

公募シンポジウム

シンポジウム1

次世代型病院における電波利用

2021年11月19日(金) 09:10 ~ 11:10 H会場 (2号館3階234)

[2-H-1-06] 電波を利用した IoTセンシング技術による看護行動測定とプレゼンティズム分析

*山下 佳子¹、大山 慎太郎¹、鈴木 輝彦²、坂本 祐二³、出野 義則³、山下 暁士¹、赤川 里美²、藤井 晃子²、白鳥 義宗¹ (1. 名古屋大学医学部附属病院 メディカルITセンター、2. 名古屋大学医学部附属病院 看護部、3. 株式会社ケアコム)

*Keiko Yamashita¹, Shintaro Oyama¹, Teruhiko Suzuki², Yuji Sakamoto³, Yoshinori Ideno³, Satoshi Yamashita¹, Satomi Akagawa², Akiko Fujii², Yoshimune Shiratori¹ (1. Nagoya University Hospital Medical IT Center, 2. Nagoya University Hospital Department of Nursing, 3. CARECOM Co., LTD.)

キーワード：Internet of Things, Bluetooth Low Energy, presenteeism

【はじめに】何らかの健康問題による労働生産性低下状態のまま勤務している状態（プレゼンティズム）は社会経済的損失が大きいと報告されている。プレゼンティズムは身体的・精神的要因のものがあり、身体的プレゼンティズム要因として腰痛や肩こりを代表とした筋骨格系疼痛が考えられている。近年、Internet of Things (IoT)技術により、日常生活を送りながら身体的異常を検知する技術の研究が進歩しており、本研究では、業務負担を増やすことなくIoTセンシング技術を用いてプレゼンティズムの主な要因であり、筋骨格系疼痛の原因となる看護行動のデータを抽出・判別が可能であるか検証した。【方法】看護師はBluetooth Low Energy（BLE）受信可能なデバイスを装着し、BLEビーコンとデバイスを用いて行動データを抽出した。BLEビーコンから位置推測し、デバイスのセンサデータを加え32種の看護行動に紐付けを行った。看護行動を調査者が目視で観察し、場所、行動開始・終了時刻、行動内容データを記録しラベル付けを行った。行動ラベルデータを教師データとして機械学習を行い、行動認識結果を正誤判定評価し、看護行動認識モデルを構築した。【結果】看護行動を身体プレゼンティズムリスク(腰痛・膝痛・頸肩腕痛)ごとに分類した結果、腰痛43.6%、膝痛3.3%、頸肩腕痛7.4%であった。また、看護行動別では清拭16.1%、患者ケア13.0%、環境整備5.3%が多かった。【考察】看護行動の54.3%が身体プレゼンティズムリスクにつながる行動であり、プレゼンティズム予防の重要性が明らかとなった。看護業務量をIoTセンシングにより自動でデータ抽出することができ、数値化が難しかった看護業務についてデータをもとに検討することが可能となり、業務改善や質の高い看護を提供することへつながると考える。

電波を利用した IoT センシング技術による看護行動測定とプレゼンティズム分析

山下佳子^{*1}、大山慎太郎^{*1}、鈴木輝彦^{*2}、坂本祐二^{*3}、
出野義則^{*3}、山下暁士^{*1}、赤川里美^{*2}、藤井晃子^{*2}、白鳥義宗^{*1}

*1 名古屋大学医学部附属病院 メディカル IT センター、

*2 名古屋大学医学部附属病院 看護部、

*3 株式会社ケアコム

Nursing behavior measurement and presenteeism analysis using IoT sensing technology using radio waves

Keiko Yamashita^{*1}, Shintaro Oyama^{*1}, Teruhiko Suzuki^{*2}, Yuji Sakamoto^{*3},

Yoshinori Ideno^{*3}, Satoshi Yamashita^{*1}, Satomi Akagawa^{*2}, Akiko Fujii^{*2}, Yoshimune Shiratori^{*1},

*1 Medical IT Center, Nagoya University Hospital,

*2 Department of Nursing, Nagoya University Hospital,

*3 CARECOM Co., Ltd.

It has been reported that socio-economic loss is large when working (presenteeism) while labor productivity is declining due to some health problem. Musculoskeletal pain represented by low back pain and stiff shoulders is considered as a physical presenteeism factor. In recent years, research on technology for detecting physical abnormalities while living a daily life has progressed using the Internet of Things (IoT) technology. We verified whether it is possible to extract and discriminate nursing behavior, which is the main factor. The subject wore a device capable of receiving Bluetooth Low Energy (BLE), extracted behavior data, added the sensor data of the device, and linked it to 32 types of nursing behavior. Nursing behavior was visually observed by the investigator and labeled with nursing behavior. Machine learning was performed using behavior label data as teacher data, and a nursing behavior recognition model was constructed. 54.3% of nursing behaviors are behaviors that lead to physical presenteeism risk, demonstrating the importance of presenteeism prevention. Nursing work volume can be automatically extracted by IoT sensing, and nursing work that was difficult to quantify can be examined based on the data, leading to work improvement and provision of high-quality nursing.

Keywords: Internet of Things, Bluetooth Low Energy, presenteeism, wireless device

1. 緒論

近年、労働者が欠勤や休業している状態のアブゼンティズムよりも、何らかの健康問題による労働生産性低下状態のまま勤務している状態であるプレゼンティズムの方が、社会的損失が大きいと報告されている¹⁾。病気によって職場を休む、体調が悪くて職場に来ても能率が上がらないといった状態は、生産性の低下として位置づけられている。前者のアブゼンティズムと後者のプレゼンティズムは健康経営によってそのような状態を改善することができれば生産性の向上につながり、経済にとってもプラスになる。不健康状態によるマイナス要素としては日々の体調によるものと、生活習慣病といった長期の健康課題に関連するものがある。今後の高齢化社会を迎えるにあたり、日々の体調不良の状況やその原因を調査して具体的な対策を立てることが求められている。このような体調不良の原因には、抑うつ状態など精神的なメンタル不調に関わるものと、肩こりや腰痛などの身体的な要因である筋骨格系の症状によると考えられている。またこのようなプレゼンティズムを悪化させ、最終的には離職へ関連する要因になると報告されている²⁾。しかし、プレゼンティズムの要因となる病態は複雑に関連しており、有効性に関するエビデンスは明らかになっておらず、対策が十分されているとはいえないのが現状である。

近年、Internet of Things (以下、IoT)技術により、日常生活を送りながら身体的異常を検知する技術の研究が進歩している。医療分野で用いられる IoT の中心となるのは、Wi-Fi や Bluetooth などのワイヤレス通信機能を備えた M2M (machine-

to-machine) 通信を行える医療機器であり、クラウド上で医療関係者による患者の様々な健康データの収集・保存・分析・共有を容易にし、個人に一層パーソナライズされた医療サービスの提供や、医療ケアの効率化につながることが期待されている。

我々は、IoT デバイスを活用した位置トラッキングや³⁾、加速度などのセンサデータから業務行動や動線を可視化することで業務の遂行状況や身体的負荷、パフォーマンスの変動が見える化できるのではないかと考え研究を行っている。本報告は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) の委託事業として、看護行動と、その身体的負荷につき、6 軸 IoT センサ及び位置情報のデータより推測するモデルを実装する研究を遂行しており、これを報告するものである。

2. 目的

本研究では、簡便で持ち運びが容易な IoT デバイスを用い、機械学習技術を用いてプレゼンティズムの主な要因であり、筋骨格系疼痛の原因となる看護行動のデータを抽出・判別が可能であるか検証した。

3. 方法

3.1 看護行動データ抽出のための環境構築

名古屋大学医学部附属病院外科系集中治療部 (以下、SICU) 病棟に勤務する看護師 10 名を対象者とし、Bluetooth Low Energy (以下、BLE) 受信可能なスマートデバイス (以下、

受信デバイス)を装着し、BLE ビーコンとデバイスを用いて BLE ビーコンから RSSI 電波強度に基づいた 3 点距離法で位置測位し、看護行動データを抽出した。

位置測位のための環境構築として、SICU 病棟内に BLE ビーコンを 138 個設置した(図 1)。看護師が携帯した受信デバイスは業務に支障をきたさないようするため、装着には胸ポケットを利用した(図 2)。受信デバイスには加速度センサとジャイロセンサを内蔵し、BLE ビーコンから屋内位置を推測した。また、受信デバイスには小型軽量の Android 端末を使用し、行動データを受信デバイス内に一時保存し、院内 Wi-Fi を経由してサーバー内にデータを収集した。

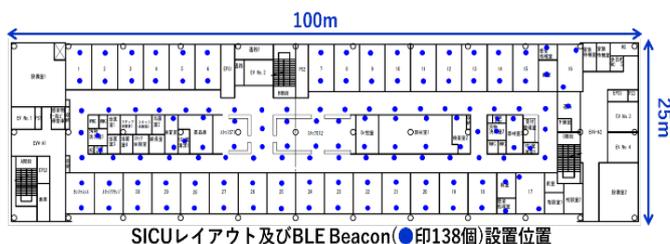


図 1 環境構築(病室レイアウト及び BLE Beacon 設置位置)



図 2 受信デバイスと位置測位システム構成

3.2 看護行動データラベル付け

調査者は対象者の業務を目視し、日勤帯(9時-17時)の看護師の行動に行動ラベル付けを実施した。行動ラベルデータは、場所(ベッド番号)、開始・終了時刻、行動内容データである。SICU の看護行動種別は現場へのヒアリングにて行動ラベルデータ 32 種を定めた(表 1)。また、BLE ビーコンから位置測位し、デバイスのセンサデータを加え 32 種の看護行動に紐づけを行った。

3.3 看護行動認識モデルの構築

IoT センシングより得られた加速度データを入力データとし、直接観察で事前に定義した看護行動を行っているか確認し、これを教師データとするような機械学習を施行した。機械学習モデルの精度は Area under the curve (AUC) 値で評価を行った。さらに、行動認識結果を正誤判定評価し、看護行動認識モデルを構築した。

表 1 看護行動(32 種)

番号	看護行動	番号	看護行動
1	環境整備 (定時)	17	清拭
2	環境整備 (空床)	18	陰部洗浄
3	Aラインチェック	19	オムツ交換
4	ルートチェック	20	採血
5	点滴作成・確認	21	静脈ルート留置
6	点滴投与ルート接続	22	レントゲン介助
7	点滴速度確認・アラート対応	23	経管栄養
8	体温測定	24	リハビリ
9	血圧測定	25	体位交換
10	体重測定	26	排液処理
11	SpO ₂ 確認	27	生体モニターアラーム対応
12	観察	28	医師介助
13	聴診	29	バイタルサイン測定
14	喀痰吸引	30	髭剃り
15	口腔ケア	31	患者ケア
16	人工呼吸器管理	32	PC操作・カンファ

3.4 看護行動と身体的プレゼンティズム

整形外科医師の知見に基づき、主な看護行動を「腰痛」、「膝痛」、「頸肩腕痛」の 3 つの身体プレゼンティズムリスクに分類を行った(表 2)。

表 2 看護行動と身体プレゼンティズムリスク

看護行動	リスク (原因姿勢)
環境整備 (定時)	腰痛 (中腰)
環境整備 (空床)	腰痛 (中腰)
医師介助	腰痛 (中腰)
清拭	腰痛 (中腰・腰椎負荷)
レントゲン介助	腰痛 (中腰・腰椎負荷)
リハビリ	腰痛 (中腰・腰椎負荷)
体位変換	腰痛 (中腰・腰椎負荷)
患者ケア	腰痛 (中腰・腰椎負荷)
採血	膝痛 (立膝)
体温測定	膝痛 (立膝)
血圧測定	膝痛 (立膝)
点滴作成・確認	頸肩腕痛 (高所作業)
点滴投与	頸肩腕痛 (高所作業)
点滴速度確認	頸肩腕痛 (高所作業)
アラーム対応	頸肩腕痛 (高所作業)
人工呼吸器管理	頸肩腕痛 (高所作業)

4. 結果

看護行動認識モデルは、特異度が高い結果となった(表 3)。

表 3 看護行動別 特異度・適合率・再現率

看護行動	リスク	特異度 (%)	適合率 (%)	再現率 (%)	AUC
環境整備 (定時)	腰痛	93	37	30	0.88
環境整備 (空床)		99	86	41	0.79
医師介助		83	31	23	0.57
清拭		85	70	71	0.85
レントゲン介助		88	29	39	0.56
リハビリ		99	86	21	0.69
体位変換		83	43	70	0.89
患者ケア		94	81	56	0.88
採血		79	40	69	0.82
体重測定		90	64	50	0.76
血圧測定	膝痛	75	11	21	0.49
点滴作成・確認		93	39	28	0.67
点滴投与		97	96	16	0.66
点滴速度確認アラーム対応		88	11	15	0.59
人工呼吸器管理		79	10	21	0.62

また、分類した身体プレゼンティズムリスク毎の特異度、適合率、再現率結果を図 3 に示す。

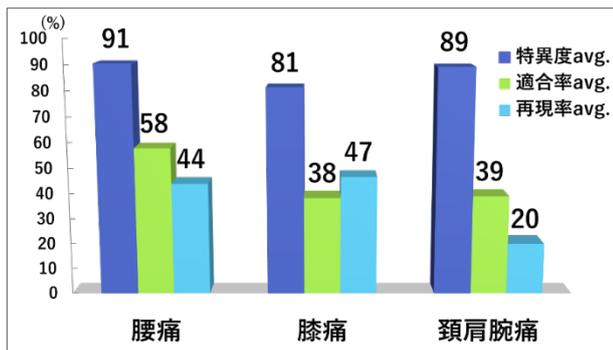


図 3 身体プレゼンティズムリスク別 特異度・適合率・再現率

看護行動と身体プレゼンティズムリスク要因の主な 3 つの筋骨格疼痛(腰痛・膝痛・頸肩腕痛)ごとに分類した結果、「腰痛 43.6%」、「膝痛 3.3%」、「頸肩腕痛 7.4%」であった。また、看護行動別では清拭 16.1%、患者ケア 13.0%、環境整備 5.3%が多く、「腰痛」の身体プレゼンティズムリスクが最も高かった(図 4)。

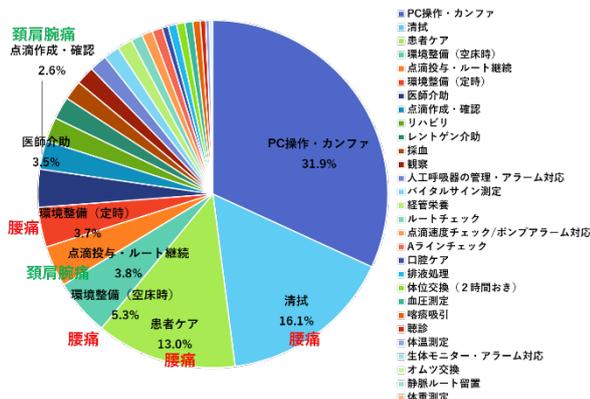


図 4 看護行動毎の業務時間の割合

5. 考察

本研究は病院で働く看護師の心身損耗に起因するプレゼンティズムを予防し、看護師の働き方を支える新たなスマート技術の実現を目指している。看護業務は、患者のニーズの多様化、医療の高度化、変則的な勤務や長時間勤務により身体的・精神的負担は大きくなっている。その結果、プレゼンティズムによる労働生産性の低下につながり、看護業務の深刻な状況となっているとの報告がある⁴⁾。そのため、IoT デバイスを用い、プレゼンティズムの主な要因であり、筋骨格系疼痛の原因となる看護行動のデータを抽出・判別が可能であるか検証した。

看護行動認識のためのラベル付けについて、今回は患者の重症度、看護必要度、年齢、性別などは一切考慮しないこととした。その理由としては、今後この提案手法を他の医療機関に広域に拡大する際に、流通可能とするため、行動ラベル付け作業を簡素化すること、また、周辺環境から行動への影響を極力少なくすることを考慮した。そのため、汎用性の高いシンプルな行動ラベル付けに重視することとした。看護行動種別は現場ヒアリングにて 32 種を定めた。しかし実際には、例えば SpO₂測定は朝のバイタル測定時に一連の看護行動に含まれるケースと、呼吸器疾患の場合は定期的に SpO₂測定のみが行われるケースが存在するなど、看護行動の一連の行動に定義される場合と単一の行動として定義される場合が混在していた。そのため、看護行動の定義づけがとても重要であると考え、今後は看護標準マスタを用いて看護行動種別を見直すことを検討している。

本研究開発の事前実験として行った模擬病室を用いた実験(以下、事前実験)においては 10 種の看護行動に対し約 90%の再現率と適合率が得られており、SICU においてもほぼ同様の結果が得られることがわかった。事前実験と比べ実運用では業務中に割り込みや患者の重症度に応じて看護師の行動の違いが生じることから行動認識品質への影響も考えられる。

また、主な看護行動を「腰痛」、「膝痛」、「頸肩腕痛」の 3 つの身体プレゼンティズムリスクに分類を行った結果より、清拭など身体プレゼンティズムと関係性の強い行動は高い値が得られた。現状の身体的プレゼンティズムの推測モデルは特異度が高く「スクリーナー」向きの特徴であった。今回の看護行動認識モデルは検証者のデータを使用して機械学習した結果であるため、今後は他者の行動ラベルデータを用いたモデルの構築も検討を予定している。また、IoT センシングより加速度データを入力データとして機械学習に利用したが、より良い精度を得るためには、加速度データ以外のデータと併用して識別することでより良くなると考えるため、さらに検討したい。今後は、IoT センシング技術を活用して得られたデータと最終的なプレゼンティズムスコアである WHO-HPQ Questionnaire⁵⁾と照らし合わせ、看護行動を識別しプレゼンティズムリスク分析を検討したい。

以上から、IoT センシング技術により看護業務量を自動でデータ抽出することができ、数値化が難しかった看護業務についてデータをもとに検討することが可能となり、業務改善や質の高い看護を提供することへつながると考える。

6. 結論

IoT デバイスを用いて、身体プレゼンティズムの主な要因であり、筋骨格系疼痛の原因となる看護行動のデータを抽出・判別することができた。

謝辞

本研究は、令和 3 年度総務省の戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)・社会展開指向型研究開発 (JP201606001)「プレゼンティズムを予防し地域の看護師が持続して働きやすい環境づくりを IoT で実現する」の委託を受けたものです。

本研究は、科研費 (21H04326) の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) Loeppke, Ronald, et al. Health and productivity as a business strategy: a multiemployer study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 2009, 51.4: 411-428.
- 2) Fochsen, G., et al. Predictors of leaving nursing care: a longitudinal study among Swedish nursing personnel. *Occupational and environmental medicine*, 2006; 63.3: 198-201.
- 3) Keiko Yamashita, Shintaro Oyama, Tomohiro Otani, Satoshi Yamashita, Taiki Furukawa, Daisuke Kobayashi, Kikue Sato, Aki Sugano, Chiaki Funada, Kensaku Mori, Naoki Ishiguro, Yoshimune Shiratori, Smart Hospital Infrastructure: Geomagnetic In-Hospital Medical Worker Tracking, *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2021, 28.3: 477-486.
- 4) Nagata T, Mori K, et al.: Total Health-Related Costs Due to Absenteeism, Presenteeism, and Medical and Pharmaceutical Expenses in Japanese Employers. *J Occup Environ Med*. 2018; 60: 273-280.
- 5) Suzuki, Tomoko, et al. Relationship between sickness presenteeism (WHO-HPQ) with depression and sickness absence due to mental disease in a cohort of Japanese workers. *Journal of affective disorders*, 2015, 180: 14-20.