

統計数理研究所

研究レポート 43

地震災害の避難システム

1978年9月

統計数理研究所

地震災害の避難システム

当研究所では、現在 ANNALS OF THE INSTITUTE OF STATISTICAL MATHEMATICS, 統計数理研究所彙報, および COMPUTER SCIENCE MONOGRAPHS とを発行している。このリポートは研究調査のデータの発表を目的とし、必要に応じて発行する。

統計数理研究所

東京都港区南麻布4丁目6-7

電話 (03) 446-1501

統計数理研究所

第三研究部 主任 研究官

青 山 博 次 郎

第六研究部 第一研究室研究員

大 隅 昇

第三研究部 研究指導普及室研究員

寺 尾 節 子

第1章 災害避難システムと銀座地区の

避難シミュレーション

§ 1. 序 論.....	1
§ 2. 災害対策のシステム分析について.....	1
§ 3. 広域避難地について.....	3
§ 4. 群集避難システムについて.....	4
§ 5. ネットワーク型の指定.....	12
§ 6. シミュレーションの結果.....	12
§ 7. 問題点と検討, 提案.....	29

第2章 浅草地区の避難シミュレーション

§ 1. 浅草地区の調査.....	31
§ 2. ネットワーク型の指定とシミュレーションの結果.....	34

結 語	48
-----------	----

付録 コンピューター・プログラム	51
------------------------	----

1. プログラム・リスト.....	51
2. 入力データの例.....	69

第 1 章 災害避難システムと銀座地区の 避難シミュレーション

§ 1. 序 論

東京都に大地震が起る危険が近づいているということは、河角博士の 69 年周期説に基くものであるが、それによれば 1979 年は前回 1923 年の関東大震災から数えて 56 年目 (= $69 - 13$, 1 シグマの範囲) に当るからである。これについては、この理論はおかしいという人もある。(注 1)

関東大震災より、むしろ東海大地震が近づいているといわれているが(注 2)、何れにせよ東京都としては大地震のための対策をすることになったのである。

われわれはたまたま銀座地区のデパートの人数調査を手がけていたので、これを発展させ、銀座地区における大震災時の避難対策を考究してみることにした。

そこで昭和 47 年度は銀座地区において人口流動の状況を調査し、昭和 49 年度には、その補足調査と、浅草地区の同様の調査を行うことにした。

(注 1) 東大地震研の島崎邦彦助手による疑問(昭和 46 年 9 月 25 日、朝日新聞夕), 及び東工大教授力武常次博士によると地殻歪による計算では地震再来の確率はまだずっと低いという。(学会会報 1978-II, №739)

(注 2) 力武常次教授によると東海地域では安政東海地震($M=8.4$, 1854 年)の再来の確率は 89% に達する。

§ 2. 災害対策のシステム分析について

過密都市に於て大地震、火災のような災害が発生した場合、どのような応急対策が必要であるか、予め計画しておかねばならない。その応急対策を大きく分けると、

1. 即時及び鎮火までとの対策
2. 難民収容、傷病者の手当、衣食の配給の対策
3. 住宅、都市機能の復興対策

になる。そのため災害対策計画から実施までの進行をシステム化し、時間と共に具体的に変更させていくことが必要である。これが災害対策のシステム分析である。

そこでこの応急対策の中の避難計画をとり上げ、東京都の大震火災時の広域避難計画を調べようとしたのである。現在都について指定されている広域避難地が適切に配置されているか、

また十分なだけの避難地があるのか、避難地までに要する時間が長くはないのか、混乱はどうか、避難経路の指示方法の適否はどうなっているかなど、多くの問題に対して当局側の情報システム、避難規制システム、警備・消防活動システムなどはどうあるべきかを考えたのである。

現段階に於ては基礎的な資料を得、若干のシミュレーションによる検討を行ったのであるが、指定地区内に一時的にいた浮動の滞在者で割当避難地域を知らない者が圧倒的に多く、付和雷同的行動をとる者が多いことが分り、避難行動を規制することが重大な問題であることを示唆している。そうしてシミュレーションにより自動車の障害と道路閉鎖の発生によって、通常の避難時間より3倍半位の時間がかかることも分ってきた。このような点を考慮して全般的な避難行動規制のシステムをコントロールしていくように計画せねばならないのである。

避難場所	収容人口 万人	避難地区		最適割当	
		番号	人口 万人	番号	収容人口 万人
1. 北の丸	13.90	1-3	14.81	1-3, 1-4 (0.02)	15.29
2. 皇居東御苑	19.05	1-4	21.17	7-2 (0.90)	20.95
3. 皇居前広場 日比谷公園	48.58	2-1, 7-2	55.06	1-4 (0.98), 2-1 (0.13) 7-2 (0.10), 2-2	53.44>
4. 永田町 霞ヶ関	43.55	1-2, 2-2 3-1	24.51	2-1 (0.87), 1-2, 3-1	47.91
5. 浜離宮	12.00	2-3	13.82	なし	13.20>
6. 晴海	46.30	2-4	19.76	2-3, 2-4	50.93>
7. 旧赤坂離宮	13.92	1-1, 3-11 4-3	4.07	1-1, 3-11, 4-3	15.31>
8. 芝公園増上寺	17.85	3-3	19.83	3-3 (0.98)	19.64
9. 芝思賜公園	1.60	3-2	1.44	3-3 (0.02), 3-2	1.76
10. 慶応大周辺	5.50	3-4	5.60	3-4	6.05>
11. 東京水産大	8.64	3-5	5.91	3-5	9.50>
12. 高輪ゴルフ	2.63	3-6	2.06	3-6, 3-7 (0.04)	2.89>
13. 白金台	3.44	3-7, 9-2	3.90	3-7 (0.96), 9-2	3.78
14. 有栖川公園	1.26	3-8	1.21	3-8	1.39>
15. 青山墓地	8.83	3-9	6.75	3-9	9.71>
16. 谷中墓地	2.19	6-1	2.31	6-1, 18-2 (0.02)	2.41
17. 上野公園	34.92	6-2, 18-2	42.28	6-2, 18-2 (0.98)	42.41

注 () は%, > は余裕あり

表 1

§ 3. 広域避難地について

まず避難地区について考えてみよう。銀座地区は銀座1～8丁目を含む町で、ここには41.9千人がいるので、永田町・霞ヶ関に避難することになっている。

そこで銀座地区を含み、次のような17広域避難地(避難場所)を調べてみよう。表1はその避難場所、収容人口、避難地区、避難人口を示したものである。ここで収容人口は密度1(人/㎡)として計画したものであるが、よく見ると避難場所の収容人口より避難地区の人口の方が多いものがある。それで一応収容人口はここに示したものの10%多くすることにした。

そこで避難場所の番号と、避難地区の番号を表2のようにつけ、避難場所 i に避難地区 j の人のうち入る割合を x_{ij} とし、避難場所 i の収容人口を a_i (人)、避難地区 j の人口を b_j (人)とする。

$i \setminus j$ 避難地区	1	2	.....	j	.....	m	収容力
1	x_{11}	x_{12}	.....			x_{1m}	a_1
2	x_{21}	x_{22}	.....			x_{2m}	a_2
.....							
i	.....	.....	.....			.....	.....
.....							
k	x_{k1}	x_{k2}	.....			x_{km}	a_k
計	b_1	b_2	.....			b_m	

表 2

また避難場所 i と避難地区 j との間の距離を $c_{ij}(m)$ とする。

それで

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{kj} = 1, \quad 0 \leq x_{ij} \leq 1, \\ j = 1, 2, \dots, m$$

$$b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + \dots + b_m x_{im} \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, k$$

の制約条件の下で、人数と距離との積の合計

$$M = \sum_{ij} c_{ij} b_j x_{ij}$$

を最小となるよう x_{ij} を求めればよい。

計算する場合に避難場所と避難地区との間の距離を凡て用いる必要はないので、 $c_{ij}(j = \text{一定})$ のうち $c_{ij} \leq l_j$ を取り上げた。

この方法によって最適割当が求められたが表1に示してあるように、17広域避難地のうち違っていたものは番号1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13, 16, 17であった。銀座地区についても都の計画の避難地区2-2(中央区)の人は避難場所4(永田町, 霞ヶ関)に

収容するようになっているが、最適割当をみると、避難場所3（皇居前広場、日比谷公園）に収容するのがよいとなっている。アンケートではやはり一般の人でも自然的に日比谷公園、皇居前広場に避難するつもりだといっていたのである。

後述するが、銀座地区での調査した時の一番多かった人数は76,515人であったので、計画人数以上の人が増加する場合も考えて避難場所の最適割当をやり直す必要がある。

§ 4. 群集避難システムについて

われわれの対象とした銀座地区に於て、関東大震災級の大地震が発生し、たまたま銀座地区に居合せた群集が避難場所に避難するにはどれ位の時間を要するかをシミュレーションによって試算した。

先ず避難をシステムの立場から眺めてみると、inputとしての群集、街路網、障害物の如き対象物と、消防体制、警備体制、通信体制といったコントロールに用いられる方法とがある。これら対象物に関して避難のネットワークを形成し、outputとしての避難時間の最小化と、人命の安全が目標となる。（図1）

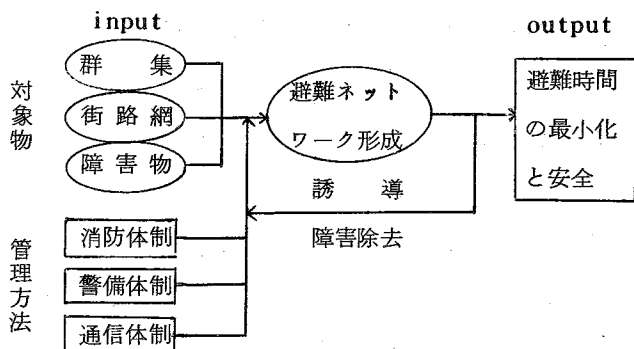


図 1

群集は単なる人間の集まりではなく、その心理状態は状況によって変化し、遂にはパニックを惹き起すことも考えられる。

障害物としては、建物の崩壊や火災、地盤の崩壊や出水、自動車破壊と火災、地下埋設物の破壊や火災、危険物の爆発や火災等が考えられる。

最悪の場合は避難も不可能であり、人命の安全も期せられないので、最も理想的な状態で避難が行われたとしても、どれ位の避難時間がかかるかをシミュレーションによって見当づけようとしたのである。最も理想的な場合といったのは障害物も何もなく、また人口密度が4人/m²

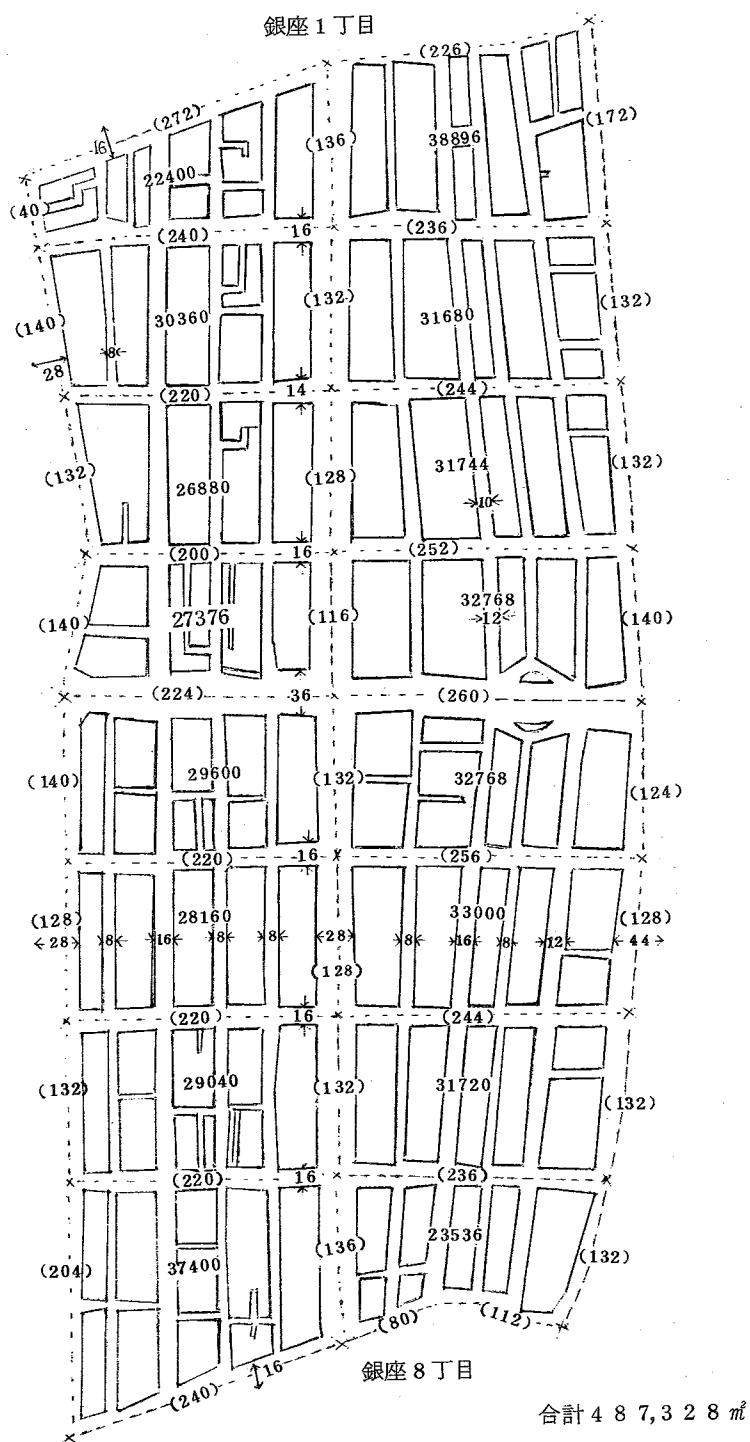


図 2 銀座地区

以下になるようにコントロールし、群集にはパニック状態は起らない場合である。これと他に自動車が放置され障害になる場合、更に道路の一部が通行不能になった場合について考えることにする。

1. 群集の総人数

われわれの調査した銀座地区は銀座1～8丁目の2／3の部分で、図2の如くほぼ500m×1,000mの地区である。昭和47年7月17、18日の調査によれば、平日のピーク時（16～17時）の対象地域上の流入人口は71,694人であった。これに夜間人口4,821人（銀座1～8丁目全体では7,682人）を加えて76,515人となる。また路上人口推定値は4,819人であったので、各ブロック内の静止人口と、道路に路上人口を割当てたものが図3のようになる。

第4ブロックには松屋、三越があり、第6ブロックには松坂屋があるので、人口は大きくなっており、交差点では一応人口は割当てていない。

2. 自動車数

航空写真によって各ブロック内、路上の自

3	23	4	36	6
17	146	51	158	108
6	17	4	31	6
49	131	53	154	45
24	103	12	88	21
52	183	35	209	26
1	17	2	17	2
61	115	53	117	13
2	10	2	28	6

図 4 自動車数
○の中の自動車数1,213台
道路上の自動車数1,034台

	84		90	
84	7,956 260	176	3,954 359	90
176	9,606 415	445	16,752 468	269
239	7,128 325	439	13,038 260	199
86	7,434 87	148	5,826 61	61

図 3 人数（76,515人）
自動車数は図4の通りである。ブロック内の○で囲んだ自動車数は1,213台であるが、シミュレーションでは8ブロック内としたため、この内部での群集流は考えず、ブロックから道路へ脱出するものと仮定している。それ故実際に用いた自動車数は道路上にある1,034台のみである。

3. 道路のネットワーク

理想的な避難を考えているので、警備指導に従って群集は一定の径路を通して避難するものとする。道路、交差点、ブロック（但しデパートを含む）を一つずつの要素と考え、これらをネットワークとして表現したものが図5である。

図中矢印のあるのは定まっている避難方向で、④⑥から霞ヶ関地区へ避難することになっている。また要素を番号で示し、10行、5列に分けて呼ぶこともある。

道路の左右（西東）方向で矢印のないものは $\leftarrow$ 、 $\rightarrow$ 、 $\leftrightarrow$ の3種類の流れ方があり、左右で9通り、全体として $9^5 = 59,049$ 通りあるが、これを適宜指示することになる。また道路巾の長さは図6のようにモデル化した通りである。

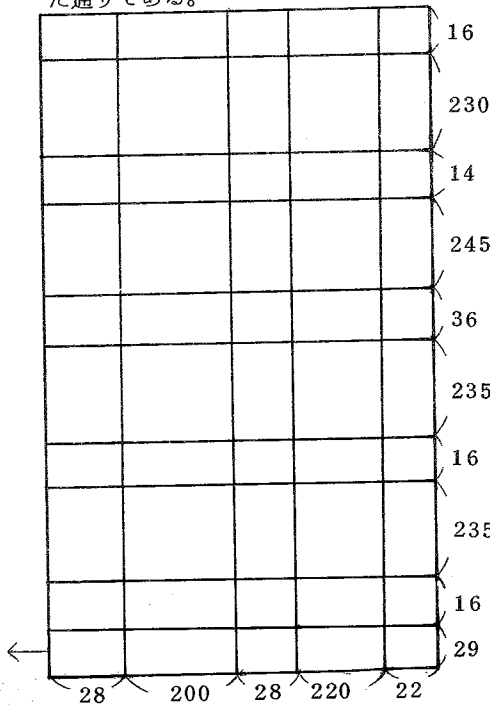


図 6 道路巾の長さ(m)

但し $\rho \geq 4$ では混雑して苦しくなるので、これ以上にならぬよう指示するのがよい。

$$\phi = \rho v = 2.256 \rho, \rho \leq 0.5$$

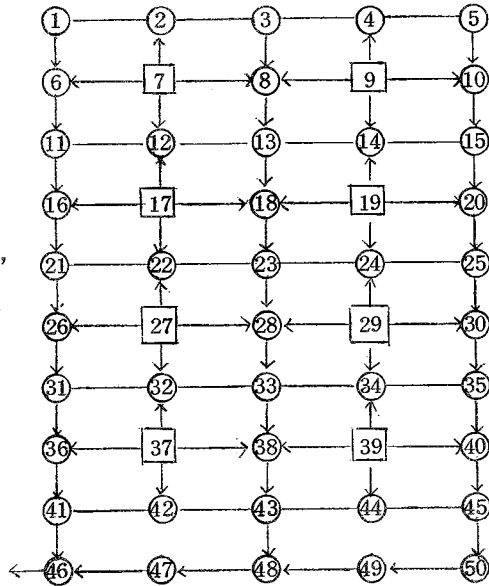


図 5

4. 流出のメカニズム

早大木村幸一郎氏の群集速度の実験結果によると、人口密度 ρ と、速度 v の間には

$$v = 1.3 \rho^{-0.7954} (m/sec)$$

という関係があるといわれている。

$\rho = 0.5$ のとき、 $v = 2.256 (m/sec)$ となるが、 ρ がこれ以下になると実際とは合わなくなるので、 $\rho \leq 0.5$ のときは $v \equiv 2.256$ とおくことにした。従って流出係数 ϕ は

$$\phi = \rho v = 1.3 \rho^{0.2046}, \rho > 0.5 \quad (1)$$

$$(2)$$

次に交差点、道路、ブロック、デパートの各々について流出量を求めてみよう。

(I) 交差点

(イ) 道路の2方向 ($i = 1, 2$) へ流出する人数は

$$k_i \phi l_i = k_i \rho l_i = 1.3 k_i l_i \rho^{0.2046} \quad (3)$$

但し $l_i = a, b, \rho = x$ (人数) / 面積 (a, b, c, d)

ここで

$$k_1 = \left(\frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2} \right)^{0.2046},$$

$$k_2 = \left(\frac{\rho_2}{\rho_1 + \rho_2} \right)^{0.2046} \quad (4)$$

また(2)によって $\rho \leq 0.5$ のときは

$$k_i \phi l_i = 2.256 \rho k_i l_i \quad (5)$$

一方 $\rho > 4$ とならぬよう制限する (6)

(ロ) 道路は1方向のみへ流出する人数は

$$k_i \phi l_i = 1.3 l_i \rho^{0.2046} \quad (7)$$

(5), (6)とも同様である。

(ハ) 道路の3方向 (ρ_1, ρ_2, ρ_3) に流出する場合は

$$k_i = \left(\frac{\rho_i}{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3} \right)^{0.2046}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (8)$$

であり, (5), (6)とも同様である。

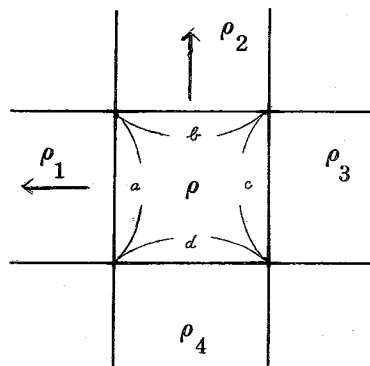


図 7 交 差 点

(II) 道路

交差点の場合(I)と同様である。

(III) ブロック

各ブロック内には建物があり、その階高もまちまちである。厳密な計算では凡ての建物の各々について階高、階段の巾、出口の巾などを調べなければならない。勿論道路も含まれている。しかし実際問題としては出来ないので各ブロックから四方の道路へ流出する略近計算を行うより仕方がない。

まず幾つかのデパートの例を調べてみよう。

(イ) 仙台の丸光デパートの火災のデータによると、避難し得た出口の巾の合計は 8.2(m)

で 2,276 人の人が 582 秒で脱出した。

流出係数が 1.5 (人 / m. sec) とすると、有効換算巾は

$$2276 \div 582 \div 1.5 = 2.61 \quad (m)$$

となる。従って有効換算巾を出すには出口の巾を 3.14 で割れば得られることになる。

(ロ) 阪大工学部の岡田光正教授グループによると大阪高島屋 7 階 (720 m²) に、1,210 人がいたときのシミュレーションの結果では、2～7 階の全員が脱出に 20 分 30 秒かかったという。これは出口の巾を 12～13 m としたときの有効換算巾でほぼ見合った流出が行われたことになる。

(ハ) 新宿の伊勢丹デパートに「大地の牙」と名乗る男から「爆弾が仕掛けた」と脅迫電話があって、そこでデパートでは約 15,000 人の買物客と、4,800 人の店員全員が退避したのである。その時約 30 分後に退避完了したといっている (朝日新聞 朝 50. 2. 24)。このデパートの出口の巾の総計は 60 m であるが、この計算では 11 分 38 秒ということになる。しかし火災などあわてて走るときの場合と違い、ゆっくり歩いたらしく約 2 倍、かつ出口の扉は全部開いていた訳ではなかったらしい (§ 7. 4 を参照)。

そこで一応前述(イ)の様な計算のやり方をすることにした。銀座の場合に、ブロックの一边が 220 m とし、22 軒の店があるとする (店の巾が 10 m)。各々 0.6 m の巾の出口をもつとすると、全体で 13.2 m となる。有効換算巾は $13.2 \div 3.14 = 4.20 (m)$ であるから、毎秒流出人数は $1.5 \times 4.2 = 6.3$ 人である。

一般には道路の方向へ流出する人数は

B_a : 出口の巾, a : ブロックの巾の長さ

10: 店の巾が 10 m (銀座の場合)

とすると

$$1.5 \times \frac{B_a}{3.14} = 1.5 \times \frac{a \times 0.6}{10} \times \frac{1}{3.14} \quad (\text{人/秒}) \quad (9)$$

(Ⅳ) デパート

(Ⅲ)と同じようにブロックの中にデパートがある場合、まずブロック内で地面上に流出する人数は

$$1.5 \times \frac{L}{3.14} \quad (\text{人/秒}) \quad (10)$$

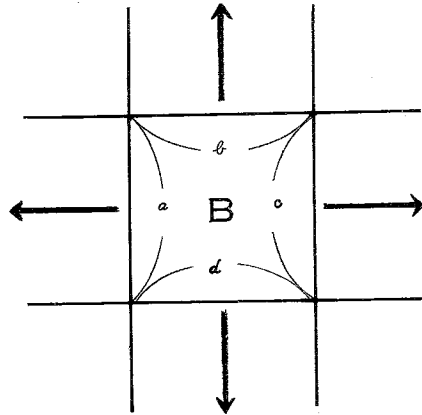


図 8 ブロック

L :デパート出口の全体の巾(m)

実際建築基準法施行令で調べると

松屋 $L_a = 30(m)$, 銀座三越 $L_b = 13(m)$,

松坂屋 $L_c = 19(m)$

になっている。

この後ブロックでの(Ⅲ)の人数に含まればよい。用いた人数は

松屋 4,500人, 三越 4,000人, 松坂屋 5,000人

として計算した。

(V) 自動車が放置される場合

自動車が道路に放置されているときの流出係数は次のように仮定した。自動車がランダムに放置してあるときの実験が行われているか分らないので, 2次元的に考えて断面積 S をもつ平面流中に抵抗物があるとして考える。長方形の障害物 G (巾 s) が一定間隔 b で並んでいたものとする。

Q : 通常の流量

Q_g : 障害物のある時の流量

S_g : 障害物の占める断面積

v_g : 障害物のある時の速度

このような流体量を考えると密度を ρ と

して $Q = S v \rho$

$$Q_g = (S - S_g) v_g \rho$$

$$v_g = \frac{v}{\sqrt{1 + \zeta}}$$

$$\zeta = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}$$

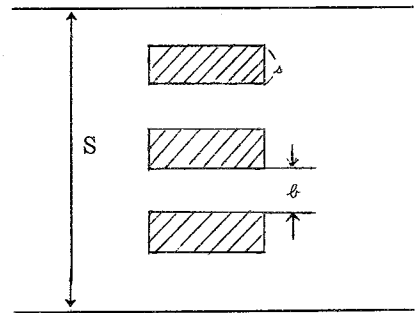


図 9

となる。 β は長方形の形状により変るが, 自動車に対等する巾22, 長さ50のときには

$\beta = 2.34$ となっている(機械工学便覧8-46頁)

$$s = b = 2 \text{ として } \zeta = \beta = 2.34$$

従って $1 / \sqrt{1 + \zeta} = 0.547$ となる。

上述の諸式より

$$\frac{Q_g}{Q} = \frac{S - S_g}{S \sqrt{1 + \zeta}} \quad \therefore Q_g = 0.547 (S - S_g) v \rho$$

道路を人が歩くのだが, この平面流と同様だと考えることにし, シミュレーションをすることにした。従って道路, 交差点に自動車があるとして, 人数 = x , 自動車数 = n ,

自動車面積 = $2 \times 4 = 8(m)$ とすると、人口密度 ρ は

$$\rho = \frac{x}{\text{面積} - 8n} \quad (11)$$

$S - S_g \div S/2$ として流出係数 ϕ は

$$\phi = 0.2735 \rho v \equiv K \rho v \quad (12)$$

となる。従って(3)に対応する流出する人数は

$$1.3 \times 0.2735 k_i l_i \rho^{0.2046} \quad (13)$$

となる。

また道路、交差点での流出方向が1, 2, 3方向の3つがある場合も(13)と同様に用いられよい。

ここで $K = 0.2735$ を求めたが、 K を大きくすればもっと早く流出する。逆に自動車以外のガラスや工作物など道路に放置されると、 K の値を求めなければならない。

また道路の巾と、自動車数によって K の値が変わる。上述と同じ仮定を用いれば表3のようになる。

巾 (m) \ 台数	10	12	14	16	18	22	28	36
1	.5760	.6412	.6903	.7291	.7602	.8055	.8502	.8865
2	.3282	.4145	.4834	.5401	.5868	.6590	.7327	.7947
3	.1523	.2375	.3126	.3778	.4338	.5237	.6198	.7039
4					.3041	.4030	.5144	.6164
5						.2984	.4183	.5332
6							.3322	.4557
7							.2566	.3842
8								.3190

表 3 $K = \frac{S - S_g}{S \sqrt{1 + \zeta}}$ の値

§ 5. ネットワーク型の指定

前節の図5のうち左右方向の移動を指定するA型、B型と、要素21（数寄屋橋交叉点）と、要素23（銀座4丁目交差点）が閉鎖されたD型の場合を先ず考える。そうして夫々：

(1)自動車が出ていない場合、(4)自動車が道路上で一定間隔で整列して狭ばめた場合（図10）の2つの場合についてシミュレーションを行った。

またその後、閉鎖されたC型（#23）、F型（#43）、D型（#23、25）、G型（#3）、F'型（#48）、H型（#11、25）、I型（#16）、J型（#50）、O型（#45）、N型（#41）で自動車が出ていない場合について同様なシミュレーションを行った。

§ 6. シミュレーションの結果

前節によりネットワーク型のシミュレーションを行った結果は表4、5の通りである。

型 場合	A	B	D
1	34分	34分	43分
4	119分	119分	151分

表 4 避 難 時 間

型 場合1	A	B	D	C	D'	F	F'	G
避 難 時 間	34分	34	43	35	38	38	34	34分
平均1人当り 避 難 時 間	15分	15	16	15	15	17	16	15分

H	I	J	N	O
34	34	34	41	32
15	15	15	19	13

表 5 避 難 時 間

(1) 自動車が出ていない場合

B-1型とA-1型とは殆んど34分で避難を終了する（#46が出口）。そうして途中26分経った時B-1型がA-1型より1,369人も早く避難して了っており、最終的には両型と

殆んど同じ位避難を終了している。平均1人当りの避難時間は、両型とも15分である。

(2) 避難時間の略算法

地区内の総人数は76,515人、最後の出口の道路巾は29m、流出係数は1.3(人/sec・m)とすると

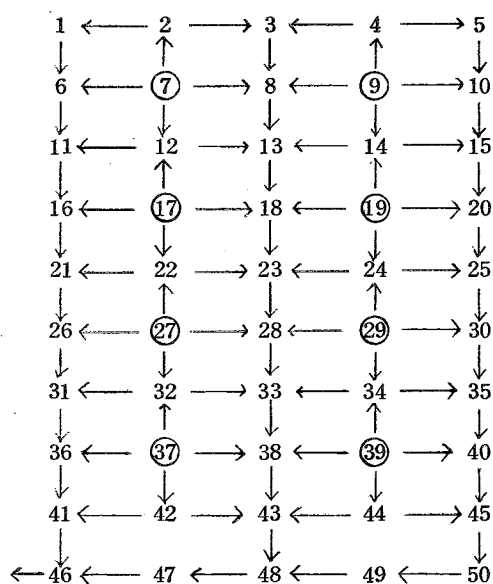


图 10-1 A 型

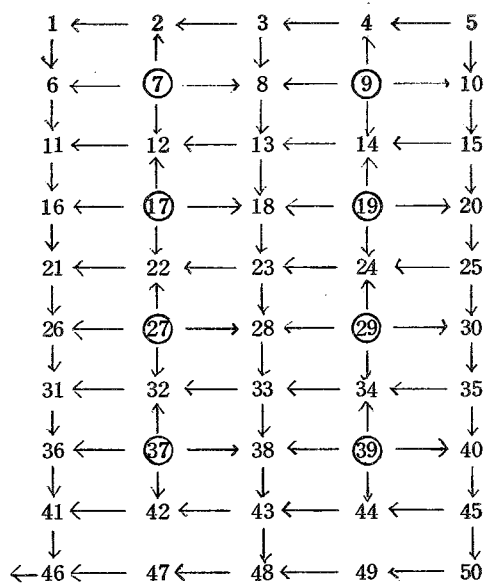


图 10-2 B 型

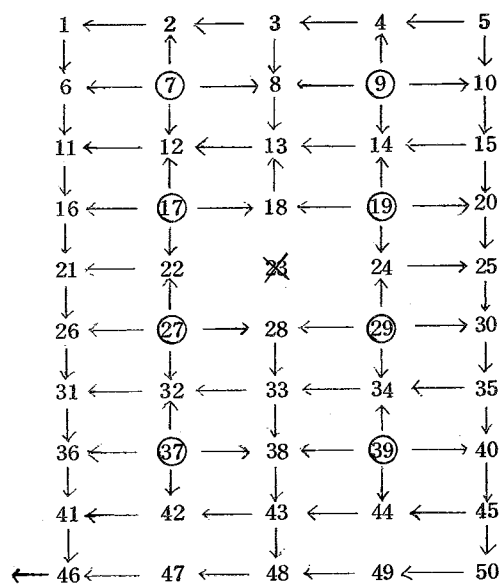


图 10-4 C 型

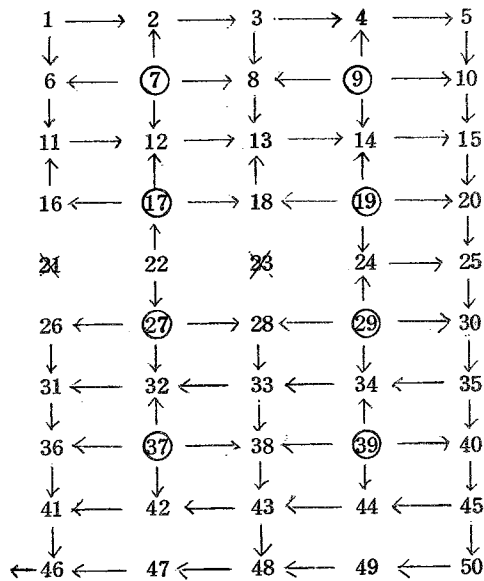


图 10-3 D 型

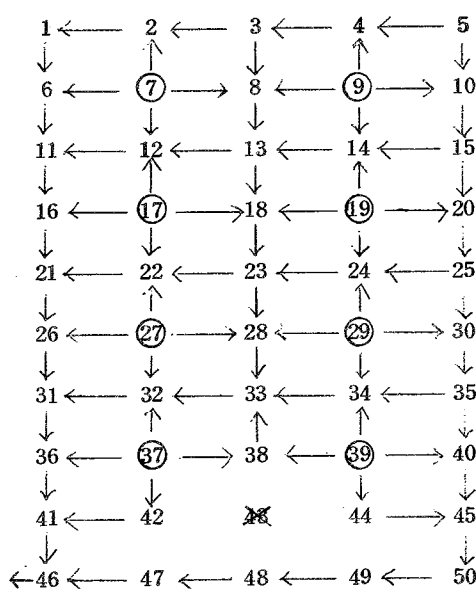


图 10-5 F 型

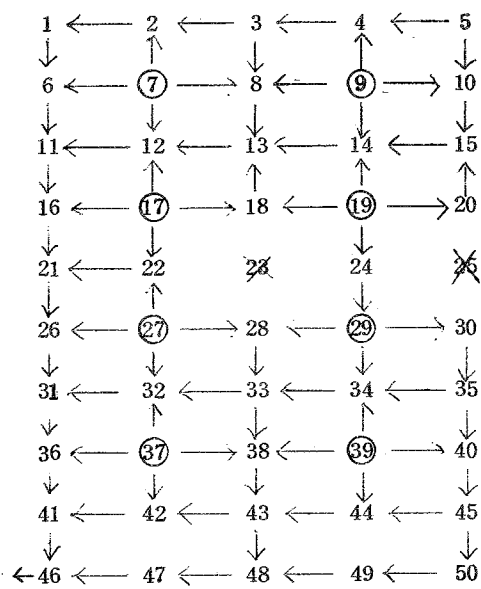


图 10-6 D' 型

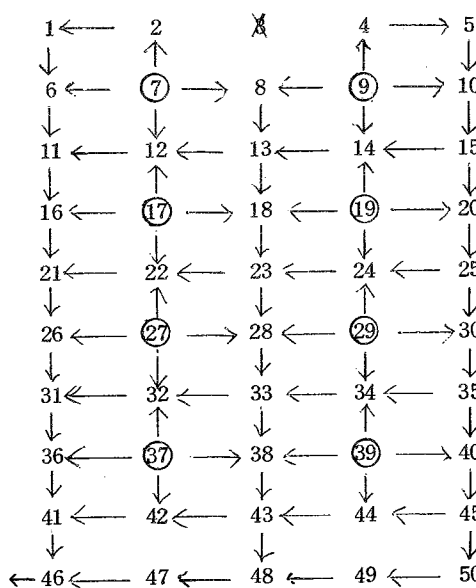


图 10-7 G 型

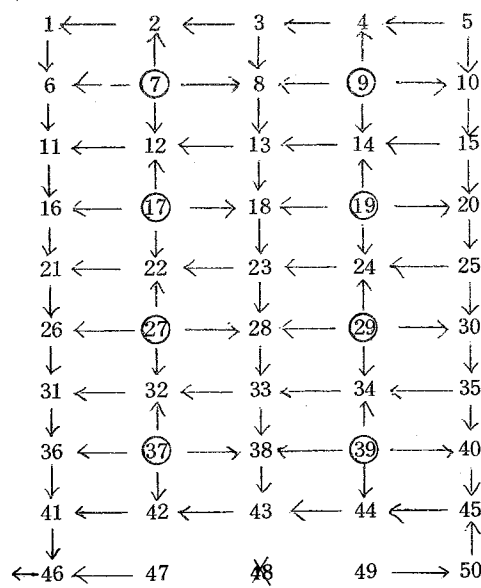


图 10-8 F 型

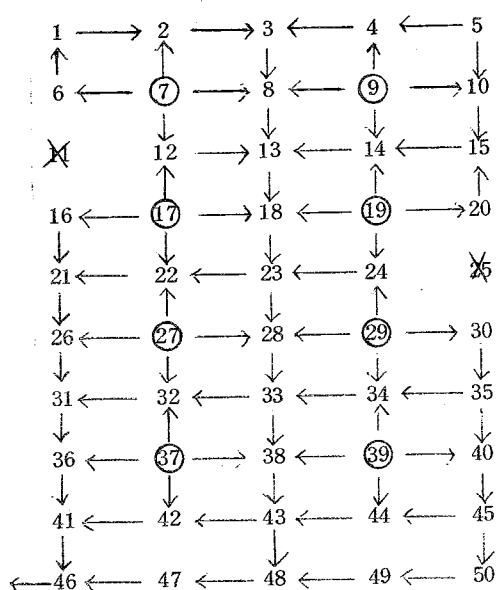


图 10-9 H 型

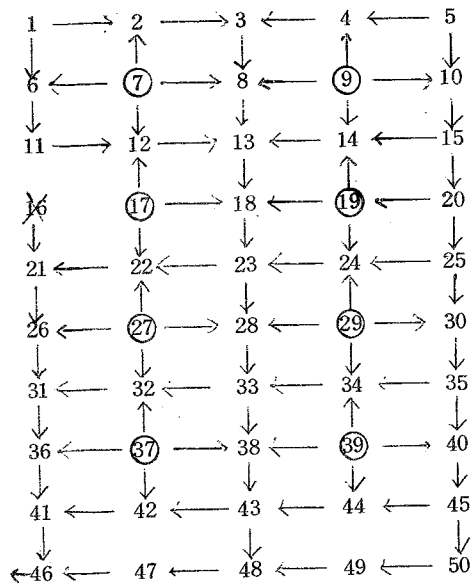


图 10-10 I 型

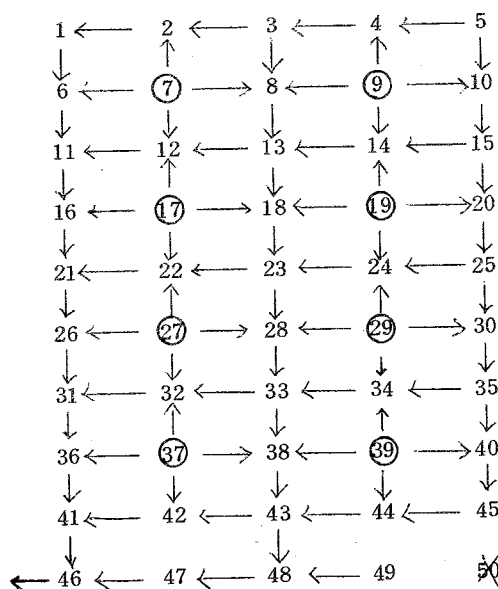


图 10-11 J 型

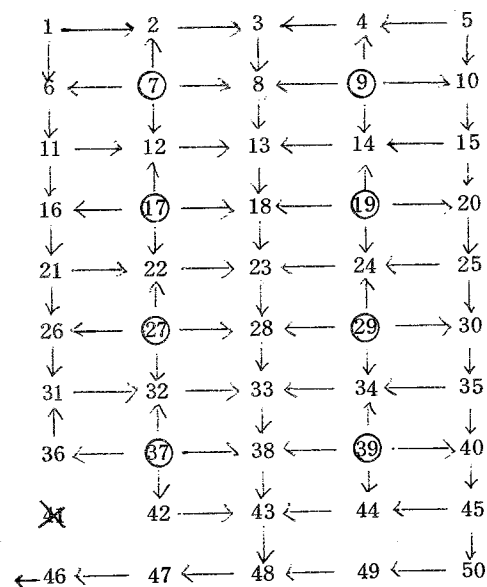
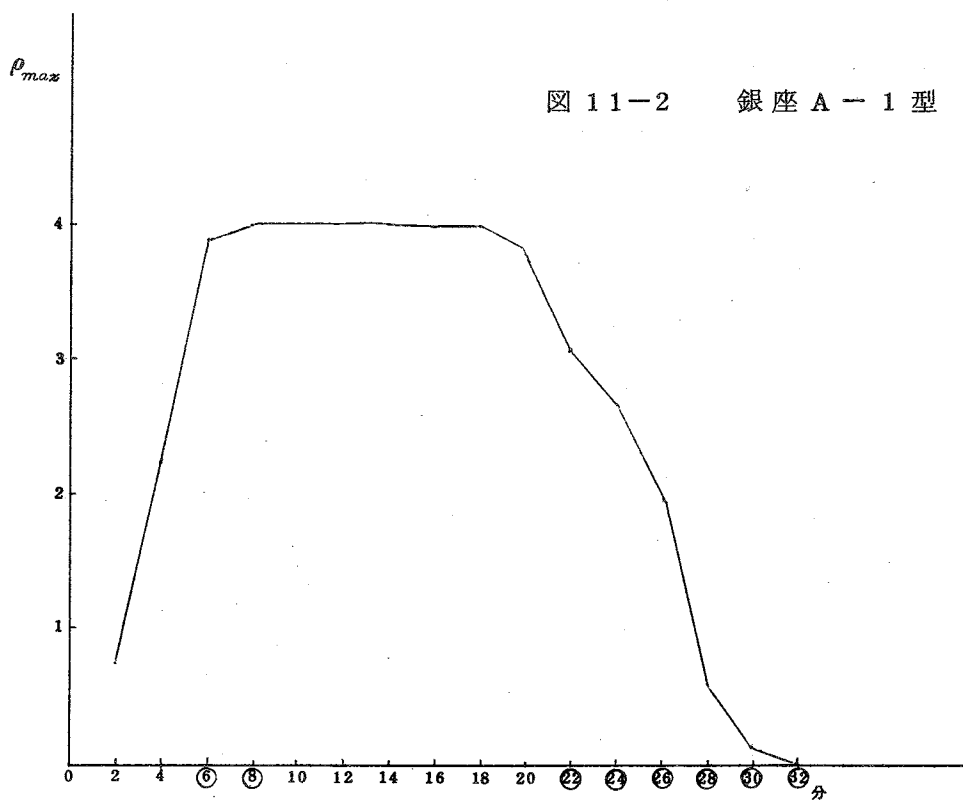
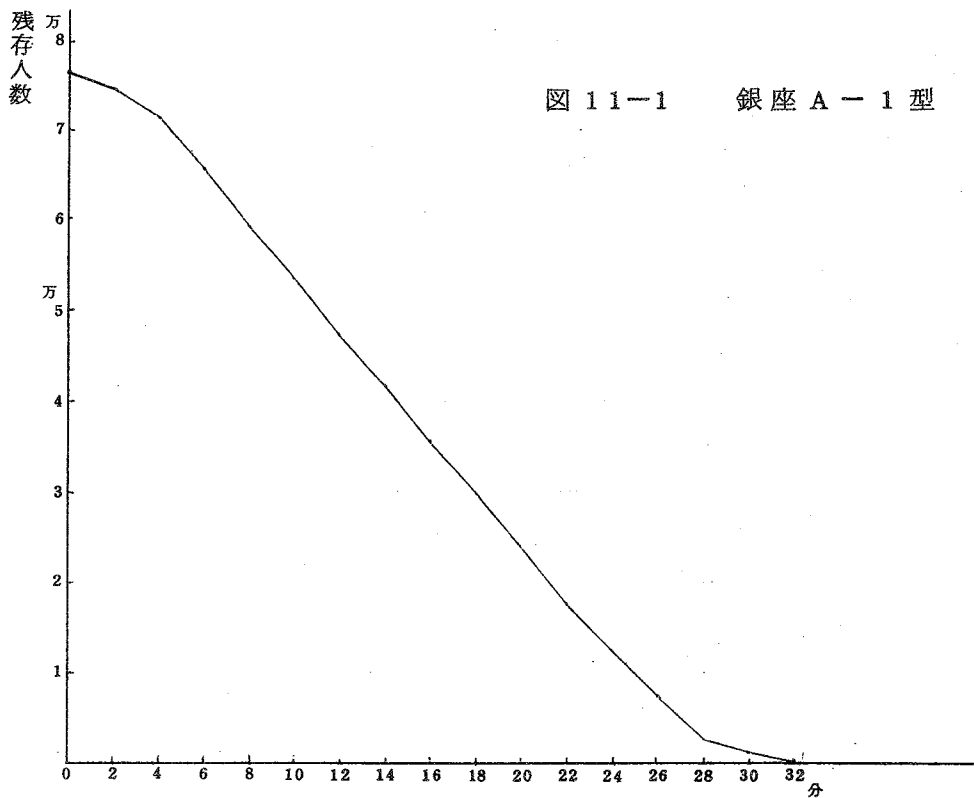
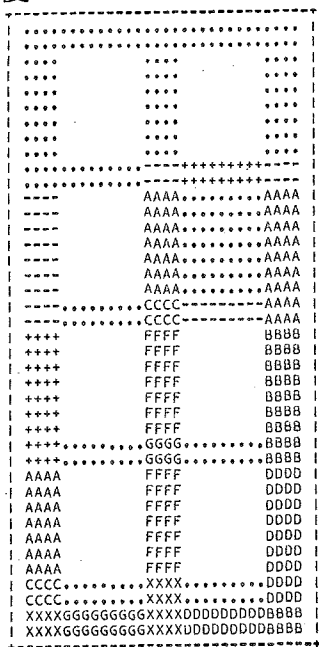


图 10-12 N 型



密度地図 — 10 分後 —



銀座人口密度地図

記号	ρ
なし	0
.	~0.5
-	~0.1
+	~0.2
A	~0.3
B	~0.4
C	~0.5
D	~0.75
E	~1.0
F	~1.5
G	~2.0
V	~2.5
W	~3.0
X	3.0~

図 11-3 銀座 A-1 型

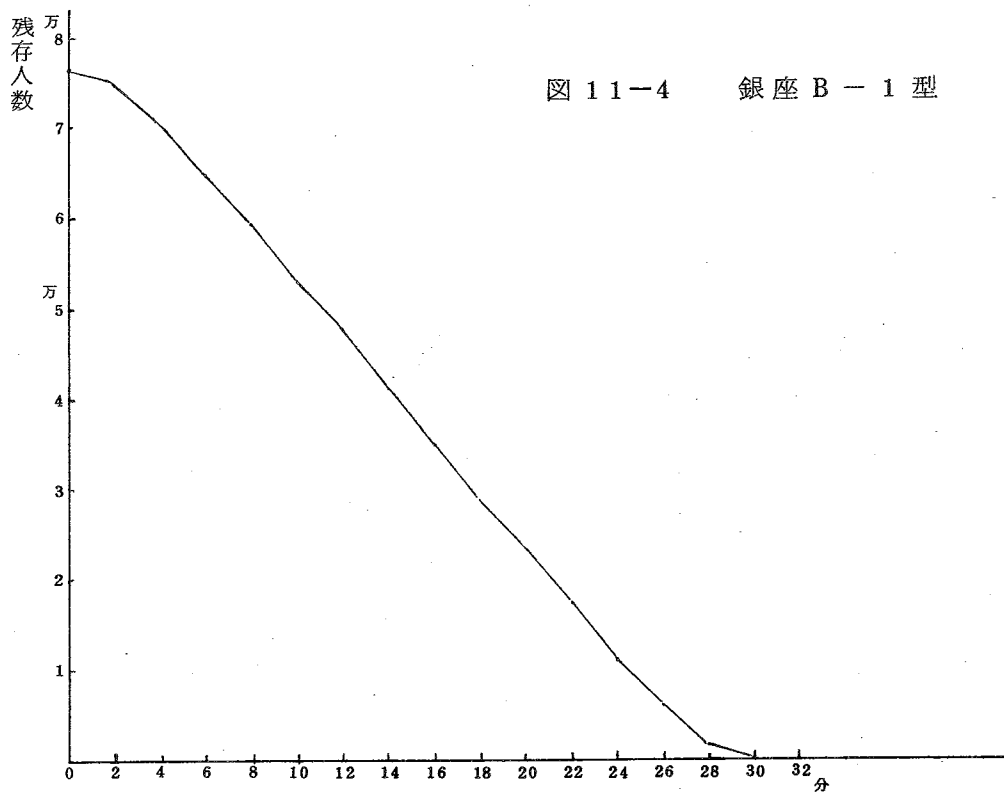
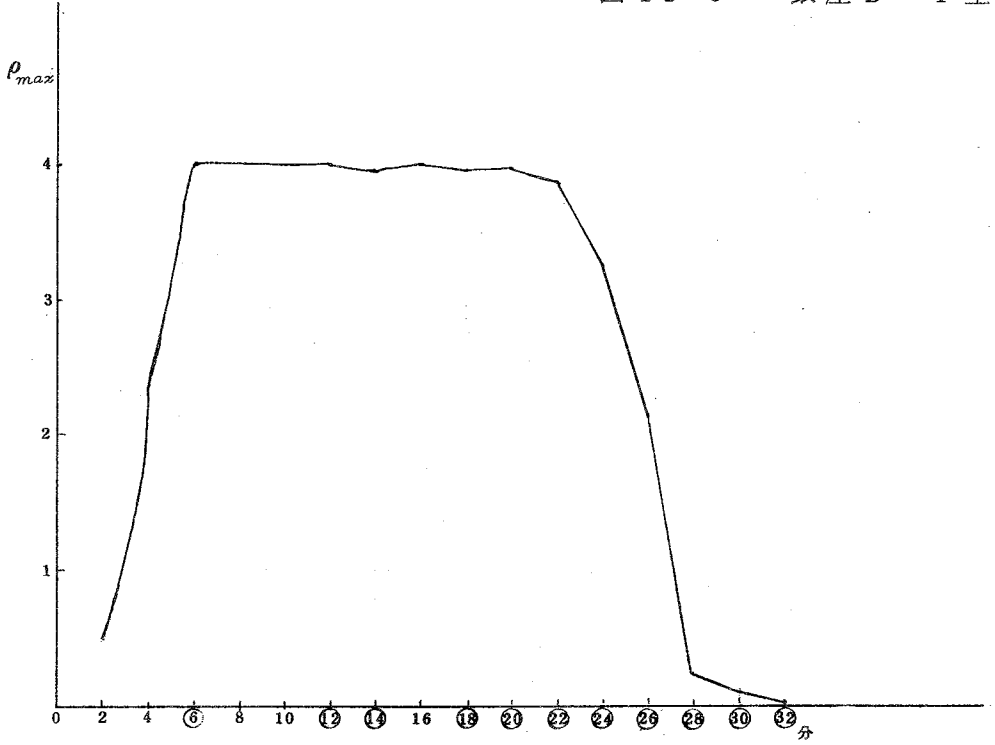


図 11-4 銀座 B-1 型

図 11-5 銀座 B-1 型



密度地図 — 10 分後 —

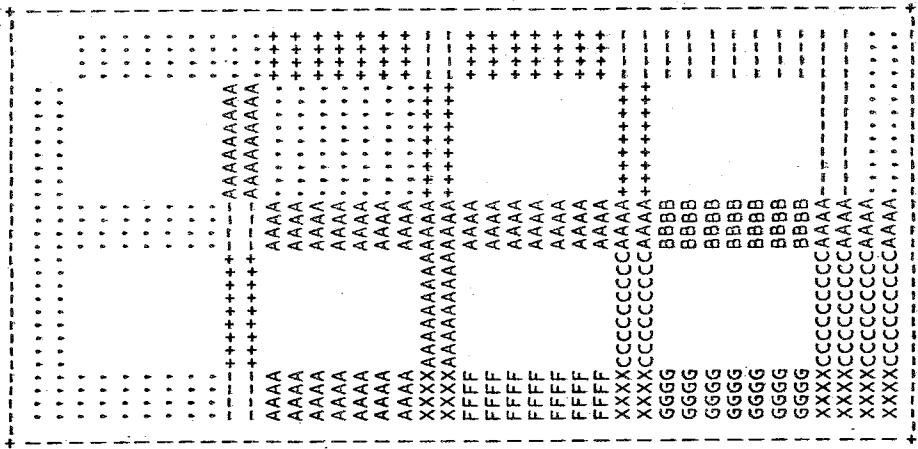


図 11-6 銀座 B-1 型

$$\frac{76,515}{1.3 \times 29} = 2030 \text{ (秒)} \cdots \cdots 33 \text{ 分 } 50 \text{ 秒}$$

従って大体34分位の避難時間となる。

(3) 自動車が通っていた場合

B-4型の避難時間は119分、A-4型の避難時間は118分かかった。これは自動車の通っていない時の避難時間の3.5倍位である。

始めから95分経った時、1,546人がB-4型の方が早く避難して了っており、最後は1分位A-4型より早く終了する。また平均1人当りの避難時間はB-4型では51分、A-4型は52分である。

一方 $\rho \geq 3$ の要素の数を調べると、B-4型の方は4ヶ所(時間は15分~50分間)、A-4型の方は4ヶ所(時間は15分~20分間)であり、また1ヶ所でも $\rho \geq 3$ であった時間は、B-4型では10分~80分、A-4型では5分~70分である。

(4) 自動車が通っていた場合の略算法

前述したように流出係数に K を掛けてあるので避難時間は自動車通っていない場合の $1/0.2735 = 3.6563$ 倍になる。従って

$$2030 \text{ 秒} \times 3.6563 = 123 \text{ 分 } 42 \text{ 秒}$$

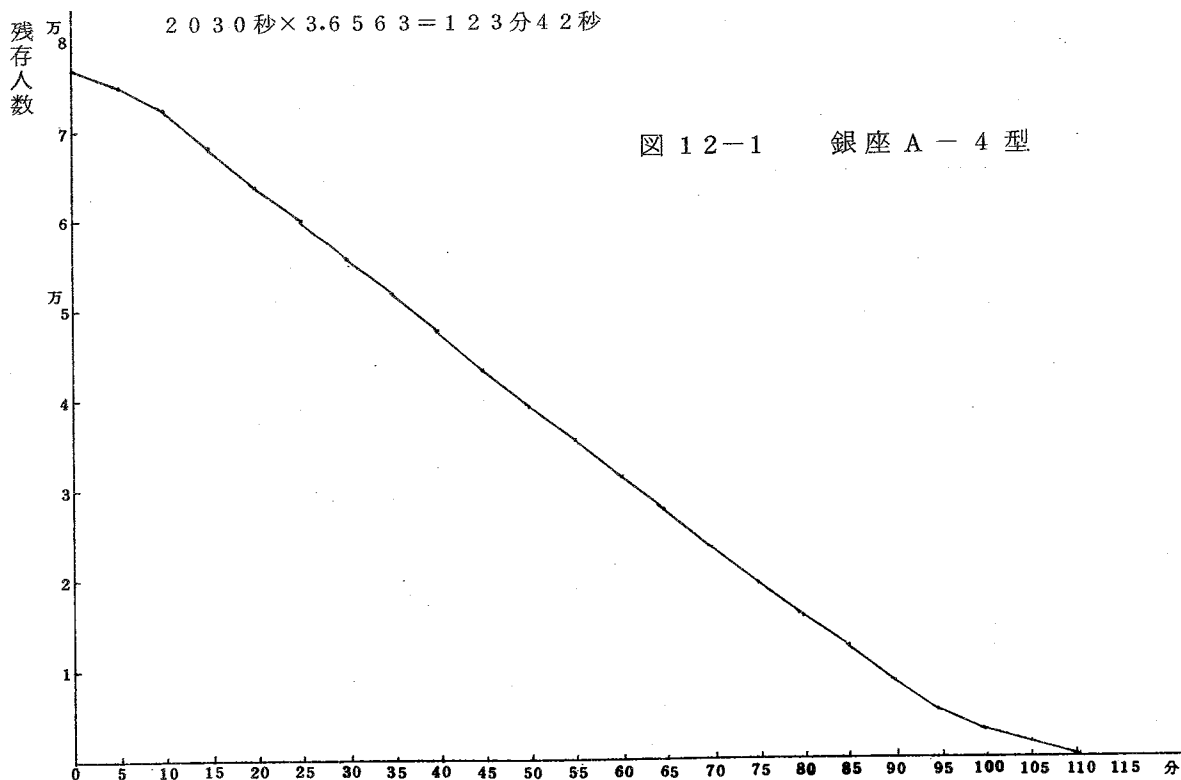
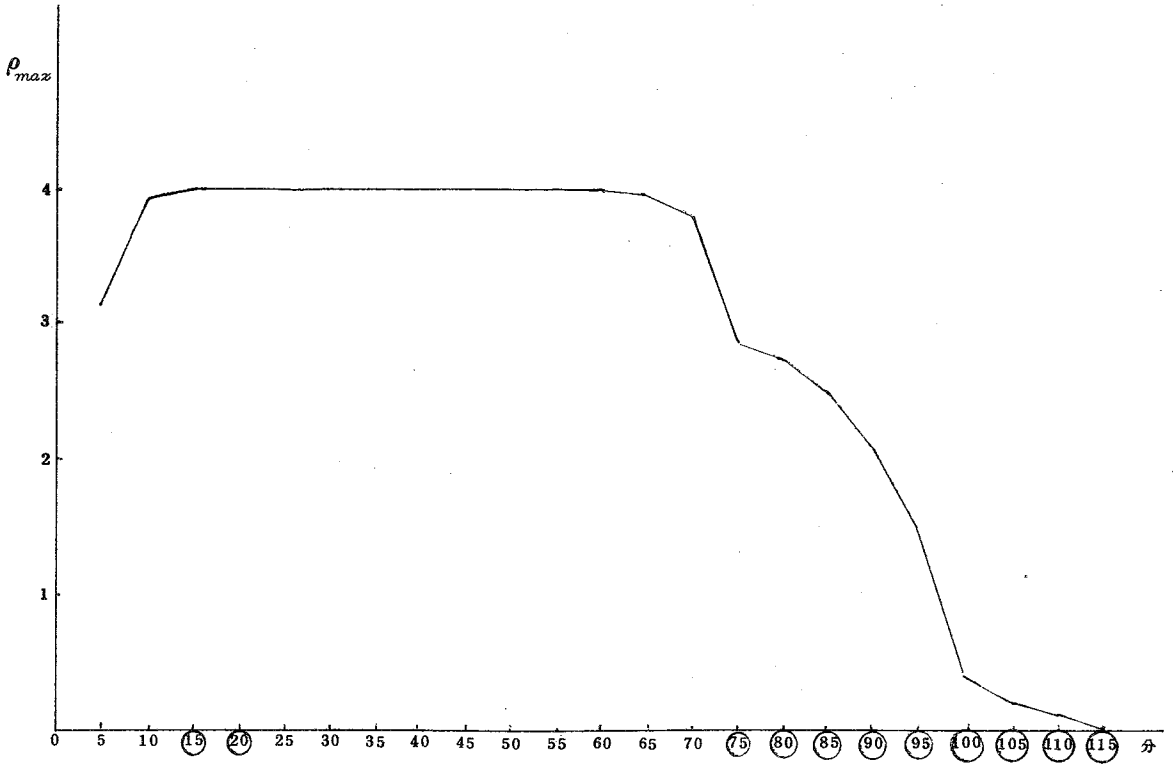


図 12-1 銀座 A-4 型

图 12-2 銀座 A-4 型



密度地図 — 10 分後 —

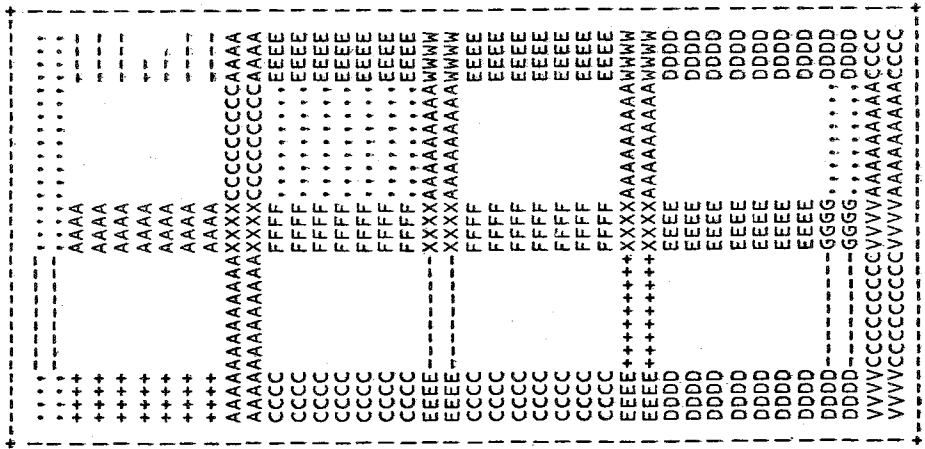
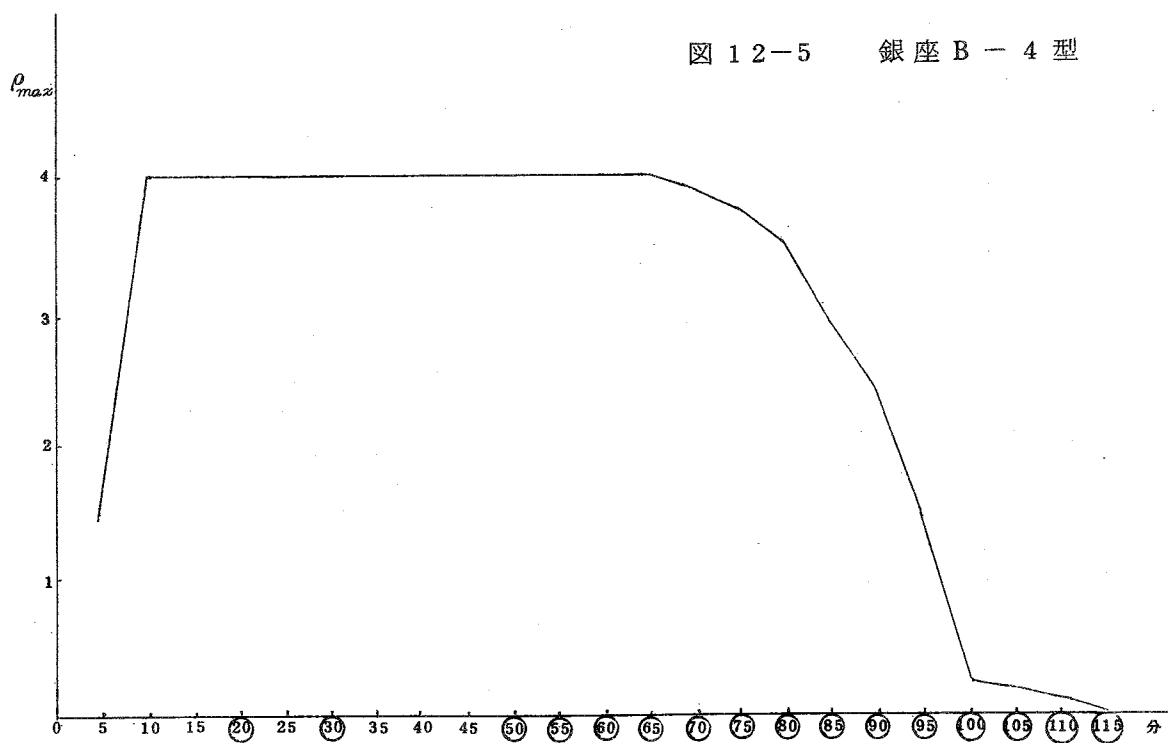
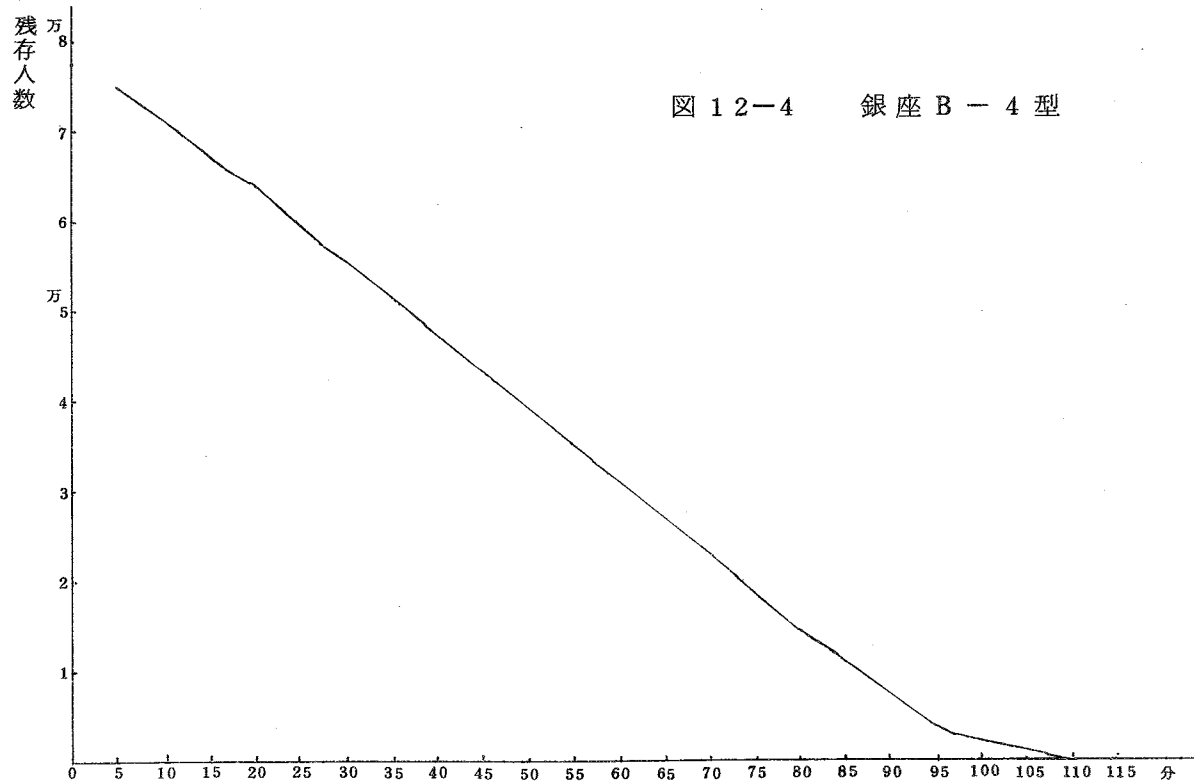


图 12-3 銀座 A-4 型



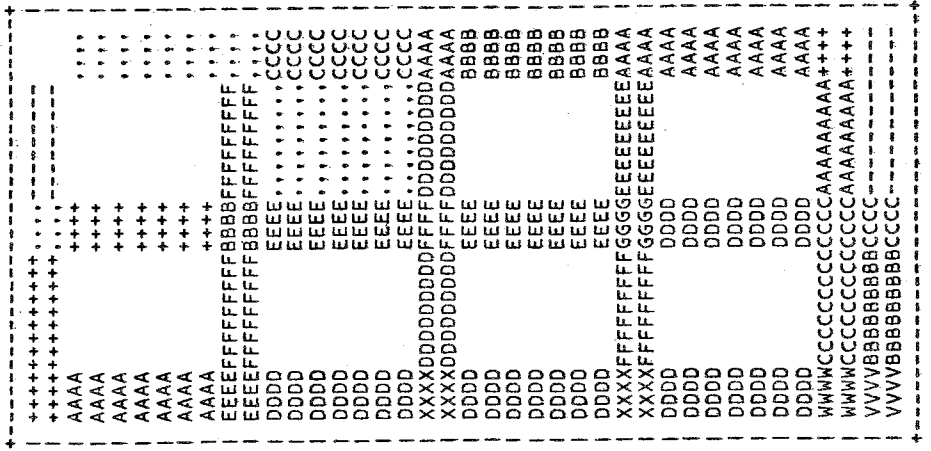


図 11-6 銀座 B-4 型

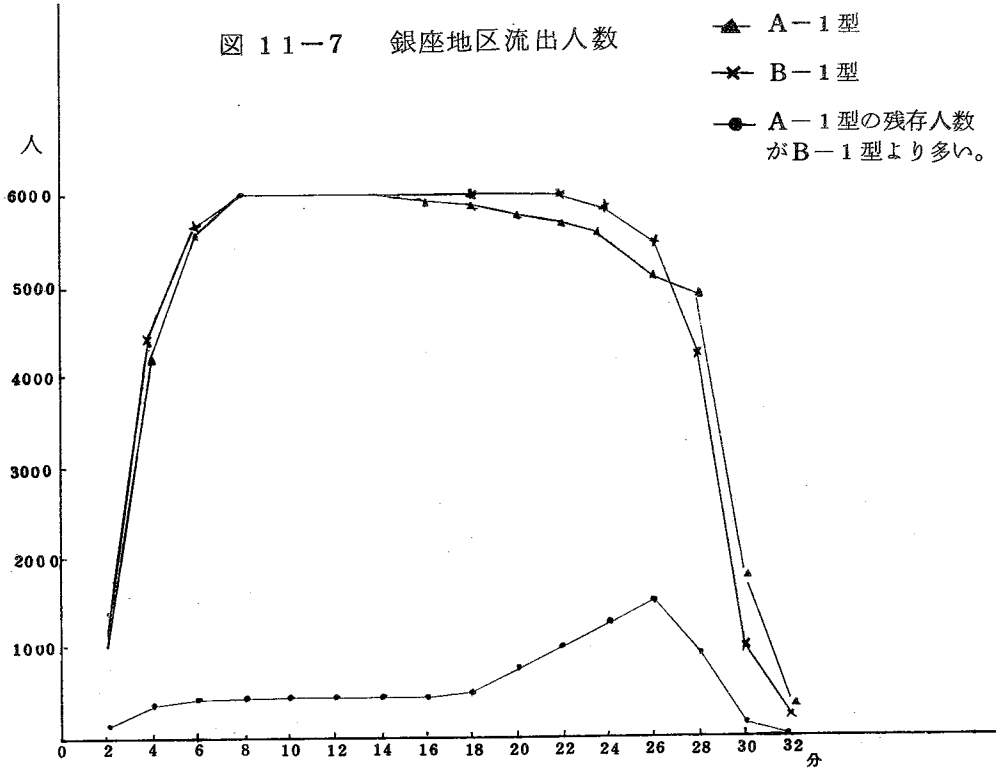
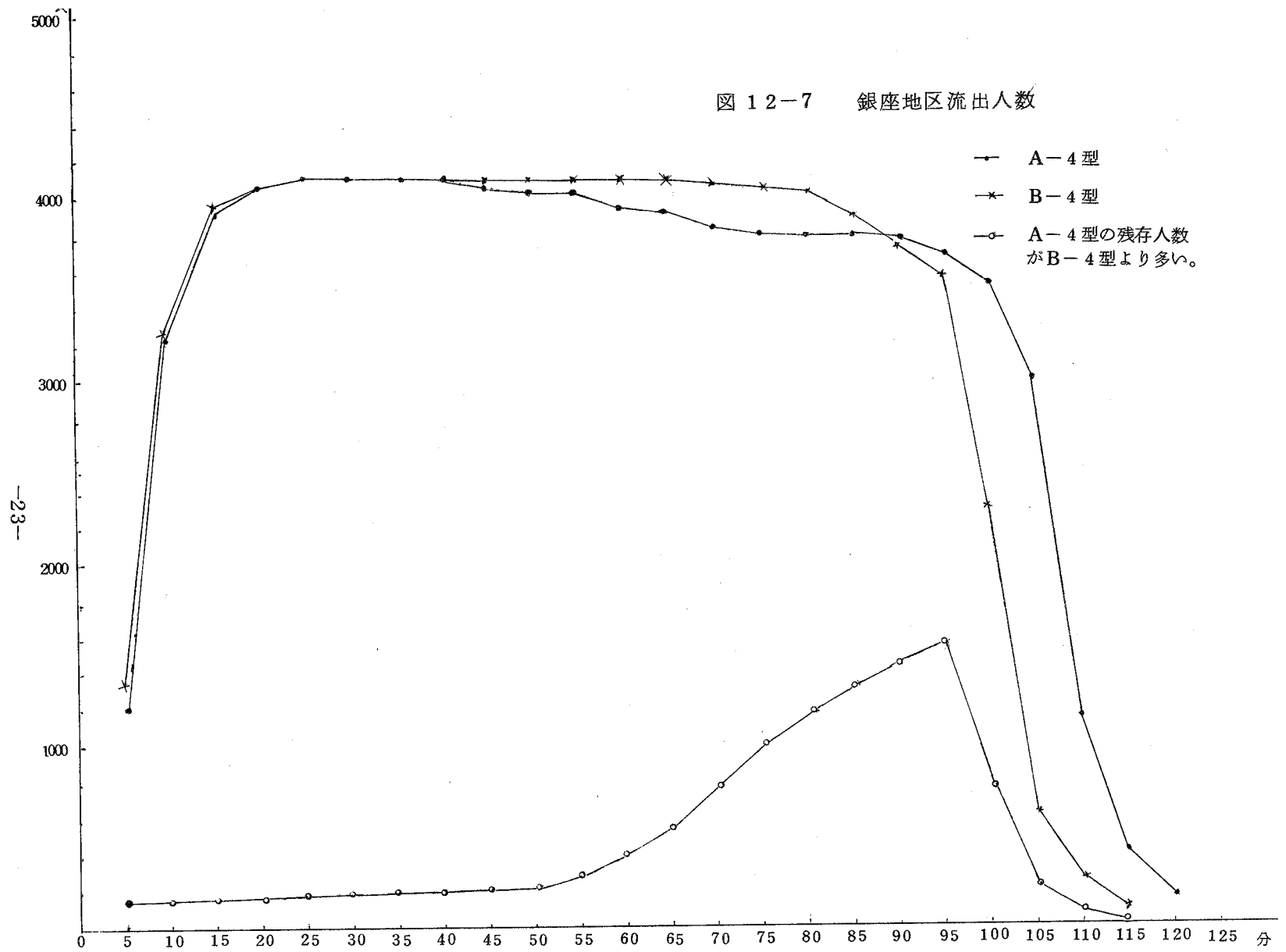


図 12-7 銀座地区流出人数



となる。しかし少し多すぎるので3.5倍、従って118分25秒にすればよいことになる。
以後場合4（自動車通っている場合）の計算はこの略算で求めればよい。

(5) 火災、閉鎖があった時

D-1型の避難時間は約43分、D-4型の避難時間は約151分かかった。そうして平均1人当りの避難時間は、D-1型では16分、D-4型では56分であった。

また正常なA型、B型の避難時間と比べると1.26～1.28倍かかっている。

(6) 自動車がある場合と、ない場合との避難時間の比はA、B、D型のどれについても大体3.5:1である。

以下は自動車通っていない場合について幾つかの例をあげてみよう。

(7) D-1型とF-1型を比べると、最初は#43が通れないのでF-1型の避難時間が長いと思ったら38分であり、D-1型(43分)より短かった。所が平均1人当りの避難時間を求めるとF-1型では17分、D-1型では16分で、F-1型の方が長くなっている。また始めから28分まではD-1型が早く避難を了っており、30分からF-1型が早く避難を了り、最終的には5分D-1型より早く終了する。

(8) D-1型とF-1型を比べると最終避難時間は殆んど同じで38分かかる。平均1人当りの避難時間はD-1型では15分、F-1型は17分である。

(9) B-1型と、閉鎖されたC-1型とを比べてみよう。銀座4丁目の交差点が閉鎖されると、相当避難時間がかかると思ったが、C-1型(35分)は1分位遅くなっただけであった。また途中の時間をよく見ると、いつでもB-1型の方が早いと思われるが、26～28分の間ではC-1型の方が早く避難を了っていた。

平均1人当りの避難時間はB-1型、C-1型ともに15分である。

(10) C-1型とF-1型を比べると、閉鎖された交差点は同じような型で、C-1型の交差点の中の方が広いから避難時間がかかるだろうと思った。ところがF-1型の方の避難時間は3分長かった。#48を通れないのが影響したのであった。C-1型の平均1人当りの避難時間は15分、F-1型では17分であった。

(11) F-1型とF'-1型とを比べると、F'-1型のときの避難時間は34分で、F-1型より4分位早かった。また平均1人当りの避難時間はF'-1型では16分、F-1型は17分であった。

(12) B-1型とG-1型とを比べると、始めから22分位までは殆んど同じ位の残存人数であったが、それからG-1型の避難の方がやゝ早く終了は大体両方とも34分であった。また平均1人当りの避難時間は両方とも15分であった。

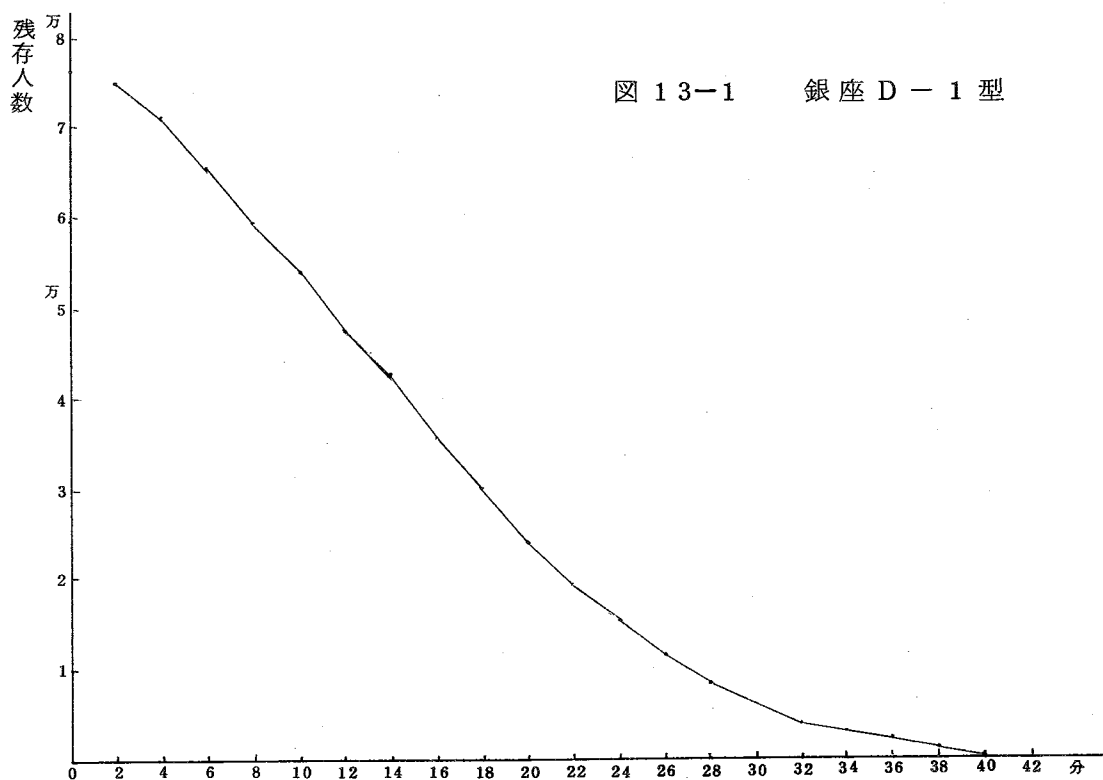


図 13-1 銀座 D-1 型

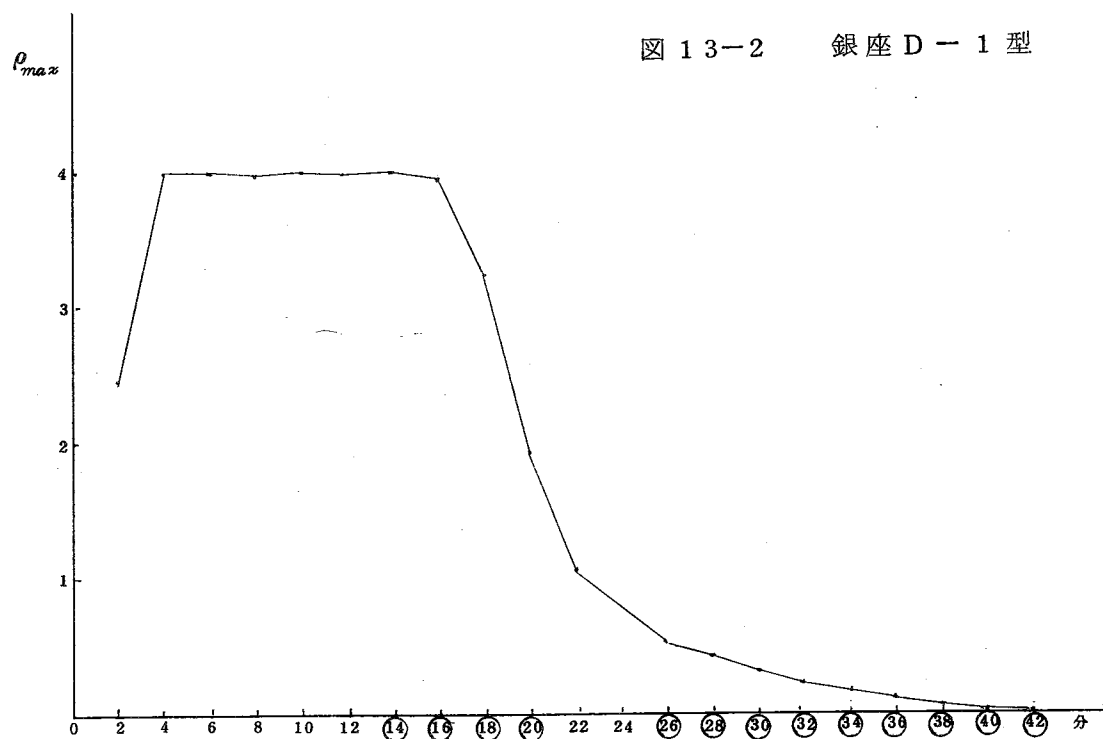


図 13-2 銀座 D-1 型

密度地図 — 6分後 —

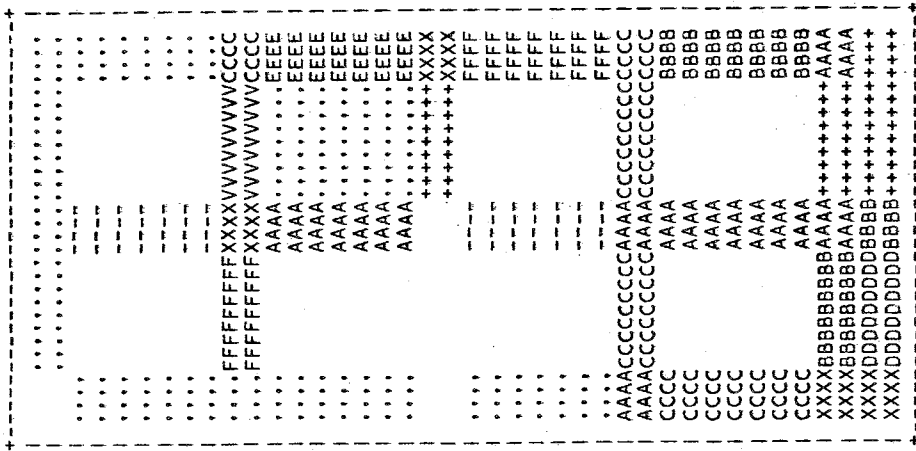


図 13-3 銀座 D-1 型

残存人数

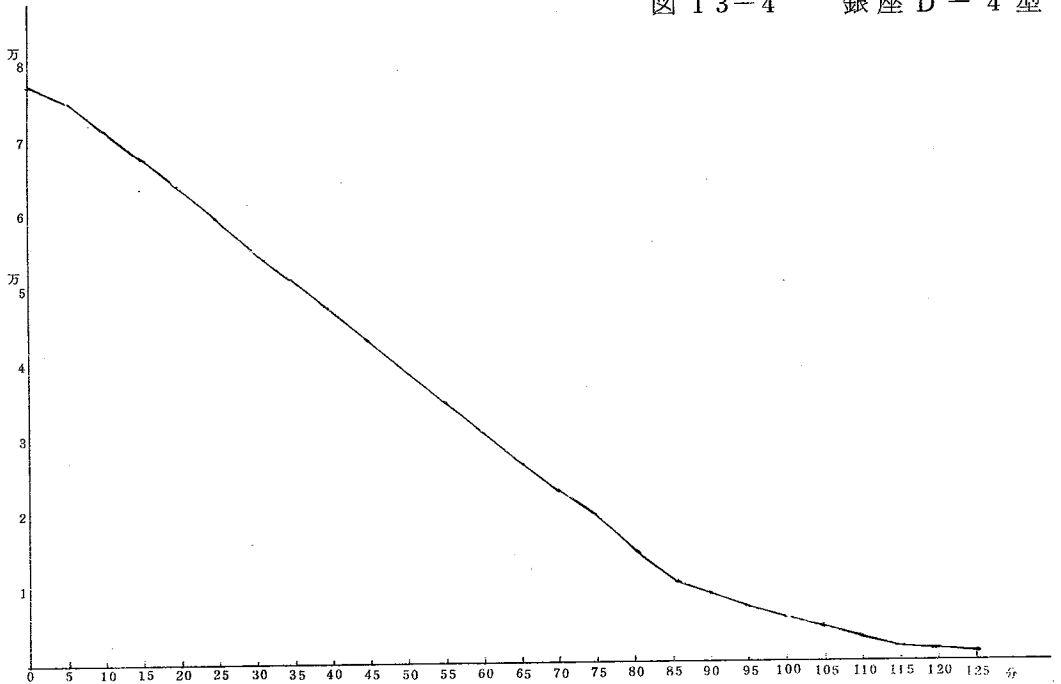
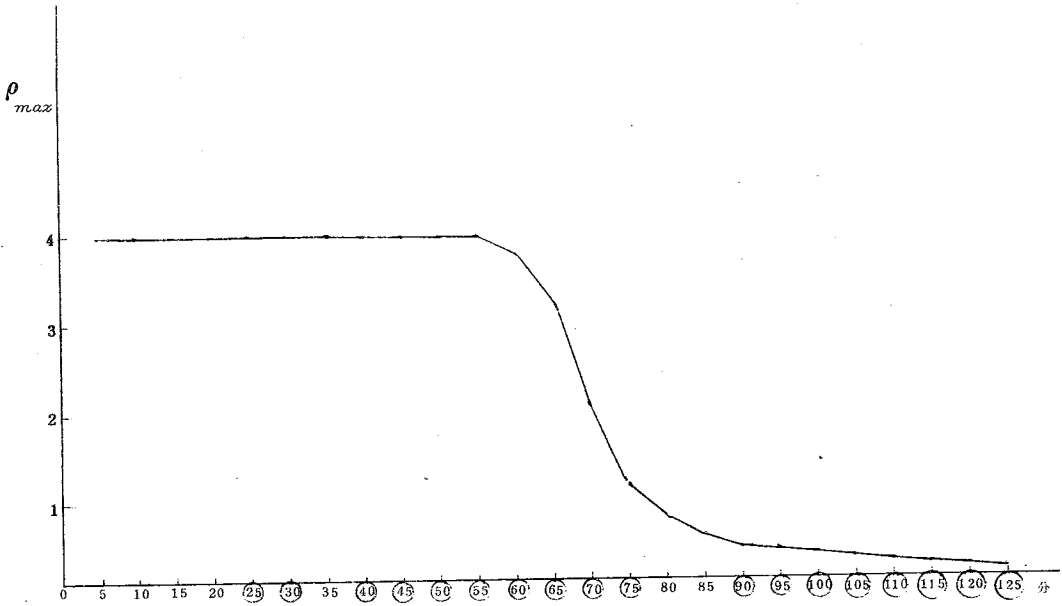


図 13-4 銀座 D-4 型

図 13-5 銀座 D-4 型



密度地図 — 10 分後 —

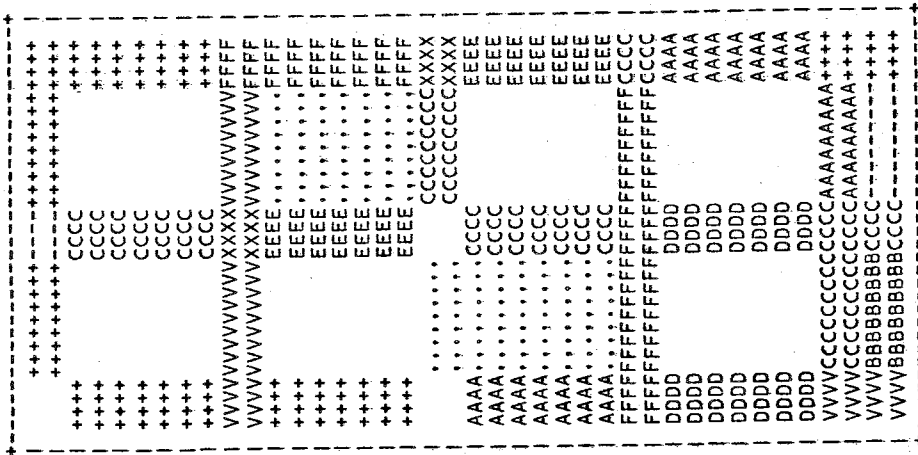


図 13-6 銀座 D-4 型

(13) C-1型とH-1型とを比べると閉鎖要素の数は1:2である。始めから26分まではC-1型の方の避難が早く、その後H-1型の方の避難が早くなり、約1分位早く終了する。また平均1人当りの避難時間は両方とも15分であった。

(14) B-1型と閉鎖要素があるH-1型とを比べると、始めから24分まではB-1型の避難が早く、このあと28分までは反ってH-1型が早くそれから再びB-1型の避難が早くなる。しかし両型とも殆んど同じ時刻に終了する。

また平均1人当りの避難時間は両者とも15分であった。

(15) B-1型と閉鎖要素があるI-1型とを比べると、始めから22分まではB-1型の避難が早い、24分からI-1型の避難が早くなり、終了は大体同じ位34分であった。また平均1人当りの避難時間は両者とも15分であった。

(16) B-1型と閉鎖要素があるO-1とを比べると始めからの4分以後O-1型の避難が早くB-1型より2分早く終了した。また平均1人当り避難時間はO-1型では13分、B-1型では15分であった。

(17) 閉鎖要素が1つだけの場合で、一番避難時間が長かったのはN-1型であり、また一番短かったのはJ-1型、O-1型であった。

N-1型の避難時間は41分、1人当りの避難時間は19分であり、J-1型、O-1型の避難時間は32分、1人当りの避難時間は13分であった。

(18) 閉鎖要素が1つだけの型の避難時間を示したのが図14-1~2である。#1~16及び第2, 4, 5列の要素が1つだけ閉鎖される時の避難時間は大体B型と同じで34分位であり、第1, 3列で#21以下の要素が1つだけ閉鎖される時の避難時間はB型より長くなる。

(19) 霞ヶ関方面へ逃げて行く最後の出口(#46)に近い所が閉鎖されると避難時間が長くなる。

N-1型では避難時間が41分かかるが、もし他の地区に入って逃げればB-1型の避難時間よりほんの4分位長くなるだけで済む。これは第3列の要素が閉鎖された時の避難時間はB型より多くの要素の廻りを避難するので4分位かかっているのと同様である。従って他の地区に入って逃げる方が単時間で済むので警備体制上で他の地区との共用と混乱の整理を考えなければならない。

(20) この地区の出口から広域避難地である永田町・霞ヶ関地区までの距離は約750mであり、この歩く途中で港区内の約3万人がここを通る。従って最後まで避難時間は

$$\frac{77,000 + 30,000}{1.3 \times 29} = 2839 \text{ (秒)} \cdots \cdots 47 \text{ 分 } 18 \text{ 秒}$$

即ち47分位かかることになる。

(34)	(34)	34	(34)	(34)
(34)	—	(34)	—	(34)
34	34	34	34	34
34	—	36	—	34
35	33	35	34	34
36	—	35	—	34
39	34	36	34	34
39	—	35	—	34
41	34	38	34	32
	(34)	34	(32)	32

(15)	(15)	15	(15)	(15)
(15)	—	(15)	—	(15)
15	15	15	15	15
15	—	15	—	15
15	15	15	15	15
15	—	15	—	15
17	15	15	15	15
17	—	15	—	15
19	15	17	15	13
	(16)	16	(13)	13

図 14-1

避 難 時 間

図 14-2

平均1人当り避難時間

§ 7. 問題点と検討, 提案

銀座地区の避難シミュレーションについての結果をのべて来たが、それは研究すべきものごとく一部分なのである。これまでやったものについても色々な問題があり、幾つかを述べてみることにする。

1. 広域避難場所の現状がこのまゝでよいのか、どうかを知る為には、避難地区の晝間人口を推定し、最適配置を検討することが必要である。
2. われわれが用いた流出係数は、早大木村幸一郎氏の群集速度を用いているので若干大きい、これよりどれ位小さいのか、避難者の歩き方のデータを集めなければならない。
3. 各ブロック内を細かく見ると、建物と道路、交差点の幾つかのものから成っている。

例えば第2ブロックを見ると、11ケの小ブロック(建物の集まり)に成っているが、流出人数を細かく計算すると、第2ブロックからの流出人数は24.10人/秒である。

これに対して上述したような計算法で、第2ブロックから求めた流出人数は23.96人/秒で、大雑把にやっても24人/秒として計算してよいことになる。

4. デパートの客が外に出る避難時間は、どれ位かかるか研究しようと思い、京橋消防署が銀座三越での訓練をした結果を聞いて見た。地階は1～3階、地面上では1階を除き8階まで合計10階を取り、これに1543人を配置し、各階一定した1階段(巾は1.8m)を通り、外に避難させた。

結果によると最後に出たのは8階(配置126人)の人で、避難時間は7分45秒であった。これは各階の人のうち何人かの店員が、ガス、電気など締めて処理をしていく時間が必要であり、この処理時間は2.5分～4.5分かかった。最大なのは8階の人で約4.5分(歩いた時間は約3分)、最小なのは地階1の人で、約2.5分(歩いた時間は約1分)かかった。

これから推定すると、各階6ヶの階段を使うと、これより4、5倍の人数であっても、10分位で避難できることになる。従って上述に使った計算方法は可成り正確なものと思われる。

5. 自動車が放置されている場合の流出係数は、どの程度の係数(K)になるか、またガラスや看板が地上に落ちたり、地面亀裂があったり、流出係数にどの位の影響があるのか、推定、或いはデータを集めなければならない。

6. 地区から出発して広域避難場所に入るまでの避難時間は、どの道路を通って行くかによって長くなったり、短かかったりする。地区の中で火災や閉鎖が起り、他の地区の中を通る方が早い時には、逃げる径路を指示することが必要である。これには予め地区間との協力関係を計画しておかねばならない。

7. 警官或いは適当な警備員によってマイクで径路を示さねばならない。この際人口密度 ρ は4以下になるよう指導する必要がある。

8. §4で述べた如く最も理想的な状態で避難が行われるとして計算したのである。従って避難時間がこの結果通りになると考えているのではない。障害物によりもっと悪化していくのであり、条件が与えれば推定はできるのである。

9. 大地震になると電算機はまず使えないから予め多数の径路システムを作っておくのがよい。(昭和53年6月12日の宮城県沖地震の際、福島県庁の電算機が倒れた例がある。)

第2章 浅草地区の避難シミュレーション

§ 1. 浅草地区の調査

銀座地区について浅草地区の調査をした。その地区は浅草1，2丁目で560m×670mである（図15）。銀座の場合では人数調査をするために全地域について沢山の学生を用いて流量調査をした。浅草地区についてはその代りに簡略的な方法を用いることにした。それはこの地区に来る人は必ず観音様にくだらうと考え、観音様のごく近い場所を通る人を調べ、同時にアンケートを行うことにした。

そこで浅草地区（1つの系と考える）内の6地点について昭和49年6月29日（土），30日（日）に流入人口を調べた。調査員は10分調べ，5分休憩するという計画を行った。またアンケートを行うため，9ヶ所で10分間に30枚の調査票を配った。

日曜日での地点1～6の人数を調べると，表6のようになった。これを用いて浅草地区の総人数を求めることにしたが，地点1～5について仲見世の所で調査した結果単位時間当りの平均到着数 λ は $\lambda = 220$ （人／分）となった。

また地点1～6について観音様と仲見世とで調査した結果は $\lambda = 255$ （人／分） となった。

これについて平均人数の色々なやり方をして見た（①～③）。また④，⑤は関係したデータを示したものである。

地点	人数／分
1	35
2	80
3	37
4	23
5	35
6	45
計	255

表 6

① ピークの時の $\lambda = 255$ （人／分） を用い，アンケートによる平均滞在時間 $W = 168$ （分）を使うと $L = 255 \times 168 = 42,840$ 即ち平均滞在人口 $L = 42,840$ （人） ……①
これに常住人口5,631人を加えると総人口は

$$L^* = 48,471 \text{（人）} \quad \dots\dots(1)^*$$

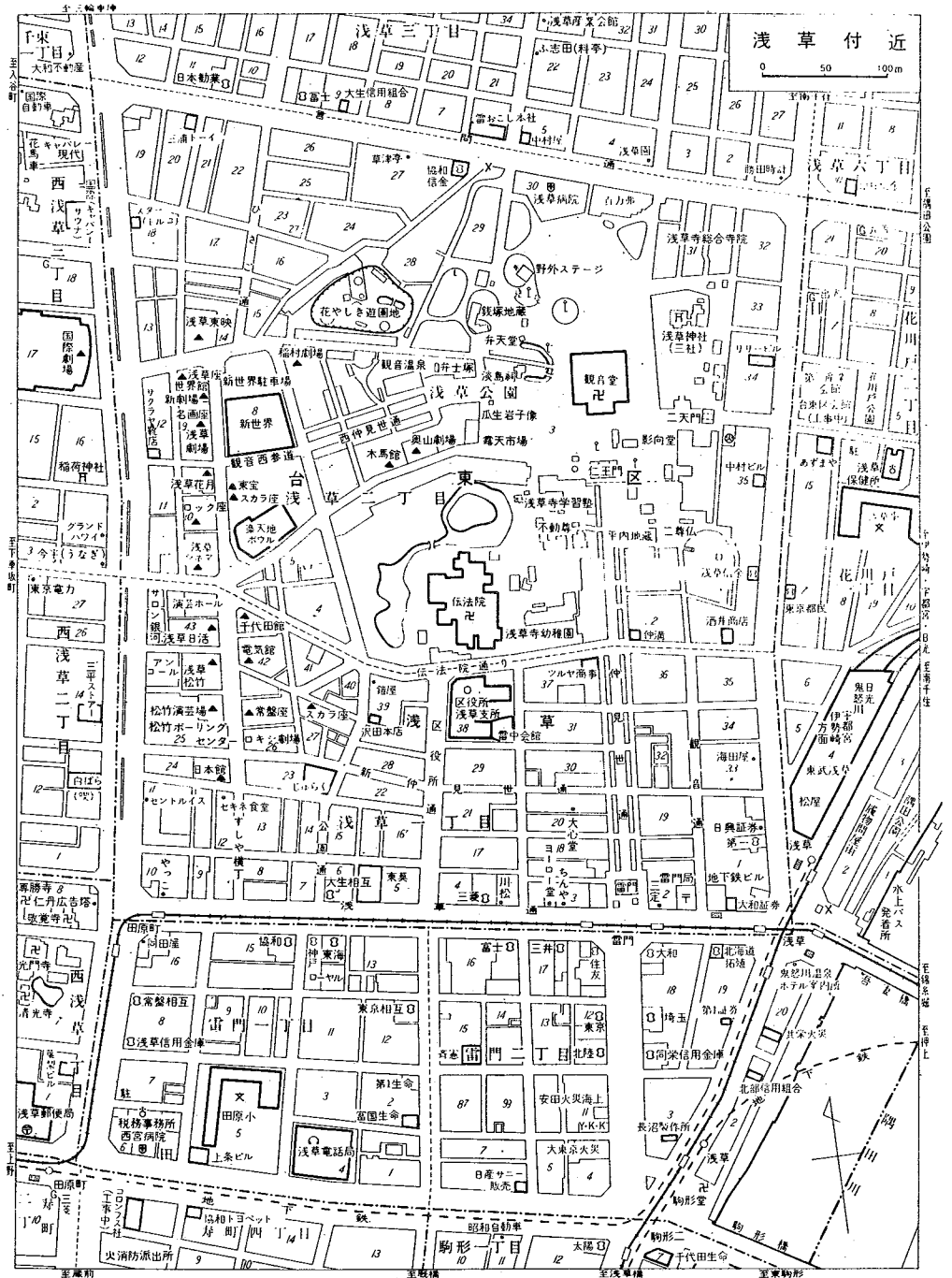
② 観音様と買物のために平均滞在時間は $W = 85$ （分） となり， $\lambda = 255$ を用いて $L = 255 \times 85 = 21,675$

アンケートによると，観音数と買物，仕事を含まぬという人の数は388人，全体の791人となるので比率は0.4905となる。従って

$$\text{全体人数} = 21,675 \div 0.4905 = 44,190$$

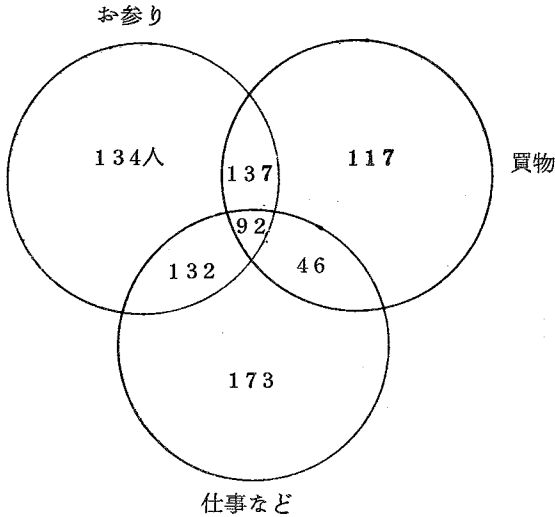
これに常住人口5,631人を加えると L^* は

図 15



$$49,821 \text{ (人)} \quad \dots\dots(2)$$

③ 浅草地区の道路面積全体が $97,312 \text{ m}^2$ ，観音様と仲見世の面積は $31,178 \text{ m}^2$ ，この差が残りの道路の面積で $97,312 - 31,178 = 66,137 \text{ (m}^2\text{)}$ となる。



$$\frac{134+137+117}{\text{全体 } 791} = 0.4905$$

図 16

残りの道路の人数の密度 ρ は，銀座の浮動人口での $\rho = 0.331$ と似ていると考え $p =$ とすると

$$66,137 \times 0.3 = 19,840 \text{ (人)}$$

これに②の観音様と買物での $21,675$ 人，常住人口 $5,631$ 人を加えると L^* は

$$47,146 \text{ (人)} \quad \dots\dots(3)$$

④ 観音様と仲見世がある所の面積は $31,178 \text{ m}^2$ で，また $\lambda = 255 \text{ (人/分)}$ ， $W = 40 \text{ (分)}$ とすると

$$L = \lambda W = 255 \times 40 = 10,200 \text{ (人)} \quad \dots\dots(4)$$

人口密度 ρ は

$$\rho = \frac{10,200}{31,178} = 0.327 \text{ (人/m}^2\text{)} \quad \dots\dots(4)'$$

また仲見世だけの面積は $7,547 \text{ m}^2$ ，この真中の道路だけの面積は $2,887 \text{ m}^2$ ，これに対して $\lambda = 220$ (人/分)， $W = 20$ (分) とすると

$$L = \lambda W = 220 \times 20 = 4,400 \quad (\text{人}) \quad \cdots \cdots (5)$$

$$\rho = \frac{4,400}{7,547} = 0.584 \quad (\text{人}/\text{m}^2) \quad \cdots \cdots (5)'$$

或いは真中の道路だけのときは

$$\rho = \frac{4,400}{2,887} = 1.52 \quad (\text{人}/\text{m}^2) \quad \cdots \cdots (5)''$$

昭和50年3月9日(日)に調べたら，仲見世通りは 0.4 (m/sec) 位の歩き方で，混み方は $\rho \div 2$ (人/ m^2) であった。この歩く速度で仲見世通りの 347.8 m の距離を歩くと

$$347.8 \div 0.4 = 870 \text{ (秒)} \quad \cdots \cdots 14 \text{ 分 } 30 \text{ 秒}$$

密度 $\rho = 2$ とすると逆に $\lambda = 398$ (人/分) となる。従って上述に用いた λ は少なかった時だったかもしれない。

(5) データ：昭和50年5月18日浅草三社祭の最終日で100万人の入出を記録した。午前7時境内で6万人，昼過ぎ歩行者天国で「吉原おいらん道中」があるということで，20万人集った。正午リハーサルの後，午後3時半バスで到着したが即時中止されたのであった。(東京新聞(朝) 50.5.19)

観音様と仲見世の面積は $3,117.8 \text{ m}^2$ ，雷門前の道路は $1,380.6 \text{ m}^2$ ，これで合計 $4,498.4 \text{ m}^2$ 。もしも人口密度 $\rho = 4$ (人/ m^2) とすると，入出の総数は $17,993.6$ 人，約18万人である。

§ 2. ネットワーク型の指定とシミュレーションの結果

銀座地区は大体長方形の要素に分け，シミュレーションをしたのであったが，浅草地区は色んな形の要素に分けて計算した。

図17はブロック，道路，交差点の他に，仮定道路を作り全部で99要素になった。

図18は§1(1)，(2)，(3)より総人数は48,320人とし，ブロック，道路に推定人数をはめこんだ。

図19は航空写真を使い，自動車数を調べ，318台であることが分った。

また交差点，道路，ブロックについての人の流出量の計算法は銀座地区と同様であるが，ブロックについては店の巾を小さくし 5 m と変え

$$1.5 \times \frac{Ba}{3.14} = 1.5 \times \frac{a \times 0.6}{5} \times \frac{1}{3.14}$$

浅草地区 人数（推定）

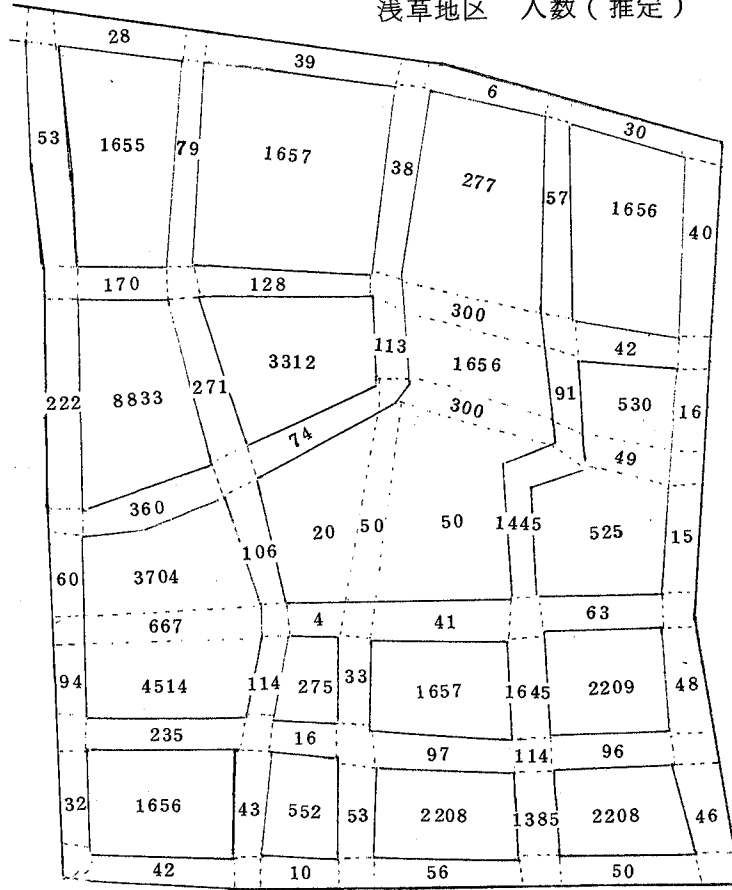


図 18

計 48,320 人

浅草地区 ブロック及び道路交差点

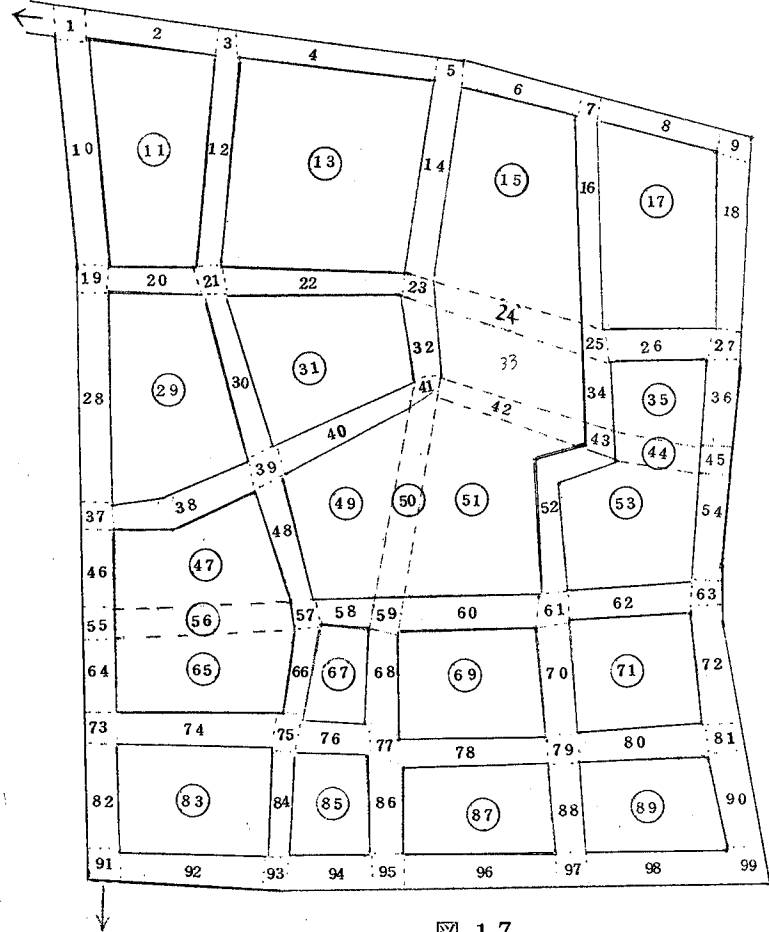


図 17

浅草地区 自動車数 計 318

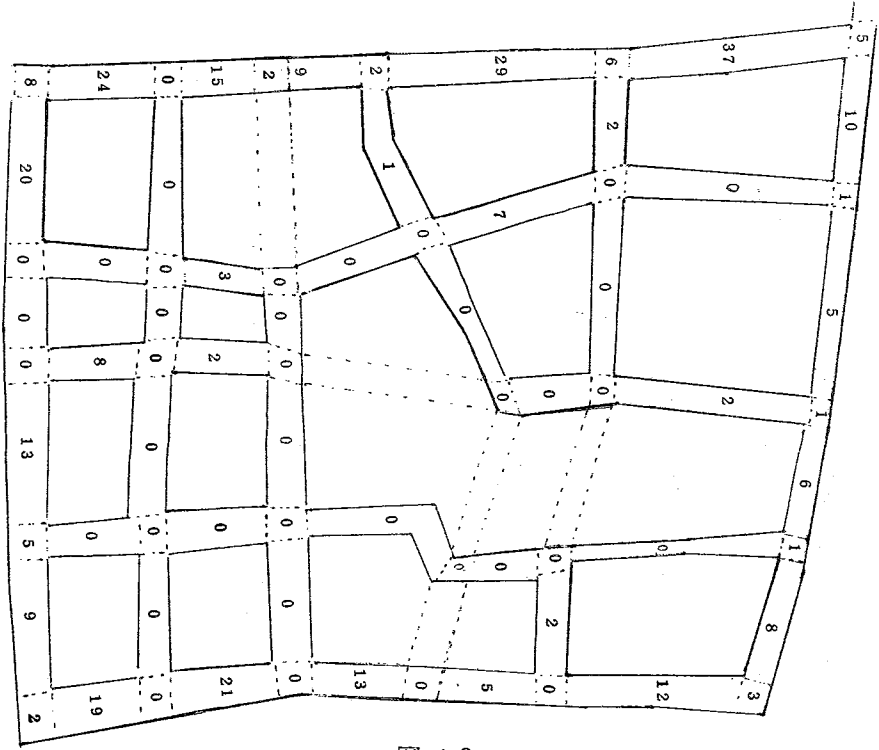


図 19

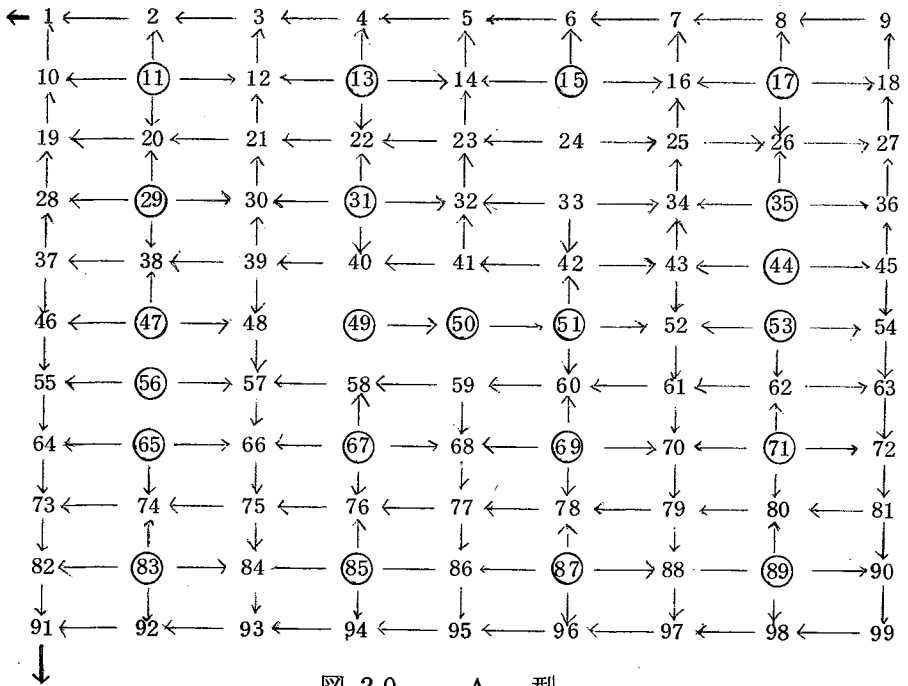


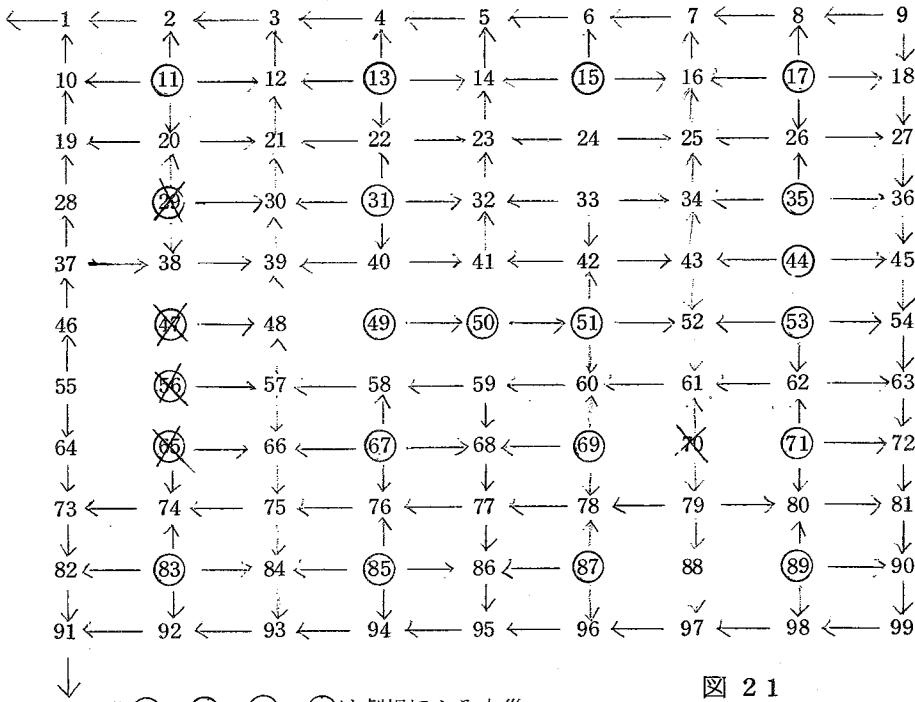
図 20 A 型

として用いた。

また自動車数は少いので、銀座地区での $K=0.2735$ の代りに $K=0.7130$ を用い、これを「場合5」として示した。

次にネットワーク型として普通のままのA型と、要素29, 47, 56, 65は劇場による火災、要素70は仲見世の火災、要素88が影響したものとしたC型とする。それに応じて、

(1)自動車は通っていない場合、(5)自動車が道路上一定間隔で整列して道路を狭めた場合の2つ



#(29), (47), (56), (65)は劇場による火災
#70は仲見世の火災、従って#88に影響あり

図 2 1
C 型

の場合についてシミュレーションを行った。

その結果は表7の通りである。これについて

も $\rho \leq 4$ となるようコントロールする。

(1) 自動車が通っていない場合

A-1型では避難時間は20分である。最

終道路の出口は2ヶ所あるため避難時間は短かった。また平均1人当りの避難時間は7分であった。

簡単な計算法をするならば、北地区には22,082人、南地区には26,238人として次のように考える。

場合	型	
	A	C
1	20分	25分
5	27分	35分

表 7 避 難 時 間

图 22-1 浅草 A-1 型

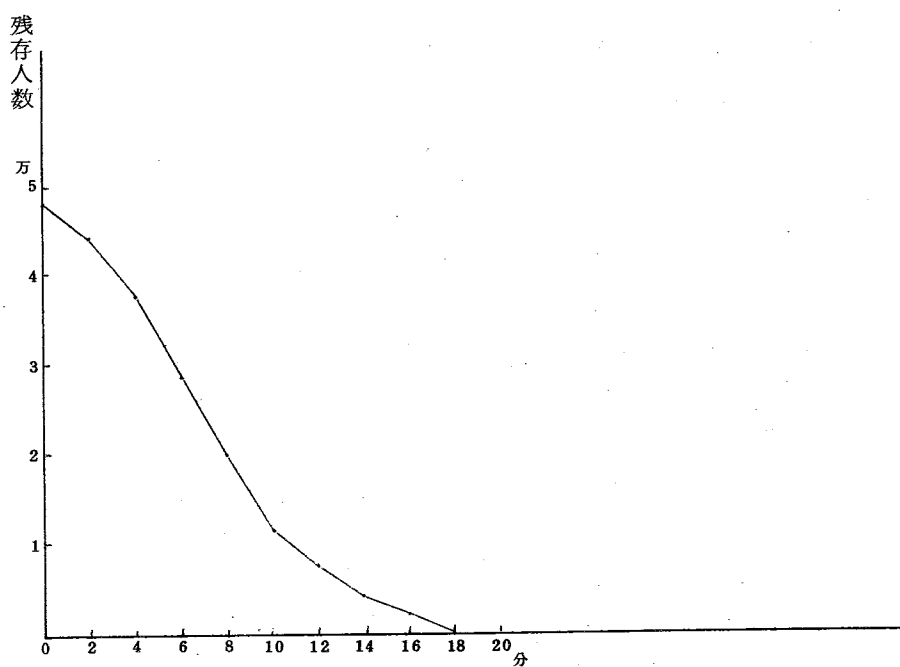
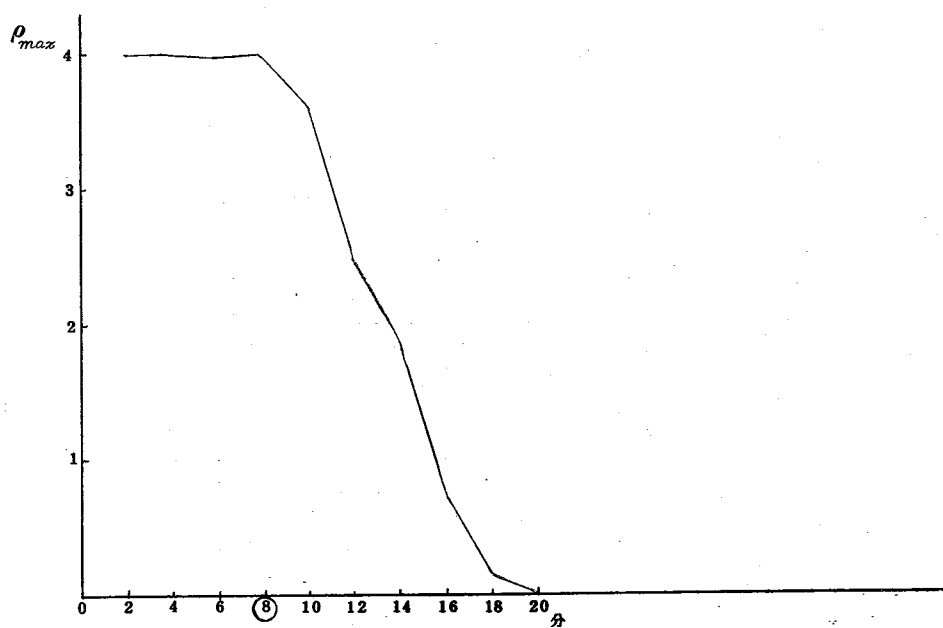
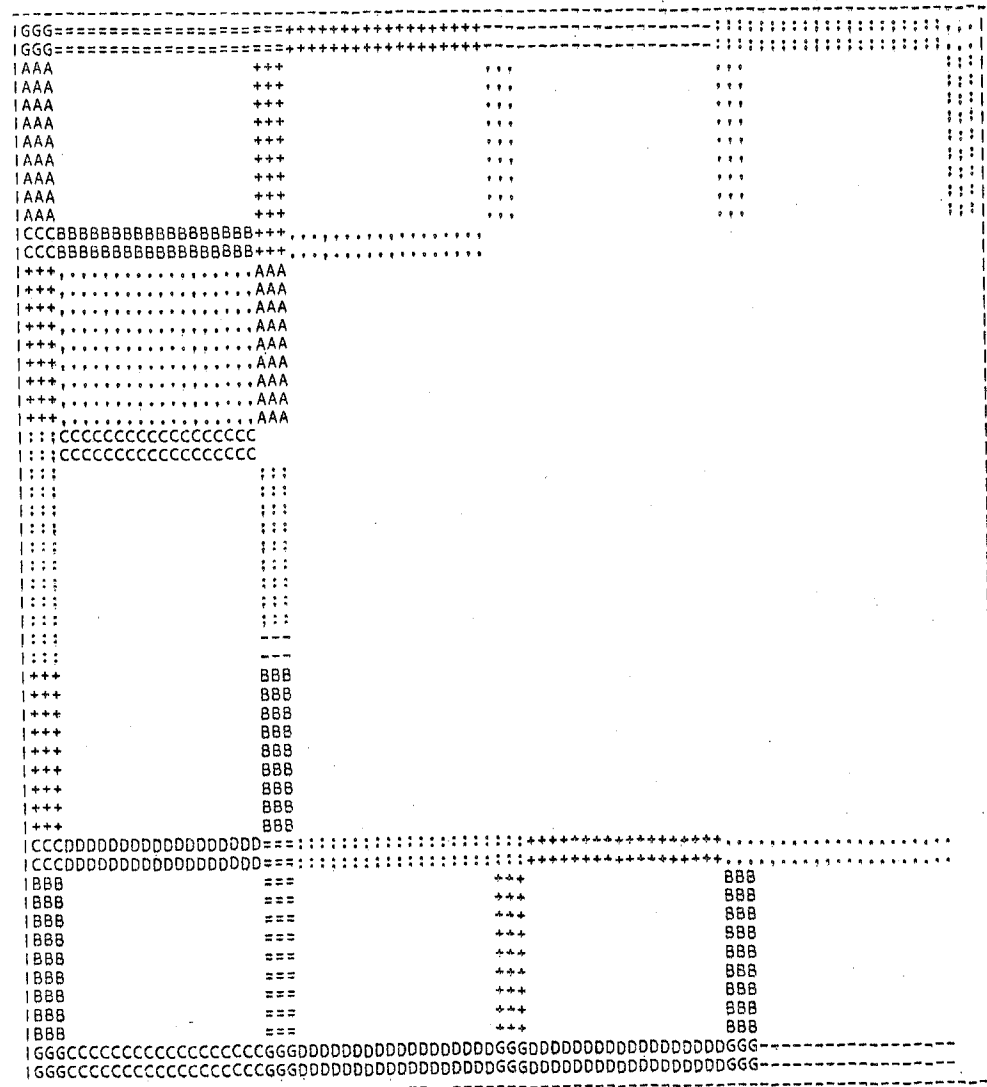


图 22-2 浅草 A-1 型





密度地図 — 4分後 —

浅草人口密度地図

記号	ρ
なし	~05
.	~01
:	~02
-	~03
+	~04
=	~05
A	~0.75
B	~10
C	~15
D	~20
E	~25
F	~30
G	30~

図 22-3 浅草 A-1 型

最後の道路の出口の中は北地区では22m、南地区では18mである。流出係数 $\phi=1.3$ としてみると、北地区からの避難時間は

$$\frac{22082}{1.3 \times 22} = 772 \text{ (秒)} \cdots \cdots 12 \text{分} 52 \text{秒}$$

南地区からの避難時間は

$$\frac{26238}{1.3 \times 18} = 1121 \text{ (秒)} \cdots \cdots 18 \text{分} 41 \text{秒}$$

である。

併せて大体19分位の避難時間となる。

ここでもしも最後の道路の出口が1つ(22m)だけとすると避難時間は

$$\frac{48320}{1.3 \times 22} = 1690 \text{ (秒)} \cdots \cdots 28 \text{分} 16 \text{秒}$$

即ち避難時間は28分位もかかるのである。

(2) 自動車通っていない時

C-1型では火災などのため避難時間が長くなり25分かかる。また平均1人当りの避難時間は9分であった。

C-1型の避難時間はA-1型の避難時間の約1.25倍かかっている。

(3) 自動車通っている場合

A-5型では避難時間は27分であった。また平均1人当りの避難時間は10分であった。

A-1型と比べると、1.35倍かかっている。

(4) 自動車通っている場合の略算法

浅草地区での自動車数は少いので、上にのべたように $K=0.7130$ であるから避難時間は自動車のない場合の $1/0.7130=1.4$ 倍位である。

北地区での避難時間は

$$772 \text{ 秒} \times 1.4 = 1081 \text{ 秒} \cdots \cdots 18 \text{分} 1 \text{秒}$$

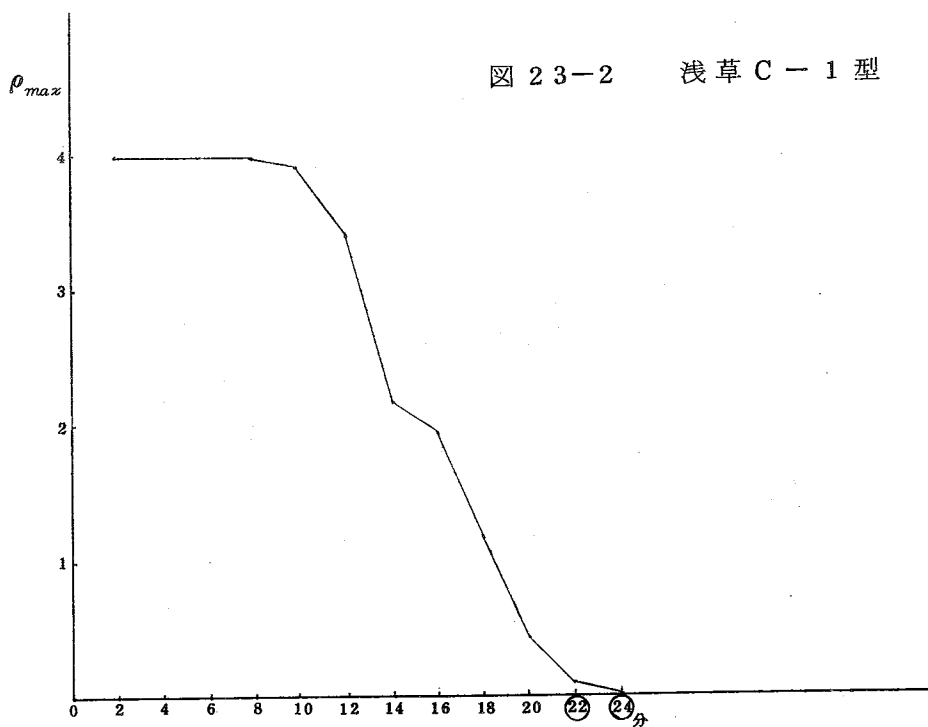
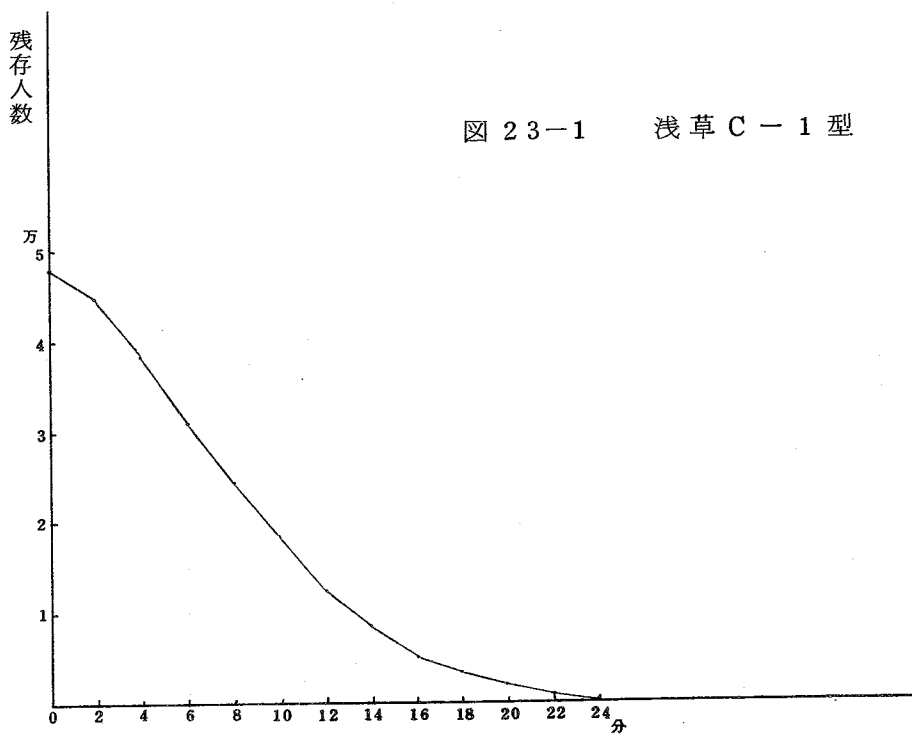
南地区での避難時間は

$$1121 \text{ 秒} \times 1.4 = 1569 \text{ 秒} \cdots \cdots 26 \text{分} 9 \text{秒}$$

従って全体では26分位かかる。

(5) 自動車通っている場合

火災のある時のC-5型では避難時間が35分かかった。また平均1人当りの避難時間は12分であった。



密度地图 — 4 分後 —

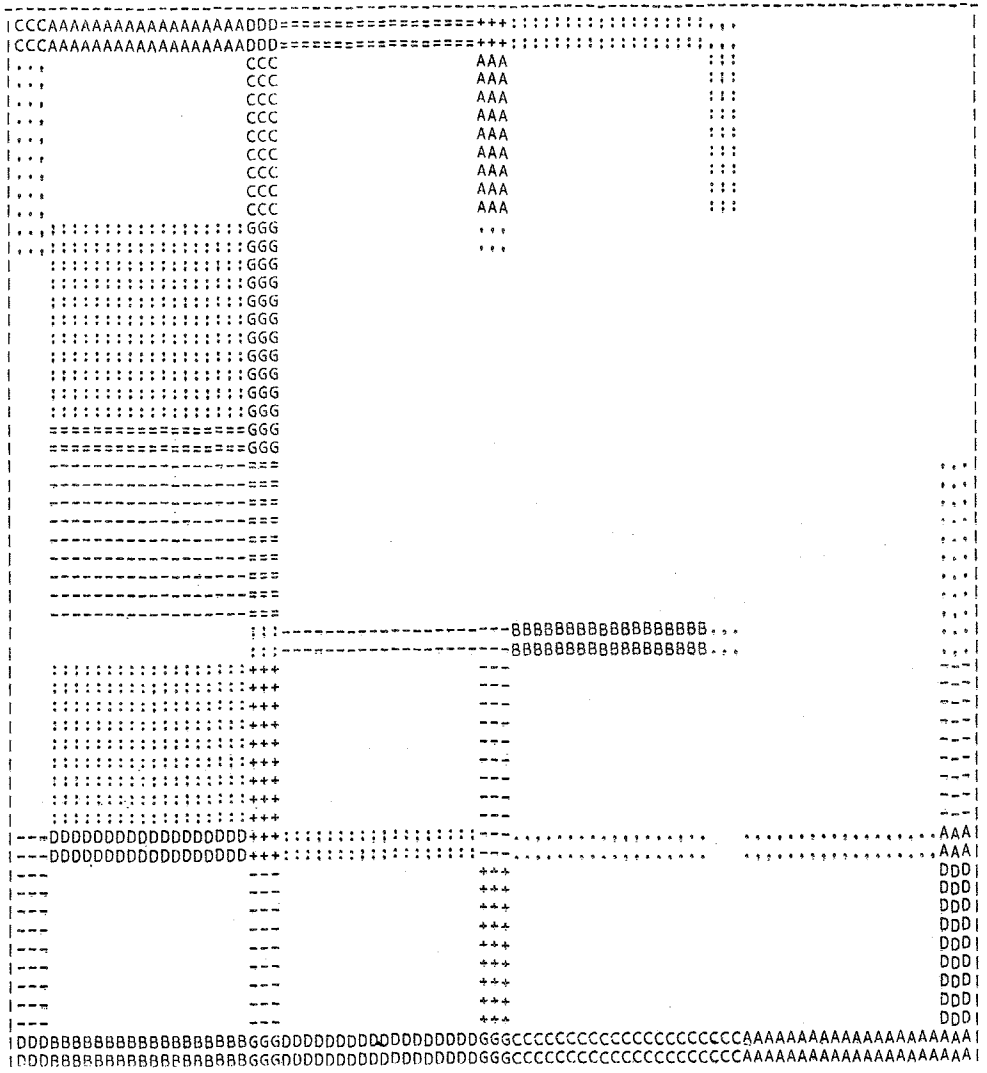
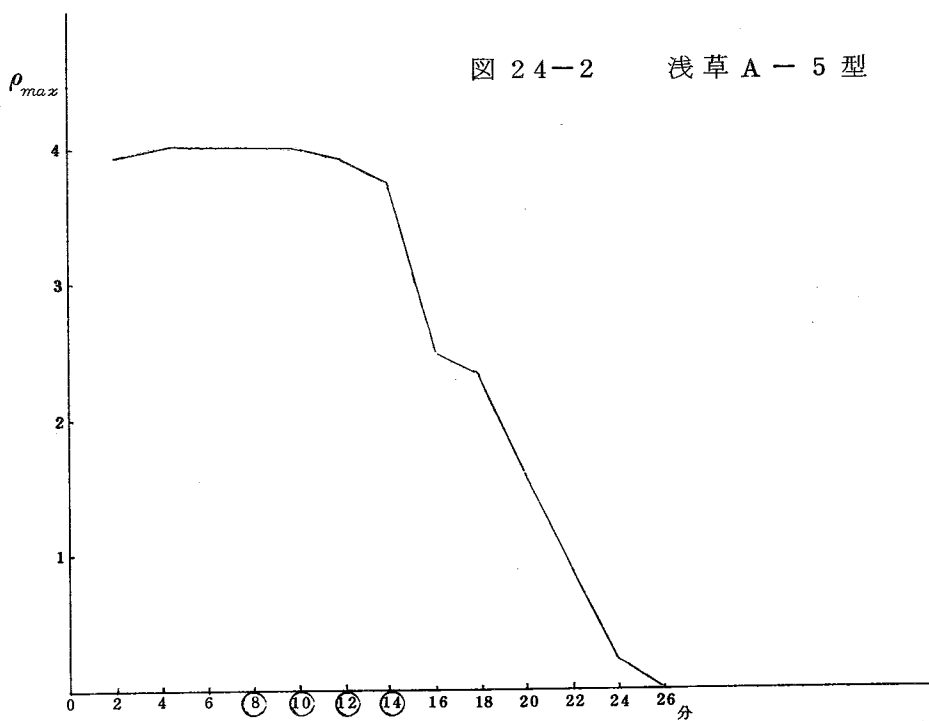
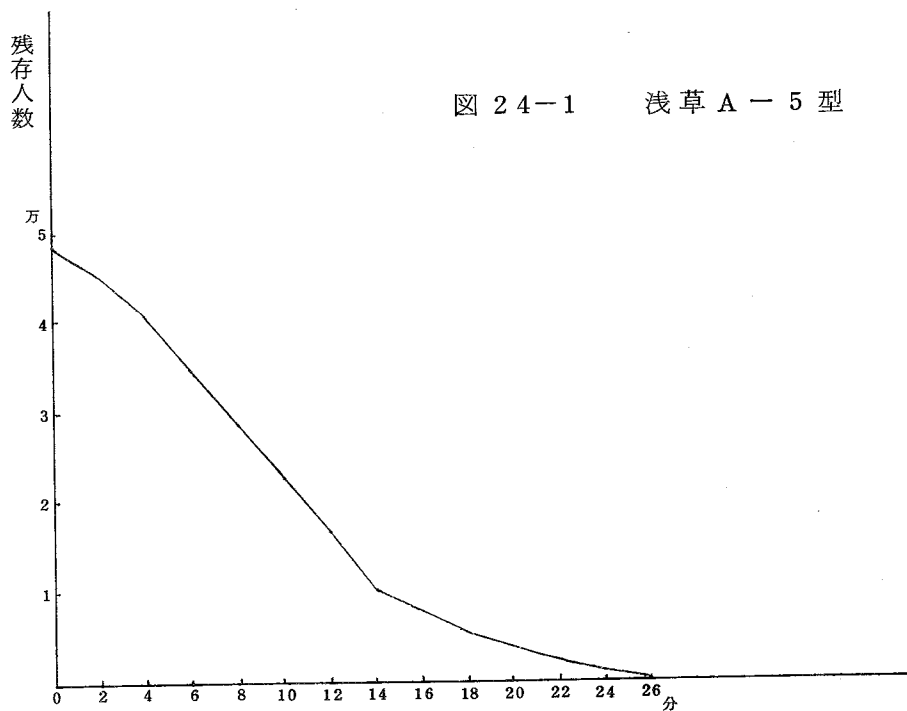


图 23-3 浅草 C - 1 型



密度地图 — 4分後 —

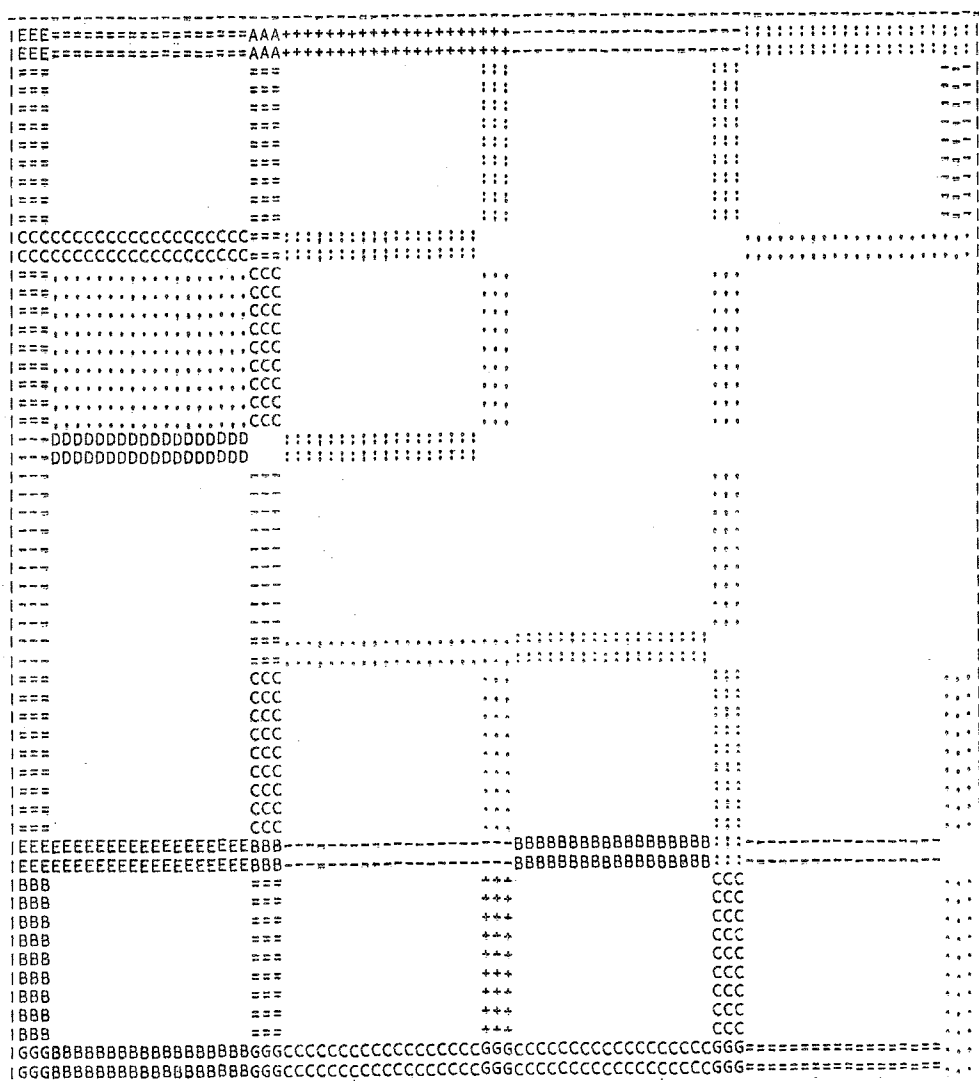
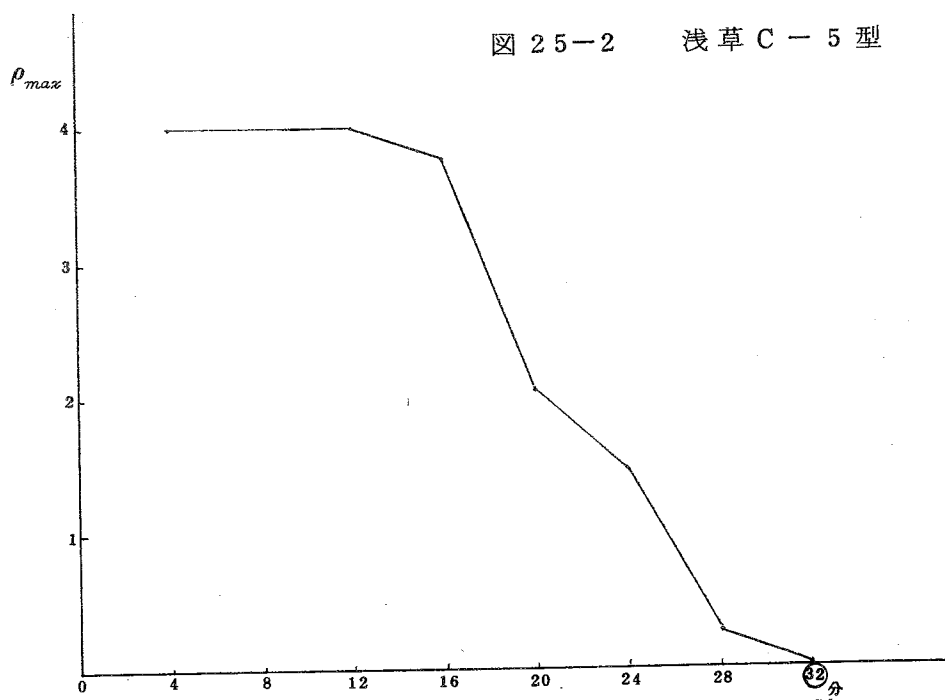
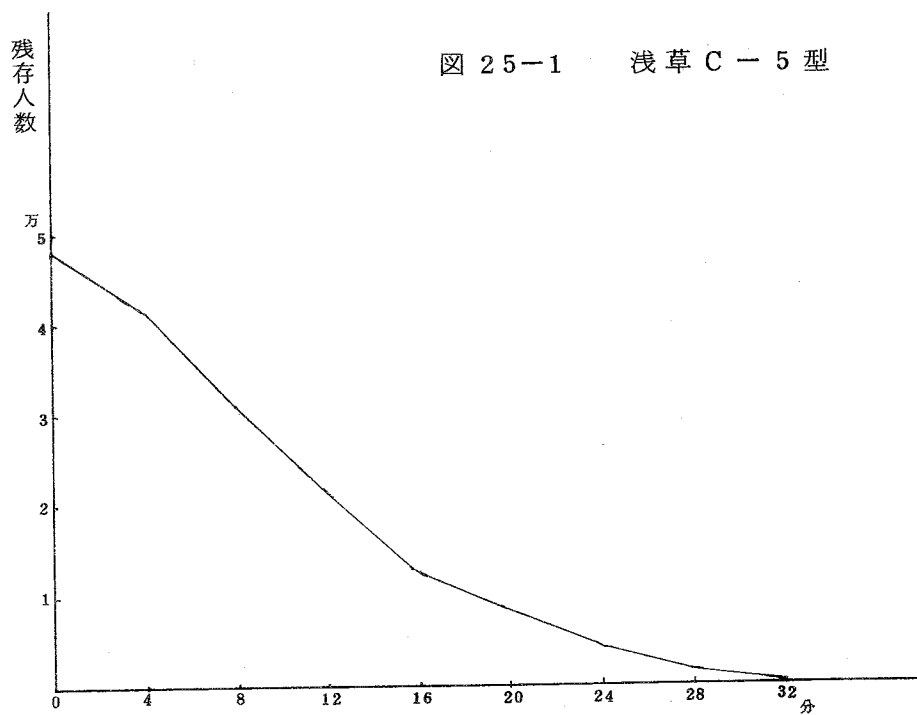


图 24-3 浅草 A-5 型



密度地圖 — 4 分後 —

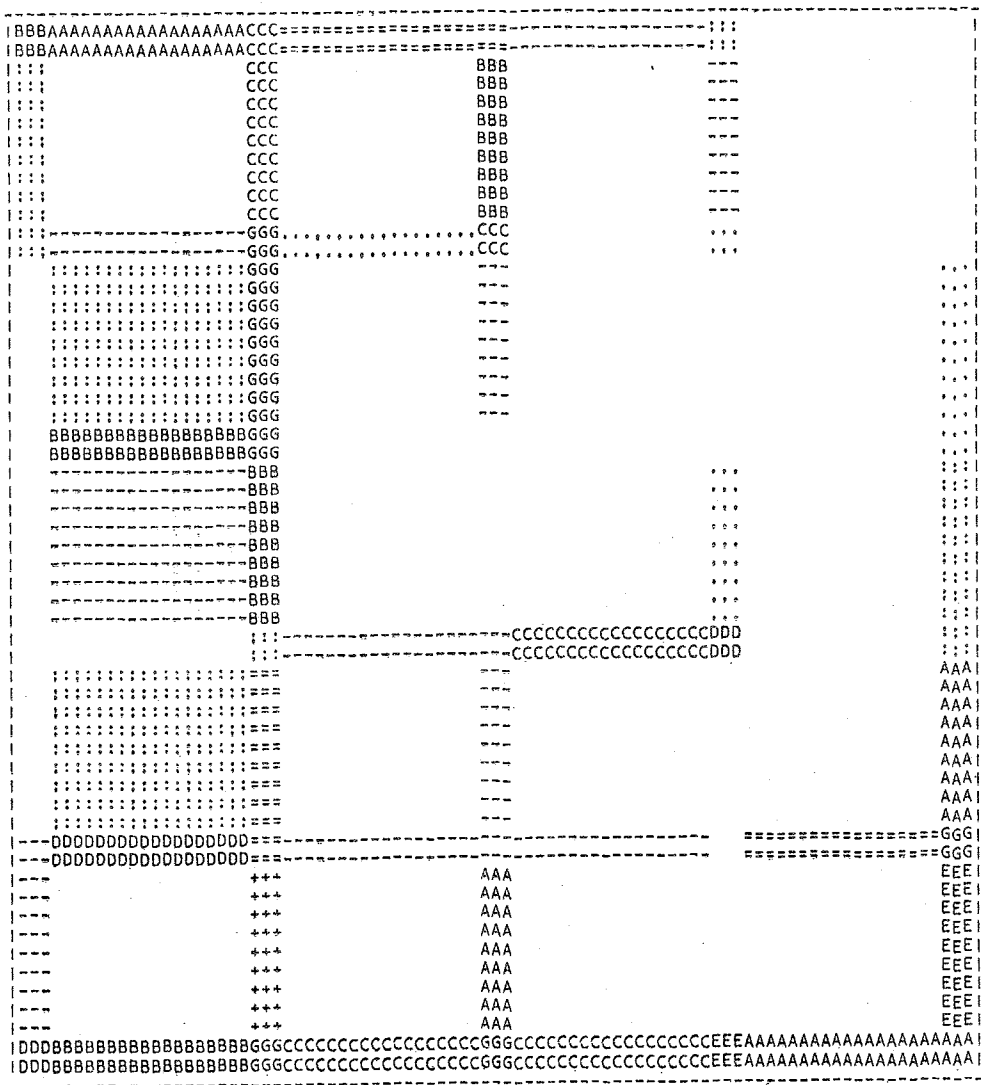


图 25-3 浅草 C-5 型

C-5型の避難時間はC-1型の避難時間の約1.4倍かかっている。またA-5型の避難時間の約1.3倍かかっている。

(6) この地区の出口から広域避難地である上野公園まで、言問通り(道路巾34m)では約1.4km, 浅草通り(道路巾36m)では約2kmの距離がある。これを通る人達の数全部で229千人となるので、最後まで避難時間は

$$\frac{229,000}{1.3 \times (36 + 34)} = 2,516 \text{ (秒)} \cdots \cdots 41 \text{ 分 } 56 \text{ 秒}$$

即ち約42分位かかることになる。

結 語

銀座地区、浅草地区についての災害避難のシミュレーションを研究したが、われわれの立場は色々なシミュレーションのやり方の中間的なものであった。換言すれば非常に細かく建物内まで要素をとり、火災も考えるようなモデル化するもの、もっと広い地域で、 1 km^2 当りの要素をとり火災も入れるモデル化するものとの両端があるが、われわれは前者に近い方のシミュレーションのやり方であった。

どの地域までとるか、どんな内容まで必要があるかなどによって、災害避難シミュレーションのやり方は変わってくるのである。

最初われわれが研究を始めた頃を思うと感慨無量であり、現在では幾人かの方がシミュレーションを行っておられ、電算機についても幾多の素晴らしいグラフィック・ディスプレイ装置も使われている。従ってわれわれは、これ以上研究を拡大するのをやめ、ここまでの1つの里程碑としたいと思います。

謝

辞

昭和47年度～昭和49年度において「災害対策のためのシステム分析」の研究が行われ、多くの方々と一緒に調査を行いました。この御協力に対して早く公表しようと思ひながら、青山の病気の為大変遅れてしまい、このような結果になりました。

下記の方々に対して心から厚く御礼申し上げます。

統計数理研究所

第三研究部 第二研究室長 鈴木 義一郎 氏

同 研究指導普及室長 杉山 高一 氏

同 第一研究室研究員 岡崎 卓 氏

第四研究部 第二研究室研究員

逆瀬川 浩 孝 氏

東京理科大学教授

牧 野 都 治 氏

成蹊大学教授

志 村 利 雄 氏

参 考 文 献

1. 戸川喜久二：群集流の観測に基く避難施設の研究，建設省建築研究所—建築研究報告
№14，1955
2. —：百貨店群集の密度の調査研究，火災 vol. 5，№2，1955
3. —：百貨店群集の避難計算について，火災 vol. 5，№2，1955
4. —：仙台丸光百貨店の火災時の群衆避難について，火災 vol. 6，№4，1957
5. —：群衆研究と心理の問題，火災 vol. 8，№3，1958
6. 東京における大震火災時の広域避難対策に関する第三次答申書，東京都防災会議地震部会，
1969. 6. 17
尚これに関する調査は東京都防災会議により昭和41年より行われている。
7. 牧野都治：デパートの客，数研研究リポート29，1971
8. —：客の動向調査—デパートの客とストアの客，数研研究リポート34，1973
9. 岡田光正，柏原士郎，辻正矩：デパート火災の危険性について，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），1973. 10
10. 岡田光正，吉田勝行，桑原正人：延焼過程を組込んだ避難シミュレーションによる大震火災時の人的被害の推定—その1 システムの開発，その2 大阪市におけるケーススタディ，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），1975，10
その3 大阪市におけるケーススタディ №2，日本建築学会近畿支部研究報告集，
1976，6
11. 岡田光正，吉田勝行，柏原士郎，辻正矩：建築と都市の人間工学，鹿島出版会，1977
12. 藤田隆史：大震火災時における住民避難の最適化，第13回SICE，1974，8
13. 災害対策のためのシステム分析—銀座地区人口調査—数研研究リポート39，1975
14. 災害対策のためのシステム分析—盛り場での災害意識調査—数研研究リポート40，
1975
15. 古村哲也：大震時避難シミュレーション，数理科学，№158，1976
16. 力武常次：地震予知のストラテジー，数理科学，№158，1976
17. —：地震（動物の動静等も含めて），学士会会報 1978—Ⅱ，№739

付録 コンピューター・プログラム

1. プログラム・リスト


```

PROGRAM SAIGAI
C *****
C      ===INPUT CARD SPECIFICATION===
C
C
C
C * CARD 1 : TITLE (COLS 1-80)
C * CARD 2 : INPUT PARAMETER (15,F5.0,10I5)
C *          ITER = NUMBER OF ITERATIONS
C *          P    = 0.7954
C *          NCK  = NUMBER OF PATHS
C *          NTL  = TOTAL NUMBER OF CELLS
C *          NYOKU= NUMBER OF CELLS (ACROSS)
C *          NTATE= NUMBER OF CELLS (DOWN)
C *          NSW  = 0 (GINZA), NSW = 1 (ASAKUSA)
C * CARD 3 : DATA INPUT FORMAT (9F5.0)
C * CARD 4 : INPUT DATA (NUMBER OF PERSONS)
C * CARD 5 : AREAL DATA:INPUT FORMAT (IF NSW=0 5F5.0, IF NSW=1 9F8.0)
C * CARD 6 : APEA OF CELL
C * CARD 7 : RESISTANCE
C * CARD 8 : WIDTH OF CELL:INPUT FORMAT (IF NSW=0 10F5.0, NSW=1 4F4.0)
C * CARD 9 : IF NSW=0, LENGTH OF CELL
C *          IF NSW=1, WIDTH OF FOUR SIDES OF CELL
C * CARD 10 : IF NSW=0, WIDTH OF CELL
C *           IF NSW=1, NOT REQUIRE THIS CARD
C * CARD 11 : DIRECTION:INPUT FORMAT (4F5.0)
C * CARD 12 : DIRECTION (1=OUT, -1=ENTER)
C * CARD 13 : TYPE OF CELL:INPUT FORMAT (9I1)
C * CARD 14 : TYPE OF CELL (1=CROSSING POINT, 2=ROAD, 3=BLOCK)
C * CARD 15 : EXIT:INPUT FORMAT (9I5)
C * CARD 16 : TOTAL NUMBER OF EXITS (COL 1-5) AND
C *          NUMBER OF CELL OF EXIT (COL 6-80)
C
C
C * -----PROGRAM BY N.OHSUMI AND S.TERAQ-----
C *****
C
C *****
C * === EXAMPLE 1 === (GINZA)
C
C * 1.....10.....20.....30.....40.....50.....60.....70....
C
C * *** GINZA MODEL A ***
C * 1800.7954 4 50 5 10 0
C * (5F5.0)
C * 0 84 0 90 0
C * . . .
C * 0 0 0 0 0
C * (5F5.0)
C * 448 3200 448 3520 352
C * . . .
C * 812 5800 812 6380 638
C * 24 184 32 288 48
C * . . .
C * 0 0 0 0 0
C * (10F5.0)
C * 16 230 14 245 36 235 16 235 16 29
C * 28 290 28 220 22

```

```

C * (4F5.0)
C *      0      0    -1      1
C *      .      .
C *      .      .
C *      1     -1      0      0
C * (2011)
C * 12121
C * . .
C * . .
C * 22222
C * (915)
C *      1      46
C *
C *
C *
C * == EXAMPLE 2 == (ASAKUSA)
C *
C * 1.....10.....20.....30.....40.....50.....60.....70....
C *
C * ASAKUSA MODEL C ***
C * 1800.7954      1  99      9   11      1
C * (9F5.0)
C *      9      28      0      39      0      6      0      30      0      1
C *      .      .
C *      .      .
C *      0      42      0      10      0      56      0      50      0      11
C * (9F8.0)
C *      396.0      2486.0      220.0      4202.0      220.0      2486.0      220.0      2288.0      220.0
C *      .
C *      .
C *      234.0      1676.0      130.0      910.0      195.0      1690.0      338.0      1300.0      130.0
C *      40      80      8      40      8      48      8      64      24
C *      .
C *      .
C *      .
C *      64      160      0      0      0      104      40      72      16
C * (3X,4F4.0)
C *      1  22  18  22  18
C *      .
C *      .
C *      99  13  10  13  10
C * (4F5.0)
C *      1      0     -1     -1
C *      .      .
C *      .      .
C *      1     -1      0      0
C * (911)
C * 121212121
C * . .
C * . .
C * 121212121
C * (915)
C *      2      1      91
C *
C *
C *

```

```

IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)

```

```

REAL*8 LC

```

```

DIMENSION DATA(11,9),ROW(15),COL(5),DIR(99,4),ITYPE(11,9),
1          RATIO(11,9),CORT(99,4),LC(99,4),LIST(99,4),LEX(10),

```

```

2          ID(4),TEXT(20),TK(99,4),
3          FMT(20),FMK(20),FME(20),FML(20),FMM(20),FMN(20),
4          V(11,9),WKA(11,9),WK(11,9),WA(100),ZZ(99,4),W(11,9)
C...DATA INITIALIZE
      READ(5,5000) TEXT
5000  FORMAT(20A4)
      READ(5,5100) ITER,P,NCK,NTL,NYOKO,NTATE,NSW
5100  FORMAT(I5,F5.0,10I5)
      PP=1.-P
      LK=120
C...INPUT CELL-DATA
      READ(5,5000) FML
      DO 10 I=1,NTATE
10     READ(5,FML) (DATA(I,J),J=1,NYOKO)
      IF(NSW,EQ,1) GO TO 1002
      DATA(4,4)=DATA(4,4)+4500.+4000.
      DATA(6,4)=DATA(6,4)+5000.
1002  CONTINUE
      TOTAL=0.
      DO 13 I=1,NTATE
      DO 13 J=1,NYOKO
13     TOTAL=TOTAL+DATA(I,J)
      READ(5,5000) FMT
      DO 1001 I=1,NTATE
1001  READ(5,FMT) (WK(I,J),J=1,NYOKO)
      DO 11 I=1,NTATE
11     READ(5,FML) (V(I,J),J=1,NYOKO)
C...SELECT THE TYPE OF RESISTANCE
      GO TO (1,2,3,4,5,6,7,8),NCK
1     CT=1.0
      DO 800 I=1,NTATE
      DO 800 J=1,NYOKO
      W(I,J)=0.
800   V(I,J)=0.
      GO TO 8000
C
2     CT=1.0
      DO 805 I=1,NTATE
      DO 805 J=1,NYOKO
805   W(I,J)=V(I,J)
      GO TO 8000
C
3     CT=0.2735
      DO 810 I=1,NTATE
      DO 810 J=1,NYOKO
      W(I,J)=0.
810   V(I,J)=0.
      GO TO 8000
C
4     CT=0.2735
      DO 820 I=1,NTATE
      DO 820 J=1,NYOKO
      W(I,J)=V(I,J)
820   V(I,J)=0.
      GO TO 8000
C
5     CT=0.7130
      DO 822 I=1,NTATE
      DO 822 J=1,NYOKO
      W(I,J)=V(I,J)

```

```

822 V(I,J)=0.
      GO TO 8000
C
6 CT=0.4835
  DO 824 J=1,NYOKO
    DO 824 I=1,NTATE
      W(I,J)=V(I,J)
824 V(I,J)=0.
      GO TO 8000
C
7 CT=1.0
  DO 825 I=1,NTATE
    DO 825 J=1,NYOKO
      W(I,J)=0.
825 V(I,J)=0.
      GO TO 8000
C
8 CT=1.0
  DO 826 I=1,NTATE
    DO 826 J=1,NYOKO
      W(I,J)=0.
826 V(I,J)=0.
8000 CONTINUE
C...INPUT THE ROAD-WIDTH (ROW AND COLUMN)
  IF(NSW.EQ.1) GO TO 1003
  READ(5,5000) FMK
  READ(5,FMK) (ROW(I),I=1,NTATE)
  READ(5,FMK) (COL(I),I=1,NYOKO)
  GO TO 1013
C...INPUT THE LENGTH OF CELL (IF NSW=1)
1003 CONTINUE
  READ(5,5000) FMK
  DO 912 I=1,NTL
    912 READ(5,FMK) (LC(I,J),J=1,4)
1013 CONTINUE
C
  DO 12 I=1,NTATE
    DO 12 J=1,NYOKO
      12 WKA(I,J)=0.
      IF(NSW.EQ.0) GO TO 140
      DO 130 I=1,NTATE
        ROW(I)=0.
130 CONTINUE
      DO 131 I=1,NYOKO
        COL(I)=0.
131 CONTINUE
      GO TO 14
140 DO 141 I=1,100
      DO 141 J=1,4
        LC(I,J)=0
141 CONTINUE
14 CONTINUE
  WRITE(6,603) TEXT,NCK
603 FORMAT(1H1,'----',20A4,'----',5X,'PATH=',I2/)
  WRITE(6,604) P,CT
604 FORMAT(1H0,'**PARAMETER**'/4X,'P=',F10.5,2X,'CT=',F10.5/)
  WRITE(6,605)
605 FORMAT(1H0,'**RESISTANCE**'/)
  WRITE(6,6011) (I,I=1,NYOKO)
  DO 9 I=1,NTATE

```

```

9 WRITE(6,6010) I,(V(I,J),J=1,NYOKO)
WRITE(6,655)
655 FORMAT(1H0,'** TABLE W(I,J) **'/)
WRITE(6,6011) (I,I=1,NYOKO)
DO 37 I=1,NTATE
37 WRITE(6,6010) I,(W(I,J),J=1,NYOKO)
IF(NSW.EQ.1) GO TO 1004
WRITE(6,600) (ROW(I),I=1,NTATE)
600 FORMAT(1H0,'**ROW VECTOR**'/2X,10F12.5)
WRITE(6,610) (COL(I),I=1,NYOKO)
610 FORMAT(1H0,'**COL. VECTOR**'/2X,5F12.5)
GO TO 1005
1004 WRITE(6,615)
615 FORMAT(1H1,' ** TABLE WK(I,J) **' /)
WRITE(6,6011) (I,I=1,NYOKO)
DO 137 I=1,NTATE
137 WRITE(6,6010) I,(WK(I,J),J=1,NYOKO)
WRITE(6,616)
616 FORMAT(1H1,' ** WIDTH OF ROAD **' /)
DO 38 I=1,NTATE
WRITE(6,6010) I,(LC(I,J),J=1,4)
38 CONTINUE
1005 CONTINUE
C...INPUT THE DIRECTION OF EACH CELL
READ(5,5000) FMM
DO 16 I=1,NTL
16 READ(5,FMM) (DIR(I,J),J=1,4)
WRITE(6,6000)
READ(5,5000) FMN
DO 17 I=1,NTATE
READ(5,FMN)(ITYPE(I,J),J=1,NYOKO)
17 CONTINUE
READ(5,5000) FME
READ(5,FME)(IEX(I),I=1,NYOKO)
WRITE(6,620)
620 FORMAT(1H0,'**DIRECTION**'/)
DO 116 I=1,NTL
116 WRITE(6,6110) I,(DIR(I,J),J=1,4)
6110 FORMAT(1H ,I4,2X,4F4.0)
WRITE(6,6012)
6012 FORMAT(1H1,' ** INPUT DATA **'/)
WRITE(6,6011) (I,I=1,NYOKO)
6011 FORMAT(1H ,6X, 9(5X,I2,5X))
DO 18 I=1,NTATE
18 WRITE(6,6010) I,(DATA(I,J),J=1,NYOKO)
WRITE(6,6000)
6000 FORMAT(1H1)
C:...CALCULATE THE RATIO OF EACH CELL
DO 48 I=1,NTATE
DO 48 J=1,NYOKO
48 RATIO(I,J)=DATA(I,J)/(WK(I,J)-W(I,J))
C...BEGINNING OF THE ITERATION
CALL CLOCK
L=0
IE=IEX(1)+1
DO 20 I=1,NTL
LIST(I,1)=I
LIST(I,4)=1
DO 19 J=2,IE
IF(I.EQ.IEX(J)) LIST(I,4)=0

```

```

19 CONTINUE
20 CONTINUE
   I=0
   DO 120 K=1,NTATE
   DO 120 L=1,NYOKO
   I=I+1
   LIST(I,2)=K
   LIST(I,3)=L
120 CONTINUE
   DO 21 I=1,NTL
   DO 21 J=1,4
   21 CORT(I,J)=0.
C...CORRECTION OF EACH BLOCK
   D1=(1.5*30.0)/3.14
   D2=(1.5*13.0)/3.14
   D3=(1.5*19.0)/3.14
   AA=4500.0
   BB=4000.0
   C1=5000.0
   DIFFR=0.
C...MAIN LOOP OF THE ALGORITHM
   DO 100 LLL=1,ITER
   DO 55 I=1,NTL
   II=LIST(I,2)
   IJ=LIST(I,3)
   PP=1.0-P
C...CALCULATE THE RATIO OF EACH CORRECTION
   IF(DATA(IJ).LT.0.01D00) DATA(IJ)=0.
830 CONTINUE
   R1=0.
   R2=0.
   R3=0.
   R4=0.
   TK(I,1)=0.
   TK(I,2)=0.
   TK(I,3)=0.
   TK(I,4)=0.
   CORT(I,1)=0.
   CORT(I,2)=0.
   CORT(I,3)=0.
   CORT(I,4)=0.
   DO 1807 JK=1,4
   ZZ(I,JK)=LC(I,JK)
1807 CONTINUE
   XX=ROW(II)
   YY=COL(IJ)
   IF(LIST(I,4).EQ.0) GO TO 1802
   IF(NCK.EQ.8) GO TO 1805
   IF(DIR(I,1).EQ.1.) R1=RATIO(II,IJ-1)
   IF(DIR(I,2).EQ.1.) R2=RATIO(II-1,IJ)
   IF(DIR(I,3).EQ.1.) R3=RATIO(II,IJ+1)
   IF(DIR(I,4).EQ.1.) R4=RATIO(II+1,IJ)
   GO TO 1806
1805 IF(DIR(I,1).EQ.1.) R1=1.
   IF(DIR(I,2).EQ.1.) R2=1.
   IF(DIR(I,3).EQ.1.) R3=1.
   IF(DIR(I,4).EQ.1.) R4=1.
1806 IF((DIR(I,1).EQ.1..AND.RATIO(II,IJ-1).LE.1.0D-6).
      *OR.(DIR(I,2).EQ.1..AND.RATIO(II-1,IJ).LE.1.0D-6).
      *OR.(DIR(I,3).EQ.1..AND.RATIO(II,IJ+1).LE.1.0D-6).

```

```

*OR.(DIR(I,4).EQ.1..AND.RATIO(II+1,IJ).LE.1.0D-6))
*GO TO 1803
RR=R1+R2+R3+R4
IF(RR.EQ.0.) GO TO 5555
TK(I,1)=(R1/RR)**PP
TK(I,2)=(R2/RR)**PP
TK(I,3)=(R3/RR)**PP
TK(I,4)=(R4/RR)**PP
GO TO 1801
1802 IF(DIR(I,1).EQ.1.) TK(I,1)=1.
IF(DIR(I,2).EQ.1.) TK(I,2)=1.
IF(DIR(I,3).EQ.1.) TK(I,3)=1.
IF(DIR(I,4).EQ.1.) TK(I,4)=1.
GO TO 1801
1803 IF(ITYPE(II,IJ).EQ.3) GO TO 1801
DO 1804 JK=1,4
TK(I,JK)=0.8
1804 CONTINUE
1801 CONTINUE
RX=DATA(II,IJ)/(WK(II,IJ)-W(II,IJ))
RO=RX**PP
RY=(1.5*0.6)/(10.*3.14)
IF(NSW.EQ.1) RY=(1.5*0.6)/(5.*3.14)
RZ=1.3*CT*RO
IF(RX.LE.0.5.OR.RR.LE.0.00001D00) RZ=2.256*RX*CT
IF(ITYPE(II,IJ).EQ.1) CALL KOSA(I,CORT,DIR,RZ,TK,NSW,XX,YY,ZZ)
IF(ITYPE(II,IJ).EQ.2) CALL DORO(I,CORT,DIR,RZ,TK,NSW,XX,YY,ZZ)
IF(ITYPE(II,IJ).EQ.3) CALL BLOCK(I,CORT,DIR,RY,NSW,XX,YY,ZZ)
555 CONTINUE
WWW=0.
DO 155 KL=1,4
IF(DIR(I,KL).EQ.1.) WWW=WWW+CORT(I,KL)
155 CONTINUE
IF(WWW.LE.DATA(II,IJ)) GO TO 5555
DO 156 KL=1,4
IF(DIR(I,KL).EQ.1.) CORT(I,KL)=DATA(II,IJ)*(CORT(I,KL)/WWW)
IF(DATA(II,IJ).LT.0.01D00) CORT(I,KL)=0.
156 CONTINUE
5555 CONTINUE
55 CONTINUE
C...CORRECTION OF EACH CELL AND DIRECTION
DO 60 I=1,NTL
DO 61 K=1,4
61 ID(K)=0
II=LIST(I,2)
IJ=LIST(I,3)
IF(DIR(I,1).LT.0.) ID(1)=(IJ-1)+NYOKO*(II-1)
IF(DIR(I,1).GT.0.) ID(1)=IJ+NYOKO*(II-1)
IF(DIR(I,2).LT.0.) ID(2)=IJ+NYOKO*(II-2)
IF(DIR(I,2).GT.0.) ID(2)=IJ+NYOKO*(II-1)
IF(DIR(I,3).LT.0.) ID(3)=(IJ+1)+NYOKO*(II-1)
IF(DIR(I,3).GT.0.) ID(3)=IJ+NYOKO*(II-1)
IF(DIR(I,4).LT.0.) ID(4)=IJ+NYOKO*II
IF(DIR(I,4).GT.0.) ID(4)=IJ+NYOKO*(II-1)
DIF=0.
DIF1=0.
DIF2=0.
DO 65 K=1,4
IF(DIR(I,K).EQ.0) GO TO 65
INDX=ID(K)

```



```

      IF(INDX.NE.I.AND.K.LE.2)   KKK=K+2
      IF(INDX.NE.I.AND.K.GE.3)   KKK=K-2
      IF(INDX.EQ.I)              KKK=K
      IF(RATIO(II,IJ).GE.4..AND.DIR(I,K).EQ.-1.)  CORT(INDX,KKK)=0.
      IF(K.EQ.1)  IJ=IJ-1
      IF(K.EQ.2)  II=II-1
      IF(K.EQ.3)  IJ=IJ+1
      IF(K.EQ.4)  II=II+1
      IF(II.EQ.0.OR.IJ.EQ.0)  GO TO 66
      IF(RATIO(II,IJ).GE.4..AND.DIR(I,K).EQ.1.)  CORT(INDX,KKK)=0.
66  IF(DIR(I,K).EQ.1.)  DIF1=DIF1+DIR(I,K)*CORT(INDX,KKK)
      IF(DIR(I,K).EQ.-1.)  DIF2=DIF2+DIR(I,K)*CORT(INDX,KKK)
      II=LIST(1,2)
      IJ=LIST(1,3)
65  CONTINUE
      DIF=DIF1+DIF2
      WKA(II,IJ)=DATA(II,IJ)-DIF
      IF(WKA(II,IJ).LE.1.0D-6)  WKA(II,IJ)=0.
      IF(NSW.EQ.1)  GO TO 60
      IF(II.EQ.4.AND.IJ.EQ.4)  GO TO 62
      IF(II.EQ.6.AND.IJ.EQ.4)  GO TO 63
      GO TO 60
62  ISW=1
      GO TO 64
63  ISW=2
64  FNIN=WKA(II,IJ)
      CALL CELLM0(FNIN,ISW,AA,BB,C1,D1,D2,D3)
      WKA(II,IJ)=FNIN
60  CONTINUE
      DO 77 I=1,NTATE
      DO 77 J=1,NYOKO
      IF(NSW.EQ.0)  WWK=ROW(I)*COL(J)
      IF(NSW.EQ.1)  WWK=WK(I,J)
      77  RATIO(I,J)=WKA(I,J)/(WWK-W(I,J))
C...PRINT OF RESULT FOR EACH ITERATION
      IF(MOD(LLL,LK).NE.0)  GO TO 200
      WRITE(6,6000)
      WRITE(6,6011) (I,I=1,NYOKO)
      DO 70 I=1,NTATE
      70  WRITE(6,6010)  I,(WKA(I,J),J=1,NYOKO)
      WRITE(6,6600)
6600  FORMAT(1H ,///)
      WRITE(6,6011) (I,I=1,NYOKO)
      DO 170 I=1,NTATE
      170  WRITE(6,6010)  I, (RATIO(I,J),J=1,NYOKO)
6010  FORMAT(1H ,I4,2X,9F12.5)
      WRITE(6,6000)
      NL=0
      IZERO=0
      NCELL=8
      DO 710 I=1,NTATE
      DO 710 J=1,NYOKO
      NL=NL+1
      WA(NL)=RATIO(I,J)
      710  CONTINUE
      CALL SUMDT(NL,NCELL,IZERO,WA)
      200  CONTINUE
C
      TDF=0.
      DO 71 I=1,NTATE

```

```

DO 71 J=1,NYOKO
TDF=TDF+WKA(I,J)
DIFFR=DIFFR+(DATA(I,J)-WKA(I,J))
71 CONTINUE
IF(TDF.LE.50.0) GO TO 1111
IF(MOD(LLL,LK).NE.0) GO TO 220
WRITE(6,6020) LLL,TDF,DIFFR
6020 FORMAT(1H, 2X,'ITERATION =',I4,2X,'SURVIVAL =',F10.4,3X,'OUT =',
# F10.4/)
DIFFR=0.
220 CONTINUE
IF(NCK.LE.2) KJK=120
IF(NCK.GE.3) KJK=300
IF(NSW.EQ.0) GO TO 225
C...PRINT OF DENSITY-MAP
IF(MOD(LLL,KJK).EQ.0) CALL GRAPH(RATIO,LLL)
GO TO 226
225 IF(MOD(LLL,KJK).EQ.0) CALL GRPH(RATIO,LLL)
226 CONTINUE
C...TRANSFORM OF DATA
DO 75 I=1,NTATE
DO 75 J=1,NYOKO
DATA(I,J)=WKA(I,J)
WKA(I,J)=0.
75 CONTINUE
C
100 CONTINUE
1111 CONTINUE
CALL CLOCK(AB,4)
ITIME=AB
WRITE(6,602) LLL,ITIME
602 FORMAT(//1H0,'FINAL ITERATION NO.=',I5,4X,'USED TIME=',I5,'SEC.'/)
STOP
E N D
SUBROUTINE GRPH(A,KL)
REAL*8 A(11,9),P(15)
DIMENSION SB(15),LIST(40,40),B(11,9)
DATA P/0.0000,0.05000,0.1000,0.2000,0.3000,0.4000,0.5000,0.75000,
* 1.0000,1.5000,2.0000,2.5000,3.0000/
DATA SB/' ',' ','-','+','A','B','C','D','E','F','G','V','W','X'
# 'Y'/
REAL LIST
LM=KL/60
WRITE(6,600)
600 FORMAT(1H1)
WRITE(6,6000) LM
6000 FORMAT(1H0//,' ** DENSITY MAP ** --- AFTER ',I3,' MINS. ---')
DO 200 I=1,10
DO 200 J=1,5
B(I,J)=SB(1)
200 CONTINUE
C
DO 100 I=1,10
DO 100 J=1,5
IF(A(I,J).LE.P(1)) B(I,J)=SB(1)
IF(A(I,J).GT.P(1).AND.A(I,J).LT.P(2)) B(I,J)=SB(2)
IF(A(I,J).GE.P(2).AND.A(I,J).LT.P(3)) B(I,J)=SB(3)
IF(A(I,J).GE.P(3).AND.A(I,J).LT.P(4)) B(I,J)=SB(4)
IF(A(I,J).GE.P(4).AND.A(I,J).LT.P(5)) B(I,J)=SB(5)
IF(A(I,J).GE.P(5).AND.A(I,J).LT.P(6)) B(I,J)=SB(6)

```

```

      IF(A(I,J),GE,P(6),AND,A(I,J),LT,P(7)) B(I,J)=SB(7)
      IF(A(I,J),GE,P(7),AND,A(I,J),LT,P(8)) B(I,J)=SB(8)
      IF(A(I,J),GE,P(8),AND,A(I,J),LT,P(9)) B(I,J)=SB(9)
      IF(A(I,J),GE,P(9),AND,A(I,J),LT,P(10)) B(I,J)=SB(10)
      IF(A(I,J),GE,P(10),AND,A(I,J),LT,P(11)) B(I,J)=SB(11)
      IF(A(I,J),GE,P(11),AND,A(I,J),LT,P(12)) B(I,J)=SB(12)
      IF(A(I,J),GE,P(12),AND,A(I,J),LT,P(13)) B(I,J)=SB(13)
      IF(A(I,J),GE,P(13)) B(I,J)=SB(14)
100  CONTINUE
C
      DO 300 I=1,3
      IS=2*I-1
      DO 1300 J=1,5
      DO 301 II=1,4
      JS=2*J-1
      DO 304 JJ=1,2
      L1=(I-1)*13+II
      L2=(J-1)*9+JJ
304  LIST(L2,L1)=B(JS,IS)
C
      IF(J,EQ,5) GO TO 305
      JS=2*J
      DO 303 JJJ=1,7
      L1=(I-1)*13+II
      L2=(J-1)*9+JJJ+2
303  LIST(L2,L1)=B(JS,IS)
305  CONTINUE
301  CONTINUE
1300 CONTINUE
C
      JS=2*J-1
      DO 302 II=1,4
      DO 302 JJ=1,2
      L1=(I-1)*13+II
      L2=38+JJ
302  LIST(L2,L1)=B(10,IS)
300  CONTINUE
C
C
      DO 350 I=1,2
      IS=2*I
      DO 1350 J=1,5
      DO 330 II=1,9
      JS=2*J
      IF(J,EQ,5) GO TO 335
      DO 310 JJ=1,7
      L1=(I-1)*13+II+4
      L2=(J-1)*9+JJ+2
310  LIST(L2,L1)=B(JS,IS)
C
335  CONTINUE
      JS=2*J-1
      DO 315 JJJ=1,2
      L1=(I-1)*13+II+4
      L2=(J-1)*9+JJJ
315  LIST(L2,L1)=B(JS,IS)
330  CONTINUE
1350 CONTINUE
C
      DO 340 II=1,9

```

```

      DO 340 JJ=1,2
      L1=(I-1)*13+II+4
      L2=38+JJ
340  LIST(L2,L1)=B(10,IS)
350  CONTINUE
C
      WRITE(6,6100)
6100  FORMAT(1H,2X,'+-----+')
      DO 400 I=1,40
      WRITE(6,1000) (LIST(I,J),J=1,30)
1000  FORMAT(1H,2X,'I',1X,30A1,1X,'I')
      400  CONTINUE
      WRITE(6,6100)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE GRAPH (X,IJK)
      DIMENSION X(1),Z(20),XZ(11,9),ST(20)
      REAL*8 X
      DATA MAX,ST/13,0.,0.05,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.75,1.,1.5,2.,2.5,3./
      DATA Z/' ','.',':','-','+','=' , 'A','B','C','D','E','F','G'/
      ITIME=IJK/60
      WRITE(6,6000) ITIME
      I1K=0
      DO 100 I1=1,99,11
      I1K=I1K+1
      DO 110 I2=1,11
      I3=I1+I2-1
      K=0
      XX=X(I3)
      DO 120 IS=1,12
      IF(XX.GE.ST(IS).AND.XX.LT.ST(IS+1)) K=IS
120  CONTINUE
      IF(XX.GT.ST(MAX)) K=MAX
      IF(K.LE.0) K=1
      IF(K.ST.MAX) K=MAX
110  XZ(I2,I1K)=Z(K)
100  CONTINUE
      DO 130 I1K=1,11
      LINE=2
      IF(MOD(I1K,2).EQ.0) LINE=9
      DO 130 Iw=1,LINE
      WRITE(6,6001) ((XZ(I1K,I),K=1,3),I=1,9,2),
      # ((XZ(I1K,I),K=1,18),I=2,9,2)
130  CONTINUE
      WRITE(6,6002)
      RETURN
6000  FORMAT(1H1/10X,'***',I4,' ***'/ 20X,89('-'))
6001  FORMAT(20X,'I',5(3A1,18X)/1H+,23X,4(18A1,3X),'I')
6002  FORMAT(20X,89('-'))
      END

```

```

SUBROUTINE CELLMD(FNIN,ISW,AA,BB,C1,D1,D2,D3)
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  IF(ISW.EQ.2) GO TO 100
  FNIN=FNIN-(AA+BB)
  AA=AA-D1
  BB=BB-D2
  IF(AA.LE.0.) GO TO 200
  IF(BB.LE.0.) GO TO 300
50  FNIN=FNIN+D1+D2
  FNIN=FNIN+AA+BB
  GO TO 500
200 AA=0.
  D1=0.
  GO TO 50
300 BB=0.
  D2=0.
  GO TO 400
100 FNIN=FNIN-C1
  C1=C1-D3
  IF(C1.LE.0.) GO TO 600
700 FNIN=FNIN+D3
  FNIN=FNIN+C1
  GO TO 500
600 C1=0.
  D3=0.
  GO TO 700
500 CONTINUE
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE KOSA(I,CORT,DIR,RZ,TK,NSW,XX,YY,ZZ)
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  DIMENSION CORT(99,4),DIR(99,4),TK(99,4),ZZ(99,4)
  IF(NSW.EQ.1) GO TO 100
  IF(DIR(I,1).EQ.1.) CORT(I,1)=RZ*XX*TK(I,1)
  IF(DIR(I,2).EQ.1.) CORT(I,2)=RZ*YY*TK(I,2)
  IF(DIR(I,3).EQ.1.) CORT(I,3)=RZ*XX*TK(I,3)
  IF(DIR(I,4).EQ.1.) CORT(I,4)=RZ*YY*TK(I,4)
  GO TO 200
100 IF(DIR(I,1).EQ.1.) CORT(I,1)=RZ*ZZ(I,1)*TK(I,1)
  IF(DIR(I,2).EQ.1.) CORT(I,2)=RZ*ZZ(I,2)*TK(I,2)
  IF(DIR(I,3).EQ.1.) CORT(I,3)=RZ*ZZ(I,3)*TK(I,3)
  IF(DIR(I,4).EQ.1.) CORT(I,4)=RZ*ZZ(I,4)*TK(I,4)
200 CONTINUE
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE DORO(I,CORT,DIR,RZ,TK,NSW,XX,YY,ZZ)
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  DIMENSION CORT(99,4),DIR(99,4),TK(99,4),ZZ(99,4)
  IF(NSW.EQ.1) GO TO 100
  IF(DIR(I,1).EQ.1.) CORT(I,1)=RZ*XX*TK(I,1)
  IF(DIR(I,2).EQ.1.) CORT(I,2)=RZ*YY*TK(I,2)
  IF(DIR(I,3).EQ.1.) CORT(I,3)=RZ*XX*TK(I,3)
  IF(DIR(I,4).EQ.1.) CORT(I,4)=RZ*YY*TK(I,4)
  GO TO 200

```

```

100 IF(DIR(I,1).EQ.1.) CORT(I,1)=RZ*ZZ(I,1)*TK(I,1)
   IF(DIR(I,2).EQ.1.) CORT(I,2)=RZ*ZZ(I,2)*TK(I,2)
   IF(DIR(I,3).EQ.1.) CORT(I,3)=RZ*ZZ(I,3)*TK(I,3)
   IF(DIR(I,4).EQ.1.) CORT(I,4)=RZ*ZZ(I,4)*TK(I,4)
200 CONTINUE
   RETURN
   END

```

```

SUBROUTINE BLOCK(I,CORT,DIR,RY,NSW,XX,YY,ZZ)
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  DIMENSION CORT(99,4),DIR(99,4),ZZ(99,4)
  IF(NSW.EQ.1) GO TO 100
  IF(DIR(I,1).EQ.1.) CORT(I,1)=RY*XX
  IF(DIR(I,2).EQ.1.) CORT(I,2)=RY*YY
  IF(DIR(I,3).EQ.1.) CORT(I,3)=RY*XX
  IF(DIR(I,4).EQ.1.) CORT(I,4)=RY*YY
  GO TO 200
100 IF(DIR(I,1).EQ.1.) CORT(I,1)=RY*ZZ(I,1)
   IF(DIR(I,2).EQ.1.) CORT(I,2)=RY*ZZ(I,2)
   IF(DIR(I,3).EQ.1.) CORT(I,3)=RY*ZZ(I,3)
   IF(DIR(I,4).EQ.1.) CORT(I,4)=RY*ZZ(I,4)
200 CONTINUE
   RETURN
   END

```

```

SUBROUTINE SUMDT(N,NCELL,IZERO,X)
C....PROGRAM FOR SUMMARIZATION OF DATA
  IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
  DIMENSION NFREQ(100),GROUP(100),POINT(100),X(100)
  DATA IIA/1H*/
C....SORTING ROUTINE
  L=N-1
  DO 120 J=1,L
    LL=L-J+1
    DO 110 I=1,LL
      LG=I+1
      IF(X(I).LT.X(LG)) GO TO 110
      A=X(I)
      X(I)=X(LG)
      X(LG)=A
    110 CONTINUE
  120 CONTINUE
C....TO CALCULATE THE RANGE
  RANGE=X(N)-X(1)
C....TO CALCULATE CELL BOUNDARIS,FREQUENCIES,MIDPOINTS
  IF(NCELL.EQ.0) NCELL=15
  DO 130 I=1,NCELL
130 NFREQ(I)=0
    IF(IZERO.EQ.1) GO TO 140
    WIDTH=RANGE/(NCELL-1.)
    RIDPT=WIDTH/2
    GROUP(1)=X(1)+RIDPT
    POINT(1)=X(1)
    GO TO 150
140 WIDTH=(X(N)-0.0)/(NCELL-0.5)
    GROUP(1)=0.0+WIDTH

```

```

        POINT(1)=GROUP(1)/2
150 DO 160 I=2,NCELL
160 GROUP(I)=GROUP(I-1)+WIDTH
        DO 190 I=1,N
        DO 170 M=1,NCELL
        IF(X(I).LE.GROUP(M)) GO TO 180
170 CONTINUE
180 NFREQ(M)=NFREQ(M)+1
190 CONTINUE
        DO 200 I=2,NCELL
200 POINT(I)=POINT(I-1)+WIDTH
C....CALCULATE THE MEAN
210 XSUM=0.0
        DO 220 I=1,N
220 XSUM=XSUM+X(I)
        AVE=XSUM/N
C....TO CALCULATE THE VARIANCE AND STANDARD DEVIATION
        PART1=0.
        DO 230 I=1,N
230 PART1=PART1+(X(I)-AVE)**2
        VAR=PART1/N
        VR=PART1/(N-1)
        SD=SQRT(VAR)
        SD1=SQRT(VR)
C....TO CALCULATE SKEWNESS
        SKW1=0.
        DO 240 I=1,N
240 SKW1=SKW1+(X(I)-AVE)**3
        SKW2=N*(SD**3)
        SKEW=SKW1/SKW2
C....TO CALCULATE THE MEDIAN
        J=(N+1)/2
        K=(N+2)/2
        XMED=(X(J)+X(K))/2
C....TO CALCULATE THE COEFFICIENTS OF VARIATION
        COEFV=SD1/AVE
C....PRINT OUT
        WRITE(6,2100) N,RANGE,COEFV
        WRITE(6,2200) AVE,VR,SKEW
        WRITE(6,2300) XMED,SD1,NCELL
        WRITE(6,2400)
        WRITE(6,2500)
        WRITE(6,2600)
        MAX=NFREQ(1)
        DO 250 I=2,NCELL
        IF(MAX.LT,NFREQ(I)) MAX=NFREQ(I)
250 CONTINUE
        DO 290 I=1,NCELL
        IF(MAX.LE.100) MAX=100
        IF(NCELL.LE.15) GO TO 260
        K=NFREQ(I)*100./MAX+0.5
        GO TO 270
260 K=NFREQ(I)*50./MAX+0.5
270 IF(NFREQ(I).EQ.0) GO TO 280
        WRITE(6,2700) POINT(I),NFREQ(I),(IIA,L=1,K)
        GO TO 290
280 WRITE(6,2700) POINT(I),NFREQ(I)
290 CONTINUE
        RETURN
C....FORMAT LIST

```

```

2100 FORMAT(1H , 'N', 8X, I4, 11X, 'RANGE', 5X, F12.5, 5X, 'COEF. VAR.', 1X,
1F12.5)
2200 FORMAT(1H , 'MEAN', 3X, F12.5, 5X, 'VARIANCE', 2X, F12.5, 5X, 'SKEWNESS',
13X, F12.5)
2300 FORMAT(1H , 'MEDIAN', 1X, F12.5, 5X, 'STD. DEV.', 1X, F12.5, 5X,
1'NO. OF CELLS', 1X, I4)
2400 FORMAT(1H0)
2500 FORMAT(1H0, 'CELL. MID.', 5X, 'FREQ. ')
2600 FORMAT(1H )
2700 FORMAT(1H0, F10.4, 6X, I4, 2X, 100A1)
END

```


2. 入力データの例

** ASAKUSA MODEL C ***

90000.7954 5 99 9 11 1
(9F5.0)
0 28 0 39 0 6 0 30 0 1
53 1655 79 1657 38 277 57 1656 40 2
0 170 0 128 0 300 0 42 0 3
222 8833 271 3312 113 1656 91 530 16 4
0 360 0 74 0 300 0 49 0 5
60 3704 106 20 50 50 1445 525 15 6
0 667 0 4 0 41 0 63 0 7
94 4514 114 275 33 1657 1645 2209 48 8
0 235 0 16 0 97 114 96 0 9
32 1656 43 552 53 2208 1385 2208 46 10
0 42 0 10 0 56 0 50 0 11

(9F8.0)
396.0 2486.0 220.0 4202.0 220.0 2486.0 220.0 2288.0 220.0 1
3834.0 18494.6 1740.0 30100.7 1480.0 20456.7 1700.0 14816.0 1390.0 2
1404.0 1241.5 130.0 1710.0 100.0 1515.0 100.0 920.0 100.0 3
2898.0 18827.0 1390.0 15091.4 780.0 11642.4 880.0 7920.2 910.0 4
180.0 1480.0 100.0 1300.0 100.0 1310.0 260.0 870.0 100.0 5
936.0 10387.8 1000.0 9309.1 2012.5 16527.7 2600.0 8312.6 830.0 6
180.0 1740.0 100.0 480.0 150.0 1300.0 260.0 1000.0 100.0 7
1332.0 12619.1 915.0 5111.8 1245.0 12400.5 2834.0 10584.7 1040.0 8
144.0 1216.0 80.0 560.0 120.0 1040.0 208.0 800.0 80.0 9
2034.0 16022.5 1090.0 6642.5 1365.0 11785.8 2366.0 9100.0 728.0 10
234.0 1976.0 130.0 910.0 195.0 1690.0 338.0 1300.0 130.0 11

40 80 8 40 8 48 8 64 24
296 0 0 0 16 0 0 0 96
48 16 0 0 0 0 0 16 0
232 0 56 0 0 0 0 0 40
16 8 0 0 0 0 0 0 0
72 0 0 0 0 0 0 0 104
16 0 0 0 0 0 0 0 0
120 0 24 0 16 0 0 0 168
0 0 0 0 0 0 0 0 0
192 0 0 0 64 0 0 0 152
64 160 0 0 0 104 40 72 16

(3X,4F4.0)
1 22 18 22 18
2 22 113 22 113
3 22 10 22 10
4 22 191 22 191
5 22 10 22 10
6 22 113 22 113
7 22 10 22 10
8 22 104 22 104
9 22 10 22 10
10 213 18 213 18
11 213 113 174 83
12 174 10 174 10
13 174 191 148 185
14 148 10 148 10
15 148 113 170 152
16 170 10 170 10
17 170 104 139 92
18 139 10 139 10
19 13 18 13 18
20 13 83 13 108
21 13 10 13 10
22 13 185 10 157

23	10	10	10	10
24	10	151	10	152
25	10	10	10	10
26	10	92	10	92
27	10	10	10	10
28	161	18	161	18
29	161	108	139	148
30	34	10	34	10
31	139	157	78	130
32	78	10	78	10
33	78	152	88	131
34	88	10	88	10
35	88	92	91	87
36	91	10	91	10
37	10	18	10	18
38	10	148	10	148
39	10	10	10	10
40	10	130	10	130
41	10	10	10	10
42	10	131	10	131
43	10	10	10	10
44	10	87	10	87
45	10	10	10	10
46	52	18	52	18
47	57	148	100	174
48	100	10	100	10
49	100	130	161	48
50	161	10	161	15
51	161	131	130	130
52	100	20	100	20
53	100	87	83	100
54	83	10	83	10
55	10	18	10	18
56	10	174	10	174
57	10	10	10	10
58	10	48	10	48
59	10	15	10	15
60	10	130	10	130
61	10	26	10	26
62	10	100	10	100
63	10	10	10	10
64	74	18	74	18
65	74	174	83	152
66	83	10	100	10
67	100	48	83	70
68	83	15	83	15
69	83	130	109	130
70	109	26	109	26
71	109	100	104	100
72	104	10	104	10
73	8	18	8	18
74	8	152	8	152
75	8	10	8	10
76	8	70	8	70
77	8	15	8	15
78	8	130	8	130
79	8	26	8	26
80	8	100	8	100
81	8	10	8	10
82	113	18	113	18

83	113	150	100	152
84	109	10	109	10
85	100	70	91	70
86	91	15	91	15
87	91	130	91	130
88	91	26	91	26
89	91	100	91	100
90	91	10	91	10
91	13	18	13	18
92	13	152	13	152
93	13	10	13	10
94	13	70	13	70
95	13	15	13	15
96	13	130	13	130
97	13	26	13	26
98	13	100	13	100
99	13	10	13	10
4F5.0)				
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
1	0	-1	-1	
0	1	-1	-1	
1	1	1	1	
-1	1	-1	-1	
1	1	1	1	
-1	1	-1	-1	
1	1	1	1	
-1	1	-1	-1	
1	1	1	1	
-1	-1	0	1	
0	1	-1	-1	
1	-1	1	-1	
-1	1	-1	-1	
1	1	1	1	
-1	1	-1	-1	
1	0	1	0	
-1	1	-1	-1	
1	-1	1	-1	
-1	-1	0	1	
0	1	0	-1	
0	1	1	1	
-1	1	-1	-1	
1	1	1	1	
-1	1	-1	-1	
1	0	1	1	
-1	1	-1	-1	
1	1	1	0	
-1	-1	0	1	
0	1	1	-1	
-1	-1	1	0	
-1	1	-1	-1	
1	-1	1	0	
-1	1	-1	0	
1	-1	1	-1	

-1	1	-1	1
-1	0	1	0
-1	-1	0	1
0	1	0	-1
0	0	1	0
-1	1	0	-1
0	0	1	0
-1	0	1	0
-1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	0	1	1
-1	-1	0	1
0	1	0	1
0	0	1	0
-1	1	-1	1
1	0	-1	-1
1	0	-1	1
1	-1	-1	-1
1	-1	-1	-1
1	-1	1	-1
-1	-1	0	1
0	-1	0	1
0	0	1	1
-1	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	1	0	1
0	1	0	1
0	1	1	1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	-1	-1	-1
1	-1	-1	1
1	-1	-1	-1
1	-1	-1	1
1	-1	-1	-1
1	-1	1	1
-1	-1	1	-1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	1	0	1
0	-1	0	1
0	1	1	1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	-1	-1	0
1	-1	-1	0
1	-1	-1	0
1	-1	-1	0
1	-1	-1	0
1	-1	-1	0
1	-1	-1	0
1	-1	0	0

(911)

121212121
232323232

121212121
232323232
121212121
232323232
121212121
232323232
121212121
232323232
121212121
(915)

2 1 91

*** GINZA MODEL A ***

99999.7954 1 50 5 10 0
(5F5.0)

0	84	0	90	0
84	7956	176	3954	90
0	260	0	359	0
176	9606	445	8252	269
0	415	0	468	0
239	7128	439	8038	199
0	325	0	260	0
86	7434	148	5826	61
0	87	0	61	0

(5F5.0)

448	3200	448	3520	352
644046000	644050600	5060		
392	2800	392	3080	308
686049000	686053900	5390		
1008	7200	1008	7920	792
658047000	658051700	5170		
448	3200	448	3520	352
658047000	658051700	5170		
448	3200	448	3520	352
812	5800	812	6380	638
24	184	32	288	48
136	0	408	0	864
48	136	32	248	48
392	0	424	0	360
192	824	96	704	168
416	0	280	0	208
8	136	16	136	16
488	0	424	0	104
16	80	16	224	48

(10F5.0)

16	230	14	245	36	235	16	235	16	29
28	200	28	220	22					

(4F5.0)

0	0	-1	1
1	0	1	-1
-1	0	-1	1
1	0	1	-1
-1	0	0	1
0	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1

1	1	1	1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	-1	1	-1
-1	-1	-1	1
1	-1	1	-1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	-1	1	-1
-1	-1	-1	1
1	-1	1	-1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	-1	1	-1
-1	-1	-1	1
1	-1	1	-1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	0	1
0	-1	-1	1
1	1	1	1
-1	-1	-1	1
1	-1	1	0
-1	-1	0	1
1	-1	-1	0
1	0	-1	0
1	-1	-1	0
1	0	-1	0
1	-1	0	0

(911)
 12121
 23232
 12121
 23232
 12121
 23232
 12121
 23232
 12121
 22222
 (915)
 1 46

Research Report

General Series No. 43

THE REFUGE SYSTEM FROM THE DISASTER BY AN EARTHQUAKE

by

Hirojiro Aoyama, Noboru Ohsumi

and Setsuko Terao

TÔKEI-SÛRI KENKYÛZYO

Institute of Statistical Mathematics

4-6-7 Minami-Azabu, Minato-ku,

Tôkyô 106, Japan.