The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	家電機器向けユーザインタフェースの高度化に関する研究
Author(s)	中西, 正洋
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26163
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

家電機器向けユーザインタフェースの高度化に関する研究

提出先　　大阪大学大学院情報科学研究科

提出年月　　2013 年 7 月

中 西　正 洋

関連発表論文

I. 学会誌等採録論文

(1) 中西正洋，畠中理英，尾上孝雄, “家電機器向けユーザインタフェース管理システム,” 画像電子学会誌, vol. 42, no. 1, pp. 81–88, Jan. 2013.

II. 国際会議等発表論文

(1) M. Nakanishi and T. Onoye, “An approach to efficient collaboration of embedded devices with different functions,” in *Proceedings of IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2009)*, pp. 201–209, May. 2009.

III. 研究会等発表論文 (査読付)

(1) 中西正洋, 坂倉健太郎, 天野美樹, 財満博昭, 畑山尚毅, 片山三千太, 小野修一郎, 尾上孝雄, “携帯電話端末のユーザインタフェースにおけるデータ利用量削減の一手法,” 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2007) 論文集, pp. 110–116, Jul. 2007.

(2) 中西正洋, 小野修一郎, 尾上孝雄, “雛型を用いた携帯電話向けユーザインタフェース管理システムの開発,” 組込みシステムシンポジウム 2008 論文集, vol. 2008, no. 9, pp. 99–106, Oct. 2008.

IV. その他研究会等発表論文

(1) 中西正洋 , 坂倉健太郎 , 財満博昭 , 畑山尚毅 , 小野修一郎 , 尾上孝雄, “組込み機器上で Web サービスを扱うプラットフォームの構築,” 情報処理学会研究報告, 2007-DD-060, vol. 2007, no. 34, pp. 83–88, Mar. 2007.

(2) 中西正洋, 樫東清貴, 片山三千太, 小野修一郎, 尾上孝雄, “組込み機器の操作反応速度再現方式,” 電子情報通信学会技術研究報告, HIP2007 159-173, vol. 107, no. 553, pp. 67–71, Mar. 2008.

(3) 中西正洋, 樫東清貴, 千葉雅裕, 片山三千太, 小野修一郎, 尾上孝雄, “組込み機器向け文書配信システム,” 情報処理学会研究報告, 2008-DD-065, vol. 2008, no. 34, pp. 75–80, Mar. 2008.

(4) 中西正洋, 尾上孝雄, “雛型を用いた携帯電話向け User Interface システムの開発,” 情報科学技術フォーラム講演論文集 7(4), pp. 265–267, Aug. 2008.

(5) 中西正洋, 小野修一郎, 尾上孝雄, “雛型を用いた携帯電話向け 3D ユーザインタフェースカスタマイズシステムの検討,” 情報処理学会研究報告, ANM-61, vol. 2008, no. 69, pp. 29–32, Jul. 2008.

(6) 中西正洋, 稗田薫, “家庭用テレビと携帯電話のローカル連携システムの構築,” インタラクション 2009 予稿集 (ポスター発表), C30, Mar. 2009.

内容梗概

本論文は，著者が平成 12 年から平成 24 年にかけて，シャープ株式会社において，平成 18 年から平成 24 年にかけて, 大阪大学大学院情報科学研究科博士後期課程において行った，家電機器向けユーザインタフェース管理システムに関する研究の成果をまとめたものである.

家電機器は人間に最も身近な電化製品である．1890 年頃，家電製品第一号として白熱電球が誕生して以来，空調，冷蔵，掃除，洗濯等，人間の日々の生活の労苦を減らすことで人間社会の発展に多大な貢献をしてきた．今や日本でのこれら家電機器の世帯普及率は, いずれも 90% を超えており，特別な機器ではなくどこの家庭にも存在するものである．これらの家電機器は，その機器の電源プラグをコンセントに挿し，機器のスタートボタンを押すだけで使え，誰でも容易に理解できて使える機器である．このような家電機器のユーザインタフェースは，機器本体のボタン型スイッチ，もしくはリモコンに備えられたボタン型スイッチで操作する方式がこれまで主流であった.

近年，液晶ディスプレイデバイスの高解像度化や，通信機器や通信インフラの発展により，家電機器のユーザインタフェースが大きく変わろうとしている．液晶ディスプレイデバイスがタッチパネル化，高解像度化することにより，緻密な操作画面を表示することができるようになってきたため，取扱説明書を表示したり，タイマー起動の時間を詳細に設定することができる家電機器が登場してきた．また，通信機器や通信インフラの発展により，家電機器をインターネット上のサーバにつなぎ，モバイル機器で遠隔操作ができる家電機器が登場してきた．このように，家電機器が提供する機能が複雑化していく中で，直感的に操作できるためにも，人間と機器の接点であるユーザインタフェースはますます重要になってきている．このような状況の中，ユーザインタフェースに関して数多くの研究が行われている．しかしながら，これらの研究は，処理能力の高い演算装置が必要であったり，特別なセンサー等の電子デバイスや，事前にそのセンサーを居室に設置することを前提としていることが多い．そのため，家電機器に利用するためには，ユーザにとって初期導入の手間やコストの面で障壁があり，現状の家電機器にそのまま研究成果を適用することが難しいという問題が存在している.

そこで，本論文では，家電機器におけるユーザインタフェースに関する問題を解決するために，現状の家電機器のマイコンで利用できるユーザインタフェース管理システムの設計とその

実装に関して考察を行う．本システムは，ユーザインタフェース画面を記述するための言語としてスクリプトを採用し，そのスクリプトファイルを交換することでカスタマイズを可能としたことと，利用用途を家電機器のユーザインタフェース画面に絞ることで，スクリプトの記述能力に制限を加え，本システムをメモリリソースが少なく処理能力が比較的低いマイコン上に搭載可能としたことが特長である．実装したシステムの評価を行い，3 つの設計要件を満たしていることを確認する．本システムにより，ファイルという単位で操作画面の振る舞いを交換することで，ユーザの嗜好にあったユーザインタフェース画面を切り替えられるようになる．

次に，WEB サービスの記述言語を用いて，「連携サービス作成環境」と「連携サービス確認環境」を構築し，これらの動作確認を行う．本研究においては，WEB サービスの記述言語として利用されている CC/PP（Composite Capability / Preference Profiles），WSDL（Web Services Description Language），WS-BPEL（Web Service Business Process Execution Language）を用いる．CC/PP は，W3C（World Wide Web Consortium）で標準化されつつある機器の能力とユーザの嗜好を記述するための XML（Extensible Markup Language） 言語である．WSDL は，W3C で標準化されつつある WEB サービスの外部インタフェースを記述するための XML 言語である．WS-BPEL は，OASIS（Organization for the Advancement of Structured Information Standards） で標準化された XML に基づくプログラミング言語である．企画した家電機器連携を実現するために，連携処理の記述を作成するためのグラフィカルオーサリング環境と，記述結果の確認環境を構築する．また，テレビと携帯電話の連携ユースシーンを動作させ，本環境が家電機器の連携に利用可能であることを確認する．

これらの成果により，搭載メモリ容量が少なく比較的処理能力の低い家電機器においても，ユーザインタフェース画面の改善が容易に可能となったことと，家電機器の連携において，多種多様な機器連携サービスを提供するための作成環境と確認環境を提供することができる．これらの研究成果は，ユビキタス社会やアンビエント社会を実現するための，家電機器のユーザインタフェース分野での活用が期待される．

本論文は，以下の全 5 章から構成される．

第 1 章では，家電機器におけるユーザインタフェースの現状について述べ，本研究の背景と目的を明らかにするとともに，研究内容と成果について概説する．

第 2 章では，本研究が対象とする家電機器やマイコンの性能の範囲について明確化するとともに，関連技術について述べる．

第 3 章では，家電機器向けユーザインタフェース管理システムに関して，満たすべき要件を抽出し，システムを設計し，開発ボード上で設計したシステムの実装を行い，記述能力とカスタマイズ性，プログラムサイズ，操作感に関して評価する．また，本研究成果を実製品で活用した事例を紹介する．

第 4 章では，家電機器の連携を記述するために，その家電機器連携サービスの記述フォーマットとして，CC/PP，WSDL，WS-BPEL を利用した「連携サービス作成環境」と「連携サービス確認環境」の構築を行う．テレビにおいて，携帯電話の決済機能を利用したユースシーンに対して動作確認を行う．

第 5 章では，本研究で得られた成果を要約し，今後に残された課題について述べ，結論とする．

目次

第 1 章　序論　1

1.1　背景 1

1.2　研究の目的と概要 2

1.2.1　ユーザインタフェース管理システムの設計と実装 3

1.2.2　WEB サービス記述言語を用いた家電機器連携 4

1.3　本論文の構成 5

第 2 章　家電機器のユーザインタフェースに関する技術動向　7

2.1　緒言 7

2.2　家電機器の歴史 7

2.3　本研究が対象とするマイコン 9

2.4　家電機器向けユーザインタフェース管理システム 11

2.4.1　ユーザインタフェース 11

2.4.2　ユーザインタフェース管理システム 12

2.4.3　ECMA-262 16

2.4.4　ユーザインタフェースに関するその他の研究 17

2.5　家電機器の連携システム 18

2.5.1　WEB の世界でのサービス連携の諸技術 22

2.5.2　家電機器連携技術 24

2.5.3　デジタル家電連携技術 24

2.6　結言 25

第 3 章　家電機器向けユーザインタフェース管理システム　27

3.1　緒言 27

3.2　システム要件 28

3.3　設計 30

3.3.1 想定ユーザインタフェース画面 30
3.3.2 ユーザインタフェース画面の記述性とカスタマイズ性 32
3.3.3 マイコンで実現できるプログラムサイズ 34
3.4 実装 38
3.4.1 採用したマイコン 38
3.4.2 処理シーケンス 38
3.4.3 実装結果 42
3.5 活用事例 44
3.5.1 テレビ 44
3.5.2 携帯電話待ち受け画面とメインメニュー 47
3.5.3 携帯電話 3D メインメニュー 50
3.5.4 ユーザインタフェース記述ファイル作成ツールと確認ビューア 52
3.5.5 ユーザインタフェース記述ファイル配信サービス 55
3.6 結言 56

第 4 章 WEB サービス記述言語を用いた家電機器連携 59
4.1 緒言 59
4.2 要件 60
4.3 設計 63
4.3.1 システム構成 63
4.3.2 言語仕様 65
4.4 環境構築 69
4.4.1 連携サービス作成環境 69
4.4.2 連携サービス確認環境 70
4.4.3 動作確認 74
4.4.4 課題 77
4.5 結言 79

第 5 章 結論 81

参考文献 87

第 1 章

序論

1.1　背景

近年，液晶ディスプレイデバイスの解像度が高くなり，タッチパネルに対応したもの [1] が比較的安価に入手できるようになりつつある．また，通信機器や通信インフラの発展により，家電機器のユーザインタフェースも大きく変わろうとしている．この液晶ディスプレイデバイスの高解像度化やタッチパネル化により，表示が緻密で触れて操作できる新しいユーザインタフェース画面 [2] の利用も可能となっている．ボタンを押す，つまみを回すといった従来からの操作ではなく，運転状況や操作ボタンが表示されたユーザインタフェース画面に対し，直接触れて操作する家電機器が増大してきた．さらに，紙冊子の取扱説明書の代わりに，ユーザインタフェース画面に取扱説明書を表示して，必要時に探す手間を省いたり，タイマー起動の複雑な設定値を詳細に指定できるようにすることで，ユーザ利便性を高める家電機器 [3] も開発されてきた．また，通信機器や通信インフラの発展により，家電機器をホームネットワークやインターネットに接続し，外出時にモバイル機器から遠隔操作したり，センサで取得した情報をサーバで管理し，外出先からモバイル機器で運転状況を表示できる家電機器 [4] も開発されてきた．

そもそも家電機器は，電源プラグをコンセントに差込み，機器本体に備えられたボタンを押せば，誰でも事前学習なしで直感的に使えることがユーザから求められている．ユーザインタフェース画面で複雑な機能が操作でき，ホームネットワークやインターネットに接続できる家電機器においても，事前に学習が不要で直感的に操作ができることが重要である．このような家電機器において，複雑な機能に対する操作と，直感的な操作は相反する性質を持ち，この二つの性質を同時に満たすインタフェースを構築することは困難である．このように人間と機器の接点であるユーザインタフェースの研究はますます重要になっており，数多くの研究 [5] [6] が行われ，成果が挙げられてきている．

しかしながら，これらの研究は，処理能力の高い演算装置が必要であったり，特別なセンサ

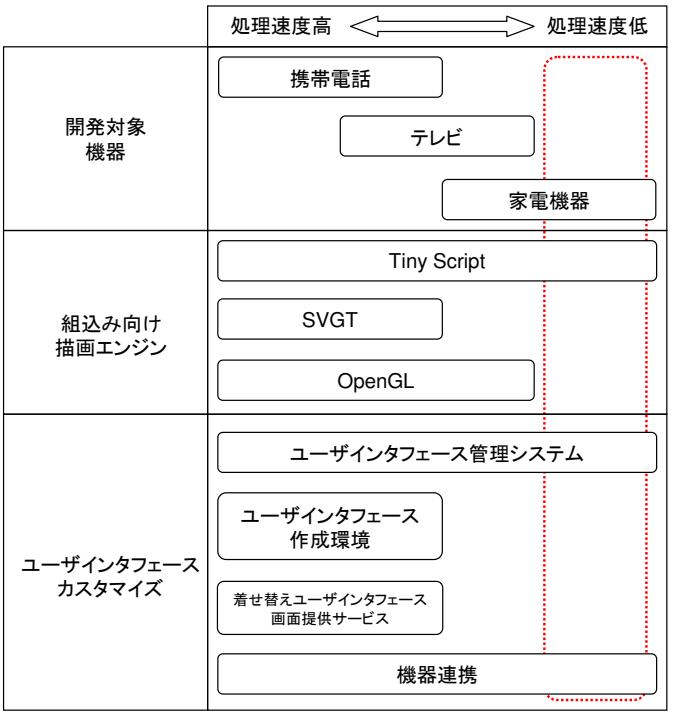


図 1.1　研究全体俯瞰図

等の電子デバイスや，事前にそのセンサを居室に設置することを前提としていることが多い．一般家庭の環境や家電機器に対して研究成果を利用するためには，ユーザにとって初期導入の手間やコストの面で障壁があり，現状の家電機器にこれらのユーザインタフェースの研究成果を単純に適用することが難しいという問題が存在している．

1.2　研究の目的と概要

以上の背景をふまえ，筆者らは，一般家庭のネットワーク環境において，図 1.1 に示すように家電機器，携帯電話，テレビを対象とし，これまで実用化を前提としたユーザインタフェースの研究開発を行ってきた．開発対象機器は，処理能力が比較的高い携帯電話，中程度の処理能力を持つテレビ，低い処理能力しか持たない家電機器である．ユーザインタフェース画面の描画エンジンについては，これらの機器に搭載するためにプログラムサイズと機能面で最適化を行い，スクリプトエンジン（Tiny Script），2D ベクトルアニメーション描画エンジン（SVGT : Scalable Vector Graphics Tiny [7]），3D 描画エンジン（OpenGL : Open Graphics Library [8]）などを開発してきている．また，これらのライブラリのアプリケーションとして，ユーザインタフェース画面のカスタマイズの実現を目指し，ユーザインタフェース管理システムの研究開発にも取り組んでいる．ユーザインタフェース管理システムとは，開発効率向上のため，アプリケーションソフトウェアを「ユーザインタフェース画面」と，「機能」に分けて実

装し，そのユーザインタフェース画面を処理する側の実装をユーザインタフェース管理システム [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] と呼ぶ．このユーザインタフェース管理システムのユーザインタフェース画面を作成する環境や，ネットワーク経由でユーザインタフェース画面をダウンロードできる商用 WEB サービスを立ち上げてきた．これらに加えてインターネットに接続されたホームネットワーク環境において，複数の家電機器を連携させ，各家電機器のユーザインタフェースの利便性を高める研究についても取り組んでいる．

本論文では，図 1.1 の点線枠に示されている家電機器を対象としたユーザインタフェースに関する問題を解決するために，現状の家電機器に搭載されたマイコンを利用するという条件下で，ユーザインタフェース管理システムの設計とその実装に関して考察する．また，WEB サービスのための記述言語を用いて，家電機器連携を実現するための環境を構築し動作確認を行う．以下，それぞれについて概説する．

1.2.1　ユーザインタフェース管理システムの設計と実装

家電機器において，多くの選択ができるようにアイコンを小さくしたユーザインタフェース画面，シンプルな基本機能に限定しアイコンを大きくしたユーザインタフェース画面，ユーザの好みのキャラクターをアイコンデザインに採用したインタフェース画面等，ユーザインタフェース画面をカスタマイズする要求が高まってきている．また，ユーザインタフェース画面のみを販売国に合わせて変更して販売する，いわゆるローカライズの迅速性に対する要望も高まっている．このような要求事項を満たすために，高解像度タッチパネル対応液晶ディスプレイを搭載し，ユーザインタフェース画面を実現するソフトウェアを，対象とするユーザや販売国に合わせて複数用意して，工場でソフトウェアを入れ替えて出荷することが行われている．

しかしながら，このような家電機器のソフトウェア開発においては，開発コスト全体に対するユーザインタフェース画面の開発コストが大きな部分を占めており，この開発コストを削減するために，家電機器向けユーザインタフェース管理システムが必要とされている．

そこで，本研究では利用用途を家電機器のユーザインタフェース画面に絞ることで，スクリプトの記述能力に制限を加え，メモリリソースが少なく処理能力が比較的低いマイコン上に搭載可能としたユーザインタフェース管理システムを提案する．提案システムを実装し評価を行い，実用上問題がないことを確認する．本システムでは，ユーザインタフェース記述言語としてスクリプトを採用しており，家電機器においても，ファイルという単位でユーザインタフェース画面を交換できるようになる．

1.2.2　WEB サービス記述言語を用いた家電機器連携

2011 年の日本における家庭内無線 LAN（Local Area Network）アクセスポイント設置率は 39.3% になり，自宅からインターネットに接続している家庭に限れば 50.3 % の設置率になる [16]．今後も設置率の向上が続くと考えられる．このような状況の中，一般家庭においても，家電機器や各種センサを無線 LAN アクセスポイントに接続することで，ホームネットワークが容易に構築できるようになり，モバイル機器から家電機器を遠隔操作したり，家電機器同士が連携してユーザに対して一つのサービスを提供したり，家電機器の運転状況やセンサーから取得した情報をサーバに集め，ビッグデータとして収集，解析することができる環境が整いつつある．具体的には，連携のための特別なソフトウェアを個々の製品に実装して，特定機器間の連携を実現するような研究や製品が登場してきた [17] [18]．このように，無線 LAN アクセスポイントの一般家庭への普及を弾みに，家電機器や各種センサをホームネットワークに参加させ，これまでユビキタスやアンビエントとして目指していた社会が実現する可能性が高まりつつある．

しかしながら，ネットワーク対応の家電機器を普及させ，新しいユーザ便益を提供できるようにするためには主に下記の二つが課題となっている．一つ目は，導入コスト，設置容易性，伝送速度，リアルタイム性，消費電力等の各家電機器を接続したホームネットワーク構築に関する課題である．二つ目は，複数の家電機器を連携させた利便性の高いサービスを表現できる記述言語の提供に関する課題である．

一つ目の課題については，比較的よく研究されている [19] [20] [21] [22] [23] [17] [24] [25] [26] [27] [28] が，二つ目の課題については，議論が十分されていない．そこで，本研究においては，二つ目の課題に注目し，複数の家電機器を連携させた利便性の高いサービスを実現するために，WEB サービスのための XML に基づく記述言語を用いて，家電機器連携の振る舞いを記述する環境と，その記述を確認する環境を構築し動作確認を行う．本研究で用いた記述言語は，CC/PP，WSDL，WS-BPEL である．CC/PP は，W3C [29] で標準化されつつある機器の能力とユーザの嗜好を表現する XML 言語である．WSDL は，W3C で標準化されつつある WEB サービスの外部インタフェースを記述するための言語である．WS-BPEL は，OASIS で標準化された XML に基づくプログラミング言語である．また，実際の製品開発での利用を想定して，WSDL と WS-BPEL を記述するための GUI（Graphical User Interface） を備えた「連携サービス作成環境」と，「連携サービス確認環境」を構築する．テレビと携帯電話の連携ユースシーンで動作確認を行い，提案したサービス記述言語の作成環境と確認環境が，家電機器の連携に利用可能であることを確認する．本研究の成果によって，家電機器連携に対して，WEB サーバや WEB クライアントを記述するための XML 言語の利用可能性を確認でき，

ホームネットワークに接続された家電機器を連携動作させるための要素技術を確立できる．

1.3　本論文の構成

本論文は以下の全 5 章から構成される．

第 1 章では，家電機器におけるユーザインタフェースの現状について述べ，本研究の背景と目的を明らかにするとともに，研究内容と成果について概説した．

第 2 章では，家電機器向けユーザインタフェースに関する技術動向として，本論文が対象とする家電機器と，その家電機器に搭載するマイコンの性能について明確化するとともに，既存のユーザインタフェース管理システムやホームネットワークの技術動向を述べる．また，本研究で用いる各種標準言語等の関連技術や標準仕様について説明する．

第 3 章では，家電機器向けユーザインタフェース管理システムに関して，満たすべき要件の抽出，システム設計，実装を行い，記述能力とカスタマイズ性，プログラムサイズ，操作感に関して評価する．また，本システムの実製品での活用事例を述べる．

第 4 章では，家電機器連携を行うために，CC/PP，WSDL，WS-BPEL を用いた作成環境と確認環境を構築し，動作確認を行う．動作確認においては，テレビから携帯電話の決済機能を利用するサービスをユースシーンとする．

第 5 章では，本研究で得られた成果を要約し，今後に残された課題について述べ，結論とする．

第 2 章

家電機器のユーザインタフェースに関する技術動向

2.1　緒言

本章では，家電機器の歴史を紹介し，ユーザインタフェースに関する技術動向について述べる．

まず，本研究が対象とする家電機器と，家電機器に搭載されるマイコン（microcontroller）の性能について述べ，本研究の対象を明確化する．次に，既存の組込み機器向けユーザインタフェース管理システムと，ECMA-262 と呼ばれるスクリプト言語等の関連仕様について紹介する．最後に，家電機器をホームネットワークに接続したサービス例と，その構築のための要件を述べ，WEB サービスと WEB クライアントで用いられる言語仕様として，CC/PP，WSDL，WS-BPEL について紹介する．

2.2　家電機器の歴史

家電機器とは，誰でも手軽に小売店で購入でき，機器本体に備えられたボタンを押せば，事前に学習なしで直感的に使え，電気をエネルギー源として，人間の日々の生活を助ける機械のことである．家電機器のエネルギー供給方法として，電源プラグをコンセントに差し込む機器と各種電池を使う機器が主に存在する．家電機器の歴史 [30] は，1890 年頃に米国等で一般家庭への送電開始とともに始まり，家電機器の種別を増大させながら現在まで続いている．下記に本研究が扱う主な家電機器を挙げるが，一般的に家電機器と呼ばれる電子レンジ，洗濯機，乾燥機，シェーバー，炊飯器，体重体脂肪計，アイロン等も本研究の対象範囲である．

1. 電化製品

- **電気オーブン**

1889 年に，スイスのホテルに据え付けられたのが最初であった．電気オーブンを最初に商品として量産したのは米国のカーペンター・エレクトリック・ヒーティング・マニファクチャリング社で，1891 年のことである．

- **電気暖房装置**

1887 年にW・リー・バートンが米国で特許を取り，バートン・エレクトリック社が 2 年後に発売した．鋳鉄製の四角い箱に抵抗コイルを入れたもので，コイルは乾燥した粉末粘土に埋め込まれており，熱を吸収して電線が焼き切れるのを防いでいた．最大温度は約 93 ℃であった．

- **電動扇風機**

商品化された最初の電動扇風機は 1882 年にクロッカー・アンド・カーチス発動機会社（米国）が開発したもので，同社は翌年量産を開始した．当時は 2 枚羽根の卓上扇風機であった．最初の左右首振り扇風機は 1908 年に米国のエック・ダイナモ・アンド・エレクトリック社が開発した．

- **電気冷蔵庫**

家庭用第 1 号の電気冷蔵庫はドメルアという製品名で，1913 年に米国のシカゴで製造された．木製キャビネットの上に圧縮型冷却ユニットが据えつけられていた．

- **電動ミシン**

最初の電動ミシンを生産したのは米国のシンガー社で 1889 年のことであった．

- **真空掃除機**

1901 年，英国の棟梁技師ヒューバート・セシル・ブースによって考案された．当時は電気の引かれている家庭はほとんどなく，掃除の出張サービスのようなものだった．最初の家庭用ポータブル電気掃除機は，米国のチャップマン・アンド ・スキナー社が 1905 年に売り出した．重さ 92 ポンド（約 40 キロ）の手押し車に乗せたタイプのものであり，馬にひかせて移動させた．ハンドルにほこり袋のついた，現代のアップライト型掃除機の原型は，米国の J ・マーレー・スパングラーが 1907 年に考案したものである．

2. **放送通信機器**

- **ラジオ受信機**

  最初の組み立て式ラジオ受信機セットは，1910 年にニューヨークのデフォレスト無線電話会社によって，アマチュア無線愛好家向けに販売された．完成品としての家庭用ラジオ受信機セットは，米国のウェスティングハウス社によって最初に生産販売された．

- **テレビ受像機**

  1925 年，ジョン・ロージー・ベアードが，テレビ画像を映すことに成功し，1928 年には，ロンドンでドキュメンタリー番組が放映され，ジョン・ロージー・ベアードが，カラーテレビ画像を映し出すとともにテレビ電波の国際送信を始めた．1928 年，ニューヨーク州オールバニーで，ニュース放送が行われた．最初のテレビ受像機は，1928 年 7 月に販売が開始された．走査線数 24 本，36 本，48 本の三種類の放送に合わせることができ，組み立てキットも併せて販売された．

- **電話**

  1876 年に米国のベルとグレーによってほぼ同時に電話は発明されたが，ベルが特許権を獲得した．日本においては，1877 年にベル電話機が輸入され，翌年には国産電話機を製造した．1989 年には，東京-熱海間で市外通話試験が行われ，1899 年には，東京-大阪間の長距離市外通話が開始され，1934 年には，東京-マニラ間で初の国際電話が可能となり，通話できる範囲は年とともに広がっていった．1968 年は，ポケットベルサービスが開始され，1987 年には携帯電話サービスが開始された．1995 年には，PHS サービスも開始されている．

2.3　本研究が対象とするマイコン

アナログ回路や論理回路で構成されていた電子制御シーケンスを，ソフトウェアで実現するためにマイコンが登場した．制御手順がハードウェア回路で組まれていた場合，制御手順を一部変更するだけでもハードウェア回路の変更が必要になる．しかし制御手順をプログラムで内蔵できるマイコンを利用した場合，回路は変更せず内蔵プログラムを書き換えるだけで制御内容の変更や機能追加が行えるようになり，開発コストを大幅に下げることが可能となる．家電機器に利用されるマイコンは，製品価格抑制のため，汎用的なコンピュータと比較して機能を

表 2.1　対象マイコン仕様

	仕様
CPU	MIPS値10～200
RAM	4KB～128KB
プログラム用メモリ	100KB～600KB （必要に応じて外部メモリを追加）

必要最低限に絞り，ワンチップ化されたものが利用されている．性能と柔軟性を犠牲にして，低価格と機器設計の容易性を追求したものといえる．

本研究が対象とする家電機器は，2.2 節で述べた範囲の家電機器である．これらの家電機器を対象として，各社から電子レンジ，冷蔵庫，洗濯機等に搭載するための様々な家電機器向けマイコンが市販されている [1] [31] [32] [33]．タッチパネルが搭載された電子レンジ，冷蔵庫，洗濯機などの家電機器においては，これらのラインアップの中で表 2.1 に示すような性能のマイコンが使われる．そのため，本研究においては，この表 2.1 に示すような性能のマイコンを対象とする．具体的には，MIPS 値は 10 から 200 であり，CPU に内蔵された RAM（Random Access Memory）のサイズは 4KB から 128KB を想定する．プログラムを格納するメモリサイズは，100KB から 600KB のマイコンを対象とする．必要に応じてプログラム用メモリは追加できるが，部品コストの問題もあり，この 100KB から 600KB のサイズで用いることが望ましい．もちろん，ユーザインタフェース管理システム以外のソフトウェアやデータを格納するためのプログラム用メモリも必要である．ユーザインタフェース管理システムのプログラムサイズは 100KB 未満となることが望ましい．

2.4　家電機器向けユーザインタフェース管理システム

2.4.1　ユーザインタフェース

ユーザインタフェース（User Interface）とは，機械とその機械を利用するユーザの間での，情報をやりとりするための方法，操作，表示といった仕組みの総称である．例えば，PC におけるユーザインタフェースは，以下の 2 種類が主に使われる [34].

- **キャラクタユーザインタフェース（CUI:Character User Interface）**
  ユーザがキーボードからコマンドを入力し，ディスプレイ上に文字を表示することで出力とする方式のこと．

- **グラフィカルユーザインタフェース（GUI:Graphical User Interface）**
  入力機器としてキーボードやマウスといったデバイスを用い，ディスプレイ上にアイコンなどグラフィカルな出力を提示する方式のこと．

現在の PC は，GUI が主流であるが，工場の機器や，サーバ運用等では，命令コマンドを高速に入力できる等の特長のため，CUI が使われることも多い．

家電機器のユーザインタフェースとして，比較的良く使われているものを多い順に以下に述べる．

- 家電機器本体に備えられたボタン型スイッチ
- 赤外線リモコンに備えられたボタン型スイッチによる家電機器の遠隔操作
- 液晶ディスプレイを出力装置として利用
- 入出力装置としてタッチパネル付液晶ディスプレイを利用
- 音声

家電機器で最も多いユーザインタフェースは，家電機器本体のボタン型スイッチを直接押すタイプである．最も単純な構造の家電機器では，動作の ON/OFF のボタン型スイッチしか保持していない．性能を数段階で切り替えるボタン型スイッチを保持する家電機器もある．例えば，ボタン型スイッチで強/中/弱の 3 種類の吸引力を切り替える掃除機が存在する．家電機器本体に備えられたボタンを押すのではなく，リモコンを使って目の前の家電に対して遠隔操作するユーザインタフェースも広く普及している．また，最近の家電機器は，出力装置として液

晶ディスプレイを使う製品も多い，上位ラインアップの機種の中には，タッチパネル機能が搭載された液晶ディスプレイを入出力装置として使うこともある．さらには，音声をユーザインタフェースに使うロボット掃除機 [35] やエアコン等の家電機器も現れてきている．

他のユーザインタフェースの研究として，音声で直接家電機器を操作するのではなくて，仲介役としてロボットを利用するユーザインタフェース [36] [37]，音声に加えて身振り手振りを利用するパーセプチュアルユーザインタフェース [38]，ユーザに力，振動，動きなどを与えることで皮膚感覚のフィードバックを得るハプティクスユーザインタフェース [39] [40]，直感的に触れて知覚できることを目指したタンジブルユーザインターフェース [41] 等，様々なユーザインタフェースの研究 [42] が進めれれており，これらの研究成果が家電機器で利用できるようになることが期待される．

2.4.2　ユーザインタフェース管理システム

機器に搭載されるソフトウェアが大規模化するにつれて，開発効率向上のため，アプリケーションソフトウェアを，ユーザインタフェース画面と機能に分けて実装することが行われてきた．ユーザインタフェース画面側の実装をユーザインタフェース管理システムと呼ぶ．Windows，Android，iOS 等は，処理能力の高い機器向け OS であり，OS レベルでユーザインタフェース管理システムが標準搭載されている．ユーザインタフェース画面と機能に分けて実装することは，一般に「デザインとロジックを分離する」と呼ばれており，ユーザインタフェース画面がデザインで，機能実装がロジックとなる．例えば，WEB アプリケーションの開発においては，HTML（HyperText Markup Language） 記述がデザインとなり，PHP によるデータベース操作処理がロジックとなる．このように分離して開発することで，デザイン部分をスクリプト言語等が得意なデザイナ [43] が開発し，ロジック部分をプログラマが開発するといったように，得意な部分に集中して同時開発ができ，開発効率が向上できる [44].

また，WEB アプケーションが広まるにつれ，WEB 技術に長けた開発者や，WEB サービスの記述言語を扱う開発ツールが増えた．そのため，スマートフォンのアプリケーション等においても，ユーザインタフェース画面を HTML 形式で記述することが増えてきた．HTML を用いると，機器の演算装置を直接実行することができる NATIVE アプリケーションの画面上に，HTML ファイルを実行できる GUI 部品をおき，ユーザインタフェース画面の処理は，その GUI 部品の中で HTML ファイルを実行させることでユーザインタフェース画面を実現する．

表 2.2　組込み機器向けユーザインタフェース管理システムの比較

システム名	NetFront Dynamic Menu	VIVID UI	Automotive UI Toolkit	uiOne	UIEngine	GEAL
供給元	ACCESS	アクロディア	Microsoft Corp.	Qualcomm Inc.	UIEvoluuution, Inc.	アイティアクセス
対象製品	携帯電話機、テレビ受信機など	携帯電話など	カーナビ、カーオーディオ	携帯電話機	携帯電話機、PDAなど	テレビ、MFP、携帯電話、カーナビ
ユーザインタフェース部の開発言語	XML(XHTML,SMILなど)、HTML, cHTML	XML (独自のタグを定義)	XML(独自のタグを定義)	独自のマークアップ言語「TrigML」	XML(独自のタグを定義した「UJML」)	C言語
実行環境が対応するスクリプト言語	ECMAScript	JavaScript	JavaScript	独自形式のスクリプト言語	JavaScript、独自形式のスクリプト言語「UJMLScript」	なし
実行環境が読みこむデータ	XML(XHTML,SMILなど)、HTML, cHTMLのファイル	独自方式のバイナリデータ	独自方式のバイナリデータ	独自方式のバイナリデータ	独自方式のバイナリデータ	C言語をコンパイルしたオブジェクトファイル
実行環境が占有するROM容量	1.5M～2MB(WWWブラウザ「NetFront」との合計)	100K～200Kバイト	約420Kバイト	100Kバイト前後	30KB(最小構成)	100KB
対応するOSおよびソフトウェア実行環境	BREW,Linux,μITRON、Palm OS, Symbian OS,Windows CE	BREW, Linux, Symbian OS	Windows Automotive	BREW	BREW, Doja, μITRON. Palm OS, Windows CEなど	BREW, Doja, μITRON. Palm OS, Windows CEなど
スクリプトによるUI記述	○	○	○	○	○	×
OSなしで動作	×	×	×	×	×	○

市販の組込み機器向けユーザインタフェース管理システムの仕様を表 2.2 に示し，各々に関して以下で述べる．

1. **NetFront Dynamic Menu [45]**

   ACCESS 社が提供する携帯電話，テレビ向けのユーザインタフェース画面を管理するフレームワークである．動的なユーザインタフェースを，XHTML/HTML，SVG（Scalable Vector Graphics），ECMA Script，CSS（Cascading Style Sheets），DOM（Document Object Model），SIML（Synchronized Multimedia Integration Language）などの標準的な技術を利用して作成することができる．サーバと連携することで，機器でコンテンツのプッシュ配信を受信できるのが，NetFront Dynamic Menu の大きな特長である．

2. **VIVID UI [46]**

   Acrodea 社が提供するユーザインタフェース管理システムである．過去の携帯電話のメニューや操作方法と互換性のあるユーザインタフェース画面一式が，サーバにバイナリファイルで用意されており，ユーザは自由にダウンロードができる．ユーザがその一式を交換することで，ユーザが過去に使っていた携帯電話と同じ操作が，新しく購入した携帯電話でも利用できるようになる．コンテンツの作成は，専用のグラフィカルツールを利用して作成する．

3. **Automotive UI Toolkit [47]**

   Microsoft 社が提供するカーナビゲーションやカーオーディオ向けソフトウェアプラットフォームに含まれるユーザインタフェース管理システムである．車載向けの地図表示能力とリアルタイム処理に追随できるパフォーマンスが特長である．Windows のソフトウェア資産も流用できる．自動車メーカおよび車載情報端末開発メーカに提供されている．

4. **uiOne [48]**

   クアルコム社が提供する携帯電話向けユーザインタフェース管理システムである．uiOne の独自仕様である XML に基づいた TrigML でユーザインタフェース画面を記述する．TrigML には，画像アイコンへのリンクと配置を記述する．自由度が大幅に制限されているが，逆に簡単な構成のユーザインタフェース画面が素早く作成できるのが特長である．

5. **UIEngine [49]**

   UIEvolution 社が提供するシンクライアントのためのユーザインタフェース管理システムである．サーバで予めユーザインタフェース画面の記述をバイナリコードに変換した後，機器にそのバイナリコードを送信する．ユーザインタフェース画面の実行処理に必要な計算をサーバで事前に行うことで，機器の処理負荷が低くなり，レスポンス性が高いユーザインタフェース画面が実現できることが特長である．ユーザインタフェース画面の記述には，独自仕様の JavaScript を用いる．

6. **GEAL [50]**

   IT Access 社が提供する組込み機器向けユーザインタフェース管理システムである．PC 上のデザインツールで，各種 GUI コンポーネントを視覚的に配置し，それらのプロパティの設定を行う．ユーザインタフェース画面の記述は，デザインツールから C 言語のプログラムとして出力される．C 言語で出力されたプログラムは，PC 上でロジック側の機器本体の実装とリンクする．PC 上でリンクまで行うため，組込み機器での高速処理が実現可能である．OS がなくても，システムが提供するライブラリだけで動作するのが特長である．

以上で述べたユーザインタフェース管理システムにおいて，1.~5. のユーザインタフェース管理システムは，主に携帯電話を対象としており，OS が提供する機能を利用した上で，追加で 30KB～2MB のプログラム用メモリが必要である．その中でも比較的プログラムサイズの小さ

な UIEngine でさえ，JAVA の実行環境が保持する高機能なライブラリを前提としたプログラムサイズであり，例えば μ iTRON 上では，最小構成で 400KB のプログラムサイズとなる．これらのユーザインタフェース管理システムは，ユーザインタフェース記述をファイルとして分離し処理することが可能であるが，OS が搭載されていることが前提であり，マイコンへの要求レベルが高いため，2.3 節で述べた本研究のターゲットマイコンで利用することはできない．

6. の GEAL は，前述の 5 種類と比較してより処理能力の低いマイコン向けのユーザインタフェース管理システムである．C 言語で記述されたユーザインタフェース画面を記述するプログラムを PC 等の開発環境で事前にロジック側実装とリンクする必要がある．機器上でファイルを交換することでユーザインタフェース画面を入れ替えることはできず，カスタマイズ性の点で問題がある．スクリプトが C 言語と比較して，カスタマイズ性に優れている理由は，次に示す通りである．

- コンパイル/リンク処理の手間がいらず，スクリプトを差し替えるだけで動作確認が可能
- デザインがロジックからファイルとして明確に分離してるため，分担して同時開発が容易

また，組込み機器のユーザインタフェース画面を記述するための描画エンジンとして，Flash Lite [51] や SVG が使われている．

1. **Flash Lite**

   Flash Lite とは，PC 上でデファクトとなっているアドビシステムズ社の Flash をベースに，処理能力の低いモバイル機器向けに開発されたプロファイルである．また，本プロファイルに対応した再生エンジンそのものの呼称としても用いられる．アニメーションや，インタラクションにも対応しおり，アクションスクリプトを埋め込み，スクリプト処理も可能である．2004 年 6 月にバージョン 1.1 が発表されると，携帯電話端末のユーザインタフェース画面や簡易型アプリのユーザインタフェース画面の実現手段として利用されはじめた．2008 年 5 月には，Open Screen Project [52] の発表を行い，端末ソフトウェアのライセンスフリー化を宣言した．同時に関連サーバソフトウェアもオープンソース化され，無料で利用できるようになった．また，同社から Flash CS というオーサリングツールが販売されている．

2. **SVG**

   SVG は，2003 年 1 月にバージョン 1.1 が World Wide Web Consortium（W3C）[29] 勧告として公開された, XML 仕様 [53] に基づいた 2D ベクター画像記述言語である．ア

ニメーションやインタラクション機能にも対応しているほか，別の XML 文書に埋め込んで使用することができる．SVG フォーマットに対応したビューアをアドビシステムズ社のダウンロードサイトで入手可能 [54] である．また，SVG を作成するためには，アドビシステムズ社の各種オーサリングツールや，SVG maker [55]，Inkscape [56] など対応オーサリングツールが存在する．2008 年 12 月に SVG Tiny 1.2 が勧告としてリリースされ，2011 年 8 月に SVG 1.1（Second Edition）が勧告としてリリースされた．

ここでは，既存の組込み機器向けユーザインタフェース管理システムと関連仕様を説明し，本研究が対象とする家電機器やマイコンをターゲットとしたユーザインタフェース管理システムは存在しないことを述べた．

2.4.3　ECMA-262

ユーザインタフェースを記述するために使われるスクリプト言語として，ECMA-262 [57] がある．ECMA-262 は，WEB ブラウザをはじめとする多くのアプリケーションでサポートされているスクリプト仕様である．Mozilla 系 WEB ブラウザや Opera，Safari，Google 社製 Chrome では，JavaScript と呼ばれる．Microsoft 社製 Internet Explorer では，JScript と呼ばれ，アドビシステムズ社製 Flash では，Action Script と呼ばれる．

ECMA-262 に対して，ECMA-262 のサブセットとなる ECMA-327（ECMA Compact Profile）[58] の仕様が定められている．ECMA-327 とは，ECMA-262 から以下の命令セットを削除したスクリプト仕様である．

- 実行時コンパイル
- 関数の動的生成
- グローバルオブジェクトに対する操作制限
- with 命令

ECMA-327 の制限は，ECMA-262 の仕様書中の Strict Mode として記載されている機能制限に相当する．Strict Mode の仕様は，Firefox 4 をはじめとして，最近の PC での WEB ブラウザに実装されつつある．ECMA-327 の目的は，実行時コンパイルと動的なワークメモリ確保を行う機能に制限を加え，組込み機器用にパフォーマンス改善を狙うことである．ECMA-327 の仕様書には，実行エンジンのプログラムサイズ削減を目的としているとの記載は存在しない．ECMA-262 実装である SpiderMonkey [59] の実行エンジンのプログラムサイズは 614KB であ

る．前述のように，ECMA-327 で削減されている機能が少ないため，組込み機器用と謳われている ECMA-327 においても，2.3 節に挙げたマイコンを対象にする場合，実行エンジンのプログラムサイズの面で家電機器には使えない．

2.4.4　ユーザインタフェースに関するその他の研究

ユーザインタフェース管理システムや，パターンを用いた情報提示方法に関する研究としては，次にあげる研究が存在する．春名らは，ディジタル AV 機器向けに，フォーカス管理を必要とする GUI ソフトウェア開発システムを発表している [60]．佐藤らは，携帯電話向けに，WAP（OMA）の EFI 機能を利用したユーザインタフェースのカスタマイズに関して発表している [61]．情報提示するシステムの研究として，星合らは，エンドユーザの興味にマッチしたコンテンツを, エンドユーザのコンピューティング環境にマッチした形態で, リアルタイムに配送する研究を発表している [62]．増井らは，携帯情報端末の小さな画面に情報を効率よく提示し, 簡単に操作するための研究を発表している [63]．荒瀬らは，ユーザが詳細に閲覧したいコンテンツをその特性に応じて適応的に提示する研究を発表している [64]．ユーザインタフェースに対するデザインパターン利用に関して，浅羽らは，UML の UI 情報の記述を拡張し, それから HTML ファイルの自動作成を行うようにした研究を発表している [65]．満田らは，ユーザインタフェースの提示情報, 操作情報, 表現情報の三つの情報相に関する研究を行っている [66]．中所らは，Web アプリケーション開発技法の研究の一環として, 問題領域に特化したフレームワークに関する研究発表を行っている [67]．xHTML や，独自 XML を用いて，組込み機器のユーザインタフェース管理システムを構築することも盛んである [44]．音声を家電機器のユーザインタフェースに使う研究も行われている [68]．本論文では，これらの研究と異なり，家電機器に搭載されたマイコン上で動作する実用可能なユーザインタフェース管理システムを提供することである．

2.5　家電機器の連携システム

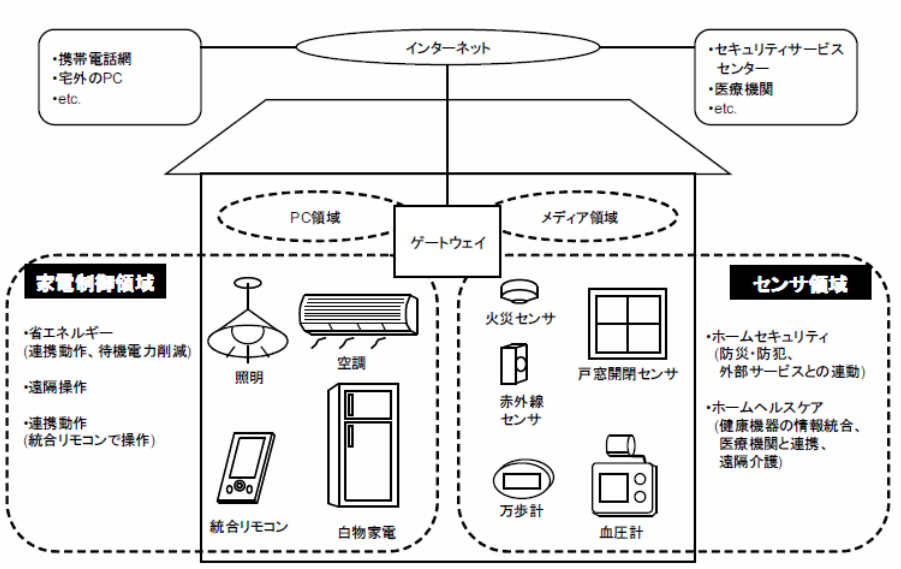


図 2.1　ホームネットワークアーキテクチャ

ネットワークを利用することで，ユーザに新しい利便性を提供することを目指して，家庭内の家電機器を接続したホームネットワーク構築に関する研究開発が行われている [69] [21] [17]. これらのホームネットワークの構成例として，図 2.1 にあげるような構成が検討されている [23] [70]．宅内にゲートウェイと呼ばれる管理機器が存在し，そのゲートウェイに宅内機器がぶら下がる形でネットワークが構築されており，インターネットとはゲートウェイ経由で接続される．宅内機器としては，家電機器や各種センサが接続されることが想定されている．

ホームネットワークを構築することによって以下のサービスが実現可能だと考えられている [24].

- 省エネルギーのための連携動作
  複数機器の動作状態を把握・制御することでエネルギー利用効率やユーザの利便性が向上する．例えば，エアコンと扇風機を連携動作させることで空調を効率よく行う，などが考えられる．

- 遠隔操作
  モバイル機器等を用いてユーザが外出先から宅内の機器の動作状態を把握したり，照明・空調・給湯器などを制御したりする．

- ホームセキュリティ
  火災センサ，ガス漏れセンサ，戸窓開閉センサ，あるいは人感センサなどのセキュリティセンサ情報を監視することにより，火災や不審者の侵入を早期に感知し，ユーザやセキュリティサービス業者に通報する．

- ホームヘルスケア
  万歩計，体重計，血圧計などの健康測定機器や，風呂，トイレ，照明，ポットなどの利用状況から健康状態，生活リズムを測定し，病院での診察だけでは不可能な長期間のヘルスケアを実現する．あるいは，外部の医療機関と連携することにより，通院患者の治療方針の決定や遠隔介護などを実現する．

以上に述べたサービスをホームネットワークで実現するための要件を以下に挙げる．

- 低い導入コスト
  ホームネットワークでは個人ユーザを対象としているため，ネットワーク構築にあたり多くの費用がかかることは普及の妨げとなる．したがって，導入時のコストをできる限り低く抑えることが重要である．

- 設置・設定作業の容易性
  企業内ネットワークとは異なり，ホームネットワークではネットワーク管理者が存在しないため，計画的なネットワーク構築や特別な知識・技術を前提とする運用は困難である．したがって，容易に設置および設定が可能である必要がある．家電機器は高齢者も利用するため，設定作業の容易性に対する要求は特に高い．

- 拡張の容易性
  ホームネットワーク導入後に新しい機器を購入しホームネットワークに参加させることもしばしば起こるため，拡張が容易である構成にする必要がある．

- 既存の住宅にも設置可能
  ホームネットワークの導入は家屋の建築時に同時に行うことが望ましいが，家屋はたびたび建て替えられるものではないため，既存の住宅へ設置可能である必要がある．

- ネットワークセキュリティ

  ホームネットワークではプライバシーに関わる情報を通信するため，情報漏洩を防ぐネットワークセキュリティも必要となる．特に，家電制御アプリケーションでは，部外者がアクセス可能である場合，不正に機器を遠隔操作したり，機器の動作状態から生活リズムなどの情報を取得したりすることで家屋内への不正侵入に利用されるおそれがある．また，センサアプリケーションについても，健康状態などプライバシーに関わる情報を扱うため，情報が漏洩しないよう対策する必要がある．

- 高い伝送速度

  データアプリケーションおよび電話・音声・映像アプリケーションではマルチメディアデータを取り扱うため広帯域通信が要求される．特に電話・音声・映像アプリケーションでは高精細度テレビジョン放送（HDTV: High Definition Television）の動画像を取り扱うこともあるため，数十 Mbps を超える通信速度が要求される．一方，家電制御アプリケーションでは制御情報などの小さいデータを取り扱うことがほとんどであり，広帯域通信は要求されない．また，センサアプリケーションでは，センサ情報を蓄積して定期的に数 10kByte 程度のデータを送信する，ということもあり得るが，データアプリケーションや電話・音声・映像アプリケーションのような広帯域通信は必要とされず，数百 kbps 程度の通信速度で十分であることが多い．

- 即時性

  ホームネットワークにおいてはユーザの利便性の向上のため，ユーザが操作を行ってから処理が終了するまでの時間をできる限り短くすることが求められる．

- 無線での接続

  配線敷設のコスト削減や家電機器のモビリティの向上のため，無線での接続が要求される．家電制御アプリケーションやセンサアプリケーションにおいては多機能リモコンや健康測定機器など，身につけて持ち運ばれる機器が多く，無線で接続可能であることが必須となる．

- 低消費電力動作

  各種センサは電池で動作する機器が多数存在するため，低消費電力動作が強く求められる．また，ユーザは省電力性能を満たした家電機器を求める傾向があるため，常時通電状態の家電機器においても，低消費電力は重要である．

以上に述べたホームネットワークを実現するために，伝送路，伝送メディア，機器間の通信

プロトコルに関して，伝送速度向上，セキュリティ向上，即時性向上，消費電力抑制の研究が数多く行わている．

一般家庭においては，宅内に無線 LAN が広く普及しはじめている．そのため，ホームネットワークを構築するために，無線 LAN を利用することで，配線の必要がなくなり導入コストが低くなる．現在，家電機器やセンサを無線 LAN アクセスポイントに直接接続する方式の製品と，無線 LAN アクセスポイントに特定小電力無線の親機を接続し，家電機器やセンサ側に対応する子機を接続する形式の製品が出荷されている．これらの形態のホームネットワークが普及する可能性が高くなっている．

一方，W3C では，次の 2.5.1 節に述べるように，WEB サーバや WEB クライアントのための XML に基づく WEB サービス記述や，WEB サービス同士の連携技術について，仕様策定が進められている．このようなサービス記述言語を PC 以外の WEB クライアントに適用する研究も行われている [71]．今後，WEB がさらに発展していくと考えられるため，家電機器連携における各種記述言語を WEB 技術ベースにすることが都合がよいと想定される．しかしながら，データフォーマットにおいては，2.5.2 節で紹介する ECHONET 等で各家電別に規定されつつある一方で, これらの WEB 技術を家電機器連携サービスに用いる議論は十分されていない．

また，エネルギー制御や機器の遠隔制御を主な目的として，ホームネットワークより広い範囲を対象とした次に挙げる環境等で，家電機器連携の活用検討が行われている．

- HEMS（Home Energy Management System）
  戸建住宅向けシステムであり，住居単位にサービスを提供する．

- MEMS（Mansion Energy Management System）
  マンション向けシステムであり，マンションの各住戸と共用部分を対象としたサービスを提供する．

- BEMS（Building Energy Management System）
  商業ビル向けシステムであり，各テナントや共有部分の機器を集中管理する．

- FEMS（Factory Energy Management System）
  工場向けシステムであり，生産機器とも連動し，機器管理や機器制御を行う．

- CEMS（Community Energy Management System）
  特定社会や地域向けのシステムであり，地域社会の電気・上水道・ガス等のインフラと結びついたサービスを提供する．

2.5.1　WEB の世界でのサービス連携の諸技術

ここでは，WEB サービスに関係する記述言語である (1)WSDL，(2)CC/PP，(3)WS-BPEL について説明する．

(1) WSDL（Web Services Description Language）

WSDL とは，XML に基づく Web サービスを記述するための言語仕様であり，以下の情報を保持する．

- WEB サービスの所在地
- データフォーマット
- プロトコル

このような WEB サービスのインタフェースを記述する言語を定義することで，プログラムに WSDL ファイルを読み込ませることにより，別の WEB サービスから利用可能なプログラムを自動生成できる．データや操作を定義する記述と，通信プロトコルに関する記述が分離しているため，通信プロトコルやエンコード形式などに関わりなくフォーマットを再利用できるという特長を持つ．例えば旅行代理店業界が，WEB サービスのインタフェースを共通化して WSDL として定義すれば，利用する側の WEB クライアントは，どの WEB サービスも同じ WEB API で利用することができる [72]．本要素は，WEB サービスや WEB ページにメタ情報を付加して，プログラムからの自動処理を検討したり，共通のツール群を作成したりするセマンティック・ウェブ [73] [74] [75] と呼ばれる研究分野の一要素でもある．

仕様策定は，2000 年ごろ Microsoft 社，IBM 社，Ariba 社の 3 社が中心となって W3C で進められた．以前に開発されていた SCL や NASSL の技術も採り入れられている．現在は，バージョン 2.0 の仕様策定がすすめられている．WSDL の主要な構成エレメントを表 2.3 で示す．本表により，データや操作の記述が，通信プロトコルの記述から分離しているため，プロトコルやエンコード形式などに関わりなく記述を再利用できることが分かる．また，主要エレメントが階層構成を保持していることが分かる．

(2) CC/PP（Composite Capability / Preference Profiles）

CC/PP は，クライアントの端末能力やユーザの嗜好を WEB サーバに伝えるための XML に基づく記述言語である．W3C で標準化が進められている．WEB サービスを利用する前に，クライアントが WEB サービスにクライアント側の CC/PP ファイルを送信することで，サーバ

表 2.3　WSDL の主要な構成エレメント

エレメント	説明
wsdl:definitions エレメント	WSDL 文書の最上位要素である．
wsdl:types エレメント	メッセージのフォーマットを定義する際に使用する型を，抽象的に定義する．wsdl:types 要素は省略可能だが，メッセージ定義にユーザー定義の型を使用する場合は，ここで型を定義しておく必要がある．
wsdl:message エレメント	Web サービスで使用するメッセージのフォーマットを抽象的に定義する．wsdl:types 要素で定義された型はここで使用する．
wsdl:operation エレメント	入出力メッセージや，エラー情報を通知するために使用するフォルトメッセージのフォーマットとして，wsdl:message 要素で定義されたフォーマットを割り当てる．入力と出力とフォルトメッセージ出力を行う処理の 1 単位である操作（operation）を抽象的に定義する．
wsdl:portType エレメント	関連する操作をひとまとめにした抽象的なポートである，ポートタイプ（portType）を定義する．
wsdl:binding エレメント	wsdl:portType 要素で定義されたポートタイプ内の個々の抽象的な操作に，具体的な通信プロトコルをバインドする．ポートタイプの定義に通信プロトコルをバインドした定義のことをバインディング（binding）と呼ぶ．
wsdl:port エレメント	wsdl:binding 要素で定義されたバインディングに，通信エンドポイントのネットワークアドレスをバインドして具体的なポートを定義する．ネットワークアドレスのバインドは拡張性要素を使用して記述する．
wsdl:service エレメント	wsdl:port 要素で定義したポートのうち，関連するポートをひとまとめにしたサービスを定義する．

は端末の能力を理解し処理を変えることができる．CC/PP を用いることで，より詳細に WEB サービスの提供形式をクライアントに応じて変えることができるようになる．現在はバージョン 2.0 の仕様策定が進められている．CC/PP を用いてコンテンツアダプテーションを行う研究が行われている [76] [77] [78].

(3) WS-BPEL（Web Service Business Process Execution Language）

WS-BPEL は，OASIS で標準化が進められている業務フローを記述するための XML に基づくプログラミング言語である．複数の WEB サービスを連携させた一連の手順を記述することで，一つのサービスを実現するのが主な目的である．WS-BPEL を用いて特定ロジックを記述する研究が行われている [79] [80] [81] [82].

2.5.2　家電機器連携技術

1997 年に日本で設立されたエコーネットコンソーシアム [83] は，CO2 排出量の削減，ホームセキュリティやホームヘルスケアの高度化に対応するため，家電機器の遠隔制御/モニタリング等に活用できるホームネットワークの基盤ソフトウェアおよびハードウェアの開発を進め，「エコーネット規格 [84]」の基盤技術の確立を目指している業界団体である．本規格は，異なるメーカの家電機器を接続し，様々なサービスの提供を実現するための共通の通信規格であり，国際標準規格としても承認されている．

本コンソーシアムで，ECHONET Lite（エコーネットライト）の通信プロトコルの仕様策定も進められている．2006 年 6 月以降，SO 規格および IEC 規格として，各仕様が順に国際標準化されている．2011 年 12 月 16 日，経済産業省に日本国内での HEMS 標準プロトコルとして認定され，2012 年 2 月 24 日，経済産業省に日本国内でのスマートメータと HEMS を繋ぐ標準プロトコルとして認定されている．

2.5.3　デジタル家電連携技術

2003 年に設立された DLNA（Digital Living Network Alliance）[85] は，家電，モバイル，およびパーソナルコンピュータ産業における異メーカー間の機器の相互接続を容易にし，その機器間で写真，音楽およびビデオを楽しむ社会の実現を目指している業界団体である．DLNA は，ECHONET Lite より，映像等の大容量データを通信する情報家電機器に向いている．

2.6　結言

本章では，まず，本研究が対象とする家電機器と，家電機器に搭載されるマイコンについて述べ，研究対象を明確化した．マイコンの性能に関して，MIPS 値が 10 から 200，RAM は 4KB から 128KB，プログラム用メモリサイズは 100KB から 600KB 程度のマイコンを対象とすることを述べた．

次に，既に存在するユーザインタフェース管理システムを紹介した．これらのシステムは，対象とするマイコンへの搭載に適していないか，カスタマイズ性に問題があることを述べた．これらのシステムのユーザインタフェース画面を記述するために用いられている各種記述言語を紹介し，スクリプト言語である ECMA-262 が，対象とするマイコンでの利用に向いていないことを述べた．

続いて，ホームネットワークのアプリケーション例と，その構築のための要件を述べた．ホームネットワークにおいて，家電機器を連携させた便利なサービスを提供するために，WEB サーバや WEB クライアントのサービスを記述するための WEB 技術の活用が，十分議論されていないことを述べた．そこで，WEB サーバや WEB クライアントのための XML に基づく WEB サービス記述言語として，以下の 3 種類の標準仕様について説明した．

- WSDL （Web Services Description Language）
- CC/PP （Composite Capability / Preference Profiles）
- WS-BPEL （Web Service Business Process Execution Language）

最後に，家電機器に関する連携技術として，ECHONET Lite と DNLA について紹介した．

第 3 章

家電機器向けユーザインタフェース管理システム

3.1　緒言

近年，解像度の高いタッチパネルデバイスが，低コストで提供されるようになった．それに伴い，電子レンジ，冷蔵庫，洗濯機などの家電機器にも，ユーザインタフェース装置としてタッチパネルデバイスが搭載されつつある．従来と比べ，解像度の高いタッチパネルを活かすことで，多くの機能を使うためにアイコンを小さくしたユーザインタフェース画面，シンプルな基本機能に限定しアイコンを大きくしたユーザインタフェース画面，ユーザの好みのキャラクターをアイコンデザインに採用したユーザインタフェース画面等，家電機器のユーザインタフェース画面をカスタマイズしたいという要求が高まってきている．また，家電機器のユーザインタフェース画面だけを販売国に合わせて変更して販売する，いわゆるローカライズの迅速性に対する要望も高まっている．

現在，比較的処理能力の高い演算装置や大容量のメモリが搭載されている携帯電話やネットワーク対応テレビにおいては，複数のユーザインタフェース画面を効率的に提供するため，2.4.2 節で述べたように組込み機器向けユーザインタフェース管理システムが利用されている．これらのユーザインタフェース管理システムは，XML とスクリプトを組み合わせてユーザインタフェース画面を記述することができるフレームワークである．

しかしながら，家電機器に搭載されているマイコンは，携帯電話やネットワーク対応テレビと比較して CPU 処理能力が低く，利用できるメモリリソースは少ない．さらには，ソフトウェアとして OS を搭載しないことが多い．これまでの組込み機器向けユーザインタフェース管理システムは，このようなマイコンでの利用は想定されていない．そのため，マイコン上で動作する家電機器向けユーザインタフェース管理システムが必要となっている．

そこで，本章では，家電機器向けユーザインタフェース管理システムの設計，実装，評価を行

う [86]．本ユーザインタフェース管理システムの特長は，ユーザインタフェース記述言語としてスクリプトを採用し，そのスクリプトファイルを交換することでカスタマイズを可能としたことと，利用用途を家電機器に絞ることで，スクリプトの記述能力に制限を加え，ユーザインタフェース管理システムをメモリリソースの厳しいマイコン上に搭載可能としたことである．

本研究の成果によって，家電機器のユーザインタフェース画面のカスタマイズの要求や，ローカライズの要求に応えることが可能となる．

3.2　システム要件

システム要件は，次の 3 つである．

1. ユーザインタフェース画面の記述性とカスタマイズ性
   本ユーザインタフェース管理システムが対象とするユーザインタフェース画面は，家電機器での利用を想定している．これらの家電機器では，画像の組み合わせで画面を構成し，ボタンやタッチによるインタラクションでアニメーションを行うユーザインタフェース画面が比較的よく搭載されている．そのため，本ユーザインタフェース管理システムは，これらのユーザインタフェース画面を記述する能力があり，ユーザの好みや画面遷移により，ユーザインタフェース画面を変更する必要がある．

2. マイコンで実現できるプログラムサイズ
   対象としたマイコンには，96KB 程度のチップ内蔵メモリ，256KB 程度の EEPROM（Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory）が搭載されるものが多い．内蔵メモリは高速に読み書きができ，実行プログラムや，ワークメモリ，スタックメモリが配置され，EEPROM は高速に読み込むことができ，画像リソースやフォントなどの参照利用のみのデータが配置される．また，家電機器において，画像処理を行う等，より大きな容量のメモリがアプリケーションで必要とされる場合には，SDRAM や NAND 型のフラッシュメモリが追加される．しかしながら，これらの追加メモリは，機器の製造コストを上昇させる要因となり，家電機器では追加しない設計が求められている．このため，ユーザインタフェース管理システムの実行エンジン，ワークメモリ，スタックメモリは，内蔵メモリに収まるサイズが望ましく，ユーザインタフェース管理システムが利用する，ユーザインタフェース記述ファイルや，画像データファイル，フォントデータ等のデータは，EEPROM に収まるサイズが望ましい．

3. 実用に耐えられる操作感

対象としたマイコンの処理能力で滑らかなアニメーションを実現でき，ストレスなく操作できる必要がある．映画では 24fps（Frame Per Second），アナログテレビ放送では 30fps である．そのため，これらと同等の 24~30fps 以上のフレームレートを目指す．

3.3　設計

ここでは，家電機器向けユーザインタフェース管理システムの設計を行う．設計したスクリプトライブラリを Tiny Script と呼ぶ.

3.3.1　想定ユーザインタフェース画面

本ユーザインタフェース管理システムが扱う代表的なユーザインタフェース画面を 3 種類定義する.

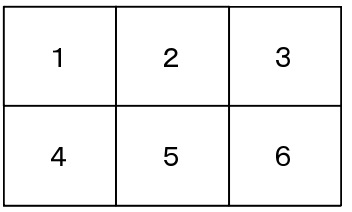


図 3.1　グリッドメニュー型（Type A）

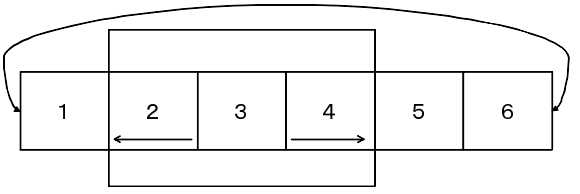


図 3.2　横スクロール型（Type B）

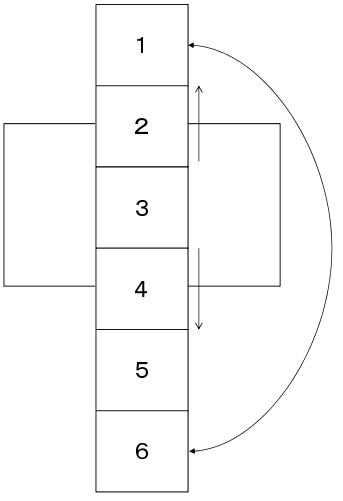


図 3.3　縦スクロール型（Type C）

表 3.1　家電機器の画面数

種別	製造元	機種名	画面数					
			総数	内訳	Type A	Type B	Type C	その他
電子レンジ	SHARP	AX-PX3	37		37	0	0	0
冷蔵庫	SHARP	SJ-GF60W	1		1	0	0	0
洗濯機	Panasonic	NA-VX8200	76		73	3	0	0

アイコンメニュー型（Type A）は，図 3.1 のようにグリッド型に 6 つのアイコン画像が表示され，各々のアイコンをタッチすることで，次の画面に遷移するユーザインタフェース画面である．

横スクロール型（Type B）は，図 3.2 のように横方向にアイコン画像が表示され，中央のアイコン画像 3 が選択状態となっているユーザインタフェース画面である．2 をタッチするとアイコン画像全体が移動し 4 が選択状態になる．逆に，4 をタッチするとアイコン画像全体が移動し 2 が選択状態になる．選択状態の中央のアイコン画像 3 をタッチすると，次の画面に遷移する．

縦スクロール型（Type C）は，図 3.3 のように縦方向にアイコン画像が表示され，中央のアイコン画像 3 が選択状態となっているユーザインタフェース画面である．2 をタッチするとアイコン画像全体が移動し 4 が選択状態になる．逆に，4 をタッチするとアイコン画像全体が移動し 2 が選択状態になる．選択状態の中央のアイコン画像 3 をタッチすると，次の画面に遷移する．

表 3.1 に，2012 年夏に発売されたタッチパネルを利用した家電製品（電子レンジ [2]，冷蔵庫 [87]，洗濯機 [3]）の画面数と各ユーザインタフェース画面の種別（Type）に関して例示する．ほとんどが Type A で構成されているが，洗濯機の場合，横にスライドさせる Type B のユーザインタフェース画面が含まれている．なお，これら例示する機器は，家電機器の中でも上位ラインアップの機種である．現在，タッチパネルディスプレイを搭載する各種家電機器は廉価機種へも展開しつつあるが，今後も Type A のユーザインタフェース画面がその中心であろうと考えられる．

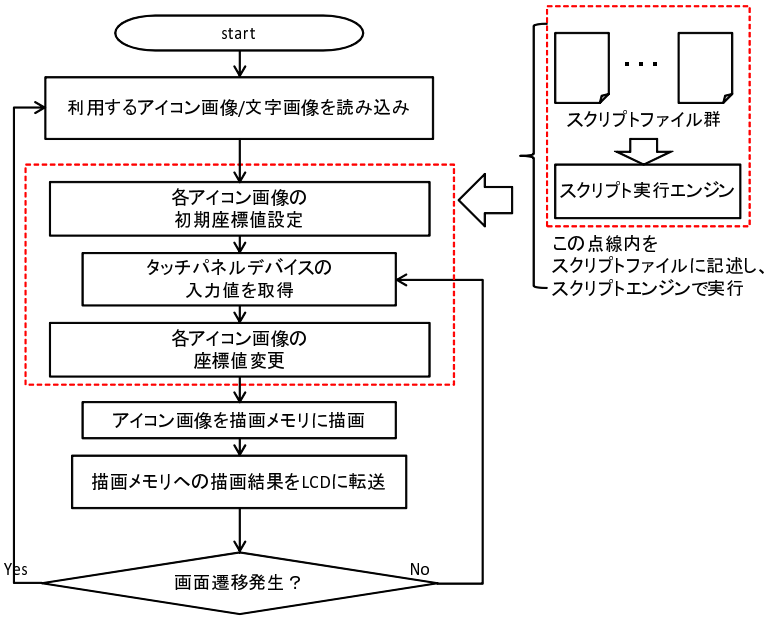


図 3.4　フロー図

3.3.2　ユーザインタフェース画面の記述性とカスタマイズ性

家電機器において，アニメーションを行うユーザインタフェース画面の描画は，一般に図 3.4 の左側のフローのように行われ，ユーザインタフェース画面の初期化処理とフレーム描画処理に大きく分かれる．初期化処理では，画面に表示するアイコン画像と，各アイコン画像の初期座標値をワークメモリに読み込む．ここで，プログラムサイズを削減するために，文字データを保持せず，アイコン画像に文字を直接書き込むことが多い．

その後，次のユーザインタフェース画面への遷移が発生するまで，描画メモリへのフレーム描画処理と，画面出力を複数回繰り返す．画面遷移が発生すると，次のユーザインタフェース画面における初期化処理を行う．フレーム描画処理の中では，タッチパネルデバイスの入力値を用いて各アイコン画像の描画メモリ上での配置先座標の計算を行い，描画メモリへ各アイコン画像を描画し，その描画結果を LCD に転送を行う．

画面遷移の処理や，画面を LCD に転送する処理は，どのユーザインタフェース画面でも共通であるため，本ユーザインタフェース管理システムにおいては，ユーザインタフェース画面ごとに処理の異なる点線枠内の過程をスクリプトファイルとして Tiny Script で処理をさせ，ユーザインタフェース画面をカスタマイズできるようにする．

ユーザインタフェース画面を記述する Tiny Script 言語は，スクリプト記述に広く使われている ECMA-262 スクリプトを基に，家電機器のユーザインタフェース画面に必要な機能に限定

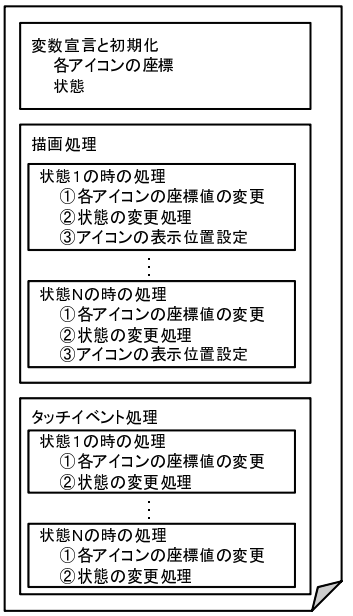


図 3.5　スクリプトファイルの記述内容

して設計した．

スクリプトファイルには，図 3.5 に示すように，次の 3 種類の記述がなされる．

1. 変数宣言と初期化

   ロード時に実行され，各スプライトの座標値と状態を保持する変数宣言の初期化を行う．

2. 描画処理

   描画イベントを受信した際に実行され，以下を行う．

   - 状態別に各アイコンの座標値の変更
   - 状態の変更
   - 各アイコンの描画

3. タッチイベント処理

   タッチパネルイベントを受信した際に実行され，以下を行う．

   - 状態別に各アイコンの座標値の変更
   - 状態の変更

表 3.2　ECMA-262 と Tiny Script の比較

分類	項目	ECMA-262	Tiny Script	判断基準	Tiny Script制限事項
コメント		○	○		
識別子		○	△	(c)	16文字以内
型	Boolean	○	○		
	String	○	△	(d)	256文字以内
				(e)	条件式の中でのみ利用可能
	Number	○	△	(a)	e,Eが利用できない
	Undefined	○	○		
	Null	○	○		
	Object	○	×	(a)	
	Reference	○	×	(a)	
	List	○	×	(a)	
	Completion	○	×	(a)	
式	this	○	×	(a)	
	array	○	○	(a)	
	プロパティアクセス演算子	○	○		
	new演算子	○	×		
	関数呼び出し	○	○		
	関数引数	○	△		3つまで
	後置演算子	○	×	(a)	
	単項演算子	○	×	(a)	
	剰余演算子	○	△	(a)	*,/のみ対応
	加減演算子	○	△	(a)	+,-のみ対応
	ビットシフト演算子	○	×	(a)	
	比較演算子	○	△	(e)	<,>のみ対応
	等式演算子	○	△	(e)	==のみ対応
	バイナリビット演算子	○	×	(a)	
	バイナリ論理演算子	○	×	(a)	
	条件演算子	○	×	(a)	
	代入演算子	○	△	(a)	=のみ対応
	カンマ演算子	○	×	(a)	
文	ローカルブロック	○	×	(e)	
	変数宣言文	○	△	(a)	1文に1宣言のみ、代入を同時に行えない
	空文	○	○		
	条件文	○	△	(b)	ifのみ対応(switchには非対応)
	繰り返し文	○	△	(b)	whileのみ対応（do-while,forには非対応）
	continue文	○	×	(b)	
	break文	○	×	(b)	
	return文	○	○		
	with文	○	×	(e)	
	ラベル付き文	○	×	(e)	
	switch文	○	×	(e)	
	throw文	○	×	(e)	
	try文	○	×	(e)	
関数定義		○	△	(d)	関数の中で関数を定義できない
標準オブジェクト		○	×	(e)	
機種依存オブジェクト		×	○		evtオブジェクト（キーイベント、タッチイベント）、OpenVG/OpenGL操作オブジェクト、スプライト制御オブジェクト

3.3.3　マイコンで実現できるプログラムサイズ

本ユーザインタフェース管理システムにおいては, 3.3.1 節に示すユーザインタフェース画面が実現できれば良いため，スクリプトの命令セットを必要最小限の命令セットに減らすことで，スクリプトの実行エンジンのプログラムサイズを大幅に減らすことが可能となる．

必要な命令セットは，次の 4 項目のカテゴリの命令セットであり，Tiny Script の設計方針を「Type A ～ Type C を記述できる最小限の命令セット」とする．その命令セットの取捨選択の

判断基準をこの 4 項目のカテゴリごとに決めた．

1. 変数宣言，変数への代入，変数同士の演算
   (a) UI の状態や座標位置を保持するための変数宣言，演算に必要でなければ削除する．

2. 条件分岐，ループ
   (b) 代替記述ができる命令は使用頻度の高いもの一つに絞る．

3. 画像描画/ 関数の定義
   (c) ワークメモリ量削減のため，識別子と関数名の最大値を制限する．
   (d) ワークメモリ量削減のため，関数の引数の最大値を 3 に制限する．

4. イベント処理
   (e) イベントの処理振り分けを行うために必要でなければ削除する．

ここで，(b) に関しては，各代替可能処理の実装サイズを設計段階で見積もった結果，どの代替処理を実装してもプログラムサイズの差が小さく，実装のしやすさ，プログラムの見やすさ等に影響は少ないため，最も使用頻度が高いと考えた命令に絞った．

(c) に関しては，実用上不足ないかという点で検討を行い，関数名の長さの最大値は 16 とした．また文字列は，イベント名の記述として使うことが多く，その最大数は 256 文字とした．

(d) に関しては，関数の引数は多ければ多いほど利便性が高まるが，逆にワークメモリに記憶する情報量は増加する．また，識別 ID，X 座標，Y 座標のような例の使用頻度が最も高いため引数の数は 3 とした．また，再帰呼び出しは，ワークメモリの消費量を増やすとういう問題があり，使用しなくても想定する UI の記述が可能であるため，仕様から削除し，プログラムサイズを減らすことを優先させた．なお，4 以上の引数を渡したい場合は，グローバル変数を利用することで本機能を実装可能だが，関数の独立性は失われ，スクリプトは記述しにくくなる．

Tiny Script は，3.3.1 節で定義した画面を記述する能力には問題がないが，代替命令を使った場合，スクリプト記述の可読性が低下することがある．例えば，switch 文が実装されていないため，if 文で代替記述をしなければならないが，その場合可読性が低下する問題が存在する．具体的には，switch 文がある場合，

```
switch (num){
  case 値 1:
    実行する文;
    break;
```

```
  case 値 2:
    実行する文;
    break;
  case 値 3:
    実行する文;
    break;
}
```

と記述できるが，Tiny Script では,

```
if (num == 1){
  実行する文;
} else if (num == 2){
  実行する文;
} else if (num == 3){
  実行する文;
}
```

という記述しかできない.

Tiny Script と ECMA-262 の命令セット比較を表 3.2 に示す．2 章の表 2.2 にて，既存のユーザインタフェース管理システムの比較表を示した．本研究におけるユーザインタフェース管理システムを表の最右列に追加し，表 3.3 に示す．3.2 節の 3 要件を満足する唯一のシステムである.

表 3.3　表 2.2 に本研究でのユーザインタフェース管理システムを追加した比較表

システム名	NetFront Dynamic Menu	VIVID UI	Automotive UI Toolkit	uiOne	UIEngine	GEAL	提案UIMS
供給元	ACCESS	アクロディア	Microsoft Corp.	Qualcomm Inc.	UIEvoluuution, Inc.	アイティアクセス	大阪大学/シャープ
対象製品	携帯電話機、テレビ受信機など	携帯電話など	カーナビ、カーオーディオ	携帯電話機	携帯電話機、PDAなど	テレビ、MFP、携帯電話、カーナビ	電子レンジなどの家電
ユーザインタフェース部の開発言語	XML(XHTML,SMILなど)、HTML, cHTML	XML(独自のタグを定義)	XML(独自のタグを定義)	独自のマークアップ言語「TrigML」	XML(独自のタグを定義した「UJML」)	C言語	Tiny Script
実行環境が対応するスクリプト言語	ECMAScript	JavaScript	JavaScript	独自形式のスクリプト言語	JavaScript、独自形式のスクリプト言語「UJMLScript」	なし	ECMAスクリプトのサブセット
実行環境が読みこむデータ	XML(XHTML,SMILなど)、HTML, cHTMLのファイル	独自方式のバイナリデータ	独自方式のバイナリデータ	独自方式のバイナリデータ	独自方式のバイナリデータ	C言語をコンパイルしたオブジェクトファイル	テキストファイル
実行環境が占有するROM容量	1.5M～2MB(WWWブラウザ「NetFront」との合計)	100K～200Kバイト	約420Kバイト	100Kバイト前後	30KB(最小構成)	100KB	55.7KB
対応するOSおよびソフトウェア実行環境	BREW,Linux,μITRON、Palm OS, Symbian OS,Windows CE	BREW, Linux, Symbian OS	Windows Automotive	BREW	BREW, Doja, μITRON. Palm OS, Windows CEなど	BREW, Doja, μITRON. Palm OS, Windows CEなど	μITRON, LR35504
スクリプトによるUI記述	○	○	○	○	○	×	○
OSなしで動作	×	×	×	×	×	○	○

3.4　実装

(a)　(b)

図 3.6　開発ボード

表 3.4　LR35504 仕様

	仕様
CPU	ARM926EJ-S　108MHz
メモリ	96KB（内蔵メモリ）
	512KB（EEPROM）
ディスプレイ	WVGA(800 x 480) 7型カラーTFT液晶
	LEDバックライト、24ビットカラー
	タッチパネル搭載
GPU	スプライト機能 （拡大、縮小、回転、変形、αブレンディング他エフェクト機能搭載）

3.4.1　採用したマイコン

今回，図 3.6 に示すシャープ製グラフィックス・コントローラ「LR35504 [1]」上に 3.3 節で設計したシステムを実装した．左側の (a) が開発ボードの表面で，右側の (b) が裏面である．開発ボードの仕様を表 3.4 に示す．本マイコンの特性として，スプライトをハードウェア機能で高速に描画できる．

3.4.2　処理シーケンス

本マイコンボードに対して，3.3.2 節に示したように，Tiny Script を搭載する．その動作シーケンスを図 3.7 に示す．

対象マイコンは，OS が搭載されておらず，電源投入後，まず，EEPROM に格納された複数の画像を読み込み，GPU に対して画像をスプライトとして設定する．続いて EEPROM に格

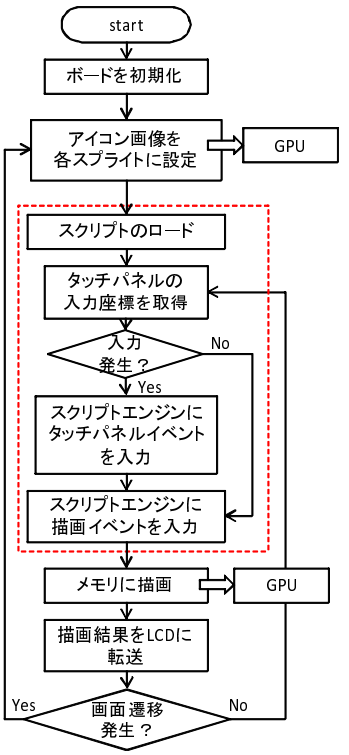


図 3.7　Tiny Script 処理シーケンス

納されたスクリプトファイルを内蔵メモリに読み込み，次にフレーム描画のループに入る．そのフレーム描画のループの中では，タッチパネルの座標値を読み込み，入力があった場合は，その値をイベントとしてユーザインタフェース管理システムに渡す．その後，ユーザインタフェース管理システムに描画イベントを渡す．描画結果を GPU に渡し，その内容を LCD に転送し，ユーザの目に見えるようにする．ユーザインタフェース管理システムの中で，画面遷移が発生していた場合は，いったんフレーム描画のループを抜け，アイコン画像を EEPROM から読み込む処理に戻る．本ユーザインタフェース管理システムでは，フレームレート向上のために，次の 2 点の工夫を行っている．

- フレーム描画処理中は，タッチパネルイベントの割り込み優先度を下げる．
- 前フレームと現フレームの更新領域を管理し，差分のあった領域をユーザインタフェース管理システムからシステムのメイン実装に返し，GPU への転送領域や，LCD の更新領域を限定している．

図 3.8　Type A（1）

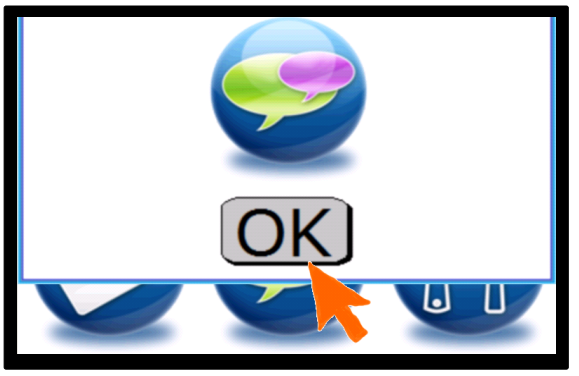


図 3.9　Type A（2）

図 3.10　Type B

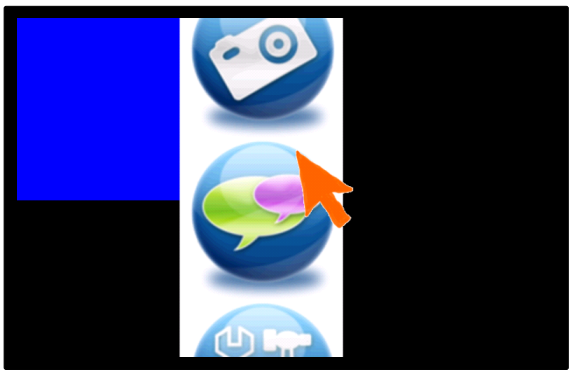


図 3.11　Type C

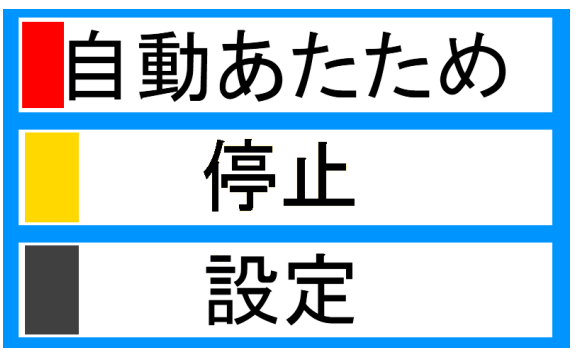


図 3.12　アイコンを大きくしたユーザインタフェース画面

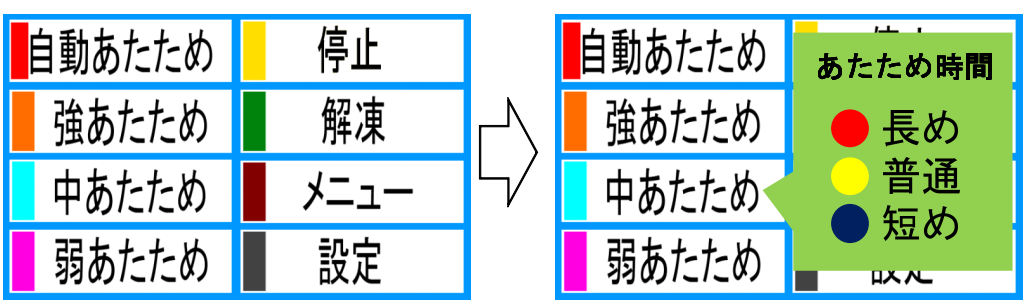


図 3.13　アイコンを小さくしたユーザインタフェース画面

3.4.3　実装結果

ユーザインタフェース画面の記述性とカスタマイズ性

3.3.1 節での Type A ～ C を Tiny Script で記述し，開発ボード上で実装したユーザインタフェース管理システムで実行した．表示結果を図 3.8～図 3.11 で示す．

より実用的なユーザインタフェース画面を目指し，ユーザインタフェース画面のバリエーションを示すために，Type A では，画面をタッチすると，図 3.9 に示すような確認ダイアログが，上から下へスライドして表示されるアニメーション効果を付加した．Type C では，常時上から下へスロットマシンのようにスクロールするアニメーションを付加した．画面をタッチすると，その時，画面の中央に一番近いアイコン画像が選択状態になり，緩やかにアニメーションが停止する．

表 3.5 に示すように，Type A のファイルサイズは，3.94KB（220 行）である．Type B のファイルサイズは，1.90KB（125 行）である．Type C のファイルサイズは，1.84KB（116 行）である．各スクリプト記述の内訳として，図 3.5 で示した 3 つの部分の割合を示している．Type A は，確認ダイアログの表示を行うためのスクリプト記述が増えている．

このように，数 KB のスクリプトファイルを記述するだけで，3 種類の異なるユーザインタフェース画面が実現でき, この記述のみを交換することでユーザインタフェース画面をカスタマイズすることができるようになった．

また，杉本らによると，高齢者に使いやすいユーザインタフェースを提供するためには，高齢者の認知的，身体的特徴や，ICT（Information and Communication Technology）機器の操作経験が一般的に少ないこと等の特性を踏まえて，ユーザインタフェースの設計を行う必要があると述べている [88]．ユーザ特性として，(1) 視力低下，(2) メタファが例えているものの推測が困難，(3) 操作結果の推測が困難，(4) 学習能力低下，(5) 画面遷移の把握が困難が挙げられている．その中で，(1) の視力低下のため，アイコンのサイズを大きくする解決策が提案されている．そこで，電子レンジでのメインメニューでの利用を想定し，シンプルな基本機能に限定することで，アイコンサイズを大きくしたユーザインタフェース画面（図 3.12）と，多くの機能を使うためにアイコンを小さくしたユーザインタフェース画面（図 3.13）を本提案システム上で試作した．スクリプトファイルのサイズは，図 3.12 が 0.78 KB で，図 3.13 が 1.53 KB となった．スクリプトファイルを差し替えるだけで，アイコンを小さくした画面とアイコンを大きくした画面を変更できることを確認した．

実製品での画面数の例は表 3.1 で示したが，洗濯機の場合，一画面当たり約 4KB としたとしても，76 画面で約 300KB となる．提案システムは要求要件を満たしているといえるが，今後画面数が増えると，画面設計段階でスクリプトサイズが大きくなり，マイコンにスクリプト用，

画像データ用の NAND 型フラッシュメモリなどの外部メモリを追加装着する必要が発生する．

マイコンで実現できるプログラムサイズ

表 3.2 の Tiny Script の命令セットを実装したユーザインタフェース管理システムのプログラムサイズは，55.7KB となった．ECMA-262 の機能仕様を実装した SpiderMonkey のプログラムサイズは，614KB なので，1 割以下のサイズになっている．対象マイコンの 96KB の内部メモリ領域においても，十分搭載可能なプログラムサイズである．

表 3.5　ファイルサイズとフレームレート

	ファイルサイズ				フレームレート
Type A				3.94KB	32.1fps
	内訳	変数宣言と初期化		7.8%	
		描画処理		48.6%	
		タッチイベント処理		43.6%	
Type B				1.90KB	64.1fps
	内訳	変数宣言と初期化		20.0%	
		描画処理		56.0%	
		タッチイベント処理		24.0%	
Type C				1.84KB	64.1fps
	内訳	変数宣言と初期化		17.3%	
		描画処理		69.8%	
		タッチイベント処理		12.9%	

実用に耐えられる操作感

Type A ～ C の 3 種類のユーザインタフェース画面においては，表 3.5 に示すフレームレートとなった．滑らかなアニメーションが実現でき，ストレスなく操作することが可能である．

なお，3.4.2 節で述べたフレームレート向上の 2 つの工夫点については，本システムの実装が十分なフレームレートを達成していたため，明確な効果の確認には至らなかったが，Type B や Type C のように画面更新領域が小さい場合には描画処理が短時間で行われているなど，一定の効果は発揮されてるものと考えられる．

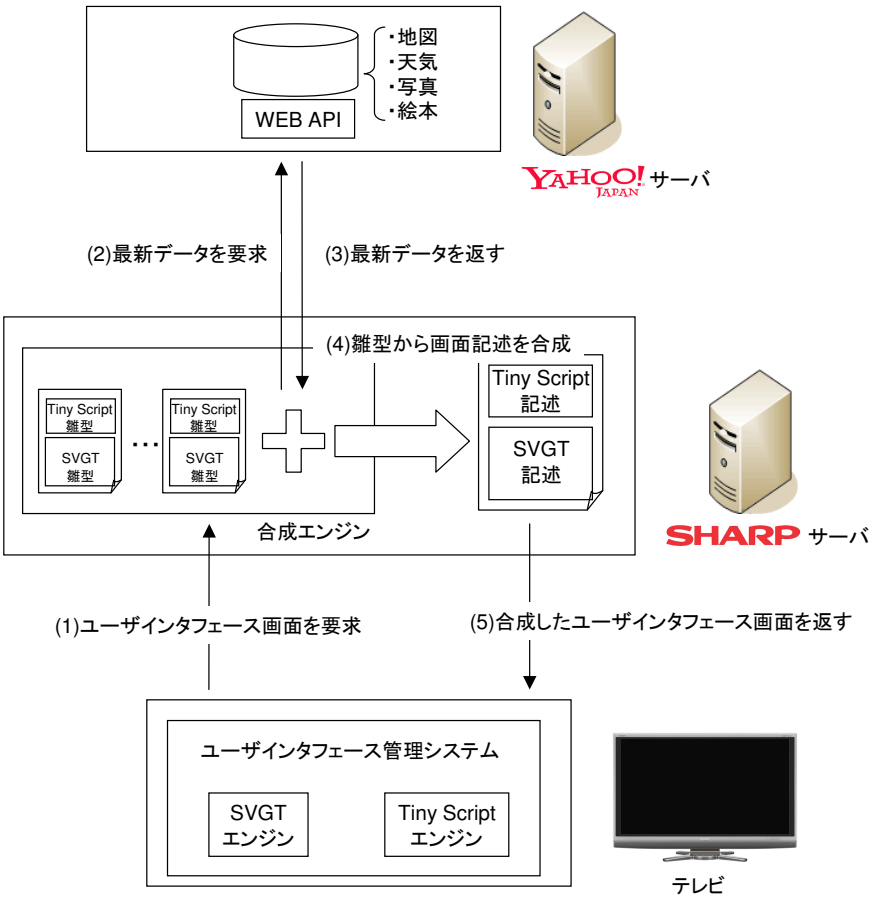


図 3.14　テレビでの活用事例におけるシステム構成

3.5　活用事例

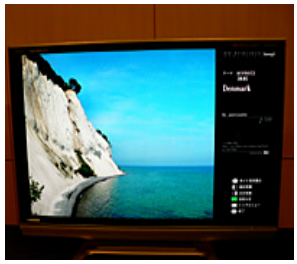
本研究で開発した Tiny Script やユーザインタフェース管理システムを，携帯電話やテレビに搭載している．また，作成や確認ツールを作成し，配信サービスを運営している．ここでは，活用事例について述べる．

3.5.1　テレビ

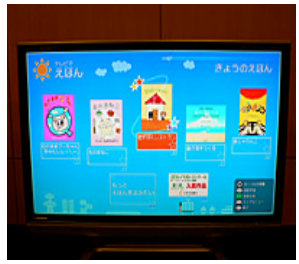
本研究におけるユーザインタフェース管理システムをテレビに搭載し，PC 上の Yahoo!サービスを，PC と比較して処理能力の低いテレビ向けに，サーバで変換して提供するサービス [89] を実施している．システム構成を図 3.14 で示す．本活用事例では，本ユーザインタフェース

地図

天気予報



写真共有



絵本

図 3.15　TV での画面例

管理システム内に SVGT ライブラリを追加実装して，複雑なアニメーション処理を可能としている．

全体的な手順は以下の通りである．

(1) ユーザインタフェース画面を要求

(2) 最新データを要求

雛型をインターフェース画面として完成させるために，必要な回数 Yahoo!サーバの WEB API にアクセスを行う．

(3) 最新データを返す

Yahoo!サーバでは，自身の WEB サーバが保持する地図，天気，写真，絵本等のデータを SHARP サーバに返す．

(4) 雛型から画面記述を合成

(5) 合成したユーザインタフェース画面を返す

この返却されるユーザインタフェース画面は，Tiny Script と SVGT 記述を含む一つのファイルである．

(4) においては，SHARP サーバでユーザインタフェース画面を生成することで，テレビ側の処理負荷が上がらないようにしている．この SHARP サーバでは，以下の 3 つの目的を持って，変換処理を行っている．

- テレビのリモコンボタンで操作しやすいように，操作するボタンの割り当てを変更する．
- ユーザがテレビ画面サイズで最適閲覧できるように各情報を配置する．
- テレビの処理能力が低いため，サーバで先に計算できるところは前もって計算する．

テレビでのサービス画面例を図 3.15 で示す．地図，天気予報，写真共有，絵本等複雑なユーザインタフェース画面を持つ WEB サービスを，比較的処理能力の低いマイコンが搭載されたテレビ上で，テレビに付属のリモコンを使って利用できるようになっている．2008 年 5 月発売以降のネットワーク対応シャープ社製テレビにおいて利用ができる．

また，本内容を携帯電話で利用する研究報告 [90] や，テレビで文書を配信し表示する際の段組とフォントサイズの見やすさに関する研究報告 [91] を行っている．

3.5.2 携帯電話待ち受け画面とメインメニュー

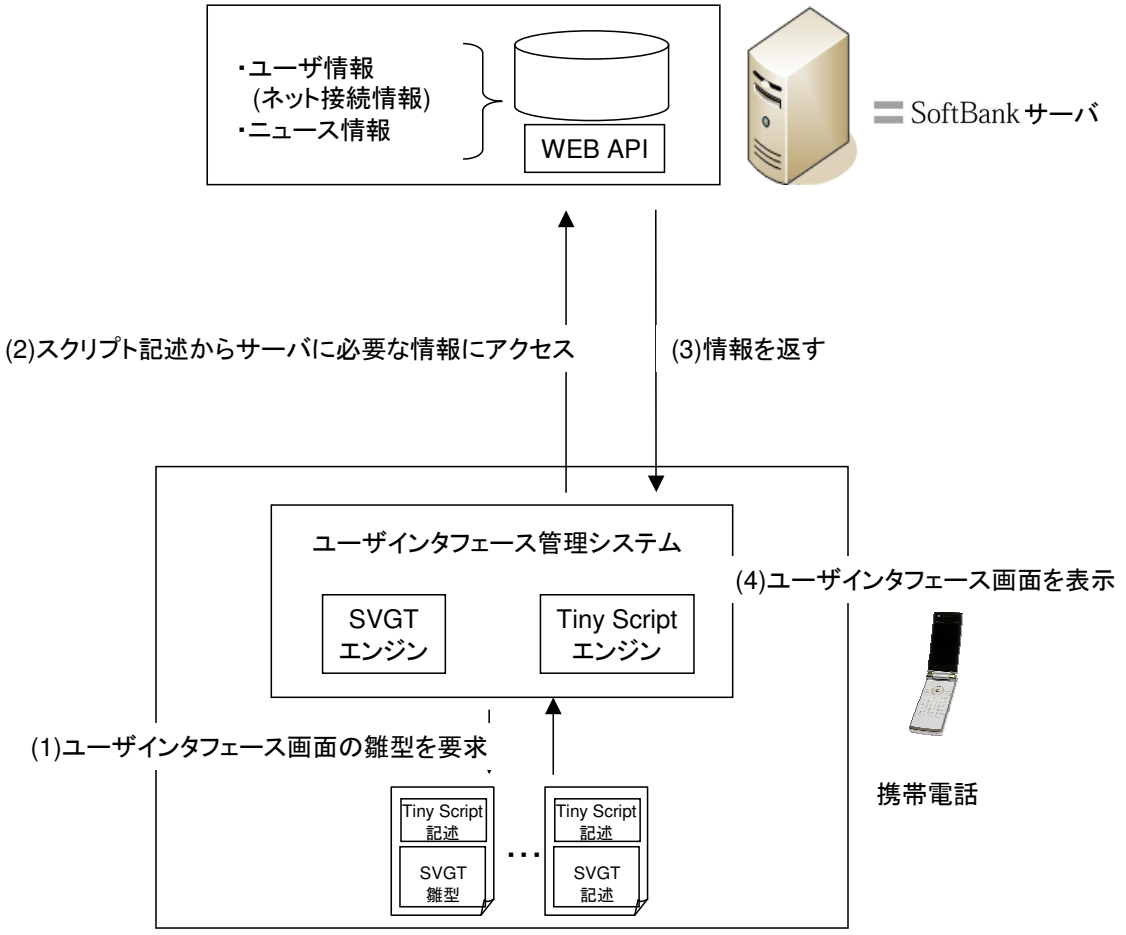


図 3.16 携帯電話待受画面での活用事例におけるシステム構成

本研究におけるユーザインタフェース管理システムを携帯電話に搭載し，ユーザに待受画面とメインメニューを提供している．システム構成を図 3.16 で示す．テレビの例と同じくユーザインタフェース管理システムには，アニメーション等の表示機能を支援するために，SVGT ライブラリを搭載している．

全体的な手順は以下の通りである．

(1) ユーザインタフェース画面の雛型を要求

図 3.17　携帯電話の待受画面での画面例

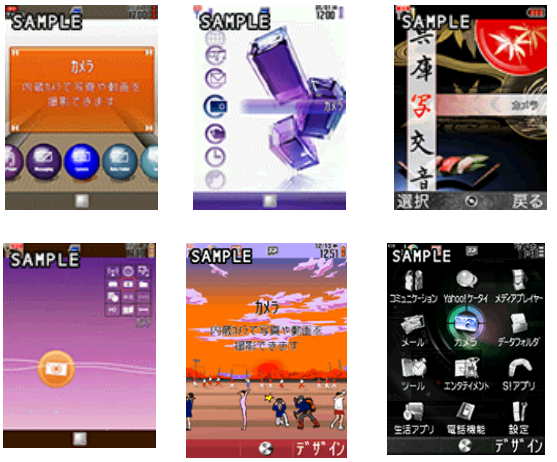


図 3.18　携帯電話のメインメニューでの画面例

携帯電話でユーザインタフェース画面を更新する必要が発生した時，ユーザインタフェース管理システムは，携帯電話内に蓄積された画面レイアウトの中から指定されたユーザインタフェース画面記述ファイルを選び表示する．

(2) スクリプト記述からサーバに必要な情報にアクセス

ユーザインタフェース画面記述ファイルのスクリプトによって，非同期で Softbank サーバの WEB API に一般的に Ajax と呼ばれる手法でアクセスする．

(3) 情報を返す

Softbank サーバでは，登録したユーザが現在ネットに接続しているかどうかのユーザ情報や，天気予報を含むニュース情報を返す．

(4) ユーザインタフェース画面を表示

ユーザインタフェース管理システムでは，非同期に Softbank サーバから取得した情報を画面上の指定されたエリアに嵌め込み表示する．

画面例を図 3.17 と図 3.18 に示す．図 3.17 は，携帯電話の待受画面における表示例である．左から，以下の機能を持つ．

- アプリケーションショートカット機能，ニュースティッカー表示機能
- ニュースパネル表示機能
- プレゼンス表示機能
- カレンダー機能

図 3.18 は，携帯電話のメインメニューでの表示例である．2005 年以降のシャープ製携帯電話に採用されている．また，本内容に関して研究報告を行っている [92] [93] [94] [95].

3.5.3　携帯電話 3D メインメニュー

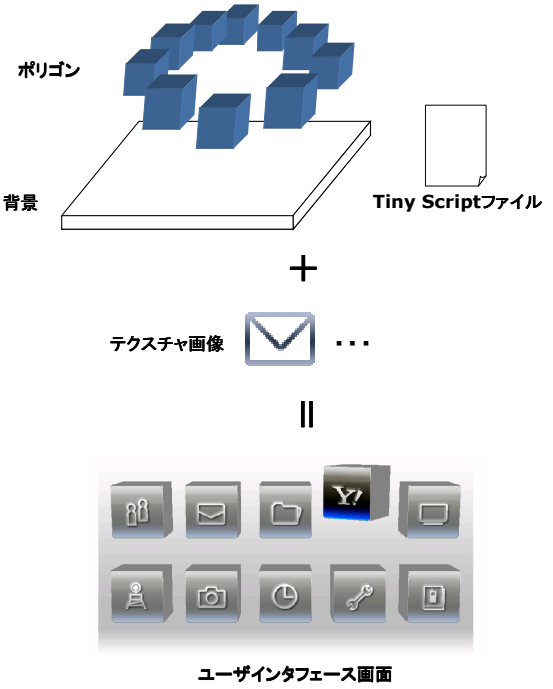


図 3.19　雛型を用いた 3D ユーザインタフェース画面を作成する仕組み

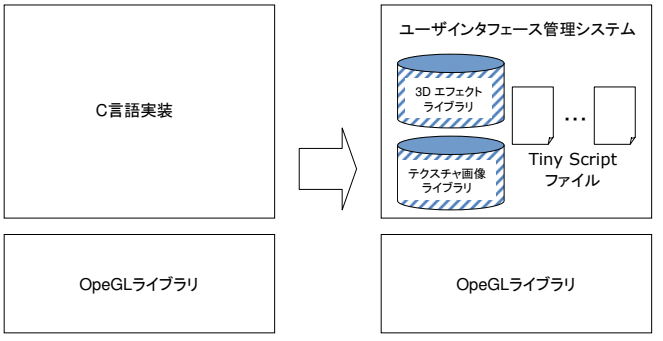


図 3.20　3D ユーザインタフェース管理システムの変更点

本研究で提案した Tiny Script ライブラリに対して，OpenGL ライブラリを利用できるような言語拡張を行い，3D ユーザインタフェース画面を実現したユーザインタフェース管理システムについて発表している [96]．本システムによって，奥行き感を持つ 3D ユーザインタフェース画面 [97] が構築できる．

図 3.21　実商品での 3D 操作画面例

図 3.19 に示すように，スクリプトで記述されたユーザインタフェースの画面記述を画面単位に用意し，その画面記述をユーザインタフェース管理システムで実行時に別途用意されたテクスチャ画像を貼り付けることで，ユーザインタフェース画面を実現する．考え方は，前述した待受画面やメインメニューの仕組みと同じであり，違いは，SVGT エンジンの代わりに OpenGL を利用したことである．

図 3.20 は，本ユーザインタフェース管理システムを利用する前と後のシステム構成の違いを示したものである．左図のように，組込み機器では，これまで OpenGL を利用した 3D メニューを実現するためには，選択時や実行時のアニメーションを，プログラマがデザイナと相談しながら C 言語でプログラムを書くのが一般的であった．しかしながら，本研究におけるユーザ管理システムを用いた場合は，右図のようにプログラマが前もってレイアウト (複数の Tiny Script ファイル) や 3D エフェクトのパターンをライブラリとして実装しておき，ユーザインタフェース画面作成の自由度は下がるが，デザイナは用意されたエフェクトとレイアウトを選択して，迅速にユーザインタフェース画面を作成することができるようになった．

製品画面例を図 3.21 で示す．2008 年 3 月発売のシャープ製携帯電話 SoftBank 922SH で初めて採用され，それ以降の一部のシャープ製携帯電話に採用されている．

3.5.4　ユーザインタフェース記述ファイル作成ツールと確認ビューア

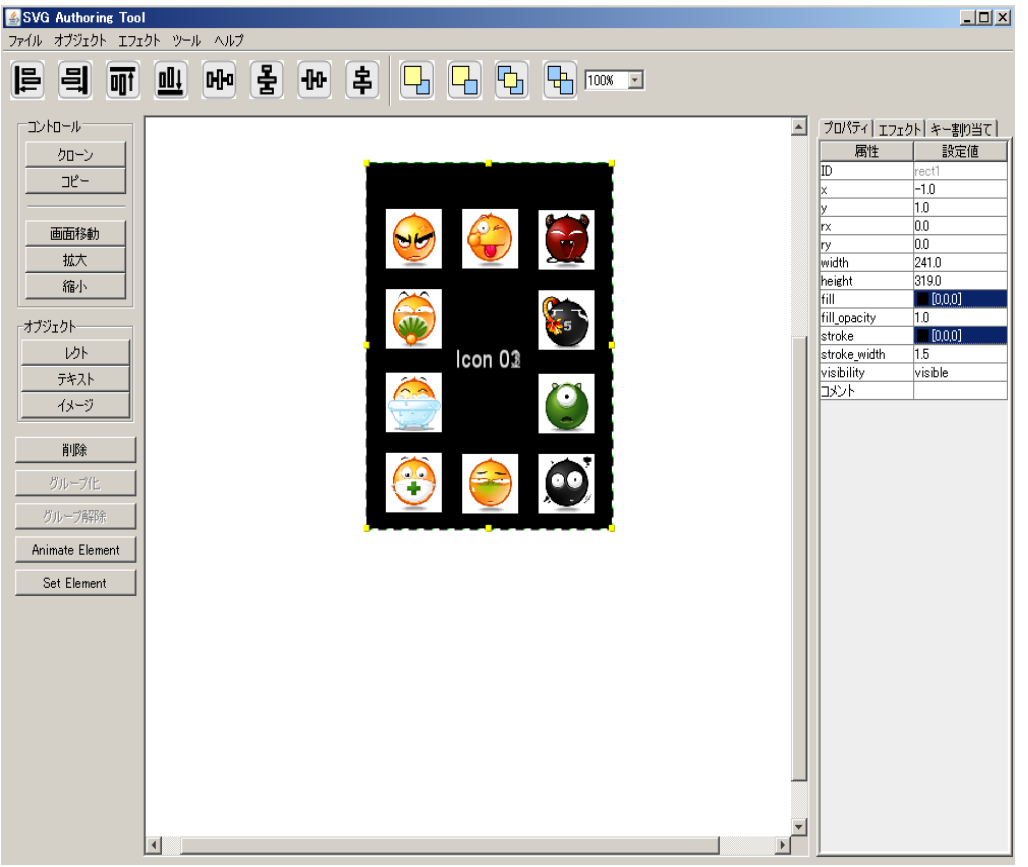


図 3.22　開発者向けユーザインタフェース画面作成ツール

開発現場において，部品，人件費等，あらゆる開発コストの削減が求められている．その開発コストの中でも，ユーザインタフェース開発のコストは大きな割合を占めている．

これまで，家電機器の開発においては，操作画面は全てプログラムされており，アイコン画像を一つ差し替える程度の微調整であっても，デザイン部門から技術部門に修正依頼があり，技術部門でプログラムの修正を行い，デザイン部門が実機上で修正結果を確認する作業を繰り返し行い，非常に手間がかかり開発コストを増やす作業であった．しかし，本研究におけるユーザインタフェース管理システムを用いることによって，PC 上でテキストファイルを編集し，家電機器のインターフェース画面を作成できるようになった．そのため，技術部門とデザ

図 3.23　確認ビューア

イン部門が独立して作業できるようになり開発効率が向上した．

さらなる開発効率化を行うため，デザイン部門からは GUI を備えたツールの作成要求があり，開発者向け作成ツール（図 3.22）と確認ビューア（図 3.23）を開発した．本作成ツールにおいては，エフェクトのパターンをテンプレートとして持っており，各アニメーションや動きのパターンを細かく設定できる．確認ビューアは，組込み機器上の実行速度を考慮した詳細な動作確認ができる．

実際の開発現場では，ハード，ソフト，画面デザインの開発工程が同時に開始されるので，開発の最終工程になるまで試作機上で動くユーザインタフェース画面が動作せず，ユーザインタフェースの評価のうち，実機を触ってのユーザビリティ評価の開始が遅れがちであるが，本確認ビューアを用いることによって，開発の初期段階から，画面遷移の確認等，一部の評価項目を前倒しで確認できるようになった．このような開発現場におけるユーザインタフェース画面の開発効率向上に関して，研究報告を行っている [96].

一方，操作画面をユーザ自ら作りたいという要望が高かったため，一般ユーザ向けツールを開発して配信した．作成画面を図 3.24 に示す．開発者向けツールと比較して，生成できるユーザインタフェース画面の自由度に制限を加えている．アイコン画像の交換と，各アイコンを選択したときのアニメーション効果を数タイプから選んで付与する程度のことしかできないが，

図 3.24　一般ユーザ向けユーザインタフェース画面作成ツール

誰でも簡単に操作画面を作成できるツールになっている．

3.5.5　ユーザインタフェース記述ファイル配信サービス

図 3.25　携帯電話向け操作画面配信サービス (カスタモ)

2005 年 7 月から携帯電話のメインメニューの操作画面をサーバで配信している（図 3.25）．本サービスは，ユーザの評判がとても良く，操作画面へのカスタマイズ要望が強いことが分かる．

3.6　結言

本章では，まず，家電機器向けのユーザインタフェース管理システムの必要性を説明し，以下の 3 つの家電機器向けユーザインタフェース管理システムの要件を述べた．

1. ユーザインタフェース画面の記述性とカスタマイズ性
2. マイコンで実現できるプログラムサイズ
3. 実用に耐えられる操作感

次に，本研究におけるユーザインタフェース管理システムが対象とする次の 3 種類の画面を定義した．

1. グリッドメニュー型（Type A）
2. 横スクロール型（Type B）
3. 縦スクロール型（Type C）

続いて，家電機器向けの ECMA-262 のサブセットである Tiny Script の仕様を策定した．

最後に，評価用のマイコンとして，シャープ製グラフィックス・コントローラ「LR35504」を準備した．本開発ボード上に，設計した家電機器向けユーザインタフェース管理システムを実装し，評価した．その結果，以下を満たすユーザインタフェース管理システムを示すことができた．

1. 1KB〜4KB のスクリプトファイルを交換することでユーザインタフェース画面のカスタマイズが可能
2. プログラムサイズが 55.7KB
3. 30fps 以上の滑らかなアニメーションが可能

また，本研究の成果を利用した活用事例について次の 5 点を述べた．

- テレビ
- 携帯電話待受画面とメインメニュー

- 携帯電話 3D メインメニュー
- 作成ツールと確認ビューア
- 配信サービス

第 4 章

WEB サービス記述言語を用いた家電機器連携

4.1　緒言

近年，ブロードバンド契約を行い，無線 LAN アクセスポイントを宅内に設置する一般家庭が増えてきた．このホームネットワークに家電機器を接続し，インターネットにつながる家電機器が登場し始めてきた．このような状況において，日本では，家電機器の遠隔操作に対する規制を緩和するために，2013 年 5 月 10 日に「電気用品の技術上の基準を定める省令の解釈」が一部改正され，「通信回線を利用した遠隔操作機構を有する機器」に対する要求事項が追加された．その結果，一部の家電機器で，遠隔操作が比較的自由にできるようになった．今後，このような流れはますます加速するものと考えられる．家電機器をネットワークに接続することで，家電機器，センサ，モバイル機器同士の協調動作や，クラウドサーバでこれらの機器から送信されるビッグデータの活用が可能となり，いつでもどこでも，周辺の電子機器から人間が支援が得られるようなユビキタスコンピューティング [98] の素地ができはじめている．

しかしながら，ネットワーク対応の家電機器を広く普及させ，新しい便利な使い方を提供するためには課題が二つある

1. ネットに接続するデバイスやソフトウェアの開発コストを大幅に抑える必要があること
2. 複数の家電機器を連携させた便利なサービスを実現できる環境を構築する必要があること

現状，これらの課題が解決できていないため，ネットワーク対応の家電機器を広く普及させることができていない状況である．ただし，特定の機器同士で，連携のための特別な仕組みを個々の製品に実装して連携させるような研究や製品は存在する [17] [18].

本研究においては，2 つ目の課題に着眼する．これまでの研究では，家電機器の遠隔操作や，履歴収集等に関しては研究されてきたが，複数の家電を組み合わせてユーザメリットを創出するために，WEB サービス記述言語を利用することに関する議論は，十分されてきていない．本章では家電機器を連携させることによってユーザが享受できるメリットを整理し，それを WEB サービス記述言語を使って実現するために，「連携サービス作成環境」と「連携サービス確認環境」を構築し，テレビと携帯電話のユースシーンを記述し動作確認を行う [99].

本研究では，家電機器連携のサービス記述のために，WEB サーバと WEB クライアント向けとして標準化が進められている WEB サービスのための XML 言語を採用する．その理由として，今後ますます家電機器がホームネットワーク経由でインターネットに接続されていくことは確実であり，家電機器連携のサービス記述言語に，WEB サービスで用いられる言語を用いると，WEB プログラマと組込みプログラマに必要な言語スキルが共通化され，プログラマに対する教育コスト削減だけでなく，WEB サービスと家電機器をシームレスにプログラムから処理できる環境が整う可能性が高いことが挙げられる．採用した記述言語は，WEB サービスのための記述言語である WSDL，WEB クライアントのための記述言語である CC/PP，プログラム言語の WS-BPEL である．いずれも XML に基づく言語である．これまで WSDL，CC/PP，WS-BPEL の全てを用いて，家電機器連携のサービス記述と動作確認する環境を構築する研究は存在しない．

本研究の成果によって，家電機器連携での WEB サーバや WEB クライアントを記述するための XML 言語の利用可能性が確認でき，ホームネットワークに接続された家電機器における連携サービスの記述と動作確認の環境を実現する第一歩が踏み出せる．

4.2　要件

表 4.1　WEB サービスの分類

	分類	名称
1	買う	ショッピング，オークション，電子書籍，...
2	知る	ニュース，天気/災害，経済/ビジネス，スポーツ，...
3	楽しむ	映画，着メロ，ゲーム，占い,...
4	調べる	辞書，百科事典，翻訳，地図,...
5	暮らす	飲食店情報，レシピ，結婚，健康，...
6	集まる	掲示板，ブログ，ホームページ，メール，...

テレビと携帯電話を連携させることで新たなユーザ利便性が創出できないか検討するために，現在提供されている WEB サービスを分類し，それぞれに対して，テレビと携帯電話を連携させることで，新たなユーザ利便性を提供できないか議論する．議論対象の WEB サービスとして，日本で最も利用者の多い代表的なポータルサイトである Yahoo!Japan [100] 社が提供する WEB サービスを取り上げる．本サイトは 150 以上の WEB サービスを提供しており，「買う」「知る」「楽しむ」「調べる」「暮らす」「集まる」という次の 6 つのカテゴリーに分類されている．本分類に所属するサービス群を表 4.1 にあげる．これらのサービスは，基本的に PC において WEB ブラウザから利用するように作成されているが，ブラウザアプリケーションが送信するユーザエージェントの文字列を WEB サーバで判断して，機器により異なる WEB ページを表示する場合もある．テレビと携帯電話を使うことで，これらの 6 種類の WEB サービスの分類について，それぞれの利便性向上の可能性について以下で述べる．

買う 本カテゴリーに含まれるサービス群は，商品のためにお金を払うサービス群である．テレビで商品を購入しお金を払うためには，PC と同じように，テレビに搭載された WEB ブラウザを用いて，送付先や決済手段を入力する必要がある．携帯電話は通信キャリアの課金システムと結びついた決済の仕組みを持っている。そのため，テレビと携帯電話が連携することによって，テレビが決済手段を保持していない場合でも，携帯電話で代理決済を行い，商品購入のためにお金を払うことができる．

知る 本カテゴリーに含まれるサービス群は，様々な種類の最新の情報を得られるサービスである．テレビや携帯電話での閲覧履歴を互いに参照することで，効率的に情報をフィタリングしユーザに提示することができる．

楽しむ 本カテゴリーに含まれるサービス群は，マルティメディアコンテンツを提供するサービス群である．テレビと携帯電話は，ユーザ自身の目から表示デバイスまでの物理的な距離と，ディスプレイの大きさが異なる．テレビは，ユーザの目から表示デバイスまでの距離が数 m 離れており，ディスプレイのサイズは大きい．逆に，携帯電話は，ユーザの目から表示デバイスまでの距離は数 10cm であり，ディスプレイのサイズは小さい．連携することで，テレビの音声データを手元の携帯電話で出力し，騒音の中でも聴こえやすくしたり，携帯電話が保持する映像データをテレビで表示し，迫力ある映像で表示することができる．

調べる 本カテゴリーに含まれるサービス群は，ユーザの入力に基づき，WEB サービスで検索を行い，ユーザに情報を返すサービス群である．携帯電話による文字入力とテレビのリモコンによる文字入力を比較すると，ユーザは携帯電話でメールアプリケーションを利用している場合が多く，携帯電話での文字入力に対して慣れているため，ユーザは携

帯電話を文字入力装置として使うことで利便性が高まる．

暮らす　本カテゴリーに含まれるサービス群は，ユーザの日々の生活に関連するサービス群である．リビングのテレビは一般的に家族の共有物である．一方，携帯電話は個人の所有物であることが多い．携帯電話とテレビで共通のサービスを閲覧した場合でも，携帯電話では所有者向けにカスタマイズされた表示となり，テレビで，家族間のサービス利用履歴を融合したカスタマイズ表示を行うような家族間 SNS（Social Networking Service）のようなサービスが想定される．また，旅行準備のために，お互いの携帯電話で調査した結果が，テレビ上で融合表示されるようなサービスも想定される．

集まる　本カテゴリーに含まれるサービス群は，コミュニティを構成するサービス群である．ユーザが携帯電話で蓄積した体重や位置の記録情報や，ブログや掲示板にユーザが書き込んだ情報を，遠隔地の家族のテレビの隅にリアルタイム表示するようなユースシーンが考えられる．

このように，現在提供されている WEB サービス，テレビ，携帯電話を連携させて利用することで，様々なユーザ利便性が高まる．本研究では，以上であげた利用シーンの要件を満たすように，4.3 節で設計を行う．

4.3　設計

4.2 節の要件を満たす環境を実現するために，以下の 2 要素を設計しなければならない．

- システム構成
- 言語仕様

4.3.1　システム構成

動作確認システムを設計するにあたり，実用可能性を高めるために，次の前提条件を設定する．

- テレビや携帯電話には WEB クライアントが搭載され，各々の機器で WEB サービスが利用できる．
- インターネット上の機器管理サーバにユーザ毎の各種家電機器の所有情報が登録され，機器の利用者が登録情報と同等か確認できる．
- テレビと携帯電話は共通の LAN の中で接続されている．

このような条件下で，4.2 節のユースシーンを実現するためには，機器が WEB サービスを利用できる状態で，ホームネットワークに接続された相手機器とデータ通信が可能なシステム構成にしなければならない．ユースシーンのデータの中には映像等の大容量データも含まれるため，宅内の機器同士がホームネットワーク内で通信することが望ましい．

また，宅内の機器を管理するためには，機器の一覧を管理する必要がある．機器の一覧を一つのサーバでマスターデータを持つ方法と，複数の機器で分散して持つ方法があるが，分散型の場合は構成のためのコストが増大するためと，機器情報を修理等のメンテナンスサポートに有効的に使うために，機器の一覧をインターネット上のサーバに保持する構成とすることが望ましい．

これらの理由より，図 4.1 に示すシステム構成とすることが現実的である．本図では，イメージが容易に出来るように，具体的にテレビと携帯電話で示している．また，テレビのブラウザで WEB サービスを利用中に，携帯電話の機能を利用するための機器間の通信手順も合わせて記載している．

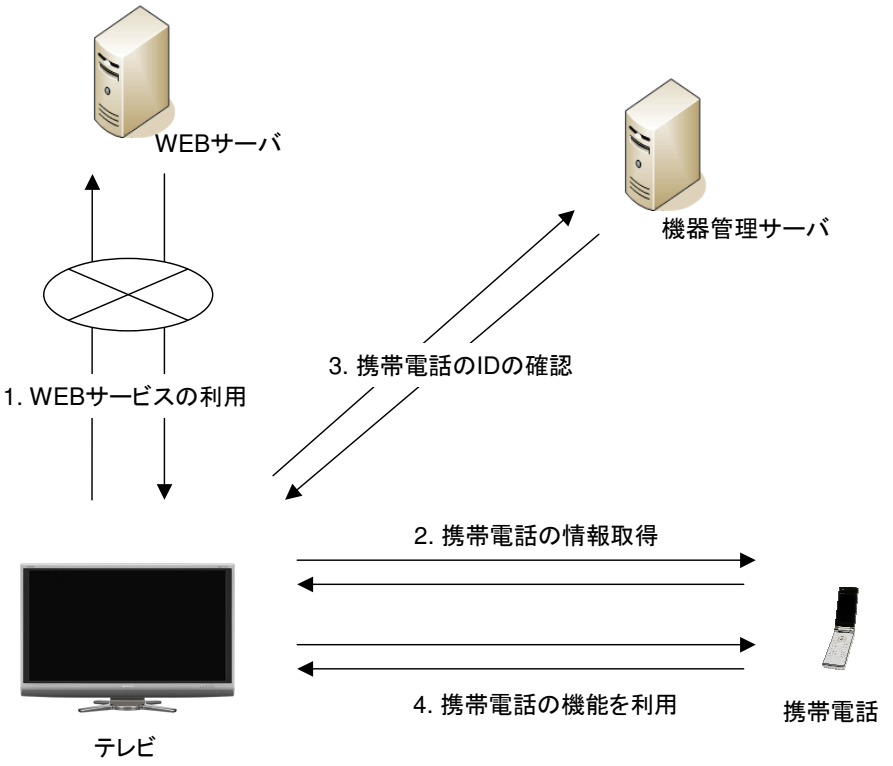


図 4.1　提案システムアーキテクチャ

テレビのブラウザで WEB サービスを利用中に，携帯電話の機能を利用する手順は以下のように行うこととする．

1. WEB サービスの利用

2. 携帯電話の情報取得

3. 携帯電話の ID の確認

4. 携帯電話の機能を利用

1. では，テレビのブラウザで WEB サービスを利用する．1. のサービス利用中に，携帯電話の機能を利用する必要が発生した場合，テレビは携帯電話に，テレビから利用できる機能があるか携帯電話に問い合わせる．2. で取得した情報から，テレビで利用できる携帯電話の機能があることが判明した場合，テレビから携帯電話の機能を利用しても安全かどうか，3. で機器管理サーバに問い合わせる．テレビで携帯電話が安全だと認識できた場合，4. で携帯電話の機能を利用する．

表 4.2　言語仕様名とその役割

言語仕様名	役割
CC/PP	端末情報の記述 （他の端末に提供される端末仕様や情報）
WSDL	家電機器の外部インタフェースの記述 （他の端末に提供される端末機能）
WS-BPEL	機器間の連携プログラムの記述 （CC/PP や WSDL を利用するためのプログラム）

2. から 4. の動作は，すべてテレビが起点となる動作であり，テレビに 2. から 4. の処理を実行するライブラリを実装し，ブラウザが実行する HTML ファイルに 2. から 4. の実行プログラムを呼び出すスクリプトを埋め込めば，テレビ側は実現できる．携帯電話側も，テレビからのアクセスを処理するサーバ機能と，そのサーバ機能が携帯電話独自の機能を利用できるようにすれば実現可能である．WEB サーバにおいては，テレビからのアクセスをユーザエージェントで見て判別し，本仕組みに対応したテレビからの WEB サーバへのアクセスであった場合に，2. から 4. のプログラムが埋め込まれた HTML ファイルをテレビにレスポンスとして返せば，WEB サーバ側のソフトウェアの変更も必要ない．そのため，従来の WEB サービスの仕組みと並存できるシステム構成である．

4.3.2　言語仕様

本提案システムの記述言語として，表 4.2 にあげた 3 種類の言語を採用する．これらの言語は，元々 WEB サーバと WEB クライアントのために策定されている XML に基づく言語である．CC/PP は，家電機器で利用されることは想定されていないため，家電機器が持つ情報や機能を表現できない．そのため，要件に記載した機器連携のユースシーンを記述するためには，以下にあげる 3 種類のエレメントの追加が必要である．CC/PP は不足している機能に対して必要なエレメントを追加定義できる仕様となっている．

- **hardware エレメント**

  機器の表示ディスプレイサイズ，機器のアクセス権限，提供できる機能を記述するためのエレメントとして定義する．アトリビュートとして，提供できる機能を表す type，アクセス権限のあるユーザを示す userID，処理能力を表す performance，表示ディスプレイデバイスのサイズを表す width/height を定義する．

- **database エレメント**
  蓄積情報の提供可能性を記述するためのエレメントとして定義する．アトリビュートとして，提供できるデータの形式を表す type，アクセス権限のあるユーザを示す userID を定義する．

- **application エレメント**
  コンテンツを代替処理する際のアプリケーション種別やフォーマットを記述するためのエレメントとして定義する．アトリビュートとして，アプリケーションの種別である type と，再生できるコンテンツの種別の format を定義する．

これらの 3 つのエレメントの具体的な定義を表 4.3 に示す．“cs:”はプレフィックスである．このように定義したエレメントやアトリビュートを使って，機器の仕様や機能を定義できる．

4.2 節であげたテレビと携帯電話の連携のユースシーンを実現するため，少なくとも次に挙げる機能を別の機器に提供することが必要である．

- CC/PP ファイル提供
- 履歴ファイル提供
- 代理決済機能提供

表 4.3　CC/PP に追加したエレメントとアトリビュート

エレメント	アトリビュート	値
cs:hardware	type	電子決済, 入力デバイス，表示デバイス
	userID	（整数値）
	performance	低，中，高
	width	（整数値）
	height	（整数値）
cs:database	type	検索履歴
	userID	（整数値）
cs:application	type	アプリケーションの種別
	format	jpeg，jar 等

- 代理入力機能提供
- 代理再生機能提供

そのため，各機器でサーバ機能が必要となり，本研究においては WSDL で定義された外部インタフェースを用いて，別の機器から WEB API でアクセスできるようにすることとする．表 4.4 は，HTTP プロトコルを用いて設計した外部インタフェースの一覧を示す．データがない処理の場合の WEB API は，GET method を使う．成功/失敗以外のファイルデータを持つ処理の場合の WEB API は，POST method を使う．

以上より，図 4.1 の構成に基づいて，各言語ファイルの保持箇所を表現した図を図 4.2 に示す．テレビと携帯電話は WS-BPEL,WSDL,CC/PP の 3 種類のファイルを保持する．連携プログラムは WS-BPEL で記述し,WSDL で定義されたインタフェースで外部機器からのアクセスを許可する．CC/PP ファイルは，データベース内に保持され，別の機器からの要求により，その別の機器に CC/PP ファイルの提供を行う．(1) から (4) の通信プロトコルとして，広く使われている HTTP を利用する．

表 4.4　外部インタフェース

	WEB API の機能	データ
1	CC/PP ファイル提供要求（GET）	なし
	CC/PP ファイル提供完了通知	CC/PP ファイル
2	代理決済要求（GET）	なし
	代理決済完了通知	なし
3	履歴ファイル提供要求（GET）	なし
	履歴ファイル提供完了通知	履歴
4	代理入力要求（GET）	なし
	代理入力完了通知	入力結果
5	代理再生要求（POST）	マルティメディア
	代理再生完了通知	なし

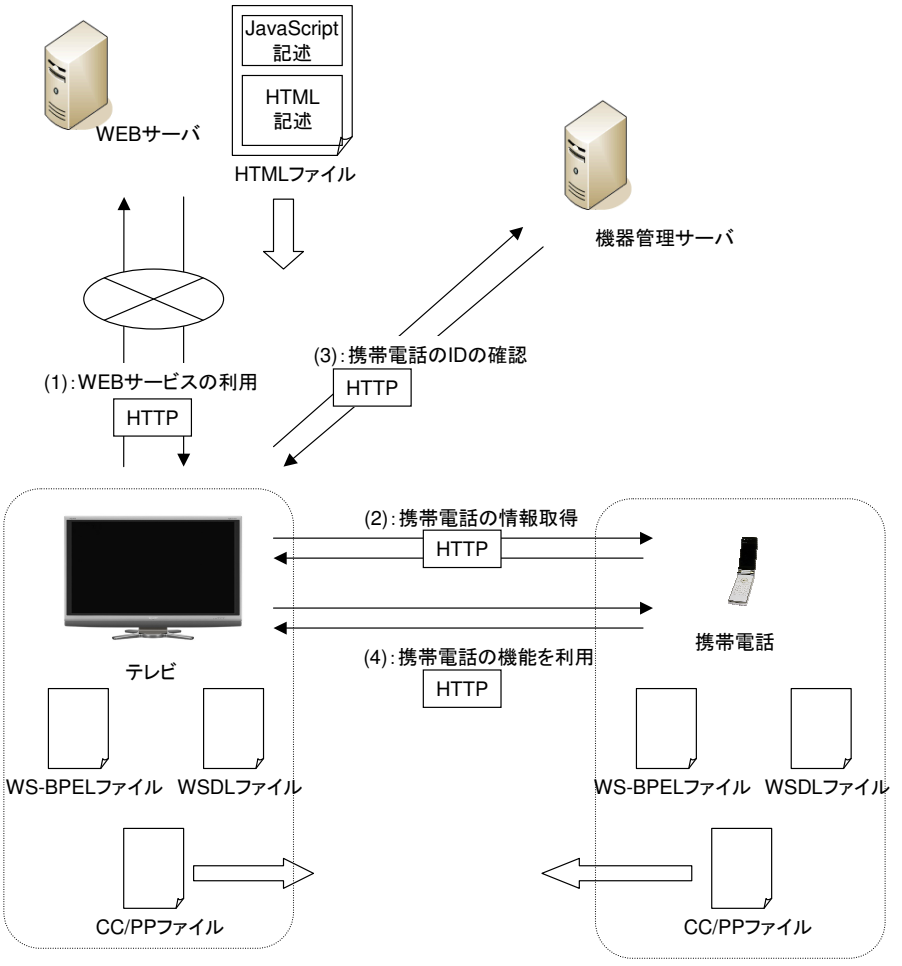


図 4.2 ファイルと通信プロトコル名を追記した提案システムアーキテクチャ

表 4.5　動作環境と各種利用ソフトウェアの一覧

PC	OS	Windows XP Professional SP2
	CPU	Intel（R） Core（TM）2 Duo CPU U7700 @ 1.33GHz
	RAM	2GB
ソフトウェア	WEB サーバ	Apache Tomcat 6.0
		MySQL 5.1
		Apache ODE 1.2
	WEB ブラウザ	Mozilla Firefox
開発環境		Eclipse SDK 3.32
		Eclipse BPEL Designer

4.4　環境構築

4.3 節で述べたシステム構成と言語仕様の動作確認を目的として，家電の機器連携を行うサービスを記述するための「連携サービス作成環境」と，機器連携の処理を実際に動作させ確認するための「連携サービス確認環境」を構築した．

本研究においては，PC 上で環境構築を行う．動作環境や各種利用したソフトウェアの種別やバージョン等の一覧を表 4.5 に示す．これらのソフトウェアは，比較的よく使われており，入手が容易である．

4.4.1　連携サービス作成環境

作成環境の構成を図 4.3 に示す. 機器連携プログラム WS-BPEL ファイルと WSDL ファイルを作成するために，広くプログラマに統合環境として普及している Eclipse [101] に対して，拡張プラグインをインストールすることでグラフィカルに作成できるようにしている．Eclipse とは，元は IBM によって Java プログラムを作成するための統合環境として開発されたが，現在はオープンソースとなって，C 言語をはじめとして，現存するプログラム言語ほとんど全てにプラグインで対応している．また，単にプログラム作成だけではなく，ソース管理システム，ドキュメント管理システム，不具合管理システム，進捗管理システム等，ソフトウェア開発に欠かせないツール群との連携が可能である．このため，Eclipse の利用で開発効率が向上する．

WSDL の開発画面を，図 4.4 で示す．各種 WSDL のエレメント記述が階層関係で表示され，各エレメントやアトリビュートが箱として表現され，値を書き込むことで，WSDL ファイルを

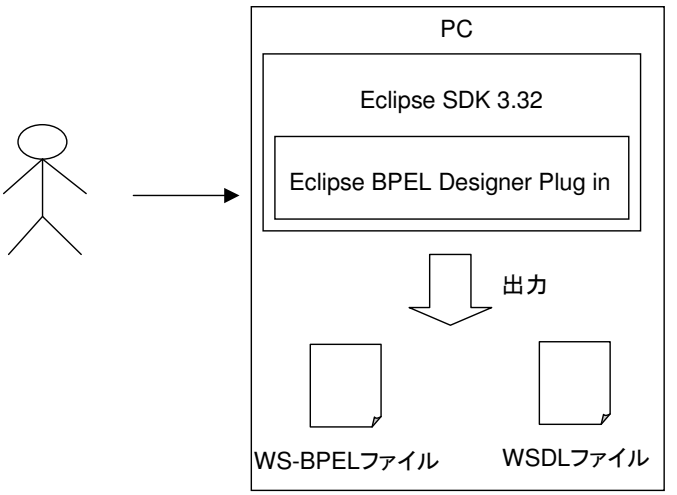


図 4.3 連携サービス作成環境構成図

編集できる．WS-BPEL の開発画面の例を図 4.5 に示す．機器連携を行うサービスのアルゴリズムをフローチャートとして画面上で作成し，WS-BPEL 記述として出力される．

このように，テレビや携帯電話の機器連携の振る舞いの部分をシステム実装とは切り離して PC 上で作成できるようになるため，家電機器の連携サービスを作成するための開発効率の向上が可能となる．

4.4.2 連携サービス確認環境

連携サービス確認環境は，大きく分けて WEB サーバ，機器管理サーバ，ユーザが操作する機器，連携相手の機器の 4 つの分割された構成で実現される．確認環境の構成を図 4.6 に示す．

WEB サーバは，Apache で実現されており，一般的な WEB サーバと同じ構成である．機器から要求に従い，HTML ファイルをレスポンスとして返す．

機器管理サーバも，同じく Apache で実現されている．機器管理サーバは，WEB API のインタフェースを持ち，アクセスのあった機器の ID と，特定の ID が同じグループかどうかを判定する機能を持つ．ただし，今回の動作確認では，機器管理サーバの部分は，ダミー実装となっており，アクセスがあった場合常に成功を返す．

ユーザが操作する機器は，ユーザインタフェース画面を構成する WEB ブラウザと，機器連携を行う機器サーバで構成されている．WEB ブラウザは，今回 Mozilla Firefox を使ったが，WEB ブラウザの種別は問わない．ユーザの操作に従って，WEB サーバから HTML ファイルを取得し，ユーザインタフェース画面を WEB ブラウザに表示する．HTML ファイルには JavaScript の記述を含んでおり，この JavaScript の記述から機器管理サーバや機器サーバの

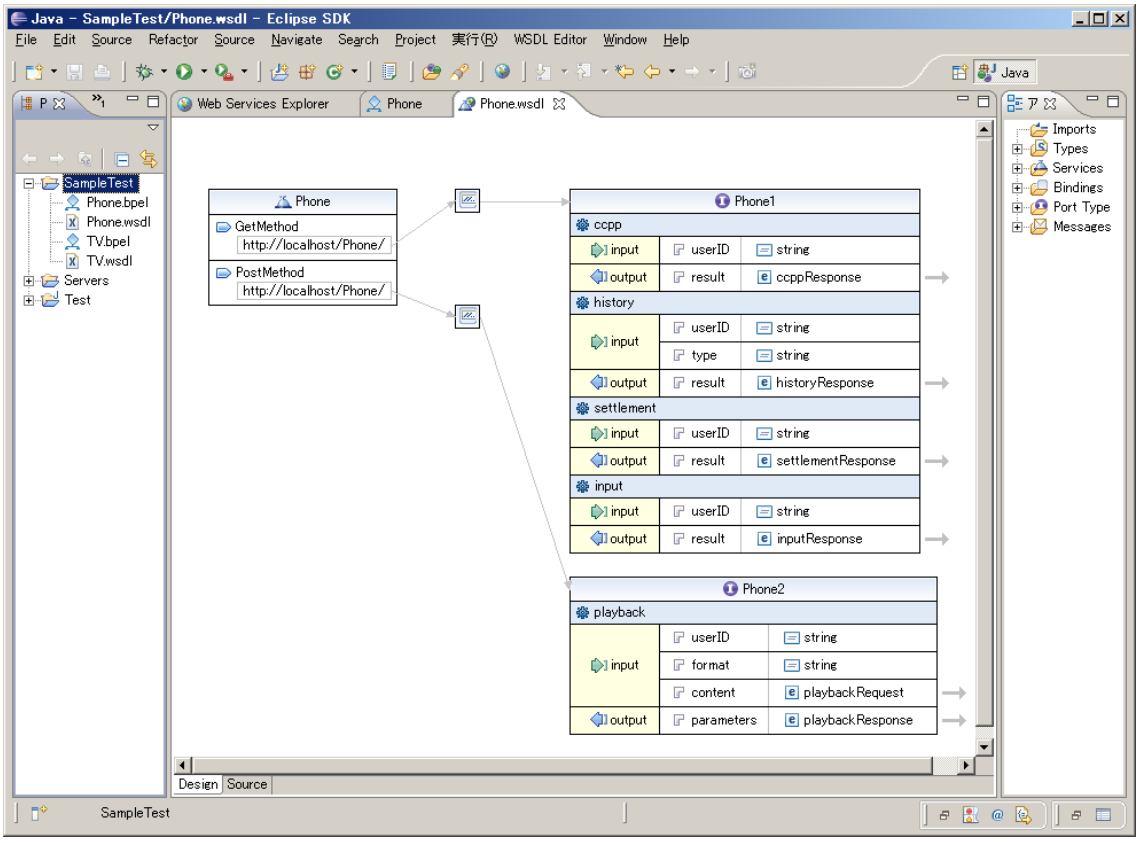


図 4.4　WSDL 開発環境

WEB API にアクセスする．機器サーバは，Apache で実現されており，Apache Tomcat [102] の WEB フレームワークを使い，その Apache Tomcat の拡張機能として，Apache ODE を使う．Apache ODE は，WS-BPEL ファイルの実行エンジンであり，WSDL で定義された WEB API を提供する機能を持つ．WS-BPEL に記述されたロジックに従い，CC/PP ファイルを保持した MySQL [103] にアクセスし，別の機器に CC/PP ファイルを提供する．今回の動作確認では，操作する機器側の CC/PP ファイルは使わないので，点線で表示している．

連携相手の機器は，ユーザが操作する機器と同じソフトウェア構成である．今回の動作確認では，連携相手の機器側の WEB ブラウザは使わないので，点線で表示している．

処理の手順を以下に述べる。

1. 操作する側の機器で WEB サービスを利用している．

2. ユーザが操作する側の WEB ブラウザで処理している HTML ファイルの JavaScript の記述部分から，操作する側の機器サーバにアクセスを行う．

3. ユーザが操作する側の機器サーバは，連携相手の機器サーバに CC/PP ファイルを要求

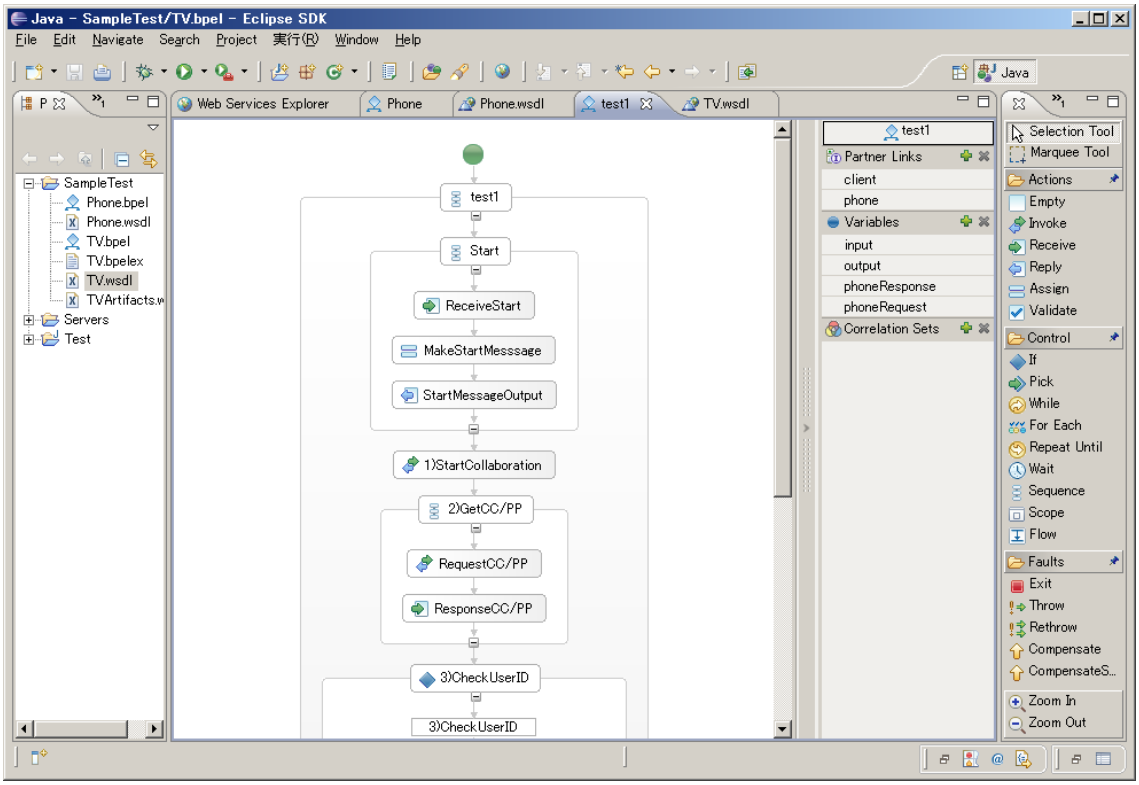


図 4.5　WS-BPEL 開発環境

する．

4. 連携相手の機器では，連携相手側の WS-BPEL の記述に従い，データベースから CC/PP ファイルを取得し，ユーザが操作する機器に CC/PP ファイルを返す．

5. 操作する側の機器サーバは，取得した CC/PP ファイルに記載された ID に対して，機器管理サーバに問い合わせを行う．

6. ID の問い合わせに成功すれば，連携相手側の機器に実処理の要求を行う．

7. 操作する機器側の WEB ブラウザにこれらの処理結果を送り，WEB ブラウザの表示を更新する．

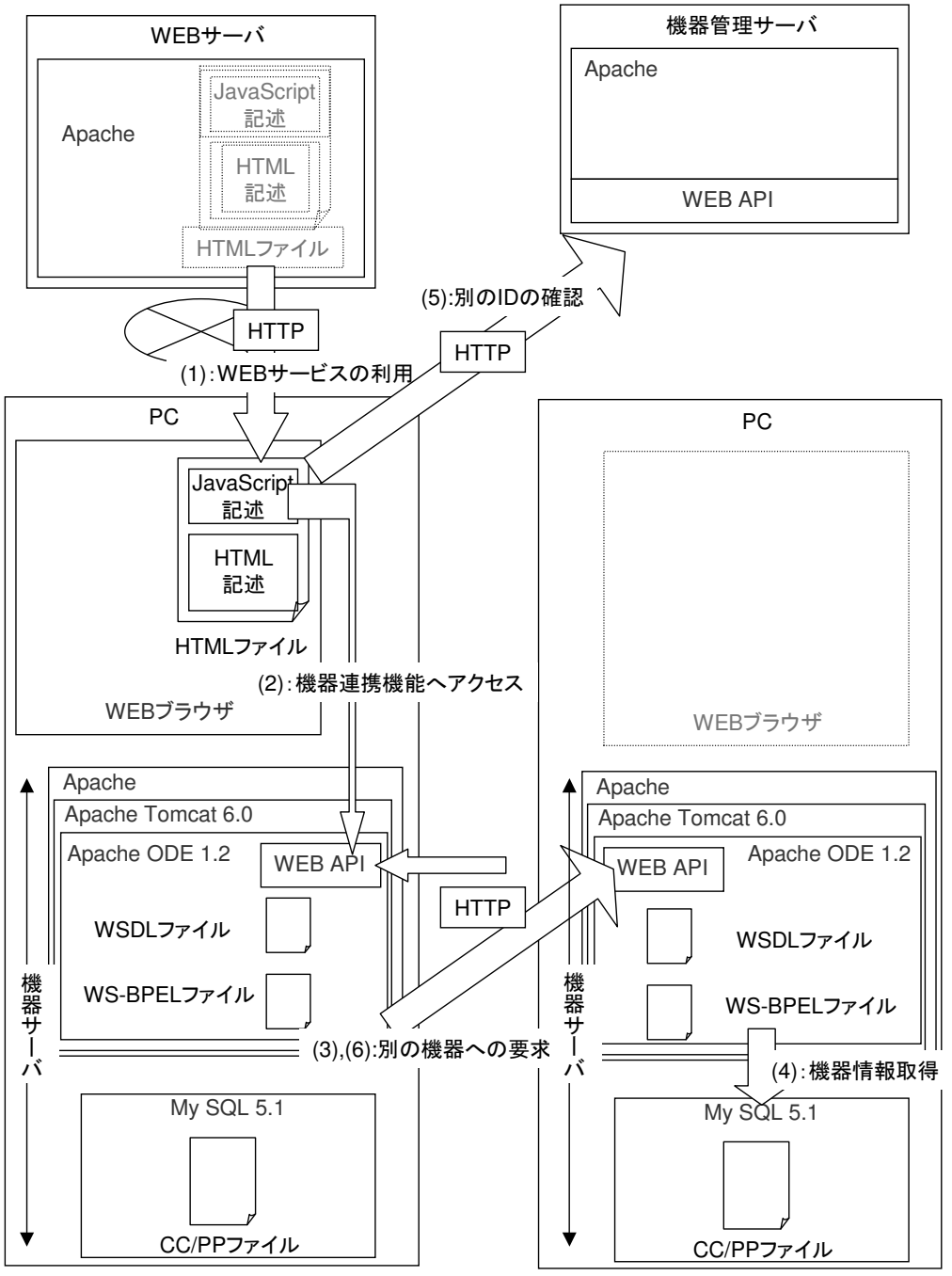


図 4.6 連携サービス確認環境構成図

(1) TV

```
<rdf:Description rdf:ID="My TV">
  <ccpp:component>
    <cs:hardware type="FEP" userID="0x0001" performance="low"/>
  </ccpp:component>
  <ccpp:component>
    <cs:hardware type="display" userID="0x0001" width="1920" height="1080"/>
  </ccpp:component>
 <ccpp:component>
    <cs:application type="viewer" userID="0x0001" format="jpeg"/>
  </ccpp:component>
</rdf:Description>
```

(2) Cellular phone

```
<rdf:Description rdf:ID="My Cellular phone">
  <ccpp:component>
    <cs:hardware type="degital cash" userID="0x0001"/>
  </ccpp:component>
  <ccpp:component>
    <cs:hardware type="FEP" userID="0x0001" performance="high"/>
  </ccpp:component>
  <ccpp:component>
    <cs:hardware type="display" userID="0x0001" width="320" height="640"/>
  </ccpp:component>
 <ccpp:component>
    <cs:database type="search_history" userID="0x0001"/>
  </ccpp:component>
 <ccpp:component>
    <cs:application type="viewer" userID="0x0001" format="jpeg"/>
  </ccpp:component>
</rdf:Description>
 <ccpp:component>
    <cs:application type="JavaVM" userID="0x0001" format="jar"/>
  </ccpp:component>
</rdf:Description>
```

図 4.7　CC/PP ファイルの記述例

4.4.3　動作確認

4.2 節に示したテレビと携帯電話の連携ユースシーンの中から，テレビで WEB サービス利用中に携帯電話の代理決済機能を使って課金を行う手順の動作確認を行う．

作成環境において，テレビと携帯電話の連携プログラムを WS-BPEL として作成し，サービスの外部インタフェースを WSDL で作成した．

今回用いた CC/PP ファイルは，図 4.7 に示す通りである．以下のような内容が記載されている．

1. テレビは，処理能力の低い入力デバイス機能と，横 1920 画素，縦 1080 画素の表示デバイスを持ち，jpeg ファイルを再生できることが，CC/PP ファイルとして記述されている．

2. 携帯電話は，電子決済機能を保持し，入力デバイス機能と，横 320x 縦 640 の表示デバ

イスと，データベースの検索履歴を保持することと，jar/jpeg ファイルを再生できることが，CC/PP ファイルとして記述されている．

ファイルを作成後，確認環境において動作確認を行った．

WS-BPEL で記述したテレビ側の処理は以下の通りである．テレビの WEB ブラウザで実行される HTML ファイルに含まれる JavaScript から機器サーバに開始要求を出すことで，本処理は開始される．

1. テレビの機器サーバは，携帯電話の CC/PP ファイルを携帯電話から取得する．

2. テレビの機器サーバは，携帯電話の CC/PP ファイルに記述されたユーザ ID とテレビのユーザ ID の組を機器管理サーバに送信する．

3. テレビの機器サーバは，機器管理サーバが成功を返せば，次の処理に進む．

4. テレビの機器サーバは，携帯電話が代理決済機能を提供しているなら，次の処理に進む．

5. テレビの機器サーバは，携帯電話に代理決済の実行を金額をパラメータとして携帯電話の機器サーバに要求する．

6. テレビの機器サーバは，携帯電話から代理決済処理の完了通知を受信し，WEB ブラウザに完了通知を送信する．

一方，上記に対して，携帯電話の機器サーバは以下の処理を行う．

1. テレビの手順の 1. の処理を受けて，携帯電話の機器サーバは，テレビに対して CC/PP ファイルを提供する．

2. テレビの手順の 5. と 6. の処理の間に，携帯電話の機器サーバは，テレビの機器サーバからの要求に対して決済処理を行う．

図 4.8 は，テレビ側の WEB ブラウザでの動作確認結果である．4.4.3 節での各手順の途中段階でログを出力することにより，設計した通り動作することを確認した．

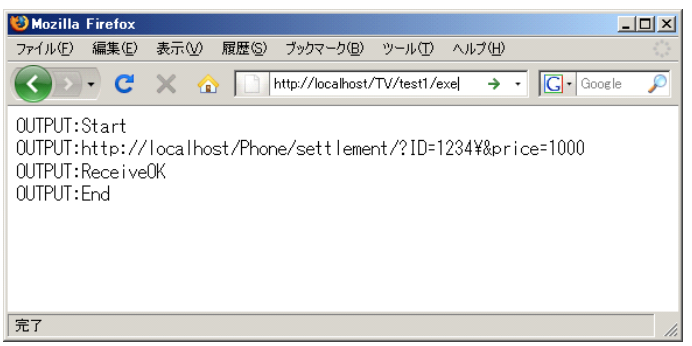

Mozilla Firefox
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(T) ヘルプ(H)
http://localhost/TV/test1/exe
Google
OUTPUT:Start
OUTPUT:http://localhost/Phone/settlement/?ID=1234¥&price=1000
OUTPUT:ReceiveOK
OUTPUT:End
完了

図 4.8　動作ログの表示

4.4.4 課題

本研究では，CC/PP,WSDL,WS-BPEL を用いた家電機器連携のサービス記述ための「連携サービス作成環境」と「連携サービス確認環境」を構築し，ある特定のユースシーンにおいて動作確認を行った．

しかしながら，以下の課題が残っている．

1. **機器管理サーバの設計，実装**

   機器管理サーバは，必ず成功を返すダミー実装として実装を行った．複数の機器を管理し，必要に応じて機器にアクセス権限を与え，機器のモバイル性や引越し等による設置場所変更も考慮してシステムを構築しなければならない．機器管理は，顧客管理とも密接に関係し，故障や，メンテナンスサービスを行うためにも有効活用が期待できる．そのため，ユーザが機器管理サーバに登録するために，手動で型名，製品番号，購入店，購入時期を多量に入力するようなユーザインタフェース画面では問題があり，このような面倒な手間を自動化することが必要である．

2. **セキュリティの確保**

   テレビは，携帯電話内に実装された機器サーバの WEB API にアクセスを行い CC/PP ファイルを取得する．CC/PP ファイルには，機器管理サーバにアクセス権限の確認に用いる ID 等の情報が含まれている．実用化のためには，少なくとも，SSL 通信の対応等既存の技術でのセキュリティの確保が必須である．

3. **携帯電話とテレビ以外のユースシーンでの確認**

   動作確認は，テレビと携帯電話の代理課金のユースシーンでしか行っていない．4.2 節で挙げた他の例の動作確認も必要である．

4. **洗濯機，エアコン，冷蔵庫，電子レンジ等での確認**

   今回はテレビと携帯電話で動作確認した．例えば，テレビとエアコンの連携ユースシーンとして，「テレビでホラー映画視聴中に，怖いシーンになった時，エアコンの温度が下がり臨場感を高める」等の連携の確認も必要であろう．また，2.5 節に記載した「エアコンと扇風機を連携動作させせることで, 空調を効率よく行う」というユースシーン等の動作確認もする必要がある．このユースシーンに対応していくため，ユーザが能動的に連携開始を行わないシーンにも対応していく必要がある．例えば，掃除機の利用中にテレビの音量を自動的に上げ下げするシーンである．この場合，機器サーバの処理を，セ

ンサ等で収集した周辺状況を分析して自動的に開始する仕組みが必要である.

5. **ユーザインタフェース管理システムに統合**

機器側のユーザインタフェースを実現するアプリケーションとして，今回 WEB ブラウザを採用したが，今後，3 章で述べた家電機器向けユーザインタフェース管理システムの機能の一部として統合していく.

4.5　結言

本章では，家電機器を連携させることによってユーザが享受できるユーザ利便性を整理し，家電機器連携サービスを実現する「連携サービス作成環境」と「連携サービス確認環境」を構築し，特定のユースシーンで動作確認を行った．

まず，以下 2 点を設計した．

- システム構成
- 言語仕様

本環境では，WEB サーバや WEB クライアント向けのサービス記述言語として仕様策定がすすめられている WEB サービスのための CC/PP,WSDL,WS-BPEL を採用した．

続いて，グラフィカルにファイルを記述できる「連携サービス作成環境」と，そのファイルの動作を確認できる「連携サービス確認環境」を構築した．その環境を用いて，テレビと携帯電話のユースシーンについて所望の動作ができていることを確認した．

最後に，残りの取り組み課題について以下のように明確化した．

1. 機器管理サーバの設計，実装
2. セキュリティの確保
3. 携帯電話とテレビ以外のユースシーンでの確認
4. 洗濯機，エアコン，冷蔵庫，電子レンジ等での確認
5. ユーザインタフェース管理システムに統合

また，初めに挙げたネットに接続するデバイスやソフトウェアの開発コスト抑制の課題に関して，今回議論ができてない．今後，本研究の残課題と合わせてさらなる研究が必要である．

第 5 章

結論

本論文では，家電機器におけるユーザインタフェースに関する問題を解決するために，現状の家電機器に搭載されたマイコンを利用するという条件下で，ユーザインタフェース管理システムの設計とその実装に関して述べ，次に，WEB サービスのための言語を用いた家電機器連携の作成環境と確認環境に関して述べた．

本章では，本研究で得られた主要な成果を要約し，結論とする．

まず，家電機器向けのユーザインタフェース管理システムの実現が要求されている背景を説明し，家電機器向けユーザインタフェース管理システムに必要な以下の 3 つの要件を述べた．

1. ユーザインタフェース画面の記述性とカスタマイズ性
2. マイコンで実現できるプログラムサイズ
3. 実用に耐えられる操作感

続いて，家電機器向けユーザインタフェース管理システムが対象とする次の 3 種類のユーザインタフェース画面の様態を定義した．

1. グリッドメニュー型（Type A）
2. 横スクロール型（Type B）
3. 縦スクロール型（Type C）

これらのユーザインタフェース画面を記述するために，ECMA-262 のサブセットである Tiny Script の言語仕様を策定した．

最後に，シャープ製グラフィックス・コントローラ「LR35504」上に，設計した家電機器向けユーザインタフェース管理システムを実装，評価した．

本ユーザインタフェース管理システムの特長は，ユーザインタフェース記述言語としてスクリプトを採用し，そのスクリプトファイルを交換することでカスタマイズを可能としたことと，利用用途を家電機器に絞ることで，スクリプトの記述能力に制限を加え，ユーザインタフェース管理システムをメモリリソースの厳しいマイコン上に搭載可能としたことである．

その結果，以下を満たすユーザインタフェース管理システムを示した．

1. 1KB〜4KB のスクリプトファイルを交換することでユーザインタフェース画面のカスタマイズが可能
   数 KB のスクリプトファイルを記述するだけで，本研究が対象とする 3 種類の異なるユーザインタフェース画面が実現でき，この記述のみを交換することでユーザインタフェース画面をカスタマイズすることができるようになった．

2. プログラムサイズが 55.7KB
   LR35504 には 96KB の内部メモリ領域があるが，本ユーザインタフェース管理システムは 55.7KB であり，十分搭載可能なプログラムサイズとなった．

3. 30fps 以上の滑らかなアニメーションが可能
   実用上問題がない滑らかなアニメーションが実現でき，ストレスなく操作することが可能となった．

以上の成果によって，比較的処理能力が低いマイコンが搭載された家電機器向けのユーザインタフェース管理システムが実現でき，家電機器のユーザインタフェース画面のカスタマイズの要求や，ローカライズの要求に応えることが可能となった．また，本ユーザインタフェース管理システムの以下の活用事例を紹介した．

- テレビ
- 携帯電話待受画面とメインメニュー
- 携帯電話 3D メインメニュー
- 作成ツール，確認ビューア
- 配信サービス

次に，家電機器を連携させせることによってユーザが享受できるメリットを要件として整理し，グラフィカルにファイルを記述できる「連携サービス作成環境」と，そのファイルの動作を確認できる「連携サービス確認環境」を構築し，テレビと携帯電話を連携させたユースシーンで動作確認を行った．

今回，XML に基づくサービス記述言語である WSDL，クライアント記述言語である CC/PP，プログラム言語として WS-BPEL を採用したが，これらの WEB サービスのための言語を全て使って家電機器連携で利用した研究は存在しない．

以上の成果によって，家電機器連携実現のために．WEB サービスのための記述言語を利用した環境の一例を示すことができた．本研究の成果は，家電機器連携におけるユーザインタフェースを大きく変えることが期待でき，ユビキタスやアンビエント社会の実現に大きく貢献することが可能である．

今後に残された課題としては，以下があげられる．

1. 機器管理サーバの設計，実装
   本研究においてはサービス記述作成とその動作確認環境の構築に注目したため，機器管理サーバには言及しなかった. 家電機器連携においては，ユーザ認証や機器のアクセス権限を考慮してシステムを構築しなければならない．

2. セキュリティの確保
   データ送受信プロトコルとして，HTTP を利用した．機器同士やサーバと ID 等の情報の送受信を扱うため，データの盗聴や改竄を防ぐ仕組みが必要である．

3. 携帯電話とテレビ以外でのユースシーンの確認
   動作確認は，一つのユースシーンでしか行っていない．要件にあげた別のユースシーンでも動作確認する必要がある．

4. 洗濯機，エアコン，冷蔵庫，電子レンジ等での確認
   家電機器には多くの種別がある．これまで連携動作することが全く想定できなかった機器同士の連携を念頭に置き，新しいユーザ利便性やサービスを考え，逆に，その想定していなかったユースシーンが本提案システムで実現できるかの確認も必要である．

5. ユーザインタフェース管理システムに統合
   ユーザインタフェース画面を実現するアプリケーションとして，試作システムでは PC

上の WEB ブラウザを利用したが，家電連携機能を 3 章で述べた家電機器向けユーザインタフェース管理システムに統合する必要がある．

また，ネットに接続するデバイスやそれを操作するソフトウェアの開発コストの抑制に関して，本研究では議論ができてない．今後，家電同士の機器連携を普及させるためには，本研究の残課題と合わせてさらなる研究が必要である．

これらに関する研究を進めることによって，ここに挙げた残課題を解決でき，家電機器向けユーザインタフェースを大きく変えることができる．その結果，初めて家電が登場した時のように，人間社会を大きく変革することが期待される．

謝辞

本研究の全過程を通じて，終始懇切な御指導と御鞭撻を賜わりました，大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻尾上孝雄教授に謹んで深謝の意を捧げます.

本論文を執筆するにあたり有益な御教示，御助言を賜わりました，大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻土屋達弘教授，橋本昌宜准教授，関西学院大学理工学部岸野文郎教授に厚く御礼申し上げます.

大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻今井正治教授，中前幸治教授，竹村治雄教授，中村眞教授，山田晃久教授，吉田育弘教授にはさまざまな面で御指導を頂き，厚く感謝申し上げます.

大阪大学大学院情報科学研究科情報システム工学専攻畠中理英助教には適切な御指導，御助言を頂き，深く感謝申し上げます.

共同研究者として，常に議論し，ご協力頂いたシャープ株式会社の小野修一郎氏，坂倉健太郎氏，財満博昭氏，畑山尚毅氏，天野美樹氏，片山三千太氏，樫東清貴氏，千葉雅裕氏に感謝の意を表します.

また，本研究を進めるにあたり暖かいご助言，ご協力を頂きました内田好弘氏（シャープ株式会社）, 小谷章夫氏 (湘南工科大学工学部コンピュータデザイン学科教授)，大原一人氏（シャープ株式会社)，門田暁人氏（奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科准教授）, 密山幸男氏（高知工科大学講師)，森崎修司氏（静岡大学情報学部情報社会学科准教授)，大平雅雄氏（和歌山大学システム工学部講師)，橋本亮司氏（ルネサスエレクトロニクス株式会社），佐藤康二氏（シャープ株式会社)，船迫宣宏氏（シャープ株式会社)，浦野和典氏（シャープ株式会社)，稗田薫氏（シャープ株式会社)，シャープ株式会社を退職された千葉徹氏に厚く御礼申し上げます.

多くの協力を頂いた尾上研究室秘書中村万裕子さんに厚く御礼申し上げます.

携帯電話やテレビの画面例の写真の掲載を快く許可して頂いたヤフー株式会社様、ソフトバンクモバイル株式会社様に深く感謝致します．また，本研究における実験遂行のため LR35504 を快く貸与頂いたシャープ株式会社の亀井克比古氏，生田英二氏に深く感謝いたします.

なお，本論文中で使われている各種システム・製品名は，一般に各社の商標または登録商標

です.

最後に，本研究の全過程において常に励まし支えてくれた家族に感謝します.

参考文献

[1] シャープ株式会社: SHARP 汎用電子デバイス総合カタログ (2012-9), pp. 20.

[2] シャープ株式会社: SHARP ウォーターオーブン/電子レンジ総合カタログ (2012-秋・冬).

[3] パナソニック株式会社: Panasonic 洗濯機総合カタログ (2013-夏).

[4] パナソニック株式会社: Panasonic Smart App, http://panasonic.jp/pss/.

[5] M. Satyanarayanan: Pervasive computing: vision and challenges, *IEEE Personal Communications*, Vol. 8, pp. 10–17 (2001).

[6] B. A. Myers and M. B. Rosson: Survey on user interface programming, *Proceedings of CHI'92*, pp. 195–202 (1992).

[7] The World Wide Web Consortium (W3C): Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition) 仕様書 (2011).

[8] Khronos Group: The OpenGL Graphics System : A Specification (Version 4.3 (Core Profile) - August 6, 2012).

[9] 坂下喜彦, 川越恭二: 特集「ユーザインタフェース管理システム (UIMS)」の特集にあたって, 情報処理学会会誌, Vol. 33, No. 11, p. 1284 (1992).

[10] 守屋慎次: ユーザインタフェース管理システム（UIMS）: ユーザインタフェース管理システムの基礎 1.1 ユーザインタフェース管理システムの基本概念および対話の方式, 情報処理学会会誌, Vol. 33, No. 11, pp. 1285–1289 (1992).

[11] 宮崎一哉: ユーザインタフェース管理システム（UIMS）: ユーザインタフェース管理システムの基礎 1.2 ユーザインタフェース管理システムと対話制御, 情報処理学会会誌,

Vol. 33, No. 11, pp. 1295–1303 (1992).

[12] 今宮淳美: ユーザインタフェース管理システム（UIMS）: ユーザインタフェース管理システムの基礎 1.3 ユーザインタフェース管理システムと応用プログラムとの通信, 情報処理学会会誌, Vol. 33, No. 11, pp. 1304–1313 (1992).

[13] 秋口忠三: ユーザインタフェース管理システム（UIMS）: ユーザインタフェース管理システムの適用事例 2.1 ユーザインタフェース管理システムの CASE 環境への適用, 情報処理学会会誌, Vol. 33, No. 11, pp. 1314–1323 (1992).

[14] 谷正之, 平沢宏太郎: ユーザインタフェース管理システム（UIMS）: ユーザインタフェース管理システムの適用事例: 2.2 ユーザインタフェース管理システムの制御システムへの適用, 情報処理学会会誌, Vol. 33, No. 11, pp. 1324–1330 (1992).

[15] 橋本治: ユーザインタフェース管理システム（UIMS）: ユーザインタフェース管理システムの研究動向と将来, 情報処理学会会誌, Vol. 33, No. 11, pp. 1331–1339 (1992).

[16] 総務省: 平成 23 年通信利用動向調査の結果 (2012).

[17] 中西正洋, 稗田薫: 家庭用テレビと携帯電話のローカル連携システムの構築, インタラクション 2009 予稿集 (ポスター発表) (2009). C30.

[18] シャープ株式会社: 「スマートファミリンク」について, http://www.sharp.co.jp/support/aquos/doc/smart_f_link.html.

[19] S. Teger and D. J. Waks: End-User Perspectives on Home Networking, *IEEE Communication Magazine*, Vol. 40, No. 4, pp. 114–119 (2002).

[20] 井垣宏, 中村匡秀, 玉田春明, 松本健一: サービス指向アーキテクチュアを用いたネットワーク家電連携サービスの開発, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 2, pp. 314–326 (2005).

[21] 田中章弘, 中村匡秀, 井垣宏, 松本健一: Web サービスを用いた従来家電のホームネットワークへの適応, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 105, No. 628, pp. 67–72 (2006).

[22] K. J. Myoung, J. M. Lee, D. S. Kim and W. H. Kwon: Home network control protocol for networked home appliances, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 52, No. 3,

pp. 802–810 (2006).

[23] M. Ise, Y. Ogasahara, K. Watanabe, M. Hatanaka, T. Onoye, H. Niwamoto, I. Keshi and I. Shirakawa: Design and Implementation of Home Network Protocol for Appliance Control Based on IEEE 802.15.4, *Int'l Journal of Computer Science and Network Security*, Vol. 7, No. 7, pp. 20–30 (2007).

[24] 渡邊賢治: 低消費電力無線ホームネットワークとその応用システムに関する研究, 大阪大学大学院情報科学研究科 博士論文 (2009).

[25] D. Han and J. Lim: Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 56, No. 3, pp. 1417–1425 (2010).

[26] 井垣宏, 瀬戸英晴, 福田将之, 松本真佑, 中村匡秀: 家庭における省エネ促進のための電力消費振り返りサービスの実装と評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J95-D, No. 4, pp. 778–789 (2012).

[27] 丸尾彰宏, 松本真佑, 中村匡秀: サービス指向ホームネットワークにおけるタイミング制約を用いたセンサ連携サービスの実装, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 209, pp. 81–86 (2012).

[28] 大野淳司, 安本慶一, 玉井森彦: SNS を利用した情報家電の遠隔制御・監視システムの提案, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 44, pp. 73–79 (2012).

[29] The World Wide Web Consortium (W3C): World Wide Web Consortium - Web Standards, http://www.w3c.org/.

[30] 大西正幸: 生活家電入門 (発展の歴史としくみ), 技報堂出版 (2010).

[31] 株式会社東芝セミコンダクター＆ストレージ: マイクロコンピュータ, http://www.semicon.toshiba.co.jp/product/micro/core/index.htmlarm.

[32] パナソニック株式会社: ロードマップ, http://www.semicon.panasonic.co.jp/jp/catalog/micom/roadmap.html.

[33] ルネサスエレクトロニクス株式会社: マイコン, http://japan.renesas.com/products/mpumcu/index.jsp.

[34] 松山隆司, 川嶋宏彰, 鷲見和彦: 人間と共生する情報システムの実現を目指して, 情報処理-特集 シンビオティック・システムの実現に向けて- 解説記事, Vol. 47, No. 8, pp. 1234–1239 (2006).

[35] シャープ株式会社: SHARP ロボット家電 RX-V100/V80 カタログ (2012-6).

[36] 株式会社日立製作所: AV 機器の操作を支援するマスコットロボットを試作 (対話をしながら好みの番組を選択する知的インタフェースを実現), http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2005/10/1003b.pdf (2005).

[37] 山本大介, 土井美和子: ユーザーと家電機器をつなぐインタフェースロボット, 東芝レビュー, Vol. 64, No. 1, pp. 28–31 (2009).

[38] 齋藤真希子, 佐藤洋一, 小池英樹: Perceptual Glove : 多視点画像に基づく手形状・姿勢の実時間入力とその応用, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 1, pp. 185–194 (2002).

[39] 廣瀬通孝, 岩田洋夫, 池井寧, 小木哲朗, 広田光一, 矢野博明, 筧直之: 触覚用共通ソフトウェア (HIP) の開発, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 3, No. 3, pp. 111–119 (1998).

[40] 浅川貴史, 河原崎徳之, 西原主計, 斎藤信之: 視覚障害者支援のための触覚インタフェースに関する研究, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2010, pp. 1–1 (2010).

[41] 湯澤秀人, 岡田謙一: タンジブル・インタフェースを用いたマルチタスキングにおける業務状況アウェネスシステム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 17, No. 2, pp. 63–72 (2012).

[42] T. Kamba, S. A. Elson, T. Harpold, T. Stamper and P. N. Sukaviriya: Using small screen space more efficiently, *Proceedings of CHI'96*, pp. 383–390 (1996).

[43] 小泉森弥: Web デザイナー白書-2010-, Web Designing 10 月号, 毎日コミュニケーションズ, pp. 76–99 (2010).

[44] 竹居智久: 組み込みソフトを XML が変える 開発率向上の切り札に, 日経エレクトロニクス, 日経 BP 社, pp. 51–58 (2005).

[45] 株式会社 ACCESS: NetFront Dynamic Menu, http://202.58.5.226/products/nf_mobile/dynamicmenu/index.html.

[46] アクロディア: VIVID UI, http://www.acrodea.co.jp/product/ui/index.html.

[47] Microsoft: Automotive UI Toolkit の概要, http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dd285319.aspx.

[48] Qualcomm: Qualcomm Announces BREW uiOne User Interface Offering, http://www.qualcomm.co.jp/node/14042.

[49] 株式会社 UIE ジャパン: UIEngine, http://www.uievolution.co.jp/uiengine.

[50] アイティアクセス株式会社: GEAL 製品情報, http://www.itaccess.co.jp/products/geal/index.html.

[51] Adobe Systems: Adobe - Flash Lite, http://www.adobe.com/jp/products/flashlite/.

[52] Adobe Systems: Adobe - Open Screen Project, http://www.adobe.com/openscreenproject/.

[53] The World Wide Web Consortium (W3C): Extensible Markup Language (XML) 1.1 (Second Edition) 仕様書.

[54] Adobe Systems: Scalable Vector Graphics, http://www.adobe.com/jp/svg/.

[55] S. Mechanics: SVGmaker, http://www.svgmaker.com/.

[56] Inkscape: Inkscape. Draw Freely., http://www.inkscape.org/index.php?lang=en.

[57] European Computer Manufacturers Association (ECMA): Standard ECMA-262 ECMAScript Language Specification Edition 5.1 (June 2011).

[58] European Computer Manufacturers Association (ECMA): Standard ECMA-327

ECMAScript 3rd Edition Compact Profile (June 2001).

[59] mozilla: SpiderMonkey, https://developer.mozilla.org/en-US/docs/SpiderMonkey.

[60] 春名修介, 眞田紀男, 喜納久行, 角谷和俊, 瀧和男: ディジタル AV 機器向け GUI ソフトウェア開発システム, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J84-D-I, No. 6, pp. 693–701 (2001).

[61] 佐藤充子, 岡田英悟, 中本幸一: カスタマイズ可能な携帯電話向けユーザインタフェースの実装と評価, 情報処理学会研究報告, Vol. UBI-13, No. 28, pp. 195–202 (2007).

[62] 星合隆成, 山本和史, 柴田弘: パーソナライズ情報提案型コンテンツ配送コンポーネント : PREFERENCE, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J83-D-I, No. 2, pp. 306–312 (2000).

[63] 増井信彦, 宮本勝, 小澤英昭: 携帯端末に適した情報表示・操作方式の検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 94, No. 91-4, pp. 25–30 (2000).

[64] 荒瀬由紀, 前川卓也, 原隆浩, 上向俊晃, 西尾章治郎: 携帯電話を用いた Web 閲覧のためのコンテンツ適応的提示システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 12, pp. 3149–3164 (2006).

[65] 浅羽義之, 松永賢次: 再利用可能な Web ビジネス情報システムの設計について, 情報処理学会研究報告, Vol. 2001, No. 30, pp. 43–48 (2001).

[66] 満田成紀, 鯵坂恒夫, 沢田篤史: 情報相分割に基づくユーザインタフェース設計, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J85-D-I, No. 11, pp. 1047–1056 (2002).

[67] 中所武司, 津久井浩: 予約業務を例題とした Web アプリケーション用フレームワークの再利用性の評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-I, No. 5, pp. 930–939 (2005).

[68] 渡辺裕太, 関口芳廣, 鈴木良弥: ビデオ装置を例とした家電品の音声対話機能について, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 11, pp. 2690–2698 (2003).

[69] H. Igaki, M. Nakamura, H. Tamada and K. Matsumoto: Implementing Integrated Services of Networked Home Appliances Using Service-oriented Architecture, *Transactions of IPSJ*, Vol. 46, No. 2, pp. 314–326 (2005).

[70] 伊勢正尚: 携帯端末向け無線通信のシステム実装に関する研究, 大阪大学大学院情報科学

研究科 博士論文 (2008).

[71] 沢田篤史, 多鹿陽介, 山崎達也, 美濃導彦: 機能協調型家電ネットワークのためのサービスシナリオ記述方式, 情報処理学会研究報告, Vol. 2004, No. 87, pp. 97–104 (2004).

[72] M. Crasso, J. M. Rodriguez, A. Zunino and M. Campo: Revising WSDL Documents: Why and How, *IEEE Internet Computing*, Vol. 14, No. 5, pp. 48 – 56 (2010).

[73] P. Mika: Ontologies are us: A unified model of social networks and semantics, *Proceedings of the 4th International Semantic Web Conference (ISWC 2005)*, pp. 522–536 (2005).

[74] 神崎正英: セマンティック・ウェブのための RDF/OWL 入門, 森北出版 (2005).

[75] J. Kopecky, T. Vitvar, C. Bournez and J. Farrell: SAWSDL: Semantic Annotations for WSDL and XML Schema, *IEEE Internet Computing*, Vol. 11, No. 6, pp. 60 – 67 (2007).

[76] Y. Matsumura and H. Yamada: Web Application Development using CC/PP for Infomation Appliances, *IPSJ SIG Notes*, Vol. HI-86, No. 1, pp. 1–6 (1999).

[77] K. Yasuda, T. Asada and T. Hagino: Effects and Performance of Content Negotiation Based on CC/PP, *Transactions of IPSJ*, Vol. 42, No. 6, pp. 1653–1661 (2001).

[78] J. Sheng, W. Zou, L. Yang and B. Wang: A RFID-Based Context-Aware Service Model, *2011 IEEE 10th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom)*, pp. 779 – 784 (2011).

[79] Y. Fukunaga, M. Takagi and M. Aoyama: A Model-Based Development Support System for Composite Web Services with BPEL, *IPSJ SIG Notes*, Vol. SE-148, No. 2, pp. 9–16 (2005).

[80] X. Fu, T. Bultan and J. Su: Analysis of interacting BPEL web services, *WWW '04 Proceedings of the 13th international conference on World Wide Web*, pp. 621–630 (2004).

[81] J. Pasley: How BPEL and SOA are changing Web services development, *IEEE Internet Computing*, Vol. 9, No. 3, pp. 60–67 (2005).

[82] L. Baresi and S. Guinea: Towards Dynamic Monitoring of WS-BPEL Processes, *Service-*

Oriented Computing - ICSOC 2005, Vol. 3826, pp. 269–282 (2005).

[83] エコーネットコンソーシアム: http://www.echonet.gr.jp/.

[84] S. Matsumoto: Echonet: A Home Network Standard, *IEEE Pervasive Computing*, Vol. 9, No. 3, pp. 88 – 92 (2010).

[85] D. L. N. Alliance: dlna Consumer Home, http://jp.dlna.org/.

[86] 中西正洋, 畠中理英, 尾上孝雄: 家電機器向けユーザインタフェース管理システム, 画像電子学会誌, Vol. 42, No. 1, pp. 81–88 (2013).

[87] シャープ株式会社: SJ-GF60W, http://www.sharp.co.jp/reizo/product/sjgf60w/.

[88] 杉本圭優, 柵富雄: スマートフォンにおける高齢者向けユーザインタフェース設計の取り組み, *INTEC TECHNICAL JOURNAL*, Vol. 12, pp. 36–43 (2012).

[89] Yahoo! JAPAN: Yahoo! JAPAN for AQUOS - 液晶テレビ AQUOS 向け専用インターネットサービス, http://aquos.yahoo.co.jp/.

[90] 平田真章, 千葉雅裕, 仁田壮一: 携帯電話向けブログクライアントの開発, 情報処理学会研究報告, Vol. HI-114, No. 4, pp. 25–30 (2005).

[91] 中西正洋, 樫東清貴, 千葉雅裕, 片山三千太, 小野修一郎, 尾上孝雄: 組込み機器向け文書配信システム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2008, No. 34, pp. 75–80 (2008).

[92] 中西正洋, 坂倉健太郎, 財満博昭, 畑山尚毅, 小野修一郎: Web サービスと組込み機器の機能をシームレスに扱うプラットフォームの構築, シャープ技報, Vol. 95, No. 27, pp. 58–62 (2007).

[93] 中西正洋, 坂倉健太郎, 財満博昭, 畑山尚毅, 小野修一郎, 尾上孝雄: 組込み機器上で Web サービスを扱うプラットフォームの構築, 情報処理学会研究報告, Vol. 2007, No. 34, pp. 83–88 (2007).

[94] 中西正洋, 樫東清貴, 片山三千太, 小野修一郎, 尾上孝雄: 組込み機器の操作反応速度再現方式, 電子情報通信学会技術報告, Vol. HIP2007-170(2008-03), pp. 67–72 (2008).

[95] 中西正洋, 小野修一郎, 尾上孝雄: 雛型を用いた携帯電話向け User Interface システムの開発, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 7(4), pp. 265–267 (2008).

[96] 中西正洋, 小野修一郎, 尾上孝雄: 雛形を用いた携帯電話向けユーザインタフェース管理システムの開発, 組込みシステムシンポジウム 2008, Vol. 2008, No. 9, pp. 99–106 (2008).

[97] D. A. Bowman, E. Kruijff, J. Joseph J. LaViola and I. Poupyrev: 3D ユーザインタフェース, 丸善 (2005).

[98] N. Kohtake, R. Ohsawa, T. Yonezawa, K. Takashio and H. Tokuda: Collaboration Scheme Based on Blockable Appliances for Ubiquitous Environment, *Transactions of IPSJ*, Vol. 48, No. 3, pp. 1405–1416 (2007).

[99] M. Nakanishi and T. Onoye: An approach to efficient collaboration of embedded devices with different functions, *in Proc. IEEE International Symposium on Consumer Electronics(ISCE2009)*, Vol. 2009, pp. 201–209 (2009).

[100] Yahoo Japan Corporation: Yahoo! JAPAN, http://www.yahoo.co.jp/.

[101] E. Foundation: Eclipse - The Eclipse Foundation open source community website, http://www.eclipse.org/.

[102] Apache ソフトウェア財団: Apache Tomcat - Welcome!, http://tomcat.apache.org/.

[103] MySQL: http://www.mysql.com/.