

テニスのパフォーマンス向上に寄与する要因を明らかにすること

【研究計画・目的】

本研究は、テニスのパフォーマンス向上に寄与する要因を明らかにすることを目的として、University of Queensland（以下、UQ）において実施している。テニスは瞬発力、敏捷性、持久力、技術的精緻さを同時に要求する複合的スポーツであり、近年はラリーの高速化やスピン量の増加、方向転換動作の多様化が進んでいる。これらの要素を科学的に解明することは、競技力向上のみならず障害予防にも直結する。特に、高速局面では下肢関節の協調、体幹の安定性、地面反力の活用が複雑に関連するにもかかわらず、従来研究では移動動作と打撃動作が分離して扱われることが多かった。試合中に両者が連続して発生する競技特性を統合的に理解する研究は依然として不足している。この課題を踏まえ、本研究では三つの柱を設定した。第一に、方向転換動作における下肢関節の役割を定量化し、ドロップステップの有無が敏捷性に及ぼす影響を検討すること。第二に、サーブおよびストロークにおけるボールスピードとスピン量の相互関係を分析し、技術最適化の指標を提示すること。第三に、マーカー付きとマーカーレスのモーションキャプチャを融合し、研究成果を現場へ還元可能な高精度解析手法を構築することである。

これらの取り組みを通じて、テニス動作を科学的に解明し、国際的に通用する知見の創出を目指している。本研究はパフォーマンス向上と障害予防の双方に資するだけでなく、指導現場への応用可能性も高く、スポーツバイオメカニクス分野の発展にも寄与すると期待される。

【研究活動】

研究活動は、UQに所属し、Prof. Andrew Cresswellを中心とした研究グループと連携して進めている。同研究科は、2024年世界大学ランキングのスポーツ関連分野でオーストラリア第1位、世界第2位に位置づけられており、卓越した研究環境が整っている。世界最先端の設備と国際的研究コミュニティの中で研究を遂行できたことは、本研究の質を大きく向上させた要因であり、日常的に専門家と意見交換を行える環境は、研究デザインの洗練や新たな視点の獲得に直結した。動作解析では、ViconシステムとVisual3D解析ソフトを用いてサイドステップやドロップステップを含む方向転換動作のデータ収集を開始した。さらに、Qualisysシステムを活用することで、より高フレームレートでの測定が可能となり、競技特有の高速動作を精緻に捉える環境が整備されつつある。これにより、選手の敏捷性や安定性を定量的に評価するための基盤が強化された。運動生理学的側面では、漸増負荷テスト、血中乳酸濃度測定、最大酸素摂取量（ VO_{2max} ）の測定などを通して、テニス特有の高強度・断続的運動が身体にもたらす負荷を把握している。これらのデータを動作解析と統合することで、テニス動作の特徴を多面的に理解する枠組みを構築している。加えて、AIを活用したマーカーレスモーションキャプチャの

導入可能性について研究者間で検討を進めており、将来的な臨床応用や現場フィードバックに直結する技術革新が期待される。また、近隣のクイーンズランド工科大学 (QUT) とも連携し、床反力計を組み込んだ測定系や高速カメラを用いてデータ取得を行った。UQ での測定環境と相互補完することで、研究の信頼性と汎用性を高めることができた。研究室内外での継続的なディスカッションにより、学際的な視点を取り入れながら研究を発展させている点も本研究活動の大きな特徴である。なお、方向転換動作に関する予備的分析では、ドロップステップ条件における再加速局面の速度上昇パターンに特異的特徴が確認されており、方向転換効率を規定する要因となり得る可能性が示唆された。現在、詳細解析を進めており、年度内により精緻な知見を提示できる見込みである。

【研究成果】

現段階で得られた主な成果は以下の通りである。第一に、国際学会における発表を行った点である。ISB2025（ストックホルム、2025 年 7 月）において、「男女大学トップレベル日本人テニス選手の打球特性とスイング動作の比較」に関する成果を発表し、国際的な学术交流の場において研究の意義を発信した。第二に、出版活動に関する成果である。Human Kinetics 刊の『Tennis Anatomy』の日本語版翻訳・監訳を担当し、ベースボール・マガジン社から出版した（2025 年 9 月）。この成果は、科学的知見を競技現場に還元する教材として高い教育的価値を持ち、学生や指導者にとって有用なリソースとなった。第三に、一般読者向け著書『テニス上達へ導く理論&メカニズム 必勝メソッドの理解と実践』（メイツ出版）を刊行し、専門研究をわかりやすく社会に還元する取り組みを進めた（2024 年 5 月）。第四に、査読付き論文が受理された点である。『スポーツパフォーマンス研究』において、「ロボットスーツ HAL（腰タイプ）を用いたサイバニク随意制御エクササイズがゴルフのドライバーショットに及ぼす影響：事例研究」がアクセプトされ、サイバニクス技術を応用した新たな運動学的研究の成果として発表された。さらに、研究活動を通じて国内外の研究ネットワークを拡大したことも成果として挙げられる。特に、AI を用いたマーカーレス動作解析技術の導入に関して、UQ 内外の研究者との共同検討を進め、国際共同研究の基盤を形成した。これにより、研究成果の波及効果を広く見込むことができ、学术界と競技現場をつなぐ研究の意義を強化した。

【研究成果の詳細】

国際学会発表：

- ・ ISB2025（ストックホルム、2025 年 7 月）にて「男女大学トップレベル日本人テニス選手の打球特性とスイング動作の比較」を発表。

学術書翻訳・監訳：

- ・『Tennis Anatomy (Human Kinetics 刊)』日本語版を翻訳・監訳し、ベースボール・マガジン社より出版（2025 年 9 月）。

一般向け著書出版：

- ・『テニス上達へ導く理論&メカニズム 必勝メソッドの理解と実践』（メイツ出版，2024年5月）を刊行.

査読付き論文：

- ・『スポーツパフォーマンス研究』掲載

「ロボットスーツ HAL（腰タイプ）を用いたサイバニック随意制御エクササイズがゴルフのドライバーショットに及ぼす影響：事例研究」2025年17巻 p. 400-410.

- ・「大学体育テニス実技における打球技能の習熟度に関する研究—サーブ・ストローク・ピッチング速度に着目して—」『明治大学人文科学研究所紀要』第93冊，2026年3月31日発行.

国際共同研究の推進：進行中研究

- ・AIを用いたマーカーレス動作解析技術の導入に関して，クイーンズランド大学(UQ)内外の研究者と共同検討を実施.
- ・国際共同研究の基盤を形成し，学术界と競技現場をつなぐ研究ネットワークを拡大.
- ・現在，テニスにおける方向転換動作の運動学的特性を明らかにすることを目的として，

“Comparative analysis of the drop-step and non-drop-step techniques on center-of-mass motion during change-of-direction movements in tennis: A pilot study”

と題した研究論文を執筆中である。本研究では，ドロップステップ（Drop Step）と非ドロップステップ条件における方向転換動作を対象とし，身体重心（center of mass）の変位・速度・加速度の特徴を比較することで，再加速局面における運動学的特性を明らかにすることを目的としている。現在，データ解析および論文原稿の作成を進めており，国際学術誌への投稿を予定している。

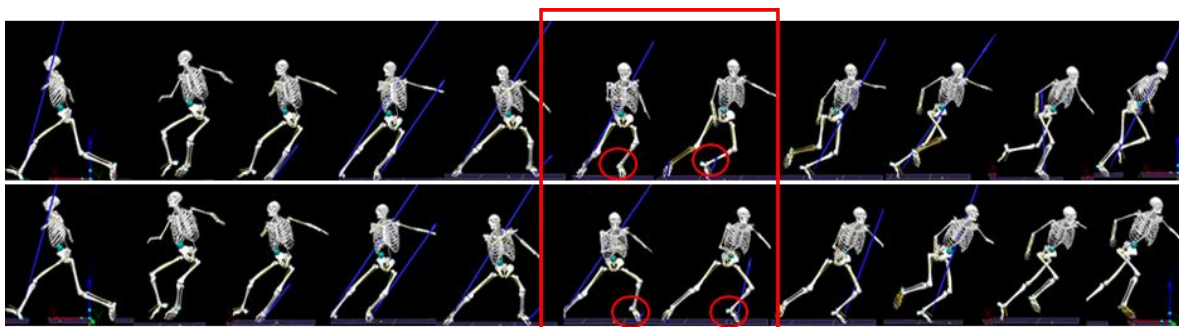
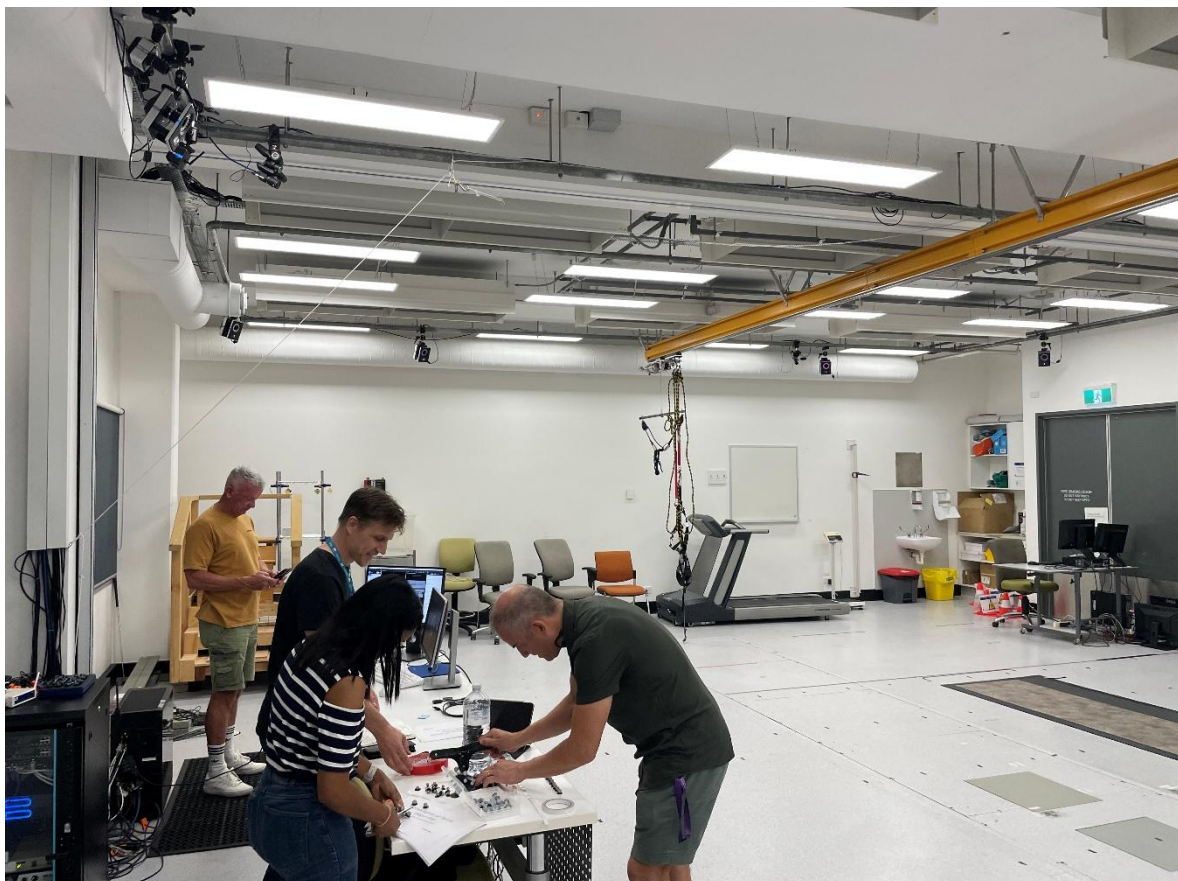
【今後の展望】

今後の研究の展望としては，第一に，方向転換動作に関する追加実験を年度内に実施し，動作特性の定量化を進めることを計画している。特に，ドロップステップの有無による敏捷性や安定性の差異を明らかにすることで，トレーニング指導への具体的示唆を提供したい。第二に，動作解析と生理学的データを統合し，競技中の運動効率や疲労蓄積のメカニズムを解明することを目指す。これにより，選手のパフォーマンスを最大化しつつ障害予防を実現するための科学的根拠を提示できる。第三に，国際共同研究の深化を図ることである。UQ研究者との連携をさらに強化し，将来的には日本国内の大学や企業とも協働することで，学術研究と産業応用を結びつける展開を計画している。特に，テニス競技における科学的エビデンスの創出と活用を両立させ，国際的な研究拠点形成に寄与したい。第四に，学会発表に加えて査読付き論文の執筆を進め，国際誌や国内学

会誌への投稿を予定している．これにより，研究成果を体系的に記録し，次世代研究者や実践者への継承を図る．

【教育への効果】

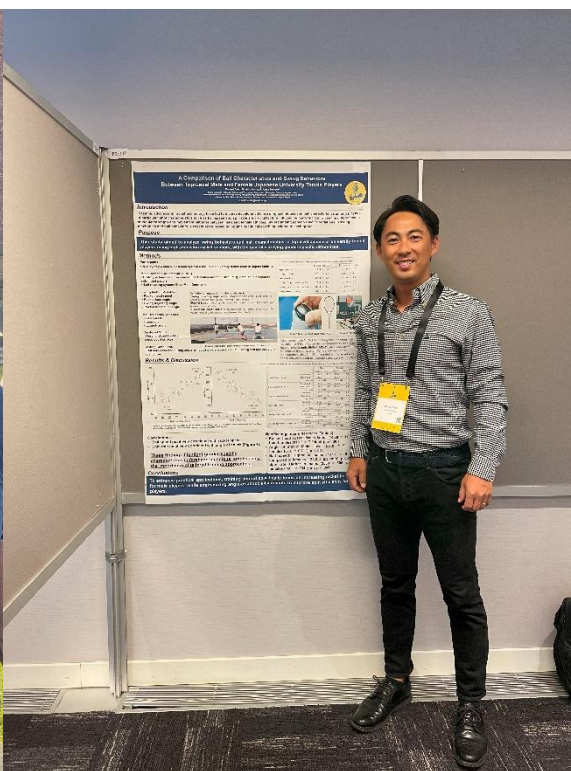
本研究活動を通じて得られた知見は，教育面においても多大な効果をもたらすと考えられる．まず，大学教育における還元効果である．明治大学理工学部総合文化教室における総合文化ゼミナールや体育実技科目に，最先端の国際的研究成果を組み込み，学生が理論と実践を結びつけながら学ぶ機会を提供できる．また，翻訳・出版活動を通じて得られた成果は，教育現場における教材として活用可能であり，専門知識をわかりやすく提示することで学生の理解を深めることができる．さらに，テニスの方向転換動作やサーブ・ストロークの運動学的知見は，体育実技科目における一般学生の学習にも応用可能であり，授業内での身体活動パフォーマンスの質的向上が示唆される．このように，研究成果を教育へ還元することで，学生一人ひとりの身体活動の充実と教育的成長の双方を支援できる．加えて，国際的研究経験を学生に伝えることで，海外大学への留学や国際共同研究を志す学生の動機づけを促進できる点も重要である．異文化環境における研究活動の体験は，研究者としての視野を広げると同時に，グローバル社会で活躍できる人材育成に資する．本研究で得られた人的ネットワークを教育に還元することで，学生が国際舞台での学術活動に挑戦するための具体的モデルを示すことができる．



【方向転換走実験の様子：Drop Step vs No Drop Step, Visual3D】



【前脛骨筋の EMG 測定の様子】



【Andrew 教授と @ISB2025 in Stockholm】