

認知症高齢者の生活支援のための マルチモーダル環境センシング基盤の構築

桐山伸也^{†1} 青木渉^{†2} 安間泰登^{†2} 田中とも江^{†3} 船橋美沙子^{†3}

概要：認知症ケアの達人が入所者一人ひとりの望む生活を支援するケアを実践している介護施設と長年協業し、認知症高齢者の生活支援ケアの蓄積を進めている。この介護施設に複数の物理センサー群を設置し、共住空間の状況を常時センシング可能な環境を導入した。日常生活のケア場面における環境の状態像をマルチモーダルに捉え、居住空間の状態変化に関する達人の気づきを可視化し、達人が行う環境への働きかけの意味を説明できるセンシング基盤を設計、構築した。

キーワード：マルチモーダル、状況理解、認知症ケア、生活支援、環境センシング

Multimodal Environment Sensing for Supporting Daily Lives of Elderly Dementia People

SHINYA KIRIYAMA^{†1} WATARU AOKI^{†2} TAITO AMMA^{†2}
TOMOE TANAKA^{†3} MISAKO FUNABASHI^{†3}

1. はじめに

近年日本では、高齢化社会が社会問題となっており、高齢者の割合が増えることによって、社会全体において加齢による認知症になる人も増えてきている。認知症とは「一旦正常に発達した認知機能が後天的な脳の障害によって持続的に低下し、日常生活や社会生活に支障をきたすようになった状態」と定義されている。物忘れや理解度の低下といった中核症状に対して、認知症の方の性格や人間関係も含めた周りの環境によって、徘徊、不安などの周辺症状が現れる。このような認知症のメカニズムを図 1 に示す。

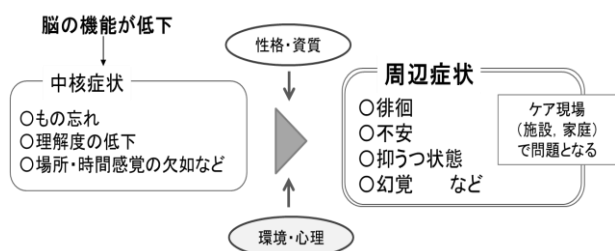


図 1：認知症のメカニズム

認知症高齢者の多様な個性や背景環境に対応したケアには、対象である高齢者そのものの理解と高齢者が現在置かれている環境をどう感じているのかを理解することが重要となる。徘徊や幻覚、暴力といった行動・心理症状が見

られ対応に苦慮する認知症ケア施設が多くある一方で、症状がほとんど見られないケア施設も存在する。そのようなケア施設では、認知症の人の生活の質を向上させるケア技法や生活環境デザインの実践を通して、認知症のある方の想いを尊重し、一人ひとりが望む暮らしを実現している[1][2]。

このような認知症本人家族の視点を重視した施設においても、ケアや生活デザインに関する知識や技術はスタッフごとに異なる。窓の開閉や部屋の明るさの調整といった生活環境を整えることに関しては、タイミングや頻度をマニュアル化することはできても、その調整が必要な理由を共有できなければ実践は困難である。生活環境デザインの意義や効果が理解できていないスタッフは、行うべき環境整備に注意を向けることが困難である。単に指摘を受けただけでは自分自身を振り返る手掛かりに乏しく、次から何をどのように気をつければよいかが分からないため、改善につなげることは難しい。また、食事や移動の介助など施設利用者本人に直接関わるケアに比べて、生活環境を整えるケアはそもそも意識する機会が少ないのが現状で、生活環境デザインスキルの伝承も課題の一つである。

このような見地から本研究では、認知症ケア施設において主観的な認知症ケアスキルの中でも特に意識がされづらい生活環境デザインに着目し、現場のデータのセンシングを通してスタッフそれぞれがどのような生活デザインをどのような意図で行ったかなどのスキルやノウハウの表出化を行い、生活環境デザイン知を蓄積していくことを目的とする。蓄積した生活環境デザイン知は、現場のスタッフとの議論を通して洗練し、介護従事者らの学びの場に提供して、関

^{†1} 静岡大学大学院情報学領域

College of Informatics, Academic Institute, Shizuoka University

^{†2} 静岡大学大学院総合科学技術研究科

Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

^{†3} ケアホーム西大井こうほうえん

Care Home Nishiooi Kouhouen

係者全員のスキルアップに繋げる。

2. 高齢者の生活に寄り添う認知症ケア施設とマルチモーダル生活センシング

2.1 「その人らしい暮らし」を支える認知症ケア現場

本研究では、研究を進めていくにあたり東京都品川区にある介護付高齢者住宅施設「ケアホーム西大井こうほうえん」と共同研究を行っている。この施設では、高齢者一人ひとりがその人らしい暮らしが送れるように、高齢者やその家族から希望の生活を把握し質の高いケアや生活デザインを提供している[3][4]。

田中とも江施設長は、こうほうえんは施設ではなく高齢者の「家」という認識の下、スタッフは高齢者の家にお邪魔をさせてもらい、より暮らしやすい生活をサポートしていく立場と位置づけている。田中施設長は、本人に直接関わるケアだけでなく高齢者の立場となって多彩な施設の生活環境デザインや高齢者の一日の生活の流れの想定したケアを行っている。この理念はスタッフにも伝えられており、空間やケアの工夫によって、高齢者が生き生きと自立した生活を送っている。その一例として、一般的に口腔ケアは洗面台で行われるが、高齢者が日光を浴びるのが好きなことを把握し、洗面台ではなく日差しが当たる居室内で口腔ケアを行う事や生活共同室という利用者同士で交流が行える場所において、他の方と会話や読書を楽しめるよう車椅子を誘導すると行った実践例が発掘されている。実際の高齢者の個性に沿ったケアや生活環境デザインの様子を図2に示す。



図 2：個性に沿ったケアや生活環境デザイン

しかしながら本施設においても生活環境整備に関わるスタッフ間のスキル差が大きい。本研究では、田中施設長をはじめとした生活環境デザインの「達人」が勤務する本施設において、エキスパートのスキルやノウハウを表出化し、スタッフ全員の学びの促進に繋げていく。

2.2 マルチモーダル生活環境センシング

こうほうえんにおける生活環境デザインのスキルやノウハウを表出化していく上で本研究では、マルチモーダル生活環境センシングプラットフォームを設計導入する。物理センサーを活用して、ケア施設から環境に関するデータを取得、そのデータをマルチモーダルに分析し、生活環境デザインのスキルやノウハウを表出化する。

筆者らが掲げるマルチモーダルとは、複数種類のデータをただ組み合わせるだけの横の広がりだけでなく、一つのデータに対して複数の解釈付けを行うことで深さ方向への広がりもあり、より詳細な状況理解を目指している。マルチモーダルに関する説明図を図3に示す。

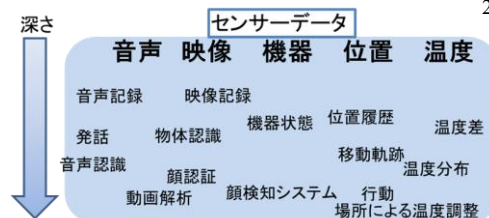


図 3：マルチモーダルの説明

3. センシング基盤の設計と実装

3.1 センサーデータの収集から意味づけまで行える基盤

本研究で開発するセンシング基盤は以下の図4を一通り行えるように設計を行う。

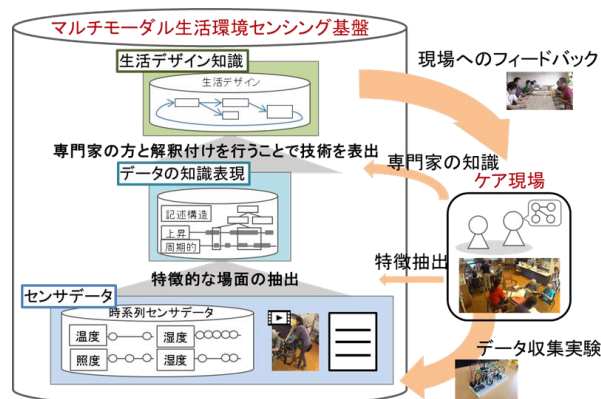


図 4：センシング基盤の流れ

まず現場からデータを収集するためのセンサーシステムの開発を行う。このセンサーシステムは現場から生活環境データをセンシングするために、常時設置可能でデータを蓄積できる形で導入を行う。扱うデータは温度湿度をはじめとした生活に関わる環境データを扱っていく。次に得られたセンサーシステムに対して特徴的な場面の抽出を行い、その特徴を記述データとして保持しておくための分析システムの開発を行う。特徴を抽出した後は、専門家たちとの議論を通して、データへの解釈付けを行い先ほどの分析システムへ蓄積が行えるようにする。

3.2 システムの構成

前節のセンシング基盤の流れに合わせてセンシング基盤内のシステムを二種類に分けて話を進めていく。センサーデータを集約するセンサーシステムとセンサーデータから気づきを蓄積する分析可視化システムの二種類に分けて構成を述べる。

3.2.1 センサーシステムの構成

センサーシステムは、常時設置可能でデータの取得間隔の調整などが必要なことから、既存のセンサーを内蔵した温度計などの一般的な商品ではなく、センサーモジュールなどをマイコンと組み込んで自由にプログラミングが行え

るシステムを開発する方が望ましい。そこでマイコンに近いものとしてセンサーなども扱え GUI 上で操作も行きやすいシングルボードコンピュータ「Raspberry Pi」を採用した。Raspberry Pi は安価に入手できる IoT 機器としても有名であり、センシング基盤を今後様々な施設で活用することを想定すると量産の面でも向いている。センサーモジュールは Raspberry Pi に対応した i2c(Inter-Integrated Circuit) に対応したセンサーを選定する。

センサーの種類は、温度湿度照度の三種類の環境センサーに加えカメラモジュールの採用を行った。温度湿度を選定した理由として筆者らはこれまで住空間における高齢者の体感状況推測に関する研究を行い[5]、温度や湿度が高齢者の体感に与える影響に関して分析を行ってきており、高齢者施設において温度湿度は重要な要素となると考えたため選定を行った。照度に関しては、こうほうえんの田中施設長との生活デザインに関する議論においてカーテン開閉による光の加減など生活における上で重要な要素となりうると考えたため選定を行った。カメラモジュールは、映像での状況確認に役立つと考え採用を行った。実際にシステムに採用したハードウェアを以下の表 1 に示す。

表 1：センサーシステムに採用したハードウェア

製品名	用途
Raspberry Pi 3 Model B	シングルボードコンピュータ
Adafruit Si7021 Temperature & Humidity Sensor Breakout Board	温度湿度センサー
VCNL4010 Proximity/Light sensor	照度センサー
Raspberry Pi Camera V2	カメラモジュール

3.2.2 分析可視化システムの構成

分析可視化システムは、筆者らがこれまで進めてきた分析ツールを元に開発を行う。この分析ツールは、Web ブラウザで OS に依存せずに利用できる Web アプリケーションツールとして開発されており、多種多様な WebAPI を用いることで可視化やデータ処理など拡張性が高い。

3.3 環境情報を集約するセンサーシステム

センサーシステムでは、施設内の環境データを集約するために Raspberry Pi とセンサーの接続およびセンサーを動かすプログラムの設計を行った。プログラムは python で記載をしており、環境センサーは約 10 秒間隔置きにデータを取得し、カメラは常時起動し動画の撮影を行う。取得したデータは、外部記憶媒体に保存されデータの交換も容易にできるようになっている。実際のセンサーシステムを図 5 に示す。

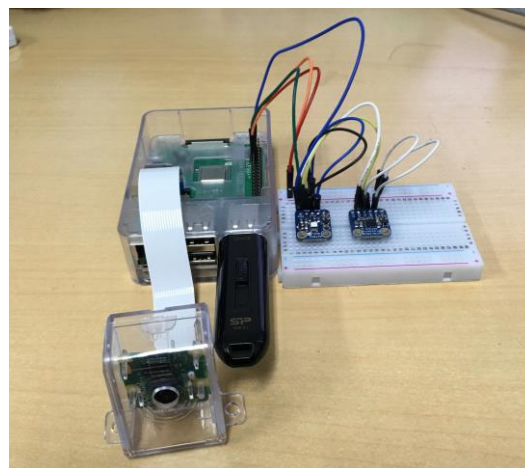


図 5：センサーシステム

3.4 センサーデータから気づきを蓄積する Web アプリケーションツール

Web アプリケーションツールでは、実験で収集した事例の各種センサーデータや映像を手軽に可視化し、データに対して状況記述が行える環境を目指す。状況記述は状況理解の度合いによって三段階に分けて記述を行う。第一段階には特徴抽出を行う。特徴抽出では、グラフや映像などに対して、分析者が特徴的だと感じた部分に対してラベル付けを行う。第二段階では、状況予測を行う。状況予測では、特徴抽出の段階で抽出した場面においてなぜその様な変化があったかを推測を行う。第三段階では、状況解釈を行う。状況解釈では、特徴抽出の段階で抽出した場面に対して状況の推定と変化の原因を明確にする。これらの状況理解の度合いの説明を図 6 に示す。

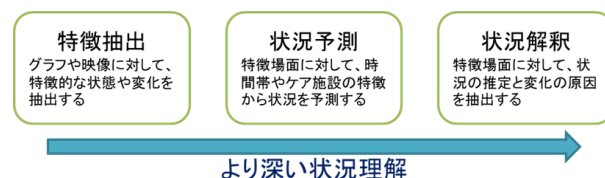


図 6：状況理解の度合い

Web アプリケーションツールの設計に関して Web アプリケーションツールに必要な機能・インタフェースを以下の様に定めた。

- ① 日ごとにセンサーデータの可視化を行い、一日の環境の流れを追う事ができること
- ② 可視化されたセンサーデータに対して区間を指定してラベル付けが行えること（特徴抽出）
- ③ 場所や日による違いを可視化できること
- ④ 動画ファイルの読み込み・再生、センサーデータとのリンクが行えること

これらの設計方針に基づき、Web アプリケーションツ

ルの開発を行った。実際のツール画面を図 7 に示す。

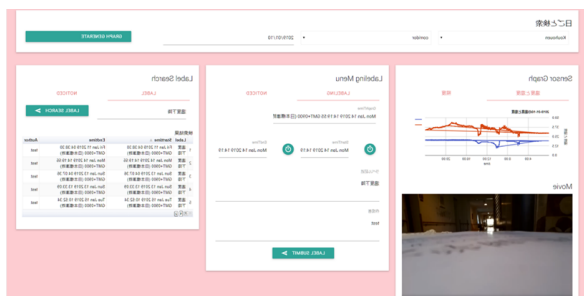


図 7：分析可視化ツールの画面

日ごとと検索メニューから場所と日付を入力することで、Sensor Graph メニュー内にグラフを可視化することができる。グラフを見て特徴的な場面に対してラベル付けを行いたい際は、グラフをクリックすることで Labeling Menu のラベル時間に反映され、ラベルの内容を記述することでデータベースへの保存が可能である。保存したラベルは Label Search メニューからラベル内容で検索することができる。検索結果は表で表示され、どの日にちにどのラベルが付いているかを確認することができる。

4. センシング基盤を活用した実環境データの分析と分析結果の評価

4.1 こうほうえんにおける生活環境データの収録

こうほうえんにおいてケア施設の状況理解やスタッフが行っている生活環境デザインの表出を行うために開発したセンサーシステムを使ったセンサー実験の実施を行った。

実験概要

- 実験目的
ケア施設の環境状況理解やスタッフが行っている生活環境デザインの表出を行う。
- 実験場所
東京都品川区西大井 2 丁目 5-2 1 ケアホーム西大井こうほうえん
- 実験内容
こうほうえんに開発したセンサーシステムを常設させてもらい普段の施設内の環境データを収集する。
- 実験日
2018 年 11 月 27 日～2019 年 01 月 10 日から約 41 日間
- 設置場所
二階共同室と二階廊下
- センシング内容
 - ・ 温度
機器：Adafruit Si7021 Temperature & Humidity Sensor

Breakout Board

センシング間隔：10s

- ・ 湿度
機器：Adafruit Si7021 Temperature & Humidity Sensor Breakout Board

センシング間隔：10s

- ・ 照度
機器：VCNL4010 Proximity/Light sensor

センシング間隔：10s

- ・ 映像
機器：Raspberry Pi Camera V2

4.2 センサーデータへのラベリングによる環境データの特徴抽出

実験で取得したデータに対して開発した分析可視化ツールを用いて、施設内の環境データの特徴抽出を行う。特徴抽出は筆者らが考える状況記述の第一段階であり、データにおいて特徴的な変化をしている場面を可視化されたグラフから主観的に探す。この主観的なラベルが蓄積されていく事で今後のセンシング基盤の機能である自動ラベリングの際のどのような値をラベリングしたいかの参考にもなる。今回の分析では、温度湿度に対してグラフの一時的な変化に着目して「上昇」、「下降」、「凸型」、「凹型」、「その他」の五つのラベルを環境データに付与を行った。照度に関しては、常に滑らかな変化を続けているデータであり、人の出入りなどの影響を受けやすいため大きな変化があった場合にのみ着目し、「急上昇」、「急下降」、「その他」の三つのラベルを環境データに付与を行った。48 日間の共同室と廊下の環境データに関してラベリングした結果を以下の表 2 に示す。

表 2：環境データの特徴抽出ラベリングの結果

ラベル	共同室の個数	廊下の個数
温度上昇	2	5
温度下降	4	3
温度凸型	3	0
温度凹型	5	12
温度その他	1	0
湿度上昇	8	7
湿度下降	9	7
湿度凸型	90	18
湿度凹型	13	24
湿度その他	1	0
照度急上昇	35	13
照度急下降	29	30
照度その他	0	0

4.3 ラベリングデータを活用したこうほうえんの環境状況理解

ラベリングされたデータに対して、その時に何が起きていたかを推測を行う事やカメラモジュールや現場のスタッフとの議論を通して状況解釈を可能な限り行った。

- 温度凹型と湿度凸型が重なる場面

温度凹型と湿度凸型が重なる場面があり、その場面に関して、映像を確認してみると人が部屋から出てくる場面であった。この場面に関して施設長にインタビューをしてみると外気が入ってくる部屋の扉を開けて換気を行った可能性があることが分かった。実際に温度と湿度が逆行している場面を図 8 に示す。

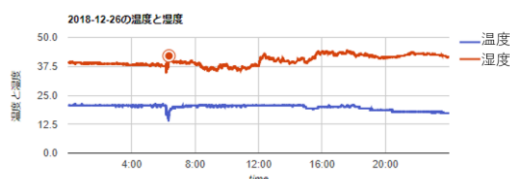


図 8：温度と湿度が逆行する場面

- 湿度凸型

共同室の湿度凸型のラベリング数が他のラベリング数に比べて多く、ラベルデータを観てみると、多くが 8 時、12 時、18 時のいずれかの時間帯のラベルであった。この時間帯の映像を確認してみると多くが共同室に高齢者やスタッフが集まり食事をしているシーンであった。このことから人が多く集まることによって湿度の上昇が施設内の共同室で起きているのではないかと考えられる。実際のグラフを図 9 に示す。

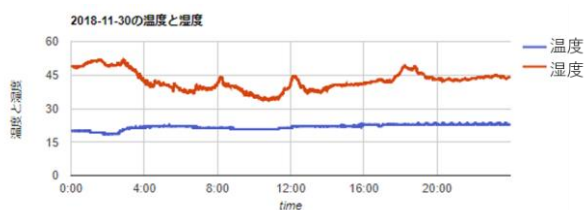


図 9：湿度が食事時に上昇するグラフ

- 照度急上昇と急降下

照度の急上昇と急降下の変化の多くは、同じ時間帯によるものが多かった。急上昇は 5 時ぐらいであり、急下降は 20 時ぐらいであった。施設の共同室や廊下の付近では、午前五時頃から高齢者が集まり始め、午後 20 時ぐらいでそれぞれの部屋へ戻っていく。そのためこれはそれに合わせてスタッフが共同室や廊下の明るさを調整している可能性がある。照度の急激な変化を図 10 に示す。

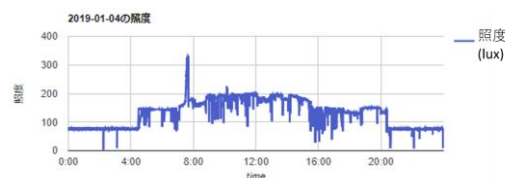


図 10：照度の急激な変化

- 温度その他

温度に関して、設定したラベル以外にも生活環境デザインに関わる要素があったため、その他としてラベリングを行った。瞬間的な場面の变化だけでなく、一日の流れとして温度を見ると共同室の温度において基本的に 23℃から 18℃以内の適切な室温に保たれていることが分かった。

- 湿度その他

温度と同じく湿度においても瞬間的な場面の变化だけでなく、一日の流れとして湿度を捉えると共同室の湿度において 12 月下旬ごろから湿度が 40%を下回る日が多くなっていることが分かった。湿度が 40%を下回るとインフルエンザを始めとした感染症の罹患に注意が必要になる。実際の湿度の例を図 11 に示す。

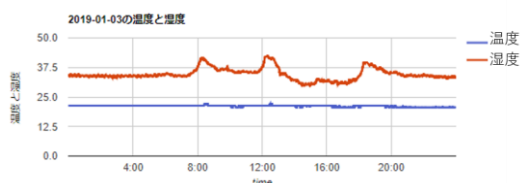


図 11：湿度が 40%を下回っている日

4.4 センシング基盤の考察

今回のセンシング基盤の開発とそれを使った分析を通して、マルチモーダル生活環境センシングによって介護施設こうほうえんの環境状況を可視化し、センサーデータを使って換気など生活環境デザインの一部の可視化をすることができた。しかし今後も膨大に増えていくセンサーデータを考慮すると、自動ラベリングやセンサーデータやラベルデータを組み合わせた柔軟な検索機能が必要であることも分かった。

今後はより詳細な状況理解を行う上で今回の手動ラベルを元に取り出したい特徴の自動抽出を行う自動ラベリング機能の検討やより柔軟なラベル付け機能の検討を行っていく。

5. おわりに

本稿では、その人らしい暮らしを支援する認知症ケア現場における生活デザイン技術のスキルやノウハウの形式知化に向けて、マルチモーダル生活環境センシング基盤を構築し施設内での環境データの取得からそのデータへの意味

づけまで行える環境の構築を行った。設計したセンサーシステムを可視化分析ツールで分析することによって、介護施設における環境状態の変化を表出し、その変化の中でスタッフそれぞれが行っている生活環境デザインの一部の可視化を行った。

今後は今回得られたマルチモーダル生活環境センシング基盤の改良案を元に開発を行っていき、スキルの異なるより詳細な生活デザイン技術の創出に繋げていく。

謝辞 現場でのデータ収集に多大な御協力をいただいた、ケアホーム西大井こうほうえんスタッフの皆様、並びに御入居者の皆様に深謝する。

参考文献

- [1] 田美和子, イブ・ジネスト, ロゼット・マレスコッティ. ユマニチュード入門. 医学書院, 2014..
- [2] 真嶋由貴恵, “看護技術のスキル学習とノウハウ集約における映像活用,” 映像情報メディア学会誌 Vol66 No8 pp. 645-649, 2012.
- [3] 小庄 麻由美, 田中 とも江 “ “個別ケア”のもと排泄ケア : 快適で尊厳あるケアの実践例” 日本看護協会出版会 14(8), pp 30-33, 2012-07
- [4] “社会福祉法人「こうほうえん」で実践する DCM” 日本看護協会出版会コミュニティケア 13(1), pp 58-61, 2011-01
- [5] 池谷 謙吾,小川 慧,神谷 直輝,柴田 健一,石川 翔吾,桐山 伸也,竹林 洋一インドアコモンセンスに基づく高齢者のマルチモーダル体感情報理解” “ 研究報告音声言語情報処理 (SLP) 2013-SLP-95(16), 1-6, 2013-01-25
- [6] 川崎進也, “認知症情報学の深化に向けたマルチモーダルセンシング基盤に関する研究,” 静岡大学修士論文 2016