

空港案内ロボットシステムの開発とデザイン

Development and Styling Design of Airport Guide Robot System

齊藤 陽子¹
Yoko SAITO

興石 健²
Takeshi KOSHIISHI

要 旨

「人と共存、協調して社会の中で役に立つロボット」の実現を目指し、人々が行きかう公共空間の一つである空港施設内で案内サービスを行うロボットシステム開発において、コンセプトを「つき添う羅針盤」と定めた。空港関係者、Honda 所員の家族へのアンケート調査を実施し、生の声を聞き潜在的な要望を探りながらデザインを熟成させた。開発の進捗に連動した駆動機構の改良や各種センサ類の成立性を精査し、モックアップや試作機を経て受付ロボットと誘導ロボットを親しみやすく機能的なデザインとして具現化した。

お客様が戸惑うことなく利用できるインタフェースと、空港利用者が混雑する環境でも人と同じように誘導移動できる技術を開発し、コンセプトに沿ったサービス提供の可能性を空港施設実地にて検証した。

ABSTRACT

In an effort to create “a robot that coexists and cooperates with people and performs useful functions in society,” the concept of a “Compass to Accompany” was formulated during the development of a robot system to provide a guide service inside an airport facility as one public space in which individuals are coming and going. A questionnaire was administered to airport staff and to families of Honda employees, and a design was brought to fruition that entails identifying a potential request while listening to a live voice. Thorough consideration was given to enhancements to driving mechanisms and to the feasibility of various types of sensors associated with advancements in development; mockups and prototypes were obtained; and reception and guide robots were realized as easy to talk to, functional designs.

Development efforts yielded an interface that guests can use without confusion and a feature capable of performing guided movement in the same manner as a human, even in an environment crowded with pedestrians, confirming the potential of offering a service consistent with this concept in an actual airport setting.

1. 背景

1.1. Honda ロボティクス開発の背景

Honda は 2030 年ビジョン「すべての人に、『生活の可能性が広がる喜び』を提供する」を掲げ、その取り組みの一つとして ASIMO に代表されるロボットの開発⁽¹⁾を継続して推進してきた。さらに人のすばらしさが際立つロボティクス社会の実現を目指し、ロボットが単なるデモンストレーションではなく実際に人の役に立ち人と共存する姿を模索した。

近年、テレワークや Web 会議などのリモート環境を前提とした生活様式への変化、人を介さないサービスへの需要など、社会環境の変化や生活レベル向上への関心から人と共存可能なロボットの需要がより高まってきている。また労働力不足の解決策としてもロボットが期待されており、その分野として配送・清掃・案内業務が挙げられる。とりわけ案内業務においては多様な国や地域の人々に対応するための多言語対応が重要な課題であるが、国内に多言語で情報提供できる人材を確保することは容易ではない。スマートフォンなどの個人情報端末が普及し多言語での地

¹ ライフクリエーションセンター

² デザインセンター

図アプリを使った情報提供も進んでいるが、ある程度のメディアリテラシーが必要とされる上、施設内探索など移動を伴う困りごとと解決のために自身の端末で享受されるサービスには限界がある。

我々は、施設が提供する既存サービスとロボットシステムの連携により施設利用者が知らない場所でも戸惑うことなく移動できるシステムの実現を目指した。

1.2. 空港案内ロボット開発の背景と概要

本開発では検証先の施設を成田国際空港（以下、成田空港）とし、成田国際空港株式会社とともに空港におけるロボット利活用に関する共同研究を実施した。成田空港はイノベーションの推進による生産性革命のためにロボット導入を計画・実施している公共空間施設である⁽²⁾。我々は空港関係者と、空港利用者や施設運営側の困りごとを解決し、かつ先進的なアプリケーションを模索しながら Fig. 1 のようなロボットの利活用イメージを検討した。そして人の多い環境でスムーズに移動するロボットの自律移動技術活用のうち、技術課題の多いチャレンジングなテーマとして案内サービスを設定した。案内は配送や清掃と比較して、ロボットが混雑環境を人と同じスピードで移動し、対向者や障害物検出時に止まることなくスムーズによけることを要求されるためである。両社間でこのような議論過程を経て空港案内ロボットシステムの開発を開始した。

空港利用者を待ち受ける時の案内ロボットシステムの姿を Fig. 2 に示す。本システムは、広い施設の中でロボット案内サービスの存在をアピールし、またロボットの住み家として位置づけたロボットホーム、その中でお客様と接し受付案内を担当する受付ロボット、ロボットホームを始点に空港内を移動しながら実際にお客様を目的地まで誘導案内する誘導ロボットで構成し、それらを運用システムと名付けたクラウド上のシステム⁽³⁾により連携させ運用する。

空港利用者のロボット使用の流れは Fig. 3 の通りである。受付ロボットはタッチパネル式のディスプレイに目的地までの地図やお勧めの店舗などの情報を表示し、お客様とインタラクションを取りながら詳しくじっくりと案内を

行う。その一方で誘導ロボットは表示する情報を絞り軽量化することで、運動性能を向上させ人々が行きかう空間をきびきびと案内を行う。受付ロボットと誘導ロボットに役割を分けているが、それぞれはシームレスにつながり、お客様に案内サービスを提供する。

これらの実現により、お客様にはロボットに目的地まで案内されたという新しい体験、成田空港には案内サービスの新しい形を提供できる。そしてロボットが人と共存する環境下で働き続け人手不足を補う新たなサービスを創出する。

本稿では、案内ロボットシステムのコンセプトとデザインについて、そして新たに開発した機能と成田空港での検証について紹介する。

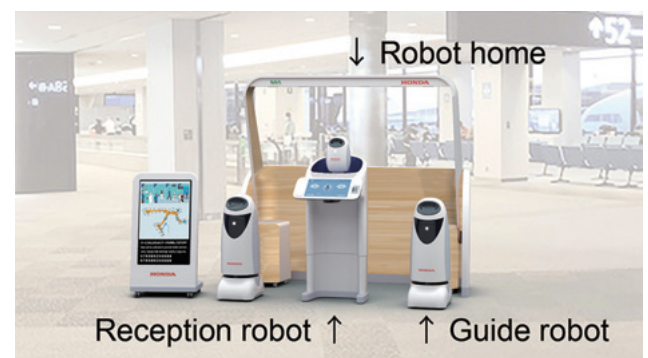


Fig. 2 Robot home, reception robot, and guide robot

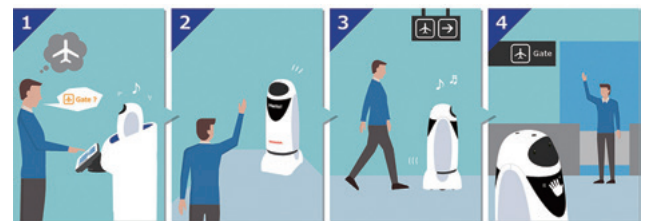


Fig. 3 Utilization flow of guide robot service

2. コンセプト

人々が行きかう公共空間をスムーズに移動し、人に不安を与えず案内サービスを行うロボットにふさわしい佇まいや仕草を検討し、さらに案内サービスを受けるお客様の気持ちはどんな状態が望ましいのかを考察し、そのコンセプトを「つき添う羅針盤」と定めた (Fig. 4)。

「つき添う」は心地よい距離感で気にかけてくれ、安心できる存在であることを示し、「羅針盤」は目的地への方向とルートを示す正確無比なツールであることを示す。空港で出会い案内サービスを受けたあと、また会いたくなるような心に残る存在となることを目指している。



Fig. 1 Image of robot utilization at airport



Fig. 4 Development and styling design concept

3. 誘導ロボットのデザイン

3.1. デザインプロセス

外観デザインの変遷を Fig. 5 に示す。

まず、UNI-CUB⁽⁴⁾で開発した自在移動機構をベースに機能最優先の極めてシンプルなデザインとした [Fig. 5(a)]。

次に成田空港で人が少ない時間帯に Fig. 6 で示すように、パネルで作成した疑似モデルを持ち込み、使用されているカートやベビーカーなどの比較を行い、それらに埋没しない存在感をもつが威圧的ではない全高 1100 mm 前後をロボットの最適サイズと定めた。駆動機構は人の中での活動で考えられる多方向からの入力に対しても均等に反応でき、かつ床面投影面積を最小化できる、ボール駆動^{(5),(6)}に移行した。デザインは仮にロボットが転倒した場合に転がり続けることを防ぐ六角断面のボディ形状で推進した [Fig. 5(b)]。

試作機での動作テストを行いながらリファインを進め 2018 年 4 月に国際空港展に出展し、将来の空港でのサービスの姿を示した。さらにグラフィックを変更し 2019 年 1 月にラスベガスで実施された電子機器見本市 CES にて P.A.T.H. Bot と称し動的展示を行った [Fig. 5(c)]。デザインへの反響は、決して否定的ではないものの印象には残りにくいものでもあった。これは人々が物珍しさからロボッ

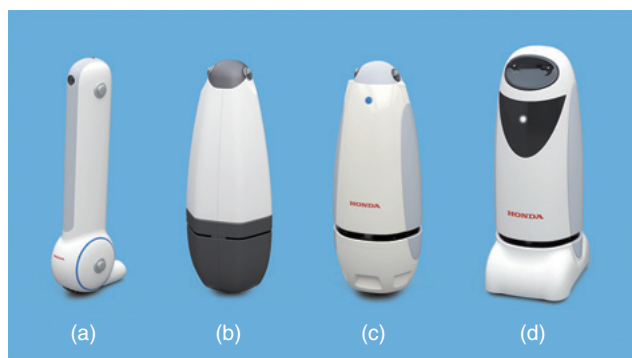


Fig. 5 Design process

トに近づくことで案内業務に支障が出る懸念を払拭するため、あえて無機質な外観としたことに起因すると考えられた。空港内で実際にロボットに案内をしてもらうお客様の気持ちからすると、もう少し血が通った感じがする、生きているようなデザインが望ましいと思われ、3.2. 節で述べるデザイン調査の結果、および 3.3. 節で述べる ASIMO デザインとの共通イメージを反映させ、つき添う羅針盤コンセプトに昇華させた。

さらに空港でのテストを繰り返し、より認識精度を向上させるためにボディ両サイドに配置していた魚眼カメラを、5 眼レイアウト (前方二つ・上方二つ・後方一つ) の広角カメラに変更し、駆動機構は走行時の安定性を向上するため、ボール駆動から差動二輪駆動とした。この駆動方式では真横への移動ができずインタラクションの表現が限られるものの、取り扱いが容易になり挙動の安定度が増し、視覚的な安心感を高めることができた [Fig. 5(d)]。

3.2. デザイン調査

つき添う羅針盤コンセプトを現す外観デザインとして、つき添う感＝親しみやすさを重視した丸みを帯びた案、羅針盤＝機能性を重視した直線的な案、そしてそれぞれの特徴をもつ中間的な案を検討し、原寸大モックアップを作成した。さらに案内サービス中のロボットが表示するサインエージ動画を作成し、PC 画面上で確認できるようにした。

それらを空港スタッフの方々や Honda 所員の家族に見ていただき、ヒアリングとアンケート調査でコンセプトが狙い通りに受け取られるか否かを確認した。結果は当初の予想通り、親しみやすさを重視した案の評価が高かったものの、肝心の目的地までの正確な案内は難しい印象を与えていた。その他の案は案内をして欲しいロボットに該当しないとの回答が得られ、いずれの案もコンセプトに達していないことが分かった。

また特筆すべきは、子供と大人では回答の差異が見られなかったことが挙げられる。子供は親しみやすい案のポイントが高くなることを予想していたが、そのようなことはなかった。



Fig. 6 Study of robot heights in Narita Airport

3.3. ASIMO デザインとの共通イメージ

ASIMO が 20 年にわたり一定の人気を得ることができている理由として、親しみやすさを狙った媚びたデザインではなく、そのコンセプト「先進性と親和性の調和」(Fig. 7)の通り、機能に実直でシンプルなデザイン⁽⁷⁾に由来するものと考えている。空港案内ロボットも ASIMO と同様にシンプルで機能的なかたち、それでいて冷たなく生きている雰囲気をもたせることを狙い、顔の形状、丸みのあるボディ、腕を想起させるサイドパッド、サイネージエリアをデザインした。さらに外観塗装色を ASIMO と同じホワイト・グレー基調とした (Fig. 8)。その結果、空港内で案内サービスを行うのに理想的と考えられる、つき添う羅針盤コンセプトを親しみやすく機能的なデザインで具現化することができた。

3.4. サイネージのデザイン

空港内でお客様を誘導案内するにあたり、最適なサイネージを検討した。空港利用者がいない時間帯に、Fig. 9 に示すように既存のリモコン式ロボットに小型モニターを設置の上、サイネージ情報を表示し、お客様に扮した所員が後をついて行き案内誘導を疑似体験した。その結果、以下のことが分かった。

- ・ 表示内容が多いと画面を注視し、周囲を見ず危険。
- ・ 情報量が多いと、その理解のために歩行速度が遅くなる。
- ・ 案内をされるお客様に加え、周囲の方々への表示も必要。

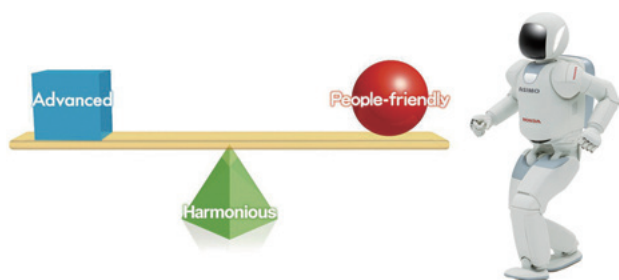


Fig. 7 ASIMO design concept



Fig. 8 Final design

そこで必要な時に必要な情報のみをシンプルに表示することをサイネージの方針とし、下3つの観点で整理を行い、Fig. 10 で示すようにボディ前面と背面にサイネージ表示エリアを設けた。前面は案内されるお客様と周囲の人々に向けて、背面はロボットの後方について歩くお客様に向けての情報表示を行う。

- ・ 案内開始時:目的地を表示する。表示図形は空港で使用しているピクトグラムに準ずる。
- ・ 移動タイミング:曲がる方向、危険回避、停止
- ・ 相手を認識している時:挨拶や気配り

上記に加え 3.2. 節で述べたデザイン調査の際、成田空港のユニバーサルデザイン推進者からの指摘として、色覚弱者には白地に青文字などの表示ではコントラストが弱く識別しにくく、黒地に白や黄色でコントラストを最大限高めることが最良であるとの重要な知見を得た。そこで視力が弱くなっている高齢者や色覚弱者に対しての識別性を上げ



Fig. 9 Simulated experience of temporary guide robot



Fig. 10 Guide robot signage displays

るため、黒色画面に白の発光色とし、待ち受け、挨拶、案内中、到着などサインージ表現を作成した。

4. 受付ロボットのデザイン

人々が戸惑うことなく自然に空港案内サービスをご利用いただくには、どのようなアプローチが望ましいか考察した。通常は人と人が相対するのが理想と考えられるが、言葉が通じない心配や、案内サービスカウンターが混雑し忙しそうのため遠慮したりなど、人であるがゆえに躊躇してしまう場合もある。一方で完全な機械式の受付は合理的ではあるが、使い方が馴染めず不安になってしまうこともあり、案内サービスとして十分とは言えないシーンもある。単なる画面のインタフェースではなく、Fig. 11 に示すようにフィジカルな存在であるロボットが相手をしてくれる方法が、人々を惹きつけ、より安心感が得られ有効であると考えた。

空の旅という非日常の楽しい世界へ誘う存在として、達磨、招き猫、福助など古より人々の心をとらえている神的なオブジェのプロポーションを参考に、誘導ロボットとの共通性をもたせた外観デザインとした。お辞儀 (a)、かしげ (b)、振り向き (c) などの動作でお客様に対応する。また、19.5 インチの大きなタッチパネル式のディスプレイで目的地の情報を詳細に表示することで視覚的にお客様の理解を高めることを狙った。ロボットとタッチパネル部は、車いすユーザの方、背の高い方、それぞれ無理のない姿勢での対応を可能とするため、電動昇降式とした⁽⁶⁾。

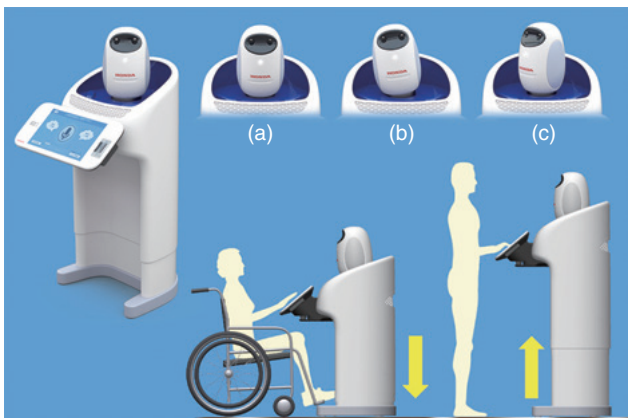


Fig. 11 Reception robot design

5. インタラクションデザイン

5.1. 笛の音とボディアクション

受付案内では、人型でないロボットが人間の言葉をちぐはぐに話すことは違和感を生じさせるため、言語に影響さ

れない音とボディアクションによる働きかけが効果的であると仮定した。空港内は館内アナウンスや雑踏雑音が多いが、その中でより人の耳に届く効果を狙い、ロボットの発する音は笛の音 (雅楽で用いる竜笛) をモチーフに作成した。

受付ロボットの稼働時、誘導ロボットの誘導案内中にメロディを奏で、揺動や回転などのシンプルなボディアクションをすることで受け手側の想像を促すことを狙った。あくまでも主体はお客様側にあることを大切にしている。

5.2. 印象付けるかたち

空港に訪れる外国人の方々にさりげなく日本を感じていただくことを狙い、Fig. 12 に示す平安時代より用いられている日本古来の伝統模様である麻の葉文様を誘導ロボットでは背面の通風孔に、受付ロボットはスピーカー部に配置した。



Fig. 12 Japanese traditional pattern, Asanoha

6. システム構成と特徴

6.1. システム全体構成

案内ロボットシステムはロボットホーム、受付ロボット、誘導ロボット、運用システム、および空港からリアルタイムで提供される情報で構成される (Fig. 13)。

ロボットホームは、受付ロボットと誘導ロボットの住み家としての位置づけである。混雑した中でも際立つよう目印に背の高い構造物を置き、目に留めた空港利用者がロボットの役割を分かるようデジタルサインボードで説明をする。誘導ロボットは案内を終えたあとロボットホームに戻り、専用の充電器でバッテリーに充電をして次の案内の準備に入る。誘導ロボットの詳細は 6.2. 節にて述べる。

運用システム⁽³⁾は、複数種類・複数台のロボットが協調しながら効率的に案内サービスを実行するための運用管理を担う。ロボットの移動範囲やインフラ構築の制約にしばられないことが狙いであり、そのためクラウドおよびIoT通信を用いたサーバレスな構成としている。

空港からリアルタイムで提供される情報は、目的地の検索時に使用する。これにより、空港内にあるインフォメーションセンターでの対面案内やデジタル案内板などの、他

の案内サービスが提供する回答と同一の地図や名称を用いて情報を提示する。また、フライトの時刻やゲート番号に変更があった場合も、その最新フライト情報を参照可能とし、お客様の混乱を防ぐ。

受付ロボットは、お客様のニーズから目的地を探して地図と経路を表示する機能と、誘導案内に必要な情報を運用システムにアップロードする機能を有する。案内サービスを受けるお客様が最初に接する点であり、戸惑うことなく利用できるインターフェースとすることを狙いとした。詳細は、「空港案内受付ロボットの開発」⁽⁸⁾にて述べる。

6.2. 誘導ロボットの特徴・機能

誘導ロボットは、お客様を目的地まで誘導移動する機能と誘導完了後に元の位置へ戻ることが役割である。混雑した中でもスムーズに移動することが狙いであり、そのため人とのすれ違い時や進行方向にある障害物を検出しても止まったりせず、人と同じようななめらかな経路を取ることが特徴である。

ハードウェア構成を Fig. 14 に、主要諸元を Table 1 に示し、この構成と諸元設定となった空港の環境条件と考え方を述べる。

- (1) ロボットの全高は、3.1. 節で述べた通り人やカートなどで混雑した環境でも周囲の人から視認されやすく、かつ威圧感の出ない値と定める。
- (2) フットプリントは、周囲の人の歩行の妨げとならないよう、またスムーズな経路選択ができるサイズを定め、車輪レイアウトはモータによる駆動輪2輪、並列オムニ車輪による従動輪4輪とする。
- (3) 重心位置は、障害物や構造物に接触してもバランスを崩して転倒しないよう低重心とする。そのため、機能上レイアウト位置に制約のない部品を下部にレイア

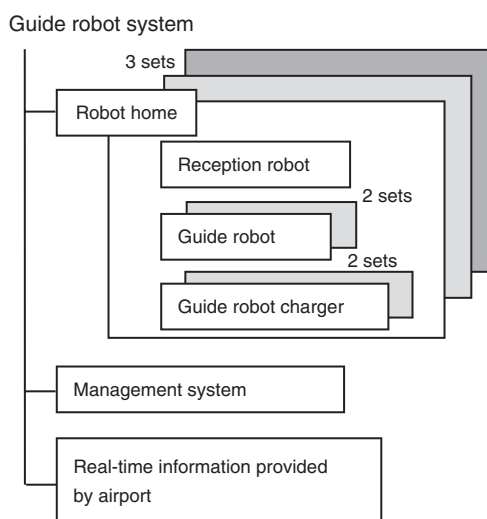


Fig. 13 Guide robot system architecture

Table 1 Guide robot specifications

Height [mm]	1080
Footprint [mm]	410 (Width) x 510 (Depth)
Height of center of gravity [mm]	300
Weight [kg]	33
Speed [m/s]	Max. 1.11 (4 km/h)
Acceleration [m/s ²]	Max. 1.67 (6 km/h/s)
Slewing angle speed [deg/s]	Max. 90
Braking distance [mm]	350 or less
Allowable difference in height [mm]	Max. 5

ウトする。

- (4) 移動速度、加速度、旋回角速度、制動距離は人と同じような移動が可能となるように定める。
- (5) ロボットが踏破すべき段差は、最大段差からマージンをもって定める。段差踏破時の電装品の衝撃緩和のため、サスペンションを実装する。空港内最大段差は床面の種類(短毛カーペット・リノリウム・化粧タイルなど)が変わる場所などでの3 mmである。また階段などの大きな段差にはロボットは侵入しないこととしている。
- (6) カメラは、3.1. 節で述べた通り5眼レイアウトとする。前方カメラは人・物体検出に、上方カメラは天井特微量抽出による自己位置認識に、後方カメラは誘導されるお客様(フォロワ)認識に用いる。
- (7) プロジェクタは、3.4. 節で述べた通りの要件実現のため

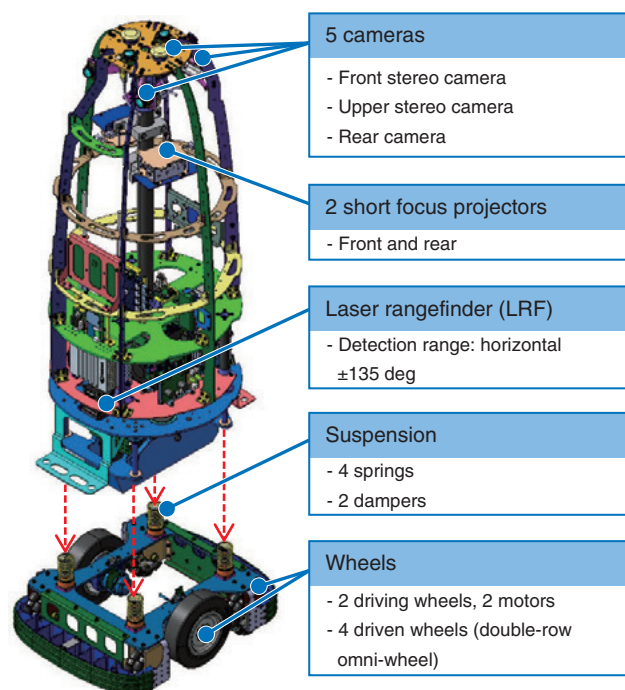


Fig. 14 Hardware configuration of guide robot

め、短焦点プロジェクタを前方表示・後方表示の2台搭載する。

- (8) レーザーレンジファインダ (LRF) は、前方の人・物体検出と自己位置認識に用い、人や空港内構造物を検出できる高さにレイアウトする。

誘導ロボットの自律移動の特徴は、混雑環境下でも人と同じように誘導しながら移動ができることにある。この特徴を定量化するため、誘導ロボットが移動可能な混雑の目標レベルを定める。混雑状況指標としてサービスレベルの定義⁽⁹⁾を用い、「歩行者が各自の歩行速度を選択したり追い抜いたりする自由度が制限される状況」レベルを目標レベルとした。このレベルを選択した理由は、空港内混雑環境でありうるサービスレベルのうち、誘導ロボットの自律移動において最も難しいレベルであるためである。これ以下のレベルでは人が少なくロボットは簡単に移動をすることができ、またこのレベル以上の混雑であると経路選択の自由が完全になくなることで、経路選択に関する難度が下がる。

誘導ロボットのフォロウ認識、自己位置推定、障害物(人)回避の各機能についてそれぞれ混雑環境における課題と解決策を挙げる。

- (1) フォロウ認識では、混雑環境下でフォロウと誘導ロボットの間に他の空港利用者が交差することによる、フォロウ隠れが発生しても認識を続けられ、フォロウが心地よいと感じる距離を保つ。この機能の詳細は、「空港案内誘導ロボットにおけるロバストなフォロウ認識機能の研究」⁽¹⁰⁾にて述べる。
- (2) 自己位置推定では、混雑環境下で単一のセンサでは周囲の構造物の情報取得ができなくとも、複数のセンサ(LRF, カメラ, 慣性センサ)で取得した情報を組み合わせることで自己位置ロストを防ぐ⁽¹¹⁾。
- (3) 障害物(人)回避では、混雑環境下での人の行動予測が及ばずロボットがぎこちない動きとならないよう、人の回避行動を教師データとして学習実装し、人と同じようなスムーズな回避経路を選択する⁽¹²⁾。

7. 実現性の検証

期間を連続する3か月間(休日を除く)、稼働時間を9時から17時の8時間、場所は階段・エレベータを使用せずに移動できる1フロア全域と定め、サービス実証を行うことを想定した。また、お客様にサービスを提供する機会を増やすため、ロボットホームをフロア内に3か所設置することとした。以上より、実証期間内で案内を体験するお客様数は、受付ロボットによる経路案内を4500組以上、誘導ロボットによる目的地までの誘導案内を1000組以上となると想定した。また、毎日2万人の空港利用者が受付ロボットと誘導ロボットが人と共存して働いている姿を目に

することが可能である。

上記のように想定した条件の下でのサービス実証が実現可能であることを検証するため、空港利用者が行きかう成田空港内で、受付ロボット、誘導ロボット、およびこれらをつなぐ運用システムで案内ロボットシステムを稼働させ、Fig. 3で示したロボット使用の流れを模擬した。Fig. 15は開発関係者がお客様に扮して実施した検証の様子である。

一方、一般のお客様へサービスを提供するならばこの構成では不足事項が出るであろうと想定し、教育された専用スタッフを配置することで、徹底したオペレーションができるよう対策した。言い換えれば、サービス実証においては人手により対処することに定めた、以下のような項目が今後の完全自動化のための課題として明確に洗い出された。

- ・ ロボットホームでの接客面での機能補充

デジタルサインボード説明で分からなかったお客様からの質問回答や混雑時のサービス待ち時間の提示、タッチパネルの使い方が分からなかった場合の説明を自動化する。

- ・ 専用スタッフの作業簡便化

誘導ロボットのバッテリー充電、両ロボットの消耗箇所チェック・メンテナンス時期の把握、日報記入などの日々のルーチンワークを自動化、または電子化する。

- ・ 誘導ロボットの機体面の機能拡充

案内中のお客様、および周囲の空港利用者からの移動中の問いかけに対応できるようインタラクションインタフェースを追加する。



Fig. 15 On-site simulation at Narita Airport

8. まとめ

新たなロボットシステムの開発は、Hondaだけでなく共同研究先である成田空港にも有用とし、さらに空港利用者の満足につなげる必要があるとして、空港で活躍するロ

ボットサービスの新しい姿を描いた。つき添う羅針盤コンセプトを定め、それに基づく受付ロボット、誘導ロボットを親しみやすく機能的なデザインで具現化した。

これら2種類のロボットを運用システムで連携する空港案内ロボットシステムを構築し、空港利用者が行きかう成田空港内で実現性の検証を実施した。

その結果、空港内で役割をもった先進的なロボットが連続してサービス提供するために必要な知見を得ることができた。

9. おわりに

空港などの公共施設やレストランなどのサービス施設は多種にわたる業務の省人・効率向上のため技術的に解決すべく日々取り組んでいる。この中でロボティクス技術は生活様式の変化によりさらに不可欠なものとなっており、ロボットが当たり前のように役割をもって稼働する風景は近々現実のものとなるであろう。

人と共存する環境下で働く自律移動ロボットの実現には多段の課題が屹立しているが、必要なステップはデモンストレーションを重ねることではなく、現場でロボット運用の課題洗い出しとその解決策を繰り返し検証しながら社会的な認知につなげていくことである。

本開発で得られた知見を活かし、Hondaが目指す人のすばらしさが際立つロボティクス社会の実現のため、引き続き取り組んでいく。

参考文献

- (1) 重見聡史, 河口裕一郎, 吉池孝英, 川邊浩司, 小川直秀: 新型 ASIMO の開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 18, No. 1, p. 38-44
- (2) https://www.naa.jp/jp/ir/keieikeikaku_2019_2021.html, 2019/03/28
- (3) 西宮憲治, 金子真也: 案内ロボット運用システムの開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 32, No. 2, p. 51-55
- (4) 矢田渉, 達富由樹, 長谷川誠: UNI-CUB の開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 27, No. 1, p. 36-43
- (5) Lauwers, T. B., Kantor, G. A., Hollis, R. L.: A Dynamically Stable Single-Wheeled Mobile Robot with Inverse Mouse-Ball Drive, Proceedings 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, p. 2884-2889, (2006)
- (6) 熊谷正朗, 落合恭也: 玉乗りロボットの開発 第一報 ロボットの実装と基本制御, 東北学院大学工学部研究報告, 第48巻第1号, p. 32-41, (2014)

- (7) 奥石健: 新型 ASIMO のデザイン - 人と相手をし続けるための進化 -, Honda R&D Technical Review, Vol. 25, No. 1, p. 7-13
- (8) 大西潤哉, 益田綾子, 大林千尋, 川崎雄一, 竹部雄貴: 空港案内受付ロボットの開発, Honda R&D Technical Review, Vol. 33, No. 1, p. 9-17
- (9) ジョン・J・フルーイン, 長島正充 訳: 歩行者の空間: 理論とデザイン, 鹿島出版会, 206p., (1974)
- (10) 沙子鈞, 名取洋一, 有泉孝裕: 空港案内誘導ロボットにおけるロバストなフォロウ認識機能の研究, Honda R&D Technical Review, Vol. 33, No. 1, p. 18-25
- (11) 特開 2020-160594
- (12) 特開 2020-160603

■ 著 者 ■



斉藤 陽子



奥石 健