

AVIRG

会報

Vol.33 No.5 (2000.3)

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

「ジター錯視の生成機序」

講演：村上 郁也 氏 (NTTコミュニケーション科学基礎研究所)

報告：中川 俊夫 (NHK)

《概要と感想》

人間が物を見るときに、常に眼球運動によって、網膜像にスリップが生じている。それにも関わらず、人間は、手ぶれしたカメラのような映像でなく、静止した映像を見ることができる。スリップを起こしている網膜像から、どのような計算過程で静止像を得ているのか解明するために、村上氏らは自分たちが発見したジター錯視という現象を用いた実験によって研究を行っている。講演では、村上氏がハーバード大でCavanaghと行った研究について話された。

最初に、固視微動などに伴う網膜像のスリップの補正が、どのように行われているか説明する下記の3つの仮説が紹介された。

(1) Extra-retinal outflow

眼球運動のための指令を補正に使う方法

(2) Extra-retinal inflow

外眼筋の自己受容感覚器の信号を補正に使う方法

(3) Visual Inputs

眼球運動に伴う視野の全体の動きを補正に使う方法

これらの仮説を村上氏は次のジター錯視という現象を使った心理物理実験で検証されている。実験では、2重の同心円状図形で、中心部に静止ランダムノイズ、周辺部にダイナミックランダムノイズのパターンを配置した順応刺激を、被験者に30秒ほど円の中心を固視点として見せる。その後、テスト刺激として、周辺部も静止ランダムノイズのパターンを呈示すると、最初から静止しているはずの中心部のパターンがもやもやと動いて見える。さらに、テスト刺激を、フラッシュによる残像という形で静止網膜像として被験者に与えたところ、ジター錯視は観察されなかったところから、ジター錯視は眼球運動に伴う網膜スリップによる現象であると判断される。

そこで、3つの仮説がジター錯視を説明できるか考える。(1)、(2)の仮説は、網膜外の情報を用いて、網膜上の動きを引き算的に補正する

考えである。ジター錯視において、ダイナミックランダムパターンによって順応した部分（前記の実験では周辺部）は、動きを検知する神経細胞の反応が下がると考えられる。そのため、順応後静止パターンに対して、順応前と同じように網膜外の情報によって補正をかけたのでは、過補正になり、その部分で動きが観察されるはずである。しかし、実際には、逆に動きパターンに対して順応していない部分に順応後動きが観察されている。結果、(1)(2)の仮説ではジター錯視を説明できない。

(3)の視覚入力自体を補正に用いる方法では、視覚により検出された運動ベクトルのうち、例えば小さなベクトルを見つけて、他のベクトルをそのベクトルに対する相対成分として表現しているとする。ダイナミックランダムパターンによって順応した部分では、神経細胞の反応が下がり、固視微動による動きベクトルより小さな動きベクトルを検知してしまうことになる。この小さなベクトルを基準に他の動きベクトルを相対表現すると補正不足になり、結果として静止パターンの部分に動きが見られる現象となって現われる。このような処理を考えると、ジター錯視の現象だけでなく、多くの場合の眼球運動によるベクトルは補正できるのではないかと説明された。これらの推論から、少なくとも固視状態における、網膜スリップの補正は、視覚入力で十分だと結論付けられている。

さらに、村上氏は、ジター錯視の両眼間や両視野間での転移の有無を調べる実験を行って、その順応と補正の働きが視覚神経系のどこで行われているか解明しようとされている。実験の結果では、ジター錯視は単眼性であり、両視野間の転移が有ることがわかった。このことから、順応は視覚一次野などの単眼性の経路の運動方向選択性のある細胞のある部位で、補正は両視野表現の部位（例えば、MT野やMST野など）で行われているのではないかと推測されている。

この後、会場からも、視覚系のフィードバックループの存在も含め、どこで本当に補正処理が行われている可能性があるのかと質問があり、議論が行われた。

村上氏が講演で示された推論過程は、実際に答えに至る道筋はそう簡単ではなかったであろうが、明解でわかりやすい。ただ、網膜スリップが視覚入力だけで補正できると言われると、実際にその計算アルゴリズムが、氏が例えばと言って挙げられた方法で様々な場合の解決になりうるものなのか気になるところである。実際に講演中の質疑においても、補正の基準となる眼球運動を示すベクトルを見つける方法について、多数のベクトルのアンサンブルによるものなのか、ある程度局所的な処理となっているのかなど意見が交わされた。

また、補正の計算処理として、動きベクトルの大きさを眼球の動きベクトルの相対値として表現し直すことは、なんらかの抑制性の結合などの機構で確かに可能であるかもしれない。しかし、視覚経路の多くの部位にレチノトピーがあることから、少なくとも初期のステージでは、その外界が表現されたマップ上では眼球運動に伴い像が位置的に動いている可能性がある。その位置的な動きを無視できるような表現が視覚系でなされているのか、もしくは、補正した表現にマップし直す処理が行われているのかなど、いろいろ考えをめぐらしたくなる。

村上氏は、fMRIを使った実験でも同様の結果が得られていると最後に述べられていた。心理物理実験では、視覚経路のどこでどのような処理が行われているのか、実験によって理詰め推定していくしかない。しかし、視覚のような大規模なシステムにおいて、フィードバックループやダイナミクスが存在する中では、場所の可能性の推定ではあっても、特定まではなかなか到達するのは難しい。また、サルを使った生理学実験では反応を直接見ることができたとし

ても、高次の機能になればなるほど、ヒトとサルが同じような脳の構造と機能を持っているだろうという前提に疑問をはさまざるを得ない。今回のような心理物理実験に合わせて、fMRIをはじめとしたイメージング技術を使った実験が多く行われていくことで、視覚処理の部位の特定やダイナミクスも含めた計算メカニズムの解明が進む可能性が大きくなってきたことに期待したい。

《参考文献》

[1] Murakami, I. Cavanagh, P. (1998). A jitter

after-effect reveals motion-based stabilization of vision. Nature, 395, 798-601.

[2] Murakami, I. Cavanagh, P. (1999). A directionally selective monocular adaptation process and a distinctive bilateral compensation process for visual jitter. Investigative Ophthalmology and Visual Science, 38, S2.

「ブレインウェイコンピュータ（脳型コンピュータ）の開発に向けて」

講演： 市川 道教 氏（理化学研究所脳創成デバイス研究チーム）

報告： 依田 育士 （電子技術総合研究所）

《概要と感想》

報告者らのグループで3年前から行なわれているブレインウェイコンピュータについて、講演の流れに沿って、特に感心を持った点を中心に報告致します。

そもそも「ブレインウェイ」とは、脳流のやり方という意味で、脳の方式に基づいた方法での計算方式を考え、それを実際にハードとして実装するものです。大脳の構造では、新皮質はモジュール構造になっているが、一方、中心の海馬は構造化されているようには見えない。脳には1千億の細胞がり、実験的に1つずつ調べることは不可能である。しかし、その構造に着目し、少しずつチップ化したい。できればシングルチップ化したい。これが生理学的に神経細胞を研究してきた講演者のこの研究に対する基本的な動機である。

次にコンピュータと脳の実際の処理の違いとして、コンピュータは決められた仕様範囲でしか動かない。つまりバグは避けて通れない構造

になっている。一方、脳は抜け落ちはあるが、網のようになっている道筋がいろいろある。またそれは非固定的な処理であり、双方向性のネットワークとして実現されている。これが大きな違いである。

そうすると、脳はメモリーベースアーキテクチャと考えることができる。その考えに基づく脳の学習と予測の例題として、パブロフの犬のような例が取り上げられた。これは訓練中は、（音がする 走る えさがもらえる）といった一連の動作はいわば「過去を覚える」ものである。一方、訓練後は（音がする どうすればいい えさがもらえる どうすればいい 走ればいい）といった「未来を思い出す」ものである。

これを実際のタスクに置き換えるとある仕事をまかされた場合、人間（脳）は自動的にそれをいくつかの小さいタスクに分割している。またさらにそのタスクを分割するといったことを自動的にこなしている。そしてこのタスクを順次選択していくことで、目標を実現している。

このとき目標達成への小タスクのネットワークができ、それを自動選択が必要となるわけだが、現在の計算機はこれを順方向に選択するのが一般的であるが、これを逆方向から選択していくことを考える。

さてこういった機能を実装を考えていくと、まず最小単位の神経細胞をどうするかになる。人間の神経細胞は約20種あり、違うものを20種用意するのはどういまねできない。そこで、最小単位には1つのORゲートの下に複数のANDゲートがぶら下がるものとする。これはANDゲートの下には複数の入力があり、その複数の入力に信号が入ったときのみ発火し、上位がOR回路であるので、単独でANDゲートが発火すれば発火する、まさに神経細胞を模倣したものである。この構造であれば簡単に作れる。またこのとき実際のシステムレベルでは、1つの神経回路を完全なシンボルとして取り扱う。これにより Neural Network Processor では1000個を使い16MHzで同期させる Digital Neuron Model として実装することができる。

そしてこれを実際に使ったアプリケーションとしてはヘリコプターの自動制御（空中静止）を行なっている。5つのCCDカメラを装着したラジコン型の市販ヘリコプターを使って100msec

で運動制御を行なうものである。カメラからの入力から最終的に4つのモータ制御パラメータのコントロールができるようになっている。ただ、まだタスクの分割までは回路で実現されていないので、これを現在目指している。

今までの実験的神経生理学の基づく研究であるので、非常に興味ある研究でした。ただ、実際の脳の1000億ある細胞をハードで実現することはパワー的に不可能であるので、現在の形で実装して、そこで一定の成果を求めているとのことなので、当然のことながら向く問題とそうでない問題ははっきりしているようです。ここでの成果が、より汎用的、より高度な脳型アーキテクチャに繋がっていくことを期待します。

粗い報告となってしまいましたので、講演者の研究をより詳細に知るためには以下の参考文献とHPを参照されることをお勧めします。特にHPのフォーラムでは、講演者自ら質問・意見などに丁寧に答えています。

《参考文献》

- [1] 市川,松本,「ブレインウェイ・コンピュータの開発に向けて」, bit誌, 1998.11月号 ~ 1999. 4月号
- [2] <http://brainway.riken.go.jp/>

・ AVIRG会費未納による除名手続きの実施について（重要）

1999年度の通常総会において決議されました「AVIRG会費未納による除名手続き」に基づきまして、1999年度の除名処理を行いました。除名の対象となったのは以下に該当する方となります。ご了承下さい。

1) 会費未納額が4年分以上(10,000円)の会員で、

会費の再請求後半年内に未納額の支払いがなかった方

2) 住所不明の会員については、総会后、半年間内に住所の変更の連絡がなかった方

なお、先の総会の決議内容につきましては AVIRG会報Vol.33 No.1をご参照下さい。

． 3月例会予定

AVIRG 2000年3月例会は、

日時： 3月16日（木）14時～17時

場所： 東京大学工学部6号館 2F 61号講義室
で開催いたします。テーマは、『マンマシンインタフェース』です。講演者およびタイトルは以下の2件を予定しております。奮ってご参加ください。

「マンマシンインタフェース構築に向けた
顔画像認識」

講演者： 福井 和広

((株)東芝 研究開発センター
マルチメディアラボラトリー)

マンマシンインタフェース構築において、リアルタイムのユーザ識別は不可欠な要素である。特に顔による識別は、ユーザの負担が少なく有効である。ただし、この有効性は、ユーザに意識して顔向きや姿勢を変えてもらわなくても安定に識別できることが前提となる。顔パターンは、顔向きや表情変化により容易に変化するため、従来の様な1枚の顔パターンから識別では、安定な性能を期待できない。そこで、一定時間に得られた複数の顔パターンの分布と、予め登録されている複数の顔辞書パターンの分布との類似度に基づいて識別を行う[1]。これは、複数視点から見た様々な顔パターンから総合的に個人を識別することに相当し、安定な識別が期待できる。実際に分布間の類似度を計算するために、入力と辞書パターン分布をパターン空間中の部分空間でそれぞれ表す。相互部分空間法により求まるこの2つの部分空間の成す正準角を分布間の類似度とする。

また照明変化の影響に対する対処も不可欠である。このために、入力と辞書の部分空間を、照明変動を含まない制約部分空間へ射影し、射影された2つの部分空間の成す正準角を類似度とする。制約部分空間への射影は、照明変動の影響を受けるパターン成分を取り除く効果が期待できる。この方法を制約相互部分空間法[2]と呼ぶ。

最後に、顔認識の過程で検出される瞳などの特徴点の情報[3]や、個人認識結果を使ったアプリケーションを幾つか紹介する。

《参考文献》

- [1] O.Yamaguchi, K.Fukui, K.Maeda, "Face Recognition using Temporal Image Sequence", Proceedings of the third International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.318-323, April 1998.
- [2] 福井 和広, 山口 修, 鈴木 薫, 前田 賢一, "制約相互部分空間法を用いた環境変化にロバストな顔画像認識 - 照明変動を抑える制約部分空間の学習 - ", 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J82-D-II, no.4, pp.613-620, April 1999.
- [3] 福井 和広, 山口 修, "形状抽出とパターン照合の組合せによる顔特徴点抽出", 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J80-D-II, no.8, pp.2170-2177, August 1997.

「人間の聴覚的空間知覚特性」

講演者： 大倉 典子 氏

(芝浦工業大学 工学部 工業経営学科)

人間の持つ優れた空間知覚能力を生かした使いやすいインタフェースを創出する技術として、

人工現実感が期待を集め、実用化されてきている。人工現実感における人間への空間情報入力手段としては、視覚の利用が最も一般的であるが、触覚や聴覚も利用されている。空間知覚利用型インタフェースにおいて、人間への空間内の位置情報入力手段として聴覚情報を最適な形で利用するためには、人間が聴覚情報のどのような部分を手がかりとしてどのような認知をしているのかという、人間の聴覚的空間知覚特性を把握しておくことが重要である。

今回は、人間の聴覚的空間知覚特性、特に音源距離定位に関してこれまで行ってきた以下の研究について紹介する。

1. 聴空間におけるホロボタの距離依存性
2. 仮想環境を利用した距離に関する音源定位
3. 聴空間におけるアレイの距離依存性
4. 聴空間におけるホロボタやアレイを説明する数学モデル

さらに現在実用化されている、聴覚情報を利用した人工現実感システムについても紹介する。
《参考文献》

- [1] 大倉典子，館E章，“距離に関する音源定位と聴空間におけるホロボタ”，計測自動制御学会論文集，30-11，1287/1292（1994）
- [2] 大倉典子，前田太郎，館E章，“聴覚ホロボタを説明する空間位置知覚モデル”，計測自動制御学会論文集，34-10，1472/1477（1998）
- [3] 大倉典子，柳田康幸，前田太郎，館E章，“仮想環境における聴覚アレイの測定とその数学モデル”，電子情報通信学会論文誌，D-II-10，2438-2446（1998）

～ 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

電子メール（1999年度中） avirg-member@vision.STRL.nhk.or.jp（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。