

HMD を用いた人工視覚のシミュレーションシステムの構築
（分担研究課題）

研究分担者 不二門 尚 感覚機能形成学教室 教授
研究協力者 神田 寛行 感覚機能形成学教室 助教

研究要旨：人工網膜で得られる視覚の解像度は健常人の視覚に比べて解像度が低い。限られた視覚情報の中で役に立つ視力を提供するには、適切な画像処理方法の開発が重要である。近年考案された顕著性マップという画像処理方法の応用可能性について、HMD を用いた人工視覚のシミュレーションを用いて検証を行なった。ローカリゼーションテストの結果視標色や背景色などの環境が変化した場合でも、顕著性マップを用いると高い視認性を維持できた。従来法に対する優位性が示されたことで、顕著性マップの第二世代人工網膜への応用可能性が示された。

A．研究目的

網膜色素変性等の難治性の視細胞変性疾患の治療を目的とした医療機器「人工網膜」の開発が進められている。人工網膜は多極電極からの電気刺激で人工の視覚を生み出す。人工網膜で得られる映像の画素数は、多極電極の電極数によって規定される。現在開発中の第二世代STS型人工網膜の電極数は49極である。言い換えると、当該人工網膜で生み出す映像は、最大でも49画素である。

このような低解像度の映像を用いて、患者が日常生活を送るためには、重要な視覚情報のみを選択して呈示することが必要である。現在我々が用いている手法は輝度値に比例させた形で各電極の刺激出力を変調させる方法を採用している。しかしながら、環境によっては、背景映像がノイズとなり、対象物の画像情報をマスクして、視認性が著しく低下するという問題点があった。

我々は、人工網膜に適した画像処理方法を模索している。近年、顕著性マップと呼ばれる画像処理方法(Itti et al 1998)が提案されている。これは、ヒトの一次視覚野の視覚情報処理モデルを模倣した画像処理方法で、ボトムアップで重要な視覚情報のみを抽出する画像処理方法である。

顕著性マップのSTS型人工網膜への応用可能性を検証することを目的に、健康者群を対象に人工網膜シミュレータを用いて、従来法との比較検証試験を行なった。

B．研究方法

<対象>

屈折異常以外に眼疾患を有さない健常ボランティア5名を対象に試験を実施した。年齢は全員

20台前半だった。書面によるインフォームドコンセントを得て試験を実施した。なお、本研究は大阪大学医学部附属病院倫理委員会の承認を受けている。

<人工網膜シミュレータ>

人工網膜シミュレータは我々が自作した装置で、小型カメラとノートPCとヘッドマウントディスプレイ(HMD)で構成された装置である。カメラで捉えた映像をノートPCで画像処理して、HMDに呈示する。これにより、試験対象者は人工網膜同様に外界の画像を光の点の集まりで知覚する。本研究では、被検者の優位眼のみに映像を呈示した。

<画像処理方法>

画像処理は顕著性マップと従来法の2種類準備した。画像処理ソフトはVisual Studio (Microsoft) とOpen CVを用いて、当研究室で自作した。

・顕著性マップ

顕著性マップでは、輝度、色、線の移動方向、光の点滅、の視覚的特徴を用いる。それぞれの特徴に対して、局所的に値の大きい場所が強く強調される。そしてこれらの特徴群にそれぞれで顕著性を求めた後、それらを足し合わせることで顕著性マップが求められる。

小型カメラから得た原画像から、顕著性マップを求め、視野15°の範囲を抽出した。その後、第二世代STS型人工網膜の多極電極数に合わせて、49個の領域に均等に分割し、各領域にて平均輝度を計算した。これを8階調に変換して49個の光の点としてHMD上に表示した。

・従来法

比較対照として輝度値のみをベースに光の点の光量を制御する画像処理方法を行なった。これは第二世代人工網膜に用いられている画像処理方法で、便宜上、本稿においては「従来法」と呼ぶことにする。

原画像から視野15°の範囲を切り取り、これを49個の領域に分割し、各領域で輝度値の平均輝度を計算した。これを、8段階に変換して49個の光点としてHMD上に表示した。

<ローカリゼーションテスト>

視機能評価として、ローカリゼーションテストを実施した。これは当研究室で試作した視機能評価装置である(図1)。この装置では、1280×1024画素のタッチパネルディスプレイ上に四角形の視標を呈示し、被検者に視標中央を指し示させる。タッチパネルディスプレイに接続したPCで被検者が指し示した場所を自動的に記録し、視標中心からの距離を算出する。

視標の大きさは一辺120画素で、この大きさは被検者の視野上の10°に相当する。視標色は白、黒、緑、赤の4種類を用いた。なお、各視標色に対する背景色は、それぞれ黒、白、赤、緑とした(図2)。

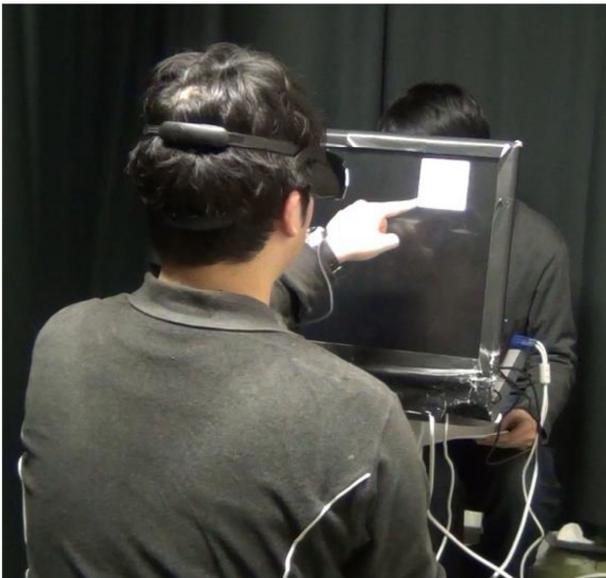


図1. ローカリゼーションテスト

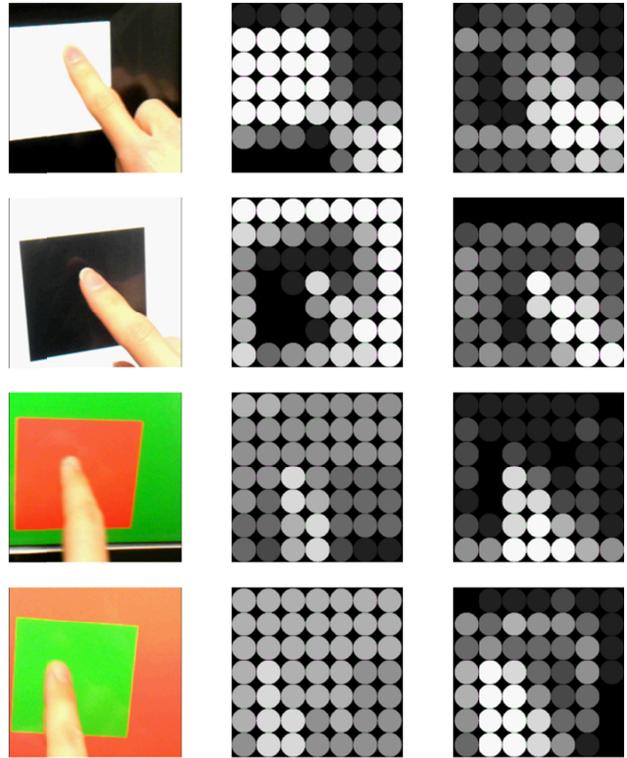


図2. 各視標に対する、原画像(左列)、従来法(中央列)、顕著性マップ(右列)の見える方。上から順に、白視標、黒視標、赤視標、緑視標の見える方の例を示した。

<評価方法>

画像処理方法(2種類)と視標色(4種類)の全条件(2×4=8通り)に対して、ローカリゼーションテストを実施した。条件を無作為に変え、各条件での試行回数が20回となるよう、無作為に条件を変えて試行を繰り返した。被検者に対して条件は伝えず(単盲検) 検者は画像処理方法の種類や視標色を把握した。試行毎に視標中央から指で指し示した場所までの距離(ずれ量)を測定した。

C. 研究結果

実験の一例を示した(図3)。赤枠が視標領域を示し、各青点は指で指し示した場所を示す。従来法では白視標や黒視標の枠内を正確に指し示していたが、赤視標や緑視標では視標領域とは異なる部位を指し示すことが多くなった。一方、顕著性マップでは、視標色に寄らずどの条件においても視標領域内を正確に指し示した。

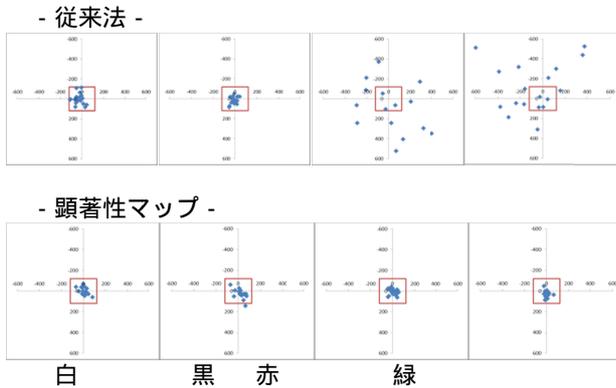


図3．ローカリゼーションテストの結果の例

各被検者毎のずれ量の中央値を求め、それらを全被検者で平均した(図4)。図の破線は中心から視標外枠までの距離を示す。従来法では、緑や赤の視標の際にずれ量が大きくなっているが、顕著性マップではいずれの条件においても、ずれ量はほぼ同等だった。

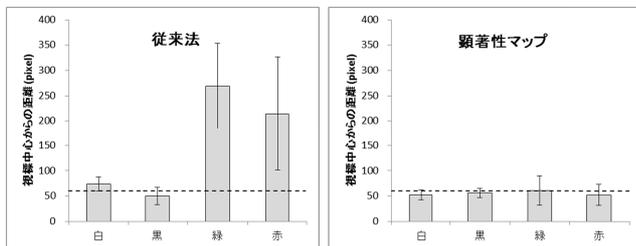


図4．全被検者におけるローカリゼーションテストの平均。

ずれ量の平均値が各視標色で異なる否かについて、統計学的有意性を1次元配置分散分析で評価した。顕著性マップでは $p=0.911$ となり、異なる視標色でずれ量に有意な差は見られなかった。一方、従来法である、従来法では $p=0.001$ となり、視標色によってずれ量が有意に変化することが確認された。

D．考察

本研究の結果は、視標色や背景色などの環境が変化した場合でも、顕著性マップを用いると高い視認性を維持可能であることを示している。環境変化に伴い視認性が影響されるという従来法の問題点を、顕著性マップを応用することで克服できる可能性がある。従来法に対する優位性が示されたことで、顕著性マップの第二世代人工網膜への応用可能性が示された。

既述の通り、顕著性マップはカラーチャンネルを有している。背景と視標の輝度に差が無くとも、互いの色に差があったため、視標と背景の境界部分が特徴抽出され(図2)、視認性向上に繋がっ

たと考えられる。顕著性マップには、運動チャンネルや方向チャンネルなど、一次視覚野の視覚情報処理を模した特徴抽出機能を有する。このような処理により、心理物理的に注意を引く領域のみを強調し、不要な背景情報を消去する事ができると考えられる。

このような手法は特に屋外での歩行時に特に有効であると予想される。屋外では、背景が複雑かつ経時的に変化することが多く、従来法では背景の刺激が障害物の視認性を下げる可能性があるが、背景環境の変化によらず顕著性マップでは一定の視認性を維持できると予測される。今後、実際に、屋外歩行時の有効性について、検証実験を行なう予定である。

一方、今回の白視標の結果や黒視標の結果から文字認識のような単一色の背景で視標のコントラストが高い場合は、従来法でも顕著性マップと同等の視認性を有すると考えられる。文字視標に対する視認性についても、今後評価を行なう予定である。

F．健康危険情報 該当する危険なし

G．研究発表 1. 論文発表 原著論文

Fujikado T, Kamei M, Sakaguchi H, Kanda H, Morimoto T, Nishida K, Kishima H, Maruo T, Oosawa K, Ozawa M, Nishida K: Feasibility of 2nd generation STS retinal prosthesis in dogs. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.2013 Jul pp.3119-3121, Jul 2013

総説

神田寛行、不二門尚：【Brain Machine Interface (BMI)の現状と展望】10.視覚 BMI、医学のあゆみ 246(4) pp.324-330、2013年7月

2. 学会発表

Kanda Hiroyuki, Morimoto Takeshi, Fujikado Takashi, Nakano Yukari, Terasawa Yasuo: Evaluating the Relationship between Retinal Damage and Electrical Stimulation Intensity with Suprachoroidal-Transretinal Stimulation. 3rd International Conference on medicalbionics Engineering Solutinos for Neural Disorders, Silverwater Resort, Phillip Island, Australia, Nov 2013

Kanda Hiroyuki, Morimoto Takeshi, Terasawa Yasuo, Nakano Yukari, Nishida Kohji, Fujikado Takashi: Evaluation of safety of porous surface electrodes for STS Retinal prosthesis. ARVO2013 Seattle, USA,

May 2013

Fujikado Takashi, Kamei M, Sakaguchi H, Kanda H, Morimoto T, Nishida K, Kishima H, Maruo T, Oosawa K, Ozawa M, Nishida K: Feasibility of 2nd Generation STS Retinal Prosthesis in dogs. Artificial Vision 2013: The International Symposium on Visual Prosthetics, Aachen, Germany, Nov 2013

Morimoto Takeshi, Endo T, Kanda H, Nishida K, Fujikado T: Evaluation of residual retinal preservation by using transcorneal electrical stimulation and optical coherence tomography in patients with advanced retinitis pigmentosa, candidates for retinal prosthesis. Artificial Vision 2013: The International Symposium on Visual Prosthetics, Aachen, Germany, Nov 2013

Endo Takao, Fujikado Takashi, Kanda Hiroyuki, Morimoto Takeshi, Kitazawa Shigeru, Nishida Koji: Evaluation of localization test under simulated very low vision conditions. ARVO2013 Seattle, USA, May 2013

神田寛行、森本壮、寺澤靖雄、中野由香梨、西田幸二、不二門尚：多孔化処理を施した人工網膜用刺激電極の安全性評価、第 117 回日本眼科学会 東京、2013 年 4 月

遠藤高生、不二門尚、神田寛行、森本壮、北澤茂、西田幸二：超低視力者における到達運動の Localization test による評価、第 117 回日本眼科学会 東京、2013 年 4 月

H . 知的財産権の出願・登録状況
(予定を含む。)

1. 特許取得
なし