

# 歩行空間の安全性及び歩行者の経路選択特性を考慮した経路提案

○嶋岡 亮成\*<sup>1</sup> 榎 愛\*<sup>2</sup>

キーワード：経路提案 歩行経路 経路選択特性 ダイクストラ法 クラスタ分析 安全性

## 1. はじめに

人は歩行する際、様々な基準で歩行空間を評価しつつ経路を選択する。その評価基準の中でも特に重要視される要素として「目的地までの経路長」、「歩行空間の安全性」などが挙げられる。現在、目的地までの最短経路情報を提供する様々なサービスがインターネット上に存在しているが、提供されているのは「最短経路」であるため、必ずしもその経路が全ての歩行者に安全であるとは限らない。例えば、「歩行者は家族で旅行中であり、見知らぬ土地で小さな子どもと手を繋いで歩行しているが、提供された最短経路は狭くて歩道が整備されていないにも関わらず、車両交通量が多くて危険を感じた。」というような問題が、現状では起こる可能性がある。松田ら<sup>[1]</sup>は「子供連れの歩行者の多くが歩道幅員の広い道を好む」と報告している。また、環境省の報告書<sup>[2]</sup>では、歩道の整備状況や道路幅員などに誘発されて最短経路ではなく迂回経路を選択する場合があることが報告されており、許容できる経路長の増加は約10%が目安であることが明らかになっている。以上のことから家族連れの歩行者は最短経路ではなく、幅員の広い歩道が整備された経路の情報提供を求めているはずである。

この問題を解決するためにも目的地までの距離以外の様々なニーズに対応した経路を提案できる新たなサービスのシステム構築が必要である。

そこで本研究は、目的地までの距離だけでなく安全性を考慮した経路情報提供の重要性に着目し、歩行者の経路選択特性を考慮した安全性の高い経路の提案を試みる。

対象地は大阪府寝屋川市の摂南大学の自転車通学生が利用している通学経路(2455m)と京阪バスの寝屋川市駅から摂南大学までの直通便が利用する経路(2422m)の範囲内とした(図1)。また、本研究では交差点から交差点もしくは端点までの道路を1つの道路として定義し、調査、分析を行う。対象範囲内の道路数は全1293本で全道路長は約47897mである。

この対象地は幅員の狭い道路が多く、住宅が密集している。また、道路が狭いにも関わらず、自転車の利用者が多い。歩行者には歩きづらい土地であると言える。

しかし、図1に示すとおり、対象範囲内には国道、都道府県道などの主要道路が4本通っており、この道路は

歩行者にとって交通の要になっている。

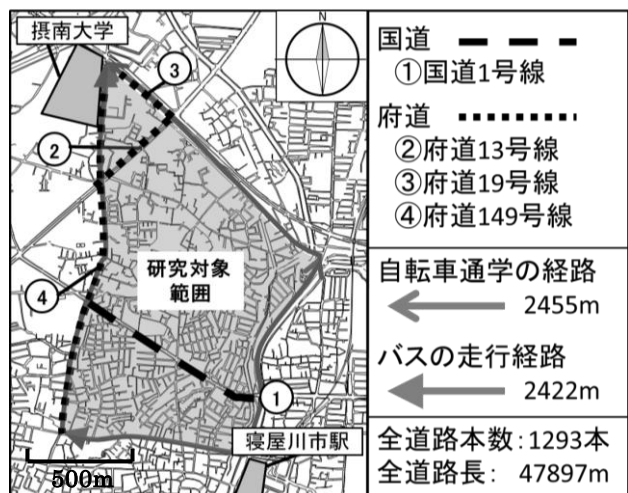
## 2. 歩行者の経路選択特性に関する調査

歩行者の経路選択特性を明らかにした先行研究として、松田ら<sup>[1]</sup>の研究と木村ら<sup>[3]</sup>の研究が挙げられる。松田らは様々な年齢の男女にアンケートを行い、歩行者の経路選択の嗜好を明らかにした。木村らは車いす走行の交通負担度を計測する目的で男子学生20名余りを対象に実際に車いすを使用して道路を走行してもらい、アンケートでどのような状況で負担を感じたかを明らかにした。以上の2つの研究によって明らかにされた歩行者の経路選択特性を表1に示す。

これら研究結果を基に様々な歩行者の経路選択特性を考慮した経路の提案を行う。

表1 歩行者の経路選択特性のまとめ<sup>[1][3]</sup>

歩行者属性	経路選択特性
男(10~59才)	・歩道幅を重視する ・経路長の短さを重視する
女(10~59才)	・横断歩道を重視する ・段差を嫌う傾向がある
高齢者(60才以上)	・歩道と横断歩道の有無を気にする ・道路設備が充実している歩道を求める ・段差を嫌う ・できる限り、歩行距離が短い経路を好む
子供連れ	・横断歩道の信号と歩道の有無を重視する
車いす使用者	・段差を乗り越えるのに多大な負荷がかかるため段差を嫌う ・迅速に安全確認、横断を行う必要があるため信号機のない横断歩道を避ける



### 3. 歩行空間の安全性を評価する指標の作成

安全な経路を提案するためには、各道路における歩行空間の安全性を定量的に把握する必要がある。そこで、本研究は道路設備の充実に着目して歩行空間の安全性を定量的に評価できる指標を作成する。

#### 3.1. 評価設備の選定と点数制の導入

本研究で評価する道路設備は国土技術政策総合研究所<sup>[4]</sup>が行なった、「道路設備設置による事故低減率」の検証結果（表 2）をもとに、選定した。対象とする設備は設置後に安全性が向上した歩道、路側帯、縁石、防護柵、車道外側線、植え込み、道路反射鏡、道路照明である。

歩行空間の安全性を総合的に評価するために点数制を導入する。これにより、各道路を定量的に評価することができる。評価方法は各設備に点数を設定し、道路に対象設備が設置されていればその道路に点数を加算する。評価点数は表 2 の事故低減率を参考にし、5%につき 0.5 点とした。表 3 に各設備の安全性の評価点数を示す。

ただし、歩道（図 2）と路側帯（図 3）は設備の幅員が広いほど歩行者に対する安全性、快適性が向上する。そのため、この設備の評価は幅員ごとに評価する（表 3）。評価基準は中野ら<sup>[5]</sup>の研究を参考にしている。

表 2 道路設備設置による事故低減率<sup>[4]</sup>

対策名	実施箇所数	人体車両の事故件数変化率
道路照明(夜間事故)	79	-66.2
歩道	24	-55.0
路側帯	22	-42.1
車道外側線	19	-34.6
防護柵	10	-15.1
縁石	8	-27.3
植栽の整備	7	-67.3
道路反射鏡	4	-49.7

（国土技術政策総合研究所<sup>[4]</sup>，2006 年）

表 3 歩行空間の安全性評価指標

道路設備	カテゴリ	評価点数		
		歩道	路側帯	
歩道 路側帯	4000<X	4人以上が通行可能	5.5	4.5
	3500<X≤4000	4人が通行可能	5.0	4
	3000<X≤3500	3人が快適に通行可能	4.5	3.5
	2500<X≤3000	3人が通行可能	4.0	3
	2000<X≤2500	2人が快適に通行可能	3.5	2.5
	1500<X≤2000	2人が通行可能	3.0	2
	1200<X≤1500	1人なら快適に通行可能	2.5	1.5
0<X≤1200	1人なら通行可能	2.0	1	
	X=0		0	0
縁石	あり		2.5	
	なし		0	
車道外側線	あり		1.5	
	なし		0	
防護柵	歩行者用柵		1.5	
	ガードレール		3.0	
	なし		0	
植え込み	あり		6.5	
	なし		0	
道路反射鏡	あり		本数×5.0	
	なし		0	
道路照明	あり		本数×6.5	
	なし		0	



図2 歩道



図3 路側帯

### 4. 対象地の道路環境調査

対象地の道路全 1293 本の安全性を評価するために、道路設備と段差、横断歩道の信号の有無を Google Earth 及び現地調査により調査を行った。本研究では道路整備状況のデータの入力、処理を円滑に行うため、交差点から交差点までを 1 本の道路として扱っている。

#### 4.1. 歩道と路側帯の調査結果

図 4 は道路環境調査によって得られた対象地の歩道と路側帯の整備状況である。

対象地内には歩道と路側帯が全体の約 21%に整備されていた。共生社会政策<sup>[6]</sup>の平成 22 年度交通安全白書では日本の平均歩道設置率（路側帯含む）が 13.2%であると報告している。この結果と比較すると、本対象地は劣悪な歩行空間ではないと言えるが、約 8 割近くの歩道幅員が 2500mm 以下であり、これは子供連れの歩行者が対向者との対向時に回避行動をとる必要がある幅員である。

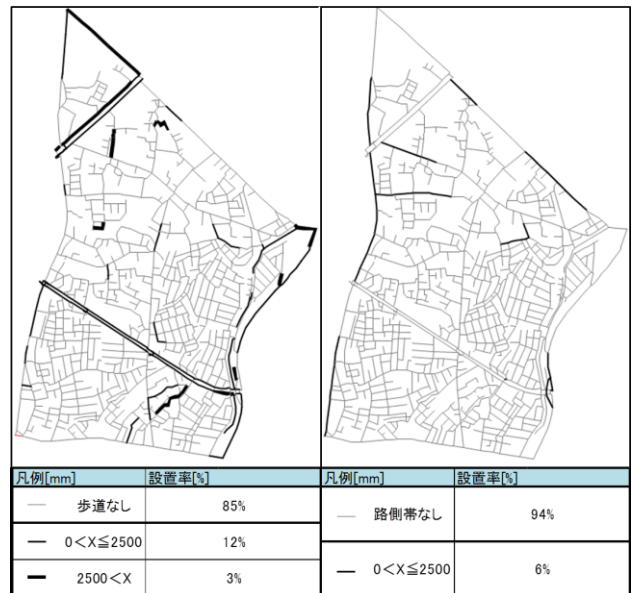


図 4 歩道・路側帯の整備状況（左：歩道，右：路側帯）

#### 4.2. 縁石・車道外側線・防護柵・植え込みの調査結果

縁石・車道外側線・防護柵・植え込みはすべて歩道と共に設置されている設備のため結果をまとめて報告する。

表 4 より 4 つの設備のうち、3 つ以上の設備が設置されている歩道が全体の約 3 割、2 つ以上では約 6 割以上であった。

図5は4つの設備の設置道路分布である。2つ以上の設備が設置されている道路の大半が対象地に4本通っている国道、府道であった。

表4 緑石・車道外側線・防護柵・植え込みの整備状況

緑石	防護柵	外側線	植え込み	設置距離[m]	設置率[%]	設置率(累積)[%]
○	○	○	○	1549	21%	21%
○	◎	○	×	20	0.3%	22%
○	○	○	×	776	11%	32%
○	×	○	○	193	3%	35%
○	◎	×	×	149	2%	37%
○	○	×	×	303	4%	41%
○	×	○	×	373	5%	46%
×	○	×	○	126	2%	48%
○	×	×	×	940	13%	61%
×	◎	×	×	423	6%	66%
×	○	×	×	849	12%	78%
×	×	○	×	212	3%	81%
×	×	×	○	413	6%	87%
×	×	×	×	962	13%	100%

〈○・・・整備されている(防護柵はガードレールが◎, 歩行者柵が○), ×・・・整備されていない〉

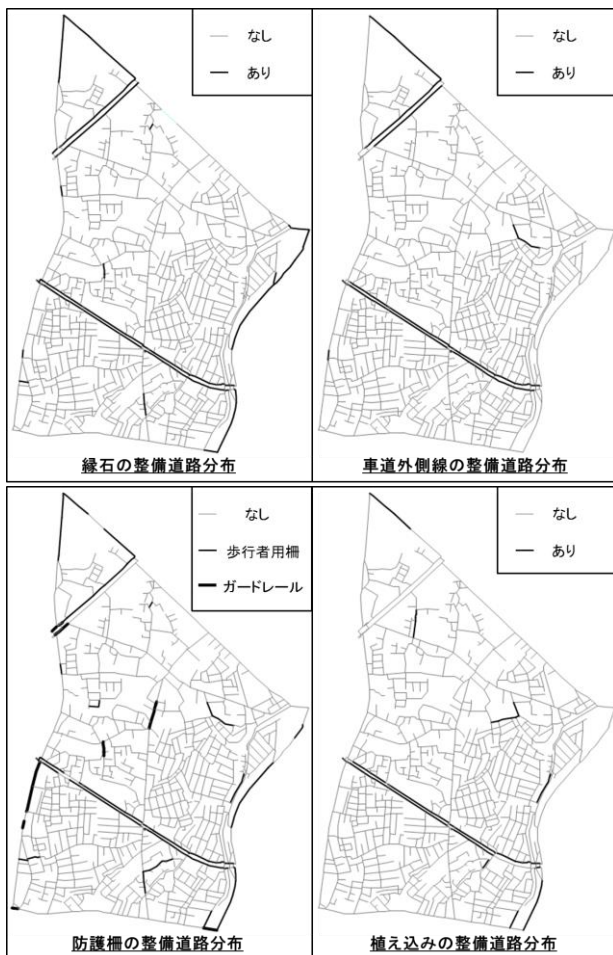


図5 緑石・車道外側線・防護柵・植え込みの整備分布

#### 4.3. 道路反射鏡・道路照明の調査結果

図6に道路反射鏡と道路照明の整備分布を示す。対象地内の道路反射鏡の設置本数は222本であった。道路照明は1172本で、平均設置間隔は23.81mであった。

各道路設備の設置個所については、道路反射鏡は主に住宅密集地の交差点や狭い道から車両交通量の多い道に

出る道路に設置されていた。道路照明は住宅密集地に多く設置されていたが、行き止まりには設置されていなかった。

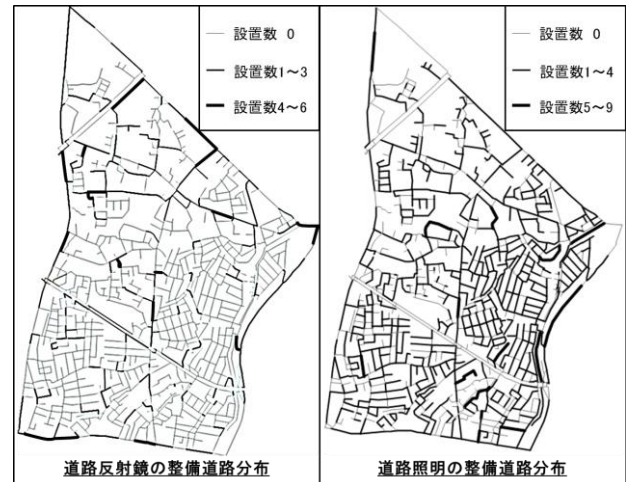


図6 道路反射鏡と道路照明の整備分布

#### 5. 調査結果を基に安全性の総合的評価

図7は道路環境調査の結果を基に安全性を総合的に評価した点数分布図である。以下に各点数の歩行空間の特徴を示す。

##### 評価点数0～19点の道路

対象地の約83%の道路はこの点数となった。この点数域の道路は主に住宅の密集した狭い道路が当てはまる。整備設備は設置スペースが最小限で済む道路反射鏡と道路照明が整備されている道路が多い。一部歩道や路側帯が整備されている道路もあるが設備幅員が狭く、緑石や防護柵は整備されていない場合が多い。基本的に歩行者は避けるべき道路である。

##### 評価点数20～39点の道路

対象地の約15%の道路がこの点数域に含まれた。この点数域の道路は歩道が整備されており、歩道に付属して緑石、防護柵、植え込みなども整備されている主要道路が多い。また、住宅密集地内にも点在しており、この道路は道路反射鏡と道路照明が豊富に設置されている場合が多い。歩行者はこの点数を付与された道を通ると比較的安全に目的地まで辿り着けると思われる。

##### 評価点数40～点の道路

この点数域の道路は約2%の道路が当てはまる。これらの道路で点数が高い理由は、該当道路は基本的に交差点から交差点までの距離が長く、その間に設置本数で評価点数が大きく変わる道路照明や道路反射鏡が密集してしまっていることが挙げられる。この道路の安全性は実際よりも高く評価されているため、道路照明と道路反射鏡の評価方法に改善を施す必要がある。

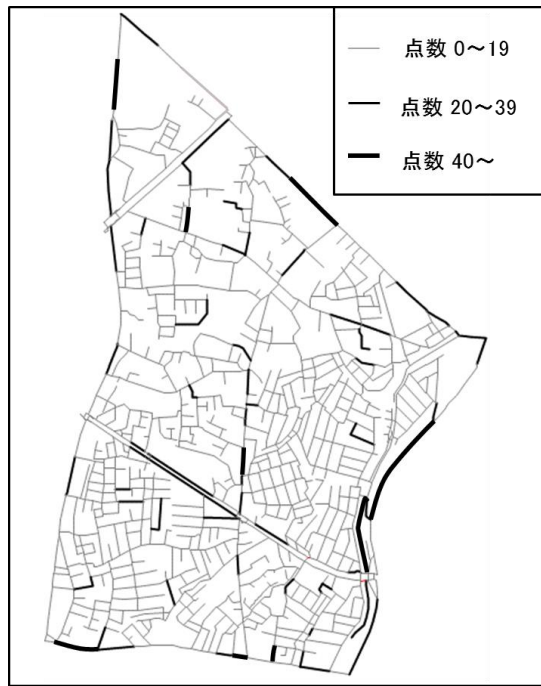


図7 評価点数ごとの分布

### 6. 道路環境をクラスター分析（道路クラスター）

道路の周辺環境や種類による道路整備の傾向を明らかにするためにウォード法を用いた階層的クラスタリングを行った。分析は Excel アドインのエクセル統計を使用した。本研究では、表 1 の歩行者属性別の経路選択特性を基に歩道の有無、道路設備の充実度を基準に 9 つのクラスターに分類した。各クラスターの特徴を表 5 に示す。特に特徴的な 3 つのクラスターを以下に示す。

表 5 各道路クラスターの道路設備の特徴

	道路クラスター								
	道路 1	道路 2	道路 3	道路 4	道路 5	道路 6	道路 7	道路 8	道路 9
歩道	×	×	×	○ (~3.0)	×	×	○ (~3.0)	○ (3.0~)	○ (~3.0)
路側帯	×	○	×	×	△	△	×	×	×
付属設備	×	×	×	△ (0~2)	×	×	△ (0~2)	○ (3~4)	○ (3~4)
道路反射鏡	×	×	×	△	○	△	△	×	×
夜間照明	×	△	○	△	△	○	○	×	×
対象道路[%]	20%	2%	36%	5%	10%	18%	2%	1%	5%

○…整備されている 括弧内は設備の幅員[m]を示す  
 △…一部が整備されている 括弧内は設備数を示す  
 ×…整備されていない

#### 道路クラスター1

このクラスターには約 20% の道路が分類された (図 8)。この道路は道路設備が全く整備されていない道路である。主に住宅密集地に多く見られる道路で、狭い、暗いなどの理由から安全性はとても低い。



図 8 道路クラスター1

#### 道路クラスター3

このクラスターには約 36% の道路が分類された (図 9)。対象地ではこのクラスターに最も多くの道路が分類された。この道路は道路照明のみが設置されている道路であり、夜間の歩行には適しているが、日中の歩行経路には適していない。道路の狭い住宅密集地に多い。



図 9 道路クラスター3

#### 道路クラスター9

このクラスターには約 5% の道路が分類された (図 10)。この道路には幅員 3000mm 以下の歩道と付属設備が 3~4 種類整備されている道路である。道路整備の進んでいる国道、府道に多くみられ、安全性が高い傾向にあるが、車両交通量が多く、必ずしも安全とは言えない。



図 10 道路クラスター9

### 7. 経路の取得と分類（経路クラスター）

本研究では、始点を寝屋川市駅、終点を摂南大学とした経路の最適経路を提案する。始点から終点までの全ての経路を取得し、様々な歩行者に適した経路を抽出する。

まず、ダイクストラ法を用いたプログラムを作成し、最短経路距離に対する迂回率 1.1 以下の全経路を取得した。取得できた経路数は全部で 993880 通りであった。取得した経路には各経路を構成する道路の番号と評価点数を合計した安全性ポイントの情報が付属するようにした。取得した経路を分類するために k-means 法を用いた非階層クラスタリングを行った。この方法では、いくつかのクラスターに分類するかあらかじめ決める必要がある。最も有意な結果が得られたクラスター数 14 に分類した結果を採用した。分析は統計ソフトの R (アール) を使用した。表 6 に各経路クラスターの道路クラスター構成割合を示す。

表 6 各経路クラスターの道路クラスター構成割合

	経路数	道路クラスター								
		道路 1	道路 2	道路 3	道路 4	道路 5	道路 6	道路 7	道路 8	道路 9
経路 1	12851	8%	12%	19%	17%	13%	29%	3%	0%	0%
経路 2	67631	21%	5%	23%	10%	16%	16%	0%	0%	9%
経路 3	117252	16%	10%	9%	19%	16%	0%	0%	0%	30%
経路 4	71311	24%	4%	17%	10%	10%	0%	0%	0%	35%
経路 5	39846	12%	6%	21%	19%	19%	11%	0%	1%	10%
経路 6	24327	9%	7%	18%	17%	7%	7%	0%	1%	34%
経路 7	81539	14%	7%	34%	9%	21%	13%	0%	0%	3%
経路 8	88304	11%	7%	25%	9%	19%	18%	0%	0%	11%
経路 9	54597	22%	6%	30%	11%	19%	10%	0%	0%	2%
経路 10	65669	20%	6%	28%	10%	16%	8%	0%	0%	11%
経路 11	41656	30%	2%	25%	10%	15%	8%	0%	0%	10%
経路 12	126286	11%	9%	14%	8%	18%	10%	0%	0%	31%
経路 13	78146	14%	7%	28%	10%	20%	19%	0%	0%	3%
経路 14	124465	13%	7%	20%	8%	17%	9%	0%	0%	25%

※表内の   は各クラスターの優れた特徴を示す

## 8. 経路提案

表1の経路選択特性と前項のクラスター分析結果を基に、各歩行者属性に適した経路を抽出し、提案する。最適経路の抽出は以下の手順で行った。

まず、14の経路クラスターの最も安全な経路（最安全経路）と最短経路の計28経路（表7）を抽出した。

表7 各クラスターの最安全経路と最短経路

経路クラスター	各クラスターの最安全経路				各クラスターの最短経路				
	経路長[m]	歩道長[m]	段差	安全ポイント	経路長[m]	歩道長[m]	段差	安全ポイント	
経路クラスター1	2374.0	330.2	多	必有	845.7	2165.9	316.3	多	必有
経路クラスター2	2380.5	487.4	多	必有	753.8	2196.8	518.5	多	多
経路クラスター3	2370.0	259.1	多	少	795.1	2197.0	679.2	少	少
経路クラスター4	2379.3	852.1	少	多	829.3	2181.2	838.2	少	少
経路クラスター5	2349.5	264.1	極多	少	807.1	2208.1	428.1	多	少
経路クラスター6	2374.1	442.0	少	少	804.2	2201.7	733.0	少	多
経路クラスター7	2380.4	558.3	少	少	859.7	2195.8	428.1	多	少
経路クラスター8	2373.2	264.1	極多	少	805.0	2186.3	259.1	多	少
経路クラスター9	2382.2	595.6	極少	必有	815.6	2188.5	819.5	極少	必有
経路クラスター10	2377.6	442.0	無	必有	792.5	2185.9	756.3	無	多
経路クラスター11	2376.4	818.7	少	必有	818.9	2202.6	758.9	無	多
経路クラスター12	2367.3	468.1	少	多	816.6	2176.8	731.2	少	多
経路クラスター13	2389.5	335.2	多	必有	834.5	2207.9	734.7	多	必有
経路クラスター14	2371.7	442.0	多	必有	821.9	2207.4	454.2	多	多

本研究における最安全経路は、安全ポイントの合計値が最も高い経路のことを指す。

次に、歩行者属性別の経路選択特性の内、歩道の有無に関する特性を基に28の経路から最適経路を絞り込む。男性、高齢者、子供連れは歩道の有無を重視するため歩道長の長い経路クラスター4、9、11に絞り込んだ。

次に、歩道の有無以外の経路選択特性から絞り込む。男性、高齢者は経路長の短い経路を好む<sup>[1]</sup>。経路クラスター4の最短経路は最短経路に対する迂回率が1.007と経路長が短いため男性の最適経路（図11）となる。また、同経路は段差が少なく、横断歩道の信号が多いため、高齢者にも最適経路となる。子供連れは横断歩道に信号の有る経路を好むため、信号が必ずある経路での経路クラスター11の最安全経路が最適経路（図11）となる。

女性・車いす使用者は共に段差・横断歩道の信号の有無を重視するため、段差が少なく、横断歩道に信号が多い傾向の経路クラスター9、10に絞り込んだ。女性には歩道が多く安全性の高い経路クラスター9の最安全経路（図12）を提案した。しかし、経路クラスター9は急傾斜の道があり、車いす使用者が単独で走行不可能な傾斜道が無い経路クラスター10の最安全経路を提案した。

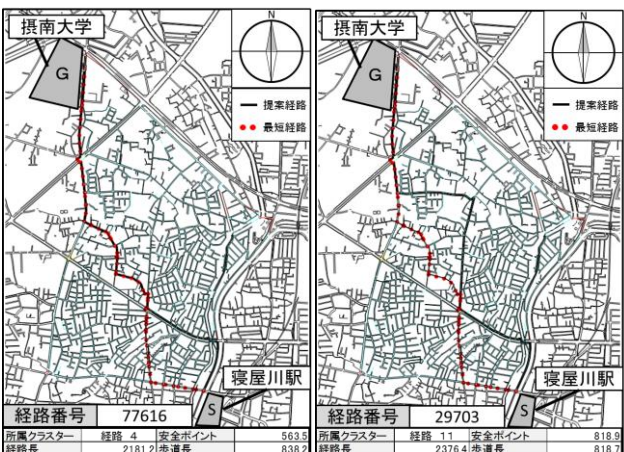


図11 提案経路（左：男性・高齢者，右：子供連れ）

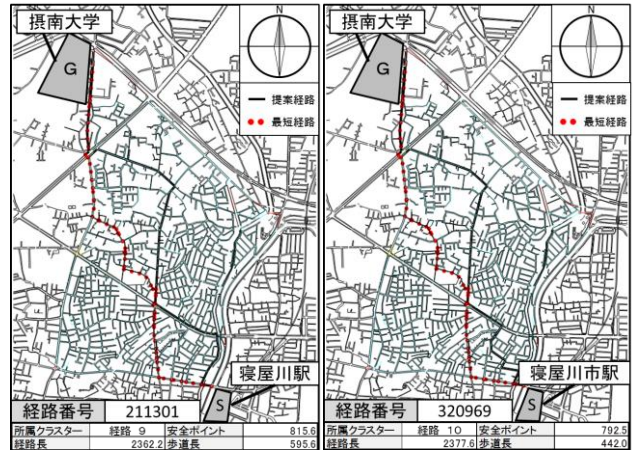


図12 提案経路（左：女性，右：車いす使用者）

## 9. 総括

本研究は、最短距離以外の道の可能性を示し、安全な経路を提案するために歩行空間の安全性を定量的に評価できる指標を作成した。今後の課題として、指標の評価に関しては道路反射鏡と照明による評価を単位mあたりの本数を評価するなどの改善を考えている。また、車両交通量を考慮した評価を可能にするため、生活道や車道で評価点数の付け方を変更することを検討中である。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、藤林真季<sup>[7]</sup>氏の卒業論文を参考にさせて頂きました。大阪市立大学大学院の瀧澤重志准教授にプログラムについてのご指導を頂きました。心より感謝致します。

## 【参考文献】

- 1) 松田三恵子他、「歩行者の経路への嗜好を反映した経路生成」、電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-A No.1, 2004.1.1, pp132-139
- 2) 環境省,『平成24年度ヒートアイランド現象に対する適応策及び震災後におけるヒートアイランド対策検討調査業務報告書』, (2012)
- 3) 木村裕一他,「車いす走行におけるバリアフリー度の評価方法に関する研究」土木計画学会研究論文集 No.17, 2000.9, pp973-980
- 4) 国土技術政策総合研究所, 道路空間の安全性・快適性の向上に関する研究, 国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告書, (2006)
- 5) 中野雅弘他, 安全なまちづくりのための交通バリアフリー整備に関する研究, 地域安全学会論文集, No.11, (2009), pp347-354
- 6) 共生社会政策, 道路交通安全施策の現況, 平成22年版交通安全白書概要, (2010), 48
- 7) 藤林真季, 「安全性・快適性から見た歩行空間の評価と歩行ルートの提案 -寝屋川市駅~摂南大学を例に-」, 2013年度 住環境デザイン学科 卒業研究発表審査会

\*1 摂南大学大学院 理工学研究科 社会開発工学専攻

\*2 摂南大学 理工学部 住環境デザイン学科 准教授

# Route proposal taking into consideration the route choice characteristics for the safety of pedestrian space and of pedestrian

○Katsuaki SHIMAOKA\*<sup>1</sup>      Ai SAKAKI\*<sup>2</sup>

Keywords : Route proposal, Route choice characteristics , Dijkstra's algorithm, Cluster analysis

## 1. Context and Aims

When people walk, they choose their route while evaluating the pedestrian space. Among the evaluation criteria, particularly important principals include; "the distance of the route to the destination" and "the safety of pedestrian space". The service to provide the "shortest route", which is important for the evaluation criteria "the distance of the route to the destination", already exists on the internet. However, the "shortest route" that can be provided is not necessarily safe, and a system that offers a safe route to the destination has not been constructed yet. The purpose of this study is to attempt to propose a safe, efficient route that takes into consideration both safety and the distance to the destination regarding the route choice characteristics for all pedestrians.

## 2. Method

This study will be performed in the following steps.

- 1) We will create an index that introduces a point system in order to quantitatively evaluate the safety of the pedestrian space.
- 2) We will carry out a field survey of structures connected to the road as well as a cluster analysis (Road cluster) regarding the target area and survey findings.
- 3) Using the index we created, we will quantitatively evaluate each road designated a target area.
- 4) We will acquire all combinations of the roads with a detour of below 1.1 in regards to the shortest route with a program that employs the Dijkstra's Algorithm.
- 5) We will classify the route which the pedestrian space resembles with the cluster analysis (Route cluster).
- 6) We will propose the most suitable route for pedestrians taking into consideration their route choice characteristics.

## 3. Findings

We created the index that focuses on road facility which improves safety in order to evaluate the overall safety of the pedestrian space. We introduced a point system into the index to enable us to quantitatively evaluate the findings. From this, I was able to quantitatively evaluate each road respectively. Then we investigated the target region's road environment and evaluated it using the index we created. Dangerous roads which scored 0-19 points made up 83% of the total. Safe roads which scored between 20-39 points made up 15% of the total. As a result of performing the cluster analysis in order to clarify tendencies, such as the surrounding environment and type of the road, 9 clusters were classified. After acquiring all the routes from the starting point to the finished point with a detour of below 1.1 regarding the distance of the shortest route using the program that employs the Dijkstra's Algorithm, we were able to acquire approximately 1 million routes. As a result of performing the cluster analysis, in order to classify the routes we obtained with a similar degree of pedestrian space, we classified 14 clusters. From these 14 clusters, we sampled 28 of the safest routes, and those with the shortest distance. I proposed 4 routes that are suitable for the attributes of a variety of pedestrians, based on the characteristics from the 28 routes we sampled.

---

\*1 Graduate Student, Division of Social Development Eng, Setsunan University

\*2 Associate Professor, Setsunan University