軟性３Ｄ造形物の表面曲率と微細穴が触り心地に与える影響とその評価

部署名　情報生産技術部
名前　岡崎太祐

KISTEC Innovation Hub 2023　11.13 Mon. to 11.17 Fri.

目次

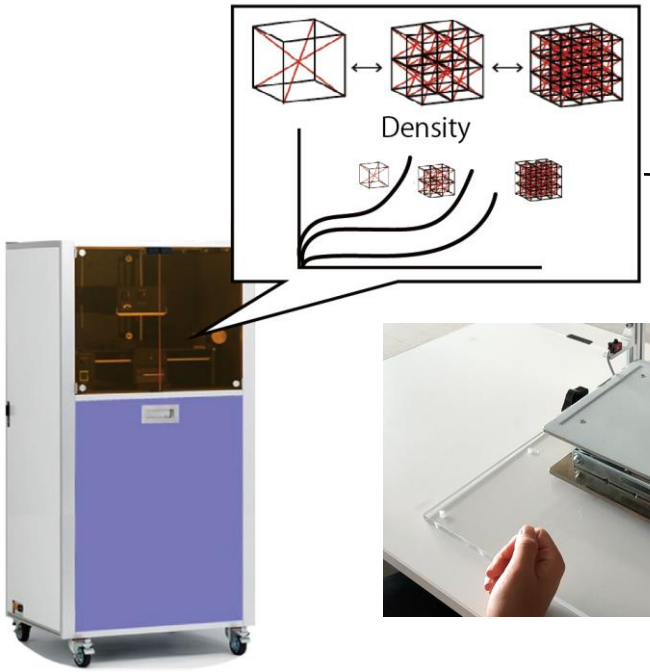
ⅰ 研究概要
ⅱ 研究背景
ⅲ 研究手法
　ⅲ-a 試験片作成
　ⅲ-b 心理物理実験結果
　ⅲ-c 物性計測結果
ⅳ 結果・考察
ⅴ 今後の展望

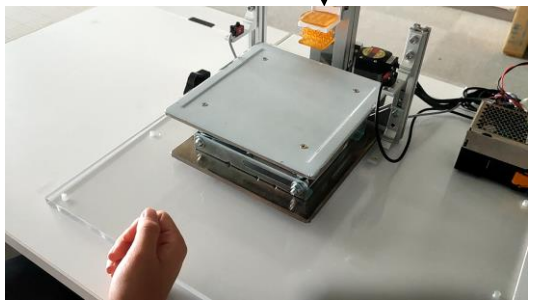
ｉ,研究概要

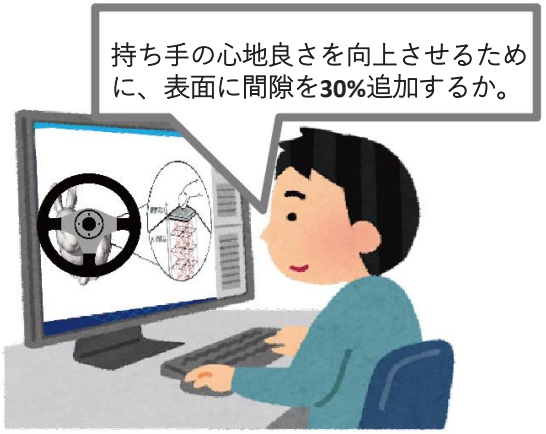
KISTEC

概要

３Dプリンタを用いることによって複雑な形状、かつ、弾性率を変えることができます。
造形物に対してやわらかさの感覚量の評価を行い、設計支援に応用することを研究目標とする。







造形物の感覚量評価 → 感覚量を用いた設計支援

３Ｄプリント造形物に対しての感覚量の評価を行うことで、
物理量ではなくて感覚量を設計可能にする。

ｉ,研究背景

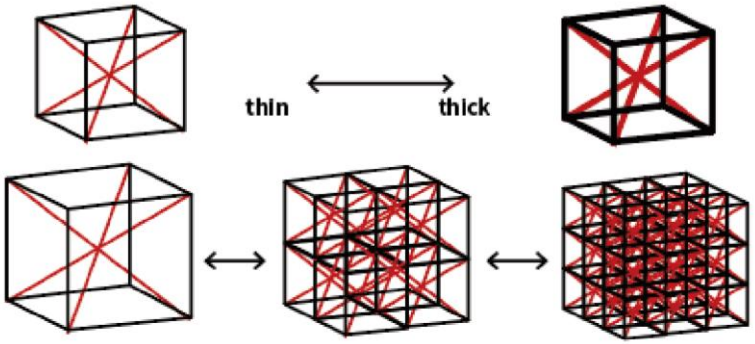
KISTEC

背景

技術的背景として３Dプリンタを用いることで弾性率を任意に設計することが可能である。
その応用としてインソールやコントローラといった柔軟性が求められるプロダクトが存在する。

技術的背景

内部構造の粗密を変化させることで弾性率を変えることができる。



内部構造の粗密を変える

応用事例

柔軟性が求められ、かつ、個別的な形状が求められるプロダクトに用いられる。

事例：ハンドル

事例：自助具

事例：医療用インソール

事例：競技用クラブ

３Dプリントを用いることで設計できる複雑な幾何構造は、
機械特性を変え、個人にあったプロダクトを設計することが期待できる。

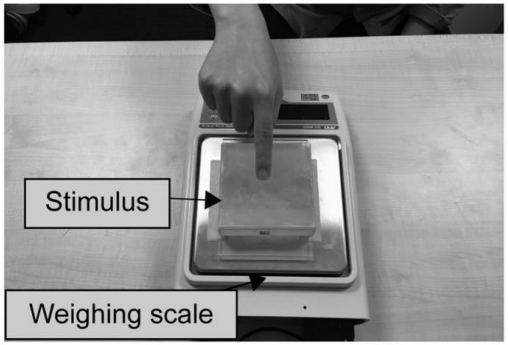
i ,研究背景（先行研究）

KISTEC

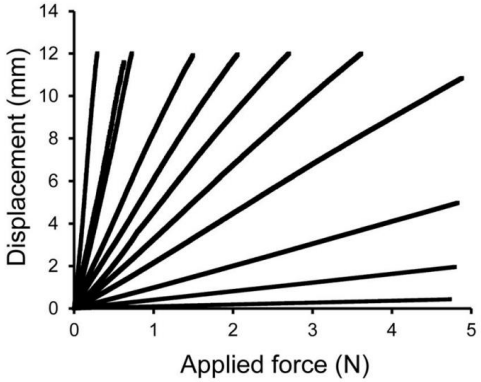
軟性材料の物理量と心理量の関係性について（2021）

Kitada, R., Ng, M., Tan, Z.Y. et al. Physical correlates of human-like softness elicit high tactile pleasantness. Sci Rep 11, 16510 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-021-96044-w

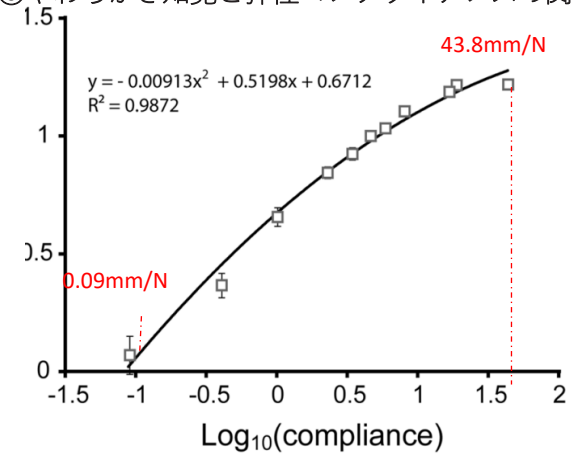
①実験条件



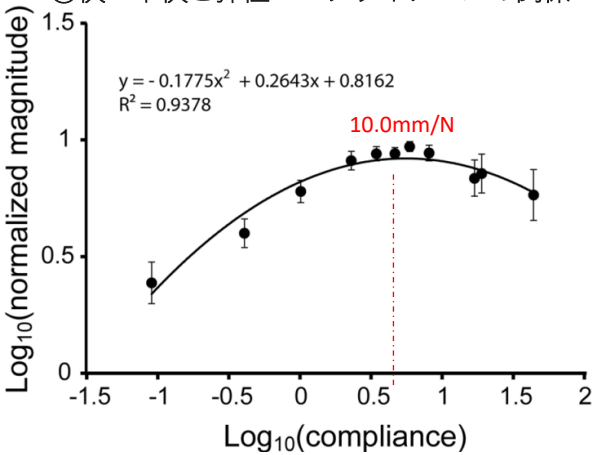
②試験片の弾性率



③やわらかさ知覚と弾性コンプライアンスの関係



④快・不快と弾性コンプライアンスの関係



物性値である弾性率と心理量であるやわらかさ知覚には線形性、
快不快には上に凸型の非線形性が示唆される。

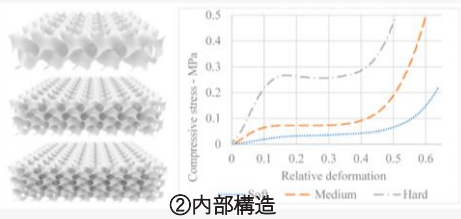
i ,研究背景（先行研究）

KISTEC

製品インターフェイスの材質の剛性が、掴み作業中の人間の触覚に及ぼす影響（2022）

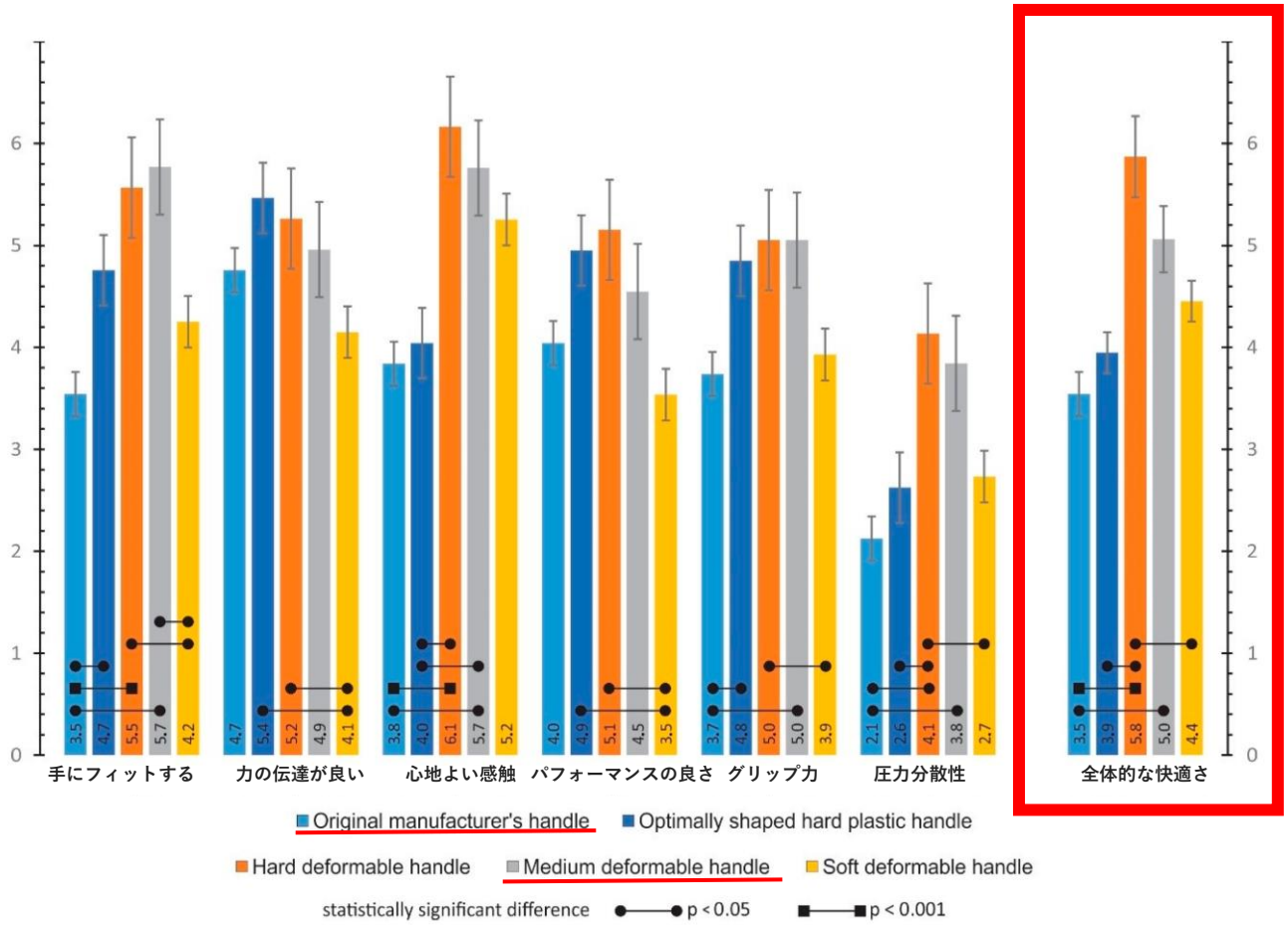
Harih, G.; Kaljun, J.; Dolšak, B. Influence of Product Interface Material Stiffness on Human Tactile Perception during a Grasping Task. Appl. Sci. 2022, 12, 8867. https://doi.org/10.3390/app12178867

①鋸の持ち手



②内部構造

③引張課題



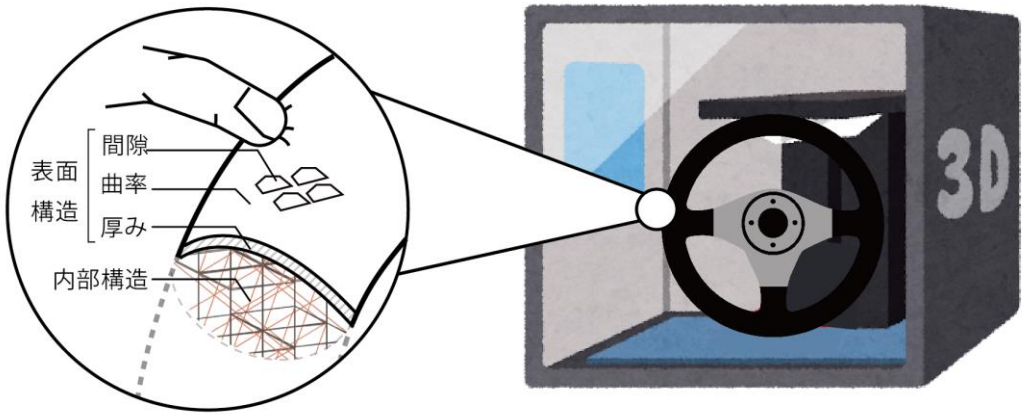
複雑な形状である手具において弾性率が使い心地に影響することが示唆される。
弾性率の制御ができると使い心地を向上させることができる。

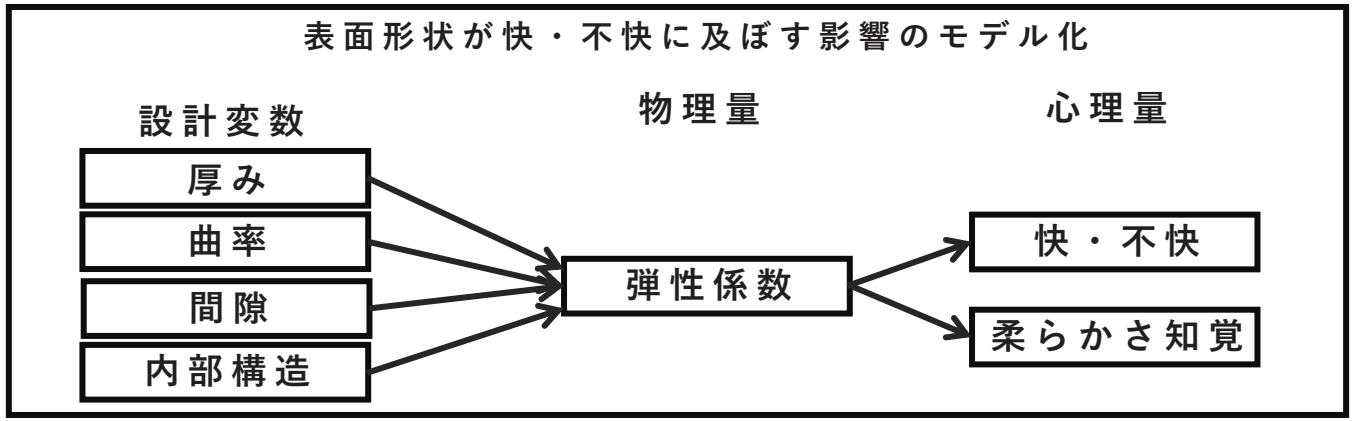
ii ,研究概要（中課題）

KISTEC

2.研究目的（中課題）

目的：表面形状に関わる設計変数から快・不快を設計する



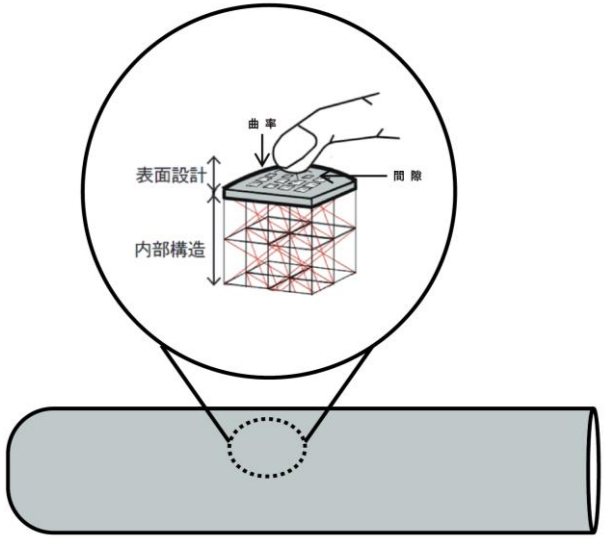


本研究では表面形状に関わる、曲率・間隙が物理量・心理量に与える影響を調べることによって、特定の部位に対して適当な快不快を設計する技法を提案する。

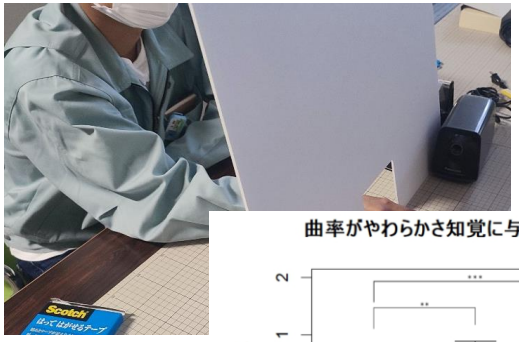
iii,研究手法

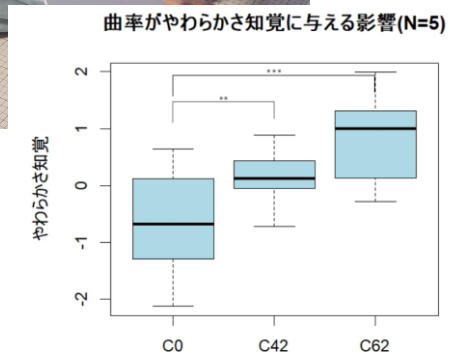
KISTEC

i， 試験片の作成

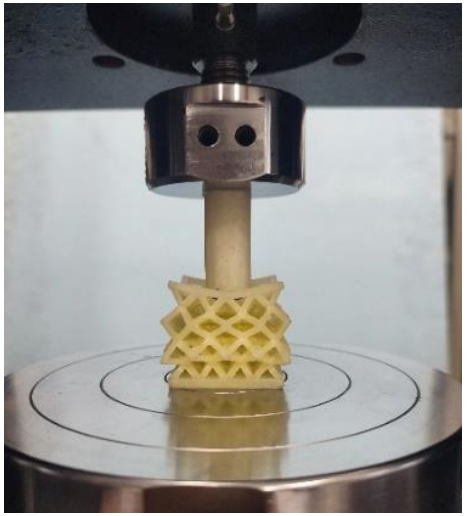


ii， 心理量の評価を行う





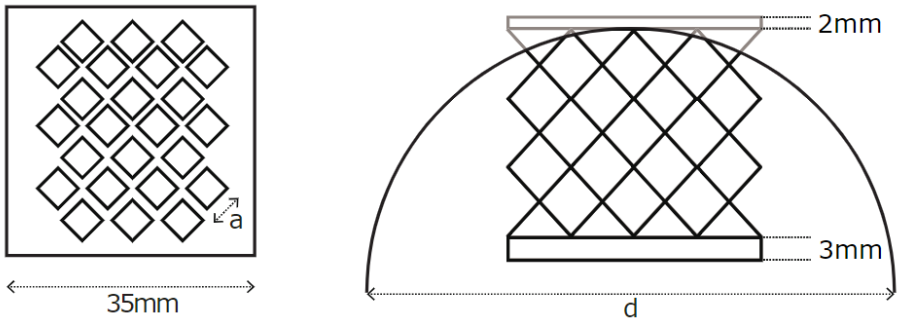
iii ， 物理計測



表面設計の異なる試験片を作成し、心理物理実験を行い、
曲率と間隙が柔らかさ知覚に与える影響を定量化した.

設計変数と心理量の間の関係性をモデル化することを目的として、
心理物理実験を行い柔らかさの設計支援方法を提案する。

iii -a試験片作成



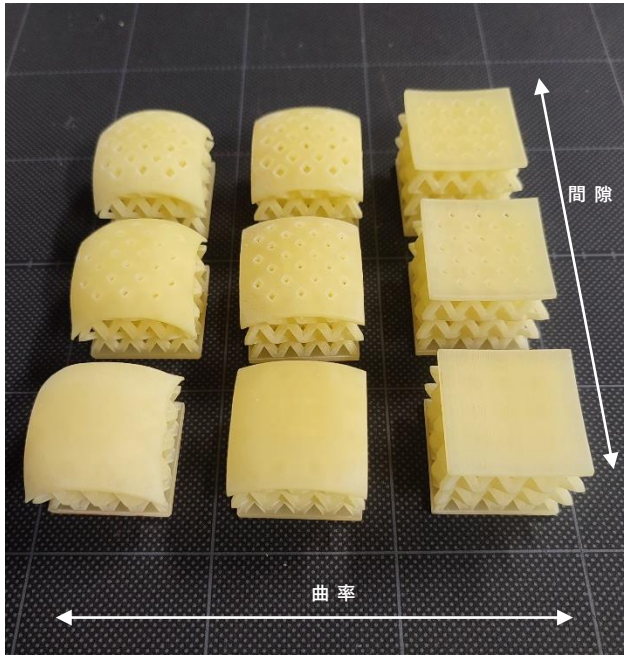
A,試験片の上面・側面

Table 1: 設計パラメータ

Name	サイズ (mm)	材料	幾何構造	格子数	柱径 (mm)	膜厚 (mm)	円 (d)	間隙率 (%)	ガウス曲率
C0S0	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	0	0	0
C0S7	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	0	7.0	0
C0S7	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	0	15.7	0
C62S0	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	62	0	2.59×10^{-4}
C62S7	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	62	7.0	2.59×10^{-4}
C62S15	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	62	15.7	2.59×10^{-4}
C42S15	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	42	0	5.66×10^{-4}
C42S0	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	42	7.0	5.66×10^{-4}
C42S15	34 × 34 × 35	ゴム	BCC	4	2	2	42	7.0	5.66×10^{-4}

造形方法：3D systems社Projet E5600X.使用 材料：VisiJet CE-NT,3D systems

B , 設 計 変 数

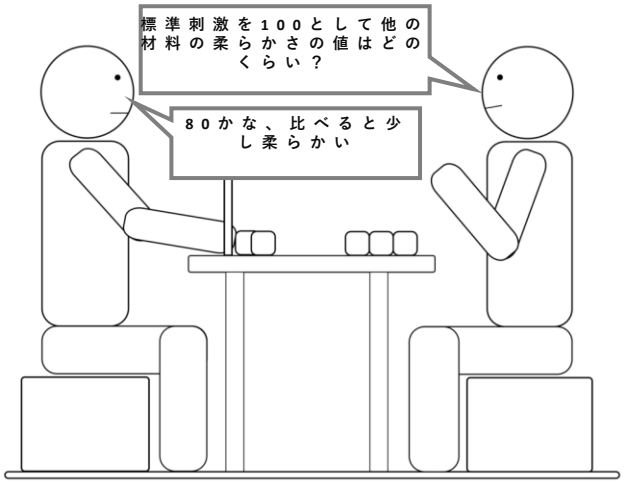


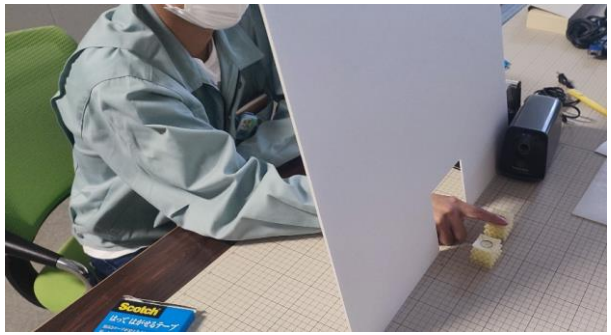
C , 造 形 物

試験片での実験結果をハンドル・取ってなどのシリンダー形状に反映することを目的に試験片形状はシリンダー形状の一部を切り出した形状で作成した。

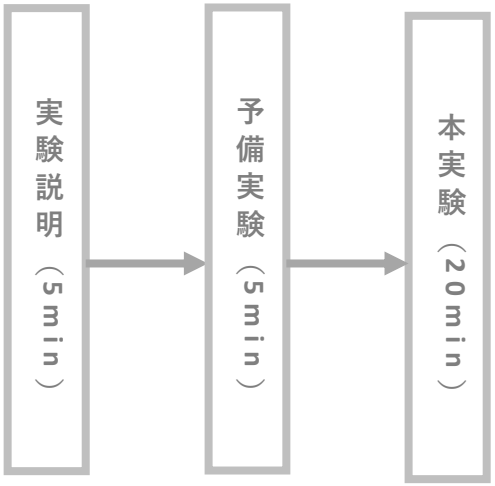
iii -b心理物理実験プロトコル

KISTEC





実験環境

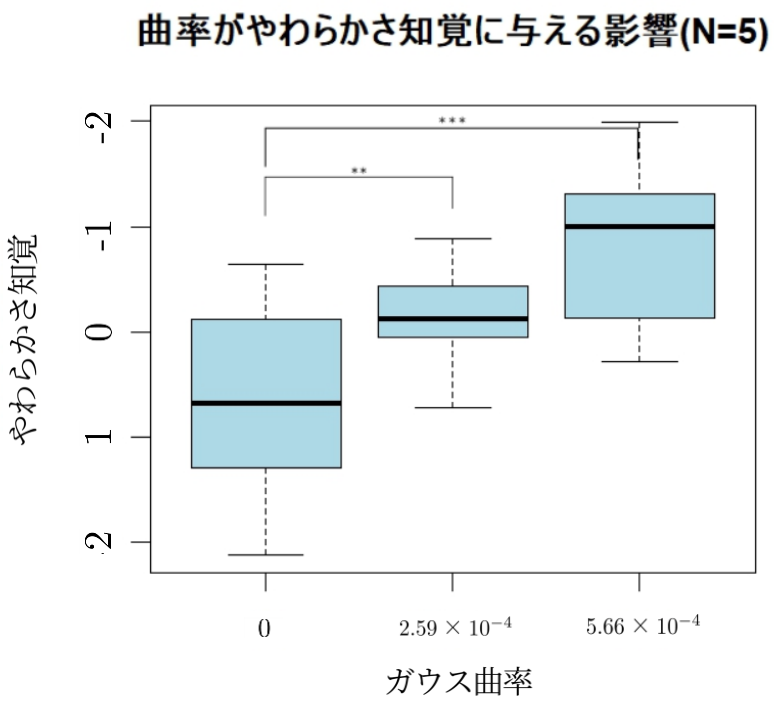


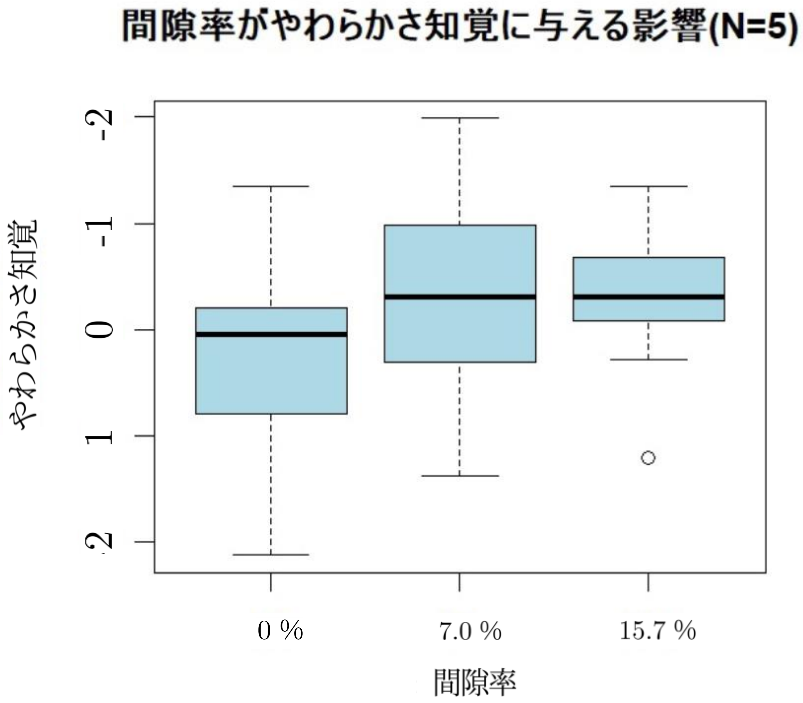
・実験参加者は5名（内,男性5名,M=39.6,SD=11.3)
・実験参加者に実験内容の教示を行った.
・実験参加者は本実験前にすべてのサンプルを利き腕の人差し指で押し込みを教示した.
・実験手法はマグニチュード推定法を用いた.
・実験刺激の押し込み方法は自由に押し込むように教示した.
・被験者からサンプルが視認できないように衝立を設置した.
・被験者はサンプルc42s0を標準刺激とした.
・実験刺激の呈示はランダム化を行った

実験プロトコル

マグニチュード推定法を用いて表面特性が柔らかさ知覚に与える影響について心理物理実験を行った。

iii -c心理物理実験結果





・一元配置分散分析の結果を示す.**曲率の影響について条件間に有意水準5%で有意な差が認められた.**
（F(2,42)=14.19,p<.05,η²=0.40）.
・ボンフェローニの多重比較検定の結果C0,C42の平均値に統計的有意な差が認められた(p<.05)また,C0とC62の群についても統計的有意に差が認められた(p<.05).**C42とC62の間には統計的優位な差は認められなかった**(p=0.056).
・**間隙の影響について条件間に有意な差は認められなかった**（F(2,42)=2.751, p=0.07, η²=0.11）.

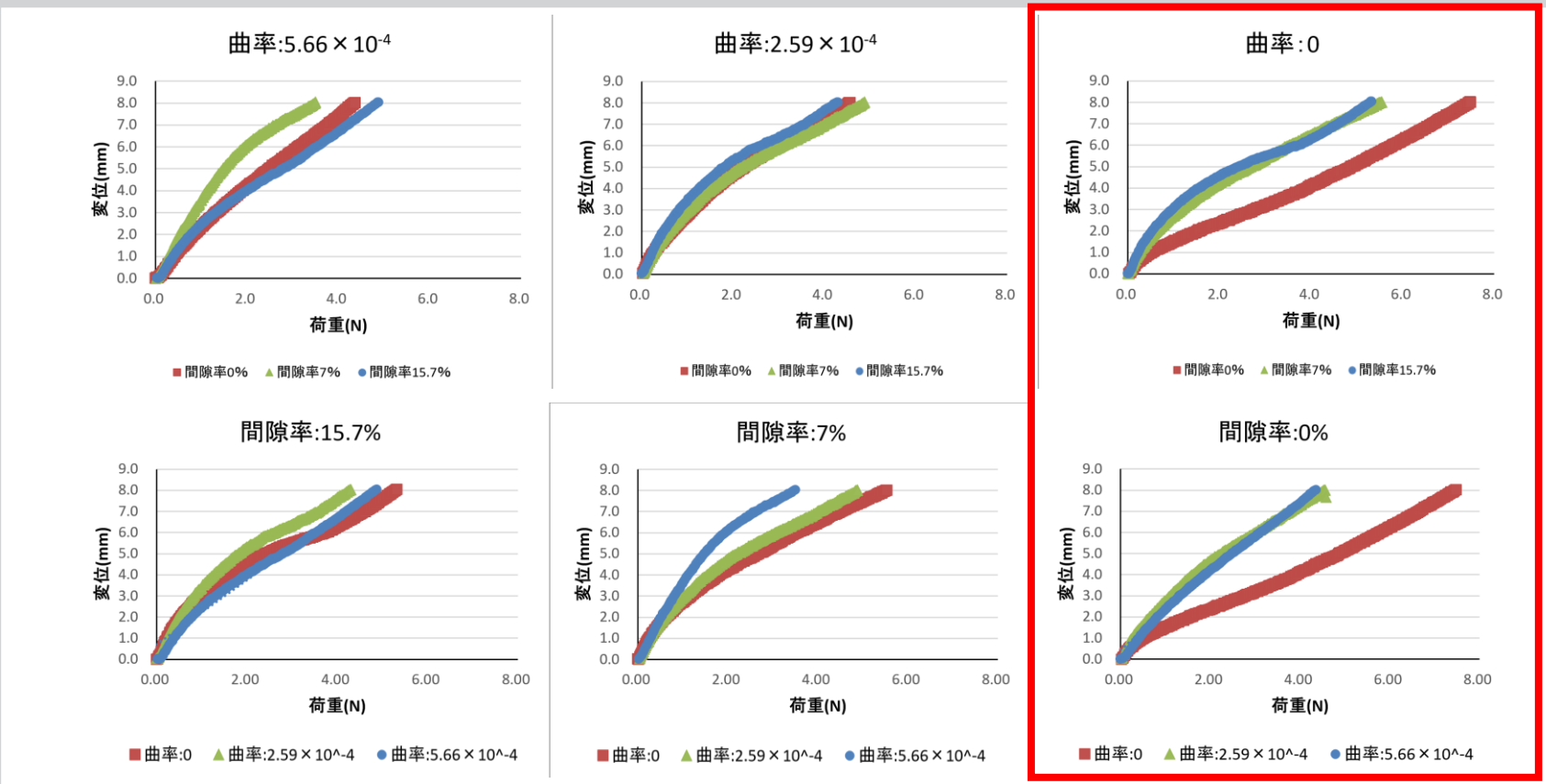
曲率が柔らかさ知覚に影響があることが統計的優位に示された。
間隙が柔らかさ知覚に影響があることは統計的優位に示されなかった。

iii -d,材料特性が柔らかさに与える影響について

KISTEC

【目的】 3Dプリンタ造形物が持つ曲面の曲率や穴の明け具合が弾性コンプライアンスに与える影響について計測することを目的に万能試験機で計測を行った。

【結果】
①右上の図版からは**間隙率が上がることで変形量が大きくなっている**ことを示唆する。
②**曲率が上がることで変形量が大きくなっている**ことを示唆します。



計測条件：計測万能試験機(Instron series 5582)に球面形状(φ15)の接触子を用いて5Nの荷重を100mm/mの押し込み速度で5回の計測を行った,計測間隔はサンプルの疲労回復を目的に5分の時間を取った.得られた計測データの0-5Nの区間を線形回帰を行い得られた傾きをコンプライアンスとして計測値とした.

iv -結果・考察

【結果】

心理物理実験の結果より、本研究では曲率が柔らかさ知覚に影響を与えることが示唆されたが、曲率の程度の違いによって、やわらかさ知覚に影響があることは統計的優位には示されなかった。

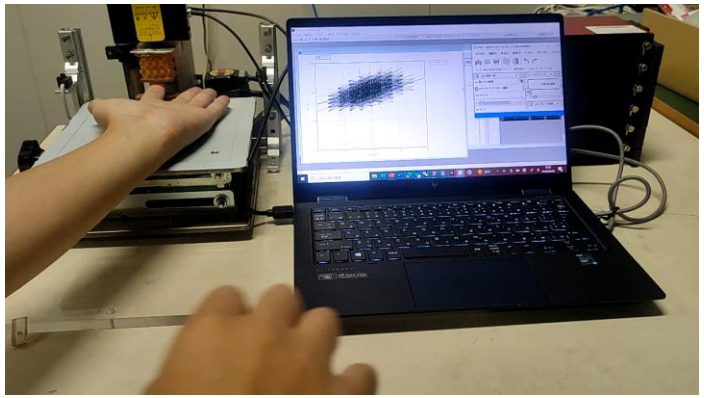
また間隙の量が柔らかさ知覚に与える影響については統計的優位には示されなかった。

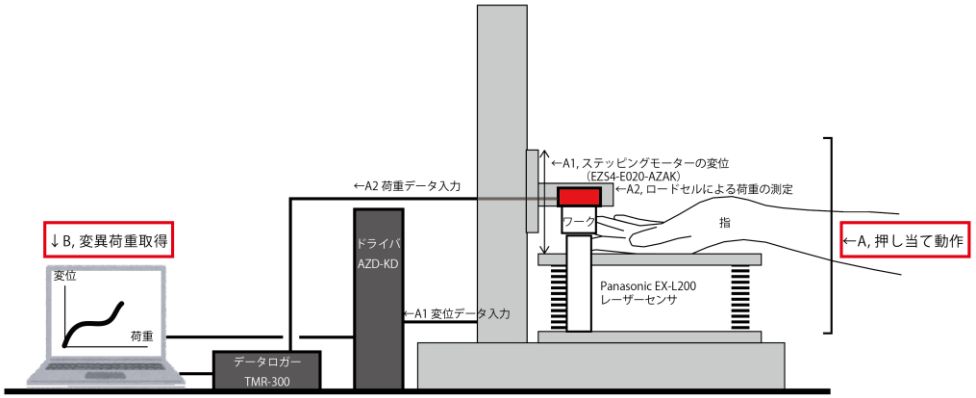
【考察】

物性計測の結果では、心理量の計測結果を支持ずる結果は得られなかった。これは実験条件の統制ができていないことと、物性計測の結果が応力で比較ができていないことによって生じていると考えられる。

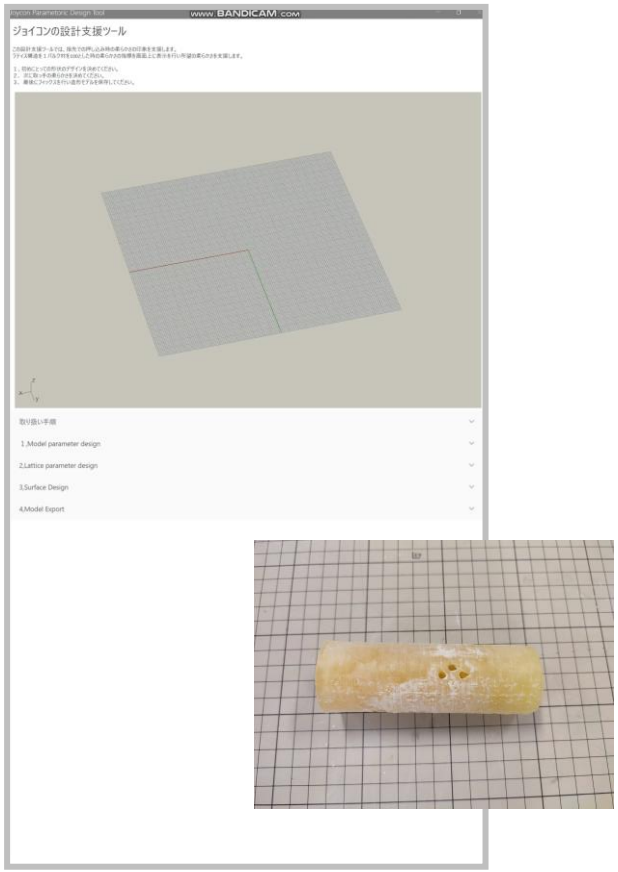
Ⅴ -今後の展望

①実験条件の統制を行うための感覚量試験機を製作し実験をすすめモデル化を行う。
②実際に得られたモデルを用いてシリンダー形状の設計支援を行う。





感覚量試験機



設計試験ソフトウェア