

博士論文 概要書

経路探索における空間推論を通じた 空間学習と諸問題

経路プラン作成と遂行時の自己中心参照枠
による定位と更新の学習促進効果

2018 年度

大津嘉代子

早稲田大学

第1章 序論

1.1 本研究の概要

本研究では、新奇空間での経路探索で行われる空間推論を空間学習の違いを生む要因として位置づけ、実空間での経路探索課題を通じて、空間推論の差違が空間学習に与える影響を検討した。大規模空間において、ある場所から別の場所への移動は経路探索（wayfinding）と呼ばれ、出発地と目的地間の進路や経路を決め、たどる過程と定義される（Golledge, 1999）。経路探索と同義に用いられる用語としてナビゲーション（navigation）が挙げられる。本研究では、特に位置推測の方略が関係する場合にナビゲーションを用いる。空間推論（spatial inference）は、空間内の自分と物や場所、物や場所どうしの位置関係等の空間関係に関する推論である。空間推論には、既存知識をもとにした新たな空間関係の計算過程が含まれる（Thinus-Blanc & Gaunet, 1997）。すなわち、新奇空間における空間推論の違いは、新しい知識の活用方法の違いとなり、空間学習に強く影響を与えるというのが本論文の基本構想である。

本研究の章立てと構成をFigure 1に示した。

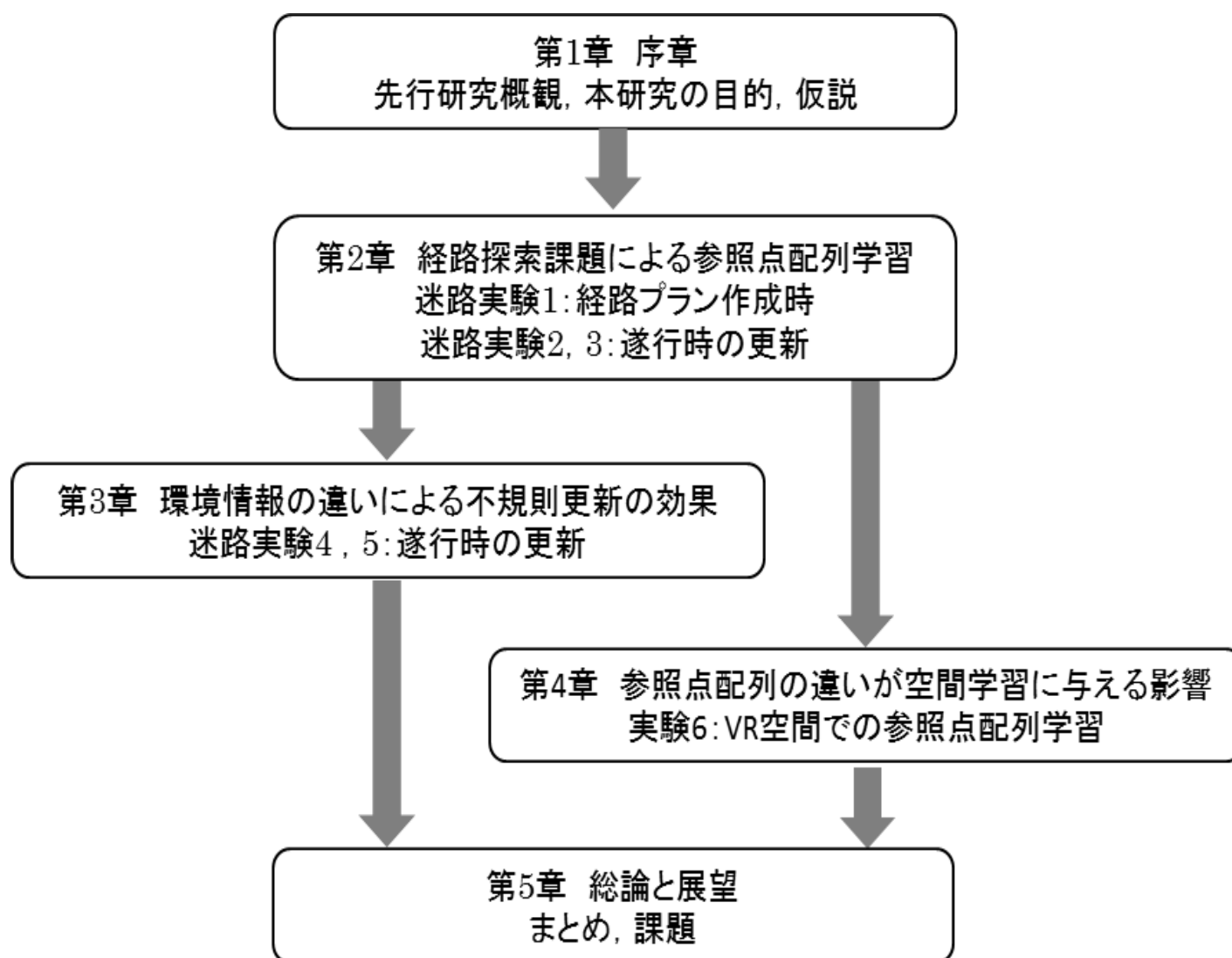


Figure 1 本研究の構成

1.2 経路探索の特徴と過程

多くの経路探索モデルでは、経路探索過程は移動計画とその実行段階に分けて考えられている。Gärling, Böök, & Lindberg (1984) が提案した経路探索の情報処理モデルによると、まず移動計画として移動プラン (travel plan) が形成され、次にそのプランが実行される。この過程で、空間知識や表象は経路探索に用いられる資源の一部であり、空間行動と共に変容すると考えられた。

経路探索中の発話を分析した Spiers & Maguire (2008) では、経路探索には経路プラン (route planning) と行動プラン (action planning) の2種類の主要な過程があると示された。経路プランでは、まず初めに目的地の位置が想起され、次に現在地から目的への方向が推測、決定され、その次に経路が選択された。行動プランは視界に入る範囲内でする1つの行動に関するものである。代表的な行動プランは、経路プランで定めた経路に従って道を曲がるといった進行方向の決定であった。行動プランで観察された進行方向の決定は、目的地へ到達するための問題解決としての経路探索過程において重要な意思決定である。例えば、Vandenberg (2016) は、進行方向を変える可能性のある交差点が、経路探索中に意思決定が多く行われる意思決定地点 (decision point) としている。

空間中の物や場所に対する自分の位置を知ることは、定位 (spatial orientation or fixing position) と呼ばれる。定位は経路探索の特徴的行動の1つとされ (Vandenberg, 2016)、移動空間内の既知の物や場所に対する距離や方向の推測が含まれる (Philbeck & Sargent, 2013)。経路探索では、出発地で認識した目的地との位置関係が移動に伴い変化するため、移動者は必要に応じて定位をし直し、現在位置と目的地の位置関係を更新 (spatial updating) する。

1.3 ナビゲーション方法の分類

ナビゲーション過程は、定位、更新に利用する情報によりパイロティング (piloting) と経路統合 (path integration) に大別される (Gallistel, 1990; Loomis, Klatzky, Golledge, & Philbeck, 1999)。パイロティングは、外部の環境に存在するランドマークを手掛かりに行う位置推測方法である。ランドマークはその機能によりグローバル・ランドマーク (global landmark) とローカル・ランドマーク (local landmark) に分類される (Steck & Mallot, 2000; Rauball & Winter, 2002)。グローバル・ランドマークは、大規模環境中において目立ち、その位置が特定される物を指す。ローカル・ランドマークは、環境中にあり比較的その物に近いところで視認でき、経路探索の手掛かりになる物である。

経路統合では、ランドマークのような外的指標によらず、身体移動に伴う速度・加速度情報から、出発地に対する現在位置を推測する。経路統合は動物の帰巢行動のメカニズムとして知られるが、人間のナビゲーションにも想定されている。

1.4 経路探索中の空間参照枠

我々の空間認知や行動は、空間（的）参照枠（spatial reference frame）を基にして行われる。人間の空間認知、空間記憶、経路探索やナビゲーション研究では、空間参照枠は自己中心参照枠（egocentric reference frames）と、それ以外の環境（他者）中心参照枠（environmental or allocentric reference frames）の2つに分類される。自己中心参照枠では、物の位置や空間関係は観察者の身体を基準に認識される。対して非身体を基準とする環境（他者）中心参照枠では、物どうしの空間関係が認識される。

1.5 空間移動と空間学習

空間学習は、表象の変容という視点で捉えられる。例えば認知発達研究では、大規模空間に関する表象は、移動行動の系列による位相的なものから、場所やランドマーク等、空間内の対象の位置関係の計量的表象に変化すると考えられた。その後、空間知識を移動に必要な機能として捉えるモデルが提案された。Poucet（1993）は、空間からの直接学習から位相的、計量的双方の空間表象が形成され、場所どうしの位置関係の表象へと至るモデルを提案した。このモデルでは、移動経路順の2つの場所の位相的つながりと、方向を示すローカルチャートが仮定される。例えば、A地点、B地点、C地点の順で移動する場合、AからB、BからCのローカルチャートが作られる。直接移動していないA地点とその先の地点の位置関係は、AからB、BからC、CからDといった複数のローカルチャートから計算される。Trullier, Wiener, Berthoz, & Meyer（1997）は神経学的基盤を持つ情報処理モデルをもとに、知覚、表象、処理される情報の複雑さを基準にした4段階のナビゲーション方略の分類を提案した。

1.6 自己中心参照枠と空間学習の実験研究

空間参照枠と空間認知の関係は、自己中心参照枠と関連し、基準となる向きによって方向判断のしやすさが異なる整列効果（alignment effect）に関する研究で注目された。整列効果が観察される状況の1つが、中規模空間に置かれた物の配列を一定方向から学習した場合である。Rieser（1989）では、学習時の向きと

異なる方向を向いていると想定した時に、方向判断が難しくなった。この研究では、目隠しをして実際に身体方向を変えると、向きを想像するだけより判断が早く正確だったことが注目された。この身体回転の効果は、自動更新（automatic updating）と呼ばれる。自動更新では、学習時に獲得された身体方位に依存した表象が、体の動きに伴って自動的に再配列されると考えられている。

空間記憶が学習時の身体方位に依存することは、人間の物体認識における視点依存性と符合する。視点依存性に基づく空間処理理論では、3次元の物体の認識は、対象となる物体を複数の視点から見た記憶から形成されると考えられている（Edelman & Bulthoff, 1992）。Diwadkar & McNamara (1997), Shelton & McNamara (1997) は、この考え方を空間記憶にも適用し、身体方位に不変的に見える表象も、環境内を移動して得られた複数の身体方位依存的な情報から実現されていると考えた。

1.7 空間参照点

Sadalla, Burroughs, & Staplin (1980) は、環境中のある場所は、他の場所と比べ特別な役割がある参照点となると提唱した。Gärting et al (1984) は、経路探索にとって重要な参照点について、距離や方向等の計量的な情報が表象されると指摘した。

1.8 経路探索課題の分類

Wiener, Büchner, & Hölscher (2009) は、移動者の空間知識をベースにナビゲーション行動を分類し、その分類を用いて幅広い分野の先行研究で行われた経路探索課題を統一的基準に位置づけることを提唱した。

1.9 本研究の目的と仮説

本研究の目的は、新奇空間での経路探索を通じた空間推論の違いが空間知識の形成に与える影響とその学習過程を明らかにすることである。そのために、移動計画の作成と実行段階に区別するTravelモデル(Gärting et al., 1984)を前提に、それぞれの段階について、空間推論と空間学習との関係を検証した。本研究が想定する空間推論は、移動者から見た目的地等、経路探索上重要な地点の位置と方向の推測である。まず移動計画段階については、経路プラン(Spiers & Maguire, 2008)を通じた方向推測が空間知識に影響を与えると想定した。次の計画実行段階では、経路探索の成否にとって重要な意思決定地点での方向推測が空間知識に

影響を与えると想定した。

新奇空間における方向推測は、それまでに知りえた知識から、行動に必要な空間関係を推測し、移動によりその推測が検証される空間学習過程だと言える。この過程では、特に自己中心参照枠での目的地の位置や方向の推測が、新奇空間の直接学習に強い影響を与えると考えられる。その理由は、外部メディアからの情報が得られない状況では、現在位置の推測に必要な空間表象は、移動者の視界に入る自己中心参照枠で認識する情報から形成されるからである。また、経路探索では移動のために具体的な進行方向を決める必要があることから、自己中心参照枠での方向認識がとりわけ重要である。

本研究では、実空間に迷路を設置して経路探索課題を行い、偶発的な空間学習結果を比較する実験を行った。偶発学習の対象は、探索空間に配置した複数の目的地からなる空間参照点の配列であった。学習に伴う参照点配列の知識変容を、位相的段階の知識から、計量的な位置関係の知識への変化と仮定した。従って、空間学習が進む程、計量的な位置関係を正確に表象できると予測した。実験で行う経路探索課題は、Wiener et al. (2009) の分類では、地図等の外部情報や誘導によらない経路探索で、特定の目的地の知識が必要な課題に位置づけられる。この課題では、参照点配列の計量的な知識がどの程度形成されたかが観察対象となる。

以下は、実験1, 2, 3の目的と仮説である。

(1) 経路プラン作成時における包括的な方向推測の効果

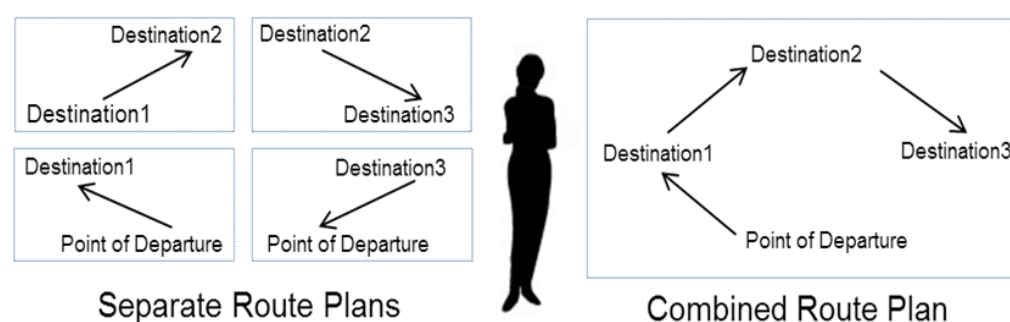


Figure 2 分離型プランと複合型プランの違い

実験1の目的は、経路プラン作成時の方向推測の包括性の違いが空間学習に与える影響の検証であった。要因は、移動者が想起し、方向判断を行う目的地の数の違いである。分離型プラン (separate route plans) では次の目的地のみが提示されるため、移動者は1回の移動ごとに1つの目的地への経路プランを作成する。対して複合型プラン (combined route plan) では複数の目的地が1度に提示されるため、移動者は複数地点への経路プランを包括的に作成する。Poucet (1993) では、移動起点と目的地の2地点間のローカルチャートが基礎となり、

直接移動していない地点間の位置関係の表象が形成されると考えられている。従って、複数のローカルチャートが続いて思い浮かべる機会となる複合型プランの方が、空間全体の目的地の位置関係の学習が進むと考えられる。(Figure 2 参照)。

(2) 経路プラン実行時における推測方向の多様性の効果

実験2, 3の目的は、経路プラン実行時の意思決定地点での推測方向の多様性が、空間学習に与える影響の検証であった。実験3では、中央に設けた交差点を中心に、各目的地への通路が分岐する迷路形状 (Figure 5) を用い、目的地の提示順により中央交差点 (意思決定地点) で2パターンの更新と経路選択行動を促した。規則的更新 (regular updating) パターンでは、移動者は中央交差点で、身体に対して常に同じ方向にある目的地との位置関係を更新し、同じ方向の通路を選択する。対して不規則更新 (irregular updating) パターンでは、更新ごとに異なる方向にある目的地との位置関係を更新し、異なる方向の通路を選択する (Figure 3 参照)。実験2は、実験3と同じ要因、手続による迷路探索課題を、中央交差点のない迷路形状 (Figure 4) を用いて行った。

Trullier et al. (1997) では、処理される情報の複雑さによりナビゲーション方略の段階が異なるとされる。方向推測と経路選択に規則性がない方が、移動者は多様な方向にある目的地との位置関係を、通路選択のたびに計量的に推測すると考えられる。従って、不規則更新の方が規則的更新より偶発的な空間学習が促進されるはずである。さらにこの効果は、中央交差点が設けられた実験3で観察され、実験2ではどちらの更新パターンでも学習結果に違いはないと考えられる。

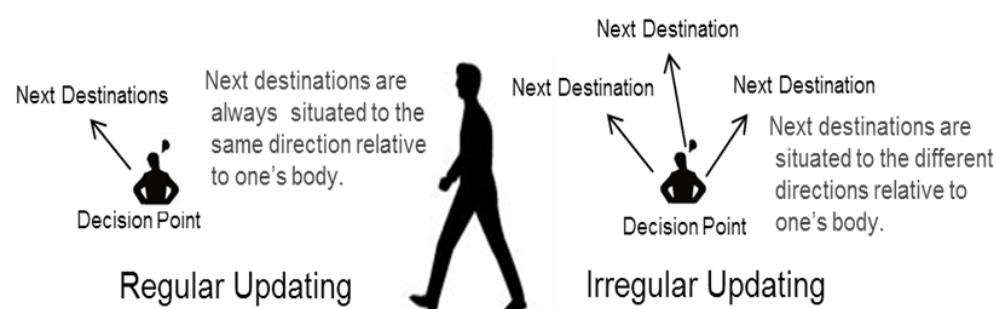


Figure 3 規則的更新と不規則更新の違い

第2章 経路探索課題による参照点配列学習

実験1, 2, 3では、教室に設置した迷路を用いてゲーム仕立ての経路探索課題を行った。迷路内には、探索課題での目的地となるターゲット (ディスプレイ) を4つ設置した (Figure 4, 5 参照)。これらのターゲットが位置学習を行う対象

であり，空間参照点になると想定した。参加者には，経路探索課題の内容や，事後テストがあることを伝えなかった。課題は，自由探索フェイズと訪問フェイズにより構成された。自由探索フェイズでは，参加者は自由に迷路内を回遊し，ターゲットを見つけた。参加者が最後のターゲットを見つけた時点で訪問フェイズに移行した。訪問フェイズでは，最後に見つけたターゲットを起点に，参加者は他のターゲットを訪問して起点となったターゲットに戻る一巡の訪問を2回行った。事後テストでは，ターゲットどうしの位置関係についての相対的な方向判断（あるターゲットの前にいた時の状態から見た，他のターゲットの方向）を参加者に求めた。この方向判断結果は，参照点配列をどの程度計量的に表象できたかの指標であった。

2.1 実験1：経路プラン作成時の空間推論

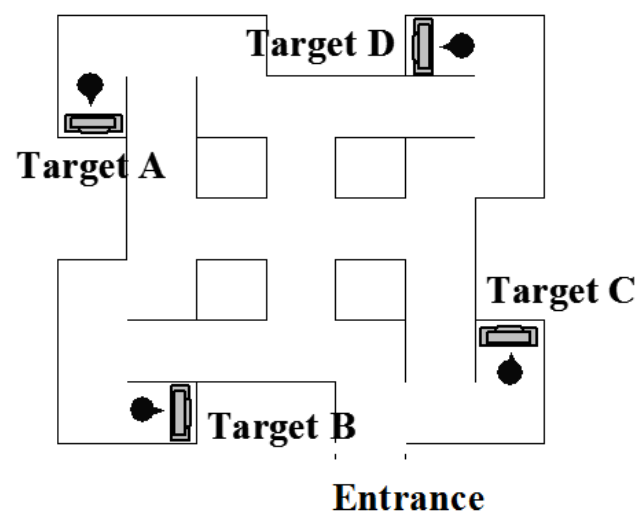


Figure 4 実験1, 2で使用した迷路形状1とターゲット配置

実験1では，経路プラン作成時の空間推論の包括性の違いが空間参照点配列の偶発学習に与える影響を検証した。実験の要因は，訪問フェイズで参加者に指示する目的地の数であった。分離型プランでは，次の目的地となる1つのターゲットのみを指示し，参加者がそのターゲットに到着すると次ターゲットが指示された。対して複合型プランでは，移動起点となるターゲットで3つの目的地と訪問順序が指示された。実験に際しては，包括的な方向推測が空間学習を促進するという仮説をたてた。従って，複合型プランの方が分離型プランより事後テストで正確な方向判断を行うと予測した。両群の方向判断結果を比較したところ，複合型プランの方が，分離型プランより正確にターゲットの方向を回答しており，仮説を支持する結果が得られた。この結果から，経路プラン作成時の空間推論の違いが空間学習に影響を与え，複合型プランが空間参照点配列の学習を促進したことが確かめられた。

2.2 実験2：経路プラン遂行時の位置更新 -特定の意思決定地点がない場合-

実験2は、経路プラン遂行時の推測方向の多様性が参照点配列の偶発学習に与える影響の検証の一環として行った。実験2では、実験1と同じ形状の迷路を使用した（Figure 4）。この実験では、訪問フェイズにおいて参加者全員に3つのターゲットと訪問順序を指示した。従って全ての参加者が複合型プランを作成、実行した。実験の要因はターゲットの訪問順序であった。規則的更新群には、迷路の四隅に配置されたターゲットを右回りか左回りで1巡する順序（例：ターゲットAを移動起点とした場合、B→C→D）が指示された。対して不規則更新群の訪問順序には、環状にターゲットを巡る規則性はなかった。それ以外の材料・装置、手続は実験1と同様であった。本実験で使用した迷路形状1には、経路プラン遂行時に意識的に更新を行う意思決定地点と想定した中央交差点がないため、どちらの更新パターンでも空間学習の違いは生じないという仮説をたてた。従って、事後テストの方向判断に群間での違いはないと予測した。両群の方向判断結果を比較したところ正確さに差はなく、仮説を支持する結果が得られた。

2.3 実験3：経路プラン遂行時の位置更新 -特定の意思決定地点がある場合-

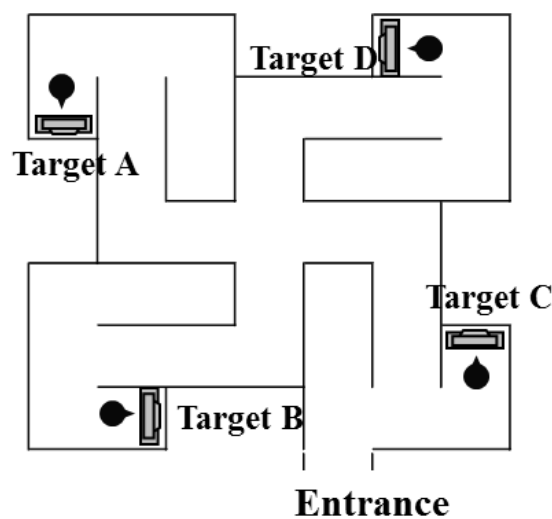


Figure 5 実験3で使用した迷路形状2

実験3の目的は、経路プラン実行時の位置関係の更新における推測方向の多様性が、空間学習に与える影響の検証であった。本実験は、各目的地への通路が中央交差点から分岐する形状の迷路（Figure 5）を用いた以外、実験2と同じ要因、手続で行った。この迷路形状では、ターゲット間の移動には必ず中央交差点を通過する必要があるため、右左折、直進のいずれかの通路選択により目的地に到達できるかが決まった。その上で、目的地の提示順により中央交差点で2パターンの更新を促した。規則的更新では、移動者は中央交差点で、身体に対して常に同じ方向にある目的地との位置関係を更新した。対して不規則更新では、移動者は同交

差点で、更新ごとに異なる方向にある目的地との位置関係を更新した。実験に際しては、意思決定地点における多様な方向推測が空間学習を促進するという仮説をたてた。従って、不規則更新の方が規則的更新より事後テストで正確な方向判断を行うと予測した。両群の方向判断結果を比較したところ、不規則更新群の方が、規則的更新群より正確にターゲットの方向を回答しており、仮説を支持する結果が得られた。この結果から、経路プラン実行時の更新による空間推論の違いが空間学習に影響を与え、不規則更新が空間参照点配列の学習を促進したことが確かめられた。

2.4 総合考察

総合考察では、実験1で観察された複合型プランの学習促進の機序、実験3で観察された不規則更新パターンの学習促進の機序、方向判断課題で観察された空間知識の違いについて、それぞれ議論を行った。

複合型プランの学習促進効果の理由として、まず、経路プラン作成時に自己中心参照枠で認識されたターゲット方向の数が群間で異なることを挙げた。つまり、複合型プランの参加者が3つのターゲットを自己中心参照枠上で同時に認識して経路プランを作成した一方、分離型プランの参加者は次のターゲットとの位置関係のみ認識したと考えられた。次に、経路プラン作成のために考えた、ターゲット間の位置関係の包括性について述べた。すなわち、Poucet (1993) で仮定される複数地点間の位置関係の表象の形成過程にあてはめれば、分離型プランでは2カ所間限定のローカルチャートのように、現在地と次のターゲットの2つの地点間の関係のみを推測すれば移動が行えた。対して複合型プランでは、移動の起点から目的地1、目的地1から2、目的地2から3の3種類の2地点間の関係を包括的に考えた。従って、直接移動を行わない目的地1と3、移動の起点と目的地3の位置関係まで考慮する必要があった。最後に、視覚情報処理の側面から、複合型プランを通じた表象の処理の複雑さが学習促進に関係する可能性を指摘した。

実験3で観察された不規則更新の学習促進効果の理由として、まず、各更新パターンにより異なるナビゲーション方略 (Trullier et al., 1997) が選択された可能性を指摘した。つまり、規則的更新では、中央交差点で左折か右折を繰り返せば経路探索に成功したことで、目的地の方向を考える必要のない下位の方略でも通路の選択が可能であった。対する不規則更新では、1巡の訪問中、複雑な情報と表象が処理される上位の方略の使用が促されたと考えられた。次に、不規則更新の参加者が、訪問フェイズ中に改めて経路プランを確認したことで学習が促進

された可能性を述べた。最後に、群により認識した空間参照点の構造が異なったことが学習に影響を与えた可能性を指摘した。具体的には、規則的更新ではターゲット4つからなる空間参照点配列を学習したのに対し、不規則更新では中央交差点を加えた5つの参照点配列を学習した可能性があった。この理由は、不規則更新群では、経路探索成功のために中央交差点での方向判断がより重要であったからである。

事後テストで観察された空間知識の違いについては、回答過程を推測し、自己中心・環境中心参照枠双方の使用を観点に考察した。基本的には、回答に至るどの段階においても、参加者は自己中心、環境中心どちらの参照枠も使用可能であった。しかし、全ての過程をどちらか一方の参照枠で行っていたとは考え難く、2つの参照枠を切り替えながら回答していたと考えられた。従って、方向判断の正確さの違いは、これら表象の使いこなしの難易度の違いも反映されている。言い換えれば、観察された空間知識の違いは、位置関係の表象を、自己中心・環境中心参照枠それぞれに置き換えながら、どの程度正確に方向を計算できたかを示すと考えられた。

第3章 環境情報の違いによる不規則更新の効果

3.1 問題

実験1, 2, 3では、迷路の天井が塞がれておらず、室内の部分的な景観をグローバル・ランドマークに準じる手掛かりにして定位、更新が行えた。実験4, 5では、迷路に天井を設けることで、空間推論に利用できる環境情報を分離、統制し、実験3と同じ手続で、不規則更新の学習促進効果の検証を行った。

3.2 実験4：ローカル・ランドマークと不規則更新

実験4の目的は、ローカル・ランドマークを手掛かりに行う不規則更新パターンの学習促進効果の検証であった。実験では、中央交差点に、各通路の先にあるターゲットを示す標識を設置した。実験に際しては、ローカル・ランドマークにより、目的地の方向を推測する必要がなくなることから、不規則更新の効果はないと予測した。その結果、仮説の通り、規則的更新、不規則更新の事後テストにおける方向判断の正確さに差はなかった。

3.3 実験 5：移動軌跡情報による不規則更新

本研究では、晴眼者が行う経路統合タイプの更新に利用される情報として、移動軌跡情報、すなわち「移動に伴い変化する迷路内景観の視覚情報と、運動感覚、前庭感覚、オプティカルフローによる速度・加速度情報を合わせた情報」、を新たに定義した。実験5では、この移動軌跡情報を手掛かりにした空間学習の可能性を探索的に調べた。本実験は、迷路の天井を布で塞いだ以外、実験3と同じ手続で行った。両群の方向判断結果を比較したところ、実験3とは異なり、規則的更新群の方が、不規則更新群より正確にターゲットの方向を回答した。従って、実験3とは異なり、不規則更新が空間学習を阻害したとわかった。本実験と実験3の課題遂行時間を比較したところ、どのセクションにおいても本実験の方がより時間がかかっており、課題遂行が難しかったと考えられた。

3.4 総合考察

総合考察では、実験4、5の結果を、実験1、2、3と比較しながら議論している。実験4の両群の参加者の方向判断は実験3より不正確で、ローカル・ランドマークを手掛かりに課題を行ったことにより、どちらの群においても参照点配列の学習が進まなかった。この理由は、実験4ではローカル・ランドマークを手掛かりに中央交差点で進行方向を選べば経路探索が可能であったため、経路プラン作成、実行時の各段階において空間推論の必要性が低かったことにある。つまりこの環境条件では、実験3の規則的更新と同様に、Trullier et al. (1997) のモデルにおける下位のナビゲーション方略でもターゲット訪問が可能であったため学習が進まなかったと解釈できた。

実験5の結果、実験3とは反対に移動軌跡情報による不規則更新の方が規則的更新より空間学習が進まなかった。また、更新パターンに関わらず実験3より課題遂行に時間がかかったことから、移動軌跡情報のみによる経路探索課題は参加者にとって負荷が大きかったと推測できた。総合考察では、まず、実験5の両群の方向判断が実験3に比べて不正確だった点について考察を行った。この理由は、移動軌跡情報のみしか得られなかった実験5の参加者が、自由探索フェイズにおいて、有効な経路プランを作成できる知識を形成できなかった可能性を挙げた。その結果、参加者は訪問フェイズも効率的に行えず、空間参照点配列の学習が進まなかったと考えられる。次に、実験3と反対に、不規則更新の学習が進まなかった理由を述べた。この点については、四隅を回る訪問順序のわかりやすさ、方向推測及び通路選択の規則性により、規則的更新群の方が比較的容易にターゲッ

トを訪問できた可能性を指摘している。同時に、事後テストにおいては規則的更新群の方が、自分の行動を時系列で辿りターゲットの位置を思い出しやすいと考えられた。

第 4 章 参照点配列の違いが空間学習に与える影響

4.1 問題と目的

実験 3 で観察された不規則更新パターンの学習促進効果に、参加者が認識した参照点配列の違いによる副次的効果が含まれる可能性を検証するため、VR 空間を用いて検証実験を行った。実験 3 では、規則的更新群が 4 ヶ所の目的地を参照点と認識したのに対し、不規則更新群は目的地に加え、意思決定地点も空間参照点と見なしたと推測できた。更新パターンの違いにより参照点の認識が異なる場合、学習した参照点配列の構造が異なることになる。従って、配列の構造の違いが空間学習を副次的に促進した可能性が考えられた。

4.2 実験 6 : 参照点構造比較

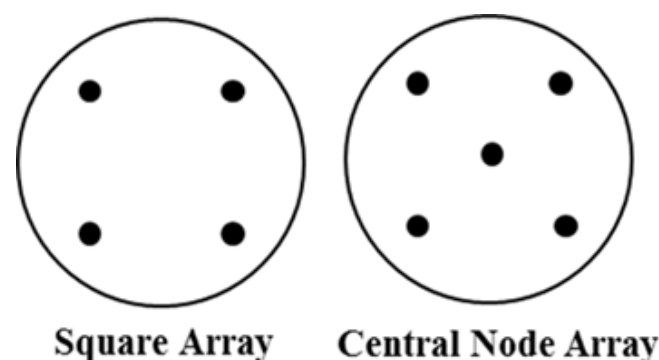


Figure 6 実験 6 で使用したターゲット配列

実験ではターゲット配列の異なる 2 つの VR 空間を用い、デスクトップ上での擬似的なウォークスルーによる空間学習課題を行った。ターゲット配列の 1 つは Square 配列であり、経路探索課題の 4 つのターゲット配置と同様に、4 つの基本ターゲットを置いた条件であった。もう 1 つが Central Node 配列であり、迷路中央の意思決定地点と同様な位置になるように、基本ターゲットの中央にもう 1 つのノード・ターゲットを加えた条件であった (Figure 6)。実験の結果、Central Node 配列の方が、事後テストにおいてターゲットの相対的位置関係をより正確に判断できるとわかった。この結果から、ターゲット配列の違いが学習に影響を与え、ノード・ターゲットが空間学習を促進したと結論付けた。ノード・ターゲ

ットが持つ学習促進効果として、基本ターゲットどうしの関係を示すパスが分節され、多様な関係の記述ができることを挙げた。このように、パスが分節化しノード間の記述が多様となり、空間学習や方向判断時の表象に影響を与えることを分節化仮説として提示した。

第5章 総論と展望

5.1 本研究のまとめ

本研究のまとめとして、各章の概要、実験及び結果と考察の概略を述べている。加えて、本研究の意義も述べている。実験1, 2, 3で行った経路探索課題で明らかになった複合型経路プラン、不規則更新パターンの空間学習促進効果は本研究での新しい知見である。実験5では、晴眼者の経路探索の実態に則した移動軌跡情報を新たに定義し、経路統合タイプのナビゲーションに用いられると想定して実験を行った。これにより、位置推測の手掛かりの違いによる、経路探索行動及び空間学習の違いを、他の条件を統制した上で比較できた。さらに、実験3の結果から着想を得て行った実験6で提示した分節化仮説は、本研究独自の知見だと言える。

5.2 今後の課題

今後の課題として、複合型経路プラン、不規則更新パターンの効果を大規模空間において検証すること、実験5で定義した移動軌跡情報の妥当性の検討や同様の更新が行われる日常場面の特定等の基礎研究の必要性、分節化仮説の検証等を挙げた。

付録

付録1

実験結果の分析に用いた角度データの分析方法に関して、角度平均、 v 値の算出方法、V-test, Watson-Williams test の概要を示した。

付録2

実験1, 実験2~5 で用いた各経路探索課題のカバーストーリー, キャラクター,

及び参加者に提示したテキストを示した。

付録 3

実験 4 で使用した標識を示した。

初出一覧

● 第1章及び第2章

【査読付き論文】

Ohtsu, K., & Ouchi, Y. (2010). The Influence of Route Planning and its Execution on Spatial Learning. *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2494-2499.

<http://mindmodeling.org/cogsci2010/papers/0610/paper0610.pdf>

Ohtsu, K. (2017). Spatial learning by egocentric updating during wayfinding in a real middle-scale environment: Effects of differences in route planning and following. *Journal of Environmental Psychology*, 50, 51-59.

【学会発表】

大津嘉代子(2009). 経路探索課題による位置関係の学習. 日本心理学会第73回大会発表論文集, 730.

大津嘉代子(2010). 経路探索課題による位置関係の学習-2-. 日本心理学会第74回大会発表論文集, 693.

● 第3章

【学会発表】

大津嘉代子(2011). 経路探索課題による位置関係の学習-3-. 日本心理学会第75回大会発表論文集, 685.

大津嘉代子(2012). 経路探索課題による位置関係の学習-4-. 日本心理学会第76回大会発表論文集, 747.

● 第4章

【査読付き論文】

Ohtsu, K. (2015). Layout of reference points during navigation: Effects of a central reference point as anchor. *EuroAsianPacific Joint Conference on*

Cognitive Science. 465-470. <http://ceur-ws.org/Vol-1419/paper0075.pdf>

【紀要】

大津嘉代子(2014). ターゲット配列が空間学習に及ぼす影響. 学術研究, 63, 93-102.

【学会発表】

大津嘉代子(2013). ターゲット配列が空間学習に及ぼす影響. 日本心理学会第77回大会発表論文集, 595.

大津嘉代子(2014). ターゲット配列が空間学習に及ぼす影響-2-. 日本心理学会第78回大会発表論文集, 662.

文献

Diwadkar, V. A., & McNamara, T. P. (1997). Viewpoint dependence in scene recognition. *Psychological Science*, 8, 302-307.

Edelman, S., & Bulthoff, H. H. (1992). Orientation dependence in the recognition of familiar and novel views of three-dimensional objects. *Vision Research*, 32, 2385-2400.

Gallistel, C. R. (1990). *The organization of learning*. Cambridge, MA: MIT Press.

Gärling, T., Böök, A., & Lindberg, E. (1984). Cognitive mapping of large-scale environments: The interrelationships of action plans, acquisition, and orientation. *Environment & Behavior*, 16, 3-34.

Golledge, R. G. (1999). Human wayfinding and cognitive maps. In R. G. Golledge (Ed.), *Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes* (pp. 5-45). Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Loomis, J. M., Klatzky, R. L., Golledge, R. G., & Philbeck, J. W. (1999). Human navigation by path integration. In R. G. Golledge (Ed.), *Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes* (pp. 125-151). Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Philbeck, J. W., & Sargent, J. (2013). Perception of spatial relations during self-motion. In G. Waller & L. Nadel (Eds.), *Handbook of spatial cognition* (pp. 99-115). Washington, DC: American Psychological Association.

Poucet, B. (1993). Spatial cognitive maps in animals: New hypotheses on their

-
- structure and neural mechanisms. *Psychological Review*, 100, 163-182.
- Raubal, M., & Winter, S. (2002). Enriching wayfinding instructions with local landmarks. In M. J. Egenhofer & D. M. Mark (Eds.) *Geographic Information Science* (Vol. 2478, pp. 243-259). Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Rieser, J. J. (1989). Access to knowledge of spatial structure at novel points of observation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1157-1165.
- Sadalla, E. K., Burroughs, W. J., & L. J. Staplin (1980). Reference points in spatial cognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 616-528.
- Shelton, A. L., & McNamara, T. P. (1997). Multiple views of spatial memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4, 102-106.
- Spiers, H. J., & Maguire, E. A. (2008). The dynamic nature of cognition during wayfinding. *Journal of Environmental Psychology*, 28, 232-249.
- Steck, S. D., & Mallot, H. A. (2000). The Role of global and local landmarks in virtual environment navigation. *Presence*, 9, 69-83.
- Trullier, O., Wiener, S. I., Berthoz, A., & Meyer, J. (1997). Biologically based artificial navigation systems: Review and prospects. *Progress in Neurobiology*, 51, 483-544.
- Thinus-Blanc, C., & Gaunet, F. (1997). Representation of space in blind persons: Vision as a spatial sense? *Psychological Bulletin*, 121, 20-42.
- Wiener, J. M., Büchner, S. J., & Hölscher, G. (2009). Taxonomy of human wayfinding tasks: A knowledge-based approach. *Spatial Cognition & Computation*, 9, 152-165.
- Vandenberg, A. E. (2016). Human wayfinding: Integration of mind. In R. H. Hunter, L. A. Anderson, & B. L. Belza (Eds.), *Community Wayfinding: Pathways to Understanding* (pp. 17-32). Cham, Switzerland: Springer.