

通信条件は、全二重通信下に、データ長8ビット、ストップビット1、パリティなしとして、双方向に8ビットバイナリデータ（0～255）を同時に送信し、それぞれの受信データの誤り率から通信特性を評価した。体表間通信の起点を左前腕部とし、前腕部間、左右の前腕部間、左前腕－腹部間、そして左前腕－左足脛部間で通信実験を行った。その結果を図8に示す。左前腕部を起点に3315バイトのデータ送受信を全二重通信で双方向に同時に行ったところ、最短の左前腕部間から最長の前腕部－左足脛部まで通信速度115.2 kbpsでデータ誤り率0%で情報通信を行うことができた。このときの生体に流れた実効電流は7 mAであった。

次に体内－体外間通信や体内－体内間通信が可能か検証するために体内－体外間通信システ

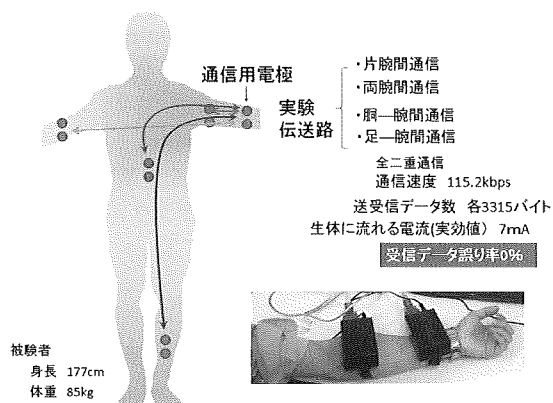


図8 ヒト体表間の通信実験と結果

ム ver. 2を試作した。その外観を図9に示す。試作した回路は ver. 1と同じものを体内に埋込易いよう円形プリント基板化し、それを直径62 mmで厚み22 mmのポリウレタン樹脂で製作したケースに設置し、その後にエポキシ樹脂を流し込封入したものである。送受信用の電極には前述の銀－塩化銀電極を使用した。

この試作した体内－体外間通信システム ver. 2をプラスチックケースに満たした生理食塩水中に沈めて水中間通信実験を行った（図10）。通信条件及び通信方法は図8の実験と同様である。その結果、水中間距離25 cmで115.2 kbpsで全二重通信で双方向同時にデータ伝送を行うことができた。

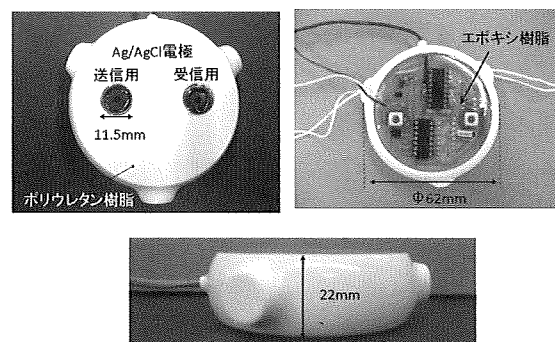


図9 体内－体外通信システム ver. 2の試作

通信条件 全二重通信

通信距離 250mm

通信速度 9.6k～115.2kbps

通信データ(双方向同時送信)
1024バイト(00～FFH)

結果

通信速度115.2kbpsで通信エラー 0%

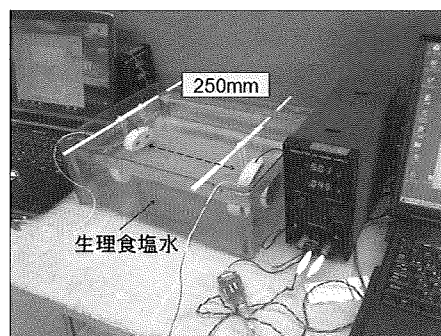


図10 体内－体外間通信システムの生理食塩水における通信特性

[今後の研究の方向、課題]

本研究では、生体に直接高周波電流を流し体内－体外間通信を行う新しいコンセプトの経皮的体内－体外間通信システムの開発を行った。その結果、従来に開発を行ってきた電磁誘導方式及び微弱無線方式の経皮的情報伝送システムより生体に電流を流す本方式の方が遙かに優れた通信性能を有することが明らかになった（図8）。本研究で開発した体内－体外間通信システムは、人工心臓のみならず、ペースメーカや埋込型除細動器などの体内埋込型人工臓器、カプセル内視鏡、その他の体内埋込型治療計測機器の体内－体外間テレメータ装置として最も期待できる方式の一つと考えている。また本研究の通信技術は、体表間通信において優れて通信特性を有するため、心電図計測のように体表上に有線的に電極を配置する生体計測機器において、有線式に変わる新たな医療計測機器の実現につながる要素技術とも考えられる。

今後の研究課題は、実際に動物にデバイスを埋込み体内－体外間通信の性能評価が必要である。その後に、生体に流す通信電流の大きさについて、特にマイクロショックを考慮し、安全性について動物実験などにより検討を行う必要がある。

また人工心臓をはじめとする体内埋込み人工臓器のモニタリングに使用する場合、生体－電子回路のインターフェイス部、すなわち電極部分の長期安定性が重要である。現在、ブレイ

ン－マシンインターフェイス等で、生体電気信号 pickup 用電極は多くの研究がなされているが、生体に電流を長期にわたり流す電極に関しては生体電気刺激装置用白金イリジウム電極以外に存在しない。しかし生体電気刺激に用いる電流と比較し遙かに周波数の高い通信電流を生体に印加することに適した電極に関する研究は行われていない。体内側通信ユニットは体内の何処に埋め込んでもよいが、通信の安定化には電極－生体組織間の電氣的安定性が要求され、既存にはない新たな体内埋込み通信用電極の開発が必要になると考えている。

[成果の発表、論文等]

論文等

1. Eiji Okamoto, Yusuke Sato, Kazuyuki Seino, Takashi Kiyono, Yoshikuni Kato, Yoshinori Mitamura: "Basic study of transcutaneous information transmission system using intra-body communication", J. Artificial Organs (in press)
2. 岡本英治, 加藤良都, 清野隆司, 久住 明良, 三田村好矩: "生体電気伝導性を利用した体内－体外間通信システムの試作と性能評価", 第22回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム論文集, p. 418-421 (2010)

研究発表

1. 岡本英治, 加藤良都, 清野和幸, 清野隆司, 三田村好矩: "Intra-body communication を適用した経皮的情報伝送システムの開発", 第47回人工臓器学会大会 (2009年11月12日～14日, 新潟)

他7件

粒子フィルタを用いた注意の相互制御による注視動作モデルの検討

Gaze Control by Particle Filter-based Visual Attention Model

1091005



研究代表者

京都工芸繊維大学 情報工学部門 助 教

尾 関 基 行

[研究の目的]

本研究では、トップダウン / ボトムアップ相互制御による注視動作を備えたロボットを構築する。ここでは、これら2種類の注意のうち、主にトップダウン注意のモデル化を行う。ヒトはトップダウン注意によって、何 / 何処 / どんな風に注意を払うかを制御している。しかし、従来の注視制御モデルでは「何 / 何処」にのみ焦点が当てられており、「どんな風に」については明確に扱われてこなかった。そこで本研究では、「何 / 何処」に加え、「どんな風に注意を払うか」まで制御することのできる新しい注視動作モデルを提案する。

[研究の内容, 成果]

1. 視覚的注意

ヒトの視覚的注意には2種類あり、反射的・刺激駆動的に引き起こされるボトムアップ注意と、意図的・知識駆動的に引き起こされるトップダウン注意がある。ボトムアップ注意は視覚情報処理と並行して一次視覚野から脳の前方に上っていき、トップダウン注意は前頭葉-頭頂葉ネットワークから脳の後方に下っていくと考えられている。

ボトムアップ注意については、KochやIttiらのSaliency Mapをはじめとして、多くのモデルが提案されており、その有効性が確かめら

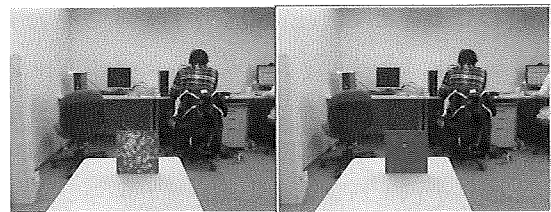


図1 赤い物体に対する注意（左：粒子フィルタによる注意領域の表現、右：注視点）

れている。一方で、注意を意図的に制御するトップダウン注意については、[研究の目的]にも述べたように、「どんな風に注意を払うか」を制御できるモデルがない。そこで本研究では、ボトムアップ注意についてはIttiらのSaliency Mapを用い、それと相互作用するトップダウン注意のモデルを独自に提案する。

本モデルでは、視覚的注意の工学的表現として粒子フィルタを用いることを特徴とする。図1左に示すように、粒子フィルタを物体追跡に適用すると、追跡対象となる物体が多数の粒子によって追跡される。これをロボットの視点映像と考えると、その粒子群の様子は追跡物体に向けられた“注意”のようにもみえる。そこで我々は粒子群をロボットの注意と見做し、「〇〇に対する注意」を「〇〇を追跡する粒子フィルタ」として表現することを考えた。

2. 提案モデル

システムの概要を図2に示す。まず、固定カメラからの入力画像を複製分岐して種々の特徴

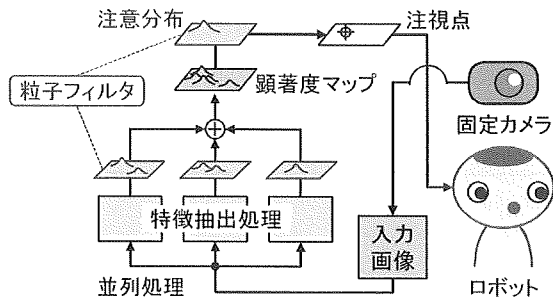


図2 システムの概要

抽出を行い、各処理の上で粒子フィルタを走らせる。次に、各粒子フィルタの粒子の分布を足し合わせることで、注意の引かれやすさを表す顕著度マップを生成する。更に、顕著度マップの上で粒子フィルタを走らせ、その粒子の分布を注意分布とする。注意分布は、ロボットが注意を向けている位置を確率的に表したマップである。最後に、注意分布の期待値を注視位置とし、ロボット頭部（首振りカメラで代用）に制御命令を送る。図2の粒子フィルタを除いた部分（青色で示した部分）はIttiらのSaliency Mapによるボトムアップ注意のモデルであり、その上に粒子フィルタを走らせることで注意の相互制御を実現している。

図3に示すように、粒子フィルタは、「各粒子の位置の予測→各位置での尤度計算→粒子群のリサンプリング」という手順を繰り返すことで、注目対象を多数の粒子で追跡する。以下、処理の流れについて概説する。

まず、予測に用いるシステムモデルによって、注意の動きのダイナミクスを決めることができる。現時点では、以下の等速運動モデルのみを

固定的に用いている。

$$x_t = x_{t-1} + d_t + N(0, v_t^2)$$

ここで、内部状態 x は視野空間における二次元座標ベクトルである。また、 d_t を《移動量》、正規分布に従う白色雑音 $N(0, v_t^2)$ の標準偏差 v_t を《システムノイズ》と呼ぶ。各粒子の位置は予測の際に《移動量》の値だけ移動され、更に《システムノイズ》の標準偏差を持った白色雑音によって微調整される。

顕著度マップ上の粒子フィルタの尤度関数は、粒子の位置 x を中心とした15画素四方の顕著度の平均値を返す関数とした。また、特徴抽出を兼ねる尤度関数を定義すれば、粒子フィルタで特徴抽出を同時に行うことができる。本実験で用いた赤色（緑色）を抽出する粒子フィルタは、粒子の位置 x を中心とした7画素四方の平均色を c_t 、検出対象とする赤色（緑色）を C として、以下のように尤度関数を定義した。

$$I_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}w_t} e^{-\frac{(c_t - C)^2}{2w_t^2}}$$

ここで、正規分布で表された尤度関数の標準偏差 w_t を《観測ノイズ》と呼ぶ。また、色の数値化にはHSV色空間のHue（色相）を用いた。

なお、リサンプリングの際、粒子フィルタではすべての粒子を復元抽出するのではなく、一部を一様分布に従って生成することによって、粒子が局所的な状態に集中することを回避する。その割合をここでは《ランダム粒子率》と呼ぶ。また、粒子フィルタでば撒く粒子の数を《粒子数》と呼ぶ。

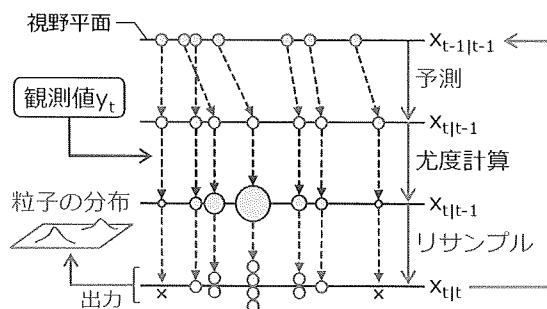


図3 粒子フィルタの処理の概要

3. 注視制御（パラメータ調節）

以上の説明において《・》で表していたものが粒子フィルタのパラメータである。本モデルのトップダウン注意は、特徴抽出処理上の粒子フィルタのパラメータを調整することで特徴抽出の結果に影響を与える。各パラメータと注意の特性の関係を以下に示す。

粒子数：重視する特徴を変化させる。《粒子数》

が大きい特徴ほど顕著度マップへの影響も大きくなる。

移動量：注意探索の方向性を変化させる。値を大きくすれば移動速度が増す。

システムノイズ：視野空間において注意の引かれる範囲を変化させる。《システムノイズ》が大きいほど視野空間の広い範囲に渡って特徴抽出処理を行うが、一方で粒子の密度が低くなって注意の強度が弱くなる。

観測ノイズ：特徴空間において注意の引かれる範囲を変化させる。《観測ノイズ》が大きいほど特徴空間の広い範囲に渡って尤度を付与するが、一方で与える尤度の値が小さくなる。

ランダム粒子率：周辺視野への注意の配分を変化させる。《ランダム粒子率》が大きいほど視野全体に注意を払うが、一方で一か所に注意を留めることが難しくなる。

4. 実験

4.1. 注視制御の例

3章で述べた注視制御によって、本モデルの注意分布が意図どおりに変化することを簡単な例によって確かめた。図4に、「どんな風に注意を払うか」を制御した一例として、「集中し

て」という注視制御を与えた例を示す。上段は入力画像に粒子と注視点を描画したもの、下段は注意分布を透過率で示したものである。パラメータの調整方法は図の右側に示した。

これらの結果より、粒子フィルタのパラメータを調整することによって、目的とする注意の振る舞いが実現されていることがわかる。

4.2. 「集中」と「散漫」の比較

「集中」と「散漫」という、相対する注視制御を行い、それぞれが人に与える印象を調べた。10人の被験者（20代の大学生・院生、男9/女1）を5人ずつの2グループに分け、注視点を描画したロボット視点映像（固定カメラ映像/図1右）と、ロボット頭部の様子（首振りカメラで代用/図5）をそれぞれ見せた。まず、被験者に「集中」と「散漫」が混在した6パターンの注視行動を見てもらった後、改めて2種類の制御結果をそれぞれ見せ、8組の形容詞対の5段階評価によって印象を答えてもらった。

8組の形容詞対より「集中しているー散漫な」を抜き出した結果を図6に示す。ロボット頭部を見て評価したグループでは意図したとおりの印象を与えた（両側検定、 $t(8)=4.74$, $p<.01$) が、ロボット視点映像を見て評価した

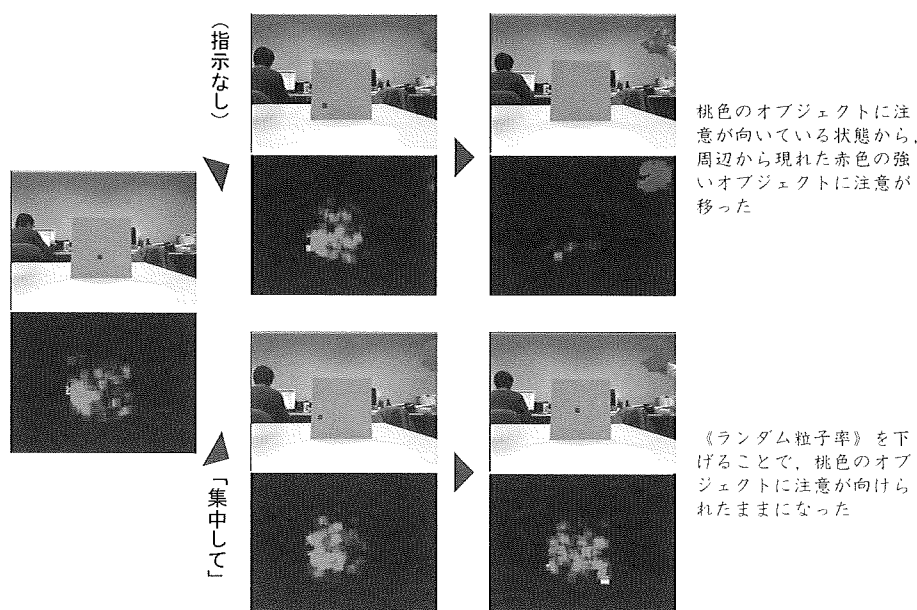


図4 「集中して」という注視制御を行った例

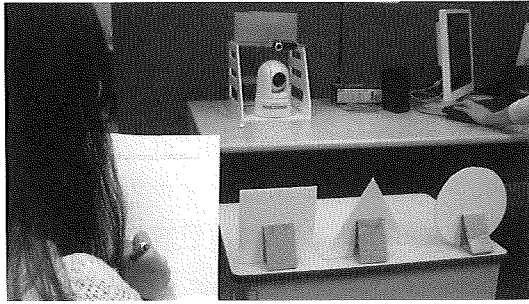


図5 実験の様子（ロボットに見立てたカメラが手前の3つのオブジェクトを追跡する）

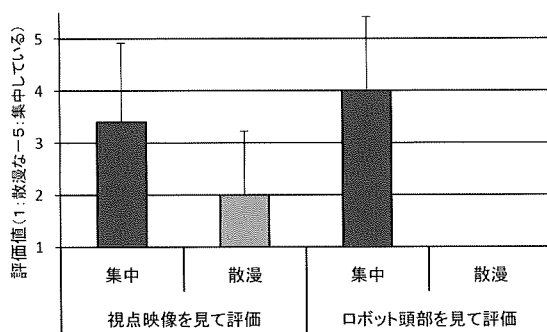


図6 実験結果（最右の散漫は全員が1を選んだ）

グループでは有意な差が出なかった。前半課題の自由記述によると、ロボット視点映像が被験者自身の視点と混同され、「散漫」の注意制御を「探索している」という能動的な行為と受け取った被験者がいたことが原因と考えられる。ロボット頭部を外部から見た場合にはそのような認識はなく、注視制御で意図したとおりの印象を与える結果となった。

5. まとめ

粒子フィルタを用いることで「どんな風に注意を払うか」を制御することのできる注視制御

モデルを提案し、ロボット頭部に見立てた首振りカメラに実装した。また、「集中」と「散漫」をそれぞれ表現する注視制御を施したロボット頭部の様子を被験者に見せたところ、意図したとおりの印象を与えていることが確認できた。

【今後の研究の方向、課題】

今後は、注視領域を切り出して画像認識を行い、認識結果をワーキングメモリに保持して、ロボットの語意獲得などに利用していくことを予定している。また、図4に示したように、本モデルによって抽出された注目領域は、我々の視覚的イメージに近い。これを応用し、視覚のワーキングメモリ（視空間スケッチパッド）の内容の映像表現についても取り組んでいきたい。

【成果の発表、論文等】

- [1] 尾関基行, 井上茉莉子, 柏木康寛, 岡夏樹: 粒子フィルタを用いた視覚的注意モデルの検討, HAIシンポジウム2009予稿集, 2C-2 (2009)
- [2] 尾関基行, 柏木康寛, 井上茉莉子, 岡夏樹: 特性をトップダウンに変更可能な視覚的注意モデルの検討, 第37回 知能システムシンポジウム論文集, pp.237-242 (2010)
- [3] 尾関基行, 井上茉莉子, 柏木康寛, 岡夏樹: 粒子フィルタを用いた視覚的注意モデルによる注視制御, 人工知能学会全国大会論文集, 3E1-3 (2010)
- [4] 尾関基行, 柏木康寛, 井上茉莉子, 岡夏樹: 粒子フィルタによるトップダウン注意の工学的表現, 日本認知科学会全国大会論文集 (2010) (2010/9 発表予定)