

98

家畜伝染病発生数の時系列解析

伊藤 全



DATA FILE A

EF-219S

家畜伝染病発生数の  
時系列解析

伊藤 全

## 目 次

はじめに	1
材料と方法	7
I. 解析用データ	7
II. 解析の方法	9
1. モデル	9
2. 傾向変動の分離	10
3. 循環変動の分離	11
4. 回帰方程式の作成	12
5. 回帰方程式の有用性の検討	13
a) 適合性	13
b) 予測誤差	14
c) 有用性係数	14
計算	16

成績	17
1. 傾向変動の分離	17
2. 循環変動の分離	18
3. 回帰方程式の作成	19
4. 回帰方程式の有用性の検討	19
a) 適合性	19
b) 予測誤差	20
c) 寄与率と予測誤差の関係	22
d) 有用性係数	22
考察	50
結論	65
謝辞	70
文献	71
参考図. 実測値と推定値	82
付1. 時系列データのオに対する 重回帰分析	102
付2. ペリオドグラム分析	105
付3. SCHUSTERの周期性の検定	109
付4. フロログラム	112

## 目 次

表 1.	年度別家畜伝染病発生数	8
表 2.	偏回帰係数	24~25
表 3.	循環変動	26~27
表 4.	得られた回帰方程式	28~30
表 5.	寄与率	31
図 1.	寄与率	32~34
表 6.	予測誤差	35
図 2.	予測誤差	36~38
表 7.	予測誤差(絶対値)	39
図 3.	予測誤差(絶対値)	40~42
図 4.	寄与率と予測誤差の関係	43~44
表 8.	有用性係数	45
図 5.	有用性係数	46~47
表 9.	有用性係数が最小の方程式の 寄与率と予測誤差(絶対値)	48
表 10.	最大の寄与率, 最小の予測誤差 (絶対値), 最小の有用性係数	49
参考図.	実測値と推定値	82~101

## はじめに

数学的な手法による伝染病発生予測の先駆者といわれる William Farr [42] は、1867年、当時英国で猖獗をきわめていた牛疫の流行終息時期を予言し、それが適中したという [37, 120, 130]。ただし、1867年9月にこの流行が終わったのは、同年2月から実施された殺処分の措置に負うものであるとの違った見方もある [73]。

その後まもなく病原微生物学の開花期を迎え、伝染病の病原体 [10, 52, 126, 129] がはっきりと明らかにされ、実験室的な手技も長足の進歩をとげた [6]。病因と宿主と環境 [92, 144] のかかわりあい [9, 47, 115, 137] によって成立する疾病を、集団 [37, 46, 78, 116, 141, 149, 160] のなかでの現象としてとらえようとした疫学 [16, 30, 57, 61, 67, 69, 87, 110, 118, 122, 142, 158] も、大いにその恩恵に浴し [27, 31, 119],

さらに急性伝染病の退潮〔165〕による疾病の内容〔92〕の変化に伴い、また生態学の勃興による刺激〔23, 25, 56, 70, 127, 144〕もあり、疫学の扱う範囲〔105, 135, 136〕や、その方法にも変化を生じてきた〔22, 50, 60, 62, 89, 94, 128, 138, 153〕。

しかし、疾病の流行を数学的〔150〕に解析し、数式モデル〔99, 108〕で表わそうとする理論疫学の面では、むしろ Fischer に始まる近代統計学〔6, 39, 44, 84, 85, 124〕の影響や、とくに1950年代後半以降のコンピュータの発達、普及〔8, 12, 15, 55, 95, 161〕に踵を接した飛躍的発展のほうが目とひき、過去ほぼ半世紀の間に、伝染病の流行、伝播について、決定論的あるいは確率論的な数式モデル〔2, 3, 11, 17, 19, 32, 38, 51, 64, 65, 81-83, 117, 140, 163〕が数多く発表されている。しかし、「流行とは、比較的限定された期間内に、特定地域において同一疾病が普通の頻度を越えて多発し〔18〕、それがある共通の感染源あるいは広く存在す

る感染源に由来する場合をいう」と「流行」が定義〔117〕されていることから、理論疫学モデルは、疾病が発生したあとでその疾病がどのように流行し、どのように終息するかといった、期間的にも比較的限定されたひとつの過程を対象としている場合が多い。再流行についてのモデル〔2〕も発表されてはいるが、これらも、このような流行を複数回ふくんだ長期間にわたる解析とは異なっているものである。

一方、記載疫学分野では、疾病発生ないしはそれによる死亡についての累年統計を長年にわたって追いつき〔13, 76, 101, 134, 143〕、予測に役立てようとする試みも枚挙にいとまがないほど行なわれている。とくに官公庁の衛生部局〔121〕では、疾病の予防対策をたてる上で、このような予測〔49, 155〕はなんらかの形で必ず行なわれているはずのものである。しかし、これらのなかから季節変動を扱ったものの〔74, 106, 157〕を除くと、モデルの名に価

するもの〔146, 147〕はごく少ない。

事実、理論疫学と記載疫学は、疫学の教科書でも、最も遠い位置におかれていることが多く〔66, 100, 108, 141〕、記載疫学的な材料と理論疫学的な手法で処理した研究はほとんど行なわれていない〔76〕。

家畜疾病についても、記載疫学的な資料とくに伝染病の発生統計は、報告制度の確立〔20, 40, 104, 145, 152, 154〕など〔86, 96, 123, 139〕により、ある程度整備されているが、これらの資料を教学的に処理した仕事としては、1940年代以降みられ始めた、疾病による損害を金額や生産額に対する比率などに換算して表わす試み〔1, 4, 26, 28, 29, 33, 35, 59, 77, 88, 97, 98〕、最近になって散見される、畜産業のなかでの家畜衛生業務の経済的な貢献度を数量的に扱った論文〔7, 79, 80, 93, 102, 111-113〕、など〔107, 164〕があげられるにすぎない。このような傾向は、畜産業が経済活動のひとつである以上むしろ好ましいことなのかもしれ

ないが、疫学〔21, 24, 25, 110, 151, 156-159〕の分野で累年統計表が活用されていないのは残念なことであり、その大きな理由としては、統計に対する不信感があるように見受けられる〔45, 53〕。

著者は、戦後1951年に復刊した家畜衛生統計(内容1949年)の作成に従事するとともに、それにつづく1951年版については、起草者として、その様式の大幅改定を行なった。その骨組みは今もほとんど変化なく、すでに20余年にわたる数値が累積されている。

この統計表の年度別疾病発生数を使用して数式モデルを作成するときには、その数値に経済的ないし人為的影響のはいっている可能性のあることを当然念頭におかなければならない。このような場合には、理論疫学上の決定論モデルや確率論モデルを志向するよりも、計量経済学の分野で広く用いられている解析法〔54, 68, 75〕を採用するのが適当と考えられる。

このような手法によつて、複雑にからぬあつて疾病の発生に關与する多種多様の要因も少しずつ解明されていくであらうし、当面は要因そのものの追求はおくとしても、過去に蓄積された資料を活用して、将来の疾病発生を予測〔133〕することにより、一段と効果的な予防対策を講ずることが可能になると考えられる。

そこで著者は、家畜衛生統計に記載された各種伝染病の年間発生数を利用し、経済時系列解析〔34, 109〕を行ない、過去の発生数の動きに適合する数式モデルを作成することを考え、同時に、そのモデルの予測精度についても検討を行なった。

## 材料と方法

### I. 解析用データ

農林省畜産局編集「家畜衛生統計」(1949～1973年)に記載されている伝染病のうち、下記12種類の年間発生数(表1)を解析に使用した。

炭疽(牛), 気腫疽(牛), ブルセラ病(牛), トリコモナス病(牛), 結核病(牛), 馬伝染性貧血, 馬パラチフス, 流行性脳炎(馬, 疑似患畜), 豚丹毒, 豚コレラ, ひな白痢(鶏), 腐蛆病。(以下本文では病名だけを使用し, 家畜の種類は略す。)

なお, これら疾病の発生数は, 蜜蜂の群数で示された腐蛆病を除き, すべて頭数である。

さらに, 予測誤差を出すために, 家畜衛生統計(1974)と, 家畜衛生週報 No.1390 掲載の発生数を使用した。

表1. 年度別家畜伝染病発生数

年度	炭疽 (牛)	乳腫 (牛)	カビ病 (牛)	トリコモナス (牛)	結核病 (牛)	馬伝染性貧血	馬バクチラス	流行性脂肪炎 (馬疑似)	豚丹毒	豚コレラ	ひな白痢 (鶏)	麻疹赤痢 (群衆)
1949	31	14	245	2,569	905	2,302	271	-	1,556	1,656	71,971	-
1950	20	8	63	1,602	1,125	8,040	532	-	717	2,812	104,088	-
1951	13	2	18	959	1,001	8,366	480	51	508	2,356	96,522	-
1952	22	16	39	635	1,885	9,029	318	26	1,236	3,981	94,819	-
1953	8	8	5	579	916	8,286	657	47	501	7,197	132,669	-
1954	110	20	28	186	947	6,009	290	81	441	514	176,498	-
1955	53	23	45	296	1,441	5,441	262	222	388	1,254	174,217	15,260
1956	23	6	220	26	1,283	5,531	241	52	506	4,254	158,457	7,717
1957	20	5	218	21	1,200	4,038	280	38	565	5,966	213,868	4,093
1958	13	3	258	8	1,183	3,369	151	46	461	11,661	168,677	4,148
1959	14	4	265	6	1,483	2,804	243	6	573	1,080	160,993	4,931
1960	13	16	283	10	1,173	2,364	532	22	677	1,562	168,720	4,321
1961	10	9	245	2	987	2,038	938	46	1,191	2,730	168,356	5,094
1962	27	4	261	0	1,340	1,686	320	11	6,760	7,824	94,231	3,004
1963	18	2	517	6	1,068	1,359	674	1	1,996	5,450	51,082	2,243
1964	17	10	703	0	915	1,763	310	13	2,880	11,112	39,462	1,360
1965	59	1	596	0	764	560	494	3	3,650	3,478	22,250	1,581
1966	8	3	134	0	508	485	109	5	14,153	24,406	10,942	2,093
1967	12	4	64	0	313	466	130	10	26,740	16,294	9,044	1,187
1968	27	2	51	0	261	347	141	0	5,931	14,406	6,075	2,118
1969	9	6	35	0	270	239	75	1	3,203	3,062	6,627	2,149
1970	15	5	22	0	277	194	22	2	2,653	1,958	6,675	2,466
1971	15	10	23	0	132	175	1	0	4,406	1,795	2,778	2,841
1972	14	59	12	0	167	139	0	0	3,727	526	1,269	2,303
1973	4	14	2	0	81	270	0	-	3,397	120	695	1,854
1974	8	116	1	0	117	89	1	-	2,584	4,231	387	2,477
1975	1	37	0	-	136	232	-	-	1,983	485	574	2,901

-: 使用した資料に記載のなかったもの。

## II. 解析の方法

### 1. モデル

下記の乗法モデルを採用した〔132〕。

$$x_t = T \times C \times I \quad (t=1, \dots, N) \quad (1)$$

ただし,

$x_t$ : 第七年度における年間発生数

$T$ :  $x_t$ の傾向変動

$C$ :  $x_t$ の循環変動

$I$ :  $x_t$ の不規則変動

しかし,  $x_t = 0$  の場合, 対数変換による計算が不可能になるので, 解析には下記の  $y_t$  を用いた。

$$y_t = \log(1 + x_t) \quad (2)$$

したがって,

$$y_t = T + C + I \quad (3)$$

すなわち,

$$x_t = 10^{T+C+I} - 1 \quad (4)$$

ただし,

$T$ :  $y_t$ の傾向変動

$C$ :  $y_t$ の循環変動

$I$ :  $y_t$ の不規則変動

## 2. 傾向変動の分離

重回帰分析 (付1) により, 各疾病ごとに  $y_t$  の推定値  $\hat{z}_{pt}$  を年度  $t$  の 1~4 次の多項式として, 次のように求めた。

$$\hat{z}_{pt} = \beta_{p0} + \sum_{i=1}^p \beta_{pi} t^i \quad (p=1, \dots, 4; i=1, \dots, p) \quad (5)$$

ただし,

$t$  : 年度

$p$  : 多項式の  $t$  の次数

$\beta_{pi}$  :  $t$  の  $p$  次多項式の  $i$  次の項の  
偏回帰係数

$\hat{z}_{pt}$  :  $t$  の  $p$  次多項式から求めた  
第  $t$  年度の値

すなわち, 最小二乗法により, 偏回帰係数を求めたのち, それぞれの式に  $t$  の値を代入して  $\hat{z}_{pt}$  を算出した。

ついで,  $y_t$  から  $\hat{z}_{pt}$  を差し引いて,  $y_t$  の傾向変動を分離した  $w_{pt}$  を得た。

$$w_{pt} = y_t - \hat{z}_{pt} \quad (6)$$

### 3. 循環変動の分離

疾病ごとに、系列  $w_{pt}$  について、周期  $\mu = 2, \dots, N+2$  として、パリオドグラム分析(付2)を行ない、強度  $S_\mu$  を求めた。 $S_\mu$  のうち最大のものを  $S_{max}$  とし、これについて Schuster の検定(付3)を行ない、 $S_{max}$  が統計的に有意であれば、対応する周期  $\mu$ 、振幅  $a$  および位相角  $\alpha$  を求めた。

ついで、この単振動が  $w_{pt}$  に含まれているものとし、 $w_{pt}$  からこの単振動を差し引いて分離した系列  $w'_{pt}$  を求めた。

$$w'_{pt} = w_{pt} - a \sin(\alpha + 2\pi t/\mu)$$

この手順を、 $S_{max}$  の統計的有意性が否定されるまでくりかえし、次の  $\hat{w}_{pt}$  を求めた。

$$\hat{w}_{pt} = \sum_{j=1}^{n_p} a_{pj} \sin(\alpha_{pj} + 2\pi t/\mu_{pj})$$

ただし、

$t$  : 年度

$p$  :  $t$  の多項式の次数

$n_p$  : 統計的に有意な単振動の数

- $\mu_{pj}$ :  $\omega_{pt}$  から求めた統計的に有意な  
 $j$  番目の周期  
 $a_{pj}$ : 周期  $\mu_{pj}$  のときの振幅  
 $\alpha_{pj}$ : 周期  $\mu_{pj}$  のときの位相角  
 $\hat{\omega}_{pt}$ : 統計的に有意な単振動を合成  
 した第  $t$  年度の値

#### 4. 回帰方程式の作成

疾病ごとに、重回帰分析およびペリオドグラム分析の結果から、年度  $t$  に対する  $y_t$  の回帰方程式を次のように作成した。

$$\hat{y}_{pt} = \hat{z}_{pt} + \hat{\omega}_{pt}$$

すなわち、

$$\hat{y}_{pt} = \beta_{p0} + \sum_{i=1}^p \beta_{pi} t^i + \sum_{j=1}^{n_p} a_{pj} \sin(\alpha_{pj} + 2\pi t / \mu_{pj})$$

$(i = 1, \dots, p; \quad j = 1, \dots, n_p)$ 
(8)

したがって、(8)式は、(4)式から次のように変換される。

$$\hat{x}_{pt} = 10 \left[ \beta_{p0} + \sum_{i=1}^p \beta_{pi} t^i + \sum_{j=1}^{n_p} a_{pj} \sin(\alpha_{pj} + 2\pi t / \mu_{pj}) \right] - 1 \quad (9)$$

## 5. 回帰方程式の有用性の検討

### a) 適合性

4. で求めた疾病ごとの  $\hat{y}_{pt}$  が、 $y_t$  に適合する程度を、次式の寄与率として求めた。

$$R_p = (S_{E_f} / S_{yy}) \times 100\% \quad (10)$$

ただし、

$R_p$ :  $\hat{y}_{pt}$  の  $y_t$  に対する寄与率

$S_{E_f}$ :  $\hat{y}_{pt}$  の回帰方程式の変動

$S_{yy}$ :  $y_t$  の全変動

しかし、

$$S_{yy} = \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y}_t)^2$$

$$S_{E_f} = \sum_{t=1}^N (\hat{y}_{pt} - \bar{\hat{y}}_{pt})^2$$

において、ペリオドグラム分析に使用したデータの個数が、周期  $\mu_{pb}$  の整数倍でないため、 $\bar{y}_t$  と  $\bar{\hat{y}}_{pt}$  がかならずしも一致しない。そこで、

$$S_{yy} = S_{E_f} + S_e$$

として、

$$S_e = S_{yy} - S_{E_f} = \sum_{t=1}^N (y_t - \hat{y}_{pt})^2$$

の関係を利用し、次式で寄与率  $R_p$  を求めた。

$$R_p = (S_{\hat{y}} / S_{yy}) \times 100\% \\ = \{(S_{yy} - S_e) / S_{yy}\} \times 100\%$$

すなわち,

$$R_p = (1 - S_e / S_{yy}) \times 100\% \quad (11)$$

### b) 予測誤差

1974年と1975年の発生数を、それぞれ  $x_{N+1}$ ,  $x_{N+2}$  とし、これを変換した  $y_{N+1}$ ,  $y_{N+2}$  に対する  $\hat{y}_{N+1}$ ,  $\hat{y}_{N+2}$  の予測誤差  $d_{p(N+1)}$ ,  $d_{p(N+2)}$  を求めた。

$$d_{pk} = \hat{y}_{p(N+k)} - y_{N+k} \quad (k=1, 2) \quad (12)$$

### c) 有用性係数

回帰方程式の有用性を、過去の成績に対する適合性と、予測誤差の大きさの両面から考え、有用性の程度を表わす係数を、次のように仮定した。

$$C_p = W_R (1 - R_p / 100) + \sum_{k=1}^2 W_d |d_{pk}| / 3 \quad (13)$$

ただし,

$C_p$ : 有用性係数

$R_p$ : 回帰方程式の寄与率

$|d_{pk}|$ : 回帰方程式を外挿したときの  
 予測誤差(絶対値) ( $k=1, 2$ )

$W_R$ : 寄与率に対する重み係数

$W_d$ : 予測誤差に対する重み係数

なお、重み係数は、寄与率と予測誤差に対し同じ大きさとし、予測誤差は2年分のための

$$W_R = 0.5$$

$$W_d = 0.25$$

とした。

また、寄与率のとりうる範囲は0~100%、  
 予測誤差(絶対値)は対数で3以内とし、(13)式  
 を作成した。

したがって、有用性係数  $C_p$  は、ゼロのときにこの回帰方程式の有用性が最も高く、ゼロから離れるにしたがって有用性が低くなるように定義した。

## 計算

YHP (横河・ヒューレット・パッカー) パーソナルコンピュータ, モデル20で行なった。

ただし, プログラムは, 家畜衛生試験場疫学研究室作成のもの (付4) である。

## 成 績

### 1. 傾向変動の分離

長期間にわたる発生数の動きである傾向変動を知る目的で、重回帰分析を行なった。すなわち、12種類の疾病ごとに、1949年（流行性脳炎は1951年、腐蛆病は1955年）を第1年度とした年度別発生数  $x_t$  を  $y_t$  に変換し、年度  $t$  の1~4次の多項式のあてはめを行なった。

表2に、疾病および  $t$  の1~4次の多項式の次数ごとの偏回帰係数を示した。当然のことではあるが、いずれの場合も、偏回帰係数の絶対値は0次において最も大きく、次数が増加するとともに小さくなっている。

表2に示した偏回帰係数を使用し、疾病および  $t$  の1~4次の多項式ごとに、 $t=1, \dots, N$  までの値  $\hat{z}_{pt}$  を求め、 $y_t$  からこの  $\hat{z}_{pt}$  を差し引き、傾向変動を分離した系列  $w_{pt}$  を求めた。

たとえば、炭疽の  $t$  の 1 次式のあてはめ、すなわち  $p = 1$  の場合、

$$\hat{z}_{1t} = 1.465 - 0.0147t$$

に  $t = 1, \dots, 25$  を代入し、 $\hat{z}_{11}, \dots, \hat{z}_{1,25}$  を求め、

$$w_{11} = y_1 - \hat{z}_{11}$$

.....

$$w_{1,25} = y_{25} - \hat{z}_{1,25}$$

として、あてはめた傾向変動を  $y_t$  から分離した。

## 2. 循環変動の分離

疾病および  $w_{pt}$  ごとに、周期変動が統計的に有意であった単振動の周期  $\mu$ 、振幅  $a$  および位相角  $\alpha$  を表 3 に示した。炭疽の  $w_{1t}$  を除き、ひとつの単振動だけが統計的に有意であった。

$\mu$ 、 $a$  および  $\alpha$  を使用して、疾病および  $w_{pt}$  ごとに、 $t = 1, \dots, N$  までの  $\hat{w}_{pt}$  を求め、 $w_{pt}$  から  $\hat{w}_{pt}$  を差し引いて分離した残りを、不規則変動すなわち偶然変動とみなした。

たとえば、炭疽の  $w_{it}$  について、

$$\hat{w}_{it} = w_{it} - 0.167 \sin(3.126 + 2\pi t/8) \\ - 0.198 \sin(-1.498 + 2\pi t/13)$$

に  $t=1, \dots, 25$  を代入し、 $\hat{w}_{it}, \dots, \hat{w}_{i,25}$  を求め、 $w_{it}$  から  $\hat{w}_{it}$  を差し引いた残りを不規則変動とみなした。

### 3. 回帰方程式の作成

疾病ごとに、 $t$  に対する重回帰分析およびペリオドグラム分析を行なって得られた  $\hat{\varepsilon}_{pt}$  と  $\hat{w}_{it}$  を加え、 $y_t$  の推定値  $\hat{y}_{pt}$  を、求める回帰方程式とした(表4)。

### 4. 回帰方程式の有用性の検討

#### a) 適合性

疾病および  $\hat{y}_{pt}$  ( $p=1, \dots, 4$ ) ごとに求めた寄与率を表5および図1に示した。

$\hat{y}_{it} \sim \hat{y}_{it}$  のいずれかが95%以上の寄与率すなわち、非常に良い適合を示した疾病は、トリコモナス病、結核病、馬伝染性貧血、ひ

な白痢の4疾病で、これら疾病の寄与率は1~4次式のうちでの最小値でも、それぞれ96.80(1次), 95.28(1次), 93.57(1次), 96.52(1次)であった。つぎに、1~4次式の寄与率の最大値が90%以上に達したのは、ブルセラ病の91.68(4次), 馬パラチフスの90.51(4次), 腐蛆病の90.00(3次)であった。豚丹毒, 流行性脳炎では、寄与率は70~80%台を保ち、豚コレラでは次数による寄与率の差が大きく、最大で80.35(4次)であった。炭疽, 気腫疽では最大値がそれぞれ42.05(4次), 50.70(3次)にすぎず、炭疽の寄与率は次数による差が大きかった。

#### b) 予測誤差

前記の解析を終了後、1974および1975年の発生数が公表された。そこで  $\hat{y}_{pt}$  の回帰方程式に2年度分を外挿して、 $\hat{y}_{p(N+1)}$  と  $\hat{y}_{p(N+2)}$  を求め、 $y_{N+1}$  と  $y_{N+2}$  との差を、それぞれ  $N+1$  と  $N+2$  年度の予測誤差  $d_{pk}$  ( $k=1, 2$ ) とした。

表6および図2に疾病および  $\hat{y}_{pt}$  についての予測誤差を示した。予測誤差は、実用上、絶対値の大きさが問題になると思われるので  $|d_{pk}|$  を表7および図3に示し、さらに  $|d_{1k}| \sim |d_{4k}|$  の平均値  $\bar{|d_p|}$  のうちでの最小値を、両年度それぞれの最小値とともに表10に示した。

1974年については豚コレラ、気腫疽を除き、1975年についてはトリコモナス病、馬パラチフスを除き、他の予測誤差はすべて0.25以下であった。両年度の平均値  $\bar{|d_p|}$  では、炭疽、気腫疽、トリコモナス病、流行性脳炎、豚コレラを除く他の7疾病で0.25以下であった。この値は真数にして1.78倍以下である。また、とくに予測誤差の大きい豚コレラでも0.5505の真数は3.56以下である。したがって、全体として、 $\hat{y}_{1t} \sim \hat{y}_{4t}$  のいずれかを選択すれば、かなり精度の高い予測方程式を作ることができると考えられる。

### c) 寄与率と予測誤差の関係

寄与率と予測誤差の相関を図4-1に、寄与率と予測誤差(絶対値)の相関を図4-2に示した。

これらの図から、寄与率と予測誤差の間には相関関係のないことがわかる。

### d) 有用性係数

過去の数値に対する適合性と予測精度の両面から  $\hat{y}_{pt}$  を評価した有用性係数を、疾病および  $\hat{y}_{pt}$  ごとに表8および図5に示した。図5-1は、横軸に疾病(ハイフンの左に番号で示した)ごとの  $\hat{y}_{pt}$  (ハイフンの右に  $p$  で示した) をとり、縦軸に有用性係数の大きさをとった。図5-2は、図5-1の有用性係数を小から大の順に並べかえたものである。

また、疾病ごとに有用性係数の最も小さい回帰方程式の次数、有用性係数、寄与率および予測誤差(絶対値)の平均値を表9に示した。

疾病ごとに最小の有用性係数を選び出すと、結核病、馬伝染性貧血、ひな白痢で0.05より小、ブルセラ病、トリコモナス病、腐蛆病で0.1より小、馬パラチフス、流行性脳炎、豚丹毒で0.16より小であり、これら9疾病についての回帰方程式の有用性が高いことが示された。一方、炭疽、気腫疽の有用性係数は0.3台、豚コレラのそれは0.4501と、前記9疾病の有用性係数からかなりかけはなれた値を示した。

回帰方程式の適合性と予測精度を直観的に把握しやすいように、実測値と推定値の関係をグラフにして、疾病ごとに参考図1~12に示した。各図では、上段に $y_t$ を実線で、 $\hat{y}_t$ を点線で、下段に $x_t$ を実線で、 $\hat{x}_t$ を点線で示した。垂直の破線の左方は曲線のあてはめを行なった年度であり、右方は予測を行なった年度である。

表2. 偏回歸係數

疾病	次數	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
1 Anthrax (Cattle)	1	1.465	-.0147	-.000972	-.0000908	-.0000301
	2	1.351	.0106	.00257	.00147	
	3	1.440	-.0270	-.0239		
	4	1.195	.133			
2 Blackleg (Cattle)	1	.934	-.00242	.00301	.000496	.0000172
	2	1.286	-.0808	-.0163	-.000400	
	3	.799	.124	-.00115		
	4	.939	.0325			
3 Brucellosis (Cattle)	1	2.123	-.0172	-.00976	-.000929	.000123
	2	.982	.236	.0265	-.00735	
	3	1.895	-.148	.135		
	4	2.900	-.806			
4 Trichomoniasis (Cattle)	1	3.901	-.282	-.00919	.000871	.0000158
	2	3.580	-.154	-.0275	.000430	
	3	3.433	-.0473	-.0234		
	4	3.446	-.0611			
5 Tuberculosis (Cattle)	1	3.317	-.0388	-.00424	-.0000548	.0000219
	2	2.820	.0716	-.00211	-.00120	
	3	2.874	.0489	.0172		
	4	3.053	-.0681			
6 Equine Infectious Anemia	1	4.170	-.0778	-.00224	.000447	-.00000636
	2	3.908	-.0195	-.0197	.000778	
	3	3.468	.165	-.0253		
	4	3.417	.199			
7 Equine Paratyphoid	1	2.925	-.0498	-.00752	-.00107	-.0000918
	2	2.173	.131	.0309	.00334	
	3	3.006	-.246	-.0381		
	4	2.454	.141			

表2. 備回帰係数 (連続)

疾 病	次数	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
8 Inf. Eno. Susp. (Horses)	1	2.112	-.0890			
	2	1.799	.000360	-.00447		
	3	1.487	.167	-.0247	.000675	
	4	1.072	.504	-.0963	.00614	-.000137
9 Swine Erisipelas	1	2.584	.0497			
	2	2.655	.0340	.000604		
	3	3.513	-.327	.0346	-.000873	
	4	3.482	-.307	.0314	-.000680	-.00000371
10 Hog Cholera	1	3.559	-.00531			
	2	2.881	.145	-.00580		
	3	3.805	-.243	.0309	-.000940	
	4	3.128	.200	-.0424	.00338	-.0000832
11 Pullorum Disease	1	5.695	-.0863			
	2	4.767	.120	-.00793		
	3	4.583	.197	-.0152	.000187	
	4	4.744	.0922	.00212	-.000837	.0000197
12 Foulbrood	1	3.831	-.0356			
	2	4.178	-.135	.00495		
	3	4.223	-.159	.00793	-.0000993	
	4	4.122	-.0764	-.00957	.00124	-.0000334

表3. 循環變動

疾 病	次数	周期	振幅	位相角	周期	振幅	位相角
1 Anthrax (Cattle)	1	8	.167	3.126	13	.198	-1.498
	2	8	.167	3.113			
	3	8	.176	3.088			
	4	8	.180	2.932			
2 Blackleg (Cattle)	1	14	.400	1.758			
	2	14	.307	1.382			
	3	6	.178	2.466			
	4	6	.172	2.512			
3 Brucellosis (Cattle)	1	23	.839	4.526			
	2	23	.367	4.047			
	3	7	.346	3.179			
	4	7	.305	3.490			
4 Trichomoniasis (Cattle)	1	13	.163	-1.563			
	2	5	.169	3.558			
	3	5	.175	3.608			
	4	5	.175	3.615			
5 Tuberculosis (Cattle)	1	24	.274	4.659			
	2	12	.058	1.427			
	3	12	.060	1.529			
	4	7	.062	3.869			
6 Equine Infectious Anemia	1	24	.144	-.623			
	2	23	.131	.496			
	3	12	.071	.451			
	4	12	.076	.578			
7 Equine Paratyphoid	1	17	.538	4.567			
	2	17	.389	3.914			
	3	4	.184	-1.102			
	4	8	.197	2.769			
8 Inf. Enc. Susp. (Horses)	1	3	.281	-.229			
	2	3	.280	-.208			
	3	3	.294	-.262			
	4	3	.290	-.212			

表3. 循環変動 (つぎ)

疾 病	次数	周期	振幅	位相角
9 Swine Erisipelas	1	19	.397	3.950
	2	19	.404	4.026
	3	5	.220	2.873
	4	5	.220	2.867
10 Hog Cholera	1	15	.718	4.675
	2	15	.597	4.239
	3	5	.301	2.736
	4	5	.295	2.626
11 Pullorum Disease	1	25	.520	4.695
	2	14	.193	1.552
	3	10	.138	3.091
	4	9	.146	3.726
12 Foulbrood	1	13	.232	2.304
	2	9	.134	3.777
	3	9	.136	3.743
	4	9	.127	3.628

表4. 得られた回帰方程式

1 Anthrax (Cattle)

- 1  $\hat{\theta}_1 = 1.465 - 0.0147t + 0.167\sin(3.126 + 2\pi t/8) + 0.198\sin(-1.498 + 2\pi t/13)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 1.351 + 0.0106t - 0.000972t^2 + 0.167\sin(3.113 + 2\pi t/8)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 1.440 - 0.0270t + 0.00257t^2 - 0.0000908t^3 + 0.176\sin(3.088 + 2\pi t/8)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 1.195 + 0.133t - 0.0239t^2 + 0.00147t^3 - 0.0000301t^4 + 0.180\sin(2.932 + 2\pi t/8)$

2 Blackleg (Cattle)

- 1  $\hat{\theta}_1 = 0.934 - 0.00242t + 0.400\sin(1.758 + 2\pi t/14)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 1.286 - 0.0808t + 0.00301t^2 + 0.307\sin(1.382 + 2\pi t/14)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 0.799 + 0.124t - 0.0163t^2 + 0.000496t^3 + 0.178\sin(2.466 + 2\pi t/6)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 0.939 + 0.0325t - 0.00115t^2 - 0.000400t^3 + 0.0000172t^4 + 0.172\sin(2.512 + 2\pi t/6)$

3 Brucellosis (Cattle)

- 1  $\hat{\theta}_1 = 2.123 - 0.0172t + 0.839\sin(4.526 + 2\pi t/23)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 0.982 + 0.236t - 0.00976t^2 + 0.367\sin(4.047 + 2\pi t/23)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 1.895 - 0.148t + 0.0265t^2 - 0.000929t^3 + 0.346\sin(3.179 + 2\pi t/7)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 2.900 - 0.806t + 0.135t^2 - 0.00735t^3 + 0.000123t^4 + 0.305\sin(3.490 + 2\pi t/7)$

4 Trichomoniasis (Cattle)

- 1  $\hat{\theta}_1 = 3.901 - 0.282t + 0.163\sin(-1.563 + 2\pi t/13)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 3.580 - 0.154t - 0.00919t^2 + 0.169\sin(3.558 + 2\pi t/5)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 3.433 - 0.0473t - 0.0275t^2 + 0.000871t^3 + 0.175\sin(3.608 + 2\pi t/5)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 3.446 - 0.0611t - 0.0234t^2 + 0.000430t^3 + 0.0000158t^4 + 0.175\sin(3.615 + 2\pi t/5)$

(表4 つぎ)

## 5 Tuberculosis (Cattle)

- 1  $\hat{\theta}_1 = 3.317 - 0.0388t + 0.274\sin(4.659 + 2\pi t/24)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 2.820 + 0.0716t - 0.00424t^2 + 0.058\sin(1.427 + 2\pi t/12)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 2.874 + 0.0489t - 0.00211t^2 - 0.0000548t^3 + 0.060\sin(1.529 + 2\pi t/12)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 3.0528 - 0.0681t + 0.0172t^2 - 0.00120t^3 + 0.0000219t^4 + 0.062\sin(3.869 + 2\pi t/7)$

## 6 Equine Infectious Anemia

- 1  $\hat{\theta}_1 = 4.170 - 0.0778t + 0.144\sin(-0.623 + 2\pi t/24)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 3.908 - 0.0195t - 0.00224t^2 + 0.131\sin(0.496 + 2\pi t/23)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 3.468 + 0.165t - 0.0197t^2 + 0.000447t^3 + 0.071\sin(0.451 + 2\pi t/12)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 3.417 + 0.199t - 0.0253t^2 + 0.000778t^3 - 0.00000636t^4 + 0.076\sin(0.578 + 2\pi t/12)$

## 7 Equine Paratyphoid

- 1  $\hat{\theta}_1 = 2.925 - 0.0498t + 0.538\sin(4.567 + 2\pi t/17)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 2.173 + 0.131t - 0.00752t^2 + 0.389\sin(3.914 + 2\pi t/17)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 3.00605 - 0.246t + 0.0309t^2 - 0.00107t^3 + 0.184\sin(-1.102 + 2\pi t/4)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 2.454 + 0.141t - 0.0381t^2 + 0.00334t^3 - 0.0000918t^4 + 0.197\sin(2.769 + 2\pi t/8)$

## 8 Inf. Enc. Susp. (Horses)

- 1  $\hat{\theta}_1 = 2.112 - 0.0890t + 0.281\sin(-0.229 + 2\pi t/3)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 1.799 + 0.000360t - 0.00447t^2 + 0.280\sin(-0.208 + 2\pi t/3)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 1.487 + 0.167t - 0.0247t^2 + 0.000675t^3 + 0.294\sin(-0.262 + 2\pi t/3)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 1.0720 + 0.504t - 0.0963t^2 + 0.00614t^3 - 0.000137t^4 + 0.290\sin(-0.212 + 2\pi t/3)$

(つぎ)

(表4 つぎ)

## 9 Swine Erysipelas

- 1  $\hat{\theta}_1 = 2.584 + 0.0497t + 0.397\sin(3.950 + 2\pi t/19)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 2.655 + 0.0340t + 0.000604t^2 + 0.404\sin(4.026 + 2\pi t/19)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 3.513 - 0.327t + 0.0346t^2 - 0.000873t^3 + 0.220\sin(2.873 + 2\pi t/5)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 3.482 - 0.307t + 0.0314t^2 - 0.000680t^3 - 0.00000371t^4 + 0.220\sin(2.867 + 2\pi t/5)$

## 10 Hog Cholera

- 1  $\hat{\theta}_1 = 3.559 - 0.00531t + 0.718\sin(4.675 + 2\pi t/15)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 2.881 + 0.145t - 0.00580t^2 + 0.597\sin(4.239 + 2\pi t/15)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 3.805 - 0.243t + 0.0309t^2 - 0.000940t^3 + 0.301\sin(2.736 + 2\pi t/5)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 3.128 + 0.200t - 0.0424t^2 + 0.00338t^3 - 0.0000832t^4 + 0.295\sin(2.626 + 2\pi t/5)$

## 11 Pullorum Disease

- 1  $\hat{\theta}_1 = 5.695 - 0.0863t + 0.520\sin(4.695 + 2\pi t/25)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 4.767 + 0.120t - 0.00793t^2 + 0.193\sin(1.552 + 2\pi t/14)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 4.583 + 0.197t - 0.0152t^2 + 0.000187t^3 + 0.138\sin(3.091 + 2\pi t/10)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 4.744 + 0.0922t + 0.00212t^2 - 0.000837t^3 + 0.0000197t^4 + 0.146\sin(3.726 + 2\pi t/9)$

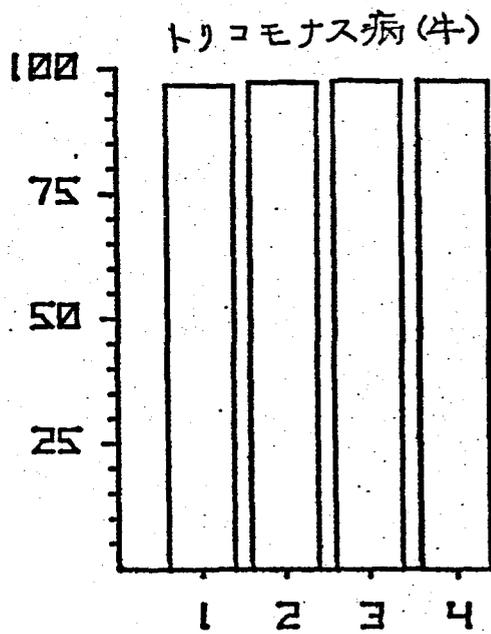
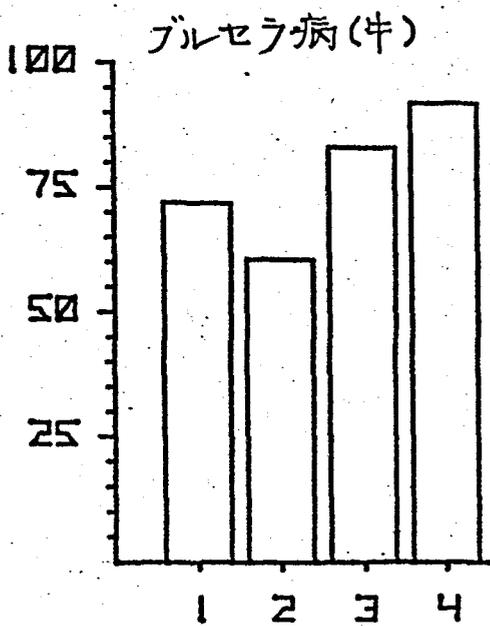
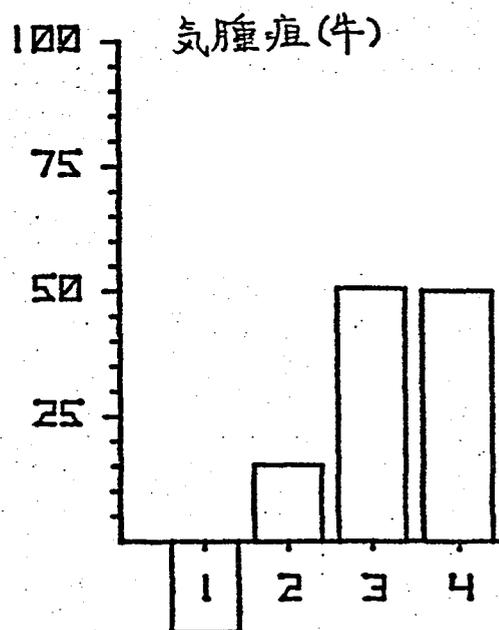
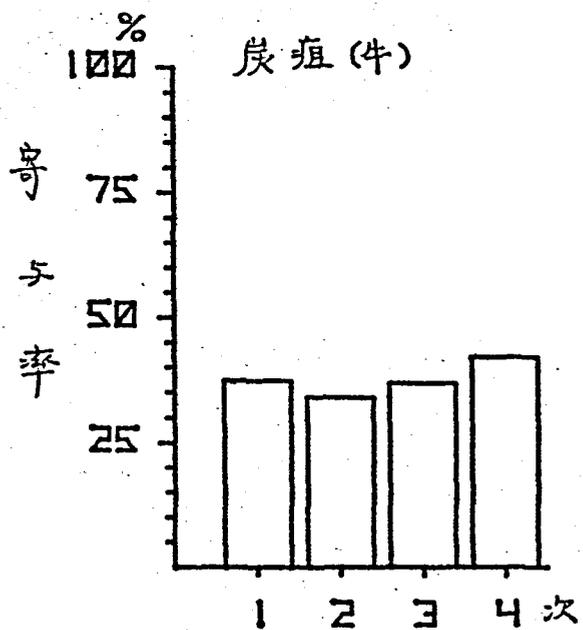
## 12 Foulbrood

- 1  $\hat{\theta}_1 = 3.831 - 0.0356t + 0.232\sin(2.304 + 2\pi t/13)$
- 2  $\hat{\theta}_2 = 4.178 - 0.135t + 0.00495t^2 + 0.134\sin(3.777 + 2\pi t/9)$
- 3  $\hat{\theta}_3 = 4.223 - 0.159t + 0.00793t^2 - 0.0000993t^3 + 0.136\sin(3.743 + 2\pi t/9)$
- 4  $\hat{\theta}_4 = 4.122 - 0.0764t - 0.00957t^2 + 0.00124t^3 - 0.0000334t^4 + 0.127\sin(3.628 + 2\pi t/9)$

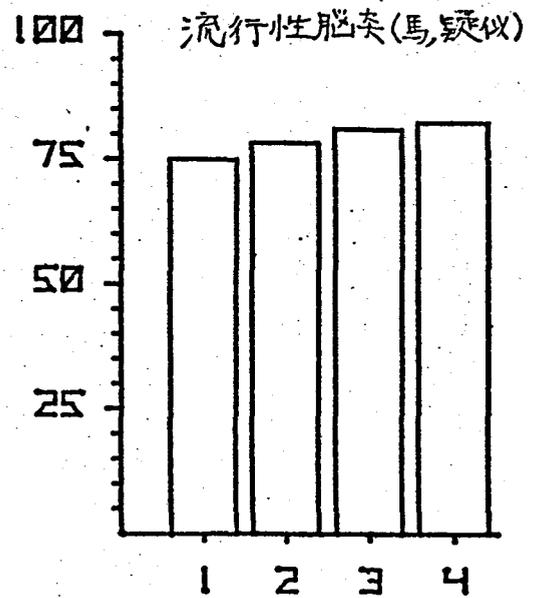
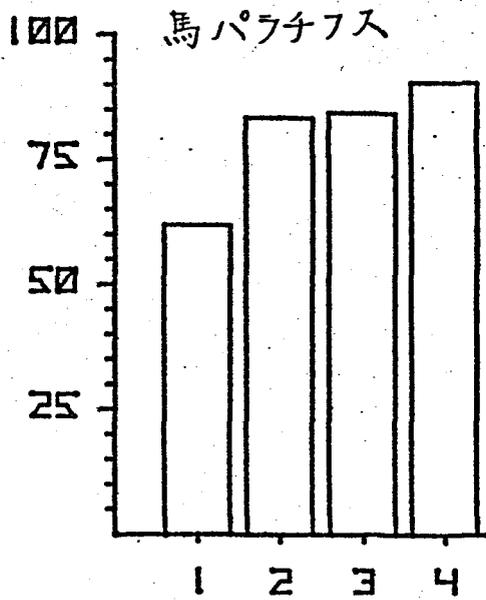
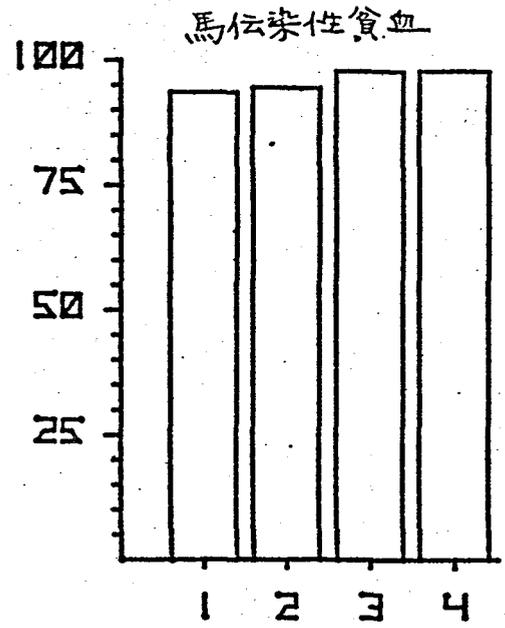
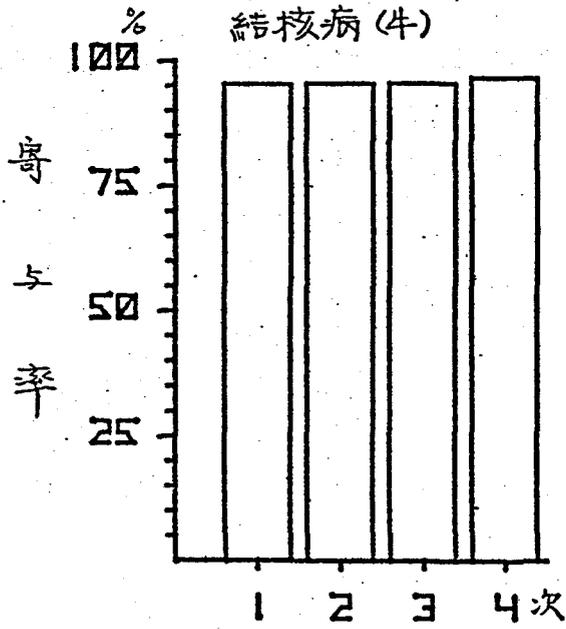
表5. 寄与率

疾 病	1	2	3	4
1. Anthrax (Cattle)	37.35 %	34.04	36.84	42.05
2. Blackleg (Cattle)	-18.19	15.27	50.70	50.10
3. Brucellosis (Cattle)	71.89	60.46	82.80	91.68
4. Trichomoniasis (Cattle)	96.80	97.44	97.74	97.74
5. Tuberculosis (Cattle)	95.28	95.49	95.67	96.79
6. Equine Infectious Anemia	93.57	94.42	97.85	97.95
7. Equine Paratyphoid	61.82	83.36	84.36	90.51
8. Inf. Enc. Susp. (Horses)	74.89	78.23	80.89	82.22
9. Swine Erysipelas	79.48	79.42	86.77	86.74
10. Hog Chorela	-10.94	45.31	72.47	80.35
11. Pullorum Disease	96.52	98.09	98.19	98.03
12. Foulbrood	67.10	89.11	90.00	89.09

### 図1. 寄生率



(図1つぎ)



(図1つぎ)

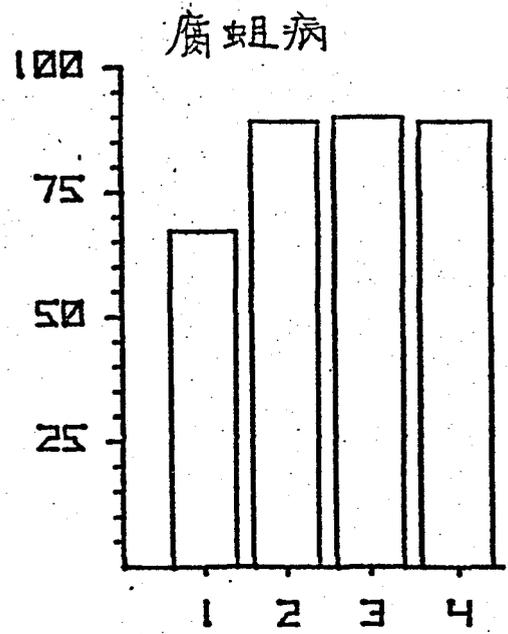
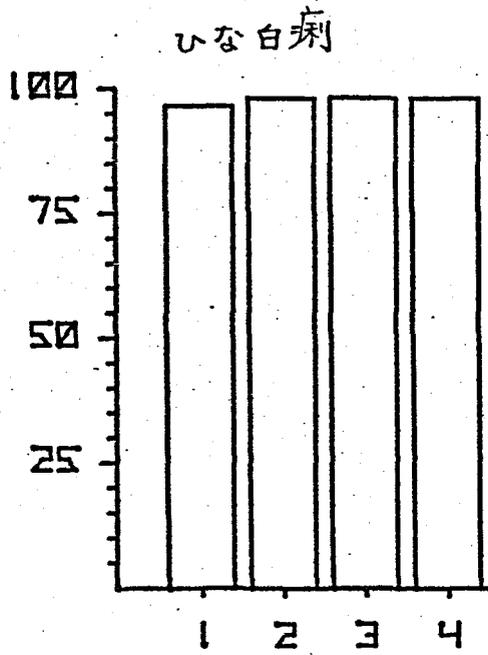
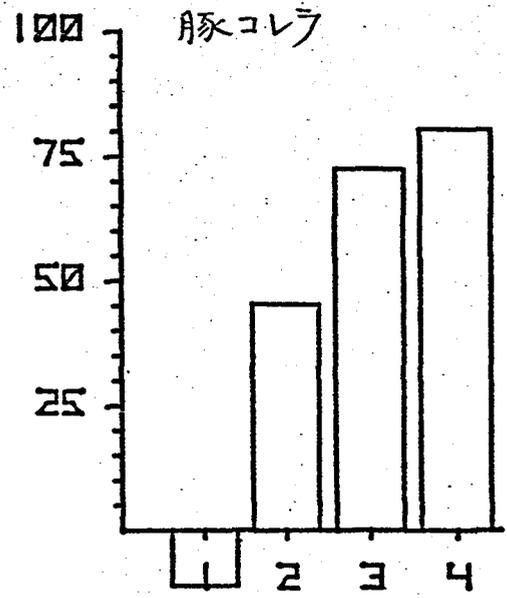
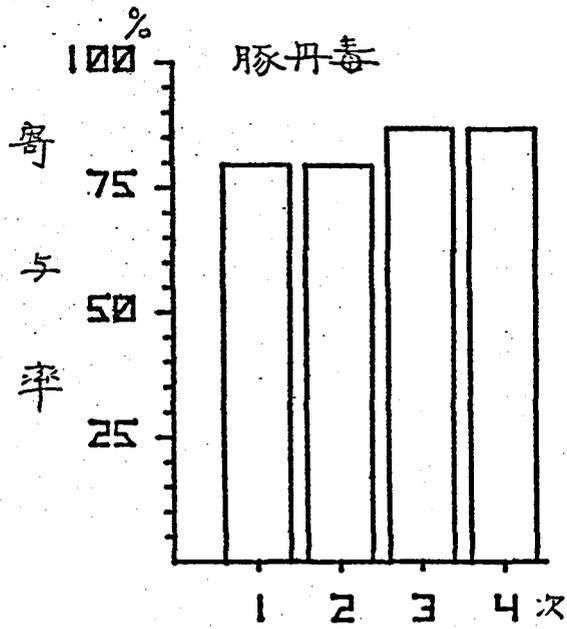
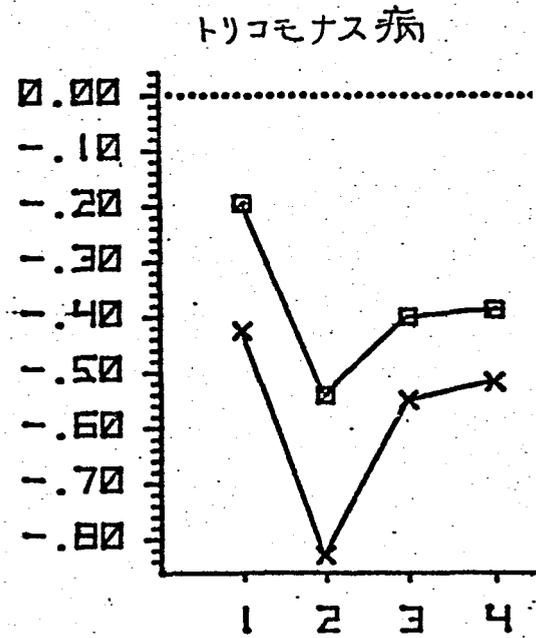
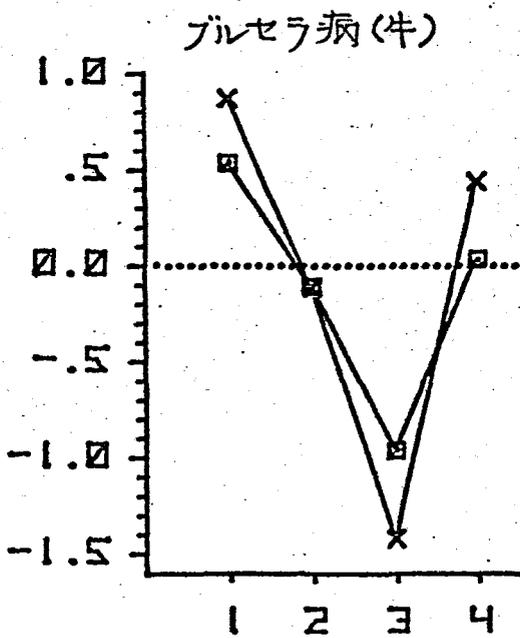
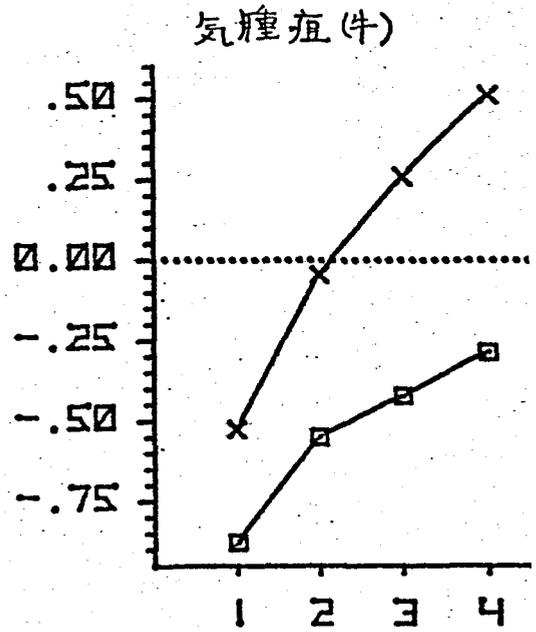
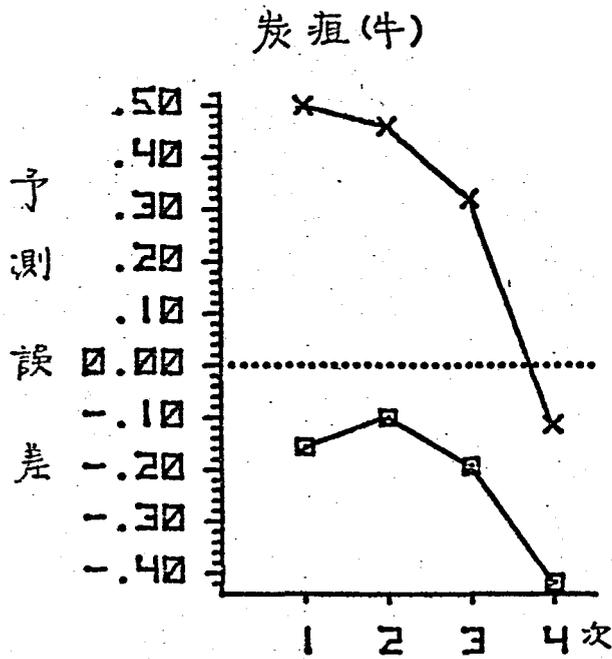


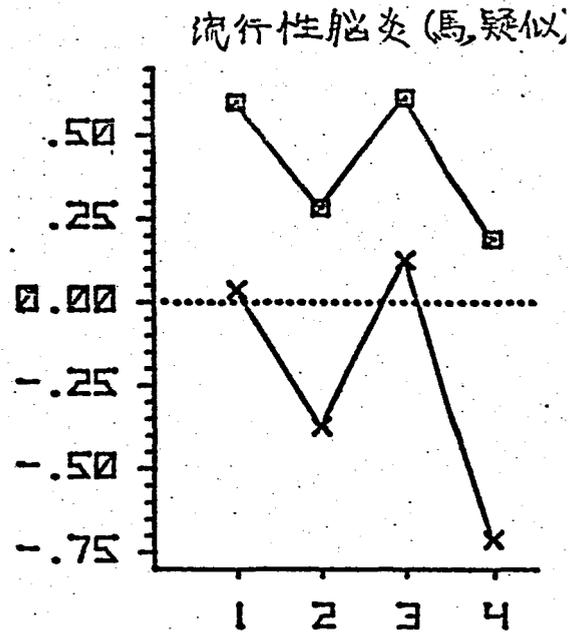
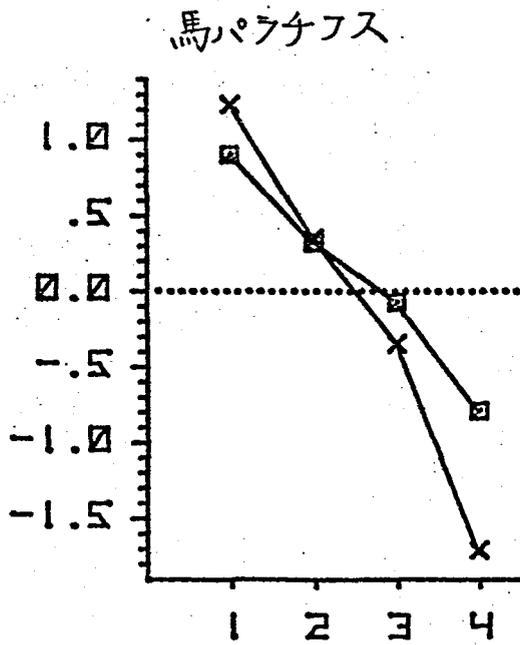
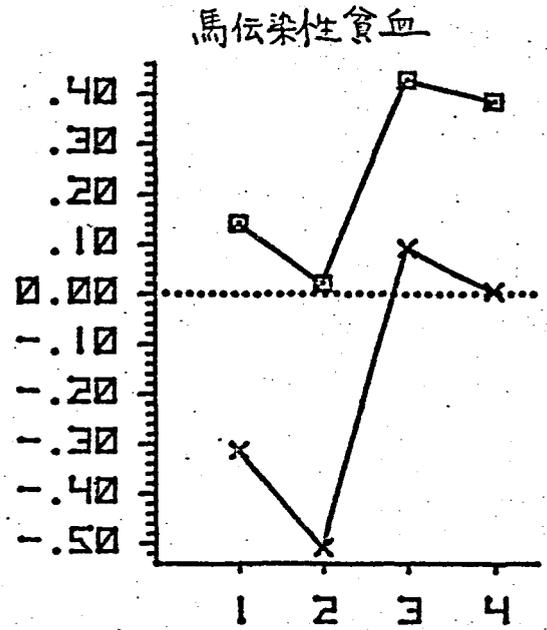
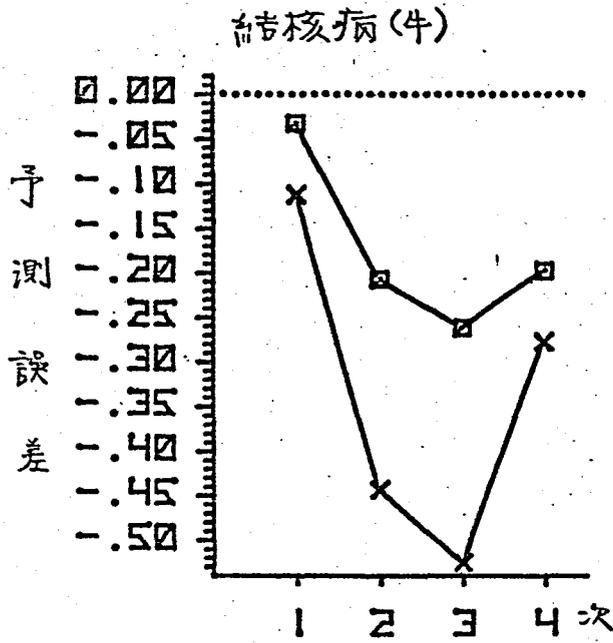
表6. 予測誤差

疾 病	1	2	3	4
1. Anthrax (Cattle)	-.1565 .4991	-.1005 .4595	-.1928 .3201	-.4180 -.1135
2. Blackleg (Cattle)	-.8757 -.5247	-.5477 -.0440	-.4217 .2595	-.2863 .5129
3. Brucellosis (Cattle)	.5382 .8726	-.1064 -.1113	-.9587 -1.4153	.0358 .4412
4. Trichomoniasis (Cattle)	-.1944 -.4244	-.5402 -.8280	-.3985 -.5488	-.3857 -.5164
5. Tuberculosis (Cattle)	-.0324 -.1122	-.2070 -.4431	-.2613 -.5253	-.1972 -.2771
6. Equine Infectious Anemia	.1424 -.3120	.0218 -.5076	.4287 .0920	.3861 .0056
7. Equine Paratyphoid	.9045 1.2343	.3228 .3515	-.0728 -.3449	-.7875 -1.7056
8. Inf. Enc. Susp. (Horses)	.6000 .0367	.2841 -.3730	.6136 .1267	.1912 -.7108
9. Swine Erysipelas	.1027 .2329	.1553 .3110	-.5074 -.7106	-.5365 -.7646
10. Hog Chorea	-.8722 .2288	-1.4803 -.6640	-2.0344 -1.7153	-2.6847 -2.9238
11. Pullorum Disease	.3556 .1443	.1085 -.4148	.0422 -.3976	.1383 -.1186
12. Foulbrood	-.1944 -.4092	-.0593 -.0494	-.1056 -.1261	-.1934 -.3259

図 2. 予測誤差



(図2 つぎ)



(図えつぎ)

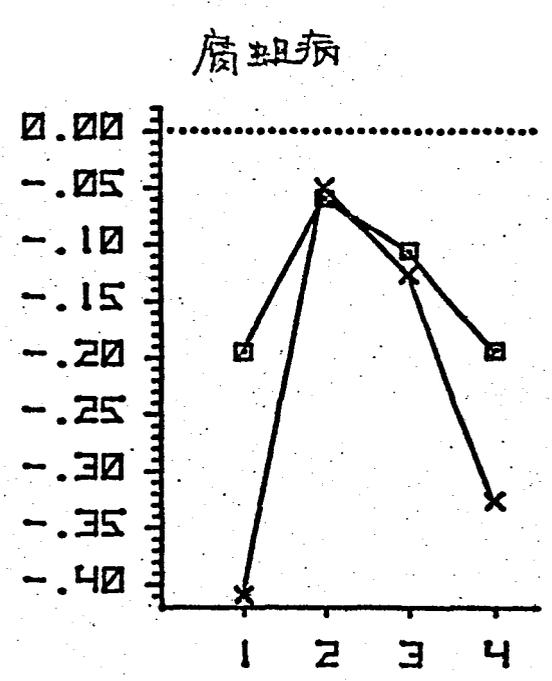
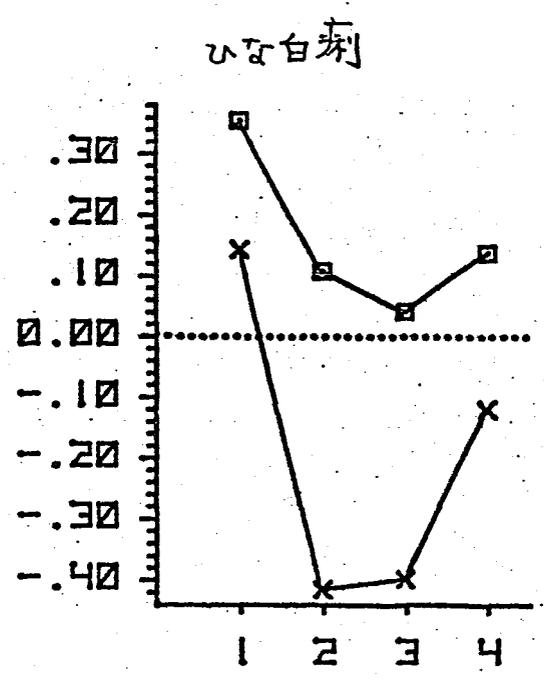
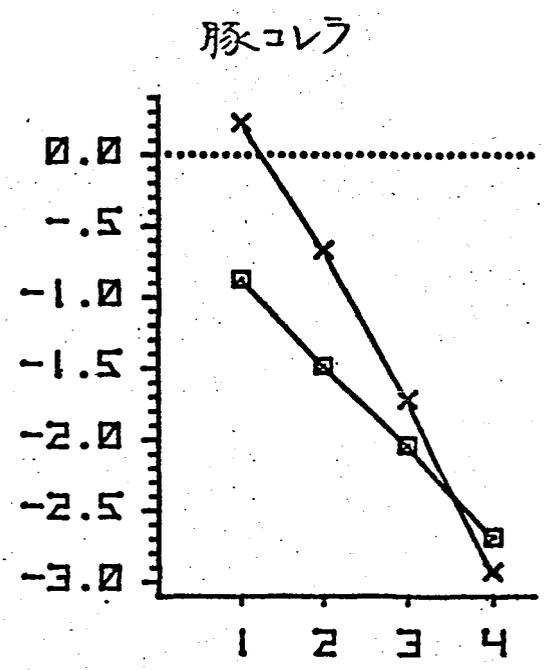
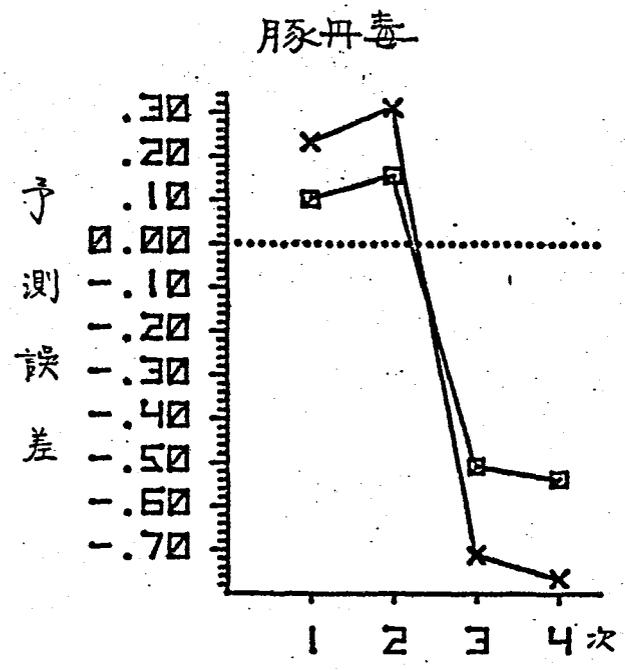
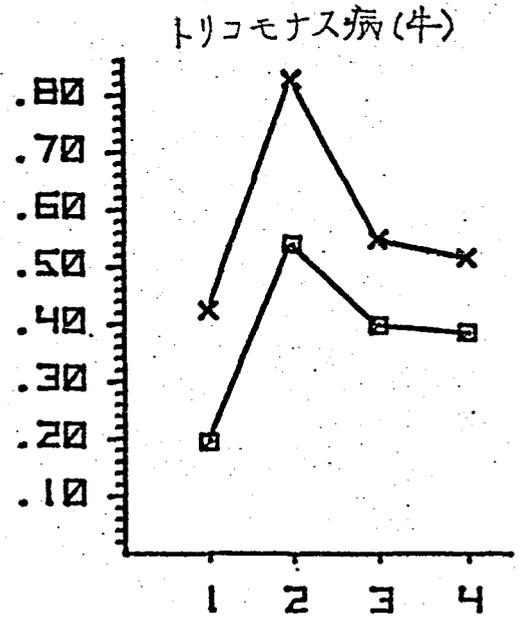
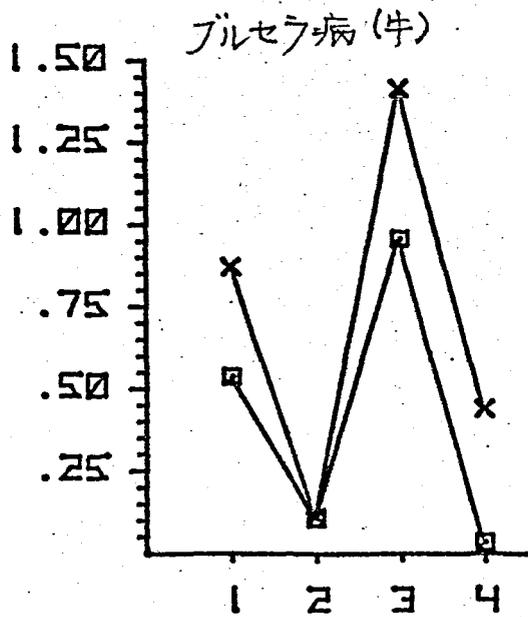
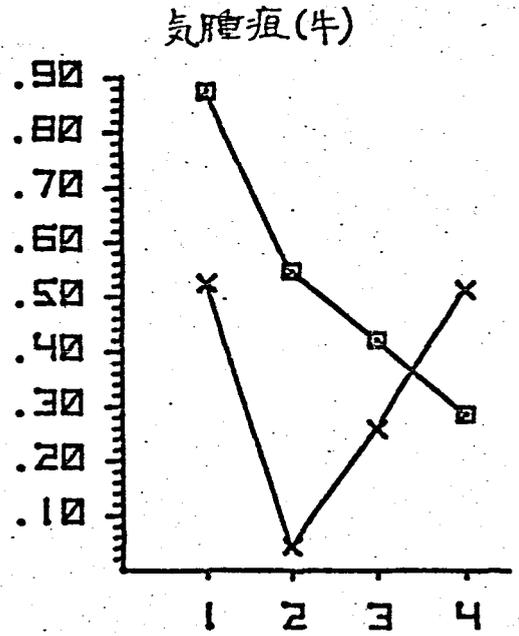
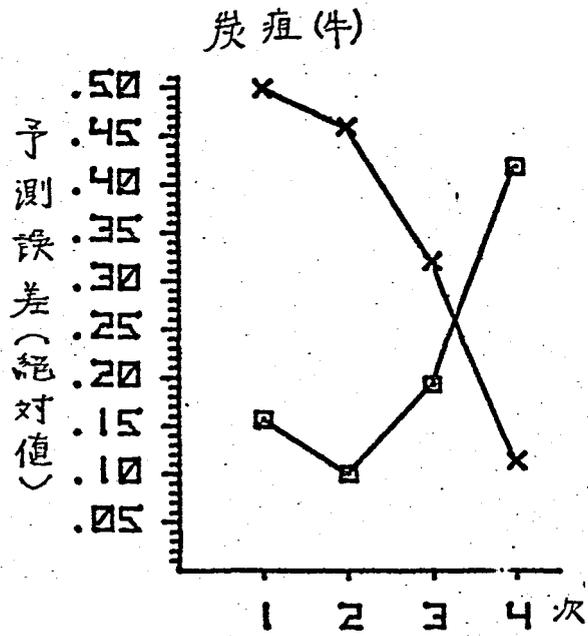


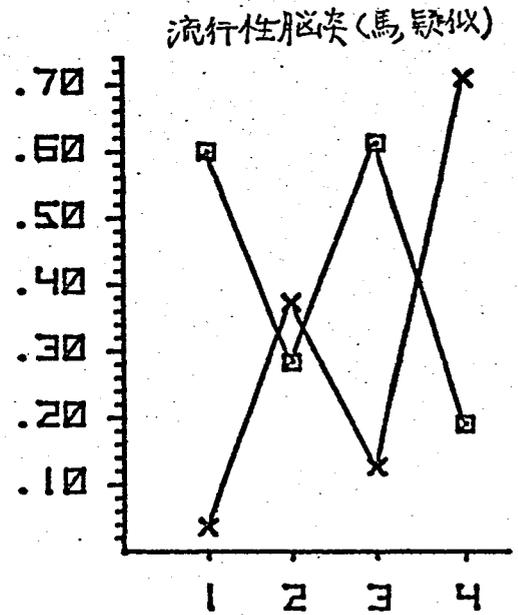
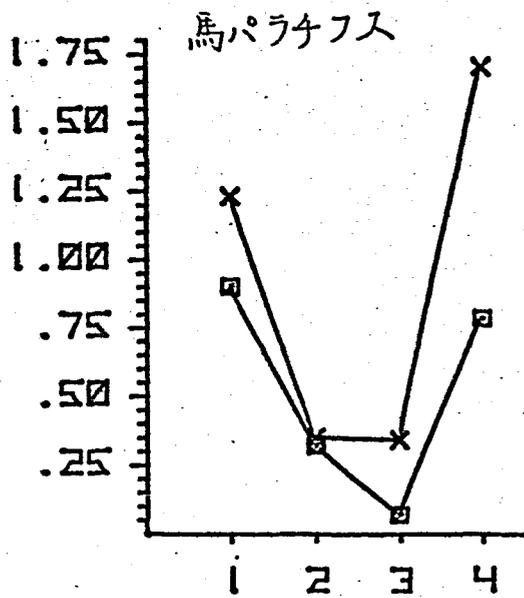
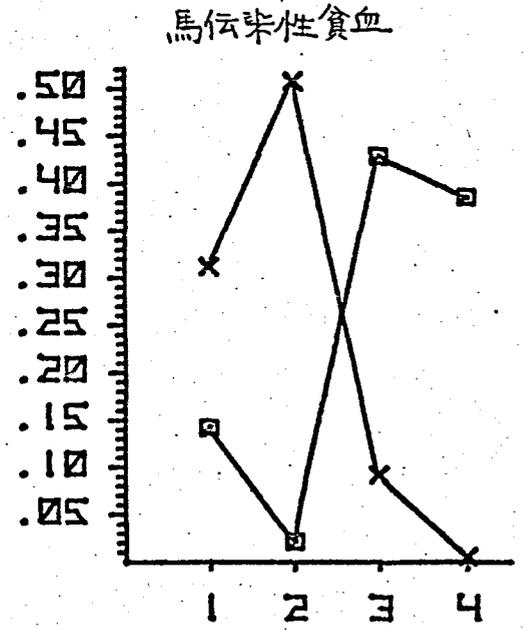
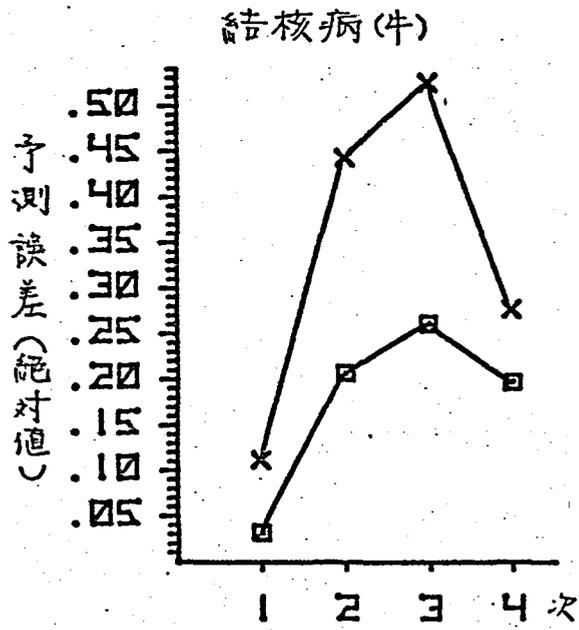
表7. 予測誤差(絶対値)

疾 病	1	2	3	4
1. Anthrax (Cattle)	.1565 .4991	.1005 .4595	.1928 .3201	.4180 .1135
2. Blackleg (Cattle)	.8757 .5247	.5477 .0440	.4217 .2595	.2863 .5129
3. Brucellosis (Cattle)	.5382 .8726	.1064 .1113	.9587 1.4153	.0358 .4412
4. Trichomoniasis (Cattle)	.1944 .4244	.5402 .8280	.3985 .5488	.3857 .5164
5. Tuberculosis (Cattle)	.0324 .1122	.2070 .4431	.2613 .5253	.1972 .2771
6. Equine Infectious Anemia	.1424 .3120	.0218 .5076	.4287 .0920	.3861 .0056
7. Equine Paratyphoid	.9045 1.2343	.3228 .3515	.0728 .3449	.7875 1.7056
8. Inf. Enc. Susp. (Horses)	.6000 .0367	.2841 .3730	.6136 .1267	.1912 .7108
9. Swine Erysipelas	.1027 .2329	.1553 .3110	.5074 .7106	.5365 .7646
10. Hog Cholera	.8722 .2288	1.4803 .6640	2.0344 1.7153	2.6847 2.9238
11. Pullorum Disease	.3556 .1443	.1085 .4148	.0422 .3976	.1383 .1186
12. Foulbrood	.1944 .4092	.0593 .0494	.1056 .1261	.1934 .3259

図 3. 予測誤差(絶対値)



(圖3 フブキ)



(回3つぎ)

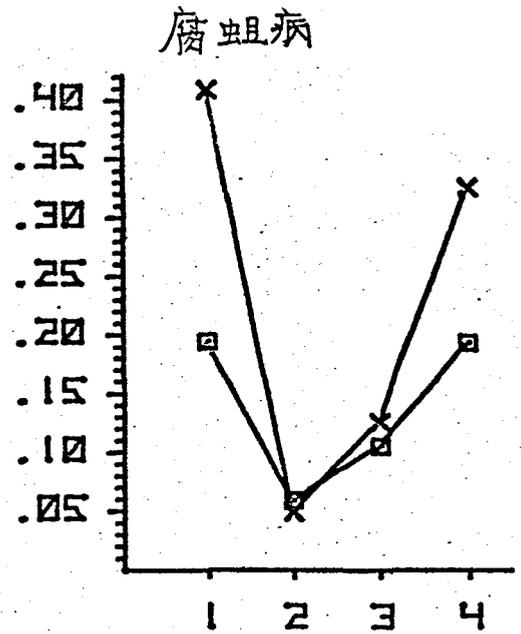
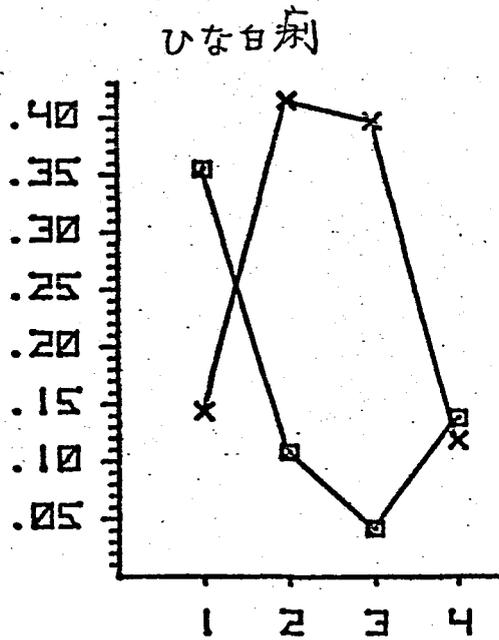
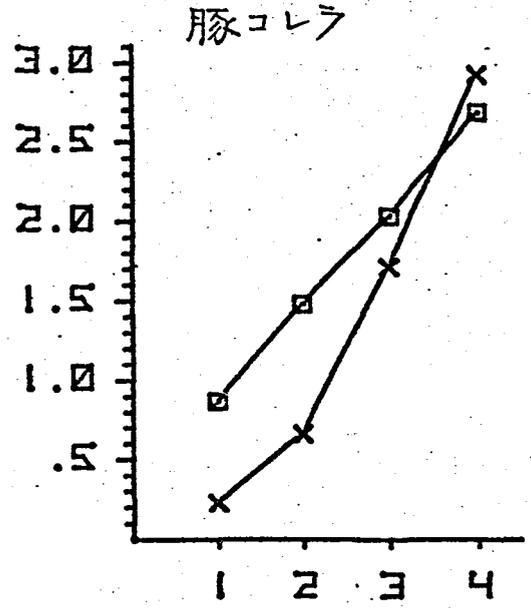
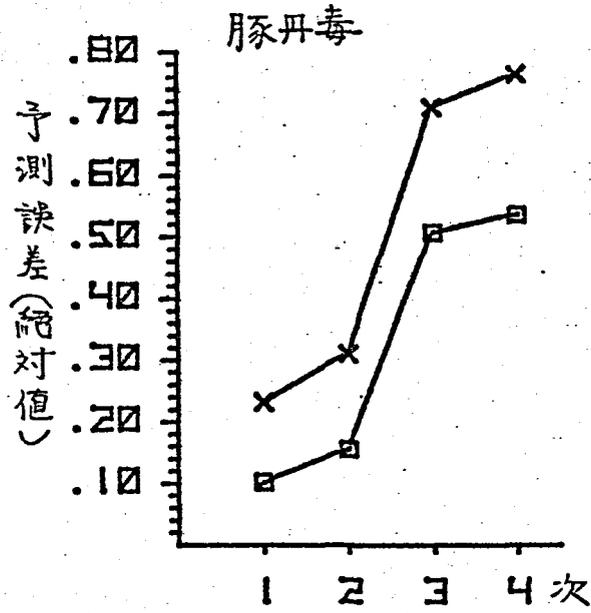
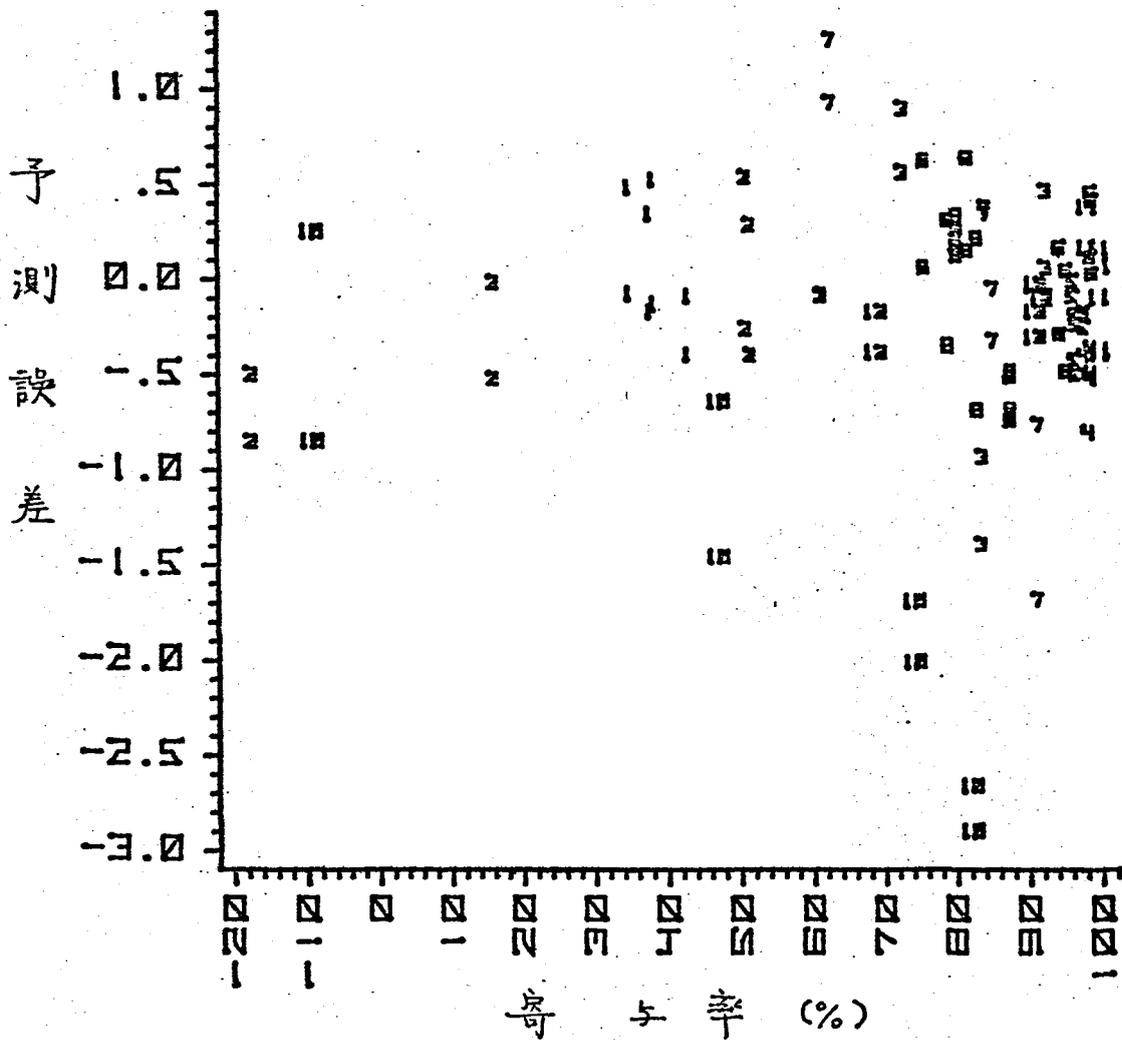
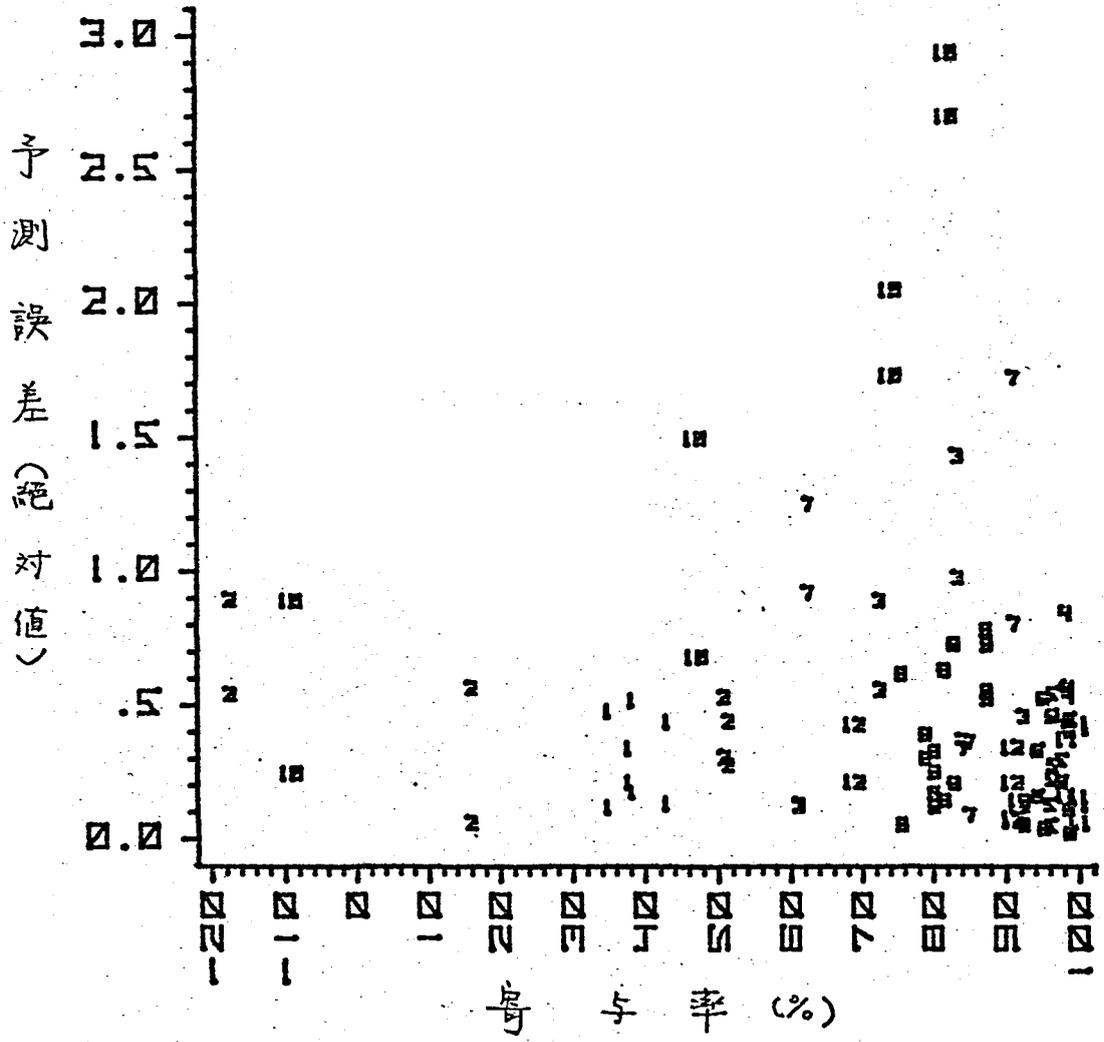


図4-1. 寄与率と予測誤差の関係



図中の数字は疾病番号を示す(次数は無視)

図4-2. 寄与率と予測誤差(絶対値)の関係



図中の数字は疾病番号を示す(次序は無視)

表8. 有用性係數

疾 病	1	2	3	4
1. Anthrax (Cattle)	.3679	.3765	.3585	.3340
2. Blackleg (Cattle)	.7076	.4729	.3033	.3161
3. Brucellosis (Cattle)	.2581	.2159	.2838	.0813
4. Trichomoniasis (Cattle)	.0676	.1268	.0902	.0865
5. Tuberculosis (Cattle)	.0357	.0767	.0872	.0556
6. Equine Infectious Anemia	.0700	.0720	.0541	.0429
7. Equine Paratyphoid	.3691	.1394	.1130	.2552
8. Inf. Enc. Susp. (Horses)	.1786	.1636	.1573	.1640
9. Swine Erysipelas	.1305	.1418	.1676	.1747
10. Hog Cholera	.6465	.4521	.4501	.5656
11. Pullorum Disease	.0591	.0532	.0457	.0313
12. Foulbrood	.2148	.0635	.0693	.0978



図5-2. 有用性係数 (図5-1と有用性係数の間に並べたもの)

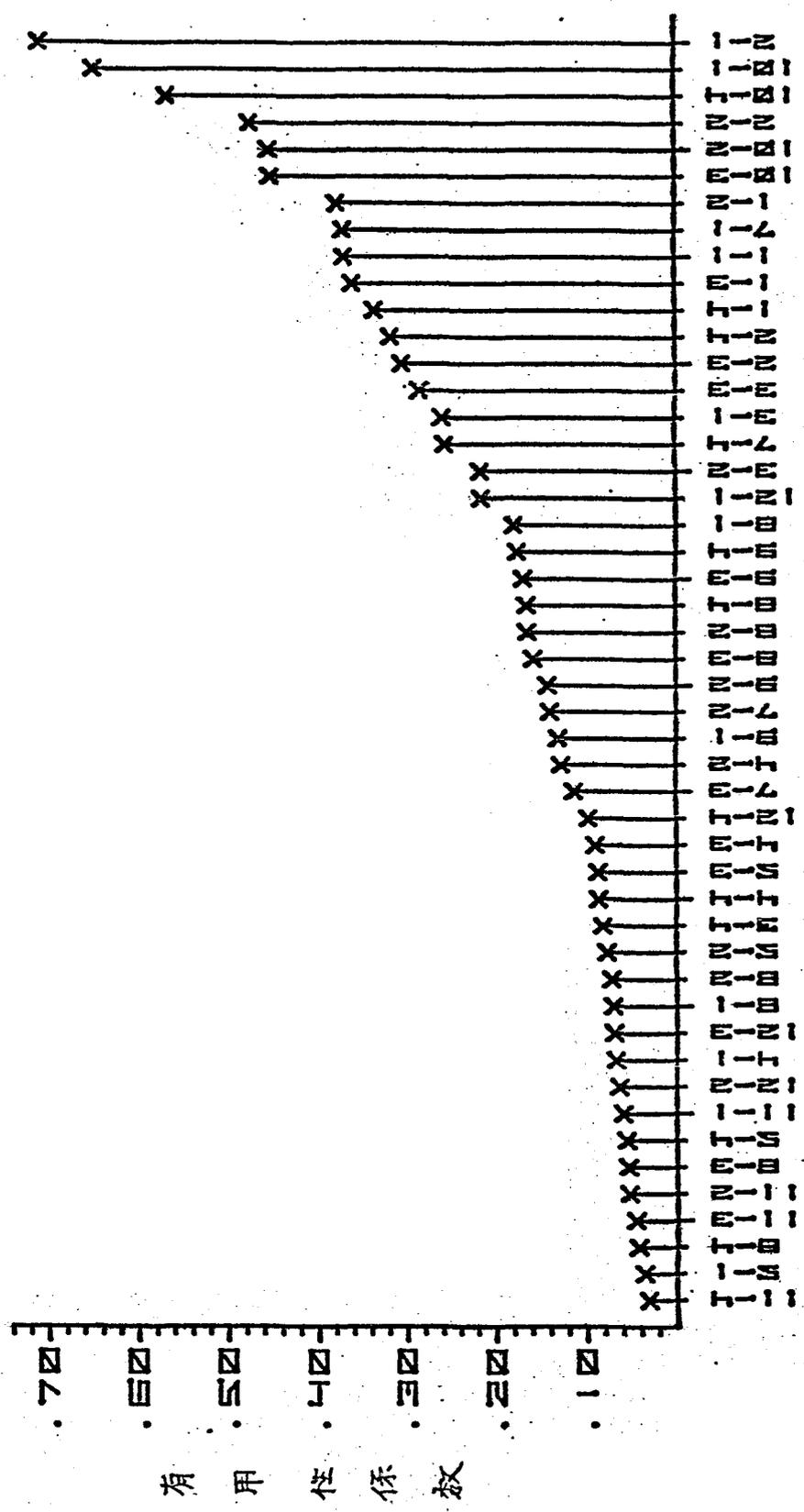


表9. 有用性係数が最良の方程式の奇与率と予測誤差(絶対値)

疾 病	次数	有用性係数	奇与率(%)	予測誤差
1. Anthrax (Cattle)	4	.3340	42.05	.26575
2. Blackleg (Cattle)	3	.3033	50.70	.3406
3. Brucellosis (Cattle)	4	.0813	91.68	.2385
4. Trichomoniasis (Cattle)	1	.0676	96.80	.3094
5. Tuberculosis (Cattle)	1	.0357	95.28	.0723
6. Equine Infectious Anemia	4	.0429	97.95	.0429
7. Equine Paratyphoid	3	.1130	84.36	.20885
8. Inf.Enc.Susp. (Horses)	3	.1573	80.89	.31835
9. Swine Erysipelas	1	.1305	79.48	.1678
10. Hog Cholera	3	.4501	72.47	1.87485
11. Pullorum Disease	4	.0313	98.03	.1285
12. Foulbrood	2	.0635	89.11	.05435

予測誤差は 1974, 1975 両年の平均.

表10. 最大の奇与率, 最小の予測誤差(絶対値), 最小の有用性係数

疾 病	最大の奇与率	最小の予測誤差			最小の有用性係数
		1974年	1975年	両年の平均	
1. Anthrax (Cattle)	42.05(4)	.1005(2)	.1135(4)	.2563 (3)	.3340(4)
2. Blackleg (Cattle)	50.70(3)	.2863(4)	.0440(2)	.25945(2)	.3033(3)
3. Brucellosis (Cattle)	91.68(4)	.0358(4)	.1113(2)	.1089 (2)	.0813(4)
4. Trichomoniasis (Cattle)	97.74(4)	.1944(1)	.4244(1)	.3094 (1)	.0676(1)
5. Tuberculosis (Cattle)	96.79(4)	.0324(1)	.1122(1)	.0723 (1)	.0357(1)
6. Equine Infectious Anemia	97.95(4)	.0218(2)	.0056(4)	.19585(4)	.0429(4)
7. Equine Paratyphoid	90.51(4)	.0728(3)	.3449(3)	.20885(3)	.1130(3)
8. Inf.Enc.Susp. (Horses)	82.22(4)	.1912(4)	.0367(1)	.31835(1)	.1573(3)
9. Swine Erysipelas	86.77(3)	.1027(1)	.2329(1)	.1678 (1)	.1305(1)
10. Hog Cholera	80.35(4)	.8722(1)	.2288(1)	.5505 (1)	.4501(3)
11. Pullorum Disease	98.19(3)	.0422(3)	.1186(4)	.1285 (4)	.0313(4)
12. Foulbrood	90.00(3)	.0593(2)	.0494(2)	.05435(2)	.0635(2)

( )内は次数を示す。

## 考 察

医学の分野では、人間の疾病 [165] 自体を絶対悪とみなす思想があり、その思想は万人に肯定されている。獣医学の分野では、医学との類似性から、上記の思想を家畜の疾病に対してもつ人が多い [79]。しかし、経済動物を対象として考えた場合、その経済性に重点が置かれるのは当然であり、疾病の存在そのものが悪とみなすことはできなくなってくる。事実、ほとんどすべての経済動物は、その動物種本来の姿を考えれば、非健康的な状態と人間に強要されているものと思われる。したがって、家畜の疾病は、人間の健康に影響を及ぼさないかぎり [36, 48, 72, 103, 125]、経済性に重点をおいて考えられるべきはずのものである。

従来、数多く研究されてきた理論疫学モデルは、ほとんどすべてが人間の疾病流行をモ

モデル化したものである。したがって、人間社会において、その社会を構成し維持するために必要な規制条件下での普遍的教法的法則をモデル化〔99〕したものであり、経済性をほとんど考慮していないものと思われる。

しかし、経済動物である家畜の疾病を対象として理論モデルを構築する場合には、従来の疫学モデルと異なり、経済性を考慮に入れなければならないと思われるが、経済性を全面的に考慮に入れてデータ解析を行なっている方法として、計量経済分析〔68, 75, 84, 85〕がある。したがって、経済動物の疾病を対象として理論疫学的モデルを構築するには、計量経済学分野の手法および思想を導入することが本質的に不可避なものと思われる。

理論疫学的モデルを構築するには、解析の基礎となる疾病の発生数の統計資料が必要であり、その資料は全国的で、しかも系統的であることが望ましい。この種の資料としては一般に政府刊行の統計資料が利用されること

が多く、わが国の家畜伝染病発生数については、農林省畜産局編集「家畜衛生統計」がある。著者はこの資料を利用して解析を試みることにしたが、解析を始めるにあたり、記載された数値の信憑性はおくとしても、解析に使用するデータを発生数にするか発生率にするか、発生数の修正の必要性の有無などの問題が生じてくる。

発生率(14)を使用するとすれば、当然、発生率に変換するための分母となるべき家畜飼養頭羽数が必要になる。しかし、この頭羽数の統計は毎年2月1日現在で断面的に集計されたものであり、年間の伝染病発生数に対応させるには、ことに豚、鶏については問題がある。また、経済性に重点をおくとすれば、伝染病による損害の大きさは、むしろ発生数そのもののほうが妥当と考えられる。

一方、発生数を利用して解析を行なうとしても、発生数と他の種類のデータとの相関分析を行なえば、より詳細で正確な解析が可能

になる〔155〕。しかし、発生数以外には、若干の疾病についての検査結果などのほか、整備された統計は少なく、現時点では、妥当な相関分析を行なうことは不可能である。さらに、解析の手始めとしては、従来まったく検討されていない発生数そのものの性質を明らかにすることがまずは必要と思われる。

発生数そのものの性質を明らかにする解析方法としては、時間の経過との関係で解析を行なう時系列解析〔34, 109〕がある。そのため、取りあげた問題に本質的に必要な経済性を考慮すれば、伝染病発生数の解析には、経済時系列解析を試みるのが、最も適当であると思われる。

経済時系列解析の場合、解析が困難な問題は季節変動〔148〕の分離であり、多くの研究が行なわれたにもかかわらず、いまだに理論的根拠が明らかにされないまま、恣意的にくふうされた種々の解析が行なわれている。四半期別、月別、週別などのデータを解析する

とき、この季節変動の分離を避けることはできず、しかも方法論的に、季節変動の分離を最初に行なわねばならない。したがって、季節変動の分離を試みるとすれば、新しい著者の試みの最初の段階で解析に支障が起きる可能性が強いことになる。しかし、年間発生数を使用すれば、この季節変動を消去することになり、季節変動分離に伴う支障を避けることが可能になる。

また、経済時系列解析では、最初にモデルを仮定する。多くの場合、加法モデルか乗法モデルのどちらかである。加法モデルを仮定した解析の場合、家畜伝染病発生数のように減衰することの多いデータでは、負の推定値を得ることが多い。しかし、発生数の最小値はゼロであり、負の発生数が決して存在しないことは明らかである。したがって、発生数の推定値として負の値が頻繁に現われる加法モデルは、現実の現象を対象としたモデルとしては不適當である。一方、乗法モデルを仮

定した場合、指数関数としてモデルを作成するため、その関数値の最小がゼロであることは理論的に明らかである。したがって、採用するモデルは、乗法モデルのほうが妥当である〔132〕。

乗法モデルではデータを対数変換することが要求されるが、ゼロの対数は存在しない。しかし現実には、発生数ゼロの場合もあり、これが解析の支障となる。したがって、ゼロの対数が存在しない問題を避けるため、しばしば行なわれる方法であるが、原データに1を加えて解析することが必要になる〔132〕。

さらに、時系列解析を行なう場合、解析を行なう期間内に欠測値があってはならない。もちろん解析精度を落とせば、欠測値を推定して解析を行なうことは可能である。しかし著者の試みが最初の試みであり、その試みが成功するかどうか明らかでないことを考えれば、欠測値の推定は行なうべきではないと思われる。また、発生数がほとんどゼロの場合、

時系列解析を行なう必然性は当然否定される。これらの点を考慮して、解析可能な疾病を選択することが、家畜伝染病発生数について時系列解析を行なう場合に必要となる。

年度別データの経済時系列解析は、まず傾向変動の分離を行ない、ついで循環変動を分離し、残りを不規則変動すなわち偶然変動と仮定する。傾向変動の分離には、最小二乗法を使用するが、普通に行なわれている方法は手計算を前提とした計算の容易な方法であり、時間 $t$ の次数によって異なる計算式が使われている。しかし、解析に必要な計算をすべてコンピュータ〔58, 63, 95, 162〕で行なうとすれば、時間 $t$ によって異なる計算式を使うのはむしろ不便である。

時間 $t$ の次数に関係なく、同じ計算式を使う方法としては、連立方程式の解法と重回帰分析のふたつが考えられる。しかし前者は、あまりにも数学的に形式的に解を求める方法であり、統計的有意性の推定が無視される欠

点がある。したがって、現実の現象を解析する手法としては、重回帰分析が妥当であり〔5, 90, 91, 131〕、実用性も考慮すれば、時間 $t$ の1~4次の多項式として傾向変動を分離することが適当である。

また、時系列データをフーリエ級数として周期性を解析するには、いくつかの方法が考えられる。しかし、理論的根拠が明らかであり、しかも周期の統計的有意性の検討が可能であり、さらに、経済時系列解析に利用されることが多い方法は、ペリオドグラム分析〔75〕である。したがって、理論的根拠が簡明である点も考慮し、周期変動の分離にはペリオドグラム分析を使用することが、循環変動の分離に適当と思われる。

上述の解析方法と似た手法を使用した例として、インフルエンザの死亡数について解析した Serfling〔114〕および Housworthら〔41〕の報告がある。しかし、インフルエンザの過去の死亡数には、1年周期の季節変動がある

ことは視察によっても明らかであり、しかも長期間の動きである傾向変動は複雑な形をとらず、死亡数がゼロになることもない。そのため彼らはいずれも単純な加法モデルを採用し、傾向変動は時間 $t$ の1次または2次の多項式を最初から仮定している。

インフルエンザの例にくらべ、家畜伝染病発生数では、傾向変動は複雑な場合があり、周期変動は視察では明らかでなく、しかも発生数がゼロの場合の存在をも考慮しなければならない。さらに、対象とする疾病の宿主が経済動物であるという特殊性も加えれば、著者がとりあげた問題の解析はかなり複雑であるはずのものである。したがって、モデルを構築するためにはそれなりの論理的根拠を必要とし、前述のように考察して方法を選択しなければならないとなり、Serfling および Housworthらのそれとは似て非なるものであるといえる。

また、~~著者~~の試みは、少なくとも家畜伝染

病発生数の解析に関しては最初のものであるため、得られた結果の妥当性についての経験的裏付けがまったくない。したがって、著者が行なった解析の妥当性の客観的裏付けが必要であり、その目的で、適合性については寄与率を、予測精度については予測誤差を求めた。さらに、その実用性については、仮定した重みづけのもとで有用性係数を求めた。

このようにして著者は、12種類の家畜伝染病の年間発生数について乗法モデルを仮定し、経済時系列解析を行なったが、その成績の概要は次のとおりである。

疾病ごとに  $\hat{y}_{1t} \sim \hat{y}_{4t}$  のいずれかの寄与率が95%以上、すなわち非常に良い適合を示したのは、トリコモナス病、結核病、馬伝染性貧血、ひな白痢であり、90~95%で良い適合を示したのは、ブルセラ病、馬パラチフス、腐蛆病であった。また、寄与率が80%台、すなわちやや低い適合を示したのは、流行性脳炎、豚丹毒、豚コレラで、炭疽、気腫疽の寄与率

の最大値はそれぞれ 42.05, 50.70 と, 適合が悪かった。なお, 多項式の次数による寄与率の差は, 適合性の非常に良かった 4 疾病では小さく, 気腫疽, 豚コレラでは非常に大きかった。

時系列解析の研究を開始したうちに, 1974, 1975年の発生数が公表されたので, そのそれぞれを  $x_{N+1}$ ,  $x_{N+2}$  とし, これを変換した  $y_{N+1}$ ,  $y_{N+2}$  と, その予測値  $\hat{y}_{p(N+1)}$ ,  $\hat{y}_{p(N+2)}$  との差を予測誤差として求めた。

疾病ごとに, 予測誤差の絶対値  $|d_{1k}| \sim |d_{4k}|$  が最も小さいものを選び出すと, 1974年については豚コレラ, 気腫疽の 2 疾病を, 1975年についてはトリコモナス病, 馬パラチフスの 2 疾病を除き, すべて 0.25 以下であった。また,  $|d_{1k}| \sim |d_{4k}|$  それぞれの平均値  $\bar{|d}_p|$  のうち最小のものについてみると, 炭疽, 気腫疽, トリコモナス病, 流行性脳炎, 豚コレラを除き, 他の 7 疾病では 0.25 以下であった。この値は真数にして 1.78 倍以下である。した

が、予測精度はかなり良好なものといえる。ただし、寄与率と予測誤差の間の相関関係は統計的に有意でなかった。

過去の数値に対する適合性と、予測精度の両面から  $\hat{y}_{pf}$  を評価するために求めた有用性係数のうち、疾病ごとに最も小さいものを選び出すと、結核病、馬伝染性貧血、ひな白痢で0.05より小、ブルセラ病、トリコモナス病、腐蛆病で0.1より小、馬パラチフス、流行性脳炎、豚丹毒で0.16より小であり、これら9疾病についての回帰方程式の有用性が高いことが示された。一方、炭疽、気腫疽の有用性係数は0.3台、豚コレラでは0.4501と、前記9疾病の有用性係数から相当かけはなれた値を示した。

これらの成績を総合してみると、結核病、馬伝染性貧血、ひな白痢の3疾病については、適合性、予測精度、有用性係数のいずれの点においても非常にすぐれており、つづいて、ブルセラ病、トリコモナス病、腐蛆病も良い

成績をあげている。馬パラチフス、流行性脳炎、豚丹毒については、前記も疾病よりやや劣るが、その有用性は十分に認められる。残る炭疽、気腫疽、豚コレラの3疾病については、他の疾病に比し一段と劣った成績しか得られなかったが、従来しばしば行なわれてきた移動平均や単純な最小二乗法にくらべれば、この方法のすぐれていることは明らかである。

このように仕分けされた疾病の特徴をみると、上位も疾病中トリコモナス病を除いた結核病、馬伝染性貧血、ひな白痢、ブルセラ病、腐蛆病は、いずれも定期検査によって患畜を摘発し、殺処分が付すことを主体とした防疫措置のとられている疾病であり、トリコモナス病も、次に位する馬パラチフスとともに、種畜検査の対象となっている疾病である。これに対し、下位の炭疽、気腫疽は寄与率がかけはなれて小さいが、両者とも芽胞形成菌である Bacillaceae に属する細菌による疾病であることに注目すべきであろう。豚関係の2

疾病のうち、豚丹毒ではやや劣る程度の成績が得られたが、豚コレラでは、寄与率は80%以上であったものの、1975年の予測誤差を除き、その成績は豚丹毒に劣り、有用性係数は疾病中最下位となった。また、流行性脳炎については疑似患者数を扱っているため、その疾病内容も定かでない点もあるが、結果的に、豚コレラを上回り、豚丹毒を下回る成績を示した。

家畜疾病の生物学的ないしは実験室的な検討は従来から微に入り細にわたって行なわれているのに反し、経済活動のなかでの農業、農業のなかでの畜産、畜産のなかでの家畜衛生〔43,71〕、家畜衛生のなかでの疾病といった考え方は、行政の面では厳として存在しているものの、試験研究機関の業務には大枠としての影響を及ぼすだけとなっていることが多い。

著者の当面の試みは、家畜伝染病の発生推

移をモデル化することにあつたが、上記のようにその目的は十分に達成され、しかもそのモデルを用いた発生予測の精度もかなり高いことが明らかになった。したがって、著者が作成した数式モデルによる疾病の発生予測は、効果的な疾病予防、防圧を可能とし、家畜衛生業務の新技术として大いに貢献するばかりでなく、その業務自体の経済的評価のための客観的な基礎となるものと思われる。

今後、著者が試みた方法をさらに広い範囲に応用し、疾病の発生推移を左右する原因の解析を進めれば、疾病の生物学的な面での性格とともに、その経済的ないしは社会的な面での特徴をも明らかにすることが可能であると思われる。このような意味で、著者の試みは、疫学的研究上のひとつの進路に先鞭をつけると同時に、コンピュータ利用の必要性を痛感させる研究であると信ずる。

## 結 論

記載疫学的な材料である統計資料を利用し、理論疫学的な手法により数式モデルを作り、そのモデルによる疾病の発生予測が可能になれば、その価値は大きい。しかし、理論疫学上の決定論モデルや確率論モデルは、主としてひとつの流行を対象として作成されたものであり、長期間の発生数へのあてはめや、それにもとづく予測はほとんど扱われていない。さらに、これらのモデルは人の疾病を対象としたものであり、経済性の問題も考慮に入れねばならぬ経済動物を対象とした場合と、本質的に異なる立場をとっている。

そこで著者は、経済動物が対象であるという特殊性を考えながら、過去の長期間の家畜伝染病発生数に適合する理論モデルを作成することを当面の目的とし、さらにそのモデルの予測精度についても検討した。すなわち、

1949～1973年の「家畜衛生統計」を用い、12種類の家畜伝染病発生数について、乗法モデルを仮定した経済時系列解析を行なった。

まず、解析用データは、年間発生数に1を加えて対数変換した値とし、これについて、年度毎に対する重回帰分析とペリオドグラム分析を行ない、疾病ごとに4種類の回帰方程式を作成した。ついで、変換した原系列データに対する各回帰方程式の寄与率を求めて適合性の検討を行ない、解析終了後に公表された発生数に対する予測誤差を求めて予測精度の検討を行なった。さらに恣意的ではあるが、適合性と予測精度の両者を勘案した有用性係数を求めた。

上記の結果を疾病ごとにあげると次のとおりである。

炭疽：予測誤差がやや小さいが、寄与率が小さく、有用性係数は大、すなわち有用性は劣る。

気腫疽：1975年の予測誤差は相当に小さい

が、寄与率が小さく、有用性係数は大。

ブルセラ病：予測誤差が1974, 1975年の間で相当異なるが、寄与率が大きく、有用性係数も小。

トリコモナス病：寄与率が非常に大きいのに反し、予測誤差とくに1975年の誤差が大きいが、有用性係数は小。

結核病：1975年の予測誤差がやや大きいが、寄与率は大きく、有用性係数は非常に小。

馬伝染性貧血：寄与率、予測誤差いずれも良い成績で、有用性係数は非常に小。

馬パラチフス：1975年の予測誤差が大きく、寄与率もやや小さく、有用性係数はやや大。

流行性脳炎(疑似)：1975年の予測誤差は小さいが、寄与率はやや小さく、有用性係数はやや大。

豚丹毒：寄与率、予測誤差ともやや劣る成績で、有用性係数はやや大。

豚コレラ：寄与率、予測誤差とも次教による差が大きく、有用性係数は大。

ひな白痢：1975年の予測誤差が1974年に比し大きい、寄与率は非常に大で、有用性係数は非常に小。

腐蛆病：寄与率がやや小さい、予測誤差は小、有用性係数は小。

上記の成績を総合してみると、結核病、馬伝染性貧血、ひな白痢の3疾病については、適合性、予測精度、有用性いずれの点においても非常にすぐれており、つづいて、ブルセラ病、トリコモナス病、腐蛆病も良い成績を示した。馬パラチフス、流行性脳炎、豚丹毒については、前記6疾病よりやや劣るが、その有用性は十分に認められる。残る炭疽、気腫疽、豚コレラの3疾病については、他の疾病に比し一段と劣った成績しか得られなかったが、従来しばしば行われてきた移動平均や単純な最小二乗法に比較すれば、この方法のすぐれていることは明らかである。

上記の成果を得た著者の研究は、少なくとも家畜伝染病発生数に関しては、世界で最初のものである。このような研究は、従来、重要ではあるが難解であるとして放置されていたものであり、事実、コンピュータの利用なしには行なうことのできない研究である。しかし、コンピュータが普及し、その利用が比較的容易になってきた現在、著者の成果をさらに広範囲に応用すれば、疾病の発生推移を左右する原因の解析が進み、疾病の生物学的な面での性格とともに、その経済的な側面は社会的な面での特徴も明らかにすることが可能であると思われる。その意味で、従来ほとんど手がつけられていなかった研究分野に先鞭をつけ、しかも実用的な成果を得たものと思われる。

## 謝 辞

この研究を行なうにあたって、終始懇篤な  
ご教示、ご指導を賜った、農林省家畜衛生試  
験場疫学研究室長 滝沢隆安博士にたいし、  
あつく感謝の意を表します。

## 文 献

- [1] Anon.(1963). The economic losses caused by animal diseases; A preliminary survey supported by the Freedom from Hunger Campaign of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Anim.Hlth Yearbk*, 1962, 284-313.
- [2] Bailey,N.T.J.(1957). The Mathematical Theory of Epidemics, Charles Griffin, London.
- [3] Bailey,N.T.J.(1967). The Mathematical Approach to Biology and Medicine, John Wiley, New York.
- [4] Barfoot,L.W., Cote,J.F., Stone,J.B., and Wright,P.A.(1971). An economic appraisal of a preventive medicine program for dairy herd health management. *Canad.vet.J.*, 12,2-10.
- [5] Bartlett,M.S.(1965). Multivariate analysis. In [150], 201-224.
- [6] Bernal,J.D.(1965). Science in History, 3rd ed., C.A.Watt, London. [バナル歴史における科学, 鎌田恭夫訳(1967), みすず書房, 東京]
- [7] Beveridge,W.I.B.(1960). The economics of animal health. *Vet.Rec.*, 72,810-815.
- [8] Burnett,M., and White,D.O.(1972). Natural History of Infectious Disease, 4th ed., Cambridge Univ.Press, London.
- [9] Cockburn,A.(1963). The Evolution and Eradication of Infectious Diseases, Johns Hopkins Press, Baltimore.
- [10] Collier,W.A.(1930). Die Seuchen, F.Vieweg und Sohns, Braunschweig. [流行病の発生と終熄:疫学, 豊川行平・羽生順一訳(1945), 創元社, 東京]
- [11] Dauer,C.C., and Serfling,R.E.(1961). Mortality from influenza, 1957-58 and 1959-60. *Amer.Rev.resp.Dis.*, 83(Pt.2),15-21.
- [12] Draper,G.J.(1972). Alternative methods for the analysis of complex epidemiological data. *Brit.J.prev.soc.Med.*, 26,60-61.
- [13] Dubos,R., and Dubos,J.(1952). The White Plague: Tuberculosis, Man and Society, Little,Brown, Boston.
- [14] Elandt-Johnson,R.C.(1975). Definition of rates: Some remarks on their use and misuse. *Amer.J.Epidem.*, 102,267-271.

- [15] Elder, J.K. (1976). Retrieval of animal disease information from a computer record system. *Aust. vet. J.*, 52, 196-197.
- [16] Elkins, I.I., ed. (1958). *Kurs Epidemiologii*, Medgiz, Moscow. [A Course in Epidemiology, Pringle, C.R., ed. (1961), Oxford]
- [17] Elveback, L., and Varma, A. (1965). Simulation of mathematical models for public health problems. *Publ. Hlth Rep.*, 80, 1067-1076.
- [18] Essex-Carter, A.J. (1967). *A Synopsis of Public Health and Social Medicine*, John Wright and Sons, Bristol.
- [19] Ewy, W., Ackerman, E., Gatewood, L.C., Elveback, L., and Fox, J.P. (1972). A generalized stochastic model for simulation of epidemics in a heterogeneous population (Model VI). *Comput. Biol. Med.*, 2, 45-58.
- [20] Fagan, R. (1952). A statistician looks at veterinary vital statistics. *Proc. 55th Ann. Mtg U.S. Livestk Sanit. Ass.*, 1955, 192-195.
- [21] Ferris, D.H. (1967). Epizootiology. *Advanc. vet. Sci.*, 11, 261-320.
- [22] Fox, J.P., Elveback, L., Scott, W., Gatewood, L., and Ackerman, E. (1971). Herd immunity: Basic concept and relevance to public health immunization practices. *Amer. J. Epidem.*, 94, 179-189.
- [23] Francis, T., Jr. (1960). The epidemiological approach to human ecology. *In* [125], 385-394.
- [24] Francke, G., und Goerttler, V. (1930). *Allgemeine Epidemiologie der Tierseuchen*, Ferdinand Enke, Stuttgart.
- [25] Galuzo, I.G. (1975). Landscape epidemiology (epizootiology). *Advanc. vet. Sci. comp. Med.*, 19, 73-96.
- [26] Gordon, R.F. (1971). The economic effect of ill health. *Vet. Rec.*, 89, 496-500.
- [27] 後藤 稠 (1972). 実験医学における疫学的方法. *日本臨床*, 30, 15-16.
- [28] Gould, C.A. (1975). Cattle: Economics, disease and disease control. *Vet. Ann.*, 15, 1-3.
- [29] Gracey, J.F. (1955). Survey of pig losses. *Vet. Rec.*, 67, 984-990.
- [30] Grant, M. (1975). *Handbook of Community Health*, 2nd ed., Lea & Febiger, Philadelphia.

- [31] Greenwood, M., Hill, A.B., Topley, W.W.C., and Wilson, J. (1936). Experimental epidemiology. *Med. Res. Counc. spec. Rep. Ser.*, No. 209.
- [32] Griffiths, D.A. (1972). A further note on the probability of disease transmission. *Biometrics*, 28, 1133-1139.
- [33] Hagan, W.A. (1958). The control and eradication of animal diseases in the United States. *Ann. Rev. Microbiol.*, 12, 127-144.
- [34] Hannan, E.J. (1960). *Time Series Analysis*, Methuen, London.  
[時系列解析, 細谷雄三訳(1974), 培風館, 東京]
- [35] Harnett, P. (1956). The significance of veterinary science in the national economy. *Irish vet. J.*, 10, 130-143; 164-172; 185-188.
- [36] Hinman, E.H. (1966). *World Eradication of Infectious Diseases*, Thomas, Springfield, Ill.
- [37] 平山 雄 (1958). *疫学*, 積文堂, 東京.
- [38] 久井伸治 (1965). 伝染病の伝播機構に関する理論疫学的研究.  
麻布獣医科大学研究報告, No. 14, 61-81.
- [39] Höpker, W.W., und Jacob, W. (1972). Zur Methodik der statistischen Sicherung epidemiologischer Aussagen in der Pathologie. *Virchow Arch.*, A356, 127-139.
- [40] Hourringan, J.L. (1960). Animal morbidity and mortality reporting programs as carried on in the Department of Agriculture. *In* [125], 407-410.
- [41] Housworth, J., and Langmuir, A.D. (1974). Excess mortality from epidemic influenza, 1957-1966. *Amer. J. Epidem.*, 100, 40-48.
- [42] Howard-Jones, N. (1974). The scientific background of the international sanitary conferences, 1851-1938. *WHO Chron.*, 28, 159-171; 229-247.
- [43] Hugh-Jones, M.E. (1973). The uses and limitations of animal disease surveillance. *Vet. Rec.*, 92, 11-15.
- [44] Hyman, H.H. (1972). *Secondary Analysis of Sample Surveys: Principles, Procedures, and Potentialities*, John Wiley, New York.
- [45] Jorgensen, R.R. (1975). Data, dilemma, decision: The biometric approach. *J. Amer. Vet. Med. Ass.*, 166, 915-919.
- [46] 金光正次 ほか (1966). *疫学とその応用*, 南山堂, 東京.
- [47] 金光正次 (1971). 疫学の方法論. *最新医学*, 26, 1836-1842.

- [48] Kaplan, M., and Beveridge, W.I.B. (1972). WHO coordinated research on the role of animals in influenza epidemiology. *Bull. Wld Hlth Org.*, 47, 439-443.
- [49] 仮谷太一 (1971). 予測の知識, 森北出版, 東京.
- [50] 川上武 (1960). 疫学の方法論. 自然科学概論, 武谷三男編著, 勁草書房, 東京, 第2巻, 429-447.
- [51] Kerr, J.D. (1971). The probability of disease transmission. *Biometrics*, 27, 219-222.
- [52] Kiskalt, K. (1930). Allgemeine Epidemiologie. In *Handbuch der Pathogenen Mikroorganismen*, 3 Auflage, herausgegeben von Kolle, W., Kraus, R., und Uhlenhuth, P., G. Fischer, Jena, Bd. III, Teil 1, 731-768.
- [53] 小林正芳 (1950). 「中野龍雄, 本邦に於ける家畜伝染病流行の時系列解析(其2)」に対する答言. *日本獣医学雑誌*, 12, 124.
- [54] 近藤次郎・小林竜一 (1968). 需要予測の一般的手法. *数理科学*, No. 58, 2-9.
- [55] Lange, H.J., und Reiter, R. (1972). Datenverdichtung bei der Auswertung multivariater epidemiologischer Studien. *Method. Inform. Med.*, 11, 253-257.
- [56] Le Riche, W.H., and Milner, J. (1971). *Epidemiology as Medical Ecology*, Churchill Livingstone, Edinburgh.
- [57] Leavell, H.R., and Clark, E.G., eds. (1965). *Preventive Medicine for the Doctor in His Community: An Epidemiologic Approach*, McGraw-Hill, New York.
- [58] Ledley, R.S. (1965). Scope of computer applications. In [150], 250-291.
- [59] Leech, F.B. (1971). A critique of the methods and results of the British national surveys of disease in farm animals. *Brit. vet. J.*, 127, 511-522; 587-592.
- [60] Leech, F.B., and Wedderburn, R.W.M. (1972). A method for predicting proportions of affected herds from proportions of affected animals. *J. Hyg.*, 70, 409-414.
- [61] Lilienfeld, A.M. (1959). Epidemiologic methods and inferences. In *Preventive Medicine*, Hilleboe, H.E., and Larimore, G.W., eds., Saunders, Philadelphia, 662-688.
- [62] Lilienfeld, A.M. (1973). Epidemiology of infectious and non-infectious disease: Some comparisons. *Amer. J. Epidemiol.*, 97, 135-147.

- [63] Linton, A.H., Heard, T.W., Grimshaw, J.J., and Pollard, P. (1970). Computer-based analysis of epidemiological data arising from salmonellosis in pigs. *Res. vet. Sci.*, 11, 523-532.
- [64] Ludwig, D. (1973). Mathematical models for the spread of epidemics. *Comput. Biol. Med.*, 3, 137-139.
- [65] Macdonald, G., CUELLAR, C.B., and Foll, C.V. (1968). The dynamics of malaria. *Bull. Wld Hlth Org.*, 38, 743-755.
- [66] MacMahon, B., Pugh, T.F., and Ipsen, J. (1960). *Epidemiologic Methods*, Little, Brown, Boston.
- [67] MacMahon, B., and Pugh, T.F. (1970). *Epidemiology: Principles and Method*, Little, Brown, Boston. [疫学: 原理と方法, 金子義徳・額田繁・廣畑富雄訳 (1972), 丸善, 東京]
- [68] 円山由次郎 (1974). 新版・需要予測と経済時系列分析, 日本生産性本部, 東京.
- [69] Maxcy, K.F. (1948). *Epidemiology*. In *Viral and Rickettsial Infection of Man*, Rivers, T.M., ed., Lippincott, Philadelphia, 128-146.
- [70] May, J.M., ed. (1961). *Studies in Disease Ecology*, Hafner, New York.
- [71] Melrose, D.R. (1974). The veterinarian's role in the livestock industry. *Vet. Rec.*, 94, 257-261.
- [72] Meyer, K.F. (1953). Animal diseases and human welfare. *Advanc. vet. Sci.*, 1, 1-48.
- [73] Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1965). *Animal Health: A Centenary 1865-1965, A Century of Endeavour to Control Diseases of Animals*, Her Majesty's Stationery Office, London.
- [74] 丸山政子 (1971). 疾病と地域・季節, 大明堂, 東京.
- [75] 本田優三 (1955). 経済変動の統計分析法, 岩波書店, 東京.
- [76] Moriyama, I.M. (1964). Uses of vital records for epidemiological research. *J. chron. Dis.*, 17, 889-897.
- [77] Mornet, P., ed. (1972). *Les Maladies Animales, Leur Incidence sur l'Economie Agricole*, Service de Press, Edition, Information, Paris.
- [78] Morris, J.N. (1964). *Uses of Epidemiology*, 2nd ed., E. & S. Livingstone, London.

- [79] Morris,R.S.(1969). Assessing the economic value of veterinary services to primary industries. *Aust.vet.J.*, 45,295-300.
- [80] Morris,R.S., and Blood,D.C.(1969). The economic basis of planned veterinary services to individual farms. *Aust.vet.J.*, 45,337-341.
- [81] Muench,H.(1959). *Catalytic Models in Epidemiology*, Harvard Univ.Press, Cambridge,Mass.
- [82] Mullooly,J.P., and Oleinick,A.(1975). A dynamic model of prevalence for an epidemiologic study of a chronic disease within a health maintenance organization. *J.chron.Dis.*, 28,317-340.
- [83] Nájera,J.A.(1974). A critical review of the field application of a mathematical model of malaria eradication. *Bull.Wld Hlth Org.*, 50,449-457.
- [84] 中山 伊知郎編(1957). 統計学辞典 増補版, 東洋経済新報社, 東京.
- [85] 中山 伊知郎編(1962). 現代統計学大辞典, 東洋経済新報社, 東京.
- [86] National Cancer Institute, Epizootiology Section, prep.(1966). *Standard Nomenclature of Veterinary Diseases and Operations*, 1st ed.rev., U.S.Department of Health, Education, and Welfare, Bethesda.
- [87] 野辺地 慶三 (1951). 疫学総論. 公衆衛生学, 古屋芳雄監修, 日本臨床社, 東京, 才4輯, 1-218.
- [88] Nordquist,A.V.(1947). Estimating livestock losses. *Proc. 50th Ann.Mtg U.S.Livestk Sanit.Ass.*,1946, 199-208.
- [89] 岡田 博 (1971). 疾患の疫学的追究における諸問題: 追究研究を主題として. 最新医学, 26,1843-1851.
- [90] 奥野忠一・久米均・芳賀敏郎・吉澤正 (1971). 多変量解析法, 日科技連, 東京.
- [91] 奥野忠一 ほか(1976). 続多変量解析法, 日科技連, 東京.
- [92] 澤瀉久敬(1960). 医学概論, 才2部, 誠信書房, 東京, 131-134.
- [93] Paterinski,A.(1972). Some problems of the economic effectivity of veterinary research. *Nauch.Trud.vissh Vet.-Med.Inst.Prof. G.Pavlov*, 22,545-555.
- [94] Paul,J.R., and White,C.,eds.(1973). *Serological Epidemiology*, Academic Press, New York.

- [95] Perkins, W.J., and Hammond, B.J. (1975). Computer-aided thought in biomedical research. *Nature (Lond.)*, 256, 171-175.
- [96] Peters, J.A. (1966). Veterinary clinical data: An epidemiologic research resource. *Amer. J. publ. Hlth*, 56, 1837-1839.
- [97] Quinchon, C., et Mornet, P. (1966). L'épidémiologie en médecine vétérinaire et économie animale. *Rec. Méd. vét.*, 142, 949-969.
- [98] Quinchon, C., et Mornet, P. (1970). Essai d'enquête économique régionale sur les maladies de bovins. *Rec. Méd. vét.*, 146, 415-531.
- [99] Rashevsky, N. (1965). Models and mathematical principles in biology. In [150], 36-53.
- [100] Reid, D.D. (1975). Epidemiological methods in the study of disease. In *The Theory and Practice of Public Health*, 4th ed., Hobson, W., ed., Oxford Univ. Press, London, 44-54.
- [101] Reid, D.D. (1975). International studies in epidemiology. *Amer. J. Epidem.*, 102, 469-476.
- [102] Ríha, J., and Hradil, M. (1973). Methods of the determination of the economic effectiveness of veterinary service in cases of virus gastroenteritis in pigs. *Vet. Med. (Praha)*, 18, 389-394.
- [103] Roberts, L., and Shaw, C.H. (1966). *A Synopsis of Hygiene*, 12th ed., J. & A. Churchill, London.
- [104] Robson, D.S., and Baker, J.A. (1958). Statistical design for disease incidence. *Proc. 61st Ann. Mtg U.S. Livestk Sanit. Ass.*, 1957, 40-45.
- [105] Rogers, F.B. (1963). *Epidemiology and Communicable Disease Control*, Grune & Stratton, New York.
- [106] Rosenberg, H.M. (1965). Seasonal adjustment of vital statistics by electronic computer. *Publ. Hlth Rep.*, 80, 201-210.
- [107] Rowlands, G.J., and Pocock, R.M. (1976). Statistical basis of the Compton metabolic profile test. *Vet. Rec.*, 98, 333-338.
- [108] Sartwell, P.E., ed. (1973). *Maxcy-Rosenau Preventive Medicine and Public Health*, 10th ed., Appleton-Century-Crofts, New York, 1-58.
- [109] 佐和隆光 (1974). 時系列現象のモデル. *数理科学*, No. 133, 14-21.
- [110] Schwabe, C.W. (1969). *Veterinary Medicine and Human Health*, 2nd ed., Williams & Wilkins, Baltimore.

- [111] Schwarz,S.(1969). Analytische Untersuchungen über Struktur und Anteil der Kosten für veterinärmedizinische Leistungen in der Tierproduktion. *Mh.Vet.-Med.*, 24,801-806.
- [112] Selby,L.A., Edmonds,L.D., and Hyde,L.D.(1976). Epidemiological field studies of animal populations. *Canad.J.comp.Med.*, 40,135-141.
- [113] Senthille,F.(1964). Intérêt économique de la lutte contre les épizooties. *Bull.Acad.vét.Fr.*, 37,287-293.
- [114] Serfling,R.E.(1963). Methods for current statistical analysis of excess pneumonia-influenza deaths. *Publ.Hlth Rep.*, 78,494-506.
- [115] 重松逸造 (1966). 疫学. 改稿公衆衛生学, 斎藤潔監修, オ-出版, 東京, 117-138.
- [116] 重松逸造 (1971). 疫学とは何か. 最新疫学, 26,1832-1835.
- [117] 重松逸造・福届和夫 (1972). 流行病の教式モデル. 数理科学 No.106,16-21.
- [118] 奥戸昌夫 (1963). 疫学. 新公衆衛生, 奥戸昌夫監修, 英光堂, 東京, 91-148.
- [119] Shope,R.E.(1960). The role of latency in the epidemiology of virus diseases. In [125], 395-398.
- [120] Singer,C., and Underwood,E.A.(1962). A Short History of Medicine, 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, 710-741.
- [121] Smillie,W.G.(1947). Public Health Administration in the United States, 3rd ed., Macmillan, New York. [アメリカに於ける公衆衛生行政, 沼田長宗ほか訳 (1950), オ-出版, 東京, 253-270]
- [122] Smillie,W.G., and Kilbourne,E.D.(1963). Preventive Medicine and Public Health, 3rd ed., Macmillan, New York.
- [123] Snedecor,G.W.(1948). An experiment in the collection of morbidity and mortality data on farm animals. *Proc. 51st Ann.Mtg U.S.Livestk Sanit.Ass.*,1947, 218-225.
- [124] Snedecor,G.W., and Cochran,W.G.(1967). Statistical Methods, 6th ed., Iowa State Univ.Press, Ames.
- [125] Stafseth,H.J.,chairman (1960). Comparative Medicine in Transition: Proceedings of the First Institute on Veterinary Public Health Practice, Oct.6-9, 1958, Univ.Michigan School of Public Health, Ann Arbor.

- [126] Stallybrass, C.O. (1931). *The Principles of Epidemiology and the Process of Infection*, George Routledge & Son, London.
- [127] Stevens, K.M. (1967). *The Ecology and Etiology of Human Disease*, Thomas, Springfield, Ill.
- [128] Stewart, G.T. (1972). Priorities in community health: The challenge to epidemiology. *In Trends in Epidemiology*, Stewart, G.T., ed., Thomas, Springfield, Ill., 572-590.
- [129] Stuart-Harris, C.H. (1967). Epidemiology. *In Virus and Rickettsial Diseases of Man*, 4th ed., Bedson, S., et al., eds., Edward Arnold, London, 49-63.
- [130] Susser, M., and Adelstein, A. (1975). An introduction to the work of William Farr. *Amer. J. Epidemiol.*, 101, 469-476.
- [131] 竹内 啓 (1973). テーラの解析法としての多変量解析. *数理科学*, No.117, 12-18.
- [132] 滝沢隆安 (1975). 家畜伝染病発生数の時系列解析, 年別家畜伝染病発生数の傾向変動について. *日本獣医学会講演要旨*, 才80回, 11.
- [133] Tarshis, M.G., i Gudim, V.E. (1973). K epizootiologicheskomu prognozu [Contribution to epidemiological forecasting]. *Veterinariya*, 1973(12), 48-49.
- [134] Taylor, I., and Knowelden, J. (1964). *Principles of Epidemiology*, 2nd ed., J. & A. Churchill, London.
- [135] Terris, M. (1962). The scope and methods of epidemiology. *Amer. J. publ. Hlth*, 52, 1371-1376.
- [136] Terris, M. (1972). The epidemiologic revolution. *Amer. J. publ. Hlth*, 62, 1439-1441.
- [137] Terris, M. (1975). Approaches to an epidemiology of health. *Amer. J. publ. Hlth*, 65, 1037-1045.
- [138] 暉峻義等 (1935). *社会衛生学*, 岩波書店, 东京.
- [139] Tjalma, R.A., Priester, W.A., Adelstein, E.H., and Zwaag, R.V. (1964). Clinical records systems and data retrieval function in veterinary medicine: A proposal for systematic data programming. *J. Amer. Vet. Med. Ass.*, 145, 1189-1197.
- [140] Trotter, Y., Jr., et al. (1959). Asian influenza in the United States, 1957-1958. *Amer. J. Hyg.*, 70, 34-50.

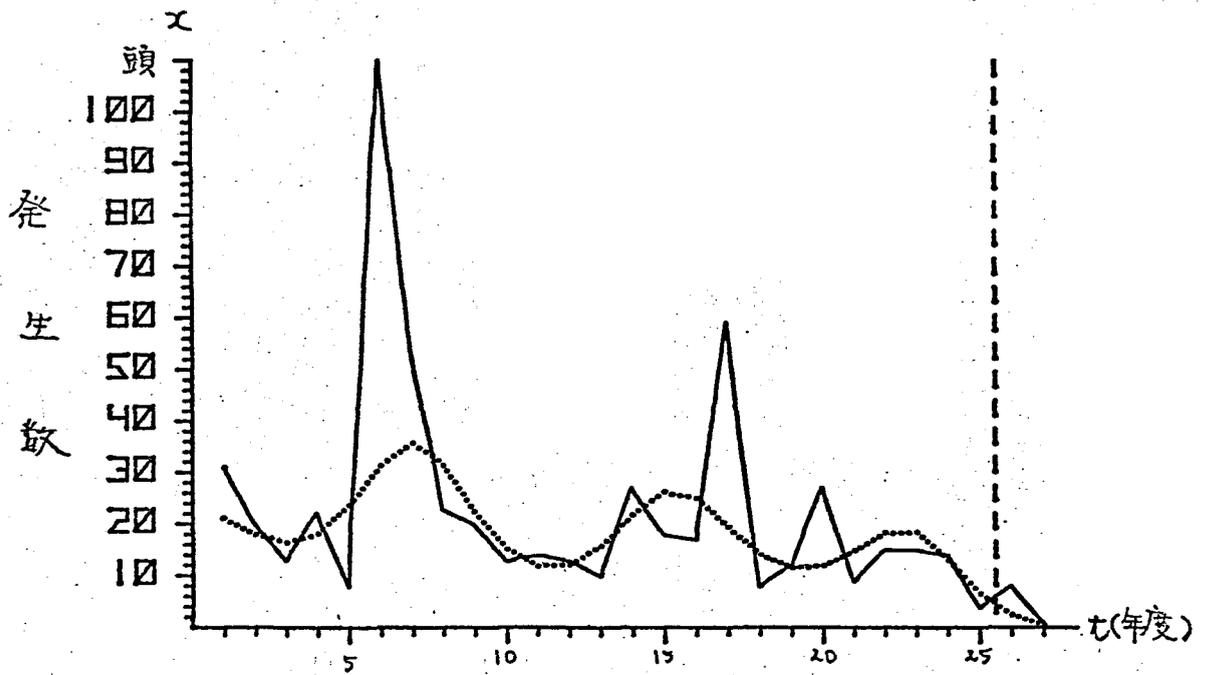
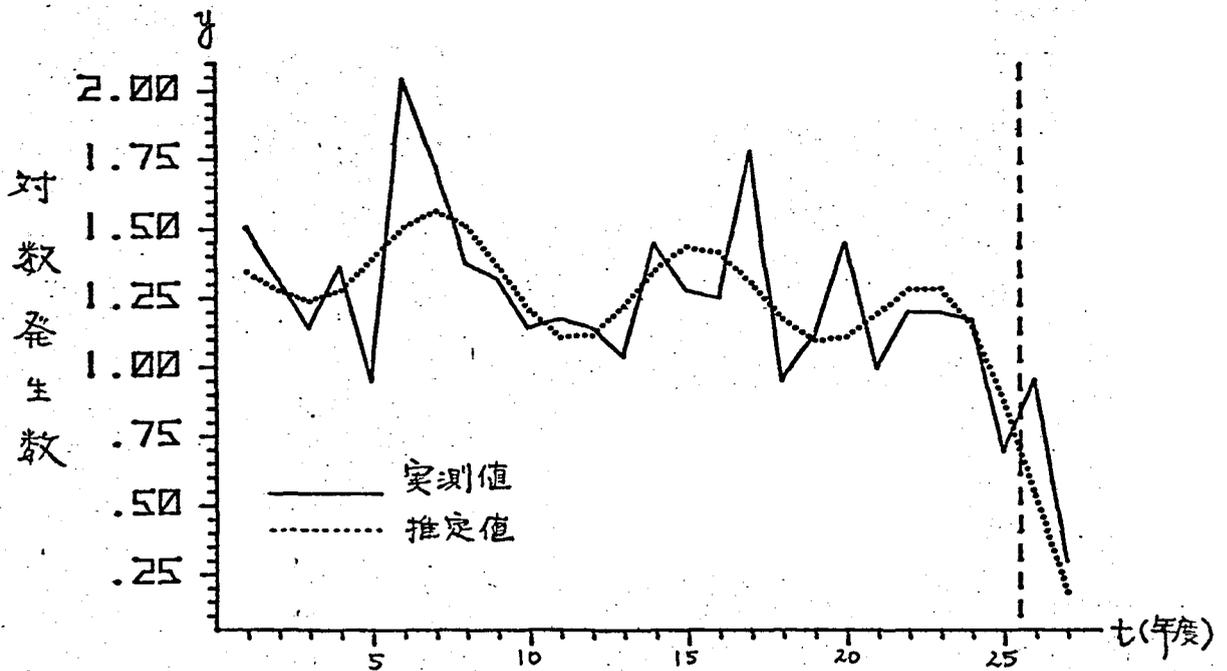
- [141] 土屋健三郎 (1968). 疫学入門. 医学書院, 東京.
- [142] 土屋健三郎 (1971). 疫学, その有用性と限界. 最新医学, 26, 1868-1874.
- [143] 植松稔 (1970). 健康統計学. 金原出版, 東京.
- [144] 梅棹忠夫 (1950). 生態学的諸概念の再編成. 生物の集団と環境, 民主主義科学者協会理論生物学研究会編, 岩波書店, 東京, 78-94.
- [145] United States Livestock Sanitary Association (1948-1955). Reports of the Committee on Morbidity and Mortality. *Proc. Ann. Mtg U.S. Livestk Sanit. Ass.*, 51st, 228-238; 52nd, 127-131; 53rd, 148-150; 54th, 226-233; 55th, 196-200; 56th, 315-319; 57th, 226-227; 58th, 286-287.
- [146] Waaler, H.T., and Piot, M.A. (1969). The use of an epidemiological model for estimating the effectiveness of the tuberculosis control measures: Sensitivity of the effectiveness of tuberculosis control measures to the coverage of population. *Bull. Wld Hlth Org.*, 41, 75-93.
- [147] Waaler, H.T., and Piot, M.A. (1970). Use of an epidemiological model for estimating the effectiveness of tuberculosis control measures: Sensitivity of the effectiveness of tuberculosis control measures to the social time preference. *Bull. Wld Hlth Org.*, 43, 1-16.
- [148] Walter, S.D., and Elwood, J.M. (1975). A test for seasonality of events with a variable population at risk. *Brit. J. prev. soc. Med.*, 29, 18-21.
- [149] 渡辺巖一 (1971). 実験疫学. 最新医学, 26, 1852-1858.
- [150] Waterman, T.H., and Morowitz, H.J., eds. (1965). *Theoretical and Mathematical Biology*, Blaisdell, New York.
- [151] White, E.G., and Hordan, F.T.W. (1963). *Veterinary Preventive Medicine*, Baillière, Tindall & Cox, London.
- [152] Whitlock, J.H. (1951). Vital statistics in veterinary medicine. *J. Amer. Vet. Med. Ass.*, 119, 267-269.
- [153] WHO Expert Committee on Health Statistics (1967). Eleventh Report: Epidemiological methods in the study of chronic diseases. *Wld Hlth Org. tech. Rep. Ser.*, No. 365.
- [154] Wicktor, C.E. (1949). Thoughts regarding morbidity and mortality statistics. *Proc. 52nd Ann. Mtg U.S. Livestk Sanit. Ass.*, 1948, 120-124.
- [155] 矢矧晴一郎 (1968). 予測と主観. 数理科学, No. 58, 44-47.

- [156] 山田俊雄 (1951). 衛生獣医学序説. 最近の獣医学, 東京大学  
獣医学教室編, 朝倉書店, 東京, 234-252.
- [157] 山田俊雄 (1955). 疫学的診断. 家畜伝染病診断学総論,  
鳥林省家畜衛生試験場技術者集談会編, 文永堂, 東京, 28-40.
- [158] 山田俊雄 (1975). 疫学. 獣医公衆衛生学, 獣医公衆衛生学  
教育研修協議会編, 文永堂, 東京, 91-114.
- [159] 山極三郎 (1942). 獣疫予防論, 文永堂, 東京.
- [160] 山本俊一 (1972). 疫学入門, 朝倉書店, 東京.
- [161] 山下正男 (1966). 新しい哲学: 前科学時代から科学時代の哲学へ, 培風館, 東京.
- [162] 柳川洋 (1971). 疫学研究における電子計算機の利用. 最新医学,  
26, 1859-1967.
- [163] Yang, G.L., and Chiang, C.L. (1972). A time dependent simple  
stochastic epidemic. *Proc. 6th Berkeley Symp.*, Vol. 4, 147-158.
- [164] Yang, W.Y. (1969). A Statistical Analysis of Death Rates of  
Farm Animals in Canada, Research Division, Economic Branch,  
Canada Department of Agriculture, Ottawa.
- [165] Zinsser, H. (1934). Rats, Lice and History: A Study in Biography,  
Atlantic Monthly Press. [ねずみ・しらみ・文明: 伝染病の歴史的伝記,  
橋本雅一訳 (1966), みすず書房, 東京]

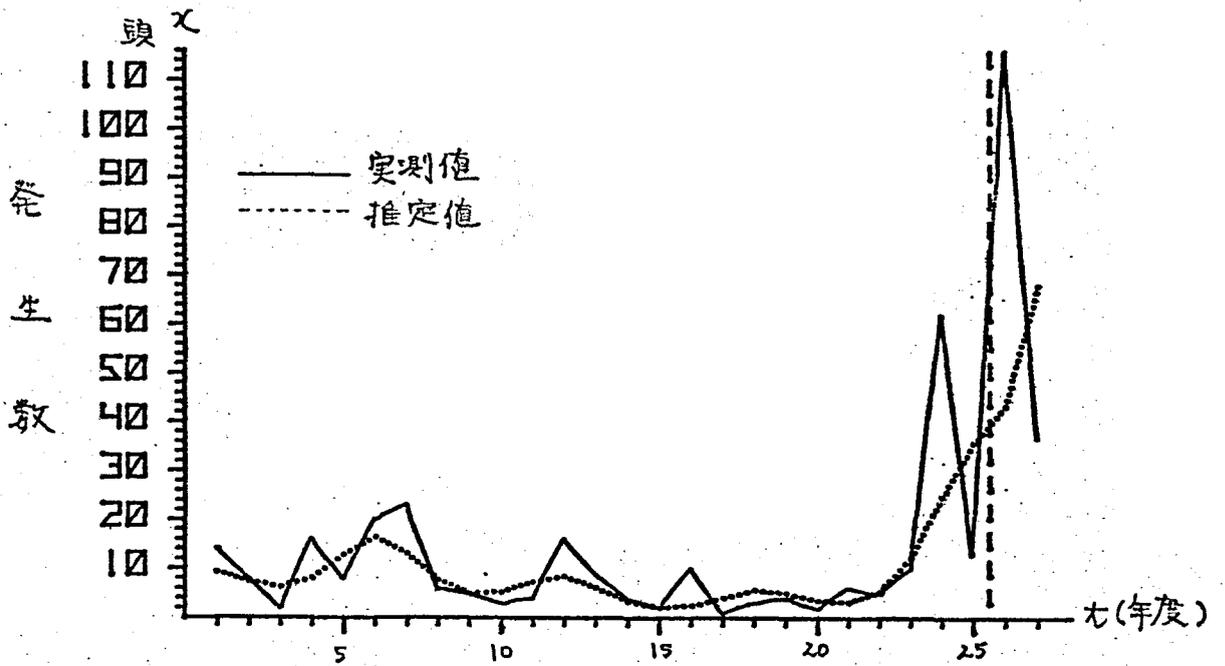
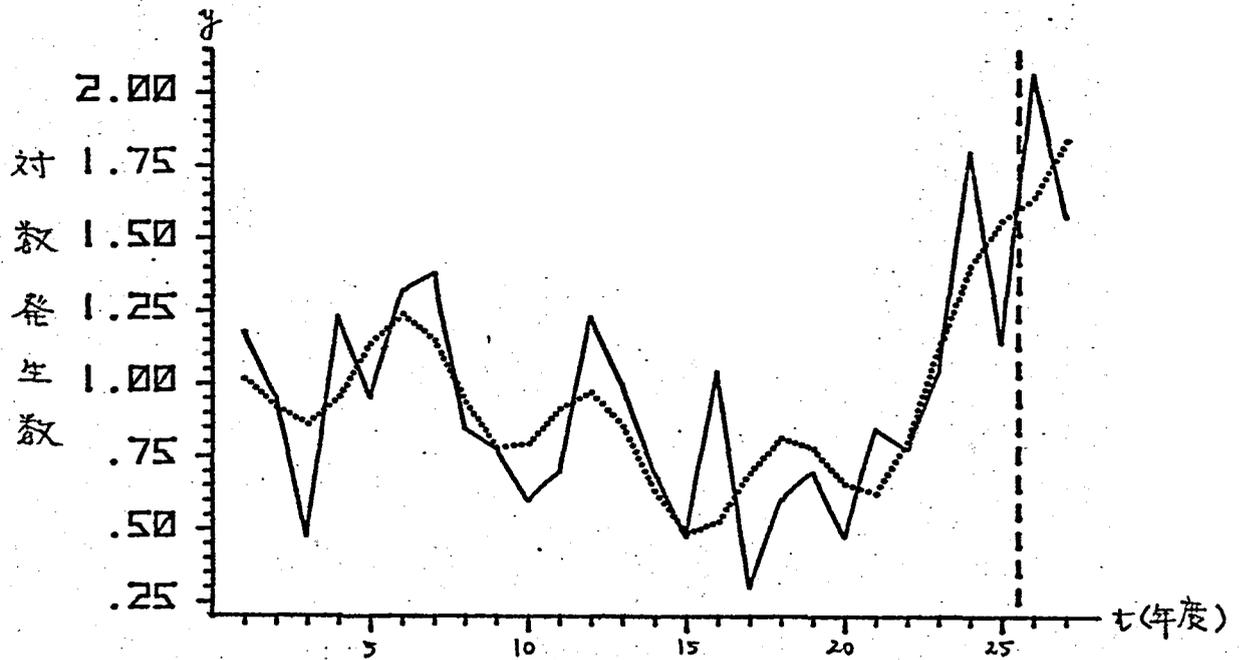
## 参考図. 実測値と推測値

1. 炭疽(牛): 寄与率最大, 有用性係数最小	82
2. 気腫疽(牛): 寄与率最大, 有用性係数最小	83
3. フルセラ病(牛): 寄与率最大, 有用性係数最小	84
4. トリコモナス病(牛)	
-1. 寄与率最大	85
-2. 有用性係数最小	86
5. 結核病(牛)	
-1. 寄与率最大	87
-2. 有用性係数最小	88
6. 馬伝染性貧血: 寄与率最大, 有用性係数最小	89
7. 馬パラケフス	
-1. 寄与率最大	90
-2. 有用性係数最小	91
8. 流行性脳炎(馬, 疑似)	
-1. 寄与率最大	92
-2. 有用性係数最小	93
9. 豚丹毒	
-1. 寄与率最大	94
-2. 有用性係数最小	95
10. 豚コレラ	
-1. 寄与率最大	96
-2. 有用性係数最小	97
11. ひな白痢	
-1. 寄与率最大	98
-2. 有用性係数最小	99
12. 腐蛆病	
-1. 寄与率最大	100
-2. 有用性係数最小	101

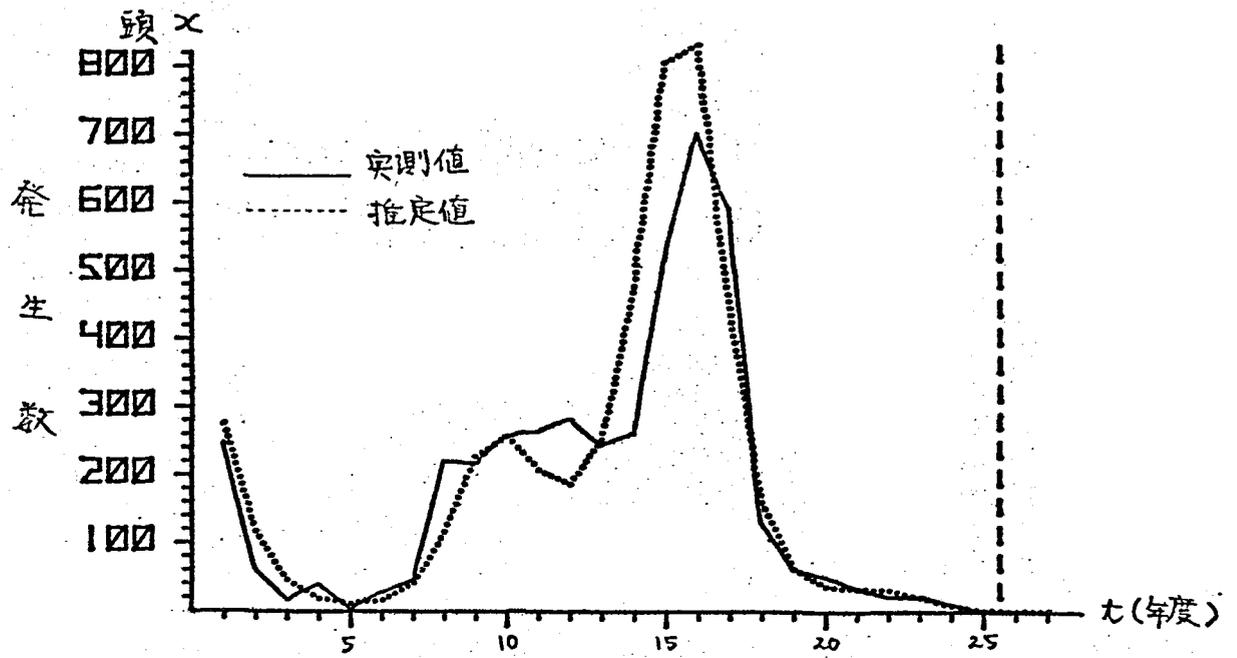
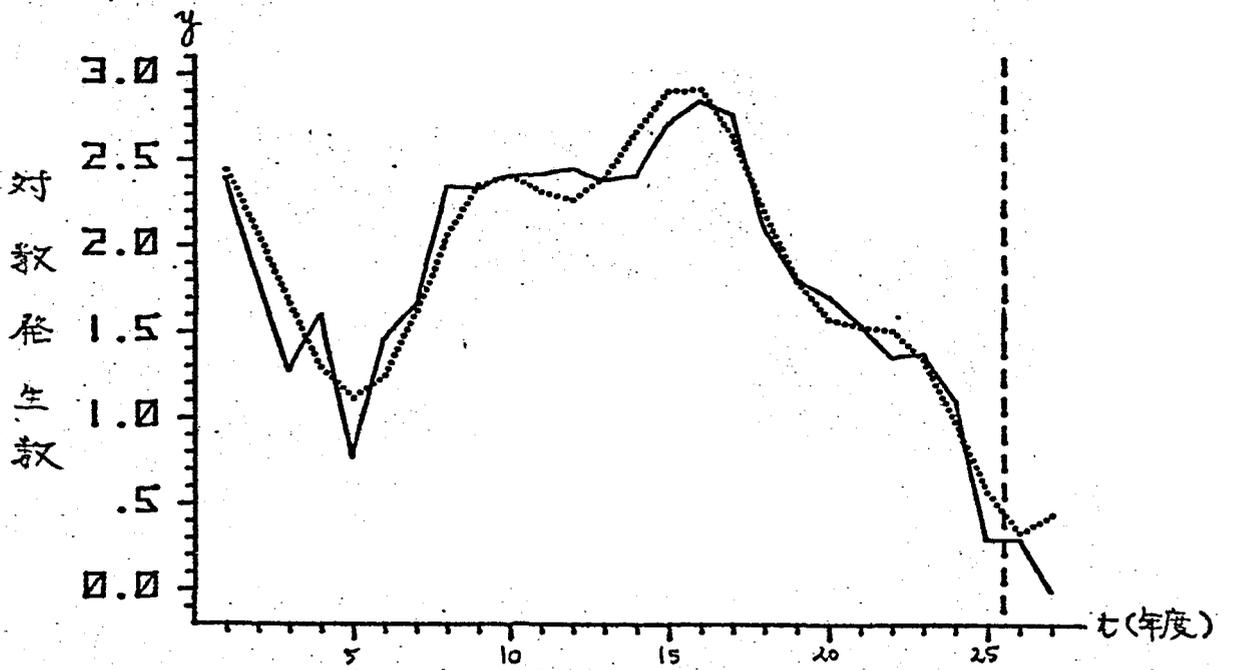
参考图 1. 炭疽(牛): 奇兵率最大, 有用性係数最小



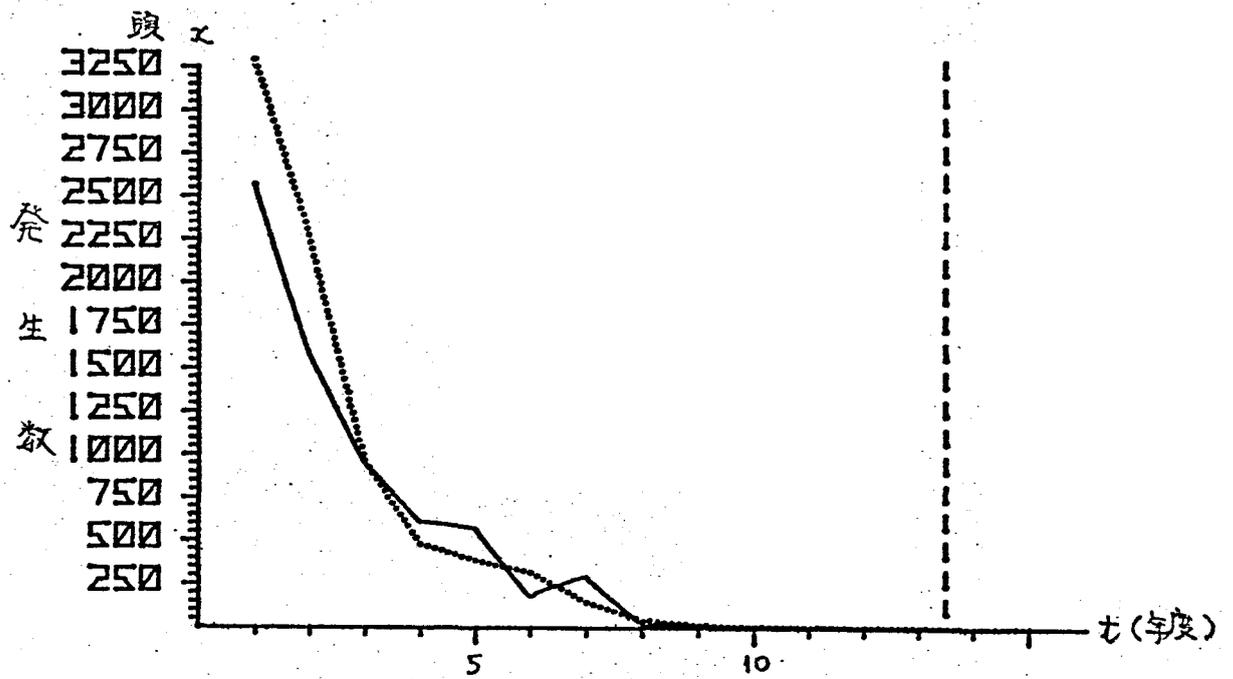
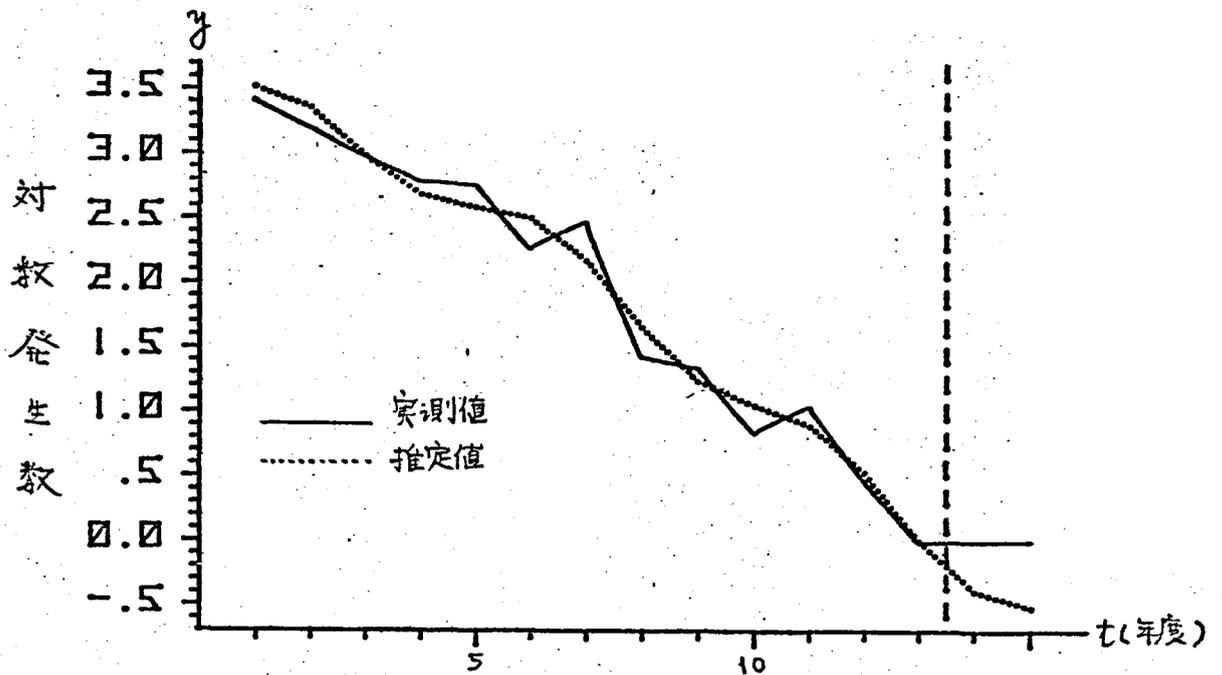
参考图 2. 気腫疽(牛): 奇与率最大, 有用性係数最小



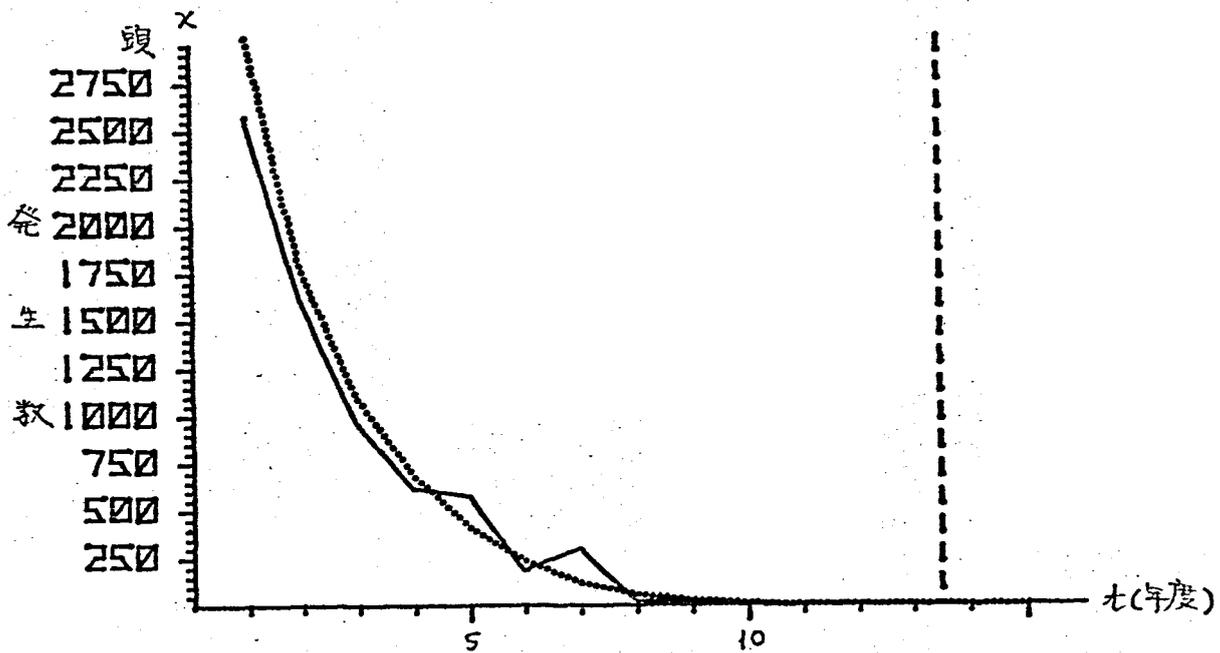
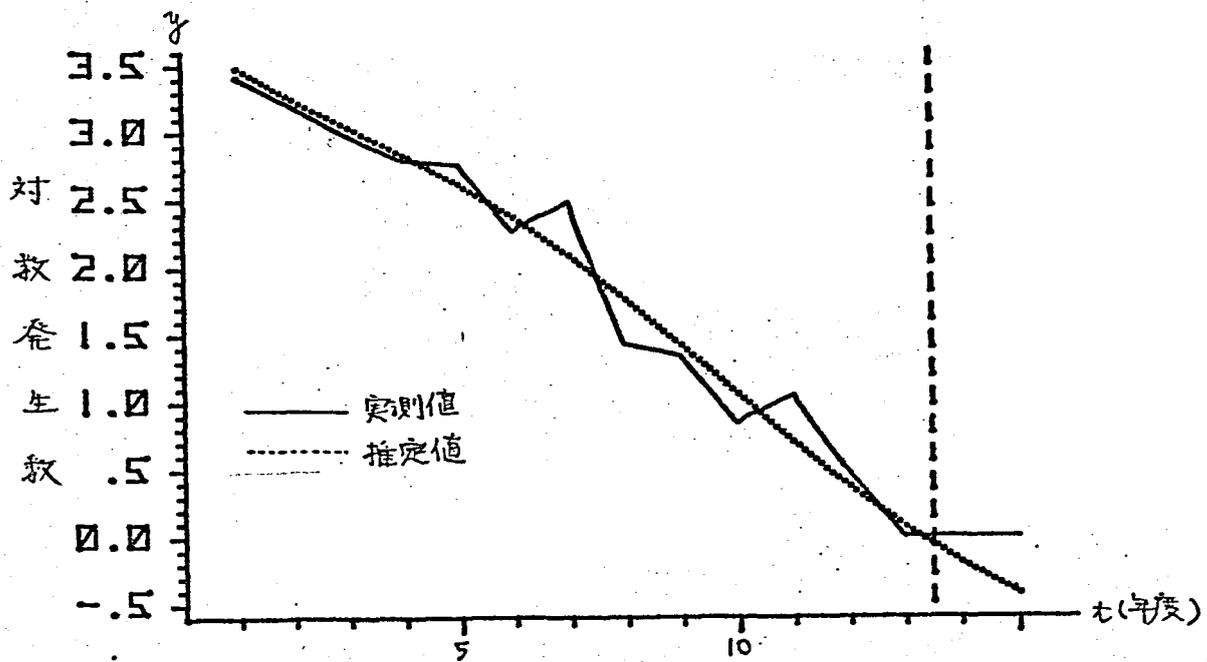
参考図 3. ブルセラ病(牛): 寄生率最大, 有用性係数最小



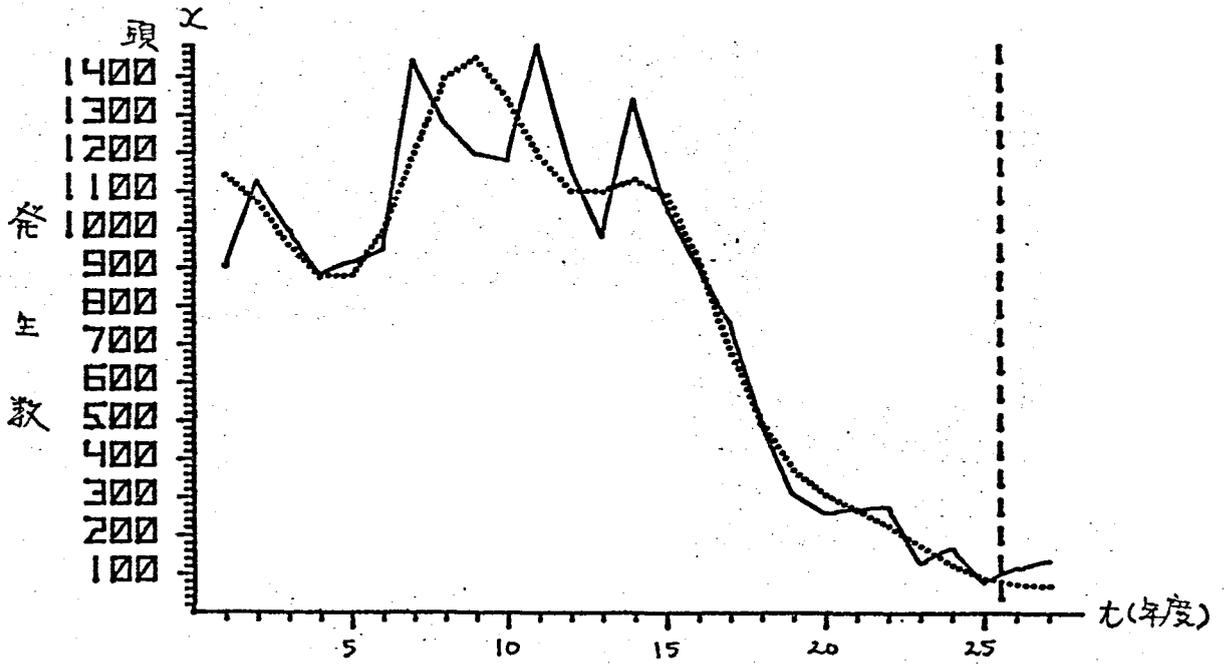
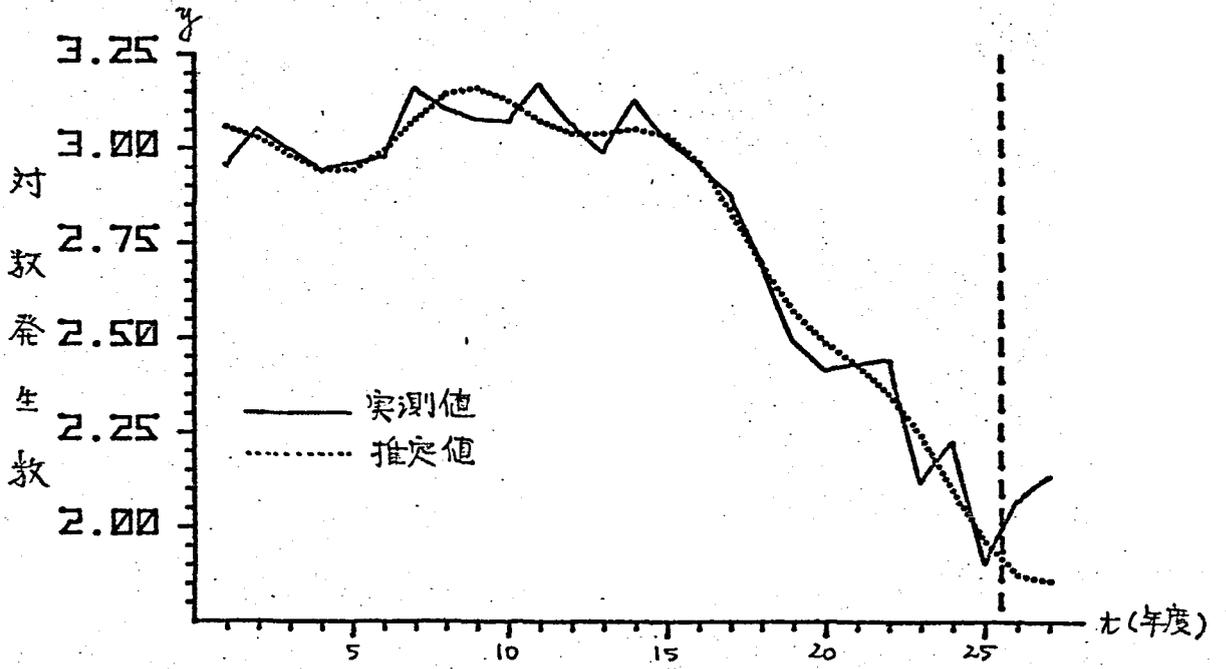
参考図 4-1. トリコモナス病(牛) ; 奇率最大



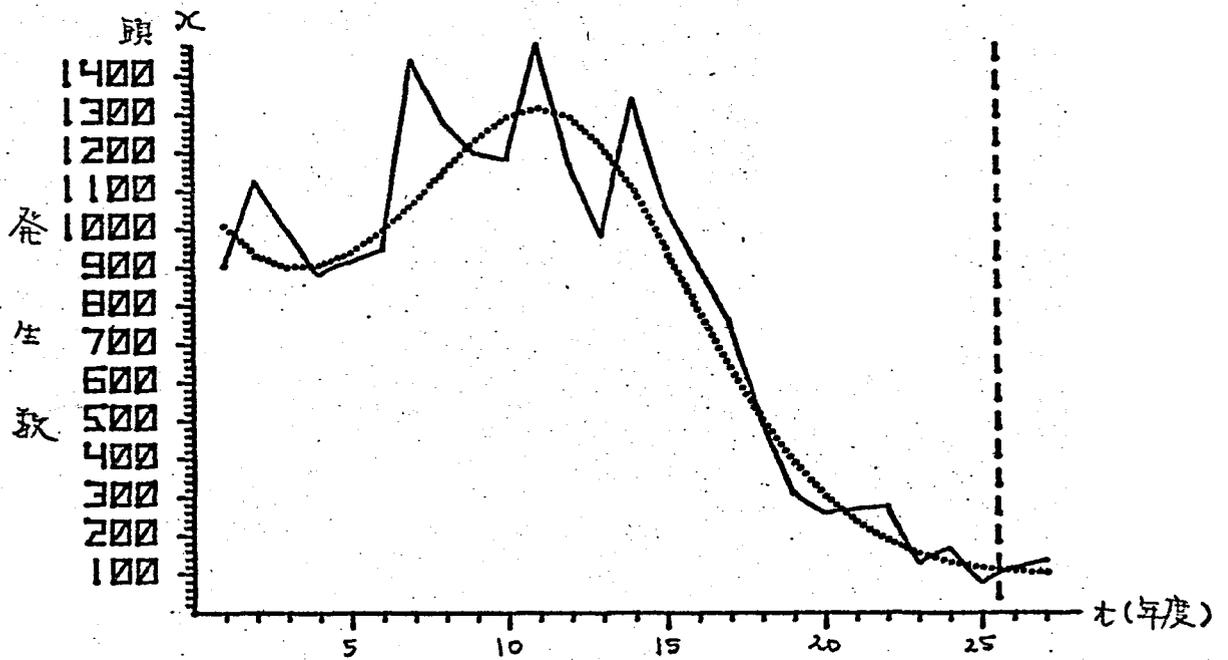
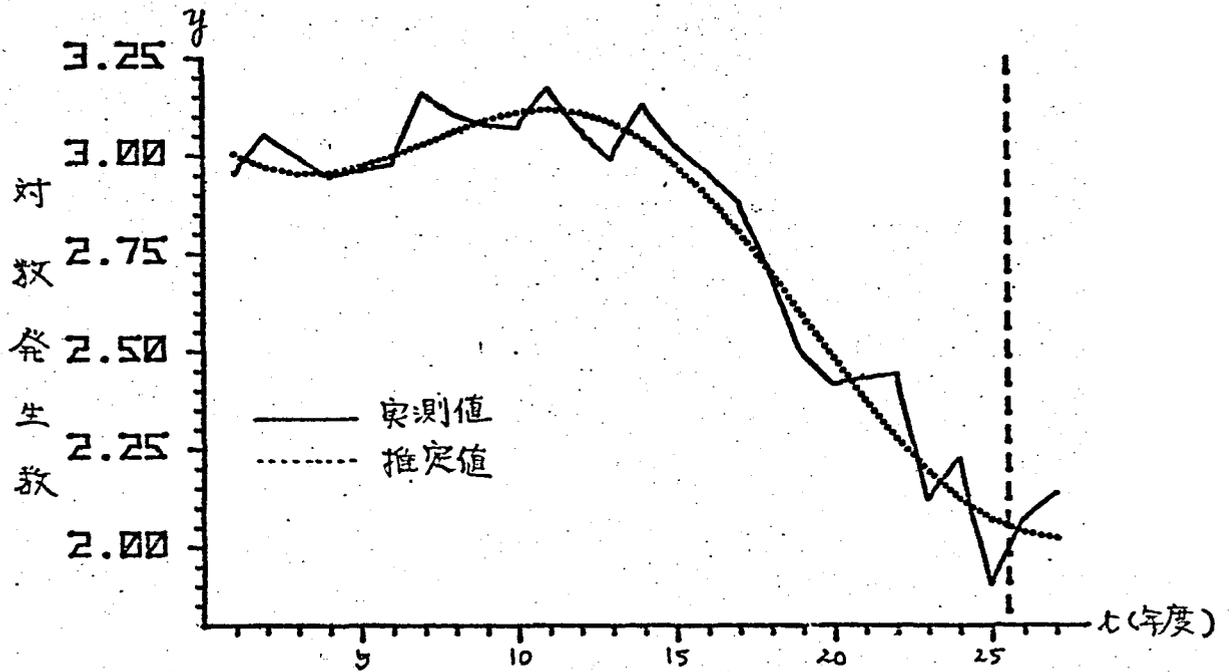
参考図 4-2. トリコモナス病(牛): 有用性係数最小



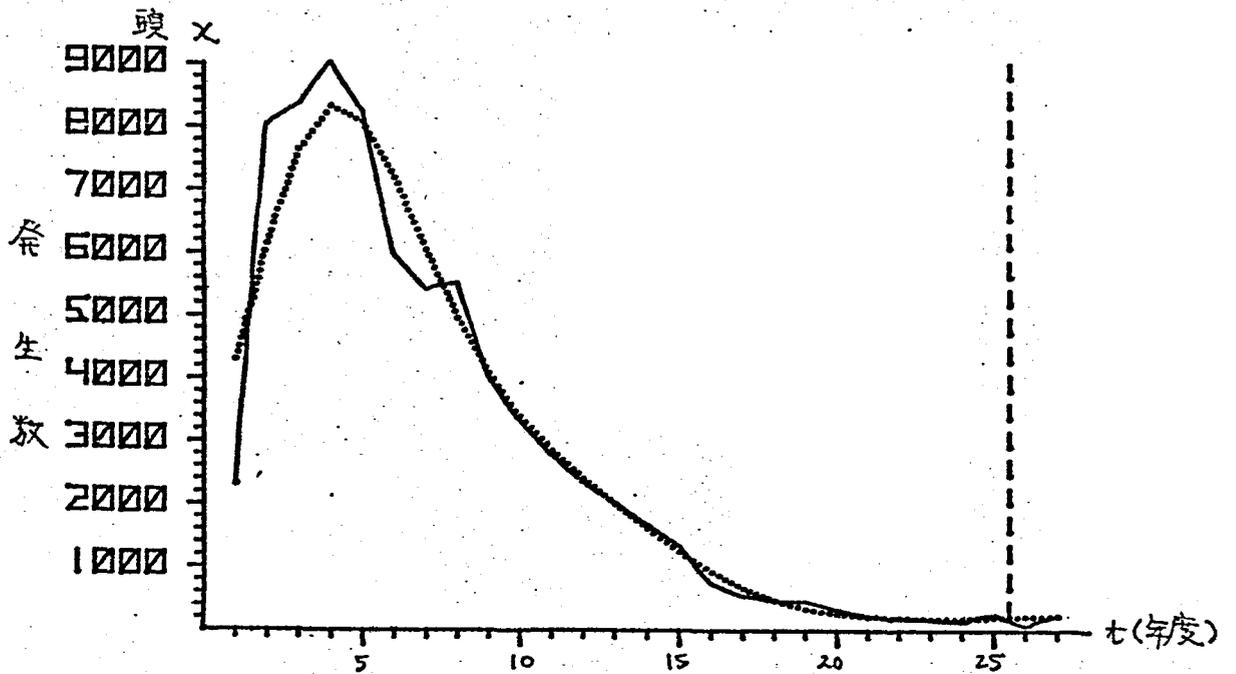
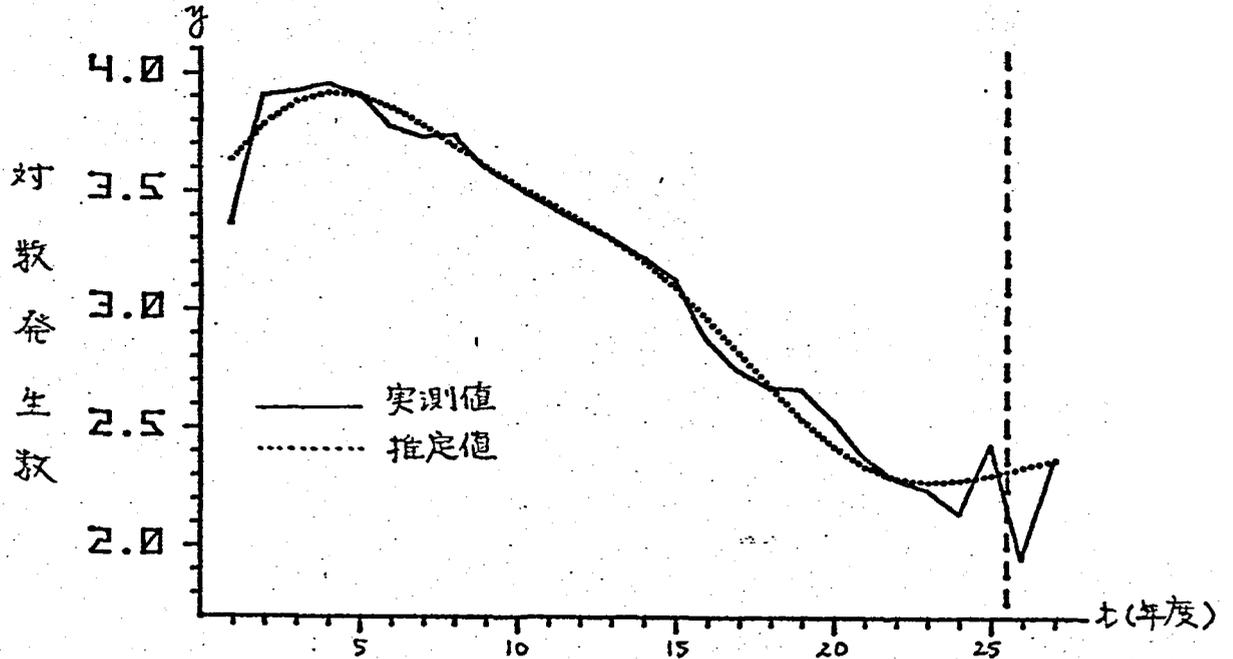
参考图 5-1. 结核病(牛): 奇与率最大



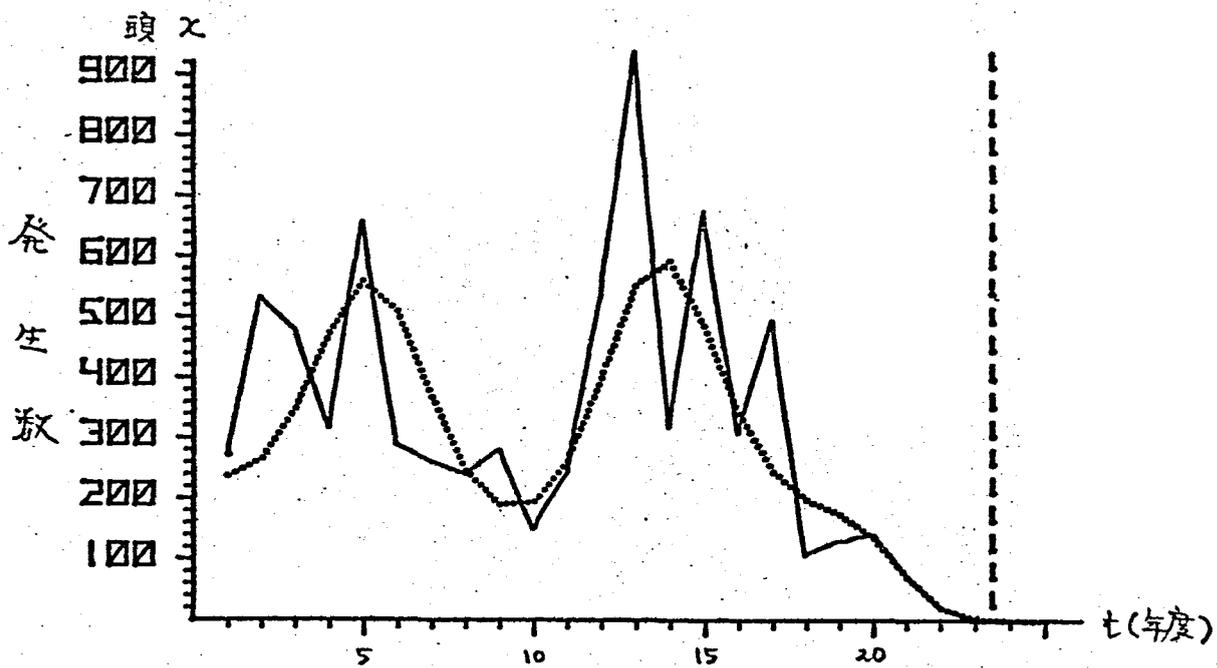
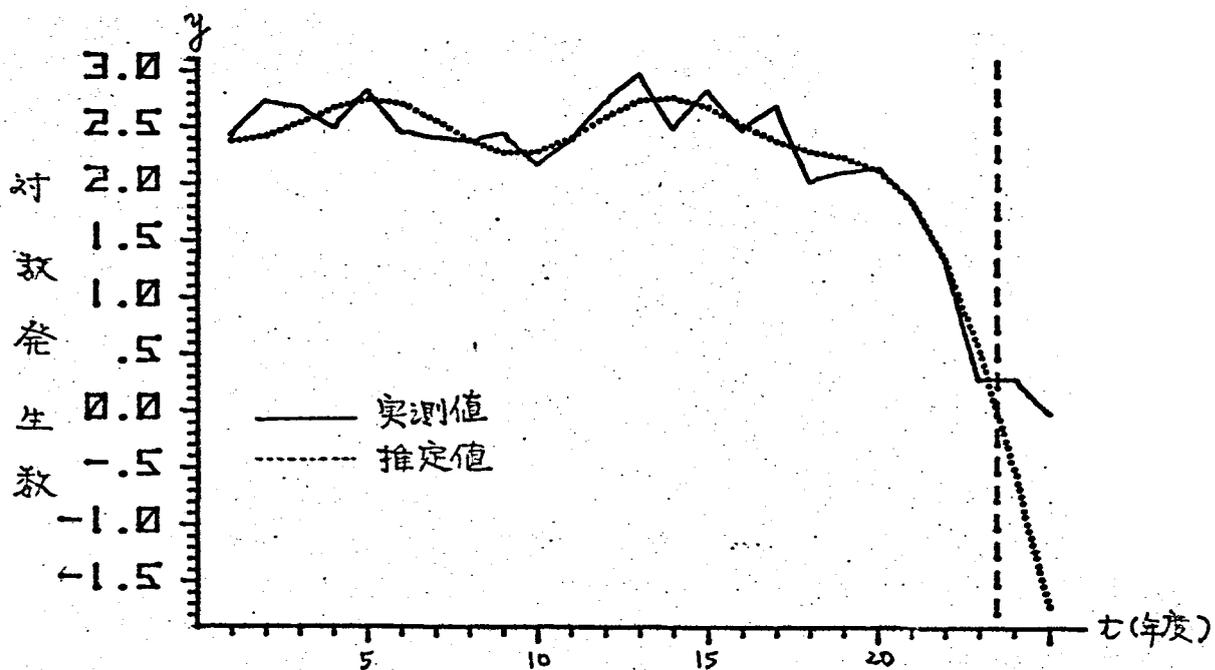
参考图 5-2. 结核病(牛): 有用性係数最小



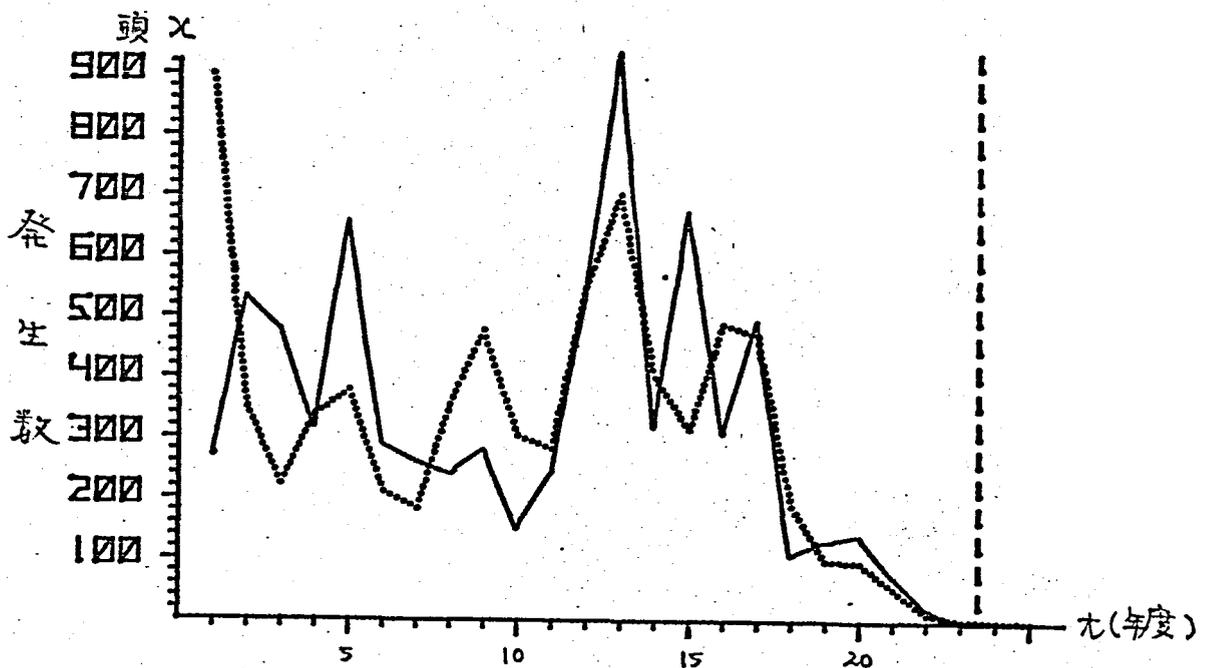
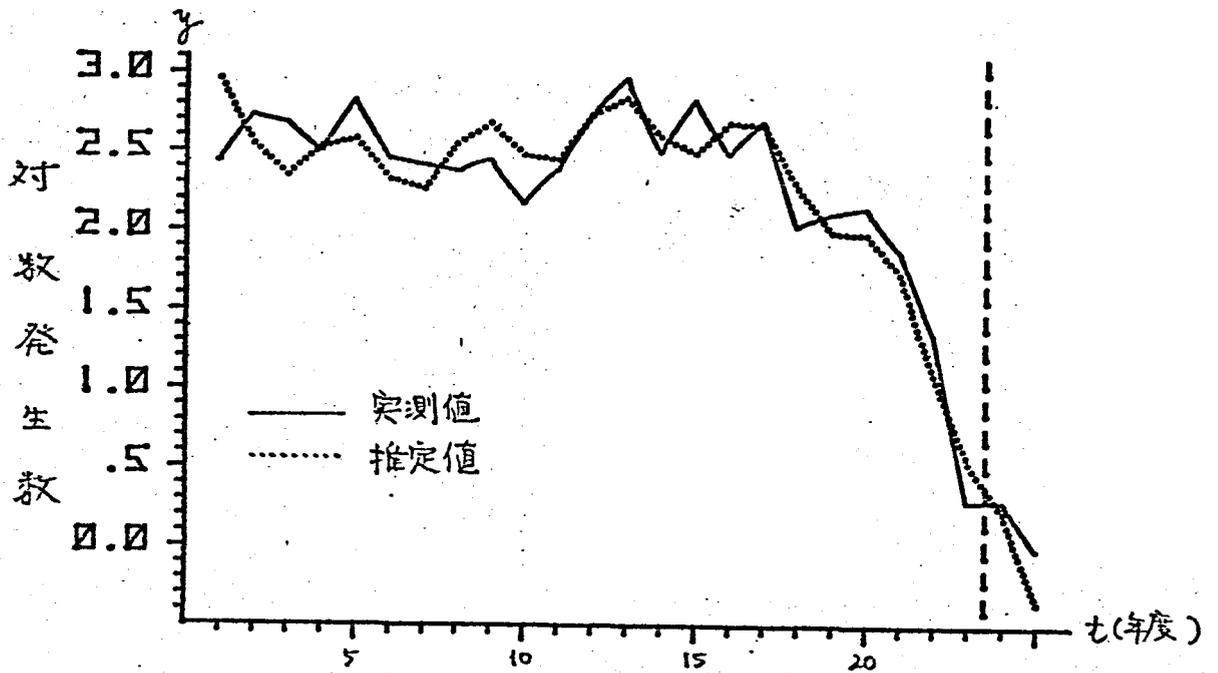
参考图 6. 馬伝染性貧血：感染率最大, 有用性係数最小



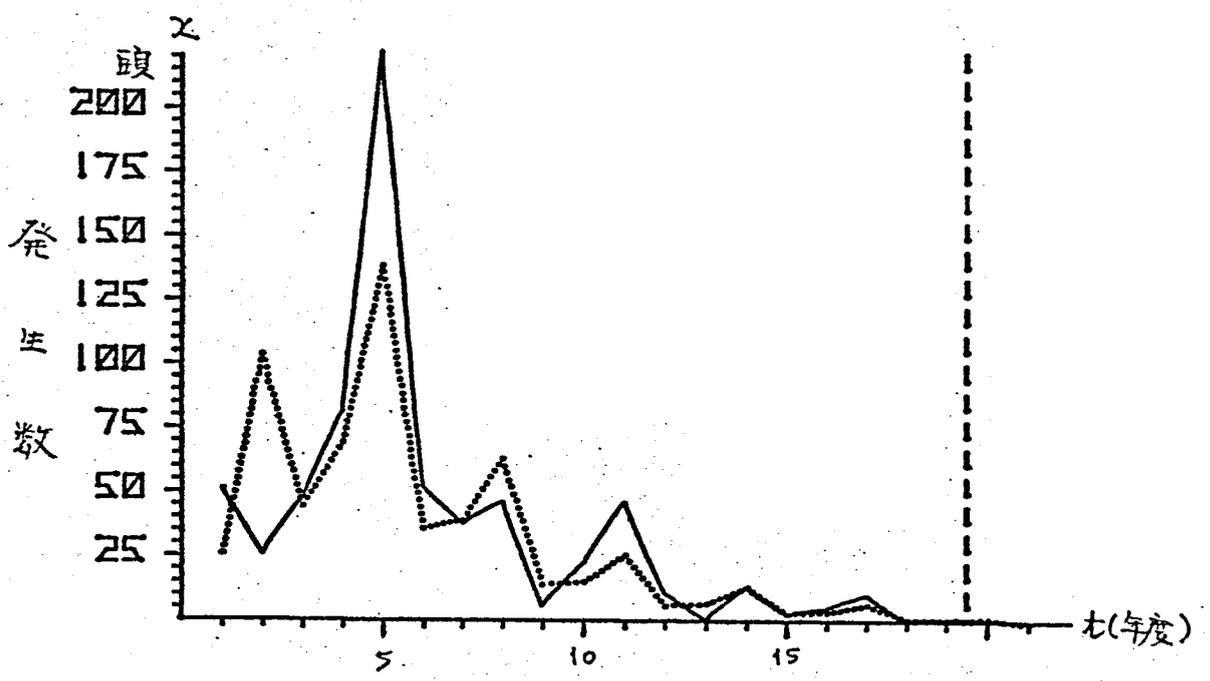
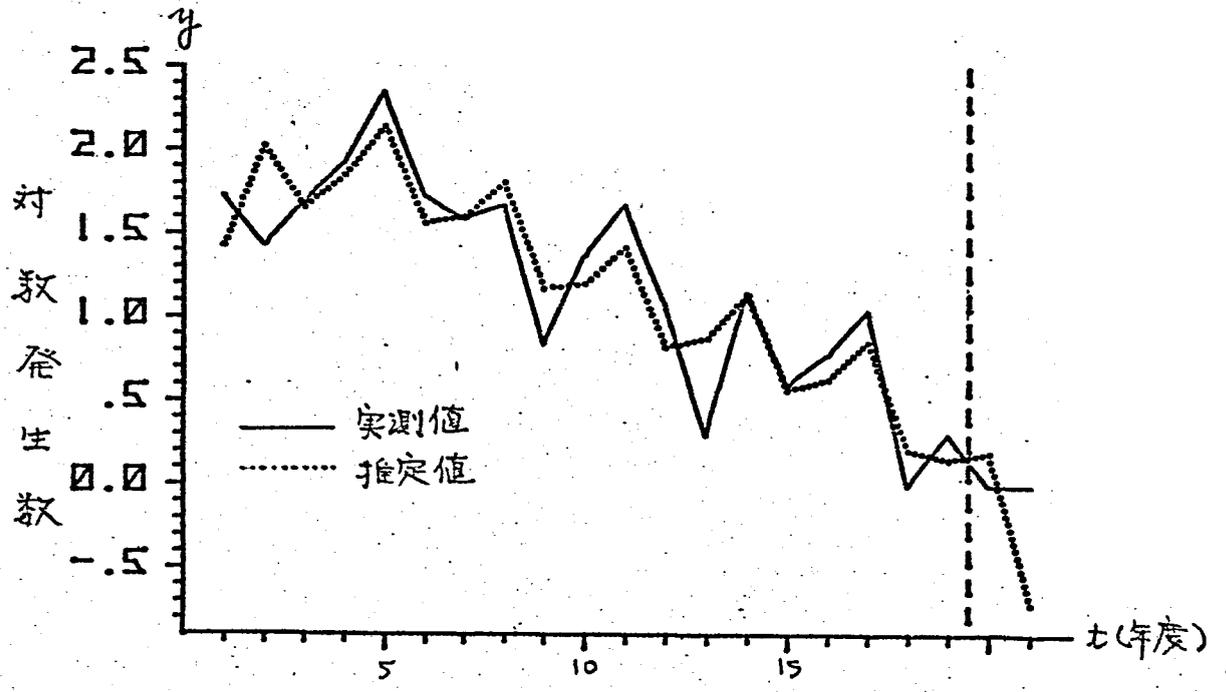
参考図 7-1. 馬パラチフス：奇与率最大



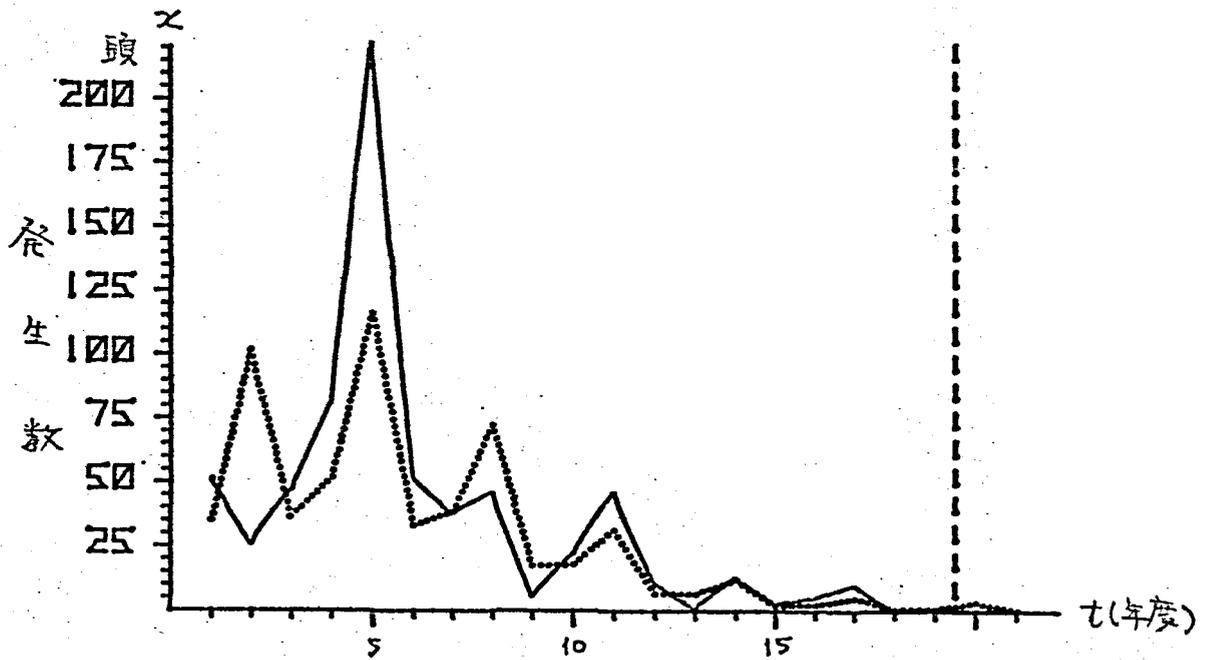
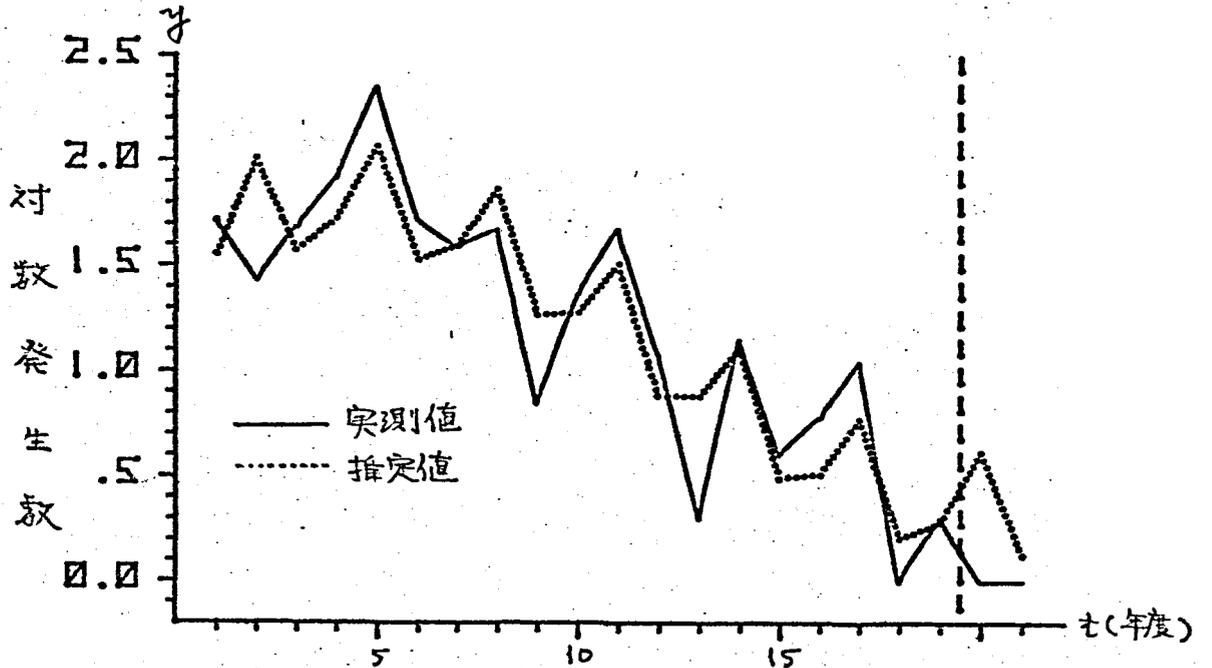
参考図 7-2. 馬パラチフス：有用性係数最小



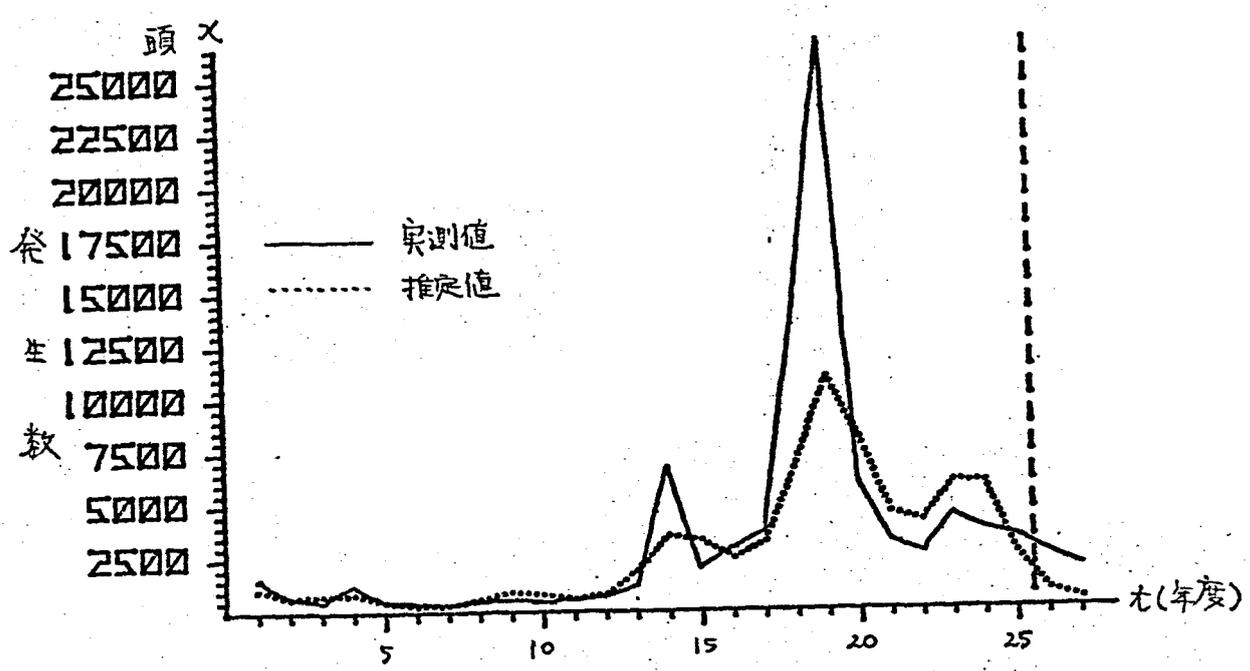
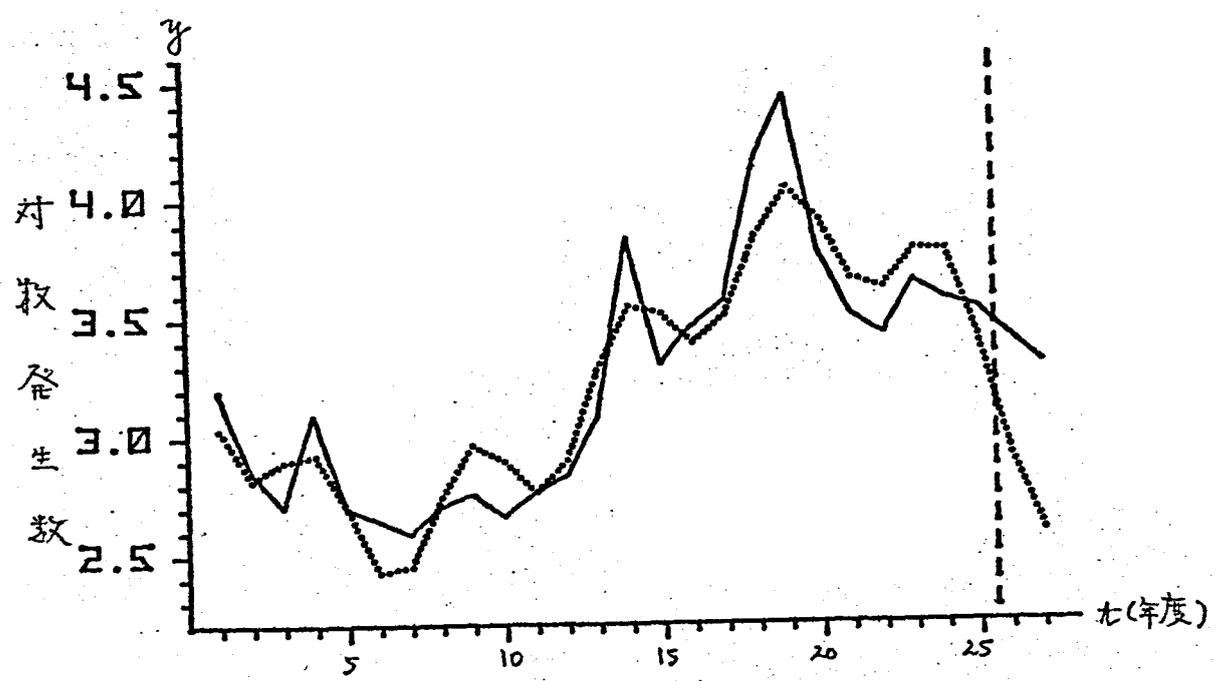
参考图 8-1. 流行性脑炎(馬, 疑似): 奇与率最大



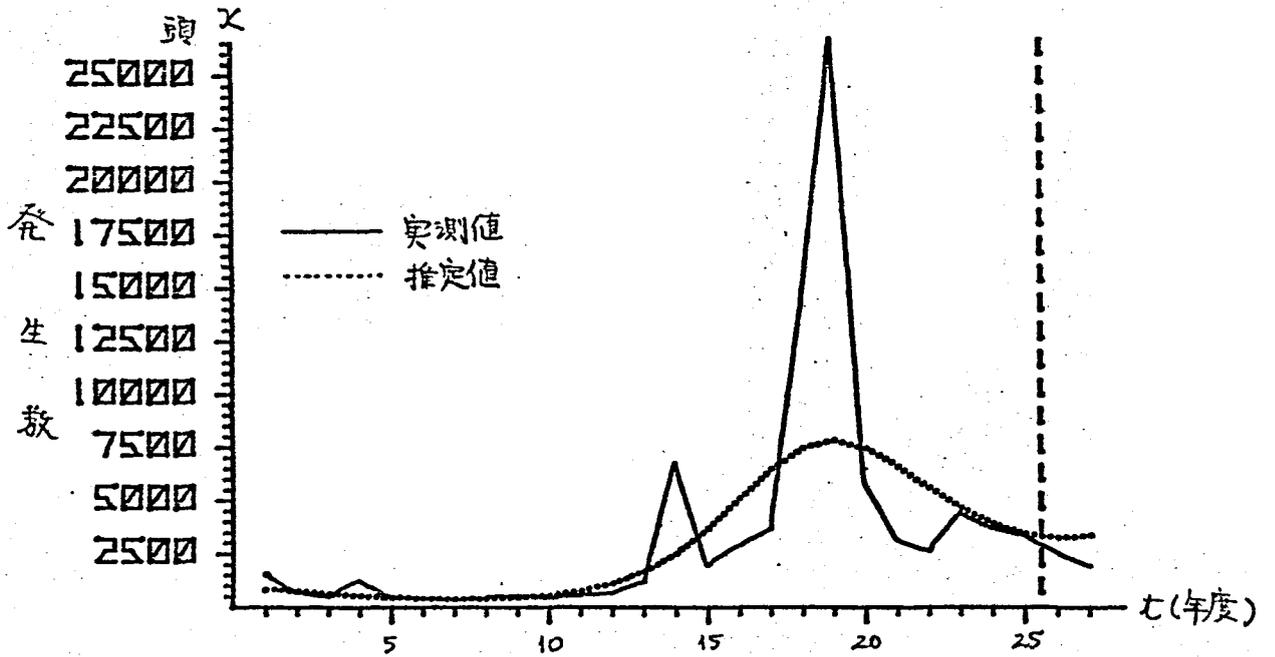
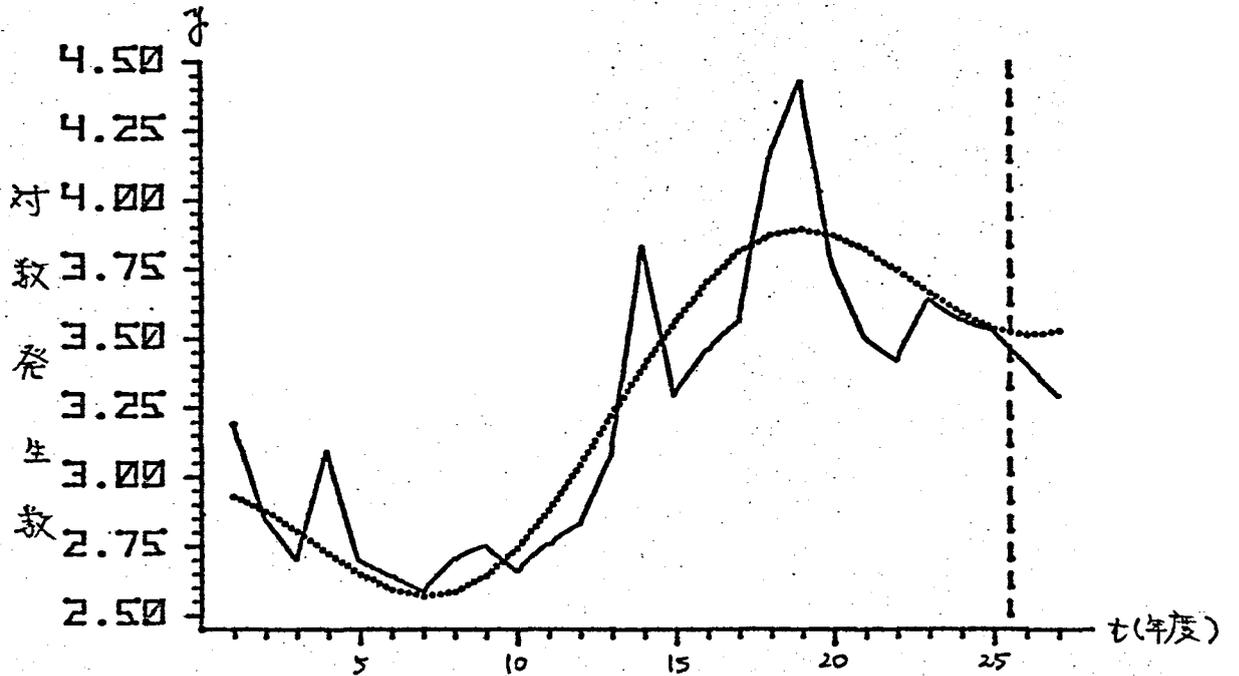
参考图 8-2. 流行性脑炎(馬, 疑似): 有用性係数最小



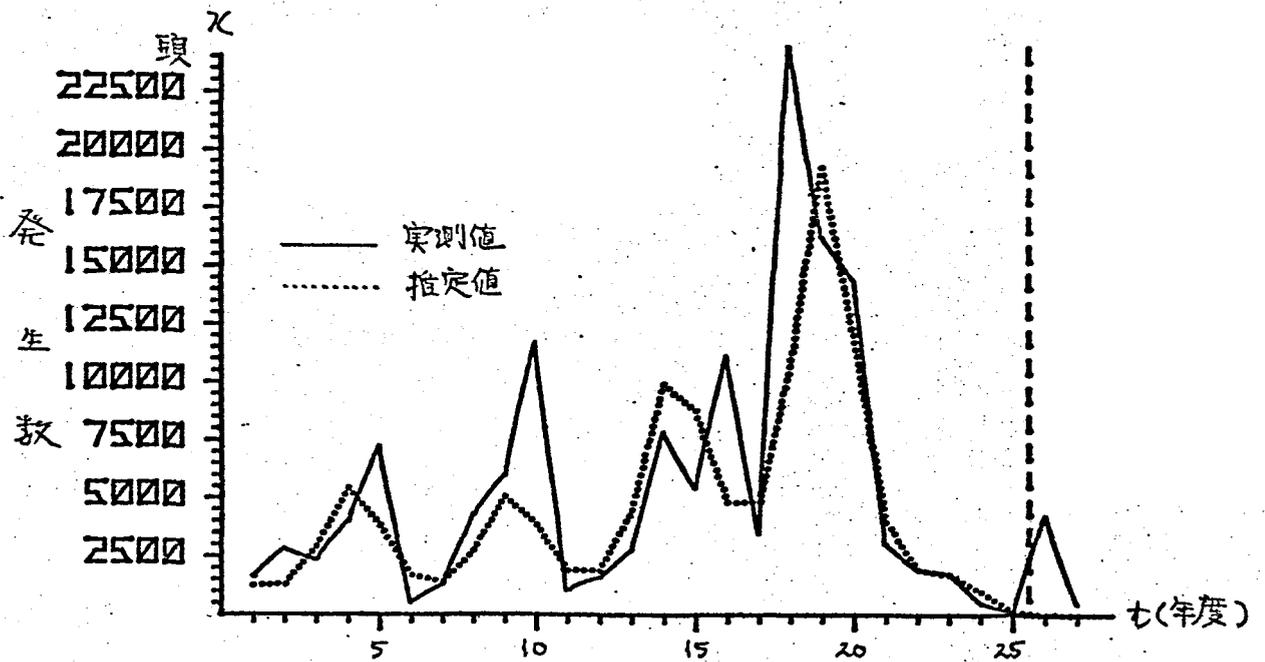
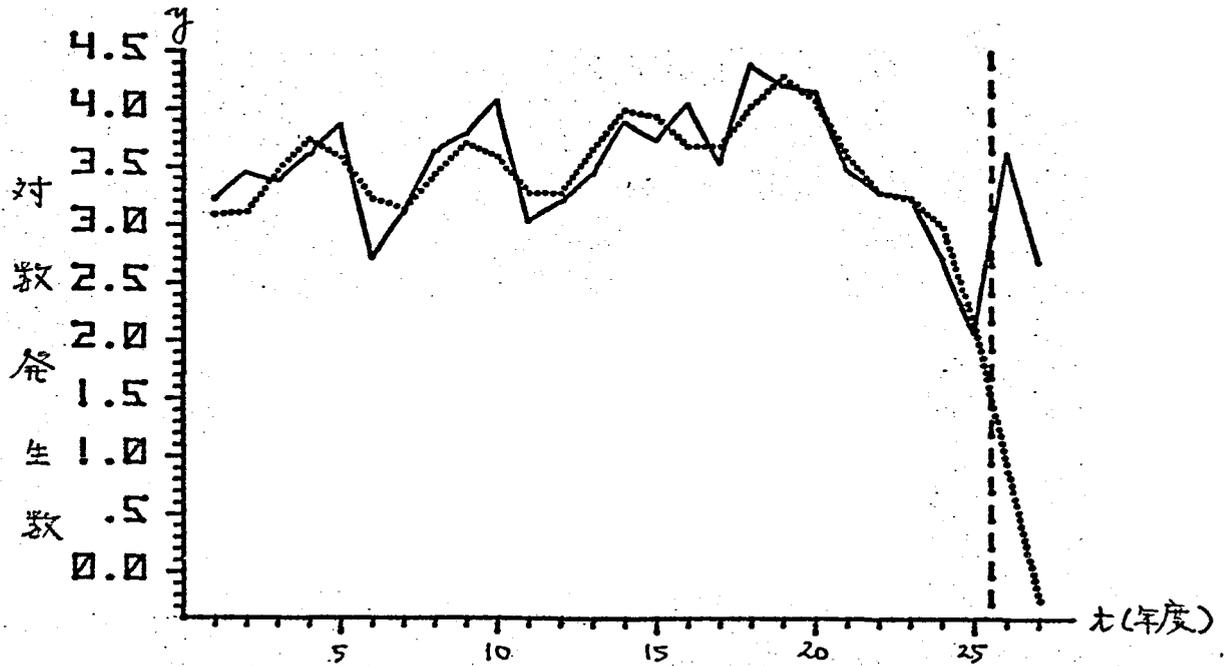
参考图 9-1. 豚丹毒：感染率最大



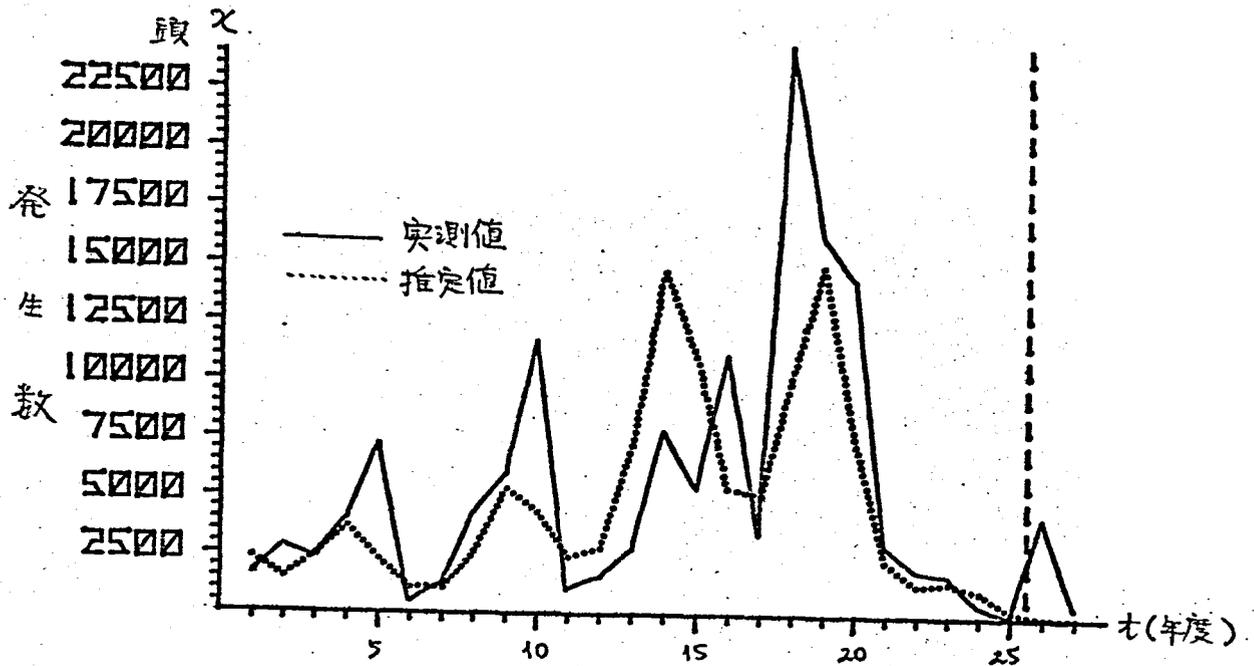
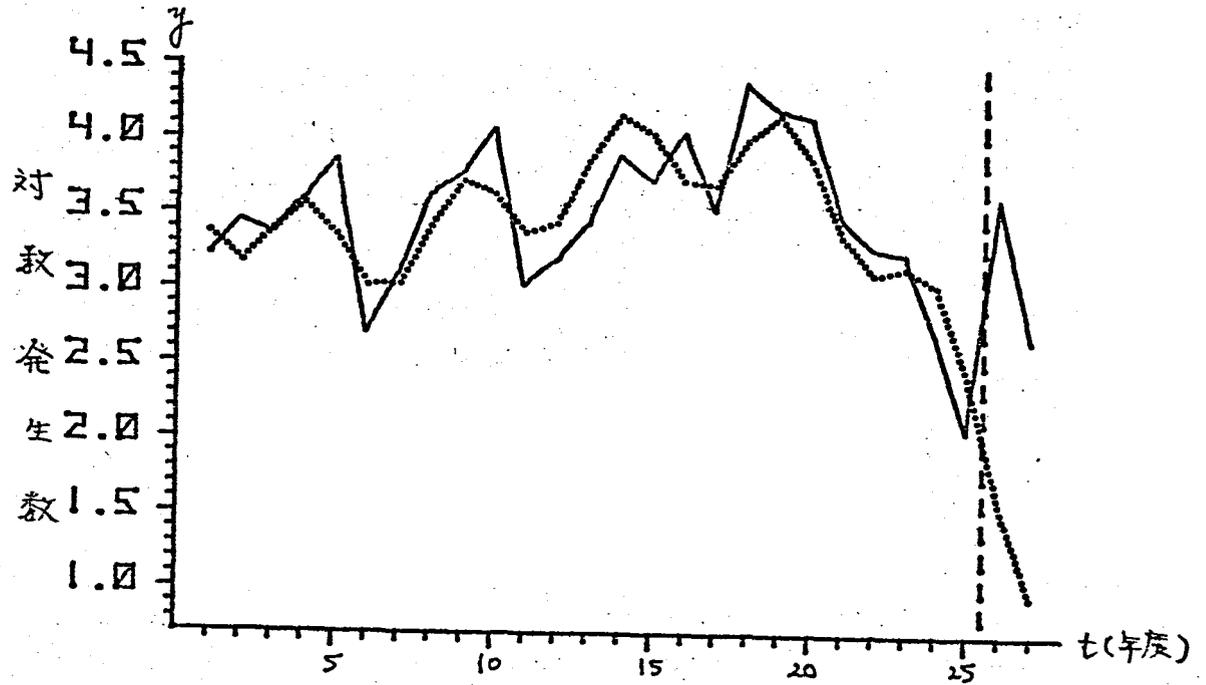
参考图 9-2. 豚丹毒：有用性係数最小



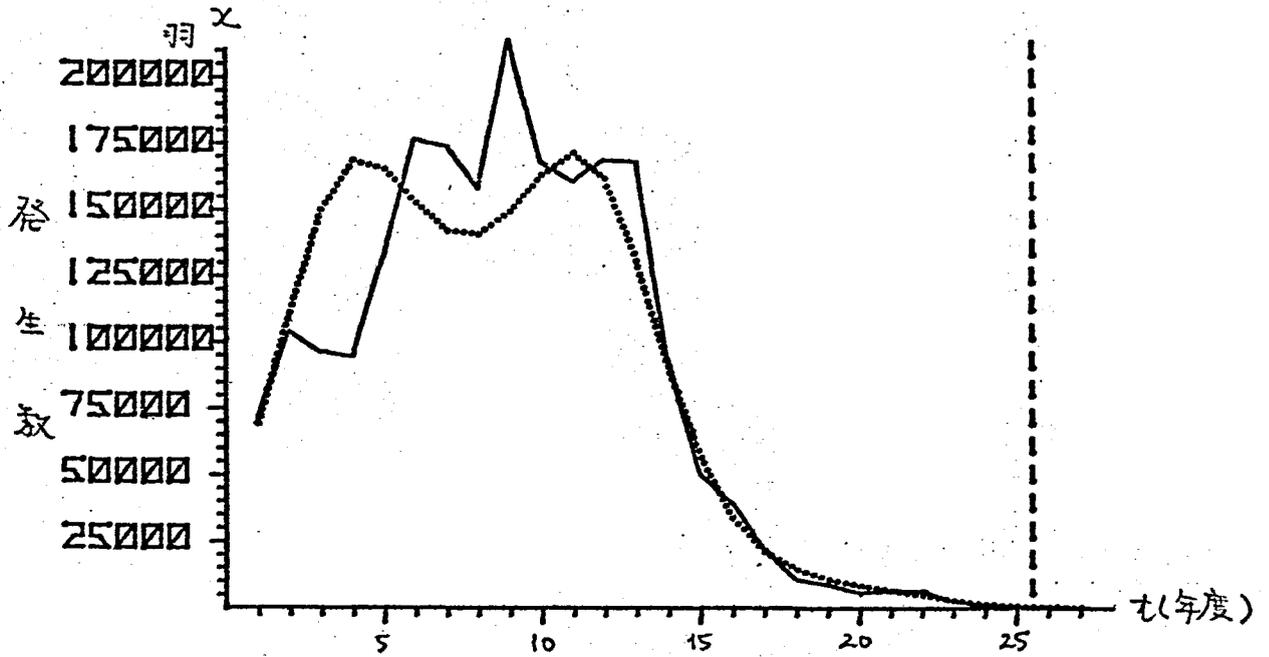
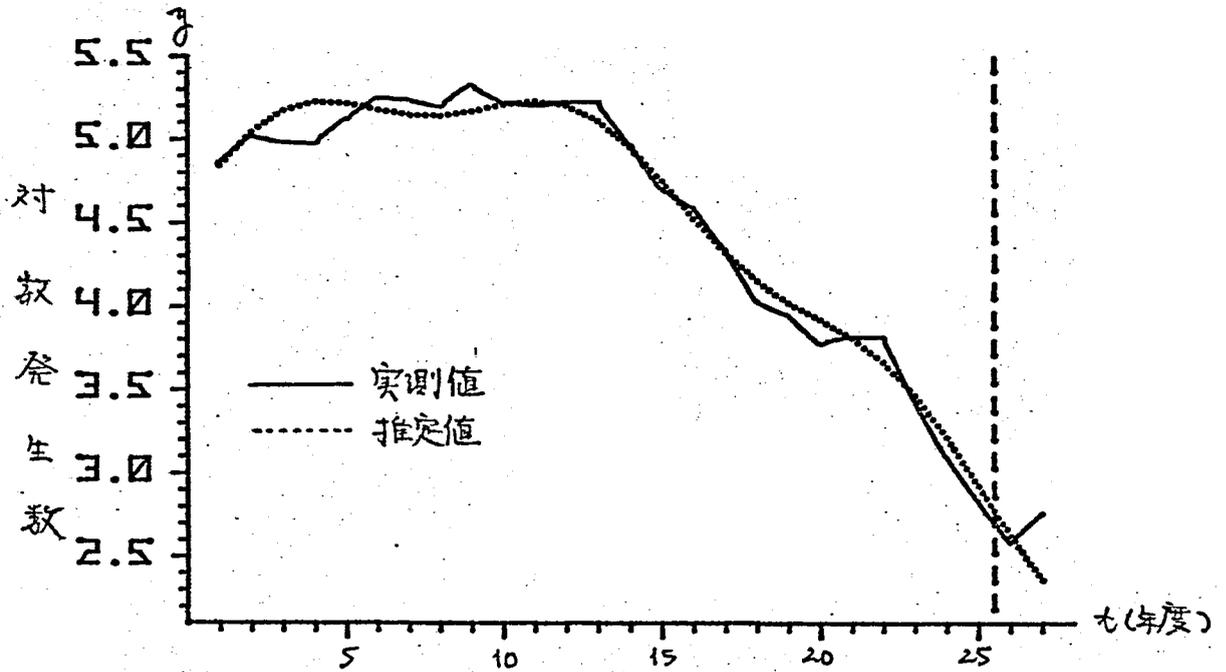
参考図 10-1. 豚コレラ：寄与率最大



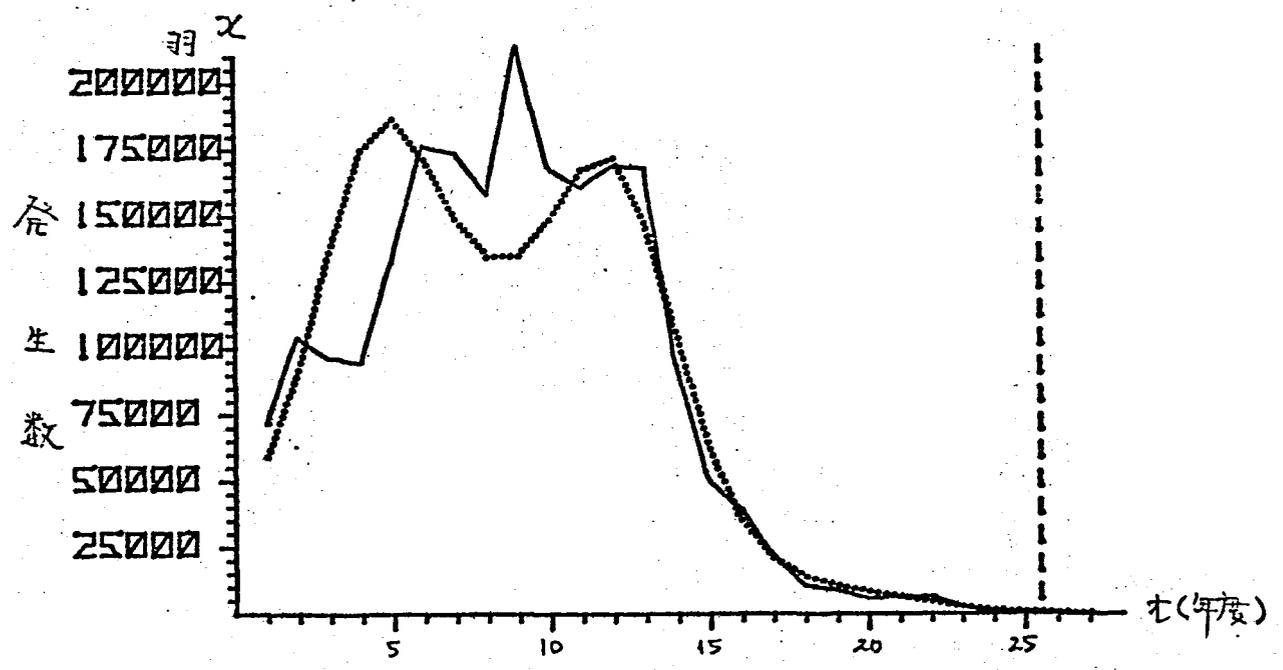
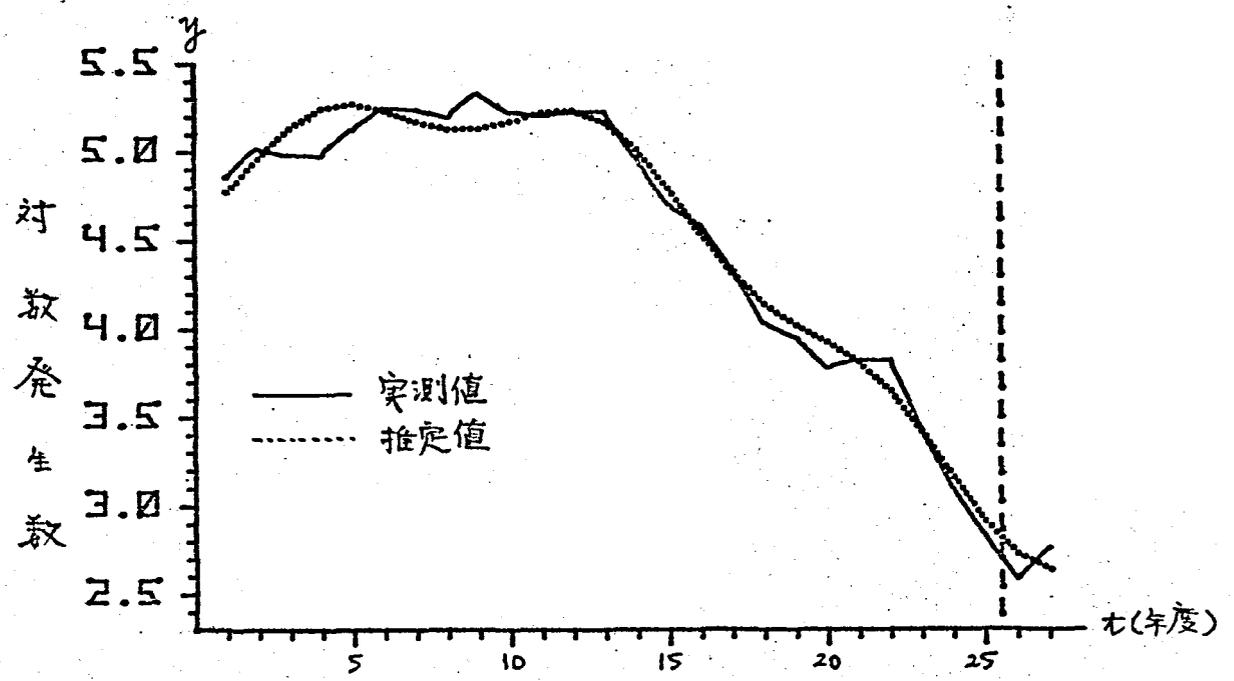
参考図 10-2. 豚コレラ: 有用性係数最小



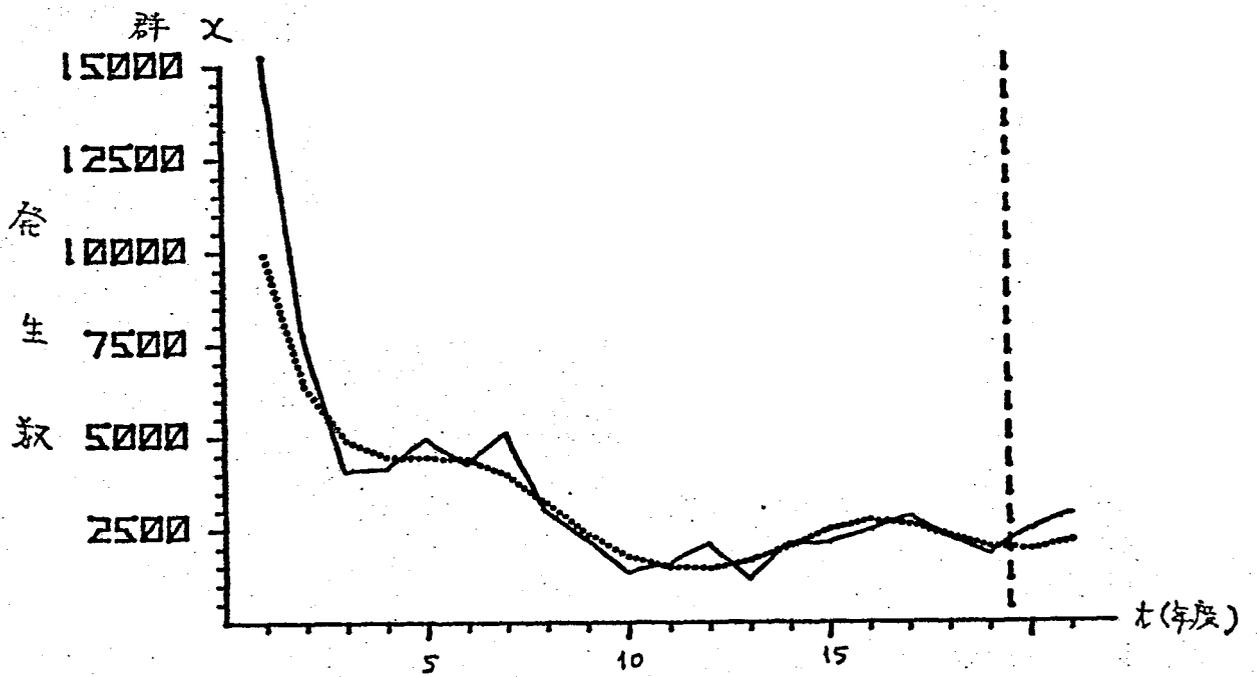
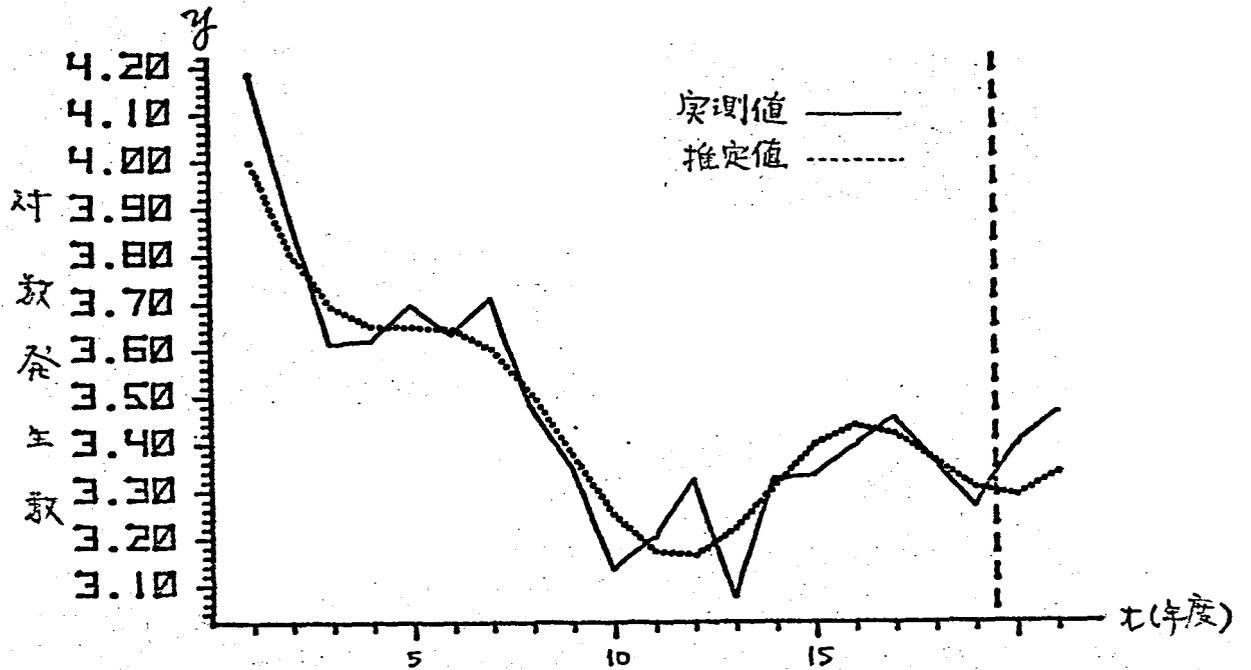
参考图 11-1. 白痴の变化：奇率最大



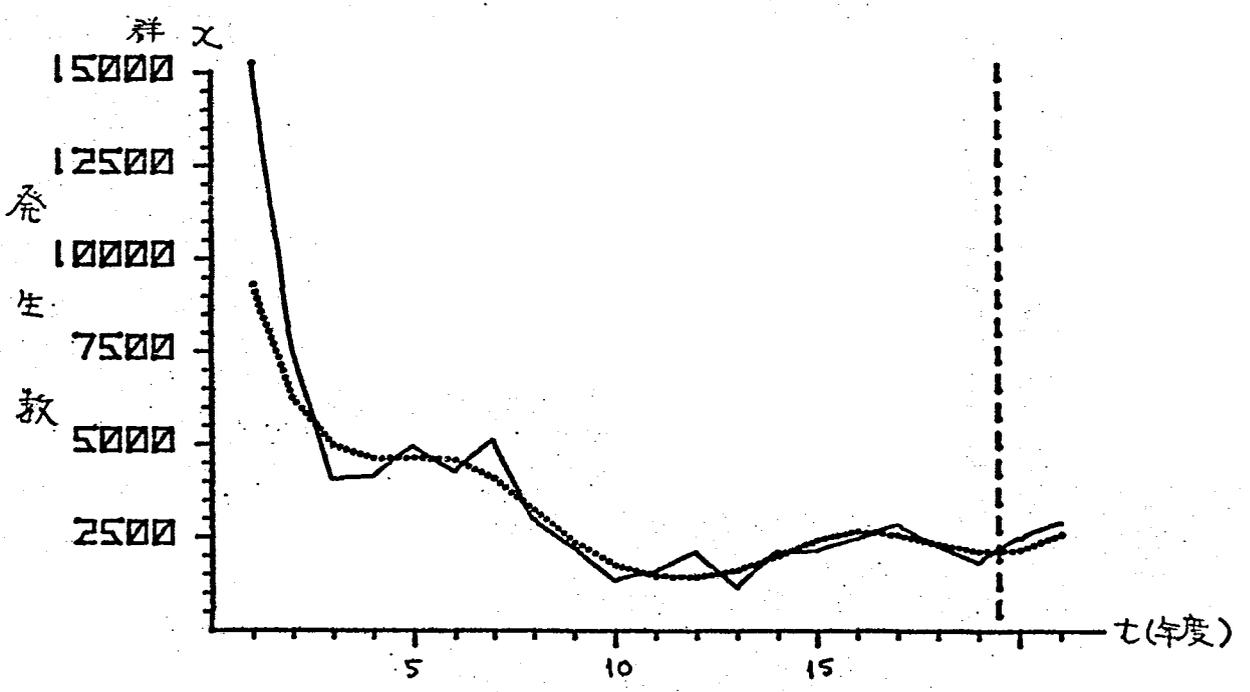
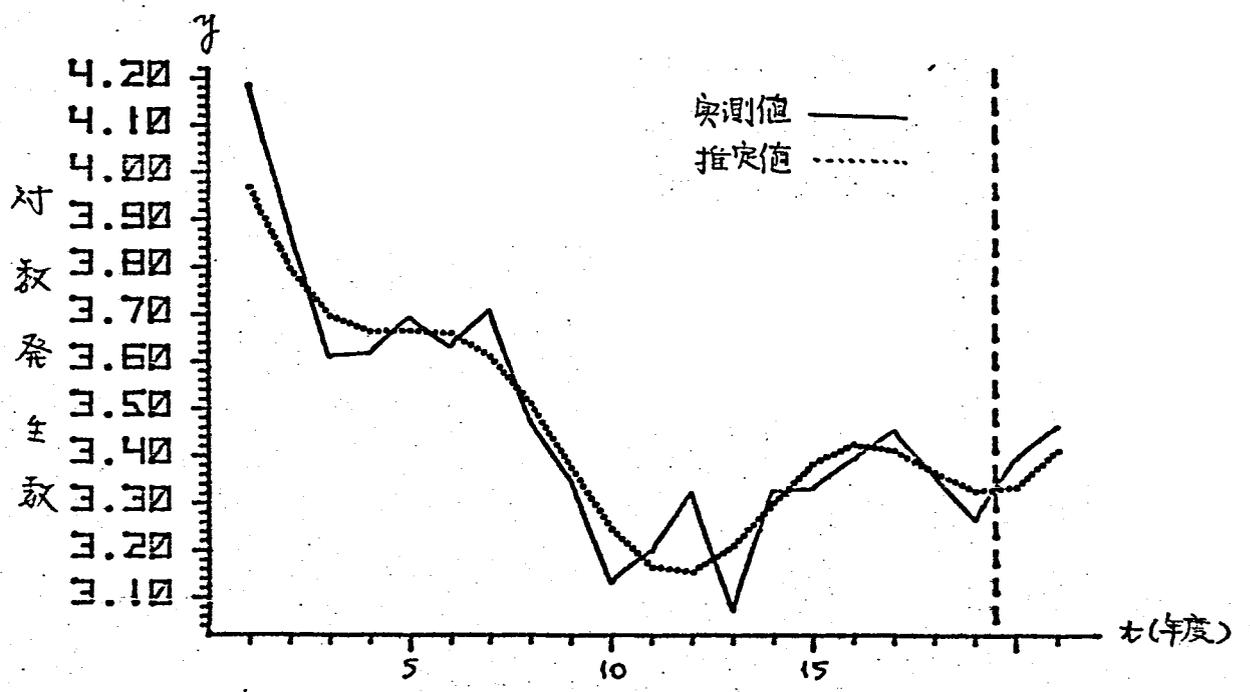
参考图 11-2.  $\nu$  白刺: 有用性系数最小



参考图 12-1. 腐蛆病: 寄与率最大



参考图 12-2. 腐蛆病：有用性係数最小



付.

1. 時系列データに対する  
重回帰分析 102
2. ペリオドグラム分析 105
3. SCHUSTERの周期性の検定 109
4. フロログラム 112

付1.

時系列データの  $t$  に対する重回帰分析

時系列データ  $(y_1, y_2, \dots, y_t, \dots, y_N)$  の推定値  $\hat{y}_t$  が,  $t$  の多項式として表わせるものとする。  
すなわち,

$$\hat{y}_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \dots + \beta_p t^p, \quad (t=1, \dots, N) \quad (1)$$

とすれば,  $y_t$  は次のように表わせる。

$$y_t = \hat{y}_t + e_t \quad (2)$$

したがって, (2) に最小二乗法を適用すれば, (1) を求めることができる。

まず,

$$e_t = \hat{y}_t - y_t$$

とすれば,  $e_t$  の平方和  $S_e$  は

$$S_e = \sum_{t=1}^N e_t^2 = \sum_t (y_t - \hat{y}_t)^2$$

すなわち,

$$S_e = \sum_t (y_t - \beta_0 - \beta_1 t - \beta_2 t^2 - \dots - \beta_p t^p)^2 \quad (3)$$

(3) を  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  について偏微分してゼロとおけば

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial S_e}{\partial \beta_0} &= -2 \sum_t (y_t - \beta_0 - \beta_1 t - \dots - \beta_p t^p) = 0 \\ \frac{\partial S_e}{\partial \beta_1} &= -2 \sum_t t (y_t - \beta_0 - \beta_1 t - \dots - \beta_p t^p) = 0 \\ &\dots \dots \dots \\ \frac{\partial S_e}{\partial \beta_p} &= -2 \sum_t t^p (y_t - \beta_0 - \beta_1 t - \dots - \beta_p t^p) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

(4) を整理すれば、

$$\left. \begin{aligned} N\beta_0 + \beta_1 \sum t + \cdots + \beta_p \sum t^p &= \sum y_t \\ \beta_0 \sum t + \beta_1 \sum t^2 + \cdots + \beta_p \sum t^{p+1} &= \sum t y_t \\ \dots\dots\dots \\ \beta_0 \sum t^p + \beta_1 \sum t^{p+1} + \cdots + \beta_p \sum t^{2p} &= \sum t^p y_t \end{aligned} \right\} (5)$$

(5) の 1 式から

$$\beta_0 = (\sum y_t - \beta_1 \sum t - \cdots - \beta_p \sum t^p) / N \quad (6)$$

(6) を (5) の 2 式以下に代入すれば、

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 (\sum t \cdot t - \sum t \sum t / N) + \cdots + \beta_p (\sum t \cdot t^p - \sum t \sum t^p / N) \\ = \sum t y_t - \sum t \sum y_t / N \\ \dots\dots\dots \\ \beta_1 (\sum t^p \cdot t - \sum t^p \sum t / N) + \cdots + \beta_p (\sum t^p \cdot t^p - \sum t^p \sum t^p / N) \\ = \sum t^p y_t - \sum t^p \sum y_t / N \end{aligned} \right\} (7)$$

(7) を書き換之れば、

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 \sum (t - \bar{t})(t - \bar{t}) + \cdots + \beta_p \sum (t - \bar{t})(t^p - \bar{t}^p) &= \sum (t - \bar{t})(y_t - \bar{y}) \\ \dots\dots\dots \\ \beta_1 \sum (t^p - \bar{t}^p)(t - \bar{t}) + \cdots + \beta_p \sum (t^p - \bar{t}^p)(t^p - \bar{t}^p) &= \sum (t^p - \bar{t}^p)(y_t - \bar{y}) \end{aligned} \right\} (8)$$

== z',

$$S_{ij} = \sum (t^i - \bar{t}^i)(t^j - \bar{t}^j)$$

$$S_{iy} = \sum (t^i - \bar{t}^i)(y_t - \bar{y})$$

とある (8) を書き換之れば、次の正規方程式



付す。

## ペリオドグラム分析

時系列データ  $(y_1, y_2, \dots, y_t, \dots, y_N)$  において,  $N$  が  
周期  $\mu$  の  $c$  倍 ( $c$  は整数) であり,  $y_t$  の推定値  
 $\hat{y}_t$  が次式で表わせるものとする。

$$\hat{y}_t = A_0 + a \sin\left(\alpha + \frac{2\pi}{\mu} t\right), \quad (t=1, \dots, N) \quad (1)$$

データ  $y_t$  を表 1 の

表 1

よりに並べ, 各列

の平均  $m_1, m_2, \dots,$

$m_\mu$  を求めれば,  $m_t$

の推定値  $\hat{m}_t$  は

次式のようになる。

$y_1$	$y_2$	$\dots$	$y_\mu$
$y_{\mu+1}$	$y_{\mu+2}$	$\dots$	$y_{2\mu}$
$\dots\dots\dots$			

$$\frac{y_{(c-1)\mu+1} \quad y_{(c-1)\mu+2} \quad \dots \quad y_{c\mu}}{\text{計} \quad T_1 \quad T_2 \quad \dots \quad T_\mu}$$

$$\text{平均} \quad m_1 \quad m_2 \quad \dots \quad m_\mu$$

$$\hat{m}_t = A_0 + a \sin\left(\alpha + \frac{2\pi}{\mu} t\right), \quad (t=1, \dots, \mu) \quad (2)$$

したがって,  $m_t$  は次のように表わせる。

$$m_t = \hat{m}_t + e_t \quad (3)$$

(3) に最小二乗法を適用すれば, (2) の  $A_0, a,$   
および  $\alpha$  が求まり, その結果として (1) が求ま  
る。

まず,

$$e_t = m_t - \hat{m}_t$$

とすれば,  $e_t$  の平方和  $S_e$  は

$$S_e = \sum_{t=1}^{\mu} e_t^2 = \sum_{t=1}^{\mu} (m_t - \hat{m}_t)^2$$

また, (2) を変形すれば,

$$\hat{m}_t = A_0 + a \sin \alpha \cos \frac{2\pi}{\mu} t + a \cos \alpha \sin \frac{2\pi}{\mu} t \quad (4)$$

よって,

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= a \sin \alpha \\ B_1 &= a \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

とあければ, (4) は次のようになる。

$$\hat{m}_t = A_0 + A_1 \cos \frac{2\pi}{\mu} t + B_1 \sin \frac{2\pi}{\mu} t \quad (6)$$

したがって,

$$S_e = \sum_{t=1}^{\mu} (m_t - A_0 - A_1 \cos \frac{2\pi}{\mu} t - B_1 \sin \frac{2\pi}{\mu} t)^2 \quad (7)$$

(7) を  $A_0, A_1, B_1$  で偏微分してゼロとあければ,

$$\frac{\partial S_e}{\partial A_0} = -2 \sum_{t=1}^{\mu} (m_t - A_0 - A_1 \cos \frac{2\pi}{\mu} t - B_1 \sin \frac{2\pi}{\mu} t) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial S_e}{\partial A_1} = -2 \sum_{t=1}^{\mu} \cos \frac{2\pi}{\mu} t (m_t - A_0 - A_1 \cos \frac{2\pi}{\mu} t - B_1 \sin \frac{2\pi}{\mu} t) = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial S_e}{\partial B_1} = -2 \sum_{t=1}^{\mu} \sin \frac{2\pi}{\mu} t (m_t - A_0 - A_1 \cos \frac{2\pi}{\mu} t - B_1 \sin \frac{2\pi}{\mu} t) = 0 \quad (10)$$

(8) から

$$\sum_t m_t - \mu A_0 = A_1 \sum_t \cos \frac{2\pi}{\mu} t + B_1 \sum_t \sin \frac{2\pi}{\mu} t$$

よから、

$$\sum_t \cos \frac{2\pi}{\mu} t = \sum_t \sin \frac{2\pi}{\mu} t = 0$$

のため、

$$\mu A_0 = \sum_t m_t$$

すなわち、

$$A_0 = \sum_t m_t / \mu \quad (11)$$

(9) から、

$$\begin{aligned} \sum_t (m_t \cos \frac{2\pi}{\mu} t) &= A_0 \sum_t \cos \frac{2\pi}{\mu} t + A_1 \sum_t \cos^2 \frac{2\pi}{\mu} t \\ &\quad + B_1 \sum_t \sin \frac{2\pi}{\mu} t \cos \frac{2\pi}{\mu} t \\ &= A_1 \sum_t \cos^2 \frac{2\pi}{\mu} t + B_1 \sum_t \sin \frac{2\pi}{\mu} t \cos \frac{2\pi}{\mu} t \\ &= A_1 \sum_t \cos^2 \frac{2\pi}{\mu} t + \frac{B_1}{2} \sum_t \sin \frac{4\pi}{\mu} t \\ &= A_1 \sum_t \cos^2 \frac{2\pi}{\mu} t \\ &= \frac{A_1}{2} \sum_t (1 + \cos \frac{4\pi}{\mu} t) \\ &= \frac{A_1 \mu}{2} + \frac{A_1}{2} \sum_t \cos \frac{4\pi}{\mu} t \\ &= \frac{A_1 \mu}{2} \end{aligned}$$

ゆえに、

$$A_1 = \frac{2}{\mu} \sum_t (m_t \cos \frac{2\pi}{\mu} t) \quad (12)$$

同様にして, (10) から

$$B_1 = \frac{2}{\mu} \sum_t (m_t \sin \frac{2\pi}{\mu} t) \quad (13)$$

(5) から

$$A_1^2 + B_1^2 = a^2 (\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = a^2$$

したがって,  $a > 0$  のため

$$a = \sqrt{A_1^2 + B_1^2}$$

すなわち

$$a = \frac{2}{\mu} \sqrt{\left(\sum_t m_t \cos \frac{2\pi}{\mu} t\right)^2 + \left(\sum_t m_t \sin \frac{2\pi}{\mu} t\right)^2} \quad (14)$$

(5) から

$$\frac{A_1}{B_1} = \frac{a \sin \alpha}{a \cos \alpha} = \tan \alpha$$

ゆえに,

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{A_1}{B_1}$$

すなわち

$$\alpha = \frac{\sum_t m_t \cos \frac{2\pi}{\mu} t}{\sum_t m_t \sin \frac{2\pi}{\mu} t} \quad (15)$$

したがって, (11), (14), (15) から (1) が決まる。

## SCHUSTER の周期性の検定

時系列データ  $(y_1, y_2, \dots, y_t, \dots, y_N)$  が平均  $\mu$ , 分散  $\sigma^2$  の正規分布をする, すなわち, データ系列になんら単振動 (周期変動) が含まれていないものとする。このとき, 任意に選んだ周期  $\mu$  の単振動の強度  $S^2$  が  $4\sigma^2 k/N$  より大になる確率  $p$  は次式で与えられる。

$$p = e^{-k} \quad (1)$$

ただし, 強度  $S^2$  は, 周期  $\mu$  の単振動がデータ系列に含まれていると仮定し, ペリオドグラム分析を行なって得られた次式における振幅  $a$  の二乗である。すなわち

$$\hat{y}_t = A_0 + a \sin\left(\alpha + \frac{2\pi}{\mu} t\right), \quad (t=1, \dots, N) \quad (2)$$

から,

$$S^2 = a^2 \quad (3)$$

また,  $N$  はデータの個数であり,  $\sigma^2$  はデータ系列の分散すなわち次式で得られる値である。

$$\sigma^2 = \sum_{t=1}^N (y_t - \bar{y})^2 / (N-1) \quad (4)$$

(1) から, ゼロ仮説  $H_0$  と対立仮説  $H_1$  を

$H_0$ : 周期  $\mu$  の単振動がデータ系列に含まれている

$H_1$ : 周期  $\mu$  の単振動がデータ系列に含まれていない

とすれば, 次のように検定することができる。

(1) から,

$$P_r \left\{ a^2 > \frac{4\sigma^2 k}{N} \right\} = e^{-k}$$

すなわち,

$$P_r \left\{ \frac{a^2 N}{\sigma^2} > 4k \right\} = e^{-k}$$

そこで,

$$c = a^2 N / \sigma^2 \tag{5}$$

とおけば,

$$P_r \{ c > 4k \} = e^{-k} \tag{6}$$

いま, 有意水準を  $p = 0.05$  または  $0.01$  にとり,  $p = 0.05$  のときの  $k$  を  $k_{0.05}$ ,  $p = 0.01$  のときの  $k$  を  $k_{0.01}$  とし, (1) を変形すれば

$$k = -\log_e p$$

のため,

$$k_{0.05} = -\log_e 0.05 = 2.9957$$

$$k_{0.01} = -\log_e 0.01 = 4.6052$$

したがって、(6)から

$$C > 4k_{0.05} = 11.9829 \quad (7)$$

$$C > 4k_{0.01} = 18.4207 \quad (8)$$

したがって、(3)と(4)から(5)の  $C$  を求め、

- i)  $C \leq 11.9829$  なら、 $H_0$  を採択する。
- ii)  $18.4207 \geq C \geq 11.9829$  なら、5%の危険率で  $H_0$  を棄却し、 $H_1$  を採択する。
- iii)  $C > 18.4207$  なら、1%の危険率で  $H_0$  を棄却し、 $H_1$  を採択する。

プログラム

付4.

112

プログラム

```
PROGRAM FILE NO.  
0  
0:  
PRT "PROG : TS-T  
CI(1)";SPC 1  
1:  
PRT " TIME SERI  
ES", " ANALYSI  
S"  
2:  
PRT " MULTIPLICA  
TION", " MODE  
L";SPC 1  
3:  
PRT " TREND"  
, " *"  
4:  
PRT " CYCLE"  
, " *"  
5:  
PRT " IRREGULA  
R";SPC 2  
6:  
PRT " PROGRAMMED  
BY", " T.TAKIZ  
AWA";SPC 8  
7:  
1→R336→R340  
8:  
GTO 0;LDF R340  
9:  
END  
R339
```

PROGRAM FILE NO.

1

```

0:
IF FLG 6=1;CFG 6
;GTO +3F
1:
ENT "DATA FILE N
0. ?";R341F
2:
DSP "C-1 : DATA
TAPE";STP F
3:
SSC 1;LDF R341;
SSC 5F
4:
INT (.01R0)+R339
;R0-100R339+R337
+R0F
5:
(.5+R332)+R0+R33
1;1+R333F
6:
GSB "MAX1" F
7:
GSB "SCAL12" F
8:
GTO 0;LDF R340+1
+R340F
9:
"MAX1" F
10:
-1E99+A;1+ZF
11:
IF RZ>A;RZ+AF
12:
IF (Z+1+Z)≤R0;
GTO -1F
13:
RET F
14:
"SCAL12" F
15:
1.1LOG A+R330;0+
R329;1+R328F
16:
.05A+C;INT LOG C
+ZF
17:
IF 1>C;Z-1+ZF
18:
10+Z+Z;INT (C/Z)
+CF
19:
IF C>5;5Z+C;GTO
+3F
20:
IF C>2;2Z+C;GTO
+2F
21:
Z+CF
22:
CINT (A/C+2)+R32
1;0+R322;C+R323F
23:
INT LOG (10C)+Z;
0+R324F
24:
IF 1>10C;Z-1+ZF
25:
IF 0>Z;-Z+R324F
26:
RET F
27:
END F
R306

```

PROGRAM FILE NO.  
2

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A;R322+B;R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X; (A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2;R327+8
0Y+R327 F
9:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336 F
11:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
12:
"AXEX119" F

```

```

13:
PLT R332,B;1+X F
14:
PLT X,B;PLT X,B-
R325;PLT X,B F
15:
IF (X+1+X) < R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331,B;PEN F
17:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331 < 9;
LTR X-R335,B-8R3
25,221;GTO +3 F
19:
LTR X+R335,B-10R
325,222 F
20:
IF INT (39+R339+
X) < 9;PLT " " F
21:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2+X) > R332;
GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R297

```

PROGRAM FILE NO.

3

```

0:
GSB "AXEY11" F
1:
GSB "RAWLIN1" F
2:
1 Z F
3:
IF RZ=-9999; LOG
RZ RZ F
4:
IF (Z+1 Z) < R0;
GTO -1 F
5:
SFG 7 F
6:
GTO 0; LDF R340+1
R340 F
7:
"AXEY11" F
8:
PLT R332, B; C Y F
9:
PLT R332, B+Y F
10:
IF 50INT (Y/50) =
Y; PLT R332-2R335
, B+Y; GTO +2 F
11:
PLT R332-R335, B+
Y F
12:
PLT R332, B+Y; IF
(Y+C+Y)+B < A; GTO
-3 F
13:
PLT R332, A; PEN F
14:
FXD R324; 10CINT
(A/100) Y F

```

```

15:
4 X; IF R324 > 0; 3-
R324 X F
16:
LTR R332-32R335,
Y-R325, 221; IF 0 <
Y; PLT " " F
17:
IF Y=0; 0 Z; GTO +
3 F
18:
IF 1 > ABS Y; -1 Z;
GTO +2 F
19:
INT LOG ABS Y Z F
20:
IF X > Z; PLT " "; Z
+1 Z; JMP 0 F
21:
PLT Y; IF (Y-100 >
Y) > B; GTO -5 F
22:
RET F
23:
"RAWLIN1" F
24:
1 Z F
25:
IF RZ=-9999; PEN
; GTO +2 F
26:
PLT Z, RZ F
27:
IF (Z+1 Z) < R0;
GTO -2 F
28:
PEN ; RET F
29:
END F
R304

```

PROGRAM FILE NO.

4

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A;R322+B;R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X;(A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2;R327+8
0Y+R327 F
9:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336 F
11:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
12:
"AXEX119" F

```

```

13:
PLT R332,B;1+X F
14:
PLT X,B;PLT X,B-
R325;PLT X,B F
15:
IF (X+1+X)≤R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331,B;PEN F
17:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331<9;
LTR X-R335,B-8R3
25,221;GTO +3 F
19:
LTR X+R335,B-10R
325,222 F
20:
IF INT (39+R339+
X)≤9;PLT " " F
21:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2+X)>R332;
GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R297

```

PROGRAM FILE NO.

5

```

0:
GSB "AXEYLOG1" F
1:
GSB "RAWLIN1" F
2:
LTR R326,R327;
DSP "LEAVE PAPER
!" ; STP F
3:
CFG 7 F
4:
GTO 0; LDF R340+1
+R340 F
5:
"AXEYLOG1" F
6:
10 A + A; 10 B + B F
7:
PLT R332, LOG B; B
+C + Y F
8:
PLT R332, LOG Y F
9:
IF Y ≠ 100; PLT R33
2-R335, LOG Y;
GTO +2 F
10:
100 + C; PLT R332-2
R335, LOG Y F
11:
PLT R332, LOG Y;
IF (Y+C+Y) < A;
GTO -3 F
12:
PLT R332, LOG A;
PEN F

```

```

13:
FXD 0; INT LOG A +
Y F
14:
LTR R332-15R335,
Y-R325,221; PLT "
10" F
15:
LTR R332-6R335, Y
+R325,111; PLT Y F
16:
IF (Y-1+Y) > LOG B
; GTO -2 F
17:
RET F
18:
"RAWLIN1" F
19:
1 + Z F
20:
IF RZ = -9999; PEN
; GTO +2 F
21:
PLT Z, RZ F
22:
IF (Z+1+Z) < R0;
GTO -2 F
23:
PEN ; RET F
24:
END. F
R315

```

PROGRAM FILE NO.

6

```

0:
ENT "POWER SIZE
?",A+R295;"WEIGH
T NO. ?",B+R294+
1:
GSB "LSTSQR"+
2:
GTO 0;LDF R340+1
+R340+
3:
"LSTSQR"+
4:
JMP B+1+
5:
1+C;GTO +3+
6:
2/R0(R0+1)+C;
GTO +2+
7:
6/R0(R0+1)(2R0+1
)+C+
8:
0+X+
9:
0+R(180+X)+R(170
+X);1+Y+
10:
Y+(X+B)+Z;R(180+
X)+Z+R(180+X);R(
170+X)+ZRY+R(170
+X)+
11:
IF (Y+1+Y)≤R0;
GTO -1+

```

```

12:
CR(180+X)+R(180+
X);CR(170+X)+R(1
70+X)+
13:
IF (X+1+X)≤2R;
GTO -4+
14:
RET +
15:
END +
R327

```

PROGRAM FILE NO.

7

```

0:
GSB "SMTLNEQ"↑
1:
GTO 0;LDF R340+1
↑R340↑
2:
"SMTLNEQ"↑
3:
A+2→A;0→X↑
4:
1→Y↑
5:
R(179+X+Y)→R(AX+
Y);JMP (Y+1→Y)=A
↑
6:
R(170+X)→R(AX+A)
;IF (X+1→X)≠A-1;
GTO -2↑
7:
0→B↑
8:
B+1→B→C;IF B=A;
GTO +18↑
9:
0→X→Y↑
10:
R(AC-A+B)→Z;IF 0
>Z;-Z→Z↑
11:
IF X<Z;Z→X;C→Y↑
12:
C+1→C;IF A>C;
GTO -2↑
13:
IF X=0;SPC ;PRT
" DET(AIJ)=0";
SPC 8;STP ↑
14:
0→C↑

```

```

15:
C+1→C;IF C>A;
GTO +2↑
16:
R(AY-A+C)→Z;R(AB
-A+C)→R(AY-A+C);
Z→R(AB-A+C);GTO
-1↑
17:
B→C↑
18:
C+1→C;IF C>A;
GTO +2↑
19:
R(AB-A+C)/R(AB-A
+B)→R(AB-A+C);
GTO -1↑
20:
0→C↑
21:
C+1→C;IF C=A;
GTO -13↑
22:
IF B=C;GTO -1↑
23:
B→Y↑
24:
Y+1→Y;IF Y>A;
GTO -3↑
25:
R(AC-A+Y)-R(AC-A
+B)R(AB-A+Y)→R(A
C-A+Y);GTO -1↑
26:
0→B↑
27:
B+1→B;IF B>A;A-2
→A→R0;RET ↑
28:
R(AB)→RB→R(295+B
);GTO -1↑
29:
END ↑
R296

```

PROGRAM FILE NO.

8

```

0:
GSB "TYPEQTN"
1:
GTO 0;LDF R340+1
+R340F
2:
"TYPEQTN"
3:
DSP "SET TYPEWRI
TER";STP F
4:
FMT /,12X,"EQUA
TION: 20F: TREN
D",5X,"WEIGHT:
NEO.",FXD 2.0;
TYP R294F
5:
FMT 20X,"X: S
ERIAL: DATA: N
EO. STARTING:
FROM: NEO.1";
TYP F
6:
FMT /,15X,Z;TYP
F
7:
IF FLG 7=0;FMT "
XZ =",Z;TYP F
8:
IF FLG 7=1;FMT "
XZ = 10 ** (",Z
;TYP F
9:
1-XF
10:
IF X=4;FMT /,26X
,Z;TYP F
11:
IF 0>RX;FMT " -"
,Z;TYP ;GTO +3F

```

```

12:
IF X=1;GTO +2F
13:
FMT " +",Z;TYP F
14:
FMT FXD 8.4,Z;
TYP ABS RXF
15:
IF X>1;FMT " XZ
**",FXD 2.0,Z;
TYP X-1F
16:
IF (X+1>X)<A+1;
GTO -6F
17:
IF FLG 7=1;CFG 7
;FMT " )",Z;TYP
F
18:
FMT /,Z;TYP F
19:
RET F
20:
END F
R311

```

PROGRAM FILE NO.

9

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "DOT10**EQ" F
2:
SFG 7 F
3:
GTO 0; LDF R340+1
  +R340 F
4:
"POSYU22" F
5:
IF FLG 7=1; R330+
A; R329+B; R328+C;
GTO +2 F
6:
R321+A; R322+B; R3
23+C F
7:
(R331-R332)/200+
R335+X; (A-B)/60+
R325+Y F
8:
R331+10X+R326; A+
20Y+R327 F
9:
IF R336=2; R327+8
0Y+R327 F
10:
IF R336=1; DSP "S
ET PAPER - YOKO"
; STP F
11:
IF (R336+1+R336)
>2; 1+R336 F
12:
SCL R326-240X; R3
26; R327-180Y; R32
7; RET F

```

```

13:
"DOT10**EQ" F
14:
1+X F
15:
R(R0+1)+Y; IF R0=
0; GTO +3 F
16:
R0+Z F
17:
RZ+XY+Y; JMP (Z-1
+Z)=0 F
18:
PLT X, 10+Y; PEN ;
IF (X+2R335+X) <
INT R331; GTO -3 F
19:
RET F
20:
END F
R311

```

PROGRAM FILE NO.  
10

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "DOTEQ" F
2:
LTR R326,R327;
CFG 7F
3:
ENT "EQUATION O.
K. ?";Z;IF Z=0;
SFG 6;GTO 0;LDF
1→R340F
4:
GTO 0;LDF R340+1
→R340F
5:
"POSYU22" F
6:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329→B;R328→C;
GTO +2F
7:
R321→A;R322→B;R3
23→C F
8:
(R331-R332)/200+
R335→X;(A-B)/60+
R325→Y F
9:
R331+10X→R326;A+
20Y→R327 F
10:
IF R336=2;R327+8
0Y→R327 F
11:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F

```

```

12:
IF (R336+1→R336)
>2;1→R336 F
13:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
14:
"DOTEQ" F
15:
1→XF
16:
R(R0+1)→Y;IF R0=
0;GTO +3F
17:
R0→ZF
18:
RZ+XY→Y;JMP (Z-1
→Z)=0 F
19:
PLT X;Y;PEN ;IF
(X+2R335→X)≤INT
R331;GTO -3F
20:
RET F
21:
END F
R304

```

PROGRAM FILE NO.,  
11

```
0:  
SSC 1;LDF R341;  
SSC 5;R337+R0F  
1:  
GSB "RATEQTN" F  
2:  
GTO 0;LDF R340+1  
+R340F  
3:  
"RATEQTN" F  
4:  
1+XF  
5:  
IF RX=-9999;GTO  
+5F  
6:  
R(296+R295)+Y;  
IF R295=0;GTO +3  
F  
7:  
R295-1+ZF  
8:  
R(296+Z)+XY+Y;  
JMP 0>(Z-1+Z)F  
9:  
RX/10+Y+RXF  
10:  
IF (X+1+X)≤R0;  
GTO -5F  
11:  
RET F  
12:  
END F  
R342
```

PROGRAM FILE NO.  
12

```

0:
GSB "MAX1" F
1:
GSB "SCAL12" F
2:
GTO 0; LDF R340+1
  +R340 F
3:
"MAX1" F
4:
-1E99+A; 1+Z F
5:
IF RZ>A; RZ+A F
6:
IF (Z+1+Z) < R0;
GTO -1 F
7:
RET F
8:
"SCAL12" F
9:
1.1LOG A+R330; 0+
R329; 1+R328 F
10:
.05A+C; INT LOG C
+Z F
11:
IF 1>C; Z-1+Z F
12:
10+Z+Z; INT (C/Z)
+CF
13:
IF C>5; 5Z+C; GTO
+3 F
14:
IF C>2; 2Z+C; GTO
+2 F
15:
Z+CF
16:
CINT (A/C+2)+R32
1; 0+R322; C+R323 F
17:
INT LOG (10C)+Z;
0+R324 F
18:
IF 1>10C; Z-1+Z F
19:
IF 0>Z; -Z+R324 F
20:
RET F
21:
END F
R326

```

PROGRAM FILE NO.

13

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A;R322+B;R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X;(A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2;R327+8
0Y+R327 F
9:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336 F
11:
SCL R326-240X,R3
26;R327-180Y,R32
7;RET F
12:
"AXEX119" F

```

```

13:
PLT R332,B;1+X F
14:
PLT X,B;PLT X,B-
R325;PLT X,B F
15:
IF (X+1+X)≤R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331,B;PEN F
17:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331≤9;
LTR X-R335,B-8R3
25,221;GTO +3 F
19:
LTR X+R335,B-10R
325,222 F
20:
IF INT (39+R339+
X)≤9;PLT " " F
21:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2+X)>R332;
GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R297

```

PROGRAM FILE NO.

14

```

0:
GSB "AXEY11" F
1:
GSB "RAWLIN1" F
2:
1>Z F
3:
IF RZ=-9999; LOG
RZ>RZ F
4:
IF (Z+1>Z) < R0;
GTO -1 F
5:
GTO 0; LDF R340+1
R340 F
6:
"AXEY11" F
7:
PLT R332, B; C+Y F
8:
PLT R332, B+Y F
9:
IF 5CINT (Y/5C) =
Y; PLT R332-2R335
, B+Y; GTO +2 F
10:
PLT R332-R335, B+
Y F
11:
PLT R332, B+Y; IF
(Y+C>Y)+B<A; GTO
-3 F
12:
PLT R332, A; PEN F
13:
FXD R324; 10CINT
(A/10C)+Y F
14:
4>X; IF R324>0; 3-
R324+X F

```

```

15:
LTR R332-32R335,
Y-R325, 221; IF 0<
Y; PLT " " F
16:
IF Y=0; 0+Z; GTO +
3 F
17:
IF 1>ABS Y; -1+Z;
GTO +2 F
18:
INT LOG ABS Y+Z F
19:
IF X>Z; PLT " "; Z
+1+Z; JMP 0 F
20:
PLT Y; IF (Y-10C+
Y)>B; GTO -5 F
21:
RET F
22:
"RAWLIN1" F
23:
1>Z F
24:
IF RZ=-9999; PEN
; GTO +2 F
25:
PLT Z, RZ F
26:
IF (Z+1+Z) < R0;
GTO -2 F
27:
PEN ; RET F
28:
END F
R304

```

PROGRAM FILE NO.

15

```

0:
GSB "MINX1" F
1:
GSB "SCAL11" F
2:
GTO 0; LDF R340+1
  +R340 F
3:
"MINX1" F
4:
-(1E99+B)+A; 1+Z F
5:
IF RZ>A; RZ+AF
6:
IF B>RZ; RZ+BF
7:
IF (Z+1+Z)≤R0;
GTO -2 F
8:
RET F
9:
SSC 5; RET F
10:
"SCAL11" F
11:
.05(A-B)+C; INT
LOG C+Z F
12:
IF 1>C; Z-1+Z F
13:
10+Z+Z; INT (C/Z)
  +CF
14:
IF C>5; 5Z+C; GTO
  +3 F
15:
IF C>2; 2Z+C; GTO
  +2 F
16:
Z+CF
17:
10(C+R323)+C; C
INT (A/C+1)+R321
;CINT (B/C-1)+R3
22 F
18:
INT LOG C+Z; 0+R3
24; IF LOG C=Z;
GTO +2 F
19:
IF 1>C; Z-1+Z F
20:
IF 0>Z; -Z+R324 F
21:
RET F
22:
END F
R325

```

PROGRAM FILE NO.  
16

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A;R322+B;R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X;(A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2;R327+8
0Y+R327 F
9:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336 F
11:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
12:
"AXEX119" F

```

```

13:
PLT R332;0;1+X F
14:
PLT X;0;PLT X;-R
325;PLT X;0 F
15:
IF (X+1+X)≤R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331;0;PEN F
17:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331≤9;
LTR X-R335;B-8R3
25;221;GTO +3 F
19:
LTR X+R335;B-10R
325;222 F
20:
IF INT (39+R339+
X)≤9;PLT " " F
21:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2+X)>R332;
GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R296

```

PROGRAM FILE NO.

17

```

0:
GSB "AXEY12" F
1:
GSB "RAWLIN1" F
2:
LTR R326,R327 F
3:
GTO 0;LDF R340+1
  +R340 F
4:
"AXEY12" F
5:
0+Y F
6:
PLT R332,B+Y F
7:
IF 5CINT (Y/50)=
Y;PLT R332-2R335
,B+Y;GTO +2 F
8:
PLT R332-R335,B+
Y F
9:
PLT R332,B+Y;IF
(Y+C+Y)+B<A;GTO
-3 F
10:
PLT R332,A;PEN F
11:
FXD R324;10CINT
(A/100)+Y F
12:
4+X;IF R324>0;3-
R324+X F
13:
LTR R332-32R335,
Y-R325,221;IF 0<
Y;PLT " " F
14:
IF Y=0;0+Z;GTO +
3 F

```

```

15:
IF 1>ABS Y;-1+Z;
GTO +2 F
16:
INT LOG ABS Y+Z F
17:
IF X>Z;PLT " ";Z
+1+Z;JMP 0 F
18:
PLT Y;IF B<(Y-10
C+Y);GTO -5 F
19:
RET F
20:
"RAWLIN1" F
21:
1+Z F
22:
IF RZ=-9999;PEN
;GTO +2 F
23:
PLT Z,RZ F
24:
IF (Z+1+Z)<R0;
GTO -2 F
25:
PEN ;RET F
26:
END F
R309

```

PROGRAM FILE NO.

18

```

0:
GSB "STANDD" F
1:
GSB "MINX1" F
2:
GSB "SCAL11" F
3:
GTO 0; LDF R340+1
+R340 F
4:
"STANDD" F
5:
0+ A+ B+ C; 1+ Z F
6:
IF RZ#-9999; A+1+
A; B+RZ+ B; C+RZRZ+
C F
7:
IF (Z+1+Z) ≤ R0;
GTO -1 F
8:
B/A+ B+ R291; r(C/A
-BB)+ C+ R292; 1+ Z F
9:
IF RZ#-9999; (RZ-
B)/C+ RZ F
10:
IF (Z+1+Z) ≤ R0;
GTO -1 F
11:
RET F
12:
"MINX1" F
13:
-(1E99+B)+ A; 1+ Z F
14:
IF RZ> A; RZ+ A F
15:
IF B> RZ; RZ+ B F
16:
IF (Z+1+Z) ≤ R0;
GTO -2 F

```

```

17:
RET F
18:
SSC 5; RET F
19:
"SCAL11" F
20:
.05(A-B)+ C; INT
LOG C+ Z F
21:
IF 1> C; Z-1+ Z F
22:
10+ Z+ Z; INT (C/Z)
+ C F
23:
IF C> 5; 5Z+ C; GTO
+ 3 F
24:
IF C> 2; 2Z+ C; GTO
+ 2 F
25:
Z+ C F
26:
10(C+ R323)+ C; C
INT (A/C+1)+ R321
; CINT (B/C-1)+ R3
22 F
27:
INT LOG C+ Z; 0+ R3
24 F
28:
IF 1> C; Z-1+ Z F
29:
IF 0> Z; -Z+ R324 F
30:
RET F
31:
END F
R304

```

PROGRAM FILE NO.

19

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0;LDF R340+1
  R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A;R322+B;R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X;(A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2;R327+8
0Y+R327 F
9:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336 F
11:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
12:
"AXEX119" F
13:
PLT R332,0;1+X F

```

```

14:
PLT X,0;PLT X,-R
325;PLT X,0 F
15:
IF (X+1+X)≤R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331,0;PEN F
17:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331≤9;
LTR X-R335,B-8R3
25,221;GTO +3 F
19:
LTR X+R335,B-10R
325,222 F
20:
IF INT (39+R339+
X)≤9;PLT " " F
21:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2+X)>R332;
GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R296

```

PROGRAM FILE NO.  
20

```

0:
GSB "AXEY12" F
1:
GSB "RAWLIN1" F
2:
LTR R326,R327 F
3:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
4:
"AXEY12" F
5:
0+Y F
6:
PLT R332,B+Y F
7:
IF 5CINT (Y/50)=
Y;PLT R332-2R335
,B+Y;GTO +2 F
8:
PLT R332-R335,B+
Y F
9:
PLT R332,B+Y;IF
(Y+C+Y)+B<A;GTO
-3 F
10:
PLT R332,A;PEN F
11:
FXD R324;10CINT
(A/100)+Y F
12:
4+X;IF R324>0;3-
R324+X F
13:
LTR R332-32R335,
Y-R325,221;IF 0<
Y;PLT " " F
14:
IF Y=0;0+Z;GTO +
3 F
15:
IF 1>ABS Y;-1+Z;
GTO +2 F
16:
INT LOG ABS Y+Z F
17:
IF X>Z;PLT " " Z
+1+Z;JMP 0 F
18:
PLT Y;IF B<(Y-10
C+Y);GTO -5 F
19:
RET F
20:
"RAWLIN1" F
21:
1+Z F
22:
IF RZ=-9999;PEN
;GTO +2 F
23:
PLT Z,RZ F
24:
IF (Z+1+Z)<R0;
GTO -2 F
25:
PEN ;RET F
26:
END F
R309

```

PROGRAM FILE NO.

21

```

0:
RCF 26,RR0F
1:
GSB "CORGRAM" F
2:
GTO 0;LDF R340+1
  +R340F
3:
"CORGRAM" F
4:
0+R301+R302+R303
  +R304;1+XF
5:
0+R305;R301+RX+R
301;R303+RXRX+R3
03;R302+R(R0+1-X
) +R302F
6:
R304+R(R0+1-X)+2
  +R304;IF X=1;
GTO +4F
7:
1+YF
8:
R305+RYR(R0-X+Y)
  +R305;JMP (Y+1+Y
) >XF
9:
(R305-R301R302/X
) / r ((R303-R301+2
/X) (R304-R302+2/
X)) +R(R0+150-X) F
10:
IF (X+1+X) ≠ R0;
GTO -5F
11:
R0-3+R0;1+XF

```

```

12:
R(150+X)+RX;JMP
(X+1+X) >R0F
13:
RET F
14:
END F
R322

```

PROGRAM FILE NO.  
22

```

0:
GSB "TYPCGRAM" F
1:
GTO 0; LDF R340+1
  R340 F
2:
"TYPCGRAM" F
3:
DSP "SET TYPEWRI
TER"; STP F
4:
FMT /, 12X, "CORR
ELOGRAM: ANALYS
IS"; TYP F
5:
FMT 12X, "CORREL
OGRAM: ANALYSIS
" F
6:
FMT /, 22X, "TIME
: DIFFERENCE: SA
ND"; Z; TYP F
7:
FMT " AUTOCORRELATION: COEF
FICIENTS"; Z; TYP
: 1 F
8:
FMT /, Z; TYP ; IF
(X+4 B) > R0; R0 B F
9:
FMT /, 12X, "TIME
: DIFF. "; Z;
TYP ; X Y F
10:
FMT FXD 10.0, Z;
TYP Y; JMP (Y+1 Y
) B F

```

```

11:
FMT /, 12X, "COEF
FIC. "; Z; TYP ;
X Y F
12:
FMT FXD 10.4, Z;
TYP RY; JMP (Y+1 Y
) B F
13:
IF (X+5 X) < R0;
GTO -5 F
14:
FMT /, Z; TYP F
15:
RET F
16:
END F
R316

```

PROGRAM FILE NO.

23

```

0:
0→R332;R0+.5→R33
1:
1:
GSB "MINX1"↑
2:
GSB "SCAL11"↑
3:
IF 1>R321;1→R321
↑
4:
GTO 0;LDF R340+1
→R340↑
5:
"MINX1"↑
6:
-(1E99+B)→A;1→Z↑
7:
IF RZ>A;RZ→A↑
8:
IF B>RZ;RZ→B↑
9:
IF (Z+1→Z)≤R0;
GTO -2↑
10:
RET ↑
11:
SSC 5;RET ↑
12:
"SCAL11"↑
13:
.05(A-B)→C;INT
LOG C→Z↑
14:
IF 1>C;Z-1→Z↑
15:
10↑Z→Z;INT (C/Z)
→C↑

```

```

16:
IF C>5;5Z→C;GTO
+3↑
17:
IF C>2;2Z→C;GTO
+2↑
18:
Z→C↑
19:
10(C+R323)+C;C
INT (A/C+1)→R321
;CINT (B/C-1)→R3
22↑
20:
INT LOG C→Z;0→R3
24↑
21:
IF 1>C;Z-1→Z↑
22:
IF 0>Z;-Z→R324↑
23:
RET ↑
24:
END ↑
R321

```

PROGRAM FILE NO.  
24

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0; LDF R340+1
  R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1; R330+
A; R329+B; R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A; R322+B; R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X; (A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326; A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2; R327+8
0Y+R327 F
9:
DSP "SET PAPER -
  YOKO"; STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2; 1+R336 F
11:
SCL R326-240X; R3
26; R327-180Y; R32
7; RET F
12:
"AXEX119" F

```

```

13:
PLT R332,0; 1+X F
14:
PLT X,0; PLT X,-R
325; PLT X,0 F
15:
IF (X+1+X) ≤ R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331,0; PEN F
17:
FXD 0; 2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331 ≤ 9;
LTR X-R335, B-8R3
25, 221; GTO +3 F
19:
LTR X+R335, B-10R
325, 222 F
20:
IF X ≤ 9; PLT " " F
21:
PLT X; IF (X-2+X)
>R332; GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R300

```

PROGRAM FILE NO.  
25

```

0:
GSB "AXEY12" F
1:
PLT 0, 1 F
2:
GSB "RAWLIN1" F
3:
LTR R326, R327;
LDF 26 F
4:
GTO 0; LDF R340+2
  R340 F
5:
"AXEY12" F
6:
0 → Y F
7:
PLT R332, B+Y F
8:
IF 5CINT (Y/50) =
Y; PLT R332-2R335
, B+Y; GTO +2 F
9:
PLT R332-R335, B+
Y F
10:
PLT R332, B+Y; IF
(Y+C → Y)+B ≤ A; GTO
-3 F
11:
PLT R332, A; PEN F
12:
FXD R324; 10CINT
(A/100) → Y F
13:
4 → X; IF R324 > 0; 3-
R324 → X F
14:
LTR R332-32R335,
Y-R325, 221; IF 0 ≤
Y; PLT " " F
15:
IF Y=0; 0 → Z; GTO +
3 F

```

```

16:
IF 1 > ABS Y; -1 → Z;
GTO +2 F
17:
INT LOG ABS Y → Z F
18:
IF X > Z; PLT " "; Z
+1 → Z; JMP 0 F
19:
PLT Y; IF B ≤ (Y-10
C → Y); GTO -5 F
20:
RET F
21:
"RAWLIN1" F
22:
1 → Z F
23:
IF RZ = -9999; PEN
; GTO +2 F
24:
PLT Z, RZ F
25:
IF (Z+1 → Z) ≤ R0;
GTO -2 F
26:
PEN ; RET F
27:
END F
R308

```

PROGRAM FILE NO.  
26

```

0:
FXD 0; B+1 → B; C+1 →
C; SSC 5 F
1:
PRT "PROGRAM FIL
E NO. ", C; SPC F
2:
STP ; GTO 0; LDF B
F
3:
END F
R360

```

PROGRAM FILE NO.  
27

```

0:
TBL 2F
1:
GSB "PERGRAM" F
2:
R337-3+C; -4LN .0
1/C+R201; -4LN .0
5/C+R202 F
3:
GTO 0; LDF R340+1
+R340 F
4:
"PERGRAM" F
5:
0+C; 2+AF
6:
INT (R0/A)+B; C+A
B+C; JMP (A+1+A) >
R0 F
7:
(R0-1)/C+C; -9999
+R201; 2+AF
8:
2+Y; IF (INT (R0/
A)+B)=1; GTO +4 F
9:
1+XF
10:
R(R0-A+X)+R(R0-A
Y+X)+R(R0-A+X);
JMP (X+1+X) > AF
11:
IF (Y+1+Y) < B;
GTO -2 F
12:
0+R304+R305; 2π/A
+Z; 1+XF
13:
R(R0-A+X)+R303; R
304+R303COS (XZ)
+R304; R305+R303
SIN (XZ)+R305 F

```

```

14:
IF (X+1+X) < A;
GTO -1 F
15:
4C(R304+2+R305+2
)/AB+R(200+A); 2+
Y; IF B=1; GTO +4 F
16:
1+XF
17:
R(R0-A+X)-R(R0-A
Y+X)+R(R0-A+X);
JMP (X+1+X) > AF
18:
IF (Y+1+Y) < B;
GTO -2 F
19:
IF (A+1+A) < R0;
GTO -11 F
20:
1+XF
21:
R(200+X)+RX; JMP
(X+1+X) > R0 F
22:
RET F
23:
END F
R299

```

PROGRAM FILE NO.  
28

```

0:
GSB "TYPPGRAM"
1:
GTO 0;LDF R340+1
+R340+
2:
"TYPPGRAM"
3:
DSP "SET TYPEWRI
TER";STP
4:
1+X+
5:
FMT /,12X,"PERI
ODGRAM ANALYSI
S";TYP
6:
FMT 22X,"PERIOD
E BAND INTENSI
TY";Z;TYP
7:
FMT /,Z;TYP ;IF
(X+4+B)>R0;R0+B
8:
FMT /,12X,"PERI
ODE ";Z;TYP ;
X+Y+
9:
FMT FXD 10.0,Z;
TYP Y;JMP (Y+1+Y
)>B+
10:
FMT /,12X,"INTE
NSITY ";Z;TYP ;
X+Y+
11:
IF Y=1;FMT 6X,".
...";Z;TYP ;GTO
+2+
12:
FMT FXD 10.4,Z;
TYP RY+

```

```

13:
IF (Y+1+Y)≤B;
GTO -2+
14:
FMT /,12X,"SIGN
IF ";Z;TYP ;
X+Y+
15:
IF Y=1;FMT 6X,".
...";Z;TYP ;GTO
+4+
16:
IF R201≤RY;FMT 8
X,"**";Z;TYP ;
GTO +3+
17:
IF R202≤RY;FMT 9
X,"*";Z;TYP ;
GTO +2+
18:
FMT 8X,"NS";Z;
TYP
19:
IF (Y+1+Y)≤B;
GTO -4+
20:
IF (X+5+X)≤R0;
GTO -13+
21:
FMT /,Z;TYP ;
RET
22:
END
R300

```

PROGRAM FILE NO.  
29

```

0:
R0+.5+R331;0+R33
2+
1:
GSB "MAX1"+
2:
IF R201>A;R201+A
+
3:
GSB "SCAL12"+
4:
GTO 0;LDF R340+1
+R340+
5:
"MAX1"+
6:
-1E99+A;1+Z+
7:
IF RZ>A;RZ+A+
8:
IF (Z+1+Z)≤R0;
GTO -1+
9:
RET +
10:
"SCAL12"+
11:
1.1LOG A+R330;0+
R329;1+R328+
12:
.05A+C;INT LOG C
+Z+
13:
IF 1>C;Z-1+Z+
14:
10+Z+Z;INT (C/2)
+CH
15:
IF C>5;5Z+C;GTO
+3+

```

```

16:
IF C>2;2Z+C;GTO
+2+
17:
Z+CH
18:
CINT (A/C+2)+R32
1;0+R322;C+R323+
19:
INT LOG (10C)+Z;
0+R324+
20:
IF 1>10C;Z-1+Z+
21:
IF 0>Z;-Z+R324+
22:
RET +
23:
END +
R320

```

PROGRAM FILE NO.  
30

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A;R322+B;R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X;(A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2;R327+0
0Y+R327 F
9:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336 F
11:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
12:
"AXEX119" F

```

```

13:
PLT R332,B;1+X F
14:
PLT X,B;PLT X,B-
R325;PLT X,B F
15:
IF (X+1+X)≤R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331,B;PEN F
17:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331≤9;
LTR X-R335,B-8R3
25,221;GTO +3 F
19:
LTR X+R335,B-10R
325,222 F
20:
IF X≤9;PLT " " F
21:
PLT X;IF (X-2+X)
>R332;GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R299

```

PROGRAM FILE NO.  
31

```

0:
GSB "AXEY11" F
1:
R332+X;R201+Y F
2:
PLT X,Y;PLT X+2R
335,Y;PEN ;JMP (
X+4R335+X)>R0 F
3:
R332+X;R202+Y F
4:
PLT X,Y;PLT X+2R
335,Y;PEN ;JMP (
X+4R335+X)>R0 F
5:
GSB "RAWLIN1" F
6:
LTR R326,R327 F
7:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
8:
"AXEY11" F
9:
PLT R332,B;C+Y F
10:
PLT R332,B+Y F
11:
IF 5CINT (Y/5C)=
Y;PLT R332-2R335
,B+Y;GTO +2 F
12:
PLT R332-R335,B+
Y F
13:
PLT R332,B+Y;IF
(Y+C+Y)+B<A;GTO
-3 F
14:
PLT R332,A;PEN F
15:
FXD R324;10CINT
(A/10C)+Y F

```

```

16:
4+X;IF R324>0;3-
R324+X F
17:
LTR R332-32R335,
Y-R325,221;IF 0<
Y;PLT " " F
18:
IF Y=0;0+Z;GTO +
3 F
19:
IF 1>ABS Y;-1+Z;
GTO +2 F
20:
INT LOG ABS Y+Z F
21:
IF X>Z;PLT " ";Z
+1+Z;JMP 0 F
22:
PLT Y;IF (Y-10C+
Y)>B;GTO -5 F
23:
RET F
24:
"RAWLIN1" F
25:
1+Z F
26:
IF RZ=-9999;PEN
;GTO +2 F
27:
PLT Z,RZ F
28:
IF (Z+1+Z)<R0;
GTO -2 F
29:
PEN ;RET F
30:
END F
R294

```

PROGRAM FILE NO.  
32

```

0:
LDF 26;1>ZF
1:
ENT "PERIOD ?";R
(305+Z);IF FLG 1
3=0;Z+1>Z;JMP 0F
2:
CFG 13;IF (Z-1>R
305)=0;1>R336;
GTO 0;LDF R340+1
R340F
3:
GSB "FOURIER" F
4:
GTO 0;LDF 33>R34
0F
5:
"FOURIER" F
6:
1>ZF
7:
R(305+Z)A;INT (
R0/A)B;2>X;IF B
=1;GTO +4F
8:
1>YF
9:
R(R0-A+Y)+R(R0-A
X+Y)R(R0-A+Y);
JMP (Y+1>Y)A F
10:
IF (X+1>X)B;
GTO -2F
11:
0>R301>R302;1>XF
12:
2X/A+C;R(R0-A+X
)R303;R301+R303
COS C>R301;R302+
R303SIN C>R302F

```

```

13:
IF (X+1>X)A;
GTO -1F
14:
2R(R301+2+R302+2
)/AB>R(310+Z);
IF R302=0;0>R(31
5+Z);GTO +2F
15:
ATN (R301/R302)R
R(315+Z)F
16:
IF 0>R302;R(31
5+Z)R(315+Z)F
17:
2>X;IF B=1;GTO +
4F
18:
1>YF
19:
R(R0-A+Y)-R(R0-A
X+Y)R(R0-A+Y);
JMP (Y+1>Y)A F
20:
IF (X+1>X)B;
GTO -2F
21:
IF (Z+1>Z)R305;
GTO -14F
22:
RET F
23:
END F
R293

```

PROGRAM FILE NO.  
33

```

0:
(.5+R332)+R0+R33
1:- (2+R321)+R322
;.1+R323;0+R324+
1:
GSB "POSYU22"+
2:
GSB "AXEX119"+
3:
GTO 0;LDF R340+1
+R340+
4:
"POSYU22"+
5:
R321+A;R322+B;R3
23+C+
6:
(R331-R332)/200+
R335+X;(A-B)/60+
R325+Y+
7:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327+
8:
IF R336=2;R327+8
0Y+R327+
9:
DSP "SET PAPER -
YOKO";STP +
10:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336+
11:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET +
12:
"AXEX119"+

```

```

13:
PLT R332,0;1+X+
14:
PLT X,0;PLT X,-R
325;PLT X,0+
15:
IF (X+1+X)≤R331;
GTO -1+
16:
PLT R331,0;PEN +
17:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X+
18:
IF INT R331≤9;
LTR X-R335,B-8R3
25,221;GTO +3+
19:
LTR X+R335,B-10R
325,222+
20:
IF INT (39+R339+
X)≤9;PLT " "+
21:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2+X)>R332;
GTO -3+
22:
RET +
23:
END +
R296

```

PROGRAM FILE NO.  
34

```

0:
GSB "AXEY12" F
1:
GTO 0; LDF R340+1
  R340 F
2:
"AXEY12" F
3:
0+Y F
4:
PLT R332, B+Y F
5:
IF 5CINT (Y/50)=
Y; PLT R332-2R335
  , B+Y; GTO +2 F
6:
PLT R332-R335, B+
Y F
7:
PLT R332, B+Y; IF
(Y+C+Y)+B<A; GTO
-3 F
8:
PLT R332, A; PEN F
9:
FXD R324; 10CINT
(A/100)+Y F
10:
4+X; IF R324>0; 3-
R324+X F
11:
LTR R332-32R335,
Y-R325, 22; IF 0<
Y; PLT " " F
12:
IF Y=0; 0+Z; GTO +
3 F

```

```

13:
IF 1>ABS Y; -1+Z;
GTO +2 F
14:
INT LOG ABS Y+Z F
15:
IF X>Z; PLT " "; Z
+1+Z; JMP 0 F
16:
PLT Y; IF B<(Y-10
C+Y); GTO -5 F
17:
RET F
18:
END F
R322

```

PROGRAM FILE NO.  
35

```

0:
GSB "SINCRV"↑
1:
LTR R326,R327↑
2:
ENT "SINE CURVE
O.K.?",Z;IF Z=0;
GTO 0;LDF 32↑R34
0↑
3:
R296+R291↑R296;1
↑Z↑R336↑
4:
IF R305=0;GTO +2
↑
5:
R(310+Z)R292↑R(3
10+Z);JMP (Z+1↑Z
)↑R305↑
6:
GTO 0;LDF R340+1
↑R340↑
7:
"SINCRV"↑
8:
TBL 2;IF R305≤1;
GTO +8↑
9:
1↑Z↑
10:
R337-R(305+Z)↑C;
IF (8/R(305+Z)↑A
)↑2R335;2R335↑A↑
11:
1↑X↑
12:
R(315+Z)+2π(X-C)
/R(305+Z)↑B↑

```

```

13:
PLT X,R(310+Z)
SIN B;PEN ↑
14:
IF (X+A↑X)≤R331;
GTO -2↑
15:
IF (Z+1↑Z)≤R305;
GTO -5↑
16:
IF (8/R(305+R305
)↑A)↑R335;R335↑A
↑
17:
1↑X↑
18:
0↑Y;1↑Z↑
19:
R(315+Z)+2π(X-R3
37+R(305+Z))/R(3
05+Z)↑B;Y+R(310+
Z)SIN B↑Y↑
20:
IF (Z+1↑Z)≤R305;
GTO -1↑
21:
PLT X,Y;IF (X+A↑
X)≤R331;GTO -3↑
22:
PEN ;RET ↑
23:
END ↑
R301

```

PROGRAM FILE NO.  
36

```

0:
GSB "TYPEQTN2" F
1:
GTO 0; LDF R340+1
  R340 F
2:
"TYPEQTN2" F
3:
DSP "SET TYPEWRI
TER"; STP F
4:
FMT 2/, 12X, "EQUO
ATION: 20FE EST
IMATION"; TYP F
5:
FMT /, 12X, "EYZ =
10 ** ("; Z; TYP
F
6:
0 XF
7:
IF X=3; FMT /, 25X
, Z; TYP F
8:
IF R(296+X)=0;
GTO +7 F
9:
IF 0>R(296+X);
FMT " -"; Z; TYP ;
GTO +3 F
10:
IF X>0; FMT " +";
Z; TYP ; GTO +2 F
11:
FMT 2X, Z; TYP F
12:
FMT FXD 8.4, Z;
TYP ABS R(296+X)
F
13:
IF X>0; FMT " 2X"
, Z; TYP F

```

```

14:
IF X>1; FMT " **"
, FXD 2.0, Z; TYP X
F
15:
IF (X+1 X) < R295;
GTO -8 F
16:
IF R305=0; GTO +8
F
17:
1 Y F
18:
FMT /, 24X, Z; TYP
F
19:
IF 0>R(310+Y);
FMT " -"; Z; TYP ;
GTO +2 F
20:
FMT " +"; Z; TYP F
21:
FMT FXD 8.4, " ES
IN: ("; FXD 8.4, "
+ 2PAIR 2XZ /"
, FXD 3.0, " )"; Z F
22:
TYP ABS R(310+Y)
, R(315+Y), R(305+
Y) F
23:
IF (Y+1 Y) < R305;
GTO -5 F
24:
FMT " )"; /, Z;
TYP ; RET F
25:
END F
R298

```

PROGRAM FILE NO.  
37

```
0:
GSB "ESTIMAT" F
1:
(.5+R332)+R0+R33
1 F
2:
GTO 0; LDF R340+1
+R340 F
3:
"ESTIMAT" F
4:
R337+5+R0; 1+X F
5:
R(296+R295)+Y;
IF 0>(R295-1+Z);
GTO +2 F
6:
R(296+Z)+XY+Y;
JMP 0>(Z-1+Z) F
7:
IF R305=0; GTO +3
F
8:
2π+C; 1+Z F
9:
Y+R(310+Z) SIN (R
(315+Z)+C(X-R337
+R(305+Z)) / R(305
+Z))+Y; JMP (Z+1+
Z)>R305 F
10:
10+Y+RX; IF (X+1+
X)<R0; GTO -5 F
11:
RET F
12:
END F
R333
```

PROGRAM FILE NO.

38

```

0:
GSB "MAX1"†
1:
GSB "SCAL12"†
2:
GTO 0;LDF R340+1
†R340†
3:
"MAX1"†
4:
-1E99†A;1†Z†
5:
IF RZ>A;RZ†A†
6:
IF (Z+1†Z)≤R0;
GTO -1†
7:
RET †
8:
"SCAL12"†
9:
1.1LOG A†R330;0†
R329;1†R328†
10:
.05A†C;INT LOG C
†Z†
11:
IF 1>C;Z-1†Z†
12:
10†Z†Z;INT (C/Z)
†C†
13:
IF C>5;5Z†C;GTO
+3†
14:
IF C>2;2Z†C;GTO
+2†

```

```

15:
Z†C†
16:
CINT (A/C+2)†R32
1;0†R322;C†R323†
17:
INT LOG (10C)†Z;
0†R324†
18:
IF 1>10C;Z-1†Z†
19:
IF 0>Z;-Z†R324†
20:
RET †
21:
END †
R326

```

PROGRAM FILE NO.

39

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "AXEX119" F
2:
GTO 0; LDF R340+1
  +R340 F
3:
"POSYU22" F
4:
IF FLG 7=1; R330+
A; R329+B; R328+C;
GTO +2 F
5:
R321+A; R322+B; R3
23+C F
6:
(R331-R332)/200+
R335+X; (A-B)/60+
R325+Y F
7:
R331+10X+R326; A+
20Y+R327 F
8:
IF R336=2; R327+8
BY+R327 F
9:
IF R336=1; DSP "S
ET PAPER - YOKO"
; STP F
10:
IF (R336+1+R336)
>2; 1+R336 F
11:
SCL R326-240X, R3
26, R327-180Y, R32
7; RET F
12:
"AXEX119" F

```

```

13:
PLT R332, B; 1+X F
14:
PLT X, B; PLT X, B-
R325; PLT X, B F
15:
IF (X+1+X) < R331;
GTO -1 F
16:
PLT R331, B; PEN F
17:
FXD 0; 2INT (.5R3
31)+X F
18:
IF INT R331 < 9;
LTR X-R335, B-8R3
25, 221; GTO +3 F
19:
LTR X+R335, B-10R
325, 222 F
20:
IF INT (39+R339+
X) < 9; PLT " " F
21:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2+X) > R332;
GTO -3 F
22:
RET F
23:
END F
R297

```

PROGRAM FILE NO.

40

```

0:
GSB "AXEY11" F
1:
R0-4.5*X;B+Y F
2:
PLT X,Y;PLT X,Y+
2R325;PEN ;JMP (
Y+4R325+Y)>A F
3:
GSB "RAWLIN1" F
4:
1+Z F
5:
IF RZ=-9999;LOG
RZ+RZ F
6:
IF (Z+1+Z)≤R0;
GTO -1 F
7:
GTO 0;LDF R340+1
+R340 F
8:
"AXEY11" F
9:
PLT R332,B;C+Y F
10:
PLT R332,B+Y F
11:
IF 5CINT (Y/50)=
Y;PLT R332-2R335
,B+Y;GTO +2 F
12:
PLT R332-R335,B+
Y F
13:
PLT R332,B+Y;IF
(Y+C+Y)+B≤A;GTO
-3 F
14:
PLT R332,A;PEN F
15:
FXD R324;10CINT
(A/100)+Y F

```

```

16:
4+X;IF R324>0;3-
R324+X F
17:
LTR R332-32R335,
Y-R325,221;IF 0≤
Y;PLT " " F
18:
IF Y=0;0+Z;GTO +
3 F
19:
IF 1>ABS Y;-1+Z;
GTO +2 F
20:
INT LOG ABS Y+Z F
21:
IF X>Z;PLT " ";Z
+1+Z;JMP 0 F
22:
PLT Y;IF (Y-100+
Y)>B;GTO -5 F
23:
RET F
24:
"RAWLIN1" F
25:
1+Z F
26:
IF RZ=-9999;PEN
;GTO +2 F
27:
PLT Z,RZ F
28:
IF (Z+1+Z)≤R0;
GTO -2 F
29:
PEN ;RET F
30:
END F
R298

```

PROGRAM FILE NO.

41

```

0:
SFG 7F
1:
GSB "POSYU22" F
2:
GSB "AXEX119" F
3:
GTO 0;LDF R340+1
  +R340F
4:
"POSYU22" F
5:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2F
6:
R321+A;R322+B;R3
23+C F
7:
(R331-R332)/200+
R335+X;(A-B)/60+
R325+Y F
8:
R331+10X+R326;A+
20Y+R327 F
9:
IF R336=2;R327+8
0Y+R327 F
10:
IF R336=1;DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP F
11:
IF (R336+1+R336)
>2;1+R336 F
12:
SCL R326-240X,R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
13:
"AXEX119" F

```

```

14:
PLT R332,B;1+X F
15:
PLT X,B;PLT X,B-
R325;PLT X,B F
16:
IF (X+1+X)≤R331;
GTO -1 F
17:
PLT R331,B;PEN F
18:
FXD 0;2INT (.5R3
31)+X F
19:
IF INT R331≤9;
LTR X-R335,B-8R3
25,221;GTO +3 F
20:
LTR X+R335,B-10R
325,222 F
21:
IF INT (39+R339+
X)≤9;PLT " " F
22:
PLT 39+R339+X;
IF (X-2R333+X)>R
332;GTO -3 F
23:
RET F
24:
END F
R295

```

PROGRAM FILE NO.  
42

```

0:
GSB "AXEYLOG1" F
1:
R0-4.5*X; LOG B+Y
F
2:
PLT X,Y; PLT X,Y+
2R325; PEN ; JMP (
Y+4R325+Y)>LOG A
F
3:
GSB "RAWLIN1" F
4:
LTR R326,R327 F
5:
SSC 1; LDF R341;
SSC 5; R337+R0;
CFG 7 F
6:
GTO 0; LDF R340+1
+R340 F
7:
"AXEYLOG1" F
8:
10+A+A; 10+B+B F
9:
PLT R332; LOG B; B
+C+Y F
10:
PLT R332; LOG Y F
11:
IF Y#100; PLT R33
2-R335; LOG Y;
GTO +2 F
12:
100+C; PLT R332-2
R335; LOG Y F
13:
PLT R332; LOG Y;
IF (Y+C+Y) < A;
GTO -3 F

```

```

14:
PLT R332; LOG A;
PEN F
15:
FXD 0; INT LOG A+
Y F
16:
LTR R332-15R335;
Y-R325; 221; PLT "
10" F
17:
LTR R332-6R335; Y
+R325; 111; PLT Y F
18:
IF (Y-1+Y) > LOG B
; GTO -2 F
19:
RET F
20:
"RAWLIN1" F
21:
1+Z F
22:
IF RZ=-9999; PEN
; GTO +2 F
23:
PLT Z; RZ F
24:
IF (Z+1+Z) < R0;
GTO -2 F
25:
PEN ; RET F
26:
END F
R308

```

PROGRAM FILE NO.

43

```

0:
GSB "POSYU22" F
1:
GSB "RAWSQR1" F
2:
1+ZF
3:
IF RZ#-9999;LOG
RZ→RZF
4:
IF (Z+1+Z)≤R0;
GTO -1F
5:
GTO 0;LDF R340+1
→R340F
6:
"POSYU22" F
7:
IF FLG 7=1;R330+
A;R329+B;R328+C;
GTO +2F
8:
R321→A;R322→B;R3
23→C F
9:
(R331-R332)/200+
R335→X;(A-B)/60+
R325→Y F
10:
R331+10X→R326;A+
20Y→R327 F
11:
IF R336=2;R327+8
0Y→R327 F
12:
IF (R336+1→R336)
>2;1→R336 F

```

```

13:
SCL R326-240X;R3
26;R327-180Y;R32
7;RET F
14:
"RAWSQR1" F
15:
.5R335+X;.5R325+
Y;1+ZF
16:
IF RZ=-9999;GTO
+3F
17:
PLT Z-X;RZ-Y;
PLT Z-X;RZ+Y;
PLT Z+X;RZ+Y F
18:
PLT Z+X;RZ-Y;
PLT Z-X;RZ-Y;
PEN F
19:
IF (Z+1+Z)≤R0;
GTO -3F
20:
RET F
R307

```

PROGRAM FILE NO.

44

```

0:
SFG 7H
1:
GSB "POSYU22" H
2:
GSB "RAWSQR1" H
3:
LTR R326,R327;
CFG 7H
4:
ENT "CURVE O.K.
?",Z; IF Z=0; R296
-R303+R296; GTO 0
;LDF 32+R340H
5:
ENT "EQUATION O.
K. ?",Z; IF Z=0;
SFG 6; GTO +2H
6:
CFG 6H
7:
1+R336+R340; GTO
0; LDF R340H
8:
"POSYU22" H
9:
IF FLG 7=1; R330+
A; R329+B; R328+C;
GTO +2H
10:
R321+A; R322+B; R3
23+C H
11:
(R331-R332)/200+
R335+X; (A-B)/60+
R325+Y H
12:
R331+10X+R326; A+
20Y+R327H

```

```

13:
IF R336=2; R327+8
0Y+R327H
14:
IF R336=1; DSP "S
ET PAPER - YOKO"
;STP H
15:
IF (R336+1+R336)
>2; 1+R336H
16:
SCL R326-240X; R3
26; R327-180Y; R32
7; RET H
17:
"RAWSQR1" H
18:
.5R335+X; .5R325+
Y; 1+Z H
19:
IF RZ=-9999; GTO
+3H
20:
PLT Z-X, RZ-Y;
PLT Z-X, RZ+Y;
PLT Z+X, RZ+Y H
21:
PLT Z+X, RZ-Y;
PLT Z-X, RZ-Y;
PEN H
22:
IF (Z+1+Z) < R0;
GTO -3H
23:
RET H
R292

```

完