji}$$

$$\lambda' = \sum_i \lambda_{\underline{i}}^{\text{in}}, \quad \lambda = \sum_i \lambda_{\underline{i}}^{\text{out}}$$

(ハ) フレータ法

$$\lambda_{ij} \leftarrow \lambda_{ij} \left(\frac{\lambda_{ij}^{\text{in}} \lambda_{ij}^{\text{out}}}{\beta(i) \lambda_{ij}^{\text{out}}} + \frac{\lambda_{ij}^{\text{out}}}{\alpha(j)} \frac{\lambda_{ij}^{\text{in}}}{\lambda_{ij}^{\text{in}}} \right) / 2 \quad (3)$$

ここで、

$$\alpha(j) = \sum_i \lambda_{ij} \frac{\lambda_{ij}^{\text{in}}}{\lambda_{ij}^{\text{in}}} \quad \beta(i) = \sum_j \lambda_{ij} \frac{\lambda_{ij}^{\text{out}}}{\lambda_{ij}^{\text{out}}}$$

の交通配分の問題でよく知られた手法を使用した。

3. λ_{ij} の検定法

λ_{ij} の推定値と λ_{ij} の実測値 λ_{ij}' が一致することがかならずしも最適な λ_{ij} の推定法でないということに着目し、推定法の良否を統計的な観点から評価する方法、すなわち、 λ_{ij}' から λ_{ij} の真の値の分布を計算し、この分布を使用して、95% の信頼度で真値が存在する区間を求め、この信頼区間の中に λ_{ij} の推定値が全体の何% はいつているかによって推定法の良否を評価する手法を確立した。

3.1 $f_{n,T}(\lambda)$ の計算法

本節では T 秒間に n 人実測した場合の λ の真の値 (λ_{ij} を簡単のため λ と記す) の確率密度関数 $f_{n,T}(\lambda)$ を計算する。文献3によると、お客の到着時間間隔の分布がポアソン、アーラン、集団分布に従って、 T 秒間に n 人のお客がホールに到着する確率 $P_{n,T}(\lambda)$ は、

case 1) ポアソン分布のとき、

$$P_{n,T}(\lambda) = \frac{(\lambda T)^n e^{-\lambda T}}{n!} \quad (4)$$

ここで、 λ : 乗客の平均到着率case 2) 位相 k' のアーラン分布のとき、

$$P_{n,T}(\lambda) = \frac{1}{k'} \left[\sum_{i=k'n}^{(n+1)k'-1} (k' + k'n - i) \frac{(k'\lambda T)^i e^{-k'\lambda T}}{i!} + \sum_{i=(n-1)k'+1}^{k'n-1} (k' - k'n + i) \frac{(k'\lambda T)^i e^{-k'\lambda T}}{i!} \right] \quad n=1, 2, \dots \quad (5)$$

$$P_{0,T}(\lambda) = \frac{1}{k'} \sum_{i=0}^{k'-1} (k' - i) \frac{(k'\lambda T)^i e^{-k'\lambda T}}{i!} \quad (6)$$

case 3) 集団分布のとき、

$$P_{n,T}(\lambda) = \sum_{i=0}^{\infty} e^{-(\lambda/\lambda'')T} \frac{\left(\frac{\lambda}{\lambda''} T\right)^i}{i!} \frac{(i\lambda'')^n e^{-i\lambda''}}{n!} \quad (7)$$

ここで、 λ'' : 集団の平均人数 (集団間の到着間隔の分布関数は指数分布、集団内の人数をポアソン分布とする)。

となる。したがって、 T 秒間に n 人実測した場合の λ の真の値の確率密度関数 $f_{n,T}(\lambda)$ は、

$$f_{n,T}(\lambda) = \frac{P_{n,T}(\lambda)}{\int_0^{\infty} P_{n,T}(\lambda) d\lambda} \quad (8)$$

に (4)~(7) 式を代入して、

case 1) ポアソン分布のとき、

$$f_{n,T}(\lambda) = T \frac{(\lambda T)^n e^{-\lambda T}}{n!} \quad (9)$$

case 2) 位相 k' のアーラン分布のとき、

$$f_{n,T}(\lambda) = \left\{ \frac{1}{k'} \left[\sum_{i=k'n}^{(n+1)k'-1} (k' + k'n - i) \frac{(k'\lambda T)^i e^{-k'\lambda T}}{i!} + \sum_{i=(n-1)k'+1}^{k'n-1} (k' - k'n + i) \frac{(k'\lambda T)^i e^{-k'\lambda T}}{i!} \right] \right\} / B \quad (10)$$

$$B = \sum_{i=k'n}^{(n+1)k'-1} (k' + k'n - i) \frac{1}{k'^2 T} + \sum_{i=(n-1)k'+1}^{k'n-1} (k' - k'n + i) \frac{1}{k'^2 T} \quad n=1, 2, \dots$$

$$f_{0,T}(\lambda) = \frac{\sum_{i=0}^{k'-1} (k' - i) \frac{(k'\lambda T)^i e^{-k'\lambda T}}{i!}}{\sum_{i=0}^{k'-1} (k' - i) \frac{1}{k'^2 T}} \quad (11)$$

case 3) 集団分布のとき、

$$f_{n,T}(\lambda) = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} e^{-(\lambda/\lambda'')T} \frac{\left(\frac{\lambda}{\lambda''} T\right)^i}{i!} \frac{(i\lambda'')^n e^{-i\lambda''}}{n!}}{\sum_{i=0}^{\infty} \frac{(i\lambda'')^n e^{-i\lambda''}}{n!} \frac{\lambda''}{T}} \quad (12)$$

となる。

3.2 $\lambda_{n,T} T \sim \bar{\lambda}_{n,T} T$ の計算法

(9)~(12) 式の $f_{n,T}(\lambda)$ を使用して、

$$\left. \begin{aligned} \int_0^{\lambda_{ij}} f_{n,T}(\lambda) d\lambda &= 0.025 \\ \int_{\bar{\lambda}_{ij}}^{\infty} f_{n,T}(\lambda) d\lambda &= 0.025 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

となる。 λ_{ij} , $\bar{\lambda}_{ij}$ を求めると、 λ_{ij} の真の値が 95% の信頼度で $\lambda_{ij} \sim \bar{\lambda}_{ij}$ の範囲にあるといえることができる。

したがって、この 95% 信頼区間の中に、 λ_{ij} の推定値が全体 ($F^2 - F$ 個) の何% はいつているか (95% 信頼度推定率と名付けることとする) によって推定法の良否を評価するものとした。

(9)~(12) 式の $f_{n,T}(\lambda)$ の中には、実測時間 T は、すべて $T((\beta\lambda T)^n e^{-\beta\lambda T}/n!)$ の形で含まれている。いっぽう、任意の値 S について、

$$\int_0^S T \frac{(\beta\lambda T)^n e^{-\beta\lambda T}}{n!} d\lambda$$

を計算すると、

$$\int_0^S T \frac{(\beta\lambda T)^n e^{-\beta\lambda T}}{n!} d\lambda = \frac{1}{\beta} \left[1 - e^{-\beta TS} \sum_{k=0}^n \frac{(\beta TS)^k}{k!} \right] \quad (14)$$

となるため T 秒間に n 人のお客の到着を実測したとき

の 95% 信頼区間 $\lambda_{n,T} \sim \bar{\lambda}_{n,T}$ は、 αT 秒間に n 人実測したときの 95% 信頼区間のおおの α 倍となる。換言すると $\lambda_{n,T} \sim \bar{\lambda}_{n,T}$ は、 T の値に依存せず一定となる。したがって具体的な 95% 信頼度推定率の計算は、乗客の実測人数が $\lambda_{n,T} \sim \bar{\lambda}_{n,T}$ の中にどの程度（全体の何%）はいつているかによって計算することとした。

4. 数値解析結果

本章では、2., 3. で論じた理論の数値検討結果についてのべる。

4.1 $\lambda_{n,T} \sim \bar{\lambda}_{n,T}$ の数値計算

Table 1 に、お客の到着の実測数 n を 0~8 とかえたときの $\lambda_{n,T}$, $\bar{\lambda}_{n,T}$ をお客の到着時間間隔の分布を集団到着、ポアソン到着、アーラン到着とした場合について記す。ここで、集団の平均人数を $\lambda''=2$ 人、アーラン到着の位相数を $k'=2$ とした。これから、
(1) お客の到着時間間隔の分布が、アーラン到着、ポアソン到着、集団到着となるほど 95% 信頼区間 $\lambda_{n,T} \sim \bar{\lambda}_{n,T}$ は大きくなる。換言すると、集団到着に近いほど、真のお客の平均到着率が実測値からはずれる可能性が大きくなる。
などがわかる。

Table 1 Table of $\lambda_{n,T}$, $\bar{\lambda}_{n,T}$

$n(p)$	bulk passenger arrival		poisson passenger arrival		erlang passenger arrival	
	$\lambda_{n,T}(p)$	$\bar{\lambda}_{n,T}(p)$	$\lambda_{n,T}(p)$	$\bar{\lambda}_{n,T}(p)$	$\lambda_{n,T}(p)$	$\bar{\lambda}_{n,T}(p)$
0	0.07	8.51	0.03	3.68	0.02	2.31
1	0.60	12.86	0.26	5.56	0.24	3.78
2	0.67	14.19	0.63	7.20	0.75	5.23
3	0.84	15.82	1.12	8.76	1.37	6.62
4	1.12	17.58	1.65	10.20	2.03	7.97
5	1.44	19.27	2.22	11.64	2.70	9.24
6	1.89	20.88	2.87	13.02	3.45	10.53
7	2.30	22.49	3.52	14.40	4.20	11.78
8	2.75	23.95	4.14	15.75	4.93	13.01

4.2 実測データ

λ_{ij} の推定法の検討を行なうためのデータとして、東京某ビル、実測した 4 ケースの λ_{ij} を使用した。

- case 1 (Table 2 参照) $T=25\ 200$ s, $TD=3.24\%$,
 $k_1=0.500\ 8$, $k_2=0.517\ 3$, $k_3=0.556\ 0$
case 2 $T=25\ 200$ s, $TD=3.349\ \%$, $k_1=0.501\ 5$,
 $k_2=0.534\ 1$, $k_3=0.566\ 1$
case 3 $T=4\ 200$ s, $TD=4.605\ \%$, $k_1=0.505\ 0$,
 $k_2=0.516\ 2$, $k_3=0.632\ 5$
case 4 $T=10\ 200$ s, $TD=2.767\ \%$, $k_1=0.528\ 1$,
 $k_2=0.572\ 4$, $k_3=0.571\ 4$

Table 3 に、某ビルのテナント構成を示す。表中、 y_i は各階の収容人口、 I_i は会社相互間指標であり、

Table 2 Measured data λ_{ij}/T case 1

$j \backslash i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		3	36	15	5	5	2	4	2	2	0	6	9	2
2	1		8	37	36	25	22	22	15	11	12	25	22	3
3	3	5		21	28	100	78	56	65	58	67	57	102	11
4	9	9	10		13	113	203	104	253	170	182	114	143	11
5	1	26	20	8		11	12	65	73	0	0	2	46	7
6	5	27	80	85	3		12	23	53	3	4	4	21	9
7	0	13	56	147	7	0		11	10	5	15	7	30	2
8	3	18	44	109	42	15	0		6	1	2	6	20	1
9	0	18	75	210	71	33	8	2		0	2	2	16	1
10	0	4	48	176	0	5	5	2	0		4	30	9	1
11	0	10	45	205	0	5	19	1	7	0		0	0	0
12	4	27	37	102	1	2	13	9	0	17	1		0	0
13	0	28	91	121	56	26	23	27	20	4	3	0		5
14	3	2	3	9	5	3	5	1	0	4	0	0	0	

Table 3 Tenant form

	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	total
y_i	4	117	134	172	205	197	116	265	226	199	66	134	45	12	1 892
I_i	8	7	6	6	5	4	4	4	4	4	4	3	2	1	

i 階と j 階が異なる会社のとき $I_i \neq I_j$ となる。

4.3 第2推定法における収束速度の検討

ここでは、第2推定法における λ_i^{in} と λ_i^{out} , λ_i^{in} と λ_i^{out} を一致させるための収束計算法の計算結果、特に、平均係数法、デトロイト法、フレタ法の収束法の差異について論ずる。Fig. 2~Fig. 5 に case 1~case 4 のデータにつき、平均係数法、デトロイト法、フレタ法の各収束法の 95% 信頼度推定率計算結果を示す。図中の P, Q の値は、おののケースで最適と思われる (4.4 に示すとおり、 P, Q による差はほとんどないのであるが) 値を使用し、お客の到着

Fig. 2 Convergence state of 95% confidence limit estimation rate (case 1)

Fig. 3 Convergence state of 95% confidence limit estimation rate (case 2)

Fig. 4 Convergence state of 95% confidence limit estimation rate (case 3)

Fig. 5 Convergence state of 95% confidence limit estimation rate (case 4)

時間間隔の分布をポアソン分布とした。なお、繰返し回数 0 とは、第1推定法の計算結果であることに注意されたい。これから、

(1) わずかな差ではあるが、フレタ法による収束計算が一番少ない繰返し回数で収束する。

(2) デトロイト法は、十分な繰返し計算を行なったあとでも、わずかながらハンチングをおこす。

(3) 収束計算の途上で、95% 信頼度推定率が最大となる場合がある。このことは、実測データ λ_i^{in} , λ_i^{out} と推定値 λ_i^{in} , λ_i^{out} が一致しないほうがかえって推定が良好となることを示している。

などがわかる。

4.4 P, Q の影響

Table 4~Table 6 に case 1~case 4 のデータにつき、 P, Q を 0.1, 0.5, 1.0 とかえて計算した結果を示す。4.3 と同様、お客の到着時間間隔の分布をポアソン分布として 95% 信頼度推定率を計算した。Table 4 は第1推定法の、Table 5, Table 6 は第2推定法の計算結果、特に Table 5 は平均係数法による収束後の値 (したがって $\lambda_i^{in} = \lambda_i^{in}$, $\lambda_i^{out} = \lambda_i^{out}$)、Table 6 は平均係数法の収束計算途上で、95% 信頼度推定率が最大となった値である。これから、

(1) P, Q の値は、推定法の良否にほとんど影響をおよぼさない。

(2) 第2推定法が第1推定法より推定精度が良好である (第1推定法より多くの情報を入力するので当然の結果といえる)

(3) 第2推定法では、収束計算の途上で、95% 信頼度推定率が最大となる場合がある。

などがわかる。

5. む す び

以上、各ビルの特徴をとらえた簡単に手にはいる資

Table 4 Confidence limit estimation rate- P, Q parameter

case 1 ($T=25\ 200\ s$)					case 3 ($T=4\ 200\ s$)				
TD=3.24 % $k_1=0.500\ 8$ $k_2=0.517\ 3$ $k_3=0.556\ 0$		Q			TD=4.605 % $k_1=0.505\ 0$ $k_2=0.516\ 2$ $k_3=0.632\ 5$		Q		
		0.1	0.5	1.0			0.1	0.5	1.0
P	0.1	21.43	31.87	34.07	P	0.1	49.45	44.51	44.51
	0.5	20.88	25.27	31.32		0.5	44.51	42.31	43.41
	1.0	23.64	24.73	29.12		1.0	43.41	40.66	40.66
case 2 ($T=25\ 200\ s$)					case 4 ($T=10\ 200\ s$)				
TD=3.349 % $k_1=0.501\ 5$ $k_2=0.534\ 1$ $k_3=0.566\ 1$		Q			TD=2.767 % $k_1=0.528\ 1$ $k_2=0.572\ 4$ $k_3=0.571\ 4$		Q		
		0.1	0.5	1.0			0.1	0.5	1.0
P	0.1	27.47	31.87	34.62	P	0.1	53.30	52.75	48.90
	0.5	26.37	27.47	26.92		0.5	45.60	47.80	50.00
	1.0	25.27	26.92	26.37		1.0	46.15	46.15	48.35

the first estimation method

Table 5 Confidence limit estimation rate- P, Q parameter

case 1 ($T=25\ 200\ s$)					case 3 ($T=4\ 200\ s$)				
TD=3.24 % $k_1=0.500\ 8$ $k_2=0.517\ 3$ $k_3=0.556\ 0$		Q			TD=4.605 % $k_1=0.505\ 0$ $k_2=0.516\ 2$ $k_3=0.632\ 5$		Q		
		0.1	0.5	1.0			0.1	0.5	1.0
P	0.1	48.90	47.25	49.45	P	0.1	71.98	74.18	71.43
	0.5	47.80	46.15	51.10		0.5	70.33	74.73	75.27
	1.0	45.05	44.51	46.15		1.0	69.23	75.27	73.63
case 2 ($T=25\ 200\ s$)					case 4 ($T=10\ 200\ s$)				
TD=3.34 % $k_1=0.501\ 5$ $k_2=0.534\ 1$ $k_3=0.566\ 1$		Q			TD=2.767 % $k_1=0.528\ 1$ $k_2=0.572\ 4$ $k_3=0.571\ 4$		Q		
		0.1	0.5	1.0			0.1	0.5	1.0
P	0.1	52.20	55.49	52.75	P	0.1	69.23	74.18	70.33
	0.5	50.55	52.75	54.95		0.5	70.33	71.98	73.63
	1.0	49.45	50.00	51.10		1.0	68.68	69.78	72.53

the second estimation method (after convergence)

料から λ_{ij} を推定する手法として、

(1) 第 1 推定法と名付ける TD, k_1 , k_2 , k_3 , y_i およびテナント構成から λ_{ij} を推定するやや大まかな手法

(2) 第 2 推定法と名付ける λ_i^{in} , λ_i^{out} , y_i およびテナント構成から λ_{ij} を推定する精度の良好な手法

(3) さらに、これら推定法の良否を統計的な観点から評価する手法

の開発を行なった。これらの理論、数値検討から、

(1) お客の到着時間間隔の分布がアーラン到着、ポアソン到着、集団到着になるほど、95% 信頼区間 $\lambda_{n,T}T \sim \bar{\lambda}_{n,T}T$ は大きくなる

(2) 第 1, 第 2 推定法とも、統計的観点から評価してほぼ満足しえる推定法である

(3) 第 2 推定法が第 1 推定法より推定精度が良好である

(4) P , Q の値は、推定法の良否にほとんど影響をおよぼさない

(5) 第 2 推定法では、収束計算の途上で、95% 信頼度推定率が最大となる場合がある

(6) 第 2 推定法の収束計算では、フレータ法の 95% 信頼度推定率の収束速度が一番早い

(7) 第 2 推定法の収束計算におけるデトロイト法では、十分な繰返し計算を行なったあとでも、95% 信

Table 6 Confidence limit estimation rate- P, Q parameter

case 1 ($T=25\ 200\ s$)					case 3 ($T=4\ 200\ s$)				
TD=3.24 % $k_1=0.5008$ $k_2=0.5173$ $k_3=0.5560$		Q			TD=4.605 % $k_1=0.5050$ $k_2=0.5162$ $k_3=0.6325$		Q		
		0.1	0.5	1.0			0.1	0.5	1.0
P	0.1	51.10	58.79	60.44	P	0.1	73.08	74.18	73.63
	0.5	50.55	54.40	56.04		0.5	71.98	74.73	76.37
	1.0	50.00	50.55	53.85		1.0	69.78	75.27	75.27
case 2 ($T=25\ 200\ s$)					case 4 ($T=10\ 200\ s$)				
TD=3.349 % $k_1=0.5015$ $k_2=0.5341$ $k_3=0.5661$		Q			TD=2.767 % $k_1=0.5281$ $k_2=0.5724$ $k_3=0.5714$		Q		
		0.1	0.5	1.0			0.1	0.5	1.0
P	0.1	53.30	56.04	55.49	P	0.1	71.43	76.37	71.98
	0.5	52.20	53.30	55.49		0.5	70.33	73.63	73.63
	1.0	50.55	52.20	51.10		1.0	69.78	70.88	73.63

the second estimation method (max volue)

頼度推定率にわずかなハンチング現象が生ずる
などがあきらかとなった。

最後に、つねひごろ御指導いただいている当所前川
部長、河竹部長、川本室長、水戸工場犬塚部長、渡辺
主任技師、弓仲主任技師、岩坂技師に深謝します。

参 考 文 献

1) 平沢・河竹・弓仲・岩坂：電学誌，90，1568（昭 45-8）
2) 横山：輸送，運搬における OR 技法，91，培風館（昭 39-10）
3) 平沢：電学誌，91，299（昭 46-2）