

インターネット対応型ロボット「MARON-1」

Internet Support Type Robot "MARON-1"

村田良雄 *
Yoshio Murata

今井秀和 **
Hidekazu Imai

藤岡和夫 ***
Kazuo Fujioka

北村直孝 ****
Naotaka Kitamura

* プロダクト本部 事業推進統括部 推進部
** プロダクト本部 アプライアンス事業部 第二開発部
*** プロダクト本部 ProDeS 事業部 第一技術部
**** プロダクト本部 ProDeS 事業部 第四技術部

MARON-1 は、(株)富士通研究所により開発されたインターネット対応型ロボットである。PFU では、ロボットビジネスの第一歩として、2003 年 3 月より MARON-1 の限定販売を開始した。限定販売を通じて得た知見を、商品開発に継続的にフィードバックすることにより、日常生活をサポートできる、実用性を重視したロボットの実現を目指している。

MARON-1 is a robot with Internet support developed by Fujitsu Laboratories Limited. As a first step into the robot business, PFU has started a limited sale of MARON-1 from March 2003. PFU plans to utilize its experience towards its development of a highly functional robot which is able to support day-to-day life.

1 まえがき

PFU は、2003 年 3 月にインターネット対応型のホームロボット、MARON-1¹⁾の限定販売を開始した。MARON-1 は、「日常生活をサポートできる実用性を重視したロボットを実現するための第一歩」として、(株)富士通研究所が設計・開発したロボットである。PFU では、(株)富士通研究所の協力を得て、MARON-1 を第一歩としたホームロボットの事業化に取り組んでいる。

事業化にあたって、限定販売という形式をとることで、市場の反応に対応したビジネス展開を行っている。これは、ホームロボット市場が、今後成長が期待されている市場ではあるが、現状として、既に市場が立ち上がっている訳ではないことによる。限定販売を通じて得た知見を、継続的に商品開発にフィードバックを行うことで、パートナーやユーザーに満足して貰える商品への成長を目指している。

本論文では、家庭用ロボットの市場動向、MARON-1 の機能や技術詳細、MARON-1 の適用事例や今後のビジネス展開の方向性を説明している。

2 家庭用ロボット市場

(1) 市場動向

1990 年代後半までは、民生用ロボットとしては、製造業用の、いわゆる FA 用ロボットを意味した。これが、1999 年にソニーが AIBO を市場投入したことで、家庭で使うロボットが一躍脚光を浴びることとなった。日本ロボット工業会の「21 世紀におけるロボット社会創造のための技術戦略調査報告書」²⁾によると、ロボット産業全体の市場規模は、2000 年で 5 千億円だったものが、2010 年には 3 兆円、2025 年には 8 兆円になると予測している。特に、生活分野での市場規模が拡大するものと見られており、2010 年に 1.5 兆円、2025 年には 4.1 兆円になるとみられている。一方、2001 年度のホームロボットの市場規模が 28 億円であることから、上記の市場規模まで成長するのは難しいという見方もある³⁾。

(2) 他社ロボット

現在、MARON-1 以外で実際に販売されているロボットとしては、AIBO (ソニー (株))、番竜 (テムザック三洋 (株))、ifbot (株) ビジネスデザイン研究所) などがある。特定用途に特化したロボットでは、掃除機ロボッ

トとしてトリロバイト,ルンバが販売されている.今後,販売が予定されているロボットとしては,ワカマル(三菱重工(株)),ApriAlpha(株 東芝)などがある.

1) AIBO(ソニー(株))

1999年6月に発売が開始されたAIBOは,ペット型ロボットとして一世を風靡した.最近では,新規性が薄れたこともあり,一時期の勢いを失ったものの,年間10億円前後の売上規模は維持している.機能的には,ボールとじゃれたり,しぐさを覚えたりといった,ペット的なエンターテインメント性に重点を置いている.価格帯も10~30万円に設定し,ペットと同じ価格帯で提供されている.

2) ifbot(株 ビジネスデザイン研究所)

2003年4月に発売されたifbotは,コミュニケーションに重点をおいたロボットである.数万種類の対話シーンと5歳児程度の会話能力を持つ.また,LEDの色やパターンで感情表現を行ったり,歌をうたったりすることができる.50万円と,AIBOに比べると高額ではあるが,単身高齢者を中心に売れており,コミュニケーション型ロボットに潜在需要があることを実証している.

3) 番竜(テムザック三洋(株))

番竜は,MARON-1同様,家庭での留守番を目的としたロボットである.値段は198万円と,MARON-1に比べるとかなり高額だが,においセンサーや温度センサーを搭載し,より本格的なセキュリティ機能を提供している.

(3) 行政の取り組み

大阪市や福岡市など,新産業創造と中小企業活性化を目的に,ロボット産業の育成に注力する地方自治体がふえてきている.特に福岡市では,国の構造改革特区である「ロボット開発・実証実験特区」の認定に基づき,「ロボット特区ふくおか」で,公道でのロボット活用の実証実験が出来る環境を提供している.

また,独立法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構では,次世代ロボット実用化に向けて,ロボットの研究開発への助成事業を行っている.この事業の成果は,2005年に愛知県で開催が予定されている,「愛・地球博」にて,プロトタイプの実証実験として公開が予定されている.

3 MARON-1の外観と機能

MARON-1は,「留守番」を行うロボットである.

MARON-1の外観を図-1に,仕様を表-1に示す.

基本的な使い方は,MARON-1を留守宅に置いて,外出先から遠隔操作端末(通常は携帯電話)を通じて操作(移動,撮影,家電操作)をすることになる.これを補完するために,留守宅でMARON-1が,何らかの動きを検知すると遠隔操作端末などに通報する機能も持つ.留守番以外の使い方としては,ハンズフリーの電話として使うことができる.

(1) 移動

遠隔操作でMARON-1に指示を与えることで,MARON-1を移動させることができる.移動の指示方法としては,マニュアル移動,画像による移動,自律移動の3種類を提供している.

移動の際,2.5cmまでの上り段差,下り段差,および凸段差については乗り越えながら移動する機能を有する.これは,車輪にあたるクローラを回転して



図 1 MARON-1 外観 (Fig.1-Exterior view of MARON-1)

表 1 MARON-1 の仕様

外形寸法	32 (W) × 32 (H) × 36 (D) cm
重量	5.5 kg
可動部	駆動輪 × 2 (左右), クローラ旋回 × 1 カメラ駆動 × 2 (パンチルト)
搭載センサー	カラー CMOS カメラ (640 × 480 ピクセル) × 2 赤外線リモコンインターフェース (受信 / 発信) × 1 近接距離センサー × 1, パンパスイッチ × 2
ユーザーインターフェース	タッチパッド × 1, スイッチ × 7 4 インチ TFT モニタ × 1, マイク × 1, スピーカ × 1
バッテリー	ニッケル水素 (本体内蔵)
バッテリー稼働時間	約 10 時間 (省電力待機モード時)
使用条件	動作温度: 0 ~ 40 動作湿度: 30 ~ 80 % RH

MARON-1 本体の前部を持ち上げ、上り部分に本体が引っかかりないようにして進むなどの制御を行うことで実現している。

1) マニュアル移動

前進、後退の距離、及び左右回転の角度を直接指定して移動させる。

2) 画像による移動

現在位置で MARON-1 が撮影した画像を遠隔操作端末に表示し、移動させたい位置をその画像上で指定することで、MARON-1 はその位置へ移動する。

3) 自律移動

遠隔操作端末に表示された間取図上で移動先（いずれかの部屋のいずれかの位置、または目標物）を指定することで、MARON-1 が現在位置から移動先までの経路（何回かの直進と向き変更の組み合わせ）を自分で決めて移動する。自律移動を行うためには、事前に部屋の間取りなどのデータを覚えこませておく必要がある。MARON-1 は、移動開始時および移動中に事前登録したデータと現在位置での周辺画像をパターンマッチングすることで、自分の位置を判断しながら移動する。

(2) 撮影

遠隔地から MARON-1 に撮影させ、撮影した画像を携帯電話やパソコンで確認することができる。また、カメラを左右上下に回転させることで、周囲の様子を限なく撮影することができる。

(3) 家電リモコン

スイッチ ON/OFF など、家電の簡単な遠隔操作ができる。学習機能付き赤外線リモコンインターフェースにより、赤外線リモコンで操作できるほとんどの家電を操作することができる。

(4) 動き検知

MARON-1 の視野中で動くものを検知すると、メッセージを発生し、電話やメールで通報する。メッセージは、警告音や挨拶など、利用シーンに応じて変更することができる。また、通報する先は、遠隔操作端末に限らない。なお、動きが検知された画像がロボットに保存されるので、あとから画像を確認することができる。

(5) ハンズフリー電話

MARON-1 自体が電話となって、通話することができる。事前に登録された緊急連絡先には、MARON-1 の右肩にある青いボタンを押すだけで電話をかけることができる。

(6) カスタマイズ

一連の動作をワンタッチで実行できるよう、登録することができる。登録した動作は、遠隔操作で実行するか、日付・時間を指定して、実行することができる。また、音声を録音してメッセージとして利用することができる。

4 MARON-1 技術詳細

MARON-1 の機能を実現するための仕組みを、ハードウェア、ソフトウェア、ネットワークの面から説明する。

4.1 ハードウェア

(1) 外部構造

MARON-1 のハードウェア構成を図 - 2 に示す。MARON-1 は、高さ (325 mm)、幅 (320 mm) である。図 - 2 に示すように、撮影及び動き検知用に USB カメラ、家電製品を操作するための赤外線送受信機を搭載している。カメラ部は、パンチルトユニットに搭載されており、横方向 ± 170 度、縦方向 + 90 度 ~ - 20 度の範囲で回転が可能で、ロボットの全周囲を撮影できる。

MARON-1 前面には、障害物などを検知するためのセンサーとして、バンパと距離センサーが搭載されている。バンパは、上下 2 段にわかれており、下部バンパは 2.5 cm 以下の段差などの障害物を検知し、それ以上の大きい障害物では上段バンパが検知する。下部バンパのみで検知された段差については、段差を昇ることができる。

ユーザーインターフェースには、LCD ディスプレイユニット、タッチパッド、LCD 前方の 5 つのボタンを提供している。LCD 前方のボタンは、MARON-1 の各状態に対応した機能が割り付けられており、設定操作に使用される。

さらに、MARON-1 後方部分には、通話とインターネット通信可能な PHS カードを挿入する PCMCIA インターフェース部、マウスが接続可能な USB インターフェース部、パソコンとのデータ連携が可能な RS232C インターフェース部を搭載している。

(2) 内部構造

ロボットの内部構造を図 - 3 に、回路ブロック図を図 - 4 に示す。

回路基板は 2 枚で構成しており、CPU 基板には、

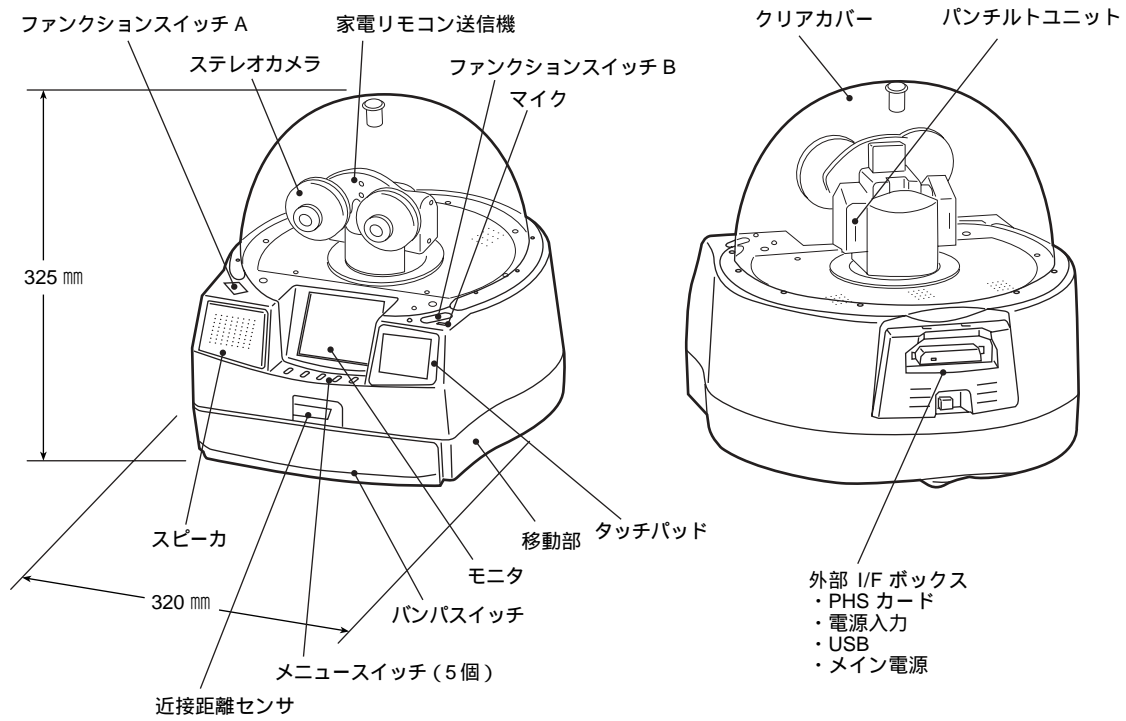


図 2 MARON-1 ハードウェア構成
(Fig.2-MARON-1 hardware structure)

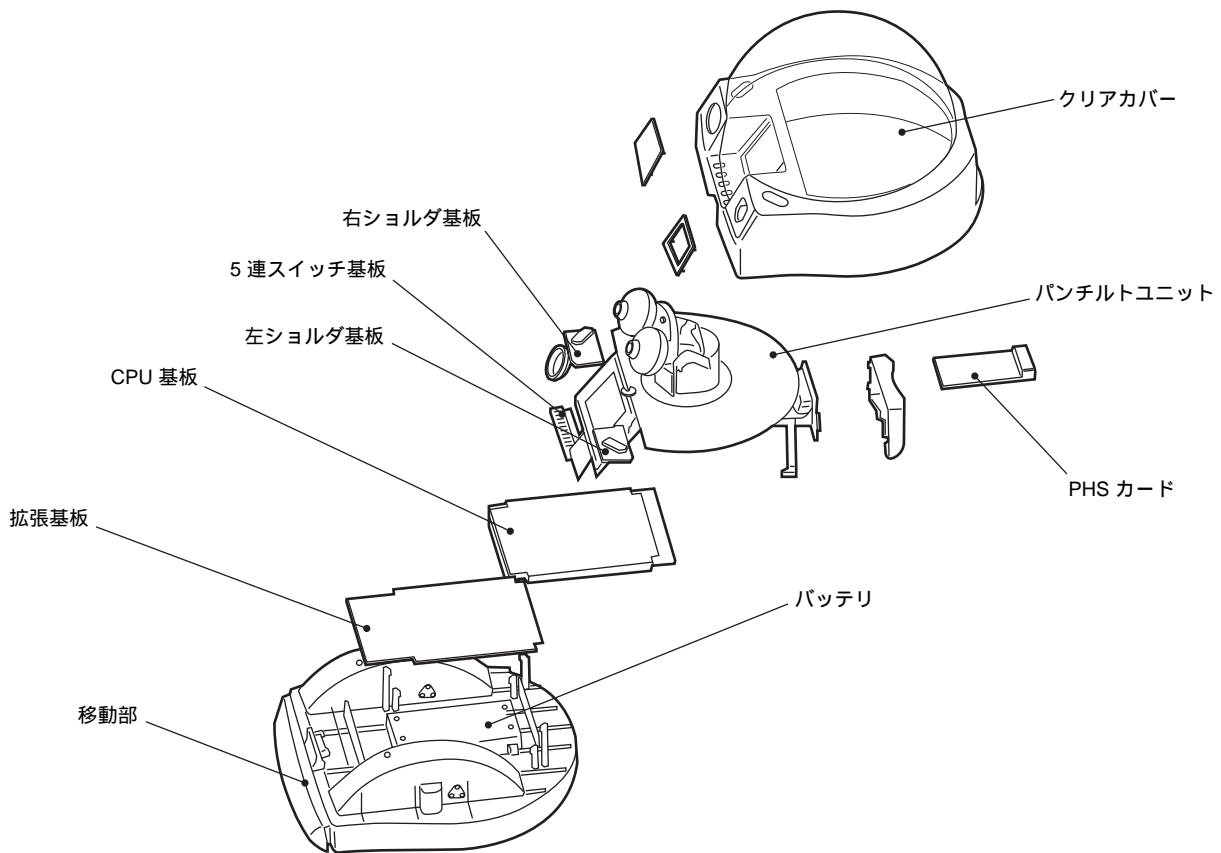


図 3 MARON-1 内部構造
(Fig.3-MARON-1 internal structure)

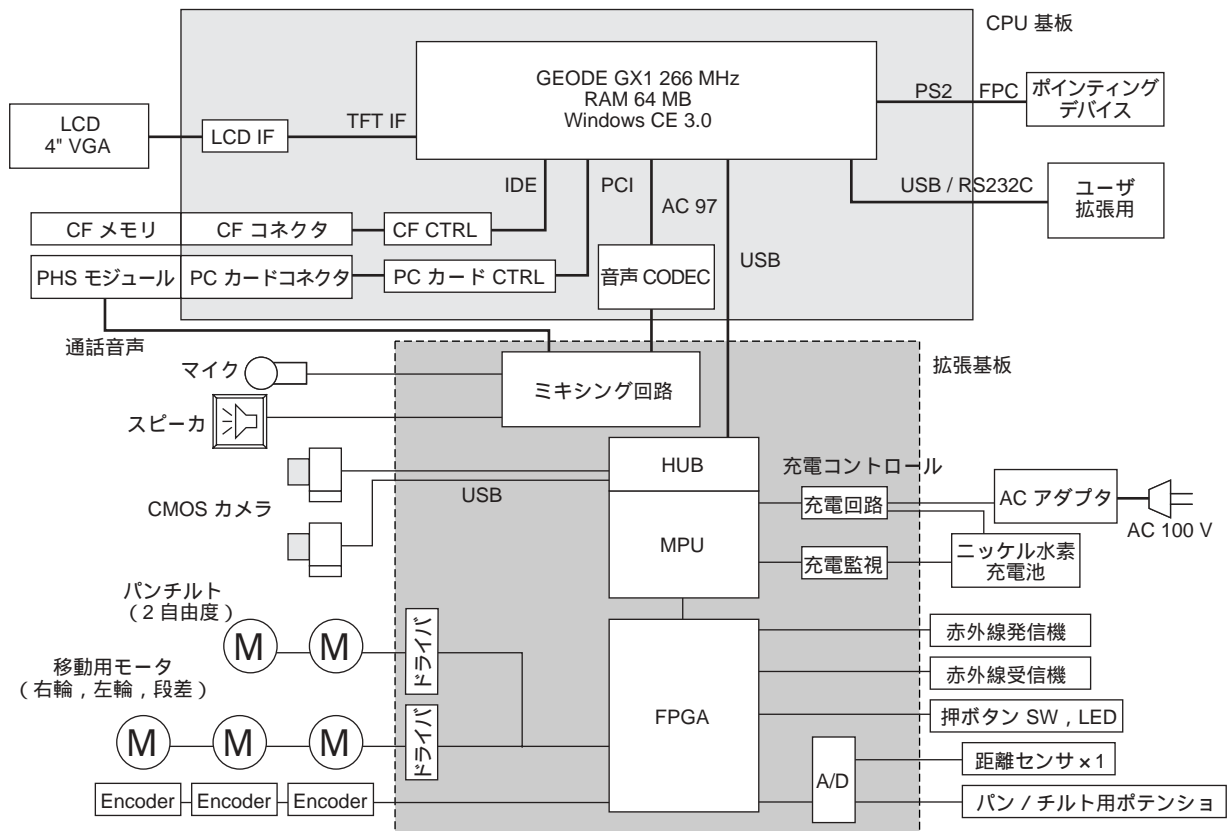


図 4 MARON-1 回路ブロック図
(Fig.4-MARON-1 circuit block)

メイン CPU (x86 互換 AMD 製 GEODE GX1 266 MHz), 音声コーデック^{注1)}を搭載している。また、拡張基板には車輪、クローラ、パンチルト駆動回路制御などのために USB ハブ内蔵 8 ビットワンチップマイコン (MB89595) を搭載している。

CPU 基板と拡張基板間は、USB により接続されており、拡張基板は CPU 側から USB デバイスとして認識される。

バッテリーは、瞬間的な大電流に対応できるようにニッケル水素電池を採用し、電池残量や電池温度などを監視する機能も搭載している。

充電動作は、バッテリー IC、拡張基板上の充電制御回路および MPU により制御されており、充電時でも必要に応じたロボット動作が可能である。満充電において、本ロボットは約 1 時間の動作と待機状態で約 10 時間程度動作可能である。

注 1) 音声データを圧縮、伸張するソフトウェア。

4.2 ソフトウェア

(1) MARON-1 上のソフトウェア

MARON-1 では、OS として WindowsCE 3.0^{注2)}を採用している。基本となる 4 つのモジュールが協調することで、MARON-1 の制御を行っている。それぞれのモジュールは、統合ソフトウェア、通信モジュール、アプリモジュール、機能ライブラリである。これらのモジュールの関係を図 - 5 に示す。

また、基本となるソフトウェア以外に、各種設定プログラムやイメージビューワなどのユーティリティを用意することで、利便性の向上を図っている。

1) 統合ソフトウェア

他モジュールを統合して制御する。アプリモジュールや機能ライブラリからのイベントに従って、状態遷移やそれぞれのモジュールへの指示を出す。

MARON-1 では、その動作に応じて、アイドル状態、遠隔通信状態、電話状態などの状態間を遷移する。

注 2) Windows は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標である。

それぞれの状態で実行できる動作を制限することで、様々な機能を矛盾なく実行することができる。

2) 通信モジュール

遠隔操作端末とのネットワーク経由での通信を行う。遠隔操作端末からの指示をアプリモジュールに中継して、ロボットの動作を指示する。また、指示した動作の結果をネットワーク経由で遠隔操作端末に返す。通信モジュールは、実体としては web サーバで、通信は http プロトコルで行う。

3) アプリモジュール

統合ソフトウェアや通信モジュールから指示を受けて、ロボットの実際の機能を実行する。動作デモ、遠隔操作、電話通話、メモリアクション、動き検知といったサービスを実現するサブモジュールを用意している。また、動き検知などをイベントとして統合ソフトウェアに通知する。

4) 機能ライブラリ

ロボットを動かすとか、写真を取るといったロボットの実際の動作を制御するためのライブラリ。アプリモジュールで提供するサービスを実現する為に呼び出される。また、ボタンの押下などのイベントを統合ソフトウェアに通知する。

(2) 遠隔操作ソフトウェア

MARON-1 では、携帯電話やパーソナルコンピュータ（以降、パソコン）から遠隔操作をするための専用アプリケーションを提供している。

1) 携帯電話用遠隔操作アプリ

携帯電話用の遠隔操作アプリは、NTT ドコモ の i モードで使用する i アプリを提供している。操作アプリの表示画面を図 - 6 に示す。携帯電話の機種としては、504i, 504iS, 505i, 505iS およびほとんどの FOMA の機種が使用できる。

操作アプリは、MARON-1 本体からダウンロードする。一つの操作アプリで操作できるのは、その操作アプリをダウンロードしてきた MARON-1 のみである。これにより、第三者によって自分の MARON-1 が操作される可能性を回避している。

2) パソコン用操作アプリ

パソコン用の遠隔操作アプリは、専用の Java^{注3)} アプリを MARON-1 のユーザー用ホームページからダウンロード出来るようにしている。OS としては、Windows2000, WindowsXP をサポートしている。

4.3 ネットワーク

MARON-1 には、インターネット経由で携帯電話やパソコンからアクセスすることができる。通信方法として、PHS と IEEE802.11b の無線 LAN をサポートしている。上位の通信プロトコルは、TCP/IP 上の HTTP である。今後は、FOMA などに代表される、新たな通信インフラへの対応を検討している。

携帯電話から MARON-1 にアクセスする手順を図 - 7 に示す。

- ① MARON-1 側が PHS を使用している場合、携帯電話から MARON-1 に電話をしてインターネットへの接続を指示する。
- ② MARON-1 が ISP (Internet Service Provider) にダイヤルアップで接続する。

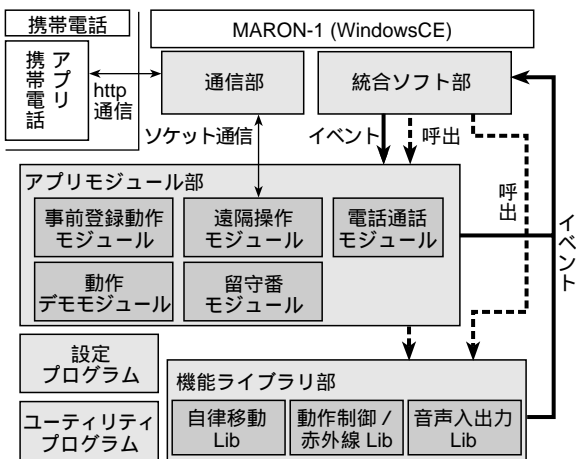


図 5 MARON-1 ソフトウェア・モジュール構成図 (Fig.5-MARON-1 software module structure)

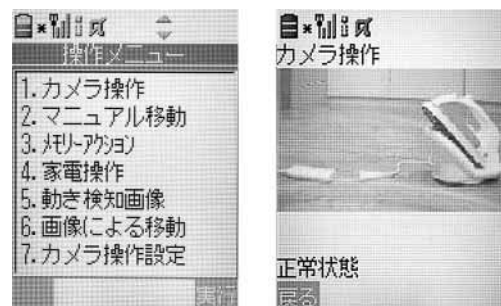


図 6 携帯電話での操作画面 (Fig.6-Mobile phone operation screen)

注 3) Java およびすべての Java 関連の商標およびロゴは、米国およびその他の国における米国 Sun Microsystems, Inc.の商標または登録商標である。

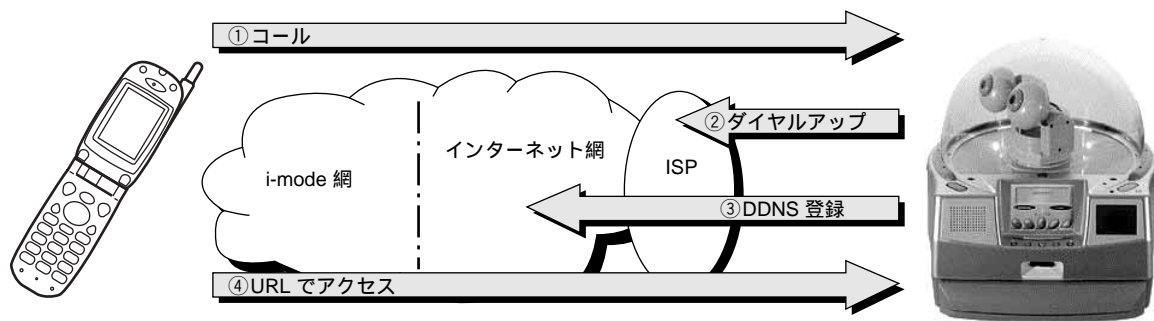


図 7 携帯電話から MARON-1 へのアクセス
(Fig.7-Access to MARON-1 from a mobile phone)

- ③ MARON-1 が DDNS (Dynamic Domain Name Service) サーバに IP アドレスを登録する .
- ④ 携帯電話から MARON-1 に URL でアクセスする .

(1) PHS

PHS での基本的なサービス形態は、接続時間に応じた課金となる。つまり、MARON-1 を遠隔操作状態にしておくと、その時間に応じて使用料が発生することになる。この問題を解決するため、MARON-1 では、特定の電話番号からの電話がかかると、自らネットワークに接続していく仕組みをとっている。つまり、MARON-1 を遠隔操作する必要がある時だけ、PHS 経由でネットワークに接続し、使わない時には切断しておくことになる。

最近では、PHS サービスのプロバイダーによる定額料金制によるデータ通信サービスが提供されている。しかしながら、MARON-1 では、定額サービスへの対応は行っていない。これは、定額サービスの場合、30 秒で通信がないと自動的に接続をきられるなどの制約があり、必ずしも MARON-1 での使用に適していないことによる。

(2) 無線 LAN

MARON-1 では、IEEE802.11b に準拠した無線 LAN をサポートしている。

アクセスポイント経由でパソコンと接続し、パソコンから MARON-1 を操作できる。また、アクセスポイント内蔵ルータをインターネットにつなぐことで、遠隔地の携帯電話やパソコンから MARON-1 を操作することができる。ただし、無線 LAN を使用する場合、MARON-1 を電話として使用することは出来ない。

無線 LAN 経由で MARON-1 を遠隔操作する場合、

PHS と違い、MARON-1 本体上で MARON-1 をネットワークと接続する操作をしておく必要がある。これは、遠隔地から MARON-1 に指示してネットワークに接続させることが出来ないことによる。インターネットに接続する場合でも、ADSL など一般のプロバイダーのサービスを使用できるので、定額料金で使うことができる。課題としては、常時接続状態を保っておく必要があるため、バッテリーの消費量が増加することがあげられる。

(3) DDNS

PFU では、MARON-1 用のドメイン名を解決する為の仕組みとして、専用の DDNS サービスを提供している。MARON-1 に i アプリからインターネット経由でアクセスするためには、ドメイン名でアクセスする必要がある。一方、MARON-1 の IP アドレスは、コネクションを確立する度に変化するので、通常の DNS サービスでは対応出来ない。

そこで、MARON-1 が IP アドレスを獲得する度に、その IP アドレスを登録できる DDNS サービスが必要となるからである。

5 今後の展開

限定販売を通じて、MARON-1 を購入いただいたお客様だけでなく、多方面の方々に興味を持っていただき、様々のご意見をいただいた。ここでは、これらを元に、今後のロボットビジネスを展開するうえで考慮すべき点について考察する。

5.1 ホームロボット

実際の利用シーンに即した使い方をすることで、MARON-1 をホームロボットとして完成度を高めてい

くために必要な改善点が明らかになってきた。改善点は、実用性、運用性、ロボット性の三つに分類できる。今後のホームロボットの開発では、これらの観点から仕様を検討していく。

(1) 実用性

ユーザーがロボットに求める機能については、様々な環境を想定して、十分に実用に足るレベルに達している必要がある。ホームロボットは、必ずしも理想的な環境で使用されるとは限らない。例えば、撮影について見てみると、暗くなってからや逆光になっている状況でも、何が写っているか判別できなくてはならない。また、実際に何を見るかによって、最適なカメラの画素数やレンズを決める必要がある。

(2) 運用性

ホームロボットを実際に使用するにあたって考慮すべき点について様々な指摘を得た。実際には、この全てを満足させることはできないが、どのような考え方で商品化をしているのかを明確化すべきであることが判った。

1) ユーザビリティ

特に遠隔操作での使い勝手。携帯電話の小さな画面で操作するうえでの考慮が必要。また、リモコン操作をするうえで、静止画ではなく動画で状況を見たいという要望が非常に多い。

2) 稼働時間

現状の MARON-1 では、満充電の状態から、標準的な使い方では 10 時間動作可能。留守番ということ考えると、もっと長い方がよい。また、旅行などの場合は、数日持たせる方法も考える必要がある。

3) 運動性

移動速度やスムーズに移動出来るというだけではなく、障害物などにぶつかった際に傷がつかないように対策が必要。

4) 課金

MARON-1 側の通信手段として PHS を使用するので、月々の使用料が発生する。今後は、3G 携帯電話サービス (FOMA など) や定額料金での常時接続サービスへの対応を検討していく必要がある。

(3) ロボット性

限定販売を通じて、一般の方がロボットに抱くイメージは千差万別であるが、一様に「ロボットらしさ」というような性質に還元されることが判った。それは、デザインであったり、会話出ることであったり、あるいは動くときに「動きます」と言うといった簡単なことであったりする。自然言語による会話のように、技術的にハ

ードルの高いものもあるが、ちょっとした工夫で実現出来ることも多い。今後、ロボット性をどのように実現していくかが、センスの問われるところである。

本来、MARON-1 は、留守番といった実用的な用途を目的としたロボットである。しかしながら、ユーザーの視点に立つと、「家にいる時は何につかえるのか？」あるいは、少なくとも邪魔にならないような仕組みが必要である。近年、「癒し」、「遊び心」といったキーワードが取りざたされているが、そういった観点でロボット性を作りこんでいかななくてはならない。

5.2 API 公開

MARON-1 購入者に対してアンケートを実施した結果、ほとんどのユーザーが API の公開を望んでいることが判った。MARON-1 の応用範囲を広げていくうえでも、API を公開して、ユーザーがソフトウェアを開発し易い環境を提供することが重要である。

API の公開にあたっては、考慮すべき点がいくつかある。もっとも重要な点としては、どの階層の API を公開するかという点である。つまり MARON-1 上でソフトウェアを開発するためか、あるいは遠隔操作で MARON-1 を操作するためのパソコン上の API、あるいはプロトコルかということである。これ以外にも、API 公開によりセキュリティ・ホールが発生しないこと、将来的に互換性を保証出来るかといったことについても、考慮が必要である。

5.3 応用商品

MARON-1 本来のホームロボットとしての用途以外に、システムの一部として MARON-1 を適用した応用商品の検討を進めていく。限定販売を通じて、MARON-1 を業務上の監視用途や店舗などでの訪問者対応に使えないかといったアイデアがよせられた。業務用途で使用する場合、MARON-1 単独でというよりも、システムや他の機器との連携が求められる。

5.4 パートナー開拓

他業界でロボットビジネスへの参入を検討している会社からも問合せをいただいている。この中で双方の強みが活かせる形での協業を実現する可能性について検討を勧めている。PFU としてはロボット自体の提供を強みとして、次のような強みを持ったパートナーの開拓を推進している。新規事業であるロボットビジネスを立ち上げるうえで、このような戦略的なパートナーとの連携は、

起爆剤として大きな意味を持つ。

- 1) ロボットを通じて、例えばニュース、商品情報、教育などといったコンテンツを提供できる会社。
- 2) MARON-1 の適用が想定される応用分野、例えばセキュリティや介護分野で実績のある会社。
- 3) ロボット用の通信インフラを提供可能な会社。

6 むすび

家庭用ロボットは、ようやく研究から実用化への過渡期を迎えた段階にある。2003 年度は、鉄腕アトムの誕生した年、ロボット元年として、いろいろなロボットの商品化が発表された。このような状況で、PFU として、限定販売という形態ではあるが、MARON-1 を市場に投入できたことは、大変意義深いことであった。今

後ロボットビジネスを大きく成長させていくうえでの第一歩としていきたい。

最後に、MARON-1 のプロジェクトに理解を示し、このようにチャレンジングな仕事をする機会を与えて下さった、(株) 富士通研究所の内山取締役殿、駒田部長殿をはじめ内外の関係者の方々に深く感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 神田 村瀬 藤岡：インターネット対応型ロボット：MARON-1, *FUJITSU*, 54, 4, pp.285-292 (2003)。
- 2) 社団法人日本機械工業連盟, 社団法人日本ロボット工業会：平成 12 年度 21 世紀におけるロボット社会創造のための技術戦略調査報告。
- 3) 田中：家庭用ロボット市場 - 市場は着実に開かれている - , *マーケットシェア・マンスリー*, 164, pp.22-30 (2003)。