

A V I R G

会 報

Vol.34 No.5 (2001.3)

発行：視聴覚情報研究会(AVIRG)

代表幹事：伊藤 崇之

〒157-8510 世田谷区砧 1-10-11

日本放送協会放送技術研究所

TEL 03-5494-2361

FAX 03-5494-2371

. 1 月例会報告

「V4野における陰影テクスチャーの特徴抽出」

講演：花澤 明俊 氏（生理学研究所高次神経性調節研究部門）

報告：村上 郁也（NTT コミュニケーション科学基礎研究所）

《概要と感想》

我々が外界の物体を見るとき、その形、動き、奥行きなどはもちろんのこと、物体の材質なども何となくわかる。我々の視覚系は、明るさ情報や色情報を手がかりにして表面反射率や分光反射特性を推定したりしているらしい。そのおかげで、マクワウリを眺めたときにこれが薄緑色の表面をもった物体であることがわかる。しかし、同じような色をしたマクワウリとマスクメロンの質感の違いはどこからくるのか。視覚系はおそらく、表面内部における明るさや色の空間分布 肌理 を手がかりとして用いて、つるつる、ざらざら、といった表面の属性を推定しているのだろう。実際、肌理という情報は明るさや色などの属性と似たような方式で処理されているらしいとする知見が、視覚心理学の分野ではすでに多く蓄積されている。

しかしながら、視覚神経系において肌理の処理に関与すると思われる神経対応物は、生理学的には未開拓の領域である。ニホンザルの線条外皮質腹側経路にあるV4野でどうやら肌理を扱う処理がなされているらしい、というのが今回の花澤博士らのグループの発見である。

まず、V4野の単一神経細胞の発火活動を細胞

外電極で記録し、その細胞の受容野を特定しておく。動物が注視課題を遂行している間に、さまざまな肌理を含む静止した方形領域の視覚刺激を受容野内部に与え、細胞応答をみる。肌理刺激はランダムに配置した多数の要素刺激からなる。ひとつの要素刺激は、背景より明るい二次元正規分布と暗い二次元正規分布を少し位置をずらして加算したもので、要するに白っぽい山と黒っぽい谷が隣り合わせになって全体がぼやけているようなものだ。白から黒に変わっていく勾配方向は上下にもできるし左右にもできる。あるサイズの要素刺激をある密度で配置して肌理刺激をつくる。要素刺激のサイズ、密度、勾配方向をさまざまに変えた。

多くの細胞が、これらの変数を系統的に変えるに応じて応答の強さを変えた。要素刺激が特定のサイズであるときにしか応答しなければ、サイズ選択性があるということになる。同様に、密度選択性もあれば、勾配方向選択性もある。このような選択性を示す細胞がV4野にたくさん見つかった。ひとつの細胞が同時に複数の選択性を示すこともあった。

V4野に見つかったからといって、それ以前の処理過程、例えば一次視覚野でも同様な応答

特性があるのだったら話は面白くない。一次視覚野には特定の方位や特定の空間周波数に同調している単純型細胞が多数あり、今回の肌理刺激でもサイズ、密度、勾配方向を変えるに従ってそれらの変数も同時に変わる。今回記録された活動は単に一次視覚野的な活動を反映したものでしょうか？ 否。一次視覚野単純型細胞の実際の受容野は小さくてたかだか要素刺激ひとつの大きさぶんくらいしかないし、受容野内で白を好む位置、黒を好む位置は固定している。要素刺激の位置をランダムに変えると、応答も変わるはずだ。ところがV4野の細胞はそんなことをしても同じ強さで応答し続けた。では、単に方位や空間周波数への選択性で片付けられるだろうか？ 否。もっと単純な正弦波縞模様の刺激を用いて統制実験をした結果、V4野の肌理刺激に対する応答はそんな単純なものではなく、多くは肌理刺激に特異的な応答であることを確かめている。

よし、V4野には肌理の処理に關与している細胞があるらしい、以上報告終わり、でいいでしょうか？ 花澤博士はここでもう一步踏み込んだ議論をする。勾配方向 要素刺激が白から黒へ変化する視野上の方向 を系統的に変えると、選択性の性質は次の3つに分類できた。

- (1) 選択性がないもの
- (2) 双方向性 勾配方向を例えば上下にしても上下にしても同じ応答をするが、それ以外の方向にすると応答しないもの
- (3) 単方向性 勾配方向が例えば上下のときにしか応答しないもの

この3つめの性質は何を意味するのだろうか。上が白、下が黒になった要素刺激がたくさんあるときに応答する細胞。そんな細胞があって何か嬉しいことがあるのだろうか？ 世の中にそんなパターンの肌理をもった表面が本当にそんなにあるのだろうか？

ある。そそりたつ崖下の岩肌やたわわな葡萄の房のように、ぼちぼちと凸部分がたくさんある表面を、太陽光のように、上からの照明を当てて観察するときだ。凸部分の上半分には光が当たり、下半分には陰ができる。ちなみに、ゴルフボールのようにぼちぼちと凹部分のある表

面では、下半分に光、上半分に陰となる。我々はそれらを凹凸の質感を伴って知覚することができる。肌理の手がかりに、陰影の手がかりをも加えて、表面形状を推定しているわけだ。V4野の細胞はそうした処理にさえ關与している可能性がある、と花澤博士は言う。

照明は常に上からとは限らないし、自分の頭を動かせば太陽照明の視野上の方向も変わる。それに呼応するかのように、V4野の細胞にとっての最適勾配方向は細胞ごとにさまざまで、例えばあるものは下から上、あるものは右から左に向かって白から黒へ変わるような刺激を好む。ところが、多数の細胞のデータを集めて最適勾配方向のヒストグラムをつくると、これは一様な分布にはならない。上に白、下に黒の勾配方向を好む細胞が最も多いのだ。次いで、下に白、上に黒の勾配方向が好まれる。頭を立てて陸上で活動する人間やサルにとっての最もありふれた照明は上からふりそそぐ太陽光であることを考えると、この発見は示唆的ではないだろうか。

本講演を聞いているいろいろ考えた。簡単には解けないものの興味深い問題がひとつ残っている。このような応答特性は視覚神経系の階層構造の中で一体どうやってつくられているのか？ 今回彼らの用いた肌理刺激はある程度複雑な構造をしているが、実画像における肌理よりはるかに単純だ。そもそも、肌理刺激を構成している個々の要素刺激は一次視覚野単純型細胞の受容野の空間構造によく似ており、それらの細胞にとってほとんど最適刺激といえる。いま肌理刺激を呈示したとすると、網膜でそれを受け取り、一次視覚野に伝え、そこでは多数の単純型細胞が要素刺激に対して強く発火するのは間違いない。一方V4野では、その要素刺激サイズ、密度、勾配方向を好む細胞が刺激選択的に発火するという事実が示された。この、一次視覚野の発火とその後のV4野の発火との間に隠れているミッシング・リンク。そう何枚も中間段階の皮質が間に介在しているわけではない。例えば両者はV2野を通じて結んでいるし、直接投射もわずかにありそうだ。

同じ受容野構造をもつ単純型細胞群の応答を

空間的にかき集めればいけるのではないか、と考えたが、それほど単純には今回の選択性は出てこないそうだ。閾値型非線形をかけてから空間加算すればいいのかもしれない。よくわからない。ちなみに、同じ受容野構造ではなく位相的に異なる受容野構造をもつ単純型細胞群の応答をかき集めて位相不関な表現に変換していこう、という構図は形状、運動、両眼視差の最近の計算モデルに共通の処理の流れだ。形や動きや奥行きなどの概念をコードするための細胞が刺激の空間周波数の位相ごときでむやみに応答を変調させてしまっただけでは困るからだ。しかし、視覚神経系の階層構造を昇っていくうちに位相情報が捨てられてパワーのみ残るならば、パワーが同一で位相のみ異なるふたつの画像を我々

は弁別できないことになる。花澤博士が講演冒頭で示したデモはまさにこの例だ。我々はたやすく両者を弁別できる。パワーだけの世の中ではないのだ。

照明がらみの処理の実現方法も興味深い。V4野では一次視覚野と異なり、照明の色などを考慮に入れた処理を行い、色の恒常性を実現する働きをしている、とする見方がある。今回報告された勾配方向の単方向選択性をもって、照明方向を考慮した陰影からの形状知覚にただちに結びつけることはできないが、V4野という未知の大陸に対して将来の具体的な探索方向を示唆する照明を当てた花澤博士らの功績は大きい。

「人間の初期視覚系におけるテクスチャ画像の処理」

講演：本吉 勇 氏（NTTコミュニケーション科学基礎研究所人間情報部）

報告：後藤 誠（富士通研究所メディアソリューション研究部）

《概要と感想》

テクスチャ分凝（texture segregation）とは、細かい形状の違いに基づいてエッジを検出し、領域を分割することである。本講演では、心理物理的手法により人間の視覚におけるテクスチャ分凝を研究されている本吉氏に、これまでに得られた知見を分かりやすく概括して頂き、さらに御自身の実験結果について紹介して頂いた。

まずは、テクスチャ分凝の心理物理学・生理学的知見を概括された。古くは、ランダムドットステレオグラムの考案者として有名なベラ・ユレスが、テクスチャ分凝の記述法則として「一次/二次統計量の異なるテクスチャは分凝できるが、三次以上の統計量が異なるテクスチャは分凝できない」という“二次統計量”説を唱えた。しかしながら、この説には多くの反例が挙げられた。そこで、ユレスは、「テクスチャ分凝を含め全てのパタン知覚の基礎となるローカルな表現素がある」という“テクストン理論”を提唱した。テクストンとしては小塊、方位、端点、交差などが挙げられた。当時、マーの“原

始スケッチ”やトリーズマンの“視覚特徴”など類似した理論も出たことから、かなり支配的となったが、やはり、諸問題が出てきた。「誰もが認めるテクストンは方位とサイズくらいであること」「テクストンであることの判定条件が不明瞭であること」「交差などの個々のテクストンの定義が不明瞭であること」などである。さらに、テクストンそのものの実在性も疑われた。なぜなら、初期視覚系でシンボリックな表現は用いられにくいからである。また、テクストン検出器というような神経細胞もまったく見つからなかった。そういった訳で、今では、テクストン理論はテクスチャ分凝のモデルとしてあまり採用されていない。

そんな中「二次のフィルタリングモデル」という計算モデルが提唱された。初期視覚系のフロントエンドでは、空間周波数と方位に選択的な局所的フィルタリングを行うユニットがあるのはよく知られているが、この一次の線形フィルタ群の出力に対して、特定の非線型なフィルタリング処理を行うだけでテクスチャ分凝がで

きるというモデルである。このフィルタを通過した表現では、テクスチャ間で相対的なレスポンスの差があり、そこにエッジ検出処理をほどこしてやるとテクスチャが分凝されるのである。そして、このモデルは、心理物理実験における人間の観察者のパフォーマンスを非常によく予測できることが分かった。逆L字形と十字形など、かなり複雑なテクスチャの要素の様々なペアを説明できるのである。さらに、フィルタの空間特性が調べられた結果、比較的広い抑制野をもつ二次のフィルタのプロファイルとして想定してやると、心理物理実験の結果を綺麗に予測できることが分かった。

一方、生理学的基礎としては、一次視覚野でテクスチャ分凝に対応すると思われる細胞があることが分かっている。テクスチャの境界にあるときに応答が大きい細胞である。メカニズムとしては、一次視覚野内部での相互作用により、処理が行われているという考えがある。実際、解剖学的知見では、神経のコネクションが広い範囲にわたっている。あるいはより高次な皮質からのフィードバックも予想される。これらの生理的事実を基にして、低次視覚野における神経相互作用による再帰的な数理モデルが多数提出されている。

次に、以上のような研究の流れの中で本吉氏らによって行われた、テクスチャ分凝の時間特性を測るための心理物理実験のデータをご報告頂いた。心理物理学的には、“一目で分かる”すなわち“素早い”時間特性を持つと言われてきたが、神経生理に基づくモデルでは、再帰的相互作用に基づくため遅い特性を持つと考えられる。時間特性を調べるによりモデルを拘束し、テクスチャ分凝の二次フィルタの実現様式を絞り込むことが実験の目的であり、より具体的には、「輝度コントラストの検出」「方位の検出」「方位コントラストの検出」の3段階がテクスチャ分凝に関わっていると考え、どの段階の伝達特性がボトルネックとなっているかを調べるのが目的である。「方位コントラストの検出」がテクスチャ分凝の時間分解能を決めていると考えるのが普通だが、本当にそうなのだろうか。

実験方法は以下の通りである。二次元のガウス関数がある方位で二階微分したパターンが並んだ刺激を用いる。このパターンは、方位差が90度のパターンを交互に高速提示すると、フレーム間で融合し、方位情報が無くなるという特徴がある。分凝させる領域を構成するパターンと背景領域のパターンとのフレーム内方位差が90度の刺激と45度の刺激の2種類を用いる。前者は、フレーム毎に領域間の方位差を検出しないと分凝できないのに対し、後者は、融合が不完全な状態では、フレーム毎で方位差を検出しなくても、方位情報のみに基づいて分凝することが可能である。後者の刺激の時間周波数の上限が前者の刺激のそれと比較して大きければ、「方位コントラストレベル」がボトルネックであると言え、そうでなければ「方位検出レベル」がボトルネックであると言える。また、分凝のための信号の強さ（領域間方位差）が異なるので、時間周波数を直接比較できない。よって、ノイズ耐性の測定を行い、別実験によって求めたノイズ量と領域間方位差の関係を用いて、ノイズ耐性のデータを感度に読み替える。これにより、時間周波数に対する感度のグラフを得ることが可能となる。その結果、両者の間では振幅が異なるだけの、同じ感度曲線が得られた。すなわち、テクスチャ分凝の時間分解能は「方位検出レベル」で決定されると言える。つまり、「方位コントラスト検出レベル」の時間分解能は「方位検出レベル」のそれと同等かそれより高いと言える。よって、テクスチャ分凝の時間分解能は極めて高いのである。このことから、二次のフィルタは、再帰的相互作用ではなく、一撃の処理であることが示唆された。

最後に、今後の展望が示された。まず、二次フィルタが「一次フィルタのようにマルチチャネルなのか?」「一次フィルタのように方位選択性はあるのか?」など、フィルタの特性を調べるのが今後の課題である。また、「運動や両眼視差に基づくエッジ検出も同様のメカニズムに従うのか?」という点も未知である。また、ごく最近、テクスチャ知覚に拘る二つの経路があると考えられるようになった。すなわち、エッジ検出により複数の領域に分割する側面の他

に、特定の画像領域の組成・様相を符号化する側面もある。これら“境界の知覚”と“面の知覚”が独立かどうかもよく分かっていない。

以上、テクスチャ分凝の最新知見を分かりやすく概括していただき、大変有意義であった。

また、活発な質疑応答も行われた。今回の実験で示されたテクスチャ分凝の時間特性の速さが、具体的に二段階のフィルタリング処理のどの特性に対応するのかが示され、より統一的な説明に繋がることを願う。

3月例会予定

2001年3月の例会は、

日時：3月22日（木）14時～18時

場所：東京工業大学（大岡山）ベンチャー
ビジネスラボラトリー棟 1階ホール
で開催します。講演会場や講演内容の詳細に
関しては、AVIRGのホームページ

<http://www.avirg.org> もご覧下さい。

テーマは、『高臨場感映像の生成と表示』
で、以下の2件の講演を予定しています。

「CAVEを中心とした
没入型投影ディスプレイの利用動向」
講演者：高橋 裕樹 氏（東工大）

没入型投影ディスプレイ (IPD: Immersive Projection Display) とは、大画面の映像で体験者の視野を囲むことによって、体験者に映像への没入感を与えようとするディスプレイのことである。これは、イリノイ大学EVL(Electronic Visualization Laboratory)のT.DeFantiらのグループによって1992年に提案された10 feet 四方のスクリーンに囲まれたCAVE (CAVE Automatic Virtual Environment) から始まった。

本講演では、1996年東工大 VBL (Venture Business Laboratory) への CAVE clone の導入時や中嶋研究室でCAVE関連の研究を行なう際に生じた様々な検討事項について述べる。

また、現在では、CAVEに代表される小部屋型ディスプレイ以外にも様々な形態の表示装置が提案され、実際に利用されている。そこで、国内に導入されたCAVEシステムを含む没入型投影ディスプレイの利用動向についても概観する予定である。

講演終了後(17時頃～)、高橋裕樹氏の講演に関連して、東工大のCAVEシステムのデモが予定されています。

《参考文献》

- [1] 高橋 裕樹, 中嶋 正之: "CAVEシステムの動向", 月刊ディスプレイ, テクノタイムズ社, Vol.6, No.1, pp.76-79, (2000.1).
- [2] 中嶋 正之, 高橋 裕樹: "CAVEを中心とした大型映像システムの最新動向", 信学技法, MVE97-86, pp.35-42, (1997.10).
- [3] 中嶋 正之: "CAVE --新しい立体映像空間--", 電子情報通信学会誌, 80, [8], pp.888-890, (1997).
- [4] 増野 智経, 齋藤 豪, 高橋 裕樹, 中嶋 正之: "Waraji: 仮想環境のための足をを用いた入力インタフェース", 映像情報メディア学会誌, Vol.54, No.6, pp.833-839, (2000.6).
- [5] 鈴木 尚亨, 高橋 裕樹, 中嶋 正之: "大型VRシステムのための能動型3次元位置センサAMUSE", 日本VR学会論文誌, Vol.4, No.3, pp.511-520, (1999.9).
- [6] 橋本 直己, 中嶋 正之: "CAVEにおける直観的操作手法と動的自由度制御を用いた3次元形状モデラ", 日本VR学会論文誌, Vol.4, No.3, pp.487-494, (1999).

「多視点画像処理による
臨場感コンテンツ生成技術の動向」
講演者：斉藤 英雄 氏（慶応大）

近年、マルチカメラシステムなどにより得られる多視点画像から、実環境を3次元モデリングし、仮想環境等で臨場感のある表示を行う研究と、その応用が非常に盛んになってきた。本講演では、多視点画像処理による臨場感のあるコンテンツを生成する技術について、最近の技

術動向と、関連技術を応用したプロジェクト について報告する。

《参考文献》

- [1] 矢口 悟志・斎藤 英雄, "Projective Grid Space における多視点シルエット画像からの自由視点画像生成", 電子情報通信学会技術報告, PRMU2000-26, (2000.6).
- [2] 松本 圭介・須藤 智・斎藤 英雄・小沢 慎治, "サッカーシーンにおけるボール追跡に基づく最適視点決定システム", 電子情報通信学会技術報告, PRMU2000-27, (2000.6).
- [3] 北原 格, 大田 友一, 斎藤 英雄, 秋道 慎志, 尾野 徹, 金出 武雄, "大規模空間における多視点映像の撮影と自由視点映像生成", 3次元画像工学コンファレンス, (2000.7).

- [4] 斎藤 英雄, 金出 武雄, "多数のカメラによるダイナミックイベントの仮想化", 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, 119-16, Vol.99, No.93, pp.117-124, (1999.11).

《関連プロジェクトのページ》

http://www.coara.or.jp/DailyNews_pict/2000/0011/jikken/

<http://www.cs.cmu.edu/virtualized-reality>

《講演者のホームページ》

<http://www.ozawa.ics.keio.ac.jp/saito/>

．会則改正の中間報告

前回の会報でお知らせしましたように、会則の改正について検討しております。以下は改正案の骨子です。ご意見のある方は、

代表幹事、または kanji@avirg.org

までお送り下さい。なお、会則改正案の全体については、次回の会報でお知らせする予定です。

会則改正案の要約

(1) 会員の定義

会費の無料化を予定しており、会則の遵守を約束するものは、誰でも会員になれる。なお新規会員は電子的に自動登録する。

(2) 提供サービス

従来通りの例会、ホームページによる各種情報提供、電子メールによる会報、会員メイリングリスト等。

(3) 運営の資金源

旧AVIRGの資産と特別会員による会費。なお特別会員にはAVIRGホームページに広告を掲載することを認めることを予定している。

(4) 役員と組織

新組織の役員は2001年5月のAVIRG総会において旧ルールに従って選出する。新役員の構成は従来どおり、会長1名、監事2名、代表幹事1名、幹事若干名とする。

新組織移行後は、新規役員を以下の方法で選出する。

新会長：現会長の推薦による。

新監事：現監事2名の話し合いのもとでの推薦による。

新代表幹事：現代表幹事および現幹事の話し合いのもとでの推薦による。

新幹事：現代表幹事及び現幹事の話し合いのもとでの推薦による。

特に監事と幹事の人事は独立に行われるように配慮する。

監事の役割は従来の会計監査に加えて、幹事業務の適切さの監視であり、幹事に不適切な行為が認め

られる場合や会員の訴えがある場合には監事会を召集し、その議長となって警告、処分などの対応を取ることになる。

(5) 総会

従来の総会は定足数以上の会員の出席または委任状の提出を要したが、新組織では、会員決議を行わない。従って総会は廃止し、代わりに会長、代表幹事、幹事、監事、一般会員の参加する拡大幹事会を毎年5月に開催する。

拡大幹事会では、会員代表として組織の適切な運用を見守る監事の権限を強化し、会員決議がなくとも会の健全な運営が図れるように配慮する。なお5月以外にも必要に応じて臨時拡大幹事会が召集される。拡大幹事会は一般会員に公開し、前年度活動、新年度活動計画、前年度決算、次年度予算を報告する。

AVIRGホームページ : <http://www.avirg.org>

～ 会員登録情報の変更のお願い～

AVIRG会員の御所属、会報送付先など登録情報に変更がありましたら、お手数ですが以下のいずれかにご連絡ください。

(財)日本学会事務センター 会員業務係 (2000年度中)

電子メール kanji@avirg.org (AVIRG幹事宛)

(注) 会員の確認のために、御氏名とともに、必ず会員番号を明記して下さい。

会員番号および学会事務センターの連絡先は会報郵送時の封筒に印刷されています。