

歩行者の視点情報に基づく屋内経路案内

岩名地 良太^{1,a)} 新田 知之² 石川 和明² 柳澤 政生¹ 戸川 望^{1,b)}

概要：近年、携帯端末の普及に伴い、携帯端末上で動作する屋内環境向けナビゲーションシステムが研究されている。屋内環境では、屋外環境と異なり GPS が利用できずランドマークが少ないことから、歩行者への分かりやすい経路案内の提供が難しい。そこで本稿では、メガネ型ウェアラブル端末に着目し、歩行者の視点情報を考慮した屋内経路案内手法を提案する。提案手法は、メガネ型ウェアラブル端末と可視グラフに基づく屋内環境モデルを用いて、歩行者の視点情報推定と歩行者の視点情報を考慮した案内情報生成を行う。歩行者が実際に見ている光景に案内情報を重ねて表示することで、ランドマークが存在しない場所でも、直感的で分かりやすい経路案内を可能とする。歩行者の視点情報を考慮しない経路案内と提案する経路案内のそれぞれについてユーザ評価実験結果を比較し、提案手法の有効性を確認する。

Indoor Navigation Based on Pedestrians' Viewpoints

Ryota Iwanaji^{1,a)} Tomoyuki Nitta² Kazuaki Ishikawa² Masao Yanagisawa¹ Nozomu Togawa^{1,b)}

1. はじめに

近年、屋内環境には駅や空港、地下街など複雑な構造を持つ空間が多く存在し、道迷いを起こす歩行者が多く、携帯端末上で動作する屋内環境向けナビゲーションシステムの需要が向上している。屋内環境では、経路案内に活用できるランドマークが乏しく、GPS (Global Positioning System) による測位精度が極端に低いとされている [1]。ランドマークや GPS が活用できないため、どのように分かりやすい経路案内を歩行者に提供するかが課題となる。

屋内環境では、明示的な道路ネットワークが存在しないために、経路探索のために独自のモデルが必要である。屋内環境のモデル化手法として、ラスタマップによるモデル化 [2] や IndoorGML [14]、IndoorGML を拡張したモデル化 [3]、可視グラフに基づくモデル化 [1] がある。ラスタマップによるモデルは、ラスタマップで表現された屋内地図の各セルに通過可能か通過不可能かの情報を格納した

モデルである。ラスタマップでは経路探索に多大な時間がかかり、歩行者は経路探索が終わるまで長時間待つ必要があるため、リアルタイムな屋内経路案内に適さない。IndoorGML は OGC (Open Geospatial Consortium) [15] によって国際標準化が進められている屋内環境モデルである。IndoorGML では部屋や通路などの接続関係を表現するが、ある地点から別の地点が可視であるかどうかを表現していないため、屋内経路案内に可視情報を適用することができない。IndoorGML を拡張したモデルは、IndoorGML による屋内空間の接続関係に加え、ランドマークの情報を保持している。屋内環境では、ランドマークが乏しい場所が多いため、効果的に適用できる空間に限られる。可視グラフに基づくモデルは、屋内環境の障害物の各頂点をノードとし、お互いに可視であるノード間にリンクを設置するモデルである。広場やエレベータ、エスカレータなどの屋内空間特有の構造に対応した経路探索を可能とし、可視情報に基づいた屋内経路案内に大きく寄与する。本稿では、屋内環境を可視グラフによってモデル化するものとする。

屋内環境では、GPS の測位精度が低く、活用できるランドマークが乏しいため、GPS を利用した経路案内やランドマークを活用した経路案内が難しい。したがって屋内経路案内では、GPS やランドマークへ依存せずに分かり

¹ 早稲田大学

Waseda University

² ゼンリンデータコム

ZENRIN Datacom

a) ryota.iwanaji@togawa.cs.waseda.ac.jp

b) togawa@togawa.cs.waseda.ac.jp

やすい案内を行う必要がある。既存の屋内経路案内の研究には、無線 LAN を使った経路案内 [4] や、ランドマークを用いた対話型経路案内 [5]、画像照合を用いた経路案内 [7]、QR コードを使った経路案内 [6] などがある。無線 LAN を使った経路案内では、無線 LAN の電界強度を測定することで歩行者の絶対位置を特定し、位置情報を用いて歩行者を案内する。しかし、歩行者の向きを特定することができないため、ランドマークがないところでは経路情報を用いた進行方向の案内が難しく、歩行者の道迷いを引き起こしやすい。ランドマークを用いた対話型経路案内では、歩行者が視認できるランドマークを入力すると、対応した案内文を生成して歩行者を案内する。ランドマークが存在する場所では有効ではあるが、ランドマークに乏しい屋内環境では使用できる場所が限られる。画像照合を用いた経路案内では、カメラを用いて撮影した画像とデータベース上の屋内画像を照合することにより位置情報を取得して歩行者を案内する。GPS やランドマークに依存しない経路案内が可能だが、混雑による遮蔽物の影響や屋内環境の内装の変化に弱いという課題点がある。QR コードを使った経路案内では、QR コードに内蔵されている現在位置情報と経路情報を読み取ることにより、ランドマークへ依存しない経路案内が実現できる。しかし、QR コードを探して読み取る手間を歩行者に強いという欠点がある。以上のように、既存の経路案内では GPS やランドマークへ依存せずに分かりやすい屋内経路案内を行うことが難しい。

そこで、ランドマークが存在しないところでも分かりやすい経路案内を実現するために、メガネ型ウェアラブル端末に着目する。メガネ型ウェアラブル端末は頭部に装着して用いるモバイル端末であり、ソニー社が開発する SmartEyeglass [16] や Google 社が開発する Google Glass [17] などがある。メガネ型ウェアラブル端末では、情報が目の前の光景に重ねて表示される。案内情報を歩行者が実際に見ている光景に重ねて表示することで、ランドマークがないところでも、分かりやすい経路案内が可能であると見込まれる。

以上の背景から、屋内環境モデルとして可視グラフに基づくモデルをベースとし、メガネ型ウェアラブル端末を用いた屋内経路案内を考える。可視グラフに基づくモデルをベースとした屋内経路案内には、タブレット端末を用いた手法 [1] があるが、メガネ型ウェアラブル端末を用いた経路案内手法はこれまでに提案されていない。メガネ型ウェアラブル端末を用いた経路案内では、歩行者の視点情報を取得し、それに基づく分かりやすい案内情報を生成することがポイントである。

本稿では、歩行者の視点情報に基づく屋内経路案内手法を提案する。提案する経路案内手法は、メガネ型ウェアラブル端末 SmartEyeglass と可視グラフに基づく屋内環境モデル [1] を用いて、歩行者の視点情報推定と歩行者の視点情

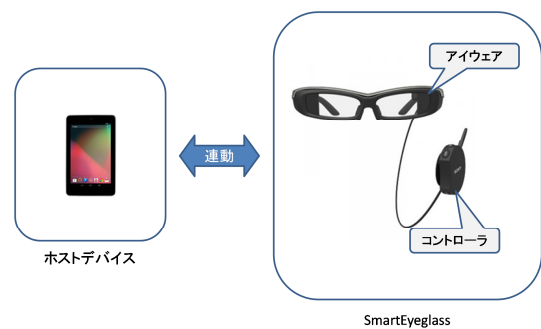


図 1: SmartEyeglass の構成 [16].

報を考慮した案内情報生成を行うことにより、ランドマークが存在しない場所でも、歩行者が実際に見ている光景に合わせた直感的で分かりやすいリアルタイム経路案内を可能とする。提案手法を用いたナビゲーションシステムの実装と評価を行い、提案手法の有効性を評価する。

2. 屋内環境における経路案内

本章では、メガネ型ウェアラブル端末 SmartEyeglass を紹介し、可視グラフに基づく屋内環境モデルを用いた経路案内問題を定義する。

2.1 メガネ型ウェアラブル端末 SmartEyeglass

本稿では、メガネ型ウェアラブル端末としてソニー社が開発した SmartEyeglass を取り上げる。SmartEyeglass の構成を図 1 に示す。SmartEyeglass は Android 4.4 以上の OS を搭載したホストデバイスと連動することにより動作する。SmartEyeglass のアプリケーションは連動するホストデバイス上で動作し、Bluetooth や無線 LAN による通信を用いて、SmartEyeglass 側から制御される。

SmartEyeglass はコントローラとアイウェアから構成される。コントローラにはボタンやタッチセンサ、スピーカ、マイクが搭載されている。SmartEyeglass のアプリケーションはコントローラによって操作される。アイウェアにはカメラ、透過ディスプレイ、センサが搭載されている。カメラを用いて写真が撮影可能である。撮影した写真は連動したホストデバイス上に保存される。透過ディスプレイを用いてテキストや画像などの情報を着用者が実際に見ている光景に重ねて表示することができる。搭載センサには加速度センサ、ジャイロスコプ、地磁気センサ、照度センサの 4 種があり、SmartEyeglass に生じた加速度や角速度、地磁気の向きや周囲の明るさを取得できる。各種センサ値を用いて、歩行者の動作検出ができると見込まれる。本稿では、加速度センサ、ジャイロスコプ、地磁気センサを用いて歩行者の視点情報を推定し、透過ディスプレイを用いて案内情報を表示する。

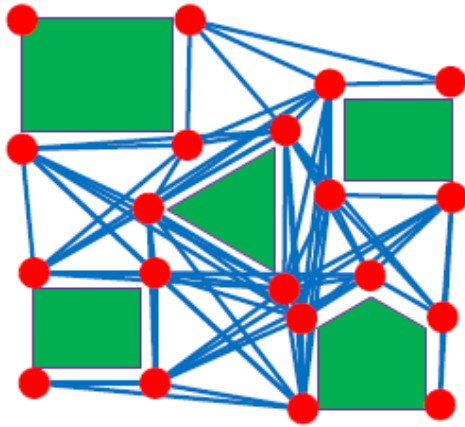


図 2: 可視グラフのノード (赤) とリンク (青).

2.2 可視グラフに基づく屋内環境のモデル化と屋内経路案内

屋内環境向けナビゲーションでは、経路探索や案内誘導を行うために、ナビゲーションの対象環境のモデルが必要である。本稿では、屋内環境のモデル化に、広場やエレベーター、エスカレーターなどの屋内空間固有の構造を考慮した可視グラフに基づくモデル化 [1] を用いる。

可視グラフ $G = (V, E)$ は、図 2 のようにノード集合 V とリンク集合 E から構成される。ノード集合は通常ノード集合と特殊ノード集合から構成される。通常ノード集合は、壁などの歩行者が通行できない障害物の頂点上に設置されるノードの集合である。特殊ノード集合は、階段やエレベーター、エスカレーターなどの階層移動手段に設置されるノードの集合である。リンク集合は通常リンク集合と特殊リンク集合から構成される。通常リンク集合は、障害物に衝突せずに可視枝を引けるノード間に設置されるリンクの集合である。特殊リンク集合は、階層移動を表現するために、階層移動手段の特殊ノード間に設置されるリンクの集合である。

早稲田大学西早稲田キャンパス 55 号館 1 階に可視グラフに基づくモデル化を適用した例を図 3 に示す。屋内環境モデルとして、可視グラフに基づくモデルを使用することで、広場やエレベーター、エスカレーターなどの屋内空間固有の構造に対応した経路探索が可能となり、屋内経路案内に可視情報を利用することができる。

以上のもと、本稿の屋内経路案内では、可視グラフ $G = (V, E)$ に基づく屋内環境モデルと、可視グラフ中の始点 S から終点 T に至る屋内経路が与えられたとき、携帯端末上に表示された屋内経路の地図と、メガネ型ウェアラブル端末を用いて、屋内経路に沿った分かりやすい経路案内を行うものとする。

3. 歩行者の視点情報に基づく屋内経路案内

屋内環境では、GPS の測位精度が低く、活用できるラン

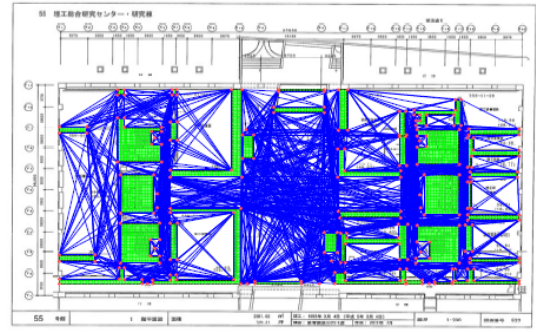


図 3: 可視グラフに基づくモデル化例。

ドマークが乏しいため、GPS を利用した経路案内やランドマークを活用した経路案内が難しく、歩行者の道迷いを引き起こしやすい。GPS やランドマークを用いずとも分かりやすい経路案内が必要である。屋内経路案内に必要な要件は、(1) 歩行者の位置、(2) 歩行者の向き、(3) 出発地から目的地までの経路情報の 3 つであると言われている [8]。(1)~(3) の 3 つから、歩行者が見ている方向に合わせて、次に進むべき方向を提示する経路案内情報を生成することによって分かりやすい経路案内を行うことを考える。

(1) 歩行者の現在位置は PDR (Pedestrian Dead Reckoning) による測位手法 [9], [10] や無線 LAN による測位手法 [11], Bluetooth による測位手法 [12], RFID による測位手法 [13] など既存の測位技術を用いて取得することができる。

(3) 経路情報は、文献 [1] の手法などを用いて、可視グラフ中の部分グラフとして始点 S から終点 T までの経路を取得することができる。

したがって、ランドマークのない屋内環境での経路案内において最大の問題と成るのは、(2) 歩行者の向きを取得することと、それに基づく分かりやすい案内情報を生成することである。

本稿では、(2) 歩行者の向きとして歩行者の視点情報を推定する。歩行者の視点情報の推定手法 (3.1 節) と、歩行者の視点情報を考慮した案内情報生成手法 (3.2 節) を提案する。

3.1 歩行者の視点情報の推定

まず、SmartEyeglass を用いて歩行者の視点情報を推定する。SmartEyeglass に搭載されているジャイロ스코ープを用いて鉛直下向き軸を回転軸とした角速度を求め、角速度の離散値を時間積分することで歩行者のしている方角を導出する。以降、これを歩行者の視点角と呼ぶ。

SmartEyeglass のセンサの x 軸、 y 軸、 z 軸の向きを図 4 に示す。SmartEyeglass を装着したときの顔の向きが水平のままであるとは限らないため、軸が水平方向と鉛直方向を向かない。したがって、鉛直下向き軸を回転軸とした角速度を求めるためには、SmartEyeglass の傾き、すなわち

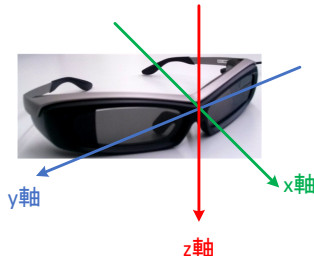


図 4: SmartEyeglass のセンサの軸.

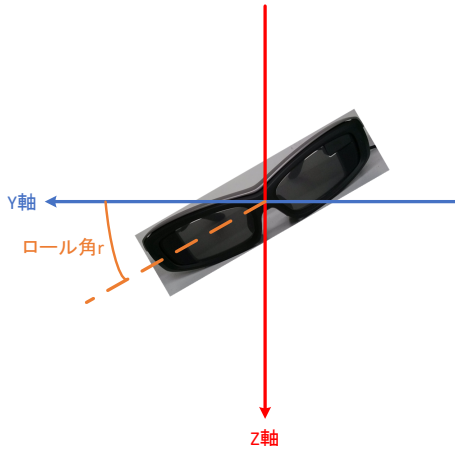


図 5: SmartEyeglass のロール角.

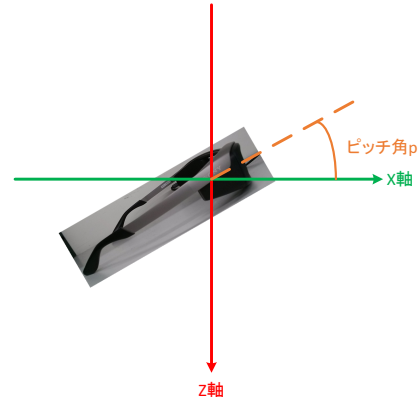


図 6: SmartEyeglass のピッチ角.

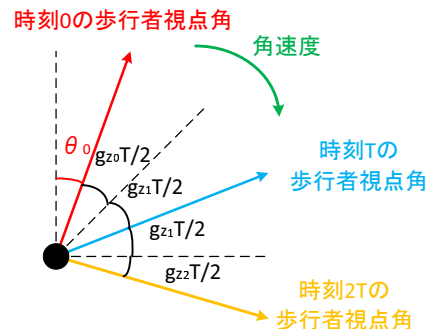


図 7: 歩行者の視点角の導出.

ロール角とピッチ角を推定して、角速度を補正する必要がある。

SmartEyeglass が水平に保持されている時の x 軸, y 軸, z 軸を X 軸, Y 軸, Z 軸とする。このとき、ロール角は図 5 のように X 軸を回転軸として水平な状態からどれだけ回転しているかを示す角度である。ピッチ角は図 6 のように Y 軸を回転軸として水平な状態からどれだけ回転しているかを示す角度である。SmartEyeglass のロール角とピッチ角の推定には、加速度センサを用いる。SmartEyeglass の加速度センサは自由落下時が加速度の基準となっているため、静止時には垂直抗力により加速度センサの値は鉛直上向きに重力加速度の値を取る。歩行時に、加速度センサが取得する水平成分の加速度は、重力加速度に比べて遥かに小さい。したがって、歩行時の加速度は鉛直上向きに近似することができる。そのため、加速度センサによる x 軸, y 軸, z 軸の加速度をそれぞれ a_x , a_y , a_z とすると、ロール角 r 、ピッチ角 p はそれぞれ式 (1) と式 (2) で推定できる。

$$r = -\arcsin(a_y / \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}) \quad (1)$$

$$p = \arcsin(a_x / \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}) \quad (2)$$

ここで、ロール角、ピッチ角は軸に対して右ねじの回転方向を正とする。

X 軸, Y 軸, Z 軸それぞれを回転軸とした角速度 g_X , g_Y , g_Z は、 x 軸, y 軸, z 軸それぞれを回転軸とした角速度 g_x , g_y , g_z に対して、 x 軸を回転軸として r だけ回転さ

せ、 y 軸を回転軸として p だけ回転させたときの値になる。したがって、角速度 g_X , g_Y , g_Z は式 (3) で表現される。

$$\begin{pmatrix} g_X \\ g_Y \\ g_Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(r) & -\sin(r) \\ 0 & \sin(r) & \cos(r) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(p) & 0 & \sin(p) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(p) & 0 & \cos(p) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} g_x \cos(p) + \sin(p)(g_y \sin(r) + g_z \cos(r)) \\ g_y \cos(r) - g_z \sin(r) \\ -g_x \sin(p) + \cos(p)(g_y \sin(r) + g_z \cos(r)) \end{pmatrix} \quad (3)$$

g_Z が鉛直下向き軸を回転軸とした角速度である。

ここで歩行者の視点角の初期値を θ_0 、時計回りを正とした時刻 t の歩行者の視点角を $\theta(t)$ 、時刻 t の Z 軸を回転軸とした角速度を $g_Z(t)$ とすると、 $\theta(t)$ はジャイロスコープの鉛直下向きを回転軸とした角速度を時間積分し、歩行者の視点角の初期値に足しあわせることで導出できる。つまり、 $\theta(t)$ は以下の式 (4) で算出される。

$$\theta(t) = \theta_0 + \int_0^t g_Z(t) dt \quad (4)$$

実際にセンサによって求められる角速度は離散的な値である。したがって、角速度 $g_Z(t)$ の離散値を g_{Z_0} , g_{Z_1} , ..., g_{Z_n} とし、ジャイロスコープによる角速度の離散値の取得周期を T とすると、 m を任意の自然数としたとき、時刻 mT の歩行者の視点角 $\theta(mT)$ を式 (5) で推定する。

$$\theta(mT) = \theta_0 + \sum_{k=0}^{m-1} \frac{1}{2}(g_{Z_k} + g_{Z_{k+1}})T \quad (5)$$

まず、時刻0の歩行者の視点角 θ_0 を加速度センサと地磁気センサを用いて推定する。今、時間 mT の角速度の離散値を gz_m としたとき、時刻 $(m - \frac{1}{2})T$ から時刻 $(m + \frac{1}{2})T$ までの間の角速度を gz_m であると仮定する。すると、時刻 mT の視点角 $\theta(mT)$ は式(5)のように表わされることになる。

式(5)による歩行者の視点角の導出の様子を図7に示す。時間 T の歩行者の視点角は $\theta_0 + \frac{gz_0 + gz_1}{2}T$ となり、時間 $2T$ の歩行者の視点角は $\theta_0 + \frac{gz_0 + gz_1}{2}T + \frac{gz_1 + gz_2}{2}T$ となる。

歩行者の視点角の推定アルゴリズムは以下ようになる。

Step1. 歩行者の視点角推定アルゴリズム

Step1-1. 加速度センサと地磁気センサを用いて初期角 $\theta(0) = \theta_0$ を求める。加速度センサとジャイロスコープを用いて角速度 gz_0 を求め、 $k = 1$ とする。

Step1-2. 加速度センサとジャイロスコープにより角速度 gz_k を求める。

Step1-3. $\theta(kT) = \theta((k-1)T) + \frac{1}{2}(gz_{k-1} + gz_k)T$

Step1-4. $k = k + 1$ とし、Step1-1へ進む。

上記の手法で推定した歩行者の視点角の精度評価を行った。歩行者の視点角推定の精度評価ではSmartEyeglassを装着し、360度視点を回転させ、歩行者の視点角の変化量を推定する実験を10回行った。実験結果を表1に示す。実験結果より、提案手法では約3.9%の誤差で歩行者の視点角を取得可能である。

3.2 歩行者の視点情報を考慮した案内情報生成

図8に示すフローで、(1)歩行者の位置、(2)歩行者の向き、(3)出発地から目的地までの経路情報から、歩行者が見ている方向に対して、次に進むべき方向を提示する案内情報を生成することを考える。(1)歩行者の位置は、センサを用いたPDRによる現在位置測位の研究[9],[10]を参考にし、モバイル端末に搭載されている加速度センサ、地磁気センサ、ジャイロスコープを用いて測位する。(2)歩行者の向きは、3.1節で提案した手法で取得する。(3)経路情報の取得は、文献[1]の手法などを用いる。可視グラフに基づく屋内環境モデルにおいて始点 S から終点 T までに経由するノード列を経路ノード列 $P = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ とする。

可視グラフに基づくモデル化では、障害物を挟まずに可視枝が引けるノード間にリンクが設置される。したがって、可視グラフに基づく経路ノード列では、終点 T を除き各ノードから次に経由するノードは可視である。そのため、歩行者が現在いるノード $v_k(k = 1, 2, \dots, (n-1))$ から、次に経由するノード v_{k+1} までの可視枝の向きと歩行者の視点情報を比較することで、歩行者の視点に対してどの方向に次に経由するノードがあるかを判定することができ、歩行者が見ている方向に対して歩行者がどの方向に進むべきかの案内情報をリアルタイムで生成することができ

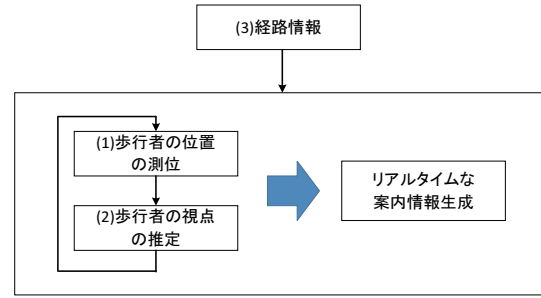


図8: 案内情報生成のフロー。

る。そこで、歩行者の見ている方向に対する歩行者が進むべき方向を、以下の手順で決定する。

Step2. 案内情報生成アルゴリズム。

Step2-1. 歩行者の現在位置から、最も近い位置にある経路ノード列に含まれるノードを、歩行者の現在いるノードとする。以降、これを現在位置ノード v_k と呼ぶ。

Step2-2. 図9のように、歩行者の視点情報と現在位置ノード v_k から次に経由するノード v_{k+1} への可視枝を用いて角度 d を求める

Step2-3. 図10のように進むべき方向を8方向に区分して決定する。角度 d が $0 \sim 22.5$ 度、もしくは $337.5 \sim 360$ 度の場合に前方とする。角度 d が $22.5 \sim 67.5$ 度の場合に右前方とする。角度 d が $67.5 \sim 112.5$ 度の場合に右方とする。角度 d が $112.5 \sim 157.5$ 度の場合に右後方とする。角度 d が $157.5 \sim 202.5$ 度の場合に後方とする。角度 d が $202.5 \sim 247.5$ 度の場合左後方とする。角度 d が $247.5 \sim 292.5$ 度の場合左方とする。角度 d が $292.5 \sim 337.5$ 度の場合左前方とする。

Step2-4. メガネ型ウェアラブル端末の画面上に、図11のように進むべき方向の矢印による案内情報を生成する。

可視グラフに基づく屋内経路情報を用いて、歩行者の視点情報に対応した案内情報をリアルタイムで生成することで、方向感覚の悪い歩行者でも、見ている方向に対応した案内情報に従って進むことで迷わずに目的地へ到達できると見込まれる。

4. 評価実験

提案手法を携帯端末とメガネ型ウェアラブル端末上に経路案内アプリケーションとして実装し、ユーザ評価実験を行った。ユーザ評価実験では、提案手法:歩行者の視点情報に基づく経路案内と比較手法:(1)歩行者の位置、(3)経路情報の2つによる屋内経路案内のそれぞれを用いて歩行実験を行った。歩行実験後のアンケートによりそれぞれのユーザ評価を比較し、提案手法の有効性を確認する。

歩行実験の被験者は20代男性7名と20代女性1名の計8名である。実験には、携帯端末としてNexus 7とメガネ型ウェアラブル端末としてSmartEyeglassを使用した。携帯端末とメガネ型ウェアラブル端末の仕様を表2、表3に

表 1: 歩行者視点角推定実験結果.

	推定歩行者視点 [度]	誤差率 [%]
1 回目	349.119	3.023
2 回目	339.418	5.717
3 回目	343.637	4.545
4 回目	346.145	3.849
5 回目	342.385	4.893
6 回目	354.245	1.599
7 回目	348.404	3.221
8 回目	344.573	4.285
9 回目	344.455	4.318
10 回目	345.771	3.953
平均	345.815	3.940

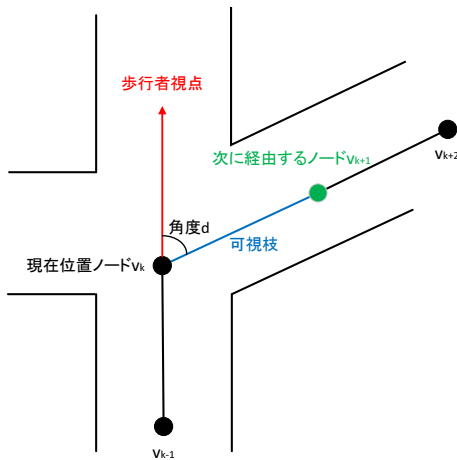


図 9: 次に経路するノードへの角度推定.

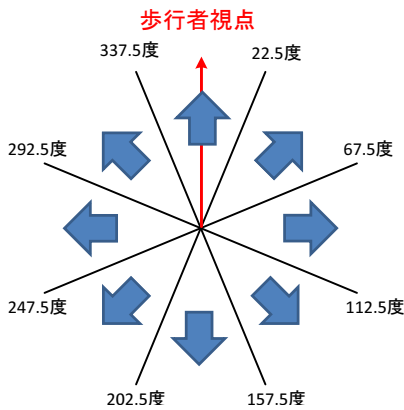


図 10: 進むべき方向の推定.

示す. 実験の実施場所は早稲田大学西早稲田キャンパス 55 号館である. 実験に用いる (1) 歩行者の位置は, 文献 [9], [10] を参考に実装した PDR により測位した. (3) 経路情報は, 可視グラフに基づく屋内環境モデルを用いて 55 号館 N 棟 6 階から 55 号館 S 棟 3 階への経路を与えた. 実験での歩行経路を図 12 に示す. 与えた歩行経路には, エレベーターや階段以外に有効なランドマークは存在しない.

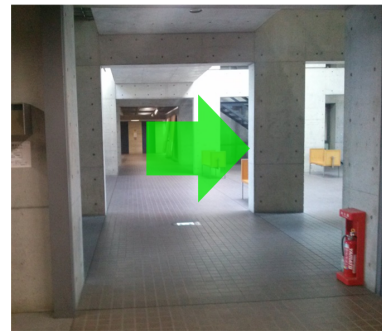


図 11: メガネ型ウェアラブル端末への案内情報表示のイメージ図.

歩行実験後のアンケート結果を図 13 に示す. 図 13(a) に示すように, 比較手法では, 「非常に分かりやすい」, 「分かりやすい」と回答した被験者が 4 名なのに対し, 提案手法では, 「非常に分かりやすい」, 「分かりやすい」と回答した被験者が 7 名であった. 加えて, 図 13(b) に示すように, 全ての被験者から比較手法より提案手法の経路案内の方が分かりやすいという回答を得た. したがって, 提案手法では, GPS が使用できずランドマークが乏しい屋内環境において, 歩行者へ分かりやすい経路案内を提供できることが示された.

図 13(c) に示すように, 比較手法では, 「迷った」, 「少し迷った」と回答した被験者が 3 名なのに対し, 提案手法では, 「迷った」, 「少し迷った」と回答した被験者が 2 名であった. 提案手法により歩行者へ分かりやすい経路案内を提供した結果として, 比較手法よりも迷いづらいつ経路案内を実現できた. 提案手法による歩行実験で, 「迷った」, 「少し迷った」と回答した被験者の迷った原因として, 案内情報が実際の歩行より早いタイミングで切り替わったという意見があった. これは (1) 歩行者の位置の測位誤差により, 誤った案内情報が生成されてしまったことが原因であると思われる. 提案手法の有効性の向上のために, (1) 歩行者の位置の測位精度を向上させる必要がある.

表 2: Nexus 7 の仕様.

名称	Nexus 7 (2013)
OS	Android 4.4.4
CPU	QualcommR Snapdragon S4 Pro 8064 クアッドコア, 1.5 GHz
解像度	1920 × 1200
搭載センサ	GPS
	電子コンパス
	加速度センサ
	ジャイロ스코ープ
	光センサ
	磁気センサ
	NFC

表 3: SmartEyeglass の仕様.

名称	SmartEyeglass Developer Edition SED-E1	
ディスプレイ	表示方式	両眼透過式 (透過率 85%以上)
	仮想表示距離	約 3~10m
	解像度	419 × 138
	表示色 & 単色	緑色
	階調	256 階調
カメラ	約 300 万画素	
搭載センサー	加速度センサ	
	ジャイロ스코ープ	
	電子コンパス	
	照度センサ	
	マイク	
音声出力	スピーカー	
質量	約 122g (アイウェア 約 77g, コントローラー約 45g)	
対応端末	Android4.4 以上の Android 端末	

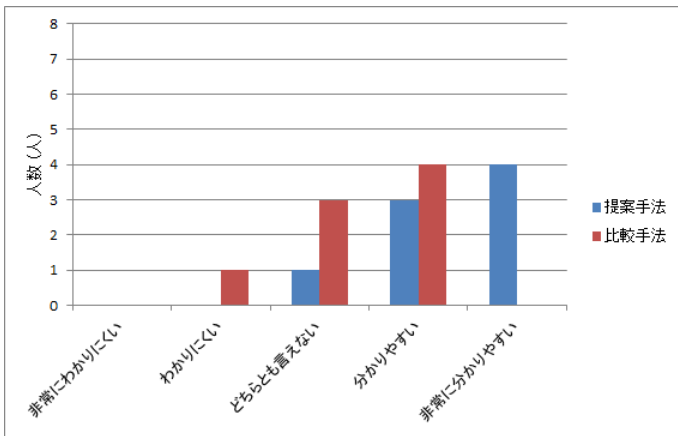
5. おわりに

本稿では、歩行者の視点情報推定と歩行者の視点情報を考慮した案内情報生成を用いて、歩行者の視点情報を考慮した経路案内手法を提案した。歩行者の視点情報推定では、メガネ型ウェアラブル端末に搭載されたセンサを用いて誤差 3.9%の精度で歩行者視点の推定を実現した。歩行者の視点情報を考慮した案内情報生成では、(1) 歩行者の位置、(2) 歩行者の視点情報、(3) 経路情報の 3 つから歩行者が見ている方向に対して、次に進むべき方向を提示する案内情報を生成した。ユーザ評価実験結果より、提案手法では比較手法と比べ、GPS が活用できずランドマークが乏しい屋内環境での経路案内の分かりやすさが向上することを示した。しかし、現在位置測位の誤差によって正しい案内情報が生成されず、歩行者が迷ってしまう場合があった。今後は本手法の有効性を高めるために、PDR による現在位置測位の精度向上を進めていく。

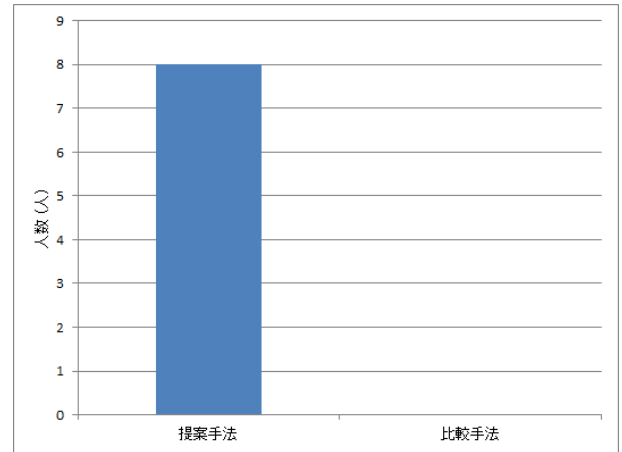
謝辞 本研究を進めるにあたり貴重な議論を提供いただいた株式会社ゼンリンデータコムのみならず、ならびに株式会社ゼンリンのみなさまに感謝いたします。

参考文献

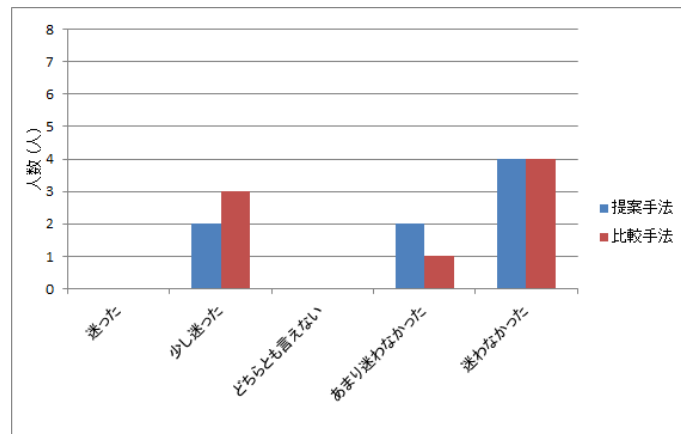
- [1] 町田理, 町田直哉, 柳澤政生, 戸川望, “VNS:可視グラフに基づく屋内環境ナビゲーションシステム,” 情報処理学会マルチメディア分散協調とモバイル (DICOMO 2013), pp.688–701, 2013.
- [2] V. Walter, M. Kada, H. Chen, “Shortest path analyses in raster maps for pedestrian navigation in location based systems,” *International Symposium on Geospatial Databases for Sustainable Development*, Goa, India, ISPRS Technical Commission IV (on CDROM). ISPRS Technical Commission IV, 2006.
- [3] 飯田啓量, 廣井慧, 梶克彦, 河口信夫, “屋内歩行者向け音声ナビゲーションのためのデータモデルの提案,” 情報処理学会第 77 回全国大会, 5W-07, pp.377–378, 2015.
- [4] 櫻木伸也, 峰野博史, 水野忠則, “無線 LAN 環境を想定した屋内向けナビゲーションの検討,” 情報処理学会研究報告, vol. 2007-DPS-132, pp. 13–18, 2007.
- [5] 新田知之, 宮崎和哉, 吉見駿, 田端亮介, 新井イスマイル, 安積卓也, 西尾信彦, “視認性確認対話ベースの地下街ナビゲーションシステム,” 情報処理学会シンポジウム インタラクシオン 2013, pp. 448–455, 2013.
- [6] 五百蔵重典, “通信および地図情報が不要なナビゲーションシステム,” 情報処理学会マルチメディア分散協調とモバイル (DICOMO 2011), pp. 1084–1090, 2011.
- [7] 萩原良信, 野澤満明, 崔 龍雲, 渡辺一弘, “View Based Navigation を応用したスマートフォンによる屋内歩行者案内システムの開発,” 電気学会論文誌 C, vol. 134, no. 1,



(a) 目的地への進行方向は分かりやすかったか.



(b) どちらの経路案内がより分かりやすかったか.



(c) 歩行実験で迷ったか.

図 13: ユーザ評価実験のアンケート結果.