慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	街歩きにおける首振り挙動と道迷いの関連性の検討
Sub Title	Relationship between swinging head and getting lost in city walking
Author	木村, 幹(Kimura, Motoki) 砂原, 秀樹(Sunahara, Hideki)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2020
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2020年度メディアデザイン学 第836号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002020-0836

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2020 年度

街歩きにおける首振り挙動と道迷いの関連性の検討

慶應義塾大学
大学院メディアデザイン研究科

木村 幹

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に
修士 (メディアデザイン学) 授与の要件として提出した修士論文である。

木村 幹

研究指導コミッティ：

砂原 秀樹 教授　(主指導教員)
山岡 潤一 専任講師　(副指導教員)

論文審査委員会：

砂原 秀樹 教授　(主査)
山岡 潤一 専任講師　(副査)
大川 恵子 教授　(副査)

修士論文 2020 年度

街歩きにおける首振り挙動と道迷いの関連性の検討

カテゴリー：デザイン

論文要旨

近年、携帯端末の進歩や，GoogleMap などのナビゲーションサービス、AR 技術の応用により、さまざまな歩行者ナビゲーションシステムが提案されている。

ただ既存の歩行者ナビゲーションシステムは、いまだ十分使いやすいものとなっておらず、これらのナビゲーションを使ったのにもかかわらず道を間違えてしまう人も存在する。また、道を迷いやすいと自己評価している人へのインタビュー調査により、もともと方向感覚が薄く自己位置を把握できないことや、ナビゲーション指示タイミングが適切でないこと、ランドマークを見つけられないことなどが道に迷う原因としてあげられることがわかった。

そこで、道迷いを防ぐためには、ユーザーが迷ったタイミングにおけるユーザーの現在地、および身体情報をもとに導出されたタイミングにおいて方向指示情報を音声や触覚情報などの直感的に認識できるよりわかりやすい形での提供が必要であると仮説をたて実験を行った。実験では、人が初めて訪れる場所において、道迷いを誘発する街歩きをしてもらい、自らの頭の中で空間認知能力により形成される地図 (認知マップ) の特徴および迷った瞬間の首振りを方向感覚自己評定に基づいた成績群 (方向感覚がない人の街歩きと方向感覚がある人の街歩き) で分けて比較し、特徴を抽出した。結果として首振りの回数・頻度と自己評価に関連があることが明らかとなった。

本論文では、道迷いを防ぐための歩行者ナビゲーションシステムとしての要素である方向指示タイミングについて議論するために、街歩きの状態における迷っ

た瞬間を抽出することを目的とした道迷いを誘発する歩行実験を行い、頭の首振り挙動と道迷い時の傾向について分析し関連性を示す。

キーワード：

頭の首振り, 方向指示タイミング, 街歩き, 身体情報, 認知マップ

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

木村 幹

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2020

Relationship between Swinging Head and Getting Lost in City Walking

Category: Design

Summary

In recent years, various pedestrian navigation systems have been proposed due to the progress of mobile terminals, navigation services such as Google Map, and the application of AR technology.

However, existing pedestrian navigation systems are not yet easy to use, and some people make mistakes despite using these navigations. In addition, according to an interview survey with people who self-evaluate that it is easy to get lost, it is difficult to grasp the self-position due to a weak sense of direction, improper navigation instruction timing, and not being able to find landmarks. It turned out that it can be cited as a cause of hesitation.

Therefore, in order to prevent getting lost, the direction instruction information can be intuitively recognized such as voice and tactile information at the user's current location at the time when the user gets lost and at the timing derived based on the physical information, in a more understandable form. An experiment was conducted with the hypothesis that it is necessary to provide. In the experiment, in the place where a person visits for the first time, the person walks around the city to induce a loss, and the characteristics of the map (cognitive map) formed by the spatial cognitive ability in his / her head and the swing of the lost moment are shown. The characteristics were extracted by dividing and comparing the grade groups based on the self-assessment of the sense of direction (walking of people

without a sense of direction and walking of people with a sense of direction). As a result, it became clear that there is a relationship between the number and frequency of swings and self-evaluation.

In this paper, in order to discuss the direction instruction timing, which is an element of the pedestrian navigation system to prevent getting lost, the walking that induces getting lost is aimed at extracting the lost moment in the state of walking in the city. Experiments will be conducted to analyze the swinging behavior of the head and the tendency when lost, and show the relationship.

Keywords:

swinging head, direction instruction timing, city walk, physical information, cognitive map

Keio University Graduate School of Media Design

Motoki Kimura

目　　次

第 1 章　序論 **1**

1.1. 現代における街歩き 1
1.2. 道に迷う原因 2
1.3. 方向感覚について 2
1.4. 人の空間認知メカニズム 4
1.5. 本研究の貢献 5
1.6. 本論文の構成 5

第 2 章　関連研究 **6**

2.1. 既存のナビゲーションシステム 6
2.2. 道迷いに関する研究 6
2.3. 経路情報に関する研究 7
2.4. デバイスベースの研究 8

第 3 章　理想的な方向指示タイミングの提案 **11**

3.1. 既存のナビゲーションシステムの問題点 11
3.2. 道を迷いやすい人へのインタビュー調査 13
3.2.1　道迷い行動 14
3.3. 迷いを誘発する街歩き実験 15
3.3.1　実験の目的 15
3.3.2　実験手法 16
3.3.3　実験結果 21

第 4 章　方向指示タイミングに関する考察 **47**

4.1. 方向感覚自己評価に基づいた認知マップの考察 47

4.2. 方向感覚自己評価に基づいた首振りの考察 47

第 5 章　結論 **49**

5.1. 本論文の結論 49

5.2. 本研究の課題 49

5.3. 今後の展望 50

謝辞 **51**

参考文献 **52**

図　目　次

3.1　実験プロセス 16
3.2　Sensor Kinetics ジャイロスコープチャート 20
3.3　GPS 経路ロガー画面 20
3.4　実験装置の装着の様子 21
3.5　被験者 A の認知地図 24
3.6　被験者 B の認知地図 25
3.7　被験者 C の認知地図 26
3.8　被験者 D の認知地図 27
3.9　被験者 D の歩行経路 28
3.10　被験者 E の認知地図 29
3.11　被験者 E の歩行経路 30
3.12　被験者 F の認知地図 32
3.13　被験者 F の歩行経路 32
3.14　被験者 G の認知地図 34
3.15　被験者 G の歩行経路 35
3.16　被験者 H の認知地図 36
3.17　被験者 H の歩行経路 36
3.18　被験者 I の認知地図 38
3.19　被験者 I の歩行経路 39
3.20　被験者 J の認知地図 40
3.21　被験者 J の歩行経路 41
3.22　被験者 K の認知地図 43
3.23　被験者 K の歩行経路 43

3.24　被験者 L の認知地図 45
3.25　被験者 L の歩行経路 45

表　目　次

3.1　被験者の自己評価 22
3.2　被験者 A の属性及び実験環境 23
3.3　被験者 B の属性及び実験環境 25
3.4　被験者 C の属性及び実験環境 26
3.5　被験者 D の属性及び実験環境 27
3.6　被験者 E の属性及び実験環境 29
3.7　被験者 E の首振り 30
3.8　被験者 F の属性及び実験環境 31
3.9　被験者 F の首振り 33
3.10　被験者 G の属性及び実験環境 34
3.11　被験者 G の首振り 35
3.12　被験者 H の属性及び実験環境 36
3.13　被験者 H の首振り 37
3.14　被験者 I の属性及び実験環境 38
3.15　被験者 I の首振り 39
3.16　被験者 J の属性及び実験環境 40
3.17　被験者 J の首振り 41
3.18　被験者 K の属性及び実験環境 42
3.19　被験者 K の首振り 44
3.20　被験者 L の属性及び実験環境 44
3.21　被験者 L の首振り 46

第 1 章
序　　論

1.1. 現代における街歩き

普段街を歩く中で、私たちは当たり前のように街中を移動し、目的地へ到着している。しかし、しばしば途中で道に迷った経験のある人は多いだろう。特に歩き慣れた居住地から離れて目的地に向かう際には、多くの場合において地理に不慣れであるため、たどり着くまでに時間がかかってしまうことは珍しいことではないだろうし、何度も訪れたことのある場所へ行くときでさえ迷うことはある。また、初めて訪れた駅などにおいては出口が複数あることがほとんどであり、現在地から目的地に向かう方向の最初の一歩目が出ないこともある。さらに確信が持てぬまま歩くことで真反対の方向に進んでしまい大幅に遠回りすることで時間を失ってしまうこともあるだろう。これはスマートフォンが広く普及し、GPS 等のナビゲーションサービスで現在地を把握しながら地図が閲覧できる時代となった現代でも変わらない。GPS[1] については位置情報がずれることで現在地を誤認した結果、道に迷ってしまって苦労している人も多い。また上記で述べたように反対方向に向かって歩いてしまうケースも多く見受けられる。特に、方向感覚の自己評価が低い人ほどナビゲーションサービスを利用しても道に迷いやすいという結果が出ており [2]、本来こうしたナビゲーションシステムを最も必要としている人々にとって、既存の歩行者ナビゲーションは、いまだ十分使いやすいものとなっていないのが現状である。しかし、総務省の調査 [3] によれば、Google マップや地図ナビゲーションシステムの利用率は過半数に見たない。そのため、システムが自動的に道迷いを検出し、ユーザーに道迷いを警告するような仕組みが望まれる。

1.2. 道に迷う原因

人が道に迷う理由は、人それぞれで、場合によってもさまざまである。しかし、多くの場合、ランドマークである目印を見つけられないこと、そして目印や経路を記憶していないこと、地図や空間をイメージできていないことなど、複数の理由が原因としてあげられる。また道に迷いやすい人として方向感覚における自意識の差についても注目されている。自身で方向感覚がないと思っている人たちには、「自ら地図を確認することをしない」「誰かに依存して後を付いていく」傾向が強いことが分かっている。方向音痴を自称する人たちの中には、そもそも道を覚えようという意識が欠如している人が多いことがあげられる。なぜなら、周りを見渡しすことによって得られる情報は、歩行中における自己位置把握のための必要不可欠であり、覚える意識がなければ、周辺情報の不足により自分のいる位置を把握することができずに迷ってしまうのである。

1.3. 方向感覚について

方向感覚という用語は、日常よく用いられる現実経験によく根差した言葉である。例えば、初めて来た土地でも道を迷わないで目的地に到達できるとか、あるルートを一度通っただけで完璧にその経路をマスターしてしまうといったことは、「方向感覚がよい」と結びつけられやすい。こうした例は、方向感覚という言葉の個人差の一面を評価する手がかりとなっていることを示している。

個人が持つ方向感覚についてはいくつかの要因が絡み合っているものと考えられる。基礎的な空間能力には確かに個人差があるが、それだけで方向感覚かあるかどうかが決まるとは考えられない。なぜなら街の中には、標識や地図、ほかの情報もあり、私たちはそれらを利用しながら移動しているからである。それらの情報をうまく使うためには、経験や学習も必要である。街の中での移動能力は、基礎的な能力の違いだけではなく、経験した知識をどのように蓄積しているか、それらをどのように利用しているかによって総合的に決まると考えられる。メアリー・ヘガティ氏はわたしたちの方向感覚、すなわち経路探索能力は、脳、感覚、遺伝子、環境が複雑に絡み合って生じている。[4]「方向感覚は、正しくは感覚では

なく、むしろ複数の感覚が関与している」と指摘している。目的地にたどり着くのに、視覚に多くを頼っている人は多いが、同時に私たちは、主要とされる五感に含まれていない感覚も使用していると考えられる。例えば空間における自らの位置を把握する固有受容覚。そして、空間的定位とバランスを感じる前庭覚の作用がそれにあたる。またヘガティ教授は、認知的因子もあるという。[5] スマホの電源が切れたが何もできない、という状況で感じる不安のレベルが、方向感覚に影響する可能性がある。そして、自信や自己認識も関与し得る。親やパートナーにいわれてきたか否か、というようなことだ。また、タッド・ブロイネは神経学的、遺伝的、その他環境的因子も考慮すべきだと述べている。[6]「個々人が、この複雑なタスクをどれほど正確に遂行するか、どのような神経機構、知覚プロセス、認知プロセスがそこに潜在し、タスクの遂行をサポートするか、失敗を緩和するためにそれらのプロセスをどのように予測、援助できるか、そういったことを明らかにしていく必要がある」また、経路探索能力に影響する神経学的要素の研究についてジョン・オキーフによると、海馬は記憶を司る脳部位であり、方向感覚に大きく密接に関与しているとされる。[7]

ナビゲーションに関係する神経細胞としては、格子細胞、ボーダー細胞、場所細胞、頭方位細胞の 4 種類が知られている。ブロイネ博士によると、最近の研究で、ラットの方向感覚はこれら様々な細胞が相互に作用して生じることがわかっているという。しかし、まだ「その結果を人間の方向感覚にどう外挿できるかについては不明」だそうだ。

また、経路探索能力には男女差もあると言われている。2015 年に、女性よりも男性のほうが優れた方向感覚をもっている、とする研究が広く報道された。[8] 当研究では、バーチャル環境の 3D 迷路のなかを移動してもらう実験を行ない、その結果、男性のほうがより多くの近道を歩き、東西南北という基本方位を使用していた。そして最終的に、女性被験者よりも秀でた成績を上げた。

しかし、キャロル・ロートンが主張では、研究で発見された男女差は、生来のスキルや能力ではなく、男女のナビゲーション方式の違いに起因するもので、実験は、ナビゲーション方式の違いを際立たせるようになっているという。[9]

ロートン教授が著した、空間認識力と経路探索能力における男女差の研究は、

男性は基本方位と距離測定を当てにする傾向が強く、女性は、ここでどちらに曲がった、などランドマーク（目印）を頼りにする傾向が強いという。[10] つまり、実験で使用されたバーチャル環境が、迷路などのように目印がない状況だったり、被験者にまず基本方位を頼るよう求める状況であれば、男性が優れた結果を出すのも不思議ではないと考えられる。

1.4. 人の空間認知メカニズム

人の空間認知の個人差に関する実験として向きの異なる２つの物体の絵を見て異同の判断をする課題には個人差があることが知られている。街の中の移動をするときにはイメージ操作が必要で，道順を覚える能力とも相関があることから、この課題で測れるような空間能力の高低が方向感覚に関係する。

空間認知に関連づけられる事柄として、頭の中に自分なりの地図を描くことができるかどうかがあげられる。人は、自分の生活圏に対する自分なりの地図を持っている。これを、「認知地図」と呼ぶ。認知地図には、二種類の認知方法がある。ひとつは、街を俯瞰的にイメージしているサーベイマップ的認知。もうひとつが、移動したときの視点を連続した、ルートマップ的認知である。

ルートマップ的認知は、GoogleMaps のストリートビューのようなイメージ。対して、サーベイマップ的認知は、脳内に地図帳を持っているイメージになる。

研究の結果、方向音痴の人は、サーベイマップ的認知によって認知地図を作り上げることが苦手であることが分かっているが、これだけが方向音痴の原因ではないことも分かってきている。それが外界情報の利用方法である。「道を覚える」、もしくは「街を覚える」ケースにおいて、手がかりとなる目印を覚え、情報を蓄積し、自分なりの認知地図を作り上げることは、とても大切なことである。このような目印となる情報を、周辺情報と呼ぶ。方向音痴の人たちは、周辺情報をうまく取り込み、そして活用できていないことが、研究の結果分かってきている。[11] 例えば、自称方向音痴と、自称方向感覚バッチリの人たちに、知らない街の映像を見せ、道を覚えてもらう実験を行った。

すると、方向感覚がないの人は、変化してしまう周辺情報に意識が削がれるこ

とが多いことが判明した。例えば、この横断歩道は、人が多いとか、猫がいたなど。こういった周辺情報は、認知地図を作り上げるために、あまり役に立たない。いつもその横断歩道に人がたくさんいるとは限らないし、猫がいたは、目印にならない。対して、自称方向感覚バッチリの人は、お店、道路標識、道路の幅や特徴など、基本的には変わらない情報に注目する度合いが多いことが分かっている。

1.5. 本研究の貢献

本研究では、道迷いを引き起こす街歩き時の被検者データを収集し、方向感覚自己評価の違いにおいて、人が道に迷う際にどのような頭の首振り挙動を示すのかといった傾向を明らかにする。具体的には首振り角度の検出である。頭部にジャイロセンサーを用いた街歩き実験から視線のログデータを収集し、データの分析及び考察を行う。また、これらの考察をもとに迷子を防止できるような経路ナビゲーションや、迷子の自動検出といったような本研究の応用可能性についても検討する。この研究の発展が道に迷いやすい人にとって、知らない場所に行くことの抵抗を減らすことができると考えている。本来であれば知らない街にも出かけてみたいのに、道に迷うんだろうと思うと億劫になってしまい、知っている場所にばかり行ってしまうことがある。道に迷うことの恐怖親が少なくなれば好奇心の赴くままに知らない街を歩くことを手助けすることが可能となるであろう。

1.6. 本論文の構成

本論文は以下の章より構成される。第 1 章では本研究の概要を述べる。第 2 章では道迷いに関わる道迷いに関わる方向感覚やナビゲーションデバイスについての関連研究を述べる。第 3 章では 2 章の道迷いの特徴からわかる既存サービスの問題を示すことで、本研究の要求事項を明確にした上で実験を行う。第 4 章では第 3 章の実験結果をふまえ、道迷いと首振りの関連性について述べる。第 5 章では本論文の内容を総括し、今後の課題について述べる。

第 2 章
関 連 研 究

2.1. 既存のナビゲーションシステム

スマートフォンが普及し、簡単に地図やナビゲーションが閲覧できる現代でも、道に迷う人は後を絶たない。このような道迷いを解決する目的の研究は様々行われており、特に視認性の高いランドマークを使ったナビゲーションを行う研究が多くなされている。しかし歩行中の人の挙動に注目し、どのタイミングでの方向指示がユーザーにとって適切かという基礎的な検討を行っている研究は少ない。下記に人間の認知から見た道迷いの要因やデバイスベースのナビゲーションについての関連研究について述べる。

2.2. 道迷いに関する研究

道に迷う原因としては、複雑に入り組んでいる交差点で曲がる道を間違えてしまうなどの地理的な要員が関係する場合や、考え事をして気が逸れていた、あるいは周辺の地理を把握せずに歩いていたために現在地がわからなくなってしまった場合など地理的要因や個人の心理的な要因が関係する場合などが考えられる。また、山本らは、7 種類の角度の異なる曲がり角がある通路を用いて人間の方向推論を分析するための実験を行い、人間の方向推論は進行方向に対して前後左右の 4 方向にそれぞれ斜めを加えた 8 方向を参照軸とした定性的な推論になることを明らかにした。[12] そのため、人間は進行方向から 45 °未満の曲がり角ではそのまま進行方向と認識してしまい方角がずれてしまっていることに気づかずに進んでしまうと考えられる。さらに新垣は、迷子になりやすい人となりにくい人に

道を覚える過程でどのような差が生じているかについて実験を行った。その結果、道に迷いやすい人は、他に街を歩いている人や走っている車などの動的な情報に注意が向いてしまう傾向にあることが明らかとなった。これにより、道中で獲得した情報から正しく認知地図を構成・補正できないと分析している。一方で、道に迷いにくい人は周囲から移動に役立つ情報を効果的に得ており、さらに得られた情報に合わせて、認知地図を補正していることが明らかにした。認知地図とは、人間が空間情報を自分自身がわかりやすく情報として解釈し、自身の脳内に作り上げていく地図のことを指す。このように迷子の要因には様々なものがあるため、それら複数の要因を全てカバーして迷子を解決できる、あるいは迷子にならないような手段を取るのは難しいと考えられる。先述の新垣の研究では、道に迷いやすい人と道に迷いにくい人の注意が向く方向や認知地図の構成の仕方についての検討がなされていたが、これらの行為に密接に関わるのが人間の視線である。[13] 従来の道迷いを防止する研究の多くは、分かりやすい略地図を生成する研究や、視認性の高いランドマーク選定を行って記憶しやすい経路を作成する研究など、視覚的に効果のあるアプローチが多数行われてきた。しかし、実際に人がランドマークをどの程度頼りに歩いているかなどについて、視線データの取得実験や分析を行っている研究は少ない。

2.3. 経路情報に関する研究

ユーザが街を歩く際、出発地から目的地までの経路における迷子防止を目的とした研究は様々行われている。馬場口らは、地図情報や道路ネットワークから経路の探索や、略地図と案内文の作成を行い、それらを提示することで経路情報の理解を向上させている。

梶尾らは意図的な変形を行った略地図をデフォルメと称し、交差点の道路を直行化させ、さらにランドマークを移動させることで、シンプルでユーザに分かりやすい地図の生成を目指した。[14] その結果、ある程度規則的な道路や、道路が密集していない地図において分かりやすいデフォルメ地図の作成を実現した。

二宮らは、前章で引用した山本らの研究を応用し、人間の方向判断基準を考慮

した地図の簡略化アルゴリズムを提案・実装することで、小さい画面でも見やすく迷いにくい略地図の生成を可能とした。[15]

現在広く使われている Google マップに代表されるようなスマートフォン用地図アプリケーションも図のようにスマートフォンの画面に適したナビゲーションを実装している。しかし、これらの地図を使用した街歩きは地図を何度も確認する必要があり、注意が常に前方に向かないため、街歩き時の安全が保てないという問題点があげられる。本研究では、実験で収集した視線データをもとに、新たな経路ナビゲーションの情報提示法を検討する。

2.4. デバイスベースの研究

デバイスを使うことで迷子を防止する研究には振動や、人間の錯覚を応用したなどがある。この 2 つの研究では位置情報から得られる経路情報をアプリケーションや AR(拡張現実) に提示し、ナビゲーションを行っている。また、多方向へ触覚提示ができるベルト型デバイスのーでは、先述の研究を発展させ、触覚によって進行方向の提示を行い、どの方向に向かえばいいのかをユーザに伝える手法を実現している。しかし、デバイスを装着する手間やデバイス装着時の頭や腰への負担といった問題から日常生活の中で使用するにはまだまだ課題も多い。他にも QR コードマーカーをスキャンし、スマートフォンの画面上に AR で進行方向を提示することで、建物内でのナビゲーションはあるものの、低コストかつ直感的な案内を可能としている。[16] さらに、これらの研究は歩行時の視界や視線を邪魔することなくナビゲーションを行える点ですぐれているため、本研究での首振りログ分析を基にした経路ナビゲーションへの応用例の一つの可能性として検討している。経路ナビゲーションとは少し異なるが、同伴者とはぐれた場合の迷子に関する研究として、星野らは、Android 端末の方位センサや加速度センサを用いて歩行動作をセンシングし、そこから歩行者の位置を推定するシステムの実装を行うことで迷子捜索の支援を提案した。[17] しかし、歩く動作の個人差からシステムによって推定される歩行者の位置に誤差が生じるため、実際に運用するまでに至っていない。経路ナビゲーションに関する研究の中でも、経路を作成する

際に、視認性が高いランドマークを用いて、分かりやすいナビゲーション手法が多く提案されてきた。Drager らは、スマートフォンの画面にランドマークを表示し、ユーザにそれと街を歩いている際の景色を比較させることで、濃くて吉までの到着を支援している。[18] しかし。この手法ではスマートフォンを何度も確認しなければならないため、街歩き時のユーザの安全は確保できてるとはいいがたい。さらにこのシステムには現在の位置情報が必要となるため、GPS の影響により現在地との表示がずれてしまうと使用できないという問題点がある。藤井らは、高さや形状などの視覚的に利用しやすい 3 次元情報が経路ナビゲーションの際に提示する情報として有効に作用することを、3D モデリングを利用した実験から、示している。Matt らは、ランドマークを使った経路選択を自動化するため、視認性の高いランドマークの評価方法を提唱し、ランドマークに重きを置いた経路探索手法を提案した。[19] 杉山らはどのナビゲーションが必要であるかを案内必要度という数値として表現し、案内必要度に関する評価モデル式を立てた。[20] また、これを利用した案内地図の作成方法を提案し、不安感のない移動を可能とした。中澤らは、ランドマークの認知度が決定される象徴性・場所性・記号性・視認性の 4 つの特製の中から象徴性と場所性の 2 つに注目し、ランドマークの強さを象徴性と相対的な場所性を合成して算出できるモデル式を立てた。さらに、これを簡略化することで小型タブレット端末でのアプリケーションとしての実装を可能にし、街中での歩行実験を行うことでシステムの有効性を検証した。森永らは、局所的な点、横断的な線、認知性の高い面の 3 つのランドマークを複数用いることで、より迷いにくいナビゲーションシステムを開発し、歩行実験によって有用性の検証を行った。これらの研究ではランドマークを使った経路ナビゲーションが視覚的に有効な手段として仮定して用いられているが、実際に街歩き中にどの程度歩行者がランドマークを頼りにしているかなど、街歩き時の人間の視界や視線に関する検証はなされていない。また、写真ライフログに関する研究ではあるが、Isola らは、風景の写真はたとえ綺麗な写真であっても人物が写った写真より記憶に残りにくいことを明らかにしており、前章で引用した新垣の研究でも、迷いやすい人の道を覚えるときの特徴として、静的な対象である景観や建物などよりも動的な対称である歩行者や走行車の方を記憶する傾向があると述べられてい

る。[21] このことからも歩行者の注意は、実際にはランドマークよりも通行人や対向車などに注意がむいている可能性が考えられる。さらに、ほとんどの研究の評価実験では、車載ビデオや Google ストリートビューを用いて街を歩く状況を仮想的に作っている。しかし仮想駅な実験では、移動方向や視界の制約があるため、実地での実験が必要であると考えられる。しかし、実地での評価実験を行っている研究は中澤らの研究と森永らの研究に限られるため非常に少ないと言える。一方、本研究では実際に街を歩く実験を通してし秋や視線のログデータを記録し、歩行中に注意する対象を分析する点でこれらの研究と異なる。

第 3 章
理想的な方向指示タイミングの提案

3.1. 既存のナビゲーションシステムの問題点

現在、様々なナビゲーションシステムが存在しているが、前章で述べたように、今あるナビゲーションは指示のタイミングと指示方法に関して効果的なものとは言えない。そのため、ナビゲーションの適切な指示タイミングを見つけるための関連要素を見つけることで、ナビゲーションにおける指示のあり方を見直すきっかけになると考えている。

なぜなら街歩きや運転でのカーナビにおいて、指示タイミングが速すぎて曲がり角を間違えてしまうことや、遅すぎてまばらな間隔を直進してしまったという間違いが発生し、ユーザーを混乱させてしまうことが多く見受けられる。これはナビゲーションの指示のタイミングに問題があると考えられる。適切なタイミングであれば曲がるべき場所で曲がることができ道迷いを減らすことができるだろう。

また、GPS を見てもなお、第一歩目をどちらに進むべきかわからない。現実の風景と地図が、脳内でうまく照合されないため、いちかばちか勘で歩き出した結果反対に進んでしまうといったこともあげられる。地図上の青丸が思い通りの方向に動けば「こっちで合ってた！」と安堵し、反対側に動けば「違った！」と戻るなどの光景がよくみられる。この高度に文明が発達した現代において、「実際に歩いてみる」という非常に原始的な手段でしか方向を確認できないのは非常に煩わしい。

また、日常生活において地理情報や方向情報を提示するものとして案内板などの看板・地図や道路の標識などがある。しかしこれらは、土地勘のない人や地図を読むことに慣れていない人にとっては自分の位置と進むべき方向の対応づけが

難しい。この問題点を解決した歩行ナビゲーションツールとして、スマートフォンの地図アプリと GPS を組み合わせた Google Map や Apple Map のようなナビゲーションツールが存在する。これは目的地を設定すると自動で現在地から目的地までのルートを表示しナビゲーションするものであり、従来の地図とは異なり自分の位置と方向を把握できる。しかし、こうしたツールをスマートフォン等を用いて歩行中に利用する場合、ユーザーの注意はナビゲーション情報を提示しているスマートフォン画面に集中してしまう。このように画面に提示される情報を見ながら歩き、周囲の状況把握が疎かになってしまう状態は「歩きスマホ」と呼ばれており、衝突や転落などの事後の原因となりうる。歩きスマホにならない歩行ナビゲーションとして、音声ガイダンスを用いる聴覚提示型の歩行ナビゲーションや目的地の方向や距離を振動によって提示する触覚提示型の歩行ナビゲーションも多く提案されている。これらは歩きスマホにならない直感的な歩行ナビゲーションを実現していると考えられるが、やはりユーザの注意が聴覚ないし触覚に錯覚に割かれていると考えられる。こうした課題に対し、ユーザによるナビゲーション情報の解釈を極限まで減らすために、ナビゲーション情報の解釈が不要なるほど歩行ナビゲーションがいくつか提案されている。しかし、継続的な利用が困難であったり、転倒の危険があるという問題点が存在する。以上のように視覚や聴覚、触覚に働きかけるデバイスベースの研究が多く、指示の方法はいくらでも考えられるが、いつどういう指示をしたらいいかがないため有効な方法とは言えず、ユーザ目線から考えた研究はない。そこで人が街歩きをする際、周辺情報の認知と街歩き挙動による方向感覚の違いが現れるのかを確認することで、ユーザの補助となるものを開発できるのではないかと考えた。

一方ナビゲーションを使用していて指示が必要ないのにもかかわらず指示し続ける問題もある、ユーザーにとって必要以上の情報提示は、街歩きの妨害になってしまうことや、気がそれることにより道迷いの可能性を高めてしまうことがあると考えられる。

以上より、本研究ではナビゲーションによる方向指示は常に必要ではなく、街歩きにおいて迷った瞬間を検出し、その瞬間に情報を与えるのが適切であるという仮説を立て実験を行っていく。

また、人が初めて訪れた土地をどのようにして、土地勘を形成していくのかを、認知マップを書くことによって明らかにし、方向感覚がどのような行動や認識的特徴から成立しているのかといった分析も行う。

3.2. 道を迷いやすい人へのインタビュー調査

まず、街歩きにおいて重要な要素を抽出するために、道を迷いやすい人 2 人を対象にしたインタビュー調査を行った。被験者に道迷いの原因、その反対の道を間違えないときについてなどの質問をしたところ、以下の原因が挙げられた。
道を間違える原因

- 方向指示タイミングが早すぎ遅すぎ
- 歩いていて頻繁にスマホ画面を確認するのは危険だから見ない
- 視覚だと直感的に分かりにくい
- 勘違い (ミス)
- 人混みで道が分かりにくい
- 周りの建物に目が行きすぎる
- 誰かと話している
- 曲がるのを忘れる
- マップの表示されている建物と実際の建物が違う
- 道が複雑
- 注意が別の方に向いている
- 「次左です」の指示で曲がるタイミングがいつくるかわからなくて通り過ぎる

- 次は目の前の小道なのか、それとも少し先の十字路なのか非常にわかりにくい

などが挙げられた。まず間違えてしまう原因について、問題を大きく分類すると、タイミング、心理的要因、提示方法の 3 つに分類することができる。心理的要因については通常の歩行とは違い周りを確認するという意識の欠如が道迷いを引き起こすと考えられる。提示方向については上記に述べたように多くの研究で行われているが、効果的な方法が提示されていないため他のアプローチを検討する必要がある。タイミングに関してはナビゲーションによる情報指示のタイミングが適切でないことが挙げられる。

道を間違えないとき

- 一回通った道は問題ない
- 景色を確認している
- 公園とか大通りなど雰囲気を覚えていた

道を間違えないときについては、同じ道を何度も通り経験的に覚えることによって間違わなくなるケースや歩行中に周りの景色を確認していることなどが挙げられた。この結果により認知できる周辺情報の量が道迷いに起因すると考えられる。インタービュー結果より共通して言えることは、街歩き中の周辺情報の欠落が道迷いを引き起こしているということである。

道迷いを検出するためには、まずなんらかの方法で道迷い行動を検出する必要がある。そのなかで周辺情報を得るための動きとして頭の首振りが関連があるのではないかと考えた。

3.2.1 道迷い行動

近年、モバイル GPS 機器の発達により歩行者の現在地や移動軌跡をリアルタイムで観測・収集することが容易となった。そのため、GPS センシングデータによって道迷い行動を検出することが考えられる。

道迷いに関する先行研究としては迷いにくくなる地図情報や AP を用いた経路情報の提示などがあり、これらの研究ではルート推薦に対し、そのルートから外れた場合を道迷いとして定義している。しかしユーザーの意図的な寄り道や混雑回避のための迂回を行うことがある。こうした迂回・寄り道行動と道迷い行動は、ユーザーの主観によって区別され、センシングデータだけでは外径的に道迷いと区別がつかない。ユーザーの主観を用いて道迷い行動を定義することも考えられるが、ユーザーは自分自身が迷っていないと認識していても明らかな遠回りしていることがある一方、逆に自分が迷っていると認識しているにもかかわらず、出発地から目的地への最短経路を通ることがある。このように、外径的あるいは内面的に道迷い行動を狭く定義することは困難である。

そこで本研究では、歩数が止まりながらの首振り動作を行うことを道迷い行動として定義し、道迷いを引き出す実験により街歩きの逸脱行動の検出を行う。

3.3. 迷いを誘発する街歩き実験

3.3.1 実験の目的

本実験はナビゲーションデバイスへの応用を念頭に、デバイスに用いるための要素を抽出するための実験とし、人が初めて訪れる場所において、道迷いを意図的に引き起こし、自らの頭の中で空間認知能力により形成される地図 (認知マップ) の特徴を方向感覚自己評定に基づいた成績群 (方向感覚がない人の街歩きと方向感覚がある人の街歩き) で分けて比較することで、特徴を抽出する。

実験では被験者が訪れたことのない街を一定時間散策し、頭の中に形成された記憶のみで認知マップ書いてもらうことで空間認知能力を可視化し、それら結果を分析して評価する。被験者に 15 分ほど普段の街歩きを自由にさせた後、出発地点に戻るように伝え、そこを目的地として迷いながら歩いてもらう。このアプローチは外からこういう情報が与えればいいのではないかと言って提案するのではなく、人間の内在的なものを抽出して、本当に街歩きにおいて必要としているものを引き出すことで、それにあったアプローチをするのである。これにより、人の思考や挙動を考慮した案内システムへの応用が期待される。

また 2020 年現在、新型コロナウイルス感染拡大の影響のため、実験を進めていくにあたり、実験者と被験者の直接の接触がないように注意を払った。

3.3.2 実験手法

本実験は図 3.1 のプロセスを経て進めていく。実験では被験者に実際に道迷いを引き起こさせる必要があるため、実験における対象地は事前に被験者の訪れたことのない駅を複数伺い、その中で街構造が複雑な街を実験者が選定した。被験者には以下のような質問に対する回答・作業をしてもらう:(1) 氏名、(2) 性別、(3) 年齢、(4) 在住、(5) 方向感覚の自己評定つぎに、被験者に対象地を一定時間散策してもらう。サンプリング時間は 30 分間とした。実験開始時間を記録して実験を開始する (できれば秒単位)。散策の際は携帯を使わずに街にあるものだけを頼りに歩いてもらう。実験開始 15 分は目的地を指定せず多くの曲がり角を曲がることを意識してもらいながら自由に歩いてもらう。そして後半の 15 分に差し掛かったタイミングで被験者に実験開始地点を目指すように伝える。後半 15 分が経ったタイミングで被験者の位置を記録し街歩き実験を終了する。散策終了後、駅前のカフェにいき、散策終了後 30 分後を目安に、予告なしで街の地図を自由に記述させる。

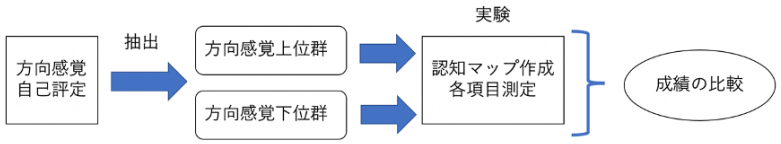

図 3.1　実験プロセス

・実験手順

1. スタート時点の駅前に行き、各実験装置を被験者に装着する。

2. 実験条件の説明をする。

3. スタートの合図と同時に歩いてもらう。またその時の時刻を秒単位で記録する。

4. 実験者は被験者と約 20m ほど距離をあけながらついていく。

5. 30 分後に散策を終了し、被験者の現在地を記録する。

6. 最寄駅にあるカフェに行き、散策終了後 30 分後を目安に、被験者に予告なしで街の地図を自由に記述させる。

認知地図

記憶を頼りに描いた地図を見ると、その人が街から得ている情報量や視点、方向感覚など、さまざまなことが分かる。歩いているときの癖や特徴が反映された地図を被験者ごとに比べる。

方向感覚の自己評定

方向感覚の自己評定には、方向感覚質問紙簡易版（Sense of Direction Questionnaire-Short Form: SDQ-S；竹内，1990）を使用する。SDQ-S は方向感覚の良し悪しを自己評定するために開発された心理尺度であり、「方位と回転」と「記憶と弁別」の 2 因子を構成する質問 20 項目から構成されている。「方位と回転」因子には，方位の認知や方向の回転，地図の読み取りなどの能力について尋ねる質問が含まれており、“ よくあてはまる ” から “ まったくあてはまらない ” までの 5 段階で評定させ、方向感覚が悪いほど点数が高くなるように 1 〜 5 点の点数を付与する。

1. 知らない土地へ行くと、とたんに東西南北がわからなくなる。

2. 知らないところでも東西南北を間違えない。

3. 道順を教えてもらうとき「左、右」で指示してもらうとわかるが、「東西南北」で指示されるとわからない。

4. 電車 (列車) の進行方向を東西南北で理解することが困難。

5. 知らないところでは自分の歩く方向に自信が持てず不安になる。
6. ホテルや旅館の部屋に入るときその部屋がどちら向きかわからない。
7. 事前に地図で調べていても初めての場所へ行く事はかなり難しい。
8. 地図上で自分のいる位置をすぐに見つけることができる。
9. 頭の中に地図のイメージを生き生きと思い浮かべることができる。
10. ところどころ目印を記憶する力がない。
11. 目印となるものを見つけられない。
12. 何度も行ったことのあるところでも目印になるようなものをよく覚えていない。
13. 特に車で右折・左折を繰り返して目的地にたどり着いた時、帰り道はどこでどう曲がったら良いかわからなくなる。
14. 自分がどちらに曲がってきたかを忘れる。
15. 道を曲がるところでも目印を確認しない。
16. 人に言葉で詳しく教えてもらっても道を正しくたどれないことが多い。
17. 見掛けのよく似た道路でもその違いをすぐに区別することができる。
18. 2 人以上であると人についていって疑わない
19. 所々の目印を記憶する力がない。
20. 景色の違いを区別して覚えることができない。

記録 (測定) 項目

実験前

- 実験開始時刻
- 天気、湿度、気温、街の混雑状況、被験者のコンディション
- 方向感覚の自己評定

実験中

- 目線 (犯記録用キャップ)　被験者の頭に装着。実験中の被験者の目線を記録する。
- 頭の回転 (Sensor Kinetics) 3.2(図 3.2) キャップの点ボタンの裏にスマートフォン用ポケットを設け、頭に装着する。

  首振りにより迷っていることを検出するために、実験中の被験者の首振り (ピッチ、ロール、ヨー角) を記録する。

- 歩いた経路 (Android スマホ:GPS 経路ロガー)(iPhone:Zweite GPS) (図 3.3) 被験者が実験中に歩いた経路を記録し、実験後にデータを提出。
- 歩いている時の仕草や癖実験中における被験者の行動を、実験者が被験者の後をついていくように歩いてく。

実験後

- 実験後の認知マップ
- 言語による町の説明

また、実験装置を装着した様子を (図 3.4) に示す。

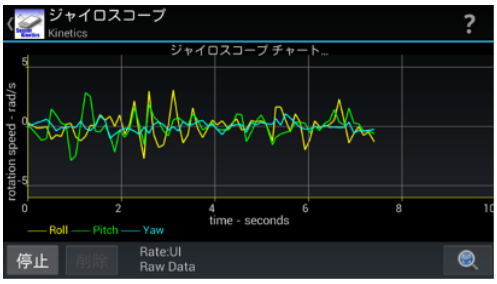

図 3.2 Sensor Kinetics ジャイロスコープチャート

図 3.3 GPS 経路ロガー画面

図 3.4 実験装置の装着の様子

3.3.3 実験結果

実験結果

方向感覚自己評定

被験者 12 名に A から L を割当て、方向感覚自己評定の調査を行った。自己評定の結果を表 3.1 に示す。

表 3.1 被験者の自己評価

被験者 質問番号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	5	2	2	4	1	2	4	4	1	3	2	3
2	3	4	2	4	1	4	3	3	4	2	2	4
3	2	1	1	4	1	1	2	1	2	1	1	4
4	1	2	3	4	1	4	3	1	4	1	1	3
5	5	2	3	2	2	4	3	3	5	4	4	3
6	2	2	1	2	2	3	2	1	4	2	1	2
7	1	2	4	3	3	3	2	5	5	3	1	2
8	4	3	3	3	2	4	4	1	2	3	3	3
9	5	4	2	4	1	1	1	2	1	3	3	5
10	2	3	2	3	3	4	3	1	5	3	1	3
11	2	3	3	5	1	3	2	4	5	4	2	5
12	5	4	2	2	2	2	3	2	5	2	2	4
13	5	1	2	2	1	4	1	5	2	3	2	3
14	4	4	3	2	1	4	2	5	2	2	2	3
15	4	3	2	1	3	1	4	1	4	3	3	5
16	1	3	4	4	2	3	4	3	1	4	2	2
17	4	4	3	2	1	2	2	3	4	2	5	3
18	1	2	4	1	1	5	2	5	4	2	5	5
19	4	4	3	2	1	4	3	1	5	3	2	2
20	5	4	4	4	2	2	4	5	5	3	3	3
21	4	2	2	3	1	2	3	3	5	3	3	4
合計	69	59	55	61	33	62	57	59	75	56	50	71

被験者 A の街歩き

被験者 A の認知地図を図 3.5 に示す。図を見ると歩行した道に関しては線で記してあり、歩行中に目に止まった建物や道路の特徴が記してあり、全体を俯瞰してみていていることがわかる。さらに細かい曲がり角や、建物のイメージ歩行経路の角度についても詳細に記してある。実際の歩行経路の記録は失敗してしまったが、認知地図と Google Map を比較してみたところ、経路の角度や距離感、曲がった回数や道の交点などがほとんど一致しており、ランドマークとして認識していることがわかる。また、被験者への街歩き後のインタビューによると被験者 A は道を覚える際にセミの音や少年が蹴るサッカーボールの音など環境の音を頼りに空間を把握しており、前半の歩行の道の選択に影響していると考えられる。

表 3.2 被験者 A の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	25	気温	28 ° C
居住地	日吉	時間帯	18:30-19:00
運動経験	無	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	69	対象地	日吉本町

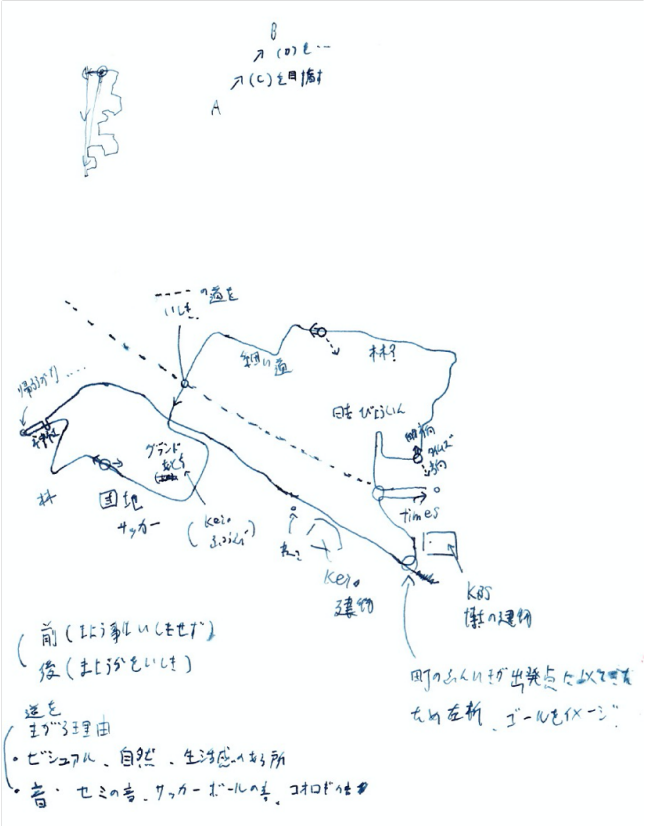

図 3.5　被験者 A の認知地図

被験者 B の街歩き

被験者 B の認知地図を図 3.6 に示す。図を見ると歩行した道に関しては直線で記してあり、曲がり角はすべて直角で記してある。歩行中に目に止まった建物や道の特徴が記してある。歩行経路についても歩いた角度を詳細に歩行範囲が狭い印象があった。被験者 B は普段運動はすることがなく、実験日も気温が高く日差しが強かったため、行動範囲が狭まったと考えられる。全体を俯瞰して買いていることがわかる。街歩き後のインタビューによると被験者 A は道を覚える際にセミの音や少年が蹴るサッカーボールの音など環境の音を頼りに空間を把握していた。

被験者 B はお店などのランドマークには気づけている一方、何となく道路を直線で描いているが、曲がり角を全て直角として認識している印象がある。インタ

ビューでは道によく迷うと言っていたが、結果として目的地までたどり着くことができた。

表 3.3 被験者 B の属性及び実験環境

性別	女	天気	晴
年齢	23	気温	32 ° C
居住地	日吉	時間帯	7:00-7:30
運動経験	無	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	59	対象地	日吉本町

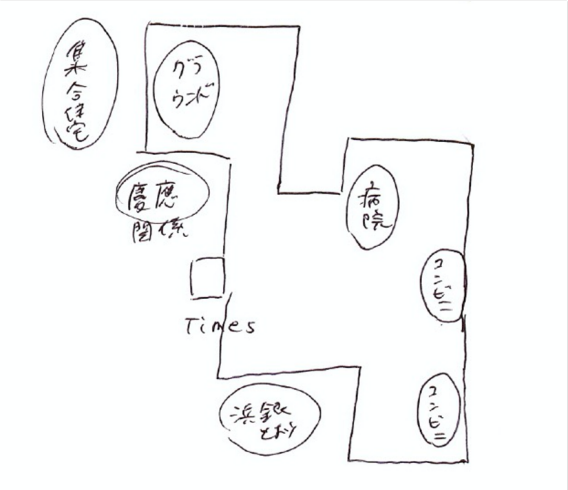

図 3.6 被験者 B の認知地図

被験者 C の街歩き

被験者 C の認知地図を図 3.7 に示す。図を見ると歩行した道に関しては直線と曲線を使い分けで記しており、建物や道の特徴については少ない印象がある。歩行経路についても歩いた角度は直角が多いが要所では曲線を使って描いている。後半の歩行の際の経路に関しては覚えておらず空間だけで示していることがわかる。被験者は普段運動はせず、方向感覚自己評定スコアが 59 と他の被験者よりスコアが低い印象。

結果的に目的地にたどり着くことはできたが、被験者 C は実験後のインタビューによると普段よく道に迷うことがあり、実験でも自己位置がわからなくなってしまっていたが、実験終了直前に正面から人が歩いてきて、その情報を頼りにその先に駅があると推測したと考えられる。

表 3.4 被験者 C の属性及び実験環境

性別	女	天気	曇
年齢	19	気温	24.5 ° C
居住地	日吉	時間帯	23:00-23:30
運動経験	無	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	55	対象地	日吉本町

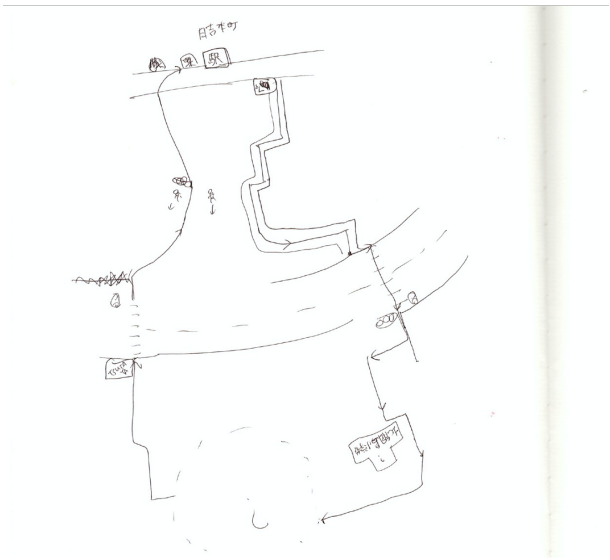

図 3.7 被験者 C の認知地図

被験者 D の街歩き

被験者 D の認知地図を図 3.8 に示す。また被験者 D の歩行経路を図 3.9 に示す。方向感覚自己評定スコアは 61 と被験者の中では高い部類に属している。認知マップを見てみると、歩行した経路は全て直線で曲がり角は 90 度で描かれいている。

建物に関する情報は描かれておらず、スタート地点で見かけた建物、街歩き中道路にたまたま止まっていたパトカーの位置を記していた。また被験者 D は後半の街歩きを 10 分ほどで目的地にたどりついてしまったため、余った時間でスタート地点から別方向に進み、数分で前半で見たことのある通りに差し掛かると、同じ道を使って目的地に戻ってくることができた。街歩き後のインタビューでは歩行中に見かけた建物はほとんど覚えておらず、自分がどれくらい歩いてきてどれくらい曲がったかを記憶して目的地に向かっていたという。また前半１５分で歩いた大通りを見つけた瞬間に自己位置を把握したと話している。認知マップと歩行経路を比較してみると、直線の距離感覚や曲がった回数などがほぼ正確に描かれていることがわかる。首振りに関して、実験機器が動いておらず計測することができなかった。

表 3.5　被験者 D の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	23	気温	20 ° C
居住地	高田馬場	時間帯	23:00-23:30
運動経験	有	街の混雑状況	やや混み
方向感覚自己評定スコア	61	対象地	都立大学

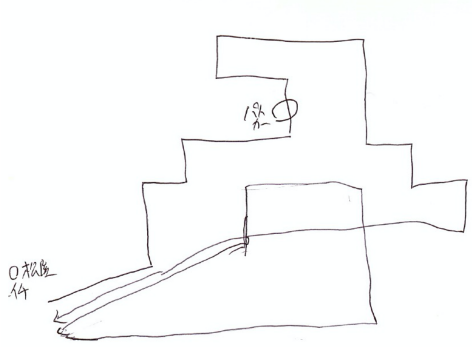

図 3.8　被験者 D の認知地図

図 3.9　被験者 D の歩行経路

被験者 E の街歩き

被験者 E の認知地図を図 3.10 に示す。また被験者 E の歩行経路を図 3.11 に示す。今回の被験者の中で最も方向感覚自己評定のスコアが低い値を示した。認知マップを見てみると、歩行した経路は全て直線でなんとなく大きい通りを広めに描かれている。建物に関する情報は不足しており特徴的なものはなく、目に止まった一つの建物のみ描かれていた。曲がった角度は直角のみで表され正確ではあったが、曲がった回数に関しては歩行経路と比較して明らかに少なかった。歩行中に記憶している建物もほとんどなく、要所のみ書かれたシンプルな認知マップとなった。距離感覚についても大通り沿いに直線に歩いた距離と大通りに対して直角に曲がった経路の距離感覚が大幅にずれていることが見受けられ、実際の歩行と感覚のずれが大きい。歩行中の被験者の音声についても、「道がわからない」、「迷ってしまった」と連呼しており、自己位置を完全に見失っていた。最初の 15 分で選択した道は大通りに沿って直線であったが、15 分が経ち目標地点に向かう際、直線で歩いてきたことを忘れてしまい周辺をぐるぐると周り、時間が経てばたつほど自己位置がわからなくなってしまっている印象であった。何度も通った道を見かけていたがほとんど覚えていなかった。

首振りに関して、前半の街歩きにおいて周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 3 回確認できた。これらの首振りを平均すると 27 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分は前半のおよそ 1.5 倍である平均 40 度を超える首振りが 13 回と明らかに迷いに対してヒントとなる情報を探すための首振りであると考えられる。また後半の平均首振り感覚が前半の 2 倍以上で記憶にある道を探すのに必死な印象があった。また結果として時間が足らず出発地に戻ってくることはできなかった。

表 3.6　被験者 E の属性及び実験環境

性別	女	天気	曇
年齢	19	気温	19.5 ° C
居住地	川崎	時間帯	19:30-20:00
運動経験	有	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	33	対象地	六郷土手

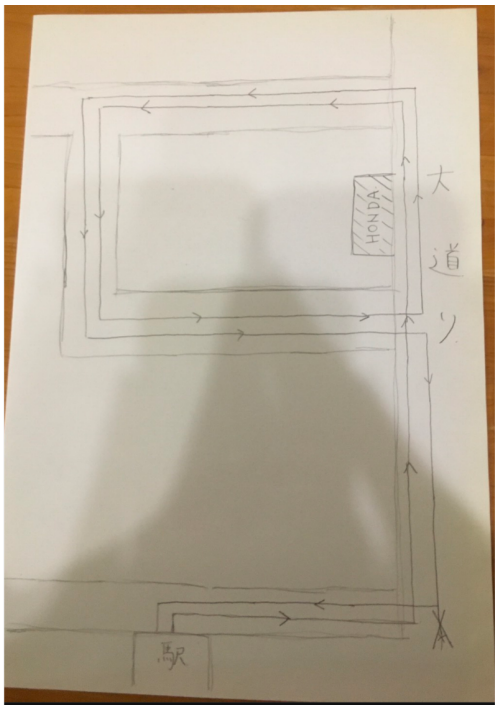

図 3.10　被験者 E の認知地図

図 3.11　被験者 E の歩行経路

表 3.7　被験者 E の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	3	13
平均首振り角度 (°)	27	43.3
最大角度 (°)	38	46
平均首振り間隔 (s)	191	71

被験者 F の街歩き

被験者 F の認知地図を図 3.12 に示す。図を見ると歩行した経路は曲線、道に関しては直線で記してあり、歩行中に目に止まったああ住宅街や、信号などが描かれている。被験者 F は街歩きの際に 2 度ほど行き止まりに差し掛かり、U ターンをしたがこの動作も認知マップに描かれている。細かな曲がり角は省略しているが、曲がった回数や経路の大まかな形は一致している印象。ただ一度通った道を後半でもう一度通っているのだが、被験者は、違う道として認識している。同じ道であっても目線の違いで違う道と認識させてしまっている。インタビューによ

ると普段の街歩きでは特に意識して歩いているというわけではなく、目的地を設定した時におおよその方角に向かって歩いているという。15 分以降自己位置がわからなかったが、大きく円を描くように歩いた後、前半で見かけた住宅を発見し自己位置を認識したと話している。また、方向感覚自己評定スコア 62 と中間値的なスコアとなっている。地形の標高差があり、前半が登り坂だったため、後半は 5 分ほど残して目的地に帰ってくることができた。

首振りに関して、周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 7 回確認できた。これらの首振りを平均すると 25 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分は前半のおよそ 2 倍である平均 25 度を超える首振りが 8 回と回数はほぼ同数であったが迷いに対してヒントとなる情報を探すための首振りであると考えられる。

表 3.8 被験者 F の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	20	気温	21.5 ° C
居住地	日吉	時間帯	9:00-9:30
運動経験	有	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	62	対象地	高田

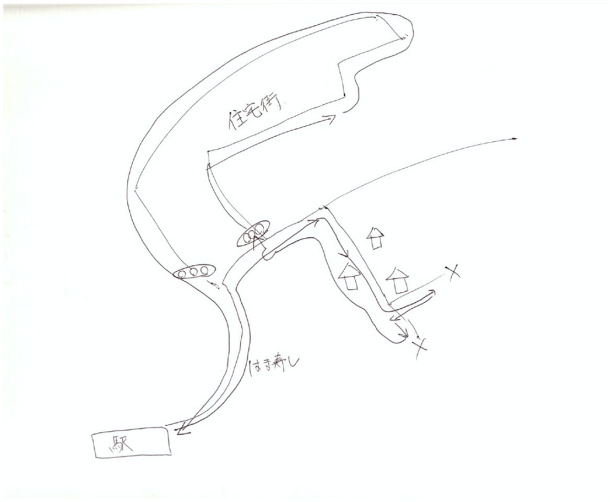

図 3.12 被験者 F の認知地図

図 3.13 被験者 F の歩行経路

表 3.9 被験者 F の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	7	8
平均首振り角度 (°)	29.7	32.3
最大首振り角度 (°)	43.6	54.8
平均首振り間隔 (s)	57.4	61.1

被験者 G の街歩き

被験者 G の認知地図を図 3.14 に示す。方向感覚自己評定のスコアは比較的高い値を示したが、最終的に目的地へ戻ってくることはできなかった。認知マップを見てみると、歩行した経路のみ曲線で描かれている。曲線の方向は歩いた方角を示しており、建物や地形に関する情報が記入されているが基本的に不足しており特徴的なものはなかった。曲がり角は他の被験者と違い細かい感覚の曲線で描かれている。、曲がった回数に関しては歩行経路と比較しておおよそ一致しているが、目的地に帰ってくることができなかった。歩行中に記憶している建物もほとんどなく、要所のみ書かれたシンプルな認知マップとなった。歩行速度も一定で立ち止まることなく進んでいたが、実験終了地点では目的地とは大幅にずれており完全に自己位置を見失っていた。最初の 15 分で道を蛇行するように選択することで道迷いを引き出すことができた。15 分が経ち目標地点に向かう際、直線で歩いてきたことを忘れてしまい周辺をぐるぐると周り、時間が経てばたつほど自己位置がわからなくなってしまっている印象であった。何度も通った道を見かけていたがほとんど覚えていなかった。

首振りに関して、周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 7 回確認できた。これらの首振りを平均すると約 30 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分においても前半の平均首振り角度と回数が約 32 度、13 回と明確な差は出なかった。

表 3.10 被験者 G の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	22	気温	22 ° C
居住地	日吉	時間帯	10:00-10:30
運動経験	有	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	57	対象地	高田

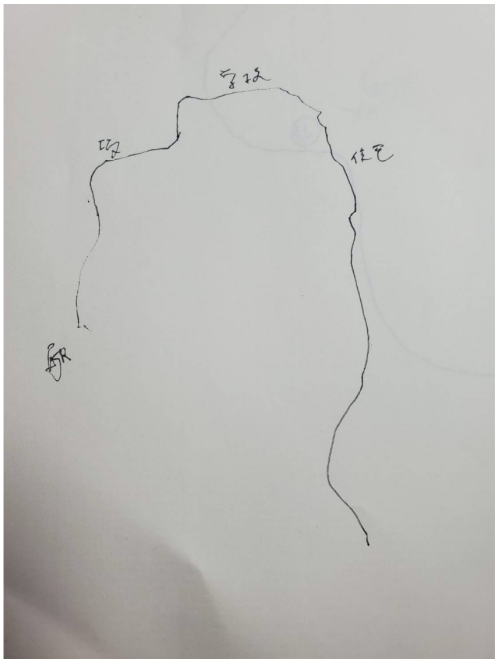

図 3.14 被験者 G の認知地図

図 3.15　被験者 G の歩行経路

表 3.11　被験者 G の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	4	13
平均首振り角度 (°)	26.8	30.5
最大角度 (°)	28.3	58.2
平均首振り間隔 (s)	146	63

被験者 H の街歩き

被験者 H の認知地図を図 3.16 に示す。また被験者 H の歩行経路を図 3.17 に示す。認知マップを見てみると、歩行した経路は全て曲線で描かれている。建物に関する情報は不足しており特徴的なものはなく、目に止まった一つの建物のみ描かれていた。曲がった角度や曲がった回数に関しては歩行経路と比較しておおよそ類似していた。歩行中に記憶している建物もほとんどなく、要所のみ書かれたシンプルな認知マップとなった。距離感覚についても正確に記している。街歩き後のインタビューによると被験者 H は普段道に迷うことが滅多になく、今回の実

験でも実験終了 5 分前に目的地にたどり着いた。首振りに関して、前半の街歩きにおいて周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 27 回確認できた。これらの首振りを平均すると約 39 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分は前半とほぼ同じ角度で平均 40 度であり、首振りが 9 回と明らかに減少した。

表 3.12　被験者 H の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	18	気温	23 ° C
居住地	日吉	時間帯	13:30-14:00
運動経験	有	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	59	対象地	東白楽

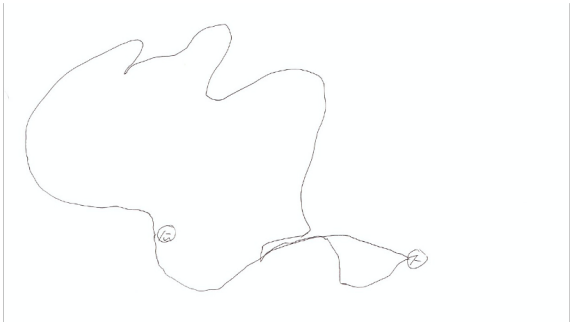

図 3.16　被験者 H の認知地図

図 3.17　被験者 H の歩行経路

表 3.13 被験者 H の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	27	9
平均首振り角度 (°)	39.4	42.3
最大角度 (°)	52.4	64.8
平均首振り間隔 (s)	28.5	56.2

被験者 I の街歩き

被験者 I の認知地図を図 3.18 に示す。図を見ると歩行した道に関しては線で記してあり、歩行中に目に止まった建物や道の特徴が記してある。今回の被験者の中で最も方向感覚自己評定のスコアが高い値を示した。認知マップを見てみると、歩行した経路は全て直線でなんとなく大きい通りを広めに描かれている。建物に関する情報は不足しており特徴的なものはなく、目に止まった一つの建物のみ描かれていた。曲がった角度は直角のみで表され正確ではあったが、曲がった回数に関しては歩行経路と比較して明らかに少なかった。歩行中に記憶している建物もほとんどなく、要所のみ書かれたシンプルな認知マップとなった。

首振りに関して、前半の街歩きにおいて周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 6 回確認できた。これらの首振りを平均すると約 46 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分は前半とほぼ同じ平均 40 度で首振り回数が 13 回と回数は 3 倍以上増加したが角度に関しては明確な差が見られなかった。また後半の平均首振り感覚が前半の半分以下であるため、高い頻度で周辺を見回し、自己位置の把握に勤めていたことがわかる。また方向感覚の自己評価が高いにもかかわらず、結果として時間が足らず出発地に戻ってくることはできなかった。

表 3.14 被験者 I の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	24	気温	22.5 ° C
居住地	蘇我	時間帯	16:00-16:30
運動経験	有	街の混雑状況	やや混雑
方向感覚自己評定スコア	75	対象地	目黒

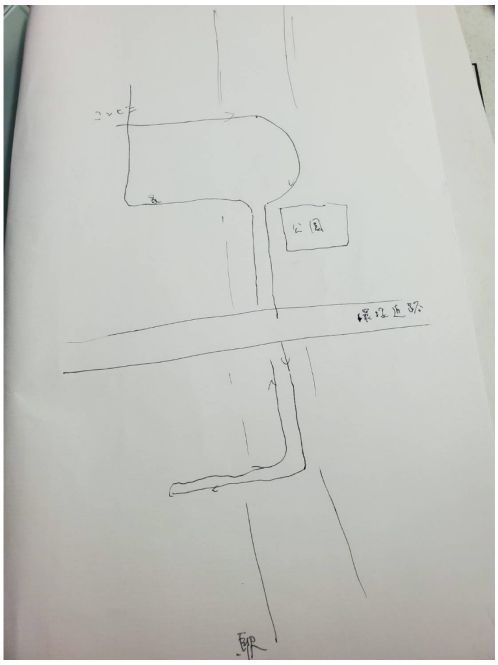

図 3.18 被験者 I の認知地図

図 3.19　被験者 I の歩行経路

表 3.15　被験者 I の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	6	14
平均首振り角度 (°)	46.3	42.5
最大首振り角度 (°)	56.4	54.2
平均首振り間隔 (s)	125.8	55.7

被験者 J の街歩き

被験者 I の認知地図を図 3.18 に示す。図を見ると歩行した道に関しては直線で、曲がり角は全て直角で記しており、歩行中に目に止まった建物や道の特徴が記してある。認知マップを見てみると、歩行した経路は全て直線でなんとなく大きい通りを広めに描かれている。建物に関するランドマークとして大通りと線路が描かれており、街歩きの目印としていた。曲がった角度は直角のみで表され、曲がった回数に関しては歩行経路と比較して多い印象である。

首振りに関して、前半の街歩きにおいて周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 5 回確認できた。これらの首振りを平均すると約 35 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分は前半とほぼ同じ平均 40 度で首振り回数が 21 回と

回数は 4 倍以上増加し明らかに迷いに対してヒントとなる情報を探すための首振りであると考えられる。また後半の平均首振り感覚が前半に比べて増加しており、記憶にある道を探すのに必死な印象があった。結果として時間が足らず出発地に戻ってくることはできなかった。

表 3.16　被験者 J の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	21	気温	20.5 ° C
居住地	氷川台	時間帯	18:50-19:20
運動経験	有	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	56	対象地	学芸大学

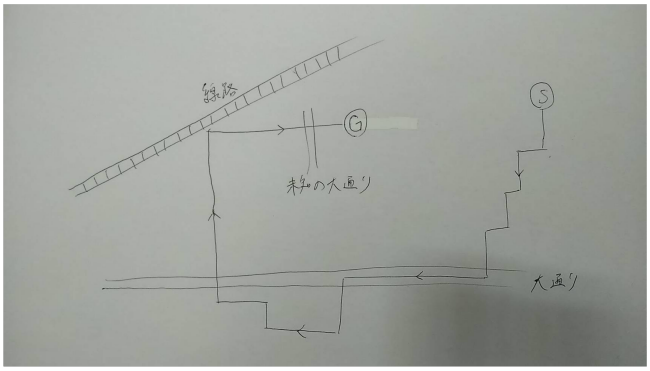

図 3.20　被験者 J の認知地図

図 3.21　被験者 J の歩行経路

表 3.17　被験者 J の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	5	21
平均首振り角度 (°)	34.6	41.3
最大首振り角度 (°)	42.4	62.5
平均首振り間隔 (s)	126.4	43.1

被験者 K の街歩き

被験者 K の認知地図を図 3.22 に示す。また被験者 K の歩行経路を図 3.23 に示す。認知マップを見てみると、歩行した経路を直線でなんとなく大きい通りを広めに描かれている。建物などは要所で商店街や歯科などを通り沿いに描いている。曲がった角度は直角のみで表され正確ではあったが、曲がった回数に関しては歩行経路と比較して明らかに少なかった。距離感覚についても大通り沿いに直線に

歩いた距離と大通りに対して直角に曲がった経路の距離感覚が大幅にずれていることが見受けられ、実際の歩行と感覚のずれが大きい。街歩きに関しては同じとことをぐるぐると回り、同じ道を何度か通ったのにもかかわらず自己位置を見失っている印象であった。最初の 15 分で選択した道は大通りに沿って直線であったが、15 分が経ち目標地点に向かう際、直線で歩いてきたことを忘れてしまい周辺をぐるぐると周り、時間が経てばたつほど自己位置がわからなくなってしまっている印象であった。何度も通った道を見かけていたがほとんど覚えていなかった。

首振りに関して、前半の街歩きにおいて周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 10 回確認できた。これらの首振りを平均すると約 25 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分は前半のおよそ 1.5 倍である平均 35 度を超える首振りが 18 回と明らかに迷いに対してヒントとなる情報を探すための首振りであると考えられる。また後半の平均首振り感覚はあ前半と同様で変化はまた結果として時間が足らず出発地に戻ってくることはできなかった。

表 3.18　被験者 K の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	23	気温	19.5 ° C
居住地	三軒茶屋	時間帯	19:45-20:15
運動経験	有	街の混雑状況	やや混雑
方向感覚自己評定スコア	50	対象地	祐天寺

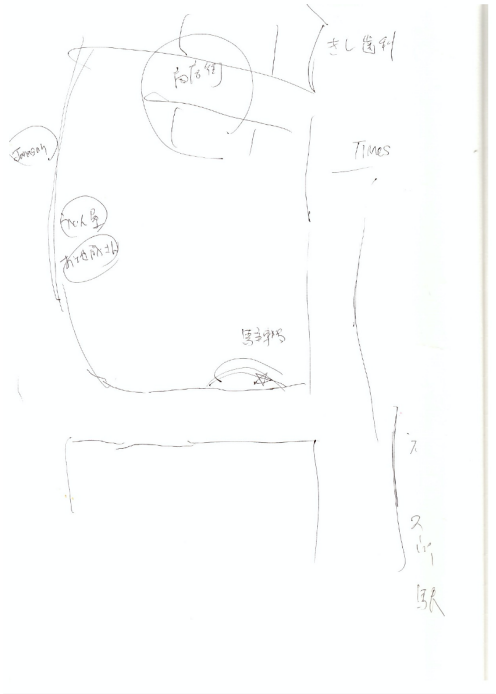

図 3.22 被験者 K の認知地図

図 3.23 被験者 K の歩行経路

表 3.19 被験者 K の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	10	18
平均首振り角度 (°)	25.1	37.4
最大首振り角度 (°)	32.4	76.7
平均首振り間隔 (s)	47.3	41.5

被験者 L の街歩き

被験者 L の認知地図を図 3.24 に示す。また被験者 L の歩行経路を図**??**に示す。認知マップを見てみると、歩行した経路は全て曲線で描かれている。建物に関する情報は不足しており特徴的なものはなく、目に止まった一つの建物のみ描かれていた。曲がった角度や曲がった回数に関しては歩行経路と比較しておおよそ類似していた。歩行中に記憶している建物もほとんどなく、要所のみ書かれたシンプルな認知マップとなった。距離感覚についても正確に記している。街歩き後のインタビューによると被験者 L は普段道に迷うことが滅多になく、今回の実験でも実験終了 5 分前に目的地にたどり着いた。

首振りに関して、前半の街歩きにおいて周りを見渡したり安全を確認するための首振りを 15 回確認できた。これらの首振りを平均すると約 37 度となった。対して目的地を意識する後半 15 分は前半とほぼ同じ角度で平均 40 度であり、首振りが 7 回と明らかに減少した。

表 3.20 被験者 L の属性及び実験環境

性別	男	天気	曇
年齢	23	気温	18.5°C
居住地	大岡山	時間帯	21:20-21:50
運動経験	有	街の混雑状況	空き
方向感覚自己評定スコア	71	対象地	元住吉

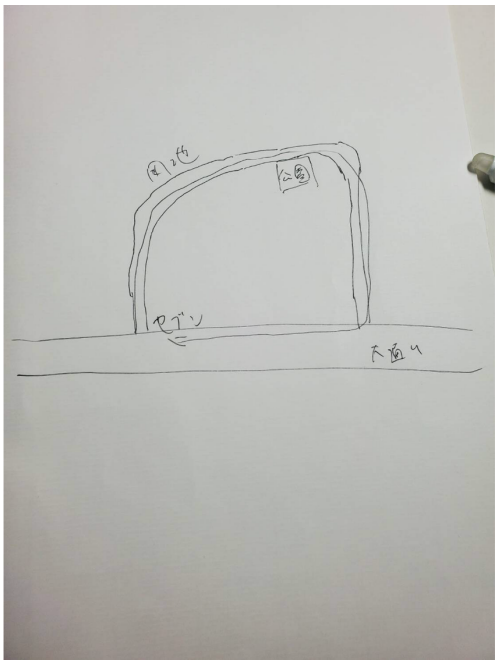

図 3.24 被験者 L の認知地図

図 3.25 被験者 L の歩行経路

表 3.21 被験者 L の首振り

	自由歩行	迷い歩行
首振り回数 (回)	15	7
平均首振り角度 (°)	37.3	40.5
最大首振り角度 (°)	49.7	54.7
平均首振り間隔 (s)	33.8	125.8

第 4 章
方向指示タイミングに関する考察

4.1. 方向感覚自己評価に基づいた認知マップの考察

実験結果より、道に迷いやすい人及び迷った人に共通した特徴として以下の 2 点が挙げられる。

- 歩行した経路は全て直線でなんとなく大きい通りを広めに描かれていること
- 歩行中に記憶している建物もほとんどなく、要所のみ書かれたシンプルな認知マップとなった

これより道迷いしやすい被験者は街歩き中視界情報から特徴的な建物や道など認知していないことがわかった。また、スコアが高い被験者について注目してみると、シンプルな認知地図を書いていることから、スコアが高い被験者に関しては方向感覚自己評価と認知マップの関連性は見られないことがわかった。

4.2. 方向感覚自己評価に基づいた首振りの考察

通常の街歩きの首振りの挙動と道迷いを誘発する実験を行った結果、首振り回数及び首振り頻度に明確な差が見られ、首振りの角速度が道迷いの挙動に関連性があることがわかった。加えて、同じ道迷いをしやすい人においても、首振りの速さ及び角度に個人差があることがわかった。ただ、目的地にたどり着けなかった被験者に共通していたことは、前半の街歩きと後半の街歩きで首振りの回数及び、首振り角度が大幅に増加していた。このことより自己評価の低い人に関して

は、特徴的な首振り挙動をする直前に方向指示情報を提供することで、ユーザーにとって情報が必要なタイミングで提供できることになる。

適切な場所で曲がれるようなタイミングでユーザーに方向指示をするためには、個人ごとに首振り間隔を割り出し首を振りであろうタイミングの直前で方向指示をすることができれば、よりスムーズなナビゲーションになると考えられる。

第 5 章
結　　論

5.1. 本論文の結論

本研究では 12 名の学生を対象に、道迷いを誘発する歩行実験を行い、頭の首振りデータを収集し、道迷い時の傾向についての分析行うことで以下の結論を得た。

- 首振りの角速度が道迷いの挙動に関連性があること
- 道迷いが引き起こす首振り挙動は方向感覚自己評価に基づいた個人差があること
- 方向感覚自己評価が低いスコアの人ほど普段の街歩きと道迷いの時の歩行の挙動の差が大きい
- 方向感覚自己評価が低い被験者に関して、認知マップとの関連性がみられた

5.2. 本研究の課題

ジャイロセンサー及び GPS を被験者の頭頂部に取り付ける都合上、センサーを頭実験機器取り付け感が実験結果に少なからず影響したと考えられる。そのため重量の軽い実験機器に変えることでまた実験結果が変わることが予想される。また、迷う人の中において迷ったにもかかわらず、首振りをしないで歩き続けるケースについては考慮できてないので、別にこのような街歩きをする被験者を抽出し、特徴を引き出す実験がさらに必要である。その道迷いについても確認する必要があると考えられる。

5.3. 今後の展望

今後道迷いへの機械的なアプローチとして、迷う前の首振りの回数、頻度及び傾向をユーザーごとに検出して特徴を抽出することで、歩行中の首振りログから道に迷ったか自動的に判断可能となる。そしてシステムが自動的に道迷いを検出し、ユーザーに道迷いを警告するような仕組みを作るのがナビゲーションシステムの理想形であると考えられる。

謝　　辞

本論文の執筆にあたり、多くの方々にご支援いただきました。

本研究の指導教員であり、幅広い知見から的確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の砂原秀樹教授に心から感謝いたします。

研究の方向性について様々な助言や指導をいただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の加藤朗教授に心から感謝いたします。

研究指導や論文執筆など数多くの助言を賜りました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の山岡 潤一専任講師、大川恵子教授に心から感謝いたします。

また、共に学び様々な助言をいただいた所属する NetworkMedia プロジェクトの皆様には多くのご支援をいただきました。お礼申し上げます。

実験の実施にあたり熱心な協力をいただいた、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の中野滉大さん、伊弁末和磨君、佐藤龍史君、慶應義塾大学慶球会公式庭球部の永山陽奈さん、浅見貫太君、山本博貴君、笹井裕生君、木下正義君、清水美帆さん、東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科の松田美勇史君には心より感謝いたします。

また、研究活動を進めていくにあたり生活面や精神的に辛いときに支えていただいた森なな穂さんに心から感謝いたします。

最後に、研究活動に関するご理解と共に、経済面や生活面において支援いただきました家族に心から感謝いたします。

参 考 文 献

[1] 今江 理人.GPS の原理と応用, Sep.1996. 一般社団法人 電気学会, 672-675

[2] 新垣 紀子, 野島 久雄. 人はいつ道を尋ねるのか : ナビゲーションにおける外的資源としての他者. 古今書院, Sep. 1998. Cognitive Studies, 5(3), 49-58.

[3] 総務省. 位置情報の利用に対する意識調査, 2014.

[4] Katashi Nagao. Agent augmented reality: A software agent meets the real world. In Proceedings of the Second Inter- national Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'96), 1996.

[5] 笠原秀一, 森幹彦, 椋木雅之, 美濃導彦. 遷移ネットワークを用いた大規模観光地の旅行者行動分析.

[6] John Krumm and Eric Horvitz. Predestination: Inferring destinations from partial trajectories. In International Con- ference on Ubiquitous Computing, pages 260. Springer, 2006.

[7] Christopher E White, David Bernstein, and Alain L Korn- hauser. Some map matching algorithms for personal navi- gation assistants. Transportation research part c: emerging technologies, 8(1-6):91108, 2000.

[8] Sotiris Brakatsoulas, Dieter Pfoser, Randall Salas, and Car- ola Wenk. On map-matching vehicle tracking data. In Pro- ceedings of the 31st international conference on Very large data bases, pages 864, 2005.

[9] Andy Yuan Xue, Jianzhong Qi, Xing Xie, Rui Zhang, Jin Huang, and Yuan Li. Solving the data sparsity problem in destination prediction. The VLDB

Journal—The Interna- tional Journal on Very Large Data Bases, 24(2):243, 2015. bibitemsomu8 Daniel Ashbrook and Thad Starner. Using gps to learn signi cant locations and predict movement across multiple users. Personal and Ubiquitous computing, 7(5):286, 2003.

[10] 瀧本祥章, 西田京介, 遠藤結城, 戸田浩之, 澤田宏, and 石川佳治. 時間帯を考慮したパーソナライズ目的地予測. 電子情報通信学会 論文誌 D, 100(4):484, 2017.

[11] Brian D Ziebart, Andrew L Maas, Anind K Dey, and J An- drew Bagnell. Navigate like a cabbie: Probabilistic reason- ing from observed context-aware behavior. In Proceedings of the 10th international conference on Ubiquitous computing, pages 331. ACM, 2008.

[12] Katashi Nagao. Agent augmented reality: A software agent meets the real world. In Proceedings of the Second Inter- national Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'96), 1996.

[13] J. Rekimoto, Y. Ayatsuka, and K. Hayashi. Augment-able reality: situated communication through physical and digi- tal spaces. In Digest of Papers. Second International Sym- posium on Wearable Computers (Cat. No.98EX215), pages 75, Oct 1998. bibitemsomu5 Andy Yuan Xue, Rui Zhang, Yu Zheng, Xing Xie, Jin Huang, and Zhenghua Xu. Destination prediction by sub- trajectory synthesis and privacy protection against such pre- diction. In 2013 IEEE 29th international conference on data engineering (ICDE), pages 265. IEEE, 2013.

[14] Andy Yuan Xue, Jianzhong Qi, Xing Xie, Rui Zhang, Jin Huang, and Yuan Li. Solving the data sparsity problem in destination prediction. The VLDB Journal—The Interna- tional Journal on Very Large Data Bases, 24(2):243, 2015.