

嗜好間相関を用いたAHP移動経路選択システムに関する基礎的検討

○宮地 孝明^{†‡}, 前田 義信^{†‡}, 宮川 道夫^{†‡}

†新潟大学工学部福祉人間工学科, ‡新潟大学超域研究機構

1. はじめに

障害者にとって外出をすることは社会参加をする上で重要である。障害者の外出を促進するために交通バリアフリー法や改正ハートビル法が施工されるなど環境が整えられている。その中で視覚障害者の外出に必要な音響信号機や視覚障害者誘導用ブロック(以下, 点字ブロック)が整備されている。また, 視覚障害者の移動を支援する多くの技術が開発されている。これらの技術は全地球測位システム(Global Positioning System, GPS)を用いて位置案内するもの^[1], 超音波を使用して障害物を検知するもの^[2]などが挙げられる。しかし, 視覚障害者のうち約 43% は, ほとんど外出していない^[3]。

我々は, 視覚障害者が外出に対して消極的になる原因として, 支援機器の不備ではなく自己効力感の不足であると考えた。そして, 視覚障害者の外出に対する自己効力感の向上を目的とした移動経路選択システムを開発してきた^[4]。このシステムは, 意思決定法の 1 つである階層分析法^[5](Analytic Hierarchy Process^[6], 以下, AHP)と地理情報システム^[7](Geographic Information System, GIS)を融合させたものである。視覚障害者は複数の経路から自分の嗜好にあった経路の選択を行う。視覚障害者の嗜好としては信号, 歩道, 歩道橋の有無, 道幅の太さ等を取り上げた。AHP ではこれらの嗜好が互いに独立であるという仮定のもとで分析するが, これらの嗜好は必ずしも独立であるとはいえない。

そこで, 嗜好間の相関を調査し, 各嗜好間に従属関係があることを確認する。その上で従属関係を考慮した意思決定を行うシステム(AHP 移動経路選択システム)の開発をする。

2. 嗜好間の相関関係の調査

2.1 調査方法

新潟市の電子地図(中央グループ株式会社 GIS 事業部)を用いて無作為に 400m 四方の領域を選択し, 表 1 に示す嗜好を調査した。今回調査した嗜好(視覚障害者が外出の際に要求するであろう嗜好を推定した)と調査内容を表 1 に示す。調査内容にしたがって, 各嗜好間の相関係数を算出する。サンプル数は 30 とした。

2.2 調査結果

表 2 に結果を示す。t 検定で 5% 有意となった相関係数にアスタリスクを付した。

表 1 調査内容

嗜好	調査内容
信号	個数
歩道橋	個数
歩道	歩道を有する道路の割合
道幅	平均道幅
点字ブロック	点字ブロックを有する道路の割合
ビジネス街	会社や工場がある領域*
商店街	商店がある領域*
医療施設	病院, 歯科医院の数

*会社や商店が複数集合している領域のみカウントした。

表 2 嗜好間相関 (*は 5% 有意)

	信号	歩道橋	歩道	道幅	点字ブロック	ビジネス街	商店街	医療施設
信号								
歩道橋	*0.43							
歩道	*0.36	-0.05						
道幅	*0.47	0.24	*0.80					
点字ブロック	0.12	0.16	0.35	*0.52				
ビジネス街	0.23	0.11	0.36	*0.47	0.01			
商店街	0.27	-0.21	*0.46	0.30	0.20	0.01		
医療施設	*0.55	0.11	0.16	0.16	0.10	-0.08	*0.40	

3. システム開発

3.1 システムの概要

Visual Basic6.0(Microsoft 社), ArcGIS8(ESRI 社)により意思決定法を用いた移動経路選択システムを開発した. 図 1 に開発したシステムの流れを示す.

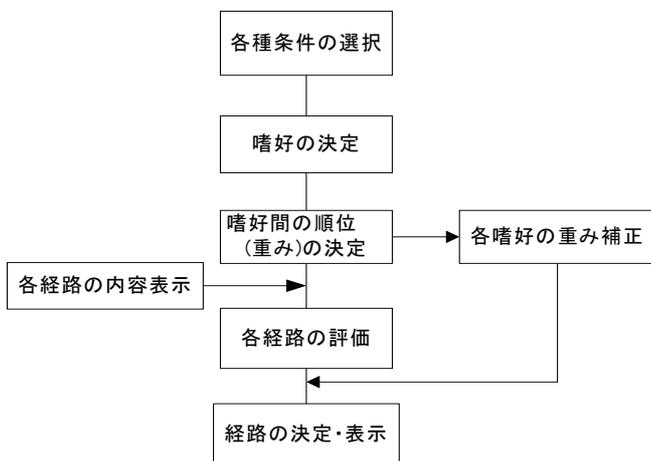


図 1 システムの流れ

3.1.1 条件の選択

選択する嗜好の数, 代替案(経路)の数および意思決定者数を決定する. なお, 嗜好の数は 3~6, 経路の数は 3~7, 意思決定者の数は 1~2 とし, これらの範囲中で自由に選択できるようにした.

意思決定者が 1 人のときは視覚障害者本人だけで意思決定を行うが, 外出経験の乏しい視覚障害者には介助者が必要である. その場合は意思決定者を 2 人と設定し, 視覚障害者本人だけでなく介助者の意思も反映させることができる. 意思決定者を 2 人とした場合は, 2 人の意見の比重(介助者の意見をどの程度反映させるか)を決定することもできる(図 2).

(例: 嗜好の数 3 つ, 経路の数 4 つ, 意思決定者 1 人)

3.1.2 嗜好の決定

3.1.1 で決定した数だけ嗜好を選択する. 表 1 に示した 8 つの嗜好に対して「有る道/無い道」という選択肢を用意し(道幅に関しては太い道/細い道), その中で自分の嗜好にあわせて選択する. また, 歩

道, 点字ブロック, 医療施設の 3 つに関しては故意に「無い道」を選択する可能性が薄いので選択した場合確認するメッセージを表示するようにした.(図 3.1, 3.2)

(例: 信号が有る道・歩道橋が有る道・商店街が無い道)

3.1.3 嗜好間の重み決定

嗜好間の重み付けを「歩道橋が有る道より点字ブロックの有る道の方がやや重要」のようなペア比較により行う. 各嗜好の重みの総和は必ず 1(100%)となる. 選択した嗜好の数を n ($n \geq 2$ の整数) とすると, ${}_n C_2$ 回のペア比較が必要となる.

3.1.4 嗜好の重み補正

嗜好間関連によって 3.1.3 で決定した重みの補正を行う. その方法は 3.2 に示す.

3.1.5 各経路の内容表示

介助者があらかじめ入力した経路の情報を表示する. 選択した嗜好に合わせた情報の表示を行う.

(例: 経路 1 の総長は 1000m, 歩道橋は 2 つ, 歩道は 200m, 点字ブロックは 100m)

3.1.6 各経路の評価

各経路の評価を行う. 評価は「経路 1 の歩道橋の数は経路 2 の歩道橋の数に比べて不満」のようなペア比較ではなく, 「経路 1 の歩道橋の数は不満」のような絶対比較で行う(絶対評価法). 絶対評価の基準は 4 段階(かなり満足・満足・普通・不満)とした(図 4).

3.1.7 経路の決定および表示

各嗜好の重みおよびその補正結果と各経路の評価を使って, 経路の重要度(満足度)を算出する. また, 最も高い満足度となった経路を地図上で表示する.

3.2 重みの補正

表 2 の結果より, 以下に示す 9 個の関係が統計的に有意であった. 矢印は経験的に推定した因果関係を示す.

- ① 信号有り → 歩道橋有り
- ② 歩道有り → 信号有り

- ③ 道幅が太い→信号有り
- ④ 医療施設有り→信号有り
- ⑤ 道幅が太い→歩道が有る
- ⑥ 商店街が有る→歩道が有る
- ⑦ 道幅が太い→点字ブロックが有る
- ⑧ 道幅が太い→ビジネス街が有る
- ⑨ 商店街が有る→医療施設が有る

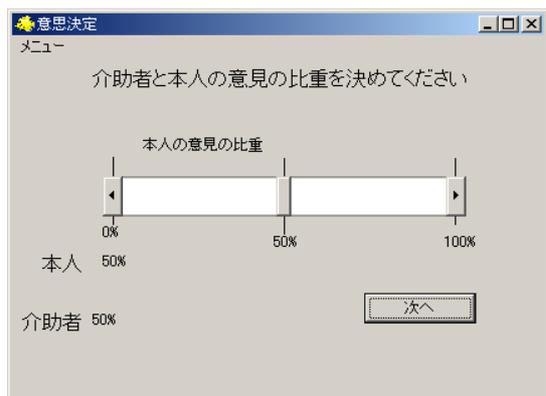


図 2 比重決定



図 3.1 嗜好の決定



図 3.2 注意の表示

以上の因果関係を使って重みを補正する。例えば「信号が有る・歩道橋が有る」という嗜好を選択したとき、①の因果関係より「歩道橋が有る方がいい」

という嗜好が「信号が有る方がいい」という嗜好を包含していることになる。そこで「信号が有る方がいい」という嗜好の比重を高めるようにする。以下にその補正法を 2 つ示す。



図 4 評価の入力

3.2.1 補正法 1

相関係数を直接使用する方法である。例えば「信号有り・歩道橋有り・商店街無し」という 3 つの嗜好を選択し、各嗜好とも「同じくらい重要」とした場合、補正前の各嗜好の重みは 0.333 である。この中で有意な関係は「信号有り→歩道橋有り」の 1 つである。このとき、「歩道橋有り・商店街無し」という嗜好の重みは 0.333 で変動させず、「信号有り」の重みを $0.333 \times (1 + 0.43)$ に増す (図 5.1)。0.43 は両者の相関係数である。

この補正を行うことにより、嗜好全ての重みの総和は 1 を超えることになる。

3.2.2 補正法 2

各嗜好の重みの総和が 1 になるように相関係数を使用する方法である。前項の例の場合、「商店街無し」という嗜好の重みのみ 0.333 とし、「信号有り」の重みを増加させ、「歩道橋有り」の重みを減少させる。増加は相関係数 $\times 0.4$ とする。この場合は $0.43 \times 0.4 = 0.172$ で、「信号有り」の嗜好の重みは $0.333 \times (1 + 0.172)$ 、「歩道橋有り」の嗜好の重みは $0.333 \times (1 - 0.172)$ となる (図 5.2)。

	信号	歩道橋	商店街		信号	歩道橋	商店街
信号有り	1	0.43		信号有り	1	0.17	
歩道橋有り		1		歩道橋有り		0.83	
商店街有り			1	商店街有り			1

図 5.1 補正法 1

図 5.2 補正法 2

4. シミュレーションと考察

4.1 シミュレーション結果

開発したシステムを用いてシミュレーションを行った。シミュレーションの条件を以下に示す。

- ・経路=4つ(経路1～経路4)
- ・嗜好=3つ(信号有り・歩道橋有り・商店街無し)
- ・補正前の各嗜好の比重=全て0.333
- ・意思決定者1人

また、各経路の評価内容を表3に示す。この条件でシミュレーションした結果を表4に示す。

表3 各経路の評価内容

	信号の数	歩道橋の数	商店街の数(少なさ)
経路1	かなり満足	かなり満足	かなり満足
経路2	かなり満足	普通	不満
経路3	普通	不満	かなり満足
経路4	普通	かなり満足	不満

表4 シミュレーション結果(満足度)

	補正前	補正法1	補正法2
経路1	1.000	1.143	1.000
経路2	0.435	0.578	0.481
経路3	0.435	0.465	0.442
経路4	0.435	0.465	0.390

4.2 分析

補正前の経路1のように全ての評価を「かなり満足」とした場合、絶対評価法ではその経路の満足度は1となり、これが最大値である。その他の評価を

した場合は、1に近いほど嗜好を満たした経路であるといえる。補正法1では嗜好3つの重みの総和が1を超えるため、満足度も1を超える。補正法2では嗜好3つの重みの総和が1となるようにしているので、満足度が1となり、1に近いほど嗜好を満たした経路になる。

補正前の経路2～4の満足度は全て等しい。これは各嗜好の重みが全て同じであり、各経路に対して「かなり満足」、「普通」、「不満」の評価を1回ずつ与えているからである。これに対して補正法1、2ともに経路2の満足度が最も高い。3.2に示したように、「歩道橋が有る方がいい」という嗜好が「信号が有る方がいい」という嗜好を包含している。そのため各補正を行うことで「信号有り」の嗜好の重みが最大になり、信号の数について高い評価を得た経路2の評価が高くなったと考えられる。

補正法1では経路3と経路4の満足度は同じであるが、補正法2の場合は経路3の方が高い。これは補正法1では、「歩道橋有り」と「商店街有り」の重みが等しいためである。補正法2では「歩道橋有り」の重みが下げられているため、相対的に「商店街無し」の重みが高くなり、商店街に対する評価が高い経路3の方が高い満足度になっている。

4.3 考察

経路2～4において、補正前は優先順位を付けられなかったが、補正により優先順位が決定した。補正を行うことによってユーザの嗜好に近い意思決定ができるようになったといえる。

補正法1では相関係数を直接加算しているので、補正前と比較して満足度は必ず高くなる。これに対して、補正法2は必ずしも補正前より評価が高くなるとは限らない。補正法1では満足度の最大値が1を超えるので、満足度の数値から「各経路がどの程度嗜好を反映しているか」を判断しにくい。しかし、補正法1では嗜好間相関を直接使用しており、より因果関係が経路決定に反映しているといえる。どちらの補正法が優れているかを決めることはできないので、補正法に関しては更なる検討が必要である。

図 6
嗜好数が 5 つの
ときの、嗜好間の
重み付け

5. おわりに

電子地図を統計的に調べ、移動経路選択の嗜好間に相関があることを示した。また、この相関関係を利用した AHP 移動経路選択システムを開発し、シミュレーションを行った。その結果、相関関係を利用する前と利用した後で経路の満足度の順位が変わり、相関係数を用いた嗜好の重み補正を行うことが有効であることを確認した。

今後の課題として、以下の項目が挙げられる。

- (1) 各経路の設定が全て介助者に任されるなど、介助者の負担が大きいシステムである。今後は介助者の負担が減少するようにシステムを改良する。また、現時点のシステムではマウスで操作することが前提になっており、視覚障害者が単独で操作することは事実上不可能である。予め経路が入力されていれば視覚障害者単独で使いたいというニーズが出てくることも予想される。そこで、視覚障害者単独で使えるようインタフェースについて検討する。
- (2) ファジィ AHP^[8]を導入し、意思決定法をさらに改良する。
- (3) 今回取り上げた表 1 の 8 項目は、適当に選んだ項目である。そこで、視覚障害者にアンケートを行って、実際に要求される嗜好を調査し、システ

ムを改良する。

- (4) 各嗜好間の重みを決める際、嗜好の数が 3 つのときは 3 回のペア比較で決定できるが、嗜好の数が 5 つの場合は 10 回、6 つの場合は 15 回のペア比較が必要となり(図 6)、整合性がとりにくい(すなわち矛盾が生じる)。そこで、ペア比較の方法について検討する。

謝辞

有意義な意見を頂いた新潟大学の小西孝史氏に感謝します。本研究の一部は、文部科学省科学研究費(若手研究 B)と、新潟大学プロジェクト推進経費の補助による。

参考文献

- [1] 田野英一ほか：視覚障害者用 GPS 位置案内システムにおける情報多層化の評価, GIS—理論と応用, Vol.9, No.2, pp.41-51, 2001.
- [2] 中邑賢龍(編)：電子情報支援技術を学ぶ II(各論), 財団法人ニューメディア開発協会, pp.86-92, 2002.
- [3] 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部：身体障害児・者実態調査結果(平成 13 年 6 月 1 日調査), <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/08/h0808-2.html>, 6 章「外出の状況」, 2002.
- [4] 前田義信ほか：意思決定モデルに基づく視覚障害者用移動経路選択ソフトウェアの開発, 日本生活支援工学会誌, Vol.4, No.1, pp.29-37.
- [5] 木下栄蔵：孫子の兵法の数学モデル, 講談社, 1998.
- [6] T. L. Saaty : Decision making with dependence and feedback: The Analytic Network Process (Second Edition), RWS Publications, pp.305-330, 2001.
- [7] 大場亨：ArcGIS 8 で地域分析入門, 成文堂, 2003.
- [8] 高萩栄一郎：ファジィ測度-シヨケ積分モデルによる AHP, 専修大学 商学研究所報 第 116 号, 1997.