

CT センサとマットセンサを活用した 人の在席時間及び PC 作業時間自動計測システムの提案

舎川 周平^{†1} 光森 雄太郎^{†1} 齊藤 強^{†1}
安部 恵一^{†1} 一色 正男^{†1}

概要：我々は学校のパソコン実習室内での人の在席時間及びパソコン作業時間を正確に自動計測するシステムを検討した。既存技術では利用者の室内での入退出時間管理しかできず、本研究が想定しているパソコン実習室内での複数の学生のパソコンの作業時間及び在席時間を正確に把握できない。

そこで、本研究では IoT (Internet of Things) 技術を活用して、パソコン実習室内での複数の学生の在席時間及びパソコンの作業時間をリアルタイムで自動計測するシステムを提案する。本稿が提案するシステムは人手を要さず、パソコンの作業時間及び在席時間をリアルタイムで自動計測できるシステムである。今回は、CT センサとマットセンサの 2 点からパソコンの作業時間及び、在席時間を算出することで本論文が提案するセンシング方式の有効性の評価を行った。その結果、カメラで撮影した動画像と比較したところ、誤差は約±1(s)以内に収まり、本提案のシステムの有効性を確認できた。

キーワード：在席及び作業時間、CT センサ、マットセンサ

Proposal of the automatic measuring system for attended time and PC work time using CT sensor and the mat sensor

SHUHEI TONEGAWA^{†1} YUTAROU MITUMORI^{†1} TUYOSI SAITOU^{†1}
KEIICHI ABE^{†1} MASAO ISSHIKI^{†1}

Abstract. We have examined the system, which time exactly the attended time and working time of PC automatically the PC room. It can't be accurately grasp the existing technology a lot of students' attended time and work time of PC.

We proposal system, use IoT to attended time and work time of PC measure in real time the PC room. In this paper, we propose attended time and work time of PC measure in real time without humans hand. We have evaluated the paper of sensing method by calculation with CT sensor and Mat sensor. As a result, we compared with moving image of error is within ±1(s), and the effective check of a report is verified.

Keywords: attended time, work time of PC, CT sensor, Mat sensor

1. はじめに

パソコン実習室において講義の出欠状況を記録するために教員および受講者は多くの時間を割いてきた。そこで我々は学校のパソコン実習室内で学生の在席時間はもちろん、PC の作業時間も正確に自動計測することで授業の効率化を目的としたシステムを検討した。既存技術では在席時間と作業時間両方を計測するシステムは存在しないが、近いシステムとしては、非接触 IC(integrated circuit)カードを利用して室内の入退出時間を管理するシステム[1]や利用履歴記録データベースをもとに講義の出欠判定を行う出席管理システムがある。[2]

一方で、室内の入退出時間管理を自動化したシステムと

しては、iBeacon 技術を利用したシステム[3]や、ハンズフリー入退出・在席管理システム[4]がある。これらの既存技術では、利用者の出勤状況の時間管理、在席の有無は把握できるが我々が検討しているパソコン実習室内に導入するシステムとしては、利用者の在席時間及びパソコンの作業時間まで把握できないため不十分である。また、カメラを使用することで在席管理を行う研究[5]、[6]もあるが、在席者は常にカメラで監視されると感じ心理的ストレスになるという課題がある。そこで我々は IoT(Internet of Things) を活用して、心理的ストレスを感じさせないでパソコン実習室内での個々の学生の在席時間及びパソコンの作業時間をリアルタイムで自動計測するシステムを提案する。具体的な実験方法は第 3 章システム概要以下から説明する。

本稿は次のように構成される。第2章では関連研究・技術及び課題について述べる。第3章ではシステム概要。第4章ではプロトタイプの実装について詳細を述べる。第5章では

^{†1} 神奈川工科大学 創造工学部 ホームエレクトロニクス開発学科
Kanagawa Institute of Technology Creation department of engineering
home electronics Development subject

システム評価について詳細に述べる。第6章では本研究の全体のとりまとめとして結論で述べる。

2. 関連研究・技術

本第2章では、関連研究および関連技術について述べる。

現在、在席管理システムは IC カードを利用したものから利用者の手を要さずに出席管理できるものまで存在する。

以下では、IC カードを利用したものから室内の入退出自動管理できる技術を紹介する。これらの関連研究及び関連技術の課題を紹介しながら、我々が検討しているパソコン実習室内で使用する在席時間及びパソコン作業時間の時間管理システムを提案する。

2.1 IC カードを活用した出席管理

IC カードを活用した出席管理には学生証 IC カードを利用した出席管理システムの研究[1]がある。このシステムは利用者が所有する Suica や PASMO などの IC カードと既存の出席確認システムと連携したシステムの研究である。この研究では普段利用している Suica や PASMO などの IC カードを用いて出席確認することが可能となるが、カードをカードリーダーに通すときに一度に複数の人が読み込ませようとするため人の渋滞が起りやすく、またカードの通し忘れといったヒューマンエラーを招く恐れがある。

また、パソコン実習室型講義によるプレゼンスタイプ出席管理システム[2]の研究がある。プレゼンスタイプ出席管理システムとは、ある瞬間の在席状況ではなく、総在席時間で出席があったかをチェックし、出席判定を行う。これを用いて利用者履歴記録データベースのログイン情報とログアウト情報を講義時間と比較し、プレゼンスを加味した出欠判定結果をブラウザ画面および CSV ファイルに出力できる。このシステムでは講義時間中に学習のためにパソコンにログインしていた時間を判定基準に含めることが可能となり、出欠判定を行う上で受講者に実質的な出席評価を実施できるようになる。このシステムの課題は PC に必ずログインなどの作業を行わなければ欠席となる点である。

2.2 入退出時間管理の自動化

入退出時間管理の自動化を行った既存研究として iBeacon の応用[3]がある。iBeacon とは Apple 社によって提案された BLE (Bluetooth Low Energy) を利用した位置と近接の検出技術である。インターネットでこれを活用してスマートフォン端末でユーザーが画面をタップするアクションが不要となる。iBeacon を利用して出退勤管理を行うことができる。スマートフォンを持って iBeacon 端末に近づけると、出退勤記録アプリケーションが立ち上がり、利用者が簡単なボタン操作を行うことでシステム上に出退勤記録される。この既存研究では iBeacon を利用して出退勤管理や

無線通信での利用が可能である。本研究では、人の在席時間だけでなく、パソコンの作業時間まで正確に把握することが目的であるため、iBeacon を利用した出退勤管理システムは今回要件に合っていないと考えられる。

また、ハンズフリー入退出及び在席管理システム[4]という既存技術がある。この技術は小型トリガコイルを机天板の裏側に設置し微弱磁界を発生させる。RFID を携帯した人が自席の机に近づくと RFID タグは微弱磁界を検出し、読取った ID 情報 (トリガ ID と タグ ID) を電波に乗せて LAN 経由で上位 PC へ情報を送信する。上位 PC 上で受信した ID と照合用 ID 情報とを照合し、登録された ID であれば在席/離席情報を判断するシステムとなっている。この既存技術では在席管理は出来るが、FeliCa などの非接触 IC カード方式に比べ構成部品数が多くなりパソコン実習室への導入を考えると 1 席当たりのコストが高価になる課題がある。また、この RFID を使った既存技術では在席時間管理は可能であるが、我々の目指しているパソコンの作業時間まで把握できないという課題がある。

2.3 カメラを使用した出席管理

カメラを用いた出席管理システムの研究[5]では教室に入ってくる生徒の服の色をカメラで撮影して、色の情報だけを保存し、室内の一定空間にある色を個々に抜き取り色情報が合致または類似するかで在席管理を行うシステムの研究がある。この研究の課題としては、カメラによる位置推定の手法を服の色によって人物を特定し、服の色に関する実験で被験者が黒に近い服を着ている際に検知しにくく、色情報の合致できる精度が低いなど短所がある。

また他にカメラを用いた在席・離席管理システム[6]がある。カメラから取得した画像を解析し、対象者のいない元の画像と現在の画像の差分および一定秒毎の画像の差分及び変化から人の在席及び離席を管理するシステムである。

このシステムでは現在の画像とその 5 秒前の画像との差分を調べ、二値化を行い、人が動作しているかを判断する。被験者が黒に近い服を着ている場合や座席外の動的な現象がある場合、誤検知が生じ、検知精度が大幅に低くなるという大きな課題がある。

以上の既存研究・技術では、RFID やカメラを活用すれば室内の入退出管理や在席・離席管理を行うことはできるが、パソコンの作業時間を計測・管理システムできないという課題があった。

また、カメラを使用したりすると常に管理されているという利用者側に心理的ストレスを感じさせることに繋がる課題もある。

本研究では、カメラのように監視されているという心理的ストレスを感じさせず、パソコン実習内の学生の在席時間及びパソコンの作業時間を正確に管理できるシステムを提案する。

3. システム概要

図1に本研究が提案するパソコン実習室内における学生の在席時間及びPC作業時間を管理するシステムの概要を示す。IoT技術を使って、パソコン実習室内の各機の椅子とパソコンとをネットワークに接続して、それぞれの物から得られるセンサ情報を上位PCで収集できるようにすることで、学生の在席時間及びパソコンの作業時間を管理するシステムを考案した。椅子には人が腰かけているかどうかを検知するためマットセンサを設置し、そのマットセンサのON/OFF情報をWi-Fiで上位PCに送信する。また、パソコンの作業状況を詳細に把握するため、スマートタップを用いてパソコンの電力消費量の情報を取得するシステムとした。ここでいうスマートタップはWi-Fi規格の無線通信機能と電力測定機能を有したプラグであり、このスマートタップに測定したいパソコンの電源コードを接続すると簡単にパソコンの消費電力の見える化を行える。また、人の在席管理を行うため、椅子にマットセンサとWi-Fi通信でマットセンサのON/OFF情報を送信する機能を搭載した。

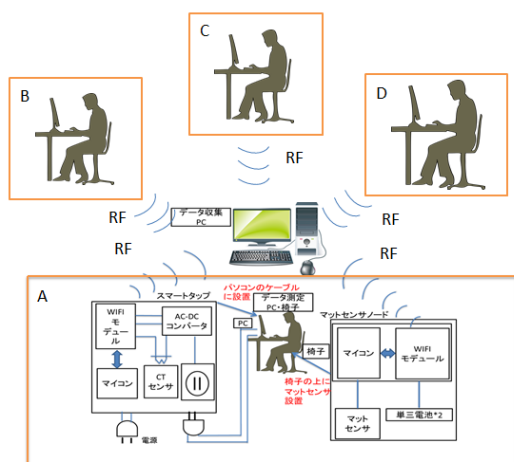


図1 在席時間及びPC作業時間の管理システム構成

図2に実際に設置予定の神奈川工科大学のパソコン実習室を示す。場所は本学C2号館3階PCセンターであり、PC設置台数は約30台である。最終的には全てのパソコンと椅子に設置できるシステムを検討している。本システムの開発では学生の在席時間だけでなく作業時間、作業状況まで正確に自動計測することで授業の効率化を目的とする。



図2 本システム設置予定のパソコン実習室
 (神奈川工科大学C2号館3階PCセンター)

4. プロトタイプ実装

4.1 ハードウェア

図3に今回システムの評価用に実装したプロトタイプシステムを示す。

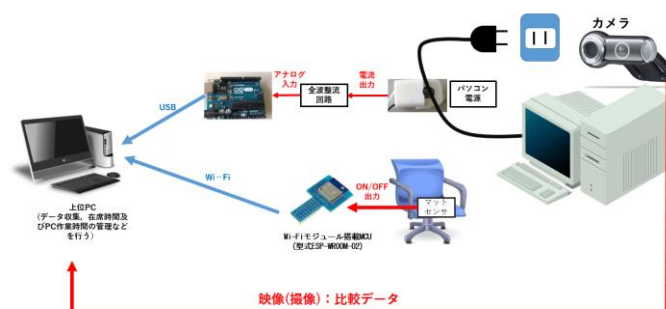


図3 プロトタイプシステムの概要

今回、スマートタップの代わりに図3に示すようにArduinoマイコンと全波整流回路、CTセンサの構成でパソコンの消費電力を測定するシステムを開発した。

CTセンサ(型式CTL-10-CLS/U_RD製)をパソコンの電源コードの片側にクランプし、CTセンサからの電流波形を全波整流してからArduinoマイコンのアナログポートに入力して、A/D変換したデータをUSB経由で上位PCへ送信することで、パソコンの消費電力波形を取得できるシステムとした。

椅子に人が座っているかどうかを検知するため、市販のマットセンサ(型式M-A4/竹中エンジニアリング社製)を使用し、マットセンサのON/OFF情報をWi-Fi搭載マイコン(型式EPS-WROOM-02/Espressif Systems製)で取り込み、その情報をWi-Fiで上位PCへ送信するシステムとした。

今回は、CTセンサとマットセンサの2点からパソコンの作業時間及び、在席時間を算出することで本論文が提案す

るセンシング方式の有効性の評価を行う。

今回、本システムとの比較評価を行うため、図3に示すようパソコンのディスプレイの上にカメラを設置し、撮像した動画像と比較できるようにした。また、今回は一人分のパソコンだけ評価を行った。

4.2 ソフトウェア

今回、上位 PC 側で収集したデータを保存及び、リアルタイムにグラフ表示したり、在席状況、PC 作業の判別を行ったりするアプリケーションを VB で開発した(図4)。

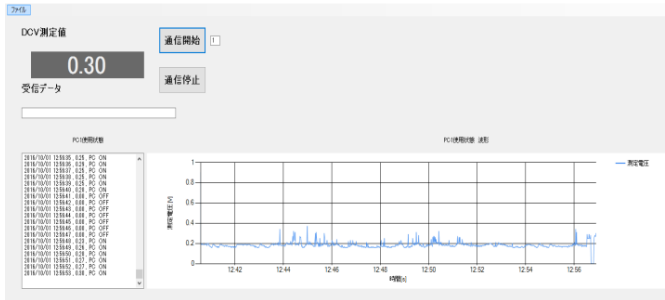


図4 上位 PC のアプリケーション画面

5. システム評価

5.1 CTセンサの性能評価

まず、CTセンサだけでどの程度、在席時間及びPC作業時間を確認できるのか性能評価を行った。

今回の評価方法は、PCの電源ラインに取り付けたCTセンサでPCの使用時間を確認した。また同時にWebカメラ(型式c270/Logicool製)でPCの使用状況を撮影し、PCの電源をONにした時間と、OFFにした時間などを比較した。

そのカメラデータと同時に時間表示させることでより正確な正解データを求めた。時間表示にはVBで作成した専用アプリを使用した。実際に実験を行った様子を図5に示し、実際に使ったカメラ表示を図6に示す。

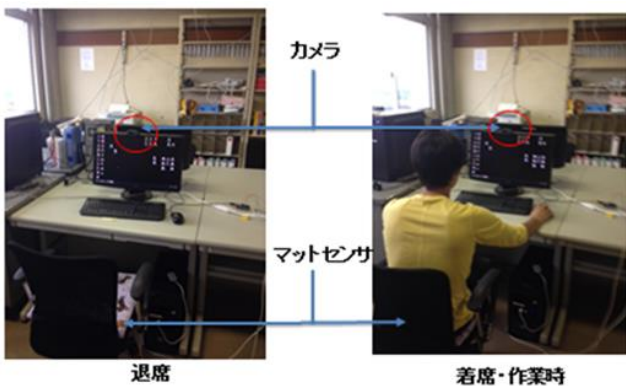


図5 実際の実験風景

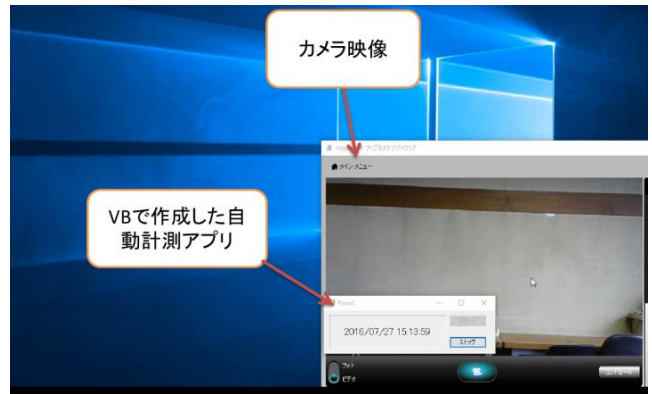


図6 本システムとの比較用に用いたカメラ映像

図5の左写真が退席状態であり、右側の写真が在席しパソコン作業を行っている状態を示す。カメラの動画の撮影時に時間が表示されないため、図6に示すVBで作成した時間計測アプリを使用し、動画像と実時間を同時に動画データとして取得し、上位PCに保存できるようにした。

図7にパソコンの消費電力測定用のCTセンサシステムの概要を示す。本研究の最終ゴールは、このCTセンサシステムをスマートタップにしてWi-Fiモジュールで無線化を行う予定だが、今回スマートタップの開発に間に合わなかったため、今回は有線によるUSBで行った。

CTセンサをPCの電源ラインに取り付け、全波整流回路で交流から直流に変換させ、Arduino Rev3でA/D変換した値を1秒間隔の周期でPCへ送信することで、CTセンサの性能評価を行った。

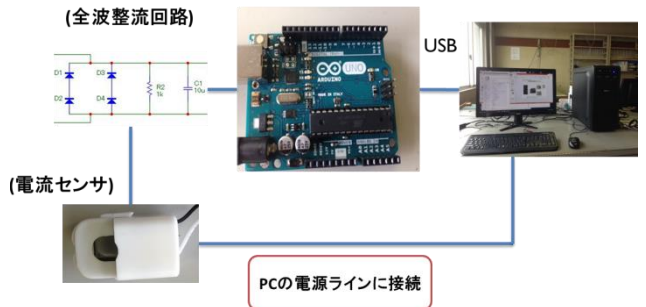


図7 CTセンサシステムの概要

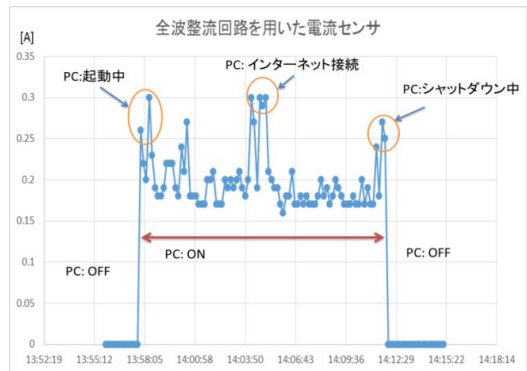


図8 CTセンサから得たパソコンの消費電力波形

図8にCTセンサから取得したパソコンの消費電流波形を示す。図中の注釈文はパソコンの作業内容を追記したものである。この消費電流波形と人の行動を合わせて見ると、からパソコンの起動時(PC:ON)及び停止時(PC:OFF)の検知は正確にできることが判った。

しかし、Word、Excelなどのアプリケーションのソフトを使用した場合、消費電流の変化量は少ない。インターネットを接続したときだけ、大きな消費電力のピークがみられるだけである。よって、CTセンサのみではPCの作業の詳細内容まで把握するのは難しいと考えられる。

5.2 マットセンサの在席確認による性能評価

当初は電流センサだけでPCの作業時間だけでなく在席時間も把握できそうだが、CTセンサだけでは難しいと考えられる。その理由は、PCが起動していても作業していない状況も想定され、本当にPCで作業しているのか正確に把握することはできない。このため今回は椅子にマットセンサを取付け、人が座っているからどうかを検知することにした。

使用したマットセンサはM-A4(竹中エンジニアリング社製)である。具体的な実験方法は、電流測定にArduinoを使用し、マットセンサに荷重がかかったときに電圧を検知できるデザインとした。図9に検証結果を示す。

カメラの映像と比較してみると図9に示す通り着席時・退席時の検知が正確できることが判った。

このマットセンサの精度を確かめるため、着席時間及び退席時間のマットセンサ時間とWebカメラによって撮影された被験者の行動時間の誤差を式(5.1)より求めた。その結果を表1に示す。

$$\text{カメラ} - \text{マットセンサ} = \text{誤差}(s) \quad \text{--(5.1)}$$



図9 マットセンサの在席状況の検証

表1 マットセンサとカメラの誤差

マットセンサ	カメラ	マットセンサ	誤差(s)
1回目 着席	14:17:30	14:17:30	0
退席	14:17:40	14:17:40	0
2回目 着席	14:17:50	14:17:50	0
退席	14:18:00	14:18:00	0
3回目 着席	14:18:10	14:18:10	0
退席	14:18:20	14:18:20	0
4回目 着席	14:18:30	14:18:30	0
退席	14:18:40	14:18:40	0
5回目 着席	14:18:50	14:18:50	0
退席	14:19:00	14:19:00	0
6回目 着席	14:19:10	14:19:10	0
退席	14:19:20	14:19:20	0
7回目 着席	14:19:31	14:19:30	1
退席	14:19:40	14:19:40	0
8回目 着席	14:19:51	14:19:50	1
退席	14:20:01	14:20:01	0
9回目 着席	14:20:10	14:20:10	0
退席	14:20:21	14:20:20	1
10回目 着席	14:20:31	14:20:31	0
退席	14:20:41	14:20:41	0
平均			0.15

表1に示した通り、カメラで撮影した動画の実時間と比較すると誤差は±1(s)ほどであり、正確に在席管理を行えることが判った。

5.3 マットセンサとCTセンサ情報取得による在席時間及び作業時間の測定評価

次に5.3節では、マットセンサとCTセンサの2つのセンサデータ取得により在席時間及びPC作業時間をどの位の精度で測定できるか評価を行った。

マットセンサから取得した瞬時値M(t)とし、CTセンサより取得した瞬時値の電流C(t)とする。この二つのセンサから取得したそれぞれの瞬時値に掛け合わせた式(5.2)をf(t)とする。このf(t)のグラフを図10に示す。

$$f(t) = M(t) \cdot C(t) \quad \text{--(5.2)}$$

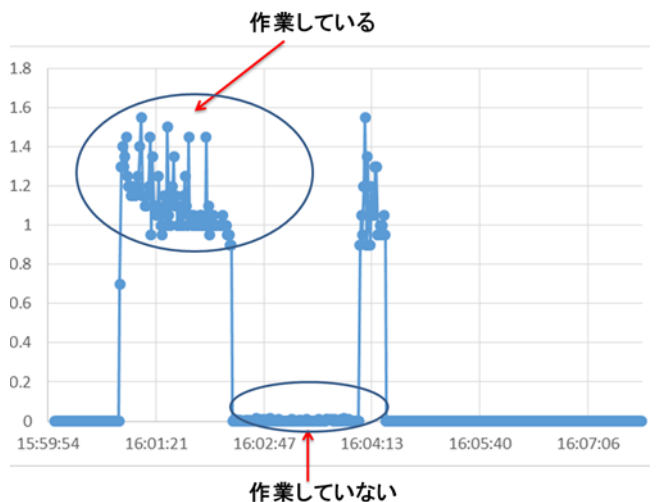


図10 CTセンサとマットセンサの掛け合わせグラフ

この $f(t)$ を算出することで、PC が起動中で人が椅子に座っている(在席している場合)にグラフが上がり、PC が使用されていないまたは椅子に座っていない(退席している状態)のときに図 10 のグラフは下がっている(ゼロ付近になる)。

つまり、式(5.2)により $f(t)$ を求めることで PC を作業しているかどうか正確に判定できることが判った。

この PC 作業時間をカメラの映像と比較してみると、時間の誤差は $\pm 1s$ 程度であった。

6. 結論

今回は、CT センサとマットセンサの 2 点からの作業時間及び、在席時間を算出することで、本稿が提案するセンシング方式の有効性の評価を行った。その結果、カメラで撮影した動画像と比較したところ、誤差は約 $\pm 1(s)$ 以内に収まり、本提案のシステムの有効性を確認できた。

マットセンサと CT センサを組み合わせることにより、着席して作業を行っている。退席しているが PC は起動している。着席はしているが PC を起動していないなどの細かい状況が把握できた。またマットセンサと PC の電流の波形を掛け合わせることで、PC 作業時間を正確算出できることが明らかとなった。

今後は、スマートタップを完成させ、パソコン実習上に本システムを複数台設置して実証実験を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 森田 直樹：“他の出席確認システムと連携可能な IC カード読み取りシステム” pp. 65-68, 電子情報通信学会, 2012
- [2] 久保田 真一郎, 古川 誠一郎, 副島 慶人, 川村 諒, 杉谷 賢一：“パソコン実習室型講義におけるプレゼンタイプ出席管理システム”, pp. 175-177, 情報科学技術フォーラム, 2009.
- [3] 田中 健. 諏訪 敬祐：“研究室在室管理システム自動化における iBeacon の応用” pp. 33-39, 学部情報メディアジャーナル, 2015.
- [4] 高山 尚久, 北村 充弘：“ハンズフリー入退・在席管理 システム”
<<http://jpn.nec.com/techrep/journal/g10/n03/pdf/100313.pdf>>, (参照 2016-09-20)
- [5] 小野 聖羅, 安国 浩：“在席管理システムの提案” pp.184, 電子情報通信学会総合大会, 2014
- [6] 奥西 亮賀：“Web カメラを用いた在席・離席管理”,
<<http://mikilab.doshisha.ac.jp/dia/monthly/monthly2012/mlm138/rokunishi/rokunishi.pdf>>, (参照 2016-09-20)
- [7] “金澤ソフト設計 VB.NET でシリアル通信を行う”.
<http://www.kana-soft.com/tech/sample_0008_3.htm>, (参照 2016-09-27).
- [8] “HIRO’ s.NET 02.タイマーを開始/停止する”,
<<http://hiros-dot.net/VBNET2003/Control/Timer/Timer02.htm>>, (参照 2016-09-28).
- [9] “Arduino でシリアル通信をしてみよう~ArduinoLV3~”.
<<http://www.japanese-makers.com/archives/633>>, (参照 2016-09-27).
- [10] “誰のためでもないMemo 複数行 TextBox 内の最後の行を常に表示する”, <<http://windyrings.jugem.jp/?eid=791>>, (参照 2016-09-25).
- [11] “トランジスタ技術 Web 脳接続! Wi-Fi×3G/LTE で IoT 製作”, CQ 出版社, P.45~P105, 9 月号, 2016.