

システム開発
18-F-12

携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発 に関するフェージビリティスタディ

報 告 書

平成19年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 財団法人ニューメディア開発協会



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。
URL : <http://keirin.jp/>



序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人機械システム振興協会では、日本自動車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、システム技術開発調査研究事業、システム開発事業、新機械システム普及促進事業を実施しております。

このうち、システム技術開発調査研究事業及びシステム開発事業について、当協会に総合システム調査開発委員会(委員長：政策研究院 リサーチフェロー藤正 巖氏)を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

本「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフェージビリティスタディ」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人ニューメディア開発協会に委託し、実施した成果をまとめたもので、関係諸分野の皆様方にお役に立てれば幸いです。

平成19年3月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

この報告書は、財団法人 ニューメディア開発協会が平成18年度事業として、財団法人 機械システム振興協会から委託を受けた「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフィージビリティスタディ」についての報告書であり、携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発及び事業化等について行ったフィージビリティスタディ(以降「スタディ」と略す)をまとめたものである。

本スタディは、財団法人 ニューメディア開発協会内に「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフィージビリティスタディ推進委員会」を設置し、同委員会のご指導のもとに推進した。

本報告書の内容をベースに、携帯電話に装着する電子タグ入出力装置及び電子タグが普及し、情報化社会の基盤が、早期に実現されることを期待する次第である。

最後に、本開発にご協力していただいた委員会の方々、並びに貴重なご意見を下さった多くの協力者の皆様方に深く感謝の意を表す次第である。

平成19年3月

財団法人 ニューメディア開発協会

目次

序

はじめに

1	スタディの目的	3
2	スタディの実施体制	4
3	スタディの内容	6
3.1	スタディの概要	6
3.2	スタディの実施計画	7
3.3	スタディの進め方	7
4	関連技術と電子タグシステムに関する技術検討	10
4.1	Bluetooth関連技術について	10
4.2	RFID関連技術について	12
4.3	電子タグシステムについて	15
5	携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発	18
5.1	携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発概要	18
5.2	アプリケーションの設計	22
5.2.1	電子タグリーダー・ライター用アプリケーションの設計	23
5.2.2	携帯電話用アプリケーションの設計	33
5.2.3	サーバー用アプリケーションの設計	46
5.3	マルチキャリアを意識した通信制御の設計	52
5.3.1	電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信制御	52
5.3.2	携帯電話とサーバー間の通信制御	62
5.4	実験用システムの構築と動作確認	65
5.5	システム開発のまとめ	67
6	実証実験の概要と検証項目	70
6.1	実証実験の概要	70
6.2	実験の狙いと検証項目	70
6.2.1	複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証	70
6.2.2	電波干渉に対する耐性の検証	71
6.2.3	通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証	72
6.2.4	無線通信の信頼性の検証	73
6.2.5	低消費電力に関する実用性の検証	73
6.2.6	実用システムを考慮した検証	74
6.3	実験環境	74
7	検証項目の詳細	78

7.1	複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証.....	78
7.2	電波干渉に対する耐性の検証.....	79
7.3	通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証.....	83
7.4	無線通信の信頼性の検証.....	86
7.5	低消費電力に関する実用性の検証.....	91
7.6	実用システムを考慮した検証.....	92
8	実験結果と技術的課題の検討.....	95
8.1	複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証.....	95
8.1.1	実験結果.....	95
8.1.2	考察.....	96
8.2	電波干渉に対する耐性の検証.....	96
8.2.1	実験結果.....	96
8.2.2	考察.....	100
8.3	通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証.....	102
8.3.1	実験結果.....	102
8.3.2	考察.....	106
8.4	無線通信の信頼性の検証.....	109
8.4.1	実験結果.....	109
8.4.2	考察.....	112
8.5	低消費電力に関する実用性の検証.....	114
8.5.1	実験結果.....	114
8.5.2	考察.....	115
8.6	実用システムを考慮した検証.....	116
8.6.1	実験結果.....	116
8.6.2	考察.....	119
9	まとめ.....	123
9.1	全体考察.....	123
9.2	課題と今後の展望.....	126
9.2.1	本スタディに関する今後の課題.....	126
9.2.2	今後の展望.....	127

1 スタディの目的

「いつでも」、「どこでも」、「誰でも」、安心・安全・便利が望まれるユビキタス情報社会において、IT分野の閉塞感を打ち破る技術・サービスとして電子タグが注目されている。そして、電子タグは、あらゆる場所、あらゆる人、あらゆる物の情報をネットワーク化・一体化させる技術として社会的ニーズ、経済的ニーズが、非常に大きくなっている。電子タグの技術は、電波飛距離の向上、超小型化、グローバル標準化、加工技術の向上、低価格化等で急速に進歩している。一方、この電子タグの内容を読み書きする入出力装置は、ハンディ型を含め、多くのメーカーで開発されつつある。しかし、開発されている入出力装置は、PCや回線と接続して使用するタイプの高額なものが多く、実用化においては、設置台数に制限が生じている。その結果、利用システムも、電子タグが付与された物がある場所に集中するという物流形態のシステムに限られる。最近では、特定メーカーの電子タグの内容を携帯電話と接続して読取るという試作品が開発されてきた。

本スタディでは、複数メーカーの電子タグを対象にした、複数通信事業者の携帯電話に接続して、電子タグの内容を読取ることができる電子タグ入出力装置を、実用化が可能な価格で開発することを目的とする。

その結果、電子タグが付与された多くの物を、広範囲の多くの場所(例えば、商店街の全店、観光地の色々な場所等)で多くの人(例えば、全警察官、全消防・救急職員等)が自動認識できるようになり、電子タグの利用形態も多様になり、大いに電子タグが普及し、情報化社会の基盤作りになると考える。

2 スタディの実施体制

本スタディを実施するに当たり、財団法人機械システム振興協会に「総合システム調査開発委員会」を、財団法人ニューメディア開発協会に「携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフィージビリティスタディ」推進委員会を設置し、スタディ内容についてご意見を頂いた。

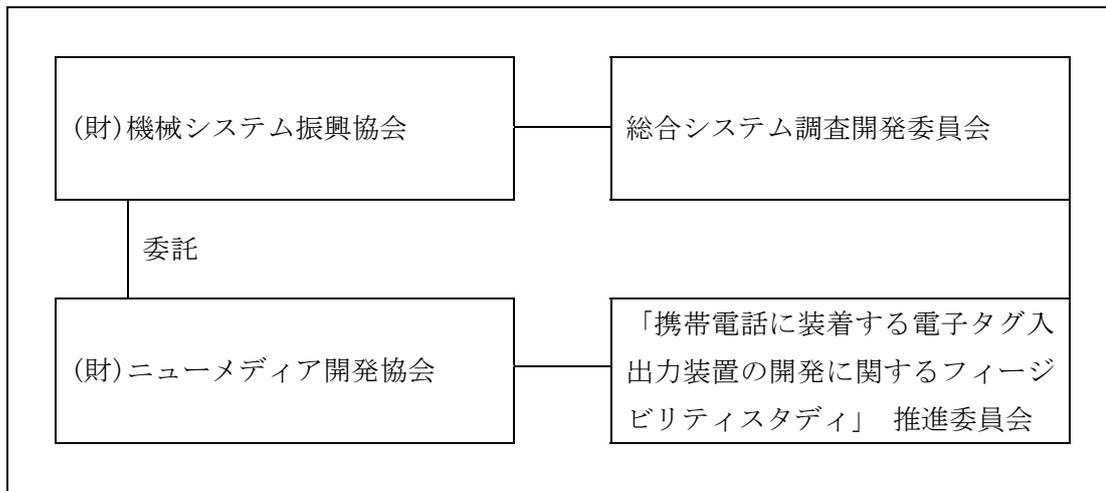


図 2-1 本スタディの実施体制

[総合システム調査開発委員会委員名簿]

(順不同・敬称略)

委員長	政策研究院 リサーチフェロー	藤 正 巖
委 員	埼玉大学 地域共同研究センター 教授	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 副研究部門長	金 丸 正 剛
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 産学官連携部門 コーディネータ	志 村 洋 文
委 員	東北大学 未来科学技術共同研究センター センター長	中 島 一 郎

委員	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教授	廣田 薫
委員	東京大学大学院 工学系研究科 助教授	藤岡 健彦
委員	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授	大和 裕幸

[携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発に関するフェージビリティスタディ
推進委員会 委員名簿]

(順不同・敬称略)

委員長	慶應義塾大学 環境情報学部 助教授	高 汐 一 紀
委員	東京工科大学 メディア学部 専任講師	村 上 康 二 郎
委員	(株) NTT ドコモ モバイル社会研究所 主査	遊 橋 裕 泰
委員	(株) デンソーウェーブ 自動認識事業部 ソリューション部 シニアマネージャー	浅 井 重 孝
委員	立命館大学 経営学部 助教授	西 川 英 彦

[事務局]

財団法人ニューメディア開発協会	多湖 和男、高柳 賀一
(株) エヌ・ティ・ティ・ドコモ	加瀬 邦雄、川上 太一、宍倉 暁彦
ドコモ・システムズ(株)	齋藤 博、大谷 章、小島 兼児

3 スタディの内容

3.1 スタディの概要

本スタディでは、Bluetooth¹により複数通信業者の携帯電話に接続し、複数メーカーの電子タグを読み取ることができる、電子タグリーダー・ライターを用いた電子タグシステムを開発し、開発に伴う技術的課題及び実用化に関する検証を行う。

本スタディが提唱する電子タグシステムの構成は、図 3-1 に示すように、電子タグの読み取りを行う現場側環境と、データベースサーバーが設置されているセンター側環境を、携帯電話を仲介したネットワークにより接続する。従来の電子タグシステムのように、電子タグを扱う現場にまでPCや回線を準備する必要はなく、システム導入及び移設などの費用が抑えられ、広範囲に点在する現場で活用できるなど、さまざまな場面で利点が多い。この構成を基本とする実用的なシステムの試作及び実用化に関する実験を行い、開発に伴う技術的な問題点及び実用システムの実現性について検討を行う。

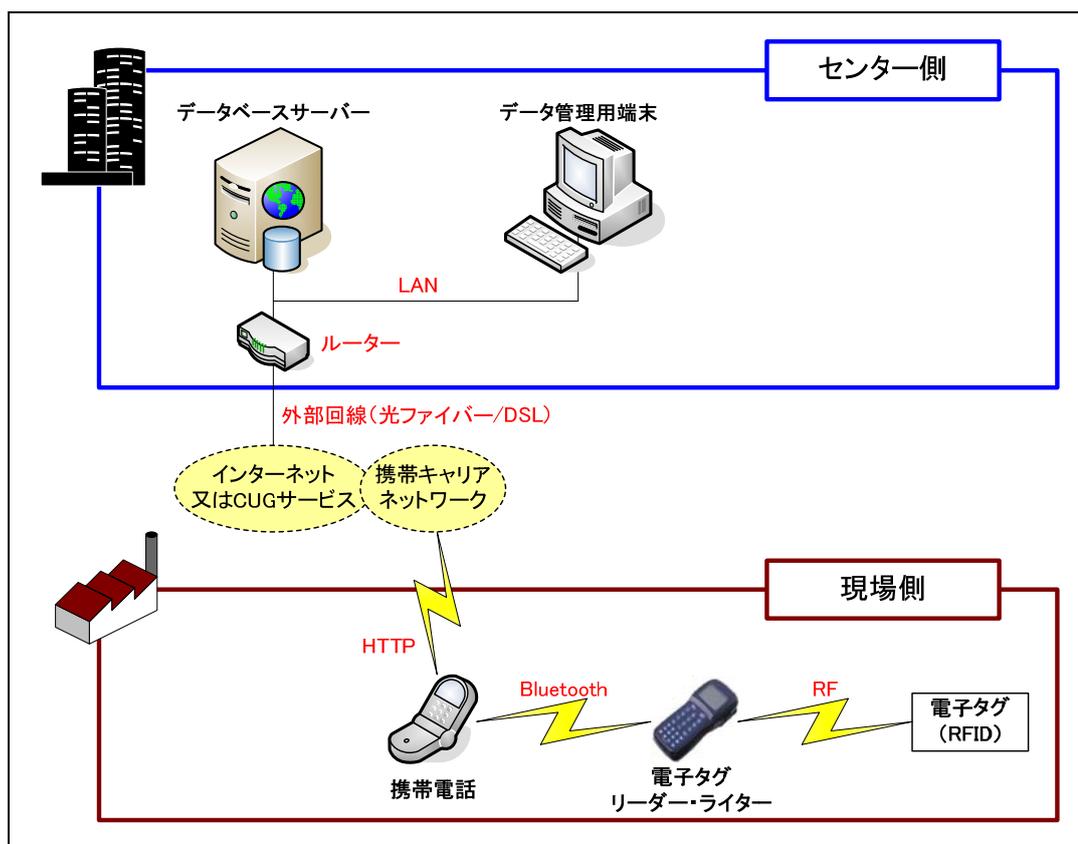


図 3-1 本スタディが提唱するシステム構成

¹ Bluetooth は米国 Bluetooth SIG, Inc. の登録商標。

3.2 スタディの実施計画

本スタディでは、表3-1の内容について検討及び検証を行う計画を立て、電子タグシステムを実際に開発し、実証実験を行うことで、開発及び実用化の際の技術的課題を検証し、その結果をまとめて報告する。

表 3-1 本スタディの実施計画

(1) 市販されている携帯電話と電子タグ入出力装置は、汎用性のある「Bluetooth」、2.4GHz帯を利用し、SPP(Serial Port Profile)通信、「ペアリング」によりセキュリティを確保して接続する。屋外、屋内のさまざまな場面でノイズに強いといわれる周波数ホッピング方式を採用する。
(2) Bluetooth のアドホック接続をした場合、単純なピコネットの接続だけでなく、複数のピコネットで構成されるスカッタネット接続も考慮する。
(3) 電子タグ入出力装置の機能は、電子タグの ID データを読み取り、携帯電話のアプリケーションを介して、ID 情報を携帯電話に表示し、サービスプラットフォームに ID データを転送する。さらに、サービスプラットフォームからの電子タグにリンクされた情報を携帯電話に適切な形態で表示する。
(4) モバイル利用のため、低消費電力で利用可能とする。
(5) 技術的課題の検証として、性能（アンチコリジョン、処理能力、読み取り距離）、信頼性（干渉、セキュリティ）、運用（省電力、マルチキャリア対応）など、実際の使用する周囲条件や動作条件（例えば、ポスター、チラシ、はがき、カード、シール、物体などに付与）に適応した機能を発揮できるかの評価・検証を行う。また、PDA を使用した場合との利便性や課題を検証する。
(6) 読み取る電子タグは、生活への浸透の可能性を考え非接触型の近傍型を対象に、まず、「パッシブタグ」（入出力装置が電子タグに電波を発信してその反射波を受信する）に注目し、その後、「アクティブタグ」（電波送信機能を内蔵して、入出力装置と長距離通信が可能）に技術展開していく。
(7) 必要なら、電子タグとのインターフェース基準、携帯電話とのインターフェース基準の標準規約化の検討を行う。

3.3 スタディの進め方

スタディの進め方(図3-2)については、前項の実施計画を踏まえ、まず、机上での技術検討を行った上で、本スタディが提唱するシステム構成を基本とした小規模のシステムを試作し、開発に伴う技術的課題の抽出とその検討を行った。そして、試作したシステムを用いて実証実験を行うことにより、実用性の検証及び実用化に向けた課題の検討を行い、最後に成果と今後の課題についてまとめた。

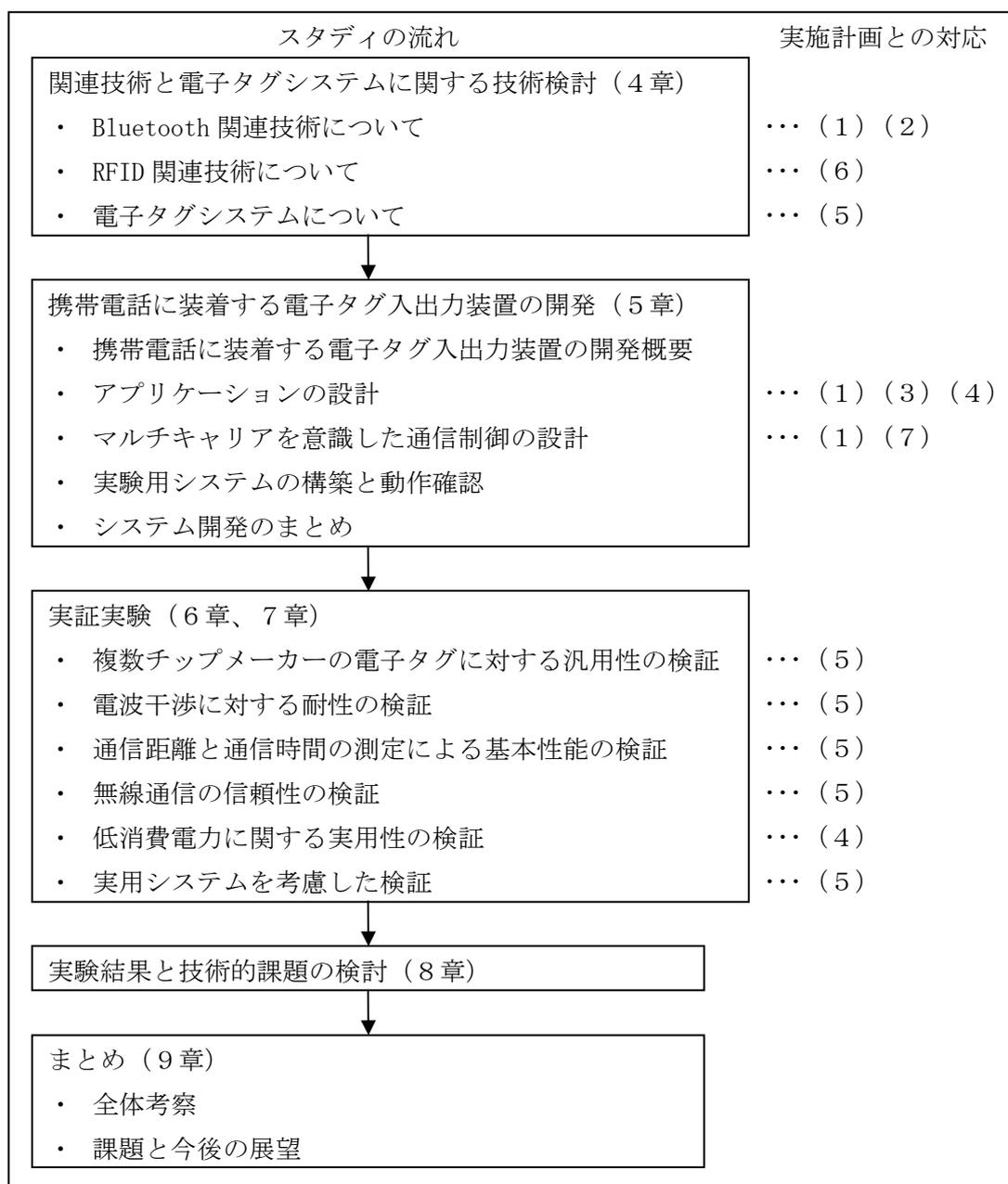


図 3-2 本スタディの進め方

4章の技術検討では、周波数ホッピング方式やアドホック接続といったBluetoothの関連技術と、パッシブタグやアクティブタグといったRFIDの関連技術について調査と技術検討を行った。また、現状の電子タグシステムについて、PDAなどを用いたシステムの構成と本スタディが提唱するシステム構成との比較検討を行った。【実施計画（1）、（2）、（5）、（6）】

5章の開発では、電子タグリーダー・ライターと携帯電話、並びにデータベースサーバーを連携させる構成で電子タグシステムを開発する方法について検討した。特に、複数通信事業者の携帯電話との連携、低消費電力への考慮といった課題に対して検討を行い、その検討結果を踏まえてシステムの設計を行った。また、実際に小規模なシステムを試作し、その過程で技術的な課題があれば解決方法を検討した。

【実施計画（1）、（3）、（4）、（7）】

6章～8章の実証実験では、5章で試作したシステムを用いて、複数チップメーカーの電子タグに対応できる汎用性、電波干渉の影響、通信距離や通信時間といった基本性能、セキュリティの観点を含めた通信の信頼性といった、システムの実現性を検証する実験と、バッテリーの持ち時間、タグを貼り付ける対象の違いによる影響、システムの操作性といった、実用性に関する検証も行い、技術的課題の抽出及び課題に対する検討を行った。【実施計画（4）、（5）】

4 関連技術と電子タグシステムに関する技術検討

4.1 Bluetooth 関連技術について

Bluetooth は、2.4GHz 帯の無線を用いた近距離用通信技術である。

10m 程度の近距離を対象とした、携帯電話や PDA、各種デバイス間のデータ通信技術として注目されており、省電力、低コストなどの特徴を持っている。Bluetooth は、各種デバイスへの搭載が進んでおり、2005 年末の時点において世界で 5 億台以上という実績もあるように、利用しやすい環境が整ってきている。

Bluetooth は、1998 年に設立された標準化団体「Bluetooth SIG」によって標準化が進められており、バージョンが上がるごとに性能改善が行われているため、今後も期待できる技術といえる。

【ノイズに強い通信方式】

Bluetooth は、ISM(Industrial Science Medical)帯のひとつである、2.4GHz 帯の周波数を使って通信をしている。この ISM 帯とは、免許なしで利用可能な帯域であり、他に無線 LAN などにも利用されている。

Bluetooth の通信には、周波数ホッピングという、極めて短い時間ごとに、信号を送信する周波数を切り替える方式が使われており、具体的には、2402～2480MHz という帯域の中で、周波数を 1 秒間に 1600 回切り替えている。

送信する周波数を次々に切り換えていくため、ノイズや他の無線通信の干渉に強く、機密性にも優れている。

【拡張性の高いネットワーク】

Bluetooth 対応機器は、端末同士で直接接続することが可能で、これをアドホック接続と呼ぶ。アクセスポイントなどのインフラが不要であるため、システム導入時のコストが安く、システムの移設や屋外での使用などにも対応しやすい。

また、Bluetooth は、1 対 1 の通信だけでなく、1 対 n の通信が可能で、同時に 8 台の機器でピコネットと呼ばれるネットワークを構成することができる。さらに、必要に応じて、複数のピコネットをつなげてスカッタネットと呼ばれるネットワークに拡張させることも可能である。

本スタディでは、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の 2 台のピコネットで、データ通信を行う。

【ペアリングによるセキュリティの確保】

Bluetooth 機器で通信を行う場合は、最初に「ペアリング」と呼ばれる接続相

手を特定するための作業が必要となっている。Bluetooth には、接続される側の機器（スレーブ）と接続する側の機器（マスター）の区別があり、ペアリングは一般的に次の手順で行われる。

- ① スレーブを、接続要求に応答するように設定する。
- ② マスターから接続要求を行い、スレーブの検出をする。
- ③ マスター側で、検出された機器から接続相手を選択する。
- ④ マスター側、スレーブ側で、30 秒以内に同一のパスキーを入力する。

この手順からも分かるように、マスター、スレーブの両方の機器を操作できる人以外は、ペアリングができない仕組みになっている。そのため、意図しない機器から勝手に接続されてしまうといった危険性はなく、接続のセキュリティが確保されている。

【低消費電力】

Bluetooth は、当初からモバイルでの利用目的で開発されてきたため、消費電力が小さいという特徴がある。消費電力は、送信時でも 30mW 程度であり、これは IrDA や無線 LAN など他の無線通信と比べて小さい。

本スタディで用いる、電子タグリーダー・ライター、携帯電話は、共にバッテリー駆動であり、1 回の充電で長く使用できることが求められるため、Bluetooth による通信は有利である。

【汎用性の高い通信】

Bluetooth は、さまざまなデバイスとの通信に使われるため、デバイスの種類ごとに通信方式が厳密に規定されており、それをプロファイルと呼んでいる。

SPP(Serial Port Profile)は、1 対 1 の通信をする場合に使用されるプロファイルで、シリアル通信と同様の通信を行うことができる。SPP は標準化されているため、SPP に対応している携帯電話であれば、キャリアが異なっても、同じように通信が可能となっている。

本スタディでは、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間の通信には、SPP を使うこととし、マルチキャリアへの対応が容易に実現できるようにする。

なお、SPP による Bluetooth 通信が可能な機器は、各キャリアから発売されている。(NTT ドコモ: M1000、P903i など、au: W31T、W44T など、SoftBank: X01HT など)

【IrDA（赤外線通信）との比較】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間で、データの受け渡しをする場合、現状では、Bluetooth の他に、赤外線を使った IrDA という方法がある。2 つの方

式を比較すると表 4-1 のようになる。

表 4-1 Bluetooth と IrDA の比較

	Bluetooth	IrDA(赤外線)
通信距離	10m	1m
最大通信速度	1Mbps	115.2kbps
指向性	広い(無指向性)	狭い
消費電力	小	やや大
遮蔽物越しの通信	可	不可

IrDA は Bluetooth と比較すると、通信距離が短い、遮蔽物があると通信できない、指向性が狭く使いづらい、といったデメリットがあるため、入出力装置としての利用においては、Bluetooth が優位であるといえる。そのため、本スタディでは、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信は、Bluetooth を使用する。

【バージョンの更新による性能改善】

Bluetooth SIG では、Bluetooth の性能改善を進めており、1、2 年ごとに新しいバージョンが提供されている。バージョンによって表 4-2 のような違いがある。

表 4-2 Bluetooth のバージョンの比較

	Bluetooth1.1	Bluetooth1.2	Bluetooth2.0
最大通信速度	1Mbps(実効速度:433.9kbps)		3Mbps
干渉対策	×	○	○
接続までの時間	～数秒程度	～1 秒程度	

Bluetooth1.2 では、無線 LAN など同じ 2.4GHz 帯を使用している通信の電波干渉を検知して、その帯域を使わないようにする AFH(Adaptive Frequency Hopping) 機能により、通信速度を維持できるようにしており、接続までの時間も Bluetooth 1.1 と比べて大幅に短くなっている。さらに、Bluetooth2.0 では、EDR(Enhanced Data Rate)と呼ばれる方式を利用して、通信速度を 3 倍にまで高めている。

バージョンが異なっても互換性があるため、Bluetooth1.1 と 2.0 の通信も問題なく行える。

4.2 RFID 関連技術について

RFID(Radio Frequency IDentification)とは、微小な無線 IC チップを、物や人に取り付け、無線通信を利用して読み取ることで、固体識別を行う技術である。

RFID の無線 IC チップ(タグ)については、電子タグ、IC タグ、RF タグなど、さまざまな呼び方があるが、本スタディでは、電子タグという表記を用いる。電子

タグには識別コードなどが格納されており、それを、リーダー・ライターと呼ばれる装置を使って、無線通信により非接触で読み出すことで、対象の識別を行う。

RFID については、ISO（国際標準化機構）/IEC（国際電気標準会議）で標準化が進められている。

【電子タグの種類】

電子タグについては、表 4-3 のような種類のものがあり、それぞれの特性に合わせて、異なる用途に用いられている。

表 4-3 電子タグの種類

分類	密着型	近接型	近傍型	遠隔型	
周波数帯	中波(LF)	短波(HF)	短波(HF)	UHF	マイクロ波
	4.91MHz	13.56MHz	13.56MHz	860-900MHz	2.45GHz
通信距離	～2mm	～10cm	～70cm	～5m	～2m
国際規格	ISO/IEC10536	ISO/IEC14443	ISO/IEC15693	策定中	策定中
通信方式	電磁誘導	電磁誘導	電磁誘導	電波	電波
電池有無	無	無	無・有	無・有	無・有
コスト	△	○	○	○	○
利用分野	決済 電子商取引	定期、身分証	FA、資産管理 入退室管理	物流管理 盗難防止	FA、物流管理

本スタディでは、安価で、今後の社会浸透が見込める近傍型(13.56MHz 帯)の ISO/IEC15693 に準拠した電子タグを対象として、入出力システムを開発する。

【パッシブ型とアクティブ型】

電子タグは、電源を内蔵しないパッシブ型と、電源を内蔵するアクティブ型に分けられる。パッシブ型は、電子タグリーダー・ライターからの電波をエネルギー源として動作するため、通信距離は数 mm～数 m と短い、小型化と低価格化が図れる。電池を内蔵しているアクティブ型は、10m～100m の距離で使うことができ、主に人の位置情報の認識用などとして使われる。

アクティブ型の電子タグについては用途が限られるため、本スタディでは、パッシブ型の電子タグを用いたシステムを開発する。

【電子タグの形状】

電子タグの形状には、カード型、箱型、円筒型、コイン型、スティック型、ラベル型などがあり、それぞれ用途に応じて使い分けられている。

RFID は、非接触での通信が可能であることから、耐環境性を高めるためにセラ

ミックスで固めたり、手で持ちやすい形状にしたりと、柔軟に対応ができる。
本スタディでは、検証がしやすいようにカード型のものを用いる。

【電子タグの低価格化】

電子タグが、より普及するためには、1 個あたり単価を下げる事が重要である。パッシブ型の電子タグの単価は、2004 年時点で数十円～数百円であったが、これでは、大量の物品の管理などに用いるような場合に、コストが掛かりすぎてしまう。

電子タグの低価格化については、経済産業省が、「響プロジェクト」と呼ばれるプロジェクトで推進した結果、月産 1 億個であれば 1 個 5 円が実現可能というレベルにまでコストダウンが進んでいる。

【電子タグの一括読み取り】

RFID には、複数の電子タグを一度に読み取りできるという特徴があり、これを、アンチコリジョン読み取りと呼ぶ。電子タグを、離れた位置から一括して読み取ることができるため、例えば、カート内の電子タグが貼られた商品の合計金額を瞬時に求めることなどに利用できる。

本スタディでも、アンチコリジョン読み取りが可能なようにシステムを設計し、実際に数種類の電子タグを使って一括読み取りの検証を行う。

【ユニークな ID】

13.56MHz の電子タグの国際標準規格である ISO/IEC15693 では、電子タグに、ユニークな ID を付けるように定めている。ISO/IEC15693 に準拠した電子タグには、製造時に 64 ビットの固有 ID が付けられ、これは、メーカーに関わらず、必ず違う ID になる。そのため、ISO/IEC15693 準拠の電子タグであれば、1 システムで複数メーカーの電子タグを使っても、一意に識別が可能である。

本スタディでは、ISO/IEC15693 に準拠した 4 つのメーカーの電子タグを使って、検証を行う。

【リーダー・ライターの種類】

電子タグのリーダー・ライターには、ハンディ型、据え置き型、ゲート型などがある。

ハンディ型は、人が手で持って使うタイプのもので、物品の管理などに使われる。低出力のため、読み取り距離は数 cm と短い。据え置き型は、卓上に置いて、その上に電子タグ付きの物品をかざして使うようなタイプのものである。ゲート型は、主に遠隔型の電子タグに用いられるもので、ゲートの中を複数の物品を通

して、一括して読み込むといった用途に使われる。

本スタディでは、近傍型の電子タグを対象としているため、ハンディ型のリーダー・ライターを使用する。

【バーコードとの比較】

RFIDとバーコードについては、その用途が近いことから、比較されることが多い。電子タグとバーコードやQRコード¹との主な違いは表4-4のとおりである。

表 4-4 RFID とバーコードの比較

項目	電子タグ	QR コード	バーコード
保持できる情報量	～数千 Byte	～数百 Byte	数十 Byte
コスト	やや高い	安い	
読み取り距離	長い	短い	
複数同時読み取り	可能	不可	
耐環境性	強い	弱い	
障害物越しの読み取り	可能	不可	
データの書き込み	一部可能	不可	
偽造	極めて困難	容易	

電子タグの長所としては、離れた位置から複数のタグの同時読み取りができるため、オペレーションの負担が減らせることが挙げられ、物流での商品管理などの効率アップが期待されている。

また、汚れに強く、半永久的に使用可能である点や、電子タグ自体にデータを書き込むことができるという点でも、バーコードより優れている。

ただし、コスト面ではバーコードには勝ち目がないため、表4-4のようなメリットが生かせないような用途で、バーコードでも実現可能であることであれば、バーコードを利用した方が安価に実現できる。

4.3 電子タグシステムについて

電子タグを使用するシステムでは、電子タグリーダー・ライターを用い、電子タグのデータを読み取ったり、データを書き換えたりする。電子タグにはメモリが内蔵されており、電子タグリーダー・ライターを使用してデータを書き換えることができるため、電子タグと電子タグリーダー・ライターだけを用いて流通のトレーサビリティを実現するなどの運用も可能である。しかし、大量の電子タグを扱って集計を行う場合や、電子タグに記録された情報の改ざん、漏洩などが問題になる場合は、

¹ QR コードは株式会社デンソーウェーブの登録商標。

電子タグの ID 情報 (uid) だけを使用し、関連データをデータベースで一括管理するような運用方法が一般的である。

電子タグリーダー・ライターとデータベースサーバーを連携させる運用の場合、両者の間で通信を行う必要がある。従って、電子タグを扱う現場に LAN などのネットワーク環境を準備する必要があり、現場とサーバーの距離が離れている場合は、VPN などの回線契約によって遠距離通信を行う手段を構築する必要がある。このため、システムの導入コストが高額になるケースが多く、また、電子タグの利用可能範囲が現場 LAN の周辺に制限されるといった問題がある。本スタディでは、提唱するシステム構成によって、このような問題点を解決することを目指す。

【提唱するシステム構成の利点】

一般的なシステム構成では、電子タグを読み取る現場にパソコンを設置し、パソコンに接続された電子タグリーダー・ライターを用いるか、PDA などのハンディ型の端末に小型の電子タグリーダー・ライターを接続して用いる場合が多い。いずれにしても、現場に配線された LAN 又は無線 LAN などの通信設備に接続して、データベースサーバーにアクセスすることになる。

本スタディで提唱するシステム構成では、携帯電話を用いて、電子タグリーダー・ライターとデータベースサーバーの間の通信を実現する。携帯電話の広範囲に渡るネットワークを効果的に使用することによって、現場に通信設備やパソコンなどの機材を設置する必要がなく、電子タグを使用する場所が通信設備の付近に限定されるといった問題も解決できる。

【PDA を使用するシステムとの比較】

PDA を用いたシステムでは、PDA の外部インターフェースに電子タグリーダー・ライターを接続する。一般的には、ボタンなどのユーザーインターフェースを持たない小型の電子タグリーダー・ライターを使用することが多く、PDA 上の操作によって電子タグリーダー・ライターの電源制御などを行う。PDA に接続された電子タグリーダー・ライターを電子タグにかざすことで、電子タグを読み取り、PDA が持つグラフィカルな画面上に読み取った結果を表示できる。操作性は十分に良く、ハンディ型のため、現場での作業に適している。

一方、本スタディが提唱するシステムでは、携帯電話を用い、電子タグリーダー・ライターと Bluetooth による通信を行うため、電子タグリーダー・ライターの形状を気にする必要はなく、ボタンや画面といったユーザーインターフェースを持つものも選択できる。携帯電話の画面表示についても表現力が豊富で、操作性及びハンディ性に関して PDA と同等といえる。

また、両者とも、サーバーと通信を行う際に無線通信を使うことになる。PDA

は無線 LAN を使用し、携帯電話は携帯電話会社のネットワークを使用する。無線 LAN はアクセスポイントの周辺で高速な通信を行うことができる。一方、携帯電話は電波が入るところであれば通信ができるため、無線 LAN のように、使用する場所が一定の範囲内に制限されることはない。また、先述のように、携帯電話を使用すれば、固定の通信機器を準備する必要もない。

以上のことから、一般的な利用シーンにおいて、PDA を使用するシステム構成と、携帯電話を使用するシステム構成を比較すると、操作性については同等であり、通信機器の準備と通信可能範囲については携帯電話の方が有利であるといえる。

【コスト比較】

先述のように、本スタディが提唱するシステム構成では、現場環境に固定の通信機器などを準備する必要がないため、初期導入のコストを抑えることができる。遠隔地に電子タグを扱う現場がある場合は、VPN の準備が不要なことから、特に有利である。現場環境を移設する際にも同様に、システムの移設にかかるコストはほとんどない。

また、携帯電話が普及していることにより、システムのために端末を準備する必要がないケースも考えられる。PDA を用いる場合には、既設 LAN の流用について考慮の余地はあるが、セキュリティ・動作保証の面で難がある。電子タグリーダー・ライターに関しては、本スタディで提唱するシステム構成上、Bluetooth を搭載しているものであれば良いため、市販の安価なものを選択できる。

5 携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発

5.1 携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発概要

本スタディでは、提唱するシステム構成で実用的なシステムを構築できることを実証するために、実際に小規模なシステムの開発を行い、開発に伴う技術的な課題について検証を行う。電子タグを利用する実用的なシステムの例として、資産管理システムを取り上げて実際に試作し、本スタディにおける実証実験に用いる。

資産管理システムは、管理対象物品に貼られている電子タグの ID を読み取り、物品の関連情報をデータベースサーバーからダウンロードして端末上に表示して確認する。また、現品確認を行った際には、物品の棚卸し状態を未棚卸し状態から棚卸し済みの状態に変更するといった、データ更新機能も有する。この資産管理システムを、本スタディが提唱するシステム構成で実現し、実際のシステム開発を通じて、電子タグ、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、データベースサーバーを連携させるシステムを開発する上での技術的な課題を明らかにする。

システムの開発において中心的な課題となるのが、ソフトウェアの開発である。本章では、資産管理システムの概要を述べた後に、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、データベースサーバーのそれぞれにインストールする形で動作するアプリケーションの設計について、各機材の機能を有効に使うための機能設計を初め、セキュリティ及び低消費電力に関して設計に盛り込んだ点などについて説明する。

また、本スタディの主題といえる、電子タグリーダー・ライターと携帯電話を Bluetooth 通信で連携させる点について、SPP 通信技術を用いてソフトウェア開発を行うことで、複数通信事業者の携帯電話に対応可能な汎用性を担保しつつ、通信機能を実装できることなど、アプリケーションを連携させる際の通信制御の設計について、実用性の高いシステムの実現に向けて考慮すべき点を中心に説明する。

最後に、システムを開発する中で生じた問題点とその解決方法について説明し、技術的な課題と合わせて、今後、実用システムを開発する際の注意点としてまとめる。

【使用する機材について】

携帯電話はモトローラ社製でNTTドコモ社の回線を使用するFOMA®¹ M1000（次、M1000）を使用する。M1000は、Bluetooth通信プロファイルとしてSPPによる通信が可能である。

電子タグリーダー・ライターは、デンソーウェーブ社製のハンディターミナルBHT-8048DBID²を使用する。携帯電話に装着できる電子タグリーダー・ライターを開

¹ FOMA は株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモの登録商標。

² BHT は株式会社デンソーウェーブの登録商標。

発して使用することも視野に入りたいが、その場合もBluetooth通信によって携帯電話と通信を行うことに関しては同様のため、本スタディではハンディターミナルを用い、Bluetoothにより携帯電話と通信できるソフトウェアを開発することに注力した。

サーバーについては、携帯電話からの要求に対して応答できるWebサービスが実行でき、Webサービスとデータベースが内部で連携できるサーバーであれば問題はない。本スタディでは、Microsoft® Windows®¹ Server 2003 R2 が動作するサーバーを使用する。

【資産管理システムの概要】

資産管理システムは、管理対象物品に貼られている電子タグを読み取ることで、物品の詳細情報を参照することができる。また、現品確認を行った際には、棚卸し状態の変更をサーバーに登録でき、現品確認の結果を集計することができる。

資産管理システムの運用については、図 5-1 のように、資産管理サーバーを設置するセンター側と、管理対象物品が置かれている現場側に分けて運用を行う。

センター側の業務では、資産管理サーバー内のデータベースに登録されているデータの管理を中心に行う。データベースで管理されているデータとして、個々の物品の品名、管理部署名、棚卸し状況などで構成される物品データと、現場側でシステムを利用する現場作業者のログイン情報や氏名で構成されるユーザーデータがある。資産管理部門のデータ管理者は、Web ブラウザなどを利用して管理用端末から資産管理サーバーにアクセスし、物品データの新規登録、削除、修正といったデータ更新業務を行い、必要に応じて、物品データを検索しながら詳細情報の確認や棚卸し状態の確認を行う。また、現場作業者用のユーザーデータについて、ログイン情報や氏名の管理も行う。

現場側の業務では、現場作業者が管理対象の物品に貼られた電子タグを電子タグリーダー・ライターで読み取って端末に送信し、端末の操作により、電子タグの ID 情報に紐付けられた物品データを資産管理サーバーから取得して確認する。また、現品確認を行う場合は、端末から資産管理サーバーに対して棚卸し状態を変更するための要求を送信することで、物品データを未棚卸し状態から棚卸し済みの状態に更新する。

本スタディのシステム構成では、端末として携帯電話を利用し、電子タグリーダー・ライターとの間で ID 情報の送受信を行うために Bluetooth 通信を行う。また、携帯電話から資産管理サーバーに対して物品データの問い合わせや棚卸し状態の更新を行うために、パケット網及びインターネットなどを介した HTTP (Hypertext

¹ Microsoft 及び Windows は米国 Microsoft Corporation の米国及びその他の国における登録商標。

Transfer Protocol) 通信を行う。

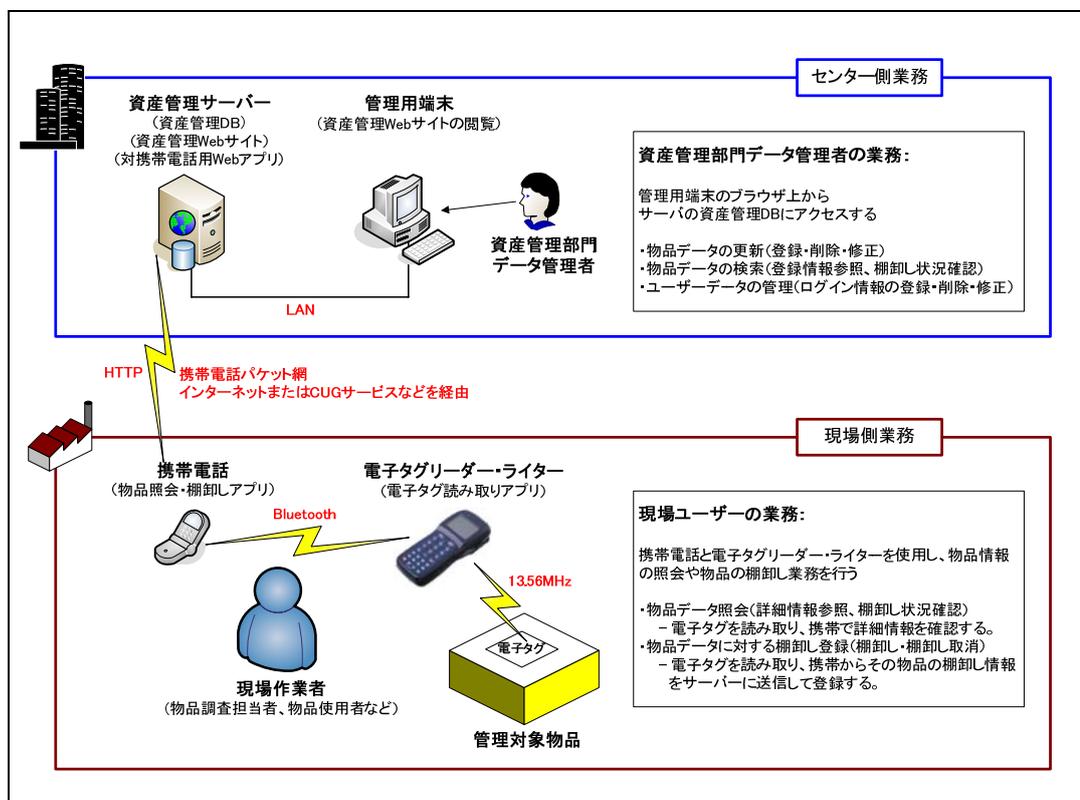


図 5-1 資産管理システムの概要

センター側では、図 5-2 のように、資産管理部門のデータ管理者が管理用PCのブラウザを用いて資産管理サーバーのWebサイトにアクセスする。アクセス制限を行うために、ユーザー名とパスワードなどによる認証の仕組みも必要となる。認証に成功すると、ユーザーデータ又は物品データが参照でき、必要に応じてデータの更新を行うことができる。データの更新を行うと、資産管理サーバー内のデータベースにあるデータが更新される。

新しい管理対象物品が発生した場合は、データ管理者はその物品に対する物品データを新規登録しなければならない。その際、その物品に電子タグを貼り付け、電子タグの ID 情報と物品を紐付けた上で、物品データとして登録する必要がある。

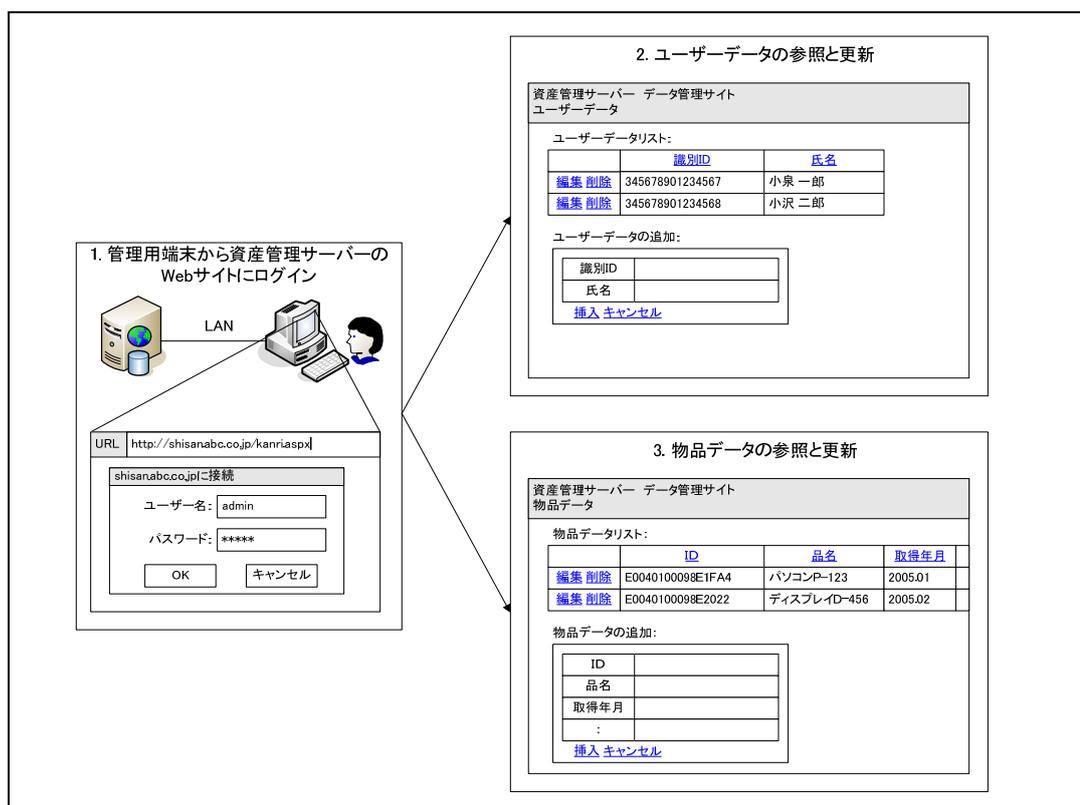


図 5-2 センター側の業務イメージ

現場側では、図 5-3 のように、現場作業者が携帯電話と電子タグリーダー・ライターを使用して物品データの照会や棚卸し状態の更新を行う。

携帯電話と電子タグリーダー・ライターは Bluetooth で無線通信を行うため、互いに通信相手の機器を特定させるためのペアリングを行う必要がある。一度ペアリングを行った機器同士は、次回の使用に備えて通信相手を記憶しておくことで、通信相手を変更しない限り、使用するたびにペアリングの作業を行う必要はない。

物品データの照会を行うためには、電子タグリーダー・ライターで物品に貼られている電子タグを読み取り、読み取った ID 情報を Bluetooth 通信により携帯電話に転送すると、携帯電話のアプリケーションは資産管理サーバーに問い合わせを行い、物品データをダウンロードして表示する。この際、電子タグリーダー・ライターには複数の電子タグを一括で読み取ることができるアンチコリジョン読み取り機能があるため、その特長を活かし、現場作業者の操作次第で、複数の物品データの参照を一度の作業で行えるようにアプリケーションを工夫すべきである。このため、携帯電話のアプリケーションは、物品データの内、品名などの一部のデータを用いて複数の物品データをリストにより一覧表示し、作業者の指示により、個別の物品データの詳細を表示できるようにする。また、棚卸し状態の更新についても同様に、電子タグリーダー・ライターで読み取った電子タグの ID 情報を携帯電話に送信し、

携帯電話から ID 情報及び棚卸し状態の変更をサーバーに要求することで、サーバー内のデータを更新する手順となるが、物品データの照会処理を途中まで流用し、物品データの表示画面において、棚卸し状態を変更してサーバーに登録できるようにすることで、作業者は棚卸し状態を更新する前に、物品データと実際の物品の一致を確認することができる。

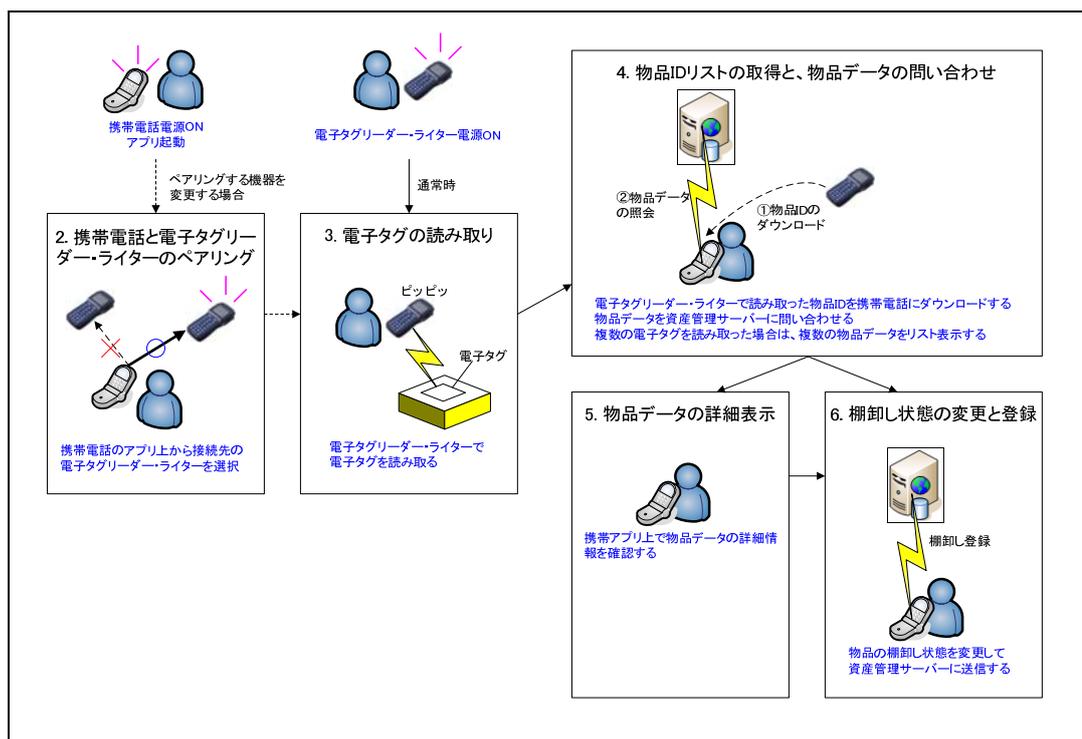


図 5-3 現場側の業務イメージ

5.2 アプリケーションの設計

本スタディが提唱するシステム構成では、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、及びデータベースサーバーを使用するため、それぞれにインストールするためのアプリケーションを開発する。

本スタディで使用する電子タグリーダー・ライター及び携帯電話は、共にユーザーインターフェースを実装できることから、双方でシステムの機能を分担することになる。電子タグリーダー・ライターにほとんど全ての機能を実装し、携帯電話は単なるブリッジの役目をするように構築する方法も考えられるが、本スタディでは、携帯電話と電子タグリーダー・ライターの双方でそれぞれ得意とする機能を分担する形でシステムを実現する。電子タグリーダー・ライターは、電子タグを読み取り、読み取った電子タグの ID 情報を、Bluetooth を使って携帯電話に送信する。携帯電話は電子タグリーダー・ライターから ID 情報を受信し、その ID 情報に紐付けられた関連情報を

データベースサーバーから取得して、リッチな表現方法が可能な携帯電話の画面上に表示する。

本スタディでは、実用的なシステムの構築を意識し、資産管理システムを例題として実際にシステム開発を行う。資産管理システムでは、上記のような一連の参照系機能として物品照会機能を実現する。さらに、実用的な機能の実装を意識し、資産管理業務上で必須となる棚卸し業務に対応できるように、物品の棚卸し状態をサーバーに送信して登録するといった、更新系の機能も実装する。

また、システム構成上、機材をモバイル利用することを考慮し、セキュリティ及び消費電力にも配慮した設計とする必要がある。このような考慮すべき点を盛り込みながら、本スタディが提唱するシステム構成を基本とした資産管理システムを構築するために、電子タグリーダー・ライター、携帯電話、データベースサーバーのそれぞれで必要なアプリケーションを設計し、技術的な課題があれば検討を行う。

5.2.1 電子タグリーダー・ライター用アプリケーションの設計

【電子タグリーダー・ライターの外観と仕様】

本スタディで使用する電子タグリーダー・ライターは、デンソーウェーブ社製のRFID対応/Bluetooth機能搭載ハンディターミナルBHT-8048DBIDを使用する(図 5-4)。充電式のバッテリーを持ち、バッテリーを含めた本体重量は約 160gで、使用時には電源ケーブル及び通信ケーブルなどが無いため、持ち運びに便利である。また、画面とボタン群を持ち、電子タグの読み取りには十分なユーザーインターフェースを実現できる。データの転送にはRS-232Cケーブルを使った有線でのデータ転送の他に、赤外線通信(IrDA-SIR1.2)及びBluetooth通信を使った無線でのデータ転送も可能である。なお、画面はモノクロ表示で、表示可能な文字数は英数字の場合 21 文字×10 行、漢字の場合は 10 文字×5 行である。Bluetoothのバージョンは 1.1 であり、Power Class 2 の出力強度である。Bluetooth通信で使用可能なプロファイルには、GAP、SDAP、SPP、AMPがある。



図 5-4 電子タグリーダー・ライターの外観

【機能設計】

本スタディで使用する電子タグリーダー・ライターは、画面とボタン群を持ち、電子タグを読み取る作業に適したユーザーインターフェースを実現できるため、携帯電話のアプリケーションからの指示によって電子タグリーダー・ライターを動作させるのではなく、手動でボタンなどを操作できることを利用して、実用時に効率よく電子タグを読み取れるようにアプリケーションの設計を行う。

電子タグリーダー・ライターは、携帯電話と Bluetooth による通信を行うことから、通信相手を特定するためのペアリングを行うための機能が必要である。また、当然ながら電子タグを読み取る機能と、電子タグの ID 情報を Bluetooth により送信する機能が必要である。従って、電子タグリーダー・ライター用のアプリケーションでは、これらの機能を実現するための設計を行う。

また、Bluetooth 通信においてはマスターとスレーブという考え方があるが、

電子タグリーダー・ライターと携帯電話との Bluetooth 通信に関しては、不正な Bluetooth 通信によって携帯電話が応答し、携帯電話に保存されている情報を不正に取得されないようにするため、及び、将来的に電子タグリーダー・ライターが携帯電話に搭載された場合などを考慮し、必ず携帯電話がマスターとなるようなポリシーで設計を行う。従って、両方で Bluetooth 通信を行う際に、スレーブとなる電子タグリーダー・ライター側は、携帯電話からの通信要求を受け付けるために Bluetooth ポートをオープンしておき、携帯電話からの通信要求を受信することで通信を開始する手順となる。

● アプリケーションの起動

電子タグリーダー・ライターは、他の用途に使用しないことを前提とするため、電源をONにしたときに、自動的にアプリケーションを起動する。アプリケーションを起動するとすぐに電子タグの読み取りが可能なモードとなる(図 5-5)。



図 5-5 電子タグリーダー・ライターの起動時の画面

● ペアリング

アプリケーションの初回起動時、又は通信相手の携帯電話を変更する場合に、Bluetooth 通信の相手を特定するための「ペアリング」を行う。

一度ペアリングを行った後は通信相手を記録しておくことで、電源を OFF にした場合にも、次回アプリケーションの起動時にペアリングをし直す必要がないようにする。

ペアリングは頻繁に行う行為ではないため、アプリケーションとしては特別にペアリングのためのモードを用意し、電子タグの読み取りといった通常の操作では使用しないメニューからペアリング機能呼び出すようにする。図 5-6 に電子タグリーダー・ライター側のペアリングの操作手順を示す。

通信の観点では、電子タグリーダー・ライター側の Bluetooth 通信ポートをオープンして携帯電話からの接続待機状態にしておき、マスターとなる携帯電話側の接続要求を受けてペアリングを行う。接続待機状態は 30 秒間とし、その間に携帯電話からの接続要求がない場合は、ペアリングを行わずに失敗

とする。

ペアリングが成功した場合は、長いビープ音（成功音）を鳴らし、次回のアプリケーションの起動のために通信相手のデバイスアドレスとデバイス名を記録する。ペアリングが失敗した場合は、短いビープ音5回（失敗音）を鳴らし、直前までの通信相手を変更しない。

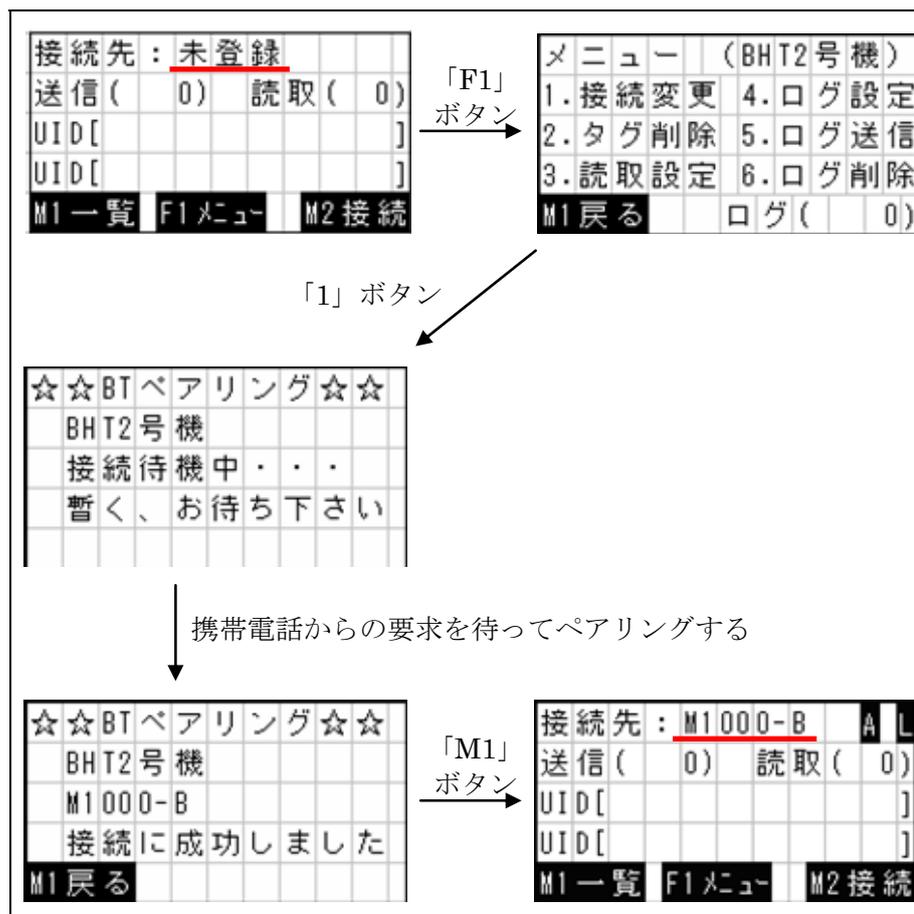


図 5-6 電子タグリーダー・ライター側のペアリング操作

● 電子タグの読み取り

電子タグの読み取りについては、電子タグリーダー・ライターのトリガーボタン（図 5-4を参照）を押しながら、電子タグに近づけることで電子タグの読み取りを行うように設計する。

読み取り動作モードとして、タグを1個ずつ読み取る単独読み取りモードと、複数のタグを一度の操作で読み取るための一括読み取りモードを切り替えて使用できるようにする。単独読み取りモードでは、トリガーボタンを押しながら電子タグを1個読み取ると、それ以降は電子タグを読み取らないよ

うにする。一括読み取りモードでは、電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能により、トリガーボタンを押している間は、複数の電子タグを次々に読み取ることができる。ただし、一度読み取った電子タグを再度読み取った場合は無視し、二重に同じ電子タグを読み取らないようにする。なお、読み取り動作モードは、メニューから設定を変更することで切り替えができる（図 5-7）。

トリガーボタンを押したまま電子タグを読み取ると、ビープ音により電子タグが読み取れたことを使用者に通知し、電子タグのID情報を16進数表現で画面上に表示する（図 5-8）。

本スタディで開発するシステムは実証実験に用いることから、実験用の計測機能として、タグを読み取った時刻をログファイルに残すように設計した。なお、本体のメモリ上に残るログファイルは、電子タグリーダー・ライターのネイティブの機能によってPCなどに転送することができ、PCのエディタなどを用いて内容を確認することができる。また、電子タグを読み取った後、トリガーボタンを一旦離し、再度トリガーボタンを押した場合に限り、既に読み取っている電子タグを再び読み取れる設計としている。これは、実験用に用意した電子タグの個数が少ないため、大量に電子タグを読み取る実験を行うために、同じ電子タグを複数回読み取れる仕様になっているが、実用化する場合には二重に読み取らない仕様にすべきである。

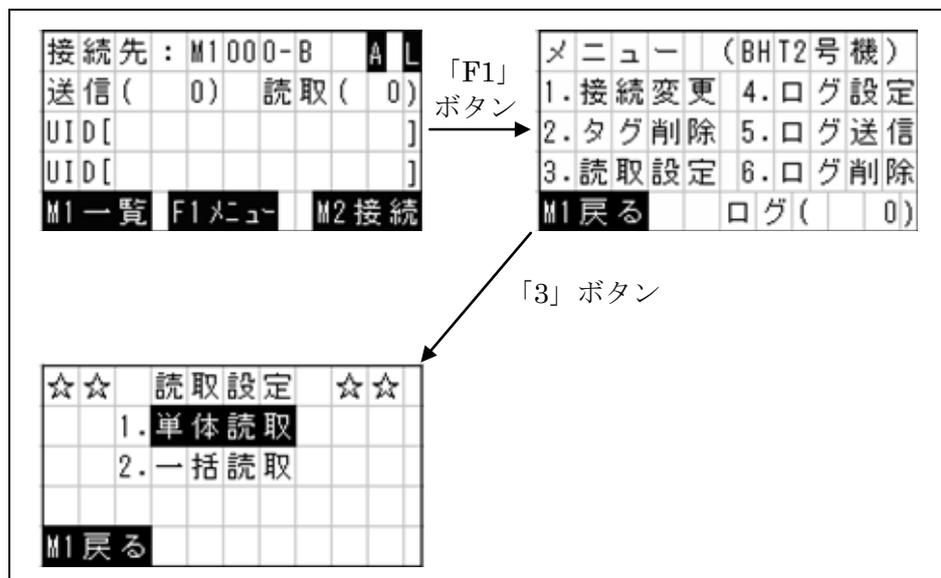


図 5-7 電子タグリーダー・ライターの読み取り動作モードの設定

けを受け付け、ペアリング済みの相手以外からの通信要求や ID 情報の送信要求以外の通信は行わない。なお、送信要求待ちの状態は 30 秒間とし、その間に携帯電話からの送信要求がない場合は、ID 情報の送信は失敗とする。

ID 情報の送信が成功した場合は、長いビープ音（成功音）を鳴らし、読み取っていた電子タグの ID 情報を破棄し、次の電子タグの読み取りに備える。ID 情報の送信が失敗した場合は、短いビープ音 5 回（失敗音）を鳴らし、送信のリトライができるように ID 情報はそのまま保持する。

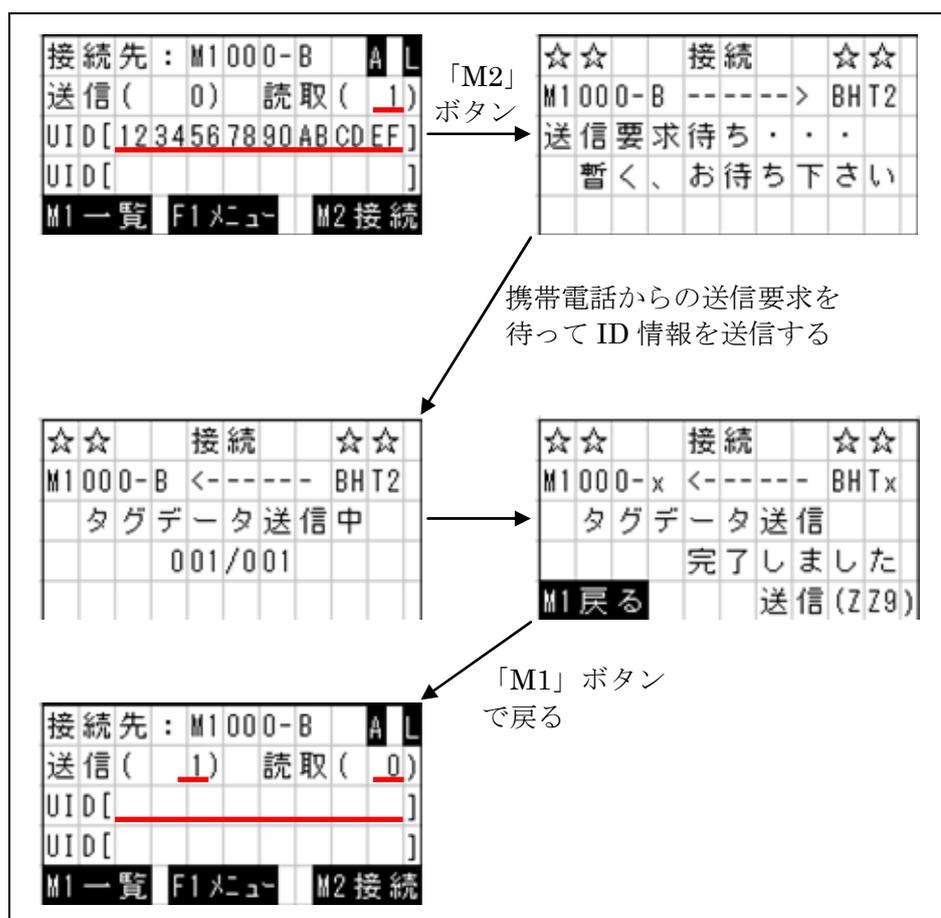


図 5-9 電子タグリーダー・ライターによる ID 情報の送信操作

● アプリケーションの終了

電子タグリーダー・ライターのアプリケーションは、本体の電源が OFF になるときに終了する。

【セキュリティを考慮した設計】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話は、Bluetooth という無線通信を行って情報の送受信を行う。セキュリティの観点から、電子タグリーダー・ライタ

一で読み取った電子タグの情報、作業者が行った操作内容などの情報を、不正な Bluetooth 通信により意図しない機器によって取得されることのないよう、注意して設計する必要がある。

電子タグリーダー・ライターが携帯電話と Bluetooth 通信を行うのは、携帯電話とペアリングを行うとき、及び、ID 情報の送信を行うときの 2 箇所である。電子タグリーダー・ライター側の Bluetooth 通信ポートをオープンするのは、これらの通信を行うときだけに限定し、それ以外のタイミングではポートを閉じるようにすることで、Bluetooth デバイスの使用を必要最小限にする。

ペアリングについては、使用者の明確な指示がある場合にだけ、携帯電話からのペアリング要求を受け付けるようにする。電子タグリーダー・ライター側のペアリングの操作（図 5-6）では、使用者の操作によってペアリング可能な状態にすることでこれを実現している。また、意図しない Bluetooth 機器とのペアリングの成立を防ぐために、予め決められたパターンのデバイス名以外の Bluetooth 機器からのペアリング要求はすべて拒否する（例えば、「M1000A」～「M1000E」からの要求のみ受け付けるなど）。また、ペアリングが成立した場合は、デバイス名を画面上に表示することで、使用者はペアリングの相手が正しいことを確認することができる。

なお、Bluetooth 機器による通常のペアリング操作では、パスキーと呼ばれるパスワードを用いて、ペアリング相手が正しいことを確認する方法がとられる。双方の機器で同じパスキーを入力するか、入力デバイスがない機器の場合はパスキーを固定値として持っており、もう一方の機器からそのパスキーを入力することで、通信相手を確認してからペアリングが行われる。本スタディで開発するシステムでは、実証実験用のシステムであるため、パスキーによるペアリング相手の認証を行っていないが、実用化する場合は、パスキーを使った Bluetooth 機器の認証を行うことにより、さらにセキュリティを向上させるべきである。

読み取った電子タグの ID 情報を携帯電話に送信する場合も、使用者の明確な指示がある場合にだけ Bluetooth 通信を行うようにする。携帯電話からの送信要求を待つための専用のモードを設け、使用者が操作を行ったときのみ、Bluetooth ポートをオープンし、携帯電話からの送信要求を受け付けるようにする（図 5-9）。このモードでは、当然ながら、ペアリング済みの携帯電話からの送信要求以外は通信しないように制限をかける。

【タンキング機能の設計】

電子タグリーダー・ライターは、複数の電子タグを一括で読み取れるというアンチコリジョン読み取り機能を持っていることから、その特長を活かすため、

電子タグリーダー・ライターのアプリケーションは、複数の電子タグの ID 情報をメモリ内に溜めることができる（タンキングできる）仕組みで設計すべきである。また、そのような設計にすることで、携帯電話の電波が入らない地下室などの現場において、多数の電子タグを読み取っておき、携帯電話の電波状態が良好な場所に移動してから ID 情報を携帯電話に送信するといった運用も可能となる。

電子タグを読み取る操作は 図 5-8 の手順で行う。複数の電子タグを読み取った場合は、複数の ID 情報をメモリに保持し、画面上にリスト形式で表示する。ただし、電子タグリーダー・ライターの画面は表現できる行数が限られていることから、スクロールしてすべての ID 情報を確認できるような専用の一覧画面を設ける。また、この一覧画面から 1 件の ID 情報を削除できるため、誤って読み込んでしまった電子タグの ID 情報を削除することができる（図 5-10）。また、タンキングされているすべての ID 情報を削除する機能も必要である（図 5-11）。

当然ながら、タンキングした ID 情報を携帯電話に送信する際には、複数の ID 情報を送受信できるような通信制御を設計する必要がある。

また、電子タグリーダー・ライターのメモリサイズにも上限があることから、タンキングできる ID 情報の上限数を設ける必要がある。本スタディで開発するシステムでは、100 個まで電子タグを読み取ることができ、それ以上の電子タグを読み取った場合はエラーとする。

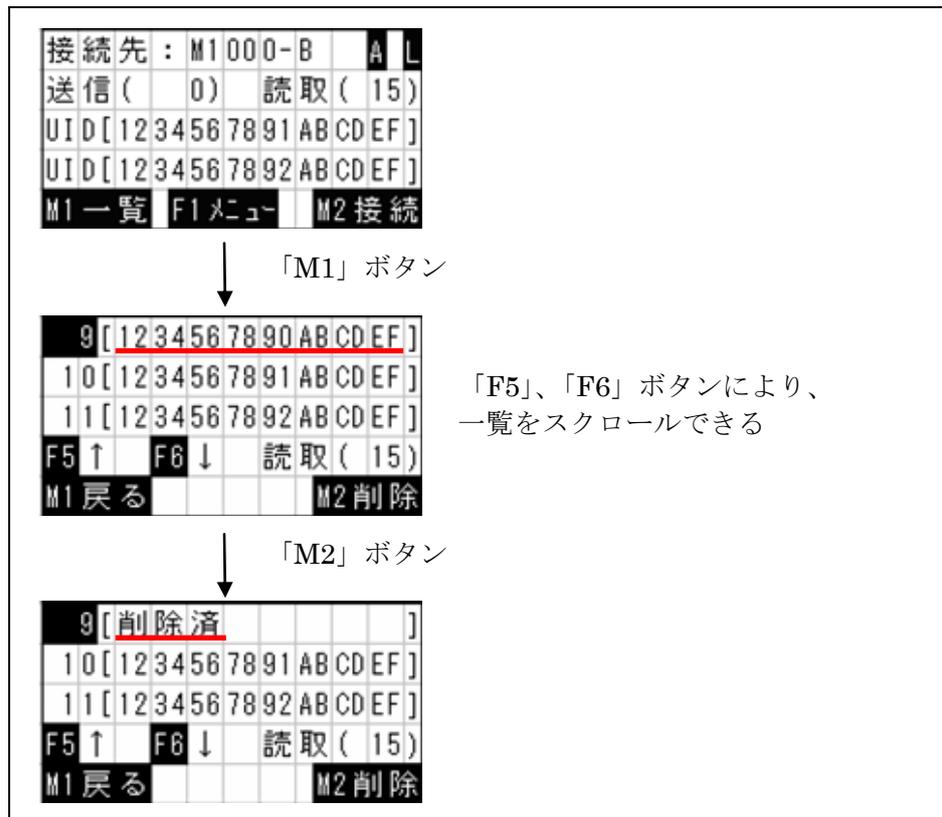


図 5-10 電子タグリーダー・ライターの ID 情報一覧画面と 1 件削除

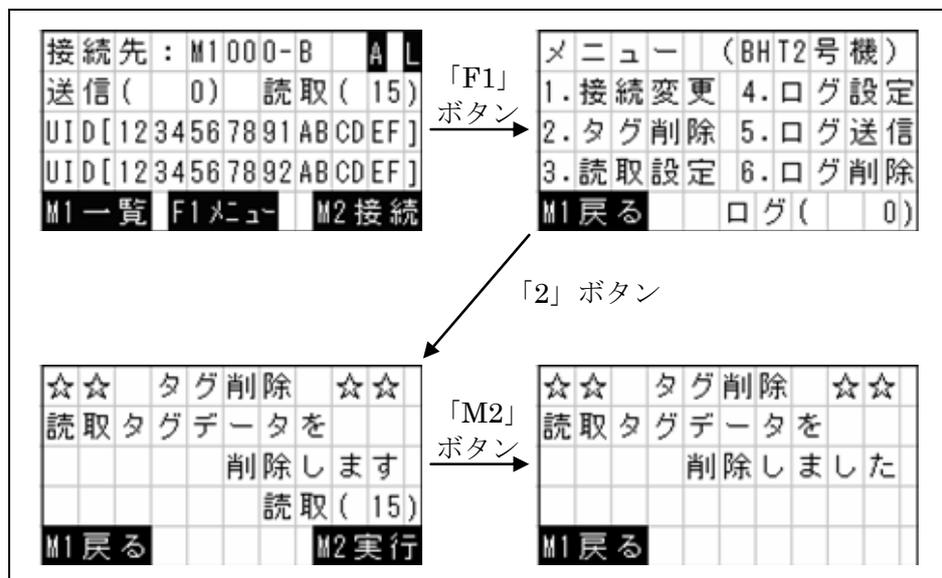


図 5-11 電子タグリーダー・ライターの ID 情報全件削除

【消費電力を考慮した設計】

電子タグリーダー・ライターは充電式でモバイル利用することから、電力の消費を極力抑える設計にする必要がある。

電子タグリーダー・ライターの電力は主に、電子タグを読み取るためのリーダーデバイスの動作、Bluetoothによる通信、画面の表示により消費されると考える。

リーダーデバイスについては、使用者がトリガーボタンを押している間だけの動作する仕組みで設計を行っているため、動作が必要な間以外はリーダーデバイスが動作することはない。

Bluetoothによる通信については、使用者が意図して通信させようとしたときにだけ、Bluetoothのポートをオープンし、通信が完了するとすぐにポートを閉じることから、Bluetoothデバイスが動作する時間は、実際に通信が必要になるときだけに限定されるため、無駄にデバイスが動作することはない。

画面の表示については、一定の時間の間に操作を行なわなかった場合は、表示を消すといったネイティブの機能により、使用者が作業を中断した場合にも、極力、無駄な電力を消費しないような設計となっている。

5.2.2 携帯電話用アプリケーションの設計

【携帯電話の外観と仕様】

本スタディで使用する携帯電話は、モトローラ社製でNTTドコモ社の通信回線を使用するFOMA® M1000を使用する（図 5-1 2）。バッテリーを含めた本体重量は約 168gである。約 2.9 インチのTFT液晶ディスプレイを持ち、画面サイズは208×320 ドットで、65536 色の発色が可能である。また、タッチパネル方式であり、スタイラスペンをポインティングデバイスとして使用できる。

近距離の無線通信としては、無線 LAN 及び Bluetooth が使用可能である。Bluetooth のバージョンは 1.1 であり、Power Class 2 の出力強度である。Bluetooth 通信で使用可能なプロファイルには、GAP、GOEP、OPP、SPP、DUN、HSP、SDAP、HFP がある。

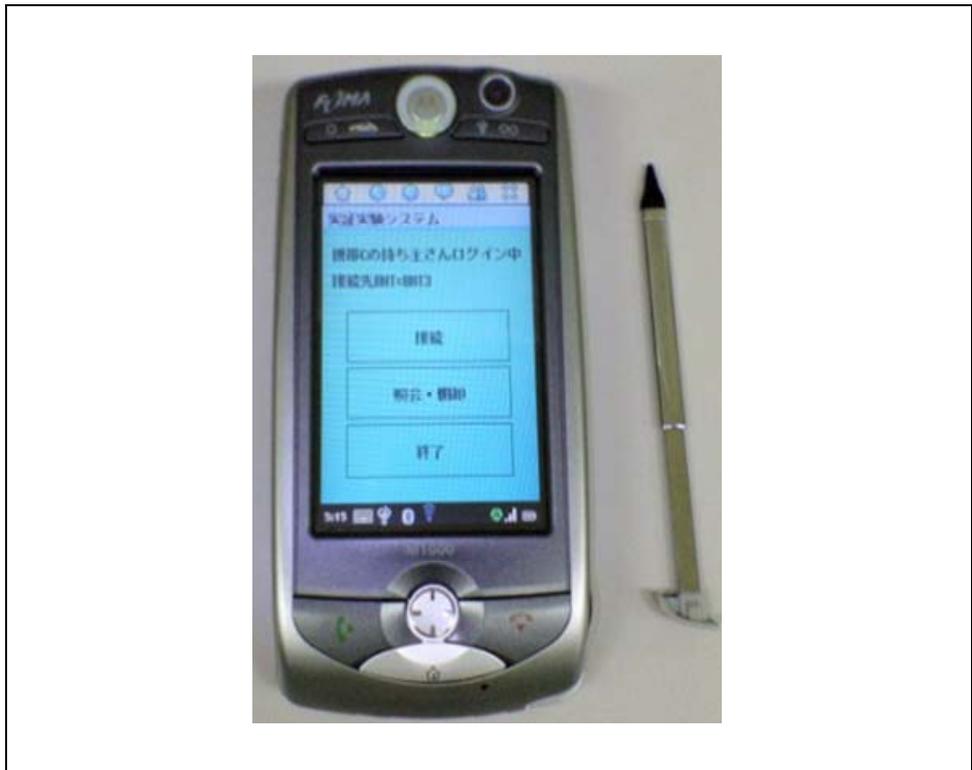


図 5-1 2 携帯電話の外観

【機能設計】

本スタディで使用する携帯電話は、リッチな表現が可能な液晶ディスプレイを持ち、またスタイラスペンによるポインティングデバイスも使用できることから、使用者にとって、直感的で操作しやすいユーザーインターフェースを実現することができる。また、開発に関しても、画面上に表示されるボタンやチェックボックス、スクロールバーといった既存のコントロールを使って簡単にアプリケーションの開発ができることから、細かい表示が必要となる機能や複雑な操作が必要となる機能については、携帯電話のアプリケーションで開発する方が、開発コスト及び操作性の面で有利である。

携帯電話と電子タグリーダー・ライターは、互いに Bluetooth 通信を行うことから、携帯電話にもペアリングを行うための機能が必要である。また、電子タグの ID 情報を Bluetooth により受信する機能と、受信した ID 情報を元に、関連する情報（本スタディで開発する資産管理システムにおいては物品データ）をサーバーからダウンロードして画面上に表示する機能が必要である。また、資産管理システムにおいては、棚卸し状態を更新してサーバーに登録するための機能も必要になることから、併せて設計を行う。

なお、Bluetooth通信においては、「5.2.1 電子タグリーダー・ライター用

アプリケーションの設計」の「機能設計」の項目でも先述のとおり、必ず携帯電話がマスターとなるようなポリシーで設計を行う。従って、両者でBluetooth通信を行う際には、必ず携帯電話側から通信要求を送信することで通信を開始する手順となる。

● アプリケーションの起動

本スタディで使用する携帯電話でアプリケーションを起動する場合、「ランチャー」と呼ばれる画面から、目的のアプリケーションのアイコンをタップする。携帯電話の使用者は、通話やメールの送受信といったネイティブの機能を使用する必要があることを前提とし、資産管理システムとして使用する場合には、手動によってアプリケーションを起動できるように設計する。

また、携帯電話側のアプリケーションは、サーバーにアクセスして情報をダウンロードすることから、システムの使用を許可された使用者であることを確認するために、アプリケーションの起動時にユーザー認証を行う。本スタディで開発する資産管理システムでは、携帯電話の個体識別IDにより認証を行う。すなわち、サーバーに登録された携帯電話であれば、電波状態が悪い場合を除いて、ユーザー名及びパスワードを入力することなく認証をパスし、すぐにアプリケーションを使用できる。このとき、アプリケーションは、サーバーのデータベースで個体識別IDと紐付いている使用者の氏名を自動的にダウンロードして画面上に表示する（図5-13）。この認証方法は、「サーバーに登録されている携帯電話を保持している人物は、システムの使用を許可された者である」といった考え方に基づいている。

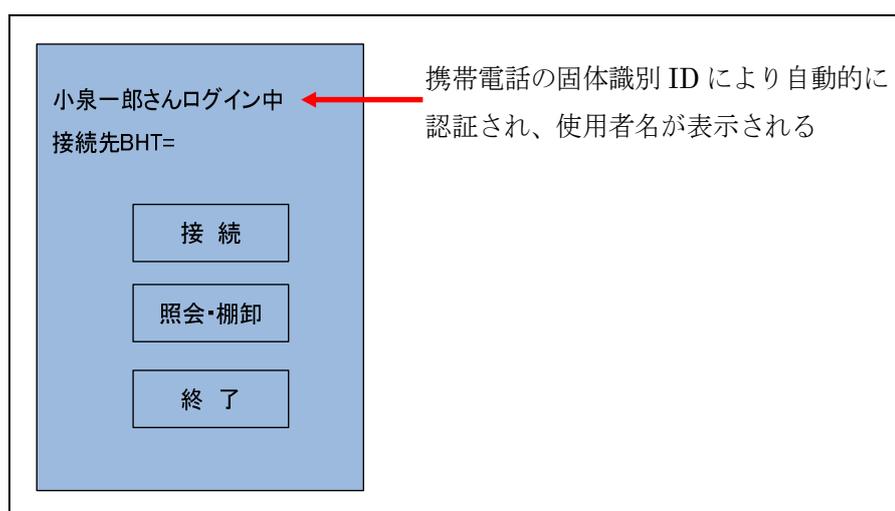


図 5-1 3 携帯電話の起動時の画面

● ペアリング

アプリケーションの初回起動時、又は通信相手の電子タグリーダー・ライターを変更する場合にペアリングを行う。

一度ペアリングを行った後は通信相手を記録しておくことで、アプリケーションを終了、又は電源を OFF にした場合にも、次回アプリケーションの起動時にペアリングをし直す必要がないようにする。

ペアリング操作は、電子タグリーダー・ライター側のBluetooth通信ポートをオープンして携帯電話からの接続待機状態にしておき、マスターとなる携帯電話側でinquiry（周囲に存在するBluetooth機器の探索）を行う。両者の距離が十分に近い場合は、inquiryによる探索結果にペアリング相手とする電子タグリーダー・ライターのデバイス名が表示されるため、そのデバイス名をタップすると、携帯電話は電子タグリーダー・ライターに対して接続要求を行い、両者間の接続が確立したときに接続相手のデバイスアドレスとデバイス名を取得してペアリングが成立する。図 5-1 4に携帯電話側のペアリングの操作手順を示す。

ペアリングが成立した場合は、成功を表す音を鳴らし、次回アプリケーションの起動のために通信相手のデバイスアドレスとデバイス名を記録する。ペアリングが失敗した場合は、失敗を表す音を鳴らし、直前までの通信相手を変更しない。

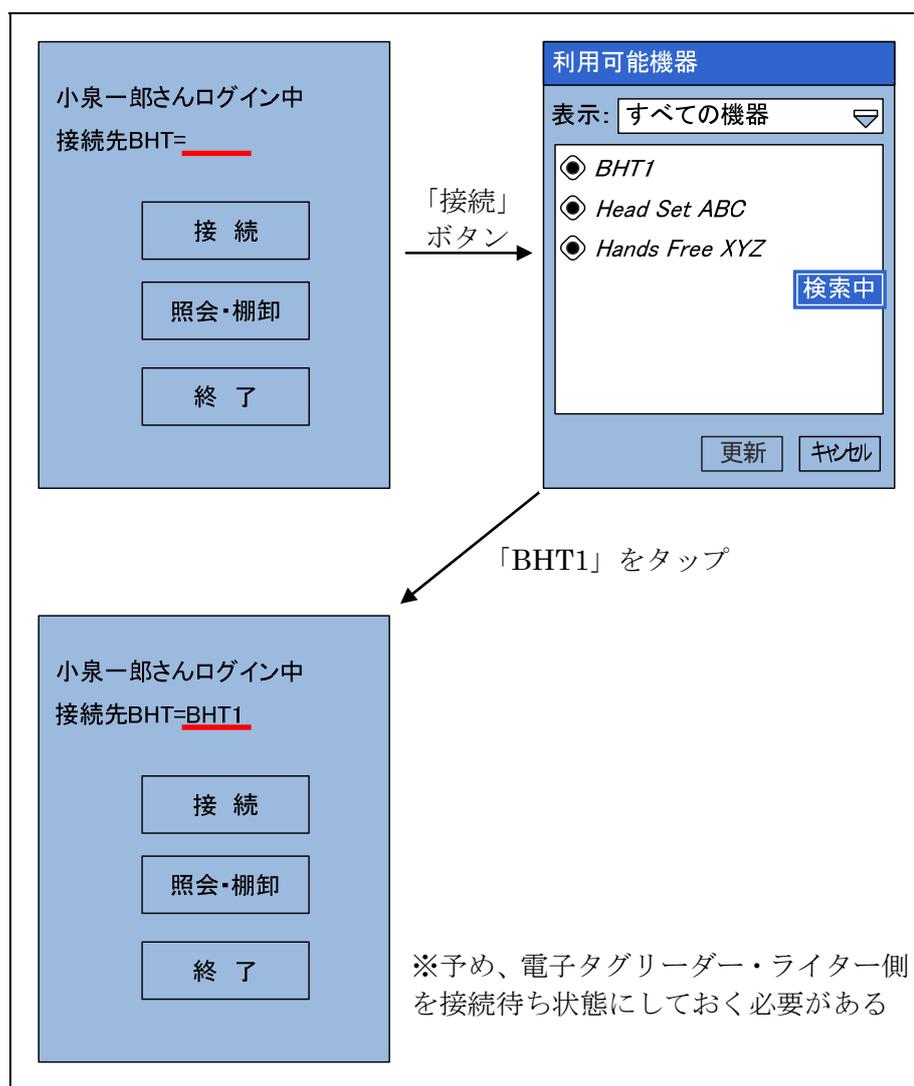


図 5-1 4 携帯電話側のペアリング操作

- Bluetooth による電子タグ ID 情報の受信と関連情報のダウンロード

電子タグリーダー・ライターで読み取った電子タグのID情報は、Bluetooth 通信により携帯電話に転送する。携帯電話は、受信したID情報に紐付いた関連情報をサーバーから自動的にダウンロードし、携帯電話の画面上に表示することで照会機能を実現する。本システムで開発する資産管理システムにおいて、携帯電話で物品照会を行う際の操作手順を図 5-1 5 に示す。

ID 情報を受信するためには、スレーブとなる電子タグリーダー・ライター側で ID 情報を送信するモード（携帯電話からの送信要求待ちの状態）にしておき、マスターとなる携帯電話から ID 情報の送信要求を送信する。そして、送信要求を受信した電子タグリーダー・ライターが既に読み取ってある電子タグの ID 情報を送信することで、携帯電話は Bluetooth から ID 情報を受信

できる。当然ながら、送信要求はペアリング済みの電子タグリーダー・ライターに対して行うため、他の Bluetooth 機器に対して通信を行うことはない。

BluetoothからのID情報の受信が失敗した場合は、失敗を表す音を鳴らし、エラーメッセージを表示して受信処理を終了する。正常にID情報の受信が成功した場合は、引き続き、ISP（インターネットサービスプロバイダ）経由で資産管理サーバーとのパケット通信を確立し、HTTP通信によりID情報をサーバーに送信して物品データを要求する。そして、その応答として物品データをダウンロードして画面上に表示する。本スタディで開発する資産管理システムでは、複数のID情報を一度にサーバーに送信し、それぞれのID情報に紐付けられた物品データを複数個一括でダウンロードし、携帯電話の画面上にそれぞれの物品の品名をリスト形式で一覧表示する。一覧表示された品名の内、1件をタップすると、その物品の物品データを全項目に渡り詳細に表示する。このリスト表示画面及び詳細表示画面では、表示する内容の量により画面に収まらない場合は、スクロールバーの操作によって内容をスクロールして確認することができる。もし、サーバーに送信するID情報に紐付けられた物品データがない場合は、リスト表示画面の品名の表示欄を「(未登録物品)」とし、タップされた場合は、詳細表示画面においてID情報だけを16進表現で表示する。また、サーバーに問い合わせるためのHTTP通信自体が失敗した場合は、同じ問い合わせをリトライするか、処理をキャンセルしてBluetoothから受信したID情報を破棄するかを確認するメッセージを表示する。

物品照会処理の繰り返しについては、一回の物品照会処理が正常に完了し、携帯電話の画面上に物品データが表示されている状態で、次の物品照会処理を行う場合、表示されている物品データを破棄することをメッセージにより確認し、物品データを破棄してから次の物品照会処理を行う。

なお、本スタディで開発するシステムは実証実験に用いることから、実験用の計測機能として、Bluetoothの通信に要した時間とサーバーへの問い合わせに要した時間を、一連の通信処理の後に画面上に表示する設計とした。

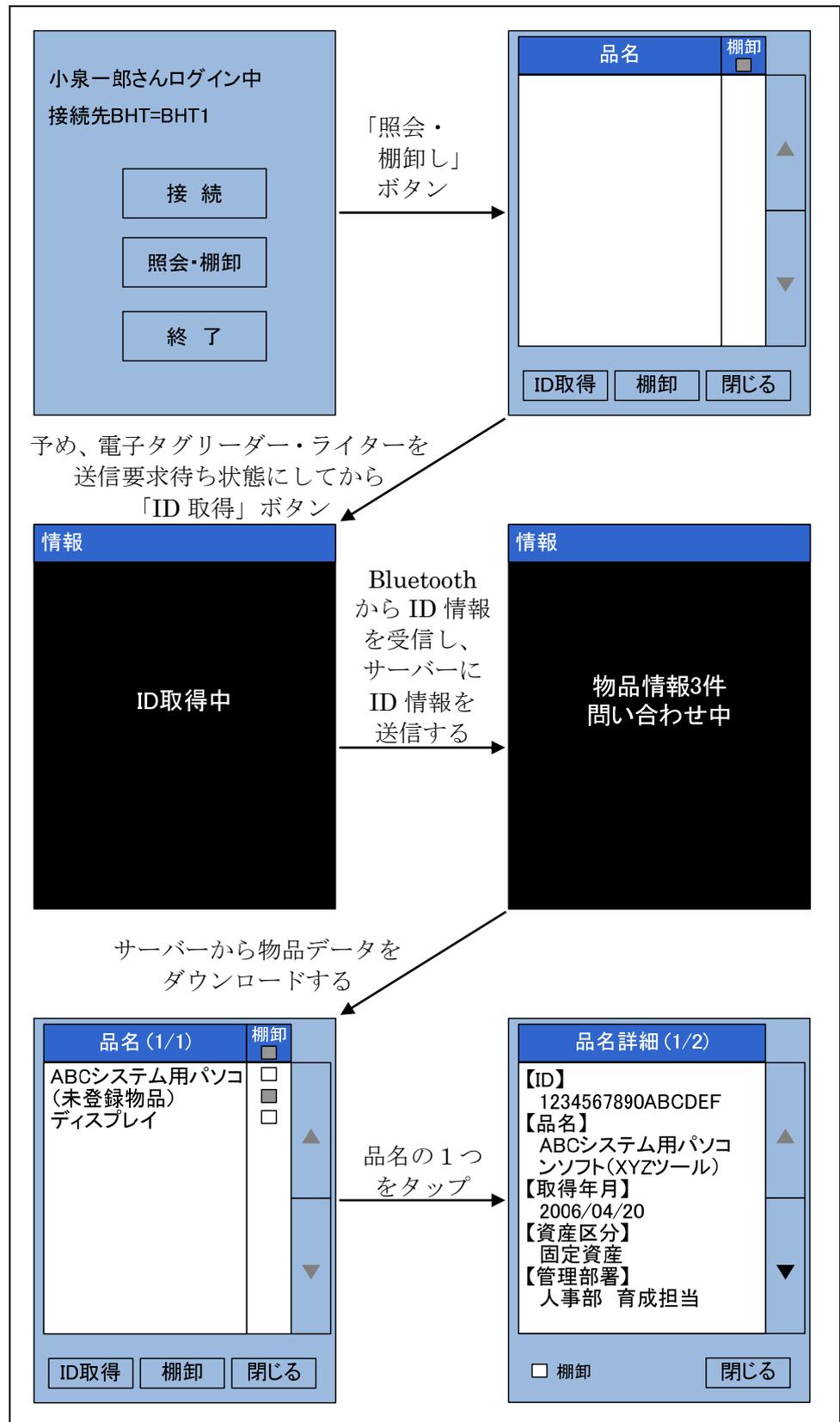


図 5-1 5 携帯電話による物品照会の操作

- 棚卸し状態の更新

本スタディで開発する資産管理システムでは、実用的な機能として、棚卸し状態の更新機能を実現する。資産管理業務上では、物品の現品確認を行った際に、その物品を棚卸し済みの状態として、なんらかの記録を残す。この作業を資産管理システム上で実現するには、物品データの一部の項目として「棚卸し状態」といった、棚卸し済み又は未棚卸しの状態を表す二値データを用意し、現品確認した際にそのデータを更新する機能を実装する。本システムで開発する資産管理システムでは、「棚卸し状態」の他に、「棚卸し者名」及び「棚卸し日時」の項目を設け、現品確認を行った確認者名及び確認日時も登録できるように設計した。また、実際の現品確認の作業では、未棚卸し状態の物品データを棚卸し済みの状態に更新する作業がほとんどであるが、登録ミスなどにより、逆に未棚卸しの状態に戻す作業も想定し、「棚卸し状態」のデータをどちらの状態にも更新できるように設計した。

棚卸し状態の更新処理を行う操作手順については、一度、該当する物品についての物品照会処理（図 5-1 5）を行い、物品データのリスト表示画面を表示した上で、その画面上で棚卸し状態の更新処理を行うように設計した。リスト表示画面における棚卸し状態更新処理の手順を 図 5-1 6 に示す。

物品データのリスト表示画面では、品名の右側にチェックボックスを用意し、棚卸し状態を初期表示する。初期表示において、チェックボックスにチェックが付いている場合は、その物品データは棚卸し済みの状態であることを示し、逆にチェックが付いていない場合は、未棚卸しの状態であることを示す。棚卸し状態を更新するためには、チェックボックスを操作してチェックを付けるなどし、「棚卸」ボタンをタップすることで、物品データの棚卸し状態が指定された状態になるように更新する。すなわち、チェックを付けて「棚卸」ボタンをタップすると、サーバーの物品データは棚卸し済みの状態に更新され、チェックを付けずに「棚卸」ボタンをタップすると、未棚卸しの状態に更新される。

また、先述のとおり、物品照会処理では、一度に複数の物品データの照会ができ、それぞれの物品データの品名をリスト表示するが、その場合は、棚卸し状態を更新するためのチェックボックスを物品データの個数分表示し、複数個の物品データに対して一度の作業で棚卸し状態の更新処理を行えるように設計している。その際に、チェックボックスの操作についても、一度の操作で全件分のチェックボックスに対して同じ操作ができるように、代表となるチェックボックス（リスト表示画面中の一番上のチェックボックス）を用意し、そのチェックボックスにチェックを付けた場合は、連動して表示中

の全てのチェックボックスにチェックが付くように設計している。

「棚卸」ボタンをタップした際、ISP 経由で資産管理サーバーとのパケット通信を確立し、物品の ID (=電子タグの ID 情報)、使用者の ID (=携帯電話の個体識別 ID)、及び棚卸しの状態を HTTP 通信によりサーバーに送信して物品データの更新を要求する。要求を受けたサーバーは、該当する物品データの「棚卸し状態」の項目を指定された状態に更新し、使用者の氏名を調べて「棚卸し者名」の項目に設定し、「棚卸し日時」の項目にサーバーの現在時刻を設定して、更新処理の成功又は失敗の情報を携帯電話に応答として返す。

HTTP によるサーバーへの処理要求が成功した場合は、サーバーに対して物品照会を再度問い合わせ、更新後の物品データをダウンロードして携帯電話のリスト表示画面にて最新の状態を表示する。サーバーが更新処理失敗の応答を返した場合、又は HTTP 通信自体が失敗した場合、携帯電話にエラーメッセージを表示し、リスト表示画面は「棚卸」ボタンをタップされる直前の状態のまま変更せず、サーバーへの処理要求をリトライできるようにする。

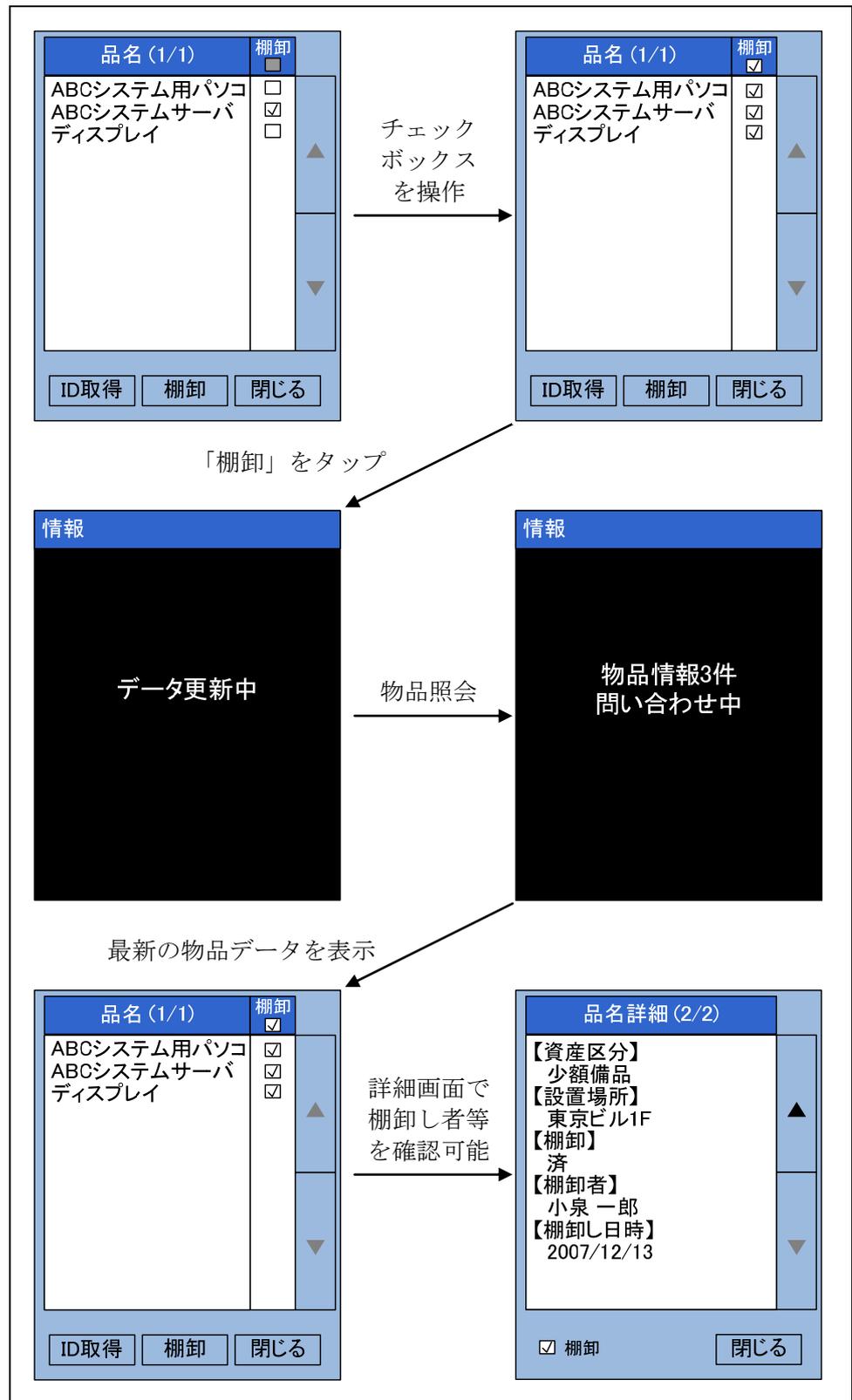


図 5-16 携帯電話による棚卸し状態更新操作

● アプリケーションの終了

メインメニューの「終了」をタップすることでアプリケーションを終了し、携帯電話のネイティブ機能に処理を戻す。アプリケーションの終了時に ISP との接続が残っている場合は、接続を切ってからアプリケーションを終了する。

【セキュリティを考慮した設計】

携帯電話は、電子タグリーダー・ライターから ID 情報を受信するために Bluetooth 通信を行う。Bluetooth におけるマスター及びスレーブの考え方については、本スタディでは携帯電話をマスターとするポリシーで設計を行い、携帯電話の操作という、使用者の明確な指示を受けてから、Bluetooth 通信を行うようにする。このようなポリシーにした理由は、将来的に電子タグリーダー・ライターが携帯電話に搭載された場合などの考慮もあるが、不正な Bluetooth 通信によって携帯電話が応答し、携帯電話内のデータを取得されることがないように、セキュリティ面にも配慮した設計とするためである。

ペアリングについては、「5.2.1 電子タグリーダー・ライター用アプリケーションの設計」の「セキュリティを考慮した設計」の項目でも先述のとおり、電子タグリーダー・ライター側をペアリング待ちの状態にしておき、携帯電話がその電子タグリーダー・ライターと Bluetooth 通信を行うことで、双方のペアリングを確立する。携帯電話側の操作（図 5-14）では、周囲の Bluetooth 機器を検索（inquiry）して列挙し、その中からペアリング相手となる電子タグリーダー・ライターを選択するという手順が必要となるため、使用者の明確な指示を受けてペアリングを行うことになり、周囲の Bluetooth 機器だけの操作によって一方的にペアリングされてしまうことはない。また、作業者の操作ミスをできるだけ防ぐための工夫として、電子タグリーダー・ライターの Bluetooth デバイス名を一定のパターンに従ったものにしておき、そのパターンに適合しないペアリング相手を選択された場合は、ペアリングを行わないようにする（例えば、「BHT1」～「BHT5」以外のデバイス名の機器を選択した場合はエラーとするなど）。また、ペアリングが成立した場合は、相手のデバイス名を画面上に表示することで、使用者はペアリングの相手が正しいことを確認できる。

通常、Bluetooth 機器のペアリングにおいては、パスキーを使用し、お互いに認証を行った上でペアリングすることが多いが、本スタディで開発するシステムは、実験用のシステムであることもあり、パスキーを使ったペアリング相手の認証を行っていない。しかし、実用システムを開発する際には、パスキーを使ってお互いに相手となる機器を認証した上で、ペアリングをするように開発するべきである。

電子タグリーダー・ライターで読み取った電子タグのID情報を、Bluetooth通信により携帯電話で受信する場合も同様に、電子タグリーダー・ライターを操作して送信要求待ち状態にしておき、携帯電話側の操作（図 5-15）により送信要求を送るという手順になるため、使用者の明確な指示を受けてBluetooth通信を行うことになる。また、当然ながら、ペアリング済みの電子タグリーダー・ライターに対してだけ、Bluetooth通信を行うため、他のBluetooth機器と不正に通信を行うことはできない。

また、携帯電話はパケット網を通じて HTTP 通信を行い、データベースサーバーとの間でデータの送受信を行う。従って、サーバーもしくはデータベースにアクセスできる使用者を限定するための認証が必要となるが、本スタディで開発する資産管理システムでは、携帯電話の个体識別 ID だけを用いて認証を行うという、試験的な認証の機構を取り入れている。近年では、携帯電話を他人と共有して使用することはほとんどなく、携帯電話から個人を特定できるといっても過言ではない。そこで、「その携帯電話を持っている人物にアクセス権を与える」という意味で、このような認証の方式を採用した。これにより、使用者は毎回ユーザー名及びパスワードを入力する必要がなくなり、アプリケーションを起動すると、自動的に認証され、すぐに作業を行うことができる。実用化するにあたり、リスクが大きいと判断する場合は、通例のようにユーザー名とパスワードにより認証を行うことも当然可能である。しかし、携帯電話の機能も高機能化してきており、携帯電話本体を紛失した際には、遠隔操作により携帯電話の操作をロックできる機能があることや、携帯電話を紛失した場合には、すぐにサーバー側のユーザーデータを削除することで不正アクセスを拒否することも考慮に入れ、操作性を向上させるために、携帯電話の个体識別 ID だけで認証を行う方式も、選択肢のひとつに入れるべきであると考えらる。

携帯電話とサーバー間のネットワーク構成については、携帯電話からインターネットを経由してサーバーにアクセスする方法があるが、サーバーをインターネットに公開することになり、セキュリティ面でリスクが高い。必要に応じて CUG (Closed Users Group) サービスを利用し、携帯電話とサーバー間の通信を安全に保つことが望ましい。

【複数の ID 情報を一括で取得するための設計】

電子タグリーダー・ライター側の機能として、「5.2.1 電子タグリーダー・ライター用アプリケーションの設計」の「タンキング機能の設計」の項目で説明したとおり、複数の電子タグのID情報をタンキングして扱うことができるため、携帯電話側の機能としても、複数のID情報を一括で受信して処理できる仕組みが必要である。そのため、携帯電話の物品照会機能（図 5-15）では、

複数のID情報を一括で受信し、それぞれの関連情報（資産管理システムの場合は物品データ）をリスト形式で表示する仕様としている。1件の関連情報は情報量が多く、リストの1行で全ての情報を表示することができないため、個別の情報について詳細に表示する機能も当然必要となる。また、本スタディで開発する資産管理システムでは、棚卸し状態の更新機能を実現するが、このような物品照会機能以外でアプリケーションに実装する機能についても、複数のデータを一括で扱うための設計が必要である。

携帯電話はサーバーにアクセスして関連情報のダウンロード及び棚卸し状態の更新要求などを行うが、このHTTP通信についても、余計な通信上のオーバーヘッドを減らすために、複数のID情報を一括で送信し、複数の関連情報を1回のダウンロードで取得できるようなインターフェース（電文）にすべきである。本スタディで開発する資産管理システムでは、100件までのID情報を一括で送信でき、その応答として100件までの物品データを一括でダウンロードできる仕様で設計している。棚卸し状態の更新要求についても、同様に100件までの物品データに対して一括で更新できる。

なお、電子タグリーダー・ライターは、単独読み取りも可能で、その場合は、1個だけの電子タグを読み取り、2個目以降の電子タグは読み取りを行わない。システムによっては、電子タグを1個読み込むたびに、何らかのアクションを行うという運用も考えられる。例えば、音楽CDのケースに貼られている電子タグを読み込むと、自動的にそのCDの情報が画面に表示されるといった運用を想定しているシステムの場合、複数個の電子タグを一括で扱う必要はない。本スタディでは、アンチコリジョン読み取り機能を活かせるシステムを前提に検証を行うため、複数の電子タグを一括で読み取る機能を実現するが、1個ずつ電子タグを読み取る運用を行う場合は、電子タグリーダー・ライターがユーザーインターフェースを持つ必要もなくなり、この場合は携帯電話からの電氣的な信号又は無線通信により電子タグリーダー・ライターを完全に制御する設計となる。将来的に、電子タグリーダー・ライターが携帯電話に内蔵されることがあるならば、1個ずつ読み取る運用で設計するシステムが多くなると予想するが、大量の電子タグを扱う現場においては、電子タグの利点を活かして、複数の電子タグを一括で読み取れるシステムの需要は変わらないと考える。

【消費電力を考慮した設計】

携帯電話はモバイル利用するため、アプリケーションの動作に伴って消費される電力は、極力抑える設計にする必要がある。

電子タグシステムのアプリケーションによって携帯電話の電力が消費される主な動作は、Bluetooth通信、パケット通信、及び画面の表示であると考えられる。

本スタディで開発するシステムの設計では、Bluetooth 通信については、使用者の指示によるペアリング又は ID 情報の受信を行う場合だけ通信を行い、通信が完了するとすぐに通信セッションを閉じるようにしている。従って、通信がなくても無駄にセッションを開いたままにすることはしない。

サーバーとのデータ送受信を行うためのパケット通信に関しては、アプリケーション起動直後のユーザー認証（個人識別 ID の認証）の問い合わせ、ID 情報をキーにした物品データの問い合わせ、及び棚卸し状態の更新要求の場面で通信を行う。このパケット通信については、データを送受信するときに ISP に対してセッションを確立し、データの送受信が完了するとすぐに接続を切る方法も考えられるが、ISP とのセッション再確立に要する時間が非常に長い機種があるため、その場合は、性能と低消費電力のトレードオフとなる。実際に、本スタディで開発したシステムは、通信の度に ISP との接続を切る設計を行っており、サーバーとの通信を行う場合に毎回約 10 秒のセッション確立時間を要する結果になったため、通信の直後に接続を切る設計を変更し、しばらくの間（3 分間）通信を行わない場合に接続を切る設計としたところ、2 回目以降のサーバーとの通信において、ISP とのセッション確立に要する時間がなくなり、快適に通信処理を行うようになった。また、3 分間の無通信状態が続いた場合に接続を切ることから、低消費電力にも配慮した設計といえる。なお、この設計では、通信が必要なときにセッションが確立されていない場合は、セッションを確立してから通信を行う仕組みと、アプリケーションの終了時にセッションが確立されていれば切断する仕組みが必要となるのは自明である。

携帯電話の画面表示については、暫くの間、携帯電話の操作を行わない場合に画面の表示を弱める、或いは、消去するといったネイティブの機能により、無駄な電力を抑える設計となっている。

5.2.3 サーバー用アプリケーションの設計

【サーバーの仕様】

サーバーの仕様としては、携帯電話からの HTTP 要求（HTTP Request）を受けてデータベースを検索又は更新し、携帯電話に HTTP 応答（HTTP Response）を返すため、Web サービス及び DBMS（データベース管理システム）が必須である。Web サービスは複数同時の要求を受け付け、DBMS と連携して動作することから、両者はマルチスレッド処理を行い、DBMS ではデータの論理整合性を保つためにトランザクション処理を行う必要がある。本スタディで開発する資産管理システムは、実証実験用の小規模システムであるため、クラスタリング構成はとらないが、実用化の際には、大量の HTTP 要求を処理し、信頼性が求められるシス

テムを構築する場合、ロードバランシングやフェイルオーバーといったクラスタリング構成をとる必要があるケースもある。

本スタディで開発する資産管理システムでは、表 5-1、表 5-2 の構成でサーバー側システムを構築する。

表 5-1 サーバー構成

CPU	Intel® Pentium® ⁶ 4 プロセッサ 630 (3GHz) 2 次キャッシュメモリ 2MB
メインメモリ	512MB DDR2 SDRAM ECC
HDD	Ultra320 SCSI 73.4GB 10,000rpm
ネットワーク	1000BASE-T / 100BASE-TX / 10BASE-T (LAN 環境は 100BASE-TX)

表 5-2 ソフトウェア構成

OS	Microsoft® Windows® Server 2003 Standard Edition
DBMS	Microsoft® SQL Server 2005 Express Edition SP1
Web サービス	IIS (Internet Information Services) 6.0

【機能設計】

サーバー側で実装しなければならない機能としては、携帯電話からの HTTP 要求に応答するための Web アプリケーションと、データ管理業務を行うためのデータ更新機能がある。また、データを管理するために、データベース上にテーブルを用意する必要がある。本スタディで開発する資産管理システムでは、データ管理業務で使用するデータ更新機能を Web サイトとして開発し、IIS 上で公開して端末からアクセスできるようにする。従って、次の 3 項目について開発する必要がある。

- ・対携帯電話用 Web アプリケーション
- ・データ管理用 Web サイト
- ・データベース上のテーブル

図 5-17 にサーバーのソフトウェア構成と開発項目を示す。

⁶ Intel 及び Pentium はアメリカ合衆国及びその他の国におけるインテル コーポレーションの登録商標。

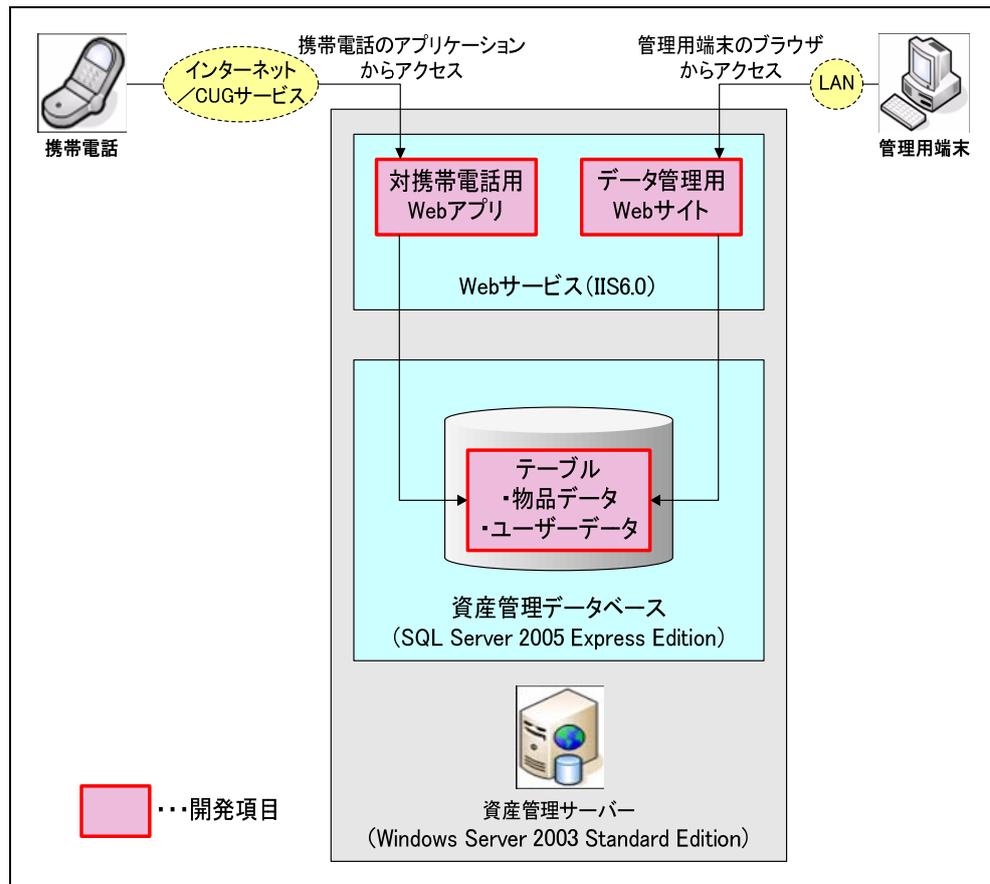


図 5-17 サーバー側のソフトウェア構成

【データベーステーブルの設計】

データベースで管理するデータとして、電子タグの ID 情報と関連情報を紐付けたデータ、及び、携帯電話を使用してサーバーにアクセスできる現場の使用者を認証するためのユーザーデータを準備する必要がある。

本スタディで開発する資産管理システムでは、物品データを管理するための「物品」テーブル(表 5-3)と、ユーザーデータを管理するための「ユーザー」テーブル(表 5-4)を用意する。「物品」テーブルは、電子タグの ID 情報をキーにして、いくつかの関連情報を検索できるようなカラムの構成とし、「ユーザー」テーブルは、認証のために必要な携帯電話の個体識別 ID と、現場の使用者氏名を関連付けたカラムの構成とする。「ユーザー」テーブルでは、使用者の認証を携帯電話の個体識別 ID だけで認証するため、このようなカラム構成となっているが、一般的なログイン ID とパスワードで認証する場合は、その情報を管理するためのカラム構成が必要となる。

表 5-3 「物品」テーブル

カラム名	データ型	説明
<u>ID</u>	nvarchar (16)	電子タグの ID 情報、16 進数表示の文字列、主キー
品名	nvarchar (50)	品名を表す文字列
取得年月	nvarchar (7)	「2006. 04」などの文字列
資産区分	nvarchar (50)	「固定資産」「少額備品」などの文字列、本来はコード化すべき
管理部署	nvarchar (50)	部署名を表す文字列、本来はコード化すべき
設置場所	nvarchar (50)	場所を表す文字列、本来はコード化すべき
棚卸	nvarchar (2)	棚卸し済みの場合は「済」、未棚卸しの場合は null
棚卸者	nvarchar (50)	棚卸し者名を表す文字列。「ユーザー」テーブルの「氏名」と同様、未棚卸しの場合は null
棚卸日時	datetime	棚卸し日時を表す datetime 型データ、未棚卸しの場合は null

表 5-4 「ユーザー」テーブル

カラム名	データ型	説明
<u>識別 ID</u>	nvarchar (15)	携帯電話の個体識別 ID を表す文字列、主キー
氏名	nvarchar (50)	使用者の氏名を表す文字列

【対携帯電話用 Web アプリケーションの設計】

携帯電話からの HTTP 要求に応答するための Web アプリケーションは、引数を持った数種類の要求電文を受け付け、その要求に応じた処理を行い、処理結果及び要求された情報を含んだ電文を携帯電話に返す。

本スタディで開発する資産管理システムでは、Web アプリケーションの機能として、携帯電話の個体識別 ID で使用者を認証するためのユーザー認証機能と、ID 情報から物品データを検索するための物品照会機能、及び、棚卸し状態の更新処理を行う棚卸し更新機能を開発する。

Web アプリケーションは、ASP.NET™などの機構を応用して、引数を持つ HTTP 要求 (HTTP-GET 又は HTTP-POST) を受け付けて処理結果を応答する。要求の電文を URL の形式で表現すると、

```
http://server-name.domain.co.jp/shisan.aspx?arg1=data1&arg2=data2&...
&argN=dataN
```

という形式となる。

最初の引数 (arg1=data1) を処理の種類を特定するための関数名のような位置付けにして (func=xxx) といった表現とし、ひとつの Web アプリケーションの中の機能毎に明確に処理を分けるようにする。本スタディで開発する資産管理システムでは、次の3個の機能 (関数) を実装し、URL を Web アプリケーションのインターフェースとして定義する。

- ユーザー認証機能
http://.../shisan.aspx?func=UserCheck&...
- 物品照会機能
http://.../shisan.aspx?func=GoodsInfo&...
- 棚卸し状態更新機能
http://.../shisan.aspx?func=Inventory&...

HTTP要求及び応答の電文については、「5.3.2 携帯電話とサーバー間の通信制御」で詳細に説明する。

携帯電話側のアプリケーションでは、この URL に対して HTTP-GET (又は HTTP-POST) による HTTP 要求を送信すると、その処理結果として文字列が応答され、アプリケーションで文字列を解析して処理することができる。

【データ管理用 Web サイトの設計】

センター側のデータ管理者は、データベースサーバーにアクセスしてデータの新規登録、削除、変更といったデータ更新業務、及び必要に応じて登録されているデータの集計業務を行う。従って、データの整合性を保ちつつ、データの更新及び参照を行うための機能が必要となる。

本スタディで開発する資産管理システムでは、資産管理サーバーにデータ管理業務用の Web サイトを構築する。データ管理者は端末のブラウザを使って Web サイトにアクセスし、データ管理業務を行う。この Web サイトでは、データベースに登録されている「物品」テーブル及び「ユーザー」テーブルを参照及び更新する必要があるため、2つのテーブルを直接的に更新するための Web ページをそれぞれ開発する。なお、この Web サイトでは、登録されているデータの参照及び更新ができることから、アクセスできる管理者を限定するために、ユーザー名とパスワードによる基本認証を行う。

また、データの更新業務を正確に行うために、データ管理者の入力データをチェックする機能、ID 情報を入力する手間を軽減するために電子タグリーダー・ライターを用いて ID 情報の入力を行う機能、CSV 形式などで一覧表の形式になっているデータを一括インポートする機能など、実用化する場合には開発すべき機能があるが、本スタディで開発するシステムは実証実験用を使用するため、これらの付加的な機能は割愛している。また、データの検索機能、集計機能なども、実用化の際には必要になる機能である。

データ管理用Webサイトの機能と操作手順については、図 5-18に示すとおり、認証を行った後、トップページから「物品」テーブルを管理するページ又は、「ユーザー」テーブルを管理するページに遷移でき、いずれか一方のテーブルのデータ一覧を参照しながら、データを更新することができる。

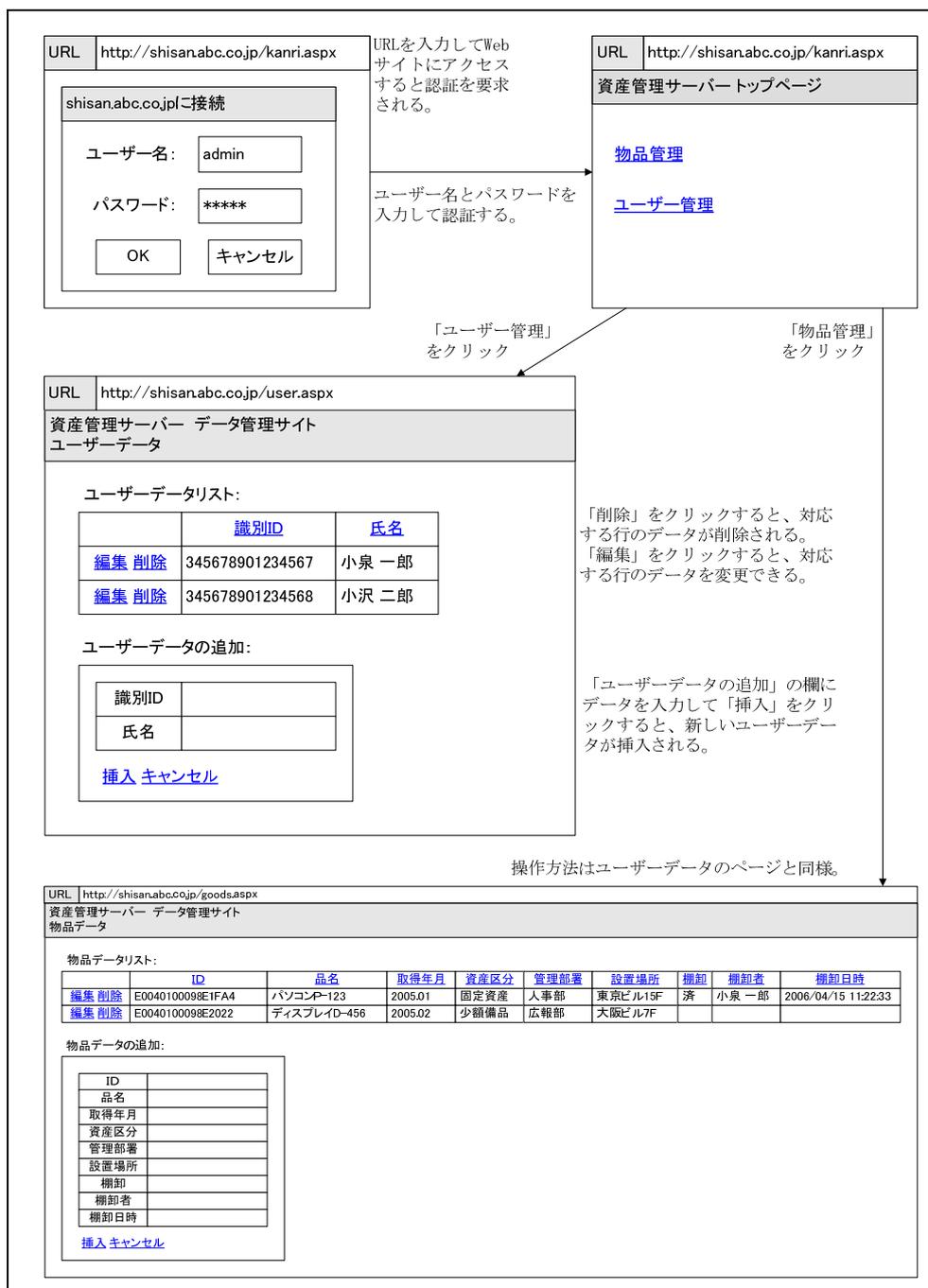


図 5-18 データ管理用 Web サイトの機能と操作

5.3 マルチキャリアを意識した通信制御の設計

本スタディが提唱するシステムの構成上、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信、及び携帯電話とサーバー間の通信について、通信を制御するための機能をアプリケーションに実装する必要がある。これらの通信制御の方法に関しては、本スタディで使用する機材の間だけで使用できるような特殊な方法ではなく、汎用的な技術によって通信制御を実現できることを示し、使用する機材の選択肢を広げることができるように設計を行う。

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信に関しては、通信相手をセキュアに制御する「ペアリング」の設計、ポートオープン・クローズといったデバイス制御などの基本的な設計の他に、汎用的な通信機能である SPP (Serial Port Profile) を使用した通信制御プログラムの設計を行い、実際に双方で取り決めた電文（例えば、読み取った電子タグの ID を表す文字列）が通信できることを確認する。SPP を基本とした通信制御を設計・実装することにより、SPP を持つ携帯電話であれば、通信事業者が異なる携帯電話であっても、電子タグリーダー・ライターと通信可能なアプリケーションを開発できることから、「マルチキャリア」への対応ができ、携帯電話の機種に応じて電子タグリーダー・ライター側のアプリケーションを変更する必要がなくなる。

また、携帯電話がサーバーにアクセスして情報をダウンロードするための通信制御を設計する必要があるが、市販されている携帯電話の多くは、インターネットの Web サイトにアクセスするための汎用的な HTTP 通信が可能であるため、本スタディにおいても、サーバー及び携帯電話のアプリケーションは HTTP によって通信を行い、携帯電話の機種に依存しない汎用的な通信制御を設計する。HTTP を使って携帯電話とサーバーの間で情報を送受信するために、電文によるインターフェースを定義し、双方のアプリケーションにおいて、そのインターフェースに従った通信制御の設計を行う。

5.3.1 電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信制御

【SPP による通信制御】

Bluetooth における SPP とは、Bluetooth の無線通信ネットワークにおいて、仮定のシリアルポート (COM ポート) を作成してデータの送受信を行うための通信機能で、アプリケーションは有線接続によるシリアル通信と同様にデータの送受信を行うことができる。

本スタディが提唱するシステム構成において、携帯電話と電子タグリーダー・ライターは、お互いに SPP を使った Bluetooth 通信を行い、そのシリアル通信上で、ACK/NAK を使ったフロー制御を行いながら、一連のシーケンスに従ってテキストデータの送受信を行う。この一連のシーケンスを、携帯電話が電子

タグリーダー・ライターと通信するためのプロトコルとして定義し、SPP を持つ携帯電話のアプリケーションにおいて、このプロトコルに従った通信制御を実装することで、携帯電話の機種を問わず、電子タグリーダー・ライター側のアプリケーションと通信できるようにする。

携帯電話と電子タグリーダー・ライターが通信を行うのは、ペアリング及び ID 情報の送受信のときである。ペアリングについては、通信相手となる Bluetooth 機器のデバイス名とデバイスアドレスを取得する処理であり、これらの情報の送受信は、SPP の下位プロファイルである GAP (General Access Profile) によって行う。本スタディで開発するシステムでは、ペアリング時に SPP による通信を確立するが、デバイス名とデバイスアドレスの送受信は GAP によって行われるため、シリアル通信上での電文のやりとりはない。従って、アプリケーションでは、一定の手順で SPP による通信を確立するだけで、ペアリングに必要な情報を取得できる。一方、ID 情報の送受信の際には、アプリケーションに固有な情報を送受信することから、電文の送受信が必要となるため、一定の手順で SPP による通信の確立を行った上で、フロー制御を考慮しながらシリアル通信による電文の送受信を行うための一連のシーケンスを定義し、それによって通信機能を実装する必要がある。

【Bluetooth におけるペアリングの制御】

携帯電話と電子タグリーダー・ライターとのペアリングは、電子タグリーダー・ライター側をスレーブとしてペアリング待ち状態にしてから、マスターとなる携帯電話側から接続を行い、ペアリングを確立する。

Bluetooth における一般的なペアリング操作は、まず、マスター側で周辺の Bluetooth 機器を探索（「inquiry」という）して発見された機器名（Bluetooth デバイス名）を一覧表示する。次に、表示されたデバイス名から使用者がペアリング相手を選択することで、その相手（「スレーブ」という）との接続を行い、お互いに相手のデバイスアドレスを保持する。このとき、スレーブとなる機器では、Bluetooth デバイスが起動しており、inquiry に反応することと、マスターからのペアリング要求を受けてペアリングの処理を行うことが必要である。

本スタディで開発するシステムにおいて、電子タグリーダー・ライターの Bluetooth デバイスは、消費電力を考慮して通常時には起動しておらず、inquiry 及びペアリング要求に対して反応しない。ペアリングのために電子タグリーダー・ライターの Bluetooth デバイスを起動するためには、アプリケーション上の操作によって、ペアリングを行うモードにする。このモードの間は、アプリケーションが Bluetooth デバイスを起動し、inquiry 及びペアリングの要求に反応する仕組みで設計している。

マスターとなる携帯電話のペアリング操作は、一般的な Bluetooth のペアリングの方法と同様に、inquiry を行って発見されたデバイスを指示する手順となる。携帯電話のアプリケーション上の操作により、ペアリング操作を開始すると、アプリケーションは自分の Bluetooth デバイスに inquiry を実行させ、発見できた機器それぞれについて、Bluetooth のデバイス名とデバイスアドレスを取得し、デバイス名を画面上に一覧表示する。使用者がスレーブとなる機器のデバイス名を指示すると、アプリケーションは自分の Bluetooth デバイスに対してスレーブと接続するように命令を出し、双方の接続を確立させる。スレーブ側の電子タグリーダー・ライターでは、この接続によって、マスターとなる携帯電話側の Bluetooth デバイスアドレスを取得して保持することでペアリング処理が完了する。

ペアリングの際の Bluetooth の接続では、GAP による通信により相手のデバイスアドレスを取得できるため、GAP の上位プロファイルである SPP によって通信の確立をするものの、シリアル通信上の電文送受信は行わず、GAP によって通信相手の情報が取得できたらすぐに接続を切る設計としている。

また、本来であれば、ペアリングの際にパスキーによる接続相手の認証を行うが、本スタディでは検証用にシステムを開発するため、パスキーを指定することは行っていない。

本スタディで開発するシステムにおけるペアリング処理のシーケンスを図 5-19 に示す。

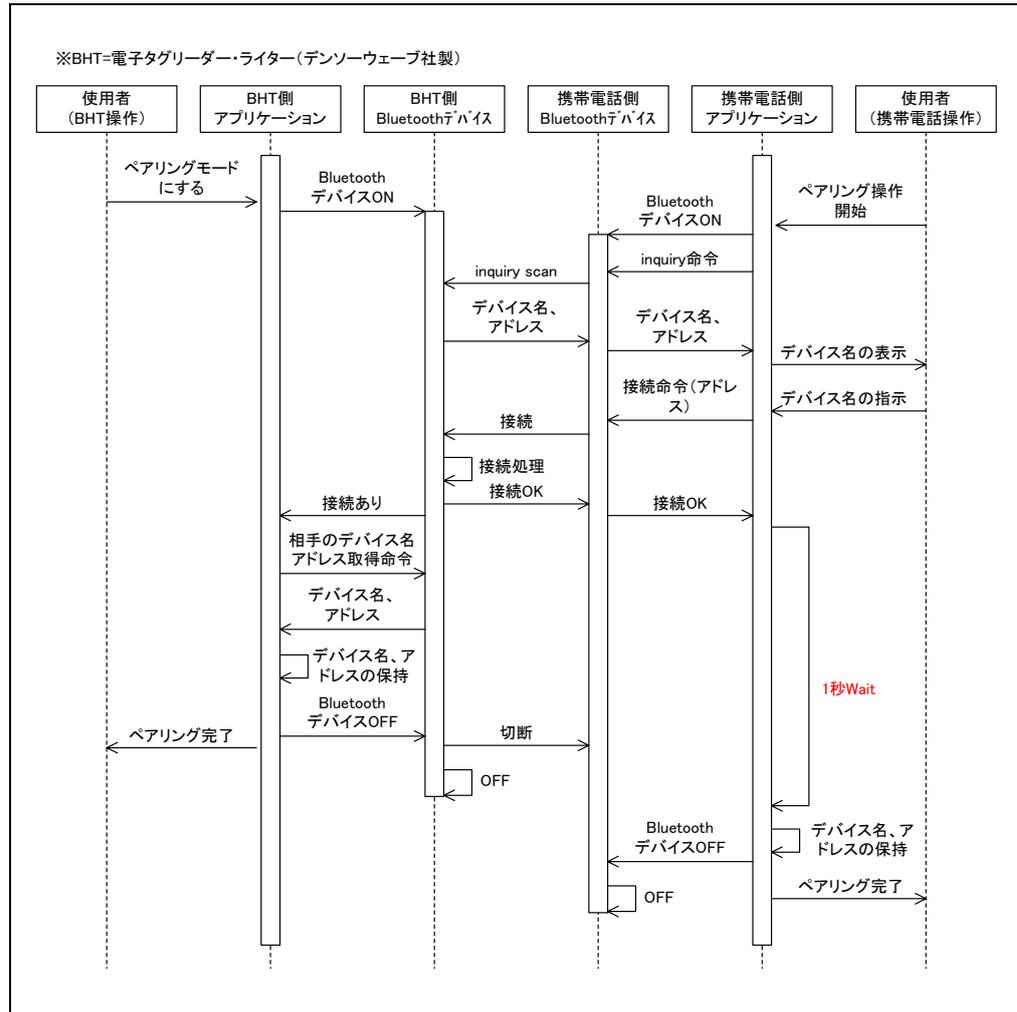


図 5-19 ペアリングのシーケンス (概略)

シーケンス図の中で記述している「1 秒 Wait」については、アプリケーションの製造工程において問題が発生し、問題を回避するために携帯電話側のアプリケーションにおいて Wait を入れる必要が出たため、設計を変更した部分である。当初、携帯電話側のアプリケーションは、ペアリングのために電子タグリーダー・ライターとの接続を行い、接続が確立されるとすぐに接続を切る設計であった。しかし、電子タグリーダー・ライター側で携帯電話の Bluetooth デバイス名とデバイスアドレスを取得する処理は、Bluetooth が接続状態のときにだけ可能であり、携帯電話が接続を切るまでに電子タグリーダー・ライター側の処理が間に合わず、デバイス名とデバイスアドレスが取得できないという不具合が発生した。そのため、携帯電話側で接続を確認した後に 1 秒間の待機を行ってから、接続を切るようにしたところ、問題を回避できた。なお、1 秒間という時間が適切かどうかについては、実際に実験を繰り返した結果、ペアリ

ング処理に失敗することがないことから、十分な時間であることが実証され、また、ペアリングという行為の頻度が少ないことから、1秒という Wait 時間は、実用上で問題になることはないため、適切であると判断した。

【電子タグの ID を送受信するための制御】

電子タグリーダー・ライターで読み取った電子タグの ID 情報を携帯電話で受信するためには、スレーブとなる電子タグリーダー・ライターを ID 情報の送信モード（接続待ち状態）にし、マスターとなる携帯電話から Bluetooth の接続を行う。ここでは、ID 情報の送受信を電文によって行うため、SPP を使ったシリアル通信を行う必要がある。そのため、携帯電話と電子タグリーダー・ライターの双方のアプリケーションは、それぞれシリアルポートをオープンし、電文の送受信を一連のシーケンスに従って行う。

スレーブとなる電子タグリーダー・ライターは、通信を行っていないときは Bluetooth デバイスを OFF にしているため、アプリケーション上の操作によって ID 情報の送信モードにする必要があり、このモードの間は Bluetooth デバイスを起動し、携帯電話からの接続待ち状態になる。携帯電話側も同様に、通常時は Bluetooth デバイスを OFF にしており、アプリケーション上で ID 情報を受信するための操作を行うことで、Bluetooth デバイスを起動してペアリング済みの接続相手に対して Bluetooth の接続を行う。

電文を送受信する前後における Bluetooth の接続に関するシーケンスを図 5-20 に示す。

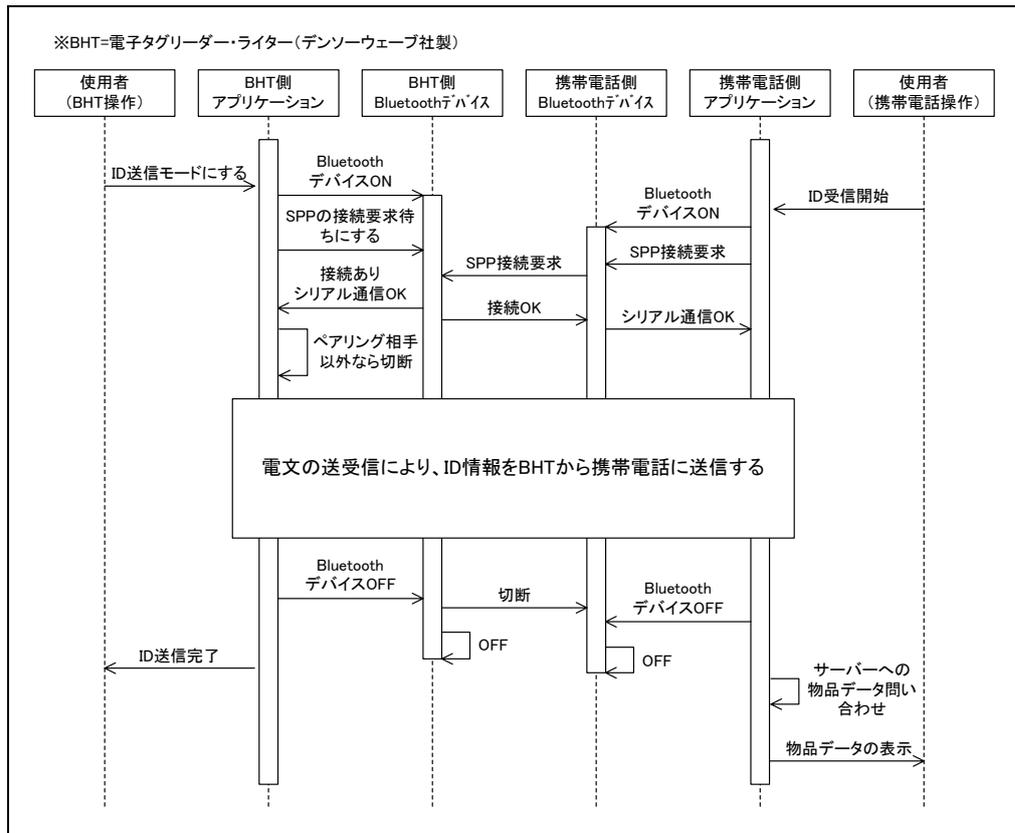


図 5-20 ID送受信の接続シーケンス (概略)

SPPによるBluetoothの接続を確立したら、シリアル通信によって電文を送受信することで、ID情報の送受信を行う。電文のやりとりを行う一連のシーケンスを定義する際には、携帯電話からID情報を要求するための電文の送信、及び電子タグリーダー・ライターからID情報を送信するための電文の送信などの他に、フロー制御を行うためのACK/NAKの送受信についても定義しなければならない。

図 5-21にID情報を送受信する際に使用するフロー制御文字及び電文のフォーマットを示し、正常時の電文送受信のシーケンスを図 5-22に示す。また、通信上で何らかの異常がある場合を考慮した処理方法を図 5-23に示す。

- フェーズ1：■データリンクの確立
受信可能かどうかを、送信側が受信側に確認する。
- フェーズ2：■データ伝送
送信側から受信側にデータを伝送する。
- フェーズ3：■データリンクの終結
データをすべて正しく受信したかどうかを、送信側が受信側に確認する。
受信側がデータをすべて正しく受信した場合、送信側はデータ伝送を終了する。

フロー制御文字			
記号	値	意味	機能
EOT	04h	伝送終了 (End Of Transmission)	データリンクを終結する。(フェーズ3) データ伝送の中断を要求する。(フェーズ2)
ENQ	05h	問い合わせ (Enquiry)	データリンクの確立を要求する。(フェーズ1) テキストに対する応答を受信側へ催促する。(フェーズ2)
ACK	06h	肯定応答 (Acknowledge)	ENQに対して肯定応答をする。
NAK	15h	否定応答 (Negative Acknowledge)	ENQに対して否定応答をする。(フェーズ1) テキストに対して否定応答をする。(フェーズ2)

テキスト伝送用フロー制御文字			
記号	値	意味	機能
SOH	01h	ヘディング開始 (Start Of Heading)	ヘディングテキストの開始を示す。(フェーズ2)
STX	02h	テキスト開始 (Start Of Text)	データテキストの開始を示す。(フェーズ2)
ETX	03h	テキスト終結 (End Of Text)	データテキストの終結を示す。(フェーズ2)

テキストの形式													
携帯電話から電子タグリーダーライターへ、ID情報送信要求を送信するときのテキスト形式													
①ヘディングテキスト													
SOH	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">ファイル名 12Byte</td> <td style="width: 10%;">テキスト件数5Byte</td> <td style="width: 10%;">field数</td> <td style="width: 10%;">field桁数</td> <td style="width: 5%;">E T X</td> <td style="width: 5%;">B C C</td> </tr> <tr> <td>R E Q U E S T . D A T</td> <td>0 0 0 0 1</td> <td>0 1</td> <td>1 0</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	ファイル名 12Byte	テキスト件数5Byte	field数	field桁数	E T X	B C C	R E Q U E S T . D A T	0 0 0 0 1	0 1	1 0		
ファイル名 12Byte	テキスト件数5Byte	field数	field桁数	E T X	B C C								
R E Q U E S T . D A T	0 0 0 0 1	0 1	1 0										
②データテキスト													
STX	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">シリアル番号 5Byte</td> <td style="width: 50%;">データフィールド 10Byte</td> <td style="width: 5%;">E T X</td> <td style="width: 5%;">B C C</td> </tr> <tr> <td>0 0 0 0 1</td> <td>R E Q U E S T</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	シリアル番号 5Byte	データフィールド 10Byte	E T X	B C C	0 0 0 0 1	R E Q U E S T						
シリアル番号 5Byte	データフィールド 10Byte	E T X	B C C										
0 0 0 0 1	R E Q U E S T												
電子タグリーダーライターから携帯電話へ、ID情報を送信するときのテキスト形式													
①ヘディングテキスト													
SOH	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">ファイル名 12Byte</td> <td style="width: 10%;">テキスト件数5Byte</td> <td style="width: 10%;">field数</td> <td style="width: 10%;">field桁数</td> <td style="width: 5%;">E T X</td> <td style="width: 5%;">B C C</td> </tr> <tr> <td>T A G . D A T</td> <td>0 0 0 0 1</td> <td>0 1</td> <td>1 6</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	ファイル名 12Byte	テキスト件数5Byte	field数	field桁数	E T X	B C C	T A G . D A T	0 0 0 0 1	0 1	1 6		
ファイル名 12Byte	テキスト件数5Byte	field数	field桁数	E T X	B C C								
T A G . D A T	0 0 0 0 1	0 1	1 6										
②データテキスト													
STX	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">シリアル番号 5Byte</td> <td style="width: 50%;">ID情報(16進表記) 16Byte</td> <td style="width: 5%;">E T X</td> <td style="width: 5%;">B C C</td> </tr> <tr> <td>0 0 0 0 1</td> <td>1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	シリアル番号 5Byte	ID情報(16進表記) 16Byte	E T X	B C C	0 0 0 0 1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F						
シリアル番号 5Byte	ID情報(16進表記) 16Byte	E T X	B C C										
0 0 0 0 1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 A B C D E F												

※BCCは水平パリティチェック用のバイトで、STXまたはSOHの次の文字からBCCまでの文字データについて、同じ位置にあるbitを加算すると偶数になるようにBCCの各bitを設定する。

図 5-21 ID送受信のフロー制御文字及び電文フォーマット

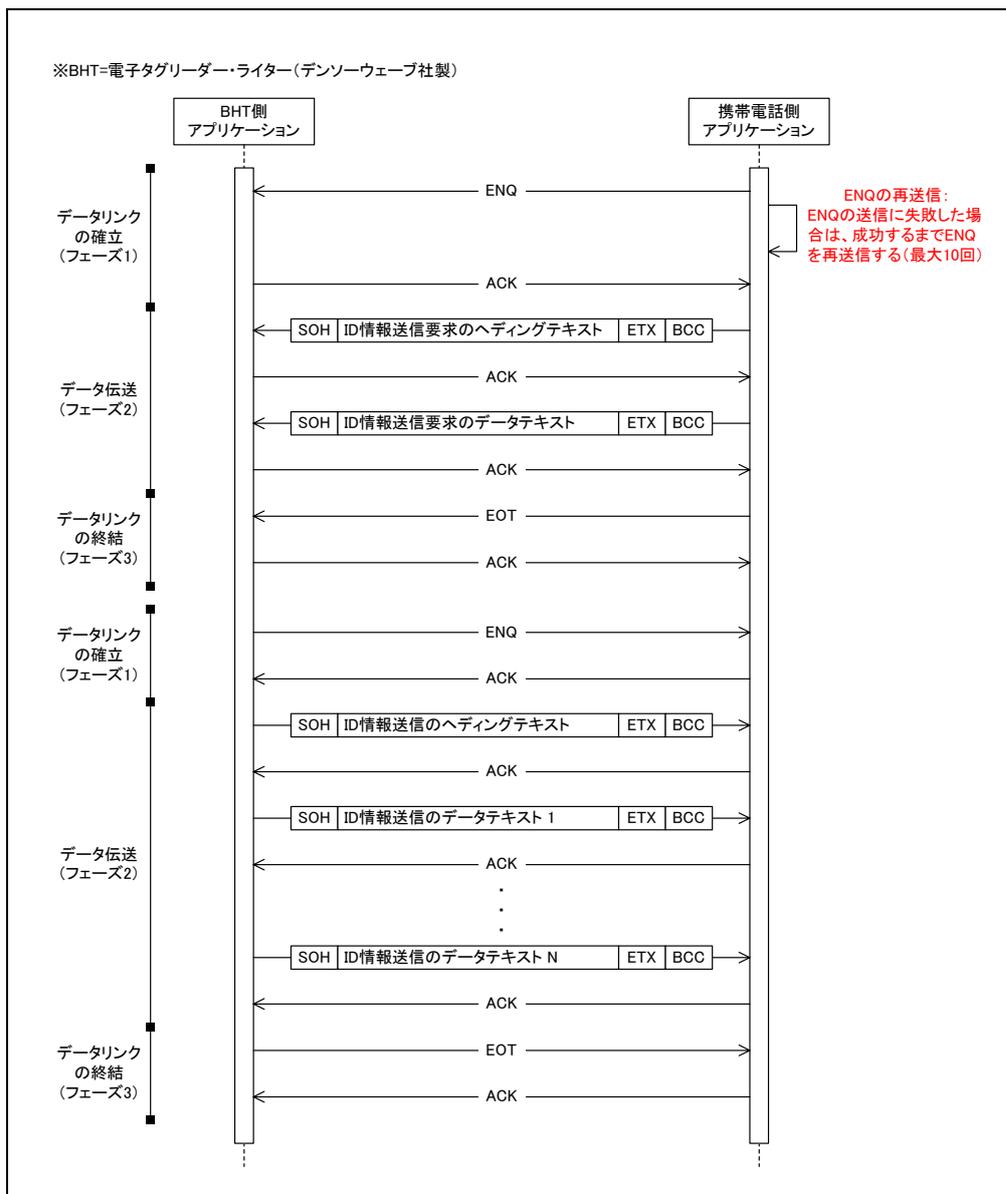


図 5-2 2 ID 送受信の電文シーケンス (正常時)

フェーズ1	<p>■ENQの送信に失敗した場合 ENQの送信に失敗した場合は直ちにENQを再送信し、ACKを受信したところでフェーズ2に移行する。10回目の再送信に失敗した場合は、メッセージ伝送を異常終了させる。</p> <p>■受信側の応答がない場合 ENQの送信に成功しても受信側からACKの応答がないときは、3秒間隔でENQを再送信し、ACKを受信したところでフェーズ2に移行する。</p> <p>■受信側の応答が全くない場合 ENQの再送信を10回行っても受信側からACKの応答がないときは、送信側は3秒後にEOTを送信し、メッセージ伝送を異常終了させる。</p>
フェーズ2	<p>■NAK受信時 ヘディングテキスト又はデータテキストの送信後、受信側からNAKの応答があった場合は、ヘディングテキストまたはデータテキストを再送信する。ACKの応答があった場合は次のテキストの送信に移るが、NAKを10回連続で受信した場合、送信側はフェーズ3に移行してメッセージ伝送を異常終了させる(フェーズ3が正常に終了しても異常終了とする)。</p> <p>■EOT受信時 送信側がEOTを受信した場合、送信側はフェーズ3へ移行してメッセージ伝送を異常終了させる(フェーズ3が正常に終了しても異常終了とする)。</p> <p>■受信側の応答がない場合 ヘディングテキスト又はデータテキストを送信しても受信側からACKの応答がないときは、3秒間隔でENQを再送信し、ACKを受信したところで次のテキストの送信に移る。</p> <p>■受信側の応答が全くない場合 ENQの再送信を9回行っても受信側からACKの応答がないときは、送信側は3秒後にEOTを送信し、メッセージ伝送を異常終了させる。</p>
フェーズ3	<p>■受信側の応答がない場合 EOTを送信しても受信側からACKの応答がないときは、3秒間隔でEOTを再送信し、ACKを受信したところで、送信側はメッセージ伝送を正常に終了し、データリンクを終結させる。</p> <p>■受信側の応答が全くない場合 EOTの再送信を10回行っても受信側からACKの応答がないときは、送信側は3秒後にメッセージ伝送を異常終了させ、データリンクを終結させる。</p>

図 5-23 ID送受信の異常時の処理

図 5-22 のシーケンス図の中で記述している「ENQの再送信」については、ペアリング処理における問題と同様の問題が発生し、設計を変更した部分である。当初、携帯電話側のアプリケーションは、SPPの接続が確立された直後にENQを1回だけ送信する設計であった。しかし、そのENQを送信するタイミングにおいて、電子タグリーダー・ライター側では電文を受けるための準備がまだ終わっていないことが多く、携帯電話側ではENQの送信に失敗し、電子タグリーダー・ライター側では要求待ちの状態が続くため、結果としてID送受信の処理が失敗するという不具合が発生した。ペアリング処理の問題と同様に、SPPの接続が確立されてからENQの送信までにWaitを入れる対処方法もあるが、実用上、ID情報の送受信を行う頻度は多く、無駄なWait時間は性能に大きく影響すると考え、Waitすることなく、成功するまでENQの再送信を繰り返す対処とした。なお、ENQの再送信は最大10回行うように実装しているが、ID送受信の処理が失敗するこ

とがなくなったため、十分であると判断した。

【Bluetooth 通信において注意すべき点】

本スタディでは、携帯電話と電子タグリーダー・ライターを用いたシステムを実際に開発したが、電子タグリーダー・ライターの仕様による制約事項がいくつかあり、当初計画していた設計を変更することになった。特に、Bluetooth 通信に関する設計において影響が大きかったため、今後、実用システムを構築する場合に注意すべき点として説明する。

● 制約事項 1: 電子タグリーダー・ライターは、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスを同時使用できないものがある。

本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスを同時に使用できない構造であった。すなわち、電子タグを読み取っている間は、Bluetooth のポートを開くことができず、逆に Bluetooth の通信中は、電子タグの読み取りができない。従って、Bluetooth の通信を確立させたままにしておき、電子タグを読み取ったり、ID 情報を携帯電話に送信したりする処理を、自由に行うことができない。

当初、電子タグリーダー・ライター側のボタン操作を行わずに運用する方式を検討する中で、携帯電話側の操作によって電子タグの読み取りを指示する電文を送信し、Bluetooth 通信を確立したまま、電子タグリーダー・ライターが読み取った ID 情報を電文で受け取る方式を検討していたが、電子タグを読み取るタイミングで Bluetooth 通信を切断しなければならないため、この方式は断念した。また、携帯電話から電子タグの読み取りを指示する電文を送信後、Bluetooth 通信を一旦切断し、電子タグリーダー・ライター側で電子タグの読み取り後に再度 Bluetooth が ON にされるまで、携帯電話側で再接続のためのポーリングを繰り返す方法も検討したが、1 回のポーリングに時間がかかり、タイミング良く再接続することができないことも判明した。

結局、電子タグリーダー・ライターで電子タグを最初に読み取っておき、電子タグリーダー・ライター側の Bluetooth デバイスを手動で ON にした上で、携帯電話側から ID 情報を取得するようにした。この設計では、複数の電子タグを読み取ってから携帯電話に送信する場合に、読み取り終了を意味するボタン操作を電子タグリーダー・ライター側で行う必要があることから、自然な操作手順であるといえるが、1 件ずつ電子タグを読み取って処理するシステムを考える場合、電子タグリーダー・ライター側で操作が必要であることは、操作性に問題がある。

電子タグリーダー・ライターの機種によっては、このような制約がある場

合もあり、Bluetooth の通信を確立したまま電子タグを読み取る仕様で開発する場合、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスを同時に使用できる製品を選ぶ必要がある。

- **制約事項 2：電子タグリーダー・ライターは、Bluetooth の通信中はボタン操作ができないものがある。**

本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、Bluetooth デバイスを使用している間は、通信のキャンセルを指示するためのボタン以外、反応しない仕様であった。

この仕様も、制約事項 1 の議論の中で判明した問題点である。電子タグリーダー・ライターのリーダーデバイスと Bluetooth デバイスの同時使用ができないため、トリガーボタンの押下の状態によって、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスの ON/OFF を切り替える仕組みを検討した。すなわち、トリガーボタンの押下中は、リーダーデバイスを ON にして電子タグを読み取り、トリガーボタンを離すと、Bluetooth デバイスを ON にして携帯電話と通信する方法である。しかし、一旦、トリガーボタンを離して Bluetooth デバイスを ON にした場合、Bluetooth の通信ポートを閉じない限り、トリガーボタンが反応しない仕様のため、電子タグの読み取り中に誤ってトリガーボタンを離した場合などに、追加で電子タグを読み取ることができなくなるなどの理由から、この方法を断念し、トリガーボタンを離した後に、他のボタンの操作により、Bluetooth を ON にして ID 情報を送信するモードにするといった設計にせざるを得なかった。

また、電子タグリーダー・ライター側を主体的に操作して運用する方式を検討する場合にも問題となる。電子タグリーダー・ライター側の操作で物品照会を行うなど、携帯電話を通してサーバーと対話する際に、通信の前後でボタン操作を行うためには、通信を行う毎に通信を切断する必要がある。従って、通信を行う際は常に、Bluetooth 通信を再確立することになり、使用者の待ち時間が増加する結果となる。

Bluetooth ポートを開いたままボタン操作を行う仕様で開発する場合、使用する電子タグリーダー・ライターの細かい仕様について確認する必要がある。

5.3.2 携帯電話とサーバー間の通信制御

【HTTP による通信制御】

携帯電話は、パケット網を通じてインターネットにアクセスするための HTTP 通信を行うことができる。ネイティブのブラウザ機能による HTTP 通信の他に、

HTTP 通信を行うアプリケーションを開発できるため、固有の機能を持つアプリケーションを開発して携帯電話上で動作させる場合でも、携帯電話のアプリケーションとサーバーとの間でデータ送受信を行うための HTTP 通信を簡単に実装することができる。

携帯電話とサーバーとの間でデータ送受信を行うためのインターフェースを HTTP 通信による電文として設計することで、携帯電話の機種に依存しないインターフェースを実現でき、サーバー側で電文を処理するための Web アプリケーションを携帯電話の機種に応じて開発し直す必要はなくなる。

「5.2.3 サーバー用アプリケーションの設計」の「対携帯電話用Webアプリケーションの設計」の項目で説明したとおり、サーバーのWebアプリケーションは、HTTP要求を受け付け、応答として処理結果である文字列を返す。

本システムで開発する資産管理システムでは、Web アプリケーションで次の3種類の要求を受け付ける。

- ・ ユーザー認証機能
- ・ 物品照会機能
- ・ 棚卸し状態更新機能

携帯電話のアプリケーションは、Web アプリケーションに対して HTTP-GET 又は HTTP-POST によって引数を持った要求を送信し、処理結果として返される文字列を解析して、処理の成功/失敗、及び必要な情報の取得を行う。

携帯電話がサーバーの Web アプリケーションに対して要求できる電文 (request) 及びその応答 (response) を機能別に図 5-2 4～図 5-2 6 のように定義し、携帯電話とサーバー間の通信インターフェースとする。

機能：	ユーザー認証機能 (UserCheck)
request：	http://.../shisan.aspx?func=UserCheck&ktaiID=携帯識別 ID
response：	
(正常の場合)	
1 行目：	0
2 行目：	
3 行目：	[認証結果] (0 の場合は認証失敗。1 の場合は認証成功)
4 行目：	[氏名] (認証成功の場合のみ。認証失敗の場合は"/)
(異常の場合)	
1 行目：	[エラー番号]
2 行目：	[エラーメッセージ]

図 5-2 4

機能：	物品照会機能 (GoodsInfo)
request：	http://.../shisan.aspx?func=GoodsInfo&ktaiID=個体識別 ID &ID=ID 情報 1, ID 情報 2,..., ID 情報 n
response：	<p>(正常の場合) 「¥t」はタブ文字</p> <p>1 行目： 0</p> <p>2 行目：</p> <p>3 行目： [カラム名 1]¥t[カラム名 2]¥t...¥t[カラム名 m]</p> <p>4 行目： [物品 1 のカラムデータ 1]¥t[物品 1 のカラムデータ 2]¥t...¥t[物品 1 のカラムデータ m]</p> <p>5 行目： [物品 2 のカラムデータ 1]¥t[物品 2 のカラムデータ 2]¥t...¥t[物品 2 のカラムデータ m]</p> <p>：</p> <p>：</p> <p>：</p> <p>n+2 行目： [物品 n のカラムデータ 1]¥t[物品 n のカラムデータ 2]¥t...¥t[物品 n のカラムデータ m]</p> <p>※ ID 情報で指定した物品がない場合は、[カラムデータ 1]～[カラムデータ m]はすべて空文字となる。従って、該当する行は“¥t¥t...¥t¥t¥n”となる。</p> <p>※ ID 情報を指定しない場合は、3 行目のカラム名リストまでを返す。</p> <p>(異常の場合)</p> <p>1 行目： [エラー番号]</p> <p>2 行目： [エラーメッセージ]</p>

図 5-2 5

機能：	棚卸し状態更新機能 (Inventory)
request：	http://.../shisan.aspx?func=Inventory&ktaiID=個体識別 ID &InventoryID=ID 情報 1, 状態 1, ID 情報 2, 状態 2,..., ID 情報 n, 状態 n (状態：1=棚卸し済み/0=未棚卸し)
response：	<p>(正常の場合) 「¥t」はタブ文字</p> <p>1 行目： 0</p> <p>2 行目：</p> <p>3 行目： [処理結果 1], [処理結果 2],..., [処理結果 n]</p> <p>4 行目： [処理メッセージ 1], [処理メッセージ 2],..., [処理メッセージ n]</p> <p>※ [処理結果]=0：更新成功/-1：更新失敗</p> <p>※ [処理メッセージ]は[処理結果]が-1 (更新失敗) のときにエラーメッセージを返し、[処理結果]が 0 (更新成功) の場合は空文字列を返す。</p> <p>(異常の場合)</p> <p>1 行目： [エラー番号]</p> <p>2 行目： [エラーメッセージ]</p>

図 5-2 6

物品照会機能では、電子タグリーダー・ライターで複数の電子タグを一括で読み込むことがあり、それらの ID 情報を一括で受信した携帯電話は、複数の物品照会を一度に行う必要がある。このため、インターフェース上でも、複数の ID 情報を一度にサーバーに送信し、それぞれに対応した物品データを一括でダウンロードできるような仕様で設計する。また、棚卸し状態更新機能について

も、複数の ID 情報とそれぞれの棚卸し状態を一度にサーバーに送信し、複数の物品データに対して棚卸し状態の更新処理を行えるように設計する。

また、全てのインターフェースについて、認証情報である携帯電話の個体識別 ID を送信し、不正なインターフェースの使用を拒否するように設計する。

5.4 実験用システムの構築と動作確認

【実証実験用システムの構築】

● 機材の準備

本スタディでは、携帯電話はFOMA M1000 を使用し、電子タグリーダー・ライターはBHT-8048DBIDを使用する。また、電子タグは、I-CODE®⁷ SLI (次、I-CODE)、Tag-it®⁸ HF-I (次、Tag-it)、my-d®⁹ SRF55V02P (次、my-d)、及びFerVID family™¹⁰ MB89R118 (次、MB89R118) の4種類を使用する。サーバーに関しては、実験を行うために十分なスペックを持つものを使用し、インターネットに接続するための高速な回線も準備する。データ登録用の管理用端末は、Windows XPが動作する一般的なパソコンを使用する。

● 開発したアプリケーションのインストール

開発したアプリケーションは、電子タグリーダー・ライター (BHT-8048DBID) 及び携帯電話 (FOMA M1000) にインストールする必要がある。BHT-8048DBID へのアプリケーションのインストールは、パソコンと RS-232C ケーブルにより接続し、プログラムファイルを転送するためのツールを使用することでインストールができる。一方、携帯電話へのインストールについては、本スタディで使用する FOMA M1000 の場合は、パソコンと USB ケーブルで接続し、パソコンから直接インストールできるが、一般的には、プログラムファイルをサーバーからダウンロードしてインストールする形となり、特に Bluetooth を使用するアプリケーションをサーバーの Web サイトで公開する際には、通信事業者に申請し、アプリケーションをサーバーの Web サイトで公開するための承認を得る手続きが必要となる点に注意しなければならない。

⁷ I-CODE は Royal Philips Electronics 社の登録商標。

⁸ Tag-it は Texas Instruments 社の登録商標。

⁹ my-d は Infineon Technologies 社の登録商標。

¹⁰ FerVID family は富士通株式会社の商標。

- **サーバー環境の準備**

サーバー上には、データベースを構築し、物品データ及びユーザーデータを格納するためのテーブルを作成する。また、携帯電話からの要求に答えるための Web アプリケーションをサーバーの Web サービス上で公開する。さらに、管理用端末からアクセスするための Web サイトを公開するが、不正なアクセスを制限するために基本認証を行うように設定する。

また、通常は携帯電話用のアプリケーションを Web サイトで公開するが、先述のような注意が必要である。

- **データの登録**

管理用端末のブラウザでサーバーの Web サイトにアクセスし、サーバーのデータベースに物品データとユーザーデータを登録する。物品データは、電子タグの ID 情報と関連情報を紐付けて登録する必要があることから、電子タグリーダー・ライターを用いて、実験で使用する電子タグの ID 情報を調べてから登録する必要がある。また、ユーザーデータについては、携帯電話の利用者を認証するための情報を登録するが、本スタディでは、携帯電話の個人識別 ID を使用することから、実験で使用する携帯電話の個人識別 ID を調べてから登録する。

【システムの動作確認】

- **一連の動作の確認**

実証実験用に構築したシステム上で結合試験を行い、電子タグリーダー・ライターによる電子タグの読み取りから、携帯電話による物品データの参照・更新まで、一連の動作に問題がないことを確認した。また、資産管理システムを例にシステム開発を行ったため、資産管理業務の観点から、物品データ管理、物品照会・棚卸し処理、ユーザー登録など、必要な機能が正しく動作することを確認した。

- **電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信について**

Bluetoothの通信が必要な、ペアリング機能及びID情報の送受信機能については、「5.3.1 電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信制御」で先述のように、設計変更及び動作確認時の不具合などがあったが、完成されたアプリケーションにおいては、設計変更後の動作内容で正常に動作することを確認した。また、ID情報の送受信の際に、携帯電話と電子タグリーダー・ライターの双方で手動の操作が必要な点について、操作性に多少の問題があると予想したが、複数の電子タグを読み取って作業する運用を前提とした場合、それほど操作性は悪くなく、実用化された場合にも、問題にならない程度の操作性は確保できている。

- **携帯電話とサーバー間の通信について**

携帯電話とサーバーはHTTPによる通信を行うが、「5.2.2 携帯電話用アプリケーションの設計」の【消費電力を考慮した設計】の項目で先述のとおり、携帯電話がISP及びインターネットを通じてサーバーと通信を行う度に、ISPとの通信を切断する設計を行ったところ、通信の再接続に時間がかかり、性能に大きな影響が出ることが結合試験の際に問題となった。このため、設計を変更し、3分間の無通信時間があった場合に通信を切断するようにしたところ、通信による待ち時間が大幅に短縮できた。

この点を除けば、認証情報の送受信、物品データの送受信など、HTTP通信を行う機能について、問題なく動作することを確認した。

5.5 システム開発のまとめ

本スタディでは、携帯電話と電子タグリーダー・ライターを用いて、小規模な電子タグシステムの開発を行った。実用化に向けて考慮すべき点を設計に取り入れながら、本スタディが提唱するシステム構成を基本として、実用的なシステムを開発できることを証明した。しかし、開発においていくつかの問題が発生し、解決するためにアプリケーションの仕様を変更するなど、技術的な課題も明らかになった。

今後、実用システムを開発する際の参考となるように、システムを設計する上で考慮した点と、開発を行う上で問題になった点について、まとめて説明する。

【設計において考慮した点】

- BluetoothのSPP、及びHTTPを用いたマルチキャリア対応

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間のBluetooth通信では、SPPを用いて通信を行うように設計した。また、双方でデータの送受信を行うために、SPPが提供するシリアル通信上での電文のシーケンスを定義した。このシーケンスに従って携帯電話のアプリケーションを開発することにより、SPPを持つ携帯電話であれば、電子タグリーダー・ライターのアプリケーションと通信できることになり、マルチキャリアに対応できる。

また、携帯電話とサーバー間の通信については、汎用的なHTTPによる通信を行っており、携帯電話のアプリケーションにおいて、サーバーとの通信制御を簡単に実装することができる。

- 消費電力への配慮

電子タグリーダー・ライター及び携帯電話は、モバイル利用が前提のため、消費電力を抑えることに注意して設計を行った。

アプリケーションを設計する際に、トリガーボタンを押している間だけリーダ

ーデバイスを起動する、Bluetooth は通信の度に接続を切るなどの工夫を行い、 unnecessary 電力を消費しないように設計した。また、携帯電話とサーバー間の通信に関しても、通信の度に接続を切るように設計したが、次回の接続に時間がかかる機種の場合は、3 分間の無通信時間の経過後に接続を切るようにするといった設計にすべきであることも分かった。

- セキュリティ

Bluetooth 通信については、通信相手を特定するためのペアリングを行うことで、不正アクセスを防止できる。ペアリング機能の設計においては、使用者の明確な意思によってペアリングを行うように、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の双方で操作を行うような設計にしており、一方的な不正アクセスによってペアリングされることのないようにしている。なお、実用システムを開発する場合は、双方の機器にパスキーを入力して相手を認証する仕組みを取り入れるべきである。

携帯電話に保存されている情報を保護するために、Bluetooth 通信の際は、必ず携帯電話がマスターとなるように設計している。これにより、一方的な Bluetooth 通信によって携帯電話が応答し、携帯電話内のデータを不正に取得されることはない。

携帯電話のアプリケーションの起動時には認証が必要であるが、携帯電話の個人識別 ID だけを用いて認証を行う仕組みで設計を行った。これにより、使用者は毎回のようにユーザー名及びパスワードを入力して認証する必要がなくなる。最近では、携帯電話を他人と共有して使用することがほとんどなく、セキュリティ機能も充実していることから、このような認証方式についても、操作性の向上のために検討すべきである。

サーバーでは、携帯電話からのアクセスに応答するために、Web アプリケーションを公開している。Web アプリケーションでは、登録されていない携帯電話からのアクセスは拒否するものの、重要なデータを扱う場合は、CUG サービスによるセキュアな回線を使用することを検討すべきである。

- 各機材の機能を有効に使うための工夫

電子タグリーダー・ライターと携帯電話の双方で、それぞれ得意とする機能を分担する形でシステムを実現するように設計を行った。電子タグリーダー・ライターのアプリケーションでは、ボタン操作によって使用者が効率よく電子タグを読み取れるようなユーザーインターフェースを実現した。また、細かい表示や操作が必要な機能は、携帯電話側で実現することにより、リッチな画面表示と直感的な操作を可能にした。

また、電子タグリーダー・ライターの特徴を活かし、一括で複数の電子タグを読み取った場合にも、ID 情報を電子タグリーダー・ライターにタンキングしておき、携帯電話上でリスト処理できる機能など、操作性に関しても十分に考慮して設計を行った。

【開発上で問題となった点】

- リーダーデバイスと Bluetooth デバイスの同時使用について

本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、電子タグを読み取るためのリーダーデバイスと、Bluetooth 通信のための Bluetooth デバイスが同時に使用できなかったため、電子タグを読み取るモードと、Bluetooth 通信を行うモードを手動で切り替える必要があった。Bluetooth の通信を確立させたままにしておき、電子タグを読み取ったり、ID 情報を携帯電話に送信したりする処理を、自由に行うためには、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスが同時に使用できる機種を選ぶ必要がある。

- Bluetooth の通信中のボタン操作について

本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、Bluetooth 通信中のボタン操作に制約があり、通信を中止するためのボタン以外は反応しない仕様であったため、ボタン操作を行うために、Bluetooth 通信を毎回切断しなければならなかった。これは、携帯電話を単なるブリッジとして使用し、電子タグリーダー・ライター側の操作を主体的に行う運用を考えると、携帯電話を介してサーバーにアクセスする度に Bluetooth 通信を確立しなおすことから、性能面で問題となる。

さまざまな運用形態を想定し、Bluetooth 通信を確立させたまま、ボタン操作ができる機種を選ぶことが望ましい。

- Bluetooth の通信確立直後の通信について

本スタディで開発したシステムでは、Bluetooth の通信が確立された直後の通信に不具合があり、ペアリング完了時には、Bluetooth を切断する処理を携帯電話側で 1 秒 Wait させてから行い、また、ID 情報の送受信時には、携帯電話から ACK が返されるまで ENQ の再送信を繰り返すといった対処が必要になった。電子タグリーダー・ライター側の処理が遅く、携帯電話側のアクションに間に合わないためと考えられるが、異なる機材を使用して通信を行うことから、こういった不具合はある程度想定して開発を行う必要がある。

6 実証実験の概要と検証項目

6.1 実証実験の概要

実証実験では、試作した資産管理システムを用いて、本スタディが提唱するシステム構成を基本とするシステムの実現性の検証と実用性に関する検証を行う。

システム実現性の検証としては、電子タグリーダー・ライターの長所でもある電子タグの複数一括読み取り機能（アンチコリジョン機能）、及び複数メーカーのチップを読み取れる汎用性に影響がないか、無線技術を用いたことによる電波干渉などの悪影響がないか、各無線通信における通信可能距離及び通信時間を計測して事前に予想する数値と大きな開きがないかなど、それぞれ確認するための実験を行い、基本性能に悪影響なくシステムを実現できることの検証を行う。また、各通信技術における通信データの正確性、Bluetooth 通信のペアリングにより通信相手を限定することの信頼性、サーバーにアクセスする際のユーザー認証及び携帯電話機の認証についても、セキュリティの観点から踏まえて問題がないか検証を行う。

実用性に関する検証としては、実運用の場面を想定し、省電力を考慮してシステム開発を行った上でのバッテリー駆動時間の実績値、電子タグを貼る対象の違いによる影響、試作した資産管理システムの操作性に関する意見についても言及する。

6.2 実験の狙いと検証項目

6.2.1 複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証

電子タグリーダー・ライターには、複数種類の電子タグを読み取ることができる汎用性が求められる。汎用的に電子タグを読み取れることにより、電子タグの購入の際に単価の安いものを選択できるほか、貼る対象の形状に合ったものや、デザイン性が高いものなどを自由に選択できる。

しかし、電子タグには、パッシブタグとアクティブタグの違い、RFID チップの通信周波数帯の違いなどによりいくつかのタイプがあり、すべての電子タグを読み取ることができる電子タグリーダー・ライターは現状では存在しない。本検証では、13.56MHz の通信周波数帯で動作し、ISO/IEC15693 として規格化されているパッシブタグに焦点をあて、それを読み取り可能な電子タグリーダー・ライターを用いて検証を行う。ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、複数のメーカーによって仕様の異なる RFID チップが製造されているため、本検証では、複数メーカーの RFID チップを用いた電子タグをいくつか用意し、電子タグリーダー・ライターが汎用的にそれらを読み取れることを確認する。

また、電子タグリーダー・ライターには、複数の電子タグを一括で読み取ること

ができるアンチコリジョン読み取り機能があるため、複数の RFID チップメーカーの電子タグが混在した場合でも、問題なく読み取れることを検証する。

本検証においては、表 6-1 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-1 【検証 1】複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証

【検証 1-1】電子タグ読み取りの汎用性
【検証項目 1-1-1】電子タグの単独読み取りの可否
【検証項目 1-1-2】同一メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否
【検証項目 1-1-3】複数メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

6.2.2 電波干渉に対する耐性の検証

電子タグリーダー・ライターと携帯電話を連携させるシステムを構築する上で、3種類の無線技術を使うことになる。1つ目ひとつは電子タグリーダー・ライターが電子タグを読み取るための近傍無線技術、2つ目は電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間を通信させるための Bluetooth という近距離無線技術、最後に携帯電話がパケット通信を行うための遠距離無線技術である。

本検証では、これらの無線技術の同時使用による電波干渉の影響について検証を行う。また、想定される周囲の通信機器から受ける電波干渉の影響と、周囲に与える影響についても検証を行う。

本検証においては、表 6-2 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-2 【検証 2】電波干渉に対する耐性の検証

【検証 2-1】電子タグ読み取りの干渉
【検証項目 2-1-1】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可否
【検証項目 2-1-2】電子タグ及び電子タグリーダー・ライターが周囲に与える影響
【検証 2-2】Bluetooth の干渉
【検証項目 2-2-1】周囲に干渉要素がある場合の、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信可否
【検証項目 2-2-2】電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の

6.2.3 通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証

本スタディが提唱するシステムの構成において、各機材及び通信機能が基本性能を損なうことなく動作することの検証を行う必要がある。電子タグリーダー・ライターと電子タグの間の読み取り可能距離、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の通信可能距離、通信時間などを計測し、システム構成が原因で悪影響が生じることがないかを検証する。

また、手動操作による電子タグの読み取り時間なども計測し、性能面において実用上問題ないことを確認した上で、一般的な電子タグシステムを実用化する際の参考値として示す。

このような読み取り可能距離、通信時間などは、製品の仕様及びソフトウェアの設計により大きく変化するため、あらゆるシステムにおいて一定の性能が出るわけではないが、付近に干渉要素がある場合など、想定されるいくつかの環境下で実験を行い、目立った数値変化があれば報告を行う。

本検証においては、表 6-3 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-3 【検証3】通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証

【検証3-1】電子タグの読み取り可能距離及び読み取り時間
【検証項目3-1-1】電子タグの読み取り可能距離
【検証項目3-1-2】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可能距離
【検証項目3-1-3】電子タグの読み取り時間
【検証3-2】Bluetoothの通信可能距離及び通信時間
【検証項目3-2-1】Bluetoothの通信可能距離
【検証項目3-2-2】Bluetoothの通信時間
【検証3-3】携帯電話～サーバー間の通信時間
【検証項目3-3-1】物品データをサーバーからダウンロードする時間

6.2.4 無線通信の信頼性の検証

本スタディが提唱するシステム構成において、無線通信の信頼性を検証する必要がある。電子タグの読み取りについては、複数のメーカー混在の複数の電子タグを一括で読み取る場合に読み取ったデータが正しいか、Bluetooth 通信については、想定される周囲環境の下で通信データが正確かといった検証を行う。

また、Bluetooth という近距離無線技術を使用する際に伴うセキュリティリスクについて、「ペアリング」の技術により、セキュリティを確保した通信ができることを確認する。

本検証においては、表 6-4 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-4 【検証 4】無線通信の信頼性の検証

【検証 4-1】電子タグ読み取りデータの信頼性
【検証項目 4-1-1】電子タグの読み取り正確性
【検証項目 4-1-2】メーカー混在の電子タグの読み取り正確性
【検証 4-2】Bluetooth 接続の信頼性
【検証項目 4-2-1】1対1のペアリングにおける信頼性
【検証項目 4-2-2】1対1のペアリングが複数ある場合の信頼性
【検証 4-3】通信の信頼性（通信できた場合に受信したデータが正しいか）
【検証項目 4-3-1】Bluetooth 通信正確性
【検証項目 4-3-2】付近に干渉要素がある場合の Bluetooth 通信正確性
【検証項目 4-3-3】携帯電話～サーバー間の通信正確性

6.2.5 低消費電力に関する実用性の検証

本スタディでは、携帯電話及びハンディタイプの電子タグリーダー・ライターというモバイル利用を前提とする機材を使うため、バッテリーによる利用可能時間についても考慮が必要である。省電力を考慮してアプリケーションを設計した上で、1回の充電による電子タグリーダー・ライター及び携帯電話の使用可能時間を実験により求め、実用化に耐え得ることを確認し、参考値として報告する。また、省電力を考慮したアプリケーションの設計を行ったことにより、実用時の操作性に影響が出る事項についても言及する。

本検証においては、表 6-5 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-5 【検証 5】低消費電力に関する実用性の検証

【検証 5-1】 バッテリ駆動時間
【検証項目 5-1-1】 電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間
【検証項目 5-1-2】 携帯電話のバッテリー駆動時間

6.2.6 実用システムを考慮した検証

本スタディが提唱するシステム構成でシステムが実用化されることを想定し、試作する資産管理システムを用いて、いくつかの実運用に関する実験を行う。実際に電子タグシステムを導入する際には、システムの信頼性・性能のほかに、電子タグを貼り付ける対象についても注意が必要である。本検証では、電子タグをさまざまな物に貼った場合に、読み取り性能に差が出ることを確認し、貼り付ける対象の材質によって考慮すべき注意点を挙げる。また、試作した資産管理システムを実験的に使用し、実用化に際しての操作性や改良すべき点について、意見をまとめて報告を行う。

本検証においては、表 6-6 の検証項目を挙げて実証実験を行う。

表 6-6 【検証 6】実用システムを考慮した検証

【検証 6-1】 貼り付ける対象の違いによる電子タグの読み取り
【検証項目 6-1-1】 読み取りの可否
【検証項目 6-1-2】 読み取り可能距離
【検証項目 6-1-3】 読み取りデータの信頼性
【検証 6-2】 操作性
【検証項目 6-2-1】 実験用資産管理システムの操作性に関する意見

6.3 実験環境

【実験用システムの構成】

本スタディの中で試作した資産管理システムを用いて実験環境を作り、各検証項目について実証実験を行う。

サーバーを設置するセンター側の環境と、電子タグの読み取り作業を行う現場側の環境が離れていることを想定し、別々の場所にそれぞれの環境を用意する。サーバーはハウジングサービスを利用して遠隔地に設置し、Webサービスをインターネットに公開するために、必要な回線を用意してインターネットに接続する。電子タグ、電子タグリーダー・ライター、及び携帯電話は、事務室又は会議室に用意し、携帯電話会社のネットワークによってインターネットを経由してサーバーにアクセスする。データ管理用の端末は、通常はセンター側に設置するが、検証項目は現場側の環境で行うものが多く、実験を行う際の効率を考慮して、現場側として想定している事務室に設置する（図 6-1）。

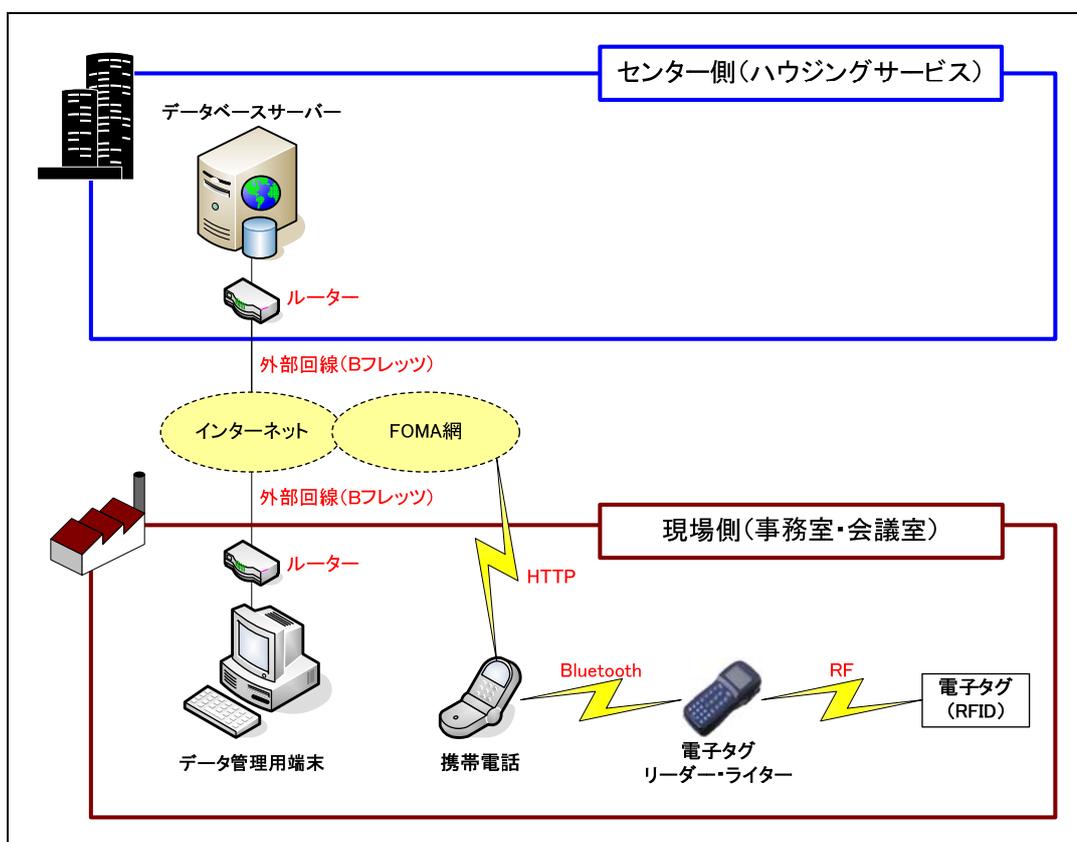


図 6-1 実験用システムの構成

【使用する機材について】

本スタディでは、実証実験用に表 6-7の機材を準備する。

表 6-7

種類	仕様・名称	数量
電子タグリーダー・ライター (図 6-2)	BHT-8048DBID	5 台
携帯電話 (図 6-2)	FOMA M1000	5 台
電子タグ (図 6-3)	I-CODE SLI	10 個
	Tag-it HF-I	10 個
	my-d SRF55V02P	10 個
	FerVID family MB89R118	10 個
サーバー機	Intel Pentium 4 プロセッサ (3GHz) 搭載のサーバー機	1 台
管理用端末	Windows XP が動作するパソコン	1 台
回線	Bフレッツ® ¹¹ (センター側及び現場側)	2 回線



図 6-2 実証実験で使用する電子タグリーダー・ライター (上) と携帯電話 (下)

¹¹ Bフレッツは東日本電信電話株式会社と西日本電信電話株式会社の登録商標。

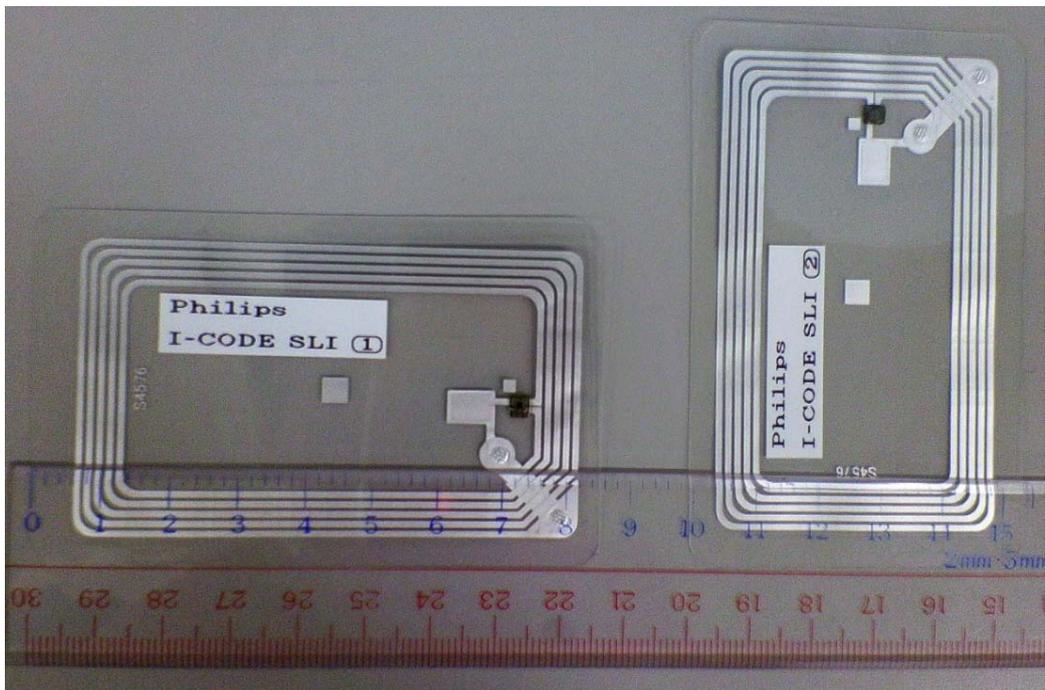


図 6-3 実証実験で使用する電子タグ

7 検証項目の詳細

7.1 複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証

【検証1-1】電子タグ読み取りの汎用性

本スタディで使用する電子タグは、安価で普及している ISO/IEC15693 準拠のものを用いる。ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、内部のチップをいくつかのメーカーが製造しており、製品によってそれぞれ仕様が異なる。本スタディでは、汎用性を考慮し、チップメーカーが異なる複数種類の電子タグを読み取ることができる電子タグリーダー・ライターを使用する。

本検証では、本スタディで使用するハンディタイプの電子タグリーダー・ライターが、ISO/IEC15693 準拠の複数種類の電子タグを汎用的に読み取れることを確認する。また、電子タグリーダー・ライターの特徴でもある、アンチコリジョン読み取り機能により、複数個・複数種類の電子タグを一度に読み取れることを確認する。

【検証項目1-1-1】電子タグの単独読み取りの可否

本スタディの実験用として準備した電子タグリーダー・ライターを用いて、ISO/IEC15693 準拠の電子タグを読み取れることを確認する。ここでは、電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能を OFF にし、単発読み取りにより、下記4種類のRFIDチップを用いた電子タグが読み取れることを確認する。

- ・ I-CODE
- ・ Tag-it
- ・ my-d
- ・ MB89R118

上記のRFIDチップを用いた4種類の電子タグそれぞれについて、5回ずつ読み取りテストを行う。

上記RFIDチップはすべてISO/IEC15693準拠のため、実験で使用する電子タグリーダー・ライターの仕様上、4種類すべての電子タグを読み取ることができると予想する。

【検証項目1-1-2】同一メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能を用いて、ISO/IEC15693 準拠の電子タグを複数個一括で読み取れることを確認する。電子タ

リーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能を ON にし、一括読み取りにより、下記4種類のRFIDチップを用いた電子タグが読み取れることを確認する。

- ・ I-CODE
- ・ Tag-it
- ・ my-d
- ・ MB89R118

上記のRFIDチップを用いた4種類の電子タグそれぞれについて、同一種類の電子タグを10枚用意し、5回ずつ読み取りテストを行う。

前検証項目と同様に、実験で使用する電子タグリーダー・ライターの仕様上、アンチコリジョンによる一括読み取りの場合でも、ISO/IEC15693 準拠の電子タグを読み取ることができると予想する。

【検証項目1-1-3】複数メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能を用いて、チップメーカーが異なる電子タグが混在した場合でも、複数個一括で読み取れることを確認する。電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能を ON にし、一括読み取りにより、下記4種類のRFIDチップを用いた電子タグが混在している場合にも、すべての電子タグを読み取れることを確認する。

- ・ I-CODE
- ・ Tag-it
- ・ my-d
- ・ MB89R118

上記のRFIDチップを用いた4種類の電子タグから、無作為に10個の電子タグを取り出して読み取るテストを5回繰り返す。

前検証項目と同様に、実験で使用する電子タグリーダー・ライターの仕様上、複数種類の電子タグが混在した場合にでも、アンチコリジョンによる一括読み取り機能により、ISO/IEC15693 準拠の電子タグを複数個一括で読み取ることができると予想する。

7.2 電波干渉に対する耐性の検証

【検証2-1】電子タグ読み取りの干渉

本検証では、電子タグリーダー・ライターを使用して電子タグを読み取る際に使

う無線技術に関して、システム構成上における他の無線通信との電波干渉の影響と、周囲で同時に使用することが想定される通信機器から受ける電波干渉の影響及び周囲に与える影響について検証を行う。

【検証項目 2-1-1】 干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可否

電子タグリーダー・ライターで ISO/IEC15693 準拠の電子タグを読み取る際に 13.56MHz の通信周波数で無線通信を行う。同じ周波数帯を利用する干渉要素として、電子マネーや入退室システムで利用されている Felica を挙げることができる。Felica は携帯電話に搭載されていることが多く、本スタディが提唱するシステム構成においても携帯電話を使用することから、電波干渉について検証を行う必要がある。また、実用時に周囲の別システムにおいて Felica の読み取りなどを行うことも想定できる。本検証項目では、Felica との干渉の影響に関して、次の周囲環境を想定し、電子タグリーダー・ライターによる電子タグの読み取りが可能かどうか、実験を行う。

- ・付近に Felica 搭載の携帯電話がある環境における、電子タグの読み取り可否
- ・付近に Felica 用カードリーダーがある環境における、電子タグの読み取り可否

なお、使用する電子タグの RFID チップの種類は次の 4 種類とし、各チップを用いた電子タグそれぞれについて、上記の実験を 50 回ずつ行う。

- ・ I-CODE
- ・ Tag-it
- ・ my-d
- ・ MB89R118

Felica 搭載の携帯電話又は Felica カードを専用のカードリーダーで読み取る場合、ほとんど接触させて読み取る程度の電波強度であるため、干渉の影響があるのは、それらの機材に非常に接近している場合のみで、実用上で想定される範囲では、問題なく電子タグの読み取りができると予想する。

【検証項目 2-1-2】 電子タグ及び電子タグリーダー・ライターが周囲に与える影響

前検証項目では、電子タグリーダー・ライター及び電子タグが周囲環境から受ける影響について検証を行ったが、本検証項目では、逆に周囲環境に与える影響について検証を行う。次の実験項目を挙げ、実験用資産管理システムの付近において、Felica を読み取ることに対する影響を検証する。

- ・付近に実験用の電子タグリーダー・ライターがある環境における、Felica の

読み取り可否

- ・付近に実験用の電子タグがある環境における、Felica の読み取り可否

Felica の読み取りに関しては、携帯電話に搭載されている Felica と、一般的な Felica カードの両方について、Felica リーダーで読み取る実験を行う。また、上記の 2 パターンの想定でそれぞれ 50 回ずつ Felica の読み取りを行うが、電子タグについては、次の 4 種類の RFID チップの種類について同様にそれぞれ 50 回ずつ Felica の読み取りを行う。

- ・ I-CODE
- ・ Tag-it
- ・ my-d
- ・ MB89R118

電子タグリーダー・ライターの仕様では、50mm 程度の距離にある電子タグの読み取りができることから、それより近い範囲で Felica の読み取りを行う場合は、影響が出ると予想する。しかし、実用上においては、電子タグリーダー・ライターが電子タグの読み取りをするための電波を発するのは、利用者が意図して電子タグを読み取ろうとしている間だけに限定されるため、実用上における大きな影響はないと予想する。

【検証 2-2】Bluetooth の干渉

本検証では、Bluetooth 通信技術を使用する場合に懸念される電波干渉の影響について検証を行う。電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間の Bluetooth 通信について、システム構成上における他の無線通信との電波干渉の影響と、周囲で同時に使用することが想定される通信機器から受ける電波干渉の影響及び周囲に与える影響について検証を行う。

【検証項目 2-2-1】周囲に干渉要素がある場合の、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信可否

電子タグリーダー・ライターと携帯電話の Bluetooth 通信では、2.4GHz 帯による無線通信を行う。本スタディが提唱するシステム構成内では、同じ周波数帯を使用する別の無線通信はないが、念のため、2GHz 帯を使用する携帯電話の通話及び通信との同時使用について検証を行う。周囲環境については、同じ 2.4GHz 帯を使用する無線 LAN、及び別の Bluetooth 機器との電波干渉の影響が考えられるため検証が必要である。

本検証項目では、次の周囲環境を想定し、電子タグリーダー・ライターから携帯電話に対して ID 情報を送信する実験を行い、周囲環境が Bluetooth 通信に与え

る影響について検証を行う。

- ・付近で別の携帯電話（FOMA）による通話中
- ・付近で別の携帯電話（FOMA）によるパケット通信中
- ・付近で無線 LAN 通信中
- ・付近で別の Bluetooth 機器によるファイル転送中

上記それぞれの周囲環境の下で、電子タグリーダー・ライターから携帯電話に対して電子タグの ID 情報を送信する実験を 50 回行い、通信に失敗する回数により、電波干渉の影響について判断を行う。

実験で使用する電子タグリーダー・ライターと携帯電話の Bluetooth デバイスのバージョンは両者とも 1.1 であるため、同じ周波数帯を使う無線 LAN 通信及び他の Bluetooth 通信との干渉が予想される。携帯電話の通話及び通信との干渉については、Bluetooth とは通信周波数帯が異なるため、実験において干渉を確認することはないと考える。

【検証項目 2-2-2】電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信が周囲に与える影響

前検証項目とは逆に、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信が周囲に与える影響について検証を行う。周囲で同時に使用することが想定される次の無線通信について、電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信が原因で、通信ができない、通信が途中で失敗するなどの影響があるかどうかを実験により判断する。

- ・付近での別の携帯電話（FOMA）による通話
- ・付近での別の携帯電話（FOMA）によるパケット通信
- ・付近での無線 LAN 通信
- ・付近での別の Bluetooth 機器によるファイル転送

電子タグリーダー・ライターから携帯電話に対して電子タグの ID 情報を送信することを繰り返しながら、上記それぞれの通信を 50 回繰り返し、送信に失敗する回数により、電波干渉による影響について判断を行う。

実験で使用する電子タグリーダー・ライターと携帯電話の Bluetooth デバイスのバージョンは両者とも 1.1 であるため、同じ周波数帯を使う無線 LAN 通信及び他の Bluetooth 通信との干渉が予想される。携帯電話の通話及び通信との干渉については、Bluetooth とは通信周波数帯が異なるため、実験において干渉を確認することはないと考える。

7.3 通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証

【検証3-1】電子タグの読み取り可能距離及び読み取り時間

本検証では、電子タグの読み取り可能距離を測定し、システム構成が原因で電子タグリーダー・ライターの基本性能を損なうことがないかを検証する。付近に Felica 搭載の携帯電話が存在する場合など、想定される干渉要素が存在する場合についても同様な検証を行い、大きな影響があれば報告を行う。また、実用化を考慮し、電子タグの読み取り時間についても測定を行い、性能面で実用に耐え得るかどうかの判断を行う。

【検証項目3-1-1】電子タグの読み取り可能距離

実験用の電子タグリーダー・ライターを用いて、電子タグの読み取り可能距離を測定する。電子タグは、メーカーが異なる次の4種類のチップを持つものを使用する。それぞれ5回ずつ、読み取り可能な最大距離を計測して平均値を求める。

電子タグの読み取り可能距離は、電子タグの通信周波数帯の違いや、電子タグ側及びリーダー・ライター側のアンテナの大きさにより、大きく差が出るが、普及している ISO/IEC15693 の電子タグとハンディタイプのリーダー・ライターを使用する場合の参考値を示し、実用に耐え得ることを確認する。

- ・ I-CODE
- ・ Tag-it
- ・ my-d
- ・ MB89R118

実験で使用する電子タグリーダー・ライターの仕様上、電子タグを読み取り可能な最大距離は 50mm 程度であるため、同程度を予想する。

【検証項目3-1-2】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可能距離

ISO/IEC15693 準拠の電子タグは 13.56MHz の通信周波数帯を使用する。同じ周波数帯を使用する Felica との干渉が考えられるため、次の周囲環境を想定し、それぞれについて前検証項目と同様な実験を行う。

- ・ 付近に Felica 搭載の携帯電話がある場合
- ・ 付近に Felica のカードリーダーがある場合

Felica 搭載の携帯電話又は Felica カードを専用のカードリーダーで読み取る場合、ほとんど接触させて読み取る程度の電波強度であるため、干渉の影響があるのは、それらの機材に非常に接近している場合のみで、実用上で想定される範囲では、前検証項目と同程度の結果を予想する。なお、Felica 搭載の携帯電話に

電子タグを貼る場合の読み取り可能距離については、別の検証項目において実験を行う。

【検証項目 3-1-3】電子タグの読み取り時間

実用化を考慮し、電子タグの読み取り時間について測定を行う。電子タグリーダー・ライターを使用し、次の想定の下で手動により 10 個の電子タグを読み取る。その時間を測定する実験を 5 回行い、平均時間を算出する。手動を含むため参考値となるが、性能面で実用に耐え得るかどうかの判断を行う。

- ・同一メーカーの電子タグを 10 個読み取る場合
- ・メーカー混在の電子タグを 10 個読み取る場合

なお、使用する RFID チップの種類は次の 4 種類とする。

- ・I-CODE
- ・Tag-it
- ・my-d
- ・MB89R118

電子タグリーダー・ライターにはアンチコリジョン読み取り機能があるため、すべての電子タグが読み取り易い位置にある場合、数秒次を予想する。また、RFID チップの種類が複数混在する場合についても、それらの判別は電子タグリーダー・ライターのハードウェアによる処理のため、読み取り時間に影響はないと予想する。

【検証 3-2】Bluetooth の通信可能距離及び通信時間

本検証では、Bluetooth の通信可能距離及び通信時間を測定し、システム構成が原因で電子タグリーダー・ライター及び携帯電話に搭載されている Bluetooth デバイスの基本性能を損なうことがないかを検証する。また、想定される干渉要素を準備して同様な検証を行い、実用性に大きな影響があれば報告を行う。

【検証項目 3-2-1】Bluetooth の通信可能距離

電子タグリーダー・ライターと携帯電話を使用し、両者間で Bluetooth 通信が可能な最大距離を測定する。周囲環境として次の状況を想定し、それぞれ通信可能距離を 5 回ずつ 1m 単位の精度で測定して、実用性に大きな影響があれば報告を行う。

- ・干渉要素なしの場合
- ・付近で別の携帯電話 (FOMA) による通話中
- ・付近で別の携帯電話 (FOMA) によるパケット通信中

- ・付近で無線 LAN の通信中
- ・付近で別の Bluetooth 機器によるファイル転送中

実験で使用する電子タグリーダー・ライターと携帯電話の Bluetooth デバイスは両者とも Power Class 2 の通信電波強度であるため、約 10m の距離で通信が可能であると予想する。

また、Bluetooth のバージョンは両者とも 1.1 であるため、同じ周波数帯を使う無線 LAN 通信及び他の Bluetooth 通信との干渉が予想される。携帯電話の通話及び通信との干渉については、Bluetooth とは通信周波数帯が異なるため、干渉要素がない場合と同様に約 10m の距離で通信が可能であると予想する。

【検証項目 3-2-2】 Bluetooth の通信時間

携帯電話が電子タグリーダー・ライターから電子タグの ID 情報を受信する際の通信時間を測定する。送信する ID 情報の数を 1 個、10 個、100 個の 3 パターンで通信時間を 5 回ずつ測定し、平均値を求める。外部環境として次の状況を想定し、それぞれの環境の下で同様な実験を行い、実用性に大きな影響があれば報告を行う。

- ・干渉要素なしの場合
- ・付近で別の携帯電話（FOMA）による通話中
- ・付近で別の携帯電話（FOMA）によるパケット通信中
- ・付近で無線 LAN の通信中
- ・付近で別の Bluetooth 機器によるファイル転送中

なお、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の距離は約 1m 離して固定し、通信時間の測定を行う。

Bluetooth の通信速度は理論値で 1Mbps、実効値で 430kbps と想定する。実験用システムにおいて、電子タグリーダー・ライターから送信するデータは、ID 情報 1 個につき 24 バイトであるから、100 個の ID 情報を送信すると 2400 バイトである。従って、100 個の ID 情報を送信した場合の通信時間は 0.05 秒程度であるが、通信時間の測定を携帯電話側で行うため、携帯電話から送信の指示を受けた電子タグリーダー・ライターが、送信データを準備して送信し始めるまでの時間や、受け取ったデータの整合性チェックの時間なども含んで計測される。その時間を加味した場合、0.2 秒程度が妥当と想定する。

また、前検証項目と同様に、無線 LAN 通信及び他の Bluetooth 通信との干渉の影響が出ると予想する。

【検証 3-3】 携帯電話～サーバー間の通信時間

本検証では、携帯電話とサーバー間の通信時間を測定する。携帯電話とサーバー間の通信時間は、通信するデータ量がシステムによって固有であり、携帯電話の電波状態とサーバーの負荷状況も大きく影響することから、一概に固定値となるわけではないが、システムを実用化する際の参考値として報告を行う。また、性能面で実用に耐え得るかどうかの判断を行う。

【検証項目 3-3-1】 物品データをサーバーからダウンロードする時間

携帯電話から電子タグの ID 情報をサーバーに送信し、物品データをダウンロードして携帯電話の画面に表示するまでの時間を計測する。

携帯電話用のアプリケーションは、1 回の操作で複数個の ID 情報とそれに対応する物品データを送受信できる仕様のため、次の個数の ID 情報を送信して物品データをダウンロードするまでの時間を計測する試験をそれぞれ 5 回ずつ行い、平均値を求める。

- ・タグ ID の数=1 個、10 個、100 個

検証用携帯電話 (FOMA) の通信速度は上り 64Kbps、下り 384Kbps であり、実効速度は、それぞれ約 35Kbps、約 80Kbps と想定する。サーバーに送信する ID 情報は 1 個につき 16 バイトであり、処理要求を示すヘッダ情報、ID 情報の区切り文字のバイト数を加味しても、ID 情報の数が 100 個の場合、2K バイト程度である。ダウンロードする物品データのデータ量は、実験用資産管理システムでは物品データが 100 個の場合で 8K~10K バイトである。従って、100 個の ID 情報の送信と物品データの受信には、約 1.5 秒が必要である。この他に、携帯電話側で通信のための内部処理にかかる時間と、サーバーでの処理時間がかかるため、最大で 3 秒程度と予想する。

ただし、携帯電話がアクセスポイントに接続してセッションを確立していない場合は、セッションを確立するまでの時間がかかることになるため、検証用携帯電話では 10 秒程度の処理時間が加算されることになる。この点については、最後に通信をしてからセッションを切断するまでの無通信時間の設定調整、又は、アプリケーションの設計次第で、処理時間を短縮できる問題である。

7.4 無線通信の信頼性の検証

【検証 4-1】 電子タグ読み取りデータの信頼性

本検証では、電子タグの読み取りが正しくでき、読み取ったデータが正しいことの確認を行う。単一のタグを読み取る場合の他に、メーカーの異なるチップを

使った電子タグを一括で複数個読み取る場合についても検証を行う。システム構成が原因となるような問題点や懸念事項、注意点などがある場合は合わせて報告を行う。

【検証項目 4-1-1】電子タグの読み取り正確性

1 個の電子タグの単独読み取りを行い、読み取った ID 情報が正しいことを確認する。

次の 4 種類の RFID チップを用いた電子タグそれぞれについて、50 回ずつ読み取り試験を行う。

- I-CODE
- Tag-it
- my-d
- MB89R118

電子タグリーダー・ライターが電子タグを読み取る際に、無線通信における読み取りミスが発生する可能性はあるが、読み取ったデータに対して CRC（巡回冗長検査）による誤り検出を行うため、誤りのないデータが読み取れるまで、リーダー・ライターは同じ電子タグに対する再読み取りを行う。従って、リーダー・ライターがアプリケーションに電子タグの読み取りを通知した場合は、読み取ったデータは誤り検出を通過しているため、アプリケーションで認識される読み取りデータに誤りはないはずである。

【検証項目 4-1-2】メーカー混在の電子タグの読み取り正確性

メーカーの異なる RFID チップを使用した 4 種類の電子タグを複数個ずつ用意し、電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能を用いて一斉に読み取った場合、読み取った ID 情報が正しいことを確認する。

次の 4 種類のチップを用いた電子タグをそれぞれ 1 個ずつ使用して、5 回の読み取り試験を行う。同様にそれぞれ 2 個～10 個ずつ使用した場合の試験を行い、合計で 50 回の読み取り試験を行う。

- I-CODE
- Tag-it
- my-d
- MB89R118

前検証項目と同様に、読み取りが成功すれば、読み取ったデータに誤りはないと予想する。

【検証4-2】Bluetooth 接続の信頼性

Bluetooth では、通信の接続の際に「ペアリング」という通信相手を限定する方法を取る。本検証では、ペアリングを行った電子タグリーダー・ライター及び携帯電話が、ペアリングを行っていない他の機器との通信を行い、電子タグの ID 情報などの通信を行うことがないかを確認する。また、利用者が意図しないのにペアリングが行われることがないか、第三者（部外者）が悪意を持ってペアリングしようとした場合に安全かどうかについても確認を行う。

また、複数のペアリングした機器同士が付近にある場合、通信相手を混同したり、通信が混線したりしないかを確認する。

【検証項目4-2-1】1対1のペアリングにおける信頼性

電子タグリーダー・ライターと携帯電話のペアリングを行い、ペアリングを行っていない機器と通信することがないことを確認するために、電子タグリーダー・ライターから携帯電話に電子タグの ID 情報を送信する機能を利用して次の実験を行う。

電子タグリーダー・ライターA と携帯電話 A をペアリングした状態で、次の操作を試みる。

- ・電子タグリーダー・ライターA を送信可能な状態（携帯電話からの電子タグ ID の送信要求待ち状態）にしておき、携帯電話 B で受信（送信要求の送信）を試みる。
- ・電子タグリーダー・ライターB を送信可能な状態にしておき、携帯電話 A で受信を試みる。

電子タグリーダー・ライター及び携帯電話のアプリケーションは、ペアリングをすることによって初めて通信が可能となる仕様であり、ペアリングの際に相手機器のデバイスアドレスを記憶して、そのデバイスアドレスの機器以外との通信は遮断する設計のため、ペアリングを行っていない機器と通信することはないと予想する。

また、ペアリング処理自体の操作手順についても、次の点について、安全性の確認を行う。

- ・利用者が意図しないのにペアリングが行われることがないか。
- ・第三者（部外者）が悪意を持ってペアリングしようとした場合に安全かどうか。

ペアリング処理の際には、双方の機器を操作する必要があることから、利用者

の明確な意思表示を求める仕様となっているため問題ないと予想するが、ペアリングの相手を変更した場合に元の相手と通信することがないかなどを念のため確認する。

【検証項目 4-2-2】 1対1のペアリングが複数ある場合の信頼性

複数のペアリングした機器同士が付近にある場合、通信相手を混同したり、通信が混線したりしないかを確認する。

電子タグリーダー・ライターと携帯電話をそれぞれ5台ずつ用いて5つのペアリングを行い、次の実験を行う。

- ・ペアリングを行っていない電子タグリーダー・ライターと携帯電話の組み合わせにおいて、データの送受信を試みる場合、実際にデータ送受信が行われてしまうことはないか。
- ・電子タグリーダー・ライター5台から携帯電話5台に対してデータ送信を同時に行った場合、誤った相手にデータ送信が行われることがないか。また、通信されたデータが正しいか。

電子タグリーダー・ライター及び携帯電話のアプリケーションは、ペアリングの際に相手機器のデバイスアドレスを記憶して、そのデバイスアドレスの機器以外との通信は遮断する設計のため、ペアリングを行っていない機器と通信することはないと予想する。

【検証 4-3】 通信の信頼性（通信できた場合に受信したデータが正しいか）

本検証では、本スタディが提唱するシステム構成における無線通信の信頼性を検証する。電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間のBluetooth通信、及び、携帯電話とサーバー間のHTTP通信について、データ通信が可能な場合に受信したデータが正しいことを確認する。Bluetooth通信に関しては、想定される干渉要素がある場合についても検証を行う。

【検証項目 4-3-1】 Bluetooth通信正確性

電子タグを読み取った電子タグリーダー・ライターから、携帯電話にID情報をBluetoothにより送信し、携帯電話上で正しいデータが受信できていることを50回の試行により確認する。

電子タグリーダー・ライターは、複数個の電子タグを読み取っておき、一度に送信できる仕様のため、1個から10個のタグを読み取って送信する試験をそれぞれ5回ずつ行う。

Bluetoothの通信は、受信したデータに対してCRCによる誤り検出を行うため、通信処理が正常に完了すれば、アプリケーションに通知される受信データに不正データが含まれることはないはずである。

【検証項目 4-3-2】 付近に干渉要素がある場合の Bluetooth 通信正確性

想定される干渉要素がある場合に、電子タグを読み取った電子タグリーダー・ライターから、携帯電話に ID 情報を Bluetooth により送信し、携帯電話上で正しいデータが受信できていることを 50 回の試行により確認する。

電子タグリーダー・ライターは、複数個の電子タグを読み取っておき、一度に送信できる仕様のため、1 個から 10 個のタグを読み取って送信する試験をそれぞれ 5 回ずつ行う。

干渉要素として次の周囲環境を想定し、それぞれの環境の下で 50 回ずつ試験を行う。

- ・ 付近で別の携帯電話 (FOMA) による通話中
- ・ 付近で別の携帯電話 (FOMA) によるパケット通信中
- ・ 付近で無線 LAN の通信中
- ・ 付近で別の Bluetooth 機器によるファイル転送中

前検証項目と同様に、正しく通信処理が完了すれば、受信したデータに不正データが含まれることはないと予想する。電波干渉の影響は、受信したデータに影響が出ることはなく、通信処理が正しく完了できるかどうかに影響があると予想する。

【検証項目 4-3-3】 携帯電話～サーバー間の通信正確性

携帯電話からサーバーに対して電子タグの ID 情報を送信し、関連情報をサーバーからダウンロードする一連の通信処理が正しく行われることを検証する。

サーバーからダウンロードされる情報が正しいことで通信が正しいと判断し、50 回の試行により確認する。

ID 情報を携帯電話からサーバーに対して送り、その ID の関連情報をサーバーからダウンロードする試験を、ID が 1 個から 10 個の場合について、それぞれ 5 回ずつ行い、携帯電話で受け取った内容が正確であることを確認する。

携帯電話はパケット通信で HTTP によるデータ送受信を行う。HTTP というプロトコルの制御により、正しく通信処理が完了すれば、受信したデータに不正データが含まれることはないと予想する。

7.5 低消費電力に関する実用性の検証

【検証5-1】 バッテリ駆動時間

本検証では、携帯電話と電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間を測定する。両者はモバイル利用を前提とする機材のため、1回の充電による使用可能時間を測定して参考値として報告し、実運用が可能かどうかを検証する。また、省電力を考慮したアプリケーションの設計を行ったことにより、操作性に影響が出る事項があれば、あわせて報告を行う。

【検証項目5-1-1】 電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間

次に挙げる操作頻度を想定し、電子タグリーダー・ライターの1回の充電による使用可能時間を測定する。

- ・1分に1個のタグを読み取った場合
- ・連続的にタグを読み取った場合

使用可能時間は、実運用時の操作状況、気温などの外部環境、バッテリーの劣化などにより、大きく異なることが予想されるが、新品のリーダー・ライターで一般的な使用環境の下であれば8時間以上（数百個のタグを読み取れること）が望ましい。

【検証項目5-1-2】 携帯電話のバッテリー駆動時間

次に挙げる操作頻度を想定し、携帯電話の1回の充電による使用可能時間を測定する。

- ・1分に1個の物品データを検索した場合
- ・連続的に物品データを検索した場合

なお、物品データの検索とは、電子タグリーダー・ライターから電子タグのID情報を受け取り、サーバーから関連情報をダウンロードして表示するまでの一連の処理を指す。また、携帯電話を他の用途で使用せず、通話機能は常に待ち受けの状態での測定を行う。

使用可能時間は、実運用時の操作状況、気温などの外部環境、バッテリーの劣化などにより、大きく異なることが予想されるが、新品の携帯電話で一般的な使用環境の下であれば、8時間以上（数百個の物品データを読み取れること）が望ましい。

7.6 実用システムを考慮した検証

【検証6-1】貼り付ける対象の違いによる電子タグの読み取り

本検証では、実際に電子タグシステムを導入する際に注意が必要となる、電子タグを貼り付ける対象の違いによる影響について検証を行う。電子タグを貼り付ける対象として、想定される数種類の貼り付け対象を挙げ、実際に電子タグを貼って読み取りの実験を行い、システムを実用化する際に考慮すべき注意点を挙げる。

【検証項目6-1-1】読み取りの可否

次に挙げる対象に電子タグを貼り付け、電子タグリーダー・ライターで読み取りができるかを実験する。

- ・ポスター
- ・チラシ
- ・はがき
- ・カード
- ・シール
- ・金属
- ・Felica 携帯電話

ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、タグ内部にコイルアンテナをもち、電磁誘導により得た電力を用いてデータを符号化して信号を送信する。従って、鉄・アルミなどのように電気を通すような金属に囲まれた内部に電子タグがある場合、金属の外からは電子タグを読み取れないのは明らかである。金属の表面に電子タグを貼った場合にも、影響があると考ええる。ポスターなどの紙に貼った場合は問題ないと予想できるが、実用が想定されることから、念のため実験を行う。また、同じ周波数帯で動作する Felica との干渉も考慮し、Felica を搭載した携帯電話についても、同様の実験を行うが、Felica との干渉だけでなく、電子回路を持つことから、影響は大きいと予想する。

もし、読み取りができない対象があった場合は、読み取り可能になる条件を探し、その条件でも実験を行う。

【検証項目6-1-2】読み取り可能距離

次に挙げる対象に電子タグを貼り付け、電子タグリーダー・ライターで読み取りが可能な最大距離を測定する。

- ・ポスター
- ・チラシ
- ・はがき
- ・カード
- ・シール
- ・金属
- ・Felica 携帯電話

実験で使用する電子タグリーダー・ライターの仕様上、電子タグを読み取り可能な距離は 50mm 程度であるが、金属に貼った場合には、読み取りができないと予想する。携帯電話に電子タグを貼った場合は、他の素材に貼った場合と比べて、接近した距離でしか読み取りはできないと予想する。

【検証項目 6-1-3】読み取りデータの信頼性

次に挙げる対象に電子タグを貼り付けて、電子タグリーダー・ライターで読み取り、読み取ったデータに誤りがないことを確認する。

- ・ポスター
- ・チラシ
- ・はがき
- ・カード
- ・シール
- ・金属
- ・Felica 携帯電話

電子タグリーダー・ライターが電子タグを読み取る際に、無線通信における読み取りミスが発生する可能性はあるが、読み取ったデータに対して CRC による誤り検出を行うため、誤りのないデータが読み取れるまで、リーダー・ライターは同じ電子タグに対する再読み取りを行う。従って、リーダー・ライターがアプリケーションに電子タグの読み取りを通知した場合は、読み取ったデータは誤り検出を通過しているため、アプリケーションで認識される読み取りデータに誤りは無いはずである。

【検証6-2】操作性

試作した資産管理システムを実際に運用することを想定し、システムを操作しながら簡単な資産管理業務を行い、システムの操作性や改良すべき点について、意見をまとめる。

【検証項目6-2-1】実験用資産管理システムの操作性に関する意見

被験者5人に、10個の物品の照会作業及び棚卸作業をさせ、表7-1のアンケートをとる。

表 7-1 操作性に関するアンケート内容

電子タグの取込速度	遅さが (<input type="checkbox"/> 気になる <input type="checkbox"/> 気にならない)
電子タグの取込距離	距離の短さが (<input type="checkbox"/> 気になる <input type="checkbox"/> 気にならない)
IDデータ転送速度	遅さが (<input type="checkbox"/> 気になる <input type="checkbox"/> 気にならない)
棚卸処理速度	遅さが (<input type="checkbox"/> 気になる <input type="checkbox"/> 気にならない)
電子タグリーダー・ライターの画面	<input type="checkbox"/> 分かりやすい <input type="checkbox"/> 分かりづらい
携帯電話の画面	<input type="checkbox"/> 分かりやすい <input type="checkbox"/> 分かりづらい
意見	<ul style="list-style-type: none">・操作性について・携帯電話を利用することについて・電子タグを使って資産管理をすることについて

8 実験結果と技術的課題の検討

8.1 複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性の検証

8.1.1 実験結果

【検証1-1】電子タグ読み取りの汎用性

【検証項目1-1-1】電子タグの単独読み取りの可否

次の4種類の電子タグについて、電子タグリーダー・ライター(DENSO BHT-8048DBIB)による読み込みが可能であるか検証した。4種類の実験用電子タグについて、5回ずつ読み取りを行い、全て読み取れるかを検証した(表8-1)。

表 8-1 電子タグの単独読み取りの可否

電子タグ種別	読み取り可否
I-CODE	○
Tag-it	○
my-d	○
MB89R118	○

4種類のタグとも全て読み取りが可能であることが確認できた。

【検証項目1-1-2】同一メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

4種類の電子タグを電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み取り機能(1回の読み取り操作で、複数のタグを読み取る機能)を使い、1回の読み取りで、実験用電子タグ(各メーカー10個ずつ)が、全て読み取り可能かを5回ずつ確認した(表8-2)。

表 8-2 同一メーカーのアンチコリジョン読み取りの可否

電子タグ種別	読み取り可否
I-CODE	○
Tag-it	○
my-d	○
MB89R118	○

4種類の電子タグについて、アンチコリジョン読み取りが可能であることが

確認できた。

【検証項目 1-1-3】複数メーカーの電子タグにおけるアンチコリジョン読み取りの可否

4種類の電子タグ(各メーカー10個ずつ)を混ぜた状態から、無作為に10個の電子タグを取り出し、1回の読み取り操作で、すべての電子タグが読み取り可能かを5回確認した(表8-3)。

表 8-3 複数メーカーのアンチコリジョン読み取りの可否

電子タグ種別	読み取り可否
I-CODE, Tag-it my-d, MB89R118 の混合	○

1回の読み取り操作で、4種類の電子タグのアンチコリジョン読み取りが可能であることを確認した。

8.1.2 考察

【複数チップメーカーの電子タグに対する汎用性】

ISO/IEC15693 準拠の4種類の電子タグについて、単独読み取り、連続読み取りが可能であることが確認できた。13.56MHz帯の電子タグの標準規格であるISO/IEC15693では、各電子タグに64ビットの固有IDを割り振るよう定められており、そのIDはメーカーが異なっても重なることはない。そのため、電子タグリーダー・ライターが対応しているISO/IEC15693準拠の電子タグであれば、ひとつのシステム内で複数種類の電子タグを利用しても問題ない。もし、電子タグの種類によって、貼り付ける対象との相性がでるような場合は、それぞれ相性の良いメーカーの電子タグを使うこともできる。

8.2 電波干渉に対する耐性の検証

8.2.1 実験結果

【検証2-1】電子タグ読み取りの干渉

【検証項目2-1-1】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可否

電子タグの干渉要素として、Felica搭載の携帯電話、Felica用カードリーダーについて干渉があるか、検証した。

・付近に Felica 搭載の携帯電話がある環境における、電子タグの読み取り可否

Felica 搭載の携帯電話に電子タグを重ねた場合と、携帯電話と電子タグを 3cm 離れた場合で、読み取りが可能であるかを 50 回ずつ確認した(表 8-4)。

表 8-4 Felica 携帯電話の近くでの電子タグ読み取り可否

電子タグ種別	読み取り可否	
	重ねた場合	3cm 離れた場合
I-CODE	△	○
Tag-it	△	○
my-d	△	○
MB89R118	△	○

Felica 搭載の携帯電話と重ねた状態では、読み取りできる場合とできない場合があった。読み取りができる場合でも、電子タグリーダー・ライターを接触する程度に近づける必要があり、その場合でも、読み取れないこともあった。携帯電話と電子タグを 3cm 離れた状態であれば、4 種類の電子タグ全てで読み取りができた。

・付近に Felica 用カードリーダーがある環境における、電子タグの読み取り可否

PC に接続した状態の Felica カードリーダーに、電子タグを重ねた状態で、読み取りが可能であるかを 50 回ずつ確認した(表 8-5)。

表 8-5 Felica カードリーダーの近くでの電子タグの読み取り可否

電子タグ種別	読み取り可否
I-CODE	○
Tag-it	○
my-d	○
MB89R118	○

どの種類の電子タグについても、問題なく読み取ることができた。

【検証項目 2-1-2】電子タグ及び電子タグリーダー・ライターが周囲に与える影響

・付近に実験用の電子タグリーダー・ライターがある環境における、Felica

の読み取り可否

Felica 用カードリーダーに Felica カードを乗せた状態で、その Felica カードに接触するくらいの位置に電子タグリーダー・ライターを置き、Felica の読み取りが可能か 50 回ずつ検証した(表 8-6)。

表 8-6 電子タグリーダー・ライターの近くでの Felica の読み取り可否

状態	Felica 読み取り可否
リーダー・ライター電源 ON	○
リーダー・ライター読み取り中	×

リーダー・ライターの電源が ON の状態であっても、Felica の読み取りには問題なかった。ただし、電子タグリーダー・ライターの読み取りボタンを押した状態では、15cm 以上離さないと、Felica の読み取りに失敗した。

・付近に実験用の電子タグがある環境における、Felica の読み取り可否

Felica カードリーダーの上に、Felica カードを載せ、さらにその上に電子タグを重ねた状態で、Felica の読み取りができるか 50 回ずつ検証した(表 8-7)。

表 8-7 電子タグの近くでの Felica の読み取り可否

電子タグ種別	Felica 読み取り可否	
	重ねた場合	3cm 離した場合
I-CODE	×	○
Tag-it	×	○
my-d	×	○
MB89R118	×	○

どの種類の電子タグと重ねた場合でも、Felica カードの読み取りに失敗した。ただし、Felica カードと電子タグを 3cm 以上離れた状態であれば、Felica の読み取りに失敗することはなかった。

【検証 2-2】Bluetooth の干渉

【検証項目 2-2-1】付近に干渉要素がある場合の、本スタディの Bluetooth 通信可否

本スタディの Bluetooth 通信が、次の無線通信が行われていることによって、通信できなくなることがあるかを検証した。

- ・付近で携帯 FOMA (2.0～2.4GHz) 通話中
- ・付近で携帯 FOMA (2.0～2.4GHz) パケット通信中
- ・付近で無線 LAN (2.4GHz 帯) 通信中
- ・付近で Bluetooth ファイル転送中

電子タグリーダー・ライターから携帯電話への Bluetooth 転送を、上記の条件下で、50 回ずつ行い、通信できるかを確認した。無線 LAN については、2.4GHz 帯を使用する IEEE802.11b 規格のアクセスポイントを使用した(表 8-8)。

表 8-8 付近に干渉要素がある場合の Bluetooth 通信可否

無線通信種別	Bluetooth 通信可否
携帯 FOMA 通話中	○
携帯 FOMA パケット通信中	○
無線 LAN 通信中	○
Bluetooth 通信中	○

付近で、無線通信が行われている環境においても、本スタディの Bluetooth 通信に失敗することはなかった。

【検証項目 2-2-2】本スタディの Bluetooth 通信が周囲に与える影響

本スタディの Bluetooth 通信を行うことで、他の無線通信ができなくなることがあるか、また、通信時間などに影響が出る可能性があるか、50 回ずつ通信を行い、検証した(表 8-9)。

表 8-9 Bluetooth 通信が周囲に与える影響

無線通信種別	通信可否	影響
携帯 FOMA 通話	○	なし
携帯 FOMA パケット通信	○	なし
無線 LAN 通信	○	あり
Bluetooth 通信	○	なし

本スタディの Bluetooth 通信中において、上記のいずれの無線通信においても、通信可能であることが確認できた。また、FOMA 通話、FOMA パケット通信、Bluetooth 通信については、音声ノイズや通信速度低下などの影響は見られなかった。ただし、2.4GHz 帯を使用する無線 LAN 通信においては、本スタ

デバイスの Bluetooth 通信を行うと、通信速度が落ちることが確認された。実験では、無線 LAN (IEEE802.11b) において、通常 10 秒で転送できるサイズのファイルを用意し、そのファイルの転送中に、本スタブの Bluetooth 通信で 100 件の ID 情報を転送すると、転送に 12~13 秒かかるようになることが確認された。

8.2.2 考察

【電子タグの読み取りの干渉】

ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、13.56MHz の周波数で通信しており、同じ周波数を使用している Felica との干渉が予想されたが、実験の結果、干渉が見られたのは、Felica 搭載の携帯電話と電子タグが、ほとんど接触するような近い位置にある場合だけで、3cm ほど離すと影響は見られなかった。実用上では、問題ないと考えられる。

【電子タグ及び電子タグリーダー・ライターが周囲にあたる影響】

同じ周波数を使う Felica のシステムへの干渉を調べたところ、Felica と電子タグを接触するくらい近づけるか、Felica の読み取り機器の近くで、電子タグリーダー・ライターによる読み取りをしている場合のみ、Felica の読み取りに失敗した。実際の環境において、このような条件での使用は、あまり考えられないため、電子タグや電子タグリーダー・ライターを使うことによる周囲の機器への影響は、ほとんどないと考えてよい。

【携帯電話と Bluetooth の干渉】

FOMA による通話、パケット通信と Bluetooth の通信については、お互いに影響が見られなかったが、これは、FOMA が使用している帯域 (2.1GHz 前後) と Bluetooth が使用している帯域 (2.4GHz) が重なっていないため、当然と考えられる。

携帯電話の使用帯域は、総務省により割り当てが決められており、ISM 帯と呼ばれる 2.4GHz 帯は、携帯電話では使用できないようになっている。そのため、本実験では検証していないが、他のキャリア (KDDI, SoftBank など) の通話、通信においても、Bluetooth の通信と干渉が起きることはないと推測される。

【無線 LAN と Bluetooth の干渉】

無線 LAN と Bluetooth の通信においては、干渉が見られ、お互いの通信に遅れが発生することが確認された。これは、無線 LAN (IEEE802.11b/g) が、2400

～2484MHz の帯域内の 22MHz を使って通信をしており、これが Bluetooth の使用帯域の 2402～2480MHz と重複しているため、お互いの通信が干渉し、パケットの再送が発生しているためと考えられる。

ただし、通信に失敗することがなかったのは、Bluetoothが、図 8-1 のように、周波数ホッピング機能により、1 秒間に 1600 回の頻度で、使用帯域を細かく変更して通信をしているためと推測できる。

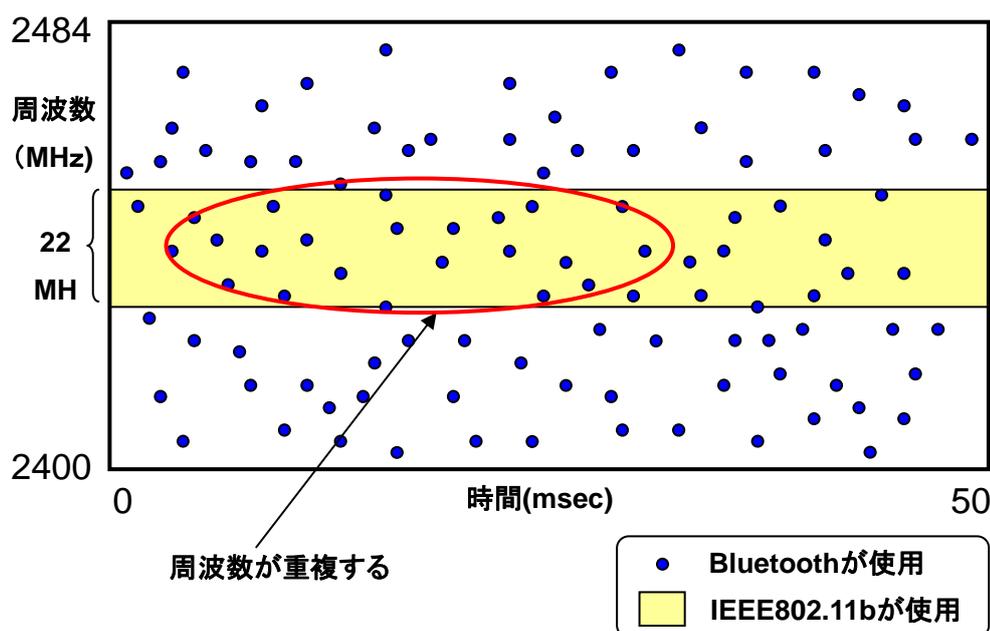


図 8-1 Bluetooth と無線 LAN の衝突

本スタディでは、Bluetooth での通信データ量が少ないため、実用で使えないというほどの通信の遅れは出なかったが、2.4GHz 帯の無線 LAN と同じ環境での使用は、できれば避けたほうがよいと考えられる。

無線 LAN を使う必要がある場合は、IEEE802.11a(5.4GHz)のように、2.4GHz 帯を使用しないものを使うようにすれば、干渉を避けられる。

また、本スタディで使用した電子タグリーダー・ライター、及び携帯電話は、どちらも Bluetooth1.1 準拠の機器であるが、Bluetooth1.2 からは、他の機器(無線 LAN など)で使用している帯域を検出して、その帯域を避けて通信する AFH(Adaptive Frequency Hopping)という機能が備わっている。今後は、Bluetooth1.2 に対応している機器が増えてくると思われるので、それらの機器を採用すれば、無線 LAN との干渉も、ほとんど気にする必要がなくなると考えられる。

【Bluetooth 同士の干渉】

複数の Bluetooth の通信を同時に行った場合については、一組だけ通信を行っている場合と比べても、通信速度などに違いは確認できなかった。これは、Bluetooth 通信が、周波数ホッピングにより、2402～2480MHz の間の帯域を 1 秒間に 1600 回という短い時間で切り換えて使用しており、Bluetooth 同士の衝突がほとんどないことによると考えられる。Bluetooth の同時使用機器の数が多くなれば、干渉の影響が見られると思われるが、通常考えられる範囲の数であれば、問題はないと考えられる。

8.3 通信距離と通信時間の測定による基本性能の検証

8.3.1 実験結果

【検証 3-1】電子タグの読み取り可能距離及び読み取り時間

【検証項目 3-1-1】電子タグの読み取り可能距離

4 種類の電子タグについて、異なる個体で、それぞれ 5 回ずつ読み取り可能距離を計測し、その平均値を求めた。読み取り距離は、電子タグの後ろの物体によって変化するため、手で電子タグの端を持ち、宙に浮かせた状態で、読み取りを行った(表 8-10)。

表 8-10 電子タグの読み取り可能距離

電子タグ種別	読み取り可能距離
I-CODE	66.8mm
Tag-it	76.8mm
my-d	77.4mm
MB89R118	57.4mm

実験用の電子タグリーダー・ライターの仕様では、読み取り可能距離は 0～50mm 次となっているが、実測では、4 つのメーカーのタグとも、それを上回ることが確認できた。各メーカーの電子タグの個体差による読み取り距離の違いは、3mm 次であった。

【検証項目 3-1-2】干渉要素がある場合の電子タグ読み取り可能距離

次の 2 つの場合について、それぞれ 5 回ずつ、電子タグの読み取り可能距離を計測し、その平均値を求めた(表 8-11、表 8-12)。

- ・付近に Felica 搭載の携帯電話がある場合

電子タグを Felica 搭載の携帯電話に重ねた状態で、計測を行った。

表 8-1 1 近くに Felica 搭載携帯がある場合の読み取り可能距離

電子タグ種別	読み取り可能距離
I-CODE	10mm 次
Tag-it	10mm 次
my-d	10mm 次
MB89R118	10mm 次

5 回の試行の中で、読み取りができる場合とできない場合が見られ、読み取りが不安定になった。読み取りができた場合の読み取り距離も、10mm 次で不安定であった。

・ 付近に Felica のカードリーダーがある場合

Felica のカードリーダーを PC に接続し、その上に電子タグを載せた状態で計測を行った。

表 8-1 2 近くに Felica カードリーダーがある場合の読み取り可能距離

電子タグ種別	読み取り可能距離
I-CODE	36.8mm
Tag-it	46.2mm
my-d	45.4mm
MB89R118	32.2mm

Felica カードリーダーに載せることで、どの電子タグも読み取り距離が短くなっているが、カードリーダーの電源を OFF にした状態でも、ほぼ同じ読み取り距離であったため、Felica のカードリーダーであることよりも、カードリーダーの素材による影響であると考えられる。

【検証項目 3-1-3】電子タグの読み取り時間

複数の電子タグの読み取りを、電子タグリーダー・ライターのアンチコリジョン読み込み（連続読み読み取り）機能により読み取り、5 回計測して、その結果から平均時間を求めた（表 8-1 3、表 8-1 4）。

- ・同一メーカーの電子タグを10個読み取る場合

表 8-13 同一メーカーの電子タグ10個の読み取り時間

電子タグ種別	読み取り時間
I-CODE	4.8 秒
Tag-it	5.2 秒
my-d	4.6 秒
MB89R118	5.6 秒

4種類ともほとんど差はなく、1秒に2個程度の読み取りができることが確認できた。

- ・複数メーカーの電子タグを10個読み取る場合

表 8-14 複数メーカーの電子タグ10個の読み取り時間

電子タグ種別	読み取り時間
I-CODE × 3, Tag-it × 3, my-d × 2, MB89R118 × 2	4.8 秒

同一メーカーの電子タグを10個読み取る場合と比べ、遅くなることはない。

【検証3-2】

【検証3-2-1】 Bluetoothの通信可能距離

電子タグリーダー・ライターと携帯電話で、Bluetooth通信を行い、通信可能な最大距離を計測した。表8-15のそれぞれの環境で、5回ずつ計測し、その平均値を求めた。

表 8-15 Bluetoothの通信可能距離

環境条件	通信可能最大距離
干渉要素なしの場合	27.2m
付近で携帯 FOMA 通話中	26.9m
付近で携帯 FOMA パケット通信中	26.8m
付近で無線 LAN(2.4GHz) 通信中	26.9m
付近で Bluetooth ファイル転送中	27.0m

Bluetoothの通信可能距離については、干渉要素の有無で、ほとんど変化がないことが確認できた。

【検証 3-2-2】 Bluetooth の通信時間

電子タグリーダー・ライターから携帯電話に対して ID 情報を送信する際の Bluetooth の通信時間について、ID の数 1 個、10 個、100 個の場合で、通信時間を 5 回ずつ測定し、平均値を求めた。

通信時間については、Bluetooth のセッションが確立するまでの接続時間と、Bluetooth でのデータ送信時間について計測した(表 8-16～表 8-20)。

- ・ 干渉要素なしの場合

表 8-16 干渉なしの場合の Bluetooth データ送信時間

送信タグ ID 数	接続時間	送信時間	合計時間
1 個	2.02 秒	0.10 秒	2.12 秒
10 個	2.28 秒	0.39 秒	2.67 秒
100 個	2.22 秒	3.23 秒	5.45 秒

- ・ 付近で携帯 FOMA 通話中

表 8-17 FOMA 通話中の Bluetooth データ送信時間

送信タグ ID 数	接続時間	送信時間	合計時間
1 個	2.02 秒	0.10 秒	2.12 秒
10 個	2.23 秒	0.40 秒	2.63 秒
100 個	2.29 秒	3.25 秒	5.54 秒

干渉なしの場合と比べて、影響は見られない。

- ・ 付近で携帯 FOMA パケット通信中

表 8-18 FOMA パケット通信中の Bluetooth データ送信時間

送信タグ ID 数	接続時間	送信時間	合計時間
1 個	2.04 秒	0.10 秒	2.14 秒
10 個	2.07 秒	0.40 秒	2.47 秒
100 個	2.31 秒	3.05 秒	5.36 秒

干渉なしの場合と比べて、影響は見られない。

- ・ 付近で無線 LAN(2.4GHz 帯)通信中

付近で、無線 LAN(IEEE802.11b)を使い、ファイル転送をしている状態で、Bluetooth の通信を行った。

表 8-19 無線 LAN 通信中の Bluetooth データ送信時間

送信タグ ID 数	接続時間	送信時間	合計時間
1 個	4.73 秒	0.12 秒	4.85 秒
10 個	4.82 秒	0.49 秒	5.31 秒
100 個	4.75 秒	4.32 秒	9.07 秒

干渉なしの場合と比べると、接続においては 2 倍以上、データの送信についても、20%程度余計に時間がかかっている。

・付近で Bluetooth ファイル転送中

表 8-20 Bluetooth 通信中の Bluetooth データ転送時間

送信タグ ID 数	接続時間	送信時間	合計時間
1 個	2.17 秒	0.10 秒	2.27 秒
10 個	2.17 秒	0.40 秒	2.57 秒
100 個	2.27 秒	3.23 秒	5.50 秒

干渉なしの場合と比べて、影響は見られない。

【検証 3-3】携帯電話～サーバー間の通信時間

【検証項目 3-3-1】物品データをサーバーからダウンロードする時間

携帯電話から電子タグの ID 情報をサーバーに送信して、物品データをダウンロード、表示するまでの時間について、タグ ID の数 1 個、10 個、100 個の場合で、通信時間を 5 回計測し、その平均値を求めた(表 8-21)。

表 8-21 携帯電話～サーバー間の通信時間

送信タグ ID 数	通信時間
1 個	1.16 秒
10 個	1.82 秒
100 個	3.24 秒

なお、携帯電話のセッションが確立していない場合は、アクセスポイントに接続してセッションを確立するのに時間がかかるため、上記の通信時間+10 秒程度の時間がかかった。

8.3.2 考察

【電子タグの読み取り距離】

電子タグの読み取りの距離については、4 つのメーカーで若干違いが見られ

たものの、どのメーカーも 50mm 以内では、読み取ることができた。

ただし、実際に利用する場合は、貼り付ける対象があり、それにより読み取り距離が変わってくる。それについては、8.6.2で考察する。

【電子タグの読み取り時間】

複数メーカーの電子タグが混在している状態で読み取りをした場合でも、1秒間に約 2 個の電子タグが読み取ることができた。今回使用している 13.56MHz 帯の電子タグは、読み取り距離が短いことから、読み取り時は、使用者が電子タグリーダー・ライターを電子タグの近くにかざす必要がある。そのため、この程度の読み取り速度ができれば、実用には全く問題がない。

【Bluetooth の通信距離】

実験の結果、20m 以上離れた位置でも Bluetooth の通信が可能であることが確認できた。また、他の無線通信を行っている環境においても、通信距離が短くなることはなかった。

本スタディの実験用システムで、Bluetooth によるデータ転送を行う場合は、電子タグリーダー・ライターと携帯電話の両方を、使用者が操作する必要があり、離れた位置で使用されることは考えられない。そのため、このような使い方をするシステムであれば、Bluetooth の通信距離が問題になることはない。

【Bluetooth の通信速度】

Bluetooth の通信速度は、実効値で約 430kbps となっていることから、本実験システムで 100 件の ID 情報を送った場合でも、0.1 秒程度で転送できることになるが、実験では、100 件転送した場合には、転送完了まで 3 秒以上かかってしまっている。

これは、本実験システムでは、電子タグリーダー・ライターから携帯電話へは、1 件単位でデータを送信していることが原因と推測できる。電子タグリーダー・ライターは、データを 1 件送るたびに、携帯電話から返信される ACK 信号(正常受信を知らせる信号)を待ち、次の 1 件のデータを送る、という処理をしている。そのため、1 件のデータ送信ごとに、携帯電話と電子タグリーダー・ライターの双方で、受信待ち時間が発生しており、これがスループットを大きく低下させている原因と考えられる。

データの送信回数を減らせば、無駄な待ち時間をなくすることができることから、1 回の送信で全件 (最大 100 件) のデータを送ってしまえば、通信速度を向上させることができる。

本スタディで使用している電子タグリーダー・ライターでは、仕様上の制約から、最大でも 255Byte しか送信ができないため、100 件分のデータを 1 回で送ることはできない。そのため、1 件ずつの送信という設計にしているが、リーダー・ライターの機種によっては、1 回で数 KB のデータを転送することが可能なものもあるため、そのような機種を採用することで、スループットを大幅に改善できるものと考えられる。

【Bluetooth の接続時間】

実験結果から、Bluetooth の接続に、2 秒以上かかっていることが分かるが、これは、本実験で使用している機器が、Bluetooth1.1 規格であることによる制限と考えられる。Bluetooth1.2 以降では、接続までの時間が 5 分の 1 次程度になるということなので、Bluetooth 1.2 以降に準拠した機器を使うことで、大幅な改善が見込める。

【携帯電話とサーバーの通信速度】

本実験で使用した携帯電話 (FOMA) の通信速度は、上りが最大 64kbps、下りが最大 384kbps であるが、実効値はそれよりもかなり低い値になる。

実験では、100 件の ID 情報送信から物品データの受信には、約 3.2 秒かかった。これは、想定した実効値 (上り 35kbps、下り 80kbps) の場合の通信時間である約 1.5 秒に、サーバーでの DB 検索時間や通信の内部処理などの時間を加味すると、ほぼ想定内の結果であるといえる。

最大件数の 100 件の ID 情報を、電子タグリーダー・ライターから携帯電話に Bluetooth で送り、その物品データをサーバーから取得するという一連の処理についても、6~7 秒で完了するため、実用上においても、それほど問題ないと考えられる。

なお、各キャリアが提供している高速通信サービスを使うことで、より短い時間でデータ取得が可能になる。例えば、FOMA の場合では、FOMA ハイスピードというサービスがあり、このサービスでは、上りが最大 384kbps、下りが最大 3.6Mbps と、格段に通信速度が向上している。

現時点では、使用エリアや使用可能な機種が限定されるものの、より多くのデータを扱うシステムや、早いレスポンスが求められるシステムでは、このようなサービスの採用も検討すべきである。

8.4 無線通信の信頼性の検証

8.4.1 実験結果

【検証4-1】電子タグ読み取りデータの信頼性

【検証4-1-1】電子タグの読み取り正確性

4種類の電子タグについて、電子タグの単独読み取りを50回ずつ行い、読み取ったID情報が正しいか検証した(表8-22)。

表 8-22 電子タグの読み取り正確性

電子タグ種別	読み取り正確性
I-CODE	○
Tag-it	○
my-d	○
MB89R118	○

いずれのメーカーの電子タグについても、必ず正しいID情報が取得できることが確認できた。

【検証4-1-2】メーカー混在の電子タグの読み取り正確性

4種類の電子タグを、それぞれ1個~10個ずつ用意し、電子タグリーダー・ライターでアンチコリジョン読み取りを行った。読み取ったID情報が正確であるかを、各場合について5回ずつ、計50回試験を行い、検証した(表8-23)。

表 8-23 メーカー混在の電子タグの読み取り正確性

各メーカーの タグ個数	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
読み取り正確性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

複数メーカーの電子タグが混在した状態で、電子タグの連続読み取りを行っても、常に正確なID情報を取得できることが確認できた。

【検証項目4-2-1】1対1のペアリングにおける信頼性

電子タグリーダー・ライターと携帯電話のペアリングを行った場合に、ペアリングを行っていない機器と通信することがないかを検証した。

電子タグリーダー・ライターAと携帯電話A、電子タグリーダー・ライター

B と携帯電話 B でペアリングを行った状態で、それぞれがペアリングしていない機器と通信することがあるかを、それぞれ 5 回ずつ検証した(表 8-24)。

表 8-24 1対1のペアリングにおける信頼性

条件	通信可否
電子タグリーダー・ライターAで送信 携帯電話Bで受信	×
電子タグリーダー・ライターBで送信 携帯電話Aで受信	×

ペアリングを行っていない機器間で通信が行われてしまうことはないことが確認できた。また、電子タグリーダー・ライターA と携帯電話 B がペアになるように、設定を変更した後、電子タグリーダー・ライターA と、元々ペアリングしていた携帯電話 A で通信ができるか試したが、通信はできなかった。

【検証項目 4-2-2】 1対1のペアリングが複数ある場合の信頼性

複数のペアリングした電子タグリーダー・ライターと携帯電話で、同時に通信をした場合に、通信が可能であり、通信相手、通信内容が正確であることを、5組のペアリングした機器間で、10回ずつ通信を行い、検証した(表 8-25)。

表 8-25 1対1のペアリングが複数ある場合の信頼性

	通信可否	通信相手	通信内容
5ペアでの同時通信	○	○	○

5組のペアリングした機器間で、同時に通信を行った場合でも、常に正しい相手と正確な通信ができた。また、通信時間についても、1組のペアリング機器間で通信する場合と比べて、時間が余計にかかるということではなかった。

【検証 4-3】 通信の信頼性

【検証項目 4-3-1】 Bluetooth の通信正確性

電子タグリーダー・ライターから Bluetooth 通信で送信されたデータが、携帯電話で正しく受信できるかを、送信する電子タグ ID の数、1個～10個の各場合について、5回ずつ試験し、検証した(表 8-26)。

表 8-26 Bluetooth の通信正確性

送信タグ個数	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
通信正確性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

通信に成功した場合の通信内容は、常に正確であることが確認できた。また、機器を離れた状態で試すと、通信に失敗することがあるが、その場合は携帯電話に、「BT 接続に失敗しました」、と表示され、誤ったデータが表示されるようなことはなかった。

【検証項目 4-3-2】付近に干渉要素がある場合の Bluetooth 通信正確性

付近に干渉要素がある場合について、【検証項目 4-3-1】と同様のデータ送信を 5 回ずつ行い、Bluetooth 通信の正確性を検証した(表 8-27～表 8-30)。

- ・付近で携帯 FOMA 通話中

表 8-27 FOMA 通話中における Bluetooth 通信正確性

送信タグ個数	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
通信正確性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

携帯 FOMA での通話中に、データ転送を行っても、常に正確なデータが受信できることが確認された。

- ・付近で携帯 FOMA パケット通信中

表 8-28 FOMA パケット通信中における Bluetooth 通信正確性

送信タグ個数	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
通信正確性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

携帯 FOMA でのパケット通信中に、Bluetooth によるデータ送信を行っても、常に正確なデータが受信できることが確認された。

- ・付近で無線 LAN(2.4GHz 帯)通信中

表 8-29 無線 LAN 通信中における Bluetooth 通信正確性

送信タグ個数	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
通信正確性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

無線 LAN(IEEE802.11b)での通信中に、Bluetooth によるデータ送信を行った場合、通信時間が余計にかかる現象は見られるものの、受信データは常に正しいことが確認された。

- ・付近で Bluetooth によるファイル転送中

表 8-30 別の Bluetooth 通信中における Bluetooth 通信正確性

送信タグ個数	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
通信正確性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Bluetooth によるファイル転送中に、Bluetooth によるデータ送信を行っても、常に正確なデータが受信できることを確認できた。

【検証項目 4-3-3】携帯電話～サーバー間の通信正確性

携帯電話からサーバーに対して、電子タグ ID を送信し、関連情報をサーバーからダウンロードする際の通信処理が正確に行われることを、電子タグ ID の数を 1 個～10 個の場合で、5 回ずつ試行して検証した(表 8-31)。

表 8-31 携帯電話～サーバー間の通信正確性

送信タグ個数	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個
通信正確性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

常に正確なデータが受信できることを確認できた。電波の受信状態によっては、受信に失敗することがあるが、その場合は、携帯電話に、「データ取得に失敗しました」と表示され、誤ったデータが表示されるようなことはなかった。

8.4.2 考察

【電子タグ読み取りの信頼性】

実験では、電子タグの読み取りによって取得されたデータは常に正確であった。実験で使用した ISO/IEC15693 準拠の電子タグは、13.56MHz 帯の電子タ

グの通信規格を定めた ISO/IEC18000-3 に準拠した通信を行っている。この ISO/IEC 18000-3 規格では、電子タグとの通信については、そのデータの内容を元に、CRC(Cyclic Redundancy Check:巡回冗長検査)値が計算され、それがデータの末尾に付けられる。データを受信した側で、データの内容と CRC 値を使ってチェックすることで、受け取ったデータにエラーがあるかを判別している。

電子タグリーダー・ライターでは、エラーチェックに通った場合だけ読み取り成功とするため、読み取りに成功したデータは常に正しく、信頼性は高いといえる。

【ペアリングの信頼性】

携帯電話と電子タグリーダー・ライターで Bluetooth 通信を行うには、まずペアリングによって、接続設定をする必要がある。実験においても、ペアリングを行っていない機器間での通信はできないことが確認された。

本実験システムでペアリングを行う場合は、電子タグリーダー・ライター側で、メニューから「接続変更」を選び、それから 30 秒以内に、携帯電話で、機器の検出、及び接続処理をしなければならない。そのため、電子タグリーダー・ライターの操作ができない第 3 者（部外者）に、ペアリングをされてしまう危険性はない。

この方法で、セキュリティ的にもほとんど問題ないと考えられるが、実用化においては、さらに、お互いの機器でパスキーと呼ばれるパスワードをペアリング時に入力させるようにし、セキュリティを向上させるべきである。

【Bluetooth 通信の信頼性】

本実験においては、干渉要素の有無に関わらず、Bluetooth 通信の内容は、常に正確であった。

Bluetooth の仕様では、通信の信頼性を高めるため、複数のエラーチェック機能を持たせている。エラーが検出されたデータについては、受信側が再送要求を送ることで、正しいデータを受信しなおすようにしている。エラーチェックには、FEC(Forward Error Correction:前方誤り訂正)、及び CRC が使われており、送信データの内容から計算した値をデータに付与する。受信側では、受信データと CRC 値を確認することで、データの誤りをチェックしている。

無線 LAN のような干渉要素がある場合においては、通信時間が余計にかかることから、何度も再送が行われ、再送の結果、正確なデータの受信ができていると考えられる。

Bluetoothのエラー訂正機能のみでも信頼性は十分高いと考えられるが、本実験システムでは、さらに、電子タグリーダー・ライターの送信データに、BCC(Block Check Character)と呼ばれる水平パリティバイトを付与している。携帯電話側では、受信したデータと BCC の値の整合性をチェックし、合わなければ途中でデータが壊れたと判断して、通信エラーとしている。

このようにプログラムレベルでも、エラーチェックの機能を追加することで、さらに高い信頼性を確保できる。

【携帯電話とサーバー間の通信の信頼性】

実験では、携帯電話とサーバー間の通信は、常に正確であった。

携帯電話とサーバー間の通信には、HTTP プロトコルを用いており、その下位プロトコルである TCP/IP において、エラー訂正処理が行われている。エラーが検出されたパケットや届かなかったパケットについては、受信側が再送要求を送ることで、正しいパケットを受信する仕組みになっており、壊れたデータを受け取ることはない。

また、携帯電話の HTTP 通信を使ったシステムは、EC サイトなど高い信頼性が必要とされるシステムでも使われており、そういった実績からも、通信の内容については、十分に信頼性が高いと考えられる。

8.5 低消費電力に関する実用性の検証

8.5.1 実験結果

【検証5-1】 バッテリー駆動時間

【検証5-1-1】 電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間

電子タグリーダー・ライターの 1 回の充電による使用可能時間を、次の場合について、計測した。

・1分に1個のタグ読み取り

1分に1回のペースで、電子タグを1個読み取り、それを Bluetooth 通信で携帯電話に送信した場合の使用可能時間を計測した。

・連続的にタグを読み取った場合

電子タグリーダー・ライターの読み取りボタンを押し続けた状態での使用可能時間を計測した(表8-32)。

表 8-3 2 電子タグリーダー・ライターのバッテリー駆動時間

使用条件	使用可能時間
1分に1個のタグ読み取り	3時間18分
タグの連続読み取り	1時間28分

【検証5-1-2】携帯電話のバッテリーの駆動時間

携帯電話の1回の充電による使用可能時間を、次の場合について、計測した。

- ・1分に1個の物品データを読み込んだ場合

1分に1回のペースで、電子タグリーダー・ライターから電子タグIDを1個受け取り、サーバーから物品データを読み込んだ場合の使用可能時間を計測した。

- ・連続的に物品データを読み込んだ場合

1分に5回のペースで、サーバーに接続し、物品データ(100個)を読み込んだ場合の使用可能時間を計測した(表8-3 3)。

表 8-3 3 携帯電話のバッテリー駆動時間

使用条件	使用可能時間
1分に1個のデータ読み込み	6時間42分
データの連続読み込み	3時間47分

8.5.2 考察

【バッテリーの駆動時間について】

実験の結果、バッテリーの駆動時間については、電子タグリーダー・ライター、携帯電話の両方で、期待していた8時間に届かなかった。

実験では、電子タグリーダー・ライターや携帯電話でのデータ連続読み込みについても計測したが、実際の運用時にこのような使われ方をすることは、ほとんどないと考えられるため、1分に1個のデータ取込時の使用可能時間が、実運用時の値に近いと思われる。しかし、その場合であっても、電子タグリーダー・ライターで3時間強、携帯電話で7時間弱という結果になっており、これは、1日の業務時間を8時間と想定した場合、途中でバッテリーが切れてしまうことを意味している。

これでは、実運用においては問題があると思われる。ただし、システム的设计においては、Bluetooth接続は通信時だけにするなどの省電力対策をして

おり、これ以上の省電力設計は難しいものとする。

そうすると、ハードウェア側での対処が求められるが、現時点では、予備のバッテリーパックを使う、業務の合間に充電して使用するという、運用での対処が必要になると思われる。

本スタディでは、Bluetooth1.1の機器を使用しているが、Bluetooth2.0では、消費電力を抑えており、Bluetooth1.1に比べて、駆動時間を2倍程度にできるということであるので、Bluetooth2.0に対応した製品を使うことで、連続使用時間の改善が期待できる。

【省電力設計による操作性への影響】

本システムでは、省電力設計、及び実験で使用した電子タグリーダー・ライターの制約により、データ転送時のみ、Bluetoothの接続をするようにしている。そのため、データを送信する場合には、電子タグリーダー・ライターで「接続」を選び、携帯電話から「ID取得」を選ぶという手間が必要となっている。

もし、電子タグリーダー・ライターがBluetooth接続した状態でも、電子タグの読み取りが可能で、かつバッテリー消費の問題が解決されるのであれば、電子タグリーダー・ライターと携帯電話は、常にBluetoothで接続している方が、操作性を向上させられる。

その場合、電子タグリーダー・ライターで電子タグの読み取りをすると、自動的に、携帯電話の画面に物品の情報を表示することができるため、データ転送の操作が不要になり、即時に物品情報を確認できるようになる。

8.6 実用システムを考慮した検証

8.6.1 実験結果

【検証6-1】貼り付ける対象の違いによる電子タグの読み取り

【検証項目6-1-1】読み取りの可否

4種類の電子タグを使い、電子タグを貼り付ける対象の違いにより、読み取りの可否が変わるかを検証した(表8-34)。

表 8-34 対象の違いによる電子タグの読み取り可否

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
ポスター	○	○	○	○
チラシ	○	○	○	○

はがき	○	○	○	○
カード	○	○	○	○
シール	○	○	○	○
金属	×	×	×	×
Felica 携帯	△	△	△	△

電子タグを金属に貼り付けた場合、どのメーカーの電子タグにおいても、読み取りができなくなった。Felica 携帯については、読み取れる場合と読み取れない場合があった。

読み取りができなかった金属、及び Felica 携帯について、読み取りが可能になる条件を試したところ、対象と電子タグとの間に、厚紙をはさんだ状態であれば読み取りが可能になることが分かった。

次に、対象との間に、3mm 厚の厚紙をはさんだ状態での、読み取り可否結果を表 8-3 5 に示す。

表 8-3 5 対象の違いによる電子タグの読み取り可否(対処時)

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
金属	○	○	○	○
Felica 携帯	○	○	○	○

【検証 6-1-2】読み取り可能距離

4 種類の電子タグを異なる対象に貼り付けた場合の、読み取り可能距離を計測した。各メーカーのタグを 5 枚ずつ用意し、それぞれを対象に貼り付けた状態で、読み取り可能距離を計測して、平均値を求めた(表 8-3 6)。小数点次は、四捨五入している。

表 8-3 6 対象の違いによる電子タグの読み取り可能距離

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
ポスター	66mm	54mm	74mm	54mm
チラシ	66mm	55mm	77mm	55mm
はがき	66mm	54mm	74mm	54mm
カード	65mm	53mm	74mm	52mm
シール	64mm	48mm	73mm	49mm

どの種類の電子タグも、電子タグ単体で測定した場合と比べ、読み取り可能距離が若干短くなっているが、問題となるような違いは見られなかった。

金属、及び Felica 携帯については、対象と電子タグの間に、3mm 厚の厚紙をはさんだ状態で、読み取り可能距離を測定した(表 8-37)。

表 8-37 対象の違いによる電子タグの読み取り可能距離(対処時)

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
金属	7mm	8mm	12mm	13mm
Felica 携帯	24mm	37mm	40mm	38mm

【検証 6-1-3】読み取りデータの信頼性

4 種類の電子タグ(各 10 個)を、次の対象に貼り付けて、電子タグリーダー・ライターで読み取り、そのデータ(本システムでは、電子タグの ID 番号)が正確であるかを検証した(表 8-38)。

表 8-38 対象の違いによる電子タグの読み取り正確性

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
ポスター	○	○	○	○
チラシ	○	○	○	○
はがき	○	○	○	○
カード	○	○	○	○
シール	○	○	○	○

読み取り可能な対象であれば、読み取り結果は常に正確だった。読み取り不可の対象の場合についても、不正確なデータが読み取られるようなことはなく、電子タグリーダー・ライターが反応しない、という動作になった。

金属、Felica 携帯については、対象と電子タグの間に、3mm 厚の厚紙をはさんだ状態で読み取りを行い、読み取ったデータが正確であるかを検証した(表 8-39)。

表 8-39 対象の違いによる電子タグの読み取り正確性(対処時)

対象	I-CODE	Tag-it	my-d	MB89R118
金属	○	○	○	○
Felica 携帯	○	○	○	○

【検証 6-2】操作性

【検証項目 6-2-1】実験用資産管理システムの操作性に関する意見

被験者 5 人に、10 個の物品の照会、棚卸作業を行ってもらい、アンケートを取った結果、表 8-40 のようになった。

表 8-40 操作性に関するアンケート結果

電子タグの取込速度	遅さが気になる	0 人 (0%)
	遅さが気にならない	5 人 (100%)
電子タグの取込距離	距離の短さが気になる	0 人 (0%)
	距離の短さが気にならない	5 人 (100%)
ID データ転送速度	遅さが気になる	1 人 (20%)
	遅さが気にならない	4 人 (80%)
棚卸処理速度	遅さが気になる	1 人 (20%)
	遅さが気にならない	4 人 (80%)
電子タグリーダー・ライターの操作	分かりやすい	3 人 (60%)
	分かりづらい	2 人 (40%)
携帯電話の操作	分かりやすい	5 人 (100%)
	分かりづらい	0 人 (0%)
操作性についての意見		
・電子タグリーダー・ライターと携帯電話の 2 台を持ち運び、操作しなければならず、面倒に感じる。どちらか 1 台にまとめることはできないのか。		
・電子タグリーダー・ライターの画面に電子タグの ID しか表示されないため、本当にその物品の電子タグが読み込めたのかが、目で確認できない。電子タグには、ID が表記されていない。		
・電子タグリーダー・ライターに、同じ電子タグが何回も取り込めてしまう。データが重複することがあるため、分かりづらい。		
携帯電話を利用することについての意見		
・PDA に電子タグリーダー・ライターを取り付けて、無線 LAN を使用すれば、携帯電話を使わずに、同じようなことができるのではないかと。		
電子タグを使って資産管理をすることについての意見		
・管理表を使って、ひとつずつ現品確認して状態を更新する場合と比べて、手間が少なく、物品がないのに棚卸できてしまうなどの人的ミスもないため、効果的であると思う。		
・バーコードを使えば、同じことが安くできるのではないかと。		

8.6.2 考察

【金属に電子タグを貼り付けた場合の読み取り】

金属に電子タグを直接貼り付けた場合、全く読み取りができなくなった。

これは、本実験で使用している 13.56MHz 帯の電子タグが、電磁誘導型と呼ばれる方式であるための制約と考えられる。電磁誘導型では、リーダー・ライターのコイルから発生した磁束が、電子タグのコイルを貫通することで発電し、それにより動作している。そのため、裏面に金属があると、磁束が打ち消されてしまい、動作しなくなってしまう。

ただし、本実験のように、金属と電子タグの間に、ある程度の厚みを持った非電導体を挟み込むことで読み取りができるようになるため、金属物の管理には利用できないということではない。実験では、厚紙で試したため、3mm ほどの厚みを必要としたが、市販されている電磁シールド材のようなものを使用すれば、0.5mm 程度の厚さでも、読み取り可能となるという。

また、電子タグにフェライトなどで厚みを持たせて、金属対応とした電子タグが複数メーカーから発売されているため、金属については、そのような製品を使うことも可能である。

【電子タグの読み取り可能距離】

電子タグを対象に貼り付けた場合の読み取り距離は、非金属であれば、およそ 50mm 前後で読み取り可能で、金属についても、電子タグと金属の間に非電導体を挟みこむことで、10mm 程度の距離であれば読み取れるようになることが分かった。

資産管理のような用途では、物品に貼り付けられた電子タグひとつひとつに対し、電子タグリーダー・ライターをかざして、読み取りを行うことができればよいため、この程度の読み取り距離ができれば、問題ないものと考えられる。

むしろ、読み取り距離が長すぎると、複数の電子タグが近くにある状態で読み取りを行った場合に、どの電子タグが反応したかの判別が難しくなる弊害が予想され、この程度の読み取り距離の方が使いやすいと考えられる。

数 10cm 以上離れた距離での読み取りが必要な用途であれば、本スタディで使用した HF 帯の電子タグではなく、UHF 帯やマイクロ波帯の電子タグを使うようにすべきである。

【電子タグの読み取りデータの信頼性】

電子タグの読み取りデータについては、電子タグを対象に貼り付けた状態でも正確であることが確認できた。電子タグの読み取りにおいては、8.4.2 に記述したように、CRC によるエラーチェックが行われているため、読み取りに成功した場合のデータの信頼性は十分に高いと考えられる。

【1 台の機器への集約】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話の 2 台に分かれていると、操作が面倒、という意見は、当然のものと思われる。使用者にとっては、電子タグを読み取ると、その機器の画面に物品情報が表示され、その画面で棚卸処理ができるのが、最もシンプルで使いやすいものと思われる。

1 台にまとめる場合は、グラフィカルな表示を得意とし、遠隔地にあるサーバーとのパケット通信が可能な、携帯電話に集約することになるだろうが、現時点では、携帯電話に電子タグの読み取り機能がついている機種、もしくは、携帯電話に直接接続可能な電子タグリーダー・ライターがないことから、本スタディでは、2 台構成となっている。

ただし、今後、携帯電話に装着可能な電子タグリーダー・ライターが出てきた場合についても、通信には Bluetooth が使われることが想定されるため、本スタディでの開発したシステムについては、そのまま応用できると考えられる。

【同一 ID の電子タグの取り込み】

本実験システムでは、限られた数の実験用電子タグを使って、100 個の電子タグの取り込み実験などをしなければならなかったため、電子タグリーダー・ライターでの読み取りにおいて、同一 ID の電子タグをタンギングできるように設計している。そのため、同じ物品の電子タグを、何回も電子タグリーダー・ライターに取り込めてしまうが、資産管理システムに限らず、実際のシステムでは、同一 ID の電子タグについては、1 回しか取り込めないようにした方がよい場合が多いと思われる。

【電子タグリーダー・ライターの画面表示】

本実験システムでは、電子タグの読み取りを行ったときに、電子タグリーダー・ライターの画面には、電子タグの 16 桁の ID (例えば、E08010C382125C3) が表示され、それ以上の情報は、ID 情報を携帯電話に転送した後に、携帯電話の画面に表示されるようにしている。

ただし、被験者の意見にもあるように、電子タグの ID 番号が表示されても、その番号が電子タグに表記されているわけではないため、本当に取り込めたのかが分かりづらい。

これは、電子タグリーダー・ライターで電子タグを取り込んだときに、自動的に ID 情報を携帯電話に送り、携帯電話に物品情報が表示されるようになれば解決する問題である。本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターは、電子タグの取り込みと Bluetooth 通信が同時に行えないという仕様で

あったため実現できなかったが、将来的には、そのような動作が可能な製品が出てくることが予想される。

【携帯電話を利用することについて】

PDA と電子タグリーダー・ライターを使って、資産管理のシステムを構築した場合、使用範囲が、無線 LAN などの設備のある環境内に限られてしまう。携帯電話を利用することのメリットは、携帯電話が使える場所であれば、どこでも使用可能である点にある。例えば、資産管理であれば、管理サーバーが本社ビルにあり、さまざまな拠点にある支社や営業所などにある物品を確認する場合においても、ネットワークについて気にする必要はない。

【バーコードとの比較】

RFID とバーコードには、表 4-4 に記述したような違いがある。RFID の方が優れている特徴としては、離れた位置から複数同時読み込みができることや、経年劣化がないこと、電子タグへのデータの書き込みが可能であることなどが挙げられる。

本スタディでは、電子タグを使った代表的なシステムとして資産管理システムを試作した。今までの資産管理業務では、シールにバーコードを印刷して物品に貼り付けて運用する方法が一般的であり、確かに、RFID よりもシールの方が安価である。しかし、バーコードは汚れなどの経年劣化が起こる他、実際に読み取る際には、バーコードリーダーの焦点をバーコードに合わせなければならない。RFID の場合は、貼り付けてあるおおよその位置に電子タグリーダー・ライターをかざすだけで読み取りができるため、バーコードを用いるよりも作業効率が良い。また、最近の携帯電話には、カメラ機能を応用してバーコードを読み取る機能が搭載されているため、バーコードを物品に貼る運用であれば携帯電話だけでも現場作業が可能であるが、カメラの焦点を合わせるのに手間がかかるため、作業効率の面で限界がある。また、RFID で資産管理を行った場合は、入り口にゲート型のリーダー・ライターを設置して、ノート PC などの不正持ち出しのチェックや履歴管理などに応用させるといったことも可能であり、発展性を考えても、RFID が有利であると考えられる。

また、物流の分野で、ゲート間を複数の物品をまとめて通して在庫管理をする場合のように、バーコードを使う場合と比べて大幅な効率アップが期待できる用途や、ブランド品に電子タグを付けて真贋判定をするといった、バーコードでは不可能な用途もある。

9 まとめ

9.1 全体考察

本スタディでは、携帯電話と電子タグリーダー・ライターを用いて、小規模な電子タグシステムの開発を行い、提唱するシステム構成を基本とした実用的なシステムを開発できることを実証した。また、開発した電子タグシステムを用いて実証実験を行い、システムの実現性及び実用性に関する課題について検証を行った。今回のフィジビリティスタディにおいては電子タグリーダー・ライターと携帯電話をわけ、2台の間を Bluetooth の近接無線で接続することにより機能を実現した。携帯電話へ装着する電子タグリーダーとしては携帯端末自体に電子タグリーダー・ライター機能を持たせることが考えられるが、本スタディの様に物理的に分けることにより、メリットが出てくることも明らかになった。システム開発及び実証実験を行う中で得られた考察、及び、技術的な課題について次に報告する。

【システム開発に関する考察】

- マルチキャリアに対応するために、Bluetooth の SPP を用いた通信を実現したが、現状 SPP のプロファイルを搭載している汎用機が少ない。汎用機を用いたシステムを構築するにあたっては SPP プロファイルの搭載機器が増えるか、もしくは他のプロファイルでの利用を検討する必要がある。
- 電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信について、電文フォーマット及びデータ送受信のシーケンスを設計し、両者間のインターフェースとして定義したが、Bluetooth 通信規格があっていれば問題なく通信が可能となる。
- 電子タグリーダー・ライターよりタグ情報が携帯電話に転送されれば、携帯電話とサーバー間の通信について、HTTP を用いたインターフェースを定義し、標準的な方法でデータを送受信が可能である。
- 機材をモバイル利用することを考慮し、基本性能を担保しつつ、消費電力をできるだけ抑える設計によって、アプリケーションを開発することが可能である。
- ペ어링によって、Bluetooth の通信相手を特定し、不正アクセスを排除できることを実証した。また、ペ어링のために双方の機器を操作することで、不用意にペ어링が実行されない設計とすることが可能であり、通信規格が同じであれば、設定変更をすることにより組合せ自由な接続が可能となる。
- 必ず携帯電話がマスターとなって Bluetooth 通信を行うことで、Bluetooth の不正なアクセスから、携帯電話に保存されている情報を保護するための設計が可能である。
- 携帯電話の利用者を認証する際に、操作性を向上させるため、携帯電話の个体識

別 ID の情報だけを用い、ユーザー名とパスワードの入力が不要な認証方法によってシステムを運用することが可能である。

- 電子タグリーダー・ライター及び携帯電話を物理的にわけることにより、双方が持つ端末のユーザーインターフェースを有効活用し、それぞれが得意とする機能を分担して実装することで、業務効率を上げるための設計が可能である。
- 電子タグを使用することの利点を活かすために、一括で複数の電子タグを読み取ってリスト処理することが可能である。

【システム開発に関する技術的な課題】

- 電子タグリーダー・ライターは、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスの同時使用ができないという制約があったが、端末の固有の問題であり、必要に応じて同時に使用ができる機能を実装した端末を利用することが望まれる。
- Bluetooth の通信中は、電子タグリーダー・ライターに装備されているほとんどのボタンについて、操作ができないという制約があった。
- Bluetooth 搭載機器は市販の携帯電話等で発売されているが、Bluetooth の規格やプロファイルが機器により異なり、実際に接続するにあたっては機器の仕様を確認する必要がある。

【実証実験に関する考察】

- 使用する機器同士の電波干渉など、本スタディが提唱するシステム構成が原因で、機器の基本性能に悪影響を及ぼすことはないことを確認した。
- ペ어링により通信相手を限定することの信頼性を確認し、サーバーにアクセスする際の携帯電話機の認証についても、セキュリティ上、問題ないことを確認した。
- 複数メーカーの電子タグについて、メーカーが異なっても汎用的に読み取れることが確認でき、同時に複数の電子タグを一括で読み取れることも確認した。
- 各種の電波干渉がある環境においても、システム全体が正確に機能することを確認した。
- 通信距離、通信時間に関して、今回のスタディで想定している資産管理の利用シーンの基本運用で問題ないレベルであることを確認した。

【実証実験に関する技術的な課題】

- Bluetooth による通信を行う際に、周囲にある無線 LAN と干渉し、双方で通信速度が落ちることがあるため、実際の利用に際しては周囲の無線 LAN 環境などを確認する必要がある。

- ID 情報を送受信する際の Bluetooth 通信において、想定していた通信速度よりも、大幅に遅い結果となった。電子タグリーダー・ライターにおける制約もあり、ID 情報を 1 件ずつ送受信する方法をとったことが原因である。
- 電子タグリーダー・ライターの電池の持続時間が予想よりも短いため、実際の利用用途によっては予備バッテリーの準備又は運用対処を検討しなければならない。

9.2 課題と今後の展望

9.2.1 本スタディに関する今後の課題

【電子タグリーダー・ライターの制約について】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話の間の Bluetooth 通信は、常に接続状態を保ったままにしておくことで、多少の消費電力は犠牲になるものの、通信時間が短くなり、さまざまな運用形態に応用できる。

しかし、本スタディで使用した電子タグリーダー・ライターには、リーダーデバイスと Bluetooth デバイスの同時使用ができない、及び、Bluetooth の通信中は電子タグリーダー・ライターのボタン操作ができないという制約があり、Bluetooth の接続を通信の度に切断する必要があった。又、通信を行うモードにするために、手動操作が必要となった。

複数の電子タグを読み取ってから、ID 情報の送受信を行う運用では特に問題にならないが、1 個の電子タグを読み取って、すぐに ID 情報を携帯電話に送信するような運用の場合、Bluetooth の接続を毎回行うことによる通信時間の遅延と、通信を行うための手動操作は、実用性に影響がある。

また、電子タグリーダー・ライターの内部変数のサイズが 255 バイトしかないことから、256 バイト以上のデータを送信できないといった制約もあり、細かいデータを繰り返して送信することで、結果的に通信の性能に大きく影響した。

現時点では、機種によって上記の制約があることから、十分に注意して機種を選定、及び、システムの設計を行う必要がある。また、電子タグリーダー・ライター自体を開発する場合には、これらの制約がないように設計すべきである。

【電波干渉について】

本スタディで使用した Bluetooth のバージョンは 1.1 であったため、周囲に無線 LAN がある場合に、双方で通信速度が落ちるといった影響が出た。通信ができなくなるほどの干渉はないが、可能であれば、干渉の対策が施されている Bluetooth 1.2 以降を使用すべきである。

今後発売される端末は 1.2 以上のバージョンのものが搭載されているのが多いため、最新機種を利用する場合には特に問題はないと思われる。

【セキュリティについて】

本スタディでは、Bluetooth のペアリングの際に、パスキーを使用していな

いが、実用システムでは、パスキーによる通信相手の認証を行うべきである。携帯電話とサーバー間の通信についても、扱うデータの重要度によっては、CUG サービスを使用してセキュリティを向上させるべきである。また、携帯電話のアプリケーションを使用する際の認証については、携帯電話の個人識別 ID を使用する方法を用いて操作性を向上させた。この認証方法と合わせて指紋による認証などが可能になると、操作性を保ったまま、セキュリティを向上できると考える。

また、携帯電話と電子タグリーダー・ライターとの間の汎用性を持たせた形での接続を考えると、簡単に接続ができることは重要ではあるが、近くにある別の機器との接続が簡単に可能になるとセキュリティ上問題であるため、あらかじめ設定している機器間での通信のみが行えるようなペアリング認証が必要となる。

【消費電力について】

本スタディでは、消費電力を抑える設計を考慮してシステムを開発したが、電子タグリーダー・ライター及び携帯電話のバッテリー持ち時間が想定よりも少なかったため、長時間の作業や充電が定期的に行えず、連続で作業を行う場合などは予備バッテリーを準備するか、作業の合間に端末を入れ替えて充電するなどの運用対処をしなければならない。Bluetooth2.0 から消費電力は抑えられた設計ではあるが、バッテリー自体の性能も向上しているため、近い未来には、十分なバッテリー駆動時間を確保できると考える。

【Bluetooth を使用する携帯電話のアプリケーションについて】

携帯電話のアプリケーションは、通常はサーバーからダウンロードして使用するが、現状では Bluetooth の SPP 通信を使用するアプリケーションの公開には、通信事業者への申請が必要な場合があるため、注意しなければならない。また、通信するデータ量を制限されることから、アプリケーションの設計においても、使用可能なデータ量を表示するなど、工夫する必要がある。

9.2.2 今後の展望

【マルチキャリアについて】

電子タグリーダー・ライターと携帯電話間の Bluetooth 通信では、SPP を用いて通信シーケンスを定義することにより、マルチキャリアに対応する仕組みを実現した。現状では、SPP を持つ携帯電話の機種は少ないが、今後、Bluetooth によるデータ通信が世間に認知されるにつれ、Bluetooth 機能を搭載し、かつ SPP を持つ携帯電話が多く出回ることになると考える。

また、現状における携帯電話のアプリケーションは、開発言語などの違いにより、それぞれのキャリア向けに開発する必要がある。全ての携帯電話で同じアプリケーションを動作させるための統一化の取り組みが早期に開始されることを期待する。

【電子タグリーダー・ライターについて】

電子タグリーダー・ライターの仕様については、Bluetooth 通信と連動する部分に制約が残るなど、まだ十分な機能を満たしているとはいえない。本スタディのような検証を積み重ね、問題点を解決していく必要がある。また、ユーザーインターフェースの充実、高速通信の実現など、さらに高機能化及び高性能化が求められる。

価格面でも、現状の電子タグリーダー・ライターは高価なものが多く、更なる低価格化の取り組みが必要である。安価で、且つ、より多くの種類の電子タグに対応し、さらに高機能な電子タグリーダー・ライターを開発することにより、電子タグシステムは大きく普及すると考える。

【携帯電話との連携について】

現状の携帯電話には、カメラ機能により二次元バーコードを読み込める機能があり、かなり普及している。しかし、読み取り易さの面では、バーコードリーダーを起動してから、読み込むよりも、かざすことにより読み取ることができる電子タグの方がはるかに利便性が良い。従って、本スタディをはじめとする検証を繰り返すことによって技術的な問題点を解決し、携帯電話に搭載できる電子タグリーダー・ライターを開発すれば、二次元バーコードに代わるものとして、電子タグが広く世間に浸透し、多くの人が利便性を手に入れることができる時代が来ると考える。

【利用シーンの展開】

本フィージビリティスタディでは資産管理の利用シーンを想定したが、今回のように汎用的な携帯電話と接続できるシステムを考えた場合、物流業界での物品管理の利用や個人でのブログ、SNS などへの応用が検討可能である。物流での物品管理では現状社員だけでなく、繁忙期に契約社員などと契約を行うため、専用端末を開発・配布した場合にコストがかさむため、今回のような汎用的な接続ができるものが望ましいと考える。また個人での利用に関しては電子タグがさまざまなものに貼ってある場合、その情報を取得して保存することによりブログや SNS などでの情報共有に活用が可能と考えられるため、応用範囲は広いと考えられる。

— 禁無断転載 —

システム開発 18-F-12

携帯電話に装着する電子タグ入出力装置の開発 に関するフィージビリティスタディ

平成19年3月

作 成 財団法人 機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目4番28号
TEL 03-3454-1311

委 託 先 財団法人 ニューメディア開発協会
東京都文京区関口1丁目43番5号
TEL 03-5287-5032