

静岡大学 博士論文

ヒューマン・セントリック社会の実現に向けた  
技術革新に関する研究

2014年12月

大学院 自然科学系教育部

情報科学専攻

富田 達夫



## 要旨

情報通信技術（ICT: Information and Communication Technology）を含む技術の発展は人々を幸せにしてきた筈であった。しかし今、電子メールの洪水や風評被害、個人情報漏洩、文化への影響等が、人々の幸せを目減りさせているようにすら感じられる。技術が進歩しても、地球や人間はそれに歩調を合わせて変化するわけにはいかない。ICTに携わる者としてこの状況を少しでも打破するため、これまでのような、機能、速度、信頼性の向上に基づく自動化や効率化にとどまらず、人に寄り添い、人に優しく使い勝手の良い、一方でセキュリティ面での安全性を具備したICTをめざしていかなければならない。ヒューマン・セントリック・コンピューティング（HCC）という新しい視点を導入することにより実現しようと考えている。

本論文では、HCCという新しい考え方を提案し、さらにHCCによって達成しようとしている効果について説明し、HCCが目指す社会の実現のために必要な要素技術について研究を行い、その成果を紹介する。また、個性を持った個々の人に合わせた真のHCC技術の実現のためには、多くの場合サイエンスに裏打ちされた高度なテクノロジーが要請される。従って基礎研究の深化がきわめて重要であり、さらに基礎研究とそれを商品にまで繋いでいく開発プロセスを考察することがHCC実現の肝になる。そこで技術管理の研究に関わる考察も併せて行い、新たな商品開発プロセスの提案も行う。

第1章では、時代の変化、価値観の変化の中で、今、何故、HCCという概念が必要かということの説明をする。

第2章では、HCCの概念、すなわち人の知的能力を強化することによって、複雑になった社会の中で、多様性を持ったそれぞれの人が幸せに暮らせるように、また安全で持続性を持った生活を送ることができるようにICTがサポートする考え方について解説する。HCCの考え方を提案し、さらにHCCによって達成しようとしている効果について説明し、HCCが目指す社会の実現のために必要な要素技術について紹介する。特に、HCCの中核となる要素技術、すなわち人間の能力を最大限に引き出し、強化するヒューマン・エンパワーメント技術、およびHCCを取り巻く周辺技術を概説する。

第3章では、ヒューマン・エンパワーメント技術の中から、第一に、バックエンドICTと人間のタイミングを調整し、人の状況に応じて最適なICT環境を提供していく技術である動的デスクトップ技術を、第二に、人と人のコラボレーションにICTが積極的に関与していく技術として、実社会における作業の優先度や多重に起こる割り込み作業を最適に制御していくデバイス・アンサンブル技術、この二つの技術の研究成果を説明する。スマートフォンを使ったプロトタイプを作成し、レスポンスやスケーラビリティ等の実用性の評価を行い、成果を確認した。これらの実証実験を通して、これらの

技術が要となり、スマートフォンのセキュリティ脆弱性を克服し、業務利用に耐える使い勝手の良いヒューマン・エンパワーメントの有効性を確認した。

この二つの技術のほかにヒューマン・エンパワーメント技術として重要なものとして「人間とICTとのインターフェース」がある。この技術については長い期間かけて研究を進めてきたが、どこまで自然なインターフェースができるか、さらなる使い勝手を求めて終わりのない研究が必要だと痛感している。われわれは携帯電話という商品の中で、使い勝手のさらなる極みを求めて様々な実証実験を繰り返してきた。この中で、サイエンスに基づく基礎研究がいかに重大であるかについても改めてわかってきた。更に基礎研究を実商品に繋いでいくプロセスがいかに難しいかということも経験してきた。

第4章では、このプロセスについて詳しく展開していく。筆者の所属する企業で、長年にわたるヒット商品となった中高年齢向け携帯電話端末を例にとり、その開発の成功事例を通して、基礎研究の成果を商品開発に効果的に利用する仕組みを考察する。そしてヒューマン・セントリック社会の実現に向けて技術革新をもたらすプロセス、基礎研究のありようについて論じ、基礎研究と商品開発のプロセスを連携させ繋いでいく新しい商品開発プロセスの提案を行い、その有効性を検証した。

第5章で、この論文のまとめを行う。変化の激しい、多様性の時代にあって、人が本当に求めるICTはまだ不十分であり、開発すべき技術も多く存在する。見せ掛けだけのトレンドに惑わされることなく、真のサイエンスに基づいた技術でHCCを極めていく。そのために基礎研究と商品化を繋ぐプロセスを実行し、併せてこのプロセスを実行できる人材の育成を今後、継続して取り組んでいく。

# 目次

<b>第 1 章 序論</b> .....	<b>1</b>
1.1. 社会環境 .....	1
1.2. 現状の ICT の課題 .....	2
1.3. 技術革新を生み出す研究開発の課題 .....	4
1.4. ヒューマン・セントリック社会 .....	5
<b>第 2 章 ヒューマン・セントリック・コンピューティングに関する考察</b> .....	<b>9</b>
2.1. 背景 .....	9
2.2. 概念 .....	10
2.2.1. サービスに見守られた社会 .....	13
2.2.2. 社会ホルモン .....	15
2.2.3. ツリー構造からネットワーク型へ .....	17
2.2.4. 社会の成長を支えるプラットフォーム .....	18
2.3. 技術 .....	20
2.3.1. ヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメイン .....	21
2.3.2. インテリジェント・ソサエティ・ドメイン .....	24
2.3.3. クラウド・コンピューティング・ドメイン .....	26
2.4. 結論 .....	28
<b>第 3 章 ヒューマン・セントリック・コンピューティングの実現技術</b> .....	<b>29</b>
3.1. スマートフォンの動的デスクトップシステム .....	30
3.1.1. 背景 .....	30
3.1.2. 関連技術 .....	33
3.1.3. 動的デスクトップのアーキテクチャ .....	34
3.1.4. 動的デスクトップの実装 .....	38
3.1.5. 動的デスクトップの実用性評価 .....	43
3.1.6. まとめ .....	47
3.2. 多重割り込み可能なタスク駆動型デバイス・アンサンブル・システム .....	48
3.2.1. 背景 .....	48
3.2.2. 関連研究 .....	49
3.2.3. タスク駆動型デバイス・アンサンブル .....	51
3.2.4. 試作システム .....	55
3.2.5. 評価 .....	60

3.2.6.  まとめ .....	6 6
3.3.  ヒューマン・インターフェース技術 .....	6 7
<b>第 4 章  基礎研究の深化に基づく商品の開発プロセスに関する考察 .....</b>	<b>6 9</b>
4.1.  背景 .....	6 9
4.2.  基礎研究と商品開発のギャップ .....	7 1
4.2.1.  複雑化する研究プロセス .....	7 1
4.2.2.  時間軸で議論する必要性 .....	7 1
4.2.3.  現在の開発体制の課題 .....	7 3
4.2.4.  採り得る施策 .....	7 5
4.3.  製品開発の事例 .....	7 6
4.3.1.  シニア向け携帯電話の開発事例 .....	7 6
4.3.2.  事例 1：モーションセンシング技術 .....	7 7
4.3.3.  事例 2：音声信号処理技術 .....	8 0
4.3.4.  成功要因のまとめ .....	8 2
4.4.  基礎研究と商品開発を繋ぐプロセス .....	8 3
4.4.1.  繋ぐプロセスの位置づけ .....	8 3
4.4.2.  繋ぐプロセスを起動する仕組み .....	8 4
4.4.3.  開発事例を使った繋ぐプロセスの動作 .....	8 5
4.4.4.  考察 .....	8 9
4.5.  結論 .....	9 1
<b>第 5 章  結論 .....</b>	<b>9 3</b>
謝辞 .....	9 7
参考文献 .....	9 9
論文業績 .....	1 0 9

## 図と表の目次

図 1.1	本論文の構成イメージ.....	6
図 2.1	人とICTの関係の移り変わり.....	10
図 2.2	ヒューマン・セントリック・コンピューティングのモデル.....	11
図 2.3	医療サービスのプロセス例.....	13
図 2.4	適切な情報に基づく判断による社会のあるべき姿.....	15
図 2.5	多重の信頼の場としての Social capital.....	19
図 2.6	2つの輪をもつHCCのアーキテクチャ.....	20
図 2.7	ロケーション・アウェア・サービス.....	22
図 2.8	くまロボットを用いたコミュニケーション実験.....	23
図 2.9	マルチメディア情報検索システム (MIRACLES).....	24
図 2.10	農業技術の暗黙知から形式知への変換.....	25
図 2.11	資源プール化アーキテクチャ.....	26
図 2.12	光と熱によるパワージェネレータ (エネルギー・ハーベスティング技術) ..	27
図 3.1	動的デスクトップシステムの動作イメージ.....	32
図 3.2	動的デスクトップシステムのアーキテクチャ.....	34
図 3.3	動的デスクトップシステムのプロトタイプシステムの構成.....	38
図 3.4	スマートフォン上の動的デスクトップの例.....	41
図 3.5	富士通フォーラム 2012 の様子.....	43
図 3.6	展示ゾーンごとの展示紹介と位置表示画面.....	44
図 3.7	休憩ゾーンの画面.....	44
図 3.8	ある来場者の軌跡.....	45
図 3.9	タスク駆動型デバイス・アンサンブルのコンセプト.....	51
図 3.10	多重割込みを扱うためのタスク状態管理.....	52
図 3.11	タスク割込み制御のシーケンス図.....	53
図 3.12	試作システム構成.....	56
図 3.13	試作システムにおけるユーザ端末のスクリーンショット.....	60
図 3.14	タスク割込みに対する経過時間.....	61
図 3.15	試作システムでのタスク・イベント処理時間.....	64
図 3.16	1タスク・シナリオでのタスク処理能力.....	65
図 3.17	3タスク・シナリオでのタスク処理能力.....	65

図 4.1	基礎研究と製品開発プロセスの関連 .....	7 2
図 4.2	繋ぐプロセスの要件 .....	8 3
図 4.3	繋ぐプロセス：内部構造 .....	8 4
図 4.4	繋ぐプロセスの形成：モーションセンシング技術 .....	8 5
図 4.5	繋ぐプロセスの形成：音声信号処理技術 .....	8 7
図 4.6	繋ぐプロセス：運用モデル.....	8 9
図 5.1	本論文の成果 .....	9 4
表 3.1	アプリケーションパッケージの構成例 .....	4 0
表 3.2	試行のまとめ .....	4 6
表 3.3	試作システムのハードウェア仕様 .....	5 7
表 3.4	試作システムのタスクアプリケーション .....	5 9
表 3.5	機器連携に対する経過時間.....	6 2



# 第1章 序論

## 1.1. 社会環境

ICT(Information and Communication Technology: 情報通信技術)の急激な普及に伴い、誰もがインターネットで世界中の情報に瞬時にふれることができる。その結果、世界中で起きている様々な事件が遠く離れたところでも知ることができるようになった。世界の距離は縮まり、遠いところの事件がすぐに身の回りの世界に影響するようになってきた。世界は狭くなり、常に世界規模、地球規模でものごとを考えないと解決できない問題が山積みになってきている[1]。

日本の人口は減少している[2]一方で、世界の人口は増加し、エネルギー問題、食糧問題、水の問題を誘引している。文明の進歩が地球環境問題を引き起こし、資本主義の進行が格差社会を生み出している。文明の進んだ地域では価値観が、これまでの利益や効率から心の幸せへと移る中、発展途上国では利益、効率を求めた開発が飛躍的な速度で進められている。一方、食糧や衛生その他のあらゆる分野で、未開に近い状態の地域も今なお厳然と存在している。宗教による対立に根差した紛争は後を絶たない。

輻輳する社会問題、異なる価値観、宗教思想の問題は一朝一夕に解決できる問題では無いかもしれない。しかし、この中には確実に ICT が輻輳する問題を解決し、社会を変え得る可能性を持っているものが存在する。複雑に絡み合った問題の最適解を見つけ出す可能性を ICT は持っている。

しかしながら、現在の ICT の状況はまだまだ様々な課題を抱えている。現在のテクノロジーだけでは解決できない課題は山積みである。日本を含む文明の進んだ社会に視点を変えてみても、確かに ICT の進化により、社会の効率は進み、便利と感じる社会が実現しつつある。しかし、一方で価値観が大きく変化する中で、人の幸せという観点で ICT は真に貢献できているのかどうか考える必要がある。すべての人に優しい社会の実現に ICT は役にたっているのだろうかという問題意識を持つ必要がある。

以下に、こうした観点でとらえた現状の ICT の課題を整理する。

## 1.2. 現状の ICT の課題

半導体の発展に併せてコンピュータの性能が飛躍的に向上し、ネットワーク技術も進展し、ストレージの容量も爆発的な情報量に対応可能となってきている。確かにビッグデータ時代は到来しつつある。しかしながら、1.1 節で述べたとおり、ICT には輻輳する社会問題や、多様性を持った人々の一人一人に対応したサービスという観点で、テクノロジー的にも様々な課題を持っていると考える。

企業内に目を向けると、ICT が様々な業務システムに使われることにより、業務の効率、すなわち生産性や事務効率も飛躍的に向上している。本来ならこの利益を投資に回し新たな価値を生む商品の開発等に注力することによって企業の発展を目指すべきである。しかしながら、一方では、業務間の連携作業や個別対応的業務に代表されるように、一部の人手による処理や入力、判断がいたるところで行われていて、大幅なリソース削減にはつながっていない。こうした人手を介するところにこそ、ICT がカバーすべき課題が存在している。また、価値を生む新しい商品開発の部分についても、ICT の利活用は必ずしも十分に進められてはいない。マーケティング、デザイン、企画、設計といった上流の開発作業において、確かに部分的には ICT の活用は進んでいるが、大半は人の勘に頼った判断や企画が進められているのも事実である。

第一次産業においても、ICT はまだ十分に役に立っているとは言い難い[3]。一部、農業の工業化といった事例を耳にするようにはなってきたが、農業、漁業、林業の現場の環境把握や天候等の外部状況を正しく見極め、それらと生産作業との関連を過去のデータや、科学的知見と結びつけ、さらに現場に蓄積されたノウハウと結び付けられれば効率の良い第一次産業が生まれうると考えている。しかし、現実にはまだ、人の勘に頼っているところが非常に多く、現場それぞれのノウハウも充分には連携されていない。

これらの例から、現場力に弱いという課題が ICT には存在していると考えている。システム間の連携にも弱いという課題がある。

コンシューマ領域について目を向けてみると、パーソナルコンピュータの進展、携帯電話の普及、そしてスマート端末の台頭とテクノロジーの発展[4]には目を見張るものがあり、人々の文化を変えつつあることもまぎれもない事実であるが、一方で、膨大な情報の氾濫による風評被害も起きている。また、若者をターゲットとした使い勝手やファッション性を求めるあまり、デジタル・デバイドの問題を引き起こしている[5][6]。メールやソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) にコントロールされる若者の中毒現象も見られるようになってきた。歩いているときも、入浴中もスマートフォン

を手放せない状況、睡眠を減らしてまでスマートフォンに向かう状況は、万人の幸せに貢献しているとは考えにくい[7]。

富士通研究所では、らくらくホンと呼ばれる中高年齢層向け携帯電話の一部の技術を開発し、人に優しいインターフェースはどうあるべきかについて、様々な試行を進めてきた。使い勝手というものの奥の深さも学んできた。また、良かれと思って作った機能が、予想もしない使い方の中で不具合を発生させたり、一部の人には全く使いこなせない機能になってしまったことも何度か経験してきた。これらの経験を通じて、われわれにとって必要なことは、今以上に現場の人に寄り添えるインターフェースの開発を進めることが急務であると考えている[8]。

このように、ICTの課題解決には、現場やシステム間のつなぎ等に携わる人に着目し、個々の人間の視点に立ったアプローチを進めることが必須であり、ヒューマン・セントリックな考え方の導入が重要であるとする。

### 1.3. 技術革新を生み出す研究開発の課題

1.2 節で述べたように、富士通株式会社では中高年齢層向け携帯電話の開発を進めてきたが、この製品は爆発的なしかも長期的なヒット商品となった。しかし、この商品は特殊な成功例であり、様々な商品開発の中では、すべてがうまくいったわけではない。

特に最近の製品開発サイクルは更に短くなる傾向があり、製品寿命も縮まってきている。従来のようにじっくりと腰を据えた基礎研究や、品質重視の商品化はうまく機能しない状況になってきた。一方で、ファッション性をもとめる商品企画の中で、ともすれば目先の客寄せにこだわる機能にだけ目が行き、きちんとしたサイエンスに裏打ちされたテクノロジーをもった商品開発が進めにくい傾向が出てきた。しかし、サイエンスに裏打ちされていない表面だけの機能は早晩飽きられ、また技術を持ったものに淘汰されていく。商品サイクルの短さという名に騙されて表層的な機能での商品開発を続けることは、企業の活動の源泉となるべき底力を削ぐことになり、結果としてコスト競争だけの消耗戦となり、利益を生みにくい構造を生み出している。

世の中は出口志向ということで、企業の基礎研究部門に早期の結果を求める流れが生まれてきている[9]。大学でも出口を強く求める動きが加速してきている。もとより、きちんとした出口への見通しを持ちながら研究することは重要であるが、それでも基礎研究には時間と資金を必要とする。

業務プロセスの時間軸が異なる基礎研究と商品開発をいかにつなげていき、基礎研究に裏打ちされたテクノロジーを持った商品開発をタイムリーに進めていくか、今企業は技術経営の転換点を迎えていると考えている。そして、これが解決できれば、このことはヒューマン・セントリックな ICT 商品の開発にもきわめて有効であると確信している。前述の中高年齢向け携帯電話の成功例から、この基礎研究プロセスと商品開発プロセス間の連携の課題について解を見つけていく。

## 1.4. ヒューマン・セントリック社会

世界で起きている変化、ICTの急速な進歩と課題、技術経営の変換点、人々の心に起きている価値観の変化、そうした時代背景の中で、人間を中心としたICTの技術の展開こそが望まれていることであり、様々に輻輳する時代における多様性の時代の課題解決策になり得るという確信を持っている。

富士通株式会社では、2010年からヒューマン・セントリック・インテリジェント・ソサエティを企業のビジョンとして打ち出し[10]、筆者もそのビジョンを実現するための研究を進めてきた。最近になって、様々な学会でヒューマン・セントリックあるいは人間中心設計という言葉が使われ始めてきている[11-17]。筆者は富士通研究所の経営者として、世の中のこうした動きに先行してこの概念をまとめ、技術として展開してきたという自負があり、本論文をまとめる大きな動機となった。

ICT関連でのヒューマン・セントリックに関する関連論文[18-31]では、主に使い勝手や、ユニバーサルデザインといったアプローチが多く、ICTシステム全体の議論にはなっていない。本論文では、ICTシステム全体としての議論を展開し、それを支えるプラットフォーム、アーキテクチャの検討を充分に行うことで、新規性のある取り組みになると確信している。また、企業の経営陣の一員として推進してきたことを生かし、本論文の特徴を出していきたい。

本論文の2章以下の構成を図1.1に示す。

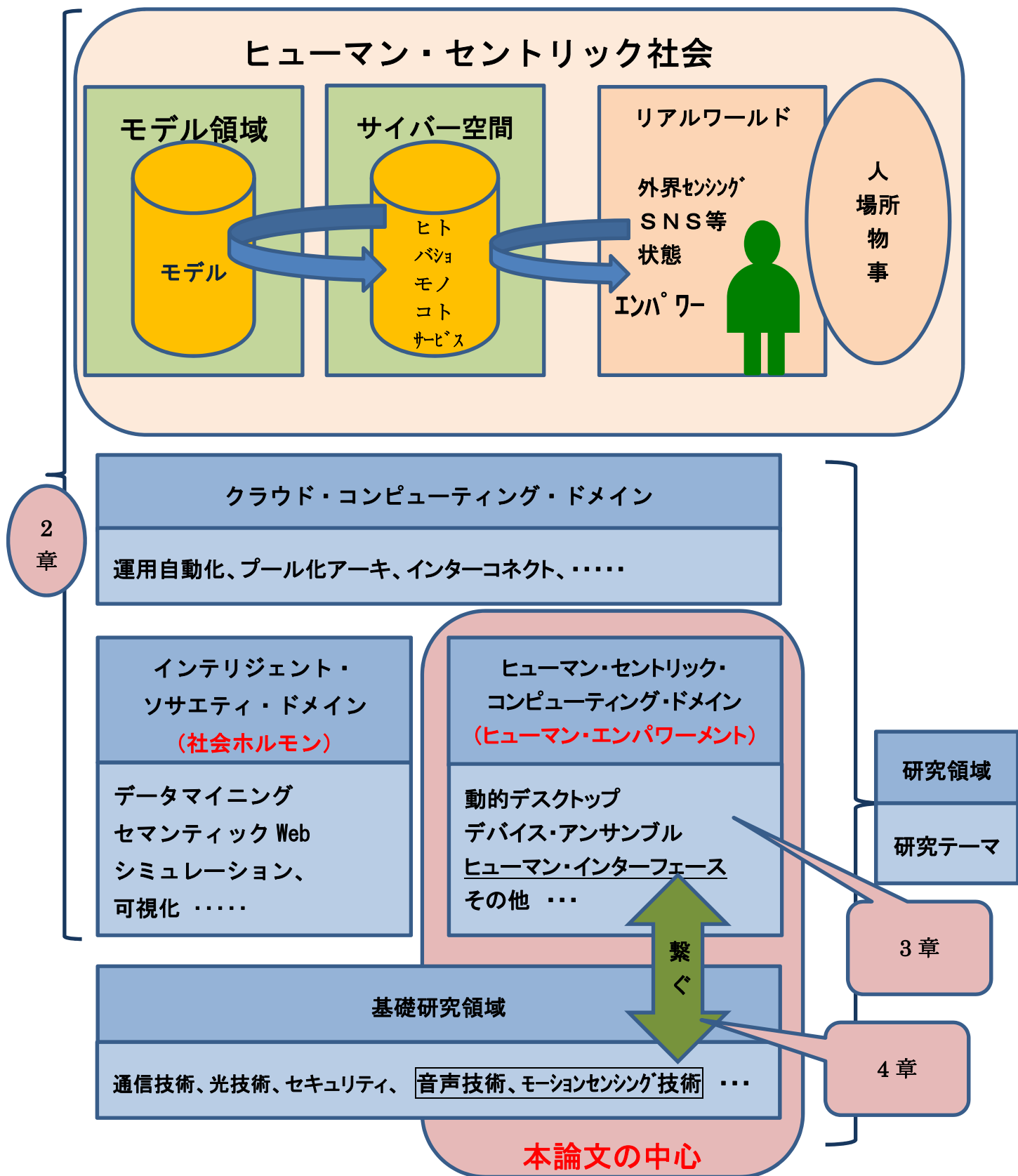


図 1.1 本論文の構成イメージ

第2章でヒューマン・セントリック・コンピューティングの概念を述べ、ヒューマン・セントリック社会の実現に向けた技術革新に関する3つのイノベーティブな研究分野、すなわち、ヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメイン、第二にインテリジェント・ソサエティ・ドメイン、そして第三にクラウド・コンピューティング・ドメイン、この3つの領域について概括する。そして本論文が主として対象とするドメインをヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメインと定め、このドメインの目的をヒューマン・エンパワーメントという言葉でまとめている。このヒューマン・エンパワーメントを支える代表的な技術を紹介する。

第3章では第2章で述べるヒューマン・エンパワーメントを支える代表的な2つの技術について詳述する。これは、近い将来必要となる技術であり、現在研究中の技術で、プロトタイプの実行により有効性を確認しようとするものである。また、さまざまな研究が進められているヒューマン・インターフェースの技術についても概括する。

第4章では、このヒューマン・インターフェースの技術について、これまで多くの実証を行ってきた中高年齢向け携帯電話開発の実例を通して、その技術を実現するうえで最も大きな課題であった、基礎研究と製品化プロセスをいかにタイムリーに繋いで、サイエンスに裏打ちされたテクノロジーを商品に取り込んでいくか、その仕組みについて詳しく論じ、技術経営の視点から新たに「基礎研究プロセスと商品化を繋ぐプロセス」を考案し提案する。

第5章でまとめと今後の課題を述べる。





## 第2章 ヒューマン・セントリック・コンピューティングに関する考察

### 2.1. 背景

技術の進歩は、食糧の生産を増やし、病気を治し、辛い肉体労働を軽減し、人々が見聞きする世界を広げ、遠くの友人との会話を可能とし、親しい人の笑顔を忘れない様に記録することで人々を幸せ[32][33]にしてきた。

その一方で、地球の環境への思いもかけない影響が人々の生活の持続可能性を脅かし、増え続けるコミュニケーションや情報が人々の日々の生活をせわしないものにし、人々の幸せを目減りさせていると考えられる。

技術は進展しても、地球や人間はそれに歩調を合わせて変化する訳にはいかないことが、この状況を生み出していると見ることができる。ICT 分野について考えると、電子メールの浸透で一日に届くメールの数が 300 通を越える様になっても、人の手紙を読むスピードが上がる訳ではない。大量の写真や書類をハードディスクに保存したとしても、それを利用するためには1つ1つ見る必要がある。仕事上で使う業務システムが進歩すれば、それをうまく使う方法を学び、今までよりも効率良く流れる業務プロセスに自分を合わせて行かなければならない。地球環境への影響を考えながら生活しようとしても、自分の行為の影響度を知るためにはデータを探して記憶し、日々の生活の中でそれを思い出すことによって正しい行動にむすびつけていくことが可能となる。

技術の進歩が生み出した世界は、人々が裸の知的能力を持って対峙するには、複雑になり過ぎてしまっているという問題意識を筆者は持っている[7]。ICT に携わる者としてこの様な状況を改善しようとする時、ICT の機能、速度、信頼性などをさらに向上し、自動化、効率化を追求することは依然として重要だが、それだけでは人々の幸せに貢献できない時代が来ていると考える。本研究では、異なる視点でこの問題に取り組むことを考える。

## 2.2. 概念

富士通研究所はヒューマン・セントリック・コンピューティング（HCC）によって、この状況に対応して行こうとしている。HCC は、ICT システムの強化だけでなく、人間の知的能力自体を強化・サポートしていくことで問題にアプローチする考え方である。HCC は、人と ICT が対峙するという構図ではなく、人を ICT サービスが包み込みサポートするという構図を目指している（図 2.1）。

われわれが目指すのは、人々に適切な情報とコミュニケーションを提供することによって適切な判断ができる様にサポートすることである。人を人と繋ぎ、コミュニティと繋ぎ、地域と繋ぎ、地球と繋ぐことで、人々は、個人中心の考えによるのではなく、関係性の中で生きていくことができる。

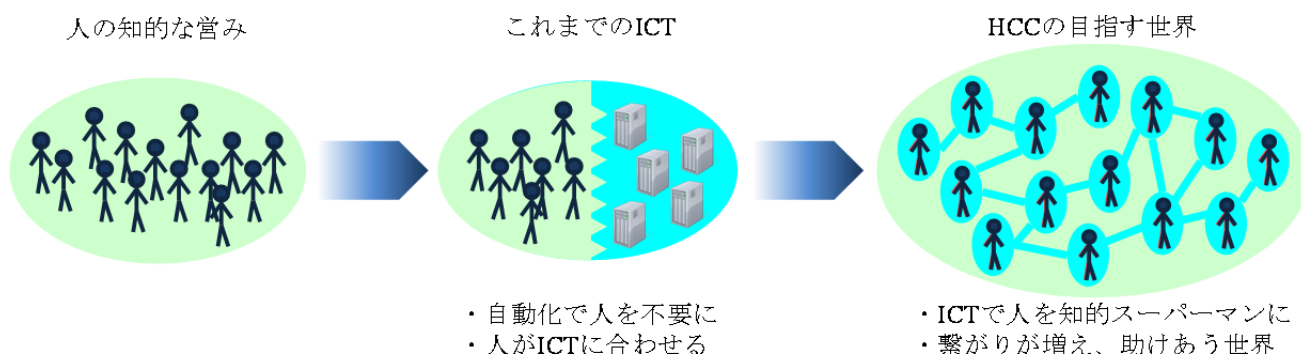


図 2.1 人とICTの関係の移り変わり

そのためには、ICTはこれまで求められて来た役割を越えて人々の生活に24時間寄り添い、人々の都合を理解して適切なサービスを提供しなければならない。今までの様に、自分が使いたいと思う時だけICTを使うのではなく、幼児から老人まで、歩いている時も座っている時も、仕事をしている時も趣味の時間も、考えている時も体を使っている時も、起きている時も寝ている時も、人々とICTの間で情報のやり取りが行われる世界を作ること、ICTは人々の知的活動をサポートし、より大きな価値を提供していくことができると考えた。

人々は、メガネをかけて視力をエンハンスする様に、自らを外部から脳を強化するしくみと繋げることで、知識、記憶、知覚、スキル、コミュニケーション能力などを強化することができる。この仕組みは利用者自身やその周囲の状況を把握するためのセンサー群を備え、それらからの情報をユーザの文脈として解釈し続ける。また、その文脈情報でクラウドに存在するサービスを検索し続け、フィットしたものをユーザに提案し続ける（図 2.2）。

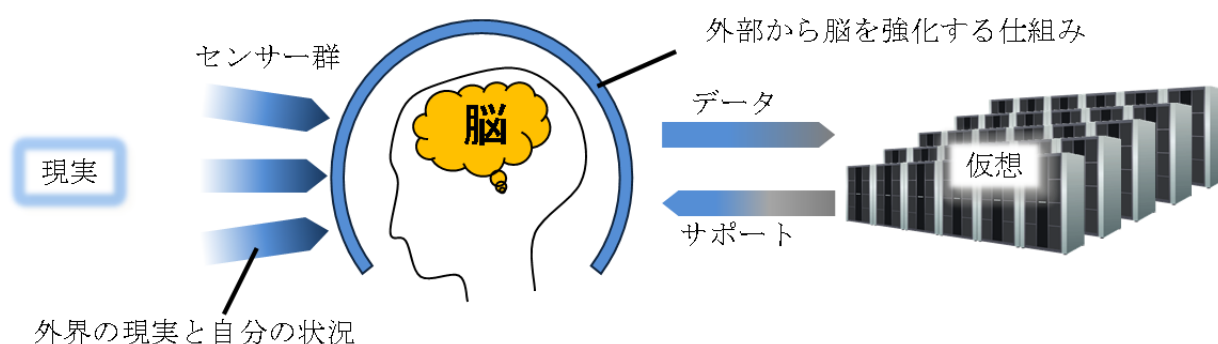


図 2.2 ヒューマン・セントリック・コンピューティングのモデル

この仕組みにより、ICT は人々の生活に細粒度なサービスを行うことが可能となる。人々がメガネの存在を普段は気にとめない様に、この仕組みも普段は存在が意識されることのないほどに、自然に人々の生活に溶け込み、人々の知的能力を様々な局面でエンハンスすることを目指している。

この様な時間・空間を越えて継続的なサービスで人々を支えること、すなわち人間の能力を強めることを「ヒューマン・エンパワーメント」と呼ぶことにする。この能力の付与によって、人々の生産性が高まり、環境に優しい判断ができる様になり、或いは、生活品質が改善されるだけでなく、これまで多くの時間を沈黙の中で過ごしてきた人々が世界と繋がり、フィードバックを得ることで幸福[32][33]が増幅されることにも繋がる可能性がある。

これは、機械が人々の生活を監視し干渉する Big Brother[34]の世界観ではない。ICT システムの側が人々に行動や考えを強要することがあってはならないと筆者は考えて

いる。ICT は人々に情報やサービスの候補を提供するだけで、人々がどの様に考え、どの様に行動するかは人々の判断に委ねることが重要である。

人々と ICT の間で情報のやり取りを可能とし、人々の知的活動をサポートしていく。ICT を身に纏うことでヒューマン・エンパワーメントを実現することが重要なポイントとなる。そのためには、以下の 3 つの技術が代表的な重要要素であると考ええる。

- ① 非常に速いバックエンド ICT と、非常に遅い人間の間で常にタイミングを調整する技術
- ② 人と人のコラボレーションへ積極的に関与する ICT の技術
- ③ 人と ICT の、より自然で使いやすいインターフェース技術

これら、①から③の技術については、本論文 2.3 節の、2.3.1 項 ヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメインのなかで詳しく説明することとし、以下では、我々が考える HCC の利用シーンや社会への影響について考えていく。

## 2.2.1. サービスに見守られた社会

人々の状況を認識し、それにフィットしたサービスを提案し続ける HCC は、人々とサービスの関係を大きく変化させる影響力を持つ。

例えば、医療サービスについて考えると、現状では、患者が医療の必要を感じ、病院を訪れて症状を説明し、医療が施されるというプロセスを踏んでいる。しかし、HCC が浸透した世界では、患者の身体状況が継続的に分析サービスに送られて分析されることになる。そして、医療の必要がある時には医療サービスの側から患者に連絡が届く(図 2.3)。

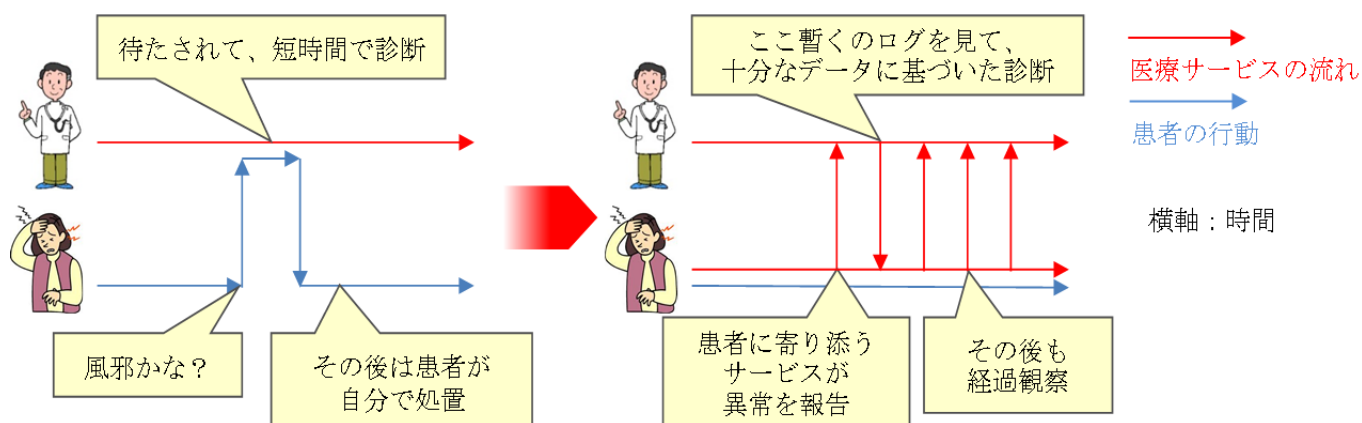


図 2.3 医療サービスのプロセス例

この世界では、医師は診療室を訪れた患者の様子だけを見て5分で診断させられることはない。患者を常に測定するなかで記録されていく身体データによって、熱がいつからどのくらい上がったか、栄養を取っているか、活動量の変化はどうかなどを普段との変化を踏まえて判断することが可能となる。患者の方でも、自ら病院を訪れたり予約を取ったりする必要はなくなる。また、インフルエンザなどの伝染病が強く疑われる場合には、人の多い待合室に長く待たずに済むような配慮を病院側がすることによって、院内での拡散を抑えることも期待できる。

HCC は、サービスと人々を時間軸で見た時に点ではなく継続的に線で触れ合わせることで、人々が様々なプロフェッショナルサービスに見守ってもらえる、安心して快適な世界をもたらす。サービス提供側にとっても、これまでよりもサービス提供の機会が増え、

また、相手の状況をより詳しく知ることによって高品質のサービスを提供しやすい世界を実現することができる。

また、HCC にカバーされる生活は、新しい安心をももたらすことも期待できる。昔の生活の中では、お得意様にかけて売りをする時に「あなたが A さんであることを証明するパスワードを入力してください」という人は居なかった。それは、人々が周囲との連続的な関係性の中で生きていたからである。

人々の関係性が薄れ、何をするにもパスワードや暗証番号に頼ることになっているのが現在の世界であるが、買い物にでかける人がいつもの「買い物支援サービス」で品物を選ぶ時、昨日と同じ声が聞こえてくればそのサービスの真正性に疑問を持つことはないし、また、サービス提供者もいつもの行動パターンや場所から外れていなければ人の認証に手間をかける必要はなくなると期待できる。

HCC によってサービスとの連続的な関係性を維持し続けることは、失われつつある「ご近所づきあい」「お得意様関係」を取り戻し、安心して快適な生活を取り戻すことに繋がる。

## 2.2.2. 社会ホルモン

人々に状況に応じた適切な情報を提供する HCC は、人間の社会をより持続可能なものにしていくことにも貢献できる。

持続可能なシステムの例として多細胞生物を考えてみると、生体内の細胞の一つ一つの能力は限られているにも関わらず、体温を維持したり血液中のブドウ糖濃度を安定させたりといったシステムとしての目標を達成している。これは、細胞間での化学物質のやり取りによって各細胞が知るべき情報をリアルタイムに伝える仕組みがあることによる。

翻って人間の社会について考えてみると、一人ひとりの人間は細胞よりも賢いが、生活の中で参照できる情報については細胞よりも貧しい場合もある。人は多くの場合、予め必要な情報を学習し状況に応じて思い出さなければならないが、人の記憶には限りがあり、忙しい中では面倒なことをわざわざ行わないからである。また、そもそも、参照すべき情報が予め与えられていない場合も多い。

しかし、リアルタイムに関連する情報が与えられると、状況は大きく変わる。エアコンの冷房温度を下げる瞬間に、その瞬間の暑さを我慢している人々の割合や、我慢することで得られる社会的なコスト削減効果が知らされ、高速道路でアクセルを踏む瞬間に、スピードを上げることによる死亡率の増加やスピードを抑えることによる保険料率の改善を示すことができれば状況は変わる可能性がある（図 2.4）。

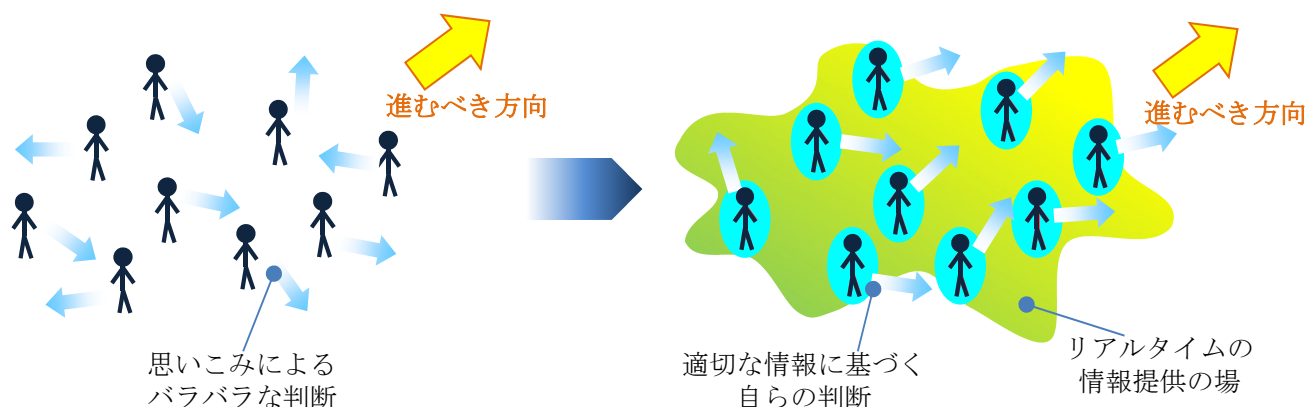


図 2.4 適切な情報に基づく判断による社会のあるべき姿

個々人が社会の中で生活して行く中で下している膨大な数の判断を促す仕組みとして、金銭、法律、モラル、知識などの既存のものに加え、状況にマッチしたリアルタイムな情報提供が大きな役割を果たす様になると考えている。

ここでは、この様な情報を社会ホルモンと定義する。HCCによってもたらされる情報、つまり、社会ホルモンは、テストステロンが人の社会的な行動に影響を及ぼす様に、人の行動に何らかの影響を及ぼすものと考えられる。社会ホルモンは人々に命令を下すものではなく、判断を支援するものである。カー・ナビゲーション・システムは曲がり角毎に情報を提示してドライブを助けてくれるが、行き先を設定し実際の判断を行うのは人間である。同様に、社会ホルモンは、判断の主体を人々に置きつつ、社会としての全体最適に近づくことを可能とする。



### 2.2.3. ツリー構造からネットワーク型へ

HCC は人々の状況に応じて ICT のサービスと人々を繋ぐだけでなく、人々が捌かなければならない大量のコミュニケーションやタスクをそれぞれの人の状況に応じて交通整理することで、人々を助けることもできる。

ICT の進化は、いたる所で人々のコミュニケーションを tree 型から network 型へと変えている[35]。社会や企業を流通する情報のトポロジーとして tree 型が長く採用されてきたが、社会と企業の優先順位が規律と効率から、幸せ[32][33]とイノベーションに移行するに従って、その役目を network 型に譲りつつある。検索技術や SNS の進化は、予め設計された tree 型ではなくアドホックな network 型の情報の流れによって、必要な情報を、その情報を必要としている人に低いコストで繋ぐことを可能としてきた。

network 型のコミュニケーションは、効率の良い問題解決やイノベーションを生み易い一方、固定的な少数の相手とのやり取りでは済まないため、大量の情報トラフィックが押し寄せて参加者の時間をうばうという問題も抱えている。network 型コミュニケーションが主流となる世界で我々に必要なのは、コミュニケーションを含めた様々なタスクの交通整理を行う機能である。

人々の日常は様々なタスクによって細分化され、そのスケジューリングが難しいものになっている。ディナーの食卓でさえスマートフォンでメールに返事を打つシーンや、重要だが緊急性の低い問題が常に後回しにされる状況は健全とは言えない。人々の幸せには心がさまよっておらず集中していることが重要だと言われているが、意識を細分化され、直前に起きたイベントに振り回される状況は、その対極にあるものである。

HCC によって、メーラ、SNS から届く外部のイベントと、スケジューラやアクション・アイテム・リストなどが引き起こす内部のイベント、実際の行動履歴などを把握し、様々な可能性の中から各時点で取るべき行動を推薦することができる。また、タスクによっては、他者へのコミュニケーションを促したり、同じタスクを抱えた人間同士を引き合わせたりすることも可能である。また、外部からの働きかけに対して、例えば詐欺の可能性を指摘するといった機能も提供できる。

人間は、多数のタスクを頭において、それを適切に切り替えながら生活する様には設計されていない。多数のタスクを記憶し切り替えるという人間が不得意なタスクを HCC の仕組みの中にオフロードすることで、人々は network 型のコミュニケーションの利点を謳歌しつつ、より幸せにより高い生産性をもって生活することができる。

#### 2.2.4. 社会の成長を支えるプラットフォーム

HCC は、持続可能な社会を実現するだけでなく、発展のフロンティアをもたらすと期待されている。それは HCC を実現するための ICT 機器のビジネスが広がるという意味だけではなく、HCC によって人々の間に流通するサービスが増え、また、社会のイノベーションが加速されるということの意味する。

例えば、食事をする際に、その皿のカロリーを表示する機能は、知識の強化と行うことができる。このような機能を実現する時、テーブル上の食事の映像からカロリーを計算するエンジンが必要となる。しかし、実は、人工知能的なアルゴリズムで画像認識を行う必要はない。その画像を管理栄養士に送れば、彼らはカロリーを計算し、栄養のバランスを確認することができるからである。

人々の知的能力を強化・サポートする機能の中には、コンピュータよりも人間の方が向いているものも多い。HCC は人々を ICT サービスに繋ぐだけでなく、サポートされる人とサポートできる人を結び、その間にサービスを流通させることを可能とする。サービス利用者の文脈を抽出し、それをサービス提供者と共有し、サービス提供者からの情報を利用者に流すことを通じて、HCC はサービス流通のプラットフォームとして機能する。

ICT の進化によって、サービス利用者とサービス提供者の間で文脈を共有し、情報を流すためのコストは劇的に下がっている。流通コストの低下が、扱われる商品のロングテール化を促した様に、今後はサービスのロングテール化が進展すると考えられる。これまでよりも細粒度で非常に多種類のサービスが膨大に提供され消費される時代が迫っている。

ここでは、このような ICT の進化がもたらすロングテール[36][37]化したサービスをマイクロサービスと定義する。これまでの ICT は効率化と自動化によって、人々を追い立て、働ける人間をより働かせ、働けない人間を排除することもあった。しかし、マイクロサービスは、管理栄養士の例の様に、これまでは隠れていたサービスに対する膨大なニーズを顕在化させ、そのニーズを満たす人々に職をもたらし、ニーズを満たされた人々には満足を与え、両者の笑顔を増やすことができる。また、経済の発展を ICT とサービスで支えることによって、物質の無駄な消費に繋がりにくい、今後成長する可能性のある新たな市場を提供することにも繋がることを期待できる。

また、サービス経済の発展だけでなく、社会のイノベーションにも HCC は貢献する。

2.2.3 項で述べた HCC によって加速する network 型のコミュニケーションによって、様々な場、人とのつながりが濃密になり、tree 型のコミュニケーションでは生まれえない多重の信頼の場という social capital の蓄積に繋がる（図 2.5）。

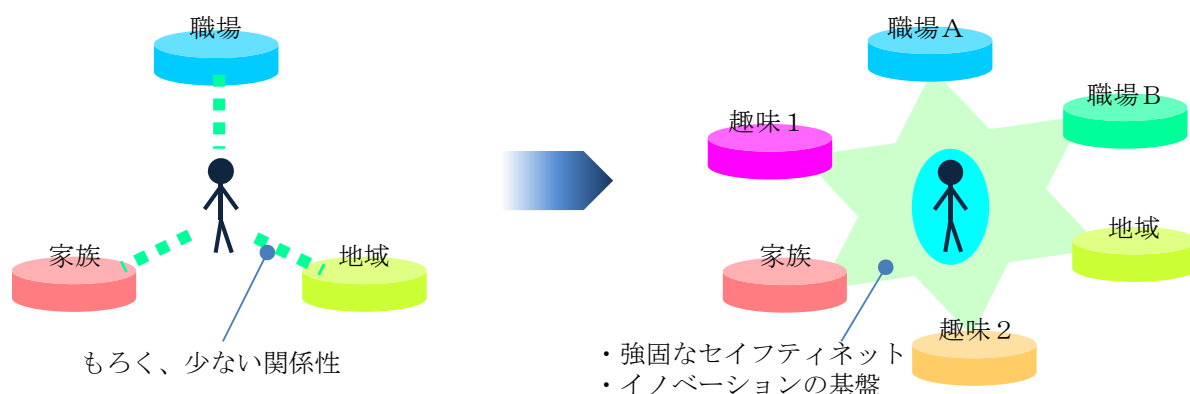


図 2.5 多重の信頼の場としての Social capital

この social capital は、頼りになるセーフティネットとして機能する。さらに、従来であれば情報不足で判断できず、イノベーションに対して後ろ向きになってしまいがちなところを social capital は人々の判断を促してくれる役割が期待できる。社会にあっても企業内にあっても、不確実性の高い状況に対してリスクを取る勇気を与えてくれるものは、信頼に裏打ちされた人間関係である。

マイクロサービス経済、network 型のコミュニケーションが生む social capital、それらを支える HCC の組み合わせは、これからの社会を支える、成長とイノベーションプラットフォームの重要な一部を担うことを想定している。

## 2.3. 技術

ヒューマン・セントリックな世界を支える ICT の構造として、筆者は2つの輪を持つアーキテクチャを考えている（図 2.6）。

図 2.6 の右側の輪は、リアルワールドをサイバー空間と結びつけるフィードバック・ループである。リアルワールドの人、場所、物、事の状況をリアルタイムにセンシングし、それをサイバー空間内に用意された対応するエンティティに反映する。

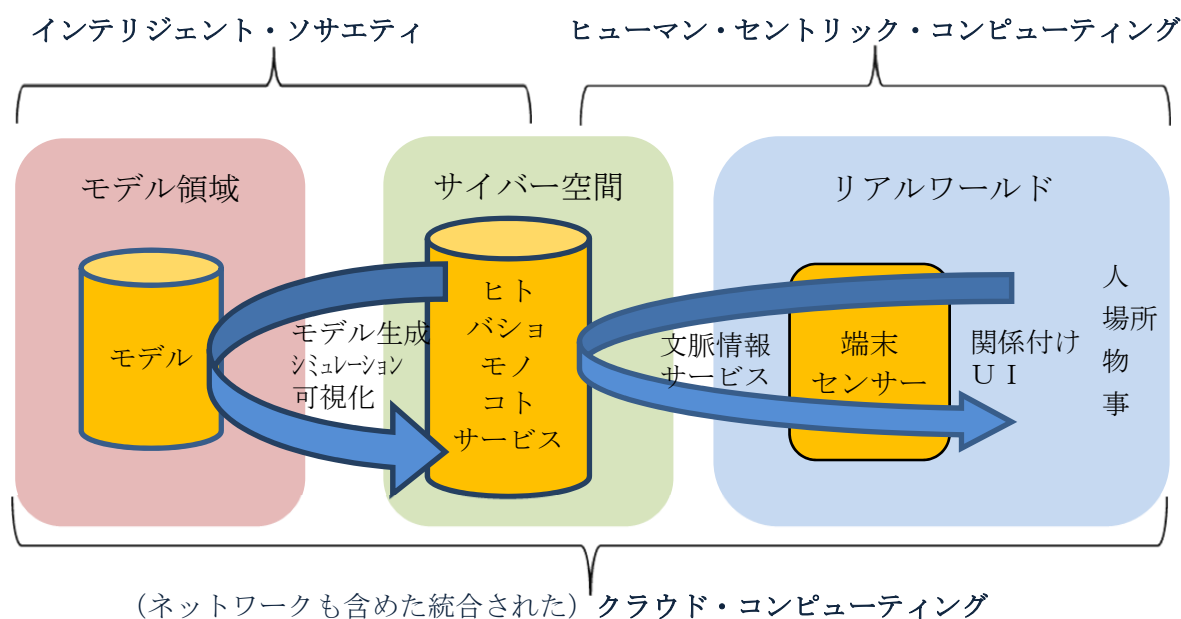


図 2.6 2つの輪をもつHCCのアーキテクチャ

もう一つの図 2.6 の左側の輪は、サイバー空間とモデルを結びつけるフィードバック・ループである。サイバー空間に蓄積される大量のリアルワールドデータからモデルを抽出し、また、それを活用してリアルワールドにフィードバックしていく。

これらの2つの輪のそれぞれに新しい技術が必要とされている。これらの領域に対し、我々は、「ヒューマン・セントリック・コンピューティング」、「インテリジェント・ソサエティ」という2つのドメインを設定し、研究開発を行っている。

また、これら2つの領域を支える、プラットフォーム技術も重要である。この2つにクラウド・コンピューティングを加えた3つのドメインにフォーカスして技術開発を進め、ヒューマン・セントリックな社会の実現を目指している。

### 2.3.1. ヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメイン

この分野では、人々と ICT の間で情報のやり取りを可能とし、人々の知的活動をサポートしていくことを目指している。ICT を身に纏うことでヒューマン・エンパワーメントを実現することが重要なポイントであり、そのためには、以下の3つの技術が重要要素となることは本論文 2.2 の概念の中でも述べた。

- ① 非常に速いバックエンド ICT と、非常に遅い人間の間で常にタイミングを調整する技術
- ② 人と人のコラボレーションへ積極的に関与する ICT の技術
- ③ 人と ICT の、より自然で使いやすいインターフェース技術

即ち、①では、人が必要と感じたとき、即座にクラウドのパワーをその人に集中させるコンテキスト・アウェアの技術である。サービス提供者の都合ではなく、サービスを受ける人の視点で欲しい機能の提供を受ける。ICT のスピードで人間の能力に合わせる技術である。ふだんは休んでいて、必要な時に即座に必要なリソースを提供する技術である。

また、②では ICT が装備され、①のコンテキストに応じて、自分のアクセス環境が即座に入手できることを実現する技術である。目の前の端末が、あたかも自分の専用端末としてすぐに活用できる環境が構築できる技術である。

3つ目の③は、人の五感をフルに活用できることが目標となる技術である。

これら①から③を支える技術としては、コンテキストコンピューティング、動的デスクトップ技術、デバイス・アンサンブル技術、そして特にコンピュータの入出力の拡張に役立つ MMI (Man-Machine Interface)、ロボティクス、マルチメディア処理技術、センサー技術などがある。

メインフレームの時代からパーソナルコンピュータの時代になり、コンピュータシステムの入出力はカードリーダーなど非常に制限されたものからマウスやビットマップディスプレイなどに拡張された。現代ではスマートフォンが出現して、コンピュータシステムは人々が見ているものを見、聞いているものを聞ける様になっている。実世界に張り巡らされたセンサー網もコンピュータに繋がり、今やコンピュータシステムは、人々が経験する世界を同じ様に経験するだけでなく、人々が経験し得ない世界までも経験できるようになっている。我々に必要なのは、この実世界とコンピュータを結ぶ新しい入出力を制御するための OS である。この OS は、一つの箱に納まったコンピュータのためのもではなく、端末、ネットワーク、クラウド・コンピューティングの全体を統合

するものとならなければならない。それは大量の入出力トラフィックを捌くだけでなく、入力をリアルタイムで解釈し、適切な出力を合成し様々な方法で人々に伝える。

例えば、ロケーション・アウェア・サービス技術の研究（図 2.7）では、人々が居る場所を精度良く認識することを実現している。パーソナルコンピュータでは、マウスによってポインターを動かしてクリックすることでソフトウェアを起動するが、ロケーション・アウェア・サービスでは実世界がパーソナルコンピュータのデスクトップとなり、人々自身がマウスの役割を果たす。

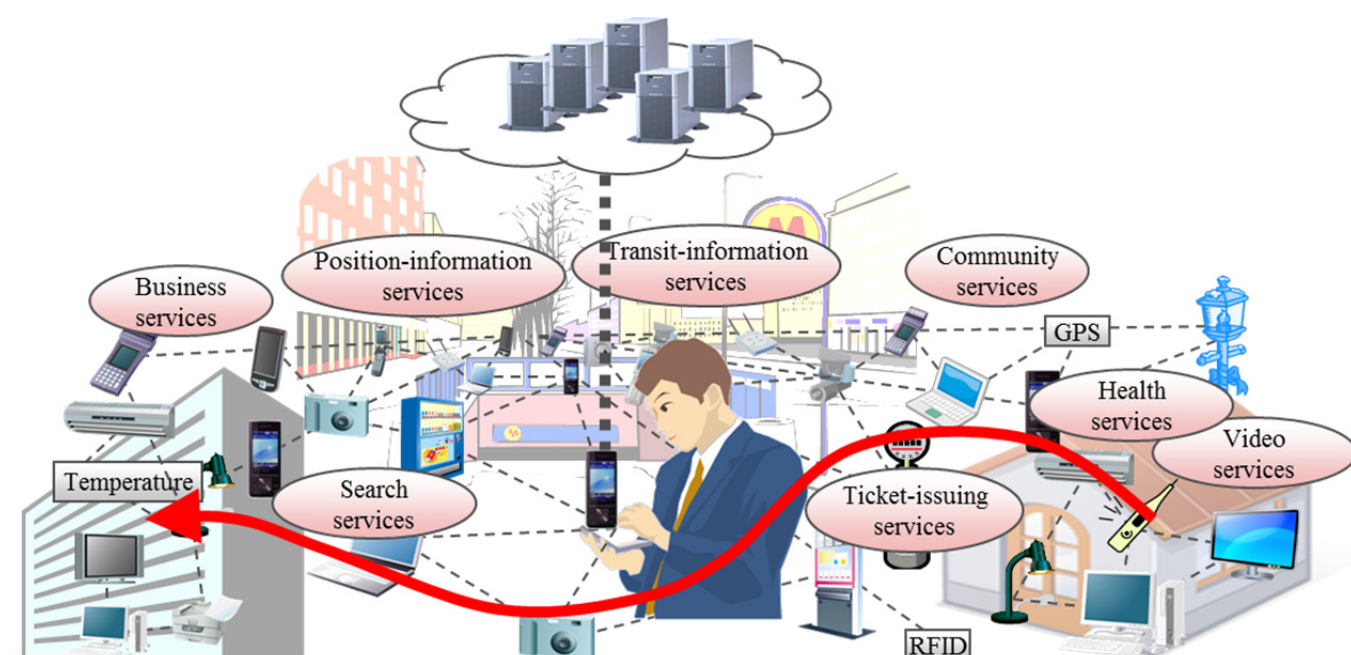


図 2.7 ロケーション・アウェア・サービス

同様に、人々が見ているものを認識して適切なサービスを提供する技術、DNA センサーによって人々には見えない情報までもコンピュータの入力として使う研究開発も進められている。

また、サービスを提供する際に、スマートフォンでビープ音を立ててユーザに気付いてもらうという従来型の考え方だけでなく、ロボットを通じたコミュニケーションを行う研究にも取り組んでいる（図 2.8）。人々の仕事を肩代わりし人々を不要にするため

のロボットではなく、人々と ICT のより良いコミュニケーションのために、人々が共感してコミュニケーションできるロボットを開発することが目標である。

さらに、多数のサービスの中から人々の状況に応じて優先順位の高いものを示したり、状況に応じてサービスの内容を調整したりする技術の研究開発も進めている。

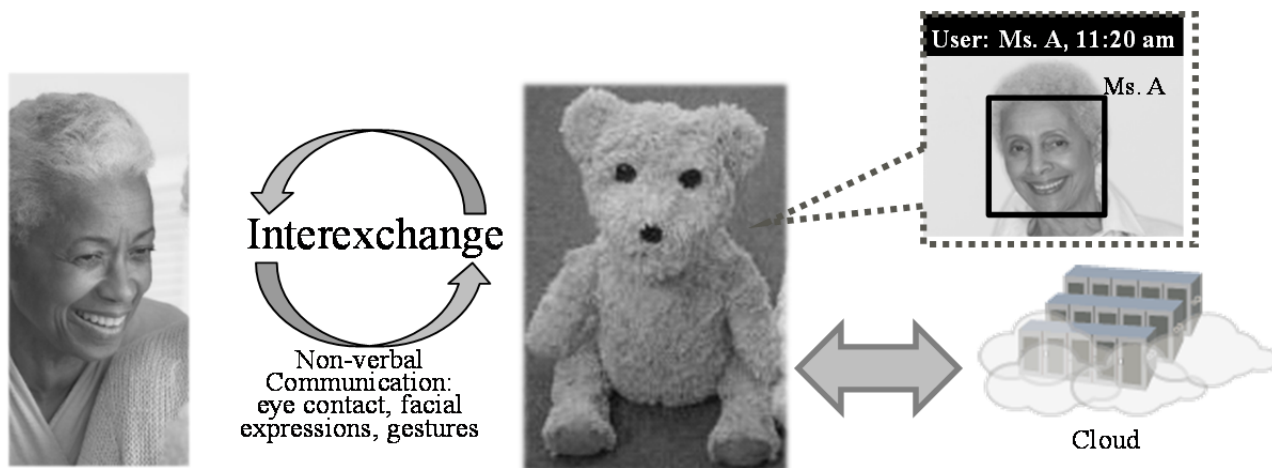


図 2.8 くまロボットを用いたコミュニケーション実験

本論文では、このヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメインが中核となるものであり、これを実現する技術、特にヒューマン・エンパワーメント技術①、②については3章の中で詳しく説明していく。また、③のヒューマン・インターフェースについては、様々な研究を進めており、富士通株式会社で商品化した中高年齢向け携帯電話のなかで、数々の技術実証を行ってきた。3章の中で、概要について紹介する。この分野は、より人間とのインターフェースを極めるという意味で終わりの無い研究ともいえる。基礎研究の裏付けが特に必要となる分野であり、更に4章の中で、基礎研究と商品化プロセスの繋ぎの考察の中でも取り上げていく。

### 2.3.2. インテリジェント・ソサエティ・ドメイン

この分野では、サイバースペースに蓄積される大量のリアルワールドデータからモデルを抽出し、また、モデルを使ってシミュレーションや可視化を行い、リアルワールドにフィードバックすることを目指している。この分野に属する研究テーマとしては、データマイニング、セマンティック Web、などの実世界知識情報処理と、シミュレーション、可視化、などの HPC(High Performance Computing)を必要とする技術がある。

実世界知識情報処理では、例えば、インターネット上に流れる大量のコメント情報や画像情報などを分析・可視化し、そこから人々の嗜好の動向をマイニングする技術の研究開発が行われている（図 2.9）。

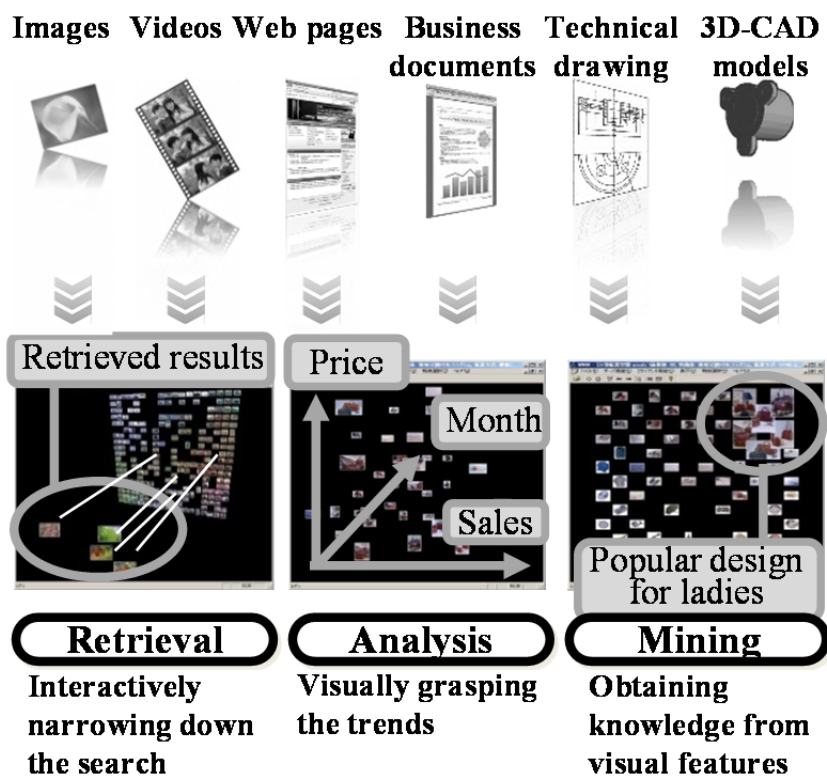


図 2.9 マルチメディア情報検索システム (MIRACLES)



また、農業従事者の作業情報（時間、場所、作業内容、作物生育情報、環境情報から農業経営の見える化を行ったり、いままで農業従事者の暗黙知による部分が大きかった農業技術の形式知化を行ったりする技術の研究開発が行われている（図 2.10）。

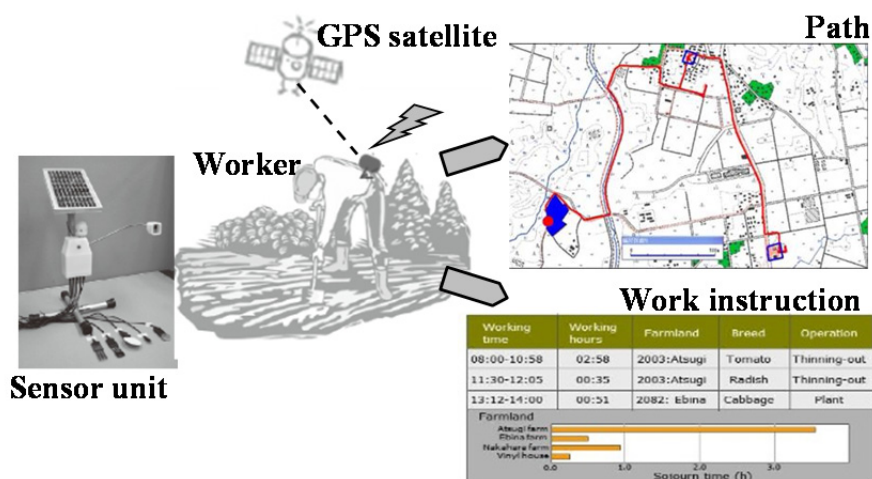


図 2.10 農業技術の暗黙知から形式知への変換

さらに、これらの処理を支えるものとして、大量に集まる実世界データから、知識情報処理や HPC が必要とする部分を整形して抜き出す技術の研究開発も行われている。ヒューマン・セントリック分野でのデータのアクセスの仕方は、人や物などのそれぞれのエンティティ毎に最近のイベントデータをアクセスするが多いが、インテリジェント・ソサエティ分野では、多数のエンティティのデータを過去に遡ってアクセスすることになるため、圧倒的に大量のデータをスキャンすることになる。このようなアクセスを最適化し一桁以上の高速化を達成する技術が研究開発されている。

社会問題はますます輻輳化しており、個々の問題解決では必ずしも全体として最適な解というわけにはいかない。2.1.2 項で述べたとおり、社会のあるべき姿が全体として想定できるならば、個々の問題を解決しながら、社会ホルモンによってあるべき方向に向かう ICT の実現も可能だと考える。

### 2.3.3. クラウド・コンピューティング・ドメイン

この分野では、上記の技術を社会に提供して行く際に要となるクラウドサービスを使い易く、また、頼れるものにすることを目指している。

この分野に属する研究テーマとしては、大量のスマート端末を 24 時間支えるスケーラビリティとディペンダビリティ、大量の実世界データを分析したり可視化したりするための HPC、高い電力効率を実現するグリーンなインフラ、運用の自動化などがあげられる。また、個人データを守ると同時に、個人データを活用した豊かなアプリケーションエコシステムを育てるためのセキュリティ・アーキテクチャも重要である。

スケーラビリティ、ディペンダビリティについては、クラウドサービスの多様化に柔軟に対応するために、ICT インフラを構成する CPU やハードディスクなどのハードウェア部品をプール化し、それらの資源を高速なインターコネクトで接続して組み合わせる資源プール化アーキテクチャを用いた次世代サーバの研究開発が行われている（図 2.11）。

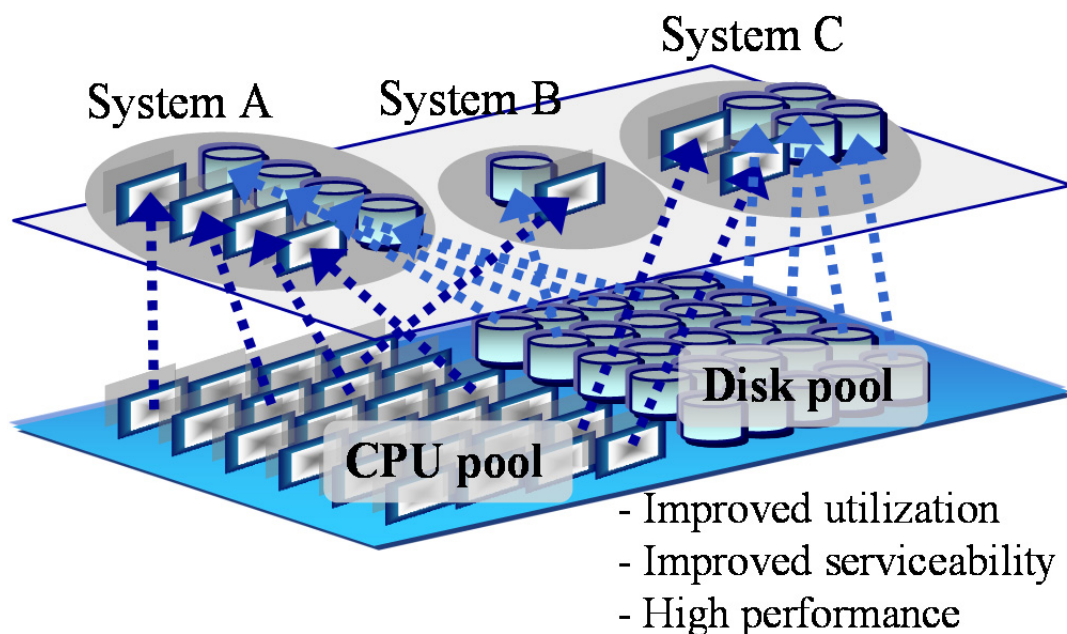


図 2.11 資源プール化アーキテクチャ

また、クラウド・コンピューティングは、データセンターの中に閉じず実世界に飛び出して、上記の新しい入出力系を含む垂直統合プラットフォームを形成するようになってきている。この垂直統合プラットフォームは、スマートフォンなどの端末、実世界に散らばる様々なセンサー、それらをデータセンターに繋ぐネットワークをも含む。

この新しく定義されつつあるクラウド・コンピューティングを支えるのは、システム技術だけではない。各所にばら撒かれたセンサーを支えるエネルギー・ハーベスティング（図 2.12）、グリーンデータセンター全体の温度を細粒度で精密に測定するファイバー温度測定などの新素材や物性に踏み込んだ研究開発も、富士通研究所で行っている。

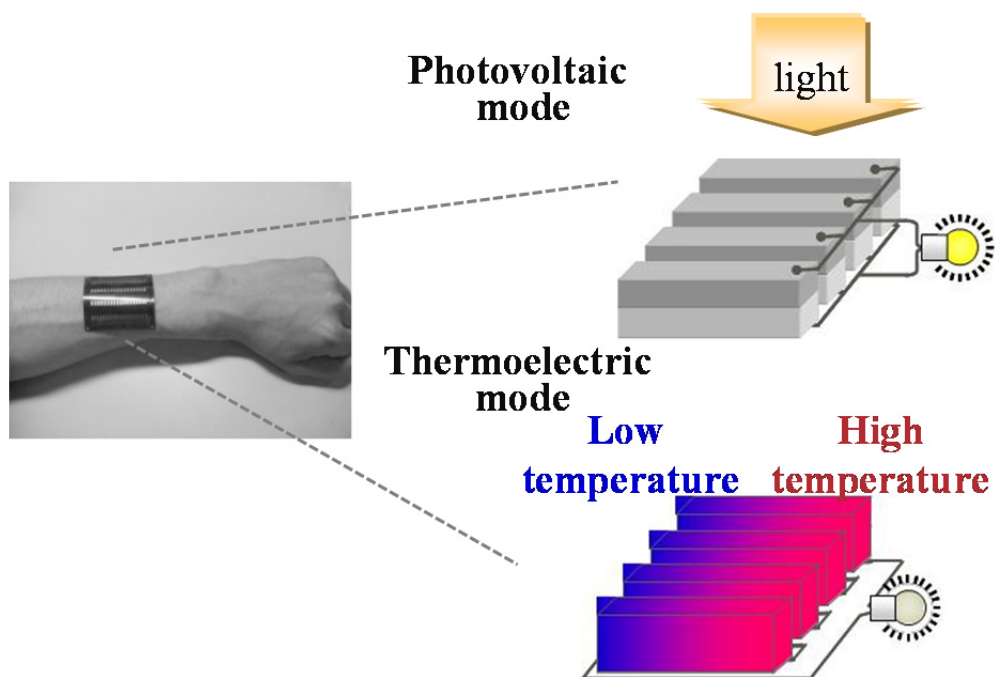


図 2.12 光と熱によるパワージェネレーター（エネルギー・ハーベスティング技術）

## 2.4. 結論

本章では、我々が提唱するヒューマン・セントリック・コンピューティングのコンセプトと技術について記述して来た。また、その研究開発を進める際の方針についても説明した。

ヒューマン・セントリック・コンピューティングのコンセプトが適用されるべき応用分野は広く、また、それを実現するための技術分野も広大である。我々の努力だけで全てをカバーすることは難しい。

そこで、我々はこのコンセプトを広く世に問い、議論を進めなければならないと考えている。その中で、我々が想像もしなかった応用や技術が生み出されることを期待している。そして、10年後の世界をよりヒューマン・セントリックな住み易いものにするために、我々は引き続き努力していく。

第3章では、ヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメインの研究に絞って、展開していくこととする。

## 第3章 ヒューマン・セントリック・コンピューティングの実現技術

本章では、第2章で紹介した技術の中から、特にヒューマン・セントリック・コンピューティング・ドメインの技術、すなわちヒューマン・エンパワーメントを構成する技術に着目する。

2.3.1 項で説明したとおり、ここには以下に示した3つの代表的な技術分野が存在する。

- ① 非常に速いバックエンド ICT と、非常に遅い人間の行動の間で常にタイミングを調整する技術
- ② 人と人のコラボレーションに積極的に関与する ICT の技術
- ③ 人と ICT の、より自然で使いやすいインターフェース技術

本章では、3.1 節で①の技術として、HCCにおけるスマートフォンの動的デスクトップシステムについて詳述する。

また、3.2 節では②の技術として、多重割り込み可能なタスク駆動型デバイス・アンサンブル・システムについて詳しく展開していく。

上記2つの研究は、ヒューマン・エンパワーメントを実現する ICT プラットフォームのアーキテクチャを含んだ仕組みに関する研究であり、今後さまざまなアプリケーションによって共通的に使われることを狙った共通基盤の研究である。

一方、③の技術、すなわち ICT と人のインターフェースすなわちヒューマン・インターフェースについては、ヒューマン・エンパワーメントの要の技術であり、多くの研究がなされ、さまざまな試みが既の実現されている。したがって、本論文では個別の研究については取り上げず、3.3 章において、富士通の携帯電話、スマートフォンで実現させている研究成果を概説するに留めた。なお、ヒューマン・インターフェースの開発には、基礎研究が重要な役割を果たし、この基礎研究をタイムリーに商品化のプロセスに繋いでいくことが求められる。そこで、第4章の「基礎研究の深化に基づく商品の開発プロセス」の展開の中で、例示技術として再度取り上げることにしていきたい。

## 3.1. スマートフォンの動的デスクトップシステム

### 3.1.1. 背景

科学技術、とりわけ情報通信技術の発展は目覚ましいものがあり、我々の生活を一変させた。人同士のコミュニケーションツールは電話やFAXから、電子メール、SNSやブログ、マイクロブログ（Twitterなど）へと発展を遂げ、コンピュータを介した通信により会話することが当たり前となった。コミュニケーションに用いるコンピュータも家庭やオフィスに据え置かれたデスクトップPCから、それと同等の機能を持つスマートフォンを主とした携帯端末へ変化しつつあり、大人から子供までスマートフォンを一人一台以上所有することが近い将来普通になると考えられる。

このような状況においても、人間自身は進化しているわけではない。これら情報通信技術（ICT）がもたらす恩恵を享受するためには、人間は機器毎に異なる動作を理解し、各機器を使いこなすための相当の努力や準備が必要となる。言い換えれば、現在はICTシステムの都合が中心の世界であり、人はそれに振り回される形になっている。

我々はヒューマン・セントリック・コンピューティングというコンセプトを基にこの問題を解消する。ヒューマン・セントリック・コンピューティングではICTシステムではなく、人の活動が中心となり、周囲のシステムが的確なサービスを提供する。人が必要になった時に人が必要な手順を踏んでシステムを使用する従来の形式とは異なり、ICTが人の状況を常に見守り、人の都合を理解して、人がサービスを自然な形で利用できるようにするのである。

ヒューマン・セントリック・コンピューティングでは、人の状況（コンテキスト）とICTシステムとを結びつける仕組みが必要となる。近年普及しつつあるスマートフォンは、GPS（Global Positioning System: 全地球測位網）や加速度センサー、NFC（Near Field Communication: 近距離無線通信）リーダライタ等のハードウェアを搭載しており、それを常に携帯することにより、ユーザの行動データを採取して状況把握に利用することが可能である。また、高速広域無線通信機能の搭載により、ユーザがどこにいてもクラウドと連携して的確なサービス提供を行うことにより、ヒューマン・セントリック・コンピューティングは実現する。

スマートフォンとクラウドとを連携させたサービスを、SaaS（Software as a Service）や、BaaS（Back end as a Service）としてすでに多くの企業が提供している[38-42]。また、個人で使用するスマートフォンを仕事の間でも使用する形態である BYOD（Bring

Your Own Device)を採用する企業も増加している。そのため、個人のスマートフォンから業務用クラウドサービスを利用することが仕事を遂行するうえで今後さらに必要になると考えられる。

しかし、現状のスマートフォンは多機能化の一方で、セキュリティの脆弱性は解消されず、業務専用の端末として利用することが困難である。ユーザはスマートフォンをプライベートで利用している際に、さまざまなアプリケーションを iTunes Store (Apple Computer Inc.) や Google Play Store (Google Inc.) 等のアプリケーションストア、あるいは他のインターネット上からインストールする。アプリケーションストア上のアプリケーションは一定の審査を受けてから配信されるが、それらに完全なセキュリティ保証はない。万が一ユーザが誤ってマルウェアをインストールした場合、業務用クラウドサービスで使用する機密情報を漏洩させるリスクがある。また、ユーザによる機密情報の故意の持ち出しや、盗難による漏洩の危険性も存在する。従来のクラウドサービスではこのようなリスクに対応できない。

本節では、これらの問題を解決するために、ユーザのコンテキストに応じてスマートフォンのデスクトップを動的に変更するシステムを提案する。本システムは、クラウドとスマートフォンが連携し、クラウドがユーザのコンテキストに応じて、必要となるアプリケーションを適切なタイミングでプッシュ追加し、不要になった時点でスマートフォンから完全に削除する。スマートフォンのデスクトップ画面上には、ユーザの現在のコンテキストにおいて、実行可能なアプリケーションを絞り込んで提示する。これにより、ユーザが自宅にいる場合は自宅専用、会社にいる場合は会社専用といった、ユーザのコンテキストに特化した専用端末となり、不正なアプリケーションによる機密情報へのアクセスや、不要な機密情報の持ち出しを防止することが可能となる(図 3.1)。また、アプリケーションの絞り込み提示により、ユーザのスマートフォン操作性を向上させ、作業支援を実現することが可能になる。

我々は、動的デスクトップシステムの実用性を評価し、そのフレームワークを富士通株式会社で開発中のヒューマン・セントリック基盤へ搭載して製品化に繋げるため、プロトタイプを開発した。



図 3.1 動的デスクトップシステムの動作イメージ

以下では、3.1.2 項で関連技術、3.1.3 項で動的デスクトップのアーキテクチャ、3.1.4 項で動的デスクトップの実装、3.1.5 項で動的デスクトップの実用性評価について説明し、3.1.6 項でまとめを行う。



### 3.1.2. 関連技術

近年多くの企業がスマートフォン向けのクラウドサービスを提供している。アップル社の iCloud[38]は、端末とクラウドとの間でアプリケーションやデータの同期を可能にする。また、Google 社が提供する SaaS の製品群である Google Apps[39]では、専用のネイティブアプリケーションをインストールせずとも、ブラウザのみでオフィスアプリケーションをスマートフォン上で動作させることが可能である。Microsoft 社は、Windows Azure Mobile Services[40]の提供を発表した。これは、モバイルアプリケーションの開発者向けに提供されるプラットフォームで、クラウド上のデータベース、ユーザ管理、プッシュ配信機能を使用するモバイルアプリケーションを容易に作成可能とする。このようなスマートフォン向けプラットフォームの提供形態は BaaS と呼ばれ、Parse[41]や appiaries[42]など、現在多くの企業が参入しつつある。

今日の SaaS や BaaS において、クラウドサービスへのユーザ認証機能は提供されているものの、スマートフォン上で動作するアプリケーションそのものへのユーザのアクセス制限を行うことは困難である。BYOD への対応には、ユーザのコンテキストに応じてアクセス可能なデータやアプリケーションを制御する仕組みが必要である。

これを実現する関連技術として、文献[43]では、ユーザの状況に対応するリモートデスクトップ環境を構築し、コンテキストに応じてその環境へのアクセス可否を決定するシステムについて述べられている。同システムではスマートフォン上に不要なアプリケーションをインストールする必要があるというメリットはあるものの、サーバとの通信を常に保つ必要があり、ネットワークへの高い負荷が問題となる。

文献[44-47]では、仮想化技術を用いた手法について述べている。ハイパバイザを予め端末にインストールし、端末イメージをマイグレーションさせることにより、コンテキストに応じて端末の環境を丸ごと変更することが可能になる。本手法では、リモートデスクトップ方式のようにサーバと常時接続する必要はないが、セキュリティを考慮した場合、コンテキスト切替時にイメージをサーバ側に退避させ、機密情報が含まれるデータを端末に残さないようにする仕組みが必要である。イメージのサイズが大きいため、サーバへの退避時および端末への復元時にネットワーク負荷が高くなる。また、退避や復元に失敗した場合、コンテキスト変化時に画面を切り替えられない可能性がある。文献[48]では、コンテキストごとにポリシーを切り替え、アプリケーションの動作を制限する。本手法はアプリケーションを端末に格納されたままとなるため、セキュリティのリスクはゼロではない。

### 3.1.3. 動的デスクトップのアーキテクチャ

我々は「ユーザが予め準備しておかなくてもアプリケーションやサービスの利用ができる」という利便性と、「特定のコンテキストにおいてアプリケーションやサービスの利用を促し、一方、そのコンテキストにおいてのみ利用を許す」という管理性を提供しようとしている。これを実現するための構造と、その構造が実現したコンテキストを意識したアプリケーションの配布/実行/管理により、ICT の利用シーンがどの様に変化するかという状況について以下に説明する。

#### (1) 構造と動作

上記の目標を、我々は、アプリケーションプッシュ層とアプリケーション実行環境層の2階層を用意することで達成している。それぞれの階層は、スマートフォン側とクラウド側に機能コンポーネントを持ち、これらが連携することで機能を果たす(図3.2)。

スマートフォンのセンサー情報の変化(たとえばGPSによる位置や磁気センサーによる方位の変化)、或いは、外部のサーバシステムの状態の変化(例えばRSSフィードやデータベース情報の変化)はプッシュ層に伝わり、コンテキスト推定部によって、ユーザの現在のコンテキストが推定される(図3.2の中の①)。

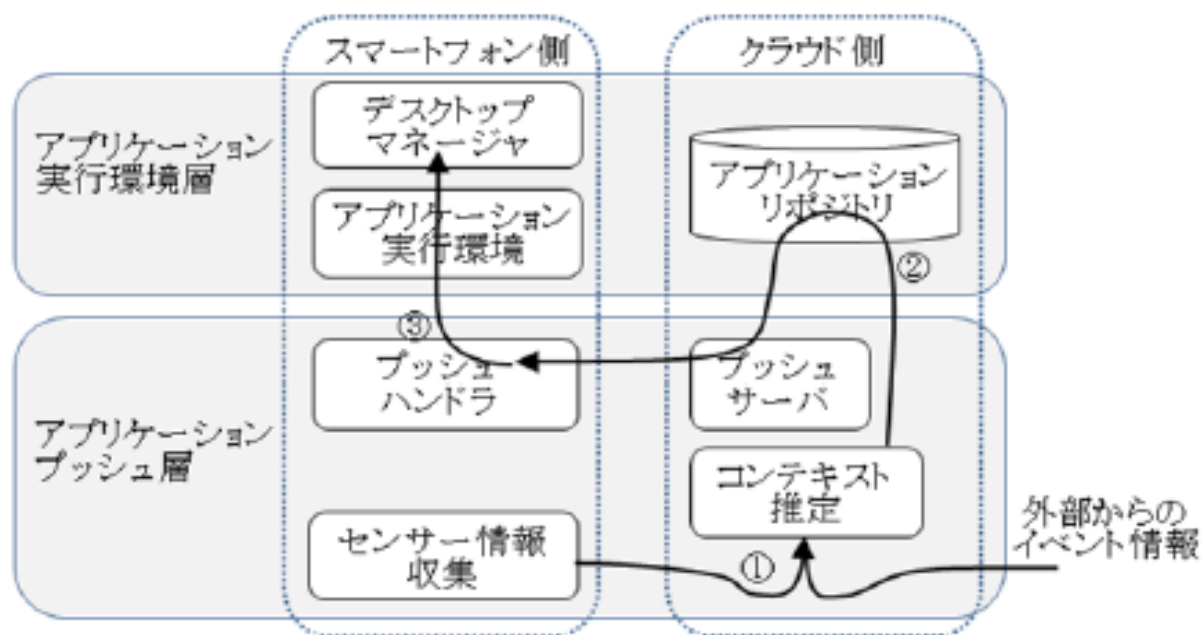


図 3.2 動的デスクトップシステムのアーキテクチャ

次に、そのコンテキストに対応するアプリケーション群がアプリケーションリポジトリから読み出され、プッシュサーバとプッシュハンドラの連携によって、スマートフォンに送付される（図 3.2 中の②）。アプリケーションリポジトリには、それぞれのコンテキストに対応する形でモバイルアプリケーション群がパッケージングされて格納されている。それらに対して、コンテキストをキーとして検索し、ヒットしたものをプッシュする。このプッシュの仕組みは、アプリケーション群の送付だけでなく、後述するアプリケーションの消去などの制御メッセージの送付や暗号鍵の送付にも使われる。

最後に、スマートフォン上のアプリケーション実行環境によって、それらのアプリケーション群が読み出されて実行され、デスクトップマネージャによって表示される（図 3.2 中の③）。

ここで、②でプッシュされるアプリケーションは、そのアプリケーションの配布ポリシーとしてコンテキスト依存性が指定されている場合には、ワンタイムパスワード方式によるライフサイクル管理を受ける。即ち、アプリケーション群は暗号化されて送付され、実行環境は同時に送付された鍵を用いてそれらを復号して実行する。復号されたアプリケーションはメモリ上にだけ存在し、この鍵は一旦使用されれば廃棄される。

また、アプリケーションプッシュ層はコンテキストの変化を定期的にチェックし、コンテキストが変化してアプリケーション実行の条件が満たされなくなった場合には、アプリケーション実行基盤層に速やかなアプリケーションの廃棄を指示する。アプリケーション実行基盤層は、配布ポリシーに指定されたコンテキストを外れた場合にも廃棄を行うことが可能である。これは通信が途絶えている場合でも機能する。

これにより、仮にユーザがアプリケーションのダウンロードファイルを他所に複製・保管していたとしても、すでに復号鍵を失っているため利用はできない。また、スマートフォン上に存在する他のアプリケーションがマルウェア的な動作をするものだったとしても、この仕組みでダウンロードされたアプリケーションやその中のデータを盗むことはできない。これにより、仕事向けの環境をプライベートな環境から分離することが可能となる。

## (2) 動的デスクトップの利用シーン

この様にして、我々はモバイルアプリケーションが特定のコンテキストが続く間だけしか利用できないという、いわば「ワンコンテキスト化」を行っていることになる。

ワンコンテキスト化を行うことで、従来の ID 認証よりもきめ細かい認証認可の仕組みを作ることができ、従来と異なる様々な利用シーンを考えることが可能となる。

例えば、ある美術館が来館者に対しては所蔵美術品の画像を配信するが、館外からのインターネットアクセスの場合には登録した賛助会員にだけその情報を見せたい場合を考えてみる。ここでは、利用者のスマートフォンにおいて美術館内の Wi-Fi (無線 LAN) アクセスポイントの ID が観測される場合には、ダウンロードされた所蔵美術品アプリケーションは認証作業なしで所蔵美術品のデータベースへのアクセスを許されるが、その様なアクセスポイントが観測されない場合にはそのアプリケーションは消去され、通常の ID とパスワードによる認証を求めるサービスに誘導されるというシステムを構築することができる。

また、例えば「社内に居る社員には見せて良い」という情報について考えてみる。この場合、社外でアクセスしない様にするためには、通常は訓令に頼るしかなかったものが、要求に合ったセキュリティをシステムとして実現することができる。この様な用途には従来からの ID 認証だけでは充分ということとはできない。ID 認証を行ってアプリケーションやデータを複製して、スマートフォンに持ってしまえば、その後、管理サイドはそれらに対するユーザのアクセスに関与できないからである。しかし、アプリケーションを「ワンコンテキスト化」して配布することにより、この課題を解決することができる。

この、「コンテキストに応じてきめ細かく認証認可を行う」という考え方は、管理性を強めるばかりではなく利便性を高めることに繋がる場合もある。ID による認証を行うしかなかった様なケースでも、コンテキストが特定できれば、それを ID による認証に代えることができ、ID やパスワードの入力が不要となる場合があるからである。上記の美術館もその様な例の一つである。

また、ID とパスワードでサインインした後、必要な機能やデータに辿り着くまでに、さらに検索したりボタンを押したりといった手間をかけなければならなかったものが、コンテキストを特定できれば、その手間をも省くことができる場合がある。例えば、美術館の例においても、位置情報システムなどによって特定の絵の前に居ることが把握できれば、ユーザに検索などの手間をかけさせることなく、その絵に関する参考情報を選択的に提供することができる。

なお、この仕組みは、スマートフォンのセンサーデータを偽ること、復号鍵を盗むこと、また、実行環境によるコンテキストのチェックを欺くことでだますことが可能である。

その様な不正利用を防ぐためには、複数のセンサーデータの整合性のチェック（例えば、加速度が観測されないのに移動していることはないか）、スマートフォン側の基盤ソフトウェアとプッシュ層/実行基盤層の真性のチェック（例えば、boot 時に所期のハッシュ値が得られるか）、復号鍵を一時格納する際の TPM (Trusted Platform Module) [49] の様な耐タンパ性のあるストレージの利用が重要となるが、本論文の範囲を越えるためここでは詳述しない。

### 3.1.4. 動的デスクトップの実装

動的デスクトップシステムの実現可能性と実用性を評価するため、動的デスクトップのプロトタイプシステムを開発した。

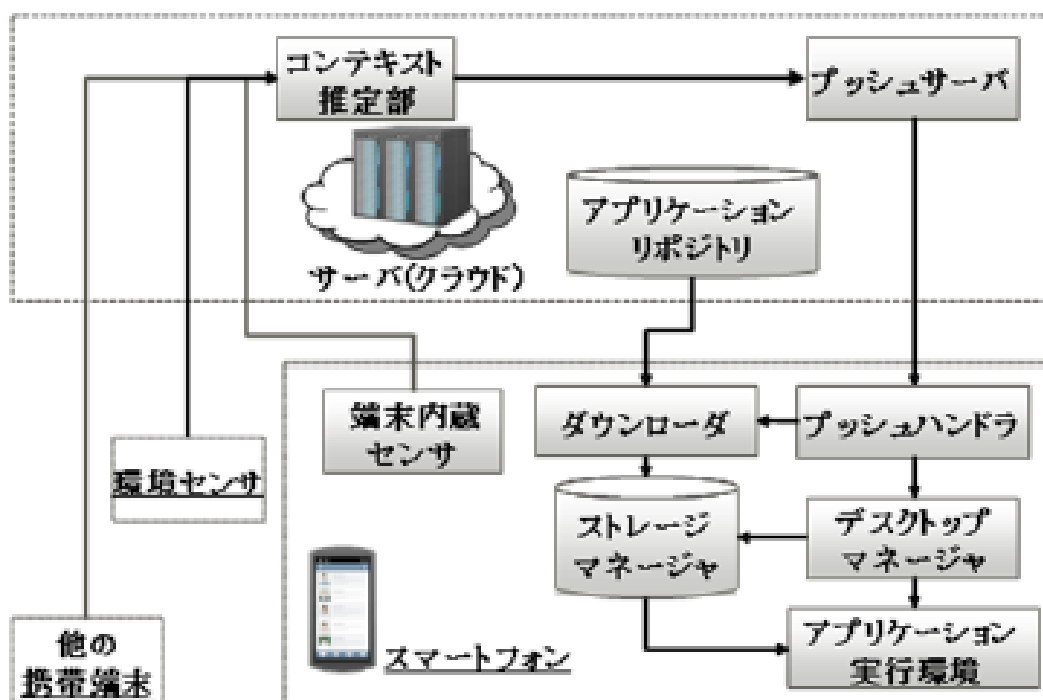


図 3.3 動的デスクトップシステムのプロトタイプシステムの構成

スマートフォンの基盤としては Google の Android OS を使い、配布されるモバイルアプリケーションの言語と、フォーマットとしては HTML5[50]と JavaScript を用いている。この HTML5 と JavaScript を実行するための基盤としては PhoneGap[51]を利用し、暗号化されたアプリケーションを扱うための仕組みをその中に組み込んでいる。

また、アプリケーションのワンコンテキスト化を実現するために、既存のクラウドサービスのアプリケーションマーケットではなく、自前のアプリケーションマーケットとプッシュの仕組みを実装している。図 3.3 にプロトタイプの構成を示す。

### (1) 制御メッセージとアプリケーションプッシュ

制御メッセージやアプリケーションのスマートフォンへのプッシュ通知を実現するため、本システムではスマートフォン側にプッシュハンドラ、サーバ側にプッシュサーバを用意する。プッシュハンドラはスマートフォンのバックグラウンドで動作し、プッシュサーバとの直接のメッセージ送受信を担うモジュールである。

プッシュハンドラはまず、プッシュサーバ接続のための認証を行い、接続が許可されると、プッシュサーバと TCP コネクションを張り続ける。そして、プッシュサーバからのプッシュメッセージを受信すると、その内容を解析し、ダウンローダへのアプリケーションパッケージの取得指示や、デスクトップマネージャへの画面の切り替え、および、アプリケーションアイコンの追加・削除命令を行う。

## (2) アプリケーション実行環境とパッケージ

スマートフォンで実行可能なアプリケーションは、ネイティブアプリケーション、WEB アプリケーション、ハイブリッドアプリケーションの3つに分類できる[52]。ネイティブアプリケーションは、スマートフォンのハードウェアが直接実行可能なアプリケーションであり、その本体はスマートフォンにインストールする。一方、WEB アプリケーションは、WEB ブラウザを通じて実行可能なアプリケーションであり、その処理は基本的にサーバ上で行われる。ハイブリッドアプリケーションは、一見 WEB アプリケーションのように動作するが、HTML5 と JavaScript をスマートフォンに格納し、ローカルで実行することによりネイティブアプリケーションと同様の動作を実現する。

World Wide Web Consortium (W3C) により策定が進められている HTML5 は、ネットワーク切断時にディスクキャッシュを用いてローカルで WEB アプリケーションを実行可能な仕組みが提供されている。これを用いることにより、HTML5 をハイブリッドアプリケーションとして扱うことも可能である。

開発したシステムは、アプリケーションプッシュに適していると考えられるハイブリッドアプリケーションを採用した。具体的には、HTML5 をあらゆるプラットフォームでネイティブアプリケーションと同様に扱える PhoneGap を基盤として、アプリケーション実行環境を開発した。これによりスマートフォンにプレインストールしておくことにより、アプリケーション実行制御を行う。

アプリケーションは HTML5 により記述されたロジックのみでパッケージングできる。本システムで用いるアプリケーションパッケージの構成例を表 3.1 に示す。HTML や JavaScript, CSS, webapp-manifest.json という設定ファイルなどが含まれる。このようなパッケージ構成により、本システムでは軽量で容易なアプリケーションプッシュを可能にする。

表 3.1 アプリケーションパッケージの構成例

ファイル名	説明
Index.html	アプリケーション起動時に表示するトップページ
style.css	アプリケーションのスタイルの定義
lib/app.js	ロジックが記述された JavaScript
webapp-manifest.json	設定ファイル



### (3) デスクトップマネージャによる画面制御

作成したプロトタイプにおける動的デスクトップは、サーバからのプッシュメッセージに呼応してデスクトップ画面を変化させる。スマートフォンにサーバから画面切り替え通知がプッシュされると、デスクトップ画面はユーザの現在のコンテキスト専用のものに切り替わる。この仕組みにより、デスクトップ上にユーザに必要なアプリケーション一覧を提示することが可能である。

またユーザがアプリケーションにアクセスすべきでないコンテキストとなる際に、画面切り替え通知をサーバからプッシュ通知することにより、アイコンを隠して当該アプリケーションを起動不可にすることができる。

さらに、ビジネス用途などにおいて、より高いセキュリティを考慮する必要がある場合、別のコンテキストに持ち出せないよう、サーバからのプッシュ通知によりアプリケーション本体を動的に削除することも可能である。

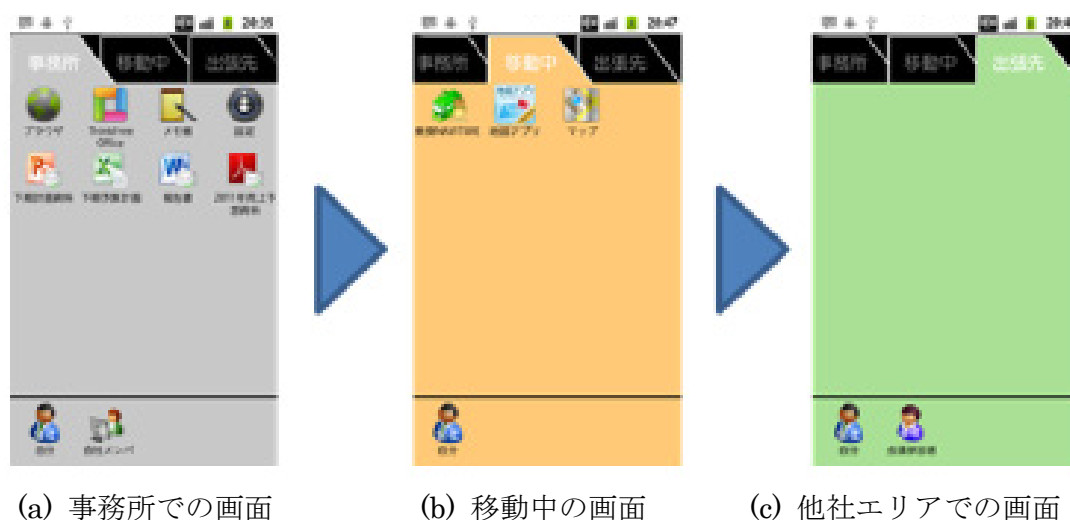


図 3.4 スマートフォン上の動的デスクトップの例

図 3.4 は本プロトタイプにおいて開発したスマートフォン用デスクトップ画面の変化の様子を示す。例えば、ユーザが社内に居ることが検出される Wi-Fi アクセスポイントの ID から分かる場合、ユーザは「事務所」というコンテキストにあると判断される。図の (a) はユーザが事務所に居る間に表示される画面である。業務で使う資料、メモ帳、オフィスツールなどが表示されている。

ユーザがオフィスから外に出ると、オフィスの Wi-Fi アクセスポイントが見えなくなることと、GPS の情報から移動中であると判断し、コンテキストが「事務所」から「移動中」に切り替わる。図の (b) はユーザが移動している間に表示される画面である。ここでは、乗り換え案内や地図アプリケーションなどが表示されている。一方、セキュリティの観点から業務で使う資料などは消えている。

さらに、ユーザが顧客事業所などに近づくと、GPS の情報によってそれを検出し、「他社」のコンテキストに移行する。図の (c) はユーザが他社エリアに居る間に表示される画面であり、ここでは全てのアプリケーションが消えている。

### 3.1.5. 動的デスクトップの実用性評価

前項で記述したプロトタイプシステムを使い、実際にユーザが利便性を体感できるか、また、多数のユーザへの同時サービスが可能であるかといった効果を、2012年5月に開催された「富士通フォーラム 2012 東京」(図 3.5)での試行において評価した。

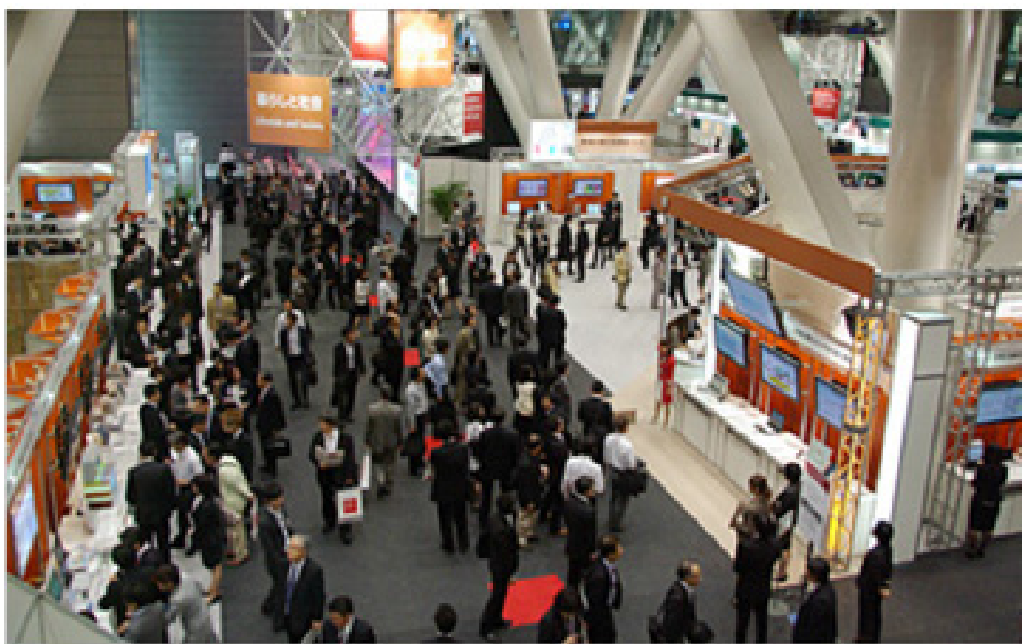


図 3.5 富士通フォーラム 2012 の様子

本試行では、一般の来場者に Android スマートフォン約 20 台を貸し出し、ブース毎の展示案内や特設ステージの案内等、展示会場に関する情報提供を行った。その際、会場を4つの展示ゾーンと1つの休憩ゾーンに分け、ゾーン毎に異なるデスクトップを設定してスマートフォンが切り替える仕組みとした。

展示ゾーンでは、利用者が歩行しながらその場の展示を見て回っている最中であることが多い点に着目し、そのゾーンの情報だけに絞り、かつユーザの現在位置に近い展示ブースの情報を見やすいところに表示するデスクトップを用いた(図 3.6)。

これにより、利用者は端末をぱっと見るだけで、近くの展示内容が分かり、効率よく展示を見てまわることができる。



図 3.6 展示ゾーンごとの展示紹介と位置表示画面

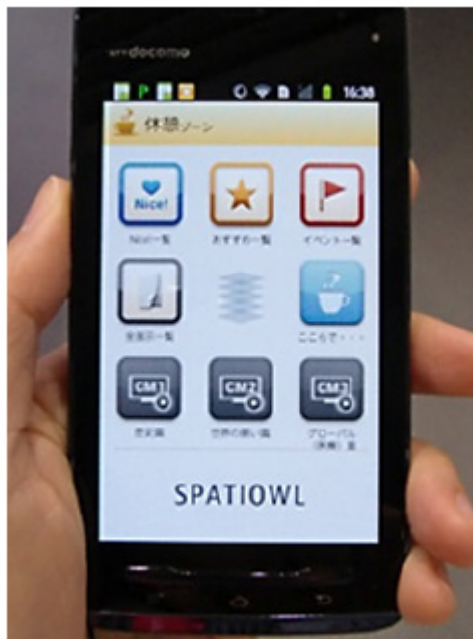


図 3.7 休憩ゾーンの画面

一方、休憩ゾーンでは、利用者が座っていて、特定の展示を見ていない可能性が高いことを想定し、アプリケーションやデスクトップを一変させ、すべてのゾーンに詳細な情報を閲覧できるようにした。文書（パンフレット）や動画（CM）も含め、ゆっくり

と閲覧できるデスクトップとなっている。(図 3.7)

ユーザの位置の計測には、無線 LAN の電波強度による測位と、端末内の加速度センサ・ジャイロによる自律航法とをパーティクル・フィルタで組み合わせたハイブリッド測位方式を用いている[53][54]。短時間であれば測位精度が高い自律航法測位と、時間による測位精度の劣化がない無線 LAN による測位を組み合わせることで、安定した位置検出精度を得ている。検出した位置を、予め定義したゾーンのエリア情報と比較し、新しいゾーンに入った際に、プッシュ通信によりデスクトップの切り替えを行った。

ユーザの位置は、ユーザのコンテキスト（ここでは、どのゾーンのどのブース付近に居るか）を判断するために使われるだけでなく、展示会主催者が来場者の行動分析をするためにも用いることができる。

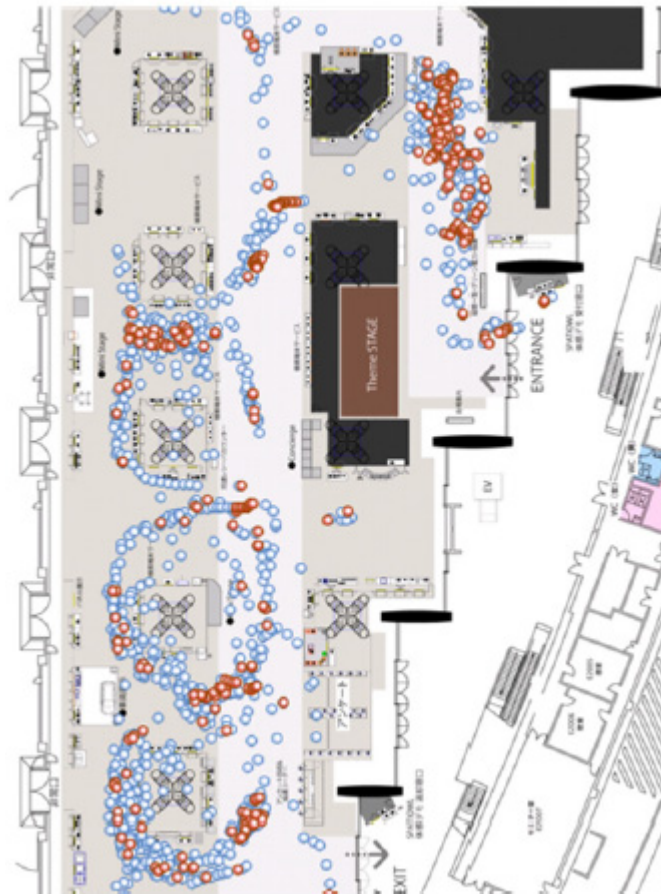


図 3.8 ある来場者の軌跡

図 3.8 に、ある来場者の約 1 秒間隔の位置情報の遷移を会場地図の上にマッピングしたものを示す。赤色の点は移動速度が 0.7m/sec 未満を示しており、この情報から、この来場者がどの展示に興味を持ったか（その地点に滞留していたか）、また、どの展示

は素通りしたのかといった情報を見て取ることができる。

表 3.2 に本試行のまとめを示す。2 日間の会期中、177 名の来場者から試行への協力を得た。事前に利用時間を 30 分程度として依頼したが、1 人当たり平均利用時間は 42 分となり、多くの来場者がそれより長く利用する結果となった。また、同時稼働台数は 17 台にのぼったが、この程度のスケールでのサービスは問題なく運用可能であることを確認した。

本試行は展示会という特殊なユースケースでの実施であったが、利用者のアンケート結果（51 人分）では、70%以上の利用者から、興味深いこと、可能性を感じることも等の前向きな意見を受けた。今後、より実用的なユースケースでの有効性実証を進めていく。

表 3.2 試行のまとめ

会場面積	約 5000 m <sup>2</sup>
使用端末	富士通 Arrows F-07D 同 IS12F
貸出人数	177 人
平均利用時間	42 分
同時稼働端末数	最大 17 台
バッテリー持続時間	4 時間

### 3.1.6. まとめ

本節では、モバイルアプリケーションの利便性と企業向け用途に必要となる管理性を両立させる動的デスクトップシステムを考案し、そのプロトタイプの開発について説明した。本システムは、特定のコンテキストにおいて、そこで必要となるアプリケーションを ICT システム側から積極的にプッシュ送付する一方、コンテキストが変化した場合には速やかにそれらのアプリケーションを消去することができる。

さらに、プロトタイプシステムを使った実用性の評価により、コンテキストに応じたアプリケーションのプッシュ配信が十分に高速に動作すること、また、展示会での試行では、数十人のユーザに同時にサービスを提供するスケーラビリティとアンケートによる有効性の確認を行い、70%以上の人から肯定的な意見を受けた。

動的デスクトップシステムは、我々が掲げるヒューマン・セントリック・コンピューティングのコンセプトを実現する基本要素であり、実用化にむけて本システムの改良をさらに行っていく。

## 3.2. 多重割り込み可能なタスク駆動型デバイス・アンサンブル・システム

### 3.2.1. 背景

筆者らが提案する HCC ではユーザが明示的な操作をしなくても ICT が自然な形でユーザをサポートすることを可能にする。

実世界では、人々は彼らの状況に応じて、しばしば彼らのタスク(作業)に割り込みされる。そしてもしその割り込みが多重になるとしばしば以前のタスクを忘れてしまう。例えば、参考文献[55]によれば、病院で各看護師は複数の患者が割り当てられ、定型的な作業を行わなければならない。しかし、ひとたび割り込み作業が発生すると、作業者は、作業の優先順位を考慮しつつ、複数の作業を限られた時間内に行うことを要求される。もしも ICT が彼らの作業管理を支援してくれるのであれば、彼らは彼らの仕事そのものに集中でき、医療事故発生リスクを低減することができる。

本研究では、'タスク駆動型デバイス・アンサンブル (機器連携)' を提案してきた。これはユーザが常時携帯するスマートフォンだけでなく、ユーザ周辺のデバイスを使用することで、人々の作業実行を効率的に行うものである。

従って、課題はいかにタスク駆動型デバイス・アンサンブル・システムがマルチタスク割り込みを扱えるようにするかである。本節では多重タスク割り込みの場合でも動作する、新たに設計した、タスク駆動型デバイス・アンサンブル・システムについて述べる。



### 3.2.2. 関連研究

人のコンテキストに応じた人の行動支援またはコンテキスト・アウェア・ナビゲーション・システムの研究[56-66]と、機器連携の研究は、それぞれ数多くなされている。しかしながら、それら両方を組み合わせた研究はほとんど行われていない。

コンテキスト・アウェア・ナビゲーション、または人の行動支援に関する関連研究の例は以下の通りである。

文献[56]が提案する **Task-based mobile service navigation system** は、実世界で起こる問題を解析したタスク・モデルを用いることにより、ユーザがタスクを指定するとサービス提供サイトを探す事ができる能力を特徴としている。**iHospital[57]**は実世界でのビジネス・タスクを支援する。即ち、病院のスタッフが他のスタッフの位置を把握するために、**Bluetooth** による通信ユニットを持たせ、また、メッセージング機能付携帯電話により互いの状況を共有することで、緊急手術への対応を迅速に行う。

文献[58]はセンサーによって検出されたコンテキストに基づいてワークフローを生成するシステムを提案し、その実装について述べている。**WTAS[59]**はペトリネットを用いてタスクをモデリングし、ウェアラブル・センサーにより取得したユーザ・コンテキストに従い、行うべきタスクを決定する。タスクが決定されると、タスクの実行をサポートするために地図のような情報が提供される。

これらの論文の大半はどのようにユーザのコンテキストを取得し、それをユーザのタスクの支援に使うかという課題に主眼を置いている。これらは本研究と同じ目的ではあるが、機器連携を伴っていない。

機器連携、特に **UPnP (Universal Plug and Play)[67]**を用いた関連研究[68-74]も、例えば以下の通り、多く存在する。文献[68]は **UPnP** を用いた、家庭環境のためのコンテキスト・アウェアなマルチメディア管理システムについて述べている。この論文は、コンテンツのある場所をユーザに気付かせないように全てのコンテンツを統合し、自動的にユーザにとって最も近いレンダラー（専門用語：**UPnP** ではメディア・プレーヤーとほぼ同等）を選択する。文献[69]は **UPnP** プロクシーを使っている。これは、サブネットを超えてサービス（**UPnP** の専門用語：一般的には「機能」と呼ぶべき粒度の小さなサービスを含む）が使えるようにするとともに、ユーザが自動的にその状況に応じてサービスが使えるように、各ユーザのデバイスまたはサービス情報が登録される。

**Ubiquitous e-Helper[70]**は **UPnP** に基づいたスマートフォン間の連携を行うための組み合わせ構成が可能なサービス・プラットフォームである。

これらの各研究事例は、機器連携のために **UPnP** を利用しており、またコンテキス

トとも関連している。しかしながら、これらはタスクの割込みまでは考慮していない。

コンテキスト・ウェア・ナビゲーションと機器連携を組合せた関連研究を以下に示す。タスク・コンピューティング[76]はユーザの周辺のサービスを使った人のタスク（作業）を支援するタスク中心の技術を提案している。この研究では人のタスクは近くの機器に含まれるサービスの集合と見做される。しかしながら、実装では、このシステムは、まず周辺のサービスを集めて、次にユーザにそれらによって実行可能なタスクを示している。これに対して、本節で提案するシステムでは、まずユーザの状況に従いタスクが定義され、次にそのタスクを実行するために周辺の機器にあるサービスが集められる。さらに付け加えると、この研究はサービス連携のためのオントロジーにフォーカスしている。文献[77]は、コンテキストに従ってワークフローが生成され、そしてワークフローに基づいて機器が制御されるワークフロー管理システムを提案し、その実装と評価について述べている。この論文はデバイス・アンサンブルと関連している。例として、ユーザが自宅でくつろぐことができる状況を作り出すために、照明、空調、音楽プレーヤーを制御する。これには UPnP が使われ、そして DM (Discovery Management) [UPnP の専門用語：機器発見管理機構] が家庭などのネットワーク側に存在する。しかしながら、この論文はユーザが移動する際に所持している端末がユーザ周辺の機器と連携するという視点がない。これらの文献は同じ目的を持っているが、我々が提案しているタスク駆動型デバイス・アンサンブル（機器連携）とは実装が異なる。

コンテキスト把握や、実行すべきタスク／アプリケーションの提示に関する研究として他に[78]-[80]がある。

いずれの論文も、コンテキスト情報を集めてユーザにタスクを提案することを主眼としている。それに対して、本提案は、タスクの実行後の挙動にまで及んでいる。即ち、タスクの多重割込みと、その状態から復帰するまでの一連の動作を含んでいる。

### 3.2.3. タスク駆動型デバイス・アンサンブル

#### (1) タスク駆動型デバイス・アンサンブルのコンセプト

本研究では、ユーザのタスクの実行を支援するために、ユーザのコンテキストによって決まるタスクが最初にあつて、次にそのタスクに必要な機器が発見され、そして互いに連携する、というタスク駆動型のデバイス・アンサンブルの仕組みを提案してきた。図 3.9 にタスク駆動型デバイス・アンサンブルのコンセプトを示す。

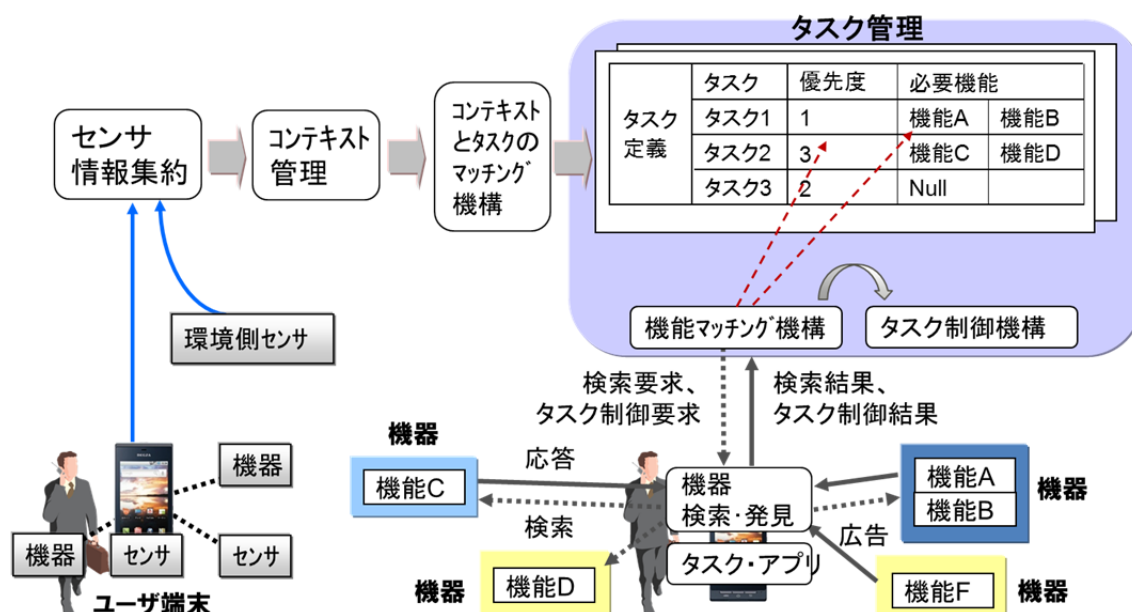


図 3.9 タスク駆動型デバイス・アンサンブルのコンセプト

本提案の仕組みでは、個々のユーザが、多数のセンサーを持つスマートフォンのような、携帯端末を常時所持することを前提としている。クラウドの内部では、それらのセンサー情報と環境のセンサー情報が集約され、ユーザ・コンテキストに抽象化される。

ユーザのコンテキストに従い、一番よく適合したタスクが選ばれる。タスク管理機構は各タスクの優先度とタスクを実行する上で必要な機能を管理する。実行すべきタスクはユーザ自身か、特に業務における定型作業の場合には、フィールド・マネージャによって予め定義される。タスク管理はタスクの実行に必要な機能を持つユーザ周辺にある機器を検索する。もし、タスクを実行するため必要な機能全てが発見されたら、そのタスクが選ばれ、そして必要な機能を持つ機器と連携して実行される。

もし、デバイスにある機能により複数のタスクが実行可能ならば、最も優先度の高いタスクが選択され、実行される。もしもユーザ端末が、周辺機器と連携しなくても、タスクをその端末自体で実行できる場合には、タスクが持つべき要求機能はなくてよい。その場合は、図 3.9 に示されるタスク定義表に登録される必要機能は「Null」と定義される。

## (2) 提案するタスク駆動型デバイス・アンサンブル

本研究では、多重のタスク割込みと以前のタスクへの復帰を可能とする、複数の割込みが可能なタスク駆動型デバイス・アンサンブルを提案する。特に業務での利用シーンでは、一般的にタスク・フローが存在する。ただし、ユーザのタスク・フローは単純に順番通りに進行するだけでなく、個々のタスクの優先度が考慮され、時には割り込みが発生して新たなタスクが実行され、この割り込んだタスクが終了した際には、直前のタスクに制御が戻る。

このようなシステムを実現するために、これまで検討してきた基本的なタスク駆動型デバイス・アンサンブル・システムを拡張し、タスク管理サーバにタスク状態管理機能を付加する。図 3.10 にタスク管理サーバに付加するタスク状態管理機能を示す。

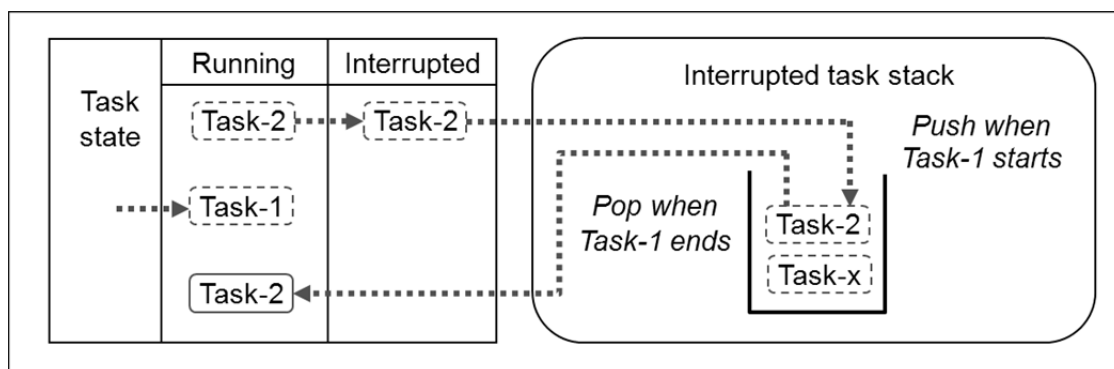


図 3.10 多重割込みを扱うためのタスク状態管理

タスク 2 の実行中に、より高い優先度のタスク 1 が来た場合、実行されていたタスク 2 は割込みモードになり、割込みタスク・スタックにプッシュされる。そしてタスク 1 が終了した時に、タスク 2 はそのスタックからポップされる。この手順により、多重割込みが正確に実行できる。

図 3.11 には、タスク 2 のアプリケーション実行中に、タスク 1 のアプリケーションが割り込む場合のシーケンスを示す。

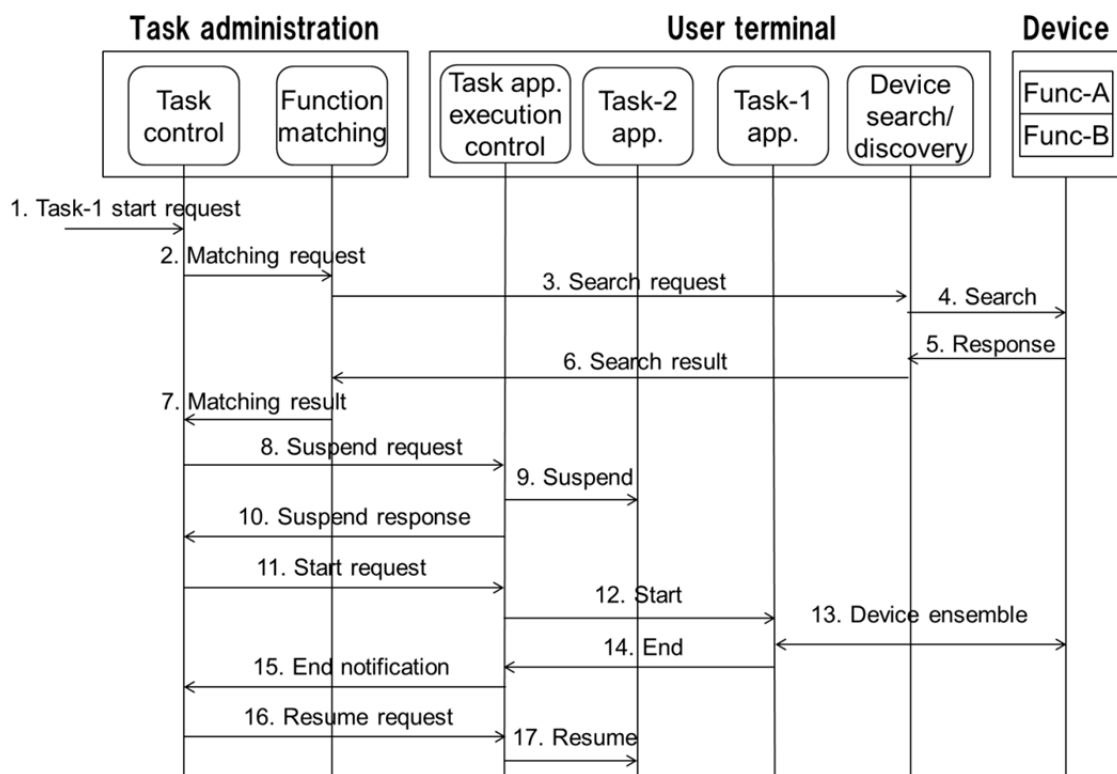


図 3.11 タスク割り込み制御のシーケンス図

- ① タスク 1 開始のメッセージが到着した時にタスク制御（部）はタスク 1 の優先度と、その時点においてユーザ端末上で走行中であるタスク 2 の優先度とを比較することにより、タスクの割り込みが発生するか否かをチェックする。タスク 1 の優先度の方が高いため、タスク制御（部）はタスク 1 が必要とする機能を持つ機器があるかどうかと、タスク 1 がそれらと連携して実行の可否を調べる。もし、そうであるならば、タスク制御（部）はタスク 2 アプリケーションを一時停止にしてタスク 1 アプリケーションを開始する。
- ② タスク制御部は機能マッチング部にタスク 1 が必要とする機能、即ち、機能 A と機能 B がユーザ端末の周辺機器により対応できるか否かを調べさせる。
- ③ 機能マッチング部は端末の機器検索／発見部に検索要求メッセージを送る。
- ④ 機器検索／発見部は周辺機器では、タスク 1 が必要とする機能に対応できるか否かを知るために周辺機器に対して UPnP の検索メッセージをマルチキャストする。

- ⑤ 必要とされる機能の何れかを提供できる機器が、検索要求メッセージへの応答を返す。
- ⑥ 機器検索／発見部は機器から受信した検索結果を機能マッチング部に送る。
- ⑦ 機能マッチング部は、タスク 1 がその機器によって実行できるか否かをチェックする。ここでは、タスク 1 が実行可能と判断し、タスク制御部にその結果を通知する。
- ⑧ タスク 1 アプリケーションを開始する前に、タスク制御部は、タスク 2 アプリケーションの一時停止要求メッセージをユーザ端末のタスク実行制御部に送る。
- ⑨ 一時停止メッセージを受け取ると、タスクアプリケーション実行制御部はタスク 2 アプリケーションを一時停止する。
- ⑩ タスクアプリケーション実行制御部はタスク 2 アプリケーションの一時停止を通知するための応答メッセージを送る。
- ⑪ タスク 2 アプリケーションが一時停止された後に、タスク制御部はタスク 1 アプリケーションの開始を要求する。
- ⑫ タスクアプリケーション実行制御部はタスク 1 アプリケーションを開始する。
- ⑬ ユーザが周辺機器との機器連携を利用してタスク 1 を実行する。
- ⑭ タスク 1 が終了した時に、タスク 1 アプリケーションはその完了をタスクアプリケーション実行制御部に通知する。
- ⑮ タスクアプリケーション実行制御部はタスク 1 の終了をタスク制御部に送る。
- ⑯ タスク制御部はタスク 1 アプリケーションにより一時停止させられていたタスク 2 アプリケーションを復帰させる要求をする。
- ⑰ タスクアプリケーション実行制御部は一時停止していたタスク 2 アプリケーションを復帰させる。

### 3.2.4. 試作システム

ユーザビリティと実用性の評価のために、前項でのコンセプトに基づいて、試作システムを実装した。本項はシステムデザイン、そしてサービスシナリオから構成される。

#### (1) システムデザイン

本プロトタイプシステムの要件と定量的な目標を以下のように定める：

##### (A) タスクの多重割込みと復帰の管理

前章で述べたように、人のタスク支援の目的のためには、複数の割り込みタスクの管理と、一時停止したタスクを復帰させる必要がある。

数値目標としては、実用的な使用を考慮して多重割込みの数を 20 とする。

##### (B) タスクのリアルタイム処理

ユーザビリティの観点で、ユーザが操作してから機器連携が行われるまでの時間は、ユーザがストレスを感じないことを考慮して、2.0 秒以内とする。

##### (C) 同時タスク実行のためのスケーラビリティ

管理サーバは多数の端末とそれらのタスクを同時に処理できるように、スケーラビリティの確保が重要である。数値目標は、実用性を考慮して、1 サーバの収容数を 1 万端末（ユーザ）とする。

システム要件 (A) を満たすために、我々はセクション 3.2.3. (2)の図 3.10 と図 3.11 に示すタスク状態管理機構を導入する。これにより、ユーザは多重の割込みタスクの場合にも一時停止したタスクを忘れずに行えるようになる。残りのシステム要件と数値目標のために、我々は次項で述べる実装構成を設計した。

## (2) 実装

図 3.12 に試作システムの構成を示す。そして、表 3.3 にハードウェア仕様を示す。本システムの実装は周辺デバイスの機能については C++を、他については JAVA を使用した。

サーバ側はコンテキスト管理サーバとタスク管理サーバから構成され、端末側は、ユーザ端末と周辺デバイスから構成される。各々について述べる。

### コンテキスト管理サーバ

このサーバは本来、ユーザ端末とユーザ環境のセンサーから集約した情報からユーザ・コンテキストを生成するものである。しかしながら、我々はタスク管理サーバにフォーカスしているため、今回はタスク開始要求とそれに対する確認応答（タスク実行の結果通知）のみを発生する疑似コンテキスト管理サーバを実装した。

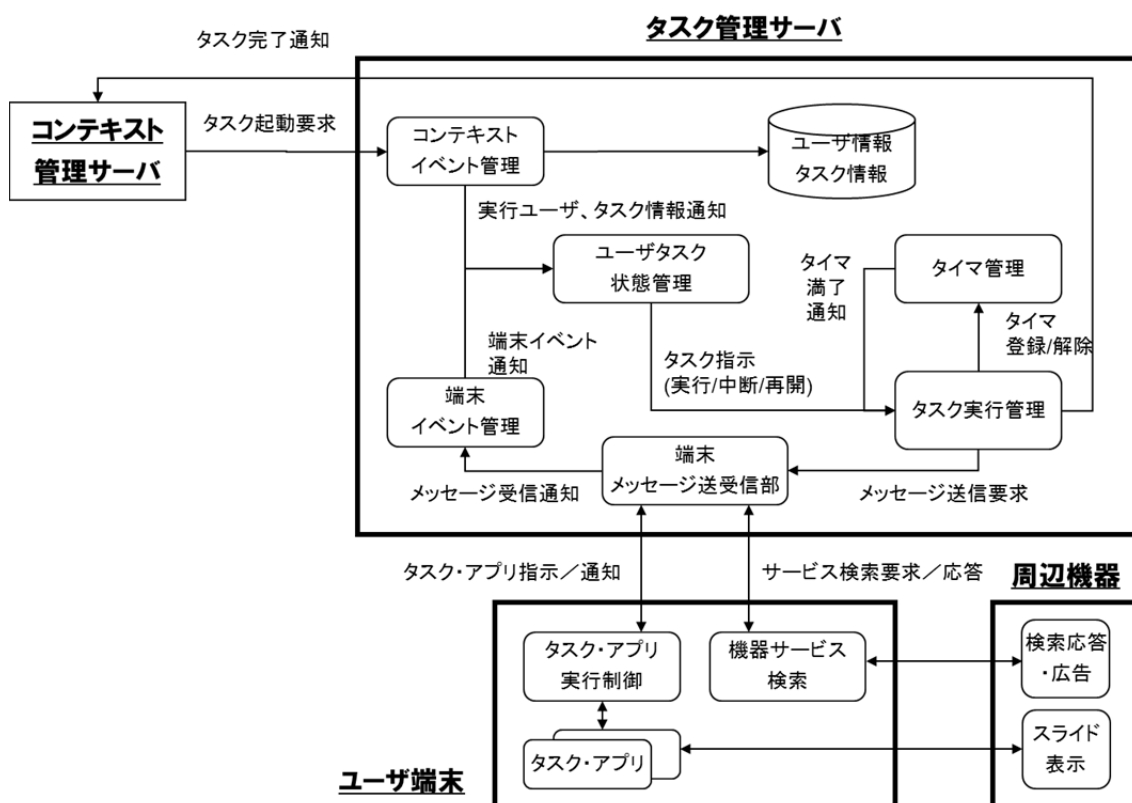


図 3.12 試作システム構成



表 3.3 試作システムのハードウェア仕様

装置名	仕様
コンテキスト管理サーバ	CPU : Xeon 2.4GHz × 2、メモリ:1GB、OS: Fedra
タスク管理サーバ	CPU : Xeon 3.06GHz、メモリ:1GB、 OS: Windows Server 2003
ユーザ端末	Android 携帯端末 OS: Android 2.1
周辺機器 (ノートPC)	CPU : Celeron 1.2GHz、メモリ:2GB、 OS: Windows XP Professional. SP3

### タスク管理サーバ

本サーバはコンテキスト管理サーバからの要求に従ってタスクを実行し、そしてタスク実行結果通知をコンテキスト管理サーバに確認応答[Acknowledge]する。本サーバの各機能を以下に述べる：

#### ① コンテキスト・イベント管理

これはコンテキスト管理サーバからのイベントを受信すると、本機能はユーザ情報とタスク情報から対応するユーザとタスクを判別し、ユーザ情報と実行可能なタスク情報の通知をユーザ・タスク状態管理機能に送る。

#### ② ユーザ・タスク状態管理

これは各ユーザのタスクが実行中か実行待ちかを、各イベント管理（機能）に従って管理する。そしてタスク実行管理機能にタスクの実行／割込み／復帰を命じる。また割り込まれたタスクをスタックし、そしてより優先度の高いタスクの割込みを制御する。

#### ③ タスク実行管理

本機能はユーザ状態管理機能からの命令を受信し、ユーザ端末に必要機能の検索を要求し、そしてタスクアプリケーションに実行／割込み／復帰を要求する。

#### ④ 端末イベント管理

本機能はユーザ端末からのイベントを受信したら、本機能はユーザ状態管理機能にそれを通知する。

#### ⑤ 端末通信制御

本機能はユーザ端末との接続を制御し、メッセージを送信する／受信する。

## ⑥ タイマ管理

本機能は、タスク実行管理（機能）による種々の再送要求時のタイマを管理する。

## ユーザ端末

ユーザ端末としては Google Android OS を搭載したスマートフォンを使用し、機器とそれらが持つ機能の検索とデバイスの制御のために UPnP を用いた。UPnP ライブラリは富士通が Android OS 用に開発したものを利用した。試作ユーザ端末の各機能について以下に述べる：

### ① タスクアプリケーション

これはタスクの実行を支援するためのアプリケーションである。ユースケースとして家電量販店の店員の支援を想定したアプリケーションを開発した。その詳細については 3.2.4. (3) で述べる。

### ② タスクアプリケーション実行

本機能はユーザ状態管理機能からのイベントを待ち受ける。イベントを受信すると、本機能はタスクアプリケーションを実行／中断／復帰し、次にその結果を確認応答する。

### ③ 機器／サービス検索

本機能はタスク管理サーバによって指定された機器または UPnP サービス（タスクを実行するための機能）の検索を UPnP の M-SEARCH を用いて行う。

## 周辺の機器

周辺機器として本試作ではノート PC を用いた。実装した機能は以下の通りである。

### ① 検索応答／広告 [\*UPnP の専門用語]

検索応答はもし検索されたサービスが機器に存在した場合にユーザ端末に応答する。広告は機器が提供するサービスを定期的にマルチキャストする。

### ② スライド表示サービス

我々の試作では UPnP サービスとしてスライド表示機能のみを開発した。

### (3) サービスシナリオ

業務利用シーンとして、家電機器の小売店舗で働く店員を支援することを想定し、表 3.4 に示すタスクアプリケーションを開発した。今回は、多重のタスク割込みに対する基本的な検証を目的とするため、比較的簡単なシナリオとした。さらに複雑なシナリオであっても、多重割込み時の動作は基本的に変わらない。

表 3.4 試作システムのタスクアプリケーション

アプリ ケーション名	機器連携の 有無	概要
商品補充	なし	店舗での商品の補充を支援 商品の補充数を表示し、補充完了を確認
顧客対応	なし	来店顧客への接客を指示 接客前に顧客の購入履歴や興味のある商品に関する 情報の確認が可能
商品説明	あり	ユーザ端末に格納された商品説明スライド（PPT、 PDF形式）を近くのPC画面に表示し、端末のボタ ン操作によりスライドのページめくりが可能

これらのアプリケーションは以下に示す作業支援のフローを想定している：

- ① 店員Aが商品を補充している（初期状態）。
- ② 顧客が来店すると、「顧客対応」タスクのアプリケーションが、店員Aの商品補充作業に割り込む。店舗内の各顧客個人の特特定は、店舗の会員カード等の手段で実施できるものと仮定している。Aは顧客対応タスクアプリケーションを操作して顧客情報を参照し、接客に移る。
- ③ もし商品説明に利用可能なノートPCのような表示機器が手近にある場合、「商品説明」のタスクアプリケーションが実行され、動作中の「顧客対応」タスクアプリケーションに割り込む。Aは「商品説明」タスクアプリケーションを操作し、そして周辺の表示機器を利用して商品スライドを使いながら説明をする。

### 3.2.5. 評価

次に、試作システムをユーザビリティと実用性について評価した。本項では定性評価と定量評価について述べる。

#### (1) 定性評価

最初に、実装した試作システムが正確に動作することを確認した。図 3.13 に実際のユーザ端末のスクリーンショットを示す。これはシステム動作の各フェーズを示している。

最初に (a) の商品補充の画面では、店員Aが商品補充タスクをしている。次に、顧客が来店して顧客対応タスクが前のタスクに割り込み、同図 (b) の状態に変化する。さらに、店員Aがその顧客に対応し、商品説明タスクが前のタスクに割り込み、同図 (c) の状態となる。最後に割り込まれたタスクが順番に復帰 (再開) する。



図 3.13 試作システムにおけるユーザ端末のスクリーンショット

これらはタスクアプリケーションが正確に実行され、多重のタスク割り込みによる遷移が想定通りに働いていることを示している。

## (2) 定量評価

定量評価としては、多重割込みの数、処理時間、とスケーラビリティを評価した。

### 多重割込みの数

システムとしての多重割込みの最大数を見積もった。各多重割込みの数に対するタスク割込みの経過時間、即ち、割込みと復帰の処理時間を計測した。この測定のため、それぞれの多重割込みの数毎にタスク番号が表示されるアプリケーションを開発した。サーバ側でのタスク実行通知から、一つのタスクの実行による割込みを経て、その通知による新しいタスク実行の画面が表示されるまでの時間間隔を計測した。多重割込み数を2から20までに対して各5回の計測をして平均値をとった。図 3.14 にその測定結果を示す。

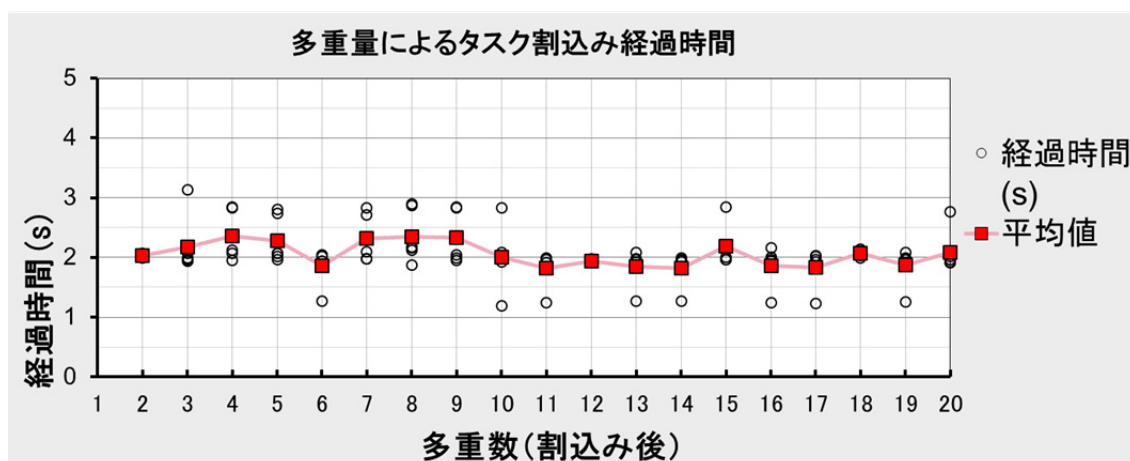


図 3.14 タスク割込みに対する経過時間

このグラフは、無線通信等による端末負荷状態の変動のため、一定していないものの、測定した全範囲で平均時間が 1.9~2.3sec.に収まっていることを示している。この結果は少なくとも 20 多重までは多重割込みの数は処理時間に影響しないことを意味している。即ち、多重割込みの数は少なくとも 20 であり、これは要件 (A) の数値目標を満足している。

## 処理時間

ユーザビリティのために処理時間を測定した。この目的のため、以下の 2 種類の時間を測定した。

- ① 現実的なユーザビリティに影響する端末側での機器連携の制御時間
- ② サーバ側でのタスク・イベント処理時間

上記①に関しては、ユーザ端末で実行されるタスクアプリケーションの操作感覚を評価するため、「商品説明」タスクで、ユーザが「スライド表示」ボタンを押してから機器連携に対応して実際に PC 画面に説明スライドが表示されるまでの経過時間を測定した。

表 3.5 に各操作を 5 回行った時の平均経過時間を示す。

表 3.5 機器連携に対する経過時間

操作	経過時間(秒)
スライドの表示開始	2.0
スライドのページめくり	0.3
スライドの表示終了	0.4

スライドショーの開始時間は Acrobat Reader (PDF ファイル閲覧ソフト) の立ち上げ時間を含んでいるので他の操作よりも長いものの、全ての操作は実用上十分に短時間で動いている。それゆえ、機器連携の制御はユーザのストレスなく機能することを確認した。

②についてはタスク管理サーバでのタスク関連イベントの処理時間、即ち、タスク実行が可能となるようなコンテキスト・サーバからのコンテキスト変化に対応するサーバの反応時間またはユーザ端末での操作、に対するタスク管理サーバの反応時間を評価するため、タスク管理サーバの負荷を徐々に増加させながらそのサーバの処理時間を測定した。具体的な評価の対象は以下の通りである；

①割込み無しでのタスク実行：

タスク割込みのための制御無しでのタスク実行を行うため、疑似コンテキスト・サーバから商品補充タスクの実行を要求してから、ユーザ端末にそのタスクの実行を要求するまでの時間

②割込みを伴うタスク実行：

商品補充タスクへの割込みの制御を伴うタスク実行を行うため、疑似コンテキスト・サーバから顧客対応タスクの実行を要求してから、ユーザ端末にそのタスクの実行を要求するまでの時間

③タスクの復帰：

商品補充タスクへの復帰のために、ユーザ端末から顧客対応タスクの完了通知を受けてから、そのタスクの終了通知がコンテキスト・サーバに通知され、ユーザ端末に復帰要求が送られるまでの時間

各 30 回ずつ計測した時の上記の平均時間を図 3.15 に示す。

各処理時間はサーバ負荷の増加に伴ってわずかな上昇傾向を示しているが、最大でも 130msec である。従って、タスク実行と端末での処理時間はほぼリアルタイムの性能を持つと言える。

これはシステム要求 (B) を満たしている。各処理時間の違いはそれぞれで実行される処理の差のためと考えられる。このグラフはタスクの割込みが CPU パワーを必要とすることと、また、タスクの復帰が最も CPU パワーを消費することを示している。

もしタスクの実行前に機器またはサービス機能の検索が行われるならば、図 3.15 の①または②に検索時間を加える必要がある。UPnP の仕様では、M-SEARCH の待ち時間は 1 秒以上にしなければならず、5 秒以下にすべきとなっている。従って、この待ち時間が支配的である。ユーザビリティを考慮すると待ち時間は 1 秒に設定すべきである。

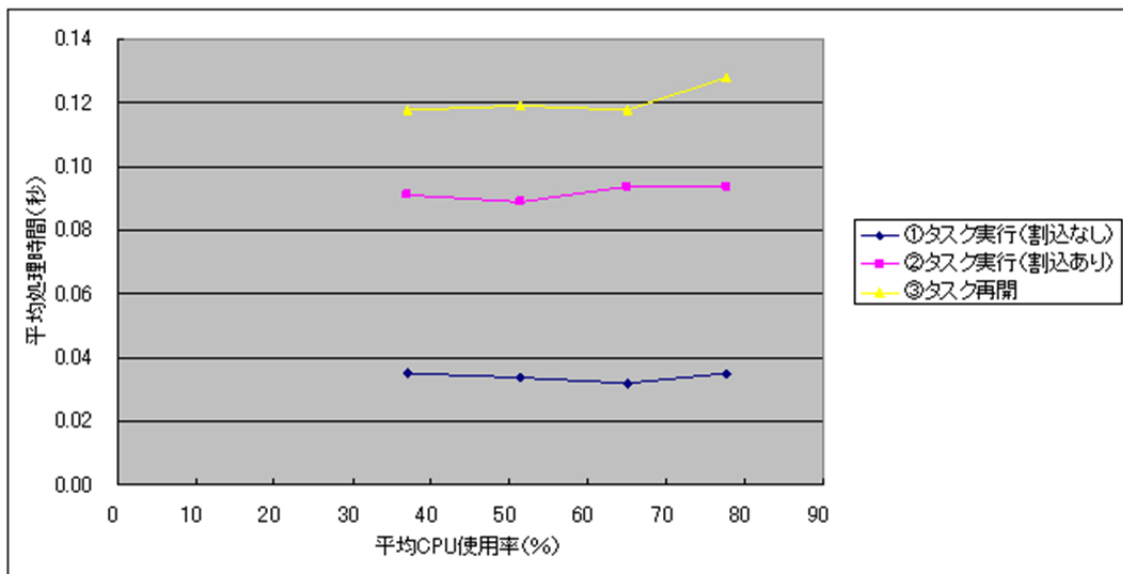


図 3.15 試作システムでのタスク・イベント処理時間

### スケーラビリティ

次に、試作システムでスケーラビリティの評価を行った。この目的のため、①タスク管理サーバの収容数、と②タスク管理サーバの処理能力を見積もった。

この①に関しては、試作システムでは固定的に1ユーザ当たり1スレッドを消費する設定とした。したがって、本システムの収容数はサーバで同時生成可能なスレッド数と等しい。本システムでは、その数は12,000であった。

また、②に関しては、タスク管理サーバが1時間に処理できるタスクの数を、サーバ負荷を少しずつ増加させながら測定した。最大サーバ能力はCPU利用率が80%となる最大タスク数と定義した。この条件のもと、最も簡単な1タスク・シナリオと、最も複雑な3タスク・シナリオの2つの場合について計測した。1タスク・シナリオは表2の商品補充タスクだけを実行する。3タスク・シナリオは図5で示した順に3つのタスクと割込みを実行する。

測定結果を図3.16と図3.17に示す。1時間当たりのタスク処理数は1タスク・シナリオでは約76万、3タスク・シナリオの場合には約67万であった。1タスク・シナリオの場合も、3タスク・シナリオの場合も、同時に処理されるタスク数は1であるので、もし1人のユーザが1つのタスクを平均3分で実行するものとする、1ユーザが1時間に処理できるタスク数は20である。従って、システム収容能力は1タスク・シ



ナリオで約 3.8 万ユーザ、3 タスク・シナリオで約 3.3 万ユーザとなる。この差はタスク割込みと復帰のためのオーバーヘッドによるものと考えられる。

先のスレッド数から見積もった収容能力 1.2 万は、サーバで使っているプログラミング言語 Java の設定による制限であると考えられる。いずれにしても、これらの結果から、試作システムは、システム要件 (C) の数値目標を満たす。

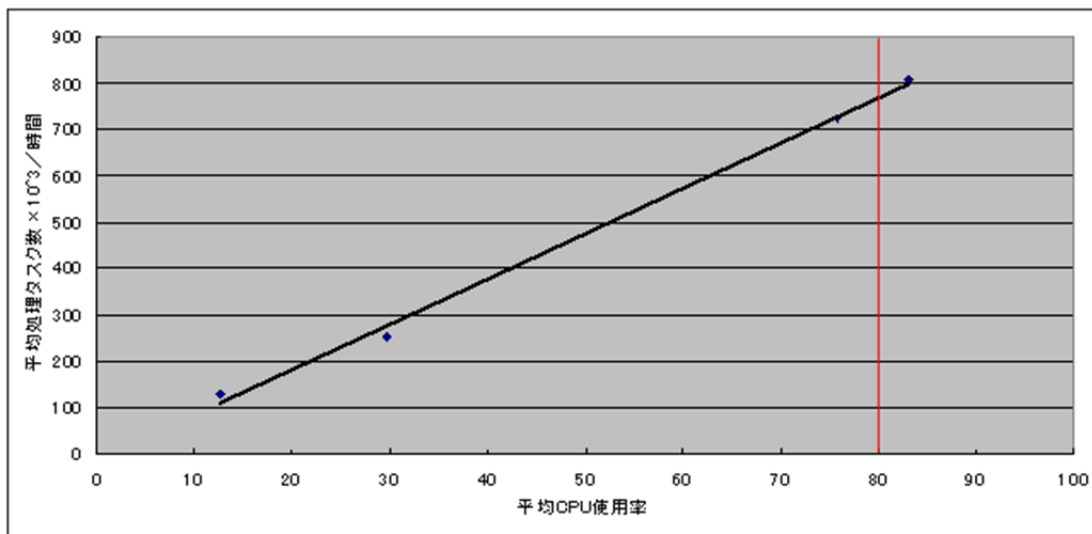


図 3.16 1 タスク・シナリオでのタスク処理能力

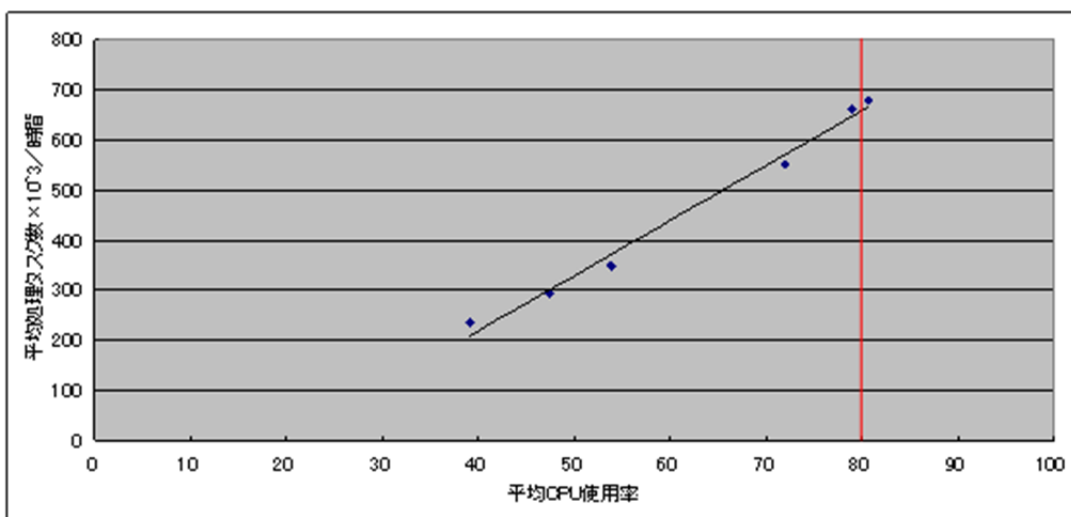


図 3.17 3 タスク・シナリオでのタスク処理能力

### 3.2.6. まとめ

本節では、人の行動を支援する複数の割込みが可能な拡張したタスク駆動型デバイス・アンサンブルを提案した。そして、店員の支援を想定した試作システムを実装し、システム評価の結果を示した。これらの評価を通して、システムが想定通りの性能で動作することを確認した。定量評価の結果は以下の通りである。要件 (A) の多重割込み数は少なくとも 20、要件 (B) のリアルタイム処理として機器連携による制御は 2.0 秒以内にでき、タスク管理サーバのタスク処理時間は 130 ミリ秒より少なく、要件 (C) のスケーラビリティとしてシステム収容能力は 1 サーバ当たり、少なくとも 1.2 万ユーザであった。

この結果により試作システムが当初の要件と数値目標を満たしていることを確認した。

今後の研究課題としては、①システム収容能力を増加させ、②一般の機器との連携に拡張し、③ユーザ視点からの評価を行うことである。①に関しては、我々の試作システムではシステム容量が同時にシステムの生成できるスレッド数に制限されていたが、もっと実用的な使用のために、必要に応じてスレッドを動的に発生させることにより、この制限を取り除く。②に関しては、UPnP デバイスだけでなく、他の機器連携フレームワークを含むもっと一般的な機器を使用できるようにしたい。③に関しては、今回は主に試作システムの能力を評価したが、今後はフィールドトライアルによって、ユーザ体験や有効性を評価する。

### 3.3. ヒューマン・インターフェース技術

3.1 節、3.2 節では、ヒューマン・エンパワーメントを実現する技術のうち、特にアプリケーションを乗せるための基盤技術について述べてきた。これらは、現在の携帯電話市場の主流となったスマートフォンへの応用を前提とした、HCC のビジョンを実現する為の基盤となるべき技術になっている。しかし、これらの研究開発成果をタイムリーに製品に搭載して継続的に市場に投入していくための経営判断は、1 章で述べたように今後さらに困難を増すと予想される。

携帯端末の社会的な役割は、かつての音声通話という限定されたものから現実社会とのインターフェース（ユビキタス・フロント）へと変化し、その重要性を増してきた。この流れの中で現在の富士通のスマートフォンを特徴づけている技術には、1990 年代のフィーチャーフォンの発展期の基礎研究成果を源流として引き継いだものもある。ヒューマン・エンパワーメントを実現する重要な技術のひとつであるヒューマン・インターフェース(HI) 技術は、富士通研究所でも長年にわたって研究を進めてきており、その集大成としてヒューマン・セントリック・エンジン（HCE）に組み込まれ、富士通のすべてのスマートフォンに装備されている。

富士通の HI 技術には、以下のような主要な技術カテゴリがある。

- ・ 音声技術 (聞きやすさを強調する音質への変換技術)
- ・ モーションセンシング技術 (使用者の姿勢・動作を把握する技術)
- ・ 画像処理技術 (携帯端末のカメラを通した静止画・動画撮影等の画像活用の技術)
- ・ カラーマネジメント技術 (肌診断等を可能にする、実世界の測定・把握)
- ・ 指紋センサー等認証技術 (携帯端末のセキュリティの確保)

これらの基礎研究成果を商品化したプロセスは、必ずしも事前に練られた計画通りに事業化されたものばかりではなく、企画・開発現場の日常の判断や個人の「ひらめき」あるいは「確信」がキーとなって製品化に繋がった事例もある。本章で述べた HCC の要素技術を確実に市場につなげていく為の、技術経営の視点の課題について次章で議論していく。



## 第4章 基礎研究の深化に基づく商品の開発プロセスに関する考察

### 4.1. 背景

日本メーカーからヒット商品が生まれなくなったと言われ始めて久しい。家電製品を例に取れば、戦後の日本は欧米メーカーの模倣と低コスト労働力、更には勤勉さと緻密さが生み出す高品質によって市場を広げていった。やがて模倣から創造へというマインドが生まれ、多くの企業で基礎研究が進み、これに裏打ちされた商品も多数生み出され、ビジネスの繁栄をもたらした。この繁栄が高賃金を生み、低コストの優位性は失われていくが、徹底したコストダウンによりその影響を最小化し、長年築いた高品質という看板がこのコスト高を相殺して市場での戦いは続いた。各企業の基礎研究は、こうした流れの中で新商品の創出に貢献してきた。

折しも情報技術が加速度的に進展し、単なるものづくりからサービスを付帯したコトづくりの時代へと変化していくなか、ソフトウェアによる商品の目玉づくりが進み、様々な機能があふれるように種々の機器の中に盛り込まれていった。多くの企業は、あたかもそれが価値であるかのような錯覚に陥り、基礎研究から目先の目玉づくりのための応用研究、あるいは商品化のための開発にリソースを振り分ける企業が増えていった。コストダウン活動は工場のみならず、開発現場や事務現場でも、経費や研究開発費用の削減が効率化の名の下に行われていった。早いサイクルで次々と商品は生まれ[81]、あたかも研究開発が上手く回っているかのような誤解が生まれた。確かに、新機能のための技術は、他社から購入してくれば完成度も高かった。しかしこの結果、突出した製品は生み出されず、また他社の商品もすぐに真似ができる環境を生み出した。高品質への神話も、商品サイクルが早くなり、顧客からは高価値として考えられなくなっていった。商品が似たもので、品質の価値が薄まれば、生産コストの安いものが勝つという、あたりまえの結果を生み出していった。

基礎研究の弱体が破壊的イノベーションの可能性を少なくし、多くの企業で持続的イノベーションのみに投資をする傾向[82][83]がその流れを加速した。

今、再び基礎研究の重要性が問われている。早い商品サイクルの中で、基礎研究のあり方と商品開発のためのプロセスを適切に関係づけていければ、新たな時代にあったヒ

ット商品を生み出すことができると考える。しかし、テクノロジーだけでは商品化との間に大きなギャップが存在する。研究と開発の間には「魔の川」があり、開発と事業化の間には「死の谷」があると言われ続けている[84][85]。他にも近年の技術マーケティングの典型的な課題として、新技術がメインストリーム市場に参入して普及する条件や戦略を説明した、キャズム理論[86]も提唱されている。そこで、この基礎研究と開発そして事業化の間の関連付けを、一定のプロセスに落としていくことが可能であるならば、新しい商品開発プロセスになり得るといふ仮説を立てた。

本章ではこの仮説に基づき、商品化プロセスと基礎研究プロセスを「繋ぐプロセス」として考察する。まず4.2節で従来の商品化プロセスの課題を述べ、4.3節では開発事例を述べてその成功要因を分析する。4.4節では提案するプロセスを定義するとともに、その動作を検証する。最後に、このプロセスを運用するための施策を考察する。

## 4.2. 基礎研究と商品開発のギャップ

本節では、現在の製品開発モデルとその課題について述べる。

### 4.2.1. 複雑化する研究プロセス

ICT 機器の製品開発プロセスが複雑化し、特に製品開発期間の短縮化が顕著に進んでいる。このため、基礎研究にあてる期間にも一定の制約が出ている。一時代前の様に、開発要請を受けてから研究に着手したのでは、発売時期に間に合わせることは難しい。役割や価格によっては外購する部品もあるが、外購した技術だけでは独自の製品価値をつくるのが難しくなる。また競合の状況により、工程の短縮化だけでなく仕様変更や開発予定の変動も頻繁に発生し、この動きに追従できない基礎研究は市場参入の機会を逃す。

現在の研究開発プロセスでは、以前にもまして不確実な状況に対処する必要性が高まっている。

### 4.2.2. 時間軸で議論する必要性

この状況を分析するために、われわれは当初、既存の研究開発モデルを参照して自社の開発事例の観察を試みた。しかしこれらのモデルは、自社の課題を説明するには適さないと考えた。その理由を以下に述べる。

従来提唱されてきた研究開発モデルには、研究から販売までの業務を直列に接続した「リニアモデル」と、これを発展させて現実の業務をより詳細に反映した「連鎖モデル」が知られている[87] [88]。これらはいずれも基本構造は共通で、その差異は、リニアモデルには研究開発プロセスの起点の捉え方、あるいは後続の生産等の工程から、上流の研究へフィードバックして市場の要求を反映する、といった複雑度の違いがある。

一方で、メーカーの製品開発においては、**Time-to-Market** を厳守することが経済原則を成立させる要件の一つであり、これを時間軸のマネジメントの課題として議論することが重要である。しかし既存のモデルでは、製品発売日という時間軸上のゴールに収束させるための仕組みを議論することが難しく、時間軸に着目した分析と施策が必要と考えた。

上記のモデルが提唱された 1990 年代前半までの ICT 産業は、現在よりも競争が緩や

かであり、時間軸の議論は現在ほど重要ではなかったと考える。加えて、1990年代以降のインターネットの普及が生産者から消費者まで手にする情報量を飛躍的に増大させたことも、市場動向を加速させた一因と考えられる。この課題を図 4.1 で整理する。これは、基礎研究と商品開発の一般的な関係である。

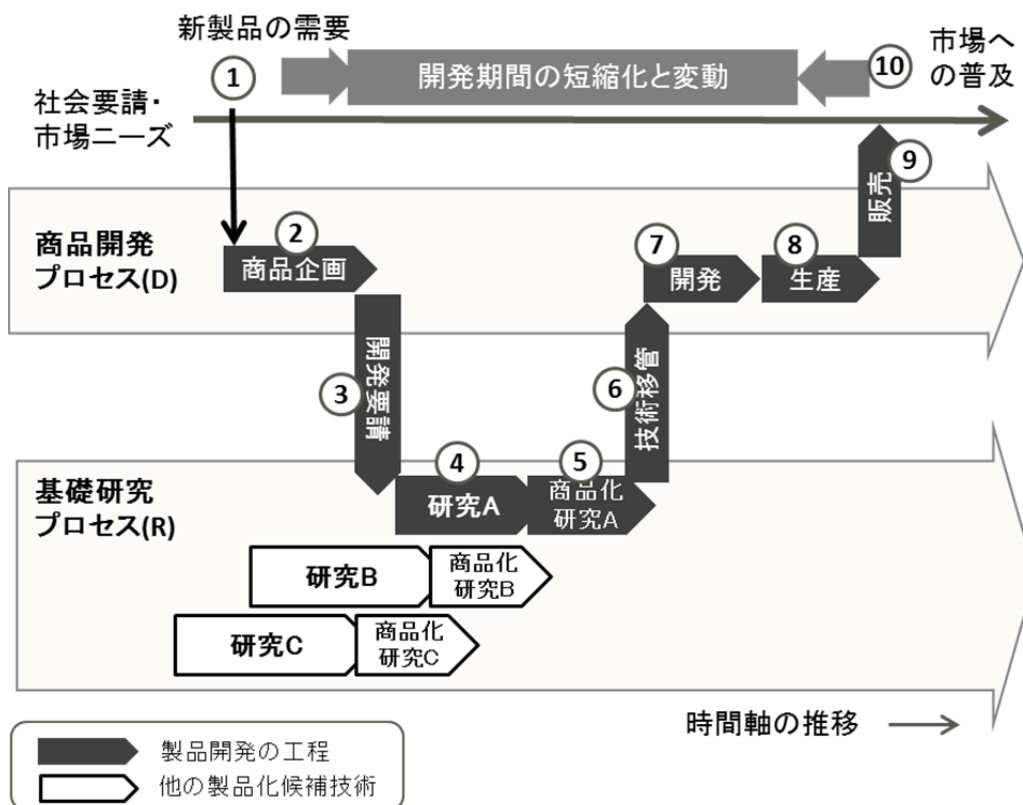


図 4.1 基礎研究と製品開発プロセスの関連

携帯電話に代表される現代のコンシューマ製品の製品サイクルが半年から数か月であるのに対し、研究期間（④，⑤）は年単位の時間を要するため、製品開発の中で時間軸上の負担になりやすい。

市場動向への対応に敏感になったメーカーは、競争優位を保つ手段として製品サイクルを短縮する方向に組織構成と組織運営を変革する。しかしこれは、結果的に基礎研究組織を商品化組織に組み入れることと等価である。この形の運用が常態化するにともない企業内の基礎研究活動は衰弱が進み、最終的にはその組織が崩壊してイノベーションの為の新規開発が不可能になる。

以上のように、現在の製品開発のなかでは時間軸の課題が顕在化している。



### 4.2.3. 現在の開発体制の課題

製品開発プロセスの図 4.1 の④, ⑤は、基礎研究組織として全うしなければならない。しかし旧来のままの体制では、「必要としたタイミングで即座に使える研究成果を準備する」という需要に応えることが難しい。そのためには、基礎研究と商品化の各組織の独立性を保ちつつ、発売時期と品質をともに満たすための課題と施策が必要となる。

まず、商品化部門では以下の課題がある。

**(1a)** 社内のみならず、社外に適用可能な技術成果がないかどうか、入念な調査が必要である。これは、商品企画の早い段階から着手すればより効果的である。

**(1b)** 有用な研究成果を新しい商品に適用する為に、修正や改造の手順を想定とした商品化活動の設計が必要である。研究成果がいつでも商用化可能な状態になっている事は少ないため、新たな用途に適用する為の組織的な努力が極めて重要である。

一方、基礎研究部門の施策としては、以下の課題がある。

**(2a)** 商品化部門の行う調査に対して、研究視点からの協力が必要になる。図 4.1 の様なある種のウォーター・フォール的な手順ばかりでなく、計画時点で想定していなかった技術で機能を実現する可能性を探索する活動が鍵となる。この様なある種の偶然性は、セレンディピティと言えないまでも、異分野、異用途の視点を商品化プロセスに含めることで、イノベーションに繋がる可能性を高めることができる。

**(2b)** 他分野への技術適用の迅速化

研究成果の多くは特定の製品や用途に最適化されているため、他分野で利用するためには、技術の焼き直し活動にかかわる技術的、時間的障壁を越える必要がある。

新たな用途を探し研究成果を適用する上では、以下の様な組織構造的、運用的課題を乗り越えなければならない。

**(3a)** 技術を探す為の課題

社内的には、図 4.1 の研究 A、B、C の様に研究成果が、情報プールの形で整備されて

いなければならない。また、全く異なる用途に向けられる事も期待するならば、研究成果の情報を機械的にデータベース化する情報管理では不十分であり、人の知識の管理が必要になる。

**(3b) 技術を製品に適用する際の課題**

異分野用途への転用の障壁が考えられる。基礎研究（④）の段階から商品化研究（⑤）に進んだ段階では、転用することが難しい。

これらを詳細に分析して、施策を次に述べる。

#### 4.2.4. 採り得る施策

商品開発部門の対策としては、以下のものがある。

(1a) 用途に合う技術を幅広いソースから発見し、製品に採用する仕組みを整備する。異分野の技術を評価して未知の製品に導入し、新しい製品価値を創造できる人とプロセスをつくる。

(1b) 製品需要を約束できる基礎研究を早期に企画  
確度の高い長期の市場予測ができれば、着手前に製品化が確約された研究計画を書くことができる。しかし現実の製品企画では、投資効果や事業上の優先順序による意思決定も加わり、基礎研究側にとって合理的な結論になるとは限らないため注意が必要である。

基礎研究部門では、以下の施策が考えられる。

(2a) 最小限のカスタマイズで研究成果を流用できる仕組み  
商品化部門が期待する基礎研究のゴールは一般に、自部門の製品に組み込むためのカスタマイズが完了した状態である。これに対して、研究の過程でカスタマイズの需要を想定し、応用先に依存しない「中間的な成果」を蓄積する仕組みによって、流用が容易になる。

最後に、既存のいずれの組織にも属さない施策を挙げる。

(3a) 技術と未知の用途を組み合わせることができる人の能力  
基礎研究と商品開発の個々の部門が、上で述べた仕組みを持つだけでは新製品は生まれない。すなわち、不確実性に対応する能力を育成するマネジメントが必要となる。

### 4.3. 製品開発の事例

本節では、中高年齢者向け携帯電話の開発事例について述べる。

#### 4.3.1. シニア向け携帯電話の開発事例

中高年齢者向け携帯電話の検討は、1998年ごろから開始された。当時は中高年齢者の携帯電話保有率は極めて低く、当時製品ターゲットとした2001年を想定しても、ニッチになり得るか疑問の声が多かった。市場は大きく、今後さらに拡大することは皆が想定できたが、若者をターゲットとした市場が大きく伸びており、機能の豊富な利益率の良い高級機の開発でリソースを使い、利益率の低そうな中高年齢層向けの簡単な携帯電話はいつでも市場ができればサブセットで作ればよいというマインドが業界には蔓延していた。当時、ヒット製品を持ちえなかった会社だからこそチャレンジできたということは、まさしくクリステンセンが「イノベーションのジレンマ」として指摘するとおりである。

商品企画の過程では、市場セグメンテーションに向けて徹底した検討がなされた。この間の事情については「生産性を向上させる商品化プロセスに関する一考察」[89]に詳述されている。中高年齢者の生き方やライフスタイル、そして今後想定しうる変化という観点からの分析に加え、なぜ中高年齢者が携帯電話を敬遠するかという観点からの分析をおこない、「聞きやすさ」「見やすさ」「使いやすさ」「安心（健康等）」といった、その後長期にわたって生き続けるコンセプトが策定された。こうして富士通の中高年齢者向け携帯電話「らくらくホン」は誕生し、そして長期にわたり圧倒的なシェアを獲得することになる[90][91]。

上記の商品企画の背景を踏まえて、富士通の携帯電話「らくらくホン」[92]を代表する、モーションセンシング技術と音声信号処理技術の開発事例を述べる。

### 4.3.2. 事例 1 : モーションセンシング技術

本技術は、歩数計をはじめとして人の動きを認識するゴルフスイング診断などのスポーツの履歴や、健康情報の管理等に使用されている[93]。その技術の源流は、2001年に発表されたヒューマノイドロボット HOAP [94]の運動制御アルゴリズムにさかのぼる。HOAPの動作は生物の神経系の構造を応用した自己学習型の機構（リカレントニューラルネットワーク）で実現されており、その原理はロボットの運動を記述する数学モデルである[95][96]。

以下、開発の経緯を3つのステージに分けて説明する。

#### ステージ 1 : 研究成果と需要が出会っていない状態

2001年に発売された、らくらくホンの初代製品では、他社の歩数計技術が採用されていた。後に歩数計に繋がる本技術がすでに存在していたが、この時点の研究チームはロボットへの適用に専念していたため、携帯電話への応用が検討される状況ではなかった。

#### ステージ 2 : 自社製歩数計の製品化

研究チームはこの技術の応用先として携帯電話向け歩数計を試作し、事業部の評価を経て、2006年にらくらくホンシリーズへの搭載が決定された。商業的な成功には、研究チームがロボット以外の事業化の出口を検討した時期と、携帯電話の普及が進んだ時期と重なるなどの外的要因もあった。しかし最大の原動力は、研究チームが本技術と携帯電話の役割を「人間の行動を認識するセンサー」と位置づけた課題設定能力であった。

研究所では、本技術の特徴を原理のレベルで理解すること、すなわち「一般化」した知識を保有していたため、この技術を歩数計にカスタマイズできる状態にあった。同じ時期に事業部は他社技術を代替できる自社の歩数計技術を探していたが、事業部の期待は、本技術の原理的な優位性よりも自社技術による部品コストの削減にあった。

製品開発の工程で研究チームは、歩数計アルゴリズムを携帯電話のハードウェアにチューニングする作業を実施した。この工程は、HOAPの開発で蓄積していたアルゴリズムのチューニング技術を応用することにより、1か月という短期間で調整作業を完了し、不確定要素の多い新機能でありながら製品開発予定を守った。

ステージ2までに、以下の工夫と成功要因があった。

- 自社歩数計の製品化という両組織に共通のゴールが、タイミングよく生まれたこと。
- 携帯電話への応用を着想した、研究チームの課題設定能力。
- 機能の価値以外にも、開発工程を短縮する上でチューニングの技術が役立った点。

### ステージ3：横展開による商品ラインナップの拡大

本技術の高い汎用性は、歩数計の開発を通して事業部と共有された。歩数計の製品化ののち研究チームは、この技術を携帯電話の利用者の行動センシングの機能として高度化させ、活動量計の商品化につながる技術提案を進めていった。ジャイロ・加速度計等の機能と連携し、人の行動（歩行、ジャンプなど）を携帯電話が検出する機能を実現していた。この成果は2008年前後からデモ・アプリケーションとして一般に公開された。携帯電話を持つ人の動作をセンシングし、仮想空間のキャラクターのアニメーションに連動させることができた。

この成果を受けた事業部では、本機能を使った付加価値の高いアプリケーションの商品化に着手した。この横展開を容易にしたのは、HOAPの開発成果の一つで制御機構の原理的な専門知識をもたなくてもロボットの動作をプログラムできる、独自の開発技術によるところが大きかった。モーションセンシング技術はゴルフスイングを筆頭に、動きのパターンが決まっているスポーツとの親和性が高く、ウォーキング、ランニングにも適用された。

ステージ3で見られる工夫と成功要因は、以下のものがある。

- 歩数計以外への横展開ができた背景に、高度な制御アルゴリズムを容易にカスタマイズできる補助的な技術があった点。
- 高度な数式で構成される技術の原理的特徴を、製品化部門のキーパーソンが理解したことが契機となり、歩数計の派生機能の開発には本技術が不可欠と商品化部門で認識された点。

この開発事例では、他社製部品を自社技術で置き換えただけでなく、携帯電話にモーションセンシングという新しい機能カテゴリを創った。最近になり、人間だけでなく犬の歩行の挙動にもチューニングされた犬用の歩数計[97][98]を発売するなど、利用範囲は現在も拡大している。

### 4.3.3. 事例 2 : 音声信号処理技術

らくらくホンの特徴の一つである、通話の明瞭性を高める音声強調技術の開発経緯を 2 つのステージで述べる。

#### ステージ 1 : バーチャル組織による開発着手

富士通研究所では、有線通信が主体の 1980 年代から、コーデック（符号化）に代表される音声信号処理の研究成果を蓄積していた。

事業部はシニア向け携帯電話の商品企画のなかで独自の通話機能をつくるために、他社技術との比較を経て、自社の研究所の技術の使用を決定した。もとより事業部は研究所の音声処理技術について、完成度や製品化時期といった時間軸の要件を含んだ期待値を常に把握していたことに加え、自社技術を積極的に製品に利用していくポリシーが組織で共有されていた。この考え方は歴代の部門のリーダーによって受け継がれ、連携しやすい関係が作られていた。

開発の体制は、組織横断の「バーチャル組織」で実施され、事業部と研究所の双方から参加した研究者、技術者が日常的に議論していた。例えば、携帯電話の通話音声の聞きやすさについては、発売中の全ての自社端末の周波数特性を測定して議論するなど、自社製品の価値を製品世代を超えて長期に議論できる組織構造も特徴であった。

バーチャル組織は検討の結果、研究所の音声コーデック、デジタルフィルタ、音声信号のモデリングの各技術を組み合わせて、音声強調機能の開発方針を決定した。そして、聴音モデルから個人の声質の特徴量の抽出し、声質や周囲の雑音に応じて音量・音質を補正する機能を実用化した。

ステージ 1 での工夫と成功要因は、以下の項目がある。

- 音声処理技術群は、原理レベルで「一般化」された技術知識がバーチャル組織を中心に部門間で共有されており、実現可能性や仕様の検討が迅速に行われた点。
- はっきりボイスの機能は、豊富な技術蓄積の中から選択して組み合わせる形で実現できた点。



## ステージ 2 : 基礎研究と商品化の時間軸の整合

初代の音声強調機能は、2003 年のらくらくホン III に「はっきりボイス」として搭載された。最初の製品開発サイクルに参加した研究所は製品へのニーズを把握できたため、後続のモデルからは研究所も新機能の提案に加わった。2007 年発売の二世目目の製品では、相手側の音量を聞きやすいレベルに自動調整する機能を追加した。2008 年のモデルには、周囲の騒音に応じた相手側の音量補正について、リアルタイム処理性能を向上させて違和感を軽減したスーパーはっきりボイス 2 を搭載した。2009 年には、他人の音声のようなバブル雑音への耐性を高めたスーパーはっきりボイス 3 を搭載するなど、新機能が継続的に製品に投入された。

研究チームの役割は、製品開発の最終段階にまで及んだ。音声処理アルゴリズムを製品の DSP (デジタル・シグナル・プロセッサ) に実装する工程では、メモリ量、処理量、消費電力といったハードウェアの特性や制約に合わせたチューニングを、アルゴリズムの原理を熟知した研究チームみずからが担当した。この工程に参加した研究所は、研究段階で製品イメージを把握することができ、事業部の時間軸に追従できるようになった。

バーチャル組織の活動はその後、部門間の情報共有や方針を議論する場に発展している。

ステージ 2 の工夫と成功要因は、以下の項目がある。

- ▶ 研究所が製品仕様の検討に参加し、実質的な研究期間開始時期を前倒しできた点。
- ▶ 研究所が製品開発にも参加してフィードバックを入手し、いち早く次期機能の計画を具体化できた点。
- ▶ バーチャル組織の価値を理解し、部門間の正式な連携プロセスにまで昇華させた組織マネジメント。

#### 4.3.4. 成功要因のまとめ

本項の開発事例の成功要因を一般的な表現で、以下の三項目に集約する。

一点目は、技術の一般化である。技術の特徴を表面的な機能ではなく原理のレベルで「一般化」し、その知識を組織横断で共有できたことで、未知の応用との接点を作った。

二点目は、バーチャル組織の活用である。異分野の技術と製品の接点が生まれた現場は、組織横断の議論や仕様決定をおこなうバーチャル組織の中であり、情報共有と意思決定を加速し製品開発のタイトな時間軸に追従できた。

三点目は、想定外の用途を生み出す業務の自由度である。双方の組織に、技術・人脈・行動力・先見性、さらに未知の課題を発見する能力に長けた人材がいた。技術と製品の偶然に近いマッチングが実現されたのは、人的マネジメントの裁量によるところが大きい。

商品化の需要に適した研究成果を発見して最小限のカスタマイズで応用するために、一般化した技術情報を蓄積しておく手段を次章で述べる。

#### 4.4. 基礎研究と商品開発を繋ぐプロセス

4.3 節で述べた開発事例を踏まえ、基礎研究と製品開発の各プロセスを整合する、新しいプロセスを考察する。

##### 4.4.1. 繋ぐプロセスの位置づけ

商品開発プロセスの課題を説明した図 4.1 をもとに、らくらくホンの開発事例の成功要因を分析した結果を図 4.2 に示す。図 4.1 との差異は、既存の基礎研究プロセス(R)、商品開発プロセス(D)の間にある、第三の「繋ぐプロセス」である。

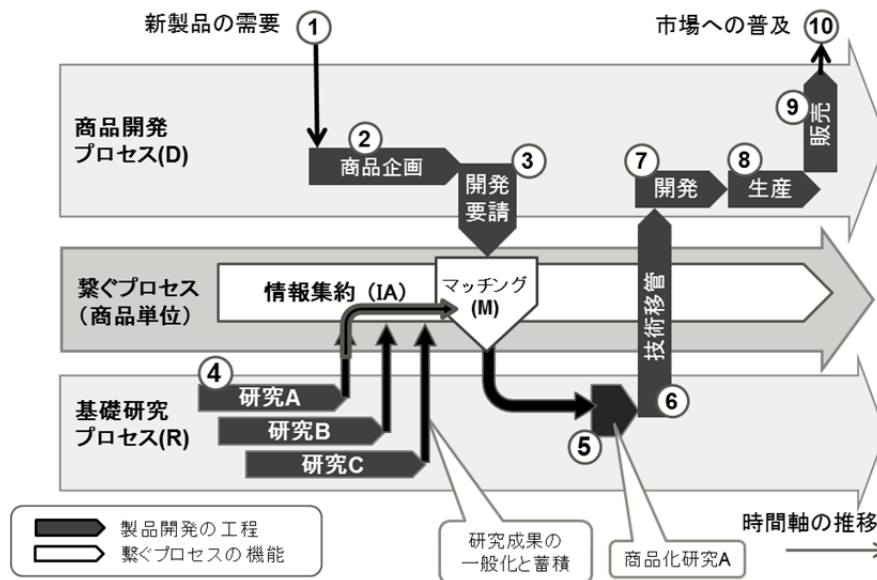


図 4.2 繋ぐプロセスの要件

「情報集約(IA)」は、研究成果の情報プールとして機能する。基礎研究プロセス(R)の研究 A、B、C はそれぞれ、進捗情報や成果を情報集約(IA)に随時蓄積していく。

商品開発プロセス(D)で新製品を企画した後、従来は開発要請③を特定の研究プロジェクトに対して要望していた(図 4.1)。繋ぐプロセスを加えた図 4.2 では、開発要請③は情報集約(IA)で一旦受け、その時点で情報集約(IA)に蓄積された研究成果の中から、「マッチング(M)」によって製品化に適した研究テーマ(この例では研究 A)を選出する。その後「商品化研究⑤」にて製品別のカスタマイズが施される。マッチング(M)で適切な技術がない場合は、社外品の調達が選択肢となる。

#### 4.4.2. 繋ぐプロセスを起動する仕組み

開発事例の中で観察できた繋ぐプロセスは、現場の意見調整や意思決定の積み上げによって自律的に発生した。図 4.2 のモデルを組織的、計画的に運用するためには、人の判断の流れも含めた繋ぐプロセスの内部構造と動作を把握する必要がある、これを図 4.3 に示す。

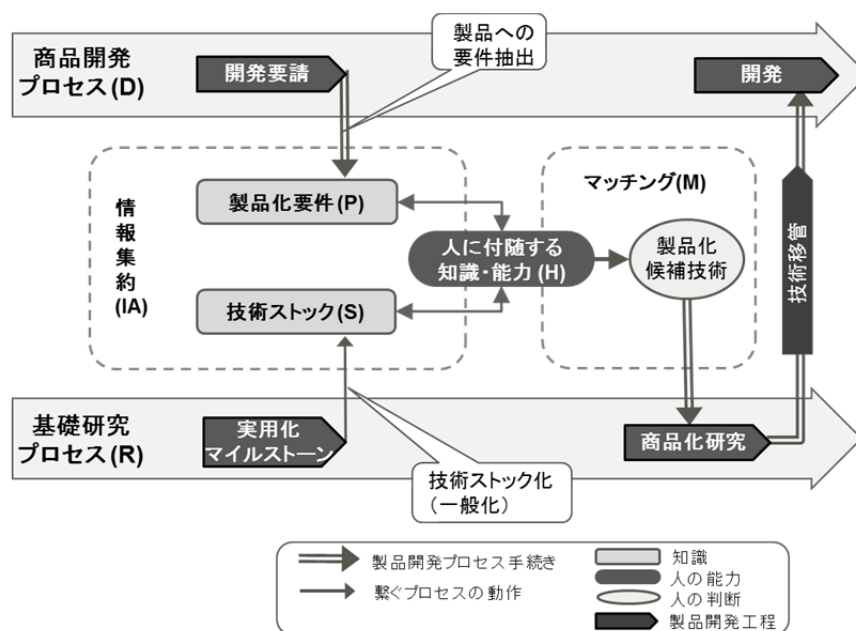


図 4.3 繋ぐプロセス：内部構造

図 4.3 の個々の機能を以下に列挙する。ただし、情報集約(IA) とマッチング(M)は、図 4.2 の記述と同じである。

- 技術ストック(S)： 動作原理のレベルで説明できる、技術の特徴
- 製品化要件(P)： 商品開発部門から研究成果に向けられた、製品への要件
- 人に付随する知識・能力(H)： 繋ぐプロセスの実質的な駆動力であり、研究者・技術者の技術に対する知識と応用を発見する能力

技術ストック(S)（関連研究として [99-104] がある）の実体は、研究者の知識である。研究成果の異分野への活用は、文書やデータだけは難しい。製品のレベルではなく原理のレベルで研究成果を「一般化」した技術を関係者が知識として共有することが重要である。

### 4.4.3. 開発事例を使った繋ぐプロセスの動作

図 4.3 の繋ぐプロセスが起動する過程を、4.3 節の開発事例を使って考察する。

#### (1) 検証 1：モーションセンシング技術

モーションセンシング技術の開発で繋ぐプロセスが起動する手順を、図 4.4 に示す。

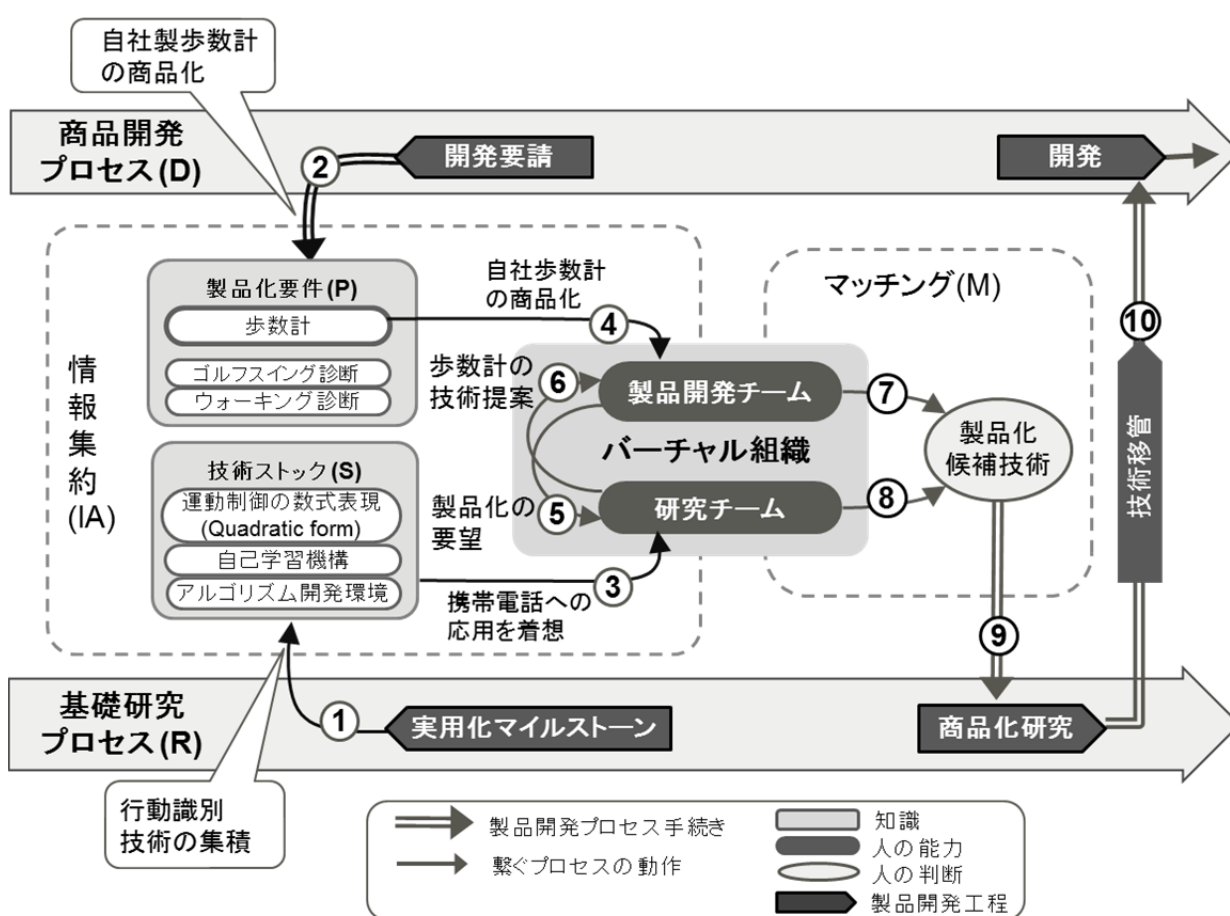


図 4.4 繋ぐプロセスの形成：モーションセンシング技術

これは、比較的短期間（5年程度）で形成された繋ぐプロセスの事例である。図 4.4 の動作を以下に説明する。ただしこれは不確実性を含むプロセスのため、各項目は必ずラベルの番号通りに進むとは限らない。

- ① 基礎研究プロセス(R)による成果の原理レベルの特徴を、技術ストック(S)に蓄積する。
- ② 商品開発プロセス(D)は、コストダウン策としての製品化要件(P)に登録する。
- ③ 研究チームが技術ストック(S)の中から、本技術の携帯電話への応用可能性を発見する。
- ④ 製品化要件(P)のうち、コストダウンの対象を歩数計機能の検討を開始する。
- ⑤ 製品開発チームは、研究チームに対して歩数計の開発を依頼する。
- ⑥ 携帯電話向け歩数計の試作品を開発した研究チームが、製品開発チームへ提案を行う。
- ⑦ 本技術の商品化案を、判断の場であるマッチング(M)に送る。
- ⑧ 技術ストック(S)の中から本技術を、同じくマッチング(M)に送る。
- ⑨ 商品化の方向が決定し、研究チームが商品化研究を行う。
- ⑩ 基礎研究プロセス(R)は本技術による歩数計を、商品開発プロセス(D)へ移管する。

図 4.4 の流れを、繋ぐプロセスを通して概観する。

本技術は当初はロボット事業を想定していたが、携帯電話にも応用された。これはモーションセンシング技術を一般化して技術ストック(S)に知識として蓄積していたことで、計画外かつ異分野の歩数計に応用し、事業部の製品開発の時間軸にも対応した。マッチング(M)を通して、両組織の需要のタイミングの一致が製品化に結実した。

## (2) 検証 2：音声信号処理技術

続いて、音声信号処理技術の事例の検証結果を図 4.5 に示す。

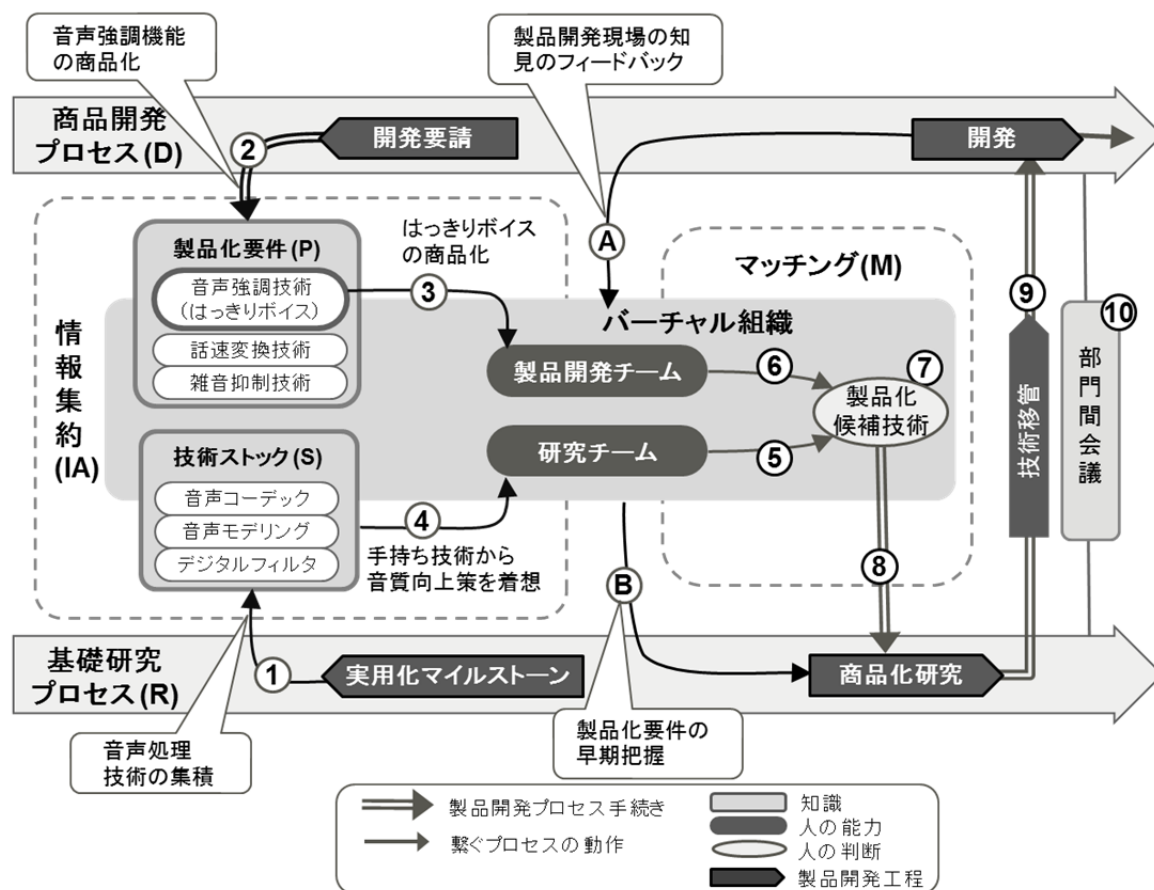


図 4.5 繋ぐプロセスの形成：音声信号処理技術

これは、比較的長い時間軸（数十年）をかけて醸成されてきた繋ぐプロセスである。

図 4.5 の動作を以下に列挙する。各項目は図 4.4 と同様に非同期に進行する。

- ① 基礎研究プロセス(R)の音声技術の研究成果が、技術ストック(S)に蓄積される。
- ② 商品開発プロセス(D)で商品企画が行われ、音声強調機能が製品化要件(P)に加えられる。
- ③ 製品開発チームは、音声強調の商品案・仕様を企画する。
- ④ 研究チームは、技術ストック(S)を組み合わせ、音声強調の実現手段を検討する。
- ⑤ 研究チームはバーチャル組織の中で、実装に必要な要素技術を選出する。

- ⑥ 製品開発チームもバーチャル組織の中で、製品要件を決定する。
- ⑦ バーチャル組織のマッチング(M)での判断により、はっきりボイスの詳細が決定される。
- ⑧ 音声強調機能の商品化研究がおこなわれる。
- ⑨ 製品レベルに調整された技術が、商品開発プロセス(D)に移管される。
- ⑩ バーチャル組織の連携が、部門間の公式な会議体に格上げされる。

バーチャル組織は、技術移管後の商品開発プロセスからフィードバックを受ける。

- (A) 製品開発工程に参加した研究チームが得たノウハウが、次の世代の仕様決定への参考情報になる。
- (B) 製品化研究では、旧世代の開発ノウハウとして活用されて工程が効率化される。

図 4.5 の流れを、繋ぐプロセスの部品を通して説明する。

技術ストック(S)に長年蓄積された音声信号処理技術は、原理のレベルで特徴が共有されており、研究所はらくらくホンの製品化要件(P)を策定する段階から事業部の議論に参加できた。さらに、研究者の視点から製品の課題を考察し、技術ストック(S)の中から実現手段を発見して(D)に結びつけた。事業部の要請を受けて検討を開始する一般的な状況に比べて検討期間が短縮され、製品開発の時間軸に追従できる体制が作られた。



#### 4.4.4. 考察

##### (1) 繋ぐプロセスの運用

繋ぐプロセスを組織で運用する為の施策を、運用モデルとして図 4.6 に示す。バーチャル組織の発生を促して繋ぐプロセスを継続運用するためには、組織間の人材ローテーションが必要になる。

繋ぐプロセスの運用モデルには、次の 3 つの人的施策が必要である。

一点目は、研究所内のローテーションである。各研究グループを代表する研究者が一定期間、戦略部門(ST)に在籍する。自社技術の全体像を俯瞰して、製品と技術をマッチングする能力を高める (図 4.6 の①)。

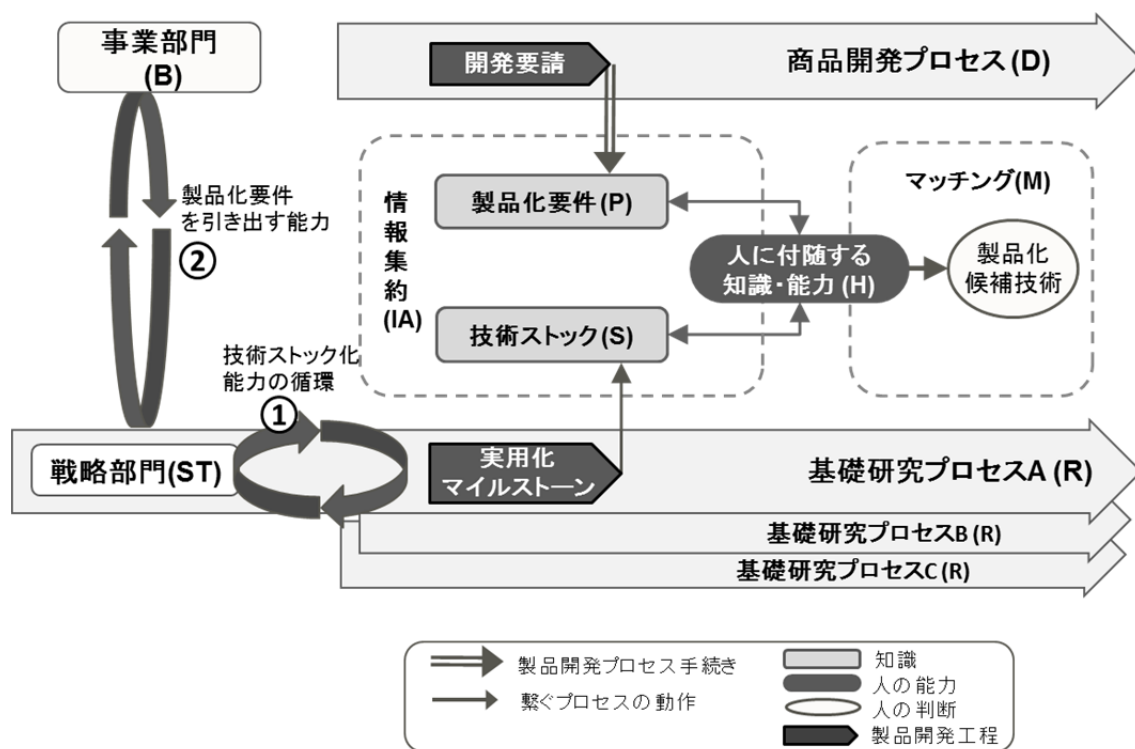


図 4.6 繋ぐプロセス：運用モデル

二点目は、研究所と事業部門(B)の間のローテーションである。繋ぐプロセスを起こせる研究者が異なる組織や立場を経験し、プロセスの運用能力を高める (図 4.6 の②)。

三点目は、研究者に大きな自由度を許容するマネジメントである。通常期待される職務範囲を超えた自由な発想や、研究者個人の確信に基づいた行動を許容する組織マネジメントを行い、偶然性をともなうニーズとシーズのマッチングを引き起こす。

われわれは、上記の能力をもつ人材像を検討した結果、「イノベーション・ディレクタ」という新たな役職を定義して、繋ぐプロセスの組織への定着を加速している。

## **(2) バーチャル組織の役割**

開発事例における繋ぐプロセスは、いずれの事例でもバーチャル組織内で発生した。音声信号処理の事例では、製品開発の着手と同時に公式なバーチャル組織が準備され、それによって開発が加速した。他方、モーションセンシングの事例では、公式なバーチャル組織は存在しなかったが、原理レベルの特徴を共有した2人の専門家が「最小のバーチャル組織」の役割を果たした。バーチャル組織は大部屋などの物理的な場は必ずしも必要とはせず、オンライン上のコミュニティでも機能する。

## 4.5. 結論

本論文は、企業内でかつては独立した組織として活動し、業務の時間軸の異なっていた基礎研究部門と商品開発部門を、Time-to-Market に代表される時間軸の要件を守るために連携させる仕組みを「繋ぐプロセス」として提案した。また現在筆者らが取り組む研究開発体制の再構築について説明した。

繋ぐプロセスにより基礎研究プロセスの利用が活発化し、競争力のある技術を計画的かつ継続的に市場に投入すると考えている。

また、繋ぐプロセスの他の効用としては、機能や性能競争が激化するなかで見失いがちな、営業やマーケティングの知識を導入できる期待もある。このプロセスの原動力は、技術の原理と価値を理解し共有できるキーパーソンの知識や人脈の力によって組織に伝搬し共有されることを、開発事例を通して分析した。

なお本稿は企業の体制に着目しているが、これは[105]が述べるユーザ主導による新製品やトレンドが発生する可能性を否定するものではない。高度な専門知識・技術に裏付けられた技術を市場に供給することは、企業自身だけでなくユーザコミュニティに対しても、イノベーションの創出機会になり得る。

今後、この「繋ぐプロセス」を研究開発組織に根付かせていくことにより、今後も続く価値変化の時代に耐えうる強い商品を生み出していけると考えている。本論文では携帯電話の例をとったが、もちろんこのプロセスはシステム商品やソフトウェア商品にも展開できると考えている。本論文で 3.1 項、3.2 項で扱ったシステムもまだ、研究段階のものであり、これを本章の「繋ぐプロセス」により、早期に商品として定着させていくことを目指していきたい。

繋ぐプロセスでは複数部門の、それぞれの事情を抱えながら、トータルとして最適の解を見出すプロセスでもあり、これは 2 章で論じた「社会ホルモン」という考え方と密接な関係があることに気付いた。今後、この関連を深め、この繋ぐプロセスの内容を更に充実させていく。



## 第5章 結論

人に優しい ICT を目指して、ヒューマン・セントリック・コンピューティングという新しい視点を導入し、これからの ICT を展望してきた。今、ICT の抱える様々な課題の一部はこれによって解決の方向性を示せたものと考えている。しかし、まだ序の口であり、技術的にも今後、更に深掘りしたテクノロジーの抽出が不可欠であると感じている。

第1章で述べたとおり、地球を取り巻く環境は様々な問題が輻輳して発生しており、本論文のアプローチはそれらの手掛かりにはなり得るが、すべての解決を約束できるものにはなっていない。地球でおきる問題が、原因は、例えば環境要因によるものであったり、外的要因によるものであったにせよ、個々の人間がそれによってどう反応するか、あるいはその要因がまた人間の営みから発生していたり、深い因果関係を持っていたりする。そしてその問題によって個々の人がそれぞれ、どのように影響を受けるかが課題であり、また個々の人間というところに多様性を持った人間をいかに扱うかということの複雑さが潜んでいる。その意味で、壮大な課題ではあるが、本論文はそこへ向けた第一歩であると確信している。

本論文でも述べた通り、これからの ICT 技術開発は、個々の性能向上にあるのではなく、人間も含めたトータルな観点での効率性を重視する方向に変わってきている。世界中の人がその時々が必要としている ICT の能力の総和は、全クラウドが提供できる全能力よりはるかに小さく、クラウドに集中していることの無駄が生じているのではないかという疑問を一方では持っている。今後、エンドユーザの状態に最適なコンテキストウェアサービスを提供できる仕組みづくり、すなわち超分散アーキテクチャの確立が必須であると考えている。人に優しく、エネルギー消費の少ない地球にも優しい ICT システムの構築、安心してセキュリティに守られた ICT の実現が、真のヒューマン・セントリック・コンピューティングの狙いであると確信し、その実現にむけた研究を更に深く推し進めていきたい。

以下、図 5.1 に本論文での成果イメージを図示する。

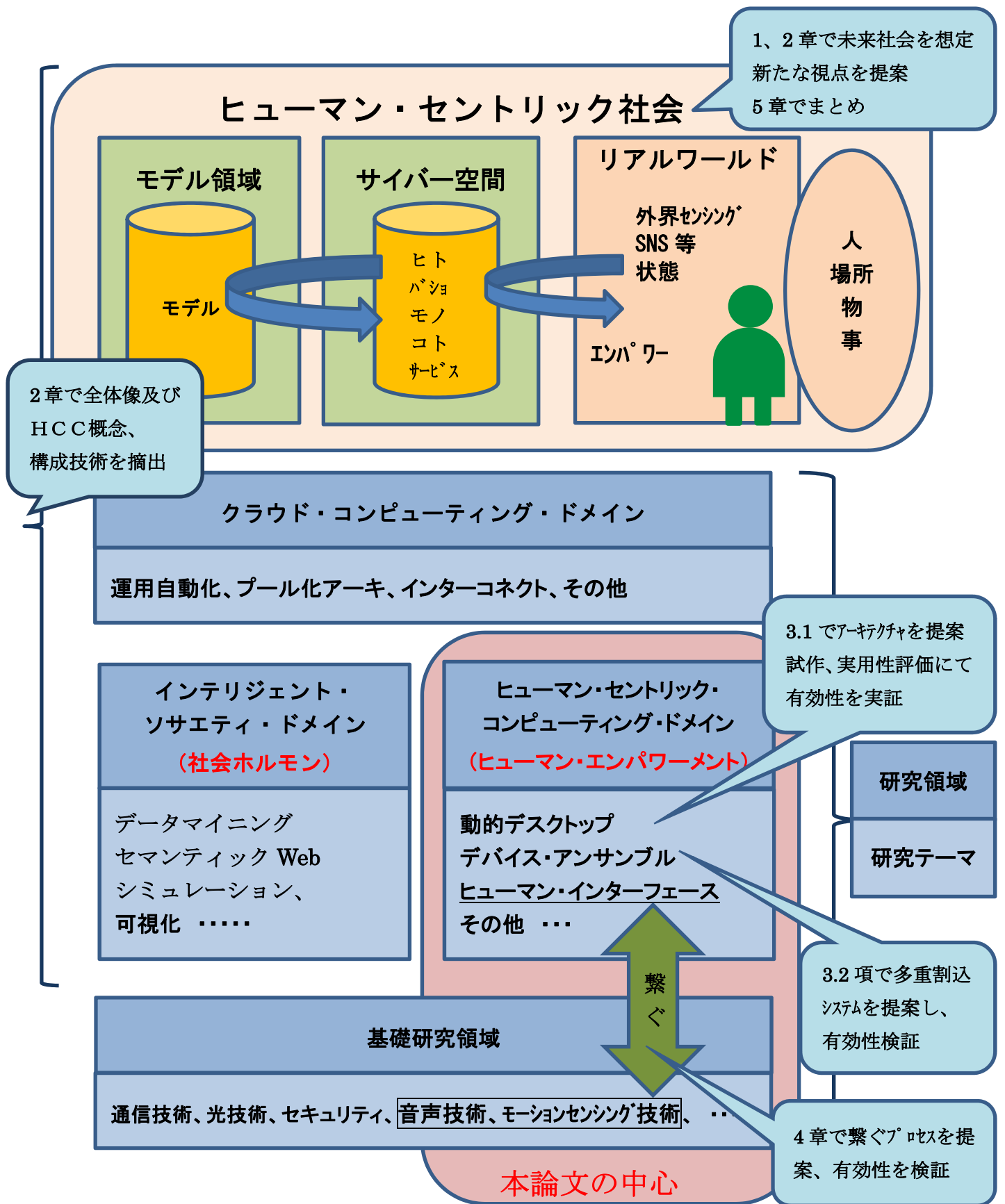


図 5.1 本論文の成果

第1章で、今、何故ヒューマン・セントリックなのかということ、世界で起きている様々な問題や、ICTが抱える様々な課題から導き出した。

第2章で、このヒューマン・セントリック・コンピューティングというものの概念についてまとめ、人間のエンパワーメントを実現するICTの3つの役割を導き出した。ヒューマン・セントリック・コンピューティングを実現する技術については、この3つの技術に加えて、周辺の技術についても概説した。

第3章で、人間をエンパワーする代表的な2つの技術について、すなわち、動的デスクトップシステムについてと、多重割り込み可能なタスク駆動型デバイス・アンサンブル・システムについて詳細に論じた。

第4章では、人間のエンパワーメントを実現する更にもう1つの代表的技術である人とICT間のヒューマン・インターフェースについて、携帯電話で実証してきた音声とモーションセンサーを例にとり技術の説明を概説するとともに、この携帯電話の開発を通じて得た新たな知見、すなわち、「基礎研究プロセスと商品化プロセスを繋ぐプロセス」を提案した。

ヒューマン・セントリック・コンピューティングという新しい視点でICTを展望していくとき、人とICTのインターフェースの研究開発はその肝になっていくものと考えている。第4章で述べたとおり、筆者は中高年齢者向け携帯電話の開発を通じて、その基礎研究の商品への具体的実装を通じて、「基礎研究プロセスと商品化を繋ぐプロセス」の存在に気付いた。まだまだ人に優しい、人に寄り添うICTは発展途上にあり、視覚、聴覚に加えて、触覚や、やがて臭覚や味覚にもチャレンジしていきたいと考えている。そこでは、基礎研究の更なる深掘り、そして安定していて継続性のある研究の保証が必要である。また、「基礎研究プロセスと商品化を繋ぐプロセス」を実現するうえには人材が重要な要素であり、人の育成という問題も避けては通れない。

筆者は企業の一員として、ともすれば目先の利益に走りがちな経営陣を戒め、一方で、研究者には真の研究価値を目指した徹底した深掘りを求めていくことにより、真のヒューマン・セントリック・コンピューティングの時代を切り開いていきたいと考えている。





## 謝辞

本学位論文を、研究成果として纏めるにあたり、ご指導いただきました静岡大学大学院情報学研究科の峰野博史准教授に心より感謝申し上げます。また、本論文審査にあたりご足労いただきました同大学大学院情報学研究科の西垣正勝教授、同、杉浦彰彦教授、同大学院工学研究科の廣本宣久教授の諸先生に深く感謝致します。

本学位論文執筆にあたり、当初から一貫してご指導、ご助言頂きました愛知工業大学情報科学部情報科学科の水野忠則教授に深く感謝申し上げます。

本研究に着手する契機は筆者が、所属する企業グループ内において、開発部門長から研究部門長へと異動となり、またその同時期に筆者の所属する企業のビジョンをあらたに「ヒューマン・セントリック・インテリジェント・ソサエティの実現」と定めたことにあります。このビジョン制定にも関わり、今後はそれを実現して行く研究をマネジメントしていく立場になるということで、これまでの開発経験と新たなビジョンに向かった研究の進め方、概念の整理を進める中で、論文として纏めることの意義を強く感じたことにあります。元株式会社富士通研究所および元富士通株式会社の山澤昌夫博士、株式会社富士通研究所の飯田一郎博士に強く勧められたことも、勇気を持って学位論文作成に向かうことへの後押しに繋がったと思っております。両者にはその後の学位論文作成過程を通して、適切なお助言とご協力を頂きました。厚くお礼申し上げます。

また、学位論文作成にあたり、様々な場面で、情報収集、整理、提供の労をお取り頂き、執筆にもご支援を頂戴いただきました株式会社富士通研究所の五十嵐洋一郎氏に深く感謝いたします。また、英文に関するご指導、ご助言を賜りました株式会社富士通研究所の石田エイミー亜希氏にお礼申し上げます。

このほか、多くの方のご協力をいただき本論文の完成にこぎつけることができました。定期的な議論にも加わっていただきました富士通株式会社の中条薫氏、株式会社富士通研究所の加藤雅之氏、武理一郎氏その他関連論文の共著としてご協力頂きました株式会社富士通研究所の宇式一雅氏ほかの方々にこの場を借りまして厚くお礼申し上げます。



## 参考文献

- [1] 外務省: 国連が取り組む地球規模課題,  
[http://www.mofa.go.jp/mofaj/fp/unp\\_a/page22\\_001260.html](http://www.mofa.go.jp/mofaj/fp/unp_a/page22_001260.html) (参照日: 2014年12月22日).
- [2] 総務省統計局: 人口推計—平成26年11月報—,  
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201411.pdf> (参照日: 2014年12月22日).
- [3] 総務省: 平成26年版 情報通信白書, 第1部 第2節(1)農業におけるICT活用事例 (2014).
- [4] 総務省: 平成26年版 情報通信白書, 第1部 第1節全世界でのICTの急速な浸透 (2014).
- [5] 総務省: 「デジタル・ディバイド解消に向けた技術等研究開発」対象事業の公募,  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01ryutsu05\\_02000043.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu05_02000043.html) (2014).
- [6] 堀越知一: 日本政府のユニバーサルデザイン (デジタル・ディバイド是正) 推進動向, FUJITSU, Vol.56, No.2, pp.102-105 (2005).
- [7] C. Rosen: The myth of multitasking, The New Atlantis, Vol. 20 (Spring), pp.105-110 (2008).
- [8] ビジョンの変遷に見るICTの将来像, 富士通総研(FRI) 経済研究所 研究レポート, No.407, June 2013, ISSN 1346-9029 (2013).
- [9] 内閣府: 第1回総合科学技術・イノベーション会議議事要旨,  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/giji/giji-si001.pdf> (参照日: 2014年12月22日).
- [10] 富田達夫: ICTの利活用を通じたイノベーションの推進, 月刊 経団連 2013年1月号, pp.34-35 (2013).
- [11] 飯尾 淳, 清水浩行: 人間中心設計: 1. なぜ使いにくい情報システムが生まれるのか?, 情報処理学会誌, Vol. 54, No.1, pp.4-9 (2013).
- [12] 福住伸一, 谷川由紀子: 人間中心設計: 2. 標準化動向—プロセス規格 ISO 9241-210 および関連規格—, 情報処理学会誌, Vol. 54, No.1, pp.10-14 (2013).
- [13] 谷川由紀子, 福住伸一: 人間中心設計: 3. 使いやすいシステムの効率的な開発に向けて—開発者のための支援環境構築—, 情報処理学会誌, Vol. 54, No.1, pp.15-20 (2013).
- [14] 善方日出夫: 人間中心設計: 4. システム開発の効率化とデザイン品質の向上—テ

- ンプレート活用による HCD の効果的な実践一, 情報処理学会誌, Vol. 54, No.1, pp.21-25 (2013).
- [15] 吉武良治, 柴田英喜: 人間中心設計 : 5. ユーザエクスペリエンスデザインの実践, 情報処理学会誌, Vol. 54, No.1, pp.26-31 (2013).
- [16] 井戸健二: 人間中心設計 : 6. ユニバーサルデザイン, 情報処理学会誌, Vol. 54, No.1, pp.32-35 (2013).
- [17] 高野昌樹: 人間中心設計 : 7. 医療情報システムへの適用事例, 情報処理学会誌, Vol. 54, No.1, pp.36-42 (2013).
- [18] X. Xing, T. Jing, W. Zhou, X. Cheng, Y. Huo, and H. Liu: Routing in User-Centric Networks, IEEE Communications Magazine, Vol. 52, no. 9, pp.44-51 (2014).
- [19] R. Sofia, A. Bogliolo, F. Sivrikaya, H. Zhu, O. Marce, and D. Valerdi: User Centric Networking and Services: Part I, IEEE Communications Magazine, Vol. 52, no. 9, p.9 (2014).
- [20] O. Yurur, C.H. Liu, and W. Moreno: A Survey of Context-aware Middleware Designs for Human Activity Recognition, IEEE Communications Magazine, Vol. 52, Issue 6, pp.24-31 (2014).
- [21] B.A.A. Nunes, M.A.S. Santos, B.T. de Oliveira, C.B. Margi, K. Obraczka, and T. Turletti: Software-Defined-Networking-Enabled Capacity Sharing in User-Centric Networks, IEEE Communications Magazine, Vol. 52, Issue 9, pp.28-36 (2014).
- [22] V.D. Le, H. Scholten, P.J.M. Havinga, and H. Ngo: Location-based Data Dissemination with Human Mobility Using Online Density Estimation, The 11th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), pp.450-457 (2014).
- [23] M. Ibrahim: A New Paradigm for Behaviour-Context Dynamics and Applications to the Behaviour of Humans and Human-centric Systems, 3rd Annual IEEE International Systems Conference (IEEE SysCon 2009), pp.144-149 (2009).
- [24] R.R. Hoffman, A. Roesler, and B.M. Moon: What is Design in the Context of Human-Centered Computing?, IEEE Intelligent Systems, Vol. 19, Issue 4, pp.89-95 (2004).

- [25] A. Jaimes, D. Gatica-Perez, N. Sebe, and T.S. Huang: Guest Editors' Introduction: Human-Centered Computing: Toward a Human Revolution, IEEE Computer, Vol. 40, Issue 5, pp.30-34 (2007).
- [26] J.E. Pinero Estrada, A.R. Perez Soto; P. D'Arminio: The New Era of the Smart Cities Open Innovation based on Human-Centered Computing methodologies applied in the PEOPLE project, 2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp.1-6 (2013).
- [27] J.O. Kephart, D.M. Chess: The Vision of Autonomic Computing, IEEE Computer, Vol. 36, Issue 1, pp.41-50 (2003).
- [28] 渡邊恵太: 情報の道具化: インターネットを前提とした道具のインタフェースとインタラクション設計, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 8, pp.36-39 (2014).
- [29] 特集 懐に入り込むロボット技術, 日本ロボット学会誌, Vol.32, No.8 (2014).
- [30] 特集 知能化する家電, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No.3 (2014).
- [31] 特集 ヒューマンセントリック・システムインテグレーション, 計測自動制御学会論文集, Vol.50, No.1 (2014).
- [32] Harvard Business Review, 特集: 幸福の戦略, 2012年5月号, ダイヤモンド社 (2012).
- [33] 貴家仁志: 科学技術と幸福, 電子情報通信学会 学会誌 巻頭言, Vol.95, No.3 (2012).
- [34] G. Orwell: Nineteen Eighty-Four, London, Secker & Warburg; New York, Harcourt, Brace & Co. (1949).
- [35] Manuel Lima: Visual Complexity, Mapping Patterns of Information, Princeton Architectural Press (2011).
- [36] C. Anderson: The Long Tail, Wired Magazine, Issue12.10, pp.170-177 (2004).
- [37] C. アンダーソン: ロングテール―「売れない商品」を宝の山に変える新戦略, 早川書房 (2006).
- [38] T. Negrino: iCloud.:Visual QuickStart Guide, Peachpit Press (2012).
- [39] Google Inc.: Google Apps for Business, <http://www.google.com/enterprise/apps/business/>. (参照日: 2014年12月22日).
- [40] Microsoft Corporation: Windows Azure Mobile Services Dev.Center, <http://www.windowsazure.com/en-us/develop/mobile/>. (参照日: 2014年12月22日).

- [41] Parse, <https://www.parse.com/> (参照日: 2014 年 12 月 22 日).
- [42] Appiaries, <http://www.appiaries.com/en/>. (参照日: 2014 年 12 月 22 日).
- [43] M. Stieghahn and T. Engel: Law-aware access control for international financial environments, Proceedings of the Eighth ACM International Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access, pp.33-40 (2009).
- [44] G. Heiser: Virtualizing Embedded Systems – Why Bother ? Design Automation Conference (DAC), 2011 48th M/EDAC/IEEE, pp.901-905 (2011).
- [45] G. Heiser: The Motorola Evoke QA4: A case study in mobile virtualization, White paper, Open Kernel Labs, [http://www.ok-labs.com/\\_assets/image\\_library/evoke.pdf](http://www.ok-labs.com/_assets/image_library/evoke.pdf) (参照日: 2014 年 12 月 22 日).
- [46] F. Tang, M. Guo, M. Dong, M. Li, and H. Guan: Towards Context-Aware Workflow Management for Ubiquitous Computing, International Conference on Embedded Software and Systems, pp.221-228 (2008).
- [47] K. Barr, P. Bungale, S. Deasy, V. Gyuris, P. Hung, C. Newell, H. Tuch, and B. Zoppis: The VMware Mobile Virtualization Platform: Is that a hypervisor in your pocket?, ACM SIGOPS Operating Systems Review, pp.124-135 (2010).
- [48] G. Russello, M. Conti, B. Crispo and E. Fernandes: MOSES: Supporting Operation Modes on Smartphones, Proceedings of the 17th ACM symposium on Access Control Models and Technologies, pp.3-12 (2012).
- [49] Trusted Platform Module (TPM) Specifications, Trusted Computing Group, [http://www.trustedcomputinggroup.org/resources/trusted\\_platform\\_module\\_specifications\\_in\\_public\\_review](http://www.trustedcomputinggroup.org/resources/trusted_platform_module_specifications_in_public_review). (参照日: 2014 年 12 月 22 日).
- [50] Hickson: A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML, W3C Working Draft 29 (2012).
- [51] Adobe Systems Inc, PhoneGap, <http://phonegap.com/>. (参照日: 2014 年 12 月 22 日).
- [52] L.D. Gardner, and J. Grigsby: Head First Mobile Web, O'Reilly & Associates Inc. (2011).
- [53] S. Hotta, Y. Hada, and Y. Yaginuma: A Robust Room-level Localization Method Based on Transition Probability for Indoor Environments, Indoor Positioning

- and Indoor Navigation (IPIN2012), (2012).
- [54] J. Fujimoto, K. Sawada, K. Hida, S. Hotta, H. Yoshiro, and S. Mori: Hybrid Positioning System for Indoor Location Based Service, 2nd International Conference and Exhibition on Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation, and Location Based Service (UPINLBS 2012), (2012).
- [55] A. Terada, T. Takaya, R. Nishino, M. Iida, E. Sato, M. Matsutani, Y. Hirabayashi, Y. Sakyō, T. Ibe, N. Matsuzaki, Y. Murakami, and M. Momoi: Anticipating Professional Nursing Practice: Trial and Evaluation of a Bridge Program for Graduating Students Part 3 - Multitasking Scenario Exercises -, Journal of St. Luke's Society for Nursing Research, Vol.12, No.2, pp. 58-64 (2009).
- [56] Y. Fukazawa, T. Naganuma, K. Fujii, and S. Kurakake: Proposal and User Evaluation of Enhanced Task-based Mobile Service Navigation System, Information Processing Society of Japan (IPSJ) Journal, Vol.50, No.1, pp.159-170 (2009).
- [57] T.R. Hansen, J. E. Bardram, and M. Soegaard: Moving out of the Lab: Deploying Pervasive Technologies in a Hospital, IEEE Pervasive Computing, Vol.5, No.3, pp.24-31 (2006).
- [58] M. Wieland, P. Kaczmarczyk, and D. Nicklas: Context Integration for Smart Workflows, Sixth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp.239-242 (2008).
- [59] S. Xiahou, and X. Xing: The WTAS Framework: A Petri net based wearable task assistance system, 2nd International Conference on Information Science and Engineering, pp.2487-2490 (2010).
- [60] D. Cheng, H. Song, H. Cho, S. Jeong, S. Kalasapur, and A. Messer: Mobile Situation-Aware Task Recommendation Application, The Second International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, pp.228-233 (2008).
- [61] A. Terracina, S. Beco, T. Kirkham, J. Gallop, I. Johnson, D. Randal, and B. Ritchie: Orchestration and Workflow in a mobile Grid environment, Fifth International Conference on Grid and Cooperative Computing Workshops, pp.251-258 (2006).

- [62] M. Michou, A. Bikakis, T. Patkos, G. Antoniou, and D. Plexousakis: A Semantics-Based User Model for the Support of Personalized, Context-Aware Navigational Services, First International Workshop on Ontologies in Interactive Systems, pp.41-50 (2008).
- [63] F. Tang, M. Guo, M. Dong, M. Li, and H. Guan: Towards Context-Aware Workflow Management for Ubiquitous Computing, International Conference on Embedded Software and Systems, pp.221-228 (2008).
- [64] Z. Chen, Z. Shao, Z. Xie, and X. Huang: An attribute-based scheme for service recommendation using association rules and ant colony algorithm, Wireless Telecommunications Symposium, pp.1-6 (2010).
- [65] D. Bouneffouf, A. Bouzeghoub, and A. Gancarski: Following the User's Interests in Mobile Context-Aware Recommender Systems: The Hybrid-e-greedy Algorithm, 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp.657-662 (2012).
- [66] A. Seetharam, and R. Ramakrishnan: A context sensitive, yet private experience towards a contextually apt recommendation of service, 2nd International Conference on Internet Multimedia Services Architecture and Applications, pp.1-6 (2008).
- [67] UPnP Forum, <http://www.upnp.org/>. (参照日: 2014年12月22日).
- [68] K. Mets, J. Nelis, D. Verslype, P. Leroux, W. Haerick, F. De Turck, and C. Develder: Design of a Context Aware Multimedia Management System for Home Environments, Computation World: Future Computing, Service Computation, Cognitive, Adaptive, Content, Patterns, pp.49-54 (2009).
- [69] S. Gashti, G. Pujolle, and J. Rotrou: An UPnP-based context-aware framework for ubiquitous mesh home networks, IEEE 20th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp.400-404 (2009).
- [70] J. Zao, Y. Liu, M. Yang, S. Li, W. Chen, C. Chen, K. Huan, J. Hu, and L. Kuo: Ubiquitous e-Helpers: An UPnP-based home automation platform, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.3682-3689 (2007).
- [71] K. Togiass, C. Goumopoulos, and K. Achilles: Ontology-Based Representation of UPnP Devices and Services for Dynamic Context-Aware Ubiquitous Computing



- Applications, Third International Conference on Communication Theory, Reliability, and Quality of Service, pp.220-225 (2010).
- [72] J. Ding, Y. Sheng, C. Tu, C. Huang, and J. Su: The Management of Device Group for Home Automation Network, Fifth International Conference on Digital Telecommunications, pp.44-47 (2010).
- [73] Y. Cui, and H. Lee: Method of Device Matching for QoS Based UPnP Framework in Cloud Computing Service, First ACIS/JNU International Conference on Computers, Networks, Systems and Industrial Engineering, pp.222-227 (2011).
- [74] E. U. Warriach, E. Kaldeli, J. Bresser, A. Lazovik, and M. Aiello: Heterogeneous device discovery framework for the Smart Homes, IEEE GCC Conference and Exhibition, pp.637-640 (2011).
- [75] UPnP Forum, MediaRenderer: 3 Device, <http://upnp.org/specs/av/UPnP-av-MediaRenderer-v3-Device.pdf> (参照日: 2014年12月22日).
- [76] R. Masuoka, B. Parsia, and Y. Labrou: Task Computing - The Semantic Web meets Pervasive Computing -, The Second International Semantic Web Conference, pp.866-881 (2003).
- [77] J. Bidot, C. Goumopoulos, and I.CALEMIS: Using AI Planning and Late Binding for Managing Service Workflows in Intelligent Environments, 2011 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp.156-163 (2011).
- [78] 大村廉, 納谷太, 野間春生, 小暮潔: 看護業務支援のためのセンサネットワーク・アーキテクチャ, 情報処理学会研究報告, Vol. 2009-UBI-23, No. 8, pp.1-7 (2009).
- [79] 黒宮寧, 内田渉, 町田基宏, 大野友義: スケジュールを基点とした行動支援型レコメンドシステムの検証, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2009) シンポジウム, pp.1336-1343 (2009).
- [80] 矢野幹樹, 白木敦夫, 梶克彦, 松原茂樹, 河口信夫: ユーザ生成情報を用いた携帯端末上での状況依存型サービス推薦, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2010) シンポジウム, pp. 221-228 (2010).
- [81] 経済産業省: 2007年版ものづくり白書, 第一章 第二節 図 125-9, <http://www.meti.go.jp/report/data/g70601aj.html> (参照日: 2014年12月22日).

- [82] C. クリステンセン: イノベーションのジレンマ—技術革新が巨大企業を滅ぼすとき, 翔泳社 (1997).
- [83] C. クリステンセン, M. レイナー: イノベーションへの解—利益ある成長に向けて, 翔泳社 (2003).
- [84] L. Branscomb, P.E. Auerswald: *Between Invention and Innovation: An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development*, National Institute of Standards and Technology, NIST GCR 02-841 (2002).
- [85] 松本正義: 住友電工グループの経営戦略, 技術と経済, 2013年3月号, No.553, pp. 2-16 (2013).
- [86] G.A. Moore: *Crossing the Chasm: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Customers* Collins Business Essentials, HarperCollins, (2002).
- [87] B. Godin: The Linear model of innovation the historical construction of an analytical framework, *Science, Technology & Human Values*, Vol. 31, No. 6, pp.639-667 (2006).
- [88] S. J. クライン: イノベーション・スタイル—日米の社会技術システム変革の相違, アグネ承風社 (1992).
- [89] 佐相秀幸, 林田健, 岩渕敦, 山澤昌夫, 天野文雄, 益一哉: 生産性を向上させる商品化プロセスに関する一考察 -中高齢者向け携帯電話での事例分析をもとに-, 技術と経済, 2011年5月号, No.531, pp.42-50 (2011).
- [90] Fujitsu and Orange Partner to Deliver Smartphones to the Rapidly Growing Senior Market in Europe, Fujitsu press release on February 19, 2013, <http://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2013/0219-02.html> (参照日: 2014年12月22日).
- [91] Fujitsu Special Campaign Celebrating Sales of 20 Million Raku-Raku Phones, Fujitsu press release on September 15, 2011, <http://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2011/0915-01.html> (参照日: 2014年12月22日).
- [92] 林田健, 中条薫, 渡邊儀一: らくらくホンの開発コンセプトと機能, 雑誌 FUJITSU, Vol. 61, No.2, pp.184-191, <http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol61-2/paper15.pdf> (参照日: 2014年12月22日).
- [93] 人の動きを識別するモーションセンシング技術 携帯電話の健康支援・スポーツ診

- 断アプリに適用, 富士通ジャーナル, 2010年10月,  
[http://jp.fujitsu.com/journal/publication\\_number/332/journal332-technology.pdf](http://jp.fujitsu.com/journal/publication_number/332/journal332-technology.pdf)  
(参照日: 2014年12月22日).
- [94] 小型ヒューマノイドロボット「HOAP-1」新発売, 富士通プレスリリース (2001年9月10日), <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2001/09/10.html> (参照日: 2014年12月22日).
- [95] 永嶋史朗: 双線形時間遅れニューラルネットワークによるロボットソフトウェアシステム, 日本ロボット学会誌, Vol.24, No.6, pp.735-746 (2006).
- [96] T. Ito, Y. Senta and F. Nagashima: Analyzing Bilinear Neural Networks with New Curve Fitting for Application to Human Motion Analysis, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 2012, pp.345-352 (2012).
- [97] ペット業界初! 愛犬歩数計「わんだんと」を活用したクラウドサービスを提供開始, 富士通プレスリリース (2012年11月27日),  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2012/11/27.html> (参照日: 2014年12月22日).
- [98] 千田陽介, 伊東利雄, 永嶋史朗: 犬用歩数計の開発, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 38, No.31, CE2014-14, pp.63-68 (2014).
- [99] 高柳誠一, 亀岡秋男, 有信睦弘: コーポレート・テクノストック・モデル: 企業の研究開発費総額策定と R&D 資産の蓄積・維持・活用, 研究・技術計画学会 年次学術大会講演要旨集 9, pp.92-97 (1994).
- [100] 亀岡秋男, 高柳誠一: コーポレート・テクノストック・モデル: 研究開発投入と成果の関係, 研究・技術計画学会 年次学術大会講演要旨集 11, pp.121-126 (1996).
- [101] 亀岡秋男, 高柳誠一: コーポレート・テクノストック・モデル: 複数事業分野への戦略的研究開発投資の影響, 研究・技術計画学会 年次学術大会講演要旨集 12, pp.253-258 (1997).
- [102] 亀岡秋男, 高柳誠一: コーポレート・テクノストック・モデル: 利益回収・再投資から見た持続可能な研究技術開発投資, 研究・技術計画学会 年次学術大会講演要旨集 13, pp.162-167 (1998).
- [103] A. Kameoka, S. Takayanagi: A “corporate technology stock” model-determining total R&D expenditure and effective investment pattern, Portland International Conference on Management and Technology (PICMET '97), pp.497-500 (1997).

- [104] A. Kameoka, S. Takayanagi: A corporate technology stock model: financially sustainable research and technology development, Portland International Conference on Management and Technology (PICMET '99), pp.397-401 (1999).
- [105] E. Von Hippel: 民主化するイノベーションの時代, ファーストプレス (2005).

## 論文業績

### A 学位論文申請資格に関わる論文

- 1) T. Tomita, H. Mineno: Leveraging Human-Centric Computing to Enable and Support a Resilient, Prosperous, and Sustainable “Human-Centric Intelligent Society”: Underlying Concepts and Highlight Technologies, International Journal of Informatics Society (IJIS), Vol.5, No.1, pp.3-12 (2013).
- 2) T. Tomita, K. Ushiki, Y. Kawakatsu, M. Fujino, and H. Mineno: Task-Driven Device Ensemble System Supporting Seamless Execution of User Tasks Despite Multiplexed Interruptions, International Journal of Informatics Society (IJIS), Vol.5, No.1, pp.49-58 (2013).

### B 学位論文内容にかかわる論文（未発表論文も含む）

- 1) T. Tomita: Human-Centric Computing to Enable and Support a Prosperous Society, Proceedings of International Workshop on Informatics (IWIN2012), pp.167-172 (2012).
- 2) 富田達夫, 角田忠信, 伊藤栄信, 藤野信次, 飯田一朗: ヒューマンセントリックコンピューティングにおけるスマートフォンの動的デスクトップシステムの開発, 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-CDS-5, No. 25 (2012).
- 3) T. Tomita, Y. Igarashi, M. Yamasawa, K. Chujo, M. Kato, I. Iida, and H. Mineno: A study of the Product Development Process through Strengthened Fundamental R&D - Based on a Case Study of Mobile Phone Businesses for Senior Users -, Proceedings of International Workshop on Informatics (IWIN2014), pp.69-78 (2014).
- 4) T. Tomita, Y. Igarashi, M. Yamasawa, K. Chujo, M. Kato, I. Iida, and H. Mineno: A study of the Synchronization Process for Collaboration between Product Development and Fundamental R&D, International Journal of Informatics Society (IJIS), Vol.7, 2015 (To appear).

### C その他の論文

- 1) 飯田一朗, 武理一郎, 森田俊彦, 富田達夫: モバイル業務向けプッシュ型サービス基盤の開発, 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol.5, No.4 (2014).

