

スポーツクライミングの動作・力情報可視化システム ClimbViS の開発

河村 晃宏 (九州大学, 国立スポーツ科学センター), ○仲道 智郎 (九州大学),
相原 伸平 (国立スポーツ科学センター), 倉爪 亮 (九州大学)

Development of ClimbViS, a Motion and Force Information Visualization System for Sport Climbing

Akihiro KAWAMURA (Kyushu University, JISS), and ○ Tomoro NAKAMICHI (Kyushu University),
and Shimpei AIHARA (JISS), and Ryo KURAZUME (Kyushu University)

Abstract: This paper proposes a climbing motion measurement and visualization system(ClimbViS). This system consists of multiple sensing systems and a visualization interface to measure and present posture and force information of climbers according to the environment.

1. 緒言

スポーツクライミングは、壁に設置されたホールドと呼ばれる突起物を利用して、人工的に作成された多様な形状や高さの壁を登る競技である。競技人口の増加、競技の発展とともに動作計測・解析の需要が高まっている。これに対し、競技者の動作計測や力計測に関する研究が行われている。しかし、そのほとんどの手法において、壁の形状やホールドの種類に制約がある。そこで筆者らはこれまでに、計測環境に合わせた動作計測手法や多様なホールドの種類に対応可能な力計測手法を提案している。本稿では、これらの手法と情報提示インターフェースを組み合わせ、スポーツクライミングに特化した動作計測・可視化システム ClimbViS(Climbing Visualization System) を提案する。

2. スポーツクライミングの動作・力情報可視化システム ClimbViS

ClimbViS は多様な環境に合わせてスポーツクライミングに関する姿勢や力データの計測を行い、得られたデータを Fig.1 に示すように競技者に提示するシステムである。本システムは Fig.2 に示す構造であり、大きく4つの要素で構成されている。

・環境計測

3D スキャナー (FARO) を用いて計測した環境モデル (壁およびホールド)

・競技者の動作計測

光学式モーションキャプチャまたは RGBD 画像からの推定により競技者の動作情報を計測する。

・ホールドに加わる力・モーメント計測

6軸力覚センサやボルト型力覚センサを用いてホールドに加わる力やモーメントを計測する。

・可視化インターフェース

得られたデータを統合し、3Dモデルやグラフによって競技者に提示する。

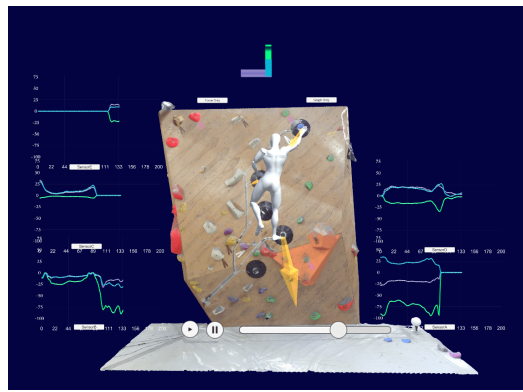


Fig. 1 ClimbViS interface

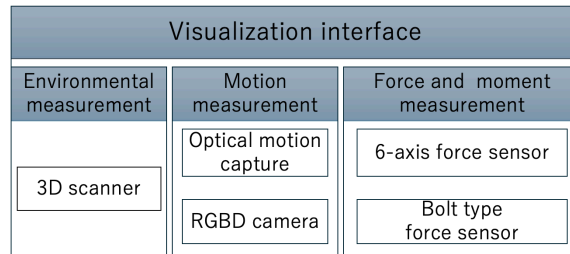


Fig. 2 ClimbViS architecture

2.1 環境計測

競技者が登る課題を再現するためにクライミングウォールの3Dモデルを作成する。3Dモデルは3Dレーザースキャナ (FARO) を用いて、三次元点群データを取得し、メッシュ化することで作成する。

2.2 競技者の動作情報の計測機能

競技者の動作計測手法は二種類ある。一方は光学式モーションキャプチャを用いて計測を行う方法であり、もう一方はRGBD画像を用いて関節の三次元位置を推定する方法である。計測環境から適切な手法を選択し、動作情報を計測する

2.2.1 光学式モーションキャプチャを用いた計測

光学式モーションキャプチャを利用した方法は人物の動作を高精度に計測できる。これまでに、マーカの



Fig. 3 ZED Stereo Camera

配置を変更することで、壁によるオクルージョンに頑健な計測手法を提案している¹⁾。しかし、複数台のカメラを必要とすることや、被験者にマーカの取り付けが必要であることなど、制約も多い。

2.2.2 RGBD 画像を用いた計測

RGBD 画像を用いた人物姿勢推定は、計測精度においては前述のモーションキャプチャに劣るが、Fig.3 に示す RGBD カメラ一台で計測が可能のため、空間的、時間的な制約が少ない。本研究では、森永らが開発した ICP アルゴリズムを用いた人物姿勢推定システムを採用している²⁾。

2.3 ホールドに加わる力やモーメントの計測機能

スポーツライミングでは動作中に多点接触が頻繁に発生し、視覚情報や競技者の姿勢情報から各ホールドにかかる力を推定することは困難である。そこで四肢にかかる力やモーメントの計測システムをこれまでに開発している。¹⁾³⁾

2.3.1 ホールド負荷計測システムを用いた力計測

ホールド負荷計測システムは、Fig.4 のように 6 軸力覚センサをホールドと壁の間に設置し、力およびモーメントを計測する。このシステムは、ホールドに手を加えることなく計測できるため、多様なホールドに対応でき、かつ高精度な力計測が可能である。しかし、ホールドと壁の間に距離ができてしまうため、距離を考慮した競技のルート設定が必要となる。

2.3.2 ボルト型力覚センサを用いた計測

Fig.5 に示すボルト型力覚センサは、ホールドを壁に取り付ける時に利用するボルトに 4 枚の歪みゲージをつけることで力覚センサ化したものである。ボルト型力覚センサの精度は 6 軸力覚センサと比較すると劣るが、ホールドと壁の間の距離をゼロにすることができるため、競技の難易度に影響を与えることなく計測が可能である。このセンサを用いて固定されたホールドに力が加わるとボルトに微小な歪みが発生し、それを複数の歪みゲージによって検出することで、力を推定する。

2.4 可視化インターフェース

可視化インターフェースは壁の 3D モデル、競技者の動作情報、ホールドに加わる力のデータを合わせて表示するインターフェースである⁴⁾。Fig.1 はインターフェースの画面を示している。情報を可視化することにより競技者にわかりやすい形でクライミングの情報を提示することを目的としている。開発ソフトには Unity を用いており、競技者にはタブレット端末で情報を提示する。

動作情報は、二つの形式に対応しており、一つは全

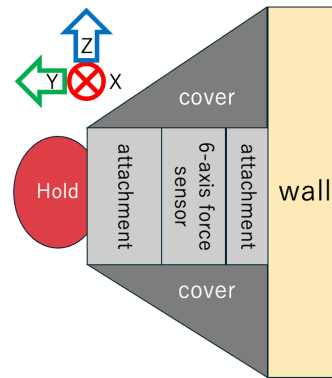


Fig. 4 Cross-sectional view of hold force measurement system

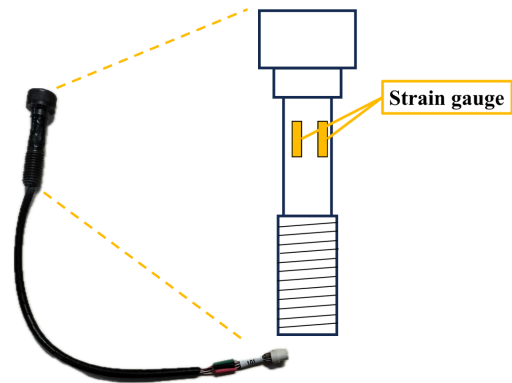


Fig. 5 Bolt type force sensor

身の関節角度情報、もう一つは各関節の三次元位置情報である。後者は、RGBD 画像から姿勢推定を行う場合に利用し、IK(Inverse Kinematics) を適用することで、関節角度情報を算出する。

ホールドに加わる力の表示には半透明の矢印を用いており、矢印の向きがホールドに加わる力の向き、矢印の大きさがホールドに加わる力の競技者の体重に対する割合を示している。本インターフェースは Fig.1 に示したように得られたデータを全て表示する画面と動作情報だけを非表示にした画面、グラフのみを描画する画面の 3 画面で構成されている。

3. 結言

本研究では複数の計測方法を組み合わせた動作・力情報可視化システムを提案した。このシステムを用いることで多様な環境に合わせて適切な計測方法を選択することが可能になり幅広い場面でスポーツライミングの動作・力情報を計測、可視化することができる。今後はシステムの精度向上と撮影から提示までの時間を短縮、より適した計測方法の提案を行い、スポーツクライミングの発展に寄与することを目指す。

謝辞

本研究はスポーツ庁委託事業「先端技術を活用した H P S C 基盤強化事業」の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Hitomi Iguma, Akihiro Kawamura and Ryo Kurazume. A New 3D Motion and Force Measurement System for Sport

- Climbing. 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp. 1002–1007, (2020).
- [2] 森永亘, 河村晃宏, 倉爪亮 (九州大学). RGBD 画像を用いた人物姿勢推定 —クライミング動作に対する実環境での精度検証 (第二報) —. Proceedings of the 2024 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 1P2-T05(1)–1P2-T05(3), (2024).
- [3] Akihiro Kawamura, Takato Nakashima, Masakado Danjo, and Ryo Kurazume. Development of a Bolt Type Force Sensor using Strain Gauges for Sport Climbing. 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII), pp. 1–4, (2023).
- [4] 佐渡島悠樹, 伊熊瞳, 河村晃宏, 倉爪亮 (九州大学). スポーツクライミングの動作・力情報可視化インターフェースの開発. システムインテグレーション部門講演, pp. 394–396, (2020).