



Title	Single Modal Motion Sensing for Low-Cost Data Collection in Sports
Author(s)	長谷川, 凌佑
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/88148">https://doi.org/10.18910/88148</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏名 ( 長谷川 凌佑 )

## 論文題名

Single Modal Motion Sensing for Low-Cost Data Collection in Sports  
(スポーツにおける低コストデータ収集のための単一モーダルモーションセンシング)

## 論文内容の要旨

近年、スポーツの分野においてデータ活用への関心が高まっている。スポーツ中のデータを分析することにより、高度な戦術の構築や選手に合わせたトレーニング方法の立案など、チームや選手の強化に役立てられる。多くのプロスポーツにおいてデータ分析の専門家がチームに参加しており、練習や試合のデータを収集・分析を行うのは一般的になった。一方で、大学などのアマチュアスポーツではデータの活用がまだ盛んではない。これは、スタッフの数が少ないことが大きな要因だと考えられる。スタッフの数が少ない場合、日々の練習や試合からラベリング作業によってデータを収集するのは難しい。また、コート予約時間などが決まっていることが多く、データ収集に多くの時間をかけることはできない。そのため、練習の時間を十分に確保するためには、センサ取り付けの手間を少なくする必要がある。したがって、我々はデータを取得するデバイスを1種類に限定し、そのデバイスから分析に必要なデータを取得できるような効率の良い手法の設計を行う。本論文では、あらゆる分析において基礎的なデータである選手の位置と応用的なデータである行動を分析に必要なデータと考える。

データを取得する方法として、慣性センサや心拍センサのように直接デバイスを選手に取り付ける方法と、カメラなどを使って外側から観測する方法の2種類がある。選手の動作を計測する場合、選手に慣性センサを取り付ける方法では、選手の動きや状態を直接測定することができる。しかし、接触のあるスポーツにおいては怪我の危険があるため、手首への装着は好まれない。カメラを使う場合、選手には負担がなく映像を取得することが可能である。しかし、映像にうつっている選手を検出・追跡し、その選手の腕や足の動きから動きを理解する必要がある。そこで、あらゆる環境に対応するために慣性センサを用いる方法と1台のカメラのみを用いるという2種類の手段でデータ取得可能な手法を提案する。

本論文では、様々な環境下におけるデータ解析のためのスポーツデータの自動収集について、4つの主要な貢献がある。

第一に、車いすスポーツに焦点を当て、車いすの車輪と椅子下に取り付けた慣性センサから獲得した変位と車いすの方向を用いて自律航法を行う手法を検討した。また、自律航法における誤差の蓄積に対処するために3種類の補正手法を提案し、その効果を検証した。これにより、自律航法における位置誤差のたまり方を確認し、位置補正される頻度による位置推定精度への影響を明らかにした。

第二に、映像内にうつる人物に対して骨格の検出を行い、人物の姿勢に対してロバストな位置推定方法を提案した。運動時における様々な姿勢に対処するために、腰の骨格を利用し、さらに下半身の骨格を用いた位置補正手法を提案した。その結果、補正により平均誤差の削減に成功し、オクルージョンなどによって足元が隠れた場合に対しても他の手法と比較して誤差の増大を最小限に抑えた。

第三に、慣性センサを用いて車輪の動きから車輪に力が加えられたタイミングを推定し、各区間における操縦行動の分類手法を提案した。また、両車輪の動きからターンの分類を行った。さらに、これらのデータを利用して漕ぎ方の癖やコート内の場所に応じた漕ぎ方の差異を定量的に把握することができ、技術向上に有用な見通しを得た。

最後に、スポーツ映像に特化した行動推定手法を提案した。スポーツでは同じ動きでも異なる行動に区別される場合があるが、既存の行動認識手法では人物中心の四肢の動きに焦点を当てているため、そのような行動の分類が難しい。そのため、スポーツにおける行動判断には位置が大きく関係していると考え、位置情報を加味した行動推定手法を提案した。その結果、位置情報を考慮しない場合に比べて精度を向上させることができた。

これらの貢献により、様々な環境において人的コストが少なく簡単に実用可能なデータを自動で収集できることを示した。本論文は、データの活用をアマチュアスポーツのように人的コストに制限のある環境においても普及させるための基礎を築いた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 長谷川 凌佑 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	山口 弘純
	副 査	教授	村田 正幸
	副 査	教授	渡辺 尚
	副 査	教授	長谷川 亨
	副 査	教授	松岡 茂登

## 論文審査の結果の要旨

近年、スポーツの分野においてデータ活用への関心が高まっている。スポーツ中のデータを分析することにより、高度な戦術の構築や選手に合わせたトレーニング方法の立案など、チームや選手の強化に役立てられる。多くのプロスポーツにおいてはデータ分析の専門家がチームに参加しており、練習や試合のデータを収集・分析を行うことが一般的となりつつある。一方で、アマチュアスポーツではデータの活用がまだ盛んではない。その一因としてデータ取得にかかるコストが挙げられる。例えば十分な知見を有さず、スタッフも不足する環境では、日々の練習や試合からラベリング作業によってデータを収集し活用することは容易でない。また、会場の利用時間に制約があることも多く、データ収集のためのセンサ準備や設置等に時間を費やすことは困難である。そのため、センサ取り付けの手間を十分に少なくしながら、なるべく精度の高いスポーツデータを取得可能な技術を探究する必要がある。

本論文の研究成果は、単一デバイスのみを利用して、多くのスポーツにおいて基礎的なデータである選手の位置と行動に関するデータを効率的に取得できる手法の設計開発を行った点である。データ取得方法として、慣性センサや心拍センサのようにデバイスを直接的に選手に装着する方法と、カメラなどを使って外側から観測する方法の2種類がある。選手の動作を計測する場合、選手にセンサを取り付ける方法では、選手の動きや状態を直接測定することができる。しかし、接触のあるスポーツにおいては負傷の危険もあるため、一般的に装着が好まれない傾向にある。一方、映像を用いればその課題は回避できるものの、映像内の選手を検出・追跡し、その選手の腕や足の動きから位置や行動を理解する必要がある。本研究ではそれらの特性を考慮し、慣性センサのみを装着させる方法、ならびに単一のカメラのみを用いる方法に関する研究を実施した。

第一の成果は、車いすスポーツを対象とし、車いすの車輪と椅子下に取り付けた慣性センサから獲得した変位と車いすの方向を用いて自律航法を行い、移動軌跡を取得する手法を提案したことである。自律航法における誤差の蓄積に対処するために3種類の補正手法を提案し、その効果を検証した。これにより、自律航法における位置誤差の蓄積を確認し、位置補正頻度による位置推定精度への影響を明らかにした。

第二の成果は、映像内の人物に対し、骨格の検出を行い、人物の姿勢変化に対して堅牢な位置推定方法を提案したことである。運動時における様々な姿勢に対処するために、腰の骨格を利用し、さらに下半身の骨格を用いた位置補正手法を提案している。その結果、補正により平均誤差の削減に成功し、オクルージョンなどによって足元が隠れた場合に対しても他の手法と比較して誤差の増大を抑制できることを示した。

第三の成果は、車いすスポーツの慣性センサを用いて、車輪の動きから車輪に力が加えられたタイミングを推定し、各区間における操縦行動の分類手法を提案したことである。両車輪の動きからターンの分類などを行い、それらのデータを利用して漕ぎ方の癖や位置に応じた漕ぎ方の差異を定量的に把握することを可能とした。

以上のように本論文は、いくつかのスポーツにおいて、データ取得にかかるセンサ設置や解析コストを抑制しながら位置・行動データを自動で収集できる技術を開発した。これにより、データ取得に費やす人的資源などに制約が大きいアマチュアスポーツなどにおいてもセンシングによるデータ活用を促進できる可能性を示すなど、有用な研究成果を上げている。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。