植物の色彩と眼球運動及び脳波との関わりについて

金 恩 一*・藤 井 英 二 郎**
安 藤 敏 夫**

The Relations of the Eye Movement and the Electroencephalogram to the Color of Plant.

Eunil KIM・Eijiro FUJII
Toshio ANDO

摘要：緑地の視覚心理的效果を明らかにするため、植物の視覚的要素の一つである色彩に着目し、それと眼球運動、脳波との関係について検討した。視覚対象としては、ペチュニアの6品種（紫、赤、ピンク、サーモンピンク、黄、白）と花のないペチュニアそれぞれを面的に広がる形で被験者の前に提示し、そのときの眼球運動をトークアイで、脳波を脳波計によって測定した。その結果、眼球運動と脳波の間にある種の関連性をみることができた。また、既報の色布を用いた実験と比較した結果、男女差については緑色を除いて他の色では類似した傾向を得ることができた。

1. はじめに

緑地には人間に安らぎをもたらす効果があるとされる。緑地の心理的效果は五感を通してなされるが、その中で視覚が最も大きな比重を占めているといわれる。視覚を中心とした感覚器官によって人間は緑地を知覚し、脳においてそのイメージが作られる。この2つの過程は連続的に、そして相互に作用し合いながら進むものであり、一線を画する形で区分できるものではない。

本研究では、緑地の視覚心理的效果を明らかにするため、緑地の主な構成要素である植物を視覚対象として、特に植物の視覚的要素の一つである色彩に着目し、それと眼球運動、脳波との関係について実験的に検討した。また、さらに意識調査も合わせて行い、それらとの関係についても検討を加えたが、本報では眼球運動と脳波の特性を中心に報告する。この研究は、色彩と脳波の関係を解析すべく進めた既報¹⁾の色布の実験を植物に展開するものであり、またこれまで筆者らが別個に検討を進めてきた眼球運動と脳波を合わせて検討しようとするものである。

2. 研究方法

(1) 眼球運動

人間の眼は網膜中心部の中心視窩で最も視力が高く、中心窩全体がこれに準じる。それぞれの広がりを中心視窩が直径視角 $1^{\circ}20'$ 、中心窩は 5° とされている。外界からの情報は、中心窩で物を見る中心視とその周辺部による周辺視によって得られる。眼球運動はこの中心窩でものを見るために行われる²⁾。

(2) 脳波

頭皮上から記録される脳電位は、大脳半球灰白質の神経細胞に起源し、シナプス後電位(PSP)と活動電位の2種類に分けられる。PSPは神経細胞の尖頭樹状突起または、細胞体に連続的に生ずる膜電位の変化であり、促進性(EPSP)と抑制性(IPSP)とがある。通常頭皮上から記録される脳波のほとんどは、このEPSPとIPSPの総和から成り立っている³⁾。脳波はその周波数によって主に4種類に分類され、それらはこれまでの研究によって以下のような状況下でより多く出現することがわかっている⁴⁾。

δ 波(3.8Hz以下)：成人の覚醒時にはほとんど認められず、深い睡眠段階で見られる。

θ 波(4~7.8Hz)：主に入眠初期に見られる波。

α 波(8~12.8Hz)：覚醒、安静、閉眼状態においてよく見られる波である。

β 波(13Hz以上)： α 波とともに覚醒時により多く見られる波であり、開眼、痛み、緊張、興奮などの状態により多く出現する。

(3) 視覚対象

本実験は被験者が対象物と背景以外の要因から受ける影響をできる限り少なくし、また被験者が同一条件下で実験が受けられるように室内で行った。

視覚対象としては、ペチュニア6品種（白、赤、黄、紫、ピンク、サーモンピンク）と花のないペチュニアそれぞれの鉢物で、トレイ(60cm×40cm)に15鉢ずつ入れ、面的に広がる形で被験者の前に提示した(写真)。これらの色のL*a*b*表色系における色度は、色彩色差計(MINOLTA, CR-200)を用いて測定した。その結果

*千葉大学大学院自然科学研究科 **千葉大学園芸学部

は表1に示す(表1)。

(4) 実験設定, 手順と被験者

被験者は椅子に座り, その視点の高さをほぼ1.1mとした。また, 被験者と視覚対象の中心との距離を1.1mとし, 被験者の前に設置した箱(60cm×40cm×50cm)の上に視覚対象を提示した。その視覚対象の高さは80cmである(写真)。

視覚対象の提示順序は, 被験者の疲れや提示順序による影響を少なくするため, 乱数表によって決め, 被験者ごとに異なるようにした。視覚対象を見る時間はそれぞれ30秒であり, 視覚対象を取り替える場合, 被験者の前に白板(91cm×182cm)を置き, 視覚対象が見えないようにした。なお, 被験者に視覚対象を見ている間は頭を動かさないように指示した。

室内の照明は, 演色性の高い色評価用蛍光灯(東芝FL40SW-EDL-50K/NL)を使用した。また, 照明は被験者の目の高さで500Lux以上あるように調節した。

眼球運動を測定した被験者は, 裸眼もしくは矯正視力が0.7以上の千葉大園芸学部学生25名(男性14名, 女性11名)である。そのうち実験中に頭を動かしたり, 視点のずれが見られたり, あるいは入眠などが見られた被験者8名(男性6名, 女性2名)は解析の精度を維持するため解析対象者から除いた。従って, 解析対象者は男性8名, 女性9名の計17名である。脳波の測定・解析対象者数は男性14名, 女性7名の計21名であり, これらの被験者の中には眼鏡を着用している被験者も含まれてい

る。そのうち男性2名には対象によって筋電図の混入がみられたため, その場合は除外して解析した。今回解析対象としたデータは対象を見はじめてから直後5秒間のものである。

(5) 眼球運動の測定

眼球運動の測定と記録は竹井機器工業のトークアイによって行った。この装置は1/30秒ごとに眼球運動を検出し, 移動速度は5 deg/sec単位で, また停留時間は33msec単位で解析するものである。なお, ここで移動速度区分の基準とした5 deg/secは人がある点を注視している時に見られる眼球の微動の最大値とされており⁵⁾, また停留時間区分の基準とした33msec はデータ記録に用いたビデオの一面の構成時間が33msec であることによる。

(6) 脳波の測定

脳波の測定は, 国際10-20法によるFp₁, Fp₂, F₃, Fz, F₄, C₃, C₄, P₃, Pz, P₄, O₁, O₂の12電極を活性電極とし, 耳朶を不関電極とした単極誘導法で行った。測定条件は時定数0.3秒, 広域フィルター30Hz, 感度1である。脳波は脳波計(日本光電, EEG-5313)によって測定し, 合わせて眼球運動を測定した被験者についてはそのデータをEEGフォーマッター(日本光電, VY-210B)を介してデータレコーダー(ビクター, HR-S7000)に同時記録した。

3. 結果及び考察

(1) 視点の移動速度と停留時間

視点の移動速度と停留時間について移動速度割合, 停留時間割合を求め比較・検討する。移動速度割合は, 視点の移動速度を5 deg/sec ごとに区分し, 各区分の移動回数が全移動回数に占める割合であり, また停留時間割合は停留時間を33msec ごとに区分し, 各区分の停留点数が全停留点数に占める割合のことである。眼球運動についてのこれまでの検討⁶⁾によって, 移動速度割合では5 deg/sec 以下の割合が, また停留時間割合では33 msec の割合がもっとも大きな値を示めし, それらが眼球運動を特徴付けるものであることから, それらの値について各対象ごとに検討を進めることにした。

図1は, 各被験者の5 deg/sec 以下の移動速度割合と33msec の停留点の割合がどのような関係にあるかを検討したものである。また, 図中の回帰直線は男・女それぞれについて求めたものである。相関係数の値にばらつきがあるものの, すべての対象において5 deg/secと33 msec の割合の間には負の相関関係が見られる傾向がある。5 deg/sec の移動が少ないことは速い移動がより多くなることであり, また33msec の停留点が少ないことは停留時間の長い停留点が多いことを示す。従って, これら多くの対象において視点の動きが遅いと対象

表-1 L*a*b*表色系における各花色の色度

パラメーター 視覚対象	L*	a*	b*
緑	43.37	-17.63	25.96
紫	16.57	42.22	-36.34
赤	30.94	52.89	26.88
ピンク	43.67	55.99	-2.90
サモンピンク	51.79	43.55	11.31
黄	70.94	-8.59	38.62
白	79.47	-0.33	0.83

写真 実験状況写真

図-1 5 deg/sec 以下の視点移動の割合と33msec の停留点の割合との関係

のある部分に視点がより長く留まり対象を細かく見るのに対して、視点の動きが速くなると対象の一点一点に留まる時間が短くなることを示している。そして、この傾向はこれまでの報告と同様である⁶⁷⁾。

各対象別に被験者の分布を見ると、男性ではピンクと紫においてほとんどの被験者で遅い移動速度割合が少なく、短い停留点の割合が多いのに対して、女性ではピンク、白、黄、緑においてほとんどの被験者で遅い移動速度割合が多く、停留時間の短い停留点の割合が少ない傾向が見られる。即ちそれは男性ではピンクと紫で速い移動と停留時間の短い停留点が多いことであり、それは端的に言えば視点の動きがすばやいことを示している。こ

れに対して、女性ではピンク、白、黄、緑において遅い移動と停留時間の長い停留点が多くなり、視点の動きがゆったりしていることを示す。従って、ピンクでは男・女で逆の傾向を示すことになる。即ち男性では視点の動きがすばやいのに対して、女性ではその動きがゆったりしたものであることが分かる。

さらに、前述の回帰直線の傾きをより細かく検討すると、男性の白では傾きが大きく、紫、黄、緑では小さい傾向が見られる。これに対して女性では、赤、サーモンピンクでは傾きが大きく、黄、白、ピンクで小さい傾向が見られる。傾きが大きくなると、遅い移動が多いにも関わらず停留時間の短い停留点が比較的が多いことを示

し、逆に傾きが小さくなると速い移動が多いにも関わらず停留時間の長い停留点が比較的多いことを示すことから、男性では白、女性では赤とサーモンピンクにおいて視点の動きがすばやい傾向をもつと言える。これに対して、男性では黄、緑、女性では黄、白、ピンクにおいてその動きがゆったりした傾向をもつと言える。なお、ここで男性において紫はその傾きは小さいものの短い停留時間の割合が多い位置に偏っていることから、その動きはすばやいものと言える。従って、黄では男女ともにその傾きが小さく視点の動きがゆったりしたものであることが分かる。一方、白、ピンクでは男性は動きがすばやいものに対して、女性では逆にゆったりした傾向をもつことが分かる。

これらのことから、男性では白、ピンク、紫においてすばやい動きが特徴的であり、反対に黄、緑ではゆったりとした動きが特徴的であると言える。これに対して女性では、赤において視点の動きがすばやく、反対に黄、白、ピンクにおいて動きがゆったりしているものと言える。即ち、白、ピンクにおいて男性ではすばやい動きが見られるのに対して、女性ではゆったりした動きが見られることになり、男女間でそれらの色に対する印象が異なるものと考えられる。

(2) 停留点の分布型

停留時間で重みづけした全停留点の位置を、横方向、縦方向の座標軸上に振り分け、それぞれの座標値を平均することにより、全停留点の平均位置と横・縦方向の標準偏差を求めた。この横・縦方向の標準偏差の大きさは停留点の分布の広がりを出すものである。この広がり

図-2 色対象における停留点の広がり

表-2 男性の停留点の広がりにおける差の検定

横方向 縦方向	緑	紫	赤	ピンク	サーモン ピンク	黄	白
緑	—						
紫	*	—	*				**
赤			—				
ピンク	**		*	—			*
サーモン ピンク		*		**	—		
黄				*		—	
白				*			—

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ (t-検定による)

は対象物間の違いと同時に被験者の個性も見られることから、その値を各被験者ごとに標準化し、その標準化値の男女別平均値とその標準偏差を求め、図示したものが図2である。なお、この処理に当っては明らかに瞬きと見られる軌跡は除外した。

男性では、横方向の場合、紫とピンクで値が高く、逆に赤、白ではその値が低くなり、それらの間には統計的に有意な差(t-検定)が見られた(表2)。また、縦方向では紫、ピンクで高く、緑、サーモンピンク、ピンク、白、黄で低い値となり、それらの間には統計的に有意な差(t-検定)が見られた(表2)。これらのことから、男性は紫とピンクにおいて、横方向、縦方向ともに高い値を示すことから、それらの色では停留点が他の色に比べて広く分布することが分かる。これに対して白では逆に横方向、縦方向ともに低い値になることから停留点の狭い範囲に集中することが分かる。一方、女性では横方向、縦方向のいずれにおいても男性より値が小さく、各色の間に有意な差は見られなかった。このことは女性の停留点の広がり男性より小さいことを示しており、停留点の広がりに見られる男女差として注目すべき結果である。

(3) α 波と β 波の総量の関係

各色を見たときの α 波と β 波の総量(12電極の合計値)の間には従来の研究¹³⁾と同様、図3に見るように正の相関関係が見られることから、その回帰直線を求め、各色における α 波と β 波の関係を検討した(図3)。回帰直線の傾きとその標準誤差の範囲を各色で比較すると、図4のようになる。ここで、この傾きは図3から分かるように傾きが大きくなると α 波に対して β 波がより多くなり、逆にその傾きが小さくなると β 波に対して α 波がより多くなることを示す。なお、この傾きの大小は、中村・藤井(1991)⁸⁾、藤井・中村・三島(1993)⁹⁾において植物の視覚的な安らぎを指標とした α 波割合の大きさにつながるものである。

図4に見られるようにピンク、緑で男性の傾きが女性より高く、逆に白では女性の傾きが男性より高くなることが分かる。これに対して、黄、紫、サーモンピンクでは男女間に違いが見られない。

ここでみられた結果を既報¹⁾の色布を用いた実験結果

図-3 各色におけるα波とβ波との関係

と比較すると、緑では色布において男女の違いが逆になったものの、白では色布と同様の男女差が見られ、また黄、紫では色布でも男女差がみられなかったことから、今回のベチュニアの実験結果と色布の実験結果には緑を除いて男女差については類似した傾向が見られたと言えよう。

さらに、今回の脳波の検討において男女間で違いが見られた色のうち、ピンク、白では前述のように眼球運動でも違いが見られ、また男女間に差が見られなかった黄、紫のうち黄では眼球運動においても男女間で似た傾向が見られたことから、脳波と眼球運動にはある種の関連性があるものと考えられる。

4. おわりに

緑地の視覚心理的効果を明らかにするため、植物の視覚的要素の一つである色彩に着目し、それと眼球運動、脳波との関係について検討した結果、眼球運動と脳波の間にはある種の関連性の見られることが指摘できた。また、ベチュニアを用いた今回実験と既報¹⁾の色布を用いた実験において緑以外では男女差については類似した結果を得ることができた。今後は、眼球運動と脳波の関係をさらに細かく検討すると同時に、ここで得られた結果と被験者の意識との係わりについて検討を加える予定である。

図-4 各色における α 波と β 波の回帰直線の傾きとその標準誤差

引用及び参考文献

- 1) 三島孔明・藤井英二郎 (1991): 植物をみたときの脳波特性に関する研究—色彩と脳波の関係, 千葉大園学報 44,201-207.
- 2) 渡部 勲 (1979): 視覚系における制御機構, 田崎京二・大山 正・樋渡涓二編 視覚情報処理, 朝倉

書店,367-376.

- 3) 柴崎 浩 (1988): 脳の電気生理学的診断法, 伊藤正夫・桑原武夫編 最新脳の科学II, 同文書院,425-427.
- 4) 江部 充・本間伊佐子 (1979): 図解脳波テキスト, 文光堂, 36-43.
- 5) 山田光穂・福田忠彦(1986): 画像における注視点の定義と画像分析への応用, 電子通信学会論文誌Vol. J69-D No.9,1337-1340.
- 6) 依田治朗・安蒜俊比古・藤井英二郎 (1991): 樹形と眼球運動の関係に関する研究—樹冠と幹の形態による比較—, 千葉大園学報, 44,181-190.
- 7) 金恩一・藤井英二郎 (1992): 幾何学的図形に対する韓国人と日本人の眼球運動の比較—植栽と眼球運動の関係に関する基礎実験—, 千葉大園学報46,215-220
- 8) 中村隆治・藤井英二郎 (1992): 生垣とブロック塀をみたときの脳波特性の比較, 造園雑誌55(5),139-144.
- 9) 藤井英二郎・中村隆治・三島孔明 (1993): 脳波による緑地の視覚心理的效果の検討, 国際シンポジウム'93「アメニティのデザイン」学術講演概要集, 250-251
- 10) 金恩一・藤井英二郎 (1993): 自然樹形と人工樹形に対する眼球運動の比較, 千葉大園学報47,165-170
- 11) 金恩一・藤井英二郎 (1993): 緑地の視知覚と被験者の文化的背景との係わりについて, 国際シンポジウム '93「アメニティのデザイン」学術講演概要集, 250-251.

Summary : We investigated the eye movement and the electroencephalogram inspecting several color of *Petunia hybrida* to analyze the sight-psychological effect of a plant. We could point out a kind of relation between the eye movement and the electroencephalogram in their difference and similarity between the male and female. And, the comparison between the characteristics of electroencephalogram to the *Petunia* and to the color clothes, which reported in the previous paper, brought the similar results without the case of green color.