

ユビキタス社会を支える IC カード

情報技術から見た交通 IC カードサービスの現在と未来

中尾 寿朗（オムロン株式会社） 竹林 一（オムロン直方株式会社）

概要 非接触 IC カードの国内累積発行枚数は 2010 年 1 月末で 1.2 億枚を超え、交通・流通・セキュリティの分野では必要不可欠の存在となっている。当初は切符や現金の代替が基本機能であったが、その ID 情報を巧みに利活用することで多くのサービスが生み出されてきた。さらに携帯電話に内蔵されネットワーク機能と連携することで一層の拡大が期待されている。本稿では、非接触 IC カード普及の先導役である鉄道と関連サービスを事例に、非接触型の交通系 IC カード（以下、交通 IC カード）の持つ機能、これを利用した様々なアプリケーションとサービスについて、現状と将来に向けての可能性を考察する。またサービスの拡大に伴い、今後予見される課題と対策についても分析してみたい。

1. はじめに

最近の仮面ライダーは IC カードで変身している、と聞かれたら信じられるだろうか？ 多くの読者は、アクションヒーローは腕時計やペンライトで変身するものと思われるだろうが、仮面ライダー‘電王’はベルトに付いたホルダーに IC カードをセットして変身する。しかもカードの違いによって変身パターンを変えたり、拒否されたりする。時空間を自由に往来できる夢のトレインがあつて、それに乗るためには IC カードが必要だという絶妙な設定で、カードの残高不足のために主人公が変身に失敗するシーンには、思わずニヤリとしてしまう。

2010 年 1 月末の国内集計で、非接触 IC カードの発行累計枚数は約 1.2 億枚にのぼる。交通利用は首都圏で約 80% 関西圏で 30% に、決済利用は約 1.3 億件／月にも達している[1,2,3]。国民 1 人あたり 1 枚のカードを保有し、毎日のように鉄道やバスに使い、月に 1 度は支払いに使っている計算になる。もはや IC カードのない生活は考えられないという人も現れ始めている。仮面ライダーの変身アイテムに登場するのも必然であろう。

社会インフラとして一定の地位を占めるに至った IC カードであるが、その普及への道程は決して平坦ではなかった。多くの機能やサービスが出現し淘汰される進化の海を生き残った結果である。本稿では、鉄道事業とその周辺における交通 IC カードを事例に、今日の非接触 IC カードの機能とサービスの現状を、その経緯を含めて解説する。さらに将来に向けての新たなサービスの可能

性と、予見される課題と対策についても考察したい。

なお本稿では考察の対象を非接触型の交通 IC カードとし、最も普及している FeliCa 仕様を前提とさせていた。接触式や Type-A、Type-B などの他の仕様に関しては本特集の巻頭言、および文献 4) を参照いただきたい。

2. 鉄道サービスと IC カード

2.1 サービスサイエンスから見た鉄道というサービス

IC カードサービスを俯瞰するにあたり、そのフィールドである鉄道旅客輸送サービスを、本誌 1 号で特集したサービスサイエンス[5]の手法

で分析してみる(下表)。その基本は移動という旅客の目

今どきの仮面ライダーは
IC カードで変身する

表 1. 鉄道旅客輸送のサービスサイエンスによる分析

	計画 プランを調べる	手配・購入 切符を買う 予約する	出発・期待 駅に入る ホームに行く 電車を待つ	移動 電車に乗る 車内で過ごす	到着・余韻 電車を降りる 乗り継ぐ 目的地に行く
正確性	◎	◎↓	◎↓	◎↓	◎
迅速性	○	○	◎↓	◎	○
柔軟性	○	◎	—	—	—
共感性	○	—	○	○↓	○
安心感	○	◎	○	◎	—
好印象	—	○	○	○	○

◎：重要 ○：関係あり —：関係なし ↓：下がる傾向が強い

的を、より早く正確に達成することで評価される快適提供サービスと定義できる。顧客満足は、迅速性と正確性が高いウエイトを占め、事前期待に対してプラスとなるような早く着いたり安く済んだりするような要素が少ない。不慣れた移動では乗り継ぎのロスや遅れを生じやすくマイナスに評価されやすいモデルである。高い満足を得るためには、移動における制約や障害や不安となる状況を低減できるよう柔軟性・共感性・安心感にも踏み込むことが必要であり、以下のようなサービス要素が考えられる。

- ・正確性 時間どおり、料金は正しく
- ・迅速性 待たずに乗れる、無駄なく乗り継げる
予定より早く着ける
- ・柔軟性 どこでもいつでも買える
- ・共感性 いい計画ができる（料金、時間）
快適に移動できる（混まない、疲れない）
- ・安心感 迷わず、安全に、切符を失くさず、
不安なく
- ・好印象 気持ち良い接客、楽しさ

ICカードの導入は、切符を選び買うという手間を解消し迅速性と正確性に応えている。さらに顧客がICカードというIDで識別可能な媒体を所持することで、顧客を集団として扱うのではなく、個々人として把握し個別サービスを提供することが可能となり、柔軟性・共感性・安心感にも繋がるのが重要である。これらサービスの内容をICカードの持つ機能に着目し考察する。

鉄道旅客サービスを 一変させたICカード

2.2 切符の高度化としてのICカード

図1に今日に到る切符の変遷を示す。「切符を拝見」という鉄道における基本動作は、イギリスのエドモンソンが今の切符の原型となるエドモンソン券を考案した1840年以来、約150年に亘って普遍のものであった。しかし交通網が飛躍的に発展し、多くの路線や多種の列車

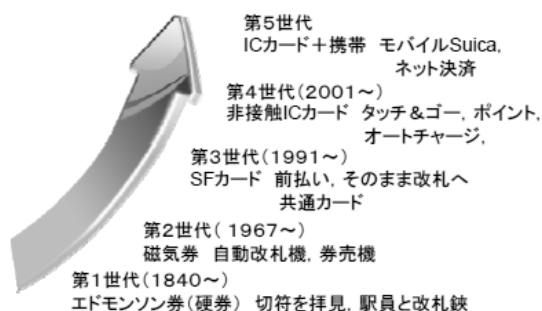


図1. 鉄道切符の変遷

が交錯するようになり、複雑な経路設定や料金体系が生じてきた。例えば、首都圏近郊や関西圏では、2地点間の移動に何通りもの経路があり、その料金も異なるケースが存在する。さらに特急や快速の列車種別、指定席やグリーン席、利用日や時間によって時差切符や土日切符、と多種多様な選択が可能となっている。移動手段が多彩になるにつれ、売る側も使う側も多大な知識と手間が必要になってきた。

磁気式切符と自動改札機の登場は、切符券面上の印刷情報を見て行う改札係員の瞬時の判断を、高速で確実な処理で実現し駅の効率化に貢献してきた。次いで登場した磁気式前払いカード(SFカード)は、先払いによって購入時に必要だった行先や経路の選択、運賃の都度払いの手間を解消した。切符の買い方や使い方は大きく変わり、利用者と事業者の双方にメリットをもたらした。

今日、Suicaに代表される交通ICカードは複雑な料金計算や決済を改札通過の一瞬で行い、切符に関わる手間を一気に解消した。同時に巧妙化する切符の偽造や不正利用防止にも対処している。これらを支えているのが情報処理技術とコンピュータシステムである。その詳細については、本特集の論文1、および文献6,7)を参照いただきたい。

またICカードは、従来にない機能も実現している。IC

カード定期券は確認可能な個人情報の登録によって紛失時の再発行が可能である。紛失を届け出れば当該カードのIDデータは使用可能な全ての自動改札機に配信され以降の使用

が停止される。拾得された定期が他人使用されることが防止できる。また関西地区の交通ICカードであるPiTaPaは、決済方法を登録しておくことで後払い決済を可能としている。利用実績に応じて従来の回数券や定期券と同様の割引きメリットを後計算で対応できる。類似のサービスとして関東地区の交通ICカードであるPASMO取扱いのバス事業者は、利用回数を月毎に集計し段階的にポイントによる割引きを行っている。これらのサービスは、あらかじめ買った割引券を紛失したり使い切れずに無駄にする不便を解消し、常に最適な買い方を支援している。このように交通ICカードは切符の使い方をタッチ化するだけでなく、より便利でお徳な機能を利用者に提供している。

2.3 もうひとつのサイフとしての 電子マネー・ポイントの利用

切符の機能代替である交通ICカードだが、その機能は

電子マネーに近いと言っていいだろう。広義には切符情報は電子マネーやポイントと同様の定量化された価値情報であり、データへの換算と加減算で処理することは同じである。交通 IC カードを先導してきた Suica は、電子マネー Edy の基盤技術である FeliCa をベースとしている。改札を通過する際の高速処理、切符に特有のデータ形式やアクセス制御、複数のカードを保持した際の競合解決などの鉄道利用に適した改良が異なっている。これに続く ICOCA、PASMO、PiTaPa も同様である。

導入当初の Suica は、切符の機能に限定されていたが、後に電子マネーの機能

が追加され、駅や周辺店舗での買い物にも利用できるようになった。日本銀行の調査[2]によると 2009 年 3 月末時点で、貨幣流通高に占める電子マネーの割合は 2%に達しており、IC カードは‘もうひとつのサイフ’として認知されつつある。このサイフはポイントという形態の価値情報も同時に格納でき、近年続々と出現しているポイントサービスにも対応できる。多くの読者は、沢山の会員カードやポイントカードでパンパンになった財布にお悩みではないだろうか？IC カードであれば、複数のサービスを 1 枚のカードに格納することができる。さらに各々のポイントを相互に交換することも可能である。

しかし実際には顧客を自社の商圈に‘囲い込む’ことが目的であるため、サービス毎に別々のカードが発行されカードの集約は進んでいない。最近になり複数の事業者が共通のポイントを発行して共栄を図るモデルが出現している。これは、顧客の消費行動を連続して捉え、相互に励起することを狙っている。ポイントカードは、従来の‘囲い込み’モデルから‘繋ぎ込み’モデルへと転換していくと思われる。交通 IC カードは人の移動という連続した消費行動に密着していることから、これら連携型のポイントサービスの中核となる可能性を秘めているのではないだろうか。

2.4 行動やプロフィール把握としての ID 利活用

ICカードには、切符や電子マネー・ポイントの機能だけでなく、重要な機能が潜在している。持ち主を識別するIDの機能である。ICカードに付けられているIDが、切符を保持している旅客を継続的に追跡し、商品やサービスの購買やポイントの利用などの消費行動を遡って把握することができる。IDのない状態では、旅客の動きは、改札の通過人数、列車や駅の混雑、流れの観察といった点の計測によりマクロに把握することが主であった。

旅客が IC カードを持つことで個々に ID を振り付けられ、実空間に存在する人の動きをバーチャル空間に配置し、ミクロに把握できる。この概念は、鉄道総合技術研究所によってサイバーレールという鉄道旅客輸送のモデルとして提唱されている[8]。サイバーレールは列車運行、旅客案内、自動改札などの鉄道に関わる実空間を、線路や道路などのインフラに対応する‘ルート’、電車やバスなどの輸送手段に対応する‘キャリア’、旅客に対応する‘デマンド’として仮想空間に対応づける(図2)。

ルートは固定的な情報であり、キャリアは IT システムにより制御されるので、実空間とバーチャル

空間の状態一致は可能である。しかしデマンドに対しては、個々の旅客を識別する手段がないために、従来システムでは把握することが困難であった。IC カードの登場によって実空間の旅客 ID を読取り、バーチャル空間へ投影することが可能になった。

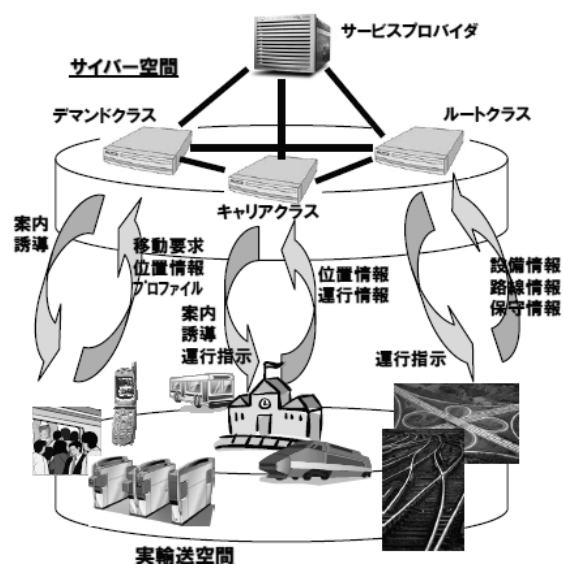


図2. サイバー空間と実輸送空間の情報連携イメージ

このようなシステムが構築できれば、IT を利用した個人々人向けのサービスが実現できる[9]。旅行案内に適用した事例を示す(図 3)。案内システムは自動改札機を通過した IC カードの ID によって旅客の所在を検知し、ログの分析から行動を推定する。スムーズな移動となるように最適な経路や列車を選択し、携帯電話の電子メールを介して推奨する移動プランを指示する。指示どおりの行動が出来なかった場合も、予測と矛盾する状態、例えば想定される改札機を通過していないことを検知すれば、次善の策を探索し再案内を行う。このシステムによれば、目的地さえ示せば、あたかも自分専用の案内人が付き添っているかのように旅行をサポートしてくれるだ

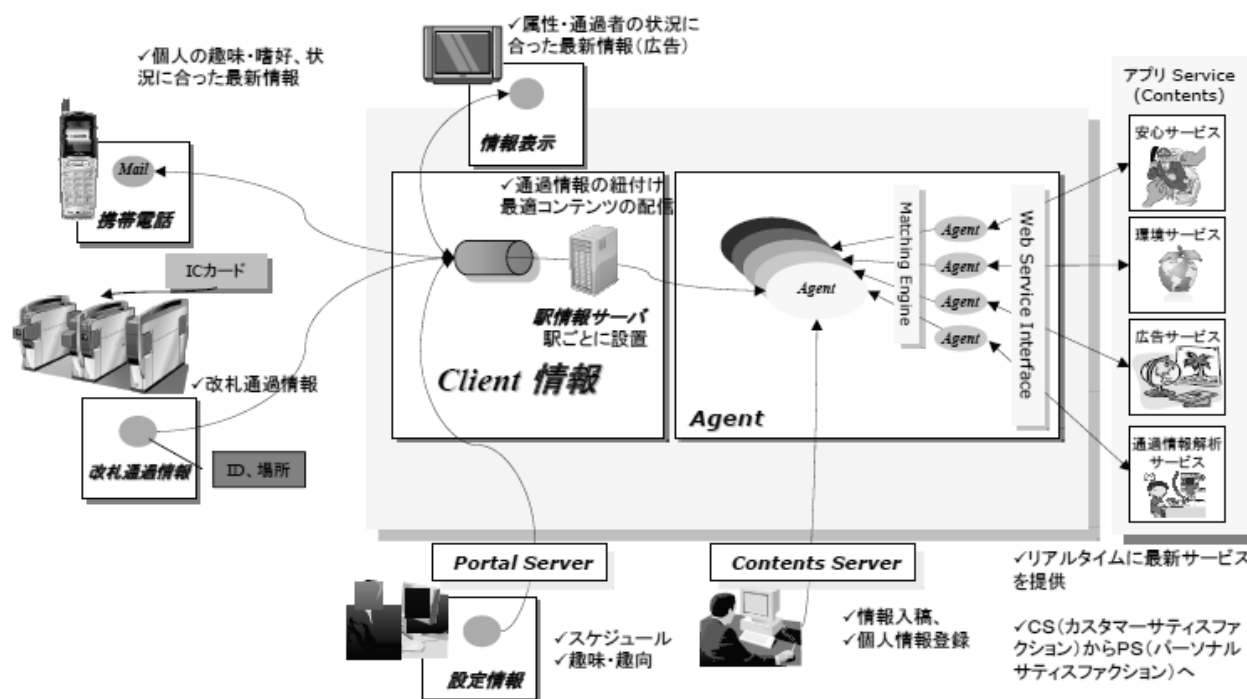


図 4. 自動改札機連動型の情報配信サービス「グーパス」の概要

効果が得られた一方でメール発信時の遅延や迷惑メールとの誤認、携帯不感箇所対策などが頻発し安定したサービスの維持には継続的な取り組みが必要であった。携帯網というインフラには未だ不安定な要素がありこれに対処できるサービス設計が重要であろう。

3.2 ID とログで顧客を読み解く

IC カードの ID 追跡による行動把握に加え、携帯電話の GPS や無線 LAN を使った位置情報や、内蔵されるセンサによる行動検知技術を用いて、利用者だけでなく駅やその周辺地域の状況を見える化し、地域活性化に活用する試みも始まっている。経済産業省 情報大航海プロジェクトの実証事業として行われた「ぷらっと Plat@自由が丘」[12]では、街を訪れる人達の改札の通過情報、街中に設置された IC カードリーダーからのタッチ情報や利用履歴、携帯電話からの位置や加速度の情報などを収集し、街の賑わいを見える化している。店舗側は街の顧客の状態をリアルタイムに把握することでより最適な誘客や売り方に活用することができる。また利用者側も街の状況を詳しく俯瞰することができるので、興味あるイベントを見つけたり混雑を避けて効率的に行動することの助けとなるだろう。

このようなサービスに、2.3 項で述べたポイントサービスを地域単位で連携できれば、さらに顧客の利便性や共感性を高められるのではないだろうか。

3.3 そして顧客を動かす

利用者を見える化できたことで、次はその行動にも働きかけようとする試みも始まっている。例えば、鉄道の利用と駅周辺店舗での購買を連携し、購入金額に応じて運賃の一部をキャッシュバックする試みが行われている[13]。購入に用いた IC カードの決済記録と、鉄道の利用記録の双方から ID を鍵に設定条件を確認しポイントを提供している。この試みは車の利用を減らし公共交通へのモダリティシフトを促しエコ活動にも貢献するものとして注目されている。

また、前述の改札機と連動した携帯メール配信の機能を応用して、旅客の流動を変えようとする試みが行われている[14]。混雑路線である東急電鉄・田園都市線で行われている「早起き応援キャンペーン」（図 5）はその好例である。参加者は駅ごとに設定された時刻までに事前登録した IC カード PASMO で入場すると、携帯電話にメールでクーポンが届けられる。クーポンは協賛企業から提供されるが、コーヒー、フィットネスやカルチャー講座といったサービスの割引券となっている。鉄道会社はラッシュ時の混雑分散を狙い混雑率を改善して顧客満足を向上し、店舗側は交通広告などで自社の商品・サービスについて露出できる上、来店の可能性が高い顧客へ絞り込んだ効率の良い広告で利用客増が見込める。双方にメリットをもたらす巧みなビジネスモデルと言えよう。

図 5. 早起き応援キャンペーンの案内

これまで旅客の行動は任意であり、それを積極的に変えるということはあまり考えられてこなかったが、ID 管理によって旅客の一人ひとりを見える化し、その行動を把握できるようになったことで、旅客の動きを推定し制御できる可能性が出てきた。上記の事例は移動行動と隣接する購買行動と連携することで人の動きを変えようとする試みとして注目される。

鉄道に繋がるバスやタクシーなどの交通機関との連携も考えられる。双方の利用履歴から乗継ぎ割引を個別に設定したり、先に運行する電車の利用状況（混雑度や行先別の乗換え数見込みなど）を把握し、次の交通機関での運行計画を調整することができる。例えば、ある電車に乗っている旅客の数や駅からの行動が推定できれば、バスの本数や発着時刻を電車に合わせて調整できるようになるだろう。

4. IC カードを取巻く課題

4.1 システムの巨大化と情報爆発

IC カードの乗車券システムは大手鉄道のほとんどに導入され、バスや航空さらに貸自転車にまでも広がり、金融や流通システムに匹敵する巨大システムに成長している。社会を支える生活カードとしての役割は重要であり、相互利用や電子マネー・ポイントサービスなどとの連携が進めば障害時の影響は甚大になるだろう。その運用には高い信頼性が要求される。システム自体の信頼性向上は勿論のこと、文献 7)にあるように自動改札システムでは自律分散制御により階層ごとの自律的稼働を可能

そして IC カードは
社会のナビゲータに

とすることで、たとえ上位システムが停止しても駅の改札機は内部データのみで稼働し続ける対策が取られ大きな効果を上げている。このような情報技術により社会的影響を最小化する対策が望まれる。

また ID を利用して行動追跡や顧客分析などを行い顧客を見える化し働きかけるサービスの可能性を示したが、これらのシステムは膨大な行動履歴データの大海に挑むものとなるだろう。単純なデータ蓄積と伝送では情報は爆発しシステムは限界に達してしまう。データ収集段階でのマイニングや行動特性に応じた抽出手法[15]などが

考案されており、info-plosion 情報爆発や情報大航海プロジェクトの成果とも合わせて、これらの課題解決に活用されることを期待したい。

4.2 個人情報保護とプライバシー

ID の情報は、それ単独ではほとんど意味を持たない。所有者情報や利用ログと結びつくことで、その ID が誰

であるかを特定し、その人の属性、特徴、嗜好、行動履歴などの個人情報を得ることが可能になる。行動ログからは移動距離や移動パターンを読み、その人の特性（会社

員、学生、主婦など）やライフスタイルを推定することも可能だろう。こうして得られた情報は、広義には個人情報であり、十分な保護監視と取扱いへの配慮が求められる[16]。

もしも、駅のホームで電車がわからず困っていると唐突に親切な駅員が現われて「どうぞ、ご予約の列車はこちらです」と案内されたり、売店で何を買おうか迷っていると初対面の店員から「いつものお飲み物でよろしいでしょうか?」と好みのドリンクを奨められたとしよう。ID を活用すれば、予約情報や日々の行動記録から目の前にいる顧客がどこに行こうとしているか、何を好むかを知ることは容易い。こうした接客を快適と感じるか不快と感じるかは、個人の主観や価値観に拠るだろうが、強い拒否感情を抱く人達や、それに到らないまでも何となく見られているような漠然とした不安を感じる人達は少なからず存在する。

このような懸念に対しては、先ず情報管理の観点から、

明示的に ID 情報を利用していることや、どのような目的で情報が使用されるかを示すことが必要である。少なくとも利用者に対し、受容の意思確認を行い、拒否する手段が提供されなくてはならない。次に情報技術の観点では、個人を特定する ID を匿名化（アノニマイズ）し管理する手法[17,18]や、ID 自体を動的に管理する手法などが考案されている。これらの技術によれば、例えば ID と関連する情報が漏洩しても、個人情報に再構成することを防止できるだろう。

4.3 ID 連携に向けた標準化

2.4 項や第 3 章で示した IC カードや携帯電話からの行動把握や履歴データの利活用がさらに進むと、個々の事業者が管理しているデータを他の事業者と連携したり、複数のデータを融合させる新たなサービスが誕生し、標準化の問題が顕在化するだろう。仕様の異なる IC カードや、相互利用ができていないカード間の連携や、事業者間のデータ交換を効率的に実現するためには、ID ログや利用者の行動・特性に関するデータの表現定義、秘密や匿名化の管理に関する仕様を共通化していく必要がある。切符や電子マネーに関しては業界標準により共通化が進んでいるが、行動や履歴に関する共通化はこれからの作業となる。関連事業者の理解と協力によりサービスの拡大に即した進捗を期待したい。

5. おわりに

以上、本稿では鉄道事業の周辺を事例に交通 IC カードに関わるサービスの現状を情報技術の観点で見てきた。鉄道は利用者をより早く正確に目的地に移動させることが根本目的であり、プラスの顧客満足を得にくいサービスだったが、IC カードの導入によって、便利な切符の買い方や使い方、スムーズな案内や移動の支援、個人々に応じた対応などを行うことが可能になり、事前期待を上回るサービスへ転換しようとしている。

来るべきユビキタス社会では、IC カードの機能と情報システムはさらに進歩し、本稿で提示した事例やアイデアはもとより、これらを大きく超えたサービスが出現してくるだろう。駅自体も従来のイメージを一新するような施設やサービスが出現しており期待を裏付けている。一方で顧客情報の利活用は、個人情報漏洩やプライバシー侵害への懸念が増しており、情報システムの安全対策は重要になるだろう。また複数のシステムを連携するサービスの構築には、各々の系が扱う ID や履歴の情報体系を共通化することが求められる。これらの課題が情報技術者によって克服され、IC カードがよりよい社会の実

現に今後も貢献し続けることを信じ結びとしたい。

謝辞 本稿の執筆に際し、東日本旅客鉄道株式会社様、財団法人鉄道総合技術研究所様、東京急行電鉄株式会社様、合同会社きょうと情報カードシステム様、および関係各位には多くのご助言とご支援を頂きました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- 1) 交通系 IC カード市場（鉄道）に関する調査結果，矢野経済研究所（2009）。<http://www.yanoict.com/yzreport/083>
- 2) 決済システム等に関する調査レポート 最近の電子マネーの動向について，日本銀行決済機構局（2008）。<http://www.boj.or.jp/type/ronbun/ron/research07/ron0907b.htm>
- 3) 鉄道各社 IR 情報及び鉄道サイバネティクス協議会資料より集計
- 4) 井上創造，安浦寛人：非接触 IC カード技術の概観と展望，情報処理学会誌，Vol.48, No.2, pp551-555 (2007)。
- 5) 諏訪良武：IT の未来を拓くサービスサイエンス，情報処理学会デジタルプラクティス，Vol.1, No.1, pp5-12 (2010)。
- 6) 松原広：交通分野における IC カードサービス，情報処理学会誌，Vol.48, No.2, pp573-577 (2007)。
- 7) 椎橋章夫，大橋克弘，山名基晴，森欣司：統合型自律分散 IC カード乗車券システムの信頼性評価技術の研究，情報処理学会論文誌，Vol.48, No.2, pp.791-801 (2007)。
- 8) 荻野隆彦：サイバーレール研究の進展，鉄道総研報告，Vol.16, No.11, pp.1-6 (2002)。
- 9) 荻野隆彦，土屋隆司，松岡彰彦，後藤浩一：サイバーレールの案内・誘導機能の一実現法，鉄道総研報告，Vol.17, No.12, pp.13-18 (2002)。
- 10) 中尾寿朗，宮崎秀樹，藤本幸一，竹林一：場所・時間・行動を起点とした情報配信システム「goopas」-自動改札システムを利用したモバイル情報サービスの概要-，情報処理学会第 65 回全国大会，6J-1 (2003)。
- 11) 竹林一：モバイルマーケティング進化論，日経 BP 企画 (2004)。
- 12) 相原健郎，中尾敏康，小方靖，宮本有紀彦，小柴等，小西勇介，千葉雄樹，武田英明，佐々木憲二，金山明煥：「地域活性化を支える e 空間サービスぷらっと Plat@自由が丘」における技術開発，FIT2009 (第 8 回情報科学技術フォーラム)，M-018, IV, pp.267-272 (2009)。
- 13) 阪急電鉄，京阪電車，JR 西日本，京都市地下鉄，きょうと情報カードシステム：レール&ショッピング in 京都。<http://www.city.kyoto.lg.jp/kotsu/page/0000072886.html>
- 14) 東急電鉄，早起き応援キャンペーン。http://www.tokyu.co.jp/contents_index/guide/news/100415.html
- 15) 市川裕介，小林透：大量の行動履歴情報を扱うプラットフォーム技術，情報処理学会誌，Vol.51, No.1, pp18-21 (2010)。
- 16) 国領二郎：デジタル ID 革命，日本経済新聞社 (2004)。
- 17) 川田正明，小川克彦：アノニマイズした行動履歴に基づく行動情報検索システムの提案，情報処理学会研究報告，UBI-18, pp.9-16 (2008)。
- 18) 佐藤一夫：プライバシー保護を考慮したケータイ行動ログの利活用について，情報処理学会誌，Vol.50, No.7, pp598-602 (2007)。

中尾 寿朗（正会員）

E-mail: toshiro_nakao@omron.co.jp

技術士（情報工学／総合技術監理），1986 年立石電機（現オムロン）株式会社入社。現在，公共ソリューション事業部技術専門職，主に情報システムと関連ソリューションの企画設計に従事。

竹林 一（非会員）

E-mail: hajime_takebayashi@nog.omron.co.jp

オムロン直方株式会社社長，1981 年立石電機（現オムロン）株式会社入社。非接触 IC カードシステムの新規事業化，スルッと KANSAI，関東パスネット等の開発プロジェクトに参画。IC カード・モバイルソリューション事業推進室長，オムロンソフトウェア株式会社社長を経て現職。

投稿受付：2010 年 3 月 15 日

採録決定：2010 年 4 月 16 日

メンタ：塚本 昌彦（神戸大学）