

最小 2 乗推定値を用いた選抜指数による 精英樹評価プログラム

栗 延 晋⁽¹⁾

Susumu KURINOBU: A plus-tree evaluation program with selection index
using the least-squares estimates of their progenies' performances
for the unbalanced data of the tests.

要旨 この報告は、パーソナルコンピュータを使用して複数の次代検定林における精英樹後代の複数形質について検定林別家系平均値を基礎データとした選抜指数によって、精英樹の比較評価を行うプログラムの計算内容及手順及びその使用方法をまとめたものである。このプログラムでは、検定林によって使用した精英樹系統が異なっても、相互に比較可能な最小 2 乗推定値を算出するとともに、混合モデルによる分散共分散分析を行って得る分散成分を用いて選抜指数式を計算し、おのこの精英樹について、各形質の最小 2 乗推定値を総合した選抜指数を算出する。したがって、このプログラムは、所定のデータファイルを作成すれば、樹種、地域を問わず、殆どの一般次代検定データのとりまとめに適用できる。この報告では、プログラムとともにその演算内容及び使用法について、実際の次代検定データを用いて解説した。このプログラムは、小型のパーソナルコンピュータで使用することを前提として BASIC で記述しているので、演算方法及びデータの配列への格納に関しては、記憶領域を小さくまとめる処置をとっており、このクラスの機種では、従来困難とされていた大きな規模の演算を行うことが可能である。

1. はじめに

精英樹選抜育種を効率的に進めるには、複数の検定林に不規則に使用されている精英樹後代の複数形質の調査結果を総合的にとりまとめて、精英樹の遺伝的な比較評価を行う必要がある。

これら林木の次代検定で直面している問題のいくつかは、同様の障害をかかえていた家畜の育種において統計遺伝学的な研究が従来から進められており、HENDERSON's Method 3 として知られる大量データを効率的に統計処理して検定系統の最小2乗推定値や各種分散成分の推定値を得る手法^{3,9)}、更には、複数形質データを最も有効に選抜に活用する選抜指数法^{2,11)}等の成果を挙げている。

本報告は、家畜で用いられてきた最小2乗推定法と選抜指数法とを組合せて、パーソナルコンピュータ N5200 を使用して林木の次代検定データの解析に应用することを目的に開発したプログラムとその使用法をとりまとめたものである。

2. 計算内容の概説

このプログラムの計算内容は、以下の3つの部分に大別される。

2.1 最小2乗法による検定系統の推定値

このプログラムで計算の対象とするデータは、各形質の検定林別系統平均値である。検定系統の最小2乗推定値を計算するには、次のような線型モデルを仮定する。

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 y_{ij} は、 i 系統の j 検定林における平均値、 μ は解析に用いる集団の平均、 α_i 及び β_j は、それぞれ i 系統の効果、 j 検定林の効果、また、 ε_{ij} は y_{ij} に伴う誤差で、 $\sum_i \varepsilon_{ij} = \sum_j \varepsilon_{ij} = 0$ 。

このモデルは、 μ 、 α 、及び β を未知数とする以下の正規方程式で表せるが、実質的には未知数の個数が式の数よりも多いので、そのままでは、 α 、 β を求めることはできない。

$$\begin{pmatrix} n_{..} & n_{1.} & \dots & n_{a.} & n_{.1} & \dots & n_{.b} \\ n_{1.} & n_{11} & & & & & \\ \vdots & & \ddots & & 0 & & \{n_{ij}\} \\ n_{a.} & & & n_{aa} & & & \\ n_{.1} & \{n_{ji}\} & & & n_{.1} & & \\ \vdots & & & & 0 & & \\ n_{.b} & & & & & n_{.b} & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_a \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{..} \\ y_{1.} \\ \vdots \\ y_{a.} \\ y_{.1} \\ \vdots \\ y_{.b} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $n_{1.} \sim n_{a.}$ ：各系統の供試回数、 $n_{.1} \sim n_{.b}$ ：各検定林の供試系統数、 $y_{1.} \sim y_{a.}$ ：系統別データの和、 $y_{.1} \sim y_{.b}$ ：検定林別データの和、 a ：系統数、 b ：検定林数。

(2)式に、 $\mu' = \beta_b' = 0$ とする制約条件を加えることによって、次の(3)を得る⁹⁾。

$$\begin{pmatrix} n_{11} & \dots & 0 & \{n_{ij}\} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \\ 0 & \dots & n_{aa} & \\ \hline \{n_{ji}\} & n_{.1} & \dots & 0 \\ \vdots & 0 & \dots & \vdots \\ & & & n_{.b-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha'_1 \\ \vdots \\ \alpha'_a \\ \beta'_1 \\ \vdots \\ \beta'_{b-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{1.} \\ \vdots \\ y_{a.} \\ y_{.1} \\ \vdots \\ y_{.b-1} \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (3)$$

この式は、そのまま解くことも可能と考えられるが、数カ所の検定林データを想定しても連立方程式は数十行×数十列の大きさとなり、小型のパーソナルコンピュータでは、記憶容量及び演算速度に制約があるので、解を得ることは難しい。

(3)式を、各系統の供試回数に関与する対角行列： D 、各検定林の系統数に関与する対角行列： S 及び系統と検定林との二元表に相当する行列： N とに分割して表示すると、次の(4)式となる。

$$\begin{bmatrix} D' & N' \\ N' & S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\alpha}' \\ \hat{\beta}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで、 $\hat{\alpha}'$ は系統効果を表す未知数ベクトル、 $\hat{\beta}'$ は検定林効果を表す未知数ベクトル。また Y_1 及び Y_2 は、それぞれ各系統の検定林別平均値の和及び各検定林の系統別平均値の和を表すベクトルである。

HENDERSON (1953) によると、(4)式に含まれる検定林効果は、系統効果を吸収した次の式を解いて得られる³⁾。

$$\hat{\beta}' = (S - N'D^{-1}N)^{-1} (Y_2 - N'D^{-1}Y_1) \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここで、右辺第一項の $(S - N'D^{-1}N)$ は系統効果を吸収した係数行列で、大きさは $(b-1) \times (b-1)$ となる。また、右辺第二項は、各検定林の系統平均値の和から、それぞれの検定林に供試されている系統の全検定林を通じての平均値を差し引いて得られる大きさ $(b-1)$ のベクトルである。さらに、系統効果は、(5)式によって得た検定林効果を次の(6)式に代入して得る。

$$\hat{\alpha}' = D^{-1}(Y_1 - N\hat{\beta}') \quad \dots\dots\dots(6)$$

ここで推定した系統効果は、 $\mu' = \beta'_s = 0$ とする制約条件を加えている関係上、(1)式で $\sum \alpha_i = 0$ 、 $\sum \beta_j = 0$ とした場合の α_i と μ とを含んでいる。したがって、 i 系統の最小2乗推定値は、(6)式で得た値に、検定林効果の平均と $\hat{\beta}'_s$ との差を加えた(7)式によって表される⁷⁾。

$$\mu + \alpha_i = \hat{\alpha}'_i + \sum_j \hat{\beta}'_j / b \quad \dots\dots\dots(7)$$

したがって、検定系統の最小2乗推定値を得るための逆行列の計算は、(5)式の右辺第一項に示される部分だけで済むこととなり、小型のパーソナルコンピュータを用いても十分計算できる。

2.2 欠測値を伴う二元分類データの分散共分散分析

前節に述べたように系統効果は、検定林効果を推定した後、その値を用いて算出している。したがって、検定林別系統平均値を対象にした分散共分散分析は、この考え方に沿って、検定林効果を母数、系統効果は変量とみなした混合モデルとして行う。

SEARLE & HENDERSON (1961) によると、二元分類データの混合モデルにおける、各効果の未修正平方和(補正項を差し引いていない平方和)は、以下のとおりである⁹⁾。

$$R(\mu, \alpha) = \sum_i y_{i.}^2, \quad R(\mu, \beta) = \sum_j y_{.j}^2,$$

$$R(\mu, \alpha, \beta, \varepsilon) = \sum_i \sum_j y_{ij}^2, \quad \text{及び}$$

$$R(\mu, \alpha, \beta) = R(\mu, \alpha) + R_\beta.$$

ここに、 $R(\mu, \alpha, \beta)$ は、検定林別系統平均値に、 α 及び β の各効果をあてはめることによって生ずる平方和の減少分を表す。この平方和は、系統の未修正平方和と検定林効果のあてはめによる値 R_β との和となる。この R_β は、(5)式から得る β' の転置ベクトルを同式の第2項に乗じて算出する。

分散分析表における系統間及び誤差の平方和は、先の関係式を用いて次のように表される。

$$\text{系統間平方和} = R(\mu, \alpha, \beta) - R(\mu, \beta)$$

$$= [R(\mu, \alpha) + R_\beta] - R(\mu, \beta) \\ = \sum_i y_{i.}^2 / n_{i.} + \hat{\beta}'(Y_2 - N'D^{-1}Y_1) - \sum_j y_{.j}^2 / n_{.j} \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{誤差平方和} = R(\mu, \alpha, \beta, \varepsilon) - R(\mu, \alpha, \beta) \\ = R(\mu, \alpha, \beta, \varepsilon) - [R(\mu, \alpha) + R_\beta] \\ = \sum_i \sum_j y_{ij}^2 / n_{ij} - \sum_i y_{i.}^2 / n_{i.} + \hat{\beta}'(Y_2 - N'D^{-1}Y_1) \dots\dots\dots (9)$$

この2つの平方和に対する期待成分は、検定林と系統との二元表においてデータが、1あるいは0の値しかとらないため、以下の簡単な関係式で表される。

$$\text{系統間平方和の期待成分} = (a-1)\sigma_e^2 + (n_{..}-b)\sigma_f^2 \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{誤差平方和の期待成分} = (n_{..}-a-b+1)\sigma_e^2 \dots\dots\dots (11)$$

なお、(10)式及び(11)式に含まれる誤差分散の係数が各平方和の自由度になるので、平均平方及びその期待値は、おのおのの誤差分散の係数で除して得られる。

共分散分析は、2乗の項が積和に置きかわる点を除けば、分散分析とはほぼ同様の方法で計算できる。分散分析における R_β に相当する検定林効果あてはめに伴う積和の減少分は、次式により算出する。

$$R_{\beta xy} = (X_2 - N'D^{-1}X_1)(S - N'D^{-1}N)^{-1}(Y_2 - N'D^{-1}Y_1) \dots\dots\dots (12)$$

ここに、 X_1 及び X_2 は、 y_{ij} との共分散分析を行う形質の各系統の検定林別系統平均値の和及び各検定林の系統平均値の和を表すベクトルを示す。

2.3 選抜指数の計算

各精英樹の後代の成績にもとづく選抜指数(I_j)は、次の(13)式で表される。

$$I_j = \sum_k b_k \cdot P_{jk} \dots\dots\dots (13)$$

ここに、 b_k は、 k 番目の形質の重み付け係数、 P_{jk} は j 系統の k 形質の最小2乗推定値を示す。

各形質に与える重み付け係数ベクトル； b は、2.2 で算出する表現型分散共分散行列； P と系統分散共分散行列； G とを用いて、以下の式で求める。

$$b = P^{-1} \cdot G \cdot a \dots\dots\dots (14)$$

ここに、 a は各形質の相対的経済効果ベクトルで、表現型標準偏差当たりの経済的価値の変化量である。ただし、林木では、現在までのところ、各形質について、このような値を定めることは困難なので、それに代わるものとして表現型分散の平方根の逆数を用いた¹⁾。このことにより、本プログラムで得られる各形質の重み付け係数は、その最小2乗推定値の絶対値の大小にかかわらず、各表現型標準偏差当たりの相対的重み付けは一定として算出される。

3. プログラムの内容

3.1 プログラムの識別

- a) プログラム名；BLINDEX 1
- b) 作 製 者；栗延 晋
- c) 作成年月日；1986.6
- d) 形 式；独立したプログラム
- e) 使用言語；PTOS-BASIC

3.2 目 的

このプログラムは、林木次代検定における複数の検定林の各形質の系統平均値をデータとし、検定系統の形質別最小2乗推定値の計算及び分散共分散分析を行い、それらの結果を用いて精英樹の総合評価を目的とした選抜指数の計算を行う。

3.3 プログラムの機能

このプログラムで処理できる内容の概要は、次のとおりである。

- a) 延べ500系統、重複使用を除いた場合に200系統までのデータについて選抜指数の計算が可能である。
- b) 検定林数、形質数及び検定林当たり最大系統数は、プログラム実行時に任意に設定できる。
- c) 計算の対象にする系統は、最初に入力するデータファイルの内容にかかわらず、供試回数に応じて任意に選択できる。
- d) 選抜指数は、各形質に同等の相対的経済効果を与える場合の他、一部の形質だけや形質毎に重みを変えても計算できる。

4. 印刷結果の見方

4.1 解析データの出力

これは、解析に用いたデータの確認を行う部分で、プログラム実行時にその出力を選択できる。出力は、通し番号、原コード（精英樹コード）、プログラム実行中に用いる検索コード及び各形質の検定林別系統平均値について行う。ただし、最低供試回数を2回以上とした場合には、その回数未満の供試系統のデータは出力しない。

4.2 検定系統の使用状況

この表は、検定林と系統との二元表における精英樹の使用状況を表したもので、使用されているマス目は1.00と印刷され、そうでない所は空白となる。15カ所の検定林までは、正常に印刷されるが、それ以上の場合、作表が乱れる。

4.3 最小2乗方程式と検定林効果の推定値

系統効果を吸収して検定林効果だけを未知数とした最小2乗方程式とその解を検定林毎に印刷する。ただし、ここに印刷される検定林効果の推定値は、データファイルの最後にある検定林の効果を0とした場合の他の検定林効果の推定値である。

4.4 系統×検定林データの分散共分散分析表

各形質及び形質組合せ毎に分散共分散分析を行ってその結果を出力する。この分析によって、選抜指数式作成に用いる表現型及び系統分散共分散を得るとともに、系統間差の分散比から有意差の有無を調べたり、反復率によって系統効果の程度を知ることができる。

4.5 選抜指数の計算結果

入力した形質データを用いた選抜指数式とともに、式作成のもととなる表現型及び系統分散共分散行列及びプログラム実行時に入力した形質の相対的経済効果等を印刷する。

4.6 検定系統の選抜指数と各形質の最小2乗推定値

検定系統毎に、選抜指数及び各形質の最小2乗推定値の出力を行う。

デ ー タ	検定林名 (番号)	系統 コード	形質 1	形質 2	形質 3	形質 4	形質 5
カラム数	5	5	10	10	10	10	10

図1 データファイルにおける1レコードの構成
Fig. 1 lay-out of data of one record in the data-file.

5. データファイルの作り方

データファイルは、検定林別系統データを1レコード（256バイト）とした順編成ファイル（互換ファイル）とする。各レコードには、検定林名（番号も可）、系統コード及び解析に用いる各形質の検定林別系統平均値が並ぶ（図1）。系統コードには、従来のデータベースで用いている精英樹コードを用いることとし、各レコードは検定林毎にまとめることを留意するだけで各検定林内の系統データの配列は順不同であってかまわない。

なお、1ファイルのレコード数は、3.3に述べた延べ系統数に対応するもので、500レコードを上限とする。

6. プログラム実行の方法

6.1 計算の開始

プログラムによる計算は、まず、電算機を BASIC モード（>BASIC）にし、本プログラムをロード（LOAD"1:BLINDEX 1"）した後、ドライブ1にデータファイルの入ったフロッピーをセットして、プログラムを起動（RUN）する。そして、画面に表示される以下の条件設定を行うと実行に入る。

a) 解析用データファイル名の入力

5で作成したデータファイルの名称を入力する。

b) 検定林数の入力

5のデータファイルに含まれる検定林数を入力する。

c) 形質数の入力

5のデータファイルに含まれる形質数を入力する。

d) 形質名を入力

5のデータファイルに入れてある形質について、画面に表示された名称に対応する番号を、そのファイル内の形質データの配列順に入力する。なお、この形質番号入力用の画面表示は、c)で入力した形質数分だけ繰り返される。

e) 検定林当たり最大系統数

5のデータファイルに入れた検定林データのうち、最も供試系統数が多い検定林の系統数を入力する。

f) 系統当たり最低供試回数

何カ所以上の検定林に使用されている系統データを解析に用いるかを指示するために、最低供試回数を入力する。この値は、5のデータファイルに入れた検定林数を上廻ってはならない。

g) 選抜指数式における相対的経済効果の設定

- ① 自動設定か任意設定かの選択を行う。

- ② 自動設定を選択した場合は、各形質の表現型分散の平方根の逆数が相対的経済効果として設定される。したがって、各形質の最小2乗推定値に与える重み付けは同等となる。
- ③ 任意設定とした場合には、形質数分だけ入力画面が表示され、各形質について任意の数値を入力する。その数値は、ある形質について0であっても構わないが、全部の形質について0を入力することはできない。この場合の相対的経済効果は、各形質の表現型分散の平方根の逆数に入力された数値を乗じた値となる。

h) 解析データの出力

解析に用いたデータを確認するために、計算に先立ってデータの出力を行うことができる。0を入力すればデータは出力されない。

i) 最小2乗方程式及び立地効果推定値の出力

各形質について系統効果を吸収した最小2乗方程式とその立地効果の推定値を出力して確認できる。0を入力すればその出力は行わない。

以上の入力項目のうち、検定林数と形質数については、配列領域の確保に用いるとともに、演算の制御にも直接使用されるので、5のファイルの内容に即して数値を正確に入力する必要がある。

6.2 計算の実行

数カ所以上の検定林データの計算を実行するには、かなりの長時間を要する（表1）ので、計算の段階とその開始時間とを表示するようにした。このことによって、およその終了時間の予測が可能である。

表1 検定林データの量と計算所要時間数

Table 1 Relationship between data size of progeny tests and CPU time.

検 定 林 数	延 べ 系 統 数	重複を除く系統数	形 質 数	所 要 時 間 (分)
7	171	33	5	55
15	408	50	3	214
9	390	104	3	280

注) 使用電算機は、N5200/05（演算付加機能無し）。

7. 使 用 例

関東育種基本区のカラマツ精英樹次代検定林10年次調査データを用いて、このプログラムの使用方法を示す。ここで計算に用いたデータファイルには、7カ所の次代検定林で得た樹高、胸高直径、根元曲り及び幹曲りの検定林別系統平均値が納められている（図2）。

このデータファイルを用いて、選抜指数式を自動設定としてプログラムを実行した際の、入力から計算終了に至るまでの画面表示は、図3のとおりである。また、選抜指数式を任意選択として、生長形質あるいは幹形質のいずれかにのみ相対的経済効果の重み付けを行った場合の入力画面を図3b)及び図3c)に示す。

選抜指数式を自動設定としてプログラムを実行した際に、出力される計算結果は、図4のとおりである。

選抜指数式に用いる相対的経済効果の重みを付けを変えると、本プログラムで算出する各精英樹の選抜指数は、どのように異なるかを図5に示す。ここでは、先に述べた3通りの選抜指数式（自動設定及び生長形質と幹形質のいずれかに相対的経済効果を与える）によって、各精英樹の選抜指数を算出し、それぞ

S491	2930	3.18344	2.73675	4.57265	4.78098
S491	2932	2.79192	2.21225	4.84722	4.875
S491	2933	3.04368	2.64099	4.66834	4.68283
S491	2942	3.36575	3.41264	4.66494	4.63908
S491	2944	3.42753	3.25531	4.82253	4.8179
S491	2954	3.39931	3.03814	4.73303	4.78649
S491	2961	3.53545	2.56673	4.89111	4.93111
S491	2962	3.973	3.66839	4.67913	4.87061
S491	3050	2.90427	2.35585	4.72222	4.64583
S491	3030	4.14964	3.91245	4.84242	4.85758
S491	3035	3.81259	3.22204	4.74815	4.84321
S491	3043	4.15165	3.55397	4.88638	4.95652
S491	3064	3.8453	3.57874	4.62179	4.72863
S491	3065	3.42298	2.90321	4.29917	4.69669
S491	3074	4.41768	4.48312	4.88606	4.9297
S491	3077	3.71928	3.42476	4.54206	4.76691
S491	3086	3.42996	3.35547	4.83389	4.82905
S491	3088	4.12215	3.87378	4.72824	4.79546
S491	3094	4.10932	3.84522	4.92441	4.87263
S491	3095	4.24214	4.13671	4.78333	4.71111
S491	3091	3.89784	3.6162	4.875	4.93056
S491	3118	4.25502	3.88889	4.83488	4.905
S491	3121	3.59978	3.684	4.78667	4.79333
S491	3100	3.64351	3.45969	4.88501	4.89784
S491	32	3.95441	3.37659	4.76653	4.88327
S490	2930	5.14761	6.54047	1.96644	2.69483
S490	2932	4.25354	5.52391	1.9085	2.89542
S490	2941	5.42095	7.08944	2.76275	2.61316

途中省略

S415	3100	5.81016	6.96433	4.70307	4.55144
S415	32	5.47205	6.34422	5	4.37094
S501	2932	4.00789	5.21327	2.96761	3.2884
S501	2942	5.65733	6.79158	2.92228	3.18464
S501	2944	5.16477	6.60744	2.5388	2.58642
S501	2954	4.98435	6.41645	2.37417	2.61368
S501	2961	5.59231	7.13143	3.49984	3.77133
S501	3050	5.21332	6.7037	3.28415	3.23631
S501	3030	5.54274	7.68625	2.69516	2.68519
S501	3034	5.3547	6.76314	2.4425	2.51813
S501	3035	5.30854	6.19766	2.85768	3.42667
S501	3062	5.03628	6.67277	3.17546	3.61592
S501	3064	5.75746	7.52119	3.23965	3.10784
S501	3065	4.8009	6.19022	2.98313	3.31188
S501	3077	5.36266	7.12842	2.46081	2.47544
S501	3086	4.79878	6.45704	2.70403	3.09392
S501	3088	5.73927	7.59673	2.95764	2.95821
S501	3094	5.81791	7.54485	3.53022	3.64255
S501	3095	5.47828	7.1692	2.87673	2.90588
S501	3098	5.68739	7.64893	2.94146	3.00208
S501	3091	5.31769	7.32701	2.72297	3.00043
S501	3108	5.9446	7.06172	2.89563	3.07979
S501	3118	5.78052	8.13277	2.39352	2.56401
S501	3121	5.61967	6.98526	3.52681	3.34497
S501	3125	5.81327	6.87269	3.04213	3.0963
S501	3126	5.5588	6.59668	3.27805	3.60925
S501	3128	5.54248	6.4975	3.39046	3.26757
S501	32	5.06435	6.43497	2.98523	3.08288

図2 カラマツ精英樹次代検定林10年次調査データ

Fig. 2 An example of progeny-test data.

検定林7カ所分、データは左から、検定林コード、精英樹コード、樹高、胸高直径、根元曲り、幹曲りの各形質検定林別系統平均値。

```

[ RUN ] BASIC
N5200/M05 PTOS-BASIC REV 5.00 01-MAY-1984
READY
LOAD"1:BLINDEX1
RUN
a) * 解析用データ・ファイル名: ? KARACHR4
* 検定林数 (NS ≤ 15) : ? 7
* 形質数 (NTRT ≤ 5) : ? 4

解析形質名 (番号入力)
1 樹高 2 胸高直径 3 健全率 4 枝張り 5 根元曲り 6 幹曲り 7 その他
* 1 : ? 1
* 2 : ? 2
* 3 : ? 5
* 4 : ? 6

* 検定林当り最大系統数 : ? 30
* 系統当り最低供試回数 (NS ≥ NTRY ≥ 1) : ? 2

選抜指数式の形質毎の相対的経済効果の重み付け方法
* 自動設定 (0) / 任意設定 (1) : ? 0
* 解析データの出力確認 (要 = 1 / 不要 = 0) : ? 1
* 正規方程式及び立地効果推定値の出力 (要 = 1 / 不要 = 0) : ? 1

データの入力 読み込み 実行中 :06:38:15
系統・2乗 検定式 作成中 :06:38:47
最小行列 乗乗 中 :06:43:47
逆最小行列 乗乗 中 :06:52:02
分散共分散 推定 中 :06:52:48
選抜指数 分散分析 中 :07:05:37
計算完了 計算完了 中 :07:33:55
:07:35:05

RUN LOAD " GOTO FOR NEXT THEN GOSUB PRINT CONT LIST

```

b) 選抜指数式の形質毎の相対的経済効果の重み付け方法
* 自動設定 (0) / 任意設定 (1) : ? 1

```

* 1 樹高 : ? 1
* 2 胸高直径 : ? 1
* 3 根元曲り : ? 0
* 4 幹曲り : ? 0
* 解析データの出力確認 (要 = 1 / 不要 = 0) : ? 1

```

c) 選抜指数式の形質毎の相対的経済効果の重み付け方法
* 自動設定 (0) / 任意設定 (1) : ? 1

```

* 1 樹高 : ? 0
* 2 胸高直径 : ? 0
* 3 根元曲り : ? 1
* 4 幹曲り : ? 1
* 解析データの出力確認 (要 = 1 / 不要 = 0) : ? 1

```

図3 プログラム実行時の計算条件設定から終了に至るまでの画面表示
Fig. 3 Several options and items displayed on CRT from the start of the program to the end of computation.

- a) 選抜指数自動選択
- b) 選抜指数任意選択 (生長形質のみ重み付け)
- c) 選抜指数任意選択 (幹形質のみ重み付け)

*** 解析データの出力 ***

原コト			検査コト		樹高	胸高直径	根元曲り	幹曲り					
検定林名: S491													
1	2930	201	3.183	2.737	4.573	4.781	83	3077	2004	6.006	7.395	4.887	4.691
2	2932	301	2.792	2.212	4.847	4.875	84	3086	2104	5.448	6.582	4.682	4.466
3	2935	401	3.044	2.641	4.668	4.683	85	3088	2204	5.493	6.328	4.595	4.461
4	2942	601	3.566	3.413	4.665	4.639	86	3095	2504	5.534	5.545	4.565	4.535
5	2944	701	3.428	3.255	4.823	4.818	87	3098	2604	5.859	6.468	4.608	4.649
6	2954	901	3.399	3.038	4.733	4.786	88	3091	2304	6.394	7.333	4.495	4.470
7	2961	1001	3.535	2.567	4.891	4.931	89	3118	2904	6.244	7.700	4.490	4.491
8	3050	1501	2.904	2.356	4.722	4.646	90	3126	3204	5.638	6.429	4.429	4.356
9	3030	1101	4.150	3.912	4.842	4.858	91	3100	2704	6.230	7.260	4.378	4.452
10	3035	1301	3.813	3.222	4.748	4.843	92	32	104	6.311	7.289	4.415	4.475
11	3043	1401	4.152	3.554	4.886	4.957	93	2932	305	6.231	6.965	4.497	4.500
12	3064	1701	3.845	3.579	4.622	4.729	94	2942	605	3.744	4.100	4.773	4.894
13	3065	1801	3.423	2.903	4.299	4.697	95	2946	805	5.029	5.331	4.932	4.932
14	3074	1901	4.418	4.483	4.886	4.930	96	2954	905	4.945	5.630	4.827	4.885
15	3077	2001	3.719	3.425	4.542	4.767	97	2961	1005	3.671	4.120	4.783	4.783
16	3086	2101	3.430	3.355	4.834	4.829	98	3050	1505	4.044	4.179	4.576	4.682
17	3088	2201	4.122	3.874	4.728	4.795	99	3030	1105	4.208	4.240	4.613	4.846
18	3094	2401	4.109	3.845	4.924	4.873	100	3035	1305	5.318	5.758	4.189	4.832
19	3095	2501	4.242	4.137	4.783	4.711	101	3062	1605	4.914	4.914	4.374	4.856
20	3091	2301	3.898	3.616	4.875	4.931	102	3064	1705	5.052	5.977	4.643	4.887
21	3118	2901	4.255	3.889	4.835	4.905	103	3065	1805	4.245	4.871	4.639	4.861
22	3121	3001	3.600	3.684	4.787	4.793	104	3074	1905	4.472	5.045	3.959	4.636
23	3100	2701	3.644	3.460	4.885	4.898	105	3077	2005	4.751	5.747	4.597	4.710
24	32	101	3.954	3.577	4.767	4.883	106	3086	2105	4.890	5.243	4.249	4.476
検定林名: S490													
25	2930	202	5.148	6.540	1.966	2.695	107	3088	2205	4.457	4.810	4.107	4.370
26	2932	302	4.254	5.524	1.908	2.895	108	3094	2405	5.308	5.029	5.885	4.215
27	2941	502	5.421	7.089	2.763	2.613	109	3091	2305	4.703	5.121	5.419	4.551
28	2942	602	5.655	7.131	2.085	2.379	110	3118	2905	4.973	5.696	4.351	4.701
29	2954	902	4.610	6.398	1.569	2.141	111	3126	3205	3.658	3.438	4.730	4.923
30	2961	1002	5.500	7.659	2.814	3.145	112	3128	3305	4.772	4.967	4.926	4.970
31	3050	1502	4.890	6.568	2.251	3.082	113	3100	2705	4.658	4.914	4.487	4.556
32	3034	1202	5.362	7.571	2.175	2.376	114	32	105	3.812	3.931	4.341	4.477
33	3035	1302	5.226	6.979	1.578	2.065	検定林名: S415						
34	3062	1602	5.163	7.288	2.441	2.671	115	2933	406	5.141	6.302	4.973	4.798
35	3064	1702	5.292	6.515	1.971	2.495	116	2941	506	5.961	7.404	4.935	4.249
36	3065	1802	4.791	6.287	1.996	2.783	117	2942	606	6.358	7.955	4.904	4.315
37	3074	1902	5.941	7.546	2.248	3.241	118	2946	806	6.153	8.403	4.974	4.777
38	3077	2002	5.565	6.690	2.066	2.846	119	2961	1006	5.913	7.568	5.000	4.687
39	3086	2102	4.663	6.147	1.685	1.886	120	3050	1506	6.017	7.786	4.986	4.336
40	3088	2202	5.231	6.285	1.880	2.250	121	3034	1206	6.292	8.923	4.991	4.509
41	3094	2402	4.926	6.488	1.925	2.201	122	3035	1306	6.364	7.702	4.921	4.384
42	3098	2602	5.161	6.469	2.067	2.215	123	3043	1406	6.596	8.311	4.951	4.670
43	3091	2302	5.085	6.531	2.170	2.226	124	3064	1706	6.083	8.295	4.985	4.314
44	3118	2902	5.192	6.413	1.562	1.664	125	3065	1806	5.958	7.587	4.852	4.611
45	3125	3102	5.411	7.096	1.796	2.093	126	3074	1906	6.424	8.236	5.000	4.861
46	3126	3202	5.534	7.152	3.273	3.605	127	3077	2006	6.451	8.119	5.000	4.552
47	3128	3302	5.071	6.732	2.263	3.001	128	3086	2106	5.446	6.934	4.787	4.406
48	3100	2702	4.884	6.058	2.453	3.197	129	3088	2206	5.914	7.221	4.978	4.411
49	32	102	4.890	6.522	2.336	2.478	130	3094	2406	6.174	7.703	4.878	4.357
検定林名: S453													
50	2932	303	4.924	6.512	4.451	4.016	131	3095	2506	6.041	7.787	4.992	4.370
51	2941	503	5.841	7.753	4.748	4.039	132	3091	2306	6.022	7.726	5.000	4.677
52	3050	1503	5.922	8.753	4.238	4.024	133	3108	2806	6.147	7.149	4.977	4.558
53	3034	1203	6.115	7.898	4.885	4.418	134	3118	2906	6.125	7.080	4.957	4.270
54	3062	1603	5.823	7.995	4.912	4.030	135	3121	3006	5.662	6.846	5.000	4.466
55	3065	1803	5.242	7.122	4.781	4.153	136	3126	3206	6.342	7.915	4.925	4.519
56	3088	2203	6.005	7.925	4.522	4.155	137	3128	3306	5.957	7.758	4.878	4.528
57	3094	2403	6.185	8.108	4.631	4.071	138	3100	2706	5.810	6.964	4.703	4.551
58	3095	2503	6.118	7.983	4.781	3.963	139	32	106	5.472	6.344	5.000	4.371
59	3098	2603	6.190	8.238	4.092	3.843	検定林名: S501						
60	3091	2303	5.858	7.852	4.815	4.191	140	2932	307	4.008	5.213	2.968	3.288
61	3108	2803	5.862	7.394	4.711	4.063	141	2942	607	5.657	6.792	2.922	3.185
62	3118	2903	6.051	7.663	4.551	3.380	142	2944	707	5.165	6.607	2.539	2.586
63	3125	3103	6.310	8.363	4.641	3.842	143	2954	907	4.984	6.416	2.374	2.614
64	3126	3203	5.996	7.783	4.689	4.171	144	2961	1007	5.592	7.131	3.500	3.771
65	3128	3303	5.820	7.844	4.876	3.844	145	3050	1507	5.213	6.704	3.284	3.236
66	3100	2703	5.619	7.432	4.487	4.146	146	3030	1107	5.543	7.686	2.695	2.685
67	32	103	4.580	5.390	4.708	3.949	147	3034	1207	5.355	6.763	2.443	2.518
検定林名: S418													
68	2932	304	5.282	6.263	4.533	4.485	148	3035	1307	5.309	6.198	2.858	3.427
69	2933	404	5.319	6.272	4.496	4.525	149	3062	1607	5.036	6.673	3.175	3.616
70	2941	504	6.226	6.978	4.432	4.443	150	3064	1707	5.757	7.521	3.240	3.108
71	2942	604	6.209	6.969	4.423	4.354	151	3065	1807	4.801	6.190	2.983	3.312
72	2946	804	6.443	7.890	4.632	4.584	152	3077	2007	5.363	7.128	2.461	2.475
73	2954	904	5.699	6.550	4.544	4.408	153	3086	2107	4.799	6.457	2.704	3.094
74	2961	1004	5.102	5.171	4.600	4.392	154	3088	2207	5.739	7.597	2.958	2.958
75	3050	1504	5.394	5.950	4.541	4.429	155	3094	2407	5.818	7.545	3.530	3.643
76	3030	1104	6.552	7.963	4.566	4.467	156	3095	2507	5.478	7.169	2.877	2.906
77	3034	1204	6.455	7.888	4.513	4.440	157	3098	2607	5.687	7.649	2.941	3.002
78	3035	1304	6.766	8.030	4.386	4.439	158	3091	2307	5.318	7.327	2.723	3.000
79	3062	1604	6.031	7.400	4.571	4.519	159	3108	2807	5.945	7.062	2.896	3.080
80	3064	1704	6.267	7.120	4.580	4.583	160	3118	2907	5.781	8.133	2.394	2.564
							161	3121	3007	5.620	6.985	3.272	3.345
							162	3126	3207	5.529	6.873	3.042	3.096
							163	3128	3307	5.650	5.997	3.278	3.609
							164	3128	3307	5.542	6.498	3.390	3.268
							165	32	107	5.064	6.435	2.985	3.083

*** 検定系統の使用状況 ***

番号	原コード	回数	S491	S490	S453	S418	S416	S415	S501
1	32	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2930	2	1.00	1.00					
3	2932	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00
4	2933	3	1.00			1.00		1.00	
5	2941	4		1.00	1.00	1.00		1.00	
6	2942	6	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
7	2944	2	1.00						1.00
8	2946	3				1.00	1.00	1.00	
9	2954	5	1.00	1.00		1.00	1.00		1.00
10	2961	6	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
11	3030	4	1.00			1.00	1.00		1.00
12	3034	5		1.00	1.00	1.00		1.00	1.00
13	3035	6	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
14	3043	2	1.00					1.00	
15	3050	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
16	3062	5		1.00	1.00	1.00	1.00		1.00
17	3064	6	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
18	3065	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
19	3074	5	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	
20	3077	6	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
21	3086	6	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00
22	3088	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
23	3091	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
24	3094	6	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00
25	3095	5	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00
26	3098	4		1.00	1.00	1.00			1.00
27	3100	6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
28	3108	3			1.00			1.00	1.00
29	3118	7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
30	3121	3	1.00					1.00	1.00
31	3125	3		1.00	1.00				1.00
32	3126	6		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
33	3128	5		1.00	1.00		1.00	1.00	1.00

最小2乗方程式 樹高

	S491	S490	S453	S418	S416	S415	検定林効果
S491	18.626	-3.257	-1.557	-3.374	-3.007	-3.757	-31.892
S490	-3.257	20.143	-2.957	-3.657	-3.324	-3.207	-1.531
S453	-1.557	-2.957	14.510	-2.457	-1.924	-2.540	7.715
S418	-3.374	-3.657	-2.457	20.226	-3.540	-3.707	18.062
S416	-3.007	-3.324	-1.924	-3.540	18.093	-3.090	-14.370
S415	-3.757	-3.207	-2.540	-3.707	-3.090	19.760	18.041
							0.605

最小2乗方程式 胸高直径

	S491	S490	S453	S418	S416	S415	検定林効果
S491	18.626	-3.257	-1.557	-3.374	-3.007	-3.757	-60.961
S490	-3.257	20.143	-2.957	-3.657	-3.324	-3.207	10.255
S453	-1.557	-2.957	14.510	-2.457	-1.924	-2.540	19.652
S418	-3.374	-3.657	-2.457	20.226	-3.540	-3.707	13.041
S416	-3.007	-3.324	-1.924	-3.540	18.093	-3.090	-28.802
S415	-3.757	-3.207	-2.540	-3.707	-3.090	19.760	31.378
							0.670

最小2乗方程式 根元曲り

	S491	S490	S453	S418	S416	S415	検定林効果
S491	18.626	-3.257	-1.557	-3.374	-3.007	-3.757	16.938
S490	-3.257	20.143	-2.957	-3.657	-3.324	-3.207	-44.507
S453	-1.557	-2.957	14.510	-2.457	-1.924	-2.540	11.954
S418	-3.374	-3.657	-2.457	20.226	-3.540	-3.707	11.675
S416	-3.007	-3.324	-1.924	-3.540	18.093	-3.090	10.210
S415	-3.757	-3.207	-2.540	-3.707	-3.090	19.760	19.605
							1.953

最小2乗方程式 幹曲り

	S491	S490	S453	S418	S416	S415	検定林効果
S491	18.626	-3.257	-1.557	-3.374	-3.007	-3.757	17.693
S490	-3.257	20.143	-2.957	-3.657	-3.324	-3.207	-33.792
S453	-1.557	-2.957	14.510	-2.457	-1.924	-2.540	2.245
S418	-3.374	-3.657	-2.457	20.226	-3.540	-3.707	10.875
S416	-3.007	-3.324	-1.924	-3.540	18.093	-3.090	14.371
S415	-3.757	-3.207	-2.540	-3.707	-3.090	19.760	9.956
							1.351

図4 計算結果の出力 (その2)

Fig. 4 An output of program (Part 2).

選抜指数自動選択の場合 (図3 a) の例

*** 系統 X 検定林データの分散共分散分析表 (平均平方のみ表示) ***

変動因	自由度	樹 高	樹 高	*胸高直径	胸高直径	期待 成分
系統	32	0.5751	0.7097	0.0988	1.0720	V(E) + 4.94V(F)
誤差	126	0.0897	0.1292	0.0573	0.2740	V(E)
系統分散:		0.0983	0.1176	0.1616		
誤差分散:		0.0897	0.1292	0.2740		
反復力 (系統相関):		0.8440	(0.9329)	0.7444		
環境相関:			0.8237			

*** 系統 X 検定林データの分散共分散分析表 (平均平方のみ表示) ***

変動因	自由度	樹 高	樹 高	*根元曲り	根元曲り	期待 成分
系統	32	0.5751	0.0414	0.0988	0.1138	V(E) + 4.94V(F)
誤差	126	0.0897	0.0013	0.0573	0.0626	V(E)
系統分散:		0.0983	0.0081	0.0084		
誤差分散:		0.0897	0.0013	0.0573		
反復力 (系統相関):		0.8440	(0.2827)	0.4198		
環境相関:			0.0176			

*** 系統 X 検定林データの分散共分散分析表 (平均平方のみ表示) ***

変動因	自由度	樹 高	樹 高	*幹曲り	幹曲り	期待 成分
系統	32	0.5751	-0.0018	0.1138	0.0626	V(E) + 4.94V(F)
誤差	126	0.0897	0.0080	0.0626	0.4500	V(E)
系統分散:		0.0983	-0.0020	0.0104		
誤差分散:		0.0897	0.0080	0.0626		
反復力 (系統相関):		0.8440	(-0.0621)	0.4500		
環境相関:			0.1065			

*** 系統 X 検定林データの分散共分散分析表 (平均平方のみ表示) ***

変動因	自由度	胸高直径	胸高直径	*根元曲り	根元曲り	期待 成分
系統	32	1.0720	0.0656	0.0988	0.1138	V(E) + 4.94V(F)
誤差	126	0.2740	-0.0042	0.0573	0.0626	V(E)
系統分散:		0.1616	0.0141	0.0084		
誤差分散:		0.2740	-0.0042	0.0573		
反復力 (系統相関):		0.7444	(0.3837)	0.4198		
環境相関:			-0.0335			

*** 系統 X 検定林データの分散共分散分析表 (平均平方のみ表示) ***

変動因	自由度	胸高直径	胸高直径	*幹曲り	幹曲り	期待 成分
系統	32	1.0720	0.0272	0.1138	0.0626	V(E) + 4.94V(F)
誤差	126	0.2740	0.0005	0.0626	0.4500	V(E)
系統分散:		0.1616	0.0054	0.0104		
誤差分散:		0.2740	0.0005	0.0626		
反復力 (系統相関):		0.7444	(0.1317)	0.4500		
環境相関:			0.0042			

*** 系統 X 検定林データの分散共分散分析表 (平均平方のみ表示) ***

変動因	自由度	根元曲り	根元曲り	*幹曲り	幹曲り	期待 成分
系統	32	0.0988	0.0778	0.1138	0.0626	V(E) + 4.94V(F)
誤差	126	0.0573	0.0425	0.0626	0.4500	V(E)
系統分散:		0.0084	0.0071	0.0104		
誤差分散:		0.0573	0.0425	0.0626		
反復力 (系統相関):		0.4198	(0.7659)	0.4500		
環境相関:			0.7096			

図4 計算結果の出力 (その3)

Fig. 4 An output of program (Part 3).

選抜指数自動選択の場合 (図3 a) の例

*** 選抜指数の計算結果 ***

表現型分散共分散行列					表現型相関行列				
樹高	樹高	胸高直径	根元曲り	幹曲り	樹高	樹高	胸高直径	根元曲り	幹曲り
樹高	0.1165	0.1437	0.0084	-0.0004	樹高	1.0000	0.9039	0.1736	-0.0071
胸高直径	0.1437	0.2171	0.0133	0.0055	胸高直径	0.9039	1.0000	0.2016	0.0778
根元曲り	0.0084	0.0133	0.0200	0.0158	根元曲り	0.1736	0.2016	1.0000	0.7337
幹曲り	-0.0004	0.0055	0.0158	0.0230	幹曲り	-0.0071	0.0778	0.7337	1.0000
系統分散共分散行列					系統相関行列				
樹高	樹高	胸高直径	根元曲り	幹曲り	樹高	樹高	胸高直径	根元曲り	幹曲り
樹高	0.0983	0.1176	0.0081	-0.0020	樹高	1.0000	0.9329	0.2827	-0.0621
胸高直径	0.1176	0.1616	0.0141	0.0054	胸高直径	0.9329	1.0000	0.3837	0.1317
根元曲り	0.0081	0.0141	0.0084	0.0071	根元曲り	0.2827	0.3837	1.0000	0.7659
幹曲り	-0.0020	0.0054	0.0071	0.0104	幹曲り	-0.0621	0.1317	0.7659	1.0000
項目 / 形質 :	X(1) 樹高	X(2) 胸高直径	X(3) 根元曲り	X(4) 幹曲り					
標準偏差 :	0.3413	0.4659	0.1415	0.1518					
相対的経済効果 :	2.9302	2.1462	7.0684	6.5880					
重み付け係数 :	2.2521	2.0169	3.9808	2.2397					

*** 選抜指数式 ***

$$I \text{ (選抜指数)} = 2.252 X(1) + 2.017 X(2) + 3.981 X(3) + 2.240 X(4)$$

選抜指数式の精度

育種価の分散 : 5.4443 指数の分散 : 3.9030 相関係数 (指数と育種価) : 0.8467

*** 検定系統の選抜指数と各形質の最小2乗推定値 ***

番号	原コード	回数	選抜指数	樹高	胸高直径	根元曲り	幹曲り
1	32	7	47.866	4.917	5.659	4.127	3.995
2	2930	2	47.386	4.930	5.838	3.869	4.067
3	2932	6	45.563	4.293	5.184	4.055	4.150
4	2933	3	46.284	4.490	5.417	4.034	4.103
5	2941	4	50.735	5.361	6.399	4.233	3.976
6	2942	6	50.562	5.473	6.497	4.082	3.967
7	2944	2	47.156	4.956	6.042	3.869	3.755
8	2946	3	53.341	5.574	7.177	4.231	4.227
9	2954	5	46.491	4.736	5.840	3.883	3.835
10	2961	6	50.112	5.041	5.945	4.323	4.267
11	3030	4	51.751	5.705	7.108	3.945	3.958
12	3034	5	51.278	5.485	6.961	4.033	3.944
13	3035	6	49.705	5.453	6.406	3.904	4.002
14	3043	2	52.057	5.630	6.708	4.130	4.190
15	3050	7	48.753	4.936	6.051	4.091	4.086
16	3062	5	51.881	5.278	6.756	4.264	4.194
17	3064	6	50.548	5.342	6.549	4.099	4.014
18	3065	7	47.302	4.830	5.816	3.900	4.094
19	3074	5	53.461	5.705	7.123	4.171	4.305
20	3077	6	49.524	5.426	6.408	3.910	3.936
21	3086	6	46.778	4.808	5.904	3.879	3.840
22	3088	7	49.092	5.408	6.211	3.931	3.903
23	3091	7	50.607	5.342	6.635	4.061	4.031
24	3094	6	50.925	5.444	6.554	4.128	4.024
25	3095	5	50.529	5.398	6.515	4.109	3.962
26	3098	4	50.056	5.508	6.683	3.901	3.860
27	3100	6	48.679	5.038	5.958	4.030	4.140
28	3108	3	50.054	5.495	6.105	4.092	4.053
29	3118	7	47.907	5.231	6.035	3.922	3.723
30	3121	3	50.190	5.148	6.151	4.280	4.087
31	3125	3	50.401	5.628	6.630	3.982	3.797
32	3126	6	52.559	5.494	6.473	4.366	4.354
33	3128	5	50.476	5.266	6.285	4.216	4.089

図4 計算結果の出力 (その4)

Fig. 4 An output of program (Part 4).

選抜指数自動選択の場合(図3a)の例

れの結果から33系統を、上・中・下位に3区分して、樹高と幹曲りの各最小2乗推定値の相関図にプロットしたものである。

なお、このプログラムを実際の次代検定の調査データに適用して成果をとりまとめた報告としては、関東育種基本区のヒノキ・カラマツ・アカマツ及びスギについて10年次の結果が公表されている^{4,5,8,10)}。

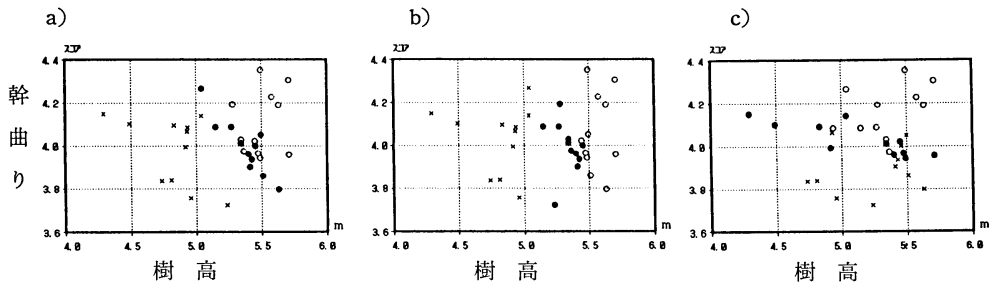


図5 相対的経済効果を変えた場合の各精英樹の選抜指数の違い
Fig. 5 Differences in selection indices for each plus-tree with changes of relative weights for each traits.

a) 選抜指数自動選択, b) 選抜指数任意選択(生長形質のみ重み付け)
c) 選抜指数任意選択(幹形質のみ重み付け)

凡例 ○; 選抜指数上位 1/3系統, ●; 選抜指数中位 1/3系統, ×; 選抜指数下位 1/3系統

8. プログラムとその構造

8.1 プログラムの概要

このプログラムは18個のサブルーチン副プログラムを結合して構成してある(図6)。主プログラムは、必要なサブルーチンへの移動と実行段階の画面表示のみを行い、計算及び結果の出力はすべてサブルーチン副プログラムで行う。

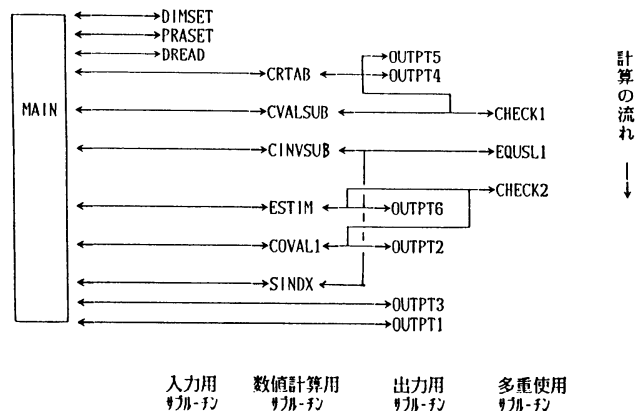


図6 メインプログラムと各サブルーチン副プログラムとの関係
Fig. 6 Structure of the program

8.2 サブルーチン副プログラムの説明

以下に、各サブルーチン副プログラムの処理内容を簡単に述べる。

[DIMSET]

ファイル名、検定林数、形質数等の計算実行に伴うデータ入力を行うとともに、変数配列領域を確保する。

[PARASET]

選抜指数式の作成方法及び出力データの選択指示を受け付ける。

[DREAD]

データファイルから検定林データの読み込みを行う。

[CRTAB]

読み込んだデータが、系統×検定林の二元分類データとして取り扱えるように検索用コードを作る。

[CVALSUB]

系統効果を吸収して検定林効果だけを未知数とした最小 2 乗方程式の係数行列 ($S - N'D^{-1}N$) を作る。

[CINVSUB]

[CVALSUB] で作った行列の逆行列を [EQU SL 1] を用いて算出する。

[ESTIM]

最小 2 乗方程式の右辺 ($Y_2 - N'D^{-1}Y_1$) を計算し、[CVALSUB] で作った係数行列と組合せ、[EQU SL 1] を用いて検定林効果の推定値を算出する。さらに、その推定値を用いて各系統の最小 2 乗推定値を計算する。このサブルーチンは、形質数だけ繰り返し実行する。

[COVAL 1]

[CINVSUB] で作った逆行列等を用いて、最小 2 乗法による分散共分散分析を行い、表現型及び系統分散共分散行列を作る。このサブルーチンは、全部の形質組合せについて実行する。

[SINDX]

[COVAL 1] で作った各分散共分散行列と [PARASET] で入力した各形質の相対的経済効果にもとづいて、選抜指数式を作り、各検定系統の選抜指数を計算する。

[OUTPT 1]

[SINDX] で算出した各検定系統の選抜指数と各形質の最小 2 乗推定値を出力する。

[OUTPT 2]

[COVAL 1] で計算した分散共分散分析の結果を出力する。

[OUTPT 3]

[SINDX] で得た選抜指数式とそれに関して使用したデータを出力する。

[OUTPT 4]

[CRTAB] で作成した系統×検定林の二元表における各系統の使用状況を印刷する。

[OUTPT 5]

解析に用いる各形質の検定林別系統平均値を出力する。

[OUTPT 6]

形質毎に、最小 2 乗方程式とその推定値の出力を行う。

[EQU SL 1]

連立方程式の解を算出する。

[CHECK 1]

系統×検定林の二元表における任意の検定林別系統平均値の有無を検索する。

[CHECK 2]

系統×検定林の二元表における任意の検定林別系統平均値を検索する。

8.3 主要変数及び主要配列

a) 主要変数

変数名	意	味	変数名	意	味
NTA	重複を除いた系統数		NTRT	形質数	
NS	検定林数		NTRY	最低供試回数	

b) 主要配列

配列名	意	味	対応関係
XFS	検定林別系統平均値		]
NPST	系統と検定林との二元表作成用検索コード		
NAMAL	降順配列の解析対象系統コード（精英樹コード）		
NF	系統別供試回数		]
AVL	検定系統の形質別最小2乗推定値		
SINDEX	検定系統の選抜指数		
NB	検定林別供試系統数（データ入力順・分類後）		]
CVAL	最小2乗方程式の係数行列		
CINV	係数行列の逆行列		
AVCTL	相対的経済効果ベクトル		]
BVCTL	選抜指数式の重み付け係数ベクトル		
PHMAT	表現型分散共分散行列		
GEMAT	系統分散共分散行列		]
BEC	連立方程式を解く際に使用する作業用配列		

9. 入出力機器

計 算 機 本 体：N5200/05（主記憶容量256KB）

オペレーティング・システム：PTOS-EX 4

プ リ ン タ ー：漢字プリンター136桁

10. 制限事項と注意

10.1 制 限 事 項

a) 検定林別系統平均値（＝データファイル内レコード数） ≤ 500

b) $2 \leq$ 重複を除いた系統数 ≤ 200

c) $2 \leq$ 形質数 ≤ 5

d) $2 \leq$ 検定林数 ≤ 15

いずれの制約も現有機（N5200/05）の記憶容量・演算速度を配慮して設けた事項であり、機種あるいはプログラムの修正により、更に大量のデータ処理が可能と考えられる。

10.2 注 意

a) 解析に使用した形質のうち、系統分散がマイナスとなったり、他形質との系統相関が1.0以上の値になる時は、“選抜指数計算不適”と表示され計算は打ち切られる。この時は、以下のいずれかの処置を取り、新しく作成し直したデータファイルを用いて計算を実行する。

- ① 該当の形質を選抜指数の計算対象から除く。
- ② 試験精度の低い検定林を計算対象から除く。
- ③ 他の検定林に比べて生育環境が特殊とみなせる検定林を計算対象から除く。
- ④ 解析の対象とする検定林を拡大して、より大量のデータを計算に用いる。

b) このプログラムでは、最低供試回数を任意に入力して解析が行えるが、この値を検定林数に近い値とした場合に、供試系統数が0となる検定林が生ずる可能性もある。その場合は、“計算実行不可能”と表示され計算は打ち切られる。同じデータファイルで、最低供試回数を低くして実行することにより、系統の使用状況を確認した後、解析に用いる系統を絞る必要がある。

c) このプログラムは、それぞれの検定林において、各系統は一度づつ使用されているものとして計算を行う。したがって、1検定林に採種園を異にする同一系統が使用されている場合は、それぞれ別のコードを与えるか、平均したデータを用いて解析を行う必要がある。

d) 検定系統の選抜指数を算出する際に、供試回数の多少は反映しないので、選抜指数にもとづいて優良系統を定める場合には、それらの系統の供試回数も考慮する必要がある。また、統計的にも分散の推定精度を高め、系統評価を正確に行うには、最低供試回数を2回以上にすることが望ましい。一度しか供試されていない系統の交互作用は系統分散に含まれてしまい、仮にそれらの系統が良い成績であったとしても、その信頼度はきわめて低いと考えられる。

e) このプログラムの数値計算に用いる配列及び変数は、すべて単精度の実数である。ただし、連立方程式を解くサブルーチンプログラムは、川端（1979）が数量化Ⅱ型のプログラム⁶⁾に使用したコンプリートピボティング機能をもつサブルーチンプログラムをBASICに書き直したものである。8.1の範囲のデータに関しては、一応利用可能な演算結果が得られている。

このプログラムは、当初、国立林試の電算機を用いてFORTRANで作成した後、BASICに書き直したものである。連立方程式を解くサブルーチンプログラムを御提供頂いた川端幸蔵電算機室長には、当初のプログラム開発にあたりいろいろお世話になった。また、このプログラム作成後、東北林木育種場の川村忠士技官、九州林木育種場の西村慶二技官及び関西林木育種場四国支場半田孝俊研究室長には、試用して頂き、有益な御助言を賜った。更に、関東林木育種場育種第二研究室の河崎久男博士には、数式の表記についていくつか訂正箇所をご指摘頂いた。以上の各位に対して厚く御礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) CUNNINGHAM, E. P.: Theory and application of statistical selection methods. XIV British Poultry Breeders Round Table Birmingham Nov. 14-14, pp. 38 (1972)
- 2) HAZEL, L. N.: The genetic basis for constructing selection indexes, *Genetics* **28**, 476-490 (1943)
- 3) HENDERSON, C. R.: Estimation of variance and covariance components. *Biometrics* **9**, 226-

252 (1953)

- 4) 糸屋吉彦・栗延 晋：最小2乗法を用いた次代検定成果の解析（Ⅳ）—関東・中部地方のヒノキ精英樹10年目の事例一，日林論 **97**，413-414，(1986)
- 5) 金子富吉・栗延 晋：最小2乗法を用いた次代検定成果の解析（Ⅱ）—カラマツ精英樹10年目の事例一，日林論 **97**，409-410，(1986)
- 6) 川端幸藏：林業試験場用算機プログラミング報告(11) 数量化(Ⅱ型)，林試研報 **305**，1-65，(1979)
- 7) 栗延 晋・金子富吉・大庭喜八郎：複数次代検定林の情報から精英樹家系の修正平均値を推定する方法，日林論 **93**，575-576，(1982)
- 8) 大谷賢二・栗延 晋・古越隆信：最小2乗法を用いた次代検定成果の解析（Ⅰ）—関東地方のアカマツ精英樹10年目の事例一，日林論 **97**，407-408，(1986)
- 9) SEARLE, S. R. and HENDERSON, C. R.: Computing procedures for estimating components of variance in the two-way classification, mixed model. *Biometrics* **17**, 607-616 (1961), *Corrigenda*, *Biometrics* **23**, 852 (1967)
- 10) 田淵和夫・栗延 晋：最小2乗法を用いた次代検定成果の解析（Ⅲ）—関東地方のスギ精英樹10年目の事例一，日林論 **97**，411-412，(1986)
- 11) 山田行雄：量的形質の遺伝学(7)，遺伝 **29**，107-111，(1975)

**A plus-tree evaluation program with selection index using the least-squares estimates
of their progenies performances for the unbalanced data of the tests.**

Susumu KURINOBU²⁾

Summary

A BASIC program to calculate selection indices of plus-trees based on their progenies performances in tests was documented as well as its mathematical procedures and its operational manual were outlined with actual progeny test data. Progeny data to be used in this program are the progeny-test means of each plus-tree's family on several traits. Data are available regardless of the family $\times$ progeny-test tables being complete or not, because progeny-mean performances and variance components used in the computation of selection indices are calculated by the least-squares method.

As the program was written in BASIC under the assumption that the calculation would be made by a personal computer, the memory-size for the computation was minimized by adopting the absorption procedure given by HENDERSON (1953) and by the function which enables the one-dimensional data to operate as if it were two-dimensional data.

```

99 ON ERROR GOTO 8800
100 REM LEAST SQUARE ESTIMATE & SELECTION-INDEX ON PLUS TREES BASED ON THEIR PROGENY-PERFORMANCES
110 REM プログラム名 "BLINDEX"
120 CLEAR FILE=1, #1, 256
130 OPTION BASE 1
140 GOSUB *DIMSET
150 GOSUB *PARASET
160 PRINT:PRINT
170 PRINT"データの読み込み      実行中 ":"PRINT TIMES
180 GOSUB *DREAD
190 PRINT"系統・検定林二元表  作成中 ":"PRINT TIMES
200 GOSUB *ACRTAB
210 PRINT"最小2乗方程式      作製中 ":"PRINT TIMES
220 GOSUB *CVALSUB
230 PRINT"逆行列            計算中 ":"PRINT TIMES
240 GOSUB *CINVSUB
250 PRINT"最小2乗推定値      計算中 ":"PRINT TIMES
260 FOR ITR=1 TO NTRT
270 GOSUB *ESTIM
280 NEXT ITR
290 PRINT"分散共分散分析      計算中 ":"PRINT TIMES
300 LPRINT CHR$(12)
310 FOR ITRX=1 TO NTRT
320 FOR ITRY=1 TO NTRT
330 IF ITRY <= ITRX THEN GOTO 360
340 GOSUB *COVAL1
350 GOSUB *OUTPT2
360 NEXT ITRY
370 NEXT ITRX
380 PRINT"選抜指数            計算中 ":"PRINT TIMES
390 GOSUB *SINDEX
400 GOSUB *OUTPT3
410 GOSUB *OUTPT1
420 PRINT"計算完了              ":"PRINT TIMES
430 END

500 *DIMSET
510 REM SUBROUTINE FOR DIMENSION ALLOCATION
520 INPUT"解析用データ・ファイル名: "FLP$
530 INPUT"検定林数 (NS <= 15)      : "NS
540 INPUT"形質数 (NTRY <= 5)       : "NTRY
550 PRINT
560 PRINT"解析形質名 (番号人力) "
570 PRINT"1 樹高 2 胸高直径 3 健全率 4 枝張り 5 根元曲り 6 幹曲り 7 その他"
580 NTRX$(1)="樹高" NTRX$(2)="胸高直径" NTRX$(3)="健全率" NTRX$(4)="枝張り" NTRX$(5)="根元曲り" NTRX$(6)="幹曲り" NTRX$(7)="その他"
590 FOR ITR=1 TO NTRT
600 PRINT USING" * ## ":"ITR;
610 INPUT NTRZ
620 NTR$(ITR)=NTRX$(NTRZ)
630 NEXT ITR
640 PRINT
650 INPUT"検定林当り最大系統数: "NMX
660 DIM AVCTL(NTRT), BVCTL(NTRT), VH(NTRT), VI(NTRT), PHINV(NTRT, NTRT), PGMAT(NTRT, NTRT), SDOVAR(NTRT)
670 DIM REDX(NS), REDY(NS), PHMAT(NTRT, NTRT), GENAT(NTRT, NTRT)
680 DIM CVAL(NS, NS), UNIMAT(20, 20), CINV(20, 20), BEC(20, 20), IX(20), JX(20)
690 DIM XST(NS), YST(NS), RVALX(NS), RVALY(NS), SVALX(NS)
700 DIM XFT(200), YFT(200), FAMVLX(200), AVL(200, NTRT), SINDEX(200)
710 DIM NPST(500), NAMAL(200), NF(200), LOCNAMS(NS)
720 DIM XFS(500, NTRT), NB(NS)
730 IF ERR=7 THEN PRINT"解析データの縮小・再設定":GOTO 530
740 DIM NAML(NMX, NS)
750 IF ERR=7 THEN PRINT"解析データの縮小・再設定":GOTO 530
760 RETURN

800 *PARASET
810 REM SUBROUTINE FOR FAMILY & SELECTION-INDEX OPTION
820 PRINT
830 INPUT"系統当り最低供試回数 (NS <= NTRY <= 1) : "NTRY
840 PRINT
850 PRINT"選抜指数式の形質毎の相対的経済効果の重み付け方法"
860 INPUT"自動設定 (0) / 任意設定 (1) : "SLINDEX
870 IF SLINDEX=0 THEN GOTO 930
880 PRINT
890 FOR I=1 TO NTRT
900 PRINT USING" * ## &      & ":"I, NTR$(I);
910 INPUT AVCTL(I)
920 NEXT I
930 INPUT"解析データの出力確認 (要 = 1 / 不要 = 0) : "MONITX
940 INPUT"正規方程式及び立地効果推定値の出力 (要 = 1 / 不要 = 0) : "LSGOUT
950 RETURN

1000 *DREAD
1010 REM DATA INPUT SUBROUTINE FROM GOKAN-FILE
1020 L=0;NCT=0;LOCNX$=""
1030 OPEN"1:"+FLP$ FOR INPUT SEQ AS #1
1040 FIELD #1,5 AS LOCNZ$,5 AS CODYS$,10 AS DX1$,10 AS DX2$,10 AS DX3$,10 AS DX4$,10 AS DX5$
1050 GET #1
1060 IF EOF(1) THEN GOTO 1240
1070 NCT=NCT+1
1080 LOCNYS=LOCNZ$
1090 IF LOCNYS=LOCNZ$ THEN GOTO 1170
1100 IF L=0 THEN GOTO 1130
1110 LOCNAMS(L)=LOCNX$
1120 NB(L)=I
1130 LOCNXS=LOCNYS
1140 L=L+1
1150 IF L > NS THEN GOTO 1300
1160 I=0
1170 I=I+1
1180 NAML(I, L)=VAL(CODYS)
1190 DX$(I)=DX1$:DX$(2)=DX2$:DX$(3)=DX3$:DX$(4)=DX4$:DX$(5)=DX5$
1200 FOR IZ=1 TO NTRT
1210 XFS(NCT, IZ)=VAL(DX$(IZ))
1220 NEXT IZ
1230 GOTO 1050
1240 NB(L)=I
1250 LOCNAMS(L)=LOCNX$
1260 NT=NCT
1270 NS=L
1280 CLOSE #1
1290 GOTO 1310
1300 PRINT USING"計算実行不可能 : 人力検定林数 ## < 読取検定林数 ##":NS, L:STOP
1310 RETURN

```

図7 プログラムリスト (その1)

Fig. 7 Program list (Part 1).

```

1400 *CRTAB
1410 REM SUBROUTINE TO ARRANGE DATA IN THE FAMILY X LOCATION TABLE
1420 REM ELIMINATING THE DUPLICATED FAMILY CODE
1430 K=0
1440 FOR L=1 TO NS
1450 NA=NB(L)
1460 FOR I=1 TO NA
1470 K=K+1
1480 NPST(K)=NAML(I,L)
1490 NEXT I
1500 NEXT L
1510 M=0:KA=K
1520 FOR LX=1 TO KA
1530 KL=LX+1
1540 FOR LY=KL TO KA
1550 IF NPST(LX)=NPST(LY) THEN GOTO 1590
1560 NEXT LY
1570 M=M+1
1580 NAMAL(M)=NPST(LX)
1590 NEXT LX
1600 NTA=M
1610 REM ARRANGE THE FAMILY CODE FROM DECREASED ORDER
1620 FOR I=1 TO NTA-1
1630 JS=I
1640 L=I+1
1650 FOR J=L TO NTA
1660 IF NAMAL(JS) <= NAMAL(J) THEN GOTO 1680
1670 JS=J
1680 NEXT J
1690 MM=NAMAL(I)
1700 NAMAL(I)=NAMAL(JS)
1710 NAMAL(JS)=MM
1720 NEXT I
1730 REM FORMING THE 2-WAY TABLE
1740 FOR I=1 TO NTA
1750 NF(I)=0:NKX=0
1760 FOR L=1 TO NS
1770 IA=NB(L)
1780 FOR J=1 TO IA
1790 IF NAMAL(I)=NAML(J,L) THEN GOTO 1820
1800 NEXT J
1810 GOTO 1850
1820 NK=NKX+J
1830 NF(I)=NF(I)+1
1840 NPST(NK)=I*100+L
1850 NKX=NKX+NB(L)
1860 NEXT L
1870 NEXT I
1880 REM SORTING THE DATA BY TESTED FREQUENCY
1890 NCA=0
1900 FOR I=1 TO NTA
1910 IF NF(I) < NTRY THEN GOTO 1940
1920 NCA=NCA+1
1930 NAMAL(NCA)=NAMAL(I):NF(NCA)=NF(I)
1940 NEXT I
1950 NTA=NCA
1960 NCT=0:JBT=0
1970 FOR L=1 TO NS
1980 JB=NB(L):NBX=0
1990 FOR J=1 TO JB
2000 FOR I=1 TO NTA
2010 IF NAML(J,L) <> NAMAL(I) THEN GOTO 2080
2020 NCT=NCT+1:NBX=NBX+1
2030 NPST(NCT)=I*100+L
2040 FOR K=1 TO NTRY
2050 XFS(NCT,K)=XFS(JBT+J,K)
2060 NEXT K
2070 GOTO 2090
2080 NEXT I
2090 NEXT J
2100 NB(L)=NBX:JBT=JBT+JB
2110 IF NB(L) <= 0 THEN GOTO 2170
2120 NEXT L
2130 NT=NCT
2140 IF MONITX=1 THEN GOSUB *OUTPT5
2150 GOSUB *OUTPT4
2160 GOTO 2180
2170 PRINT USING"計算実行不可能 : 第 ## 検定本の供試系統数 = 0":L:STOP
2180 RETURN

2200 *CHECK1
2210 REM DATA SEARCH SUBROUTINE WITH 0 OR 1
2220 NFNL=0
2230 FOR LQ=1 TO LL
2240 NFNL=NFNL+NB(LQ)
2250 NEXT LQ
2260 INTVL=NFNL-NB(LL)+1
2270 REM SEARCHING THE VALUE
2280 FOR KQ=INTVL TO NFNL
2290 NCODE=INT(NPST(KQ)/100)
2300 IF NCODE=11 THEN GOTO 2340
2310 ZOXX=0
2320 NEXT KQ
2330 GOTO 2350
2340 ZOXX=1
2350 RETURN

2400 *CHECK2
2410 REM DATA SEARCH SUBROUTINE WITH NUMERICAL VALUE
2420 NFNL=0
2430 FOR LQ=1 TO LL
2440 NFNL=NFNL+NB(LQ)
2450 NEXT LQ
2460 INTVL=NFNL-NB(LL)+1
2470 REM SEARCHING THE VALUE
2480 FOR KQ=INTVL TO NFNL
2490 NCODE=INT(NPST(KQ)/100)
2500 IF NCODE=11 THEN GOTO 2540
2510 DTX=0
2520 NEXT KQ
2530 GOTO 2550
2540 DTX=XFS(KQ,1TR)
2550 RETURN

```

図7 プログラムリスト (その2)

Fig. 7 Program list (Part 2).

```

2600 *CVALSUB
2610 REM SUBROUTINE TO COMPUTE THE C MATRIX
2620 REM PREPARING FOR RVALX & CVAL
2630 FOR L=1 TO NS-1
2640 FOR K=1 TO NS-1
2650 CVAL(L,K)=0!
2660 FOR I=1 TO NTA
2670 LL=L:II=1
2680 GOSUB *CHECK1
2690 DLL=Z0XX
2700 LL=K:II=1
2710 GOSUB *CHECK1
2720 DKK=Z0XX
2730 IF DLL*DKK < 1E-04 THEN GOTO 2750
2740 CVAL(L,K)=CVAL(L,K)-1!/NF(I)
2750 NEXT I
2760 IF L <> K GOTO 2780
2770 CVAL(L,K)=NB(L)+CVAL(L,K)
2780 NEXT K
2790 NEXT L
2800 RETURN

2900 *CINVSUB
2910 REM SUBROUTINE TO COMPUTE THE INVERSE MATRIX OF "CVAL"
2920 NEQ=NS-1
2930 FOR I=1 TO NEQ
2940 FOR J=1 TO NEQ
2950 UNIMAT(I,J)=0!
2960 IF I <> J THEN GOTO 2980
2970 UNIMAT(I,J)=1!
2980 NEXT J
2990 NEXT I
3000 FOR N=1 TO NEQ
3010 FOR K=1 TO NEQ
3020 BEC(K,NEQ+1)=UNIMAT(K,N)
3030 FOR L=1 TO NEQ
3040 BEC(K,L)=CVAL(K,L)
3050 NEXT L
3060 NEXT K
3070 NVAR=NS-1:NVARY=NS
3080 GOSUB *EQU1
3090 FOR M=1 TO NEQ
3100 CINVM(M,N)=BEC(M,NEQ+1)
3110 NEXT M
3120 NEXT N
3130 RETURN

3200 *ESTIM
3210 REM SUBROUTINE TO ESTIMATE THE PROGENY PERFORMANCES BY LEAST SQUARE METHOD
3220 REM SUMMATION OF LOCATION DATA
3230 FOR L=1 TO NS
3240 XST(L)=0!
3250 FOR I=1 TO NTA
3260 LL=L:II=1
3270 GOSUB *CHECK2
3280 IF DTXX < 1E-04 THEN GOTO 3300
3290 XST(L)=XST(L)+DTXX
3300 NEXT I
3310 NEXT L
3320 REM SUMMATION OF FAMILY DATA
3330 FOR I=1 TO NTA
3340 XFT(I)=0!
3350 FOR L=1 TO NS
3360 LL=L:II=1
3370 GOSUB *CHECK2
3380 IF DTXX < 1E-04 THEN GOTO 3400
3390 XFT(I)=XFT(I)+DTXX
3400 NEXT L
3410 NEXT I
3420 REM PREPARING FOR RVALX
3430 FOR L=1 TO NS-1
3440 RVALX(L)=0!
3450 FOR I=1 TO NTA
3460 LL=L:II=1
3470 GOSUB *CHECK1
3480 IF Z0XX < .01 GOTO 3500
3490 RVALX(L)=RVALX(L)-XFT(I)/NF(I)
3500 NEXT I
3510 RVALX(L)=XST(L)+RVALX(L)
3520 NEXT L
3530 REM FORM THE NORMAL EQUATION
3540 FOR L=1 TO NS-1
3550 FOR K=1 TO NS-1
3560 BEC(L,K)=CVAL(L,K)
3570 NEXT K
3580 BEC(L,NS)=RVALX(L)
3590 NEXT L
3600 REM SOLVE THE NORMAL EQUATION FOR SITE VALUE
3610 NVAR=NS-1:NVARY=NS
3620 GOSUB *EQU1
3630 SVALTX=0!
3640 FOR L=1 TO NS-1
3650 SVALX(L)=BEC(L,NS)
3660 SVALTX=SVALTX+SVALX(L)
3670 NEXT L
3680 REM ESTIMATE THE FAMILY PERFORMANCES
3690 FOR I=1 TO NTA
3700 FAMVLX(I)=0!
3710 FOR L=1 TO NS-1
3720 LL=L:II=1
3730 GOSUB *CHECK1
3740 IF Z0XX < 1E-03 THEN GOTO 3760
3750 FAMVLX(I)=FAMVLX(I)+SVALX(L)
3760 NEXT L
3770 FAMVLX(I)=(XFT(I)-FAMVLX(I))/NF(I)
3780 NEXT I
3790 REM ADJUSTMENT FOR SITE EFFECTS
3800 FOR I=1 TO NTA
3810 AVL(I,ITR)=FAMVLX(I)+SVALTX/NS
3820 NEXT I
3830 IF LSROUT=1 THEN GOSUB *OUTPT6
3840 RETURN

```

図7 プログラムリスト (その3)

Fig. 7 Program list (Part3).

```

3900 *OUTPT1
3910 REM SUBROUTINE TO OUTPUT THE LEAST-SQUARES ESTIMATES & SELECTION INDEX
3920 LPRINT CHR$(12)
3930 LPRINT
3940 LPRINT" *** 検定系統の選抜指数と各形質の最小2乗推定値 ***"
3950 LPRINT
3960 LPRINT"番号 戻り 回数 選抜指数 ";
3970 FOR NTRZ=1 TO NTRT
3980 LPRINT USING" & " &";NTRS(NTRZ);
3990 NEXT NTRZ
4000 LPRINT
4010 FOR I=1 TO NTA
4020 LPRINT USING"#### "#### "I,NAMAL(I),NF(I);
4030 LPRINT USING"#### "#### "SINDEX(I);
4040 FOR J=1 TO NTRT
4050 LPRINT USING"#### "#### "AVL(I,J);
4060 NEXT J
4070 LPRINT
4080 NEXT I
4090 RETURN

4100 *OUTPT2
4110 REM OUT-PUT SUBROUTINE FOR ANALYSES OF VARIANCE
4120 LPRINT:LPRINT
4130 LPRINT"*** 系統 x 検定株データの分散共分散分析表 (平均平方のみ表示) ***"
4140 LPRINT
4150 LPRINT USING" 変動因 自由度 & & & & & 期待 成分":NTRS(ITRX),NTRS(ITRX),NTRS(ITRY)
4160 LPRINT USING"系統 #### #### #### #### #### V(E) + ##.##V(F)":IDFA,SSFX/IDFA,SFX/IDFA,SSFY/
IDFA,NC/IDFA
4170 LPRINT USING"誤 差 #### #### #### #### V(E)":IDFE,SSEX/IDFE,SEXY/IDFE,SSEY/IDFE
4180 LPRINT
4190 LPRINT USING"系統分散: ##.#### ##.#### ##.####:CMPAX,CMPAXY,CMPAY
4200 LPRINT USING"誤差分散: ##.#### ##.#### ##.####:CMPEX,CMPXY,CMPY
4210 LPRINT USING"残差 (系統相同): ##.#### ( ##.#### ) ##.####:REPX,CRFX,REPY
4220 LPRINT USING"環境相同: ##.#### ##.####:CREXY
4230 RETURN

4300 *OUTPT3
4310 REM OUT-PUT SUBROUTINE FOR THE INFORMATION OF SELECTION INDEX
4320 LPRINT CHR$(12)
4330 LPRINT"*** 選抜指数の計算結果 ***"
4340 LPRINT
4350 LPRINT" 表現型分散共分散行列 ";
4360 FOR K=1 TO NTRT
4370 IF K < 3 THEN GOTO 4390
4380 LPRINT" ";
4390 NEXT K
4400 LPRINT" 表現型相関行列 "
4410 LPRINT" ";
4420 FOR K=1 TO NTRT
4430 LPRINT USING" & " &";NTRS(K);
4440 NEXT K
4450 LPRINT" ";
4460 FOR K=1 TO NTRT
4470 LPRINT USING" & " &";NTRS(K);
4480 NEXT K
4490 LPRINT
4500 FOR I=1 TO NTRT
4510 LPRINT USING"& " &";NTRS(I);
4520 FOR J=1 TO NTRT
4530 LPRINT USING" ##.#### ":PHMAT(I,J);
4540 NEXT J
4550 LPRINT USING" & " &";NTRS(I);
4560 FOR J=1 TO NTRT
4570 LPRINT USING" ##.#### ":PHMAT(I,J)/SQR(PHMAT(I,I)*PHMAT(J,J));
4580 NEXT J
4590 LPRINT
4600 NEXT I
4610 LPRINT
4620 LPRINT" 系統分散共分散行列 ";
4630 FOR K=1 TO NTRT
4640 IF K < 3 THEN GOTO 4660
4650 LPRINT" ";
4660 NEXT K
4670 LPRINT" 系統相関行列 "
4680 LPRINT" ";
4690 FOR K=1 TO NTRT
4700 LPRINT USING" & " &";NTRS(K);
4710 NEXT K
4720 LPRINT" ";
4730 FOR K=1 TO NTRT
4740 LPRINT USING" & " &";NTRS(K);
4750 NEXT K
4760 LPRINT
4770 FOR I=1 TO NTRT
4780 LPRINT USING"& " &";NTRS(I);
4790 FOR J=1 TO NTRT
4800 LPRINT USING" ##.#### ":GEMAT(I,J);
4810 NEXT J
4820 LPRINT USING" & " &";NTRS(I);
4830 FOR J=1 TO NTRT
4840 LPRINT USING" ##.#### ":GEMAT(I,J)/SQR(GEMAT(I,I)*GEMAT(J,J));
4850 NEXT J
4860 LPRINT
4870 NEXT I
4880 LPRINT
4890 LPRINT" 項目 / 形質: ";
4900 FOR NTRZ=1 TO NTRT
4910 LPRINT USING"X(##) & " & "NTRZ,NTRS(NTRZ);
4920 NEXT NTRZ
4930 LPRINT
4940 LPRINT" 標準偏差: ";
4950 FOR NTRZ=1 TO NTRT
4960 LPRINT USING"###.#### ":SDVAR(NTRZ);
4970 NEXT NTRZ
4980 LPRINT
4990 LPRINT" 相対的選抜効果: ";
5000 FOR NTRZ=1 TO NTRT
5010 LPRINT USING"###.#### ":AVCTL(NTRZ);
5020 NEXT NTRZ
5030 LPRINT
5040 LPRINT" 重み付け係数: ";
5050 FOR NTRZ=1 TO NTRT
5060 LPRINT USING"###.#### ":BVCTL(NTRZ);
5070 NEXT NTRZ
5080 LPRINT
5090 LPRINT

```

図7 プログラムリスト (その4)

Fig. 7 Program list (Part 4).

```

5100 LPRINT"*** 選抜指数式 ***";LPRINT
5110 LPRINT USING" I (選抜指数) = ####.### X(1)";BVCTL(1);
5120 FOR K=2 TO NTRT
5130 LPRINT USING" +###.### X(8)";BVCTL(K),K;
5140 NEXT K
5150 LPRINT:LPRINT
5160 LPRINT" 選抜指数式の精度";LPRINT
5170 LPRINT USING" 育種値の分数 : ###.#### 指数の分数 : ###.#### 相関係数 (指数と育種値) : ###.####";VALH,VALI,RHI
5180 RETURN

5200 *OUTPT4
5210 REM SUBROUTINE TO PRINT-OUT THE 2 WAY TABLE
5220 LPRINT CHR$(12)
5230 LPRINT" *** 検定系統の使用状況 ***"
5240 LPRINT
5250 LPRINT"番号 原コト 回数";
5260 FOR L=1 TO NS
5270 LPRINT USING" & &";LOCNAM$(L);
5280 NEXT L
5290 LPRINT
5300 FOR I=1 TO NTA
5310 LPRINT USING"### #### #";I,NAMAL(I),NF(I);
5320 FOR L=1 TO NS
5330 II=I:LL=L
5340 GOSUB *CHECK1
5350 IF ZOXX < 1E-03 THEN LPRINT" ":GOTO 5390
5360 ITR=1
5370 GOSUB *CHECK2
5380 LPRINT" 1.00 ";
5390 NEXT L
5400 LPRINT
5410 NEXT I
5420 RETURN

5500 *OUTPT5
5510 REM SUBROUTINE TO OUTPUT THE TOTAL-DATA FOR ANALYSIS
5520 LPRINT CHR$(12)
5530 LPRINT"*** 解析データの出力 ***"
5540 LPRINT
5550 LPRINT"番号 原コト 検定コト ";
5560 FOR K=1 TO NTRT
5570 LPRINT USING" & &";NTR$(K);
5580 NEXT K
5590 LPRINT:SZZ=0
5600 FOR I=1 TO NT
5610 NZ=INT(NPST(I)/100)
5620 SZ=NPST(I)-NZ*100
5630 IF SZ < SZZ THEN LPRINT:LPRINT USING"検定林名: & &";LOCNAM$(SZ):SZZ=SZ
5640 LPRINT USING"### #### #";I,NAMAL(NZ),NPST(I);
5650 FOR K=1 TO NTRT
5660 LPRINT USING" ###.###";XFS(I,K);
5670 NEXT K
5680 LPRINT
5690 NEXT I
5700 RETURN

5800 *OUTPT6
5810 REM SUBROUTINE TO OUTPUT THE LEAST-SQUARES EQUATIONS WITH FAMILY-EFFECTS ABSORBED
5820 LPRINT
5830 LPRINT USING" 最小2乗方程式 & &";NTR$(ITR)
5840 LPRINT" ";
5850 FOR L=1 TO NS-1
5860 LPRINT USING"& &";LOCNAM$(L);
5870 NEXT L
5880 LPRINT" 検定林効果 "
5890 FOR LX=1 TO NS-1
5900 LPRINT USING"& &";LOCNAM$(LX);
5910 FOR LY=1 TO NS-1
5920 LPRINT USING"###.###";CVAL(LX,LY);
5930 NEXT LY
5940 LPRINT USING"#####.###";RVALX(LX);
5950 LPRINT USING"#####.###";SVALX(LX)
5960 NEXT LX
5970 RETURN

```

図7 プログラムリスト (その5)

Fig. 7 Program list (Part 5).

```

6000 *COVAL1
6010 REM SUBROUTINE TO COMPUTE ANALYSES OF VARIANCE & COVARIANCES FOR UNBALANCED 2 WAY DATA
6020 REM COMPUTE SUM & SQUARE SUM (LOCATION LOUPE)
6030 SBY=0:SBY=0:SBXY=0
6040 XT=0:YT=0
6050 SSSX=0:SSSY=0:SSXY=0
6060 FOR L=1 TO NS
6070 XST(L)=0:YST(L)=0
6080 FOR I=1 TO NTA
6090 II=I:LL=L
6100 GOSUB #CHECK1
6110 IF ZOXX < .1 THEN GOTO 6230
6120 II=I:LL=L:ITR=ITRX
6130 GOSUB #CHECK2
6140 DXX=DTXX
6150 II=I:LL=L:ITR=ITRY
6160 GOSUB #CHECK2
6170 DYY=DTYY
6180 XST(L)=XST(L)+DXX
6190 YST(L)=YST(L)+DYY
6200 SSSX=SSX+DXX*DXX
6210 SSSY=SSY+DYY*DYY
6220 SSXY=SSXY+DXX*DYY
6230 NEXT I
6240 SSSX=SSX+XST(L)*XST(L)/NB(L)
6250 SSSY=SSY+YST(L)*YST(L)/NB(L)
6260 SSXY=SSXY+XST(L)*YST(L)/NB(L)
6270 XT=XT+XST(L):YT=YT+YST(L)
6280 NEXT L
6290 REM COMPUTE THE SUM & SQUARE SUM (FAMILY LOUPE)
6300 SBFX=0:SBFY=0:SBFX=0
6310 FOR I=1 TO NTA
6320 XFT(I)=0:YFT(I)=0
6330 FOR L=1 TO NS
6340 II=I:LL=L
6350 GOSUB #CHECK1
6360 IF ZOXX < .1 THEN GOTO 6450
6370 II=I:LL=L:ITR=ITRX
6380 GOSUB #CHECK2
6390 DXX=DTXX
6400 II=I:LL=L:ITR=ITRY
6410 GOSUB #CHECK2
6420 DYY=DTYY
6430 XFT(I)=XFT(I)+DXX
6440 YFT(I)=YFT(I)+DYY
6450 NEXT L
6460 SBFX=SBFX+XFT(I)*XFT(I)/NF(I)
6470 SBFY=SBFY+YFT(I)*YFT(I)/NF(I)
6480 SBXY=SBXY+XFT(I)*YFT(I)/NF(I)
6490 NEXT I
6500 REM CALCULATE THE R-VALUE
6510 FOR K=1 TO NS
6520 RVALX(K)=0:RVALY(K)=0
6530 FOR I=1 TO NTA
6540 II=I:LL=K
6550 GOSUB #CHECK1
6560 IF ZOXX < .1 THEN GOTO 6590
6570 RVALX(K)=RVALX(K)-XFT(II)/NF(II)
6580 RVALY(K)=RVALY(K)-YFT(II)/NF(II)
6590 NEXT I
6600 RVALX(K)=RVALX(K)+XST(K)
6610 RVALY(K)=RVALY(K)+YST(K)
6620 NEXT K
6630 REM COMPUTE THE REDUCTION
6640 REDXT=0:REDYT=0:REDXY=0
6650 FOR L=1 TO NEQ
6660 REDX(L)=0:REDY(L)=0
6670 FOR K=1 TO NEQ
6680 REDX(L)=REDX(L)+RVALX(K)*CINV(K,L)
6690 REDY(L)=REDY(L)+RVALY(K)*CINV(K,L)
6700 NEXT K
6710 REDXT=REDXT+REDX(L)*RVALX(L)
6720 REDYT=REDYT+REDY(L)*RVALY(L)
6730 REDXY=REDXY+REDX(L)*RVALY(L)
6740 NEXT L
6750 REM COMPUTE THE SUM OF SQUARES & OTHER COEFFICIENTS
6760 SSTX=SSX-XT*XT/NT
6770 SSTY=SSY-YT*YT/NT
6780 STXY=SSXY-XT*YT/NT
6790 SSLX=SSX-XT*XT/NT
6800 SSLY=SSY-YT*YT/NT
6810 SLXY=SSXY-XT*YT/NT
6820 SSEX=SSX-(SBFX+REDXT)
6830 SSEY=SSY-(SBFY+REDYT)
6840 SEXY=SSXY-(SBFX+REDXT)
6850 SSFX=(SBFX+REDXT)-SBFX
6860 SSFY=(SBFY+REDYT)-SBFY
6870 SFTX=(SBFX+REDXT)-SBFX
6880 SFTY=(SBFY+REDYT)-SBFY
6890 IDFA=NTA-1
6900 NC=NT-NS
6910 REM VARIANCE COMPONENTS ESTIMATION
6920 CMPEX=SSEX/IDFE
6930 CMPEY=SSEY/IDFE
6940 CMPEXY=SEXY/IDFE
6950 CMPAX=(SSFX-CMPEX*IDFA)/NC
6960 CMPAY=(SSFY-CMPEY*IDFA)/NC
6970 CMPAXY=(SFTX-CMPEXY*IDFA)/NC
6980 REM PARAMETER ESTIMATION
6990 REPX=CMPEX/(SSFX/NC)
7000 IF REPX < 0 THEN REPE=REPX:IER=ITRX:GOTO 7120
7010 REPY=CMPEY/(SSFY/NC)
7020 IF REPY < 0 THEN REPE=REPY:IER=ITRY:GOTO 7120
7030 CRFX=CMPAX/SQR(CMPAX*CMPEY)
7040 IF CRFX > 1 THEN GOTO 7130
7050 CRXY=CMPAY/SQR(CMPEX*CMPEY)
7060 REM INSERTING THE VARIANCE & COVARIANCE COMPONENTS "PHMAT" & "GEMAT"
7070 PHMAT(ITRX,ITRX)=SSFX/NC:PHMAT(ITRY,ITRY)=SSFY/NC
7080 PHMAT(ITRX,ITRY)=SFTX/NC:PHMAT(ITRY,ITRX)=SFTY/NC
7090 GEMAT(ITRX,ITRX)=CMPAX:GEMAT(ITRY,ITRY)=CMPEY
7100 GEMAT(ITRX,ITRY)=CMPAXY:GEMAT(ITRY,ITRX)=CMPAXY
7110 GOTO 7140
7120 PRINT USING"選抜指数式計算 不適 : & &の系統分數 = ##.### < 0":NTRS(IER),REPE:STOP
7130 PRINT USING"選抜指数式計算 不適 : & &の系統相関 = ##.### > 1.0":NTRS(ITRX),NTRS(ITRY),CRFX:STOP
7140 RETURN

```

図7 プログラムリスト (その6)

Fig. 7 Program list (Part 6).

```

7200 *SINDX
7210 REM SUBROUTINE FOR COMPUTING SELECTION INDEX
7220 REM ESTIMATION OF ECONOMIC VALUE
7230 FOR K=1 TO NTRT
7240 SDVAR(K)=SQR(PHMAT(K,K))
7250 IF SLINDX=1 THEN AVCTL(K)=AVCTL(K)*1!/SDVAR(K):GOTO 7270
7260 AVCTL(K)=1!/SDVAR(K)
7270 NEXT K
7280 REM COMPUTING THE "PHINV"
7290 FOR I=1 TO NTRT
7300 FOR J=1 TO NTRT
7310 UIMAT(I,J)=0!
7320 IF I < J GOTO 7340
7330 UNIMAT(I,J)=1!
7340 NEXT J
7350 NEXT I
7360 FOR N=1 TO NTRT
7370 FOR K=1 TO NTRT
7380 BEC(K,NTRT+1)=UNIMAT(K,N)
7390 FOR L=1 TO NTRT
7400 BEC(K,L)=PHMAT(K,L)
7410 NEXT L
7420 NEXT K
7430 NVAR=NTRT:NVARY=NTRT+1
7440 GOSUB *EQUUSL1
7450 FOR M=1 TO NTRT
7460 PHINV(M,N)=BEC(M,NTRT+1)
7470 NEXT M
7480 NEXT N
7490 REM MATRIX-MULTIPLICATION OF "PHINV" & "GEMAT"
7500 FOR I=1 TO NTRT
7510 FOR K=1 TO NTRT
7520 PGMAT(I,K)=0!
7530 FOR J=1 TO NTRT
7540 PGMAT(I,K)=PGMAT(I,K)+PHINV(I,J)*GEMAT(J,K)
7550 NEXT J
7560 NEXT K
7570 NEXT I
7580 REM COMPUTING THE WEIGHTING FACTOR FOR EACH TRAIT
7590 FOR I=1 TO NTRT
7600 BVCTL(I)=0!
7610 FOR J=1 TO NTRT
7620 BVCTL(I)=BVCTL(I)+PGMAT(I,J)*AVCTL(J)
7630 NEXT J
7640 NEXT I
7650 REM ACCURACY OF INDEX SELECTION
7660 VALH=0!
7670 VALI=0!
7680 FOR I=1 TO NTRT
7690 VH(I)=0!:VI(I)=0!
7700 FOR J=1 TO NTRT
7710 VH(I)=VH(I)+GEMAT(I,J)*AVCTL(J)
7720 VI(I)=VI(I)+PHMAT(I,J)*BVCTL(J)
7730 NEXT J
7740 VALH=VALH+VH(I)*AVCTL(I)
7750 VALI=VALI+VI(I)*BVCTL(I)
7760 NEXT I
7770 IF VALH < 0 THEN GOTO 7800
7780 IF VALI < 0 THEN GOTO 7800
7790 RH=SQR(VALI/VALH)
7800 REM COMPUTE THE INDEX FOR EACH FAMILY
7810 FOR I=1 TO NTA
7820 SINDE(I)=0!
7830 FOR K=1 TO NTRT
7840 SINDE(I)=SINDE(I)+AVL(I,K)*BVCTL(K)
7850 NEXT K
7860 NEXT I
7870 RETURN

8000 *EQUUSL1
8010 REM SUBROUTINE FOR SOLVING THE NORMAL EQUATION
8020 FOR II=1 TO NVAR
8030 IX(II)=1!
8040 JX(II)=1!
8050 NEXT II
8060 FOR II=1 TO NVAR
8070 PIV=BEC(II,II)
8080 IMAX=1!
8090 JMAX=1!
8100 FOR JJ=1! TO NVAR
8110 FOR KK=1! TO NVAR
8120 IF ABS(PIV) >= ABS(BEC(KK,JJ)) THEN GOTO 8160
8130 PIV=BEC(KK,JJ)
8140 IMAX=KK
8150 JMAX=JJ
8160 NEXT KK
8170 NEXT JJ
8180 IF IMAX=II AND JMAX=II THEN GOTO 8380
8190 REM CHANGE ON ROW
8200 FOR JJ=1 TO NVARY
8210 RESV=BEC(II,JJ)
8220 BEC(II,JJ)=BEC(IMAX,JJ)
8230 BEC(IMAX,JJ)=RESV
8240 NEXT JJ
8250 JXRSV=JX(II)
8260 JX(II)=JX(IMAX)
8270 JX(IMAX)=JXRSV
8280 REM CHANGE ON COLUMN
8290 FOR KK=1 TO NVAR
8300 RESV=BEC(KK,II)
8310 BEC(KK,II)=BEC(KK,JMAX)
8320 BEC(KK,JMAX)=RESV
8330 NEXT KK
8340 IXRSV=IX(II)
8350 IX(II)=IX(JMAX)
8360 IX(JMAX)=IXRSV
8370 REM SUEEP OUT
8380 BEC(II,II)=1!
8390 IF ABS(PIV) < 1E-09 THEN GOTO 8790
8400 FOR JJ=1 TO NVARY
8410 BEC(II,JJ)=BEC(II,JJ)/PIV
8420 NEXT JJ
8430 FOR LL=1 TO NVAR
8440 IF LL=II THEN GOTO 8500
8450 RESV=BEC(LL,II)
8460 BEC(LL,II)=0!
8470 FOR JJ=1 TO NVARY
8480 BEC(LL,JJ)=BEC(LL,JJ)-RESV*BEC(II,JJ)
8490 NEXT JJ
8500 NEXT LL
8510 NEXT II
8520 REM REARRANGE ON COLUMN
8530 FOR II=1 TO NVAR
8540 FOR JJ=1! TO NVAR
8550 IF JX(JJ)=II THEN JXRSV=JJ
8560 NEXT JJ
8570 IF JXRSV <= II THEN GOTO 8640
8580 FOR JJ=1 TO NVAR
8590 RESV=BEC(JJ,II)
8600 BEC(JJ,II)=BEC(JJ,JXRSV)
8610 BEC(JJ,JXRSV)=RESV
8620 NEXT JJ
8630 JX(JXRSV)=JX(II)
8640 NEXT II
8650 REM REARRANGE ON ROW
8660 FOR II=1 TO NVAR
8670 FOR JJ=1! TO NVAR
8680 IF IX(JJ)=II THEN IXRSV=JJ
8690 NEXT JJ
8700 IF IXRSV <= II THEN GOTO 8770
8710 FOR JJ=1 TO NVARY
8720 RESV=BEC(II,JJ)
8730 BEC(II,JJ)=BEC(IXRSV,JJ)
8740 BEC(IXRSV,JJ)=RESV
8750 NEXT JJ
8760 IX(IXRSV)=IX(II)
8770 NEXT II
8780 RETURN
8790 STOP
8800 PRINT ERR-ERL

```

図7 プログラムリスト (その7)

Fig. 7 Program list (Part 7).