

## (1) 新しいコンセプトに基づいた コミュニケーションに向けて - HC<sup>3</sup>の実現を目指して -

ドコモのマルチメディア研究所では、人間中心の視点から、あらゆるデバイス、物、情報をあたかも自分のカラダの一部のように一体化して自在に使えるインタフェースと、欲しい情報を簡単に見つけ出し自分に合った形で使えるサービスの利用環境をデザイン、それらを技術、システムとして実現するための研究を進めている。

本研究の位置づけ、課題と戦略、研究テーマについて述べる。

なかの ひろたか 中野 博隆	すぎむら としあき 杉村 利明
くらかけ しょうじ 倉掛 正治	たけした あつし 竹下 敦

### 1. はじめに

「新しい通信サービスの創出が、コミュニケーションスタイルを変革し、文化にまで発展定着させる」というドコモの企業理念の実現に応えるために、「人」を中心に据えた将来のコミュニケーション・コンピューティング(HC<sup>3</sup>: Human Centered Communication & Computing)(詳細は3.2項)を構想し、その実現に必要な革新技術研究を進めている。

使う人の身になった視点から発想し、感覚や感性さらに意図・思考の伝達をも可能とするインタフェース技術により、心を豊かにできるコミュニケーションや人間の能力強化を目指している。これらは、「装置を動かそう」とし、意識して操作するのではなく、もっと自然に自由にITの恩恵を享受することができる技術、より身体的な疎通が可能となる技術、人を物理的、知的に代理・支援する技術といえる。それは、「思い通りに使えること」、「思い通りに伝え合い、感じ合えること」、「思いや状況を察知して支援・補完してくれること」、「使いやすさ」とは何なのかについて、その実現性や実現手段の観点から考察し、新しい情報通信技術を創造することである。そして、革新研究推進の観点からは、企業理念の下で研究者個人と組織が相互に理解し一体となって研究を継ぎ伝える実行体制作りが大切で、技術と知識を蓄積継承させ、新たな芽を生み出し育む活動を進めている。

以下、本稿では、総論として、社会の要請と技術への要求、新たなコミュニケーションの将来像、技術への要求を実現するための課題と取組みについて述べる。各論では、その研究活動と進捗を具体的に説明する。

## 2. 社会の要請(技術への要求)

21世紀は、「人間の時代」、「環境管理の時代」、「情報の時代」、というキーワードでとらえることができるといわれている[1]。これらのキーワードによって特徴付けられた21世紀からの要請を、将来のモバイルコミュニケーションが目指すべき視点から整理し、技術への要求、その役割について述べる。

### 2.1 人間の時代へ「人にやさしく」

21世紀は、物質主義から人間主体の精神主義の世紀へ移行しつつあるといわれている。物質的要求がほぼ満たされた21世紀においては、内的な、精神的な要求を追い求めることになる。人間が人間らしく存在し得るために、人間を中心としたシステムが基本となるべきであり、心の豊かさに対応してくれる人間のためのコミュニケーション・コンピューティングシステムが重要な役割を果たすことになろう。

日常の対面のコミュニケーションにおいて、人間は手・足・目・耳などのあらゆる器官・機能を駆使して相手に感覚、感情、意図を伝え分かり合おうと試みる。通信によるコミュニケーションにおいても同様の方法で自然に感覚、感情、意図を入力し、伝達し、再現することで、より分かり合えることを可能とするコミュニケーション技術が望まれる。さらに、人間の五感や思考、運動そのものを支援・強化するために、センシング機能のある身体を有し、知的処理を行うコンピューティング技術も期待される。具体的には、以下の2つの技術要求にまとめられよう。

#### (1) 優しく分かり合えるコミュニケーション、感動を与え心を満たすコンテンツの実現

従来の音声音響、文字、映像だけを利用した通信では伝え分かり合うのに不足を感じることもある。その解決に五感を伝達したり(新たなメディア軸の利用を可能に)、身体性を有したコミュニケーション(身体を有しその身体を使って身振りや表情をより印象的に表現する)を行うことにより、優しく感じ合い分かり合える真のマルチモーダルコミュニケーションを実現する。

鑑賞者を引き込んで大きな感動を与えるための高臨場感を提供し、心と体で感じられる豊かなコンテンツ系サービスを実現する(新メディア軸の利用や品質向上によるコンテンツのリッチ化がポイント)。

#### (2) 操作しやすいユーザインタフェース、人間の能力強化の実現(健康増進・支援を含む)

情報機器は高度化し、サービスは多様化するが、操作が複雑化して使いこなせない状況が発生している。操作

方法を覚えなくても、考えていること、やりたいことなどの意図を効果的に入力伝達することで操作・指示ができるインタフェースを実現する。

簡単にいつでも使えるように、デバイスをあたかも自分の体の一部分のように、身につけ自然に自在に使いこなすことができるユーザインタフェースを実現する。

人間の情報処理能力や運動能力を強化して豊かに活動できるよう、周囲にいる人間やあるモノも含めて自身を形作り、状況に応じて適切な支援・補完を実現する。また、高齢化社会に対応して充実感・満足感を味わえる健康な心身を保てるように内臓や運動機能の支援・補完を実現する。

## 2.2 環境管理の時代へ「地球環境にやさしく」

人間活動の大部分は、周囲の環境へ何らかの負荷をもたらす。それが不可避である以上、その負荷を可能な限り適切に管理することが必要になる[2]。そのためには、環境の保護保全に役立つ情報の収集と利用（五感相当の環境モニタリング機能の日常化、遍在化とデータの蓄積・フィルタリング）の実現、電子会議などによる代替手段の利用や交通ルートの最適化によって交通量が低減するなど、環境への負荷を低減する技術が必要である。

## 2.3 情報の時代へ「情報世界と実世界が融合された“超環境”の時代へ」

21世紀は、ユビキタスな情報通信環境になるといわれており、それに向けて進行中である[3]。実世界の情報を簡単に取得して、その情報に基づいてコミュニケーションを行うこと、さらには実世界に対しての動きかけの一部をコミュニケーションで代替することを通して、通信ネットワークの中の情報世界と人間が生活する実世界を区別することなく融合することがその目的である。その際には、多様な形で大量の情報やデバイスが存在する世界の中から、「自分用」に情報やデバイスを簡単に見つけて快適に使えることが望まれる。快適さや満足度などは個人の文脈で意味を持つ。その点で、人間中心の視点から、個人対応が重要である。そのための選択性と適応化のための支援・代行技術が重要である。一方、「超環境」による快適さの反面、プライバシーの侵害や巧妙な犯罪の増加による検挙率の低下などの影の部分懸念される。プライバシーについては、個人の空間と共有される社会の空間に応じて情報を適切に所有公開するための情報の適応化の支援技術が、犯罪予防や犯罪検察については、大量に蓄積された情報の中から「公共用」に犯罪に関する情報・イベントの検出という、選択性の

支援・代替技術が重要となる。なお、暗号・セキュリティ・プロトコル技術の重要性はいうまでもないことである。

## 3. 技術課題と将来像

### 3.1 人間の特性による技術課題の整理

前章の社会の要請から出た技術への要求とその実現のための課題を整理して表1に示す。表において、課題は人間の個体として持つ情報の入力/処理/出力にかかわる特性から整理する。個体の特性は、情報入力にかかわる「感覚器官系」、情報処理にかかわる脳を中心にした「脳・知能処理系」、情報出力として、情報、感情、意図の表現と提示にかかわる「運動・行動系」の3つに分類する。また、個体の特性を横軸とし、その特性が生まれながらに備わっている生得的機能と、経験を通して習い覚える習得的機能とに分割した（整理法は文献[4]参照）。縦軸は、社会の要請と技術への要求である。各軸に対応する表項目には、実現のための技術課題を記述した。

#### (1) 感覚器官系

五感を司る感覚機能は生得的な機能で、技術はその補助と拡張を行う。五感の特性・メカニズムの解明が基本的な研究課題である。工学的には五感に対応した入力・再現や、五感の感覚を別の感覚（表現）に変換するメディア変換、それらの表現の品質・リアリティの向上追求が各技術要求に対する共通の課題となる。これらの課題解決により、新たなメディアの次元が追加でき、従来の音声音響、映像の品質向上だけでは困難な感覚や感性のリアリティ向上が期待される。さらに自然に感じられるインタフェースへの要求に対しては、自分の体が感じた感覚を直接入力したり直接再現したりできるインタフェース技術が課題となる。

#### (2) 脳・知能処理系

処理にかかわる機能としては、記憶、認識、推論、学習の生得的な機能と、嗜好、価値判断、快適・満足感などの習得的な機能がある。両機能について認知特性を研究解明し、その知見を情報処理メカニズムの技術として利用するという脳・神経メカニズムの解明から迫る知能化が、各技術要求に対する共通の大きな課題である。一方、「人間は環境との相互作用（インタラクション）の中で世界を認識する」という分散認知の考えに基づけば[5]、環境と人間との円滑なインタラクションを向上させることが重要である。環境に存在するデバイスと協調して多様な情報を収集し、活用可能とすることで、環境とのインタラクションの向上を図ることから迫る知能化も、各技術要求に対する別アプローチからの共通課題で

表1 「人」を中心に据えたコミュニケーション&amp;コンピューティング実現のための主な技術課題（21世紀の社会の要請に応えるために）

社会の要請 情報通信技術への要求	人間の特性	入力（感覚器官系）	処理（脳・知能処理系）		出力（運動・行動系）	
		生得的機能	生得的機能	習得的機能	生得的機能	習得的機能
		五感：聴覚，視覚，触覚，嗅覚，味覚	記憶，認識，推論，学習	嗜好，価値判断，快適・満足	身体的形状・機能	発話，意図表現，対話行動
人間の時代	優しく分かり合える コミュニケーション実現	・メディアの品質 の桁を上げる <b>超リアリティ</b> 表現	・新たな次元のメ ディアとして入力， 伝達，再現を可能 とする 感覚，感性の伝達 共有範囲の拡大 (五感通信，五感 コンテンツ)	・翻訳機能の向上 <b>言語の壁を越える</b> <本研究対象外>	・気の合った話相手を 探してくれる <b>自分用の選択性向上</b> の支援，代行 ・欲しいコンテンツを 探してくれる <b>自分用の選択性向上</b> の支援，代行	・身体性を利用した表現（身振り，手振り，表 情を使って）の生成 <b>感情，意図，雰囲気</b> の共有度の向上（お互い のコンテキストを共有できる共創的な場の 創出）
	感動し心を満たす コンテンツ提供					
	操作しやすい ユーザインタフェース実現	・自分の体が感じたことを感覚情報として 直接入力，伝達，再現できる <b>直接型の五感インタフェース</b> ・感覚デバイスによる入力，再現と各感覚 間のメディア変換 <b>間接型の五感インタフェース（自分の身 体に装着して利用する場合と遠隔のロボ ットに装着して利用する場合がある）</b> ・体の内蔵機能，運動機能を常時身につけ たデバイスでセンシングし伝達する <b>体調モニタリングインタフェース</b>	・言語（音声，文字）， 映像を中心に，検索 や調整などの要求条 件を柔軟に（多様な 表現への対応，不足 情報に対する適応的 な質問など）対処し 回答を可能にする <b>知的エージェント</b> ・自分の行動を自動的 に記録し，欲しい情 報を自在に選択利用 できる <b>知的記憶支援</b> ・行動とともに体調の モニタリング情報を 自動的に記録し，状 況変化を検知して警 告を发出 <b>知的体調モニタリング</b>	・デバイスを操作しな くとも，考えている ことややりたいことな どの意図を直接入 力，伝達，再現でき る <b>究極の思考インタフ ェース</b>	・思ったときに即座に使える「即時性」，常時 快適に身に付けられる「携帯性」，思考の流 れを妨げず迅速に入力可能な「操作性」を満 たす <b>「常に身につけて使える」インタフェース</b> ・モノを操作することで情報操作 <b>実体による直感インタフェース</b> ・普段の身体動作が自然で容易な操作指示と なる <b>体の一部をインタフェース機構として利用</b> ・身体機能，運動機能のセンシングとこれら 機能の物理的な支援，補完 <b>身体機能支援</b> ・身体的な感覚や感情を投射し，五感情報を センシングするロボットを自在に遠隔操作 <b>擬似的なテレポーテーション（セキュリティ，介 護，遠隔作業，未開拓空間の探検）</b>	
人間の能力強化 (健康増進の支援を含む)						
環境の時代	環境に役立つ情報の 収集利用	・五感に相当するセンサーデバイスの実現 (小型化，省消費電力化，ゼロインスト ール，協調動作)と，目的に応じた設 置，運用，データ収集 <b>コピキタス・センサーネットワーク情報 基盤（建物，道路，車，人などに埋め込 んで利用）</b>	・収集データを効率的に大量に蓄積できる <b>階層的かつ分散と集中の役割分担管理による 超大規模データベース（超大規模実世界 データベース）</b> ・大量のデータの中から必要な情報をフィル タリングしたり，新たな関係を見出すた めの超大規模データマイニング <b>実世界情報の超大規模解析の支援，代行</b>		・人間の行動予測，自然現象の予測結果（交通 情報予測，気象情報予測など）を人間活動の 手段の最適化や代替手段選択に利用 <b>世界規模の情報を利用した最適化によるエ ネルギー消費低減制御</b>	
	環境への負荷低減					
情報の時代	個性を尊重し状況を考慮 した情報の選択性の向上	・個性を抽出するための手段として，また， その時点での個人の状況を把握する 手段として本人の五感情報をセンシング し活用する <b>五感センシングによる個性と状況把握</b>	・収集した個人の五感情報と行動情報を蓄積し 個性（嗜好，快適・満足）を学習，推定する <b>個性の学習，推定の支援，代行</b> ・収集した個人の五感情報と行動情報から現 在の状況を推定する <b>個人状況の推定の支援，代行</b>		・把握された本人の個性と状況，周囲の状況 に応じて，情報の表現方法，発信方法，提示 方法を制御する <b>個性尊重，状況考慮型の情報の表現法・提 示法の支援</b>	
	個性を尊重し状況を考慮 した情報の適応化の向上	・周囲の状況を把握する手段として，本人 が身につけているデバイスと周囲のデバ イスを利用して周囲の五感情報をセンシ ングし活用する <b>五感センシングによる周囲状況把握</b>	・学習した個人の個性と，収集した現在の五 感情報，行動情報，周囲状況から，本人に最 適な個人用の情報をフィルタリングして選 択したり，個人用に加工して適応化する <b>個性尊重，状況考慮型の情報選択適応化の 支援，代行</b>		・把握された本人の個性と状況，周囲の状況 に応じて，本人に最適なサービス利用環境 を周囲のリソース群から選択・組み合わせ て構築提供する <b>個性尊重，状況考慮型のサービス利用環境 適応化の支援，代行</b>	
	サービスの快適利用のた めの環境の適応化の向上					

ある。特に、脳・知能処理系にかかわる課題は困難度が高いため、有用なアプリケーションドメインを選択し課題を絞り込んで、部分的でも高い解決技術を実現し評価することで段階的かつ着実に前進させていくことが必要である。

### (3) 運動・行動系

人間の感情や思考などの内的活動の結果が表面に表れた観測可能な外的活動が、運動・行動系である。人間の情報行動や運動系のメカニズムの解明やモデル化が基本となる研究課題である。優しく感じ合い分かり合える印象的なマルチモーダルコミュニケーションを提供するための技術要求には、人間のコミュニケーション行動に沿って多様な表現行動，身振り，手振り，表情を提示して感

情や意図を効果的に伝達・共有させることが技術課題となる[6]。また、人間の情報表現能力や運動能力を支援・強化する技術要求には、身体的な特性を解明し、デバイスを体の一部のように一体化して操作したり，体そのものをインタフェースとして指示に利用する技術，物理的に身体機能を支援・補完する技術が課題である。さらに，環境に存在するあらゆるモノを協調利用して支援強化することで効果を高めることも重要な技術課題である。

### 3.2 「人」を中心に据えたコミュニケーション・コンピューティング (HC<sup>3</sup>) の将来像

人間の特性から整理した前述の技術課題を解決したとき，人間の能力を強化し心を豊かにしてくれる「人」を中



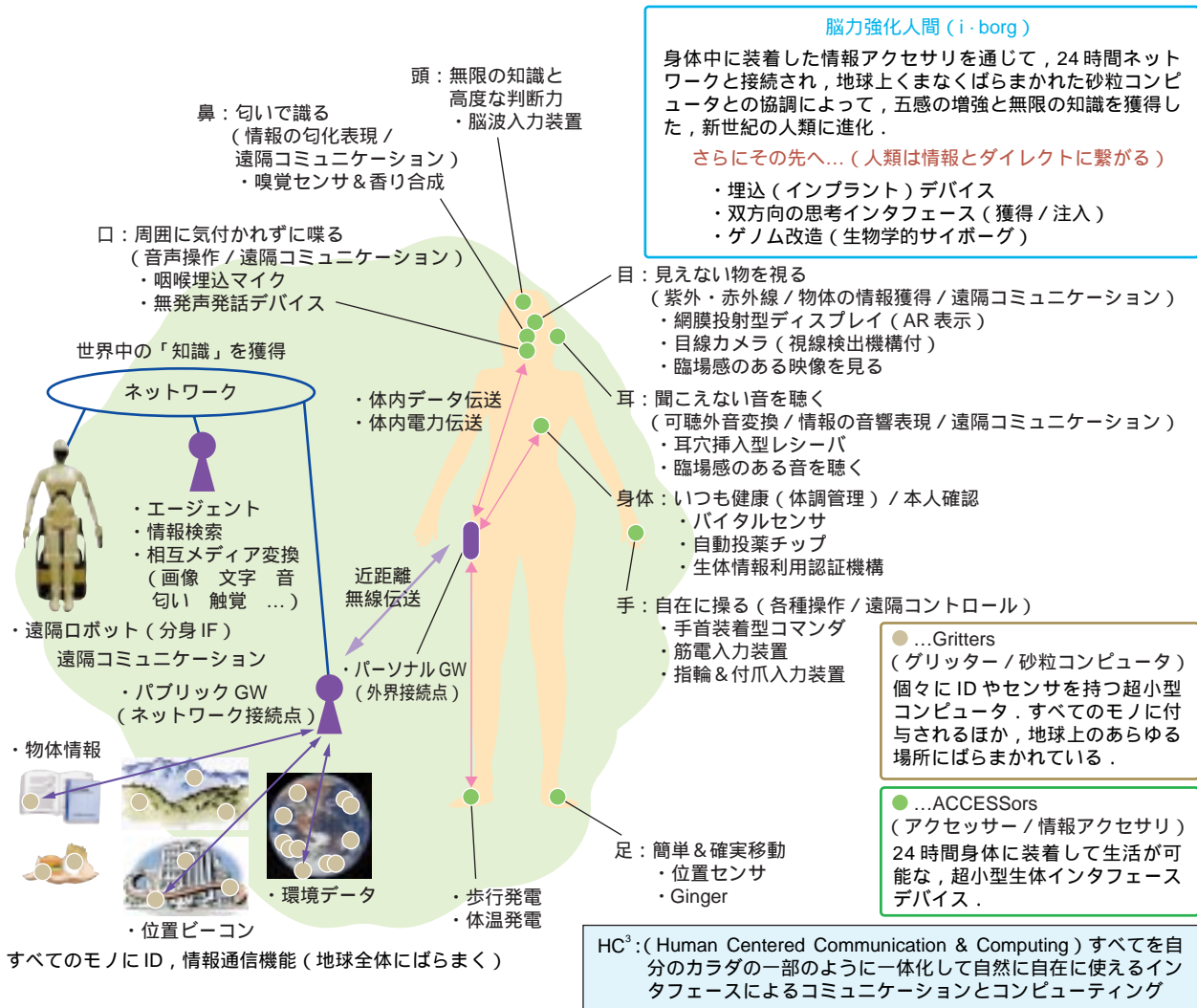


図1 「HC<sup>3</sup>」が目指す21世紀の情報通信の将来像

心に据えたコミュニケーションとコンピューティング「HC<sup>3</sup>」の目指す将来像を図1に示す。

そこでは、身体中に装着した情報アクセサリを通じて、24時間ネットワークと接続され、地球上のあらゆる所に存在する多様な情報通信デバイスとの協調によって、五感の強化と無限の知識を獲得した新世紀の人類 (i-borg) が誕生する。

すなわち、体、情報、デバイス、ネットワークのすべてを自分のカラダの一部のように一体化して自然に自在に使えるインタフェースによるコミュニケーションとコンピューティング「HC<sup>3</sup>」の実現である。身につけたデバイスや、周囲のデバイスをカラダの一部のように意識しなくても自然に操作でき、情報から感覚や感性までもも自在に伝えて深く共有できる。また、ネットワークに存在する無限の情報に自由にアクセスし、自分の知識として自在に利用したり、本人の好みや思考の特性を身につけた、いわゆるエージェントが一部の知的活動を支援したり代行したりしてく

れる。また、自分の体の動きや感覚、感情、意図を遠隔地のロボットに投射して自分の分身として対話や操作を行うことで、自分を物理的に外界に拡張することができる。まとめると、自分が世界に広がり出ていき、逆に世界が自分の中にしみ込んできて、すべてが自分とシームレスに一体化したコミュニケーションとコンピューティングができる世界の実現である。

#### 4. 研究の目標と戦略

図1に示した「人」を中心に据えた将来のコミュニケーション・コンピューティングの実現を目指し、人間の特性から整理した技術課題を解決するために、以下の3つの研究アプローチを採っている。

- (1) 感覚器官系、脳・知能処理系、運動・行動系にかかわる技術課題を統一的に解決することを目指し、人間の生体情報を極限まで利用できるようにすることを目標として、生体情報のメカニズムの解明とその知見を工学的に

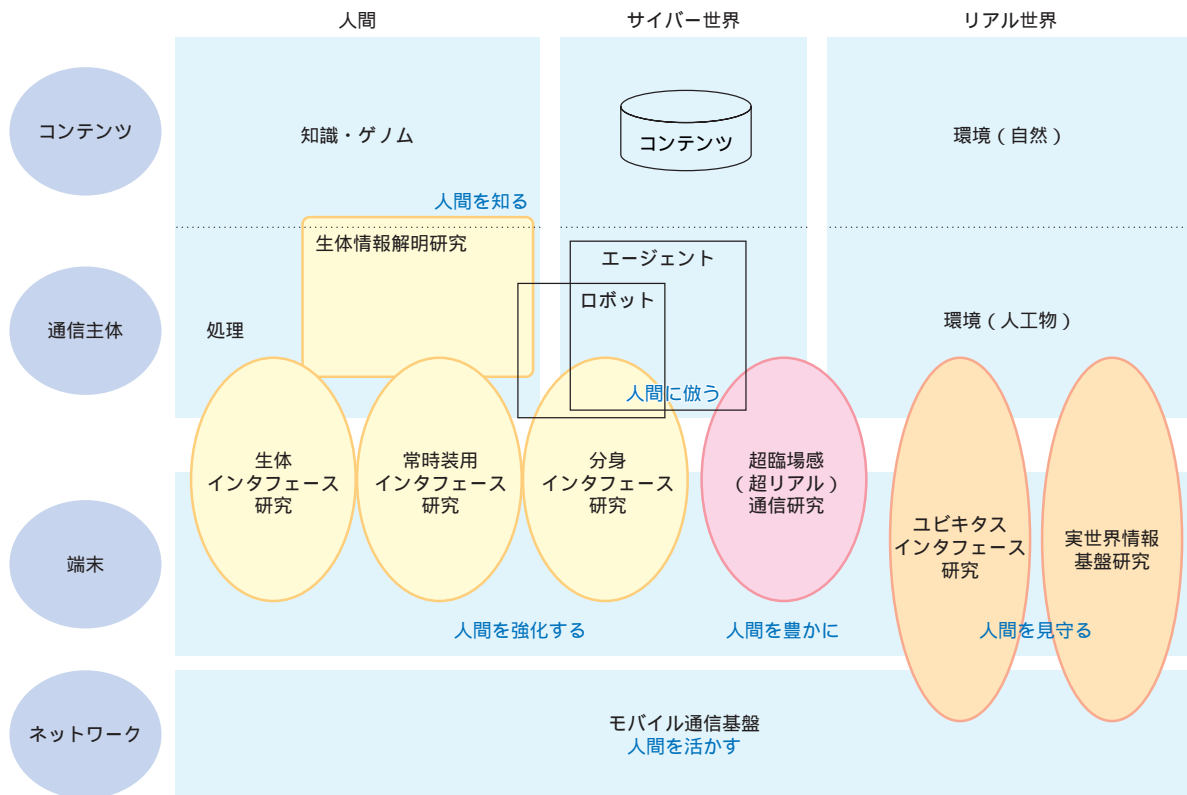
応用し、インタフェース技術として実現することで、新たなメディアの次元、操作の次元を創出する。

- (2) コミュニケーションで重要な役割を果たしている感覚器官系の聴覚、視覚の技術課題に対して、音声・音響、映像のメディア品質を質的にジャンプさせ、新たなサービス創出の原動力にまで至らせることを目標に、メディアの表現力、品質の極限を追求する。
  - (3) ユビキタス環境に向かって急速に技術が進展していく中で、そこに存在する情報やデバイスを「自分用」に自在に使いこなせる環境を実現。五感を含めて、自らの知識や手足を拡張できたのと同じ状況に至らせることを目標に、利用者の嗜好や状態、周囲の状況に応じてサービスと情報通信環境を快適に利用できることを追求する。
- この3つの各研究テーマを、システム構成要素の視点から整理して図2に示す。

#### 4.1 生体情報を極限まで利用し 新たなメディアの次元 操作の次元を創出するアプローチ

- (1) 人間の生体情報のメカニズム解明の研究  
人間の生体情報はインタフェースという視点からみて、

まだ活用の段階にはきていない。これらの生体情報を直接入力、伝達し再現できるインタフェース技術を実現することにより、触覚、嗅覚などが新たなメディアとして利用可能となり、コミュニケーションに大きな変化をもたらすことが期待される。また、身体の動作を直接入力することで身体自身がインタフェースとなり、自身の自然な動作が操作指示に利用できるため、インタフェースの使いやすさが飛躍的に向上する可能性がある。このように、生体情報は新たなインタフェースを実現する原動力となり、人とモノとデバイスと情報の新たな関係を構築する可能性を有している。そして、その基本に、人間の生体情報のメカニズムを解明する研究がある。そこでは、脳、神経、筋肉の活動を高精度に計測することが重要である。これらの活動を表わす電流から発生するわずかな磁場を、生体を傷つけることなく計測でき、インタフェースへの応用という視点からも有利であり、かつ最も高い時間・空間解像度の計測が可能なSQUID (Superconducting QUantum Interference Device) 生体磁気計測システムを採用した。末梢神経計測用に設計導入し、高精度に解析する手法の研究開発とメカニズム解明の研究を並行して進めており、お互いのフィードバック



- <3つの研究アプローチ>
- 生体情報を極限まで利用し、新たなメディアの次元、操作の次元を創出するアプローチ
  - メディアの表現・品質の極限を追求するアプローチ
  - サービスと情報通信環境の快適な利用を追求するアプローチ

図2 「HC³」の実現を目指す各研究テーマの位置づけ

による相乗効果をねらっている。

中枢系に比べて末梢系は比較的構造と機能がシンプルであり、また、深部に存在せず、比較的計測がしやすい。さらに、その知見がインタフェースの実現に有効であることが期待される。このため、末梢系を対象として研究を開始した。神経信号のダイナミックな伝達現象を観測してとらえること自体が未知の研究領域であり、そのメカニズムの解明は各方面に大きなインパクトを与えることが期待される。

## (2) 生体情報インタフェース技術の研究

通信に五感の利用や運動操作を可能とするという新たなメディア軸の追加を目的とする。そして、生体情報を計測、解析し利用することでこの目的を実現しようとするのが、本インタフェース研究である。操作、行動時に発生する生体情報を発生源の近くでとらえることで、より豊富で精度の高い情報が得られることが期待できる。さらに、将来は、感情、思考へと対象を拡大するために中枢系の生体情報を直接とらえることが不可欠となる。したがって、生体情報を直接とらえ利用しようとするアプローチに意義がある。まず、筋肉の運動にかかわる生体情報の計測・解析・利用技術、そして触覚における表面感覚の計測・解析・再現・利用技術の実現を目標に、抹消系の基本メカニズムの解明と応用実現技術を研究している。

五感の応用としてすぐに想像されるサービスは、五感（またはその一部）を相手に伝える、いわゆる五感通信（または感覚付加通信）で、より分かり合えるコミュニケーションに寄与するものと期待される。他の研究機関も五感を通信などに利用するための研究を試みている[7]が、他との違いは、生体情報を生体から直接入力し再現するインタフェースの実現を目標に想定して研究をステップアップさせようとしている点である。しかし、このような五感の利用について、大きな期待感がある反面、相手に伝わるのはいやだという拒否感もある。アプリケーション、利用シーン、相手などの条件によって、伝えたい情報だけではなく、それに付随する五感も変わる。これらの状況を想定した中で、社会的な受容性についても技術と同時に検討していくことが必要である。すなわち、五感などを個人の空間内にとどめておけるならば、計測して能力強化などに積極的に利用することは許されるであろう。また、共有する相手の親密度に応じて伝達してもよい五感の範囲は変化する。これらの受容性は他のインタフェースにも当てはまり、慎重な検討、検証が必要である。

## (3) 常時装着用インタフェース技術の研究

高速無線ネットワークの発達した近未来社会を考えた場合、情報が蓄積されたコンピュータ本体を個々の身体へ装着することは、必ずしも必要ではなくなると考えられる。無線による常時接続により、ネットワークの向こう側の膨大なメモリと高速な処理装置を、仮想的に「装着」することができる。したがって、最低限人体に装着が必要な装置は、操作者の意図をネットワーク側に伝え、逆にネットワークから得られた各種情報を操作者に提示するためのインタフェース（デバイス）だけで良くなると考えられる。すなわち、装着型コンピュータの本質は、「装着できるインタフェース」にある。そこで、欲しいと思った時に即座に情報にアクセスできる「即時性」、そのために常時身につけても日常生活を妨げない「携帯性」、操作者の思考の流れを妨げず迅速に入出力が可能な「操作性」、を必要3条件とした。これらを同時に満足させることができるインタフェースを、常に身につけて使える「装着できるインタフェース」と定義し、その実現を目指している。そのため、人間の器官、機構、運動能力、思考方法、文化スタイルを注意深く観察し、それを活かすさまざまな機構のアイデアを考案、実装、評価する研究活動を進めている。

さらに次に来るインプラント（埋込み）型機器は、新たな操作スタイル、さらにライフスタイルの変化にまで影響をおよぼす可能性を有している。これは、神経からの信号を直接、入出力できる手段の1つを提供し、生体インタフェース実現技術としても重要な役割を担うことになる。ただし、一般の人達にまで普及するためには、小型化、安全化のための技術の進歩と同時に社会的に受容されるための評価・確認のプロセスが必要である。

## (4) 分身インタフェース技術の研究

従来の音声や映像では伝えられない体勢感覚や動作、しぐさを、自分を投影したロボットという実体を介して伝えるリアルインタフェースは、新しいコミュニケーションスタイル創出のポテンシャルがある。そこで、新たな方向性を提案するインタフェース研究として取り組んでいる。携帯電話の1つの進化形として、「言葉のコミュニケーションから心のコミュニケーションへ」を実現するという重要な役割が期待される。自分の身体的な感覚や感情を身振りや手振り、表情などの身体動作として実体のあるロボットに投射し伝達、逆に、五感情報を計測して獲得することで、より表現力の高い、より感情移入ができるインタフェースの実現が可能である。動作・操作などをロボットによって達成することで、距離を克服して物理



的な操作を実現するインタフェースでもあり、情報が実世界の物理的な作用にまで拡張できることを意味する。

装置を操作するのではなく、自分の体の動作から生体信号を直接入力し、ロボットに投射することで自在に操作が行えること、操作の結果が自分の感覚に直接フィードバックできることを目指して、自然なロボット操作インタフェース技術を研究している。コミュニケーションロボットについては、国際電気通信基礎技術研究所（ATR：Advanced Telecommunications Reserch institute international）などの研究機関でも研究が行われているが[8]、自律的な知的存在を作るという視点を重視しており、アプローチが異なる。

4.1項で述べた本アプローチにおける各研究テーマの関係を図3に示す。生体情報のメカニズムの解析を基本に、その知見を応用する前述の研究テーマが相互に関係して存在する。

4.2 メディアの表現・品質の極限を追求するアプローチ  
メディア内での表現力、品質に質的なジャンプをもたら

すことにより、コンテンツに新たな価値・役割を創出することをねらう。

#### (1) 超リアル3D 音声音響通信の研究

研究の1つの方向として、モバイル環境で体の動きをセンサなどで敏感にとらえて、3D音場をリアルに再現する技術を目指す。現実よりもリアルな体験を利用者に与える「オーバーリアリティ」もこの方向に含まれる。もう1つの方向では、「3者通話において1人の話者の声は左前方から、もう1人は右前方から聞こえる」というように、人工的な3D音場の生成を目指す。現在は、まだ初期実験の段階であるが、具体的な研究項目としては、上記2つの方向に共通する技術、すなわち、音源から人間の左右の耳までの音の伝わり方を表現する頭部伝達関数（HRTF：Head Related Transfer Function）として、高品質かつコンパクトなものを創出すること、また、3D音響の主観評価尺度を作り出すことを目指していく。

#### (2) 超リアル3D映像通信の研究

装着の制約を低減し、モバイル環境でリアルな立体視

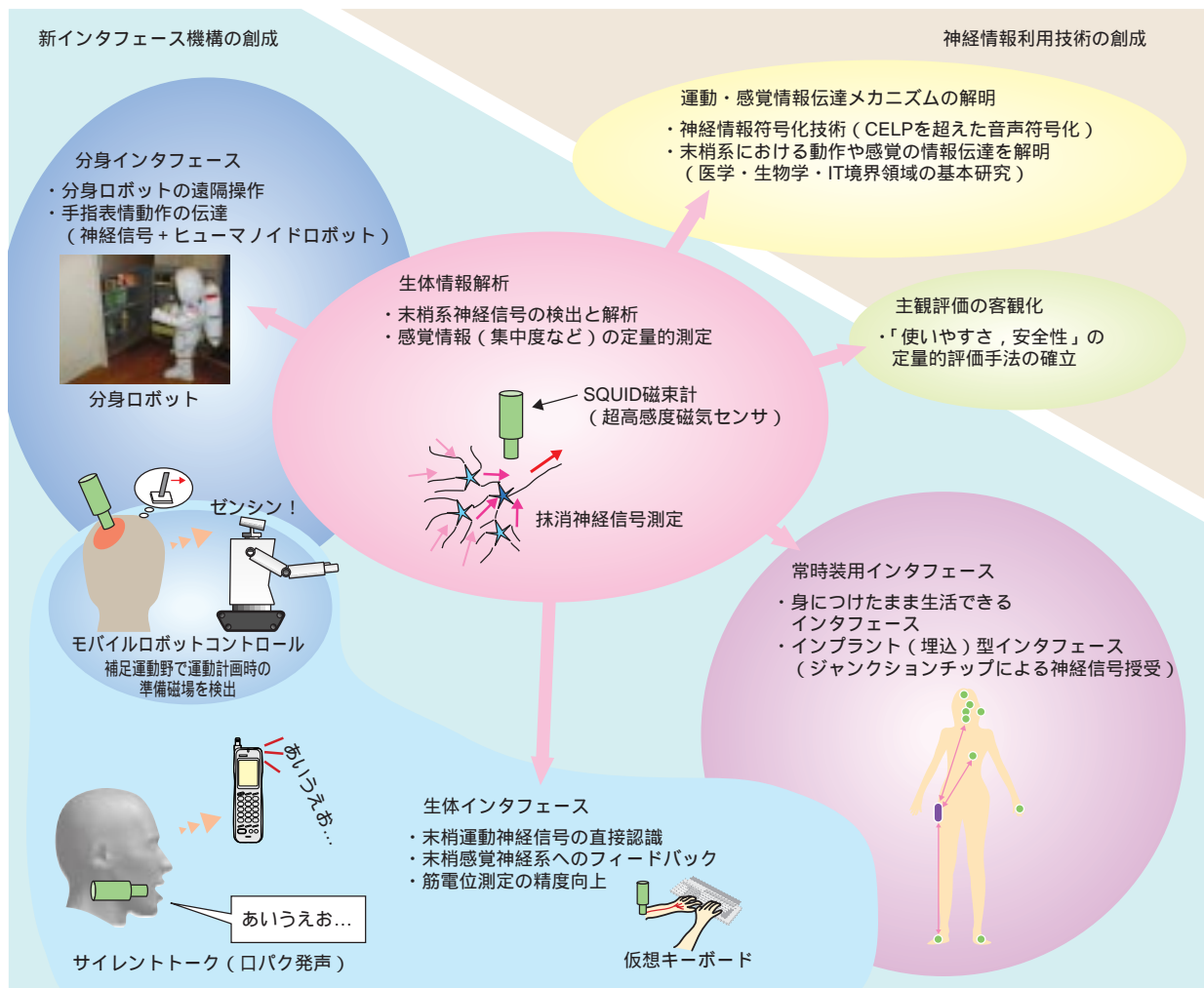


図3 生体情報解析を核とするインタフェース研究関連図

映像が味わえる3D提示技術を目指す。コンテンツに華やかな魅力を付加し、感動を与えてくれることが期待される。両眼視差と運動視差の両機能を利用でき、かつ視点からの距離に応じた焦点距離の映像を生成して、自然な立体視映像の提示技術の実現を目指している。

#### 4.3 サービスと情報通信環境の快適な利用を追求するアプローチ

ユビキタス環境では「自分用」に情報やデバイスを見つけて使えるようにする技術が求められ(2.3項参照),その実現は,脳・知能処理系の習得的な機能について求められた課題(好み,快適さ,満足度を考慮した選択処理など)に対する解決策の1つを与えるという目標に通じる。そのために,具体的な応用を重視したアプローチとしてユビキタス環境でサービスの選択性を支援する技術の研究を進めている。さらに,見つけた情報やデバイスは,「自分用」に,しかも自分の状況に合った形に適応化させて快適に利用できるようにする技術が求められ(2.3項参照),その実現は,脳・知能処理系の生得的な機能について求められる各種の情報から状況を認識し,最良の解を推論するという目標に通じる。そのための最初のアプローチとしてユビキタスセンサ環境で状況を把握し,サービスの最適な利用環境を適応的に構築する技術の研究を進めている。

##### (1) ユビキタス環境でサービスの選択性を支援する技術の研究

欲するサービスにアクセスするために,コマンド入力キーやカーソルキーを操作することは,単に手間がかかるだけでなく,本来の行動に割り込んで,その行動を中断してしまう可能性があることが,あらゆるシーンにサービス利用を広げようとしたときに問題となる。これに対処するため,その人が実世界で活動する際の行動対象とする「モノ(道具,家電,車両,本,建物,場所などを含む)」をトリガーとして直接利用することで,実世界でのユーザの活動の一環として容易な操作で関連サービスを発見するための技術の研究を進めている。このとき,発見されたサービスが複数存在する場合は,個人の嗜好や状況に応じて望んでいるサービスを選択・提示してくれる機能が必要である。しかし,ユーザの嗜好や状況をユーザ自身が明示することは,煩雑であるとともに,そもそも自ら把握することが困難である場合も多い。そのため,個人の情報操作の活動だけでなく,日常生活での行動を含めたあらゆる活動について情報処理できる形式で徹底的に記録蓄積し,個人の特性のパターンを抽出して活用できるようにするための知的情報基盤技術についても研究を進めている。その際,モバイル機器

の利用だけでは,欲しい情報を得ることが難しいことから,ユビキタスに存在する各種センサデバイスとの連携により情報を集める技術,特にユーザの位置をトラッキングしたりイベントを検出する技術に注目して検討,実装,評価を進めた。

いずれも,「自分用」にサービスの選択性を高めることを目的として研究を進めているが,一方,「公共用」に情報の選択性を高めるように技術を進化させることで,特定の人物や危険な状況の検出支援への応用も適用範囲に入り,安全性の向上にも貢献できる技術として期待できる。

##### (2) ユビキタス環境でサービスの最適な利用環境を適応的に構築する技術の研究

ユーザが動き回る場合には,せっかく発見し,選択した情報やサービスも利用する環境が変化することで使用できなくなる可能性を想定しなくてはならない。そこで,利用者が存在している各環境下で利用可能な情報通信リソース群(インタフェース機構,端末デバイス,通信デバイス,情報処理デバイス,ネットワーク,ネットワークのサービス品質(QoS: Quality of Service))の中から,利用者の嗜好や状況を配慮して最適な状態でサービスを利用できるようにするサービス利用環境の提供が望まれる。これは,サービスを中断することなく,どこでもシームレスに最良な状態で利用可能とするために,個人の条件・状況と情報通信環境側の条件・状況から判断して各種リソースを組み合わせる最良の情報通信環境を適応的に構成し直し続けて提供する技術である。いうなれば,利用者にサービスの実行・操作のために最良の情報通信インタフェースをユビキタス環境で構築・提供する技術であるため,ユビキタスインタフェース技術と呼んでいる。

## 5. あとがき

社会の要請を分析し,技術への要求として整理した。それを「人」を中心に据えた視点からとらえて解決するために,情報,デバイスなどのすべてを自分のカラダの一部のように一体化して自然に自在に使えるインタフェースによる将来のコミュニケーションとコンピューティング『HC<sup>3</sup>』について述べた。また,その実現のための課題の整理,解決のアプローチ,研究テーマについて概説した。今後,革新研究を根付かせ,育てていくためには,企業理念の実現のために持続的に発展させるという信念と投資,それに応えるために,成果をアピールし意義を認知させる努力が不可欠であることを肝に命じて取り組んでいく。



## 文 献

- [1] “2015年の情報通信技術”, NTT出版, 2001 .
- [2] “環境マネジメントシステムの国際標準 ISO14001”, 1996 .
- [3] 坂村 健: “ユビキタス・コンピュータ革命 - 次世代社会の世界標準”, 2003 .
- [4] “ここまでできる次世代テレコム”, NTT出版, 1992 .
- [5] Gavriel Salomon: “Distributed cognitions”, Cambridge university-press, 1993.
- [6] 清水博, 久米是志, 三輪敬之, 三宅美博 共著: “場と共創”, NTT出版, 2000 .
- [7] “5感情報通信技術に関する調査研究会報告書”, 総務省, 2001 .
- [8] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 中津良平: “人間と相互作用する自律型ロボット Robovie の評価”, 日本ロボット学会誌 Vol.20, No.3, pp.315-323, 2002 .