

乗る・買う・話すが一つになった 「モバイルSuica」の誕生まで



木村 稔*



鈴木 勤**



中山 信行*



小用 謙司*

近年の近距離乗車券は、券売機での発売からイオカードの改札機への直接投入による乗車、さらにはICチップを使用したSuicaによる改札機へのタッチでの乗車と進化を遂げてきました。こうした中、お客さまへ新たなサービスを提供することで鉄道利用のさらなる利便性向上を目指し、いまや多くのお客さまが所持している携帯電話機にSuica機能を組込んだモバイルSuicaの開発に取り組んできました。改札機と携帯電話機に組込んだICチップとの通信性能の確保など多くの課題がある中、フロンティアサービス研究所、Suica部をはじめとする関係部署の6年数ヶ月にわたっての研究開発の成果が実り2006年1月28日にサービス開始したモバイルSuicaの研究開発内容、経過を報告します。

●キーワード：ICカード、Suica、携帯電話機

1. はじめに

改札機がJR東日本の東京圏に導入され、1991年にイオカードが使用開始になったことで、これまでの券売機で乗車券を購入してから改札口を通り電車に乗る、といった形態が大きく変化し始めました。当時は乗車券を買うために券売機に並ばなくてもいい、運賃掲示をみる必要がない、ということで画期的な方式でした。しかし、イオカードも磁気方式であったためパスケース等から取り出し、自動改札機に投入しなければならないという煩わしさがありました。このイオカードが定着してきた1993年頃、パスケースからカードを取出すことなく自動改札機にタッチするだけで通過できるカード（Suica）が数年のうちに出来、いずれはその機能が携帯電話機に組み込まれ、携帯電話機をタッチして自動改札機を通る時代が来ると示唆する出改札関係者がいました。この頃Suicaは通信方式にどの周波数帯の電波を使用するかという評価を

終え、第一次フィールド試験に向けて準備している状況でした。一方、携帯電話機は一般にはあまり普及しておらず、ポケットベルがビジネスマンの間で普及している状況でした。モバイルSuicaが実用化するためには携帯電話の普及が鍵であり、いつ頃になるのか当時はピンとこないというのが正直なところでした。

日本での携帯電話サービスは1987年にNTTにより開始されました。この時の携帯電話1号機は重量約900g、体積500ccと今日のものとは比べようもなく大きなものでした（図1）。時代が進み、さらに小型、軽量化された携帯電話は1995年頃から飛躍的に普及し始めました。今や多くの方が所持しており、話す機能から「iモード」をはじめ移動体通信事業者各社が提供するインターネットアクセスサービスへ展開してきました。これにより、これまでパソコンユーザ等を中心に行っていたオンラインサービスが誰でも簡単に利用できるようになり、プライベートからビジネスまでの情報ツールとして広がりました。

* JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所
** 東京支社 松戸車掌区（元 フロンティアサービス研究所）



図1 携帯電話1号機

(出典：(株)NTT DoCoMo NTTドコモ歴史展示スクエア Web Site)

さらに、ICチップを携帯電話に搭載したFeliCaサービスが登場し、ICカード上のみで展開されてきた交通機関決済や電子マネーなどの各サービスを、携帯電話において実現できるようになりました。その結果、2006年5月末時点で国内携帯電話登録台数は9255万台（電気通信事業者協会発表）に伸びています。

2. チケットレスへのシフト

鉄道の乗車券は1872年（明治5年）10月14日、新橋～横浜間が開業した際に初めて日本に誕生しました。当時の乗車券は「硬券（こうけん）」といわれる厚紙製のものでした（図2）。

自動券売機が普及してくると、プリンターで印字可能な「半軟券（はんなんけん）」と呼ばれるものが用いられ、裏面に磁気による記録面があり、自動改札機などでの読み取りが可能となりました。

一方、乗車券の購入にあたっては、オレンジカードが1985年に登場し、それまでの近距離乗車券を買うたびに小銭を用意するという流れから、プリペイド方式に変化してきました。さらに1991年には自動改札機の普及に伴いイオカードが登場しました。券売機で乗車券を購入することなくプリペイドカードでそのまま列車に乗る方式となるもので乗車券の概念を変える大きな変革でした。その後、使い捨てのカードをチャージして繰り返し使用で

き、カードをパスケースから取り出すことなく改札機にタッチして使用するなどの利便性向上を目指した、次世代の出改札システムとして、非接触式ICカード出改札システムが登場しました。日本では1998年、広島市のモノレール「スカイレールサービス」にて初めてICカード式が導入となり、後にJR東日本の「Suica」が2001年に東京圏で一斉に導入となりました（図2）。これにより、乗車券はチケットレス化に向けて大きく変化してきました。



図2 硬券と非接触式ICカード「Suica」

さらに、Suicaは電子マネーとしての利用ができることで一層、利便性が向上し、現在では1600万枚以上の発売となっています。

こうした流れが進む中、Suicaカード開発のフィールド試験も終わり、実用化に向かって進みつつあった1999年より携帯電話にSuica機能を組み込み、いつでも、どこでもチャージや定期券などの切符が買えるモバイルSuicaの検討が始まりました。この頃にはプリペイド（イオカード）での乗車があたり前になり、また、携帯電話が広く普及しておりモバイルSuicaの下地が出来てきていました。

3. モバイルSuicaの技術

3.1 モバイルSuicaの概要

モバイルSuicaはお客さまの携帯端末（携帯電話）にSuica機能を付加したもので、Suicaカードの機能の他に携帯電話の通信機能を利用し、モバイルSuicaサーバーにアクセスすることにより定期券の購入、SF（ストアードフェアシステム：カード等に運賃を貯めておくシステム、以後SFと表記）チャージなどがどこでも、いつでも可能となります。システム実現には様々な課題があり、解決に向かって研究開発に取り組みました（図3）。

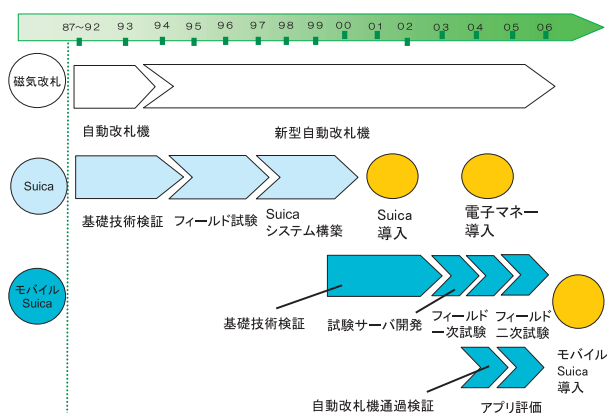


図3 モバイルSuicaの開発経緯

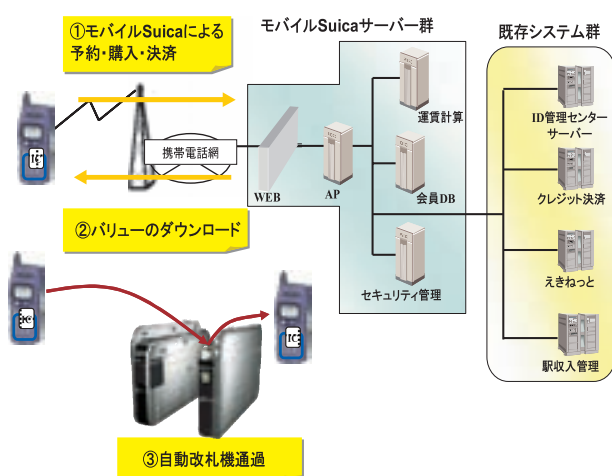


図4 モバイルSuicaシステム概要

モバイルSuicaのシステム概要は図4のようになっています。

Suicaカードの導入では、券売機での切符購入不要、乗り越し等の自動精算、物販購入でのキャッシュレス化等の利便性向上が図られましたが、モバイルSuicaではお客さまにとってさらに次のようなメリットがあります。

（既に開始されているサービス）

- ・残額や使用履歴が表示できる
- ・どこでも、いつでも、定期券などの購入、SFチャージが可能

（今後予定あるいは検討するサービス）

- ・特急券の購入
- ・鉄道の切符類の他にイベント券等の予約、購入
- ・サービス側からお客さまへ情報を送ることができる機

能を使用しての各種情報提供サービス

こうした利便性向上により、さらなる鉄道利用者の増加が見込まれることや新しいビジネス展開の可能性もあることから当社にとってもメリットが大きいと考えられます。

3.2 シミュレーションシステムでのデモ

こうした検討が進む中、モバイルSuicaとはどんなシステムになるのかイメージを知ってもらおうということでシミュレーションシステムを使用したデモを行うことになりました。Suicaシステムは実用化に向け最終段階になりつつありましたが、まだ携帯電話にSuicaを組み込むことは到底できない状況であるため、動きを似せたシミュレーションシステムを作りました（図5）。

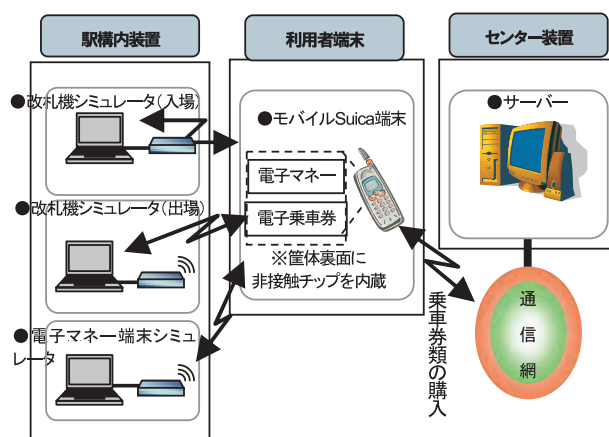


図5 シミュレーションシステム構成図

デモに使用した端末は携帯電話の裏側にICチップを入れただけのもので、ICチップと携帯電話本体との情報のやりとりは行わないものでした。この携帯電話を改札機シミュレータのリーダー/ライターにタッチすることでICチップとリーダー/ライターが通信し、あたかも改札機を通過したようにシミュレータ画面に表示します。入場、出場の改札機シミュレータからPHSカード、電話回線を経て通過情報を携帯電話が受取り、SFが減額したように表示する等のものでした。

2000年3月に本社にてデモを実施し、参加者にアンケートを行い意見をもらいました。主な意見は次のようなものでした。

（よかった点）

- ・携帯電話で何でもできる

- ・どこからでも予約、購入できる
 - ・購入内容が表示できる
- (悪い点、懸念される点)
- ・携帯電話の操作（押しボタン）回数が多い
 - ・セキュリティが心配

意見の多くはモバイルSuicaの実現を期待するもので開発を進めるにあたって励みとなるものでした。

3.3 モバイルSuica端末

モバイルSuicaを実現するにあたり最も重要なことのひとつに携帯端末の開発があります。携帯電話機にICチップを組み込み、そのICチップが改札機等の駅務機器や物販端末と非接触で通信を行い鉄道利用、電子マネーを利用する機能と、携帯電話機本体と通信を行い電話回線を利用してチャージ、定期券等を購入する機能を持つことが必要となります。Suicaの搭載しているICチップは非接触通信機能しかないためそのままではモバイルSuicaに搭載できないことになり、新たなチップの開発が必要となります。こうした中、接触、非接触の両方の通信機能を持ったICチップが製品化されることとなったため、そのICチップを携帯電話に組み込むこととしました。

モバイルSuicaを鉄道で利用するためには、改札機通過時に短時間でデータ処理を行う必要があります。改札機のリーダー・ライターとSuicaカードは半径約10cmの半球上が処理エリアとなっているためモバイルSuicaもこのエリア内での処理を目指しました。改札機での処理時間についてはSuicaカードが0.2秒で処理する仕様であり、モバイルSuicaも同等の性能が求められます（図6）。これまでもICチップを使用した電子マネーなどの機能は携帯電話に搭載され使用されていましたが、決済などの使用場面では端末機器のリーダー/ライターにタッチし処理する時間が十分にとれるため処理時間については問題になることはあまりなかったようです。しかし、改札機を通過する場面では処理時間が非常に大事な要素となります。朝のラッシュ時でも改札機でのお客さまの流動を阻害せずスムーズな通行ができることが必要であり、そのためにはモバイルSuicaにおいても0.2秒以下での処理は絶対条件となります。また改札機通過人員の目標値は60人/分と設定しています。

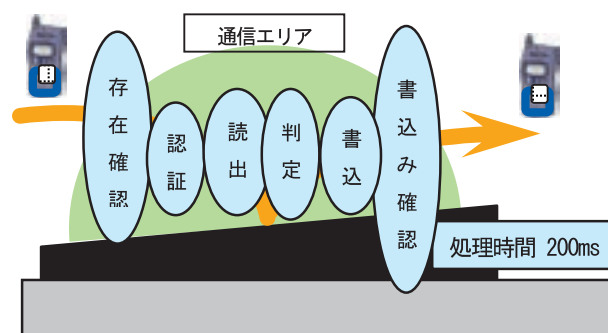


図6 自動改札機での処理

これらの条件等をクリアすべく携帯電話のキャリア、メーカーと開発に取組みましたが当初は期待した通信性能が確保できず、何度も作り直すという手探りの状態でした。キャリア、メーカー側には当初、通信性能に要求される条件の必要性が十分認識されているとは言えず、ときどき1人、2人が改札機でひっかかってもいいのではないかという意見もありました。モバイル端末の開発が本格的になった2003年頃にはサービス開始に向けて担当する主管部署である営業部内にSuica推進プロジェクトも発足し、通信性能の重要性をキャリア、メーカーに説明、粘り強く改良を働きかけていくことが続きました。

携帯電話の内部回路にはICチップとの通信性能に影響を与える金属を使用しており、また機種毎に形状が異なるためICチップのアンテナの内蔵位置等も違ってきます。このため、機種毎に試作機の試験確認、試行錯誤を重ねての通信性能向上への努力が続きました。

3.4 モバイルSuicaサーバー

モバイルSuicaシステムを構築するためにはサーバーも重要であり、2003年12月より試験サーバーの開発に取組みました。モバイルsuica端末からの通信アクセスはモバイルSuicaサーバー群で受け、そこから既存のID管理センターサーバー、駅収入管理サーバー等に接続するシステムとしています。（図4参照）

モバイルSuicaは携帯電話網を利用したチャージ、乗車券類の購入を可能とするものであるため、改ざん、偽造を防ぐセキュリティ確保が重要となります。このためサーバーからモバイルSuica端末にチャージしたり、乗車券類をダウンロードする際にはセキュリティサーバーを

介して行うシステムとしました。

サーバーとモバイルSuica端末とのデータ通信は携帯電話回線網を使用するため、お客さまの使用方法、使用場所等により通信途中で回線途絶が発生することがあります。チャージや乗車券類の購入途中で通信途絶するとICチップへの書込みが中途半端な状態で終わってしまいます。この場合の復旧処理として2つの方法があります。

(方法1：最初からやり直す)

お客さまに再度モバイルSuicaを操作していただいて最初から処理をやり直す方法です。この方法はアプリケーション（ソフト）の作成は簡単ですが、通信が途切れたところからやり直す場合に比べて通信量が多いため、通信途絶が再度起きる可能性が高くなります。

(方法2：途絶したところから再開する)

通信が途切れたところから処理を再開する方法があります。この方法は残りの処理に対する通信量が少ないため、再開処理後の時間が短くなることと再度の通信途絶の可能性が低くなりますが、どこまで処理が進んだかをサーバー、モバイルSuicaのICチップの双方で状態管理する必要があります。アプリケーション作成が複雑になることと状態管理に要する時間が通信時間にプラスされることとなります（図7）。

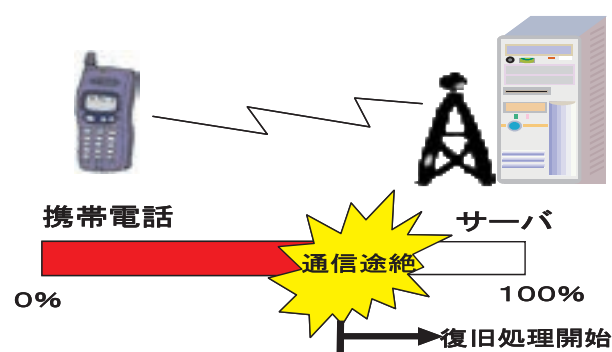


図7 通信途絶の復旧処理

試験の結果では、状態管理に要する時間は2～3秒程度、再開後の処理時間短縮は平均数十秒となることから、実用化されたシステムでは通信が途絶したところから処理する方式がとられています。このほかにもモバイルSuicaのICチップに書き込むダウンロード時間、携帯電話の機種変更時に必要なアップロード時間の短縮のための試験、

サーバーへの負荷試験などを実施して実用システムへ反映させるための検証を行いました。

4. サービス開始に向けて

4.1 フィールド一次試験

基礎的な開発、試験確認が出来てきて、Suica機能を組込んだ携帯電話機も、実験室の試験ではICチップのアンテナが組込まれている面（アンテナ面）で通信距離100mm、改札機通過100%を達成することが出来るようになったためフィールド試験を行うこととなりました。

フィールド試験の概要は次のようになります。

試験期間	2004年2月～8月 約6ヶ月間
検証用携帯電話	試作機 2機種 108台
試験内容	・ 定期券を主体に改札機通過時の性能測定（通信距離、処理時間） ・ 改札機通過時の利用方法の検証
試験対象者	JR東日本の関係社員

試験の結果は、アンテナ面で改札機を問題なく通過でき、「利用日」、「利用駅」、「SF残額」等の利用履歴が実際の使用通りに携帯電話機に表示できました。ICチップのアンテナが組込まれた面と反対の面（反アンテナ面）では改札機との通信ができず、改札機を通過できない結果となりましたが、使用者がアンテナ面を確実に改札機にタッチすることでSuicaカードと同等に扱えることが確認でき、大きなトラブルもなく終了しました。

4.2 マンマシンインタフェイス

フィールド一次試験の結果よりモバイルSuicaの実用化の見通しがついてきたことを受けて、使い勝手についての課題把握と対応策についても検討しておくこととしました。これは混乱のないスムーズなサービス開始につながるためには必要な事柄であり、実験室に改札機を設置して被験者15名にモバイルSuicaを使用してもらっての通過実験を行いました。

改札機にタッチする面（ICチップのアンテナ面）が電話機のバッテリー側のもので、サブディスプレイ側のもので2種類の折りたたみ式の携帯電話機を使用し（図8）、高速度カメラで撮影、分析しました。モバイルSuicaとしての使用方法を説明しないままに改札機を通過する実験

では全員が携帯電話機のバッテリー面を改札機にタッチしました。このためサブディスプレイ側がタッチすべき面である携帯電話機を使用した被験者は全員改札機を通過できない事象が発生しました。さらに、被験者は自分のタッチの仕方が悪いのではと思い何度も同じ面をタッチし直す動作を繰り返しました。「携帯電話機はバッテリー側（裏面）を下に向けて置くもの」という概念が根付いていることが判りました。すぐに使い慣れることとはいえタッチする面や場所を判らせるマーク、表示が重要であることが判りました。



図8 通過実験に使用した携帯電話機

改札機にタッチすべき面を一度知ると次からは問題なくスムーズに通過しますが、試験を繰り返すうちに通過できない事象が時々発生するようになりました。使用方を観察しているとタッチすべき面と反対側の面をタッチしていました。試験が進むにつれてモバイルSuicaの使用に慣れ、無意識のうちに携帯電話機を改札機にタッチすることがあるため、タッチすべき面かどうかを確認していないことが判りました。このことから携帯電話機の両面で改札機を通れることがスムーズな流動確保につながるということがわかりました。

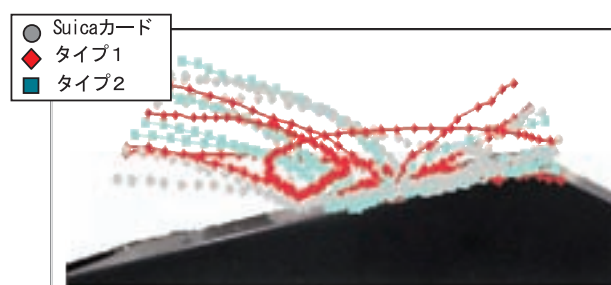


図9 モバイルSuicaの軌跡（横から）

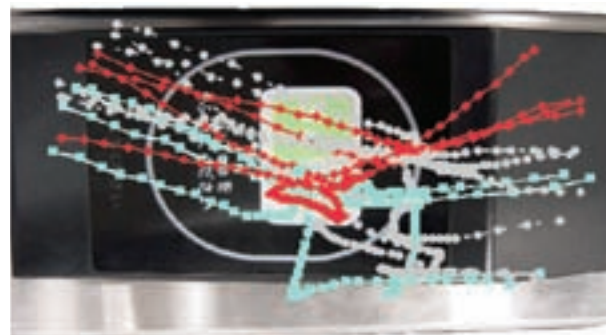


図10 モバイルSuicaの軌跡（上から）

改札機を正常に通過できたモバイルSuicaのタッチの軌跡を見るとSuicaカードとの違いはほとんど無いように見受けられます（図9、図10）。ただ、Suicaカードの方はタッチ後にリーダー/ライターの上を滑らせるように通過している方が多いことがわかりました。これは厚みのあるモバイル端末と厚みのないSuicaカードの持ち方の違いによるものと考えられますが、改札機の通過においてはモバイルSuicaも問題はないことがわかりました。また、通信可能エリアにモバイルSuicaが滞在する時間は約0.5秒となっており、Suicaカードと同程度になっていました。

4.3 フィールド二次試験

フィールド一次試験を踏まえ、鉄道利用、電子マネーとして使用し、より日常シーンに近い条件での実験を行うためフィールド二次試験を行うことにしました。社内の体制も2004年7月にはSuica部が発足し、実用化に向けての陣容が整ってきました。二次試験は、試験期間、モバイルSuicaの台数とも一次試験の規模を上回るもので、携帯電話機の機種も既に発売されていてEdy等の電子マネーにも使用可能な商用機を使用しました。

フィールド試験の概要は次のようになります。

試験期間	2005年3月～11月 約9ヶ月間
検証用携帯電話	商用機 2社 12機種 327台
試験内容	・SFの利用による改札機通過時の性能測定（通信距離、処理時間等） ・電子マネーとしての店舗端末利用確認（通信距離、反応状況等） ・ビル入管証としての機能確認
試験対象者	モバイルSuica関係の各社社員

試験の開始直後は改札機の通過、電子マネーでの使用とも順調に経過し、「利用日」、「利用駅」、「SF残高」等の履歴表示も問題ないことが確認されました。しかし、試験が進むに連れて「改札機を通過できない」、「電子マネーでの利用ができない」ことが発生し、状況確認のための情報収集、原因究明、対策に追われることとなりました。最終的には「改札機が通過できない」が18件、「電子マネーでの利用が出来ない」が28件発生しました。原因はリーダー/ライターとモバイルSuicaのICチップとの通信タイミングが合わない場合が発生する等によるもので、ソフト変更等による対応を行いました。

今回の試験から、ICチップの応答速度を上げることやリーダー/ライターと携帯電話機の通信距離を確保することでモバイルSuicaとして実用可能であることがわかりました。

この他の試験としてSuica部では、モバイルSuicaでSFチャージ中に電話がかかってきた場合、メール着信があった場合に正常に処理ができるかどうかの試験、また通常では選択されないような経路での定期券を購入するなどのレアケースを想定した試験等を行って問題のないことを確認し実用化へ備えました。

4.4 携帯電話機アプリケーション評価

2005年12月、フィールド二次試験も終了し、サービス開始に向けての準備が進む中、携帯電話機のアプリケーションも出来てきたため評価を行いました。モバイルSuicaで各種サービスを利用するためには、お客さま自身が携帯電話機にアプリケーションをダウンロードし、それを操作して会員登録、SFチャージ等を行う必要があります。このためお客さまにとって使いやすく、わかりやすいものであることが必要不可欠です。このようなアプリケーションは事業者側の視点で作られため、お客さまにとって使い勝手が悪いものになってしまうことが往々にしてあります。このためサービス開始前に評価を行いました。被験者に実際に携帯電話機を操作してもらい、行動の観察と使いづら点、操作に迷ったり、わからなくなった点について聞き取り調査をしました。使いにくい点の主なものとして

- ・モバイルSuicaのアプリケーションをダウンロードするためのボタンが気づきにくい。

- ・モバイルSuica会員の登録ボタンが見つけない。
- などがわかりました。アプリケーションの改善については重要な事柄より順次対応していくことになりました。

5. モバイルSuica導入後の状況

社内関係部署が一体となつての、様々な課題への試行錯誤と解決への取組み、携帯電話機キャリア、メーカーへの働きかけと協力が実を結び、2006年1月28日にモバイルSuicaがサービス開始となりました。

携帯電話が生活の一部となっている現在、携帯電話一つ持てば、「乗る・買う・話す」が一つの端末でできるようになったという便利さは、日々会員数が増加している状況からもみてとれます。

ご利用いただいているお客さまのからは、モバイルSuicaの利便性に対して、

- ・券売機に足を運ばなくても携帯の画面でSuicaの残高・履歴が確認できる
- ・グリーン券の購入の際、券売機に長蛇の列ができるが、並ばずに楽に購入できる
- ・Suicaへのチャージが券売機に行かなくても通信機能を利用して、どこでもいつでもできる

等のご意見をいただき、大変好評を得ています。

現在、導入後約6ヶ月で会員数は10万人を超えるまでになっており（2006年7月17日現在）、SFチャージ、定期券・Suicaグリーン券の発売取引は1日平均約5000件と多くのお客さまにご利用頂いています。お客さまからのモバイルSuicaに対する問い合わせ等に対してはモバイルSuicaコールセンターを設置し、早朝4:00～翌日深夜2:00まで対応してサービスに向上に努めています。

モバイルSuica対応機種もNTTドコモで17機種、KDDIでは6機種にまで拡大し、携帯電話とSuicaが融合することにより、製品の高付加価値化という面で新たな展開が期待される事業といえます。

6. 今後の展開

モバイルSuicaはまだ生まれたばかりのサービスであり、様々な可能性を秘めています。より魅力的なサービ

スをお客さまに提供できるよう開発を進めています。このうち現在進行している内容をいくつか紹介します。

○ 新幹線チケットレスサービス（図11）

従来「えきねっと」により、事前に新幹線等の予約をすることができましたが、予約後に必ず駅に立ち寄っていただいてチケットを受け取る必要がありました。2007年度から導入予定となっている「新幹線チケットレスサービス」は、モバイルSuicaから予約をして携帯電話機にチケット情報をダウンロードすることで、予約をしたお客さまが窓口に立ち寄らずに乗車していただけるようになります。

○ ネットショッピングのSF決済

携帯電話機からネットショッピングした際にモバイルSuicaのSFを使って決済する方法を開発しています。クレジット決済を利用することに対して、不安をお持ちのお客さまにとっては決済手段が多様化し、安心してネットショッピングをご利用していただけるようになります。

7. おわりに

Suicaのサービス開始から4年半、当社のSuica事業は第3のコア事業として、確実に成長しています。その中で生活の一部となっている携帯電話と融合したモバイルSuicaは、まだ誕生して約半年であり、今後様々なビジネスとしての展開が期待される分野であります。

今後とも鉄道事業、生活サービス事業とも一体となり、更なるお客さまの利便性向上をめざしていきます。

参考文献

- 1) 椎橋章夫 「Suicaの技術と今後の戦略について」 Technical Review No.11
- 2) 浦野直樹 「「モバイルSuica」サービス開始及び今後の取組み」 R&m 2006.7

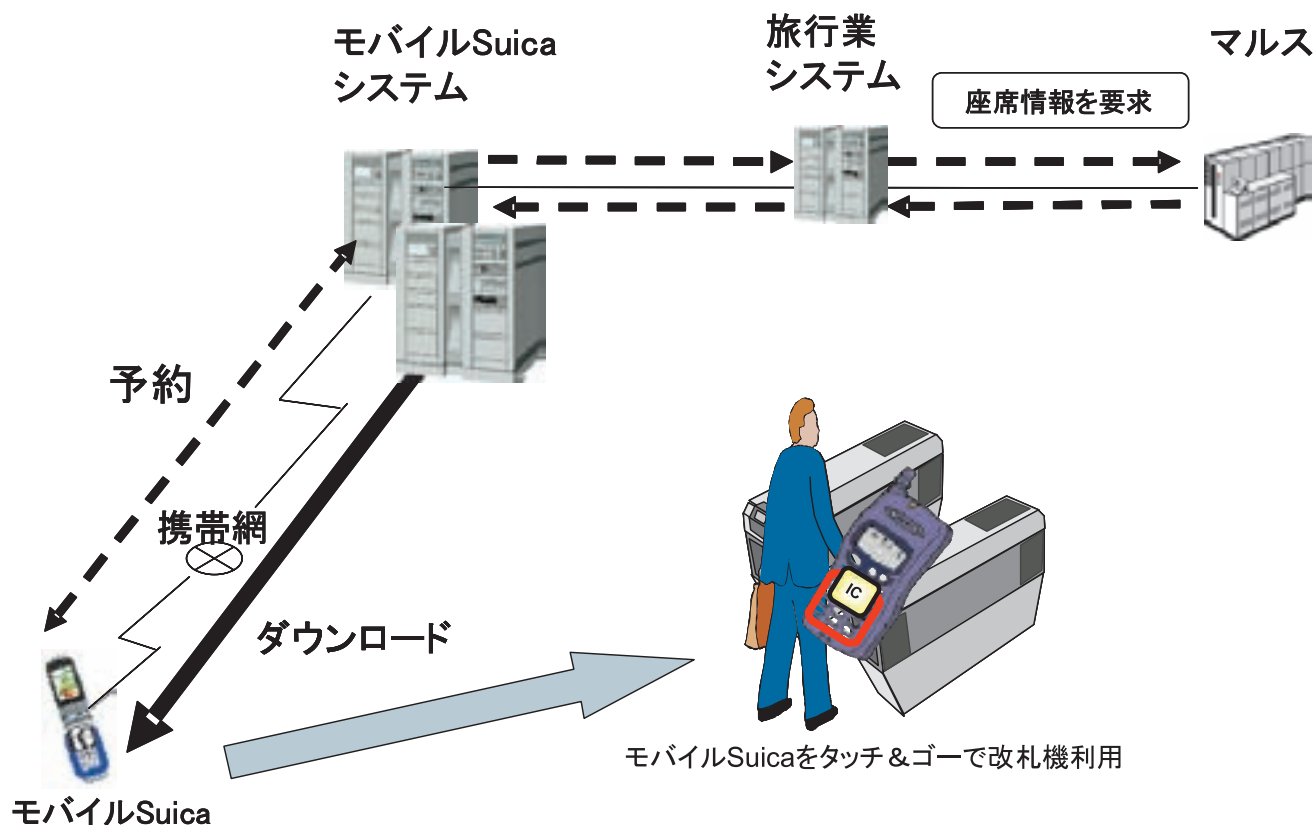


図11 新幹線チケットレスサービスのシステム構成