

温度センサを用いた姿勢推定

和賀 祥平[†] 大塚 真吾[†]

[†] 神奈川工科大学 情報工学科 〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野 1030

E-mail: [†]s1321149@cce.kanagawa-it.ac.jp, ^{††}otsuka@ic.kanagawa-it.ac.jp

あらまし 少子高齢化社会に入った日本において、独居老人が増加しており孤独死のリスクが高まっている。そのため、離れて暮らす家族などが遠隔から高齢者を見守るという試みが行われている。しかし、これらのシステムではプライバシーの問題や居住者の状況をリアルタイムで確認することが難しいなどの課題がある。そこで、本研究では温度センサを用いることで高齢者の姿勢を判断し、異常状態を検出する手法の提案を行う。

キーワード センサ処理, 遠隔システム, 高齢者見守り

1. はじめに

近年、我が国は少子高齢化社会へと突入している。平成 27 年度の内閣府の発表では、日本の総人口は平成 26 年 10 月時点で 1 億 2,708 万人であり、4 年連続で減少している。65 歳以上の高齢者人口は過去最高の 3,300 万人となり、総人口に占める割合も 26.0 % と過去最高となった [1]。また、独居高齢者も増加しており所謂「孤独死」が社会問題となりつつある。独居高齢者の増加により、訪問介護やデイサービスなどの在宅介護への需要が高まっているが、労働環境などに課題を抱えているため、それらの労働者が不足しているのが現状である。

離れて暮らす高齢者の安否確認の方法として、高齢者の見守りシステムというものが提案されている。見守りとは高齢者などが安全な状態にあるかを確認することである。見守りシステムは大きく分けると、人によるものと ICT(情報通信技術)を用いるものの 2 つに分類することができる。人によるものとしては、地域のボランティアなどが、定期的に訪問することで安否を確認するもの [2]、宅配や郵便に訪れる人が異変を察知した場合連絡してもらうもの [3] などがある。ICT を利用するものは見守り部屋と呼ばれる。見守り部屋は対象者が機器の操作を必要とするものとしなないものがあり、必要とするものとしては定期的に健康状態等を通告するボタンを押させるものや緊急通報用のボタンをさせる物がある [4]。また、テレビ電話等で家族と定期的に会話を行うことで、高齢者を見守るシステム等も提案されている [5]。操作を必要としなないものとしては電気やガスの使用状況から異常を検知するもの、センサにより移動を検知するものなどがある。上記に述べた例では、人の訪問や機器の操作などが確認の手段となっているため、リアルタイムで情報を取得することは難しい。また、機器の操作を必要とするため、機械の不具合や対象者の操作ミスなどにより間違った情報が取得されている可能性も考えられる。

我々は測域センサや赤外線アレイセンサなどを用いて、見守り対象者のプライバシーを配慮しつつ、対象者の状況をリアルタイムで確認することが可能な見守り部屋の構築を目指しており、赤外線アレイセンサを用いて見守り対象者の姿勢(座っている・立っている・倒れているなど)を推定する手法の提案を行った

が、姿勢の判定率に改善の余地があった [6]。そこで、本研究では見守り対象者の状態推定の精度を上げるために新たな手法の提案とその検証を行う。

2. 既存サービスと関連研究

本研究に関連すると思われる既存のサービスと関連研究について述べる。

2.1 たてやま みまもり eye

センサを利用している例として「たてやまみまもり eye」がある [7]。このサービスでは、部屋に設置した焦電センサより対象者の動きを検知するシステムとなっており、検知した情報はインターネットを通じていつでも見ることが可能となっている。トイレや玄関などにつけることで、1 日のトイレの回数や外出状況などが分かる。このサービスなどで利用されている焦電センサは、静止状態や動きが非常に遅い場合には検知できないといった欠点がある。

2.2 ネットミル見守りサービス

ネットミル見守りサービスは電力の使用状況から対象者の動きを検知するシステム [8] であり、使用状況からスイッチのオンオフなどを判断することができる。統計から生活リズムを推測し、長時間利用がないときなどに知らせる機能を持っている。また、同時に HEMS も導入され、電力利用状況や料金などの確認も可能である。家のどこにいるかなどの情報を得るのは難しいといった問題点が考えられる。

2.3 赤外線グリッドセンサを用いた室内位置・行動推定の粒度及び精度の検討

赤外線アレイセンサを用いた位置情報の検知についての先行研究として、赤外線グリッドセンサを用いた室内位置・行動推定の粒度及び精度の検討がある [9]。この研究では赤外線アレイセンサを用いて、姿勢の変化に伴うデータ変化についての検討を行っている。また、センサを天井と壁面に設置した場合で得られるデータの違いについても検証を行い、データの特徴が異なることも述べられている。

2.4 居住空間のスマート化に向けた高齢者見守りシステム開発の取り組み

レーザーレンジスキャナを用いた研究として、居住空間のス

表 1 Grid-EYE 性能表

電源電圧	3.3V
測定対象物の温度範囲	-201 度~100 度
温度精度	±3.0 度
検知距離	5m
消費電力	4.5mA
画素数	64(縦 8, 横 8 のマトリクス)
外部インターフェイス	I ² C
フレームレート	毎秒 10 フレーム
演算モード	移動平均なし または 2 回移動平均
温度出力分解能	0.25 度

マート化に向けた高齢者見守りシステム開発の取り組みがある [10]。この研究では、人感センサ、湿度温度センサ、ドアセンサ、レーザレンジスキャナなどを用いて見守りシステムの構築を行っている。まず、はじめにレーザレンジスキャナにより壁データを取得し、その後に得られるデータと比較する。壁データから部屋の形の画像を作成し、画像上に人の位置を表示するシステムとなっており、データは Web ページから確認可能である。しかしながら、レーザレンジスキャナだけでは、姿勢の変化などには対応することが出来ない。

その他にも、電気やガス、湯沸かしポットの使用状況から異常を検知するシステム [11] や掃除ロボットに代表される移動ロボットによる見守りシステム [12] などが提案されている。また、音声を用いた見守り [13], [14] や RFID タグを用いた見守り [15], Kinect を用いた見守り [16] などが提案されている。これらは居住者のプライバシーを保護できる点では優れているが、居住者の状況をリアルタイムに把握することが難しいため、早期の異常検知が難しいといった問題がある。また、居住者の異常を予測するためには十分なデータが蓄積されていないなどの問題もある。

我々はこれまでユーザに計測されていることを意識させずに自然な行動を物理的に測ることのできる測域センサ (レーザレンジスキャナ) を使用したユーザ非装着型エンタテインメント空間評価手法 ResBe(Remote entertainment space Behavior evaluation), 及び行動抽出の高速化の検討, 研究を進めてきた [17] [18] [19]。測域センサは暗闇にも強くプライバシーに配慮できるなど長所も多いが、レーザ光が遮断されると正確なデータが取れない、センサを設置した高さしか計測することができないなどの問題点がある。そこで、我々はこれらの問題を解決するために非接触で温度分布データを計測することのできる赤外線アレイセンサも同時に用いた独居高齢者の見守りシステムの提案を行っている。

3. 見守り部屋の構築

3.1 使用機器

この節では、見守り部屋の構築のために使用した機器について説明を行う。

3.1.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi (ラズベリーパイ) は、ラズベリーパイ財団によって英国で開発されたシングルボードコンピュータである。シングルボードコンピュータとは 1 枚のプリント基板上にコン

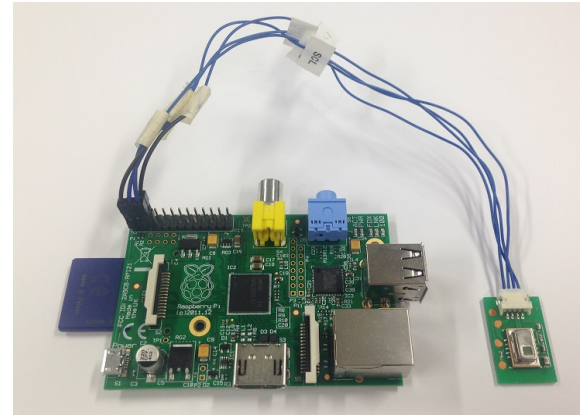


図 1 Grid-EYE と Raspberry Pi を接続

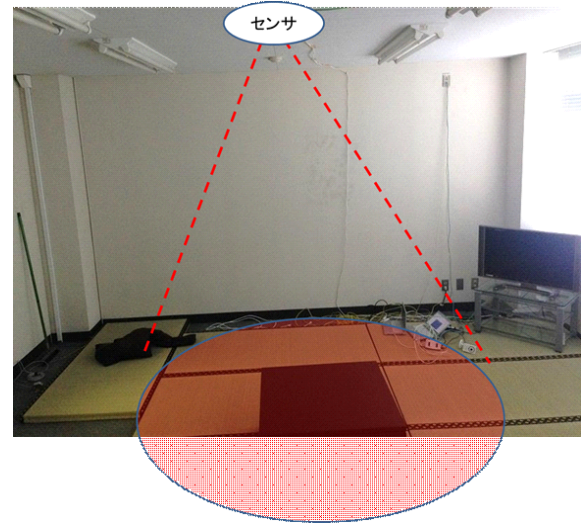


図 2 赤外線アレイセンサの設置

ピュータとして必要な機能を備えたコンピュータのことであり、組み込み用途として使われることが多い。そのため、小型であることが多く、筐体やキーボード、ディスプレイなどは備えていない。本研究では、数種類あるモデルのうち、LAN 機能や複数の USB ポートを備えている Raspberry Pi Model-B を用いた。

3.1.2 赤外線アレイセンサ (Grid-EYE)

Grid-EYE [20] とはパナソニック社が販売している赤外線アレイセンサである。赤外線センサとは、物体から発せられる赤外線を受光し、電気信号に変換することにより非接触で対象の温度を測定できるセンサのことである。アレイとは同じものを並べたという意味である。先進の MEMS (Micro Electro Mechanical Systems, 微小電気機械システム) 技術により生み出された赤外線センサであり、縦 11.6mm, 8.0mm, 高さ 4.3mm と非常に小型でありながら、8 × 8 の 64 画素で 2 次元エリア温度検知が可能で、I²C のデジタル出力も可能であり、マイコン等でも簡単に操作が行えるものとなっている。視野角は 60 度であり、検知可能距離は最大 5m であり、データ取得範囲は、設置する高さに依存する。Grid-EYE の性能を表 1 に、Raspberry Pi と接続したものを図 1 に示す。

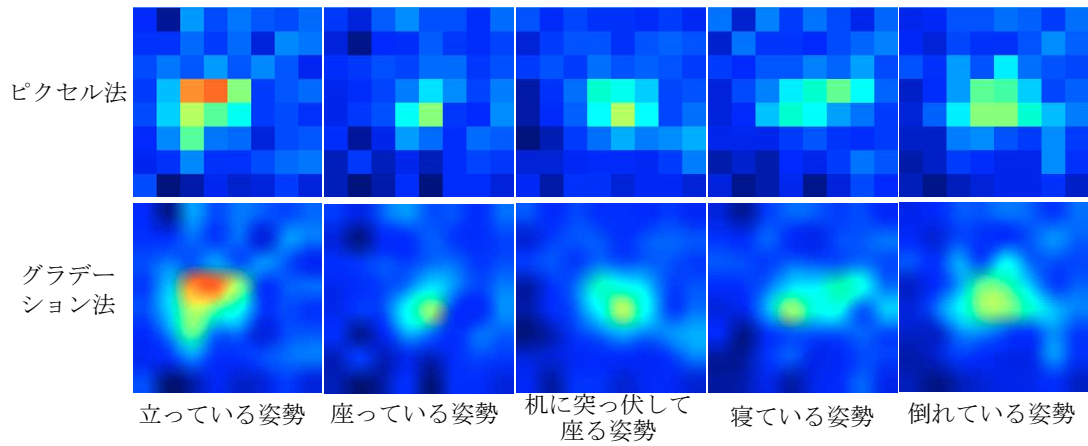


図 3 赤外線アレイセンサで取得した姿勢

3.2 実験環境

実際にデータを取得を行うために、380cm × 370cm ほどの部屋を見守り部屋として構築した。一般家庭の居間を想定し、床には畳を用意し畳の上を部屋として考える。部屋の中心にはテーブルを配置し、赤外線アレイセンサは部屋の中心の天井部分に設置した。

天井の高さは 230cm であるため、赤外線アレイセンサのデータ取得範囲は 230cm となる。図 2 で赤く塗られている部分が有効範囲となる。取得範囲が 230cm では、部屋の大きさは 380cm × 370cm なので部屋全体を覆うことはできないが、範囲外は部屋の壁近くであり、テーブルを中心とした生活を想定しているため、今回はデータ取得の問題はないと考えた。センサの最大検知距離は 5m であるため一般的な部屋であれば検知に問題は生じないと考えられる。

3.3 姿勢の推定

我々は見守り対象者の姿勢を「立っている」「座っている」「机に伏せている」「寝ている」「倒れている」の 5 つパターンに分類し、赤外線アレイセンサの温度情報をもとに姿勢の推定を行う。赤外線アレイセンサは前節で述べた通り、64 ピクセル (8 × 8 のマトリックス) であり、0.25℃毎に -20℃から 80℃までを検知することが可能である。そこで、見守り部屋において、立つ・座る・倒れるなどの動作を行い、その時に赤外線アレイセンサから取得した温度情報を記録する。赤外線アレイセンサから取得した温度情報は図 3 のピクセル法で示すように、各ピクセル毎に色によって温度を表す。色は温度が低いほど青に、高いほど赤に近づくように設定している。

これらの温度情報を画像とし、そのときの状態 (立つ・座るなど) をラベルとして、深層学習 (Deep Learning) することで分類器を作成し、未知の温度情報を入力とした時に、その時の姿勢の推定を行う。我々が以前提案した姿勢判定法では、各ピクセル毎に温度に応じて色付けを行っており、深層学習による姿勢判定の精度はある程度行うことができた。本研究では、姿勢判定の更なる精度向上を目指し、図 3 のグラデーション法に示すように、各ピクセルの色を隣接するピクセルの色を考慮して放射グラデーションで表現する手法の提案を行う。以後は、既

存研究である各ピクセルは 1 色のみで表現する手法をピクセル法、新たに提案する放射グラデーションで表現する手法をグラデーション法と呼ぶ。

4. 実験

深層学習による姿勢判定では取得した 5 つの姿勢における温度データの画像を各 50 枚ずつ合計 250 枚をトレーニングデータとし、それらとは別に各姿勢で 20 枚ずつ合計 100 枚をテストデータとした。トレーニングデータ数が不足しているため、今回はファイン・チューニングを用いて学習を行った。今回使用したデータモデルは cafenet モデルと GoogLeNet モデルの 2 つである。

4.1 姿勢判定の精度

まず、cafenet を用いた場合の 5 つ姿勢の正解率を図 4 に示す。グラフの横軸は学習回数、縦軸はテストデータ 100 枚 (5 姿勢 × 20 枚) の平均正解率を示している。既存の手法であるピクセル法は 85% 程度の正解率を得ることができたのに対して、グラデーション法は 95% 程度の正解率を得ることができた。googlenet モデルには出力層が 3 つあり、階層が浅い方から深い方へ向かって softmax1, softmax2, softmax3 としている。ピクセル法に googlenet モデルを適応した場合の正解率を図 5 に、グラデーション法の正解率を図 6 に示す。出力層によって正解率が異なるが、ピクセル法の場合は階層が深い学習の方が正解率が良く 90% 程度の正解率を得られ、グラデーション法は一部過学習の影響を受けているが、出力層に関係なく概ね 90% 程度の正解率を得ることができた。

次に、cafenet を用いた場合の倒れている姿勢だけの正解率を図 7 に示す。グラフの横軸は学習回数、縦軸はテストデータ 20 枚 (倒れている姿勢) の平均正解率を示している。既存の手法であるピクセル法は 60%-70% 程度の正解率を得ることができたのに対して、グラデーション法は 90% 程度の正解率を得ることができた。ピクセル法に googlenet モデルを適応した場合の正解率を図 8 に、グラデーション法の正解率を図 9 に示す。出力層によって正解率が異なるが、ピクセル法の場合は階層が深い学習の方が正解率が良く 80%-90% の正解率を得られ、

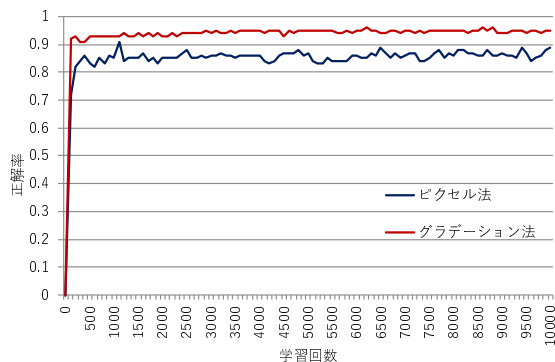


図 4 全ての姿勢の平均正解率 (cafenet モデル)

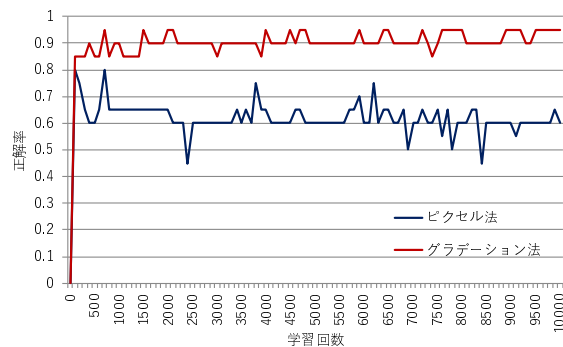


図 7 倒れている姿勢だけの平均正解率 (cafenet モデル)

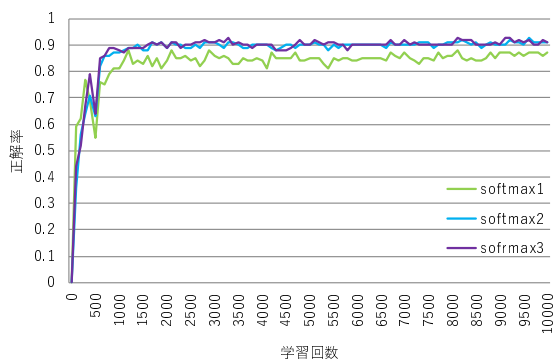


図 5 全ての姿勢の平均正解率 (googlenet モデル・ピクセル法)

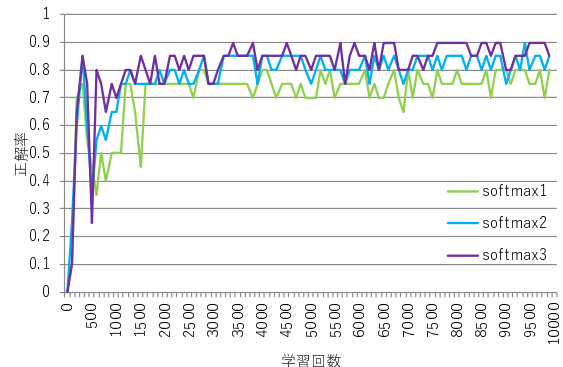


図 8 倒れている姿勢だけの平均正解率 (googlenet モデル・ピクセル法)

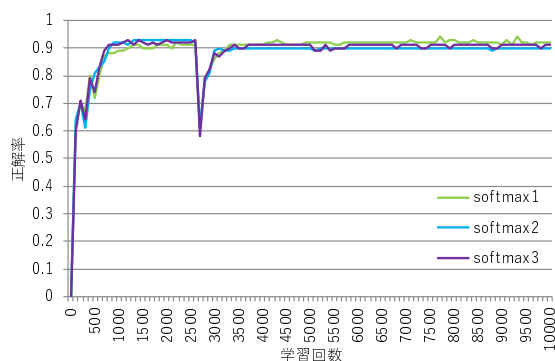


図 6 全ての姿勢の平均正解率 (googlenet モデル・グラデーション法)

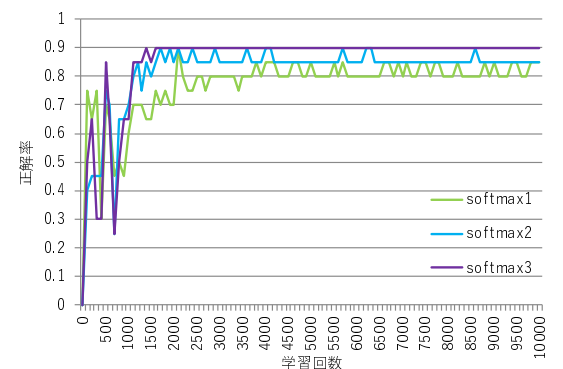


図 9 倒れている姿勢だけの平均正解率 (googlenet モデル・グラデーション法)

グラデーション法は階層が深い学習結果 (softmax3) において、概ね 90% 程度の正解率を得ることができた。

実験結果から、提案手法であるグラデーション法の正解率が常に良い結果を得ることができ、また、正解率も 90% という高い数値を得ることができた。

5. おわりに

本研究では、高齢者のプライバシーに配慮しつつ、遠隔から見守るシステムを提案するために、赤外線アレイセンサを用いて、見守り対象者の状態を把握する手法の提案を行った。実験結果より、姿勢判定の正解率は概ね 90% という高い精度を得ることができた。今後は、この実験結果をもとに、実際に高齢者を見守るシステムの構築方法について検討を行う。

文 献

- [1] 内閣府, 高齢社会白書, <http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/index-w.html>
- [2] 高齢者見守りサービス みまもり隊, <http://www.hitori-anshin.com/index.html>
- [3] 日本郵便, 郵便局のみまもりサービス, <http://www.post.japanpost.jp/lpo/mimamori/index.html>
- [4] 在宅医療サポート協会, 高齢者見守り・緊急通報・安全サービス, <http://www.hms-npo.org>
- [5] 飯島俊輔, 武川直樹, 酒造正樹, 小島卓郎, とりび: 高齢者親家族と子家族のための遠隔地間コミュニケーションシステム- 2 カ月間のユーザテストによる評価-, HCG シンポジウム 2016, B-3-2, 2016
- [6] 高木祐弥, 高橋尚弘, 大塚真吾, 温度センサを用いた高齢者の見守り, 第 8 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム

(DEIM2016), P6-1, 2016

- [7] 立山科学工業株式会社, たてやま みまもり eye, <http://www.tateyama-mimamori-eye.com/hns/index.html>
- [8] 象印マホービン株式会社, みまもりほっとライン親の元気がポットでわかる, <http://www.mimamori.net/index.html>
- [9] 岡田遼太郎, 矢入郁子, 赤外線グリッドセンサを用いた室内位置・行動推定の粒度及び精度の検討, 人工知能学会全国大会 (第 28 回), 2J1-4, 2014
- [10] 前川泰子, 中島智晴, 今西昇, 樋口由美, 居住空間のスマート化に向けた高齢者見守りシステム開発の取り組み, ヒューマンケア研究学会誌, No.5, Vol.2, pp.51- 54, 2014
- [11] 中野幸夫, 電気の使い方から独居高齢者を見守るシステム (その 1) 電気機器の使用にあわせて給電線に高調波電流を注入する方法, 電力中央研究所報告 R 研究報告 (05005), 2006
- [12] 住谷拓馬, 菅谷みどり, 家庭用移動ロボットを用いた見守りシステムの実現, 情報処理学会研究報告 (EMB), 組込みシステム 2014-EMB-33(5), 1-7, 2014
- [13] 菊池卓秀, 佐々木弘介, 山田敬三, 佐々木淳, VoIP を用いた高齢者見守りシステムにおける音声メッセージ配信機能の研究, 情報処理学会第 72 回全国大会, 2ZK-5(pp.4-643,644), 2010
- [14] 菊池卓秀, 山田敬三, 高木正則, 田中充, 佐々木淳, 小川晃子, 電話を用いた自己発信型高齢者見守りシステムにおける再確認アルゴリズムの研究, FIT2011(第 10 回情報科学技術フォーラム), K-078(pp.895-896(第 3 分冊)), 2011
- [15] 田中仁, 山内靖, ユビキタスセンサによる独居高齢者見守りシステム, 日本機械学会論文誌 (C 編), Vol.75, No.760, pp.116-124), 2009
- [16] 岩澤雄太, 川澄正史, 小山裕徳, 独居高齢者見守りシステムに用いる行動モデルの提案, FIT2013(第 12 回情報科学技術フォーラム), K-058(pp.687-688(第 3 分冊)), 2013
- [17] 岩楯翔仁, 藤村航, 三角甫, 小坂崇之, 白井暁彦, 奥行き画像センサを用いた展示空間の物理評価, 第 16 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 22D-1, 2011
- [18] 佐藤充, 石松俊文, 川田翔土, 岩楯翔仁, 白井暁彦, 大塚真吾, Hadoop を用いた赤外線測域センサデータ処理, DEIM Forum 2013, P2-2, 2013
- [19] 佐藤充, 白井暁彦, 大塚真吾, 測域センサデータの可視化, HCG シンポジウム 2013, I-1-6, 2013
- [20] パナソニック, 赤外線アレイセンサ Grid-EYE, <http://www3.panasonic.biz/ac/j/control/sensor/infrared/grid-eye/index.jsp>
- [21] 小田淳志, 山中義太郎, 東條直人, 寺崎肇, 高齢者見守りシステムの開発, FIT2007(第 6 回情報科学技術フォーラム), K-029(pp.579-580), 2007