

確率共鳴現象を利用した人の触感覚を より鋭敏にするデバイス

栗田 雄一

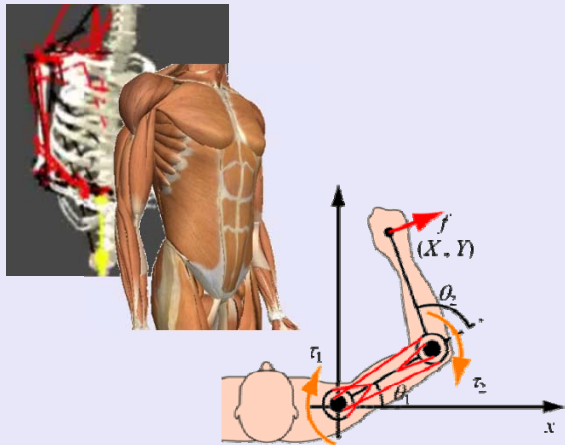
広島大学大学院工学研究院
生体システム論研究室 准教授



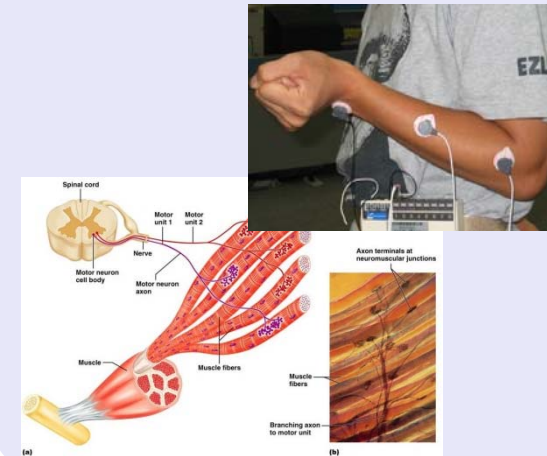
広島大学

Human modeling & Enhancement 人の理解と人をサポートする機器の開発

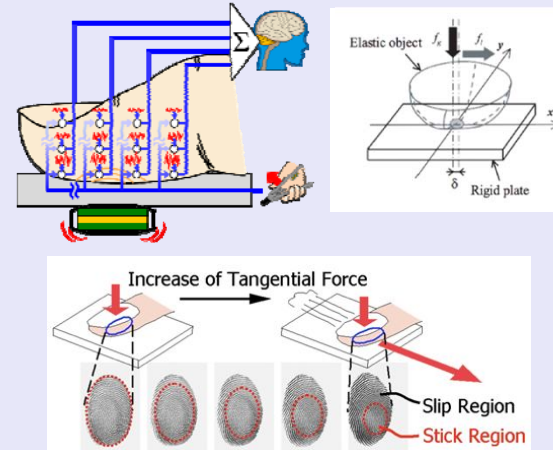
身体モデル



筋肉モデル



感覚モデル

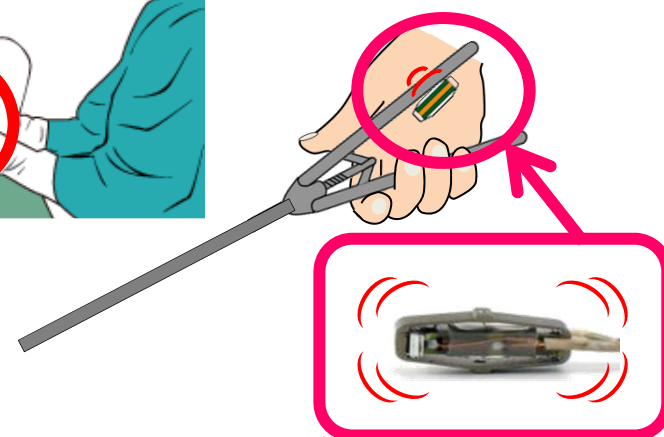
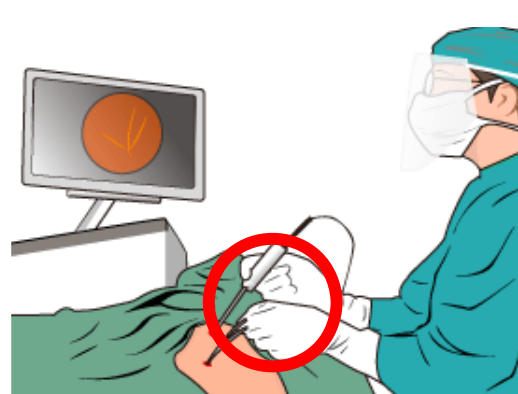


インタフェース



医療・福祉

感覚感度を上げて人の運動パフォーマンスを向上させる



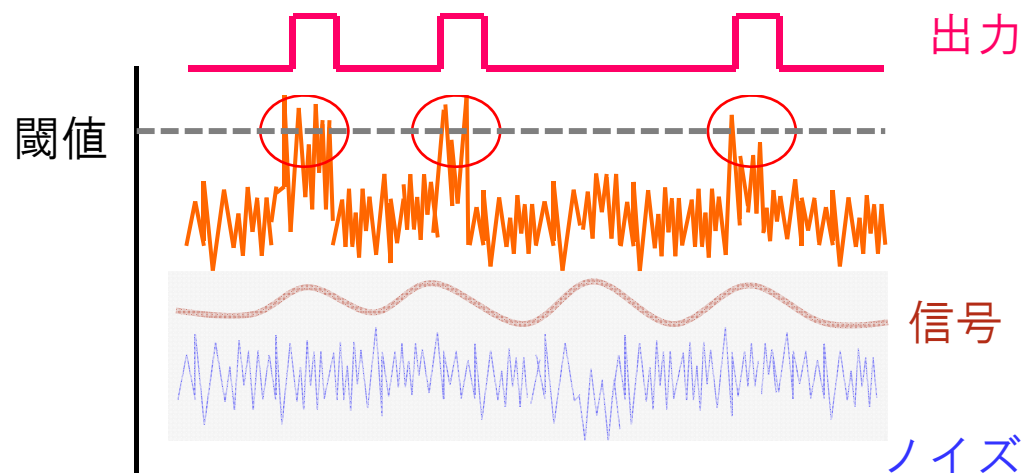
- ✓ 微少な振動を連続的に指先に加えるだけで触覚知覚感度が向上する現象（確率共鳴）を利用
- ✓ センシングが不要，ただ振動を指に与えるだけ
- ✓ 元々の知覚感度が悪いほど効果が高い

確率共鳴？

- 確率共鳴 = Stochastic Resonance (SR)

ノイズ付加によりシステムの応答が
入力信号に対して共鳴（同期）しやすくなる現象

- もともとは大氷河期の周期的到来を説明するのに導入された概念
- 閾値を持つ興奮系（閾値を超えるとパルス応答がおこる）において，ノイズを付加すると，信号に重畳したノイズが信号の山で閾値を超える確率が高くなる



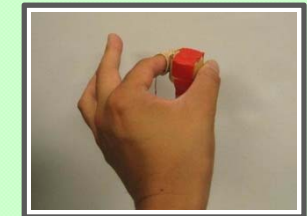
従来研究

2011

- 動物 ◆ ザリガニの感覚器 J.K.Douglass *et al.* ('93) ◆ ネズミの皮膚受容体 J.J.collins *et al.* ('96) ◆ ヒキガエルの皮膚受容体 J.B.Fallon *et al.* ('05)

- 人間 ◆ 視覚 E.Simonotto *et al.* ('97) ◆ バランスコントロール能力 A.M.Galicia *et al.* ('05)

- ◆ 聴覚 F.Zenga *et al.* ('00)

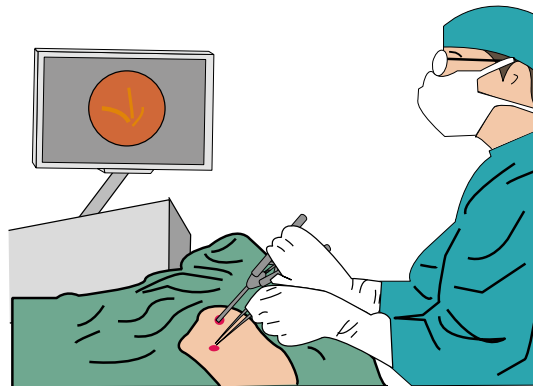


- ◆ 指先 Kurita *et al.* ('11)

感度低下



内視鏡手術

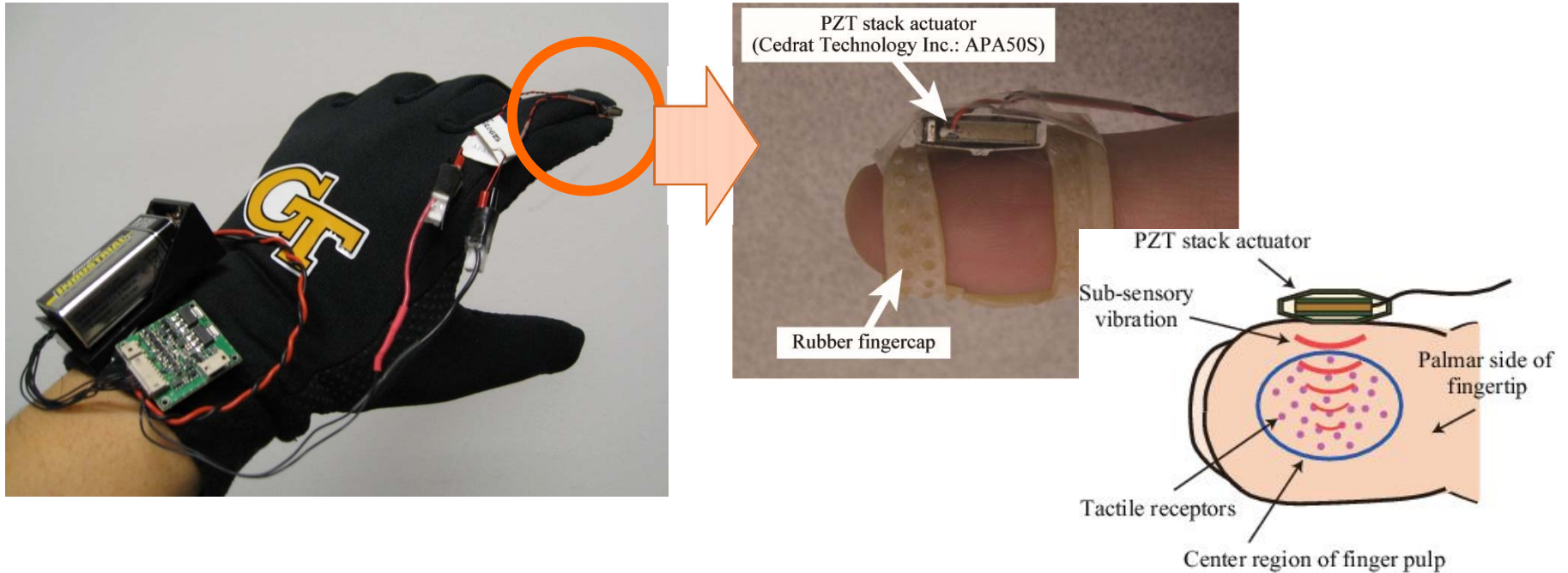


危険な作業場



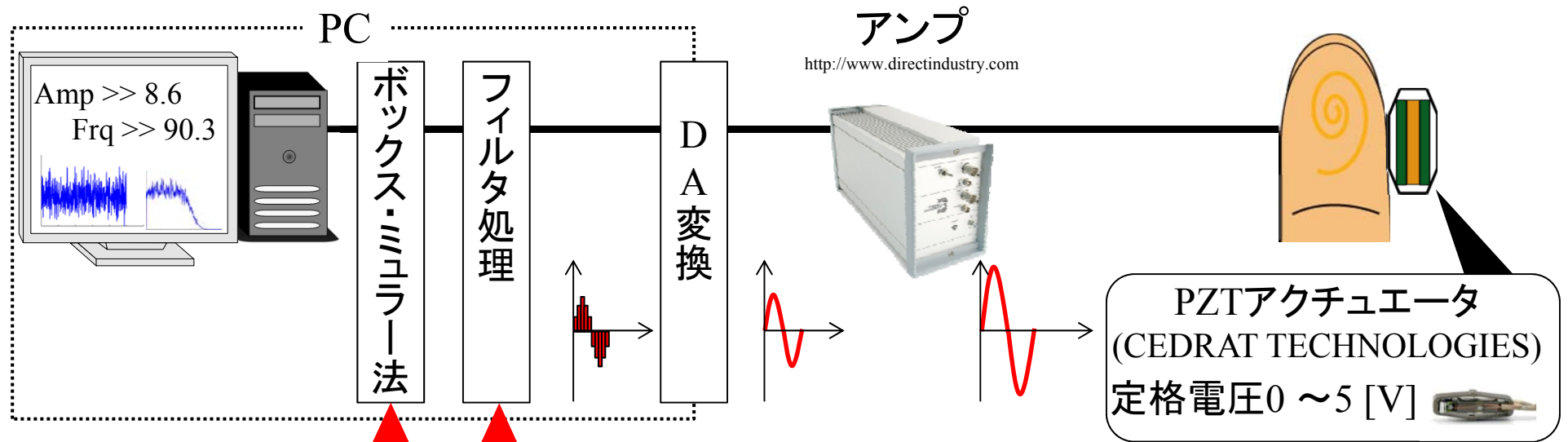
手先での知覚機能向上を目的としたデバイス開発への応用

Wearable sensorimotor enhancer



- 装着型感覚運動機能向上デバイス（プロトタイプ）
 - ピエゾスタックアクチュエータを振動発生デバイスとして使用
 - アクチュエータは指側部に配置
 - 300Hzのローパスフィルタをかけたホワイトノイズを付与
 - 対象に直接接触できるように指腹部をオープンにする

3.1 システム構成



ホワイトノイズ生成

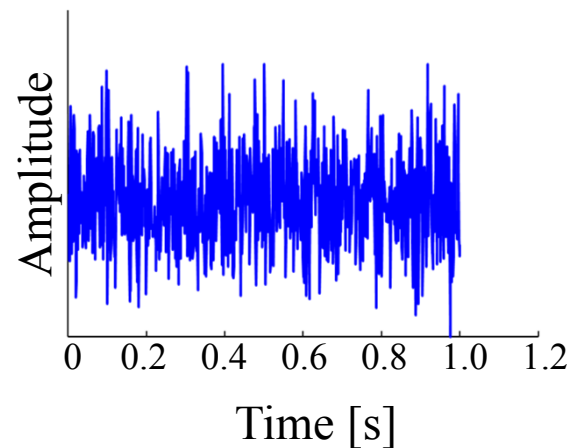
ボックス・ミュラー法

一様乱数から生成

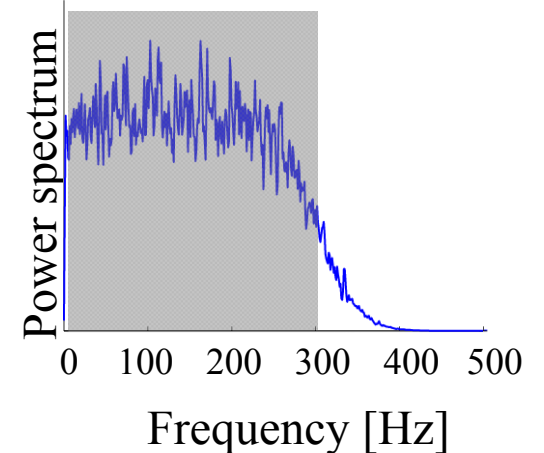
$$X = \sigma \sqrt{-2 \times \ln \alpha} \times \sin(2\pi\beta)$$

X: ホワイトノイズ

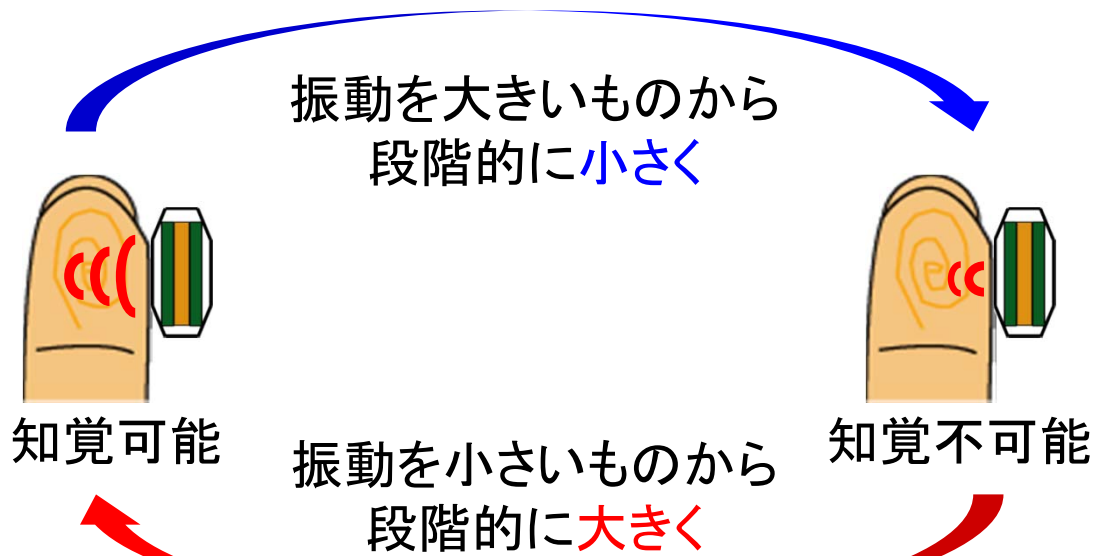
α, β : 一様乱数, σ : 標準偏差



・周波数
1 ~ 300 [Hz]



3.2 指先での振動閾値測定

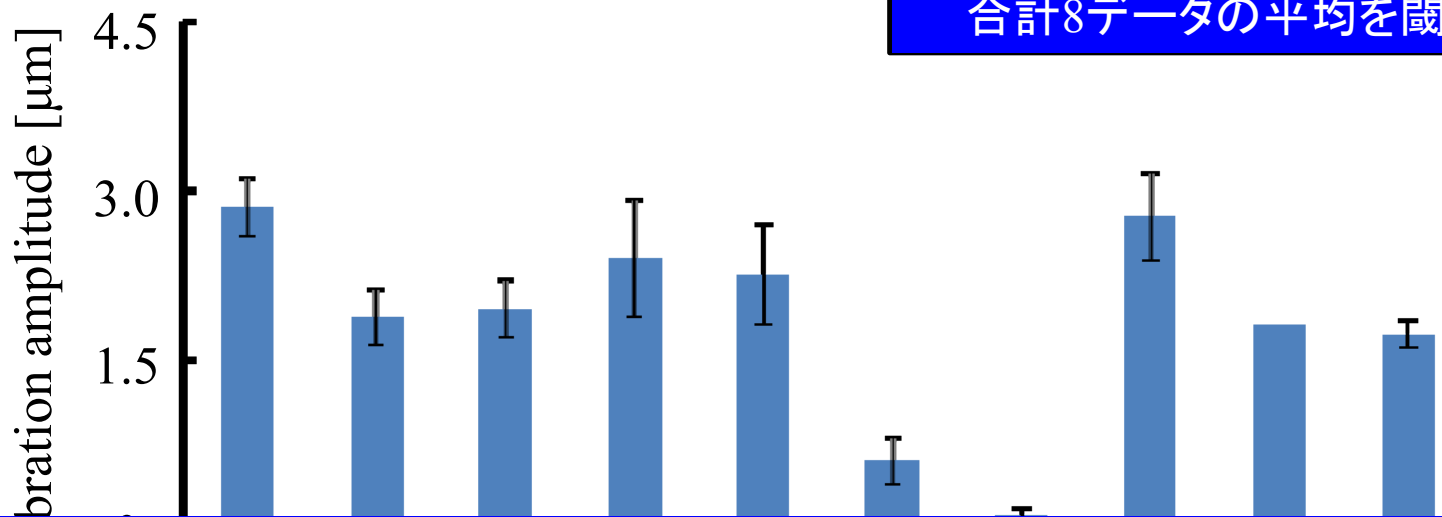


振動					
5(大)	○		○		...
4	○	○	○		...
3	○	×	×	○	...
2	×	×		×	...
1(小)		×		×	...

○: 知覚できる, ×: 知覚できない

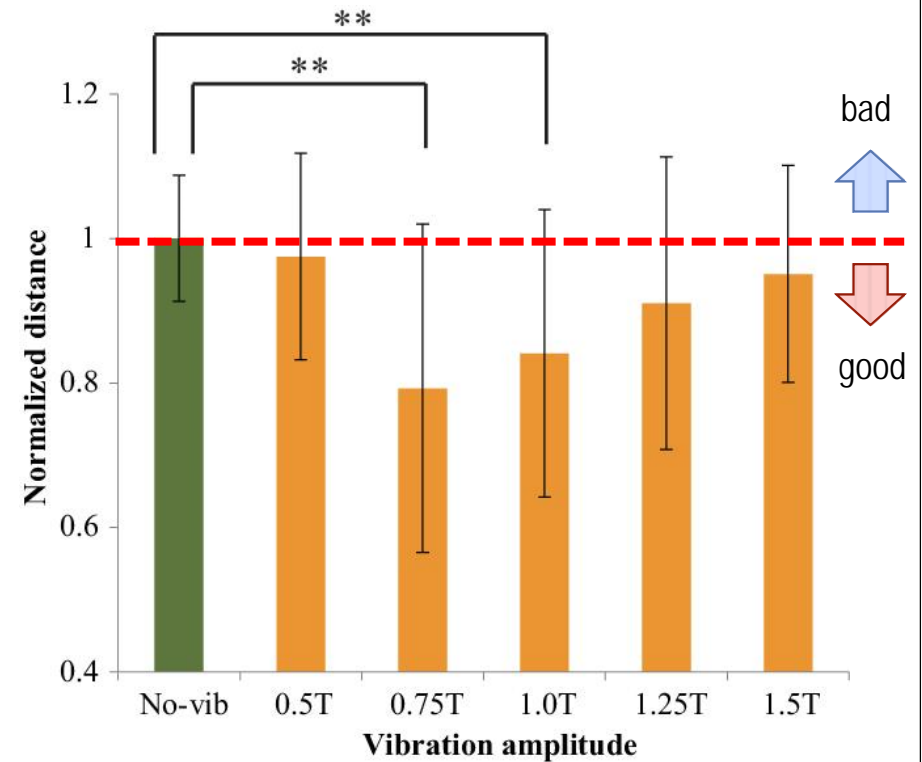
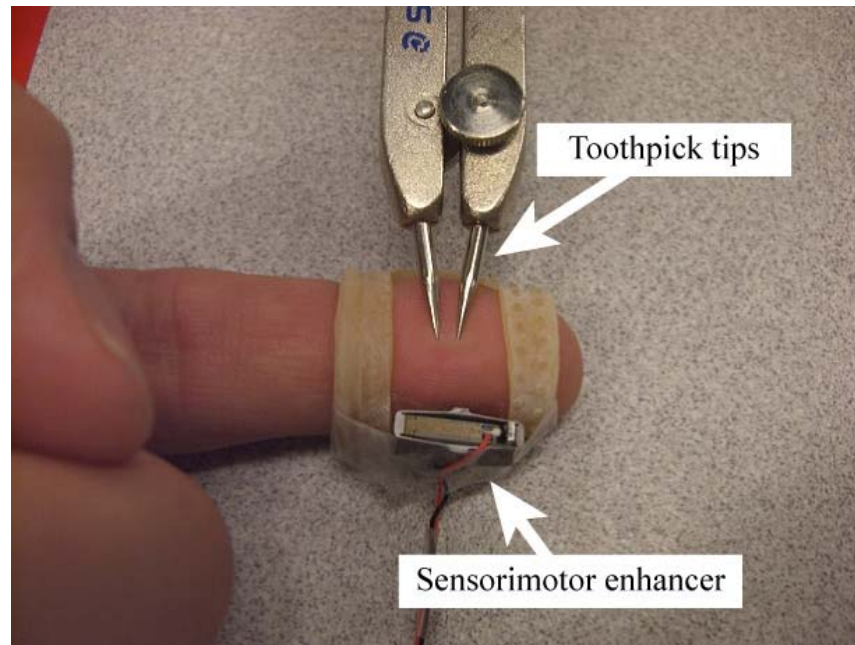
合計8データの平均を閾値とする

結果



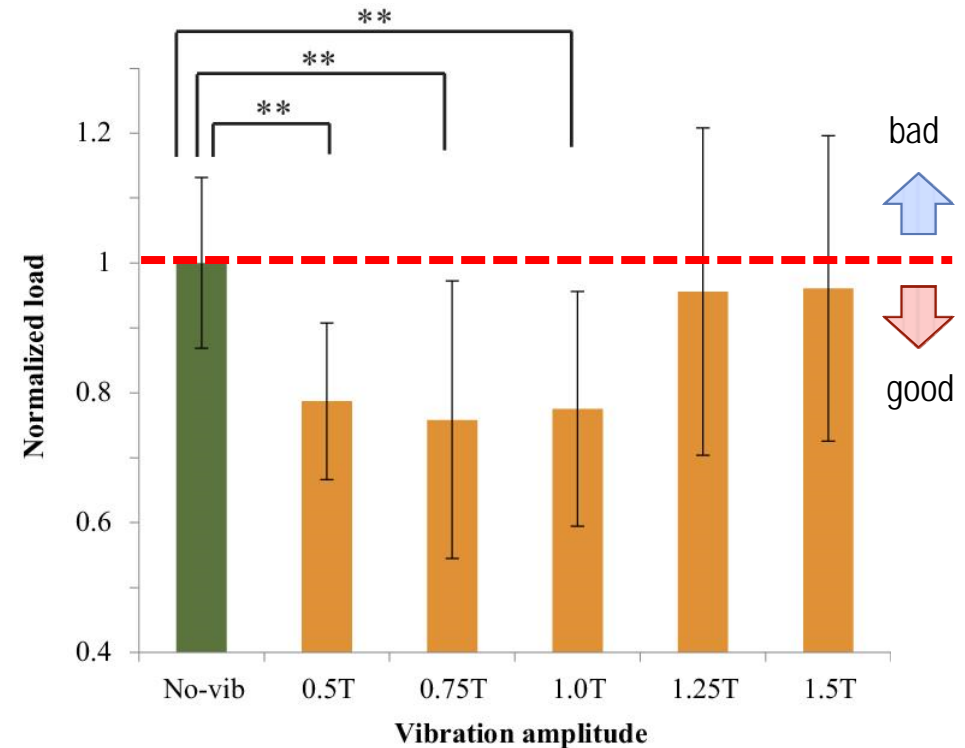
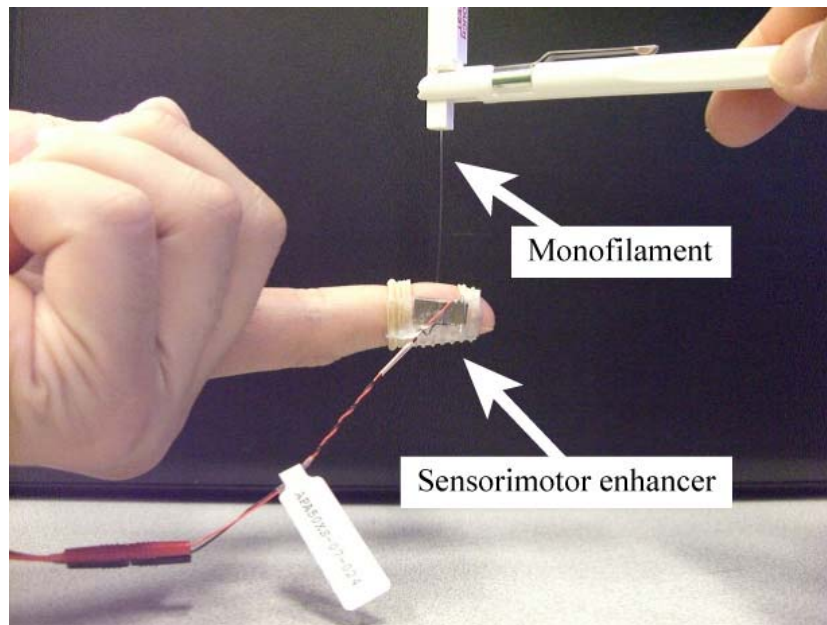
被験者に応じた振動知覚の閾値を検出

Passive sensory-test (1): Two-point discrimination



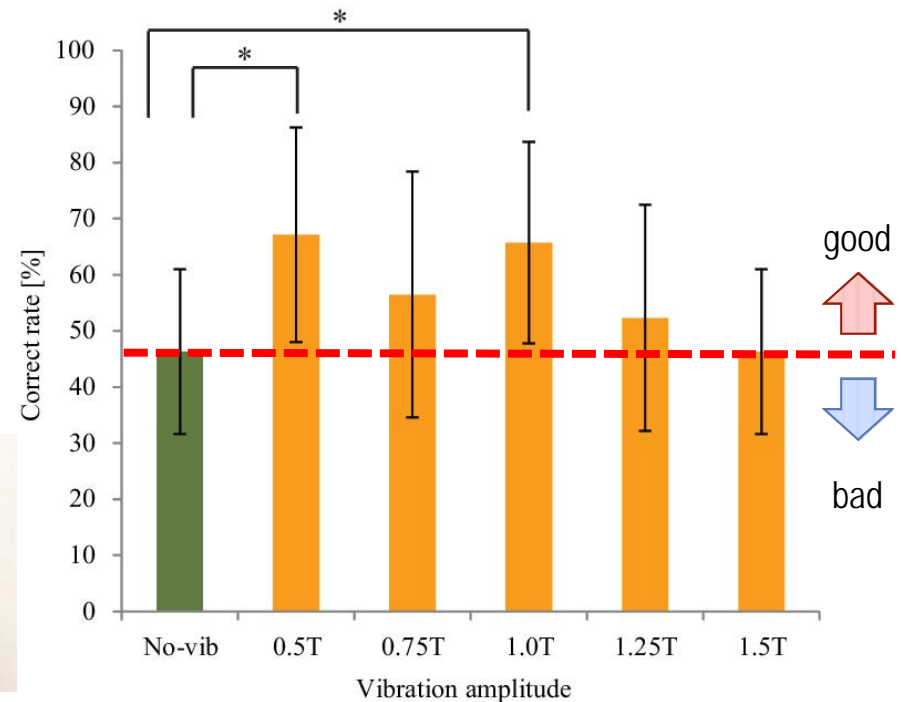
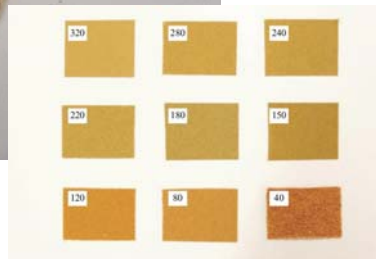
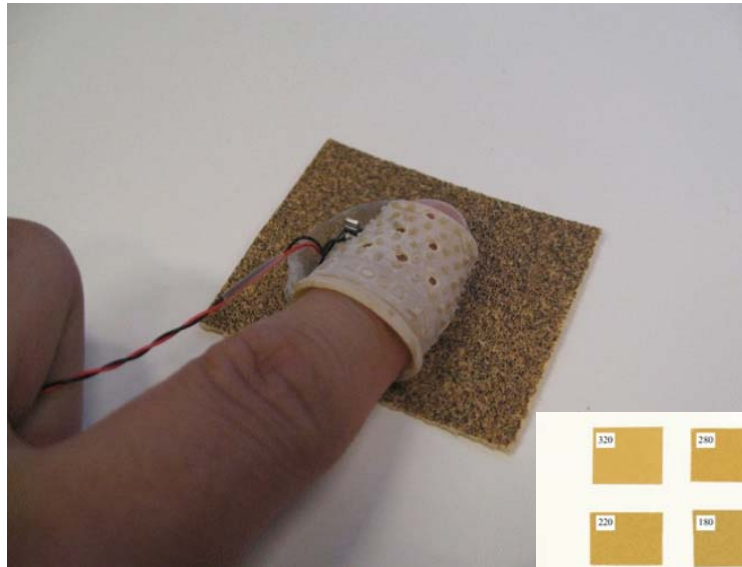
- 実験者は2点のペン先を指先に押しつける
- 被験者は刺激を1点と感ずるか2点と感ずるか回答する
- ペン先感が小さい距離でも2点と感ずれば触覚感度が高い

Passive sensory-test (2): Single-point touch



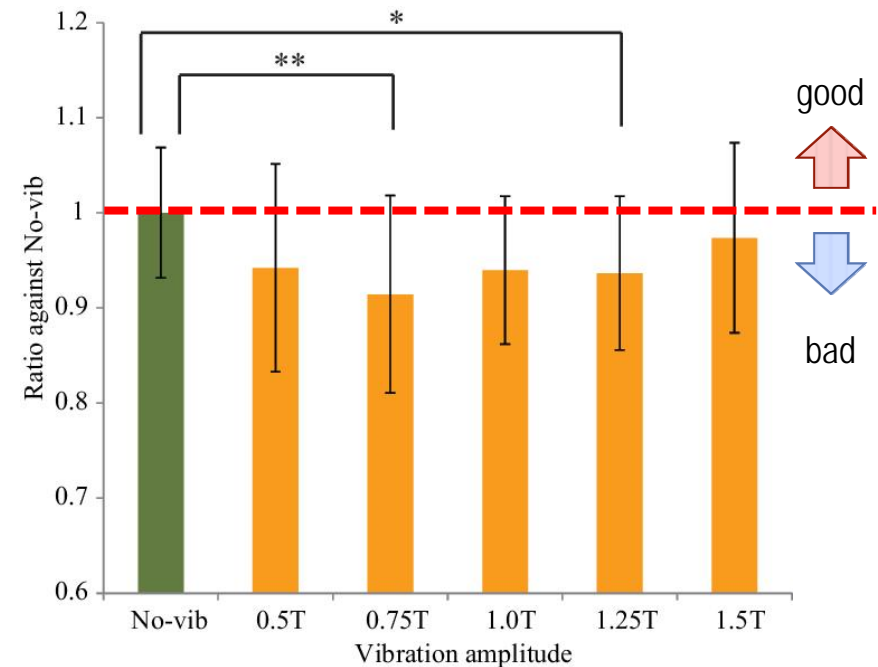
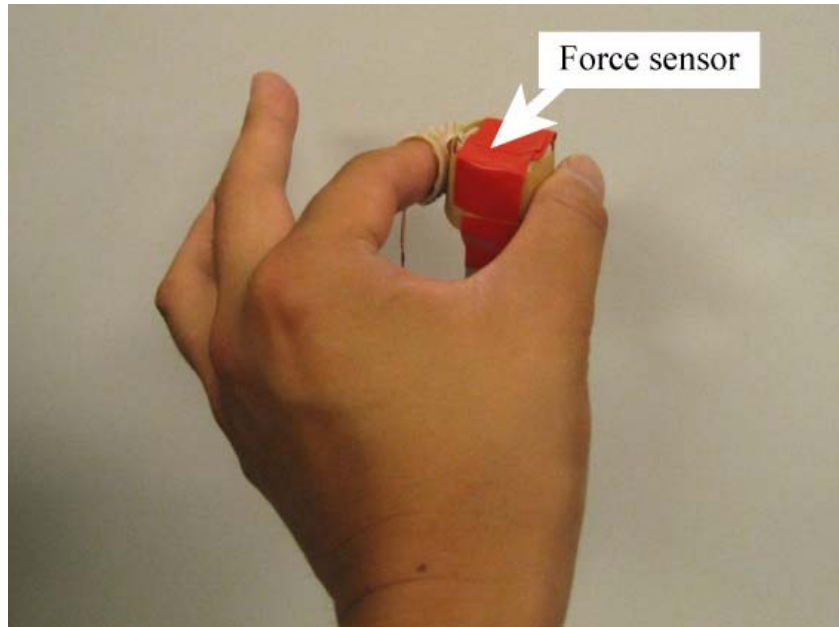
- 実験者はモノフィラメントを指先に押し当てる
- 被験者は押しつけられた刺激を感じるかどうかを回答する
 - フィラメントの太さにより 0.008, 0.02, 0.04, 0.07, 0.1 [gf] の刺激
- より小さい刺激を知覚できれば，触覚感度が高い

Active sensory-test: Texture discrimination



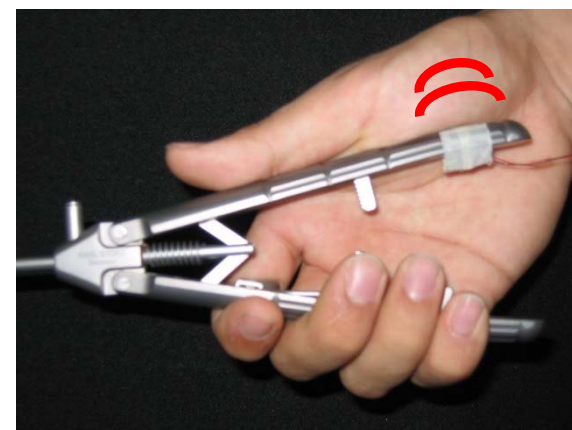
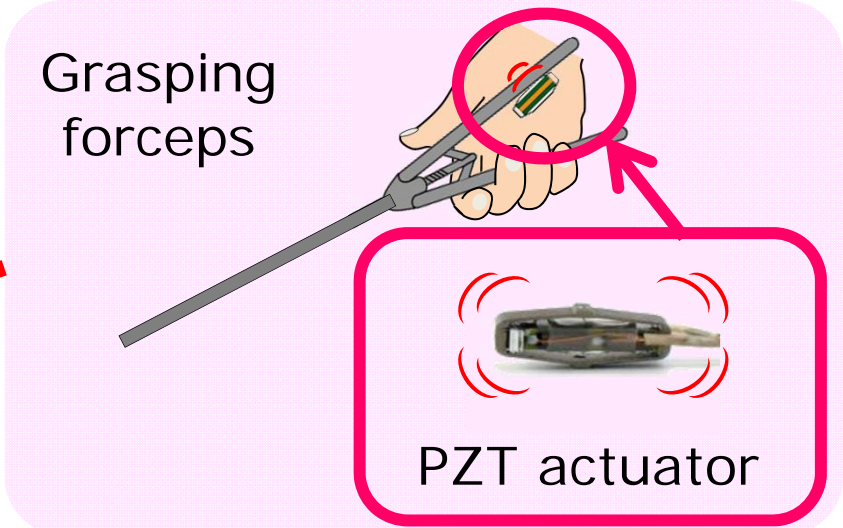
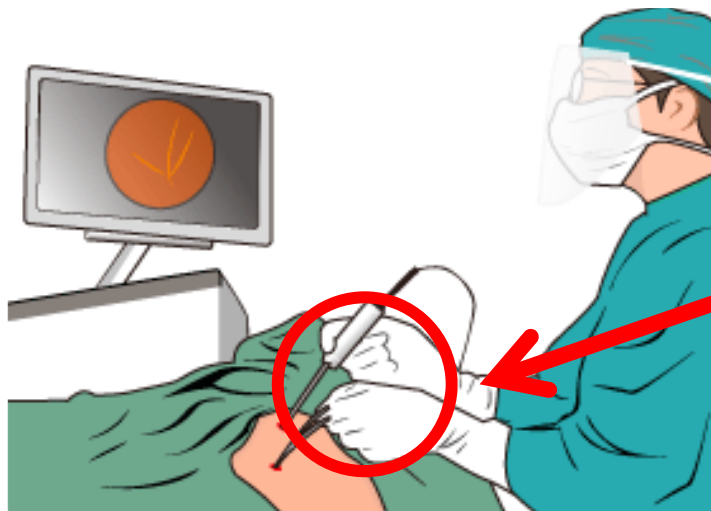
- 被験者は表に9枚，裏に1枚の紙やすりが貼られたボードを持つ
- 裏に貼られた1枚と同じ触感だと思ふ紙やすりを表の中から選ぶ
 - #40 ~ #320 CAMI
- 正解率が高いほど触覚感度が高い

Motor test : Minimal force grasping



- 被験者は力センサが内蔵された物体を拇指と示指で把持する
- 実験者はできる限り小さな力で物体を把持するよう指示する
 - 滑り落としたら失敗
- より小さい力で把持できれば感覚運動機能が高い

医療用把持鉗子への応用



4.2 鉗子把持状態での振動閾値測定

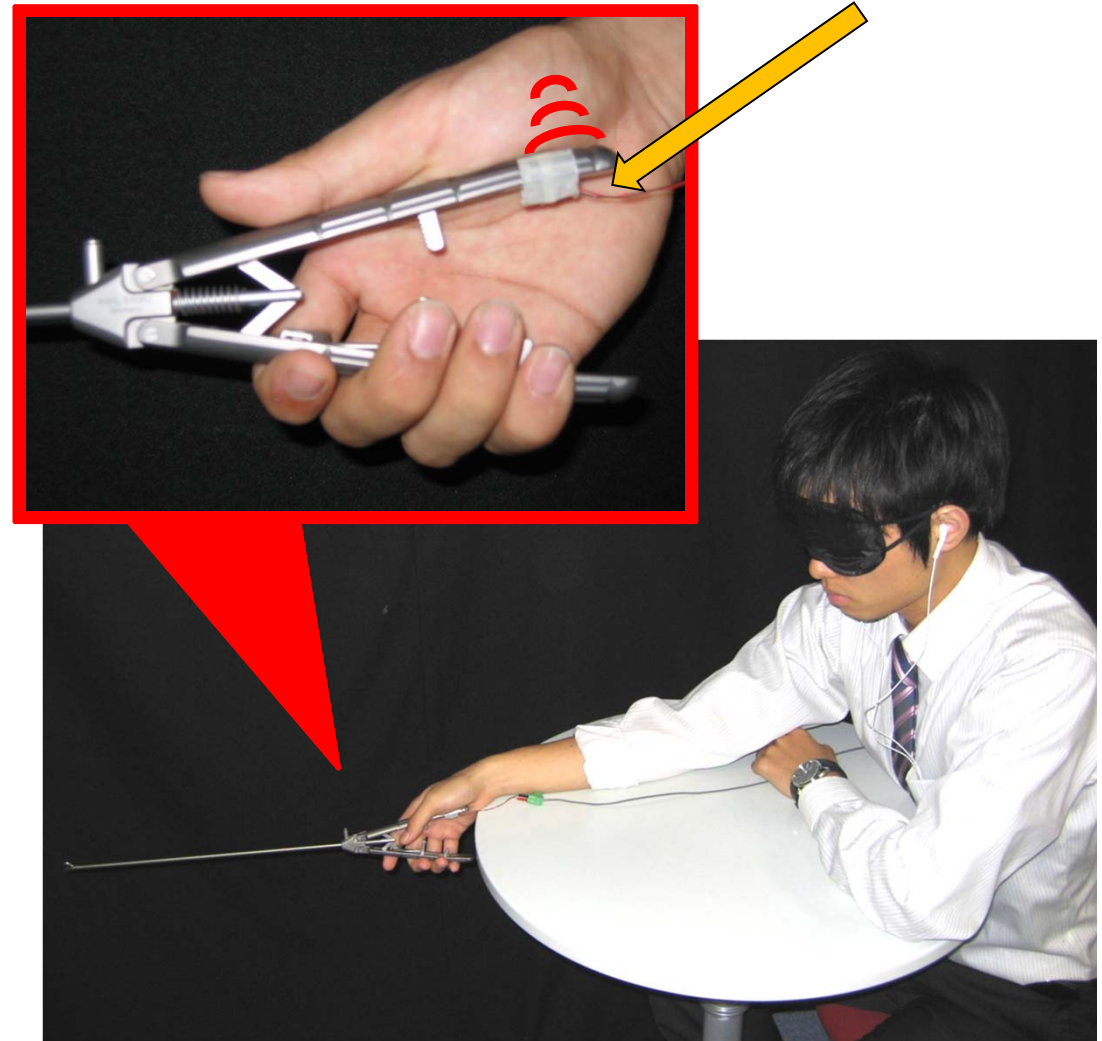
目的

確率共鳴現象を起こす適切な振動量の検出

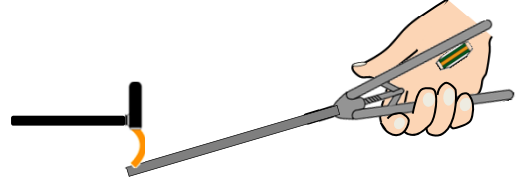
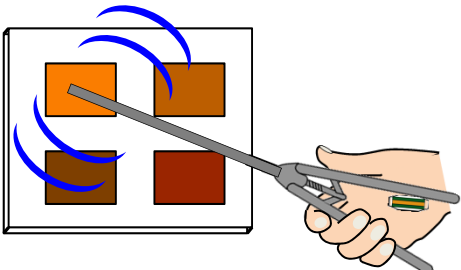
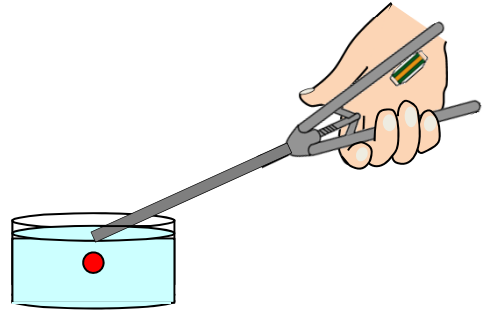
実験条件

- 被験者: 男性10名
- 振幅: $0\sim 70[\mu\text{m}]$, $3.5[\mu\text{m}]$ 刻み
20段階
- 鉗子にPZTアクチュエータを装着
- 椅子に座り鉗子を持つ
- 肘, 手首を机に置く
- ヘッドフォン, アイマスク装着

PZTアクチュエータ

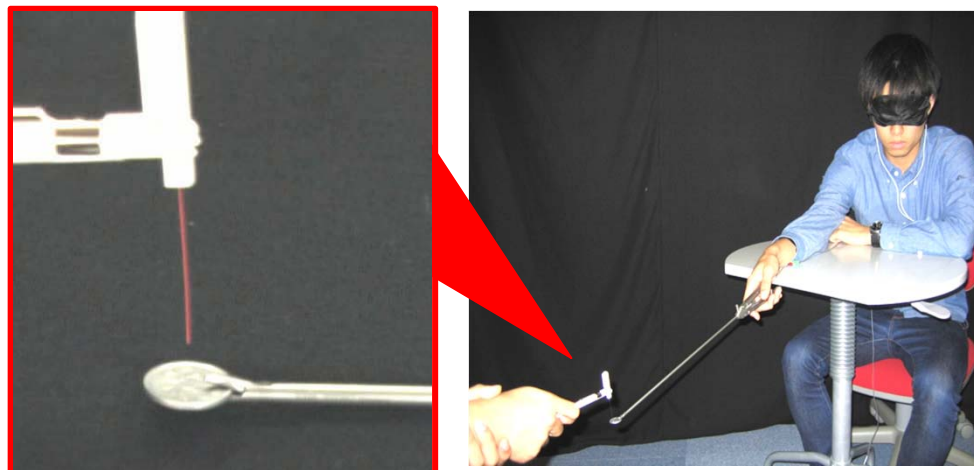


実験内容まとめ

受動的刺激	<h2>タッチテスト</h2> 
能動的刺激	<h2>粗さ判別計測</h2>  <hr/> <h2>異物知覚計測</h2> 

タッチテスト

目的 知覚できる最小の負荷を調べる

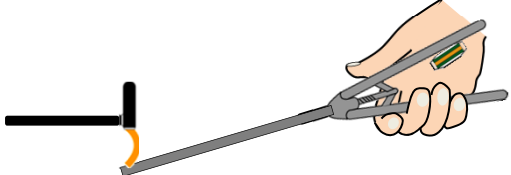
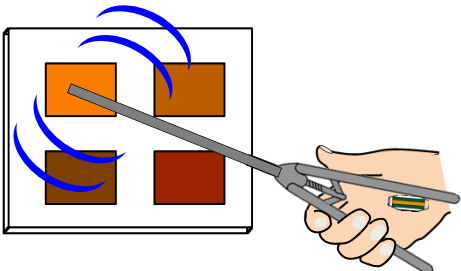
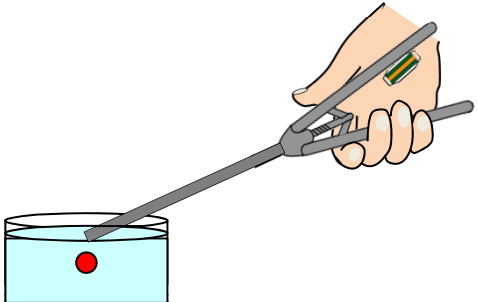


接触知覚が鋭敏化



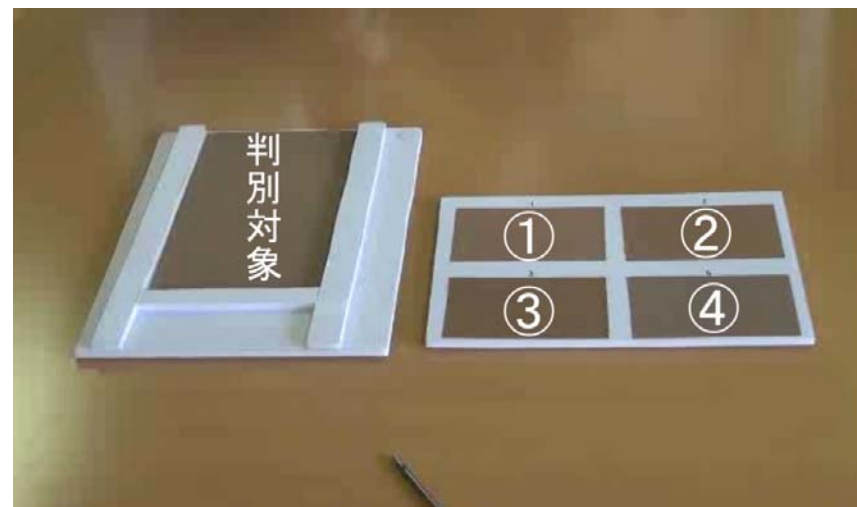
より繊細な施術可能

実験内容まとめ

受動的刺激	<h2>タッチテスト</h2> 
能動的刺激	<h2>粗さ判別計測</h2> 
能動的刺激	<h2>異物知覚計測</h2> 

粗さ判別計測

目的 判別対象と同じ粗さの紙やすりを当てる

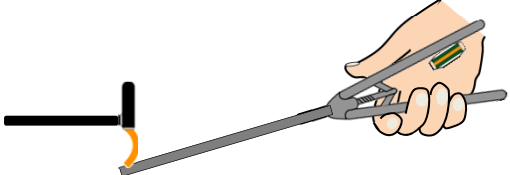
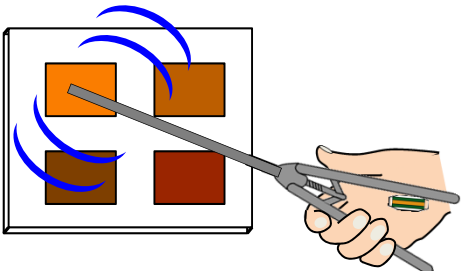
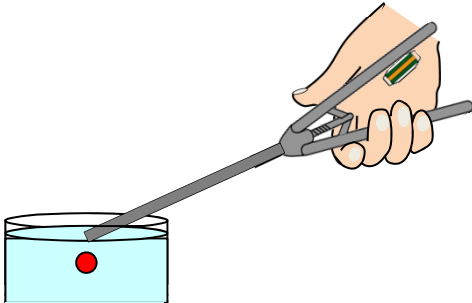


摩擦力の判別能力向上



内臓表面の異変探知可能

実験内容まとめ

受動的刺激	<h2>タッチテスト</h2> 
能動的刺激	<h2>粗さ判別計測</h2> 
能動的刺激	<h2>異物知覚計測</h2> 

異物知覚計測

目的 シリコン中の異物の有無を判断



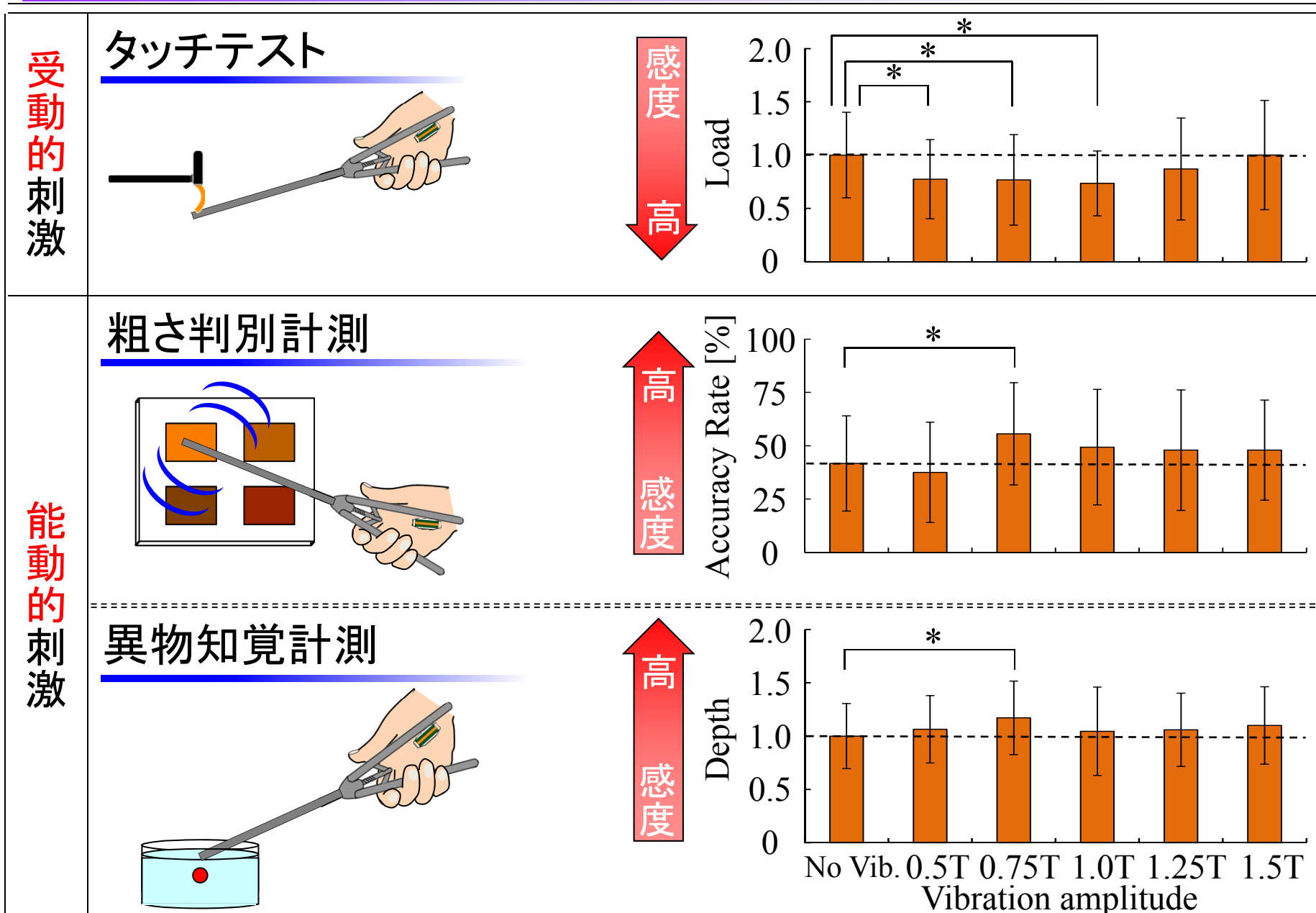
異物知覚能力向上



腫瘍, 血管の判別可能

知覚感度向上効果

* : $p < 0.05$



確率共鳴を利用した触覚知覚感度向上デバイス

- 特徴

- 微弱な振動を人に与えることで，人の触覚知覚感度を向上させる現象（確率共鳴現象）を利用
- センシングは不要．ただ振動を指に与えるだけ
- 振動発生器を取り付けることで，鉗子越しでの刺激知覚感度を向上させる効果を確認

- 論文

- Yuichi Kurita, Minoru Shinohara, and Jun Ueda, Wearable Sensorimotor Enhancer for Fingertip using Stochastic Resonance Effect, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 43, Issue 3, pp. 333-337, May 2013

お問い合わせ先

広島大学産学・地域連携センター 広島分室

TEL 082-257-5427

FAX 082-257-1567

e-mail medcent@hiroshima-u.ac.jp

広島大学産学・地域連携センター

TEL 082-424-4302

FAX 082-424-6189

e-mail techrd@hiroshima-u.ac.jp