

IoT/BD/AI による次世代地域包括ケアシステムの開発

酒谷 薫, 佐藤 豊, 小室 有輝, 唐 尊一, 姜 琳琳, 胡 莉珍

日大工・電気電子

1. 背景

厚生労働省は、団塊の世代が75歳以上となる2025年を目途に、高齢者の尊厳の保持と自立生活の支援の目的のもとで、可能な限り住み慣れた地域で、自分らしい暮らしを人生の最期まで続けることができるよう、地域の包括的な支援・サービス提供体制（「地域包括ケアシステム」）の構築を推進している。我々は、IoT/BD/AIの先端技術を活用した地域包括ケアシステムを開発し、福島県郡山市のモデル地区で実証実験を行っている（2016年4月～）。本オーガナイズドセッションでは、我々が開発したシステム及び実証実験の途中結果について報告し、地域包括ケアシステムにおけるIoT/BD/AIの先端技術の有用性について検討する。

2 対象と方法

本研究は、日本大学工学部と郡山市との間の共同研究事業として、2016年4月より実施している。本研究は、総合南東北病院の臨床研究審査を経て実施した。

対象は、郡山市内のモデル地区における住民（30戸）である。全戸に、睡眠時の呼吸数、心拍数、体動、離床を圧電センサーにて非拘束でモニターできる睡眠センサーを設置した。また、1日の水道使用量を連続的にモニターするための電子水道メータを30戸の内10戸に設置した。

見守りシステム(水道センサー、ベッドセンサー)のデータは、住居内に設置したホームゲートウェイを介して、3G携帯電話回線網を経由しクラウド上で管理できるシステムを構成した(図1)。

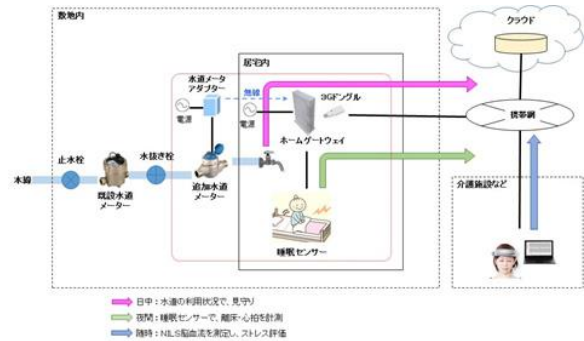


図1 データ通信設備 (概略図)

システムの全体像を図2に示す。ベッドセンサーと水道メータの2種類のデータを各家庭に設置されたホームゲートウェイで集約して3G携帯電話回線網を通じ、日大内に設置された中間サーバへ送信する。中間サーバでは各家庭から送られてきたデータをさらに集約してクラウドへ送信する。クラウド(AWS)上に蓄積されたデータをクライアントアプリケーションからの呼び出しに応じて適宜読み込み、加工し、アプリケーションへ送信する。



図2 システムの全体像

さらに、定期的(月1回程度)に公民館もしくは集会所にて、認知機能(Mini Mental State Examination: MMSE)、不安心理状態(State Trait Anxiety Inventory: STAI)を計測した。さらに、時間分解スペクトロスコピー(TNIRS)を用いて、安静時の両側前頭前野の脳機能を計測した。TNIRSの測定プローブは光源-検出器間距離を3cmとして両側前額部(前頭極及び背外側前頭前

野上) の頭皮に設置し、両側前頭前野の安静時酸素化 Hb [μM], 脱酸素化 Hb [μM], 総 Hb [μM], 及び Hb 酸素飽和度 SO_2 [%] を計測した。図 3 に公民館における脳機能測定を示す。



図 3 公民館における脳機能計測: 認知症テストの実施 (上段), TNIRS による脳機能計測 (下段)

なお、認知症の早期診断アルゴリズムに関する研究開発は、総合南東北病院系列の春日リハビリテーション病院の外来患者 142 名 (平均年齢 72.6 ± 12.0 歳) と入院患者 149 名 (平均年齢 73.4 ± 12.9 歳) の計 291 名を対象として行った。解析には、TNIRS のデータと MMSE スコアの関係を明らかにするため、スピアマンの順位相関係数による評価を行った。次に、二項ロジスティック回帰分析による認知症スクリーニングの可能性を検討した。説明変数は TNIRS 測定データ、年齢、性別、目的変数は、MMSE による MCI の閾値を 23/24 とし、MMSE スコア 24 以上を “0”, 23 以下を “1” とした。説明変数は変数増減法で定めた。

3. 結果

3-1. 睡眠センサーと水道使用量の遠隔モニター

図 4A に睡眠センサーのデータを示す。本症例では、午後 10 時頃から翌日の午前 6 時頃までの睡眠時の心拍数と呼吸数が連続的にモニターされている。心拍数は 70 回/分前後、呼吸数は 20 回/分前後で推移しているのが分かる。途中で 3

回計測が途絶えているが、これはトイレに行った時に離床したものと思われる。図 4B の症例では、離床による計測の中断は認められず、熟睡していたものと思われる。図 4B は、睡眠センサーと水道モニターを同時に行った症例である。就寝後は水道の使用がなくなり、その代わりに睡眠センサーが働き始め、逆に起床後は睡眠センサーによるモニタリングが終了し、水道を使用し始めるのがわかる。

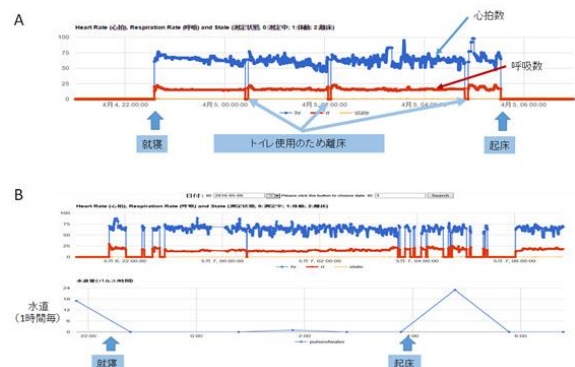


図 4 睡眠センサー、水道使用量センサーのデータ例

3-2. MMSE スコアと TNIRS パラメータの関係

MMSE スコアと TNIRS 測定によって得られた酸素化 Hb の間には、弱い統計学的に優位な正相関が認められた (図 5A)。同様に、MMSE スコアと SO_2 の間には、弱い統計学的に優位な正相関が認められた (図 5B)。

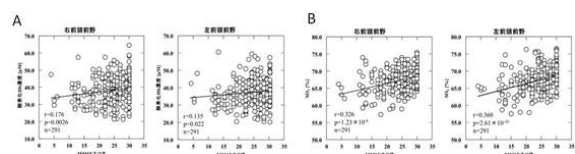


図 5 左右前頭前野の MMSE スコアと酸素化 Hb 濃度 (A) 及び酸素飽和度 SO_2 (B) の相関関係

3-3. TNIRS パラメータによる認知機能の推定

年齢、性別、全ての TNIRS パラメータを投入し、式 (1) に示す有意な回帰モデルを導出した。説明変数とされたのは、年齢と左半球の Hb 酸素飽和度 SO_2 であり、1% の有意水準で有意であった。導

出された回帰モデルによって推測された人数をまとめたものが表2である。

$$\log\left(\frac{p(MMSE=1)}{1-p(MMSE=1)}\right) = -0.089 \times [\text{年齢}] + 0.148 \times [\text{左半球 } SO_2] - 2.74$$

p(MMSE=1): MMSE スコアが 23 以下の確率
… (1)

表1. 二項ロジスティック回帰分析 推測結果

MMSE 実測値においてスコアが 23 以下であった認知症群 112 名の内、72 名を認知症群であると推測し、その割合を示す感度は 64.3%であった。MMSE 実測値においてスコアが 24 以上であった健常群 179 名の内、141 名を健常群であると推測し、その割合を示す特異度は 78.8%であった。全被験者 291 名の内、正しい群と推測された人数は 72+141=213 名で、その割合を示す判別確率は 73.2%であった。

4. 考察

本研究は、一般家庭に睡眠センサーを設置することにより、非拘束で高齢者の睡眠時の呼吸数、心拍数、体動、離床を遠隔でモニターすることを示している。従来の我々の実験では高齢者施設において睡眠センサーの精度を検証していたが、一般家庭における検証は行われていなかった。さらに、水道センサーにより日中の水道使用量をモニターすることにより、日中も夜間も遠隔で見守ることができると思われる。このように IoT/BD/AI という先端技術を活用することにより、高齢者の健康状態を見守ることができ、さらに孤独死の防止も可能であることを示唆している。

MMSE スコアと TNIRS による前頭前野・安静時酸素化 Hb 濃度、 SO_2 は有意な正相関を認め、タッチ

エムスコアと TNIRS による前頭前野・安静時酸素化 Hb、総 Hb 濃度に関する有意な正相関を認めた。この結果は TNIRS 測定において前頭前野の脳血流量、及び脳血液量が多い患者ほど認知機能が高いことを示し、PET を用いた認知症に対する研究結果と一致した[4]。

TNIRS 測定データと年齢、性別から被験者を MMSE スコアが 24 以上の群と 23 以下の群のどちらに属するかを推測する検討において、感度 64.3%、特異度 78.8%で判別確率は 73.2%であった。

しかしながら、実際の認知症検査に応用するためには、さらに推測精度を向上させる必要がある。現在、Deep Learning を使用したアルゴリズムを開発しているが、一般血液データを加えることにより 90% 以上の判別確率で予測できることが明らかとなった(特許申請中)。これらの結果は、TNIRS により MCI が疑われる症例に対して、MRI などの精密検査を勧めるためのスクリーニング検査に使用できる可能性が示唆される。

5. まとめ

本研究は、IoT/BD/AI による次世代地域包括ケアシステムを導入することにより、高齢者の健康状態を継続的にモニターでき、認知症や抑うつなどの高齢者に多い脳と心の疾患を早期に発見し、さらに孤独死を防止できる可能性を示唆している。IoT/BD/AI という先端技術による次世代地域包括ケアシステムは、人口減少を伴う少子高齢化社会において重要な役割を果たすと思われる。

6. 参考文献

- [1] Adv.Exp.Med.Bio. 2016;876: 289-295.
- [2] Appl Opt. 1991;30: 4474-4476.
- [3] SPIE 2000; 4160: 204-210.
- [4] Arch Neurol. 2007;64: 1015-1020.
- [5] J Biomed Opt. 2014;19: 027005.