

地域 ITS モデルの構築を目指して

森 田 均

Toward the Construction of the Regional ITS Model

Hitoshi MORITA

Abstract: This article reports on the research and development situation of DOKONE (Nagasaki LRT Navigator) from 2014 to 2015.

0. はじめに

筆者を研究代表者として、長崎電気軌道株式会社の松坂勲氏（経営企画室長）、山口泰生氏（広告事業部、本学卒業生）〈平成26-28年度〉、扇精光ソリューションズ株式会社の山口文春氏（空間情報開発室次長）、高比良惣氏（空間情報開発室次長）〈平成26年度〉、協和機電工業株式会社の酒井寿美雄氏（事業開発部開発部門部門長）、曾理恵子氏（事業開発部電子技術プロジェクト）〈平成27-28年度〉の各氏を研究分担者とする研究グループの提案が、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）地域ICT振興型研究開発に採択された。フェーズI（平成26年度）を経て、フェーズII選抜提案（平成27年度）及び継続提案（平成28年度）を通過して3カ年の事業となっている。研究開発題名は、「Webナビゲーションと近距離無線通信技術によって公共交通の体系化を促し地域発ITSモデルの構築を目指す研究開発」である。本論文は、この研究開発の成果報告書の一部に加筆して平成27年度までの状況を報告するものである。

1. 本研究開発の概要

長崎市においては長崎電気軌道が市民や観光客の移動手段として親しまれている。我々は既に利用者、車両ともに特別な端末を必要としないGPSを用いた位置情報配信システムの開発を行いITS（Intelligent Transport System）化の第一段階を実現させた。ところが長崎市地域では、なお総合的な公共交通システムの体系化が遅れている。この地域が抱える課題に対して、ICTを活用し、市内の公共交通網である路面電車の基幹交通網としての機能を高度化させ、併せて軌道に情報通信機能を充実させることにより、交通と情報通信の複合的なネットワークを構築する。本提案は、その成果を地域に公開し、順次機能を充実させ最終的には地域発ITSモデルとして構築する。

2. 平成26年度の研究開発

（1）参加全機関による研究開発の概要

〈Bluetoothビーコンの選定と設置〉

Bluetooth Low Energy或いはiBeaconと呼ばれるBluetooth4.0規格を満たすビーコンは本提案提出

時点の平成26年4月において外国製品で技術適合を得た1社が小売を実施しており、国内メーカーはサンプル出荷という状況であった。筐体防水加工の有無や電池の種類による耐用年数の違い等、屋外設置の際には様々な検討が必要となる。そこで平成26年度は、複数のメーカーによるビーコンを購入し、スマートデバイスとの連携特性（反応速度、到達距離等）を比較検討して本研究に相応しいビーコンの選定と活用イメージをとりまとめた。

〈位置情報配信システムの拡張〉

長崎市内計5ヵ所で市役所が運用している乗り合いタクシーの起点終点は、路面電車の停留所に隣接している。乗換をする利用者もいるので利便性を向上させるため、乗り合いタクシーにGPS機能付端末を搭載して従来の路面電車低床車両位置情報配信システムを拡張した。これは、ICTによって基幹交通としての路面電車にフィーダーとして乗り合いタクシーを結節させて、長崎市内の総合的な公共交通システムの体系化に寄与することを目指したものであった。

〈位置情報表示システム〉

位置情報配信システムによって検討するGPS信号の多様化（路面電車に加えて乗り合いタクシー）に対応して、利用者側端末に表示されるアイコン等の見やすさ、配信情報伝達の適格性確保等を目的として、表示についても複数のパターンを設定した。また端末の機能に応じて、さらに配信するコンテンツの特性に応じて複数のアプリを準備した。設定したパターンについては、地域イベント、観光イベント等の機会にアンケート/ヒアリングによって意向を調査した。

（2）長崎県立大学による研究開発実績

〈Bluetoothビーコンの選定と設置〉（この項文献6, p54と一部重複。本論文では研究全体を説明）

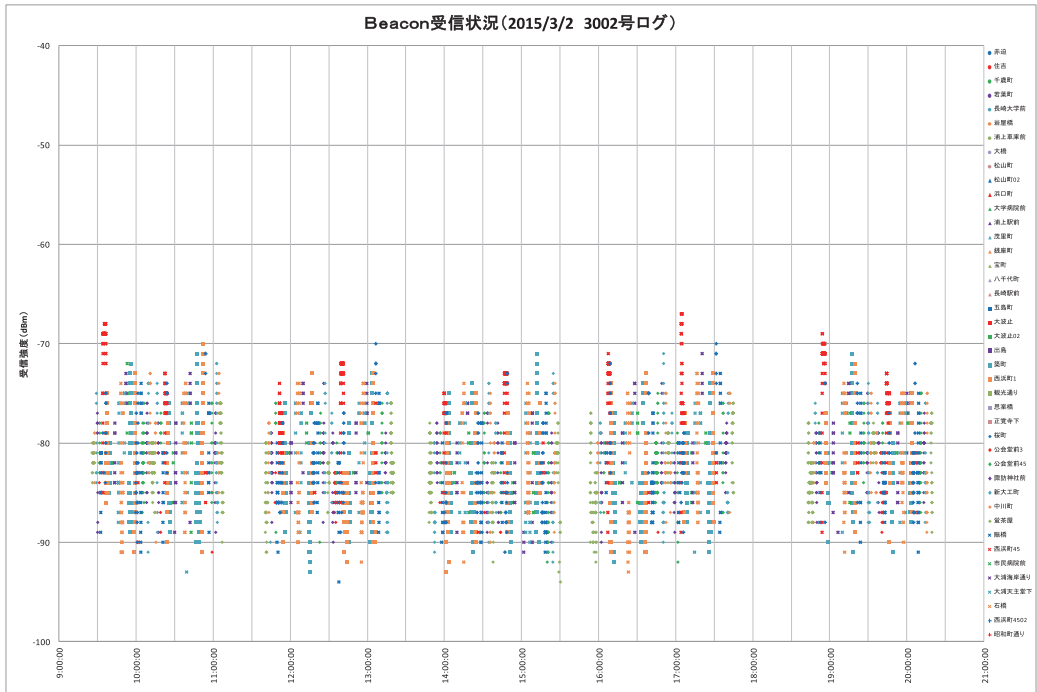
当初、数社の製品を比較可能と想定したが、数十個単位で高額なモニタシステム付を購入条件として提示するメーカーもあったために比較対象を設定する作業は難航した。そこで、第一段階としてStickInFindとAprix社の製品を比較した。その結果、StickInFindはボタン電池式で防水防塵対策が不十分であり、多量のビーコン管理には不適であることが判明した。そのため、扇精光ソリューションズにはAprix社の製品（図2-1.①）の検証と対応するソフトウェアの開発を依頼した。その後、「イノベーション・ジャパン2014」出展により知己を得たラピスセミコンダクタ株式会社よりビーコン（図2-1.②）無償提供の申し出を受けた。ビーコンの設置は長崎電気軌道が担当し、Aprix社の防水防塵タイプ（図2-1.③）を含めて2社3種類のビーコンを路面電車の停留所（電停）へ設置した。図2-2は赤迫電停の設置場所と設置後の試験計測風景である。



〈図2-1. 電停に設置したビーコン〉



〈図2-2. 赤迫電停の設置場所（赤丸印）〉



〈図2-3.電車搭載端末によるビーコン受信状況〉

〈表2-1. 低床車両5号系統定時運転時刻表〉

| | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 蛸茶屋 | 9:29 | 10:13 | 10:17 | 11:01 | 11:45 | 12:29 | 12:33 | 13:17 | 13:53 | 14:37 | 14:41 | 15:25 |
| 新中川町 | 9:30 | 10:12 | 10:18 | 11:00 | 11:46 | 12:28 | 12:34 | 13:16 | 13:54 | 14:36 | 14:42 | 15:24 |
| 新大工町 | 9:31 | 10:10 | 10:19 | 10:59 | 11:47 | 12:26 | 12:35 | 13:14 | 13:55 | 14:34 | 14:43 | 15:22 |
| 諏訪神社前 | 9:32 | 10:09 | 10:20 | 10:57 | 11:48 | 12:25 | 12:36 | 13:13 | 13:59 | 14:33 | 14:44 | 15:21 |
| 公会堂前 | 9:35 | 10:06 | 10:23 | 10:54 | 11:51 | 12:22 | 12:39 | 13:10 | 13:59 | 14:30 | 14:47 | 15:18 |
| 賑橋 | 9:37 | 10:05 | 10:25 | 10:53 | 11:53 | 12:21 | 12:41 | 13:09 | 14:01 | 14:29 | 14:49 | 15:17 |
| アーケード | 9:39 | 10:03 | 10:27 | 10:51 | 11:55 | 12:19 | 12:43 | 13:07 | 14:03 | 14:27 | 14:51 | 15:15 |
| 西浜町 | 9:41 | 9:59 | 10:29 | 10:47 | 11:57 | 12:15 | 12:45 | 13:03 | 14:05 | 14:23 | 14:53 | 15:11 |
| 築町 | 9:42 | 9:58 | 10:30 | 10:46 | 11:58 | 12:14 | 12:46 | 13:02 | 14:06 | 14:22 | 14:54 | 15:10 |
| 市民病院前 | 9:44 | 9:56 | 10:32 | 10:44 | 12:00 | 12:12 | 12:48 | 13:00 | 14:08 | 14:20 | 14:56 | 15:08 |
| 大浦海岸通り | 9:46 | 9:54 | 10:34 | 10:42 | 12:02 | 12:10 | 12:50 | 12:58 | 14:10 | 14:18 | 14:58 | 15:06 |
| 大浦天主堂下 | 9:47 | 9:52 | 10:35 | 10:40 | 12:03 | 12:08 | 12:51 | 12:56 | 14:11 | 14:16 | 14:59 | 15:04 |
| 石橋 | 9:49 | 9:51 | 10:37 | 10:39 | 12:05 | 12:07 | 12:53 | 12:55 | 14:13 | 14:15 | 15:01 | 15:03 |

| | 4 | | | | 5 | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 蛸茶屋 | 16:01 | 16:45 | 16:49 | 17:33 | 18:49 | 19:33 | 19:37 | 20:22 |
| 新中川町 | 16:02 | 16:44 | 16:50 | 17:32 | 18:50 | 19:32 | 19:38 | 20:21 |
| 新大工町 | 16:03 | 16:42 | 16:51 | 17:30 | 18:51 | 19:30 | 19:39 | 20:19 |
| 諏訪神社前 | 16:04 | 16:41 | 16:52 | 17:29 | 18:52 | 19:29 | 19:40 | 20:18 |
| 公会堂前 | 16:07 | 16:38 | 16:55 | 17:26 | 18:55 | 19:26 | 19:42 | 20:15 |
| 賑橋 | 16:09 | 16:37 | 16:57 | 17:25 | 18:57 | 19:25 | 19:44 | 20:13 |
| アーケード | 16:11 | 16:35 | 16:59 | 17:23 | 18:59 | 19:23 | 19:46 | 20:11 |
| 西浜町 | 16:13 | 16:31 | 17:01 | 17:19 | 19:01 | 19:19 | 19:48 | 20:07 |
| 築町 | 16:14 | 16:30 | 17:02 | 17:18 | 19:02 | 19:18 | 19:50 | 20:06 |
| 市民病院前 | 16:16 | 16:28 | 17:04 | 17:16 | 19:04 | 19:16 | 19:52 | 20:04 |
| 大浦海岸通り | 16:18 | 16:26 | 17:06 | 17:14 | 19:06 | 19:14 | 19:54 | 20:02 |
| 大浦天主堂下 | 16:19 | 16:24 | 17:07 | 17:12 | 19:07 | 19:12 | 19:55 | 20:00 |
| 石橋 | 16:21 | 16:23 | 17:09 | 17:11 | 19:09 | 19:11 | 19:57 | 19:59 |

〈表2-2. 低床車両3002号運行状況〉

| 電停 | 時刻表 | 運行管理 | ビーコン検知 |
|--------|-------|-------|--------|
| 蛸茶屋 | 10:17 | 10:14 | 10:14 |
| 新中川町 | 10:18 | | 10:15 |
| 新大工町 | 10:19 | | 10:16 |
| 諏訪神社前 | 10:20 | | 10:17 |
| 公会堂前 | 10:23 | 10:19 | 10:19 |
| 賑橋 | 10:25 | | 10:21 |
| アーケード | 10:27 | | 10:23 |
| 西浜町 | 10:29 | | 10:24 |
| 築町 | 10:30 | 10:26 | 10:26 |
| 市民病院前 | 10:32 | | 10:28 |
| 大浦海岸通り | 10:34 | | 10:30 |
| 大浦天主堂下 | 10:35 | | 10:36 |
| 石橋 | 10:37 | 10:37 | 10:37 |
| 石橋 | 10:39 | | 10:38 |
| 大浦天主堂下 | 10:40 | | 10:39 |
| 大浦海岸通り | 10:42 | | 10:42 |
| 市民病院前 | 10:44 | | 10:43 |
| 築町 | 10:46 | 10:45 | 10:49 |
| 西浜町 | 10:47 | | 10:51 |
| アーケード | 10:51 | | 10:54 |
| 賑橋 | 10:53 | | 10:56 |
| 公会堂前 | 10:54 | 10:57 | 10:59 |
| 諏訪神社前 | 10:57 | | 11:01 |
| 新大工町 | 10:58 | | 11:03 |
| 新中川町 | 11:00 | | 11:04 |
| 蛸茶屋 | 11:01 | 11:05 | 11:05 |

平成26年度は、個別のminorIDを設定した乾電池駆動のビーコンを長崎電気軌道の全路線下り電停全てに設置した。このビーコン網の機能を検証するために、以下のような手法を用いた。

扇精光ソリューションズが開発したビーコン検知アプリケーションをインストールしたAndroid端末を長崎電気軌道の低床車両5編成に搭載し、各車両の出庫（運転開始）から入庫（運転終了）まで終日運用し、検知データのログはmacアドレスによって識別した端末ごとに、1日単位でサーバに蓄積させた。実際にはメンテナンスのため長期入庫となった車両があったため、運用できたのは4編成となった。

図2-3は、低床車両3002号に搭載した端末の平成26年3月2日における電停設置ビーコンの受信状況について受信強度（dBm）を時系列にプロットした散布図である。一見して明らかのように5つのグループを形成している。

これは、表2-1に示した長崎電気軌道の蛍茶屋電停から石橋電停を結ぶ5号系統の低床車両定時運行時刻表に対応している。運行パターンは、蛍茶屋から石橋までと、石橋から蛍茶屋までの往復を2回行うと入庫時間を設け、これを5セット繰り返している。3002号車は、このダイヤに沿って運行されており、ビーコンは各電停ごとに検知されている。なお、表2-2は10時～11時における5号系統低床車両定時運転時刻表に対応して、運行の実情を記したものである。長崎電気軌道より運行管理システムのログの提供を得て作成した。このシステムはGPSを利用しており主要電停への到着時刻が記録される。これに対して「ビーコン検知」は、電停設置のビーコンから受信出来なくなった（受信強度が-60dBm未満）時刻を記している。着時刻と発時刻なので異なるのは当然ではあるが、分単位のため一致している時刻も少なく無い。これは、乗降時間の短い路面電車の特性を反映しているが、ビーコンがGPSの補完として有効であること、一定間隔で多数を設置してその間を移動体が受信するという交通システムにおいてもビーコンが十分に機能することを示している。上り線にも設置する等ビーコン網の制度を高めれば、定時運行時刻表の無い普通車両（65編成）での運用にも耐えられるようになるものと考えられる。

〈位置情報配信システムの拡張〉

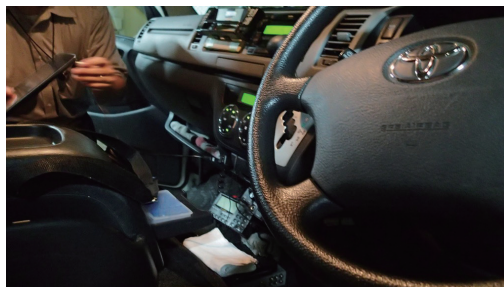
公共交通の空白地域解消を目的として西北地区（運行：有限会社住吉タクシー、赤迫・住吉電停へ結節）、金堀地区（運行：城山交通株式会社、松山町電停へ結節）、北大浦地区（運行：文化タクシー株式会社、石橋電停へ結節）、矢の平・伊良林地区（運行：丸寿タクシー株式会社、新大工町電停へ結節）、丸善団地地区（運行：ラッキー自動車株式会社、千歳町電停へ結節）の市内計5ヵ所で長崎市が運用している乗り合いタクシーは、市役所のWebにおいて運行ルートと時刻表が公開されている。街中の起点／終点となる停留所は、路面電車の停留所に結節しているため、低床車両位置情報配信システムを拡張すれば、両者の位置情報のみならず乗り換えの案内にも活用できる。基幹交通としての路面電車にフィーダーとして乗り合いタクシーを結節させるためにICTによって利便性を増大させる試みである。

乗り合いタクシー5系統の位置情報配信は、平成23年度に国土交通省に採択されたプロジェクトにおいて調達したタブレット情報端末5台を活用した。これは、前プロジェクト終了後にも長崎電気軌道株式会社の低床車両に搭載していたものであるが、同社が軌道内に光ファイバー専用網を整備して電車本社間の情報通信及び運行管理システムを構築した平成26年3月に新規の端末を導入したことにより役割を終えたものである。平成26年9月2日より長崎市役所担当者と共にタクシー5社を訪問して実験の趣旨を説明し、協力を要請した。同年同月17日より19日まで順次実車にタブレット端末を設置し（図2-4及び図2-5）、乗務員に操作方法の説明を行った。なお、平成23年度サービス開始時に「交通機関としての安全安心を阻害しない」という最高位の原則を定めたが、ここでもそれを踏襲した。乗務員の操作は出庫時アプリの立ち上げを確認し、入庫時に

端末の電源を落とすことの2点のみである。運転中の操作は無い。乗り合いタクシーの位置情報は機器設置終了後に試験配信を始め、平成26年10月16日から一般へ公開した。



〈図2-4. システム設定中の乗り合いタクシー〉



〈図2-5. 搭載端末の調整〉

〈位置情報表示システム〉

本研究の研究代表者、研究分担者所属機関と長崎県、長崎市、長崎河川国道事務所で構成する長崎市LRTナビゲーション推進協議会が運営する低床車位置情報配信サービス「ドコネ」は、平成23年10月から位置情報（図2-6）、市内観光情報（図2-7）、バリア情報（図2-8）を提供している。



〈図2-6. 低床車両位置情報提供モード〉



〈図2-7. 観光情報提供モード〉

図2-9は、本研究によってサービスを行った長崎市の乗り合いタクシーの位置情報配信画面である。表示システムとしては、Webアプリとなっているためユーザーはパソコン、スマートフォンのいずれでも、またブラウザさえ使用できるのならOSを問わず利用できるものである。それでも、路面電車は南北に展開しているのに対してタクシーはその幹線から東西へ展開しているため、同じ電子地図上に表意するとこのようになってしまう。つまり、乗り合いタクシー5系統を全て表示すると、図9のように路面電車の運行経路は縮尺上表示できなくなってしまう。



〈図2-8. バリア情報提供モード〉



〈図2-9. 乗り合いタクシー位置情報提供モード〉

この点については、ユーザーへのインタビューにより改善を行った。サービス開始直後は、図2-10のようにタクシーを表すピンク色のアイコンが地図上を動くのみであった。これを図2-11のように道路上の経路を色線によって表示し、なおかつルートを識別できるようになっている。これは、乗り合いタクシーの乗客ではなく、特に、年老いた両親が利用するため遠隔で見守りたいという一般客、タクシーの現在位置把握を営業に役立てたいというタクシー会社側の要望に応えたものである。



〈図2-10. 最初期の画面〉



〈図2-11. 運転経路も表示可能とした実運用版〉

3. 平成27年度の研究開発

(1) 参加全機関による研究開発の概要

〈Bluetoothビーコン網の拡充〉

27年度は、26年度と同等以上のビーコンを導入した。長崎電気軌道、長崎市内乗り合いタクシーの各停留所の上り下り、相当数が必要となったためである。また、移動体搭載による車両識別実験等に用いるため、路面電車車両（70編成×前後の運転席）及び乗り合いタクシー車両（5台）にもビーコンを搭載した。電車搭載数を増加させることや電車やタクシー搭載以外で実験に用いるため多数のビーコンを投入している。さらに、本格的な実証を行うためにビーコンと管理用ソフトウェアを組み合わせた評価用キットも導入して比較検討を行った。長崎県立大学法人は、

ビーコンの選定と購入を担当した。

〈位置情報配信システム〉

26年度に確定させた拡張策を維持し、実験時間終了後にも実運用システムとして活用するための方策を検討した。行政あるいは事業者、もしくは中立的な機関を主体として、安定的な運用と結節する交通機関を追加して発展させるための事業モデルを検討した。さらに、位置情報配信のための端末には相応の機能向上が必要となる。このため長崎市内乗り合いタクシーに搭載するために5インチの通信端末を通信機能付きでリースとして調達した。タクシー搭載用5台（+予備機1台）、路面電車搭載用に5台（+予備機1台）の計12台分を計上した。6ヶ月定額SIMカードはフェーズⅠ同様外部モニタ用端末に用いた。

平成27年度は、Bluetoothビーコン網の本格運用を行うため、長崎電気軌道の上下線全停留所へビーコンを設置した。これによって全ての停留所を行き先別に識別することが可能となり、降車停留所の案内や乗換などきめ細かなナビゲーションが可能となった。

また、従来は車両の位置をGPSによって測位しているが、車両にもBluetoothビーコンを搭載し、複数のセンサー類等とも組み合わせる位置情報の精緻化を試みた。移動体として乗り合いタクシーも同様の実験を行うが、自前の光ファイバー網とWi-Fiにより通信環境が整備されている長崎電気軌道とは異なり、通信コストの面も考慮する必要がある。そこで27年度は、特定小電力無線や通信費込のPHSモジュール等をマイコンに接続してイニシャルコストのみで通信網を構築することを試みた。この実験に関しては、オープンソースハードウェアを用いることでシステム構築を簡易なものとした。センサーの活用に関しては研究分担者の経験を活かし、数値データ解析に関しては連携研究者から適切な助言を得た。長崎県公立大学法人は、システムの構築を担当した。

〈位置情報表示システム〉

位置情報配信システムによって検討した成果に対応して、利用者側端末に表示されるアイコン等の見やすさ、配信情報伝達の適格性確保等を目的として、表示についてパターンを決定した。パターンを決定するプロセスにおいて、利用者からアンケートやヒアリングによって意向を調査した。この調査にあたって、調査担当研究補助員をアルバイトとして雇用した。地域イベント（路面電車祭り）、観光イベント（長崎ランタンフェスティバル：2回収集）から計3件相当を選定し、各回10名程度の人員を雇用した。研究補助員の人件費は、長崎県立大学平成27年度臨時職員賃金基準額によるものである。長崎県公立大学法人は、システムの評価を担当した。

（2）長崎県立大学による研究開発実績

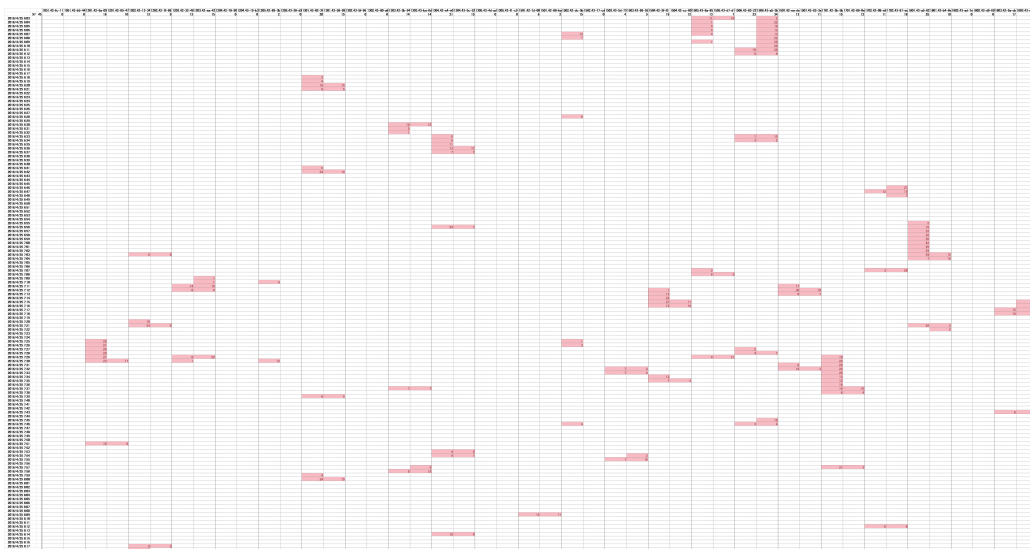
〈Bluetoothビーコン網の拡充〉

平成27年度は、26年度と同等以上のビーコンを導入した。長崎電気軌道、長崎市内乗り合いタクシーの各停留所の上り下り、相当数が必要となった。また、移動体搭載による車両識別実験等に用いるため、路面電車車両（70編成×前後の運転席）及び乗り合いタクシー車両（5台）にビーコンを調達した。新規調達品の設置に先立ち、フェーズⅡ採択及び契約後に26年度購入品の再設定と電停への設置点検を行った。26年度購入品に不具合は無かったが、汎用型ビーコンは電池交換の必要があった。また、汎用型ビーコンは小型であるためか、紛失しているものもあった。こうした事態を受けて、ビーコン調達の前に平成27年度も新たなビーコンの選定を行い、26年度に運用した実績から最も安価なMB004 Acと屋外設置に適したMB004 HDcを導入することとした。

電車搭載数を増加させることや電車やタクシー搭載以外で実験に用いるため多数のビーコンを投入している。さらに、本格的な実証を行うためにビーコンと管理用ソフトウェアを組み合わせ

た評価用キットも導入して比較検討を行った。

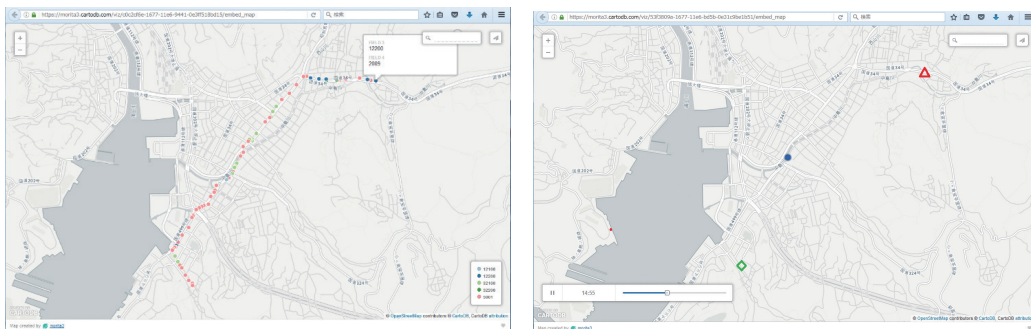
上記の要求に応えるため、まず導入したビーコンの稼働具合を調査した。平成26年度の研究では、低床車両にモニタ用として搭載した「受信」端末が各電停通過時に電停設置ビーコンを支障なく受信していることを実証した。この場合、測定すべき対象は電停設置ビーコンのみである。今年度は、上述のように車両A、B運転台、電停上り下りにビーコンを設置している。各ビーコンは、ハードウェア的にはMACアドレスで、ビーコンとしてはUUIDを本研究のユニークIDとして、またMajor、Minorの値を設定して個体識別は可能である。それでも、数量はもとより系統も複雑になった。そこで、主に定点より車両搭載ビーコンの稼働状態を把握する手法と、走行時に車両搭載及び電停設置ビーコンの稼働状態を把握する方法に分割することとした。



〈図3-1. 浦上車庫前を通過する車載ビーコンの発信状態〉

図3-1に示したのは、浦上車庫配車室に設置した受信評価システムが受信した車載ビーコンの発信状態である。二列一組で車両のA、B運転台、行は時刻を表している。これによって車両の通過時刻のみならず、運転台も識別可能なことが判明した。なおこのデータは表形式で集計しているが可視化にあたってはデータの連続性を図示しているため「図3-1.」として扱う。（「図3-8.」も同様）このシステムと測定方法を精緻化すれば、車両の上り下りも識別可能となる。

図3-2は、走行中の路面電車に乗車している間に受信したビーコンの位置を地図上にプロットしたものである。AndroidスマートフォンにBLEアプリをインストールし、車両の進行方向運転台近くの座席に座って計測した。この乗車位置は、車載ビーコン、電停ビーコンの受信に適した位置である。図2左は静止画で各ビーコンのMajor値が色分けされている。Major値は車載、電停によって異なるので、走行中にすれ違う車両、通過電停ともに識別可能である。図2右は本来動画である。蛍茶屋電停の三角（赤）から石橋電停の四角（緑）へ向かって電車の円（青）が移動する。5秒間隔で受信したビーコン信号を連続したデータとして可視化したものであり、3号系統の路線と同じ線を描く。これによって沿線のビーコンが機能していることが把握できた。



〈図3-2. 3号系統乗車時に受信した沿線全ビーコンの発信状態〉

〈位置情報配信システム〉

図3-3は、ビーコン網に対応したナビゲーションアプリの画面遷移である。このアプリを起動させると、{①設置したビーコンを検知してIDから最寄りの停留所を判別②行き先の停留所あるいは観光名所を選択すると乗車すべき電車の行き先系統を明示（観光名所を選択した場合は降車する停留所も明示）③途中の通過停留所をリアルタイム表示（ビーコン検知による）④乗換停留所と乗車すべき電車の行き先系統を明示⑤降車後は観光名所まで地図による案内を行う} という展開となる。

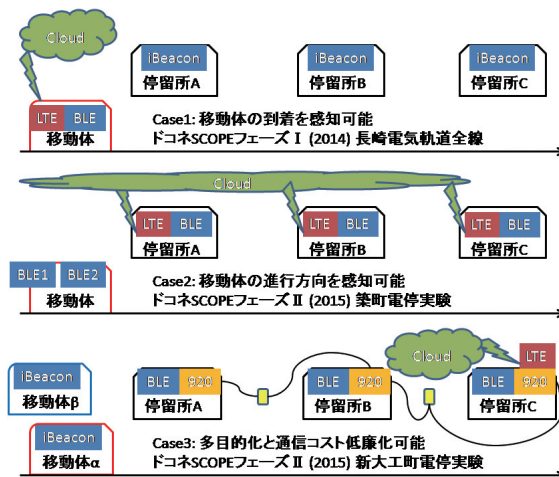


〈図3-3. ビーコン網を活用したナビゲーションアプリ「ドコネナビ」の画面遷移〉

このアプリは、平成27年11月15日開催の長崎電気軌道「路面電車祭り」に合わせて初期バージョンを完成させた。27年12月までに設置が終了したビーコンによって一部区間のナビゲーションが可能となっている。ユーザーの利用意向も参考にしながら改良を重ねている。なお、長崎ランタンフェスティバル（28年2月）においては図3-4でCase2とCase3として示した2種類の実証実験を実施した。これらは26年度の成果として得たユーザー意向（目的地までの経路・乗換案内、他交通機関へのサービス拡充）に沿ったものである。

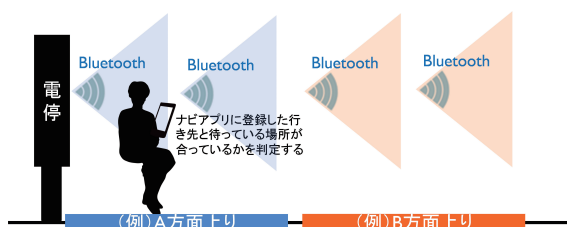
Case2：〈乗換支援機能実証実験〉長崎電気軌道の築町電停は、市内中心部の観光名所にも近いことから多くの観光客が乗降り乗換をする。その際に路面電車の利用や市内の土地勘に不慣れた利用者は、乗り換えるべき車両を間違えることがある。この問題に対して電停設置及び車両搭載の

ビーコンとスマートフォン用アプリを組合せて、乗り換え案内及び降車電停通知などきめ細かいナビゲーションを実現させる。27年度はプロトタイプの構築を行った。

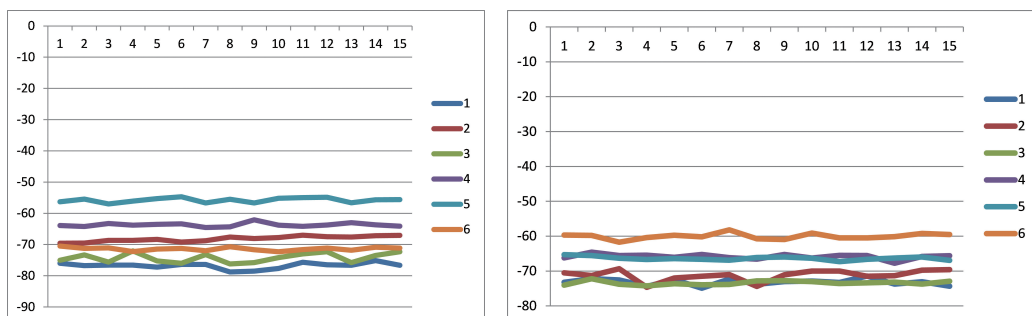


〈図3-4. 実証実験の概念図〉

電停にビーコンを複数設置して電波強度による測位を行い、乗換時にその電停内の場所が正しいかの判定につなげる。計画では築町電停であったが、観光イベント実施中で多くの乗降客で賑わっていたため、機器設置も容易で安全確保も確実となる浦上車庫前電停のプラットフォームを使用した。図3-5のような構成としてビーコンは等間隔に6器設置した。



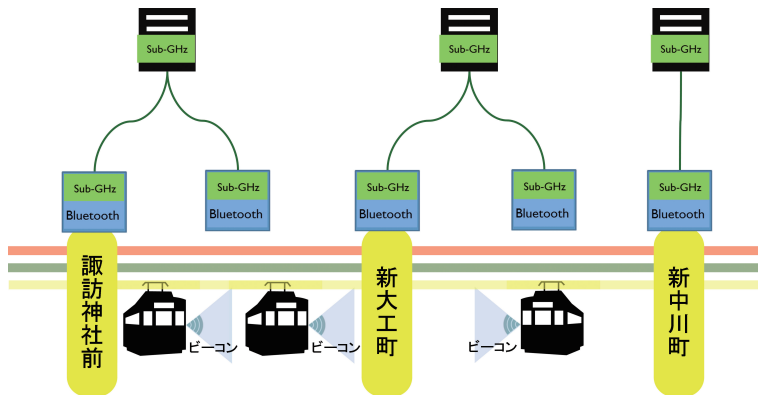
〈図3-5. 乗換支援機能実証実験の構成〉



〈図3-6. ビーコン電波の受信状況 (左：5番ビーコン付近、右：6番ビーコン付近)〉

図3-6は横軸に時間、縦軸に電波の強度をプロットしたグラフである。この成果より、-65dB程度の状態を保持できれば、ビーコンと受信機の近接判定には活用可能と考えられる。

Case3：〈920MHzネットワーク実証実験〉長崎市の乗り合いタクシーと長崎電気軌道の電停が結節するモデルポイントとして、新大工町周辺を選定し、タクシーの接近を利用者に通知する等ビーコンの活用策を検討する。その際に、通信インフラが整備されていない乗り合いタクシー運行区間においても低コストでサービスが実運用に移行できるよう、Wi-Fiや携帯電話回線以外の通信手段の活用を検討する。図3-7は、920MHzの特定小電力無線モジュールのネットワークを介して、電車の乗客が持つビーコンの信号を電停に設置したビーコン受信機で取得できるかを検証した実験の構成図である。



〈図3-7. 920MHzネットワーク実証実験の構成〉

| 電停記録 (正解データ) | ビーコン取得状況 | | | | |
|--------------------|----------|------------|------|-------------|-------|
| | 新中川町 | 新中川町-新大工町間 | 新大工町 | 新大工町-諏訪神社前間 | 諏訪神社前 |
| 2018/2/10 15:58:10 | | | | | 8 |
| 2018/2/10 15:58:15 | | | | | 8 |
| 2018/2/10 15:58:20 | | | | | 10 |
| 2018/2/10 15:58:25 | | | | | 6 |
| 2018/2/10 15:58:30 | | | | | 6 |
| 2018/2/10 15:58:35 | | | | | 7 |
| 2018/2/10 15:58:40 | | | | | 4 |
| 2018/2/10 15:58:45 | | | | | 4 |
| 2018/2/10 15:58:50 | | | | | |
| 2018/2/10 15:58:55 | | | | | |
| 2018/2/10 15:59:00 | | | | | |
| 2018/2/10 15:59:05 | | | | | |
| 2018/2/10 15:59:10 | | | | 8 | |
| 2018/2/10 15:59:15 | | | 6 | | |
| 2018/2/10 15:59:20 | | | 12 | | |
| 2018/2/10 15:59:25 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 15:59:30 | | | 12 | | |
| 2018/2/10 15:59:35 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 15:59:40 | | | 12 | | |
| 2018/2/10 15:59:45 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 15:59:50 | | | 10 | | |
| 2018/2/10 15:59:55 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 16:00:00 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 16:00:05 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 16:00:10 | | | 10 | | |
| 2018/2/10 16:00:15 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 16:00:20 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 16:00:25 | | | 10 | | |
| 2018/2/10 16:00:30 | | | 11 | | |
| 2018/2/10 16:00:35 | | | 2 | | |
| 2018/2/10 16:00:40 | | | | | |
| 2018/2/10 16:00:45 | | | | | |
| 2018/2/10 16:00:50 | | | | | |
| 2018/2/10 16:00:55 | | | | | |
| 2018/2/10 16:01:00 | | | | | |
| 2018/2/10 16:01:05 | | | | | |
| 2018/2/10 16:01:10 | | | | | |
| 2018/2/10 16:01:15 | | | | | |
| 2018/2/10 16:01:20 | | | | | |
| 2018/2/10 16:01:25 | | | 4 | | |
| 2018/2/10 16:01:30 | | | | | |
| 2018/2/10 16:01:35 | | 4 | | | |
| 2018/2/10 16:01:40 | | 5 | | | |
| 2018/2/10 16:01:45 | | 5 | | | |
| 2018/2/10 16:01:50 | | 4 | | | |
| 2018/2/10 16:01:55 | | 4 | | | |
| 2018/2/10 16:02:00 | | 11 | | | |
| 2018/2/10 16:02:05 | | 5 | | | |
| 2018/2/10 16:02:10 | | 8 | | | |
| 2018/2/10 16:02:15 | | 9 | | | |
| 2018/2/10 16:02:20 | | 9 | | | |

〈図3-8. 920MHzネットワーク実証実験の成果〉

この実験では、920MHz特定小電力無線モジュールの到達範囲を考慮して電停の間に中継用のブリッジを設置している。実運用の路面電車、乗り合いタクシーの中で実際に使用可能か検証するため通常の車両に乗車して測定を行った。図3-8には5秒間隔で各電停のビーコンを確実に受信していることが明らかになっている。Bluetoothビーコンと特定小電力無線モジュールの組み合わせによってネットワークのランニングコストを低廉化させる可能性を見出すことが出来た。

4. まとめと展望

27年度に拡充したビーコンに関して、28年度以降の継続的な運用を検討するために、電池寿命、防水防埃等の性能を検証し、最適のビーコンを引き続き実証しながら継続運用に耐えるビーコン網を構築する。

また、長崎電気軌道の停留所は、平成23年度国土交通省の歩行者支援現地事業を実施した際に歩行空間ネットワークデータとして整備済である。つまり電子地図上ユニークな緯度経度を設定できる。この特性を活かすと停留所に設置したビーコンは、位置情報を有するものと位置付けることが可能となり、今後他の事業者等により街中にビーコンが設置されるようになった際には、ビーコン網の「ランドマーク」ともなる。公的な研究資金を得て設置したものを公共的に活用する方策として、「パブリックビーコン」とも呼ぶべき活用方法も提案する予定である。

謝辞

本論文は、総務省「戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）」地域ICT振興型研究開発の支援を得て行った研究成果の一部です。ここに感謝の意を表します。

関連論文リスト

1. 街のナビゲータが描く地域発ITSモデルの発展形, 第14回ITSシンポジウム2016発表論文集, Web (2016年11月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 曾理恵子, 酒井寿美雄.
2. The Network of iBeacon guides the Passenger of the Tramway, Proceedings of the 23rd ITS World Congress, CD-ROM (2016年10月) Hitoshi Morita, Isao Matsusaka, Yasuo Yamaguchi, Osamu Takahira, Fumiharu Yamaguchi, Sumao Sakai, Rieko Sou.
3. 研究手法のモデル化によって提案したITSと情報社会論の融合の発展性, 日本認知科学会33回大会発表論文集, CD-ROM (2016年09月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 酒井寿美雄, 曾理恵子.
4. 街のテキストを生成する試み, 2016年度人工知能学会全国大会 (第30回) 発表論文集, 1K4-OS-06a-3 (2016年06月) 森田均.
5. Webナビゲーションと無線通信技術による地域発ITSモデル, 土木計画学研究第5回研究発表会論文集, CD-ROM (2016年05月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 曾理恵子, 酒井寿美雄.
6. 地域ITSを推進するための研究・教育・実践モデル, 長崎県立大学国際情報学部研究紀要第16号, pp.51-63 (2015年12月) 森田均
7. 街のナビゲータが描く地域発ITS モデル, 第13回ITSシンポジウム2015発表論文集, Web (2015年12月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 酒井寿美雄, 曾理恵子.
8. Regional ITS Service Model proposed by the LRT Navigator, Proceedings of the 22nd ITS World Congress, Web (2015年10月) Hitoshi Morita, Isao Matsusaka, Yasuo Yamaguchi, Osamu Takahira, Fumiharu Yamaguchi, Sumao Sakai, Rieko Sou.
9. 研究手法のモデル化によって提案したITSと情報社会論の融合の成果, 日本認知科学会32回大会発表論文集, P89-95 (2015年09月) 森田均.

10. 街のテキストとテキストの街, 2015年度人工知能学会全国大会 (第29回) 発表論文集, P3G3-OS-05a-5 (2015年05月) 森田均.
11. 街のナビゲータから地域発ITSモデルを目指して, 第12回ITSシンポジウム2014発表論文集, CD-ROM (2014年12月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 高比良惣, 山口文春.
12. 研究手法のモデル化によって提案したITSと情報社会論の融合の進展, 日本認知科学会31回大会発表論文集, CD-ROM (2014年09月) 森田均.
13. Navigation System generates Story of Nagasaki City, Proceedings of the 23rd Congress of the International Association of Empirical Aesthetics, CD-ROM (2014年08月) Hitoshi Morita.
14. まちのナビゲーターから輸送・情報・エネルギーの統合サービスを目指して 長崎電気軌道の「ドコネ」, 土木計画学研究第49回研究発表会論文集, CD-ROM (2014年06月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 高比良惣, 山口文春.
15. 空間情報によるメディアテキスト概念の拡張, 2014年度人工知能学会全国大会 (第28回) 論文集, CD-ROM (2014年05月12日) 森田均.
16. Narrative on the Road, Active Media Technology, Lecture Note in Computer Science 第8210号, P324-332 (2013年10月) Hitoshi Morita.
17. Development of Navigation System for Sightseeing Wandering, Proceedings of the 20th ITS World Congress, CD-ROM (2013年10月) Hitoshi Morita.
18. 研究手法のモデル化によって提案するITSと情報社会論の融合, 日本認知科学会第30回大会発表論文集, CD-ROM (2013年09月) 森田均.
19. まちなかのテキストとグリッド, 第27回人工知能学会全国大会発表論文集, CD-ROM (2013年06月) 森田均.
20. 路面電車による地域ITSの展開 長崎電気軌道の「ドコネ」, 土木計画学研究第47回研究発表会論文集, CD-ROM (2013年06月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 高比良惣, 山口文春.
21. 路面電車の位置情報配信から街のナビゲータを目指して, 第11回ITSシンポジウム2012発表論文集, CD-ROM (2012年12月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 高比良惣, 山口文春 共著 (ベストポスター賞受賞) .
22. 地域モビリティに貢献するナビゲーター 長崎電気軌道の「ドコネ」, 土木計画学研究第45回研究発表会論文集, CD-ROM (2012年06月) 森田均, 松坂勲, 山口泰生, 高比良惣, 山口文春.

附記：本論文は、紙媒体の雑誌形態においては図表がモノクロ印刷されているため本文表記に完全には対応していない。この点については、本学リポジトリで公開されるPDF版を参照願いたい。また、関連文献のWebは各学会等のもので公開、限定公開ともにある。入手困難な場合は、筆者電子メール (morita@sun.ac.jp) へ問い合わせ願いたい。最後に、本論文2章(1)節の最初の項と文献6の54頁との関係について。文献6はメディアテキスト関連の説明にビーコン検知の様態を採用したもので、本論文ではSCOPEによる研究開発の全体像を説明するために使用した。ともにSCOPEの成果報告書から同一内容を使用している。文献6はモノクロ印刷となったが、再掲した本論文のPDF版をカラー完全版とする。

