

第1章 序論

1.1 研究の背景と目的

社会の少子高齢化に伴い、介護職の人材不足が注目されている。労働人口の成長率は徐々に低下しており、「医療・介護に係る長期推計(平成 24年 3月)」によると、2025年までの介護者の需要数 248万に対して、供給数は 215万人で、介護人材の需給推計における需給ギャップは約 30万人である。労働安定センターは平成 29年度「介護労働実態調査」の結果を公表し、現在すでに 66.6%の介護施設で人手不足が問題になっていること、介護人材の不足感は4年連続増加という結果を出している。

そこで介護者の負担軽減の実現を図るため、平成 24年に経済産業省と厚生労働省が「ロボット技術の介護利用における重点分野」を策定したのもそのためである。

介護職員の人材を確保するために、新入職者の数を増やすだけでなく、新しい機器を導入して離職防止と定着率を向上させる対策も求められているが、職員の負担軽減や介護の質向上などにどのような効果もたらしているのかが検証されていない。

本研究は先端技術の一例として、インカムマイク(以下、インカム)を導入する高齢者施設を対象として、介護職員の移動距離、職員連携の度合いなど、職員の負担軽減に及ぼす効果を検証すること、また、生体情報計測ウェアラブル機器(以下、リストバンド)および解析ソフトウェアを用いて介護時の加速度データの収集を行い、介護現場における介護職員の職務行動およびストレスの自動検知を行い、インカムマイク使用時も含めて、どのような状況でストレスが高くなるのか把握することを目的とする。

1.2 既往研究と本研究の位置付け

岩切¹⁾は高齢者介護施設における介護機器の使用状況とその問題点に関するアンケート調査から介護機器の必要性が明らかになった。インカムの研究については、中村²⁾は職員の連携と負担軽減に着目してその効果を検討した。また、中川³⁾はユニット型特別養護老人ホームとデイサービスセンターにおける運動量を含む負担軽減に関する研究を行った。

介護現場でインカム導入後職員の精神的ストレスの分析は、スタッフに対するアンケート調査に基づいて定性的な結果が得られているが、より客観的に分析するために、本研究ではリストバンドを用いたストレス評価も併せて実施する。

第2章 調査概要

本研究の調査は調査 A、Bからなる。調査 Aはインカム導入前後の介護負担軽減の効果の測定で、調査 Bは介護動作とストレスの自動検知である。

2.1 調査対象

調査目的によって調査対象施設の概要は tab.1 のようになる。

S施設はリーダー、介護士、看護師、事務補助作業、療法士が配置され、L施設は介護士、看護師、相談員が配置され、H施設では基本的には各ユニットに早出、遅出、夜勤シフトの職員が配置されている。調査 Aが調査日における対象ユニットの職員の全員で、調査 Bは介護職員計 4名であった。

tab.1 調査対象施設の概要

調査	調査A		調査B
	インカム導入の効果		介護動作とストレスの自動検知
調査目的	短期効果	長期効果	ストレスの自動検知
調査対象	岐阜県S施設	岐阜県L施設	京都市H施設
種類	デイサービス	従来型特養	全室個室のユニット型特養
定員	20名	48名	特養90名、ショートステイ10名、デイサービス35名
開設年月日	1976年	2007年3月30日	2005年9月2日
延床面積	6984.52㎡	24035㎡	約5715㎡
建物構造	鉄筋コンクリート造 2階建 1部 3階建	鉄筋コンクリート造 2階建	鉄筋コンクリート造一部鉄骨造地上 5階地下 1階

2.2 調査方法

2.2.1 調査 A: 職員の歩数測定

介護者間のコミュニケーションや移動の効率化を目的に、インカムを導入した S、L、H施設においてインカムの導入効果を明らかにするため、1分ごとの歩数を記録できる小型の身体活動量計(ライフコーダー EX: スズケン製)による導入前後の職員の歩数調査を行った。インカム導入前、導入後、また H施設では導入 2年後の歩数の変化を分析した。

2.2.2 調査 B: 介護動作の検知とストレス測定

①調査機器: (株) Arblet社が開発中のリストバンドは 3 波長光学式センサー(緑、赤、赤外)、電極センサー、3 軸加速度センサー、温度センサーを含む 4つの機能を持っている (fig. 3)。3 軸加速度センサは手首の動きを 3 基軸方向にデータを計測し、信号情報を集め、動作パターンの認識することができる。今回使用したリストバンドは、介護動作を検出するだけでなく、ストレスの測定に活用可能なセンサーもある。具体的には、3 波長光学式センサは発光ダイオードから皮膚に射光し、反射光の計測により毛細血管に血液が流れる様子を計測し、脈拍の変化や血液中の酸素を測定する。電極を皮膚にあて、人が緊張した時、発汗した時の皮膚電荷を計測して自律神経のバランスの変化をモニタリングできる。

②予備調査: 予備調査の流れは fig.1 のようになる。

開発中のリストバンドを 25名以上の介護職員に装着したうえで、模擬的な介護動作を再現してもらい、リストバンドで生体情報(3次元加速度、心拍、心拍の変動、血圧、皮膚温度、皮膚電極、電式容積脈波の波形)を記録すると同時にビデオで介護動作を記録する。

再現してもらった模擬介護動作として、7種類の基本介護を設定した。歩行、車いす、移乗、食事、着衣、整容、トイレ、入浴である。7種類の基本介護には 29の行為 132の動作が含まれている (fig. 2)。

リストバンドから 1秒ごとのデータを取り込み、どのような介護動作において、生体情報が得られたのか、1秒ごとに割り当て作業を行った。こうして得られた情報をもとに、研究協

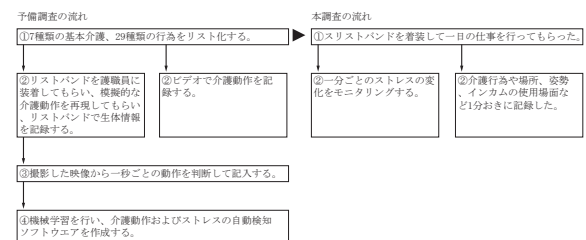


fig.1 調査 B 予備調査と本調査の流れ

力企業である株式会社 Arbletが、生体情報から自動的に介護動作、ストレスを検知するための機械学習を行い、介護動作およびストレスの自動検知ソフトウェアを作成した。なお、その際用いたデータは、生体情報(3次元加速度、心拍、心拍の変動、血圧、皮膚温度、皮膚電極、電式容積脈波の波形) および介護動作の分類データ、介護職員の氏名以外の介護経験年数、性別、利き手、身長、体重などの情報である。

③本調査: 実環境では、介護職員は日々の仕事でどのような状況でストレスを発生させているのか定量的に算出するため、H施設の職員計 4名を対象として、スリストバンドを着装して一日の仕事を行ってもらった。リストバンドが集める心拍や、心拍の変動、血圧、皮膚温度、皮膚電極、電式容積脈波の波形など生体情報によって、一分ごとのストレスの変化をモニタリングする。

また、ストレスの変化と歩数、場所、行動、姿勢に相関関係があるかどうかを検証するため、調査員が介護職員を追跡し、調査の専用シートで介護スタッフの介護行為や場所、姿勢、インカムの使用場面など 1分ごと記録した。なお、プライバシーの配慮から、居室内、トイレ内、浴室の介助については、退出後にその内容を職員の方に聞き取り記録を行った。

2.3 調査日時

調査 A: S施設: 導入前: 2018年 05月 14日(月)~05月 26日(土)
 導入後: 2018年 06月 19日(火)~07月 02日(月)
 L施設: 導入前: 2018年 06月 01日(金)~06月 14日(木)
 導入後: 2018年 07月 30日(月)~08月 12日(日)
 H施設: 導入前: 2017年 03月 20日(月)~04月 03日(月)
 導入 2年後: 2019年 11月 06日(水)、11月 16日(土)

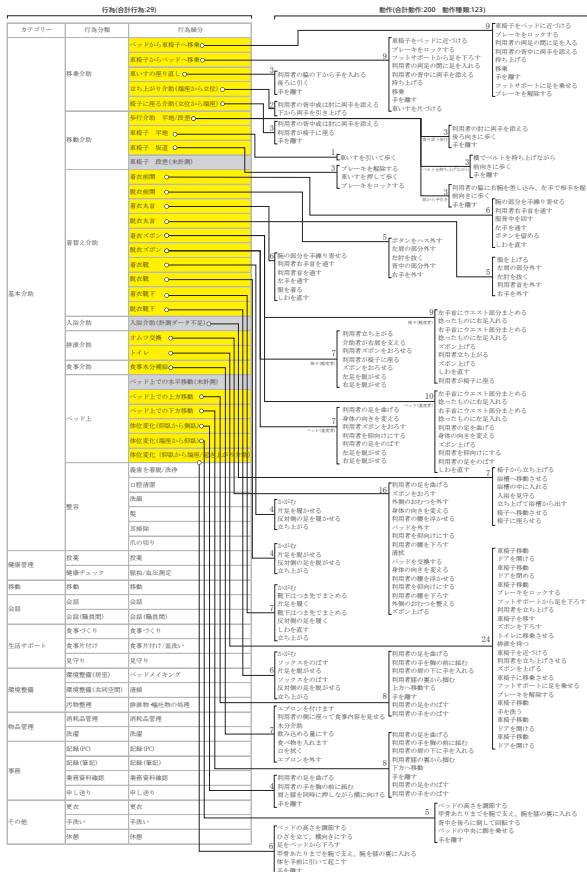


fig. 2 7種類の基本介護、29行為に含まれる132動作

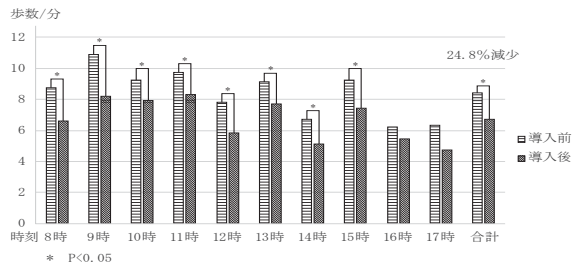


fig. 3 インカム導入前後の職員全体1分あたりの歩数の変化

調査 B: 予備調査: 2019年 06月 06日(木)~09月 15日(日)
 本調査: 2019年 11月 06日(水)、11月 16日(土)

第3章 インカム導入の効果

3.1 短期効果の分析

1) デイサービスにおけるインカム導入の効果

デイサービス S施設の職員全体の1分間あたりの歩数は、インカム導入後に約 24.8%減少し (fig. 3)、インカムの導入が移動の短縮、身体負担の低減につながることを把握した。また、職種ごとに分析した結果、特に介護士と事務職員の午前の時間帯に歩数低減効果が大きく現れた。これは、午前が入浴介助の時間に相当するため、インカムの導入により、離れた浴室との連携が容易になった結果といえる。

2) 特養におけるインカム導入の効果

特養 L施設はインカム導入の効果はあまり現れなかった。全職員は夜間、早朝、昼食前後の歩数はやや減少したが、午後には増加していた (fig. 4)。特養 L施設は、従来型特養であり、フロアの見通しがよく、連携が取りやすいため、インカムの導入必要性が少ないこと、インカムのコードが支障となり、使用しない職員もいたことが原因と考えられる。

3.2 長期効果の分析

特養 H施設では、2019年 11月に調査した4人の職員のデータを導入前と比較すると、インカム導入前よりも2年後、歩数が合計 29.7%減少していた。また、8時から 16時まで1分間あたりの歩数を比較すると、14時台を除いて、いずれの時間帯においても1分あたりの歩数が減少している。統計的に検証するとそのうち、9時、10時、12時、13時、15時台に有意差が確認された (fig. 5)。インカムの導入が定着することによって、職員の負担軽減に寄与する結果といえる。

第4章 介護動作とストレスの自動検知

4.1 データ収集

7種類の基本介助、29行為、132動作のデータ収集は2つの段階に分け、8箇所の高齢者施設で実施し、21歳から 73歳まで 89人の介護職員を対象として実施して、合計 50694秒分のデータが得られた (tab. 2, tab. 3)。

4.2 特徴抽出

各行為は複数の動作で構成され、一つの行為を完成するために必要なアクション数の差が大きい。例えば、排泄介助には最

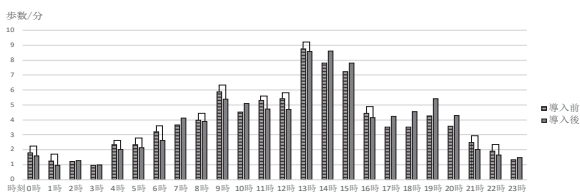


fig. 4 インカム導入前後の職員全体1分あたりの歩数の変化

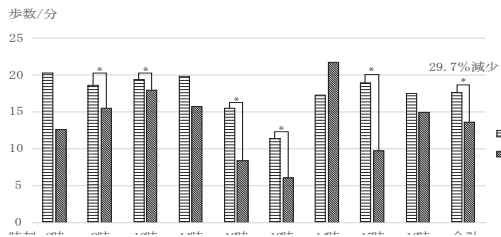


fig. 5 インカム導入前、導入2年後の職員1分あたりの歩数の変化

大 24のアクションが含まれる。また、各動作にかかる時間は異なり、これらに基づいて動作の検出を行う時間幅の設定を行い、次に、各動作の生データから3軸データポイントの二乗平均平方根や範囲、最小値、最大値など58の特徴を抽出した。

4.3 分類結果

得られたデータを基に、本研究は交差検証(cross-validation)を行った。つまり、段階Iと段階IIに収集したデータの80%はトレーニングデータとして使用して、動作自動識別モデルを構築し、残る20%のデータをテストデータとして活用して、トレーニングされたシステムの識別精度を検証した。

トレーニングと分類については、他の分類アルゴリズムと比較してより良い結果が得られた、Light GBM(light gradient boosting mechanism)とXGBoostを用いた。1秒、2秒、4秒のウィンドウから時間領域と周波数領域特徴を抽出し、分類モデルを構築し、精度を検証した⁴。最終的に、収集された全部行為のデータを7項目に統合し、12秒ごとに区切って、その時間内で動作検出を行うと、自動検出の精度が最も高くなった。LightGBMを用いた7種類介護行為の再現率(True Positive Rate)と正解率(Accuracy)は(tab. 4)の通りである。

データの特徴抽出と機械学習を行い、介護動作を移乗介助、移動介助、移動介助(車椅子)、着替え介助、ベッド上の移動、食事介助という7項目に統合した結果、介護動作の自動検出の精度が90%になった(tab. 5)。

第5章 介護のストレス測定の分析

5.1 解析と統計方法

1) 解析方法

仕事のストレスによる有害な影響は心拍数の変動(heart

tab. 2 2段階のデータ収集概要

	段階I	段階II
割り当て	1秒ごと	一分ごと
単位間隔のデータ数	1つ	複数
実施場所	6箇所(デイサービス3箇所、特養3箇所)	2箇所(特養)
調査データ	43500	7194

tab. 3 参加者の基本情報

性別	年齢(年)		経緯年数(年)			身長(cm)		体重(kg)		
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	範囲	平均	標準偏差	男	女	
女性	43.05	12.39	43.00	10.31	7.67	151.67	4.22	44.00	2.00	
男性	37.26	11.07	52.00	9.56	5.93	19.00	169.38	5.44	39.00	4.00
全数	39.71	11.94	52.00	9.94	6.84	39.67	163.33	7.69	83.00	6.00

tab. 4 7種類介護行為の再現率と正解率

行為分類	true label	predicted label	再現率 (True Positive Rate)
移乗介助	1	4	0.250
移動介助	35	35	1.000
移動介助(車椅子)	6	10	0.600
着替え介助	84	86	0.977
ベッド上の移動	44	45	0.978
食事介助	4	7	0.571
その他	13	13	1.000
総計	187	200	0.933

tab. 5 7項目、12のウィンドウが使用される介護動作の自動検知精

Algorithm	Accuracy*
Light GBM	0.935
XGBoost	0.915

* Jaccard Similarity Score

rate variability/HRV)、血圧(blood pressure/ BP)の上昇を引き起こし、迷走神経緊張の低下をもたらす⁵。本研究では心拍数の変動をストレス指数に関する算出値として測定した。元データの脈拍と加速度データからノイズおよび異常心拍データを除去したうえで、心拍数の変動(HRV)に対して、以下の時間領域(CVRR)、周波数領域(LF/HF)、および非線形システム(SD1/SD2)3つの解析を行った。

この3つの指標の大きさはストレスのレベルを示している。ストレスが生じるに伴い、R-R間隔が小さくなり、CVRRは高くなっていく。LF/HFが大きくなり、ストレスが上がっていることを示している⁶。SD1/SD2が減少することがストレスの上昇を示している。

2) ストレスの分析方法

① 強度分析: 測定したCVRR、LF/HF、SD1/SD2の3種類のストレスに関するデータから、データ特性を比較してデータの傾向を見つけるために、データを変形して正規化(normalization)を行った。本研究は3種類のストレスに関するデータから、最大値を1、最小値を0(min-max normalization)となるように調整することで、正規化したCVRR、LF/HF、SD1/SD2の平均

$$R_{hrv} = \frac{1}{3} \left[\frac{x_{cvrr} - \min(x_{cvrr})}{\max(x_{cvrr}) - \min(x_{cvrr})} + \frac{x_{lf/hf} - \min(x_{lf/hf})}{\max(x_{lf/hf}) - \min(x_{lf/hf})} + \frac{\max(x_{sd1/sd2}) - x_{sd1/sd2}}{\max(x_{sd1/sd2}) - \min(x_{sd1/sd2})} \right]$$

値Rhrv(Rescaling of heart rate variability)を求めた。式は以下ようになる。

RhrvはCVRR、LF/HF、SD1/SD2を使って導き出した指標であり、Rhrvが大きくなるにつれストレスが上がっていることを示している。

② 頻度分析: 解析方法の異なる3つの値の傾向が異なる場合は、算出されたストレス値として一定の信頼性に欠ける部分だと考えられる。そのため、以下、本研究では各時刻のCVRRが測定期間内の平均値より高く、LF/HFが平均値より高く、かつSD1/SD2が平均値より低い場合は「ストレスが高い」時刻と定義した。逆に、CVRRが測定期間内の平均値より低く、LF/HFが平均値より低く、SD1/SD2が平均値より高い各時刻は「ストレスが低い」時刻とみなされる。それ以外は「どちらとも言えない」時刻とした。

③ 強度と頻度分析: 分析の結果、得られたRhrvとその行為、滞在場所、姿勢などの発生頻度を2軸に分けて、散布図を作成した。なお、縦軸と横軸は平均値を示している。

5.2 インカム導入後にみる介護のストレスの分析

特養H施設の被検者A、B、C、D(早出職員)4名の各時刻のCVRR、LF/HF、SD1/SD2、Rhrvを調べた。

5.3 行為ごとのストレスの分析

行為ごとのストレスの分析は、H施設の被験者全員が電話、投薬(皮膚)、靴下を履かせる、脈拍/血圧測定の介護行為において、ストレスが高く、歩行介助、爪切り、体重測定、脱衣前開等ではストレスが低かった(tab. 6)。

また、清掃、電話、投薬(皮膚)、口腔清潔の介護行為において、「ストレスを発生させた時間」の割合が高く、ベッドメイキング、歩行介助の介護行為において、「ストレスを発生させなかった時間」の割合が高かった(fig. 6)。

さらに、トイレ介助、食事片付け/皿洗い、食事水分補給、高齢者との会話、職員間の会話、職員の移動、入室等不明、オムツ交換は実施回数が多く、またストレスが高い行為であった。一方、実施回数が少なく、ストレスも低い行為は投薬、排泄物・嘔吐物の処理、業務資料確認、仰臥から側臥の体位変化、ゴミ

