

2.10 ヒューマンコミュニケーション技術

平成13年度から平成17年度までの第1期中期計画期間において、情報通信システムと人間が接するヒューマンインタフェースやコンテンツ基盤技術を人間中心の立場から見直し、新たな技術を確認するとともに、モデルシステムを実現する研究開発を行った。

2.10.1 ユニバーサル端末技術の研究開発

高齢者・障害者を含むすべての人が情報の受発信ができる情報バリアフリーな社会、安心して暮らせる社会の実現を目指す情報通信技術のシステムの研究開発を行った。

(1) 情報通信技術を用いた移動支援技術の研究開発

a) 高齢者・障害者移動支援システム

屋外における人間の移動に必要な認知、駆動、情報入手の3つの要素を包括的に支援する移動支援システムを開発した。システムは一般道路または屋内を監視し動物体を検出・認識するシステム、高齢者等を乗せ街中を半自立型で移動するビークル、手話アニメーションで情報提供(聴覚障害者)、赤外線通信の指向性と局所性を利用して情報提供(視覚障害者)を行うモバイル端末から構成される。平成17年11月に京都府の精華町の公道で移動支援公開実験を行った(図2.10.1)。

b) 歩行者支援地理情報システム(GIS)の開発

高齢者、障害者をはじめとするすべての歩行者に、歩行空間のアクセシビリティ情報を提供する歩行者移動を



図2.10.1 公道走行実験の様子

支援するGISを開発した。住宅地/観光地/地下街を対象として東京都小金井市/京都東山(図2.10.2)/東京駅についてのマップを完成し、平成16年11月に商品化した。



図2.10.2 歩行者支援GIS(京都東山)

(2) 情報バリアフリー技術の研究開発

a) 手話音声通訳技術高度化に関する研究

手話音声通訳技術では、手話アニメーションによるモバイル環境における情報提供及び外国手話生成への展開を図った。前者に関しては国立民俗学博物館でPDA端末を使った手話CGによる聴覚障害者への展示品の情報提供実験を平成14年7月に行った(図2.10.3)。

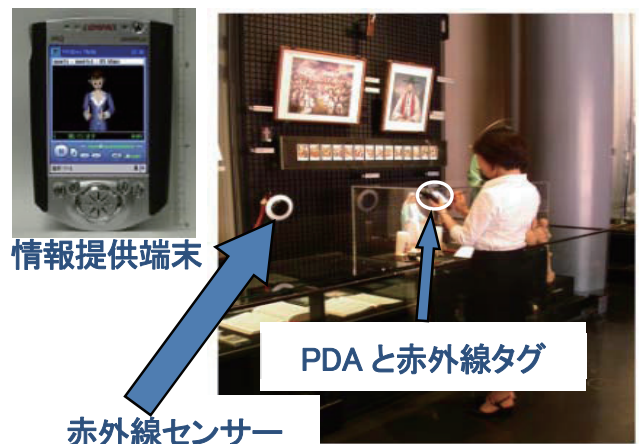


図2.10.3 国立民俗学博物館での情報提供実験

b) テーブル型バリアフリー・マルチモーダル・インタラクションシステムの開発

赤外線に変調した音声を映像の中に投影し、指につけた受信機で映像と音声のインタラクションを楽しむマルチメディアテーブル(図2.10.4)を作成し、島根県松江市を中心とした複数の公共施設での長期展示などを行った。



図2.10.4 マルチメディアテーブル

2.10.2 メディアインタラクション技術の研究開発

メディアインタラクション技術では、コンテンツ融合環境構築技術に関する下記の2つのテーマで研究開発を行った。

- ・通信・放送分野のコンテンツ融合技術
- ・実世界コンテンツとデジタルコンテンツの融合

これらの研究テーマは、「誰もまだ見たことのない情報閲覧ブラウザやコンテンツ活用実現技術の研究開発を目指す」という目標を掲げて推進された。

それぞれの研究について概要を示す。

(1) 通信・放送分野のコンテンツ融合技術

放送と通信のインフラが融合する時代において、放送による同時視聴コンテンツと通信によるユーザ選択コンテンツの融合的閲覧を実現させるための技術の研究開発を行った。ここで研究開発された成果は、TVとWebデータの相互情報補完技術やWebコンテンツのテレビ型コンテンツ変換技術等があり、それぞれが時代の最先端技術であった。

前者の「TVとWebの相互情報補完技術」は、テレビで放送された番組に関連するWebページを自動的に検索し、同期しながら表示するものであり、現在のハイブリッドキャストと同様のサービスを実現したものであった(図2.10.5)。



図2.10.5 TVとWebの相互情報補完ブラウザ

また、一覧して概要を理解できるWebコンテンツの特性と、時系列に情報が伝えられる放送コンテンツの性質をそれぞれ活かして情報閲覧が可能となるZoomingメディアを開発した(図2.10.6)。このメディアはテレビ等の放送コンテンツの視聴時にズームアウトする事で、その粒度に応じた情報を並列に表示し、最終的にはWebコンテンツ同様のドキュメントスタイルで閲覧を可能とするものである。これらの成果は平成16年7月、平成17年7月のけいはんな情報通信融合研究センター(当時)施設一般公開にて成果が公開された。

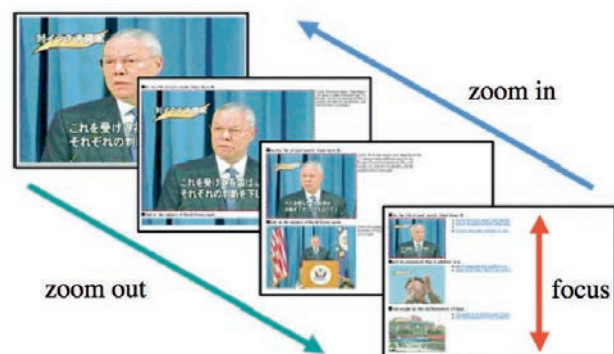


図2.10.6 Zoomingメディア

Webコンテンツのテレビ型コンテンツ変換技術(図2.10.7)は、現在においても実用サービスとして類似のものは存在していないが、超高齢化社会に向けた情報弱者

への情報提供として今後の利用が期待されるものである。



図2.10.7 Webコンテンツのテレビ型コンテンツ変換技術

(2) 実世界コンテンツとデジタルコンテンツの融合

来るべきユビキタス時代において、実世界に埋め込まれたデジタルデバイスを活用したコンテンツ管理と閲覧の技術を確認することを目的に研究開発を行った。デジタルサイネージからパーソナルデバイスまで、ユーザの活動に基づいて収集した情報を連携させる技術や、多様なデバイスで適切なコンテンツに変換させながら、閲覧・編集できるユビキタス Web 技術等の研究開発を行い、WebBoard と呼ぶ実世界コンテンツ操作基盤を開発した。WebBoard では、RFID リーダと通信機能を持つデバイスを介して、ユーザが保有するデバイスと実世界に埋め込まれた公共デバイスが連携することを実現している。この操作基盤上では、ユーザが求める情報を実世界から引き出し、ユーザの行動情報を元にして、コンテンツを集約・再整理することを実現させた(図2.10.8)。



図2.10.8 WebBoard による情報操作

さらに、デジタルサイネージが普及する時代を想定して、実世界とサイバー世界を融合させて情報閲覧とナビ

ゲーションを行う実空間ナビゲーションサイネージの開発も行った。このシステムは、ユーザの携帯端末を介した情報提示ではなく、複数のデジタルサイネージが連携して、実空間側から情報を提示しながらユーザを誘導する「環境がユーザをナビゲーションする」というコンセプトを具現化したものである(図2.10.9)。これらの成果は、平成16年7月、平成17年7月の施設一般公開にて、一般の人々を対象とした参加型の実証実験を行い、新しい情報配信システムとして高く評価された。



図2.10.9 実空間ナビゲーションサイネージ

これらは時代の最先端に行く提案であり、学術的にも高く評価された。現在、デジタルサイネージや NFC などの近接通信技術が普及しつつあり、実世界コンテンツとデジタルコンテンツの融合が実現するインフラがようやく整備されつつある。当時研究開発した技術の実用化が期待される。

(3) 研究開発成果の学術的成果と展開

メディアインタラクション技術に関する研究開発は、技術の先進性と独自性を追求したものであった。また、学術的成果を重視して、先進的な成果を世界に発信することを最優先の目標としていた。その結果、ACM Multimedia や WWW 等の最難関国際会議にも採択され、第1期中期計画中に査読付き学術雑誌論文61本、査読付き国際会議論文185本等の高い学術的成果を生み出した。更には、世界的に著名なアラン・ケイ博士との共同研究やマイクロソフトリサーチアジアとの共同研究・インターンの受け入れ等、世界有数の研究者・研究機関との連携も進め、NICTの国際的なプレゼンスを向上させた。

本研究開発プロジェクトは、現在の「コンテンツ・サー

ビス基盤技術」分野の研究開発のルーツとも言えるプロジェクトであった。多数の成果と斬新なアイデアは、当時の当該分野の学術領域や共同研究先の企業などにも多大な影響を与え、第2期中期計画の礎となった。特に、第1期中期計画の最終年度において、今後の重要な研究課題として「Web情報の信頼性分析」を提案し、第2期中期計画のユニバーサルコミュニケーションの研究計画へと研究を引き継いだ。

2.10.3 社会的インタラクション技術の研究開発

将来の高度かつ高機能的な情報通信システムは、人間と同じような身体性を持ち、人間と人間とのコミュニケーションと同様なインタラクションによって操作できることで、人間と状況を共有して人間と社会的な関係を持つことができるようになると考えられる。このようなシステムでは、ユーザがシステムに適応するのではなく、システムがユーザに近づくことでユーザがシステムを使いやすくなり、さらに、作業負荷も軽減され、ユーザの知的生産活動を効率的かつ効果的に向上させることができると考えた。NICTでは、このような情報通信システムの実現に向けて、人間の情報のやり取りの特質について生理・認知・行動レベルでの人間のインタラクションメカニズムの解明という基礎的なところまで掘り下げた研究開発を行うとともに、それを利用した身体性コミュニケーションシステムの開発及び実環境でのインタラクション実験を並行して進めた。

(1) 身体イメージの認知及び操作に関する基礎的研究

人間が持つ身体イメージは、生得的なものではなく可塑性を持つことが明らかになってきたことから、上肢や下肢等の我々の身体を仮想化することによって、身体イメージの操作に関する基礎的研究を行った。実際には、四肢切断者に現れる幻肢に対する表面筋電図という非侵襲計測による人間の運動意図の検出手法を提案した。また、人の身体イメージの認知過程を明らかにするための基礎的な心理実験等を通して、身体イメージの外在化のための基礎データを蓄積するとともに、多チャンネル表面筋電図より、生体内部における筋運動の3次元的な再構成を行った。

(2) 前言語的コミュニケーションの認知メカニズム

ロボットのような身体性をもつ情報通信システムとのよりよい相互作用を引き出すために、人間の言葉を用いたコミュニケーションの前段階に出現するアイコンタクト等による前言語的コミュニケーションに着目し、その認知メカニズムの解明を行った。この研究においてコミュニケーションの本質を明らかにするためにInfanoid(図2.10.10左)及びKeepon(同図右)の開発を行い、特に子どもとのコミュニケーション実験・デモを通して、社会的インタラクションの発達モデルを構築、実証し、社会還元することを実施した。その中で、注意と情動の共有メカニズムが人間のコミュニケーションには不可欠であることを明らかにした。特にKeeponは平成15年から発達障碍児のための療育施設及び通常保育園に持ち込み、子どもとのコミュニケーション実験を実施した。この実験を通して、ロボットが子どもごとの個性や発達像をとらえるツールとして活用できることが実証され、新たな子育て支援サービスを保育現場に提案することができた。

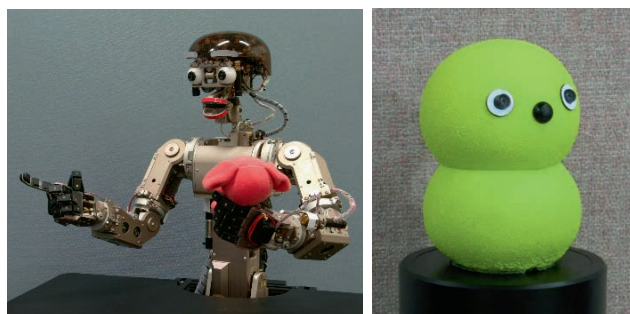


図2.10.10 Infanoid(左)、Keepon(右)

(3) 非言語に着目した対話時のインタラクション解析

人間が対面対話を行う場合、うなずきや首の傾げなどの非言語動作が重要な情報を伝え、対話を調整するということはよく知られている。本研究では、ビデオカメラを接続した計算機を用いて、コミュニケーションにおける会話の活性度の分析システムを開発し、コミュニケーション時に出現する非言語情報と会話の活性度に関する分析を行った。その中で、非言語動作の自動的な分割及びクラスター分析による分類方法を提示した。また、対話実験で収録された対話の分析により、ヒューマンインタラクションにおける、話し手の情報処理過程の推定、自然な対人関係性の調整、「間」の調整、相互理解の調整等に利用可能なフィラー(「えーと」、「あー」など)等の

基礎モデルを構築した。

2.10.4 分散協調メディア技術の研究開発

分散協調メディア技術に関しては、ユーザの振る舞い・状況等を理解し、動的に個人適応した情報通信サービスを構築し、様々なユーザに適したインターフェースで提供する基盤技術の研究開発を行った。最後に、プロトタイプシステムの開発を行い、生活実証実験により研究の有用性を実証した。

(1) ホームネットワークサービス構築基盤技術

ネットワーク上に分散している機器の機能を連携させサービスを構築するミドルウェア「ゆかりコア」「ゆかりカーネル」を開発し、オープンソースソフトウェアとして、平成18年3月に公開した。また、開発したミドルウェアの検証と、実際の家庭生活環境で情報通信技術の有効性の実証を目的として、実生活型実証実験テストベッド「ユビキタスホーム」において平成17年4月から平成18年1月にかけて計5回の生活実証実験を行った。具体的には洗濯機や冷蔵庫等との機能連携サービス(図2.10.11)を、現実の生活を想定した実証実験の中でユーザ評価を行い、開発したミドルウェアの特徴をユーザ視点で検証した。



図2.10.11 ゆかりコアを用いた家電機器とセンサネットワークの接続実験

(2) ホームネットワークサービスインターフェース技術

多数のセンサとアプライアンスを配置した家全体(ユビキタスホーム)をアンコンシャス型ロボット

(図2.10.12)としてとらえ、対話型ロボットとの協調により、従来なかったサービスを実現した。最初に人とのインターフェースとなるロボットフィノを開発し、センサデータを参照させながら、ユーザとの対話を行わせるホームネットワークサービスインターフェースを開発した。

次にこれらの基盤技術やインターフェース技術を活用して、生活者のためのコンテキストウェア型サービスを複数実装した。例えば、料理レシピ提示サービス(図2.10.13)、テレビ番組推薦サービス、エアコンや照明等家電機器の制御サービス等を提供した。ユビキタスホームに設置された各種センサデータや、フィノや各種サービスログ、センサデータのログは、分散環境行動データベースに蓄積され、一元的に管理されることにより、統合的なユーザ支援サービスを実現させた。その有効性を総合的に検証するために、ユビキタスホームで、一般の家族に2週間程度生活してもらうという実証実験を行い、開発した技術の有用性について評価した。

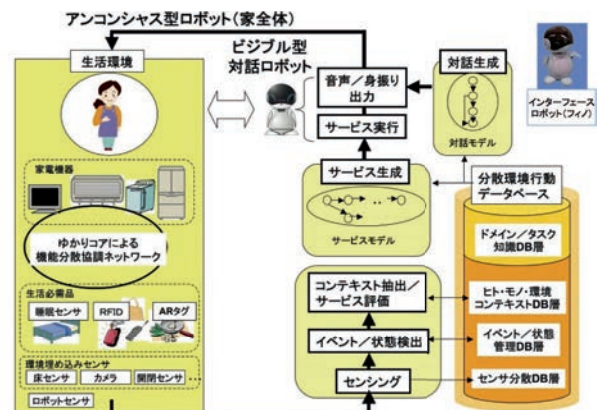


図2.10.12 ユビキタスホームにおけるサービス実現のためのシステム構成図



図2.10.13 料理レシピ提示サービス

2.10.5 ユーザ適応化技術の研究開発

誰にとっても優しい知的な生活環境の実現に向けて、情報通信技術により人の行動や特性、周囲の環境を把握し、ユーザの能力・嗜好・状況に応じた適切な情報を提供することを目的に、ユーザ適応インタラクション技術の研究開発を行った。具体的には、人間の個人行動と周囲の環境を把握 (Watch) して、ネットワークを通じたコミュニケーションによる心遣い (Care) を提供する Watch & Care システムの構築を行った。

(1) 屋内環境における Watch & Care システム

家電の使用状況、操作履歴、屋内外での人間行動を把握することで、セキュリティチェック、健康状態モニタリング、エコ生活ナビゲーションを行い、安全で快適な生活を支援するシステムの研究開発を行い、以下の成果を達成した。

a) 電力消費量モニタリング技術

生活者の行動パターンを把握するため、家電の電力消費をリアルタイムにモニタリングし、家電間で協調して省エネサービスを実現するプロトタイプシステムを平成20年4月に開発した。図2.10.14に示す家電モニタリング装置は、家電に対する電源タップの役割を果たすとともに、接続された家電により消費される電流及び電圧の値を計測し、無線通信で家庭内のサーバマシンに送信する。サーバマシンでは家電モニタリング装置より送られてきたデータより、家電の種別の判定、消費電力の可視化や能動的電力制限を行うことにより、省エネサービスの提供を行う。図2.10.15は消費電力の可視化のモニタ画面の一例である。

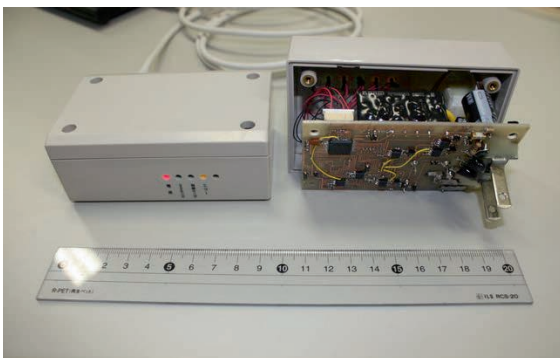


図2.10.14 家電モニタリングモジュール

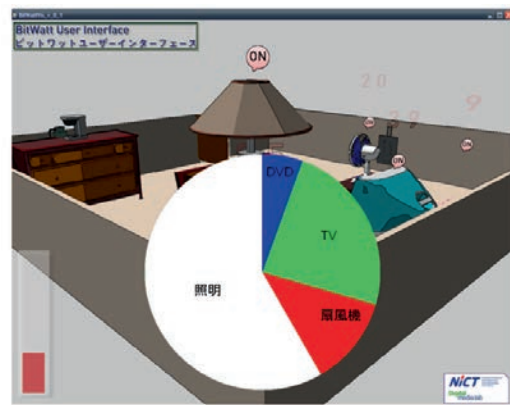


図2.10.15 消費電力の可視化の一例

b) ホームネットワーク技術

白物家電やAV機器等の系統ごとに個々に決められている規格や標準を相互接続することを目的に、主に白物家電の規格であるECHONETとAV機器の接続の基盤となっているUPnPの仕様を検討し、共通プラットフォームであるOSGiを用いて相互接続させるサービス(バンドル)を開発し、ホームゲートウェイに実装した。また、家電サービスを記述するスクリプト言語HGMLを開発し、HGMLからJavaコードを生成して、OSGiバンドルとしてホームゲートウェイに送信するサーバーを平成21年1月に開発した。

(2) 対話環境における Watch & Care システム

ユーザへの情報の提示を円滑に行うことを目的に、ユーザとシステムが対話する環境を想定し、ユーザの非言語的な行為(顔の方向、視線方向、頭部動作等)を非拘束/非装着条件でリアルタイムに認識し、ユーザの意図(好み・欲求等)に適した情報の提示をインタラクティブに行うための研究開発を行い、最終的に総合的対話プラットフォームとして実現した。また、新たな情報の提示方法として、マイクロミラーを用いた空中映像を提示する光学素子の研究開発に着手した。

a) インタラクティブ情報ディスプレイの開発

ユーザの顔向き・視線・頭部動作を実時間センシングし、ユーザの非言語的な行為のみに応じてシステムの案内エージェントがユーザに適した情報を提示する、インタラクティブ情報ディスプレイを平成20年12月に開発した(2.7.3 図2.7.16)。ユーザの顔向き及び視線の推定精度を高めるために、顔画像データを収集し、独自の類似顔の階層的データベースを構築することにより、未学習ユー

ザへの頑健性を向上させた。その後、音声対話技術とインタラクティブ情報ディスプレイを融合した、観光スポット推薦の総合的対話プラットフォームとして発展させた。

b) 空中結像インタフェース

マイクロミラーアレイを2面コーナリフレクタとして用いる原理に基づき、鏡映像が空中に結像する光学素子を開発した。また、赤外線タッチパネルを用いることで、平面上に浮かぶ実在感のある空中映像を指先で操作できるシステムを平成20年12月に開発し、ユーザ操作により表示コンテンツを自由に変更することを可能にした(図2.10.16)。



図2.10.16 空中映像を操作できるタッチディスプレイ

2.10.6 地域適応型通信基盤技術の研究開発

ユビキタス社会が進行し、様々な端末・情報家電機器が有線・無線を使いネットワークに接続する環境が実現される中、従来にない有線・無線の有する課題を克服する新たな通信方式の実現が期待されている。NICTは平成18年度に、面で構成する新しい通信媒体を用いることにより、媒体面のどこに端末を近接させても高速通信が可能で、同時に媒体から端末への電力供給も可能な2次元通信技術に関する研究開発を開始した。2次元通信技術は、表面、床、壁、服などといった人間・機械・環境の接する界面がネットワークとして機能するため、「サーフェイスLAN」という今までにない通信形態と通信領域の提供が可能となる。平成19年度より2次元通信の信号伝送技術及び電力伝送技術のフィージビリティの検証を行うため、「置くだけ通信」、「置くだけ充電」というコンセプトを初めて提唱し、「マルチメディア会議システム」と「2次元通信カフェ」のデモシステムを開発した。図2.10.17はサーフェイスLANによるケーブルフリーなシステムのイメージを示す。



図2.10.17 サーフェイスLANによるケーブルフリーな公共スペースのイメージ

平成20年度より2次元通信に利用されるシート状媒体を介して世界で初めて8Wの電力伝送を実現し、シート上に置いた、電池及び電源用あるいは通信用ケーブルを持たないディスプレイへの映像転送と電力供給を同時に行うシステムを開発した。また、2次元通信による電力伝送の効率化・軽量化を図ることにより、受電モジュールは軽量(2g)かつ小型(W70xD25xH3mm)で実現できた。それにより、モジュールの個数を増やして、整流回路の効率を上げるなどの改善により、10W以上の電力供給も可能であることが分かった。

平成21年度よりシート状媒体を介して、複数の入力信号の位相を調整することにより波の重ね合わせを生じさせ、特定の箇所に電力を集中させることにより、高効率な非接触電力伝送システムを開発し、理論解析ならびに実測評価を実施した。多点入力の位相調整を自動的に行うため、3次元伝播空間におけるレトロディレクティブ方式*を利用することにより、端末が置かれた場所において、各送信電極からの電磁波の波が自動的に同位相で重なり、集束させるシステムを開発した。図2.10.18は電力伝送システムの概観を示しており、図2.10.19は位相変化による電界分布(集束場所4の場合)を表している。

平成22年度から様々な応用開発に対応するために、2次元通信媒体を利用したセンサネットワークを構築し、同一周波数で同一ケーブルによる電力供給・通信を可能とする新しい形態のセンサ技術の開発を行った。特に、ZigBee™の通信方式に基づき、端末の電力事情や通信

*レトロディレクティブ方式：送電目標点からのパイロット信号を電極アレイで受信して、受信したパイロット信号の位相を反転した信号を送信・合成する方式である。

状況に適応した電力伝送方式と信号伝送方式を考案した。さらに、4種類のセンサ（温度、加速度、照度、人感）を、開発した2次元通信装置に実装し、センサネットワークの性能評価を行った。図2.10.20は同一周波数で同一カプラによる電力供給・通信を行うセンサシステムを示す。実用に際しての安全性評価についてもプロジェクト研究によって万全を期す取組を行っている（その内容については2.2.3 (3)を参照のこと）。

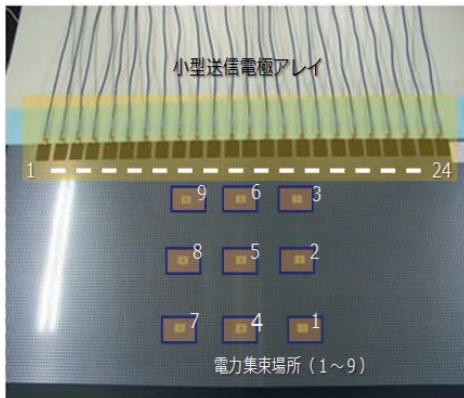


図2.10.18 電力伝送システムの概観

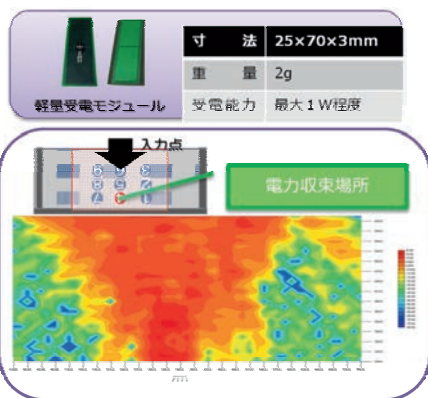


図2.10.19 位相変化による電界分布 (集束場所4の場合)

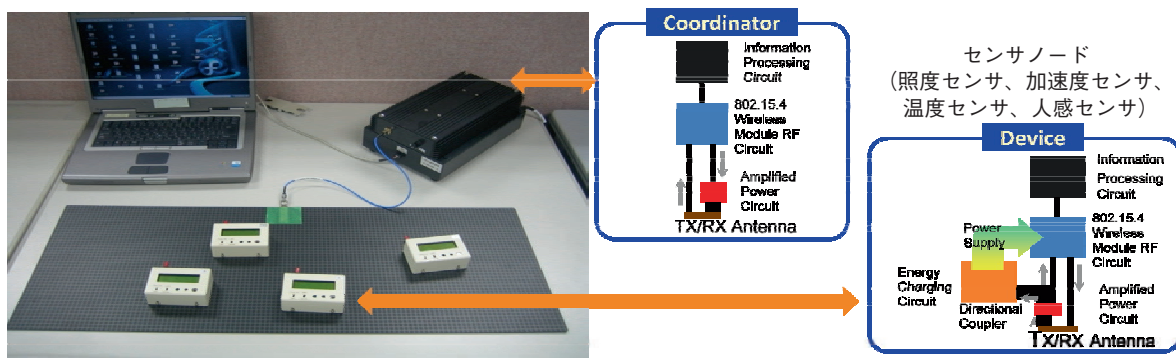


図2.10.20 同一周波数で同一カプラによる電力供給・通信を行うセンサシステム