

視覚障害者のための 音声地図上の最適経路探索

菅沼克哉[†] 岩本健嗣[†] 松本三千人[†]

現在、視覚障害者のための歩行支援技術として、様々なものが研究・開発されている。これらの歩行支援には専用の装置が必要であったり、大規模なインフラの整備が必要であることが多い。そこで、特別な装置を必要とせず、既存のインフラを利用する音声地図を用いた歩行支援に着目した。既存の音声地図による支援では、経路が視覚障害者にとって最適であるかは考慮されていない。本研究では音声地図において、視覚障害者にとっての最適経路探索手法を提案する。

A Method of Optimal Path Routing of Auditory Map for Visually Handicapped

Katsuya Suganuma[†] Takeshi Iwamoto[†]
Michito Matsumoto[†]

Recently, various researches are working on a walking support system for the visually handicapped. However, it is necessary to maintain the infrastructure and specific device for these walking support systems. Therefore, we focus on the walking support system that used the auditory map. When using typical auditory route map, it is not considered whether the route that guides the visually handicapped is the optimal path. In this paper, we describe a method of deciding optimal path for visually handicapped for utilizing auditory route map.

1. はじめに

現在、日本の身体障害者の人数は約 340 万人といわれている。また、身体障害者における高齢者の割合は高まっており、今後高齢化が進むことにより、身体障害者が増加することが予想される。視覚障害者の人数は約 31 万人で、身体障害者全体の約 9% を占めている。

視覚障害者にとって何度も行った経験のある経路は、頭の中に道順をイメージすることができるので 1 人でも歩行することができる。しかし、行った経験のない場所に 1 人で外出することは困難である。そのため、ヘルパーに歩行支援を依頼することが必要となるが、いつでもすぐにヘルパーが来てくれるとは限らない。そこで、視覚障害者が積極的に社会に参加するために、初めて行く場所にも 1 人で自由に外出できるような歩行支援システムの確立が求められている。

視覚障害者を対象とした歩行支援の方法として、これまでに様々な研究、開発が行われている。その 1 つとして、RFID タグを利用した歩行支援システム[1]がある。この歩行支援システムは、専用の装置が必要である、大規模なインフラの整備が必要であるといった問題がある。これに対し特別な装置を必要とせず、既存のインフラを利用するものに音声地図を用いた歩行支援[2]がある。音声地図とは、出発地から目的地までの経路の情報を音声で説明するものである。この支援を利用することによって視覚障害者は目的地までの経路を、歩行前にイメージすることが可能となり、歩行の際の負担を軽減することができる。しかし、音声地図による歩行支援では、音声地図で説明する経路が視覚障害者にとって最適かどうかは考慮されていない。出発地から目的地まで複数の経路が存在する中で、視覚障害者にとっての最適経路は各個人によって異なると考えられる。音声地図で説明する経路を視覚障害者にとって最適にすることによって、さらに有効な歩行支援となる。本研究では、各視覚障害者にとっての最適経路を探索する方法を提案する。

2. 最適経路の検討

本節では、視覚障害者にとってどのような経路が最適であるかについて述べる。視覚障害者にとっての最適経路は単純に距離が短い経路ではなく、視覚障害者にとっての歩きやすさを考慮した経路が最適経路となる。そこで、どのような経路が歩きやすいかを知るために、視覚障害の状況や視覚障害者が歩行する際に何を手掛かりとしているかを調査した。

視覚障害者が歩行する際に目印としているものの代表的なものとして点字ブロックがある。点字ブロックは、平行した線が突起になっていて移動の方向を示す誘導ブ

[†] 富山県立大学 工学研究科 情報システム工学専攻

ロックと、格子状の点が突起になっていて注意喚起・警告を促す警告ブロックを総称したものである。点字ブロックは主に足裏の触覚を利用することで認識されるが、他にも白杖を通した手の触感や反射音の違いを聞き取るによっても認識される。また、弱視の視覚障害者の場合は点字ブロックの色と周辺路面の色の違いから点字ブロックを認識することができる。しかし、歩行能力によっては誘導ブロックと警告ブロックの区別ができなかったり、点字ブロックの色が灰色の場合、周辺路面の色と区別ができず利用できないときがある。そのため、視覚障害者の程度や歩行能力を考慮した最適経路探索を行う必要がある。

2.1 最短経路と最適経路の違い

図1、図2はそれぞれ最短経路と最適経路の例である。図1の最短経路は視覚障害者にとって歩きにくく迷いやすい経路である。主な理由として、この経路では、信号機や点字ブロックなどの視覚障害者にとって分かりやすい目印がない脇道を発見する必要がある。また、歩車道の区別のない道を通ったり、信号機のない交差点を渡ったりするので視覚障害者にとって非常に危険である。図2の最適経路は最短経路に比べ距離は長いですが、視覚障害者にとって歩きやすい経路である。まず、歩車道の区別のある道や点字ブロックの敷設された道を通るため、視覚障害者は安心して歩行することができる。また、信号機のある交差点で方向転換・道路横断するので迷いにくい。

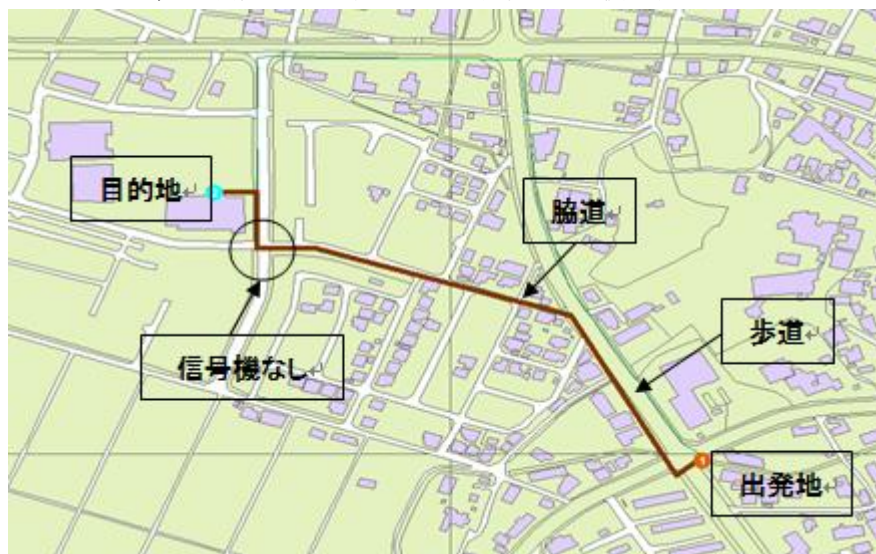


図1 最短経路

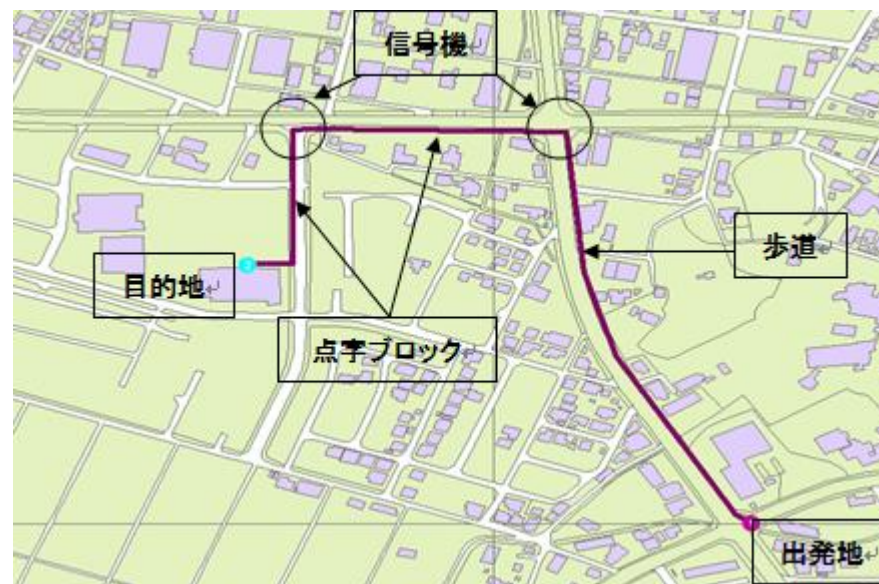


図2 最適経路

2.2 アンケート調査

視覚障害者は出発地から目的地までの単純な距離ではなく、点字ブロックや音響信号機、階段の有無などの安全性・快適性を重要視している。最適経路を探索するためには、視覚障害者が点字ブロックや音響信号機などの経路情報をどの程度重要視しているかを知る必要がある。そこでアンケートを行い、調査した。

アンケートは富山県在住の視覚障害者6名に対して行った。アンケート内容は、例えば、点字ブロックの敷設されている道と敷設されていない道の2つの経路が存在し、敷設されていない道の方が近道であった場合に点字ブロックの敷設されている道を通るためにどの程度なら遠回りするか、というものである。アンケート結果を表1、表2、表3に示す。

表1 優先する経路情報

	遠回り しない	20m 程度なら 遠回りする	50m 程度なら 遠回りする	100m 程度なら 遠回りする	100m 以上でも 遠回りする
歩車道の 区別	4	0	1	0	1
点字 ブロック	2	1	1	1	1
階段が ない	3	1	0	1	1

表1は歩車道の区別や点字ブロックの有無などの経路情報について、視覚障害者がどの程度重要視しているかというアンケートの結果である。この表は、例えば歩車道の区別のある道と区別のない道があった場合に、歩車道の区別のある道を通るためにどの程度遠回りするかという質問に対する回答である。歩車道の区別のある道については、遠回りしないと回答した人が4名、50m程度なら遠回りすると回答した人が1名、100m以上でも遠回りすると回答した人が1名いることが分かる。

このアンケートの結果から、これらの経路情報については遠回りしないと回答した人が多かった。その原因の1つとして、アンケートの回答者が高齢であることが考えられる。実際に、歳をとってからはなるべく距離の短い道を通りたいという意見があった。点字ブロックについては大半が遠回りすると回答しているが、足腰が弱くなり点字ブロックの凹凸で転ぶかもしれないという理由から遠回りしないと回答した人もいた。階段については、視覚障害者にとって危険なものではあるが、自分の位置を確認することのできる目印になるという意見が多かった。

表2 道路横断の情報

	遠回り しない	20m 程度なら 遠回りする	50m 程度なら 遠回りする	100m 程度なら 遠回りする	100m 以上でも 遠回りする
音響信号機	6	0	0	0	0
信号機 あり	5	0	1	0	0
信号機 なし	3	0	2	1	0

表2は音響信号機のある交差点や信号機のある交差点などの道路を横断する際の情報をどの程度重要視しているかというアンケートの結果である。例えば、表から分

かるように、視覚障害者6名全員が、音響信号機のある交差点を避けるために遠回りしない、つまり遠回りしないで音響信号機のある交差点を渡ると回答している。このことから、視覚障害者にとって音響信号機のある交差点で道路を横断することは負担が小さいことが分かる。また、信号機のある交差点の場合も5名の視覚障害者が遠回りしないと回答している。これは、アンケートの回答者が弱視の視覚障害者であり、信号機が青になったことを車の動きを見て判断できたり、横断歩道の白線が見えるからだと考えられる。次に信号機のない交差点の場合は、遠回りする人と遠回りしない人が3名ずつであった。また、少くも危険でも近い道を通りたいという理由から遠回りしないと回答した人もいた。信号機のある交差点と比べて信号機のない交差点は視覚障害者にとって負担が大きいことが分かる。

表3 曲がり角の情報

	遠回り しない	20m 程度なら 遠回りする	50m 程度なら 遠回りする	100m 程度なら 遠回りする	100m 以上でも 遠回りする
音響信号機	6	0	0	0	0
信号機 あり	6	0	0	0	0
信号機 なし	1	0	3	2	0
脇道	1	0	1	2	2

表3は曲がり角で曲がる場合に、音響信号機のある交差点や信号機のある交差点などの情報をどの程度重要視しているかというアンケート結果である。音響信号機や信号機のある交差点で曲がる場合に、それらを避けて遠回りすると回答した視覚障害者はいなかった。つまり、視覚障害者にとって音響信号機や信号機のある交差点は曲がり角の目印として分かりやすく、負担が小さいということが分かる。それに対して、信号機のない交差点や脇道に入っていくような曲がり角は、遠回りすると回答した視覚障害者が多かった。自分がどこを歩いているか分からなくなると非常に不安になるからという意見があった。この結果から、視覚障害者にとって曲がることは負担が大きく、曲がり角が分かりやすいことが重要であることが分かる。

2.3 アンケート結果のまとめ

これらのアンケート結果から、経路情報をどの程度重要視しているかは個人によって異なるということが分かる。例えば、点字ブロックのある道を通るために遠回りし

ないと回答した人もいれば、100m以上遠回りしてでも点字ブロックのある道を通りたいと回答した人もいます。このようにどの程度重要視するかは個人によって異なるので、視覚障害者のための最適経路を探索するには、これらの違いを経路探索に反映させる必要がある。

また、曲がり角の情報については音響信号機や信号機のある交差点で曲がるのが好まれるのに対して、信号機がない交差点や脇道に入っていく場合は迷う可能性があり、視覚障害者にとって非常に負担が大きいことが分かる。このように、視覚障害者にとって曲がり角の情報は非常に重要であるので、経路を探索する際には曲がり角を考慮することが必要である。また曲がり角についても、どの程度重要視するかは個人によって異なるので、各個人の経路の好みを反映させる必要がある。

3. 経路探索手法

3.1 既存の経路探索アルゴリズム

既存の経路探索アルゴリズムとしてダイクストラ法[3]、A*[4]、ベルマン-フォード法[5]が挙げられる。ダイクストラ法は、グラフ上の2頂点間の最短経路を効率的に求めるアルゴリズムである。A*はダイクストラ法を改良したもので、各頂点nからゴールまでの距離の推定値を知っている場合に、最短経路問題をダイクストラ法よりも効率的に解くことができる。しかし、推定値がない場合はもとのダイクストラ法に一致する。ベルマン-フォード法は、重み付き有向グラフにおける最短経路問題を解くアルゴリズムであり、各辺の重みは負数であってもよい。重みに負数がない場合はダイクストラ法のほうが、より高速に最短経路を求めることができる。本研究では視覚障害者にとっての最適経路を求める方法として、このダイクストラ法を用いる。

3.2 ノードとエッジの定義

ダイクストラ法を用いて経路探索をするために、ノードとエッジの取り方を定義する。ノードは点情報、エッジは線情報を持つデータである。エッジは歩行者が歩くことのできる道すべてに配置する。例えば、道路の両側に歩道がある場合は、両方にエッジを配置することになる。ノードは道路の情報が変わる場所や曲がり角に配置する。例えば、交差点の場合、1つの角につき1個ノードを配置する。例えば十字路の場合は、図3のように4個のノードが配置されることになる。

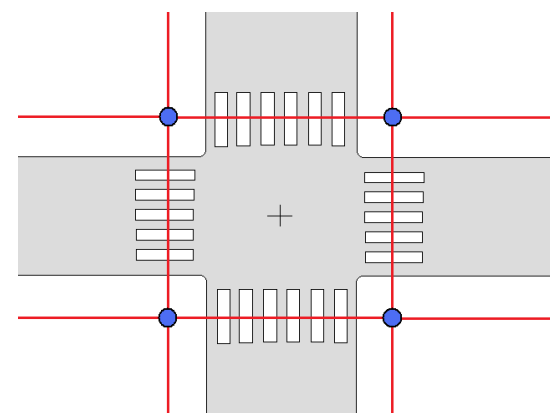


図3 交差点のノードの配置

3.3 晴眼者を対象とした最適経路探索手法

晴眼者を対象とした研究に、歩行者の経路への嗜好を反映させた経路生成[6]がある。この研究は、単に最短経路を求めるのではなく、距離以外にも歩行者の嗜好を経路探索に反映させるものである。具体的な経路探索手法は、まず歩行者が歩道、信号機などの経路条件をどの程度重視しているかアンケートを行い、その結果からそれぞれの経路条件に経路探索パラメータを算出する。実際のアンケート結果と求められたパラメータを表4、5に示す。次に、実際の距離に経路探索パラメータを掛けたものをコストとする。そして、そのコストをエッジの重みとしてダイクストラ法に適用して経路探索を行っている。

表4 経路探索条件ごとの遠回りの許容性

	遠回りしない	2分程度ならOK	5分程度ならOK	それ以上でも遠回りする
信号	112	35	8	19
ガードレール	111	33	18	12
横断歩道	107	38	8	21
歩道	106	41	12	15
歩道幅	103	35	20	16
エレベータ エスカレータ	73	61	15	25
坂(勾配)	60	61	35	18
階段	91	45	20	18

表5 経路探索パラメータ

安全や快適を選択した歩行者用		高齢者を選択した歩行者用	
条件	パラメータ	条件	パラメータ
信号	0.674	信号	0.743
ガードレール	0.695	ガードレール	0.749
横断歩道	0.673	横断歩道	0.717
歩道	0.700	歩道	0.738
歩道幅	0.683	歩道幅	0.755
エスカレータ	0.693	エスカレータ	0.694
坂	1.418	坂	1.373
階段	1.446	階段	1.37

4. ノードとエッジのコスト付け

本節では、ノードとエッジの情報についてのコスト付け手法を説明する。また、視覚障害者が重要視する経路情報や曲がり角の情報は各個人で異なるということを踏まえ、このコスト付けは各個人毎に行う。

4.1 経路情報のコスト付け手法

視覚障害者、各個人にアンケートを行い、各経路情報についてのコスト付けを行う。例えば、出発地から目的地まで移動する場合に、一方は点字ブロックが敷設されていない道、もう一方は遠回りだが点字ブロックが敷設された道があり、点字ブロックのない道は100mの道のり、点字ブロックのある道は150mの道のりとする。点字ブロックのある道は点字ブロックのない道よりも50m遠回りになるが、この道を選択する視覚障害者にとっては点字ブロックのない道の負荷は点字ブロックのある道の3/2倍であると考えることができる。つまり、点字ブロックのない道の100mは点字ブロックのある道の150mと同じ負荷となるので、経路探索パラメータは2/3となる。したがって、点字ブロックのある道は距離に経路探索パラメータの2/3を掛けたものをコストとする。次に、階段や交差点にコスト付けする場合を考える。この場合、距離に経路探索パラメータを掛けてコストを求めると、距離が短いので経路探索にうまく反映されない可能性がある。そこで、階段や交差点の場合は距離に経路探索パラメータを加算したものをコストとする。

4.2 曲がり角のコスト付け手法

アンケート結果から、曲がり角についてのコスト付けを行う。例えば、信号機のない交差点で曲がることは分かりにくいので50m程度なら遠回りすると回答した場合は、経路探索パラメータを50とする。信号機のない交差点で曲がる場合に、経路探索パラメータの50をコストとして加算する。

曲がり角で曲がったときにコストを付ける場合、ダイクストラ法を用いた経路探索では問題が生じる。ダイクストラ法では、エッジのコストが最小となる経路を求めることができるが、ノードにコストを付けることができない。本研究では、ノードとエッジの配置を図4のように工夫し、曲がり角にコストを付けることを可能とした。

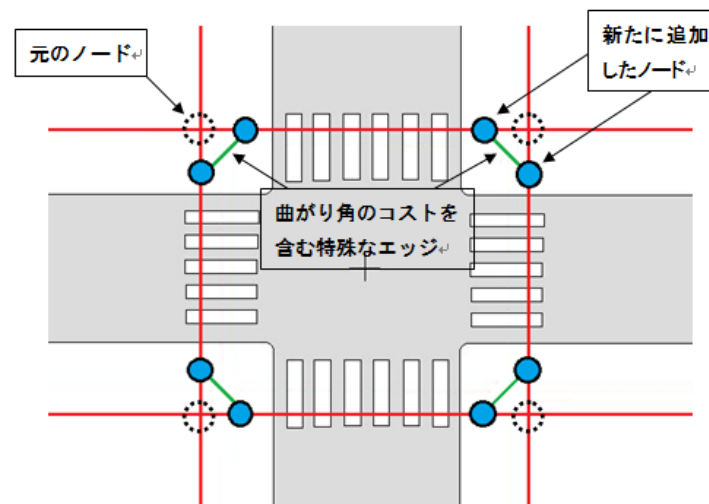


図4 曲がり角のノードとエッジの配置

ダイクストラ法ではノードにコストを付けることができないので、特殊なエッジを新たに加え、曲がり角のコストはこのエッジを通る際に加える事で、曲がり角のコストを実現する。この特殊なエッジを加えるために、図4のようにノードとエッジを配置した。交差点の角の2つのノード間のエッジが曲がり角のコストを含む特殊なエッジである。このようにノードとエッジを配置することで、曲がる場合には特殊なエッジを通らなければならないようになる。よって、曲がり角にコストを付けることが可能となり、曲がり角を考慮した形でもダイクストラ法を適用可能となる。

5. 設計

本研究では、個人の経路の好みからそれぞれの道路をコスト付けし、そのコストが最小となる経路をダイクストラ法によって求める。また、経路の好みは事前にアンケートを行い、その結果をデータベースに保存する。図5は、ダイクストラ法に適用するためのグラフを作成する流れである。最適経路を求めるには、まず実際の道路の情報をデータベース化する。データベースにはノード番号と隣接するノード、そのエッジへの距離と道の種類を登録する。次に、そのデータベースからノードとエッジを設置し、個人の経路の好みからエッジのコスト付けを行い、コスト付けされたグラフを作成する。最後にそのコスト付けされたグラフにダイクストラ法を適用し最適経路を求める。

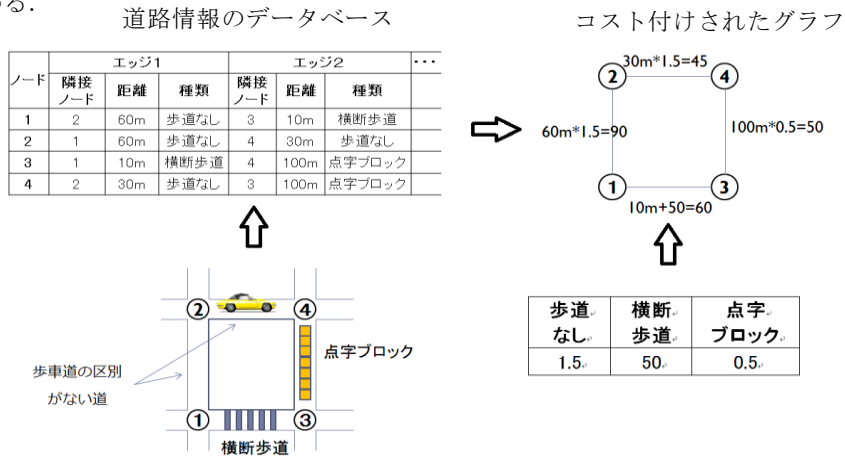


図5 コスト付けの流れ

6. 実装

6.1 データベース

最適経路を探索するために、まず道路の情報をデータベース化する必要がある。今回道路のデータベースには、表6のようにノードとその緯度経度、エッジの情報を登録した。エッジ情報については、最初の数字が隣接するノード番号、次にそのエッジの長さ、最後にその道路の種類を表している。個人の経路の好みについては、アンケ

ートの回答をユーザ情報としてデータベースに登録する。

表6 道路のデータベースの例

ノード	緯度	経度	エッジ1	エッジ2	エッジ3	エッジ4
1	36.715022	137.091002	2,100m,点字	3,50m,歩道	...	...
2	36.715026	137.089350	3,100m,歩道	1,100m,点字	...	...
3	...	...	...	...	...	...

6.2 出力結果

作成したプログラムを使って、各個人の最適経路を求めた例を示す。表7は、実際にアンケートを行った視覚障害者3名の経路の好みをパラメータにしたものである。このパラメータを用いて最適経路探索を行った。例として求める最適経路は、出発地を住宅地前、目的地をコンビニエンスストアとした。この例では、図6のように3つの経路が存在すると考えられる。

表7 個人の経路の好みによるパラメータ

ユーザ	エッジ			ノード(曲がり角)		
	歩道なし	点字ブロック	信号機なし	信号機あり	信号機なし	脇道
視覚障害者A	1.0	1.0	0	0	0	0
視覚障害者B	1.0	1.0	0	0	100	100
視覚障害者C	3.0	0.33	50	0	50	200



図6 出発地から目的地までの経路

図6の3つの経路がどのような経路か説明する。

経路Aは、まず出発地から歩道のある道を約50m進み、右に曲がって信号機のない道路を横断する。次に歩車道の区別のない道を約110m進み、T字路を左に曲がる。次に歩車道の区別のない道を約40m進み、信号機のない道路を横断後、右に曲がる。最後に歩車道の区別のない道を約35m進んで左に曲がり、歩道のある道を約35m進むと目的地である。この経路の総距離は約290mである。

経路Bは、まず出発地から歩道のある道を約130m進み、右に曲がって信号機のない道路を横断する。次に歩車道の区別のない道を約135m進んで左に曲がり、歩道のある道を約35m進むと目的地である。この経路の総距離は約310mである。

経路Cは、まず出発地から歩道のある道を約55m進み、左に曲がって信号機のない道路を横断する。次に、点字ブロックの敷設された道を約180m進み、信号機のある交差点を左に曲がる。次に点字ブロックの敷設された道を約150m進み、歩道のある道を約35m進むと目的地である。この経路の総距離は約420mである。

各経路の情報についてまとめたものを表8に示す。

表8 各経路の情報

経路	エッジ				ノード(曲がり角)		
	歩道	歩道なし	点字ブロック	信号機なし	信号機あり	信号機なし	脇道
経路A	85m	185m	/	20m(2回)	/	1回	3回
経路B	165m	135m	/	10m(1回)	/	1回	1回
経路C	90m	/	315m	15m(1回)	1回	1回	/

経路A, B, Cについて、表7の個人のパラメータを用いてコスト付けを行った。各個人によるコストの違いを表9に示す。個人によってコストが最小となる経路が異なる。つまり、視覚障害者にとっての最適経路は各個人で異なるということが分かる。

表9 個人によるコストの違い

ユーザ	経路A	経路B	経路C
視覚障害者A	280	300	420
視覚障害者B	690	510	520
視覚障害者C	1360	880	250

7. おわりに

視覚障害者にとっての最適経路を求めるために、アンケートを行うことで道路の種類や曲がり角の情報をどの程度重視しているかを調査した。その結果から、各経路情報をどの程度重要視しているかは、各個人によって異なることが明らかとなった。アンケート結果の各個人の経路の好みから経路情報や曲がり角をコスト付けし、そのコストが最小となる経路をダイクストラ法により求める手法を提案した。

今後の課題として、求めた経路が視覚障害者にとって最適であるか、コストを付ける項目とそのコスト付け方法が妥当であるかの検討が必要である。

参考文献

- 1) 田所：RFIDを利用した視覚障害者支援システムの検討，
<http://www.tut.ac.jp/rese/image/append/H15-project/1-23.pdf>
- 2) 家永，松本：音声地図と遠隔支援の併用による視覚障害者の歩行支援
- 3) ダイクストラ法，<http://www.deqnotes.net/acmicpc/dijkstra/>
- 4) A*，<http://homepage.mac.com/piyajik/text/2007/0707.html>
- 5) ベルマン-フォード法，
<http://d.hatena.ne.jp/syou6162/searchdiary?word=%5B%A5%A2%A5%EB%A5%B4%A5%EA%A5%BA%A5%E0%5D>
- 6) 松田，杉山，土井：歩行者の経路への嗜好を反映した経路生成