

## ビーコンを活用したアクティブ・ラーニングの実践

本池 巧

【要旨】 今や、処理能力・通信機能など多くの面でPCに匹敵する性能を持ちつつあるスマートフォンであるが、大学におけるICT教育での本格的な活用例は少ない。この研究は、スマートフォンをアクティブ・ラーニング教育において有効に活用する方法を明らかにすることを目的とする。本稿では、O2O(Online to Offline)分野で用いられるビーコンデバイスを用いて、オフラインである授業の受講生をオンラインサービスにつなげる取り組み実践を報告し、この手法の有効性について議論する。

【キーワード】 スマートフォン、iBeacon、Eddystone、Physical Web、アクティブ・ラーニング

### 1. はじめに

近年、深層学習などのブレイクスルーによって人工知能が様々な分野で実用化されるようになり、いまや、多くの職業が人工知能やロボットなどによって奪われるという予想が、一般社会においても認知されるようになった。このような事態をどこまで正確に予想していたかどうかはあきらかでないが、2005年の中央教育審議会答申「我が国の高等教育の将来像」[1]で、21世紀は、知識・情報・技術が、政治・経済・文化などあらゆる領域で重要性を増す社会（これを知識基盤社会と定義する）となると述べている。このような社会を実現するためには、大学教育を従来の知識伝達型の講義・実習から、学習者が能動的に学ぶ形態に転換する必要性が、2012年中教審答申[2]など多くの答申でも指摘されている。加えて、同答申では、日本の大学生の学習時間の国際比較での著しく少ないことも問題視されている。特に、「事前の準備や事後の展開など授業外の学修時間」が十分でないと指摘されている。ただし、学習の効率性についての議論は十分とはいえず、今なお「1単位は教室等での授業時間と準備学習や復習の時間を合わせて45時間の学習を要する教育内容をもって構成される」という労働基盤社会的な尺度に基づいており、知識の学習の効率性・生産性など知識基盤社会に必要とされる視点が欠けている。ただ、学習効率などを客観的に測れる信頼性のある尺度

がない現状では、学習時間を学修成果の尺度として用いることはやむを得ない。いずれにせよ、今の大学教育では、学生の主体的な学習を推進しながら、その学習時間および学習成果を客観的に評価しなければならない。そのためには、授業時間外の学習の促進を含め、学生が主体的に学ぶための教育環境の整備に取り組まなければならない。

#### 1.1 アクティブ・ラーニングに向けたICTの利活用

主体的な学びと学習の客観的な評価を行うためには、アクティブ・ラーニングの手法とクリックや反転授業向けのLMSシステムなど、ICT(Information and Communication Technology)を組み合わせた教育環境の整備および学習分析(Learning Analytics; LA)が重要である。ICT環境といえば、すぐにPCの利活用と考えてしまうが、アクティブ・ラーニングおよびLA観点で簡単に考察してみたい。

大学のICT教育は、30年前の汎用コンピュータを使ったTSS端末によるプログラミング教育の時代から現在まで、一般的にはPC教室+学内ネットワーク+オンプレミスサーバという構成で実施されている。この構成は、構築・維持にコストがかかるため、学生一人あたりのPC台数は抑えられ、教室の授業利用率が高くなる傾向にある。課外での学習を促進するためには、教室の授業利用の抑

制、サーバの増強、学外との回線の増強など多くの設備投資が必要である。学習者の主体的な学びと学習記録が重要となる学習分析の観点では、PC教室利用教育には、場所・時間が限定されるという課題があると言える。

一つの解決策として、学生が個人所有のPCを授業でも使用する方法がある[3]。近年、企業では普及しつつあるBYOD(Bring Your Own Device)と同じ考え方である。2016年の調査[4]によれば、大学生のノート型PCの所有率は6割程度であり、さらにその中で毎日携帯できる軽量型のPCとなるとその割合は下がる。PCを持たない学生の中には、経済的な理由で所持できない者も少なからずいる。さらに、学内でのPC台数が増えるにつれて、教室内の電源確保、ファイアウォールおよび学外接続ネットワークの広帯域化などが必要となる。学外接続の広帯域化がすべて学習利用につながるとは限らず、本来の学習への費用対効果の観点からも、すべての大学で実現可能とは思われない。

ICT利活用促進の別の手段として、スマートフォンなどのスマートデバイスの可能性を考察してみたい。まずは、普及率であるが、平成27年度総務省による調査によれば10代で82.0%、20代で95.4%であり、ほとんどの大学生がスマートフォンを所有していると考えられる。次に、通信速度については、100Mbpsを越える通信速度が実現される4G LTEの普及が進み、無線LANと同等な通信環境が実現されており、通信業者の積極的な設備投資のおかげもあって都市近郊内であれば、大学が提供可能なブロードバンド接続を大きく上回る広帯域接続環境が実現されている。この数年において、PCおよびスマートフォンのCPUやメモリなどのシステムの性能面での向上を見ると(図1)、この7年間で、PCがおおむね3~4倍程度の性能向上に対し、スマートフォンは約50倍程度性能向上している。特に2015年からのスマートフォンの性能の伸びは著しく、毎年性能が2倍程度伸びており、2016年には、ハイエンドのスマートフォンはシステム性能の面では、ミドルレンジのPCを凌駕し

つつあることがわかる。導入コストの観点からも、主なコストは、クラウドサーバ利用のみとなり、必要なコストは学習利用に直結するため、PC教室またはPCベースのBYODのいずれよりも費用対効果が高いといえる。

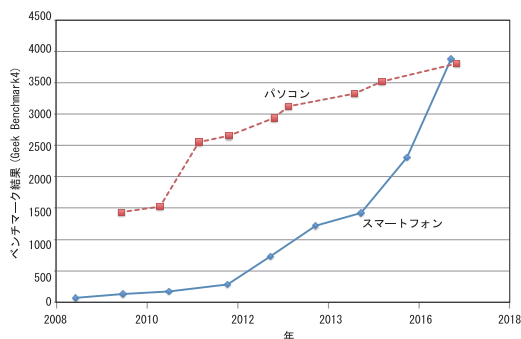


図1：PCとスマートフォンの性能の進化<sup>1</sup>

## 1.2 スマートフォンの活用に向けた課題

普及率、通信速度、性能のいずれの面でも、スマートフォンはPCに匹敵するか、それを凌駕しつつある。導入コストもPCベースに比べて低コストである。さらに、スマートフォンが備える高性能内蔵カメラや豊富なセンサー群は、一般の講義におけるIoTや人工知能等の活用などPCにはない可能性をもたらす。それにも関わらず、スマートフォンの実際の授業で活用は進んでいない。主に二つの理由が考えられる。第一の理由は、スマートフォンは、クラウドサービスとの連携が必要であり、大学教員が十分なスキルを持っていないことである。スマートフォンの能力をフルに活用するためには、mBaaS(mobile backend as a service)システムが不可欠であり、コンテナ型仮想化など最新のサーバ運用に関する知識・技能が必要とされる。教員の多くはPC用のアプリケーションには慣れているが、スマートフォン向けのアプリの経験・知識が不足している。二番目の理由は、はじめの理由と似ているが、大学にICT機器を導入

<sup>1</sup> 製品の位置づけによって性能は大きく変化するため、客観性を保つために、PCはApple社 MacBook Pro 13inch、スマートフォンはiPhoneを測定対象とした。

する企業も、スマートデバイスの運用経験は少ないことである。クラウドサービスのなかには運用開始から年が浅いものも多く、システムインテグレータが技術的なノウハウを十分に蓄積できていない。そのため、無難なPCベースのシステムを提案することになる。その他、スマートフォンは娯楽のためのデバイスであり、授業中の利用は好ましくないという偏見もある。授業でスマートフォンの利用を推進すれば、学生は、動画閲覧やゲームで遊んでしまうという考え方である。授業の運営方法で十分に対応可能である。

コスト以外にも、オフラインの一般授業からオンラインサービスに以下につながるかという課題もある。モバイルマーケティングで用いられる、ネット上(オンライン)と、ネット外の実際(オフライン)での行動を結びつける仕組み (O2O: Online to Offline) を活用して解決することが可能である。

本論文では、O2Oの(Online to Offline)をとじて活用されるビーコンデバイスを用いて、スマートフォンを授業で活用した事例を紹介し、O2O技術の有効性および課題について論じることとする。

## 2. ビーコンとは

ビーコンとは、航空機や船舶などの移動体に位置などを知らせる目的で、地上の無線局から発せられる電波を意味する。ICT機器の場合、GPSが届かない大型商業施設、駅や空港内において、スマートフォンに対して位置情報を提供するデバイスを示す。従来のBluetooth規格 [5] を大幅に省電力化した、Bluetooth Low Energy (BLE) [6] の普及によって、屋内に多数設置したビーコンデバイスによって精度の高い位置情報の提供が可能となった。

### 2.1 Bluetooth Low Energy とビーコンデバイス

屋内では電波は複雑に反射するため、電波強度では正確な位置の把握が難しい。ビーコンデバイスは、電波到達範囲を近接領域に限定することで、

受信端末の近接デバイスを特定し、電波強度からデバイスからどの程度離れているかを特定する。単一のデバイスでは、特定できるエリアが限られるため、多数設置することで、広範囲での位置情報の取得を実現する。この方法では、精度を高めようとする、多数のビーコンデバイスの設置が必要となるという問題があったが、BLEの普及により、コンパクトで長期間稼働する安価なデバイスが実現されたことで、急速に普及するようになった。

ビーコンが使用するBLEの概要を示す。BLEはBluetooth SIGが2010年に策定したBluetooth 4.0に新規に追加された規格である。Bluetooth 4.0には従来のBluetooth規格 (Classic Bluetooth) も含まれているが、BLEはこれとは直接の互換性はない。そのため、Bluetooth 4.0では、BLEのみをサポートするデバイスを Bluetooth Smart、Classic BluetoothとBLEの両方をサポートするデバイスを Bluetooth Smart Ready と区別する。

BLEは、変調速度1Mbpsだが、実際のスループットは10kByte/sec程度、電波到達距離も2~5m程度である。低消費電力を実現するために、一定の間隔で電波を短時間送信し、それ以外は無線の電源をオフにしている。

BLEでは、コネクションレスのブロードキャストと永続的な双方向通信を行うコネクションの二つの方法で通信する。ブロードキャスト通信は、受信者を特定しない一方的なデータ (アドバタイズパケット) を定期的を送信するブロードキャスターと、ブロードキャスターが送信したアドバタイズパケットを受信するオブザーバで構成される。

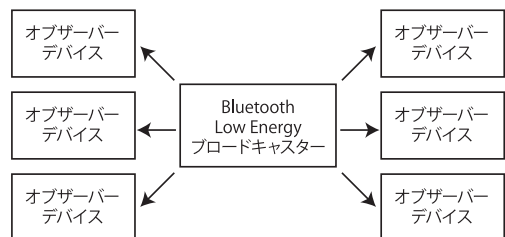


図2: BLEブロードキャストの構成

コネクションでは、コネクション可能なアドバタイズパケットの繰り返し送信しながらコネクション確立を待機するペリフェラルと、ペリフェラルが送信したアドバタイズパケットを受信しコネクションの確立・送信タイミングの管理を行うセントラルで構成される。

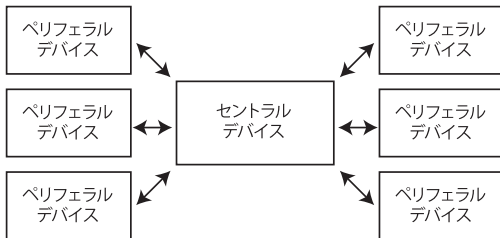


図3：BLE コネクションの構成

ビーコンは、ブロードキャスターが送信するアドバタイズパケットを用いる。アドバタイズパケットは31オクテット長であるが(図1)、この中に必要なデータを格納する。ビーコンにはいくつかの規格があり、規格によってパケット内のデータフォーマットが異なる。代表的なビーコン規格として、iBeacon と Eddystone について簡単に触れる。

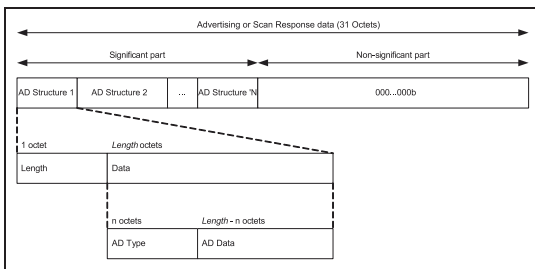


図4：アドバタイズパケットフォーマット

### iBeacon

Apple が2013年に発表した屋内即位サービスの商標登録である [7]。アプリケーションで定めた UUID によって扱うビーコン全体を識別し、さらにメジャー番号とマイナー番号で個別のビーコンを識別する(図5)。ビーコンの距離は、受信電波強度とビーコン電波強度から、デバイスとの距離を、直接触れるぐらいの近さ (Immediate)、1 ~

3mの距離(Near)、デバイスを検出できる程度の距離 (Far) の三段階で判定する。BLE デバイスは、パケット送信間隔を自由に決めることができるが、iBeacon では100m秒と定められている。iBeaconの検出は、iOS CoreLocation APIに統合され、通知サービスと連携させることで、店舗のセール情報やクーポン発行などのプッシュ通知が容易に実装できるようになっている。なお、iBeaconを用いたサービスを利用するためには、専用のアプリ開発が必要となる。BeaconDoなどのiBeaconを使ったサービスの構築を可能にする汎用アプリもあるが一般には十分に普及していない。

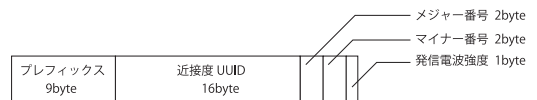


図5：iBeacon でのアドバタイズパケットの形式

### Eddystone

iBeacon は、iOS での利用を前提としており、専用アプリの開発が必須となる。これに対して、2015年、Googleは、オープンで様々なプラットフォームで利用可能な規格 Eddystone を発表した [8]。Eddystoneには、iBeaconと同様に固有のIDを発信する、Eddystone-UUID、URLを発信するEddystone-URL、Eddystone の状態を発信する Eddystone-TLM の三つの規格が存在する。Eddystone-UUID (パケット形式：図6(a)) は、iBeacon と同様に屋内測位を目的としており、名前空間IDで、アプリケーションで扱うビーコン全体を識別し、インスタンスIDで個々のビーコンを識別する。検出したビーコンとの距離は、iBeacon と同様に送出電波強度と受信電波強度から測定する。受信電波強度は、ハードウェア毎の感度があり、補正はアプリケーション側で行う必要がある。Eddystone-URL (パケット形式：図6(b)) は、URLを送信するもので、ブラウザと連携して特定の Web サイトへの誘導を目的としている。URL からビーコンの特定および

<sup>2</sup> iOS だけでなく、Android、macOS、Windows 用のアプリケーションでも利用可能である。

送信電波強度と受信電波強度から測位も可能である。URLは17バイトに制限されているため、短縮URLサービスの利用が必要である。Eddystone-TLM (パケット形式: 図6(c)) は、ビーコンのバッテリー容量、温度、送出パケット総数、起動時間を送信する。ビーコンデバイスの管理を主な目的としているが、他のビーコンと連携させて、暑くなれば冷たい飲み物のクーポンを発行するなどの利用方法も考えられる。

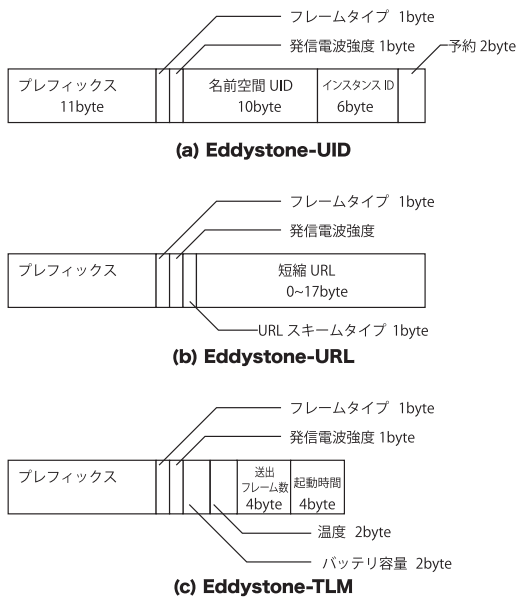


図6: Eddystoneでのアドバタイズパケットの形式

Eddystone-URL は、ブラウザ Google Chrome など対応しているアプリケーションも豊富であり、Android ではGoogle Nearbyサービスに統合されるなど、簡単にビーコンを使ったURL送信が実現できる。

### 3. ビーコンの教育への活用事例

#### 3.1 ビーコンによる教材への誘導

一般の授業で、指定したウェブサイトをスマートフォンで開かせる場合、どのようにURLを配布するかが問題となるが、Eddystone-URL ビーコンを使うことで簡単にURLの配布が可能となる。

同様なことは、QRコードでも可能となるが、ビーコンは以下の利点を有する：

- ・一つのビーコンで、多くのスマートフォンに配信可能である。QRコードでも、プロジェクトへの表示などで実現できるが、ビーコンの方がより柔軟な運用を可能にする。
- ・Bluetooth Smart Ready対応のスマートフォンやPCがあれば、その機器からビーコンの内容を動的に変更して配信することが可能である。
- ・設置場所で配信領域をコントロールできるため、グループごとに別のURLを配信するなどきめ細かい配信が可能である。

ビーコンの有効性の検証として、node.js と node-eddystone-beacon[9] を使って、入力したURLをブロードキャストするアプリケーションを紹介する。図7に示すように、処理の流れは単純で、入力されたURLを google-url モジュール [10] の shorten関数を用いて短縮URLに変換し、短縮URLを eddystone-beacon モジュールの advertiseURL関数に渡すことで、Eddystone-URL 規格のビーコンが送信される。

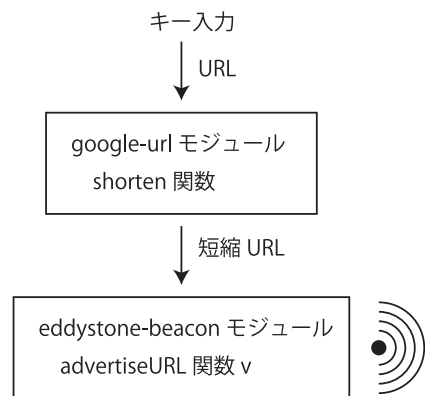


図7: Node.jsを使ったEddystone-URLビーコンの送信

少人数ゼミで試験的に実行したが、ホワイトボードやプロジェクトでURLを提示するのに比べて、素早く正確にURLを伝達することができた。課題として、Google Chrome および Nearby サービスは、セキュアなウェブサイト (URLがhttps://~/の形式) しか認識しないため、非セキュアなサイ

トにもアクセスできるようにEddystone-URL ビーコン検出アプリ（今回は、Physical Web Browser）を利用する必要があった。ビーコン上のURLを動的に変更する際、前のURLが残ることがあるため、都度リロードしなければならないなどの利用に慣れが必要であった。

もう一つの活用例として、アクティブ・ラーニングでの活用例が多いクリッカーをスマートフォン+ビーコンで実装した例を紹介する。2000年代、アクティブ・ラーニングへの取り組みが始まったころ、多くの大学でクリッカーが導入された。当時のICT環境ではやむを得なかったが、授業で利用する前に設定に時間がとられる。クリッカー装置および集計アプリケーションをインストールしたPCの維持・管理など手間がかかる。これを、スマートフォンとクラウドシステムを使って実装した例を紹介する。

基本は、クリッカーシステムをウェブアプリケーションとして実装するだけである。今回は、IBM社のPaaS(Platform as a service)システム Bluemix上にNode.jsを使い、各クライアントに対してボタンを表示するモジュールと各クライアントでクリックされたボタンの集計を行うモジュールで構成されたウェブアプリケーションを構築する（図8）。

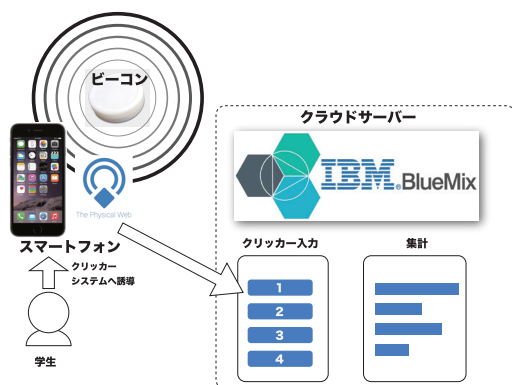


図8：クリッカーシステムのサンプル

一般の授業で、クラウドシステムを使う場合、URLの配布が課題となる。簡単な解決方法は、配布プリントにQRコードを載せるものである。配布するURLが一つならばこの方法が単純かつ効率

的である。しかし、異なる形式の問題提示などで複数のURLの配布が必要な場合、ビーコンでの配布が適していると思われる。ただし、ビーコンを使ったURL配布方法は授業時間外では利用できないため、参考資料など授業外での利用を想定する場合は、プリントが適している。

二つの活用事例ともに、最初のアプリのインストールができれば、ビーコンによるURLへの誘導は円滑に進む。ただし、アプリがインストールできない古い機種の利用、大規模教室だと複数のビーコンが必要となるなど課題がある。

### 3.2 ビーコンを活用した教材

ビーコンはO2Oの仕組みとしてシンプルで取り扱いが簡単なこともあり、スマートフォンアプリの開発、スマートフォンを活用したマーケティング教育など様々な用途に応用が期待できる。実際に、ビーコンを活用した教育実践事例を紹介する。イベントでの情報発信

2015年度、本学は飯能市との連携をより深め地方創生に取り組むプロジェクトをスタートさせた。最初の取り組みとして、飯能商工会議所との協働によって、飯能市で開催された「はんのう路地グルメ2016」(2016年10月14～16日)においてビーコンを活用した情報発信サービスの提供を行った。構築作業は、地域と協働するアウトキャンパススタディ科目「インターンシップII」履修学生で取り組んだ。

「はんのう路地グルメ2016」では、参加店舗および参加者にビーコンとは何か知ってもらうことから始めることとした。従って、比較的仕組みが単純なEddystone-URLタイプのビーコン（図9）



図9：使用したビーコンデバイス：(株)株式会社芳和システムデザイン製 BLEAD-E

と iOS および Android に対応しているビーコンアクセスアプリ「Physical Web」の利用を決めた。作業スケジュールの制約で、路地グルメ参加全て店舗約 80 店舗の中から 12 店舗に絞ってビーコン専用のウェブサイトを作成し、残りは路地グルメのサイトの情報を利用することとした。ビーコン毎のアクセスするページの柔軟な管理が出来るように図10に示すように、全てのビーコンはクラウドサーバにアクセスするように設定した。

- ・クラウドサーバは主に以下の処理を行う。
- ・ビーコン毎に表示するページへの転送
- ・路地グルメサイトのスマートフォンへの最適化
- ・各ビーコンのアクセス記録

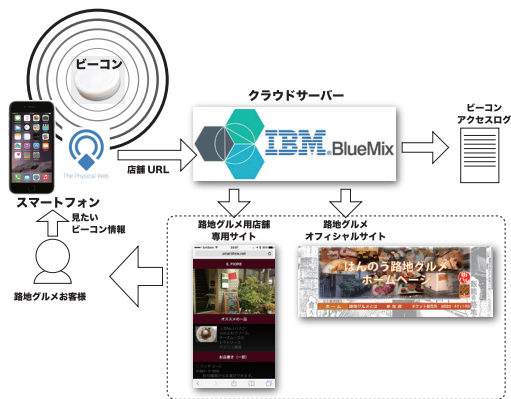


図 10：ビーコンを使った情報発信システム概要図

10 名弱の受講者で、ビーコンの設定と配布、イベント用の Web ページ作成、サーバの構築などの作業を約一ヶ月で完遂した。参加者の半数はウェブ制作やプログラミングなど未経験という状況の中、短期間で成功した背景には、ビーコンの取り扱い安さ、スマートフォン向けの Web ページ制作がシンプルで、誰でも簡単に短期で行えることがあげられる。ビーコンの活用によって、イベント中の情報発信だけでなく、ビーコンのアクセスログからイベント参加者の流れの分析も実現できた。実際のマーケティングの教育の効果的な題材として期待できる。

#### 4. まとめ

大学教育における ICT の利活用という観点では、今や、スマートフォンおよびモバイル通信ネットワークは重要な資源であるにも関わらず、現状では、ほとんど生かされていない。スマートフォンは、公衆モバイル回線でのクラウドサービスと連携したアプリによる利用が中心である。学内 LAN 上のオンプレミスサーバを使ったファイルサーバや Web サーバの活用を軸とした従来の PC 利活用とは求められるスキルが大きく異なる。この点が、本格的な導入の壁となっていると思われる。しかし、今後、学習者中心の教育を標榜するのであれば、学生にとって最も身近な ICT 機器であるスマートフォンの活用は避けては通れない。

スマートフォンの授業で活用では、授業の流れを妨げずにネット情報・サービスを連携させるのが重要となる。オフラインの授業を受講している学生を、適切なオンライン情報へ誘導することとみなせば、E コマース分野でいう O2O (Online to Offline) 手法の逆方向への活用が有効ではないかと思われる。本稿では、O2O 手法の中で、比較的導入しやすいビーコンデバイスの実際の講義での利活用事例について報告した。教育現場での利用という観点では、活用事例が少なく、支援ツールも未整備な状況であり、一般的な利用には課題が多い。実社会において活用事例は年々増え、利用環境も整いつつあり、アクティブ・ラーニング支援のための ICT 機器として、可能性は大きいと思われる。

ビーコンを含め、位置情報サービスを活用した専門課程教育の取り組み例は少ない。ユーザ通知と組み合わせることで、様々な応用が可能であり、ICT システム開発の専門課程だけでなく、非 ICT 分野への活用も期待される。

#### 参考文献

- [1] 文部科学省中央教育審議会, “我が国の高等教育の将来像 (答申)”,  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyuo/](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyuo/)

- chukyo0/toushin/05013101.htm, 2005.
- [2] 文部科学省中央教育審議会, “新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申)”,  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm), 2012.
- [3] Microsoft, “国立総合大学として初めて BYOD による学生 PC 必携化を実現個人 PC をいつでもどこでも利用できる環境を整備しつつ、PC ルームの廃止によるコスト削減を推進”,  
<https://www.microsoft.com/ja-jp/casestudies/kyushu-u.aspx>
- [4] 総務省, “平成 28 年通信利用動向調査の結果”,  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/170608\\_1.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/170608_1.pdf).
- [5] Bluetooth SIG, “Bluetooth Core Specification”,  
[https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/Core\\_v4.2](https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/Core_v4.2), 2014.
- [6] Bluetooth SIG, “Bluetooth Core Specification Supplement v7”,  
[https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/CSS\\_v7.pdf](https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/CSS_v7.pdf)
- [7] Apple Inc., “iBeacon Artwork and Specifications”,  
<https://developer.apple.com/ibeacon/>, 2015.
- [8] Google Inc., “Eddystone Protocol Specification”,  
<https://github.com/google/edystone/blob/master/protocol-specification.md>, 2015.
- [9] D. Coleman, “Create an Eddystone Beacon using Node.js”,  
<https://github.com/don/node-edystone-beacon>, 2015.
- [10] Google Inc., “Google URL Shortener”,  
<https://developers.google.com/url-shortener/>, 2015.



**Developing Practice of Active Learning Using Beacon Devices.**  
**Takumi Motoike**

**[Abstract]** Nowadays, smartphones have performance comparable to PCs in many aspects, such as processing capacity and communication function. However, there are few examples of full-scale application in ICT education at university. This research aims to clarify ways to effectively utilization of smartphones in active learning. In this paper, we report a practical approach to connect students in an offline class to online services by making use of beacon devices used in the O2O (Online to Offline) field, and discuss the effectiveness of this approach.

**[Keywords]** Smartphone, iBeacon, Eddystone, Physical Web, Active Learning