

かしわ 可視私の木

～リアルタイム測定による心拍と姿勢の可視化を目指す～

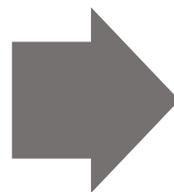
Group B Human team

かしわ 可視私の木

1. 背景と目的
2. 構造物
3. センシング
4. 実際に使ってみて
5. 将来の展望

COVID-19により我々の生活は大きく変化した

・室内で過ごす時間が増加
リモートワーク
オンライン会議、授業



・外出の減少
・長時間同じ姿勢で過ごす

悪い姿勢で長時間過ごすことにより
急性、慢性の腰痛、肩こりが増加

間違った座り姿勢での長時間の
デスクワークによる体への負担

間違った立ち姿勢に
よる体への負担

- **Fabio Galbusera et al.: Expected impact of lockdown measures due to COVID-19 on disabling conditions: a modelling study of chronic low back pain (2021)**
- 疫学データを用いた、300,000人のエージェント集団における腰痛の進展シミュレーション
- 【結果】 Fig. 6 a は横軸がロックダウンからの日数、縦軸が腰痛の pain intensity score. (COVID-19対策で) **ロックダウンしない場合**と比べ**30日**および**90日**のロックダウンにより腰痛の pain intensity scoreが上昇するというシミュレーション結果

<https://doi.org/10.1007/s00586-021-06940-y>

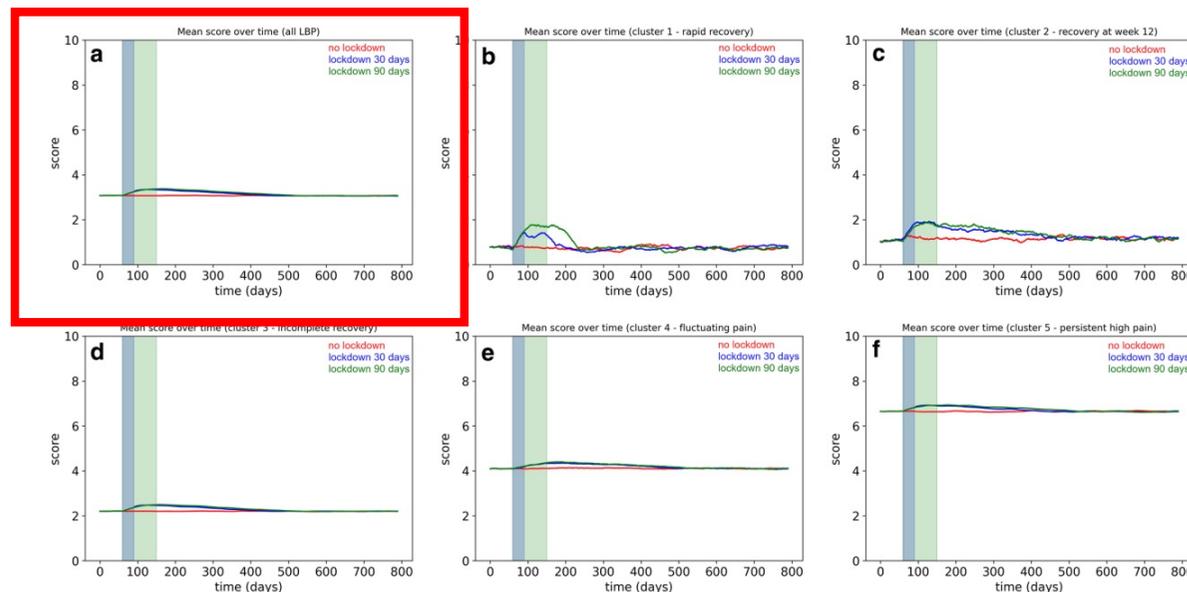


Fig.6 Mean pain score over two years for all individuals suffering from LBP (a) and for individuals belonging to each cluster (b–f), predicted for the baseline case in which no lockdown was simulated

(red) as well as for the two representative scenarios with lockdown durations of 30 days (blue) and 90 days (green)

- **Alrowaili Majed Gorayan: COVID-19 lockdown and low back pain among students of healthcare faculties at Northern Border University, Saudi Arabia (2021)**
- COVID-19のロックダウンが学生の腰痛に及ぼす影響の調査
- 記述式アンケートによる調査

- **【結果】 COVID-19によって生活パターンが変化した人の21/123人では腰痛の強度が増し、36/123人では腰痛の頻度が増加した。**

- **【議論】 COVID-19は以下の3点の原因で腰痛を進展させると予想される**
 1. 学生が自宅でオンライン受講することで座る時間が増え、背骨や椎間板に負担がかかる
 2. 長時間の座位や運動不足による体重の増加
 3. COVID-19のニュースや社会システムの劇的な変化に対するストレスの増加

<https://doi.org/10.4328/ACAM.20279>

センシング

位置情報

人体をカメラでモニタリング
→ 人体の座標のズレを検出

心拍情報

心拍計で心拍をモニタリング
→ リラックス度を検出

構造物

赤色/緑色LED

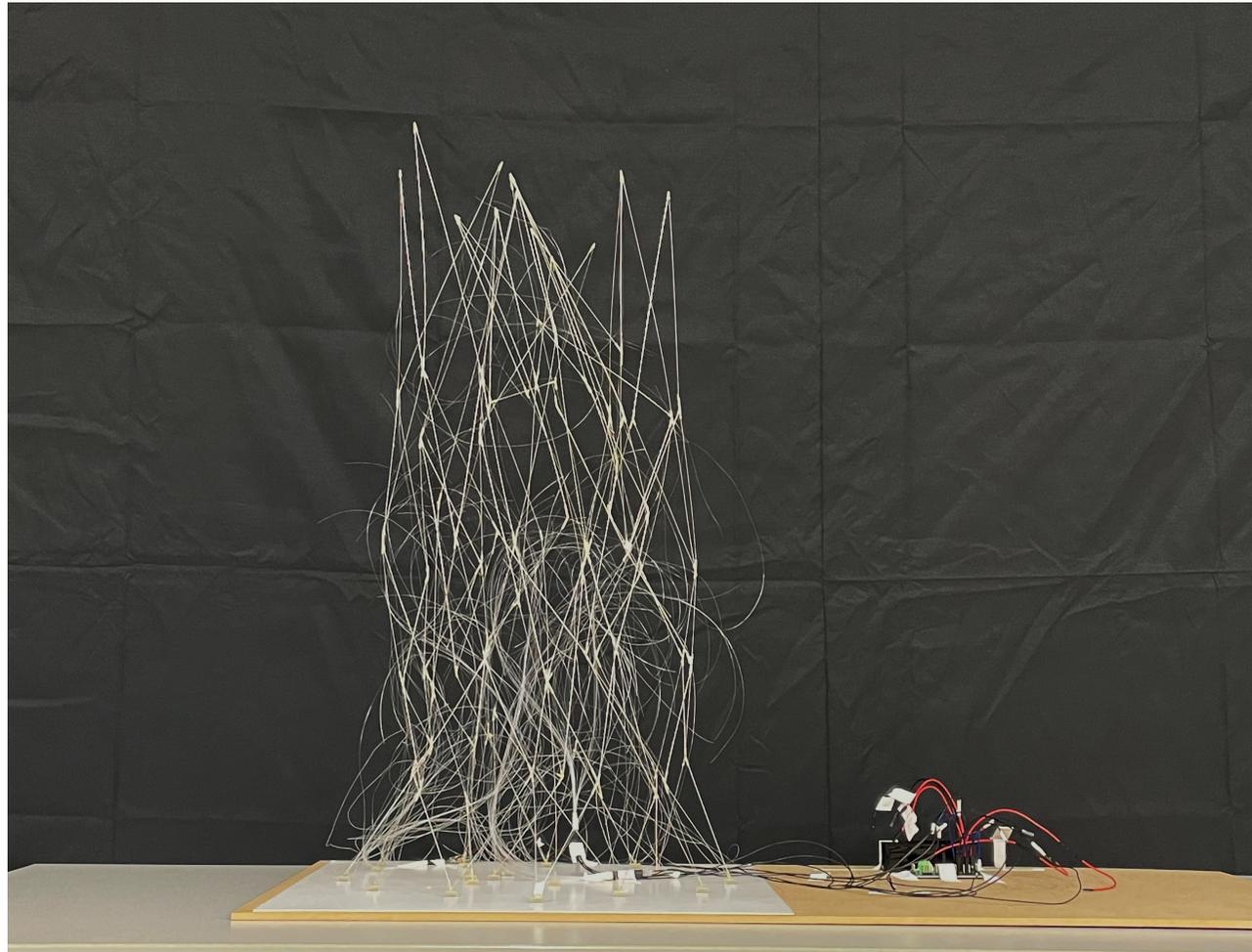
悪い姿勢の時は赤色に点灯
良い姿勢の時は緑色に点灯

青色LEDの周波数

心拍の速さに合わせて点滅

**目的： 姿勢のズレをリアルタイムで
モニタリング
構造物を介してフィードバック**

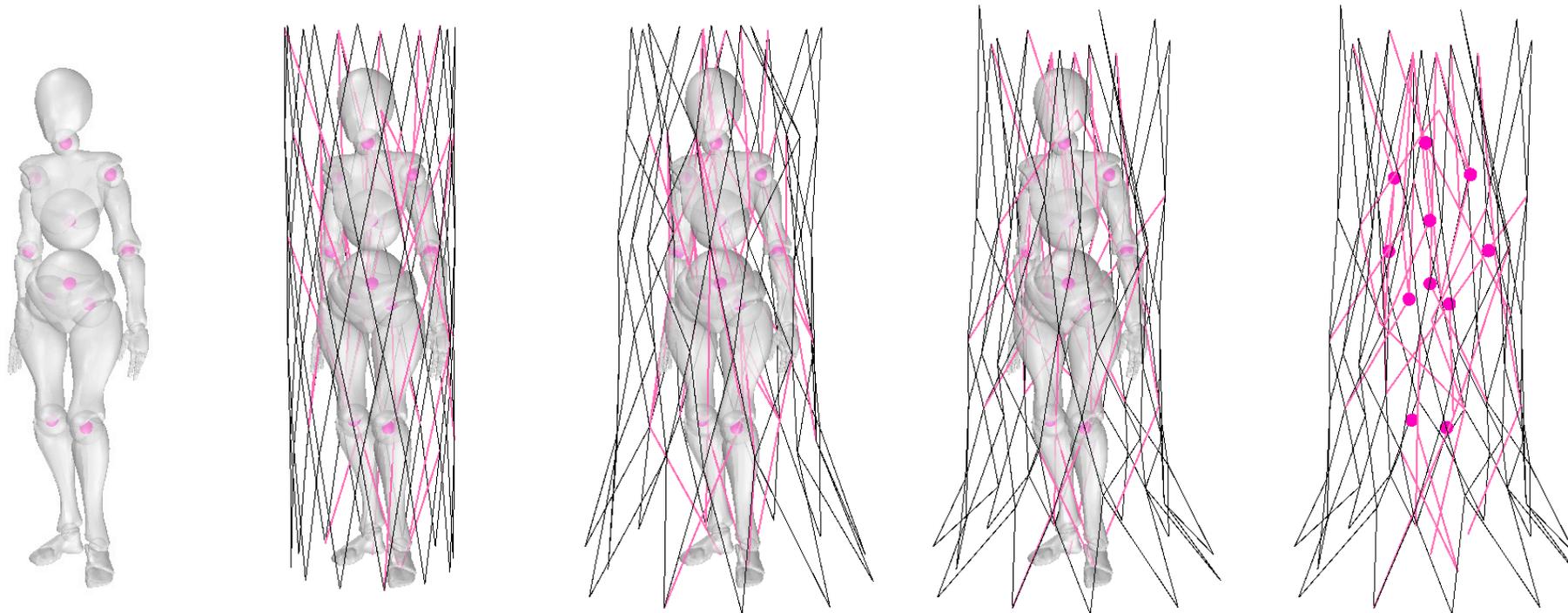
構造概要



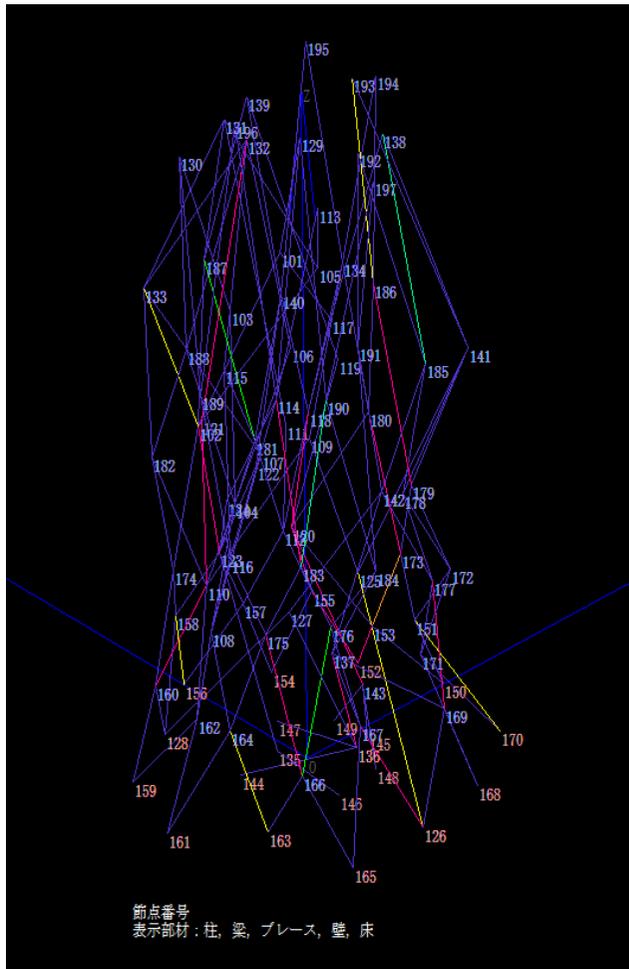
Φ0.3mmの針金+Φ0.25mmの光ファイバーによる繊細な構築物を目指す

形状生成

もしやもしやの木（針金+光ファイバー）のなか、人体の各関節の位置に団子を浮かせる

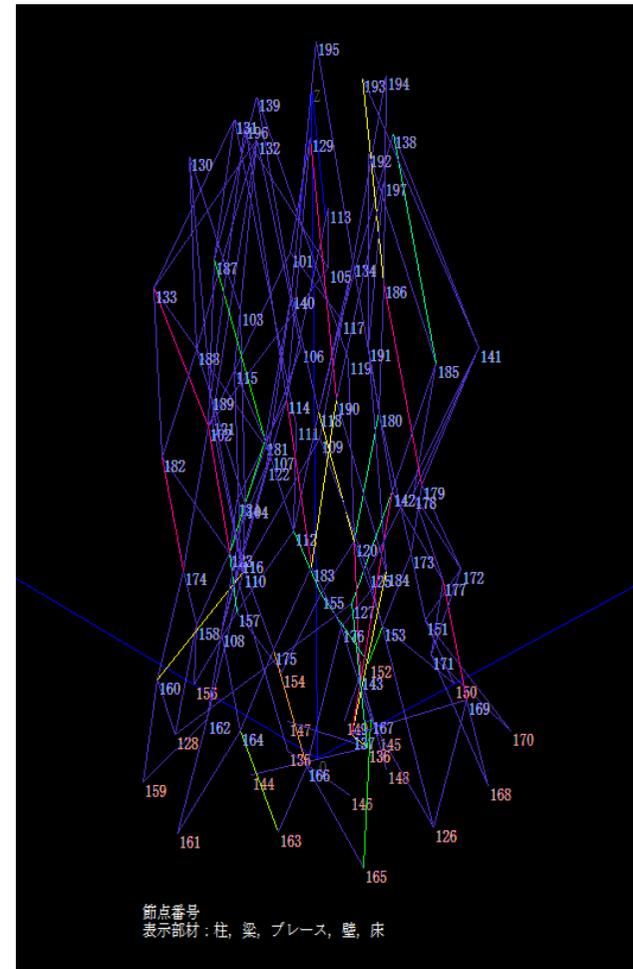


力学最適化



①

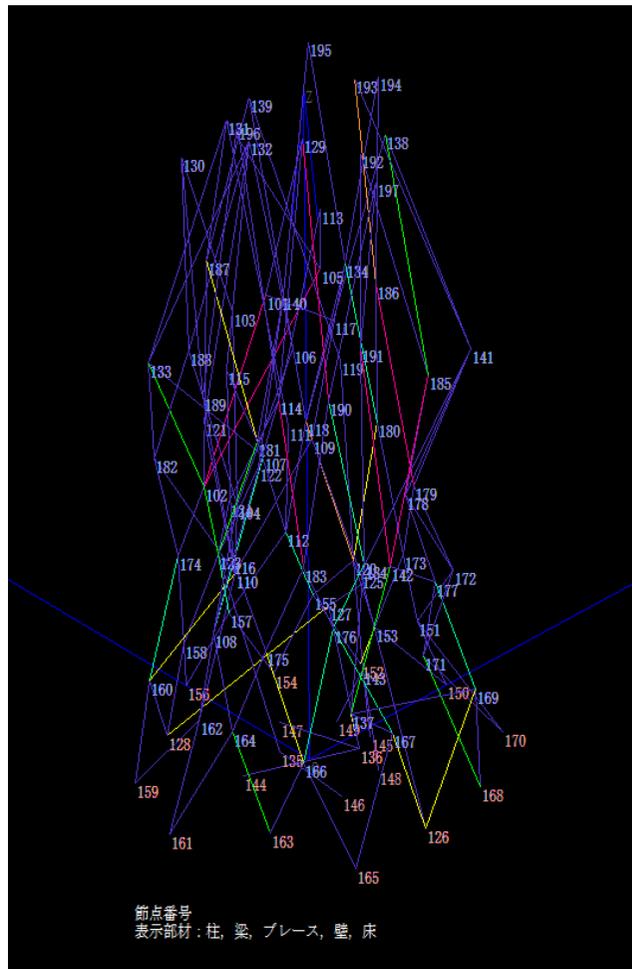
.....



⑤

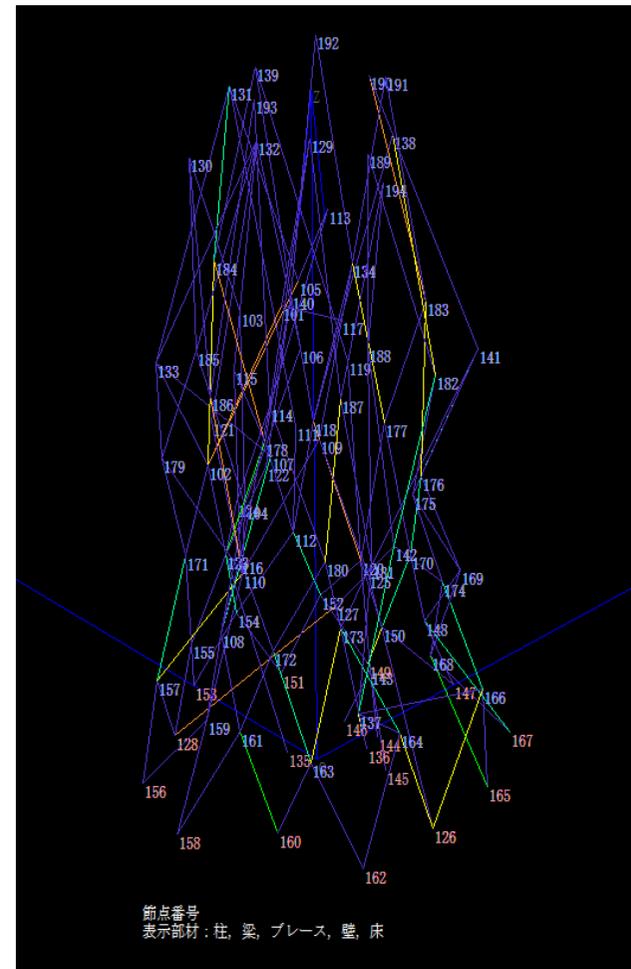
.....

力学最適化



.....

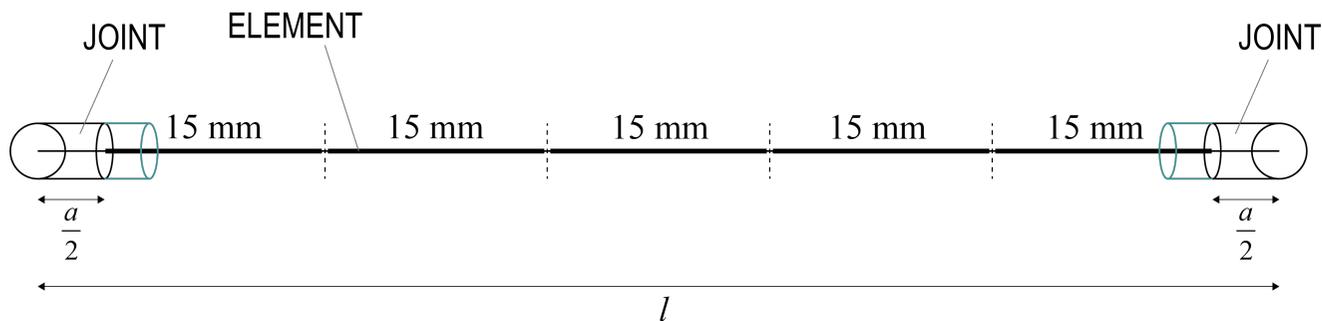
⑩



.....

最終形

組立効率化



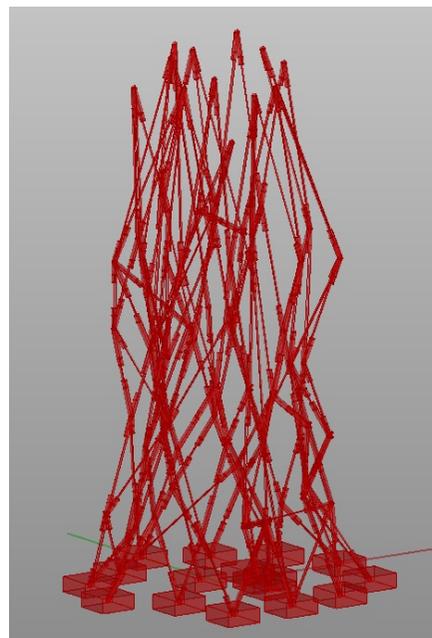
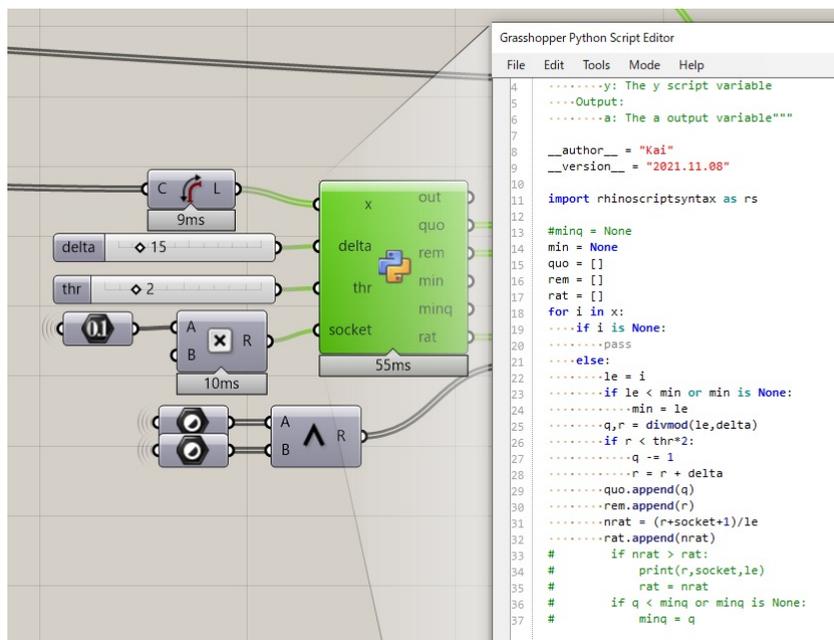
$$l = 15n + a, n \in \mathbb{N}$$

●針金を3Dプリントしたジョイントに差し込んで組み立て

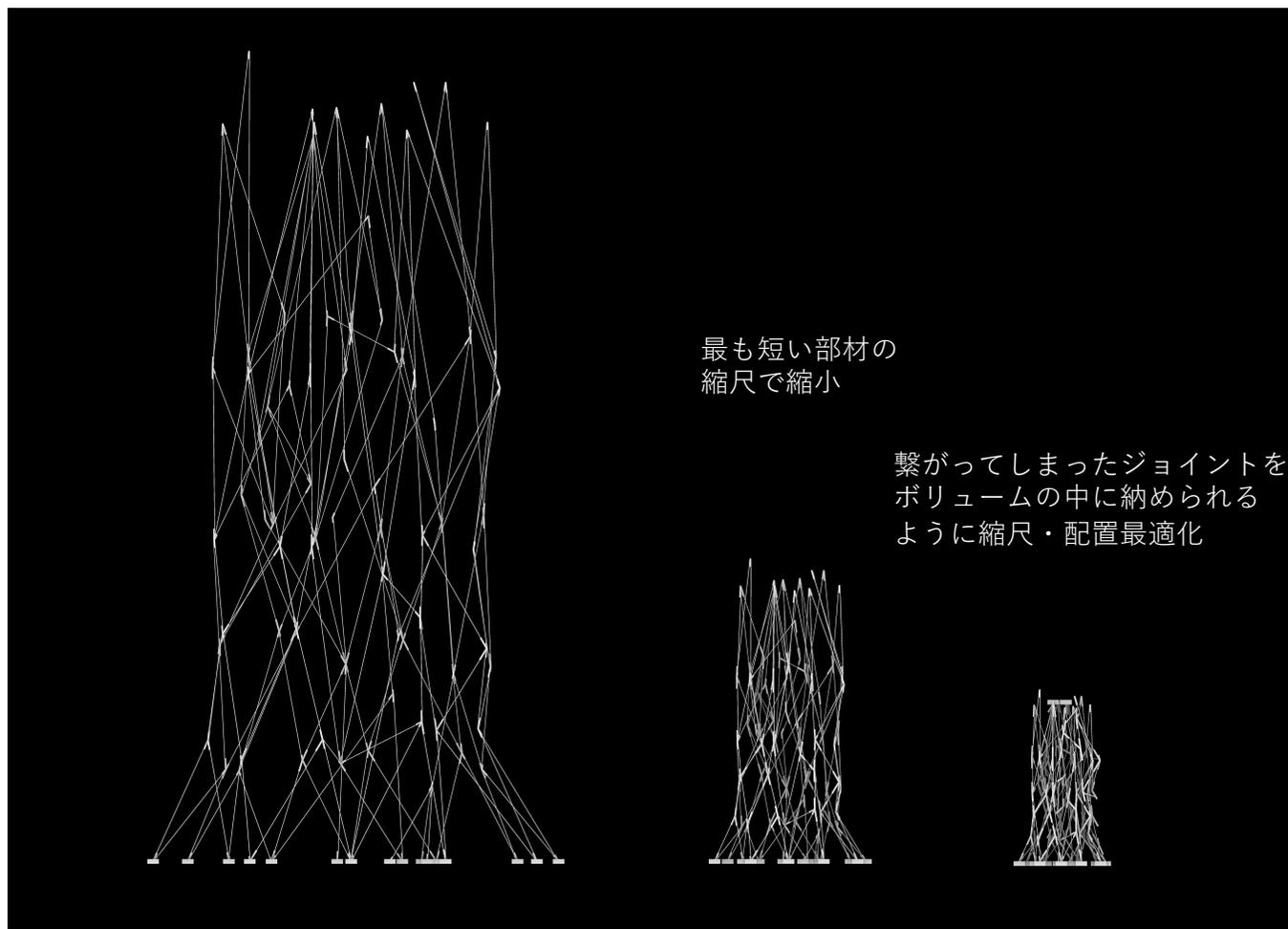
部材長が揃いで切り出しが手間



針金の長さは15の倍数に規格化、ジョイントの腕の長さでモデル上での長さと一致させる



組立効率化



スケール1:1
(印刷不能)

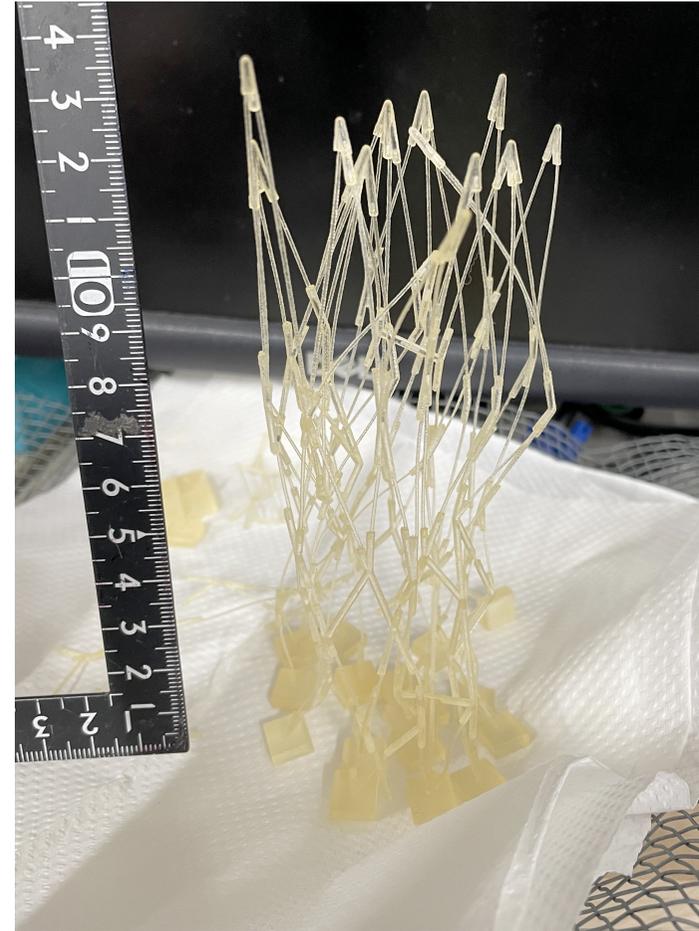
スケール0.24:1
印刷時間46h

スケール0.14:1
印刷時間16h

組立効率化



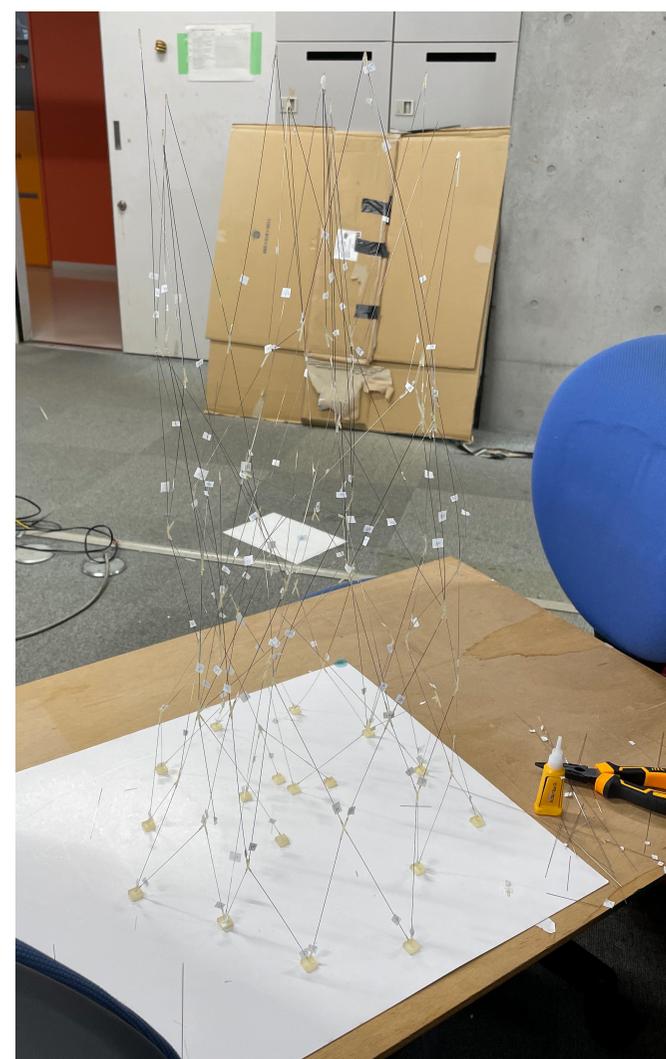
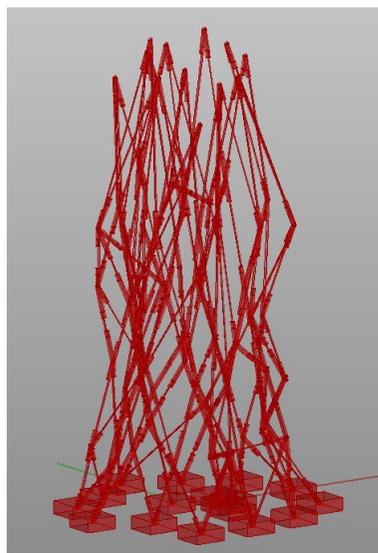
印刷物
(溶かす前)



印刷物
(溶かす後)

構造概要

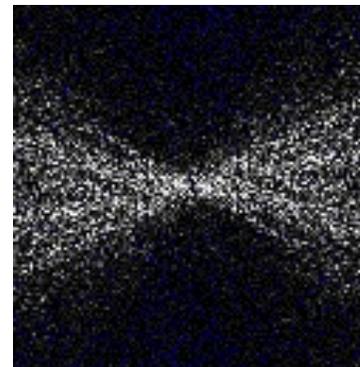
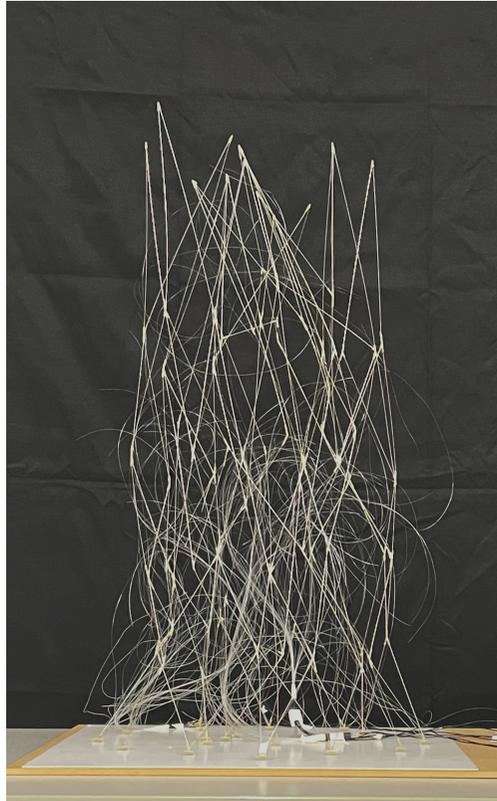
{0}	{0;0}
0 85.234969	0 75
1 92.693042	1 75
2 98.898938	2 90
3 100.04499	3 90
4 104.431796	4 90
5 108.286657	5 90
6 112.538882	6 105
7 114.127122	7 105
8 115.459935	8 105
9 118.232821	9 105
10 121.470161	10 105
11 123.818415	11 105



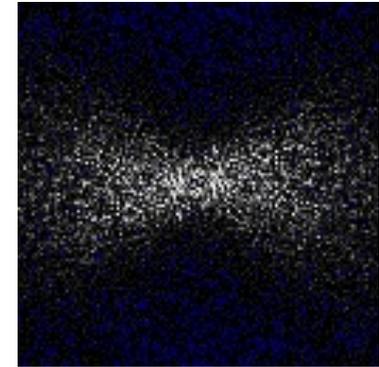
94コのジョイント+162本の針金
この手順により組立時間を大幅に短縮できた

—組立を行った人

スペクトル解析



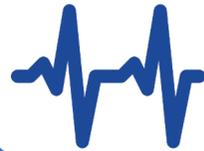
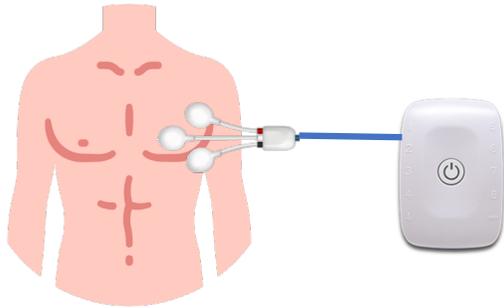
構造物



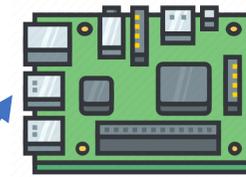
ヤナギ

光ファイバーの配置によって、自然物（ヤナギ）に近いスペクトル分布が得られた

心電

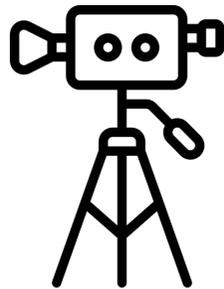
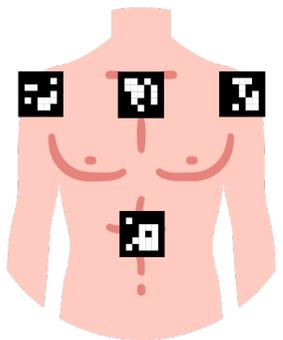


RGBデータ

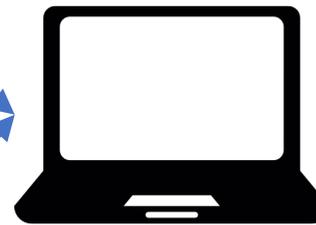


PWM制御基盤

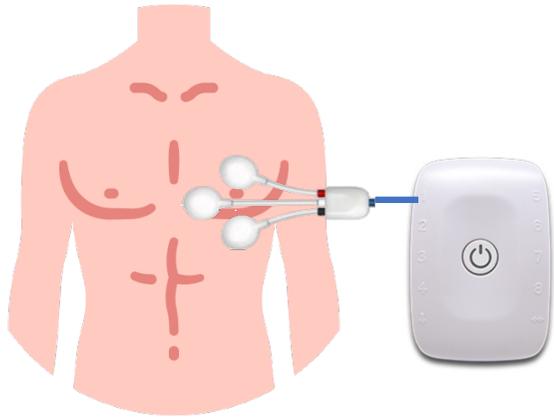
姿勢(肩の歪み)



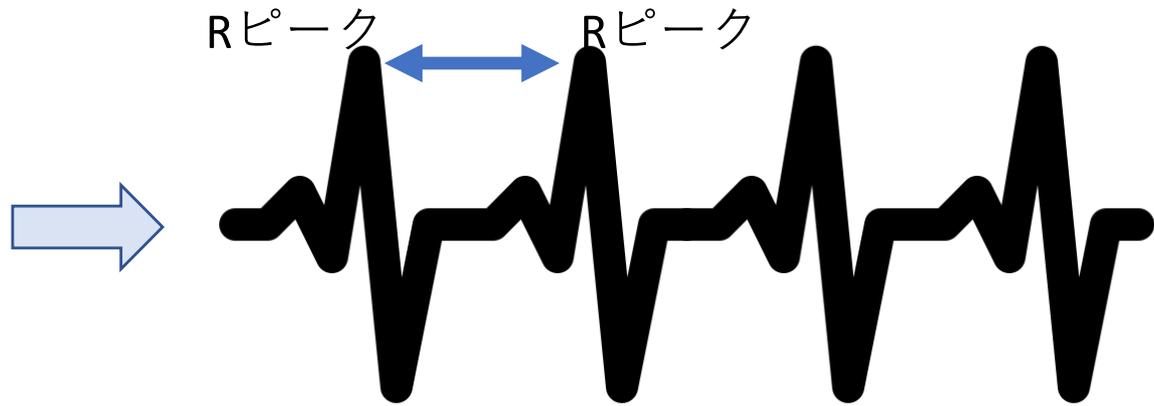
マーカー座標



リラックス・緊張程度：心拍



心電センサー Biosignals plus

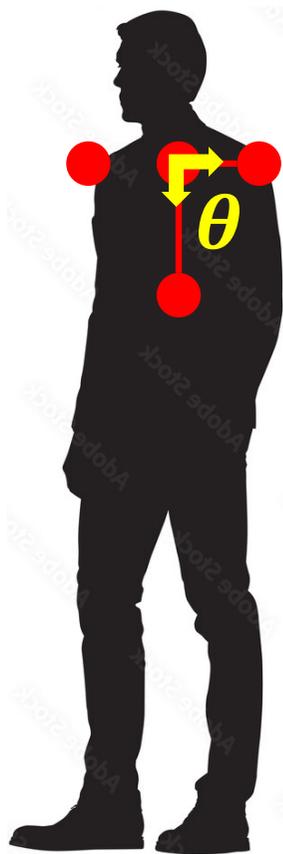
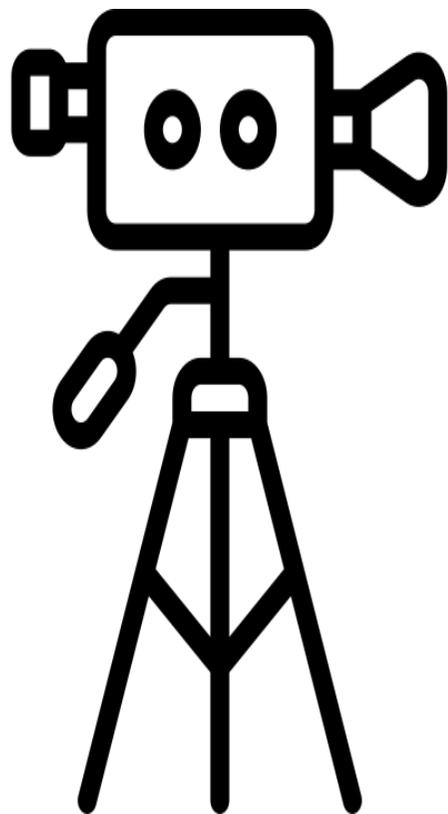


R-R interval (RRI) = 1.0s ▶ 60 bpm

心拍数を青い光の点滅周期に変換し，構造物中心の脈動で表現

$$Blue\ Light = A \sin(2\pi w \cdot t) \quad w = f(\text{心拍数})$$

姿勢：カメラ + Aruco Markerで特徴点検出

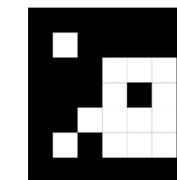
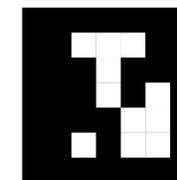
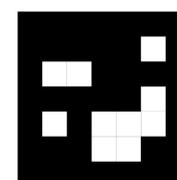
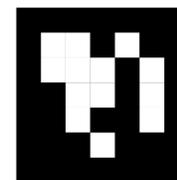


左肩

右肩

首

お腹



良い姿勢の場合: $\theta = 90$ 度

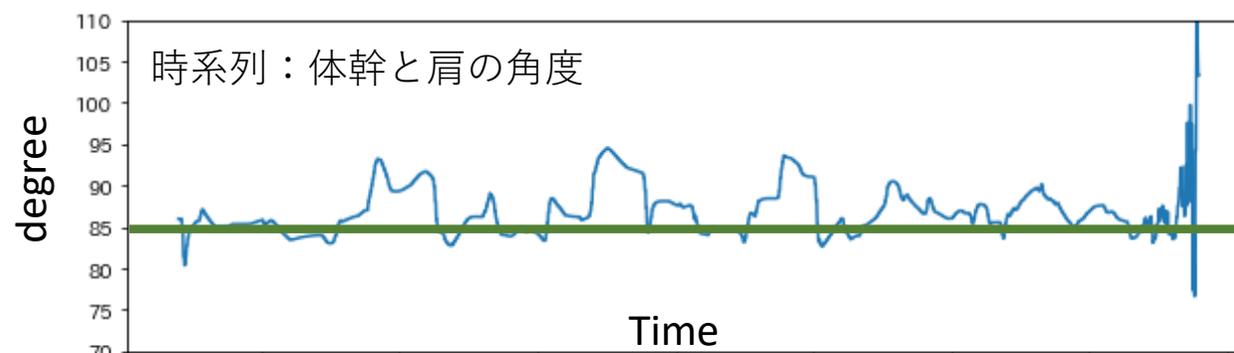
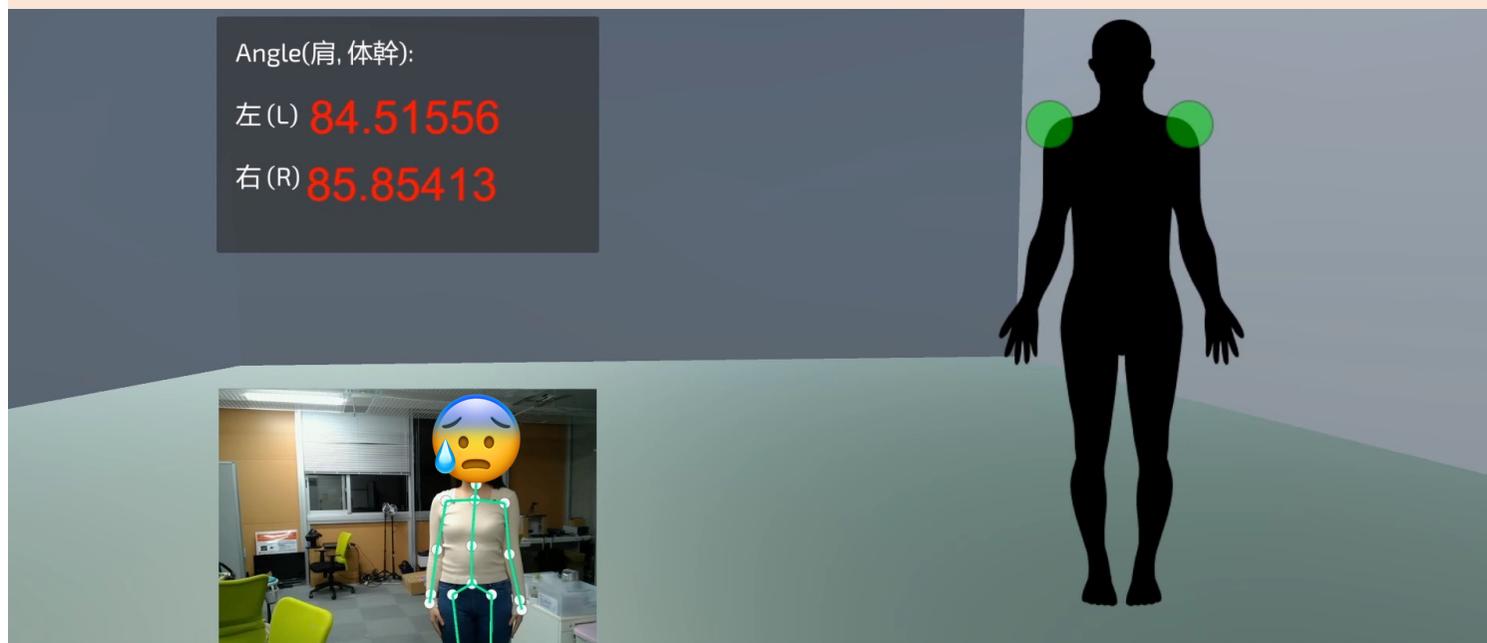
LEDの色 = $f(|\theta - 90|)$

ズレの程度

角度の「ズレの程度」が最大 15 [deg.] までを
赤/緑色 LED のグラデーションで表現

骨検出アルゴリズム(state-of-art) :

(83° → 93°) 肩の歪みが検出しにくい, 不安定



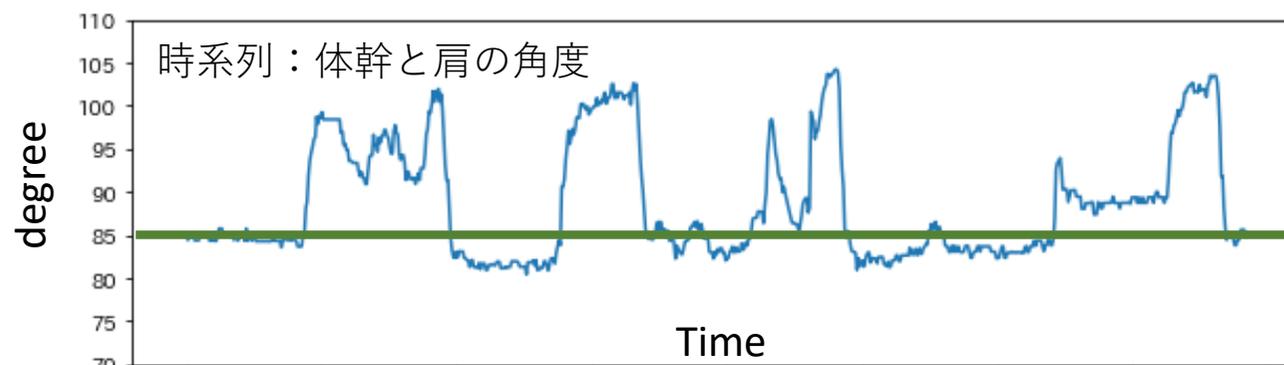
ArUcoマーカー：

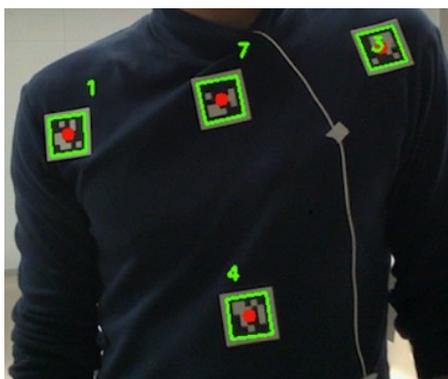
(83° → 101°) 肩の歪みがはっきり検出される！安定性↑

Angle(肩, 体幹):
左(L) 92.75771
右(R) 89.91258

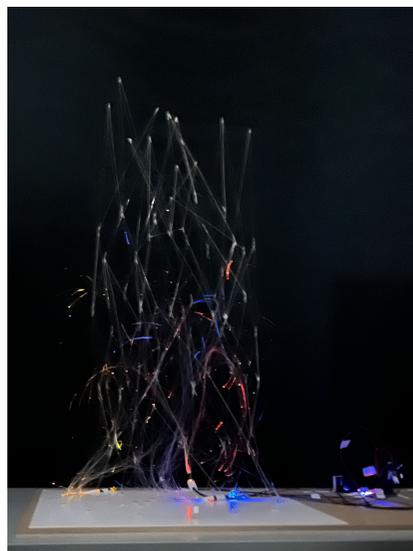
心拍:
80 bpm (human)

RealSense
animation destroyed.
August 4, 2018

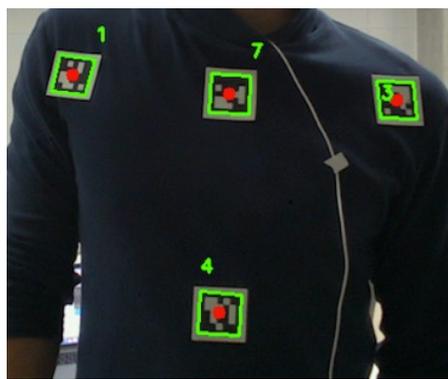




右肩が上がっている



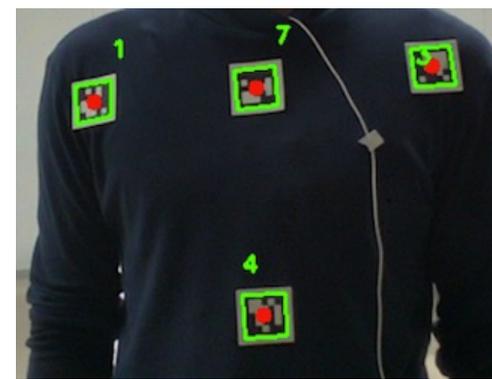
向かって右側が赤色、
左側が緑色



左肩が上がっている



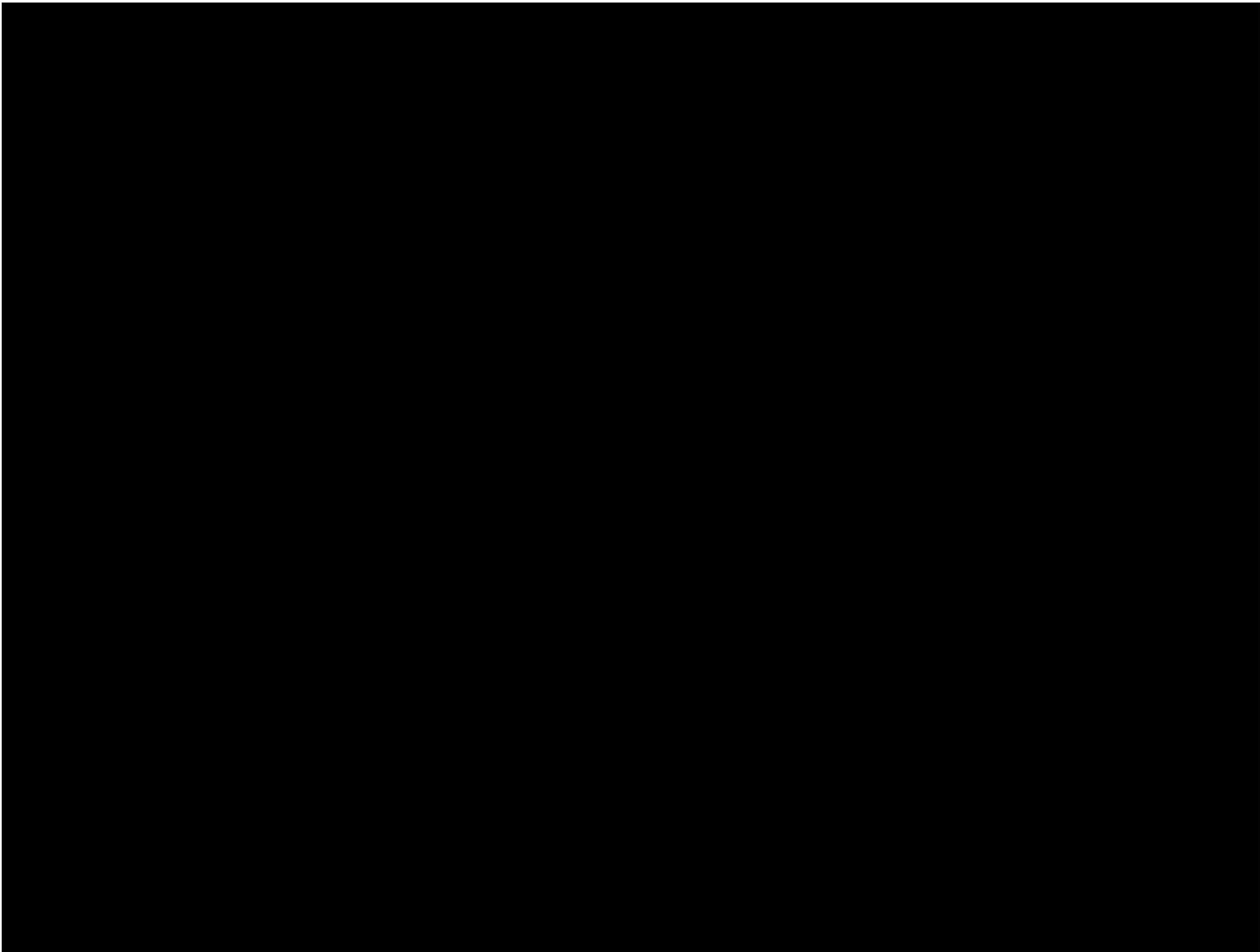
向かって右側が緑色、
左側が赤色



両肩が水平



両側とも緑色



本制作における課題

- 位置情報検出精度の向上
 - ↳ 複数の方向からの撮影及び検出点数を増やし、より詳細な3次元情報を取得する
- 人体を構造物とみなし、構造解析による各部位への負担の可視化（本製作では時間と技術の点で断念）
 - ↳ 一般的な筋骨格モデルでは用いない構造力学的な観点を取り入れる（計算が複雑になり、瞬時にフィードバックできない可能性あり）

筋骨格モデルの研究



モーションキャプチャ

筋電計

+

床圧力計

逆運動学・動力学計算・数学的最適化

動的データ

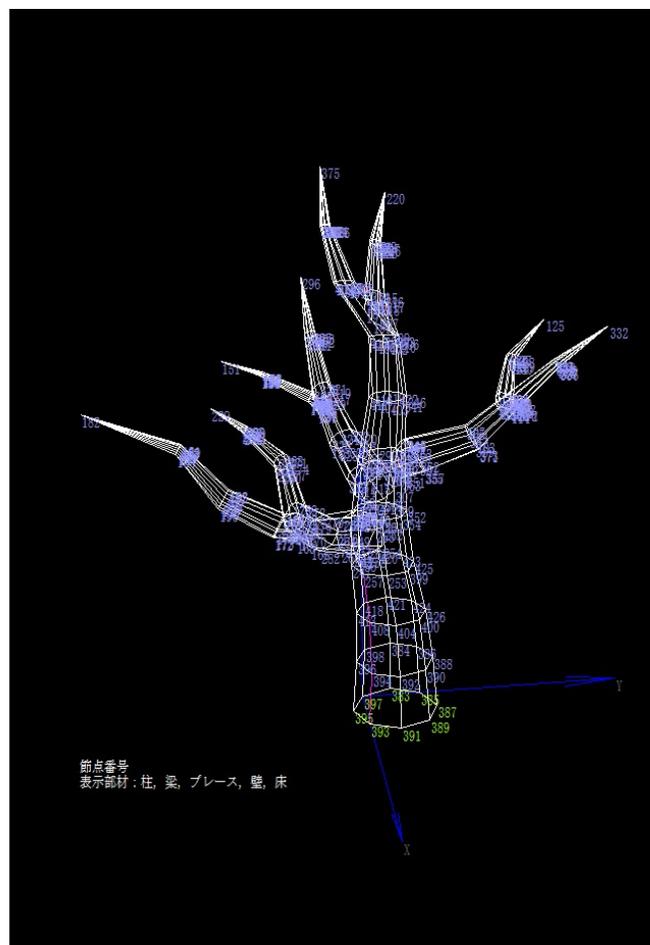
高速な計算

スポーツ科学、リハビリテーション、
生物医学など

Fig. 3. Images captured from the musculoskeletal-see-through mirror.

Akihiko Murai et al. Musculoskeletal-see-through mirror: Computational modeling and algorithm for whole-body muscle activity visualization in real time. *Prog. Biophys. Mol. Biol.* 103, 310-317(2010)

人体を構造物とみなす新たな筋骨格モデルの提案



Hogan Sample

形状
(姿勢 = 位置情報)

荷重条件
(負荷)

+

材料特性
(骨・筋肉)

構造解析及び力学的最適化

静的データ

詳細な計算

腰痛などの疾患の原因解明、
健康科学