

林型区分における顔形グラフ表示の利用*

石橋 整 司**

I. はじめに

天然林施業を論ずる際、しばしば話題になるものに林型区分がある。これは、広範多様な天然林をいくつかの林型に分類し、林型毎に同一の施業をおこなっていこうという考え方であり、従来より多くの研究報告がなされている。^{18~29)} 林型の区分方法は、西川²⁴⁾、田中ら²⁷⁾の2報告と他とに大別される。前者は多変量解析法、特にクラスター分析法と主成分分析法によって林型を区分する方法、後者はいくつかの項目を決め、その組み合わせで林型を決める方法である。

林型区分法について筆者が残念に思うのは、いずれの方法も結果の表示という面での配慮が十分とはいえない点である。特に多変量解析法を用いる場合、形式的な分類は機械的にできる。しかし、その結果得られた各グループの特徴がどこにあるのかを決めることが難しい。西川²⁴⁾、田中ら²⁷⁾はクラスター分析法と主成分分析法を併用し、さらにもとの資料の数値を検討したうえで林型を決定している。

林型区分の表示において、より直感的な方法、よりわかりやすい方法、さらに、より親しみやすい方法はないものであろうか。このような観点から筆者は、顔形グラフを用いた一つのアプローチをおこなった。ここに、その結果を報告する。

II. 顔形グラフについて

顔形グラフ (Face graph) は、1973年にアメリカのヘルマン・チャーノフ (CHERNOFF, H.) によって考案されたグラフ表示の手法である (注1)。多次元データの変量一つ一つを眼、鼻、口といった人間の顔の造作に対応させ、顔の表情として表現する。ここでは、紹介の意味もかねて顔形グラフについて少し詳しく説明しよう。

注1) チャーノフは1971年にスタンフォード大学のTechnical Report¹⁾において顔形グラフを提案し、その後1973年に同論文の内容をまとめてJournal of American Statistical Association²⁾に報告している。日本の多くの文献に、顔形グラフは1973年に提案されたと記載されているのは、後者の論文を“一般に報告した年”として扱っているためと思われる。ここでも、この表記にしたがった。

* Seiji ISHIBASHI : The use of face graph to represent the types of natural forests

**東京大学農学部 Fac. of Agric., Univ. of Tokyo, Tokyo, 113

1 なぜ顔のグラフを使うのか

我々はデータの特性、変化を理解するために、しばしばグラフを利用する。これは、数値そのものを見るより種々のグラフを用いる方が、より感覚的、直感的に理解できるからである。研究報告において「可能なものは表形式よりも図化することが望ましい」とされるのも同様の理由からであろう。しかし、容易にグラフ化できるのは2次元か、せいぜい3次元のデータまでである。一方、より多変量のデータを扱う必要がしばしば起きてくる。顔形グラフは、こうした多変量データをもグラフ化し、1, 2次元のグラフ同様、データ解析の助けにしようとする試みの1つである。

チャーノフ²⁾は、グラフ化の方法として顔を選んだ理由を

“People grow up studying and reacting to faces all of the time. Small and barely measurable differences are easily detected and evoke emotional reactions from a long catalogue buried in the memory. Relatively large differences go unnoticed in circumstances where they are not important. This implies that the human mind subconsciously operates as a highspeed computer, filtering out insignificant visual phenomena and focusing on the potentially important. Particular valuable is this flexibility in disregarding non-informative data and searching for useful information. It is this flexibility which is lacking in standard computer programs.

Moreover, this ability is great when applied to the study of faces.”と述べている。つまり、人間は常に顔に反応し学びながら成長するので、顔を読み取る能力が進んでいる。特に、無益なデータを無視し有用な情報を見つけ出す柔軟性はコンピュータにも優っている、というのである。さらに、画の正確さについて

“Experience with caricatures and cartoons would seem to indicate that the need for realistic faces on pictures is not great and that lack of realism is compensated for, at least in part, by the ability to caricaturize.”として、画の現実性は大きな要素ではなく、コンピュータによる漫画的な画法でも十分役に立つと述べている。

2 江副の誘画法

チャーノフとほぼ同じ頃、同様な方法が日本において考案されていた。江副の誘画法がそれである。江副⁵⁾は、誘画について「ひとことでいえば『誘画とは漫画に似たグラフ』であり、くわしくは『多変量データを人の顔など、われわれにとつてできるだけみじかなパターンに変換し、これを人間のパターン認識を利用して直感的に比較・分類・解析し、必要な情報を誘発するためのテレビ人間のためのグラフ』である。」と述べている。その発想の本質は、チャーノフと同じであり「指標を直感的に探す方法」の考案にある。脇本¹⁴⁾は、この2法について「チャーノフの方法がコンピュータの利用を意図してシステマティックな処理を特徴とするのに対して、江副の方法は自由な人手の操作に頼ることだけが異なり、グラフ表現の意図する内容および適用の仕方は共通といえる。」とまとめている。しかし、残念な事にコンピュータの便利さ、容易さの前に、人間による手作りの良さはいまひと

つ普及しなかったようである。

3 顔形グラフは何に使えるのか

チャーノフ²⁾は顔形グラフの用途として

“It can be used to aid in cluster analysis, discrimination analysis, and to detect substantial changes in time series.” すなわち、クラスター分析、判別分析における補助および時系列における変化を探しだすことを挙げている。一方、江副⁵⁾は誘画法について「誘画は、シミュレーションの途中経過を表すのにも適しており、また誘画部分も顔だけではなく身体の部分も入れ、各誘画を時系列的に重ねてゆけば、映画の原理で誘画は動き始め、テレビのコマーシャルやマンガをみているのと変わらなくなるであろう。」としている。

顔形グラフは棒グラフ、円グラフ、あるいは等高線図やステレオグラムなどと同じくグラフの一種あり、正確さや客観性の点で一般の数値解析に劣る。その真骨頂は、直感的な把握可能性である。松原¹⁰⁾は、顔形グラフと多変量解析とを比較して、表-1のようにまとめ、「人間の顔の微妙な差異としてデータの性格の変化をとらえるのが、フェイス法の真髓である。1., 4. はそれである。しかし、裏からいうと、これは頑健性(ロバストネス)を滅殺してしまうことになる。また、微妙、漠然とした差異の検出を人間の脳生理学的作用の中にとり込み(いわゆる、‘イメージ’の形成もその一つであろう)その中で処理するので、確率の要請は放棄される。」と述べている。また、国沢⁹⁾は、「フェイス法は、経済現象のような複雑な対象を扱う場合のかなり有力な方法になりうるように思われる。しかし、それはあくまでも、問題発見の能力を高める手段であって、そこからより厳密な分析が始まることはいうまでもない。」として、問題発見の補助としての利用を強調している。この点について筆者は、チャーノフ^{1, 2, 3)}自身が“Graphical method of representing”(表示のグラフ的方法)である、と述べているように、第一に表現、表示として用いるべきものであり、さらに、クラスター分析などの補助として威力を発揮するものであると考えている。さて、いままでみてきたように、顔形グラフは人間の直感力を最大限に生かそうとする手法であり、一方クラスター分析との相補性に優れている。クラスター分析によりいくつかのクラスターに分割し、しかるのち顔形グラフによって各クラスターの特徴を吟味すれば、クラスター分析にありがちな区分要因決定の困難性が多少とも緩和されるのではないだろうか。また、以下の実例を見ればわかると思うが、難しい数字が並んでいるのと違い、顔の絵は親しみやすく、思わず笑いをさそう。生の数字ではなかなか判定しにく

表-1 多変量解析と顔形グラフとの比較(松原¹⁰⁾による)

| 項 目 | 多変量解析 | 顔形グラフ |
|------------|--------|-------|
| 1. 微小変化の検出 | できない | できる |
| 2. 頑健性 | ある程度あり | あまりない |
| 3. 誤差の処理 | できる | できない |
| 4. 実感(訴求力) | ない | ある |
| 5. 集団・個の連絡 | できる | できない |

いことも、顔形グラフを使えば比較的容易に特徴をつかめる場合も少なくない。解析の結果を他の人に伝える際にも便利である。これらの特徴を林型区分の解析結果に利用してみようというのが本報告の内容である。

4 顔形グラフの描き方

顔形グラフには種々の変形があり、一般に「多変数のデータを顔で表示するグラフ」は、すべて顔形グラフと呼ばれている^{4, 7, 12)}が、本報告では、チャーノフの顔形グラフに限定してその描き方を説明する。また、日本の文献の多くには脳本らによってアレンジされたグラフが用いられているので、前者をチャーノフタイプ、後者を脳本タイプとして、両者の違いについても触れることにする。なお、以下は文献^{1, 2, 7, 9, 13, 14, 15, 16)}をもとに筆者がまとめたものである。

顔形グラフは、1枚のグラフに最大18個の変数まで描けるようになっている。図-1は顔形グラフを作成するための基本構成図、表-2は顔を描くパラメータとの対応を示してものである。まず、顔

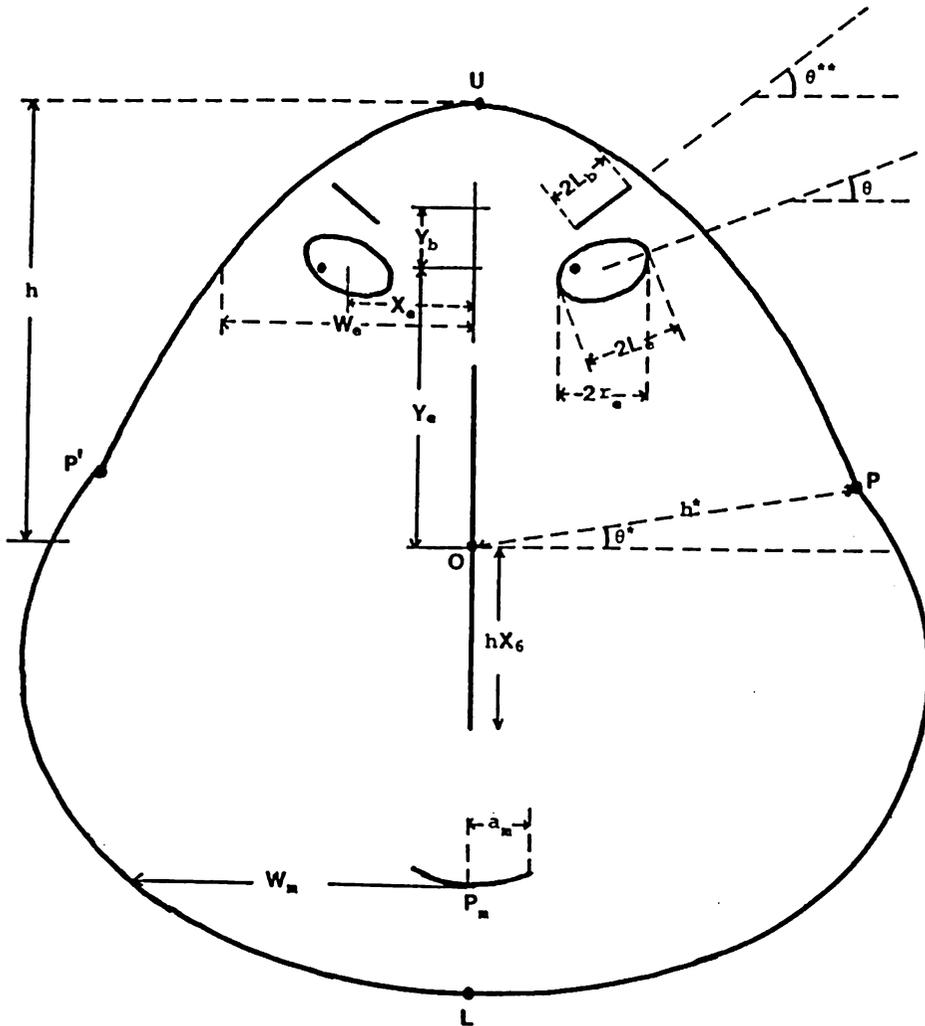


図-1 顔形グラフ：基本構成図（チャーノフ¹⁾による）

表-2 変量と顔を描くパラメータとの対応 (チャーフ¹⁾, 脇本¹⁵⁾ をもとに作成)

| 変量 | パラメータ | 変換式 | 顔の特性 |
|----------|---------------|---|---|
| X_1 | h^* | $h^* = \frac{1}{2} (1 + X_1) H$ | OPの長さ、Hは顔の大きさの倍率 |
| X_2 | θ^* | $\theta^* = (2 X_2 - 1) \pi / 4$ | X軸とOPの角度 |
| X_3 | h | $h = \frac{1}{2} (1 + X_3) H$ | 顔のOU (=OL)の長さ |
| X_4 | X_4 | | 顔の上半分の楕円の離心率 (チャーフタイプでは顔の上半分の楕円の水平軸/垂直軸の比) |
| X_5 | X_5 | | 顔の下半分の楕円の離心率 (チャーフタイプでは顔の下半分の楕円の水平軸/垂直軸の比) |
| X_6 | X_6 | | 鼻の長さ ($h X_6$) |
| X_7 | p_n | $p_n = h \{ X_7 + (1 - X_7) X_6 \}$ | 口の位置 |
| X_8 | X_8 | | 口の曲率 (半径 $h / X_8 $) |
| X_9 | a_n | $a_n = X_9 (h / X_8)$ または $a_n = X_9 W_n$ | 口の幅 |
| X_{10} | Y_e | $Y_e = h \{ X_{10} + (1 - X_{10}) X_6 \}$ | 眼の位置 |
| X_{11} | X_e | $X_e = W_e (1 + 2 X_{11} / 4)$ | 眼の中心の離れ具合 |
| X_{12} | θ | $\theta = (2 X_2 - 1) \pi / 5$ | 眼の傾き |
| X_{13} | X_{13} | | 眼の楕円の離心率 (チャーフタイプでは眼の楕円の垂直軸/水平軸の比) |
| X_{14} | L_e | $L_e = X_{14} \min(X_e, W_e - X_e)$ | 眼の幅の半分 |
| X_{15} | X_{15} | | 瞳の位置 |
| X_{16} | Y_b | $Y_b = 2 (X_{16} + 0.3) L_e X_{13}$ | 眼から眉の位置 |
| X_{17} | θ^{**} | $\theta^{**} = \theta + 2 (1 - X_{17}) \pi / 5$ (チャーフタイプでは $\theta^{**} = \theta + (2 X_{17} - 1) \pi / 5$) | 眉の傾き |
| X_{18} | L_b | $L_b = r_e (2 X_{18} + 1) / 2$ | 眉の長さ ($2 L_b$) |

を以下のような6つの部分に分ける。

- i) 顔の輪郭
- ii) 鼻
- iii) 口
- iv) 眼
- v) 瞳
- vi) 眉

そして、これら6つの部分を構成する要素として18個の変量を以下のようにして与える。

顔の輪郭：グラフの原点をOとして垂直軸について対称な点P, P'により顔を上下2つの部分に分ける。点P, P'は変数 X_1, X_2 により決まる。顔の上下それぞれに変数 X_4, X_5 によって決められる楕円をあてはめる。上半顔はPUP'をとおり離心率 X_4 の, 下半顔はPLP'をとおり離

心率 X_5 の楕円として描く(注2)。ここで、 $OU=OL=h$ であり、 h は X_3 により決まる。楕円の形により、しもぶくれ、とんがり頭、細面、ひょうたん型などの頭ができる。

鼻：原点 O を中心として垂直軸上に、上下に hX_6 の長さの直線で描く。

口： P_{\blacksquare} (X_6 と X_7 で決まる)をとる半径 $h/\sqrt{X_8}$ の円で描く。 X_8 が正ならば上向きの”スマイル”に、負ならば下向きの”アングリー”になる。 $X_8=0$ のはあいは直線となる。口の幅は、円の半径が顔の中におさまれば X_9 ($h/\sqrt{X_8}$)とし、外にはみでる時は X_9W_{\blacksquare} とする。 W_{\blacksquare} は P_{\blacksquare} から顔の輪郭までの距離である(注3)。これらの組み合わせで、おちょぼ口、狼のような大口、スマイルマーク、へへのもへじの口などが描かれる。

眼：原点から (X_e, Y_e) の位置に中心を持つ、傾き θ 、幅 $2L_e$ 、離心率 X_{13} の楕円で描く(注4)。 X_e は X_{11} と W_e で、 Y_e は X_{10} と X_6 で、 θ は X_{12} で、 L_e は X_{14} と W_e で決まる。 W_e は眼の中心をとる顔の幅の半分である。以上により上がり眼、下がり眼、猫の眼などが描ける。

瞳：眼の楕円の中心から水平方向(注5)に $\pm r_e$ ($2X_{15}-1$)の位置に描く。ここで、

$$r_e = (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta / X_{13}^2) L_e$$

である。瞳は、顔形グラフの中で唯一、左右非対称な部分であり、左を向いたり右を向いたりして表情に変化をつけている。

眉：眼の中心から Y_b だけ上の点を中心に傾き θ^{**} 、幅 $2L_b$ の直線で描く。 Y_b は X_{16} 、 L_e と X_{13} で、 θ^{**} は X_{17} で、 L_b は X_{18} と L_e で決まる(注6)。

以上が顔形グラフの描き方である。実際にグラフを描くには、さらに2つの問題が残っている。1つは変数の範囲の設定であり、もう1つは変量の割り当てである。

観測値は、各特性により異なった範囲をとるので、極端な顔が描かれる場合がおこる。そのため、一定の範囲に基準化して用いるのが普通である。通常は、資料の最大値および最小値を、指定した範囲の上限および下限に割り当て、各資料を式(1)によって配分していく方法がとられる。

i番目の変量について

$$X_i = A_i + (B_i - A_i) \{ (Z_i - N_i) / (M_i - N_i) \} \quad (1)$$

ただし、

X_i : 基準化したデータ

Z_i : 生のデータ

注2) 脇本タイプでは、 X_4 、 X_5 が楕円の離心率として扱われる。従って、顔は常に水平方向(幅)を長軸とする楕円で描かれ、 X_4 、 X_5 とも0~1の範囲に限られる。チャーノフタイプでは X_4 、 X_5 が楕円の水平軸/垂直軸の比として扱われる。従って、楕円は水平軸が長軸となる場合も、垂直軸が長軸となる場合もありうる。また、 X_4 、 X_5 とも1以上の値もとりうる。

注3) a_{\blacksquare} として X_9 ($h/\sqrt{X_8}$)と X_9W_{\blacksquare} のどちらをつかうかは、チャーノフタイプでは $h/\sqrt{X_8}W_{\blacksquare}$ と比較して、脇本タイプでは X_9 ($h/\sqrt{X_8}$)と W_{\blacksquare} を比較して判定している。

- A_j : 範囲の下限
 B_j : 範囲の上限
 N_j : 生のデータの最小値
 M_j : 生のデータの最大値

どの変数をどの造作に割り当てるか、という問題には一般的な原則はない。試行錯誤によって望ましい割り当てを探しかなさそうである。チャーノフも、この点については

“Two suggestions that may be useful for the investigator who feels that relatively few features are most discriminating and dose not know which variables carry the useful information are the following : (1) try several permutations of the variables ; (2) assign a sum of several variables to various features so that some variables appear in several features and some features are affected by several variable. ” すなわち、変数を何回か入れ替えること、いくつかの変数の和をいくつかの造作に割り当てることを指摘するにとどまっており、やや弱気である。割り当ての影響については、チャーノフ¹⁾、チャーノフら³⁾の報告がある。また、どの部分が人の表情に大きく関与するかについては、目と口(脇本ら¹⁶⁾)、額の長さ(河口ら⁷⁾)などが挙げられている。

小谷津⁸⁾はパターン認識の立場から人間の顔図形の判定手順について「一つでもある部分的特徴が異なっていることを発見したら、被験者は即座に相違反応を起すことができ、その他の特徴に関してはもはやそれ以上の比較照合を行わないという、いわば大変合理的ともいえる中途打ち切り型の比較走査方式がとられている」「人間には部分的パターン情報を統合して全体のパターン認知に供するという特性がある」としているが、今後こうした面からの検討も必要となってくるであろう。

Ⅷ. 林型区分における利用

筆者も共同でおこなった、田中ら²⁷⁾の林型区分に顔形グラフを利用した。用いた資料は、東京大学北海道演習林内に設定された固定標準地の測定資料である。田中らは6樹種群、6直径階の樹種群別直径階別本数密度分布(表-3(a))を用いたが、本報告では直径階を3つに減らし、18変数に

注4) 眼の楕円は、脇本タイプでは X_{13} を離心率として扱い、水平軸を長軸として描く。チャーノフタイプでは X_{13} を垂直軸/水平軸の比として扱って描く。

注5) 長軸方向ではない。

注6) チャーノフタイプでは、眉の傾きを

$$\theta^{**} = \theta + (2X_{17} - 1) \pi / 5$$

で決め、脇本タイプでは、

$$\theta^{**} = \theta + 2(1 - X_{17}) \pi / 5$$

で決める。

表-3(a) クラスター分析に用いた資料例(樹種群別直径階別本数密度分布)(田中ら²⁷⁾による)

| 樹種群 | 標準地番号 5117 | | 1970年の調査結果 | | | |
|-------------|------------|-----|------------|----|----|----|
| | 直径階 (cm) | | | | | |
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| エゾマツ・アカエゾマツ | 31 | 24 | 17 | 0 | 2 | 2 |
| トドマツ | 124 | 43 | 34 | 29 | 9 | 2 |
| イチイ | 14 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 優良広葉樹群 | 230 | 105 | 30 | 9 | 4 | 4 |
| 一般広葉樹群 | 136 | 30 | 19 | 19 | 7 | 0 |
| 低価値広葉樹群 | 31 | 30 | 13 | 2 | 2 | 0 |

(単位: 本/h a)

直径階: 10cm階 - 5.0~14.9cm
 20cm階 - 15.0~24.9cm
 30cm階 - 25.0~34.9cm
 40cm階 - 35.0~44.9cm
 50cm階 - 45.0~54.9cm
 60cm階 - 55.0cm~

優良広葉樹群: ミズナラ、ヤチダモ、ハリギリ、ウダイカンバ、カツラ、シナノキ、
 オオバボダイジュ、ヒロハノキハダ、アサダ、ハルニレ、オヒョウニレ
 一般広葉樹群: エゾヤマザクラ、シウリザクラ、ホオノキ、キタコブシ、イヌエンジュ、
 オニグルミ、シラカンバ、ダケカンバ、イタヤカエデ、コシアブラ、
 ドロノキ、チョウセンヤマナラシ、ケヤマハンノキ、ヤチハンノキ
 低価値広葉樹群: ヤナギ類、ツリバナ類、ヤマモミジ、オガラバナ、サワシバ、
 ヤマグワ、ナナカマド、アズキナシ、ハクウンボク、ムシカリ、ミズキ、
 ハシドイ、ニガキ、アオダモ、トネリコ、クロウメモドキ、タラノキ、
 エゾニワトコ、ノリウツギ

表-3(b) 顔形グラフ表示に用いた資料例(樹種群別直径階別本数密度分布)

| 樹種群 | 標準地番号 5117 | | 1970年の調査結果 | | |
|-------------|------------|-----|------------|--|--|
| | 直径階 | | | | |
| | 小径木 | 中径木 | 大径木 | | |
| エゾマツ・アカエゾマツ | 55 | 17 | 4 | | |
| トドマツ | 167 | 63 | 11 | | |
| イチイ | 14 | 2 | 0 | | |
| 優良広葉樹群 | 335 | 39 | 8 | | |
| 一般広葉樹群 | 166 | 38 | 7 | | |
| 低価値広葉樹群 | 61 | 15 | 2 | | |

(単位: 本/h a)

直径階: 小径木 - 5.0~24.9cm
 中径木 - 25.0~44.9cm
 大径木 - 45.0cm~

樹種群は表-3(a)と同じ

した(表-3(b))。樹種群については同一の分類に従った。資料総数は、85標準地、のべ 254例である。

田中らは、クラスター分析の結果から

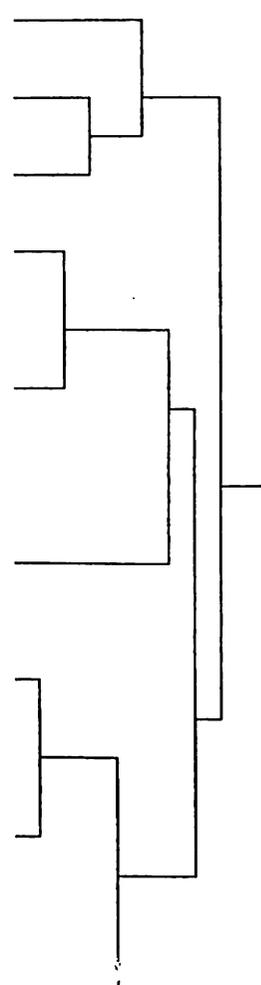
(1) 最大の2つのクラスターは、山火再生林と一般天然林とからなっている。

(2) 最少のクラスターは、すべて同一試験地の時系列資料からなっている。

ことを認め、さらに上位9つのクラスターについて区分・検討した(表-4)。これらの点について顔形グラフを用いて検討してみたい。変量の割り当ては表-5のとおりである。変数の割り当ては、

表-4 多変量解析法による天然生択伐林分の林型区分(田中ら²⁷⁾による)

| 林型 | 樹種および径級構成の特徴 | 摘 要 |
|----|---|-----------------------------------|
| A | L 1、L 2 の小中径木が多い | 優良、一般広葉樹の小中径木を主体とした山火再生林 |
| B | N 2 の小径木が多い | トドマツの小径木が多い山火再生林 |
| C | 広葉樹、特にL 3 の小径木が極めて多い | 低価値広葉樹の小径木が多い山火再生林 |
| D | L 1、L 2 についてN 1、N 2 が小~大径まで分布 | エゾマツ、トドマツを主体とした一般天然林 |
| E | N 1、N 2 が中径木を中心に小~大径まで分布 広葉樹は小中径木が多い DよりもN 2 は多く、L 2 は少ない | |
| F | N 1、N 2 の中大径木が多い | エゾマツ、トドマツの大径木を主体とした標高 700m 以上の奥地林 |
| G | N 2、L 1 の小中径木が多い N 3 の小径木有り L 3 の小径木が多い | 広葉樹小径木が多い トドマツ主体の一般天然林 |
| H | N 2 の小径木が極めて多い N 2 はGよりも多い N 3 の小径木有り L 2、L 3 の小径木が多い | |
| I | N 2 の小径木が極めて多い N 2 はHよりも多い N 3 の小径木有り 広葉樹は少ない | 広葉樹が少ないトドマツ主体の一般天然林 |



N 1 : エゾマツ・アカエゾマツ、N 2 : トドマツ、N 3 : イチイ

L 1 : 優良広葉樹群、L 2 : 一般広葉樹群、L 3 : 低価値広葉樹群

表-5 変量の割り当てと範囲

資料数：254 変量数：18

| 変量 | 顔の特性 | 範囲 | 備考 |
|-----------------|--------|----------|----------------|
| X ₁ | 顔の横幅 | 0.8-1.1 | イチイ中径木 |
| X ₂ | 上下の顔の境 | 0.4-0.8 | イチイ大径木 |
| X ₃ | 顔の長さ | 0.8-1.3 | トドマツ大径木 |
| X ₄ | 上半顔の形 | 1.0-2.0 | トドマツ小径木 |
| X ₅ | 下半顔の形 | 0.8-1.5 | トドマツ中径木 |
| X ₆ | 鼻の長さ | 0.2-0.6 | イチイ小径木 |
| X _{7a} | 口の位置 | 0.3-0.7 | エゾマツ・アカエゾマツ大径木 |
| X _{7b} | 口の形 | -2.0-5.0 | エゾマツ・アカエゾマツ小径木 |
| X ₈ | 口の大きさ | 0.2-0.8 | エゾマツ・アカエゾマツ中径木 |
| X ₉ | 眼の位置 | 0.2-0.9 | 優良広葉樹小径木 |
| X ₁₀ | 眼の間隔 | 0.1-1.0 | 優良広葉樹中径木 |
| X ₁₁ | 眼の傾き | 0.4-1.0 | 一般広葉樹中径木 |
| X ₁₂ | 眼の形 | 0.5-0.9 | 一般広葉樹大径木 |
| X ₁₃ | 眼の大きさ | 0.5-1.0 | 一般広葉樹小径木 |
| X ₁₄ | 瞳の位置 | 0.4-0.8 | 優良広葉樹大径木 |
| X ₁₅ | 眉の位置 | 0.5-1.0 | 低価値広葉樹大径木 |
| X ₁₆ | 眉の傾き | 0.4-0.9 | 低価値広葉樹小径木 |
| X ₁₇ | 眉の長さ | 0.0-1.5 | 低価値広葉樹中径木 |

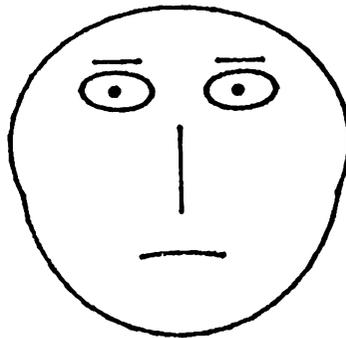


図-2 全資料の平均値の顔形グラフ

同じ樹種群の変量は同じ造作に割り当てるようにした。

おおよそ、顔の輪郭はトドマツとイチイの中大径木、鼻はイチイの小径木、口はエゾマツ・アカエゾマツ、目と瞳は優良および一般広葉樹群、眉は低価値広葉樹群を表している。全資料の平均的な顔は図-2のようになる。

254個のグラフをいきなり検討するのは困難なので、田中らによって区分された9つの林型ごとにその平均値のグラフを描いた。表-6は林型別の平均値、図-3は各林型の平均値の顔形グラフであ

表-6 各林型の平均値

| 樹種群 | 径級 | 林型 | | | | | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|--|
| | | A | B | C | D | E | F | G | H | I | |
| エゾマツ・アカエゾマツ | 小径木 | 4 | 7 | 10 | 56 | 58 | 71 | 9 | 28 | 19 | |
| エゾマツ・アカエゾマツ | 中径木 | 0 | 0 | 0 | 23 | 15 | 52 | 4 | 13 | 5 | |
| エゾマツ・アカエゾマツ | 大径木 | 0 | 0 | 0 | 12 | 9 | 48 | 0 | 3 | 1 | |
| トドマツ | 小径木 | 26 | 468 | 46 | 87 | 250 | 77 | 271 | 471 | 651 | |
| トドマツ | 中径木 | 2 | 2 | 0 | 27 | 106 | 61 | 93 | 158 | 229 | |
| トドマツ | 大径木 | 1 | 0 | 0 | 17 | 26 | 26 | 25 | 13 | 6 | |
| イチイ | 小径木 | 2 | 34 | 17 | 3 | 5 | 2 | 33 | 39 | 49 | |
| イチイ | 中径木 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | |
| イチイ | 大径木 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 優良広葉樹群 | 小径木 | 330 | 518 | 704 | 157 | 137 | 25 | 126 | 75 | 24 | |
| 優良広葉樹群 | 中径木 | 153 | 99 | 112 | 46 | 31 | 12 | 39 | 17 | 21 | |
| 優良広葉樹群 | 大径木 | 1 | 3 | 0 | 15 | 13 | 5 | 15 | 12 | 10 | |
| 一般広葉樹群 | 小径木 | 308 | 196 | 291 | 151 | 91 | 36 | 80 | 124 | 21 | |
| 一般広葉樹群 | 中径木 | 9 | 14 | 12 | 29 | 16 | 15 | 24 | 13 | 1 | |
| 一般広葉樹群 | 大径木 | 2 | 1 | 0 | 4 | 2 | 12 | 9 | 2 | 1 | |
| 低価値広葉樹群 | 小径木 | 82 | 275 | 720 | 53 | 46 | 94 | 187 | 142 | 18 | |
| 低価値広葉樹群 | 中径木 | 1 | 3 | 0 | 6 | 4 | 1 | 10 | 2 | 0 | |
| 低価値広葉樹群 | 大径木 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

(単位：本/h a)

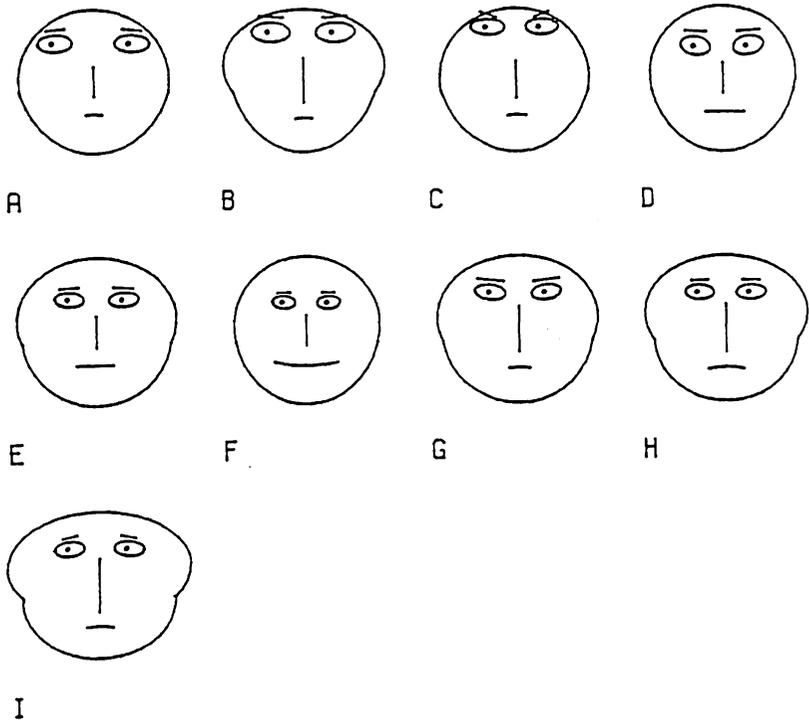


図-3 各林型の平均値の顔形グラフ

る。A～Cは山火再生林、D～Iは一般天然林である。まず目につくのは、Fの笑い顔、Cの眉をつりあげた顔、Iの泣き顔、そしてAの眼の離れた顔、Gの険しい顔、といったところであろうか。山火再生林の顔は、口が小さく眼が大きい、また眼の位置が高く額が狭い。Aはかなり左右の眼の間が離れた「ロンパリ」でBは鼻が長く、Cは眉が上がったきつい顔である。A、Cは細面だが、Bは上半顔にふくらみがある。一方、一般天然林は、みな丸顔だが、H、Iは上半顔とも幅広の顔である。G、H、Iはこの顔で鼻が長くなり、顔幅も広がっていき、眼と眉はだんだん下がってくる。このためGの怒った顔からIの泣き顔まで変化する。D、Eの口は直線的、Fは大きなスマイル顔である。Fの眼はかなり小さい。D、E、とくにEの顔は全体の平均値の顔（図-2）によく似ている。

以上を、もとの変量になおして考える。山火再生林はエゾマツ・アカエゾマツ（口）が少ない。A、Cはトドマツ（輪郭）、イチイ（輪郭、鼻）も少ないが、Bはトドマツの小径木（上半顔の形）、イチイの小径木（鼻の長さ）が多く存在する。いづれも優良広葉樹の小径木（眼の位置）、一般広葉樹の小径木（眼の大きさ）が多く、Aには優良広葉樹の中径木（眼の間隔）も多い。低価値広葉樹の小径木（眉の傾き）はA、B、Cと多くなり、Cでは特徴のある怒り顔になっている。一般天然林は、山火再生林に比べ全体的にトドマツ（輪郭）を中心に針葉樹が豊富である。Fはエゾマツ・アカエゾマツ（口）が小～大径木まで多く、特徴のある笑い顔となっている。G、H、Iは順にイチイの小径木（鼻の長さ）、中径木（顔の横幅）が多くなっていき、低価値広葉樹（眉）は少なくなっていく。この結果、Iでは特徴のある泣き顔になる。D、EはFについてエゾマツ（口）が多い。D、E、とくにEは全資料の平均値に近い林型といえる。ただし、平均値に近い林型とは北海道演習林における平均的林型を意味していないので注意を要する。

これらの結果を表-4の多変量解析法による田中らの区分と比較すると、顔形グラフからかなり正確な情報が得られていることがわかる。

さて、表-4にみられるクラスターの分割順位を顔形グラフで探ってみよう。クラスター分析によれば、A～CとD～Iで第1区分、D～FとG～Iで第2区分、D～EとFとで第3区分となる。こ

表-7 上位4クラスターの区分要因

| 林型 | 眼の位置 | 口の大きさ | 口の形 |
|----|--------------|-------|-------|
| A | 高い (額が狭い) | 小さい | アングリー |
| B | | | |
| C | | | |
| D | 平均 | やや大きい | 水平 |
| E | | 大きい | スマイル |
| F | 低い (額が広い) | やや小さい | アングリー |
| G | | | |
| H | | | |
| I | | | |

こまでの4分割は、表-7のように、口の大きさ、形、眼の位置（額の広さ）で説明できる。すなわち、トドマツの小中径木、優良広葉樹の小径木の存在が大きな区分要因となっていると推察される。さらに細かい分割についてみると、AとB、Cでは眼の間隔と眉の傾き、すなわち優良広葉樹の中径木と低価値広葉樹の小径木の存在が区分要因に、BとCでは鼻の長さと同額の横幅、すなわちイチイの小中径木の存在が区分要因になっている。また、DとEでは額の輪郭と眼の傾き、すなわちトドマツの小中径木と一般広葉樹の中径木に違いがあるといえるが、あまり大きな違いとは思えない。G～Iは眼、眉、額の横幅の違いから、広葉樹とイチイの量が区分要因と思われる。田中らは、DとE、GとHはそれぞれまとめてもよいとしているが、顔形グラフ上でもこれらの間に大きな差はなさそうである。

以上は各林型の平均値をグラフに表して考察した結果であるが、田中らの結果を補足するに十分有効といえよう。

これだけ丁寧にみてくれば、“顔”にも慣れたことと思うので、最後に254例すべての顔形グラフをみてみよう（図-4）。

各々のグラフの右下の数字は資料番号で、グラフはAからIまで林型ごとにまとめてある。各林型に属する資料は次のとおりである。

| 林 型 | 資料番号 | 資料数 |
|-----|----------|------|
| A | 7～ 250 | 29例 |
| B | 189～ 248 | 8例 |
| C | 42～ 246 | 13例 |
| D | 45～ 254 | 37例 |
| E | 4～ 228 | 51例 |
| F | 83～ 252 | 35例 |
| G | 23～ 208 | 23例 |
| H | 1～ 201 | 41例 |
| I | 136～ 222 | 17例 |
| 合 計 | | 254例 |

Aの粗面のロンバリ顔、Bの204～206にみられる特異な顔、Cの怒り顔、変化に富んだD、Eの顔、Fの眼の丸い笑い顔、Gの馬づら、Hの横長の顔、Iの泣き顔などなどみてほしい。細かい検討は始めるときりがないので読者にまかせ、ここでは割愛する。

注目すべき点は、同一標準地の時系列のデータ（7～10、87～89、などのように並んで表示されている）は、途中で伐採が入った資料があるにもかかわらず、その内部での顔の違いが他の標準地の顔との違いよりも小さいことである。田中らの示したクラスタリングの特徴の1つを顔形グラフによって確かめることができるのである。今後、時系列変化の追跡、という面でも顔形グラフの活用の余地

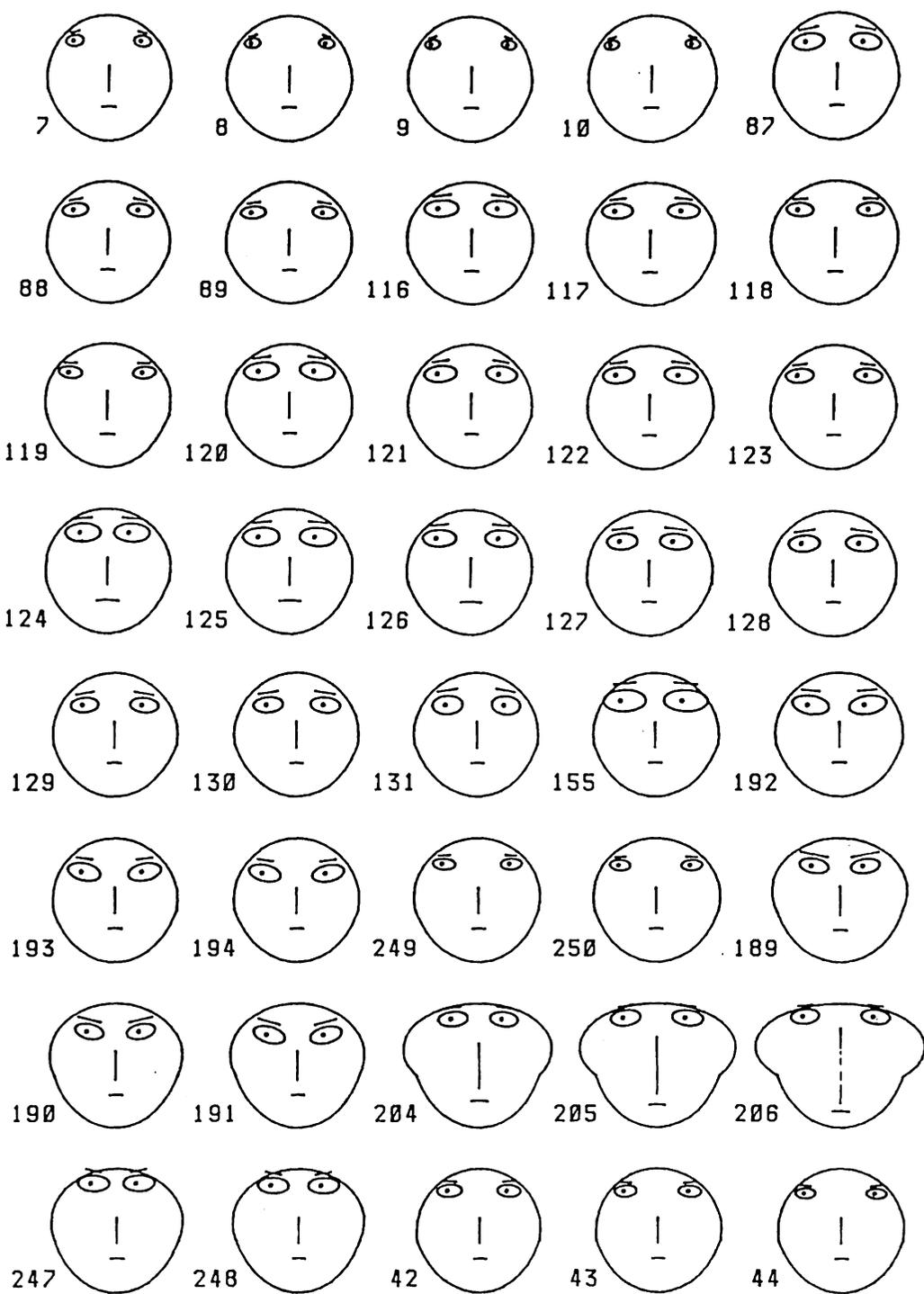


図-4 資料ごとの顔形グラフ

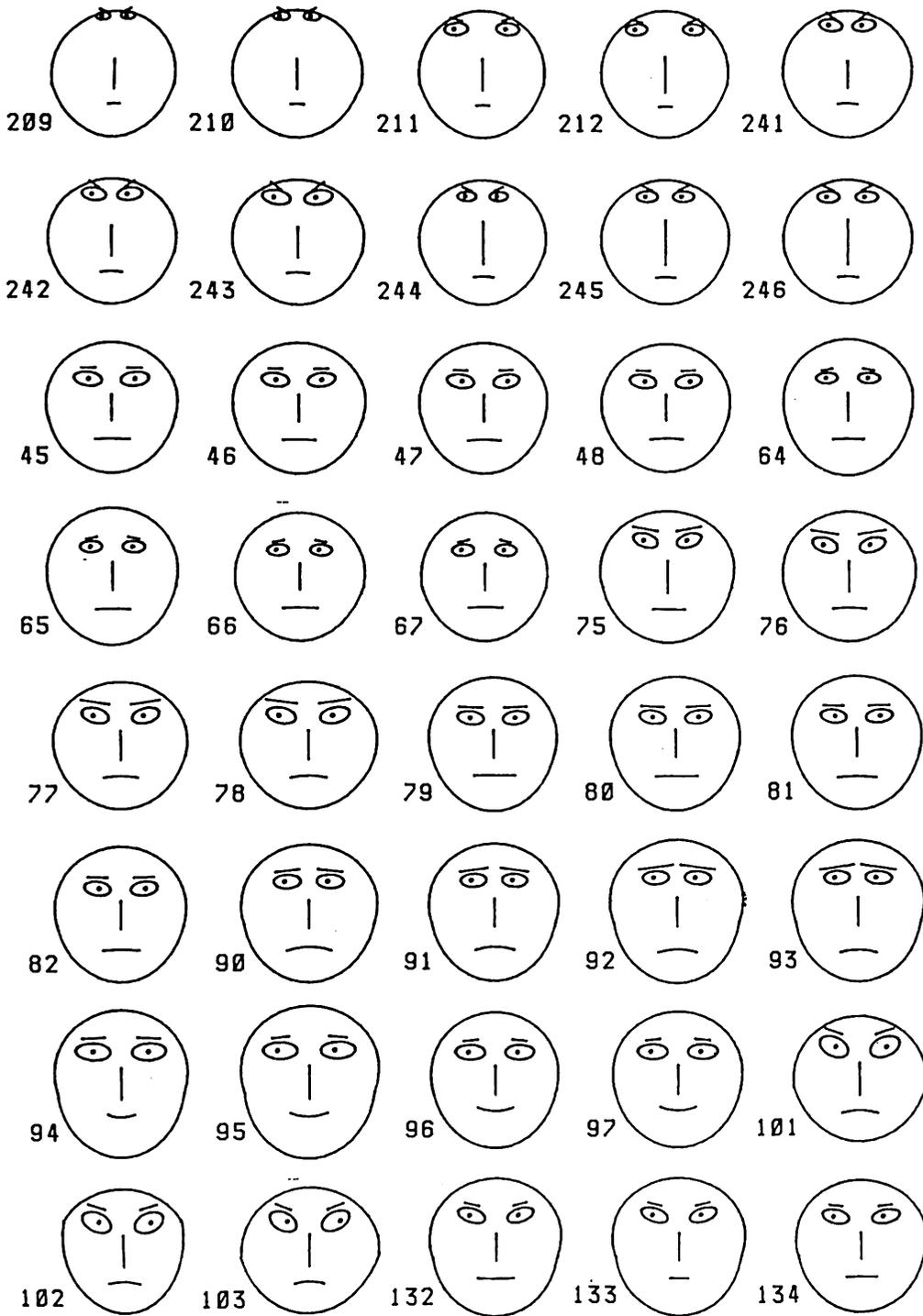


図-4 資料ごとの顔形グラフ(続き)

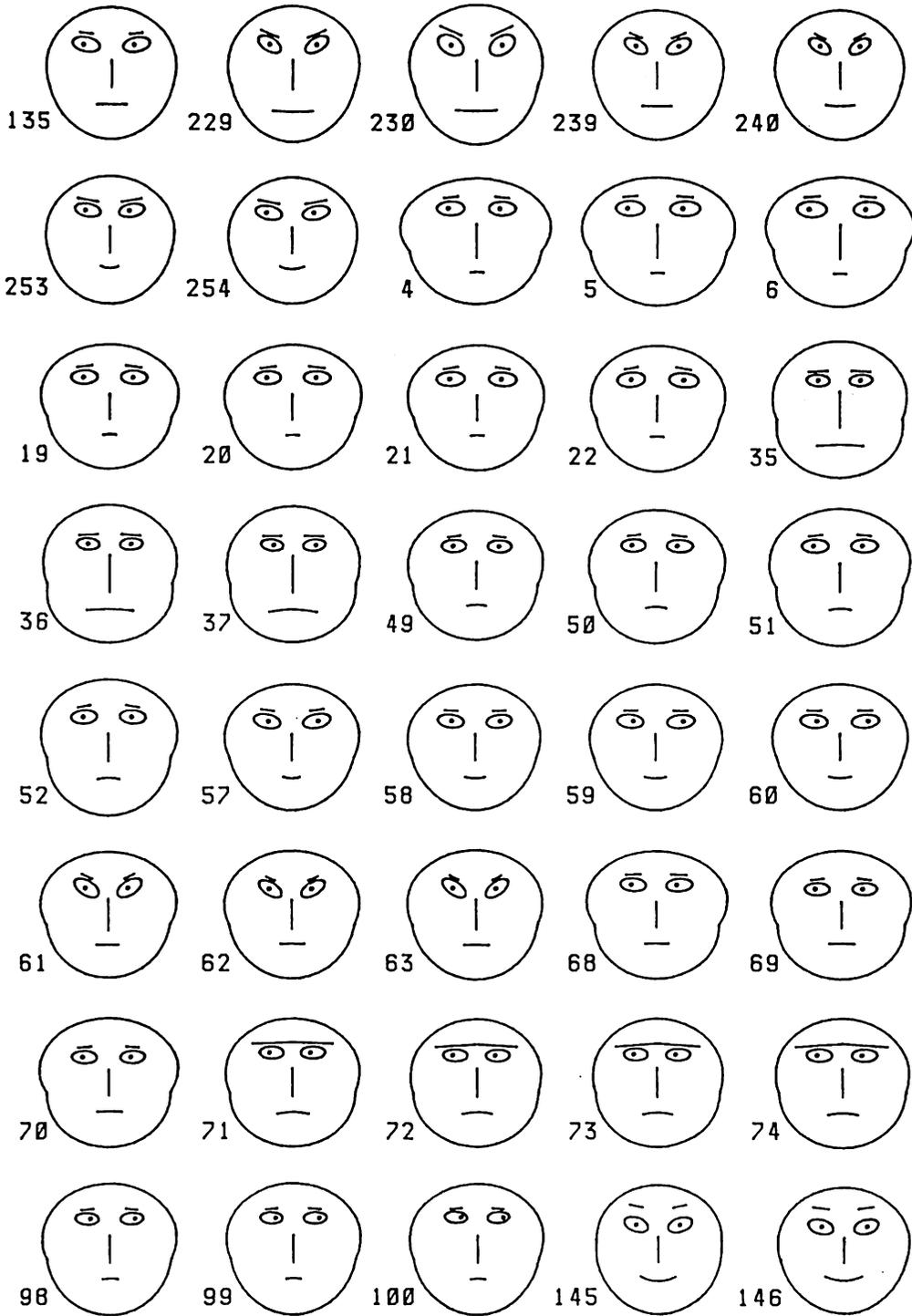


図-4 資料ごとの顔形グラフ(続き)

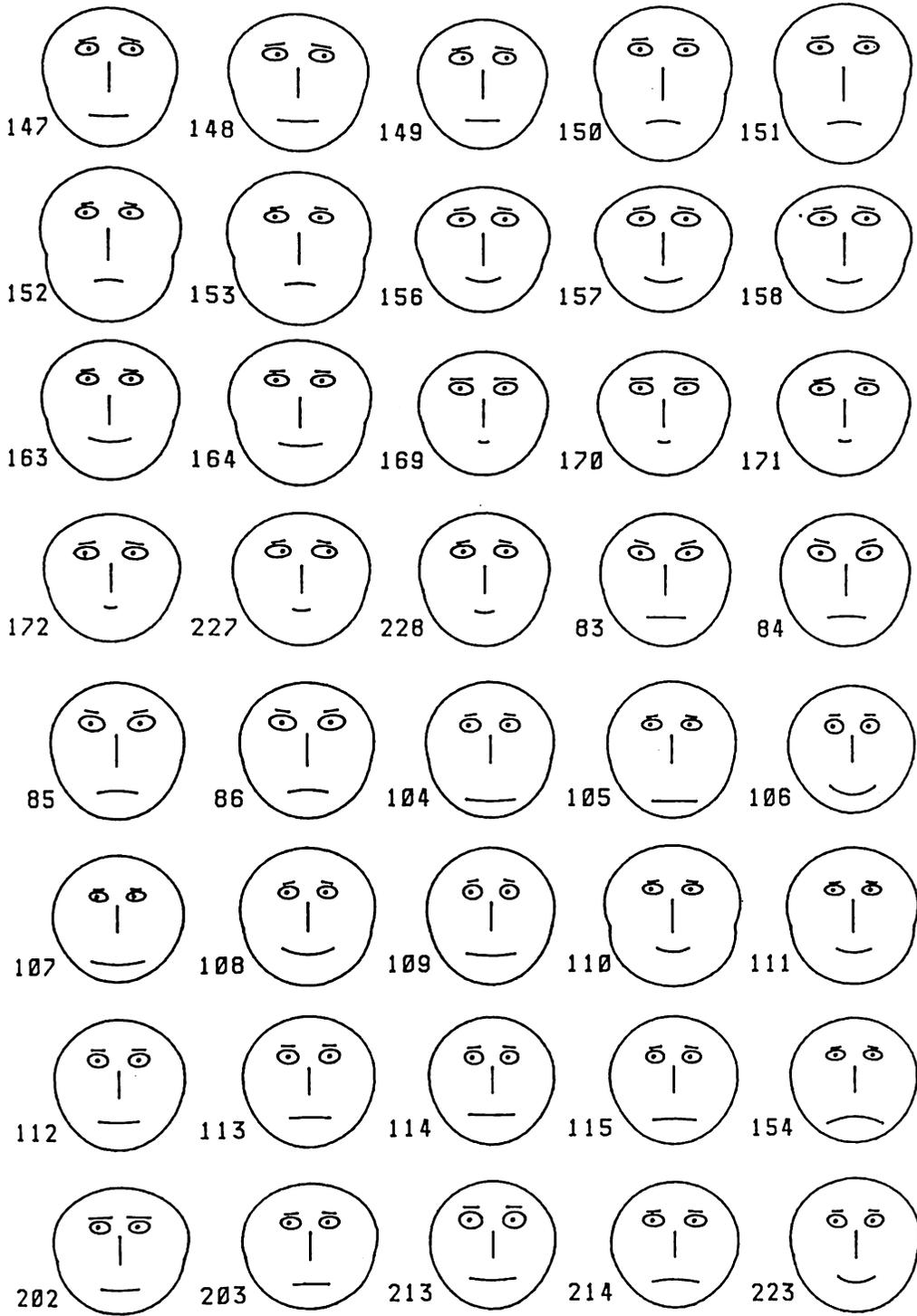


図-4 資料ごとの顔形グラフ(続き)

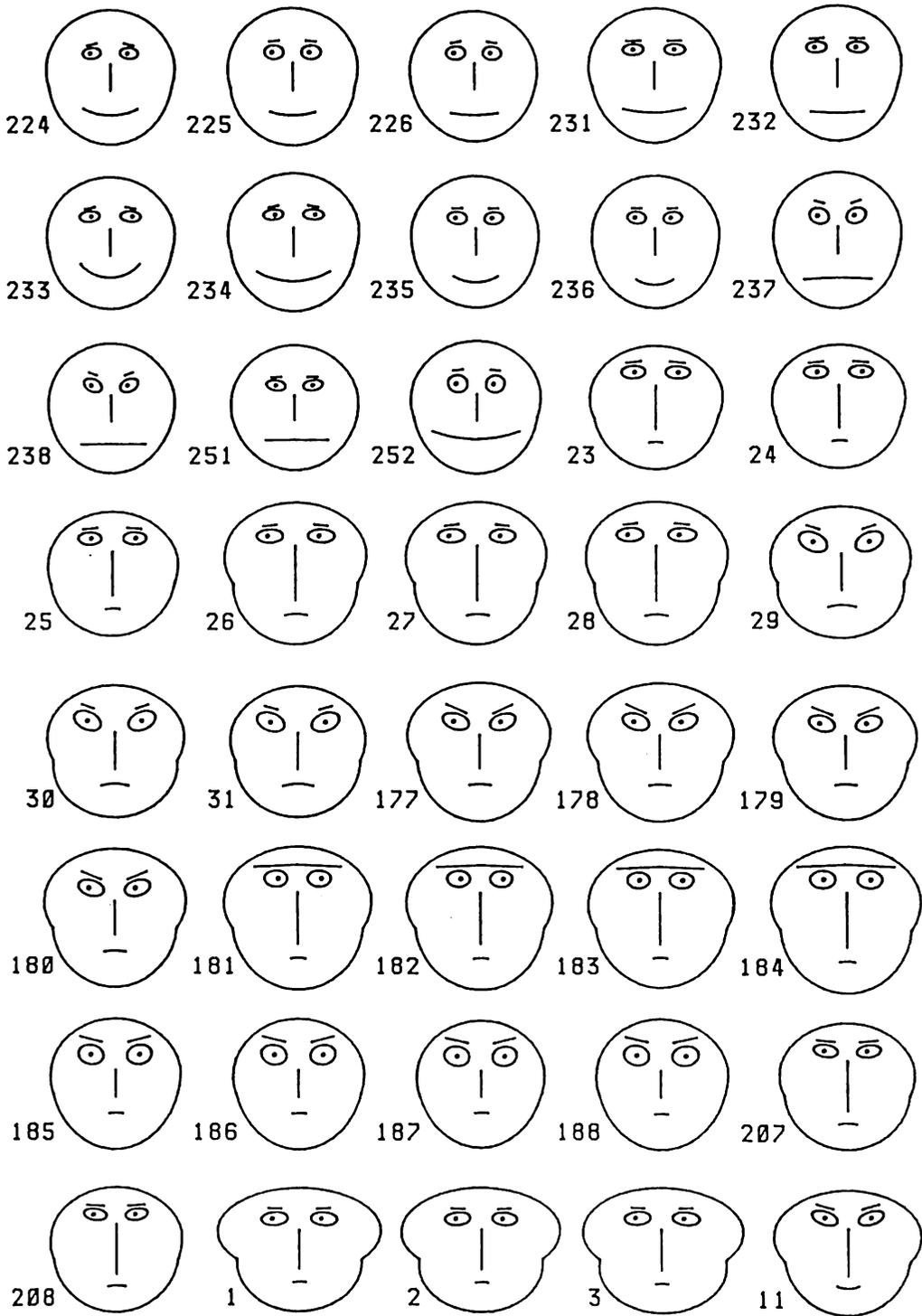


図-4 資料ごとの顔形グラフ(続き)

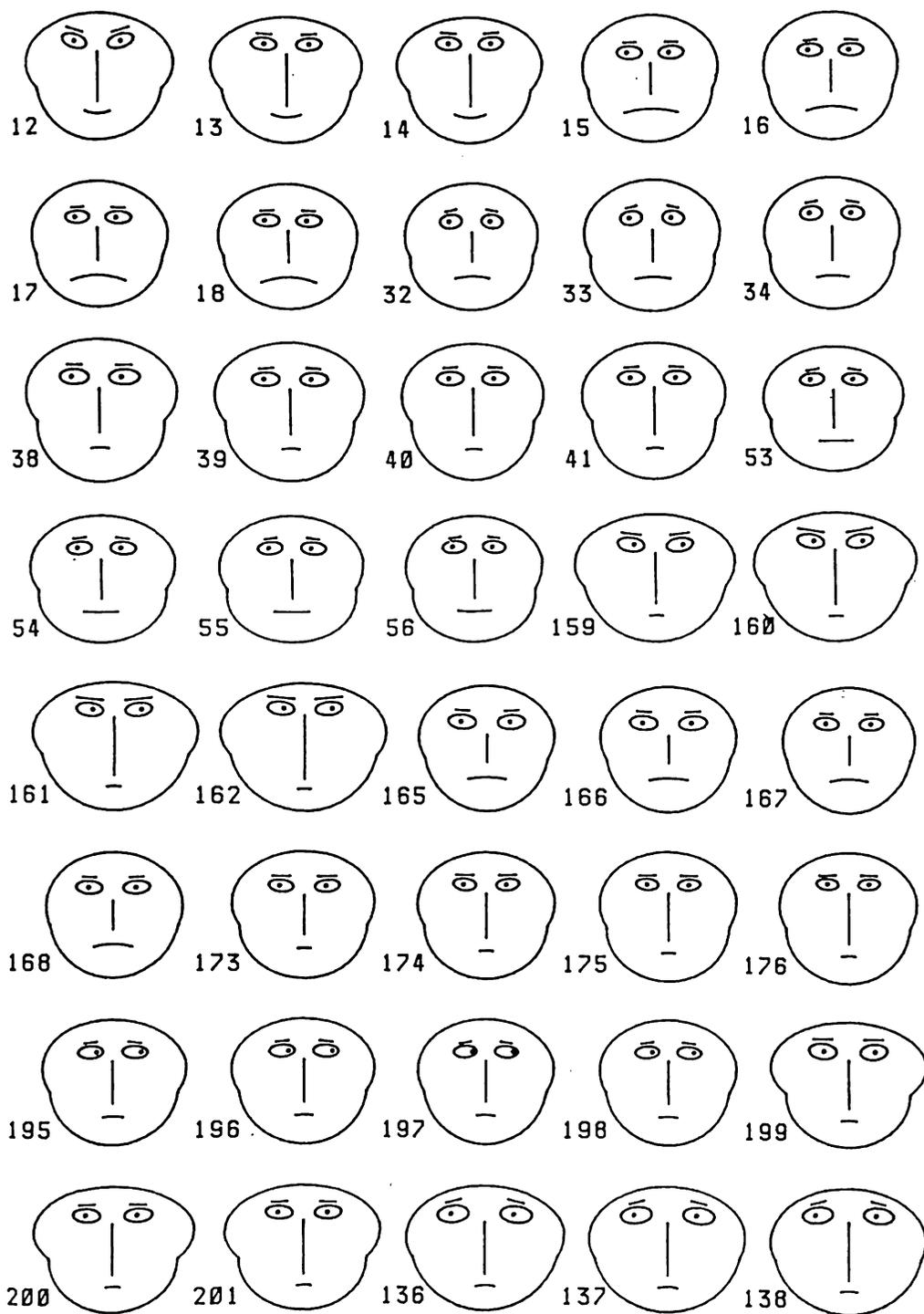


図-4 資料ごとの顔形グラフ (続き)

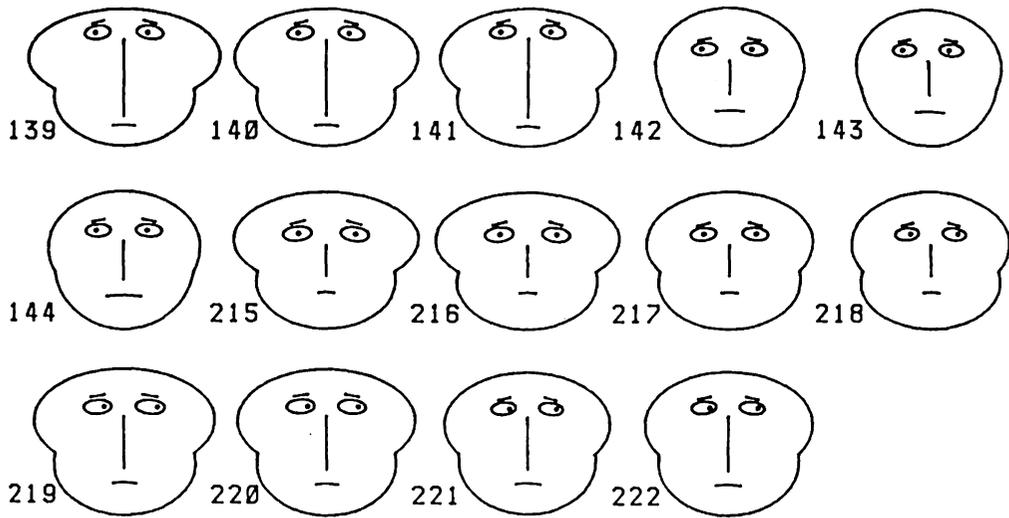


図-4 資料ごとの顔形グラフ (続き)

は十分あるのではないだろうか。

IV. 顔形グラフは何に利用できるか

本報告では林型区分に顔形グラフを利用し、その有効性を調べてきた。しめくくりとして林学における顔形グラフの利用法を考えてみたい。顔形グラフのよさは、とにかくにも「違いがわかる」という点にある。他の多変量解析法の結果と組み合わせて用いる場合や時系列データの変化をみる場合の有効性は低くない。本報告で行ったように、クラスター分析の結果の解釈などに利用すれば効果的であるし、数値から直接読み取りにくい情報を得ることもできる。ただし、資料数があまりに多いと困難を生じるのは図-4をみても明らかである。もし、この254個のグラフをみていきなり“まとめ”といわれればいささかとまどうことであろう。また、江副⁵⁾の指摘したように、時系列データをコマ送りのアニメーションにして、その変化を捉える手法も、人間の直感力をより一層引き出すことであろう。

さて、顔形グラフは、顔の表情がそのまま資料の性質を表すとはかぎらない。この点で誤解を生じやすく、作画的に扱われると危険であることはしばしば指摘される。笑い顔が望ましい状態、泣き顔が望ましくない状態を表しているようにとらわれやすいが、本報告の例でもわかるとおり、多くの場合はそうではない。しかし、逆に、顔の表情が人間の意識に与える印象を(悪意を含まずに)利用してはどうであろうか。

現在、森林リクリエーションであるとか、森林の多目的利用であるとか、一般の目が森林に向けられている。一方、「この森林は間伐遅れで望ましい状態にない」とか「あの森林は日本でも有数の美林である」といったことを一般の人々が理解することは難しい。そこで、人工林ならば蓄積、密度、樹高など、天然林ならば樹種多様性、更新状態などを変量にして、顔形グラフで表示してみたらどう

であろうか。公益的機能の評価値なども取り込めるようになればなおよい。そして、平均的な森林は平均的な真面目な顔、いろいろの点で望ましい森林は笑い顔、望ましくない森林は泣き顔、危険地帯（例えば、崩壊の恐れのあるところ）は怒り顔といった具合になるように変量を決めてやるのである。このような顔形グラフを大きな看板にでもして林地に立てておく。森に入った人は、この看板をみるだけでまわりの森林のようすがわかる。「蓄積が▲▲で林齢が○○の優良な林分」などという説明より、ずっと親しみがわくし、子供でも理解できる。長い目でみれば森林の理解を深めるためにもなる、などというのは少し入れこみすぎであろうか。

医学の分野では、人間ドックの検査結果を伝える際、報告書に顔形グラフをつけるところがあるという。森林の健全度の表示にも利用できるのではないだろうか。

V. おわりに

チャーノフの顔形グラフについては、岡山大学教養部の脇本和昌教授より論文をご紹介いただき、筆者に不明の点について種々のご教示を賜った。ここに深く感謝の意を表したい。

また、顔型グラフを描くプログラムは、チャーノフ¹⁾、エベリット⁴⁾、中村¹¹⁾、脇本ら^{15,17)}などが公表されているが、今回は、自作のプログラム⁶⁾を利用した。なお、中村¹¹⁾、脇本ら^{15,17)}のプログラムは本文中でふれた脇本タイプのグラフを描くプログラムである。

我々は、大きな計算機を手軽に使い、大量の計算を短時間におこなうことができる。だが、こうした時であるからこそ、表示、表現について言葉や数字のみに頼ることなく、一層の配慮をする必要がある。複雑な多変量データを相手とする場合でも、グラフの有効な利用は解析を容易にすることができるのである。「絵のない絵本」は天才作家にまかせ、我々はおおいに「絵」を利用してはどうであろうか。

参考文献

顔形グラフに関するもの

- (1) CHERNOFF, H. : The use of faces to represent points in n-dimensional space graphically. Technical Report No.71, Department of statistics, Stanford University, 1971
- (2) CHERNOFF, H. : The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. J. Amer. Statist. Assoc. 68: 361~368, 1973
- (3) CHERNOFF, H. & RIZVI, M.H. : Effect on classification error of random permutations of features in representing multivariate data by faces. J. Amer. Statist. Assoc. 70: 548~554, 1975
- (4) EVERITT, S.B. (医学統計研究会訳) : 多変量グラフィカル表現法。162pp, マール社, 東京, 1982
- (5) 江副 力 : 人間のパターン認識利用—指標の探し方。オペレーションズ・リサーチ 18(6) : 55~60, 1973

- (6) 石橋整司：チャーノフの顔形グラフ表示。J. PC-For. 4(2) : 98~116 , 1986
- (7) 河口至商・水田正弘：パソコンによる多変量グラフ解析入門。176pp, 森北出版, 東京, 1986
- (8) 小谷津孝明：福笑いパターン認識における原型照合と特徴分析。数理科学 139 : 12~15, 1975
- (9) 国沢清典：関心高まるフェース法。日本経済新聞昭和51年 5月 9日付朝刊 11p
- (10) 松原 望：チャーノフのフェイス法とイメージ。数理科学 165 : 46~50, 1977
- (11) 中村広司：顔形グラフ分析--多変量解析をパソコンで。I/O 18(10) : 291~294 , 1983
- (12) 野口悠紀雄：フェース分析でみた予算。日本経済新聞昭和50年 1月30日付朝刊 13p
- (13) 荻原秀二・八木正之：チャーノフのFaces Method—企業財務分析への適用。数理科学 126 : 56~62, 1973
- (14) 田中 豊・脇本和昌：多変量統計解析法。296pp, 現代数学社, 京都, 1983
- (15) 脇本和昌・後藤昌司・松原義弘：多変量グラフ解析法。198pp, 朝倉書店, 東京, 1979
- (16) 脇本和昌・田中 豊：多変量統計解析法—グラフ解析法(1)。BASIC数学 14(12) : 28~35, 1981
- (17) 脇本和昌・垂水共之・田中 豊編：パソコン統計解析ハンドブック(Ⅰ)基礎統計編。308pp, 共立出版, 東京, 1984

林型区分に関するもの

- (18) 千広俊幸：天然林の類型区分について。北方林業 18(6) : 6~10, 1966
- (19) 千広俊幸：北見地方の針葉樹天然林の施業について。北方林業 19(8) : 1~3 , 1967
- (20) 菱沼勇之助・板垣恒夫・石川善朗・谷口信一：林分の分類とその作業法の予察(第3報)林分の取り扱い基準とその適用。日林北支講18 : 23~26, 1969
- (21) 伊尾木稔・武居 猛：札幌営林局における最近の天然林施業。北方林業 21(6) : 8~15, 1969
- (22) 石川善朗・谷口信一・菱沼勇之助・板垣恒夫：林分の分類とその作業法の予察(第2報)林分構造。日林北支講18 : 19~22, 1969
- (23) 板垣恒夫・菱沼勇之助・石川善朗・谷口信一：林分の分類とその作業法の予察(第1報)航空写真による林分の分類。日林北支講18 : 15~18, 1969
- (24) 西川匡英：多変量解析の応用に関する研究(Ⅳ)クラスター分析と主成分分析を併用した天然林の分類。86回日林講, 77~78, 1975
- (25) 生態学談話会：エゾマツ・トドマツ天然林の生態と取り扱い。50pp, 林業科学技術振興所, 東京, 1968
- (26) 柴田 前・石橋整司・河原 漢・南雲秀次郎：林分施業法に関する研究(Ⅰ)林型区分に基づく天然林の生長予測。95回日林論 : 159~160 , 1984
- (27) 田中和博・石橋整司・高田功一・柴田 前・南雲秀次郎：多変量による天然林の林型区分(Ⅰ)択伐林分の場合。日林誌投稿中。

- (28) 天然林研究グループ：北海道天然林の林型からみた更新と枯損。昭和41年度林誌北支年報：
185～209，1967
- (29) 寺崎 渡：天然生林ノ施業法及施業計画法ノ要旨。86pp，山林局，東京，1925