

# ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発（ネットワークロボット技術）

（実施研究機関：株式会社国際電気通信基礎技術研究所、株式会社東芝、日本電信電話株式会社、三菱重工株式会社、松下電器産業株式会社（現パナソニック株式会社））  
 H16年度予算:2.7億円, H17年度予算:2.5億円, H18年度予算:2.8億円, H19年度予算:2.1億円, H20年度予算:2.1億円

## 1. 研究開発概要

### 基本計画書

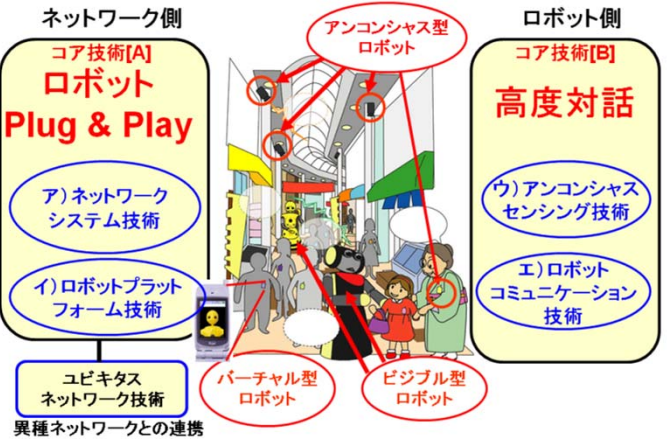
【目的】 少子高齢化社会に対しても安心、安全な生活の実現と次世代産業としてのロボット新市場開拓を目指して、ユビキタスネットワークとロボットが融合する「ネットワークロボット(NR)」の研究開発を開始し、本分野における国際的な技術開発競争において、我が国のイニシアチブを確保する。

【政策的位置づけ】 H15年5月 総合科学技術会議でロボットの利便性を高めるための、実世界の認識や人とのコミュニケーション能力の大幅な水準向上、ロボットがセンサやネットワークと接続して相互に通信しつつ様々な機能と新しいサービスを実現するための技術開発の必要性が指摘された。

【目標】 ビジブル・アンコンシャス・バーチャル型の様々なタイプのロボットがネットワークを通じて相互に連携することにより、ロボット単体に比べて実世界の認識や人とのコミュニケーション能力について大幅な水準向上を図るネットワークロボットに関する基盤技術を確立する。

従来は、

- 自由度(関節数)の異なるロボット動作を共通化できない、状況にあった発話動作ができない。
- ロボットとセンサ、携帯電話などとのネットワーク連携ができない。



研究成果により

- ★ 自由度の異なるロボット複数台がセンサネットワーク、携帯電話とネットワーク連携して、状況にあったロボット発話動作が可能になった。

## 2. 研究開発成果概要

コア技術[A] ロボットPlug & Play技術： ロボット、センサ、携帯電話・スマートフォンがネットワークプラットフォームにすぐに繋がる技術

通信インタフェースを共通化することにより自由度の異なる様々なロボットやセンサ、携帯電話を容易に接続できるロボットPlug & Play技術を確立した。2つの技術課題（(A)ネットワークシステム技術、(I)ロボットプラットフォーム技術）について研究開発を進め、以下の成果を得た。

(A) ネットワークシステム技術： 公共の場で異種および同種のネットワークロボット（ロボット、環境センサ、携帯電話）がネットワークプラットフォームに繋がり、協調・連携できるように、自由度の異なるロボット間の動作および通信の共通化（A1：異種ロボット動作編集共通化技術）、状況に応じてロボットが協調作業をするための最適配置・スケジューリング（A2：ロボット間協調制御技術）、人の指示によりロボットが情報家電をリモート制御する技術（A3：ロボットリモート制御技術）を実現した。

(I) ロボットプラットフォーム技術： 異種・同種のロボットがそれぞれに取得する、ロボットと人に関する情報を共通言語（上り：FDML、下り：CrossML）でデータベースとして統合する。安心・安全なサービス実現のための人やロボットの存在位置に関する情報の取得と、プライバシーに配慮した利用権限の認証を実現するために、個人IDタグ開発（I1：光学・アクティブ無線タグ）、上記データベースおよびロボットの行動やサービスに関する情報を記述したロボットコンテンツに、人およびロボットの利用範囲に関する情報を付加し、状況認識からサービス決定までの遅延が目立たない85ms以内で安全安心な情報配信を実現するための認証システム（I2：ロボットプラットフォーム技術）を開発した。



図1 ネットワークロボットプラットフォームとロボットPnP技術の各要素技術との関係

コア技術[B] 高度対話行動技術： ネットワークロボットの連携により人の行動や周囲の状況を認識し、自然な対話で情報支援や誘導をする技術

人同士の対話行動を分析することで、ユーザの位置・状況や人間関係に応じて異なる対話行動を選択する、高度対話行動選択技術を確立した。2つの技術課題（(U)アンコンシャスセンシング技術、(E)ロボットコミュニケーション技術）について技術開発を進め、以下の成果を得た。

(U) アンコンシャスセンシング技術： 100人規模の人が行き交う公共の場（地下街等）で、I1で開発した無線タグによる個人認証（U1：人物認証技術）、環境センサによる人の行動、周囲の状況（混み具合、人の視線、ロボットを触る度合い等）認識（U2：人物行動・状況認識技術）、U3：ロボットによる人の指示理解技術、U4：周囲環境理解技術、U6：触覚理解技術）、人同士の社会的関係（グループの集団行動等）を推定する技術（U5：社会的関係理解技術）を開発した。

(E) ロボットコミュニケーション技術： (U)で得られた周囲環境や社会的関係に応じて対話行動（ジェスチャー動作、移動、音声発話など）を変更できる技術（E1：高度対話行動技術）、複数台のロボットが協調して複数人の誘導案内を行う技術（E2：誘導案内技術）、ロボットが「あっち、こっち」等と発声して、空間内の対象に人の注意をひきつける技術（E3：共同注意技術）を開発した。

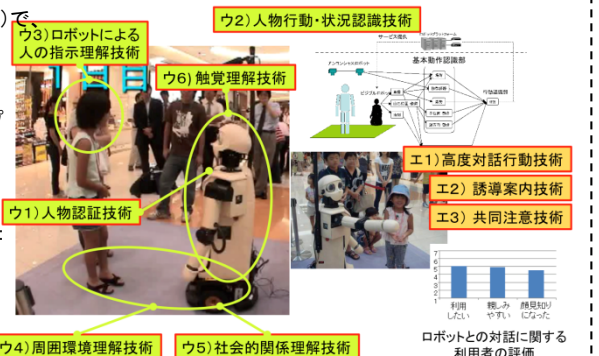


図2 人とロボットの自然な対話(実証実験シーン)と高度対話行動技術の各要素技術との関係

【最終目標を達成した実証実験】複合商業施設「ユニバーサル・シティウォーク大阪」にて、ネットワークロボット・プラットフォームに、4台のrobovie-II, wakamaru, ApriPoco, ベンチャー企業のロボットとの接続実験、人物行動認識システムを接続し、ロボットによる道案内やレガシー家電のリモート制御などのサービスを一般の人々に提供する実験を実施。その後、ASIMO(ホンダ)、DustBot(イタリア, FP6)などからの申し出があり、本成果との接続実験で、ロボット連携とサービス提供ができることを確認。

### 3. 研究開発成果の社会展開の状況

#### (1) 経済的・社会的な効果

【商品化】研究開発成果として得られた技術が直接的に商品化された例はないが、その後のプロジェクトを経て、人位置計測システムの実用化・商品化がなされている。

【特許】76件特許出願に対して35件登録終了。

【国際標準化】本成果のロボット位置情報(RLS(Robotic Localization Service))に関するOMG(Object Management Group)標準技術仕様が2010年に公開。

#### (2) 科学的・技術的な効果

【科学技術開発の誘引】本成果は後継ファンド8件(P1~P8)及び技術供与1件(T1)に発展(図3)。

【ユビキタスネットワークロボット技術(P1)への貢献】

本成果のネットワークロボットプラットフォーム(特にア2、ア3、イ2、ウ1~5、エ1~3)を基に、ITU-T SG16、Q25(F、USN)で議論し、場所の違い、ユーザの違い、ロボットの違い、遠隔操作者のスキル差を反映した多地点対応ネットワークロボットプラットフォーム(P1の成果目標の重要な柱)に関する勧告がH25年3月に実現できた。具体的には、多地点でも共通して制御できるア2、ア3、イ2を発展したアーキテクチャの提案、ウ1~5、エ1~3の技術を多地点でも同一ユーザであることを認証して履歴に基づいて話せる技術に改良した。

P1の成果であるUNRプラットフォームを利用した実際の介護施設における高齢者の見守りと移動支援サービスは、ICT超高齢社会づくり推進事業(H24年度補正予算)に採択され、サービス事業者の視点で費用対効果を検証中。

【内閣府連携施策(P2)への貢献】

商業施設内の人位置計測をレーザーレンジファインダとカメラが運動することによって5cm精度(従来は無線タグによる2.4m精度)に向上。その場合に、ア2のロボット協調制御、イ2の無線タグ特性、ウ4~5の環境理解・社会関係理解技術の諸特性を利用した。

【ユビキタス(P3)、情報大航海(P4)への貢献】

ア2、イ2、ウ1、3、4は、P3の基本システムに利用し、実際の小売店舗などでのO2O(Online to Offline)サービス、実世界レコメンデーションシステムを実現。一方、ア2、イ2、ウ1,4,5は、P4の基本システムに利用し、集団行動のグループの属性(年齢、男女など)に応じたサイネージ広告実験を行った。

【次世代ロボット知能化技術(P5)への貢献】

ア3、イ2、ウ2,4について、再利用性を高めるためにRTミドルウェア仕様の汎用API化を実現。NEDOを通じて、その仕様を公開した。

【人間と調和する情報環境(P6)、新学術領域:ロボット共生学(P7)、グローバルCOE:認知脳システム(P8)】

P6では、ロボットがいることでできる街角の人だかりが、通り過ぎる人々に迷惑をかけている状況をウ3、4、5の技術成果を利用して観測し、エ1~3の高度対話技術で邪魔にならない場所に移動する等の技術を開発中。P7,P8では、小学校や他の研究機関の実験室で、生徒の位置・動きの行動計測(ウ1,3,4)と遠隔操作ロボットで遠隔操作(ア2)と適切なアドバイス(エ1~3)を行うNR実験システム(イ2)に利用している。

【首都大学東京への技術供与(T1)】

首都大学東京らにア2、3の技術が供与され、高齢者の持つ加速度センサ等のセンサシステムと連動する対話ロボットによる高齢者見守りシステムが開発された。

#### ネットワークロボット技術

(ア) ネットワークシステム技術

- 1: 異種ロボット動作編集共通化技術
- 2: ロボット間協調制御技術
- 3: ロボットリモート制御技術

(イ) ロボットプラットフォーム技術

- 1: 光学・アクティブ無線タグ
- 2: ロボットプラットフォーム技術

(ウ) アンコンシャスセンシング技術

- 1: 人物認証技術
- 2: 人物行動・状況認識技術
- 3: ロボットによる人の指示理解技術
- 4: 周囲環境理解技術
- 5: 社会的関係理解技術
- 6: 触覚理解技術

(エ) ロボットコミュニケーション技術

- 1: 高度対話行動技術
- 2: 誘導案内技術
- 3: 共同注意技術

#### 【コア技術関連】 後継プロジェクト

P1: ユビキタスネットワークロボット(UNR)技術  
(ライフサポート型ロボット技術)(総務省、H21-H24)  
目標と成果: 高齢者・障害者のための多地点連携NR

P2: 内閣府連携施策: 施設内外の人計測と環境情報構造化の研究(JST、H18-H20)  
目標と成果: 人位置計測高精度化と環境情報構造化

P3: ユビキタス: ユビキタスマーケット(総務省、H21-H22)  
目標と成果: 人行動に応じたコンビニ商品購入促進技術

P4: 情報大航海プロジェクト(経産省 H20)  
目標と成果: 集団行動認識に基づくサイネージ広告

P5: 次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト  
(コミュニケーション知能(経産省NEDO、H19-H23))  
目標と成果: ロボット対話行動機能のAPI化

#### 【サイエンス関連】

P6: 人間と調和する情報環境(JST、H22-H27)  
目標: 施設内で邪魔にならないロボットサービス提供の環境理解技術

P7: 新学術領域: ロボット共生学(文科省、H21-H25)  
目標: 小学校での生徒行動認識とロボット教師の遠隔制御

P8: グローバルCOE: 認知脳システム開発研究におけるネットワークロボット関連実験支援事業(JST、H21-H25)  
目標: 認知科学へのNR技術応用

T1: 首都大学東京への技術供与(H21-H23)  
目標と成果: 高齢者見守りに対話ロボット協調と遠隔制御システム構築

図3. 本研究開発(NR)の技術成果を利用した後継プロジェクトおよび技術供与

#### (3) 波及効果

- ・本研究開発を通じてネットワークロボット技術と法的問題を整理した結果は、その後、EU FP7「RoboLaw」との連携によるロボット倫理指針作りにも発展した。
- ・IEEE誌や国際会議(ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction(HRI))等での成果が認められ、本研究開発に関わった研究者が英文誌NR関連特集号ゲストエディタやHRIの実行・プログラム委員長など運営に深く関与した。実証デモの効果で、代表研究機関ではポストクを15カ国から受入れ、この分野の国際的認知と国際的な人材育成を図ることができた。

#### (4) その他

- ・【論文発表等】NR成果の論文発表は、H21~H24年度でIEEE誌7件、HRI15件など論文33件(内海外15件)、国際会議等口頭発表305件(内海外95件)を発表、報道発表・取材なども138件(内海外10件)発表。

### 4. 政策へのフィードバック

・本プロジェクトはネットワークロボット技術の黎明期において同技術領域の研究開発を牽引するプロジェクトとして形成された。受託者が研究開発に取り組むとともに、1)産学官連携組織であるネットワークロボットフォーラム(H15~)、2)電子情報通信学会のネットワークロボット時限研究会(H17~H22年度)、3)クラウドネットワークロボット研究会(第1種研究会、H23~)、4)OMG、ITU-Tなどの国際標準化団体に対して積極的な情報発信を行ったことが、研究コミュニティの裾野の拡大や国際的な認知向上に貢献した。

・幅広い要素技術を開発し、またネットワークロボットのコンセプト実証実験は注目を集めたが、これらの技術を用いたサービスの普及には未だ至っていない。ネットワークロボットの事業化、技術の社会定着を進めるためには、更に目的・対象を明確にして具体的なサービス・実用化に向けたプロジェクトを立ち上げるなど、次の展開に結びつけることが不可欠である。