

# コンディショニングに関する研究 最終報告

## (1)スランプの要因と解決策に関する調査研究

2024.3.27

H2L,Inc. 東京大学, スポーツ庁による研究

A woman with long blonde hair, wearing a blue sports top, is shown from the chest up, stretching her right arm across her left shoulder. She is wearing a black wristband on her right wrist. The background is a bright, sunlit park with green grass and trees, creating a bokeh effect. The overall tone is warm and natural.

研究目的

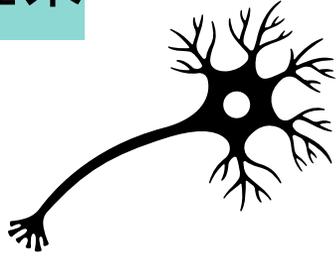
---

“スランプ”の実態とその発現の機序を解明

# 3つのアプローチ

“スランプ”の実態とその発現の機序を解明するため、3つの分野からアプローチ

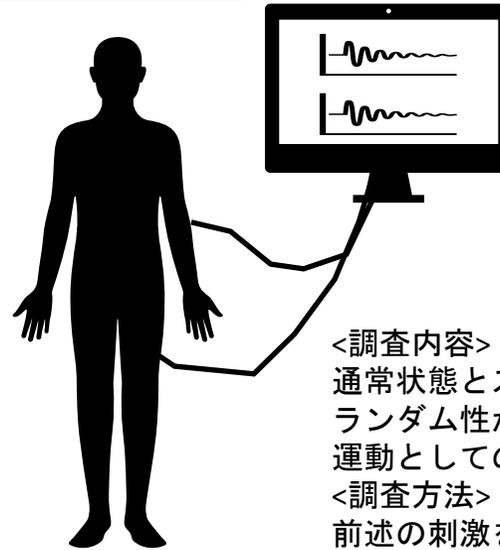
## (a)脳・神経系



東京大学 柳原先生

<調査内容>  
スランプ時の  
 $\gamma$ バイアス及び $\gamma$ 運動ニューロンの調整のための小脳の役割  
(オリブ核ニューロン-登上線維系の活動)  
<調査方法>  
文献調査  
マウスを用いた運動学習課題の介入実験

## (b)運動系



<調査内容>  
通常状態とスランプ状態の2種類の被験者に対してランダム性が高い/低い運動刺激を与えた時の運動としての対応可能性とストレス負荷量を測定あるいは観測  
<調査方法>  
前述の刺激を与えた時の筋変位センサデータを分析  
前述の刺激を与えた時のメンタル負荷量(LF/HFと主観)を分析  
スランプに関するヒアリングやインタビュー調査

## (c)心理系



## (a),(b),(c)の知見融合例

全ての知見からスランプを脱却する刺激(トレーニング)を見出す

# (a) 脳・神経系

## 《背景》スランプの要因の一つに過剰学習(過学習)やストレスが考えられる

### 複数あるスランプの要因

過剰学習  
(過学習, 過固定)

怪我や故障の前兆

精神的なもの  
(ストレスの影響)

指導情報の不足

※参考文献[2-7]

Writer's cramp(書痙)などに代表される過剰学習時の脳活動においては、小脳と大脳皮質頭頂葉との機能連関が減退していること[2]や、ジストニアなどにおいては、小脳皮質における過剰活動が示されている[3]。

運動の学習および記憶においては、小脳が非常に重要な役割を果たしており、学習には小脳のシナプス可塑性がその神経基盤となるが、シナプス可塑性の発現には延髄の下オリーブ核ニューロンから発している登上線維からプルキンエ細胞へのシナプス入力が必要な働きを有している[3]。

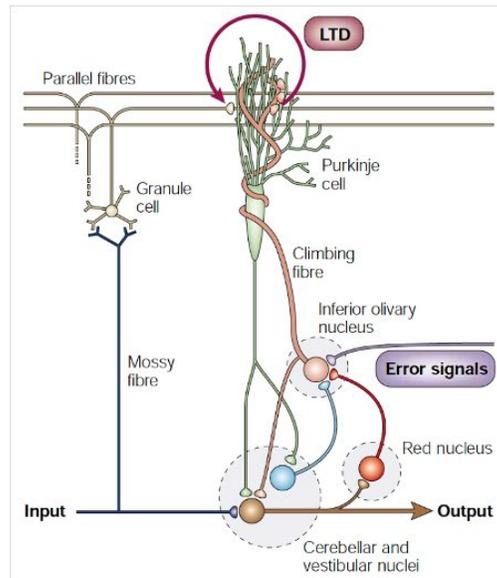
小脳における登上線維-プルキンエ細胞シナプスが、短期間の不活動により形態学的には退縮し、機能的(電気生理学的解析による)には伝達効率の低下が引き起こされることが、成熟した正常野生型マウスで不活動によりシナプスレベルでの変容にて示された報告もある[8]。

#### 参考文献

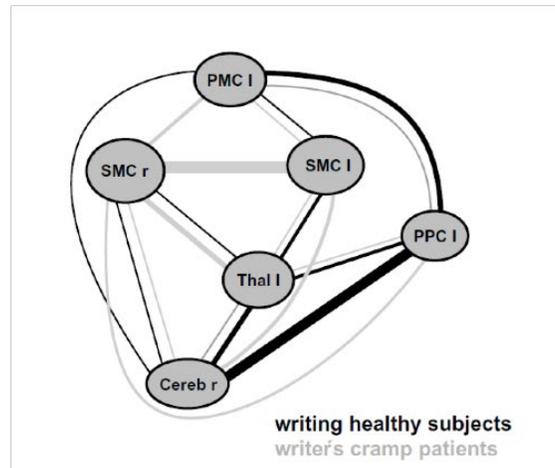
- [1] “コンディショニング”, e-ヘルスネット, 厚生労働省, 2022.08.29アクセス
- [2] Markus Butz, Lars Timmermann, Joachim Gross, Bettina Pollok, Martin Dirks, Harald Hefter, Alfons Schnitzler, Oscillatory coupling in writing and writer's cramp, Journal of Physiology-Paris, Volume 99, Issue 1, Pages 14-20, 2006.
- [3] Kumar, A., Lin, CC., Kuo, SH. et al. Physiological Recordings of the Cerebellum in Movement Disorders. Cerebellum (2022). <https://doi.org/10.1007/s12311-022-01473-6>
- [4] Overlearning hyperstabilizes a skill by rapidly making neurochemical processing inhibitory-dominant., Kazuhisa Shibata, Yuka Sasaki, Ji Won Bang, Edward G. Walsh, Maro G. Machizawa, Masako Tamaki, Li-Hung Chang, Takeo Watanabe, Nature Neuroscience, No.20, p.470-475 (2017)
- [5] 柴田和久, 知覚学習の安定性と脳の興奮・抑制比率, 日本神経回路学会誌 Vol. 26, No. 1-2, p.3-9(2019).
- [6] 2000年もの歴史がある弓道の「早気」克服の課題をスポーツ心理学の観点から研究したい!, 筑波大学体育系 坂入洋右, 2021/08/03.
- [7] 西尾誠一郎, 林祐一, 加藤新英, 大野陽哉, 和座雅浩, 長尾洋一郎, 向野晃弘, 中根俊成, 下畑享良, 弓道における異常な運動(いわゆるイップス) - 頻度, 分類, 危険因子の検討 -, 臨床神経学, 論文ID cn-001568, 公開日 2021/07/17
- [8] Kakizawa, S., Miyazaki, T., Yanagihara, D., Iino, M., Watanabe, M., Kano, M.: Maintenance of presynaptic function by AMPA receptor-mediated excitatory postsynaptic activity in adult brain. Proceedings of National Academy of Science USA 102, 19180-19185 (2005).

# (a) 脳・神経系

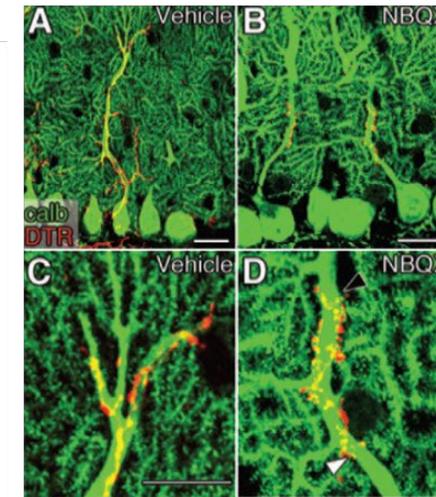
スランプの発症原因について調査し、仮説をたてるためには、運動の学習・記憶においては、小脳におけるシナプス可塑性としての長期抑圧(long-term depression: LTD)、それを基盤とした運動学習には下オリーブ核ニューロンの登上線維が伝送する誤差信号(error signals)が必要不可欠である。



小脳神経回路  
Climbing fibre: 登上線維



健常者では、筆記作業中に小脳(Cereb)と大脳皮質頭頂葉(PPC)との機能的結合が強いが、Writer's crampの被験者では減退している (Butz et al., J Physiol Paris, 2006).



LTD及び運動学習に必要な不可欠な登上線維からプルキンエ細胞(緑色)へのシナプス(赤色及び黄色)は活動依存的に変容する (Kakizawa et al., PNAS, 2005).

小脳神経回路上のWriter's crampの被験者の機能的結束の減衰とプルキンエ細胞へのシナプス活動依存

# (a) 脳・神経系

## 本研究における目的

脳内には、種々のストレスによってニューロンから放出されるストレス物質があり、特に、**副腎皮質刺激ホルモン放出因子 (corticotropin-releasing factor, CRF)** は、**小脳**に大きな影響を及ぼすことが従来までの研究により示されている(Ezra-Nevoet al., Translational Psychiatry 8, 107, 2018)。

本研究では、  
一過性の（一時的な）ストレスは運動のパフォーマンスや学習に対して功を奏するかもしれないが、慢性的に過度なストレスを受けると運動のパフォーマンスや学習に負の影響を及ぼし得ることを小脳における神経機構とそれが関わる運動系を対象に詳細に調べることを目的とし、それらの結果を基にして、ストレス性のスランプの原因に関わる脳内機序の一端として、物質レベルと運動のパフォーマンスや運動学習への影響について明らかにする。



Rotarod performance test



Split-belt treadmill test

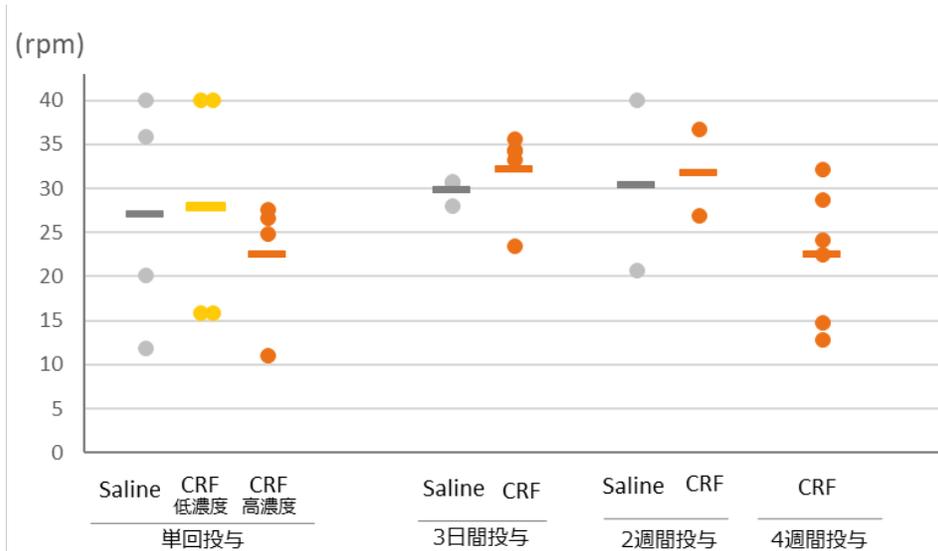
# (a) 脳・神経系

## 結果

短期のCRF投与(ストレス)に関しては、学習およびパフォーマンスがよくなる可能性があることがわかってきた。

→一過性のストレスが、スランプに対して、逆に脱却させる可能性が示唆された。

引き続き追加実験を重ね、論文化を目指す。



ローターロード試験の4試行の回転速度最大値

本研究では、脳内の機能分子の発現動態によるスランプの発症機序について解明する手掛かりを発見し、ヒトの実験系に有用な仮説を提案することを目標としたが、本研究の結果より、CRFの単回あるいは短期間投与がパフォーマンスを向上する可能性は示唆されたものの、長期間のCRF投与がパフォーマンスを低減させることは認められなかった。

単回投与においてはCRF濃度の違いがパフォーマンスに影響を及ぼす可能性が示唆されたことから、今後は特にCRFの単回投与におけるサンプル数を増やし、運動のパフォーマンスおよび適応・学習機能におけるCRFの作用機序についてさらに深く検証することで、スランプ脱出のための脳内分子機序に関する研究を進める必要がある。

## (b) 運動系 & (c) 心理系

### スランプの原因を探る

スランプの原因が、学習の過剰学習(過学習)による固定化やストレスであると仮定したとき、ランダム性の高い運動刺激(トレーニング)への対応が通常の状態と異なるはず。

《仮説1》 過剰学習で身体動作が固定された状態であるスランプ時は、ランダム性の高いトレーニングに対応できないのではないか？

《仮説2》 トレーニングのランダム性の高さと、メンタル負荷量に相関があるのか？

《仮説3》 ランダム性の高いトレーニングは、過剰学習を打ち消し、スランプ状態の脱却に効果があるのではないか？

スランプに関するアンケート調査も実施

# (b) 運動系: 実験1

《目的》スポーツ選手のスランプ予兆やメンタル負荷を推定し、スランプを回避する  
《仮説1》スランプ中あるいはスランプ直前は、ランダム性が高いトレーニングに対応できない。  
《手法1》ランダム性が高い(筋変位の時系列分散が高い)トレーニングを特定し、  
スランプ有無でランダム性が高い/低いトレーニングの対応可能性に差があるか調査する

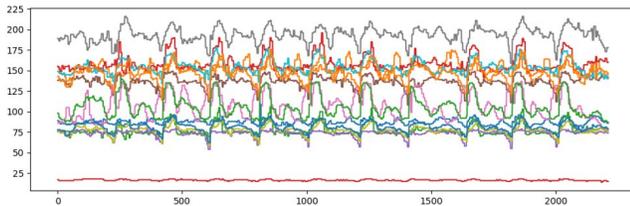
ランダム性が高い/低いトレーニングを  
筋変位センサデータで特定



新聞紙トレーニング



ハマロビクス  
スクワット



結果予想	ランダム性が高い動作	ランダム性が低い動作
スランプ無し 	◎ 対応可能	◎ 対応可能
スランプ有り 	✕ 対応不可	◎ 対応可能

※データは解析中で、上記の図や結果は仮のものです

# (b) 運動系: 実験1報告

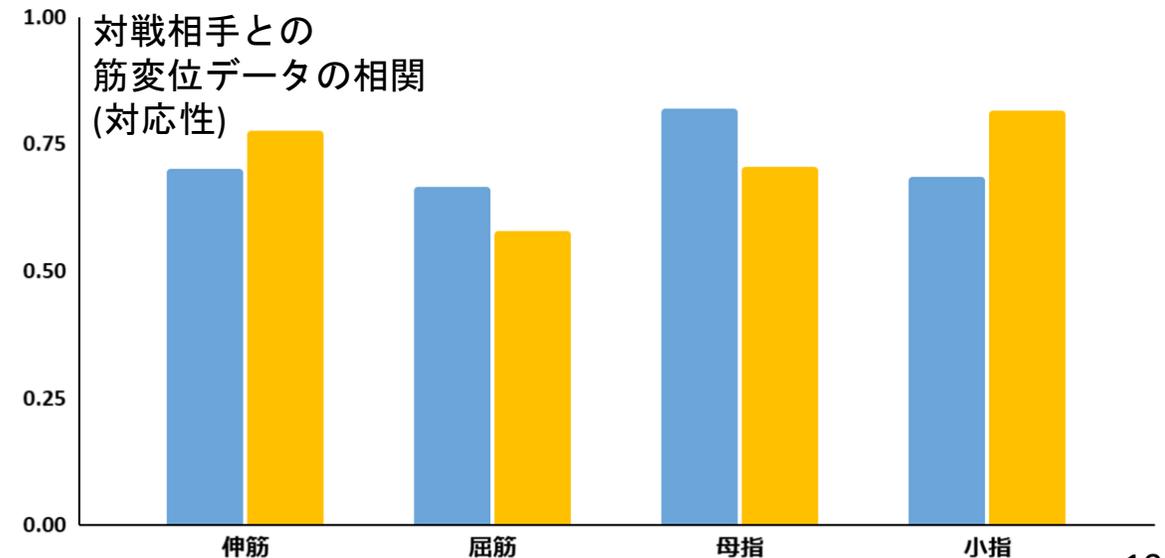
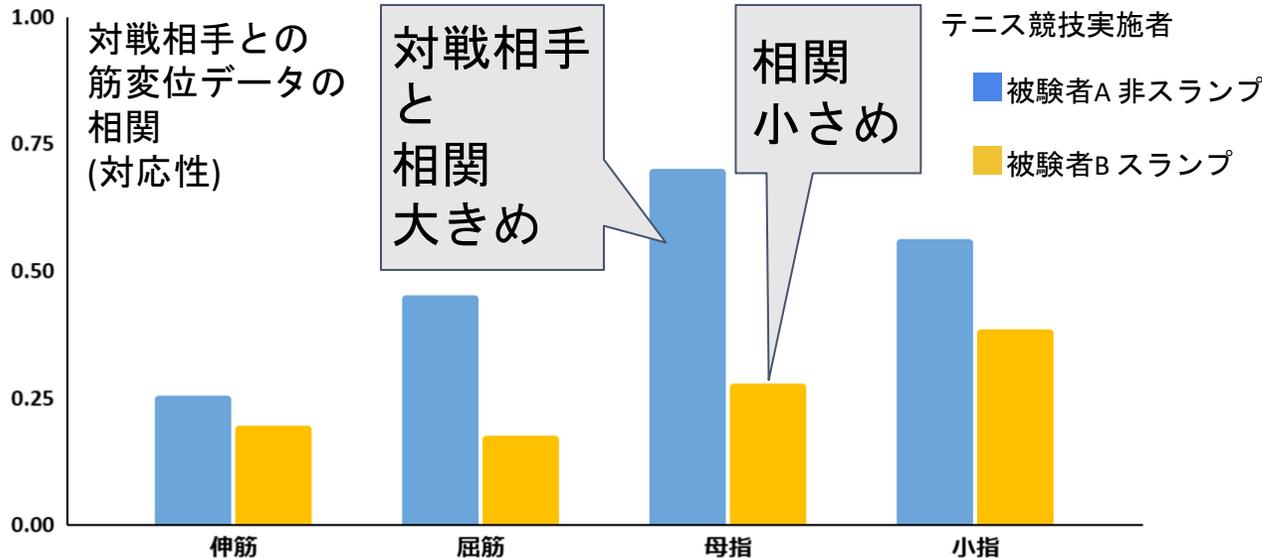
《仮説1》 過剰学習で身体動作が固定された状態であるスランプ時は、  
ランダム性の高いトレーニングに対応できないのではないか？

<結果> 手押し相撲はランダム性の高いトレーニングということがわかった。

<結果> スランプ状態の人は、ランダムなトレーニング(手押し相撲)に対応できない

ランダムな手押し相撲では、  
■非スランプしか対戦相手の動きに対応できない

規則的にした手押し相撲では、  
■非スランプでも ■スランプでも、  
対戦相手の動きに対応できる



## (b) 運動系: 実験1報告

《仮説1》 過剰学習で身体動作が固定された状態であるスランプ時は、  
ランダム性の高いトレーニングに対応できないのではないか？

**<結果> スランプ群は新聞紙タスク(ランダムなトレーニング)に対応できない 傾向**

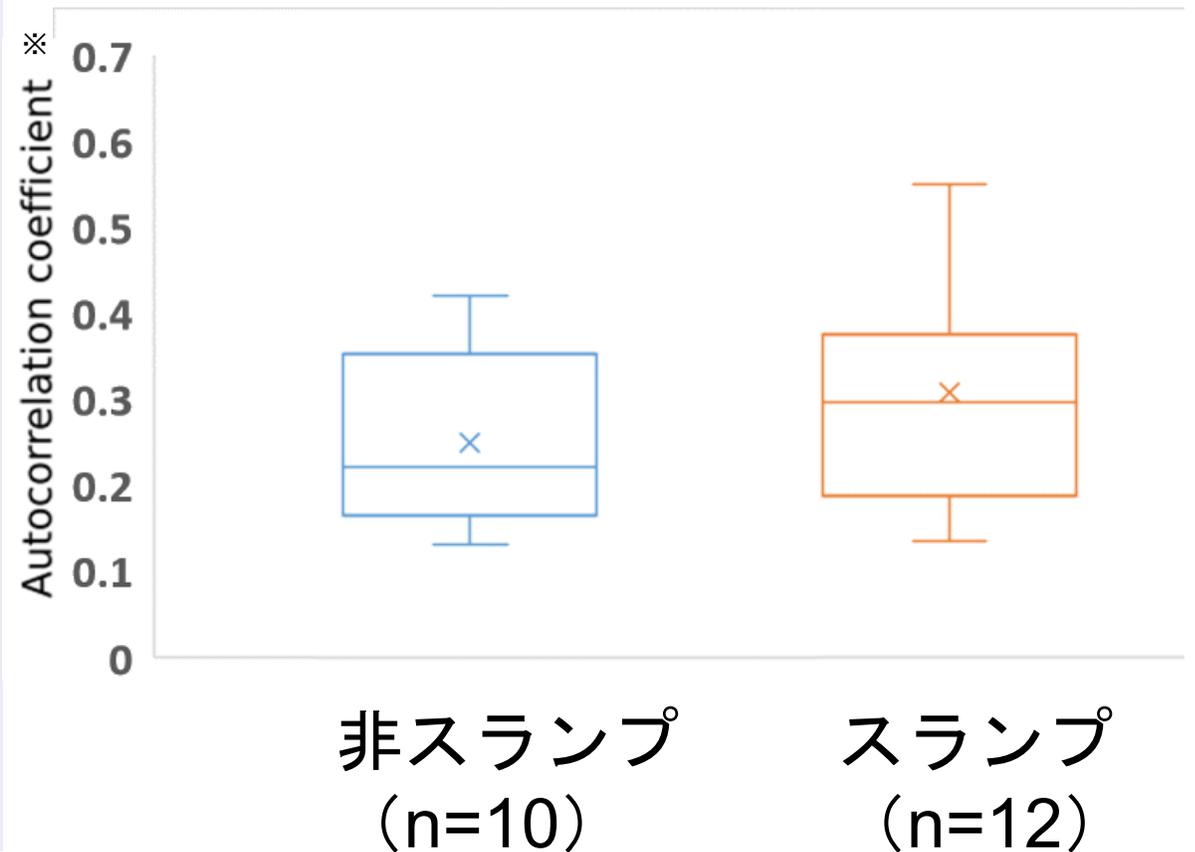
訓練者内のスランプ群と非スランプ群での  
比較

右図は、新聞紙課題の屈筋の筋変位

→ スランプ群は新聞紙タスク(ランダムなト  
レーニング)に対応できない 傾向



※時系列データに周期性がある場合、自己相関係数は高くなる（数値が1に近い）。自己相関係数が低い場合（数値が0に近い）は、データがランダムであることを示す。



## (b) 運動系: 実験1報告

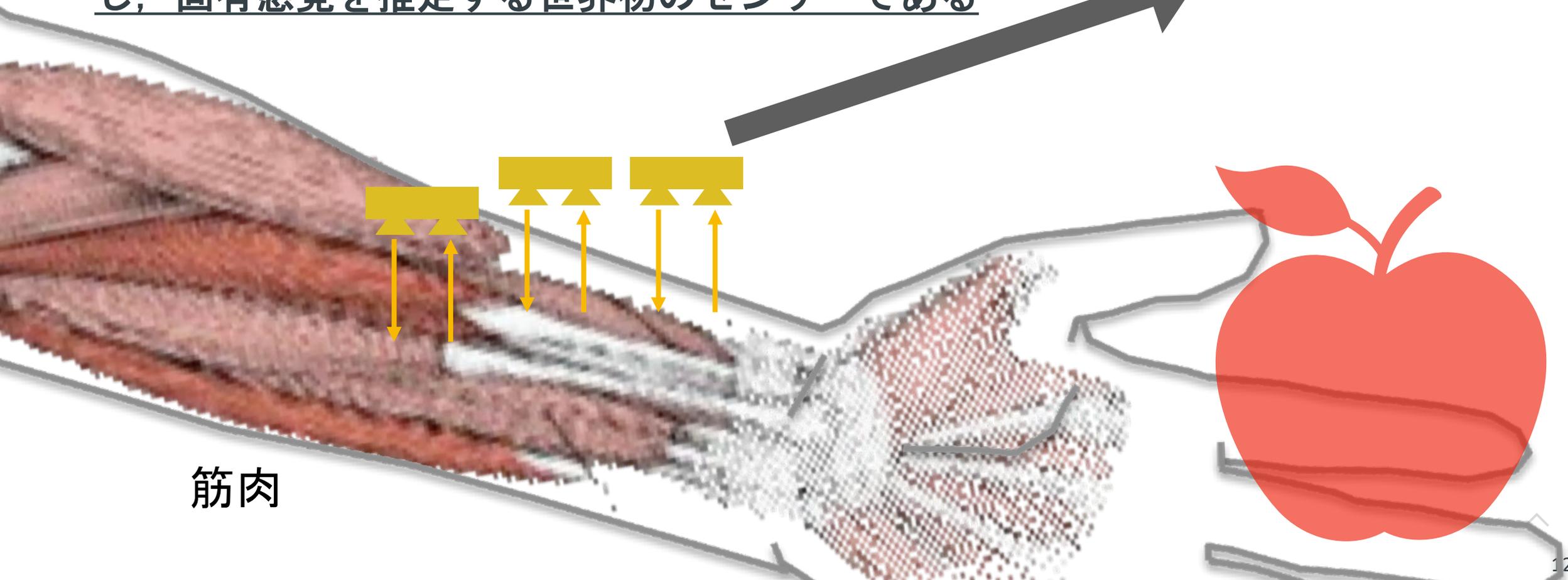
### 原理説明: 筋変位センサ

今回, スポーツレーニングの身体情報(固有感覚)を観測するために, 新たに筋変位センサを採用した.

筋変位センサとは, 光学反射から筋肉の膨らみを測定し, 固有感覚を推定する世界初のセンサーである

Computer

重さ200g



筋肉

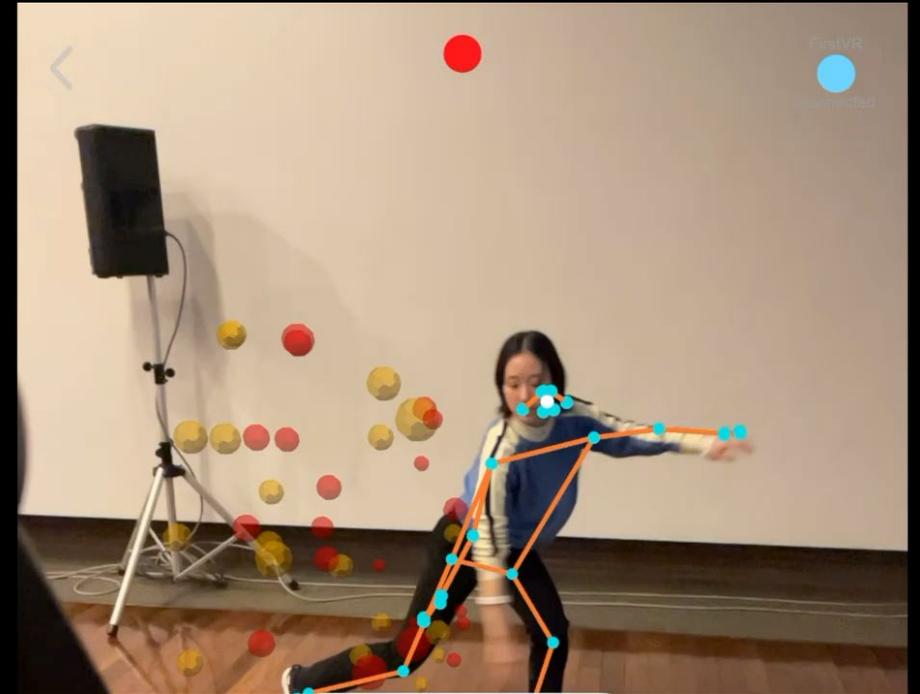
# 筋変位センサで測定する筋肉の状態

## 大きな力加減のスポーツ



ゴルフスイング

## 小さな力加減のダンス

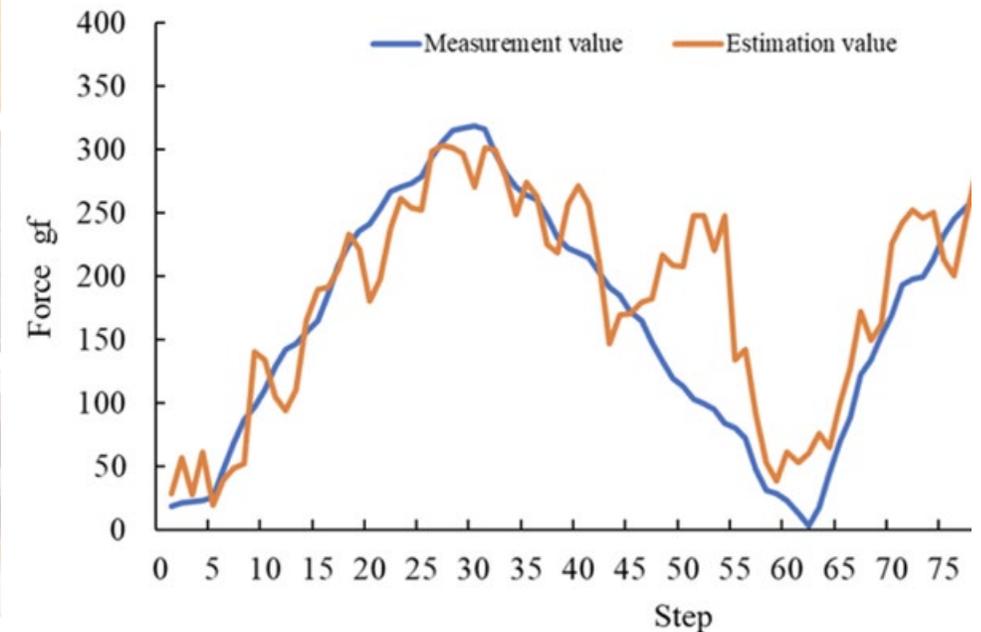
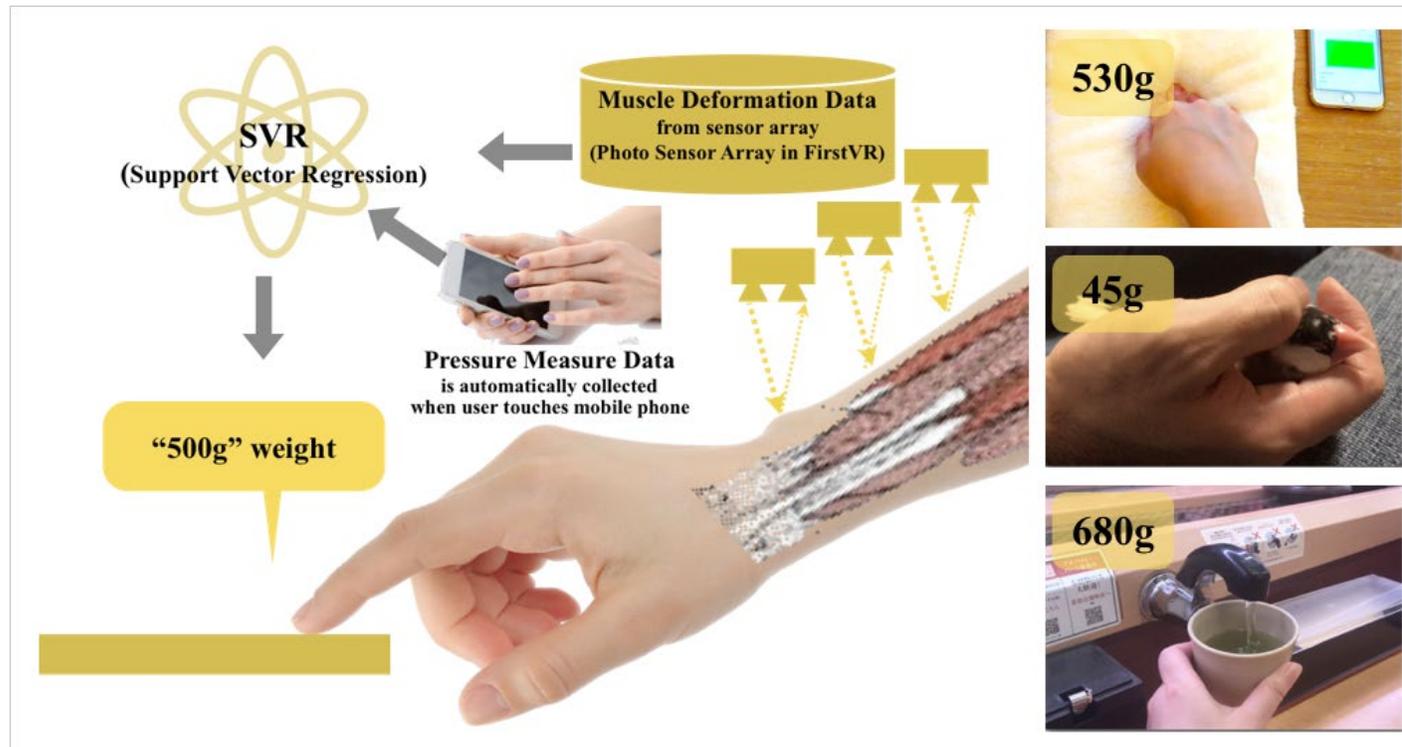


コンテンポラリーダンス

## (b) 運動系: 実験1報告

### 筋変位センサ: 固有感覚を数値化し伝達する技術

筋変位センサと機械学習で、筋肉の膨らみから重量覚や力加減(固有感覚を使う操作)を推定。  
より高精度な推定が必要な場合は、圧力センサでキャリブレーション。  
スマホ画面の圧力センサでのキャリブレーションの場合、  
100~800gfの範囲で60g誤差で力の入れ具合を数値化



# (c) 心理系

《目的》スポーツ選手のスランプ予兆やメンタル負荷を推定し、スランプを回避する  
《仮説2》トレーニングのランダム性の高さとはメンタル負荷には相関がある  
《手法2》通常トレーニング時とランダム性が高いトレーニング時のメンタル負荷を  
アンケート(VASとK6)と心電図(LF/HF)にて計測し、その相関を算出する。

スランプに関するアンケート調査も実施

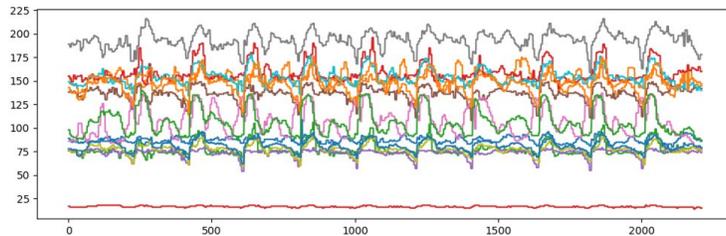
動作のランダム性の高さ



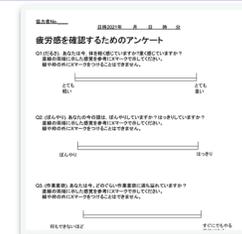
新聞紙トレーニング



ハマロビクス  
スクワット



メンタル負荷



アンケート  
(VAS: Visual Analog Scale)



心電図  
(LF/HF)



相関性を計測

# (c) 心理系

## 《実験内容》

筋変位センサ(FirstVR)を用いて、スポーツ実施時やトレーニング時のユーザの筋変位の時系列データを取得し、「ユーザのコンディション(環境やストレス)」によって「筋変位の時系列データの特徴量」に差が生じるどうかを分析。

スポーツ実施時は実施者が自身にかかるストレスに対応して一定のパフォーマンスを維持しなければならないため、疲労ストレス計(MF100)を用いて対象者の疲労ストレスデータ(自律神経の状態、心拍のLF/HF比)を取得し、「筋変位の時系列データの特徴量」との相関を分析することで、より詳細にスランプの原因について考察する。また、別途アンケートによってスランプの要因を分類調査と比較する。

2024.3.13 現在, 22名のデータを取得済み



Gripper



Hands together



Balloon



Paper exercise



Hand-push interaction task  
a. Random stimulation  
b. Periodic stimulus action



疲労ストレス計  
MF100 (村田製作所)



FirstVR

被験者に課すタスク

使用デバイス

# (c) 心理系

疲労ストレス計(MF100)を用いて対象者の疲労ストレスデータ(自律神経の状態、心拍のLF/HF比)を取得し、「筋変位の時系列データの特徴量(自己相関係数)」との相関を分析

《仮説2》トレーニングのランダム性の高さでメンタル負荷には相関がある  
**<結果> 各トレーニング課題とLF/HF比に有意な関係性は認められなかった。**

## ランダム性が低い動作



グリップ

伸筋 :  $r=0.01$  / 屈筋 :  $r=0.09$



合掌

伸筋 :  $r=0.00$  / 屈筋 :  $r=0.28$



紙風船

伸筋 :  $r=0.05$  / 屈筋 :  $r=-0.11$



手押し相撲 リズム動作

伸筋 :  $r=-0.11$  / 屈筋 :  $r=-0.06$

## ランダム性が高い動作



新聞紙トレーニング

伸筋 :  $r=-0.23$  / 屈筋 :  $r=-0.10$



手押し相撲 ランダム刺激

伸筋 :  $r=-0.25$  / 屈筋 :  $r=0.19$

r : 相関係数

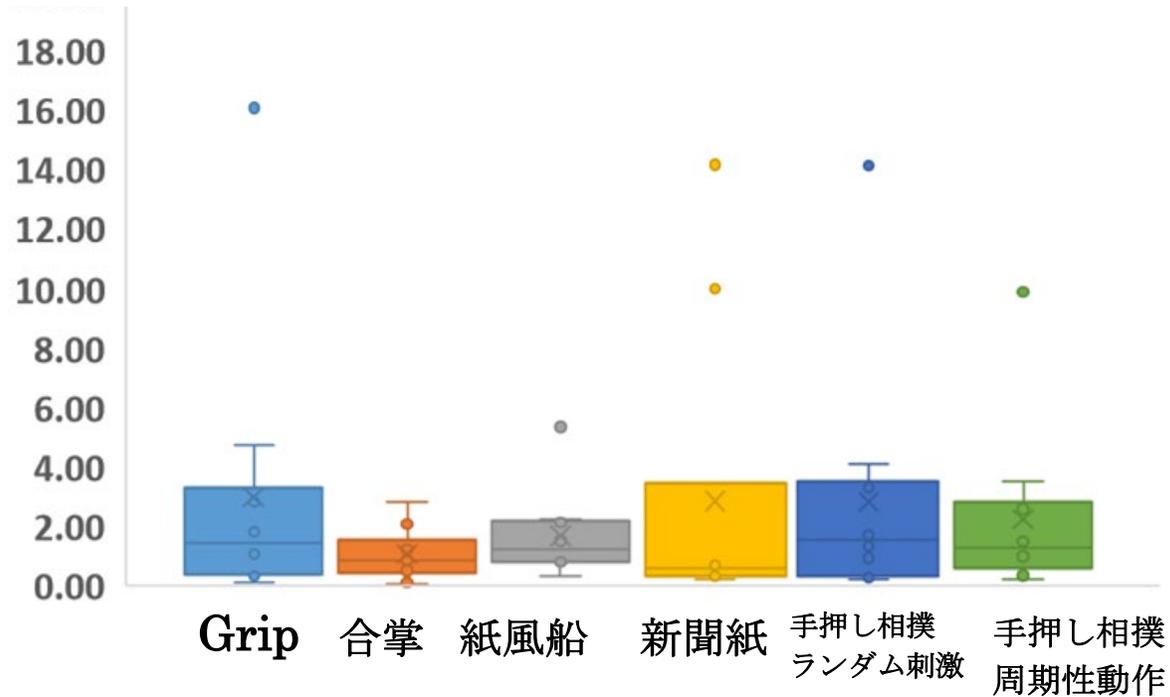
相関係数とは、関係の強さを、1 から -1 の間の数で表す。相関係数の絶対値が 1 に近いほど、相関関係が強くなる。

# (c) 心理系

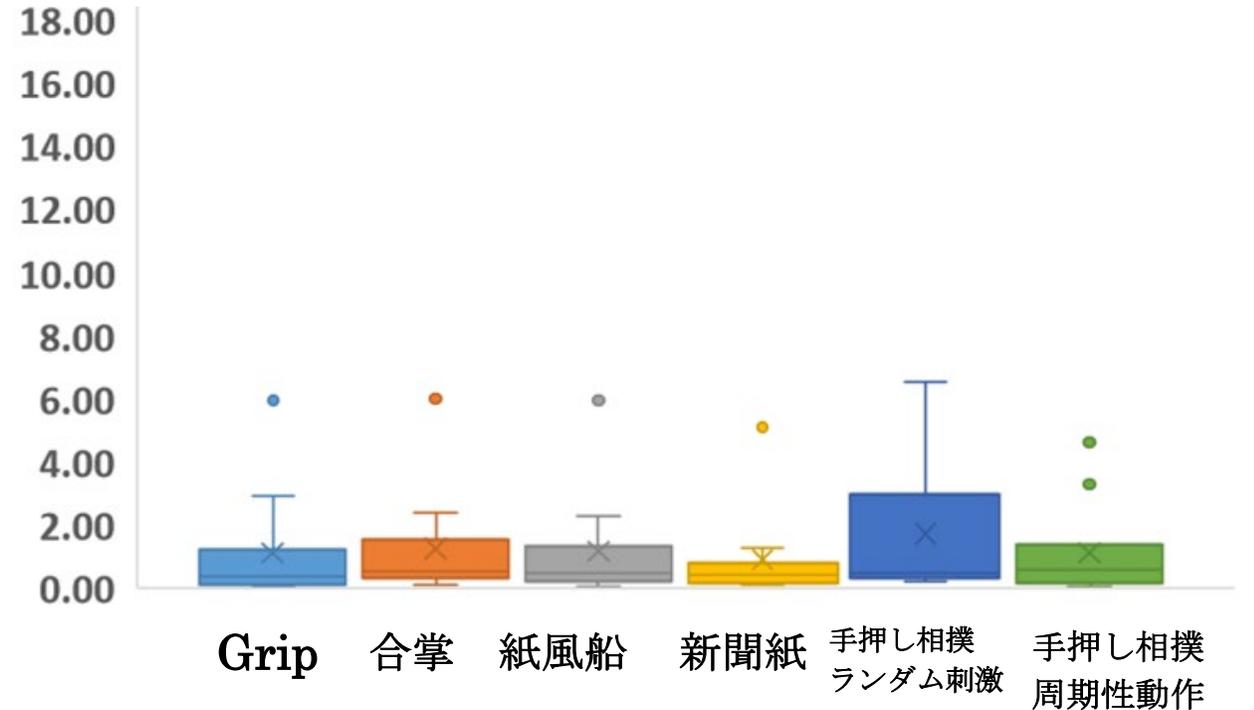
スランプの人は、規則性あるいはランダムなトレーニングを実施した際にストレスが変化するか分析.

<結果> 非スランプ群に比較してスランプ群のストレス（LF/HF比）の変動は大きいが、有意な差は今回認めなかった。

### スランプ群



### 非スランプ群



# (c) 心理系

疲労度

既にストレスがある人は、「トレーニングの対応可能/対応不可」や「パフォーマンス」と「ストレスの程度」に相関があるのか

<結果> 疲労度が高いと、伸筋の力を入れ続ける動作が困難になる。持続性が低下する可能性

<結果> 疲労度が高いと、ランダム性のあるトレーニング課題に対して屈筋の力加減が困難になる。

## 伸筋

	Q1	Q2	Q3	Q4
Grip	-0.21	-0.22	-0.12	-0.05
合掌	0.33	0.13	<b>0.50*</b>	-0.18
紙風船	-0.12	0.16	0.20	0.02
新聞紙	0.00	0.08	-0.12	-0.19
手押し相撲 ランダム刺激	-0.21	0.35	-0.22	0.11
手押し相撲 周期性動作	0.26	0.13	0.09	0.05

## 屈筋

	Q1	Q2	Q3	Q4
	0.10	0.14	0.00	-0.42
	-0.17	0.33	-0.03	-0.34
	0.24	-0.01	0.01	0.14
	-0.24	0.13	0.01	-0.17
	<b>-0.44*</b>	-0.28	-0.37	0.01
	0.19	0.24	0.11	0.19

Q1:だるさ、Q2:ぼんやり、Q3:作業意欲、Q4:環境因子 \*p<.05

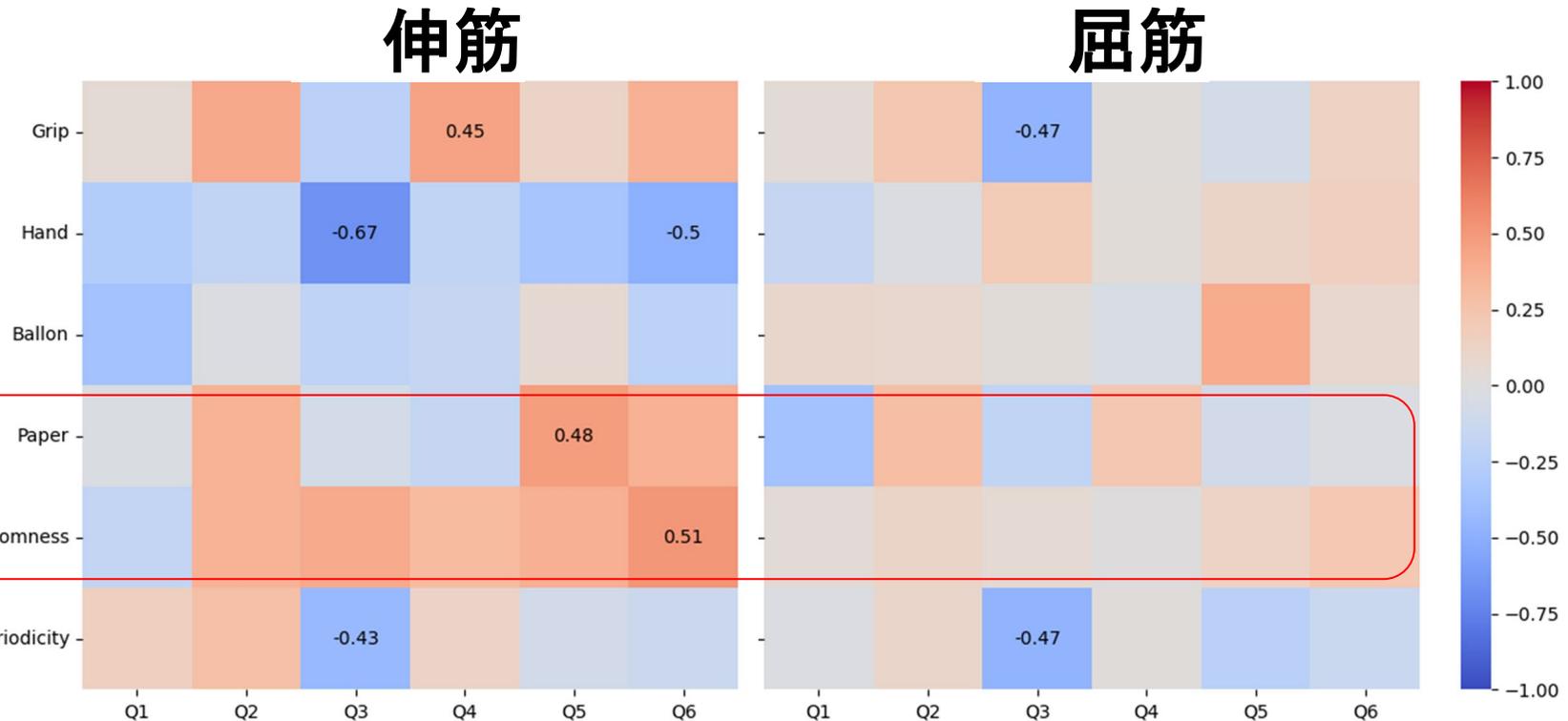
# (c) 心理系

K6

既にストレスがある人は、「トレーニングの対応可能/対応不可」や「パフォーマンス」と「ストレスの程度」に相関があるのか

<結果>抑うつが強いと筋肉の力加減が固定化し、ランダム性のあるトレーニング課題が困難となる。

<結果>不安や抑うつが強いと、力を入れ続ける、または周期的な課題での対応が困難になる。



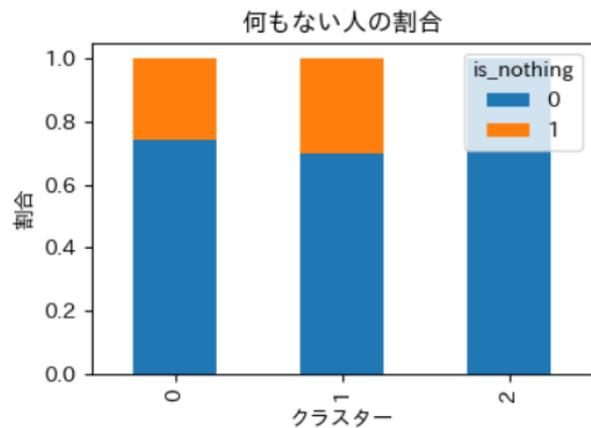
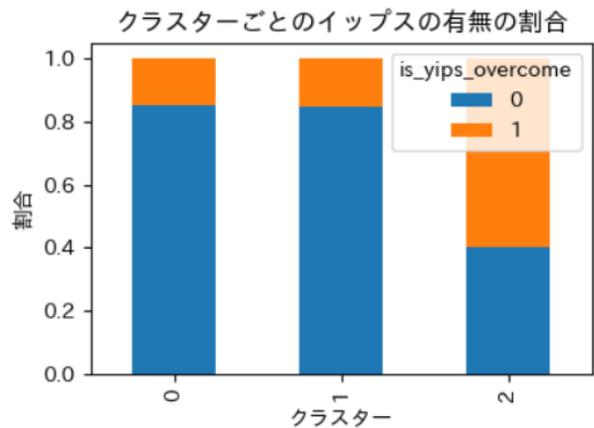
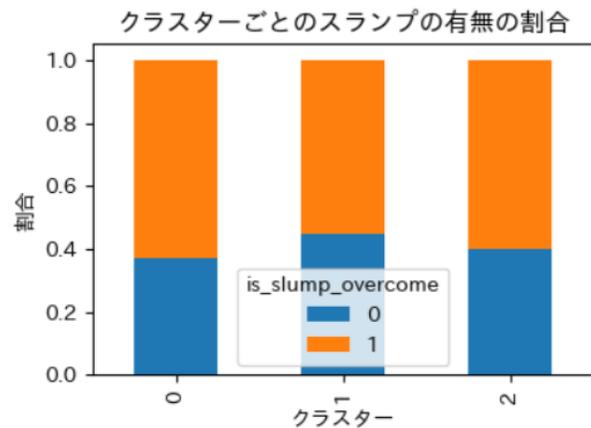
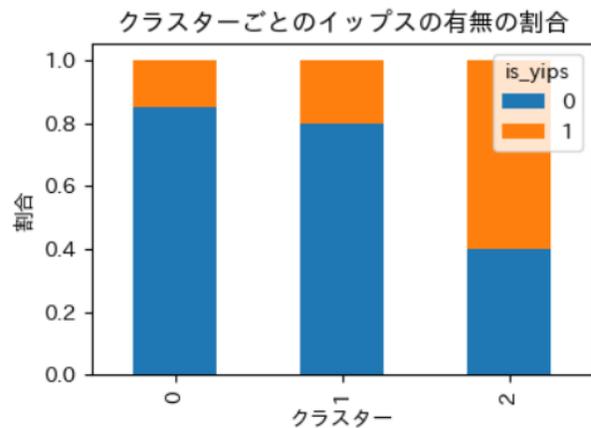
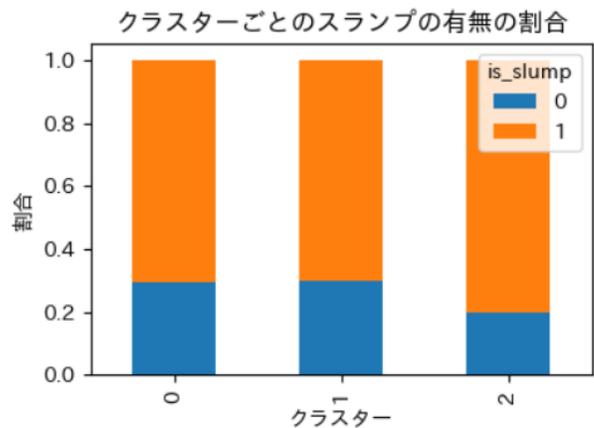
ランダム性のある課題

赤色：ストレスが高いと力加減が固定化，青色：ストレスが高いと力加減のバラツキ大

# (c) 心理系

## 別途アンケートによってスランプの要因を分類調査と比較

<結果> 因子分析を行いスランプおよびイップスの構成因子を3つに分けたところ、  
因子1：アンケート回答者の基本情報（年齢や職業等）  
因子2：競技環境やメンタル負荷  
因子3：モチベーションやメンタル負荷 といった因子で説明できる可能性が示唆された。



特に因子3がクラスターに影響を与える影響が大きい可能性

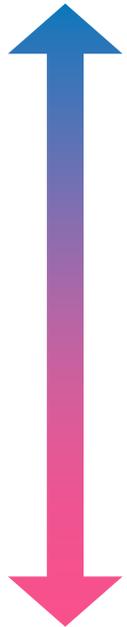
# (a),(b),(c)の知見融合: 実験2

《目的》スポーツ選手をトレーニングによってスランプ状態から脱却させる

《仮説3》ランダム性の高いトレーニングは、スランプ(過剰学習)に効果がある

《手法3》ランダム性が高い/低いトレーニング後で、スランプ状態の脱却に効果があるか確認

ランダム性が高い動作

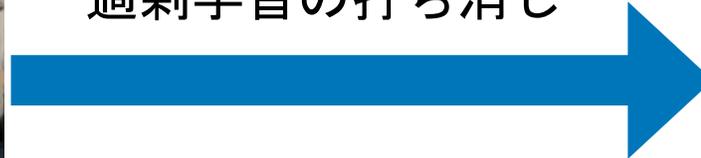


新聞紙トレーニング



ハマロビクス  
スクワット

ランダム性により  
過剰学習の打ち消し



スランプ脱却



マシングリップ



負荷スクワット

過剰学習の継続



スランプ継続

ランダム性が低い動作

# (a),(b),(c)の知見融合: 実験2

被験者(スランプ/非スランプ<sup>\*1</sup>)に対して1週間のランダムなトレーニング(介入課題)を設定し、「ランダムなトレーニングの対応性」と「パフォーマンスの変化」を分析する。

\*1 スランプと非スランプの判断基準

スランプ：直近3か月で主観的にパフォーマンス低下を自覚している。かつ、試合成績の伸び悩みがある。

非スランプ：直近3か月で主観的にパフォーマンス低下を自覚している。しかし、試合成績の変動はない。

介入課題：1日最低20分<sup>\*2</sup>、100回目安

3名以上の練習相手と手押し相撲（ランダムなトレーニング）を実施。

\*2 リハビリの1単位時間を目安に設定

分析内容：

- ① 手押し相撲(ランダムなトレーニング)の対応性の変化
- ② 規則性/ランダムなトレーニング4種(Grip、Hand、Ballon、Paper、Ball)の対応性の変化
- ③ 被験者が実施しているスポーツ動作（今回は硬式テニスのスイング）の筋変位の変化
- ④ 被験者が実施しているスポーツのパフォーマンスの変化

指標：①～③の筋変位データから求めた自己相関係数<sup>\*3</sup>

自己相関係数は、0位相を除いた最大値を採用した。

\*3 自己相関係数とは、元のデータとタイムシフトしたデータとの相関のことである。

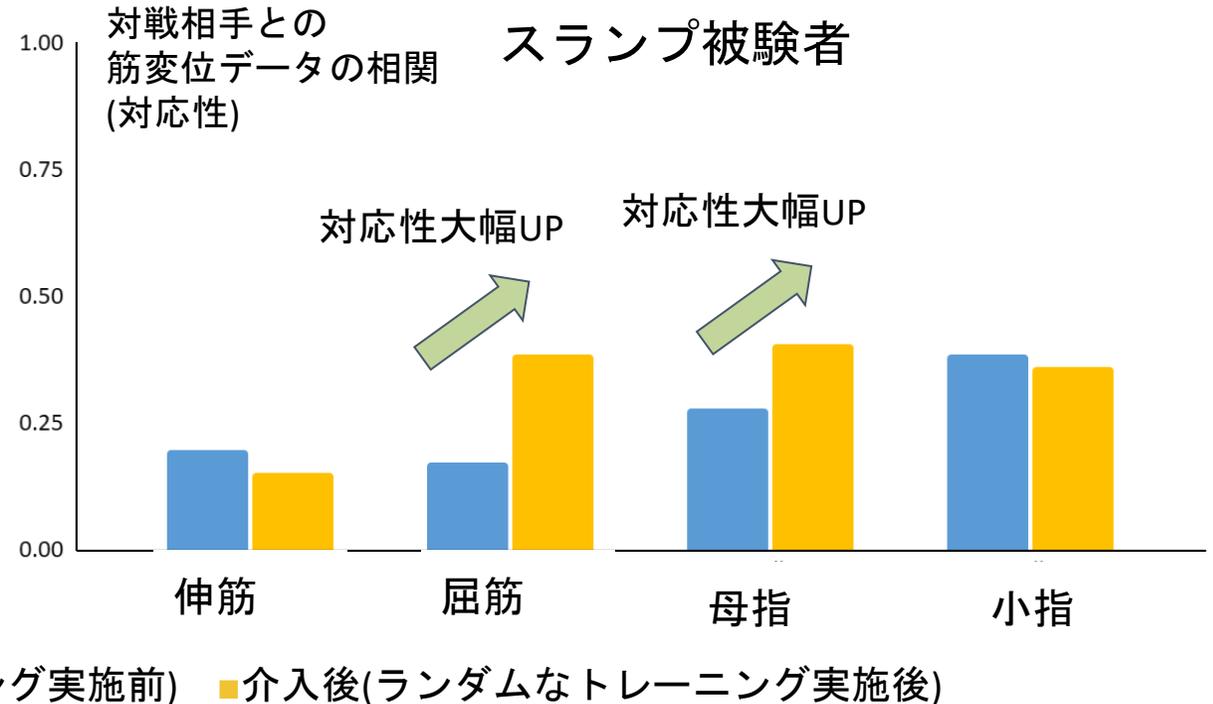
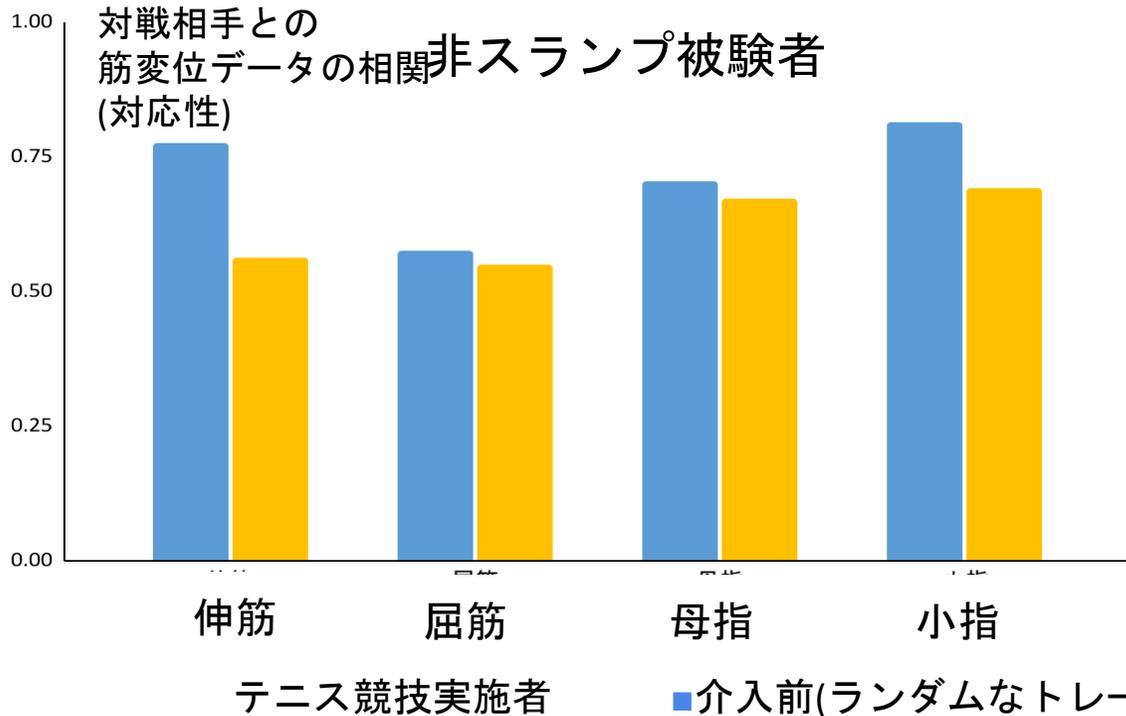
時系列データに周期性がある場合、自己相関係数は高くなる。

# (a),(b),(c)の知見融合: 実験2-①

## ① 手押し相撲(ランダムなトレーニング)の対応性の変化 スランプ被験者は、介入(ランダムなトレーニング)により、 ランダムなトレーニングへの対応性が向上

非スランプ被験者は、介入前から、ランダムなトレーニング(手押し相撲)に対応できているため、改善なし

スランプ被験者は、介入(ランダムなトレーニング)により、ランダムなトレーニング(手押し相撲)への対応性が向上した



# (a),(b),(c)の知見融合: 実験2-②, 2-③

② 規則性/ランダムなトレーニング4種(Grip、Hand、Ballon、Paper、Ball)の対応性の変化 →周期的なトレーニングは周期性が向上

③ 被験者が実施しているスポーツ動作（今回は硬式テニスのスイング）の筋変位の変化 →周期的なスポーツ動作について、屈筋の周期性が向上

	伸筋		屈筋	
	介入前	介入後	介入前	介入後
Grip 10Kg	0.88	0.75	0.53	0.35
Grip 25Kg	0.91	0.80	0.62	0.27
合掌	0.74	0.51	0.35	0.51
紙風船	0.22	0.26	0.23	0.41
新聞紙	0.64	0.69	0.48	0.56
テニスボール	0.64	0.82	0.30	0.66
スポーツ動作	0.81	0.81	0.68	0.84

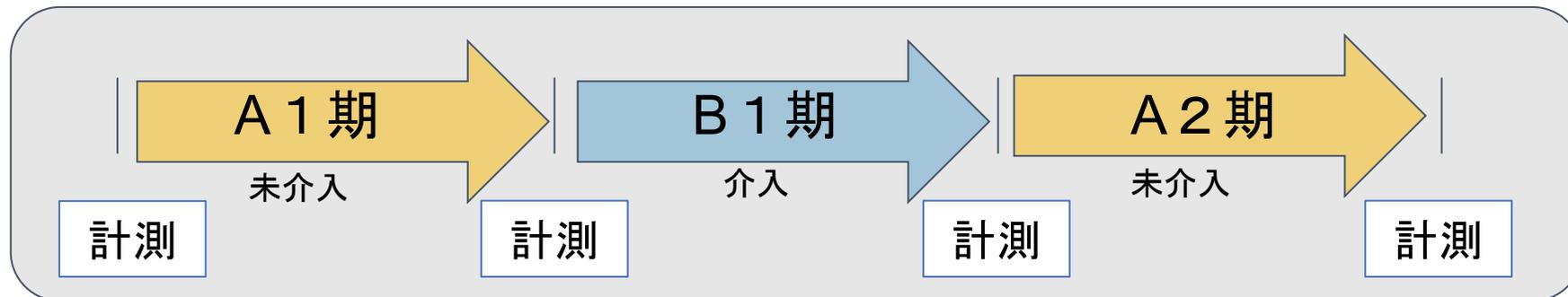
# (a),(b),(c)の知見融合: 実施予定内容

## これから最終報告までの実施予定まとめ

一定時間以上、スランプの被験者にランダムなトレーニングを提示すると、ランダムトレーニングに対応できるようになり、その結果、スランプから脱せるかを検証

## 介入実験の改良 野球実施者4人（スランプ2名、非スランプ2名）で検証

介入効果のより詳細な検証のためABA方式プロトコルを実施。



- ・ 各期間：3週間
- ・ 介入プロトコル：3名以上の練習相手と手押し相撲（ランダム刺激）を実施する。  
1日最低20分※（1人100回、5日/週）※ リハビリの1単位時間を目安に設定。
- ・ アウトカム指標：①パフォーマンス ②ストレス、  
③対戦相手との筋変位データの相関(ランダムなトレーニングに対応できるようになったか)

# (a),(b),(c)の知見融合:

# 手押し相撲 ランダム刺激の経過

## ①パフォーマンスの変化

→周期的なトレーニングは周期性が向上、ランダムなトレーニングにおいてもパフォーマンスが維持

	伸筋			
	A1	B1	B2	A2
Grip	0.47	0.67	0.58	0.48
合掌	0.24	0.39	0.30	0.32
紙風船	0.32	0.27	0.28	0.36
新聞紙	0.29	0.23	0.31	0.23

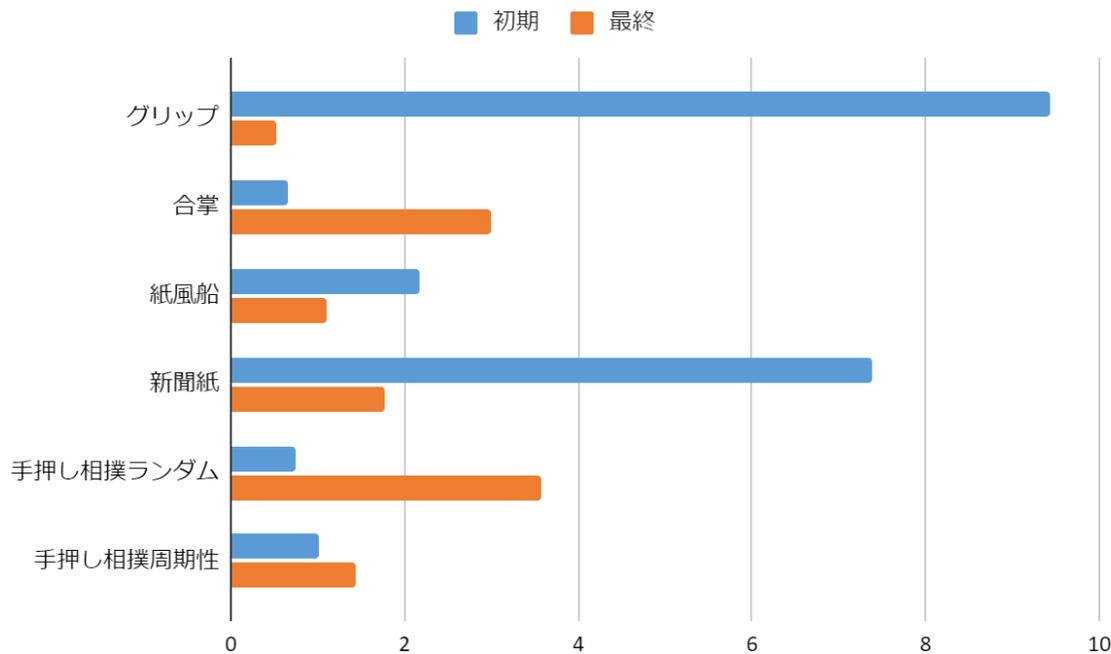
	屈筋			
	A1	B1	B2	A2
Grip	0.69	0.63	0.66	0.67
合掌	0.18	0.31	0.32	0.30
紙風船	0.18	0.52	0.33	0.33
新聞紙	0.30	0.25	0.31	0.30

② ストレスの変化

→ トレーニング間のストレス (LF/HF比) は、グリップ、新聞紙で減少も、心拍の変動があるトレーニングでは上昇。

長期のストレス (不安、抑うつ) は、改善傾向

LF/HFの変化 (スランプ群)

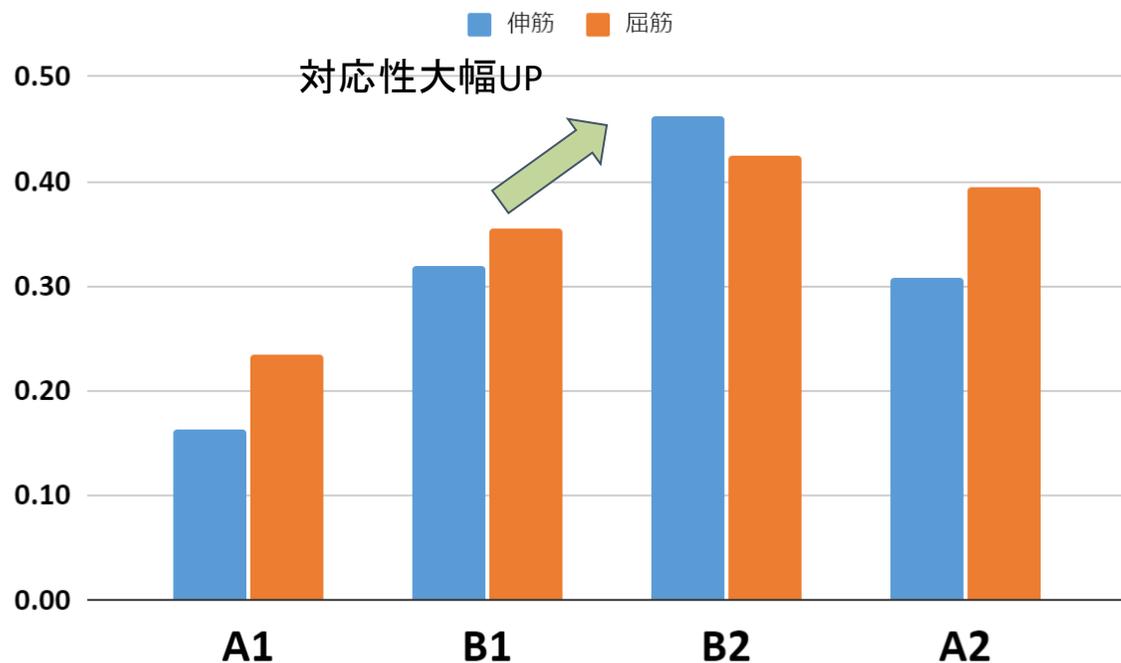


アンケート調査

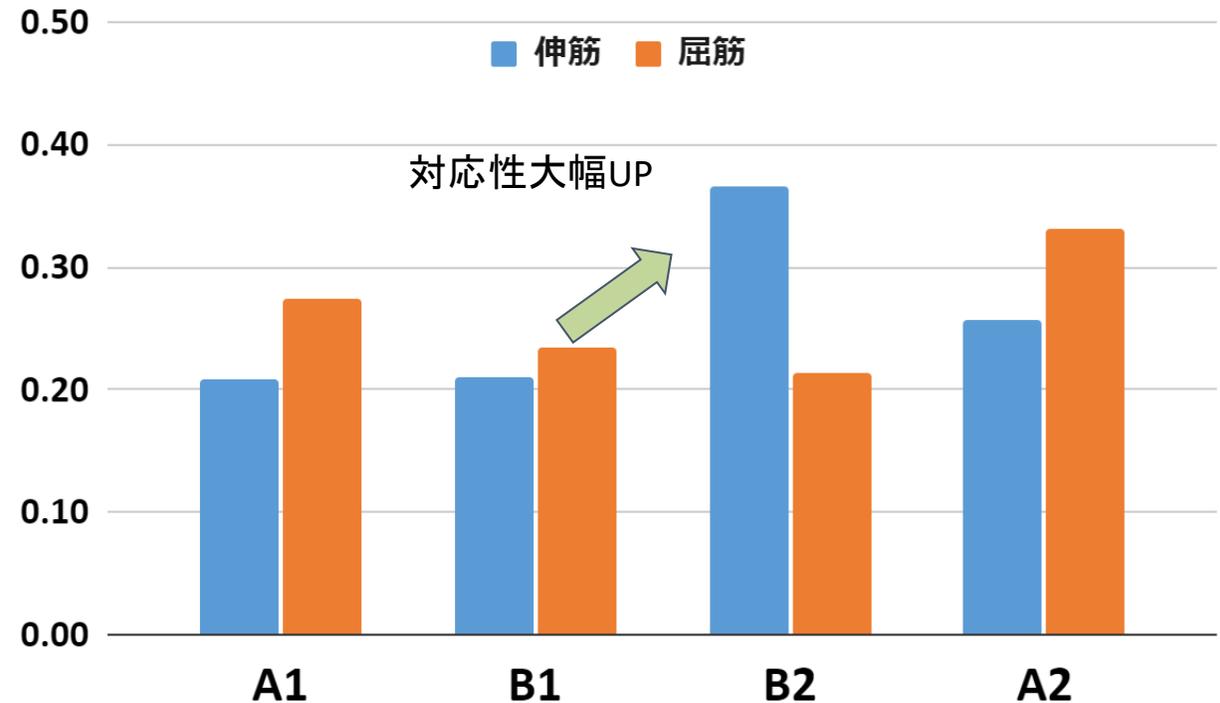
K6	不安		抑うつ	
	初期	最終	初期	最終
スランプ1	0	0	0	0
スランプ2	1	0	2	0
非スランプ1	2	1	0	0
非スランプ2	1	0	1	0

- ③ 対戦相手との筋変位データの相関(ランダムなトレーニングに対応できるようになったか)  
→ 対象者は、介入によってランダムなトレーニングへの対応性が向上  
スランプ群は、介入によって伸筋の対応性が向上

非スランプの被験者



スランプの被験者



# スポーツ時や産業での活用方法

**例1: スポーツにおいて成績低迷を感じたときに、手押し相撲をはじめとするランダム性の高いトレーニングを実施することで、成績低迷状態からの脱却に繋げる。**



**例2: 工場での作業において、同一作業を継続する際の注意力低下による労災を防ぐために、同一作業の合間にランダム性の高い動きを取り入れることで柔軟性を高める。**



# 将来展望や応用

スランプ予兆の推定, スランプ原因(慢性的なストレス)の排除推進,  
スランプ時の対応策(ランダムなトレーニング)の確立  
→アスリートのサポートや, 体を使う仕事の労災回避への応用

- スランプを事前に推定し適切な対応を提示



- 労災を事前推定する応用研究や産業活用



## 付録: 筋変位センサによる固有感覚推定

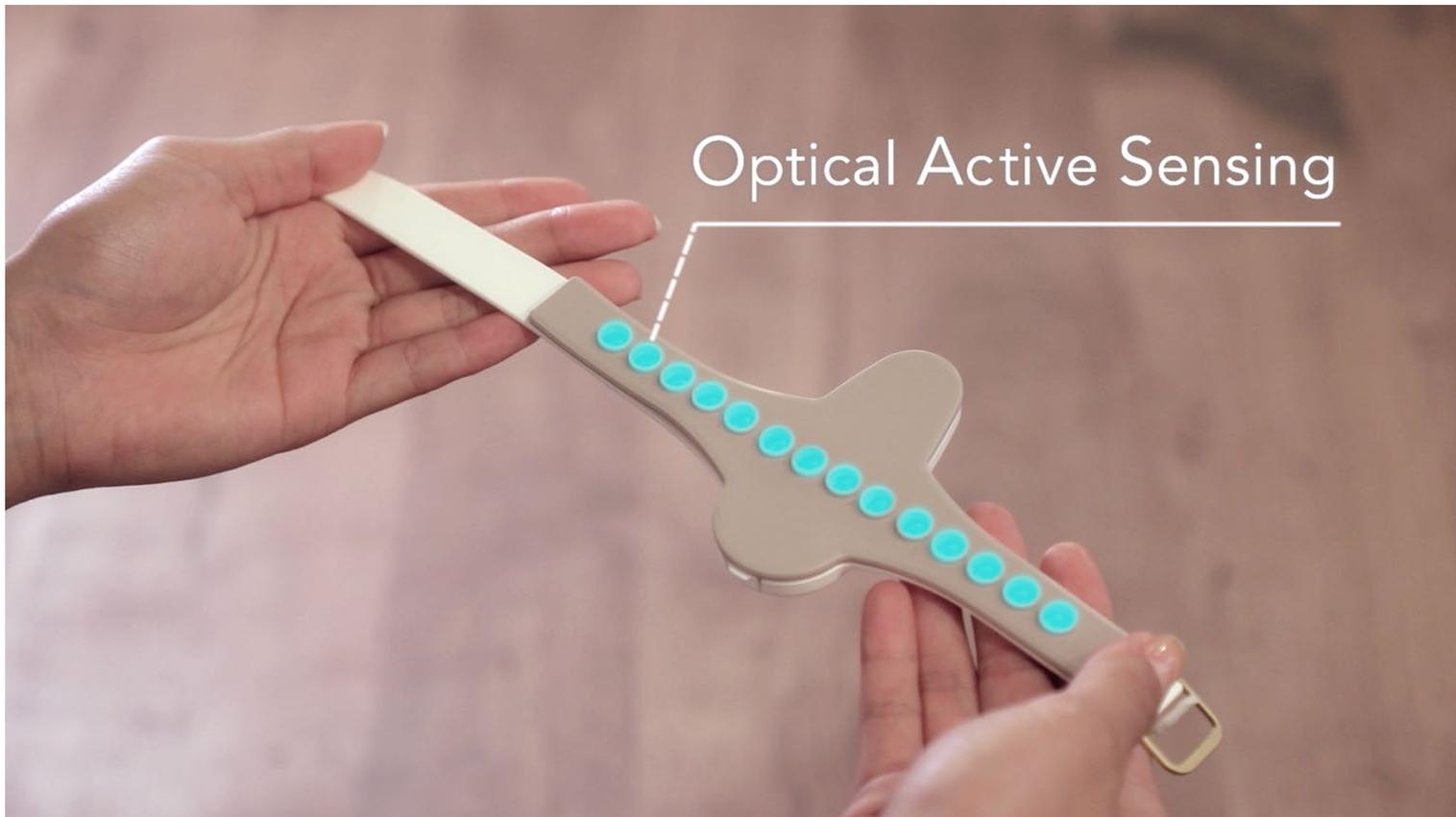
---

# 付録: BodySharingの筋変位センサ

光学式筋変位センサー(14ch) : 光の反射で筋変位(筋肉の膨らみ)を検出する

6軸加速度ジャイロ : クォータニオンへの変換で腕や足の姿勢を検出

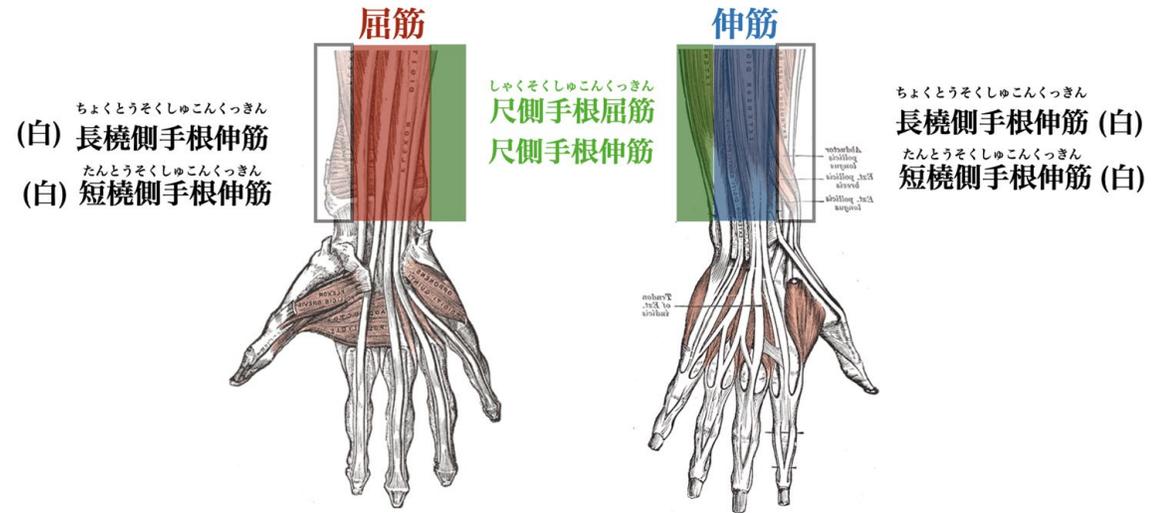
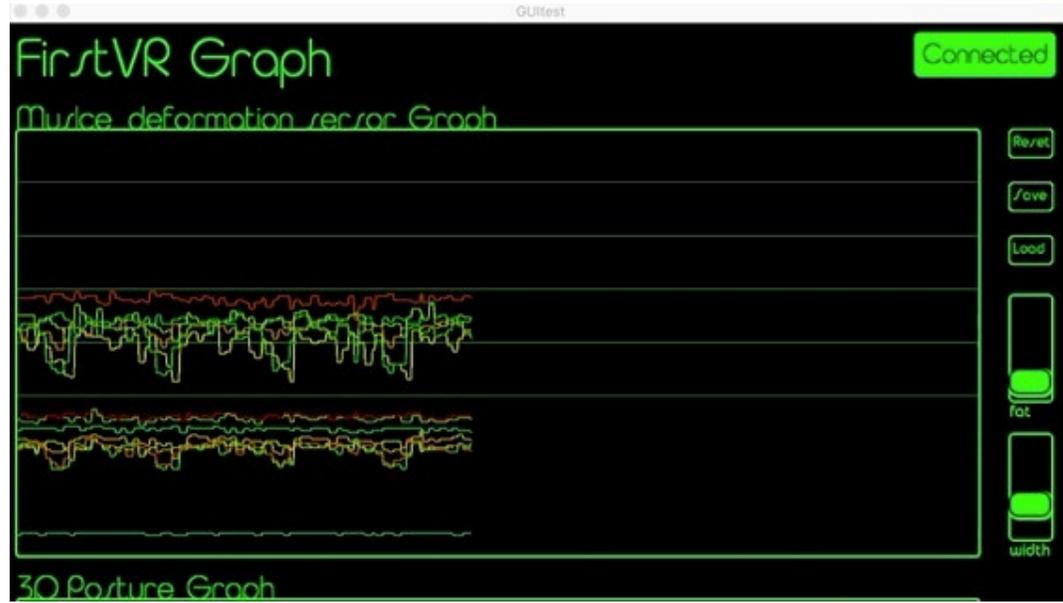
特徴 : 屋内外どこでも筋変位(筋肉の膨らみ)を計測可能. 電氣的ノイズや汗に強い



FirstVR: センサメインの開発者向けデバイス

# 今回の実験用に開発したソフトウェアとハードウェア

筋変位センサの値を部位ごとにリアルタイムで取得する改良



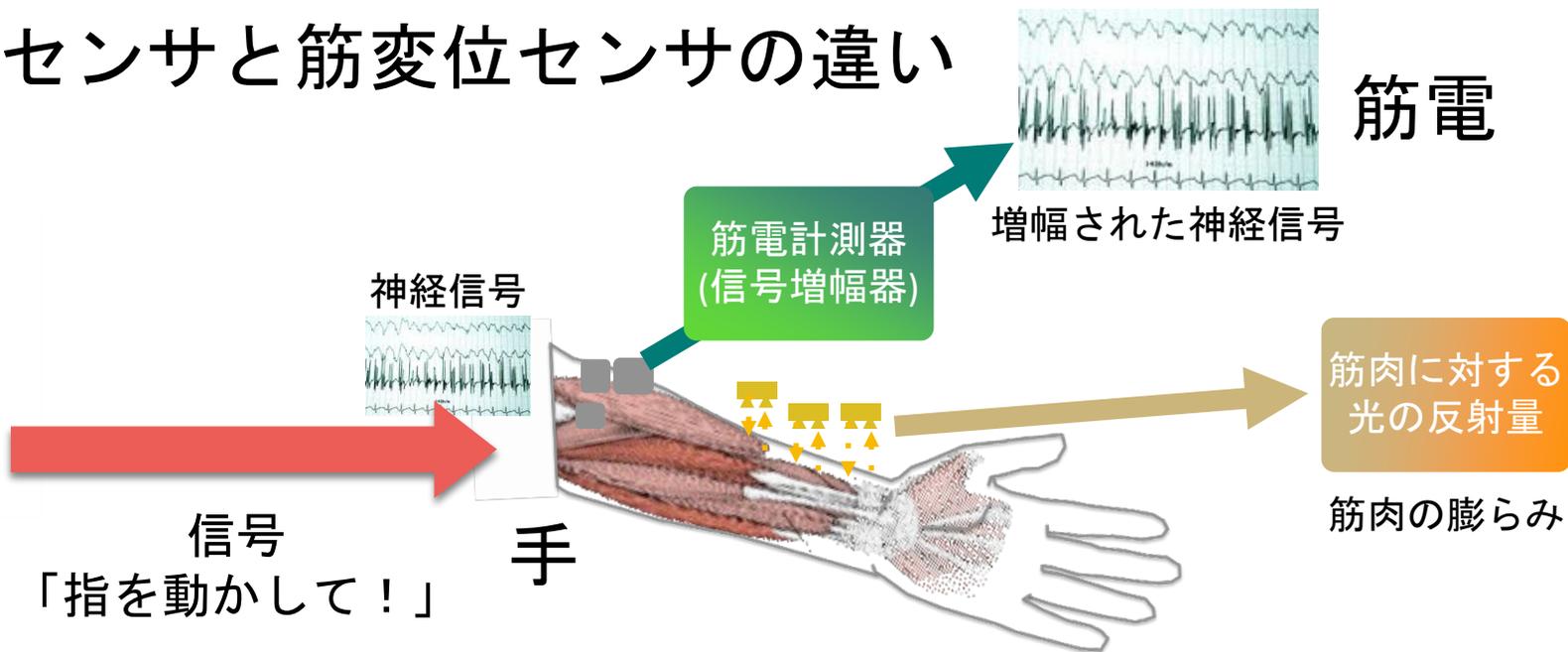
より広い範囲の筋変位データを取得できるようにハードウェアを改良

現在20kgfまでの重量覚あるいは力加減まで推定する  
ハードウェアの改良を実施した。実験用にまずは5台準備。  
さらに広い範囲の重量覚あるいは力加減まで推定できるよう改良予定

# 既存の筋電センサと筋変位センサの違い

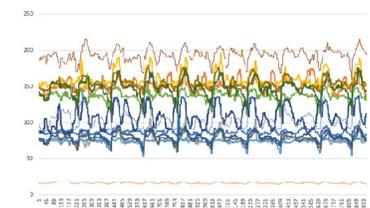


脳



筋電

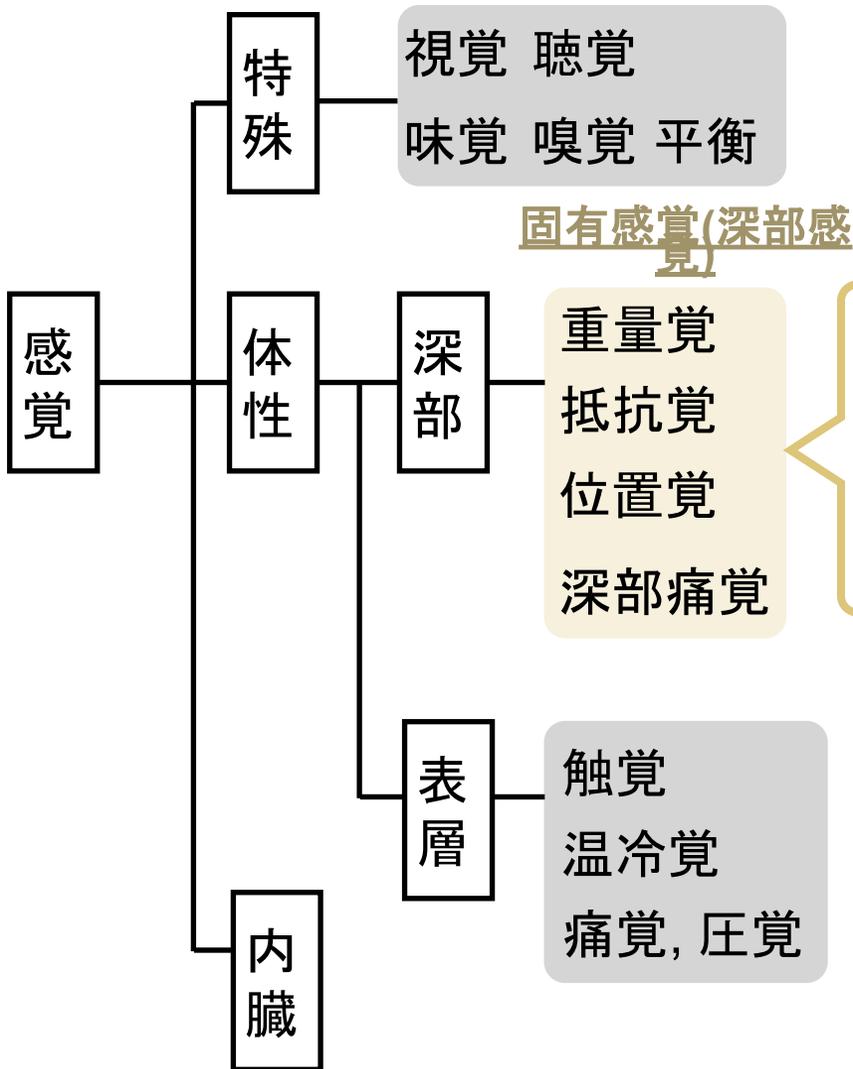
筋変位



	読み取る情報	理想環境 (シールドルーム)	電子機器ノイズ	汗	保管場所	電極(センサー)使用可能期間	耐久性・メンテナンス
筋電: Ag/AgCl(乾)	脳からの神経信号	精度○ ※分解能差は、 機材設置位置、 被験者、 キャリブ方法、 機械学習器に よって大きく異なる。	精度×	感度×	-10~40℃	○保証期間と同じ ※ただし理論的には数年使える	○
筋電: Ag/AgCl(湿)	脳からの神経信号		精度×	感度△	0~10℃	×使い捨て、 あるいは1ヶ月	× 消費期限1ヶ月
筋変位センサ	脳からの神経信号によって変形した筋肉の状態。 あるいは物理的な作用(押されたり引っ張られたり浮腫んだりする作用)によって変形した筋肉の状態		精度○	感度○	-10~40℃	○保証期間と同じ ※ただし理論的には数年使える	○

# 付録: センシングする感覚

## 固有感覚



固有感覚(深部感覚)

物体に作用する感覚

りんごが落ちてきて乗った！  
(固有感覚: 重量覚)

手指を伸ばしている  
(固有感覚: 位置覚)

りんごがあるので指が握り込めない  
(固有感覚: 抵抗覚)

## 付録: (c)心理系 参考資料

---

# (c) 心理系: 参考資料

## 参考：筋変位自己相関係数

	10kg				LF/HF		25kg				LF/HF
	伸筋	屈筋	母指	小指			伸筋	屈筋	母指	小指	
No.01	0.91	0.81	0.62	0.73	4.01	No.01	0.86	0.81	0.55	0.84	4.14
No.02	0.49	0.49	0.48	0.48	1.98	No.02	0.56	0.58	0.67	0.59	5.08
No.03	0.45	0.47	0.47	0.48	1.90	No.03	0.61	0.68	0.68	0.59	1.33
No.04	0.72	0.74	0.74	0.37	4.97	No.04	0.71	0.74	0.72	0.42	7.11
No.05	0.24	0.40	0.48	0.34	1.27	No.05	0.61	0.65	0.40	0.42	3.37
No.06	0.30	0.20	0.20	0.27	2.31	No.06	0.53	0.19	0.17	0.14	1.94
No.07	0.47	0.80	0.41	0.40	0.40	No.07	0.64	0.81	0.27	0.48	1.70
No.08	0.76	0.42	0.78	0.25	0.87	No.08	0.75	0.64	0.75	0.19	2.18
No.09	0.50	0.46	0.82	0.31	0.88	No.09	0.46	0.48	0.82	0.28	0.14
No.10	0.37	0.15	0.70	0.20	0.72	No.10	0.39	0.28	0.78	0.42	0.57
No.11	0.51	0.72	0.79	0.25	1.32	No.11	0.41	0.37	0.18	0.69	0.60
No.12	0.89	0.83	0.90	0.88	1.85	No.12	0.90	0.88	0.93	0.88	0.76
No.13	0.88	0.53	0.24	0.70	0.18	No.13	0.91	0.62	0.26	0.76	1.05

	新聞紙				LF/HF		テニスボール				LF/HF
	伸筋	屈筋	母指	小指			伸筋	屈筋	母指	小指	
No.01	0.63	0.39	0.14	0.32	0.77	No.01	0.27	0.24	0.29	0.21	0.87
No.02	0.21	0.26	0.21	0.23	5.02	No.02	0.54	0.26	0.27	0.34	13.19
No.03	0.17	0.24	0.27	0.23	2.09	No.03	0.53	0.26	0.27	0.33	2.58
No.04	0.90	0.69	0.73	0.29	17.17	No.04	0.82	0.82	0.81	0.65	11.52
No.05	0.30	0.25	0.40	0.58	4.09	No.05	0.46	0.44	0.38	0.77	2.72
No.06	0.37	0.53	0.36	0.51	1.48	No.06	0.46	0.43	0.17	0.43	0.79
No.07	0.58	0.48	0.27	0.22	0.58	No.07	0.72	0.76	0.29	0.18	1.76
No.08	0.84	0.31	0.81	0.32	1.28	No.08	0.84	0.40	0.79	0.24	2.13
No.09	0.58	0.30	0.74	0.68	0.32	No.09	0.42	0.33	0.19	0.64	0.35
No.10	0.57	0.28	0.43	0.31	1.76	No.10	0.39	0.28	0.78	0.42	2.35
No.11	0.68	0.55	0.44	0.61	1.08	No.11	0.79	0.60	0.36	0.68	1.14
No.12	0.71	0.64	0.61	0.49	1.40	No.12	0.60	0.71	0.84	0.75	0.78
No.13	0.64	0.48	0.54	0.67	0.77	No.13	0.64	0.30	0.48	0.74	0.86

# (c) 心理系: 参考資料

赤色:交感神経優位

参考: タスク直後のストレス値

○: 過去スランプ

課題における自律神経のバランス (LF/HF)													
疲労ストレス	No.1	No.2	No.3	No.4 ○	No.5	No.6	No.7 ○	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13
rest	1.22	3.21	2.38	11.84	3.26	1.28	2.08	2.26	0.27	1.10	0.62	0.45	1.54
grip10	4.01	1.98	1.90	4.97	1.27	2.31	0.40	0.87	0.88	0.72	1.32	1.85	0.18
grip25	4.14	5.08	1.33	7.11	3.37	1.94	1.70	2.18	0.14	0.57	0.60	0.76	1.05
gassyou	2.68	1.47	0.69	12.19	6.92	1.31	0.75	0.84	0.31	1.33	1.89	0.71	0.57
kami	1.77	5.28	1.60	9.01	3.35	2.55	0.86	1.55	0.64	3.48	0.75	1.29	0.23
shinnbunn	0.77	5.02	2.09	17.17	4.09	1.48	0.58	1.28	0.32	1.76	1.08	1.40	0.77
tennis	0.87	13.19	2.58	11.52	2.72	0.79	1.76	2.13	0.35	2.35	1.14	0.78	0.86
teoshi rann	3.20	7.29	0.60	25.99	1.57	7.30	1.83	1.78	0.67	0.69	0.80	0.10	0.63
teoshi rizu	4.51	6.70	0.92	1.94	0.69	1.98	1.45	1.68	0.81	1.08	0.45	0.27	0.58
Movements of sports	3.37	1.55	0.26	0.12	0.95	0.83	1.54	1.33	0.12	0.93	0.79	0.38	0.47
AVE	2.65	5.08	1.44	10.19	2.82	2.18	1.30	1.59	0.45	1.40	0.94	0.80	0.69
SD	1.41	3.53	0.80	7.56	1.86	1.89	0.59	0.51	0.28	0.91	0.43	0.56	0.40

## 付録: (a),(b),(c)の知見融合: 実験2 参考資料

---

# (a),(b),(c)の知見融合: 実験2

## (参考)周期性解析: 自己相関係数について

訓練動作時の前腕の筋変位について自己相関を解析

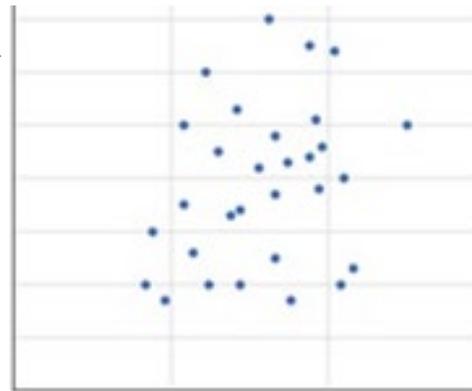
➤ 分散が大きいタスクで自己相関係数が低いものがランダムに筋が活動していると言える

自己相関係数は現在の自分と過去の自分でどれだけ相関があるかという係数である

元の時系列データ



元のデータとずらしたデータの相関係数  
を取得



ずらした時系列データ



グラフの周期と同じだけずらした  
場合に相関係数が大きくなる

