

IoT を用いた PC 実習室における PC 稼働状況管理システムの開発

光森 雄太郎^{†1} 舎川 周平^{†1} 斉藤 強^{†1} 萱沼 健太^{†1}
一色 正男^{†1} 安部 恵一^{†1}

概要: 現在、国の教育機関などではパソコン実習室等の稼働状況を年に 1 回、国に報告することが義務付けられているが、IT などでも自動化がされていないためパソコン実習室の管理者の負担は大きい。また、講師一人で約 50 人規模のパソコン授業を実施する際、常に各学生の進捗状況を把握するのは困難である。

そこで本研究では心理的ストレスを感じさせずにパソコン実習室で人の在席及び作業時間を一元的に管理するためにスマートタップとマットセンサを使用して人の在席及び作業時間を正確に管理するシステムを提案する。スマートタップを PC に設置することで PC の稼働状況を把握し、それに併せてマットセンサを使用することで人の在席状況を把握するシステムとした。PC の稼働状況と人の在席状況の二つの情報を本提案手法で算出することで、PC の作業時間だけでなく、PC の無駄な電気使用時間などを正確に求めることができた。また、IoT 技術を用いることでシステム導入時に大きな設置工事を不要とし、素人でも手軽に設置できるシステムを考案したので紹介する。

キーワード: 在席及び作業時間, CT センサ, マットセンサ

Development of Management System for PC Work Time in PC Room using IoT

YUTARO MITSUMORI^{†1} SHUHEI TONEGAWA^{†1} TSUYOSI SAITOU^{†1} KENTA KAYANUMA^{†1}
MASAO ISSHIKI^{†1} KEIICHI ABE^{†1}

Abstract: The educational institution of our country is manual labor to report the use situation of the PC a year. The problem that the burden on manager has a big. It can't be accurately grasp the existing technology a lot of students' attended time and work time of PC. I proposal system, managing a attended time and work time of the person with a smart tap and mat sensor without emotional stress. The operating status of the PC was measured in the smart tap. In parallel the attended time was measured in a mat sensor. I was able to calculate it until the work time of the useless electricity by the operating status of the PC and the attended time. And This system is able to establishment for anyone because it isn't necessary large scale establishment. I report the details.

Keywords: Attended Time, Work Time of PC, Smart Tap, CT sensor, Mat sensor

1. はじめに

現在、国の教育機関などではパソコン実習室の稼働状況(人・時間数など)の年間報告が義務付けられている。実際の報告作業はパソコン実習室を使用したらその日のうちに帳簿(台帳)に手書きで記載し、年度末に、これらの台帳を集計して管理者が国に報告する流れとなっている。この作業は手作業で行っていることが多く、IT をうまく活用できていないため、管理者の負担は大きい。

また、近年、大学などの教育機関では情報科学に関する講義に限らず、各分野の講義においてパソコン実習室が頻繁に利用される。それに併せて 100 名にも及ぶ多人数講義

も存在する。このような多人数講義だと講師 1 人で受講者の進捗状況を管理しきれない課題がある。

従って、本研究ではこれらの課題を解決するパソコン実習室向け管理システムを提案する。

またパソコン実習室に設置する際、工事不要で素人でも簡単な設置作業が可能なシステムを構築できるよう無線通信(Wi-Fi)による IoT(Internet of Things)技術を活用したシステム技術について述べる。

本稿は次のように構成される。第 2 章では関連技術について述べる。第 3 章では本提案システムの概要、第 4 章ではプロトタイプの開発について詳細を述べる。第 5 章ではプロトタイプの評価結果について述べる。第 6 章では本研

^{†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 Faculty of Creative Engineering
Department of Home Appliance Engineering

究の全体のとりまとめとして結論で述べる。

2. 関連技術

パソコン実習室での出欠及び在席確認の先行技術としては、パソコンの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や、IC(Integrated Circuit)カードを利用した室内の入退出時間を管理するシステム[1][2]などがある。

一方、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]、カメラを活用した在席管理システムの研究[5]などがある。

しかし、以上の先行技術では、利用者の入退出時間を把握することはできるが、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要件に挙げた人の在席時間及び PC の作業時間といった正確な時間管理を行えないという課題がある。また、カメラなどを使用したシステムでは在席状況及び PC の作業状況を常にリアルタイムで監視することは可能である。しかし、人によっては常にカメラにより監視されることで心理的ストレスを感じさせる課題がある。

従って、本研究ではパソコン実習室で心理的ストレスを感じさせず、人の在席及び作業時間を一元的に管理できること、また国の教育機関などで使用されるパソコン実習室の稼働状況(使用人数、使用時間の実績値の把握)を容易に集計し、かつ PC 作業状況の把握から多人数講義でも各学生の PC の作業状況を常にリアルタイムで把握できるシステムを提案する。

また従来の先行研究において、システム導入時、大きな設置工事が必要であったが、本研究では大きな工事を不要とし、素人でも手軽に設置できる。

3. システムの概要

3.1 人の在席及び PC 作業時間の算出手法の提案

パソコン実習室での各 PC の稼働状況を調べる方法として、スマートタップを PC に設置し、設置した PC の消費電力波形の取得情報から PC の電源 ON/OFF 状況を求めることができる。この PC の電源の ON/OFF 状況から PC 利用者の使用時間などをある程度推定できるが、利用者の行動によって正確に推定できない場合が存在する。例えば PC 電源を ON にしたまま、利用者が席を立て別の場所に移動してしまった場合、人が居ないのに PC の電源が ON になっているだけで、PC 作業中と誤判定してしまうケースも考えられる。

そこで、本研究ではパソコン実習室での人の在席の有無を検知、即ちパソコンの椅子に人が座っているかの有無をはっきり検出する方法として、市販のマットセンサを椅子に設置することにした。これにより、人の在席状況を正確

に把握できる。

次に PC の作業時間については、本研究では PC 利用者が椅子に座っており、PC の電源が ON 状態のときを「PC 作業」として扱うことにした。ただし、椅子に座って、PC の電源が ON になっていても、PC の机の上で別の作業を行う場合も考えられるため、本稿では PC のスリープの時間周期を変えて、実際の PC の作業時間を正確に求めるための手法も評価した。

以上のことから、スマートタップを PC に設置し、パソコン用の椅子にマットセンサを設置し、2 つのセンサ情報を取得することでパソコン実習室の人の在席及び作業時間を正確に管理するシステムを考案した。これにより PC 稼働状況管理システムの実現を図る。

スマートタップとマットセンサから取得した各センサ情報の組み合わせにより、パソコン実習室における各 PC 利用者の行動推定を纏めたものを表 1 に示す。今回扱うセンサ情報は 2 個なので、4 通りの人の行動推定が存在する。

まずスマートタップ A の消費電力情報からは、PC 電源の ON/OFF 情報が判る。表 1 内のスマートタップの「1」は PC の電源が ON 状態を示し、「0」は PC の電源 OFF 状態を示している。また今回のシステムではスマートタップから得られた消費電力量の閾値を 15W 基準にし、15W を超えると「1」出力、15W 未満なら「0」出力とした。

一方、表 1 内のマットセンサ B の「1」は人が椅子に座っている状態を示し、「0」は人が PC 用の椅子に座っていない状態を示している。つまり、2 つのセンサの組合せで各 1 台ずつのパソコンの利用者の在席状況を把握できる。

A=0 B=0 のときは人が不在でありパソコンが OFF の状態を示しているため、パソコンを全く使用していない状態を検出できる。A=0 B=1 はパソコンの電源が OFF であるが、人が在席している状態を示す。A=1 B=0 はパソコンの電源が ON であるが、人が不在の状態を示しているため、電気を無駄に使用している可能のある状態を示す。

A=1 B=1 のときは、人が在席中であり、PC の電源 ON の状態であるため、本研究ではこの状態を PC 作業中として検出することにした。

表 1 各センサ情報と人の行動推定

A スマートタップ(PC-ON/OFF)	B マットセンサ(人在席の有無)	人の行動推定
0	0	不在 (人不在・PC OFF)
0	1	PC以外の作業中 (人不在・PC OFF)
1	0	無駄な電気使用中 (人不在・PC OFF)
1	1	PC作業中 (人在席・PC ON)

人が不在の状態出力 W, PC 以外の違う作業中の状態出力 X, PC の電気を無駄に使用している状態出力 Y 及び PC の作業中の状態出力 Z とすると、表 1 より式 (3.1) ~ 式

(3.4) が導かれる。ただし、スマートタップの出力値 A、マットセンサの出力値 B とすると、

$$W = \bar{A} \cdot \bar{B} \quad (3.1)$$

$$X = \bar{A} \cdot B \quad (3.2)$$

$$Y = A \cdot \bar{B} \quad (3.3)$$

$$Z = A \cdot B \quad (3.4)$$

となる。

本研究では式(3.4)の Z の出力値が 1 になったときを PC での作業中として定義したが、実際 PC の椅子に人が座っていれば必ず PC 作業しているとは限らず、違う作業を行っていることも想定できる。本研究では PC 作業と別作業を区別するため、2つのセンサ以外に PC に搭載するスリープモード機能などを積極的に活用することでどの程度、正確な PC 作業時間が求められるかシステムの評価実験を行った。この評価については第 5 章のプロトタイプの評価で詳細を述べる。

3.2 システムの概要

図 1 にパソコン実習室内での各パソコンの稼働状況を管理するための提案システムの概要を示す。

本システムではパソコン実習室での各パソコンの稼働状況を管理するため、人の在席状況から PC の使用人数を、PC の作業状況から PC の稼働時間を求めて、パソコン実習室の年間の稼働状況を集計し、最終的に自動的に報告書として提出できるシステムを考えた。

本研究の提案は 3.1 節で述べたようにスマートタップとマットセンサを使うことで、パソコン実習室内の 1 台のパソコンの稼働状況などを正確に行うシステムの実現を目的としている。

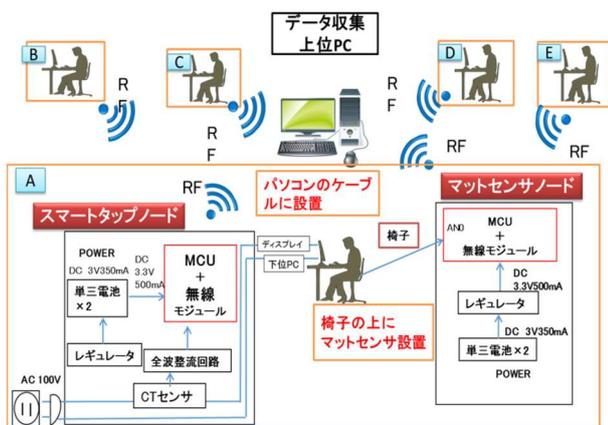


図 1 パソコン実習室での各 PC の稼働状況を管理するためのシステムの概要

本システムの設置においては、大幅な工事を不要とし、素人でも簡単に本システムを設置できるよう無線通信によ

る IoT 技術を用いた。具体的にスマートタップ、マットセンサといった無線ノードとデータを収集しメインで管理する上位 PC とのインターフェースに無線通信規格である Wi-Fi (2.4GHz) を使うシステムとした。

4. プロトタイプの開発

4.1 無線通信付きスマートタップノード

本研究で提案するシステムでは一人分のパソコンの稼働状況を確認するのに、図 2 に示すよう被験者一人に対して、スマートタップノードとマットセンサノードを 1 台ずつ配置して使用する。

図 2 の上段部分が今回開発した無線通信付きスマートタップノードの概要を示す。スマートタップに PC の稼働状況を管理する PC の電源コンセントを差し込むことで、スマートタップ内の CT センサ(型式 KM20-CTF-50A/オムロン製)で PC の総合計した消費電流を求め、電圧(AC100V 一定)と電流の積から簡易的に電力(皮相電量)を算出する。測定電力の結果は上位 PC へ Wi-Fi 経由で届けるシステムとした。この Wi-Fi 通信を行うために、市販の MCU+無線モジュール(ESP-WROOM-02/ Espressif Systems 社製)を使用した。この無線モジュールには MCU が内蔵されており、Arduino マイコンとして開発できる。今回使用した開発言語は C 言語ベースの Wring 言語で開発を行った。

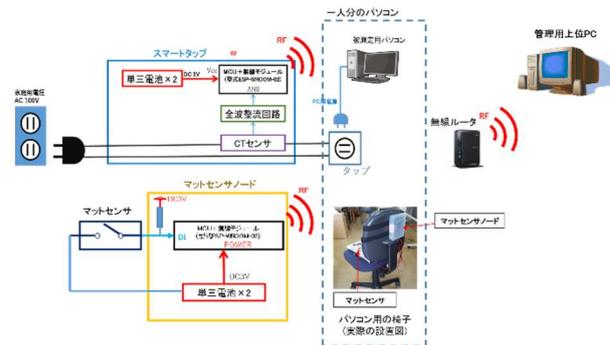


図 2 一人分のスマートタップノード及びマットセンサノードの配置図の概要

4.2 無線通信付きマットセンサノード

図 2 の下段部分に実際に PC の椅子に設置したマットセンサノードの概要を示す。無線モジュールにはスマートタップ同様、MCU 内蔵無線モジュールを使用した。本システムではマットセンサ(M-A4/竹中エンジニアリング株式会社製)を使用した。このマットセンサは無線モジュールのデジタル入力ポートに接続することで、椅子に人が座っているかの有無を検出できるようにした。今回開発したマットセンサノードの概要を図 3 に示す。

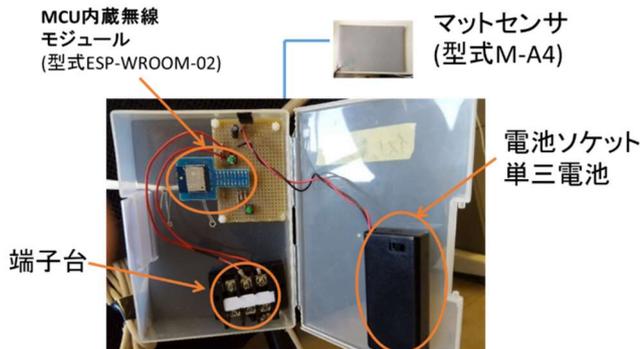


図3 今回開発した無線付きマットセンサノード

4.3 各無線ノードのファームウェア

図4に無線通信付きスマートタップノード及び無線通信付きマットセンサノードの上位PCへのデータ送信ファームウェアのフローチャートを示す。

各種ノードに使用したWi-FiモジュールはMCUが搭載されておりはArduinoマイコンとして開発した。

図3に示したようにMCU内蔵無線モジュールではWi-Fi経由で上位PCと通信を行い、各ノードより測定結果を送信する動作とした。

複数のノードからデータを送信する際、送信先を特定できるようにするため、無線LANの設定で上位PCのIPアドレスや使うポート番号を事前にMCU+無線モジュールに設定した。また今回はUDP/IP通信で行う方式とした。

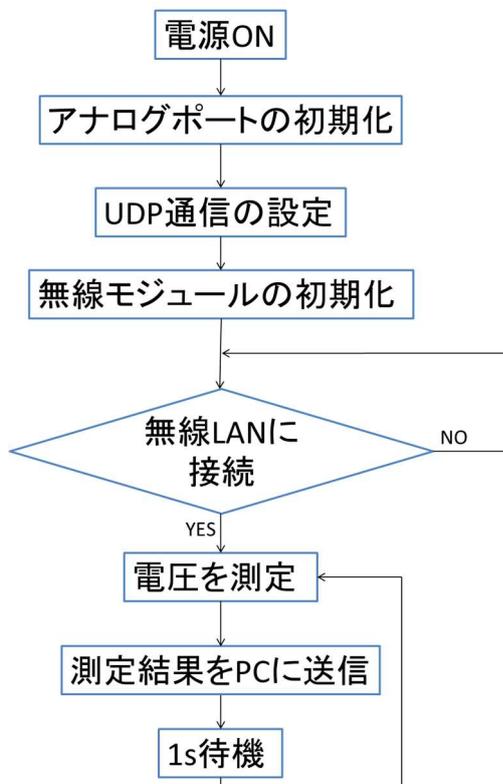


図4 各無線ノードに搭載した計測データ送信処理動作ファームウェアのフローチャート

4.4 上位PC側のアプリケーション

上位PCのアプリケーションでは図5に示すように収集したデータを保存や、リアルタイムでPCの稼働状態を示す。

人の在席状況とPC作業状況の2つの情報よりPCの作業時間並びに無駄な電気使用時間を算出して画面に表示できるGUI(Graphical User Interface)アプリケーションを開発した。このアプリケーション開発にはVisual Basic2015言語を使用した。

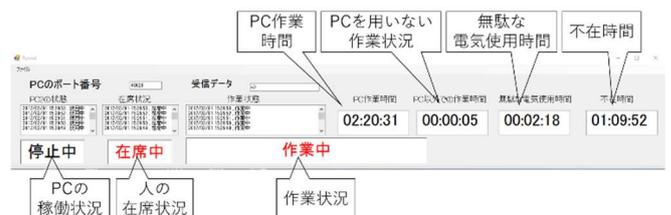


図5 今回開発した上位PCのGUIアプリケーション画面

図5に示すようにPCの使用状態ではPC電源のON/OFF状態の表示や、人の在席状況を表示するアプリケーションとした。またPC作業時間及び無駄な電気を使用した時間等の累積値を表示するアプリケーションを開発した。

5. プロトタイプの実証実験

5.1 プロトタイプの実証実験の方法

本5.1節では開発したプロトタイプの評価について述べる。今回開発したプロトタイプの実証評価は、神奈川工科大学C2棟6階安部研究室(E602室)で実証実験を行った。実証期間は平成28年12月1日から12月8日である。図6に実証実験で使用した各ノードの配置図を示す。今回は被験者3人分のPC稼働状況及びPC作業状況を測定できるように図6のように各ノードを配置し実証実験を行った。

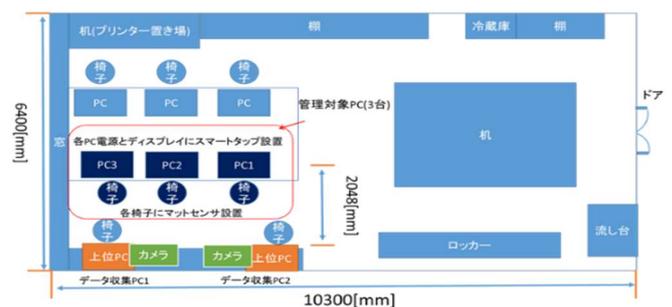


図6 実証実験で使用した各ノードの配置図
(場所：神奈川工科大学C2棟E602室安部研究室)

今回は2台の上位PC(データ収集PC)でデータを管理し、3台の各スマートタップとマットセンサを設置したPCと椅子で実証実験を行った。時間表示にはVisual Basic2015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7に示す。

図 7 の写真の中央(PC2) が退席状態であり、左端(PC1) 及び右端 (PC3) が在席状態である。動画像と実時間を同時に取得することで正解データとした。また正解データである動画像から実際の作業時間や無駄な電気使用時間を求め、本プロトタイプアプリケーションで集計したデータと比較することで今回開発したプロトタイプを評価した。

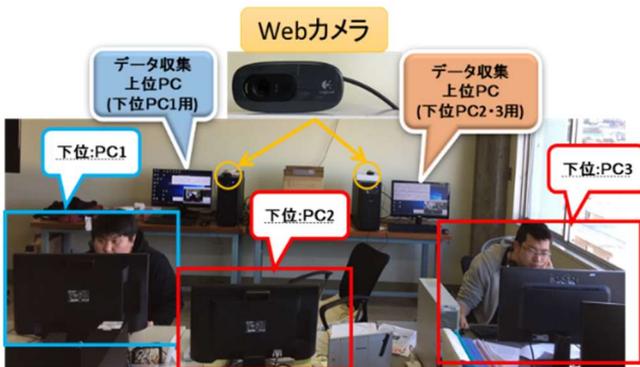


図 7 実際の実験風景

5.2 カメラと本プロトタイプとの比較評価

本稿の 3 章に示す本提案手法では、スマートタップとマットセンサの両者から取得したデータから不在時間、PC 以外の作業時間、PC の作業時間、無駄な電気を消費している時間(これ以降、無駄な電気使用時間と略して呼ぶ)の 4 点の状態の時間を算出できると考えられる。これらの各時間の算出方法は今回開発したプロトタイプシステムの上位 PC のアプリケーションソフトで行う。

まず、正解データであるカメラで取得した動画像データと比較して、今回開発したプロトタイプシステムがどの程度の精度で各作業時間を計測できるか評価を行った。

表 4 及び図 8 に本プロトタイプシステムで取得した PC の作業時間、PC 以外の作業時間、無駄な電気使用時間及び不在時間を示す。

この結果、不在時間と無駄な電気使用時間は±3 秒以内に収まっており、高い精度で計測できている。PC 作業時間と PC 以外の作業時間を合計し、PC 作業間わずパソコンの机上で何らかの作業を行っているとした合計作業時間に換算した場合も±2 秒程度の誤差に留まり高い精度で測定できている。しかし、合計の作業時間の内訳である PC の作業時間と PC 以外の作業時間においては約 25 分程度の大きな誤差がある。本プロトタイプシステムにおいて、「PC 以外の作業時間」を検出しカウントするにはマットセンサ ON で、かつパソコン側の電源が OFF 状態でなければいけないが、例えば PC も電源 ON のまま PC 以外の作業に入った場合、この間にすぐにスリープモードで PC 側の電源を OFF にしないと「PC 以外の作業時間」にカウントされず、逆に「PC 作業時間」側をカウントするため、このような誤差を生じさせたと考えられる。

表 4 カメラ映像と本プロトタイプシステムの比較評価 (PC のスリープ機能なし)

	PC 作業時間	PC以外の 作業時間	合計 作業時間	無駄な電気 使用時間	不在時間
カメラの 実測値	2:52:40	0:26:34	3:19:14	0:03:16	0:00:42
本システムの 実測値	3:18:20	0:00:53	3:19:13	0:03:17	0:00:40
誤差	+0:25:40	-0:25:41	-0:00:01	+0:00:01	-0:00:02



図 8 カメラの映像と本プロトタイプシステムの比較評価 (PC のスリープ機能なし)

5.3 PC のスリープ時間依存性の評価

6.1 節の考察で述べたように PC の電源が ON のまま PC 以外の作業に入った場合、すぐにスリープに入って PC 電源を OFF にしないと正確に PC の作業時間と PC 以外の作業時間の両者を求めることができないと著者は考えた。

そこで、PC 側のスリープ時間間隔を 1 分と 10 分にしたときのスリープ時間依存性を確認する実証実験を行った。

PC 側で設定できる最小スリープ時間は 1 分だったので、今回の実験で 1 分を使用した。

表 5 と図 9 にスリープ時間 10 分に設定したときの結果を、表 6 と図 10 に、スリープ時間 1 分に設定したときの結果を示す。

実験結果より PC のスリープ時間間隔を 10 分よりも 1 分設定にした方が、本プロトタイプシステムで算出した PC 作業時間と PC 以外の作業時間はカメラで取得した値に近づいており 10 分のときと比べて非常に測定誤差が小さくなっている。つまり、PC のスリープ時間間隔の設定が短い方が「PC 以外の作業時間」及び「PC 作業時間」の両者を正確に算出できるものと考えられる。またスリープ時間を 10 分と 1 分にしたときを比較すると、スリープ時間 10 分のときは無駄な電気使用時間は約 20 分であるのに対して、1 分のときは約 40 秒程度に抑えられおり、本システムにおいて PC のスリープ時間を利用することで正確に PC 作業時間等を測定できる他、節電効果にも繋がることを確認できた。

表 5 スリープ時間 10 分で行った
本システムの精度評価結果

	PC 作業時間	PC以外の 作業時間	合計 作業時間	無駄な電気 使用時間	不在時間
カメラの 実測値	1:58:52	1:01:39	3:00:31	0:20:16	0:02:59
本システムの 実測値	2:46:48	0:13:19	3:00:07	0:20:08	0:03:01
誤差	+0:47:56	-0:48:20	-0:00:24	-0:00:08	+0:00:02

表 6 スリープ間隔 1 分で行った
本システムの精度評価結果

	PC 作業時間	PC以外の 作業時間	合計 作業時間	無駄な電気 使用時間	不在時間
カメラの 実測値	2:52:11	0:18:54	3:11:05	0:00:39	0:11:32
本システムの 実測値	2:56:30	0:13:42	3:10:12	0:00:42	0:11:38
誤差	+0:04:19	-0:05:12	-0:00:53	+0:00:03	+0:00:06

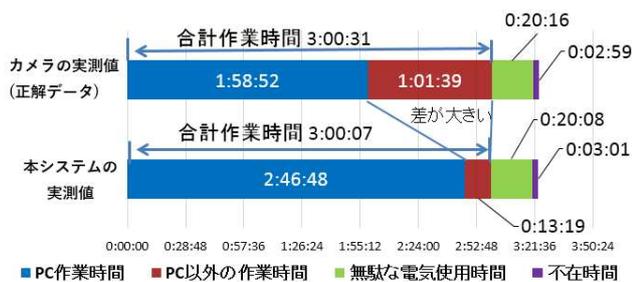


図 9 スリープ時間 10 分に設定したときの結果



図 10 スリープ時間 1 分に設定したときの結果

6. 結論

本研究ではスマートタップとマットセンサの検出情報よりパソコン教室内の PC 利用者の PC 作業時間, PC 以外の作業時間, 不在時間, 無駄な電気使用時間の 4 通りを算出する提案手法について述べた。またこの提案手法を実装したプロトタイプシステムを開発し実証実験を行ったところ, PC 作業と PC 以外の作業時間を合計した作業時間と, 不在時間, 無駄な電気使用時間については正確に求められることが確認できた。

「PC 作業時間」と「PC 以外の作業時間」については, 提案手法を用いた場合, PC のスリープ時間に依存することが実証実験で明らかになった。この解決方法として, PC 側のスリープ時間を短くしていくことで, 「PC 作業時間」と「PC 以外の作業時間」をある程度正確に求められることが確認できた。しかし, PC のスリープ時間設定は最小値設定値が 1 分となっているため実際使用するには限界がある。

また, スリープ時間を短すぎると, パソコン作業者にとって違和感がありストレスになる可能性があるため, 今後は PC 作業でストレスを感じさせずに PC の作業状況を正確にモニタリングできる手法について検討していきたいと考えている。

今回の実証評価では, 被験者 3 人で行ったが, 定員 50 人収容できるパソコン室で約 50 人程度の人数による実証評価を行っていきたい。

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ス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” pp. 60-63, NEC 技報/NEC デザイン&プロモーション株式会社編, 2010
- [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] “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).
- [7] “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.
- [8] “VisualBasic2010 で経過時間を表示”, <http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1071101185>(参照 2016-11-09).
- [9] “UDP によりデータの送受信を行う”. <<http://dobon.net/vb/dotnet/internet/udpclient.html>>, (参照 2016-10-07)
- [10] “UDP プロトコルを使ってメッセージを送信する方法”, <<http://www.lasical.com/2011/03/20/1445/>>(参照 2016-10-10).
- [11] “文字列から 1 文字取得する, 文字列内の文字を列挙する”, <<http://dobon.net/vb/dotnet/string/stringchars.html>>(参照 2016-10-19).