

「先進的統合センシング技術」

平成 19 年度採択研究代表者

前田 太郎

大阪大学大学院情報科学研究科・教授

パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導

1. 研究実施の概要

平成 19 年度は研究の初期段階として、研究体制の確立・補強と各研究担当者の持つ要素技術を本研究計画に合わせてチューニングすることから開始した。この結果、本研究に用いる新型パラサイトヒューマン(PH)の基本設計に必要な各種要素技術への要求性能の関係性の多くを明らかにすることでプロトタイプの初号機の基礎設計を進めることが出来た。また、研究体制の補強のために研究開始に当たっての研究員の公募を含め人材の確保に努めた結果、3 名の PD と 1 名の研究員を確保した。また、研究の中期段階における達成目標の具体的イメージの一例として想定している「119 番的状況における PH の感覚伝送による作業支援」の可能性を模索するため、救急救命、消防、避難シミュレーションの各分野の専門家を呼んで感覚伝送の要素技術を体験してもらい、必要とされる性能や役に立てる局面などについての意見交換を行うシンポジウムを開催した。次年度には、これらの要素を反映したプロトタイプの PH の設計と検証を詰めるとともに、実際の作業実験によって協調作業状況における動作伝達効果の検証を行う。

2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1)に対応する)

平成 19 年度は研究の初期段階として、研究体制の確立・補強と各研究担当者の持つ要素技術を本研究計画に合わせてチューニングすることから開始した。その方向付けとして、119 的状況下において、①けが人のいる現場に居合わせた人に PH を装着させ遠隔にいる医者などの有識者のスキル伝達や協調動作を行う「個体誘導」と、②地震などの大規模災害現場の多数人がパニックなどを起こさないように数人の PH 装着者によつて的確に誘導する「群誘導」の 2 つの状況を想定し、③各状況で活躍できる「PH デバイスの開発」という方針をまず進めるに至った。

① 個体誘導

作業や応急処置などのスキル伝達を行うための要素となる「感覚の伝送」および「行動の分節化」について研究を進めた。「大阪大学」グループでは上肢運動作業中の視覚情報の交換および重量によって行動の認識や意図がどのように干渉されるかについて予備実験を進めた。また、「玉川大学」グループでは個体レベルでの行動の決定モデルについて検討を行った。そのために、(1) 行動データからのモデルベース行動分節化手法の開発と、(2) 人間の記憶と逐次思考・行動プランニング過程の順モデル構築を行った。

行動データからのモデルベース行動分節化手法の開発として、人間の過去の行動系列から次の行動を予測する計算モデルの学習的獲得を行う。このモデルは、人間の行動決定過程に影響を与える変数群と行動出力の間を記述しているという意味で、人間の行動決定のモデルである。行動決定モデルが得られたなら、ある状況でその行動を変化させる効果のある外部入力刺激の探索と効果の予測が可能となる。すなわち、人間の行動予測モデルの構築は行動誘導のための基盤となる研究である。本項目では、人間の行動予測モデルの構築に必要な行動記述の方式の検討を行った。人間の一連の行動は複数の離散的要素行動の連続化と考え、その運動からその要素運動を推定する逆運動制御モデルの基本方式を検討するため、人間の汎用的な動作の記述と教示に関する研究を調査した。具体的には、汎用な行動の分節の事例として、伝統的な踊りの分節化方式のアルゴリズムを調査した。その結果、運動記述の単位として連続した動作を考えるが、その解釈には発生する動作に関するモデルが事前に必要である可能性が高いことが判明した[1]。今後は、実際の動作の記述を行っている研究者とコンタクトし、その方式についてより深い理解を得ると同時に、分節化後の行動情報の利用の方式として、単位行動要素の動的組み合わせによる行動生成のモデルを検討していく。

人間の記憶と逐次思考・行動プランニング過程の順モデル構築として、人間は過去の経験・記憶を題材として、環境の状況に依存したその題材の動的な組み合わせにより行動を決定する、動的行動プランニングを行なっている。本項目では、動的行動プランニングの概念に基づく人間の行動決定モデルの基本構造を検討した。具体的には、人間の感覚世界は部分観測かつ変動のありうる環境と想定し、そこに半順序制約付きの行動知識を感覚入力により駆動させる反射的行動プログラムを導入し、そのプランニング能力の特性の評価を計算機シミュレーションと人間行動観測の両面で行なった。その結果、部分観測と変動を想定した環境では動的行動プランニングは数秒オーダーのタスクにおいて効率的な行動を実現できることが確認された[2]。

また、「個体誘導」における行動モデルの獲得を目指し、「産総研」グループは、PH からテレイグジスタンス/テレプレゼンス方式で操縦可能な小型人型スレーブロボットの仕様を決め、設計・製造を行った。その写真を図 1 に示す。ただし現時点にお



図 1 行動予測モデル検証用の小型人型ロボット

いては、マスターシステムとなる PH が存在しないため、テレイグジスタンス／テレプレゼンス方式による操縦は不可能であるが、PC からの操縦は可能となっており、PH が入手できれば、ごく短期にテレイグジスタンス／テレプレゼンス方式による操縦システムを構築できる段階である。

②群誘導

「東工大」グループは「群」を記述するための個体として、運動の記号化に基づく個体行動の記号化モデルと記号に基づく運動の遷移について検討した。アトラクタ設計によるロボットの運動創発手法では、ロボットの運動方程式をその状態空間内のある閉曲線に引き込ませるよう、コントローラを設計するものであり、状態空間での場の定義とその関数近似によって構成されている。場を用いた制御手法は個体を群としてマクロに捉え、これを制御するのに適しており、避難誘導の方法を設計する手法として有効と考えられる。本研究では、ロボットを制御するコントローラをいくつかの要素（関数）に分解し、それらを重ね合わせることで適切な場を作り出し、ロボットの運動を変化させる手法を提案した。また、力学特性の異なるロボットに対しても、既存のコントローラに新たな場を付け加えることで運動を変化させるような新たなコントローラを設計する手法を提案した。この方法は、状況の変化によって誘導方向を変化させる問題に対し、場の変化法を与えるものであり、新たな場をもたらしコントローラの要素にその意味を見出すことが可能であると考えられる。これは状況に応じた場の設計を容易にするものへとつながると考えられる。

また、「群誘導」に有効な手法を探るためのプラットフォームとして「産総研」グループでは PH を含むウェアラブルデバイスによる装着者並びに周囲の人の誘導の効果を評価するために、災害時の人の避難を想定したエージェントベースの群衆シミュレーションの検討を行い、シミュレータのプロトタイプの開発を開始した。

③「PH デバイスの開発」

「NTT コミュニケーション科学基礎研究所」グループは次世代 PH のハードウェアの設計において、有効と考えられるインタフェースの選定を行った。PH の機能の一つとして巧みな手や腕の動きをウェアラブルという限られたリソースの上で伝達することが求められているが、従来手法では困難である。少ないリソースであるためには「錯覚」を利用することが効果的であることを見だし、これについて利用手法と、用途について議論した（招待講演：錯覚を利用したインタフェース）。また、疑似牽引力を生起する装置においては、現状では把持する形状ではあるが、ヒトの直観的な誘導方法として有効的な手法であることを確認し[3]、実際に目的地へ案内するシステムの実験を行いその効果を示した。さらに、上下方向に対しても、知覚を生起することが可能であり、平面だけではなく立体的な方向へのガイダンスも可能であることを示した[4]。現在直接的な成果に結びついていないが、「NTT コミュニケーション科学基礎研究所」と「大阪大学」グループの共同で、2 者間における視覚共有システムについて、おおよその設計方針が固まった。両者同一視点としお互い半透明状態で同一行動をとることで、上腕から手先の動作に追従性を持たせることによる作業の伝達実験を次年度早々にも行う予定である。また、身体姿勢や運動の記録およびその通信のために

情報を取り込むセンサ群について、上肢に 8 個使用することを決定し、現在センサのアッセンブリを開始し始めたところである。これについても来年度初めに完成させ、PH 装着者の運動学的なパラメータの推定に基づく正規化手法に関する研究開発を開始し、センサネットからの情報を利用した正規化手法を検討している「産総研」グループへ貸与する予定である。さらに、疑似牽引力提示装置と触覚重畳装置について小型化・双方向出力化・低電力化の試みがなされた。以上より次世代 PH ネット 1 号機のおおよそのデザインが完了した。

3. 研究実施体制

(1)「大阪大学」グループ

①研究分担グループ長:前田 太郎 (大阪大学、教授)

②研究項目

- (1) 全体総括
- (2) 感覚提示技術の各要素技術のチューニング
- (3) 感覚伝送のための心理物理的予備実験
- (4) シンポジウムの開催

(2)「NTT コミュニケーション科学基礎研究所」グループ

①研究分担グループ長:安藤 英由樹 (NTT、リサーチスペシャリスト)

②研究項目

- ・共通プラットフォームとしての次世代 PH の装置開発

(3)「玉川大学」グループ

①研究分担グループ長:大森 隆司 (玉川大学、教授)

②研究項目

- (1) 行動データからのモデルベース行動分節化手法の開発
- (2) 人間の記憶と逐次思考・行動プランニング過程の順モデル構築

(4)「東工大」グループ

①研究分担グループ長:岡田 昌史 (東京工業大学、准教授)

②研究項目

- (1) 運動の記号化に基づく個体行動の記号化モデル
- (2) 記号に基づく運動の遷移

(5)「産総研」グループ

①研究分担グループ長: 大山 英明 (産業技術総合研究所、主任研究員)

②研究項目

・PH 装着者の行動モデル獲得ならびに PH 装着者による人の誘導に関する研究

(1) PH 装着者のセンサデータ正規化手法の開発

(2) 行動モデル検証のためのマスター・スレーブ方式ロボットシステムの構築

(3) 災害時の避難シミュレータの開発

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

- [1] Tomohiro Amemiya, Hideyuki Ando, Taro Maeda : "Lead-Me Interface" for a pulling sensation from hand-held devices, ACM Transactions on Applied Perception, Vol.5, No.4, 2008(in press).
- [2] Akitoshi Ogawa, Takashi Omori : Proposal of knowledge reuse learning system for immediate adaptation in real-world navigation task, Systems and Computers in Japan, WILEY (in press).
- [3] 高橋英之, 大森隆司 : 円滑な対人インタラクションを実現する対象認識に応じた認知的構え調整機構のモデル化, 認知科学, Vol.15, No.1, pp.202-215, 2008.
- [4] 雨宮智浩, 前田太郎 : 非対称振動を伴う物体の挙錘により生成される重量錯覚, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.13, No.1, 2008.