

道の習熟度及び歩行環境が空間認知に及ぼす 影響に関する研究

佐藤智弘[†] 石川望^{††} 西山弘泰^{††} 野本弘平[†]

本研究ではルートの事前習熟度と歩行環境の違いが空間認知能力にどのような影響を与えるのかを検討する。実験は 2 つ行った。1 つ目の実験では被験者にキャンパス内を歩行させ、その道案内文と地図を作成させた。2 つ目の実験ではその道案内文のわかりやすさを評価させた。その結果、習熟度の高い人たちが目的の地までの道順の描写能力が高いこと、また、夜間に歩行した人たちが認知地図の構築能力が高いことがそれぞれ明らかになった。

Study on the influence of route experience and walk environment on spatial cognition

Tomohiro Sato[†] Nozomi Ishikawa^{††}
Hiroyoshi Nishiyama^{††} Kohei Nomoto[†]

This paper deals with the influence of route experience and walk environment on spatial cognition. We have carried out two experiments. In the first experiment, subjects walked in campus and made a route guidance sentence and a map. In the second experiment, subjects evaluated understandability of these route guidance sentences. It is shown that people who have much route experience are good at depiction of the way to the destination and that people walking at night are good at constructing their mental maps.

1. はじめに

人がある場所からある場所に移動する場合、道を理解する能力は移動の正確さに大きく影響を与える。しかし、その能力には個人差があることが想定される。どのような要因が空間の理解に影響を及ぼすかが分かれば、より有効なサポートシステムの開発が可能になる。

これまでの空間認知に関する研究は認知地図からの観点と環境情報からの観点の 2 つのアプローチがあった。認知地図からの観点の研究として歩行者の自由散策の経路選択要因とその空間認知の様子を歩行者の動線パターンと交差点の屈曲回数などから明らかにした宮岸らの研究⁽¹⁾、仮想空間上での学習による認知地図の発展の仕方を調べた横澤らの研究⁽²⁾ など認知地図の生成がどのように行われているかを調べた研究がある。また、環境情報の観点からの研究として案内図や案内文がどのような情報であるときにナビゲーションにとって有効かを調べた藤井らの研究⁽³⁾、方向音痴な人とそうでない人が得ている情報の違いについて調べた新垣の研究⁽⁴⁾ など移動に用いられる環境情報について調べた研究がある。

しかし、これまでの空間認知研究には 2 つの前提条件があった。1 つは、被験者は事前に道を知らないということである。もし被験者が事前にルートの特徴を知っていたならば、ルート内で着目する要素が変わってくることが予測される。もう 1 つは、視界が明瞭な状態で実験が行われていることである。もし夜間等の視界が制限された状態であれば空間内の印象や距離感といった環境のとらえ方が変わってくるものと考えられる。

そこで、本研究ではルートの事前習熟度や歩行環境の違いによって空間認知能力にどのような影響を与えるかを調査し、状況に合わせたナビゲーションに有効な要因についての知見を得ることを目的とする。

2. ルートマップ型理解とサーベイマップ型理解

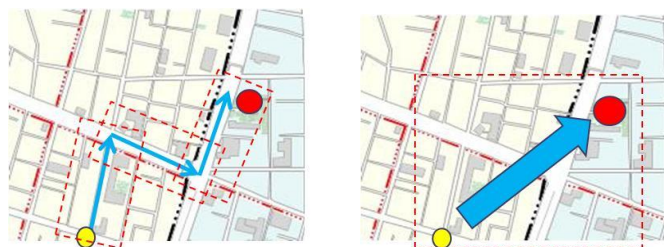
一般的に、人の空間の理解の仕方は 2 つに分けられることが知られている。

一つはルートマップ型の理解、もう一つはサーベイマップ型の理解である⁽⁵⁾。

ルートマップ型の理解とは道を局所的にとらえ理解することである。例えば、「ここから 1 つ目の大きな交差点を右に曲がって、そこから 3 つ目の交差点を左に曲がって、まっすぐ行くと右手側に目的地がある。」という理解の仕方はルートマップ型となる。

[†] 山形大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University
^{††} 山形大学 工学部
Faculty of Engineering, Yamagata University

また、サーベイマップ型の理解とは道を大局的にとらえ理解することである。例えば、「現在地から北東に進めば目的地がある。」という理解の仕方はサーベイマップ型の理解となる。それぞれの理解の仕方の概略図を図 1 に示す。



(a)ルートマップ型理解概略図 (b) サーベイマップ型理解概略図
図 1 空間認知の概略図

3. 実験方法

空間認知研究では実地で行う方法と記録画像による模擬環境で行う場合がある。どちらも得失があるが、本研究ではより正確な空間認知能力を測定するため実地によるルート歩行実験を行った。また、ルート歩行実験で生成された道案内文に対して道案内文評価実験を行った。

3.1 ルート歩行実験

実験は以下の手順で行う

- (1) ルート歩行
- (2) 道案内文作成課題
- (3) 地図作成課題
- (4) 方向感覚質問紙・アンケート回答

実験は合計約 40 分～60 分であり、被験者が集中できる範囲内であった。事前習熟度の影響を検証するため、被験者は実験ルートである山形大学工学部キャンパス在籍年数が違う学生計 38 人である。また歩行環境の影響を検証するために実験時間を日中（12 月の 17 時以前）と日没後（12 月の 17 時以降）の 2 条件によって行った。

3.1.1 ルート歩行

本実験では被験者への負担と事前習熟度の調整の容易さを考慮して、実験ルートとして山形大学工学部キャンパス内の国際事業化センターから正門までの全長 400m のコースを採用した。このルートは人通りの少ない通りから人通りの多い場所に出て、

途中建物内を通り、幹線道路を通過して正門に到達するというルート特徴を持つ。実験ルート図を図 2 に示す。また、被験者には事前に実験内容の教示をしていないため、歩行ルートについて実験者が後ろから口頭で指示を与えている。さらに歩行時の被験者の様子は後方より撮影されている。ルート歩行の風景を図 3 に示す。



図 2 実験ルート図



図 3 ルート歩行風景

3.1.2 道案内文作成課題

実験ルートを歩行させた後、被験者の構築した認知地図や環境情報の伝達能力を定量化するために道案内文作成課題を行った。

この課題は、被験者に先ほど歩行したルートの道案内文を作成してもらう課題である。作成時間と記入文字数は制限を設けず行った。ただし全被験者に以下の 5 点を注意事項として与えている。

- (1) キャンパス内に入ったことない人でも分かるぐらい詳しく書く。
- (2) 文章はすでにスタートした場所に進行方向を向いて立っているものとして案内文を書き始める。
- (3) 道を曲がるときや真つすぐ進む表現は、全て右折する、左折する、直進するに統一する。
- (4) 文章は「～である」のような言い切りの形で統一する。
- (5) 文章の区切りがはっきり分かるように、句読点や読点をしっかり記入する。

取得した道案内文は形態素解析にかけ、定量的に評価を行う。形態素解析に使用するソフトは奈良先端科学技術大学院大学の chasen を使用し、解析は名詞、動詞、形容詞、副詞、助詞の 5 つの品詞に分けたものを使用する。また解析結果に対してできるだけ 1 つの品詞で意味が通るように手修正を加える。
さらに、案内文中の品詞の意味をより正確に解析するため各品詞に対して、ラベルづけを行った。各ラベルの基準と意味は表 1 に示す。

表 1 品詞ラベル付け一覧表

ラベル名	基準	例
ランドマーク	三次元の建築物を示す表現	7 号館, 建物など
パス	道に関する表現	T 字路, 道など
ノード	突きあたりに関する表現	突きあたり
空間	ランドマークに属さない三次元の空間	広場, ロビーなど
オブジェクト	ランドマークの一部やその他のもの	掲示板, 入口など
方向	方向に関する表現	右, 左手など
距離と時間	具体的数値で表される表現	100m 先, 5 分ほど
時間表現	時間に関する表現	しばらく, すぐなど
行動表現	人の身体的移動を含む表現	右折する, くぐるなど
存在表現	ものの存在を表す表現	ある, 見えるなど

3.1.3 地図作成課題

道案内文作成課題終了後、被験者の認知地図の構築の精度を定量化するために地図作成課題を行った。

この課題は実験ルートの地図を記入してもらう課題である。回答は A4 サイズの 1mm 方眼紙 (180mm/m×250mm/m) 上に記入してもらった。作成時間と記入要素数は制限を設けず、途中で描き直しを認めている。ただし全被験者に以下の 3 点を注意事項として与えている。

- (1) キャンパス内に入ったことない人でも分かるぐらい詳しく書く
- (2) 途中の道を省略せずに記入する
- (3) 道案内文に記入していない目印でも自由に記述してよい

取得した地図の精度はルートの距離と角度の正解との誤差によって定量的に評価される。

ルートの距離は、まずルートを全 6 区間に分割し、それぞれの区間が全体の何割に当たるか (相対距離) を測定する。同様に地図より実際の相対距離も測定する。

測定した結果を以下のように置き、ルートの相対距離の誤差を (1) 式より求める。

- ・被験者の地図相対距離 : $x_1, x_2, x_3 \cdots x_n$ ($n = 6$: 区間数)
- ・実際の地図相対距離 : $y_1, y_2, y_3 \cdots y_n$ ($n = 6$: 区間数)

$$a = \sum_{n=6}^i (x_i - y_i) \quad (1)$$

a の値を全被験者に対して計算し、(2) 式のように相対化する。

- ・各被験者の相対距離の誤差 : $a_1, a_2, a_3, \cdots, a_n$ ($n = 38$: 被験者数)

$$RM_i = \frac{(\max a - a_i)}{\max a} \quad (i = 1, 2, 3, \cdots, 38) \quad (2)$$

この RM を客観的空間認知能力のルートマップ型理解能力として解析に用いる。この数値が高いほどルートマップ型理解能力が優れていることを示す。

ルートの角度は、まず、被験者の回答した地図と実際の地図に対して、スタート地点とゴール地点を線分で結ぶ。その線分と、スタート地点から最初の進行方向に対して垂直な線分がなす角度を測定する。角度は進行方向左側を 0 度とした。そして以下のように置くとルートの角度の誤差は (3) 式で求められる。

- ・実際のスタートからゴールまでの角度 : d
- ・被験者のスタートからゴールまでの角度 : d*

$$b = |d - d^*| \quad (3)$$

この値を全被験者に対して計測し、(4) 式のように相対化する。

・各被験者の相対距離の誤差 : $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ ($n = 38$: 被験者数)

$$SM_i = \frac{(\max b - b_i)}{\max b} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, 38) \quad (4)$$

この SM を客観的空間認知能力のルートマップ型理解能力として解析に用いる。この数値が高いほどサーベイマップ型理解能力が優れていることを示す。

3.1.4 方向感覚質問紙・アンケート回答

地図作成課題終了後、被験者の方向感覚に関する自己評価を定量化するために方向感覚質問紙(SDQ-S)⁽⁶⁾と方向音痴意識質問紙(M-20)⁽⁷⁾に回答させた。SDQ-SとM-20は空間認知の研究において、方向感覚やナビゲーション全般の自己評価に広く使われている質問紙である。

各質問紙で全 20 問の質問に対して 5 段階評価で回答してもらった。

採点は SDQ-S、M-20 共に 100 点満点で採点しその得点率(被験者の得点/満点の得点)を計算した。この得点率を主観的空間認知能力として解析に用いる。この数値が高いほど自分の空間認知能力に自信を持っているということになる。

また、最後に被験者のプロフィール調査のアンケートに回答してもらった。

3.2 道案内文評価実験

ルート歩行実験で生成された道案内文に対して主観的な文章のわかりやすさを定量化するために道案内文評価実験を行った。実験は合計約 45 分であり、被験者が集中できる範囲内であった。被験者はいずれも山形大学工学部キャンパス在籍年数が 2 年以上で事前にルートを十分に知っている学生計 14 人である。

この課題はルート歩行実験で生成された全 38 種類の道案内文に対して、それぞれ道案内文を読んでそのわかりやすさを 6 段階評価で回答してもらう課題である。また、文章の提示順による評価の偏りが起こらないよう文章をランダムに並べたものを 2 パターン用意し順序効果のバランスを取って実験を行った。実験で取得した道案内文のわかりやすさ評価値の平均値を解析に用いる。この数値が高いほどわかりやすいと評価されているということになる。

4. 解析結果

4.1 事前習熟度の違いによる空間認知能力への影響

事前習熟度の違いが空間認知能力にどのように影響しているかを検討するために、ルート歩行実験の被験者でキャンパス在籍年数 3 年以上の 11 人を習熟度高群として、キャンパス在籍経験なしの 5 人を習熟度低群として比較検討を行う。図 4～図 6 はそれぞれの群の客観的空間認知能力、主観的空間認知能力、道案内文のわかりやすさの平均値である。

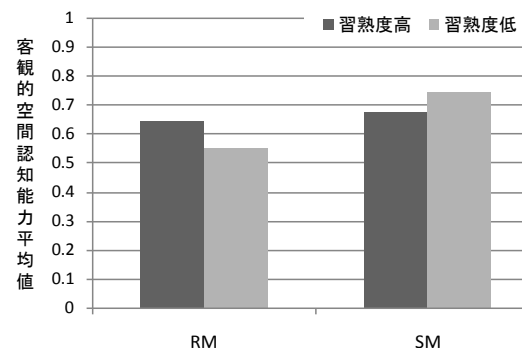


図 4 習熟度別客観的空間認知能力

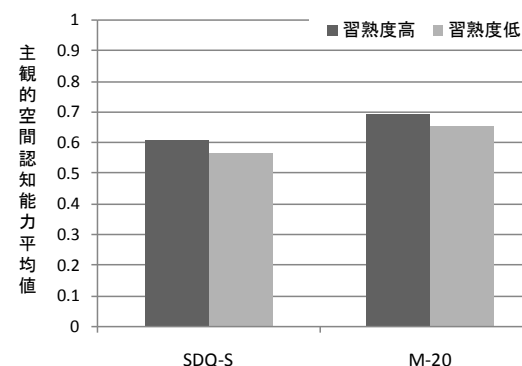


図 5 習熟度別主観的空間認知能力

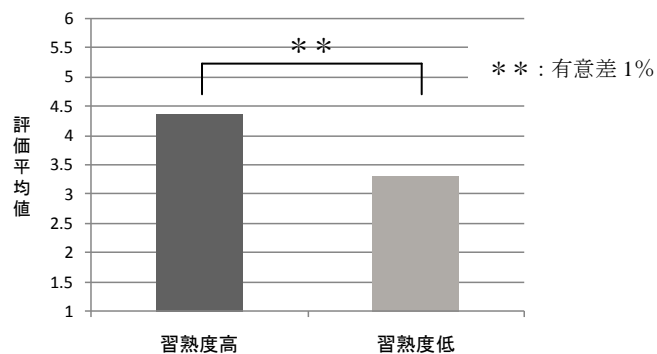


図 6 習熟度別の道案内文のわかりやすさ評価値

図の結果より、習熟度の違いによる空間認知能力に差は見られなかった。しかし道案内文の評価についてはわかりやすさに 1% 有意で有意差が見られた。これは被験者自身の認知地図の構築能力には差がないが、道案内文のわかりやすさに差がある。つまり情報の伝達能力に差があるということである。そこで、習熟度別での道案内文の構成内容を検討していく。

図 7 は道案内文において使用されたランドマークを出現時系列順に並べ、各郡でのランドマークの使用率を表したグラフである。また、人によって同じランドマークを指していても表記方法が違う場合があるので、それらは修正して同じものとして集計を行っている。図 7 より習熟度高群の方が習熟度低群よりも多くのランドマークを使用できていることが分かる。また、時系列順に VBL センターから渡り廊下までを前半、ATM からサポートセンターまでを中盤、3 号館から正門までを後半と 3 つのセグメントに分割する。そして各郡においてそれぞれのセグメントから最低でも 1 つ以上ランドマークを使用できている人数の比率を集計したグラフが図 8 である。図 8 より習熟度高群の方が習熟度低群よりランドマークをバランスよく使用できていることが分かる。

つまり、わかりやすい情報伝達のためにはランドマークを多く利用し、その分布にも偏りが無いことが重要であるということを示している。

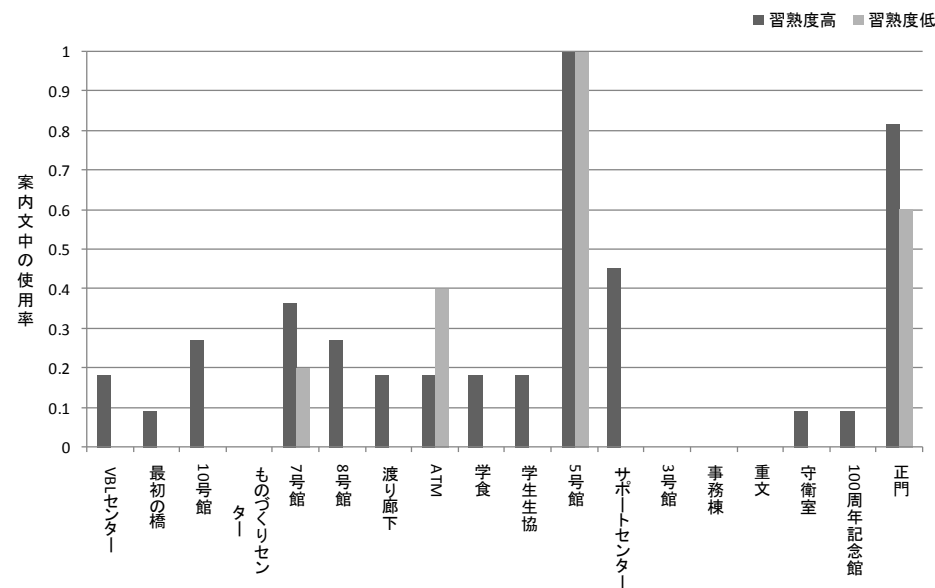


図 7 習熟度別の案内文中のランドマーク使用率

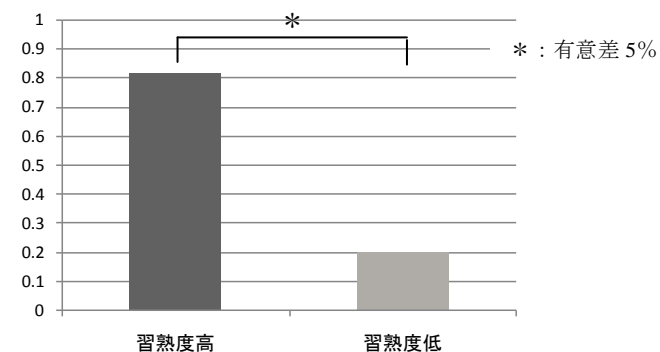


図 8 案内文中の使用ランドマーク分布に偏りが無い人数の比率

4.2 歩行環境の違いによる空間認知能力への影響

歩行環境の違いが空間認知能力にどのように影響しているかを検討するために、ルート歩行実験の被験者で日中に歩行した 27 人を昼歩行群として、日没後に歩行した 11 人を夜歩行群として比較検討を行う。図 9～図 11 はそれぞれの群の客観的空間認知能力、主観的空間認知能力、道案内文のわかりやすさの平均値である。

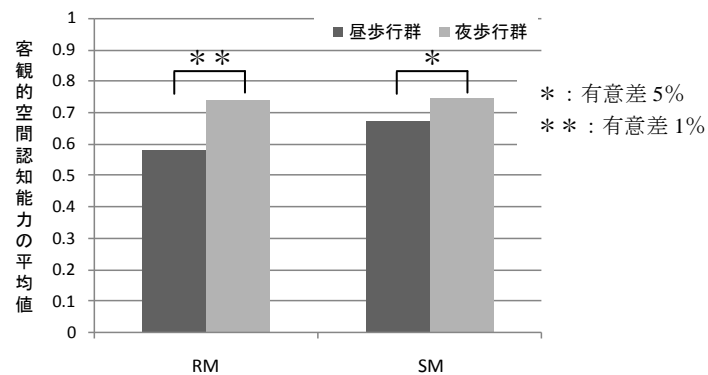


図 9 歩行環境別の客観的空間認知能力

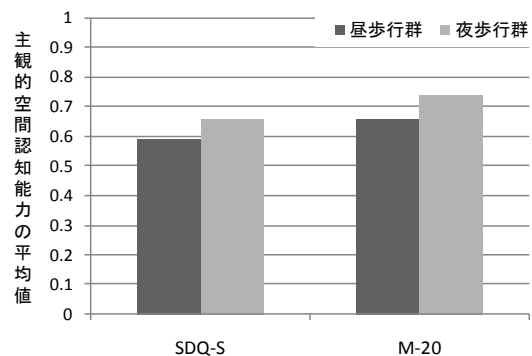


図 10 歩行環境別の主観的空間認知能力

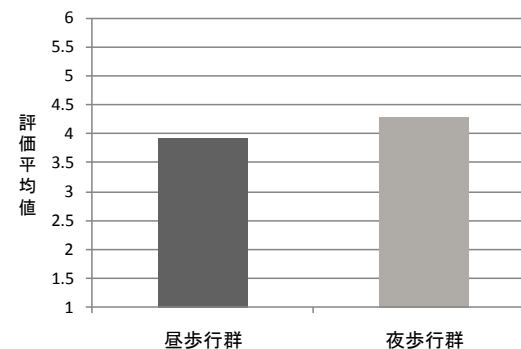


図 11 歩行環境別の道案内文のわかりやすさ評価値

図の結果より、歩行環境の違いによる道案内文のわかりやすさ評価値に違いは見られなかった。しかし、客観的空間認知能力についてはそれぞれ有意差が得られた。これは、文章を表現する能力については差がないが認知地図を構築する能力には差があるということを示す。そこで、歩行環境の違いによって道案内文の構成内容がどう違うかを検討していく。

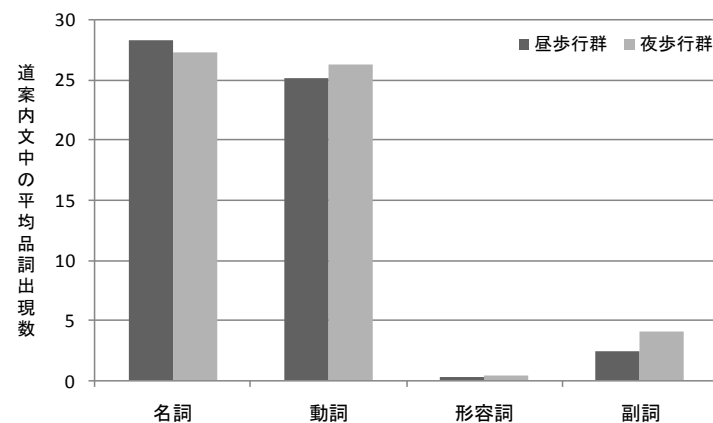


図 12 歩行環境別の道案内文中の平均品詞出現数

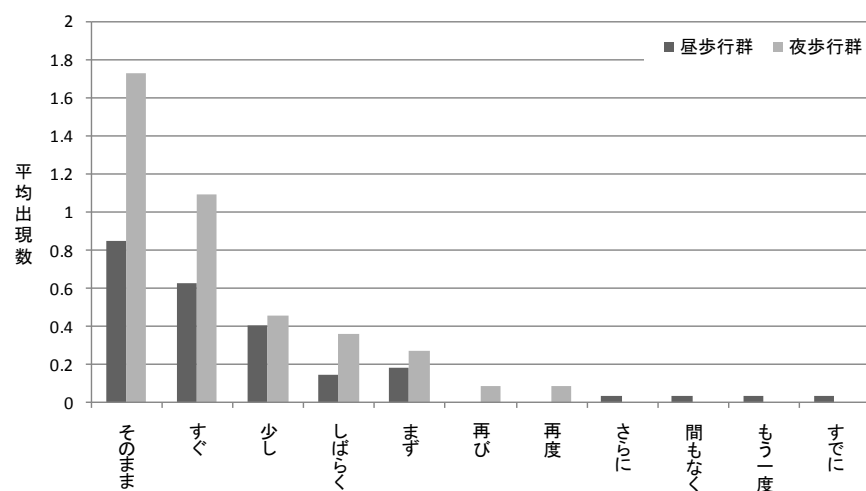


図 13 道案内文中の副詞の平均出現数

図 12 は道案内文中の品詞の平均出現数を比較したグラフである。比較の結果副詞において夜歩行群が昼歩行群よりも多く利用する傾向が見られた。また図 13 は道案内文中に出現した副詞の全種類とその平均出現数を表したものである。その中で特に出現数の高い副詞は、そのまま、すぐ、少し、しばらくの 4 つであり、これらの副詞に共通する性質は広い意味で距離を表す副詞であると言える。また、これらの副詞の約 75% が直進する等の行動表現を修飾していたことから、夜の歩行では動作に対して距離を表す副詞を利用することで認知地図のイメージをより正確に把握できるようになるということを示している。

5. おわりに

本研究では、ルートの事前習熟度や歩行環境の違いが空間認知にどのような影響を及ぼすのか検討した。検討は認知地図の構築能力、構築した情報の伝達能力、文章のわかりやすさを定量的に測定し、それらの比較分析より行った。その結果、事前習熟度による認知地図の構築能力には差がないが情報の伝達能力は習熟度高群の方が高く、ランドマークの利用数や分布に偏りがなかったことがわかりやすい道案内文の要因になることを示した。また歩行環境の違いにより情報の伝達能力に差はないが認知地図の構築能力は夜歩行群の方が高く、距離を表す副詞が認知地図の構築に役立つことを示し

た。この知見は利用者の特性や時間帯を考慮した最も効果のあるナビゲーションサポートの自動生成、提供に利用可能であると考えられる。

参考文献

- (1) 宮岸幸正, 西應浩司, 杉山貴伸: 自由散策における経路選択要因と空間認知, デザイン学研究 BULLETIN of JSSD, Vol.50, No.2, (2003).
- (2) 横澤一彦, 和田絵里香, 光松秀倫: 仮想空間における認知地図の形成と変換, 電子情報通信学会 A, Vol.J87-A, No.1, pp13-19, (2004,1).
- (3) 藤井憲作, 東正造, 荒川賢一: 経路案内情報がナビゲーションに及ぼす影響, 電子情報通信学会 A, Vol. J87-A, No.1, pp40-49, (2004,1).
- (4) 新垣紀子: なぜ人は道に迷うのか?: 一度訪れた目的地に再度訪れる場面での認知プロセスの特徴; 認知科学, Vol.5, No.4, pp108-121, (1998,12).
- (5) 新垣紀子, 野島久雄: 方向オンチの科学, 講談社ブルーバックス, (2001,8).
- (6) 竹内謙彰: 「方向感覚質問紙」作成の試み-1-質問項目の収集及び因子分析結果の検討, 愛知教育大学研究報告, 教育科学, Vol.39, pp127-140, (1990,2).
- (7) 増井幸恵: 「自らの空間認知能力が悪いと感じる」意識の測定, 人文論究, Vol.47, No.1, pp164-182, (1997,05).