

「高度メディア社会の生活情報技術」
平成13年度採択研究代表者

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)

「デジタルヒューマン基盤技術」

1. 研究実施の概要

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、心理認知の3つの側面で考え、人間機能の統合モデルをめざす。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”を研究する。また、(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”を構築し、公開する。これらの具体的研究課題を通じ、実際的成果をあげつつ、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。

2. 研究実施内容

(1) 人を知るデジタルヒューマン

人間の生理・感覚・運動・心理機能を統合的にモデル化する研究として、具体的な研究課題を設定して研究を進めた。第1は、触覚をキーとしたシステムと人とのインタラクション、第2は、運動をキーにした人の心理状態推定、第3は生理・心理反応をキーにした人と人とのインタラクションである。第1の研究として、昨年度までに人間がシステム(モノ)と接するときの指先変形を精密計測するシステムを開発してきた。今年度はこの指先変形をコンピュータ上で再現するための有限要素モデルの研究を進めた。特に、軟部組織を超弾性体(オグデンモデル)でモデル化したときのヤング率をMR画像計測した組織変形量と荷重条件から最適化計算する研究を行った。MR画像計測装置内での荷重計測には独自開発のMRコンパチブル荷重計(特許出願中)を用いた。本研究の成果は、(3) 人に合わせるデジタルヒューマンのデジタルハンド研究に活用される。第2は、人間の自然な運動データを基本運動素に分割する研究である。昨年度までに、ダンスセラピー分野で

用いられているCohenの理論をベースに、人体運動にCohenの5つの運動制御パターン因子が、どの程度含まれているかを可視化するソフトウェアを開発した。このパターンを基に運動を文節に区切ることで、基本動作素分割を実現した。第3は、局所麻酔下での医師と患者のインタラクションをモデル化し、手術練習用のシミュレータを開発する研究である。平成14年度までに、実測した手術中の医師の行動と、患者の心拍変動のデータの統計分析を行った。その結果に基づき、平成15年度では、医師のアクションに対する患者の心拍・血圧変動を予測するモデルを構築した。患者の挙動が確率的なものであることから、ここではベイジアンネットワークモデルを利用した。

(2) 人を見守るデジタルヒューマン

寝室や居室を想定した空間に、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」の構築を目指す。平成14年度までに、居室内での生活者行動をモニタリングするセンサシステムの開発を行ってきた。センサとしては、対象物に無線の超音波発信器を、居室空間（壁面や天井）に数多くの受信機を配置した。個々の受信機では、発信器までの距離のみが計測できる。受信機の位置が既知であれば、複数受信機で受信した同一発信器の距離情報から球面の方程式によって、発信器の位置を特定できる。平成15年度から、このセンサシステムによって生活空間内で活動する生活者の状態を実測し、モデル化する具体的な研究をスタートした。おおきく3つの具体的アプリケーションを想定した。第1は老人ホームでの痴呆老人徘徊の見守りセンシングである。八王子・愛全園の協力を得、実際にホーム内に上記センサを配置して、数ヶ月に及ぶ実証試験を行った。この結果、夜間の老人行動記録として診療に役立つデータが得られたが、反面、センサの耐久性や精度などの面でさらなる改良点が明らかになった。また、お年寄りが超音波発信機を身につけることを嫌うため、発信機と受信機をともに天井に取り付け、反射波をつかってレーダーのように人の頭の動きを検出する技術も開発した。第2は英会話専門学校における教材開発、第3は一般家庭環境における子供（幼児）の家庭内事故防止である。第3のアプリケーションについては、見守りセンシング技術と並行して、子供の家庭内事故統計データから、いろいろな行動を取りうる子供シミュレータを開発し、事故を仮想的に発生させることで家庭内のハザードマップを作る研究を開始した。

(3) 人に合わせるデジタルヒューマン

人間の形状、運動、感覚、感性などの機能とその個人差をモデル化し、それを用いて製品と人間との適合性を事前評価することで人間中心の製品設計に役立つ技術の確立を目指す。人体の静的な形状をモデル化し、人体に直接フィットする製品（靴、衣服、メガネなど）の適合性を向上させる研究では、平成14年度までに蓄積した頭部形状データをもとに、ガスマスクやメガネフレーム設計に活用できる男女平均人头模型を構成した。また、計測技術について、計測者が触察してシールを貼っていた解剖学的特徴点を、形状データから自動的に検出する技術を開発した。曲率などを用いる従来の方法では、誤認識時の誤差が極端に大きくなるため、ここでは、蓄積した人体形状データベースを参照するメモリ

一ベース型の特徴点自動検出技術を新たに開発した。足について実装した結果、平均誤差2.5mmで特徴点を認識できた。さらに進んで、歩行中の足変形を4次元計測する技術開発では、ボール部、インステップ部、ヒール部の靴設計に重要な3つの断面にマーキングし、その断面の周囲長・形状変形を誤差1mm程度で計測する技術を開発した。多数台のカメラによるステレオビジョン技術で、サブピクセル技術を用いることで精度を飛躍的に向上させ、実用レベルの計測を実現した。

全身的な運動を再現し、自動車等の設計に利用するデジタルマネキン研究では、市販されているデジタルマネキンの姿勢・寸法再現精度を検証し、その結果から、肩関節モデルに大きな問題があり、手先位置が100mm以上ずれることを確かめた。そこで、モーションキャプチャで計測した体表面マーカから肩関節中心を精度良く推定する方法を新たに開発した（特許出願中）。これは、解剖学的特徴点に頼らず、マーカを付けた後に所定の肩関節運動をすることで、個人の関節構造とマーカ位置に応じた関節中心推定式を構成する方法である。全身モデルと並行して、手の詳細な機能を再現するデジタルハンド研究も開始した。こちらは、カメラやリモコンなど手で扱う操作機器設計に活用することを想定している。60名程度の手の寸法計測を実施して、そのサイズバリエーションを明らかにするとともに、MR画像に基づいた手の構造モデル、皮膚変形によるマーカずれモデルを研究した。

（4）デジタルヒューマンプラットフォーム

人体寸法、頭部形状、足部形状データベースの構築と配布を行うとともに、新たに、人体寸法、関節受動抵抗、質量や慣性モーメントなどの慣性特性に関する既存文献を整理した人体特性文献データベースを整備し、WEBで公開した (<http://www.dh.aist.go.jp/bodyDB/>)。

ヒューマノイドの研究としては、ロボットの自律性を高めるための研究として、運動生成技術の研究と、ロボットが環境や人を認識するためのインタフェース技術の研究を行った。平成14年度までに研究した動作生成、動作計画、頭部CCDカメラによる距離計測技術を統合し、平成15年度では、時々刻々に変化する外部環境（障害物）を認識しながら、それを避けるような運動軌道を計画し、さらに、その歩容をリアルタイムに生成して、移動する対象物に追従するという非常に複雑な自律タスクにチャレンジした。具体的には、ヒューマノイドが赤いボールを追従しながら移動するものとし、移動フィールド内にいくつかの障害物（段ボールなどで作られた大きな箱）を設置した。赤いボールと障害物は、空間に固定されているわけではなく、時々刻々位置が変化する。ロボットは時々刻々の障害物の位置とターゲット位置を検出し、最適な運動経路を修正しながら、ターゲットの追従に成功した。

3. 研究実施体制

（1）人を知るデジタルヒューマン研究グループ

研究分担グループ長

松井俊浩（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）

研究項目

- ・触覚機能モデル（人とモノとのインタラクション）
- ・心理運動モデル（運動からの心理状態推定）
- ・局所麻酔下の患者の心理生理反応モデル（人と人とのインタラクション）

(2) 人を見守るデジタルヒューマン研究グループ

研究分担グループ長

西田佳史（産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター、主任研究員）

研究項目

- ・睡眠時無呼吸症候群の観察・同定システム
- ・人の行動を見守るEnabling Environmentの研究
- ・人を見守る分散センサ・ネットワーク用ミドルウェアの開発
- ・子供の家庭内行動シミュレータによる家庭内事故防止技術

(3) 人に合わせるデジタルヒューマン研究グループ

研究分担グループ長

持丸正明（産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター、副センター長）

研究項目

- ・静的な人体形状モデルと適合製品設計
- ・人体形状に感覚、動的変形機能を統合したモデル
- ・全身動作を生成する人体動作モデル：デジタルマネキン
- ・さまざまな手の機能を再現するモデル：デジタルハンド

(4) デジタルヒューマンプラットフォーム研究グループ

研究分担グループ長

加賀美聡（産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究ラボ、主任研究員）

研究項目

- ・人体特性データコンテンツ
- ・ヒューマノイド基盤技術

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文（原著論文）発表

学会誌論文

- 本村 陽一，ベイジアンネットソフトウェア BayoNet，計測と制御，計測自動制御学会，vol. 42，no. 8，pp. 693-694，2003.
- 本村 陽一，ベイジアンネットによる確率的推論技術，計測と制御，計測自動制御学会，vol. 42，no. 8，pp. 649-654，2003.
- 岩田 敏彰，本村 陽一，町田 和雄，Satellite Malfunction Analysis

Using Knowledge-Based Approach, Space Technology Japan, vol.1,
no.1, pp.1-8, 2003.

- 吉村 隆, 浅野 太, 本村 陽一, 麻生 英樹, 市村 直幸, 山本 潔, 中村 哲(ATR), Detection of Speech Events in Real Environments through Fusion of Audio and Video Information Using Bayesian Networks, Proc. IWAENC2003, pp.319-322, 2003.
- 倉林 準, 持丸 正明, 河内 まき子, 股関節中心推定方法の比較・検討, バイオメカニズム学会誌, vol.27 no.1, pp.29-35, 2003.
- 持丸 正明, 河内 まき子, デジタル人体形状に基づく着用品のオンデマンド製造, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.8 no.4, pp.407-412, 2003.
- 川地 克明, モーションデータベースによる実時間モーション合成手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, vol.7, no.4, pp.453--458, 2003.
- 酒井 健作, 持丸 正明, 横山 和則, 局所麻酔下副鼻腔手術における手術進行と患者反応モデル構築のための生理指標解析, 生体医工学, Vol.41 No.4, pp.483-492, 2004.
- H. Mizoguchi, T. Kanamori, S. Kagami, K. Hiraoka, M. Tanaka, T. Shigehara, Virtual Earphone: Integration of Beam Forming by Speaker Array and Real-time Visual Face Tracking, Key Engineering Material, Vol.243-244, pp.117-122, 2003.
- S. Kagami, J. J. Kuffner, K. Nishiwaki, K. Okada, M. Inaba, H. Inoue, Humanoid Arm Motion Planning based on RRT search of 3D Depth Map, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.15, No.2, pp.200-207, 2003.

(2) 特許出願

H15年度特許出願件数：1件（CREST研究期間累積件数：3件）