

申請者	学科名	情報システム工学科	職名	准教授	氏名	山崎 大河 印
調査研究課題	ペダリング運動の制御メカニズムの同定					
交付決定額	270千円					
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	山崎 大河	情報工学部 情報システム工学科・准教授	生体やロボットの運動制御	研究全般の実施および統括	
	分担者					
調査研究実績の概要	<p>ヒトの運動制御系を理解する鍵になる「協調構造」の実態を解明し、その働きを定量化することを旨とする研究のなかで、近年盛んなのは、同じ運動を繰り返したときの運動の空間的な「ばらつき」や「偏り」から協調構造を推定しようとする解析である。例えば、歩行運動の関節角度の協調を表現する平面法則や、歩行も含む一般的な運動のばらつきと制御変数の関係の解析（UCM解析）が有名であり、国内外に多くのフォロワーを生んでいる。しかし、上記の研究の多くは、運動の動力学的な側面を無視したものが多く、また、平面法則は、歩行に限らず床面上で行う多くの運動において共通にみられるとされているが、調査されている範囲はまだ限られており、下肢の制御におけるその役割も明確ではない。</p> <p>そこで、本研究では、ペダリング運動に着目し、(1)平面法則の成立とペダル踏力の関係、(2)ペダリング運動における姿勢や力のばらつきと制御量の同定、(3)足こぎ車椅子でのペダリング運動への応用、などの課題に取り組み、ペダリング運動や歩行運動における運動制御のメカニズムの一端を制御論的な立場から解き明かすことを目指した。</p>					

<p>調査研究実績の概要</p>	<p>(1) 平面法則の成立とペダル踏力の関係 歩行運動の計測データから大腿部, 下腿部, 足部が鉛直軸となす角度をそれぞれの角度を座標軸にとった3次元空間中にプロットするとほぼ平面的に分布することが知られており, これは平面法則 (planar law) と呼ばれている. 平面法則は, 定常歩行だけでなく, 走行, ホッピングにおいても成立するとされており, 神経系による下肢関節の協調戦略を反映していると主張されている. また, そこで現れる近似平面の向きや平面による近似の正確さは運動の種類や速度などによって変化することが知られている. しかし, その適用範囲の限界は知られておらず, 下肢の制御におけるその役割も明確ではない. 本研究では, 本学サイクリング部員の協力を得て, ペダリング運動とペダルへの踏力の同時計測・解析を行った. その結果, ペダリング運動においても平面法則が成立していることを明らかにし, さらに, ペダリングの負荷が大きくなるにつれて, 足部にかかるペダル反力に一致した方向に平面が傾く傾向が見られることを明らかにした. これはペダリング運動の制御則の理解に大きなヒントを与える知見と考えている (成果目録. 1).</p> <p>(2) ペダリング運動における姿勢や力のばらつきと制御量の同定 ヒトの運動では, 姿勢や力といった, 様々なレベルの変数にばらつきがみられる. ScholzとSchönerは, 神経系が制御量としている変数のばらつきは, そうでない変数に比べて小さく抑えられているとの仮説に基づき, 神経にとっての制御量を同定するUncontrolled manifold (UCM) 解析を提案している. Yenらは, 関節角度と手先位置などの運動学的な変数の関係に着目したUCM解析を, 関節トルクと床反力という動力学的な変数の関係にも拡張し, ホッピング運動の解析を行っている. 本研究では, これらの解析手法をペダリング運動に応用することで, ペダリング運動中の神経系にとっての制御量を推定することを目指して解析を行った. その結果, 関節トルクは, ペダル踏力ベクトル, 特に, そのクランク接線方向成分のばらつきを抑制するように制御されている傾向があることなどを明らかにした. つまり, 神経系はクランク接線方向の踏力を制御量としている可能性がある (成果目録. 2, 3, 4).</p> <p>(3) 足こぎ車椅子 近年, 脳卒中による半身麻痺などで自力歩行が困難な患者でも, 「足こぎ車椅子」を使うことで介助なしで容易に自力歩行できる場合があることが発見され, 自力で移動できるという大きなQOL改善やリハビリテーション効果への期待から大きな話題を呼んでいる. しかし, なぜ足こぎ車椅子での運動が (比較的容易に) 可能であるのかという疑問や, 歩行を含む下肢の運動の制御とどのように関係するのかという疑問には必ずしも答えられていない. 本研究では, 足こぎ車椅子における (通常の自転車とは異なる姿勢での) ペダリング運動の運動計測・解析を行い, 平面法則やUCM解析の観点などから種々の解析を行った. この成果の一部は, 日本人間工学会 第56回大会にて, 発表予定 (申込済) である.</p>
<p>成果資料目録</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Taiga Yamasaki, Ryugo Kataoka, Eri Taguchi, Xin Xin: Planar Covariation of Elevation Angles in Bicycle Pedaling and its Dependence on Pedal Force, 第53回日本生体医工学会大会, 2014. 6. 24-26 (25 発表), @仙台国際センター 2. 田口恵理, 山崎大河, 忻欣: 自転車でのペダリング運動における制御量の同定, 日本人間工学会第55回大会, 2014. 6. 5-6 (6日発表), @神戸国際会議場 3. 田口恵理, 山崎大河, 忻欣: 自転車でのペダリング運動における関節トルクのばらつきの解析—制御量の同定へ向けて—, 第35回バイオメカニズム学術講演会, 2014. 11. 8-9 (8日発表), @岡山大学医学部保健学科 4. 田口恵理, 山崎大河, 忻欣: 自転車ペダリング運動における左右肢を考慮した関節トルクのばらつきの解析, 平成26年度日本人間工学会中国・四国支部, 関西支部合同大会 講演論文集, pp. 78-79, 2014. 12. 13, @岡山県立大学