

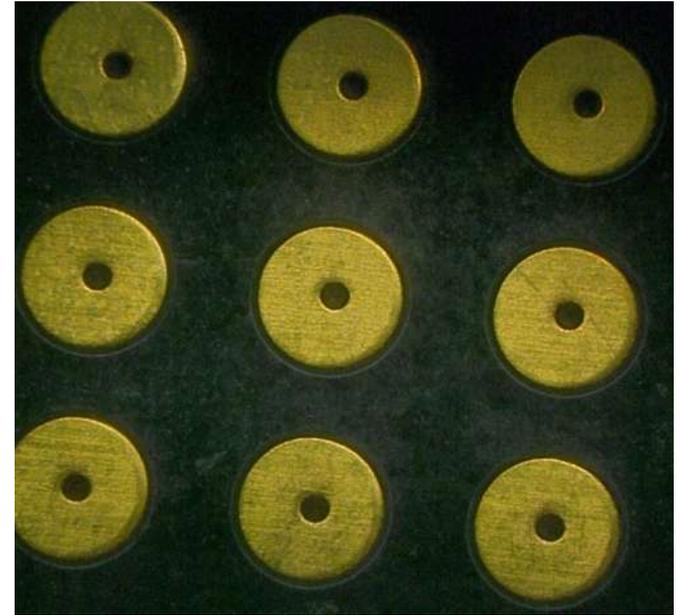
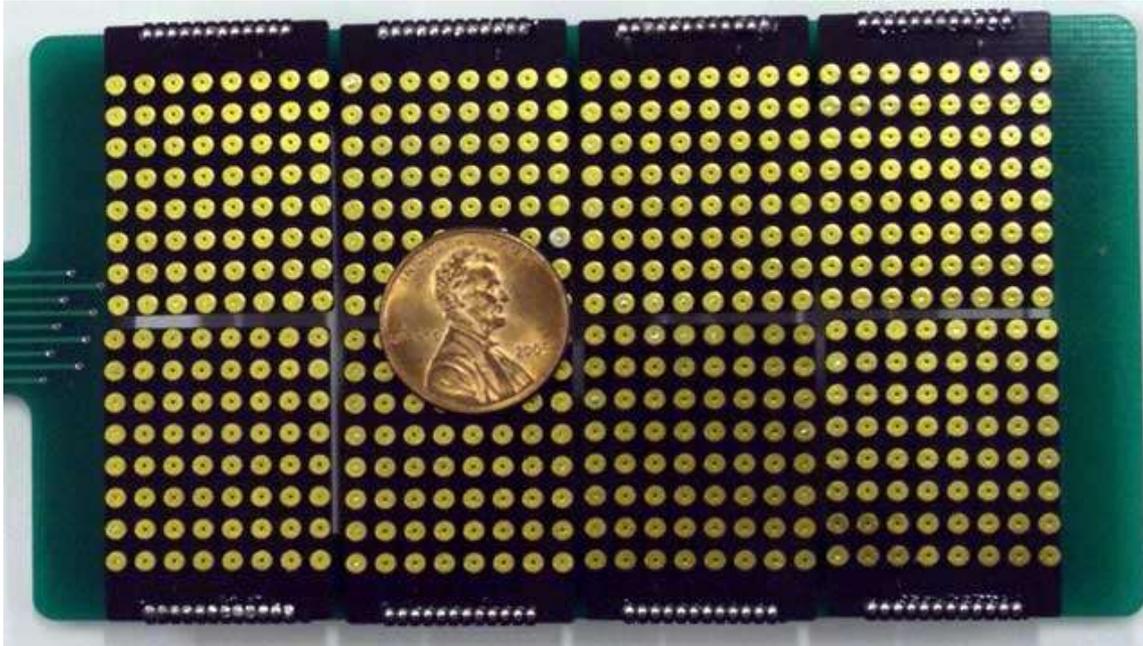
研究紹介

人間福祉テクノロジー研究ステーション

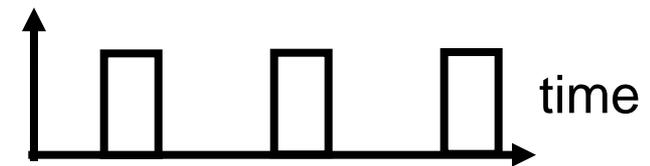
2011.09.09

梶本裕之（電気通信大学）

研究紹介：電気触覚ディスプレイ



- $32 \times 16 = 512$ electrodes
- Diameter: 1mm, interval: 3mm
- Electrical Current Pulse: 30us, 6mA
- 2bit grayscale is expressed by pulse frequency (0: No Stimulation, 1: 30pps, 2: 60pps, 3: 90pps)



事例紹介：Forehead Retina System

2005年夏～ (株)アイプラスプラスとの共同研究

電気刺激：小型、軽量、低消費電力
→ 携帯型視覚触覚変換装置の開発



額電気刺激

- 利点

- 通常時未使用.
- 装着の容易さ
- 座標変換の直接性
- 見た目 (重要)

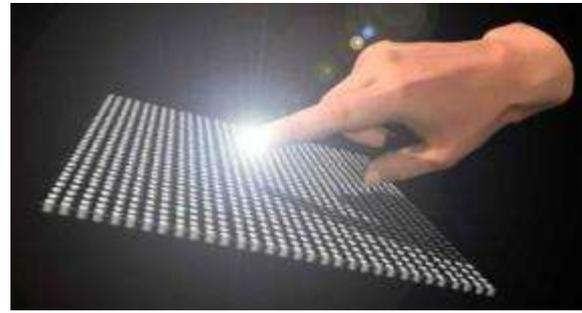


- 額刺激(機械)

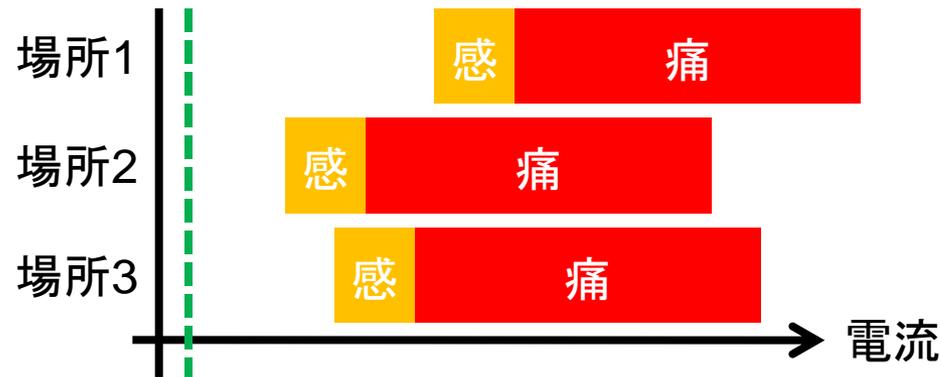
- Wada and Asonuma “A proposal for a display method of a walking support system for the blind,” 8th ERCIM Workshop Air display
- Some Patents on Forehead Mechanical stimulation Seiko Epson Corp.(2003), Komatsu Corp.(2002).

課題：安定した感覚提示の実現

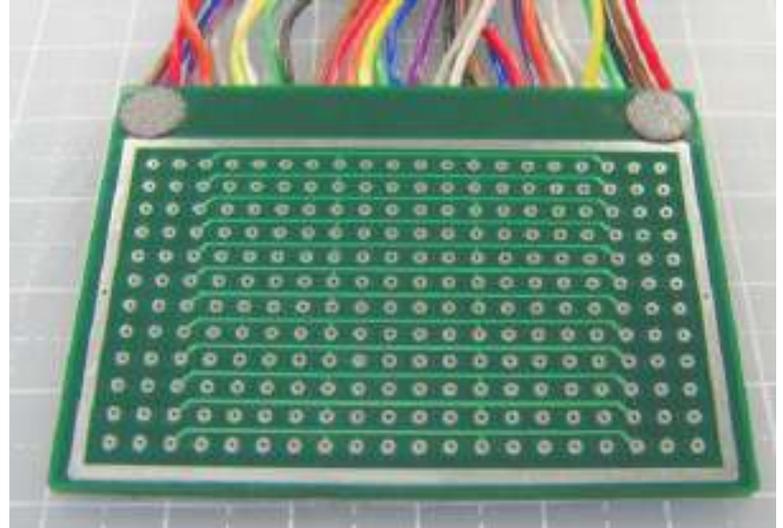
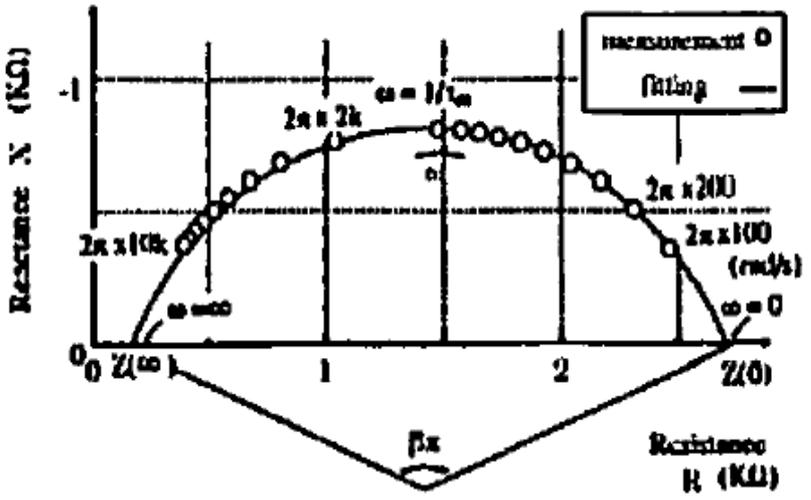
- 電極一つでも起きる問題
 - ・ 発汗等による閾値の変化.
 - ・ 接触状態による刺激強さ変化.



- 多数の電極で起きる問題
 - ・ 皮膚厚のばらつきによる閾値のばらつき.



従来の提案手法：皮膚抵抗を測る



皮膚抵抗値と感覚量には関係あり！

●エネルギー（ジュール熱）一定制御

Tachi 他 “Electrocutaneous Communication in a Guide Dog Robot,” IEEE BME, 1985

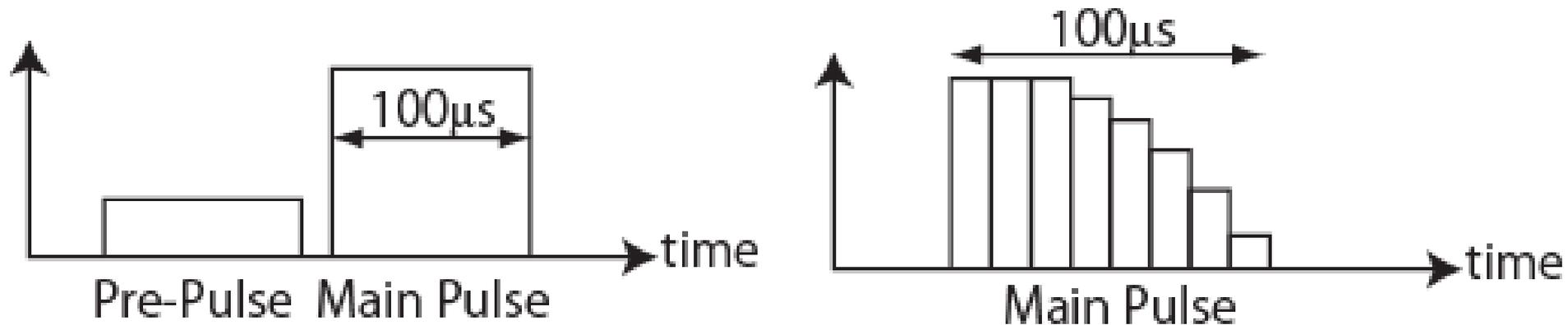
●インピーダンスの特定成分に着目

渡辺他 「皮膚電気刺激による受容感覚の安定化に関する基礎的検討」 信学技報, 1998

●抵抗値が高いと切る

高橋他 「タッチパネルのための環境型電気触覚ディスプレイ」 ROBOMECH2009

問題点と本提案による解決



従来手法：

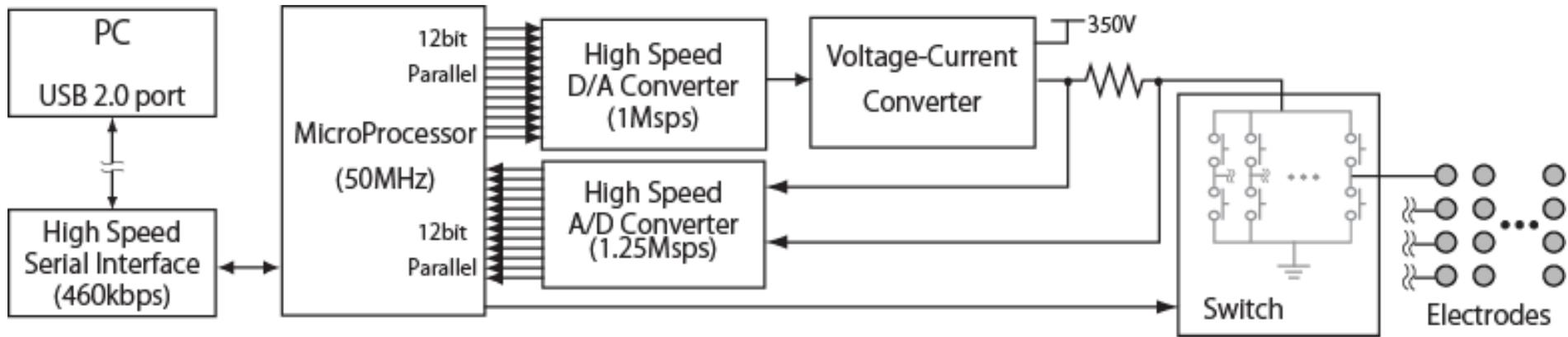
- 通常の計測：計測用パルスを使用
メイン刺激はフィードフォワード
- 具体的な提示アルゴリズムが不明

提案：

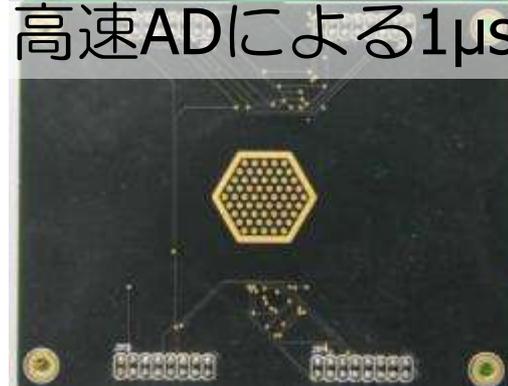
数 μs のフィードバックループでリアルタイム制御

電気刺激としては初。現在の電子回路技術では容易

システム構成



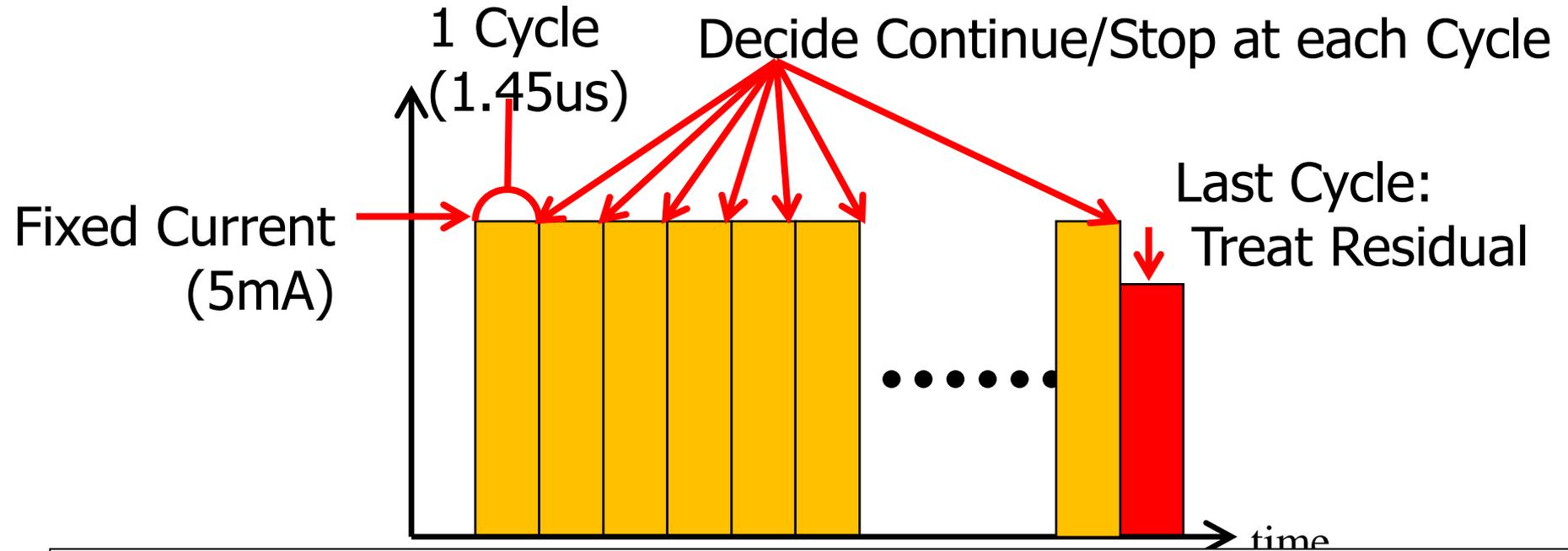
- マイクロプロセッサによるリアルタイム制御
- 高速DA、高速ADによる $1\mu\text{s}$ フィードバック



インピーダンス計測と刺激を同時に行う



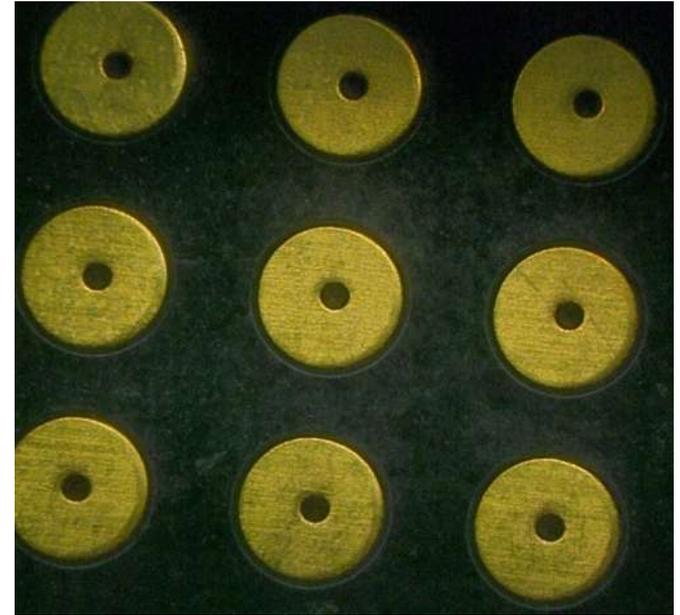
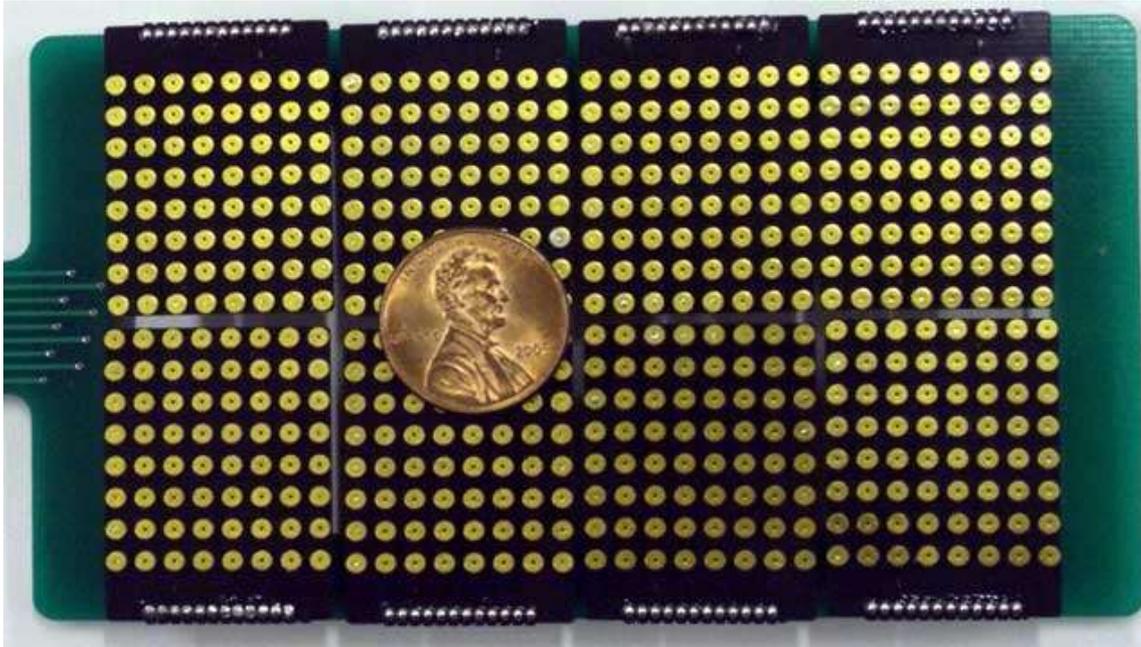
リアルタイムのパルス幅制御



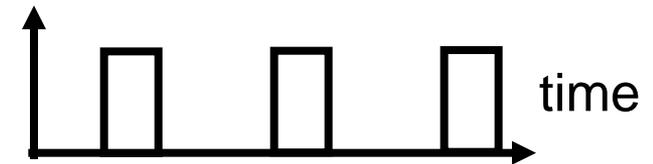
```
do{  
    Output 5mA;  
    Measure Skin Impedance;  
}while(According to the Impedance, Pulse Should Continue);
```

パルス幅を決定する「決定関数」が必要

多点電極



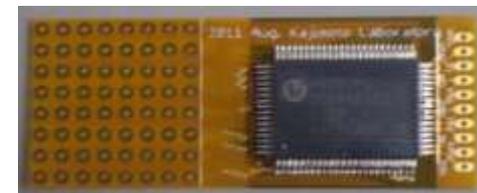
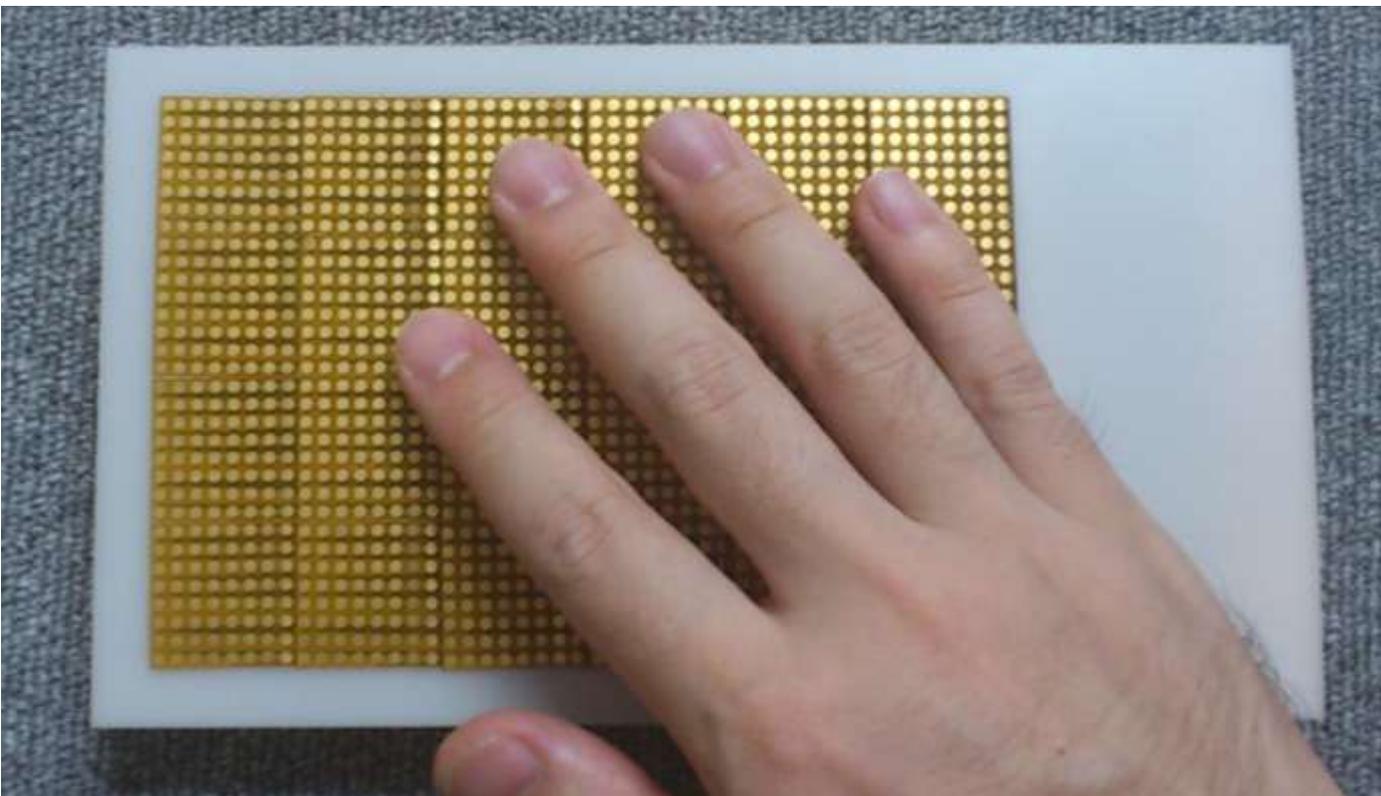
- $32 \times 16 = 512$ electrodes
- Diameter: 1mm, interval: 3mm
- Electrical Current Pulse: 30us, 6mA
- 2bit grayscale is expressed by pulse frequency (0:No Stimulation, 1:30pps, 2:60pps, 3:90pps)



使用状況



現状の刺激装置



触覚ディスプレイの アプリケーション展開

視聴覚コンテンツ⇒触覚コンテンツ？



椿三十郎 (1962)



- 視聴覚：視点の切り替えが自由。観客になれる
- 触覚：1人称の体験。観客になりにくい
- 「観客」に対して使用しうるのは、BGMのように文脈から独立した効果を狙う場合

触覚コンテンツ=自分自身の体験

コミュニケーション



エンタテインメント

ナビゲーション

触覚エンタテインメント

- BGMとしての触覚
 - Tactile Jacket
 - 笑いの増幅
- 体験としての触覚
 - ∞鉛筆削り
 - 虫How

Tactile Jacket

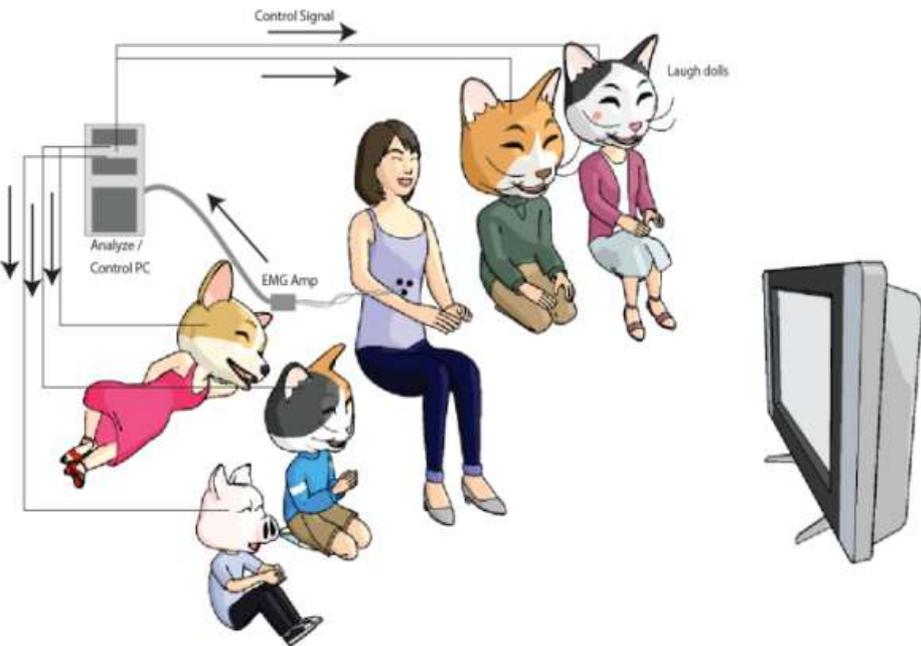


Lemmens, P. Crompvoets, F. Brokken, D. van den Eerenbeemd, J. de Vries, G.-J. , “A body-conforming tactile jacket to enrich movie viewing,” Haptics Symposium 2009.

映画鑑賞時に振動子で感情を増幅。

一種のBGMの提案

笑いの増幅



笑い動作を検出⇒周辺の人形で増強
抑制を解除し，笑いの閾値を下げる

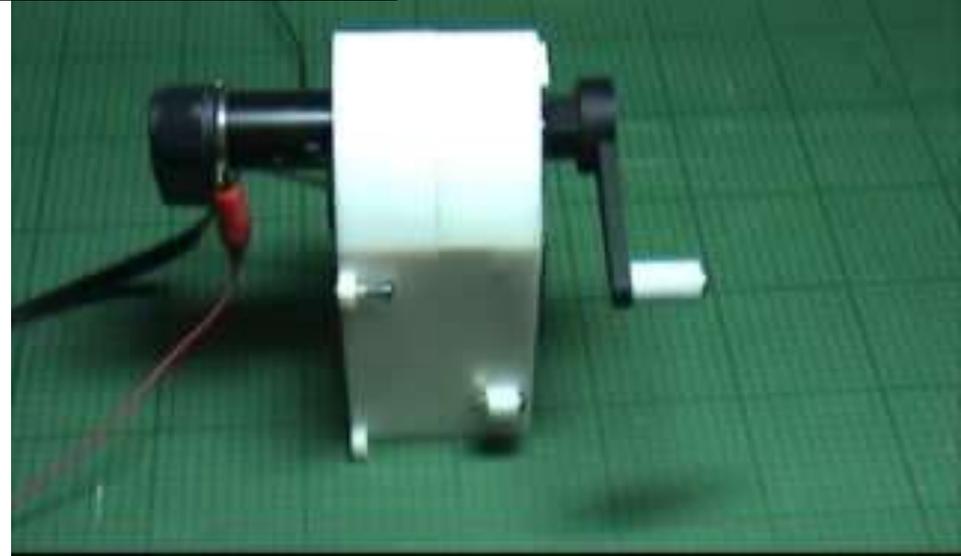
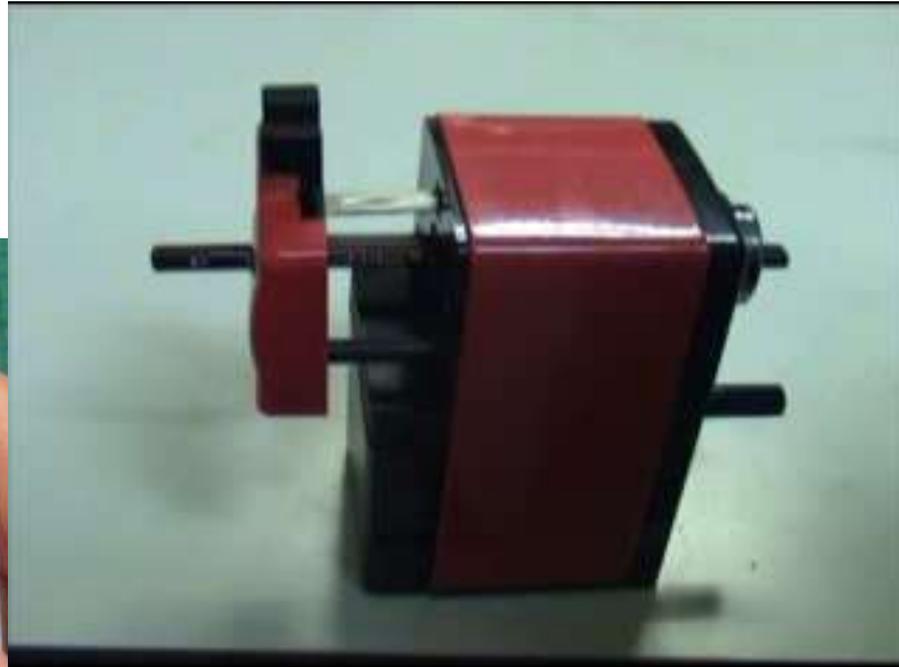
笑いの増幅



触覚エンタテインメント

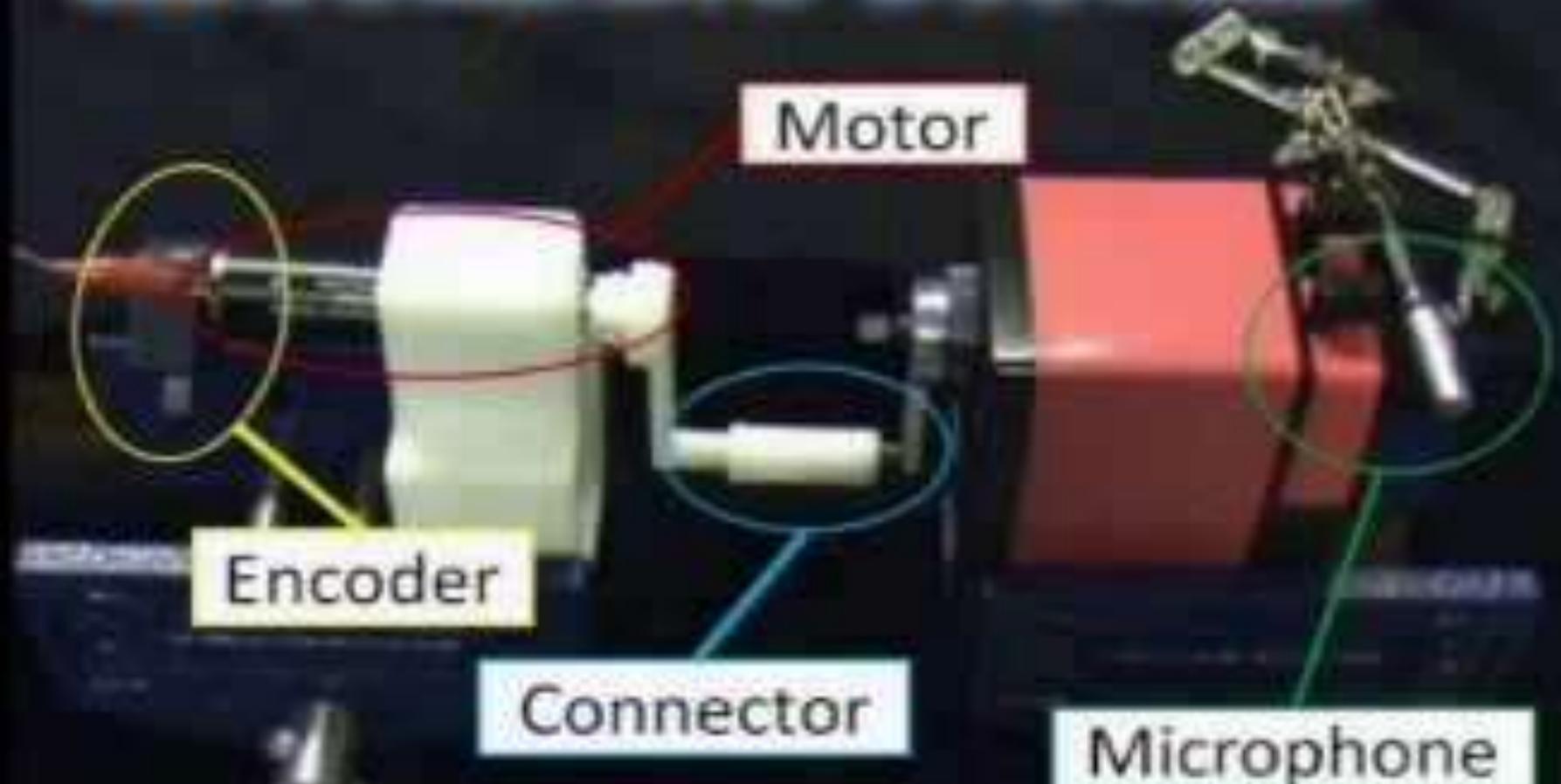
- BGMとしての触覚
 - Tactile Jacket
 - ささやきデバイス
 - 笑いの増幅
- 体験としての触覚
 - ∞鉛筆削り
 - 虫How

∞削り



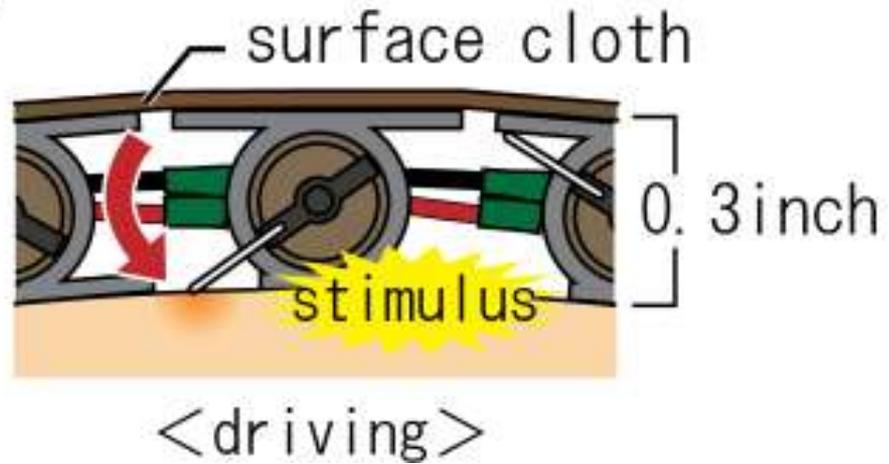
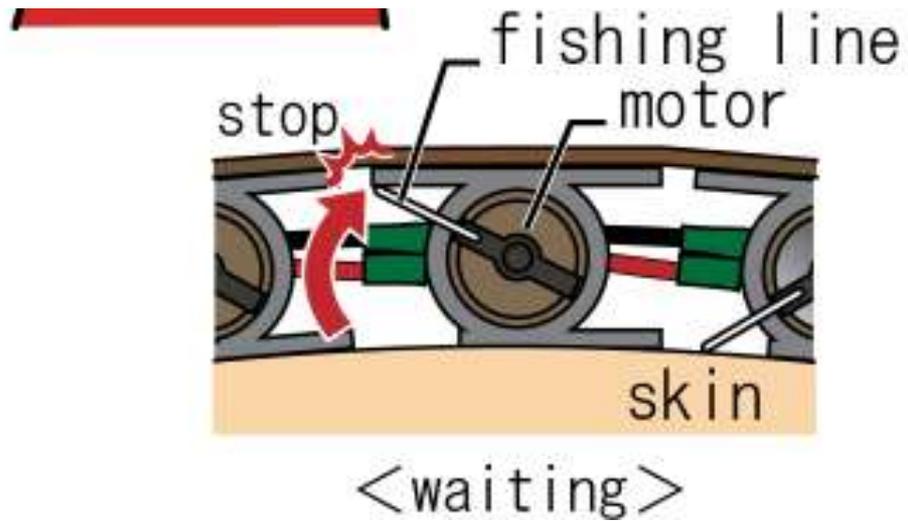
没入感は音楽も触覚も共通
∞シリーズを超えるものを

RECORDING SYSTEM



The developed device is composed of one DC motor with encoder and speaker. This device is used as both a recorder and a player.

虫How (学生プロジェクト)



虫How(学生プロジェクト)



The ants gather to the hand.

インタラクティブ性と実現性

触覚エンタテインメント：

- BGM触覚⇒インタラクティブ性不要
- 体験触覚⇒インタラクティブ性必須

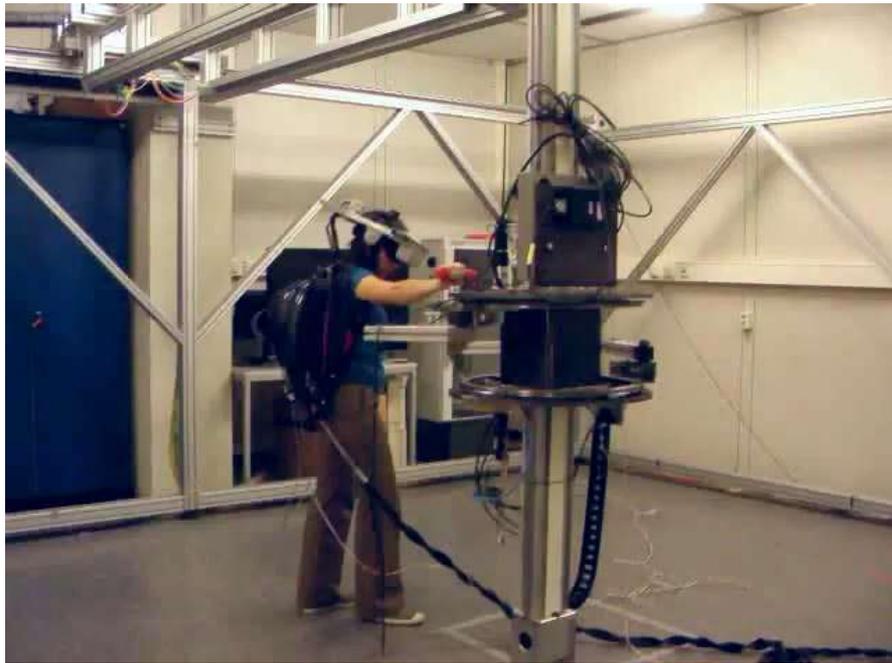
限定された状況なら、触覚体験の再現は容易
しかし本気でインタラクティブ性を考えると…

Master-Cockpit (力覚提示装置) : 理想と現実



- VRの誕生と共に象徴的に扱われた, エンジニアリングによる自由獲得装置
- 原理は変わっておらず, 理想に近づける気がしない.

Master Cockpitの本質的問題



- 視覚, 聴覚, 味覚, 嗅覚, 皮膚感覚: ディスプレイで感覚を送り込んでやれば良い.
- 体性感覚: 感覚器が露出しておらず, 直接の刺激が出来ない.
- だから本当にそのままを再現するしか無い.
- それはVRというよりReal Reality, Artificial Reality. 別に良いけど

前庭感覚に関する解： Galvanic Vestibular Stimulation



<http://www.youtube.com/watch?v=OIXYqfQHNuA>

<http://www.youtube.com/watch?v=guaiDZdsDjl>

<http://www.youtube.com/watch?v=pmoUU4M4xkc&feature=related>

Maeda et al., "Virtual Acceleration with Galvanic Vestibular Stimulation in Virtual Reality Environment", IEEE VR 2005

動かさなくて良い試み

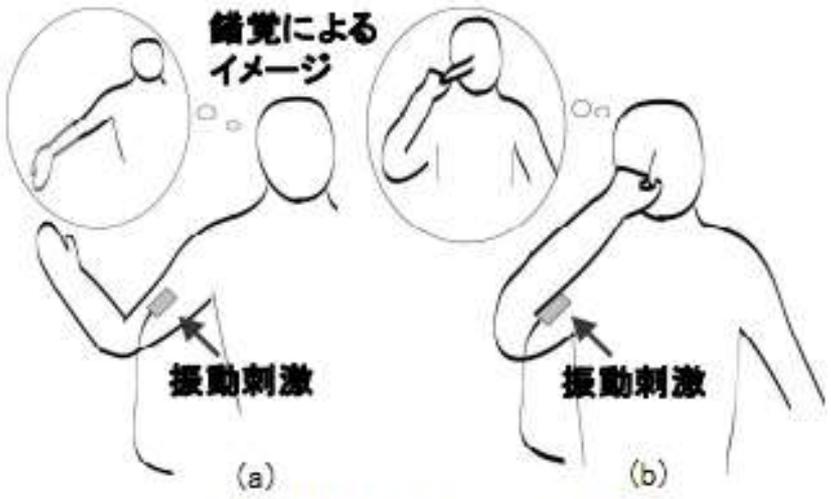


図1 腕振動刺激による運動錯覚
(a) 伸展錯覚, (b) ピノキオ錯覚



図2 物理的な身体の動きに制約されない運動の感覚を創出

- 上腕への腕振動刺激と他動運動による過伸展錯覚の特性
友田, 上杉, 三輪, 日本VR学会論文集, 2009
- 最大で20度程度の角度錯覚



図3 過伸展錯覚実験システムの概要

動かさなくて良い試みの前に…

動いて**しまう**現象を見なおそう

- ハンガーインタフェース
- 腕牽引
- すべり錯覚

これらから見出される原理に、「動かさずに動いた気がする」感覚を生成するヒントが隠されているのではないか。

触覚コンテンツ=自分自身の体験

コミュニケーション



エンタテインメント

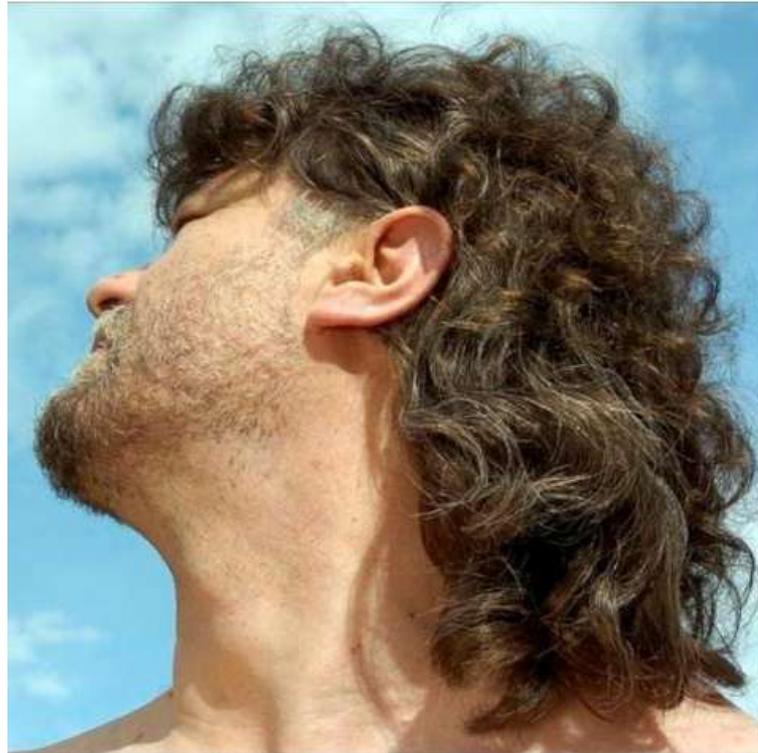
ナビゲーション

ハンガーインタフェース



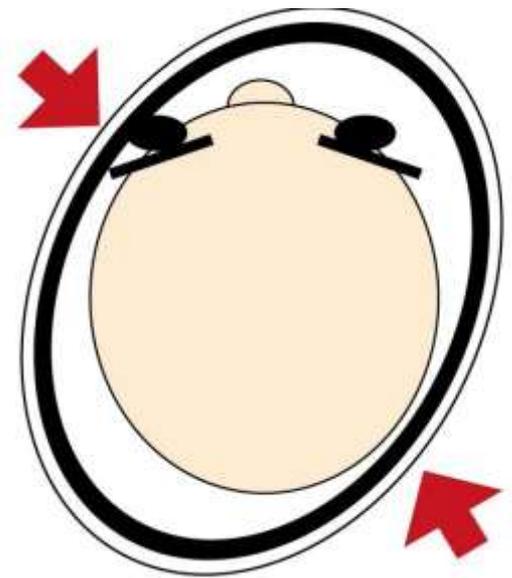
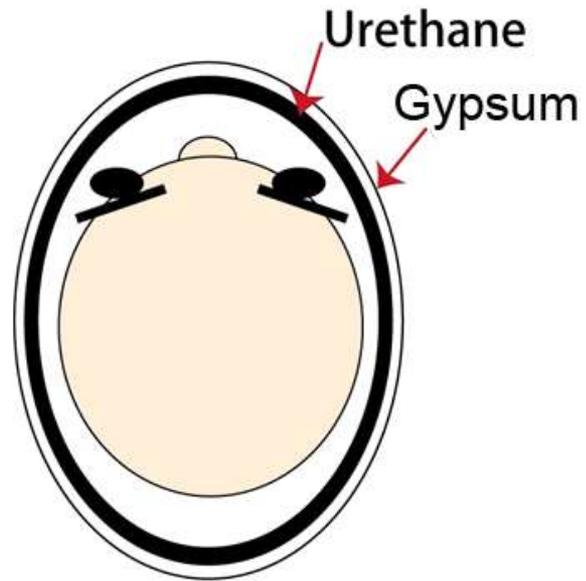
- 側頭部圧迫によって引き起こされる頭部の回旋
- 意図せずに「動いてしまう」

(side work) 痙性斜頸への応用 (富山大 旭先生)



- 局所性ジストニアの一種
- 原因不明
- 対処療法：ボツリヌス注射，外科手術…

簡易型ハンガー

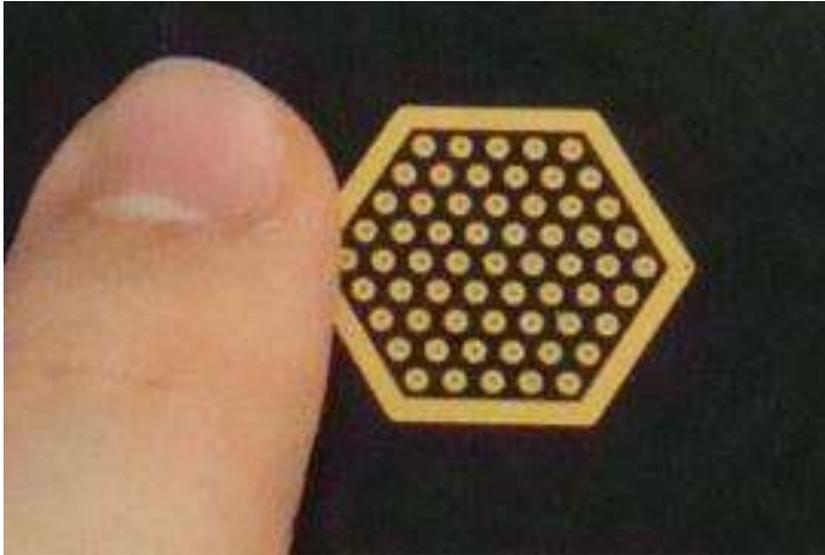


腕でも

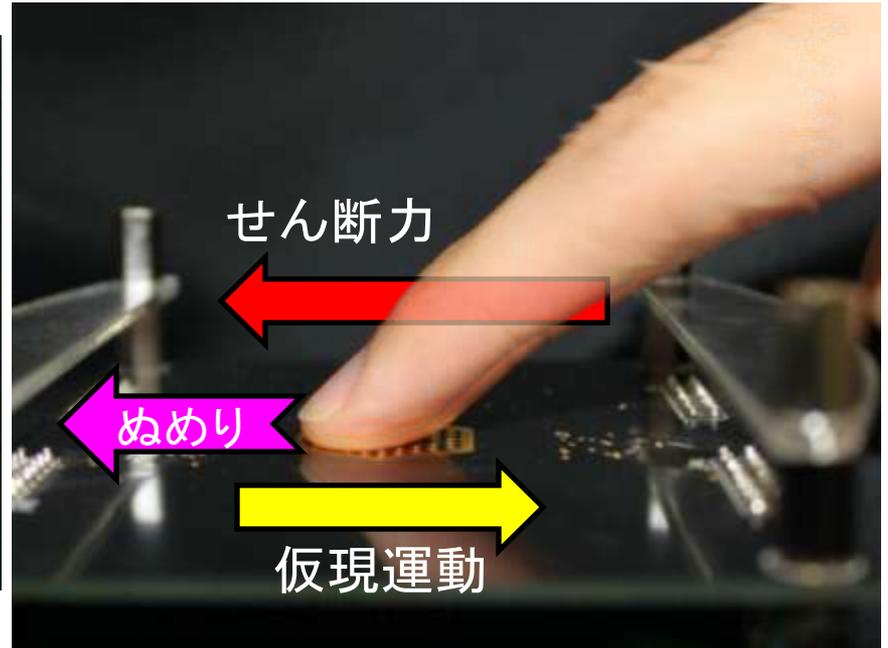


前腕部触覚提示による
「手を牽く」方向提示

ぬめり感

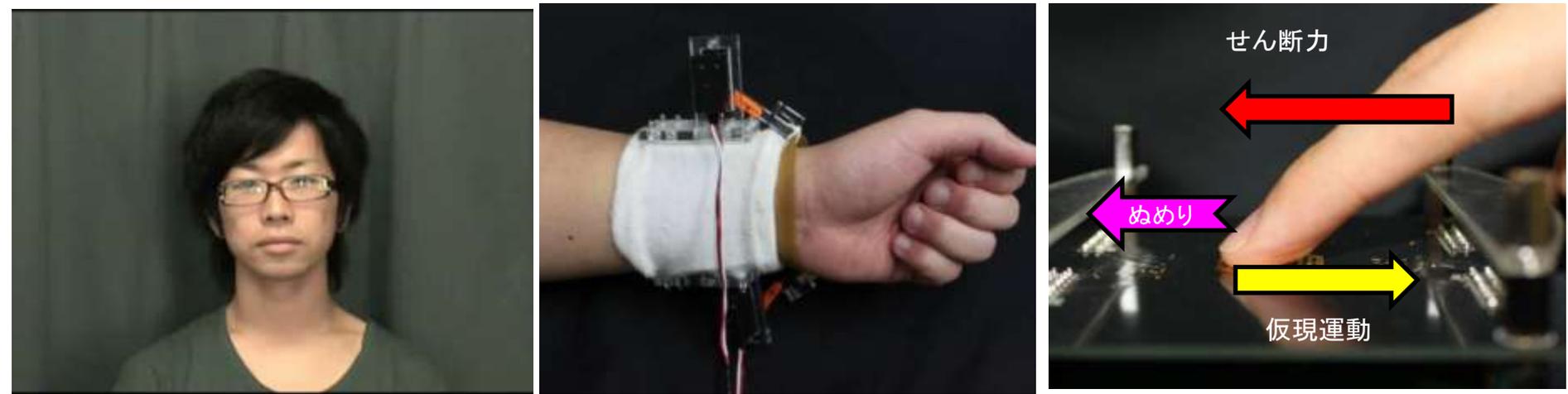


電気刺激装置: 2mm間隔、最密充填



- 電気刺激装置で指先に「移動ライン」提示
- 能動的にせん断力を発生。閉眼
- しばらくすると指の移動感。「ぬめり感」

なにが不思議か



- ハンガー：皮膚刺激で「意図しないのに動く」
- 手首牽引：皮膚刺激で「動かしたくなる」
- ぬめり：皮膚刺激で「動かしていないのに動いた気がする」

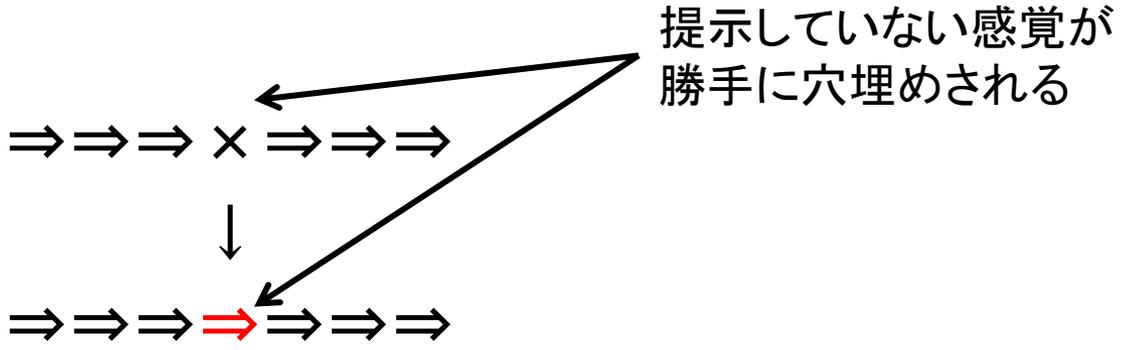
ハンガー，手首：**なぜ，実際に動いてしまうのか。原因不明**

- 通常の錯覚は感覚の穴埋め。運動「感覚」が生じるのは不思議でない。

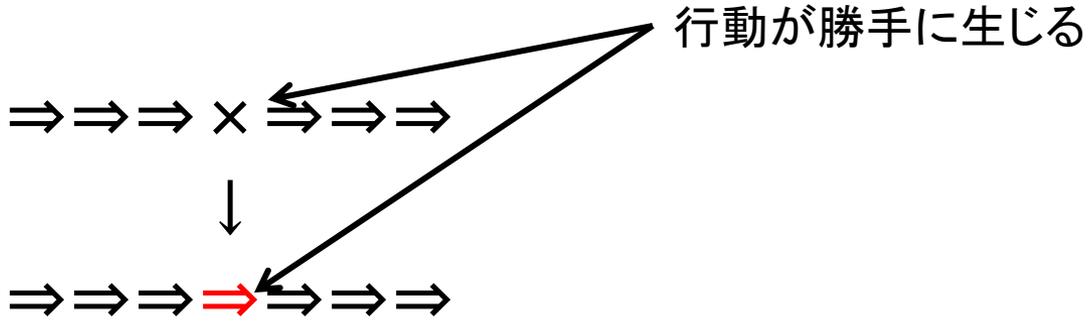
運動の錯覚は**運動自体も**生成する

- 「動いている状況」をたくさん提示すると、「動いているように知覚する」と共に、その知覚に合わせて、**矛盾を解決するように**動こうとすらする
- これは「穴埋め」として統一的に理解可能

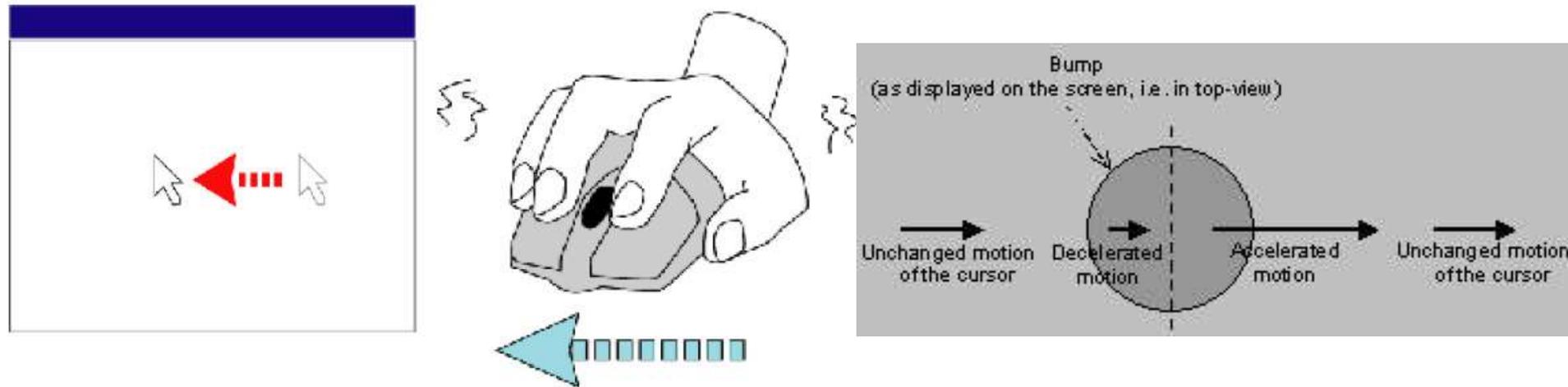
● 通常の錯覚



● 運動の生成



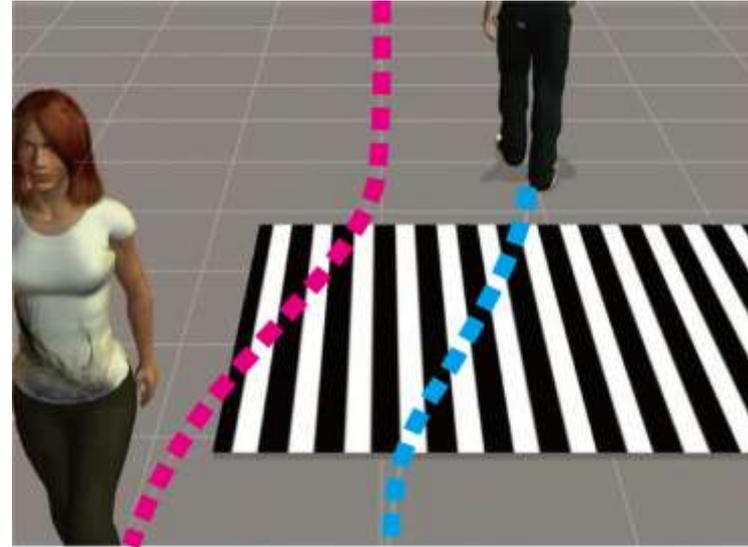
他の例で見られる運動の生成： PseudoHaptics



A. Lécuyer, J.M. Burkhardt, L. Etienne, "Feeling Bumps and Holes without a Haptic Interface: the Perception of Pseudo-Haptic Textures", ACM Conference in Human Factors in Computing Systems (ACM SIGCHI'04), April 24-29, Vienna, Austria, 2004

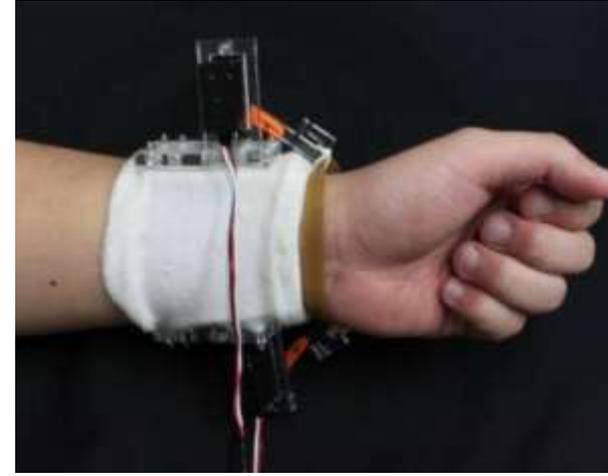
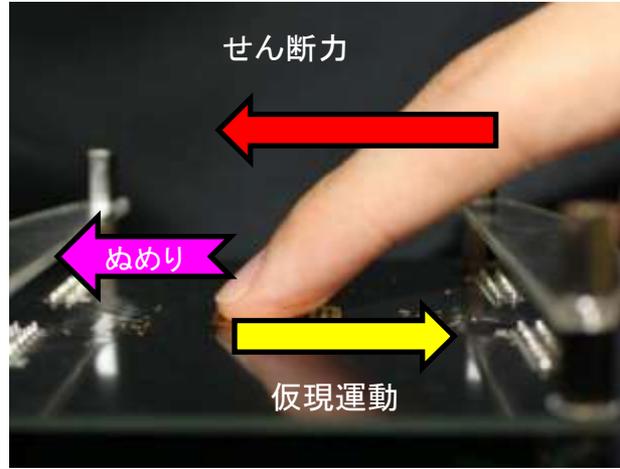
- マウスカーソルの速度変化を質量・粘性の変化と知覚する。
 - ✓ カーソルの速度が遅くなったとき, 腕の拮抗筋が実際に活動する。
 - ✓ 「視覚的な動きの変化」⇒「それを矛盾なく実現する運動の誘発」⇒「その筋活動自体が力提示の源に」

他の例で見られる運動の生成： ベクシオン



- ベクシオン：電車が左に動くとき、人は自分が右に動いたと思うだけでなく「身体も右に傾く」
⇒知覚を補正するためなら、身体は左に傾くはず。これが右に傾いてしまうのは、この動きが「補正」ではなく、むしろ知覚に合わせて矛盾を解決させる働きであることを示唆する。

この原理が体性感覚呈示に使えないか



- ハンガー，手首：「意図しないのに動く」
- ぬめり：皮膚刺激で「動かしていないのに動いた気がする」

共に，触覚⇒体性感覚の錯覚．体性感覚が必要な用途で装置を簡略化可能では？



やるべきこと

- 体性感覚は，感覚器が露出していない.
- 「それ以外の感覚」をどんどん追加していき，錯覚させる我々の手法が有効.

⇒⇒⇒ × ⇒⇒⇒



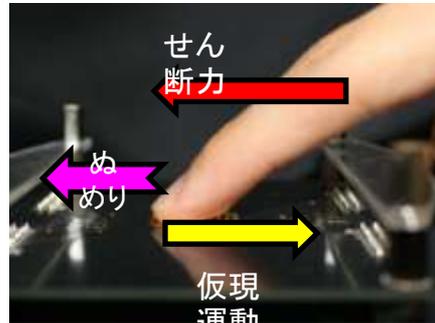
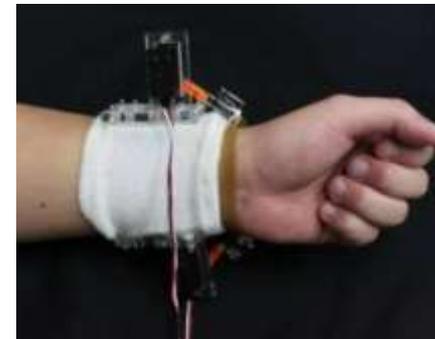
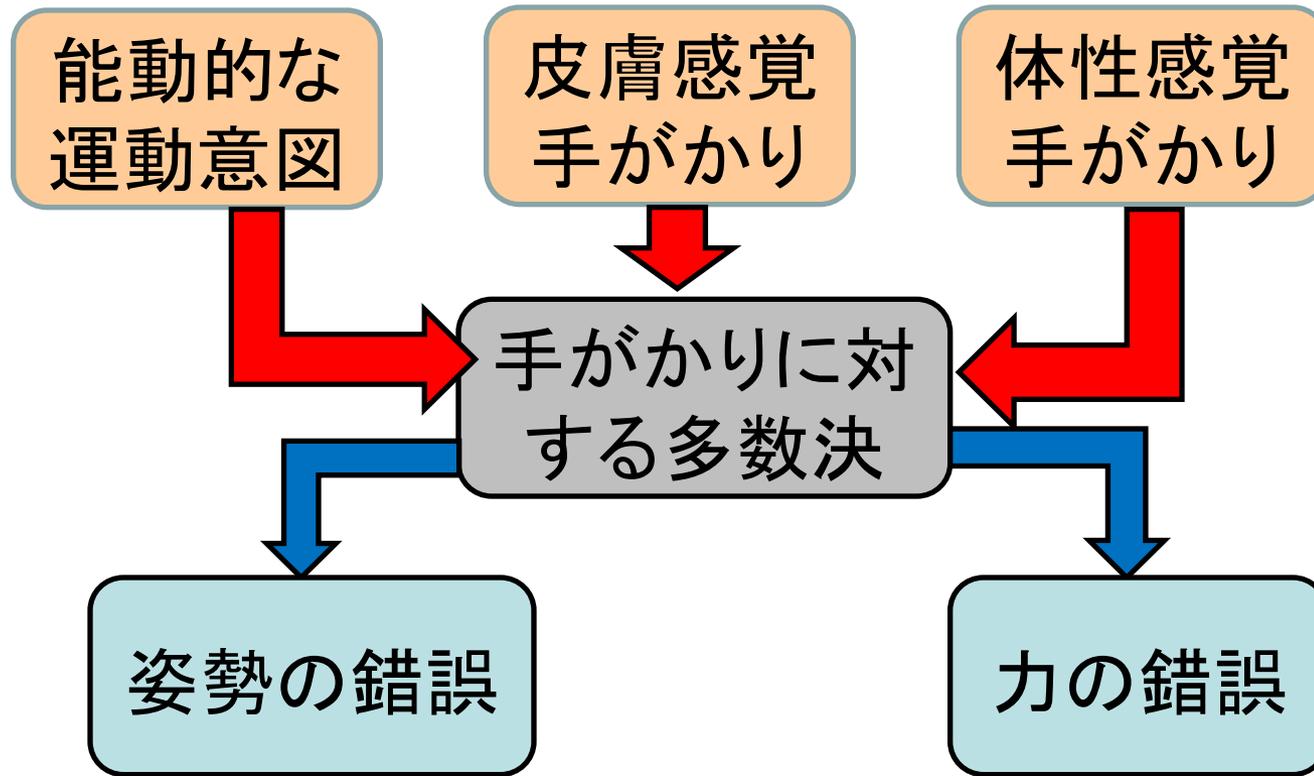
⇒⇒⇒ → ⇒⇒⇒

- 現行マスタのやっていること:
 - 姿勢を計測し，それに応じた力を出す.
 - 力を計測し，それに応じて姿勢を変化させる.



- つまり「姿勢」，「力」のいずれか／両方を錯覚させれば，現行マスタの代替／補助となる.
- 触覚は部位を分散できる最適な手段

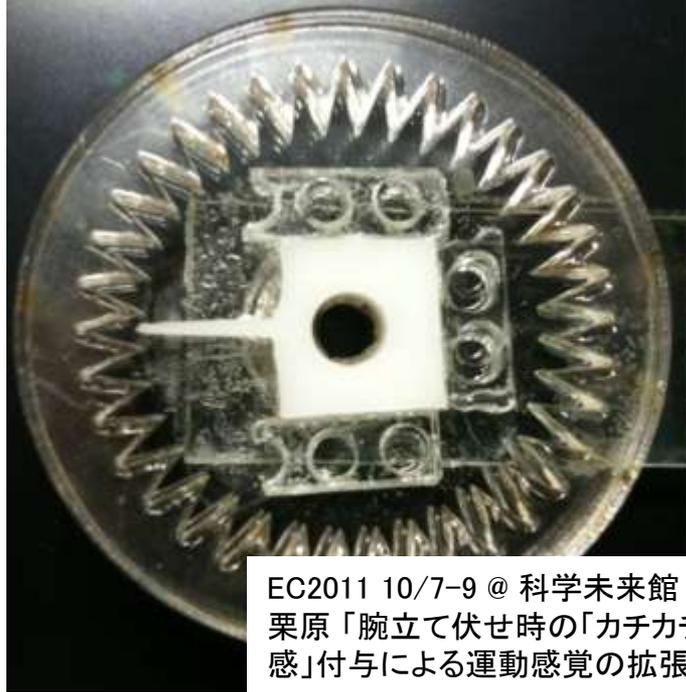
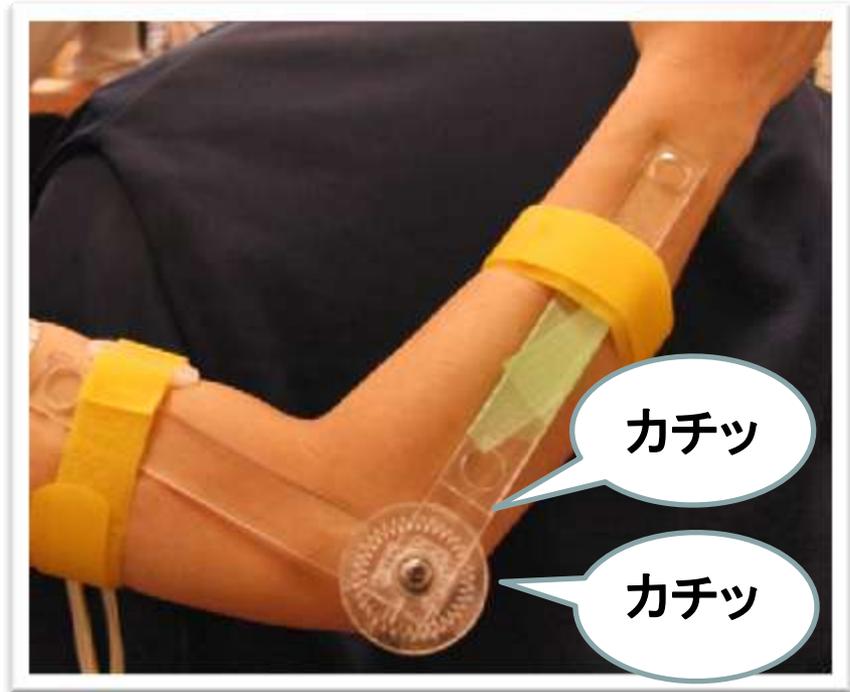
「触覚⇒体性感覚」 錯誤まとめ



- ハンガー反射, 前腕の駆動: 皮膚感覚手がかりによる力の錯誤
- ぬめり感: 皮膚感覚, 運動意図による姿勢の錯誤



触覚⇒体性感覚：新たな試み



- 関節受容器の活動を模擬した「カチカチ感(ラチェット感)」提示装置
- 姿勢を離散的に把握可能.
- とりあえず「やる気」は出る。(リハビリにおいて類似の現象多)

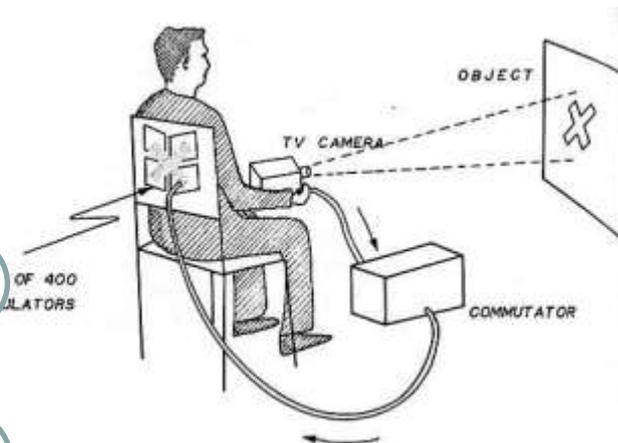
EC2011 10/7-9 @ 科学未来館
栗原「腕立て伏せ時の「カチカチ感」付与による運動感覚の拡張」

ラチェット感の目指す物



カチッ

カチッ



Collins, "Tactile television – mechanical and electrical image projection," IEEE Man-Machine Systems, 1970.

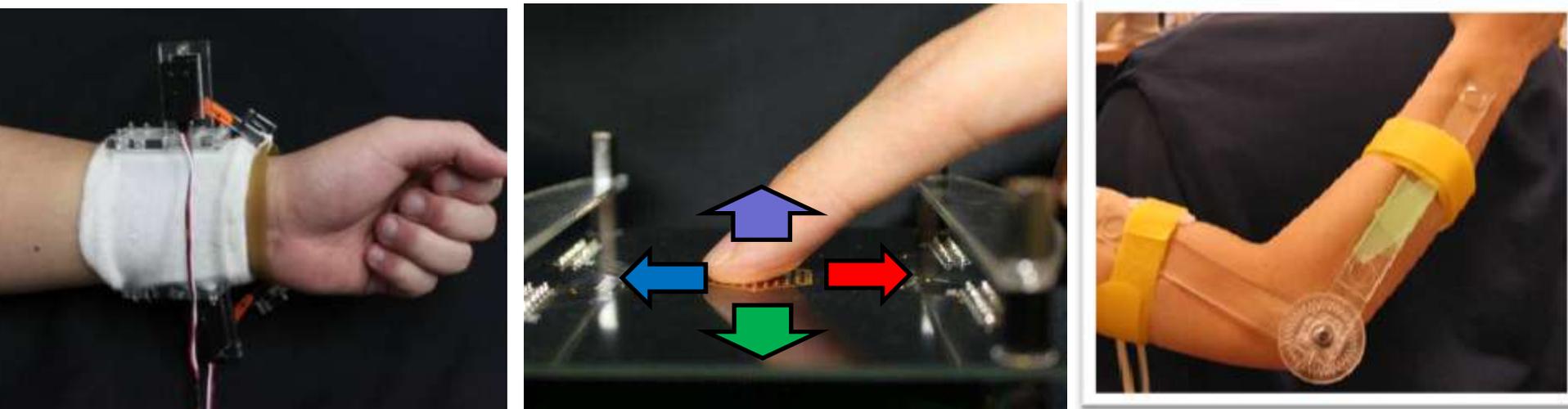
- 関節受容器の活動を模擬している.
- 福祉分野における感覚代行の一種と理解できる.
- 長期間の学習で、関節受容器「よりも」頼るようになると期待.
- カチカチの周期を変動させると、姿勢の変化、ないし外力の変化として知覚されないか.
- 簡便な機構のため、各関節に仕込める。(ex. 指の各関節).



リハビリテーションとの関連

- ・ (中枢性の損傷に対する)従来のリハビリテーション
 - マッサージやストレッチによって体を柔らかくする→中枢の損傷に対しては無意味.
 - ファシリテーションテクニック:軽く腱を叩くなどによって生じる反射運動によって運動機能を回復する→患者が主体的に動いているかのように見えるので一見良さそうだが、実際には脊髄レベルの反射であるため、他動的な動きに過ぎず、中枢の回復に結びつかない。
 - 現在の現実的な解:麻痺していない半身を使って日常的な作業をこなす代替訓練が中心
- ・ 中枢機能を回復させるための新たな試み:**認知運動療法**
- ・ 従来のリハビリ:他動的に動かすことから始める
⇔認知運動療法では動かない部位が動いていることをイメージすることからはじめ、中枢の「運動計画」と「身体イメージ把握」を司る部分の訓練と再構築に主眼を置く。
- ・ ラチェット感は運動誘発ではなく運動後の認識を補助する
→認知運動療法の一手法になりうる？

まとめ



- 触覚のエンタテインメントはユーザの立場によって分類される。
 - 触覚BGM
 - 触覚体験
- 触覚体験(=インタラクティブシステム)の解かれていない問題は、体性感覚をいかに「そのまま」提示しないかという問題。
- 他の感覚による穴埋めが有効。視覚でもよい
 - 触覚⇒体性感覚の錯覚が多数発見されるようになった。これは今後有効な手段