

## 研究課題別事後評価結果

### 1. 研究課題名： デジタルヒューマン基盤技術

### 2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）

#### 研究代表者

金出 武雄 （（独）産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター 研究センター長）

#### 主たる共同研究者

松井 俊浩 （（独）産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター 総括研究員（平成13年12月～））

持丸 正明 （（独）産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター 副研究センター長（平成13年12月～））

西田 佳史 （（独）産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター チームリーダー（平成13年12月～））

加賀美 聡 （（独）産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター チームリーダー（平成13年12月～））

### 3. 研究内容及び成果：

デジタルヒューマンは人が関わるシステムにおけるWeakest Linkを解決するために、人間機能をコンピュータ上に実現したモデルである。モデル化すべき人間の機能を生理解剖、運動機械、行動の3つの側面と考えて人間機能の統合モデルを構築しようというものである。デジタルヒューマン基盤技術はこのための人を観察する技術、モデルで再現する技術、結果を提示する技術から構成される新しい複合境界領域の分野である。本研究では(a) 人間機能の統合的モデリングをめざす“人を知るデジタルヒューマン”を基軸とし、その具体的事例として、(b) システムが人間を観察し、人間を支援するように環境を制御する“人を見守るデジタルヒューマン”、(c) デジタル空間の中で人間と環境の親和性を評価し、人間と調和がとれるよう実環境を設計する“人に合わせるデジタルヒューマン”の研究を行い、(d) これらの技術環境を与える“デジタルヒューマンプラットフォーム”の構築を進めてきた。これらの具体的研究課題を通じて实际的成果をあげつつ知的資産を形成し、新研究分野デジタルヒューマンの確立に寄与することを目標とした。

#### (1) 人を知るデジタルヒューマン

人間機能の3つの側面のうち、運動・行動に関わる機能は形状や機械機構のような物理的な手がかりに乏しく、もともとメカニズムが解明されていない機能である。そこで、人間の運動・行動による人体の形状が強く関わる具体的課題設定を通じて、人間の行動を再現するメカニズムの解明を目指した。

第1は、内視鏡下副鼻腔炎手術をトレーニングするために、外界からの物理刺激(手術)に対する人間(患者)の生理反応を再現するシステムの開発を行った。手術中の患者の生理データを計測・分析し、医師の手術操作・部位に応じて、患者の心拍・血圧挙動を再現する患者シミュレータを開発した。

第2は、人間の動きからその行動を認識するめに、生物がもつ5つの基本運動様式が人間の心理状態(迷い、退屈、眠気、焦り)に応じて無意識的に発現するという動物行動学の知見に基づき、通常の人間行動に5つの基本運動様式がどの程度含まれているかを定量化する技術「舞紋」を新たに開発した。

第3は、自動車運転操作パネルの誤操作実験を通して、パネル操作における運動生成誤差を確率的に生成し、その誤差が認知エラーとして伝播していくモデルを開発した。

#### (2) 人を見守るデジタルヒューマン

寝室や居室、工場などの生活・就労空間にさまざまなセンサを備え、生活者の状態をモニタリングすることで、生活を支援する“Enabling Environment”を構築することが人を見守るデジタルヒューマン研究の目標である。音響センサ、ベッドの圧センサをベースとした睡眠中の生理機能観察技術、超音波3次元タグ技術に基づく日常生活空間内での行動観察技術の研究を進めた。これらの観察技術を利用することで、(a) 睡眠中生理量をモニ

タリングして提示し睡眠時無呼吸症候群の診断を支援するシステム、(b) 老人福祉施設での高齢者の夜間行動見守りシステム、(c) 行動と単語を関連づけることで外国語学習を支援する“Learning by Doing”システム、(d) 乳幼児の住宅内行動を模擬することで住宅内事故に繋がるハザードを発見、低減する技術を開発した。具体例として、被介護者にセンサの取付けを必要としない超音波レーダシステムを老人福祉施設に試験導入し長期間の運用を実施した。この結果として被介護者の夜間の生活パターンが明らかになり、介護計画支援に役立つことが確認できた。また、乳幼児の住宅内事故防止については乳幼児と母親の行動データを記録・分析する実験室研究によって、乳幼児が生活空間内でとりうる行動を再現する乳幼児行動シミュレータを開発した。さらに、これらを通じて蓄積されたデータに基づいて、あり得る行動を再現するシミュレータを構築することに成功した。

### (3) 人に合わせるデジタルヒューマン

人に合わせるデジタルヒューマンでは、設計段階で製品と人間のインタラクションを再現できる人間モデルの構築を目指し、以下の研究を行った。

(a) 個別に適合性を向上させるオンデマンド着装品のための電子商取引技術として、静的な形状を計測・モデル化し適合製品を設計するための基盤技術を確立し、さらにそれを触覚・感性・動的変形に拡張し、人間の運動中の変形や表面触覚感度分布などに応じて製品のフィット性を向上させる技術の研究と、フィットする製品を感性モデルに応じて推奨する販売技術の研究まで展開した。具体的研究成果の一例として、購入者個人の顔の3次元モデルに応じて適合性の高いメガネフレームを設計する方法と、顔の物理量(寸法・形状特徴量)とメガネの物理量から、その購入者がそのメガネを掛けたときに第三者に与える印象をコンピュータ上でシミュレーションする感性モデルを開発した。

(b) 量産品の適合性を向上させる製品設計用人体シミュレータとして、自動車乗降動作をターゲットとした全身モデルと、詳細な手モデルを可視化プラットフォーム上に統合した人体シミュレータ「Dhaiba(ダイバ): Digital Human Aided Basic Assessment system」を開発した。Dhaibaの要素技術研究では、機能的な人体寸法を精度良く再現でき体形に合わせたスケールリングが可能な肩関節モデル、携帯電話を仮想操作してボタン配置を仮想評価するハンドシミュレータ、指先の変形と摩擦を再現する有限要素モデルの開発などを行った。

### (4) デジタルヒューマンプラットフォーム

デジタルヒューマン基盤技術の掲げる人間の運動機械機能と心理認知機能に対して、得られたモデルを実証し利用するための提示技術として、ヒューマノイドによる実体提示を実現するハードウェアプラットフォーム、ヒューマンシミュレータというソフトウェアプラットフォーム、さらにそれらを支える人間特性データコンテンツの3つの研究を進めてきた。

ヒューマノイドロボット移動自律性向上のために、人間の歩行安定制御を参考にした二足歩行実現、3次元視覚による環境認識技術、高度な地図作成技術、その地図環境に応じて移動経路と安定な全身運動計画を瞬時に計算する技術を開発した。また、これらの技術をヒューマノイドロボットに統合するための統合化研究環境を開発した。

また、ヒューマノイドロボットの中でも技術的に高精度化が遅れている3次元視覚の部分をもーションキャプチャシステムで代行することで、障害物を避けながらの移動についてヒューマノイドロボットを使って検証した。

人間様体形を有する多リンクモデル(articulated link model)の運動をコンピュータ空間内で生成するための研究を行った。複雑かつ動的な障害物環境内で、障害物を回避しつつ、動的な安定性を維持する全身運動を生成するヒューマンシミュレータを開発した。さらに、人間様体形としてヒューマノイドロボットのコンピュータモデルを与え、複雑な障害物環境下での移動経路と全身運動計画をシミュレーションし、その結果を、上記で確立したヒューマノイドプラットフォームを用いて実証した。

## 4. 事後評価結果

#### 4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

人間の詳細な計測データの取得と、それに基づく運動モデル、さらに人間の行動の要素を組み込んだ人間の統合的モデリングをめざす本研究はこれまでの研究とは一線を画す新しい複合境界領域の研究である。4つの研究目標「人を知る」、「人を見守る」、「人に合わせる」、「デジタルヒューマンプラットフォーム」を掲げ、それらに対して具体的なテーマを設定して実用的課題に取り組み、いずれも「デジタルヒューマン」という視点から見た実際面で役立つ成果を上げている。また、情報技術が著しく進展した成果の活用を情報技術の領域にとどめるのではなく、製品設計、医療分野、福祉分野、教育分野、その他に幅広く適用できることを事実として示したことが特筆される。

当初はweakest linkを埋めるというモチベーションにより人間のメカニズムをかなり解明できるであろうという想定から、もっと総合的な結果をイメージして期待も大きかった。実際はできるところから成果を上げていくという手法をとったため、それぞれの要素技術研究は魅力的であり研究成果もあがっているが、「デジタルヒューマン」の全体像を示すまでに至らなかったことは残念である。しかし、個別技術の成果もさることながらデジタルヒューマンという技術領域を創出し、その方向性を示した点は高く評価できる。

論文発表は国内22件、国際23件、口頭発表は国内213件、国際157件で、新たに提案したデジタルヒューマンという研究領域を認知させるための学会活動がきわめて精力的に行われ、かつ、それらを学会や産業界が認めつつある。さらに発表に対して表彰を多数受けており、発表内容が質の面でも高いものであると言える。一方で特許出願は3件であり、研究課題の特質を考慮すると、より多くの知的所有権の取得が可能と考えられることから不満が残る。

#### 4-2. 成果の戦略目標・科学技術への貢献

このプロジェクトの研究によってデジタルヒューマン基盤技術という新しい研究分野が立ち上がり、学術分野および産業分野で一定の評価を得るところまで来た。特に、その成果が既に実用的な応用に繋がってきていることは、この研究の有用性、重要性を示すものである。幅広く実用面で役立っていく技術であり、さまざまな応用分野へ適用されるものと期待できる。「デジタルヒューマン・データベース」ともいえる知的資産が形成されつつあり、社会システムそのものがこのデータを蓄積する仕組みを持つことで人間中心の製品開発や生活設計を指向した研究へと発展することが期待できる。

しかしながら、「デジタル人間をコンピュータの中に作り出し、さまざまな評価をコンピュータの中で実行する」という究極の目標から見れば、まだ研究は緒に着いたばかりであり、今後の展開を大いに期待したい。

#### 4-3. その他の特記事項(受賞歴など)

人工知能学会業績賞(平成16年)、Longest Higgins Prize(2006年)など国内18件、国際4件を受賞