

ロービジョン向け 店舗内ナビゲーションシステムの提案

本田智史[†] 高橋伊久夫^{††} 吉田享子[†]

わが国における視覚障害者数は164万人おり、高齢化社会により、今後も増加傾向が続くと予測されている。視覚障害者のうち、ロービジョンは145万人と大多数を占めている。近年では、国や企業などの積極的な取り組みや、視覚障害者用の機器やPCなどの情報技術の活用によって雇用の場は拡大されつつある。しかし、日常生活における活動の場を拡大するために生活全体のQOLの向上への支援はまだ十分ではない。本稿では、ロービジョンのために、RFIDを用いて購入したい商品の場所にナビゲーションするとともに、ARを利用してより詳細なナビゲーションの提供を行い、該当商品の情報を音声で提供するロービジョン向け店舗内ナビゲーションシステムを提案する。

Proposal of shopping navigation system for low vision

Satoshi Honda[†] Ikuo Takahashi^{††} Kyoko Yoshida[†]

There are approximately 1.64 million people with visual impairment in Japan, and they will increase because of aging society. The largest numbers of them are 1.45 million people with low vision. In recent years, by effort of companies and government, and utilization of equipments for low vision or information technology like a personal computer, employment opportunities for low vision people are increasing. However, supports for enhancing their lives and improving their quality of life are not enough. In this paper, we propose a shopping navigation system for low vision, using RFID for navigation and Augmented Reality for further navigation with sound.

1. はじめに

わが国における視覚障害者数は164万人(2007年、日本眼科医会推定)とされ、高齢化社会により、今後も増加傾向が続くと予測されている。視覚障害者のうち、ロービジョン(「弱視」とほぼ同義)は145万人と大多数を占めている。近年では、国や企業などの積極的な取り組みや、視覚障害者用の機器やPCなどの情報技術の活用によって雇用の場は拡大されつつある[1]。

ロービジョンを対象にした情報技術としては、画面の拡大ソフトや画面読み上げソフトなどの研究が進んでおり、これらのソフトを用いることで、パソコンを使った事務作業も可能となっている。こうした業務の作業支援と並行して、日常生活における活動の場を拡大するために生活全体のQOLの向上も重要となる。本稿では、ロービジョンの行動範囲を拡大し、日常生活における買い物等を支援するために、買い物時に利用できるロービジョン向け店舗内ナビゲーションシステムを提案する。

2. 関連研究

「視覚障害者が不自由に感じるものについて(アンケート)」報告[2]によると、視覚障害者は買い物をする時に、初めて入るスーパーマーケットや百貨店などの大規模店では、商品の配列がわからないと答えている人が多い(68.9%)。また、初めて訪れる店では、店員に店内を案内してもらったり、商品の値段を聞いたりして買い物をしている。しかし、手触りのよく似た商品などでは取り違えたりすることも多くあり、商品の種類などについて点字による表示を希望するものも多かった。以上の調査結果からも、ロービジョンの人に、情報機器を活用してより自由に買い物をすることを目的としたシステムが必要とされていると考えられる。

ロービジョンの買い物を支援する研究としては、視覚障害者向け商品情報取得システムがある[3]。これは、店舗内の商品のラベルを読み上げるためのもので目的商品が比較的近くにある場合に有効であるが、目的の商品がおかれている場所を案内することはできない。店舗内では、まず購入したい商品の場所についての位置情報が必要となると考えられる。位置情報を含めたナビゲーションシステムの研究には、非可視型バーコードを用いた視覚障害者用位置案内装置の研究がある[4]。これは、非可視のバーコードに位置情報を埋め込み、それを読み取って交差点や曲がり角で目的地までの経路を音声で案内するというものである。

[†] 専修大学ネットワーク情報学部
School of Network and Information, Senshu-University
^{††} (株)アーク情報システム
ARK Information Systems

ロービジョンの買い物を容易にするためには、店舗内の空間をナビゲーションするために、リアルタイムで正確な位置認識を可能とする技術と、商品の情報を提供する技術が必要となる。位置情報を扱う情報技術としては、RFID, wifi, bluetooth, AR, 画像認識などが応用可能である。特に電波を用いて短距離で情報を伝達するRFIDは、比較的容易に安価で位置推定を行うことができる。それを利用した研究としては、RFIDを利用したユーザ位置検出システムなどがある[5]。また、商品の情報を提供する技術としては、実際の環境に情報を付加する技術であるARがある。これはARToolKitを用いることでARを容易に作成できることやカメラから見たマーカースの位置を簡単に計算できることから、ロービジョンのためのシステムに有効であると考えられる[6]。

本稿では、これらの研究をふまえ、ロービジョンのために、RFIDを用いて購入したい商品の場所にナビゲーションするとともに、ARを利用してより詳細なナビゲーションの提供を行い、該当商品の情報を音声で提供するロービジョン向け店舗内ナビゲーションシステムを提案する。

3. システム概要

本システムは、ロービジョンを対象にした買い物支援のためのシステムであり、一般のスーパーマーケットやコンビニエンスストアにおける買い物を想定して、購入予定品のリスト作成から、店舗に入っていくつかの商品を見つけてかごに入れ、レジで代金を支払うまでの、一連の買い物の流れをサポートするものである。本システムは、次の4つの機能からなる。

- ・ 最短経路の計算
利用者によって作成された買い物リストをもとに店舗の入口から目的の商品を順番に購入するための最短経路を計算する
- ・ 商品棚付近へのナビゲーション
利用者の現在位置から次の商品までの最短経路を音声で案内し目的商品の商品棚付近まで誘導する
- ・ 目的商品付近へのナビゲーション
利用者商品棚にある目的商品との位置関係を詳細に案内する
- ・ 目的商品付近にある商品情報の読み上げ
商品棚の商品の情報を利用者に提供する

買い物のルート案内に必要な位置推定にはRFIDやARを利用している。店舗は通路の交差点にRFIDタグが設置され、商品棚の商品ごとにARマーカースが設置さ

れているものとする。利用者はカメラとRFIDリーダーが装備されているPCやスマートフォンを用いてシステムを利用する。また商品の情報については、スーパーマーケットやコンビニエンスストアなどのPOSシステムにある情報を利用することを想定し、これらの情報をARマーカースに関連付けることによって商品情報の提供を可能とする。(図1, 図2)

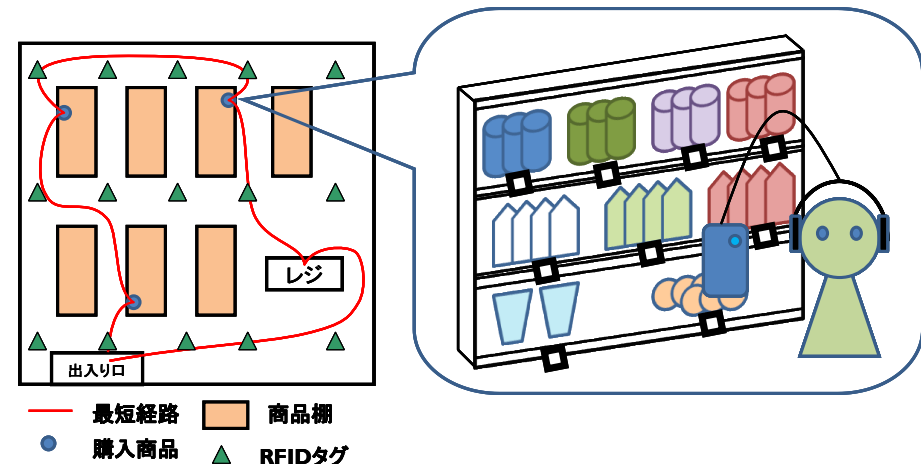


図1 システム利用イメージ



図2 システム概要

3.1 システムの利用の流れ

買い物に行こうと考えた利用者は購入したい商品の商品分類名や商品名を入力し買い物リストを作成する。買い物リストが作成された状態で利用者が店舗に入口から入ると、利用者には次に向かうべき方向をシステムから「左」「右」「直進」「後退」のいずれかが音声で提示される。もし利用者の現在場所の近くに、買い物リストに含まれる商品があった場合は「近くに商品がある」と提示される。近くに商品があると提示された場合、利用者はカメラを商品棚に向けて、画面上の「ナビゲーションボタン」を押すと、詳細な商品の位置が方角と距離で提示される。また、「読み上げボタン」を押すと、カメラに映っている商品の品名、値段、場所が読み上げられる。読み上げられた商品の中から、購入したい商品を選んでかごに入れ、「購入完了ボタン」を押す。次の商品を購入する場合は、向かうべき方向をシステムから指示される。上述の流れを繰り返すことで全ての商品が購入できる。最後に、利用者はレジまでの経路を案内され、そこで料金の精算が済めば、出口までの経路が案内されて、買い物を終了する。

3.2 システムの動作前提

一般的な店舗では商品棚が並行に置かれ、通路が格子状になっていることが多い。またそれぞれの商品棚には似たような分類の商品が置かれている。本システムではそのような店舗を想定して作成されている。

経路を案内するために使用する RFID は、店舗内の通路が交差する場所に置かれる。RFID タグの種類としてはアクティブタグを使用し、タグ同士が互いに電波干渉を起さない距離に設定または設置する。AR マーカーについては、一つの商品に一つのマーカーが対応するように作成し、商品が置かれている場所に設置する。

RFID と AR マーカーは、それぞれの設置場所を認識するために、場所の位置を表す情報が必要になる。そのためにサーバーのデータベース上に、店舗内の位置座標を持たせておく必要がある。商品の情報も、それぞれの商品ごとにデータベースに保存しておかなければならない。

本システムは将来的にスマートフォン上で動作させると考えているが、パソコンに Web カメラと RFID リーダーを接続した構成を用いてプロトタイプを作成した。利用者はこれらを携帯し店舗内を音声案内に従って行動する。

3.3 最短経路の計算

この節では最短経路の求め方を説明する。

利用者はまず買い物リストを作成する。商品名や商品分類名を画面の検索エリアに入力して、購入したい商品を検索し、検索結果の中から商品を選択する。これを繰り返し、買い物リストを作成する。

買い物リストを作成すると、買い物リストの商品ごとに対応した AR マーカーが決

まる。AR マーカーが決まると AR マーカーに対応した最も近い RFID タグ（以下、最寄り RFID という）が決まるため、買い物リストが決まると、買い物をするのに必要な最寄り RFID の集合が得られる。この集合内で組み合わせ最適化問題を解くことで最短経路とその順序が計算できる。各 RFID 間の距離はマンハッタン距離なので、その距離は、座標の差の絶対値の和で求めることができる。これを用いて隣接行列を作成し、立ち寄る RFID 間距離の隣接行列を用いて動的計画法を解くことで、最短経路と RFID の立ち寄る順序を得ることができる。

商品の場所に案内するためには、商品からみて最も近い RFID タグを認識しなければならない。そのために、AR マーカーごとに、最も近い RFID タグを設定する必要があるが、これはシステムが自動で設定している。

3.4 商品棚付近へのナビゲーション

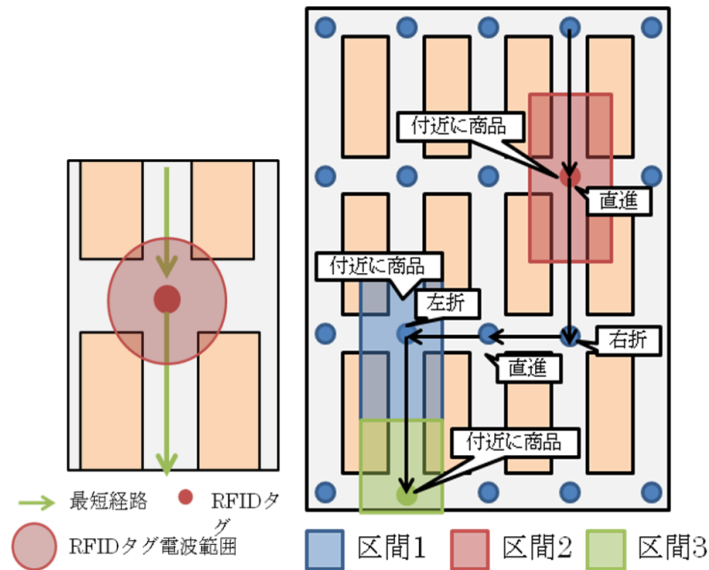
商品棚付近へのナビゲーションでは、利用者を目的商品が含まれる最寄り RFID まで案内する。RFID の近くにいる利用者には、最短経路をナビゲーションするためには、利用者の来た方向と次に買う商品のために進むべき方向が必要になる。利用者の来た方向は、直前の RFID タグ圏内進入で得られている X,Y 座標と現在位置に最も近い RFID タグの座標の差分を取ることで計算できる。進むべき方向は、現在位置と次に立ち寄る RFID タグの X,Y 座標の差分をとることで計算できる。来た方向と進む方向が分かれば、「右」「左」「直進」「後退」のナビゲーションが可能となる（図 3）。

3.5 目的商品付近へのナビゲーション

目的商品付近へのナビゲーションは、商品棚付近へのナビゲーションを利用してたどり着いた商品棚付近から目的商品のある位置までピンポイントなナビゲーションを行うことを目的としている。

目的商品付近へのナビゲーションは、利用者の現在位置と目的商品の位置関係の情報を利用者に提供する。そのためには、利用者は商品棚付近で、カメラを商品棚に向け AR マーカーを捉える必要がある。ARToolKit を利用することによって、AR マーカーに対してのカメラの位置とカメラが向いている方向（姿勢）の情報が求められる。その情報と AR マーカーに事前に定義していた場所の情報を用いて店舗に対してのカメラの位置とカメラの姿勢を計算できる。また、AR マーカーに事前に定義していた場所の情報はそれ自身が店舗に対しての商品の位置と商品の姿勢の情報であり、この差を利用者に提示する。

商品棚付近にいる利用者が、AR マーカーにカメラを向けて画面の「ナビゲーションボタン」を押すと、次の情報が提示される。



左図：「この通路は直進です」とナビゲーションする。

右図：RFIDによるナビゲーションでは、利用者を目的商品が含まれる区間まで案内することを目的としている。

図3 商品棚付近へのナビゲーションの例

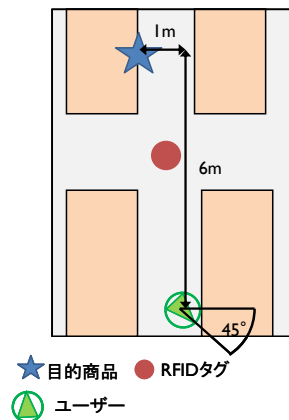


図4 目的商品付近へのナビゲーションの例

1. 利用者に右回りに ϕ 度, または左回りに ϕ 度回転するための情報を提示する.
2. 現在位置から目的の商品にたどり着くために前後に X メートル, 左右に Y メートル移動が必要なことを提示する.

カメラが AR マーカーを捉えていれば, 上記のナビゲーションを得ることができるため, 確実に目的の商品に近づくことが可能になる.

図4の場合,

1. 左回りに 45°回転してください.
2. 目的商品は, 左に 6メートル後ろに 1メートルの所にあります.
 というナビゲーションが提供される.

3.6 目的商品付近にある商品情報読み上げ

目的商品付近にある商品情報読み上げでは, 目的商品付近へのナビゲーションを利用して目的商品が利用者の前方の棚にある状態で, 商品の情報を得ることを目的としている. 利用者がカメラを商品棚に向け, 画面の「商品情報読み上げボタン」を押すと, 商品情報が読み上げられる. 目的商品をカメラが捉えた場合は, 「商品情報読み上げボタン」を押さなくても, 商品情報が自動的に読み上げられる.

商品読み上げを提供するために必要な情報は, 利用者のカメラが捉えている商品が何かという情報とカメラから見て商品がどのような位置にあるという情報である. カメラが捉えている商品が何かという情報は, AR マーカーのパターン識別を利用して得ることができる. カメラから見て商品がどのような位置にあるという情報は ARToolKit に計算させることができる. ここでは, 画面を 3×3 に分割して「左上」「上」「右上」「左」「中央」「右」「左下」「下」「右下」の 9 方向で商品の位置を提示する. また各商品の名前と価格を読み上げて利用者に情報を提示する. 画面に商品が複数写っても, そのすべての商品を順に読み上げることができる. 図5の場合, 「左商品 A 200 円, 中央 商品 B 250 円, 左下 商品 C 100 円, 下 商品 D 300 円」と読み上げる.

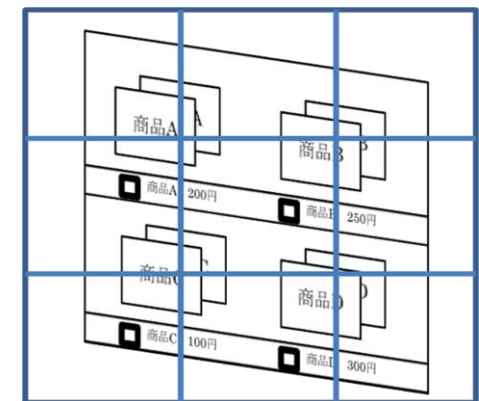


図5 目的商品付近にある商品情報読み上げの例

3.7 ARToolKit による座標変換

ARToolKit は、目的商品付近へのナビゲーションと目的商品付近にある商品情報読み上げのために使用している。

目的商品付近へのナビゲーションには、ワールド座標系とカメラ座標系とマーカー座標系を考慮した計算が必要となる。ワールド座標系は、商品とカメラの場所を示すための基準として使用する座標系で、店舗の空間内の一点を基準としている。カメラ座標系は、カメラがもっている座標系で、マーカー座標系はマーカーがもっている座標系である。3つの座標系は空間の位置と姿勢をもつ4x4の行列で表される。

それぞれの座標系の変換を表現するために、座標変換行列が用いられ、これも4x4の行列で表される。ARToolKit を用いることで、カメラ座標系からマーカー座標系への座標変換行列が求まる。この行列の逆行列は逆変換になり、マーカー座標系からカメラ座標系への変換を意味する。今回、それぞれのマーカーに対してワールド座標系からマーカー座標系に変換するための座標変換行列を位置情報として定義している。そのため、マーカー座標系からカメラ座標系への座標変換行列と、ワールド座標系からマーカー座標系への座標変換行列の積を求めるとワールド座標系からカメラ座標系への座標変換行列を得ることができる。これはカメラの詳細な位置と姿勢を意味する行列となり、これを目的商品付近へのナビゲーションに利用することができる。

目的商品付近にある商品情報読み上げのためには、カメラから見て商品がどのような位置にあるかという情報が必要になる、これは、カメラ座標系からマーカー座標系への座標変換行列を利用できる。その座標変換行列をXY平面に透視射影変換すると、マーカーがXY平面に対してどこに映っているかの座標が得られる(図6左)。図6の右には、店舗内のある座標を原点としたときに、Xに200,Yに1200,Zに50の位置にARマーカーがある場合のある姿勢に対してX,Y,Z軸の回転の積が3x3の回転行列が表されている。

目的商品の情報の取得は、ARマーカーからパターンIDを取得し、それをキーとしてデータベースから情報を得ることができる。

3.8 システム構成

システムはデータベースを管理するサーバーと、ナビゲーションに利用する端末で構成されている。処理は全て端末上で動作するアプリケーションが行い、最短経路の計算処理は「CalcPath」、ARに関する処理は「ManageAR」、RFIDに関する処理は「ManageRFID」の各サブシステムが担当している。

本システムを作成するにあたり、端末上で4種類の外部ライブラリを利用した。RFIDリーダー制御の実装を容易にするために「OrangeAPI」、ARの実装を容易にするために「ARToolKit」を用いた。また、音声合成のためのエンジンとして「AquesTalk」とサーバー上のMySQLに接続するために「Connector/Net」を用いている(図7)。

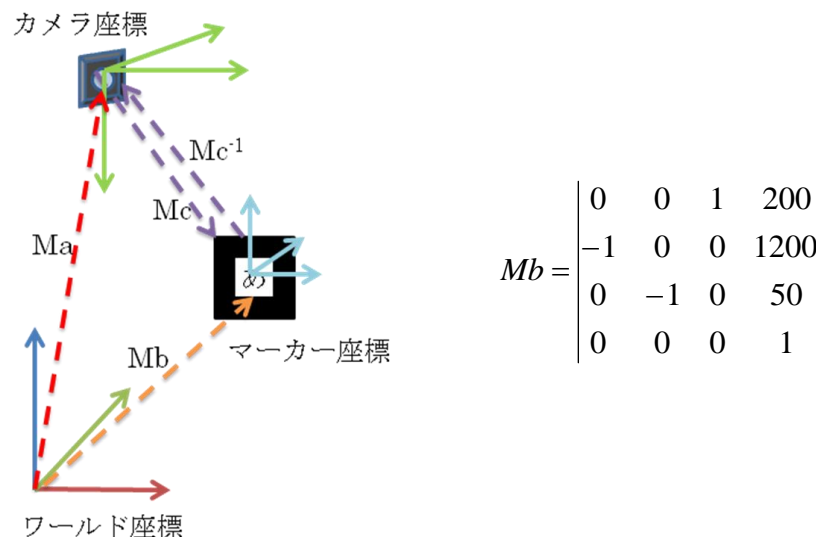
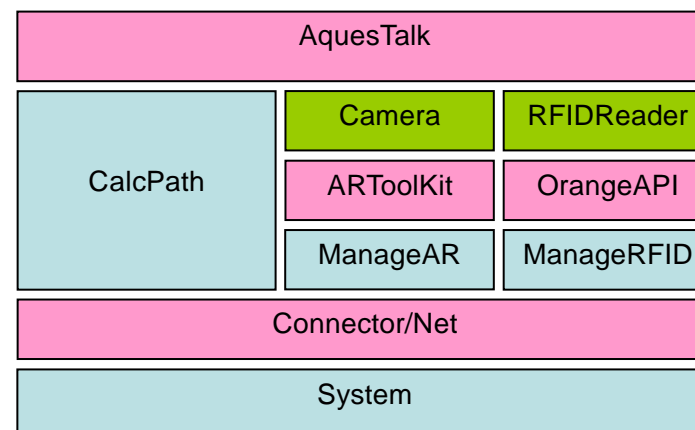


図6 ワールド座標系からカメラ座標系への変換(左)と変換行列の例(右)



ピンク色=外部ライブラリ 緑=ハードウェア
図7 システム構成

データベースは4つのテーブル「GCLASS」「GOODS」「MARKER」「RFID」から構成される(図8)。「GOODS」は商品情報で商品分類の「GCLASS」とARマーカ-の情報「MARKER」を関連づけている。また、ARマーカ-に対して最寄りRFIDの情報である「RFID」を関連づけている。現時点では実験的に独自の商品データを用いているが、将来的にはPOSシステムの商品情報をそのまま利用できると考えている。

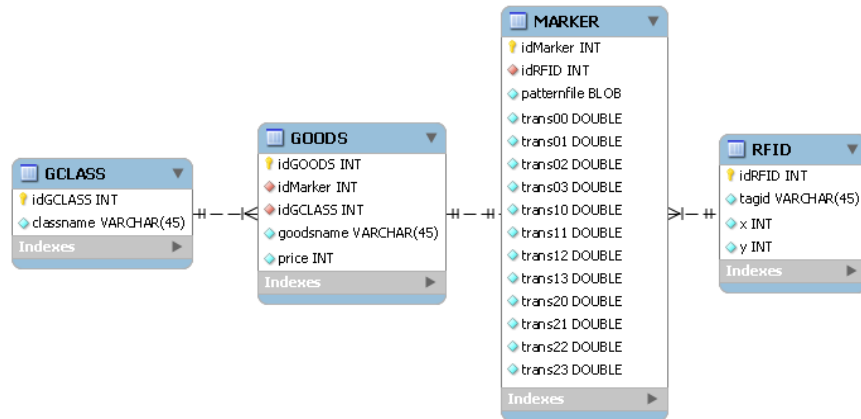


図8 データベースのER図

4. 考察

この章では現時点で発生している問題点や改善点を考察する。

まず、前提条件となる各ARマーカ-に座標を定義する作業に工数がかかるという問題がある。これは、ARマーカ-の位置情報は、一度登録してしまえばその後は商品とARマーカ-の関連付けを変えれば良いので、初回に大きな工数がかかる問題である。また、座標変換行列の回転成分は、商品の向いている方向によって定義されるため、店舗の商品の向きは同じものが多く想定され、事前に回転行列と商品の向きの対応を作っておけば入力の手間は軽減されると考えられる。

また一方、この問題点については、ARToolKitの持つ特性を用いて解決することが可能ではないかと考えている。ARToolKitは複数のマーカ-を捉えたときにそれら全てに対してカメラ座標系からマーカ-座標系への座標変換行列が求められる。そのため1つのARマーカ-に対してのみワールド座標に対するマーカ-座標の変換行列を

定義しておけば、座標変換行列が定義済みのARマーカ-と未定義のARマーカ-を同時にカメラが捉えることで、未定義のARマーカ-に座標変換行列を定義することができる。この方法については、今後検討する予定である。

次に目的商品付近へのナビゲーションが直感的でないという問題がある。現状では自分の位置から目的の商品までたどり着くために、距離や向きを考慮しなければならない。しかし、RFIDを用いることで目的商品の付近まで辿り着けていることを前提にすると、最寄りRFIDとARマーカ-の関係の持たせ方を狭い範囲に限定することで、「左」や「右」などの方向や「反対の棚」という直感的な商品の場所の提示が実現できると考えている。

また、店舗では、商品の位置の配置は変更される場合がある。特に天候の変化やバーゲン商品の売れ行きなどによって、現在の商品の配置が頻繁に変更されることが想定される。それに伴ってデータベース上のデータも変更しなければならない。これらについては、サーバーラック内の機器情報を一元化するためのラック管理ソフトウェアを利用できないかと考えている[7]。ARマーカ-の裏にパッシブRFIDタグを設置し、商品棚にRFIDリーダーを設置するとARマーカ-の配置を変更するだけでデータベース上のARマーカ-と商品の関連付けを変更することが可能となるため、これらについても今後検討していきたい。

その他、買い物リストや作業画面などのインターフェイスとして、入出力ともに音声を利用できるようにするなどの点も改善していく予定である。

5. おわりに

本稿では、RFIDを用いて購入したい商品の場所にナビゲーションするとともに、ARを利用してより詳細なナビゲーションの提供を行い、該当商品の情報を音声で提供するロービジョン向け店舗内ナビゲーションシステムを提案した。今後は、システムを評価するために、晴眼者にアイマスクを着用してシステムを利用してもらい実験をする予定である。また、ロービジョンの人も使用してもらい評価を得るなどして、システムを改良していく予定である。

参考文献

- 1) 平成20年度障害者雇用実態調査(2008年度)
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000002fxj-img/2r98520000002g75.pdf>
- 2) 「視覚障害者が不自由に感じるものについて(アンケート)」報告 東山篤規
http://www.ritsumeihuman.com/publication/files/ningen_4/099-112.pdf
- 3) 土井 泰法,松本 哲也,竹内 義則,工藤 博章,大西 昇:視覚障害者向け商品情報取得システム,電

- 子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学 110(164), 47-52, 2010-07-29
- 4) 尾形 利文, 牧野 秀夫, 石井 郁夫, 中静 真: 非可視型バーコードを用いた視覚障害者用位置案内装置の研究新潟大学大学院自然科学研究科, 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-情報処理 J80-D-2(11), 3101-3107, 1997-11-25
 - 5) 椎尾 一郎: RFID を利用したユーザ位置検出システム, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告 2000(39), 45-50, 2000-05-12
 - 6) 加藤 博一: 拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解 101(652), 79-86, 2002-02-14
 - 7) サーバラック内の機器を RFID と UnitPORTER で自動管理 (日本ノーベル株式会社)
http://www.jnovel.co.jp/movie/grix2011_01.html