

生物に学ぶアンビエントインタフェース： アトラクター重畳概念の人間行動支援への応用

前田 太郎[†] 安藤 英由樹[†] 飯塚 博幸[†]

[†]大阪大学 大学院 情報科学研究科 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

E-mail: † {t_maeda, hide, iizuka}@ist.osaka-u.ac.jp,

Tel:+81-6-6879-7830

あらまし 大阪大学大学院情報科学研究科が取り組むグローバル COE プログラム「アンビエント情報社会基盤創成拠点」においては生物の原理に学び、環境と人間がインタラクションし、状況に応じて柔軟に適応可能なアンビエントインタフェースの実現を目指している。本報告ではこのようなインタフェース技術として、環境側に実装する従来の環境知能型のインタフェースではなく、人間側に装着することで機能するウェアラブルインタフェース、パラサイトヒューマンについて提唱し、人間と協調して機能するアトラクター重畳概念による人間行動支援について解説する。

キーワード アンビエントインターフェース, アトラクター重畳, パラサイトヒューマン

Bio-Inspired Ambient Interfaces: Human Behavior Supporting Based on Attractor Superimposition Theory

Taro MAEDA[†] Hideyuki ANDO[†] and Hiroyuki IIZUKA[†]

[†] Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

2-1 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka, 565-0871 Japan

E-mail: † {t_maeda, hide, iizuka}@ist.osaka-u.ac.jp,

Tel :+81-6-6879-7830

Abstract The present Global COE Program “Founding Ambient Information Society Infrastructure” by Osaka University’s Graduate School of Information Science and Technology aims at establishing ambient interface technologies that can harmonize human-environment interactions to naturally lead to a more suitable state with the integration of information science and biologically-inspired. As a possible way to achieve such a technology, we propose the concept of Parasitic Humanoid that is a system consisting of wearable interface devices that enable rather intuitive interactions with wearers than conventional interaction ways such as key-typing, device-control, and graphical user interfaces. We also introduce a novel way for human behavioural supports with the Parasitic Humanoid on the basis of the concept of attractor superimposition caused by mutual human-environment couplings.

Keyword Ambient interface, Attractor superimposition, Parasitic Humanoid

1. はじめに

情報化社会がわれわれの生活にもたらしたものは一見すると便利さ・快適さを象徴しているが、その実態として我々はより多くの情報を流し込まれ、より多くの判断・応答を強いられている。結局のところ従来の情報化技術は情報の入り口を広げて判断の材料を増やすばかりで、その判断と実行についてのサポートまではしてくれないため、増加した情報の量とスピードにユーザーの意識や注意への負荷は増える一方である。人が情報を使うはずが「人が情報に使われている」時代。結果として現代人は忙しい。最新の情報機器を増やすより、もう一つ体が欲しい、とは誰しもが思うことである。そこで求められるものが人の手を煩わせない＝自動化ということになるが、これが従来のような自動機械化で解決するならばこれは装置の高度化に過ぎず、ある意味で情報化技術ですらない。これは高度な情報化とはそこに作用対象であり評価主体である人間が居てこそその技術であることが顕わになる側面であり、ユビキタス技術がそれ単体では携帯電話や検索技術のように支配的な影響力を持つ普及技術とならない所以でもある。それゆえにポストユビキタスとしてのアンビエント技術には「環境知能」といったある種の自律性・自己組織性によって人間の役割を肩代わりする機能が求められることになる。

本報告では大阪大学大学院情報科学研究科が取り組むグローバル COE プログラム「アンビエント情報社会基盤創成拠点」において我々が提唱している「生物の原理に学び、環境と人間がインタラクションし、状況に応じて柔軟に適応可能なアンビエントインタフェース」の実現について、環境側に実装する従来の環境知能型のインタフェースではなく、人間側に装着することで機能するウェアラブルインタフェース、パラサイトヒューマンについて解説する。

2. アンビエントへのもう一つの道

～パラサイトヒューマンの位置づけ

情報爆発と呼ばれる時代。それに曝される人間の負荷を肩代わりする機能が求められる。そんな『人の分身』の創り方を考えたときに、まず期待されるのは近年注目を集める人型ロボット技術であるが、確かに人間の生活空間に入り込んでその活動を支援するための試みは多くなされているものの、想定されている応用はあくまで手足の延長としての機能である。しかもユーザーの手を煩わせることなくその行動を支援する活動が出来るかといえば、その段階からはほど遠く、むしろ多くの認識・判断と行動の選択はユーザーの負担となるため、ロボットが人間を手伝うというよりこれまた人間がロボットを手伝っている状況が多いのが現

行技術の実態であると言える。身体よりも意識への負荷の大きいこの状況で欲しい『分身』とは、面倒を見なければいけない手や足ではなくて、面倒を分かち合う眼や頭のほうである。全てとは言わないが、定番の判断や定番の行動を肩代わりしてこなしてくれる眼と頭があれば、意識や注意の負荷を下げてもっと他の必要なことに割けるようになる筈だ。こんな『分身』を創るにはどうしたら良いだろう？これは自分の行動パターンのコピーをどうやって取るかという問題になってくる。このための解として環境知能技術が提案されているが、環境型の実装デバイスは元来環境の計測と制御には適しているものの、その中を動き回る動物である人間を対象とする計測・制御とは相性が悪い。

そこで非環境型デバイスとして我々が提案するのが身体行動を支援してくれる共生体としてのウェアラブルロボット、パラサイトヒューマン("Parasitic Humanoid = PH")である。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。この技術は利用者にとって携帯しているという存在を気にせずすむ利便性はあるものの、その目的意識は通常の計算機端末を身につけて持ち歩くというモバイルコンピューティングの域を脱していない。このため、従来の文字・映像といった言語的情報を入出力できるウェアラブルデバイスの開発がその主流となっている。しかし、ウェアラブルデバイスの構成は人間の身体性に基づいた情報を扱うという観点から見れば本来的に最適な構成であり、この利点を生かしたインタフェースを技術を研究・開発することで、従来の言語情報によらない身体性を利用した非言語インタフェース技術を確立することが出来る。この観点からウェアラブル技術とロボティクスを融合させたウェアラブルロボティクスの試みがなされはじめている。しかし、これらの多くは未だにパワーユニットに代表される装着型力増大システムやVRの力覚提示系のウェアラブル化などに端を発するものが主流であり運動系・力覚系に特化している[1]。一方で少数ながら感覚系のロボティクスとして主にモバイル視点からの外界センサ系による移動ロボット技術を適用する試み[2]などがなされているが、いずれの研究も人間に装着するための工夫という要素技術的な問題解決の段階に留まっており、人間の形態や機能を積極的に研究・利用するという観点に欠けていた。本研究で提唱する PH はウェアラブル技術によって全身に装着されたセンサ群が、装着者の感覚-運動過程において装着者自身と同一視点からの計測を可能とすることに着目し、これに軽量・小出力のアクチュエータを加えることで人間に装着されたまま安全に稼働する人間類似型ロボットシステムを構成するものである。PHは人間の非言

語的(nonverbal)な知覚-行動モデルを獲得し、これをもって人間の行動を支援することを目的とする。これは先行研究にみられる人間の動作解析による意図推定や運動制御推定などの様々な抽象化情報を介した間接的な利用ではなく、ウェアラブルデバイスの身体性を生かして直接的に人間動作の支援に用いることを特徴としている。

2. パラサイトヒューマンの実装

2.1 パラサイトヒューマンの構成概念

本研究で提唱するPHはウェアラブルコンピューティングの技術を用いて製作される。オペレータに着込まれる形で装着されるその感覚系は運動覚・視覚・聴覚・触覚など、人間のサブセットとなる知覚情報を人間と同様の次元数・スケールで外界情報を獲得し、自ら動くことが出来ない代わりに人間という機能単位の入出力に追従してその入出力関係を記録・学習し、これに適応した入力・行動要求をもって、装着者の行動を補完するような一種の共生関係を作り出す。これはある種の寄生型の人工生命のように作用するシステムである。図1左にその最も単純な構成となる第1世代PHの概念図を示す。用いている実装技術・セ

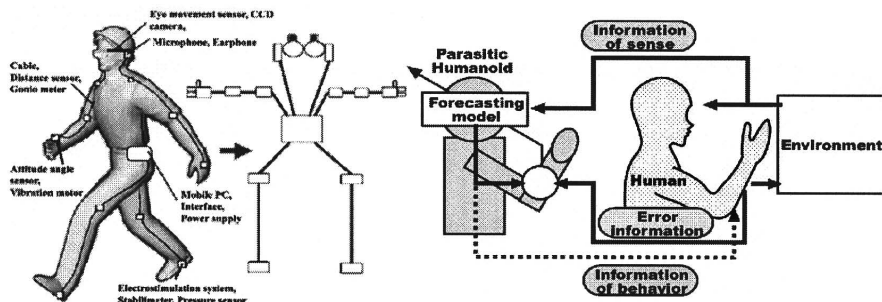


図1 PHの構成と行動モデルの獲得過程

ンサ技術といった各要素技術自体は既存の普及技術であり、その構成自体はごくシンプルなものである。同装置の狙いは同次元・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の統合機能によって、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特定局面での一時的な行動記録では特定しにくい環境との複雑なインタラクションを持った取得情報や対応する行動を、装着者と同一視点で常時計測し続けることで、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。このモデル獲得過程を図1右に示す。PHは人間に装着されることで人間と同相の感覚情報と運動情

報を得ることができ、この情報を元に以下の2つの段階を経て人間の行動モデルを獲得することを目指す。

1) PHが内部に持つ行動モデルが学習前の状態の場合、直前までの感覚-行動履歴と現在状態からモデルを用いて次の行動を予測し、その正誤に基づいて内部モデルの修正を繰り返す(図1右実線)。この段階のPHは受動的に情報を観測し予測と修正を繰り返す。

2) 上記予測モデルが十分な予測性を持つに至った時点で、PHはその予測に外れた装着者の運動に対して直接的に自分の運動出力をもって異を唱えることを始める(図1右点線)。このとき、装着者がその出力を妥当だと判断すればそれに従い、そうでないとすれば行動を修正しない。この新たな行動結果をもとにPHもまた内部モデルの修正の有無を決定する。こうして人間とPH双方において行動の内部モデルを修正・整理することを繰り返す共生系を確立する。同段階においてPHと装着者の間にはある種の非言語コミュニケーションが確立されることになり、装着者がこの共生的なプロセスに馴染んでいくことによってPHによる行動支援の様式が身体学習的に獲得されていくことになる。

2.2 運動誘導による行動支援インタフェース

この段階で鍵となるのが運動誘導による行動支援という考え方[3]である。従来、「人間の行動を決定する要因は当人の自由意志によるものでありこの変更は個々の人格の意志決定・判断によってのみ可能である」という思想が主流である。しかしながらこの結果、先述したような意識への判断負荷を過剰にってしまう形でインタフェース技術が発展するという結果を招いたといえる。これに対して心理物理学の近年の見解によれば、実際の人間の情報処理系において知覚から行動に至る情報処理のプロセスの中では、意識上の言語的な判断処理を要求されるデータフロー以上に、意識下において半自動的に非言語的な情報が処理されるデー

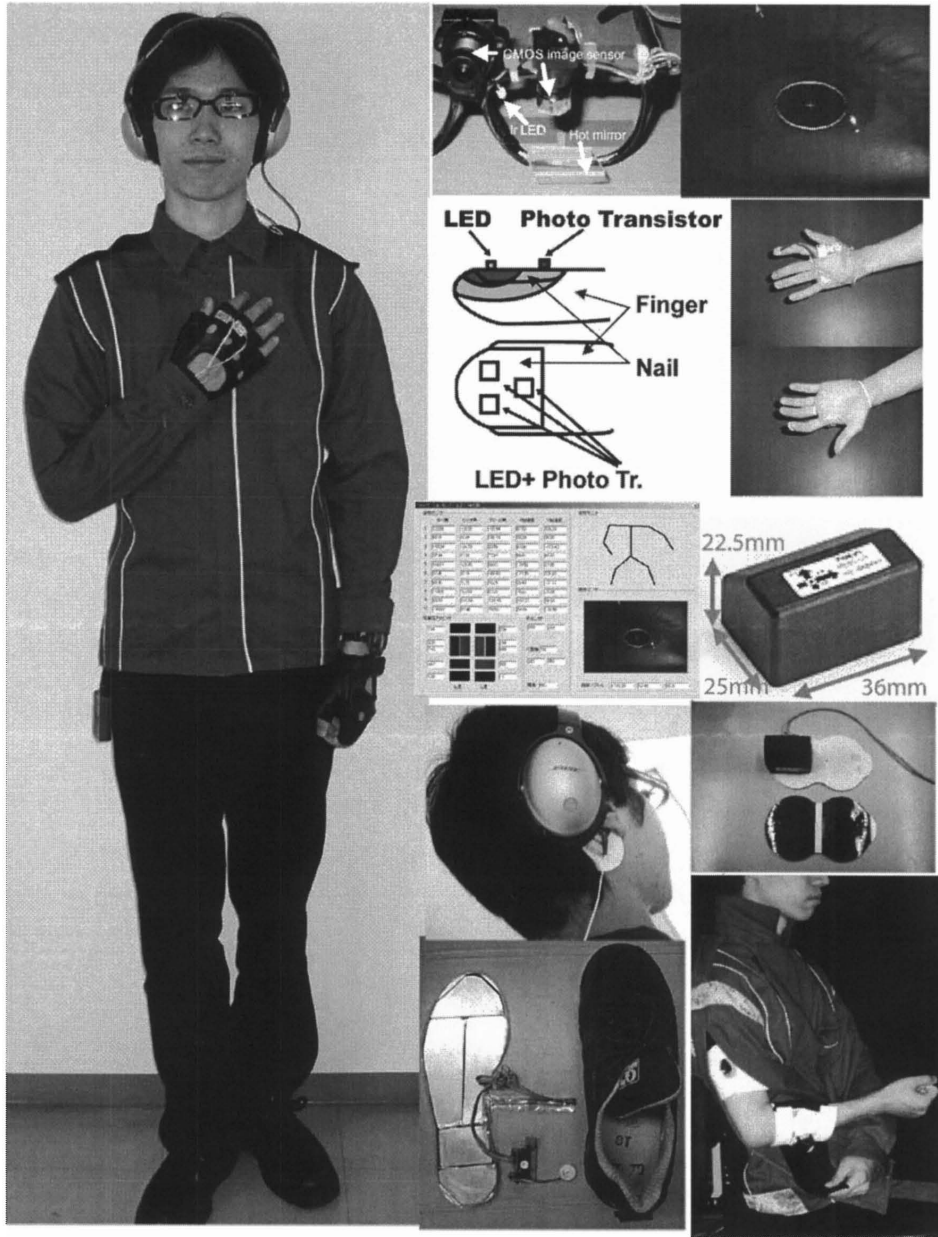


図2 PH試作3号機と各部構成: 左上方より順に全身像, 眼球運動検出器, 眼球位置計測結果の検証写真, 爪センサの実装概念図, 爪センサ実装状態写真, PH稼働状態モニタリング画面, 身体運動計測用3軸姿勢センサ外形写真, 前庭感覚刺激電極装着写真, 身体各部電気刺激電極と電極上に固定された姿勢センサ, 重心位置計測用荷重センサを配した靴底センサ部写真, 装着者が片手で付け外し出来るように工夫された服の構造と電極・姿勢センサの装着過程.

センサ種別	検出情報	検出信号数
3軸方向センサ	頭部1, 胴部3, 各四肢3箇所	$16 \times 3 = 48$
爪上部センサ	各手3指の曲げ&接触点の検出	$3 \times 3 \times 2 = 18$
眼球運動センサ	各眼球2自由度+瞳孔径検出	$3 \times 2 = 6$
足裏圧力センサ	各足5点計測+衝撃センサ1	$6 \times 2 = 12$
視聴覚センサ	両眼カメラ+両耳マイク	2画像+2音響

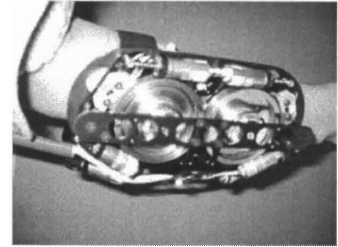


表1 PH試作3号機のセンサ系構成

図3 回転モーメント型運動方向提示デバイス

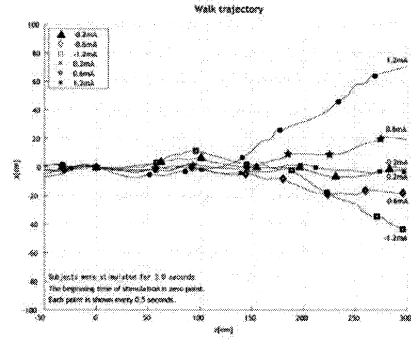
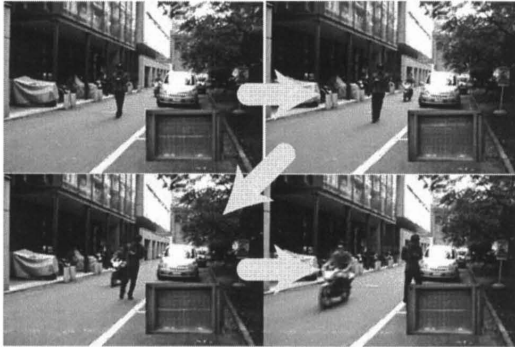


図4 前庭感覚刺激による歩行誘導実験(左)と歩行軌跡(Top View)(右)

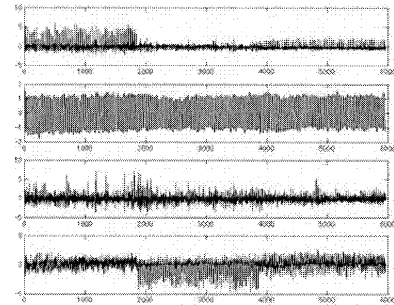
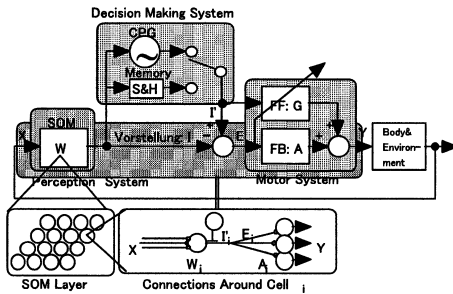


図5 知覚-運動発現系の構成概念図(左)とICAを用いたジャンケン動作における表象Iの抽出例(右): 時系列左からチョキ・グー・パー各60回分に対応。

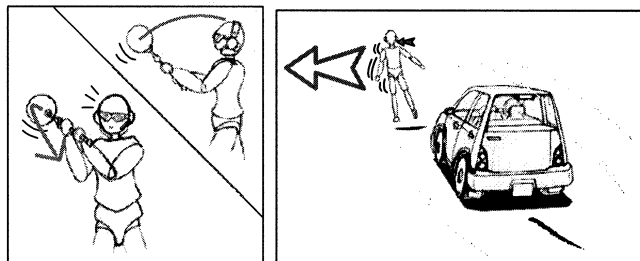


図6 PHによる行動支援例: 行動のキャプチャ&プレイバック(左)及び歩行誘導(右)

タフローが大きな役割を果たしていることが示唆されている。強制的な意志や行動への介入ではなく、感覚入力に働きかけることによって、この意識下で機能する処理系を介して利用者の行動を自然に誘導することを狙うのが運動誘導の考え方である。PHは身体性を利用した計測とモデル化を行うことでその情報を元にこうした非言語的な装着者の行動を予測し誘導する行動支援インタフェースとして機能する。従来、ウェアラブルコンピューティングの観点からの行動支援インタフェースは小型 HMD や音声指示を用いた言語的(verbal)な手段に限られており[2]、人間の言語理解を介している点で、身体行動を実行中の装着者にとっては注意を分散する負担が大きい上に、装着型の利点である身体性を全くといってよいほど利用していなかった。PHでは身体性を利用した運動誘導の考え方によって、nonverbal でより直観的な行動支援インタフェースとして機能することが可能である。

運動誘導は機能的電気刺激(FES)などに代表されるような運動自体への直接介入ではなく、感覚に対する誘導刺激の付与による感覚-運動サイクルへの干渉をその基礎とする。その形態は意識への関与の仕方によって、以下の2つに分類される。

1) 歩行や船漕ぎ、指揮動作など、反復する周期運動においては意識下刺激を利用した運動誘導が有効である。一般に長時間継続する運動はこうした周期運動が主体である。これは同時に他の動作や活動を並行して行うことが必要とされる動作が多く、このため運動自体には意識的に注意を割くことなくその反復運動を行使し続けられることが必須である。この場合、誘導刺激もまた注意を引くことなくこの感覚-運動プロセスに作用することが要求される。このため、継続的な周期刺激による引き込みなどを用いた半無意識的な運動誘導手段がこの適用となる。また、この場合に期待される効果は誘導開始による即時的なものではなく次周期以降に位相や周期の変化を実現するというのが誘導戦略となる。

2) 一方、周期運動に対してリーチングに代表される単発の運動においては、運動自体が短時間の内に終了するため、この場合の誘導は動作終了直後か動作中に効果を現す即時的なものである必要がある。また、動作主の注意も主としてその単発運動自体に向けられているために、対応体部位に関する意識上への運動教示がその適用となる。

2.3 パラサイトヒューマンの各部構成

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される。この試作3号機と

その各部構成を図2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はなく、身体性に基づいたPH特有の要素デバイスがいくつも提案・開発されている。以下にその構成上、特に特徴的なデバイスの実装について説明する。

2.3.1 爪センサによる指行動の計測

PHにおいて採用された爪センサは装着者の手掌部の活動を妨げることなく計測を行うために開発されたセンサである。その特徴はセンサが指の腹側に一切存在せず、全て爪の上に装着されている点にある(図2右側上2列目)。原理的には指先端の接触や指の屈曲に伴う爪の色の分布と変化を爪上から光計測するものであり、これはNIRS同様に爪直下の血流の分布を計測していることに相当する。この構成によって装着者はセンサの存在を意識することなく通常の行動スキルによって手掌部動作を行うことが出来る。現段階ではICAによる解析の結果、指一本あたり3組のフォトリフレクタを配した状態で、簡単なキャリブレーション(後述の各自由度30回の単独運動サンプルの生成)のみで指先端での3軸接触力ベクトルおよび指の曲げ角に関して3-4bit程度の有効分解能が得られている。

2.3.2 意識上運動誘導デバイス：回転モーメント型提示デバイス

PHにおける運動誘導のための感覚入力としては、その開発段階において音、振動モータ[3]、腱反射利用[4]、回転モーメント提示[5]、電気刺激[6]などの各種感覚への刺激方法を試みている。第2図に示したPH試作3号機の実装では、電気刺激と回転モーメント刺激を併用している。回転モーメント刺激の必要性は、装着者自身のセンサ&アクチュエータである筋への弱電気刺激は最も軽量かつ高効率な刺激法ではあるものの装着毎時のキャリブレーション負荷が高く、また表面電極による電気刺激では筋の全てに対して任意に刺激可能なわけではないこと、装着者の意識上においては、個別の筋の活動は表象として捉えられていないことに起因する。そこで併用される刺激法として開発されたのが回転モーメントによる運動方向提示デバイスである。このデバイスは自由な身体活動を保証するために、従来型のパワーアシストや力覚提示デバイスで問題となった外部固定点や反作用点無しの純粋なトルク提示を可能としている。その原理は回転するホイールに蓄積された角運動量をプレーキ機構によって装着フレームに伝達することによって任意の方向・強度・タイミングをもったインパルス状の教示トルクを発生させる

方式にある。図3に同デバイス試作2号機を示す。この装置においては合成トルクの最大値を3[kgf-cm]とした場合、有効な提示角度分解能として約20度、すなわち4bit程度が確保されている。

2.3.3 意識下運動誘導デバイス：前庭感覚刺激

前庭感覚刺激（Galvanic Vestibular Stimulation, 以下GVS）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[6]。左右両耳後に装着した電極（図2中4列目中央）を介して数mA程度の直流電流を流すことにより、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（図9左上）[7]。この結果、起立動作中の装着者は意識下の平衡反射によって陽極側に傾いて立とうとする。これを利用して、図4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ている。また制御目標のバリエーションとしてはGPSを利用した歩行軌跡の制御（図9右上）や、自転車などの他の平衡動作中の方向制御（図9右下）などの実験にも成功している。

2.4 感覚-運動モデルの獲得と行動支援のための行動予測

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生かされる。行動情報からの学習・分類を行う同システムの構成には図5左のように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ている。ジャンケン動作を用いた評価実験（図5右参照。時系列左からチョキ・グー・パー各60回分に対応）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ている。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（動作ごとに違うが概ね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ることが出来る。

3. 行動支援インタフェースとしてのPH

行動支援インタフェースとしてのPH利用の端的な具体例としては以下のようなものが考えられる。

1) 歩行誘導：最適な歩行経路を辿るようにガイドする。未知ポイントへのGPS情報による経路の誘導や、交通情報による混雑する経路の自動回避、後方センサによって検出された接近中の車の自動回避など、前庭感覚刺激を用いた半無意識誘導によって特に注意を払う必要もなく最適な歩行経路を辿ることができる。（図6右）

2) 行動のキャプチャ&プレイバック：行動の記録・再生による特定行動の再利用。例えば偶然に打ったバドミントンの再生による繰り返しのトレーニング、スポーツやダンスなどの身体行動の「型」の交換によるコミュニケーション等（タイガーウッズのスイング、イチローの走行フォームのダウンロードなど）（図6左）。

こうした利用方法はPHが従来のグラフィックユーザーインタフェース（GUI）や言語的インタフェースを基準としたインタフェースでは扱うことの出来なかった身体性の情報を直接的に入出力する手段を実現したことによって生じたものである。直接的に身体性を介した行動支援を通して常時装着と装着者個人への適応を実現することで、PHは装着者にとっての補助意識として機能するインタフェースというものに在り方の一形態を示している。BMIが従来のインタフェースにはない新しい種類の情報の入出力手段を提供することを狙うのであれば、PHの場合と同様に新しい情報チャンネルの利用形態に関して独自の可能性を想定し提案することが必須であろう。この問題については後に5章において再度考察する。

4. 錯覚利用インタフェース

パラサイトヒューマンで得られた生体特性を利用した要素技術は現在ウェアラブルもしくはモバイルな行動支援型の感覚提示技術としてさらに発展・応用が進められている。現在これらのデバイスの総称として「錯覚利用インタフェース」という名称を用いている。これは「錯覚を利用することによって物理的限界・制約をバーチャルに超越する」ことをその特徴としているためである。

4.1 触覚の錯覚利用インタフェース：Smart Finger

爪センサ直系の錯覚利用インタフェースがSmart Fingerである。Smart Fingerはデバイスの全てを爪上にマウントすることで人間のなぞり動作（Active Touch）を阻害することなくAugmentすることを目的としている。その構成を図7左に示す。このデバイスは指の接触圧を検出する爪センサ、指前方の明暗を検出する光センサ、爪の上下方向に振動を与える振動子（パイプ

レーター) から構成されている。指が中空にある時や指が対象表面に対して静止している状態でこの振動子が振動した場合には、装着者はこの振動刺激を単に爪上の振動として正常に知覚する。しかし、この振動子がなぞり動作中に振動した場合には装着者はその振動刺激を爪上の刺激とは思わず、なぞり表面上のテクスチャパターンであると錯覚する(図7右)。本デバイスはこの錯覚現象を利用してなぞる対象の表面の明暗パターンを触覚テクスチャであるかのように知覚させる Augmented Reality デバイスである。このデバイスは点字ディスプレイなどの既存の触覚提示ディスプレイと異なり、指の腹側に物理的接触を妨げるものを何も設置しないため、なぞり動作中の触覚としてのリアリティを妨げない。最も端的な応用として視覚障害者が印刷物を指先で読み取るためのデバイスとしての利用が考えられるが、指先全体を一つの接触点として用いるために点字のような微細パターンの提示には向かない。ポスターのポップ字や図版クラスの空間分解能の読み取りへの利用が最適である。

4.2 力覚の錯覚利用インタフェース：ぶるナビ ～偏加速度型疑似力覚提示デバイス

回転モーメント型運動提示デバイスの弱点は運動方向の提示が瞬間的であることと回転方向の提示に限定され並進方向の提示(図8左上)を直接的にはすることが出来ないことであった。これは非接地型の力覚提示方法に共通の物理的制約であり、電界や磁界による非接触駆動がモバイル環境においては現実的な方法と言えない以上、物理力として実際に発生させることは事実上不可能であるといえる。本デバイスはこの問題を錯覚の利用によってバーチャルに解決する。図8右上に示した試作機の場合、直線的に質量を往復させる図8右下のようなリンク機構を用いている。往復運動の加速度は周期運動である以上必然的に一周積分が0になるわけであるが、行きと帰りの所要時間に偏りを持たせることで図8左下のように加速度の振幅に大きな差を付けた運動を作り出している。元来人間の力触覚には非線形な感度曲線が存在している。本デバイスではこの特性を利用して往復運動の一周分の手応えとして「物理的には均等だが知覚的には一方向に偏りを持った手応え」を作り出している。この結果、短時間ながら振幅の大きい加速度反力を感じさせる方向へ継続的なパルス刺激を提示することに成功している。

4.3 平衡感覚の錯覚利用インタフェース：Shaking The World

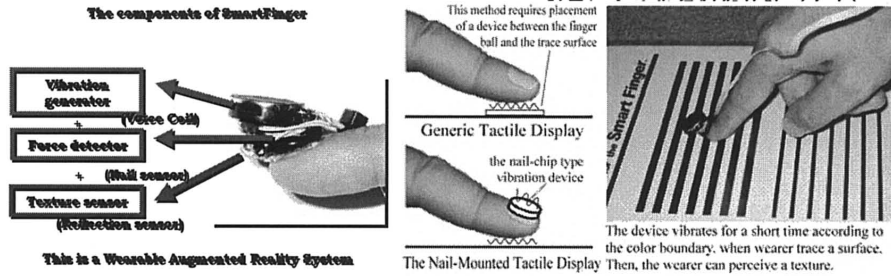
GVS による平衡感覚の誘導刺激の応用の中で起立反射を利用した姿勢誘導・重心誘導以外の要素として

利用可能であるのが、同様の対加速度反射である血管の収縮反射と前庭動眼反射である。前者を利用した医療応用には眩暈や立ち眩みの軽減効果を狙った $1/f$ ランダム刺激などがあるが、後者の効果としては数 Hz 以下での交流刺激による眼球の回旋運動に伴う世界の揺動感の創出が挙げられる(図9左下)。音楽と連動させたバーチャルダンス体験や、複数人間での頭部運動感覚の共有によるダンス動作のシンクロニシティ感、グループ感の共有などエンターテイメント用途でのコミュニケーション応用の利用が期待されている。

5. 人間行動のアトラクター性の利用：協調作業とアトラクター重量

人間の活動を計測・解析する際にその状態を一種のアトラクターとして記述・解析することは一般的である。この時、行動者の意図は拘束条件としての目的を満たすようにそのアトラクターを安定化させようとしている。このような同一環境下に相似した異なるアトラクターが働きかけた場合、両者は引き込み・重畳して新しい安定状態を形成することになる。人間同士の間でこれが起こるならばそれは協調作業の一種であり、相互の拘束条件の許す範囲でそれらは新しい解を導き出すことになる。これは装着者と PH の間でも同様であり、PH 装着者は、PH の行動支援無しの状態では勘案されていなかった新しい拘束条件を満たす行動を形成するようになる。さらに、この協調状態を通信を介した PH 同士の間で成立させるならば、PH 装着者間において遠隔の協調作業を実現させることが可能になる。この状態は行動支援を介した一種の五感情報伝送による体験共有であり、従来の意味でのテレグジスタンス同様、体験や行動の遠隔伝送によるスキルの直観的伝達が行えるばかりでなく、両者間の意図やフィードバックの非言語的伝送と共有までも部分的には実現する可能性を持っている。

大阪大学情報科学研究科においては、このような現象のアトラクター性とそれを計算・推定可能な定量的計算モデルとして取り扱う方法論に関しては、その前段階ともいえるアトラクター選択の概念が 21 世紀 COE 研究プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」において提唱されており、これを発展させた制御理論であるアトラクター振動と同様に、複数のアトラクター間の相互作用を記述・推定するアトラクター重量の概念を用いることで構成される協調現象の計算機モデルの構築はこのような状態の成立条件の模索と工学的な実現・実装の設計において定量的な設計と検証の手段として有用であると期待されている。



自転車誘導制御実
世界揺動効果概念

図7 触覚の錯覚利用インタフェース：Smart Finger. デバイス構成(左)及び動作原理(右)

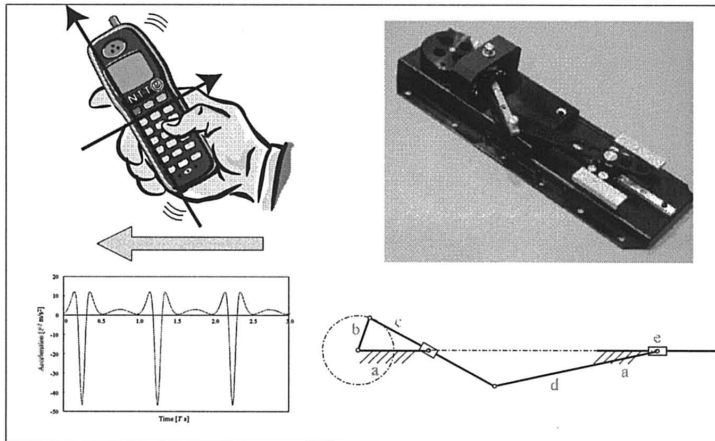


図8 力覚の錯覚利用インタフェース：ぶるナビ～偏加速度型疑似力覚提示デバイス. 作用概念図(左上), 試作機全景(右上), リンク機構概念図(右下)及び装置動作時の生成加速度波形(左下)

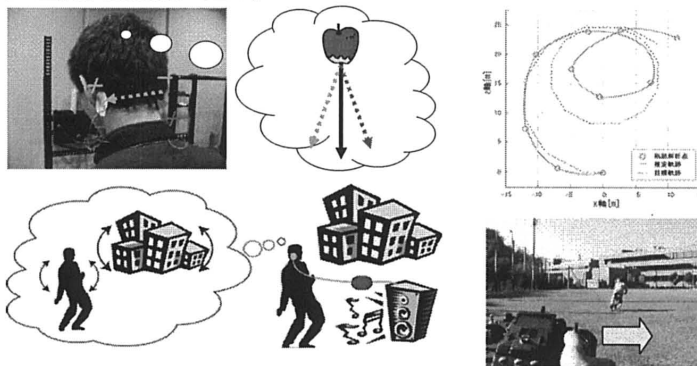


図9 平衡感覚の錯覚利用インタフェース：Shaking The World. GVSの作用概念図(左上), GPS

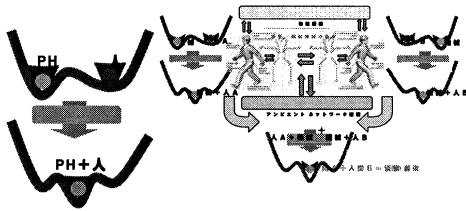


図 1 0 アトラクター重畳による協調行動の創成

6. おわりに

本報告ではパラサイトヒューマンと錯覚インタフェースという身体性情報を取り扱う新規なインタフェースの実装例を通して、大阪大学大学院情報科学研究科が取り組むグローバル COE プログラム「アンビエント情報社会基盤創成拠点」における「生物の原理に学び、環境と人間がインタラクションし、状況に応じて柔軟に適応可能なアンビエントインタフェース」の実現を目指す研究とそこで提唱されるアトラクター重畳という新しい概念について報告した。今後の課題として、環境側に実装する従来の環境知能型のインタフェースではなく、人間側に装着することで機能するウェアラブルインタフェースの利点と、人間と協調して機能するアトラクター重畳概念による人間行動支援の柔軟性・有効性についての検証が挙げられる。

参考文献

- [1] S. Jacobsen: Wearable Energetically Autonomous Robots: DARPA Exoskeletons for Human Performance Kick Off Meeting, 2001
- [2] W. W. Mayol, B. Tordoff and D. W. Murray: Wearable Visual Robots, International Symposium on Wearable Computing, 2000.
- [3] 渡邊, 他: 腕部と脚部の相関に着目した歩行運動の解析, 生体生理工学シンポジウム論文集, 2001
- [4] 財津, 他: 腱反射を利用した新たな運動方向提示装置の提案, VRSJ 論文誌, Vol.6, No.2, 2001
- [5] 尾花, 他: 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, HIS 学会研究報告 Vol.3, No.2, 2002
- [6] T. Maeda, H. Ando, M. Sugimoto, J. Watanabe, and T. Miki: Wearable Robotics as a Behavioral Interface-The Study of the Parasitic Humanoid-, International Symposium on Wearable Computing, 2002
- [7] A. Severac Cauquil, P. Martinez, M. Ouaknine, MF. Tardy-Gervet: Orientation of the body response to galvanic stimulation as a function of the inter-vestibular imbalance, Exp Brain Res. 2000 Aug; 133(4):501-5.