

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 —第二報 スピード種目への適用に向けた機能拡張—

○仲道 智郎 (九州大学), 河村 晃宏 (九州大学, 国立スポーツ科学センター),
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 —Functional Extensions toward Application to the Speed Discipline—

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

Abstract: This paper extends a climbing motion measurement and visualization system (ClimbViS). The system was enhanced with a function for overlapping comparison of trials and a function to visualize the point of effort. In addition, the method for synchronizing between measurement systems was improved. Furthermore, speed climbing experiments were conducted, and the measured data were presented to climbers.

1. 緒言

スポーツクライミングは、壁面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壁を登攀するスポーツである。競技はボルダー種目、リード種目、スピード種目に分けられ、近年はオリンピックの正式種目として注目を集めている。これに伴い、競技者の動作計測やホールドに作用する力の計測に関する研究が進められている。しかし、力情報を取り扱っている研究や、インターフェースによるフィードバックを含めた競技者支援システムは少ない。著者らはこれまでに、競技者の動作と複数のホールドに加わる力を同時に取得し、その情報を直感的に可視化する支援システム ClimbViS (Climbing Visualization System)¹⁾を開発してきた。本研究では、このシステムを拡張し、試行の重畳比較機能と力点表示機能を新たに実装するとともに、システム間の同期について検討を行った。さらに、スピード種目を対象とした力計測実験を行い、取得したデータを競技者に提示することで本システムの有効性を検証した。

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 の拡張

2.1 ClimbViS の概要

ClimbViS は、多様な環境におい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、得られたデータを統合して三次元モデルを用いて可視化し、競技者に提示するシステムである。本システムの基本構成は既報¹⁾と同様であり、環境計測、動作計測、力・モーメント計測、可視化インターフェースの4つのサブシステムから構成される。

・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) を構築する。

・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取得する。

・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、

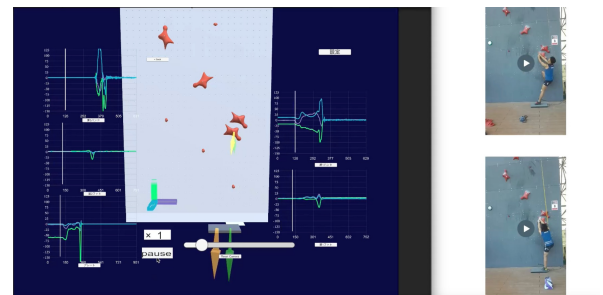


Fig. 1 ClimbViS interface

ホールドに作用する力および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 モデルやグラフとして提示する。

2.2 機能拡張

本研究では、既存システムに対し、機能拡張を行った。主な拡張項目は、試行の重畳比較機能および力点表示機能の実装である。加えて、複数計測システム間におけるデータ統合の信頼性を向上させるため、同期手法の改善も行った。

2.2.1 試行の重畳比較機能

本機能は、異なる試行のデータを Fig.1 のように、インターフェース上で重ね合わせて表示する機能である。比較対象の試行を異なる色のモデルで表示することで2つの試行の比較を容易にする。利用者は比較したい試行を選択することで、同じ被験者の異なる試行や、異なる被験者の試行など、任意の組み合わせでの比較が行える。

2.2.2 力点表示機能

本機能では、競技者がホールドに力を加えている点 (力点) を可視化する。力点を算出するためには、3 軸の力、3 軸のモーメントの情報が必要となるため²⁾、6 軸のセンサが搭載されたホールドやフォースプレートにおいて可視化を実施している。本システムでは Fig.2 に示すように、力を示す矢印オブジェクトの始点をこの

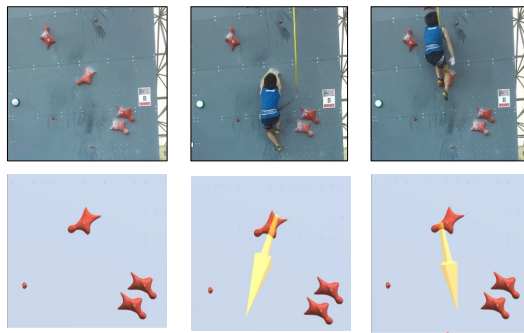


Fig. 2 Function to visualize the point of effort

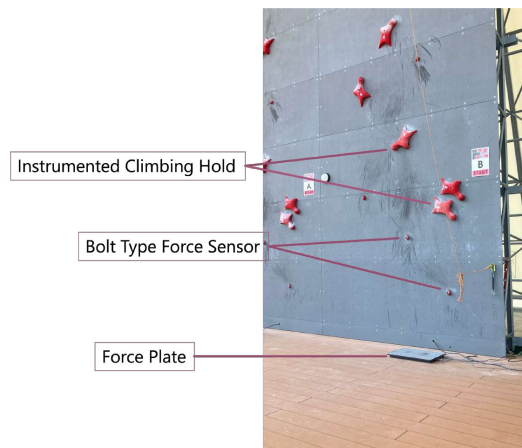


Fig. 3 Measurement environment

力点に一致させることで、力点の位置を視覚的に分かりやすく提示している。

2.2.3 センサ情報の同期

本システムでは、様々なセンサシステムを利用するため、複数台の PC を用いて計測を実施する。これらの PC を同期するため、ローカルネットワーク内に NTP (Network Time Protocol) サーバを構築し、各計測 PC が定期的に参照する方式を採用した。実際にインターネット接続のない環境下で 2 台の PC を用いて、同期を行ったところ、時刻のずれは最大 50[ms] 程度になることが観測された。

3. スピード種目への適用実験

開発したシステムをスピード種目に適用した実験について述べる。本実験の目的は、スタート局面における選手の力発揮の特性を計測し、開発したインターフェースが競技者へのフィードバックツールとして有効であるかを検証することにある。

3.1 実験環境

本実験では光学式モーションキャプチャシステムなどによる動作計測は行わず、力計測のみを行った。力計測は Fig.3 に示すように、フォースプレートと、スタート局面のハンドホールド、フットホールド大小各 2 箇所の計 5 箇所を対象とした。ハンドホールドの計測では Shintani ら²⁾の負荷計測システムを利用し、フットホールドに加わる力は Hayashida ら³⁾のボルト型力覚センサを用いて計測を行った。また、本実験では壁のモデルを事前に作成し、インターフェース上で使用した。

Table 1 Average score for each question

Question	Average
Is the interface display intuitive and easy to understand?	5.0
Is the display of force arrows easy to understand?	4.9
Is the graph display easy to understand?	4.5
Is the interface operation comfortable?	4.1
Do you think this interface is effective for training?	4.9
Are you satisfied with the overall usability of the interface?	4.6
Would you like to use this interface in the future?	5.0

3.2 実験方法

実験には、スピード種目競技者 5 名が被験者として参加した。被験者には、スタート動作を複数回行ってもらい、その際の力データを記録した。計測終了後、取得したデータを処理し、Fig.1 に示す本システムの可視化インターフェースの画面を各競技者に提示した。まず、競技者にインターフェースを操作してもらい、パフォーマンスデータを自由に閲覧・分析できるようにした。また、カメラで撮影した各試行の映像も併せて確認できるようにした。その後、本システムの有用性や操作性を評価するため、被験者 5 名および指導者 3 名を対象に、5 段階評価のアンケート調査を実施し、各質問項目を 1 (全くそう思わない) から 5 (とてもそう思う) で回答してもらった。

3.3 アンケート結果と考察

アンケート結果を Table.1 に示す。全体として各設問で高い評価が得られたが、インターフェースの操作の快適さについては相対的に低い結果となった。また、アンケートの自由記述欄からは、主に以下のような具体的な改善要望が挙げられた。

- 動作の映像と可視化情報の同期再生機能
- 競技者個人端末での使用
- スメアリング (壁面へのキック) 動作の力計測

これらの結果から、本システムが提示する情報は競技者にとって有益である一方、実用性をさらに高めるためには、操作性の改善や、映像連携、計測対象の拡大といった機能拡張が望まれることが示された。

4. 結言

本研究では、既存のスポーツクライミングの動作・力情報可視化システム ClimbViS に対し、新たに試行の重畳比較機能と力点表示機能を実装した。さらに、開発したシステムを用いて実際のクライミング壁でスピード種目の計測実験を行い結果を競技者に提示した。今後は、新機能の追加、動作情報を組み合わせた実験や、より効率的なデータの利用を行っていくことでスポーツクライミングの競技力向上に寄与することを目指す。

5. 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」および JSPS 科研費 JP24K14531

の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 河村ら: 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, 第 25 回システムインテグレーション部門講演会 (SI2024), pp. 2144–2146 (2024).
- [2] T. Shintani et al.: Instrumented Climbing Hold for Force Measurement in Speed Climbing, 30th Annual Congress of the European College of Sport Science (2025), pp. 265–266.
- [3] T. Hayashida et al.: Bolt Type Force Sensor with Improved Wiring for Force Measurement in Sport Climbing, IEEE SENSORS 2024 (2024), pp. 1–4.