

## 論文審査結果の要旨

論文提出者氏名： 平井真洋

本論文は、バイオロジカルモーション知覚の神経機序について、特に時間的な側面に焦点をあてて論じたものである。知覚心理学の分野では、ヒト（あるいは動物）の関節部分につけられた高々十数個の光点を提示しただけで暗闇の中であっても行為者の動作を鮮明に知覚できることが知られている。こうした知覚現象はバイオロジカルモーション知覚と呼ばれ、従来から知覚弁別実験など行動指標を用いた研究が盛んに行われてきた。しかしながら、バイオロジカルモーション知覚が脳内においてどのように成立しているのかについてはいまだ不明な点が多く、神経レベルでのメカニズム解明が待たれている。

こうした背景にあって、本論文では、高密度脳波計を用いた事象関連電位(Event-Related Potential; ERP)を指標とし、一連の実験研究(実験1～実験4)を行うことで、バイオロジカルモーション知覚の脳内神経メカニズムにアプローチしている。本論文中で一貫して用いられているERP手法は、外的要因および内的要因によって誘発される脳活動電位を、頭皮上に装着された電極間の電位差を求めることによりミリ秒単位で計測するものである。この手法は、複数存在する脳活動計測法の中でも特に時間解像度の点で優れているため、知覚・認知現象の脳内におけるダイナミックな側面をとらえることができる。

実験1ではバイオロジカルモーション知覚の脳内における時間特性を明らかにするため、健康成人12名を対象としたERP計測が行われている。実験で用いられた刺激は、歩行運動のバイオロジカルモーション刺激(BM刺激)とコントロール刺激の2種類である。コントロール刺激としては、BM刺激と同じ光点数および速度ベクトルを持つが、各光点の初期位置をランダム化したスクランブルモーション刺激(SM刺激)が用いられた。これらの刺激条件間におけるERP波形を比較することでバイオロジカルモーション知覚に特徴的な脳活動を浮き彫りにするのが狙いである。実験の結果、刺激提示後およそ200msと240ms付近をピークとする二峰性の陰性成分(N200, N240)が両側後頭部電極において見いだされた。特に、右半球では、それぞれの陰性成分の振幅に関して刺激条件間で違いが見られ、BM条件における振幅がSM条件よりも有意に大きいことが発見された。両刺激を構成する光点の数および各点の速度ベクトルは同一であるため、刺激条件間における振幅の違いは刺激を構成する光点の空間構造に起因するものと解釈できる。

実験1で発見された陰性成分は、バイオロジカルモーション知覚に対応した生理指標として利用可能であり、従来用いられてきた行動指標と比較すると、より客観的な指標となり得る。更に、ここで発見されたN200, N240の2つの成分が知覚過程における2種類の処理に対応している可能性を示唆できた点でも関連研究に大きく貢献する。後続する実験2から実験4は、これらの点をより明確にするため、精緻な実験計画に基づいて実施されている。

実験 2 は、実験 1 で発見された ERP 指標を乳児研究に活用したものである。乳児を対象とした認知実験では、成人のそれとは異なり、実験における教示や反応を言語的に行うことができない。このような状況では、特定の知覚・認知現象に対応した ERP 成分が強力なインデックスとなる。生後 8 ヶ月児（7 名）を対象に実験 1 と同様の刺激を用いて ERP 計測を行った結果、右半球における ERP 波形は成人のものと類似し、平均電位に関しても成人と同様に BM 刺激条件では SM 刺激条件よりも有意に大きいことが示された。この結果は、生後 8 ヶ月の時点で既にバイオロジカルモーション知覚が成立していることを示唆している。

実験 3 では、バイオロジカルモーション知覚が刺激のどのような視覚属性によって成立しているのかについて、BM 刺激の時間構造と空間構造に着目して検討している。ここでは、SM 刺激(BM 刺激を空間的にスクランブルしたもの)に加えて、BM 刺激におけるフレーム提示順序を時間的にスクランブルした刺激が用いられた。健常成人 14 名を対象にした ERP 計測実験の結果、空間構造をスクランブルした場合にのみ、ERP 陰性成分の振幅が減少することが明らかになった。この結果は、バイオロジカルモーション知覚の成立には時間構造よりも空間構造（光点間の空間的位置関係）が重要な役割を果たしていることを示唆している。

実験 4 では、バイオロジカルモーション知覚がアテンションの影響を受けるかどうかについて、実験 1 で発見された 2 種類の ERP 成分のうち後期に現れる陰性成分を指標にすることで検討されている。実験では、被験者に BM/SM 刺激の弁別課題と矩形図形の方向変化を判断させる課題を課すことによって、同一刺激を用いつつも教示によってどちらの課題を実施するのか（つまり刺激のどこに注意を向けるのか）がコントロールされた。13 名の健常成人を対象にした実験の結果、BM(SM)刺激に注意が向けられた際には後期陰性成分の振幅に差が見られたが、矩形方向に注意が向けられた場合には差が見られなかった。この結果は、バイオロジカルモーション知覚は注意の影響を受けることを示唆している。

以上のように、本論文はバイオロジカルモーション知覚研究に初めて ERP 手法を導入し、知覚現象に対応した特異的な陰性成分を発見して神経機序解明に大きく貢献した。更に、ERP 指標を乳児研究にも適用し、その客観的指標としての有効性を確立した点で高く評価できる。本論文で述べられた実験は全て国際誌に投稿済み（内 3 件採録、1 件条件付採録）であり、別の研究グループによってもここで発見された ERP 指標の有効性が確認されている。バイオロジカルモーション知覚は、非言語コミュニケーションや他者の意図理解など知覚研究にとどまらず幅広い研究領域で注目されている。本論文はこれらの研究領域に対してもインパクトを与える可能性がある。したがって、本審査委員会は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。