

認知地図形成過程の理解に基づく空間移動能力向上支援システム

山崎 歩実^{*1}, 林 佑樹^{*1}, 瀬田 和久^{*1}

^{*1} 大阪府立大学 現代システム科学域

Learning Support System to Enhance Spatial Cognition Skills Based on a Survey of Cognitive Map Formulation Processes

Ayumi Yamazaki^{*1}, Yuki Hayashi^{*1}, Kazuhisa Seta^{*1}

^{*1}College of Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University

空間を移動するには目的地へ至るルートを考え実際の空間にある情報と照らし合わせながら移動をすることが求められる。このような地図や記憶などの情報と現実空間の標識や建物などを対応づける能力を本研究では空間移動能力と定義する。空間移動能力が乏しいと何度も同じ道を辿る、道に迷ってしまう等の問題が起こりうる。この問題を軽減するには空間移動能力の向上が求められるが、その方法や支援手法を考察する研究は少なく実際に能力の向上を支援する研究も見うけられない。空間移動には必ず空間認知を伴うことから、本研究では空間認知研究の知見を用いて空間移動能力の向上支援を目指している。これらの関連研究より空間情報処理過程と空間移動における課題についての知見を体系的にまとめ、空間移動能力向上のための新たな学習モデルを作成した。このモデルに基づき、位置情報を利用した空間移動能力向上支援システムの開発をした。本システムを用いた初期的な実験の結果、システムを利用することにより大局的視点から現在地や方位への認識が促され、その結果として発達した認知地図が形成されたことが確認され、空間移動能力への影響が示唆された。

キーワード: 空間移動能力, 空間認知, 認知地図, 認知地図の形成過程

1. はじめに

我々は空間を移動する際に、様々な情報を手がかりにしている。情報には周囲の景色や道の形などのその場で獲得する情報や、眺めた地図や過去の経験といった記憶情報が含まれる。昨今ではスマートフォンやタブレット端末などから、リアルタイムで位置情報を得ることも可能である。今や、デジタルデバイスを片手に画面を眺めながら、GPS ナビゲーションツールの位置情報に従って移動する人は見慣れた存在である。

しかし、移動プロセスでの発見を目的とした探索的移動を目的とする場合や、屋内を通り地図にはない近道を利用する、天気による路面状況を考慮するなどの効率や状況の変化に対応した応用的移動を行う場合、提示されたルートに従って移動を行うことを前提としたナビゲーションツールの利用は馴染まないことが指摘されている⁽¹⁾。また、ナビゲーションを利用した場

合、利用しなかった場合と比較して、本来自然に見つけられるはずの近道や目印に気づかないといった、空間要素の記憶量が少ないこと、情報収集に関する歩行特性を変容させる効果が検証されており⁽²⁾人間と実空間の直接的な相互関係を希薄にする可能性が示唆されている⁽³⁾。

空間を移動するためには、現在地を把握することが重要であり⁽⁴⁾、この把握には現在地の推測や確認といった心的努力が求められる⁽⁵⁾⁽⁶⁾。さらに移動時には位置関係を推察し確認することや、方向を把握しようと推察する心的努力も求められる。目的に対して最適なルートを策定するためには、移動に伴い変化する環境の中で心的努力により獲得した様々な情報を処理してルートを同定する能力が求められる。本研究では、この能力を空間移動能力と定義する。この空間移動能力は、どのような目的の空間移動においても利用される

ことが知られている⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

空間移動能力には個人差がみられ、能力差や能力の傾向を分析し解明することを目的とした研究は多分野に渡り存在している。一方で、この能力の向上を目指し、向上の効果を検証するような研究は見うけられない。通常のナビゲーションシステムは情報が過多に示されており利用者の推察や確認を必要としないことから空間移動能力の向上を目的として利用するツールには適していないと考えられ、能力の向上に適した学習ツールは見うけられない。そこで本研究では、空間認知に関連する研究を概観し、これらの知見を基礎とした学習活動モデル（空間移動能力学習モデル）を提案する。さらに、モデルに基づく学習支援ツールをタブレット端末アプリケーションとして開発し、空間移動能力の学習効果を検証する。

2. 先行研究に基づく認知地図形成過程の理解

空間認知能力は空間移動に必須の能力である。空間認知により空間を適切に把握、認識できていない場合、目的地への移動が困難になる⁽⁹⁾。したがって、空間移動能力には、空間を認知する空間認知能力が影響すると考えられる。本研究では空間認知研究の知見に基づき、空間移動能力の向上を目指した学習活動を考案する。

空間認知研究において、外界の対象間の位置関係を記述する脳内表象は「認知地図」と呼称される⁽¹⁰⁾。空間認知の研究は多分野に渡り、認知地図という言葉は広く用いられているが、心内における地図のような役割を持つもの、という比喩的で曖昧性を持つ言葉である。本研究においては、「日常の大スケールの物的環境の特性や構成要素に関する心的表象で、短期記憶と長期記憶の内部構想によって支えられるもの」⁽¹¹⁾という定義を採用する。

2.1 認知地図の形成過程

認知地図は移動行動や物理的地図の観察、道案内などの会話を通して形成される。若林は認知地図形成過程を図1に示す、①環境との接触、②符号化、③貯蔵、④復号化、⑤再生と利用、⑥変容という6つの情報処理過程としてまとめている⁽¹¹⁾。図1に示されている環

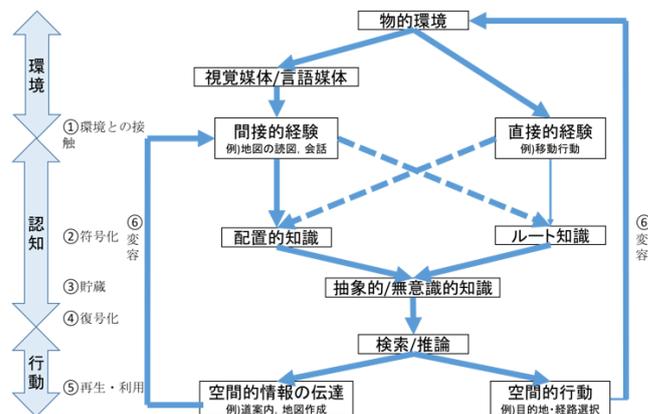


図1: 情報処理過程としてみた認知地図形成過程の概念 ((11)を基に筆者が作成)

境とは物的環境を指す。認知の段階では①環境との接触には直接的接触と間接的接触があり、これにより形成される知識は異なるが②符号化が行われ、抽象的または無意識的知識として③貯蔵される。行動の段階では貯蔵された認知地図を⑤再生し利用する。⑤利用されたことにより、再び環境と接触することで新たな情報を獲得することで認知地図は⑥変容する。

2.2 認知地図の形成方法

空間認知研究では、認知地図を自由描画によって外在化した認知地図の表象の形態は、「ルートマップ」、もしくは「サーヴェイマップ」の2種類に分類される⁽⁵⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。主に移動行動によって形成されるルートマップは、移動行動から得られる地理空間情報によって形成される認知地図の表象であり、身体活動を伴う暗黙的な性質をもち通常意識されることはないが、経路探索において不可欠な道順の知識である⁽¹¹⁾。対して、物理的な地図を観察して獲得される情報である配置的知識によってサーヴェイマップは形成される⁽¹²⁾。配置的知識は、直接移動できない地点間の間接的関係を含み、経路探索を促進する、新しいルートを開発するための必要条件となる知識である⁽¹¹⁾。

知識の獲得の順序には諸説あるが、認知地図の発達の最終段階は配置的知識を表現したサーヴェイマップであるという考えが、今日では一般的である⁽¹¹⁾。そこで本研究では、空間移動能力の向上に資する要因として、サーヴェイマップ的な認知地図の形成能力を高めるための学習活動を考える。

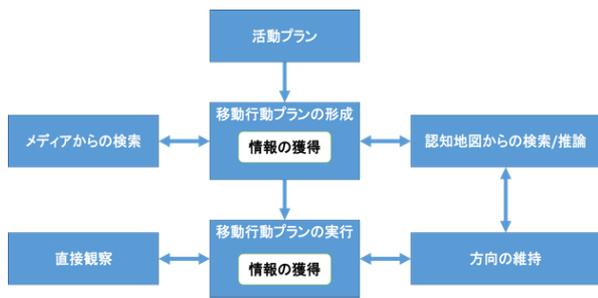


図 2: 活動プラン, 情報の獲得, および定位の相互作用に関する概念 (11)を基に作成)

2.3 空間移動に求められる情報の獲得過程と方略

空間移動に必要な情報がいつ獲得されどのように作用するかに関して、若林は活動プランを立てのその実行過程における相互作用に関する概念を示している(図 2) (11)。移動行動を計画するときにはメディアや認知地図などから情報を獲得することが求められる。計画を実行するときには、プランに含まれる情報と移動時に直接観察することで獲得される情報を対応づけながらプランを実行する必要がある。なお、この時獲得される情報の種類として建造物や看板、道路の形状などの静的なランドマークに着目することで、経路認知や位置理解が促進されることが分かっている(11)。

また、目的地を目指した経路探索における方略的な知識は、正確な地図学習をもたらすことが明らかにされている(13)。その1つとしてより実現が容易と思われるサブゴールを設定し実現していくという方略が明らかにされている(14)。

3. 空間移動能力の学習モデルとこれに基づく支援システムの開発

3.1 空間移動能力の学習モデル

2.1 節で述べた認知地図形成過程において、情報がどのように獲得されるのか、獲得した情報をどう扱うのかという 2.3 節で述べた活動プランに関する知見に基づき、空間移動能力を向上させるための学習活動モデル(空間移動能力学習モデル)を提案する。

図 3 に空間移動能力学習モデルを示す。本研究では以下の 3 つの学習活動を支援することを設計指針としている。

1. 物理的な地図から正確なサーヴェイマップ的認知

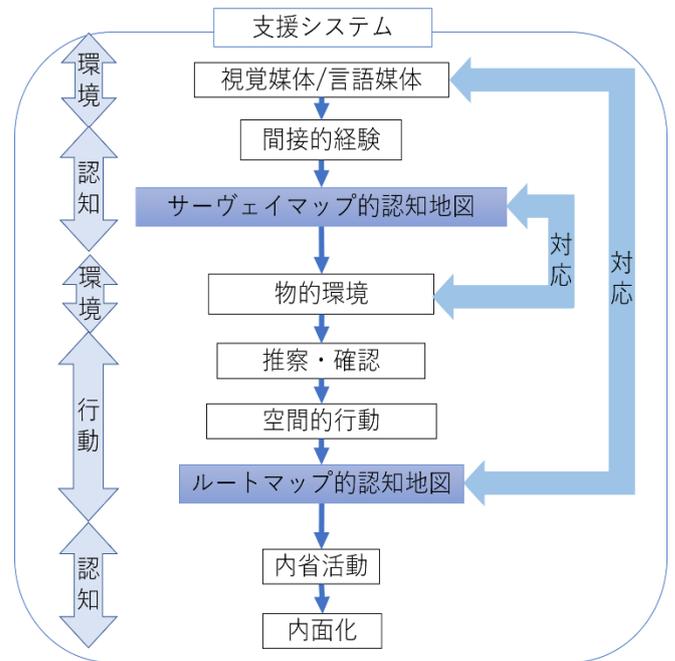


図 3: 空間移動能力学習モデル

地図の形成を促す

2. 1 で形成されたサーヴェイマップ的認知地図を実際の空間環境と対応させる空間移動を実践することにより、ルートマップ的認知地図の形成を促す
3. 1, 2 で形成されたイメージを統合させ、認知地図の内面化を促す

3.2 学習フロー

前章で提案した学習指針に基づき、取り組む学習活動とフローを提案する。空間移動に必要なとされる情報の獲得過程(図 3)に基づき、「移動計画」(Planning)、「移動計画の実行」(Moving)、「内省」(Reflection)という 3 段階の構成で学習を支援する。

3.2.1 第 1 段階: Planning フェーズ

第 1 段階では、学習者は移動計画を実践する。移動計画活動により、学習者の地図の読解能力と、ランドマークや位置関係、方位関係の情報を収集して適切な経路を立案する能力の明示的な発揮の機会を提供する。

3.2.2 第 2 段階: Moving フェーズ

第 2 段階では、第 1 段階の移動計画立案で形成されたサーヴェイマップ的認知地図に基づき、実空間での移動を実践する。移動時の学習者に対して、認知地図形成に有効な現在地の推測(現在地推測課題)と目的地への方位の推測(方位推測課題)を目掛けた心的努力を促すことで、認知地図の形成と発達を目指している。

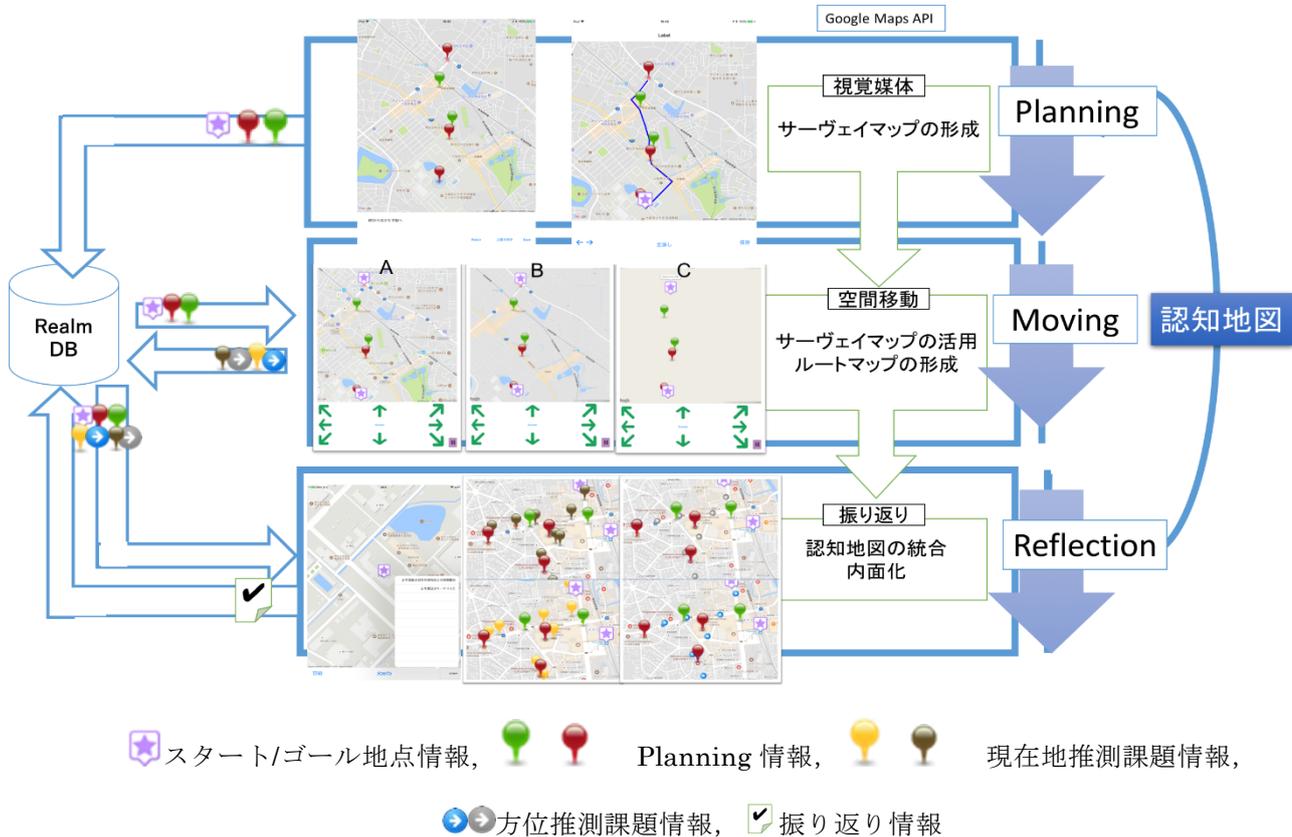


図 4: 学習フローとシステム図

3.2.3 第 3 段階: Reflection フェーズ

第 3 段階では、学習者は第 1 段階で行なった移動計画と、それを実行した第 2 段階の移動活動を振り返る。

システムは振り返りを通して、それぞれの段階で形成されたサーヴェイマップ的認知地図とルートマップ的認知地図の内面化を促す。

3.3 空間移動能力向上支援システム

2.4 節で提案した空間移動能力学習モデルに則した学習活動を実践するためのシステムを構築した。本研究で開発したシステムは、移動時での利用を想定した iOS アプリケーションとして実装されており、Apple 社の iPad や iPhone 端末上で動作することを想定している。地図情報には Google Maps API を利用しており、学習者の認証と学習情報管理のためのデータベース (Realm) を持つ。

図 4 にシステムのインタフェースと、2.5 節で述べた学習フローの各フェーズとの対応を示す。第 1 段階である移動計画活動を行うための Planning モード、第 2 段階である課題を伴う移動活動を行うための Moving モード、最後に振り返り活動を行うための Reflection モードから構成されている。

3.3.1 Planning モード

図 4 における地図から作られた環境のイメージの作成と、図 3 における移動行動プランの形成を目的とした、物理的な地図を利用した移動計画活動を行うモードである。この活動を支援するために以下の 3 つの機能を搭載している。

- (1) 目標地点マーカ設定機能
第 2 段階におけるサブゴールを地図上に設定する機能
- (2) ランドマークマーカ設定機能
第 2 段階において移動の目印とするランドマークを地図上に設定する機能
- (3) 移動経路計画機能
自身の移動経路を計画するためのルートを描画する機能。

3.3.2 Moving モード

移動プランに基づき、実空間での移動を行うモードである。学習者に提示される地図は、移動を行う前に学習者自身によって設定するレベルによって表示内容の制限が異なる。各レベルの学習目標として、以下の 3 項目を設定している。

- (a) 道路や周辺情報，方位に基づく現在地の把握
- (b) 目印と道路を利用した現在地の把握
- (c) 目印とその位置関係を利用した移動

各目標に対応する形で，レベル別に画面表示は以下の付与情報が制限されたマップを提示し，各目標における困難性を段階的に切り分けている。

- A. 学習者の現在地表示アイコンを消去したマップ
- B. 学習者が設定したマーカ以外のマップの地物（建物や文字情報など）を消去したマップ
- C. マップ表示を一切消去し，設定した目標地点マーカやランドマークマーカのみが表示されたマップ

移動時に目的地に向かうためには学習者自身は，自身がどこにいるかを意識することが必要である。これを陽に意識する課題として，現在地への意識を促すための現在地推測課題を実施・記録する機能を実装している。また，現在地から目的地の方位を推測することがサーヴェイマップの形成に有効であることから，方位推測課題を実施・記録する機能も搭載している。

推測課題の記録は，振り返りを行う際に自己の推測を振り返るため，実際の正解データとともに保存される。同様の目的のもと，実際の移動経路の情報を記録するGPSロガーを実装した。

3.3.3 Reflection モード

Planning モードと Moving モードを通して形成された認知地図を外在化し，学習時に認知地図の形成に資すると考えられる現在地や方位の推測結果を振り返るモードである。

学習者はサーヴェイマップ的認知地図をスケッチマップとして自由描画により外在化することで，自身の記憶や移動時の意識を振り返る。さらに表示された地図上に移動経路を自由に描画することによりルートマップも外在化する。

外在化した認知地図のデータや，移動時の推測，推測の正解データなどを比較し，当時空間移動に有効な意識を持っていたかを内省する。学習者が1度行なった移動活動を，後から再度振り返ることを可能とするため，行った振り返りの内容を記録している。

	システム利用群	ナビゲーション利用群
P1	実験場所の説明	
P2	移動計画活動 (Planning)	-
P3	インストラクション 自分の現在地を推測すること 現在地から見た目的地への方位を推測すること	
P4	P4-S:移動活動 (Moving) 現在地推測課題 方位推測課題	P4-N:ナビゲーション 音声に従って移動
P5	アンケート1 (表2)	
P6	スケッチマップ描画	
P7	移動ルート描画	
P8	振り返り活動 (Reflection) 再度アンケート1 (表2)	-
P9	アンケート2 (表3)	

表 1: 実験手順

4. 評価実験

前章で述べた空間移動能力向上支援システムの利用が，空間認知能力の向上に寄与するかの感触を得るための初期的な実験を行なった。

4.1 実験設定

4.1.1 被験者

大学生 6 名，大学院生 6 名の協力を得た。実験を行う前に，被験者に方向感覚質問紙⁽¹⁵⁾を基にしたアンケートを実施し，方位感覚の自己評価を点数化した。それを基に被験者を得点に有意差のない 2 群に分けた。一方は開発システムを用いる 6 名 (G1: システム利用群 (男性 4 名，女性 2 名)) であり，もう一方は GPS ナビゲーションアプリを用いる 6 名 (G2: ナビゲーション利用群 (男性 4 名，女性 4 名)) で構成されている。

4.1.2 実験場所と実施課題

事前の調査を基に，全被験者が初めて訪れる土地である，大阪府堺市東区北野田駅周辺を実験場所として設定した。

被験者には北野田駅を出発地点とし，1 km 弱先の最終目的地に移動する共通課題に取り組みさせた。移動の際，あらかじめ設定した 3 つのポイント (建物) を順に経由するタスクを与えた。課題を実施するにあたり，両群の被験者には経由地点と最終目的地の地図を示した。

4.1.3 実験手順の詳細

表 1 に実験手順を示す。はじめに，(P1) 両群共に

移動する場所について説明を行なった。その後、(P2) システム利用群にはシステムの Planning モードの機能を用いて移動計画を立案させた。次に、(P3) 両群に対し現在地の推測と目的地への方位の推測を意識するようインストラクションを行った。

現地へ移動後、システム利用群は、(P4-S) Moving モードを使用して移動した。現在地推測機能と目的地方位推測機能を用いた移動課題への取り組みについては、安全性を考慮して今回は任意課題とし、システムからの割り込みや最小回答数は設けていない。(P4-N) ナビゲーション利用群には GPS ナビゲーションアプリの音声ナビゲーションに従いながら移動に取り組ませた。なお、普段ナビゲーションを利用している時と同様に、地図画面を確認することは認めている。

目的地到着後に両群に (P5) アンケート (表 2) への回答と (P6) 移動課題の周辺地図の描画と (P7) 地図上に移動ルートの描画活動 (図 5) を実施した。その後、システム利用群には Reflection モードを利用し (P8) 再度アンケート 1 に回答させながら振り返り活動を行ってもらった。最後に両群に (P9) アンケート 2 (表 3) に回答させた。

4.2 実験結果

4.2.1 アンケート 1 の結果

移動後に行ったアンケート 1 には、各設問の回答数に群間での有意差は見られなかった (表 2)。

システム利用群が Reflection モードの機能を用いながら再度アンケート 1 に答えた際には、意識していたかという自己認識に変化が見られた。

4.2.2 アンケート 2 の結果

実験の最後に両群に共通して回答してもらったアンケート 2 は、5 件法 (1:否定的, 2:やや否定的, 3:どちらとも言えない, 4:やや肯定的, 5:肯定的) で調査している。等分散を仮定した t 検定を行ったところ、全 9 問のうち、Q3, Q7 に有意差が認められた (Q3: $t(10) = -3.16, p < .05$, Q7: $t(10) = 2.90, p < .05$)。

4.2.3 スケッチマップによる認知地図の分析結果

認知地図が外在化されたスケッチマップの分析手法として、手書き地図の分析手法である閉路法⁽¹⁰⁾に基づきサーヴェイマップ型とルートマップ型を分類する。

閉路法とは、描かれた道路網が閉じている部分の有

	意識していたか?	平均人数		
		G1		G2
		前	後	
Q1	Planning で見た地図上の位置関係を利用すること	6	6	4
Q2	Planning で見た地図上の方位関係を利用すること	3	3	3
Q3	自分が地図上のどこにいるかを考えること	6	4	5
Q4	方向転換するときにランドマークを記憶すること	1	1	2
Q5	プランニングでの記憶を思い出すこと	4	4	2
Q6	目的地がどの方向にあるかを考えること	3	6	6
Q7	位置関係から目的地の方位を確認すること	4	5	5
Q8	ランドマークを記憶すること	3	3	2

表 2: アンケート 1 の内容と平均該当率

	設問内容	平均点	
		G1	G2
Q1	移動時に見た風景を覚えている	4.33	4.00
Q2	移動時に考えていたことを思い出せる	4.33	4.17
Q3	移動時に現在地を意識した	4.00	4.67
Q4	移動時に方角を意識した	3.83	4.33
Q5	現在地と目的地の位置関係を考えた	3.83	4.50
Q6	現在地と目的地の方位関係を考えた	3.50	4.00
Q7	周辺地図を描くことで周辺の位置関係を理解できた	4.50	3.17
Q8	移動ルートを描くことで周辺の位置関係を理解できた	4.33	3.50
Q9	移動を振り返るとき、移動時の記憶を思い出しやすかった	3.83	3.83

表 3: アンケート 2 の内容と平均解答値

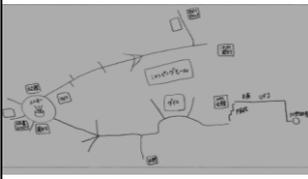
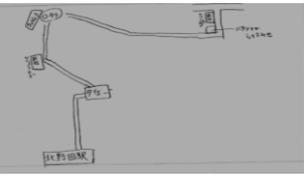
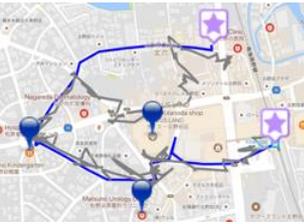
	システム利用群	ナビゲーション使用群
スケッチマップ例		
移動ルートマップ例		
型	サーヴェイマップ	ルートマップ

図 5: 周辺地図, 移動ルート描画課題結果

無により、スケッチマップを分類する手法である。同手法では、スケッチマップに閉路区域がある場合、空間に広がりを持って捉えられていると考え、サーヴェイマップ型に分類する。逆に閉路区域がない場合、空間を線的に捉えているルートマップ型に分類する。図 5 に被験者が描いたスケッチマップと移動ルートマップ、およびマップの分類の結果を例示する。さらに、スケッチマップがどの程度サーヴェイマップ的である

か、バッファ法⁽¹⁶⁾を参考に分析を行った。

バッファ法による分析では、GISを用いてスケッチマップの分析する際に、描かれた間違いや歪みを客観的に現実の地形に当てはめる必要があるため、スケッチマップを実際の地図へ変換する必要がある。この変換作業は、スケッチマップの評価手法を知らない第三者2名によって行なった。

図6にバッファ領域面積推移の傾きの変化を掲載する。有意水準を5%とし、バッファ距離を10m間隔で等分散を仮定したt検定を行ったところ、バッファ距離が50mを超えたところで有意差が認められた。図6に示されるように、バッファ領域面積推移の傾きはシステム利用群の方がバッファ距離区間大きくなるにつれて小さくなっていく傾向が見てとれることから、システム利用群の方が、サーヴェイマップ的である傾向が示された。

表4右にシステム利用群とナビゲーション利用群の平均ランドマーク数を掲載する。t検定の結果、両群の間に有意差が認められた ($t(10) = 4.052, p < .01$)。以上より、システムを利用した群の方が記憶した情報量が多いことが示された。

4.3 考察

アンケート1において群間で有意差が見られなかった理由として、移動前に両群共に教示をしていた、自身の現在地の推測および、現在地から見た目的地への方位を推測するという意識付けが影響していた可能性が考えられる。また、Reflectionモードを利用し、自身の記録を正解データと比較しながら再度アンケート1に回答した際に、変化が見られた項目がある理由として、実際の移動経路が提示されたことによる記憶の再現効果が考えられる。実験後に解答が変化した理由を調査したところ、「想起しやすかったことで実際の移動時の記憶を思い出し、考えが変わった」といったコメントが挙げられた。このことから、Reflectionモードに実装した画面の比較を可能にしたユーザインタフェースにより内省を促す狙いが機能したことが示唆される。

アンケート2のQ3にナビゲーションシステム利用群の方がより意識していたという有意差と有意傾向が見られた一因としては、音声ナビゲーションに従って

	型		平均ランドマーク数
	サーベイマップ	ルートマップ	
システム利用群	4	2	7.33
ナビゲーション利用群	4	2	1.67

表4: スケッチマップの分類結果

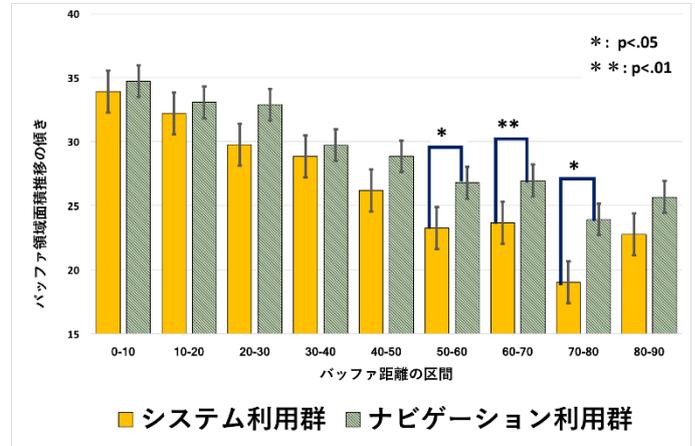


図6: スケッチマップのサーヴェイマップ的傾向

いたことが考えられる。音声ナビゲーションの指示には「30m先、西方向」といった、直近の移動行動に関する指示がある。この指示に従うためには、自分の現在位置と行動ポイントの相対的位置関係を意識する必要があり、このための局所的意識がシステム利用群よりも促されたことが考えられる。

一方、移動の結果として形成された認知地図についてのスケッチマップの分析結果からは、システム利用群のほうが発達していることが示唆される。このことも、ナビゲーションシステムが局所的意識を促す上記の解釈を支持している。したがって、本システムがGPSナビゲーションアプリよりも、認知地図発達に求められるよりグローバルな観点での距離、方位を意識させる学習環境として適切である可能性が示唆される。

アンケート2のQ7において本システムの利用群のほうがより肯定的であったという有意差がみられた理由として、形成された認知地図の情報量に差があった可能性が挙げられる。1章で述べたように、ナビゲーションシステムを利用した場合、記憶される周辺情報量が減少するという傾向がある。本研究でも表3に示すように、描かれたランドマーク数には有意差が認められている。理由の一つとして、記憶の整理を目的とした振り返り活動の一環であるサーヴェイマップ、ルートマップの外在化において、システム利用群の記憶

量が多かったために、より記憶を整理する効果を実感した結果が反映された可能性が考えられる。

以上より、開発した空間移動能力向上支援システムの利用による空間認知能力向上効果について総合すると、ナビゲーションシステムを利用した群のほうが、局所的行動選択に向けた現在地や方位の意識を促すが、ランドマークの数や情報の密度など、スケッチマップの表象からは、システム利用群の方が大局的視点から現在地や方位への認識が促され、その結果発達した認知地図が形成されたと考えられる。このことから、開発したシステムが空間認知地図の形成に寄与することが示唆された。したがって、システムを利用した空間移動課題に継続的に取り組むことが、空間移動能力の向上に資することが示唆される。

5. まとめ

本研究では、空間認知研究を基に空間移動能力の向上支援システムを開発し、システムの効果を検証した。本システムは、空間移動能力に空間認知能力が影響するという考えのもと、空間認知研究の知見をもとに設計した学習モデルに基づいた仕様となっている。大学生と院生を対象に実施した初期的な評価実験では、ナビゲーションアプリを利用した場合と比較して、空間をより認知していることが確認された。アンケートの結果から、Reflection モードによる空間理解への効果も見られ、空間認知能力向上への影響が示唆される結果となった。

今後の課題として、長期的な使用による空間認知能力向上の検証が求められる。また、空間認知能力がどの程度空間移動能力の向上に寄与するかを検証していく必要がある。さらに、システムによる直接的な学習への介入などの実験協力者から得た意見を元に検討し、より適した空間移動能力向上支援システムを目指して改良していく。

謝辞

本研究の実験にご協力いただいた方々に、深く感謝申し上げます。

参考文献

(1) 仲谷善雄, 市川加奈子. 偶然の出会いを誘発する観光ナ

ビゲーションの試み. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 12(4), 105-115, 2010.

- (2) 石井信行, 西内和子. 経路探索者の都市空間記憶に歩行ナビゲーションが与える影響に関する認知実験. 土木計画学研究・論文集, 21(2), 425-434, 2004.
- (3) 平井浩将, 森傑. 経路探索における GPS ナビゲーションツールの利用とアクション生起との関係. 日本都市計画論文集, 42(3), 541-546, 2007.
- (4) 村越真. ナヴィゲーションのための地図読み. 信学技報, 59-64, 2003.
- (5) 中村奈良江. 空間探索ストラテジーによる空間表象の差異. 心理学研究, 第 64 巻, 第 2 号, 99-106, 1993.
- (6) Lindberg, E., and Gärling, T. "Acquisition of different types of locational information in cognitive maps: Automatic or effortful processing?" *Psychological Research*, 45(1), 19-38, 1983.
- (7) 新垣紀子. なぜ人は道に迷うのか?: 一度訪れた目的地に再度訪れる場面での認知プロセスの特徴. *Cognitive Studies*, 5(4), 108-121, 1998.
- (8) Passini, R. "Spatial representations, a wayfinding perspective." *Journal of Environmental Psychology*, 4(2), 153-164, 1984.
- (9) 関口勝夫, 牛谷智一, 澤幸祐. 複数のランドマーク使用による空間情報の統合と競合. *The Japanese Journal of Animal Psychology*, 63(1), 65-77, 2013.
- (10) 横澤一彦, 和田絵里香, 光松秀倫. 仮想空間における認知地図の形成と変換. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J87-A, No.1, 13-19, 2004.
- (11) 若林芳樹. 認知地図の空間分析. 地人書房, 1999.
- (12) 若林芳樹. 地理空間の認知における地図の役割. *Cognitive Studies*, 15(1), 38-50, 2008.
- (13) Lobben, A. K. "Tasks, strategies, and cognitive processes associated with navigational map reading: A review perspective." *The Professional Geographer* 56(2), 270-281, 2004.
- (14) 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. 日本建築学会計画系論文集, 第 466 号, 65-74, 1994.
- (15) 竹内謙彰. 方向感覚と方位評定, 人格特性及び知的能力との関連. 教育心理学研究, 第 40 巻, 第 1 号, 47-53, 1992.
- (16) 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, 27-36, 2003.