

# 逆進検知機能を有する案内粒度変更可能な音声経路案内システム

浮田 弥<sup>†</sup> 山本 大介<sup>†</sup> 高橋 直久<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町  
E-mail: yukita@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††evh36138@ict.nitech.ac.jp, †††naohisa@nitech.ac.jp

あらまし 本研究では、経路案内を音声のみで行う場合に歩行者にとってわかりやすい案内手法を提案するために、Android 端末用の音声案内アプリの開発を行った。既存の音声経路案内システムではユーザを経路通りに進ませるよう音声案内を行うが、その手法は GPS の誤差に影響されやすく、またユーザ自身の直感に合っていない道を進ませる場合があるのではないかと考えた。本研究はこの問題の解決のため、経路案内における案内粒度が変更可能なシステムを提案する。提案システムは、スマートフォン端末上で音声と地図による案内を行う際、既存経路に小目的地を複数配置することにより、案内粒度を変更可能とする機能や、ユーザの進むべき方向と距離などの情報を音声で伝える機能を持つ。さらに、逆進検知機能を追加した。この音声経路案内システムの実現のため、手軽に会話が作れる音声インタラクションシステム構築ツールキット”MMDAgent[1]”の音声を利用した。さらに、作成したプロトタイプシステムに対する評価を行い、提案手法の有用性を評価した。

キーワード ナビゲーション, GPS, 音声対話システム

## 1. はじめに

近年、モバイル端末における道案内システムが普及している GoogleMaps の音声案内 [2] や Android の標準マップ [3] などの既存のスマートフォン向けの地図アプリにおける音声案内システムでは、細かく決められた経路に沿って右左折を音声で伝える形 (Turn-by-turn 方式) で案内を行うため、ユーザは自由に道を選択することができない [4]。また、経路辺が短く入り組んだ道では GPS の誤差の影響を受けやすくなり、かえって案内が分かり辛くなる場合がある。一方で「目的地への方向と距離のみを案内する (Radar 方式)」という、前述のような煩わしさを解消した道案内アプリも存在する [5]。しかし、示された方向に道が無い場合があるなどの問題がある。本研究では、この 2 種のシステムの利点を活かした案内手法を提案する。

ここで既存の音声経路案内システムの問題点をまとめると次のようになる。

**問題点 1** Turn-by-turn 方式の経路案内システムでは、経路探索結果に従って交差点毎に曲がるべき箇所を逐次ユーザに提示していく方式が一般的である。しかし、システムの提示する経路は往々にしてユーザの直感に合った経路と一致しない場合がある。

**問題点 2** Turn-by-turn 方式の経路案内システムでは、GPS の精度に大きく依存しており、特に都心部などの道路密集地域においては GPS の誤差により曲がるべき道を間違えてしまうことがある。

**問題点 3** 目的地への方向と距離のみを案内する Radar 方式のシステムでは、上記の問題の一部を解決可能であるが、示された方向に道があるとは限らない場合がある。

本研究では GoogleMaps などから得られる案内経路上に「中間点」という小目的地を複数配置することでこれらの問題点の解決を試みた。「中間点」とは GoogleMaps などから得られる案内経路上の頂点の一部のことであり、1 つの案内経路上には複数の中間点を持ちうる。システムはこれらの中間点までの案内を繰り返すことでユーザを目的地に案内する。また、「案内粒度」とは案内の細かさのことで目的地までの中間点の数が多ければ案内粒度が細かく、案内が丁寧といえる (図 1)。また、案内粒度を粗くした場合ユーザが逆進する可能性もあるので逆進検知機能を加える。



図 1 中間点と案内粒度

## 2. 提案システムの概要

課題を満たすシステムは、以下の機能が要件として挙げられる。

**要件 1** スマートフォン端末上で、音声と地図による案内を行う。システムの基本的なユーザインターフェースについては既存システムに倣い、地図や現在位置、経路表示などの最低限度の GUI を備えつつ、それらを見なくとも音声のみで案内が可能なものとする。

要件 2 既存経路に中間点を複数配置することにより、案内粒度を変更可能な経路案内機能を持つ。経路上に小目的地である「中間点」をアルゴリズムを用いて複数生成し、中間点の数を変更することで案内粒度を調節する。次章でアルゴリズムについて詳しく述べる。中間点を用いて案内粒度を粗くすることによりユーザは経路通りに進む必要がなくなり、GPS の誤差の影響も小さくなるため問題点 1, 2 の解決になると考えられる。また、案内粒度を粗くしても既存経路上に中間点を配置しているため問題点 3 の「示された方向に道がない」という問題は発生しづらくなると考えられる。

要件 3 ユーザの進むべき方向と距離などの情報を音声で伝える。先に紹介した Radar 方式の「目的地の方向と距離のみを案内する」という方法を一部採用し、要件 2 で得られた中間点への方向と距離のみによる案内を行う方法を取った。

要件 4 現在地から中間点までの最短経路を定期的に取得し、ユーザが行き止まりや大きく遠回りしてしまうような方向へ進んだ場合、そのことをユーザに伝える。

提案システムの構成図を図 2 に示す。提案システムでは、まず地図上からユーザは経由地、目的地を指定する。GPS から得た現在地の座標、指定された経由地と目的地の座標から経路情報を取得し経路を表示する。それに対しユーザは案内粒度を指定する。中間点生成アルゴリズムを用いて経路の再構築を行い新たな経路を表示する。そして、システムはユーザに中間点の方向と距離を定期的に音声で伝える。実際には「(第 n 中間点 or 目的地)は(右や左)に、x m です。」というような案内文を音声で伝え、複数の中間点を順に辿っていき目的地までの案内を行う。

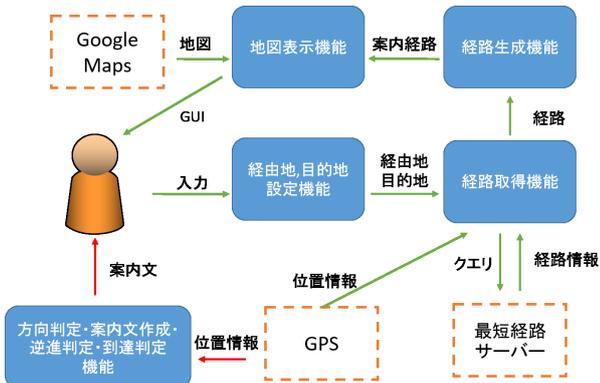


図 2 システムの構成図

### 3. 提案システムの実現法

本章では提案システムの実現法について述べる。

#### 3.1 地図描画, 目的地, 経由地設定機能の実現方法

描画する地図は、既存のシステムを利用する。Android 端末で扱えるものは GoogleMaps[6] や OpenStreetMap[7] などが代表として挙げられるが、今回のプロトタイプシステムでは、簡単に表示が可能な GoogleMaps を採用している。今回のシステム

では経路情報の取得のため目的地と経由地の座標の取得が必要となる。ユーザは目的地、経由地に設定したい地点を画面の中央に表示させ、ボタンを押すとその地点が目的地、経由地として設定される。このとき指定された地点の座標を取得し保存する。

#### 3.2 経路情報取得機能の実現方法

経路情報の取得については、本研究室内に設置した OpenStreetMap の道路データベースを利用する。前節で保存した目的地、経由地の座標などの必要パラメータをサーバーへ送るとその 2 点を含んでいる範囲の道路データを取得する。出発点と目的地から一番近いノードを見つけ出し、ダイクストラ法で最短経路を見つける。出発点から目的地までの頂点の座標の情報を XML 形式で返す。

こうして得られた経路情報が含まれている XML から情報を取り出すため、その解析インターフェースである DOM を利用した。XML の内容は入れ子構造のタグで構成されているが図 3 のように、DOM はそれを木構造として扱うことができる。具体的には、XML では各経路辺の情報は複数ある<step>タグ以下に 1 ずつ配置されており、その子孫ノードに経路辺の始点と終点の経度、緯度 (<start\_location>, <end\_location> 下の<lat>, <lng>) が格納されているので、それを取り出す。

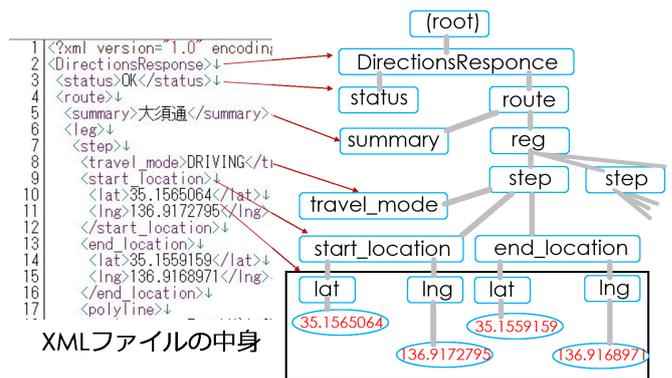


図 3 XML の構造

#### 3.3 経路生成機能の実現

提案手法の経路は、先の章で述べた通り、既存の案内経路を再構築する形で行う。前節で得られた案内経路上に、「中間点」という小目的地を複数配置し、経路案内をすべて中間点に向けて行うという手法をとった。中間点は、出発点を第 0 中間点とし、以降は経路の線分の各頂点から選択し、目的地を最終中間点とする。また、中間点の生成は面積によるアルゴリズムで行う。

中間点の配置方法は、直線化のアルゴリズムである  $L^2$  error norm weight アルゴリズムに条件を付け加えたアルゴリズムに従って行う [8]。出発地点を  $p_0$ 、目的地までの頂点を  $p_1, p_2, \dots, p_n$  とする。また初期値が 0 である変数 area と変数  $x$  を用意し、以下の手順を繰り返して指定された頂点の数になるまで頂点を 1 つずつ減らしていく。残ったものを中間点とする。

ルール 1 頂点  $p_k (1 \leq k \leq n-1)$  に対してそれぞれ以下の処理を行う。

- (a)  $\angle p_{k-1} p_k p_{k+1} > 45^\circ$  かつ  $\Delta p_{k-1} p_k p_{k+1} < area$  のとき  
 もしくは  
 $\angle p_{k-1} p_k p_{k+1} > 45^\circ$  かつ  $area = 0$  のとき
- i.  $area = \Delta p_{k-1} p_k p_{k+1}$  にする
  - ii.  $x = k$  にする

ルール 2 ルール 1 の処理が終わると  $x$  には一番面積の小さい三角形を形成する中央の頂点の番号が入っているので  $p_x$  を除いた頂点で経路を生成し,  $x = 0$   $area = 0$  にする

ただし,  $\angle abc$  は辺  $ab$  と辺  $bc$  との角度,  $\Delta abc$  は三角形  $abc$  の面積をそれぞれ示す。

つまり, 各頂点と隣り合う前後の頂点によってできる三角形の面積を計算していき, 角度による例外を除いた一番小さい面積を形成する中央の頂点を除外することによって 1 ずつ頂点を減らしていく.  $n=5$  のときの経路生成の様子を図 4 に示す。

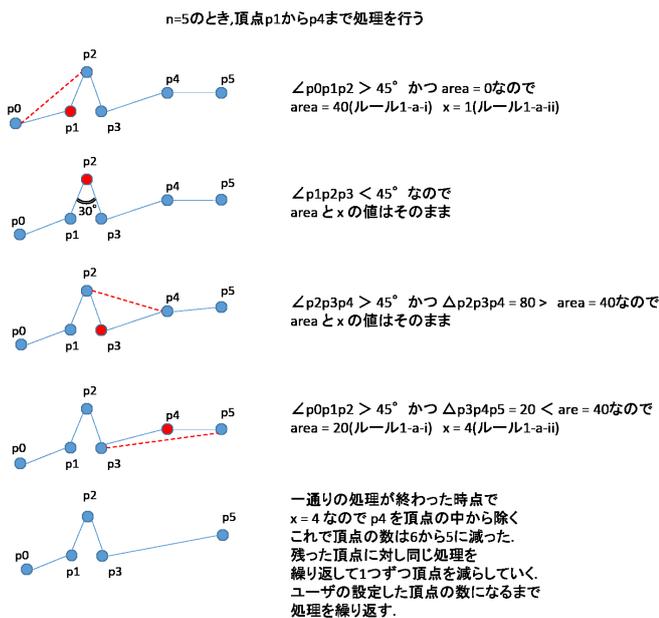


図 4 面積による中間点生成の例

### 3.4 逆進・行き止まり判定機能の実現方法

逆進の検知について, まず数秒前のユーザの位置と現在位置からユーザが次に到達するノード A を求める. 次にそのノード A から中間点までの最短経路の長さ  $x$  とユーザの向かっているノード A と反対のノード B から中間点までの最短経路の長さ  $y$  を求める.  $x - y$  がある値より大きくなる場合, 遠回りしていると判定する (図 5)。

行き止まりの検知についても, まず数秒前のユーザの位置と

現在位置からユーザが次に到達するノード A を求める. 次にそのノード A とつながっているリンクの数を数える. リンクの数  $が 1$  であった場合は行き止まりであると判定する。

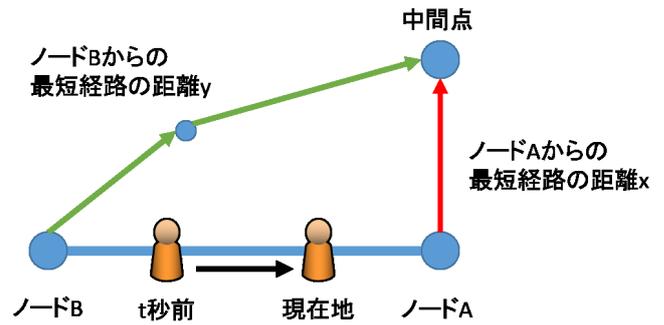


図 5 逆進判定

### 3.5 中間点や目的地への音声案内と到達判定の実現方法

現在位置の取得については, 端末の GPS 機能を利用した. 今回は右や左などのユーザ視点での方向案内が必要であるため, ユーザの歩行軌跡からユーザの向いている方向を判定し, 中間点や目的地への方向判定を行う. 図 6 のようにユーザが歩いている状態で現在位置, 数秒前の位置, 中間点 (目的地) の 3 点が成す角度からユーザから見た中間点 (目的地) の方向を判定可能である [9]。

今回作成したプロトタイプシステムでは, 図 7 のように 8 つの方向を示す。

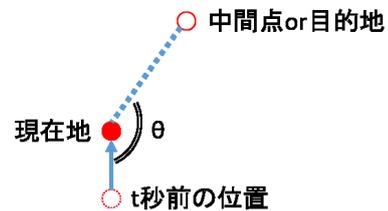


図 6 方向判定の概要

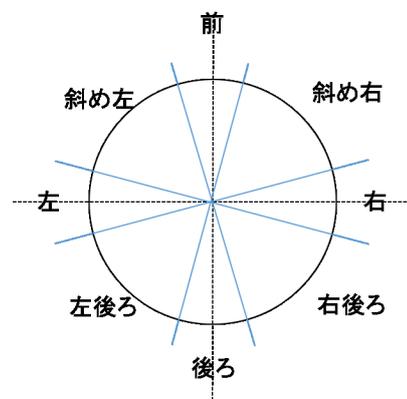


図 7 方向に対する案内

音声案内については MMDAgent を利用する. そのために, 今回のシステムは MMDAgent からプラグインとして呼び出す方

式をとっている。ユーザが端末のアプリである MMDAgent を起動後、提案システムを呼び出すことで提案システムの出力としてだけでなく、ユーザの入力インターフェースとしても音声を利用できるようになる。自動案内については MMDAgent へ案内文をクエリとして渡すことで、音声案内を定期的呼び出す方式をとった。案内文の内容は「(第  $n$  中間点 or 目的地) は、(右や左) に (距離)m です。」とした。

中間点や目的地への到達判定は、以下の手順で判定している。

- 手順 1 現在地と巡回済みでない中間点との距離をすべて求める
- 手順 2 近傍に中間点があれば、それ以前の中間点を巡回済みとする
- 手順 3 その次の中間点を目標とし、それより後の中間点を未巡回とする
- 手順 4 複数の中間点が近傍にある場合は、一番目的地に近い中間点を選択される

これにより、ユーザが途中の中間点を飛ばして次の中間点に到着してしまった場合も、以前の中間点に引き返す案内をすることを防いでいる。また、現在置と中間点または目的地の距離が 15m 以内になったら到着したと判定する。

方向案内については、プロトタイプシステムでは TimerTask 関数を利用し、以下の機能を 20 秒間隔で呼び出している。

- 1 ユーザが進むべき方向の判定
- 2 中間点や目的地への距離と到達判定
- 3 逆進または行き止まりの判定
- 4 上記を伝える音声案内

なお、このタイマーはアプリを終了させるか、目的地に到達すると停止する。

## 4. プロトタイプシステム

### 4.1 プロトタイプシステムの開発

プロトタイプシステムの開発は、Windows 10 のもとで Eclipse を用いて Java によって行った。完成したシステムは Nexus 5 端末に送り、アプリとして起動させている。

### 4.2 プロトタイプシステムの構成

今回作成したプロトタイプシステムの構成図は先に示した図 1 と同じになっている。入力としては経由地、目的地の設定と案内粒度の指定が必要である。出力としては、GoogleMaps の地図を中心とする GUI、その上での経路表示、経路案内システムが MMDAgent を通じてユーザに行う音声案内となる。

### 4.3 目的地、経由地の設定

ユーザは経由地または目的地として設定したい場所を画面の中心に表示させる。そこで、経由地または目的地のボタンを押すとその地点が経由地または目的地として設定される。この際、設定された地点の緯度経度座標を変数に格納しておく。

### 4.4 経路情報の取得と経路生成

目的地などが設定されたあと経路検索ボタンを押すと変数に

格納していた目的地などの座標と現在位置の座標をサーバーに送り、経路情報を取得する。取得した経路情報から頂点の経度緯度座標の情報を取り出し、端末画面上に得られた経路を表示する。ユーザは案内粒度を指定し、経路生成ボタンを押すと、案内する経路と目的地までの案内文が表示される。目的地までの案内文はボタンになっており、このボタンを押すと音声案内が開始される (図 8,9)。

### 4.5 音声案内

音声案内が開始されると約 7 秒おきに現在位置を取得する。案内文は約 21 秒おきに MMDAgent を通じてユーザに伝えられる。7 秒前の位置と現在位置、目的地または中間点の座標から方向判定機能でユーザ視点からの目的地または中間点の方向を計算する。このとき、現在位置から目的地または中間点への直線距離を計算する。それらを使って案内文を作成する。実際には「(第  $n$  中間点 or 目的地) は (右や左) に、 $x$  m です。」というような案内文が作成される。このとき、逆進・行き止まりの判定を行い、逆進または行き止まりの判定であった場合警告文を作成する。

また、中間点の 30m 以内に近づいた場合は 7 秒前の位置、現在位置、次の中間点の座標から方向を計算し「(第  $n$  中間点 or 目的地) は (右や左) に、 $x$  m です。その後は (右や左) です。」というような案内文を作成し、第  $n$  中間点に到着した後の第  $n+1$  中間点の方向をユーザに伝える。そして、第  $n$  中間点に 15m 以内に近づいた場合は「第  $n$  中間点に到着しました。次は (右や左) です。」というような案内文を作成する。これらの案内によって中間点に着いた際、ユーザが立ち止まらずに次の中間点に迎えるようになっている。目的地の 15m 以内に近づいた場合は、「目的地周辺です。お疲れ様でした。」とユーザに伝え案内を終了する。

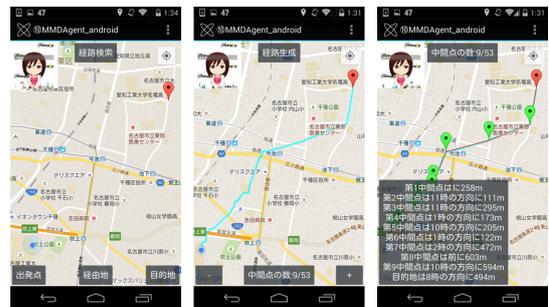


図 8 経路情報取得前 (左)、経路取得 (中央)、案内経路表示 (右)



図 9 同じ経路で案内粒度を変えた場合

## 5. 提案システムの評価

プロトタイプシステムの評価として実験を行った。

### 5.1 評価実験の目的と内容

今回の実験の目的は提案した中間点を用いたシステムと経路通りに案内する既存の手法、目的地の方向と距離のみを案内するシステムを比較することで、案内粒度によるユーザに与える不安や目的地への辿りつきやすさなどの違いを調査することにある。

実験方法については、まず設定を案内粒度の細かい順に経路通りに案内を行う「A.Turn-by-turn 方式」の経路、「B. 中間点を生成する今回の提案手法」、目的地の距離と方向のみを案内する「C.Radar 方式」の3通りに分けた。Aの経路は出発点から目的地まですべての経路を指定するので案内粒度は最も細かい。Cの経路は目的地の距離と方向だけを案内するので案内粒度は最も粗い。Bの経路は出発点と目的地に間にいくつかの中間点を設定し、それらを辿るように案内を行う。案内粒度はAとCの間といえる。比較はすべて同じ端末で行い、それぞれの設定につき各5名、合計15名すべてに同じ出発点、目的地の経路を進んでもらった。具体的な実験の手順は、以下の通りである。

- (1) 被験者に全体的な地図と目的地、案内経路を見せる
- (2) Android 端末を持たせ、出発点から端末の音声のみに従って歩いてもらう。
- (3) 音声案内は一定間隔で、中間点または目的地の方向と距離が伝えられる。
- (4) 目的地に着いた時点で実験を終了する。

実験終了後には以下に示す10項目の質問に回答してもらった。項目1から7は5段階評価で、「最も当てはまる」を5としており、項目8から10は自由記述となっている。

項目1 案内がわかりやすいと感じたか (5段階)

項目2 自分の直感にあった道を進めていると感じたか (5段階)

項目3 案内が煩雑に感じたか (5段階)

項目4 迷わず進めていると感じたか (5段階)

項目5 システムが自分の位置を正確に把握していると感じたか (5段階)

項目6 システムを使っただけの満足度 (5段階)

項目7 案内時に不安を感じたか (5段階)

項目8 項目7で具体的に不安を感じた点はどこか (自由記述)

項目9 今まで使用した類似システムと比べてどう感じたか (自由記述)

項目10 その他システムに対する意見 (自由記述)

### 5.1.1 結果と考察

今回の実験で得られたデータを表1に示す。それぞれの項目について、自由記述の意見も交え考察する。

項目1:案内がわかりやすいと感じたか

A(2.8)がB(3.4),C(3.8)より低い値になったのは経路通りに案内するため目的地や中間点の方向と距離のみを案内するBやCの案内の方が簡単でわかりやすく感じたのではないかと考えられる。

項目2:直感にあった道を進めていると感じたか

案内粒度を粗くすることによって「正確に道が決まっていないので自由度が高く、しばられない感じがよかった」という意見があった。案内粒度が粗い経路ほど高い値になったので案内粒度を粗くすることによってユーザからは「直感に合った道を進めている」という評価が得られると考えられる。

項目3:案内が煩雑に感じた

ユーザによって「頻繁に案内してくれるので安心できた」という意見と「案内の間隔が短い」という意見があったので案内の間隔をユーザが指定できるようにする必要があると考えられる。

項目4:迷わず進めていると感じたか

この結果から中間点を配置せずに目的地のみを案内した場合、不安を感じてしまうが中間点を配置した場合は経路通りに案内する場合とユーザが感じる不安はあまり変わらないのではないかと考えられる。

項目5:システムが現在地を正確に把握していると感じたか

A(2.8)がB(3.4),C(3.2)より低い値になった。これはパターンB,Cにおける案内では、Aに比べ「次の目的地までの距離」が長くなるからであり、その分GPSによる誤差を吸収しやすいためと考えられる。

項目6:システムを使っただけの満足度

今回のシステムではユーザの方向判定の精度が低くAの経路は経路通りの案内するため方向判定を使用する機会が多く低い値になってしまったと考えられる。BやCでは方向判定をAよりも正確に行わなくてもいいため、ユーザは方向判定の精度の低さをAほど感じなかったのではないかと考えられる。

項目7:案内時に不安を感じたか

ユーザの方向判定の精度が低く不安に感じてしまうという意見が多かったので方位センサーなどにより正確に方向判定を行う必要があると感じた。それによりユーザが立ち止まってしまった場合にも正しく方向判定を行うことができると考えられる。また、今回の実験では目的地までの案内は音声だけで行った。そのため、地図を見ることができず不安に感じたという意見が多かった。しかし、経路通りの案内をするシステムよりは地図を確認する回数は減るのではないかと考えられる。

表1 実験結果

実験経路	A.Turn-by-turn 方式	B. 提案手法	C.Radar 方式
評価項目	評価 (5 段階)		
案内が分かりやすい	2.8	3.4	3.8
直感にあった道を進めた	2.4	3.2	4.0
案内が煩雑に感じた	2.8	1.6	1.0
迷わず進めていると感じた	3.6	3.4	2.8
システムが位置を正確に把握している	2.8	3.4	3.2
システムを使っの満足度	2.2	3.2	3.8
案内時に不安を感じた	2.6	3.2	2.0

## 6. ま と め

本研究では、経路案内を音声のみで行う場合に歩行者にとってより分かりやすい案内手法を提案するために、Android 端末用の音声経路案内アプリの開発を行った。既存システムの案内手法 (Turn-by-turn 方式) の課題であると考えられる、「システムの経路選択がユーザの直感的な経路選択に沿わない可能性があり、入り組んだ経路だと GPS の誤差にも弱い」という点を解決するべく、既存システムの経路上に「中間点」なるものを配置し、案内粒度を下げることで音声道案内システムにも適応するように経路を単純化するシステムを提案した。ユーザに分かりやすい中間点の配置を行うため経路の単純化の際に用いるアルゴリズムを提案した。さらにユーザが行き止まりに向かったり遠回りするような場合、それを検知する機能を提案した。そして提案した実現法をもとに、本論文であげた特徴「スマートフォン端末上で、音声と地図による案内を行う」および特徴「案内粒度を変更可能な経路案内機能を持ち、それに適した音声案内を行う」の機能を有するプロトタイプシステムを実装し、これによって作られた経路に対する比較実験を行った。

評価実験は案内粒度の異なる 3 つの経路を被験者に歩いてもらいそれらを比較することにより行った。この結果より中間点を配置して案内を行うことにより GPS の誤差の影響を受けずにユーザの不安も減らすことができるという結果が得られた。

今後システムをより高めるための課題点としては、さらにわかりやすい中間点生成アルゴリズムや方位センサーの精度向上などが考えられる。

### 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 26330136, 25700009, 科学技術振興機構 CREST および 総務省 SCOPE の助成を受けたものです。

### 文 献

- [1] 李 晃伸, 大浦 圭一郎, 徳田 恵一, 魅力ある音声インタラクションシステムを構築するためのオープンソースツールキット, 情報処理学会研究報告, Vol. 2011-SL-89, pp. 1-6, 2011.
- [2] Google でできること  
<http://www.google.co.jp/dekiru/android/map.html>. (2017/1/10 に参照)
- [3] iOS8  
<https://www.apple.com/jp/ios/maps/>. (2017/1/10 に参照)
- [4] iOS7 純正マップ VS Google マップ  
<http://www.appps.jp/2105716/>
- [5] waaaaay  
<http://waaaaay.com/>. (2017/1/10 に参照)
- [6] Google マップ  
<http://maps.google.co.jp/>. (2017/1/10 に参照)
- [7] OpenStreetMap Japan  
<https://openstreetmap.jp/>. (2017/1/10 に参照)
- [8] 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. A, 基礎・境界 J87-A(1), pp.59-67, 2004.
- [9] 原田麻紀, 山本大介, 片山喜章, 高橋直久, "道や角の分かりやすさを考慮した構内道案内システム", 情報処理学会第 74 回全国大会, 1P-8, 2012.
- [10] 岡田直樹, 山本大介, 高橋直久. 位置・方位センサを用いた構内におけるナビゲーション用地図データ生成システム, 2009 年度電子情報通信学会総合大会, D-4-1, 2009.
- [11] 浮田 弥, 山本 大介, 高橋 直久, 中間点を用いた案内粒度変更可能な音声経路案内システム, マルチメディア, 分散協調とモバイル シンポジウム 2016 論文集 2016, pp. 428-435, 2016.7
- [12] Tomohiro Yanagi, Daisuke Yamamoto, Naohisa Takahashi, Development of Mobile Voice Navigation System Using User-Based Mobile Maps Annotations, Proc. of IEEE/ACS ICIS 2015, pp. 373 - 378, 2015.
- [13] Masaki Murase, Daisuke Yamamoto, Naohisa Takahashi, On-demand Generalization of Guide Maps with Road Networks and Category-based Web Search Results, Proc. of W2GIS 2015, Springer LNCS, vol. 9080, pp 53-70, 2015.
- [14] Tamotsu Hasegawa, Mieko Matuda, Kubota Hiroki, Text Generating Method for Interactive Route Guidance Service for Pedestrian (in Japanese), IEICE technical report. HIP, Human Communication Science, vol.25, no.48, pp.43-48, 2001.
- [15] Kensaku Fujii, Kazuhiro Sugiyama, A Method of Generating a Spot Guidance for Human Navigation (in Japanese), IEICE Transactions, vol.J82-D-II, no.11, pp.2026-2034, 1999.
- [16] Ryoutarou Fukui, Hiroshi Shirakawa, Yuka Utagawa, Hiroshi Shigeno, Kenichi Okada, Yutaka Matsusita, A Proposal and Evaluation Related to Display Method of Pedestrian Navigation Information Using Cellular Phone (in Japanese), Trans.IPS.Japan, vol.44, no.12, pp.2968-2978, 2003.
- [17] Pablo Martinez Lerin, Daisuke Yamamoto and Naohisa Takahashi, Encoding travel traces by using road networks and routing algorithms, Proceedings of the KES IIMSS 2012, Gifu, pp.233-243, 2012.