

## 案内ロボットの開発(第3報)

藤井 勝敏      西嶋 隆      棚橋 英樹

山田 俊郎      田中 泰斗      千原 健司      稲葉 昭夫

### Development of a Guide Robot (3<sup>rd</sup> report)

Katsutoshi FUJII    Takashi NISHIJIMA    Hideki TANAHASHI  
Toshio YAMADA    Taito TANAKA    Kenji CHIHARA    Akio INABA

**あらまし** 岐阜県先端科学技術体験センター(サイエンスワールド)に展示する案内ロボットを開発した。本年度は前2報における設計を基に、案内ロボット実機の開発と、行事案内や教育番組等を提供するプレゼンテーション機能にロボットの動作を同調させる管理システムの開発を並行して行った。そして平成18年11月より現地での一般公開を開始した。本報ではこれら一連の経緯および一般公開により得られた知見について報告する。

**キーワード** 案内ロボット, 安全対策, ロボットシミュレータ

#### 1. はじめに

本事業は、人と共存し、人の役に立つロボットの実現を目的に、当研究所における過去のロボット開発経験(二足歩行ロボット”ながらー3”など)を踏まえて、研究成果の実証事例として、一般および学校団体向けの科学技術体験施設である岐阜県先端科学技術体験センター(サイエンスワールド:瑞浪市)で、来館者に対してロボットそのものを展示する目的に加え、来館者とコミュニケーションをとることができるロボットの、企画、設計、製作を一貫して行ってきたものである。

平成16年には、商業施設内を巡回しながら店舗の前で音声による案内をする自走型案内ロボットを開発した。

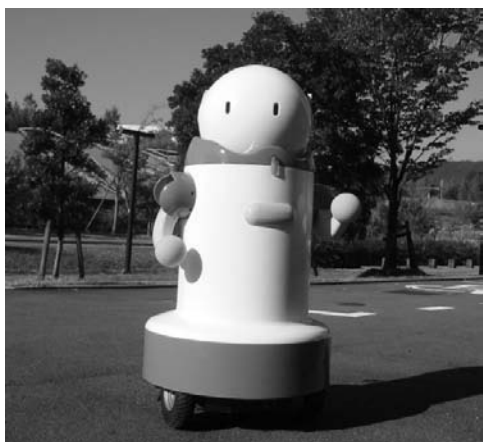


図1 サイエンスワールド案内ロボット

このロボットはJR岐阜駅ACTIVE-G内で10日間の運用実験を行い、開発に必要なプロセス管理・技術と合わせて、一般公開にかかわる安全面・運用面での知見を得た<sup>[1]</sup>。

平成17年には、2005年日本国際博覧会(愛・地球博)会場において133日間21万人の来場者に対して、入場券に組み込まれた無線ICタグの固有番号に対応した画像と音声による岐阜県の観光案内を行い、長期間に渡って、不特定多数の利用者に対して安定的にサービスを提供するための知見を得た<sup>[2]</sup>。

また、同じ平成17年度よりサイエンスワールドでの展示を目的とした案内ロボットの仕様検討を開始し、来館者の年齢層と施設の趣旨・人員配置を鑑みてロボットの機能、外装デザインおよびシステム設計を開始した<sup>[3]</sup>。

今年度はその設計をもとに、実際にロボットを製作し、サイエンスワールドで一般公開を行った。開発に際しては特に安全面に配慮して一般公開に備えた。また、その製作と並行しロボットの設置目的の一つであるロボット技術の解説や行事案内等のサービスを行う管理システムのプログラム開発を行った。本報では、今回開発したロボットの概要と一般公開より得られた知見を報告する。

#### 2. 案内ロボット概要

開発した案内ロボットの外観を図1に、諸元を表1に示す。サイエンスワールドでは、来館者の約6割が小中学生である。そのため、小学生低学年の児童にとって親しみが持てるように寸法(高さ)は95cmとし、全体的に丸みを帯びた形状とした。外装は主にナイロン樹脂製で、素手による打撃程度の衝撃には十分耐えうる強度を確保

表1 案内ロボット諸元

寸法	95cm
重量	28kg (バッテリー, 外部電源含まず)
電源	DC24V (鉛蓄電池または外部電源)
台車	Pioneer3 DX(リバスト) ラジオコントロール, TCP/IP制御
駆動部	6軸(頭部2軸, 腕2軸×2本)
表示部	フルカラーLED×10灯 (マイコン制御, RS-232C)
音声出力	内蔵スピーカ SMARTTALK(沖電気)
センサ類	レーザー式測域センサ(北陽電気) CCDカメラ×2(モスウェル) RFIDタグリーダ(Alien Technology)

表2 安全対策

対策項目	内容
注意告知	事故防止のための注意事項をロボットの近くに掲示, および定期的に画面に表示
圧迫事故防止	モータの可動範囲を制限し, 関節の動作時に指を圧迫しない程度の隙間を設定. また鋭角部分に指等が入らないよう発泡素材の充填やゴム等で被覆.
接近検知	測域センサが一定距離以下に遮蔽物を検知した場合, サーボ停止
出力制限と過負荷検知	モータの出力を必要最小限に設定し, 過電流を検知した場合, サーボ停止.

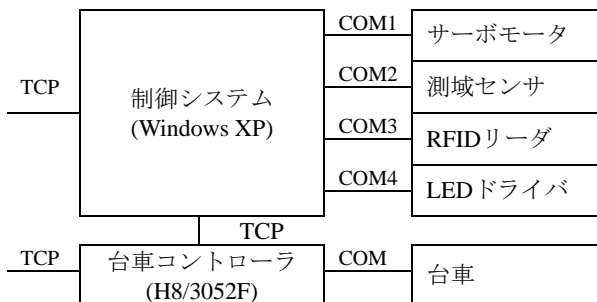


図2 案内ロボットシステム構成

している。一方で、特に小児が触れようとする傾向がある手先にはスポンジボールを使用することにより、駆動部先端が衝突した場合の衝撃を吸収するとともに、親近感を高める効果が期待できる。

案内ロボット本体は、センサやサーボモータドライバなどを独立して制御するマイコンボード群を、Windows XPをインストールした制御システムにより集中的に管理する構成となっている(図2)。制御システムは、電源を投入するだけで自動的に内部の制御プログラムが起動し、初期診断動作およびロボット単体で応答するサービスが作動する。次に、TCP/IPによるネットワーク接続サービスが開始して後述の展示管理システムからの制御に備える。

### 2. 1 安全対策

安全対策においては、昨年度の仕様検討時から以下の事項が問題となっていた。一般に小学生低学年を対象としたロボット展示においては、常時、職員をロボットの周辺に配置するか、ロボットの周囲に柵を設置する方法が取られている。しかしながら、前報<sup>3)</sup>で報告したように展示側の要求事項として、運用に際し職員を常時配置し、ロボットを常時操作するようなシステムは実用的でないことが挙げられている。また、柵などの物理的な方法では、ロボットと来館者との親和性が損なわれ、サイエンスワールドの設置目的である“科学技術に触れる”という趣旨に沿わない。そこで表2に示す多重の安全対策を施した。

この安全対策のうち、接近検知はロボットに内蔵した

レーザー式測域センサからの距離情報を利用して、ロボットの可動範囲内に遮蔽物を検知した場合、ロボット可動部のサーボモータを停止するもので、柵に相当するものである。しかしながら、物理的な柵とは違い、来館者からは目には見えない論理的な柵であるため、親和性を損なうことなく安全性を保つことができると考えられる。また、この接近検知がうまく作動せず、指を挟みこんだ場合においても、サーボへの過電流を検知し、サーボを停止することで、指に深刻な怪我を負うような事故を防ぐことができる。

また、来館者に対する安全対策とは異なるが開発担当者会議において、子供による飲み物などの水分がロボットに掛けられる恐れがあるとの指摘があった。そのため、流入した液体を集積しドレインホースから排出する機構を駆動系、電装系と干渉しないように配置することで、ロボットの故障及び漏電に対する対策を施した。

### 2. 2 展示管理システム

今回の展示では、45インチの液晶パネル型ディスプレイを案内ロボットと併設し、来館者に対して画像や文字による情報提供を行う。そのため、提供する情報の管理や情報提供のタイミング、利用者からの要求を受け付けて応答するための管理システムを開発した。このシステムはノート型PC上で動作させ、サイエンスワールドの運営状況の入力の後、案内ロボットとネットワーク接続して来館者に対するサービスを開始する。

提供する情報は、公開当初の時点で付録に示す構成になっており、来館者がRFIDタグ内蔵のパッドをロボット頭部に当てることや、測域センサの感知する領域内に遮蔽物(来館者の足)を検知することを契機に、あらかじめ用意した番組を開始する。この番組では、画面上で画像や文字による解説、案内のみならず、例えばロボットに搭載したフルカラーLEDを使用して、光の加算合成を解説する場面や、相槌を入れるようにロボットの頭部を駆動するなど、画面とロボット本体を連動させる内容で構成した。

なお、本システムが提供する番組の内容は、専用規格

表3 設計変更項目

要素名	当初予定	問題点・懸案事項	変更・対策
音声認識	番号, 単語程度の指示を来館者の声で入力できるようにする	不特定話者(特に子供)認識が困難である。体内は雑音が多いため、マイクをロボット外に取り付ける必要があるが、破損しやすい。	廃止。代わりにRFIDパッドや測域センサによる体験要素を含む指示方法を採用した。
台車	ロボットを自走させる	転倒や接触事故の恐れがあるため、随伴する監視員が常時必要になる。	通常展示では固定(転倒防止処置)。但しステージショーのように、スタッフ監視の下では走行を伴うデモも可能にする
画像認識	来館者の顔を認識し、その方向を見て挨拶する	照明条件の影響を受けやすく、現地での調整が必要となる。特に現地は西日が差し込む環境ため、安定性に疑問	画像処理による人物認識の代わりに、測域センサで位置を推定し、その方向を向くようにした

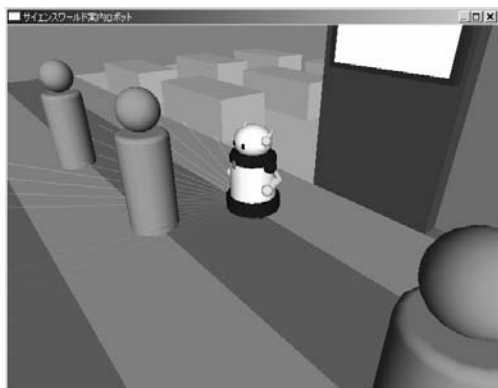


図3 案内ロボットシミュレータ

のスク립ト言語(テキストファイル)で記述することができるため、行事予定の追加, 更新など, 永続的な番組内容の保守作業を, 施設の担当者が容易に行えるように配慮した。また, 番組内容の急な変更においても数行程度のスク립ト言語を追記, 変更することで簡単に対応が可能である。

### 2. 3 ロボットシミュレータ

今回の開発では, 管理システムとロボット内の制御プログラムと一部のマイコン用ファームウェアを除き, 過去の研究開発で仕様実績のあるロボット要素技術を集結することで, 限られた開発期間内で高機能なロボットを完成させることにした。しかしながら, 研究段階では問題なかった要素技術の一部が, 担当者会議において, 一般公開の際に安全性・安定性に関して不安視されたため, 表3に示すように仕様変更あるいは廃止を決めた。

また, 一般公開まで日程的に余裕がなかったため, 実装するに至った要素技術については, ハードの開発とそれらを統括する管理システムの開発を同時に進める必要があった。そのため, 各装置の制御プロトコルを早期に確定し, 設置場所を模した仮想空間中に案内ロボットシミュレータ(図3)を構築して開発中のテストに使用した。特に, 提供番組の制作が佳境となる開発終盤においては, 広報活動に伴う分解・運搬のほか, 断線等突発的なトラブルが発生し実機でのテストができない状況が発生したが, シミュレータ上での内容確認や動作テストにより代替することができた。

### 3. 一般公開後の反応

案内ロボットは, 平成18年11月19日より, サイエンスワールドのエンタランスで一般公開を行っている。公開してから, 約半年が経過しているが, 特に大きな問題もなく, 多くの来館者が立ち寄る人気展示物として好評を得ている。また, 開発段階において心配された安全性の面に関しても, これまで問題は生じていない。

特に学校が休みとなる土・日曜日は, 来館者が途切れることがなくロボットを訪れており, ほぼ常時稼働している。しかし, 小学校低学年や幼児は, ロボットの動きの方に興味があり, 画面に注目が薄い。また, 画面の表示スピードが速いことや漢字表現により, 説明が理解できないようである。現在のところ, 保護者のサポートに期待しているが, 小さな子が一人でも楽しめる内容が要望されており, 今後の課題として改善していきたい。また, ロボットの公開時に人が殺到し, 接近検知によりロボットの安全機構が解除できない問題が生じた。そのため, 安全機構が解除される距離を明示するため, 床に赤テープを張ることやロボットからの音声による喚起を行ったが, 今度は赤テープの外から体を伸ばしてRFIDのパッドをあてようとする来館者が出てくることも見受けられ, 検討を要する。

小学校低学年や幼児にとっては, ロボットに直接触れ



図4 公開展示の様子

ることができることが魅力であり、今後はロボットの発話を増やすことやパッド操作によるロボット動作の多様性の確保を図っていきたいと考えている。

#### 4. まとめ

本事業では、「案内ロボット」と称して店舗案内、観光案内、施設・行事案内を行うロボットを開発してきた。開発に際しては、研究室の外で運用させることに伴う安全面、安定性、運用手順に比重を置いた研究開発を進めてきた。特に運用面に関しては、日々の操作について専門技術者ではない担当者に委任することに配慮する必要がある点において、従来のロボット研究とは一線を画す内容であるといえる。

また、本事業ではロボット本体の開発が最終目標ではなく、一般客に対してサービスを提供した上で発生する事案に対処すべく知見を得ることであるため、限られた開発期間の効率的利用や、集客のための広報計画の実行など、単に技術面に限らないノウハウの蓄積・活用が不可欠であった。

本事業は今年度で完了となるが、開発した案内ロボットが今後も永くサイエンスワールドで活躍することを期待し、結びの言葉とする。

#### 謝 辞

案内ロボットの企画、機能などについて共に議論して下さい、また展示スペースの確保や運用について配慮して下さいました、岐阜県先端科学技術体験センター日比野館長、青山副館長、田中課長補佐に感謝いたします。また、今回の案内ロボットに「サイマル」という愛称を付けて下さいました渡辺千陽さん(7歳)をはじめ、愛称募集に応募して下さいました多くの皆様に深く感謝いたします。

#### 文 献

- [1] 西嶋ほか，“案内ロボットの開発”，生産研報告第6号，pp.51-55, 2005.
- [2] 山田ほか，“入場券を利用した案内ロボットの実演”，生産研報告第7号，pp.54-55, 2006.
- [3] 西嶋ほか，“案内ロボットの開発(第2報)”，生産研報告第7号，pp.51-53, 2006.

#### 付 録

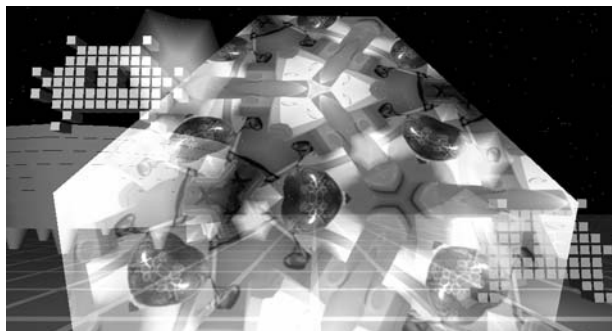
##### 管理システムが提供する番組(公開当初)

###### 案内モード

- 施設案内
- ステージショー等の案内
- 開発元(当研究所)の紹介

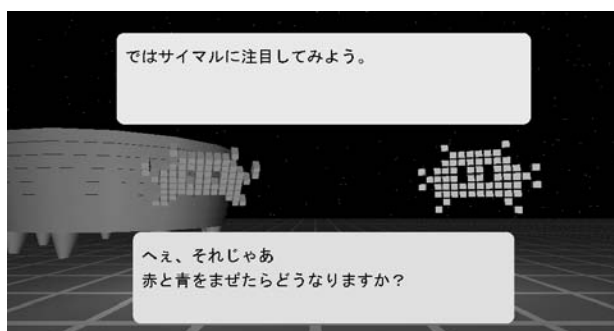
###### 待機中

- 注意事項の告知
- 行事予定時刻表
- ロボットダンスと仮想ピアノ体験(下図)



###### レクチャーモード

- レーザー測域センサのしくみ
- LEDによる光の合成実験(下図)
- CCDカメラのしくみ
- 音声合成のしくみ



###### クイズモード

多数決による多人数同時参加可能な科学クイズ

