

申請者 : 大津 嘉代子

論文題目 : 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

申請学位 : 博士 (教育学)

主査	早稲田大学教授	椎名乾平	博士(文学)	早稲田大学
副査	中部大学教授	松井孝雄	博士(心理学)	慶應義塾大学
副査	川村学園女子大学教授	鵜沼秀行	博士(教育学)	早稲田大学
副査	早稲田大学教授	上淵 寿	博士(教育学)	東京学芸大学

「空間学習」と大津論文が解こうとする問題

この論文は空間学習を取り扱ったものである。人間を含む動物は3次元空間の中を移動しながら生活しており、空間知識を必要とする。ここで言う空間知識とは「空間についての知識」であり、大規模空間においては道路や線路、主要な建物や建造物（ランドマーク）の位置やその相互関係についての知識であり、小規模空間においては、玄関や風呂はどこにあるのか？、ハサミや印鑑はどこにしまっているのか？、といった知識であり、どちらも日常生活に不可欠あり、その欠損はQOLを著しく低下させる。さらに、空間知識がなければ、採餌や帰巢のような空間的活動に支障をきたすので、そもそも生物として生存するのに不可欠の知識とも言えよう。空間知識はすべて学習されたものであり、それを学ぶことを空間学習と呼ぶ。

周知のとおり、ある時点までに経験によって獲得された空間知識には質的量的な個体差がある。例えば見当識障害者、幼児は、健常人や大人と比較して、空間内行動に支障をきたすわけだが、このような人々の空間知識に質的量的な問題があるというのは明らかであろう。またそもそも空間学習を行う能力にも質的量的な個人差がある。すなわち、ある人々にとっては空間学習は容易だが、そうでない人々も多い。さらに、ある程度の空間知識を持っていても、その利用法に問題があれば結果として空間行動が阻害されることになる。

空間知識は明らかに学習されたものであるが、学習が完成するまで空間内の行動を行なわないかと言えば決してそんなことはない。知識が不完全であっても、それを使用しながら生活していかなければならないし、それが可能なのがこのタイプの知識の特性である。例えば、生まれながらの東京人であっても、東京周辺の知らない場所はたくさんあるし、生活圏内の空間もその詳細まで把握しているわけではないだろう。このような状態でも日常生活にはとりたてて支障はない。しかし、非常時や新規な場所を訪問する際は不完全な知識を用いて行動しなければならなくなり、空間知識が実は不完全であったのを痛感することも多い。あるいは、非常時・緊急時にはいつもの生活空間をまったく異なる視点から捉えなおして避難路や近道を推測する必要が出てくるが、これがうまくいくとは限らない。

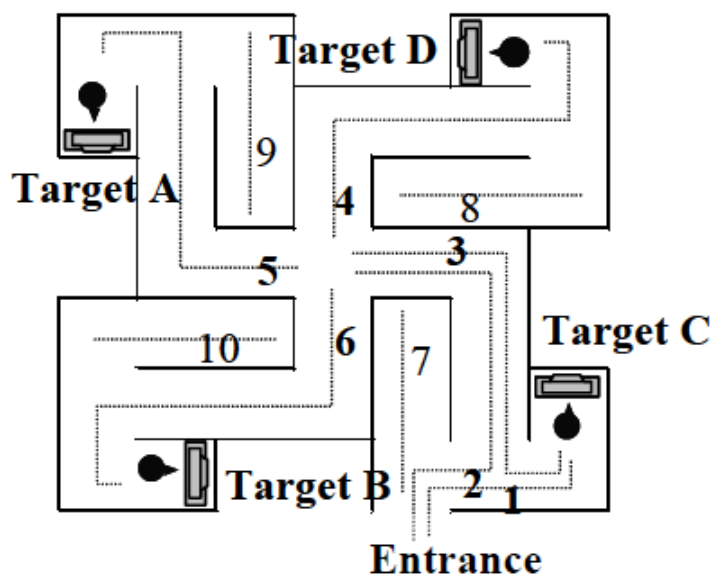
以上をまとめると、人間は不完全な空間知識を用いて試行錯誤しながら行動・生活し、行動によって学び、不完全ながら学んだ結果を用いて行動し、その行動の結果として知識が精

緻化していく、という時系列上のサイクル・相互作用が継続していくことになる。

本論文では出発地から目的地まで移動計画を経路プラン(route planning), 出発地から目的地まで移動する過程を経路探索(wayfinding)と呼び、また空間内の自己位置と他の場所との位置関係や場所や物どうしの位置関係についての推論を空間推論(spatial inference)と呼ぶ。

経路プラン作成には空間推論が必要であり、また空間推論は単なる記憶検索ではなく、既存の空間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ことになる。先に、「空間知識そのもの」、「空間知識の学習過程」、「空間知識の利用法」が空間内行動の巧拙を決定すると述べた。空間学習の研究は心理学、地理学、認知科学、建築学、工学等の様々な領域で様々な観点から行われているが、本論文が過去の研究と一線を画すのは「経路探索で行われる空間推論が、空間学習の差異を生み出す」機序に注目している点である。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。」(p.2)という訳である。本論文において、大津氏が実験的な手法を用いてこの問題に取り組み、一定の結論を得ることができたのは意義深いと言えよう。

本研究では6つの実験が報告されている。実験1から5まででは大学の教室におかれた実物大の迷路を用いた迷路探索課題が用いられた(下図参照)。実験6ではPC上の画面を用いたVR空間が用いられている。使用された探索空間(迷路)の形状は正方形であり、訪問されるべき参照点(あるいはターゲット)は正方形の四つ隅に配置されていた。どの実験でも被験者はまず迷路内を探索してその概形を学んだ後(自由探索フェイズ)、実験者の指示する条件に従って経路プランを立てて迷路内を移動することを要求される。経路プランを作成するためには空間推論が必要であるが、実験者の指示する条件によって異なる空間推測と空間移動が必要になり、その結果として形成される空間知識も異なってくるであろうというのが本研究が依拠する基本的発想である。さらに具体的に言えば、副題「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」が本論文のリサーチクエスチョンそのものである。ここで定位(spatial orientation or fixing position)とは空間中の物や場所に対する自分の位置を知ることであり、更新(spatial updating)とは移動に伴う位置関係の認識の変化のことであり、自己中心参照枠(egocentric reference frames)とは観察者の身体を基準に設定される空間理解の枠組み(一種の座標系)である。



実験で使用された迷路の一例
(7m×7m)

論文の概要

第1章前半で基本概念と全体の構想が述べられた後、第1章後半で実験1, 2, 3の目論見が提示される。実験1, 2, 3はセットになった実験群であり、迷路外の一部景観がグローバルランドマーク（共通目印）として利用可能な環境条件での実験であった。

実験1では、複数の地点を包括的に推測しなければならない「複合型経路プラン」の方が、逐次的に次の訪問地を推測する「分離型経路プラン」より空間学習（迷路内の参照点配列の学習）が容易だろうとの予想が立てられた。その結果、予想通り複合型経路プランにおいて空間参照点の配地の学習が促進されることが明らかになり、経路プランの包括性の効果が示された。

実験2と3は対になった実験であり、経路プラン作成時および実行時における、空間推論の多様性が空間学習に与える影響を検証したものである。この二つの実験では「規則的更新条件」と「不規則更新条件」が対比された。規則的更新では、迷路内を移動中に絶えず同じ方向（自己身体を基準にして）の目的地に進行しなければならなかったが、不規則更新条件では、異なる方向（自己身体を基準にして）にある目的地に対し進まなければならなかった。従って後者の方が多様な情報処理を要求されることになる。

一方、実験2, 3では迷路の形状が異なっていた。すなわち、実験3の迷路では「中央交差点」とも言える地点があったが（図参照）、実験2ではそのようなものはなかった。その結果、中央交差点が存在しなかった実験2では、規則的更新・不規則更新条件間で差はなかったが、中央交差点が存在した実験3では、不規則更新群の方が、規則的更新群より空間学習が促進された。すなわち、経路プラン実行時、主要な意思決定地点である中央交差点において多様な方向推測を行わなければならない不規則更新が空間参照点の配列学習を促進したと考えられる。

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（グローバルランドマーク）を統制した上で、実験3と同様の手続きを用いて、不規則更新の学習促進効果の検証を行った。

実験4では実験3の迷路の中央交差点に案内板となる標識を置いた上で、不規則更新の学習促進効果の検証を試みた。その結果、標識の存在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、不規則更新の学習促進効果が見られないことが判明した。

実験5は実験3と対比されるべき実験で、グローバルランドマーク、ローカルランドマーク（標識）による手掛かりがない状況下でも、不規則更新の学習促進効果が存在するかどうかを探索的に調べるのを目的とした。実験5は本研究の迷路課題の中で最も難易度の高いものである。

ここで著者は「移動に伴い変化する迷路内景観の視覚情報と速度・加速度情報」を合わせたものを「移動軌跡情報」と定義し新たなナビゲーション方略と想定している。実験の結果、実験3とは逆に、規則的更新群のほうが不規則更新群より学習成績が良かった。著者はこの結果に対して、実験5の環境は学習難易度が高いので、自由探索フェイズでその概形を把握するのが難しく、そのため経路プランを作成と実行が難しくなり、単純な意思決定で済ませることができる規則的更新群が有利になったものと推測している。

実験3では、被験者が目的地に加えて中央交差点も空間参照点と見なした可能性がある。そこで実験6では、参照点配列の異なる2つのVR空間での空間学習を対比させた。一つはSquare配列条件で、実験3での4つの参照点と同様のターゲット配列であり（図参照）、もう一つはCentral Node配列条件で、これはSquare配列条件の4つの参照点に加え、中央交差点に相当する位置にもう一つ参照点を加えたものである。実験の結果、Central Node配列条件の

優位性が明らかになった。この現象を説明するために著者は「分節化仮説」を提案している。

以上の結果より、リサーチクエスチョンである「経路プラン作成時及び、迷路探索中の定位と更新の様相により、学習促進効果が生じる」という予想の妥当性を、相当に示せたと言えるであろう。

本研究の総合的評価

本論文の総合的評価を行えば以下のようなだろう。

1. 本論文全体を通じて、経路プラン作成、実行時の自己中心参照枠による空間推論が、空間学習に影響を与えることを、ほぼ明らかにできたことは、過去の研究と照らし合わせて意義深い。さらに詳細に言えば、複合型経路プラン・分離型経路プランや規則的更新パターン・不規則更新パターンのような実験変数の導入は斬新と言えようし、このような実験変数を操作可能な実験装置と実験条件を作り出したのは当該分野における大きな貢献と言えるだろう。
2. 最近の空間学習の研究は、コンピューターディスプレイ上で行われることが多く、この場合実際の空間移動の際に重要と思われる身体移動に伴う速度・加速度情報、すなわち、運動感覚、前庭感覚、オプティカルフロー等が、毀損してしまうため、実空間内の移動で重要である変数が欠落した、生態学的妥当性の低い研究になってしまう可能性が高くなる。この観点から、本研究のように労力のかかる実物迷路を用いた研究は高く評価されるべきである。そもそも、空間学習の研究を行うのであれば、迷路のような素材を用いて実験環境を操作可能にするのが望ましいのは明らかなのであろうが、労力のかかるこのような実験の実施例は多くないのである。
3. 尚、本論文の主要部分はこの分野の主要国際誌である *Journal of Environmental Psychology* (Elsevier) に単著論文として掲載済みであり、大津氏の研究は国際的にも相当の評価を受けているのを付言したい。
4. 残された課題は多いが、まずは、迷路で確かめられた知見が、実際の空間、例えば大学構内や都市、でも成立するかどうかは確認されなければならないだろう。また、本論文で新たに提案された「移動軌跡情報」や「分節化仮説」にはさらなる検証が必要だろう。

結論

以上より、本審査委員会ではこの研究は博士（教育学）の学位に値するものであると認める。

実験	迷路形状	経路プラン	更新	迷路天井	定位・更新の手掛かりとなるランドマーク	<i>v</i> 値	群別の総遂行時間 (sec)	全参加者の総遂行時間 (sec)	<i>n</i>
1	1	分離	—	なし	グローバル	0.57	208.93	218.18	25
		複合	—		ランドマーク	0.71			
2	1	複合	規則的	なし	グローバル	0.70	243.63	254.59	20
		複合	不規則		ランドマーク	0.65			
3	2	複合	規則的	なし	グローバル	0.68	260.21	261.00	19
		複合	不規則		ランドマーク	0.79			
4	2	複合	規則的	あり	ローカル	0.54	269.23	272.95	* 17
		複合	不規則		ランドマーク	0.49			
5	2	複合	規則的	あり	ランドマークなし	0.47	297.60	303.05	16
		複合	不規則			0.38			

p*<.05 *p*<.01
*全参加者の総遂行時間の比較のための検定は実験2と3のみ実施

Table 3.1 実験条件と主要な結果一覧