

## 2. マルチチャンネル近赤外線分光法(NIRS)による景観提示媒体に対する脳の活動測定

緑地環境情報学 DK

### 1. 研究の背景と目的

3次元コンピュータグラフィックス(以下,3次元CG)による景観可視化手法は,コンピュータ技術の急速な進展や,植物モデリング手法の発展に伴い,非常にリアルな画像作成ができるようになってきた。3次元CGによる景観可視化手法としては,テクスチャマッピングによる地形の可視化,植物モデリングの行える景観設計用ソフトウェアの使用による景観の可視化,Web3DテクノロジーであるVRML(Virtual Reality Modeling Language)による可視化手法などが提案されている。しかしながら,これらの手法によって作成された3次元CGを景観研究に用いる際の妥当性や有効性については,その評価は主にSD(Semantic Differential)法などの印象評価手法による主観評価が行われており,客観的指標に基づいた検討は極めて少ない(林ら,2002;林ら,2003)。

一方で,視覚環境の変化が脳の生理応答に影響を与えることが指摘され,様々な視覚刺激に対する脳の活動の機能局在を把握するために近赤外線分光法(NIRS: Near-infrared spectroscopy)などを用いて様々な研究が行われている(恒次,2006; Matsuda, G., Hiraki, K., 2005)。脳は得られた視覚情報を迅速かつ的確に処理しなければならない時には,その情報処理を担う部位のみを集中的に働かすようになっており,その特定の情報を処理する部位を把握することは脳機能の局在性を解明するために必要である。

本研究では,マルチチャンネル近赤外線分光法による脳の生理応答による局所脳血流動態を指標とした生理応答測定法とSD法による主観評価法を用いて複数の異なる視覚刺激媒体に対する被験者の生理・心理反応を測定し,3次元CGや景観画像に対する脳の生理応答が,提示媒体毎にどのような反応を示すかを測定した。また,生理応答測定法と印象評価法の結果との関連についても検討した。

### 2. 方法

生理応答の測定法に使用したNIRSは近赤外光を生体内に投射することで生体組織の酸素化ヘモグロビン(以下,oxyHb)と脱酸素化ヘモグロビン(以下,deoxyHb)を測定し,その変化

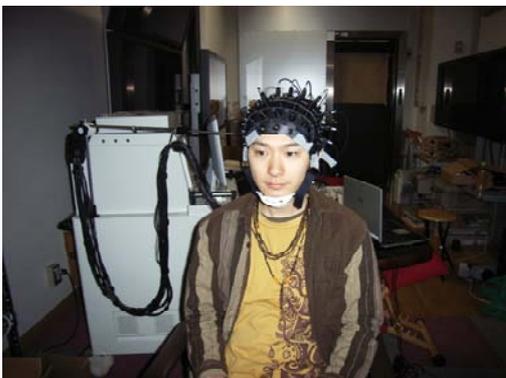


図 1. 実験の様子

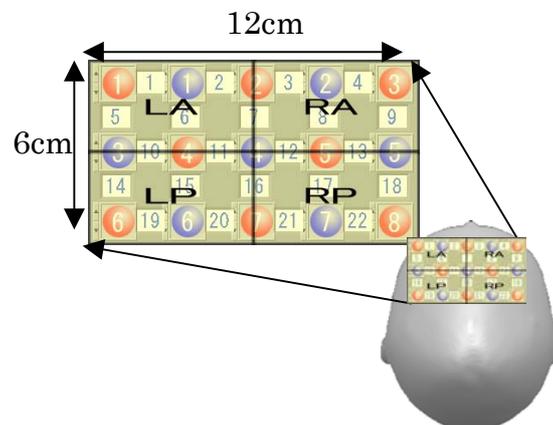


図 2. 統計解析に用いた4区分

量から局所脳血流動態を計測することができる。測定機には複数箇所の同時測定が可能である OMM-2001(島津製作所製)を使用した。実験の様子を図 1 に示す。測定部位は前頭連合野を覆うように計 22 チャンネルについて 910ms の間隔で取得した(図 2)。測定部位の前頭連合野は様々な状況に応じて適切な行動をとるために思考したり、特に大切な情報に対して選択的に集中したりと感情、意欲、思考といった高次元の情報を処理し脳全体をコントロールしている。

実験は千葉大学園芸学部にあるシールドルームにて行い被験者は 20 歳から 27 歳までの健康成人 8 名(男:7 名, 女:1 名)とした。視覚刺激として用意した画像の対象地は千葉大学松戸キャンパス内のフランス式庭園とした。また、被対象地の景観提示媒体としてはデジタルビデオにより撮影したビデオの動画(Video)と静止画(Photo), VRML による景観シミュレーション画像から作成した動画(VA)と静止画(VS)の 4 種とした(図 3)。

実験は表 1 に示すような手順で行った。被験者に測定器を装着し、脳血流が安定するのを確認した後、景観提示媒体を再生した。景観提示媒体の閲覧による脳血流動態の変化との比較を行うため、それぞれの媒体の提示前 10 秒間に無地の白い画像を表示させ、その間の脳血流動態を測定した後、景観提示媒体を 60 秒間閲覧させた。

解析を行う際には、被験者毎に頭部の形状や大きさが異なることにより、測定器具を設置した位置と前頭前野の反応位置に各被験者間で若干異なると考えられるため、このような差の影響を小さくするため、図 2 に示すように、測定した 22 チャンネルを大きく 4 つに区分けし、それぞれを左前(LA:Left Anterior), 右前(RA:Right Anterior), 左後(LP:Left Posterior), 右後(RP:Right Posterior)とした。

表 1. 実験手順

|     | 実験者                             | 時間        | 被験者       |
|-----|---------------------------------|-----------|-----------|
| 準備  | 実験概要の説明、同意書に署名、<br>印象評価アンケートの配布 | 5分        | 椅子に座る     |
|     | 測定器の装着、設定                       | 10分-15分   |           |
|     | 媒体1                             | 景観提示媒体の用意 |           |
| 媒体1 | 安静状態の確認                         | 1分        | 安静状態      |
|     | 景観提示媒体の再生                       | 1分10秒     | 景観提示媒体の閲覧 |
|     | 景観提示媒体の一時停止                     |           |           |
|     | 印象評価の合図                         | 2分        | 印象評価の記入   |
|     | 媒体2                             | 媒体1に同じ    | 4分        |
| 媒体3 | 媒体1に同じ                          | 4分        | 媒体1に同じ    |
| 媒体4 | 媒体1に同じ                          | 4分        | 媒体1に同じ    |
|     | 測定器の取り外し                        |           |           |
|     | 印象評価アンケートの回収                    |           |           |
|     | 実験終了                            |           |           |



図 3. 実験に使用した景観提示媒体(左:ビデオ画像, 右:VRML 画像)

### 3. 結果

景観提示媒体毎の4部位のoxyHb量変化を表2に示す。他の媒体でもoxyHb量変化の傾向は個人により異なり、一般的な増減の傾向は見られなかった。これより、前頭前野において、oxyHb量を増加もしくは減少させるのは景観提示媒体そのものが直接起因しているわけではなく閲覧した被験者により個人差が見られる。また、図4にVideo閲覧時にoxyHb量の増加が見られた3被験者の経時的な変化を示す。oxyHb量の増加、減少が認められる被験者間においても経時的な変化の傾向は異なる。また、被験者によっては景観提示媒体を閲覧することで前頭連合野の4区分の中で、ある部位ではoxyHb量が増加し別の部位では減少するという異なる反応が見られ、これは景観画像に対する脳機能の局在性を示唆するものであると考えられる。

次に、景観画像に対する嗜好性などの心理的評価との関係について検討を行った。SD法による印象評価とoxyHb量変化の関係を表2に示す。景観提示媒体毎の特徴をまとめると、動画に関してはビデオとVRMLに共通して「奥行きのある—奥行きのない」と「動的な—静的な」が負の相関を示す傾向にあったのに対し、静止画に関してはビデオとVRMLの相関係数は全ての項目において反対の相関を示した。また、ビデオ画像に関しては動画と静止画に共通して「緑が豊かな—緑が乏しい」の印象評価とoxyHb変化量の平均値との間に正の相関を示し、負の相関に関しては共通した印象評価項目はみられなかったのに対し、VRML画像に関しては動画と静止画に共通して「動的な—静的な」の印象評価とoxyHb変化量の平均値との間に負の相関を示した。

表2. 各被験者の景観提示媒体閲覧時のoxyHb量変化

| Stimuli | Subjects | LA       | RA       | LP       | RP       |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Video   | S1       | 1.03 **  | 0.98 **  | 0.92 **  | 0.74 **  |
|         | S2       | 0.70 **  | 0.87 **  | 0.63 **  | 0.59 **  |
|         | S3       | 0.25     | -0.59 ** | -0.45 *  | -0.11    |
|         | S4       | 0.21 *   | 0.47 **  | 1.14 **  | -0.18 ** |
|         | S5       | -0.31    | -0.31    | -0.72 ** | -0.73 ** |
|         | S6       | -0.95 ** | -0.70 ** | 0.80 **  | -0.55 ** |
|         | S7       | 0.98 **  | 1.28 **  | 0.27 *   | 0.68 **  |
|         | S8       | -1.18 ** | -1.36 ** | -0.68 ** | -0.93 ** |
| VA      | S1       | -1.27 ** | -0.65    | -1.10 ** | -0.58    |
|         | S2       | 0.15     | 1.30 **  | -0.47 ** | 0.38 **  |
|         | S3       | -0.74 *  | -1.11 ** | 0.32     | 1.13 **  |
|         | S4       | -1.81 ** | -1.82 ** | -1.40 ** | -1.39 ** |
|         | S5       | 1.45 **  | 1.47 **  | 1.22 **  | 0.76 **  |
|         | S6       | 0.05     | 0.70 **  | -0.46 ** | -0.32 ** |
|         | S7       | 1.30 **  | 0.86 **  | 1.27 **  | 0.08     |
|         | S8       | -1.16 ** | -0.91 ** | -1.02 ** | -0.98 ** |
| photo   | S1       | 0.44 *   | 0.66 **  | 0.47 **  | 0.41 **  |
|         | S2       | 0.13     | 0.00     | -1.52 ** | -0.73 ** |
|         | S3       | -0.73 ** | -0.42 ** | 0.13     | 0.81 **  |
|         | S4       | -1.07 ** | -0.18    | -0.49 ** | 1.22 **  |
|         | S5       | -0.22    | 0.18     | -0.26    | -0.46 ** |
|         | S6       | -1.32 ** | -1.21 ** | -1.23 ** | -0.84 ** |
|         | S7       | -0.56 ** | -1.56 ** | -1.30 ** | -1.74 ** |
|         | S8       | 0.39 **  | -0.33    | -0.06    | -0.38 ** |
| VS      | S1       | -0.39    | 0.25     | 0.07     | 0.32     |
|         | S2       | -0.87 ** | 0.33     | 0.15     | 0.78 **  |
|         | S3       | -1.50 ** | -1.67 ** | -1.55 ** | -1.85 ** |
|         | S4       | 0.73 **  | 1.13 **  | 1.42 **  | 0.94 **  |
|         | S5       | -0.91 ** | -0.96 ** | -0.86 ** | -0.83 ** |
|         | S6       | 1.03 **  | 0.22 **  | 0.67 **  | 0.03     |
|         | S7       | 1.51 **  | 0.38 *   | 0.69 **  | 1.49 **  |
|         | S8       | 0.50 **  | -0.30 *  | 0.46 **  | -0.23 *  |

\*\*: $p < 0.01$ , \*: $p < 0.05$ )

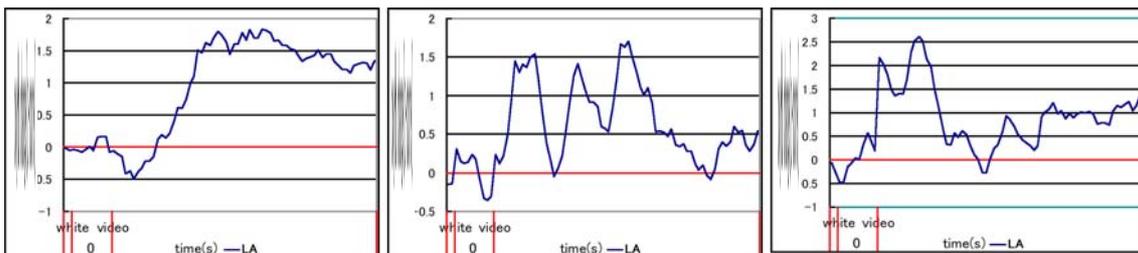


図4. Video閲覧時にoxyHb量の増加傾向が見られた3被験者の経時変化の例  
(被験者1,2,7のLA; white:無地の白い画像, video:Video閲覧開始時点)

表 3. 景観提示媒体閲覧時の印象評価と oxyHb 量変化

| 提示媒体  | 測定部位 | 形容詞           |                |               |                |                   |                |                 |                |            |                |             |                |                 |                |
|-------|------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------|----------------|------------|----------------|-------------|----------------|-----------------|----------------|
|       |      | 自然的な:0-人工的な:6 | R <sup>2</sup> | 平面的な:0-立体的な:6 | R <sup>2</sup> | 奥行きのない:0-奥行きのある:6 | R <sup>2</sup> | 緑の豊かな:0-緑が乏しい:6 | R <sup>2</sup> | 不快な:0-快い:6 | R <sup>2</sup> | 動的な:0-静的な:6 | R <sup>2</sup> | 整然とした:0-雑然とした:6 | R <sup>2</sup> |
| Video | LA   | 0.57          | 0.33           | -0.22         | 0.05           | 0.85              | 0.72           | 0.27            | 0.07           | 0.31       | 0.1            | -0.49       | 0.24           | -0.42           | 0.18           |
|       | RA   | 0.62          | 0.38           | -0.07         | 0.01           | 0.72              | 0.52           | 0.17            | 0.03           | 0.12       | 0.02           | -0.38       | 0.14           | -0.15           | 0.02           |
|       | LP   | 0.27          | 0.08           | -0.17         | 0.03           | 0.15              | 0.02           | 0.25            | 0.06           | -0.34      | 0.12           | -0.17       | 0.03           | 0.26            | 0.07           |
|       | RP   | 0.67          | 0.45           | -0.26         | 0.07           | 0.63              | 0.4            | 0.12            | 0.02           | 0.24       | 0.06           | -0.56       | 0.31           | -0.37           | 0.14           |
| VA    | LA   | -0.58         | 0.34           | 0.20          | 0.04           | -0.19             | 0.04           | 0.07            | 0              | 0.16       | 0.03           | -0.11       | 0.01           | -0.13           | 0.02           |
|       | RA   | -0.45         | 0.2            | 0.40          | 0.16           | -0.28             | 0.08           | -0.27           | 0.07           | 0.23       | 0.05           | -0.20       | 0.04           | -0.11           | 0.01           |
|       | LP   | -0.72         | 0.51           | 0.08          | 0.01           | -0.20             | 0.04           | 0.44            | 0.19           | 0.17       | 0.03           | -0.17       | 0.03           | -0.12           | 0.01           |
|       | RP   | -0.88         | 0.77           | 0.40          | 0.16           | -0.48             | 0.23           | 0.34            | 0.11           | 0.34       | 0.12           | -0.58       | 0.33           | 0.10            | 0.01           |
| Photo | LA   | 0.09          | 0.01           | -0.19         | 0.04           | 0.57              | 0.33           | 0.65            | 0.42           | 0.33       | 0.11           | 0.55        | 0.3            | 0.55            | 0.3            |
|       | RA   | -0.55         | 0.3            | -0.18         | 0.03           | 0.48              | 0.23           | 0.74            | 0.55           | 0.34       | 0.12           | 0.88        | 0.77           | 0.72            | 0.52           |
|       | LP   | -0.50         | 0.25           | 0.33          | 0.11           | -0.24             | 0.06           | 0.70            | 0.49           | -0.10      | 0.01           | 0.64        | 0.41           | 0.71            | 0.51           |
|       | RP   | -0.55         | 0.31           | 0.26          | 0.07           | -0.15             | 0.02           | 0.36            | 0.13           | -0.02      | 0              | 0.54        | 0.29           | 0.41            | 0.17           |
| VS    | LA   | 0.67          | 0.45           | 0.01          | 0              | 0.58              | 0.34           | -0.87           | 0.76           | -0.73      | 0.53           | -0.37       | 0.14           | -0.34           | 0.12           |
|       | RA   | 0.80          | 0.65           | -0.44         | 0.19           | 0.75              | 0.57           | -0.79           | 0.62           | -0.60      | 0.36           | -0.47       | 0.22           | -0.37           | 0.14           |
|       | LP   | 0.85          | 0.73           | -0.32         | 0.1            | 0.75              | 0.57           | -0.92           | 0.84           | -0.73      | 0.53           | -0.42       | 0.17           | -0.34           | 0.11           |
|       | RP   | 0.62          | 0.38           | -0.50         | 0.25           | 0.79              | 0.62           | -0.77           | 0.59           | -0.54      | 0.3            | -0.52       | 0.27           | -0.29           | 0.08           |

(   :p<0.01 ,   :p<0.05)

#### 4. おわりに

本研究は、近年コンピュータ技術の進展に伴って景観計画・評価に応用されつつある VRML などの 3 次元 CG が人に与える影響を NIRS により測定した。その結果、以下のことが明らかになった。

各景観提示媒体に対する前頭前野の生理応答による局所脳血流動態の連続測定により、大脳皮質の中で前頭連合野においてはフランス式庭園のような緑地空間の景観画像に関し提示媒体の種類によらず無地画像閲覧時に対して生理応答に変化が認められる。また、同一の景観提示媒体に対して被験者ごとに生理応答は異なり、被験者によっては前頭連合野の 4 区分の中でも部位ごとに oxyHb 量の増加と減少の異なる傾向が見られた。また、その反応の経時的な変化傾向も異なることがわかった。

SD 法による主観評価と局所脳血流動態の測定による客観評価との関係は、いくつかの景観提示媒体に共通して特定の形容詞対に対する印象と脳の生理応答に相関関係が存在した。

#### 引用文献

- 林恩美, 本條毅(2002):VRML を景観評価に用いる有効性について. 日本造園学会誌, 65 (5), 693-696.
- 林恩美, 本條毅(2003):インターネット上での景観評価システムの開発と実用性について. 日本造園学会誌, 66 (5), 855-858.
- 恒次祐子(2006):大型スクリーンによる視覚刺激に対する生理応答—多点 NIRS による前頭前野 Hb 濃度絶対値計測一, 日本生理人類学会, 11 (1), 166.
- Matsuda, G., Hiraki, K. (2005):Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: A NIRS study of children, NeuroImage, 2005.