

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12806

研究課題名（和文）全方位画像と装着センサ群利用で一人称・三人称の状況可視化と状態検知する遠隔見守り

研究課題名（英文）Remote monitoring to visualize situations by a first- and third-person perspective and detect situations using omnidirectional images and wearable sensors

研究代表者

城間 直司（Shiroma, Naoji）

茨城大学・理工学研究科（工学野）・准教授

研究者番号：90312826

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、安心安全な行動や外出支援のための遠隔からの見守りの実現を目指した。お互いに負荷の少ない全方位の一人称視点による視覚共有手法の実現、見守られる人の状況を俯瞰的に可視化して直感的に把握する手法の実現、そして、見守られる人の状態の自動検知手法の実現を本研究の目的とした。見守られる人の見ている事柄を共感できる全方位一人称視点による視覚共有手法、見守られる人の状況を俯瞰的に可視化する三人称視点画像生成手法、見守られる人の状態の自動検知手法を開発した。開発したシステムにより、目的とする安心安全な行動や外出支援のための遠隔見守りが可能なことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

遠隔からの見守りに必要な構成要素である、見守られる人の見ている事柄を共有して共感できること、見守られる人の状況を俯瞰的に把握可能であること、そして、見守られる人の状態を自動で検知可能であることを開発したシステムにより明らかにした。本研究は、災害対応での救助者の作業支援機器へ応用でき、要救助者探索の迅速化、効率化が図れ、要救助者のみならず救助者の安全性を高められる。現在のコロナ禍のように対面で会えない場合でも視覚共有の負担なしに家族や友人と一緒に外出した共同外出感が得られる屋外散策支援機器として使用でき、創造性があり福祉機器分野への貢献も期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study we aimed to realise remote monitoring to support safe and secure activities and outings. The objectives are realization of a visual sharing method based on an omnidirectional first-person perspective that is less burdensome to each other, a method that visualizes the situation of the person being watched from a third-person perspective and intuitively grasps it, and a method for automatically detecting the condition of the person being watched over. A visual sharing method based on an omnidirectional first-person perspective that allows you to empathize with what the person being watched is seeing, a third-person viewpoint image generation method that visualizes the situation of the person being watched from a third-person perspective, a method for automatically detecting the condition of the person being watched were developed. It is confirmed that it is possible to realise remote monitoring to support safe and secure activities and outing by the developed system.

研究分野：ロボット工学、コンピュータビジョン、制御工学

キーワード：視覚共有 画像安定化 全方位画像 状況推定 遠隔見守り

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

超高齢化社会における認知症の人の徘徊への対処、児童の安心安全な通学の見守りが社会問題となっている。コンピュータやセンサ等の小型化に伴いスマートフォンやウェアラブルカメラなどが普及し、こうしたウェアラブルデバイスを利用した作業支援の研究が行われており、その利用により問題解決が期待できる。見守られる人が保持するスマートフォン等のカメラ映像は遠隔地の様子を得るのに有効な手段であるが、カメラの動きによるブレやカメラ酔いの影響により映像の内容をはっきり認識できない、あるいは、カメラ映像を見ることがストレスとなって長時間の観測が難しいという問題がある。そして、手持ちカメラの場合、見守られる人の狭い範囲の部分しか撮影できない。更に見守りをする人が、見守られる人の保持するカメラ映像を常に観察するのは困難である。安心安全な行動や外出支援のための遠隔からの見守りの実現には、これらの問題解決が重要である。昨今のコロナ禍においては、遠隔からの見守りは、対面ではない人との新しいつながり方のひとつとなり、その早期の実現が期待される。

### 2. 研究の目的

本研究では、安心安全な行動や外出支援のための遠隔からの見守りの実現を目指す。見守られる人の見ている事柄を共有して共感できるために、共感には同じ目線に立つことが重要でありお互いに負荷の少ない全方位の一人称視点による視覚共有手法の実現、そばにいて観察しているような状況把握を目指し見守られる人の状況を俯瞰的に可視化して直感的に把握する手法の実現、そして、見守りをする人が、カメラの映像を常に観察するのは困難であるので見守られる人の状況の自動検知手法の実現、これらを本研究の目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、遠隔見守りに必要な構成要素毎に以下のサブテーマに分けて明らかにする。

(a) 見守られる人の見ている事柄を共感できる全方位一人称視点による視覚共有手法の開発

(a-1) 全方位画像を取得する複数カメラシステムの開発：全方位を取得できるカメラを頭部の左右に一つずつ配置し、頭部周囲の全方位の画像を取得可能なシステムを開発する。装着のし易さも考慮しヘルメットにカメラを設置する。

(a-2) 全方位安定化画像による一人称視点による視覚共有手法の開発：製作したカメラシステムからの複数のカメラ画像を統合することで、見守る人の視線を全方位で自由に変更可能にする。複数のカメラ画像は、球面への複数カメラ画像の投影により統合を図る。姿勢センサによりカメラの姿勢を計測し、それをもとにカメラが揺れてもその影響を抑えた画像安定化を行う。見守る人は、操作画面上でマウス操作やヘッドマウントディスプレイ（HMD）の動きにより視線変更を可能とする。

(b) 見守られる人の状況を俯瞰的に可視化する三人称視点画像生成手法の開発

当初は申請者実現の過去画像を利用した三人称視点画像生成手法により状況の可視化を考えていたが、より実用化に近く有用性が高いと考えて、対象者が移動しても三人称視点画像が得られるようにカメラを配置し、なおかつその三人称視点画像を Web 配信する構成で実現を図った。

(b-1) 見守られる人の自己位置姿勢推定手法の開発：2 台の 3 次元 LiDAR を使用して、SLAM により自己位置姿勢推定を実現する。それと同時に移動環境の 3 次元点群地図を作成する。

(b-2) 見守られる人の姿勢推定手法の開発：対象者の移動を阻害しないよう内界センサを用いて対象者の姿勢・状況を推定する手法を開発する。センサを着脱する機会が増える可能性を考慮して、より少数のセンサでの実現を目指す。

(b-3) 見守られる人を三人称視点から見る画像生成手法の開発：対象者の上部から対象者を見る位置に全方位カメラを配置し、対象者が移動しても常に同じような三人称視点画像が得られるようにする。また、対象者の体が死角となっている場所があるため、対象者の胸部に広角カメラを搭載し、見守る人が死角なく全方位が確認できるようにする。

(c) 見守られる人の状態の自動検知手法の開発

見守りをする人が、カメラの映像を常に観察するのは困難である。見守られる人の状態の自動検知手法を機械学習により開発し、状態の検知が可能なことを明らかにする。立位、臥位、座位、行動中という 4 つの状況について推定を行う。ルールベースで条件を設定し分類する方法と機械学習により分類を行う方法について検証する。

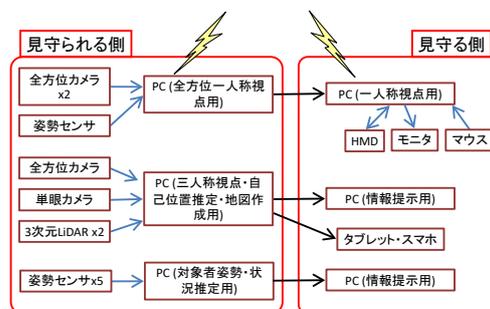


図 1 システム構成

### 4. 研究成果

本研究のシステム構成を図 1 に示す。見守られる側と見守る側から構成される。見守られる側

と見守る側の PC 間では、無線通信によりデータを送受信する。一人称視点用 PC に接続している姿勢センサは見守られる人の頭部姿勢を計測し、2 台の全方位カメラとともに全方位画像を取得する複数カメラシステム（全方位カメラシステム）の構成要素として搭載される。見守られる人の一人称視点情報は全方位カメラシステムの2台の全方位カメラにより得て、見守る側へと送信される。見守る側の一人称視点用 PC では、2 台の全方位カメラ画像を処理して一人称視点を生成し、モニターや HMD に提示する。見守る人は、一人称視点の視線方向をマウス操作や HMD 搭載の場合には頭部の動きにより変更することができる。三人称視点・自己位置推定・地図作成用 PC では、2 台の3次元 LiDAR を用いて自己位置推定や地図作成を行う。それらの自己位置推定結果は、見守る側にてグラフィカルに表示される。三人称視点を提供する単眼カメラや全方位カメラの映像は、Web 配信をして見守る側で確認することができる。対象者姿勢・状況推定用 PC では、5 台の姿勢センサを用いて、対象者の姿勢と状況を推定する。推定した姿勢の様子はグラフィカルに表示される。状況は立位、臥位、座位、行動中という4つの状況について推定を行い、推定された状況はテキストにより表示される。

(a) 見守られる人の見ている事柄を共感できる全方位一人称視点による視覚共有手法の開発

(a-1) 全方位画像を取得する複数カメラシステムの開発：開発した全方位画像を取得する全方位カメラシステムを図 2 に示す。図 2 左は、全方位カメラシステムを正面から見た画像であり、図 2 右は、右上方からみた画像である。複数カメラの装着のし易さを考慮してヘルメットに2つの全方位カメラを左右にひとつずつ、そして、頭部姿勢を計測する姿勢センサを前部に搭載したカメラシステムとした。そのため、左右それぞれのカメラにおいて頭部によって遮蔽される部分がでてきて、ひとつの全方位カメラでは全周囲を見渡すことができない。全方位を見渡せるように2台の全方位カメラを搭載し、見守る側の見たい視線方向に合わせて全方位カメラを切り替えた。

(a-2) 全方位安定化画像による一人称視点による視覚共有手法の開発：ひとつの全方位カメラから取得した前後のカメラ画像は、球体に張り付けられる（球面マッピング）。この全方位カメラ画像を張り付けた球体の中心より球面上のある場所を見て、その方向の任意の範囲を切り出した画像を見守る人へ提示する画像とする。全方位カメラシステムにより得られた一人称視点画像を図 3、図 4 に示す。そして、この全方位画像がマッピングされた球体をカメラシステムの姿勢と連動させて回転させることで、視覚共有のための全方位画像安定化を実現した。全方位カメラシステムを図 5 のように傾けたときの切り出し画像を図 6 に示す。画像が安定化されていることがわかる。全方位カメラ画像を張り付けた球体の中心より見る球面上の場所は、任意に移動して仮想的に視線を変化させてあたかも現場で周囲を見回している画像を得ることができる。更に、カメラシステムの姿勢情報を使用して画像を安定化させた全方位安定化画像を使用することで、全方位安定化画像を用いた仮想視線操作を実現した。全方位カメラシステムを頭部に装着する見守られる人が頭

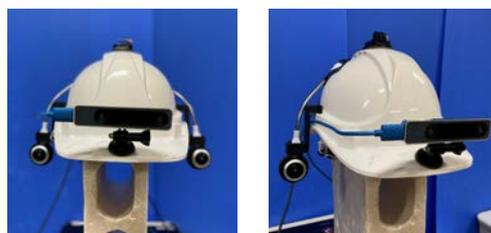


図 2 全方位カメラシステム

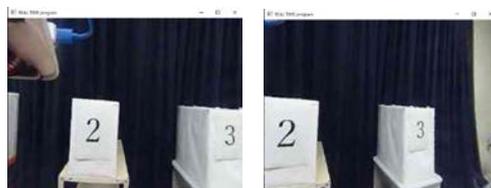


図 3 右カメラで正面（左）と右約 20 度方向（右）を見た画像



図 4 左カメラで左約 20 度方向（左）と正面（右）を見た画像



図 5 傾いたカメラシステム



図 6 カメラを傾けたときの切り出し画像。左：安定化なし、右：安定化あり。



図 7 HMD 装着の様子。光学透過型 HMD（左）、ビデオ透過型 HMD（右）。

部を回転させたとしても、画像安定化技術と左右のカメラの切り替えにより、カメラシステムの揺れを抑えて安定化された頭部による遮蔽の影響がない一人称視点画像を見守る人に示すことが可能となった。視線操作はマウス操作で行うことが可能である。また、HMDを装着して視覚共有する場合は、見守る人の頭部の動きに合わせて視線を変更することも可能であり、見守る人の見ている状況により近い感覚で一人称視点の感覚が得られる。装着して周囲を見回すことができるHMDを装着している様子を図7に示す。

(b) 見守られる人の状況を俯瞰的に可視化する三人称視点画像生成手法の開発

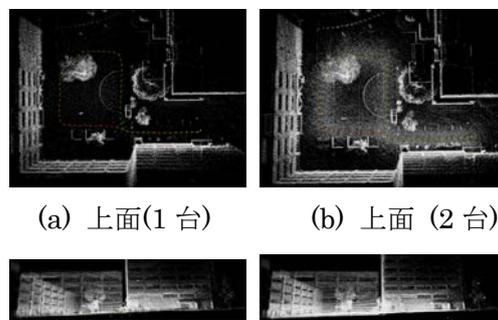
(b-1) 見守られる人の自己位置姿勢推定手法の開発：本研究では、周囲情報を取得するカメラやLiDARなどの複数のセンサやセンサ情報処理やデータ送信を行うPCを使用する。見守られる人に容易に装着することができ、また見守られる人の移動する場合にも対処できることを考慮し、現状では、センサやPCにはある程度の大きさがあるため、自己位置推定と周囲環境地図作成、および、見守られる人と周囲画像を提供するシステムをまとめ、それを装着することにした。本情報取得システムの外観を図8に示す。



(a) 正面 (b) 背面

図8 情報取得システムの外観

本システムでは、2台の3次元LiDARから得られる点群データを点群データ統合パッケージにより統合して使用する。開発した情報取得システムを使用した地図作成実験、自己位置推定実験を実施した。3次元LiDARが1台の場合と2台の場合のSLAMにより得られた環境地図と環境地図内の自己位置推定結果を上面および正面から見た様子を図9に示す。図中の緑や赤の点が自己位置推定結果である。自己位置推定の破綻を起こすことなく環境地図の生成を行うことができた。3次元LiDARが1台の場合と比べて3次元LiDARが2台の場合の生成地図の点群データ量が多くなった。実験結果より自己位置推定が行えて、また、3次元の周囲環境の地図を生成できているのがわかる。



(a) 上面(1台) (b) 上面(2台)

(c) 正面(1台) (d) 正面(2台)

図9 中庭でのSLAMの結果

(b-2) 見守られる人の姿勢推定手法の開発：対象者の移動を阻害しない見守りシステムのために、身体に取り付けることのできる内界センサを用いて対象者の姿勢・状況を推定する手法を開発した。センサを着脱する機会が増える可能性を考慮して、より少数のセンサでの実現を目指した。胴体、上腕、前腕、大腿、脛といった各部位にセンサを取り付けてそれらのデータから姿勢の推定を行い、可視化した。

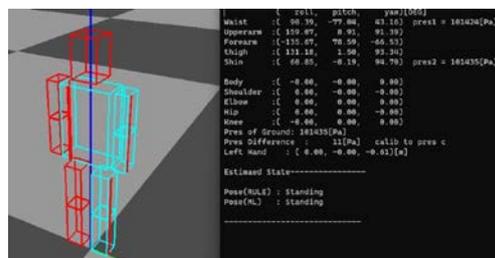


図10 姿勢のグラフィカルな表示とセンサ情報や状況表示画面

姿勢推定を行い作成したモデルを表示する画面と、各種取得データや推定した状況を表示する画面を図10に示す。左側の赤と水色の線で表されたモデルが、対象者の姿勢をグラフィカルに表示するものであり、対象者から取得した姿勢に対応して動作する。水色の線で表される部位が本研究でセンサを装着して推定する部位であるが、その中に描かれる赤い線は部位の回転の視認性を高めるために表示している。右側には、各種センサから取得したデータとそれらにより推定した状況を表示している。上から各センサが取得した実際のデータ、それらにより計算される相対角度、足元の気圧、2つのセンサの気圧差、左手の手先位置、それぞれの手法で推定した状況を示している。

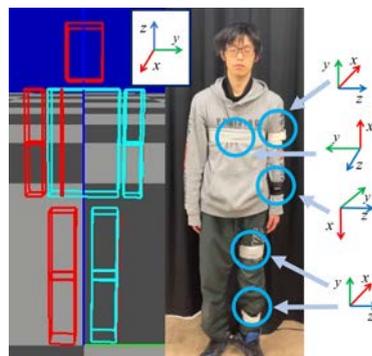


図11 センサの配置

本研究においてのセンサの配置と人型モデル表示の対応について図11に示す。腰、左脛に気圧も計測可能なBWT901BCLを、左上腕、左前腕、左大腿にBWT901CLをバンドにより取付けている。右側に示す座標軸にしたがってセンサを配置した。モデルの世界座標系は中央に示す座標軸によって示される。左側のモデルの水色にな

っている部分が、各センサに対応して動作する。

実際に取得したデータを用いて提案システムによる姿勢推定の有効性を検証した。図 12 に腕を上げる動作を示す。内界センサのみのデータから姿勢の計測ができることがわかった。また、それらの姿勢の可視化が行えた。

(b-3) 見守られる人を三人称視点から見る画像生成手法の開発：見守られる人の広範囲の移動を妨げずにその実時間の様子を三人称視点から得るために、背負子に全方位カメラを設置して確認できるようにした。また、見守られる人の体によって死角となる左前方の情報取得のために胸部に広角カメラを固定した。これによって、見守られる人の様子のみならず、見守られる人の周囲の様子を把握できるようにした。

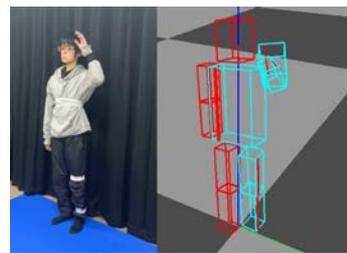


図 12 腕を曲げる動作

本システムで用いるカメラ画像提示手法の動作実験を行った。図 13 にエレベータのボタンを押す様子の見守られる側 PC が取得したカメラ画像と見守る側 PC に提示されたカメラ画像を示す。見守られる人の装着するシステムにより取得したカメラ画像を、カメラ画像提示手法によって見守る側 PC に提示することができた。

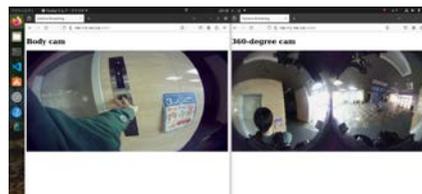
(c) 見守られる人の状態の自動検知手法の開発

(b-2)と同様なセンサ構成、センサ配置により対象者の状況推定を行う。対象者の状況推定は、ルールベースおよび機械学習による状況推定の二種類の手法を開発した。分類する状況として立位、臥位、座位、行動中の4つを考える。



(a) 見守られる側 PC

実際に取得したデータを用いて提案システムによる状況推定の有効性を検証した。予め4つの分類のデータを取得し保存する。保存したデータで状況推定を行う。各手法の状況推定の結果を時系列で示したグラフを図 14 に示す。図 14 では、座位、行動中、臥位、座位、行動中の順番で動作を行った。ルールベースが青、機械学習がオレンジで示している。図 14 より、ほぼすべての場合において想定した状況の推定を行うことができていた。内界センサのみのデータから2種類の手法による立位、臥位、座位、行動中という4つの状況の推定ができた。また、それらの姿勢・状況の可視化が行えた。現在、リアルタイムの状況推定はルールベースの場合のみである。機械学習の場合のリアルタイムの状況推定は今後の課題である。



(b) 見守る側 PC

図 13 エレベータのボタンを押しているときの様子

#### システムの検証実験

全方位一人称画像提供システム、三人称視点・自己位置推定・地図作成システム、対象者姿勢・状況推定システムを同時に動かしてシステムを検証した。システムを装着した人を図 15 に示す。見守る側の様子を図 7 に示す。見守る人は装着した HMD に表示された画像により見守られる人周囲の画像を一人称視点のように見ることができ、首振りにより周囲を直感的に見まわせる。また、モニタ等での確認もできる。検証実験の結果、開発したシステムにより、各手法実現できたことを確認した。複数のシステムから構成されていて複雑なため安定した動作が難しいこともあり、その解決は今後の課題である。

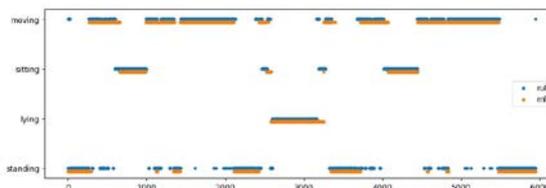


図 14 状況推定の推移

本研究では、安心安全な行動や外出支援のための遠隔からの見守りの実現を目指した。全方位の一人称視点による視覚共有手法、見守られる人の状況を俯瞰的に可視化して直感的に把握する手法、そして、見守られる人の状況の自動検知手法を実現した。本研究は、災害対応での救助者の作業支援機器へ応用でき、要救助者探索の迅速化、効率化が図れ、要救助者のみならず救助者の安全性を高められる。現在のコロナ禍のように対面で会えない場合でも視覚共有の負担なしに家族や友人と一緒に外出した共同外出感が得られる屋外散策支援機器として使用でき、創造性があり福祉機器分野への貢献も期待できる。



図 15 システムを装着した人

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高山 周人, 城間 直司
2. 発表標題 全方位画像による視覚共有システムのための初期位置推定手法の開発
3. 学会等名 第24回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会S12023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 秋山零、城間直司
2. 発表標題 内界センサを用いた立位・臥位の状況の推定手法の開発
3. 学会等名 第40回 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土田 哲平, 城間 直司, 大山 英明
2. 発表標題 全方位画像の安定化と視覚共有に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会 2021年茨城講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野 剛, 城間 直司
2. 発表標題 環境地図統合と環境探査システムに関する研究
3. 学会等名 日本機械学会 2021年茨城講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鄭 聖超, 城間 直司
2. 発表標題 3次元カメラを用いた豚の体型情報推定のための複数視点からの点群取得手法に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会 2021年茨城講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鴨志田 浩大, 城間 直司
2. 発表標題 ドローンによる三人称視点をを用いた移動ロボットの遠隔操作システムの開発
3. 学会等名 令和3年度(第29回)電気学会東京支部茨城支所研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大田 尚登, 城間 直司
2. 発表標題 光学シースルーHMDを使用した直感的移動指示システムの開発
3. 学会等名 令和3年度(第29回)電気学会東京支部茨城支所研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	高山 周人  (Takayama ShutoShuto)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	岩田 悠  (Iwata Haruka)		
研究協力者	菅野 悠希  (Kanno Yuuki)		
研究協力者	秋山 零  (Akiyama Rei)		
研究協力者	菅野 航平  (Kanno Kouhei)		
研究協力者	土田 哲平  (Tsuchida Teppei)		
研究協力者	安井 開斗  (Yasui Kaito)		
研究協力者	平野 剛  (Hirano Gou)		
研究協力者	大田 尚登  (Oota Naoto)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	鴨志田 浩大  (Kamoshida Koudai)		
研究協力者	鄭 聖超  (ZHENG SHENGCHAO)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関