

論文の内容の要旨

論文題目 エコロジカル・アプローチによる熟達化研究
 : わざの成立を支える知覚的制御

氏 名 伊藤万利子

本論文では、熟達者の知性の一面と言える、臨機応変さの成立を明らかにすることを目的とし、知性を身体—情報—環境系で成立すると考える、エコロジカル・アプローチの視点から検討した。

第1章では、知の働きが検討されてきた、認知科学領域での熟達者研究を概観した。従来の知識観では、思考過程や脳の処理のみを知性として捉えており、それゆえ、身体や環境と切り離された知性が検討されてきた。しかしながら、80年代以降の人工知能の分野で指摘されたフレーム問題や、身体運動制御における自由度問題などにより、いわゆる認知主義の問題点が指摘され、知性の成立にとっての身体や環境の重要性が強調されるようになった。現在では、身体と環境との相互作用を考慮したロボット研究や身体運動制御の研究がなされるようになってきている。本研究では、現在のこのような流れに沿い、身体や環境を重視するが、とりわけ、身体と環境だけではなく、身体環境系での知性の成立には情報を基盤となっていることを主張するエコロジカル・アプローチ(Gibson, 1979)の枠組みを利用し、熟達者の身体運動を検討することとした。エコロジカル・アプローチの視点から熟達者の身体運動の制御を検討するにあたり、エコロジカル・アプローチの提唱者である Gibson の理論の説明をした。エコロジカル・アプローチにおいては、行動は、情報の利用によって成立することが説明された。また、情報には環境特定性と自己特定性があり、自己特定のな情報にもとづいて行為者の行動が制御されることが、視覚の例で述べられた。Gibson の理論が説明された上で、Gibson の理論をエコロジカル・アプローチの知覚運動研究を概観し、熟達者の臨機応変さに密接に関わると考えられる視覚を調整する姿勢と操作による実証研究の現状が示された。

第2章は、第1章で説明がなされた Gibson 理論にもとづいて、けん玉の「ふりけん」という技における姿勢と操作、情報について、初心者群と熟練者群で比較する実験が説明された。実験の説明に入る前に、まず、ふりけんで利用される光学的情報について検討がなされた。ふりけんは、行為者の運動(姿勢)に由来する global flow の制御と、行為者によるけん玉の操作によって生じる local flow の制御、けんを持つ手がそれら flow の一部を削除するなかで成立する技であると考えられた。実験では、けん玉初心者群4名と熟練者群4名がふ

りけんを 200 回行った。本研究では、頭部、腰、膝、足首の運動を姿勢として、動作解析装置で記録した玉・身体運動のデータを分析した。その結果、初心者群では、手先を動かしてけん玉を操作しており、あまり頭部、膝は動いておらず、静的な姿勢制御であった。しかしながら、相互相関や CRQA の分析結果から、頭部運動は、他の身体部位よりは上下方向の玉との最大相互相関や MAXLINE の値が高くなっていた。これらのことから、初心者群の姿勢においては、頭部が他の部位よりも玉とのカップリングが強かったと言える。一方、熟練者群では、頭部と膝の運動は初心者群よりも大きく、また、相互相関の分析や CRQA の分析から、初心者群よりも強く頭部運動と玉の運動とがカップリングしていることが明らかになった。また、熟練者群における膝の運動は、頭部運動ほどは玉とカップリングしておらず、試行の最終時点での膝と玉との位置関係のばらつきは、初心者群と有意な差がなかったものの、MAXLINE の分析結果から、熟練者群の膝の運動は、初心者群よりも同一のパターンが長く維持されていたことが明らかになった。熟練者群においては、頭部と玉とが動的にカップリングすることで視覚が安定化し、膝の運動は玉と頭部の一貫した関係を維持するよう、自律的に制御されていたと考えられた。この、熟練者の動的な姿勢制御による視覚の安定化がふりけんの成功に寄与していると考えられた。

第 3 章では、けん玉の「ふりけん」の熟達について行った第 2 実験によって構成された。第 2 実験では、けん玉熟練者が通常よりも厳しい制約下でふりけんを行うときに、どのように姿勢としての頭部と自分がみることになる玉の制御を変化させてふりけんを成功させるのか、その学習を明らかにすることを目的とした。同時に、ふりけんを利用されると考えられる視覚情報について検討した。けん玉熟練者 3 名が、レンズ部分のシャッターが瞬時に開閉可能な視野遮蔽メガネを装着し、1 セットを 10 回としてふりけんを行った。遮蔽メガネのシャッターが開いた状態でふりけんをする「遮蔽なし条件」と、シャッターが一定の間隔で開閉する「遮蔽あり条件」があった。遮蔽あり条件には複数の水準があった。けん玉熟練者は遮蔽あり・なし条件下でふりけんをする test を最初に行い(pre-test)、後日、8 回にわたって遮蔽あり条件下でふりけん練習をし、最後に最初に行った test と同様の test を行った(post-test)。動作解析装置で記録した 2 回の test のデータ分析の結果、すべての熟練者において、post-test では、pre-test よりもシャッターの開いている時間が短い水準でもふりけんを成功させることができるようになっており、post-test では、遮蔽あり条件のすべての水準で玉の軌道が頂点に達する付近でシャッターが開くようになった。すべての熟練者において、post-test では遮蔽あり条件で遮蔽なし条件より、玉の運動は前後方向に大きく、頭部運動は上下方向に大きくなっていた。接触のタイミング知覚において視覚情報を得るさいに接触を等速化することが重要である(Chapman, 1968; Lee ら, 1985 など)ことから、頭部中心座標系での玉の相対速度を分析したところ、pre-test も post-test も、玉の相対速度は遮蔽の有無に関わらず玉の軌道の頂点付近で等速に近くなっていたが、post-test のみ、すべての実験参加者で玉の軌道の頂点付近での等速化の時間が遮蔽あり条件のほうが遮蔽なし条件より長くなっていた。以上の結果より、すべての熟練者は、玉の速度が相対的に小さく視認

しやすいと考えられる玉の頂点付近にシャッターの開くタイミングが合うよう玉の軌道の大きさを調整し、玉や頭部運動を調整して玉の相対速度の等速化の時間を長くすることによって、シャッターが開くタイミングで視覚情報を得やすくしたのではないかと考えられた。また、練習を経て、そのような厳しい制約条件下で視覚情報を得やすくする玉や頭部の制御を熟練者が学習したことによって、**post-test** でふりけんの成功率があがったものと考えられた。ふりけんでは、玉の回転に対してのけんの向きを調整して接触が生じる事象と、放物運動をする玉の運動に対するけんとの接触事象の 2 つが同時に制御される。このような事象においては、接触事象の制御に利用される光学的情報 τ がカップリングすると言われている (Lee, 1998)。第 2 実験で、ふりけんにおいて利用されている視覚情報について検討するため、タウカップリングの分析を行った。その結果、頭部の影響を含めた公転と自転のタウの比で示されるカップリング定数の値は、遮蔽の有無による明確な影響がみられず、ふりけんの制御において、タウカップリングしていた二人の熟練者では一定の値に収束する傾向があることが明らかにされた。

第 4 章では、第 2 章と第 3 章で、エコロジカル・アプローチの視点から熟達化を検討した結果をまとめ、本研究の意義について議論された。本論文では、巧みさが問われるような、環境の変動があるなど制約が厳しいタスク、つまり臨機応変さが問題となるタスクにおいては、行動に利用される知覚情報が静的であるわけではないことから、情報を知覚探索する身体と手による操作の制御を問題とし、中心的に分析してきた。2 つの実験の結果を総括し、視覚の安定を導く視覚的な制御が巧みなにおいて重要であることを示したと言えた。また、第 3 章での実験結果から、頭部の影響を含めた公転と自転のタウの比で示されるカップリング定数の値は、遮蔽の有無による明確な影響がみられず、二人の熟練者で一定の値に収束する傾向があった。しかしながら、カップリングに影響を与える頭部や玉の運動は、遮蔽の有無によって変化していた。この結果から、第 3 章での実験において、けん玉で利用される情報の探索と利用が行われ、**global flow** と **local flow** の制御がなされたときに、運動はタスクに応じて柔軟に制御され、結果的にカップリング定数は一貫した値になるという関係が生じたのではないかと考えられた。本研究のこの結果は、身体運動と情報との関係への示唆を与えるものであることが指摘された。本研究の別の意義として、視線—頭部—身体システムとしての視知覚を検討したこと、けん玉で経験的に重要であると言われていた膝の運動が視覚の安定に役立つということも述べた。また、本研究でその意義を示してきた情報に根ざした姿勢、操作の制御は、タスクの性質を考えた場合に、すべての熟達化研究に対して有効な知見を提供できるわけではないが、少なくとも、時空間的な制約が厳しく、情報の探索が問題となるタスクに対しては示唆をもつであろうことも指摘した。