

長崎市の路面電車における 歩行者用ナビゲーションシステム

森田 均¹・松坂 勲²・山口 泰生³・酒井 寿満夫⁴・田中 隆二⁵

¹非会員 長崎県立大学教授 国際社会学部 (〒851-2195 長崎県西彼杵郡長与町まなび野1-1-1)
E-mail: morita@sun.ac.jp

²非会員 長崎電気軌道株式会社 経営企画室 室長 (〒852-8134 長崎県長崎市大橋町4-5)
E-mail: i.matsusaka@naga-den.com

³非会員 長崎電気軌道株式会社 広告事業部 (〒852-8134 長崎県長崎市大橋町4-5)
E-mail: y-yamaguchi@naga-den.com

⁴非会員 協和機電工業株式会社 研究開発部門長 (〒851-2107 長崎県西彼杵郡時津町久留里郷376番5)
E-mail: sakai-s@kyowa-kk.co.jp

⁵非会員 協和機電工業株式会社 研究開発部門 (〒851-2107 長崎県西彼杵郡時津町久留里郷376番5)
E-mail: tnaka@kyowa-kk.co.jp

我々は平成 23 年 10 月に長崎市中心部を走る路面電車の利便性を向上させるため、GPS (車両) とスマートフォン (利用者側) を活用した位置情報配信サービスを開始し、地域公共交通 ITS 化の第一段階を実現させた。本研究は、第二段階として BluetoothLE や 920MHz 特定小電力無線など ICT を活用して基幹交通網としての路面電車に歩行者用ナビゲーションの機能を高度化させ、併せて軌道の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試みを報告する。配信範囲の局所化、緊急対応など、移動手段としての車両・乗合タクシーと位置情報 (モビリティとインフォメーション) の調和に関してユーザー意向などの調査も行った。この調査によって得た情報表示の適切な手法に従いアプリケーションを開発した。次に、近距離無線通信技術等を利用して適切な情報環境を構築した。最終的には、交通網と情報通信網の融合による ITS 事業のモデル構築を行い、地域発の提案としたい。

Key Words: LRT, ITS, GPS, Pedestrian Network Data, Town Planning, Nagasaki Electric Tramway

1. 実運用中のサービス

長崎県立大学、長崎電気軌道株式会社、扇精光株式会社、長崎市、長崎県、長崎河川国道事務所による長崎市 LRT ナビゲーション推進協議会の提案「G 回線を活用した路面電車・利用者双方位置情報配信システムによる歩行者移動支援サービス」が、国土交通省「平成 23 年度ユニバーサル社会における歩行者支援現地事業」に採択され、同年 10 月 7 日より「ドコネ」としてフルサービスを開始した。10 月 7 日は長崎にとって重要な祭礼「長崎くんち」(国無形文化財)の初日にあたり、この日に合わせて幅広い世代の長崎市民や観光客に親しんで頂けるようにと長崎ことばで「どこですか」「どこにいますか」という意味である「ドコネ」をサービス名として採用した。

当初ドコネは、低床車両位置情報提供モード(図-1)、バリア情報提供及び乗車予約モード、観光情報提供モー

ドの 3 モードであった。2017 年現在では、路面電車に結節する長崎市内 5 系統の乗り合いタクシーの位置情報も提供している。



図-1 車両位置情報提供モード

図-1 は、ドコネによる長崎電気軌道の車両位置情報を提供するモードの画面である。長崎電気軌道の保有する路面電車車両は 70 両であるが、全車両の位置を表示すると画面の中に車両アイコンが充滿する状態となり、かえって利用者の利便性を損なうおそれがある。そこで、当初のサービス目的に合わせて基本的にはバリアフリー仕様の低床車両の位置情報を提供することにした。

この他特別車両の位置情報も提供している。開業記念日や観光イベントなどの際に長崎電気軌道が保有する最古の車両である 168 号が運行されると特別アイコンで表示する。

長崎電気軌道の車両は各地の軌道事業者より譲渡されたものがある。このうち元は熊本市電車両であった 601 号は平成 28 年 4 月に発生した熊本地震の被災地支援のために特別塗装を施し募金箱を設置して「がんばれ！！熊本号」として運行した。その際にも「くまモン」アイコンを表示している。

さらに、平成 29 年 4 月 17 日に出発式を行った、水戸岡鋭治氏デザインによる特別車両 310 号「みなと」についても 168 号同様に観光客や鉄道ファンへ利便性を向上させるために特別アイコンを表示している。



図-2 バリア情報提供モード

図 2 は、停留所及びその周辺のバリア情報を提供するモードの画面である。画面右側緑色アイコンの列は、バリアフリー対応トイレの機能を場所別に詳細に説明するものである。表示画面の大半左側を使って表示しているのは、公会堂前電停から観光スポットの興福寺まで車椅子等で移動する際の最適ルートである。ドコネのサービスを準備している際に、歩行空間ネットワークデータの整備を行った。整備を実施したのは、上記の 1)公会堂前電停から興福寺の他、2)賑橋電停から中央公園、3)西浜の町・観光通り・思案橋電停と浜の町アーケード、4)築町電停から湊公園の 4 ルートで、データは data.go.jp にて公開されている。



図-3 観光情報提供モード

図 3 は、観光情報提供モードの画面である。このモードでは、長崎河川国道事務所と関連団体が収集整備した観光名所の解説、街の通りの名称とその由来をテキスト情報としてポップアップで表示している。赤丸内のボタンは、全てのモードに共通ではあるが、河川国道事務所提供の道路渋滞情報へリンクしている。



図-4 乗り合いタクシー位置情報配信モード

乗り合いタクシーは、長崎市が運営するもので、1)西北地区(住吉電停結節)、2)金堀地区(松山町電停結節)、3)北大浦地区(築町電停結節)、4)矢の平・伊良林地区(新大工町電停結節)、5)丸善団地地区(千歳町電停結節)の計 5 系統である。上記のように路面電車の停留所と結節しているため、公共交通の体系化に寄与するものと考え平成 26 年度より図 4 のように位置情報を配信している。長崎の路面電車は、市内中心部を走っている。その停留所周辺が起点となって乗り合いタクシーが運行されているということは、公共交通機関の撤退等が相当程度行われているということになる。実運用サービスである他に、地域交通の現状を示すという役割もあるのではないかと考えられる。

2. GPS から BLE へ

前の章で述べたサービスは、現在に至るまで順調に運用出来ている。しかしながら、位置情報の把握に GPS を使用していることから、測定誤差が地図上に反映されることが多くなっている。また、GPS のみではきめ細やかな歩行者用ナビゲーションの実現は困難であると判断し、新たな技術と新しいサービスを導入するために開発を開始した。総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) へ「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」として提案を行い、平成 26 (フェーズ I)、27 - 28 年度 (フェーズ II) の期間採択された。



図-5 平成 26 年度末における BLE 整備状況

図 5 は、平成 26 年度末の状況である。長崎電気軌道の下り線全停留所 45 か所に BLE ビーコンを設置した。図中各電停に設置した BLE ビーコンを丸数字で表現してある。また、電車は矢印で示したように左から右方向へと進行する。実運用で使用するためには、これらのビーコンを走行する電車内で確実に受信できるのか検証する必要がある。

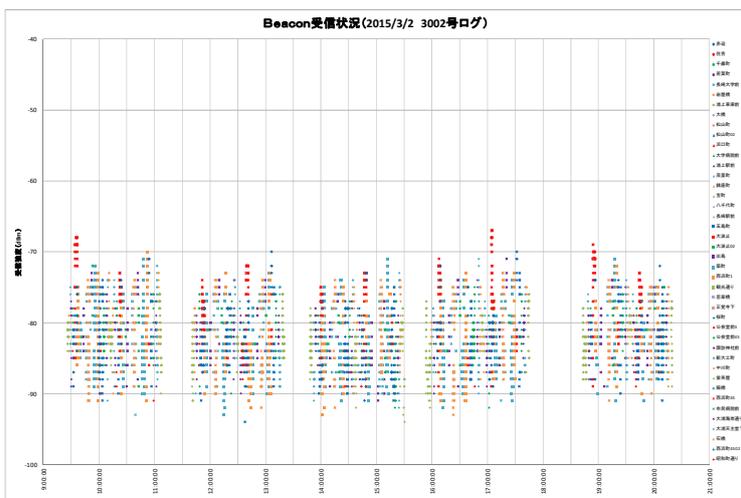


図-6 電車搭載端末によるビーコン受信状況

図 6 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 回行くと入庫時間を設け、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確実に検知されている。

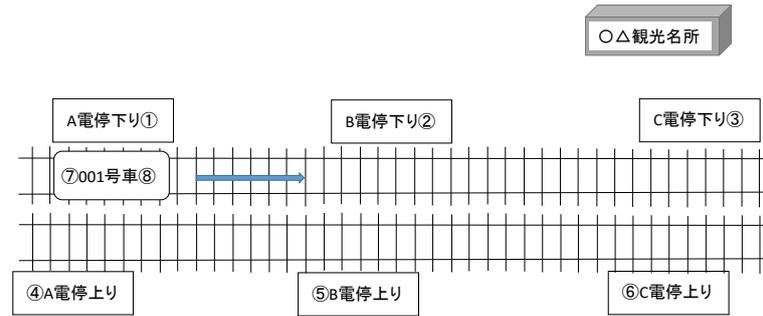


図-7 平成 27 年度末における BLE 整備状況

図 7 は、平成 27 年度末の状況である。長崎電気軌道の上下り線全停留所に BLE ビーコンを設置した。また、特定の車両にもビーコンを搭載した。路面電車は、前後に運転台がある。ビーコンによって進行方向を識別可能か検討するために前後の運転台に個別 ID を設定したビーコンをそれぞれ搭載した。

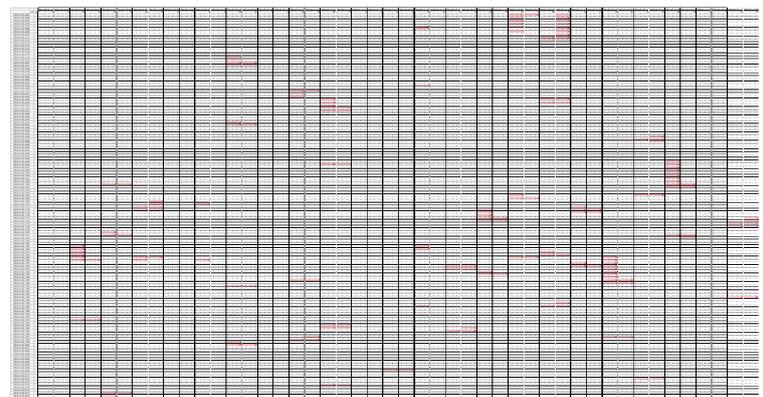


図-8 電車搭載端末によるビーコン受信状況

図 8 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」として扱う。

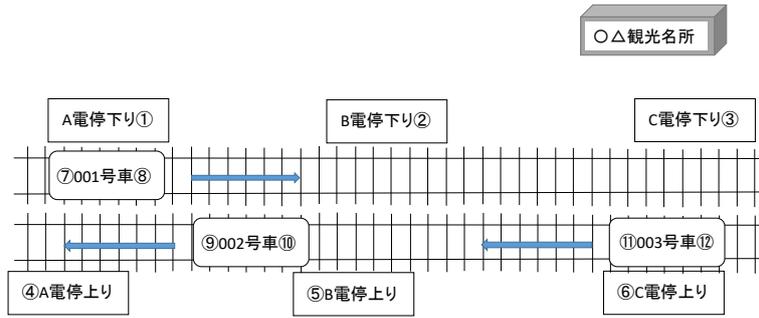


図-9 平成 28 年度末における BLE 網整備状況

図 9 は、平成 28 年度末の状況である。長崎電気軌道の上下線全停留所に BLE ビーコンを設置した。また、全ての車両にもビーコンを搭載した。前述したように路面電車は、前後に運転台がある。27 年度の検討によってビーコンによって進行方向を識別可能であることが明白となったので全車両とも前後の運転台に個別 ID を設定したビーコンをそれぞれ搭載した。

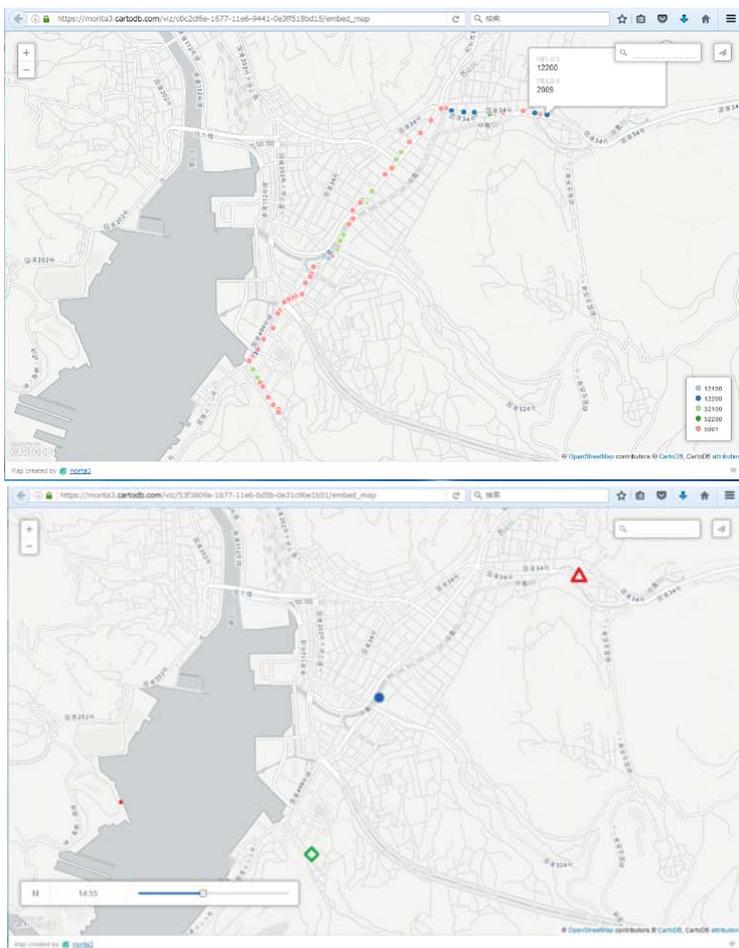


図-10 3号系統全ビーコンの発信状態

図 10 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 10 上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 10 下は本来動画である。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。

3. ドコネナビアプリ

図 11 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。



I 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[ビーコンは図 9 の①を利用]



II 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) ビーコンは図 9 の③を設定]



Ⅲ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[ビーコンは図9の②を利用]



Ⅳ乗換停留所と乗車すべき電車の行き先系統を明示[ビーコンは図9の②⑧を利用]



Ⅴ降車後は観光名所まで地図による案内を行う[ビーコンは図9の③を利用]

図-11 ドコネナビの画面遷移

このアプリは、平成 27 年 11 月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。後に検知ビーコンと活用ビーコンを区別して順序性を確立することでナビゲーションを可能とした設定などを追加して知財化している。28 年 3 月にベータテストとして一般公開を始めたところであるが、今後もユーザーの利用意向も参考にしながら改良を重ねて行く。

4. 関連実験

(1) 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し乗換をする。その際に路面電車の利用や市内の土地に不慣れな利用者は、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。

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 12 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-12 乗換支援機能実証実験の構成

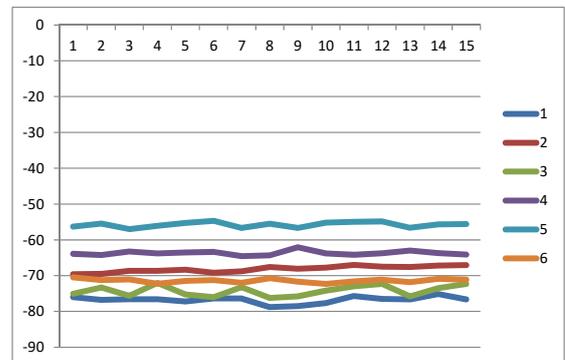


図-13 5 番ビーコン付近電波受信状況

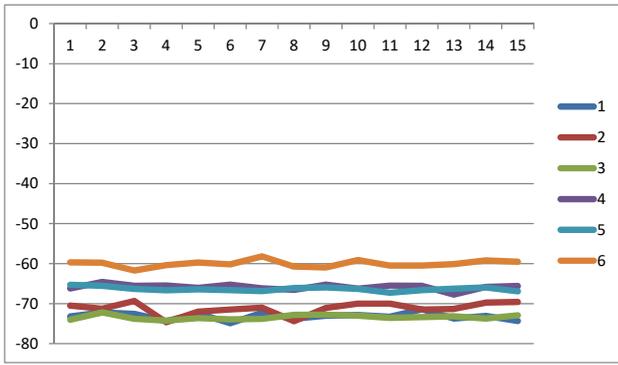


図-14 6 番ビーコン付近電波受信状況

図 13 と図 14 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。

(2) 920MHz 帯特定小電力無線ホッピング実証実験

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 15 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。

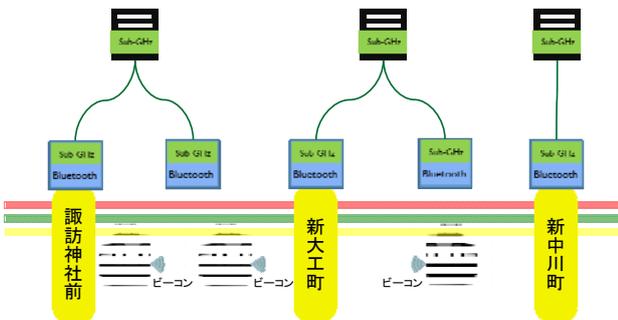


図-15 ホッピング実証実験の構成

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 16 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。

電停名称 (電停番号)	新中川町	新中川町-新大工町間	ビーコン取得状況 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 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:15 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:20 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:25 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:30 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:35 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:40 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:45 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:50 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:58:55 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:59:00 諏訪神社前					10
2018/2/10 15:59:05 新大工町			8		10
2018/2/10 15:59:10 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:15 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:20 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:25 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:30 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:35 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:40 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:45 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:50 新大工町			12		10
2018/2/10 15:59:55 新大工町			12		10
2018/2/10 16:00:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:00:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:01:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:02:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:03:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:04:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:05:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:06:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:07:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:08:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:09:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:10:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:11:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:12:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:15 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:20 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:25 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:30 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:35 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:40 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:45 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:50 新大工町			11		10
2018/2/10 16:13:55 新大工町			11		10
2018/2/10 16:14:00 新大工町			11		10
2018/2/10 16:14:05 新大工町			11		10
2018/2/10 16:14:10 新大工町			11		10
2018/2/10 16:14:15 新大工町			11		10