

## 研究課題別評価

### 1. 研究課題名 : 人間共生型インターフェイス

### 2. 研究者氏名 : 前田 太郎

ポスドク研究員 安藤 英由樹 (研究期間 2001.4.1 ~ 2003.9.30)

ホスドク研究員 杉本 麻樹 (研究期間 2002.4.1 ~ 2003.9.30)

### 3. 研究の狙い :

近年、計算機の小型化・高機能化に伴ってウェアラブルコンピューティングの研究が開始されているが、その目的意識は通常の計算機端末を身につけて持ち歩いている域を脱してはいない。本研究で提唱するパラサイトヒューマン(以下 PH)はこれとは逆の立場をとるシステムである。PHは装着者に対する計算機端末としてではなく、装着者を含む外界環境に対して人間と同様に感覚情報を取り込み、自ら運動する代わりに装着者に対して行動要求を出すようになる共生型の装着システムである(図1)。本研究の第一段階では装着者と同次元・同スケールのセンサと効果器を持ち、同構造・同空間配置から得られた情報を統合するPHの機能によって人間の情報処理上の行動原理の第一次近似としてのモデルを得ることであり、人間の行動解析においてシミュレーションや一時的な行動記録では特定しにくい複雑度を持った知覚や行動を同一視点で継続的に計測することで、人間の身体的な構造に起因するスキルや行動ロジックを解析する一助とする。また第二段階では、PHを単体ではなく一群を形成する個体数用意して、その装着者を同一コミュニティの中で活動させることによる効果についても検証する。これは人間行動における社会性を計測・モデル化すると共に、PH間の相互作用、さらにはPHを装着した状態での共生関係にある人間同士の相互作用について検証するためである。これに加えて既存の計算機端末とPH間の通信についても準備することによって、人間と機械の共生する系によるマン・マシンインターフェイスの新たな局面を切り開くことを狙う。本研究の効果としては人間機能の工学的解明という自然科学的な基礎研究に寄与する側面に加えて、同技術の最終的な工学的応用として、こうした新しい設計思想による適応型マン・マシンインターフェイスとしての利用の側面において大きな成果と将来性が期待される。

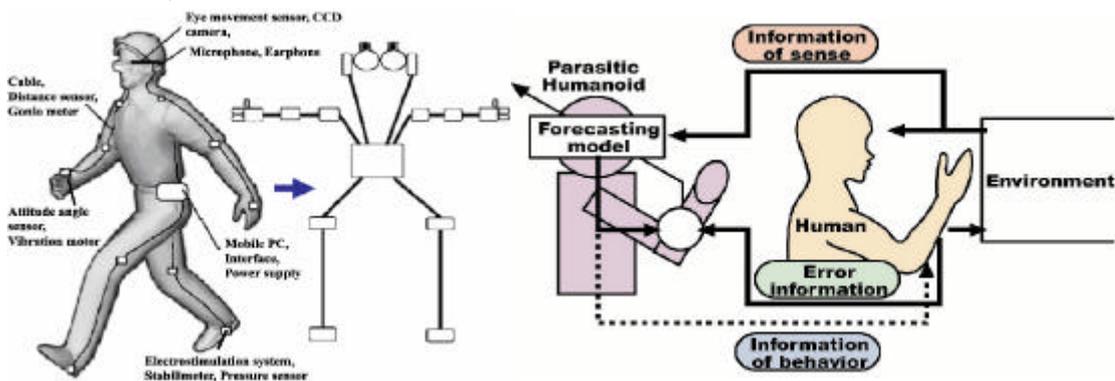


図1 PHの構成と行動モデルの獲得過程

#### 4.研究結果：



第2図 PH 試作3号機と各部構成: 左上方より順に全身像、眼球運動検出器、眼球位置計測結果の検証写真、爪センサの実装概念図、爪センサ実装状態写真、PH 稼働状態モニタリング画面、身体運動計測用3軸姿勢センサ外形写真、前庭感覚刺激電極装着写真、身体各部電気刺激電極と電極上に固定された姿勢センサ、重心位置計測用荷重センサを配した靴底センサ部写真、装着者が片手で付け外し出来るように工夫された服の構造と電極・姿勢センサの装着過程。

PH は全身に装着されて機能するセンサ系と運動誘導刺激系を持ち、これらがそれぞれ人間の感覚系・運動系に相当するように構成した。この試作3号機とその各部構成を第2図に示す。これら装着装置系の総重量は計算機とバッテリーを除けば中継基板や配線を含めても500g以下の構成となっている。これらのデバイスはウェアラブルな実装のために小型軽量化を図るだけでなく、身体性に基づいたPH

特有の要素デバイスを多数提案・開発した。中でも前庭感覚刺激による方向誘導の手法はVRにおける加速度感覚提示などへの応用も含めて広い応用範囲が期待される刺激方法である。左右両耳後に装着した電極を介して数 mA 程度の直流電流を流す(図2中4列目中央)ことにより、装着者の感じている重力方向を電流値に応じて陽極側へとシフトさせる効果が生じる。これを利用して、図3のように歩行移動中の装着者の歩行を左右に誘導することが可能であることを被験者を用いた実験により確認した。

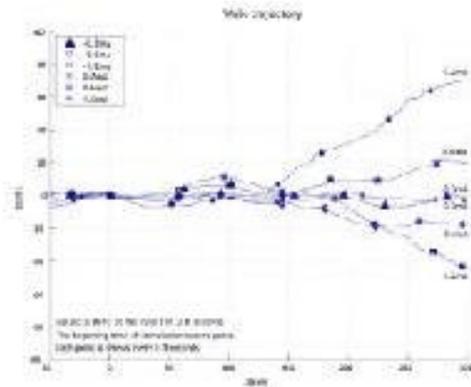
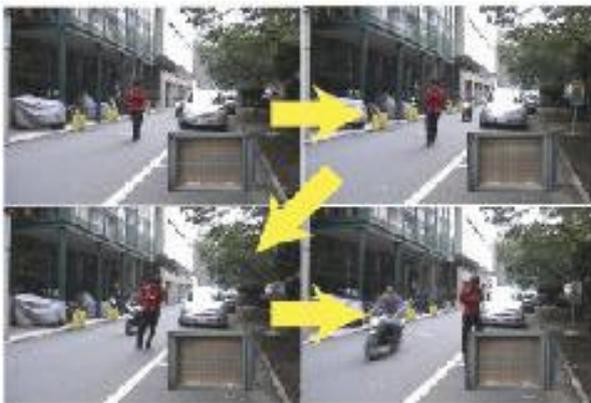


図3 前庭感覚刺激による歩行誘導実験(左)と歩行軌跡(Top View)(右)

以上の様な運動誘導を有効に行うためには、装着者の行動を同定し、予測する感覚・運動プロセスのモデルが必須である。PHではこのモデル化において観測・学習・誘導に身体性を利用したウェアラブルシステムならではの利点が活かされている。行動情報からの学習・分類を行うシステムの構成にはSOM(自己組織化マッピング)を始めとした神経回路モデルが概念上用いられているが、実際のデータの処理には神経回路網モデルの等価的な線形近似解としてICA(独立成分分析)を用いて学習の安定性と近似精度のトレードオフを図った。ジャンケン動作を用いた評価

実験においては、肘角度 + 手の甲の姿勢 3自由度の合計 4関節軸の情報から、特定装着者の出し手動作に関して、平均所要時間 0.3[s]の全行程中、1 / 3行程段階で 85%、2 / 3行程段階で 95%の確率で、出し手のリアルタイム予測に成功した。PHでは予測によって稼ぎ出される猶予時間 (このケースでは 100 ~ 200[ms])を用いてヒトの応答遅延時間 (150 ~ 300[ms]程度)を補償することで、運動誘導による教示を実動作の修正に利用する戦略をとっている。

#### 5. 自己評価 :

第一目的である行動原理のモデル獲得に関しては、現時点で動作別に限定した状態で成功している。基礎的な各種知見と解析方法、ジャンケン動作、歩行、リーチング等の個別の行動予測モデルの獲得に成功した。また新しい概念に基づくウェアラブルデバイスとしての側面では多くの計測 提示デバイスを開発し、新しく開発した各要素技術の優位性・有用性とそれらの連携動作の確認に関して被験者を用いた装着実験によって実証を行った。爪センサ、前庭感覚刺激、回転モーメント刺激装置などの新デバイスについても先行研究に対して多くの利点が立証でき、身体装着型のデバイス開発としては大きな成功を収めた。システム全体としても「運動解析」から「運動予測」をし、それに基づく「運動誘導」を行う一連のPHシステムの提案を介して、多くの問いかけと考察を得ることに成功した。ことに前庭感覚刺激による歩行の無意識誘導の体験に対する考察、ジャンケン動作の意識上の手形状決定と予備動作の関係などから行動発現に関する意識上・意識下の行動機能の役割と意識の表象に対する関係性についての新たな知見などがこの目標に対応する成果として得られている。二大目標のもう一方である装着型のマン・マシンインターフェイスとしての提案と実証に関しては、要素技術の前庭感覚刺激による意識下の歩行誘導が予想以上の成果をあげており、非言語情報支援を行う共生型インターフェイスの提案という目標は大きく達成されたと考えている。眼球運動利用のサッカードディスプレイや爪センサによる SmartFinger などの要素技術応用も順調でこの目標における達成度は高いと考える。複数台のPHによる実証実験に関してはPHを複数揃えて稼働状態を維持するための人的コストがかかりすぎることから、稼働 1台による時間差利用での複数の装着者間での非言語情報の共有という形で決着することとなった。また、ポスドク参加型としての本助成の体制は、チャレンジングな新分野に挑むための研究体制としては理想的であり、ポスドク雇用の出来ない個人研究や新分野への挑戦の困難なグループ研究では不可能な自由度と達成度をもたらしてくれたと評価している。

#### 6. 研究総括の見解 :

本研究者の提唱する共生型インターフェイス (パラサイト・ヒューマン)は、ヒトが外界情報を捉えそこねていた場合や、成そうとしている行動に不備があった際に、ヒトの安全かつ効率の良い運動を誘導するためのウェアラブルロボットである。期間中にソフトウェアのための各運動形態に対する行動原理モデルを獲得し、ハードウェアとしては種々のウェアラブルデバイスを開発してその性能を確認している。このように要素技術に対する成果は大いに評価できる。今後、システムとしての評価を含む実用的な研究にまで進むことを期待したい。

#### 7. 主な論文等 :

1. Taro MAEDA, Hideyuki ANDO, Maki SUGIMOTO, Junji WATANABE, and Takeshi MIKI: Wearable Robotics as a Behavioral Interface -The Study of the Parasitic Humanoid-,

- Proc of 6th International Symposium on Wearable Computers, pp.145-151, 2002.
2. H. Ando, T. Miki, M. Inami and T. Maeda, The Nail-Mounted Tactile Display for the behavior modeling, ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts and Applications, p.264(Sketches and Applications), 2002
  3. Taro Maeda, Eimei Oyama, Susumu Tachi: Why Is Binocular Visual Space Distorted Compared to Physical Space?, Neurocomputing, Vol.44-46, pp.907-914 (2002)
  4. 安藤 英由樹, 尾花 和俊, 渡邊 淳司, 杉本 麻樹, 前田 太郎: 回転モーメントを利用した機械ブレーキ式力覚提示装置の開発, ヒューマンインターフェイス学会論文誌 Vol.5 No.1, pp.181-188, 2003.
  5. 安藤 英由樹, 渡邊 淳司, 杉本 麻樹, 前田 太郎:独立成分分析による爪装着型センサの接触力と屈曲の分離,日本バーチャルリアリティ学会 Vol.8, No.4, pp.379-388, 2003.
  6. 杉本麻樹, 渡邊淳司, 安藤英由樹, 前田太郎:前庭感覚刺激による歩行方向の誘導 -パラサイトヒューマンの研究第 17 報-,日本バーチャルリアリティ学会 第 8 回大会論文集, pp.339-342, 2003

論文件数 :13 件 (上記を含む)

口頭発表 :査読付き国際会議 6 件 , 国内発表 17 件 .

出版 2 件

招待講演 5 件

メディア取材等 6 件

特許 :

1. 出願番号 :特願 2003-046658, 発明者 :前田太郎、安藤英由樹、杉本麻樹,  
発明の名称 :身体誘導装置, 出願日 2003 年 2 月 25 日