

# ERGデータの多次元尺度分析

An Analysis of ERG Data by Multivariate Techniques

側垣博明  
Sobagaki Hiroaki

磯貝恭史  
Isogai Takafumi

納谷嘉信  
Nayatani Yoshinobu

電総研(大阪)

大阪市大医学部推計学(研)

大阪電気通信大学

〔はじめに〕 Riggsら<sup>1)</sup>は種々の色光スペクトルに対するERGを測定し、そのデータから固有技術的に色差知覚に対応する色度図を導出している。

本報では、RiggsらのERGデータに対する多次元尺度分析の適用および本解析によりRiggsらの色度図が推定できたことを述べる。さらにERGデータのノイズ成分の推定および視覚生理情報に対する多次元尺度分析の有用性についてもふれる。

〔方法〕 Riggsらは、図1のような円形視野に、 $a$ ,  $b$ の縞状パターンを観測者に提示した。 $a$ ,  $b$ はそれぞれ異なるスペクトル光で一定周期で交互に提示された。刺激に用いたスペクトル光は $450nm \sim 660nm$

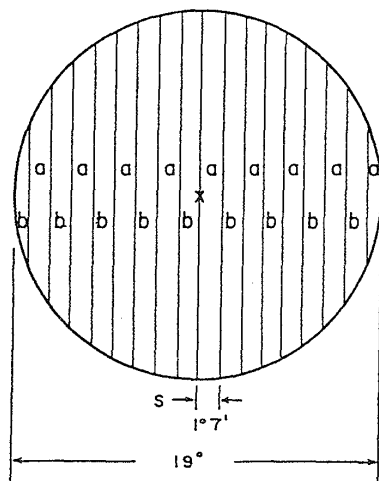


図1 刺激野の外見。  
(Riggs et al. [1]による)

にわたる $15nm$ おきの15波長である。スペクトル光の強度は彼ら固有の方法で、予め定めた基準刺激を用いて、各観測者ごとに一定のERG振幅をひきおこす刺激量を用いられた。これら15波長の全組み合わせ105対の刺激について、3名の観測者に対するERGが測定され

た。ERGデータ( $\delta_{ij}$ と表わす、 $i, j$ は波長)は3名の観測者の波長の山と谷を計り、そのメジアンがとられた。このERGデータにもとづいて、Riggsらは各波長間の距離がでるだけ各波長の組み合わせで得られたERG応答に近づくよう試行錯誤的に定めた。その結果を図2に示す。

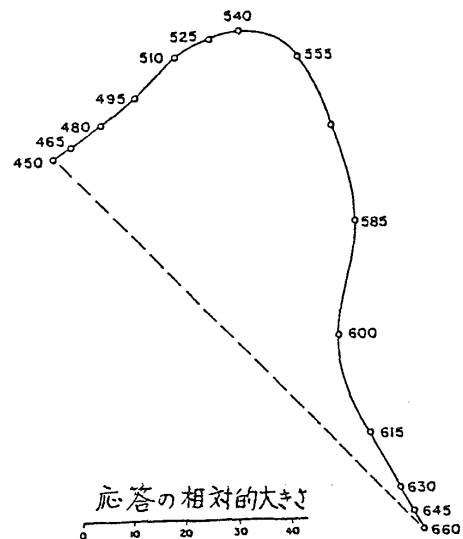


図2 Riggsらの色度図 (Riggsら[1]による)

〔ERGデータの解析〕 RiggsらのERG波形(1)のFig.2)をみれば、波長 $i$ と $j$ が離れる程ERG振幅は大きく、近づくとき小さくなる系統的な変化が認められる。

筆者らはERGデータに多次元解析法を適用し、本解析により得られる多次元空間内の距離( $d_{ij}$ と表わす、 $i, j$ は波長)と観測データ $\delta_{ij}$ の一致の程度およびRiggsらの色度図の推定等と検討した。解析にはTorgerson-Gower<sup>2)</sup>およびShepard-Kruskal<sup>3)</sup>の方法を用いた。

Torgersonらの解析法は、刺激と応答間の類似の度合いが多次元空間内の距離と比率関係にある場合に適用される方法である。Shepardらの解析法は、刺激と応答間の順序関係あるいは大小関係といった非計量的な情報から、より高次の計量的な情報を導き出す方法である。

**色度図の推定** TorgersonおよびShepardらの解析法により得られた結果から、それぞれについて色度図を推定した。推定した色度図はいずれもRiggsらの色度図とほぼ類似な形状であった。図3はTorgerson法により、尺度変換(- $\delta_{ij}$ )に対して求められた色度図でRiggsらの結果と最も一致を示した。

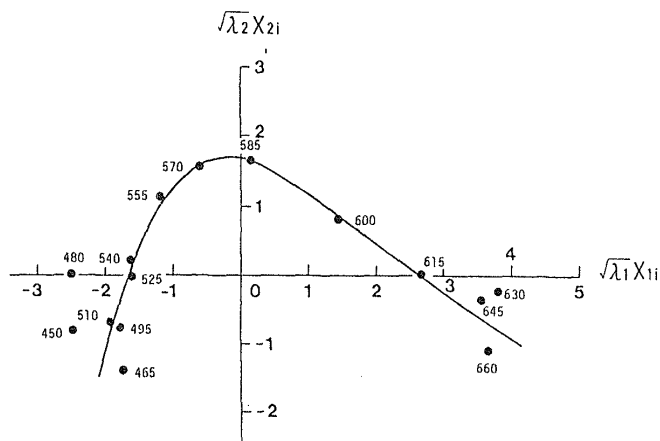


図3 Torgerson法による解析から推定した色度図(尺度変換- $\delta_{ij}$ )

**ERGデータノイズ成分の推定** RiggsらのERG波形(11)のFig.2)をみれば、電気生理実験につきもの「高周波微小ノイズ」がERG波形に重畳していることが認められる。図4はShepardらの方法で得られた多次元空間内の距離 $d_{ij}$ とERGデータ $\delta_{ij}$ の散布状態を示す。同図における直線回帰式は $\delta_{ij} = 9.20 + 36.16 d_{ij}$ と推定された。回帰からの変動は $d_{ij}$ の各水準でほぼ一定である。このことから回帰式の定数項(値9.20)がノイズ成分に対応すると考えられる。

**ERGデータと色差知覚の線形性** RiggsらはERGデータから色度図を推定するさい、ERGデータが色差知覚と線形関係にあることを先見的に仮定している。図4において $\delta_{ij} \propto d_{ij}$ と想定すれば、 $\beta$ が1のベータ指数を有することが伺える。このことはRiggsらの仮定が妥当性をもち、彼らの実験条件におけるERGから人間の色差知覚とほぼ線形関係にあることを示すものと判断される。

**色度図の長波長域の形状** Riggsらの色度図(図2)をみると、波長600nm以上でくぼみが見られる。Breckenridge<sup>4)</sup>らのスペクトル色による等色実験の結果では長波長域の軌跡は直線である。図4では $d_{ij}$ と $\delta_{ij}$ はほぼ線形関係が成立しており、Riggsらの色度図の長波長域の軌跡は直線にあることが期待される。Riggsらの色度図の形状の変化は実験誤差に

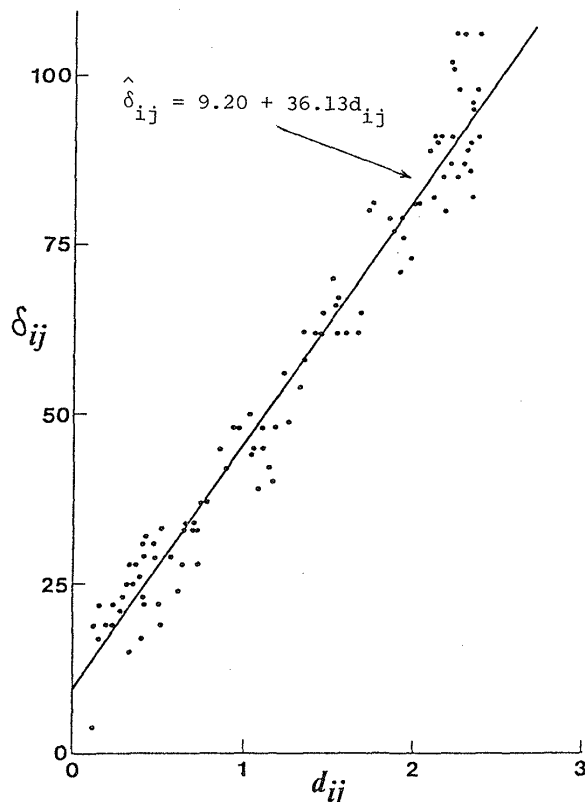


図4 Shepardらの多次元尺度分析による $d_{ij}$ とERGデータ $\delta_{ij}$ の相関図

起因するものと思われる。

- 〔むすび〕 (1) ERGデータから色差知覚を反映すると思われる色度図をTorgersonおよびShepardらの角解析法より推定した。Riggsらの色度図に比べ本解析による結果は、より心理物理学的知見を満足するようと思われる。(2) ERGデータ $\delta_{ij}$ と本解析により推定された多次元空間内の距離 $d_{ij}$ はほぼ線形関係にある。(3) ERGデータに含まれるノイズ成分が抽出できた。以上のことから、多次元尺度分析は生理実験データの解析に有効な一つの方法であると思われる。

〔文献〕 [1] L. A. Riggs et al.; J. Opt. Soc. Am., 56, 1621-1727 (1966). [2] W.S. Torgerson; Psychometrica, 17, 401-419 (1952). [3] J. K. Kruskal; Psychometrica, 29, 1-28 (1964), 29, 115-129 (1964). [4] F. C. Breckenridge et al.; J. Opt. Soc. Am., 29, 370-380 (1939).