

「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

本年度は、昨年度に引き続きチーム全体の研究のプラットフォームとなる五感伝送型パラサイトヒューマンの設計・試作を進めるとともに、感覚伝送の各要素技術を複合させることによって得られる効果について定量的に評価するための実験環境を構築した。特に二者間での視覚共有を伴う協調行動について、運動や触覚提示との複合効果について被験者応答の計測と解析を行い、この結果から検証要素を組み入れた実作業実験を構築しスキル伝送効果の評価を進めた。またこれと並行して感覚伝送中の装着者の身体動作から非言語的行動意図の推定・伝達を狙う「つもり制御」の研究に着手した。群行動誘導についても理論面・実験面での検証・検討を進め、個人レベルのすれ違い挙動の解析や群衆行動計測、環境及び群挙動の計算機シミュレーションや小規模実験など複数のレゾリューションの現象面からのモデル化のアプローチを行った。

§ 2. 研究実施体制

(1) 阪大グループ

- ① 研究分担グループ長: 前田 太郎(大阪大学大学院、教授)
- ② 研究項目
 - (1) 全体総括
 - (2) PHによる感覚伝送のための心理物理的要素実験
 - (3) 社会システムへの適用のための研究調査

(2) 「東工大」グループ

- ① 研究分担グループ長: 岡田 昌史(東京工業大学大学院、准教授)
- ② 研究項目
 - (1) 個体行動の記号化モデルと個体制御

- (2) 相互作用を伴う群の挙動解析とその制御
- (3) 運動分節化のための擬似目標値生成

(3) 「産総研」グループ

①研究分担グループ長:大山 英明(独立行政法人 産業技術総合研究所、主任研究員)

②研究項目

- (1) パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得ならびにパラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究
- (2) パラサイトヒューマン装着者のセンサデータ正規化手法の開発
- (3) 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
- (4) 行動モデルの開発
- (5) 災害時の避難シミュレータの開発
- (6) パラサイトヒューマン装着者による人の避難誘導手法の開発

(4) 「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:雨宮 智浩(日本電信電話株式会社、研究員)

②研究項目

錯覚利用の行動支援インタフェースの開発と評価

(5) 「玉川大」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) 前庭感覚刺激による人の行動誘導のモデル化
- (2) 視線計測による人のすれ違い時の行動決定のモデル化

§ 3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

本年度は、昨年度に引き続きチーム全体の研究のプラットフォームとなる五感伝送型パラサイトヒューマンの設計・試作を進めるとともに、感覚伝送の各要素技術を複合させることによって得られる効果について定量的に評価するための実験環境を構築した。またこれと並行して感覚伝送中の装着者の身体動作から非言語的行動意図の推定・伝達を狙う「つもり制御」の研究に着手した。群行動誘導についても理論面・実験面での検証・検討を進め、計算機シミュレーションや小規模実験、群衆行動計測など複数のレブリューションの現象面からのモデル化のアプローチを行った。

阪大グループでは前年度より開発中のパラサイトヒューマン(PH)についてこれまでの研究で得られた知見を元に改良を進めつつ、感覚伝送の各要素技術を複合させることによって得られる効果について定量的に評価するための実験環境を構築した。本年度はプロトタイプ PH の運用性を

改善した定常稼働型の PH を開発・構成することを目指した。

各種感覚提示技術を用いて複数の被験者間の感覚伝送実験，および協調作業実験を行うことで個対個のスキル伝送効果を検証した。特に図1のような視点共役型ビデオシースルーHMD を介した一人称視野の共有によって自己の身体イメージへのオーナーシップ共有を生じさせること



図 阪大-1 プロトタイプ PH (頭部)

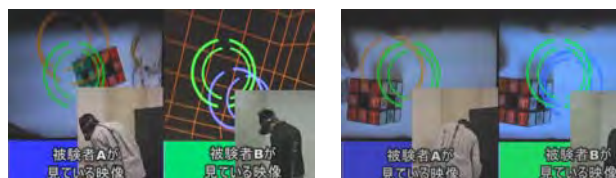


図 阪大-2 視点共有システム：視点共有前の頭部位置キャッチアップ過程 (左)，視点共有後の頭部速度追従による視覚フローの安定化過程 (右)

で二者間の動作誘導とスキル伝達を試

みた。この視点共有を実現させるためには二者間で頭部運動の協調動作を行う必要が生じる。本研究では図2のように相手の頭部姿勢を表すマーカーを現実世界の映像に重

畳させ、マーカーの追従によって頭部運動を同期させるように提示系を設計した。この頭部運動の追従過程として、眼

球運動が跳躍運動と追従運動があることになら

って2つの段階、すなわち視点共有前の頭部位置キャッチアップ過程

(図2左)と視点共有後の頭部速度追従による視覚フローの安定化過程

(図2右)を設定してマーカーおよび視野提示の切り替えの設計を提案実行した。これに加えて4極 GVS(前庭電気刺激)を用い、運動情報を補強することによってより安定した頭部姿勢の追従を可能にした。

この視野共有環境をベースに各種感覚伝送要素の組み合わせによる感覚伝送実験環境の構築と、それを用いた協調作業実験による解析・評価を重点的

に行った。共有視野内での協調作業支援提示手法の評価法として図3のような一人称視野を共有・合成した2者間での上肢協調作業実験を行った。追従特性を解析した結果、位置を合わせる協調作業には、自他の区別が可能かつ互いの視覚情報を同時に提示する手法が効果的である

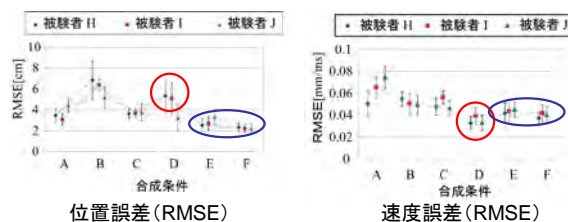
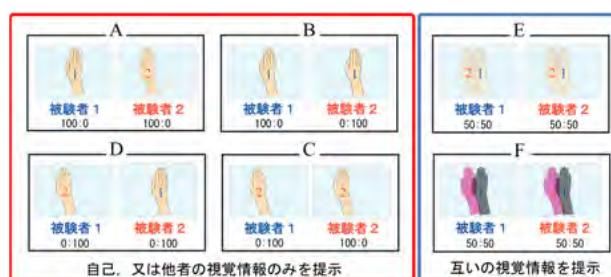


図 阪大-3 一人称視野を共有・合成した2者間での上肢協調作業実験：実験風景と画像合成例 (上)，合成条件 (中)，協調作業実験結果 (位置誤差 (左下)，速度誤差 (右下))

一方で、速度を合わせる協調作業には、互いに相手のみの運動を提示する手法が効果的であることが判明した。この結果を適用することによって先述の視野共有のための頭部追従系における相互視点切り替えシステム的设计・実現に繋がった[1][2]。

また、触覚提示については図4のように従来個別のデバイスとして開発を進めていたなぞり触覚提示と疑似牽引力提示を一つのデバイスで実現するとともに爪上に装着可能なサイズに小型化することに成功している。



図 阪大-4 牽引力/凹凸覚を提示する爪装着型触覚提示デバイス

さらに今年度から感覚伝送中の装着者の身体動作から非言語的行動意図の推定・伝達を狙う「つもり制御」の研究に着手した。単純なインタフェースに対して直観的に入力された操縦信号をもとに、操縦者の直観入力とロボット動作との対応関係を抽出し、得られた対応関係を利用したロボット操縦実験を行った。その結果、第一次近似段階のデータベース照合においても操縦者の元の動作イメージに対して実際のロボット動作として平均 68%の合致率が得られ、「つもり」に相当する行動意図と行動文節の対応関係について、ある程度の実用性に繋がる再現性が確認された。これによって、従来のレイグジスタンスや人工現実感における感覚-運動情報の再現精度の要求をある程度緩和した随意操縦の実現し、人一人のコミュニケーション実現の基礎研究においても直観性通信の可能性を示した。



図 阪大-5 「つもり」の抽出によるロボット操縦支援実験

また総括グループとして各グループと協力して実際的な研究の推進と並行して全体計画推進上の応用例調査と対応する研究フォーカスの設定および对外発表の計画を進めた。当該技術の適用先として、従来検討中であった救急救命法への応用について、臨床現場への拙速な適用ではなく、まずインストラクター指導等の実習教育現場への応用を検討した。このために MEDIC FIRST AID のインストラクターをしておられる玉川大学の国見保夫准教授の紹介で同MFAの小児用および成人用の CPR(心肺蘇生法), AED その他の応急手当に関するトレーニングプログラム訓練プログラムについて調査した。研究代表者の前田, 分担者の大森, 大山を含む5名が実際に

同訓練プログラムに参加して MFA プロバイダー資格を得ることでその必要性和訓練の實際を修得した。このことで以下の様な研究の出口戦略の一つが明確になった。

- 「救命のもう一つの現場」としての救急救命法教育の存在。
- バイスタンダー（緊急事態に手を貸す一般人）による CPR(心肺蘇生)。
最初の5分が生死を分ける「救命の最前線」。
- 心肺蘇生の救命率は心停止から2分で90%、4分で50%、5分で25%程度に減少。
- Medic First Aid による救急救命講習プログラム:25年以上の実績があり、80,000名以上の指導員が世界140ヶ国以上で教え年間50万人以上の受講生に普及している国際的なトレーニングプログラム。
- しかし実習を受けた人間でさえ現場に直面してバイスタンダーとなる人の率は数十%程度しかない。実態として病院外での心停止の患者の内、救急車到着(通報後平均7~8分)以前にCPR(心肺蘇生法)を行われている率は3割を切る=**半数以上が助からない計算になる**。
- このためバイスタンダーCPRから人工呼吸は外される方向に。これは蘇生率からでなくバイスタンダーを増やすための啓蒙的方針を優先する判断によるもの。
- したがって**バイスタンダーの効果的な増強こそが救命の First Stepである。「医師であっても道具無しに救急救命現場で出来ることは情報収集・判断以外、バイスタンダーと変わらない」**

したがって本プロジェクトにおいて PH の五感伝送技術が「救急の安心安全」で目指す展開として、第一に実習教育への応用によって効果の周知と体験者の増加による普及を進め、その上で社会インフラとしての実装に向かうという以下の様な方法論が妥当であると考えられる。

Step1. 「バイスタンダー数増加の支援 = 救急救命実習教育への応用」

(1人称視点体験によるトレーニング効果の向上への応用)

事前訓練の効率化と誘導支援技術の認知・普及。

遠隔支援の周知・体験による実行のエンカレッジ。

Step2. 「バイスタンダーの能力強化 = 救急救命現場への応用」

(遠隔協調作業による作業精度の向上)

AED などと同様に予防的社會インフラとしての普及による救急現場への応用。

感覚伝送による医師への遠隔情報収集効果。

実時間支援によるより適確な救急救命作業の実施。

現在、先述の MFA 人脈を介して、この普及シナリオをもとに救急救命実習教育において PH 学習の効果を評価してもらうための協力を取り付ける交渉を継続中である。

また本年度は次年度の中間報告に向けて本研究の提案技術の社会的寄与について社会学的

な観点からの評価を取り入れるために社会心理学の専門家である釘原直樹大阪大学教授の協力を仰ぎ技術の社会システムへの実装方法について検討を進めた。特に群衆の避難誘導について多くの貴重な情報と知見をもらうことができた。

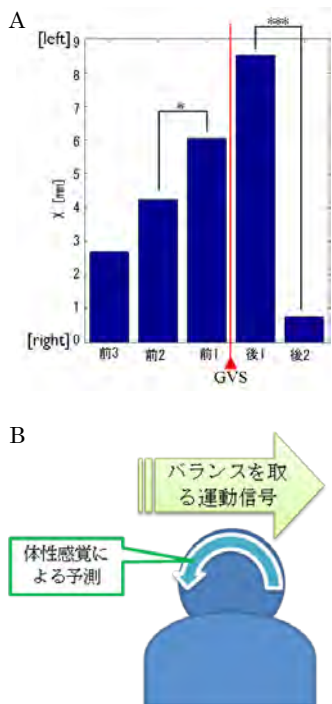
こうした知見を元にこれまでに実験室的・理論的側面から構築してきた歩行者群衆の誘導施術の効果について実際の社会的場面において実際に計測と検証を行う必要性が生じてきた。そこで研究代表者の前田が分担者として参画している CREST デジタルメディア領域の「デバイスアートにおける表現系科学技術の創成」の一環として未来館で行われた「デバイスアートギャラリー@メディアラボ第五期展覧会」においてこの検証を行った。未来館の協力を得て同研究室の安藤英由樹が動的展示を行っている「感覚回路採集図鑑」展スペース(約 100m²)において、実際の来場者に対して東工大グループのポール設置による来場者誘導、玉川大学グループによるすれ違い歩行時の視点推移計測、産総研グループによる同展示の 1 人称視点体験記録などを行い、実際の群衆の反応について貴重なデータを得ることができた。

またこうした成果については H22 年 2 月 22 日に大阪大学コンベンションセンターにて研究成果報告を兼ねたシンポジウムを開催し対外的にその成果を発表すると共に関係領域の専門家から多くの示唆に富んだ評価を得た。同シンポジウムにおいては研究代表者・分担者らが自ら本研究において危機対応に際して素人が遠隔から玄人の支援を受けることを念頭に開発が行われている五感情報伝送技術・感覚誘導技術について現在までに出来たこと及び今後の構想について 4 件の講演によって説明し、さらにはその成果を体験出来る形で 4 件の五感伝送デバイス技術「牽引力/凹凸覚を提示する爪装着型触覚提示デバイス」「つもり伝送によるロボット操縦支援技術」「一人称的視点重ね合わせシステムを利用した協調行動支援」「撃力による牽引力錯覚提示装置」についてのデモ展示と 11 件のポスター発表を行った。また、ポスター発表のうち 2 件の群衆の移動を誘導する効果の研究については実際にデモ会場と講演会場間での聴衆の移動を利用した実験的な実演によりその効果を示し、好評を得た。また、パネル討論会形式で先述の釘原教授の他に Problem Based Learning の専門家として大阪大学の池田光穂教授、避難誘導シミュレーション研究の専門家として産業総合研究所の山下倫央研究員を加えて、危機的状況へのインタフェース技術による実時間的な支援について、多角的な視点からの意見の交換と討論を行った。

NTT グループでは、年度後期に研究分担者の変更があり、それに伴って研究の実施と分担の計画について変更が行われた。研究分担者であった戸嶋は玉川大学グループと共に前年度に行われた、運動中の手先軌道の誘導可能性の研究についての成果をまとめた。新たに研究分担者となった雨宮は阪大グループと共に偏加速度型疑似牽引力提示手法について加速度波形に応じた牽引力錯覚の知覚特性の解析から、効果的な力感覚の生起を実現する加速度波形についての知見を得ると同時に、パラサイトヒューマンのアクチュエータとしての設計指針を得た[5][6]。また、遠隔地の 2 者間で上肢運動に与える牽引力感覚の双方向伝送によって力覚の体験共有を可能にするだけの実時間感覚伝送を実現することを目標とした感覚伝送システムの開発・構成を目指し、偏加速度周期振動を用いた 2 自由度の「疑似牽引力デバイス」を設計・開発した。

玉川大グループでは本年度は以下のように研究を進めた。

(1) 前庭感覚刺激による人の行動誘導のモデル化



図玉川-1 A:円描画課題での右側陽極開始前後の円の重心からの移動距離 B:運動予測のトリガーモデルの概念図

玉川大学グループは、PH 要素の一つである、Galvanic Vestibular Stimulation(以下 GVS)を用い、運動中の手先軌道の誘導可能性を評価した。計測環境としてモーションキャプチャシステムを利用し、刺激タイミングの個人適応を評価するための歩行運動[7]及び、頭部固定、座位姿勢での円描画課題での手先の誘導量[8]を評価した。

実験結果から、円描画課題では右側陽極で GVS などの刺激を与える際、刺激提示前の円の重心位置は徐々に左に寄っていく傾向があったが、刺激から 2 周目に急に右に移動する傾向が有意に見られた(図 1A)。この刺激開始から誘導が始まるまでの時間(潜時)が 2 周目の描画(1 周約 2 秒)であるという結果から、我々は GVS が円描画運動での運動予測のトリガーモデルとなっているのではないかと仮説を立てた。通常円描画運動では、円描画時に左右に身体バランス不均衡を体性感覚によって予測補正を行うことで、身体バランスを安定させる。このとき GVS が与えられた場合、GVS により体性感覚の

予測による補正が変化するため 2 週目では、手先の軌跡に影響を与えたと考えられる。そこで、手先軌道の加速度変化を分析し、適切な GVS による行動誘導の可能性を示唆した。

(2) 視線計測による人のすれ違い時の行動決定のモデル化

パラサイトヒューマンプロジェクトでは、パラサイトヒューマンシステム装着者による、大規模施設での避難誘導を目指した避難シミュレータ及び群の挙動解析・制御の研究を行っている。ここで個体(人間行動モデル)及び多数個体(マルチエージェント)の研究はプロジェクト当初から研究が進行しているが、この 2 つの行動モデルを結ぶために必要な少数個体の行動の定式化は行われていなかった。そこで玉川大学グループでは、大規模施設での避難誘導を目指した小集団の行動決定過程のモデル化及び、行動誘導デバイスに必要な特性の明確化を図る。

本年度は、1 対 1 の協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル[9]を基礎モデルとした、1 対 1 のすれ違い状況における行動実験及び、視線移動及び歩行周期に基づいた行動決定過程のモデル化を行った。実験では眼球運動計測装置を用いてすれ違い時の歩行者の視線を計測し、回避判断時の視線方向を評価した。更に頭、体、足の 3 カ所をマスキングした歩行

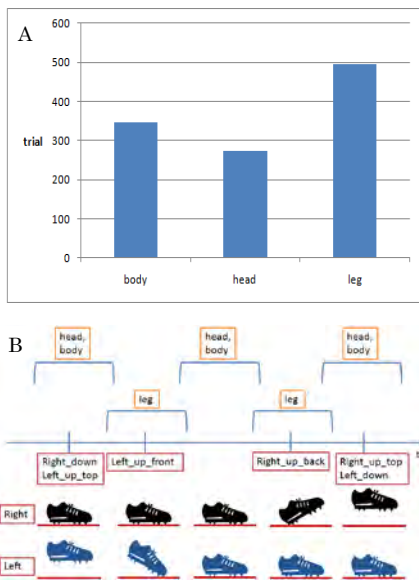


図 玉川・2 A:マスキング映像呈示時に回避判断で遅延が起きる身体部位 B:歩行周期と回避判断身体部位の関係図

者の映像を呈示し、マスキングした身体部位による回避判断タイミングを比較評価した。

実験結果から、歩行者はすれ違い時に足元を見る傾向があり、特に頭、体と比較し足をマスキングした場合に有意に回避判断時間が遅延するという結果が得られた(図 2A)。これにより、歩行者がすれ違い時の回避判断で利用する身体部位と得られる情報量には差異があり、特に対向者の足元を見て行動予測を行っていることが明らかになった。更に足元の映像を地面に接地している状態、足を上げようとする状態、足が宙に浮いている状態、足を地面に付けようとする状態の 4 つの状態(図 2B)に分割して評価した結果、左右の足を踏み出すタイミングで回避判断を行っていることが明らかになった。これにより、すれ違いにおける歩行者の視線移動及び歩行周期により動作の分節化を行い、対向者の行動を予測して自己の行動を決定する、すれ違いでの行動決定過程のモデル化を行った。

東工大グループでは本年度は以下のように研究を進めた。

(1) 場を定義する関数のパラメタライズとそれらの組み合わせによる新たな運動生成

これまでに提案してきた、アトラクタを利用した運動制御法では、個体の安定な運動を状態空間内での場で表し、これがある軌道に引き込まれるようなコントローラを設計する。その結果得られた制御系は自律系となり、外部からの参照値を必要とせずに運動を持続する。これより、コントローラは運動の情報と身体安定化のための情報を含んでいると考えられ、これを分離する方法を提案した。本年度は、これを図 東工-1 にあるタップダンスロボットへ応用し、Large, Small のコントローラからそれぞれの要素を抽出し、これらの組み合わせによって新たな運動を生成するためのコントローラを設計し、安定な運動を実現した[10][11]。

(2) 混雑緩和のためのアメニティ設計

これまでに、混雑を緩和するための空間設計法を提案し、その検証のための実験設備の整備を行ってきた。本年度は、群ロボット 20 台を利用して空間設計法の実験検証を行った。具体的には、美術館などにおける巡回軌道を想定し、その挙動を連続場でモデル化する。これは、群挙動のマクロモデルに相当する。これに基づき、連続の式(連続体の質量保存則)を利用して、混雑度合いを密度として求め、空間内に流れを変化させる障害物を最適配置し、混雑を緩和させる。これにより、図 東工-2 に表されるように、混雑が緩和されることが実験により示された[12]。

(3) 群誘導のための誘導員最適配置設計

群の挙動を場で表すことに加え、その誘導を行う誘導員の指示も場として表すことにより、場の重ね合わせによる誘導員の配置設計(場所と指示方向)が可能となる。本研究では、この原理に基づいて誘導員の位置と指示方向を最適化する方法を提案し、その有効性をシミュレーションによって示した。具体的には、図 東工-3 にあるように、2つの避難経路があったとき、ひとつが利用不可能になったことを想定し、利用可能な避難経路へと指示を行うものである。



図 東工-1 タップダンスロボット

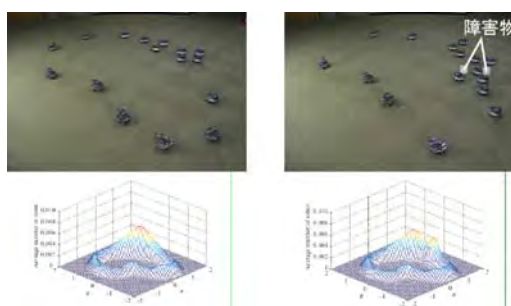


図 東工-2 障害物を用いた空間設計

(4) 運動分節化のための擬似目標値

運動を人から人へ伝達するために、連続写真や舞踏譜などがしばしば使用される。一方、例えば、「頭を前に突き出すように」といった抽象的な表現も用いられることが多い。本研究では、この抽象的な表現を力学的に具体化する方法を提案し、倒立振子を用いたシミュレーションによってその検証を行った。具体的には、自律的に動く力学系をこれまでに提案してきたアトラクタを利用した制御系としてモデル化し、コントローラの中から目標値を擬似的に生成するものである。図 東工-4 はその結果を表している。左図は倒立振子の動きであり、中図はこのとき求められた擬似目標値を表している。右図は状態空間内での倒立振子の動きである。

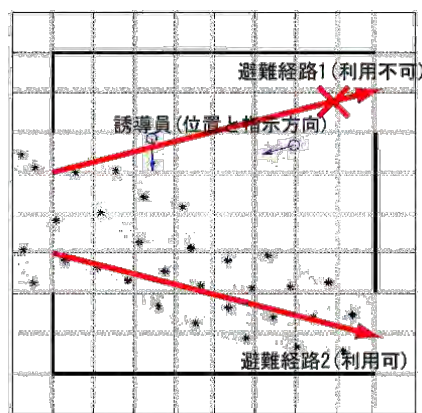


図 東工-3 避難誘導シミュレーション

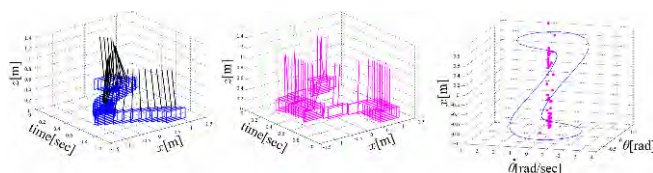


図 東工-4 倒立振子の動きにおける擬似目標値

擬似目標値の結果から、倒立振子の動きはほぼ2つの状態を目標状態として与えることで実現でき、その姿勢までの経路は倒立振子の力学特性から自動的に生成されているといえる。さらに、この2つの状態によって、運動が分節化可能であると判断できる。

産業技術総合研究所グループでは本年度は以下のように研究を進めた。

(1) PH 装着者の行動モデル獲得に関する研究

本年度は、(1)拡張現実感アプリケーション開発に広く用いられている ARToolKit を用いて、PH 装着者の運動学的なパラメータの推定し、行動・運動推定のための正規化処理を行い、また、専門家(操縦者)と PH 装着者

(被操縦者)の間で情報提示系を調整するキャリブレーション・ソフトウェアを開発した。これを専門家からスレーブロボットをテレグジスタンス/テレプレゼンス方式で操縦

するロボットシステム[13]に実装を行った。(2)専門家と現場協力者の視点と視野が一致しているテレグジスタンスモード(一人称視点)の他に、

広角画像や、PH 装着者が専門家の CG 画像を俯瞰できる視点からの画像等、複数の画像情報提示機能を備えたインターフェイス・ソフトウェアの開発を行った。これらのソフトウェアを組み込み、色々な場所で作業実験を行うことが可能なポータブルな簡易型 PH システム(ウェアラブル行動誘導システム)を開発した(図 1 参照)。

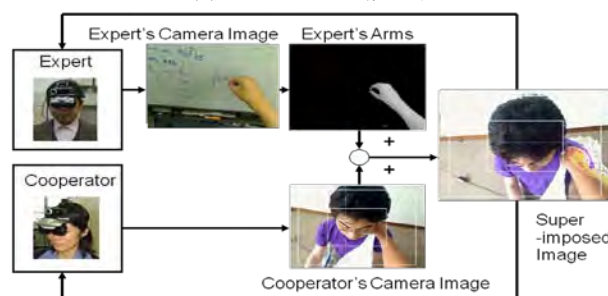
簡易型パラサイトヒューマンシステムの評価を行うために、玉川大学グループと協力して、三角巾を用いて右腕を吊る応急措置を行う作業実験を行い、PH システムによる応急措置の有効性を示した[14](図2参照)。また、(3)「つもり制御」の実現を目指し、昨年度より開始した PH 装着者の行動モデルの研究について、情報収集を行い、モデルの検討を行った。

(2) PH 装着者による人の誘導に関する研究

本年度は、災害時の人の避難を想定したエージェントベースのシミュレータを発展させ、前年度に行った簡略化された環境を現実の環境に近づけ、様々な環境下で、PH システムによる避難誘導の効果の評価を行った。既に、PH 装着者への適切な出口の指示によって、避難時間を短縮できる場合があることが確認されているが、PH 装着者への避難経路指示手法の



(a) システムの概念図



(b) システムの情報処理

図 産総-1 ウェアラブル行動誘導システム(簡易型 PH システム)



図 産総-2 三角巾で右腕を吊る応急措置の作業実験の様子

開発を目指して、まず、PH 装着者の初期位置に基づいて、避難すべき出口を指示する手法を開発した(図 3 参照)。

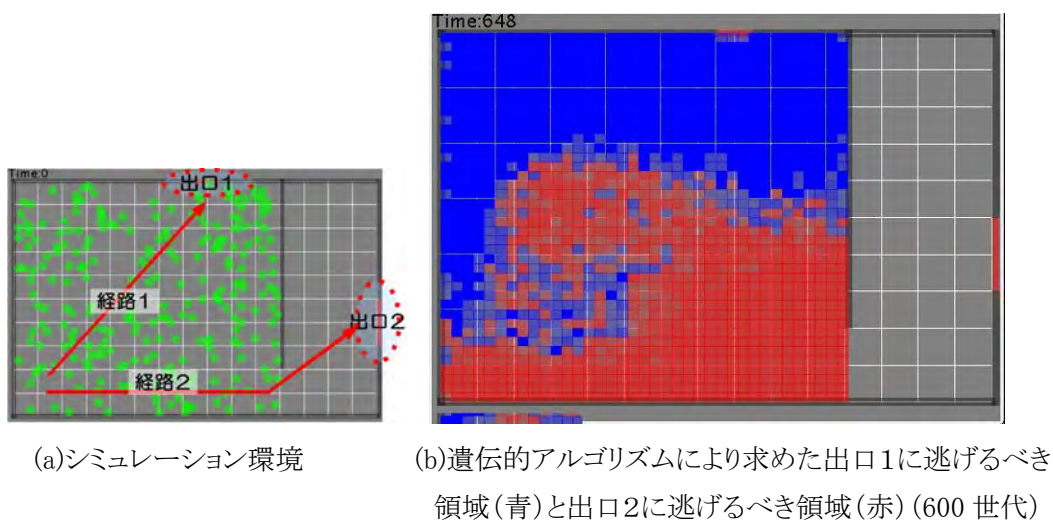


図 産総-3 PH 装着者の初期位置に基づく、避難誘導指令の計算

§ 4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

- [1] Tomoko Yonemura, Hiroki Kawasaki, Shin Okamoto, Hideyuki Ando & Taro Maeda. A relation between Pseudo-Haptic perception and preceding / delayed visual image. Abstracts of The 10th International Multisensory Research Forum (IMRF), p.144-145, New York City, USA, 30 July, 2009.
- [2] Tomoko Yonemura & Taro Maeda. Anisotropy of eye movement and Pseudo-Haptic on velocity change of visual target. Abstracts of The 15th European Conference on Eye Movements (ECM), p.118, Southampton, UK. 24 August, 2009.
- [3] Junji Watanabe, Masashi Nakatani, Hideyuki Ando, Susumu Tachi:Haptic localization for vibro-tactile onset and offset are dissociated, Experimental Brain Research, Vol. 193, No. 3, pp. 483-489, 2009.
- [4] Junji Watanabe, Hideyuki Ando:Pace-Sync Shoes: Intuitive Walking-Pace Guidance Based on Cyclic Vibro-Tactile Stimulation for the Foot;Virtual Reality (in press)
- [5] Tomohiro Amemiya, Hideyuki Ando & Taro Maeda, Kinesthetic Illusion of Being Pulled Sensation Enables Haptic Navigation for Broad Social Applications, Advances in Haptics, IN-TECH Press (in press)
- [6] Tomohiro Amemiya, Taro Maeda, "Impact of Pulse Width and Pulse Oscillation Interval on Perception of Pseudo-Attraction Force," In Proc. of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2009), pp. 1724-1729, San Antonio, TX, October

- 2009.
- [7] 渡邊紀文, 戸嶋巖樹, 大森隆司, 前田太郎: 前庭感覚刺激を用いた動作誘導のモデル化, 日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集, Vol. 25, pp. 26-29, 2009
 - [8] I.Toshima, N.Watanabe, T.Omori: Possibility of guidance of arm movement in circle-writing experiment, Proc. of the 2009 IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics, pp. 448-453, San Antonio, TX, Oct. 12, 2009
 - [9] 横山絢美, 大森隆司: 協調課題における意図推定に基づく行動決定過程のモデル的解析, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J92-A, No. 11, pp. 734-742, 2009
 - [10] M.Watanabe and M.Okada, Similarity Evaluation Of Motion Based On Orbit Attractor, Proc. of the 13th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT) (CD-ROM), Philippines Cebu, Oct. 21, 2009
 - [11] M.Okada and M.Watanabe, Controller Decomposition and Combination Design of Body/Motion Elements based on Orbit Attractor, Proc. of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'09), Kobe, May 14, pp.1364-1369, 2009
 - [12] M.Okada and Y.Homma, Amenity Design For Congestion Reduction Based On Continuous Model Of Swarm, Proc. of the 13th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT) (CD-ROM) , Philippines Cebu, Oct. 21, 2009
 - [13] 城間 直司, 降旗 郁馬, 大山 英明, 感覚共有と小型人型ロボット操縦のためのコンパクトな画像安定化システム, 日本機械学会論文誌, 第 75 巻第 759 号 C 編, pp. 3019-3028, 2009.
 - [14] E. Oyama, N. Watanabe, T. Omori, K. Shinoda, I. Noda, N. Shiroma, A. Agah, K. Hamada, T. Yonemura, H. Ando and T. Maeda, "A Study on Wearable Behavior Navigation System - Development of Simple Parasitic Humanoid System -", Proceedings of 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 3-8, 2010 (accepted)