

異常時対応力強化のための タブレット端末活用に 関するシステム開発



村上 秀人*



長澤 厳自郎*



角田 史記**



中村 真純*

ICTを活用した輸送品質のさらなる向上として、乗務員を対象としたタブレット端末を活用した異常時対応力強化に関する各種機能の技術開発を行った。今回はタブレット端末に収容する機能として「時刻表転送」「規程・マニュアル類の電子化」「タブレット端末の位置把握」の3つを開発した。試行区所の全乗務員がタブレット端末を携帯しフィールド試験を実施したところ、試行期間中特に大きな問題もなく順調に使用され、異常時には列車時刻表をタブレット端末に送付することにより手配時間の短縮を図ることができた。

●キーワード：タブレット端末、時刻表転送、マニュアルの電子化、位置把握

1. はじめに

昨今ICTが急速に進歩し、スマートフォンやタブレット端末などにより最新技術が簡単に活用できる状況となっており、この最新ICTを活用した輸送品質とサービス品質のさらなる向上が求められている。その一方で、輸送障害等の異常時における時刻表手配で、いまだFAX等を使用し紙をベースとした駅社員等の人を介する手配を行っている現状があり、その手配の過程で時間を要し結果的にお客さまにご迷惑をおかけする場合があります。

今回、乗務員を対象としたタブレット端末を活用した異常時対応力強化に関する各種機能の技術開発を行った。開発にあたっては、可能な限り汎用のICTを活用し、信頼性の向上、開発の迅速化およびコストダウンを図った。以下に今回の技術開発項目を示す。

- (1) 時刻表転送
- (2) 規程・マニュアル類の電子化
- (3) タブレット端末の位置把握

2. タブレット端末を活用した各種機能

2.1 時刻表転送

輸送障害等の異常時に乗務員区所では、指令による運転整理計画に基づき、当直等による迅速な乗務員操配を行っている。図1に時刻表手配の現状と導入後のイメージを示す。乗務員が所定以外の列車に乗務する場合、乗務列車の時刻表を受領しないと運転できないため（一部線区を除く）、乗務員の操配に時間を要する場合があります。

そこで、主に在来線の異常時対応力の強化を図り、輸送品質を向上することを目的とし、今回時刻表転送システムを開発した。乗務列車時刻表を迅速・簡単にタブレット端末に表示できるような機能およびユーザーインターフェイスを構築し、

乗務員による取扱い性の確認や展開時の課題を抽出するため実際に運輸区にて試行し、車掌・運転士および当直の各利用シーンにおける検証を行った。

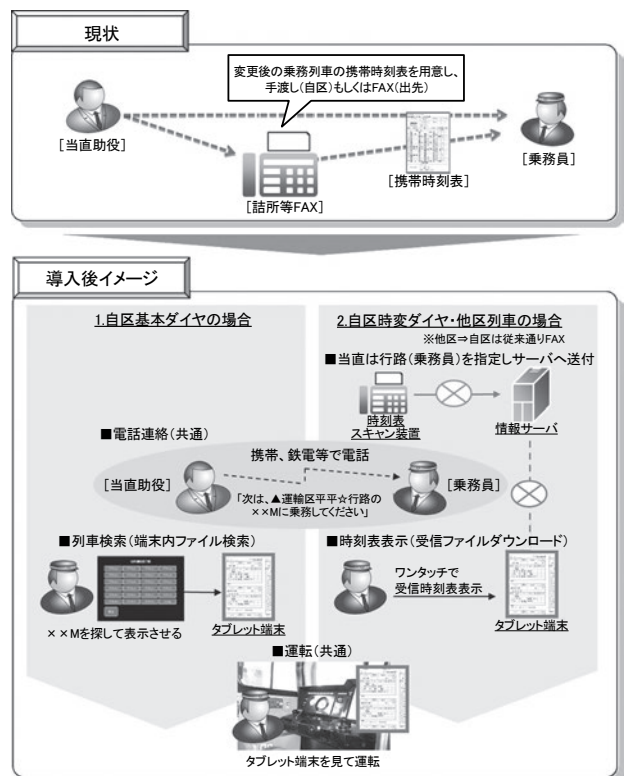


図1 時刻表手配の現状と導入後イメージ

図1で示したとおり今回のシステムは乗務員タブレット端末、時刻表スキャン装置、情報サーバ等の機器から構成される。なお、タブレット端末にインストールしたアプリケーションのユーザーインターフェイスについては、乗務員が操作しやすいように日常より使用している車両搭載のモニター装置の仕様と近いものにした。

図2に行路登録時における画面遷移イメージを示す。出勤した乗務員が、当直助役から受け取ったタブレット端末に当日

担当する行路番号を入力することにより、情報サーバに必要な情報が登録される。



図2 行路登録時における画面遷移

次に輸送障害等が発生し乗務員が所定以外の列車に乗務する場合、乗務列車の時刻表を受領する必要があり（一部線区は除く）、その時刻表には以下の2パターンある。

- (1) 自区所の基本時刻表
- (2) 自区所の変更時刻表、他区所の時刻表

図3に乗務員が時刻表をタブレット端末に表示させる際の画面イメージを示す。また図4に当直が情報サーバへ時刻表を送信する際の画面遷移イメージを示す。



(1) 基本時刻表 (2) 変更・他区所時刻表

図3 時刻表示操作画面

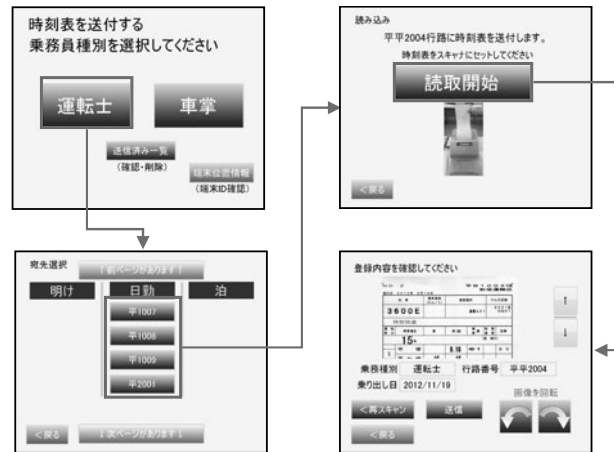


図4 時刻表スキャン装置 画面遷移

(1)の時刻表については、ダイヤ改正の際にタブレット端末に区所の全時刻表を収容しておき、異常時には乗務員が乗務列車の時刻表をタブレット端末から選択し表示させ運転する。

(2)の時刻表については、まず当直は必要な紙ベースの時刻表を手配する。次に時刻表スキャン装置にて送信先の乗務行路を指定しスキャンを行い、情報サーバへ時刻表データを転送する。その後、乗務員は当直の指示によりタブレット端末を操作し情報サーバへアクセスすることにより、乗務列車の時刻表がダウンロードされ、タブレット端末に時刻表を表示させ運転をする。

2.2 規程・マニュアル類の電子化

乗務員が乗務の際に携帯する規程・マニュアル類は、「運転取扱実施基準」をはじめ、運転士では「車両故障応急処置マニュアル」、車掌では「振替乗車パターン一覧表」等、多種にわたる。実際、乗務員が携帯するマニュアル類の総重量を計算したところ、約2kgにもなる場合があった。これら多くのマニュアル類を電子化し、どれだけタブレット端末に収容しても、今回使用した端末の重さ約0.8kgより重くなることはない。また、お客さまへのご対応やご案内に活用できる資料、異常時等での早期運転再開にも活用できる資料等も多く収容できる。図5に規程・マニュアル類検索の際の画面遷移イメージを示す。



図5 電子マニュアル検索画面

2.3 タブレット端末の位置把握

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、乗務員との連絡が取れず、安否確認を行う際に困難を要した。また、輸送障害による異常時等の混乱で乗務員の所在地が把握しきれなくなり、当直による乗務員操配が迅速に行えない場合が生じることがある。

現在、タブレット端末の多くはGPS機能を備えており、端末の位置（緯度経度）を把握することが可能である。図6にタブレット端末位置把握システムの構成図を示す。タブレット端末の

位置は、タブレット端末が測位した緯度経度情報と、線路のキロ程および鉄道施設のキロ程情報を用いて判別を行う。なお、所在位置の判定は時刻表転送で使用する情報サーバ上で行うことにした。

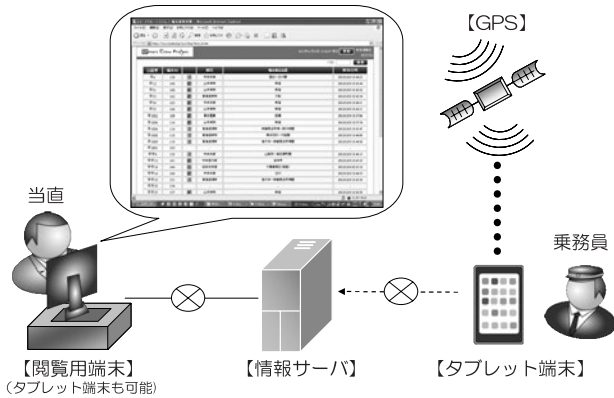


図6 タブレット端末位置把握システム構成図

タブレット端末位置把握までの処理手順を以下に示す。

- (1) タブレット端末からポーリング方式により位置情報（緯度経度）を情報サーバに送信する。なお、送信するタイミングは「一定距離間隔」または「一定時間間隔」とする。図7に位置情報の送信イメージを示す。

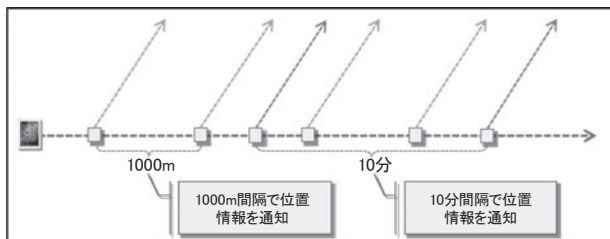
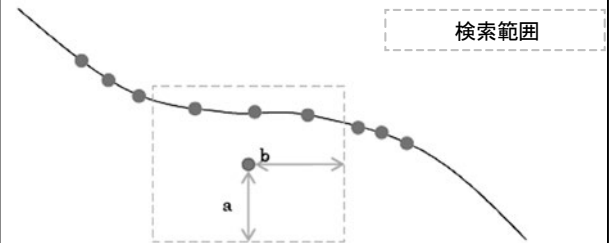


図7 位置情報の送信イメージ

- (2) タブレット端末位置を直近線区のキロ程に変換する。変換は、タブレット端末位置の緯度経度と線区のキロ程緯度経度の2点間距離を算出し、最も距離が小さいキロ程を判定する。図8にキロ程変換のイメージを示す。
- (3) 鉄道施設キロ程としてあらかじめ線区・キロ程（駅間・駅構内）情報を登録しておき、(2)で判定したタブレット端末のキロ程がそれら区間に含まれるかどうかで、駅間・駅構内の判定を行う。

ここで、タブレット端末位置の精度向上策の一つとして、「一定距離間隔」および「一定時間間隔」を短くし、タブレット端末から現在位置情報を頻繁にサーバへ送信する方法が考えられる。しかしながら、情報をサーバへ上げる都度、タブレット端末のバッテリーを消費するため、送信回数が増えるにしたがい消費量も増大する。そこで可能な限りバッテリー消費を抑えながら、タブレット端末位置の精度を向上するための最適な間隔値についてフィールド試験実施前に検証を行った。

I タブレット端末位置から一定範囲のキロ程データをデータベースから取得（検索範囲 (a, b) は200m程度を想定)



II 取得したキロ程とタブレット端末の2点間を算出し、最も値が小さい点を、タブレット端末の現在キロ程として判定

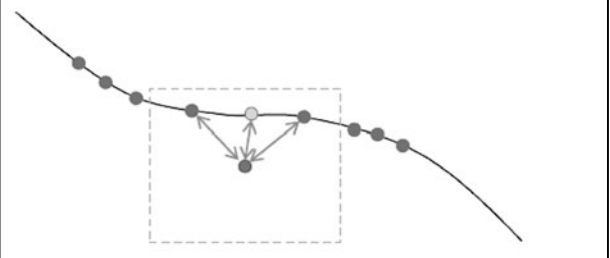


図8 キロ程変換のイメージ

表1に「一定時間間隔」パラメータを15秒に設定した場合のバッテリー消費量を示す。なお実際の運用でタブレット端末を使用しない場合はカバーを閉とするため、今回もカバーは閉として計測した。

表1 バッテリー消費量

経過時間 (分)	開始時 (%)	終了時 (%)	消費量 (%)	%あたりの経過時間 (分)
150	60	52	8	18.75
150	72	64	8	18.75

上述の結果より、満充電した端末を利用して15秒間隔で位置通知した場合、約31時間後にバッテリー残量が0%になると予測される。泊行路では乗務開始から終了までの勤務時間が24時間以上の行路も存在する。実運用を考慮すると、15秒間隔の位置通知ではバッテリー消費が早く、業務途中でバッテリー切れを起こす懸念がある。そのため、通知の間隔を制御するパラメータの設定値を必要最低限の間隔となるよう調整する必要がある。そこで今回は、乗務員が移動中（乗務中）の場合には1000mごとに、また詰所等にて休憩中の場合には10分間隔で位置情報を通知することで、おおよその位置の把握が可能であると推定した。表2にフィールド試験での設定条件を示す。

表2 位置情報通知設定条件

項目	内容
一定距離間隔	1000m
一定時間間隔	10分

次に、今回マッチングに使用するキロ程情報は、駅および駅間については既存の設備・線路等データを使用した。各所のキロ程情報については今回新たに設定した。まず各所建物の大きさ等に合わせ半径20mの値に設定し、検知精度について事前検証を行った。各所は屋内であることや、新宿駅付近は周囲に高層建築物がある影響で、実際は各所内にもかかわらず屋外の位置が測位されるなど、GPS測位ブレや基地局測位による誤差のある測位結果が見受けられた。そこで測位結果の誤差を調べたところ、最大でも半径200m以内に収まることが確認され、業務上ピンポイントでの位置把握が必要でなく、大まかに場所を測定できればよいことから、各所範囲を200m程度に拡張して再度計測・判定を行った。その結果、概ね正確にマッチングされることが確認された。

図9にタブレット端末位置把握画面イメージを示す。位置情報はJoi-Net端末(社内イントラネット)およびタブレット端末で閲覧が可能である。1画面の中で必要な情報が概ね参照できる画面構成とし、情報の最新化や絞り込み表示も同画面内で実施可能とすることで、当直助役が異常時等にタブレット端末の推定位置を簡単に把握できるようにした。画面は60秒ごとに自動更新されるだけでなく、手動での情報更新も可能である。異常時等に速やかに必要な情報を入手できるよう、行路番号による表示情報の絞り込みも可能とした。



図9 タブレット端末位置把握画面

3. フィールド試験の実施

上述の3つの機能を開発し、表3に示すとおりフィールド試験を実施した。

表3 フィールド試験項目

項目	内容
実施期間	2012年10月23日～2013年1月31日
実施内容	STEP1 平常時に練習(指定列車のみ) STEP2 異常時にFAX(紙)併用 STEP3 異常時にタブレット端末のみで運転
実施箇所	東京支社 新宿運輸区
対象	車掌・運転士 全員
使用端末	Apple社製 iPad 85台 (※一部行路はiPad miniを使用)

4. 試験結果および考察

4.1 時刻表転送

施行期間中、全乗務員が携帯し使用され、概ね良好な結果であった。試験結果について以下に示す。

STEP1では乗務終了後、「タブレットの操作に慣れたかどうか」についてアンケートを実施し、日別に集計した。その結果、「慣れた」と回答した乗務員が、試行開始1週間程度は約半分程度であったが、最後の約1週間は約7割にまで達した。

STEP3では期間中異常時等において列車時刻表等をタブレット端末に送付し実際に運転した。特に2013年1月14・15日の大雪による輸送障害の際には、30本の列車時刻表等を乗務員に送付し(持替の時刻表:22本、指令からの計画書:8本)、従来の時刻表手配と比較して時間短縮が図れた。

一方、次のような課題も見受けられた。

(1) 今回タブレット端末に表示する時刻表は、紙ベースの時刻表をスキャニングし画像データとしてそのまま表示するため、運転駅数が多い行路等では端末1画面に時刻表全体を表示することは難しく、終着駅へ時刻表をスライドしていくと、指差喚呼の際、時刻表上部に記載されている「列車番号」「両数」等を確認できなくなる場合がある。また、指差喚呼の際、画面に触れて指を動かすと、画面が移動してしまう場合もある。そこで試行期間中に「時刻表分割機能」と「時刻表固定機能」を付加し、列車番号等が記載された時刻表上部と運転中の駅の情報を同時に表示でき、また固定していれば画面に指で触れても動かないようにして対応した。図10に時刻表画面分割・固定機能を示す。

(2) 運転台でのタブレット端末設置場所に困ったとの意見が多く見受けられた。特に運転士の場合、現在の時刻表挿ではサイズが適合せず設置できないため、モニター手前等に設置しその位置で指差喚呼した場合、所定の場所と比較して視線移動が大きくなってしまふ可能性がある。そのため実導入の際にはタブレット端末の機種に依

存しないような時刻表挿の対応、もしくは時刻表挿に設置可能なサイズのタブレットの選択もあわせて検討する必要がある。

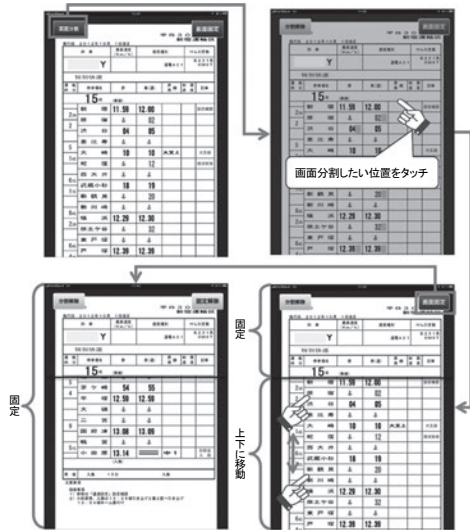


図10 時刻表画面分割・固定機能

4.2 規程・マニュアル類の電子化

試行中、最終的には約200種類の規程・マニュアルをタブレット端末に収容し、携行重量を大幅に削減することができた。

また「調べたいことがあった時に、すぐに調べられたのが便利であった」「営業タリフなどお客さまご案内に活用できた」「見習中に資料や放送マニュアルを閲覧して勉強できた」など乗務員が電子化された規程・マニュアル類を有効に活用した事例もあった。

4.3 タブレット端末の位置把握

乗務開始/終了時のログ情報から1回の乗務におけるバッテリー消費量を取得し、表2で示した位置情報通知設定条件がバッテリー消費に与える影響について検証を行った。なお集計したログ情報のうち、「乗務開始から1時間以内に乗務終了したレコード」、「乗務開始時のバッテリーが20%以下のレコード」等については対象外とした。

図11に乗務時間に対するバッテリー消費量を集計したグラフを示す。なお、横軸は乗務開始から終了までの乗務時間(時)、縦軸は乗務開始時のバッテリー残量から乗務終了時の残量を引いたバッテリー消費量(%)である。乗務時間24時間(乗務員の泊行路)の場合の平均バッテリー消費量は約30%であった。また、乗務終了時に端末のバッテリー残量が0%になったのは2件のみであった。そのうち1件は乗務開始時のバッテリーが40%と充電が少なく、もう1件は乗務時間が22時間を超え、さらにディスプレイ操作も多い利用ケースであった。以上より、実際の業務運用に即した利用状況でのバッテリー消費状況を検証した結果、今回設定した位置情報の通知間隔は、運用

上適切な値であると考えられる。

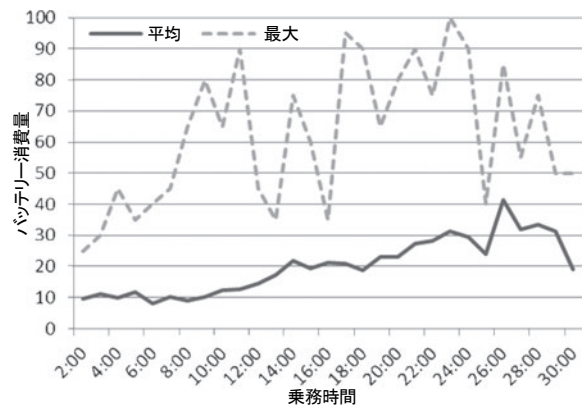


図11 乗務時間に対するバッテリー消費量

次にタブレット端末の位置精度について試行期間中のデータを分析し検証した。新宿運輸区詰所の位置測位状況を確認したところ、詰所範囲境界付近での位置検知が数多く見受けられ、この位置情報には詰所で休憩中の端末以外に、新宿駅ホーム移動中等、別のステータスの位置情報も含まれていた。本来であれば、詰所範囲を狭めて、ホーム上の端末等、別ステータスの端末は除外するべきであるが、事前試験の結果から詰所範囲を小さくすると検知精度が下がる可能性が高い。そのため実導入の際には、端末の位置の移動状況(最新位置のみでなく、一定程度過去の位置情報)や移動の推移(ホーム移動中であれば位置は一定程度移動し、逆に詰所にて休憩中の場合は同じ場所に居続ける可能性が高い)を考慮して判定する処理を組み込むことにより、移動中・詰所内等の判定精度を向上させることができると考えられる。

その他、試行中に見出された課題を以下に示す。

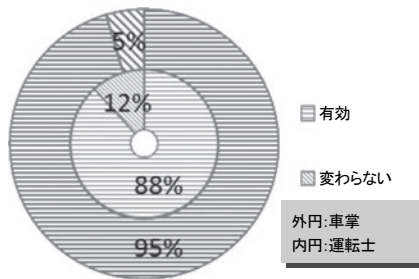
- (1) 「横須賀線：東京～品川駅間」や「東京駅地下乗務員詰所」などの地下区間では、GPS受信が困難なため正しく端末位置が検知されず誤った線路マッチングが行われ、タブレット端末位置把握画面には「東海道本線：東京～品川」などと表示された。地下詰所等GPSを受信しにくい場所については、実導入の際、RFIDタグによる検知の導入などの検討が必要である。
- (2) 併走線区において、実際とは違う線区とマッチングする現象が見受けられた。例えば「大船～小田原駅間」は「東海道本線」と「東海道貨物線」の併走線区であるため、GPSが測位する緯度経度によりマッチングする線路が変わり、タブレット端末位置把握画面の表示も「東海道本線」もしくは「東海道貨物線」に変化する。このような併走線区はほかにも多く存在するため、実導入の際には、マッチング時に行路単位で線区を絞込み判定する等の処理の追加が必要である。

5. アンケート結果

フィールド試験終了後、新宿運輸区の全乗務員（車掌・運転士）および当直助役を対象にアンケートを実施した。

- (1) 従来の紙時刻表手配と比較して、時刻表転送機能は異常時に有効か

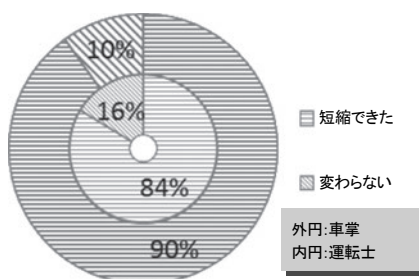
(回答：有効、変わらない、有効でない)



多くの車掌・運転士が、「本機能は異常時に有効である」との回答であった。また当直助役7人全員も同様の回答であった。

- (2) 従来の紙時刻表手配と比較して、時刻表受領までの時間を短縮できたか

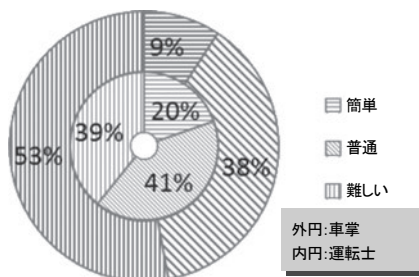
(回答：短縮できた、変わらない、時間がかかった)



多くの車掌・運転士が、「短縮できた」との回答であった。また当直助役は4人が「短縮できた」、2人が「変わらない」との回答であった。なお当直より「送信した時刻表を、乗務員がタブレット端末で受領したことがわかる機能を、時刻表スキャン装置に付けてほしい」との意見があり、実導入の際には、「乗務員受領確認」機能を追加することにより、さらなるスムーズな時刻表の授受が期待される。

- (3) 必要マニュアル等を簡単に探すことができるか

(回答：簡単、普通、難しい)



「難しい」との回答が、車掌・運転士共に多く見受けられた。今回はキーワード検索などの機能はなく、目次から閲覧したいマニュアル類を選択する方式であり、マニュアル数が増えればそれだけ選択に時間がかかる。異常時およびお客さま案内等の場面ではできるだけ早く必要なマニュアル類を検索できることが望まれるため、実導入の際には検索機能の強化が必要となる。

6. 今後の課題

今後多くの乗務員がタブレット端末を携帯し業務に使用するために、検討すべき項目を以下に示す。

- (1) バッテリー容量

タブレット端末は、業務改善や情報共有といった視点から見てとても有効なデバイスのため、今後さまざまなアプリケーションの収容を要求される。当然アプリケーションが増えタブレット端末の稼働時間が増大すればバッテリー残量は減少し、非常の際に使用できない状況に陥る可能性もある。今後はアプリケーション個々の消費電力抑制や、ワイヤレス充電等の最新技術の活用など、タブレット端末のバッテリー容量確保のために最も効率的な運用方法を検証していくことが重要となる。

- (2) 端末管理（セキュリティ）

アプリケーションが増えればそれだけ列車運行に関する重要なデータがタブレット端末に収容される可能性が高くなる。端末の紛失等が発生した場合、データ等が漏洩する前にリモートワイプ等による対応が必要となり、今後さらに端末管理が重要となる。

7. おわりに

異常時対応力強化のためタブレット端末に収容する3つの機能について開発し試行した結果、概ね良好な結果が得られた。今回得られた知見を活かし、2013年度中に全乗務員（車掌・運転士）がタブレット端末を携帯し、「輸送障害発生時の活用」、「マニュアル類の電子化」、「ご案内などのサービス向上」などに活用する計画である。今後もタブレット端末をはじめとした最新技術の活用により、異常時対応力を強化し早期運転再開に努め、輸送品質向上およびサービス品質向上を図るべく、スピード感を持って開発を進めていく。