

# 個人の嗜好を考慮した最適歩行経路提案のための基礎的研究 —歩行者の経路選択に影響する要素と条件の抽出及び重要度の算出—

○榎 愛\*1 嶋岡 亮成\*2  
北野 智咲\*3

キーワード：歩行経路選択要素 ナビゲーション AHP法 歩行者 個人の嗜好

## 1. はじめに

現在の歩行者ナビゲートの機能を有したアプリケーションでは、目的地までの距離または時間が最短の経路をユーザーに案内するのが一般的である。

しかし、仲村ら<sup>1)</sup>は、最短経路などの効率性を重要視して経路を選択した場合、道路の整備状況や設備、安全性に不満が残る可能性について述べている。また、佐々木<sup>2)</sup>らの研究では、季節や天候等の外部環境及び利用者の趣味嗜好により、利用者にとっての最適経路は変化すると述べられている。

このことから、最短距離や最短時間を重視した経路案内が万人に適した経路提案の手法ではないことがわかる。

そこで本研究では、個人の嗜好を考慮して、一人ひとりに適した歩行経路を提案することを目指す。そのためには、どのような人が、どのような場合に、どのような道路を、どれだけ重要視して経路の選択をするのかという情報を数値化する必要がある。本稿では、歩行時の経路選択に影響を及ぼすとされる要素の重要度の数値化を試みた結果について報告する。

## 2. 方法

歩行経路を選択する際に影響を及ぼす要素（以下、歩行経路選択要素）は個人によって様々である。また、各要素間の評価にも差がある。本研究では、歩行経路選択要素における評価の差異を AHP 法による重要度を用いて数値化する。方法は以下の通りである。

- ① 過去の文献から歩行経路選択要素の抽出
- ② アンケートによる歩行経路選択要素の抽出
- ③ AHP 法による各歩行経路選択要素の重要度算出

## 3. 歩行経路選択要素の抽出

歩行経路の選択や歩行時の行動分析に関連する計 40 の文献を調査し、30 種の歩行経路選択要素を抽出できた。表 1 に抽出できた歩行経路選択要素を示す。さらに、文献調査のみでは抽出できていない要素のある可能性があるため、アンケート調査により補完する。文献調査から抽出した 30 種の歩行経路選択要素を提示し、それら以外に思い浮かぶ要素の有無を尋ねる。対象者は 20 代学生 16 名、60

代以上が 12 名である。アンケートの結果、新たな要素を 10 種抽出できた。

表 1 文献調査とアンケートで抽出した歩行経路選択要素

歩行経路選択要素	説明	参考文献番号
到達時間	目的地へ到達するまでの時間が早いこと	3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13
距離	歩く距離が短いこと	8, 9, 10, 11
方向	その道が目的地のある方向に向かって続いていること	4
交差点	2 方向以上の道へアクセスできる交差点があること	6
曲がる回数(少)	目的地まで曲がらなければいけない回数が少ないこと	3, 4, 7
道路設備の整備状況	歩道や緑石などの道路設備が充実していること	3, 6, 9, 10, 11, 12, 13
通行量(車)	車(二輪車)の通行量が少なく安全であること	3, 5, 6, 8, 9, 10, 13
明るさ	道路が明るく周囲と足元が確認できること	3, 9, 10, 13
綺麗さ	路上ゴミや路上駐車、壁の落書き等が放置されておらず、路上空間が整頓され、清潔さが保たれていること	3, 5, 6, 10, 13
治安	過去に事故・事件がなく、要領者などがいなさそうな道路	10
道路の幅員	道幅がゆったりとしており余裕を持って歩行できること	3, 7, 8, 9, 10, 11, 11, 12
路面	足元が良好で歩きやすいこと	3, 8, 11, 13
点字ブロック	点字ブロックが整備されている道	12
人の通行量(多)	他人の目があり、犯罪抑止の効果があること	3, 5, 9, 10, 13
勾配(少)	坂道が緩やかまたは段差が多くなく歩きやすいこと	3, 10, 11, 12
景観	自分にとって視覚的欲求を満たすものがあること	9
ベンチ等	小休止できる空間(公園など)もしくは設備が設けられていること	3
匂い	歩行空間に漂う匂いが心地良いこと	アンケート
動く歩道	エスカレーター等の歩行せずに移動できる設備があること	アンケート
見晴らし	道路の先が見渡せること	3, 9
日かげ(日なた)	夏: 道に日かげがあること 冬: 道に日なたがあること	10
音	道が雑音などでうるさくなく静かなこと	13
小売店	スーパーマーケットやコンビニ、本屋、服屋等の小売店があること	5, 8, 10, 11, 12
公共交通機関	駅やバス停などにアクセス可能であること	9
ATM	お金を引き落とすことができる機械もしくは施設があること	アンケート
飲食店	喫茶店やレストランなどの飲食店があること	アンケート
娯楽施設	映画館やゲームセンター、博物館などスポーツや観光以外を楽しむ娯楽施設があること	アンケート
スポーツ施設	フィットネスクラブや野球場などのレジャー・スポーツ施設があること	アンケート
駅南側	夜間の営業が主である娯楽施設が充実していること	アンケート
観光施設	観光名所や遊園地などがあること	7
動物	犬や猫、鳥などの野生生物が生息していること	アンケート
季節	春夏秋冬によって環境は様々であり、景観等も変化する場合もある	11
気温	歩行者にとって歩くのに最適な温度が保たれているかどうか	11
時刻	歩行者を取り巻く環境等は時間帯によって変化していく	9
天候	快晴と雨天時では道が経路が変化する	12
個人属性	身体的特徴等を考慮した経路選択は年齢や性別で変化する	8
体調	体調の良し悪しによって歩く距離や選択する道路環境は変化する	アンケート
所持金	所持金に余裕がある場合、沿道にある施設を意識して経路が変化する可能性がある	アンケート
目的	歩行の目的によって選び取る経路の傾向は変化する	4, 8, 10
同行者数	他の誰かと歩く場合に選択する経路が普段と異なる可能性がある	5

## 4. AHP 法による歩行経路選択要素の重要度算出

本研究では、個人の歩行経路選択要素の重要度の違いを数値化するために、AHP 法を利用してアンケート調査する。

### 4. 1. AHP 法について

AHP 法とは数量化や定量化の困難な問題についての意思決定に有効な方法で、Satty により提唱された。階層化した意思決定基準を順次一対比較することで各基準に対する重要度を数量化する。すなわち、いくつかある評価基準の内、2 つの評価基準を抜き出し「どちらの方がどれだけ重要であるか」を任意の尺度で評価していき、この評価の比率から各基準間の相対的重要度を評価する。基準数を  $n$  個としたときの対比較数は  $n \times (n-1) / 2$  となる。

重要度の算出方法としては固有値法やその簡易計算法である幾何平均法がある。固有値法は最も重要度の算出結果が信頼できるが複雑な計算を必要とする方法である。対して、幾何平均法は簡易な計算で固有値法の近似値を得られる手法である。

#### 4. 2. アンケート調査概要

AHP 法による重要度算出手順を以下に示す。

- ① 階層構造の構築
- ② 各評価基準間の一対比較
- ③ 重要度の算出

以上の手順を基にアンケートを作成し、歩行経路選択要素が経路選択時に及ぼす影響を数値化する。回答者は予め指定された条件下（目的、天候、歩行人数等）で歩くことを想像し、回答する。

##### ①階層構造の構築

文献調査により抽出できた歩行経路選択要素の内、歩行条件に関連する9要素を除外した31要素を評価基準とし、階層図を作成する。31要素全てを一対比較すると465回の比較が必要となる。しかし、高萩ら<sup>14)</sup>は評価基準数を人の作業記憶量の限界である7±2以上にした場合、算出結果に大きな誤差が生じる可能性を示唆している。そこで、階層（レベル）をさらに1つ追加し、一度に比較する要素数を10以下になるようにする。31の要素（以下、小項目）を表2に示す「効率性」「安全性」「快適性」「利便性」「娯楽性」の5つの項目（以下、大項目）に分類する。図1に構築した階層図を示す。

##### ②各評価基準間の一対比較

本研究では、2つの要素のウェイト比を「1 同じくらい重要視する」から「7 こちらをとっても重要視する」までの7段階で判定する。一対比較する評価基準が2つ以上のレベルになっている場合、まずは上位のレベル（今回の場合レベル2）に属する大項目5つで一対比較する。その後、大項目に属する小項目間（レベル3）で一対比較する。こうすることで、重要度の算出結果の誤差を最小限に抑えつつ、一対比較の回数を大幅に削減することができ、回答者の負担軽減、ひいては回答ミスの防止につながる。この場合の最大比較回数は、大項目間で10回、各小項目間では効率性10回、安全性36回、快適性28回、利便性6回、娯楽性10回の合計100回となり、31要素全てを比較する場合に比べて365回削減することができる。しかし、比較回数100回でも回答時間が約1時間となり、回答者の集中

力低下による回答ミスが発生すると考えられる。そこで本研究では、まず回答者に歩行経路選択時に少しでも考慮する要素を選択してもらい、選択された要素だけで一対比較することで評価基準数を削減する。回答者が未選択の要素は経路選択時に全く影響を及ぼさない要素（重要度=0）とみなす。

##### ③重要度の算出

本研究では、MicrosoftのExcelを用いて一対比較及び重要度算出を行うが、Excelの標準機能で計算ができ、さらに、手計算で計算結果を簡単に確認できる幾何平均法を用いることとする。式(1-1)に幾何平均G、式(1-2)に幾何平均法による重要度Wの算出式を示す。

また、評価基準のレベルが2段階になっているため、レベル3（小項目）の重要度 $W_s$ を算出するのにレベル2の評価基準の重要度と重みの合成を行う。式(1-3)に重要度の合成式を示す。

$$G_n = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times x_3 \cdots \times x_n} \quad \text{式 (1-1)}$$

(G：幾何平均値，x：評点，n：要因数)

$$W = \frac{G_j}{\sum_{i=1}^n G} \quad \text{式 (1-2)}$$

$$W_s = \frac{W_j \times G_s}{\sum_{i=1}^n G_s} \quad \text{式 (1-3)}$$

表2 大項目の分類と歩行経路選択要素（小項目）一覧

大項目	説明	該当する小項目
効率性	到達時間や歩行距離など効率的に目的地に向かうときに重要な要素	到達時間
		距離
		交差点
安全性	歩道設備の充実による交通安全性や犯罪を抑制できる空間が確保されるなど歩行者が安心して歩くときに重要な要素	曲がる回数（少）
		道路設備の充実
		車の通行量（少）
		明るさ
		綺麗さ
		治安
快適性	歩行者に掛かる身体的負担を軽減したり、歩行者の五感に対してよい印象を与えるなど快適に歩きたいときに重要な要素	道路の幅員
		路面
		点字ブロック
		人の通行量（多）
		勾配（小）
		景観
利便性	コンビニ等の小売店、レストラン・喫茶店等の飲食店、電車・バスなどの公共交通機関等が近場にある、歩行者の多種多様な要望に答えることに焦点を置いた要素	ベンチ等
		公共交通機関
		ATM
		飲食店
娯楽性	映画館や観光名所、遊園地等のレジャー施設があるなど、歩行者の嗜好を満たしたいときに重要な要素	娯楽施設
		スポーツ施設
		観光施設
		動物
歩行条件 歩行環境	道路の環境や歩行者自身に影響を及ぼすことで経路選択の傾向を変化させることがある要素	季節
		天気
		個人属性
		体調
		所持金
		同行者数
		目的

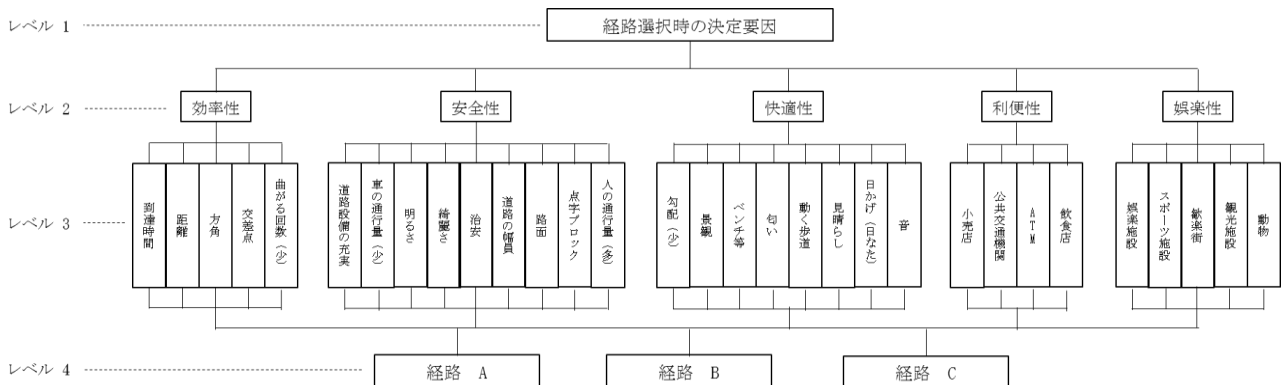


図1 階層図

## 5. 重要度算出結果

前述のアンケートを20代学生15人(男:9人,女:6人)に実施した。予め指定した歩行条件は「季節は秋で気候が良く、天気は晴れ、快適に歩ける環境です。現在の時刻は昼12時です。あなたの体調はよく、歩きやすい服装をしています。出発地はあなたがよく遊ぶ地域にある駅です。これからあなたは目的地に向かって1人で歩きますが、時間には十分余裕があります。」とした。また、アンケートで提示された歩行経路選択要素以外に考慮する要素があるかを質問した。これにより、「信号(少)」「屋根のある道」「人の交通量(少)」「トイレ」の4項目が追加された。まず、男女別の重要度算出結果の比較を報告する。

### 5. 1. 大項目の重要度比較

図2に大項目の男女別重要度平均を示す。男性の重要度平均の方が女性よりも効率が11%、娯楽性が7%高く、安全性は8%、快適性と利便性は5%程度低いという結果が得られた。20代の男性は安全性よりも時間の余裕を持てることや嗜好を満たすことを重要視する傾向が確認できた。一方、女性は安全性、快適性、利便性などを重要視し、不安、不快な要素が排除された歩行空間を高く評価する傾向が確認できた。

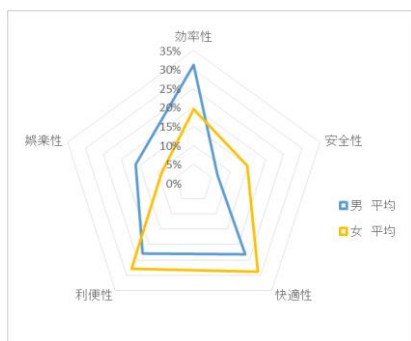


図2 大項目重要度レーダーチャート(男女別)

### 5. 2. 小項目の選択率比較

表3と図3に各歩行経路選択要素の選択率を示す。表4に男女別の選択率ランキングを示す。最も多くの男性が経路選択時に考慮すると答えた要素は「小売店」であった。多くの女性も選択しており、2位と高位である。20代の男女共に時間がある場合、店頭で時間を過ごすもしくは、ウィンドウショッピングを楽しみながら歩こうとする傾向が確認できた。次に男性の選択率が高かった要素は8種あり、そのうちの3種が効率性に属する「到達時間」「距離」「方角」であった。この結果からも、効率性が男性にとって重要であることがわかる。一方、女性で最も選択率が高かった要素は「動く歩道」であり、全員が選択していた。次に高かった要素に「ベンチ等」や「公共交通機関」がある。これらは利用者の足の負担を軽減でき、疲労を一時的に回復できる要素という点で共通しており、女性にとって

負担を軽減できる要素は重要であると推察できる。

歩行経路選択要素のうち全く選択されなかった要素は「点字ブロック」のみであり、回答者全員が点字ブロックを使用することなく歩行ができることが理由と考えられるため、本研究で調査したほぼ全ての要素について歩行者の経路選択要素に影響を及ぼす可能性が確認できた。

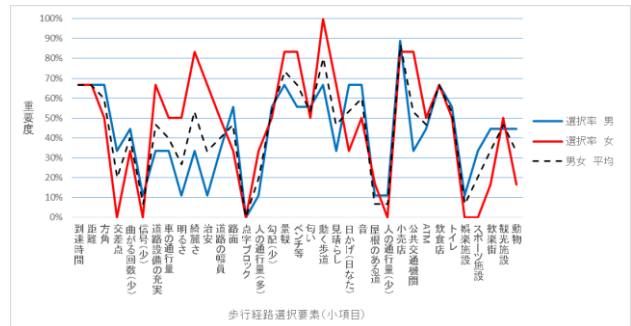


図3 男女別歩行経路選択要素選択率

表3 歩行経路選択要素選択率と選択率順位(男女別)

要素名	選択率平均			順位				
	男性	女性	男女	男性		女性		
到達時間	67%	67%	67%	1	小売店	99%	動く歩道	100%
距離	67%	67%	67%	2	方角	67%	小売店	83%
方角	67%	50%	60%	3	日かげ(日なた)	67%	景観	83%
交差点	33%	0%	20%	4	到達時間	67%	ベンチ等	83%
曲がる回数(少)	44%	33%	40%	5	景観	67%	綺麗さ	83%
信号(少)	11%	0%	7%	6	距離	67%	公共交通機関	83%
道路設備の充実	33%	67%	47%	7	音	67%	到達時間	67%
車の通行量	33%	50%	40%	8	動く歩道	67%	距離	67%
明るさ	11%	50%	27%	9	飲食店	67%	飲食店	67%
綺麗さ	33%	83%	53%	10	路面	56%	道路設備の充実	67%
治安	11%	67%	33%	11	ベンチ等	56%	見晴らし	67%
道路の幅員	33%	50%	40%	12	匂い	56%	治安	67%
路面	56%	33%	47%	13	トイレ	56%	方角	50%
点字ブロック	0%	0%	0%	14	勾配(少)	56%	音	50%
人の通行量(多)	11%	33%	20%	15	曲がる回数(少)	44%	勾配(少)	50%
勾配(少)	56%	50%	53%	16	動物	44%	匂い	50%
景観	67%	83%	73%	17	飲食街	44%	トイレ	50%
ベンチ等	56%	83%	67%	18	観光施設	44%	ATM	50%
匂い	56%	50%	53%	19	ATM	44%	観光施設	50%
動く歩道	67%	100%	80%	20	見晴らし	33%	車の通行量	50%
見晴らし	33%	67%	47%	21	道路の幅員	33%	道路の幅員	50%
日かげ(日なた)	67%	33%	53%	22	道路設備の充実	33%	明るさ	50%
音	67%	50%	60%	23	スポーツ施設	33%	日かげ(日なた)	33%
屋根のある道	11%	17%	7%	24	交差点	33%	路面	33%
人の通行量(少)	11%	0%	7%	25	公共交通機関	33%	曲がる回数(少)	33%
小売店	89%	83%	87%	26	車の通行量	33%	人の通行量(多)	33%
公共交通機関	33%	83%	53%	27	信号(少)	11%	屋根のある道	17%
ATM	44%	50%	47%	28	綺麗さ	33%	飲食街	17%
飲食店	67%	67%	67%	29	屋根のある道	11%	動物	17%
トイレ	56%	50%	53%	30	人の通行量(少)	11%	交差点	0%
娯楽施設	11%	0%	7%	31	人の通行量(多)	11%	スポーツ施設	0%
スポーツ施設	33%	0%	20%	32	明るさ	11%	信号(少)	0%
飲食街	44%	17%	33%	33	景観	11%	人の通行量(少)	0%
観光施設	44%	50%	47%	34	明るさ	11%	娯楽施設	0%
動物	44%	17%	33%	35	点字ブロック	0%	点字ブロック	0%

### 5. 3. 全回答者の重要度算出結果比較

図4と表4に全回答者の大項目の重要度算出結果をレーダーチャートで示す。図5は小項目における重要度の最大値、最小値、平均値を示す。レーダーチャートからは各項目の評価が似ている回答者が確認できず、全5項目を平均的に評価している回答者も確認できなかったことから、20代の経路選択傾向は多様である可能性がある。さらに、図5をみると多くの要素における重要度の最大最小の差が大きく、この結果からもその多様性が確認できる。傾向を考察するにはさらに多くのアンケート回答数が必要になるため、今後もアンケートの実施を継続する予定である。そして、歩行者の多様な嗜好を考慮した経路提案手法の開発を試みる。

## 6. 総括

本稿では、歩行時の経路選択に影響を及ぼすとされる要素の重要度の数値化を試みた結果について報告した。今回の成果については以下の通りである。

- ①多分野にわたる文献の調査とアンケート調査により歩行経路選択要素を計44項目収集できた。また、収集した要素は点字ブロックを除いて全ての要素が歩行者の経路選択に影響を及ぼす可能性を示した。
- ②AHP法を用いることで、歩行者一人ひとりの経路選択時におけるニーズ（重要度）を詳細に数値化できる可能性を示した。

以上の2点が本稿の成果であるが、今回のアンケート集計数では歩行者属性による経路選択傾向を示す結果が得られなかった。傾向把握には回答数がさらに必要になるため、今後もアンケートの収集を継続していき、分析を試みる。分析方法はクラスター分析を検討している。

また、実際の歩行空間にて、歩行経路選択要素の有無等の経路情報を収集し、歩行者一人ひとりの多様な嗜好を考慮できる経路提案手法の構築を試みる。さらに、提案した経路を回答者に歩行してもらうことで、その経路に対する評価と重要度の算出法の評価を併せて行う予定である。

図4 全回答者の重要度算出結果（大項目）

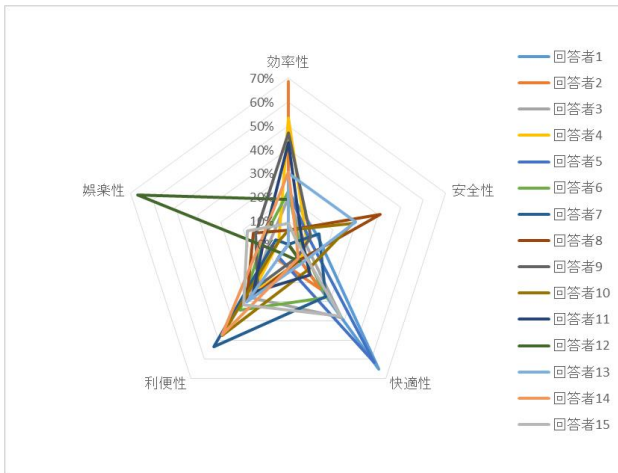
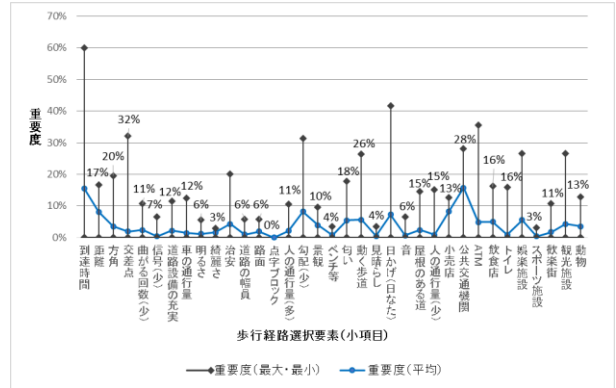


表4 全回答者の重要度算出結果（大項目）

回答者	大項目重要度				
	効率性	安全性	快適性	利便性	娯楽性
回答者1	22%	13%	65%	0%	0%
回答者2	69%	0%	23%	8%	0%
回答者3	20%	7%	38%	28%	8%
回答者4	53%	8%	9%	25%	4%
回答者5	22%	9%	62%	7%	0%
回答者6	22%	5%	28%	35%	10%
回答者7	0%	14%	27%	54%	5%
回答者8	6%	41%	8%	30%	16%
回答者9	47%	10%	7%	22%	14%
回答者10	6%	29%	14%	48%	4%
回答者11	43%	6%	16%	25%	10%
回答者12	19%	0%	10%	5%	67%
回答者13	30%	30%	10%	30%	0%
回答者14	30%	4%	7%	47%	11%
回答者15	9%	4%	38%	32%	18%

図5 歩行経路選択要素の重要度



### 【参考文献】

- 1) 仲村彩, 内田敬, 日野泰雄: 歩行者系道路の施設整備と交通手段・経路選択行動に関する分析; 第26回土木計画学研究発表会, No. 58, 2002
- 2) 佐々木智, 小林亜樹: 経路情報共有による利用者の多様な要求に応えるための経路情報推薦のお提案; DEIM Forum 2009, D5-2, 2009
- 3) 外井哲志, 坂本紘二, 井上信昭, 中村宏, 根本敏則: 散歩経路の道路特性に関する分析; 土木計画学・論文集, No. 14, pp791-798, 1997
- 4) 舟橋國男: 格子状街路網地区における経路の選択ならびに探索に関する調査実験; 日本建築学会計画論文報告集, 大428号, pp85-92, 1991
- 5) 上村寿志, 松永千晶, 出島甫信, 角知憲: 商業街区における路上条件を考慮した歩行者の遊歩行動に関する研究; 土木計画学研究・論文集, Vol. 20 No. 3, pp463-469, 2003
- 6) 吉永誠, 竹田欣弘, 松永千晶, 属国権, 角知憲: 路上条件を考慮した歩行者の経路選択モデルに関する研究; 土木計画学研究・論文集, Vol. 18 No. 3, pp463-469, 2001
- 7) 田中あずさ, 大佛俊泰: 歩行経路選択モデルへのランドマークの組み込み; 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp517-518, 2015
- 8) 毛利正光, 塚口博司: 歩行者の経路選択特性について; 土木学会関西支部年次学術講演会講演梗概集, IV28, 1979
- 9) 木梨真知子, 金利昭: 光環境に着目した歩行者の夜間経路選択構造に関する研究; 日本都市計画学会 都市計画論文集, No. 45-3, pp451-456, 2010
- 10) 姜気賢, 有馬隆文: モンタージュ画像を用いた被験者実験による歩行者の街路評価要因に関する研究; 公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, Vol. 150 No. 1, pp54-60, 2015
- 11) 西淳二: AHPモデルによる歩行者の経路選択に関する研究; 交通工学, 26(3), pp43-50, 1991
- 12) 宮地孝明, 前田義信, 宮川道夫: 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; 日本エム・イー学会専門別研究会 第2回研究会予稿集, pp33-37, 2004
- 13) 内田敬, 仲村彩, 吉田長裕, 日野泰雄: 市街地の歩行・自転車走行経路選択における主観的要因の効果; 土木計画研究・講演集, Vol. 27, 2003
- 14) 高萩栄一郎, 中島信之: Excelで学ぶAHP入門-問題解決のための階層分析法; オーム社, 2005

### 【謝辞】

本研究はJSPS科研費JP16K21513助成を受けたものです。

- \*1 摂南大学理工学部 准教授
- \*2 山水園
- \*3 株式会社住居時間