

スポーツクライミングのスピード種目における センサ内蔵型ホールド負荷計測システム －第二報 設計変更による機械的強度の向上－

○新谷 拓海（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）

Instrumented Climbing Hold for Speed Climbing: Mechanical Strength Improvement by Design Revisions

○ Takumi SHINTANI (Kyushu University), Akihiro KAWAMURA (Kyushu University, JISS),
Shimpei AIHARA (JISS) and Ryo KURAZUME (Kyushu University)

Abstract: We have developed a 6-axis force measurement system for speed climbing, but it faced issues with mechanical strength. This research aims to resolve these problems by modifying the system's internal design. In this paper, we change the hold model and fixation method to investigate the resulting changes in mechanical strength.

1. 緒言

スポーツクライミングとは、ホールドと呼ばれる様々な形状の突起物を掴む、踏むなどしながら、多様な傾斜の壁を登る競技である。本競技にはボルダー種目、リード種目、スピード種目の3種目がある。このうちスピード種目とは、**Fig. 1**に示す2種のホールドのみが設置された**Fig. 2**に示す高さ15mの壁を、登りきる速さを競う競技である。

ホールドに加わる力やモーメントの情報は本競技の動作解析において重要であり、これらの計測システムがこれまでも提案されている^{1), 2)}。しかし、これらのシステムはセンサ設置のために専用加工された壁が必要であり、設置環境が限定的、すなわちスピード種目の既存の壁での利用が困難という課題がある。

これを解決するため、我々はこれまでに、スピード種目の既存の壁に設置可能、かつ競技者の動作を妨げずにハンドホールドに加わる負荷の計測が可能な、センサ内蔵型ホールド負荷計測システムを提案している^{3), 4)}。しかし、実証実験において、壁の材質による強度の低下や、ホールドの年式による保持感の違いに関する問題が明らかになった。

そこで本研究では、ホールド負荷計測システムの内部設計を変更して改良を行うことで、これらの問題解決を目指す。本稿では、使用するホールドの年式や土台部分とホールドの固定方法の変更について述べ、これによる機械的強度変化の調査を行う。

2. センサ内蔵型ホールド負荷計測システム

本研究で提案するセンサ内蔵型ホールド負荷計測システムの構成を**Fig. 3**に示す。基本的な構成や設置手順は先行研究^{3), 4)}と同じであるが、実証実験において明らかになった問題に対処するため、いくつかの内部設計の変更を行っている。先行研究からの主な変更点を以下に示す。

- 使用するホールドの年式
- 土台部分およびホールドの固定方法

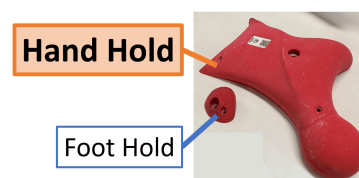


Fig. 1 Two types of holds used in speed climbing



Fig. 2 Speed climbing wall

2.1 使用するホールドの年式変更

先行研究のシステムでは古い年式のホールドを使用しており、現在競技で使用されているホールドとの間に若干の形状の差異がある。これにより、先行研究のシステムでの運動計測時には競技者に違和感を与えてしまった。これを解決するため、本システムで使用するホールドを新しい年式のもの、すなわち現在競技で使用されているホールドと同一形状のものに変更した。

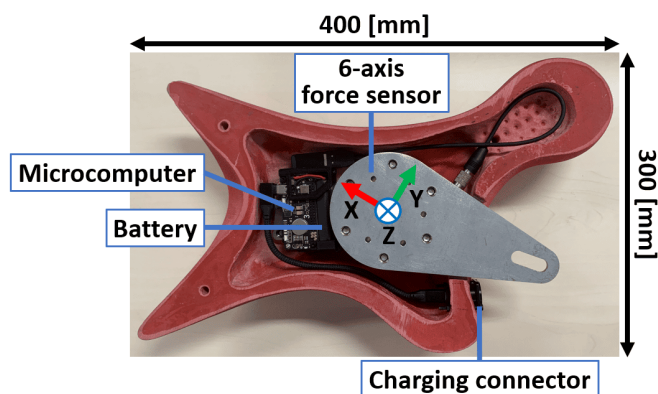


Fig. 3 Configuration of the proposed system

2.2 土台部分およびホルドの固定方法変更

先行研究のシステムでは、最初に壁に取り付ける土台部分をボルト1本とビス6本で固定している。しかし、特定の材質の壁においてビスによる固定が不安定となり、土台部分のボルトを中心にシステム全体がぐらつく現象が発生した。これを解決するため、Fig. 4に示すように、土台部分をボルト2本で固定できるものに変更した。これに伴い、土台部分がホルド外側まで出てしまうことになるが、競技者が使用しない位置に土台部分を設定することで、競技への影響を押さえている。

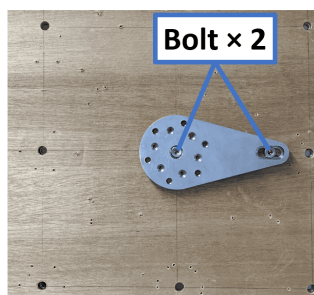


Fig. 4 Base plate of the proposed system

また、先行研究のシステムではホルドを固定する際、ボルト4本で固定していた。しかし、ボルトの位置が中央部に集中していたため、競技者が把持する位置によっては大きな歪みが生じていた。これを低減するため、Fig. 5に示すように、ホルド中央部のボルト4本による固定はそのままに、大きな力が加わりやすい図中の左側部分にボルト2本による固定を追加した。

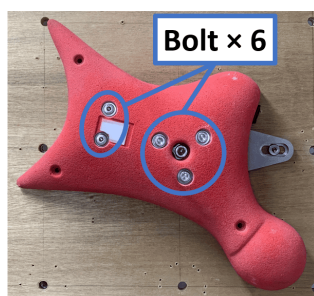


Fig. 5 Hold fixed method of the proposed system

3. 機械的強度変化の確認実験

本研究で行った内部設計の変更による、本システムの機械的強度の変化を確認する実験を行う。先行研究のシステムと本研究のシステムそれぞれにおいて、Fig. 6に示すPoint A～Cの各位置から壁の垂直奥方向に50 Nの力を加え、Gap 1～3の各位置のホルドと壁の距離の変化を確認する。また、競技者がスタート時に加える力の再現として、Point Dに対して手で壁の垂直手前方向に150 Nの力を加え、同様に距離変化を確認する。

実験結果をTable 1に示す。ここで、計測された距離変化量 Δd は絶対値で示している。ほとんどの場合、本研究のシステムは先行研究のシステムよりもホルドと壁の距離変化量が小さくなっている。これより、本研究で行った内部設計の変更によって本システムの機械的強度が向上しており、競技者に与える違和感が低減されたといえる。

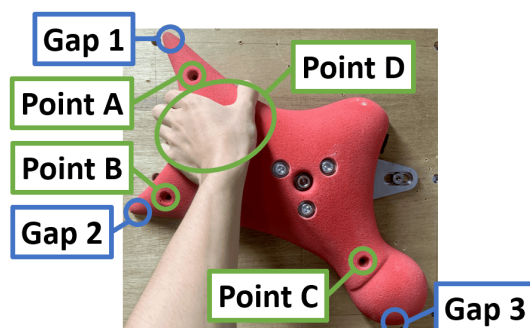


Fig. 6 Force application points and gap measurement points

Table 1 Comparison of gap changes between conventional and proposed systems

Experimental Factor		Conventional System ^{3), 4)}	Proposed System
Point	Gap	$ \Delta d $ [mm]	$ \Delta d $ [mm]
A	1	0.77	0.73
	2	0.63	0.37
	3	0.27	0.13
B	1	0.53	0.50
	2	0.73	0.53
	3	0.00	0.00
C	1	0.10	0.00
	2	0.00	0.20
	3	0.37	0.23
D	1	2.30	2.00
	2	1.60	1.20
	3	0.40	0.20

4. 結言

本稿では、スポーツクライミングのスピード種目におけるセンサ内蔵型ホールド負荷計測システムにおいて、内部設計の変更を行い機械的強度を向上させた。本研究のシステムを用いることで、先行研究のシステムよりも実際の競技に近い状態で、ハンドホールドに加わる負荷の計測が行える。今後は実際の競技環境で計測実験を行い、競技者の技術向上を支援することを目指す。

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」およびJSPS 科研費 JP24K14531の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] V.Cahouet, X.Hugues, A.Thepault, F.Quaine, "A connected wall for biomechanical speed climbing analysis", Sports Physics 2024 Conference, 2024.
- [2] P.Wolf, F.Wittmann, P.Scheuber and P.Legreneur, "Performance analysis in speed climbing: first insights into accelerating forces during starting phase", Proceedings of the 5th international rock climbing research congress, pp.69-72, 2021.
- [3] 新谷拓海, 河村晃宏, 相原伸平, 倉爪亮: スピードクライミングにおける力覚センサ内蔵型ホールド負荷計測システム, 第25回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2024), 2024.
- [4] T.Shintani, A.Kawamura, S.Aihara and R.Kurazume, "Instrumented climbing hold for force measurement in speed climbing", Book of Abstracts of the 30th annual Congress of the European College of Sport Science, pp.265-266, 2025.