

生活支援ケア向上のためのマルチモーダル心身環境センシング に基づく認知症高齢者の状態像理解

徳元敦^{†1} 小俣敦士^{†1} 石川翔吾^{†1} 桐山伸也^{†1}

認知症高齢者に対して質の高いケアを提供するためには、当事者の心的状態や、温度や気圧など当事者の取り巻く環境の要因を同時に考慮することが求められる。筆者らは、介護施設に環境データを計測する物理センサーを複数設置して、居住空間の環境状態や日常生活のケアにおける環境調整の意図を明確にする研究を進めてきた。本研究では、環境状態の変化と被介護者の心身状態をセンシングできるデータ収録環境を整備し、介護現場で収集したデータを心身と環境に着目した構造化知識表現によって解釈するデータ分析環境を構築した。データ分析の実践により、ケア時の被介護者の反応と気圧の関係性や室温と夜間頻尿の関係性を客観的に捉え、生活支援ケア知創出に繋がる仮説を複数生成した。現場へのフィードバックにより、獲得した知見がスタッフのケアスキル向上に活用できる見通しを得た。

キーワード：マルチモーダル、心身環境センシング、生活支援、状態像理解、認知症ケア

State Understanding of Elderly People with Dementia Based on Multimodal Sensing for Mental and Physical Features and Environmental Situations to Improve Life Assist Care

ATSUSHI TOKUMOTO^{†1} ATSUSHI OMATA^{†1} SHOGO ISHIKAWA^{†1}
SHINYA KIRIYAMA^{†1}

1. はじめに

近年日本では、高齢化が急速に進み、認知症の人が増えている。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[1]。認知症高齢者に対するケアには、本人の心身の状態像を、本人を取り巻く環境の状況と併せて理解することが重要である。認知症の精神症状の緩和には対人コミュニケーションを中心とした非薬物療法が効果的であると明らかになってきている[2]。また、認知症周辺症状（BPSD）は身体的疾患、薬剤性、環境要因などにより誘発されることがあり、精神症状は気候や気圧、温度、湿度の影響を受けると考えられている[3]。他にも、住宅において室温の低さと夜間尿回数が関連していることが検証されており、寒冷な住宅は温暖な住宅に比べて1.49倍夜間頻尿になりやすいことが示されている[4]。このような知見をフル活用し、高齢者一人ひとりに合わせた環境デザインやコミュニケーションが症状緩和に有効と筆者らは考えている。

これまで筆者らは、認知症ケアエビデンスの創出・蓄積を進めてきた。ケアインタラクションにおける認知症のある人本人の心的・身体的状態を情報学的に表現することで、

ケアスキルが適切に認知症のある人本人に活用されているかを評価してきた[5]。また、介護施設に生活環境（温度・湿度・照度）を計測するセンサーを設置し、生活支援ケア場面の映像データと紐付けた詳細分析により、一人ひとりのスタッフのケアスキルを表出化し、生活環境デザイン知を蓄積してきた[6]。

しかし、前述したように質の高い認知症ケアを提供するには直接的なコミュニケーションだけでなく、環境を含めた場面状況全体を考慮することが求められる。現状の医療介護現場でも、被介護者の心身状態と環境要因が必ずしも客観化されていないという課題がある。この見地から本研究では、温度や湿度、明るさなどの環境状態の変化と心身状態の関係性を明らかにして、個性を理解した生活を支援するケアを提案できる仕組みを開発する。介護施設の環境状態と被介護者の心身状態に着目し、認知症高齢者の状態像理解を促す知識表現を設計する。これまで明らかにされていなかった心身状態と環境要因の関係性を捉えてケアを客観的に評価し、スタッフのケアスキル向上に活用する方策を検討する。

^{†1} 静岡大学
Shizuoka University

2. マルチモーダル心身環境センシング基盤

2.1 知識構造設計のためのセンシング基盤

筆者らは、種々の現場での実践知やノウハウを表出化する取り組みを行ってきた。認知症ケアにおけるインタラクションの表現を行う知識構造設計のためのセンシング基盤の構築により、認知症ケアを介護者の行動だけでなく、被介護者の反応も考慮し評価する仕組みを開発した[5]。また、就学前児童を対象に対人コミュニケーションスキルの獲得を主眼とした集団でのリトミック活動場面において、熟練指導者のスキルの特徴を表現できる知識構造を設計開発し、指導者本人が無意識に行っている介入行動を表出化する研究も進めてきた[7]。筆者らは、現場の暗黙知を形式化するための構造化知識表現を基軸とするマルチモーダル行動センシングプラットフォームを長年に亘って研究開発してきた。本研究ではこの基盤の元で、生活支援ケア向上に繋がる被介護者の環境要因と心身状態を表現する知識構造設計のためのセンシングデータ分析環境を構築する。

2.2 マルチモーダル心身環境センシング基盤の設計

心身状態と環境データを同時に分析して関係性を客観的に示すことができる、マルチモーダル心身環境センシング基盤を構築する。現場で収集したデータの特徴抽出を行ってそのデータの解釈付けまでを一貫して行えるところが特徴である。設計したセンシング基盤を図1に示す。

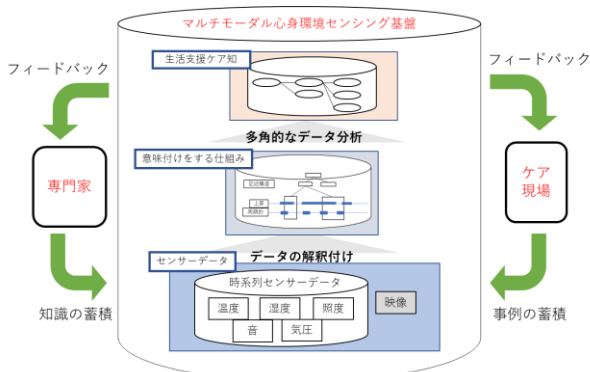


図1: マルチモーダル心身環境センシング基盤

介護施設のケア事例をカメラで撮影した映像、施設利用者の一日の行動が記載された個人記録、物理センサー群による介護施設の環境データを「センサーデータ」として取得する。データに解釈を与え、知識構造表現により「意味付けをする仕組み」を備える点が特徴である。種々の知識表現を駆使した多角的なデータ分析により、現場で役に立つ「生活支援ケア知」を創出する。左側のサイクルでは、表現されたケア事例をもとに、専門家と協力して知識を蓄積、知を深めるサイクルとなっている。右側のサイクルでは、表現された事例の分析結果を現場へフィードバックすることで、ケアの状況理解や現場の学びを促進するサイクルとなっている。この両サイクルを回しながら、認知症ケアの高度化を目指す。

3. 生活支援ケア知創出データ分析環境の構築

2章のセンシング基盤に合わせて構築する生活支援ケア知創出のためのデータ分析環境の全体図を図2に示す。

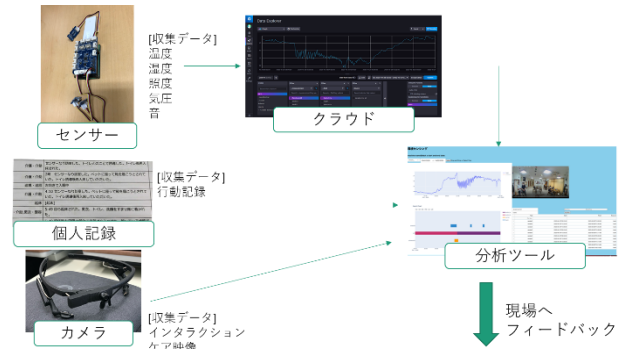


図2: 構築環境の全体図

まず、介護現場で環境データ、個人記録、映像事例を収集する。ケアインタラクション場面を記録するためにスタッフが装着する一人称カメラの映像と、利用者が日中多くの時間を過ごす施設内共同スペースの俯瞰映像の2種類を収録する。環境データと俯瞰映像は24時間常時記録する。次に、心身と環境の状態を表現する知識構造を用いて、分析ツールにより収集データにアノテーション(注釈)を付与する。注釈データを手掛かりに特徴的な場面を抽出して詳細分析し、生活支援ケア知の候補(仮説)を生成する。獲得されたケア知仮説を現場にフィードバックし、スタッフとの議論や振り返り学習等を通してケアスキル向上に繋がるエビデンス創出を試みる。以下、実際に構築した知識構造、センシングシステム、分析ツールについて述べる。

3.1 環境要因と被介護者の状態を表現する知識構造の設計

生活支援ケア知創出のため、心身と環境の状態を表現する知識構造を表1のように設計した。

表1: 環境と心身状態を表現する構造

| 項目 | | ラベル名 |
|----|-------------------|-------------------|
| 状態 | ケアに対する応答 | 同意, 拒否 |
| | 尿意 | あり, なし |
| 環境 | 温度, 湿度, 照度, 気圧, 音 | 上昇, 下降 |
| | | 低い, 高い |
| 場所 | 位置 | 定位置, それ以外, 二階, 三階 |

事前検討を基にプロトタイプの位置づけで設計し、心身状態は環境と被介護者の状態に関係の深い「ケアに対する応答」、「尿意」で構成した[3][4]。ケアに対する応答には「同意, 拒否」、尿意には「あり, なし」で情報を付与できるようになっている。環境は「温度, 湿度, 照度, 気圧, 音」で構成する。また、同じ場所に関しての環境の変化には「上昇, 下降」で、二階と三階の温度などのように、別の場所

に関しての環境の違いには「低い、高い」で情報を付与できるようにになっている。場所は被介護者がどこでケアを受けているかを表す「位置」で構成し、何階の部屋のどこに座っているかを示す「定位置、それ以外、二階、三階」で情報を付与できるようにになっている。

3.2 センシングシステムの開発

3.1 節で述べた知識表現に基づくデータ分析を行うため、介護施設における環境データ、利用者の心身データを収集・蓄積するセンシングシステムを開発した。

3.2.1 環境データセンシングシステム

まず、環境データを収集する物理センサーについて述べる。センサーは、現場に常時設置可能でデータの取得間隔の調整が自由に行えることから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できるものが望ましいと考え、シングルボードコンピュータの「Raspberry pi4」を採用した。収集する環境データは、被介護者の心身状況に影響を与える「温度、湿度、照度、気圧、音」の5種類とする。また、取得したデータを、ネットワークを介してデータベースに蓄積するために通信機能を搭載したUSBを使用する。そして、環境データを蓄積、管理するデータベースにはオープンソースの「influxDB cloud 2.0」を採用する。これは時系列データの蓄積と可視化に適しており、複数のセンサーを管理することができる。また、センサー毎に指定したセンサーデータをリアルタイムで可視化することができるため、センサーにトラブルがあった際に即時に対応できる。

3.2.2 心身データセンシングシステム

次に、心身データの収集方法について述べる。ケア場面の詳細解析に資する映像収録のため、眼鏡型デバイスを使用する。これにより介護者の視点からケアを撮影することができる。被介護者の様子や反応がより近い距離で撮影することができる。また、介護の前後のやり取りや全体像を捉えることで分析の幅が広がると考え、施設の生活エリアを俯瞰的に撮影するデバイスも導入する。

3.2.1 節と 3.2.2 節を組み合わせることで実際に開発したセンシングシステムの構成を表 2 に示す。

表 2 : センシングシステム構成

| 製品名 | 用途 |
|----------------------------|-------------------|
| Raspberry Pi 4 Model B | シングルボードコンピュータ |
| GrovePi+ | 各種センサー使用のための拡張ボード |
| Grove-BME680 搭載温湿度気圧ガスセンサー | 温度、湿度、気圧データを取得 |
| Grove-光センサー | 照度データを取得 |
| Grove-音センサー | 音量データを取得 |
| GH-UDG-MCLTEC-WH | ネットワークを介してデータ収集 |
| influxDB cloud 2.0 | データベース |
| Pupil Labs | 一人称ケア映像撮影 |
| IO DATA TS-WRFE | 俯瞰映像撮影 |

3.3 構造化知識表現設計分析ツール

収集したデータを用いて設計した知識構造を表現するため、本研究室で開発された Web アプリケーションツールを用いて分析を行う。ここでは、収集した環境データの可視化、特徴抽出に対するラベリング機能でデータの意味付けを行う。実際に使用したツールを図 3 に示す。

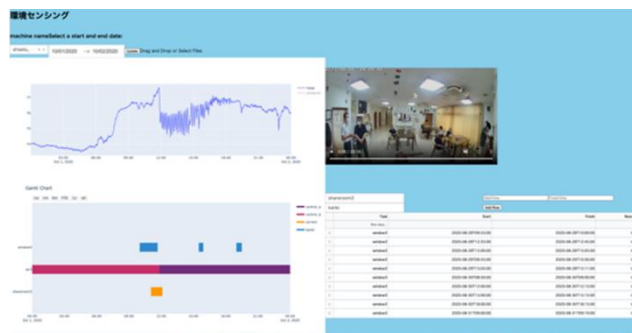


図 3 : Web アプリベースの知識構造表現分析ツール

このツールでは日付、施設に設置したセンサーに登録した名前と表示したいデータを選択することで、選択した範囲のデータのグラフを表示できる。これは、データのマルチモーダルな捉え方として、時間軸のスケールを変えてデータを捉える考えに基づいている。また、複数のセンサーデータを同時に表示することが可能なため、複数の観点からの分析が可能となる。グラフの特徴的な変化には 3.1 節で設計した知識構造を用いてラベル付けを行い、ラベルを登録することができる。

4. データ収集・分析の実践

4.1 介護施設における検証実験

前章で構築したシステムを用いて、被介護者の心身状態と環境データを収集・分析して生活支援ケア知の仮説を生成する実験を実施した。実験協力施設は、愛の家グループホーム浜松富塚である。愛の家は、認知症の人へ少人数を

単位とした共同同居の形態でケアを提供している施設である。二階と三階がグループホームとなっており、軽度の認知症高齢者が居住している。またフロアによって居住者の症状に違いがあるのも特徴である。内訳として、スタッフは約 20 名で入居者は 18 名である。実験概要を下記にまとめる。

●実験場所

静岡県浜松市中区富塚町 628-1 愛雄の家グループホーム浜松

●実験内容

施設内の環境データの収集とケア場面の撮影

●実験日

2020 年 9 月 1 日から 2020 年 11 月 30 日

●センサー設置場所

二階と三階の共同スペース
 二階と三階の利用者居住スペース

●収集データ

- ・温度・湿度・照度・気圧・音
- ・個人記録
- ・ケア映像

4.2 分析結果と考察

知識構造を表現するために設計したマルチモーダル心身環境センシング基盤を用いて、データに対してラベル付けをすることで分析を行った。「尿意」は個人記録から「トイレに行った」などの、トイレに関する記述があった時間にラベル付与を行った。「同意、拒否」のインタラクシオンケアに関わるラベルは、一人称ケア映像から判断した。介護者が被介護者にケアの誘導を行ったときを始まりとし、付与を行った。温度、湿度などの環境データはグラフの一時的な変化に着目して「上昇、下降」のラベル付与を行った。また、二階と三階の温度の違いや、同じ階の共同スペースと居住スペースの湿度の違いを表現したい場合などの、別の場所での環境の違いに関しては「高い、低い」のラベル付与を行った。これらを複数の観点から分析を行うことで高齢者の状態像理解を行う。

4.2.1 個人記録と環境データを組み合わせた事例

施設利用者の行動が記されている個人記録の一部を表 3 に示す。三階の居住スペースを利用している高齢者の個人記録から、表 3 の 1, 2, 4 行目に書かれてあるように、夜間にトイレに行っていることが 11 月中に 18 回記録されていた。この記録を基に「尿意あり」のラベル付与を行った。また、二階と三階の利用者居住スペースに設置したセンサーの夜間(22時から5時)の温度データを図 4 に示す。

表 3：個人記録（抜粋）

| | | |
|---------------------------|-------|--|
| 2020 年 11 月 19 日 00:49 | 介護・介助 | センサーなり訪問した。トイレとのことで誘導した。トイレ後再入床された。 |
| 2020 年 11 月 19 日 02:08 | 介護・介助 | 2 時 センサーなり訪問した。ベットに座って靴を履こうとされていた。トイレ誘導後再入床していただいた。 |
| 2020 年 11 月 19 日 04:11 | 巡視・巡回 | 左向きで入眠中 |
| 2020 年 11 月 19 日 04:20 | 介護・介助 | 4:10 センサーなり訪問した。ベットに座って靴を履こうとされていた。トイレ誘導後再入床していただいた。 |
| 2020 年 11 月 19 日 05:49 | 起床 | [起床] |

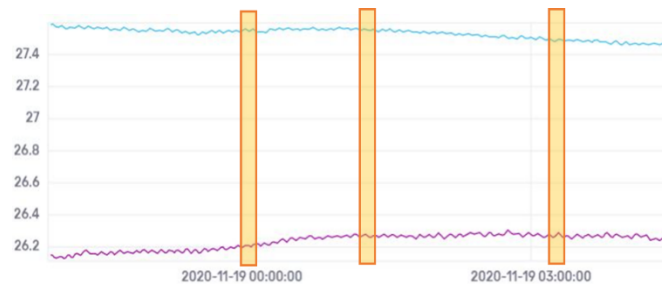


図 4：二階と三階の温度

図 4 のオレンジ色の枠で囲まれた部分が三階の利用者がトイレに行ったタイミングに「尿意あり」のラベルを付与したものである。すべてのタイミングで二階の室温を下回っていることがわかる。このように、夜間にトイレに行ったときに三階の室温が低かった日に「低い」というラベルを付与した結果、12 個であった。よって室温が低さと夜間頻尿が関係していることが考えられる。また、このことから三階の室温を上げることで利用者の夜間頻尿が改善可能ではないかという仮説を生成した。

4.2.2 インタラクシオンケアと環境データを組み合わせた事例

介護者が歯磨きをするよう誘導を行った映像事例で、10 月 3 日から 10 月 11 日のうち、歯磨きの誘導を行っている映像事例は 11 場面あった。その中で、被介護者が誘導を拒否した際に付与する「拒否」のラベルが 2 つ付与された。ここで、この期間中の二階共同スペースに設置した気圧デ

ータに、歯磨きの誘導における、「同意」と「拒否」のラベルをプロットしたデータを図 5 に示す。

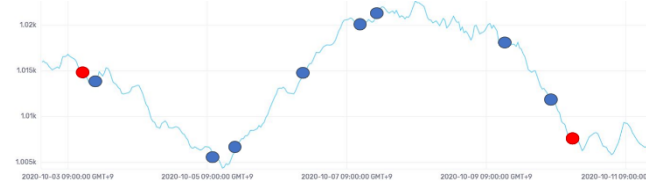


図 5：気圧データと同意の有無

図 5 の赤い丸が拒否で、青い丸が同意である。赤い丸が二つとも気圧が下がっている「下降」のタイミングで出現していることがわかる。気圧が下がると気分が下がる場合があることから、気圧が下がっていると同意を得にくいという仮説を見出した。

4.3 結果に対する考察

今回の分析環境の構築とそれを用いた分析を通して、被介護者の心身状態と環境要因を捉えて、状態像理解のためのケアの一部を客観的に評価し、生活支援ケアの質向上につながる可能性を見出した。

今回の分析で介護者が歯磨きへの誘導行為を行うとき、被介護者はいつも同じ位置に座っていたことが確認できている。位置が異なるとそれが環境要因となって利用者の態度に違いが表れる可能性があるが、今回の仮説は、その可能性を排除したものとなっている。

4.2 節の分析結果を愛の家のスタッフにフィードバックして、事例について議論したところ、誘導のケアによる同意、拒否だけでなく、薬を飲むのが苦手、体操が苦手、のように施設利用者の苦手ごとにも個性があるという新たな観点を引き出すことができた。これば、今回設計した知識構造をより多くのケアに対応できるようにアップデートするのに活用できる。現場との win-win の連携で、知識構造の精緻化とケアスキル向上のエビデンス創出を継続的に進められる見通しを得た。

5. おわりに

本稿では、認知症高齢者の生活支援ケア向上のため、環境要因と心身状態を表現する知識構造の設計とそれを表現できるマルチモーダル心身環境センシング基盤の設計を行った。センシング基盤を基に、データ収集分析環境を構築し、被介護者の心身状態と環境要因に関するケア事例を抽出し、生活支援ケア知の仮説を複数獲得できた。また、構築した環境で、同時に複数のセンサーデータを表示、分析するデータの時間幅を変える、などの複数の観点を組み合わせた分析が可能であることを実践的に確認した。今後は、分析結果を介護施設にフィードバックする学習会を開催し、現場との議論を重ねて知識構造の洗練と生活支援ケア知の蓄積を進める。

謝辞 本研究を進めるにあたり、データを提供頂いた、メ

ディカルケアサービスエリアマネージャー熱田敏之氏、大泉幸広施設長をはじめとしたグループホーム愛の家浜松富塚の皆様へ感謝致します。

参考文献

- [1] 日本神経学会, 認知症疾患治療ガイドライン 2010, 日本神経学会, 2010.
- [2] 本田美和子, イヴ・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.
- [3] 斎藤洋子, 遊座健作, 古谷田紀夫, 認知症周辺症状に気圧変動による影響が示唆されたアルツハイマー型認知症の一例, 日本認知症予防学会, 2018.
- [4] 宮崎笑里, 秋期・冬期における実測調査の基礎集計戸建住宅の室内温熱環境が夜間頻尿状態に及ぼす影響検証 (その 1), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, 2019.
- [5] 小野塚優志, 当事者本人の状態像理解を深める認知症ケアインタラクション表現モデルの構築, 情報処理学会高齢社会デザイン研究会, 2021
- [6] 徳元敦, マルチモーダル環境センシングによる認知症高齢者の生活支援ケアエビデンスの創出, 人工知能学会全国大会, 2020.
- [7] 波多野春歌, 集団リトミック指導場面のマルチモーダル介入行動分析に基づく熟練指導者の振り返り支援, 情報処理学会音楽情報科学研究会, 2020.