

Cognitive mechanisms of spatial perspective taking

Hiroyuki Muto

第1章 はじめに

他者の立場に立って物事を考える能力は、社会的な動物である人間にとって欠かせないものである。特に、自分とは異なる視点から見た視覚世界を想像する認知過程は視空間的視点取得 (visuospatial perspective taking) と呼ばれる。視空間的視点取得には、他者の実際の見え方を想像する視覚的視点取得 (visual perspective taking; VPT) と、あるエージェントの視点に立って物体の位置関係を把握する空間的視点取得 (spatial perspective taking; SPT) の両方が含まれる。本論文では、空間的視点取得の認知メカニズムに関する新たな知見を獲得するために筆者が中心となって行った研究の成果を報告した。

第2章 心的イメージと視空間的操作

視空間的視点取得は、実際の自分の見え方とは異なる見え方を想像する過程を含むため、心的イメージ (mental images) の視空間的操作 (visuospatial transformations) を必要とすると考えられている。視空間的操作には、物体中心の操作 (object-based transformations)、効果器中心の操作 (effector-based transformations)、視点の操作 (perspective transformations) という少なくとも3種類が存在することが指摘されてきた。このうち、視覚的視点取得および空間的視点取得の認知メカニズムと密接に関連するのが、物体中心の操作の1つである心的走査 (mental scanning) および視点の操作の典型例である自己の心的回転 (egocentric mental rotation) である。心的走査とは、空間的な布置の中に割り当てた「メンタルマーカー」を任意の位置まで自発的に動かす認知過程であり、処理に要する時間はメンタルマーカーの移動距離に比例することが知られている。また、自己の心的回転は、自分自身の視点を回転させるイメージを用いて視覚情報を更新する認知過程であり、全身を移動させる運動シミュレーションによって媒介されることが知られている。本研究は、空間的視点取得の際にこれらの視空間的操作がどのように使い分けられるのかを明らかにすることを目指した。

第3章 空間的視点取得の認知過程

発達的な観点から、視覚的視点取得は Level-1 と Level-2 という2つの過程に分けられることが提案されている。Level-1 視覚的視点取得は、ある物体が他者に見えているか見えていないかを判断する処理を指す (e.g., 他者と物体の間に衝突があると、その物体はその人には見えない)。一方、Level-2 視覚的視点取得は、ある物体が他者からどのように見えているのかを想像する処理を指す (e.g., 文字を反対側から見ると逆さまに見える)。

視空間的視点取得と同様、空間的視点取得も Level-1 と Level-2 の2つの過程に分けられると考えられている。ある物体がエージェントの前後どちらにあるかを判断する過程が Level-1 に対応し、左右どちらにあるかを判断する過程が Level-2 に対応する。

視覚的視点取得か空間的視点取得かの違いではなく、Level-1 か Level-2 によって認知処理が異なるということがこれまでに指摘されてきた。Level-1 視点取得の際は、心的走査を用いてエージェントの視線をたどることによって前後の位置関係 (空間的視点取得) および可視性 (視覚的視点取得) を判

断することができる。したがって、視点取得に要する時間はエージェントの向きの影響を受けない。他方、Level-2 視点取得の際は、自己の心的回転によって自分の視点とエージェントの視点を一致させることで左右（空間的視点取得）および物体の見え方（視覚的視点取得）を把握することができる。したがって、視点取得に要する時間はエージェントの視点と自分の視点の角度差が大きいほど長くなる。まとめると、空間的視点取得では前後判断は心的走査、左右判断は自己の心的回転によって遂行され、両者は反応時間のパターンによって区別できる。

これまでの空間的視点取得研究では、エージェントとして主に人やドールが用いられてきたが、これらのエージェントの形状は、左右に関して対称であるのに対し、前後に関しては非対称であった（e.g., 顔のある側が前）。したがって、前後判断（Level-1）と左右判断（Level-2）の処理の違いは判断の方向ではなくエージェントの形状の左右対称性と前後非対称性に由来する可能性がある。そこで本研究は、エージェントの形状（対称性）が空間的視点取得の処理に与える影響を検証するために5つの実験を行った。また、社会的な能力が空間的視点取得の処理を調整するか否かを検証するために、自閉症スペクトラム指数（Autism-Spectrum Quotient; AQ）と空間的視点取得の成績との相関関係についても探索的に検討した。

第4章 実験1: Level-1 空間的視点取得と Level-2 空間的視点取得の厳密な比較

Level-1 視点取得と Level-2 視点取得の認知過程を比較した従来の研究では、それぞれの課題で異なる刺激が用いられてきた。また、左右に並んだキーの配置を使用した研究がほとんどであり、刺激と反応の空間的適合性の要因が統制されていなかった。実験1ではこれらの要因の影響を考慮し、前後判断課題と左右判断課題で厳密に同一の刺激を用い、キー配置も前後判断課題では前後、左右判断課題では左右となるように調整し、Level-1 空間的視点取得と Level-2 空間的視点取得の厳密な比較を試みた。エージェントとしては、左右対称かつ前後非対称な物体の典型である椅子を使用した。

中央にエージェント、その周囲に4本の柱が置かれた部屋の俯瞰画像を刺激として用いた。柱は4本中1本が青色で、残りの3本が白色であった。参加者の課題は、エージェントの視点から見て青い柱が前後、もしくは左右のどちらにあるのかをなるべく速く正確に回答することであった。前後判断課題と左右判断課題が終了した後で、実験参加者はそれぞれの課題で心的走査と自己の心的回転を使用した割合（0–100%）を報告し、最後に日本語版 AQ 質問紙に回答した。

実験の結果、前後判断課題でも左右判断課題でも、エージェントの視点と参加者の視点との角度差が大きくなるにつれて反応時間が増大したが、その傾きは前後判断課題よりも左右判断課題のほうが急であった。この結果は先行研究の結果と整合しており、前後判断（Level-1）では心的走査、左右判断（Level-2）では自己の心的回転が優勢な方略であることを示している。方略に関する内省報告からも同様の結果が示された。

第5章 実験2: 左右非対称なエージェントに対する空間的視点取得

実験2の目的は、前後だけでなく左右も非対称であるエージェントに対する空間的視点取得の際に、左右判断においても心的走査が用いられるか否かを検証することであった。そこで実験2では、実験1で使用した椅子の右側に黒い肘掛けを加えたものをエージェントとして使用し、実験1と同様の手続きを用いて実験を実施した。

実験の結果、前後判断のみならず、左右判断においても心的走査が優勢な方略となることが、反応時間の傾きおよび内省報告の両指標から確認された。この結果から、心的走査はエージェントの非対称な

軸に関して方向を判断する際に優勢となることが示された。

第6章 実験3: 前後対称なエージェントに対する空間的視点取得

実験3では、前後対称かつ左右非対称なエージェントとして、黒い右腕を挙げているように見える人型の物体を使用した。これにより、用いられる視空間的操作 (i.e., 心的走査または自己の心的回転) の違いが判断方向 (前後または左右) とエージェントの形状と判断方向の関係性 (対称な軸か非対称な軸か) のどちらによって決定されるのかを明らかにすることを試みた。

内省報告の結果から、前後判断において自己の心的回転が、左右判断において心的走査が優勢な方略となることが示された。ところが、どちらの課題においても反応時間は角度の影響をほとんど受けず、反応時間の傾きにも課題間で差は認められなかった。また、前後判断の反応時間が一貫して長くなることも確認された。加えて、角度が90度未満の条件において前後判断の誤答数が多いことも確認された。これらの結果は、前後が曖昧な人型のエージェントを見るとそれが自分の方を向いていると錯覚してしまい (対面バイアス)、その結果として角度が小さい条件において不要なはずの自己の心的回転が誘発された可能性を示唆している。この仮説を検証するために、次の実験4では人間らしさを減じたエージェントを使用して実験を行う。

また、AQの想像力得点が高い (i.e., 想像力が低い) 人ほど前後判断と左右判断の平均反応時間が長いことも示された。この結果は、想像力が空間的視点取得に果たす役割を示唆するものである。実験4ではこの結果が再現可能か否かについても検証する。

第7章 実験4: エージェントの人間らしさの役割

実験4では実験3で用いたエージェントから頭部と左腕を除去し、人間らしさを弱めることで、対面バイアスが消失するか否かを検証した。また、実験3で観察された想像力得点と空間的視点取得の平均反応時間との相関関係が再現可能であるか否かも検証した。

実験の結果、前後判断課題の反応時間は角度が大きいほど長くなり、角度が小さい時の誤答数も実験3と比べて減少した。この結果は、エージェントの人間らしさによって対面バイアスが生じ、その結果として不要な視点取得が行われるという説明と整合している。

また、内省報告の結果は実験3と同様、前後判断課題において自己の心的回転が、左右判断課題において心的走査が優勢な方略となることを示した。左右判断課題の反応時間も実験3と同様、角度の影響をほとんど受けなかった。これらの結果は、エージェントの形状の対称性・非対称性と判断方向の関係性によって使用される視空間的操作が異なることを示している。

一方、実験3と同様に、前後判断課題の平均反応時間は全体的に長く、AQの想像力得点と正に相関することが確かめられた。この結果から、自己の心的回転は基本的に左右判断に最適化された方略であるが、認知的な努力を割くことによって前後対称のエージェントに対する前後判断にも柔軟に適用できる可能性が示唆された。さらに、この柔軟性が想像力によって調整される可能性も示された。

第8章 実験5: エージェントの熟知性の役割

実験1と実験2では実験参加者にとって馴染み深い椅子をエージェントとして使用したが、実験3と実験4で用いたエージェントは熟知性の低い物体であった。したがって、実験間の結果の差異は、エージェントの形状 (対称性・非対称性) ではなくエージェントの熟知性に由来する可能性がある。そこで実験5では、左右対称かつ前後非対称 (実験1と同様) であるが新奇性の高い物体 (実験3・4と同様) をエ

