

# 実世界情報システムプロジェクト ロボット研究グループ 環境型物理支援ロボットルームの構築

佐藤 知正、森 武俊

情報理工学系研究科知能機械情報学専攻

## 概要

本報告では、人をさりげなく見守っており、必要な時に物理的支援を与えることができる環境型の物理支援ロボットルームの研究について、その基本的考え方と年次計画について述べ、また平成 14 年度に環境型の物理支援ロボットルームの要素として構築された、能動的ソーサと照明についてその実現機能と機構を明らかにする。

## 1 はじめに

本プロジェクトの目的は、人をさりげなく見守っており、必要な時に物理的支援を与えることができる環境型物理支援ロボットルームの構築をつうじ、人間と知能機械システム(知能ロボット)の新しいありかたと、それを可能にする科学・技術を明らかにすることにある。本年度は、その基本的なロボット要素、環境型物理支援ロボットルームの要素として、動くソーサと照明(能動的ソーサと能相的照明)を構築したので、その考え方、実現機能と機構を報告する。

## 2. 環境型物理支援ロボットルーム

### 2-1 基本概念

さりげなく人をみまもり必要な時に適切な支援をする部屋である環境型物理支援ロボットルームは、1992,3 年頃に構想され現在にいたるまで筆者らの研究室で研究が進めている新しい人間ロボット共棲システムの試みである。次のようなメリットを活かせる部屋を情報システム化するアプローチをとっている。

1)部屋は本来的に人間中心の場であり、人間中心技術が求められる。2)部屋は人がサービスを受ける場であり、研究開発のニーズが明快。3)部屋は 3 次元空間であるが人は基本的には2次元的にしか利用し

ておらずその間にシステムの作りこみが容易。4)部屋は全方位から人とインタラクション可能であり、人に向かうシステム構築に適している。5)部屋では人とシステムの空間共有が可能であり、人とロボットを同時に計測したり、人とロボットに対し同時インタラクションが可能。

### 2-2 年次展開

本プロジェクトの年次展開は以下のようである。

平成 14 年度:実世界情報学研究のプラットフォームとして利用可能なロボット要素の構築。

平成 15 年度:実世界情報システムを構成する要素である人とロボットおよびエージェントに対応した情報環境の仮想実現。

平成 16 年度:環境埋め込み型人間・エージェント統合情報処理モデルの構築。

平成 17 年度:ユビキタス情報システムとヒューマノイドおよび人間の融合システム化。人間計測と理解に基づく環境埋込型対話知能情報処理モデル構築。

平成 18 年度:実世界情報環境の完成。工学部2号館等の建物内研究インフラとしての設置と実証実験。

## 3. 能動ソーサシステム

環境型ロボットルームのアクチュエータをもつロボット要素の一つとして、テーブル上で物品を運搬する役割を担うシステムとして、ロボティックソーサシステムが実現された。

### 3-1 必要機能と実現機構

ロボティックソーサに必要な機能を、以下のように考え実装した。1)ソーサらしい形状で、かつ人による強

制移動を容易にするため、ロボットを円形でφ170mm、厚さ35mmとコンパクトな形状とし、外側に指を入れて、ソーサ本体を滑らせたり持ち上げたりできるようなくぼみをつけた(形状に関する要求)。2)荷重10Nの荷物を20mm/sで運搬できるようにするため、モータの回転を平歯車を介してタイヤ軸に伝えるようにし、また適切なスペックのモータを選定した(運搬機能に関する要求)。3)自己状態を認識できる最低限の機能として、ロボティックソーサ本体に物載センサ(ロードセル)・接触センサ(マイクロスイッチ)を搭載した(自己状態認識に関する要求)。4)ロボティックソーサ本体の位置・姿勢の検出を容易にするため、本体上面にLEDを配置した(位置・姿勢検出に関する要求)。5)制御用PCからの指令を無線通信によってロボティックソーサ本体へ伝えられるようにした(制御・通信に関する要求)。

以上のようにして、要求機能を実装したロボティックソーサを実現し、設計した。Fig.1に、ロボティックソーサ本体のアイソメ図を、Fig.2に、実現したロボティックソーサ本体の外観を示す。

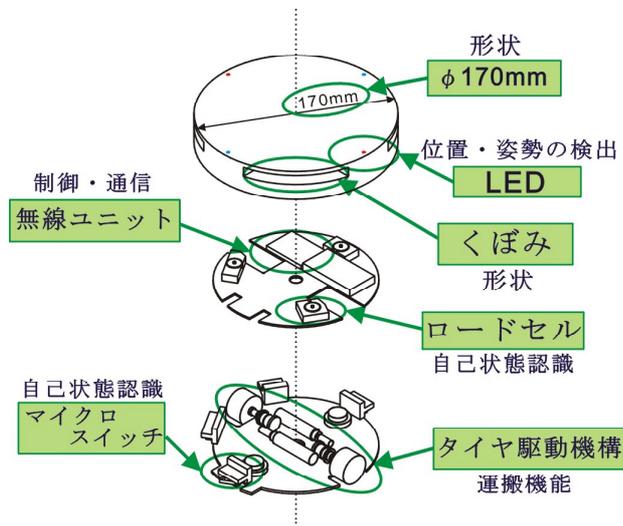


Fig.1:ロボティックソーサ本体のアイソメ図



Fig.2:ロボティックソーサ本体の外観

### 3-2 実現した能動ソーサシステム

制御用PCに画像処理ボードIP5000(日立製作所)を搭載し、TVカメラ(EVI-G20,SONY)から得た画像に処理を加えることによってロボティックソーサ本体の位置・姿勢を計測した。また、ロボティックソーサ本体にPIC16LF877を用いた制御用回路・モータドライバ回路・ロードセル用アンプ回路を搭載し、同時に搭載した無線モジュール(セイコーエプソン社)によって、PCからの指令を受け取り、センサ値などをPC送信するようにした。実現システムの概要をFig.3に示す。

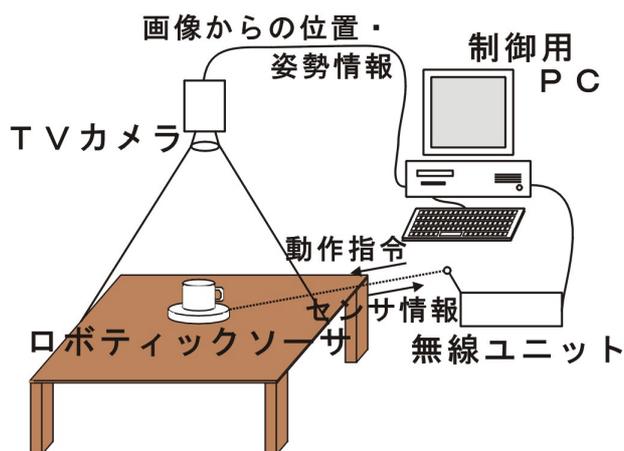


Fig.3:ロボティックソーサのシステムの概念図

### 3-3 評価実験

運搬機能についての性能を試験するため、実際にロボティックソーサを動作させたところ、最大搭載荷重

10N以上、最大速度55mm/sで移動させられることが確認された。また、画像処理による位置の同定の精度を測定したところ、誤差は最大29mm、平均22mmであった。さらに、PC上のプログラム中で目標地点の座標を与え、その地点までソーサを移動させる実験を行ったところ、目的地と到達点とは最大33mm、平均23mmの誤差であった。最後に、TVカメラ画像中から人の手を抽出し、手のある位置を目標点に設定してソーサを移動させる機能を実装し、正常に動作することを確認した。動作の様子をFig.4に示す。

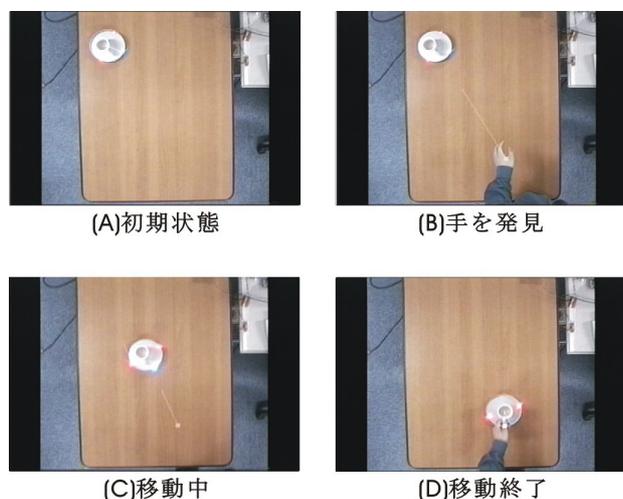


Fig.4:ロボティックスーサの動作の様子

#### 4. 能動照明システム

環境型ロボットルームのアクチュエーション要素ロボットとして、人間生活に関するデータが蓄積されているルームから得られる個人の行動情報に基づいて物理的な人間支援を行うことを念頭において能動的照明デバイス“ロボティック照明”が構築された。ロボティック照明は、人間の生活空間において、机とその周囲における各個人の行動情報に基づき、利用者とその行動ごとにあらかじめ設定された照明位置・光の向き・明るさを自動で再現して提供することを目的としたデバイスである。同じ作業状態でも各人の嗜好の違いに基づいて照明の位置が変化する個人適合支援、同じ個人でも作業内容によって照明の位置

が変化する行動適合支援を狙っている。

##### 4-1 必要機能と実現機構

ロボティック照明に必要な各要求機能を以下の機構で実装し、その基本的な性能を評価することでその実現を確認した。ロボティック照明の外観をFig.5に、関節等の配置をFig.6に示す。



Fig. 5:ロボティック照明の外観

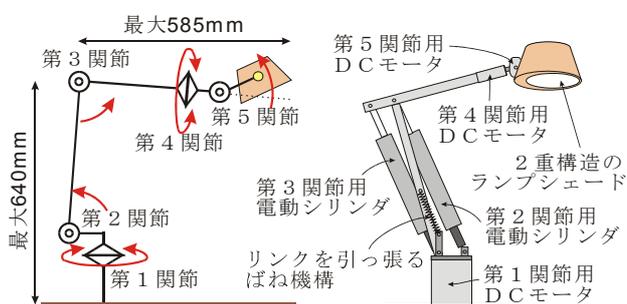


Fig. 6:ロボティック照明の関節・アクチュエータ配置  
必要機能と実現機構を整理すると以下ようになる。  
1)明るさを自由に設定可能な、調光に適した照明機能:小型で輝度が高く調光の容易な75W 白熱クリプトンランプの採用および、白熱ランプの発熱を考慮し、耐熱性・安全性に優れた二重構造のランプシェード(内側は白色塗装したSPCC, 外側は軽量のエキポシ系の樹脂)の採用により実現した。2)共生している利用者に安心感を与える、生活空間と親和性のある外観:現存のデスクライトに近い全体的にバランスの取れた形状、適宜曲面を用いた形状、上部水平アームが横から見て33mmの細さとなる設計、かつ配線

や歯車が外部から極力見えない詳細形状、及び統一感のある配色によって実現した。3)机とその周囲を照らすための十分な可動範囲:光の向き細かい設定が容易な5自由度リンク機構において各リンクの大きさを考慮し、机とその周囲を照らす可動範囲を実現した。4)照明が自動で動くための関節駆動機能:関節部が細くコンパクトに見える外観形状とスムーズな動作を実現するため、大きな推力が必要な第2・第3関節に最大推力200Nの電動シリンダによる駆動機構を採用し、第2関節にはリンクを引っ張ることで自重を支えるばね機構を採用した。第1関節にはDC モータ駆動機構を採用し、軸受には大きな曲げモーメントに耐えるクロスローリングを採用した。照明先端部は軽量に設計し、第4・第5関節には小型DC モータ( $\phi 10\text{mm}$ )による駆動機構を採用した。以上の各関節が想定した最大可動速度(安全面を考慮し、照明先端換算で $0.1 \sim 0.2\text{m/s}$ )で駆動することを確認した。5)利用者が動かして照明位置や光の向きを自由に設定するためのバックドライバビリティと、これによって利用者の安全を確保する安全性:シリンダ駆動関節にはシリンダと直列にロードセルを設置することで外力が加わった方向にシリンダを動作させる仕組みを実現し、モータ駆動関節にはFig.7 に示す構造をもつスリップクラッチ機構を装備した。これにより、照明と人間が干渉しても人間に大きな力が加わらない安全性を実現した。6)接触が生じた時などに利用者に自らの状態を知らせる対人自己状態通知機能:照明の電源のON/OFFを通知するLED内蔵スイッチの採用および、照明が人間や物体と干渉した時に警告音を発する電子ブザーの採用によって実現した。

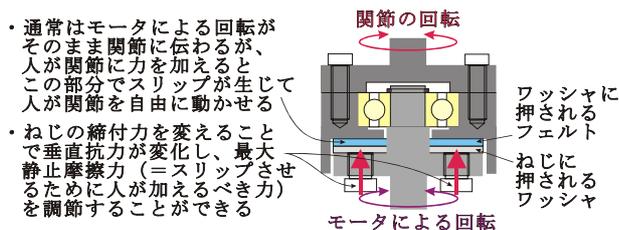


Fig. 7:スリップクラッチ機構の概要

#### 4-2 実現した照明制御システム

制御システムは照明の各センサやアクチュエータ・組み込みマイコン・PC から構成されており、組み込みマイコンが機構部のモータの制御、センサ値の取得等の低レベルの制御を行う。実現機能と機構は以下のとおり。1)関節角度計測機能:各関節のポテンシヨを用いて角度を $\pm 0.1^\circ$ 程度の精度まで計測可能な機能を実現した。2)利用者が照明を動かしたことを検知する機能:各関節の実回転角度とモータのエンコーダ値との比較、およびシリンダの根本に加わる力をロードセルで計測し自重に起因する値と比較することで照明が自動で動いている場合と人が外力を加えて動かしている場合との判別を行った。3)アクチュエータ制御機能:アクチュエータ駆動用定電流値を16段階に設定可能なPWM方式バイポーラ型モータドライバによって実現した。4)調光制御機能:クリック付きエンコーダを用いた調節つまみで白熱ランプの明るさを43段階に設定し、それに応じてPWM制御で明るさを調節できる機能を実現した。5)PC と通信を行う機能:115.2kbpsの非同期シリアル通信によって実現した。6)PC による個人行動適合制御機能:関節角度等の各状態量を元に、設定された照明位置・向き・明るさを実現するためのアクチュエータ制御回路・調光制御回路等への指令値を算出し組み込みマイコンに送る基本プログラムを実現した。

#### 5. おわりに

人をさりげなく見守って必要な時に物理支援を与える環境型物理支援ロボットルームの構築について、その基本的な考え方と年次展開を示し、平成14年度にロボット要素として構築された能動キッチンと照明についてその基本的な考え方、必要機能と実現機構とシステムを述べた。新しいロボットと人間とのかかわりを追求することがこれからの課題である。