

## ドライバアダプティブ運転支援システム —空間認知特性を考慮した経路案内情報—

川合 真弓<sup>†</sup> 美濃部 直子<sup>†</sup> 加藤 晋<sup>†</sup> 津川 定之<sup>†‡</sup>

<sup>†</sup>産業技術総合研究所 〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1 つくば東

<sup>‡</sup>名城大学 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501

E-mail: m.kawai@aist.go.jp

あらまし ドライバは運転中にカーナビゲーションシステムの経路案内情報を読み取って頭の中に認知地図を描き、目的地までのルート及びその先の右左折箇所などを判断しているといわれる。この経路案内情報は、ドライバの負荷とならないよう、短時間の視認でも正確な認知地図を描けるような表示がされていることが望ましい。そこで本研究では、ドライバ個人の空間認知特性に適応したカーナビゲーションシステムの経路案内情報及びその表示方法の提案を目指し、ルート学習及び地図の嗜好における①性差との関連、②方向感覚差との関連を実験的に検証した結果について報告する。特に空間認知特性の認知地図の中で重要な手がかりとなるランドマークの情報量に注目して実験を行った。

キーワード ITS, 経路案内, 空間認知, 認知地図, 性差, 方向感覚

## Driver-adaptive Driver Assistance System —Route guidance information that allowed for spatial cognition—

Mayumi KAWAI<sup>†</sup> Naoko MINOBE<sup>†</sup> Shin KATO<sup>†</sup> and Sadayuki TSUGAWA<sup>†‡</sup>

<sup>†</sup>AIST Tsukuba East, Namiki 1-2-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8564 Japan

<sup>‡</sup>Meijo University 1-501, Shiogamaguchi, Tenpaku-ku, Nagoya 468-8502 Japan

E-mail: m.kawai@aist.go.jp

**Abstract** The driver reads the route guidance information of navigation systems and draws the cognitive map in the head and judges the route to arrive at destination while driving. At that time, it often become a load of the driver. Thus, it is preferable that this information is displayed to be able to draw an accurate cognitive map by the visual check for a short time.

The goal of this paper is to find the sex difference and individual difference in spatial cognition, and to propose a driver-adaptive, customized route guidance information.

**Keyword** ITS, route guidance, spatial cognition, cognitive map, sex difference, sense of direction

### 1. はじめに

現在、自動車や道路交通の分野では、ドライバの運転支援を目的としたITS(Intelligent Transport Systems)技術に関する研究が盛んであり、最近では特に、ドライバに適応した運転支援システムの構築が求められている。これは運転支援システムによって与えられる情報の処理段階において、ドライバの認知・判断・操作の特性が個々によって大きく異なるためである。認知・判断・操作しやすい運転支援システムを目指すには、ドライバ特性を反映し、受容性を高めなければならない。

ドライバ特性を考慮すべき運転支援システムの一つとして、目的地までの経路案内情報を提供するカーナビゲーションシステムがあげられる。経路案内情報を読み取る際に重要となる空間認知特性は、主に認知

科学分野の研究で個人差による変動が大きいことが報告されており[1]~[9],工学の分野においてもカーナビゲーションシステムの設計において解決すべき重要な問題となると考えられる。

本研究では、ドライバ個人に適応したカーナビゲーションシステムの経路案内情報及びその表示方法の提案を目指し、空間認知特性が個人でどのように異なるかを性差・方向感覚差に焦点を当て実験的に検証した結果について報告する。

### 2. 空間認知特性の性差・方向感覚差

ドライバは運転中にカーナビゲーションシステムの経路案内情報を読み取って頭の中に空間イメージである「認知地図」[10][11]を描き、目的地までのルート及びその先の右左折箇所などを判断しているといわれる。このとき、カーナビゲーションシステムを見なが

ら運転操作をすることはドライバにとって負荷となり、脇見事故につながる恐れもある[16]。そこでカーナビゲーションシステムの経路案内情報は、短時間の視認でも正確な認知地図を描けるようにわかりやすく表示されていることが望ましい。

認知科学分野におけるナビゲーション行動に関する空間認知特性の研究では、認知地図の性質を明らかにすることが重要であるとされてきた[2]~[9][12][13]。これまでにこの認知地図には性差・個人差があることが報告されている。性差に関する代表的な研究として、Galeaらは架空の街の地図を用いたルート学習において、その成績、方略等に性差の傾向があることを示している[2]。また、国内においては佐々木らが、認知地図が実際のナビゲーションでどのような効果を持つかを、性差に焦点を当てて検討した例がある[3]。一方、個人差に関しては竹内らが、個人の持つ方向感覚の善し悪しによって、ルート学習過程に差があることを示している[4][5]。しかし、性差や方向感覚による差があるということ、またその定性的傾向は示されてはいるものの、認知地図の利用場面においてどのような人たちがどのような特徴を持つのかを、性差と方向感覚差の両方を考慮に入れて詳しく分析し、その特徴を明らかにした研究は見当たらない。

本研究では、性差と方向感覚差を考慮し、ドライバに適応した運転支援システムとして、カーナビゲーションシステムの経路案内情報の具体的な提案を目指している。そこで本論文では、認知地図の中で特に重要な手がかりとなるランドマークの情報量に注目し、地図におけるルート学習をタスクとした実験を行った。また地図の嗜好を定量的に測るために「見やすさ感」の評価も実施した。実験結果については①性差、②性差と方向感覚差の2つの観点から分析した。

### 3. 実験

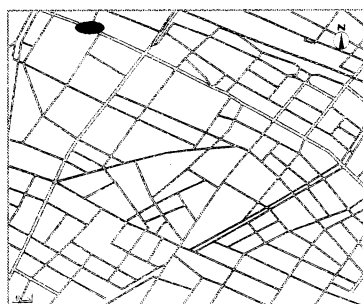
#### 3.1. 実験方法

ランドマークの情報量がルート学習に与える影響と、その性差・方向感覚差の調査を目的として以下のような実験を行った。これは地図情報を取得する際の認知地図構成において、ランドマークが個人によってどのように機能するかを調べるためである。

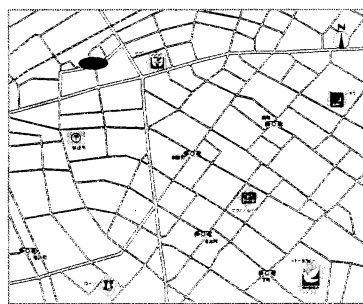
実験手順を説明する。まずPCディスプレイ上に地図を表示し、記憶課題となるルートをスタートからゴールに向けて動的に被験者に示す。被験者はそのルートを見て記憶した後、紙上の地図に記憶したルートを記入する。記憶できたことを確認するためにルートを2回正しく辿れるようになるまで試行を繰り返し、記憶できるまでの試行回数「必要学習回数」とみなして比較した。

ルートの呈示方法は、PC画面上でルートを赤い点が動的に進行していくものとした。点の進行スピードには実験前に練習用の地図で慣れてもらった。また、ルートは右左折の数が合計12回となるように設定した。

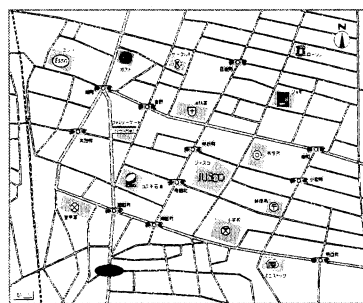
実験に使用した地図は、ランドマークの表示率の異なる3種類の地図である。本実験では、コンビニエンスストアやガソリンスタンド等の特定の建物や、特定の場所を指す交差点名(信号機付き)をランドマークとして設定した。図1に実際に使用した地図の例を示す。図1(a)地図Aでは全ての交差点にランドマークの表示がなく(ランドマーク表示率:0%)、図1(b)地図Bでは6つの交差点(ランドマーク表示率:50%)、図1(c)地図Cでは全ての交差点にランドマークを表示した(ランドマーク表示率:100%)。地図3種類の呈示順はランダムな順序となるよう設定し、実験への慣れが必



(a) 地図 A : 0%



(b) 地図 B : 50%



(c) 地図 C : 100%

図1 ルート記憶実験で使用した3種類の地図

要学習回数に影響を与えないよう配慮した。また本実験で使用した地図は筆者らが作成した架空の地図であり、事前に被験者に地図についての知識はないものとした。

以上のような必要学習回数の評価に加え、実験終了後に地図の嗜好を調べるため、3種類の地図における「見やすさ感」の評価も実施した。地図A、地図B、地図Cを比較し、その見やすさ感を、5段階(見やすい、やや見やすい、どちらでもない、やや見にくい、見にくい)で定量的に評価してもらった。その評価を1~5点の得点(見やすいほうが高得点)に換算し、結果を比較した。

さらに実験終了後には、個人の方向感覚に関する自己評定の定量的な測定を目的とし、竹内による方向感覚質問紙(SDQ-S) [14][15]を実施した。

被験者は運転経験に差がない20代~30代の男性20名、女性20名で行った。うち、女性1名は試行を繰り返しても地図上のルートを記憶することができずリタイアとなったため、女性において分析の対象になったのは19名であった。

### 3.2. 実験結果

#### 3.2.1. 性差に注目した分析

性差に注目して結果の分析を行った。

はじめに、表1に必要学習回数の男女別統計量を示す。図2には必要学習回数の平均値を男女で比較した結果を標準偏差と共に示す。図2において地図A→地図B→地図Cと、ランドマーク表示率の増加に伴う必要学習回数の変化に注目すると、男性も女性もランドマーク表示率が増えるにしたがって必要学習回数が減っており、ランドマークによってルートを記憶しやすくなっていることがわかる。

また、男性と女性の必要学習回数の差に注目すると、地図Aと地図Bにおいては、平均値に男女差がみられ、男性の方が少ない学習回数で地図上のルートを記憶できている。

上記の結果について統計的に意味のある差があるか、すなわち有意差があるを調べるためt検定を行った。その結果を図3に示す。等号はその間に有意差がみられないこと、矢印記号は有意差があることを示す。なお、記号\*は5%水準( $p < 0.05$ )で有意差があり、95%の確率で両者の間に差があることを示し、記号\*\*は1%

表1 必要学習回数の統計量(性差)

	平均値 (SD)		
	地図A (表示率:0%)	地図B (50%)	地図C (100%)
男性	3.95(1.61)	3.15(0.88)	3.05(1.00)
女性	5.63(2.11)	4.42(1.74)	3.21(1.32)

水準( $p < 0.01$ )で有意差があり、99%の確率で両者の間に差があることを示す。

まず、ランドマーク表示率の増加に伴う必要学習回数の変化としては、男性においては地図AB間では平均値に有意差がみられたが、地図BC間では平均値に有意差はみられなかった。しかし、女性においては地図AB間、地図BC間の両方に平均値の有意差がみられ、ランドマーク表示率が増えるほどルートを記憶しやすい地図になっていることがわかった。また、地図A、地図Bにおいて男女間に有意差がみられた。

見やすさ感についての男女別統計量を表2に示す。図4には見やすさ感の評価点の平均を男女で比較した結果を示す。図4に注目すると、必要学習回数と同様、男女共に地図A→地図B→地図Cと変化に伴って評価は高くなった。ランドマーク表示率の増加によって、地図を見やすいと感じており、ランドマーク表示が効果的であることがわかった。また、地図Aと地図Bにおける評価点は女性よりも男性の方が高いことがわかった。

見やすさ感の評価結果に関してもt検定を行った。その結果を図5に示す。ここで注目すべき点は、必要学習回数の結果とは異なり、地図Aの男女の評価結果に有意差がないことである。ランドマーク表示が全く

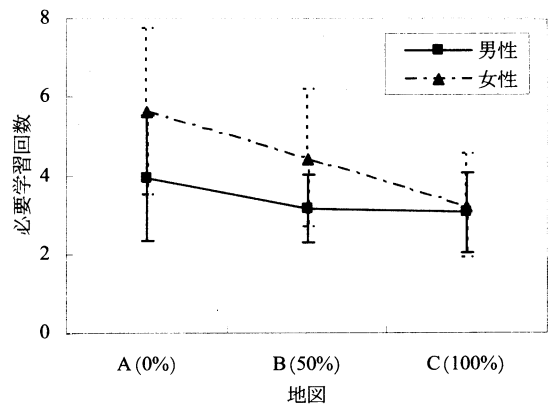


図2 必要学習回数(性差)

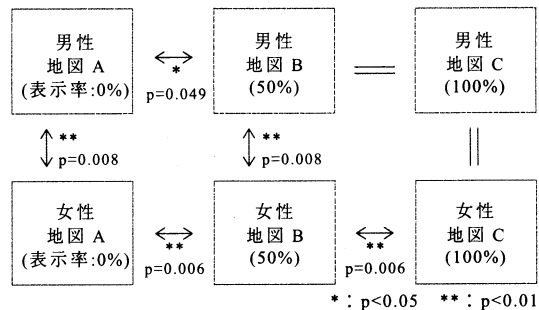


図3 必要学習回数の平均値の有意差(性差)

ない地図 A では、男性も見にくいと評価しており、男性にとってもランドマーク表示が重要であることがわかる。

また男性における地図 BC 間では、必要学習回数と同様、有意差は見られなかった。これは実験後のアンケートで「地図 C はランドマークが多すぎて逆に見にくい」と答えた被験者が多かったことに起因するものと考えられる。一方、女性においてはランドマーク表示が多いほどその評価も高くなるという結果が検定結果からも得られた。

以上、必要学習回数と見やすさの性差の結果を考察すると、男性にとっては地図 B のランドマーク表示率 50% 程度の地図が適していると考えられる。また女性にとってはより多くのランドマークを表示した地図 C (表示率:100%) が適していると考えられる。

表 2 見やすさの統計量 (性差)

	平均値 (SD)		
	地図 A (表示率:0%)	地図 B (50%)	地図 C (100%)
男性	1.75(0.79)	3.75(0.85)	4.05(0.89)
女性	1.42(0.77)	3.16(0.76)	4.11(0.74)

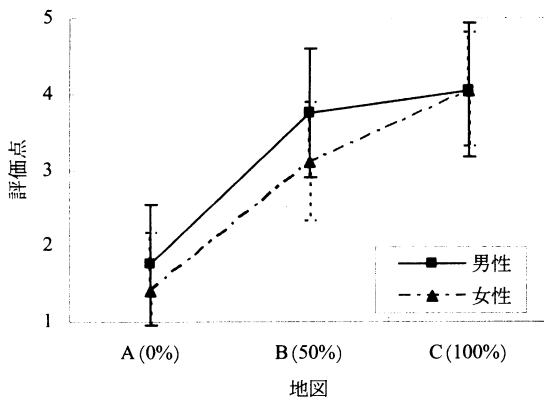


図 4 見やすさ感 (性差)

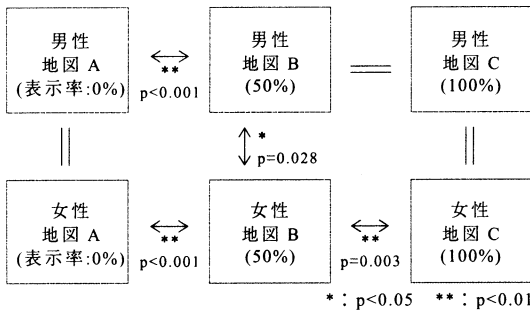


図 5 見やすさ感の平均値の有意差 (性差)

### 3.2.2. 性差と方向感覚差に注目した分析

性差と方向感覚差に注目して結果の分析を行った。

まず竹内による方向感覚質問紙 (SDQ-S) を用いた自己評価の得点 (以下、方向感觉得点) と必要学習回数の成績を比較した。その結果、地図 A と地図 B の必要学習回数と方向感觉得点との間には、有意な負の相関が見られた。これは、地図 A と地図 B では方向感覚の影響を受けており、方向感覚の良い被験者は少ない学習回数でルートを記憶できることを示している。しかし、地図 C では必要学習回数と方向感觉得点との間に有意な相関が見られなかった。このことから、地図 C におけるルート学習では方向感覚に影響を受けていないことがわかった。これより、ランドマーク表示率の多い地図 C は方向感覚の善し悪しに関わらず、ルートを記憶しやすい地図になっているということが言える。

そこで、方向感觉得点の平均値を境に方向感覚上位群 (以下、上位群) と方向感覚下位群 (以下、下位群) に分け、性別も合わせて合計 4 つのグループに分類し、結果の分析を行った。男性上位群は 15 名、男性下位群は 5 名、女性上位群は 8 名、女性下位群は 11 名であり、男性の方に自己の方向感覚を高く評価する被験者が多く、性差が見られ、これは竹内の説 [14][15] とも一致する結果であった。

表 3 に必要学習回数の各群別統計量を示す。図 6 には必要学習回数の平均値を各群で比較した結果を示す。

図 6 において地図 A → 地図 B → 地図 C と、ランドマーク表示率の増加に伴う必要学習回数の変化に注目すると、男性上位群・男性下位群・女性上位群の 3 群は必要学習回数の結果に似たような傾向が見られ、ランドマーク表示率の増加が必要学習回数に及ぼす影響も少ない。しかし女性下位群においては、学習回数がすべての地図において他 3 群と比較して多く、またランドマーク表示率増加に伴う必要学習回数の減少も大きい。これは特に女性下位群においてランドマーク表示が不可欠であることを示唆した結果であると言える。

また、各群においてランドマーク表示率の増加に伴う必要学習回数の平均値の変化に有意差があるかどうかを確かめるために t 検定を行った。図 7 にその結果を示す。上位群では男性・女性共に有意差は見られなかったが、男性下位群の地図 AB 間と、女性下位群の地図 AB 間および地図 BC 間に有意差が見られた。

表 3 必要学習回数の統計量 (性差と方向感覚差)

		平均値 (SD)		
		地図 A (表示率:0%)	地図 B (50%)	地図 C (100%)
男性	上位群	3.80(1.78)	3.07(0.96)	3.07(1.10)
	下位群	4.40(0.89)	3.40(0.55)	3.00(0.71)
女性	上位群	4.13(1.13)	3.63(1.92)	2.63(0.52)
	下位群	6.73(2.00)	5.00(1.41)	3.64(1.57)

見やすさ感の評価点についても方向感得点との相関を調べたところ、地図Bにおいてのみ、有意な負の相関が見られ、方向感覚の善し悪しによって見やすさ感に影響が出ていることがわかった。地図Aと地図Cにおいては有意な相関は見られず、方向感覚に関係なく、地図Aは「見にくい」、地図Cは「見やすい」という評価点がついた。

次に見やすさ感の評価点を4群で比較した。表4に各群別統計量を、図8に平均を各群で比較した結果を、また図9にt検定の結果をそれぞれ示す。図8に注目すると必要学習回数同様、女性下位群は他3群と異なった傾向を示した。しかし地図Aにおける評価は必要学習回数の結果ほどばらつきがなく、すべての群で低

い評価となった。また図9に注目すると、必要学習回数の結果とは異なり、見やすさ感の平均値のt検定においては、4群すべての地図AB間の結果に有意差が見られた。また、地図BC間において有意差が見られたのは女性下位群のみであった。

表4 見やすさ感の統計量（性差と方向感覚差）

		平均値 (SD)		
		地図 A (表示率:0%)	地図 B (50%)	地図 C (100%)
男性	上位群	1.80(0.86)	3.80(0.86)	4.13(0.92)
	下位群	1.60(0.55)	3.60(0.89)	3.80(0.84)
女性	上位群	1.63(1.06)	3.50(0.76)	4.25(0.71)
	下位群	1.27(0.47)	2.91(0.70)	4.00(0.77)

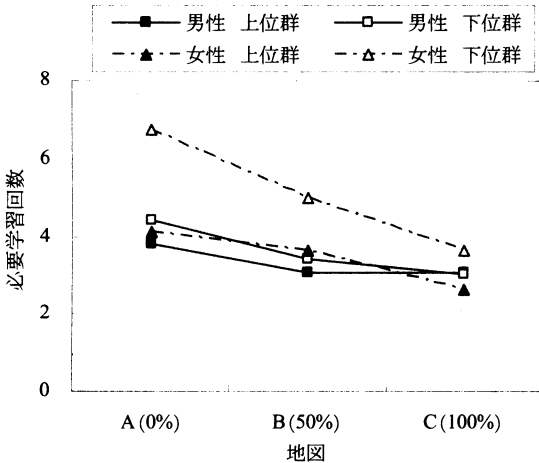


図6 必要学習回数（性差と方向感覚差）

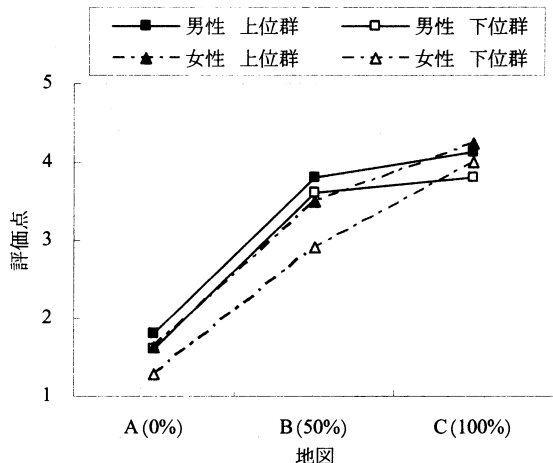


図8 見やすさ感（性差と方向感覚差）

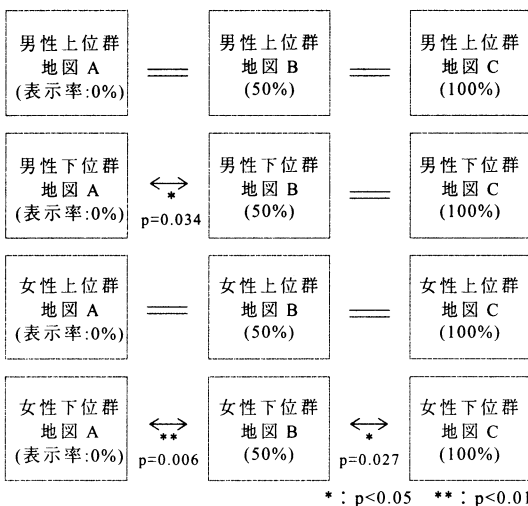


図7 必要学習回数の平均値の有意差（性差と方向感覚差）

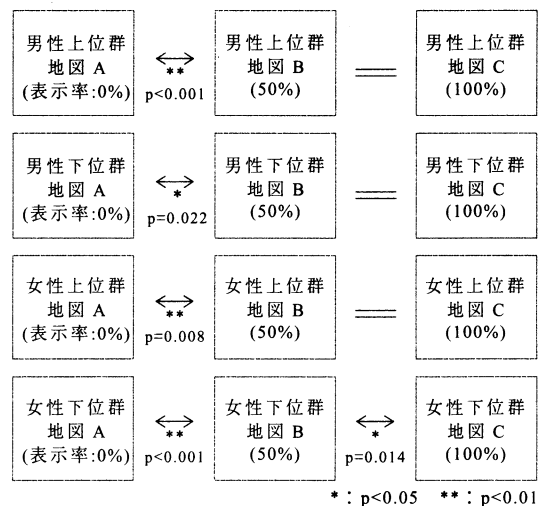


図9 見やすさ感の平均値の有意差（性差と方向感覚差）

以上、必要学習回数と見やすさ感の性差と方向感覚差の結果を考察すると、男性上位群、男性下位群、女性上位群にとっては地図 B のランドマーク表示率 50% 程度の地図が適していると考えられる。また女性下位群にとってはより多くのランドマークを表示した地図 C (表示率:100%) が適していると考えられる。

#### 4. むすび

本論文では、性別や方向感覚質問紙の自己評定を用いて被験者を 4 つのグループに分け、ランドマークの情報量がルート学習 (必要学習回数) や地図の嗜好 (見やすさ感) に与える影響の違いを実験的に検証した。これにより、性差・方向感覚差によってルート学習や地図の嗜好における特徴が異なることがわかった。その主な特徴を以下にあげる。

- (1) ランドマーク表示率が少ない地図 (A:0%, B:50%) においては、ルート学習に性差・方向感覚差がそれぞれ見出された。
- (2) ランドマーク表示率が 100% の地図 C においては、ルート学習及び地図の嗜好に性差・方向感覚差は見られなかった。
- (3) 地図 A のルート学習には性差・方向感覚差が見られたが、地図の嗜好に関しては性差・方向感覚差は見られなかった。
- (4) 地図の嗜好において、地図 BC 間のランドマーク表示率の増加による効果には性差・方向感覚差が見られた。

ここで注意すべき点は、ルート学習の結果と地図の嗜好の結果が必ずしも一致しないということである。ランドマーク表示率 100% の地図 C は、(2) よりルート学習及び地図の嗜好に性差・方向感覚差が見られず、ルート記憶しやすい地図であると考えられる。しかし、(4) の地図の嗜好においては男性上位群・男性下位群・女性上位群は地図 BC 間に差が見られず、「地図 C はランドマークが多すぎて逆に見にくい」と答えた被験者も多かった。運転中にドライバが処理できる情報は限られることも考慮に入れると、ドライバ個人の特性に応じて地図のランドマーク表示率を適応させる必要があることがわかった。

以上に述べた実験結果より、本論文ではカーナビゲーションシステムにおける性差・方向感覚差に応じた経路案内情報及びその表示方法の必要性を定量的に確認できたと考える。これは今後ドライバアダプティブ運転支援システムを提案するにあたって重要な知見であるといえる。

今後は空間認知特性の個人差として年齢差や運転経験、地域性等も取り入れ、さらに分析を進めていく予定である。また実際の空間内での移動特性を考慮に

入れ、ドライビングシミュレータや車両を用いてドライバアダプティブな経路案内情報及びその表示方法の具体的な実験も行っていく予定である。

#### 文 献

- [1] 竹内謙彰, “空間認知の個人差”, 空間に生きる, 空間認知の発達研究会 (編), pp.138-150, 北大路書房, 1995.
- [2] Galea.L, Kimura.D, “Sex Differences in Route-Learning”, *Personality and Individual Differences*, Vol.14, pp.53-65, 1993.
- [3] 佐々木博一, 井端勇介, 岸本善之, 緒方誠人, 森本一成, 黒川隆夫, “仮想空間でのナビゲーション・リハーサルにより作られる認知地図と実街路における効果”, 信学技報, HIP, ヒューマン情報処理, Vol.97, No.598, pp.55-62, 1998.
- [4] 竹内謙彰, 加藤義信, “環境空間内での実際移動にもとづくルート学習過程の個人差の分析”, 日本教育心理学会総会発表論文集, Vol.35, pp.253, 1993.
- [5] Yoshinobu.K, Takeuchi.Y, “Individual differences in wayfinding strategies”, *Journal of Environmental Psychology*, Vol.23, pp.171-188, 2003.
- [6] 野村晃, 鈴木浩明, 渡辺忠, “人の方向感覚に関する認知地図の研究”, 鉄道総研報告, Vol.9, No.10, pp.13-18, 1995.
- [7] 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, pp.108-121, 1998.
- [8] 新垣紀子, 野島久雄, “道に迷うのはなぜか? : 方向音痴の認知的側面と社会的側面”, NTT R&D, Vol.49, No.5, pp.252-262, 2000.
- [9] 藤井憲作, 東正造, 杉山和弘, “道案内情報が移動プロセスに及ぼす影響”, NTT R&D, Vol.49, No.5, pp.272-279, 2000.
- [10] Lynch.K, *The image of the city*, MIT Press, 1960.
- [11] 森見徳, 岩井敦子, “認知地図”, 電子情報通信学会誌, Vol.77, No.8, pp.836-839, 1994.
- [12] 村越真, “認知地図と空間行動”, 心理学評論, Vol.30, No.2, pp.188-206, 1987.
- [13] 森敏昭, 井上毅, 松井孝雄, “イメージと空間の情報処理”, グラフィック認知心理学, pp.101-122, 1996.
- [14] 竹内謙彰, “「方向感覚質問紙」作成の試み(1)一質問項目の収集及び因子分析結果の検討一”, 愛知教育大学研究報告, Vol.39, pp.127-140, 1990.
- [15] 竹内謙彰, “方向感覚と方位評定, 人格特性及び知的能力との関連”, 教育心理学研究, Vol.40, No.1, pp.47-53, 1992.
- [16] 田久保宜晃, 木平真, “カーナビゲーション装置と運転行動”, 自動車技術, Vol.57, No.12, pp.22-27, 2003.