BLE ビーコンによる位置推定・打刻システムの運用実績と活用

梶岡 慎輔, 山本 大介, 打矢 隆弘, 齋藤 彰一, 松尾 啓志, 内匠 逸

名古屋工業大学 情報基盤センター

kajioka@nitech.ac.jp

Practical report of Localization-based Attendance Check System using BLE Beacons

Shinsuke Kajioka, Daisuke Yamamoto, Takahiro Uchiya, Shoichi Saito, Hiroshi Matsuo, Ichi Takumi

Information Technology Center, Nagoya Institute of Technology

概要

名古屋工業大学では,2016 年 4 月より Bluetooth Low Energy (BLE) ビーコンを用いて位置を推定し,打刻が行えるシステムの運用を開始した.このシステムは,学内に設置した BLE ビーコン発信機のビーコンをスマートフォンなどの端末で受信し,そのビーコンの情報と受信電波強度に基づきサーバで端末の場所を推定するものである.BLE ビーコン発信機には個別の ID を割り振り,全教室をはじめ学内のあらゆる場所に約 1,600 台設置した.本稿では,この BLE ビーコンによる位置推定・打刻システムの運用開始から現在までの打刻数やユーザ数をまとめ,位置情報および本打刻システムの活用事例を述べる.

1 はじめに

本学では,学生の授業への出席を記録,確認する仕組みとして平成19年度にICカードリーダを用いた打刻システムの運用を開始した.ICカードリーダは教室の入口付近に設置されており,学生は授業の開始前と終了後に学生証をかざして「打刻」を行う.この「打刻」を習慣付けることで,地震や火災など非常事態発生時に学生の最終打刻場所を把握して迅速な救助に役立てることを期待している.

IC カードリーダを用いた打刻システムは現在も問題無く運用しているが,運用開始から9年が経過し,課題と新たな要望が挙がってきた.課題としては,まず打刻場所がIC カードリーダ設置場所(教室内)に限られる点が挙げられる.安全対策や危機管理の観点からは,学内のどこにいる学生も位置が特定できることが望ましい.しかし,IC カードリーダは購入,設置,設定にコストがかかるため,IC カードリーダの設置場所や設置台数は限られる.さらに,学生がIC カードリーダに打刻しないと学生の位置情報は取得できない.2 つ目の課題として,打刻のタイミングが授業開始前と終了後に限られることが挙げられる.出席の偽装を防止したり,非常事態発生時に即座に学生の居場所を把握したりするためには,位置情報の収集をより

高頻度に,場合によっては管理者の要求に応じて即座 に収集することが求められる.

昨今,スマートフォンに代表される多機能な携帯情報端末の普及が進んでいる.総務省がまとめた 2014年の年代別モバイル機器等の利用率では,10代のスマートフォン利用率が 68.6%,20代のスマートフォン利用率が 94.1% にも上る [1].この調査が行われてから現在に至るまで,スマートフォンの利用率は上昇傾向にあると言われており,今後も数年間は利用率が大きく変化しない傾向にあると考える.

そこで本学では、学生の所有するスマートフォンなどの携帯情報端末を利用して位置を取得し、打刻を行えるサービスを考案し、2015 年に導入したマルチモーダル・ユニファイドコミュニケーション・システム [2,3] の一部として新しい打刻システムの設計と構築を行い、半年間の仮運用を経て 2016 年 4 月に本運用を開始した.新しい打刻システムでは、学内に設置した発信機から発信している Bluetooth Low Energy (BLE) 規格のビーコン電波を携帯情報端末で受信し、その電波の受信電界強度(Received Signal Strength Indicator)を用いて端末位置を推定する.BLE はおよそ 2013 年以降に発売された携帯情報端末・OS から対応しており、最近のスマートフォンやタブレット PC のほぼ全てや一部のポータブルメディアプレー

ヤーで利用できる.学生はスマートフォンを常に携帯するため,先に挙げた課題の大部分は BLE ビーコンを用いた打刻システムで解決できる.

近年の BLE 対応デバイスの普及に伴い, BLE ビーコンを用いて屋内位置測位を行うサービスや, そのサービスを入退室管理や動線解析に応用する事例が注目されている. BLE ビーコン発信機は小型かつ省電力であり,導入,運用コストが低いメリットがある. そこで本学では,名古屋市昭和区の御器所キャンパス内に約1,600台の BLE ビーコン発信機を設置して,あらゆる場所で測位できるようにした. 本学で設置した BLE ビーコン発信機は IC カードリーダより安価で,内蔵電池で5年間動作し続ける. 本学で導入したBLE ビーコン発信機はなりすましを検知できる性能を有している.

本稿では,本学で運用している打刻システムについて,従来の IC カードリーダを用いた打刻システムの課題を整理し,BLE 打刻システムでどのように改善したかを述べる.また,BLE 打刻システムで得られる位置情報を夜間の安全管理に活用する事例を紹介する.続いて3章で2016年4月に本運用を開始したBLE打刻システムのこれまでの運用実績をまとめる.

2 打刻システム

本章では,本学で開発して現在も運用中の IC カードリーダを用いた打刻システムの概要を述べ,このシステムで収集した打刻情報を利用する際の留意点を整理した後に,本学で 2015 年に開発した BLE 打刻システムの概要と構成要素を述べる.

2.1 従来の IC カードリーダを用いた打刻システム

名古屋工業大学では、平成19年度より、非接触型ICカードを用いた打刻システムを独自開発し、授業の出欠管理や安全管理に利用している。学生は、教室の出入口に設置されたICカードリーダに自身の学生証(非接触型ICカード)をかざすことで入退室時刻を打刻する。このシステムの導入により、授業担当教員の点呼の負担軽減、学生による出欠の自己点検、災害時や緊急時などにおける登校や在室状況の把握が可能となった。

図 1 に IC カードリーダを用いた打刻システムの構成を示す.このシステムは,各教室に設置されたIC カードリーダと打刻記録サーバで構成される.IC カードリーダは約 70 の教室にあわせて 130 台ほどが設置されている.IC カードリーダに学生証がかざされると,学生証の ID,IC カードをかざした日時,IC

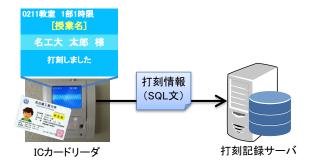


図1 IC カードリーダを用いた打刻システムの構成

カードリーダの ID が打刻情報 (SQL 文) として打刻記録サーバへ送信される. 打刻記録サーバに蓄積された打刻情報は Web インタフェース経由で閲覧可能になっており, 教員が担当授業の学生の出欠を確認したり, 学生が登録した授業の出欠状況を確認したりすることが可能である.

この IC カードリーダを用いた打刻システムでは,打刻時点の学生の位置を把握することは可能であるが,打刻が行われるのは基本的に授業の開始前と終了後である.よって,授業の開始前と終了後に打刻を行って出席を偽装し,実際は授業を欠席する学生が存在する可能性を否定できず,打刻情報を授業の出欠の判断材料とする際に留意しなければならない.

この問題を解決するためには,授業中に学生の位置を把握すれば良い.また安全管理や防災・減災の観点からも,学生の位置をより正確に,かつより高頻度に,状況によっては即座に把握することが求められる.このような位置情報取得を実現するために,我々は本学学生の9割超がスマートフォンを所持していると見込まれる点に着目し,学生のスマートフォンを活用した位置推定システムを構築しようと考えた.

2.2 BLE 打刻システム

授業中にも学生の位置を把握したり、IC カードリーダ設置教室のみならず学内のあらゆる場所で学生の位置を把握したりするために、本学では 2015 年度にBLE ビーコンを用いて位置推定を行い、その結果を利用して打刻を行うシステム(BLE 打刻システム)を開発した.

BLE 打刻システムは,あらかじめ教室内に設置された BLE ビーコン発信機から周期的に発信されているビーコンを学生が持つスマートフォンなどの携帯情報端末で受信し,その情報を端末がサーバへ送信してサーバが端末の位置を推定し,推定結果が打刻可能な場所であれば打刻が行えるものである.

BLE 打刻システムの構成を図 2 に示す. BLE 打刻



図2 BLE 打刻システムの構成

システムは,BLE に対応した携帯情報端末(スマートフォンやタブレット PC,ポータブルメディアプレーヤーなど),BLE ビーコン発信機,BLE 打刻(位置推定)サーバから構成され,さらに BLE 打刻サーバは認証サーバ,打刻記録サーバ,授業管理システムなどと連携している.

2.2.1 携帯情報端末アプリ

携帯情報端末には本学が BLE 打刻システム用に開発したアプリ(以下打刻アプリと呼ぶ)をインストールする. 打刻アプリでは打刻と時間割表示が行える. 打刻アプリで打刻操作が行われると,端末で一定時間 BLE ビーコン発信機のビーコンを受信し,そのビーコンの内容および受信電界強度(Received Signal Strength Indicator)を HTTPS(SSL で暗号化したHTTP)で BLE 打刻サーバへ送信する. 打刻アプリは,BLE 打刻サーバから HTTP レスポンスとして位置推定結果を受信する.

端末の利用者が打刻操作を行うことで打刻する"手動打刻"のほかに,打刻アプリが自動的に BLE ビーコンを受信して BLE 打刻サーバへ送信する"自動打刻"が存在する.自動打刻は,管理者が設定した時間間隔で動作する周期的な自動打刻と,管理者が要求した際にプッシュ通知を受け取って即座に動作するプッシュ打刻が利用できる.現状では双方の自動打刻ともに打刻された情報は授業の出欠管理のためには用いられず,安全管理のために用いられる.授業時間中の自動打刻を何らかの形で出欠管理の情報として活用すれば,出席を偽装する学生の検知が可能になると考える.なお,手動打刻を行った際は端末の画面に打刻結果が表示されるが,自動打刻が行われた際は端末あるいは打刻アプリに見た目の変化はない.

また,打刻アプリ内の時間割情報は打刻アプリが

BLE 打刻サーバへ差分の有無を定期的に問い合わせ, 差分がある場合は授業管理システムから BLE 打刻 サーバ経由で授業情報の差分を取得することで最新の 状態を維持している.

2.2.2 BLE 打刻サーバ

BLE 打刻サーバでは本学が開発した BLE 打刻システムの基幹部分が動作する.BLE 打刻サーバは,携帯情報端末からの HTTP リクエストを受信すると,リクエストに含まれるビーコン情報からその端末の位置を推定し,推定結果を端末へ返信する.位置推定結果が条件を満たす場合は,図1に示すICカードリーダによる打刻と同様に打刻記録サーバへ打刻情報(SQL文)を送信する.ただし,送信する打刻情報にはBLE打刻サーバによる打刻であることを示す識別子を付加し,ICカードリーダによる打刻と区別できるようにしている.

2.3 BLE 打刻システムにおけるプッシュ通知の利用 必要に応じて打刻アプリの利用者の位置を把握した り,緊急時に利用者へメッセージを送信したりすることを目的として,iOS および Android のプッシュ通知 を利用した自動打刻機能を実装した.

2.3.1 プッシュ通知の動作

プッシュ通知はプッシュ通知コマンドサーバによって発行される.プッシュ通知コマンドサーバは,プッシュ通知先ユーザリストおよび要求イベントの種類・IDをBLE 打刻サーバへ送信する.BLE 打刻サーバは,受信したプッシュ通知先ユーザリストからプッシュ通知先のアプリ ID リストを作成し,要求イベントの種類・ID を付加してプッシュ通知サービス提供サーバへ送信する.その後,プッシュ通知サービス提供サーバからプッシュ通知を受け取った携帯情報端末が打刻アプリにプッシュ通知を送り,打刻アプリが要求イベントの種類に応じた処理を実行する.

本学では、学内に夜間残留している学生の安全管理のためにプッシュ通知による自動打刻を利用している、プッシュ通知には、OSが通知領域にテキストメッセージを表示することが可能な通知方法と、OSが通知を行わないサイレントプッシュという通知方法が存在する、学生の現在位置を把握する目的で夜間にプッシュ通知を行う場合、サイレントプッシュで通知を行っている。一方で、非常事態発生時のユーザへの情報提供やユーザによる端末操作依頼に用いるため、通知領域にテキストメッセージを表示する通知についても打刻アプリで動作確認済みである。

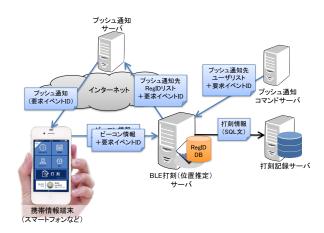


図3 プッシュ通知の動作

3 運用状況

本章では,BLE 打刻システムの運用準備から本運用の開始,打刻情報の活用例といった運用状況を述べる. 3.1 BLE ビーコン発信機の設置

2016 年 10 月現在,名古屋工業大学御器所キャンパス内の講義室,演習室,実験室,および体育館や廊下を中心に,約 1,600 個の BLE ビーコン発信機を設置している.BLE ビーコン発信機の設置密度は,打刻が行われる教室でおよそ 10 m² に 1 台,他の場所(廊下,棟の周囲)で可聴 BLE ビーコンが 1 から 2 となる密度とした.なお,BLE ビーコンの見通し電波到達距離は 30 m から 50 m 程度である.設置位置は,万が一落下しても怪我をする心配の少ない位置に,柱など耐荷重の高い箇所とした.

3.2 携帯情報端末アプリの準備

学生が携帯情報端末を利用して BLE ビーコンを受信し,BLE 打刻サーバと通信して打刻を行うために,専用のアプリが必要となる.近年,スマートフォンを所持する本学学生の 95% 以上(ほぼ全員)が iOS もしくは Android を搭載した端末を所持している.そこで,iOS と Android それぞれに対応した携帯情報端末用の BLE 打刻を行うアプリ(打刻アプリ)を開発した.対応 OS は,アプリを実行する端末が BLE に対応している必要があることや開発コストなどを検討し,iOS はバージョン 8.0 以降,Android はバージョン 4.4 以降とした.

3.3 本運用の開始

BLE 打刻システムは,2015年10月に仮運用を開始した.その後半年間の仮運用期間中に不具合の修正とサービスやインタフェースの改善を実施し,2016年4月から本運用を開始した.

3.4 夜間の安全管理への活用

2016年4月から,授業に関する打刻に干渉しない夜間(21:30以降)に学生が学内で打刻操作を行うことで,夜間残留届を提出した扱いになるサービスを開始した.夜間残留届とは,実験などで夜間学内に残留する者の安全管理を目的として残留者に提出を求めている届けである.これまでは本学の情報基盤 Web サイトにログインして届け出る必要があった.BLE 打刻アプリを利用した学内での打刻操作もしくは各棟の出入口に設置してある入館用 IC カードリーダに IC カードをかざすことで夜間残留届を提出した扱いとなり,利便性が向上した.

4 BLE 打刻サービスの利用実績

本章では,2016 年 4 月から 8 月にかけての BLE 打 刻サービスの利用実績を示す.

4.1 打刻リクエスト数

図 4 は 2016 年 4 月 1 日から 8 月 19 日までの間に BLE 打刻サーバが受信した打刻リクエストの数を打刻方法別に日別集計し、累積したグラフである. 打刻リクエストにビーコン情報が含まれているかどうかは不問である. 図 4 で最も数の多い打刻方法が周期的な自動打刻 (periodicAuto)であり、次に数の多い打刻方法が手動打刻 (onManual)、最も数の少ない打刻方法がプッシュ打刻 (push)である.

周期的な自動打刻の打刻周期は 15 分に設定しており,たとえば 90 分間の授業時間内に打刻アプリを起動したまま放置した場合,周期的な自動打刻が 6 回行われることになる.ただし,必ずしも設定した打刻周期で自動打刻が行われるわけではなく,設定した打刻周期より長い周期で行われるようである.

プッシュ打刻(プッシュ通知の受信がきっかけの自動打刻)については,アプリからの打刻要求にビーコン情報が存在するかどうかを区別して集計した日別プッシュ打刻リクエスト数を 4.1.1 項に示す.

図4に示すように,開講期間の平日における手動打刻のリクエスト数は1,000から2,000程度である.土日祝休日や開講期間外の手動打刻のリクエスト数は10前後まで減少する.なお,周期的な自動打刻のリクエスト数も土日祝休日の方が2,000程度少ない.土日や連休など連続して授業のない日を比較すると日が経過するにつれてリクエスト数が減少している.これは,利用者が打刻アプリを終了することが原因であると考えている.打刻アプリの利用者にヒアリングしたところ,バッテリ消費量を節約するために使用しないアプ

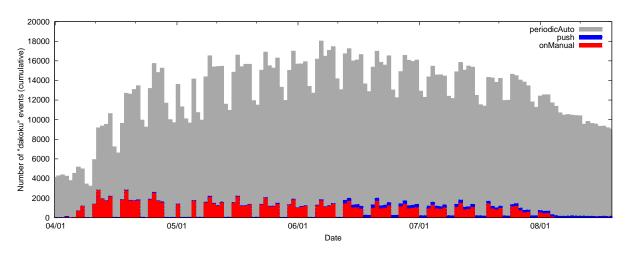


図 4 日別打刻リクエスト数(打刻方法で区分した値を累積)(2016年4月から8月)

リをこまめに終了するという意見があり、少なくとも3割程度の学生が実際にアプリ利用後にこまめに終了するとのことであった、非常事態発生時に学生の現在地を早期特定するためにはアプリが起動している必要があるが、現状ではアプリが起動されていない可能性が高いので、学生への安全管理の必要性の訴求とアプリの起動・使用率向上が今後の課題となる。

4.1.1 プッシュ打刻リクエスト数

プッシュ打刻の日別打刻リクエスト数を図 5 に示す・プッシュ打刻リクエストの総数は,2016 年 6 月 第 2 週までは 1 日 100 未満,同第 3 週からは 1 日 300 前後であった・6 月第 3 週からプッシュ打刻リクエスト数が増加したのは,2016 年 6 月 13 日にプッシュ通知リクエストが 1 日 1 回から 1 日 4 回に増加したことと,同日に打刻アプリのプッシュ通知処理を改善したアップデートバージョンを公開したことが影響している・図 5 に示すように,夜間学内に残留する学生が少ないためか,学内の BLE ビーコンを受信して位置が特定できたリクエスト数(Beacons found)が全体に占める割合は 1 割未満であった・

4.2 打刻ユーザ数

打刻アプリの打刻機能の利用率を推計するため,ユーザによる手動打刻が行われたイベントを抽出し,日別にユニークユーザ数を集計したものを図 6 に示す. なおこの結果には,本学のビーコンが受信できず位置を推定できなかった打刻の回数とユーザが操作せずとも打刻操作が行われる自動打刻の回数は含まれない.

図 6 は,授業時間帯(daytime)か夜間残留届受付時間帯(night)かを区別して日別集計した値を累積

したものである.授業時間帯と夜間の双方で手動打刻を行ったユーザは双方ともに集計され,2ユーザとしてカウントされている.ただし,夜間の打刻ユーザ数は授業時間帯の打刻ユーザ数と比較して圧倒的に少なく,授業を受ける学生(主に学部1年生から3年生および大学院1年生)と実験などで深夜まで残留する学生(主に研究室配属学生)がある日に一致することは稀であることから,図6に示すユニークユーザ数はほぼ実際のユニークユーザ数と見なして問題ない.

図 6 に示すように,授業実施日のユニークユーザ数は 2016 年 4 月の約 600(最大 810)から同7月末の約 400 程度で推移している.これは本学の全学生数の1割から1割未満の数である.本学学生の90%を超える携帯情報端末所持率を考慮すると打刻アプリの利用率が低い.打刻アプリの利用率を向上させることで,より高い頻度,精度で学生の位置を推定して安全管理に活用したいほか,BLE ビーコンを利用した屋内位置推定およびそのデータを活用した研究を促進したい.

4.2.1 打刻回数別打刻ユーザ数

授業時間帯にユーザによる手動打刻が行われたイベントを抽出し、日別に打刻回数で区分してユニークユーザ数を集計したものを図7に示す。なお図6と同様に、この結果には本学のビーコンが受信できず位置を推定できなかった打刻の回数とユーザが操作せずとも打刻操作が行われる自動打刻の回数は含まれない。

図 7 は , 手動打刻の回数を 1 回 , 2 回 , 3–4 回 , 5–6 回 , 7–8 回 , 9–10 回 , 11 回以上に区分して日別集計した値を累積したものである.累積した値は図 6 の授業時間帯 (daytime) のユニークユーザ数に等しい.図 7 に示すように , 授業時間帯の全手動打刻ユーザの約 4 割がその日に 1 回しか打刻操作を行っていない.本学

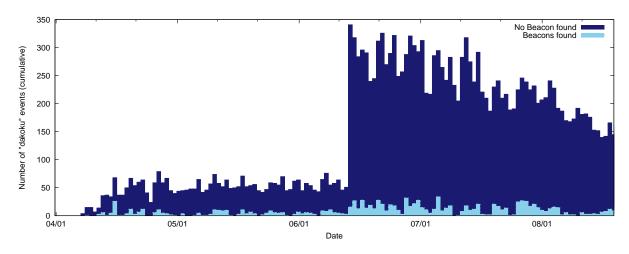


図 5 日別プッシュ打刻リクエスト数 (ビーコン有無で区分した値を累積)(2016年4月から8月)

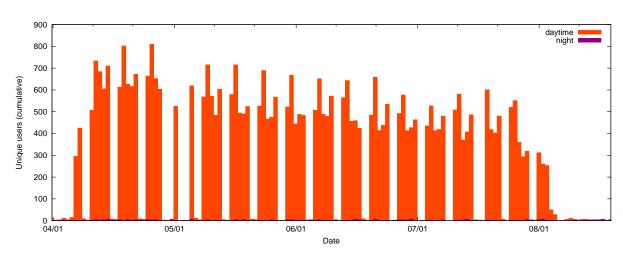


図 6 日別手動打刻ユニークユーザ数 (打刻時間帯で区分した値を累積) (2016 年 4 月から 8 月)

では、授業の開始前と終了後に打刻を行うよう学生に周知しているため、打刻アプリで1日1回しか打刻操作を行っていない学生は、その授業の対になるもう1回の打刻をICカードリーダで行っているか、授業の打刻とは無関係に打刻アプリで1回打刻しているかのどちらかと推測できる、いずれにせよ打刻回数が少ないことに変わりなく、打刻アプリが大いに活用されているとは言えないので、今後打刻アプリの利用価値を高めてより積極的な使用を促すことが課題である。

4.2.2 入学年度別打刻ユーザ数

授業時間帯にユーザによる手動打刻が行われたイベントを抽出し、日別に入学年度で区分してユニークユーザ数を集計したものを図8に示す.なお図6と同様に、この結果には本学のビーコンが受信できず位置を推定できなかった打刻の回数とユーザが操作せずとも打刻操作が行われる自動打刻の回数は含まれない.

図 8 は 5 個の値を日別に累積したものになっており, それぞれの値は下から平成 28 年度, 平成 27 年度,

平成 26 年度,平成 25 年度,平成 24 年度以前入学の 学生を集計した値である.累積した値は図6の授業時 間帯 (daytime) のユニークユーザ数に等しい.図8 から,平成28年度(今年度)に入学した学生の割合 が全体の 45% を占めており、入学時のガイダンスで BLE 打刻サービスを紹介した効果が現れている.図8 には示されていないが,平成28年度(今年度)入学 生の中でも学部1年生の利用率が高いと考えている. 一方で, 学部から進学した大学院1年生や平成27年 度(昨年度)以前に入学した学生など,ICカードリー ダを用いた打刻に慣れ親しんでおり学部 1 年生ほど授 業科目あたりの受講者数の多くない学生は,従来通り IC カードリーダで打刻する場合が多いと感じる.参 考に,2016年4月から7月の間に打刻アプリを用い て打刻を行ったユーザは1日あたり400-600人,2016 年 6 月に IC カードリーダを用いて打刻を行ったユー ザは1日あたり2800-3300人であった.

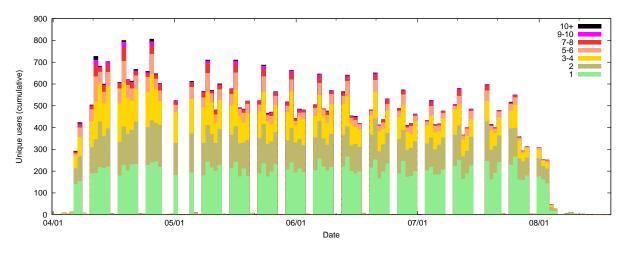


図 7 授業時間帯の日別手動打刻ユニークユーザ数(打刻回数で区分した値を累積)(2016 年 4 月から 8 月)

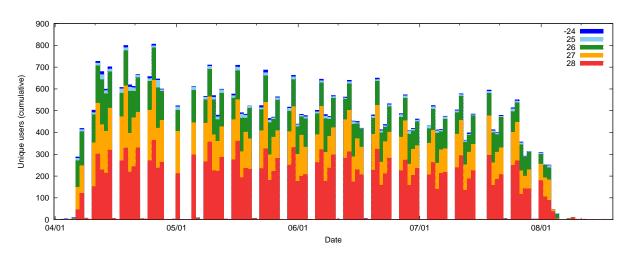


図 8 授業時間帯の日別手動打刻ユニークユーザ数 (入学年度で区分した値を累積) (2016 年 4 月から 8 月)

5 おわりに

本稿では,本学で2016年4月から運用を開始した,BLE ビーコンを用いた位置推定により打刻が行えるBLE 打刻システムの運用開始から現在までの利用実績をまとめた.BLE 打刻システムは利用者が携帯する端末の位置を把握できることから,安全管理をはじめとするさまざまなアプリケーションへの応用が期待される.2016年8月までの利用実績より,学生の打刻アプリの利用率が高くて1割程度であることが明らかとなった.今後,打刻アプリの利用価値を高めてより積極的な使用を促すことが運用上の課題である.

なお、本学が開発した BLE 打刻サーバおよびその付随機能の一部は、オープンソースソフトウェアとして公開する予定である.BLE 打刻システムに関する情報は本学情報基盤センターの Web サイト(http://www.cc.nitech.ac.jp/)に掲載するので、そちらを参照されたい.

参考文献

- [1] 平成 26 年情報通信メディアの利用時間 と情報行動に関する調査 報告書, 平成 27 年 5 月 総務省情報通信政策研究所, http: //www.soumu.go.jp/iicp/chousakenkyu/ seika/houkoku-since2011.html (2016.10.21).
- [2] 齋藤彰一, 打矢隆弘, 松井俊浩, 内匠逸, 松尾啓志: 名古屋工業大学におけるユニファイドコミュニ ケーションシステムの導入, 大学 ICT 推進協議会 2015 年度年次大会 (2015).
- [3] 梶岡慎輔, 山本大介, 内匠逸, 松尾啓志: *BLE* ビーコンを用いた位置推定による出欠システム, 大学 ICT 推進協議会 2015 年度年次大会 (2015).
- [4] Google Cloud Messaging (online), https://developers.google.com/cloud-messaging/(2016.10.21).