

# ランドマークを用いたバリアフリー経路探索システム

2014SC042 丸山遼 2014SC095 山崎輝

指導教員:河野浩之

## 1 はじめに

近年車いすの利用者が建物内でスマートフォンに行きたい場所を告げると音声で階段や段差を避けてルートを案内するアプリが登場したため今後バリアフリーを考慮した経路探索システムの需要は高まっていくと考えられる。また竹田らの研究より、出発地から目的地への経路探索する際にランドマークを用いることで分岐点や現在地の確認を行うことができることと示されている [2]。そこで我々は迷いやすさを軽減するためにランドマークを使用する。

本研究では GIS ソフトとして QGIS を使用し、OpenStreetMap を地図データとして使用し、QGIS 上に新横浜駅周辺の地図データを読み込む。国土交通省が提供している歩行空間ネットワークデータをバリアフリーデータとして QGIS 上に読み込み、QGIS の pgRouting 機能を用いて経路探索を行う。さらに QGIS 上に表示された経路上からランドマークを表示し、ランドマークを用いてバリアフリーを考慮した最適経路探索を行う。

本論文は 6 章で構成されている。2 章では最適経路探索に関する先行研究について紹介する。3 章では 2 章で述べた先行研究の課題をもとに本研究で提案する最適経路探索システムを提案し、4 章で最適経路探索を示す。5 章では実験結果と考察、6 章ではむすびを示す。

## 2 ランドマークとバリアフリー経路探索に関する先行研究

この章では、本研究に対する先行研究について説明する。2.1 節から 2.3 節までそれぞれ先行研究について紹介し、2.4 節では関連研究の比較について述べる。

### 2.1 高齢者・障害者向けバリアフリー経路探索システムに関する考察 [1]

「駅すばあと」や「NAVITIME」等、公共交通機関が発達した大都市部では経路案内システムは必要不可欠なものといえるが、橘らは現代で使われているナビゲーションは最短経路や最短時間に重きを置き、利用者個々に合わせたものではないと考えた。また日本の少子高齢化が進むにつれてバリアフリーに考慮した経路探索システムのニーズは今後拡大していくと予想し、高齢者、障害者に向けたナビゲーションについて考察している。

橘らはバリアフリー情報を気軽に提供、共有できるようなスマートフォンアプリや利用者にあわせた経路探索を、GPU を用いた超並列計算で行うことを提案した。また今後の課題として数値実験、実証実験、各種機能の実装等が挙げられた。

### 2.2 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 [2]

竹田らは既存の経路探索の GPS の測位誤差等の影響による迷いやすさを指摘し、それらを解消する手段として、可視ランドマークに基づいた屋外歩行者用ナビゲーションを提案し実装にまで至った。可視ランドマークとは現在地から確認できるランドマークのことで、通常のナビゲーションにそれらを加えることで既存ナビゲーションに指摘される道迷いの原因である測位誤差による分岐点の間違えと正しい経路を歩いているか不安に感じてしまう点をカバーすることができる。地図データから可視枝生成のためのノード、経路案内のためのノードを展開し、通常のナビゲーションに現時点から視認できるランドマーク情報を確認できる機能を加えた。

### 2.3 ランドマーク表示歩行者向けナビゲーションシステム [3]

岩田らは経路案内に必要な情報としてランドマークに注目し、どのようなランドマークが有効か事前調査し、その調査結果を用いたナビゲーションシステムを提案した。経路案内に必要な情報は「ランドマークを配置すべき場所」「見やすいランドマーク」の二項目だと判明し、ランドマークを配置すべき場所に見やすいランドマークがあれば、地図の位置と現実の位置を照合できる。提案システムは、ランドマークを 4 つの役割に分けそれぞれ配色し、丸で表示する。提案したナビゲーションシステムが経路案内に有効であることを、実地調査によって確認した。

### 2.4 関連研究の比較

各先行研究の比較を表 1 に示す。先行研究 [1] は、バリアフリーに関連した研究で、先行研究 [2], [3] は、ランドマークに関連した研究である。先行研究 [1] は、高齢者・障害者に向けたバリアフリー経路探索の考察で、多少の迷いやすさを含む経路探索を行っている。先行研究 [2] では、ランドマークを用いた迷いにくい経路探索を行っているが、バリアフリーに考慮した経路探索になっていない。先行研究 [3] ではランドマークの定義とレベル付けを行っているが、ランドマークのレベル付けの最適化が課題である。

本研究では高齢者に向けたバリアフリー経路探索を行い、地図上にランドマークを表示し迷いにくい経路探索を QGIS を用いて行う。

表1 先行研究の比較

	メリット	課題
[1]	バリアフリーを優先した経路を提示することが可能	ランドマークを用いない迷いにくい経路になっている
[2]	ランドマークを用いるため不安を解消することが可能	バリアフリーに考慮した経路探索になっていない
[3]	ランドマークの定義がされている	ランドマークのレベル付けの最適化

### 3 ランドマークを用いたバリアフリー経路探索の提案

この章では、本研究の最適経路算出の提案について示す。3.1 節から 3.3 節では今回の研究で使用した GIS ソフトやデータについて述べる。3.4 節ではそれらを使用した最適経路探索手法について、3.5 節ではランドマークについて述べる。

#### 3.1 地理情報システム

地理情報システム (GIS) とは地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持った空間データを総合的に管理・加工し、視覚的に表示し、高度な分析や迅速な判断を可能にする技術である。つまり地球上に存在する地物や事象をコンピューターの地図上に可視化して、情報の関係性、パターン、傾向をわかりやすいかたちで導き出すのが GIS の大きな役割といえる。今回の研究では QGIS, ArcGIS, WebGIS の Google Maps の 3 つを比較し、QGIS を選択した。

QGIS はフリーソフトでありながら多くの機能を持ち比較的日本語のマニュアルが存在する。今回の研究で使用されるバリアフリーデータをデータベース化することができる PostgreSQL との連動なども比較的容易に行うことができる。またマルチプラットフォーム対応で Windows, Mac, Linux, Android と複数の OS 上で利用することができる。pgRouting という経路探索に特化した拡張機能も存在する点や、国土数値情報の情報量が多くても容易に取り込める点などからも QGIS を使用する。

#### 3.2 バリアフリーデータ

我々は国土交通省 (URL:<https://www.hokoukukan.go.jp/top.html>) が公開しているオープンな歩行空間ネットワークデータをバリアフリーデータとして使用する。これらのバリアフリーデータは、東京や大阪、新横浜などの一部のデータしか提供していない。また名古屋の歩行空間ネットワークデータは存在していないのに対して新横浜はデータも存在しほかの地域に比べて範囲も広い。よって今回の研究では新横浜のデータを使用する。

バリアフリーデータは shape ファイルで、バリアフリー

データの属性は段差、幅員、勾配、路面状況、階段の有無、エレベータ使用の可否等で構成されている。このバリアフリーデータを PostgreSQL に格納するために shape ファイルを SQL ファイルにコピーし、SQL ファイルを実行することで格納する。QGIS 上に表示させたネットワーク上で出発地と目的地を設定し、バリアフリーに配慮した経路探索を行う。本研究では高齢者を対象に経路を提示するので、「勾配 5% 以下かつ段差 2cm 以下」をバリアフリー条件として経路探索をする。

#### 3.3 地図データ

地図データとは地図のデジタルデータのことで、地質・環境といった専門的なデータから、グラフィックソフトで読み込める地図データまで、官民間問わず様々な地図データを様々な団体が提供している。GIS を用いるとこれらを表示した PC 画面上に様々な情報を重ねていくことができる。今回の研究では OpenStreetMap, Google Maps, Bing Maps の 3 つを比較し、OpenStreetMap を選択した。

OpenStreetMap は誰でも自由に閲覧や編集が可能となっているため最新情報を持った地図を使用できる。そのため利用者拡大に伴い、地図の情報量も拡大する。全世界の都市に対応しており、利用者は 150 万人を超えている。QGIS との連携も可能で形式は osm ファイルに対応している。本研究では自由に使用でき、利用者が拡大しているためデータの量が増え続けている OpenStreetMap を使用する。

#### 3.4 最適経路探索手法

図 1 に最適経路探索システムのアーキテクチャーを示す。OpenStreetMap と歩行空間ネットワークデータをデータベースの PostgreSQL に格納し、地理情報システムの QGIS に読み込む。本研究では高齢者を対象にバリアフリー条件を満たす最適経路を探索し、ランドマークを用いることで迷いにくい経路探索をする。

図 2 に最適経路探索手法のフローチャートを示す。初めに段差や幅員などのバリアフリー条件を設定し、バリアフリー条件を満たすネットワークを作成する。次に出発地と目的地を設定し経路を求める。バリアフリー条件を満たしたネットワーク上で経路が見つからない場合、バリアフリー条件を変更し改めて経路を求める。バリアフリー条件を満たす経路が見つかるまでそれを繰り返し、見つかった経路を最適経路とする。さらに求めた経路上で迷いにくくするために使用するランドマークを決定し地図上に表示する。ランドマークの表示方法は、3.5 節で詳しく説明する。

#### 3.5 ランドマークの表示方法

ランドマークとは目印となる地理学上の特徴物のことである。ナビゲーションをする際にランドマークを用いることで歩行者が正しいルートを歩いているか不安に感じたり、道に迷うことを未然に防ぐメリットがある。本研究では曲がる箇所にランドマークを配置する。ランドマークと

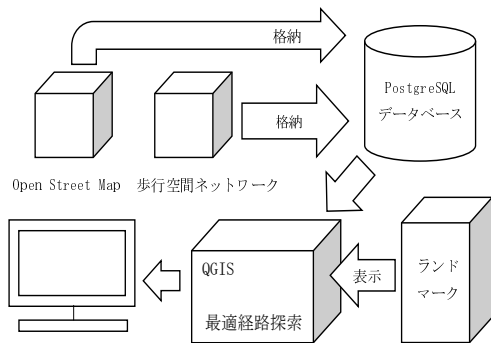


図1 最適経路探索システムのアーキテクチャー

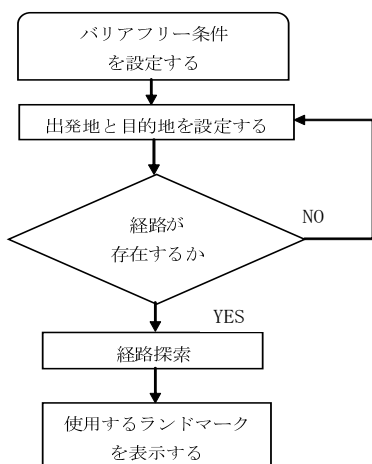


図2 最適経路探索手法のフローチャート

なる建物の色を濃く表示し、また曲がる回数が少なければ空間の位置関係を容易に維持でき迷うことは少なくなるため曲がる回数を最小にした最適経路を求める。

岩田らの研究では目的周辺に経路を示すランドマークが表示されていなかったため目的地周辺で迷う被験者が存在したため、我々の研究では目的地周辺にもランドマークを加え以下の手順に従ってランドマークの配置を行う。またその際に反対車線側のランドマークは岩田らの研究より、「大きな建物などであれば反対車線であってもわかりやすい」という被験者の意見があるため、大きな建物などであればランドマークとして表示する。

## 4 最適経路探索

この章では最適経路探索の流れを説明する。4.1節と4.2節では地図データ、バリアフリーデータの読み込みについて、4.3節ではそれらを用いた最適経路探索について示す。

### 4.1 QGIS 上への地図データの読み込み

実験環境として、OS は Windows10、GIS ソフトは QGIS2.18.10、データベースは PostgreSQL9.4 を使用する。QGIS 上で経路探索を行うために地図データを取り込む。今回は OpenStreetMap を地図データとして使用する。

る。OpenStreetMap の公式ホームページから名古屋駅周辺の地図をダウンロードし、osm2pgrouting を使用して地図データを PostgreSQL データベースにインポートする。OpenStreetMap を読み込み、その地図上で経路探索を行う。

図3に osm2pgrouting を使った QGIS 上に OpenStreetMap を読み込むためのコマンドを示す。

```
osm2pgrouting -file "map.osm" -conf
"mapconfig.xml" -dbname pgrouting-workshop-user
postgres -host localhost -clean
```

図3 OpenStreetMap の地図データを読み込むコマンド

### 4.2 QGIS 上へのバリアフリーデータとの読み込み

国土交通省が提供している新横浜駅周辺の歩行空間ネットワークデータをダウンロードし、shp 形式である SHP ファイル、SHX ファイル、PRJ ファイル、DBF ファイルを使用する。まず Shape ファイルであるバリアフリーデータを PostgreSQL に格納するためにコマンドプロンプトで shp2pgsql を実行し、SQL ファイルにコピーする。そしてコピーした SQL ファイルを実行することでバリアフリーデータを PostgreSQL に格納する。図4に shp2pgsql を実行して SQL ファイルにコピーし、psql で SQL ファイルを実行するコマンドを示す。

```
shp2pgsql -s 4326 -D -i -I -W cp932
"baria.shp" baria \ > baria.sql

psql -f baria.sql
```

図4 Shape ファイルを SQL ファイルにコピーするコマンドと SQL ファイルの実行

### 4.3 pgRouting を用いた二点間の最適経路

本節では、pgRoutingLayer プラグインを用いて二点間の最適経路を求める。今回使用する pgRouting はオープンソースの PostgreSQL の拡張機能で、経路探索に特化したものである。PostGIS は PostgreSQL に地理情報機能を加える拡張モジュールだが、PostGIS に更に経路探索機能を加える拡張モジュールが pgRouting である。つまり Google Maps など地点 A から地点 B までの最短経路を求めたりするときに使っている機能を PostGIS で実現するということである。特に最短経路の算出に長けており代表的なダイクストラ法をはじめ、巡回セールスマン問題や交差点での進入制限付き最短経路探索など豊富な機能を備えている。

今回の実験では、QGIS を使用するため QGIS の pgRouting を使用し、経路探索にダイクストラ法と k 番目に最短の経路を探索する ksp(k-最短経路探索)を使用する。本研究では新横浜駅周辺のある2点を選択し、バリア

フリー条件を満たさい地図ネットワークを索上する。図5にバリアフリー条件を考慮した最短経路を表示させ、バリアフリー条件を考慮した経路上にランドマークを3.5節に従って表示する。図6にバリアフリーを考慮しランドマークの数を最小にした最適経路を ksp を用いて表示する。

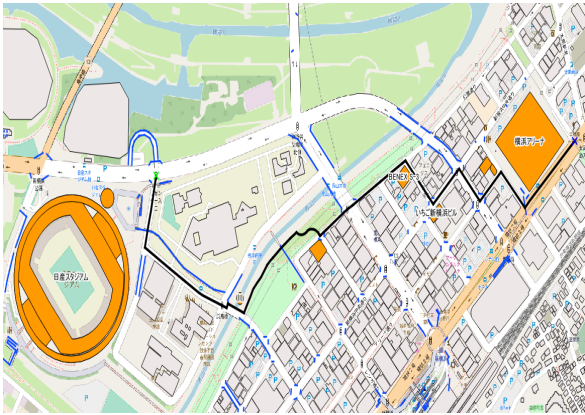


図5 バリアフリーに考慮した最短経路

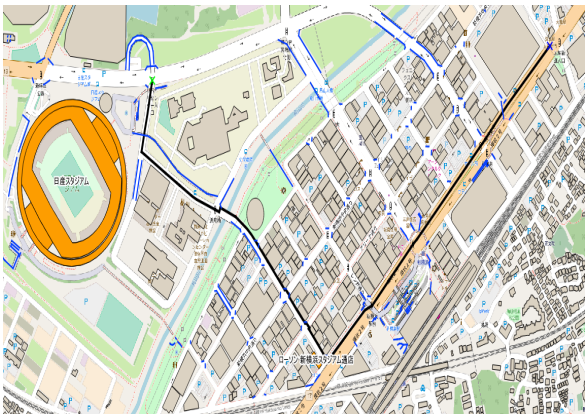


図6 ランドマークを最小にしたバリアフリー最適経路

## 5 最適経路探索の実験結果

5.1節ではランドマークを用いたバリアフリー経路探索の実験結果を示し、5.2節では実験結果の考察を示す。

### 5.1 ランドマークを用いたバリアフリー最適経路の実験結果

評価の方法として1. 二点間の最短距離, 2. バリアフリー条件を考慮した最短経路の距離, 3. バリアフリー条件を考慮しかつ交差点を曲がる時に使用するランドマークを最小にした最適経路の距離を求める。その時のバリアフリー条件を勾配5%未満かつ段差2cm以下とする。5通りの実験結果を表2に示す。

### 5.2 考察

5.1節の実験結果よりバリアフリー条件を満たした経路の距離は2点間の最短距離より平均約194.6m, 22.2%増加した。最短経路にバリアフリーを考慮させると距離が2割増すため距離としては伸びたが、バリアフリーを考慮し

表2 各経路探索の実験結果

出発地	1の距離	2の距離
目的地	3の距離	
横浜アリーナ	1306m	1643m(9)
新横浜公園	1688m(2)	
森永乳業新横浜ビル	947m	1302m(5)
横浜労災病院宿舎B棟	1331m(3)	
新横浜駅	795m	823m(2)
藤和不動産新横浜ビル	2と同じ	
新横浜プリンスホテル	717m	732m(4)
新横浜少年野球場	744(1)	
横浜労災病院宿舎B棟	586m	933m(2)
新横浜少年野球場	2と同じ	
( ) はランドマークの数		

ているため良い結果と言える。またバリアフリー条件を考慮した最短経路とバリアフリーを考慮しランドマークの数を最小にした最適経路では、ランドマークを平均4個減らし距離を約28m, 2.6%増加した。ランドマークの数を4個減らし2.6%距離が増加した結果であればランドマークを最小にした経路の方が迷いにくさも距離としても大きくは増加していないため最適経路と言える。

## 6 むすび

ランドマークを用いてバリアフリーを考慮した経路探索システムを提案した。OpenStreetMapと国土交通省が提供している歩行空間ネットワークをPostgreSQLにそれぞれ格納し、QGISとPostgreSQLを接続させることでそれぞれをレイヤとして読み込んだ。バリアフリー条件を満たさない道をOpenStreetMapから削除し、バリアフリーを考慮した経路探索を行うための地図を作成した。最短経路とバリアフリーを考慮した最短経路では平均870mから194.6m, 22%増加した。バリアフリーを考慮した最短経路とランドマークの数を最小にした最適経路ではランドマークの数を4個減らし、28m, 2.6%増加した。

## 参考文献

- [1] 橘俊宏, 井上道哉, “高齢者・障害者向けバリアフリー経路探索システムに関する考察,” 組み込みシステムシンポジウム2014論文集, pp.102-107, 2014.
- [2] 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,” 湘南工科大学紀要, Vol.49, No.1, pp.81-86, 2014.
- [3] 岩田裕樹, 柳澤政生, 戸川望, “ランドマーク表示歩行者向けナビゲーションシステム,” マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム2013論文集, pp.702-716, 2013.