

一般口演

一般口演23

ネットワーク・IoT・バーコード

2018年11月25日(日) 13:40 ~ 15:40 C会場 (4F 411+412)

[4-C-3-2] IoT機器データ収集基盤を用いたゼロ点認証システムの開発

○杉山 治¹, 佐々木 滋人³, 小林 弘明², 石田 匠², 高瀬 和彦², 黒田 知宏¹ (1.京都大学医学部附属病院, 2.株式会社 たけびし, 3.島津エス・ディー株式会社)

近年、病院への情報システムの導入が進んでおり、医療行為を確認し、エラーがあれば医療従事者へ伝えるシステムが様々な場面で利用されている。患者への投薬時に患者と薬剤の照合を行うシステム、通称「三点認証システム」もその一つである。三点認証システムの導入により、病院情報システムと人によるダブルチェックが可能となったが、バーコード読み取りの手間の増大やそれに付随した照合作業のルーチン化といった問題が発生した。本研究では看護師の照合作業における手間の削減とヒューマンエラー防止を目的として、「ゼロ点認証システム」の開発を行う。照合手順が減ることで看護師の照合作業中に割り込み業務が入る可能性が減り、ヒューマンエラー発生リスクを抑えることができる。この割り込み業務が入るべきではない照合から注射実施までの区間をクリティカルセクションと呼び、これを可能な限り削減するシステムの設計を試みた。ゼロ点認証システムの開発においては、BLEタグによりベッドへの看護師やシリンジの近接を検出し、シリアルアダプタをシリンジポンプに取り付けることでシリンジポンプの動作情報を収集するIoT機器データ収集基盤を設計し、基盤を通じて得られる看護師・患者・シリンジポンプの位置情報と操作情報、そして、シリンジに封入された薬剤の情報をバーコードで読み取ることで照合を可能とした。薬剤はオーダと紐付いているため、近接情報と薬剤情報から上記の五点が照合される仕組みである。実験では、看護師に対し、三点認証とゼロ点認証システムそれぞれで照合作業を合計三セット行ってもらい、照合にかかる時間を計測した。また、作業実施後、アンケート調査を行った。実験の結果、クリティカルセクションにかかる作業時間はゼロ点認証システムで短縮されることが確認され、看護師の主観評価についても、照合手順が省略されたことによる効率の向上について高い評価が得られた。

IoT 機器データ収集基盤を用いたゼロ点認証システムの開発

杉山 治^{*1}、佐々木 滋人^{*2}、小林 弘明^{*3}、石田 匠^{*3}、高瀬 和彦^{*3}、黒田 知宏^{*1}

*1 京都大学医学部附属病院、*2 島津エス・ディー株式会社、*3 株式会社 たけびし

Development of “Zero-Step Checkup System”

with IoT Equipment Data Collection Platform

Osamu Sugiyama^{*1}, Shigeto Sasaki^{*2}, Hiroaki Kobayashi^{*2}, Takumi Ishida^{*2}, Kazuhiko Takase^{*2}, Tomohiro Kuroda^{*1}

*1 Kyoto University Hospital, *2 Shimazu System Development Corporation, *3 TAKEBISHI CORPORATION

Systems which check medical treatment and alert errors are used in various situations in a hospital as the hospital information system (HIS) become widely used. One of them is the Auto-ID/Barcode Medication Administration (ABMA) system, which is used for checking the patient and the medicine. In ABMA system, nurses scan the barcode printed on the patients' wrist-bands and the barcode on medicines' label using a handheld device. Nurses check the result of the checkup on the display then start infusion. The nurse who executed the infusion is recorded in the medical record. Introduction of ABMA system enabled double check of medication by HIS. However, barcode scanning process increased nurses' workload and became a routine work, causing nurses to concentrate on the action to read barcodes rather than the output of the system. To solve this problem, this research proposes the “0-step Checkup System” with IoT (Internet of Things) equipment data collection platform to reduce nurses' workload and avoid human errors. With the proposed system, checkup is completed automatically as the nurse sets a syringe with a label on it to a syringe driver. The targets of checkup are nurse, patient, order, medicine and syringe driver. We introduced IoT equipment data collection platform, which detects the locations of nurse, patient and syringe driver with the tags of Bluetooth Low Energy (BLE) as well as collecting the syringe driver status and developed the zero-step checkup system on it. The experiment with seven nurses revealed that the proposed system could shorten the operation time to check the patient, medicine and nurse.

Keywords: Hospital Information System, Infusion Pump, Syringe Driver, Bluetooth Low Energy Beacon

1. 緒論

近年、病院への情報システム(Hospital Information System, HIS) の導入が進んでおり、医療行為を確認し、エラーがあれば医療従事者へ伝えるシステムが様々な場面で利用されている¹⁾²⁾³⁾。患者への投薬時に患者と薬剤の照合を行うシステム、通称「三点認証システム」もその一つである。三点認証システムの導入により、病院情報システムと人によるダブルチェックが可能となったが、バーコード読み取りの手間の増大やそれに付随した照合作業のルーチン化といった問題が発生した。本研究では看護師の照合作業における手間の削減とヒューマンエラー防止を目的として、「ゼロ点認証システム」の開発を行う。

照合手順が減ることで看護師の照合作業中に割り込み業務が入る可能性が減り、ヒューマンエラー発生リスクを抑えることができる。この割り込み業務が入るべきではない照合から注射実施までの区間をクリティカルセクションと呼び、これを可能な限り削減するシステムの設計を試みた。

ゼロ点認証システムの開発においては、Bluetooth Low Energy (BLE) タグによりベッドへの看護師やシリンジの近接を検出⁴⁾⁵⁾⁶⁾し、シリアルアダプタをシリンジポンプに取り付けることでシリンジポンプの動作情報を収集する IoT (Internet of Things) 機器データ収集基盤を設計し、基盤を通じて得られる看護師・患者・シリンジポンプの位置情報と操作情報、そして、シリンジに封入された薬剤の情報をバーコードで読み取ることで照合を可能とした。薬剤はオーダと紐付いているため、近接情報と薬剤情報から上記の五点が照合される仕組みである。

実験では、看護師に対し、三点認証とゼロ点認証システムそれぞれで照合作業を合計三セット行ってもらい、照合にか

かる時間を計測し、作業実施後、アンケート調査を行うことで、定量・定性の両面からシステムを評価した。

2. 開発目的

本研究では照合作業を行うケースとしてシリンジポンプを用いた注射を取り上げ、照合の自動化方法を検討する。さらに、照合にシリンジポンプも含めることで、「いつ、どこで、誰が、誰に、何を、どうやって」という情報を HIS に自動的に記録する基盤の設計・開発を行った。

3. システム概要

本研究では、BLE タグによりベッドへの看護師やシリンジの近接を検出し、シリアルアダプタをシリンジポンプに取り付けることでシリンジポンプの動作情報を収集する IoT 機器データ収集基盤と、基盤を通じて得られる看護師・患者・シリンジポンプの位置情報と操作情報、そして、シリンジに封入された薬剤の情報をバーコードで読み取ることで照合するゼロ点認証アプリケーションのプロトタイプ的设计・開発を行った。

3.1 IoT 機器データ収集基盤

IoT 機器データ収集基盤の開発では、まず BLE タグを看護師、患者に保持、IoT 機器に導入することで、それぞれの位置関係を取得し、それらの位置データと IoT 機器の動作情報を収集するシステムの実装を行なった⁷⁾⁸⁾。実装したシステムの概要を図 1 に示す。IoT 機器データ収集基盤では、BLE ビーコンからの信をバイタルデータターミナル (VDT)、もしくは、IoT ゲートウェイで検知し、あらかじめ登録されたターミナル・ゲートウェイの位置情報から看護師・患者・医療機器の位置情報を収集することができる。また、シリンジポンプにシリンジアダプタを取り付けることで、シリンジポンプの動作情報(電源

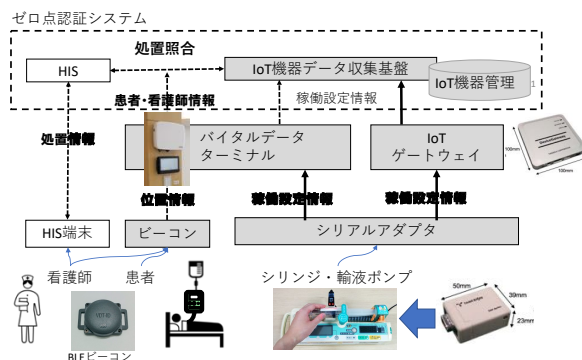


図 1: IoT 機器データ収集システムの構成

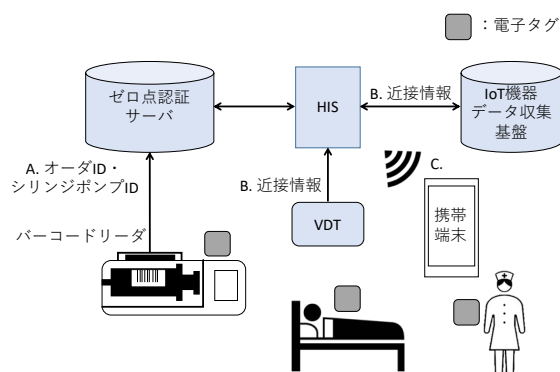


図 2: ゼロ点認証システムの構成

のオンオフ、異常状態、稼働時の流量などの設定情報)を定期的に収集することできる。収集されたシステムはIoT 機器データ収集システムに集められ、メッセージキューの形で各アプリケーションが利用することができる。本研究では、この基盤システムからえられる情報に基づき、シリンジポンプを用いた処置照合を行うゼロ点認証システムを実装した。

3.2 ゼロ点認証システム

従来の看護師・薬剤・患者の3情報をバーコードで手動で読み込むシステムに対して、それらの読み取りをBLEタグとシリンジに添付されたオーダー情報から自動で読み込む“ゼロ点”認証システムを開発した。提案するゼロ点認証システムの概要を図2に示す。

ゼロ点認証システムは、VDT、電子タグ、看護師が携帯する端末、シリンジポンプ、バーコードリーダから構成される。照合対象は、医師からのオーダーとそれによって処方された薬剤、患者、実施者である看護師、シリンジポンプの5点である。患者、看護師、シリンジポンプについては、各患者のベッドサイドに設置されたVDTとの近接状態を電子タグを使ってIoT機器データ収集基盤からオンタイムに取得する。薬剤については、それぞれのシリンジポンプにバーコードリーダを設置することで、シリンジに貼付されたバーコードが自動的に読み取られて薬剤とシリンジポンプが紐付く。これらの情報から「いつ、どこで、誰が、誰に、何を、どうやって」というデータが統合される。

照合結果は携帯端末に表示される。ゼロ点認証システムでは、看護師がシリンジをシリンジポンプにセットするだけで自動的に照合が完了するため、看護師はバーコード読み取りの作業ではなく照合結果の確認の方に集中することができる。

図3に照合プロセスの詳細をフローチャートで示す。まず、

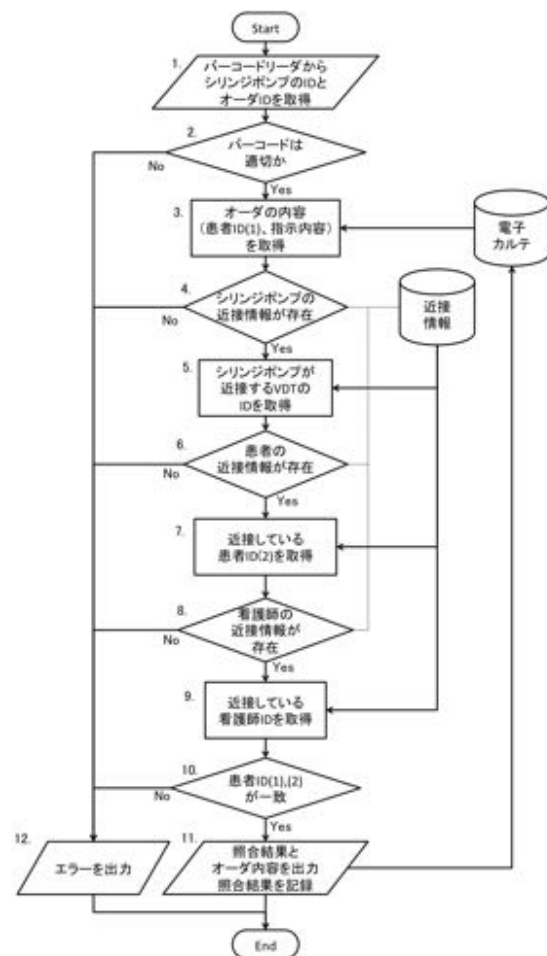


図 3: ゼロ点認証システムの照合プロセス

各ポンプに設置したバーコードリーダからセットする薬剤のバーコードを看護師が読み取ることで、シリンジポンプのIDとオーダーIDが入力される(図3-1.)。取得したオーダーIDから対象患者や薬剤、流量などのオーダーの内容を電子カルテから取得する(図3-3.)。システム側でどのシリンジポンプが用いられようとしているか検出し、シリンジポンプと薬のバーコードが示すオーダーIDを紐付ける。

図3-1. で取得したシリンジポンプのIDから、そのシリンジポンプがどのベッドで用いられようとしているのか近接情報から取得し(図3-5.)、同じベッドへ近接している患者と看護師を特定する(図3-7,9.)。オーダーが出されている患者(患者ID(1))と、照合が行われているベッドにいる患者(患者ID(2))が一致するか照合を行う(図3-10.)。照合の結果がベッドサイドにいる看護師の携帯端末に表示される(図3-11,12.)。携帯端末の識別は看護師の端末へのログイン情報を用いる。各段階でエラーが検出された場合はエラー内容を表示する。照合の結果はHISに記録される。

4. システム評価

本研究で実装したゼロ点認証システムの有効性を検証するために、京都大学医学部附属病院で勤務している看護師を対象とした評価実験を行った。

実験では、ゼロ点認証システムと従来の三点認証システムを比較し、看護師の照合作業の省力化と、ヒューマンエラー

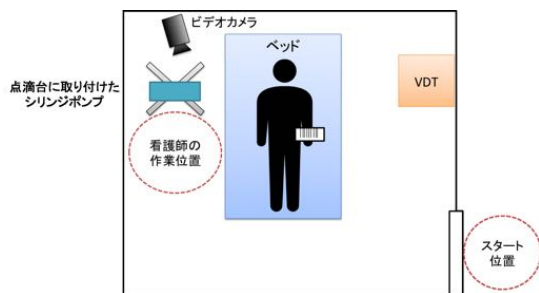


図 4: 実験環境

防止、ユーザビリティの観点からゼロ点認証システムの評価を行う。看護師に両システムを利用した照合作業を実験環境で実施してもらい、照合にかかる時間を計測する定量的評価と、看護師へのアンケート・インタビュー実施による定性的評価を行った。同時に、システムを病院へ導入する際に起こりうる問題点を抽出した。

本実験では、ゼロ点認証システムの導入によりバーコード読み取り作業が省略されることで、照合にかかる時間が短くなるという仮説を立てた。仮説を検証するため、注射業務全体にかかる時間を計測し、三点認証とゼロ点認証で比較を行った。

図 4 上部に実験用病室の見取り図を、下部にスタート地点から見た実験室の様子を示す。京大病院の病室(個室)を利用し、実験用の VDT と点滴台に固定したシリンジポンプを設置した。ベッドには患者役の学生にバーコードが印字されたリストバンドをつけて寝てもらった。看護師の作業の手元の様子が記録できるよう、ビデオカメラをシリンジポンプと患者が画角に入る位置に設置した。

実験では、被験者として、京大病院での看護師としての勤務歴が 1 年～ 25 年の看護師 7 名に協力してもらった。被験者には一度に一人ずつ説明と実験を行った。初めに実験の手順を説明し、模擬三点認証システムに慣れてもらったのち、三点認証とゼロ点認証それぞれの作業を 1 セットとして 3 セット実施してもらった。それぞれの試行では、照合作業にかかった時間を計測し、照合の様子をビデオカメラで撮影・記録した。また 3 セットの試行後にアンケートとインタビューを実施し、アンケートでは、Neilsen によるユーザビリティ評価⁹⁾に基づき、学習のしやすさ、効率性、記憶しやすさ、エラー、主観的満足度の 5 項目について評価してもらった。また、インタビューにおいては、照合作業の簡略化における問題点や、例外ケースについて、聞き取り調査を行った。

図 5 に実験に参加した看護師一人の作業手順を示す。看護師は 3 点認証においては、入室、氏名確認、患者・シリンジのバーコード読み取り、照合結果確認、シリンジのセット、投与開始と進むのに対し、ゼロ点認証においては、入室、シ

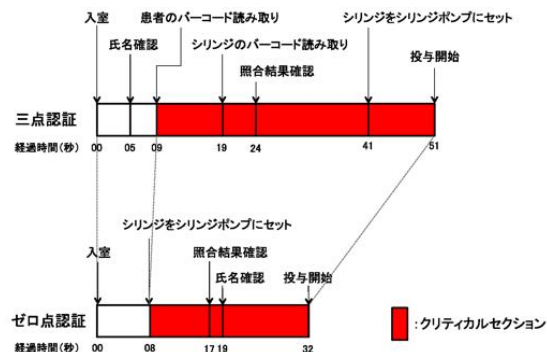


図 5: 照合作業の時系列表示

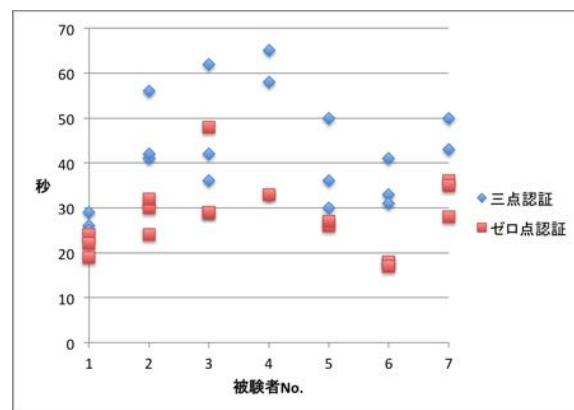


図 6: 作業時間の比較

リンジのセット、照合確認、氏名確認、投与開始と手順が省略され、その結果、実施にかかる時間が短縮されたことがわかる。図中、赤い矩形で表した部分が、照合作業において中断があると初めからやり直さなければいけない区間として、クリティカルセクションと名付け、作業時間の比較はこのクリティカルセクションをビデオで解析し、比較した。看護師 7 名それぞれの照合作業時間については、図 6 にまとめた。図 6 の横軸は各看護師のインデックス番号、縦軸に作業時間をそれぞれ表す。それぞれの軸において、3 回の試行それぞれにおける作業時間を三点認証は青点で、ゼロ点認証は赤点で示した。図 6 より全ての試行で、ゼロ点認証の作業時間が短縮されたことが示された。

また、アンケートとインタビューの結果から、現状の三点認証システムに対する看護師の主観的評価が得られた。結果、学習のしやすさ、効率性ではゼロ点認証が三点認証より高い評価が得られた。一方、記憶しやすさ、エラー、主観的満足度においては、三点認証の方が高い評価が得られた。

まず三点認証システムについては、看護師は三点認証システムの必要性を認識していると同時に、バーコード読み取り時にかかる手間への不満が見えた。看護師から得られたコメントより、患者・薬剤の取り違えを防ぐという意味での三点認証システムの意義が理解されており、バーコード読み取り作業に付随して看護師も目視で患者と薬剤を確認できるという安心感を得ていることが見受けられた。また、患者のリストバンドのバーコード読み取りに手間取ること、現在の京大病院のネットワーク環境の不備によって照合に時間を取られることに対する不満が散見された。

逆にゼロ点認証システムに対しては、照合の手間が削減さ

れることに対しては肯定的な意見が得られたものの、患者の確認が疎かになるという懸念が示された。患者の確認方法に関して、口頭で患者に氏名を述べてもらうこと以外は指示しなかったため、実験中に患者のリストバンドを確認しなかったことに対する戸惑いが実験後のアンケートとインタビューの回答で聞かれた。実験前に行った照合手順の細かい説明が不足していたため、ゼロ点認証時にリストバンドの確認が抜けてしまい、システムに対する評価が下がってしまった。現場にシステムを受け入れてもらえるかという観点において、システム利用者である看護師へ安心感を与えることは、医療現場にシステムを受け入れてもらうための要件の一つであると考えられる。

現在京大病院で用いられている注射を実施する際のマニュアルでは、「患者自身に名乗ってもらい(もしくはリストバンドで確認)、注射ワークシートの患者氏名と照合したか」と記載されている。ゼロ点認証システムもこれに準じて患者が名乗れる状態であれば口頭での確認のみ、そうでなければリストバンドを確認するという方法が現実には即していると考えられる。

5. 考察

今回の実験において、ゼロ点認証システムの導入による照合作業の効率化が看護師の主観的意見と客観的データの両面から示された。ゼロ点認証システムは照合作業の短縮に繋がるとする仮説が検証された。

定量的評価の結果では、看護師の個人差やシステムへの習熟度の違いにより結果にばらつきは出たものの、すべての被験者において照合作業にかかる時間が短縮された。仮にゼロ点認証システムが実際に導入されれば、システムへの慣れによりさらに時間が短くなることが予想される。

定性的評価として、看護師による主観的な意見の中でも、バーコード読み取り作業の削減に対し、手間が減ると肯定的な感想が多く得られた。普段行っている三点認証の手順とゼロ点認証の違いに初めは戸惑ったという意見もあったが、これは慣れの問題が大きく、システム設計自体の問題ではないと考えられる。

今回の実験では、注射を一つだけ実施するというケースに限定しており、複数の薬剤を同時に照合する場合や患者の状態、夜間の照合など環境が異なれば今回の実験結果とは異なる結果が出ると考えられる。また、実際の注射の実施では輸液ラインの接続の作業が含まれるため、実際の注射の実施にかかる時間は実験結果よりも長くなり、作業の手順にも影響が出る可能性がある。

6. 結論

本研究では、看護師の手間の削減とヒューマンエラーの防止を目的とした照合システムとして IoT 機器データ収集基盤を用いた「ゼロ点認証システム」の開発を行い、システムの評価を実施した。現在京大病院で用いられている三点認証システムでは、バーコード読み取りの手間が大きいだけでなく、バーコード読み取り作業がルーチン化してしまっているという問題がある。

また、照合作業に時間がかかり、照合作業から注射実施までのクリティカルセクションが長い分、割り込み業務が発生してヒューマンエラーに繋がるリスクが高まる。

そこで、本研究ではシリンジポンプを用いた注射を実施する際に、バーコード読み取りの手間を省略できるシステムを提案した。照合の自動化を実現するため、各ベッドごとに得られる電子タグの近接情報の利用と、シリンジポンプへのバーコードリーダの設置を行った。電子タグは看護師、患者、シリンジポンプに持たせることを想定しており、ベッドごとに設置され

た VDT との近接情報がリアルタイムに取得できる。

シリンジポンプごとにバーコードリーダを設置することで、看護師がシリンジをシリンジポンプにセットするだけでオーダー ID を示すバーコードが自動的に読み取られる。近接情報とシリンジポンプのバーコードリーダへの入力を用いることで、看護師、患者、シリンジポンプ、薬剤、オーダーの 5 点を紐付け、照合を行う。照合結果は看護師が持つ携帯端末に表示される。

ゼロ点認証システムによる手間の削減と安全性への寄与、ユーザビリティを評価するため、看護師に擬似病室で照合作業を行ってもらった実験を実施した。7 名の看護師を被験者として三点認証システムとゼロ点認証システムを比較した。

結果、注射の実施にかかる時間と、それに内包されるクリティカルセクションである照合にかかる時間のゼロ点認証システムにより短縮されることを確認した。看護師の主観的な意見としても、手間が削減されることに対して高い評価が得られた。クリティカルセクションが短くなることで、割り込み業務が入りづらくなり、間接的にヒューマンエラーの防止に繋がると考えられる。

今回の実験結果を通して、ゼロ点認証システムの導入による看護師の業務の効率化と安全性向上の効果が示された。

謝辞

本研究成果の一部は、NICT 委託研究 178A16 により得られたものである。

参考文献

- 1) Kuroda, T., Sasaki, H., Suenaga, T., Masuda, Y., Yasumuro, Y., Hori, Y., Ohboshi, N., Takemura, T., Chihara, K. and Yoshihara, H.: Embedded Ubiquitous Services on Hospital Information Systems., IEEE transactions on information technology in biomedicine: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vol. 16, No. 6, pp. 1216-1223 (2012).
- 2) 大村廉, 納谷太, 野間春生, 小暮潔: 看護業務支援のためのセンサネットワーク・アーキテクチャ, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム(UBI), Vol. 2009, No. 8, pp. 118 (2009).
- 3) 中野友裕, 小野瀬直, 佐藤菊江, 疋田智子, 保谷麗子, 岡本和也, 黒田知宏, 大星直樹: Push 通知型医療情報システムの状況検知部の開発, 医療情報学会春季学術大会予稿集, pp. 119-120 (2014).
- 4) 野間春生, 多田昌裕, 黒田知宏, 竹村匡正: Bluetooth による屋内位置計測装置の開発, 電子情報通信学会技術研究報告. CNR, クラウドネットワークロボット, Vol. 111, No. 446, pp. 29(34 (2012).
- 5) 田岡康裕, 納谷太, 野間春生, 小暮潔, 李周浩: Bluetooth の電波強度を用いたユーザの位置推定手法, 電子情報通信学会技術研究報告. USN, ユビキタス・センサネットワーク, Vol. 108, No. 138, pp. 147(152 (2008).
- 6) Naya, F., Noma, H., Ohmura, R. and Kogure, K.: Bluetooth-based Indoor Proximity Sensing for Nursing Context Awareness, Proceedings of the 2005 Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp. 212-213 (2005).
- 7) Esashi, M., Nakano, T., Onose, N., Sato, K., Hikita, T., Hoya, R., Okamoto, K., Ohboshi, N. and Kuroda, T.: Prototyping context-aware nursing support mobile system, 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, p. 5397 (2016).
- 8) 杉山 治, 小林 弘明, 石田 匠, 高瀬 和彦, 黒田 知宏: IoT ビックデータ利活用のための ME 機器データ収集基盤開発の試み, 第 37 回医療情報学連合大会予稿集, pp. 901-902 (2017).
- 9) Nielsen, J.: Usability Engineering, Academic Press (1993).