

眼鏡型ウェアラブル端末を用いたランドマーク確認 に基づく屋外歩行者ナビゲーション

矢野 棕也^{1,a)} 新田 知之² 石川 和明² 柳澤 政生¹ 戸川 望^{1,b)}

概要：携帯端末の普及に伴い、屋外で GPS が導入されたナビゲーションアプリを使用する機会が増加した。GPS の精度による現在位置表示の誤差と、地図と実世界の対応付けが困難であることが道迷いの原因とされ、GPS の精度に依存しにくいナビゲーションは数多く存在するが地図と実世界の対応付けの実現に至っていない。そこで地図と実世界の対応付けを可能にするウェアラブル端末の使用に注目し、本稿では眼鏡型ウェアラブル端末 SmartEyeglass を用いたランドマーク確認による現在位置推定手法を提案する。提案手法は SmartEyeglass に表示されるランドマークを経路上の曲がり角で実世界と重ねることで、歩行者の現在位置と向いている方向に応じた進行方向を認識させ、GPS を使わずに目的地までの誘導を実現する。従来の携帯端末と異なるランドマークを選択する必要があるため、SmartEyeglass に適したランドマークの選択アルゴリズムを提案する。従来の携帯端末上の案内で使用されるランドマークと提案する選択アルゴリズムで選ばれたランドマークを表示して比較する。実験結果から SmartEyeglass 上に表示可能な範囲でより多くの周辺ランドマークが含まれるランドマーク選択の実現を確認する。

A Navigation System based on Landmark Recognition by Glass-type Wearable Devices

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

1. はじめに

近年の携帯端末やスマートフォンの普及によって屋外を中心に歩行者ナビゲーションが使用される機会が増加し、とくに GPS を導入した歩行者ナビゲーションが盛んに研究されている。GPS による位置測位は GPS 衛星から送信されたタイムスタンプ付き信号を受信し、タイムスタンプと受信時刻との差から疑似距離を算出することに基づく。4 つ以上の GPS 衛星からの疑似距離を推定できれば、GPS 衛星の位置に基づいて受信機の位置が推定可能になる。GPS 衛星からの疑似距離情報が多いほど測位が高精度になるため、周囲に障害物が少ない場合、測位誤差が小さくなる。一方、高層ビル等の高い障害物が周囲に多く存

在する都市部では、GPS 信号の反射・回折によるマルチパスや遮蔽の影響による電波到達時間の増加により測位誤差が数十 m 以上に増加したり、雑音が増加することでタイムスタンプ付き信号の復号ができなくなったりする場合がある [15]。歩行者ナビゲーション時に GPS による位置測位に誤差が生じると、歩行者は自分の位置が把握できず進むべき方向を補正できない。GPS の位置測位精度に依存しにくい歩行者ナビゲーションが必要になる。

GPS の位置測位精度に依存しにくいナビゲーションの 1 つとしてランドマークを用いた案内が注目を集めている。歩行経路上の交差点の進入路と脱出路が成す角度が大きくなったり進入路と比べて脱出路の道路幅が狭くなったりすると、歩行者はより交差点で案内を必要とする傾向にある [6]。そこで歩行経路の交差点に存在するランドマークを利用した案内を生成すれば、進行方向を判断することができ、歩行者は交差点で経路を迷わない [10]。また歩行経路上の歩行者から見えるランドマークに注目したとき、ランドマークの見え方から現在位置推定が可能であると報告

¹ 早稲田大学

Waseda University

² ゼンリンデータコム

ZENRIN DataCom.

a) ryoya.yano@togawa.cs.waseda.ac.jp

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

されている [5]。現在位置推定に加えて、歩行者からのランドマークの見え方を利用した案内を生成することで迷いにくい歩行者ナビゲーションを実現できると考えられる [7]。しかし従来の携帯端末上やスマートフォンの案内表示はいずれも、案内で使用される地図と実世界の対応付けが難しく、歩行者が道迷いを引き起こしやすい。

地図と実世界の対応付けを可能にする歩行者ナビゲーションの研究では、携帯端末やスマートフォンと連携可能なウェアラブル端末の使用が注目されている。とくに眼鏡型ウェアラブル端末は歩行者の視界に付加情報が重ねられるため、地図と実世界の対応付けが可能になると期待されている。これまで、眼鏡型ウェアラブル端末から取得した画像と予め撮影した画像の特徴点を比較して、歩行者の現在位置を取得する屋内 AR ナビゲーションが報告されている [3]。しかし屋内と異なり、屋外の画像は膨大であるため屋外ナビゲーションへの適用は難しい。眼鏡型ウェアラブル端末を用いた屋外ナビゲーション手法として、歩行者が向いている方向に合わせて目的地の名称と現在位置からの距離を表示するものが提案されている [13], [14]。しかし目的地までの正確な経路の表示と案内文が表示されず、歩行者が道迷いを引き起こす可能性が残っている。

本稿では、眼鏡型ウェアラブル端末 SmartEyeglass を用いたランドマーク確認に基づく迷いにくい歩行者ナビゲーションを提案する。提案手法は経路上の交差点で眼鏡型ウェアラブル端末を装着した歩行者がランドマークを確認することで、目的地までの誘導を実現する。眼鏡型ウェアラブル端末を装着した状態でランドマークを表示することで、地図と実世界の対応付けが可能となる。その結果交差点で歩行者は現在位置と進行方向を知ることができ、GPS を使用することなく道に迷いにくい歩行者ナビゲーションを実現できる。

2. 眼鏡型ウェアラブル端末と迷いづらい屋外歩行者ナビゲーション

GPS を導入した既存のナビゲーションは迷いやすさに関して以下の問題点が指摘されている [1], [2]。

- (1) 案内で用いる地図と実世界の対応付けが難しい。
- (2) GPS の精度により現在位置表示に誤差が生じる。

とくに地図と実世界の対応付けは従来の携帯端末では限界があると考えられ、眼鏡型ウェアラブル端末の使用による地図と実世界の対応付けが期待されている。

本章では眼鏡型ウェアラブル端末 SmartEyeglass の構造と機能を紹介し、本稿における屋外歩行者ナビゲーション問題を定義する。

2.1 眼鏡型ウェアラブル端末 SmartEyeglass

眼鏡型ウェアラブル端末の 1 つに、ソニーが開発した SmartEyeglass がある [12]。SmartEyeglass は図 1 のよう



図 1 SmartEyeglass とホストデバイス。

にアイウェアとコントローラの 2 つから構成される。アイウェアはカメラやセンサ、ホストデバイスから送信されるデータを表示するディスプレイから構成される。本稿ではカメラ・センサは使用せずアイウェアをディスプレイとして使用し、アイウェアを通して見える実世界とアイウェアのディスプレイ上に表示された案内を重ねて表示する。コントローラにはバッテリーやスピーカーが内蔵され、ボタンやタッチセンサによりアイウェア上に表示される案内を切り替える。アイウェアとコントローラは有線で接続されており、画像データなどを通信している。

SmartEyeglass はホストデバイスと Bluetooth でペアリングし、ホストデバイスを SmartEyeglass 側で制御可能とする。SmartEyeglass を用いたナビゲーションを実現するにはホストデバイス側で経路探索や案内文生成を行い、これらを SmartEyeglass に送信し、SmartEyeglass のコントローラを用いてアイウェアに表示する。

2.2 屋外歩行者ナビゲーション問題

地図データは、歩行者用道路ネットワーク (以下道路ネットワーク) と建物集合の 2 種類により与えられる。道路ネットワークは緯度経度で表される点ノードとそれらを結びリンクから構成される。点ノードは座標を表し、リンクは歩道を表す。建物は建物を俯瞰した際の輪郭をなす外周を緯度経度の点の集合で表現したポリゴンデータと、各ポリゴンに付随する建物のカテゴリと名称データから構成される。建物には固有の名称を持つものと持たないものがあり、本稿では名称を持つ建物集合をランドマーク集合と呼ぶ。

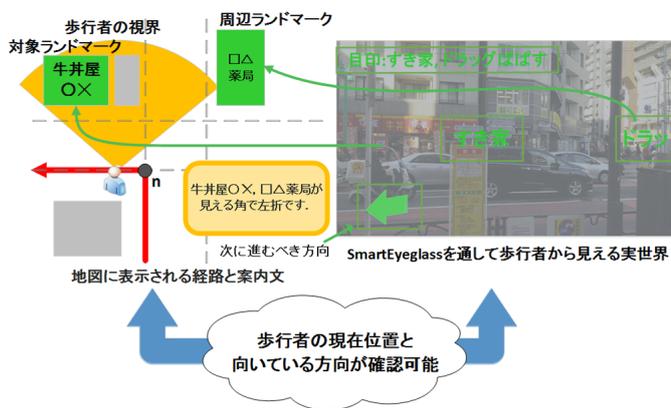
本稿の屋外歩行者ナビゲーションとは、上述のような道路ネットワークと建物集合、始点 S から終点 G までの歩行経路が与えられた時に、SmartEyeglass と携帯端末上に表示された歩行経路を用いて GPS を使わずに歩行経路に沿って分かりやすい歩行者ナビゲーションを実現するものとする。

3. SmartEyeglass を用いたランドマーク確認による屋外歩行者ナビゲーションシステム

ランドマークを基準にした歩行者ナビゲーションでは使



(a) 従来のナビゲーション.



(b) SmartEyeglass を用いたナビゲーション.

図 2 地図と実世界の対応付け.

用するランドマークの選択が重要になる。とくにランドマークの種類や形状の三次元的要素と地理的要素が大きく関係する。

本章では GPS の位置測位精度に依存せず正確な歩行経路に沿った歩行者ナビゲーションに必要な要素を明らかにし、SmartEyeglass のためのランドマークの選択アルゴリズムを提案する。さらに SmartEyeglass を用いたランドマーク確認に基づく歩行者ナビゲーションシステムを提案する。

3.1 SmartEyeglass を用いたランドマークの確認と方向判断

GPS の位置測位精度に依存せず歩行経路に沿った歩行者ナビゲーションを実現するには、歩行経路上で曲がり角にあたったときランドマークを取り入れた案内を表示することが有効である [9], [11]。ランドマークを確認することで歩行者の現在位置を確認可能なため、GPS を用いなくても歩行者は歩行経路に沿っているかを判断しやすくなる。

例として交差点で曲がる様子を図 2 に示す。ランドマークベースのナビゲーションでは交差点に存在するランドマークを表示し、表示されるランドマークを実世界で認識することで現在位置を知り、経路に沿って目的地へ向かう。

しかし図 2(a) に示すように従来の携帯端末を用いた案内では、表示される地図と実世界の対応付けが難しい。そのため表示されるランドマークが確認できず、歩行者の現在位置測位と進行方向の確認が困難である。

そこで眼鏡型ウェアラブル端末 SmartEyeglass を用いたランドマークベースの現在位置と進行方向の確認を考える。今、ある交差点に注目する。交差点の周囲にはいくつかのランドマークが存在するものとする。交差点に存在するランドマークの 1 つを対象ランドマークと呼ぶ。対象ランドマーク以外で、注目する交差点に存在するランドマークを周辺ランドマークと呼ぶ。そして交差点を構成するノード n から歩行者が対象ランドマークを見たとき、周辺ランドマークの見える位置を算出し、対象ランドマークと周辺ランドマークの位置を SmartEyeglass に表示する。歩行者から見える実世界と SmartEyeglass 上の表示が一致したとき、歩行者はノード n から対象ランドマークの方向を見ていることが分かる。

例えば図 2 において、牛井屋を対象ランドマークとし、薬局を周辺ランドマークとする。予め歩行者がノード n から牛井屋を見たとき、薬局の位置を計算しておき、SmartEyeglass 上に牛井屋と薬局の位置を表示する (図 2(b) 右)。歩行者は実世界と SmartEyeglass の表示とを比較し、これらが一致した時には歩行者がノード n の位置から牛井屋の方向を見ていることが分かる。交差点にて歩行者の位置と向いている方向が分かれば、歩行経路に沿って進むべき方向を指示することができる。図 2(b) 右では、矢印の方向に進めば歩行経路に沿って目的地に進むことができる。

以上のように SmartEyeglass を用いたランドマークの確認により実世界と歩行経路の対応付けを容易にし、現在位置と進行方向の確認が可能となる。

3.2 SmartEyeglass に適したランドマーク選択アルゴリズム

SmartEyeglass を用いてランドマークを確認するには、歩行者がランドマークを確認できる必要がある。今、始点 S から終点 G に至る歩行経路中のあるノード n に注目する。ノードからあるランドマークの道路に面する辺の中心へ線分を引く (図 3)。線分が他のポリゴンデータと交わらない場合、ノードからランドマークは視認可能とし、線分を可視枝と呼ぶ。交差点の角にある各ランドマークへの可視枝は複数存在する場合があります。各ランドマークへの可視枝の入射角が最も小さい可視枝をそのランドマークの可視枝として使用するものとする。ノード n から視認可能なランドマークの集合を可視ランドマーク集合 $VL(n)$ とする。ノード n に対し対象ランドマーク $t(n)$ と周辺ランドマークは可視ランドマーク $VL(n)$ の中から選択する。SmartEyeglass を用いたランドマークの確認では、ノード n に対しどのような対象ランドマークを選択するかが重要

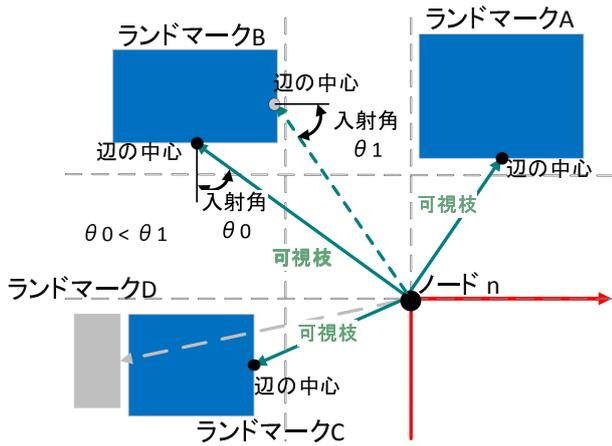


図 3 ノードからランドマークへの可視枝.

になり、以下の要素を考慮する必要がある。

- (1) SmartEyeglass を用いたランドマーク確認は対象ランドマークの種類が最も重要だと考える。歩行者は表示される案内と目に見える実世界を対応付けることでしか歩行経路の確認ができない。道路に面した場所に表示されずに歩行時に認識しづらいビル名などは対象ランドマークに不適當で、商店やコンビニなどのランドマークの名称が看板として表に出ているものが対象ランドマークとして望ましい。そこで、表 1 のようにランドマーク集合を分類し、分類 1 から対象ランドマークを選択することにする。なお交差点に分類 1 のランドマークが存在しないときには分類 2 から対象ランドマークを選択する。
- (2) 歩行者がノード n から対象ランドマークを見たとき、周辺ランドマークが無いと実世界と地図の対応付けが難しくなる。ある対象ランドマークに着目したとき、できるだけ多くの周辺ランドマークがあった方が歩行者は自身の位置をより明確に知ることができる。文献 [4] より人間の視野角は水平方向には約 200° に達するが、映像に誘発される自己運動感覚は 110° ほどで飽和する。そのため水平方向で 110° を超える視野は歩行者が感知できない。そこで可視枝の角度が対象ランドマークを基準として左右 55° 以内のランドマークを可視とし、この範囲内でより多くの周辺ランドマークを持つ対象ランドマークを選択するものとする (図 4)。
- (3) 対象ランドマークの位置により、歩行者の視野角内に周辺ランドマークが存在する数は変化する。とくに交差点は道路が交わるため、交差点の中に障害物が存在しない。曲がる方向の内側のランドマークを対象ランドマークとして選択すると対象ランドマークまでの距離が短くなり、対象ランドマークを向いたとき、周辺ランドマークの数が少なくなることが予想される (図 5)。曲がる方向の外側は障害物が少ないため、外側に

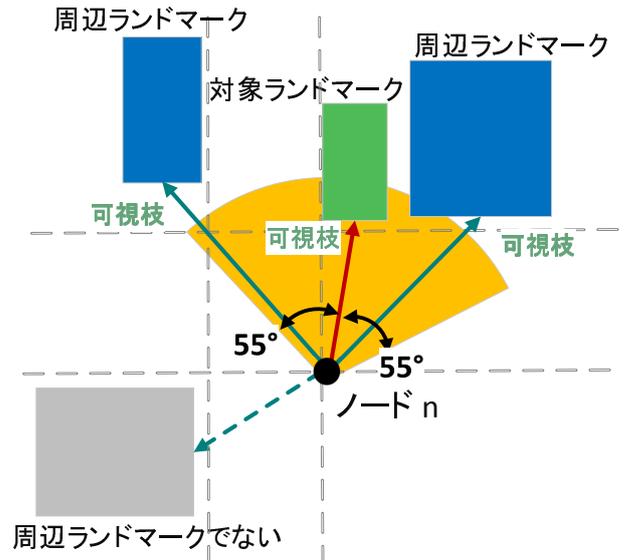


図 4 可視枝の範囲.

存在するランドマークを対象ランドマークとして選択することで、周辺ランドマークの数が増えることが期待される。

以上の対象ランドマーク選択に必要な項目から、始点 S から終点 G に至る歩行経路中の各ノード n に対して、SmartEyeglass を用いたランドマーク確認に適した対象ランドマーク $t(n)$ の選択アルゴリズムを提案する。

- Step1.** ノード n の可視ランドマーク集合 $VL(n)$ の中からその他施設名称のランドマークを除外する。
- Step2.** $VL(n)$ の中からランドマークを順に取り出し、取り出したランドマークを m とする。 n から m へ引いた可視枝を基準に、左右 55° の範囲内にあるランドマーク集合を $SL(m)$ とする。 m を対象ランドマークとしたとき、 $SL(m)$ 内の各ランドマークが周辺ランドマークとなることを表している。
- Step3.** $VL(n)$ の各ランドマーク m について $SL(m)$ の数を比較し、最も $SL(m)$ が多いランドマーク m を対象ランドマークとする。
- Step4.** $SL(m)$ が最多なランドマークが複数ある場合、曲がる方向の外側に存在するランドマークを対象ランドマークとする。

3.3 SmartEyeglass を用いた屋外歩行者ナビゲーションシステム

SmartEyeglass と 3.2 節で提案したランドマークの選択アルゴリズムを用いて、迷いづらい屋外歩行者ナビゲーションシステムを提案する。提案するナビゲーションシステムでは、案内表示を (1) 案内文表示画面、(2) ランドマーク確認画面、(3) 一致判定画面の 3 つに分ける。ナビゲーション中で表示する画面の例を図 6 に示す。

(1) 案内文表示画面は図 6(a) のように、次の曲がり角の対象ランドマークと周辺ランドマークの名称を用いた案内

表 1 ランドマーク集合の分類.

	カテゴリ	例
分類 1	文化施設名称, 食事, 商業施設名称, コンビニ, ガソリンスタンド, 駅名	○□小学校, スーパー□△, △○駅
分類 2	その他施設名称	○△ビル, △□商事, □○タワー



図 6 ナビゲーションの表示画面.

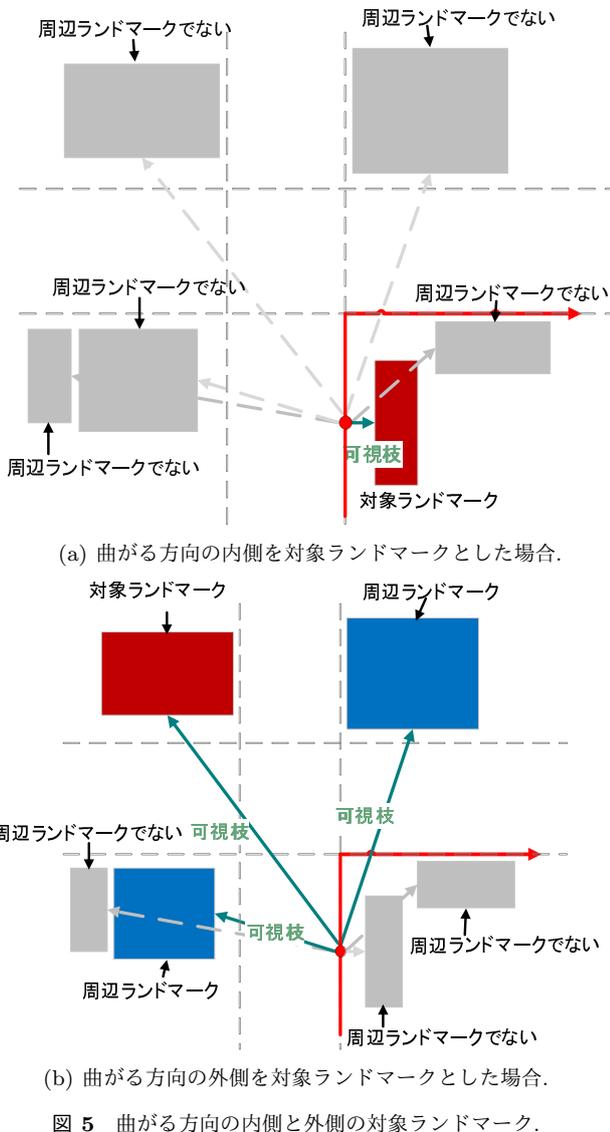


図 5 曲がる方向の内側と外側の対象ランドマーク.

文を表示して, 次の対象ランドマークの名称と進行方向を示す. (2) ランドマーク確認画面は図 6(b) のように, 対象ランドマークと周辺ランドマーク, 進行方向を表示してランドマークの確認と方向判断を実現する. (3) 一致判定画面では図 6(c) のように, 表示されたランドマークが実世界

で確認できたか歩行者に回答させて案内を更新する.

(1) 案内文表示画面, (3) 一致判定画面は SmartEyeglass 上に案内文と矢印の画像, ダイアログを表示することで実現できる. 一方 (2) ランドマーク確認画面は周辺ランドマークを SmartEyeglass 上のどの位置に表示させるかで, 実世界と地図とを上手く対応付けできるかが決まる. そこで以下ではまず (2) ランドマーク確認画面の生成手法を提案し, その後ナビゲーションシステム全体を提案する.

3.3.1 ランドマーク確認画面

ランドマーク確認画面では歩行者が交差点を構成するノード n から対象ランドマークを見たとき, 対象ランドマークの可視枝を基準に周辺ランドマークの可視枝の角度に応じて SmartEyeglass 上の表示位置を算出する (図 7).

今, SmartEyeglass の表示画面の中央に対象ランドマークを見たとする. また, SmartEyeglass の中央から SmartEyeglass の端までの長さを L とする. このとき, 周辺ランドマークの SmartEyeglass 上での表示位置は SmartEyeglass の中央から表示位置までの距離を l としたとき, 以下の式で表される.

$$l = L \times \frac{\tan \theta}{\tan \theta_0} \quad (1)$$

ここで θ_0 は最大の視野角で $\theta_0 = 55^\circ$, θ は対象ランドマークへの可視枝と周辺ランドマークへの可視枝が成す角度とする.

対象ランドマークを探すため, ランドマーク確認時に歩行者は顔の向きを変える. 顔の向きが変わると進行方向が分からなくなりやすいため, 案内文表示画面だけでなくランドマーク確認画面でも進行方向を表示する. ランドマーク確認画面では歩行者が対象ランドマークを向くので, 案内文表示画面で指示した方向から進行方向は変化する. そのため対象ランドマークの可視枝の角度に応じて進行方向の画像を変化させて, 対象ランドマークを向いた状態に適応した進行方向表示を実現する.

- 数字: 表示する画面
 ①: 案内文表示画面
 ②: ランドマーク確認画面
 ③: 一致判定画面
- 矢印:
 ◀: 歩行者の向き
 ▶: ランドマーク確認時の歩行者の向き
- ランドマーク:
 ■: ランドマーク確認時に使用
 □: 使用しない

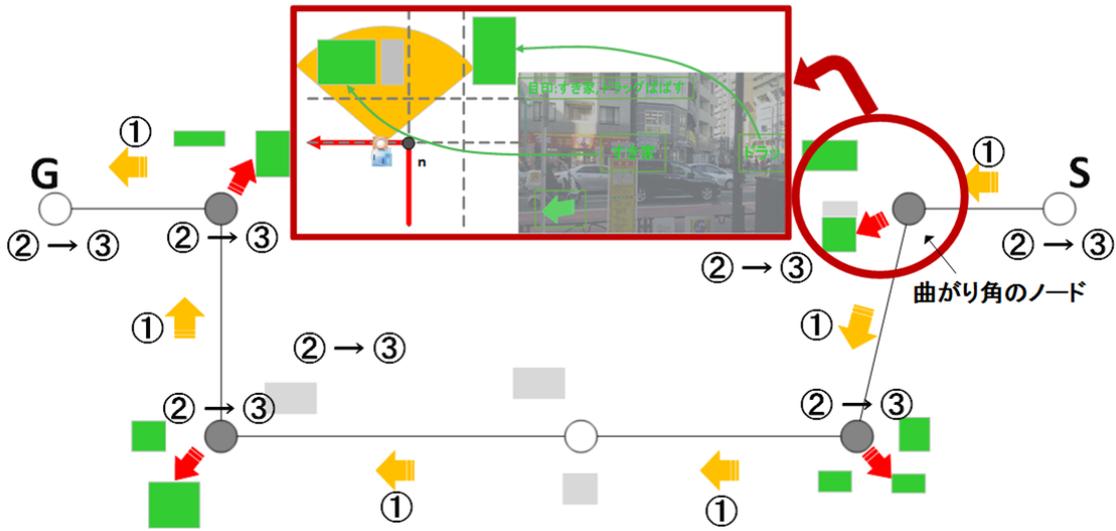


図 9 ナビゲーションシステムの実行例.

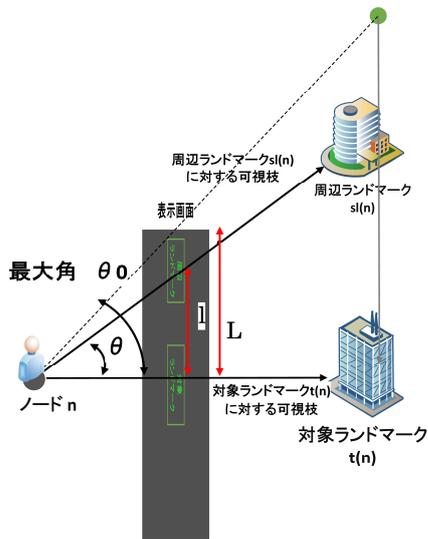


図 7 ランドマークの角度と表示位置の例.

3.3.2 提案するナビゲーションシステム

文献 [2] より曲がり角のランドマークを覚えることで、正確に経路を歩行できる傾向にある。歩行者が進行方向を容易に認識するには、曲がり角のランドマークを誘導の基準に設定する必要がある。提案するナビゲーションシステムでは曲がり角に存在するランドマークのみをランドマーク確認に用いることにする。提案するナビゲーションシステムの流れを図 8 に示し、例を図 9 に示す。図 8 は以下の手順で実現される。

Step1. 歩行者はランドマーク確認画面と一致判定画面を

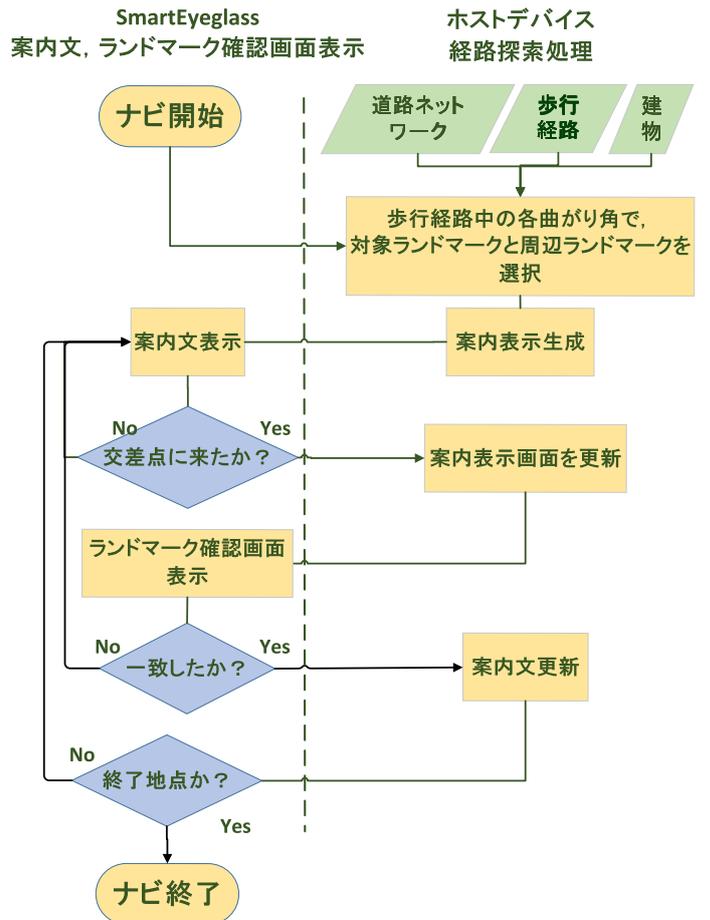


図 8 ナビゲーションシステムの流れ.

用いて、歩行経路の始点 S から次の曲がり角に進む方向を確認する。ナビゲーションシステムは次の曲がり

角のノードを選択する。

Step2. ナビゲーションシステムは選択しているノードにランドマーク選択アルゴリズムを適用して、案内文と進行方向を表示する (図 6(a))。

Step3. 歩行者が案内文に含まれる対象ランドマークが見える位置に来たら、歩行者は SmartEyeglass の案内表示をランドマーク確認画面に遷移させる (図 6(b))。

Step4. 歩行者は対象ランドマークと周辺ランドマークが SmartEyeglass 上の表示位置に重なるように、顔の向きを変える。

Step5. 歩行者は SmartEyeglass の案内表示を一致判定画面に遷移させ、表示したランドマークが実世界と一致していたか判断する (図 6(c))。

Step6. 歩行者が No を選択した場合、ナビゲーションシステムは同じノードを選択したまま Step2 に戻る。

Step7. 歩行者が Yes を選択した場合、ナビゲーションシステムは次の曲がり角のノードを選択して Step2 に遷移する。

Step8. 終点 G に到達するまで Step2~Step7 を繰り返す。

4. ユーザ評価実験

SmartEyeglass を用いたランドマーク確認に基づく迷いにくい歩行者ナビゲーションシステムの有効性を示すため、ユーザ評価実験を行った。ユーザ評価実験は事前説明、歩行実験、事後アンケートからなる。歩行実験では携帯端末として ASUS の Nexus 7 (2013) を使用し、眼鏡型ウェアラブル端末として SmartEyeglass を使用した。被験者は 22, 23 歳の学生男女 10 人で、地図と案内文を表示させた携帯端末を持ち、SmartEyeglass を装着させた。歩行実験による SmartEyeglass を用いたランドマーク確認の有効性と事後アンケートにより、ユーザ評価を考察する。

4.1 評価実験の内容

事前説明では、SmartEyeglass に初めて触れる被験者が多かったため、SmartEyeglass の使用方法と提案したナビゲーションシステムで使用するタイミングを説明した。歩行実験は新宿区高田馬場駅周辺の 2 箇所を経路を使用し、図 10 に示す。青色が使用する経路のリンク、緑色のアイコンが始点 S・終点 G、黒色のアイコンが曲がり角を示す。図 10(a) の経路を経路 1、図 10(b) の経路を経路 2 とする。それぞれの経路において、以下のように携帯端末のみを使用した案内と携帯端末と SmartEyeglass を併用した案内を歩行者 5 人ずつに使用させた。

携帯端末のみを使用した案内。 歩行者は携帯端末のみを持つ。携帯端末には図 10 の経路と曲がり角のランドマークを用いた案内文を表示した。曲がり角のランドマークを用いた案内文は文献 [8] の手法を用いて生成した。



(a) 経路 1.



(b) 経路 2.

図 10 歩行実験に使用した経路。

携帯端末と SmartEyeglass を併用した案内。 歩行者は携帯端末を持ち、SmartEyeglass を装着して曲がり角でランドマーク確認する。携帯端末に図 10 の経路と曲がり角のランドマークを用いた案内文を表示した。SmartEyeglass には提案したランドマーク選択アルゴリズムを適用した案内を表示した。

どちらの案内でも GPS の使用は不可とした。事後アンケートは案内が歩行者に与える影響を測るために作成した。案内文に表示されたランドマークの確認状況、ランドマークが曲がり角に与える影響を質問した。

4.2 実験結果

提案したランドマーク選択アルゴリズムが歩行者に与えた影響を調査した。2つの経路において、それぞれの案内で使用されたランドマークの数と歩行者が確認できた割合を表 2 に示す。表 2 より、提案したランドマーク選択アルゴリズム適用後の案内で使用されるランドマークの数はほぼ変化がない。一方で案内に使用されたランドマークを歩行者が確認できた割合は、どちらの経路でも提案したランドマーク選択アルゴリズムを適用した案内の方が高く

表 2 歩行者によって確認できたランドマーク数と使用した全ランドマーク数 (カッコの中) .

	歩行者がランドマークを確認できた数の平均	
	携帯端末のみ	携帯端末+SmartEyeglass
経路 1	4.8 (8)	6.6 (7)
経路 2	6.4 (10)	9.4 (11)

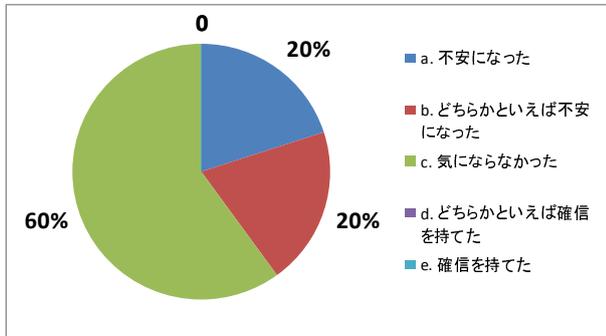


図 11 確認できないランドマークが与える曲がり角への影響.

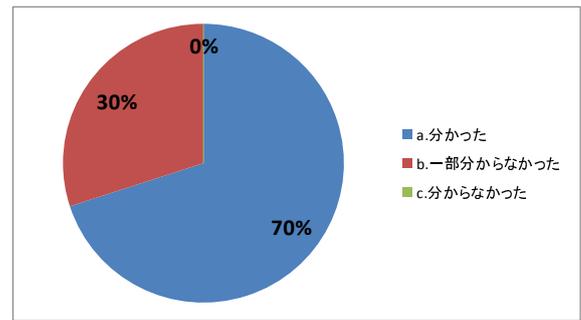
なった.

次に確認できないランドマークが曲がり角に与える影響を図 11 に示す. 図 11 より, 案内に使用されるランドマークを確認できない事で 40% の歩行者が曲がり角に不安を感じると分かる. したがって, 案内に使用するランドマークの総数が大きく減らずに歩行者が確認できたランドマークの割合が高くなることから, 提案したランドマーク選択アルゴリズムが有効であると判明した.

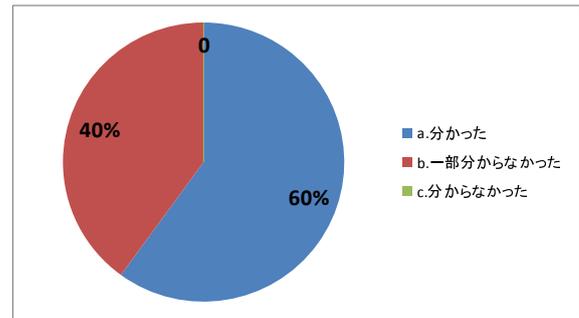
次に SmartEyeglass のランドマーク確認画面に表示されるランドマークの影響を調査した. ランドマーク確認画面にて, 対象ランドマークと周辺ランドマークを歩行者が確認できたかどうかの結果を図 12 に示す. 図 12(a) より対象ランドマークは 70%, 図 12(b) より周辺ランドマークは 60% の歩行者が確認できたと回答した. 歩行者のランドマーク確認が与える曲がり角への影響を図 13 に示す. 図 13(a), 図 13(b) より, 対象ランドマークと周辺ランドマークを確認することで歩行者の 80% が曲がり角にいると安心できる傾向にある. 以上の結果から SmartEyeglass を用いたランドマーク確認の有効性が示された.

ランドマーク確認画面に表示した歩行者の向きに応じた進行方向画像の影響を図 14 に示す. 図 14 より向きに応じて進行方向画像を変化させることで, 90% の歩行者が曲がり角で進行方向の把握に役立つと回答している. 以上からランドマーク確認画面での進行方向表示の有効性を示し, 経路探索処理の改良により歩行者の不安が軽減できることが示された.

歩行者が確認できなかったランドマークには, 横断歩道を渡りランドマークとの距離を置くことで確認できたものが多く含まれた. 本実験で使用した経路では, 横断歩道を直進する場合は直進前と後のノードを 1 つとみなすため, 使用したランドマークとノードの距離が正確でなかった

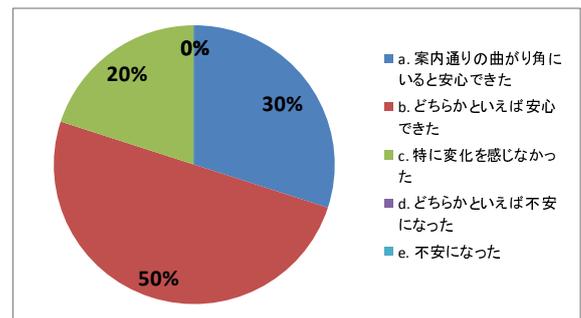


(a) 対象ランドマーク.

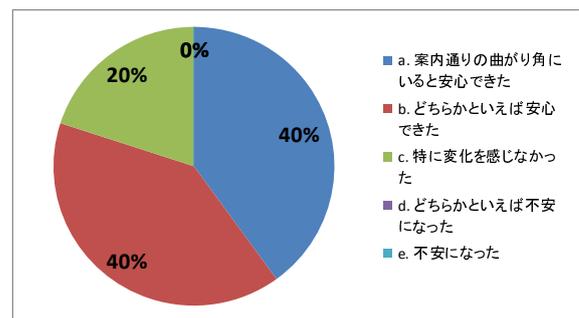


(b) 周辺ランドマーク.

図 12 歩行者がランドマークを確認できたか.



(a) 対象ランドマーク.



(b) 周辺ランドマーク.

図 13 歩行者のランドマーク確認が与える曲がり角への影響.

と考える. したがって確認できるランドマーク数の増加には, 横断歩道の前後でノードを区別するなど経路探索処理の改良が必要である.

5. おわりに

本稿では SmartEyeglass を用いた迷いづらい屋外歩行者

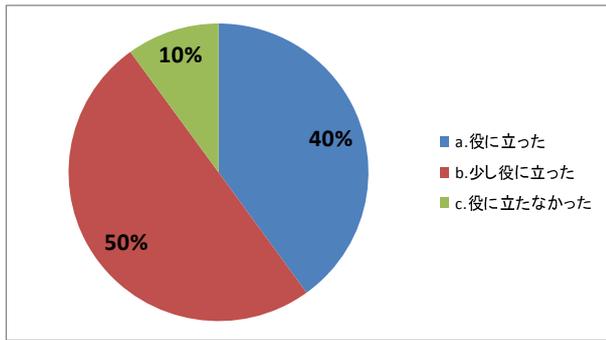


図 14 歩行者の向きに応じた進行方向画像の影響。

ナビゲーションシステムと誘導に必要なランドマークの選択アルゴリズムを提案した。SmartEyeglass を用いたランドマーク確認により、実世界と地図の対応付けが容易になり、GPS を使わずに正確な経路の誘導を実現した。ユーザ評価実験を実施し、ランドマークの選択アルゴリズムとランドマーク確認によるナビゲーションシステムの有効性を示した。

今後はランドマークからノードの距離などをコストとする経路探索アルゴリズムを作成し、ランドマーク確認による歩行者のさらなる不安の軽減を実現する。

謝辞 本研究を進めるにあたり貴重な議論及びデータを提供いただいた株式会社ゼンリンデータコムのみなさま、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] 浅村亮彦, “なぜ道に迷うのか: 空間認知におけるヒューマンエラー,” 北海学園大学経営論集, vol. 3, no. 3, pp. 131–135, 2006.
- [2] 新垣紀子 “ナビゲーションにおける内的資源と外的資源,” 成城大学社会イノベーション研究, vol. 1, no. 1, pp. 61–78, 2005.
- [3] 安楽 優樹, “スマートグラスを利用した AR 学内ナビシステムの開発,” 高知工科大学大学院 2015 年度修士論文, 2015.
- [4] 清川清, “広画面角高精細ディスプレイにおける最近 1 年の技術動向,” 光産業技術振興協会 技術動向調査報告書, pp.395–398, 2001.
- [5] 杉山博史, 土井美和子, “交差点形状が与える心理的影響を考慮した道案内システム,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J87-A, pp. 59–67, 2004.
- [6] 多賀大泰, 高橋直久, “ランドマークの視認状況に基づく歩行者の位置特定システム,” 日本データベース学会 Letters, vol. 5, no. 1, pp. 93–96, 2006.
- [7] 竹田健吾, 柳澤政生, 戸川望, 新田知之, 進藤大介, 田中清貴, “迷いにくい可視ランドマークに基づく屋外歩行者ナビゲーションシステム,” 組み込みシステムシンポジウム 2014 論文集, pp. 102–107, 2014.
- [8] 竹田健吾, “可視角ランドマークに基づく屋外歩行者案内,” 早稲田大学大学院 2015 年度修士論文, 2015.
- [9] 中澤 啓介, 北 望, 高木 健士, 井上 智雄, 重野 寛, 岡田 謙一, “ランドマークの視認性に基づいた動的な案内地図作成,” 情報処理学会論文誌, vol. 49, no. 1, pp. 233–241, 2008.
- [10] 中村羽衣子, “歩行者にとってのランドマークとその目立ちやすさの要因に関する研究,” 東京大学大学院 2009 年

- 度修士論文, 2009.
- [11] 藤井憲作, 東正造, 荒川賢一, “経路案内情報がナビゲーションに及ぼす影響,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J87-A, no. 1, pp.44–49, 2004.
- [12] Sony Developer World, 入手先 (<https://developer.sony.com/>) (参照 2015-10-20).
- [13] いつも NAVI for SmartEyeglass β , 株式会社ゼンリンデータコム, 入手先 (http://www.zenrin-datacom.net/service/smart_eye_glass/) (参照 2015-10-20).
- [14] ふらっと案内 for Google Glass, SoftBank Corp, 入手先 (<http://www.softbank.jp/mobile/service/frattoannai/>) (参照 2016-03-14).
- [15] M. Modsching, R. Kramer, and K. ten Hagen, “Field trial on GPS Accuracy in a medium size city: The influence of builtup,” in *Proc. Workshop on Positioning, Navigation and Communication*, pp. 209–218, 2006.