

# 診 療 所 の OR

原 野 秀 永\*

この問題は東京芝浦電気株式会社のある工場における診療所において、医者は何名置いたらよいかという問題である。現状は次のようであった。

この工場では工場内に診療所を有し、工場従業員および、その家族に対して診療を行なっている。診療所の業務としては、

- 1) 工場従業員およびその家族の診療
- 2) 工場における災害に対する診療
- 3) 工場における結核の対策
- 4) 工場衛生および採用者の診断
- 5) その他

である。

以上のように多くの業務があるために、従業員およびその家族に対する診療は午前中に限られている。ところが現状としては、従業員の診療に時間がかかり、そのために仕事は中断され、その損失はかなりの額に上がることが予想される。診療時間の大部分が医師の不足によるための診療待ちである。したがって診療時間の短縮のためには医師増加が望ましい。ところが、1名の医師の増加は1ヵ月に30~40万円の経費の増加となる。したがって、何名医師を増したらよいか問題となり、これをオペレーションズ・リサーチで解くことを要求された。

## 1. 現状の調査

われわれとしては、工場側の人びとと共に現状の調査を始めた。この工場は次のような人員構成である。(第1表)

単位千人

	正 規		臨 時	計
	職 員	工 員		
男 子	0.54	1.40	1.23	3.17
女 子	0.13	0.72	0.86	1.72
計				4.89

第1表

年度	32	33	34	35	36	38	千人 単位
人員	3.6	3.9	4.8	6.4	6.8	7.2	

第2表

なお、この工場の人員増加の状況は第2表のとおりで、これから将来3年後の人員に対して計画をたてることとした。

さらに過去1ヵ年間の診療所を利用したものの状況は第1図のごとくで、内科、外科と状況は

\* 東京芝浦電気株式会社 昭和35年11月6日第8回研究発表会において講演 昭和36年11月11日受理

異なっていた。

過去のデータとして利用できたのは以上の  
ごときもので、それ以外は新たに調査をする  
必要があった。

従来の診療を受ける手順は次のとおりであ  
った。

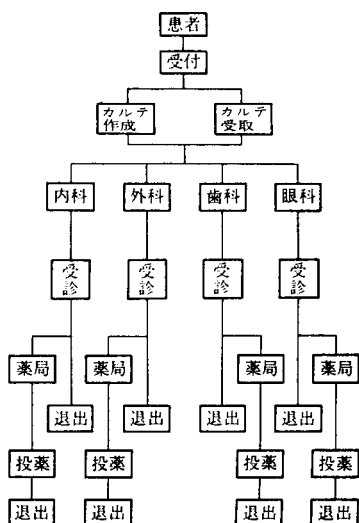
1) 患者が診療所に来ると、受付に氏名を  
申出て、

a) 新患ならば、カルテの作成を受け、こ  
れを内・外・歯および眼科のいずれかに  
患者が提出する。

b) 旧患ならば、カルテを受取って、これ  
を内・外・歯および眼科のいずれかに患  
者が提出する。

2) 各科の医師は受付順に患者の診療を行なう。外科の場合には処置を看護婦が行なうことも  
ある。

3) 診療が終れば、a) 薬を必要とするものは投薬を受けて帰る。b) 薬を必要としないもの  
は直ちに職場に帰る。



第2図

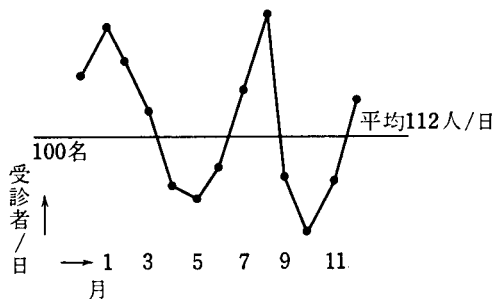
6) 投薬を必要とするものは薬を受取った時刻を記入し、

7) 診療所を退出する時間を調査員において記入した。

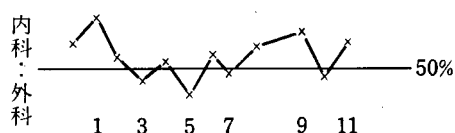
これに使用した調査表は第3表のごときものである。

以上によって得られたデータ全部をレミントン・カードにパンチして、これにより調査結果の

平均受診者数の月間変化



内科：外科受診者比



第1図

これをフローチャートに書けば第2図のようになる。

このフローチャートをもとにして、12月16日より26日まで診療を受けた全員に対して調査を行なった。

調査は次のようにした。

1) 患者が受付に来れば、入口において第3表の調査表を受取り、所要の事項を記入し、以後診療の終るまで持参する。

2) 入口においては患者が来た時刻を調査員が記入する。

3) 新患の場合には、申込受付の時刻を調査員が記入する。

4) 患者が診察室に入る時をもって診療開始と考えて、この時間を調査員が記入する。

5) 患者が受診を終って診察室より退出する時間をもって診療終了と考えて、この時間を調査員が記入する。

No. _____	月	日
調 査 表		
診 療 科 目	内 外 歯 眼	
所 属	課	
	男	女
1 入 所 時 刻	時	分
2 申 込 受 付	〃	〃
3 診 療 開 始	〃	〃
4 診 療 終 了	〃	〃
5 投 薬	〃	〃
6 退 出	〃	〃
備 考		
休 養 室		
健 診		

第3表

で男女の別はない). これには非常に短時間のものより1時間に及ぶものがある.

内科の平均 18.52分

外科の平均 12.79分

である.

この総時間を, a) 待ち時間, b) 受診時間, c) その他, に分けると, つぎのとおりになる

	a) 待ち時間	b) 受診時間	c) その他	
内科	58%	20.6%	21.4%	100%
外科	42.2%	34.2%	23.6%	100%

このことから, 待ち時間の短縮が総受診時間を短縮するのに関して key point であることがわかる. われわれとしては, b) の受診時間を変えることは困難である.

3) 待ち時間分布は第6~7図のとおりで, かなり長時間待たされているものもあるし, また外科と内科とでは状況が異なっている. 外科は2人以上診察室に入室することもあるので, 平均待ち時間は短かいと考えられる. したがって, 内科の問題が処理されれば, 外科は自動的に処理できるであろう.

内科の平均 10.84分

外科の平均 5.44分

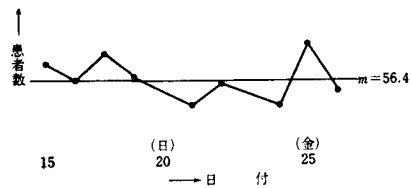
4) 診療に要する時間分布は第8~9図のとおりで, かなり長い時間にわたっている.

この非常に長いものは内科では結核, 外科では治療後の安静によるものである. 後で示すよう

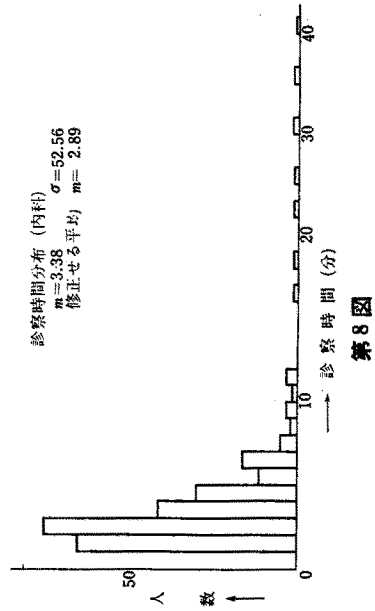
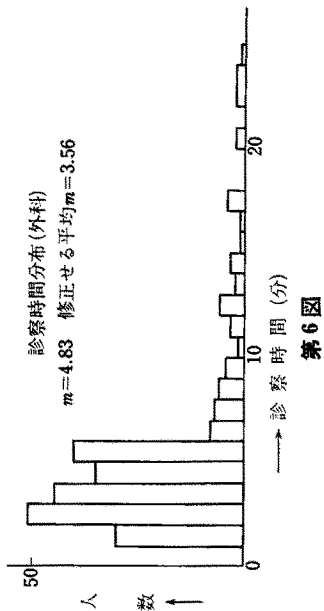
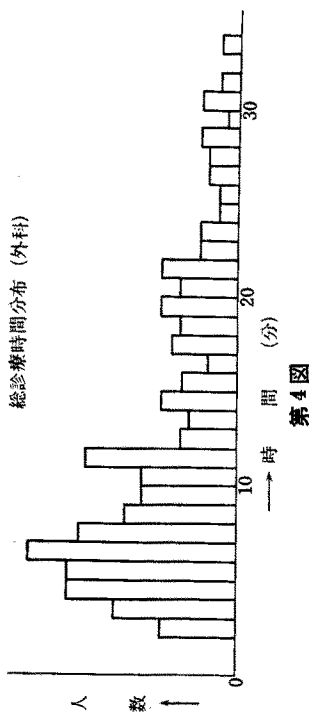
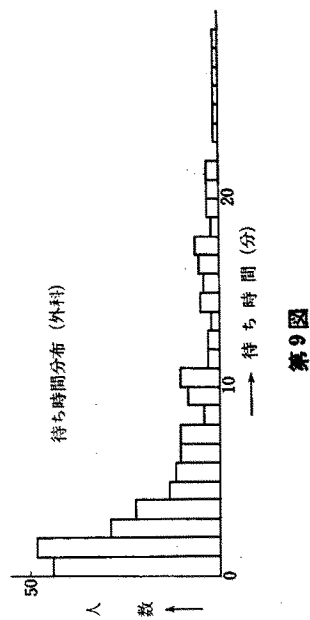
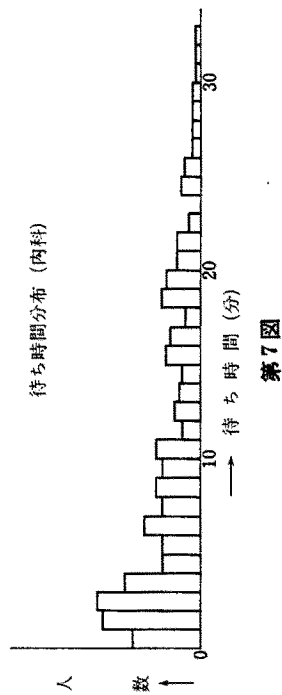
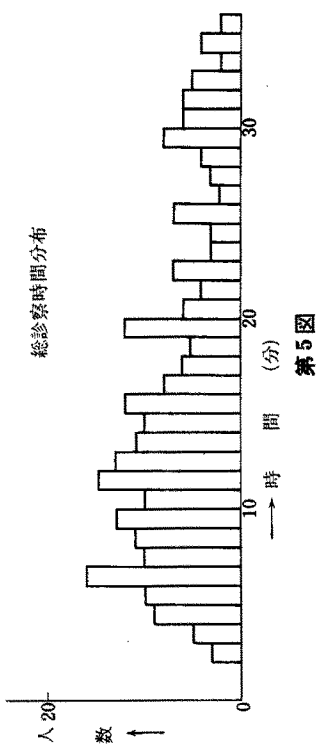
解析を行なった.

1) 調査期間中の受診者総数の数の変動は第3図のとおりで, 従来(1月~11月までの平均112名と比較すると, 明らかに有意差が見られた. このことは調査を始めると受診者の減少が見られた. すなわち従来のごとく無制限に診療を受付けていると, その中には受診の必要のないものも含まれている. またこの調査期間中には受診者は平均化されており, 特に1日に集中している様子はない. また内, 外科の患者数はほぼ等しく, 眼科は無視してよい.

2) 受診に要する総時間分布は第4~5図のとおりである(内科, 外科別



第3図



に、内科ではこの長い時間のものがそれ以後の待ち時間を大きくしている。

内科の平均 3.38分

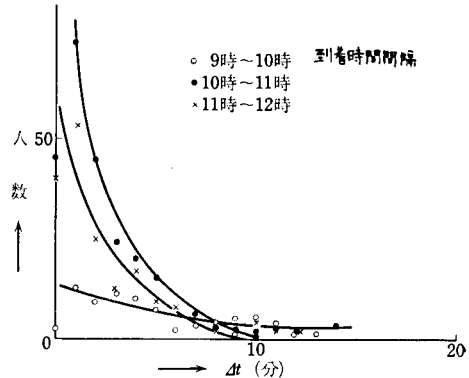
外科の平均 4.83分

外科の平均の長いのは、10～20分のところに小さい山のあるためと思われる。

5) 到着時間間隔(ある人が診療所に着いてから次の人の来るまでの時間)は第10図に示してある。

これを全体を一つとして見ないで、9時より10時、10時より11時、11時より12時に層別してみると、それぞれ異なった型となっている。10時～11時、11時～12時はほぼ似ていて、指数型に近いが、9時～10時までは非常に異なった型である。

10時～11時、11時～12時までは  $\Delta t$  が0に近いところに山がある。このことは患者は相接して来ることが多い。それに対して9時～10時はバラバラと人が来ることを示している。



第10図

## 2. 調査より得られた推論

調査より得られた推論はつぎのようなものである。

1) 調査が始まると、明らかに従来の平均よりも少ししか受診していない。診療に対して従来は制限はなかったがなんらかの形で許可制とする必要がある(他の工場で許可制としている所もある)。

2) 診療時間中の大きな部分を占めているのは待ち時間である。これの短縮をはかる必要がある。

3) 診療時間の短縮をはかることは技術的に困難である。しかし非常に長時間かかる診察には午後に、といったことは可能であろう。

4) 投薬その他の時間もかなり大きい。これは技術的に解決できる(大量に必要とする薬はあらかじめ作っておく。どれを選ぶかは過去のデータより統計的に出すことにすれば、この時間の短縮は可能である)。

5) 待ちのできる最大原因は到着時間が時間ごとに異なることであろう。9～10時は来る人もバラバラであり、10時～11時、11時～12時になるにつれて人が相接して来ることになる。

これが待ちのできる原因である。9～12時にわたって来る人の平均化をはかれば待ち時間は少なくなるはずである。

一般の場合には、この平均化は非常に困難であり、したがって、われわれの打つ手としては、医師を増加させることが一番有効である。今の場合には工場の管理下にあるから、ある程度の平

均化は可能である。

6) 男女性別の区別を行なう必要のないことが判明している。

以上のデータの解析より

- 1) 診療には、なんらかの形で制限を行なう、
- 2) 診療を受ける人の到着をコントロールする、

という2点を中心に考えて、新しいシステムを作ることとした。解析は内科について行なえば充分であるとして、内科にのみ限った。

内科の1日の受診数は、1週間平均28名であったが、将来の伸びを考えて50名を限度とした。つぎに9時より診療を始めて12時までに完了するとすると、その間の平均到着時間は3.6分となり、内科の平均診察時間3.38分以内となるから、常識的な意味で行列が無限になることはない想定される。したがって、10分間に3名ずつの人間を受診すればほぼ満足するであろうことが考えられる(完全にランダムだとすると行列は無限に延びるのであるが、10分間に3名とすれば多分この条件で行列が無限に続くことはないであろうと推定された)。

この問題は待ち行列の問題となる。一般の待ち行列の問題は解析的に解かれているが、このような特殊な問題に対しては解かれていない。その理由としては

- 1) 入力が10分間に3名(この3名の来る状況はランダムとする)といったものの解はない。
- 2) 必要としている解は時間が無限にたった後のエルゴードの状態ではなくて、有限の時間(人間は50名に切られている)における過渡的な状況である。

以上の2点のためにシミュレーションを行なった。

### 3. シミュレーションモデルの作成

先に述べたように、問題は医師の不足ではなくて、診療所に来る人数が時間により差があるために起こったものと推定された。したがって、診療所に来る従業員の数を時間的に調整(たとえば10分間に3人)すれば、この問題は解決できる。時間的に調整したときにどのような状況になるかをシミュレートすることにして、つぎのようなモデルを作った。

ある時間を起点として(たとえば9時00分)、 $i$ 番目の患者の来た時間を $t_i$ とする。

$$\begin{aligned} t_i &= 10k + \Delta t \\ i &= 3k + r \quad r=0, 1, 2. \end{aligned} \tag{1}$$

$i$ 番目の人の待ち時間を $w_i$ 、 $i$ 番目の人の診療時間を $\tau_i$ とする。つぎの量を計算する。

$$\left. \begin{aligned} t_i + w_i + \tau_i - t_{i+1} > 0 \quad \text{ならば} \\ w_{i+1} &= t_i + w_i + \tau_i - t_{i+1} \\ t_i + w_i + \tau_i - t_{i+1} \leq 0 \quad \text{ならば} \\ w_{i+1} &= 0 \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

ここに  $At$  は  $0, 1, 2, 3, \dots, 9$  よりなる一様乱数より抽出したものを3個, 小さいものより大きいものに並べたものである.

$r=0$  のものが一番小さく

$r=1$  のものが中位

$r=2$  のものが一番大きい.

また  $\tau_i$  は一定の分布(診療時間分布)よりの乱数である.

### シミュレーションの実施

この計算を行なうのに univac 120 を用いた.

この計算機はメモリーが少なく, また計算のステップも限られているので手作業が多くなり, そのため時間を必要とした.

カードの設計についてはつぎのとおりである.

マスターカード 1000枚

第 3 列~第 19 列 18桁の一様乱数

第 25 列~第 26 列 実測分布よりの乱数(2桁).

シミュレーション用のカード(マスターカードより 50 枚取って複製したもの)

第 1 列~第 2 列 シミュレーションの番号

第 15 列~第 16 列 18桁のものの中の第 15 および 16 列を複製したもの

第 25 列~第 26 列 マスターカードの 25 ~ 26 列を複製

第 30 列~第 33 列 計算結果の中で  $T_n + w_n + \tau_n = B_n$  を打つ

第 35 列~第 38 列  $\tau_n + w_n$  を打つ

第 37 列~第 38 列  $w_n$  を打つ.

計算のステップはつぎのとおりである.

1) 1000 枚のカードに 16 桁の一様乱数を発生させる.

一様乱数の発生には連乗法を 2 度用いた. 16 桁を二分し 8 桁ごとにした.

$$x_{n+1} = kx_n \pmod{M}$$

$k=23$   $M=108+1$  で, 前半の出発点には  $x_0=67110948$ , 後半の出発点には  $x_0=28524262$  とした.

この一様乱数発生のためには univac 120 を用いた.

2) 実測せる診療時間分布より実測累積度数分布を作った.

3) 1)の方法で作った 1000 枚のカードをソーターにかけて, 下 3 桁の乱数を大きさの順に並べた.

4) カードの一様乱数の下 3 桁に対応する実測分布の値をカードに打つ(手作業).

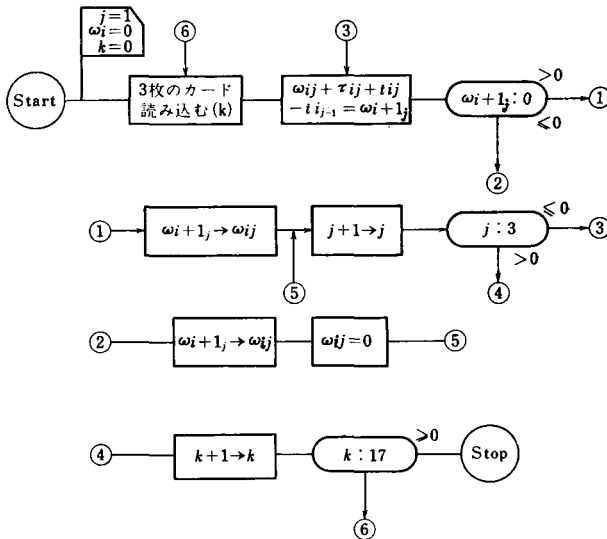
5) カードをランダムに並べ, その中より 50 枚取り出す. ランダムに抽出する方法としては一様乱数の中より下 4 桁をはぶき(12 桁ある), この 12 桁の中より任意の 2 桁を取り出して, そ

れを大きさの順に並べ、その中より小さいものから数えて 50 枚取り出す。

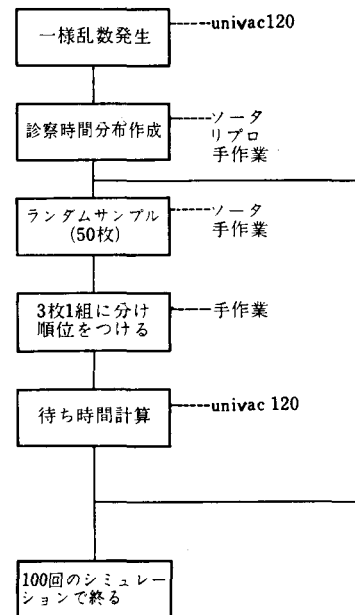
- 6) このカードをリプロにかけてマスターカードの 15 および 16 列, 25~26 列を打つ(複製されたカードを *B* カードと呼ぶ)。
- 7) マスターカードは元の 1000 枚の中に返しておく。
- 8) *B* カードの順序を変えないようにして 3 枚ずつの組を作る。
- 9) 3 枚の組の中で 15 列に着目して、大きさの順序に 3 枚を並べ変える (3 枚一組としたものの順序は変えない)。
- 10) このように並べた 50 枚を univac 120 にかけて計算し,  $w_n, w_n + \tau_n, t_n + w_n + \tau_n$  を計算させ、所定の列にパンチさせる。
- 11) 計算のフローチャートは第 11 図に示してある。
- 12) 1 回のシミュレーションが終わったら、5) にもどって別にランダムサンプルをとり、以下同様の操作を繰り返す。
- 13) 100 回のシミュレーションが終わったらシミュレーションごとにデータをプリントすると同時に、全データをまとめてソーターにかけて  $w_n, \tau_n + w_n$  の分布を求める。

以上の操作を図示すると、第 12 図のようになる。

以上の操作には、かなりの手作業が伴うが、使用した計算機がメモリーが少なく、また演算のステップも限られているので、以上のような状況となった。メモリーの多い計算機があれば、手作業の部分は計算機械が行なうことになり、時間は非常に短縮されるであろう。



第 11 図



第 12 図

### 結果の解析

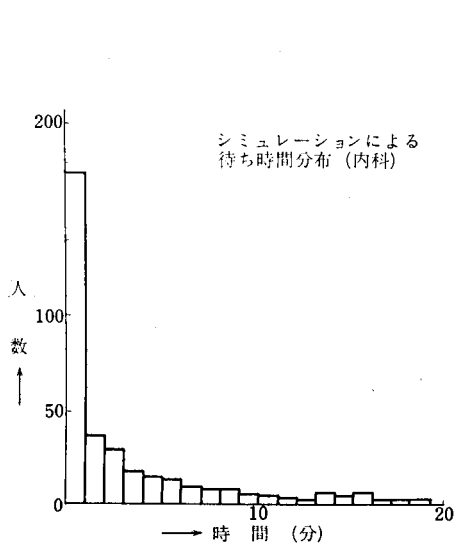
シミュレーションの結果として



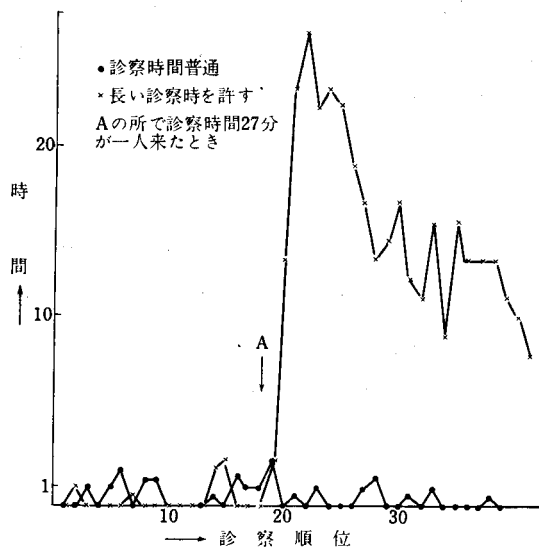
- 1) 内科における待ち時間分布
- 2) 内科において、非常に診療時間の長いものが入ったときにどのような影響があるかの問題
- 3) 20分間に6名がランダムにきたときの状況

を中心に解析を行なった。外科、眼科、歯科に関しては同様のシミュレーションを行なったが、同様な結果が得られたので、ここでは述べてない。

内科における待ち時間は第13図のようになり、従来のデータ(第7図)と比較すると非常に改善されほとんど問題はない。ただし非常に時間の長いところに山が見られるが、これはつぎに述べる診療時間の非常に長いものが来たときの影響である。これをはぶくと非常にきれいな分布となり、ほぼ満足される。



第13図



第14図

また内科における待ち時間が、時間的にどのように推移するかを示したものが第14図である。これより判明するように、普通の場合であればほぼ満足すべき状況にあるが、一度長い診療時間が入ってくると、その影響は長くつづいて、来た患者はかなり長い時間待たされることになる。したがって診療に当っては長時間かかると推定されるもの(主として結核患者)は別にあつかう必要がある。

また受診に来させるものを、10分間に3名の代りに、20分間に6名とすると、どのようになるかを行なった結果、多少待ち時間が増加するようである。したがって、実施可能な点を考えると10分に3名が適当であろう(あまり時間を短くすると、時間を患者に通知することその他で問題が起こる)。

以上により新しいインストラクションをつぎのようにした。

- 1) 従来受診に対しては野放しであったが、申込み制にする。診療を受けんとする者は9時までに各課庶務係を通じて診療所に申込み。

- 2) 診療所においては申込を受けると10分間に3名が来るように考えて各課庶務係を通じて患者に通知する。
- 3) 診療は9時より開始する。
- 4) 患者は指定された時間に診療所に行き受診する。また指定時間内に来訪しない患者は最後にまわして診療する。
- 5) 医師が診断して、診断に長時間かかると推定されるものは最後に診断を行なう。
- 6) 外来患者は11時以後に行なう。
- 7) なお急患の場合は最優先に行なう。

このようなインストラクションを定めて実施をした結果、従来見られたような、診療所において、かなり長時間待つことはほとんどなくなり、1人の医師の増加もなく円滑に運営されている。