

博 士 論 文

道に迷う複合的要因からアプローチする  
ナビゲーションシステムの研究

平成 29 年度

指導教員 渡邊 英徳

( 13993504 )

高田 百合奈

首都大学東京大学院  
システムデザイン研究科 博士後期課程  
インダストリアルアート学域

提出日：平成 29 年 9 月



# 道に迷う複合的要因からアプローチするナビゲーションシステムの研究

## 要旨

情報通信環境が発達した現代において、その時代背景に沿った地図システムが利用拡大され、GPS 機能を用いたスマートフォン用地図アプリやカーナビゲーションなど、ナビゲーションのアシストを自動的に行う地図サービスが多数開発されている。しかし、このようなナビゲーションアプリを用いても道に迷うケースは見られる。人が道に迷う原因については、心理学、行動学、建築学など多岐に渡る分野で研究されている。これらの研究成果に基づき、人が道に迷う原因を解消するための手法が多数開発されている。しかしこれらの研究は、道に迷う1つの原因を解消するアプローチから解決策が提案されており、個々の開発事例は統合されていない。これが、ナビゲーションアプリを用いても、道に迷う人が見られる原因であると考えられる。

よって本研究では、人が道に迷う複合的な原因を解消するためのナビゲーションシステムの指針を定め、開発可能であることを実装により示すことを目的とする。

本稿は5章で構成される。

第1章では、本研究の背景と目的を述べ、関連研究のサーベイを行うことで、道に迷う複合的要因を解決するためのナビゲーションシステムの指針を定める。人が道に迷う原因を明らかにした既存研究によると、迷いの原因は内的要因と外的要因に分類できる。まず内的要因は、経路探索時の不安な心理や個人の方向感覚が該当する。空間認識能力の差によって、経路探索時の注視傾向など、空間認知のプロセスに差が生じる。そこで、道に迷いやすいユーザでも、空間認識を促す認知プロセスに誘導することで、迷いの解消に繋がると考え、これを道に迷う要因を解消するための1つ目の指針とする。また、空間認識能力の個人差により、経路の理解や表現方法にも差が生じる。これを解消するには、個人の理解に応じた地図を提示することが必要である。そこで、ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うことを、2つ目の指針とする。次に外的要因は、さらに情報要因・環境要因・物理要因に分類できる。情報要因とは、施設用途や標識、モニュメント等のオブジェクトの見易さを指す。環境要因とは、環境条件に応じた目印の視認性の変化である。物理要因は、都市や道路構造による空間認識のずれである。またこれら3つの要因は、迷いの要因としての重要度が異なり、情報要因が一番高く、次に環境要因、3番目に物理要因である。これらの要因を解消するナビゲーションシステムの先行研究をサーベイしたところ、ラン

ドマークの情報取得を促す事例や、環境条件に応じてランドマークを選定する事例が見られたが、標識やオブジェクト情報を含めて解消する試みをしたナビゲーションシステムは今までに存在しなかった。そこで、経路探索時の手がかりとなる、施設用途、標識、オブジェクトの要素を、環境に応じて提示するナビゲーション支援を行うことを、3つ目の指針とする。

第2章では、1つ目の指針である、空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援を行うシステムを実装する。空間認知に関する先行研究より、経路探索を支援する空間認知プロセスに基づくナビゲーションシステムの開発を行う。本システムを、視点切り替え地図ナビゲーションシステムと定義する。空間認知についての先行研究のレビューより、スタート地点・道中・目的地付近の3パターンで視点を切り替えるナビゲーションシステムを設計する。実装例として Android 用ナビゲーションアプリを開発する。本システムを利用した実証実験より、本システムは空間認識能力の良し悪しに関わらず、迷わず目的地までナビゲーションすることに効果があり、さらに短時間の目的地までのナビゲーションに有効であると考察できた。

第3章では、2つ目の指針である、ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため、空間認識能力のパターンを判別する、ユーザカテゴリー手法を開発する。スケッチマップ描画実験によって、方向感覚質問紙簡易版（以降、SDQ-S と表記）と、脳内に形成する空間的知識である認知地図のパターンとの相関を導き出し、SDQ-S への回答からユーザの空間認識能力を判別することを可能にする。本手法の実装例として、カテゴリー結果を基に、各パターンに応じて、認知地図の構築を支援する地図を提示するユーザターゲティング型地図ナビゲーションシステムを開発する。本システムにより、ユーザの認知地図のパターンと、ナビゲーション時に提示される地図の表現方法が異なることで、認知地図が歪み、迷いを誘発するという問題を解消することができる。

第4章では、3つ目の指針である、経路探索の手がかり要素を環境に応じて提示するナビゲーション支援を行うシステムの実装を試みる。ユーザ投稿による環境情報を付加した観察対象情報の収集システムを開発し、ユーザが置かれた環境状況に応じて、経路探索の手がかり要素をビジュアライズするシステムを提案する。本システムを、環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システムと定義する。まず観察対象情報の収集に関する先行研究のレビューより、ユーザ投稿は観察対象の情報収集に有効であ

ると考える．例として、「ヨロンアーカイブ」を参照する．本システムは，観察対象と環境情報を同時に収集でき，経年変化を伴う情報の閲覧が可能である．よって，ユーザ投稿により，環境情報を付加した経路探索の手がかり要素を収集することとする．次に，収集した要素を地図上に提示させるため，地域情報のビジュアライズの実践例を参照したところ，データの重要度や類似度のビジュアライズに色別表現が多用されていた．色別表現を使った地図上でのデータの類似度ビジュアライズの有効性を検証するため，実践例として「フィールドノート・アーカイブ」を開発する．本システムの実証実験を行ったところ，近似及び相違するテーマを持つデータのマッピングに効果的であると示された．よって，ナビゲーションシステムに色別による類似度表現を適用し，環境情報が付加された経路探索の手がかり要素を，環境状況に応じて地図上にビジュアライズするシステムを設計する．

最後に第5章で本稿の結論を述べる．本研究では，関連研究のサーベイより，道に迷う複合的要因を解決するための指針を定めることができた．この指針に基づき，各実装，及び提案を行うことで，開発可能であることが示された．これにより，本研究の目的は達成された．これまで，単一的なアプローチによる対策が施されたシステムが開発され，利用されてきた．本研究は，複合的なアプローチで迷いを解決するナビゲーション方法の指針を示し，実装まで行った．本研究の成果は，ナビゲーションサービスの開発者が参照し，組み合わせて実装することが可能なものである．よって，今後のナビゲーションサービスの開発に貢献し，よりナビゲーションのパフォーマンスを上げたサービスを展開することができる．さらに近年はICTの普及により，誰でも容易に情報を受信，及び利用し，発信することができる．このような時代背景は，サービスの拡充や，新サービスの展開に強く貢献している．よって，GIS分野の事業者だけでなく，個人開発者でも本研究の成果を活用したサービスを開発でき，さらに，さらそれを誰でも利用可能となる．また，本研究は歩行者をターゲットとしたナビゲーションシステムを検討したが，本研究の成果は，カーナビゲーションシステムなど他の移動手段にも応用できると考える．

# 目次

要旨	i
第1章 序論	1
1.1 はじめに	1
1.2 関連研究	1
1.2.1 認知地図とスケッチマップの関係	2
1.2.2 都市の構成要素の理解から経路探索時の空間認知研究へ	2
1.2.3 迷いの要因	3
1.2.4 迷いの要因1 - 内的要因	4
1.2.5 迷いの要因2 - 外的要因	5
1.3 本研究の指針と位置づけ	7
1.4 本稿の構成	8
第2章 視点切り替え地図ナビゲーションシステム	11
2.1 本章の目的	11
2.2 関連研究	11
2.2.1 ルートマップとサーベイマップ	11
2.2.2 ヘディングアップとノースアップ	13
2.2.3 既存の地図サービス	14
2.2.4 移動に役立つ情報の取得要件	15
2.3 本章の位置づけと実装の方針	18
2.4 視点切り替えによるナビゲーションシステムの開発	18
2.4.1 地図の表現方法	19
2.4.2 画面構成	20
2.4.3 システム構成	21
2.5 実証実験	24
2.6 実験結果	29
2.6.1 事前アンケート	29
2.6.2 発話プロトコル分析	30
2.6.3 事後アンケート	34
2.7 考察	35
2.7.1 発話プロトコルデータ	35
2.7.2 事後アンケート	37
2.8 まとめ	38

<b>第 3 章</b>	<b>空間認識能力に応じたユーザカテゴライズ手法</b>	<b>39</b>
3.1	本章の目的	39
3.2	関連研究	39
3.2.1	ルートマップとサーベイマップ	39
3.2.2	ノースアップとヘディングアップ	40
3.2.3	方向感覚質問紙簡易版 (SDQ-S)	40
3.2.4	閉路法による認知地図の分析	41
3.3	本章の位置づけと研究の方針	42
3.4	スケッチマップ描画実験によるユーザカテゴライズ手法の開発	42
3.4.1	実験内容	43
3.4.2	実験結果	44
3.4.3	考察	45
3.5	ユーザターゲティング型地図ナビゲーションシステムの開発	52
3.5.1	ユーザカテゴライズによる地図パターンの作成	53
3.5.2	地図の表現方法	55
3.5.3	画面構成	56
3.5.4	システム構成	57
3.6	まとめ	59
<b>第 4 章</b>	<b>環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システム</b>	<b>62</b>
4.1	本章の目的	62
4.2	関連研究	63
4.3	本章の位置づけ	64
4.4	経路探索の手がかり要素のアーカイブシステム	64
4.4.1	関連研究	64
4.4.2	経路探索の手がかり要素のアーカイブシステムの開発	66
4.4.3	システム構成	67
4.5	環境に応じた経路探索の手がかり要素の視認性評価	69
4.5.1	関連研究	70
4.5.2	視認性スコアと類似度評価	72
4.6	視認性に応じた経路探索の手がかり要素のビジュアライズシステム	72
4.6.1	関連研究	73
4.6.2	地図上での類似度色別ビジュアライズの実践	74
4.6.3	色別による類似度表現の検証	83
4.6.4	経路探索の手がかり要素のビジュアライズシステムの開発	87
4.7	まとめ	88
<b>第 5 章</b>	<b>総括</b>	<b>90</b>
5.1	本研究の概要	90
5.1.1	視点切り替え地図ナビゲーションシステム	91
5.1.2	空間認識能力に応じたユーザカテゴライズ手法	91
5.1.3	環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システム	92
5.1.4	各指針に対する実装のまとめ	92
5.2	総合考察	93

5.3	今後の課題と展望 . . . . .	95
5.3.1	今後の課題 . . . . .	95
5.3.2	将来への展望 . . . . .	96

# 目次

1.1	都市のイメージを構成する5つの要素	3
2.1	ルートマップ型のイメージ	12
2.2	サーベイマップ型のイメージ	12
2.3	ヘディングアップ的認識	14
2.4	ノースアップ的認識	14
2.5	「Google マップ」のアプリ画面	15
2.6	「Yahoo!Map」のアプリ画面	15
2.7	「ATM・店舗検索」のアプリ画面	16
2.8	カロツェリアサイバーナビ	17
2.9	視点切り替え地図の画面構成	21
2.10	システム構成図 - 視点切り替え地図ナビゲーションシステム	22
2.11	目的地設定画面	23
2.12	実験の様子	25
2.13	実験に使用するルート	26
2.14	事前アンケートで用いた方向感覚質問紙簡易版 (SDQ-S)	28
2.15	SDQ-S の合計得点	29
2.16	発話プロトコル分析の一部	31
2.17	グラフ内のアイコン一覧	32
2.18	参加者 A の発言内容の分析	32
2.19	参加者 B の発言内容の分析	33
2.20	参加者 C の発言内容の分析	33
2.21	参加者 D の発言内容の分析	34
2.22	参加者 E の発言内容の分析	34
2.23	SDQ-S の合計得点と事後アンケート結果	36

3.1	閉路法の閉路区域 . . . . .	41
3.2	サーベイマップ型のスケッチマップ . . . . .	46
3.3	ルートマップ型のスケッチマップ . . . . .	47
3.4	ノースアップ型のスケッチマップ . . . . .	48
3.5	ヘディングアップ型のスケッチマップ . . . . .	49
3.6	サーベイマップ型・ルートマップ型ユーザの (1) 空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問グループの合計得点 . . . . .	50
3.7	ノースアップ型・ヘディングアップ型ユーザの (2) 東西南北を認知できているかに関する質問グループの合計得点 . . . . .	51
3.8	サーベイマップ型・ルートマップ型ユーザの (1) 空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問グループの合計得点の正規分布 . . . . .	52
3.9	ノースアップ型・ヘディングアップ型ユーザの (2) 東西南北を認知できているかに関する質問グループの合計得点の正規分布 . . . . .	53
3.10	パターン①, ⑤の画面構成 . . . . .	57
3.11	パターン②, ⑥の画面構成 . . . . .	57
3.12	パターン③, ⑦の画面構成 . . . . .	58
3.13	パターン④, ⑧の画面構成 . . . . .	59
3.14	SDQ-S による質問画面 . . . . .	60
3.15	カテゴリズ結果画面 . . . . .	60
3.16	システム構成図 - ユーザターゲティング型地図ナビゲーションシステム	61
4.1	ユーザ投稿によるデータ収集事例「ヨロンアーカイブ」 . . . . .	67
4.2	投稿データの一部 . . . . .	68
4.3	システム構成図 - ヨロンアーカイブ . . . . .	69
4.4	経路探索の手がかり要素の情報の投稿画面 . . . . .	70
4.5	既存の経路探索の手がかり要素へのユーザアクション画面 . . . . .	70
4.6	システム構成図 - 経路探索の手がかり要素のアーカイブ . . . . .	71
4.7	高谷好一氏により記録されたフィールドノート . . . . .	77
4.8	トピックのクラスタリング結果 (デンドログラム) . . . . .	78
4.9	色相環で示したトピック色 . . . . .	80
4.10	類似度色別ビジュアライズの実践例「フィールドノート・アーカイブ」	81

4.11	クリックしたポイントの記録の閲覧 . . . . .	82
4.12	トピック色で示したトピック一覧 . . . . .	83
4.13	システム構成図 - フィールドノート・アーカイブ . . . . .	84
4.14	「サゴ」の検索結果 . . . . .	85
4.15	海岸近くの河川沿いの「サゴ」 . . . . .	86
4.16	内陸部の河川沿いの「サゴ」 . . . . .	87
4.17	「コーヒー」の検索結果 . . . . .	88

# 表 目 次

2.1	事後アンケート . . . . .	27
2.2	事前アンケートの回答結果による SDQ-S の得点 . . . . .	30
2.3	発言内容の分類と種別記号 . . . . .	31
2.4	事後アンケートの回答結果 . . . . .	35
3.1	サーベイマップ型とルートマップ型の (1) 空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問グループの合計得点の比較 . . . . .	50
3.2	ノースアップ型とヘディングアップ型の (2) 東西南北を認知できているかに関する質問グループの合計得点の比較 . . . . .	51
3.3	アラートなしの地図パターンのカテゴライズ . . . . .	54
3.4	アラートありの地図パターンのカテゴライズ . . . . .	54
4.1	潜在トピックの検出結果 (30 トピックと各トピックを構成する用語の上位 5 件) . . . . .	76

# 第1章 序論

## 1.1 はじめに

情報通信環境が発達した現代において，その時代背景に沿った地図システムが利用拡大され，GPS 機能を用いたスマートフォン用地図アプリやカーナビゲーションなど，ナビゲーションのアシストを自動的に行う地図サービスが多数開発されている．

一方，人間の空間認知に関する研究は，心理学，行動学，建築学など多岐に渡る分野でなされており，人が道に迷う原因について，空間認知研究を基に，複数のアプローチから研究されてきた．例として，迷いの不安を取り除くための距離情報を教示する手法 [1] や，ランドマークの取得支援をすることで空間認識を促す地図システム [2][3]，ランドマークの種類や屋外の明暗に応じて地図上に提示するランドマークを選定したナビゲーションシステム [4] などが開発されている．人が道に迷う原因は，多分野で研究されているように，複合的であるが，このように既存の開発事例においては，1つの原因を解消するアプローチから解決策を提案することが一般的であった．そのため，これまでに人が道に迷う原因を複合的に見た場合の解決策の提案がされてこなかった．さらに，利用ユーザの多いナビゲーションアプリとして開発，および公開されていないため，実際の利用シーンで活用することができない．

そこで，人が道に迷う複合的な原因を解消するためのナビゲーションシステムの指針を定め，アプリケーションとしてシステム開発可能であることを実装により示すことを本研究の目的とする．

## 1.2 関連研究

人が道に迷う複合的原因を解決するにあたり，本節では，空間認知に関連する基礎研究から，人が道に迷う原因について追求した調査研究について論述する．さらに，各原因からアプローチを試みた，迷いを解決するための開発事例について述べる．

### 1.2.1 認知地図とスケッチマップの関係

空間認知の研究における重要テーマの1つに、認知地図が挙げられる。認知地図は1948年にE.C. トールマンによって提唱された概念である[5]。ラットの迷路学習による実験により、迷路内の空間関係を学習し、脳内に位置関係の情報を形成していると示した。これは空間関係の表象であり、脳内にある地図のようなものであるとして、「認知地図」と名付けた。この提唱以降、行動心理学や環境心理学、行動地理学を中心とし、認知地図の概念を取り込んだ研究がされてきた。

1960年には、ケヴィン・リンチによって、都市のわかりやすさを調査するため、頭の中に描く都市のイメージの描画実験が行われた[6]。これは認知地図を外在化したものであるとして、スケッチマップと呼ばれている。スケッチマップの描画より認知地図を抽出するスケッチマップ法は、空間認知の研究において一般的に利用されるようになった。

### 1.2.2 都市の構成要素の理解から経路探索時の空間認知研究へ

ケヴィン・リンチはスケッチマップ法を用いて、都市の視覚的形態は、パス (path 道路)、ノード (node 結合点・集中点)、ディストリクト (district 地域)、ランドマーク (landmark 目印)、エッジ (edge 縁) の5つのエレメントで構成されると示した(図1.1)。

都市の構成要素の理解は、都市のイメージや認知イメージに関する研究に影響を与え、空間認知は心理学を中心とし、地理学や環境計画[7][8][9]から生物学[10][11][12]まで多様な学問分野で議論される対象となった[13]。この議論の広がりによって、空間認知は、人間の空間的な行動を扱うようになり、移動のプランニングのモデル化[14][15][16][17]が行われた。それによると、人は実際の空間環境内で移動するとき、認知地図に基づいて移動プランを形成し、実行する。移動プランの実行中、認知地図が正確であるほど、空間的定位の保持が容易となる[18]。認知地図と空間的定位は互いに依存しており、空間的定位の失敗や歪みが蓄積することで、歪んだ認知地図の形成に繋がる[19]。この認知地図の歪みが、道に迷う結果を導いていると考えられる。このように、認知地図は人間の空間的移動行動において、重要な役割を持つ。

移動のプランニングのモデルが明らかにされたことで、経路探索時の空間認知のプロセスや、空間的定位をサポートするナビゲーションについて研究されるようになり、今日においてもこれらは、空間認知研究で議論されるテーマの1つとなっている。

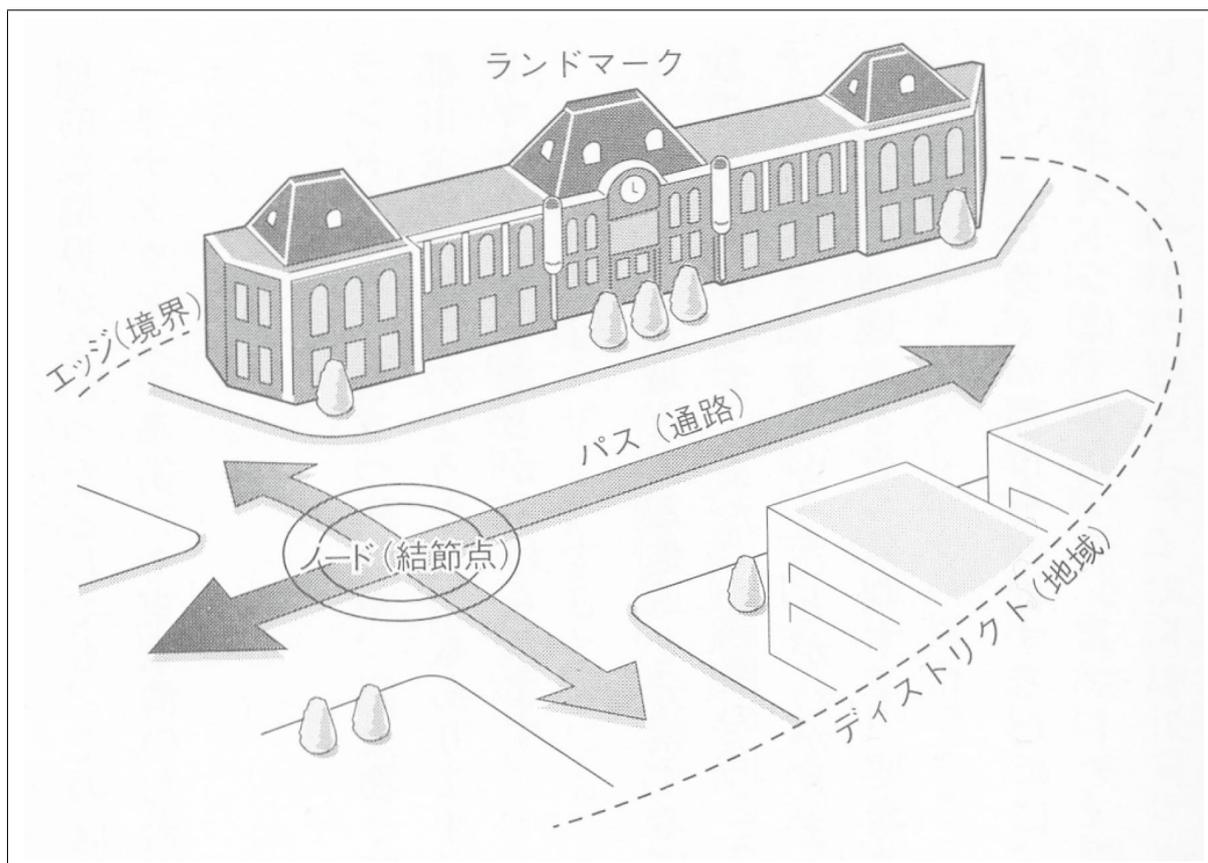


図 1.1: 都市のイメージを構成する 5 つの要素  
 出典：新垣紀子 (2001)「方向オンチの科学」講談社，97 ページ

本研究では，ナビゲーションを，空間認知研究で用いられる用語として扱い，目的地に向かって進路を定めつつ移動することを指す。

### 1.2.3 迷いの要因

ナビゲーションについての研究は，空間的定位の保持の成功を促す方法，つまり道に迷いにくくするための方法について議論され，議論の成果を基に，ナビゲーションシステムの開発がされている。本研究では，これまでの既存研究の成果から道に迷う要因を探り，複合的要因を解決する方法を研究するため，まず迷いの根本的要因について論じている研究を参照する。

迷いの要因は，大きく分けて内的要因と外的要因の 2 種類に分類できる [20]。内的要因は，経路探索時の不安な心理や，個人の空間認識能力の低さ等である。外的要因は，都市の構造や，サイン情報，自然環境等である。

よって各々の要因に着目し、次より要因の詳細と、それらの要因の解決を試みた先行研究について詳述する。

#### 1.2.4 迷いの要因 1 - 内的要因

##### 1.2.4.1 迷いやすさとの関係

内的要因の1つに、経路探索時に抱く不安や迷いが挙げられる。これは、不安な心理が、経路選択の行動に影響を与え、道に迷いやすくなるためである [1]。

その他に挙げられる要因が、空間認識能力である。人によって空間認識能力の良し悪しは異なり、性差、社会的階層、年齢差等によって違いがある [8] という内容は長年議論されている。また、このようにして生じた空間認識能力の違いに応じて、空間的定位を行う方法に違いが生じている。例として挙げられるのが、経路探索時の地図の利用方法 [21] である。空間認識能力に応じて地図の向きを変える傾向が異なると考えられている。また取得する情報にも違いがある [22]。空間認識能力が低い人は、人の流れや移動車両、匂いや音といった、日々変化するような経路探索に役立ちにくい情報を、目印として取得している傾向がある。その他、経路探索時の注視傾向に差が生じる [23][24][25][26] と論じられた研究もあり、このように空間認識能力の差によって、経路探索時の空間的定位を行うまでの行動が異なる。また本研究では、経路探索時の空間的定位を行うまでの行動を、空間認知プロセスと定義する。

したがって、道に迷いやすいユーザを、空間認識を促す認知プロセスに誘導することが、迷いの解消に繋がると考えられる。これを道に迷う要因を解消するための1つ目の指針とする。

##### 1.2.4.2 内的要因の解決策

内的要因を解決する方法としては、次に挙げる研究がある。まず不安な心理を解消するためには、距離情報を提示する事が提案されている [1]。地図表示だけではなく、数値として距離を示す事が、不安解消の一助になる。次に空間認識能力の違いに応じて、迷いやすさが異なることについてであるが、これまでに、空間認識能力の違いを考慮して、ナビゲーション支援する方法については提案されていない。人によって経路の理解や表現方法に個人差があるため、人にわかりやすい地図を提示するには、個人の

理解に応じた地図を選択することが必要である [27] が、具体的な解決策については考察されてこなかったと言える。

したがって、内的要因を解決するためには、これらの研究成果を組み合わせ、個人の空間認識能力に応じて地図を提示することが重要である。そこで、ユーザの空間認識能力を測り、それに応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うことを、本研究の2つ目の指針とする。

## 1.2.5 迷いの要因 2 - 外的要因

### 1.2.5.1 外的要因の細分化と重要度

歩行時の経路探索の手がかりとなる外的要素は、施設用途、標識、オブジェクトであり、これらの要素によって空間イメージが構成される [28]。ここで言う施設用途とは、施設としてのランドマークの事を指しており、オブジェクトは、モニュメントなど施設ではないが目印になり得る情報に相当する。よって、この経路探索の手がかりとなる要素である、施設用途、標識、オブジェクトを発見できないことが、迷いの外的要因であると考えられる。

また、外的要因は、情報要因、環境要因、物理要因に細分化できる [20]。情報要因とは、施設用途や標識、モニュメント等のオブジェクトの見易さを指す。環境要因とは、環境条件に応じた目印の視認性の変化である。物理要因は、都市や道路構造による空間認識のずれである。またこれら3つの要因は、迷いの要因としての重要度が異なり、情報要因が一番高く、次に環境要因、3番目に物理要因である。そこで先に述べた、経路探索の手がかりとなる要素と関連させると、情報要因、物理要因、環境要因によって、施設用途、標識、オブジェクトを発見することができず、道に迷うことに繋がっていると分析できる。

以上を踏まえ、次よりこの3つの要因が各々迷いの原因となる理由について述べる。

また本研究では、経路探索の手がかり要素を、ランドマーク、サイン、オブジェクトと定義する。ランドマークとは、ランドマークが掲載された地図上に表記される POI データ<sup>1</sup>を指し、オブジェクトとは、地図上に表記されにくい、経路探索時に目印になり得る POI データを指すこととする。

---

<sup>1</sup> point of interest の略称。興味や関心を持った地図上の特定の地点のことを指す。

#### 1.2.5.2 迷いやすさとの関係

情報要因の1つに、ランドマークやサインの数、視認率の問題[28]が挙げられる。これは、標識が視認しやすいタイミングや位置に設置されていないことや、ランドマークやサインを視認するタイミングや注視傾向が問題である。次に環境要因に着目すると、環境は屋外の目印の視認性に影響するため[4]、環境条件が空間認識のしやすさに関係していると考えられる。3つ目の物理要因については、都市構造による認知距離のずれ[29]や、曲がり角の角度の認識のずれ[30][31]が問題として挙げられる。これは都市構造の複雑さが原因であり、脳内で都市構造を単純化した補正をしてしまうことで空間認識のずれが生じ、迷いに繋がると考えられる。

#### 1.2.5.3 外的要因の解決策

外的要因を解決する方法としては、以下の研究事例が挙げられる。

1つ目に情報要因については、ランドマークに注視するタイミングを改善するため、地図上で目的地付近を強調し情報取得を促す[32]ことや、視認率を向上させるため、ランドマークの重み付けを地図上で表現する[3]ことが提案されている。

次に環境要因については、環境に応じてランドマークを選定する[4]ことで、環境条件によって取得しやすいランドマークの情報が異なる問題を解決している。

最後に物理要因である、都市構造の複雑さが脳内で認知地図を歪めていることに対する解決策としては、提示する地図を、認知距離や認知しやすい曲がり角の角度に合わせてデフォルメする手法[31]がある。

以上、3つの各要因について解決を試みた事例を挙げたところ、先行研究では、ランドマークの情報取得支援の方法や、環境に応じたランドマークの視認性評価に基づくナビゲーションシステムなど、特にランドマークに着目されてきたと分析できる。経路探索の手がかりとなる要素としては、1.2.5.1で述べたように、ランドマーク、サイン、オブジェクトが挙げられるが、このように、ランドマーク以外の情報に着目したナビゲーションシステムは提案されてこなかった。よって、ランドマークだけでなく、サイン、オブジェクトの視認性を、環境に応じて評価し、これらの情報取得を促すことで、外的要因の解消の一助となると考える。

したがって、外的要因の解決手法として、サインやオブジェクトにも着目し、ランドマーク、サイン、オブジェクト情報を、環境に応じて地図上に提示するナビゲーション

ン支援を行うことを，本研究の3つ目の指針とする．

### 1.3 本研究の指針と位置づけ

人が道に迷う複合的な原因を解消するためのナビゲーションシステムの指針を定め，アプリケーションとしてシステム開発可能であることを実装により示すという本研究の目的を達成するため，本節では，関連研究のレビューより定めた，ナビゲーションシステムの指針を示し，各指針の実装方針の設定を行う．

まず，空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援を行うことを，1つ目の指針とする．1.2.4では迷いの内的要因について分析を行ったところ，経路探索時の不安な心理と，個人の空間認識能力の問題が挙げられた．個人の空間認識能力の差は，空間認知のプロセスに影響を与える．そこで，道に迷いやすいユーザでも，空間認識を促す認知プロセスに誘導することで，迷いの解消に繋がると考察し，これを道に迷う要因を解消するための1つ目の指針とする．

次に，ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うことを，2つ目の指針とする．空間認識能力の違いに応じて，経路の理解や表現方法に個人差があるため，人にわかりやすい地図を提示するには，個人の理解に応じた地図を選択する必要がある．よって，迷いの内的要因を解消するためには，不安の軽減と，空間認識能力に応じた地図提示を組み合わせることが有効であると考察する．

最後に，環境に応じた経路探索の手がかり要素を提示するナビゲーション支援を行うことを，3つ目の指針とする．1.2.5では迷いの外的要因について分析を行った．経路探索の手がかりとなる要素としては，ランドマーク，サイン，オブジェクトが挙げられる．また，外的要因は情報要因，環境要因，物理要因に細分化され，情報要因が最重要，次に環境要因が重要とされている．よって，情報要因と環境要因に着目し，環境に応じた経路探索の手がかり要素の視認性の評価を行い，これらの情報取得を促すことが，外的要因の解消に繋がると検討する．

以上より本章では，道に迷う複合的要因を解消するナビゲーション支援を行うための，3つの指針を定めることができた．この3つの指針を組み合わせることで，道に迷う問題を解消するナビゲーションシステムの開発に貢献することができる．

そこで本研究では，指針の実現性を示すため，各指針に基づく実装を行う．

まず1つ目の指針である，空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援の実

装として、経路探索を支援する空間認知のプロセスに基づいて設計された、ナビゲーションシステムを開発する。開発するシステムを、視点切り替え地図ナビゲーションシステムと定義する。

次に2つ目の指針である、ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため、空間認識能力に応じた、ユーザカテゴライズ手法を開発する。開発したユーザカテゴライズ手法の実装例として、本手法を用いて、ユーザの認知地図のパターンをカテゴライズし、パターンに応じて認知地図の構築を支援する地図を提示する、ユーザターゲティング型地図ナビゲーションシステムを開発する。

最後に3つ目の指針である、経路探索の手がかり要素を環境に応じて提示するナビゲーション支援を行うため、視認性スコアとルートの類似度評価を基に、経路探索の手がかり要素を地図上にビジュアライズするシステムを提案する。提案するシステムを、環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システムと定義する。

以上のように、指針に基づき各実装を行うことで、それぞれ開発可能であることを示す方針である。

また本研究は、内的要因と外的要因を解決した先行研究を基に成り立つ、複合的視点による研究として位置付ける。本研究の成果によって、今後のナビゲーションサービスの開発に貢献できる。本研究の意義は、単一的なアプローチではなく、複合的な原因解消のアプローチでナビゲーションシステムを検討することで、よりユーザが道に迷いにくいナビゲーションシステムを展開できることである。

## 1.4 本稿の構成

第1章では、序論として、本研究の目的と関連研究について述べ、本研究の指針を示し、本研究の位置づけを行った。以降、次のように展開される。

第2章では、1つ目の指針である、空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援を行うシステムの実装を試みる。空間認知に関する先行研究より、空間認知のプロセスに基づく経路探索の支援をすることを本章の目的とする。本章では、経路探索を支援する空間認知プロセスに基づくナビゲーションシステムの開発を行う。本システムを、視点切り替え地図ナビゲーションシステムと定義する。空間認知についての先行研究のレビューより、スタート地点・道中・目的地付近の3パターンで視点を切り替えるナビゲーションシステムを設計する。実装例として Android 用ナビゲーションア

プリを開発する．実証実験より，本システムの道に迷う問題に対する効果について検証する．

第3章では，2つ目の指針である，ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため，空間認識能力のパターンを判別する，ユーザカテゴライズ手法を開発する．ユーザの空間認識能力に応じた空間認識支援をすることを本章の目的とする．本章ではスケッチマップ描画実験によって，方向感覚質問紙簡易版（以降，SDQ-S と表記）とユーザの認知地図のパターンとの相関を導き出すことで，SDQ-S への回答からユーザの空間認識能力を判別することを可能にする．本手法の実装例として，カテゴライズ結果を基に，各パターンに応じてバリエーション豊富な地図提示を行う，ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムを開発する．また，システムの設計は，2章で開発する視点切り替え地図ナビゲーションシステムを基に行う．

第4章では，3つ目の指針である，環境に応じた経路探索の手がかり要素を提示するナビゲーション支援を行うシステムの実装を試みる．ユーザが置かれた環境に応じたナビゲーション支援を行うことを本章の目的とする．本章では，ユーザ投稿による環境情報を付加した経路探索の手がかり要素の収集と，ユーザが置かれた環境状況に応じた，要素のビジュアライズを行うナビゲーションシステムを提案する．本システムを，環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システムと定義する．まず観察対象情報の収集に関する先行研究のレビューより，ユーザ投稿は観察対象の情報収集に有効であると考え，実践例である「ヨロンアーカイブ」を参照する．本システムは，観察対象と環境情報を同時に収集でき，経年変化を伴う情報の閲覧が可能である．これにより，ユーザ投稿によって，環境情報を付加した探索の手がかり要素を収集することとする．次に，収集した要素を地図上に提示させるため，地域情報のビジュアライズの実践例を参照すると，データの重要度や類似度のビジュアライズに色別表現が多用されている傾向にある．色別表現を使った地図上でのデータの類似度ビジュアライズの有効性を検証するため，実践例として「フィールドノート・アーカイブ」を開発する．本システムの実証実験を行い，近似及び相違するテーマを持つ地域データの理解に対する有効性について検証する．検証後，ナビゲーションシステムに色別による類似度表現を適用し，環境情報が付加された経路探索の手がかり要素を，環境状況に応じて地図上にビジュアライズするシステムを設計する．

第5章で本稿の結論と意義を述べる．本研究では，関連研究のサーベイより，道に迷

う複合的要因を解決するための指針を定めることができた。この指針に基づき、各実装、及び提案を行ったことによる、各指針の実現性について議論する。これまでは、単一的なアプローチによる対策が施されたシステムが開発され、利用されてきた。本研究は、複合的なアプローチで迷いを解決するナビゲーションシステムを検討する。また本研究の成果は、ナビゲーションサービスの開発者が参照し、組み合わせて実装することが可能なものである。よって、今後のナビゲーションサービスの開発に貢献し、よりナビゲーションのパフォーマンスを上げたサービスを展開することが可能となる。

## 第2章 視点切り替え地図ナビゲーションシステム

### 2.1 本章の目的

本章では1つ目の指針である，空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援の実装を試みる．この指針は，迷いの内的要因を解消するための1つのアプローチ方法として定義する．

道に迷う内的要因には，1つに個人の空間認知能力の問題が挙げられる．空間認知能力は，経路探索時の注視傾向など，空間認知のプロセスに影響を与えているため，道に迷いやすいユーザでも，空間認知を促す認知プロセスに誘導することで，空間認知能力の差による影響を軽減させることができると考察する．よって，空間認知に関する先行研究より，空間認知のプロセスに基づく経路探索の支援をすることを本章の目的とする．

1つ目の指針の実践のため，経路探索を支援する空間認知プロセスに基づくナビゲーションシステムの開発を行う．本章で開発するナビゲーションシステムを，視点切り替え地図ナビゲーションシステムと呼ぶ．本システムの実装後，実証実験により本システムの有効性について議論する．

### 2.2 関連研究

#### 2.2.1 ルートマップとサーベイマップ

脳内に存在する環境に対して保持している空間的知識を認知地図 [5] といい，ルートマップ型とサーベイマップ型に分類できる．ルートマップ型は，地上からの視点で表現され，サーベイマップ型は，地図のように俯瞰的イメージで表現される (図 2.1) (図 2.2) [33]．認知地図は人の成長とともに，ルートマップ型からサーベイマップ型に発達することが分かっている [34][35] が，外的要因によっても，形成される認知地図に違いが生まれることも明らかになっている．移動行動から得られる地理空間情報からは



図 2.1: ルートマップ型のイメージ

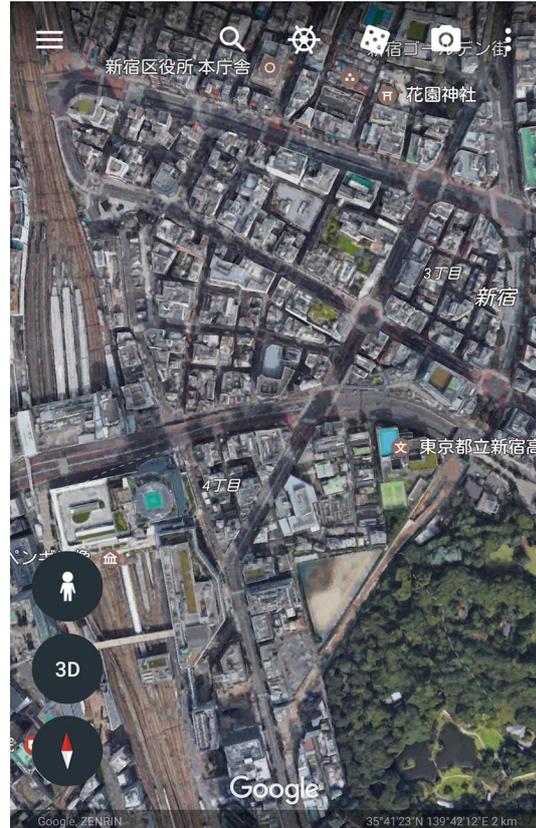


図 2.2: サーベイマップ型のイメージ

出典：Google Inc. 「マップ - ナビ、乗換案内 (Beta)」

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&hl=ja>

ルートの知識が獲得され、それを基に形成される認知地図はルートマップ型になるが、地図から得た情報は配置的知識になり、サーベイマップ型の認知地図を形成する [36]。これは、移動行動から得られる地理空間情報は、地上からの視点によるものであるため、ルートマップ型の認知地図を形成しやすく、地図から得た情報は俯瞰的であるため、サーベイマップ型を形成すると言える。

以上より、ルートマップ型の認知地図を形成させたい場合は、地上からの視点でのルートを提示し、サーベイマップ型の認知地図を形成させたい場合は、俯瞰視点の地図を提示することが有効であると言える。

さらにここで、ルートマップ型とサーベイマップ型の認知地図とナビゲーションとの関係を明らかにする。一般的に、認知地図にルートマップ型を保持しやすいユーザは道に迷いやすく、サーベイマップ型であるユーザは全体地図から自分の居場所を把

握でき、方角の示唆が得意で道に迷いにくい[37]。また、サーベイマップ型の地図は全体の空間構成を示すことに利用されており、街全体の構成を俯瞰して理解できるため、地図上のランドマークが発見できなくても、代替路を見つけやすいなどの利点がある[38]。しかし現実空間との参照が困難であり、自分が向いている方向が理解しにくいという弱点があるため、この点に関してはルートマップ型の地図の方が有用である。目的地までの誘導には、サーベイマップ的な空間認識は必要としないため、サーベイマップ的に空間認識できなくても、ナビゲーションには影響しない[39][40]という考えもあるが、サーベイマップ的な理解は、ナビゲーションのパフォーマンスを良くする[41]ほか、別の視点から見たランドマークを同じものと認識することに役立つ可能性もある[22]。

以上より、ナビゲーションにおいて、ルートマップ型とサーベイマップ型にはそれぞれ利点があるため、両方の型を活用した地図提示がナビゲーションに有効である。

### 2.2.2 ヘディングアップとノースアップ

さらに、空間をヘディングアップ（進行方向が上）、もしくはノースアップ（北が上）（図2.3）（図2.4）として認識しているかによっても、認知地図の種類を分類することができる。ノースアップは、目的地への経路のどこにいるのかを確認することに適しており、サーベイマップ的な空間認識を誘発する。ヘディングアップは、自分が向いている方向の理解に役立ち、ルートマップ的に地図を認識することに適している。

地下鉄の場合、地下に提示されているヘディングアップの地図を確認した後、地上に出ると、方角が分からなくなるケースがある。これは、地下鉄構内と地上では別空間であり、複数の空間領域を同時に意識しなくてはならず、地下にいながら地上の位置関係を把握する事が困難となるためである。よって、地下でノースアップの地図を提示し、地上に出てから北の方角を示すか、ヘディングアップの地図を提示する方が、方向を理解しやすい[37]。

このように、ノースアップとヘディングアップの地図にはそれぞれ特徴があるため、ユーザが置かれている状況に応じて、適切な地図を提示する必要がある。



図 2.3: ヘディングアップ的認識



図 2.4: ノースアップ的認識

出典：Google Inc. 「マップ - ナビ、乗換案内 (Beta)」

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&hl=ja>

### 2.2.3 既存の地図サービス

サーベイマップ型地図（以降，サーベイマップと表記）ナビゲーションのサービスとしては、「Google マップ」（図 2.5）、「Yahoo!Map」（図 2.6）等がある．一方，ルートマップ型地図（以降，ルートマップと表記）で表現される地図ナビゲーションサービスとして，カーナビゲーションシステム等が挙げられる．さらに近年，拡張現実（AR）技術を利用したサービスも多数開発されている．例として，銀行や ATM の箇所を AR マップで示す「ATM・店舗検索」アプリ<sup>1</sup>（図 2.7）や，カーナビと連動し，車のフロントウィンドウに，ドライブに必要な情報を表示する，カロツツェリアサイバーナビ [42]（図 2.8）が挙げられる．しかし AR の場合，示される情報に注視してしまうため，事故につながる可能性もあり，その危険性について近年議論の対象になっている．

<sup>1</sup><https://www.mizuhobank.co.jp/tenpointo/app/index.html>



図 2.5: 「Google マップ」のアプリ画面  
 出典: Google Inc. 「マップ - ナビ、乗換案内 (Beta)」  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.maps&hl=ja>



図 2.6: 「Yahoo!Map」のアプリ画面  
 出典: Yahoo Japan Corp. 「Yahoo! MAP - 【無料】ヤフーのナビ、地図アプリ」  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.yahoo.android.apps.map&hl=ja>

#### 2.2.4 移動に役立つ情報の取得要件

ナビゲーション能力に乏しい人は、外界の内部モデルである認知地図を構築する段階で、移動に役立つ情報を取得できていない [22]。さらにその移動に役立つ情報は次の 2 つに分類できる [43]。

- (1) 場所を特定するための情報
- (2) 移動方向を特定するための情報

(1) の情報を取得するためには、全体地図から現在地を示すことができるサーベイマップ上で、現在地を示すことが必要条件であると判断する。



図 2.7: 「ATM・店舗検索」のアプリ画面

出典：みずほ銀行「ATM・店舗検索」

<https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.mizuhobank.locationsearch&hl=ja>

次に(2)の情報を取得するための方法を考察するにあたり，人が実際の空間環境内で歩行する際に着目する，視覚情報のユーザ傾向に関する研究を参照する．

森村ら [44] によると，歩行時は，道に迷いやすい人は近距離にある物体に注目しがちで，迷いにくい人は，遠距離にある物体に注目している．特に，目的地やスタート地点付近では，より遠距離視しがちである．道に迷いにくい人が，構造的に空間を捉える事が得意でサーベイマップ型の認知地図を保持するのは，注目する視覚情報の距離が長く，瞬間的に遠方のランドマークを同定できるためであり，逆に道に迷いやすい人がルートマップ型の認知地図を保持しやすいのは，視覚情報までの距離が短い物体に注目するためである．よって，ルートマップ的に空間認識を行う人は，遠方のランドマーク1つよりも，複数の近距離にあるランドマークを利用して経路を同定するため，サーベイマップ的に表示された地図の利用は適さず道に迷いがちである．また，道に迷いにくい人が利用するランドマークは，不動であるもの，遠い位置からでも目立つもの，覚えやすいもの等であるのに対し，道に迷いやすい人が利用するランドマークは，停車している自動車など，時間により変化するもの，一貫性のないものという特



図 2.8: カロツェリアサイバーナビ

出典：パイオニア株式会社「カーナビ・カー AV carrozzeria」<http://pioneer.jp/carrozzeria/>

徴がある [21] .

さらに，目的地付近の地図を強調すること [32] や，最初のスタート地点で正しい道順の選択を促すことが重要である [45] . よって，スタート地点と目的地付近では特に，方向を同定させる仕組みが必要であると考えられる .

以上より，ルートマップ的に空間認識するユーザにとって，サーベイマップから，特にスタート地点と目的地付近では，(2) の移動方向を特定するための情報を取得することが困難なため，ルートマップで移動方向を指示することが必要条件であると考えられる .

しかし，ルートマップのような 3 次元的 CG によるナビゲーションシステムは，外界と対応付けがしやすいが，俯瞰的な情報がないため，全体の経路が分からず，移動経路の選択や修正の失敗を引き起こす可能性がある [46] . 地上からの視点で見た情報と，俯瞰的な情報との対応付けができると，ナビゲーションへの効果が期待できる [47] . よって，ルートマップの提示のみでは，ナビゲーションに不十分であり，サーベイマップも同時に提示する必要があると言える . さらに，道に迷いにくいユーザの場合，サーベイマップ的に空間を把握し，遠距離情報との同定を行うため，ルートマップのみでは，サーベイマップ的な空間認識を妨げる . 一般的にナビゲーションシステムを利用可能にするには，道に迷いやすいユーザに限らず利用することが必要である . そこで筆者は，スタート地点と目的地付近では，(1) の場所を特定するための情報取得を可能に

するために、地図と視覚情報を同定させ、現在地の確認を行うことができるサーベイマップを提示し、さらに(2)の移動方向を特定するための情報取得をするために、進行方向を正しく認識できるよう、ルートマップも同時に見せることが、ナビゲーション時の空間の理解に貢献すると考察する。それ以外の道中では、遠方のランドマークを同定するよう遠距離視を促すことで、ナビゲーションに有効に働くと考え、サーベイマップによる地図提示を検討する。

## 2.3 本章の位置づけと実装の方針

本章では1つ目の指針である、空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援の実装として、経路探索を支援する空間認知のプロセスに基づくナビゲーションシステムの開発を行う。

これまでの既存研究を通しての考察より、本章では、ルートマップとサーベイマップそれぞれの利点を活用し、スタート地点・目的地付近・それ以外の道中の3パターンで地図の視点を変える、ナビゲーションシステムの設計を検討する。具体的には、道中はサーベイマップ、スタート地点と目的地付近ではサーベイマップとルートマップを同時に提示する。

また、ノースアップとヘディングアップのどちらで地図表示を行うか、ここで議論する。2.2.2で述べたが、ルートマップ的に地図を認識する場合にはヘディングアップが適しており、目的地への経路のどこにいるのかを確認するにはノースアップが適している、よって、ルートマップの提示時にはヘディングアップ表示にし、サーベイマップの提示時には、目的地への経路における現在位置を把握させるため、ノースアップ表示にすることとする。

本手法に基づいて開発されたシステムを、視点切り替え地図ナビゲーションシステムと定義する。

## 2.4 視点切り替えによるナビゲーションシステムの開発

2.2で述べた既存研究のレビューより、本節では経路探索時の空間認知に基づいて設計されたナビゲーションシステムを開発する。ナビゲーション中に、スタート地点付近・目的地付近・それ以外の道中の3パターンで、地上から見た視点であるルートマッ

プと、俯瞰視点であるサーベイマップの表示を切り替える地図提示を行う。実装例として、Android 用ナビゲーションアプリを開発する。

## 2.4.1 地図の表現方法

### 2.4.1.1 スタート地点付近

正しい道を、特にスタート地点で選定できることが、迷いの解消における要件の1つである。ルートマップによる方向指示は、容易に正しい道を選択できるようにするという利点を持つため、ルートマップを大きく表示させ進行方向の指示を行う。またサーベイマップは、全体地図で見たときの自分の現在地を把握できるという特徴から、正しい道の選択と同時に、目的地までの経路のどこに自分がいるのかの確認も行えるよう、サーベイマップでルートの全体図も示す。また、スタート地点付近においては、遠くの視覚情報に注目し、3次元的な空間認識を行うことが道に迷う問題を解決することに繋がるので、ルートマップには、近くの見覚情報を隠し、なるべく遠方の情報に注目させるよう工夫を施し、ユーザを誘導する。

### 2.4.1.2 道中

最初の正しいルートの選択を行えた後は、詳細な経路の把握を促すため、ルートマップの代わりに、現在地を中心に拡大したサーベイマップを表示する。さらにスタート地点と同様、ルート全体における現在地の把握を促すため、経路全体のサーベイマップの提示も行う。

### 2.4.1.3 目的地付近

スタート地点付近同様、目的地付近においても、ルートマップと、経路全体の上に現在地を示したサーベイマップで、ナビゲーション支援を行う。

以上を、ナビゲーション中に変化させ提示する3パターンの地図表現とする。また、これらすべてのパターンにおいて、サーベイマップの地図はノースアップで表現する。ユーザの空間認識能力によっては、ノースアップではなくヘディングアップの地図を提示する方が適している場合もあると想定できるが、本章では、ユーザの空間認識能

力の差を考慮しないナビゲーションシステムの開発のため、ノースアップを用いた地図表示を行う。

## 2.4.2 画面構成

画面構成について、以下よりスタート地点付近・道中・目的地付近に分類して詳述する。

### 2.4.2.1 スタート地点付近

上部にルートマップ、下部にサーベイマップを表示する。まず上部のルートマップについては、目的地検索より取得したルートのポリラインとなるポイント（以降、ウェイポイントと表記）から、スタート地点に近い3点を取り、始めに最もスタート地点に近い緯度経度の位置に、矢印のプレスマークを設置する。これにより、ルートマップの画像上に、プレスマークが重層的に表示される。ユーザは矢印が見える方向に従うことで、最初の進行方向へと誘導される。最初の矢印のプレスマークの位置へ近づくと矢印は消え、2つ目の位置に矢印のプレスマークが表示される。これを最初の3つのポイントで繰り返され、3つ目の位置まで誘導を行うと、次のフェーズへと移行し、ルートマップから現在地に拡大されたサーベイマップ表示へと切り替わる。また下部のサーベイマップは、ルートの線が引かれた目的地までの全体地図を表示させる（図 2.9a）。

### 2.4.2.2 道中

上部のルートマップは現在地に拡大されたサーベイマップ表示に切り替わる。進むべき進行方向は、スタート地点付近の段階で理解できているものとみなし、サーベイマップに切り替えることで、常に地図を見なければならない状態からユーザを解放することを目的とする。下部の全体サーベイマップ表示は変動しない（図 2.9b）。

### 2.4.2.3 目的地付近

スタート地点付近同様、目的地に近いルートのポリラインのポイントを3点取得し、目的地より最も離れている3つ目のポイントへ近づいたとき、上部のサーベイマップ



(a) スタート地点付近

(b) 道中

(c) 目的地付近

図 2.9: 視点切り替え地図の画面構成

がルートマップ表示へと切り替わり、矢印のプレースマークで方向指示を行う。これにより、ユーザに目的地の探索に注意を払わせ、発見を促す(図 2.9c)。

また、万が一道に迷ってしまった場合、進むべき方向が分からなくなっている状況であると推測できる。このような状況下では、道中のナビゲーション画面で表示されているサーベイマップのみから、進行方向を把握することは困難である。よって、迷った地点から、もう一度ルートを再設定できるよう、図 2.9 で示している各画面の右上のように、「迷った」ボタンを設置する。これにより、現在地をスタート地点として、スタート地点付近の地図から再度ナビゲーションすることを可能にする。

### 2.4.3 システム構成

本研究では実装例として、Android アプリとして開発を行うが、他 OS でも応用可能にするため、Web アプリとして HTML5 で実装を行う。地図描画には、javascript の地図 API サービスであり、ルートマップである地上視点のビューを表現可能である、Google Maps API<sup>2</sup> を利用することとする。また、スマートフォンの地磁気センサを利用するため、HTML と javascript でアプリを作成でき、ハードウェアの機能にアクセスする API も用意されている Phonegap<sup>3</sup> を利用して、javascript と Java で連携を取る

<sup>2</sup><https://developers.google.com/maps/>

<sup>3</sup><https://phonegap.com/>

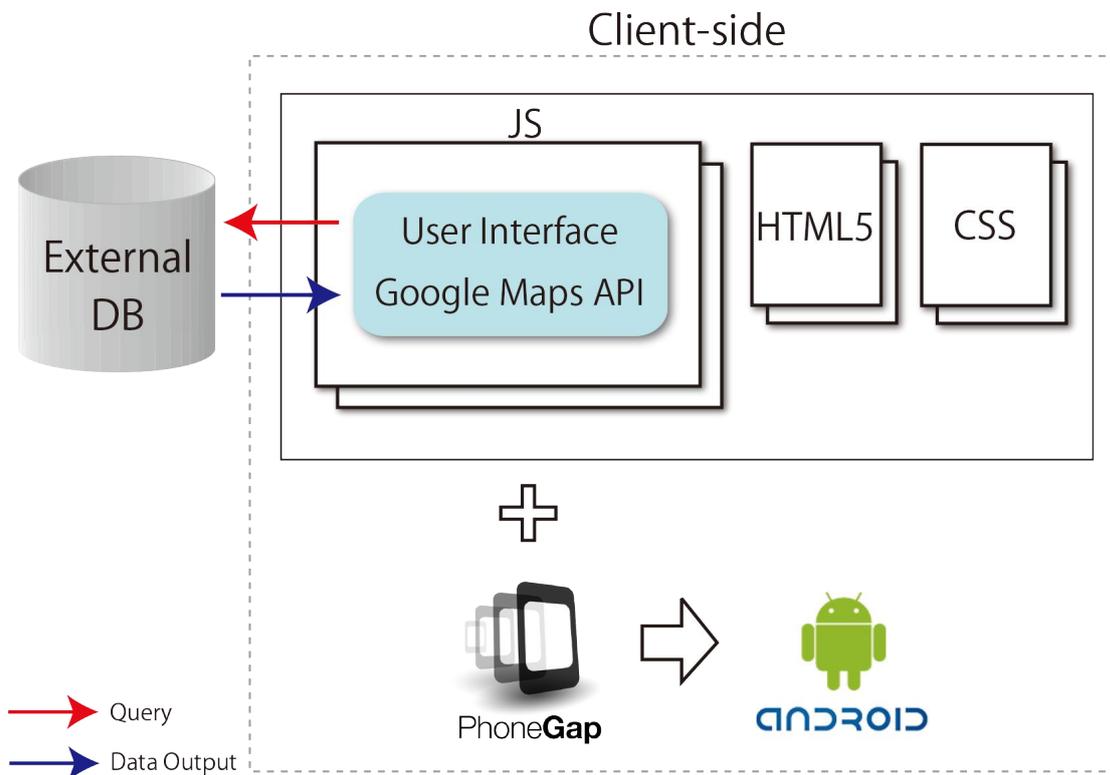


図 2.10: システム構成図 - 視点切り替え地図ナビゲーションシステム

形にして実装を行う（図 2.10）。ナビゲーション中の画面は 2 画面構成とし，Google Maps API を利用して地図画面を表示する（図 2.9）。

まずルート検索の仕組みについて述べる。目的地を地図上から選択，もしくは住所を入力することによりジオコーディングを行う（図 2.11）。Google Maps API のジオコーディングサービスにリクエストし，住所・名称から検索した場合は，緯度・経度を取得する。地図から選択し検索した場合は，逆ジオコーディングで住所を取得する。次に，Google Maps Directions API<sup>4</sup> を使用し，ルートサービスリクエストを行い，現在地と目的地情報から，徒歩経路のルートデータを取得する。ルートデータ内のパスの緯度経度情報を基に，サーベイマップ上にルート描画を行う。ルートマップ上には，ルートのウェイポイントに矢印アイコンをマッピングすることで，進行方向を示す。

次に，ルートマップとサーベイマップの実装方法について詳述する。

<sup>4</sup><https://developers.google.com/maps/documentation/directions/>

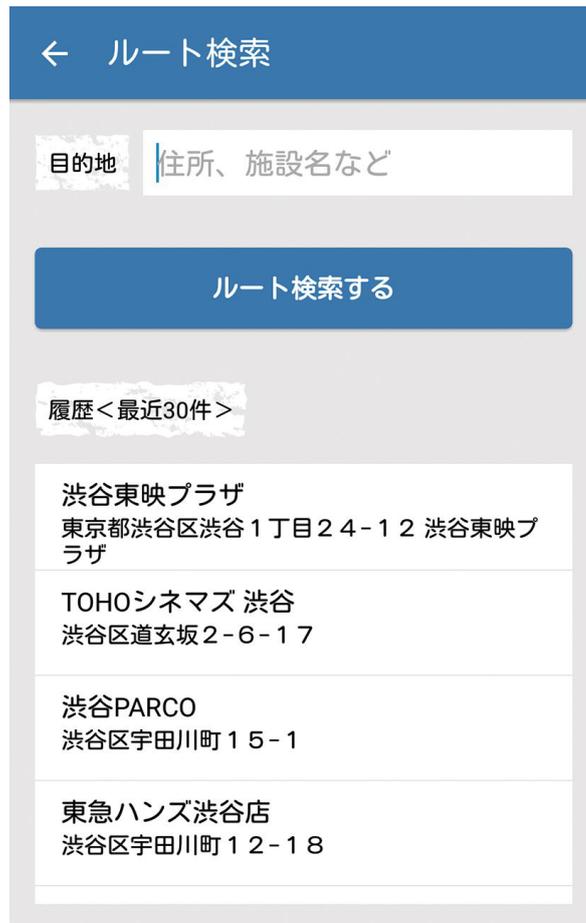


図 2.11: 目的地設定画面

#### 2.4.3.1 ルートマップ

地上からの視点のビューを表示させるため、本研究では Google Maps API で提供される Google Street View<sup>5</sup> の機能を用いる。GPS で取得した現在地におけるストリートビューの風景画像が、地磁気センサから取得したスマートフォンが向いている方角と連動し、向いている方角が切り替わりながら表示される仕組みである。これにより、現在地からユーザが見える景色と、スマートフォンで表示される画像が一致する。ここで、ユーザを遠距離にある情報に注目させるため、ストリートビューで表示する画像のカメラのピッチ角度（上下の回転角度）を、斜め上 40 度に設定し、近距離にある情報を隠す。

地図上の矢印アイコンの描画については、ルートサービスリクエストのレスポンスより取得したウェイポイントに、矢印のアイコンをマッピングする。これを現在地の

<sup>5</sup><https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/streetview/>

ストリートビューで表示させた時、進むべき方向の風景写真の上に矢印が表示されて見えるため、進行方向の理解を可能にしている。

ルートマップの提示はスタート地点付近と目的地付近であるが、スタート地点付近の場合、レスポンスより取得したルートのウェイポイントのうち、スタート地点から数えて3つ目までのポイントとする。目的地付近の場合は、目的地から数えて3つ目までのポイントに矢印のアイコンをマッピングし、ルートマップで案内する仕組みである。まず現在地より一番近いウェイポイントに置かれた矢印が表示され、現在地が半径15m以内になると、その地点に置かれた矢印アイコンが非表示となり、次のウェイポイントに置かれた矢印が表示されるようにしている。

#### 2.4.3.2 サーベイマップ

俯瞰的な地図表示で、ランドマーク情報が必要となるので、ルートマップと同様に Google Maps API を利用して実装する。GPS より取得した現在地に焦点を当てて、常に画面の中央が現在地になるようにする。現在地を示すアイコンは、矢じり型にし、スマートフォンの地磁気センサにより取得した方角の数値によって、矢じりが示す向きが回転する。

## 2.5 実証実験

2.4 で実装を行ったナビゲーションアプリを用いて、目的地まで歩行移動する実験を行う(図 2.12)。実験後、実験参加者の発言を発話プロトコル法で分析する。本実験より、筆者が提案した視点切り替え地図ナビゲーションシステムの有効性を示し、さらにデータ分析から、ユーザのカテゴリライズ手法の検討に役立てることを目的とする。

### 実験場所

実験を行う場所として、首都大学東京日野キャンパスより少し離れた土地で、スタート地点(八王子高倉郵便局)と目的地(とんかつ浜勝 八王子石川店)を選定する。1.2km の距離で、徒歩で約 15 分の距離である(図 2.13)。



図 2.12: 実験の様子

### 実験状況

実験の結果が環境状況によって変動しないように，天候が晴れか曇りの状態の時のみ実験を行う．傘などの障害物が実験に影響を与える可能性があるため，雨の場合は中止する．曇りの場合は，対象物の観測に影響がでない程度の明るさである場合のみ決行する．また時間帯は，日出後から日没前の日中の時間帯とする．

### 実験方法

参加者をスタート地点まで地図を見せない状態で連れて行き，スタート地点から，ナビゲーションを実行開始した状態であるスマートフォンを参加者に持たせ，目的地まで指示されたルート通りに歩行してもらう．実験者はタブレット端末を持ち参加者に同行し，GPS と音声記録する．参加者を誘導することがないように，進行方向に関するアドバイスは一切行わず，参加者を追従する．また，参加者の発話を促すよう，常に会話をしながら実験を行う．



図 2.13: 実験に使用するルート

## 期間

平成 24 年 6 月下旬 ~ 8 月末

## 実機の選定

タブレット端末では、地磁気センサによる方角が正確に取得できない、光の反射によって屋外では画面が見づらい、重量により参加者が持ち続けるには負担がかかるなどの理由により、Xperia NX(SO-02D) のスマートフォンを利用する。

## 参加者

首都大学東京の大学生・大学院生 5 名 (男性 1 名・女性 4 名)

実験に利用する土地の習熟度による、到着時間の差や迷いやすさへの影響を防ぐため、参加者の習熟度が低い場所での実験を行うこととする。そのため事後アンケートで、実験で辿ったルートについての事前知識の有無について問う。

表 2.1: 事後アンケート

No.	質問
1	あなたはご自身の方向感覚が優れていると思いますか？
2	あなたの日常で、地図や地図アプリ、カーナビ等を利用しますか？
3	それらの地図を用いても、道に迷うことがありますか？
4	実験を行った場所は、よく知っている道でしたか？
5	迷わずにたどり着けましたか？
6	途中不安に思うことがありましたか？
7	地図の指示は分かりやすかったですか？
8	アプリ自体は使いやすかったですか？
9	ヘディングアップが欲しいですか？

### 事前アンケート

実験を行う前に SDQ-S によるアンケートを行い、参加者の方向感覚について調査を行う（図 2.14）。SDQ-S とは竹内 [48][49] によって開発された、方向感覚の良さを判定する質問紙である。質問は計 20 問で構成され、5 段階評価で回答し、合計得点（100 点満点）で評価する。得点が高いほど方向感覚が良いと判断される。この質問紙は空間認知の研究において、自己評価による方向感覚の判断に広く使用されている。

### 事後アンケート

実験を行った場所に対する参加者の習熟度や、普段の地図利用の頻度や状況、本実験で用いたナビゲーションアプリの感想等についてのアンケートを実施する（表 2.1）。

### 分析方法

発話プロトコル法（プロトコル分析）による分析を行う。発話プロトコル法は、人間の思考過程を抽出し、検討する方法である。ある課題を与えられた人が、その課題を解く過程で考えたり、感じたことをそのまま全てリアルタイムで発話し（発話思考法）、その発話の内容をプロトコルデータとして蓄積し、これを分析する手法である [50]。この分析方法により得られるプロトコルデータは、判断および意思決定を行う際の心的な体験を言語で表現したものであるため、発話プロトコル法によって、思考過程を直接的に得ることができる [51]。これは、道案内のような、人によって異なると考

## 事前アンケート

ご自身の方向感覚について、以下の質問に5段階評価で回答してください。

1.ほとんどあてはまらない 2.あまりあてはまらない 3.どちらともいえない 4.ややあてはまる 5.よくあてはまる

- 1. 知らない土地へ行くと、途端に東西南北がわからなくなる。  
1      2      3      4      5
- 2. 知らないところでも、東西南北をあまり間違えない。  
1      2      3      4      5
- 3. 順を教えてもらう時、「右・左」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。  
1      2      3      4      5
- 4. 電車の進行方向を東西南北で理解することが困難。  
1      2      3      4      5
- 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。  
1      2      3      4      5
- 6. ホテルや旅館の部屋に入ると、その部屋がどちら向きか分からない。  
1      2      3      4      5
- 7. 事前に地図を調べていても初めての場所へ行くことはかなり難しい。  
1      2      3      4      5
- 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。  
1      2      3      4      5
- 9. 頭のなかに地図のイメージをいきいきと思い浮かべる事が出来る。  
1      2      3      4      5
- 10. 所々の目印を記憶する力がない。  
1      2      3      4      5
- 11. 目印となるものを見つけられない。  
1      2      3      4      5
- 12. 何度も行ったことのあるところでも目印になるものを良く覚えていない。  
1      2      3      4      5
- 13. 景色の違いを区別して覚えることが出来ない。  
1      2      3      4      5
- 14. 特に車で右・左折を繰り返して目的地に着いた時、帰り道はどこでどう曲がったらよいかわからない。  
1      2      3      4      5
- 15. 自分がどちらに曲がってきたかを忘れる。  
1      2      3      4      5
- 16. 道を曲がるところでも目印を確認したりしない。  
1      2      3      4      5
- 17. 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。  
1      2      3      4      5
- 18. 住宅地で同じような家が並んでいると、目的の家が分からなくなる。  
1      2      3      4      5
- 19. 見か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。  
1      2      3      4      5
- 20. 二人以上で歩くと人について行って疑わない。  
1      2      3      4      5

図 2.14: 事前アンケートで用いた方向感覚質問紙簡易版 (SDQ-S)

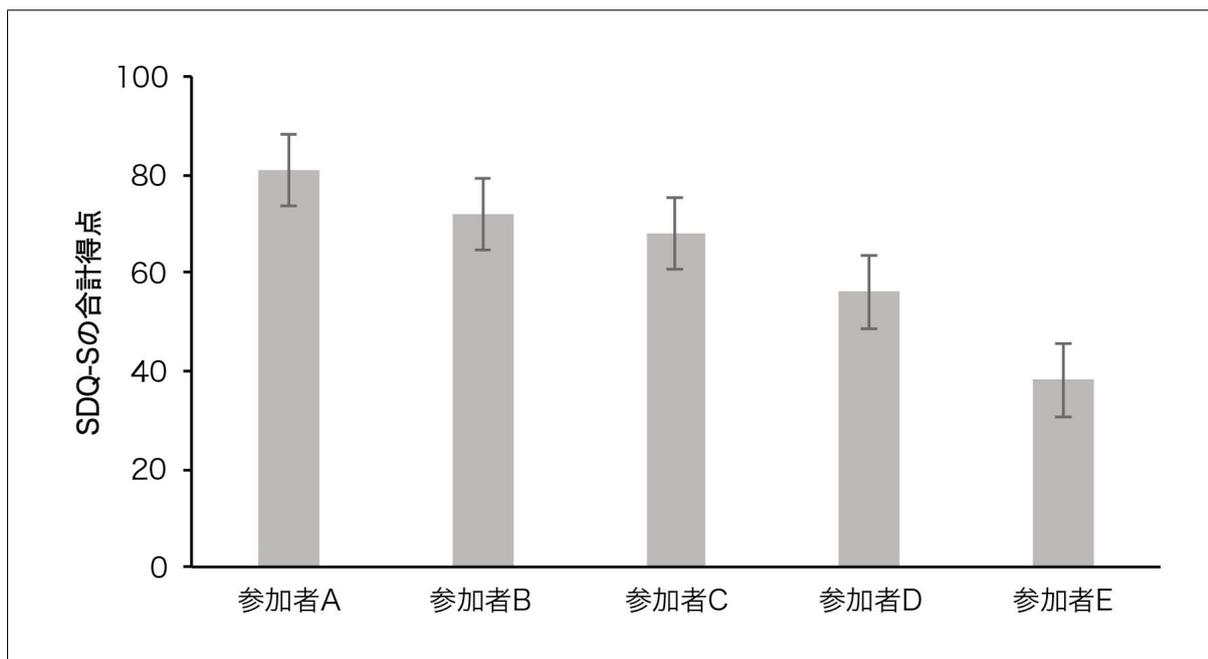


図 2.15: SDQ-S の合計得点

えられる複雑なタスクを行う際の認知プロセスについて、データを得る上で非常に有効である。

本実験は、ナビゲーションシステム利用時のユーザの思考と行動について、定性的な分析を行うことを目的としているため、実験のサンプル数が少なくても、実験可能であると判断する。

## 2.6 実験結果

### 2.6.1 事前アンケート

事前アンケートの結果より、5名の参加者のSDQ-Sの得点を示す(表2.2)。逆評価になる質問は、回答された点を逆にしたものを得点として表記する。5名の参加者は、方向感覚が良いと言える点数が高い順に、参加者A, B, C, D, Eとした。以降、参加者A~Eで表記する。5段階評価による得点計算のため、合計得点は最大100点、最低20点となるアンケートで、参加者5名の合計得点の標準偏差は、約14.86点であった。本研究では、参加者5名の方向感覚に十分ばらつきがあると判断し、この5名を参加者とした実証実験を行う。

表 2.2: 事前アンケートの回答結果による SDQ-S の得点

Q. 質問	参加者					平均
	A	B	C	D	E	
1 知らない土地へ行くと、途端に東西南北が分からなくなる	4	4	2	2	1	2.6
2 知らないところでも、東西南北をあまり間違えない	4	4	2	2	1	2.6
3 道順を教えてもらう時「右・左」で指示してもらうことが分かるが「東西南北」で指示されるとわからない	2	3	4	2	1	2.4
4 電車の進行方向を東西南北で理解することが困難	5	2	4	2	1	2.8
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	4	5	4	2	2	3.4
6 ホテルや旅館の部屋に入ると、その部屋がどちら向きか分からない	3	2	1	2	1	1.8
7 事前に地図を調べていても初めての場所へ行くことはかなり難しい	5	5	4	3	2	3.8
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	5	5	4	4	2	4.0
9 頭の中に地図のイメージをいきいきと思い浮かべることができる	5	4	2	2	1	2.8
10 所々の目印を記憶する力がない	4	4	4	3	4	3.8
11 目印となるものを見つけれない	5	5	4	4	4	4.4
12 何度もいったことのあるところでも目印になるものをよく覚えていない	5	1	5	4	4	3.8
13 景色の違いを区別して覚えることができない	5	1	4	4	2	3.2
14 特に車で右・左折を繰り返して目的地に着いたとき、帰り道はどこでどう曲がったらよいか分からない	3	4	4	2	2	3.0
15 自分がどちらに曲がってきたかを忘れる	3	5	2	3	2	3.0
16 道を曲がる場所でも目印を確認したりしない	5	5	4	4	1	3.8
17 人に言葉で詳しく教えてもらっても道を正しく迎れないことが多い	4	4	4	4	2	3.6
18 住宅地で同じような家が並んでいると、目的の家が分からなくなる	3	2	4	3	2	2.8
19 見か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	3	3	2	2	2	2.4
20 二人以上で歩くと人について行って疑わない	4	4	4	2	1	3.0
合計得点	81	72	68	56	38	63

## 2.6.2 発話プロトコル分析

発話内容は表 2.3 のように、その内容がナビゲーションアプリの使い方についてなのか、道順に関してなのか等への分類と、発見もしくは確信的発言なのか、迷った発言なのか等への分類を施し、それぞれに種別記号を与え、発言時間・発言文句・発話の内容をデータ化する(図 2.16)。また、高さがある建物・遠距離にある建物に着目した発言には○でチェックをつける。なお、迷いかどうかの分類は、迷いを感じている発言をした場合、もしくは間違った方向へ進行した場合を、迷いと判断する。

発話プロトコル分析の結果、理解しやすいように発言内容の分類をまとめ、以下の

表 2.3: 発言内容の分類と種別記号

発言内容	種別記号 I	発言内容	種別記号 II
アプリの使い方について	M	発見	!
道順に関する発言	R	迷い	??
地図表記ありの対象物について	L	予測	%
地図表記なしの対象物について	nL	疑問	?
その他風景に関すること	S	探索	*
		感想	~

10	4:10	震えた。地図変わった。	M	!	
11	4:50	いろんな会社の建物あるね。	S	~	
12	5:40	ここもまっすぐ。	R	!	
13	6:47	緑いっぱいあっていいね。	S	~	
14	9:40	地図が見えなくなっちゃった。	M	?	
15	10:40	高い建物を目印に行けよいいの？	M	%	
16	11:00	あれ、ちょっと道違うかも。	R	??	
17	12:16	あっ、北八王子駅を通る感じ？	R	%	
18	12:45	ハイテクなビルがいっぱいある。新しそうな。	nL	!	○
19	15:09	厳密に曲がり道とか書かれてある。	M	!	
20	15:48	火事かな。(サイレンの音)	S	?	
21	15:55	こちらへん工場がいっぱいあるから、火事とかありそう。	nL	~	
22	16:09	こっちでいいのかな？	R	??	
23	16:12	こっち？	R	??	
24	16:20	歯科がこっちにあるから、むこうか。	R	*	
25	16:31	矢印がこっちだから、こっちだね。	R	%	
26	16:38	矢印が自分がいるところでいいんだよね？	M	%	
27	17:24	こっちだ。	R	!	
28	17:35	風景に見とれていると、ついつい地図見なくなって間違えちゃう。	M	~	
29	20:09	事故多し。(看板を見て)	S	!	
30	20:50	こっち。	R	!	
31	20:57	とんかつ屋さんだ！	R	!	
32	21:00	旗が立ってる。ゴールだ！	R	!	

図 2.16: 発話プロトコル分析の一部

9 項目に再分類する .

- 道順 (R) の発見 , 確信 (!)
- 道順 (R) の疑問 (?)
- 道順 (R) の探索 (\*)
- 道順 (R) の予測 (%)
- 地図表記ありの対象物について (L)
- 地図表記なしの対象物について (nL)
- 風景に関すること (S)

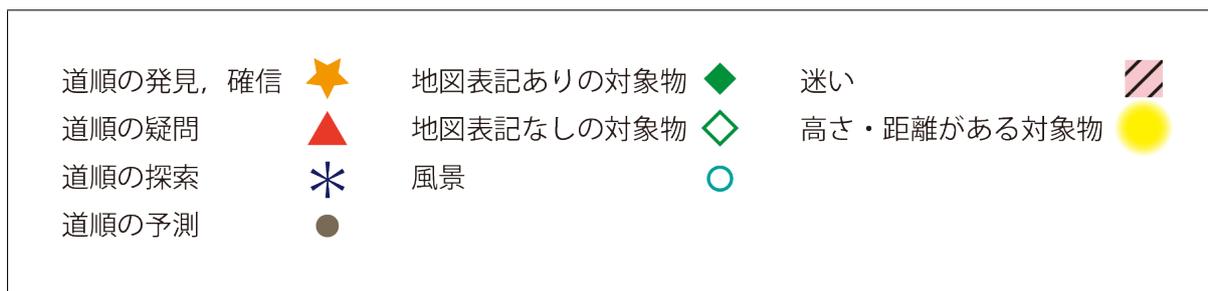


図 2.17: グラフ内のアイコン一覧

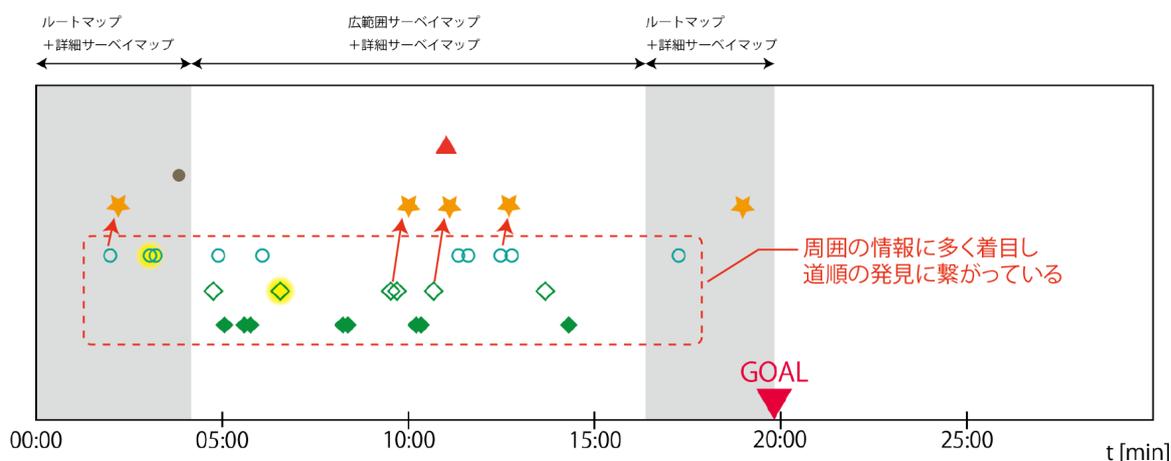


図 2.18: 参加者 A の発言内容の分析

- 迷いに関する発言 (??)
- 高さがある・遠距離にある建物への着目

これら 9 項目にそれぞれアイコンを設け (図 2.17), グラフ化する.

横軸は実験時間を示し, スタート地点である郵便局でスマートフォンを渡し, 使い方の説明後, 目的地の設定がされた地図を見せた時点を, 実験開始時間とする. 縦軸はアイコンの種類別である. また, スタート地点と目的地付近の地図が表示されている時間帯は, グレーの帯で示す.

#### 参加者 A

地図表記のない対象にも十分着目できており, そのような対象物への着目後, 道順の発見に繋がっているパターンが多数見られる (図 2.18).

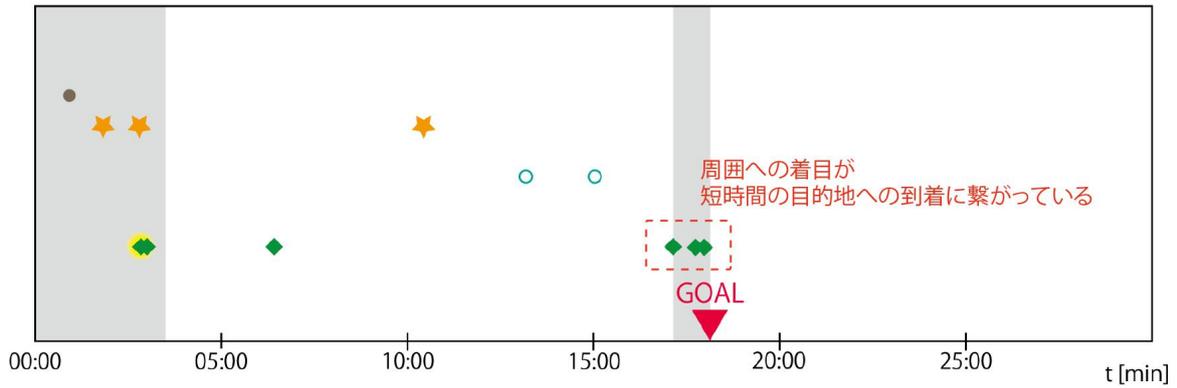


図 2.19: 参加者 B の発言内容の分析

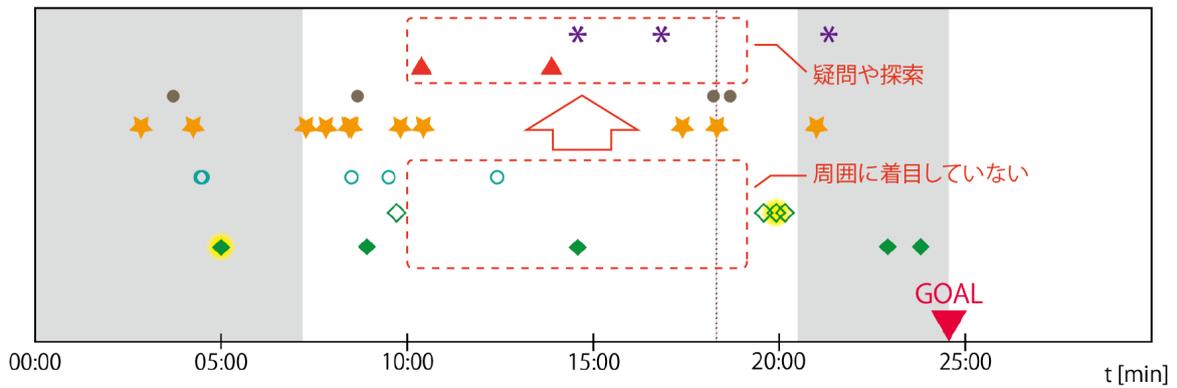


図 2.20: 参加者 C の発言内容の分析

### 参加者 B

全体的に周囲の情報への着目度は低いですが、目的地付近では地図表記のある対象物へ着目を重ねることで、短時間で目的地にたどり着けている（図 2.19）。

### 参加者 C

道順に関する疑問や探索を繰り返している場面では、周囲の情報に着目しておらず、道順の確信が持てていない（図 2.20）。

### 参加者 D

道に迷ってしまった場合、地図表記のある対象物に目を向けることにより、解決に至っている（図 2.21）。

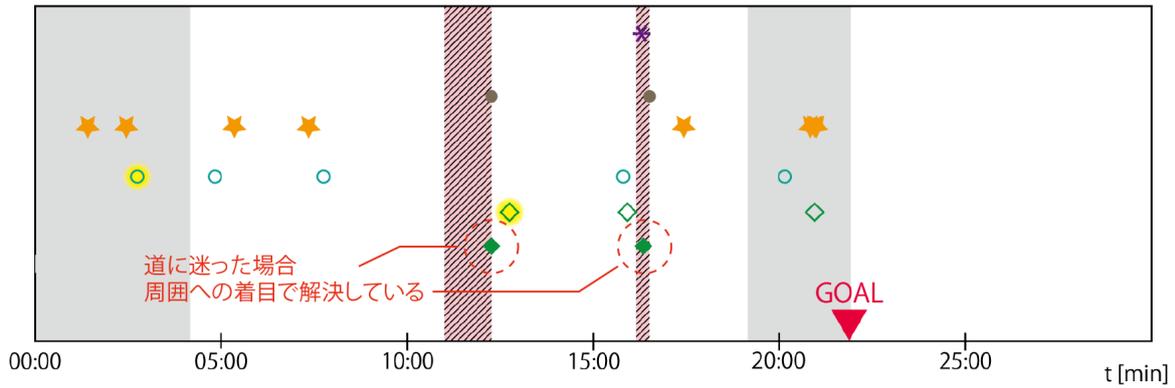


図 2.21: 参加者 D の発言内容の分析

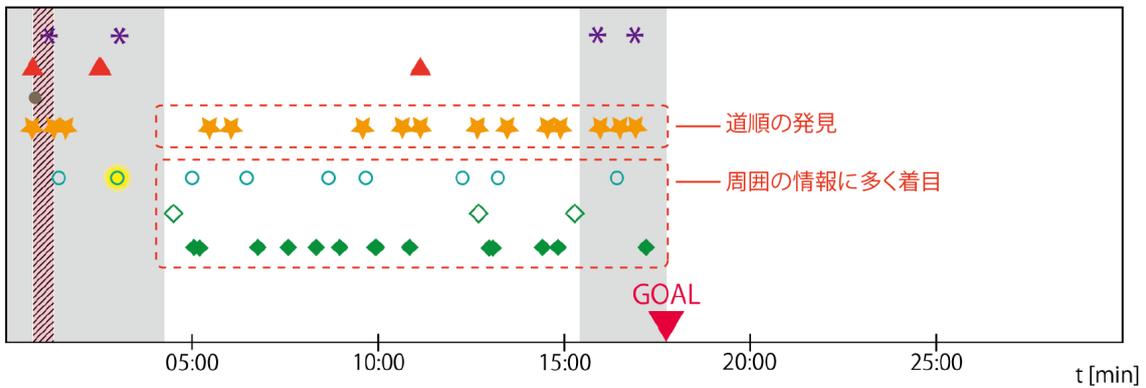


図 2.22: 参加者 E の発言内容の分析

### 参加者 E

最初の進行方向で迷いが見られるが、サーベイマップの地図表記に移行してからは、地図表記のある対象物や、風景に多く着目しながら道順に確信を持っている（図 2.22）。

### 2.6.3 事後アンケート

事後アンケート結果は表 2.4 の通りである。実験を行った場所に対する習熟度についての質問への回答結果は、参加者 5 名とも、低程度である 2 点以下であったことから、本実験に利用した場所に対して習熟度が低いと判断できる。よって、参加者 A ~ E の実験結果は、習熟度による到着時間の差や迷いやすさへの影響を無視できるとして、本実験の分析に用いることとする。

また、事前アンケート結果と事後アンケートの結果を合わせて、グラフに示す（図

表 2.4: 事後アンケートの回答結果

No.	質問	参加者				
		A	B	C	D	E
1	あなたはご自身の方向感覚が優れていると思いますか？	5	2	4	2	2
2	あなたの日常で、地図や地図アプリ、カーナビ等を利用しますか？	3	1	5	2	5
3	それらの地図を用いても、道に迷うことがありますか？	-	-	4	-	4
4	実験を行った場所は、よく知っている道でしたか？	1	2	2	1	1
5	迷わずにたどり着けましたか？	5	4	4	4	5
6	途中不安に思うことがありましたか？	2	2	2	2	4
7	地図の指示は分かりやすかったですか？	3	3	4	5	3
8	アプリ自体は使いやすかったですか？	4	4	4	5	3
9	ヘディングアップが欲しいですか？	5	2	5	4	5

2.23) .

## 2.7 考察

### 2.7.1 発話プロトコルデータ

事後アンケートの自由記述で、実際に使った感想として、遠距離の対象物への着目を促すため、高度を上げたルートマップで地図提示を行ったが、その着目度はどの参加者でも低く、高度を下げて表示して欲しいという意見が得られた。これは、道に迷いにくいとされるユーザは、スタート地点付近と目的地付近で遠距離視する傾向があるとされているが、実験で利用した地図は、矢印方向による示唆だったため、遠距離視して進行方向を判断する必要がなかったためだと考えられる。そのため SDQ-S の点数が高い参加者でも、遠距離にある対象物への着目が薄いという結果になった。よって、サーベイマップ型のユーザには、サーベイマップによる地図を提示することで、ユーザに予め備わっている空間認識能力を妨げず道案内ができると考察する。一方、ルートマップ型のユーザには、苦手な遠距離視の代わりに、矢印によって進行方向を示唆する手法が道案内に有効である。しかし、スタート地点付近でのルートマップ表示により、最初の進行方向を間違えた例はなかったが、GPS や端末の地磁気センサの精度により現在地の方向がずれてしまった場合、ユーザを混乱させることに繋がった。参加者 E の迷いがその例である。また、進行方向を示す矢印は、その方向に端末を向けなければ出現しないため、矢印を探すことに時間がかかる例が多く見られた。このよ

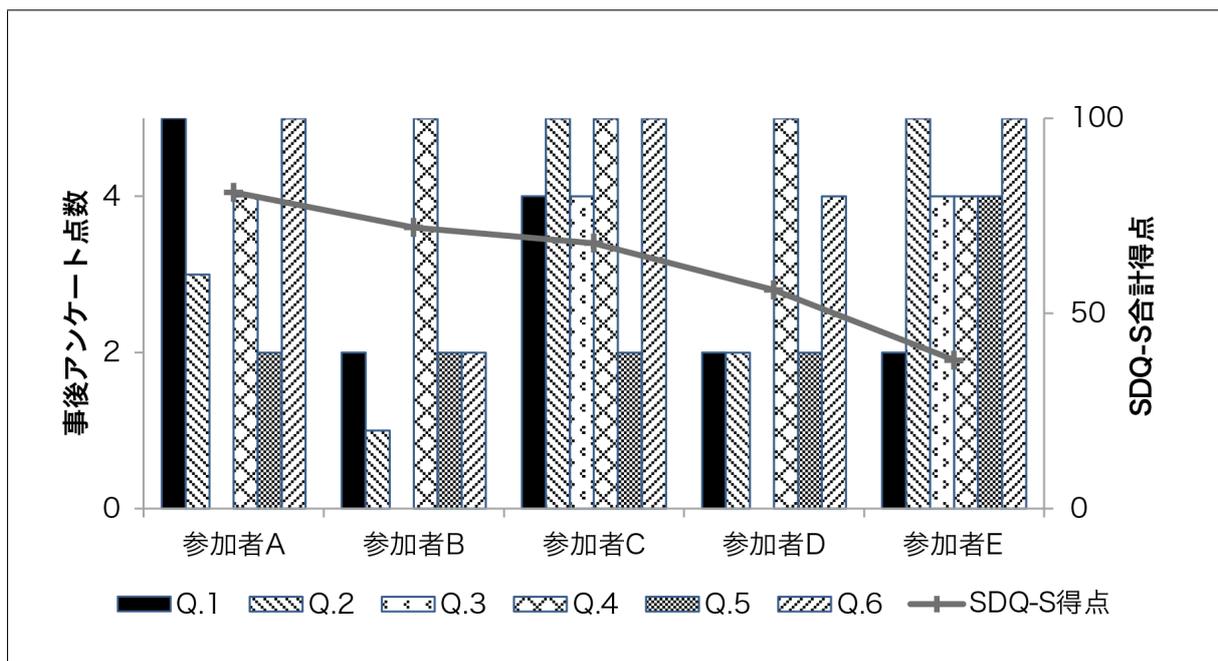


図 2.23: SDQ-S の合計得点と事後アンケート結果

うに，端末の GPS と地磁気センサ，矢印の表示方法の問題によって，スタート地点及び目的地付近での長時間の探索や迷いを引き起こしてしまった．よって，端末の向きに左右されない進行方向の示唆によって，ルートマップによるナビゲーションを行うよう，改善する必要がある．

次に，周囲の情報への着目度を比較検討する．参加者 C と E を比較すると，SDQ-S の得点が最も低かった参加者 E の方が，着目度が高いという結果が得られた．発話内容から分析すると，方向感覚が優れているユーザほど，あまり地図に着目せず，空間認識に関係ない思考をしている傾向があると考えられる．一方，道に迷いやすいユーザは，注意深く地図と周囲を観察し，その結果，短時間での到着に繋がっていた．よって本システムは，道に迷いやすいユーザに対して，周囲への着目を促し，短時間の目的地までの到達に有効であると考察する．

さらに，参加者 5 名の目的地までの到着にかかった時間を比較する．最大で約 8 分の差が見られるが，スタート地点と目的地付近を除く道中にかかった時間は，参加者 A，C，E が 11～13 分，参加者 B と D が 14～15 分程度で，最大でも約 4 分の差となった．SDQ-S の得点が最も高かった参加者 A と，最も低かった参加者 E が，同じように短時間で道中を進行できていることより，本システムは空間認識能力の良し悪しに関わら

ず、短時間のナビゲーションに有効であると言える。しかし、スタート地点と目的地付近では、かかった時間に大きく差が見られた。参加者 B のように、地図上に表記された対象物を発見し、実際の風景と地図とを同定できると、短時間のナビゲーションが可能となるが、同定に時間がかかると、最初の進行方向の選択や、目的地の発見に時間がかかる。これは先の考察で述べたように、端末の向きに左右されない進行方向の示唆によって、地図と実際の風景との同定までの時間を短縮できると推測する。

最後に、参加者 D のように、地図から目を離しているうちに、誤った道へ進むパターンが見られた。なお、事後アンケートの、途中不安に思うことがあったかの問いに対し、参加者 E は 4 と回答しており、正しい進行方向を選択しているにも関わらず、自分の進行方向に確証が持てず不安を感じる参加者のパターンも見られた。このようなユーザには、間違えた道を選択した場合に警告する仕組みや、正しい道を選択している時には正しいと教える仕組み等が必要であると考察できる。

## 2.7.2 事後アンケート

参加者 B は SDQ-S による点数が 72 点であるが、事後アンケートで、自身の方向感覚が優れていると思うかの問いに対し、2 と回答しているように、SDQ-S による方向感覚に関する詳細な質問による評価と、方向感覚が優れていると思うかという直接的な質問結果には、相違が生じている。よって、方向感覚をより正確に判断するためには、SDQ-S を用いた詳細な質問による分析が必要であると言える。

次に、事後アンケートの No.1 ~ 3 の問いに対し、参加者 C, E は普段地図を利用して道に迷うことがあると回答しており、方向感覚の良し悪しに関わらず、既存の地図は道に迷う問題を解決できていないと言える。一方、本システムを利用して、迷わず辿りつけたかの問いに、どの参加者からも高い自己評価を得ることができた。よって本システムは、空間認識能力の良し悪しに関わらず、迷わず目的地までナビゲーションすることに効果があると考えられる。

また、事後アンケートの、ヘディングアップが欲しいかどうかの問いに対し、参加者 B のみ低程度の必要性を示した。ノースアップ的な空間認識は、目的地への経路のどこにいるのかを確認することに適しており、サーベイマップ的な空間認識に繋がる。サーベイマップ的な空間認識を行うユーザは、一般的に道に迷いにくい特徴があるが、このようなユーザに対し、ヘディングアップ表示による地図提示を行うと、ルートマッ

プ的な空間認識を誘発してしまい、混乱を招く可能性がある。よって、ユーザによって、ヘディングアップとノースアップのどちらが適しているかを判断する必要がある。

## 2.8 まとめ

本章では本研究の1つ目の指針である、空間認識のプロセスに基づいたナビゲーションシステムの実装として、経路探索を支援する空間認識のプロセスに基づいて設計された、ナビゲーションシステムを開発した。空間認識についての先行研究のレビューより、スタート地点・道中・目的地付近の3パターンで視点を切り替えるナビゲーションシステムを設計した。実装例として Android 用ナビゲーションアプリの開発を行った。本システムを利用した実証実験の結果より、本システムは空間認識能力の良し悪しに関わらず、迷わず目的地までナビゲーションすることに効果があり、さらに短時間の目的地までのナビゲーションに有効であると考察できた。

しかし、さらなる効果の向上のために改善すべき点も発見できた。進行方向の短時間の発見のため、ルートマップを利用した矢印示唆の方法を改良することと、間違えた経路を進行している場合の気づきや、正しい経路を選択しているかどうかの不安解消のための警告の仕組みを実装することである。さらに、サーベイマップ型のユーザには、予め備わっている空間認識能力を妨げないようにするため、サーベイマップによるナビゲーションを行い、ルートマップ型のユーザには、ルートマップによるナビゲーションを行うべきであるという結果も得られた。空間認識能力の違いによって認知地図の型が異なるため、ユーザの空間認識能力を判断し、それに応じた地図を提示するナビゲーションを行うことが、迷いの解消にさらに有効であると考えられる。

したがって3章では、空間認識能力に応じたユーザカテゴリー手法を開発し、本章で得られた知見を反映させながら、本手法を取り入れた地図ナビゲーションシステムを実装する。

## 第3章 空間認識能力に応じたユーザカテゴライズ手法

### 3.1 本章の目的

本章では、本研究の2つ目の指針である、ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため、空間認識能力に応じた、ユーザカテゴライズ手法を開発する。この指針は、迷いの内的要因である不安な心理と個人の空間認識能力の違いによる影響を解消するアプローチで定義される。

経路の理解や表現方法には個人差があり、これを解消するには、個人の理解に応じた地図を提示することが必要である。そこで、ユーザの空間認識能力を判別し、それに応じて、空間認識を支援する地図を提示することが、内的要因の解消に有効であると考察する。よって、ユーザの空間認識能力に応じた空間認識支援をすることを、本章の目的とする。

本指針の実現性の実証のため、ユーザの空間認識能力を判別する手法を開発する。本手法を、ユーザカテゴライズ手法と定義する。また、本手法を用いてナビゲーションを行うシステムの実装例として、ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムを開発する。

また本章での実装の意義は、ユーザの空間認識能力に関わらずナビゲーションを行えることである。

### 3.2 関連研究

#### 3.2.1 ルートマップとサーベイマップ

人は認知地図に基づいて移動を行うため、この認知地図が正確にできていればいるほど、道に迷いにくい[52]。認知地図と実地図を対応付けながら、実地図の認識と利用者の持っている認知地図の再構成を対話的に行う、認知地図再生システムを提案している事例[32]があるように、認知地図を正確に形成するためには、ユーザが保持しや

すい認知地図と対応した地図を提示することがナビゲーションに有効であると考えられる。

サーベイマップとルートマップの表現を用いた地図サービスはこれまでに多数開発されているが、どれもユーザの認知地図の型に応じて地図をユーザに提示していないため、ユーザが保持しやすい認知地図の型の構築に役立っていない。

したがって筆者は、ユーザの認知地図のパターンを判断し、サーベイマップとルートマップを切り替えながら地図提示をすることで、ユーザが保持しやすい形の認知地図の構築に貢献できると考察する。

### 3.2.2 ノースアップとヘディングアップ

ユーザの嗜好により、ノースアップとヘディングアップを自由に切り替えられる地図サービスとして、Google マップや、カーナビゲーションシステムが挙げられる。しかしどれもユーザによって自由に選定できるため、ユーザの自己判断による地図の向きと、認知地図の向きが合致しなかった場合、ユーザの認知地図に応じた地図を提示することができない。

2章では、サーベイマップの提示時にはノースアップ、ルートマップの提示時にはヘディングアップとなるようシステムを設計したが、ユーザの認知地図のパターンによっても切り替えるべきであると考える。

### 3.2.3 方向感覚質問紙簡易版 (SDQ-S)

2章の実証実験の際にも用いたが、方向感覚の良し悪しを判断する指標として、SDQ-Sがある [48][49]。SDQ-Sの質問は、「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」、「特に車で右・左折を繰り返して目的地に着いたとき、帰り道はどこでどう曲がったらよいか分からない」など、空間を俯瞰的に認識できているかに関する内容や、「知らない土地へ行くと、途端に東西南北が分からなくなる」、「道順を教えてもらう時、『右・左』で指示してもらうことが分かるが『東西南北』で指示されるとわからない」など、東西南北を認識できているかに関する内容が含まれる。これより、SDQ-Sによる質問への回答結果と、ユーザの認知地図の型は、対応させることができると考えられる。質問の回答結果と、認知地図の型の分類の相関が測られれば、SDQ-Sの質

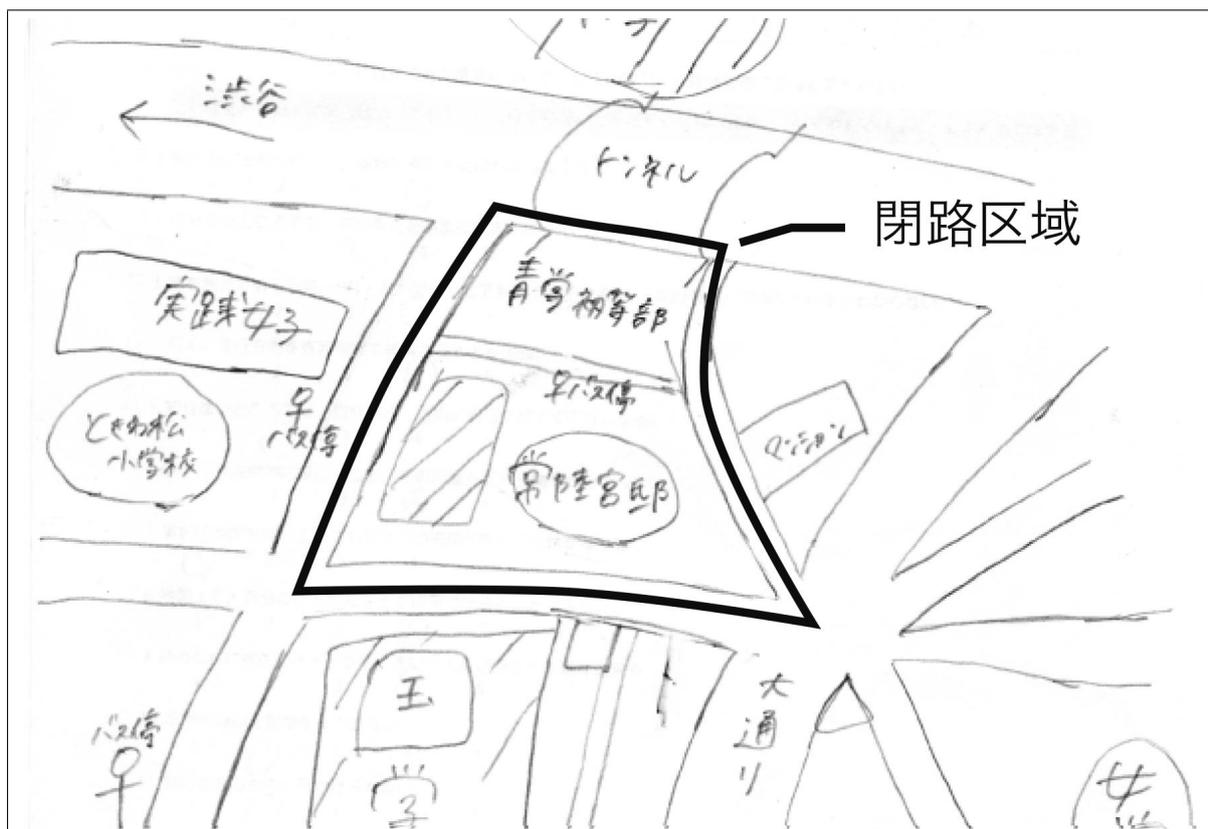


図 3.1: 閉路法の閉路区域

問内容は、ルートマップ型とサーベイマップ型の判別と、ノースアップ型とヘディングアップ型の判別に利用することができると推測する。

### 3.2.4 閉路法による認知地図の分析

頭の中に描いている空間イメージを描画したスケッチマップは、認知地図の外在化であるため、ユーザが持つ認知地図の分析に利用できる。スケッチマップの分析手法の1つに閉路法 [53] がある。本手法を用いることで、スケッチマップがサーベイマップ型かルートマップ型かを分析することが可能である。スケッチマップに描かれた道路網のうち、周囲を道路で囲まれている部分（閉路区域）(図 3.1) を数える方法であり、閉路区域があると、面的に空間の広がりを捉えていると判断できるため、サーベイマップ型であり、閉路区域がない場合は、線的に捉えているため、ルートマップ型であると分析できる。

よって閉路法を本研究に利用し、ユーザが持つ認知地図の分析に役立てることとする。

### 3.3 本章の位置づけと研究の方針

本章では2つ目の指針である，ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため，空間認識能力のパターンを判別する，ユーザカテゴライズ手法を開発する．

本手法の開発にあたり，まずユーザが保持する認知地図のパターンを判断することが必要である．そこで，これまでの関連研究を通しての議論を踏まえ，スケッチマップの描画実験を行う．次にスケッチマップと，SDQ-Sの質問のうち，空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問と，東西南北を認知できているかに関する質問に対する回答結果を比較分析し，各質問グループの得点と認知地図のパターンとの相関を測る．この実験結果より，SDQ-Sを活用したアンケートから，ユーザの認知地図のパターンを判断することを可能とする．

また開発したユーザカテゴライズ手法の実装例として，本手法を用いて，ユーザの認知地図のパターンをカテゴライズし，パターンに応じてユーザに提示する地図を切り替えるナビゲーションシステムの開発を行う．なお本システムを，ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムと呼ぶ．

また本システムは，2章で開発した視点切り替え地図ナビゲーションシステムを基に，実装する．2章での実装結果による知見より，ルートマップを利用した矢印示唆の方法の改良と，選択経路の間違いの気づきや不安解消のための警告の仕組みを追加する．

次節より，ユーザカテゴライズ手法の開発と，ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムの設計と実装を行う．

### 3.4 スケッチマップ描画実験によるユーザカテゴライズ手法の開発

本節では，SDQ-Sへの回答結果によって，ユーザの認知地図のパターンを分類する，ユーザカテゴライズ手法を開発する．

まず，認知地図の外在化となるスケッチマップの描画課題を行う．得られたスケッチマップから，閉路法による分析を行い，ユーザの認知地図のパターンを判別する．次にSDQ-Sによるアンケート調査を行う．SDQ-Sの質問内容から，空間を俯瞰的に認識できているかに関連すると考えられる質問と，東西南北を認知できているかに関連すると考えられる質問を抽出し，各質問グループの合計得点を求める．各質問グループ

の得点と、認知地図との相関を分析し、相関が認められれば、SDQ-S を利用したアンケートから、ユーザの認知地図のパターンを判断することができる。よって相関の分析後、各質問グループの回答結果からユーザをカテゴライズするための、各質問グループの回答条件を設定する。本手法をユーザカテゴライズ手法として提案する。

### 3.4.1 実験内容

#### 実験内容

認知地図の外在化となるスケッチマップの描画課題を行う。また、SDQ-S によるアンケートも行う。スケッチマップに関しては、通学・通勤の経路と、自宅周辺の2種類の地図を、資料や地図など何も見ずに描画してもらう。また、紙はA4用紙（縦）を使用する。

#### 期間

平成 26 年 6 月中旬～7 月中旬

#### 課題

- SDQ-S
- スケッチマップ描画
  - (a) 通学・通勤場所から最寄りの駅やバス停、もしくは自宅までの地図
  - (b) 自宅周辺の地図

#### 参加者

視点切り替え地図ナビゲーションシステムの実証実験の参加者 5 名を含む、男女 24 名（男性 10 名・女性 14 名）

詳細は以下の通り。

- 首都大学東京の大学生・大学院生 14 名（男性 7 名・女性 7 名）
- 20～50 代の社会人 10 名（男性 3 名・女性 7 名）

視点切り替え地図ナビゲーションシステムの実証実験の際に、当時の参加者からは、すでに SDQ-S の回答を得ていたが、以前から変化がある可能性もあると考慮し、再度回答してもらう。

#### 分析方法

まずスケッチマップを、閉路法によって、スケッチマップがサーベイマップ型かルートマップ型かを分析する。閉路法では、閉路区域の数や領域の大きさによって、サーベイマップ型のさらに詳しいタイプを分析できるが、本実験では2つの型に分類することが目的であるため、閉路区域の有無によって判断する。さらに、スケッチマップがどちらの方角を上にして描かれているかによって、ノースアップ型かヘディングアップ型かを分析する。

次に、SDQ-S から抽出した質問に対する回答結果と、スケッチマップの分析結果との関係を分析する。これにより、質問に対する回答結果に応じてユーザの認知地図のパターンを分類する、ユーザカテゴライズ手法を開発する。

#### 3.4.2 実験結果

まず SDQ-S について述べる。SDQ-S の質問内容には、空間を俯瞰的に認識できているかに関するものと、東西南北を認識できているかに関する内容が含まれる。これは、ルートマップ型かサーベイマップ型かの判別と、ノースアップ型かヘディングアップ型かの判別の指標に活用できる。そこで SDQ-S から「空間を俯瞰的に認識できているか」、「東西南北を認識できているか」の2つの質問内容に関連すると考えられる質問をそれぞれ抽出し、2つの質問グループとしてまとめる。各質問グループの合計得点と、ユーザの認知地図のパターンの相関が認められれば、SDQ-S によるアンケートから、ユーザの認知地図のパターンの判断ができると考える。この2つの質問内容に該当する質問を抽出したところ、次のようになった。

##### (1) 空間を俯瞰的に認識できているか

- Q1. 「知らない土地へ行くと、途端に東西南北が分からなくなる」
- Q2. 「知らないところでも、東西南北をあまり間違えない」

- Q3. 「道順を教えてもらう時、『右・左』で指示してもらうと分かるが『東西南北』で指示されると分からなくなる」

## (2) 東西南北を認知できているか

- Q6. 「ホテルや旅館の部屋に入ると、その部屋がどちら向きか分からない」
- Q8. 「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」
- Q9. 「頭の中に地図のイメージをいきいきと思い浮かべることができる」
- Q14. 「特に車で右・左折を繰り返して目的地に着いたとき、帰り道はどこでどう曲がったらよいか分からない」
- Q15. 「自分がどちらに曲がってきたかを忘れる」

Q4. 「電車の進行方向を東西南北で理解することが困難」の質問も、東西南北の認知に関連するが、本研究は歩行時の利用を前提としているため、この質問は判断基準より除外した。

よって、この(1)と(2)の各合計得点を計算する。

次にスケッチマップ課題について述べる。まず、スケッチマップ描画の課題(b)で、閉路区域がある地図を描いた参加者はサーベイマップ型(図3.2)、閉路区域を持たない地図を描いた参加者はルートマップ型(図3.3)であると分類する。課題(a)については、ルートを描かせる課題であったため、線的に地図を描きやすいと考察し、課題(b)の地図のみで判断することとする。次に、ノースアップ型とヘディングアップ型の分類についてであるが、偶然に北を上にして描いた場合があると考え、課題(a)と課題(b)の地図の両方で、北を上にして地図を描いた参加者をノースアップ型(図3.4)、それ以外をヘディングアップ型(図3.5)と分類する。

以上より、2つの質問グループに対する合計得点の計算と、スケッチマップ課題による認知地図のパターン分類を行った(図3.6)(図3.7)。

### 3.4.3 考察

ルートマップ型とサーベイマップ型のユーザは、それぞれ9名と15名で、(1)の質問グループの合計得点の平均は、12点と16点であった。さらにt-検定を行ったところ、5%水準で有意差がみられた( $p = 0.03 < 0.05$ )(表3.1)。ヘディングアップ型とノース

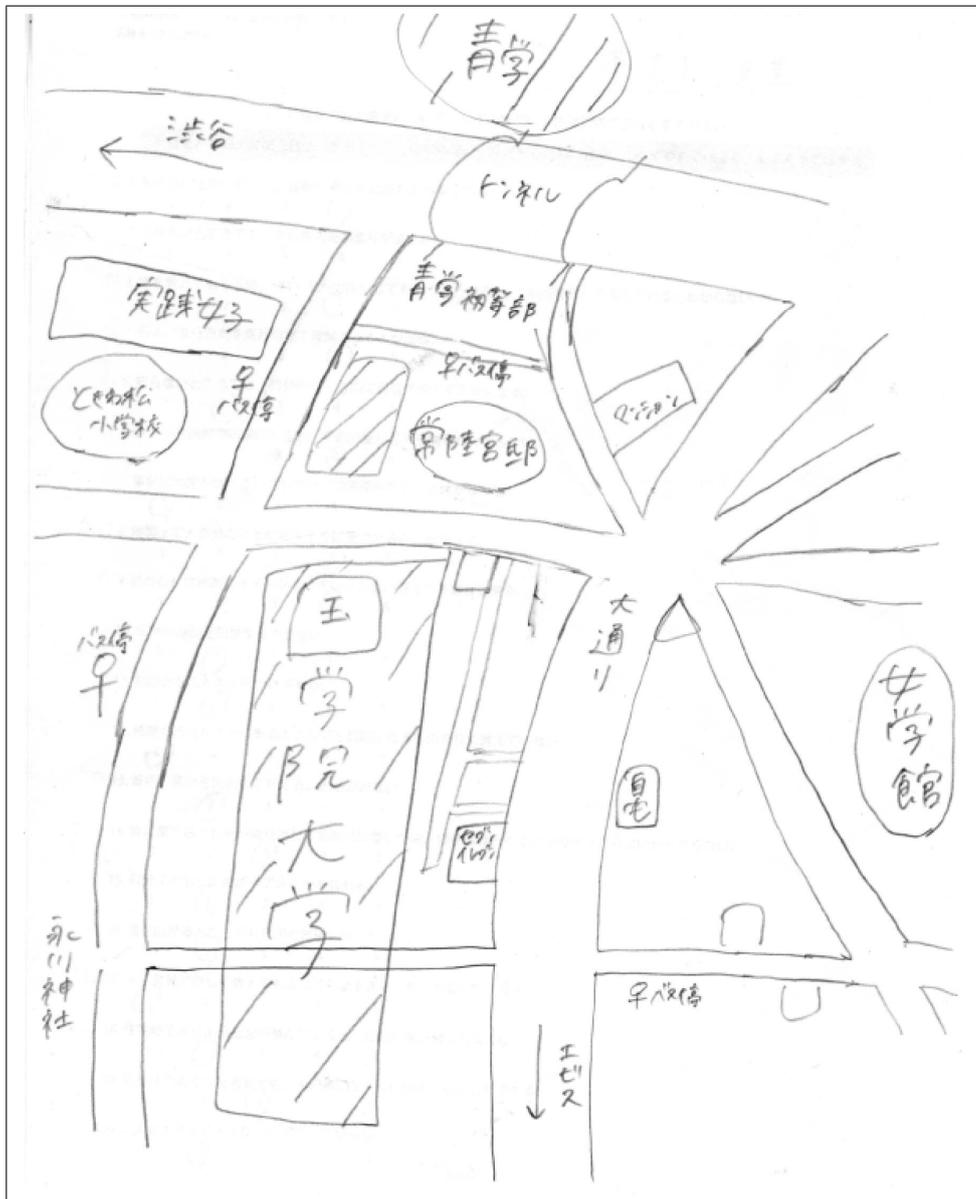


図 3.2: サーベイマップ型のスケッチマップ



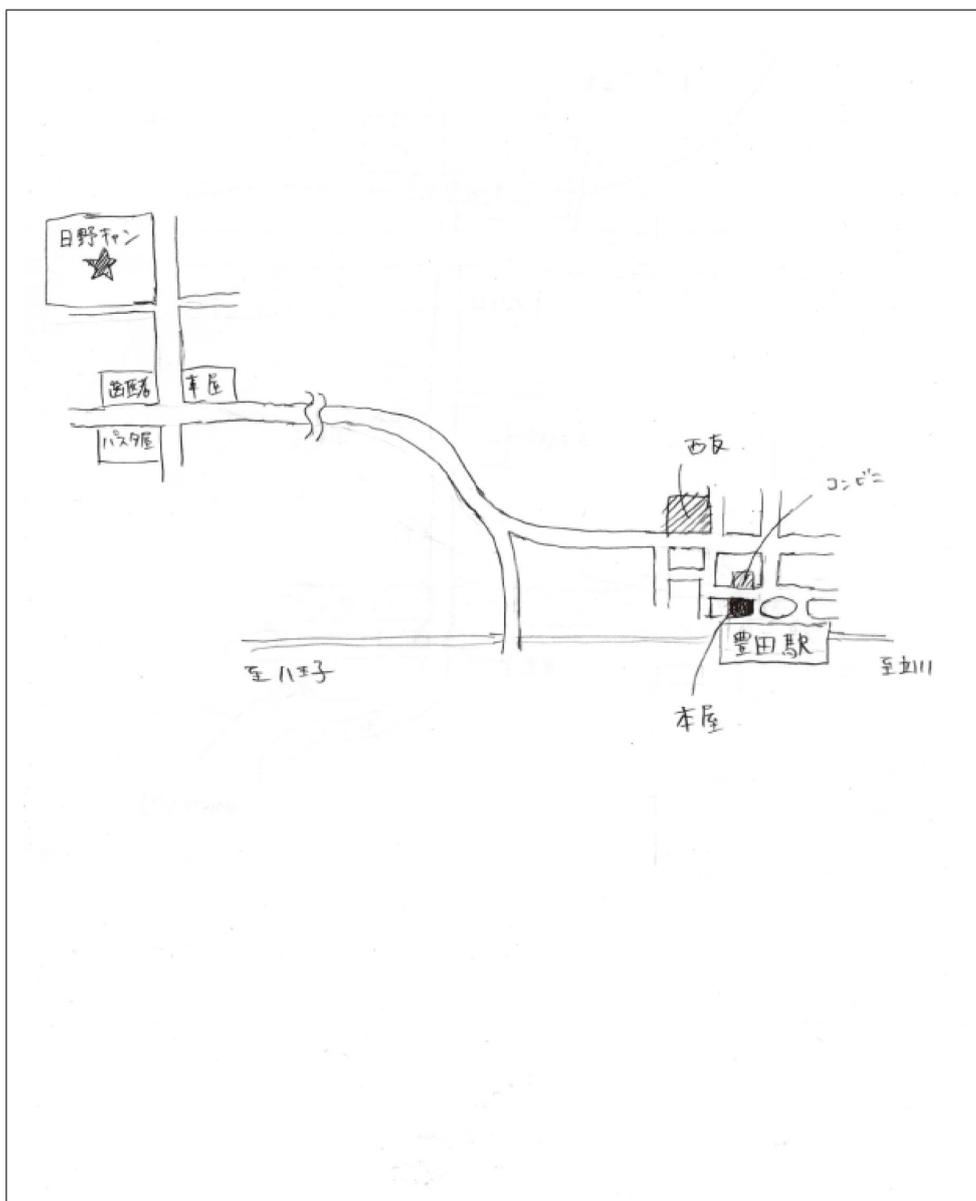


図 3.4: ノースアップ型のスケッチマップ

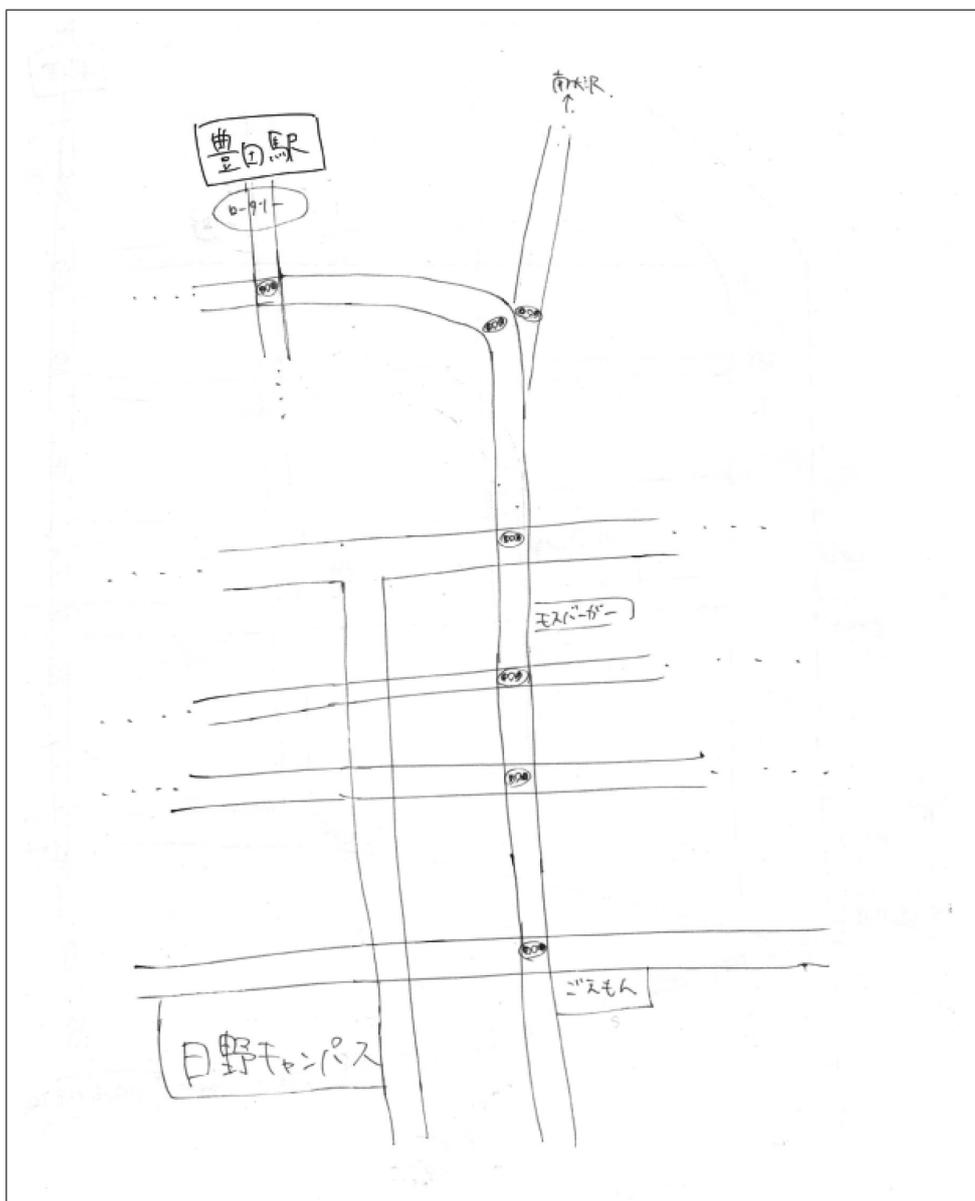


図 3.5: ヘディングアップ型のスケッチマップ

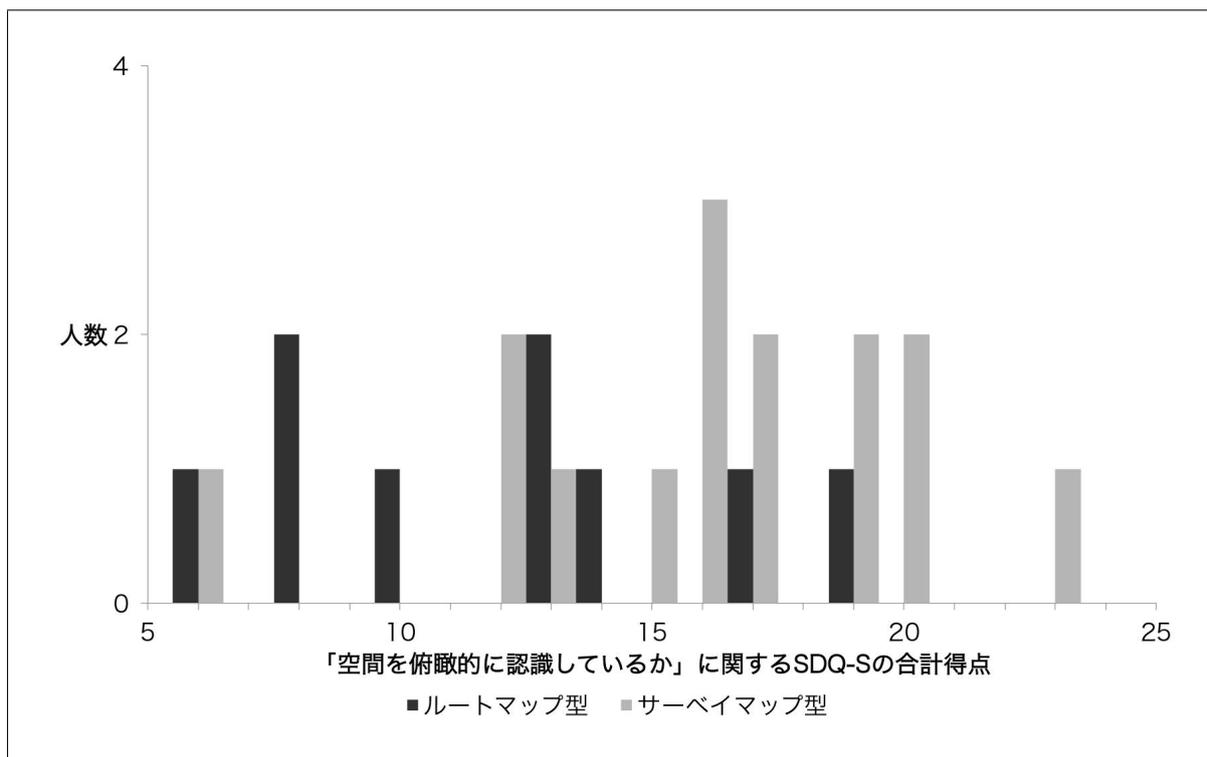


図 3.6: サーベイマップ型・ルートマップ型ユーザの (1) 空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問グループの合計得点

表 3.1: サーベイマップ型とルートマップ型の (1) 空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問グループの合計得点の比較

サーベイマップ型		ルートマップ型		p 値
平均	標準偏差	平均	標準偏差	
16.06	4.02	12	4.10	0.03

アップ型のユーザ間についても同様に分析したところ、それぞれ 18 名と 6 名で、(2) の合計得点の平均は、7.9 点と 13.3 点であった。こちらも t-検定を行ったところ、5%水準で有意差が見られた ( $p = 0.01 < 0.05$ ) (表 3.2)。

よって、各質問グループの得点と、認知地図のパターンとの相関が認められたため、各質問グループの回答結果から、ユーザを、ルートマップ型とサーベイマップ型、及びヘディングアップ型とノースアップ型にカテゴライズすることは妥当であると考えられる。

そこで、各質問グループに対する合計得点による、サーベイマップ型とルートマップ型の分類、ノースアップ型とヘディングアップ型の分類を行うにあたり、(1) と (2) の得点について、各々どの点数を閾値とするかを求めるために、正規分布を示す。本

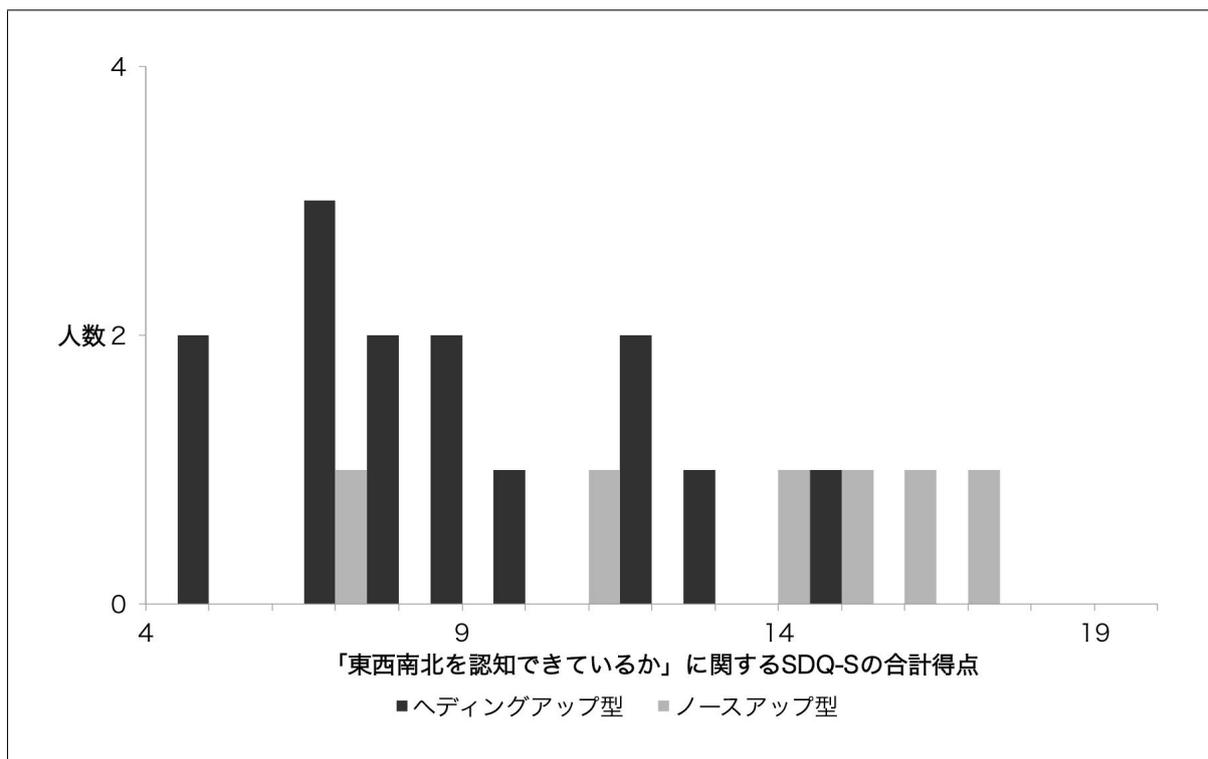


図 3.7: ノースアップ型・ヘディングアップ型ユーザの (2) 東西南北を認知できているかに関する質問グループの合計得点

表 3.2: ノースアップ型とヘディングアップ型の (2) 東西南北を認知できているかに関する質問グループの合計得点の比較

ノースアップ型		ヘディングアップ型		p 値
平均	標準偏差	平均	標準偏差	
13.33	3.39	7.94	3.30	0.01

来正規分布は、連続的な変数に関する確率分布として用いられるが、不連続値をとる確率変数についての検定の場合でも、正規分布を近似的に用いることができ、またここでは閾値を求める用途で使用するだけであるため、本実験の分析に利用する。

まず、サーベイマップ型とルートマップ型の2つのグループの正規分布について述べるため、(1)の合計得点の確率分布を示す(図3.8)。質問は1問あたり最小1点、最大5点であるため、(1)に含まれる問題数は5問より、実際は最小5点、最大25点の区間に制限されるが、ここでは正規分布の近似としてみなす。ここで、閾値を $t$ とおき、 $x$ 軸の点数の変数を $Z$ とすると、 $Z \leq t$ の範囲にある確率は、正規分布の関数と $x$ 軸に囲まれた領域のうち、 $Z \leq t$ の範囲の面積の値となる。これより、ルートマップ型ユー

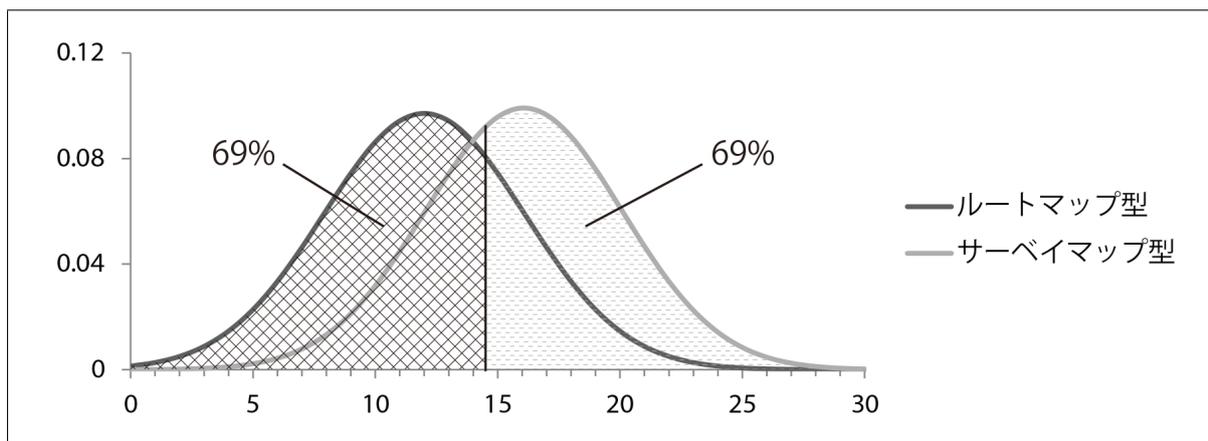


図 3.8: サーベイマップ型・ルートマップ型ユーザの (1) 空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問グループの合計得点の正規分布

ザの点数が  $Z \leq t$  である確率と，サーベイマップ型ユーザの点数が  $t \leq Z$  である確率を比較すると， $14 < t < 15$  で，約 69% の同確率となる．つまり，(1) の合計得点が 14～15 点の間に閾値を設定すると，約 31% の誤差で，サーベイマップ型とルートマップ型に分類することができる．よって，0～14 点はルートマップ型，15～25 点はサーベイマップ型と分類する．

同様に，ノースアップ型とヘディングアップ型の 2 グループの，(2) の合計得点の正規分布を示す (図 3.9)．全部で 4 問のため，実際は最小 4 点，最大 20 点の区間に制限される．ヘディングアップ型ユーザの点数が  $Z \leq t$  である確率と，ノースアップ型ユーザの点数が  $t \leq Z$  である確率を比較すると， $10 < t < 11$  で，約 79% の同確率となる．よって，(2) の合計得点が 10～11 点の間に閾値を設け，0～10 点をヘディングアップ型，11～20 点をノースアップ型と分類する．以上を，ユーザの認知地図のパターンを分類する，ユーザカテゴライズ手法として提案する．

### 3.5 ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムの開発

3.4 で開発したユーザカテゴライズ手法によりカテゴライズされたパターンに応じて地図を提示する，ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムを提案する．本手法を用いた実装例として，2 章で実装した視点切り替え地図ナビゲーションシステムを改良した，ナビゲーションアプリを開発する．

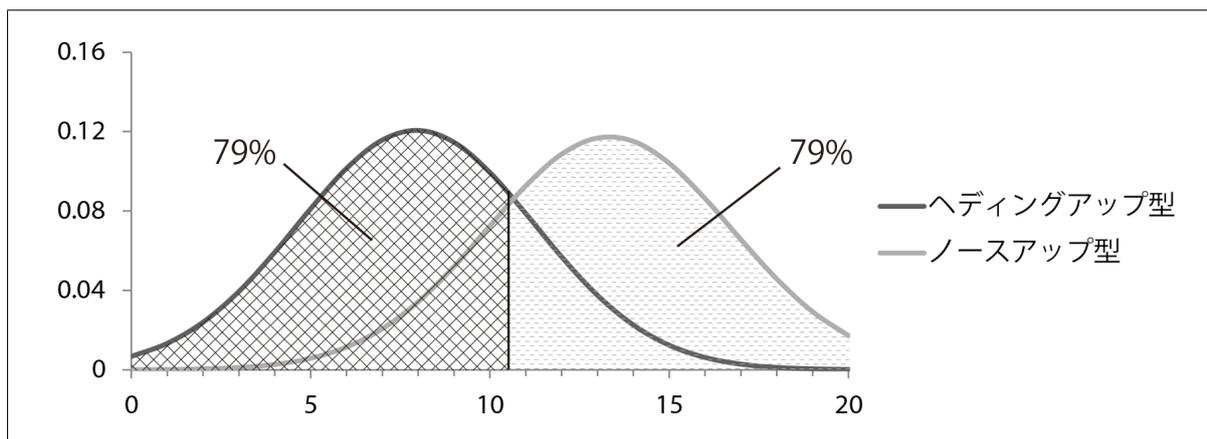


図 3.9: ノースアップ型・ヘディングアップ型ユーザの (2) 東西南北を認知できているかに関する質問グループの合計得点の正規分布

### 3.5.1 ユーザカテゴライズによる地図パターンの作成

1章の関連研究で、迷いの内的要因の1つに不安な心理状況があると述べた。ここで、SDQ-SのQ5の質問内容を確認すると、「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」とある。よって、この質問への回答結果により、ユーザが不安を感じやすいかを判別できる。そこで、この質問に対し、低程度である2点以下を回答したユーザは、不安という内的要因を引き起こしやすいと考え、正しい道順から逸れた時にアラートで注意を促すことで、不安の解消に繋がるように設計する。この機能を地図パターンに追加し、ユーザカテゴライズにも反映させる。

したがって、ユーザカテゴライズの条件をまとめると次の通りである。

#### (1) ノースアップ型とヘディングアップ型のカテゴライズ

- Q1. 「知らない土地へ行くと、途端に東西南北が分からなくなる」
- Q2. 「知らないところでも、東西南北をあまり間違えない」
- Q3. 「道順を教えてもらう時、『右・左』で指示してもらうと分かるが『東西南北』で指示されると分からなくなる」

これらの合計得点が11点以上の場合ノースアップ型で、それ未満はヘディングアップ型と判断する。

#### (2) サーベイマップ型とルートマップ型のカテゴライズ

表 3.3: アラートなしの地図パターンのカテゴリライズ

	サーベイマップ型	ルートマップ型
ノースアップ型	パターン①	パターン③
ヘディングアップ型	パターン②	パターン④

表 3.4: アラートありの地図パターンのカテゴリライズ

	サーベイマップ型	ルートマップ型
ノースアップ型	パターン⑤	パターン⑦
ヘディングアップ型	パターン⑥	パターン⑧

- Q6. 「ホテルや旅館の部屋に入ると、その部屋がどちら向きか分からない」
- Q8. 「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」
- Q9. 「頭の中に地図のイメージをいきいきと思い浮かべることができる」
- Q14. 「特に車で右・左折を繰り返して目的地に着いたとき、帰り道はどこでどう曲がったらよいか分からない」
- Q15. 「自分がどちらに曲がってきたかを忘れる」

これらの合計得点が 18 点以上の場合、サーベイマップ型であり、それ以下はルートマップ型と判断する。

### (3) アラート機能の有無のカテゴリライズ

- Q5. 「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」

この得点が 2 点以下の場合、不安という内的要因を引き起こしやすいユーザであると判断し、アラート機能付きの地図パターンに分類する。

以上の条件にしたがって、8 パターンの地図にカテゴリライズし、サーベイマップ型とルートマップ型、ノースアップ型とヘディングアップ型、アラートの有無を切り替えることとする。それぞれのパターンは表 3.3 と表 3.4 の通りで、パターン①～⑧と表記する。

## 3.5.2 地図の表現方法

### 3.5.2.1 サーベイマップ型とルートマップ型の地図表現

サーベイマップ型はサーベイマップ，ルートマップ型はルートマップの表示を基本構成とする．しかし，ルートマップの提示だけでは，ルート全体における現在地の把握ができないため，ルートマップ型の地図パターン③，④，⑦，⑧においては，スタート地点付近と目的地付近で，最初の進行方向を明白にするためルートマップ，それ以外の道中ではサーベイマップを表示する．

### 3.5.2.2 ノースアップ型とヘディングアップ型の地図表現

ノースアップ型はノースアップ，ヘディングアップ型はヘディングアップ表示を基本構成とする．ただし，ノースアップは目的地への経路のどこにいるかの確認，ヘディングアップはルートマップ的な認識に適しているため，ノースアップ型かつ，ルートマップ型の地図パターン③，⑦において，ルートマップを表示していない道中の間は，ヘディングアップの地図を同時に提示することとする．また道中においては，どの地図パターンでも，ノースアップの全体図を示す．

以上より，8つの地図パターンは以下の構成とする．ただしアラート機能の有無による，地図構成の変更はないため，アラート機能の有無による図の区別はしない．

- パターン①，⑤（図 3.10）
  - － ノースアップのサーベイマップ（ルート全体）
  - － ノースアップのサーベイマップ（現在地詳細）
- パターン②，⑥（図 3.11）
  - － ノースアップのサーベイマップ（ルート全体）
  - － ヘディングアップのサーベイマップ（現在地詳細）
- パターン③，⑦（図 3.12）
  - (1) スタート地点付近
    - － ノースアップのサーベイマップ（ルート全体）

- ルートマップ

(2) 道中

- ノースアップのサーベイマップ (ルート全体)
- ヘディングアップのサーベイマップ (現在地詳細)

(3) 目的地付近

- ノースアップのサーベイマップ (ルート全体)
- ルートマップ

● パターン④, ⑧ (図 3.13)

(1) スタート地点付近

- ヘディングアップのサーベイマップ (ルート全体)
- ルートマップ

(2) 道中

- ノースアップのサーベイマップ (ルート全体)
- ヘディングアップのサーベイマップ (現在地詳細)

(3) 目的地付近

- ヘディングアップのサーベイマップ (ルート全体)
- ルートマップ

### 3.5.3 画面構成

#### 3.5.3.1 ユーザカテゴライズのための質問画面

アプリ起動時に, SDQ-S の質問全 20 項目を表示し, ユーザに 5 段階評価で回答してもらう (図 3.14)。全て回答され完了ボタンが押されると, 回答結果に画面遷移する (図 3.15)。カテゴライズ完了後, 地図画面に遷移し, ナビゲーションシステムが利用可能になる。



図 3.10: パターン①, ⑤の画面構成



図 3.11: パターン②, ⑥の画面構成

### 3.5.3.2 ナビゲーション画面

視点切り替え地図ナビゲーションシステムと同様に、8パターン全てで2画面構成とし、上部にルート全体の地図、下部に現在地に着目した詳細な地図や、ストリートビューを利用したルートマップを表示させる（図 3.10～3.13）。

### 3.5.4 システム構成

2章で開発した視点切り替え地図を改良する形で、Android用スマートフォンアプリの実装を行う。

#### 3.5.4.1 ユーザカテゴライズ

ユーザがSDQ-Sへ回答すると、ユーザの地図タイプのカテゴライズをバックグラウンドで行い、結果を端末のローカルストレージに保存する。目的地設定画面で目的地が設定されると、ローカルストレージに保存されている地図タイプに応じて、ナビゲーション地図画面を表示する（図 3.16）。



(a) スタート地点付近

(b) 道中

(c) 目的地付近

図 3.12: パターン③, ⑦の画面構成

### 3.5.4.2 ヘディングアップの表現

端末の地磁気センサによる傾きを取得し，その結果を基に HTML5 の canvas 機能を利用して canvas ごと回転させることで，ヘディングアップにする．

### 3.5.4.3 ルートマップの表現

視点切り替え地図でもルートマップの表示を行ったが，実証実験の結果を踏まえ改良する．端末の傾きに左右されず，GPS の位置情報のみで判断を行い，現在地から見た進むべき方向のストリートビューによる風景写真の上に，矢印が重層表示されている画像を提示するよう実装する．これによりユーザは，端末に表示されている風景と同じ光景が見える方向に進行すれば良いため，端末を回しながら矢印を見つける作業がなくなるとともに，端末の精度による現在地の方向のずれの問題も解決できる．

### 3.5.4.4 アラート機能

Google Maps API のルートサービスから取得したレスポンス内の，ウェイポイントを利用する．ユーザが目指している次のウェイポイントと，その一つ前のウェイポイントの距離  $d1$  を計測し，さらに現在地と次のウェイポイントまでの距離  $d2$  を常時計測する． $d2 > d1 + 15(m)$  になった場合，道順が逸れた，もしくは取得した現在地情報に誤差があると判断し，アラート画面と端末のバイブレーションでユーザに通知する．



(a) スタート地点付近

(b) 道中

(c) 目的地付近

図 3.13: パターン④, ⑧の画面構成

### 3.6 まとめ

本章では本研究の2つ目の指針である、ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため、空間認識能力のパターンを判別する、ユーザカテゴリライズ手法を開発した。

本手法の開発にあたり、まずスケッチマップ描画実験を行い、ユーザのスケッチマップとSDQ-Sによるアンケート結果を得た。スケッチマップから、閉路法による分析を行い、ユーザの認知地図のパターンを判別した。SDQ-Sの質問内容から、空間を俯瞰的に認識できているかに関連すると考えられる質問と、東西南北を認知できているかに関連すると考えられる質問を抽出し、各質問グループの合計得点を求めた。各質問グループの得点と、認知地図のパターンとの相関を分析したところ、相関が認められたため、各質問グループの回答結果からユーザの認知地図のパターンを判別する、ユーザカテゴリライズ手法を開発することができた。本手法の実装例として、本手法によりカテゴリライズされたパターンに応じてルートナビゲーションを行う、ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムの設計と実装を行った。本システムにより、ユーザの認知地図のパターンと、ナビゲーション時に提示される地図の表現方法が異なることで、認知地図が歪み、迷いを誘発するという問題を解消することができる。

本章の研究意義は、アンケートによってユーザの認知地図のパターンのカテゴリライズを行える手法を開発したことである。本手法を用いたナビゲーションシステムを開



図 3.14: SDQ-S による質問画面



図 3.15: カテゴリズ結果画面

発することで、ユーザの認知地図と同じ形の地図を提示でき、ユーザの認知地図の構築に貢献しながらナビゲーションすることが可能である。

したがって、ユーザの空間認識能力に応じた空間認識支援を行うという本章の目的は達成された。以上より、ユーザカテゴリズ手法は、迷いの内的要因である不安な心理と、個人の空間認識能力の違いによる影響を解消することに貢献できると考察する。

ここまで、2章と3章を通じて、迷いの内的要因を解消するためのナビゲーション支援の指針の実装を行い、その実現性を確かめてきた。次に、4章を通して、迷いの外的要因を解消するためのナビゲーション支援の指針の実現性について論述する。

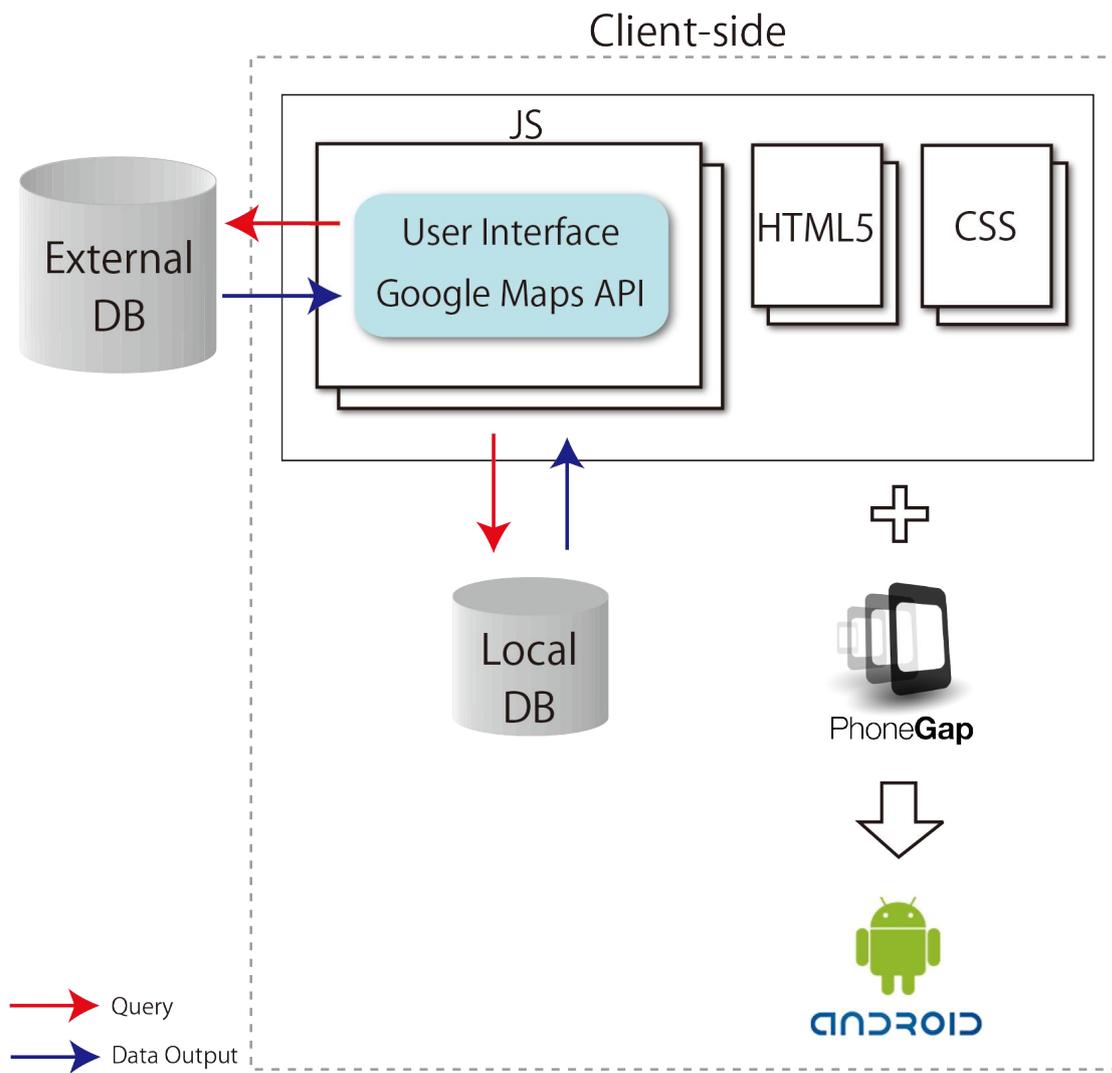


図 3.16: システム構成図 - ユーザーターゲット型地図ナビゲーションシステム

## 第4章 環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システム

### 4.1 本章の目的

本章では、本研究の3つ目の指針である、環境に応じた経路探索の手がかり要素を提示するナビゲーション支援を行うための、システムの実装を試みる。この指針は、迷いの外的要因である情報要因、環境要因に着目し、これらの要因を解消するアプローチで定義される。

本章の目的は、ユーザが置かれた環境に応じたナビゲーション支援を行うことである。

情報要因を解決した先行研究としては、ランドマークの重み付けによる地図上でのランドマークの視認性の向上を試みた事例が存在する。また、環境要因を解決した事例については、環境に応じてランドマークの視認性が変化することから、環境に応じたランドマークの選定を行ったナビゲーション研究がある。ところが、探索の手がかり要素としてはランドマーク以外に、サインとオブジェクトが挙げられるが、これまで、サインやオブジェクトの情報を取得支援する方法や、環境に応じたランドマーク以外の情報の選定事例がなかった。よって、ランドマーク、サイン、オブジェクト情報を、環境に応じて重み付けを行い、地図上に提示するシステムをナビゲーションシステムに組み込むことで、迷いの外的要因の複合的な解決手段となると検討する。

しかしここで、経路探索の手がかり要素について考察すると、ランドマークは、施設情報として地図に表記されやすいため、地図上から収集することができるが、サインやオブジェクトについては、地図には表記されにくい情報であるため、予め収集することができない。またフィールドワーク等で収集できたとしても、複数の地域を横断的に網羅することは困難である。さらに、これらの情報は更新される可能性もあり、情報更新に対応して地図をアップデートすることも難しい。

そこでまず、経路探索の手がかり要素であるランドマーク、サイン、オブジェクト情報を収集する必要がある。収集方法の確立後、ユーザが置かれた環境を判断し、それ

に応じて、収集された情報の重み付けを行い、地図上にビジュアルイズする方法について検討する。ユーザが置かれた環境状況に応じて、収集された情報の提示を可変させるため、経路探索の手がかり要素を収集する際に、その時の環境情報も付加させることとする。

ここで、外的要因の1つである物理要因に関して述べると、物理要因を解決するためには、都市の構造やサイン計画を修正する必要があるが、このような都市計画に関する研究は、本研究の目的であるナビゲーションアプリの開発から逸脱するため、本研究からは除外する。また、物理要因の解決策として、地図上の経路の距離や角度を心理的な距離・角度に変換して経路表記する、デフォルメ地図の研究が見られるが、物理要因は、情報要因と環境要因に関連しない独立した要因であるため、本研究で開発するナビゲーションシステムに、既存システムを組み込むだけで、物理要因を解消するシステムを実装可能であると考察し、本研究では議論しない。

## 4.2 関連研究

道に迷う原因の1つに環境要因がある。これは環境が、経路探索時の目印となるランドマークやサインの発見のしやすさに影響するためである。環境要因を解消する先行事例として、環境に応じたランドマークを選定した研究 [4] があるが、これは、時間条件や、ユーザが向いている方向、ランドマークを見ている場所によって、ランドマークの視認性が変わるためである。日中は認識できていた施設の看板が、夜間になると認識できなくなることや、日中は人混みに紛れて目立たなかったモニュメントが、夜間になるとライトアップされ視認されやすくなるなどの例を想像することができる。さらに、ユーザが向いている方向やランドマークを見ている場所の条件によっては、看板やランドマークの配置が背後になるため、認識することができなくなる等の例も考えられる。

したがって、時間帯やユーザが辿っているルートは、目印となる情報の視認性に影響を及ぼすことより、経路探索時の時間帯とルートに応じて、その状況下で視認性が高いと考えられる経路探索の手がかり要素を提示することとする。

### 4.3 本章の位置づけ

本章では3つ目の指針である，経路探索の手がかり要素を環境情報に応じて提示するナビゲーション支援を行うため，経路探索の手がかり要素であるランドマーク，サイン，オブジェクト情報を収集する．収集したデータを基に，経路探索時の時間帯とルートに応じて，各要素をナビゲーション中の地図上にビジュアル化する．

提案するシステムは，環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システムと定義する．

ここまで2章と3章では，内的要因を解消するための，ナビゲーションシステムの開発を行ってきた．本章では，外的要因を解消するため，環境に応じた情報提示によるナビゲーション支援を指針として，実装する．そのため本章では，地図上に情報提示する経路探索の手がかり要素の，アイコンのビジュアルデザインデザインの議論として進める．

次節より，まず経路探索の手がかり要素のアーカイブシステムについて検討する．本システムの実装後，環境に応じた経路探索の手がかり要素のビジュアルシステムについて検討する．

### 4.4 経路探索の手がかり要素のアーカイブシステム

本節では，経路探索の手がかり要素であるランドマーク，サイン，オブジェクト要素を収集する．これらの要素は，複数の地域を横断的に予め収集することは困難である．また，時間の経過とともに，日々更新される情報でもある．本研究では，このような情報を収集し，さらにナビゲーション中に地図上に提示させるため，経年変化を伴う情報をアーカイブし，地図上にビジュアル化した事例を参照することで，経路探索の手がかり要素のアーカイブ手法の検討を行う．

#### 4.4.1 関連研究

##### 4.4.1.1 地域情報のアーカイブ

スマートフォン用の位置ゲームサービスである「Ingress」<sup>1</sup>は，ランドマーク以外にサインやオブジェクト情報を，写真付きでアーカイブしている．本サービスは，予め

---

<sup>1</sup><https://www.ingress.com/>

ユーザ投稿により地域情報を収集することで、地図上へのアーカイブを行っている。継続的な情報収集は行っていないため、情報更新のアップデートはされないが、日常的に投稿を受け付けることで、常に最新の情報を保つことも可能である。

次に、天候情報を常にリアルタイムで地図上に表示する「台風リアルタイム・ウォッチャー」[54]<sup>2</sup>を挙げる。本サービスは、ユーザ投稿により天候情報を取得し、リアルタイムに地図上に反映させる Web サービスである。このようにユーザ投稿による情報収集は、反映までの即時性が高く、経年変化を伴う情報の収集に適している。また、本研究で取得したいランドマーク、サイン、オブジェクト情報は、ユーザ体験によって取得できる情報であるため、ユーザ投稿が有効であると考察する。

以上より、ユーザ投稿は、ユーザが容易に体験できる情報の収集に役立ち、さらに日常的に投稿を受け付けることで、情報の更新にも対応することができると考察する。したがって、ユーザ投稿によって、経路探索の手がかり要素を収集することとする。また本研究では、経路探索時の時間帯とルートに応じて、経路探索の手がかり要素を提示するシステムを検討しているため、経路探索の手がかり要素が発見されたときの、時間帯とユーザが辿っていたルート情報が必要となる。よって、ユーザ投稿による情報の収集時に、時間帯とルート情報についても取得することとする。

#### 4.4.1.2 地環境情報を付加した観察対象情報のアーカイブ

ここまでの議論より、ユーザ投稿によって、経路探索時の時間帯とルート情報を付加した、経路探索の手がかり要素を収集することとした。そこで、ユーザ投稿による環境情報を付加した観察対象情報のアーカイブを行った事例として、筆者が開発した「ヨロンアーカイブ」(図 4.1)を参照する。

本システムは、海洋生態系の経年変化を収集し、デジタル地球儀上にアーカイブした Web コンテンツである。鹿児島県の奄美諸島郡の南端に位置する与論島をフィールドとしている。海洋生態系に関する情報は、気候変動などの物理環境や、漁業などの人間の活動が要因となり、経年変化するものである。そのため、海洋生態系の理解には、多面的な情報取得が必要である。そこで、情報の経年変化も反映できるよう、海洋情報の追加が行え、情報を多元的に閲覧することができるデジタルアーカイブの構築を試みた。地元のダイバーによるデータ投稿によって、海洋生態系に関する情報を収

---

<sup>2</sup><https://typhoon.mapping.jp/>

集し、自動的にアーカイブに反映されるようにしている。投稿できる情報は、観察対象についてのデータと、データが記録されたときの環境情報である（図 4.2）。具体的に述べると、日付、天気、観察対象のカテゴリ（珊瑚礁、生物、その他から選択）、観察対象に関するコメント、写真、海の透明度、水温である。投稿されたデータは、デジタル地球儀上にマッピングされ、珊瑚礁、生物、その他のアイコンでそれぞれ表示される。アイコンをクリックすると、詳細なデータが写真と共に閲覧可能である。また、これらのデータは、デジタル地球儀上に設置されたタイムスライダの操作で、データに含まれる日付情報に基づいた、表示・非表示の切り替えができ、経年変化の提示も行える仕組みである。システム構成については図 4.3 に示す。

以上、海洋生態系の経年変化を収集し、デジタル地球儀上にアーカイブした事例である「ヨロンアーカイブ」を参照した。これにより、ユーザ投稿によって収集した、環境情報を付加した観察対象情報は、デジタルマップ上にアーカイブすることで、場所を参照しながら経年変化を閲覧することが可能であると言える。

したがって、経路探索の手がかり要素のアーカイブを実装するため、環境情報を付加した経路探索の手がかり要素である、ランドマーク、サイン、オブジェクト情報を、ユーザ投稿によって収集することとする。

#### 4.4.2 経路探索の手がかり要素のアーカイブシステムの開発

関連研究のレビューより、ユーザ投稿による経路探索の手がかり要素をアーカイブするシステムを開発することとした。以下より、実装したシステムを通して、詳細について述べる。

まず、ユーザが経路探索時に利用した目印の情報を投稿できるよう、システム設計する（図 4.4）。目印の写真を撮影し、送信ボタンを押すと投稿が完了する。投稿時には環境情報として、時間情報と、ユーザがどのようなルートの探索中であったかの情報も付加させる。ヨロンアーカイブでは、環境情報は投稿者が手動入力で収集していたが、手軽に投稿することを可能にするため、時間情報とルートは自動付加する。3章で開発したナビゲーションアプリでは、Google Maps Directions API からルートを取得することでルート案内しているため、このルート情報を利用することとする。このように投稿されたデータは、サーバ側でデータベースに保存する。

既に投稿されたデータは、投稿当時の状況下だけでなく、複数の状況下で利用でき



図 4.1: ユーザ投稿によるデータ収集事例「ヨロンアーカイブ」

る場合もあると考えられるので、ナビゲーションシステムの利用ユーザが実際に経路探索の手がかりとして利用できた場合は、ユーザがサーバ側へ通知アクションをすることで、ナビゲーションシステム利用時の環境情報を、データベースに追加する（図 4.5）。これにより、1つの手がかり要素に対し、複数の環境情報を付加していくことができる。

#### 4.4.3 システム構成

まず、経路探索時に利用した目印に関して、初めて投稿する場合のシステム構成について述べる。図 4.4 の画面下のカメラボタンをタップすると、経路探索の手がかり要素となる、経路探索時に利用した目印の写真撮影が行える。撮影した写真に関して、任意でコメントを入力可能とする。画面右下の送信ボタンをタップすると、アプリ側から、写真データと任意で入力されたコメント、ユーザが辿っているルート情報が、サーバに POST される。サーバ側で時間情報を付加し、データベースに格納する。データベースに保管されている情報を、アプリ側が取得し、写真アイコンで地図上にマッピングされる。

場所	B&G	
日付	2011.07.30	
緯度	27.059542530536496	
経度	128.4136349373593	
天気	はれ	
投稿者	BUKU2	
種別	生物	
コメント	ハマクマノミ	
透明度	m	
水温	℃	
削除キー	<input type="text"/> <input type="button" value="削除"/>	

場所	B&G	
日付	2005.10.01	
緯度	27.059678552076683	
経度	128.41381072217655	
天気	はれ	
投稿者	プラスアルファ	
種別	生物	
コメント	トゲチョウチョウウオ	
透明度	m	
水温	℃	
削除キー	<input type="text"/> <input type="button" value="削除"/>	

図 4.2: 投稿データの一部

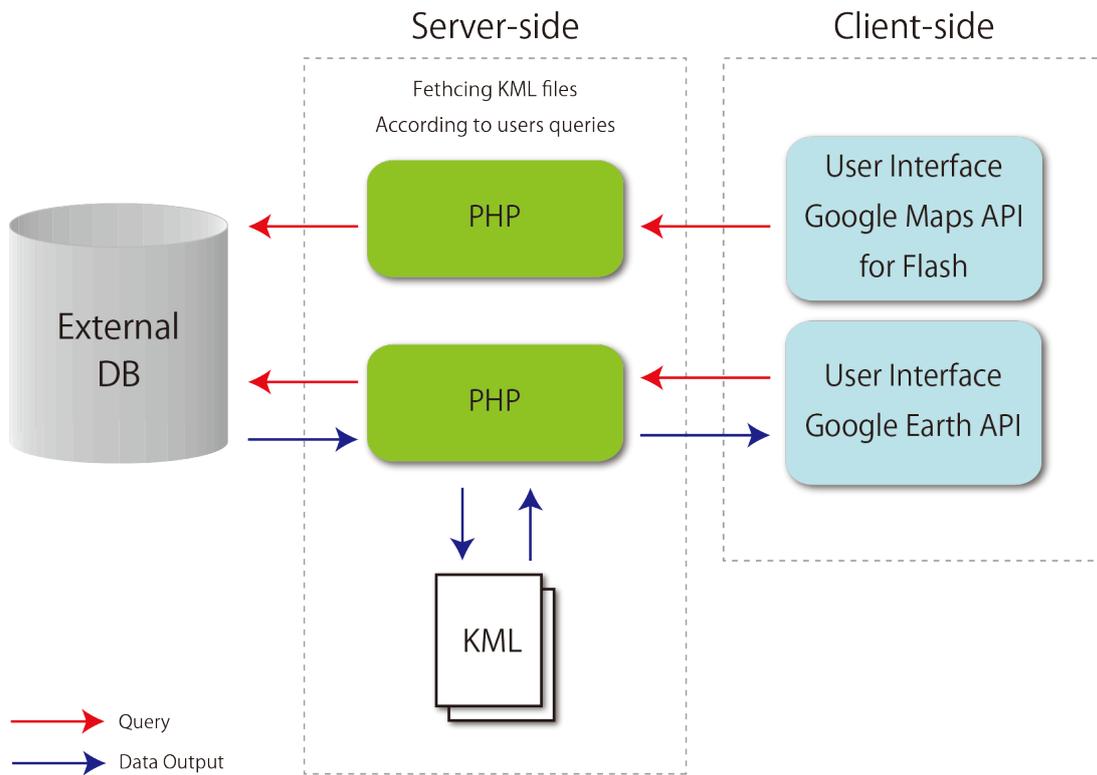


図 4.3: システム構成図 - ヨロンアーカイブ

次に，既に投稿済みの経路探索の手がかり要素に対し，ユーザが経路探索時に目印として利用できたかを投稿する場合のシステム構成について述べる．図 4.5 のように，既に投稿されている要素のアイコンを地図上から選択すると，その要素を発見できたかどうかを投稿することができる．ユーザがどちらかを選択すると，真偽値としてサーバに POST される．サーバ側で時間情報を付加した後，データベースに既存の要素データと紐づける形で，真偽値データを格納する．

以上のシステム構成について，図 4.6 に示す．

#### 4.5 環境に応じた経路探索の手がかり要素の視認性評価

本節では，環境に応じて経路探索の手がかり要素を地図上にビジュアライズするシステムを実装するための第 1 フェーズとして，環境に応じた経路探索の手がかり要素の視認性を評価する手法について検討する．本手法の検討を行うため，次より，環境によるランドマークの視認性評価を行った事例を参照する．



図 4.4: 経路探索の手がかり要素の情報の投稿画面



図 4.5: 既存の経路探索の手がかり要素へのユーザーアクション画面

#### 4.5.1 関連研究

迷いの外的要因の1つである環境要因の解消に役立つ、環境に応じたランドマークを選定した先行研究 [4] について詳述する。この研究事例では、種類別要因、視対象要因、環境要因によってランドマークの視認性が変化することに着目し、これらの要因から各ランドマークの視認性を評価するモデル式を作成している。算出された視認性スコアに沿った、動的な案内地図の作成について論じている。この研究事例で述べられている、種類別要因については、ランドマークの種類による視認のしやすさを評価しており、情報要因の定量的評価であると考察できる。情報要因については、これまでの議論で、ユーザー投稿によって、時間帯とルート情報を付加した経路探索の手がかり要素を収集することで解消することとしたので、ここでは考察しない。また視対象要因については、ランドマークの高さや幅など大きさによって視認のしやすさが異なることを指摘し、ランドマークの幅による視認性の評価を試みている。次に環境要因については、道路幅や屋外の明暗によるランドマークの視認性について評価している。

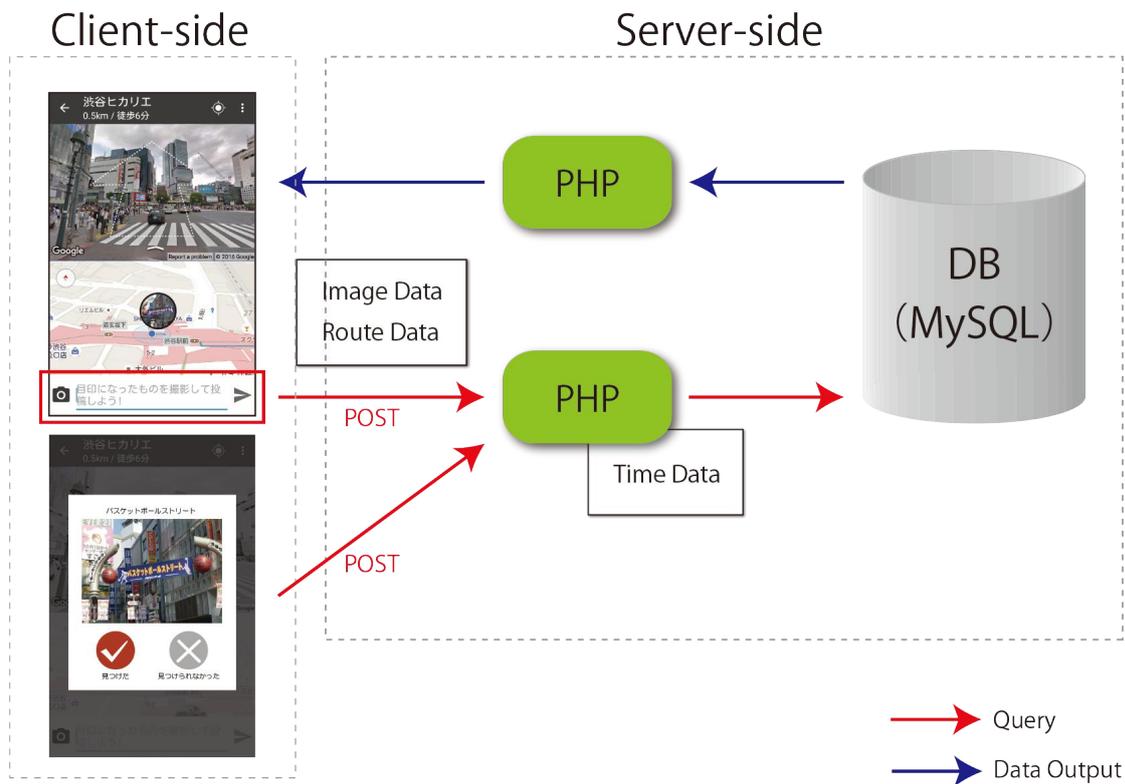


図 4.6: システム構成図 - 経路探索の手がかり要素のアーカイブ

サンプル実験を行い，各ランドマークの時間による視認性スコアを算出している．最終的に種別要因，視対象要因，環境要因におけるそれぞれの視認性スコアから，ランドマークの視認性を評価するモデル式を作成し，各ランドマークの視認性評価に至っている．

ここで，視対象要因であるランドマークの高さや幅と，環境要因である道路幅によるランドマークの視認性について考察する．これは，ルート状況によってランドマークの視認性が異なるということを指しており，ルートやユーザが向かう方向が異なれば，目印として利用しやすいかどうかも異なると言える．

以上より，上記の先行研究では，ランドマーク自体の視認性と，ルート状況によるランドマークの見え方による視認性，屋外の明暗による視認性に着目し，これらの視認性スコアを総合的に評価することで，各ランドマークの視認性を評価している．これは，ランドマークのみに対する視認性評価だが，本研究に应用することで，ランドマークだけでなく，サインやオブジェクトを含めた，経路探索の手がかり要素の視認

性評価にも役立つと考える。

したがって本研究では，環境に応じたナビゲーション支援を行うため，ユーザ投稿によるデータから，経路探索の手がかり要素の時間帯による屋外の明暗に応じた視認性と，ルートに応じた視認性を評価する。

#### 4.5.2 視認性スコアと類似度評価

4.4により収集できた経路探索の手がかり要素の情報は，データベース化され，1つの要素に対し，経路の発見に利用できたかどうかの2択回答データと，データを投稿した時のユーザのルート情報が，複数付加されている。

よって，ナビゲーションシステム利用時のユーザの環境状況と，データ内の手がかり要素に含まれる環境情報を比較することで，その要素が経路探索の手がかりとして利用可能かどうかのスコアを算出可能である。

まず時間帯による視認性スコアの評価については，ユーザのナビゲーションシステム利用時の時間帯から，同じ時間帯に投稿されたデータを取得する。データ内の経路の発見に利用できたかどうかの結果データの平均値を取り，この値を視認性スコアとする。

次に類似度評価についてであるが，これは経路の発見に利用された経路探索の手がかり要素が，どういうルート案内時に利用されているかを分析し，その類似度を評価したい。目印の視認は，往路と復路で変化するように，ルートの方向も関係すると考えられるため，ルートの方向も考慮した，ルートの類似度を測る解析手法が必要である。しかし，このようなルートの類似度評価を行うことができる解析手法は，これまでに提案されていないことから，ルートの類似度評価方法の提案については，今後の課題にしたい。ルートの類似度解析が行われれば，そのルートに紐づく経路探索の手がかり要素も明らかとなるため，各要素同士の類似度を評価できると考察する。

#### 4.6 視認性に応じた経路探索の手がかり要素のビジュアライズシステム

環境に応じて経路探索の手がかり要素を地図上にビジュアライズするシステムを実装するための第2フェーズとして，経路探索の手がかり要素の視認性に応じた，各要素のビジュアライズ手法について検討する。

#### 4.6.1 関連研究

地域情報を地図上にビジュアライズした事例として「台風リアルタイム・ウォッチャー」と「肝炎マッピング」<sup>3</sup>を挙げる。これらの Web コンテンツでは、各データをカテゴリに応じて、色別のアイコンで地図上に表示している。このように色を用いた地図上でのビジュアライズは、データのカテゴリ判別や、地域によるカテゴリの傾向の理解に役立つため、一般的に利用されている。しかしこれらの事例は、マッピングデータのカテゴリは名義尺度<sup>4</sup>である。本研究では視認性に基づいてビジュアライズを行うため、間隔尺度をビジュアライズした事例を参照する。

そこで、多変量データの可視化分野に着目すると、テキストの利用 [55] や、近年では色の利用 [56][57] をした手法が提案されている。色を用いた多変量データの可視化では、色の恒常性の特徴を利用し、データの値の読み取りに色を利用することができる [56]。このことより、名義尺度だけでなく間隔尺度に対しても、色を用いたビジュアライズは有効であると考えられる。

その他、テキスト分析の結果を色で表現した事例を次より挙げたい。

Daniel.F ら [58] による研究では、ソーシャルメディアから食に関するテキストデータを解析し、話題ごとにデータの投稿場所のヒートマップを地図上に可視化している。このように、地図上でのヒートマップによる表現は、地域による重要度の偏りの理解に役立つと言える。よってヒートマップ表現は、時間帯による明暗に応じた視認性の表現に利用できると考える。

次にタクシーの移動履歴を可視化した事例 [59] では、関連度に応じた地図上での色別表現を実践している。移動に利用した道路名のデータをトピック解析し、トピックごとに色を割り当て、同じトピックに含まれる道路を各トピック色の線で結ぶ。これにより、関連度が高い道路同士は同じ色で結ばれるため、主な移動ルートパターンを、地図上で一見して判別することが可能である。この事例では、各ルート同士の類似度は評価されていないが、ルートパターンの色別表現は、ルートに応じた視認性の表現に利用できると考える。

類似度を評価し、色別に示した例として、メディアから発信されたテキスト情報のインタラクティブな可視化を行った研究 [60] がある。文章同士の類似度を色相差で表現しており、データ同士の類似度の判別に色を用いることが可能であると考えられる。し

<sup>3</sup><https://kanen.mapping.jp/>

<sup>4</sup>スタンレー・スティーヴンス (Stanley Smith Stevens) が尺度水準を提案 (1946 年)

かし地図上での色別表現はされていない。

以上の先行研究のレビューより，色を用いて地図上にデータを可視化することは，データの読み取りに役立つと期待できる．よって本研究では，これらの先行研究を基に，ヒートマップによる表現と，類似度による色別表現を応用した，経路探索の手がかり要素のビジュアライズを検討することとする．しかし，地図上での類似度の色別ビジュアライズの実践と効果の確立はされていないため，検証する必要がある．したがって，本研究では実践を行い，色別ビジュアライズは，データの類似度の理解に有効か検証することとする．

#### 4.6.2 地図上での類似度色別ビジュアライズの実践

本小節では，地図上での類似度色別ビジュアライズの実践として，「フィールドノート・アーカイブ」<sup>5</sup>を開発する．開発したシステムの実証実験により，地図上での色別によるデータの類似度の表現の有効性について検証する．

##### 4.6.2.1 本システムの実装背景

地理学，文化人類学，社会学，歴史学など多岐に渡る分野において，研究のテーマに即した地域の調査方法として，研究対象となる地域を実際に訪れるフィールドワークが広く取り入れられている．フィールドワークは，地域が抱えている問題を解明することを目的に行われ，フィールドワークから得た情報から，分析や解決策の考察がなされる [61][62][63][64]．このように，フィールドワークから得たデータの分析は，新たな知識の発見に有益である．特に地域研究におけるフィールドワークでは，インタビューや観察，資料調査などの研究活動が展開され，その成果としてフィールドノートが生成される [65][66]．

フィールドノートは地域研究における貴重な資料であるが，記述内容が膨大であるため，資料の保存と公開や活用方法が問題となっている [67]．このような問題解決として，データの保持，共有を可能とする，資源共有システムが開発されている．しかし知識の発見ツールにはなり得ていないという指摘がされており，資源共有システムに HuMap[68] のような地域情報をデジタルマップ上に可視化した時空間情報処理アプリ

---

<sup>5</sup><http://fieldnote.mapping.jp/>

ケーションプログラム [69] を組み合わせることで、地域の新たな知識の発見や仮説の形成に役立てることが可能であると考察されている [67]。

一方、時空間情報処理アプリケーションプログラムを活用するには、資料内容に関する様々な主題を詳細に記述する必要があるため、語彙の収集と整理が今後の課題であると指摘されている。フィールドノート内には、景観情報や、土地利用、人物、歴史的背景など複数の主題が包含されているため、まずフィールドノートをどのようにデータベース化するかが問題である。

この問題の解決策として、テキストマイニングを用いた、フィールドノートに記述されている場面の特徴付けが実践されている [70]。フィールドノートを場面ごとに区切り、各場面に含まれる用語を形態素解析で抽出し、用語の出現頻度を基にトピックモデルを用いて潜在トピックを算出している（表 4.1）。これにより、各場面に含まれる用語のトピックが検出され、場面を特徴付けることを可能としている。

そこで、潜在トピックが検出されたフィールドノートのテキストデータを、デジタルマップ上に可視化することで、データの類似度の判別を支援し、地域の新たな知識の発見や仮説の形成に貢献できると考察する。

また本研究で取り扱うフィールドノートデータは、京都大学東南アジア研究センターに在籍した高谷好一氏による記録である。高谷氏は 1973 年から 1997 年に渡り、東南アジア全域でフィールドワークを実施し、地形や自然環境、生業体系等との関係をテーマとして調査している。これらのデータはテキスト化され、何冊にも及ぶ冊子としてまとめられている。このフィールドノートには、景観写真やスケッチなどの画像情報と、観察記録や聞き取り情報などのテキスト情報が含まれており、文章内に地名や距離情報を含んだ状態で、記録した時系列に沿って記載されている（図 4.7）。本研究ではこの中の 1 冊である、インドネシアのスマトラ島でのフィールドワークの成果として記録されたフィールドノート [71] を対象とする。スマトラでの現地調査期間は 1984 年から 1985 年までであり、A4 版の冊子で 197 ページに及ぶ。

#### 4.6.2.2 テキストデータの類似度評価

潜在トピックが検出されたフィールドノートのテキストデータを可視化するにあたり、ここで各トピックの関連性を明らかにする。山田 [70] により各トピックの類似度が算出されているが、この類似度からトピックのクラスタリングを行った結果を図 4.8

表 4.1: 潜在トピックの検出結果 (30 トピックと各トピックを構成する用語の上位 5 件)

山田太造 (2015) 「地域研究資料を対象とした時空間情報に着目したデータの構造化」より作成

topic	1	2	3	4	5
V1	kota	王宮	幅	枠	目
V2	家	マングローブ	中国人	集落	バガン
V3	水田	棚田	稲	周り	川
V4	Minangkabau	周辺	Bilis	チガヤ原	下り
V5	ゴム	ゴム園	タッピング	手入れ	植
V6	幅	Kalua	更新	Encik Ibrahim	Penyengat
V7	家	ココヤシ	コーヒー	ゴム	周り
V8	木	収穫	実	油	自分
V9	サゴ	工場	Rp	サゴヤシ	中国人
V10	人	父	Singapore	サゴ	土地
V11	炭	窯	炭焼き小屋	直径	鶏
V12	ゴム林	井戸	内皮	土手	食堂
V13	町	店	中心	北	川沿い
V14	地区	Transmigrasi	transmigrasi	計画	高木
V15	オカボ	トウモロコシ	コーヒー	焼畑	水田
V16	M	J	村	墓	水
V17	魚	エビ	網	Rp	inch
V18	草	鍬	田	苗代	稲
V19	Empang	Jambi	下	島	左右
V20	家族	Haji Ruppek	Ugum	Ungku Tugut	村
V21	牛	右	水牛	左	山
V22	ton	ゴム林	壁	島	墓
V23	ココヤシ	自分	人	水路	ココヤシ園
V24	A	C	中央	B	土手
V25	Minangkabau	オランダ	Melayu	人口	ゴム園
V26	漁業	Rangsan	サトウヤシ	Desa	昼食
V27	水田	池	魚池	砂	稚魚
V28	ゴム	suku	Banjar 語	丘陵	村
V29	Loc	Raja Kecil	Mandah	造船所	Sultan
V30	泥炭	粘土	下	ココヤシ	湿地

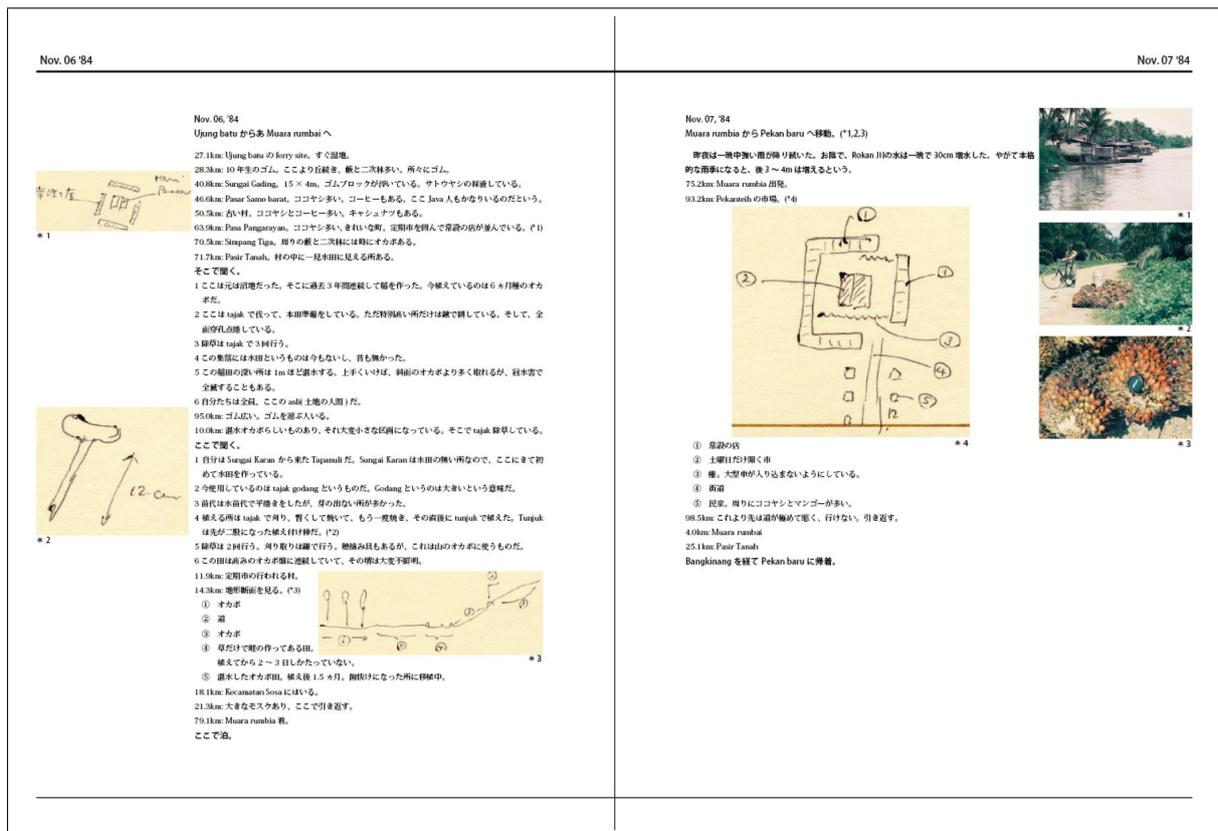


図 4.7: 高谷好一氏により記録されたフィールドノート

出典：高谷好一 (2012) 「CIAS Discussion Paper Series No.22 地域研究アーカイブズ フィールドノート集成 2」, 38 ~ 39 ページ

のデンドログラムに示す。これは、分析の対象となる個体が結合されていく様子を、樹形図の形で示している。図 4.8 の縦軸は関連距離を示しており、グループ同士の関連度に応じた位置で、線分が結合する。このことより、各トピックを、類似度に基づいた間隔尺度として示すことができるため、トピックを定量的に評価する指標として応用できる。

以上より、フィールドノートから算出されたトピックは、類似度に基づいて数値化され、定量的なデータとして扱うことができると分かった。そこで次より、類似度が明らかにされたトピックを包含するフィールドノートのテキストデータを、デジタルマップ上で可視化することを試みる。

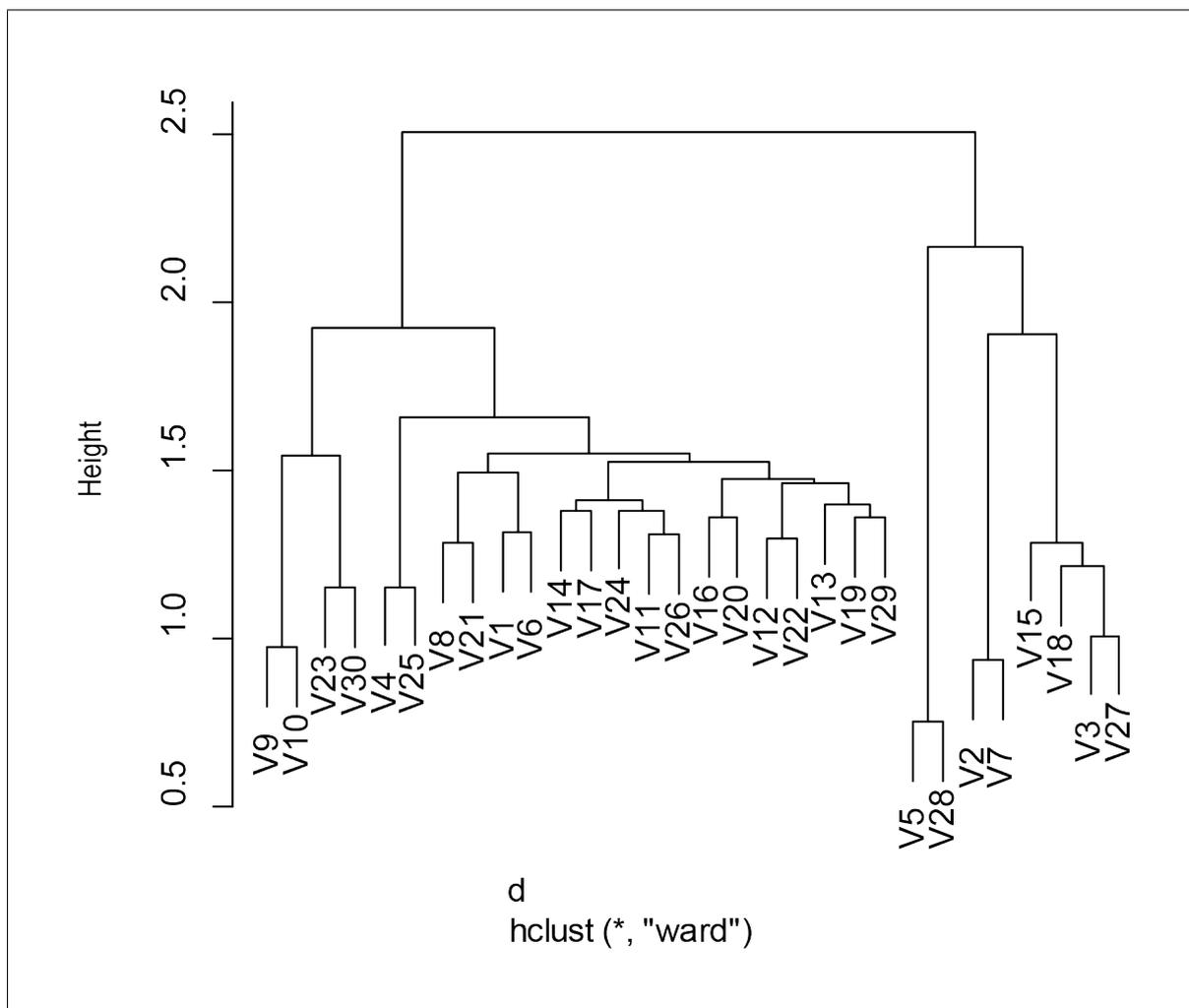


図 4.8: トピックのクラスタリング結果 (デンドログラム)

山田太造 (2015) 「地域研究資料を対象とした時空間情報に着目したデータの構造化」より作成

#### 4.6.2.3 色別トピックモデルの開発

フィールドノートから検出されたトピックを色で表現する手法について提案する。トピックを色で表現することで、トピック同士の類似度を示すことを目的としている。そこで各トピックに色を割り当てるため、色彩学の観点から表現方法を次より検討する。

色の三属性 (色相・明度・彩度) のうち色相は連続しており、色相を順序立てて円環に並べたものを色相環という [72]。この円環に近い色同士は類似色で、離れていると反対色の関係となる。よって、色相環を利用し、円環上の色を各トピックに適用することで、トピック同士の類似度を示すことが可能となると考察する。そこで、ディスプ

レイ（コンピュータグラフィック）に用いられる表色系である HSV 色空間の色相環を利用する．HSV は，色相 (Hue)，彩度 (Saturation)，明度 (Value) の 3 つの成分からなり，コンピュータグラフィックスで主に利用されている色表現方法である<sup>6</sup>．彩度と明度の値を固定し，色相値のみを変化させた色を各トピックに割り当てることで，トピック同士の類似度を表現可能であると考察する．よって次より，HSV 色空間の色相環を用いて，各トピックの色相値を定める方法を検討する．

図 4.8 でフィールドノートのテキストデータから検出されたトピックのデンドログラムを示したが，これは各トピックの類似度を表現しているため，算出されたグループごとの距離に応じて色相環上に樹形図を描くことで，色相環の円環上から各トピックの色を抽出することができると考察する．そこで，以下よりトピックのデンドログラムの樹形図の色相環上への変換を実践する．

まず全てのクラスタが結合するまでの距離を半径とした色相環を描く．本研究では，彩度と明度を中間値の 50% に設定する．色相環の中心を全てのクラスタが結合したポイントとし，ここからグループの分岐ごとに，デンドログラムの距離分，異なる方向に線分を引く．この時，最初の分岐は 180 度逆方向に引き，次の分岐は 90 度，さらに次は 45 度という具合に，分岐の回数を  $n$  回とすると， $180/2^{n-1}$  度異なる方へ線分を引く．この工程により，最終的に図のような樹形図を生成でき，それぞれの線分が色相環の円周と交差したポイントの色を，各トピックの色として設定する（図 4.9）．これより，本稿では各トピックに割り当てられた色をトピック色と述べる．

以上より，各トピックの類似度を色相の違いで表現することができた．以降，トピック色で色相別表現された各トピックを，デジタルマップ上に可視化することを試みる．

#### 4.6.2.4 テキストデータからマッピングデータへの変換

潜在トピックが検出されたフィールドノートのテキストデータを，デジタルマップへマッピングする．潜在トピックが検出されたフィールドノートのテキストデータをデジタルマップ上に可視化するため，まずマッピングできる形式にデータ変換する．

フィールドノート内には，文章内の随所に日付と地名や距離情報が含まれており，さらに，記録者の移動の時系列に沿って順に記載されているため，記録当時のスマトラ島の地図を参照することで，記録された位置を推定することが可能である．

<sup>6</sup>アルヴィ・レイ・スミス (Alvy Ray Smith) 考案 (1978 年)

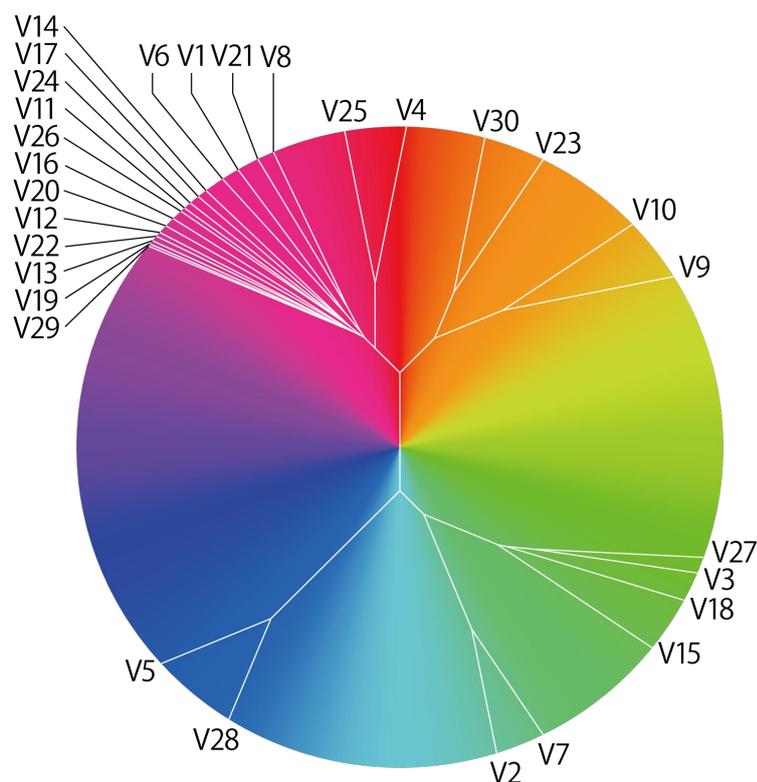


図 4.9: 色相環で示したトピック色

そこで筆者は第一に、いつどこで記録した情報なのか、当時の地図を参照しながら場面ごとのテキストデータそれぞれに手作業で日付と位置情報を付加し、GeoJSON データ形式<sup>7</sup>としてデータ化する。GeoJSON は地理的データ構造をエンコードするためのフォーマットであり、多様な GIS プラットフォームに対応しているため、今後プラットフォームが変更になった場合であっても利用可能である GeoJSON を選択する。

#### 4.6.2.5 色別トピックモデルの地図上表現

各データをデジタルマップ上にマッピングし、文章中に出現する用語同士の類似度をトピック色で表現することを試みる。

1199 件ある全てのデータをマッピングした結果を図 4.10 に示す。画面左上の範囲指定で表示する期間を設定し、下部の日付指定のスライダーを操作すると、時系列に沿って記録が取られた地点が順次アイコン表示される。図 4.10 は、全範囲指定した場合の

<sup>7</sup><http://geojson.org/>

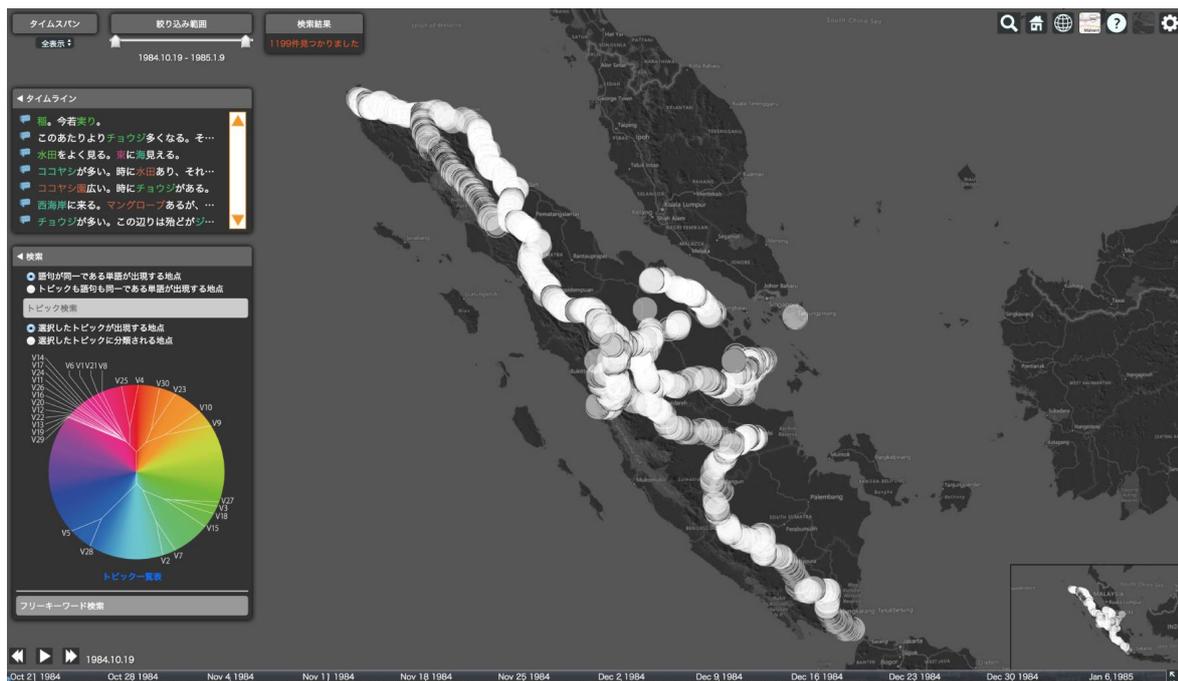


図 4.10: 類似度色別ビジュアライズの実践例「フィールドノート・アーカイブ」

結果である．アイコンをクリックすると，そのポイントで取られた記録である，画像とテキストデータを閲覧することができる（図 4.11）．テキスト内のトピックを構成する用語は，各トピック色で表示している．また表 4.1 では，検出された 30 種類のトピックと各トピックを構成する用語を示したが，これをトピック色で示した結果は，図 4.12 の通りになった．

さらに地域情報の分析に役立てるため，デジタルマップ上で地域をトピックの色で表現する検索機能を実装する．30 トピックと用語のリスト画面（図 4.12），もしくはテキスト内から用語を選択すると，選択した用語が出現する地点のみを抽出し，デジタルマップ上でアイコン表示する．アイコンは，それぞれの地点におけるその用語のトピック色で表示する．

#### 4.6.2.6 システム構成

地域情報を可視化するプラットフォームとして，WebGL を利用したオープンソースの 3D デジタル地球儀ライブラリである Cesium<sup>8</sup> を利用する．システムのユーザが別途アプリケーションやプラグインをインストールする必要がなく，URL にアクセスすれ

<sup>8</sup><https://cesiumjs.org/>

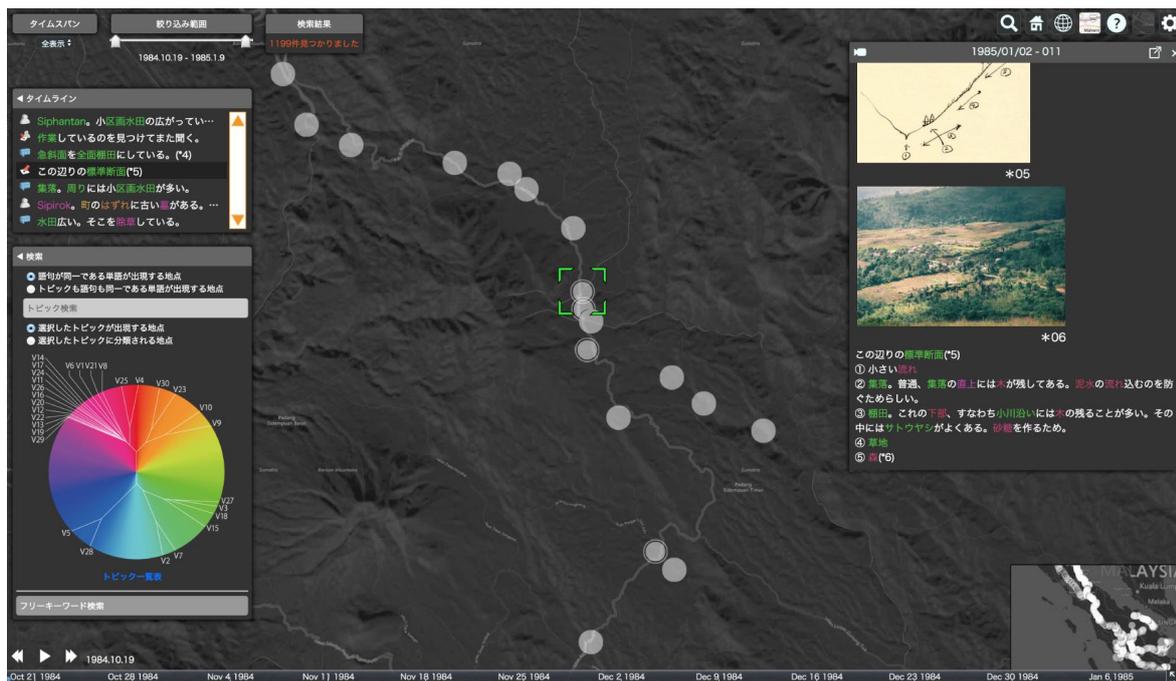


図 4.11: クリックしたポイントの記録の閲覧

ばブラウザ上ですぐに関連でき、クロスプラットフォームで利用可能なためである。またオープンソースであるため、開発の自由度が高く、機能をカスタマイズできることも本研究における利点として挙げられる。開発は javascript で行い、作成した GeoJSON を Cesium 上で読み込む形で地図上へマッピングする。システム構成は図 4.13 の通りである。

以上より本小節では、「フィールドノート・アーカイブ」コンテンツとして、潜在トピックが検出されたテキストデータをデジタルマップへマッピングし、テキスト内の用語を各トピック色で表示した。さらに検索機能を設けることで、地域情報の分析に役立てるための仕組みを実装した。これにより、潜在トピックが検出されたフィールドノートのテキストデータをデジタルマップ上に可視化した、Web コンテンツを開発することができた。本システムを筆者は、フィールドノートの色別トピックモデルによるビジュアライズシステムと呼ぶ。

次小節より、本システムを実際に利用した結果得られた知見について述べることで、本システムの有効性について検討する。

V1	kota	王宮	幅	枠	目	Kapsa	樹脂	水槽	王	Batak	Penan	丘	川岸	巨木	渾
V2	家	マンガ	中国人	集落	バガン	右	船	Bekaw	背後	Melayu	棧橋	エビ	Singa	qomba	左
V3	水田	棚田	稲	周り	川	幅	谷地田	村	山	柵	区画水	松	田	斜面	草地
V4	Minan	周辺	Bilis	チガヤ	下り	煉瓦	裏作	Kampa	Payaku	Tenqk	desa	qaruda	qaruda	kanan	sorong
V5	ゴム	ゴム園	タツビ	手入れ	植	周り	アブラ	Java	desa	丘	乳液	ビート	森林	高木	jaral
V6	幅	Kalua	更新	Encik	Penye	Riau	kincil	家	立方	Payaku	bakau	kalit	loco	sawah	コント
V7	家	ココヤ	コーヒ	ゴム	周り	村	ドリア	ランプ	バナナ	マンゴ	水田	幅	チョウ	コショ	下
V8	木	収穫	実	油	自分	幹	周り	ココヤ	葉	大木	竹	巨木	月	森	猿
V9	サゴ	工場	Rp	サゴヤ	中国人	木	自分	水	tual	人	サゴ林	濡れサ	ton	Melayu	川
V10	人	父	Singap	サゴ	土地	オラン	人達	中国人	町	自分	Selat p	Siak	penqh	中心	ムラユ
V11	炭	窯	炭焼き	直径	鶏	松林	火事	入り口	雨季	中央	園内	基礎杭	柵	灰	羊
V12	ゴム林	井戸	内皮	土手	食堂	ココヤ	大抵	播	西進	Raja	batanq	gulunq	hasta	オカボ	ロータ
V13	町	店	中心	北	川沿い	肉	Empan	区画	湖	高み	南	外輪山	市場	製材所	Bupati
V14	地区	Trans	transm	計画	高木	Banqki	ft	ニッパ	丸太	禁止	群島	脇	茶色	Aceh	Keritan
V15	オカボ	トウモ	コーヒ	焼畑	水田	斜面	ゴム	畑	チョウ	バナナ	シナモ	丘	混植	森	藪
V16	M	J	村	墓	水	Kualar	上流	中国	家番号	Maqeri	Sipirok	jaral	karet	ココヤ	友達
V17	魚	エビ	網	Rp	inch	月	坪	塩	目	m	inch	海	船	Selat p	他
V18	草	鎌	田	苗代	稲	水田	除草	月	水	人	水牛	移植	収穫	土	蹄耕
V19	Empan	Jambi	下	島	左右	Air Mol	Pirina	Saqo	l	kepek	ジャワ	ニラム	ネズミ	位	分かれ
V20	家族	Haji Ru	Uqum	Unaku	村	ゴム	サゴヤ	実り中	幹線道	Kuala	Periqir	Sunqai	shade	タマリ	右
V21	牛	右	水牛	左	山	empan	クビキ	犁	犁先	翼	木	Arsad	放牧	犁柄	Tageng
V22	ton	ゴム林	壁	島	墓	松	Mucht	Y	オカボ	乾季	原住民	境	字路右	尋	崖
V23	ココヤ	自分	人	水路	ココヤ	Banjar	Buqis	Sapat	森	最初	労働者	depa	Melayu	幅	Tembir
V24	A	C	中央	B	土手	海岸	Medan	Padan	囲い	大池	地下水	輸	Aceh	Penqh	サトウ
V25	Minan	オラン	Melayu	人口	ゴム園	集落	Benqk	野菜	土地	高地	Kuanta	Taluk	phunq	umo	クーボ
V26	漁業	Ranqs	サトウ	Desa	昼食	森林	rumbia	人口	作物	名	夫	除草	Oranq	Pulau	イスラ
V27	水田	池	魚池	砂	稚魚	便所	区画水	氾濫原	Batanq	Solok	Tembil	キリス	洪水	バンデ	上流
V28	ゴム	suku	Banjar	丘陵	村	Java	人	Kuanta	商業	所々	Baraba	Koto T	クーボ	マラヤ	入植地
V29	Loc	Raja K	Manda	造船所	Sultan	島	Kampo	Penya	息子	Haji M	Soleh	オラン	シャバ	法律	Banqul
V30	泥炭	粘土	下	ココヤ	湿地	所々	水	マンガ	ココヤ	土	カヤツ	灰色粘	ニッパ	シダ	バナナ

図 4.12: トピック色で示したトピック一覧

#### 4.6.3 色別による類似度表現の検証

本小節では 4.6.2 で実装した、フィールドノートの色別トピックモデルによるビジュアライズシステムを利用した実験を行うことで、色別表現を使った地図上でのデータの類似度ビジュアライズの、類似度の理解に対する有意性について検証する。

そこで、近似するトピックとしてのみ出現する用語である「サゴ」と、対峙するトピックを持つ用語である「コーヒー」を検索例として、各用語の分析を行う。

ここで事前にスマトラ島におけるサゴについて説明する。サゴはヤシ化の植物で、通常海水の影響を受ける、海岸近くの河川沿いの汽水域によく生息する植物である。スマトラでは、サゴの随に含まれるでんぷんを食用、あるいは家畜の餌として利用する。サゴの植物的特性から、スマトラにおけるサゴの生育域はほとんどが東海岸と西海岸の低湿地帯である。

「サゴ」は、V9 と V10 のトピックを構成する用語として検出されているが、V9 と

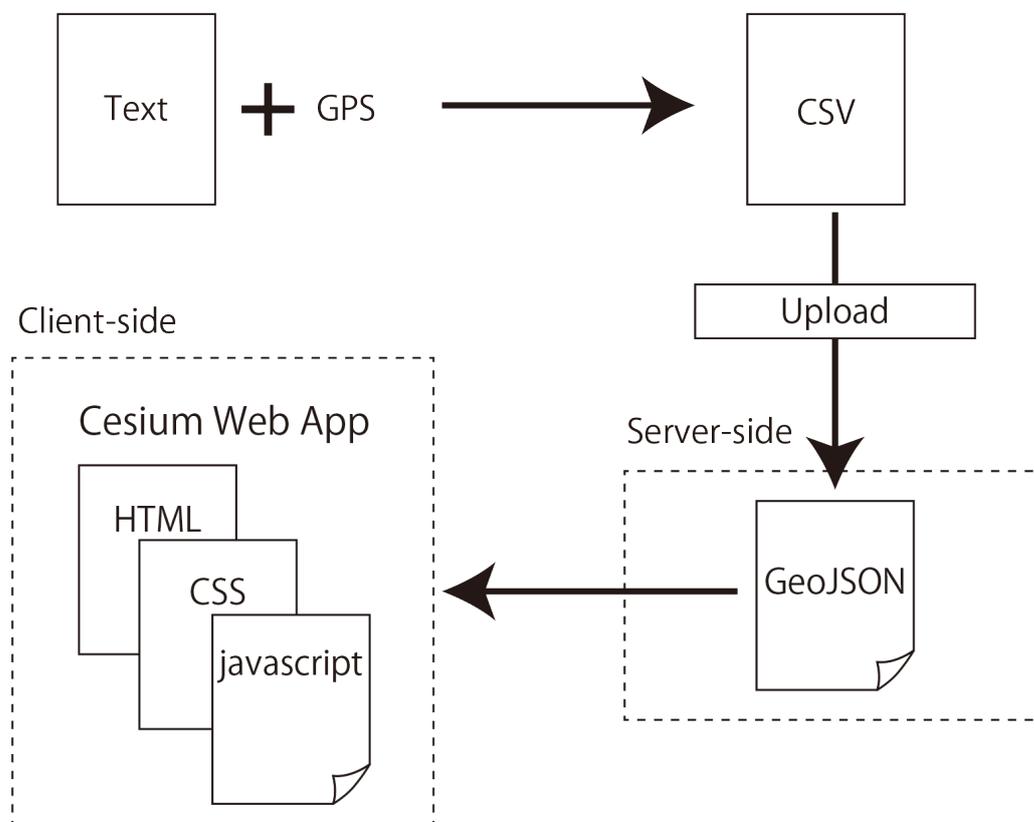


図 4.13: システム構成図 - フィールドノート・アーカイブ

V10 のトピック色は黄から橙色の同系色であり，色相が近く類似度が高いことを示している．つまり「サゴ」という用語は，いずれの場所でも近似するトピックとして取り上げられている可能性が高いと言える．一方「コーヒー」は V7, V10, V15 のトピック内で出現し，これらトピックのトピック色は橙色から青緑色と多色に渡る．反対色のように離れた色相となる場合のトピック同士は，類似度が低いことを示している．よって「コーヒー」という用語は，多岐に渡る話題性を持ち，各所で取り上げられていると言える．

次より「サゴ」と「コーヒー」を検索した結果と，それより得られる知見について議論する．





図 4.15: 海岸近くの河川沿いの「サゴ」

#### 4.6.3.2 「コーヒー」の検索結果

「コーヒー」について検索した結果、95件のデータが得られた(図4.17)。大部分が青緑から緑色の色相であるが、所々で色相が離れた橙色や黄色のトピックが見られる。内容を確認すると、青緑から緑色のトピックの場合、コーヒーの植生が形成されていることについて語られていた。一方、橙色や黄色のトピックの場合、「船にコーヒーなどを出したり...」、「ここでコーヒーを飲んで...」というように、飲料の意味として扱われていると解釈できた。よって「コーヒー」という用語で検索した結果より、離れた色相のトピック色を持つ用語は、意味が異なって取り上げられており、類似度が低いトピック同士であると分析できる。

以上、本小節では「サゴ」と「コーヒー」に着目し、本システムの有効性について検証を行った。その結果、デジタルマップ上に可視化したことで、事前知識からのみでは取得することが困難な少数データにも着目を促すことができた。さらに、同系色でマッピングされたデータ同士は、検索した用語が、類似度が高いトピックとしてテキスト内で取り上げられており、一方、対峙する色相同士は、類似度が低いトピックとして取り上げられていると分析できた。

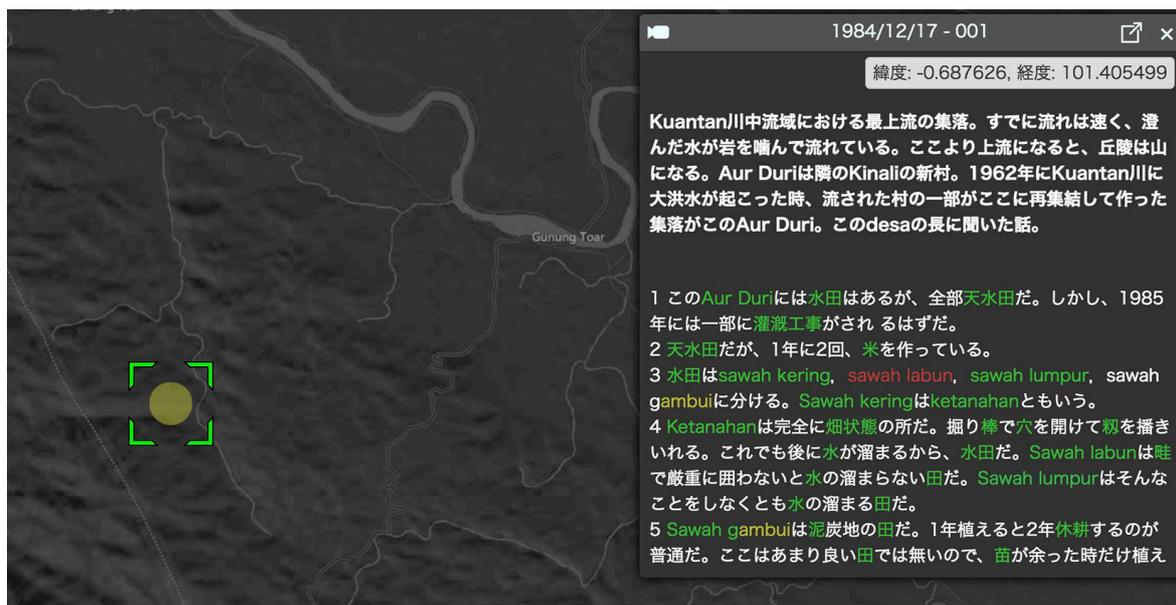


図 4.16: 内陸部の河川沿いの「サゴ」

したがって、潜在トピックが検出されたフィールドノートのテキストデータを基に、用語の検索結果を色相別のアイコンでデジタルマップ上に示したことで、検索した用語に関する内容の類似度を表現できた。さらに類似度の色別表現は、データの類似度の理解に貢献することが可能であると分析できる。

ここまでの議論より、地図上での色別ビジュアライズは、データの類似度の理解に有効であると示されたため、次小節より、類似度による色別表現を応用し、経路探索の手がかり要素の視認性に応じた、各要素のビジュアライズシステムの提案を行う。

#### 4.6.4 経路探索の手がかり要素のビジュアライズシステムの開発

本小節では、4.6.2 で実践した色別によるデータの類似度表現と、ヒートマップ表現を活用し、4.5 で算出した時間帯に応じた視認性スコアと、ルートに応じた類似度評価から、地図上に経路探索の手がかり要素をビジュアライズするシステムを提案する。

まず視認性スコアは、要素が経路の発見に利用できるかどうかに関わるため、視認性スコアが高い要素ほど、ナビゲーションにおいて重要度が高いと判断できる。そこで、ヒートマップ表現を利用し、各要素を着色する。視認性スコアが高い要素ほど不透明で、低い要素ほど透明度を上げたアイコンで地図上に表示することとする。

次にルートの類似度による、要素のビジュアライズについては、4.6.2.3 で開発した

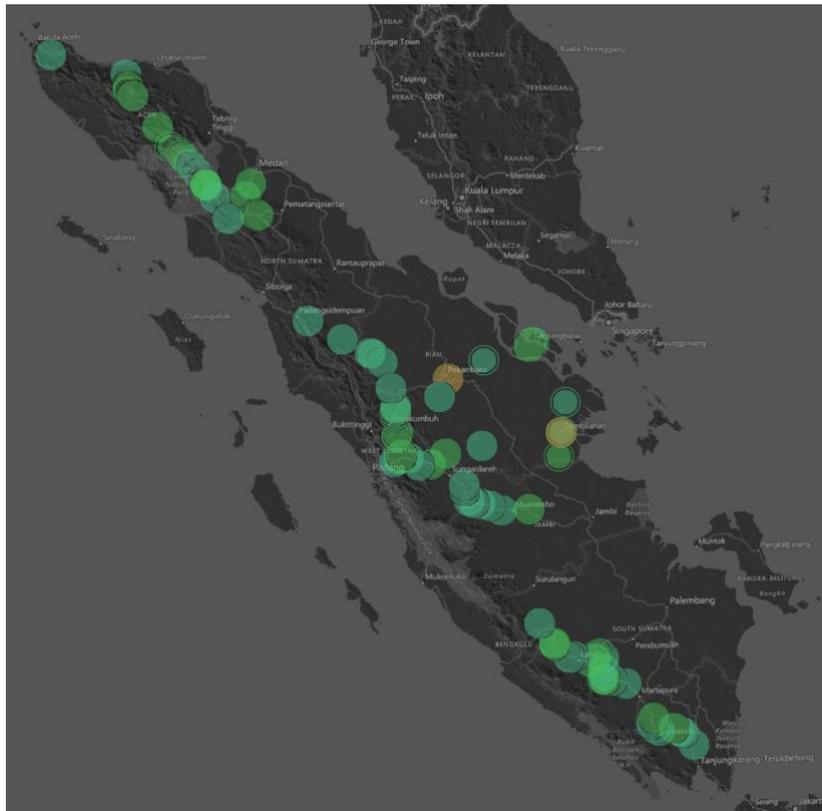


図 4.17: 「コーヒー」の検索結果

色別トピックモデルを利用し、各要素に色を割り当てる．ここで色の誘目性に着目すると、一般的に暖色の方が誘目性が高く、寒色になるほど低くなると言われており、厳密には背景色に左右される．背景が白の場合は赤が最も誘目性が高く、次いで黄色、緑色と続く [73]．そこで、ナビゲーションシステム利用時にユーザに提示されているルートと類似度が高いほど、そのルートに紐づいている要素は赤い色相となるように各要素に色を割り当てる．地図上には背景色として白の枠線を設け、枠線内に割り当てられた色相のアイコンで表示する．しかし、1つの要素が複数のルートに出現する可能性があるため、その場合は複数色で表現するなど工夫が必要である．

#### 4.7 まとめ

本章では、本研究の3つ目の指針である、経路探索の手がかり要素を環境に応じて提示するナビゲーション支援を実践した．

まず第1に、ユーザ投稿による経路探索の手がかり要素であるランドマーク、サイ

ン、オブジェクト情報のアーカイブを行うシステムを実装した。環境に応じて、収集したデータを地図上に提示させるため、データの収集時に、環境情報として、経路探索時の時間帯とユーザが辿っているルート情報も取得するようにした。

第2に、環境に応じて経路探索の手がかり要素を地図上にビジュアライズするシステムを実装するための第1フェーズとして、環境に応じた経路探索の手がかり要素の視認性を評価する手法の検討を行った。関連研究のレビューより、ユーザ投稿によるデータから、経路探索の手がかり要素の時間帯による屋外の明暗と、ユーザが辿っているルートに応じた視認性を評価することとし、時間帯に応じた視認性スコアと、ルートに応じた類似度評価を算出する方法について提案した。

第3に、ビジュアライズの第2フェーズとして、経路探索の手がかり要素の視認性に応じた、各要素のビジュアライズ手法の検討を行った。関連研究のレビューより、ヒートマップによる表現と、類似度による色別表現を応用した、経路探索の手がかり要素のビジュアライズを検討することとした。地図上での色別ビジュアライズの実践と効果検証を行うため、実装例として、「フィールドノート・アーカイブ」を開発した。本システムを用いた実証実験を行ったところ、地図上での色別ビジュアライズは、類似度の理解に有効であると示された。よって、時間帯に応じた視認性スコアと、ルートに応じた類似度評価から、地図上に経路探索の手がかり要素をビジュアライズするシステムの提案を行った。

本章の研究意義は、特定の地域に限定されずに、迷いの環境要因を解消できる方法を提案できたことである。本手法によって、環境条件による目印の視認性を考慮することで、視認性の高い目印に着目させるナビゲーション支援が可能である。また開発したシステムを、環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システムと定義する。

以上より、本章の研究成果は、迷いの外的要因の複合的な解消に貢献できる。

しかし、本稿では時間帯による視認性スコアの算出を行うことを提案したが、1年を通すと、時期によって日出と日没の時間が異なるため、時間帯による屋外の明暗は一定ではない。それ以外にも、天候状況は要素の視認性に左右すると考える。このため、単純な時間帯による平均値では、視認性スコアの信頼性に欠ける。厳密なデータを提供するため、時間情報だけでなく日出と日没時間や天候情報も考慮すべきであると判断し、これについては今後の課題としたい。

## 第5章 総括

### 5.1 本研究の概要

本研究の目的は、人が道に迷う複合的な原因を解消するナビゲーションシステムを検討することであった。

第1に、人が道に迷う原因に関する研究を調査したところ、迷いの原因は大きく分けて内的要因と外的要因に分類できることが分かった。

まず内的要因について分析を行ったところ、内的要因には経路探索時の不安な心理状況や、個人の空間認識能力の問題が挙げられた。空間認識能力は、経路探索時の注視傾向など、空間認知のプロセスに影響を与えているため、道に迷いやすいユーザでも、空間認識を促す認知プロセスに誘導することで、空間認識能力の差による影響を軽減させることができると考察した。そこで、空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援を行うことを、本研究の1つ目の指針とした。

また、空間認識能力の個人差により、経路の理解や表現方法にも差が生じる。これを解消するには、個人の理解に応じた地図を提示することが必要であると判明した。そこで、ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うことを、2つ目の指針とした。

次に迷いの外的要因について分析を行った。これにより、外的要因は情報要因、環境要因、物理要因に細分化され、情報要因が最重要、次に環境要因が重要とされていることが明らかとなった。そこで本研究では、情報要因と環境要因に着目し、これら2つの要因を解決する先行研究を複合的に組み合わせることで、外的要因を解消する手法を提案することとした。情報要因を解決した先行研究に着目すると、目的地付近の強調やランドマークの重み付けによる、ランドマークの視認性の向上が図られてきた。環境要因を解決した先行研究については、環境に応じたランドマークの選定がされていた。経路探索の手がかり要素としては、ランドマーク、サイン、オブジェクトが挙げられるが、このように、サインやオブジェクトの情報を取得支援する方法や、環境に応

じてランドマーク以外の情報を選定するナビゲーションシステムの提案はされてこなかった。そこで、外的要因のうち重要度が高い環境要因と情報要因に着目し、ランドマークだけでなく、サインやオブジェクトの情報も含めた経路探索の手がかり要素を、環境情報に応じて提示するナビゲーション支援を行うことを、3つ目の指針とした。

以上より、道に迷う複合的要因を解消するナビゲーション支援を行うための、3つの指針を定めることができた。この3つの指針を組み合わせることで、道に迷う問題を解消するナビゲーションシステムの開発に貢献することができると考察する。

#### 5.1.1 視点切り替え地図ナビゲーションシステム

1つ目の指針である、空間認知のプロセスに基づいたナビゲーション支援の実装として、経路探索を支援する空間認知のプロセスに基づいて設計された、ナビゲーションシステムを開発した。

空間認知についての先行研究のレビューより、スタート地点・道中・目的地付近の3パターンで視点を切り替えるナビゲーションシステムを設計した。実装例としてAndroid用ナビゲーションアプリの開発を行った。本システムを利用した実証実験の結果より、本システムは空間認識能力の良し悪しに関わらず、迷わず目的地までナビゲーションすることに効果があり、さらに短時間の目的地までのナビゲーションに有効であると考察できた。

また開発したシステムを、視点切り替え地図ナビゲーションシステムと定義した。

#### 5.1.2 空間認識能力に応じたユーザカテゴライズ手法

本研究の2つ目の指針である、ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため、空間認識能力に応じた、ユーザカテゴライズ手法を開発した。

ユーザが保持する認知地図のパターンを判断するため、スケッチマップによる描画実験を行った。閉路法によるスケッチマップの分析結果と、SDQ-Sの質問内容から抽出した、空間を俯瞰的に認識できているかに関する質問と、東西南北を認知できているかに関する質問に対する回答結果を比較分析したところ、各質問グループの得点と認知地図のパターンに相関があると分かった。これにより、SDQ-Sを活用したアンケートから、ユーザの認知地図のパターンをカテゴライズすることは妥当であると考察し、

各質問グループの合計得点から，サーベイマップ型とルートマップ型，及びノースアップ型とヘディングアップ型に分類する手法を開発した．

開発したユーザカテゴライズ手法の実装例として，本手法を用いて，ユーザの認知地図のパターンをカテゴライズし，パターンに応じて認知地図の構築を支援する地図を提示する，ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムを開発した．

### 5.1.3 環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システム

本研究の3つ目の指針である，経路探索の手がかり要素を環境に応じて提示するナビゲーション支援を行うシステムの実装を試みた．

まず，ユーザ投稿による環境情報を付加した経路探索の手がかり要素である，ランドマーク，サイン，オブジェクト情報のアーカイブを行うシステムを実装した．環境情報として，時間帯とユーザが辿っているルート情報を扱った．次に，環境に応じたランドマークの視認性評価を行った先行研究を参照し，環境情報から，経路探索の手がかり要素の視認性スコアと，ルートの類似度評価を行うシステムを提案した．最後に，環境に応じた経路探索の手がかり要素を地図上に提示する，ビジュライズ手法について検討した．地域情報をビジュライズする先行研究のレビューより，地図上での色別指標による類似度表現を適用することとした．色別表現を使った地図上でのデータの類似度ビジュライズが，データの類似度の理解に有効か検証するため，実践例として「フィールドノート・アーカイブ」を開発した．本システムの実証実験を実施したところ，近似及び相違するテーマを持つ地域の理解に効果的であると示された．よって，色別による類似度表現を用いて，視認性スコアとルートの類似度評価を基に，経路探索の手がかり要素を地図上にビジュライズするシステムの提案を行った．

また提案したシステムを，環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システムと定義した．

### 5.1.4 各指針に対する実装のまとめ

以上より，本研究では，関連研究のサーベイを行うことで，道に迷う複合的要因を解決するナビゲーションシステムの指針を示した．指針に基づき，各実装を行ったことで，それぞれ開発可能であることが示された．これにより，人が道に迷う複合的な原因を解消するためのナビゲーションシステムの指針を示し，アプリケーションとし

てシステム開発可能であることを実装により示すという，本研究の目的は達成された．本研究で実装したシステムを，それぞれ組み合わせることで，道に迷う複合的要因を解消するナビゲーションシステムを開発することができる．

## 5.2 総合考察

本研究は，道に迷う複合的要因を解消するナビゲーションシステムの検討を行った．空間認知研究における関連研究のサーベイより，ナビゲーション支援を行うための3つの指針を示した．これらの指針に基づいて設計されたナビゲーションシステムは，迷いの要因である内的要因と外的要因を解消できると考察した．これら指針の実現性を示すため，各指針に基づくシステムの実装を行った．

まず2章では，1つ目の指針である，空間認知のプロセスに基づいて設計されたナビゲーションシステムの実装として，視点切り替え地図ナビゲーションシステムを開発した．本システムを用いた実証実験を行ったところ，本システムは空間認識能力の良し悪しに関わらず，迷わず目的地までナビゲーションすることに効果があり，さらに短時間の目的地までのナビゲーションに有効であると考察できた．しかし，進行方向の短時間の発見のため，ルートマップを利用した矢印示唆の方法の改良と，不安解消のためのアラートの仕組みの追加が必要であると考えた．さらに，サーベイマップ型のユーザには，予め備わっている空間認識能力を妨げないようにするため，サーベイマップによるナビゲーションを行い，ルートマップ型のユーザには，ルートマップによるナビゲーションを行うべきであるという結果が得られた．空間認識能力の違いによって認知地図の型が異なるため，ユーザの空間認識能力を判断し，それに応じた地図を提示するナビゲーションを行うことが，迷いの解消にさらに有効であると考察した．

次に第3章では，2つ目の指針である，ユーザの空間認識能力に応じた地図を提示するナビゲーション支援を行うため，空間認識能力のパターンを判別する，ユーザカテゴリー手法を開発した．本手法の開発にあたり，スケッチマップ描画実験を行い，ユーザのスケッチマップとSDQ-Sのアンケート結果を得た．SDQ-Sの質問内容から，空間を俯瞰的に認識できているかに関連すると考えられる質問と，東西南北を認知できているかに関連すると考えられる質問を抽出し，各質問グループの合計得点を算出した．各質問グループの得点と，スケッチマップの分析から得たユーザの認知地図のタイプとの相関を分析したところ，相関があると判断できた．よって，各質問グループの回

答結果から，ユーザを，サーベイマップ型とルートマップ型，及びノースアップ型とヘディングアップ型に分類することは，妥当であると考察した．開発できたユーザカテゴリ化手法の実装例として，本手法によりカテゴリ化されたパターンに応じてナビゲーションを行う，ユーザターゲット型地図ナビゲーションシステムの開発を行った．本システムは，視点切り替え地図ナビゲーションシステムの実証実験から分析した改善点も考慮した．本システムを利用することで，ユーザの認知地図と同じ型の地図を提示でき，ユーザの認知地図の構築に貢献しながらナビゲーションを行うことができる．したがって，ユーザカテゴリ化手法は，迷いの内的要因である不安な心理と，個人の空間認識能力の違いによる影響を解消することに貢献できると考察した．

第4章では，3つ目の指針である，環境に応じた経路探索の手がかり要素を提示するナビゲーション支援を行うための，システムの実装を試みた．時間帯やユーザが辿っているルートは，目印となる情報の視認性に影響を及ぼすと考え，経路探索時の時間帯とルートに応じて，その状況下で視認性が高いと考えられる経路探索の手がかり要素を提示することとした．まず，ユーザ投稿による経路探索の手がかり要素であるランドマーク，サイン，オブジェクト情報のアーカイブを行うシステムを実装した．次に，環境に応じた経路探索の手がかり要素の視認性を評価する手法の検討を行った．最後に，経路探索の手がかり要素の視認性に応じた，各要素のビジュアライズ手法を検討した．実装例として開発した「フィールドノート・アーカイブ」の分析より，地図上での色別ビジュアライズは，データの類似度の理解に有効であると考察できた．よって，時間帯に応じた視認性スコアと，ルートに応じた類似度評価から，地図上に経路探索の手がかり要素をビジュアライズするシステムの提案を行った．本システムは，環境条件による目印の視認性を考慮し，その視認性に応じた経路探索の手がかり要素のビジュアライズ表現が可能となるため，本システムをナビゲーションシステムとして実装することで，視認性の高い目印に着目させるナビゲーション支援ができる．したがって，環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示システムは，迷いの外的要因の解消に貢献できると考察した．

以上より，迷いの内的要因と外的要因を解消するためのナビゲーションシステムを検討し，それぞれ実装可能であると示された．各指針に基づく実装は，ナビゲーションサービスの開発者が参照し，組み合わせで実装することが可能である．このように，

本研究の成果は、組み合わせて実装されることで、迷いの複合的要因を解消するナビゲーションシステムとなる。したがって本研究は、人が道に迷う複合的な原因を解消するナビゲーションシステムの開発に貢献できた。

## 5.3 今後の課題と展望

### 5.3.1 今後の課題

本稿では、環境に応じた経路探索の手がかり要素の提示をするにあたり、時間帯による視認性スコアと、ルートの類似度評価に応じて手がかり要素をビジュアルライズすることを提案した。しかし、実現させるには、ルートの類似度を測るための解析手法が必要であると考えられる。これまでの開発事例では、トピックモデルを利用したテキスト分析が行われていた。これをルートの類似度評価に適用しようとした場合、単純なルートの線分の類似度となり、移動方向は考慮されない。しかし目印の視認性は、往路と復路で変化したり、ユーザが向いている方向で変化するように、どの位置と方向から目印を見るかに左右される。

よってトピックモデルによるテキスト解析以外に、ルートの線分と移動方向を考慮した、ルートの類似度評価が必要である。したがって、この解析手法の提案は今後の課題にしたい。

また、本稿では時間帯による視認性スコアの算出を行うことを提案したが、1年を通すと、時期によって日出と日没の時間が異なるため、時間帯による屋外の明暗は一定ではない。つまり、時間帯による平均値を視認性スコアとして算出した場合、実際とは数時間単位で視認性にズレが生じる可能性がある。また、日出と日没時間が異なることより、施設がライトアップされる時間帯も、時期によって変化することもある。それ以外にも、天候状況は要素の視認性に左右すると考察できる。例えば、晴天の場合は遠くのランドマークまで見通せるが、悪天候の場合は見通しが悪くなり、通常より近くの目印が経路探索の手がかり要素になりやすいなどの例が想像できる。

このため、時間帯のみによる評価では、視認性スコアの信頼性に欠ける。厳密なデータを提供するため、時間情報だけでなく時期や天候情報も考慮すべきであると判断し、これについては今後の課題としたい。

### 5.3.2 将来への展望

これまでは、単一的なアプローチによる対策が施されたシステムが開発され、利用されてきた。本研究は、複合的なアプローチで迷いを解決するナビゲーションシステムを検討した。本研究の成果は、ナビゲーションサービスの開発者が参照し、組み合わせて実装することが可能なものである。よって、今後のナビゲーションサービスの開発に貢献し、よりナビゲーションのパフォーマンスを上げたサービスを展開することができると期待する。

さらに近年はICTの普及により、誰でも容易に情報を受信、及び利用し、発信することができる。このような時代背景は、サービスの拡充や、新サービスの展開に強く貢献している。よって、GIS分野の事業者だけでなく、個人開発者でも本研究の成果を活用したサービスを開発でき、さらに、それを誰でも利用できるようになると想像できる。

また、本研究は歩行者をターゲットとしたナビゲーションシステムを検討したが、本研究の成果は、カーナビゲーションシステムなど他の移動手段にも応用できると考える。

最後に、本研究は分野を跨いだ複合的な成果を導き出した。この成果は、各分野における研究アプローチの仕方に対し、新たな視点を与えることにも繋がると期待する。

## 謝辞

この博士論文を作成するにあたり，多くの方のご指導とご協力を頂きました．謹んで御礼申し上げます．

指導教員の首都大学東京准教授，渡邊英徳先生には，長年に渡りご指導頂き，大変お世話になりました．この場を借りて感謝の意を表します．学部生時代に渡邊先生の授業を受け，研究内容に大変興味を惹かれ，渡邊先生の研究室への配属を希望しました．それ以来，渡邊先生に師事し，気づけば早いもので7年以上の月日が経ちました．長年変わらず優しくご指導して下さったこと，心より感謝いたします．これまで渡邊先生から受けた教訓が，今日の私の研究に繋がっています．また，金銭面で悩んでいた際には，奨学金を快く推薦して下さい，そのお蔭で博士課程まで進学し，研究に没頭することができました．勉学に限らず，生活面についても常にお気遣いを頂き，深く感謝しております．

副査の首都大学東京教授，笠松慶子先生には，修士研究より副査としてご指導頂き，大変お世話になりました．この場を借りて感謝の意を表します．研究当初は，実験方法や検証方法について何も知見がなく，不安な気持ちでいっぱいでしたが，そんな私に対して，いつも優しいご助言とご指導をして下さりました．笠松先生のお言葉に支えられ，今日まで自信を持って研究に努めることができました．心から御礼申し上げます．

副査の首都大学東京教授，串山久美子先生には，急なお願いにも関わらず，快く副査を引き受けて下さりましたこと，深く感謝の意を表します．串山先生には，学部生の頃からお世話になり，研究発表の場でたくさんのご助言を下さりました．串山先生から頂いた，親身なご指導と優しい励ましのお言葉によって，ここまで挫けず研究に励むことができました．心より感謝申し上げます．

副査の京都大学准教授，柳澤雅之先生には，自身の博士研究，並びに長年に渡る共同研究プロジェクトにおいて，大変お世話になりました．自身の研究においては，本論文と発表内容について細部に渡りご指導頂きまして，心より感謝いたします．また，

共同研究も早いもので5年目となりました。当時はまだ博士課程に進学したばかりで、まだ分からないことも多くありましたが、柳澤先生、並びに本プロジェクトを通してお知り合いになった先生方に支えられ、研究成果をあげることができました。これまで知識のなかった分野での議論は、大変貴重で、たくさんの新たな知見を得ることができたと感じております。この場を借りて、深く感謝の意を表します。

昨年度末に首都大学東京教授を御退官された、笠原信一先生に、深く御礼申し上げます。修士研究よりご指導頂き、博士課程に進学してからの4年間も、副査を快く引き受けて下さり、長年大変お世話になりました。笠原先生は、常に学生のことを一番に考えて下さり、そのお心遣いに大変感銘を受けました。勉学だけでなく、私の進路についても常にお気にかけて下さりました。さらに、コース代表としての研究紹介の発表の場など、たくさんの幸甚な機会を下さりましたこと、身に余る光栄と、心より感謝しております。そして、御退官の日を迎えられましたこと、心よりお慶び申し上げます。長年に渡り、私たち学生を見守り支えて下さり、誠にありがとうございました。少し寂しい気持ちもありますが、これからもどうぞ温かい目で見守って頂ければ幸いです。

また本研究は、これまで私が関わった全ての研究室プロジェクト、並びに共同研究を礎に成り立っております。研究室プロジェクトで共に奮闘した研究室の皆様、OB・OGの皆様、共同研究でお世話になりました皆様、深く感謝いたします。

本研究においては、複数の実験を行いました。実験を快く引き受けて下さった皆様に、感謝の意を表します。皆様のご協力はなしには、到底ここまでの成果を出すことはできませんでした。心より御礼申し上げます。

共に歩んできた研究室の皆様、これまでにご卒業されたOB・OGの皆様、これまで大変お世話になりました。ゼミでは互いに多くの議論を交わし、様々な目線でご意見やアドバイスを頂き、新たな気づきを与えられる事も多くありました。また、自身の研究についてだけでなく、研究室プロジェクトで日本各地を回りワークショップを開催したこと、ゼミ合宿で共に絆を深めたこと、コンペのために共に寝る間を惜しんで開発に没頭したことなど、思い出はつきません。皆様のこれからのご健勝とご活躍をお祈り申し上げます。長年在籍した研究室ですので、名残惜しい気持ちもありますが、これからは学生としてでなく、社会人として、研究室の皆さんをサポートしていきたいと思う所存です。今後とも何卒よろしく願いいたします。

そして、私をいつも温かく見守り支えて下さった家族に、心から感謝いたします。大学入学と共に地元を離れ上京し、10年の月日が経ちました。研究をしたいという私の気持ちを汲んで頂き、ここまで精神面、金銭面共に支えて下さりました。ここまで進学できたことは、偏に家族のお蔭です。実家に度々帰省したときには、いつも激励の言葉を頂き、それが私の心の支えになっていました。なかなか社会に出ないことに対し、多大なご心配とご迷惑をおかけしたと思います。私が大学で研究していた内容もなかなか理解し難く、家族は「大学で一体何をしているのか」とよく言葉を漏らしていました。家族にも胸を張って説明できるようなモノを作りたいという一心で、研究に専念し、さらに一般に触れることができるアプリの開発に携わり、メディア掲載やアプリの公開といった成果をあげることができました。私事の様に家族に喜んで頂き、辛いこともありましたが、諦めずにここまで続けてきて良かったと思えました。ようやく学生の期間を終え、これからは社会人という立場に足を踏み入れます。これまで温かい目で応援して下さいました家族に、深く感謝の意を込めて、たくさんの御礼をしていきたいと思えます。

最後になりましたが、これまで温かく見守って下さった、ここでは書ききれない多くの皆様に感謝の意を表して、謝辞といたします。

## 関連図書

- [1] 三ツ木美恵子, 宇野宏司, 宗方 淳, 平手小太郎, 安岡正人: “心理変化に注目した経路探索プロセスに関する研究: 「不安度」を指標とした心理変化シークエンス”, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 69, No. 583, pp. 49–56 (2004).
- [2] 田中 健, 仲谷善雄: “あえて詳細な地図情報を見せない「見えない地図」を用いた観光ナビの提案”, 第73回全国大会講演論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 85–86 (2011).
- [3] 物部寛太郎, 田中成典, 古田 均, 持永大輔: “空間認識の概念を考慮した道案内地図作成に関する研究”, 情報科学技術フォーラム一般講演論文集, Vol. 5, No. 4, pp. 65–68 (2006).
- [4] 中澤啓介, 北 望, 高木健士, 井上智雄, 重野 寛, 岡田謙一: “ランドマークの視認性に基づいた動的な案内地図作成”, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 1, pp. 233–241 (2008).
- [5] Tolman, E. C.: “Cognitive maps in rats and men”, *Psychological Review*, Vol. 55, pp. 189–208 (1948).
- [6] Lynch, K.: “*The Image of the City*”, MIT Press (1960).
- [7] Abler, R., Adams, J. S. and Gould, P.: “*Spatial organization: the geographer’s view of the world*”, Prentice-Hall Englewood Cliffs, N.J (1971).
- [8] Appleyard, D.: “Styles and Methods of Structuring a City”, *Environment and Behavior*, Vol. 2, No. 1, pp. 100–117 (1970).
- [9] Wohlwill, J. F.: “Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior”, *Science*, Vol. 184, No. 4136, pp. 557–558 (1974).

- [10] Butelman, E. R.: “A novel NMDA antagonist, MK-801, impairs performance in a hippocampal-dependent spatial learning task”, *Pharmacology, biochemistry, and behavior*, Vol. 34, pp. 13–16 (1989).
- [11] Muller, R. U. and Kubie, J. L.: “The effects of changes in the environment on the spatial firing of hippocampal complex-spike cells”, *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, Vol. 7, pp. 1951–1968 (1987).
- [12] O’Keefe, J. and Dostrovsky, J.: “The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat”, *Brain Research*, Vol. 34, No. 1, pp. 171–175 (1971).
- [13] Foreman, N. , Gillet, R. , 竹内謙彰 ( 監訳 ) , 旦直子 ( 監訳 ) : “空間認知研究ハンドブック” , 二瓶社 (2001).
- [14] Garling, T., Book, A. and Lindberg, E.: “Cognitive Mapping of Large-Scale Environments”, *Environment and Behavior*, Vol. 16, No. 1, pp. 3–34 (1984).
- [15] Passini, R.: “*WAYFINDING IN ARCHITECTURE*”, Van Nostrand Reinhold Company, New York, first edition (1984).
- [16] Russell, J. A. and Ward, L. M.: “Environmental Psychology”, *Annual Review of Psychology*, Vol. 33, No. 1, pp. 651–689 (1982).
- [17] 日色真帆 , 原 広司 , 門内輝行 : “迷いと発見を含んだ問題解決としての都市空間の経路探索” , 日本建築学会計画系論文集 , Vol. 59, No. 466, pp. 65–74 (1994).
- [18] Garling, T. , Selart, M. , Book, A. , 竹内謙彰 ( 監訳 ) , 旦直子 ( 監訳 ) : 空間認知研究ハンドブック , chapter 6, 二瓶社 (2001).
- [19] 徐 華 , 松下 聡 , 西出和彦 : “認知地図の特性 : 回遊空間における経路選択並びに空間認知に関するシミュレーション実験的研究 (その 2)” , 日本建築学会計画系論文集 , Vol. 66, No. 545, pp. 173–179 (2001).
- [20] 小坂麻有 , 林田和人 , 渡辺仁史 : “5012 歩行時における空間情報の理解構造と迷いの発生に関する考察 (建築計画)” , 日本建築学会関東支部研究報告集 II , No. 77, pp. 45–48 (2007).

- [21] 村越 真, 森安大輔: “情報源と表現方法による道案内の違い”, 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界 = The transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. A, Vol. 87, No. 1, pp. 50–58 (2004).
- [22] 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 = Cognitive studies : bulletin of the Japanese Cognitive Science Society, Vol. 5, No. 4, pp. 108–121 (1998).
- [23] 三浦金作, 新鞍俊介, 竹内亜紗美: “探索歩行時の注視傾向について: 街路空間における探索歩行時の注視に関する研究その2”, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 70, No. 592, pp. 131–138 (2005).
- [24] 三浦金作, 佐野浩史, 田邊和義: “歩行経路選択と探索行動: 街路空間における探索歩行時の注視に関する研究その1”, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 68, No. 569, pp. 131–138 (2003).
- [25] 垣内宏実, 山崎正史: “都市景観における「図」と「地」の認知現象に関する考察”, 都市計画. 別冊, 都市計画論文集 = City planning review. Special issue, Papers on city planning, Vol. 35, pp. 769–774 (2000).
- [26] 小林茂雄: “昼夜の遊歩道における店舗開口部の特徴と歩行者の注視行動との関係: 原宿キャットストリートを対象にしたケーススタディ”, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 69, No. 575, pp. 77–83 (2004).
- [27] 新垣紀子, 野島久雄: “空間移動における人の情報処理過程と GIS”, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, Vol. 102, No. 44, pp. 35–40 (2002).
- [28] 三浦金作: “歩行条件の異なる歩行者の経路選択と探索行動について: 街路空間における探索歩行時の注視に関する研究その3”, 日本建築学会計画系論文集 = Transactions of AIJ. Journal of architecture, planning and environmental engineering, No. 624, pp. 371–378 (2008).
- [29] 田中雅大: “日常的移動行動との関連でみた都市空間における認知距離の質的側面: 金沢市の大学生の事例”, 人文地理, Vol. 65, No. 1, pp. 47–62 (2013).
- [30] Byrne, R. W.: “Memory for urban geography”, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 31, No. 1, pp. 147–154 (1979).

- [31] 梶田健史, 山守一徳, 長谷川純一: “デフォルメ地図自動生成システムの開発”, 情報処理学会論文誌, Vol. 37, No. 9, pp. 1736–1744 (1996).
- [32] 木村直希, 猿渡孝志, 細川宜秀, 高橋直久: “ゴム伸縮メタファによる認知地図再生システムの実現方式”, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, Vol. 103, No. 39, pp. 65–70 (2003).
- [33] Shemyakin, F. N.: “Orientation in space”, *Psychological Science in the U. S. S. R.*, Vol. 1, pp. 186–255 (1962).
- [34] 谷 直樹: “ルートマップ型からサーヴェイマップ型へのイメージマップの変容について”, 教育心理学研究, Vol. 28, No. 3, pp. 192–201 (1980).
- [35] 寺本 潔: “子どもの知覚環境の発達に関する基礎的研究—熊本県阿蘇谷の場合—”, 地理学評論 Ser. A, Vol. 57, No. 2, pp. 89–109 (1984).
- [36] McDonald, T. P. and Pellegrino, J. W.: “Psychological Perspectives on Spatial Cognition”, *Environment and Behavior*, Vol. 96, pp. 47–82 (1993).
- [37] 新垣紀子: “方向オンチの科学”, 講談社 (2001).
- [38] 浅村亮彦: “なぜ道に迷うのか: 空間認知におけるヒューマンエラー (<特集論文>経営学部 2005 年度市民公開講座ヒューマンエラーの心理学-ヒトはなぜ誤るのか)”, 北海学園大学経営論集, Vol. 3, No. 3, pp. 131–135 (2006).
- [39] Passini, R.: “Spatial representations, a wayfinding perspective”, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 4, No. 2, pp. 153–164 (1984).
- [40] Lawton, C. A.: “Individual -and gender- related differences in indoor wayfinding”, *Environment and Behavior*, Vol. 28, pp. 204–219 (1996).
- [41] O’Neill, M. J.: “Evaluation of a Conceptual Model of Architectural Legibility”, *Environment and Behavior*, Vol. 23, No. 3, pp. 259–284 (1991).
- [42] 廣瀬智博, 山崎 理, 伊藤宏平: “AR スカウターモードを搭載したカロツツェリアサイバーナビ”, ARIB 機関誌: ARIB bulletin, No. 75, pp. 13–24 (2011).

- [43] 新垣紀子,野島久雄:“人はいつ道を探ねるのか:ナビゲーションにおける外的資源としての他者”,認知科学 = Cognitive studies: bulletin of the Japanese Cognitive Science Society, Vol. 5, No. 3, pp. 49–58 (1998).
- [44] 森村祐子,遠田 敦,渡辺仁史:“5021 情報焦点距離からみた都市空間歩行時の空間認知(建築計画)”,日本建築学会関東支部研究報告集 II, No. 79, pp. 81–84 (2009).
- [45] 日立ソリューションズ株式会社:スムーズに目的地に着く方法.
- [46] 辛島光彦,齋藤むら子:“2次元地図情報と3次元地図情報の有用性に関する比較研究”,情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), Vol. 1999, No. 9, pp. 23–28 (1999).
- [47] 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”,電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界 = The transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers. A, Vol. 87, No. 1, pp. 40–49 (2004).
- [48] 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, No. 39, pp. p127–140 (1990).
- [49] 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).
- [50] 海保博之編:“プロトコル分析入門-発話データから何を読むか”,新曜社 (1993).
- [51] 小澤康裕:“発話プロトコル法による監査判断研究”,立教経済学研究, Vol. 64, No. 3, pp. 141–147 (2011).
- [52] 松尾将幸,上ノ山広基,桑原教彰,須佐見憲史,安部伸治,服部文夫:“写真による歩行ナビゲーション用コンテンツについての検討”,電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, Vol. 106, No. 612, pp. 143–148 (2007).
- [53] 高井寿文,奥貫圭一,岡本耕平:“手描き地図を用いた空間認知研究へのGISの適用”,地図, Vol. 41, No. 4, pp. 27–36 (2003).

- [54] 渡邊英徳：“多面的な実相をリアルに描き、伝える報道の質を変えるデジタルアーカイブ (特集 メディアはネットで稼げるか?)” , *Journalism*, No. 302, pp. 73–83 (2015).
- [55] 齋藤 豪, 劉 月晴：“多変量データ可視化のため陰表現利用に向けた色の見えに関する実験 (視聴覚の基礎と応用, マルチモーダル, 感性情報処理, 一般)” , 映像情報メディア学会技術報告 , Vol. 39, No. 43, pp. 63–66 (2015).
- [56] 斉藤康彦：“多変量データ系列における規則性を発見するための可視化手法” , 情報処理学会論文誌データベース (TOD) , Vol. 40, No. 6, pp. 1–11 (1999).
- [57] 小林弘明, 三末和男, 田中二郎：“色による特徴表現を用いた高次元データの可視化” , 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol. 2013, No. 23, pp. 1–8 (2013).
- [58] Fried, D., Surdeanu, M., Kobourov, S., Hingle, M. and Bell, D.: “Analyzing the Language of Food on Social Media” , *Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Big Data*, pp. 778–783 (2014).
- [59] Chu, D., Sheets, D. A., Zhao, Y., Wu, Y., Yang, J., Zheng, M. and Chen, G.: Visualizing Hidden Themes of Taxi Movement with Semantic Transformation, *Proceedings of the 2014 IEEE Pacific Visualization Symposium, PACIFICVIS '14*, Washington, DC, USA, pp. 137–144 (2014).
- [60] Dou, W., Wang, X., Skau, D., Ribarsky, W. and Zhou, M. X.: LeadLine: Interactive visual analysis of text data through event identification and exploration., *IEEE VAST*, pp. 93–102 (2012).
- [61] 大澤諭樹彦：“インドネシア中部ジャワにおける community-based rehabilitation(CBR) の停止要因—1994年から2004年までの活動推移の分析から—” , 秋田大学医学部保健学科紀要 , Vol. 15, No. 2, pp. 7–15 (2007).
- [62] 水野真希：“タイにおけるエイズ患者の現状と支援活動の課題—支援活動の実際と文献レビューより—” , 日本助産学会誌 , Vol. 21, No. 1, pp. 75–82 (2007).

- [63] 関根嘉香，ティースマイヤリン：“ミャンマーの環境事情：環境化学者のフィールドノートより”，室内環境，Vol. 16, No. 2, pp. 105–110 (2013).
- [64] 金城八津子，畑下博世，河田志帆，植村直子，マルティネス真喜子：“離島に居住する生活機能低下をきたした独居高齢者の”生活の術”，日本地域看護学会誌，Vol. 16, No. 2, pp. 63–70 (2013).
- [65] 須藤 護：“フィールドノート：東北アジアにおける「熊民俗」の予備的研究”，龍谷大学国際社会文化研究所紀要，Vol. 15, pp. 81–109 (2013).
- [66] 大島圭子：“モロッコ都市のフィールド・ノートから”，大東アジア学論集，Vol. 1, pp. 73–75 (2001).
- [67] 原正一郎：“地域研究のための資源共有化システムとメタデータに関する研究（特集 地域情報学：地域研究と情報学の新たな地平）”，東南アジア研究，Vol. 46, No. 4, pp. 608–645 (2009).
- [68] 原正一郎：“HuMap の使い方（特集 地域情報学の創出）”，アジア遊学，No. 113, pp. 136–139 (2008).
- [69] 石川正敏，原正一郎，奥村英史，柴山 守：“階層型地理情報レイヤー提示手法”，じんもんこん 2006 論文集，Vol. 2006, pp. 227–234 (2006).
- [70] 山田太造：“地域研究資料と対象とした時空間情報に着目したデータの構造化”，研究報告人文科学とコンピュータ（CH），Vol. 2015, No. 4, pp. 1–6 (2015).
- [71] 高谷好一：“地域研究アーカイブズ フィールドノート集成 2”，*CIAS Discussion Paper Series*, No. 22 (2012).
- [72] 文部科学省・日本心理学会（編）：“学術用語集：心理学編”，日本学術振興会 (1986).
- [73] 落合信寿，近藤寛之：“産業・環境安全のための視覚表示に用いる色彩の機能性と色覚異常への対応”，*Journal of UOEH*, Vol. 39, No. 1, pp. 35–45 (2017).

## 関連研究業績

### 学術論文誌

1. 柳澤雅之, 高田百合奈, 山田太造: “地域情報学の読み解き: 発見のツールとしての時空間表示とテキスト分析”, 地域研究, Vol. 16, No. 2, pp. 267-291 (2016).
2. 高田百合奈, 渡邊英徳: “道しるべ Map: ユーザーゲティング型地図ナビゲーションシステムの開発”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 3, pp. 387-395 (2014).
3. 高田百合奈, 朴 婉寧, 蜂谷聖未, 高田健太郎, 西田志帆, 渡邊英徳, 植田佳樹: “デジタル地球儀を用いた成長型海洋生態系アーカイブのデザイン手法”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 17, No. 3, pp. 253-260 (2012).

### 国際会議

1. Yurina Takata, Hidenori Watanave, Masayuki Yanagisawa and Taizo Yamada: “A Visualization Method of Field Notes based on Locations and Topic Models”, Japanese Association for Digital Humanities Conference 2014, JADH Conference 2014 Abstracts, pp. 13-14 (2014).
2. Yurina Takata and Hidenori Watanave: “Development of the Map Navigation System Targeting Users”, Cyberworlds 2013, 2013 International Conference on Cyberworlds, p. 385 (2013).

### 国内会議

1. 高田百合奈, 渡邊英徳: “ユーザとシチュエーションに応じたターゲット型地図ナビゲーションシステムの開発”, インタラクション 2015, インタラクション 2015 論文集, pp. 514-519 (2015).

2. 高田百合奈, 渡邊英徳, 柳澤雅之, 山田太造: “位置情報とトピックモデルに基づくフィールドノートのビジュアライズ手法”, 情報処理学会人文科学とコンピュータシンポジウム (じんもんこん 2014), じんもんこん 2014 論文集, Vol. 2014, No. 3, pp. 57-62 (2014).
3. 高田百合奈, 渡邊英徳, 植田佳樹: “デジタル地球儀を用いた成長型海洋生態系アーカイブのデザイン手法”, 第 95 回人文科学とコンピュータ研究発表会, 研究報告人文科学とコンピュータ (CH), Vol. 2012-CH-95, No. 6, 6pages (2012).
4. 高田百合奈, 蜂谷聖未, 三原悠里, 渡邊英徳: “GoogleEarth を用いた島嶼地域における資料アーカイブのデザイン手法”, エンタテインメントコンピューティング 2011, USB メモリ, 4pages (2011).
5. 高田百合奈, 渡邊英徳: “ウェブサービスを利用した「人はなぜ道に迷うのか」に関する研究”, 第 42 回日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会, サイバースペースと仮想都市研究会, 6pages (2011).

## 作品展示会

1. 高田百合奈, 有本昂平, 井上洋希: “肝炎マッピング, 企業ビッグデータの可視化, アーカイブズ・シリーズ”, ジオ展 2017 (2017).
2. 原田真喜子, 高田百合奈, 佐藤康満, 三枝 斎, 津村大樹, 荒木佑介, 岸岡信伍, 菊本有紀, グリズバ・パリハティ, 五十嵐祐真, 松浦泰仁, 野澤万里江, 細田祥子, 栗原翔太, 田島佳穂, 佐久間亮介, 山田康貴, 佐野大河, 早川聖奈, 木村汐里, 関真由美, 小宮慎之介, 丹生谷祐一郎: “Network Design Studio TOY BOX”, TOKYO DESIGNERS WEEK 2013 (2013).
3. 渡邊英徳, 高田百合奈: “プロジェクトヨロン”, Google Developer Day 2011 (2011).

## その他業績

1. 高田百合奈: “<招待講演> 実際の肝炎マップを使っての相談業務紹介”, 岡山県肝炎マップセミナー (2017).

2. 高田百合奈，江口有一郎，渡邊英徳：“肝炎マッピング”，佐賀県内病院で実用化・佐賀県ホームページにて掲載 (2017).
3. 高田百合奈，柳澤雅之，山田太造，渡邊英徳：“フィールドノート・アーカイブ”，京都大学地域研究統合情報センターで実用化 (2014).