

不連続片面ダイアル交配の最小2乗法による分散分析プログラム

栗 延 晋⁽¹⁾

Susumu KURINOBU : A personal computer program for the analysis
of disconnected half diallels by least square method.

要 旨：パーソナルコンピュータを用いて、複数セットの片面ダイアル交配によって得た個体の測定データを分析して交配親の組合せ能力及び分散の推定を行うプログラムの計算内容とその使用方法をまとめた。このプログラムは、最小2乗法を用いて分析を行うので、組合せ間で本数が不揃いな場合はもとより、欠測プロットや欠落組合せを含むデータへの適用が可能である。分散分析は、混合モデルによって行い、分散の推定には、HarveyのIndirect methodを用いている。また、各分散推定値の標準誤差も計算するので推定値の信頼度も確かめられる。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、現在、設定を進めている交配苗を用いた標準規模の試験地の分析を身近に行うことが可能である。

1. は じ め に

4～8親を1セットとして数セットで構成される不連続片面ダイアル交配は、林木の1世代のプラス木の人工交配に最も広く使用されている交配様式である^{3,12,18,19)}。1世代のプラス木の人工交配は、次世代のプラス木を選抜する母集団を形成するために行なうが、交配に使用した親の一般組合せ能力の評価や集団の各形質における相加的遺伝分散、非相加的遺伝分散の大きさを推定することも同時に目的とする¹⁴⁾。不連続片面ダイアル交配は、これら3つの目的を満たす効率的な交配様式として利用されており²⁰⁾、わが国でも交雑育種事業化プロジェクトにおいて標準的な交配様式として採用している⁴⁾。

しかし、実際に不連続片面ダイアル交配を行った場合には、交配に予定したクローンの着花量、交配から種子採取、さらに養苗段階までの種々の事情により、予定した組合せの交配苗の本数が不揃いになることはもとより、交配苗が得られない欠落組合せが生じることも少なくない。その結果として、ダイアル交配による苗木を用いた試験地の多くは、一部の組合せは一部の反復区にしか植栽しないかあるいは全く使用されない、いわゆるアンバランスな状態で設定せざるを得なくなる。一方、各組合せが完全に揃った試験地を設定しようとするれば、欠落組合せや苗木の少ない組合せを持つ交配親を除くか時期を改めて交配を行う以外に対策がないので、交配に要した労力や時間が無駄になるだけでなく本来の目的である選抜効果や遺伝パラメータの推定精度を損なうこととなる。

このような事情から、ダイアル交配による試験地では、欠落組合せや欠測プロットの発生は避けられないものとして、その不備を統計解析上の手法によって補う試みがなされてきた。SHAFFERら(1969)は、完全及び片面のいずれのタイプのダイアル交配様式にも対応できる最小2乗分析プログラム“DIALL”を完成し¹⁷⁾、林木でもこのプログラムを

(1) 関東林木育種場

用いて分析を行ったいくつかの報告がなされている^{10,15)}。KUNG (1978) は、多くの欠落組合せを含む不完全な交配結果から、各交配親の効果を推定するプログラムを公表した^{7,11)}。DEANら (1988) は、統計解析用ソフト“GENSTAT”を用いて、複数セットの不連続片面ダイヤレル交配結果を分析するプログラム“DAG”を作成した²⁾。

ただし、わが国の交雑育種事業化プロジェクトで得た結果を、上記のプログラムを用いてパーソナルコンピュータで解析するには、ハード上の制約や分析に用いるモデルに違いがあるので、それぞれに難点がある。“DIALL”、“DAG”ともに大型計算機を使用する前提でプログラムが作られているので、記憶容量に制限のあるパーソナルコンピュータでの使用はかなり困難である。特に、“DAG”は、統計解析用ソフト“GENSTAT”に依存したプログラムなので、“GENSTAT”なしにはプログラムの移植も不可能である。“DIALL”では、混合モデルを用いる林木の育種試験で当然考慮する組合せと反復との交互作用を計算しないので、一般組合せ能力の分散推定値は利用できるが、特定組合せ能力の分散は混合モデルによる推定値よりも過大に計算される可能性がある。また、1つのダイヤレルセットを分析の対象としているので、複数セットの分析には不向きであることも難点である。一方、“DAG”は、上記の“DIALL”の問題点を改善しているが、各分散成分の係数の算出方法が不明確である点に疑問が残る。

分散推定値の信頼度は、反復×組合せで表される試験誤差に左右されるが、交配に使用する親の数や組合せ数によっても大きく異なる。ダイヤレル交配や雌雄同数の要因交配では、親当りの交配関与数を6回以下にとどめて総計50組合せ以上の交配を行うことによって、信頼度の高い推定値が得られると報告されている¹³⁾。この信頼度は分散推定値の分散によって評価するので、交配試験結果の解釈にあたっては、分散推定値の分散を計算しておくことも必要となる。

この報告では、パーソナルコンピュータPC9801を用いて、欠落組合せや欠測プロットを伴う複数の片面ダイヤレル交配セットのデータ解析を行う最小2乗分析プログラムの内容とその使用法をとりまとめた。

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乗法による組合せ能力の推定

このプログラムでは、交配苗の個体毎の測定値を計算の対象とする。個体毎の測定値は、以下の線形モデルによって表されると仮定する。

$$y_{ijkl} = \mu + r_i + g_j + g_k + s_{jk} + rc_{ijk} + e_{ijkl} \cdots (1)$$

ここに、 y_{ijkl} は*i*反復に植栽された*j*番目の親と*k*番目の親との交配組合せに属する1番目の個体の測定値、 μ は解析に用いる集団の平均、 r_i は*i*反復の効果、 g_j と g_k はそれぞれ*j*番目の親と*k*番目の親の一般組合せ能力、 s_{jk} は*j*番目と*k*番目の親との特定組合せ能力、 rc_{ijk} は*j*番目と*k*番目の親の交配組合せと*i*反復との交互作用、そして e_{ijkl} は*i*反復区における*j*番目と*k*番目の親の交配組合せ内の*l*番目の個体の変動を表す。

このモデルにもとずいて、集団平均、反復、一般組合せ能力、特定組合せ能力までの要因を含む正規方程式を作る。まず、以下に示す通常の方法で係数行列とR.H.M. (右辺ベクトル) を計算する。

$$X'X \cdot b = X' \cdot y \cdots (2)$$

ここに、 X は個々のデータに対応する係数行列、 X' はその転置行列、 b は未知数のベクトル、 y はデータベクトルを表す。

つぎに、以下の制約条件を与えるための行列を作り、先の係数行列に付加する。

$$\text{反 復} \quad ; \sum_i r_i = 0,$$

$$\text{一般組合せ能力} ; \sum_j g_j = 0 \quad (\sum_k g_k = 0),$$

$$\text{特定組合せ能力} ; \sum_j s_{jk} = 0 \text{ かつ } \sum_k s_{jk} = 0.$$

ここで、一般組合せ能力については、いくつかの片面ダイヤレル交配に使用した全ての親の一般組合せ能力の和が0と

なる制約条件を設ける。一方、特定組合せ能力に関しては、各ダイアレルセット内で実際に組合せが存在するもののみ
に上記の制約条件を与える。制約条件を付加するための行列は、Fig. 1 に示す形式となり、演算の際には個々のデータ
に対応する係数行列：Xの後尾に追加する。したがって、正規方程式の係数行列は、(2)で得た $X'X$ と制約条件を表す Xr'
 Xr との和となる。

$$(X'X + Xr'Xr) \cdot b = X' \cdot y \cdots (3)$$

組合せ能力の推定値は、(3)式を解くことによって得る。一般組合せ能力の推定値は、各ダイアレルセット間の差を無

要 因 Factors	平均 Mean	反 復 Rep.	一般組合せ能力 G.C.A.		特定組合せ能力 S.C.A.	
	μ	r_i	$g_j, (g_k)$		S_{jk} セット1 セット2	
反 復 Rep.	0	1, ----, 1	0, -----, 0		0, ----, 0	0, ----, 0
一般組合せ能力 G.C.A.	0	0, ----, 0	1, -----, 1		0, ----, 0	0, ----, 0
セット1 Set1	0	0, ----, 0	0, -----, 0		1, ----, 1 2)	0, ----, 0
特定組合せ能力 S.C.A.	0	0, ----, 1	0, -----, 0		1, ----, 1	0, ----, 0
セット2 Set2	0	0, ----, 0	0, -----, 0		0, ----, 0	1, ----, 1 2)
	0	0, ----, 1	0, -----, 0		0, ----, 0	1, ----, 1

Fig. 1 各要因に制約条件を与える行列 (Xr) の要素表示

Elements of a matrix imposing restrictions on Reps., G.C.A. and SCA¹⁾

注 1) ダイアレル2セットの場合。

Note Data is composed of two sets of diallels in this case.

2) 特定組合せ能力において、各ダイアレルセットの行数は親の数に等しく、交配
組合せが無い場合の要素は0となる。

Number of rows for restriction on S.C.A. is equal to the number of
parents and elements here will be zero if there are missing crosses.

視した制約条件を付加しているので、セット間の差を含む。また、特定組合せ能力の推定値については、各ダイアレル
セット内で実際に組合せが存在するものだけに制約条件を与えるので、交配関与数が少ない場合の精度は十分でない。

2. 2 分散分析と各分散の推定

分散分析表の自由度及び平方和の計算方法は、Table 1 に示した通りである。各要因の自由度は、欠落組合せや欠測
プロットが存在を前提にするので、組合せ、プロット及び個体のそれぞれの総数を用いて算出する。各要因の平方和は、
その要因を含むモデルをあてはめた場合の平方和の減少分からその要因を含まないモデルの平方和の減少分を差し引
いて算出する。最小2乗法によってそれぞれのモデルをあてはめた際の平方和の減少分は、以下の式によって計算する。

$$\text{平方和の減少分} = (X'y)' \cdot (X'X + Xr'Xr)^{-1} \cdot (X'y) \cdots (4)$$

な²⁾、このプログラムでは、R (μ, r) と R (μ, r, c, rc) は未修正の平方和を用いる。

このようにして求めた各要因の平方和をそれぞれの自由度で除して算出する平均平方の期待成分は、Table 2 のとお
りである。分散の係数は、組合せやプロット毎の個体数が不揃いな場合には、全ての値が異なるので、HarveyのIndirect
Method^{3,4)}を用いて個別に算出する。具体的には、完全モデルの正規方程式の係数行列から、それぞれの平方和を求める

Table 1. 各要因の自由度及び平方和の計算方法

Computing procedures of degrees of freedom and sum of squares in the ANOVA table.

要 因 Source	自由度 ¹⁾ d.f.	平 方 和 ²⁾ S.S.
反 復 Replication	$r-5$	—
一般組合せ能力 G.C.A	$g-1$	$R(\mu, r, g) - (\mu, r)$
特定組合せ能力 S.C.A	$s-g$	$R(\mu, r, g, s) - R(\mu, r, g)$
反復×組合せ Rep. × Cross	$p-s-r+1$	$R(\mu, r, c, rc) - R(u, r, g, s)$
プロット内個体 Within plot	$n-p$	$y\bar{y} - R(\mu, r, c, rc)$

注 1) 自由度の欄に示した記号の意味は以下の通り。

Note 1) Symbols used to calculate degrees of freedoms are as follows,

r ; 反復数, g ; 交配に用いた親の総数,
Number of Reps., Total number of parents,
 s ; 交配組合せの総数, p ; プロットの総数,
Total number of crosses, Total number of plots.
 n ; 個体数.
Number of observations.

2) 平方和の欄に用いた $R(\mu, x, y)$ は, (1) 式の μ, x, y までのモデルをあてはめた場合に算出される平方和の減少分を表す。なお, c は組合せを表わし, μ, g, s は (1) 式に同じ。 $R(\mu, x, y)$ denotes a reduction of sum of squares by fitting the model having μ, x and y . Symbols in the parenthesis of $R()$ are the same as in equation (1) except for c which means crosses.

Table 2. 各要因の平均平方の期待成分

Expectations of mean squares.

要 因 Source of variation	平均平方の期待成分 ¹⁾ Expectations of mean squares.
反 復 Replication	—
一般組合せ能力 G.C.A.	$\sigma_w^2 + k4 \cdot \sigma_{rc}^2 + k5 \cdot \sigma_s^2 + k6 \cdot \sigma_g^2$
特定組合せ能力 S.C.A.	$\sigma_w^2 + k2 \cdot \sigma_{rc}^2 + k3 \cdot \sigma_s^2$
反復×組合せ Rep. × Cross	$\sigma_w^2 + k1 \cdot \sigma_{rc}^2$
プロット内個体 Within plot	σ_w^2

注 1) 各分散成分は以下の通り。

Note The variance components are as follows,

σ_g^2 ; 一般組合せ能力, σ_s^2 ; 特定組合せ能力,
due to G.C.A., due to S.C.A.,
 σ_{rc}^2 ; 反復と組合せとの交互作用, σ_w^2 ; プロット内個体.
due to rep. x cross interaction, within plot variation.

2) $k1 \sim k6$ は, 各分散成分の係数 (Table 3 参照)。 $k1 \sim k6$ are coefficients of variance components (see Table 3)

際に用いたモデルに対応する部分行列 (R と N) を抽出して (Fig. 2 参照), 行列 ($R^{-1} \cdot NN'$) を求めた後, その対角要素の和を用いて Table 3 に示す計算を行う。なお, 部分行列 R の逆行列を求めるために, 完全モデルの正規方程式の係数行列のうち, 集団平均から特定組合せ能力の部分までには, 2. 1 に示した制約条件を付加する。

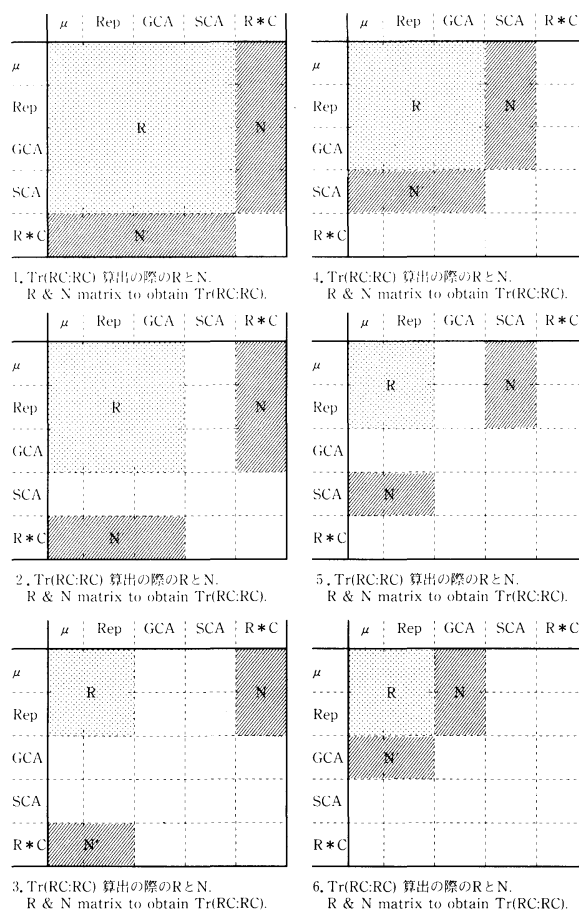


Fig. 2 完全モデルの正規方程式における部分行列R及びNの位置

R and N matrix in the coefficient matrix of normal equation used to calculate traces to compute each coefficient of variance components(see Table3).

Table 3. 各分散成分の係数の算出法

Computing procedures of coefficients of variance components.

係数 Coefficients	算出法 Computing procedures
$k1 = 1/(m-s-r+1) \cdot [n.... - \text{Tr}(\text{RC:RC})]$	
$k2 = 1/(s-g) \cdot [\text{Tr}(\text{RC:RC}) - \text{Tr}(\text{S:RC})]$	
$k3 = 1/(s-g) \cdot [n.... - \text{Tr}(\text{S:S})]$	
$k4 = 1/(g-1) \cdot [\text{Tr}(\text{S:RC}) - \text{Tr}(\text{G:RC})]$	
$k5 = 1/(g-1) \cdot [\text{Tr}(\text{S:S}) - \text{Tr}(\text{G:S})]$	
$k6 = 1/(g-1) \cdot [2 \cdot n.... - \text{Tr}(\text{G:G})]$	

注) 算出法を表す式中の表記は以下の通り。

Note) Symbols in the formulae are as follows.

n....; 分析に用いたデータの総数を表す。

Total number of observations.

Tr(); ()内に示す行列の対角要素の和を示す。なお、それぞれの()内の記号に対応する行列は、正規方程式の部分行列であるRとNを用いて以下の式によって求める (Fig. 2参照)¹⁵⁾。

$$\text{Tr}(*:*) = \text{Tr}(R^{-1} \cdot NN).$$

Trace of the matrix in the parenthesis which are obtained by the above formula using each part of coefficient matrix of normal equation shown in Fig.2.

2. 3 分散推定値の分散

2. 2 で求めた各分散推定値の分散の近似値は、以下の式で計算される¹⁾。

$$\text{Var}(\sigma_i^2) = (2/k^2) \cdot \Sigma_i [MS_i^2 / (df_i + 2)]$$

ここに、kは分散推定値； σ_i^2 の係数、 MS_i^2 及び df_i は σ_i^2 を求めるために使用した各平均平方とその自由度を示す。一方、“DIAL”では、各分散の係数行列からそれぞれの推定値を算出するとともに逆行列を求め、以下の式によって推定値の分散を計算している¹⁷⁾。

$$\text{Var}(\sigma_j^2) = 2 \cdot \Sigma_i [c_{ij}^2 \cdot MS_i^2 / (df_i + 2)] \cdots \cdots (5)$$

ここに、 c_{ij} は分散の係数行列の要素を示す (Fig. 3 参照)。本プログラムでは、(5)式によって分散推定値の分散の計算を行っている。

$$\begin{vmatrix} k6 & k5 & k4 & 1 \\ 0 & k3 & k2 & 1 \\ 0 & 0 & k1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}^{-1} = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} \\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} \end{vmatrix}$$

Fig. 3 各分散の係数を用いた行列とその逆行列の関係

注) k1~k6は表2の係数を表し、 c_{ij} は(5)式の要素を示す。

Note) k1~k6 are coefficients in Table 2 and c_{ij} are used in formula (5).

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：DIALSSM
- b) 作成者：栗延 晋
- c) 作成年月：1990. 6
- d) 形式：独立したプログラム
- e) 使用言語：N88BASIC (MS-DOS版)

3. 2 目的

このプログラムは、1か所の試験地における片面不連続ダイヤレル交配による植栽木の個体測定値をデータとして、交配親の一般組合せ能力及び特定組合せ能力の推定を行うとともに分散分析によって各要因の分散の推定値を計算する。

3. 3 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。

- ① ダイヤレルは、1セット及び複数セットのいずれにも対応できる。
- ② 交配組合せの一部に欠落がある場合や欠測プロットを含むデータの分析が可能である。
- ③ 分散分析表から得る各要因の分散推定値の分散が計算されるので、遺伝パラメータの信頼度が確かめられる。
- ④ 交配に使用した親の一般組合せ能力及び各組合せの特定組合せ能力が計算される。

4. 印刷結果の見方

計算の過程及び結果は、以下の5つの部分に分けて出力できる。このうち、4.4の分散分析表及び分散の推定値のみが無条件に出力され、他は出力を選択できる。特に、4.2及び4.3は、計算過程チェックのために出力する部分なので、通常は出力しない方がよい。

4. 1 解析データの出力

解析に用いる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、各データの通し番号、行列Xにおける要素が1となる列番号及び測定値について行う。このうち、各データの行列Xにおける要素が1となる列番号は5つあり、集団の平均値、反復、雌親と雄親それぞれの一般組合せ能力、特定組合せ能力及び反復×組合せの交互作用の順に出力する(1式参照)。ついで、制約条件を付加する行列Xrの要素が1となる列番号を出力する(Fig. 1参照)。ここでは、行列Xrの大きさに合わせて行うので、要素が0の部分も一緒に出力される。

4. 2 正規方程式の出力

組合せ能力の推定及び分散分析の際に使用する特定組合せ能力までの正規方程式の係数行列とそれに対応するR.H.M.を確認する部分で、プログラム実行時にその出力を選択できる。正規方程式の係数行列は行毎に改行して出力する。一方、R.H.M.は、行数分を連続して出力する。多数の交配セットからなるデータでは、1行の要素数が増加するため、出力される行数が数行にわたり、係数行列の判読が困難になる。

4. 3 各種モデルのあてはめによる平方和の減少分と対角要素の和

分散分析表に示される平方和及び分散の係数の確認を行う際に、その出力を選択できる。ここで出力される数値は、Table 1及びTable 3に示した演算によって分散分析表の平方和及び分散の係数となる。また、ここに出力した数値を得るには、4.2で出力した正方程式を用いて、2.2に述べた計算を行うことによって、演算過程を逆にたどることが可能である。

4. 4 分散分析表及び分散の推定値

通常の分散分析表及び分散推定値とその標準誤差を出力する。各分散の係数を用いてそれぞれの変動因の近似的なF検定が行える。また、分散の推定値に関しても、その標準誤差との比較によって信頼性が評価できる。

4. 5 一般組合せ能力及び特定組合せ能力

交配に使用した親の一般組合せ能力及び各組合せの特定組合せ能力の推定値を出力する。特定組合せ能力は、実際に組合せが存在するもののみについて計算されるので、欠落組合せに対しては空白を出力する。なお、2.1に述べたように、一般組合せ能力の合計は0、特定組合せ能力の推定値も親毎に合計すると欠落組合せの有無にかかわらず0となる。

ここで得た組合せ能力と集団平均の値を用いることによって、母樹あるいは組合せ毎の系統苗の推定値は以下の式で計算される。

$$\hat{y}_{j\cdot} = \mu + g_j \cdots \cdots (6)$$

$$\hat{y}_{jk} = \mu + g_j + g_k + s_{jk} \cdots \cdots (7)$$

ここに、 $\hat{y}_{j\cdot}$ は、j番目の親の系統苗の推定値、 $\hat{y}_{jk}$ は、j番目の親とk番目の親との交配苗の推定値を表す。

データ Data	反復No. Rep. no.	セットNo. Set. no.	♀親No. Female no.	♂親No. Male no.	測定値 Value
	5	5	5	5	5
カラム数 Column no.					

Fig. 4 データファイルにおける1レコードの構成
A layout of individual data in the data file.

5. データファイルの作り方

データファイルは、個体毎の測定値を1レコードとした順編成ファイルとする。各レコードには、反復番号、セット番号、セット内の雌親番号、同じく雄親番号、そして測定値の順で各5カラムに数値を書き込む (Fig. 4)。ファイル内のレコードの順序は不動であって構わないが、反復とセットの番号は1から始め、反復数及びセット数で終わるように付ける。また、各セットとも同数の親を使用していなければならない。セット内の親の番号は、雌親に若い番号を用い、雄親の番号は雌親の番号の後に続ける。

1ファイルのデータ量は、交配に用いた親の数がダイアレルのセット数にかかわらず、5,400レコードを上限とする。これは、各個体について、4.1に述べた5つの行番号を主記憶に残すには、1配列変数64KBの制約があるのでデータ量を制限せざるを得ないことによる。

6. プログラム実行の方法

まず、電算機をMS-DOS BASICモードにし、本プログラムを読み込み (LOAD)、データファイルの入っ

```

NEC N-88 BASIC(86) version 5.0
Copyright (C) 1984,85,86,87 by NEC Corporation
334620 Bytes free
Ok
load "B:DIALSSM
Ok
run
Name of data-file      :? B:DIALTST1.DAT
Number of replication  :? 2
Number of diallel-sets :? 2
Number of parents / set :? 4
Number of observation  :? 30
Output Data           (0/1) :? 1
Output Matrix         (0/1) :? 1
Output S.S./Tr.       (0/1) :? 1
Output GCA/SCA        (0/1) :? 1
Program started at 08:11:08
                    finished at 08:22:49
Ok

```

Fig. 5 プログラム実行時の画面表示と計算条件の設定
Input items and options displayed on CRT at the start of the program.

注) この図は、モデルデータの計算条件入力時の事列を示す。

Note) This figure shows input items for sample data-set.

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（Fig. 5 参照）と計算の実行に入る。

6. 1 計算の条件設定

① データファイル名の入力

計算を行うファイル名を入力する。ファイル名の先頭には、計算に用いるデータファイルがあるフロッピーを挿入したドライブ名を付ける。

② 反復数の入力

試験地の反復数を入力する。このプログラムは、乱塊法の設計で交配苗を植栽したデータを分析するので、2 回以上の反復が必要である。ただし、一部の組合せがそれぞれの反復区で欠けていても、分析に支障はない。

③ ダイアルのセット数の入力

分析を行うダイアルのセット数を入力する。1 セットから分析は可能であるが、後述するように2 セット以上になると計算に長時間を要する。

④ セット当りの親の数の入力

セット当りの親の数を入力する。このプログラムでは、各交配セットの親の数は一定であることを前提として分析を行うので、セット毎に親の数が異なる場合には、データファイル作成時に親の数を揃えておかなければならない。

⑤ 個体データ数の入力

分析に用いる個体数（＝レコード数）を入力する。ここで入力する個体数は、たんに電算機の記憶領域を確保することが目的なので、データ数がそれ以上の値を入力すれば良い。

⑥ データの出力

1 を入力すると、4. 1 に述べたように個体毎のデータが出力されるので、分析に先だってデータの確認ができる。0 を入力するとデータは出力されない。

⑦ 正規方程式の出力

1 を入力すると、4. 2 に述べた正規方程式が出力される。0 を入力すると正規方程式は出力されない。

⑧ 平方和及び対角要素の和の出力

1 を入力すると、4. 3 に述べた各種の平方和及び対角要素の和が出力される。0 を入力するとこれらは出力されない。

⑨ 一般及び特定組合せ能力の出力

1 を入力すると、4. 5 に述べた一般及び特定組合せ能力が出力される。0 を入力すると組合せ能力は出力されない。

以上の入力項目のうち、②反復数、③ダイアルのセット数及び④セット当りの親の数については、配列領域の確保とともに演算の制御に直接用いるので、データファイルの内容と異ならないように正確に入力する必要がある。

6. 2 計算の実行と所要時間

このプログラムで、数セットのダイアル交配群を同時に解析するには、かなりの時間を要する。Table 4 に、いくつかのデータセットの計算所要時間を示す。計算時間は、データ量よりも組合せ数によって定まる正規方程式の大きさに左右されると考えられる。

Table 4. 試験規模の異なるデータセットの計算所要時間
Computing time of different size of data-set.

交配様式 Mating size	セット数 Number of sets	反復数 Number of reps.	総親数 Number of parents	組合せ数 Number of Crosses	個体数 Number of plants	計算所要時間 Time to compute (h:m's'')	備 考 Remark
ダイアレル(4×4)	2	2	8	10	30	11'36''	モデルデータ sample data set
ダイアレル(6×6)	1	6	6	14	170	40'06''	
ダイアレル(6×6)	2	6	12	28	415	5:58'35''	
ダイアレル(6×6)	4	6	24	58	899	60:50'40''	

注) 計算には、NEC社のパーソナルコンピュータPC9801RXを使用した。

Note) Personal computer PC9801RX(NEC) was used for computation.

7. 使用例と“DIALL”による計算結果との比較

7. 1 使用例

2セットの4×4片面ダイアレルによるモデルデータ (Fig. 6) を計算した例を示す。このデータは、2反復区に植栽され、セット1の2×4及びセット2の1×4の組合せが欠落している交配苗の個体別測定値である。他の組合せは、それぞれの反復区に植栽されているが、プロット当りの本数は1～2本で不揃いである。

```

TYPE B:DIALTST1.DAT
1      1      1      2      7
1      1      1      2      6
1      1      1      3      7
1      1      1      3      6
1      1      1      4      5
1      1      1      4      5
1      1      2      3      5
1      1      3      4      3
1      1      3      4      3
2      1      1      2      7
2      1      1      2      5
2      1      1      3      5
2      1      1      3      7
2      1      1      4      7
2      1      2      3      6
2      1      2      3      6
2      1      3      4      6
2      1      3      4      5
1      2      1      2      5
1      2      1      2      3
1      2      1      3      5
1      2      2      3      2
1      2      2      4      5
1      2      3      4      5
2      2      1      2      7
2      2      1      3      5
2      2      2      3      5
2      2      2      3      5
2      2      2      4      6
2      2      3      4      5

```

Fig. 6 モデルデータの内容
Contents of a sample data-set.

```

1 1 2 4 5 12 22 7. 2 1 2 4 5 12 22 6. 3 1 2 4 6 13 23 7. 4 1 2 4 6 13 23 6.
5 1 2 4 7 14 24 5. 6 1 2 4 7 14 24 5. 7 1 2 5 6 15 25 5. 8 1 2 6 7 16 26 3.
9 1 2 6 7 16 26 3. 10 1 3 4 5 12 32 7. 11 1 3 4 5 12 32 5. 12 1 3 4 6 13 33 5.
13 1 3 4 6 13 33 7. 14 1 3 4 7 14 34 7. 15 1 3 5 6 15 35 6. 16 1 3 5 6 15 35 6.
17 1 3 6 7 16 36 6. 18 1 3 6 7 16 36 5. 19 1 2 8 9 17 27 5. 20 1 2 8 9 17 27 3.
21 1 2 8 10 18 28 5. 22 1 2 9 10 19 29 2. 23 1 2 9 11 20 30 5. 24 1 2 10 11 21 31 5.
25 1 3 8 9 17 37 7. 26 1 3 8 10 18 38 5. 27 1 3 9 10 19 39 5. 28 1 3 9 10 19 39 5.
29 1 3 9 11 20 40 6. 30 1 3 10 11 21 41 5.

2 3 0 0 0 0 0 0
4 5 6 7 8 9 10 11
0 12 13 14 0 0 0 0
12 0 15 0 0 0 0 0
13 15 0 16 0 0 0 0
14 0 16 0 0 0 0 0
0 17 18 0 0 0 0 0
17 0 19 20 0 0 0 0
18 19 0 21 0 0 0 0
0 20 21 0 0 0 0 0

30 15 15 11 7 11 7 5 8 7 4 4 4 3 3 4 3 2 3 2 2
15 16 1 6 3 5 4 3 4 3 2 2 2 2 1 2 2 1 1 1 1
15 1 16 5 4 6 3 2 4 4 2 2 2 1 2 2 1 1 2 1 1
11 6 5 12 5 5 4 1 1 1 1 1 4 3 0 0 0 0 0 0 0
7 3 4 5 8 4 1 1 1 1 1 4 0 0 3 0 0 0 0 0 0
11 5 6 5 4 12 5 1 1 1 1 1 0 4 0 3 4 0 0 0 0
7 4 3 4 1 5 8 1 1 1 1 0 0 3 0 4 0 0 0 0 0
5 3 2 1 1 1 1 6 4 3 1 0 0 0 0 0 3 2 0 0 0
8 4 4 1 1 1 1 4 9 4 3 0 0 0 0 0 3 0 3 2 0
7 3 4 1 1 1 1 3 4 8 3 0 0 0 0 0 0 2 3 0 2
4 2 2 1 1 1 1 1 3 3 5 0 0 0 0 0 0 0 2 2
4 2 2 4 4 0 0 0 0 0 0 6 1 1 1 0 0 0 0 0
4 2 2 4 0 4 0 0 0 0 0 1 6 1 1 1 0 0 0 0
3 2 1 3 0 0 3 0 0 0 0 1 1 5 0 1 0 0 0 0
3 1 2 0 3 3 0 0 0 0 0 1 1 0 5 1 0 0 0 0
4 2 2 0 4 4 0 0 0 0 0 1 1 1 6 0 0 0 0
3 2 1 0 0 0 3 3 0 0 0 0 0 0 0 5 1 1 1
2 1 1 0 0 0 0 2 0 2 0 0 0 0 0 1 4 1 0
3 1 2 0 0 0 0 3 3 0 0 0 0 0 1 1 5 1
2 1 1 0 0 0 0 2 0 2 0 0 0 0 1 0 1 4
2 1 1 0 0 0 0 2 2 0 0 0 0 0 1 1 1 4

159 72 87 67 42 59 34 25 38 32 21 25 25 17 17 17 15 10 12 11 10

R(u,r) = 850.20
R(u,r,c,rc) = 883.50
R(u,r,g) = 869.20
R(u,r,g,s) = 869.85
y'y = 891.00

Tr(S:RC) = 16.67
Tr(G:S) = 3.33
Tr(G:RC) = 3.33
Tr(S:S) = 24.39
Tr(S:RC) = 14.28
Tr(RC:RC) = 17.21

Source d.f. S.S. M.S. E.M.S.
G.C.A. 7 19.00 2.714 Vw +1.56 Vrc +3.01 Vs +6.19 Vg
S.C.A. 2 0.65 0.324 Vw +1.46 Vrc +2.80 Vs
Rep*Cross 9 13.65 1.517 Vw +1.42 Vrc
W. plot 10 7.50 0.750 Vw

COMPONENTS ESTIMATES S. D.
G.C.A. 0.39159 0.21049
S.C.A. -0.43353 0.25130
REP*CROS 0.53970 0.50357
W.PLOT 0.75000 0.30619

SET PARENT G.C.A. S.C.A.
(Pop. mean = 3.3149) 2 3 4
1 1 1.0606 -0.2083 0.0000 0.2083
1 2 0.0828 0.2083 -0.2083
1 3 -0.1255
1 4 -0.7311

2 1 0.5286 -0.0785 0.0785
2 2 -0.5790 0.0000 0.0785
2 3 -0.9220 -0.0785
2 4 0.6856

```

Fig. 7 モデルデータの計算結果の出力例

An output of the results of the sample data-set.

このデータファイルを用いて計算する時の入力画面はFig. 5のとおりである。この図では、4に述べた全ての項目の出力を行う選択を行っている。

計算結果は、Fig. 7のように出力される。

なお、このプログラムを用いて実際の交配苗の分析を行った事例は、スギ及びアカマツについて本研究報告に掲載されている^{8,9,16)}。

7. 2 他のプログラムによる計算結果との比較

先のモデルデータを、“DIALL”で分析した結果をTable 5に示す。はじめに述べたように“DIALL”の出力結果は、反復×組合せの交互作用を分割していない点で本プログラムの結果と異なる。その他の平方和及び分散の係数については、丸めの誤差を無視すると両方の計算結果は一致する。分散に関しては、一般組合せ能力の推定値は一致するが、“DIALL”では反復×組合せの交互作用が誤差分散の一部として取り扱われるの

Table 5. モデルデータを“DIALL”で分析した場合の計算結果
ANOVA Table of sample data-set calculated by “DIALL”¹⁾

変動因 Source of variation	自由度 degrees of freedom	平方和 Sum of square	平均平方 Mean square	期待成分 Expectations of mean square
反復 Replication	1	7.500	7.500	$V_w + 0.13V_s + 0.20V_g + 15.00V_r$
一般組合せ能力 G.C.A.	7	18.998	2.714	$V_w + 3.01V_s + 6.19V_g$
特定組合せ能力 S.C.A.	2	0.649	0.324	$V_w + 2.80V_s$
誤差 Error	19	21.153	1.113	V_w
分散 Variance components	推定 Estimates	標準偏差 Standard deviation of error		
反復 Replication	0.4230	0.4088		
一般組合せ能力 G.C.A.	0.3954	0.2105		
特定組合せ能力 S.C.A.	-0.2815	0.1474		
誤差 Error	1.1133	0.3436		

1) A computer program published as “DIALL” by SHAFFER and USASIS(1969).

で、特定組合せ能力とプロット内個体分散の推定値は異なる。一般に、反復×組合せの交互作用が大きいと、“DIALL”で推定される特定組合せ能力の分散は、本プログラムの推定値よりも大きくなると推測される。

7. 3 本プログラムによる要因交配の分析

要因交配はダイアレル交配の一部ともみなせるので、母樹と花粉親の和をセット内の親数として入力すると、本プログラムで分析が行える (Fig. 8 参照)。

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21個のサブルーチン副プログラムを結合して構成している (Fig. 9)。主プログラムは、必要なサブルーチンへの移動のみを行い、入力、計算及び出力はすべてサブルーチン副プログラムで実行する。

♀ ♂	1	2	3	4	5	6	7	8
1		—	—	—	○	○	○	○
2			—	—	○	○	○	○
3				—	○	○	○	○
4					○	○	○	○
5						—	—	—
6							—	—
7								—
8								

Fig. 8 ダイアレル交配と要因交配との関係

Relationship between diallel mating and factorial mating. 4x4 factorial mating is regarded to be 8x8 diallel mating with 8 missing crosses.

注) ○：要因交配で実施する組合せ。

Note) Crosses made as a factorial mating.

—；本プログラムで欠落組合せとして扱う部分。

Missing crosses when it treated as a diallel.

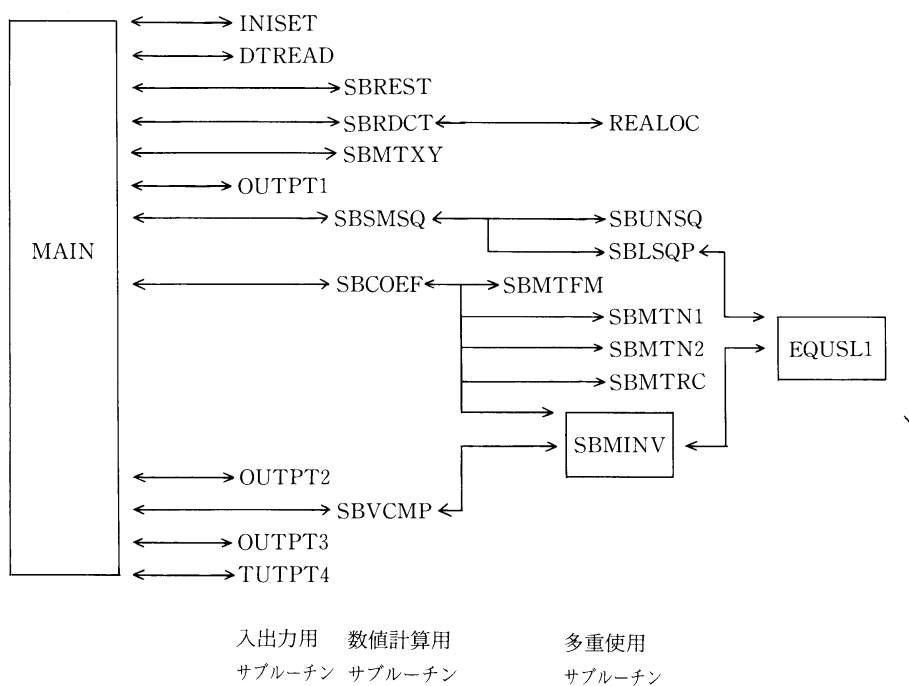


Fig. 9 メインプログラムとサブルーチン副プログラムとの関係

Structures of the program. Main program is connected with 21 subroutine programs.

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概説する。

[INISSET]

ファイル名、反復数、交配セット数等や出力項目の選択に関するパラメータの入力を受けるとともに、変数配列領域を確保する。

[DTREAD]

ファイルから個体データの読み込みを行う。

[SBREST]

反復と一般組合せ能力に関する制約条件を付加する。

[SBRDCT]

[REALOC] を用いて係数行列Xの再構成を行うとともに、特定組合せ能力の制約条件を付加する。

[REALOC]

欠落組合せと欠測プロットの有無を確かめて、係数行列Xの列番号の置き換えを行う。

[SBMTXY]

$(X'X + X_r'X_r)$ 及び $(X' \cdot y)$ の演算を行い、正規方程式を作る。

[SBSMSQ]

[SBLSQP] 及び [SBUNSQ] を用いて、各要因の平方和と平均平方を計算する。

[SBLSQP]

最小2乗法によってモデルを当てはめた際の平方和の減少分を計算する。

[SBUNSQ]

未修正の平方和を計算する。

[SBMTFM]

反復×組合せの交互作用に関する行列 (MTS) を生成する。

[SBCOEF]

[SBMTN 1], [SBMTN 2], [SBMINV] 及び [SBMTRC] を用いて、各分散の係数を計算する。

[SBMTN 1]

正規方程式の係数行列の一部をNとする行列を用いて、 NN' の演算を行う。

[SBMTN 2]

反復×組合せの交互作用に関する行列を用いて、 NN' の演算を行う。

[SBMINV]

正規方程式の係数行列の一部をRとする行列を抽出して、 R^{-1} を求める。

[SBMTRC]

行列 $(R^{-1}NN')$ の対角要素の和を算出する。

[SBVCMP]

[SBMINV] 及び [SBMTRC] を用いて、各分散の推定と推定値の分散を計算する。

[EQUUSL 1]

平方和及び逆行列を計算する際に、連立方程式の解を算出する。

[OUTPT 1]

正規方程式の出力を行う。

[OUTPT 2]

分散分析表の出力を行う。

[OUTPT 3]

各分散の推定値とそれらの標準誤差の出力を行う。

[OUTPT 4]

組合せ能力の出力を行う。

8. 3 主要変数及び主要配列

主要変数及び主要配列は、Table 6 及びTable 7 のとおり。

Table 6. 主要変数一覧表
Main variables in the program

変数名 Name of variables	意 味 Meaning	変数名 Name of variables	意 味 Meaning
NRP	反復数 Number of reps.	NRC	プロット数 Number of plots
NST	ダイヤレルのセット数 Number of diallels	M	正規方程式の行列数 Size of normal equation
NGC	セット内の親数 Number of parents per diallels	NRST	制約条行列の行数 Number of rows of matrix for restriction
NT	個体数 Number of observations	NEQ	行列の大きさを表す引き数 Size of matrix
NSC	組合せ数 Number of cosses	MEAN	集団の平均 Population mean

9. 入出力機器

- ① 計算機 : PC9801（主記憶容量：640KB）
- ② オペレーティングシステム：MS-DOS
- ③ プリンター : 136桁プリンター

10. 制限及び注意事項

いくつかの事項はこれまでに述べているが、以下にまとめて示す。

10. 1 制限事項

- ① データ数 $\leq 5,400$
- ② $2 \leq$ 反復数
- ③ 1セット当りの親の数 ≤ 9 でかつ各セット同数であること。
- ④ $2 \leq$ 親当りの交配関与数

10. 2 注意事項

- ① 組合せ能力の推定値

本プログラムでは、親当りの交配関与数が2回以上であれば、一連の分析は可能である。ただし、2～3回しか交配に使用されていない親の一般組合せ能力及び特定組合せ能力の推定値の信頼性は高くない。

Table 7. 主要配列一覧表
Main arrays in the program

配列名 Name of array	意 味 Meanings	本文中の表記 Notations in the text
DX	個体測定値 Data of observations	; y
PX	データ行列 Data matrix	; X
PY	制約条件行列 Restriction matrix	; Xr
MTB	正規方程式の係数行列 Coefficient matrix of normal equation	; X'X + Xr'Xr
VTB	正規方程式の右辺ベクトル (R.H.M.); R.H.M. of normal equation	X'y
MTS	正規方程式の係数行列に付随する交互作用の行列 Assosiate matrix with MTB matrix	
GCA	一般組合せ能力の推定値 Estimates of G.C.A.	
SCV	特定組合せ能力 Estimates of S.C.A.	
BEC	連立方程式を解く際に使用する作業用配列 Working array used to solve equation	
RINV	逆行列を求める際に使用する作業用配列 Working array used to compute inverse matrix	
NNM	行列NN'を求める際に使用する作業用配列 Working array used to compute NN' matrix	

② 配列変数領域の上限

正規方程式の係数行列 (MTB) 及び正規方程式の係数行列に付随する交互作用の行列 (MTS) の大きさに注意する必要がある。いずれも、1 配列変数として取り扱うので、整数型として指定できる要素の数は 32,767個が上限となる。行列がこの大きさを上回ると、システムの方でメモリー不足のメッセージを表示してプログラムの実行は打ち切られる。

プログラム実行時に確保される正規方程式の係数行列の大きさ (n) は、以下の式で計算できる。

$$n = 1 + r + s \cdot g' + s [g' (g' - 1) / 2] \dots\dots(8)$$

ここに、rは反復数、sはセット数、g'はセット内の親の数を表わす。また、正規方程式の係数行列に付随する交互作用の行列の行数は(8)式の値となるが、列数 (p) は次の式で計算される。

$$p = r \cdot s [g' (g' - 1) / 2] \dots\dots(9)$$

この行列の列数は、反復数が3以上になると大きな値を取る所以、分析用のデータファイルを作成する前に記憶容量が確保できるかどうか ($n \cdot p \leq 32,767$) を確かめておくことが望ましい。6 × 6 片面ダイアレルの場合には、4 セットで6 反復の試験規模が記憶容量のほぼ上限と言える。

11. お わ り に

このプログラムは、筆者がノースカロライナ州立大学に滞在中に開発したものである。開発に際して、同大学のDr. Namkoong及びDr. Roberdsの両氏からは、大型計算機の使用の便宜を与えて頂くとともに有益なご助言を賜った。また、関東林木育種場の河崎久男博士からは、このプログラム作成上の有益なヒントを与えて頂くとともに、取りまとめに際しても数式等の表記方法についてご助言を得た。以上の各位に対して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) BECKER, W. A.: Manual of quantitative genetics. Fourth edition, Academic Enterprises, Pullman, Washington, 186pp. (1984)
- 2) DEAN, C. A. and R. L. CORRELL: Analysis of diallel mating with missing values, *Silvae Genetica* **37**, 187-193, (1988)
- 3) FOWLER, D. P.: Strategies for the genetic improvement of important tree species in the Maritimes, Information Report M-X-156, Canadian Forest Service - Maritimes, 30pp. (1986)
- 4) 古越隆信: 交雑育種事業の技術開発に関する研究計画, 林木の育種No**117**, 17-20, (1980)
- 5) HARVEY, W. A.: Least squares analysis of data with unequal subclass numbers, USDA Agricultural Res. Science and Education Administration, 157pp. reprinted in 1979
- 6) HARVEY, W. A.: Mixed model capabilities of LSML76, *Journal of Animal Science* vol. **54**, 1279-1285, (1982)
- 7) KANOWSKI, P. J.: Use of Kung's method for estimating parental effects in an irregular mating design, *Silvae Genetica* **36**, 185-200, (1987)
- 8) 川村忠士: アカマツ精英樹クローンの交配家系によるみしょう採種林の設定, 林育研究No**9**, (1990) 発表予定
- 9) 河崎久男: モデル育種集団林の造成, 林育研報No**9**, (1990) 発表予定
- 10) KRIEBEL, H. B., G. NAMKOONG and R. A. USANIS: Analysis of genetic variation in 1-, 2-, and 3-year old eastern white pine in incomplete diallel cross experiments, *Silvae Genetica* **21**, 44-48, (1972)
- 11) KUNG, F. H.: Estimating parent effects in full-sib progeny tests following use of an irregular mating design, *Silvae Genetica* **27**, 196-200, (1978)
- 12) LOWE, W. J. and J. P. van BUIJTENEN: The development of a sublining system in an operational tree improvement program, In Proc. IUFRO Conf. Joint Meeting of Working Parties on Breeding Theory, Progeny Testing and Seed Orchards, Oct. 12-17, VA, 98-106, (1986)
- 13) NAMKOONG, G. and J. H. ROBERTS: Choosing mating designs to efficiently estimate genetic variance components for trees, *Silvae Genetica* **23**, 43-53, (1974)
- 14) NAMKOONG, G., H.C.KANG and J. S. BROUARD: Tree Breeding: Principles and Strategies, Springer-Verlag, New York, 180pp. (1988)
- 15) MORGENSTRN, E. K.: A diallel cross in black spruce, *Picea mariana* (Mill.) B. S. P., *Silvae Genetica* **23**, 67-70, (1974)
- 16) 佐々木研, 河村嘉一郎, 千葉幸弘: スギ交雑苗木の1-1年生時における苗高についての組み合わせ能力と遺伝率の推定, 林育研報No**9**, (1990) 発表予定
- 17) SHAFFER, H. E. and R. A. USANIS: General least squares analysis of diallel experiments. A computer program - DIALL. Genetics Dept. Res. Rep. No1, North Carolina State Univ., Raleigh, N. C. 61pp., (1969)
- 18) SHELBOURNE, C. J. A.: New approaches in breeding radiata pine, In Proc. IUFRO Conf. Joint Meeting

- of Working Parties on Breeding Theory, Progeny Testing and Seed Orchards, Oct. 12-17, VA, 269-284, (1986)
- 19) TALBERT, J. T.: An advanced-generation breeding plan for the N. C. state university-industry pine tree improvement cooperative, *Silvae Genetica* **28**, 72-75, (1979)
- 20) WEIR, R. J. and R. E. GODDARD: Advanced generation operational breeding programs for Loblolly and Slash pine, Southern Cooperative Series Bulletin No. 309, 21-26, (1986)

A personal computer program for the analysis of disconnected half-diallel mating by least square method

Susumu K_{URINOBU}⁽¹⁾

Summary

A personal computer program to analyse data from disconnected half-diallel mating is presented with its mathematical procedures and its operational manual. The program is capable of estimating general combining abilities (G. C. A.) and specific combining abilities (S. C. A.) from data with missing crosses or missing plots, because the estimation is made by solving the normal equation having G. C. A. and S. C. A. restrictions. It also output the variance component estimates and their standard errors under the mixed models.

An outline of the analysis

An individual tree data to be analyzed in the program is assumed to have a linear model (1). A matrix imposing restrictions of replications, G. C. A. and S. C. A. are separately formed (Fig.1), then it is added to the coefficient matrix of normal equation as shown in equation (3). Combining abilities are the solutions of the equation (3).

A form of analysis of variance is shown in Table 1 and Table 2. Sum of squares for each factors are obtained by subtracting the reductions of sum of squares in the smaller models from that of larger models. Coefficients of variance components are calculated by Harvey's indirect method as shown in Table 3 and in Fig.2.

Procedures for operation

A layout of data for the analysis is shown in Fig. 4. Individual tree data should be allocated on one record with its replication number, number of diallel set and those of female parent, male parent within the set.

The program starts computing, after the file-name, total number of replications, diallel sets, parents per set and observations are typed as shown in Fig.5. The program has four optional output in addition to the ANOVA table. Detailed information in calculation will be output, if "1" is typed on those items.

Output of the analysis

Fig.6 shows a sample data set which has 30 observations being composed of two sets of 4×4

(1) Kanto Forest Tree Breeding Institute

half-diallels in two replications. The output of analysis is shown in Fig.7. The same data set analyzed by "DIALL"(SHAFFER & USANIS 1969) is summarized in Table 5. Both program gave the same estimates on G. C. A., while those on S. C. A. are different because of the difference in the mathematical model.

Restrictions in operation

Although the program was written in BASIC with the intention to be used by personal computers, its use is limited because of computing speed and memory capacity of the computers (64 KB per array). Main restrictions are as follows,

- 1) Data size should not exceed 5,400 records.
- 2) A size of the matrix defined by $p \times n$ should not exceed 32,767, where n is the size of coefficient matrix of normal equation which is given by formula (8) and n is given by formula (9). Symbols used in these formulae are r ; number of replications, s ; number of parents per diallels.
- 3) It will take long time to compute with the increase of the number of crosses as shown in Table 4.

Another restrictions with the program are as follows,

- 1) Number of replications should be equal or greater than 2.
- 2) Number of parents per diallel should be equal and less than 9.
- 3) Number of crosses per parent should be greater than 2.

```

100 REM A program for the analysis of diallel mating
110 REM ----- Multiple sets & single trait analysis -----
120 REM -- Set-effects are ignored in estimating G.C.A. --
130 REM program name "DIALSSM"
140 CLEAR
150 OPTION BASE 1
200 GOSUB *INISSET
210 PRINT "Program started at ";:PRINT TIME$
220 GOSUB *DTREAD
240 GOSUB *SBREST
260 GOSUB *SBRDCT
280 GOSUB *SBMTXY
300 IF OPT2=1 THEN GOSUB *OUTPT1
320 GOSUB *SBSMSQ
340 GOSUB *SBCOEF
360 GOSUB *OUTPT2
380 GOSUB *SBVCOMP
400 GOSUB *OUTPT3
420 IF OPT4=1 THEN GOSUB *OUTPT4
440 PRINT "finished at ";:PRINT TIME$
500 END

1000 *INISSET
1010 REM subroutine to input initial conditions
1020 INPUT " Name of data-file      ";FLP$
1030 INPUT " Number of replication  ";NRP
1040 INPUT " Number of diallel-sets ";NST
1050 INPUT " Number of parents / set ";NGC
1060 INPUT " Number of observation  ";NT
1070 INPUT " Output Data      (0/1) ";OPT1
1080 INPUT " Output Matrix    (0/1) ";OPT2
1090 INPUT " Output S.S./Tr.  (0/1) ";OPT3
1100 INPUT " Output GCA/SCA   (0/1) ";OPT4
1110 NTL=NT+NST*NGC+2:NTP=NST*NGC:NRST=NST*NGC+2
1120 NSC=NST*(NGC*(NGC-1)/2)
1130 NRC=NRP*NSC
1140 M=1+NRP+NST*NGC+NSC
1150 REM Allocate dimentions for variables
1160 DIM DX(NT),PX%(NTL,6),PY%(NRST,NTP)
1170 DIM MTB%(M,M),MTS%(M,NRC),MTC(NGC,NGC,NST),VTB(M)
1180 DIM BEC(M,M+1),IIX%(M+1),JJX%(M+1)
1190 DIM RINV(M,M),NNM(M,M)
1200 DIM GCA(NTP),SCA(NSC),SCV(NST,NGC,NGC),NAM(NSC)
1210 RETURN

1300 *DTREAD
1310 REM Subroutine to read data for analysis
1320 REM Data read-in
1330 SSQ=0!:N=0
1340 LRP=1+NRP:MCR=NGC*(NGC-1)/2
1350 LGC=1+NRP+NST*NGC
1360 OPEN FLP$ AS #1
1370 IF EOF(1) THEN 1530
1380 LINE INPUT #1,X$
1390 N=N+1
1400 RPX=VAL(MID$(X$,1,5)):NSX=VAL(MID$(X$,6,5))
1410 GCX=VAL(MID$(X$,11,5)):GCV=VAL(MID$(X$,16,5))
1420 DX(N)=VAL(MID$(X$,21,5))
1430 PX%(N,1)=1
1440 PX%(N,2)=1+RPX
1450 PX%(N,3)=LRP+NGC*(NSX-1)+GCX
1460 PX%(N,4)=LRP+NGC*(NSX-1)+GCV
1470 NCR=NGC*(NGC-1)/2-(NGC-GCX)*(NGC-GCV)
1480 PX%(N,5)=LGC+MCR*(NSX-1)+NCR
1490 PX%(N,6)=M+NST*MCR*(RPX-1)+MCR*(NSX-1)+NCR
1500 MTC(GCX,GCV,NSX)=MTC(GCX,GCV,NSX)+1
1510 SSQ=SSQ+DX(N)*DX(N)
1520 GOTO 1370
1530 CLOSE #1
1540 NT=N
1550 RETURN

```

Fig.10 プログラムリスト (その1)
Program list (Part 1)

```

1600 *SBREST
1610 REM Subroutine to add lines for restrictions
1620 REM Clear the elements of rows for restriction
1630 FOR I=1 TO NRST
1640 FOR J=1 TO NTP
1650 PY%(I,J)=0
1660 NEXT J
1670 NEXT I
1680 REM Restriction for Rep.
1690 FOR J=1 TO NRP
1700 PY%(1,J)=1+J
1710 NEXT J
1720 REM Restrictions for GCA
1730 FOR I=1 TO NTP
1740 PY%(2,I)=LRP+I
1750 NEXT I
1760 RETURN

1800 *SBRDCT
1810 REM Subroutine to reduce X-matrix according to the missing data
1820 REM sort in elemens of SCA
1830 KX=LGC
1840 LX=M
1850 MSX=0:IX=5
1860 GOSUB *REALOC
1870 MSSC=MSX
1880 REM sort in elements of Rep.* Cross
1890 KX=M
1900 LX=M+NRC
1910 IX=6
1920 GOSUB *REALOC
1930 REM Rearrange Parameters
1940 M=M-MSSC
1950 NSC=NSC-MSSC
1960 NRC=NRC-MSX+MSSC
1970 REM Impose restrictions & rename cross-combinations for SCA
1980 NCX=0
1990 FOR IZ=1 TO NST
2000 FOR IX=1 TO NGC
2010 FOR IY=1 TO NGC
2020 IF IX=> IY THEN 2100
2030 IF MTC(IX,IY,IZ)=0 THEN 2100
2040 NCX=NCX+1
2050 LX=2+(IZ-1)*NGC+IX
2060 LY=2+(IZ-1)*NGC+IY
2070 NAM(NCX)=100*IZ+10*IX+IY
2080 PY%(LX,IY)=LGC+NCX
2090 PY%(LY,IX)=LGC+NCX
2100 NEXT IY
2110 NEXT IX
2120 NEXT IZ
2130 REM Print out the results
2140 IF OPT1 <> 1 THEN 2250
2150 FOR I=1 TO NT
2160 LPRINT USING"#### # * * * * # * * * * #.#";
      I,PX%(I,1),PX%(I,2),PX%(I,3),PX%(I,4),PX%(I,5),PX%(I,6),DX(I);
2170 IF 1-5*INT(I/5)=0 THEN LPRINT
2180 NEXT I
2185 LPRINT
2190 FOR I=1 TO NRST
2200 FOR J=1 TO NTP
2210 LPRINT USING"####";PY%(I,J);
2220 NEXT J
2230 LPRINT
2240 NEXT I
2250 RETURN

```

Fig.10 プログラムリスト (その2)
Program list (Part 2)

```
2300 *REALOC
2310 REM Subroutine to reallocate elements based on the missing data
2320 FOR I=KX+1 TO LX
2330 MX=0
2340 FOR J=1 TO NT
2350 IF PX%(J,IX)=I THEN PX%(J,IX)=I-MSX:MX=1
2360 NEXT J
2370 IF MX = 0 THEN MSX=MSX+1
2380 NEXT I
2390 RETURN

2400 *SBMTXY
2410 REM Subroutine to form MTB & VTB by X-Matrix
2420 FOR IX=1 TO M
2430 IF IX = 1 THEN IPX=1 ELSE IF IX <= LRP THEN IPX=2
      ELSE IF IX <= LGC THEN IPX=3 ELSE IPX=5
2440 VTB(IX)=0!
2450 FOR IY=1 TO M
2460 IF IX > IY THEN 2680
2470 IF IY = 1 THEN IPY=1 ELSE IF IY <= LRP THEN IPY=2
      ELSE IF IY <= LGC THEN IPY=3 ELSE IPY=5
2480 MTX=0:MTZ=0
2490 FOR JX=1 TO NT
2500 IF PX%(JX,IPX)=IX AND PX%(JX,IPY)=IY THEN MTX=MTX+1
2510 IF IPX<>3 AND IPY<>3 THEN 2580
2520 IF IPX=3 AND IPY=3 THEN 2550
2530 IF IPX=3 AND IPY<>3 THEN 2560
2540 IF IPX<>3 AND IPY=3 THEN 2570
2550 IF PX%(JX,IPX+1)=IX AND PX%(JX,IPY+1)=IY THEN MTX=MTX+1
2560 IF PX%(JX,IPX+1)=IX AND PX%(JX,IPY)=IY THEN MTX=MTX+1
2570 IF PX%(JX,IPX)=IX AND PX%(JX,IPY+1)=IY THEN MTX=MTX+1
2580 NEXT JX
2590 FOR JZ=1 TO NRST
2600 ZX=0:ZY=0
2610 FOR JP=1 TO NTP
2620 IF PY%(JZ,JP)=IX THEN ZX=1
2630 IF PY%(JZ,JP)=IY THEN ZY=1
2640 NEXT JP
2650 IF ZX*ZY=1 THEN MTZ=MTZ+1
2660 NEXT JZ
2670 MTB%(IX,IY)=MTX+MTZ:MTB%(IY,IX)=MTX+MTZ
2680 NEXT IY
2690 FOR J=1 TO NT
2700 IF PX%(J,IPX)=IX THEN VTB(IX)=VTB(IX)+DX(J)
2710 IF IPX=3 AND PX%(J,IPX+1)=IX THEN VTB(IX)=VTB(IX)+DX(J)
2720 NEXT J
2730 NEXT IX
2740 RETURN
```

Fig.10 プログラムリスト (その3)
Program list (Part 3)

```

3000 *SBSMSQ
3010 REM Subroutine to calculate Sum of Squares
3020 REM Calculate R(U,R) by conventional way
3030 IX=2:KX=1:LX=LRP
3040 GOSUB *SBUNSQ
3050 RDRP=USQ
3060 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" R(u,r)      = #####.###";RDRP
3070 REM Calculate R(U,R,C,RC) by conventional way
3080 IX=6:KX=M:LX=M+NRC
3090 GOSUB *SBUNSQ
3100 RDRC=USQ
3110 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" R(u,r,c,rc)= #####.###";RDRC
3120 REM Calculate R(U,R,G) by least square method
3130 NEQ=LGC
3140 GOSUB *SBLSQP
3150 RDRG=RDSS
3160 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" R(u,r,g)      = #####.###";RDRG
3170 REM Calculate R(U,R,G,S) & Combining effects by least square method
3180 NEQ=M
3190 GOSUB *SBLSQP
3200 RRGs=RDSS
3210 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" R(u,r,g,s) = #####.###";RRGs
3215 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING"      y'y      = #####.###";SSQ
3220 REM Store G.C.A. estimates & S.C.A. estimates
3230 KX=LRP:LX=LGC
3240 FOR I=KX+1 TO LX
3250 GCA(I-KX)=BEC(I,M+1)
3260 NEXT I
3270 KX=LGC:LX=M
3280 FOR I=KX+1 TO LX
3290 SCA(I-KX)=BEC(I,M+1)
3300 NEXT I
3305 MEAN=BEC(1,M+1)
3310 REM Calculate sum of squares for GCA, SCA, Rep*Cross & W.plot
3320 SSGCA=RDRG-RDRP
3330 SSSCA=RRGs-RDRG
3340 SSRCR=RDRC-RRGs
3350 SSWPL=SSQ-RDRC
3360 REM Calculate degrees of freedom
3370 IGCA=NST*NGC-1
3380 ISCA=NSC-NST*NGC
3390 IRCR=NRC-NSC-NRP+1
3400 IWPL=NT-NRC
3410 REM Calculate mean squares
3420 SMGCA=SSGCA/IGCA
3430 SMSCA=SSSCA/ISCA
3440 SMRCR=SSRCR/IRCR
3450 SMWPL=SSWPL/IWPL
3460 RETURN

3500 *SBLSQP
3510 REM Subroutine to calculate sum of square by least square method
3520 FOR L = 1 TO NEQ
3530 FOR K = 1 TO NEQ
3540 BEC(L, K) = MTB%(L, K)
3550 NEXT K
3560 BEC(L, NEQ+1) = VTB(L)
3570 NEXT L
3580 REM Solve the normal equation
3590 NVAR = NEQ:NVARY = NEQ+1
3600 GOSUB *EQU1
3610 RDSS = 0!
3620 FOR L = 1 TO NEQ
3630 RDSS=RDSS+VTB(L)*BEC(L, NEQ+1)
3640 NEXT L
3650 RETURN

```

Fig.10 プログラムリスト (その4)
Program list (Part 4)

```

3700 *SBUNSQ
3710 USQ=0!
3720 FOR I=KX+1 TO LX
3730 NY=0: SX=0
3740 FOR J=1 TO NT
3750 IF PX%(J,IX) <> I THEN 3770
3760 NY=NY+1: SX=SX+DX(J)
3770 NEXT J
3780 USQ=USQ+SX*SX/NY
3790 NEXT I
3800 RETURN

4000 *SBCOEF
4010 REM Subroutine to calculate coefficients of variance components
4020 REM ---- A part to compute Trace of RN'N-Matrices ----
4030 REM Form MTS-matrix which is outside the MTB-matrix
4040 KX=0: LX=M
4050 KY=M: LY=M+NRC
4060 GOSUB *SBMTFM
4070 REM Calculate Tr(G:G) for k6
4080 JX=LRP: KX=LRP: LX=LGC: NEQ=JX
4090 GOSUB *SBMINV
4100 GOSUB *SBMTN1
4110 GOSUB *SBMTRC
4120 TRGG=TRCX
4130 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" Tr(S:RC) = #####.##";TRGG
4140 REM Calculate Tr(G:S) for k5
4150 JX=LRP: KX=LGC: LX=M: NEQ=JX
4160 GOSUB *SBMTN1
4170 GOSUB *SBMTRC
4180 TRGS=TRCX
4190 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" Tr(G:S) = #####.##";TRGS
4200 REM Calculate Tr(G:RC) for k4
4210 JX=LRP: KX=M: LX=M+NRC: NEQ=JX
4220 GOSUB *SBMTN2
4230 GOSUB *SBMTRC
4240 TRGC=TRCX
4250 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" Tr(G:RC) = #####.##";TRGC
4260 REM Calculate Tr(S:S) for k3
4270 JX=LGC: KX=LGC: LX=M: NEQ=JX
4280 GOSUB *SBMINV
4290 GOSUB *SBMTN1
4300 GOSUB *SBMTRC
4310 TRSS=TRCX
4320 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" Tr(S:S) = #####.##";TRSS
4330 REM Calculate Tr(S:RC) for k2
4340 JX=LGC: KX=M: LX=M+NRC: NEQ=JX
4350 GOSUB *SBMTN2
4360 GOSUB *SBMTRC
4370 TRSC=TRCX
4375 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" Tr(S:RC) = #####.##";TRSC
4380 REM Calculate Tr(RC:RC) for k1
4390 JX=M: KX=M: LX=M+NRC: NEQ=JX
4400 GOSUB *SBMINV
4410 GOSUB *SBMTN2
4420 GOSUB *SBMTRC
4430 TRCC=TRCX
4440 IF OPT3=1 THEN LPRINT USING" Tr(RC:RC)= #####.##";TRCC
4450 REM calculate k(i) by using Tr(X)
4460 K6=(2*NT-TRGG)/IGCA
4470 K3=(NT-TRSS)/ISCA
4480 K1=(NT-TRCC)/IRCR
4490 K5=(TRSS-TRGS)/IGCA
4500 K4=(TRSC-TRGC)/IGCA
4510 K2=(TRCC-TRSC)/ISCA
4520 RETURN

```

Fig.10 プログラムリスト (その5)
Program list (Part 5)

```

4600 *SBMTFM
4610 REM Subroutine to generate MTS-matrix from X-matrix
4620 LPRINT
4630 FOR IX=KX+1 TO LX
4640 IF IX = 1 THEN IP=1 ELSE IF IX <= LRP THEN IP=2
      ELSE IF IX <= LGC THEN IP=3 ELSE IP=5
4650 FOR IY=KY+1 TO LY
4660 MTX=0
4670 FOR J=1 TO NT
4680 IF PX%(J,IP)=IX AND PX%(J,6)=IY THEN 4720
4690 IF IP <> 3 THEN 4730
4700 IF PX%(J,IP+1)=IX AND PX%(J,6)=IY THEN 4720
4710 GOTO 4730
4720 MTX=MTX+1
4730 NEXT J
4740 MTS%(IX-KX,IY-KY)=MTX
4750 NEXT IY
4760 NEXT IX
4770 RETURN

4800 *SBMTN1
4810 REM Subroutine to calculate N*N' using MTB-matrix
4820 FOR I=1 TO JX
4830 FOR J=1 TO JX
4840 NNX=0!
4850 FOR K=KX+1 TO LX
4860 NNX=NNX+MTB%(I,K)*MTB%(K,J)
4870 NEXT K
4880 NNM(I,J)=NNX
4890 NEXT J
4900 NEXT I
4910 RETURN

5000 *SBMTN2
5010 REM Subroutine to calculate N*N' using MTB-matrix
5020 FOR I=1 TO JX
5030 FOR J=1 TO JX
5040 NNX=0!
5050 FOR K=1 TO LX-KX
5060 NNX=NNX+MTS%(I,K)*MTS%(J,K)
5070 NEXT K
5080 NNM(I,J)=NNX
5090 NEXT J
5100 NEXT I
5110 RETURN

5200 *SBMTRC
5210 REM Subroutine to calculate Tr(invR*NN')
5220 TRCX=0!
5230 FOR I=1 TO JX
5240 FOR J=1 TO JX
5250 TRCX=TRCX+RINV(I,J)*NNM(J,I)
5260 NEXT J
5270 NEXT I
5280 RETURN

5300 *OUTPT1
5310 REM Subroutine to printout Normal equation for Diallel analysis
5320 LPRINT
5330 FOR I=1 TO M
5340 FOR J=1 TO M
5350 LPRINT USING"####";MTB%(I,J);
5360 NEXT J
5370 LPRINT
5380 NEXT I
5390 LPRINT
5400 FOR I=1 TO M
5410 LPRINT USING"#####.";VTB(I);
5420 NEXT I
5430 LPRINT
5440 RETURN

```

Fig.10 プログラムリスト (その6)
Program list (Part 6)

```

5500 *OUTPT2
5510 REM Subroutine to print-out ANOVA-table
5520 LPRINT
5530 LPRINT" Source      d.f.      S.S.      M.S.      E.M.S."
5540 LPRINT USING" G.C.A.      ###      #####      #####";IGCA,SSGCA,SMGCA;
5550 LPRINT USING" Vw +###.## Vrc +###.## Vs +###.## Vg";K4,K5,K6
5560 LPRINT USING" S.C.A.      ###      #####      #####";ISCA,SSSCA,SMSCA;
5570 LPRINT USING" Vw +###.## Vrc +###.## Vs";K2,K3
5580 LPRINT USING" Rep*Cross      ###      #####      #####";IRCR,SSRCR,SMRCR;
5590 LPRINT USING" Vw +###.## Vrc";K1
5600 LPRINT USING" W. plot      ###      #####      #####";IWPL,SSWPL,SMWPL;
5610 LPRINT" Vw"
5620 RETURN

5700 *SBMINV
5710 REM Subroutine to compute inverse of assigned part of MTB
5720 FOR I = 1 TO NEQ
5730 FOR J = 1 TO NEQ
5740 RINV(I,J) = 0!
5750 IF I <> J THEN GOTO 5770
5760 RINV(I,J) = 1!
5770 NEXT J
5780 NEXT I
5790 FOR N = 1 TO NEQ
5800 FOR K = 1 TO NEQ
5810 BEC(K, NEQ+1)=RINV(K,N)
5820 FOR L = 1 TO NEQ
5830 BEC(K,L)=MTB%(K,L)
5840 NEXT L
5850 NEXT K
5860 NVAR =NEQ:NVARY=NEQ+1
5870 GOSUB *EQUUSL1
5880 FOR MM= 1 TO NEQ
5890 RINV(MM,N) = BEC(MM,NEQ + 1)
5900 NEXT MM
5910 NEXT N
5920 RETURN

6700 *OUTPT3
6710 REM Subroutine to output the estimates of variance components
6720 LPRINT:LPRINT" COMPONENTS ESTIMATES S. D."
6730 LPRINT USING" G.C.A.      ###.#####      ###.#####";VCM(1),VVR(1)
6740 LPRINT USING" S.C.A.      ###.#####      ###.#####";VCM(2),VVR(2)
6750 LPRINT USING" REP*CROS      ###.#####      ###.#####";VCM(3),VVR(3)
6760 LPRINT USING" W.PLOT      ###.#####      ###.#####";VCM(4),VVR(4)
6770 RETURN

6800 *OUTPT4
6810 REM Subroutine to output combining abilities
6820 FOR L=1 TO NSC
6830 IX=INT(NAM(L)/100)
6840 JX=INT((NAM(L)-100*IX)/10)
6850 KX=NAM(L)-100*IX-10*JX
6860 SCV(IX,JX,KX)=SCA(L)
6870 NEXT L
6880 LPRINT:LPRINT" SET PARENT      G.C.A.      S.C.A"
6890 LPRINT USING" (Pop. mean = ###.#####)      ";MEAN;
6900 FOR I=2 TO NGC
6910 LPRINT USING" ##      ";I;
6920 NEXT I
6930 LPRINT
6940 FOR I=1 TO NST
6950 FOR J=1 TO NGC
6960 KX=NGC*(I-1)+J
6970 LPRINT USING" ##      ##      #####";I,J,GCA(KX);
6980 FOR K=2 TO NGC
6990 IF MTC(J,K,I)>0 THEN LPRINT USING" ###.#####";SCV(I,J,K);
ELSE LPRINT"      ";
7000 NEXT K
7010 LPRINT
7020 NEXT J
7030 LPRINT
7040 NEXT I
7050 RETURN

```

Fig.10 プログラムリスト (その7)
Program list (Part 7)

```

7200 *EQUSSL1
7210 REM Subroutine to solve normal equation
7220 FOR II = 1 TO NVAR
7230 IIX%(II) = II
7240 JJX%(II) = II
7250 NEXT II
7260 FOR II = 1 TO NVAR
7270 PIV = BEC(II, II)
7280 IMAX = II
7290 JMAX = II
7300 FOR JJ = II TO NVAR
7310 FOR KK = II TO NVAR
7320 IF ABS(PIV) >= ABS(BEC(KK, JJ)) THEN GOTO 7360
7330 PIV = BEC(KK, JJ)
7340 IMAX = KK
7350 JMAX = JJ
7360 NEXT KK
7370 NEXT JJ
7380 IF IMAX = II AND JMAX = II THEN GOTO 7580
7390 REM Change on row
7400 FOR JJ = 1 TO NVAR
7410 RESV = BEC(II, JJ)
7420 BEC(II, JJ) = BEC(IMAX, JJ)
7430 BEC(IMAX, JJ) = RESV
7440 NEXT JJ
7450 JXRSV = JJX%(II)
7460 JJX%(II) = JJX%(IMAX)
7470 JJX%(IMAX) = JXRSV
7480 REM Change on colum
7490 FOR KK = 1 TO NVAR
7500 RESV = BEC(KK, II)
7510 BEC(KK, II) = BEC(KK, JMAX)
7520 BEC(KK, JMAX) = RESV
7530 NEXT KK
7540 IXRSV = IIX%(II)
7550 IIX%(II) = IIX%(JMAX)
7560 IIX%(JMAX) = IXRSV
7570 REM Sweep out
7580 BEC(II, II) = 1!
7590 IF ABS(PIV) < 1E-09 THEN GOTO 7990
7600 FOR JJ = 1 TO NVAR
7610 BEC(II, JJ) = BEC(II, JJ) / PIV
7620 NEXT JJ
7630 FOR LL = 1 TO NVAR
7640 IF LL = II THEN GOTO 7700
7650 RESV = BEC(LL, II)
7660 BEC(LL, II) = 0!
7670 FOR JJ = 1 TO NVAR
7680 BEC(LL, JJ) = BEC(LL, JJ) - RESV * BEC(II, JJ)
7690 NEXT JJ
7700 NEXT LL
7710 NEXT II
7720 REM Rearrange on colum
7730 FOR II = 1 TO NVAR
7740 FOR JJ = II TO NVAR
7750 IF JJX%(JJ) = II THEN JXRSV = JJ
7760 NEXT JJ
7770 IF JXRSV <= II THEN GOTO 7840
7780 FOR JJ = 1 TO NVAR
7790 RESV = BEC(JJ, II)
7800 BEC(JJ, II) = BEC(JJ, JXRSV)
7810 BEC(JJ, JXRSV) = RESV
7820 NEXT JJ
7830 JJX%(JXRSV) = JJX%(II)
7840 NEXT II
7850 REM Rearrange on row
7860 FOR II = 1 TO NVAR
7870 FOR JJ = II TO NVAR
7880 IF IIX%(JJ) = II THEN IXRSV = JJ
7890 NEXT JJ
7900 IF IXRSV <= II THEN GOTO 7970
7910 FOR JJ = 1 TO NVAR
7920 RESV = BEC(II, JJ)
7930 BEC(II, JJ) = BEC(IXRSV, JJ)
7940 BEC(IXRSV, JJ) = RESV
7950 NEXT JJ
7960 IIX%(IXRSV) = IIX%(II)
7970 NEXT II
7980 RETURN
7990 STOP
8000 PRINT ERR, ERL

```

Fig.10 プログラムリスト (その8)
Program list (Part 8)

```
6000 *SBVCMP
6010 REM Subroutine to calculate variance components & their variances
6020 REM Allocate elements of coefficient matrix 'CVM(I,J)' & 'SMS(I)'
6030 NEQ=4
6040 FOR I=1 TO NEQ
6050 FOR J=1 TO NEQ
6060 RINV(I,J)=0!
6070 IF I=J THEN RINV(I,J)=1!
6080 IF I=1 AND J=1 THEN CVM(I,J)=K6
6090 IF I=1 AND J=2 THEN CVM(I,J)=K5
6100 IF I=1 AND J=3 THEN CVM(I,J)=K4
6110 IF I=2 AND J=2 THEN CVM(I,J)=K3
6120 IF I=2 AND J=3 THEN CVM(I,J)=K2
6130 IF I=3 AND J=3 THEN CVM(I,J)=K1
6140 IF J=4 THEN CVM(I,J)=1!
6150 IF I>J THEN CVM(I,J)=0!
6160 NEXT J
6170 IF I=1 THEN SMS(I)=SMGCA
6180 IF I=2 THEN SMS(I)=SMSCA
6190 IF I=3 THEN SMS(I)=SMRCR
6200 IF I=4 THEN SMS(I)=SMWPL
6210 NEXT I
6220 REM Calculate variance components by using coefficient matrix
6230 FOR L=1 TO NEQ
6240 FOR K=1 TO NEQ
6250 BEC(L,K)=CVM(L,K)
6260 NEXT K
6270 BEC(L,NEQ+1)=SMS(L)
6280 NEXT L
6290 NVAR=NEQ:NVARY=NEQ+1
6300 GOSUB *EQUSSL1
6310 FOR K=1 TO NEQ
6320 VCM(K)=BEC(K,NEQ+1)
6330 NEXT K
6340 REM Calculate inverse of coefficient matrix 'CVM(I,J)'
6350 FOR N=1 TO NEQ
6360 FOR K=1 TO NEQ
6370 BEC(K,NEQ+1)=RINV(K,N)
6380 FOR L=1 TO NEQ
6390 BEC(K,L)=CVM(K,L)
6400 NEXT L
6410 NEXT K
6420 GOSUB *EQUSSL1
6430 FOR MM=1 TO NEQ
6440 RINV(MM,N)=BEC(MM,NEQ+1)
6450 NEXT MM
6460 NEXT N
6470 REM Calculate variances of variance components
6480 FOR I=1 TO NEQ
6490 VVX=0!
6500 FOR J=1 TO NEQ
6510 IF I>J THEN GOTO 6570
6520 IF J=1 THEN IDFX=IGCA+2
6530 IF J=2 THEN IDFX=ISCA+2
6540 IF J=3 THEN IDFX=IRCR+2
6550 IF J=4 THEN IDFX=IWPL+2
6560 VVX=VVX+2*(RINV(I,J)^2)*(SMS(J)^2)/IDFX
6570 NEXT J
6580 VVR(I)=SQR(VVX)
6590 NEXT I
6600 RETURN
```

Fig.10 プログラムリスト (その9)
Program list (Part 9)