

やさしい見守り型健康支援システムの実現に向けて

高橋 秀幸¹, 和泉 諭^{1,2}, 小林 有佑^{1,2}, 菅沼 拓夫^{1,2}, 木下 哲男^{1,3}, 白鳥 則郎^{1,2}

¹ 東北大学電気通信研究所

² 東北大学情報科学研究科

³ 東北大学サイバーサイエンスセンター

{hideyuki, izumi, kobayashi, suganuma, norio}@shiratori.riec.tohoku.ac.jp

kino@riec.tohoku.ac.jp

あらまし

中・高齢者の健康維持・管理をそっと支える健康支援システムの実現に向けて、生体・位置情報、映像情報、環境情報、健康管理知識などを効果的に活用した、利用者にやさしい高度な健康支援システムである「やさしい見守り型健康支援システム」の研究開発を進めている。本稿では、共生コンピューティングの概念に基づく見守り支援システムの下位概念として、やさしい見守り型健康支援システムのモデル化を行い、それに基づくマルチエージェントシステムによる本システムの設計・実装の指針について述べる。

Towards R&D on User-oriented Healthcare Support System based on Concept of Gentle Supervision

Hideyuki Takahashi¹, Satoru Izumi^{1,2}, Yusuke Kobayashi^{1,2}, Takuo Suganuma^{1,2},
Tetsuo Kinoshita^{1,3}, and Norio Shiratori^{1,2}

¹Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

²Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

³Cyberscience Center, Tohoku University

Abstract In this paper we propose a basic model for a supervisory system in ubiquitous computing environment toward realization of user-oriented advanced healthcare support system. Utilizing knowledge about healthcare and various information regarding physical environment, such as vital sign, location and visual information of the person under observation, the healthcare support system effectively and in a gentle manner supports health condition of a middle or elderly person. We describe the model of a user-oriented healthcare support system, in which the low-level concept is based on symbiotic computing and the design and implementation of our system is based on multi-agent system.

1 はじめに

近年、在宅高齢者の増加に伴う医療や介護に関する高齢化社会への対応や、肥満、高血圧、糖尿病、メタボリックシンドローム等の生活習慣病患者に対する予防・健康維持などが大きな社会的関心事となりつつあり、それらの解決策としてITを活用した支援の取り組みが行われている[1, 2, 3]。具体的には、携帯型のセンサにより対象者の生体データを獲

得し、そのデータと専門家知識に基づき健康支援のアドバイスを生成し、対象者に提示するシステムなどである[4, 5]。

従来の健康支援システムは、支援対象のドメインごとの個々のモデルに基づき個別に設計・実装が行われてきた。このため、支援対象が限定的でかつ開発コストが高い。また各支援システムの内部機能も個々のドメインに特化して設計・開発されている

ため、再利用性が低く適用範囲が限定的である。これらのドメインには健康支援一般に共通な概念や機能が多く存在するため、モデルや実装機能の再利用を促進する仕組みの導入によりドメインの有効範囲が拡大され、さらにシステム開発の大幅な効率化を実現できる可能性がある。

我々は、中・高齢者の健康維持・管理をそと支える健康支援システムの実現に向けて、生体・位置情報、映像情報、環境情報、健康管理知識などを効果的に活用した、利用者にやさしい高度な健康支援システムである「やさしい見守り型健康支援システム」の研究開発を進めている [6]。本稿では、本システムの設計に際し、上記の問題を解決するためのモデリング手法について述べる。具体的には、本システムの上位概念として共生コンピューティング [7, 8, 9] に基づく一般的な「見守り支援システム」の概念モデルを与え、その下位概念として本システムのモデル化を行う。この上位概念モデルに基づいて健康支援システムを設計・開発することにより、人にやさしい高機能で適用範囲の広い支援システムを低コストで開発することが可能になると期待される。

さらに本稿では、本モデルに基づくマルチエージェントシステムによるシステムの設計・実装の指針について述べ、やさしい見守り型健康支援システムの実現に向けて今後のシステム開発の方向性を明らかにする。

2 関連研究と課題

2.1 関連研究

行政組織・団体などが提供する健康管理支援システムでは、健康に関する様々な情報やデータを Web 上で公開し、ユーザに対して健康管理の重要性を啓蒙する取り組みや高精度・多機能な医療機器を開発し、Web と連動した様々な健康支援に関するサービスの提供が行われている [10, 11, 12, 13]。

また、ユビキタス情報環境を活用し、小型センサ、携帯端末、無線ネットワークを利用して健康状態をモニタリングし、各個人の健康状態を把握するための研究が行われている [14, 15, 16, 17, 18, 19]。

さらに、ユーザが身に着けたウェアラブルセンサデバイスから生体情報や位置情報などを把握することによって、ユーザの行動や運動、異常状態を推定し、高度な健康支援を行うための試みがある [20]。ここでは、ユーザの手首と腰に加速度センサを付け、取得したデータに応じて、どのような種類のウェイトトレーニングを何セット行なったかを自動的に認識し、過度なトレーニング実施時や正しく

ないフォームの際には通知を行なう。

また、個人のプライバシーとセキュリティ上の安全性を十分に確保し、住民に高度な健康サービスを提供できる次世代ネットワークシステムのプロトタイプを構築することを目的とした研究があり [21]、その一環として、ユーザの目標や健康状態に応じた適切な運動を健康アドバイスとして自動的に導出するシステムの構築を行っている研究がある [5]。

2.2 技術的課題

前節で述べた関連研究の分析結果から、現状の健康支援システムの課題を以下に示す。

(P1) 実環境の多様な情報の効果的な獲得

センサデバイスからリアルタイムで生体情報を獲得し、健康状態を判定する研究が行なわれているが、これらにより得られる情報は特定個人の限定された種類の生体情報のみであり、健康状態の正確な推定には限界がある。生体情報に加えて、観測対象者の物理的位置情報、周囲の様子を示す環境情報（室温、部屋の明るさ、電気機器の使用状況など）、対象者の映像情報等を利用することにより、より正確に対象者の状態を把握することが可能となる。

(P2) 実環境の多様な情報に基づくサービス提供

実環境から得られるデータや情報は、生体情報、位置情報、環境情報、マルチメディアデータ、専門知識など、質的・量的に多種多様であり、それらを効果的に管理し、ユーザが必要なときに、必要とする場所で、必要な形式で、必要な人だけに能動的に提供するための仕組みが不可欠である。

(P3) システム設計開発方法論

既存研究では、ある特定の領域での健康支援システム構築に特化した研究例が中心であるが、さまざまな分野での健康支援システムの効果的な構築を目指したシステム設計開発方法論が不足している。また、研究開発が盛んに行われている新しい生体情報獲得デバイス、無線ネットワーク技術、分析アルゴリズム等を、短期間でシステム構成要素として組み込むことが可能なシステムの高い拡張性が要請されている。すなわち、健康支援システムで共通的に利用できる設計モデル、システムコンポーネント群、およびそれらに基づいてシステムを動的に構築可能なシステム構築のためのプラットフォームを提供することで、システム開発コストの低減、高度化、適用範囲拡大を実現する必要がある。

以上の (P1)~(P3) の 3 つの課題のうち、本稿では (P3) の解決について焦点を当て、特に設計モデルの観点から効果的なシステム設計開発の方法に関

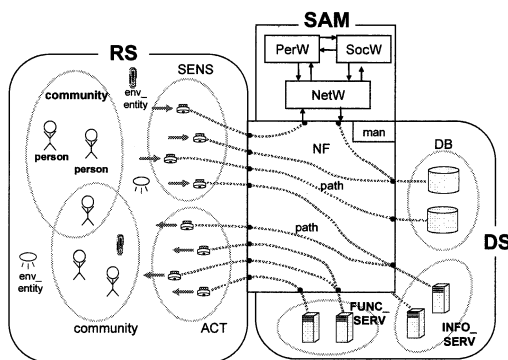


図 1: RS と DS の共生基本モデル

して議論する。

3 やさしい見守り型健康支援システムの基本モデル

3.1 RS と DS の共生モデル

やさしい見守り型健康支援システムの基本モデルの上位概念として、まず、共生コンピューティングの概念に基づく現実空間 (RS) とデジタル空間 (DS) の共生のための基本モデルを示す。図 1 に本モデルの概要を示す。共生世界 SW は、 RS 、 DS 、および共生促進機構 SAM の 3 つの要素から構成される。

$$SW := \langle RS, DS, SAM \rangle$$

現実空間 RS は、以下の 5 つの要素から構成される。

$$RS := \langle HUMAN, SOC, ENV, SENS, ACT \rangle$$

ここで、 $HUMAN$ は現実空間の人の集合、 SOC は社会、 ENV は環境を示す。また $SENS$ は現実世界の状況を獲得するセンサ集合、 ACT は現実世界に影響をあたえるアクチュエータ集合である。

$HUMAN$ は RS 内の一人の個人を表現する $person$ の集合である。

$$HUMAN := \{person\}^*$$

$$person :=$$

$$\langle u_id, REL, prof, pres, phy, COMM, req, loc \rangle$$

ここで、 u_id は個人識別子、 REL は人間関係記述の集合、 $prof$ はプロフィール記述、 $pres$ は現在の状態を示すプレゼンス記述、 phy は身体状況記述、 $COMM$ は所属コミュニティの集合、 req は要求記述、 loc は物理的位置情報である。

社会 SOC は、コミュニティ $community$ の集合から構成される。すなわち、

$$SOC := \{community\}^*$$

$$community :=$$

$$\langle comm_id, MEM, RULE, obj, ROLE \rangle$$

$$MEM := \{member\}^*, member \in HUMAN$$

$$ROLE := \{role\}^*$$

ここで、 $comm_id$ はコミュニティ識別子、 MEM はコミュニティ参加者 $member$ の集合、 $RULE$ はコミュニティ内のルール集合、 obj はコミュニティ目的記述、 $ROLE$ はコミュニティ内での役割 $role$ の集合である。

環境 ENV は、温度、湿度、明るさなどの環境を表現するエンティティ env_entity の集合として表現する。

$$ENV := \{env_entity\}^*$$

$$env_entity := \langle attribute, value, unit, area \rangle$$

ここで、 $attribute$ はエンティティの属性名、 $value$ は値、 $unit$ は単位、 $area$ はそのエンティティの有効なエリア記述である。

センサ集合 $SENS$ は、 env_entity や $person$ の各要素の状況を観測するためのセンサ $sensor$ の集合として表現される。

$$SENS := \{sensor\}^*$$

$$sensor :=$$

$$\langle s_func, s_type, s_perf, s_att, value, unit, s_loc, s_area, s_PARAM \rangle$$

ここで、 s_func はセンサの機能仕様記述、 s_type はセンサのタイプ、 s_perf はセンサの性能仕様記述、 s_att はセンシング可能な属性名、 $value$ は現在の値、 $unit$ は値の単位、 s_loc はセンサの位置情報、 s_area はセンシング可能な範囲、 s_PARAM は設定可能パラメータ集合である。

アクチュエータ集合 ACT は、現実世界に影響を与えるアクチュエータ $actuator$ の集合として表現される。

$$ACT := \{actuator\}^*$$

$$actuator :=$$

$$\langle a_func, a_type, a_perf, a_att, value, unit, a_loc, a_area, a_PARAM \rangle$$

各構成要素の説明は、センサと同様のため省略する。

デジタル空間 DS は、 NF 、 $SERV$ から構成される。

$$DS := \langle NF, SERV \rangle$$

ここで、 NF は DS 内のオブジェクト間を接続するネットワーク機能、 $SERV$ は DS 内のサービス機能である。

$$NF := \langle PATH, man \rangle$$

$PATH := \{path\}^*$

$path := \langle init_p, end_p, lower, quality, p_user \rangle$

NF は、end-to-end の通信路 $path$ の集合とネットワーク管理機構 man から構成される。また、 $path$ は、コネクション開始ポイント $init_p$ 、終端ポイント end_p 、下位層記述 $lower$ 、通信品質記述 $quality$ 、利用者記述 p_user により抽象的に表現される。

$SERV := \langle DB, INFO_SERV, FUNC_SERV \rangle$

$SERV$ は、データベース集合 DB 、Web 等の情報サーバ集合 $INFO_SERV$ 、機能サーバ集合 $FUNC_SERV$ により構成される。

共生促進機構 SAM は、 $PerW$ 、 $SocW$ 、 $NetW$ から構成される。図 2 に SAM のアーキテクチャを示す。

$SAM := \langle PerW, SocW, NetW \rangle$

ここで、 $PerW$ はパーセプチュアルウェア、 $SocW$ はソーシャルウェア、 $NetW$ はネットワークウェアである。

$PerW := \langle UA, rs_recog, advisor \rangle$

$PerW$ は、実世界の $person$ に対応するユーザエージェントの集合 UA 、実世界から得られるデータから UA の状態を update する RS 認識機能 rs_recog 、 UA の状態に基づき、他に働きかけを行うアドバイス生成機能 $advisor$ から構成される。

$SocW := \langle SKB, INF, kbm \rangle$

$SocW$ は、社会的知識を蓄える知識ベース集合 SKB 、知識に基づき推論を行う推論機構 INF 、 SKB に新しく知識を生成して追加したり、外部から獲得した知識を追加したりして SKB をメンテナンスする機能 kbm から構成される。

$NetW := \langle observer, controller, net_if, ps_if \rangle$

$NetW$ は、 DS 内や RS 内のオブジェクトの動作状況を観測する性能監視機能 $observer$ 、 DS 内や RS 内のオブジェクトの動作パラメータを変更して操作を加える制御機能 $controller$ 、 $PerW$ と $SocW$ に対するインタフェース ps_if 、 DS の NF に対するインタフェース net_if から構成される。

3.2 やさしい見守り支援システムのモデル

次に、前節で述べたモデルを上位概念として、一般的な見守り支援システムのモデルを定義する。本モデルから、健康支援システムだけでなく、高齢者のマルチメディア見守り支援、GPS による下校時の子供の見守り支援など、さまざまな見守り支援への具現化が可能である。

やさしい見守り支援の世界 GSS を、見守り対象者 t_person 、見守る人のコミュニティ

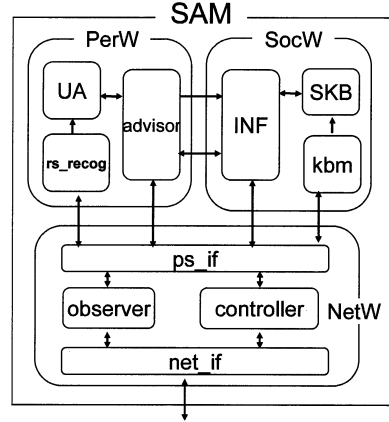


図 2: 共生促進機構のアーキテクチャ

$w_community$ 、および見守り支援システム ss_{gs} により表現する。

$GSS := \langle t_person, w_community, ss_{gs} \rangle$,

$t_person \in HUMAN, w_community \in SOC$

ここで、 t_person は、 $person$ と同様に定義されるが、人間関係記述 REL が以下のように具体化される。

$REL := \{ \langle watcher, rel, rel_d \rangle \}^*$,

$watcher \in MEM \text{ of the } w_community$

ここで、 $rel := 'watching'$ であり、 rel_d は関係の詳細記述である。

また、所属コミュニティ集合 $COMM$ は以下のように定義される。

$COMM := \{ \{comm_id \text{ of } w_community\}, \dots \}$

見守る人のコミュニティ $w_community$ は、コミュニティ記述 $community \in SOC$ と同様に記述されるが、コミュニティ参加者 MEM が以下のように具現化される。

$MEM := \langle t_person, WAT \rangle$

$WAT := \{ watcher \}^*, watcher \in HUMAN$

また、 $w_community$ におけるコミュニティ目的記述 obj 、役割集合 $ROLE$ はそれぞれ以下のように具体化される。

$obj := 'watching_a_person'$

$ROLE := \{ watched, watcher \}$

見守り支援システム ss_{gs} は以下の 4 つの要素から構成される。

$ss_{gs} := \langle SENS_{gs}, ACT_{gs}, DS_{gs}, SAM_{gs} \rangle$

ここで、見守り支援システムのためのセンサ $sensor_{gs}$ の集合 $SENS_{gs}$ は以下のように定義される。 $SENS_{gs} \text{ } SENS_{gs} := \{sensor_{gs}\}^*, sensor_{gs} \in SENS$

ただし、 MEM の要素の loc が含まれる $area$ を持つ env_entity の $area$ と重なりを持つ s_area を持つ $sensor$ の集合である。

同様に見守り支援システムのためのアクチュエータ $actuator_{gs}$ の集合 ACT_{gs} は以下のように定義される。

$ACT_{gs} := \{actuator_{gs}\}^*, actuator_{gs} \in ACT$

ただし、 MEM の要素の loc が含まれる a_area を持つ $actuator$ の集合である。

3.3 やさしい見守り型健康支援システムの基本モデル

これまで述べてきたモデルの下位概念モデルとして、やさしい見守り型健康支援システムの基本モデルを定義する。

スペースの都合で詳細なモデルは割愛するが、 ss_{gs} の構成要素をさらに詳細化・具現化することによって、やさしい見守り型健康支援システムを構築する。

例えば、前節の $sensor_{gs}$ として、 t_person の生体情報を獲得する携帯型生体情報センサ、 t_person の周辺環境の状態を獲得する環境センサ、 t_person の映像を獲得するカメラ等を定義する。

また、 $actuator_{gs}$ としては、さまざまな健康支援アドバイスや、 t_person のリアルタイム映像を提示するモニタなどを定義する。

DS_{gs} のDBとして、生体情報DB、画像DB等を定義する。さらに SAM_{gs} における $SocW$ の SKB として、人間関係KB、健康支援アドバイスKB、中・高齢者の生活様式KB、見守りに関する一般常識KBなどを定義する。

4 マルチエージェントに基づくやさしい見守り型健康支援システムの設計

2.2節で述べた課題の解決を目指し、前節のモデルに基づき、マルチエージェントによるやさしい見守り型健康支援システムを構築する。

マルチエージェントシステムは、各種システムコンポーネントをラッピング（エージェント化）することでエージェントとして動作可能とし、エージェント群の組織的動作によって所望の処理を実現する分散型自律協調システムである。

個々のエージェントは、生体情報や環境情報を獲得する各種センサ・デバイスに対し個別に配備され、それらのハードウェア監視や制御を行う。また、獲

得したデータを管理するデータベースもエージェント化される。このセンサ・デバイスとデータベースの協調により、ネットワークの利用状況、センサ・デバイスの稼働状況、データベースの負荷状況に応じて獲得する情報の質や獲得頻度等を調整し、実環境の多様な情報の効果的な獲得を実現する ((P1) の解決)。

また、実環境から得られた生体情報、環境情報、マルチメディアデータ、専門知識、社会常識などを格納した各種データベース・知識ベースをエージェント化することで、ユーザの要求や状況に応じて必要な情報を組織化し、適切な形式で能動的に提供することが可能となり、実環境の多様な情報に基づくサービス提供を実現する ((P2) の解決)。

さらに、各種デバイス、データベース、知識、分析アルゴリズム、ソフトウェアコンポーネント等をエージェント化することで再利用可能なモジュールとして構成し、それらの動的な組織化によってシステムを構築することが可能となる。また新たなコンポーネントが導入された際も低コストでそれらをシステムに組み込むことが可能となる。このようにマルチエージェントシステムに基づくシステム構築基盤を提供することで、システム開発コストの低減と高度化を実現する ((P3) の解決)。

以上述べたように、2.2節で述べた課題の解決にはマルチエージェントシステムの特性を生かしたシステム設計開発方法論が適合すると考えられる。今後はマルチエージェントシステムとして3章で述べたモデルに沿って、本支援システムの設計の詳細化と実装を進める予定である。

5 おわりに

中・高齢者の健康維持・管理をそと支える健康支援システムの実現に向けて、生体・位置情報、映像情報、環境情報、健康管理知識などを効果的に活用した、利用者にやさしい高度な健康支援システムである「やさしい見守り型健康支援システム」の研究開発を進めている。本論文では、共生コンピューティングの概念に基づく見守り支援システムの下位概念として、やさしい見守り型健康支援システムのモデル化を行い、それに基づくマルチエージェントシステムによる本システムの設計・実装の指針について述べた。今後はこの指針に基づき、本支援システムの設計の詳細化と実装を進める。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省知的クラスター創成事業第2期「先進予防型健康社会創成クラスター構想」、および日本学術振興会科学研究費補助

金 (19200005) の援助を受けて実施した。

参考文献

- [1] T. Shimada, I. Kuramoto, Y. Shibuya, and Y. Tsujino, “Keep Healthy with Fun: An Entertainment System for Keeping the Motivation of Daily, Dull, and Monotone Exercise” *Proc. of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE’07)*, pp. 280–281, 2007.
- [2] 小林 亮太, 米田 祐也, 橋本 浩二, 安藤 広子, 佐々木 由香, 武田 利明, 柴田 義孝, “異種映像の組み合わせによる遠隔ヘルスケア教育支援システムの研究,” 情報処理学会第 68 回全国大会, pp. 259–260, 2006.
- [3] S. Consolvo, P. Roessler, and B. E. Shelton, “The CareNet Display: Lessons Learned from an In Home Evaluation of an Ambient Display,” *Proc. of the Sixth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2004)*, pp. 1–17, Sep. 2004.
- [4] D. Noheji, G. Itabashi, T. Yoshida, and A. Togashi, “Human Resource Management System introducing Healthcare of Employee,” *ISWC2007+ASWC2007 Poster+Demo Proceedings*, pp. 79–80, 2007.
- [5] 和泉 諭, 加藤 靖, 高橋 薫, 菅沼 拓夫, 白鳥 則郎, “オントロジを利用した健康支援システムの提案とその評価,” 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 2, pp. 822–837, 2008.
- [6] 和泉 諭, 高橋 秀幸, 菅沼 拓夫, 木下 哲男, 白鳥 則郎, “ユビキタス情報環境における知的健康支援システムの開発に向けて,” 平成 19 年度第 5 回情報処理学会東北支部研究会論文集, pp. 85–88, 2008.
- [7] Symbiotic Computing Home Page. <http://symbiotic.agent-town.com/>.
- [8] T. Suganuma, T. Uchiya, S. Konno, G. Kitagata, H. Hara, S. Fujita, T. Kinoshita, K. Sugawara, and N. Shiratori, “Bridging the E-Gaps: Towards Post-Ubiquitous Computing,” In: *The 1st International Symposium on Frontiers in Networking with Applications (FINA 2006)*, pp. 780–784, 2006.
- [9] T. Suganuma, K. Sugawara, and N. Shiratori, “Symbiotic Computing: Concept, Architecture and Its Applications,” *Proc. of the 4th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC-07)*, LNCS4611, pp. 1034–1045, 2007.
- [10] 厚生労働省, “厚生労働省: 生活習慣病予防 (健康づくり) 特集,” <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu/index.html>.
- [11] 株式会社ヘルスクリニック, “health クリック | 健康 生活習慣病 サプリメント,” <http://www.health.ne.jp/>.
- [12] オムロン ヘルスケア, “健康増進・疾病予防ツール,” <http://www.ch-kentatsu.jp/>.
- [13] 日立評論, Vol. 89, No. 12, 2007.
- [14] U. Varshney, “Pervasive Healthcare and Wireless Health Monitoring,” *ACM/Baltzer Journal of Mobile Networks and Applications*, Vol. 12, No. 2-3, pp. 113–127, 2007.
- [15] B. Brown, M. Chetty, A. Grimes, and E. Harmon, “Reflecting on Health: A System for students to monitor diet and exercise,” *Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI’06)*, pp. 1807–1812, 2006.
- [16] R. Gockley, M. Marotta, C. Rogoff, and A. Tang, “AVIVA: A Health and Fitness Monitor for Young Women,” *Proc. of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI’06)*, pp. 1819–1824, 2006.
- [17] D. Kuriyama et al., “Design and Implementation of a Health Management Support System Using Ontology,” *Proc. of the International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2007)*, pp. 746–749, 2007.
- [18] D. Cruz and E. Barros, “Vital Signs Remote Management System for PDAs,” *Proc. of the 2005 8th Euromicro Conference on Digital System Design*, pp. 170–173, 2005.
- [19] R-M. Dries et al., “Healthcare Systems and Other Applications,” *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 6, No. 1, pp. 59–63, 2007.
- [20] K. Chang, M.Y. Chen, and J. Canny, “Tracking Free-Weight Exercises,” *UbiComp 2007*, LNCS 4717, pp. 19–37, 2007.
- [21] 仙台応用情報学研究振興財団, “健康福祉のための先進的エージェント・ネットワークに関する研究,” <http://air.silpheed.jp/users/sfais/0.php>.