

ユニバーサルコミュニケーション基盤技術

2.7 多言語コミュニケーション技術

2.7.1 言語処理・複数言語翻訳技術の研究開発

ICT を使って言語・文化・能力などの壁を越えて自由にコミュニケーションが行える環境を実現するための多言語コミュニケーション技術の研究開発を目標として、主に人と人との言葉の壁を越えるための翻訳技術の研究を行った。特筆すべき成果としては、平成20年度から23年度にわたる総合科学技術会議の社会還元加速プロジェクトの1つに選定されたネットワーク音声翻訳プロジェクトや「高度言語情報融合フォーラム (ALAGIN)」への貢献が挙げられる。本研究開発では、日本と世界の間にある言語の壁の克服に向けて、多言語・多分野の高精度翻訳システムを社会へ提供することを目標として、以下の研究開発を行った。

①2,800万文の日本語文とその翻訳文の対から成る対訳コーパスの構築

②上記対訳コーパスを用いた高精度翻訳の実現

本研究開発は、統計翻訳手法を採用するという研究戦略に立脚して行った。①の成果を活用しつつ、高度なアルゴリズムを創出することを同時に実行するという戦略によって初めて②も実現できる。統計翻訳の概要を図2.7.1に示す。統計翻訳では、対訳コーパスから翻訳に必要な知識・モデル・データを自動的に抽出する。例えば、対訳コーパスから、2言語の単語間の翻訳という観点での対応付けを自動的に行い、統計処理することによって、(翻訳の確率が付与された)対訳辞書を生成する。このような自動生成された知識・モデル・データによって、新規入力を翻訳するシステムが構築できる。

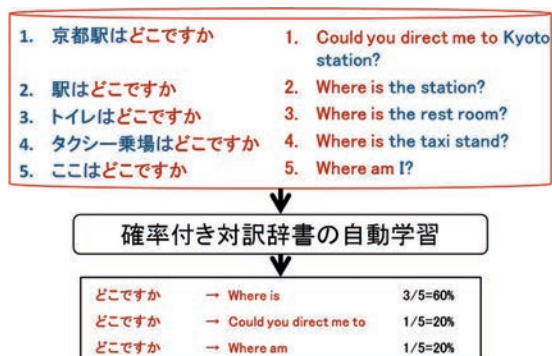


図2.7.1 統計翻訳の概要

(1) 対訳コーパスの構築

対訳コーパスを効率的に収集するために、以下のような2つの補完的なアプローチがある。

- ① Web から対訳コーパスをクロールすること (図2.7.2) や文章レベルの対訳から自動的に文レベルで対応付けする技術などのコンピュータ中心のアプローチ

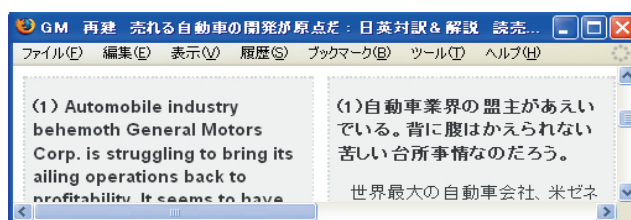


図2.7.2 Webの単一ページ内対訳データ

- ② ボランティア翻訳のホスティング・サービスや外部機関との提携等、人や社会中心のアプローチ

NICTでは、両方のアプローチを併用して精力的に対訳コーパスを集め、第2期中期計画において2,800万文の大規模対訳コーパスを構築した後に、可能なものから順次、ALAGINを通じて、公開を開始した。

さらに、②の手法を実現するために翻訳者支援サイト「みんなの翻訳」を開発した。図2.7.3に利用画面を示した。左側の窓が原文を表示し、右側の窓が訳文を表示している。原文にある下線は自動的に辞書引きされた語彙やイディオムを表す。利用者が下線にアクセスすると、辞書引き結果がポップアップし、COPY・PASTEで訳文画面に入力することができる。翻訳時間の1/3程度が辞書引き時間であることがわかっているので、この自動辞書引きの利用によって、翻訳作業が大幅に効率化できる。「みんなの翻訳」は、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスの考えに基づき、翻訳情報を共有することで、近年爆発的に活発になっているオンライン個人翻訳者の翻訳、NPO/NGOによる翻訳の効率改善と発展を促進する。平成21年4月の公開以降、利用者数は増加し続けて、平成27年1月現在で2,990人を超え、また、日英対訳を大量に(英語単語数で126万語)集めることができた。

また、「みんなの翻訳」は平成22年6月にアジア太平洋

機械翻訳協会 (AAMT) 第5回長尾賞を受賞した。いわゆる学会の学術賞ではなく、たとえば、高性能の機械翻訳システムを商品化した、機械翻訳システムを使った新しいサービスを開始した、といった貢献を対象とした賞であり、「みんなの翻訳」が、社会に資するものと認められたといえる。

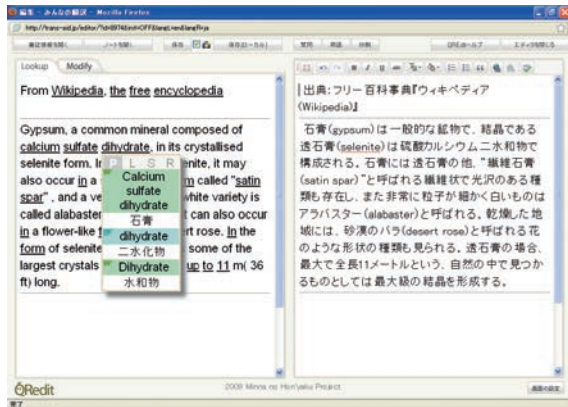


図2.7.3 みんなの翻訳

(2) 高精度翻訳

a) 翻訳技術の開発

辞書や対訳コーパスに現れない未知語は翻字(発音をなるべく変えずに2言語間で文字を翻訳すること)で処理することができる。これに関して、ディリクレ過程を用いた新しいモデルを開発した(図2.7.4)。本手法の利点はモデルがコンパクトになることと過学習しない点である。本技術は、平成22年に、翻字に関する国際コンペ ACL/NEWS2010で8つの言語対のうち5つの言語対で1位の世界最高性能を達成した。

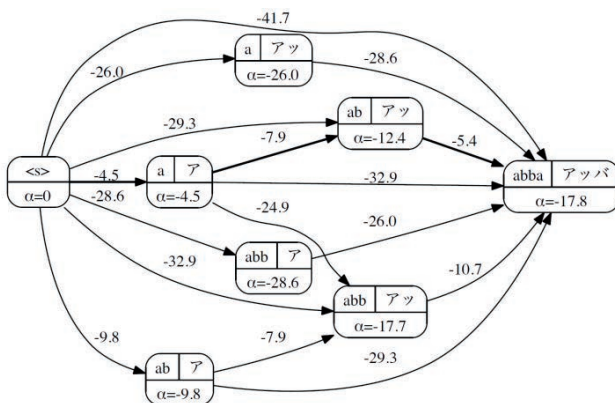


図2.7.4 日英間の翻字モデルの例

b) 単語切り出し技術の開発

翻訳技術に必須である各言語の単語切り出しプログラムは、研究が遅れていたり、よいプログラムが存在しても、種々の制約から入手困難な場合もあつたりする。また、既存のプログラムが翻訳に最適とは限らない。アラビア語、タイ語、ベトナム語をはじめとして、このような問題を抱える言語は少なくない。そこで分割の初期値として文字を設定し、翻訳スコアが上昇するように分割の単位を大きくする方向で学習する手法を提案し、表2.7.1にあるような様々な言語で、高精度翻訳ができる単語切り出し技術を確立した(数字は翻訳スコアであり、値が大きいほど品質が高いことを表す)。

表2.7.1 翻訳向け単語切り出しの多言語対応

言語	サンプル	文字	学習
アラビア	نعم ، انه كذلك .	58.60	63.70
タイ	ใจมันเป็นเช่นนี้	44.41	55.00
ベトナム	Vâng, đúng rồi.	49.91	60.56

c) 旅行会話翻訳技術の開発

対訳コーパスから翻訳システムが自動的に構築できる手法のメリットの1つに多言語化の容易性がある。N個の言語から成る多言語対訳コーパスを用意すれば、その全ての組合せ、N(N-1)個の翻訳システムが自動的に構築できる。我々は、旅行会話の分野で多言語対訳コーパス(N=21)を構築し、420通りの翻訳システムを実現、実用レベルの翻訳品質を確認した(図2.7.5)。さらに、音声認識、音声合成と組み合わせて、スマートフォン用の多言語音声翻訳アプリケーションVoiceTraとして全世界に向けて公開した。

(3) 学術的な貢献

音声翻訳に関する国際会議 IWSLT の第1回を平成6年10月に開催した。この会議では、多言語対訳コーパスBTECを提供して音声翻訳技術の比較を目的として運営した。参加・参照が年々増加しており、標準的な会議として認知されている。また、国際会議 NTCIR の一部として特許翻訳に関する PatentMT を主催した。NTCIR7、NTCIR8は日英対訳コーパスを提供して特許翻訳技術を比較するものである。NTCIR9は The Hong Kong Institute of Education (香港教育學院) と共同で日英・日中对訳コー

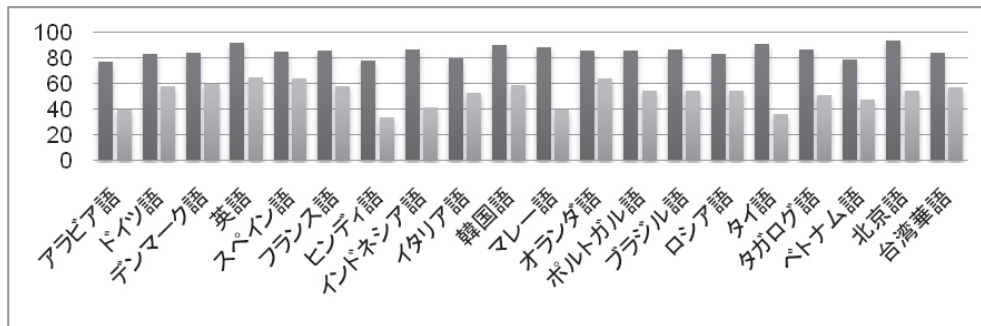


図2.7.5 多言語翻訳での翻訳品質比較 (縦軸が日本語への翻訳率、横軸が翻訳元の言語である。黒はNICTの翻訳精度で80%前後の高精度を実現している。灰色は従来技術である。)

パスを提供して特許翻訳技術を比較、多数の機関の参加を得て、相互比較により、新たな知見を明らかにした。

2.7.2 自然言語処理技術・言語グリッド技術の研究開発

平成13年より、言語障壁を起因とするデジタルデバイドの解消を目指し、将来の言語情報処理の基盤となる大規模な言語資源やツールの構築・公開を中心に、その構築・活用に資する言語処理技術や応用システム、それらを統合しサービスとして実現する言語グリッドの開発を行った。平成14年には、タイに拠点を設置し、研究成果の実証の場として活用した。

(1) コーパス・ツールの構築と公開

言語情報処理の基盤として、過去にはなかった、次のような言語資源・ツールを作成・公開した。

a) 日本語話し言葉コーパス (CSJ)^{*1}

平成11年度から5年間にわたって、文部科学省科学技術振興調整費による「話し言葉の言語的・パラ言語的構造の解明に基づく『話し言葉工学』の構築」プロジェクトを推進し、国立国語研究所と共同で650時間以上(700万語以上)の規模の日本語話し言葉コーパスを作成した。NICTでは、形態素情報(単語区切りや品詞等の情報)の自動付与、節境界、係り受け、談話構造、要約(重要文)の情報を付与した(図2.7.6)。このコーパスは現在も国内外で言語研究等に広く使われている。本プロジェクトでコーパスに形態素情報を付与するために開発した解析ツールは、その後も国立国語研究所のプロジェクトで拡張・活用され、その一部はオープンソースとして公開されている(<http://comainu.org/>)。

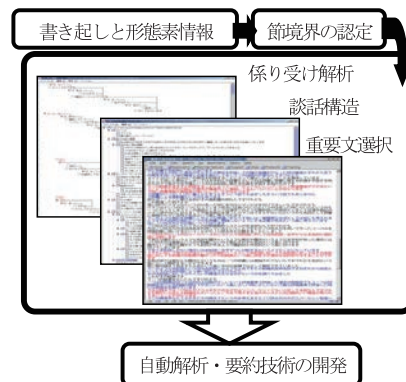


図2.7.6 日本語話し言葉コーパスへの情報付与

b) 日英新聞記事対応付けデータ^{*2}

対訳記事から自動的に文の対応を抽出するツールを開発し、平成14年には、読売新聞とThe Daily Yomiuriから自動作成した約20万文の日英対応付けコーパスを公開した。本ツールとコーパスは広く商用ライセンスされている。

c) 日本人1200人による英語コーパス (The NICT JLE Corpus)^{*3}

平成16年には、日本語を母語とする英語学習者1,281名分の英語インタビューテスト(株式会社アルクによるStandard Speaking Test)における発話を書き起こしたデータに基づく話し言葉の学習者コーパスを構築・公開した(図2.7.7)。世界最大規模の学習者コーパスであり、発話者の熟達度レベルや文法的・語彙的誤りを対象とした47種類のエラータグ等の情報も付与されている。平

*1 日本語話し言葉コーパス
http://www.ninjal.ac.jp/corpus_center/csj/

*2 日英新聞記事対応付けデータ
http://www2.nict.go.jp/univ-com/multi_trans/member/mutiyama/jea/index-ja.html

*3 日本人1200人による英語コーパス
https://alaginrc.nict.go.jp/nict_jle/

成24年にオープンソースとして公開後、約600件がダウンロードされ、研究等に活用されている。



図2.7.7 一般書籍として公開

d) 日本語 WordNet^{*4}

平成18年より、広く利用されている英語の意味辞書 Princeton WordNet を日本語に半自動的に翻訳することにより、日本語 WordNet と呼ばれる10万語規模の意味辞書を構築し、改良を重ねた。平成21年にオープンソースとして公開後、10万件超のダウンロードがあり、世界中で研究やビジネス等に活用されている。

e) 科学技術文書を対象とした日英・日中対訳コーパス^{*5}

平成18年から22年にかけて、文部科学省科学技術振興調整費による「日中・中日言語処理技術の開発研究」プロジェクトを推進し、科学技術文書を対象とした翻訳システム・辞書、及び翻訳システム用に400万文規模の日英・日中対訳コーパスを構築した。対訳コーパスの一部はアジア言語の機械翻訳に関する評価型ワークショップ (<http://orchid.kuee.kyoto-u.ac.jp/WAT/>) で活用されている。

f) EDR 電子化辞書の拡張(日中対訳辞書)^{*6}

基盤技術研究促進センターと企業の共同出資のもとに9年間のプロジェクト(昭和61年度～平成6年度)で開発された、知的情報処理のソフトインフラ開発用の電子化辞書を拡張・公開した。平成18年より、日中対訳辞書の構築を進め、平成22年に23万語規模の日中対訳辞書として公開した。商用利用も含め広く活用されている。

(2) 研究成果の実証の場：タイ自然言語ラボラトリー

平成14年には、言語処理技術や構築したコーパス・ツールをアジア言語へと拡張・適用する活動の拠点としてタイにラボが設置された。アジア言語の言語資源の構築には、各国の参加者による共同作業が不可欠である。平成19年には、インターネット上での共同作業を支援するツール KUI(図2.7.8)を構築した。このツールはタイ科学技術省の公式ホームページでも活用された。



図2.7.8 共同作業支援ツール(KUI)

また、同年、アジア圏での自然言語処理の研究コミュニティの構築を目標に、アジアの10か国を超える国々から参加者を募り、自然言語処理に関するスクールを開催した(図2.7.9)。



図2.7.9 スクール風景

(3) 統合サービスの実現：言語グリッド

平成18年には、言語の壁の克服に向けて、インターネット上の言語インフラストラクチャーである言語グリッド

*4 日本語 WordNet

<http://nlpwww.nict.go.jp/wn-ja/>

*5 科学技術文書を対象とした日英・日中対訳コーパス

<http://lotus.kuee.kyoto-u.ac.jp/ASPEC/>

*6 EDR 電子化辞書の拡張(日中対訳辞書)

http://www2.nict.go.jp/out-promotion/techtransfer/EDR/J_index.html

の開発及びそれを利用した異文化コラボレーションツールの研究開発を行った。従来、Webは、文書や画像をはじめとする、いわゆる「コンテンツ」が提供される場であった。近年になり、ソフトウェア機能やヒューマンリソースなどを含めた、無形の「サービス」の提供が行われるようになってきている。言語グリッドは、このような変化を背景として、サービスを単位として集合知の形成を図り、インターネット上に多言語サービス基盤を実現するものである。

言語グリッドの主な貢献として、サービス指向の言語基盤の構築、参加型デザインの実践、連邦制運営、の3点が挙げられる。

① サービス指向の言語基盤の構築

言語グリッドでは、世界各地の大学・研究機関・企業が持つ言語資源が、言語サービスとして提供されている。プロジェクトが終了した平成23年3月時点までに、世界18か国138組織が参加し、94の言語サービスが言語グリッド上で共有された。図2.7.10に、参加組織の数の推移と内訳を示す。サービスの種類は、機械翻訳、対訳辞書、用例集、形態素解析など多岐に渡る。

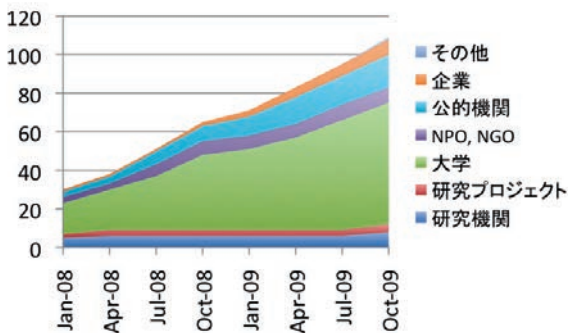


図2.7.10 参加組織数の推移

共有されたサービスは、非営利目的であれば、参加組織間で自由に相互利用できる。これにより、例えば汎用の機械翻訳を、コミュニティ特有の専門用語の対訳辞書と組み合わせ、特定のコミュニティに特化した翻訳の精度を向上させるといったことが可能となる。

② 参加型デザインの実践

言語グリッドは当初から、NPO、NGOなどと共同で開発と利用を推進してきた。そのため、プロジェクト開始時にユーザグループ「言語グリッドアソシエーション」を発足させ、医療受付支援・教育支援など様々な目的を

持つサブグループが活動を行った。言語グリッドのサービスを利用し、平成19年頃より各グループが現場に特化した多言語コミュニケーションツールを開発していった(図2.7.11)。



多言語医療受付システム(2007)
(開発は和歌山大学と多文化共生センターきょうと)
21年度バリアフリー・ユニバーサルデザイン推進功労者表彰を首相官邸で受賞



国際NPOのための多言語掲示板(2008)
(NPO パンゲア)

図2.7.11 言語グリッドを用いた多言語コミュニケーションツール

さらに、ユーザによる多言語コミュニケーションツール利用を促進するため、カスタマイズ可能な多言語コミュニケーションツールである言語グリッドToolboxを、平成21年9月に公開した。図2.7.12は、言語グリッドToolboxに含まれる機能の1つである、多言語掲示板である。日本人学生と留学生に対して、それぞれの母語でメッセージを表示する。



図2.7.12 言語グリッドToolbox(多言語掲示板)

その他、辞書作成機能、翻訳サービスの組み合わせ機能など、15種の機能を順次開発していった。各機能は

カスタマイズが容易なように設計され、利用者コミュニティごとに、そのニーズに特化したデザインや機能セットが実現できる。

この特徴を生かし、平成22年3月、大学やNPO等に向けて言語グリッド Toolbox をクラウドサービスとして提供を開始した。このクラウドサービスは、国立大学法人東京外国語大学や国立大学法人京都大学など約30組織において、留学生支援や国際交流活動などに活用された。

③連邦制運営

言語グリッドの基盤ソフトウェアを複数の拠点に導入することで、それぞれの参加組織が相互に言語サービスを連携して利用することが可能である。言語グリッドの運営は当初、国立大学法人京都大学大学院情報学研究所社会情報学専攻によってのみ行われていた。しかし、海外の地域でも言語グリッドの運営組織を立ち上げることで、より多様な言語サービスを共有できる。そこで、タイの国立電子・コンピュータ技術研究所(NECTEC)において、平成23年2月に、言語グリッド運営組織を発足させると共に、2つの言語グリッドを接続し、連邦制運営を実現した(図2.7.13)。これにより、新たに東南アジアの言語資源を中心として、13か国語21の言語サービスが、従来の言語グリッドのユーザからも利用可能になった。

NICTにおけるプロジェクトは平成23年3月で終了したが、言語グリッドの運営は国立大学法人京都大学を中心として継続されており、ベトナムにおける農業の国際的支援活動など、応用を広げながら現在も発展を続けている。(http://langrid.org/jp/)

2.7.3 対話システムの研究開発

人間と機械のコミュニケーションにおいて、人間の自然なコミュニケーション手段である音声を用いることができれば、特別な訓練をすることなく機械との対話が可能である。本研究プロジェクトでは、いつでも、どこでも、何語であっても、音声や身振り・手振りなどの人間にとって自然な言語・非言語表現を用いて、コミュニケーションを実現するための技術の研究開発を行った。本稿では、音声対話システムを構築するために行った、研究基盤となる対話コーパスの整備、非言語情報を利用するための画像処理技術の開発、音声認識・合成技術の改良及び多言語化など、対話システムを構成する要素技術の開発、さらに、これらの技術を統合した対話処理のプロトタイプシステムの開発、実証実験について述べる。

(1) 音声対話のための音声認識・合成の研究開発

音声対話では、多様な話者や発話スタイルの音声を実時間で認識・理解し、システムから応答を返す必要があることから、高精度な実時間音声認識・合成の機能が必須である。

a) 話者非依存の多言語音響モデルの構築

高精度な音声認識モデルを構築するために実利用データの大規模な音声コーパスが必要であるが、不特定話者の大量の実利用データを収集することは困難であることから、利用場面を想定して実験室で被験者から収録して構築した模擬会話音声コーパスにより、平成23年10月に音声認識評価実験を行った(表2.7.2)。日本語を単語正解精度で評価したところ、実利用ログ94%の性能を得た。

b) 音声対話に適した自然な合成音声

音声合成技術に関しては自然な対話音声の実現、多様

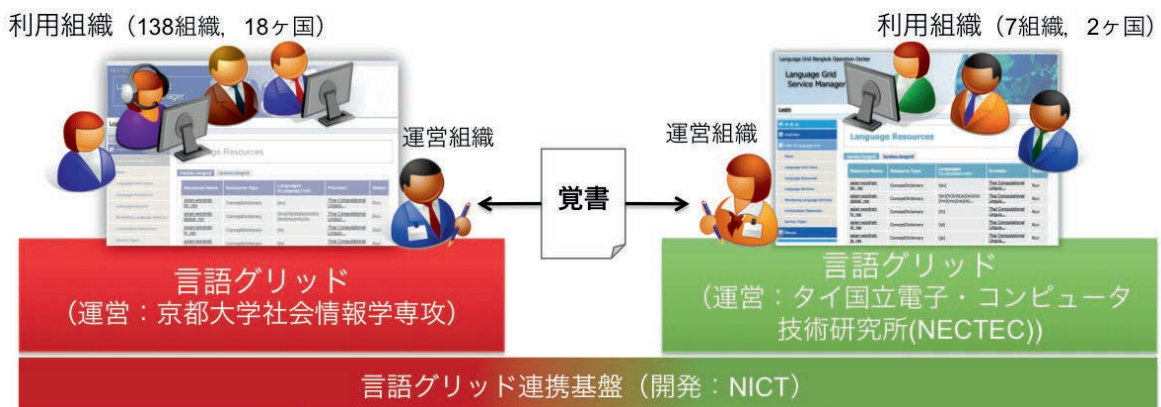


図2.7.13 言語グリッドの連邦制運営

な話者への適応を目的として、対話音声コーパスから音響モデルを学習することで対話に適した韻律で音声を合成する方法を研究開発した。混合励振源モデルの枠組みを確立し、合成音声のブザー感を与える雑音を軽減した。

表2.7.2 多言語音声認識の性能評価

言語	話者数	文章数	発話時間	学習データ	テストデータに対する性能 (単語正解精度 [%])	
					旅行会話文 読み上げ音声	模擬 旅行会話
日本語	4500	226,673	387.6	模擬旅行会話	94%	89%
英語	930	236,737	257.6	模擬旅行会話	91%	80%
中国語	540	213,352	251.0	模擬旅行会話	91%	80%

(2) 音声対話コーパスの整備

a) 発話行為タグ付き音声対話コーパスの構築

より人間らしく応答するシステムを実現するため、京都観光案内をタスクとしてガイドとユーザの人間対人間の音声対話コーパスを構築し、統計的な対話制御モデルを構築した。学習データとして、人と人の対面対話の分析を行い、発話行為タグ・コンテンツタグ付与によるデータを整備した。実利用場面ではコンピュータと人間が対話することから、コンピュータとの対話における人間の自然な振る舞いを調べるため、ガイドがコンピュータのふりをしてユーザと対話を行う WOZ (Wizard of Oz) 形式のデータも収集した。研究成果として、対面対話100対話(約50時間)を京都観光案内対話データベースとして、平成22年3月に ALAGIN を介して公開した。

b) 京都観光案内データベースの構築

京都観光案内の大規模実証実験を目的として、京都市内の主要な100か所の観光スポットに関する詳細なデータベースを整備した。既存の簡易情報とあわせて合計840件のデータベースを平成21年11月に構築した。

c) 京都観光案内システムの多言語化

多言語音声対話システムの実現に向けて、英語話者による対話音声コーパスの収録、ソフトウェアプラットフォームの多言語対応化、対話シナリオの英語化を平成24年3月に行った。

(3) 音声対話制御の研究開発

a) 統計的対話制御システム

システムによる自然な応答を自動生成するため、構築した音声対話コーパスより統計的対話制御モデル(重み付き有限状態トランスデューサ: WFST)を学習し、これを用いて対話制御を行うことで、人間に近い自然な対話を実現する手法を研究開発した。WFSTに基づく音声対話制御は、発話意図 WFST、システム応答を決定するシナリオ WFST を合成することにより対話制御 WFST を生成することからシステムの拡張性が高く、さらに対象分野、タスク間の移植性も高いという特徴がある。図2.7.14にWFSTに基づく統計的対話制御モデルの状態遷移図を示す。この例では、自然な観光案内対話を実現するためには、ユーザのリクエストとして177種類の入力を理解し、471種類以上の異なる応答をする必要がある。

b) 嗜好モデルに基づく対話制御

2,000名の被験者を対象に評価グリッド法及びWeb調査により抽出した嗜好間の優先順位、因果関係などを表現する選好構造に基づいた調査を行い、京都の観光スポットを推薦するシステムを平成22年11月に開発した。

(4) 非言語情報を用いた自然な音声対話の研究

人間の胸部の高さに設置したカラーステレオカメラの画像を入力として、複数の人物が融合した3次元点群のクラスタを分割して個人領域に切り分けることにより、頭部位置を高精度(混雑環境で93%、疎な環境で

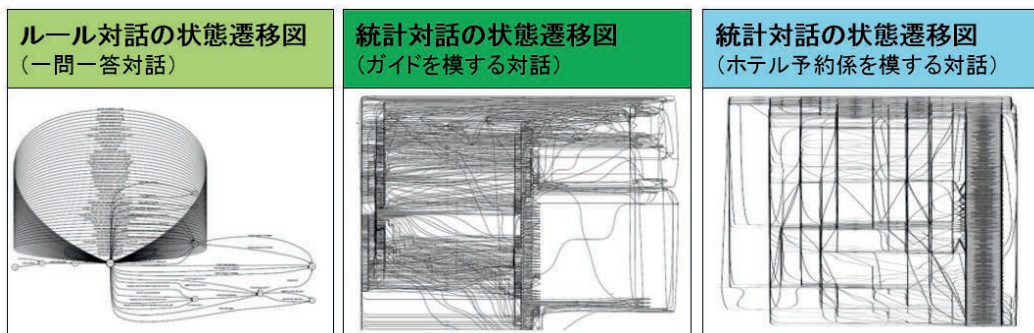


図2.7.14 WFSTに基づく統計的対話制御モデルの状態遷移図

99.7%)に推定するシステムを平成22年11月に開発した。また、複数台カメラの誤差を最急降下法で最小化することにより、特別な照明なしにユーザの顔の向きを高精度(誤差は約5度)に推定することに成功した。さらに、ユーザの頭部検出に基づく話者の属性推定、顔の向き推定とそれに基づく興味推定、システムの誤応答への反応の検出を行う技術を平成22年11月に開発した。

(5) 音声対話システムを用いたスマートフォンによる実証実験

日本語音声での受け答えを通じて観光コンシェルジュのように京都観光をサポートする、iPhone向けアプリ“AssisTra”(アシストラ)を平成23年6月に公開し、実証実験を行った(図2.7.15)。本システムの開発に関しては平成24年にドコモ・モバイル・サイエンス賞を受賞した。



図2.7.15 iPhone向けアプリ“AssisTra”

音声対話の研究結果を統合して大画面音声対話システム(図2.7.16)を開発し、学会・展示会で動態展示すると共に、被験者実験により非言語情報処理を考慮した音声対話システムの有効性を平成22年12月に確認した。

(6) 音声対話技術のロボットへの応用

平成22年7月、音声対話、機械学習技術の機能実証としてロボカップ世界大会家庭用ロボット部門に参加した結果、家事動作の模倣学習技術が評価され、24チーム中で優勝した。

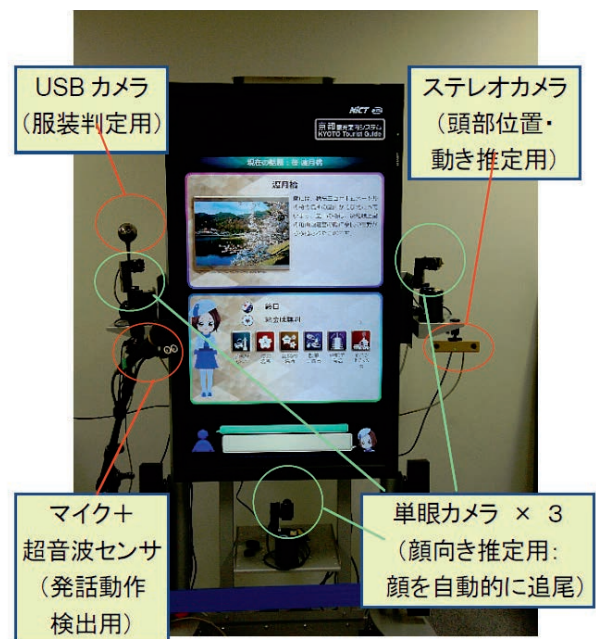


図2.7.16 大画面音声対話システム

2.7.4 音声コミュニケーション技術の研究開発

① Web上の音声データに対する字幕付与、検索のための自動インデキシング技術、②人間と人間、人間と機械の簡便なコミュニケーションを実現するための音声インタフェースの研究を行った。本稿では、音声認識の研究基盤となる学習データに用いる音声コーパスの収集とそれに基づく音声認識性能の改善、及び多言語音声合成システムの研究開発について述べる。

(1) 高精度かつ高速な大語彙音声認識技術

a) WFSTを用いた音声認識システム

音声認識技術を実世界へ応用するには、人間が話す豊富な語彙を対象として実時間での認識が必須となる。実時間で高精度な音声認識を実現するために行った、WFSTに基づく音声認識エンジンの研究開発において、従来多くの処理時間を要していた新語彙追加の手続きをほぼゼロにする高速なアルゴリズムを発明し、それをNICT独自の音声認識システムSprinTraに平成23年3月に導入した。図2.7.17にWFSTに基づく音声認識アルゴリズムを示す。その結果、10倍の語彙サイズの認識で速度を保ちつつ従来手法に対して単語正解精度で30%の性能改善を達成した。SprinTraはNTTドコモの「しゃべってコンシェル(平成24年3月公開)」、KDDIの「おはなしアシスタント(平成24年11月公開)」に採用された。

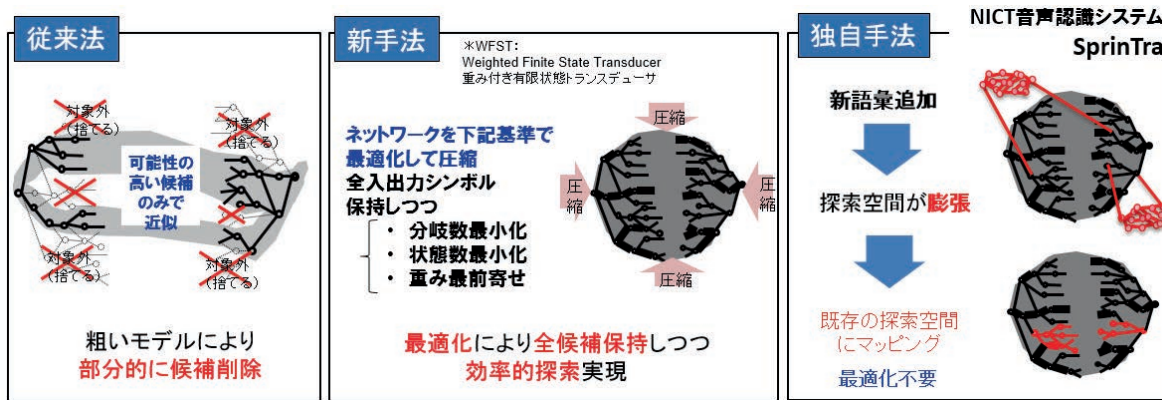


図2.7.17 WFSTに基づく音声認識アルゴリズム

b) 英語講演の音声認識

TEDの英語講演音声を対象として音声認識性能技術を競う評価型国際ワークショップ IWSLTに参加し、英語講演音声認識において世界第1位を2年連続で獲得した(平成24年12月、平成25年12月)。表2.7.3に示すように IWSLTには、世界トップの研究機関が参加している。

(55.4% → 61.0%)、中国語(67.5% → 77.6%)の単語正解精度を平成25年3月に達成した。

表2.7.3 IWSLTにおける音声認識性能競争

英語音声認識の評価結果

参加研究機関	評価セット 数字は単語誤り率 (%)		
	評価セットA tst2011 (8講演)	評価セットB tst2012 (11講演)	評価セットC tst2013 (28講演)
NICT	7.9	8.6	13.5
KIT	9.3	9.6	14.4
MIT-LL/AFRL	10.6	11.3	15.9
RWTH	10.2	11.3	16.0
NAIST	9.1	10.0	16.2
UEDIN	10.2	11.6	22.1
FBK	13.6	16.2	23.2
PRKE/IOIT	14.6	16.2	27.2

KIT: カールスルーエ工科大学 (ドイツ)
 MIT-LL/AFRL: マサチューセッツ工科大学リンカーン研究所/空軍研究所 (アメリカ)
 RWTH: アーヘン工科大学 (ドイツ)
 NAIST: 奈良先端科学技術大学院大学 (日本)
 UEDIN: エディンバラ大学 (イギリス)
 FBK: ブルーノ・ケスラー財団-研究所 (イタリア)
 PRKE/IOIT: ベトナム科学技術アカデミー情報技術研究所 パターン認識及び知識工学部 (ベトナム)

(2) VoiceTraによる実証実験

音声翻訳アプリ VoiceTra(図2.7.18)で実証実験を実施し、11,136,285発話、857,257ダウンロードを達成し(平成22年8月~平成25年3月)、従来の20倍規模の約8,000時間の音声データを取得した。約600万文(約5,000時間)の実利用ログの一部を用いて学習することにより、実証実験のデータに対して日本語(71.1% → 83.4%)、英語



図2.7.18 音声翻訳アプリ VoiceTra

(3) 音声翻訳プロトコルの世界標準化

NICTが主導する国際研究共同体「U-STAR」は、25か国・30研究機関(平成27年1月現在)が共同で自動音声翻訳技術の研究を推進している。U-STARは、平成22年にNICTが国際標準化を主導したITU-T勧告書F.745及びH.625に準拠した技術を用いて、加盟機関の音声翻訳サーバをネットワーク型音声翻訳通信プロトコルで相互接続し、クライアントアプリケーションを介した多言語音声翻訳を平成24年7月にVoiceTra4Uとして実現した(図2.7.19)。17言語の音声認識、14言語の音声合成、23言語のテキスト翻訳を実現し、音声データを収集した(図2.7.20)。タイ語の収集音声を用いて学習したところ、単語正解精度が30%向上し、60%になった。

(4) Web上の音声データを用いた認識性能改善

Web上の大量の音声・テキストデータを用いて音響モデル、言語モデルを学習し、自動字幕付与及び自動インデキシングを実現する技術の研究開発を行っている。

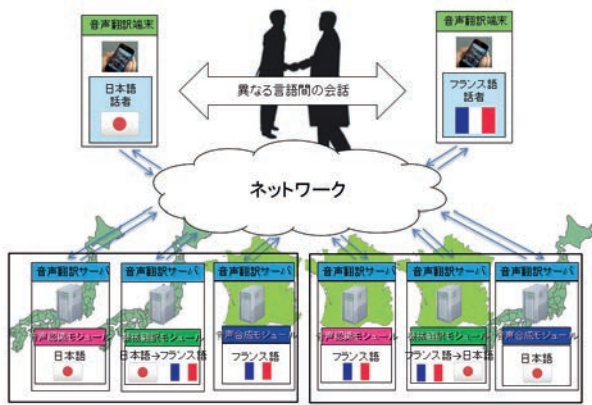


図2.7.19 ネットワーク型音声翻訳システム

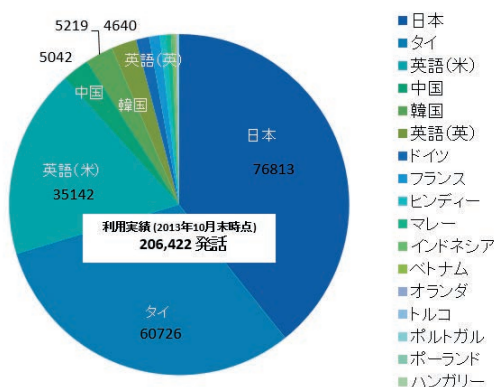


図2.7.20 VoiceTra4Uによる音声データ収集

インターネットを通じて、合計5,000時間の多言語音声データを収集する目標に対して、中国語音声データを約800時間、英語音声データを約6,000時間収集し、音響特徴量を抽出した。その特徴量を用いて中国語のニュース音声認識精度の単語正解率を平成25年度に77.2% (平成24年度59.4%)、英語ニュース音声認識82.9% (平成24年度63.8%)に向上させた。

(5) 多言語音声合成システム

隠れマルコフモデル (HMM) に基づき、7か国語 (日本語、英語、中国語、韓国語、インドネシア語、ベトナム語、マレー語) の音声合成システムを構築した。また、収録音声进行处理するフィルタを高精度化し合成音声の自然性を改善し、主観評価により従来法に比べ40%の改善を平成23年6月に確認した。

さらに、多言語音声翻訳システムでは、ユーザ本人の声質を用いて多言語で音声合成できれば、自然性が高まることが期待できる。そこで、合成音声の研究では、異なる言語間で類似した性質を選択するヴォイス・セレクターの研究開発を行った (図2.7.21)。

2.7.5 多言語コンテンツ処理技術の研究開発

人と人との言葉の壁を克服するため、日本語と英語のように文法や語彙が大きく異なり、翻訳が最も困難な言語対の翻訳の研究を実施している。この成果としての汎用アルゴリズムには、より翻訳が容易な言語対にも適用できるという大きなメリットがある。NICTは対訳データ (原文と訳文の対を集積したもの) に基づいて翻訳する統計翻訳手法を採用している。平成18年から、自動収集やコミュニティとの協業など多数の手法によって、基盤である対訳データ構築を効率化し、大規模化してきている。成果は、多数の、技術移転、受賞、国際会議・国際論文誌採録、という形で、産学官から広く評価されている。

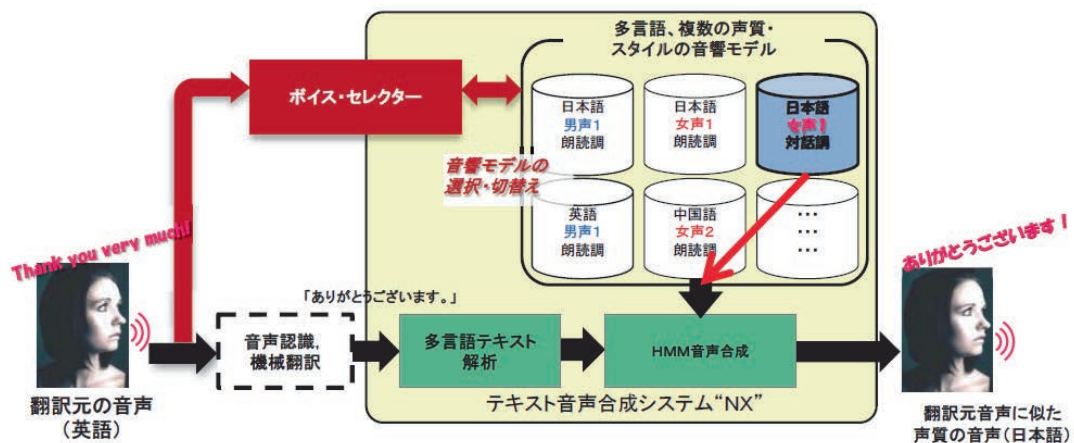


図2.7.21 異なる言語間で類似した声質を選択するヴォイス・セレクターシステム

(1) 翻訳アルゴリズム

専門分野向け高精度自動翻訳システムを多分野・多言語で実現する技術は、波及性も高く、社会経済的に重要である。この背景の下、特許などの長文テキストの自動翻訳の基礎技術の研究に注力した。

a) 長文の自動翻訳の高精度化

文法が異なる言語間の翻訳の際、NICTの自動翻訳方式では、自動学習した語順変換規則に従って、語順を変換した後、自動学習した確率付きの対訳辞書を用いて訳語を選択する(図2.7.22)。また、対訳辞書の規模は約10億に上り、従来ソフトの専門用語収録数の約100～1,000倍に相当する大規模なものになっている。中日、英日の平均約25語の特許データで翻訳実験をし、同手法は翻訳率で従来法に大きく優る80%、85%の高精度を平成25年に実現した。

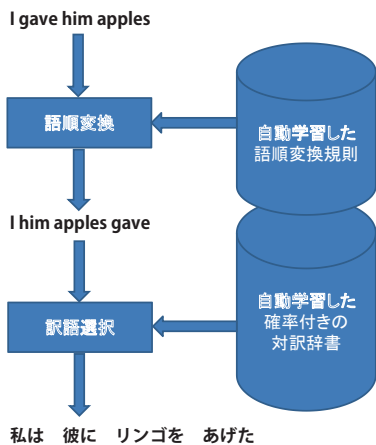


図2.7.22 長文の自動翻訳のNICT提案の新方式

b) 長文の翻訳に不可欠な解析技術を改良

精度の向上と記憶容量の削減を同時に実現し、特に、平成26年には、40語以上の長文翻訳の翻訳率を大幅に改善した(表2.7.4)。その方法は、(i) 構文データを翻訳に適した構造に変換、(ii) 変換後のデータの単語ラベルを、別途TEXTから学習したクラスで置換、(iii) 潜在的な文法記号を使った確率的文脈自由文法を学習、である。

表2.7.4 長文の自動翻訳の改良

	翻訳率 (通じる%)		
	全体	40語未満	40語以上
改良前	67	71	54
改良後	84	87	75

c) 自動翻訳のための係り受け木における教師なし品詞推定を提案

原言語の単語に加えて目的言語の単語から、隠れ状態として品詞タグZを推定する(図2.7.23)ことにより、単言語の既存知識に基づく品詞タグにある翻訳に向いていない点を自動的に修正する。

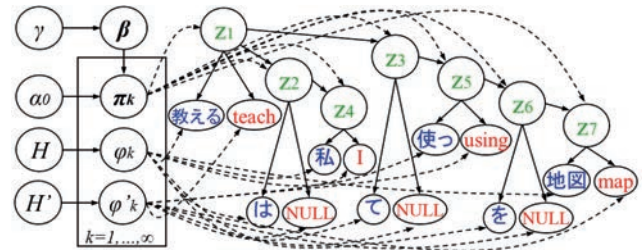


図2.7.23 機械翻訳のための品詞推定

(2) 技術移転

a) テキスト翻訳の事業化

日本特許情報機構(Japio)と共同研究し、自動翻訳システムの訳文に対して、特許の専門家が目を見た「通じる翻訳」に向けた評価によって効率的な改良を行うことができた。新技術に基づいて開発した、「中日自動翻訳ソフトウェア」の翻訳者が判定した精度は、従来技術の3倍以上の値を達成した。この「中日自動翻訳ソフトウェア」によって、Japioは中国の特許文献を日本語に翻訳及びデータベース化し、特許情報検索サービス(図2.7.24)の拡張版として平成25年4月に事業化した。企業の知財部や弁理士の知財調査や特許庁審査官の先行技術調査や、日本の企業の特許侵害のリスクの軽減などに役立つことができる。

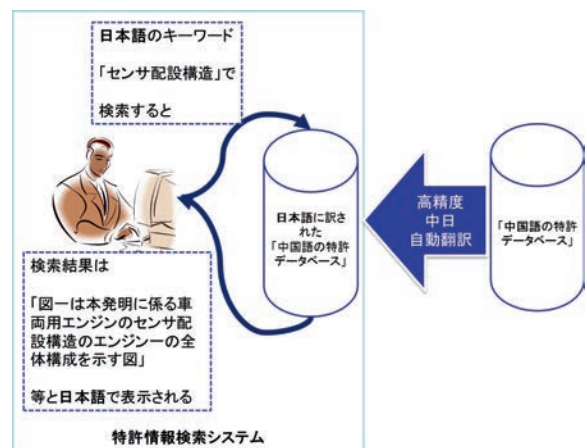


図2.7.24 翻訳の検索システムでの利用

日本発明資料株式会社(ニッパツ)と共同で開発した「英日自動翻訳ソフトウェア」では、(特許要約1件あたりの)訳語誤り数を従来技術と比べて、約12分の1に削減するという高い品質を実現した。開発した「英日自動翻訳ソフトウェア」によって、ニッパツは、①英語特許文献を日本語に翻訳するサービス、②日本語に自動翻訳した英語特許文献データベース、などとして平成25年5月に事業化した。

b) 音声翻訳の技術移転

平成22年8月に公開した音声翻訳アプリ VoiceTra は、技術の見える化、ひいては事業化に大きく貢献した。最初に、平成23年12月に成田国際空港株式会社での NariTra がサービスを開始した(図2.7.25)。その後、KDDI(おはなしアシスタント、平成25年7月、図2.7.26)を含む多数の民間事業者にも音声翻訳のプログラム・特許を技術移転した。



図2.7.25 成田空港の音声翻訳



図2.7.26 KDDIの音声翻訳

c) 開発したプログラムのオープンソース化

開発した機械翻訳のプログラム*7をオープンソースとして公開し、講習会を開催(平成26年3月4~7日)、自動翻訳技術の教科書を出版(コロナ社、平成26年1月22日)するなど、アカデミアへの貢献も活発に行った。

(3) 受賞

音声翻訳プロトコルをITU-Tで国際標準化して多言語化の基礎を整え、23か国26機関とU-STARを組織し、世界人口の約95%をカバーするシステム「VoiceTra4 U-M」で世界実験を開始し、活発に民間へライセンス供与したという一連の音声翻訳に関わる業績が評価され、平成24年度第58回前島密賞を受賞した。同賞史上初めて受賞者に外国籍の研究者(Dixon Paul Richard 研究員、FINCH

Andrew Michael 主任研究員、PAUL Michael 主任研究員)が含まれていたことも注目された。

「音声翻訳技術の実用化」で、第11回産学官連携功労者表彰総務大臣賞(平成25年8月、NICT多言語翻訳研究室室長・隅田英一郎、株式会社フィート代表取締役社長・小林照二、成田国際空港株式会社代表取締役社長・夏目誠)受賞(図2.7.27)。



図2.7.27 総務大臣賞受賞

(4) 特記事項

社会還元加速プロジェクト「言語の壁を乗り越える音声コミュニケーション技術の実現」を5年計画(平成20年度に開始、平成24年度末終了予定)で実施していたところ、研究計画を上回る成果を出したため、1年前倒しで平成23年度末に成功裏に終了した。

*7 機械翻訳プログラム

●cicada、http://www2.nict.go.jp/univ-com/multi_trans/cicada/

●expgram、http://www2.nict.go.jp/univ-com/multi_trans/expgram/

2.8 コンテンツ・サービス基盤技術

2.8.1 知識の構造化に関する基盤技術の研究開発

人間の知識の多くは、日本語や英語等のいわゆる自然言語で表される。したがって、Webなどに存在する対象の自然言語で書かれた文書から知識を抽出し、整理する手段が存在すれば、知識の構造化が可能になるということになる。しかしながら、自然言語にはそれ固有の問題があり、そこから知識を抽出すること自体が技術的課題となる。代表的な問題をいくつか挙げると、まず、自然言語においては同様の事象を全く異なる表現で表すことが可能である。例えば、「地球温暖化の原因は二酸化炭素である」という表現と「二酸化炭素は地球温暖化を引き起こす」という2つの表現は「地球温暖化」「二酸化炭素」の2つの名詞句を除けば、まったく異なる表現であるにも関わらずほぼ同義である。自然言語で書かれた知識を抽出、構造化するには、少なくとも、上に挙げた「Aの原因はBである」と「BはAを引き起こす」といった全く異なる表現でありながら、ほぼ同一の意味を持ち、また、同一のタイプの知識を表現するものを同一視できなければならない。こうした同義でありながら全く異なる自然言語の表現を認識する技術は、自然言語処理の分野においては「言い換え認識」と呼ばれる重要な未解決課題とされている。

また、語の意味的な分類も重要である。例えば、「イチローのホームラン」と言えば、「イチローが打ったホームラン」の意味であるが、「イチローのユニフォーム」と言えば、「イチローが打ったユニフォーム」を意味する訳ではない。こうした意味解釈の差は名詞「ホームラン」と「ユニフォーム」の違いによっていて、ホームランとユニフォームという単語がどのように意味的に分類されるかに依存していると考えることができる。こうした単語の意味的分類は、シソーラスの構築など、コンピュータが存在する以前から人手で行われてきたが、分類された単語の量、あるいは分類の細かさなど、まだまだ課題が多く、例えば、Web上に存在する大量の文書から知識を抽出するには不十分であった。

(1) 自然言語処理に基づく知識の構造化

第2期中期計画においては、NICTの言語基盤グループにおいて、こうした自然言語処理における課題の解決に取り組み、平成22年度には、Web文書等の情報をもとに、構造化された知識として250万語の間の意味的関係を含む概念辞書を自動構築した。また、そうした構造化された知識を利用するアプリケーションとして、スマートフォンに入力された音声での質問にほぼリアルタイムで回答を列挙するシステム「一休」を開発した。一休は6億件のWebページから質問への回答を抽出する(図2.8.1)。この回答抽出は概念辞書等の知識や概念辞書を自動構築するために開発されたその他の技術を用いて、柔軟に質問に回答するものであり、また、一休自体が6億件のWebページの知識をオンラインで構造化し利用可能にするものとも考えることもできる。

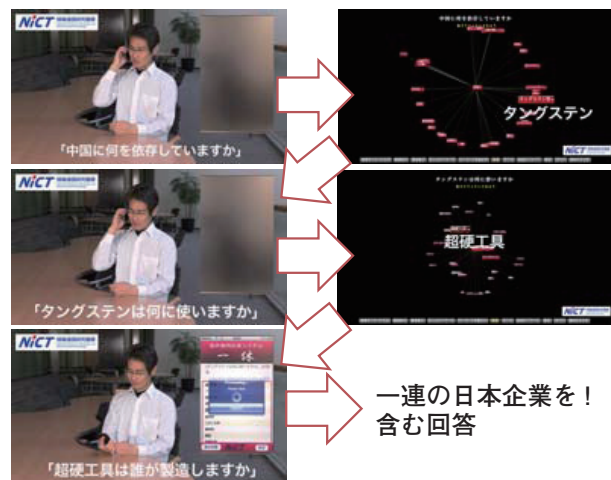


図2.8.1 音声質問応答システム「一休」

処理対象が6億ページのWeb文書と大量であることもあり、非常に意外でありながら、有用な回答を得られる。例えば、「デフレを引き起こすのは何ですか?」といった質問の回答としては、意外なことに日本を代表する自動車メーカーの名前が提示された。これはあるブログ中に「<その企業>が、巨額の利益を内部留保にまわしたため、総需要が縮小し、デフレを悪化させた」という記述があったのをシステムが発見したからである。この回答を発見するプロセスを展示会等でデモした後、ある著名な経済雑誌でほぼ同主旨の記事が掲載された。つま

り、発端はブログ記事に過ぎなかったわけであるが、経済雑誌で取り上げられるほどの信憑性、インパクトがある回答を先取りで発見したということになる。なお、質問は「デフレを引き起こすもの」を問うていたのに対して、ブログ中の記事では「<その企業>がデフレを悪化させた」と記述されていた。一休を支える技術の代表的なものが先ほど挙げた「言い換え」の自動認識技術であり、この技術により「引き起こす」と「悪化させる」という字面上全く異なる表現が非常に類似した意味で使われているということが自動的に認識された。こうした技術及びそうした技術によって作成できる辞書は、人の常識、常識的行動をとらえる上で非常に重要である。

また、図2.8.1では中国からの輸入品に依存している企業を複数個の質問を行うことで特定しているが、通常の商用検索エンジンでこうした情報を見つけるには大量の文書を読む必要があり、多大な手間がかかる一方、一休では非常に容易にこうした情報を特定できる可能性を示している。

また、一休には、Web上に書かれた知識に関する推論技術が導入されており、そもそも入力となるWeb文書に（少なくとも直接的に）書かれていないが、妥当である可能性が高い知識を質問の回答として提供することが一部可能になっている。今後こうした推論技術を更に拡張させることによって、Webを単に多様な情報が記載された情報源・データから、いわば「考える主体」へと進化させることが可能となろう。

(2) 成果の公開

また、概念辞書の一部やそれを構築するためのツールやサービスはNICT以外の組織にも提供した。より具体的に述べると、Wikipediaから語（例：情報通信研究機構）とその上位概念を表す語（例：研究所）の間の関係を大量に抽出できる上位下位関係抽出ツールをフリーソフトウェアとして平成22年10月に公開した（<http://alaginrc.nict.go.jp/hyponymy/>）。この語とその上位概念の間の関係は、上位下位関係と呼ばれ、その語の単語の分類を表すが、同時に非常に基本的な意味的關係と見なすこともできる。その他の意味的關係、例えば、「カビ」と「アレルギー」の間に成立する因果関係等の関係に関しては、6億件のWebページからユーザのリクエストに応じて必要な関係を取得することが可能な「意味的關係抽出

サービス」としてALAGIN（詳細は<http://alagin.jp>を参照のこと）を通じて会員に提供している。また、類似する意味を持つ可能性が高い語の対を、それぞれの語の周辺の文脈の類似性によって求めてデータベースにまとめあげた「文脈類似語データベース」や、含意関係を持つ動詞の対を集めた「動詞含意関係データベース」、更には、こうしたデータベースをシステム開発者が自ら開発しているシステムで利用するため、特定の意味を持つ単語の集合を半自動的に収集できる「カスタム単語集合サポートサービス」なども平成21年以降、相次いでALAGIN会員に提供している。これらのツール、サービス、データベースは、大量に存在するWeb等の文書から知識を抽出し構造化するシステムととらえることもでき、例えば、ニフティ株式会社のレシピ検索サービス等で実際に活用された他、それらの拡張が前述した一休に組み込まれている。

以上に述べてきたように、第2期中期計画においては、テキストに書かれた知識の構造化を行うため、大量のWeb文書から知識の構造化を行うための手法や、そのための各種データベースやサービスを開発した。また、音声・言語処理に係る各種技術、リソース等の共有を念頭に第2期中期計画期間中に設立されたALAGINは、企業や大学の研究者等、会員数は211に達し、NICTが開発されたデータベースやサービスに関してNICTとALAGIN会員とで結ばれた利用許諾契約は平成23年3月時点で、合計445件を数え、社会への還元も順調に進捗した。

2.8.2 情報の信頼度評価などに関する基盤技術の研究開発

平成18年度に開始した「Web情報の信頼性分析」に関する研究は、情報検索エンジンでは困難な情報の信頼性について、ユーザの判断を支援するための情報分析エンジンの構築を行うことを目標に定めた。そのコンセプトを実現するためのWeb情報収集基盤を構築し、情報分析システムWISDOMとして平成21年3月に一般公開した。

以下、開発の概要を(1)～(4)に、また、その学術的成果を(5)に記す。

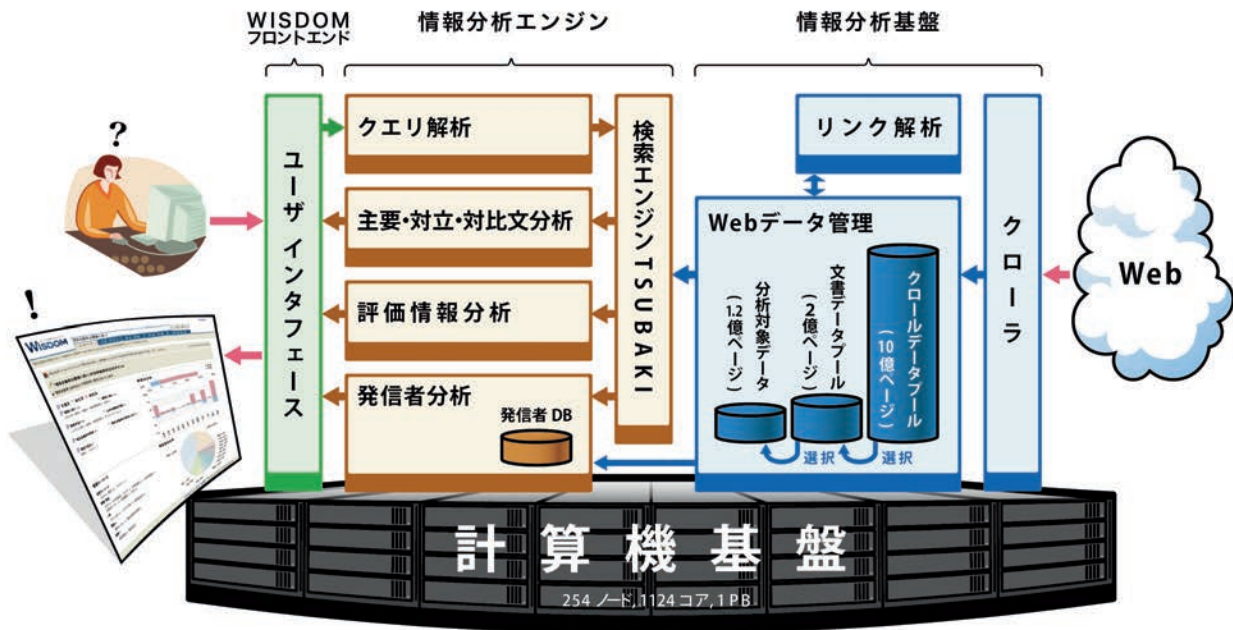


図2.8.2 情報分析システム WISDOM の構成

(1) 情報信頼性分析支援

Web 情報に記述されている情報の信頼性は、ユーザの視点や新たな事実の発見、社会情勢によって大きく変化することがあり、自動的に信頼性の有無を判断することは非常に困難であるため、最終的な判断は人の手によって行われるべきである。そのためには、情報を整理・分類して分析することが必要不可欠であるが、インターネット上で流通する情報は膨大かつ玉石混淆であるため、従来の検索エンジンでは、「誰がどのような意見を述べているのか」ということを整理・分類することすら容易ではなかった。そこで本研究開発では、Web 情報の信頼性分析支援を行うために以下の3つの評価軸を設定した。

- a) 情報内容の信頼性
- b) 情報発信者の信頼性
- c) 情報外観の信頼性

(2) 情報分析システム WISDOM

情報分析システム WISDOM は、以下の3つの機能から構成される。

・情報分析基盤

インターネットから Web ページを収集したデータを管理する Web データ管理機能と、その情報を分析するオフライン分析機能を持つ。

・情報分析エンジン

ユーザの分析要求に基づいて分析する複数機能を持つ。

・WISDOM フロントエンド

分析結果を入力し、その処理結果を整理・分類して表示するユーザインタフェース機能を持つ。

次項以降にそれらについて記述する (図2.8.2)。

(3) 情報分析基盤の構築

情報分析システムの構築においては、分析対象とする Web ページの大規模収集が必要不可欠である。WISDOM の開発と並行して Web 情報を収集するためのクローラの開発や Web アーカイブなどの構築を行った。これらの情報分析基盤は平成22年度には約500万ページ/日の収集を行いつつ、7億ページ規模の Web アーカイブを構築した。

収集された Web 情報は、アーカイブに収納された後、ユーザのクエリ (問いかけ) が与えられなくても分析可能なリンク解析、外観分析、発信者分析などの処理 (以下、オフライン処理) が行われ、その分析結果は情報分析基盤の主要な情報として格納される。

a) リンク解析技術

収集した Web ページには Web スпамと呼ばれる無意味なページが含まれている。この Web スпамはコン

テンツスパム、リンクファーム、なりすましといった3種類に大別される。このリンクファームを検出するために Web 間のリンクを大規模なグラフデータとして抽出し、高密度なサブグラフを抽出した上でスパム判定を行う技術を開発し、実装している。

b) 外観分析技術

Web ページは構造化文書であるため、その HTML タグの知識を持つユーザが発信する情報は、構造化されて記述されている。一方、スパムページなどにおいては、その構造が整理されていない場合も多く見受けられ、外観的な特徴として不整合性がある場合が多い。このような Web ページの外観情報も Web ページの信頼性と関係しており、WISDOM では文書構造の解析の結果、あるべき情報が欠落していないか等の外観情報を分析する。

c) 発信者分析

情報の信頼性判断には、「誰が発信しているのか」等の発信者情報が極めて重要な情報となる。専門家が発信している情報と、専門家以外が発信している情報では、多くの場合専門家が発信している情報の信頼性が高いと考えられる。WISDOM においては、Web ページの情報の内容及び、その公開について責任を有する人物や団体などを含む実態を発信者と定義して、サイト運営者と著者に分類する。さらに、情報発信者クラスとして6種類に分類し、各 Web ページの発信者情報の分析結果を整理する。これらの分析においては、情報発信者と想定できる発信者候補が記述されている文（以下、候補とする）を抽出するために以下を手がかりに分類する。

- ① 情報源全体における候補出現頻度
- ② 候補が出現するページの頻度
- ③ 候補が出現する文書の種類
- ④ 構成語の品詞属性
- ⑤ 先頭形態素・末尾形態素
- ⑥ 形態素数
- ⑦ ページ内位置
- ⑧ 著作権表示由来か否か

d) 情報分析エンジン

ユーザが入力した分析要求クエリに応じて、情報分析基盤に格納された Web 情報に対して分析を行う情報分析エンジンは、クエリ解析の後に主要・対立・対比分析や評価情報分析を行い、オフライン処理結果の情報と合わせて出力する。

e) クエリ解析

WISDOM のクエリは自然文が与えられることを想定しており、その解析によって何に対して分析を行うのかを決定する。そのため、入力されたクエリはトピックとサブトピックに分類され、評価表現分析には、そのトピックとサブトピックが渡され、主要・対立・対比表現には、トピックが渡される。

f) 主要・対立・対比分析

クエリ解析によって抽出されたトピックに関する関連キーワード及び、主要・対立・対比文を対象となる Web ページ集合から抽出する。そして、述語1つとそれにかかる1つ以上の自立語列を抽出した述語項構造を抽出した後に、同義の述語項構造や包含関係を分析して意味的に同一のものを集約し、それぞれ主要・対立・対比の分類を行う。

g) 評価情報分析

クエリ解析によって得られたトピックに関する肯定的・否定的な意見や評価を Web 文書から自動的に抽出・分類する。WISDOM では、「感情」「批評」「メリット」「採否」「出来事」「当為」「要望」の7種類の分析をしている。収集した Web 情報から1トピックあたり200文について評価情報を人が評価した上で、タグ情報として付与し、2,000文の評価情報タグ付きコーパスを作成し、機械学習用の教師データとしている。このコーパスを元にして、サポートベクトルマシン (SVM) による分類を行い、関連度の高いものを評価情報として出力している。

(4) WISDOM フロントエンド

WISDOM は、従来の情報検索エンジンと同様の手軽さで、分析要求を自然文で入力できる。例えば、図2.8.3のように「電動歯ブラシは歯に良い」という文を入力すると、以下の様に分類されて表示される。

- ① トピックの定義
- ② 分析結果の注目ポイント
- ③ 主要・対立・対比文
- ④ 発信者毎の意見の分布
- ⑤ 関連キーワード
- ⑥ 発信者の分布
- ⑦ 主な発信者と主な意見

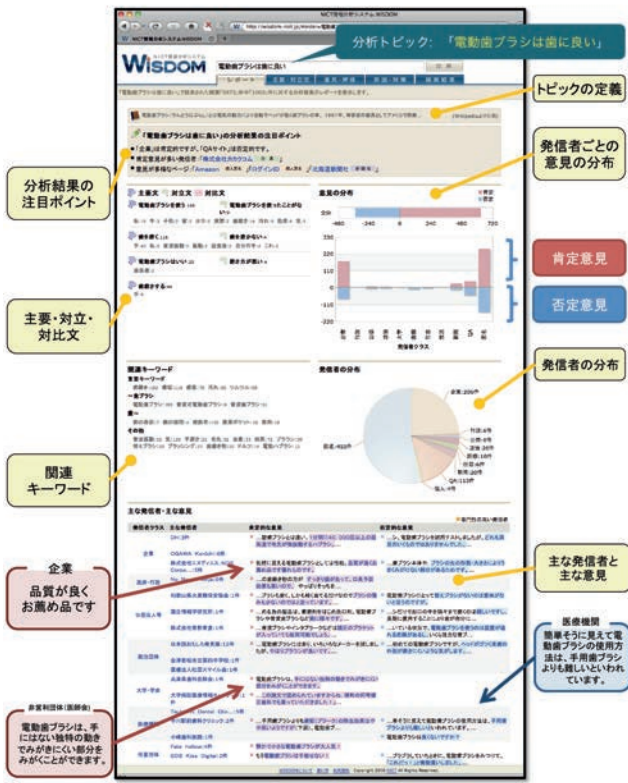


図2.8.3 WISDOM の利用画面例

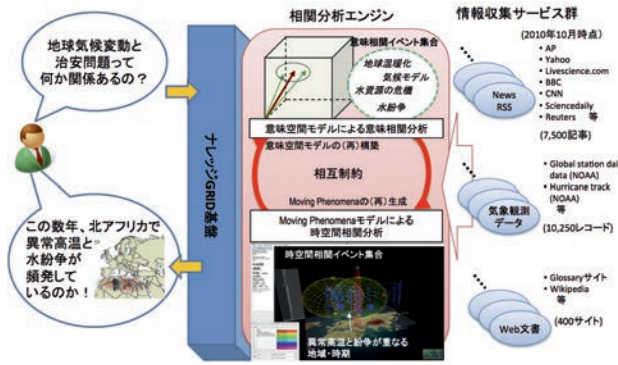


図2.8.4 ナレッジクラスタシステムによる相関検索

(1) 相関エンジンの開発

従来の Web のようにデータを配信・共有するだけでなく、特定のデータを意図的に集めたり、集めたデータの中から様々な話題や出来事に関する情報を抽出したり、抽出した情報を様々につなぎ合わせたり、つなぎ合わせられた情報を検索したり閲覧したりする機能を備えている。例えば、地球気候変動と治安問題のつながり(相関関係: correlation)を知りたい場合、従来の検索エンジンでは“地球気候変動 治安問題”というキーワードを含む Web ページを検索し、検索結果の内容をユーザが直接自分で判断するしかなかった。一方、我々が開発したシステムは、同じ質問に対し、例えば「この数年、北アフリカで異常高温と水紛争が頻発している」というような、キーワードで直接指定されていない内容にまで範囲を広げて相関のある情報を見つけ出すことができる。相関検索エンジンを使って、Web ページはもちろん、ニュース配信や気象観測データまで多岐にわたる大量のデータを対象に、それらの意味的なつながりと時空間的なつながりのあるデータを発見する。その際、従来のように、予め共通の辞書を用意しておく必要がないため、異種・異分野のデータの相関も拡張性高く発見することができる。相関検索エンジンは、時間、空間、主題に関する様々な種類の特徴量を使ってデータを索引付け、問い合わせ処理の際は、相関を発見するのに最適な特徴量の組み合わせ(相関の文脈と呼ぶ)と、それらを用いて高い相関を示すデータ集合を同時に検索する。その結果、先程の例のように、「この数年(時間の特徴量)、北アフリカで(空間の特徴量)異常高温と水紛争が(主題の特徴量)頻発している」という文脈の中で高い相関を示すデータ集合を発見することができる。NICT は、意味空間モデルと、Moving Phenomena 時空間モデルによ

(5) 学術的成果

情報の信頼性分析を目標とした情報分析エンジンの開発は極めて挑戦的な研究開発課題であり、実用レベルにまで高めた技術として一般公開したことは社会にも高く評価された。学術的な新規性のみならず、社会に貢献したことが評価され、平成23年3月に第56回前島賞、同年5月に第43回市村学術賞 貢献賞を受賞している。さらに、このWISDOMの研究開発はNICTにおける情報分析技術という研究分野として確立された。平成23年度以降の研究成果については、2.8.4に記載する。

2.8.3 ナレッジクラスタ形成技術の研究開発

ナレッジクラスタシステムは、従来のインターネットをより知的な情報獲得と分析の環境へと進化させることを目的に、様々な分野や組織で個別に蓄積されてきた情報を横断的に連結・統合することで世界規模の知識ネットワークを構築するための基盤技術である。ナレッジクラスタシステムは、グリッド基盤と異分野相関検索エンジンによって構成される(図2.8.4)。

る相関分析手法を平成20年度に提案したが、いずれも多次元空間における部分空間選択により最適な特徴量の組み合わせと相関データ集合を柔軟性高くかつ効率的に見つけ出すことができることが特徴である。

(2) ナレッジクラスタシステムの構築

ナレッジクラスタシステムの全ての機能は、グリッド基盤の上に実装されている。アジアやヨーロッパなど世界中の拠点をつないだ広域グリッドネットワークを構築し、その上にサービス指向アーキテクチャに基づいたグリッド環境を平成20年度に実現した(図2.8.5)。

グリッド基盤上には、データ収集と情報抽出、相関分析、ユーザインタフェース・インタラクションに関する多種多様なソフトウェアサービスが、各拠点で並行して開発され配備されている。これらのサービスを組み合わせ連携させることで、様々な次世代Webアプリケーションを実現することができる。平成21年から22年にかけて、Webをハイパーリンクとは無関係に相関関係に沿って閲覧するLink-Free Web Browsing、場所や時期、テーマに応じて相関性のある情報を次々と推薦する観光案内システム、企業や組織の製品・サービス・技術に関する情報をWebサイトや特許から幅広く収集し、様々なテーマの下でマッチメイキングを行うパートナーシップマネジメントシステムなど、様々なアプリケーションを開発してきた。グリッド基盤には、アプリケーション開発のためのサービス連携機構と開発言語を実装した。また、

アプリケーションでの使われ方に基づいて役立つサービスを検索する機構(サービス発見エンジン)を開発した。

2.8.4 情報分析技術の研究開発

いわゆるインターネット上の情報爆発には収束の気配はなく、インターネット上に存在するいわゆるBig Dataから価値を創出することは全世界的に課題と見なされている。こうした観点から、NICTにおいてもインターネット上の大量の情報を分析する技術、方法論の研究が第2期中期計画に開始され(2.8.2)、第3期中期計画においても、インターネット上のテキストを深く意味的に分析し、それらの価値ある組み合わせや分類を発見するWISDOM Xという大規模なWeb情報分析システムの開発を行っている。このシステムは日々1千万件以上の速度で収集される全体では数十億件単位のWebページを対象として、様々な言語処理、情報分析サービスを連携させ、従来にない高度な情報の分析を可能にするシステムであり、数百台のサーバーから成るクラスタ上で稼働していて、現在、一般公開に向けて改良を進めている。

また、平成23年の東日本大震災後、被災状況の把握が非常に困難であったという反省に基づき、Twitter上の災害関連情報をリアルタイムで分析し、自治体、NPOなどの救援サイド、更には被災者に被災状況を分かりやすく提供する対災害情報分析システムの開発も、耐災害ICT研究センターと共同で実施している。この

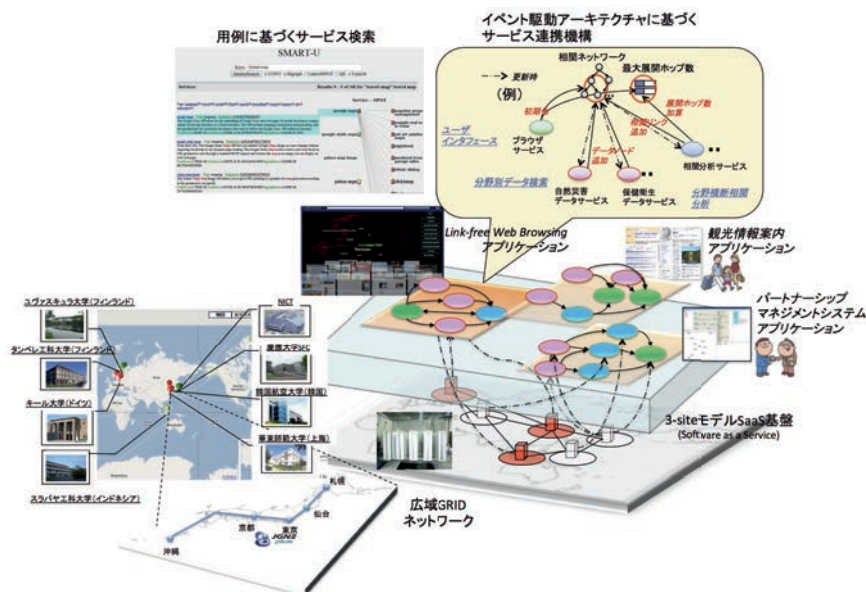


図2.8.5 サービス指向アーキテクチャに基づいたグリッド環境

システムは平成26年11月に公開し、将来起きる可能性のある大規模災害における救援活動で活用していただけるものと考えている。以下では、これらの2つのシステムの概要について述べる。

(1) WISDOM X の研究開発

WISDOM X は、基本的に、自然言語での質問に対して Web 上の情報をもとに回答を提示するシステムである。例えば、「少子化が進行するとどうなる?」といった質問を入力すると、Web 上に記載された情報に基づいて、少子化の帰結となる可能性のあるフレーズを多数提示する(図2.8.6)。WISDOM X の特徴は、商用検索エンジンのように、入力された表現を含む Web ページを少数提示するのではなく、回答となる可能性のある表現をピンポイントで提示すること、また、そうした回答の候補を多数(場合によっては数百件から数千件)瞬時に提示することである。WISDOM X の開発の狙いは、価値のある未知の情報をユーザに発見してもらうことであり、そのためには、多数の回答を概観できることが望ましい。例えば、前述の「少子化が進行するとどうなる?」という質問に対しては、「不況になる」「労働者人口が減る」「過疎化が進む」といった常識的な回答から「少人数教育が増加する」「ペットブームになる」「国公立大学志向が強まる」といった普段、新聞やマスコミ等を見ているだけではなかなか想定しづらい回答までが多数提示される。例えば、少子化の対策を検討したり、少子化時代のビジネスチャンスを検討しているユーザにとってこうした回答の一覧は他では入手できないものであり、価値あ

る情報である。

また、これらの回答をクリックすると、更に帰結を深掘りして調べることが可能になる。例えば、「地球温暖化が進むとどうなる?」という質問の回答の中に「海水温が上がる」というものがあり、それをクリックすると、海水温が上がった結果「腸炎ビブリオ(大腸菌の一種)が(海中で)増加する」という更なる帰結が提示される。さらにそれをクリックすると、今度は、腸炎ビブリオが増えたと、「(シーフードによる)食中毒」が増えるという結果が提示される(図2.8.7)。ちなみに、海水温が上昇した結果、腸炎ビブリオが増加し、食中毒が増えるという一連の出来事は、地球温暖化と無関係に毎年夏になると生じる現象であるが、地球温暖化から、腸炎ビブリオ、食中毒の増加に至る一連のシナリオは WISDOM X が Web 中の情報を組み合わせて自動的に生成した仮説であり、入力された文書中にこのシナリオは記載されていなかった。一方で、このシナリオは2007年に収集した一連の Web ページから生成されたものであるが、その後、著名な学術誌でバルト海において現在進行中の事実であることが報告されている(Baker-Austin et al., Nature Climate Change 3, 73-77 (2013))。大量の Web ページをもとに、こうした素人では全く想像もつかず自明でない仮説は、様々な意思決定の際に将来起こり得る事象を広く見渡してリスク、チャンス等を検討し、バランスのとれた決定を行う上で価値ある情報であり、システムは今後非常に有用なものになると考えている。

前述の「～するとどうなる」という形の質問に回答する機能を我々は未来分析機能と呼んでいるが、

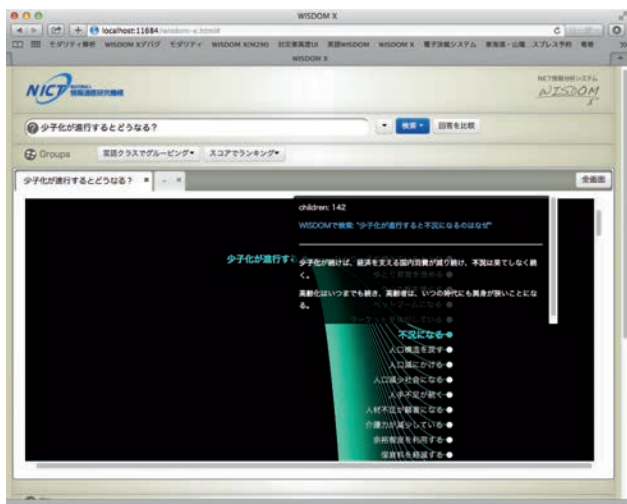


図2.8.6 質問「少子化が進行するとどうなる?」に対する WISDOM X の回答

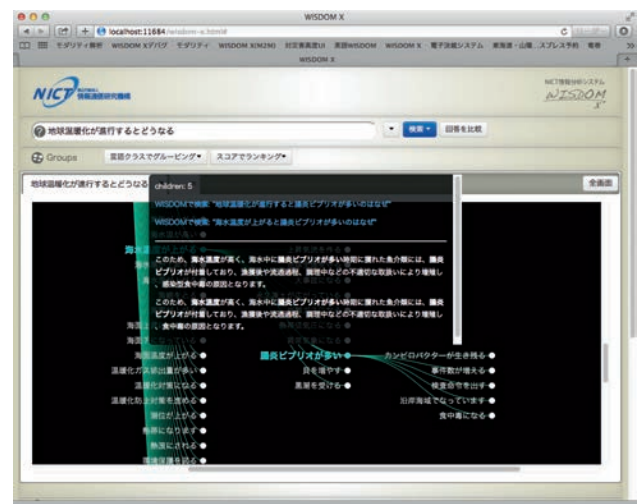


図2.8.7 地球温暖化にまつわる仮説的シナリオ

WISDOM Xにはこれ以外にも「ナノテクノロジーによるビジネスはなにか?」といった名詞1つで回答できる質問に対するファクトイド質問応答機能、「なぜ日本の農業は弱いか」といった理由を問う質問に文章で回答するWHY型質問応答機能(図2.8.8)などが備わっている。これらの機能は連携することも可能であり、例えば、未来分析機能で「地球温暖化が進むとプランクトンが減る」といった情報が得られた際に、その理由・根拠をワンクリックでWHY型質問応答機能により得ると言ったことも可能になっている。WISDOM Xではこのような異なる質問応答機能の組み合わせで、物事を考える上でのヒントをより広く提供できるようになっており、平成27年度中に一般公開を行う予定であり、広く利用されることを期待している。

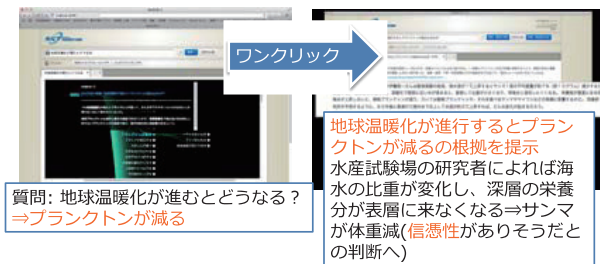


図2.8.8 WHY型質問応答による仮説の検証

(2) 対災害情報分析システム DISAANA

冒頭で述べたように、WISDOM Xの技術を一部転用する形で、災害時のTwitter情報をリアルタイムで分析し、その結果を自治体、NPO、被災者等に分かりやすく提供する対災害情報分析システムの開発も行っている。例えば、「宮城県で不足しているものは何か?」「宮城県で透析が受けられるのはどこか?」「宮城県で透析が受けられるのはどこか?」といった質問に対して回答を提示する(図2.8.9)。また、回答結果を地図上に表示したり、災害時を意識した意味的分類を用いて分かりやすく提示できるインターフェースが実現されている。このシステムで得られた回答を通常の商用検索エンジンで短時間に発見することは困難であり、緊急時には必要不可欠なシステムになると考えている。

また、Twitter等のSNSでは災害時にデマ・流言が問題となるが、これに対処するために、回答と矛盾する情報が得られた場合にはそれも提示し、ユーザが情報の信憑性を判断する際の材料を提供することもできる。これは国立大学法人東北大学と共同で開発している「言論



図2.8.9 対災害情報分析システム

マップ」と呼ばれる機能であり、例えば、「放射能に効くのは何か?」という質問に対して「イソジン」という回答が発見された場合、「イソジンが放射能に効くというのはデマです」といった、回答と矛盾する情報を回答と共に提供するものである。こうしたいわゆるデマの訂正は東日本大震災時にも実は多数発信されたが、それを効率的に検索する手段がなかったため、有効活用はされなかった。また、こうした機能が被災時に機能することで、より積極的にデマの訂正が行われることも期待できる。このシステムは平成26年11月に一般公開を行っており、広く利用されることを期待している。

以上、第3期中期計画で開発している情報分析技術の概要について述べてきた。これらの技術はいずれも10年前までは空想の域を出なかったような技術であるが、Web上で大量のテキストが入手可能となり、機械学習のような先進的な技術を利用することで実現可能となった技術である。こうした膨大なテキストの利用方法の可能性はまだ十分に汲み尽くされてはならず、今後も様々な先進的なサービスを研究開発する予定である。

2.8.5 情報利活用基盤技術の研究開発

近年、様々な組織や機関、個人が収集したデータを公共財として自由に活用できるようにするオープンデータの取組が世界的に広まってきている。オープンデータの普及に伴い、多種多様なデータを利用できる環境が整いつつあり、これらを横断的に活用しコネクションメリッ

トを発揮する技術へのニーズが高まってきている。

(1) 分野横断相関検索技術の研究開発

平成24年度から研究開発を行っている分野横断相関検索技術 Cross-DB Search は、オープンデータの中でも特に実世界の状況を反映した様々なセンサーデータや科学データを対象に、地理的、時間的、概念的、及び引用参照の4つの相関性からデータ間のつながりを複合的に評価し、クエリにヒットするデータに対し相関の高いデータ集合を見つけ出す。例えば、大気品質の1つの指標である‘PM2.5’をクエリとして与えると、PM2.5の観測データだけではなく、それらの周辺の地域や時期に作成されたデータや、PM2.5と関連性のある分野のデータ、更にはそれらと一緒に引用参照されることが多いデータを芋づる式に検索し、これらの中から相互に相関の高いデータ集合を発見する(図2.8.10)。



相関の高いデータの組合せを発見

図2.8.10 異分野相関検索 Cross-DB Search

Cross-DB Search では、平成23年度から平成26年度までに、ICSU (国際科学会議) World Data System に登録されている40分野100万データセットを超える科学データや、独自に収集した50種類以上のセンサーデータを対象に、相関検索に必要なメタデータを抽出し索引付けしている。この Cross-DB Search を用いて、様々な調査研究のために幅広い分野のオープンデータを収集、整理、保存、公開を行うデータキュレーションへの応用に取り組んでいる。そこでは、相関性を検証するためのデータセットの作成と、データセットを分析し様々な観点から相関性を発見することを繰り返し行いながら、相

関分析と検証データを同時に絞り込んでいく。こうしたサイクルをいかに迅速かつ効率的に回すかが、特にデータを中心とする科学では重要とされ、Cross-DB Search はその効率化に役立つ。

(2) 大規模情報可視化技術の研究開発

様々な分野のデータの横断的な関係性を把握する上で、情報可視化は有効な手段である。NICT では、物理センシングや社会センシング (SNS など) によって得られる様々な種類のセンサーデータや、幅広い分野の観測データを蓄積した科学データアーカイブなど、実世界を反映したオープンデータを中心に、実世界の様々な出来事(イベント)の分野横断的な相関性を視覚的に分析する情報可視化技術の研究開発を行っている。平成24年度から研究開発を行っている STICKER は、地理空間と時間軸から構成される3次元空間上に様々なセンサーデータを表示し、様々な可視化手法を用いてそれらの動きや変化の相関性を視覚的に分析する。STICKER の特徴は、単にデータを可視化するだけでなく、様々なデータの中から相関の高いデータの組み合わせを発見し、かつ高い相関を示すデータ部分を抽出することである。図2.8.11の例では、まず PM2.5 のデータの分布を可視化し、異常に変化している箇所などユーザが関心を持つ部分を指定し、それらと相関の高い他のデータを検索する。さらに検索結果を時空間上に表示する際に、可視化するデータの種類や値域を操作しながら相関が高くなるように調整する。こうしたデータの表示や検索、操作を繰り返しながら相関の高いデータの組み合わせを発見し、後に続く詳細な解析に必要なデータを準備する。これらの作業は、膨大な種類のオープンデータから役立つデータを効率的に絞り込む上で重要である。STICKER では、様々な分野のデータに対し横断的な操作や可視化を可能にすべく、STT (Space、Time、Theme) スキーマでデータを統一的に構造化し、各種データから STT スキーマに変換して、様々な形状の可視化オブジェクトの生成とそれらの視覚的操作、STT 属性に基づくデータの選択や集約、異常値検出などの各種データ操作、及び相関検索を実装している。

(3) 知識・言語グリッドの研究開発

オープンデータの普及は、これまで主に政府や研究機



例) 2013年8月中旬(お盆休み期間)に関東から関西にかけての広い地域で:
 ・高い濃度のPM2.5 (35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上、紫)
 ・"渋滞"キーワードを含むツイート(灰色)
 ・高い気温(35 $^{\circ}\text{C}$ 以上、赤)
 に高い相関が見られる。

図2.8.11 異分野データの時空間相関可視化分析システム STICKER

表2.8.1 K-L Grid上の情報資産

分類	種類
物理センサーデータ	地震情報、地滑り危険地域情報、感染症情報、花粉情報、環境放射線水準情報、降雨量情報、積雪量情報、気温情報、風速風向情報、台風情報、犯罪情報、河川水位・雨量情報、潮位情報、インフルエンザ情報、世界災害情報など49種類
社会センサーデータ	Twitterアーカイブ、ジオタグ付Twitterデータ、トレンドキーワードで集約したTwitterデータ、RSSニュース、Googleニュース
WISDOMデータ(含Webアーカイブ)	全文データ、言語解析済みデータファイル、発信者データ、評判データ、係り受けデータ
科学データ	World Data Systemメタデータ(Pangaea, ICPSR, DRYAD, ESDS, ADAなど40分野)
公共データ	Data.govなどの電子政府オープンデータのメタデータ
地理データ	ランドマーク、避難所データ
言語データ	EDR概念辞書、日本語WordNet、WordNet
情報分析ツール	意見評価、一休サービス、文・フレーズ間の意味的關係DB等
翻訳ツール	VoiceTraテキスト翻訳、JServer
テキスト解析ツール	固有名詞抽出、形態素解析器、係り受け解析器
地理情報ツール	Google Geocoding、Yahoo Contents Geocoder、ランドマーク名抽出、郵便番号検索、GeoNLP
音声ツール	VoiceTra音声サービス(認識、合成)、Rospeexクラウド型音声コミュニケーションサービス

75種類・125万データセット規模のデータやツール

(2014年1月時点)

関の主導により既存のデータを公開する活動が中心であった。それら初期の取組の成功を受け、今日ではユーザが自らデータを収集、公開し共有する参加型のオープンデータ活動が広まりつつある。このような参加型のオープンデータ活動を支えるICTプラットフォームとして、我々はK-L Grid(知識・言語グリッド)の開発を行っている。K-L Gridは、新世代通信網テストベッドJGN-X上に構築された広域分散グリッドネットワークであり、現在国内5拠点(東京、北陸、京都、岡山、福岡)のグリッドノードによって構成されている。この上で、オープンデータの収集や共有を協調して行い、情報資産のリポジトリを構築している(表2.8.1)。

また、グリッドネットワークの特徴を生かし、ユーザ独自のノードを参加させることで、ユーザがK-L Grid上で自身のデータを参加ノード経由で公開したり、他のデータと組み合わせる利用することを可能にしている。さらに、情報サービスの要求に応じてネットワークの構成を自動的に設定するSCN技術の研究開発も行い、データの収集、加工(フィルタリングや分割・統合など)、スループット等の要件に基づいてネットワークの発見やパス生成、QoS制御を動的に行う仕組みを実現することで、従来に比べ、より多くの情報サービスをより安定的に稼働させることを可能にしている。こうした取組を普及させるべく、米国標準技術院(NIST)と協力し標準化活動にも取り組んでいる。

2.9 超臨場感コミュニケーション技術

NICTでは、遠く離れた場所からでも同じ空間を共有でき、お互いに“その場”にいるような自然でリアルなコミュニケーションを実現するため、平成18年から超臨場感コミュニケーション技術の研究開発を進めてきた。この研究開発では、立体映像技術、立体音響技術の他にも、触覚・香りなどの多感覚情報伝達技術、人間の知覚認知メカニズムを解明することにより、人が感じる臨場感を定量的に評価する技術の研究開発を進めてきた。

以下では、まず、第2期中期計画(平成18～22年度)で実施した**2.9.1**多次元超臨場感環境再現技術の研究開発、及び**2.9.2**超臨場感コミュニケーション技術の研究開発について記す。次に、第3期中期計画(平成23年度～)で実施した**2.9.3**超臨場感立体映像の研究開発、及び**2.9.4**多感覚技術・臨場感評価技術の研究開発について記す。

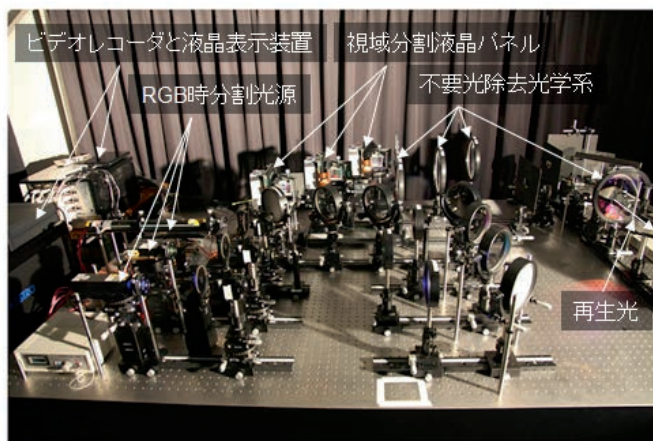
2.9.1 多次元超臨場感環境再現技術の研究開発

実空間において3次元で映像・音響を再現することを

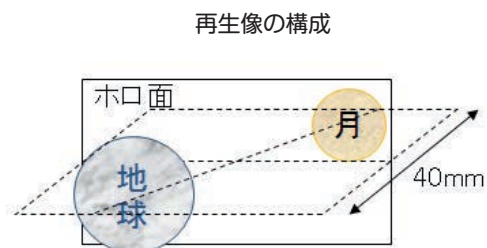
可能とするため、立体映像情報のリアルタイム再現技術、多次元高臨場感音響情報の定位技術の研究開発を行い、実空間3次元環境再現システムのプロトタイプを構築した。

(1) 電子ホログラフィ技術

ホログラフィは、究極の映像表示技術として期待され、各国の研究機関で精力的に研究開発されている。これは、被写体からの光の情報を“波面”として理論的に正確に記録・再生する技術であり、両眼視差や運動視差・輻輳・調節といった、奥行きを知覚する全ての手がかり(視覚生理的要因)を再現できる技術である。当然ながら、眼鏡等の器具装着も必要としない。特に、ホログラムの表示に電子デバイスを用いる技術は電子ホログラフィと呼ばれ、ホログラフィを動画像化できる技術である。しかしながら、視域角(立体像を観視できる角度範囲)の拡大や表示サイズ(表示できる立体像のサイズ)の拡大、スペckルと呼ばれる粒子状のレーザー特有のノイズの低減技術、被写体を自然光のもとで撮像する技術(ホロ



(a) システム全景

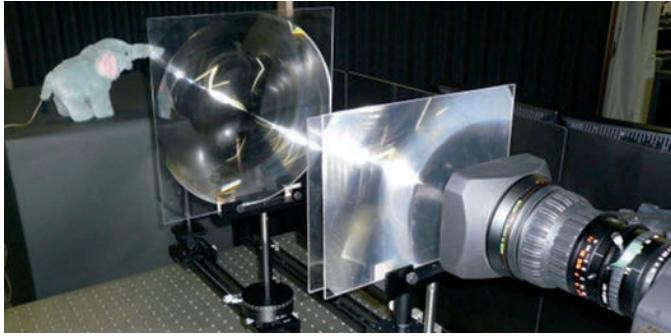


(b) CG データ



(c) 電子ホログラフィで再生した立体像

図2.9.1 世界初の表示サイズ対角4cm、視域角15°のカラー電子ホログラフィ装置



(a) IP 映像を撮影する様子

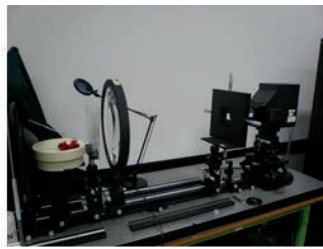


(b) 電子ホログラフィで再生した立体像

図2.9.2 研究当初のリアルタイム電子ホログラフィ装置



(a) IP 映像を撮影する様子



(b) 電子ホログラフィで再生した立体像

図2.9.3 リアルタイム電子ホログラフィ装置

グラフィの原理では被写体を暗室においてレーザー光を当てて撮像するため、自然光のもとで撮像はできない)、ホログラムデータを高速に計算する技術、など解決すべき課題が多数ある。

NICTにおいては、視域角の拡大を検討し、平成22年9月に世界で初めて、表示サイズ対角4 cmで視域角15°のカラー電子ホログラフィ装置を開発した。一般的に電子ホログラフィにおいては、不要な光が発生して観察を妨害してしまうが、この装置では妨害光を除去できる構成にしてあるため自然に立体像を観察できる。図2.9.1 (a)はシステムの全景、(b)は表示したコンピュータグラフィックス(CG)データ、(c)は再生した立体像を一般のカメラで撮影したものである。(c)では地球にはピン트가合い月はぼやけていることから、また見る位置に応じて地球と月の間隔が変化することから、地球と月が奥行の異なるところに再生されていることが分かる。

また、被写体を自然光のもとで撮像する技術と、ホログラムデータを高速に計算する技術の研究も進めた。そして、実際に装置として、自然光のもとでインテグラル・フォトグラフィ(IP)により被写体を撮像し、リアルタイムにホログラムに変換(IPホログラム変換)して、電

子ホログラフィで動画表示する技術を開発した。IPとはレンズアレイを通して被写体を撮像する技術で、撮影される映像(IP映像)は、1台のカメラでありながら多視点映像を撮影した映像、つまり、多数の超コンパクトな低画素カメラを縦横に整然と並べて撮影したのと同等の映像になる。そのためIP映像には被写体の立体情報が含まれている。この映像からホログラムを計算する技術がIPホログラム変換である。NICTでは、IP映像を撮影する際のレンズの焦点距離や空間フィルタの工夫により、高速に、しかも不要な光を再現しないホログラムを作り出す技術を確認した。その結果、自然光のもとでの撮像から電子ホログラフィ表示までを、従来では不可能であったリアルタイム装置で実現した。図2.9.2は平成20年3月の研究当初の様子で、図2.9.3は平成23年3月時点の様子である。IP映像のキャリブレーション技術の検討、計算アルゴリズムの最適化などで、カラー化や画質改善されている様子が分かる。

(2) 立体音響技術

ある音源から出た音は四方八方に伝搬するが、理想的な点音源であれば、音源から出た音はすべての方向に均一

に伝搬する。しかし、現実の世界ではこのような点音源はほとんど無く、それぞれの方向に異なった特性で伝搬する。そのため、遠隔地にある音源から出た音をこの場に再現するためには、どの方向にも実物と同様な音響が再現できる異なる放射指向性を持った音の再生技術が必要になる。本研究では、周囲全方向に異なる特性の音響を放射する技術の研究開発を進め、複数のリスナーが周囲のどこから聴いてもリアルな現実と同じように音響を再生できるスピーカシステムのプロトタイプを平成19年に開発した。図2.9.4にそのスピーカ（球形スピーカ）を示す。

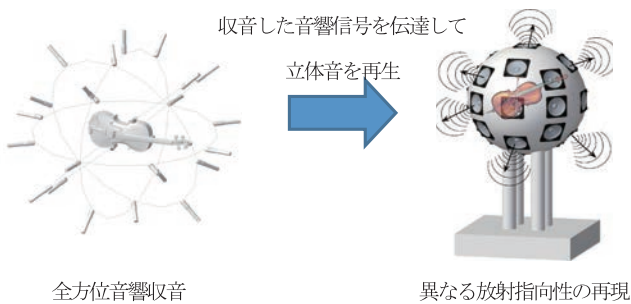


図2.9.4 異なる放射指向特性を持つ球形スピーカ

さらに、このスピーカと実音源との比較評価を平成21年に行った。壁の裏で実際に人がギターを弾いた場合と、球形スピーカでギターの音を再生した場合とで、壁の前にいる人がどちらで再生された音かを区別ができるかブラインドテストを行った（図2.9.5）。

- その結果、以下の知見を得ることができた。
- ・ブラインドテストでは、実音源と球形スピーカとの区別は困難である。
 - ・人間は音源の大きさにより、音のリアリティ評価を行っている可能性がある。

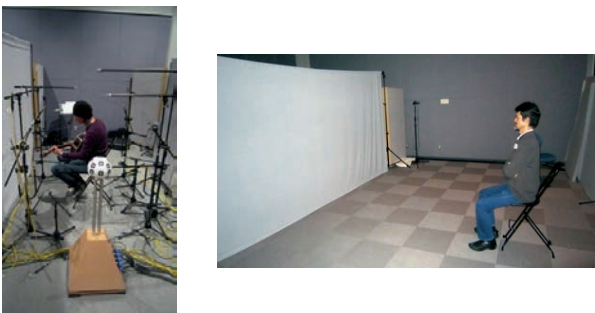


図2.9.5 ブラインドテスト

2.9.2 超臨場感コミュニケーション技術の研究開発

遠隔地の人とあたかも同じ空間を共有して臨場感の高いコミュニケーションを実現することを目的として、研究開発を進めた。図2.9.6に示すように、コミュニケーションには様々な形態が考えられる。



図2.9.6 立体映像によるコミュニケーション形態

これらのコミュニケーション用ディスプレイとして遠隔地の3次元空間や環境も共有できる大画面裸眼立体ディスプレイ、テーブルを取り囲んだ人々が空中に浮かんだ立体映像を全周囲から観察できるテーブルトップ型立体ディスプレイ、箱の中の立体映像を手に持ち指や箱の動きに応じてインタラクティブに映像が変化する箱型立体ディスプレイの研究開発を進めた。これらは、特別な眼鏡をかけずに立体視できるディスプレイであり、以下にその概要を示す。

(1) 大画面裸眼立体ディスプレイ

複数の人々が大きな立体像を観察して、3次元空間や環境を共有できるディスプレイであり、人や車などを等身大（実物大）で表示することで、高い臨場感を感じることができる。

図2.9.7に示すように、このディスプレイはプロジェクタアレイとディスプレイスクリーンから構成されている。ここでプロジェクタアレイは各々 Full HD の解像度を持つ多数のプロジェクタユニットで構成されており、プロジェクタユニットは2次的に配置されている。一方、ディスプレイスクリーンは縦方向には拡散するが横方向にはほとんど拡散しない拡散特性を有する特殊な拡散フィルムと集光レンズから構成されている。

このディスプレイの原理を図2.9.8に示す。これはスクリーンを上から見た図である。全てのプロジェクタユニットから出た光はスクリーン上に同時に重ねて投影される。しかし、スクリーンに貼られた特殊な拡散フィル

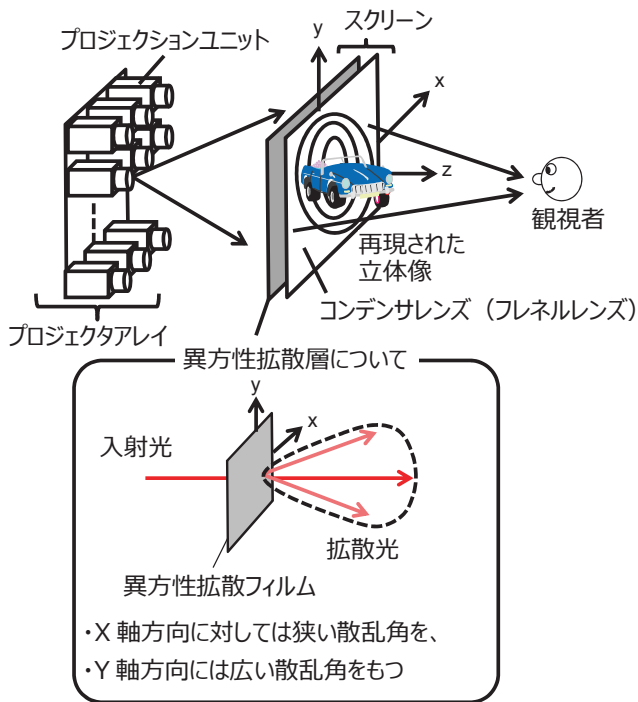


図2.9.7 大画面裸眼立体ディスプレイの構成

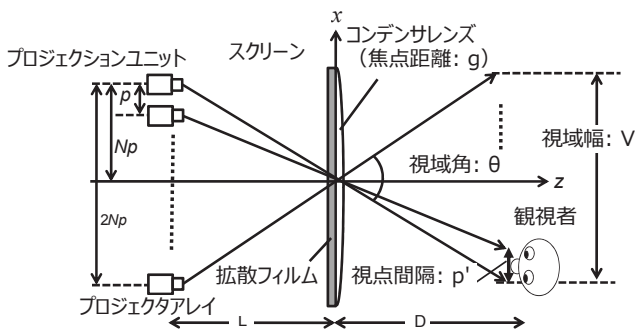


図2.9.8 ディスプレイの基本原理

ムによって、プロジェクタからスクリーンに入射した光は横方向には拡散せず直進する。また、この光はスクリーン上にある集光レンズによって観視者の左目（または右目）に入射される。このように、観視者の左目（または右目）では1つのプロジェクタユニットから出た光を見ることになる。同様に、観視者のもう一方の目では別のプロジェクタユニットから出た光を見ることになる。両目に入射される光は別々のプロジェクタからの光であり、これらを両眼視差映像とすることで、観視者は立体映像を見ることができる。

このアーキテクチャにより、観視者が水平方向に移動することによって、それぞれの場所で別のプロジェクタユニットからの光を見ることができる。つまり、それぞ

れの観察場所に合った映像をプロジェクタユニットから送出することで、このディスプレイは運動視差を再現できる。この基本原理に基づいて、平成20年9月に画面サイズ70インチの裸眼立体ディスプレイを開発した。さらに改良を加えて画質を改善し、平成23年1月に画面サイズ200インチのものを開発した。このディスプレイの映像表示例を図2.9.9に、仕様を表2.9.1に示す。このディスプレイは、平成25年4月から大阪駅前のグランフロント大阪のナレッジキャピタル内に設置して運用している。



図2.9.9 大画面裸眼立体ディスプレイ

表2.9.1 ディスプレイ仕様

スクリーンサイズ	16.9 対角 200 インチ
視差画像解像度	水平 1,920, 垂直 1,080 画素
フレームレート	60 フレーム毎秒
プロジェクションユニット数	170 台
視点間隔	22.8mm (視距離 5.5m において)
視域角	40°

(2) テーブルトップ型立体ディスプレイ

テーブルを取り囲んだ人々がテーブル上に表示された映像を見ることができるディスプレイである。このディスプレイを研究開発するに当たり、以下に示す条件を設定した。

- ・ テーブルの周囲からはそれぞれの位置に応じた角度の映像を見ることができる。
- ・ 通常のテーブル上での作業が邪魔されることが無いように、ディスプレイ面はフラットである。
- ・ 観視者の数に制約は設けない。つまり、テーブル周囲(360°)どこからでも映像を見ることができる。
- ・ 観視者は特別な眼鏡をかけることなく立体映像を見ることができる。

これらの条件をすべて満たすことで、テーブルを取り囲んだ人々は同時にテーブル上に浮かび上がった映像を異なった方向から見る事ができる。このディスプレイを fVisiOn と名付けた。構成を図2.9.10に示す。この図に示すように、テーブル内に多数の小型プロジェクタから成るプロジェクタアレイを配置し、特殊な形状(円錐型)と拡散特性を持つスクリーンを開発した。この円錐型スクリーンは、スクリーンのエッジ方向に光を拡散させるが、水平方向には拡散させない特性を有する。小型プロジェクタは、スクリーンのエッジに対して垂直に光線を入射させることができるように円周上に配置されており、各プロジェクタから出た光線は水平方向には拡散せずスクリーン上を直進し、テーブル上の観察者の目に入る。テーブル上のある位置にいる観察者の右目(左目)は、図2.9.11に示すように、各プロジェクタから出たスリット光の一群を見ることになる。なお、図ではスリット光の間に黒い縞があるが、映像を表示する時はこの黒い縞は消される。この一群のスリット光で映像を構成すると観察者は右目の位置から観察されるべき映像を右目で見る事ができる。

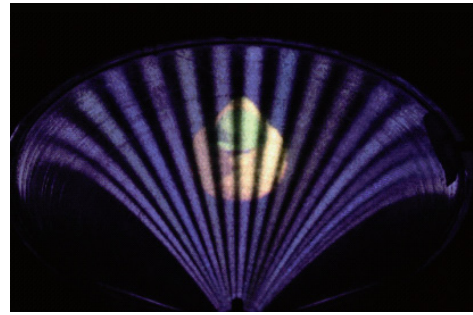


図2.9.11 スリット状の光線群

もう一方の左目では、別の一群のスリット光を見ることになり、観察者は左右の目で別々の映像を見ることで立体視が可能となる。同様に、テーブル上の他の位置にいる人は、また別の一群のスリット光から構成された映像を見ることができ、これにより、テーブル上の360°の位置からそれぞれの角度に応じた映像を見ることが出来る。この原理に基づいたプロトタイプを平成22年7月に開発した(試作では約130°の観察範囲まで実現)。図2.9.12にプロトタイプ映像表示例を示す。

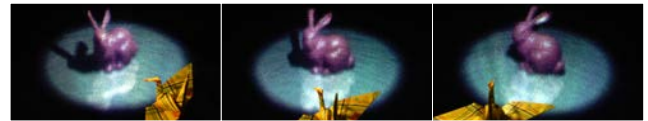
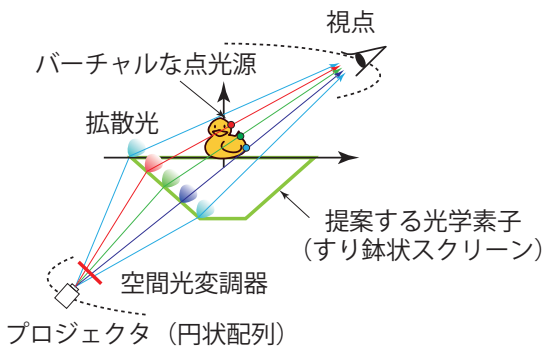
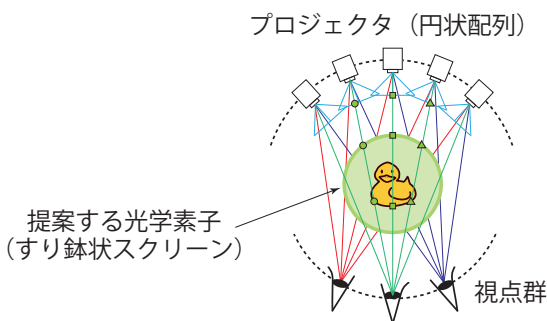


図2.9.12 映像の表示例



(a) ディスプレイを横から見た断面図



(b) ディスプレイを上から見た図

図2.9.10 fVisiOnの構成

(3) 手持ち箱型立体ディスプレイ

このディスプレイは実物が箱の中に入っているのと同様に映像を表示できるディスプレイである。そのためには、どんな方向から見てもその角度にあった立体映像が見えなければならず、再生される立体映像は縦横全方向に運動視差を再現することが要求される。この要求を実現するための条件をシミュレーションにより設計した。映像の再生方式はIPとして知られる方式を用いたが、従来は数十度の視野角を有するIPレンズしか実現できていなかったのに対し、120°の超広視野角を有するIPレンズアレイが必要となる。そこで、このIPレンズを新たに設計し、箱の6面それぞれの液晶パネル上に実装したプロトタイプを平成20年6月に開発した。このプロトタイプは、箱の中に実物が入っているかのように、複数の人が同時にどの方向から映像を見ても、それぞれの方向から見た映像表示を実現した。図2.9.13にある一方向から見た映像を示す。

また、このディスプレイではタッチパネルとジャイロセンサーを実装し、さらにリアルタイムレンダリング機能も平成21年7月に実装した。これにより、あたかも実物を手に持って操作している感覚で、指や箱の動きに応じてインタラクティブに映像を変化させることができた。



図2.9.13 ある方向から見た映像

(4) 臨場感評価指標の体系化

第2期中期計画では、人が感じる臨場感を規定する要因の体系を提案した(図2.9.14)。

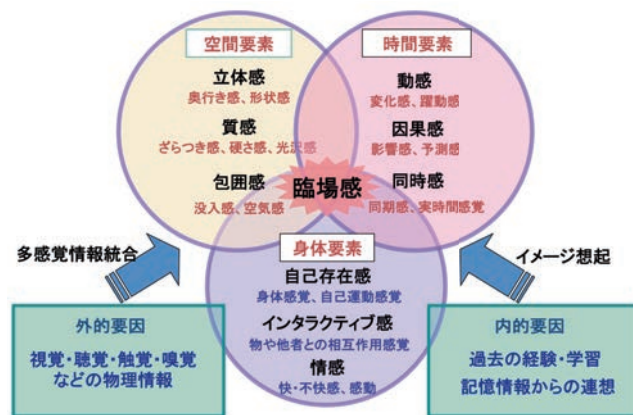


図2.9.14 臨場感の体系化

本体系では、臨場感を構成する要素として、立体感・質感・包囲感から成る空間要素、動感・因果感・同時感から成る時間要素、自己存在感・インタラクティブ感・情感から成る身体要素を規定した。このような臨場感は、外界からの多感覚情報の統合により生起する外的要因とともに、過去の学習・記憶に基づくイメージ想起による内的要因が寄与していると考えられる。

このような臨場感の構成要素の中で、物の質感、特に物体表面の光沢感を定量的に評価する心理物理学的手法を平成20年8月に開発し、多視点立体映像によってもた

られる両眼情報及び頭部運動に伴う時間変化情報が、光沢知覚の再現性に大きく寄与することを明らかにした(図2.9.15)。



図2.9.15 光沢感の心理物理実験

さらに、3次元映像が与える包囲感・没入感を脳活動で捉えるために、fMRI(機能的磁気共鳴撮像)装置で作動可能な超広視野立体映像提示装置を平成22年11月に開発した。本装置を用いることで、高磁場かつ頭部周辺の狭空間においても、水平視野角100°の超広視野立体映像をHDの高解像度で提示することができるようになった(図2.9.16)。

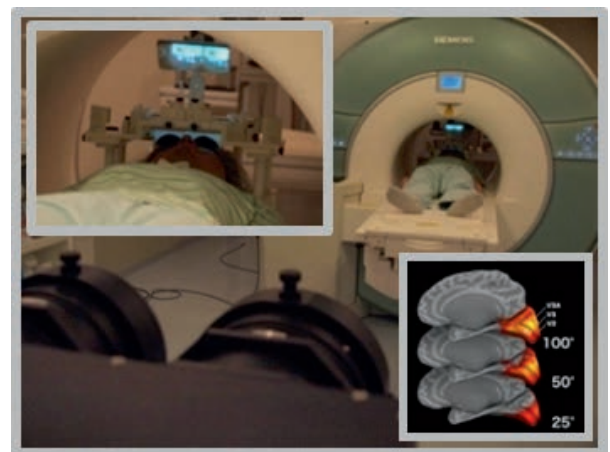


図2.9.16 fMRI用超広視野立体映像提示装置

(5) 多感覚インタラクションシステムの開発

人が感じる臨場感を定量的にとらえるためのシステムとして多感覚インタラクションシステム(MSenS)の開発を平成18年度に開始した(図2.9.17)。本システムを用いると、3次元デジタイザで取り込んだ実物の立体映像に対して、力覚提示装置を用いて、物体表面の感触(凹凸、硬軟、ざらつき等)をリアルに体感できる。また、

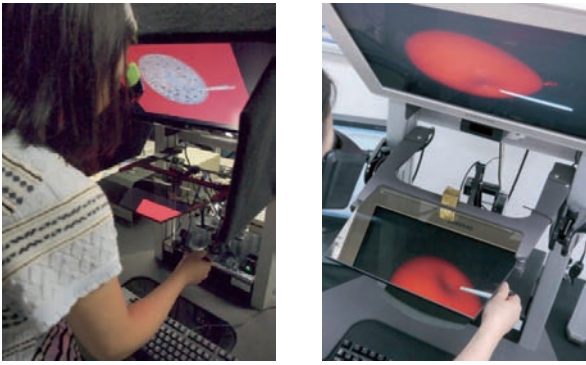


図2.9.17 多感覚インタラクションシステム

仮想物体の触り方(叩く、擦る等)に応じて、個々の材質特有の接触音を実時間で再現できる。

接触音は、実物に触れたときの音を事前に収録・分析し、多数の周波数モードのパラメータ値(振幅値・減衰係数)として表現し、実際に仮想物体に触れたときの力と統合して、実時間で多様な音を生成する。

さらに、香りの時空間制御を可能にするために、香りを含む空気を広く拡散させずに、鼻に向けて局所的に提示可能な香り噴射装置「マイクロ・アロマ・シューター」(図2.9.18)を平成21年11月に開発し、多感覚インタラクションシステムに組み込んだ。これにより、四感覚(視覚・聴覚・触覚・嗅覚)を統合して、リアルで自然なバー

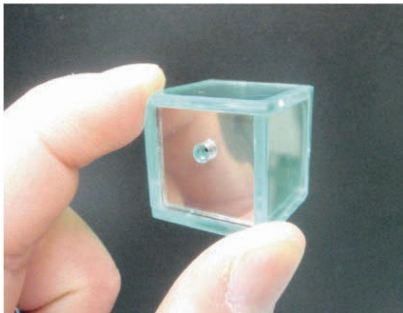


図2.9.18 香り噴射装置マイクロ・アロマ・シューター



図2.9.19 貴重な文化財の多感覚コンテンツ

チャル体験を世界で初めて可能にした。

本システムを用いて、通常触ることができない貴重な文化財の多感覚コンテンツを制作し、国内外の多数のイベントにおいて体験デモを実施した。図2.9.19は、国の重要文化財「海獣葡萄鏡」(奈良文化財研究所所蔵)、及び「銀薫爐」(宮内庁正倉院事務所所蔵)の多感覚コンテンツを示している。

2.9.3 超臨場感立体映像の研究開発

第2期中期計画で実現した技術を背景に、第3期中期計画では究極の立体映像技術と期待されている電子ホログラフィ技術、及び次世代の立体映像技術である超多視点立体映像技術の研究を中心に進めている。

(1) 電子ホログラフィ技術

電子ホログラフィについて、第3期中期計画では立体像の表示サイズ拡大を最重要課題として研究を進めており、平成27年度までに、表示サイズ対角5インチ(約12cm)・視域角20°の表示技術の確立を目標としている。

表示サイズ拡大については、図2.9.20のように、複数の表示デバイス(シリコン液晶デバイスを使用)を近接配置し、これらからの表示光を、複数の拡大光学系と1つの縮小光学系を組み合わせることで1つの表示光として合成する光学技術を考案した。ここでは、表示デバイスを拡大光学系の最終レンズ上に結像させることで、デバイス毎の光が連続的につながるようにしてある。また、表示デバイスを照明するためにプリズムを1個ずつ段々状に配置する必要があるが、照明部分のサイズ縮小を目的に、偏光を利用して2個ごとに段々状にしている。

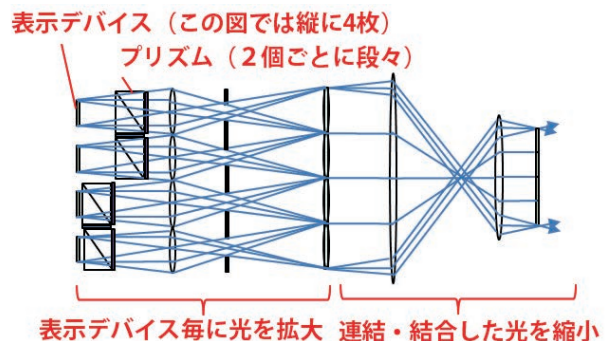


図2.9.20 考案した表示光合成技術

このような技術により、表示デバイス間の間隔に起因する光の間隙を低減し、表示サイズを拡大した1つのホログラフィ立体像を表示できる。平成26年6月には、800万画素の表示デバイスを縦横に4素子ずつ(合計16素子)持たせ、かつ光源をRGB3色とした電子ホログラフィ装置を試作して(図2.9.21)、対角8cmのカラーホログラフィ立体像表示を確認した。

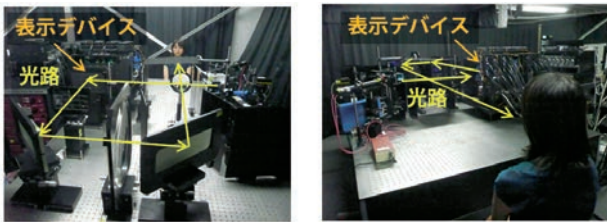


図2.9.21 試作した表示装置

ホログラムの生成方法としては、被写体を点光源の集合として取り扱って生成する方法、被写体を平面サーフェースの集合として取り扱って生成する方法、第2期中期計画のリアルタイム電子ホログラフィで使ったようなIP映像からの高速変換など、種々の方法があり、NICTでもいくつか検討している。なかでも、コンピュータグラフィックス(CG)のレンダリング技術を流用して、光線サンプリング面を利用する簡便かつ高度な計算方法に特に着目している。図2.9.22は、この方法を用いて電子ホログラフィ装置で表示したものである。図2.9.22(a)は、非常に複雑な背景を持つコン

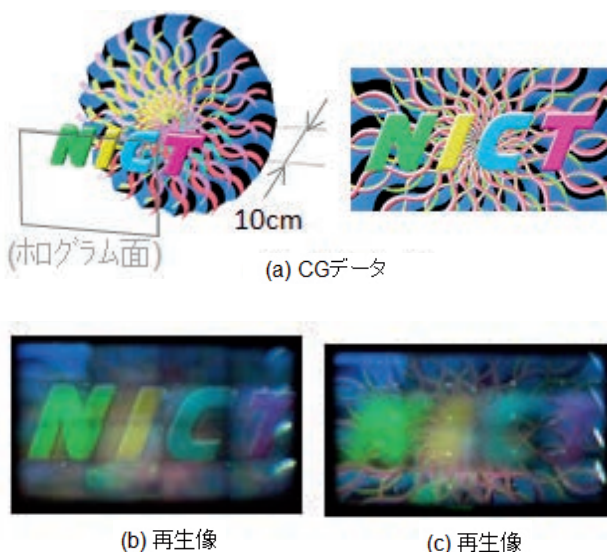


図2.9.22 電子ホログラフィで再生した立体像

ピュータグラフィックス(CG)データ、(b)は再生した立体像を「NICT」にピントを合わせて撮影したものの、(c)は背景にピントを合わせて撮影したものである。(b)では背景がぼやけており、(c)では「NICT」がボケていることから、奥行の異なるところに再生されていることが分かる。

(2) 超多視点映像圧縮符号化技術

次世代の立体映像として期待されている超多視点立体映像システムについては、超多視点立体映像の伝送を実現するための圧縮符号化方式を最重要課題として研究を進めており、平成27年度までに、圧縮効率が2倍の圧縮符号化方式や処理時間の半減が可能な圧縮符号化方式の研究開発を目標としている。

超多視点立体映像は、一般的な立体映像(2眼ステレオ方式)とは違い、多くの視点の映像を同時に表示する技術であるため、一般的な立体映像をはるかに凌ぐ臨場感を提供できるという特徴がある。こういった映像を滑らかな運動視差で実現するためには、例えば200視点級の多視点映像を扱う必要があり、その実用化には伝送技術の確立が不可欠となる。これに対し、平成23年度に、NICT独自の圧縮符号化方式を提案し、その後もアルゴリズムの検討を進めている。2倍以上の圧縮映像をNICTが第2期中期計画で開発した200インチ裸眼立体ディスプレイに表示する実験を行い、本方式により高品質な復号映像が得られることを確認した(図2.9.23)。

NICTの提案方式では、多視点映像と奥行きデータの類似性を使うことで情報低減を可能としている(SECOND-MVD方式、図2.9.24に概要)。これは、H.264などの一般的な圧縮符号化方式の前後にフォーマット変換部を設けて、多視点映像と奥行きデータの類似性を使うことで、単純に符号化するのに比べて高い圧縮率を実

表示実験(200インチ裸眼立体ディスプレイ)



図2.9.23 原画と本方式画像
(違いが分からないと確認できる)

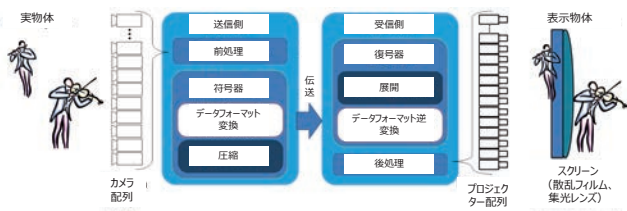


図2.9.24 超多視点映像圧縮方式概要

現するという方式である。このように一般的な圧縮符号化方式を変えても適用できることも本方式の特徴である。

(3) 超多視点映像取得技術

実写映像を超多視点立体映像として表示するためには、被写体を多視点で撮影するのが望ましい。NICTでは、200視点級の動画像撮影を可能とするために、専用の小型ハイビジョンカメラを開発して、マルチカメラシステムを構築している。平成25年6月には、グランフロント大阪の200インチ裸眼立体ディスプレイ付近に設置し、来場者の動画ライブ撮影をデモ形式の実験として約4か月間実施し、安定した画質の映像を提供できることを実証した(図2.9.25)。



図2.9.25 マルチカメラシステムと200インチ裸眼立体ディスプレイの実証実験

また、マルチカメラシステムにおいては、すべてのカメラを理想通りに配置するのは不可能なため、カメラの実際の配置状態を計測するキャリブレーションと、撮影した映像をキャリブレーションデータを使って補正する技術が不可欠となる。200インチ裸眼立体ディスプレイを使い、超多視点立体映像における補正精度と画質改善の関係を明らかにするための初歩的な主観評価実験を平成25年12月に行った。

2.9.4 多感覚技術・臨場感評価技術の研究開発

第3期中期計画では、立体映像、音響、感触、香りにより人が臨場感を感じる仕組みの解明を目指し、臨場感を定量的・客観的に評価するための技術開発を実施している。また、立体映像の安全規格確立に向けたデータ解析や多感覚情報の相互作用・相乗効果の検証等を通じて、人にとって自然で快適な多感覚情報の技術要件の策定を目指している。

(1) 映像の知覚認知・評価技術

眼鏡をかけて見る3Dテレビの視聴による視覚疲労の実態を明らかにするために、成人500名・未成年者131名に対する大規模評価実験を実施した。視差がほとんど1°以内に収まるTV番組の1時間程度の視聴前後で、疲労の主観評価・客観評価を行い、その分析結果をとりまとめた実験結果報告書を平成24年2月に公表した(図2.9.26)。また、成人の実験結果に関しては、国際標準化団体ITU-Rに対して寄与文書を提出し採択された。

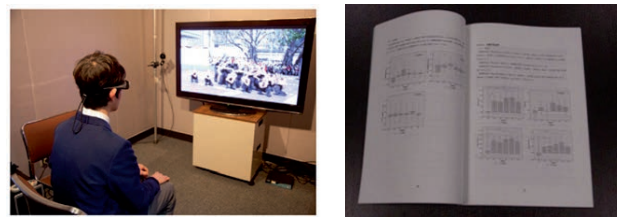


図2.9.26 3Dテレビ視聴による疲労評価実験と報告書

また、3D映像による視覚疲労・不快の一因とされている、眼の調節情報と輻輳情報の不一致に関する心理物理解析を行い、2眼立体映像の視差量が大きくなると、実物と比較して、調節・輻輳応答の矛盾が生じることを検証した(図2.9.27)。一方、超多眼立体映像や電子ホログラフィでは、より実物に近い応答特性が得られるこ

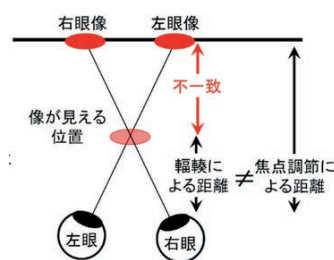


図2.9.27 3D映像観視時の眼の調節・輻輳機能の解析

とも確認した。

さらに、これまで定量化が困難とされてきた、人が感じる質感(光沢感・ざらつき感等)のより客観的な評価技術の確立に向けて、物体表面の光沢知覚に関わる脳部位を fMRI 脳活動解析により特定した(図2.9.28)。

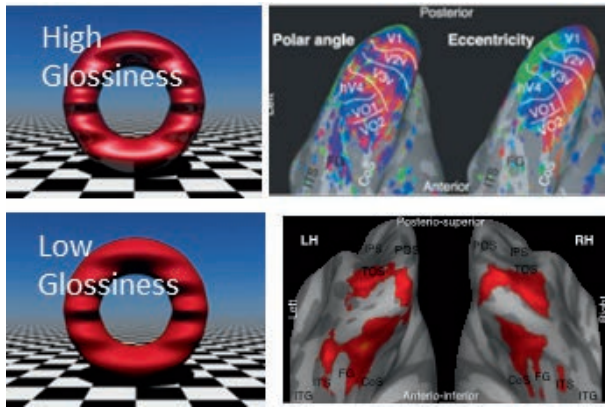


図2.9.28 光沢知覚に関わる脳部位の特定

(2) 音響の知覚認知・評価技術

大画面裸眼立体ディスプレイ上の映像を、どの視聴位置からでもより正確に定位させるための技術として、MVP方式の立体音響システムを構築し、その映像定位効果を心理物理実験により検証した(図2.9.29)。また、平成25年6月には、本音響システムをグランフロント大阪に設置し、様々な方々に参加いただく社会実証実験を実施した。

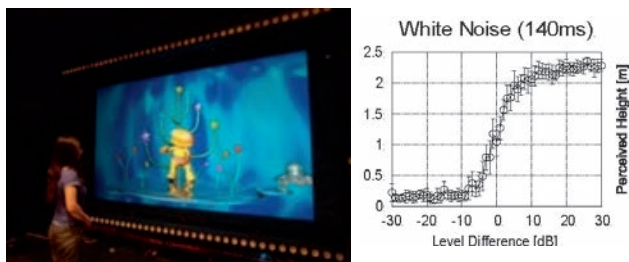


図2.9.29 立体音響システムと映像定位効果の検証

さらに、通常のステレオ音と比較で、バイノーラル音(耳介内部にマイクロフォンを設置して収録した音)は、頭部伝達関数(HRTF)の情報を含むため、一般に音が頭外に定位する。このような頭外に定位する音の情報処理に関わる脳部位を特定するために、fMRI 脳活動実験を実施し、バイノーラル音に特異的に応答する脳部位を明らかにした(図2.9.30)。

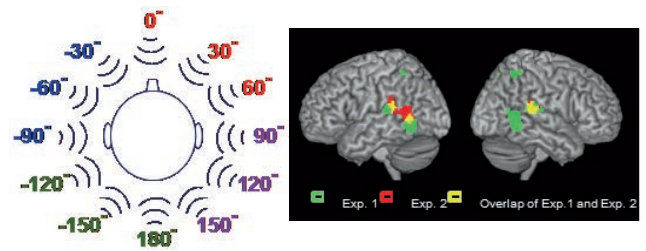


図2.9.30 音の頭外定位に関わる脳部位の特定

(3) 触覚の知覚認知・評価技術

手の自己固有感覚と視覚情報の3次元空間内における不一致が物の操作性に与える影響を明らかにする心理物理実験を実施し、手と映像の位置が空間的に一致しない状況(例えば拡大鏡手術や遠隔作業状況)においても、物の操作が容易になる条件を明らかにした(図2.9.31)。



図2.9.31 自己運動感覚と視覚の空間的不一致状況の解析

また、災害復興時に人が入れない危険な場所での遠隔作業効率を向上させるために、臨場感の伝達による建設機械の遠隔操作性を評価する実験を独立行政法人土木研究所と共同で平成25年10月から実施している。特に、高精細(4K)3D映像を用いた場合の作業状況の視認性や作業効率の向上を定量的に測定する実験に取り組んでいる(図2.9.32)。



図2.9.32 高精細立体映像を用いた建設機械の遠隔操作実験

(4) 香りの知覚認知・評価技術

6種類の香りを瞬時に切り替えて、映像と同期して提示可能なマルチ・アロマ・シューターを平成24年11月に開発した(図2.9.33)。

本装置を応用して、デジタル方式の嗅覚検査装置の開

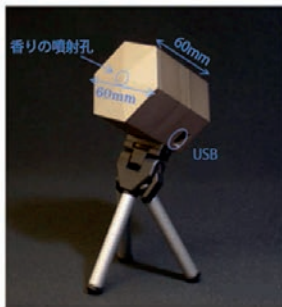


図2.9.33 6種類の香りを提示可能な香り提示装置

発に取り組んでいる。従来の嗅覚検査では、複数の香り溶液に浸した検査紙を用いるアナログ方式の嗅覚検査装置が用いられてきたが、検査に手間がかかることから一般には普及していない。そこで、香りの微細な濃度調整を可能にする技術を開発し、デジタル嗅覚検査のプロトタイプシステムを平成25年11月に構築した(図2.9.34)。

さらに、嗅覚情報が物の感触(硬さ感・ざらつき感)に与える効果を心理物理実験により検証した(図2.9.35)。

2.9.5 今後の超臨場感コミュニケーション技術

NICTでは、平成18年から遠隔地の人とあたかも同じ場所にいるような自然でリアルなコミュニケーションの実現を目指して、超臨場感コミュニケーションの研究開発を推進してきた。その結果、ここで記したような多くの技術を開発してきたが、実用化にはまだ多くの研究課題が残っており、今後も残された課題を解決すべく研究開発に取り組む予定である。

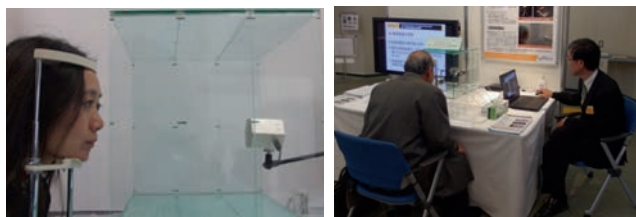


図2.9.34 デジタル嗅覚検査のプロトタイプシステム

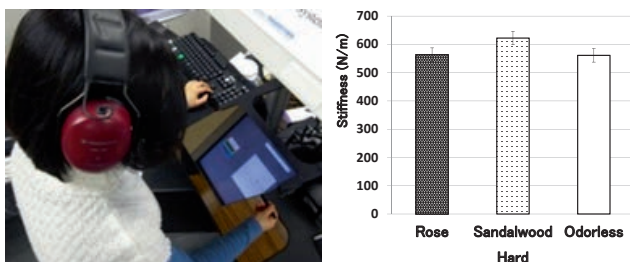


図2.9.35 嗅覚情報が感触に与える効果の検証

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。

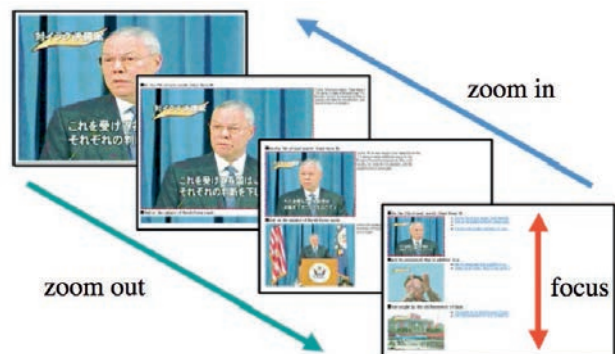


図2.10.6 Zoomingメディア

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。

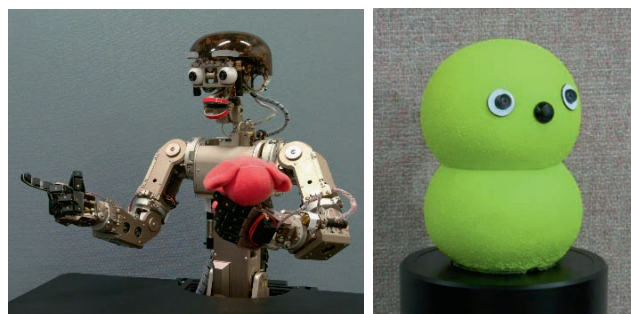


図2.10.10 Infanoid(左)、Keepon(右)

(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。

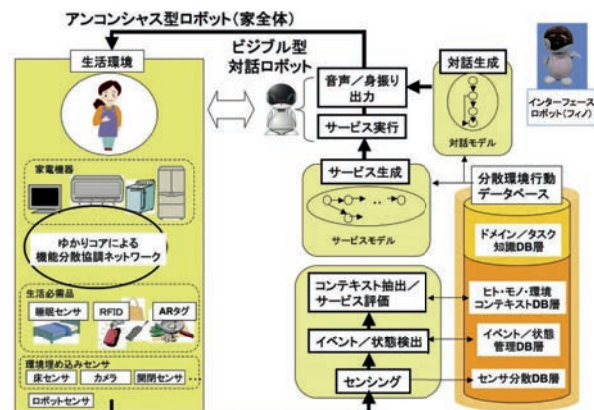


図2.10.12 ユビキタスホームにおけるサービス実現のためのシステム構成図



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。

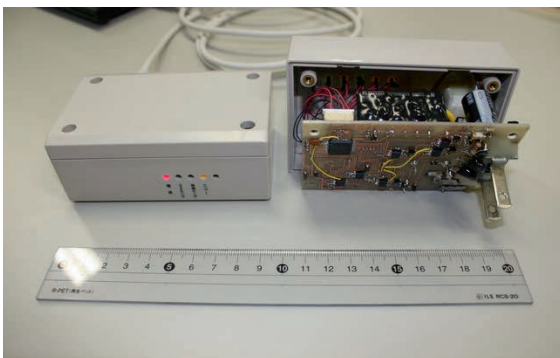


図2.10.14 家電モニタリングモジュール

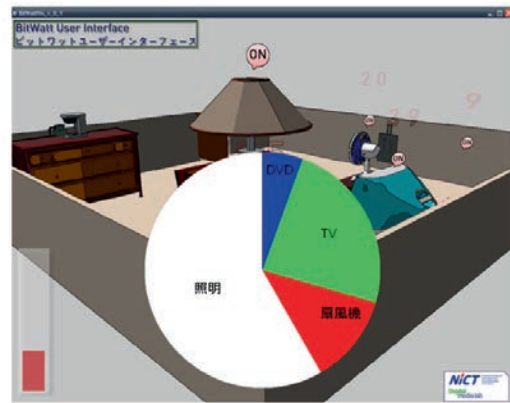


図2.10.15 消費電力の可視化の一例

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、特定の箇所を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、同一周波数で同一コブラによる電力供給・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）。

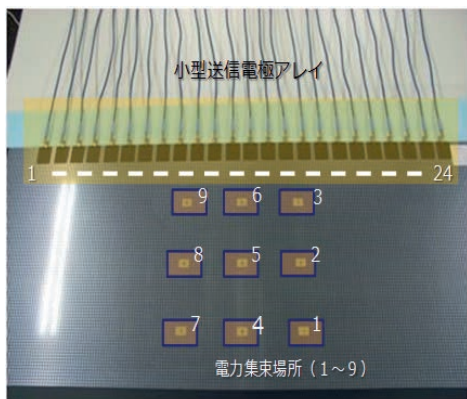


図2.10.18 電力伝送システムの概観

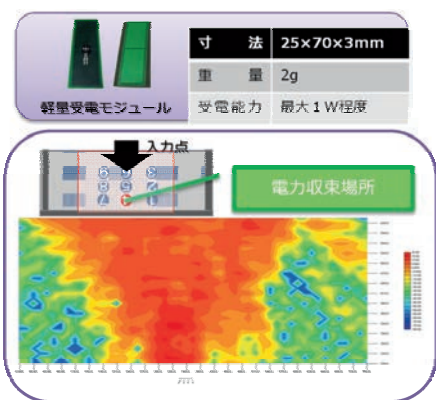


図2.10.19 位相変化による電界分布 (集束場所4の場合)

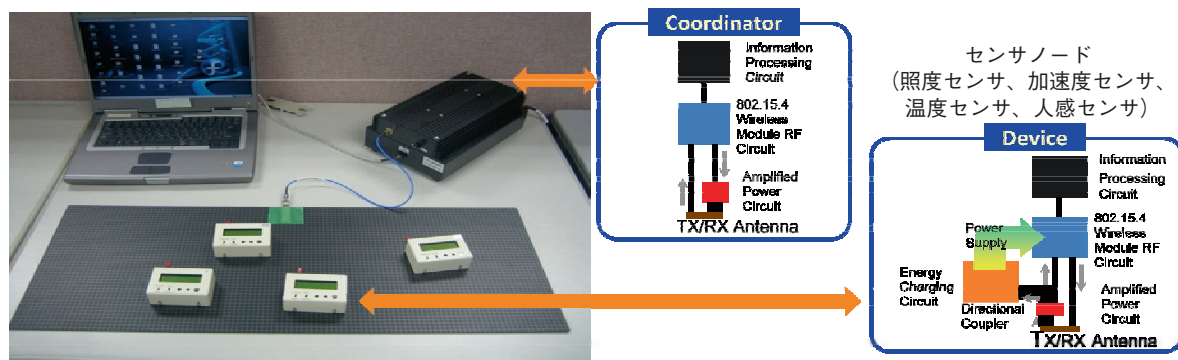


図2.10.20 同一周波数で同一カプラによる電力供給・通信を行うセンサシステム