

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500886

研究課題名(和文) センサネットワークと知識ベースを用いた高齢者見守りシステムの研究

研究課題名(英文) Senior Monitoring System with Sensor Network and Knowledge Base

研究代表者

渋沢 進 (Shibusawa, Susumu)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号：20110398

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、センサを用いて高齢者の日常動作を検出し、高齢者の見守りを行うシステムを開発するとともに、見守りシステムの基盤となる先進的ヒューマンインタラクション技術を開発し、評価した。高齢者の動作を測定するシステムは、主に赤外線による非装着型センサを用いている。作成したシステムを用いて、高齢者施設で高齢者の動作を測定し、システムの有効性を評価した。また、高齢者の健康的な活動を支援するシステムとして、椅子を用いた下肢体操など、多数の体操システムを作成した。さらに、遠隔地のウォークスルーシステムや、歩行者の位置に応じて情報を表示するシステム等のヒューマンインタラクションシステムを作成し評価した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed systems that monitored senior activities of daily living with sensors, while developing advanced human interaction technologies that are fundamental to monitoring systems. The systems to measure senior activities were mainly constructed with non-wearable sensor. Using the constructed systems, we detected senior activities at senior community centers and evaluated the effectiveness of systems and senior activities of daily living. We also developed several physical exercise support systems including a lower limb chair exercise system, which can detect sound health activities of seniors. We also developed and evaluated several human interaction systems which include a walkthrough remote view system with omnidirectional camera and a system to show perspective views corresponding to walker's place.

研究分野：情報工学

キーワード：高齢者の生活 人の動作検出 ヒューマンコンピュータインタラクション 見守りシステム 深度センサ ジェスチャ 体操支援システム ウォークスルーシステム

1. 研究開始当初の背景

高齢者の動作・行動の支援、生活の質の向上、危険の回避と回復、介護者の負担軽減等のための支援技術の開発が求められている。これまで、居住空間内に設置されたセンサや高齢者の身に着けたセンサから、高齢者の位置や身体動作、健康状態などを検出する研究が個別に行われてきた。ドアの開閉や電化製品の使用状況など、居住空間内に設置されたセンサから高齢者の位置や動き、健康状態などが検出されてきた。それらの研究には、RFIDを用いた転倒の検出、施設で暮らすアルツハイマー患者に対する ZigBee を用いた位置検出、身体に装着した加速度センサによる動作検出などがある。しかし、これまでは単一の技術による研究が多く、複数の種類のデータを統合して高齢者の状態を判定する技術がまだ確立されていない。

これまで、我々は地域の高齢者が通う高齢者施設において、小型6軸無線センサを用いて起立、着席、歩行等の動作を推定する研究を行ってきた。また、同施設および地元の介護老人保健施設において、携帯電話を用いて高齢者の移動状態と不安定な歩行を推定する研究を行ってきた。さらに、地域の高齢者コミュニティおよび自治体担当者と、高齢者の見守りについて検討してきた。高齢者が健康で活動的な期間が長いほど、介護者の負担が軽減する。高齢者の自立した生活を支援し、孤立を防ぐために、地元では高齢者が高齢者を訪問して声を掛け合う『ゆうあい訪問』を実施している。

これまでの活動を通して明らかになったことは、地域全体で高齢者を見守るの必要があり、高齢者ができるだけ自立して生活しながら、家族や介護者の負担を軽減するには、情報通信技術の利用を含む新しい社会的・技術的基盤が必要なこと、及び先進的なユビキタスネットワーク技術の開発が必要なことである。本研究では、情報通信技術を用いて、これまでの高齢者見守りの技術を革新する。

2. 研究の目的

本研究では、複数の種類のセンサを用いたセンサネットワークから高齢者の生活動作を検出し、独自のセンサ知識ベースを用いて高齢者の生活状態を推定し、遠隔に住む家族や介護者に高齢者の状態を知らせる見守りシステムを開発し、運用することを目的とする。また、見守りシステムの基盤となる先進的ユビキタスネットワーク技術に関する研究を行う。具体的には次の課題を行うことを目的とする。

- (1) 複数の種類のセンサによるセンサネットワークと、各センサに対する知識ベースを作る。
- (2) センサネットワークを用いて高齢者見守りシステムを開発し、地域の高齢者施設で運用する。
- (3) 見守りシステムの基盤となる先進的ユビキタスネットワーク技術を開発する。

課題の説明を以下に示す。

- (1) 情報通信技術を用いた高齢者見守りシステムの開発

本研究におけるリアルタイム高齢者見守りシステムでは、高齢者が身に付けているセンサと居住環境に埋め込まれた複数の種類のセンサが、高齢者の動作に関するセンサネットワークを形成し、各センサが高齢者の動作のデータを収集し、見守りサーバに送る。サーバは、高齢者の動作に関する各センサの結果を統合して、知識ベースを形成し、高齢者の状態を総合的に推定する。高齢者の状態の推定結果は、定期的に家族や介護者に送るとともに、緊急の場合にはリアルタイムに通知する。

- (2) 先進的ユビキタスネットワーク技術の開発

本課題では、特に全方位映像を用いた人の視点方向のウォークスルーシステムと、ピア・ツー・ピア(P2P)情報共有方式の2つの研究に着目して研究を進める。人の顔方向や視点方向は、その人が関心を持っている事物や事象の方向を示しているため、エンタテインメントやマーケティング、セキュリティなどにおいて、精度の高い技術が求められている。また、P2Pを用いた情報共有では、ユーザの離脱が情報共有の利便性に大きな影響を与えるため、ユーザ離脱の影響を抑える方法の開発は、インターネットの情報共有における大きなチャレンジである。

3. 研究の方法

これまで小型無線センサを用いた高齢者の動作の検出配信システムを作成してきており、これまで作成してきたシステムを発展させて、複数の種類のセンサのデータ収集と蓄積、知識ベースのプロトタイプ作成、センサネットワークを用いた配信システムの実験を行う。また、見守りシステムの基盤ネットワーク技術として、全方位映像を用いた視点のウォークスルーシステムを作成し、P2Pシステムのユーザ離脱とファイル供給条件を求める。

- (1) 情報通信技術を用いた高齢者見守りシス

テムの開発

高齢者が身に付けるセンサは加速度と角速度のセンサを測り、生活環境中に埋め込んだ複数のセンサは超音波と家具電気製品の使用状況を測り、これらがセンサネットワークを構成する。各センサデータに対して高齢者の動作の判定基準を作り、これらを統合して見守り知識ベースとする。この知識ベースに基づいて、高齢者の状態を判定して通知するシステムを作成する。さらに、センサネットワークの改良し、センサ知識ベースの改良と実験を行い、見守りシステムの運用実験と評価を行う。

(2) 先進的ユビキタスネットワーク技術の開発

全方位映像を用いた人の視点のウォークスルーシステムでは、複数の全方位カメラより取得した動画像から動体検知と人の顔方向の検出を行い、顔方向をウォークスルー空間に反映し、リアルタイムに表示する。また、全方位映像を検索可能なデータベースに保存する。複数の全方位カメラから得た映像を用いて人の位置と顔方向を取得し、ウォークスルー仮想空間に反映し、対象者の視点を表示する。さらに、全方位映像を用いたウォークスルーシステムの改良と運用、評価、及び P2P 情報共有方式のファイル供給条件と定量的サービスの研究、シミュレーションによる検証を行う。

4. 研究成果

情報通信技術を用いた高齢者見守りシステムと先進的ユビキタスネットワーク技術に関して、以下のような研究を実施し、研究成果を導いた。

(1) 情報通信技術を用いた高齢者見守りシステムの開発

深度センサによる高齢者見守りシステム、深度センサを用いた下肢の椅子体操支援システム、深度画像センサを用いた拮抗体操支援システム、Kinect センサを用いた嚙下体操支援システム等を開発し、評価した。主な研究成果を以下に示す。

深度センサによる高齢者見守りシステム

ひとり暮らしをする高齢者の増加に伴い、高齢者の生活を遠隔地から見守る社会的な必要性が生じている。ひとり暮らしでは、転倒などで負傷した場合に外部に連絡することが遅れ、状態が悪化する可能性がある。しかし現在の高齢者の見守りシステムは精度や運用面で問題が

蓄積している。そこで本研究では、深度センサの人体認識機能を用いた転倒検出方法を構築し、転倒などの危険状態を認識するシステムを開発した。転倒と、椅子着席、床座り、伏せ状態などの日常生活における動作を想定し、これらの動作を判別するシステムを構築した。検出する動作に関しては、転倒などの危険動作と日常動作についての運動学的なモデルを設定し、それぞれの動作の際の四肢の位置関係や速度を調査し、各動作を判別する際の条件として定式化した。本システムの動作認識精度を検証するために、転倒と日常動作を被験者が行い、各動作を判別できるかを実験した。実験結果として、センサから 2m の距離で 88%、3m の距離で 81%、4m の距離で 64% の転倒を検出することができた。

深度センサを用いた下肢の椅子体操支援システムの開発

下肢の機能を維持することは高齢者の介護予防にとって重要である。椅子体操は椅子を用いて行う体操であり、体力のない高齢者でも無理なく運動を行える。特殊なマーカを装着することなく人体の動作を検出するセンサとして Microsoft 社の Kinect が普及している。そこで本研究では、深度センサを用いた下肢の椅子体操を支援するシステムの開発を行った。本システムは下肢を用いた 5 種類の椅子体操を支援し、Kinect により取得した各関節の 3 次元位置情報と関節角度を基に各体操の認識と評価を行う。本システムは音声と手本画像によって体操の方法を提示し、体操者の実映像に体操で使用する筋肉を重畳表示している。また、体操の評価結果とアドバイスを音声と文字で提示している。70 代後半から 80 代前半の高齢者 7 名を対象に被験者実験を行ったところ、5 種類の体操の平均認識率は 89% であった。また、50 歳から 65 歳の男性 5 名にアンケート評価を実施し、高齢者の体操支援システムの課題を明確にしている。

深度画像センサを用いた拮抗体操支援システムの開発

高齢者が要介護状態に陥る原因の一つに認知症がある。拮抗体操は両手足で左右別々の動きをするもので、認知症を予防するための健康行動の一つである。健康行動の指導者は高齢者の数に対して不足しており、指導者の負担を減らすような支援システムが求められている。他方で、Kinect は人体の関節を認識でき、導入も手軽なことから体操支援システ

ムに適している。そこで本研究では Kinect v2 を用いて拮抗体操を支援するシステムを開発し、認識精度の評価実験を行うとともに、高齢者を対象に主観評価実験を行った。本システムでは指導者がいなくても体操方法が理解できる支援機能と、利用者が自発的に体操を行うようなリズムゲームを取り入れている。その結果、若者を対象にした実験からシステムの認識精度の向上が確認された。高齢者の体操の認識精度は若者より低い、主観評価実験から高齢者の体操参加を促すのに体操システムが有用であることが確認できた。

Kinect センサを用いた嚥下体操支援システム

日本の高齢者の死因第3位は肺炎であり、その原因の80%以上が誤嚥である。誤嚥性肺炎は再発の可能性が高く、発症した高齢者が要介護状態に陥ることも珍しくない。口腔機能を高めることで誤嚥は予防可能で、口腔機能を高める方法の1つとして嚥下体操がある。他方で Kinect は人の骨格追跡や音声の取得が可能なデバイスであり、嚥下体操の検出が可能である。そこで本研究では Kinect を用いて嚥下体操を支援するシステムを実装した。音声解析の分野では発音から舌の位置を推定する研究が行われている。本システムでは音声解析により舌の位置を推定し、体操を検出する機能を取り入れた。20代男性を対象に検出精度実験、有効性実験、及び高齢者を対象に観察実験を行い、体操の検出精度と効果、ユーザビリティを評価した。

(2) 先進的コピキタスネットワーク技術の開発

全方位カメラを用いたウォークスルー遠隔閲覧システム、人の視界を表示するウォークスルーシステム、赤外線画像認識によりユーザ位置を識別するテーブルトップシステム、歩行者の位置に応じて情報を正対表示するシステム等を開発し、評価した。主な研究成果を以下に示す。

全方位カメラを用いたウォークスルー遠隔閲覧システム

遠隔閲覧システムは、遠隔地の映像や音声などの情報をユーザに配信して提示するシステムである。映像中の情報に基づいて仮想環境を構築する手法は遠隔閲覧に応用されている。遠隔閲覧できるシステムを景色の閲覧や協同作業などの場面に応用する場合。ユーザが仮想環境をウォークスルーできる機能が有用

である。前もって用意した画像を用いて仮想環境を構築する遠隔閲覧システムはウォークスルーできるが、リアルタイム性の点で劣る。本研究では、全方位カメラを遠隔地に設置し、リアルタイムで送られた画像に基づいて、ウォークスルーする仮想環境を構築し、遠隔閲覧できるシステムを作成した。本システムでは、環境内の物体の情報を実際の画像上に提示するとき、必要に応じて環境と異なるウィンドウの画面で紹介する。システムは改良した地図展開手法を用いており、従来の展開手法より画像の歪みを改善している。本システムのウォークスルー機能を確認し、改良した地図展開手法の性能を評価し、本システムの被験者実験を行った。

人の視界を表示するウォークスルーシステム

人の視界はウォークスルーを用いて仮想的に再現することができる。人の実際の位置と顔方向を求めて、顔方向のウォークスルー画像を作成すれば、その人の視界を再現できる。防犯や見守りにおいて人が何を見ているのかを監視者が推定できれば、不審行動を識別するのが比較的容易である。そこで本研究では、人の位置と顔方向を画像処理によって取得し、人の視界を表示するウォークスルーシステムを作成した。本システムでは、複数の全方位カメラを利用し、各カメラが取得する動体の方向から人の位置を推定する。また人の顔の肌色領域から顔方向を推定する。このようにして求めた人の位置と顔方向を用いて、人の顔方向のウォークスルー映像を監視者に提供するシステムを作成した。本システムを評価するため、人の位置と顔方向の精度、及び出力映像の性能に関する実験を行い、システムが人の視界を表示できることを確認した。

赤外線画像認識によりユーザ位置を識別するテーブルトップシステム

テーブルトップシステムは対面での協調作業を支援するシステムである、テーブルトップシステムにおいて、ユーザ位置の識別のために身体にセンサデバイスを取りつける手法が用いられているが、このような手法では、センサ装着の際の手間や煩わしさが発生したり、センサの取り付け位置によってユーザの位置や姿勢が制限されるなどの問題がある。そこで本研究では、テーブルトップシステムにおけるユーザ位置推定を画像認識によって行う手法を提案し提案

手法を取り入れたユーザの位置を識別する機能を持つテーブルトップシステムの実装を行った。本提案手法ではまず、ユーザのタッチ操作から接触点と手腕の領域情報を取得する。その後、両者の位置関係から接触点と手腕の関連付けを行う。手腕の領域情報からは、その手腕が伸びている方向が分かることから、その手腕に属する接触点の操作者の位置を推定する。ユーザ位置の識別率を求める評価実験を行い、高い精度でユーザ位置識別が可能であることを確認した。

歩行者の位置に応じて情報を正対表示するシステム

ディスプレイを設置して情報を発信するデジタルサイネージが普及しつつあり、さらに宣伝効果を高めるために、カメラ等を用いてサイネージ周辺の状況を取得し利用する研究が行われている。しかしその多くは、画面を注視している閲覧者に効率よく広告を行うことを重視しており、歩行者を注視させるかどうかについてあまり考慮されていない。本研究では、深度センサを用いて、歩行者の位置に応じて情報を正対表示することで、より閲覧者の注意を引き付けることができるシステムを構築した。このシステムを大学構内で稼働させた結果、正対表示を行わない場合と比較して、歩行者の注視時間の増加と足を止めるなどの動作をする注視者の増加を確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

須藤翔太, 小玉駿, 福田貴大, 渋沢進, 鎌田賢, 米倉達広, 歩行者の位置に応じて情報を正対表示するシステム, 電子情報通信学会論文誌(A), Vol. J98-A, No.1, pp.129-134, 2015年1月, 査読有.

Chao Liu, Toshiya Watanabe, Susumu Shibusawa, and Tatsuhiro Yonekura, A walkthrough remote view system with omnidirectional camera, International Journal of Computer Networks & Communications, Vol.4, No.5, pp.1-15, 2012年9月, 査読有.

〔学会発表〕(計15件)

鎌田和樹, 渡邊俊哉, 渋沢進, 深度画像センサを用いた拮抗体操支援システムの改良と評価, 情報処理学会 第163回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 2015年5月15日. はまづる(石川県七尾市).

中屋隆, 渋沢進, Kinect センサを用いた嚙下体操支援システム, 情報処理学

会 第162回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 2015年3月13日, お茶の水女子大学(東京都文京区). 鎌田和樹, 渋沢進, 深度画像センサを用いた拮抗体操支援システム, 電子情報通信学会第76回福祉情報工学研究会, 2014年12月11日, 産総研臨海副都心センター(東京都江東区).

Toshiya Watanabe, Naohiro Ohtsuka, Susumu Shibusawa, Masaru Kamada, and Tatsuhiro Yonekura, Design of lower limb chair exercise support system with depth sensor, The 11th IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing, 2014年12月11日, Bali (Indonesia). Toshiya Watanabe, Naohiro Ohtsuka, Susumu Shibusawa, Masaru Kamada, and Tatsuhiro Yonekura, Motion detection and evaluation of chair exercise support system with depth image sensor, International Workshop on Future Trends in Computing System Technologies and Applications, 2014年12月11日, Bali (Indonesia).

須藤翔太, 渋沢進, 赤外線画像認識のテーブルトップシステムにおけるマルチユーザジェスチャの評価, 情報処理学会第157回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会 2014年3月14日, 明治大学(東京都中野区).

小玉駿, 須藤翔太, 渋沢進, デジタルサイネージに向けた情報を正対表示させ歩行者を引き付けるシステム, 情報処理学会第157回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 2014年3月13日, 明治大学(東京都中野区).

大塚直洋, 渋沢進, 深度センサを用いた下肢の椅子体操支援システムの開発, 電子情報通信学会第72回福祉情報工学研究会 2014年3月7日, 筑波技術大学(茨城県つくば市).

Shota Suto and Susumu Shibusawa, A tabletop system using infrared image recognition for multi-user identification, INTERACT 2013, Cape Town (South Africa).

Toshiya Watanabe, Chao Liu, and Susumu Shibusawa, A walkthrough system to display video corresponding to the viewer's face orientation, International Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition, 2013年7月23日, Las Vegas (USA).

黒澤瞬, 渋沢進, 深度センサによる高齢者見守りシステム, 電子情報通信学会マ

ルチメディア・仮想環境基礎研究会，
2013年3月11日，福岡工業大学(福岡
県福岡市)。

Chao Liu, Toshiya Watanabe, Susumu
Shibusawa, and Tatsuhiro Yonekura, A
remote view system to allow real-time
walkthrough, IEEE ICPADS Workshop on
Distributed Communication Network
System, 2012年12月19日，Singapore
(Singapore)。

須藤翔太，渋沢進，赤外線画像認識によ
りユーザ位置を別するテブルトップシ
ステム，HCG シンポジウム 2012，2012年
12月11日，くまもと森都心プラザ(熊
本県熊本市)。

渡邊俊哉，渋沢進，人の視界を表示する
ウォークスルーシステム，HCG シンポジ
ウム 2012，2012年12月10日，くまも
と森都心プラザ(熊本県熊本市)。

渡邊俊哉，渋沢進，人の位置と顔方向を
用いて視界を再現する映像システム，第
11回情報科学技術フォーラム FIT2012，
2012年9月4日，法政大学(東京小金井
市)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渋沢 進 (SHIBUSAWA SUSUMU)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号：20110398

(2) 研究分担者

米倉 達広 (YONEKURA TATSUHIRO)

茨城大学・工学部・教授

研究者番号：70240372

(3) 研究分担者

大野 博 (OHNO HIROSHI)

茨城大学・工学部・助教

研究者番号：90250985

(4) 研究協力者

無し