

「その人を知る」ためのモニタリングに向けた笑顔認識 Smile recognition for monitoring and understanding of individuals in dementia care

鎌田 一平[†] 下西 慶[‡] 近藤 一晃[‡] 大塚 智丈[§] 中村 裕一[‡]
Ippei Kamada Kei Shimonishi Kazuaki Kondo Tomotake Ohtsuka Yuichi Nakamura

1 はじめに

認知症における中核症状は進行性であり、根本的な治療は難しいとされている [1]。しかし、行動・心理状態は周囲の環境や人との関わりによる大きく依存するため、「その人に適した」環境や「その人に寄り添った」接し方ができれば、生活の質 (QOL) が向上し、また、周辺症状が軽減することが期待できる。そのためには「その人らしく」生活できるよう支援しつつ、本人の意向や希望、あるいは困ったことや不都合なことはいかに判断すること、さらに、経時的な変化を見逃さないことが重要である [2, 3, 4]。また、本人の日常的な状態や嗜好を十分に把握できていれば、中核症状の影響によって、本人による意志表示や決定が難しい場合でも、介護者がそれをで補填して、良い状態を保てる場合も多い。

このような背景から、本研究では図1に示すように、認知症患者の日常生活状態や対人的な状態を観測した映像から、本人の表情を経時的に認識し、その日の状況や経時的な変化を要約・提示するモニタリングに取り組んでいる [5]。特に、本研究ではポジティブ感情を示す表情の一つである笑顔に着目し、認知症患者の心的状態を笑顔の現れ方を用いて要約・俯瞰する。これは、認知症を患っていても、喜びの感情や嬉しい、楽しいなどのポジティブな感情が記憶として残り続けること、また、ポジティブ感情が QOL を向上させるとともに症状の進行を遅らせることから、笑顔の出現がその人の状態の良さや介護の良さの指標となることによる [6, 7]。また、ポジティブ感情が現れることが介護者にとっても介護の良い動機づけとなり、介護の向上に繋がることも重要な点としてあげられる [8]。

2 「その人を知る」ためのモニタリング

認知症ケアにおいて、その本人の視点や心理を重視し、それを尊重しながらケアを実践する考え方として、パーソン・センタード・ケアがある [9]。本人を知るための手段の一つとなる DCM (Dementia Care Mapping) は、認知症ケア現場における観察評価手法であり、DCM の観察・分析結果を活用したケアを行うことによって、患者の焦燥感や周辺症状 (BPSD) が軽減され、QOL 評価指標の改善が得られることが、介護現場での気づきやケア技術の向上に繋がることが報告されている [10, 11]。また、表情はその重要な観察評価項目の一つとなっている。しかし、DCM は 6 時間程度の観察時間を設定し、5 分毎に患者の状態の評価を行うことが必要であり、さらに評価指標の分析やサマリの記載などフィードバックにも多くの時間を要することが指摘されている [12, 13]。

[†] 京都大学大学院情報学研究科 Graduate School of Informatics, Kyoto University

[‡] 京都大学学術情報メディアセンター Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

[§] 三豊市立西香川病院 Nishikagawa Hospital of Mitoyo City

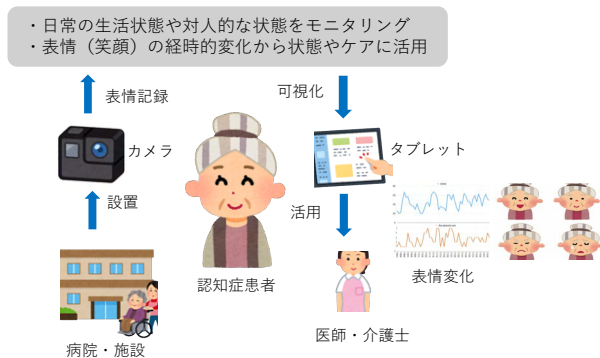


図1 認知症患者の日常生活を記録・要約し、その人にあったケアを提供するために活用する。

また、マッパーの人材育成を定期的に行っている施設は少なく、施設内外での DCM システムのサポート体制の確立が必要とされている [14]。以上のように、認知症患者の全人的な状態を記録・分析することの重要性は示されてきたが、DCM のようなケア手法を一般的な介護の場で行うことは人的コストの面から困難である。

このような問題から、AI、IoT を活用して認知症患者の日々の状態をモニタリングし、患者への理解を深め、内面を知るとともに、それらをケアに活かすことが望まれている。そのため、従来から、認知症患者の日常生活をリアルタイムにモニタリングする研究が進められている [15, 16]。例えば、BPSD を予測する手法として、患者に装着した加速度センサーから測定した活動量や睡眠状態からアパシー、不安、焦燥を評価することが試みられている [17, 18]。また、感情の表出状況から認知機能の低下の判別を行ったり、会話音声と組み合わせることによって認知症の診断支援ができる可能性も示されている [19]。

本研究では、日常生活のうち、許容される範囲で患者の状態を映像で撮影し、表情認識を基に全般的な状態や注目すべき状況を要約することを目的とする。例えば、図2のように、一日の多くを過ごす団らん・共食スペースでの状況や種々の活動 (例えば、体操や回想療法など) における本人の状態や発話の状況などを要約できれば、その人を知るための重要な情報を得ることができ。また、介護現場では介護記録により介護者間で情報共有を行っているが、上記の情報をタブレット等で共有できれば、ケア方法の検討や共有が進むことも期待できる。

このようなモニタリングで得られる典型的な情報としては、

- 患者快・不快の、活性度、それらの経時的な変化
- 自信、プライド、自己肯定感
- 嗜好、得意・不得意、大切なもの、こだわり
- 他者との関係、コミュニケーションの状態

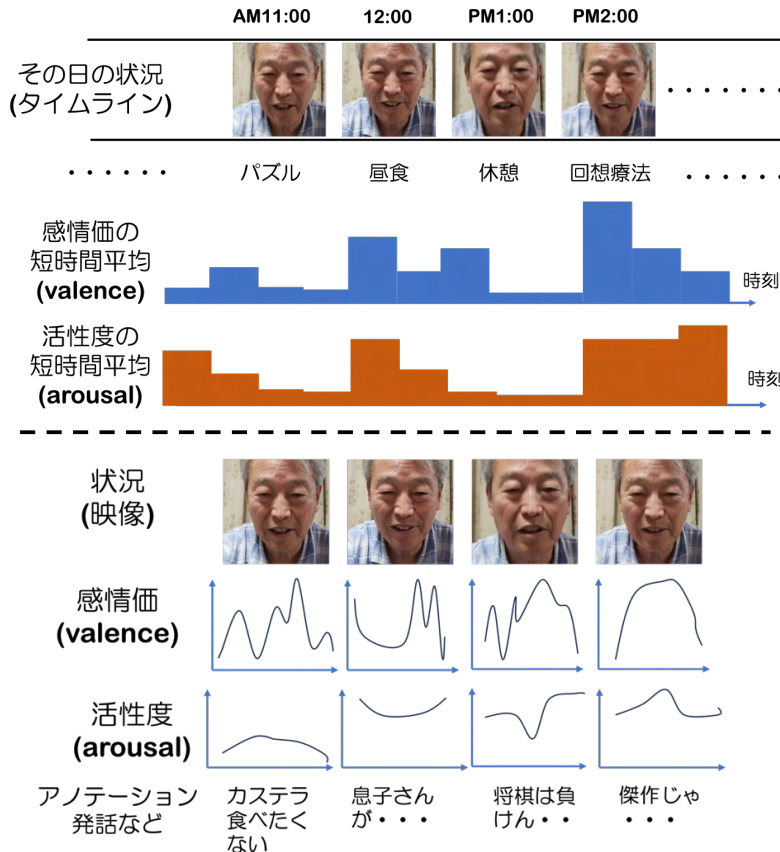


図2 「その人を知る」ためのモニタリング。団らん・共有スペースでの状況や活動における本人の状態や発話の状況要約することで情報共有やケア技法に活用が期待できる。

などがあげられ、これらを知ることは、ケアをその人に合ったものにするに繋がる。例えば、快適に過ごせる環境を整えること、ポジティブな感情が出やすい状況を作ること、好みやこだわりを配慮した活動をスケジュールすることなど、様々なことが期待できる。これまで、AI技術を活用したケアプラン作成などの実証実験がされているが[20]、業務の負担軽減や安全のためだけでなく、上記のように患者と介護者間の深い理解を支援するような技術が実現できれば、認知症患者のQOLをより良い状態に保つ手段の一つとなる。

3 モニタリングのための表情認識

3.1 日常のモニタリングと既存の表情認識の問題

日常生活において、感情が高ぶった状態は短時間であり、穏やかな気分の状態が大半を占める。そのため、表情を用いたモニタリングを行う際には、強度(intensity)の大きいはっきりとした表情だけではなく、穏やかな(低・中強度の)表情を対象とする必要がある。笑顔についても、はっきりとした笑いだけでなく、快、安心などの内部状態を表す強度の小さい笑顔を対象とする必要がある。この問題に対し、従来の表情認識システムは、はっきりとした(強度の大きい)表情の認識については良い精度を達成しているが、強度の小さい表情については十分な認識や強度推定の精度を持っていない。その例を図3に示す。左から右に向かってゆるやかに笑顔の強度が増しているにもかかわらず、既存の2つの表情認識システム[21, 22]では、滑らかな変化を表す結果が得られていない。これは、低・中強度の表情に対し、強度とし

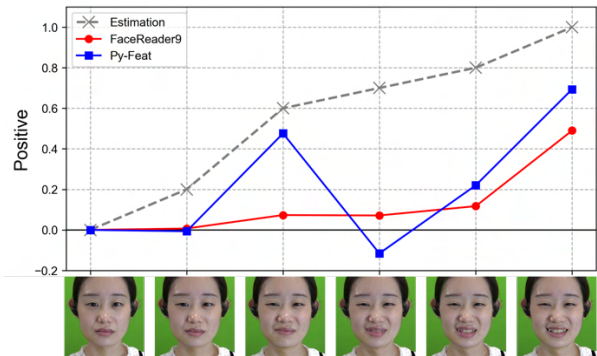


図3 従来の表情認識の識別機では低・中強度の表情変化を捉えることが難しい(既存の2つの表情識別器(FaceReader9, Py-Feat)では、強度の推定値が小さすぎたり、非単調になる例をあげた)。

て客観的な数値を与えることが難しいために、適切な教師データを設定できないことが主な原因だと考えられる。また、強度の弱い表情には個人差が大きいことも一因と想定される。実際に、真顔(無表情)なのに少し怒っているように見える人や笑っているように見える人などがいる。以上のように、低・中強度の表情に対して対象者を限定せずに一般的な表情認識を行うことは困難なものとなっている。

3.2 比較に基づく順序尺度の構成

本研究では、比較に基づく笑顔度の推定手法を用いること、および、認識対象とする個人の表情データを用い

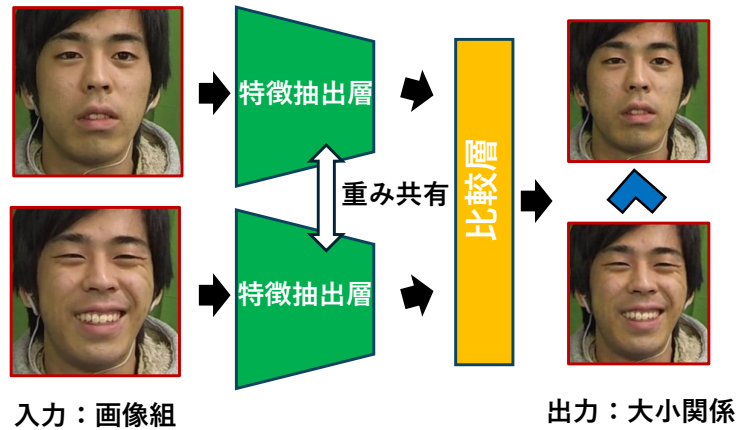


図 4 比較に基づくネットワーク．同一の重みを持つ特徴抽出層（CNN）の出力を全結合層が入力し，どちらがより強度が大きい（より笑顔か）を判定する．



図 5 笑顔度ランクの基準画像（10 段階に量子化した場合の両端と各ランクの境界となる画像）．

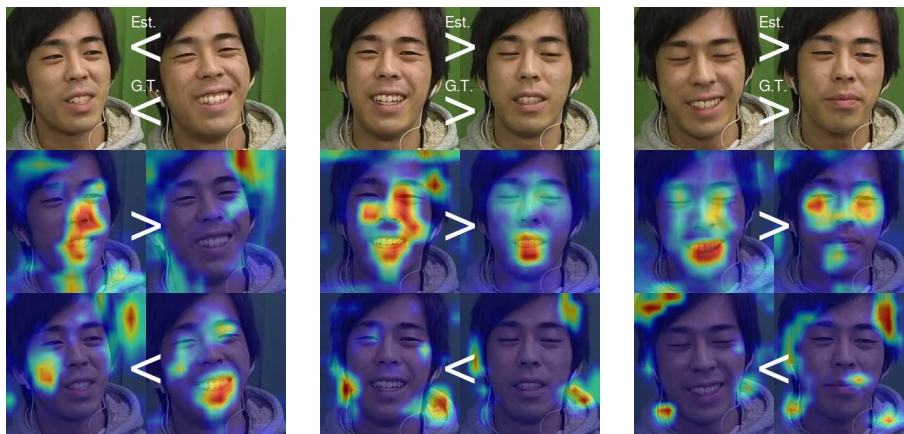


図 6 ネットワークによる笑顔度の比較の例．上段が入力画像組及び予測結果（Est）と真値（GT）．（< , > が笑顔度の大小を表す）．中段・下段が GradCAM によるネットワークの認識に寄与した領域の可視化（中段が左が右よりも笑顔度が高い（>）ことに寄与した各画像の領域，下段は右が左よりも笑顔度が高い（<）ことに寄与した各画像の領域）．

ることにより上記の問題に対処する [23]．比較による手法としては，図 4 に示すように，Siamese ネットワーク [24] をベースとした識別器を用いる．この手法では，2 枚の画像を比較して，どちらがより笑顔かを判別する深層ネットワークを構成することにより，小さな表情変化を識別することを可能にする．また，学習データとしては，本人の表情変化を記録した映像を用いる．具体的には，本人の顔を撮影した映像から，笑顔度が上昇および下降している区間（以下スロープと呼ぶ）を抽出し，そのスロープ中の画像対（多くの場合は始点と終点の画像）を用いて識別器を学習する．次に，学習済みネットワークを用いて十分な数の画像に対して一対比較を行い，その結果を用いて表情ランキングを設定する．具体的には，画像を総当りでお互いに比較し，他の画像よりも笑顔度が高いと評価された割合の大きいものほど順位を上位にし，逆を順位を下位とする．順位付けをし



図 7 会話時の実験協力者の表情表出の様子

た中から，必要となる量子化数に応じた基準画像を選ぶ [25]．基準画像群の例を図 5 に示す（左の画像ほど笑顔度が小さく，右の画像ほど笑顔度が大きい）．

任意の入力画像とこれらの基準画像の比較をすることにより，入力画像のランクを求めることができる．これまでの研究によって十分な数のサンプルがあれば，図 6 のように，良い精度で笑顔度の大小関係が判定できることがわかってきた [25]．図 6 は Grad CAM [26] を用いて入力画像中のネットワークの判断に寄与しているしてい

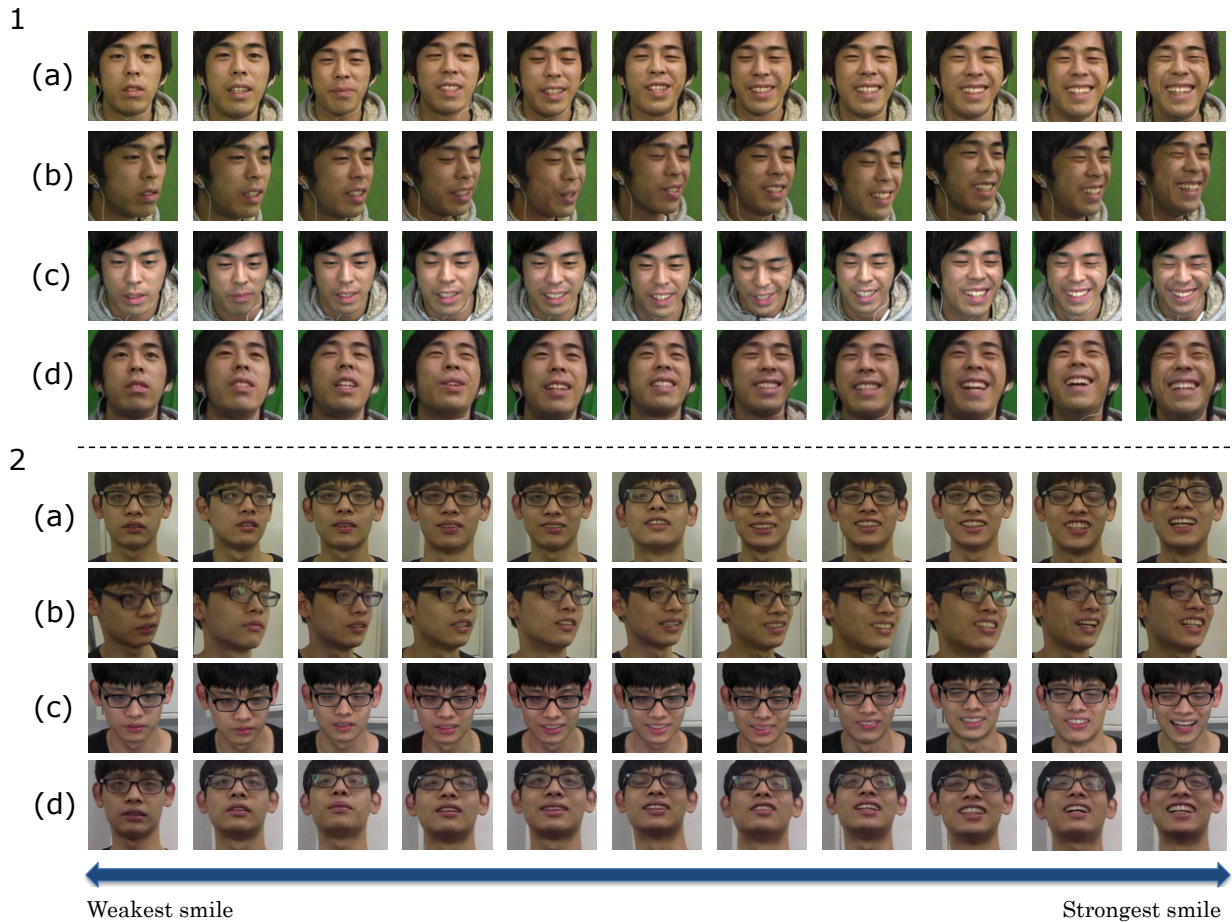


図 8 各顔向き (a) 正面 (b) 斜め (c) 下 (d) 上における基準画像 (10 段階に量子化した場合の両端と各ランクの境界となる画像). 上段は実験協力者 1. 下段は実験協力者 2.

る度合いを視覚的に示したものであり、表情によって変化する領域が良く捉えていることがわかる。

3.3 モニタリングのための環境設定と課題

グループホームでの認知症患者の過ごし方として共用テーブルに滞在する時間が最も長いことが示されている [27]. また、他者との会話する際に笑顔が最も良く出ることも示されており [27], 共用テーブルにおける振る舞いがモニタリングの良い対象となる. そのため、本研究ではテーブルの前に人が座っている状態での笑顔度を評価する設定とした. 通常的生活環境において、テーブルの上に 1, 2 台の広視野カメラ (全方位カメラなど) を設置する想定になっている.

上記の表情認識手法によって正面から撮影した顔画像に対して良い認識精度が得られることがわかってきたが、想定する環境では、常に正面から顔を撮影することは難しい. そのため、正面からずれた角度で撮影された画像も用いる必要がある. また、テーブルでは会話や飲食が行われるが、発話や咀嚼で口元が動くため、それらの影響も確認する必要がある.

4 模擬実験

4.1 実験設定

本実験では、上述のようにテーブルに着座した状態で会話が行われる場面を模擬し、表情認識の精度確認を行った. 具体的には、2 名の実験協力者がビデオ通話で会話する様子を 4 方向 (正面, 斜め, 上下方向) からカ

メラで撮影した. これら 4 方向の映像は時刻で関係付けられており、同一時刻の映像は同じ表情であることが保証されている. また、各実験協力者には、正面のディスプレイに写った話相手の映像を見つけてもらう設定とし、一つのカメラには常に同一の向きの顔画像が収録されるようにした. 会話内容としては、互いの趣味の話をしてもらうことで、はっきりとした笑い以外にも、愛想笑いの表情など、中間的で曖昧な表情も現れるようにした. 図 7 に得られた映像の一部を示す. 将来的な実用場面では、被観測者が自然な振る舞いによって顔向きが変化する. そのため設置された 1, 2 台のカメラに上記 4 つのいずれかの映像に近いものが写っていることを想定する.

図 7 の実験協力者 1 については 174 組 (346 枚)、実験協力者 2 については 215 組 (430 枚) の表情変化のスロープが得られ、これを学習データとして識別器の学習を行った. 次に、学習済みの識別器を用いて、上記の 346, 430 枚の画像に対して総当たり比較を行ってランキングを求めた. 細かな変化は雑音に左右されることを考慮してランクを 10 段階とし、それぞれのランクの基準画像を得た. これらのランク付けは 4 方向の映像ごとに個別に行ったが、各時刻の表情自体は同一 (視点が異なるのみ) であるため、学習に用いた表情変化 (スロープ) の時間的区間は同一のものとなっている. さらに、これらの基準画像群を用いて、すべての時刻の顔画像の



図9 各顔向き (a) 正面 (b) 斜め (c) 下 (d) 上に対する笑顔度推定結果 (それぞれの顔向きについては独立に推定を行ったもの)。青線は正面顔の強度変化, 橙線は各顔向きの強度変化を表す。上段は実験協力者1。下段は実験協力者2。

ランクを求めた。さらに, 結果は細かな雑音的なゆらぎが含まれるため, 5秒間の移動平均処理を行った。

4.2 実験結果

まず, 実験協力者2名に対する笑顔度変化の認識精度について, 5-fold クロスバリデーションを行った結果, 各方向 (正面, 斜め, 下, 上) に対して実験協力者1は, それぞれ100%, 99.4%, 100%, 100%, 実験協力者2は, 99.5%, 99.5%, 98.6%, 99.1%であり, 十分高いことが確

認できた。

図8にランキングの基準画像を示す。これらは各方向について独立に10段階の量子化を行った結果得られたものである。図8の横方向の画像を比較すると, 表情変化が滑らかなものになっていることがわかる。また, 縦方向の画像を比較すると, ほぼ同程度の強度の表情となっていることがわかる。

図9に各方向に対する笑顔度の時間的変化を示す。各

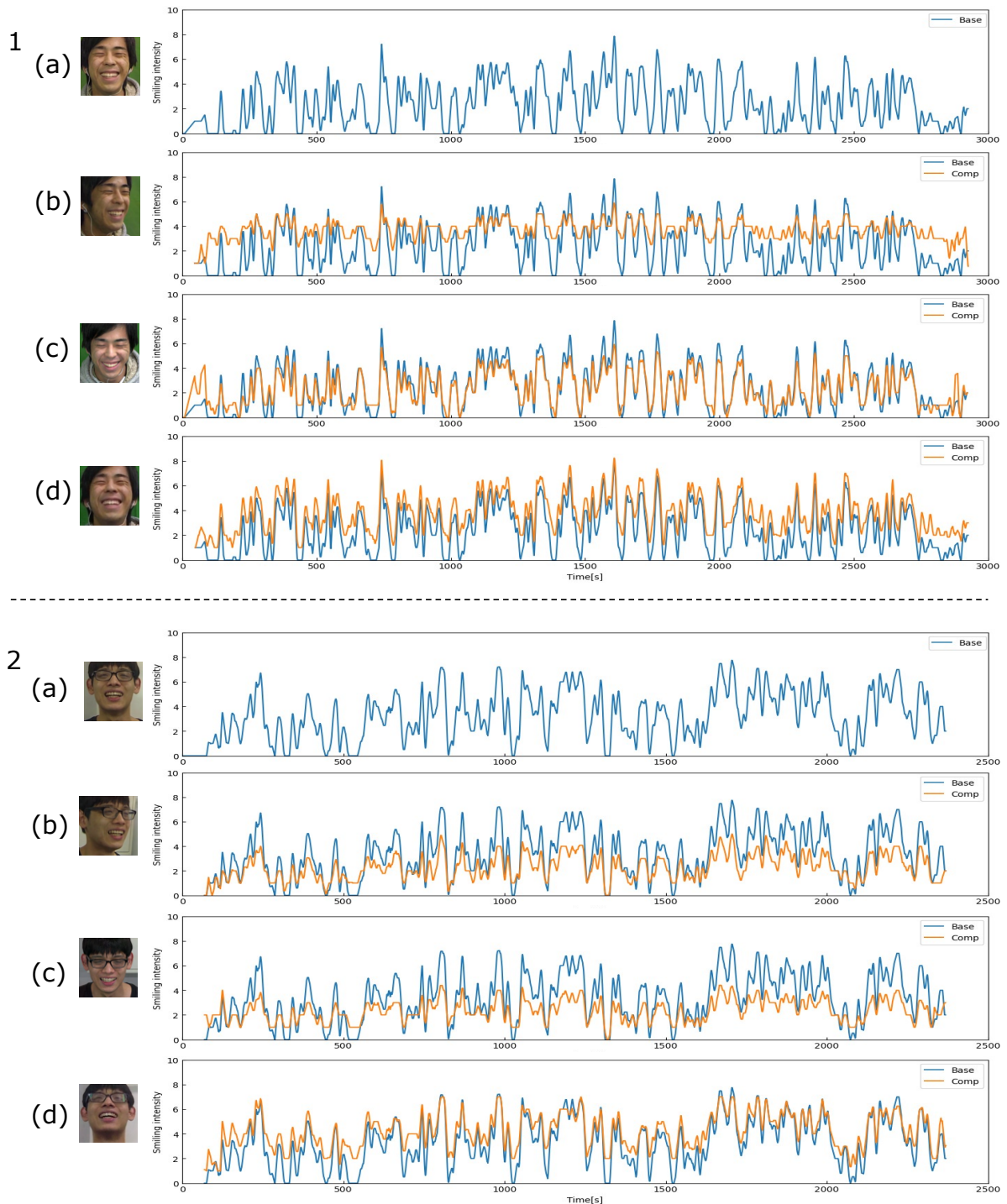


図 10 各顔向き (a) 正面 (b) 斜め (c) 下 (d) 上に対する笑顔度推定結果 (正面向きに対する識別器を各方向の画像に適用したもの)。青線は正面顔の強度変化, 橙線は各顔向きの強度変化を表す。上段は実験協力者 1。下段は実験協力者 2。

方向の画像に対し, 同一の方向の画像を用いて学習させた識別器, および, 得られた基準画像を用いて笑顔ランクを推定したものである。グラフの横軸は時間, 縦軸は笑顔強度を表しており, 数字が大きいく程, 笑顔強度が高いことを示している。グラフの中の青線は正面の顔の笑顔強度変化を表す。各方向 (斜め, 下, 上) で得られる笑顔度は正面の顔の笑顔度と良く一致しており, 相関係数が実験協力者 1 は, それぞれ, 0.98, 0.99, 0.99, 2 は, それぞれ, 0.99, 0.99, 0.98 であった。これらの結果か

ら, 十分な数のサンプルが得られれば, 各方向で同等な笑顔度の推定が可能であることが示唆されている。

図 10 は正面画像を用いて学習した識別器, および基準画像を用いて, それぞれの方向の画像に対して笑顔度の推定を行った例である。この図においても, 青線は正面顔の笑顔強度, 橙線は各顔向きの笑顔強度を表している。斜め横からの画像に対しては, 低強度, 高強度, 両方で変化が小さくなっており, また, それぞれの実験協力者の相関係数が 0.88, 0.93 と低くなっていることか

ら、正面顔の識別器では精度が低下することが分かる。下方向からの画像に対する笑顔度は正面に対して相関係数が0.97, 0.96で正面画像と変化の方向は良く一致しているが、低強度の部分で、笑顔度が大きくなる傾向が見られる。上方向からの画像に対する笑顔度は、正面画像に対して相関係数が0.96, 0.97でこちらにおいても正面画像と変化の方向は良く一致しているが、ピーク時の値が少し小さくなる傾向がある。

5 考察

図9の笑顔度の上昇や下降の区間に着目すると、本提案手法によって中間的で曖昧な表情変化も捉えられていることが分かる。頻度の高い、低・中強度の笑顔度の評価が妥当なものとなっていることから、本手法がモニタリングの良いツールとなることが期待できる。一方で、ケア現場での自然な状況を考えて、本人の行動や会話、周囲の働きかけによって顔向きが逐次変化することが想定される。この問題に対し、図10は正面顔の識別器を他方向に適用した場合の問題を示している。斜め横方向からの画像に対しては精度が低下することが示されており、また、上方向から見ると笑顔度が少し、小さくなる傾向が見られ、下方向から見ると笑顔度が少し大きくなる傾向があることがわかる。これは能において、能面の方向を上下させることにより微妙な表情を表現していることと良く符合し、「見え」に基づいた表情認識の問題を端的に示している。実用を考えた場合には、斜め方向からの笑顔度推定と同様に、何らかの補正をかける必要がある。その手法については今後の課題となっている。

角度的に離れた方向の顔画像に対する識別器を利用した場合の精度低下が示されている一方、図9の結果より、角度差が許容範囲内の顔画像を集めたグループを複数設定し、学習やランキングを独立に行うことがその解決策の一つとなる可能性も示唆されている。既存技術により、比較的良い精度で顔向きの推定が行えることから、このような方向の近いグループを設定することは難しくない。それによって各グループに十分なサンプルが集められれば、一定の精度が得られることが期待できる。

得られたデータの活用方法として、図2に示したように、表情と食事や会話、レクリエーションなどの行為の関係がわかりやすいデータを集めれば、認知症患者に対する理解や共感を深めるデータとなることが期待できる。また、少数の介護者で複数の認知症患者を介護する場合には、介護時に見ることのできなかつた重要な場面や情報を後から拾い出す貴重なツールにもなる。さらに、上記の実験では直接の対象としていないが、介護者の様子や表情を含めて記録・認識することも有用である。会話を伴う声掛けや介助時の介護者の様子を参照しながら振り返りを行えば、コミュニケーションや介護技法の向上に役立つ。認知症患者は、介護者が笑顔であれば安心し、介護者が穏やかであれば自分も穏やかになる。介護者が自分の表情や声のトーン、姿勢（顔向き）などに注目し、相手の感情に寄り添うことでできているか等の確認ができれば、認知症患者の不安や混乱を和らげるスキルを養うことができる。

6 まとめと課題

本稿では、認知症ケアに表情認識を用いるモニタリングを提案し、基礎的な手法について検討した。具体的には、テーブルなどに置いたカメラからの映像を用いて、被観測者の笑顔度を推定し、それに基づいて要約や重要な場面の抽出を行うモニタリングの手法を提案し、そのために比較に基づく表情認識ネットワークを用いて、笑顔の時間的变化を計測する手法の検討を行った。また、対話を模擬した映像からの表情推定実験を行い、条件の良い場合には精度の良い笑顔度推定が可能になることを示した。さらに、介護現場で用いるための技術的な課題として、顔向きの変化に対処する手法についても検討した。

今後の課題としては、種々の条件変化に対する頑健性について、さらなる検証が必要である。介護現場において活用を考える場合、どのように従来の介護記録と併用できるのか、また介護者同士の情報共有の構築方法については今後検討が必要であろう。また、認知症患者のプライバシーの配慮からも、どのように映像を記録・活用するのかは十分検討していく必要がある。

参考文献

- [1] 佐藤正之, “認知症の非薬物療法の現状と未来”, 認知神経科学, Vol.65, No.3, (2014).
- [2] 水野裕, “Dementia Care Mapping の臨床的有用性と今後の課題”, 老年精神医学雑誌, Vol.19, No.6, pp.657-663, (2008).
- [3] 柴田健一, 橋田浩一, 石川翔吾, “認知症ケアにおける AOS を活用した介護スタッフと家族のための情報共有”, 第25回人工知能学会全国大会論文集, (2015).
- [4] 本田美和子, “優しさを伝えるマルチモーダル・コミュニケーション・ケア技法: ユマニチュードはなぜ有効なのか: 情報学的・生理学的・哲学的考察”, 認知症ケア研究誌, Vol.6, pp.28-39, (2022).
- [5] 迫匠一郎, 中村裕一, 近藤一見, 小泉敬寛, “QoL 評価に向けた軽度認知症の表情変化計測”, 第77回全国大会講演論文集 No.1, pp.385-386, (2015).
- [6] 花沢明俊, 中村克樹, “認知症老人の笑顔画像計測による情動機能回復評価”, 一般社団法人電子情報通信学会信学技報, pp.39-42, (2012).
- [7] H. Tsujimura, K. Iwanaga, and Y. Sato, “Application of 18-item DEOS for Dementia Elderly People Living at Home and Its Reliability and Validity”, The Kitakanto Medical Journal, Vol.67, No.3, pp.191-202, (2017).
- [8] S.Y. Lin and F. Lewis, “Dementia friendly, dementia capable, and dementia positive: concepts to prepare for the future”, Gerontologist, Vol.55, No.2, pp.237-244, (2015).
- [9] D. Brooker, “Dementia care mapping: a review of the research literature”, The Gerontologist, Vol.45, Spec No.1, pp.11-18, (2005).
- [10] G. Livingston, J. Huntley, V. Orgeta, et al., “Dementia prevention, intervention, and care”, The Lancet Commissions, Vol.390, No.10113, pp.2673-2734, (2017).
- [11] 鈴木みづえ, 浅井八多美, 内山由美子, 阿部ゆみ子, 阿部邦彦, 澤木圭介, 田島明子, “介護老人保健施設における1年間の認知症ケアマッピング (DCM) の有効性: 医療・福祉職の連携によるパーソン・センタード・ケアをめざした発展的評価が及ぼす効果”, 日本老年医学会雑誌, Vol.58, No.1, (2021).
- [12] A. Thornton, C. Hatton, and A. Tatham, “Dementia Care Mapping reconsidered: exploring the reliability and validity of the observational tool”, International Journal of Geriatric Psychiatry, Vol.19, pp.718-726, (2004).
- [13] G. Mitchell and J. Agnelli, “Person-centred care for people with dementia: Kitwood reconsidered”, Nurs Stand, Vol.30, No.7,

- pp.46-50, (2015)
- [14] 鈴木みずえ, 桑野康一, 下山久之, 遠藤英俊, “地域における認知症ケアマッピング (DCM) を用いた施設間相互評価の効果と課題”, 日本認知症ケア学会誌, Vol.11, No.2, pp.563-575, (2012).
 - [15] S.S. Khan, T. Zhu, B. Ye, A. Mihailidis, A. Iaboni and K. Newman, “DAAD: A Framework for Detecting Agitation and Aggression in People Living with Dementia Using a Novel Multi-modal Sensor Network”, IEEE International Conference on Data Mining Workshops, pp.703-710, (2017).
 - [16] 山上徹也, 山口晴保, “情報通信技術を活用した BPSD 予防・予測システム開発の現状と課題”, 認知症ケア研究誌, Vol.5, (2021).
 - [17] M.A. Hanson, H.C. Powell, R.C. Frysinger, D.S. Huss, W.J. Elias and J. Lach, “Teager energy assessment of tremor severity in clinical application of wearable inertial sensors”, IEEE/NIH Life Science Systems and Applications Workshop, pp.136-139, (2007).
 - [18] L. Valembois, C. Oasi, S. Pariel, W. Jarzebowski, C. Lafuente-Lafuente and J. Belmin, “Wrist actigraphy: A simple way to record motor activity in elderly patients with dementia and apathy or aberrant motor behavior”, J Nutr Health Aging, Vol.19, No.7, pp.759-764, (2015).
 - [19] C. Nesbitt, A. Gupta, S. Jain, K. Maly and H. R. Okhravi, “Reliability of Wearable Sensors to Detect Agitation in Patients with Dementia: A Pilot Study”, Proceedings of the International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology, pp.73-77, (2018).
 - [20] 西口周, “ケアプラン作成支援 AI を活用したケアマネジメントの展望”, 認知症ケア研究誌, Vol.27, No.1, pp.18-22, (2021).
 - [21] FaceReader.
<https://noldus.com/facereader>
 - [22] Py-Feat.
<https://py-feat.org/pages/intro.html>
 - [23] K. Kondo, T. Nakamura, Y. Nakamura and Shinichi Satoh, “Siamese-structure Deep Neural Network Recognizing Changes in Facial Expression According to the Degree of Smiling”, International Conference on Pattern Recognition, pp.4605-4612, (2021).
 - [24] J. Bromley, I. Guyon, Y. LeCun, E. Säcker and R. Shah, “Signature verification using a “Siamese time delay neural network”, Proceedings of the International Conference on Neural Information Processing Systems, NIPS’93, pp.737-744, (1993).
 - [25] K. Shimonishi, K. Kondo, H. Ueda and Y. Nakamura, “Ordinal Scale Evaluation of Smiling Intensity using Comparison-Based Network”, The 38th Annual AAAI Conference on Artificial Intelligence Machine Learning for Cognitive and Mental Health Workshop, pp.64-73, (2024).
 - [26] R. R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh, and D. Batra, “Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization”, IEEE International Conference on Computer Vision, (2017).
 - [27] 宮崎崇文, 賀馨, 三浦研, “認知症高齢者の表情と行為に関する研究: 認知症グループホームを対象として”, 生活科学研究誌, Vol.11, pp.9-17, (2013).