

行路情報データ転送システムの開発

Development of Crew Path Data Transfer System



村上 秀人*



松本 隆*



弓倉 和也*



野村 晃*

We developed the Crew Path Data Transfer System to transfer Crew Path data from the Transportation Planning System to the Rolling Stock Monitor System on board via train crews' Tablet PC as temporary data storage to replace our conventional IC card based system. Currently, each IC card that train drivers operating around the Tokyo metropolitan area carry contains his responsible train operation time data to display on the monitor on-board and attention the speed restrictions. But storing data to each card is not only time consuming to crew administrators but also costly so that we focused on innovation simplifying the system. The new system provides smooth train crew supporting functions than conventional especially during plan rescheduling.

●キーワード：タブレット、ICカード、Bluetooth通信、輸送計画システム

1. はじめに

当社の首都圏線区の運転士の大半は、ICカードを携帯し乗務する。このICカードには、当日運転士が担当する乗務行路の各列車の運転時刻や途中駅のキロ程などのデータが書き込まれており、運転士の乗務支援等に利用される。運転士は発車前に車両モニタ装置のカードホルダにICカードを挿入することによって、これらのデータ（以下、行路情報データ）を車両に転送している。このICカードは信頼性が高く長年の使用実績があるが、現在では以下のような課題がある。

- ・単価が高い。
- ・輸送計画システムから乗務行路ごとにデータを日々、必要により作成、更新しなければならないため運用管理が煩雑。
- ・容量が小さく所定行路のデータしか持てないため、輸送障害発生時に乗務列車の持替が発生した際、車両へ必要なデータを送ることができず、一部の乗務支援に関わる機能が使用出来ない。

そこでICカードに替わり、現在乗務員が携帯するタブレットを介した、輸送計画システムから車両への行路情報データ転送の実現を図るため、以下の機能について開発を行い、検証試験を実施した。

- ・「行路情報配信サーバ」を開発し、輸送計画システムの外部接続サーバから行路情報データを取得する。
- ・「タブレットアプリケーション」を開発し、乗務員がタブレットにて必要な行路情報データを行路情報配信サーバより取得し、車両へ転送する。

2. 開発概要

2.1 システム概要

図1にシステム構成概要を示す。行路情報データは、以下の順で輸送計画システムから車両に転送される。

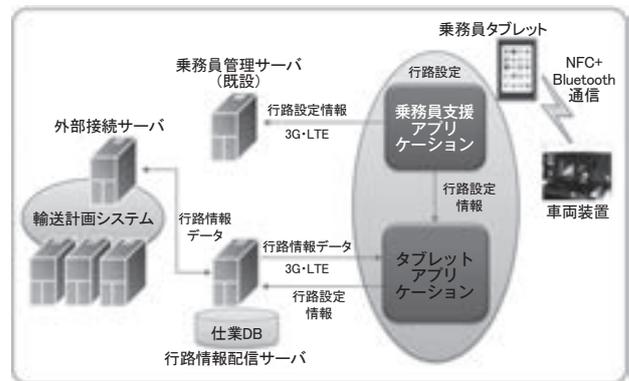


図1 システム構成概要

- ①輸送計画システムの外部接続サーバに行路情報データを配置（定期的および手動操作時）
- ②行路情報配信サーバから定期的に外部接続サーバへ接続し、新たに配置された行路情報データがあれば取得し保存 取得した行路情報データは外部接続サーバから削除
- ③行路情報配信サーバにて取得した行路情報データを解析し、サーバ内のデータベースに保存
- ④乗務員のタブレットでの行路情報データ取得操作により、タブレットから行路情報配信サーバへアクセスし、サーバ内のデータベースから必要な情報をタブレットへ送信
- ⑤乗務員の認証用NFCカードの読取機器への配置操作により、タブレット-車両間の通信を確立し、行路情報データを車両へ転送

タブレットアプリケーションは乗務員支援アプリケーション（現在乗務員が所持するタブレットに収容されているアプリケーション。異常時における時刻表転送機能等を有する。）の既存機能へ影響を与えないように乗務員支援アプリケーションに内在する一機能として開発を行った。¹⁾

2.2 行路情報データ

輸送計画システムから出力される行路情報データは以下のように定義される。

- ・輸送計画システムより「行路」ごとに生成される。行路情報データ名は設定項目の組合せで一意に特定される。
- ・輸送計画システムから外部接続サーバへ配置されるが、その方法は以下の2パターンある。

定時送信：一定の時間（輸送計画システムのサービス停止時間）に自動的に配置

手動送信：いとまの無い場合等、区所等で行路情報データを変更し手動で配置

- ・定時送信では、3日間(当日、翌日、翌々日)分の行路情報データが区所ごとにzipファイルに圧縮され（以下、行路情報ファイル）外部接続サーバに配置される。

2.3 行路情報配信サーバの開発

輸送計画システムの外部接続サーバと今回開発する行路情報配信サーバの接続については、FTP (File Transfer Protocol) 通信単独では通信経路で交換されるIDやファイルが盗まれる可能性があるため、対策としてサーバ間を閉域網の回線をつなぎセキュリティを強化し、また経路を外部から見えなくする通信方式を採用した。

行路情報配信サーバでは、定期的に輸送計画システムの外部接続サーバから行路情報ファイルを取得する。今回の開発では、行路情報ファイル展開時にファイル破損エラーになった場合の再取得等を考慮した取得間隔を設定した。取得間隔は変更可能であり、実用化にあたってはデータ量と性能を考慮し、取得間隔・方式を改めて検討する必要がある。

外部接続サーバから行路情報配信サーバが行路情報データを取得する手順を以下に示す。

(1) 行路情報ファイルの取得

行路情報配信サーバから外部接続サーバに行路情報ファイルが存在するかを確認し、存在する場合には外部接続サーバから全て取得する。取得した行路情報ファイルは、行路情報配信サーバのフォルダに保存する。

(2) 行路情報データの保存

取得した行路情報ファイルを展開し、正常に展開できた場

合、行路情報データを保存する。既に同一の行路情報データが存在する場合、最新のデータで上書きを行う。

(3) 行路情報配信サーバ内データベース登録

サーバに保存した行路情報データを解析し、タブレットでデータを取得する際に必要な情報をデータベースへ保存する。

(4) 外部接続サーバ内ファイル削除

行路情報配信サーバ側で、行路情報データ取得の処理が完了した後に行路情報ファイルを外部接続サーバから削除する。

2.4 タブレットアプリケーションの開発

2.4.1 タブレットアプリケーションによる行路情報配信サーバからの行路情報データ取得

乗務員はタブレットを操作し、行路情報配信サーバから行路情報データを取得する。取得するための操作には「行路番号入力（おもに乗務行路開始時）」と「列車番号入力（おもに乗務列車持替時）」がある。なお「列車番号入力」の際にも、入力した列車番号を含む行路番号を検索し、その行路に紐づく行路情報データを取得する。したがって、どちらの入力パターンにおいても、タブレットに取り込む行路情報データは「行路単位」となる。

(1) 行路番号入力による取得

タブレットのユーザーインターフェイス構築にあたり既存乗務員支援アプリケーションの画面構成等を踏襲することにした。通常、乗務員は乗務開始前にタブレットに行路番号を入力するが、そのタイミングで行路情報データも取得できる。図2に行路番号入力時のシステムの処理イメージを示す。

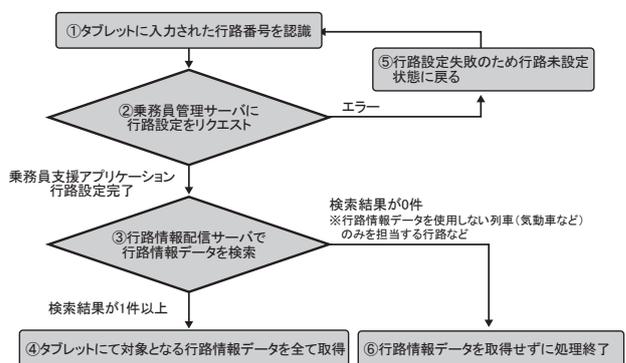


図2 行路番号入力時の処理イメージ

(2) 列車番号入力による取得

輸送障害発生時等、乗務員は乗務管理者より乗務列車の持替の指示を受ける場合がある。その際に、乗務員がタブレットへ変更となった列車番号を入力すると、その列車を含む行路の行路情報データを取得することができる。図3に列車番号

入力時の行路情報データ取得処理イメージを示す。

取得の際は以下の条件にて検索し行路情報データを絞り込む。

- [条件1] 行路情報データの区所コードが「乗務員の所属する区所」もしくは「乗務列車持替担当区所」と一致
- [条件2] 入力した列車番号と一致
- [条件3] 乗車列車の発時刻が現在時刻から一定の時間範囲内に含まれる

タブレットで入力した列車番号と同じ列車番号を含む行路は、行路情報配信サーバ上に複数存在することがあり得る(例 1M担当区所：●●線○○運轉区および▲▲線△△運轉区)。そのため、乗務員が必要としていると推定される行路情報データに絞り込む。[条件1,2]

次に行路情報配信サーバには、施行日が異なる同じ行路番号の行路情報データが複数存在する。現在時刻とかけ離れた時刻の列車を乗務する可能性は低いことから、時間の検索範囲をあらかじめシステムで設定し行路情報データを絞り込む。乗務員がタブレットで列車番号を入力し、行路情報データの検索をした時点を基準に、設定した一定の時間幅を検索範囲とする。[条件3]



図4 画面遷移イメージ(列車番号入力時)

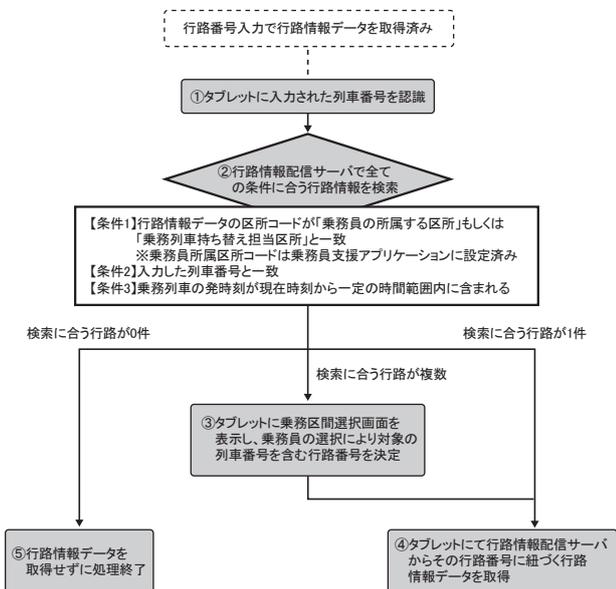


図3 列車番号入力時の処理イメージ

絞り込み後に行路情報データが複数存在した場合には、データの情報(列車番号、発車時刻、乗務区間、担当区所)をタブレットに送信し、乗務員がどの行路のデータを取り込むかを選択する。図4に列車番号入力による行路情報データ取得の際の画面遷移を示す。

2.4.2 タブレットアプリケーションによる車両への行路情報データ転送

タブレットアプリケーションによる車両への行路情報データ転送機能については、以下のような接続・通信方式とし、既存の乗務員支援アプリケーションの一機能として開発を行った。

- ・乗務員が認証用NFCカードを車両のカード読取機器に配置した際、車両からタブレットに対し接続要求が届き、タブレットはそれを受けてタブレット-車両間の通信を確立する。(Bluetoothハンドオーバー方式)
- ・タブレット-車両間はBluetooth(バージョン3.0)通信とする。
- ・タブレットから車両への行路情報データ転送は、現行のICカードと同様に、最初にデータの第1セクタ情報(8KB)を送信する。その後、車両側からの要求に応じて乗務する列車番号に対応する第nセクタ情報(8KB)を送信する。

乗務員の業務フローに対応する車両およびタブレットのデータフロー等を確認しながら仕様を決定し、またタブレットのインターフェイス等を構築した。図5に車両への行路情報データ転送フロー(イメージ)を示す。

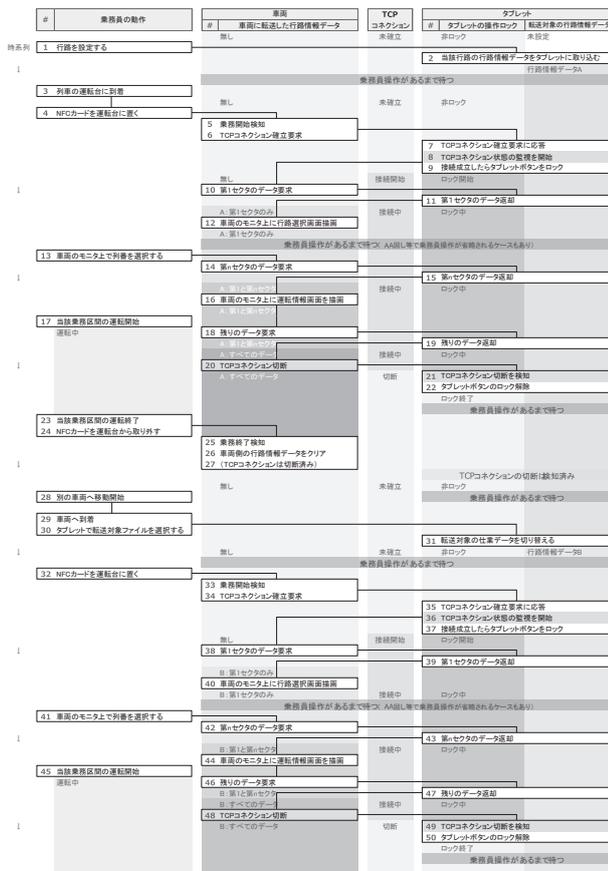


図5 車両への行路情報データ転送フロー（イメージ）

3. 検証試験の実施および考察

タブレットを介した輸送計画システムから車両までの行路情報データ転送について検証試験を実施し、実用化時における課題等の考察を行った。

3.1 行路情報配信サーバによる輸送計画システムからの行路情報データ取得

3.1.1 行路情報データ取得確認

行路情報配信サーバによる輸送計画システムの外部接続サーバからの行路情報データ取得については、今回決めた仕様通りの手順で実施されていることを確認した。また輸送計画システムから外部接続サーバへの行路情報ファイル配置が「定時送信」によるものか「手動送信」によるものかを問わず、行路情報配信サーバは最新のタイムスタンプの行路情報ファイルを取得しデータベースに登録することを確認した。

3.1.2 行路情報データ取得所要時間測定

輸送計画システムとの接続試験で取得したログ情報等をもとに行路情報データ取得所要時間を算出し、実用化時の運用に不都合が無いことを確認した。

今回は試験環境の制約から、輸送計画システムの外部接続サーバ上に配置される行路情報データは一度に数区所分であった。実際の運用では、毎日一定の時間に定時送信にて現行ICカードを使用する全区所分の行路情報データが外部接続サーバへ配置され、その後行路情報配信サーバが一度にデータを取得することになる。

(1) 試験における実測値

以下の所要時間を実測した。

- ①取得処理：行路情報配信サーバによる外部接続サーバからの行路情報ファイル取得
- ②解凍処理：行路情報配信サーバでの行路情報ファイル解凍 解凍後の外部接続サーバ上の行路情報ファイル削除
- ③処理全体：①②の処理および解凍した行路情報データの解析・データベース保存も含めた全処理

表1に行路情報データ取得における各処理時間の測定値を示す。また図6にデータ容量に対する処理時間（全体）を示す。図6より処理時間はデータ容量に比例することが分かる。

表1 行路情報データ取得における測定値

No	行路情報データ数(個)	データ容量(KB)	取得処理(ミリ秒)	解凍処理(ミリ秒)	処理全体(ミリ秒)
1	95	496	1,844	1,369	16,666
2	3	9	1,226	1,119	2,702
3	4	13	202	853	1,556
4	1	5	1,313	1,107	2,700
5	160	600	780	1,282	18,749
6	173	1,127	2,284	1,341	23,917
7	115	783	2,334	1,250	17,481
8	123	711	1,930	1,240	16,527
9	124	855	2,156	1,429	21,503
10	323	2,590	3,651	1,625	63,254
11	323	2,584	3,724	1,582	68,155
12	322	2,574	3,932	1,761	76,048
13	317	2,520	3,650	1,752	72,091
14	314	2,468	3,675	1,701	64,934

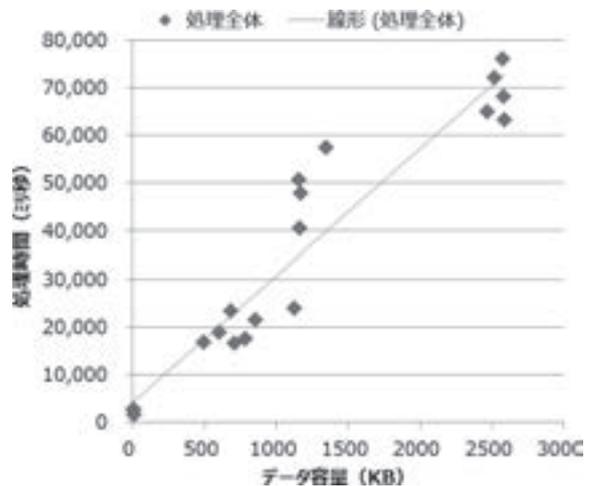


図6 データ容量に対する処理全体の時間

(2) 実運用 (対象全区所分) を想定した試算

今回の試験では限定的なデータ数となっているため、試験結果をもとに、当社内の対象全区所分の行路情報データを、輸送計画システムの外部接続サーバから取得し、行路情報配信サーバ内にデータベース化するまでにかかる総処理時間を試算した。まず表1より1行路情報データあたりのデータ容量を求める。次に、全対象区所の行路情報データ総数を想定し、データの総容量を試算する。その後、図6のデータ容量に対する処理時間をもとに、総処理時間を試算すると約91分と想定される。

さらには上記処理中に、区所にて行路情報データを変更し手動送信した場合には、定時送信により配置されたデータと合わせて処理することからも、実用化の際にはデータ処理時間の短縮を図ることが求められる。

今回の開発では行路情報ファイルを行路情報配信サーバへ取得・解凍後、順番に行路情報データを解析し行路情報配信サーバデータベースへ取込処理を実施しているため時間を要している。対策として、行路情報配信サーバ上へ取得した行路情報データを解析し行路情報配信サーバデータベース内へ取り込む処理を並列化することにより、全体処理速度の向上を図ることが考えられる。並列処理の多重度はサーバのコア数に依存し、コア数の多いサーバを用意すればその分、多重処理が可能となる。実用化時は全区所分の1日分の行路情報データ容量(実績値)を確認のうえ、行路情報配信サーバのスペックを決定する必要がある。

3.2 タブレットアプリケーションによる行路情報配信サーバからの行路情報データ取得

3.2.1 行路情報データ取得確認

乗務員が入力した行路番号に対応する行路情報データをタブレットで取得できること、また乗務員が入力した列車番号に対して関係する行路情報データをタブレットで取得できることを確認した。また輸送計画システムが外部接続サーバに配置した行路情報データと、タブレットにて行路情報配信サーバから取得した行路情報データを比較し、同じデータであることを確認した。

3.2.2 行路情報データ取得所要時間

輸送障害時における乗務列車の持替等あらゆる状況においても、乗務員が行路情報データを迅速に取得することが求められるため、取得所要時間について検証を行った。

(1) 行路番号入力時における取得所要時間

乗務員がタブレットに行路番号を入力して行路情報データの取り込みを完了するまでのシステム内における処理は以下

のフローとなる。

- ①乗務開始時、タブレットに行路番号を入力
- ②乗務員支援アプリケーションに行路番号設定完了
- ③行路情報配信サーバで行路情報を検索
- ④タブレットにて対象の行路情報データを全て取得

①②を既存乗務員支援アプリケーションでの処理時間より確認し、③および④に要する所要時間をログ情報より確認したところ平均で約2.9秒であり、乗務員が乗務開始時に取得する時間としては問題ないレベルであると言える。

(2) 列車番号入力時における取得所要時間

輸送障害等が発生した際、乗務員が持替となる列車番号を入力してからタブレットに行路情報データの取り込みを完了するまでのシステム内における処理は以下のようなフローとなる。

- ①乗務列車持替時、タブレットに列車番号を入力
- ②行路情報配信サーバで条件にあう行路情報を検索
- ③タブレットに表示した乗務区間を乗務員が選択することにより入力した列車番号を含む行路番号を決定
- ④タブレットにて対象の行路情報データを全て取得

行路情報配信サーバのログ情報にて確認した結果、手順①②の所要時間は平均0.036秒であった。手順④に要する時間は前述のとおり平均2.9秒であったことから、乗務員による選択時間③を除き、約3秒程度で行路情報データを取得できると言える。

全区所の行路情報データを蓄積した場合、対象データ量に比例して上記①②の処理所要時間も増加するが、実用化時には、データ量を考慮してデータベースサーバを選定し、運用への影響がないことを事前に性能測定にて検証することで対応が可能と考えられる。

3.3 タブレットアプリケーションによる車両への行路情報データ転送

3.3.1 行路情報データ転送確認

タブレット-車両間の通信検証試験は「行路情報データ読み基板模擬PC」を用いた。なお模擬PCには車両モニタ装置相当の機能が存在しないことから、実際の乗務員の運用イメージそのままのフローに沿った動作確認は不可能であり、以下の3点については別の確認手段にて代替した。

- ・タブレットから転送された行路情報データによる車両モニタ画面上への描画所要時間
 - 類似機能をもつ既存車両での描画所要時間参考値を利用
- ・タブレットから転送された行路情報データの車両モニタ画面上への描画内容確認

→類似機能を持つ既存車両の試験用モニタ装置にて描画内容を確認

・タブレット-車両間の通信エラー発生時の車両モニタ画面上的エラーメッセージ確認

→「行路情報データ読み込み基板模擬PC」内のコンソール画面上でエラー検出を確認

車両との接続試験では以下4点について確認した。

- ①今回開発したシステムにてタブレットを経由して車両に転送した行路情報データと、輸送計画システムから既存のICカード経由で車両が読み込んだ行路情報データとが一致すること。
- ②今回の開発で取り決めたインタフェース通り、認証用NFCカード配置を契機として、タブレット-車両間で通信を確立し、データ授受できること。また認証用NFCカードにより規定された端末以外とはデータ授受しないこと。
- ③タブレット上で転送対象として指定した行路情報データが、車両へ転送されること。

①の検証において、ファイル内のファイル生成日時のみが相違したが、他は全て一致した。ファイル生成日時は輸送計画システムにて行路情報データを生成した日付が自動で出力される項目であり、ICカードへのデータ書き込みと外部接続サーバへ配置するためのデータ生成は異なるタイミングとなることから、ファイル生成日時は不一致となる項目である。ファイル生成日時以外の項目が全て一致していたことにより、今回開発したシステムにおいて正常に行路情報データをタブレットへ取得し車両システムへ転送する仕組みが、問題なく実現できていることを確認できた。また②、③の検証においても、問題ないことが確認できた。

3.3.2 行路情報データ転送所要時間

車両との接続試験にて計測した結果を基に、実際の業務フローを想定して運用時の所要時間を算出した。表2に業務フローごとの処理時間を示す。

乗務員は運転室に乗車し、No.1からNo.5 までの処理完了後、運転を開始する。今回車両との接続試験にて計測した結果を合算すると、車両に認証用NFCカードを配置し、行路選択画面が表示されるまでの時間 (No.1からNo.3) が合計5.2秒、行路選択画面にて列車番号を選択してから運転情報画面が表示されるまでの時間 (No.4,5) が合計4.4秒であり、合計9.6秒でNo.5までの処理が完了する。また、同じ列車番号での乗継等の場合は、乗務員が行路選択画面にて列車番号を選択する必要がなく、No.2で第1セクタの情報を取得後、続けて車両からタブレットへ第nセクタの要求を行うことと

なり、No.3の画面表示に要する時間が不要となるため、6.1秒でNo.5までの処理が完了する試算となる。

実際の運用ではNo.3と4の間に乗務員による列車番号選択時間が必要であり、また今回試算に用いた画面表示にかかる時間 (No.3,5) は想定値ではあるが、認証用NFCカード配置から運転情報画面表示までの所要時間は実運用に適用できるレベルだと言える。

表2 業務フローごとの処理時間

No	内容	処理時間 (秒)	備考
1	車両モニタとタブレットでBluetooth 接続を行うまでの時間	0.7	
2	Bluetooth 接続を行い、車両がタブレットから第1セクタを取得するまでの時間	1	
3	第1セクタ取得完了後、車両上で行路選択画面を表示するまでの時間	3.5	車両装置内処理時間(想定値)
4	車両モニタ上の行路選択画面で列車番号を選択後、車両がタブレットへ第nセクタを要求し、取得するまでの時間	0.9	モニタ画面が無い場合疑似装置上で取得対象セクタを指定
5	第nセクタ受信後、車両モニタへの運転情報画面表示までの所要時間	3.5	車両装置内処理時間(想定値)
6	モニタ表示後、車両が残りのデータを取得するまでの時間	31	

4. おわりに

本開発では従来のICカードに替わり現在乗務員が所持するタブレットを活用することでの業務革新やコスト削減を目指してきた。今回「行路情報配信サーバ」および「タブレットアプリケーション」を開発し、既存の乗務員支援アプリケーションの機能に影響することなく、タブレットにて輸送計画システムから必要なタイミングで最新の行路情報データを取得し、車両へ転送できることを確認できた。今後は本システムの実用化へ向けた開発を進めていく。

参考文献

- 1) 村上, 角田, 中村, サービス品質向上に向けてタブレット端末を活用した技術開発, JREA, Vol.56, No.4, pp22-25, 2013