

足首形状補完による 足首ハンガー反射の効率化に関する研究

Efficiency improvement of ankle hanger-reflex by ankle
shape supplementation

電気通信大学 梶本研究室

眞田華道, 小林優人, 中村拓人, 梶本裕之

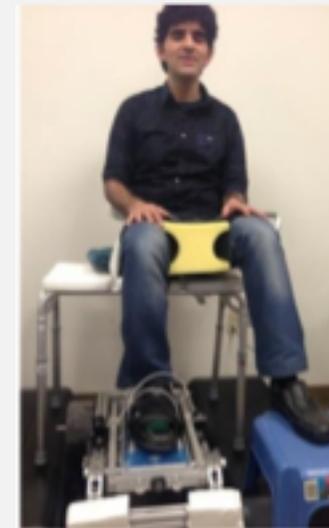
第23回日本バーチャルリアリティ学会大会

研究背景

- 多種類のアクチュエータを用いることで人々の体の各部位に様々な感覚を提示することが可能

- 足への触覚提示は手掌部と比べて少ない

{
• リハビリテーション応用
• ナビゲーション応用
} が主



Implementation of a Task-dependent Anisotropic Impedance Controller into a 2-DOF Platform-based Ankle Rehabilitation Robot, Amir B.

Farjadian, 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)

Shoe me the Way : A Shoe-Based Tactile Interface for Eyes-Free Urban Navigation , Schirmer, Maximilian, MobileHCI

研究背景

- 現状の足裏触覚提示装置の課題
 - 装着型では比較的**大型**の機構が必要
 - **複雑な制御**が必要

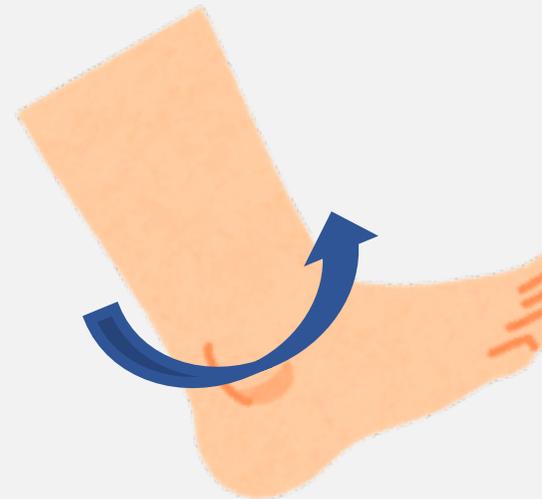


規模が小さい装置での足への感覚提示

目的

- 課題

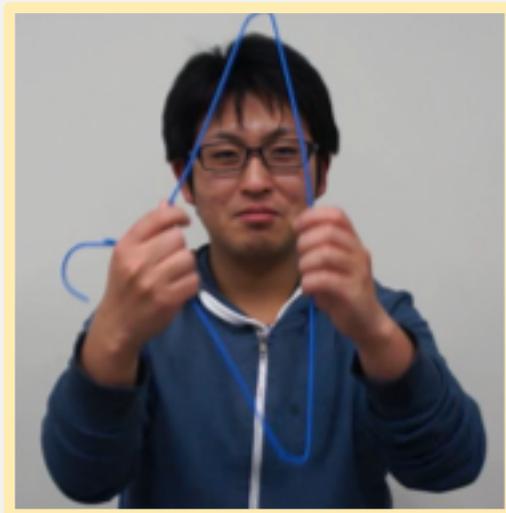
- 比較的小規模, 低燃費な足への
感覚フィードバック装置の開発



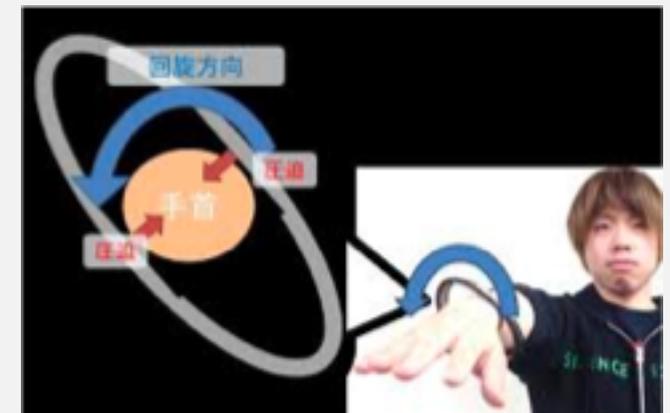
ハンガー反射装置を用いた足首の
回転を促す装置の開発

ハンガー反射とは

- 頭に針金状のハンガーを装着することで不随意で頭が回旋してしまう現象
- 頭部だけではなく、腰部、手首でも同様の現象が発生する

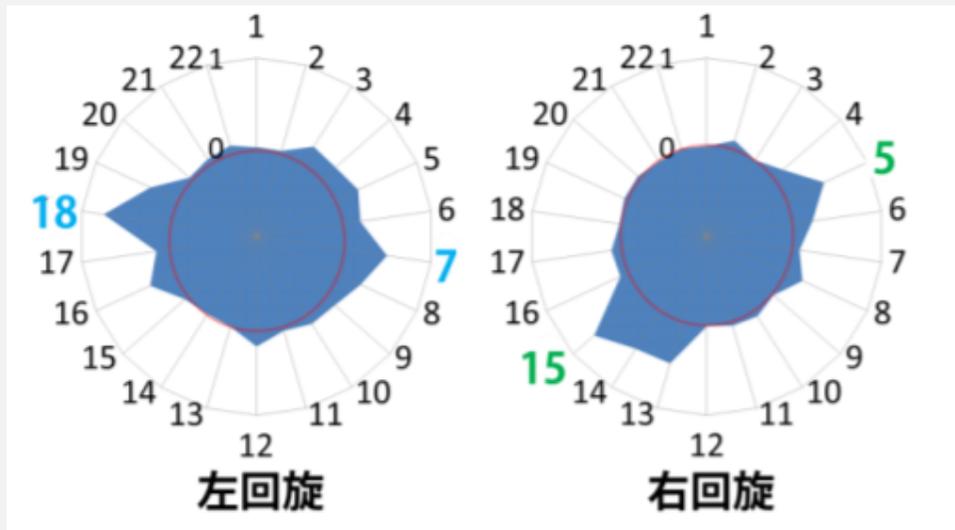


今ら, ハンガー反射を用いた腰部への回旋・並進力提示デバイス, 2016

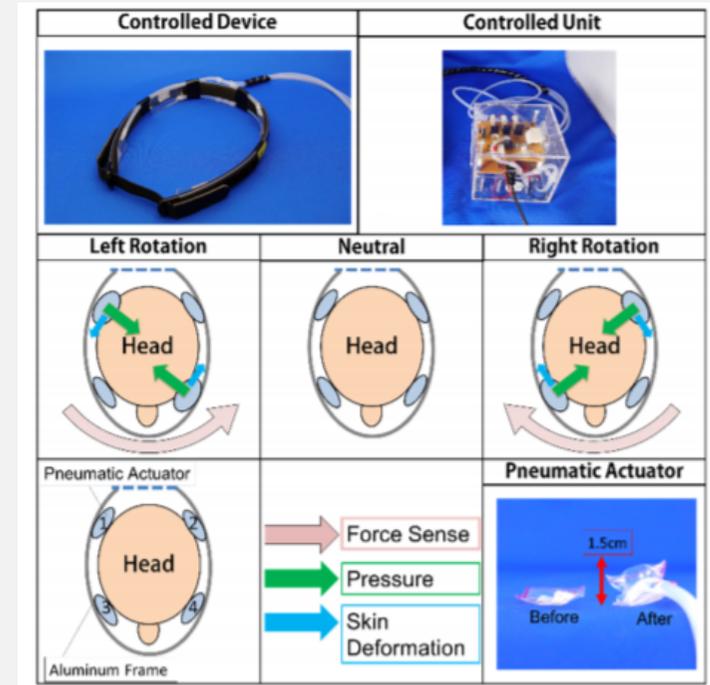


中村, 手首でのハンガー反射発生時の手首圧力分布の計測, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2014

ハンガー反射の「ツボ」



中村ら, 手首でのハンガー反射発生時の手首圧力分布の計測, 2014



今ら, 空気圧アクチュエータを用いた頭部ハンガー反射回旋角度制御の試み, 2017

- 頭部, 手部, 腰部においてこれまで効果的に作用する「ツボ」が確認されている
- ハンガー反射には皮膚のせん断変形が重要で, このため骨の形に大きく影響される

足首ハンガーの利点

- ナビゲーション用途では腰よりも装着が容易
- ズボンなどで隠すことができる
- 手に対するインタラクションを邪魔しないためコンテンツとしての幅が広がる 
- エアポンプを用いた動的生起もおそらく可能

足首ハンガー反射の問題と解決方法

- 従来の装置では足首に対するハンガー反射の強度がやや弱く、他部位のハンガー反射発生装置をそのままつけても強い回旋は感じられない



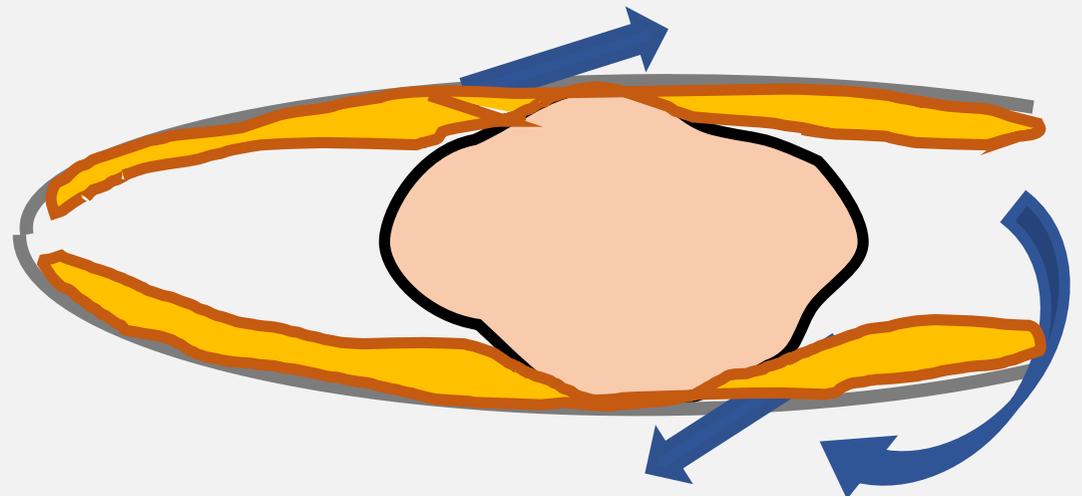
- 足の形の歪さによる圧迫点の不安定さが原因ではないか



**シリコンを用いることで摩擦力向上や圧迫領域の
拡大による効果有効範囲の拡大**

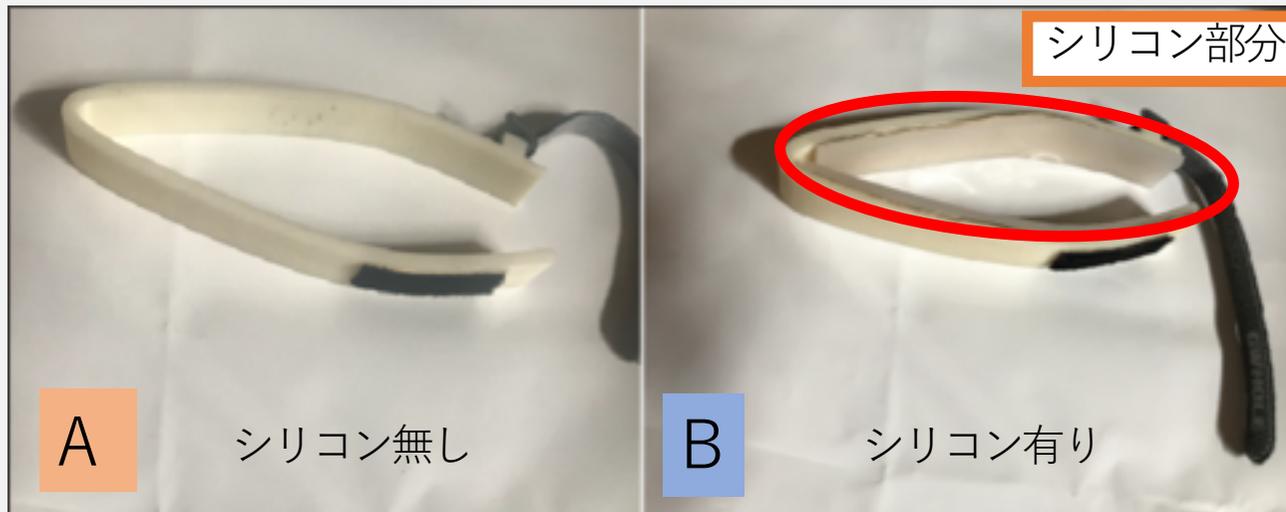
解決手法

- 足首ハンガー反射が(おそらく)足首の形の歪さから弱い
- シリコンゴムにより足の形状を補完, 皮膚との接触を安定させることでハンガー反射の安定化, 感覚の強化を行う



装置概要

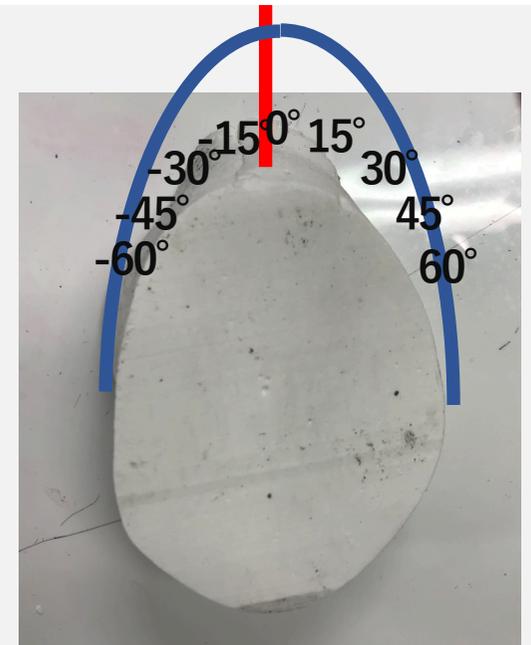
- 手首ハンガー反射発生装置の形状を模したものの
- A: 従来の装置
- B: 提案手法- シリコンによるハンガー反射増強モデル



シリコンを用いることで摩擦力向上
や圧迫領域の
拡大による効果有効範囲の拡大

予備実験

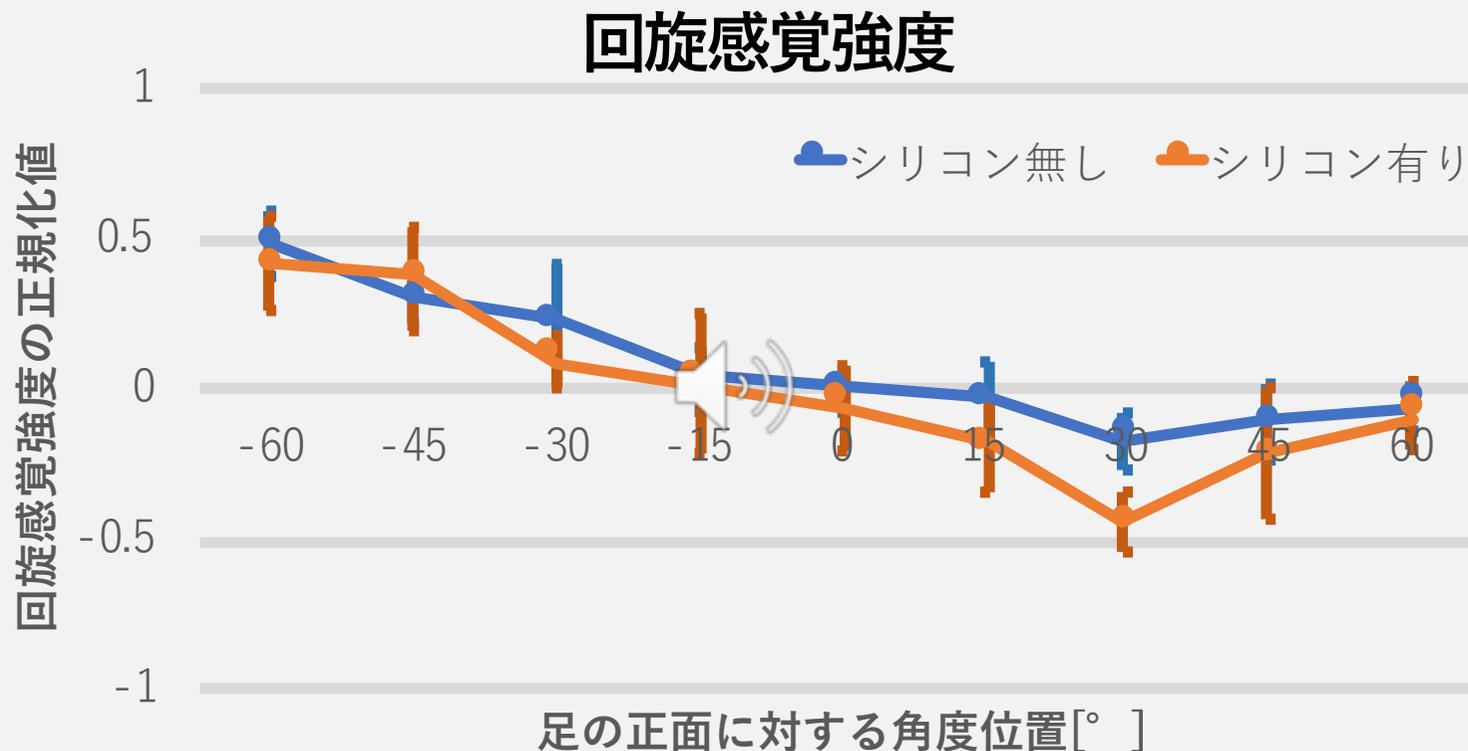
- 足首ハンガーの発生確認実験
 - 被験者は4名(20~23歳の男性)
- 測定方法
 - 椅子等の上で脱力状態で起立状態を維持
 - 強度の比較限界値を提示
 - 右足の正面を0° として-60° ~60° (15° 刻み)の範囲でランダムに提示
 - 各装着ごとに外回りを正, 内回りを負としてその回旋感覚の強度をVisual Analog Scaleで評価



Visual Analog Scale の評価グラフ

予備実験: 結果

横軸: 回旋角度は外回りを正



シリコン有りの方が回旋感覚が大きい

本実験

- 主観評価とともに,
客観評価として足の実際の回旋量を測定



- 条件
 - 男性3名(20~24歳), 女性2名(16~50歳)
 - 被験者の状態: 予備実験と同様.
 - 回旋角度: 分度器で計測
 - 装着位置: 予備実験を元に10° 刻み, -60° ~60°
 - 主観評価: Visual Analog Scale

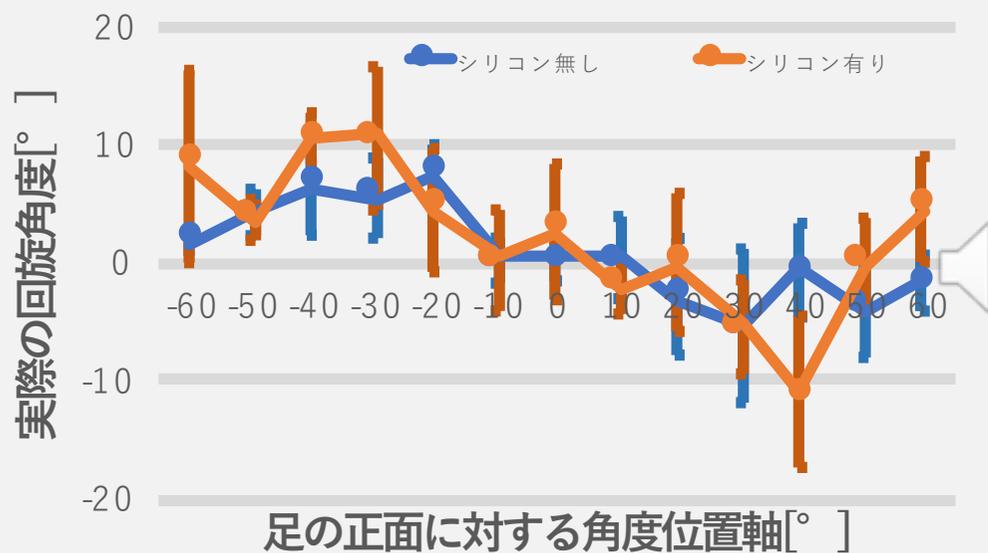


本実験: 結果

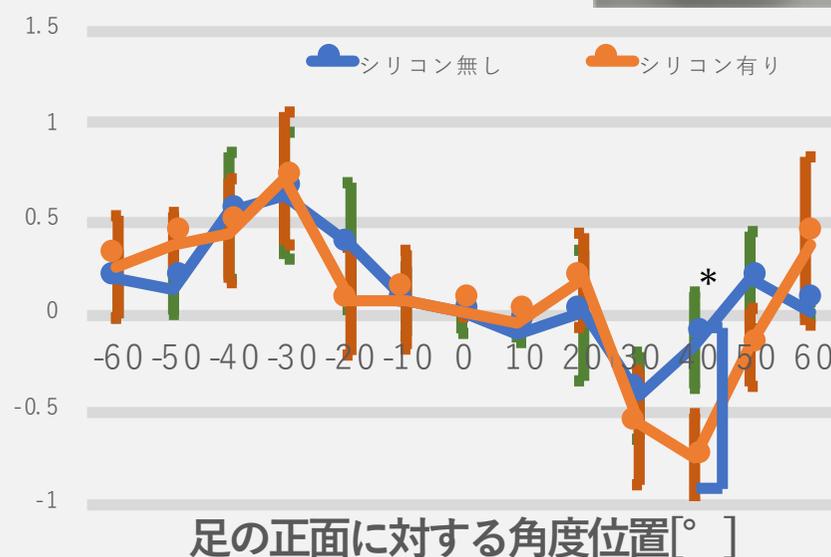


回旋角度

回旋感覚強度



回旋角度強度の正規化値



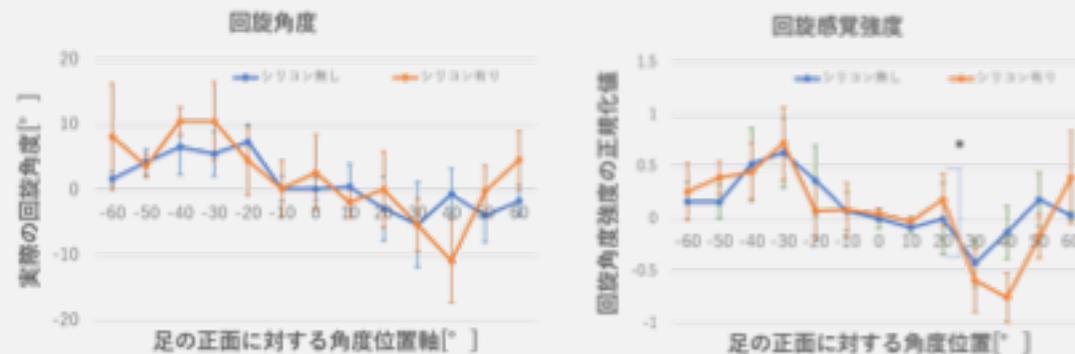
シリコンにより回旋角度，回旋感覚強度に増加の傾向がある？

本実験: 考察

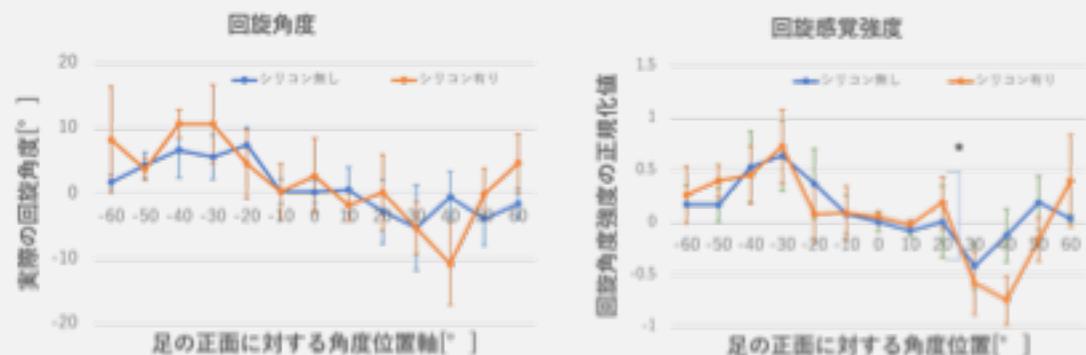
- 実験2結果回旋感覚強度において $20^{\circ} \sim 50^{\circ}$ の範囲では有意差が確認されなかった
- 40° においては有意差が確認された ($p < 0.01$)



- シリコン有りの方がハンガー反射の有効範囲が広い



本実験: まとめ



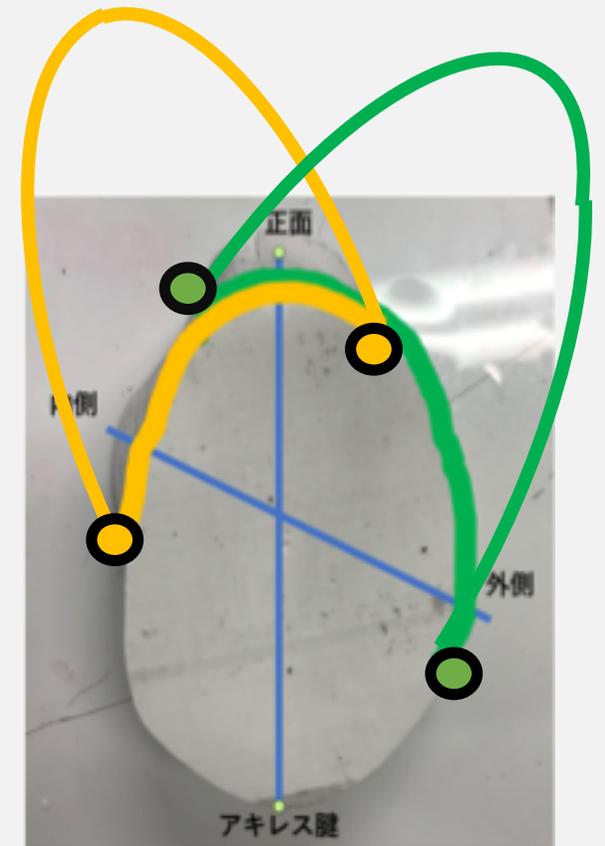
シリコンの有無にかかわらず、 ± 30 度付近で極値を取る
ハンガー反射における「ツボ」

シリコンにより、より広範囲に、より強い回旋を生じている
シリコンが有効である可能性

回旋角度がシリコンがあることで大きくなっている部分（-30度、
-40度）で、回旋感覚強度については大きくなっていない
今回回答した感覚強度が主観的「力」を回答しており、角度とは
異なる可能性

ハンガー反射の骨との関係

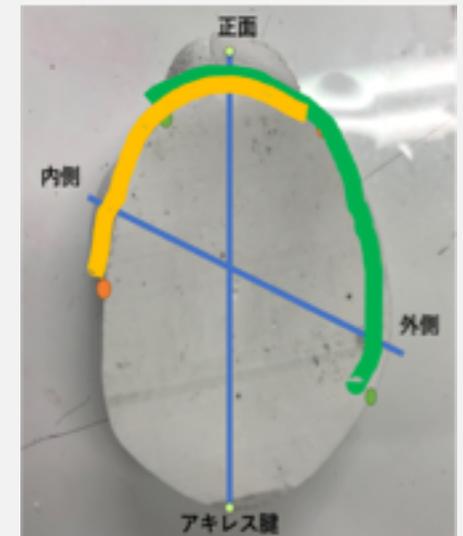
- 足のハンガー反射の回旋感覚のピーク値部
 - 外側回転: 緑
 - 内側回転: 黄色
- $\pm 30^\circ$ 付近の時の足の挟み込みはくるぶしの端に位置



ハンガー反射には骨部分の圧迫が重要である

全体のまとめ

- 目的
 - 小規模, 低燃費な足への感覚フィードバック装置の開発
- 解決方法
 - ハンガー反射を利用して, シリコンを用いることで
摩擦力向上や圧迫点の範囲拡大
- 装置概要
 - 手首モデルを参考に作成
 - 足首を2点で圧迫する形状
- 結論
 - 回旋感覚強度が 40° において有意であった→ **"ツボ"**の存在
 - ハンガー反射は従来の力覚フィードバックよりも低燃費かつ軽量である
 - シリコンを用いることで回旋感覚の性能が向上する



- 将来の展望
 - 足首における動的制御
 - 利点を生かしてVRにおけるフィードバックに応用
 - 現実世界の歩行ナビゲーションにおける応用



今ら、ハンガー反射を用いた腰部への回旋・並進力提示デバイス, 2016