原著論文

実験的歯肉炎の特徴抽出とその分類

— TS 200 Data 系列の判別分析 —

藤本 明伸

Feature Abstraction and Classification of Experimental Gingivitis

— Discriminant Analysis of TS 200 Data Sequences —

Akinobu Fujimoto

Abstract : This paper represent one of the important index of gingival color to various conditions. Generally the gingival color is very difficult problem to measure, so experimental gingivitis has to be treated by special technique such as Discriminant Analysis in spectrum pattern analysing.

On measuring gingiva, Standard Measuring System is used in our department. Tissue Spectrum Analyzer TS-200 is used for measuring gingival color and spectrum pattern. Spectrum patterns are classified by its strength into three categories, that is Normal, Slightly-Redness and Redness. Discriminant Analysis and Graph Analysis (Constellation Graph) showed each group of property.

The following results were obtained; Spectrum patterns have two peaks, that is 542 nm and 577 nm. With gingivitis change on three steps, that is Normal, Slightly-Redness and Redness, spectrum powers and difference of absorption in spectrum degrees and brightness is down. With gingivitis change, the Z_1 value was obtained by Discriminant Analysis and showed a tendency to sign change from minus to plus. In the result of Discriminant Analysis distincti-on rate is 97.4% in N Group, 98.5% in SR Group and 100% in R Group. Constellation Graph represented each group of property clearly.

Key words : gingival color, spectrum pattern, discriminant analysis

I. 緒 言

歯冠修復物や補綴物の軟組織適合性は、局所炎症症候

朝日大学歯学部歯科補綴学第2講座（指導：山田早苗教授）
The Second Department of Prosthetic Dentistry, Asahi
University, School of Dentistry (Director : Prof. Sanae
Yamada)

平成元年1月17日受付

の集合表象として論じられている¹⁻⁶⁾が、その論理構造は集合表象としての症候ベクトルから規則的な体系性を求めることに集約される。

症候ベクトルの冗長性 (redundancy) を考慮したとしても、発赤 (rubor) は歯肉の組織学的・生化学的・生理学的母構造を内包するうえに、色彩学的母構造または不偏形式を包含することが知られており、従来は曖昧性として処理されていたカオスの表象を構造として、記号

学的に組み立てる試みがなされるようになった。この母構造 (metastructure) の追跡には色彩感覚⁷⁻¹⁰⁾や波長測定¹¹⁻²⁸⁾を利用するが、データの表出はきわめて緩慢であり象徴性に欠けるといわねばならない。

本研究に利用した組織スペクトラムアナライザー TS 200 は、反射光スペクトルの強度パターンを解析することによって、歯肉色一表出データの関連をより緊密にした特徴抽出をするものと考えられ、白色板の反射光リファレンスや、反射光一組織間の差スペクトルの画像認識の問題²⁹⁻³¹⁾を解決すれば、軟組織診断には強力な計器となるだろうと思われる。

そこで今回は、特に TS 200 データ系列として離散化した画像認識を用い、多変量データベクトルとして判別関数³²⁾による母構造解析を行った。

発赤という症候ベクトル (symptom vector) から炎症という病像 (disease profile) を求めることには病理学的構造上の問題を含むとしても、日常補綴臨床上の『発赤』の記号内容 (Signifié)³³⁾は今後さらに重視されるべきものであろう。

II. 実験対象

1. 被験者

被験者は年齢 22~24 歳の本学男子学生 39 名を採択し、上顎前歯部の歯列が正常で歯に充填物や補綴物がなく、特に歯肉についてはメラニン色素などの沈着物がなく、以下の臨床的判断基準から『健康歯肉』を有する者とした。

なお、採択した被験者には実験内容をよく説明し、理解させた上で実験を行った。

2. 被験歯肉

実験に際して、発赤誘発前の歯肉を対照群として取り扱うため、被験対象となる歯肉については特に詳細に精査する必要があった。そこで 1951 年 Periodontal workshop の evaluating committee³⁴⁾が発表した臨床所見を参考とした。すなわち、臨床的健康歯肉 (healthy gingiva clinically) とは、i) 色調がピンクで、ii) 外縁上皮表面がプツプツ (stippling) をもち、iii) 鋭いナイフ状の歯肉縁と形よく形成された歯間乳頭から構成され、iv) 引き締まった硬さをもって、v) 歯肉溝は浅く滲出物がないもの、と定義づけられている。

Fig. 1 レジン・シーネ

3. 実験的発赤歯肉

実験的に単純性歯肉炎を口腔内で惹起させる方法として、即時重合レジンの機械的刺激と化学的刺激^{6,35)}を同時に利用した。まず、即時重合レジンのオルソファスト (G-C 社製) を口腔内で直接、筆積法で測色部の中心から 5 mm 程度の範囲を限度としたレジンシーネ (以後、シーネとする) を作製後、その近遠心歯間部の鼓形空隙に相当する部に固定用保持孔を 007 番のフィッシャーバーで開孔した。つぎに、ジンパック 0 番 (井上アタッチメント社製) を側切歯唇側歯肉溝縁に沿って置き、上からシーネを圧接し 0.25 mm の結紮ワイヤをシーネの保持孔に通し、側切歯の歯冠部に結紮固定した。

結紮後の余剰ワイヤは唇側で切断し、さらに口唇の障害とならないようにオルソファストを盛り上げ、研磨して仕上げた。なお、このシーネは測定ごとに新しいものと交換した (Fig. 1)。

III. 計測システム

1. 歯肉色規格計測装置

歯肉組織は 1~3 mm³⁶⁾ 程度の非薄で弾力のある組織であるため、僅少の圧迫でも局所的な貧血 (退色) を呈し、さらには個人によりその測色表面の形態も一様でないため、正確な測色はほとんど不可能に近い。このような軟組織を圧迫 (接触) することなく、同一条件で測色することには、測色の技術やデータの不偏性に種々の問題が生じる。

そこで、これらの問題を解決するために本講座で作製した歯肉色測定規格装置^{37,38)} (Fig. 2) を使用して、測色条件の均等化と非接触による歯肉色の安定化を試み、高精度の測定を可能にした。

Fig. 2 歯肉色規格計測装置

Fig. 4 歯肉色の測定

Fig. 3 組織スペクトラム・アナライザー

Fig. 5 測色風景

本装置は口腔内保持部（以後、保持部とする）と計測可動部（以後、可動部とする）に大別され、可動部は水平可動部、前頭可動部、矢状可動部の3部から構成される。

保持部は馬蹄形で、可動部から着脱および交換が可能で、2本のボルトで固定できる。保持部の両面に軟化圧接したモデリングコンパウンドを盛り口腔内に挿入、上下顎を咬合させて被験者に取り付けるが、保持部の歯列印記は複数の被験者の記録、および保存も可能である。

つぎに、可動部の水平可動部は上顎正中部を中心に左右60度まで歯列に沿って水平的な移動が可能で、その移動限界は平均的日本人男子の歯列弓³⁹⁾での、おおむね第2小白歯の近心歯間乳頭部周辺とした。

前頭可動部は上顎前歯の切縁から約45mm上方に移動可能で、水平可動部上の任意の位置で測色面に垂直となるように回転、および傾斜が可能である。

矢状可動部は測色歯肉面と測色プローブとの距離の決定・制御部で、1/1,000mm単位の前後移動量を読み取るマグニスケールLY101型（SONY社製）と、プロ

ープ先端の歯肉接触を制御するため組織接触センサーEM3000（三和電気計器社製）が組み込まれている。

2. 組織スペクトラムアナライザーと周辺機器

測色機器には組織スペクトラムアナライザーTS200型³¹⁾（住友電気工業社製）〔以後T.S.A.とする（Fig.3）〕を使用した。本装置は測色用ファイバプローブの直径が2.4mm（測色面積の直径は2mm）と小さく、微小面まで容易に測色が可能である。

光源は環境光による影響を受け難いハロゲンランプで、オプティカルファイバにより測色部に誘導される。照射された光は組織表層の生体色素により吸収・散乱を受け、反射光となって分光器を通して、コンピュータのCPUに入力される。反射光は、そこで初期設定した標

Fig. 6 BLOCK DIAGRAM

準白色板の反射波長と組織の反射波長との差（吸収波長）を 306~792 nm まで 0.951 nm ごとに 512 個の分光波長として導出され、スペクトルパターンとスペクトル強度として表される。この過程での測色から演算時間は 40~188 msec で生データが得られる。

これらのデータはサンプリングされ A/D 変換後、インタフェイス GPIB からパーソナルコンピュータ 9801 E 型（NEC 社製）に導入後、ディスクユニット 9881 K 型（NEC 社製）で 8 インチフロッピーディスクに記録された（Fig. 4~6）。

IV. 実験方法

1. 測色部位と測色時期

測色領域が限局された歯肉の小領域であるとしても、測色点はさらに微小な面積であり、さらにこの測色点は出来る限り少数個に限定する必要がある。しかも、この微小面積からの計量値が限局歯肉の代表値であることが望まれる。

今回、著者が採用した測色部位は上記の条件に加えて、日常臨床での応用に際しても妥当性が認められると考えた、i) 上顎側切歯近心部（以後 M と略記）、ii) 遠心歯間乳頭部（以後 D と略記）、iii) 歯冠中央辺縁歯肉（以後 Ma と略記）の 3 部位とした（Fig. 7）。

測色時期は、対照群としてシーネ装着前を正常歯肉（以後 N と略記）とした。シーネ装着後は 2~5 日の間隔で観察し、測色部位のうち 1 部位にでも変化が現れた時点を発赤の起点として軽度発赤（以後 SR と略記）、3 測色部位のすべてに変化が現れた時点を発赤の発現とみて発赤（以後 R と略記）とした。R のデータ採取までに要した測定回数は 2~26 回であった。

2. 測色条件

測色条件の均一化には測色距離が最大の課題で、本研究では歯肉面と T.S.A. のプローブ面との最適距離を以

Fig. 7 測色部位

下の順序で決定した。まず、プローブ先端に付けたタッチセンサーが歯肉に接触した個所を 0 mm とし、そこから 5 mm 離れた位置まで距離を数種変化させ測色した結果、歯肉面に近い程より安定したスペクトルパターンが得られた。さらに、近距離で細分化を試みたところ、0~0.5 mm までの 0.1 mm 間隔のスペクトルパターンでは、各距離で表面反射光の影響と思われるスペクトル強度に異なりがみられた。

そこで、表面反射光の影響を少なくするためには可及的歯肉面に近づけるべきだとの判断から、距離を最大 0.1 mm とし、0 mm から 25 μ m 間隔の 5 段階で検討を行った。距離は 0 mm でプローブ先端が歯肉に接触し、歯肉内の微小循環系の変化とみられる 542 nm と 577 nm 近傍で著しい二峰性パターンを示した。他の 4 距離についてはそのパターンにはほとんど差異はみられず、0.025~0.1 mm までが測色適応距離であることを確認した。

つぎに、経時的計測におけるスペクトルパターンの再現性では、プローブ先端が確実に歯肉から離れ、しかも組織内で散乱反射される光を最大限に採取するという条件から、0.05 mm が最も安定した距離であった。

以上から、測定条件としては、① 測定距離を 0.05 mm とする。② 日光を避け、室内照明下で行う。③ 歯肉測色面に対しプローブは垂直とする。④ 測色歯肉面は乾燥状態とする。の 4 点とした^{24, 37, 38)}。

V. 解 析

1. 測色データからのパラメータ抽出

歯肉色のパラメータとして個々の測色データは1,536個(測色部位1カ所につき512個で3カ所の合計)のスペクトル強度ベクトルとして得られるが、これらの膨大な情報量では相互に大きな相関を持つものも多く含まれており、すべてをパラメータとして扱う必要性には乏しい。

そこで、比較的特徴が得られやすいと考えた波長軸上の10ポイントに情報縮約して、以下のスペクトル強度を求めた。

- ① 吸収波長の始めを示す 454 nm
- ② 立ち上がりまでの中間点 482 nm
- ③ 第1ピークへの立ち上がり部 511 nm
- ④ 第1ピーク 542 nm
- ⑤ 第1ピークと第2ピークの谷 558 nm
- ⑥ 局所ヘモグロビン量酸素飽和量等吸収点 569 nm
- ⑦ 第2ピーク 577 nm
- ⑧ ⑥と同じく等吸収点 586 nm
- ⑨ ⑧との対照波長 615 nm
- ⑩ 折曲点 635 nm

⑩ 折曲点 635 nm

10ポイントでのスペクトル強度を測色部位3カ所、合計30個を1組として計測値ベクトル $C_i (x_1, x_2, \dots, x_{30})$ を求めてこれを歯肉色のパラメータとした (Fig. 8)。

2. 計測値ベクトルの分類と解析

確率変数ベクトルで表現されるグループの数があらかじめ指定されていれば、分類の問題に帰着する。本論ではM, D, Maの各測色値からの計測値ベクトルをN, SR, Rの3時期にグループ化して、抽出データをマハラノビス D^2 統計量から判別関数³²⁾を用いて分類することを試みた。アルゴリズムにはPC 9801用判別分析(I.B.C社製)のソフトを用いた。

多変量従属性のうち、内的な従属性はデータの直観的理解が得られる点で本論の展開に有用である。p次元反応ベクトルについてn個の計測値を取り扱う図的な手法として脇本ら⁴⁰⁾の星座グラフ(Constellation Graph)を用い、本実験での計測ベクトルを2次元平面に変換して観察した。アルゴリズムとグラフィックには既製ソフトを用いた。

Fig. 8 スペクトルパターン上の10ポイントの選択

名いた。

VI. 実験成績

1. スペクトル・データ・ベクトルの構成

採取した生データの総数は 39 名 197 サンプルで、N 期 39 名 76 サンプル、SR 期 33 名 68 サンプル、R 期 26 名 53 サンプルを得た。

測定回数は最少 2 回、最多 11 回、平均 5.1 回、測定期間は最短 4 日、最長 47 日で平均 18.5 日であった。

R まで至った 26 名の要日数は 2~26 日とバラツキが大きく、また、シーネによる圧迫を 4 回 (要日数 12 日) 以上行っても R に至らなかった被験者が 13 名いた。これに対し、N から SR を経ずに R に急変した被験者は 6

2. スペクトル強度の基礎統計量

測定により得られたスペクトルパターンから抽出したパラメータ (30 ポイントのスペクトル強度ベクトル) の各要素を N, SR, R の時期に分類して検討した。

1) 正常歯肉 (N)

Table 1 はスペクトル強度の各統計量を測定ポイントの区分点 (以下 S と略記) ごとに、上から M, D, Ma として示した。

平均では M, D, Ma いずれにおいても S7 が最大値を示し、以下 S6, S4, S8 と順に小さくなっているが、それ以下の順位については M, D では共に S3, S2, S1,

Table 1 スペクトル強度の基礎統計量

正常歯肉 (N) サンプル数 76				
区分点	平均	標準偏差	最大値	最小値
M-1	5.179	1.970	10.23	1.26
M-2	5.455	1.891	10.54	1.63
M-3	5.575	1.718	10.19	1.98
M-4	8.464	1.800	13.06	4.46
M-5	8.087	1.718	12.39	4.46
M-6	8.995	1.750	13.51	5.31
M-7	9.267	1.821	14.12	5.39
M-8	7.320	1.681	11.66	3.55
M-9	4.055	1.293	6.61	1.40
M-10	3.349	1.276	5.87	0.84
D-1	5.255	1.890	11.09	1.30
D-2	5.561	1.743	11.58	2.25
D-3	5.594	1.613	11.04	2.43
D-4	8.302	1.556	12.99	3.94
D-5	7.917	1.476	12.41	3.84
D-6	8.786	1.479	13.18	4.50
D-7	9.030	1.573	13.51	4.47
D-8	7.095	1.527	11.50	3.03
D-9	3.860	1.405	7.89	1.38
D-10	3.075	1.344	6.40	0.65
Ma-1	6.416	1.571	9.67	3.40
Ma-2	6.593	1.590	10.26	3.77
Ma-3	6.297	1.487	9.76	3.40
Ma-4	8.699	1.534	12.27	5.41
Ma-5	8.169	1.511	11.54	5.09
Ma-6	8.987	1.558	12.59	5.63
Ma-7	9.182	1.633	13.31	5.81
Ma-8	7.081	1.444	10.36	4.18
Ma-9	3.878	1.192	6.71	1.70
Ma-10	2.970	1.162	5.81	1.03

Table 2 スペクトル強度の基礎統計量

軽度発赤歯肉 (SR) サンプル数 68				
区分点	平均	標準偏差	最大値	最小値
M-1	5.695	1.581	9.58	1.80
M-2	5.964	1.562	10.12	1.98
M-3	6.083	1.393	10.04	2.64
M-4	9.064	1.462	12.90	5.71
M-5	8.643	1.388	12.41	5.37
M-6	9.643	1.423	13.49	6.63
M-7	9.810	1.503	13.65	6.75
M-8	7.698	1.457	11.90	4.49
M-9	4.021	1.203	7.30	1.20
M-10	3.290	1.180	5.97	0.79
D-1	6.408	1.775	10.15	3.07
D-2	6.818	1.776	10.61	3.30
D-3	6.858	1.687	10.10	3.74
D-4	9.828	1.665	13.81	7.04
D-5	9.408	1.570	12.77	6.66
D-6	10.383	1.588	14.12	7.26
D-7	10.555	1.671	14.69	7.67
D-8	8.361	1.684	11.84	4.92
D-9	4.518	1.426	7.19	1.51
D-10	3.749	1.299	6.30	0.98
Ma-1	6.894	1.740	10.30	3.04
Ma-2	7.056	1.668	10.19	3.20
Ma-3	6.849	1.484	9.50	3.46
Ma-4	9.707	1.530	12.60	6.36
Ma-5	9.095	1.438	11.98	5.87
Ma-6	10.127	1.496	13.24	6.96
Ma-7	10.290	1.598	13.60	6.94
Ma-8	7.835	1.506	11.12	4.57
Ma-9	3.917	1.304	6.79	1.22
Ma-10	3.083	1.250	6.26	0.89

S9 であったが, Ma では S2, S1, S3, S9 となり順位にやや異なりを示し, 最小値は 3 部位とも S10 であった。また, 全体からみた場合, 最大は M-7 の 9.267 で, 最小は Ma-10 の 2.97 であった。

標準偏差では M, D で共に S1 が, Ma では S7 が最大値を示し, 最小は M, D, Ma 共に S10 が示した。また, Ma が全体的に小さい値であった。

変動域 (最大値と最小値との差) が最大であったのは D-1 の 9.79 で, 最小は Ma-10 の 4.78 であった。

2) 軽度発赤歯肉 (SR) (Table 2)

SR 期 33 名 68 サンプルでの平均については, N 期と同じくどの部位でも S7 が最大値を示し, M で 9.81, D で 10.555, Ma で 10.29 を, また最小値は S10 で M の 3.29, D の 3.749, Ma の 3.083 であった。

標準偏差の最大は M, D, Ma 共に S1 でおおの 1.581, 1.776, 1.74, 最小は S10 の M, D, Ma であり, おおの 1.18, 1.299, 1.25 であった。また, M は D, Ma に比較し, おおむね小さな値を示した。

変動域は M-2 が 8.14 で最大, M-10 が 5.18 で最小であった。

3) 発赤歯肉 (R) (Table 3)

平均は他の時期と同様, 各測定部位共に S7 が最大値で M: 10.756, D: 11.32, Ma: 10.956 であった。最小値は S10 の M で 3.237, D で 3.344, Ma で 3.677 を示した。

つぎに, 標準偏差では M, D, Ma いずれも最小が S10 でおおの 1.425, 1.464, 1.258 を示し, 最大が M と Ma は共に S7 で, D については S2 の 1.849 であった。

変動域では最大は M で S2 の 8.11, D, Ma は S7 の 9.06, 7.74 であった。最小は M, D, Ma 共に S10 の 5.14, 5.67, 5.74 であった。

3. 発赤歯肉の標本平均の推移

歯肉色を 3 期に分類し, そのおおの統計量を検討したが, 歯肉色が N から SR, そして R に移行するに従ってスペクトル強度ベクトルの要素から, スペクトルパターンの変化動向を比較検討した。

スペクトル強度は M での S9, S10 では歯肉色の変化 N→SR→R に従い, その値は徐々に低下し, また, Ma の S9, S10 では SR で上昇を示した値が R で低下を示した。しかし, 総体的には程度の差はみられるものの, 段階的な上昇傾向を示した。

また, スペクトルパターンについては Fig. 9 に示すようなセクション化を行い, 測定部位ごとにセクション

Table 3 スペクトル強度の基礎統計量

発赤歯肉 (R)		サンプル数 53		
区分点	平均	標準偏差	最大値	最小値
M-1	6.259	1.897	10.83	2.81
M-2	6.446	1.765	11.45	3.34
M-3	6.597	1.670	10.78	3.54
M-4	9.933	1.843	13.40	6.40
M-5	9.500	1.780	13.15	5.81
M-6	10.565	1.889	14.52	6.39
M-7	10.756	1.926	14.42	6.33
M-8	8.377	1.796	11.50	4.56
M-9	3.986	1.492	7.29	1.74
M-10	3.237	1.425	6.15	1.01
D-1	6.556	1.837	10.37	2.18
D-2	6.782	1.849	11.18	2.48
D-3	6.937	1.707	11.13	3.10
D-4	10.455	1.708	15.00	6.27
D-5	10.046	1.633	14.35	6.36
D-6	11.122	1.594	15.46	7.04
D-7	11.320	1.679	16.22	7.16
D-8	8.802	1.606	13.13	5.26
D-9	4.085	1.516	7.48	1.13
D-10	3.344	1.464	6.32	0.65
Ma-1	7.745	1.357	12.11	4.96
Ma-2	7.812	1.405	11.18	5.04
Ma-3	7.638	1.302	10.90	5.23
Ma-4	10.465	1.512	15.35	7.65
Ma-5	9.885	1.419	14.02	7.28
Ma-6	10.830	1.560	15.60	8.32
Ma-7	10.956	1.665	15.98	8.24
Ma-8	8.589	1.410	12.74	5.88
Ma-9	4.507	1.285	7.73	1.70
Ma-10	3.677	1.258	6.64	0.90

間での差分を求めて吸光度差とした (Table 4)。

歯肉色の変化につれて, 吸光度差が暫次拡大される傾向を示したのは M の a, b, d, D の a, c, d, Ma の d で, いずれの測定部位でも d は拡大傾向を示した。

また, D の b と Ma の a, b, c は N から SR で拡大, R への移行で逆に縮小された。

M の c は N から SR への移行で縮小され, R で拡大された。

以上のように, N から SR への移行では M の c のみが縮小され, 他はすべて拡大されている。

SR から R では拡大, 縮小とその傾向は不確定な変動を顕すものの, N と R 間の比較ではすべて R の拡大で明確な吸光度差を示した。

Fig. 9 吸光度差 (セクションニング)

4. 判別分析

3 期のデータを代表値としての標本平均から検討したところ、発赤の進行程度には何らかの規則性が潜在するのではないかと考え、3 期を適切に判別するため判別関数を求めた。観測データベクトルより求めた係数ベクトル (Table 5) より判別関数 Z_1 , Z_2 を求めて本研究で使った個々のサンプル値を代入すると、N, SR, R 群ごとに判別スコアの平均値 (平均判別スコア) を得る (Table 6)。

N で Z_1 値, Z_2 値はおおの -1.87034 , -0.36929 , SR で 0.29870 , 0.86874 , R で 2.30375 , -0.58155 であった。この平均判別スコアから各群の判別境界値 (Table 7) として N 群と SR 群では Z_1 値 -0.78581 , Z_2 値 0.24972 , SR 群と R 群のそれは Z_1 値 1.30123 , Z_2 値 0.14359 を得た。

この判別境界値を Z_1 値のみについてみれば、判別スコアが -0.78581 より小さい場合は N, また -0.78581 より大きく 1.30123 より小さい場合は SR, 1.30123 より大きい場合を R と判別することになる。これを先に算出した個々の判別スコアに該当させれば、N の 76 サンプル中 66 サンプルが正しく判別され、残余の 10 サンプルが SR と誤判別されたことになる。

Table 4 吸光度差の推移

		(N)	(SR)	(R)
M	a	2.889	2.981	3.336
	b	0.377	0.421	0.433
	c	1.180	1.167	1.256
	d	5.918	6.520	7.519
D	a	2.708	2.970	3.518
	b	0.385	0.420	0.409
	c	1.113	1.147	1.274
	d	5.955	6.806	7.976
Ma	a	2.402	2.858	2.827
	b	0.530	0.612	0.580
	c	1.013	1.195	1.071
	d	6.212	7.207	7.279

SR の 68 サンプルはそのうち 56 サンプルが SR と正しく判別され、残余の 12 サンプル中 5 サンプルが N, 7 サンプルが R と誤判別された。

R の 53 サンプルについては 46 サンプルが正しく判別され、7 サンプルが SR と誤判別された。

以上を判別率で表せば、N 群 86.8%, SR 群 82.4%, R 群 86.8% という結果を得た。

しかし残りは誤判別の範疇であるので、これらについ

Table 5 係数ベクトル

	1 次元	2 次元
M-1	0.75987	1.46066
M-2	-0.58069	-1.03463
M-3	1.08516	-0.71211
M-4	-2.84895	-0.34622
M-5	-1.68725	-1.33785
M-6	3.10548	2.48928
M-7	0.90676	-2.01578
M-8	-0.53611	1.57370
M-9	3.60266	2.57354
M-10	-4.02841	-2.57771
D-1	-0.37024	-2.04998
D-2	-0.00864	2.56967
D-3	-1.14320	-0.04998
D-4	1.40715	2.30605
D-5	2.49806	-1.55026
D-6	0.50072	-0.53244
D-7	-1.90655	0.07950
D-8	-0.41564	-0.97244
D-9	-1.28635	-0.86806
D-10	0.97599	1.27906
Ma-1	1.31193	-1.11176
Ma-2	-2.63725	1.62150
Ma-3	2.15849	0.36575
Ma-4	1.89114	-0.32550
Ma-5	-1.59753	-3.07796
Ma-6	0.27052	1.21640
Ma-7	-1.26795	2.52395
Ma-8	0.75804	-1.12398
Ma-9	-1.99705	-3.63457
Ma-10	1.39217	3.28863

Table 6 判別スコアの平均値

	Z ₁	Z ₂
(N)	-1.87034	-0.36929
(SR)	0.29870	0.86874
(R)	2.30375	-0.58155

Table 7 判別境界値

	Z ₁	Z ₂
(N)-(SR)	-0.78581	0.24972
(SR)-(R)	1.30123	0.14359

てさらに Z₂ 値を参考として、N 群と SR 群については 0.24972 より大きければ SR、小さければ N、SR 群と R 群については 0.14359 より大きければ SR、小さければ R という判別境界値を採択して検討した。

Fig. 10 星座グラフ

Fig. 11 星座グラフ

結果として N 群で誤判別された 10 サンプルは、2 サンプルのみが従前の SR となり判別率 97.4%，SR 群での 12 サンプルは 1 サンプルのみ R に誤判別され判別率 98.5%，R 群では誤判別 0 となった。

5. 多変量グラフ解析

スペクトル強度ベクトル $C_i (x_1, x_2, \dots, x_{30})$ を

$$\xi_{ij} = (x_{ij} - x_{j1})\pi / (x_{j0} - x_{j1})$$

$$(i=1, 2, \dots, 71)$$

$$(j=1, 2, \dots, 30)$$

変換して、座標点

$$\left(\sum_1^{30} \omega_j \cos \xi_{ij}, \sum_1^{30} \omega_j \sin \xi_{ij} \right)$$

として表したのが Fig. 10, 11 である⁴⁰⁾。

この星座グラフの解析には先の判別分析で使用した 30 変量のうち 18 変量を使用し、また、ベクトルの長さに関するウェイト (ω) は各変量均等に 1/18 (0.0556) とした。

円周はスペクトル強度の尺度で、右端が 1.22、左端が

7.33を表している。N, SR, R はそれぞれ異なった領域に分布し, SR は分布範囲が最も狭く, スペクトル強度4.475の近傍で分布し, 円周に近い部分に集積するので分散も小さいことが分かる。R はスペクトル強度5.56~6.645の付近で分布するが, 各座標の分散はかなり大きいとみられる。

N は3.39~2.305の近傍に分布するが, SR, R に比較して分布域も広く, 分散もSR に比して小さいとはいえない。

VII. 考 察

1. 測色についての諸問題

歯科領域での測色に関する研究は多く^{7-28, 31, 41-46)}, 主に歯および歯周組織を対象としている。

歯面は平坦な硬組織であるため, 測色に際してその条件の画一化や, 歯面を乾燥するなどの測色環境の均一化さえ考慮すれば, さして困難ではない。

しかし, 軟組織である歯肉を測色する場合, 歯肉表面は緩やかではあるが凹凸があり, また, 接触等の圧迫による貧血のために退色するなどの問題が残る。そのため, 測色条件と環境を画一化し, 信頼性のあるデータを得ることは大変困難である。

歯肉を測色するという試みは, 以前から歯肉測色方法として多数の研究が報告されているが, 視感比色法^{47, 48)}と光学的機器を利用した光電比色法^{47, 48)}に大別され, 視感比色法には関屋⁷⁾, 吉沢⁸⁾, 金子⁹⁾, 浅岡¹⁰⁾の報告がある。視感比色法は色票の作製という作業さえ除けば, きわめて簡便な方法であるが, 環境条件, 観察方向, 観察者の個人差などがあり, データ解析の方法に高度の技術的問題が残る。

つぎに, 光学的機器を利用した報告では, カメラ(主に眼底カメラ)を使用しカラーフィルムを測色した小西¹¹⁾, 青木¹²⁾などの報告¹³⁻¹⁸⁾があるが歯肉を直接測色したものではなく, また, カラーフィルムの感度の偏差と現像による偏差との交互作用をデータ構造に組み込んで, 確率変数とするには手間が掛かり時間的ロスが大きい。

近年, 歯科領域での微小面積を測色する光電色彩計が開発され, その機器を使用した石川¹⁹⁾, 金子²⁰⁾などの報告²¹⁻²⁸⁾があるが, 測色条件の細部規定や歯肉へのプローブの接触による貧血などの問題が未解決であり, 分光測色法に比べ精度の低下, 装置の補正が困難なため, 比較測定としては十分であるが絶対測定にはやや問題が残

る。そこで, 広瀬¹⁴⁾は非接触型で測定時間の短い分光光度計を理想としたと考えられる。本研究で使用したT.S.A. は分光測色法に属し, 筆石³¹⁾がこの機器について報告しているが, 測色に関しては詳細な規定はみられない。

そこで, 著者は経時的に同一部位へ精度の高い復元性を有し, また, 1/1,000 mm 単位で測色距離を規定でき, 歯肉に対し非接触で多数の被験者を反復計測できる歯肉色規格計測装置^{37, 38)}を用い, 歯肉の測色にはT.S.A. を使用して実験的歯肉発赤を測色した。

2. 歯肉発赤惹起について

日常臨床では不良な補綴物, 暫間補綴物を除去すると発赤し炎症症状を呈している歯肉をよくみかけるが, これは圧迫による機械的刺激, 並びに歯垢に含まれている常在細菌が産生する刺激物, また, 即時重合レジンに含まれる残留モノマーなどの化学的刺激^{6, 35)}によるものとされる。

実験的歯肉炎の誘発方法としては, 木綿糸を歯に結紮し, 歯肉を圧迫する機械的刺激によった報告が多く, 実験対象としては石川⁴⁹⁾, 加藤⁵⁰⁾はネコを, 石橋⁵¹⁾, 荒木⁵²⁾, 高山⁵³⁾, 山岸⁵⁴⁾はイヌを, 松井⁵⁾, 井上⁵⁵⁾はサルを使用し, 神山⁵⁶⁾はヒトの実験的歯肉炎について報告している。一方, 石橋⁶⁾, 六人部³⁵⁾は即時重合レジンの残留モノマーは組織刺激性が強く, 歯肉炎を誘発しやすいと報告している。

本研究では積極的に歯肉発赤を惹起させるため, 木綿糸と即時重合レジンを用いて機械的, 化学的刺激を与える方法を採用した。被験者の中には歯肉に即時重合レジンが触れただけで痛みを訴え, 2~4日後には発赤した者があり, これは付着歯肉表層の角化層が薄く, 残留モノマーの刺激が顕著に現れたものと思われる。また, 正常から発赤に至る日数も2~26日とバラツキが大きく, 組織の抵抗力の個人差と思われる。また, 木綿糸の使用は絹糸と比較し吸水性がよく, 歯垢の沈着が著明で細菌的刺激をも期待できるためである。さらに, 常に残留モノマーの化学的刺激を与えるためシーネをディスプレイとした。

3. 測色部位による相違

測色部位の選定にあたって, 中切歯を避け側切歯の近遠心歯間乳頭および辺縁歯肉を対象としたが, 測色時に口角器で口唇の解放を図ることによって起こる上唇小帯の牽引による貧血を避けるためである。

Fig. 12 スペクトルパターンの推移

小西¹¹⁾は撮影に際して吸光度差の大きい歯間乳頭部および辺縁歯肉部を採用しているが、T.S.A.でも生体組織表層部の色素による吸収・散乱を考慮すれば、その他の歯槽粘膜部や齦頬移行部より吸光度差が大きい部位が最も適していると考えるのが妥当であろう。実際に、いずれの測色部位でも発赤の起始点は歯間乳頭であったが、この部分はいわゆる Col 状を呈しその中央の角化は薄く、毛細血管係蹄の屈曲がはなはだしく、さらには他の部位と比べ口腔清掃の点で不利となり、歯垢が停滞しやすい⁵⁷⁾ためと思われる。

4. スペクトルパターンの変化について

測色して得られたスペクトルパターンは、542 nm と 577 nm 付近をピークとする二峰性を示したが、カラー写真を利用して分光測色を行った小西¹¹⁾も 440 nm と 540 nm で二峰性を示したとしている。可視光線はある波長において特有のピークがあり⁵⁸⁾、440 nm は紫から青の範囲であり、540 nm は緑から黄の範囲である。これに対し本実験で二峰性を示した 542 nm は同様に緑から黄、577 nm は黄から橙の波長で、この2波長は血流中の Oxy-Hemoglobin 量を示し、この間の谷に当たる 558 nm は Deoxy-Hemoglobin 量を示しており³¹⁾、この3波長間におけるスペクトラム強度とパターン変化について、パターン認識によるスペクトル解析を行えば組織の状態の把握が可能と思われる。

つぎに、スペクトルパターンの強度の数値を3刺激値直読法によるV値に換算し、これを明度として比較すると高い二峰性を示すものは明度が低く、低い強度のスペクトルパターンは明度が高いという傾向を示した。

発赤が進行するにつれて、スペクトルパターンの二峰性の山は突出した型を示し、全体的にもスペクトル強度そのものが高くなる傾向を示した (Fig. 12)。小西の報

告¹¹⁾にも PMA 指数の高い患者ほど二峰性は著しく、スペクトル強度も高い値を示す傾向がみられ、本研究においても、発赤の進行と比例的にスペクトル強度が増加し、明度は低下していった。

5. 観測値ベクトルの分類と縮約

T.S.A. からのデータ系列を多次元反応ベクトルとして処理する場合、まず次元数の縮小、多変量従属性の検討、多次元的分類へのアプローチから多変量統計モデルの局面評価へと発展させることが望ましい。しかし、本論では T.S.A. のダイナミックな診断に重点をおいたため分類に焦点を当てることとした。

分類は一般的に、あらかじめ指定した群に基づいて行う場合 (判別分析)³²⁾ と、分類そのものがデータから決定される群によって行われる場合 (クラスター分析)⁵⁹⁾ があるが、本論では現象にデータを割り当てる関係上、前者の判別分析を採用した。

T.S.A. データ系列から得られた判別得点のうち判別関数 Z_1 において N グループ 76 サンプル中、負の符号がつかなかったのはただ 1 サンプルのみであり、SR グループ 68 サンプルでは正の値を示したのは 45 サンプル、負の値を示したのは 23 サンプルで、R グループ 53 サンプル中、すべてのサンプルが正の値を示し、N→SR→R と変化するにつれて Z_1 の値は負から正にその数値を変えていく傾向がよく分かり、 Z_1 のみでもよい判別ができることが示されている。さらに、 Z_2 を加味すればその判別率は上昇し、R グループは 100% 判別できるという結果を得ている。

さらにグラフ解析を試みても、N グループは円弧上近くに、かつ右 1/3 部分に、R グループは中心に近く、かつ左 1/3 部分に、SR グループはその中間に分布し、各グループの性質をよく表していると考えている。

VIII. 結 論

本学男子学生 39 名に実験的歯肉発赤を惹起させ、本講座で開発した歯肉色規格計測装置を用いて測色条件を画一化し、T.S.A. にて測色した結果、以下の結論を得た。

1. 測色したスペクトルパターンは二峰性を示し、そのピークは 542 nm と 577 nm であった。

2. 正常、やや発赤、発赤と発赤が進行するにつれてスペクトル強度、吸光度差ともにおおむね増加し二峰性がより顕著となった。また明度は低下した。

3. 正常、やや発赤、発赤と発赤が進行するにつれて判別分析により得られた各サンプルの Z_1 値は負から正へサンプル値が変化する傾向を示した。

4. 判別分析の結果、 Z_1 値ばかりでなく Z_2 値を加味すれば、N 群を N 群と正しく判別したのは 76 サンプル中 74 サンプルで判別率 97.4%、SR 群では 68 サンプル中 67 サンプルが正しく判別され判別率 98.5%、R 群はすべて正しく判別され判別率 100% であった。

5. 星座グラフによるグラフ解析では各群ともによくその性質が表された。

本論文の要旨は、第 75 回日本補綴歯科学会学術大会 (1986 年 6 月 14 日、大阪) および第 55 回岐阜歯科学会例会 (1987 年 2 月 21 日、岐阜) において発表した。

稿を終えるにあたり、ご指導とご校閲を賜りました山田早苗教授に厚く感謝致します。そして終始ご懇篤なご助言を戴いた第 3 講座藤井輝久教授に深甚の謝意を表します。また本研究に種々ご助言、ご援助戴きました本講座倉知助教授、第 3 講座丸井助教授をはじめ、補綴学教室諸兄に衷心より感謝致します。また種々ご教示戴いた第 3 講座前田式郎講師 (非常勤) に感謝致します。また本研究にご協力戴きました被験者各位に深謝致します。

文 献

- 井上昌幸ほか：辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第 1 報 歯冠補綴物ならびに歯牙、周囲組織を含めた組織標本作製に関する検討、補綴誌、20：689～693, 1976.
- 井上昌幸ほか：辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第 2 報 特にその歯頸部辺縁部に関する検討、補綴誌、21：10～20, 1977.
- 井上昌幸ほか：辺縁性歯周疾患における歯冠補綴物の原因性に関する研究 第 3 報 歯冠補綴物の歯頸側辺縁部におけるリン酸亜鉛セメントの観察、補綴誌、21：563～569, 1977.
- 村上繁樹ほか：歯冠補綴物が歯牙歯周組織に及ぼす影響について、補綴誌、22：650～663, 1978.
- 松井裕子：鋳造冠辺縁が歯周組織に及ぼす影響、補綴誌、25：207～226, 1981.
- 石橋寛二：補綴物と辺縁性歯周疾患の関連、歯界展望、61：1130～1138, 1983.
- 関屋淳義、小坂 肇、志賀英治ほか：歯肉色調の研究 第 1 報、臨床歯科、204：15～17, 1954.
- 吉沢和男：本邦人歯牙及び歯肉の色調、第 II 篇 本邦人歯肉の色調、日医大誌、26 (2)：23～32, 1959.
- 金子利一郎：歯肉色に対する色彩学的追求、日歯槽膿漏会誌、9 (2)：17～26, 1967.
- 浅岡一馬：炎症性歯肉の色彩に関する研究 視感比色法による測色結果について、補綴誌、22：664～678, 1978.
- 小西 保：歯周病におけるカラー写真の利用に関する研究、日衛生会誌、21 (2)：63～80, 1971.
- 青木栄夫、山田茂子：歯肉色の表示法、歯界展望、46 (5)：681～691, 1975.
- 山田茂子：歯周疾患患者における歯齦色の色彩学的研究、日歯周誌、20 (4)：309～327, 1978.
- 広瀬 守：陶材焼付鋳造冠装着後の歯齦の変色に関する臨床的研究、歯科学報、81 (7)：1099～1158, 1981.
- 三宅洋一、小林 晁、宮沢裕夫ほか：カラーフィルムを用いた歯肉色の測定と解析法について 第 2 報、口衛会誌、32：10～16, 1982.
- 桜井直紀：歯肉の色彩変動に関する診断学的研究、日大口腔科学、11：106～117, 1985.
- 久野昌士、高橋俊之、広瀬 守ほか：遊離歯齦の光透過性に関する研究、補綴誌、29：1051～1061, 1985.
- 鳥居一也、高橋俊之、羽賀通夫：遊離歯齦の光透過性に関する研究について、補綴誌、30：1239～1249, 1986.
- 石川信昭：歯肉色測定法に関する研究、口病誌、25：611～621, 1958.
- 金子利一郎：ヒトの歯肉に関する色彩学的研究、日大歯学、42：570～578, 1968.
- 平塚欽也：歯肉色と歯肉毛細血管像との関連について、日歯周誌、13：49～58, 1971.
- 坂田多喜雄、山崎正隆、杉山優子ほか：ファイバカラーメーターの保存領域での応用、歯材器誌、27：37～42, 1972.
- 等々木正勝：新微小面色彩計による歯周病歯肉色の測定、日歯周誌、13 (2)：59～67, 1971.
- 西田尚道、目 岩男、橋本幸一ほか：歯肉に関する測色学的研究 第 1 報 測色条件、環境条件の影響について、補綴誌、19：131～137, 1975.
- 西田尚道、目 岩男、橋本幸一ほか：歯肉に関する測色学的研究 第 2 報 正常歯肉について、補綴誌、19：251～260, 1975.

- 26) 西田尚道, 目 岩男, 橋本幸一ほか: 歯肉に関する測色学的研究 第3報 金属焼付ポーセレンクラウンの歯肉に及ぼす影響, 補綴誌, 20: 258~268, 1976.
- 27) 好士哲雄: 歯肉における新微小面色彩計による測定値と毛細血管顕微鏡像及び病理組織像との関係, 日歯周誌, 18 (2): 179~188, 1976.
- 28) 高橋俊之: 光電色彩計による冠着後の歯齦の変色に関する臨床的研究, 歯科学報, 84 (3): 427~477, 1984.
- 29) Kamada, T., Sato, N., Kawano, S. and Fusamoto, H. et al.: Gastric Mucosal Hemodynamics after Thermal or Head Injury, Gastroenterology, 83: 535~540, 1982.
- 30) Sato, N., Hayashi, N. and Kawano, S. et al.: Hepatic Hemodynamics in Patients With Chronic Hepatitis or Cirrhosis as Assessed by Origan-Reflectance Spectrophotometry, Gastroenterology, 84: 611~616, 1983.
- 31) 雪石 聰, 埴岡 隆, 常光 旭ほか: 反射スペクトル解析法の歯周疾患への臨床応用, 歯界展望, 63 (2): 345~352, 1984.
- 32) 杉山高一: 多変量データ解析入門, 第1版, 57~103, 朝倉書店, 東京, 1984.
- 33) 加藤 照, 小林義典, 山田好秋: ランフォード&アッシュ歯周病の基礎と臨床, 1版, 403~408, 医歯薬出版, 東京, 1984.
- 34) The Journal of THE AMERICAN DENTAL ASSOCIATION: Reports of evaluating committees of 1951 periodontal workshop, 45: 1~15, July, 1952.
- 35) 六人部慶夫: 合成樹脂継続歯冠の歯肉組織反応, 版大歯誌, 4: 969~994, 1959.
- 36) 秋吉正豊: 歯周組織の構造と病理, 第2版, 5~26, 医歯薬出版, 東京, 1968.
- 37) 藤本明伸, 石神 元, 犬飼和良ほか: 歯肉色測定のための規格計測装置, 岐阜学誌, 14: 56~63, 1987.
- 38) 倉知正和, 藤本明伸, 高川完司ほか: 歯肉色計測装置の開発と基礎的実験, 補綴誌, 31: 1477~1485, 1987.
- 39) 上條雅彦: 口腔解剖学 1, 骨学, 3版, 257~271, アナトーム社, 東京, 1972.
- 40) 脇本和昌, 後藤昌司, 松原義弘: 多変量グラフ解析法, 第1版, 76~84, 朝倉書店, 東京, 1979.
- 41) 中川喜晴: 歯冠色分析に関する研究, 補綴誌, 19: 109~130, 1975.
- 42) 上原秀樹: 上下顎前歯の色彩学的研究, 九州歯会誌, 34 (5): 465~488, 1981.
- 43) 小塩博司, 小木曾明, 石田重晴ほか: デンタルカラーアナライザーによる成人上顎6前歯の歯冠色分析, 岐阜学誌, 9: 248~255, 1981.
- 44) 藤本明伸, 徐 忠明, 倉知正和ほか: カラーアナライザーによる歯冠色の推定 第1報 上下顎前歯の相互推定について, 岐阜学誌, 11: 137~147, 1983.
- 45) 小木曾明, 前田式郎, 丸井義仁ほか: デンタル・カラーアナライザーによる上顎前歯, 小臼歯の部位と歯冠色との対応関係について, 岐阜学誌, 11: 148~156, 1983.
- 46) 小木曾明: 前歯歯冠色系の相互依存構造と予測系列について, 補綴誌, 30: 1264~1277, 1986.
- 47) 川上元郎: 色の常識, 78~80, 日本規格協会編, 東京, 1978.
- 48) 日本色彩学会編: 新編色彩科学ハンドブック, 183~255, 東京大学出版会, 東京, 1980.
- 49) 石川 純ほか: 局所的刺激による実験的歯肉炎の発生とその治癒に関する研究, 日歯漏誌, 5: 57~65, 1963.
- 50) 加藤 照ほか: 局所的刺激による歯肉炎の発生とその治癒に関する研究一歯肉炎発生後の経時的变化について一, 日歯周誌, 15: 227~237, 1973.
- 51) 石橋寛二: 歯肉及び歯槽堤粘膜の炎症性変化に関する研究一口腔生体顕微鏡による観察一, 補綴誌, 22: 407~431, 1978.
- 52) 荒木啓之: 歯肉に対する全部鋳造冠の影響に関する実験的研究, 補綴誌, 13: 44~60, 1969.
- 53) 高山文晴ほか: 冠装着後の実験的歯周炎に関する基礎的研究 その1 冠辺縁の位置的違いと歯肉病変, 日歯周誌, 19: 341~357, 1977.
- 54) 山岸 茂ほか: 冠装置後の実験的歯周炎に関する基礎的研究 その2 歯肉病変に対するブラッシングの効果, 日歯周誌, 20: 56~70, 1978.
- 55) 井上昌幸ほか: 歯間部歯周組織に関する研究 第1報 実験的食片圧入による歯周組織の破壊について, 補綴誌, 26: 849~855, 1982.
- 56) 神山義信, 浅沼 勝, 徳高昇一ほか: ヒトの実験的歯肉炎における Bleeding Index について, 日歯周誌, 23: 518~525, 1981.
- 57) Grant Stern Everett; 松江一郎: オルパンの最新歯周治療学, 第1版, 3~15, 技報堂, 東京, 1975.
- 58) 日本色彩学会編: 新編色彩科学ハンドブック, 1~9, 東京大学出版会, 東京, 1980.
- 59) 奥野忠一ほか: 多変量解析法, 第2版, 391~411, 日科技連, 東京, 1985.