

Interactive System  
インタラクティブシス  
テム特論(7)

Hiroyuki Kajimoto  
kajimoto@hc.uec.ac.jp  
Twitter ID kajimoto  
Hash tag #itsys

# Schedule

- 4/11 講義(lecture)1
- 4/18 出張のため休講
- 4/25出張準備のため休講
- 5/2出張のため休講
- 5/9講義(lecture)2
- 5/16講義(lecture)3
- 5/23講義(lecture)4
- 5/30講義(lecture)5
- 6/6講義(lecture)6
- 6/13講義(lecture)7
- 6/20講義(lecture)8
- 6/27 出張のため休講(第9回をオンライン聴講)
- 7/4プレゼンテーション(presentation)1
- 7/11プレゼンテーション(presentation)2
- 7/18プレゼンテーション(presentation)3
- 7/25 出張のため休講
- 8/1 14 予備日

変更！



# 【重要】論文紹介

7/4

名前	論文#
小泉 理紗	20
山本健	47
鈴木 啓真	1
植松 遥也	35
河連俊介	2
Khurelbaatar Sugarragchaa	3
建部尚紀	16
岡元 晃一	43

7/11

名前	論文#
丸谷大樹	52
井上弘路	9
坂東和奈	48
脇坂 優樹	17
星野圭祐	37
松村正隆	56
田辺健太	25
石井将文	51

7/18

名前	論文#
小林大祐	41
遠藤直樹	12
臼居浩太郎	54
戀川 真己	6
柿森隆生	55
橋本 知尚	22
櫻木怜	38
Vu Gia Truong	32

# 【重要】論文紹介について

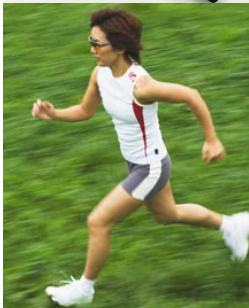
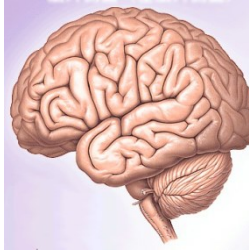
## ● 発表時間:5分、質疑応答:3分、入替:1分

- ✓ **発表時間厳守**。聞く人も遅刻しないように(この回に限り出席簿は最初に回します。最初の発表者は5分前には来てください)。
- ✓ 研究の要点を、**何が面白いのか**分かるように話すことに集中してください。関連するコンテンツ(動画等)を探してくることを強く推奨します
- ✓ ただし動画の説明だけに終わらないよう、**グラフ等の結果がある場合は必ず説明**してください。
- ✓ **発表の評価は出席している学生全員で行います。**
- ✓ **自分のノートは使えません。USBメモリでpptファイルを持参してください。**
- ✓ **ppt作成の際は動画を同じフォルダに入れて持ってきてください(埋め込みする場合は必ずppt中で「ファイル」⇒「互換性の最適化」の処理をしてください。また念のため動画ファイルは持ってきてください)**

理解度(10)	資料(10)	発表(10)	質疑(10)	印象(10)	合計(50)

# Outline of the lecture

1. 人間計測手法／Measuring Human
2. 視覚／Human Vision System
3. 視覚センシング／Visual Sensing
4. 視覚ディスプレイ／Visual Display
5. 聴覚、聴覚インタフェース／Auditory Interface
6. 触覚、触覚インタフェース／Tactile Interface
7. 触覚、触覚インタフェース2／Tactile Interface
8. 力覚、力覚インタフェース／Haptic Interface
9. 移動感覚インタフェース／Locomotion Interface



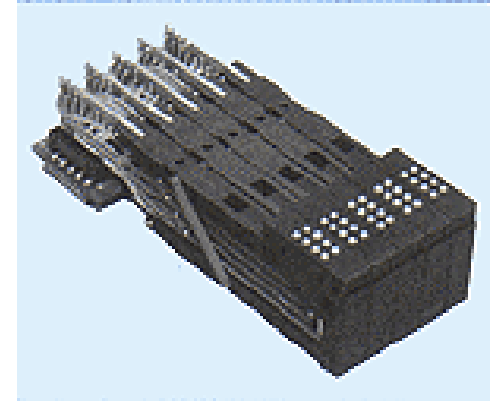
# 触覚ディスプレイ

## 現状 福祉用途

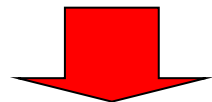
- 点字ディスプレイ
- 小型カメラを用いた  
視覚⇒触覚変換(Optacon)

ユーザインタフェース

- ゲーム機, 携帯電話: 振動



## 今後 リアルな皮膚感覚の実現



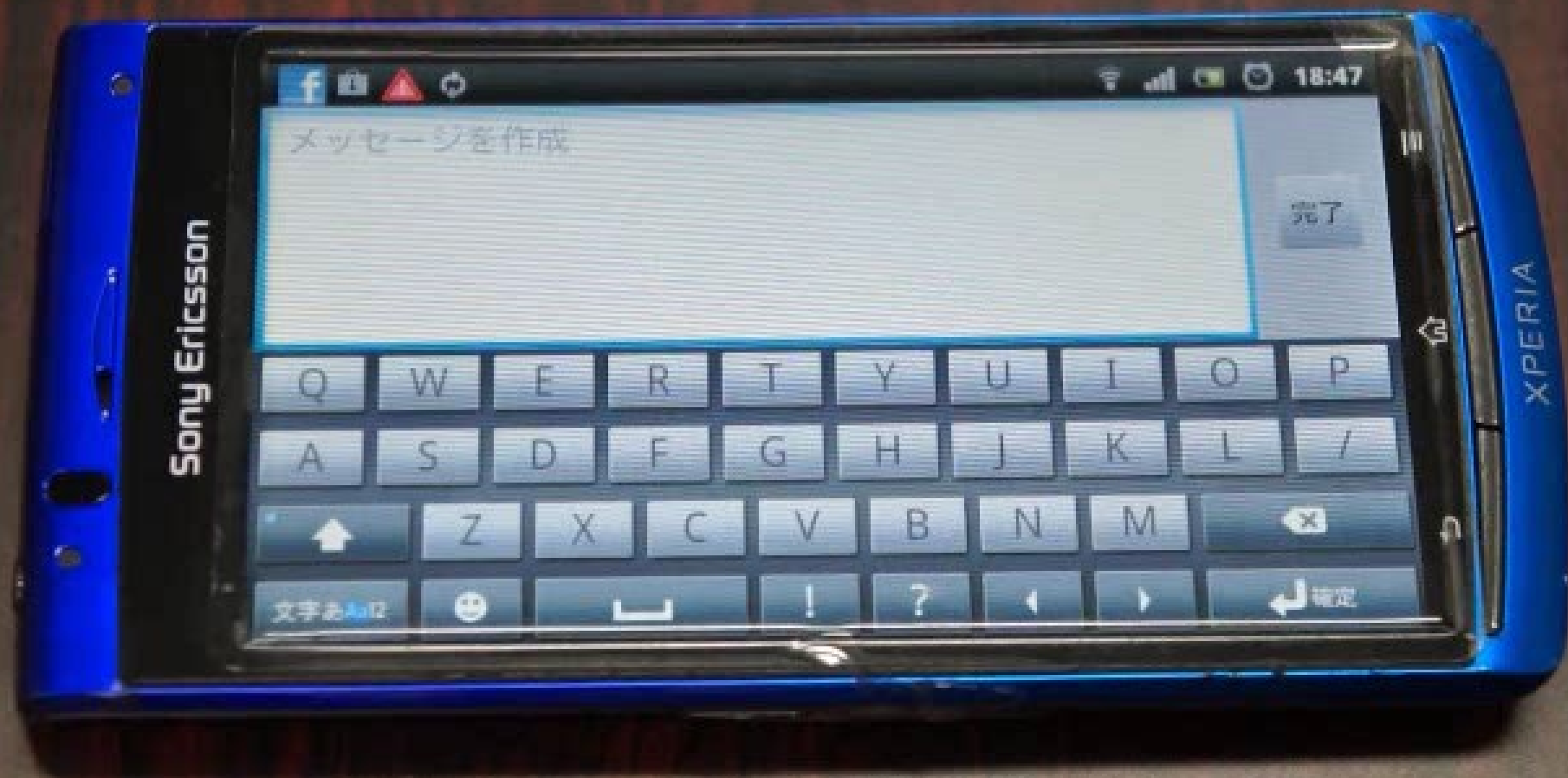
遠隔コミュニケーション／遠隔操作／ゲーム？

もう一歩先はどうすれば見つかるのか？

# 最近の研究から見る 触覚ディスプレイの応用分野の傾向

- **Touch Panel**
  - なにはともあれタッチパネル。市場が巨大すぎる
- **Emotion, Affection**
  - 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることが出来る
- **Navigation, Instruction**
  - 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる
- **Reality, Multimodal**
  - 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることが出来る
- **The Whole Body**
  - 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる
- **Tactile AR**
  - 触覚を現実世界で使うことでAR化する

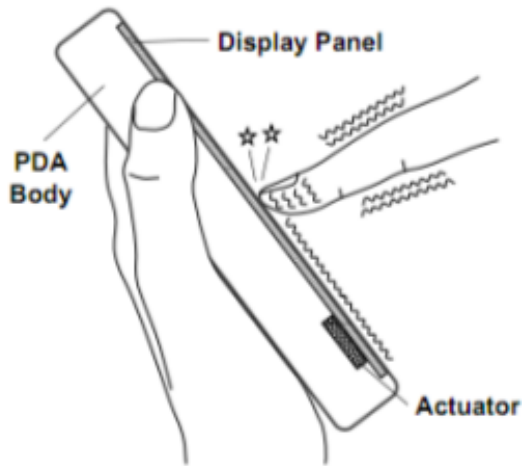
# TouchPanel: 問題点



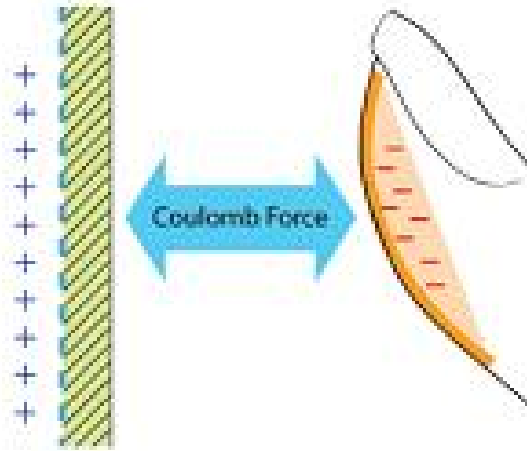
文房具(入力装置)として未熟



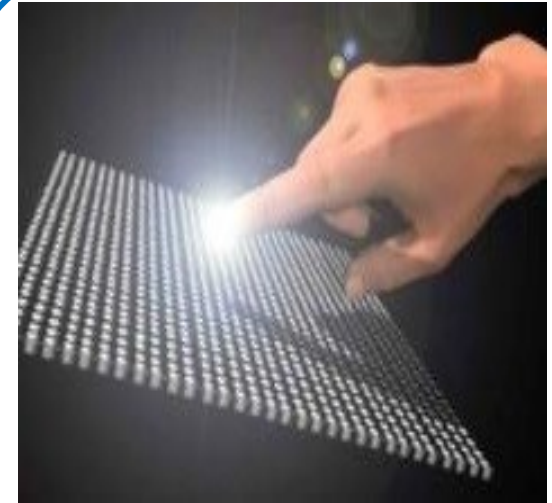
# タッチパネルに触覚を付与する



Active Click  
(Fukumoto, CHI2001)



Tesla Touch  
(Bau, UIST2010)



Skeletouch  
(Kajimoto, 2012)

「透明」という制約のため、可能な手法は限定

- ✓ 全面振動
- ✓ 摩擦制御
- ✓ 神経駆動

# 全面振動

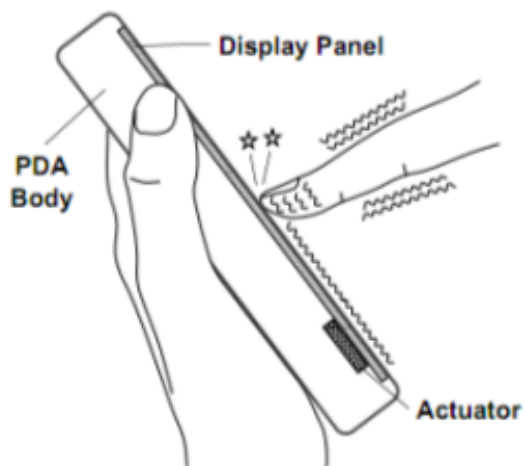
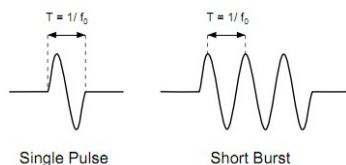
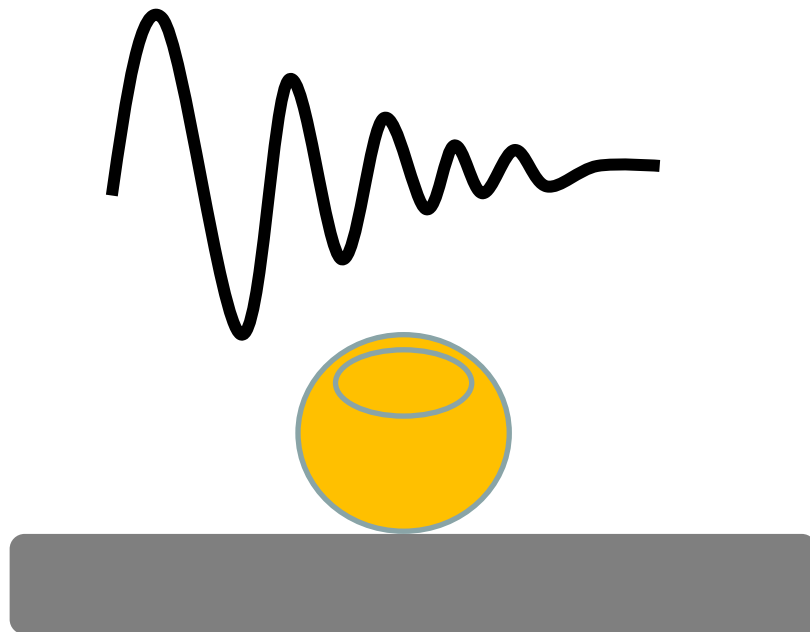


図 1: アクチュエータの設置状況  
PDA の筐体に貼り付けている。

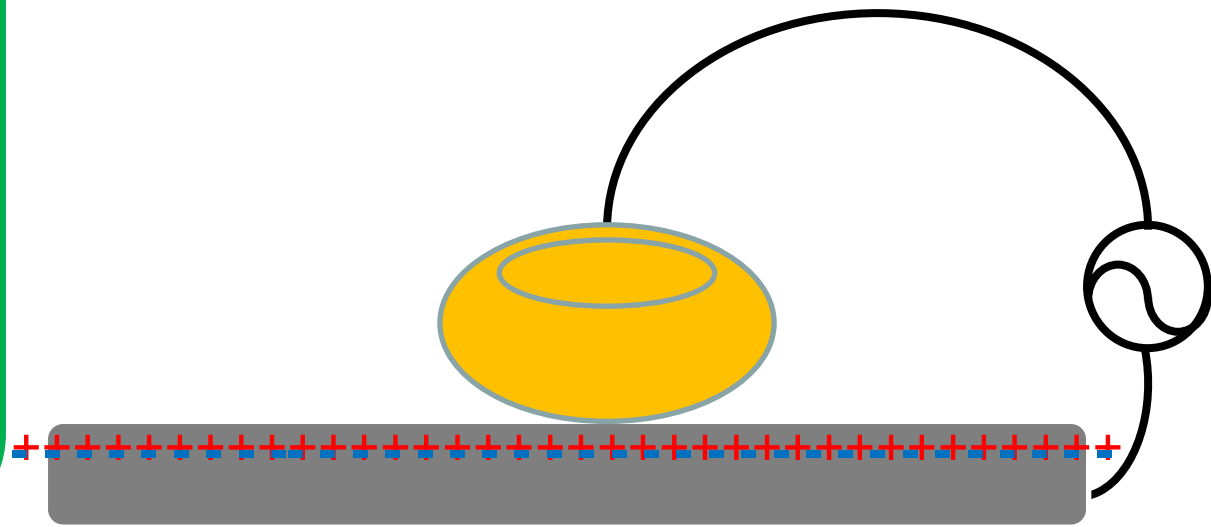
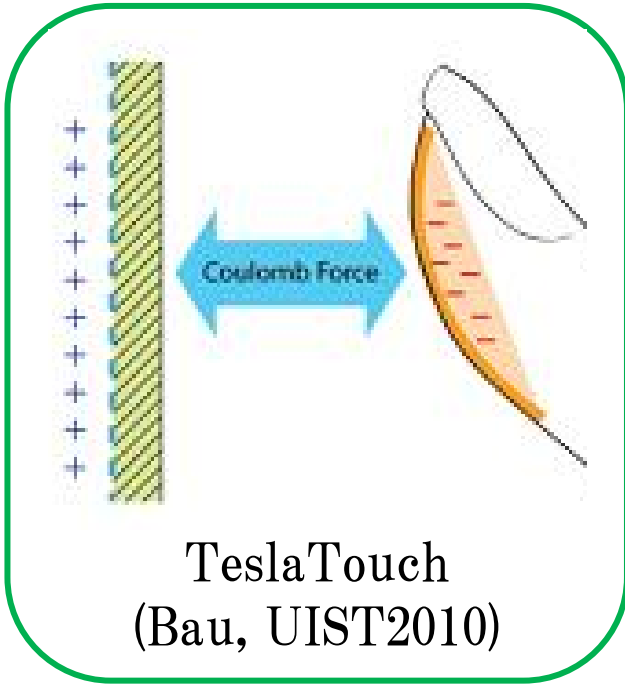


Active Click  
(Fukumoto, CHI2001)



	空間解像度	能動性
全面振動	Low (finger size)	Active

# 摩擦係数の制御



	空間解像度	能動性
全面振動	Low (finger size)	Active
摩擦制御	Potentially High	Passive

# 静電気吸着の利用



TeslaTouch  
(Bau, UIST2011)

**Senseg** EXPERIENCE TECHNOLOGY PARTNERS COMPANY CONTACT



**Senseg Technology** Senseg Is Haptics Re-Imagined and Realized

Senseg patented solution creates a sophisticated sensation of touch using Coloumb's force, the principle of attraction between electrical charges. By passing an ultra-low electrical current into the insulated electrode, Senseg's Tixel™, the proprietary charge driver can create a small attractive force to finger skin. By modulating this attractive force a variety of sensations can be generated, from textured surfaces and edges to vibrations and more.

Unlike effects created by mechanical vibration and piezo solutions, Senseg is silent. With Senseg application developers have precise control of the location and type of effect users experience. What's more, Senseg technology scales from touch pads, smart phones and tablets to the largest touch screens without increasing manufacturing complexity.



Senseg's solution is comprised of three core elements:

- Senseg's unique Tixel technology that activates the touch screen for electrostatic vibration;
- Senseg's electronics module; and
- Senseg software that manages effects in applications.

The Senseg Tixel™

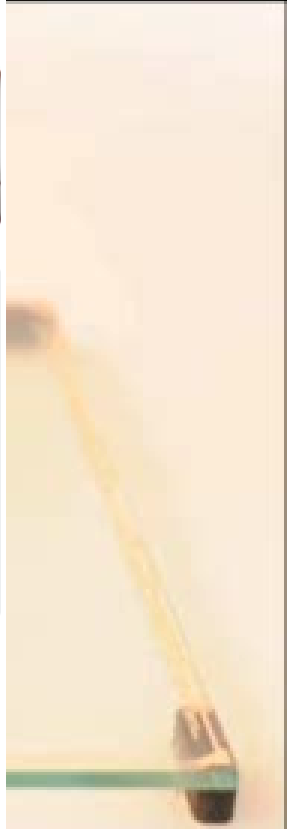
The Tixel is the means by which Senseg's technology transmits electro-tactile stimulus. It is an ultra-thin durable coating on the touch interface that



Share on: 

Senseg offices ▶  
sales@senseg.com  
info@senseg.com  
jobs@senseg.com

[Follow @sensegnews](#)



触覚技術:

## 超音波振動で「ツルツル」「ザラザラ」を再現——富士通、触感が得られるタブレットを試作

富士通と富士通研究所は、ツルツル感やザラザラ感といった触感が得られるタッチパネルを搭載したタブレット端末の試作機を開発した。富士通研究所が開発した超音波振動を用いた触覚技術が用いられている。

【八木沢篤, MONOist】

印刷/PDF ツイート 22 いいね! 35 B! 1 +1 1 投稿 Pocket 2

類似記事の掲載をメールで通知



富士通と富士通研究所は  
2014年2月24日、触感が  
得られるタッチパネルを搭  
載したタブレット端末の試  
作機を開発したと発表した。富士通研究所が開発した超音波振動を用いた触覚技術が用いられている。

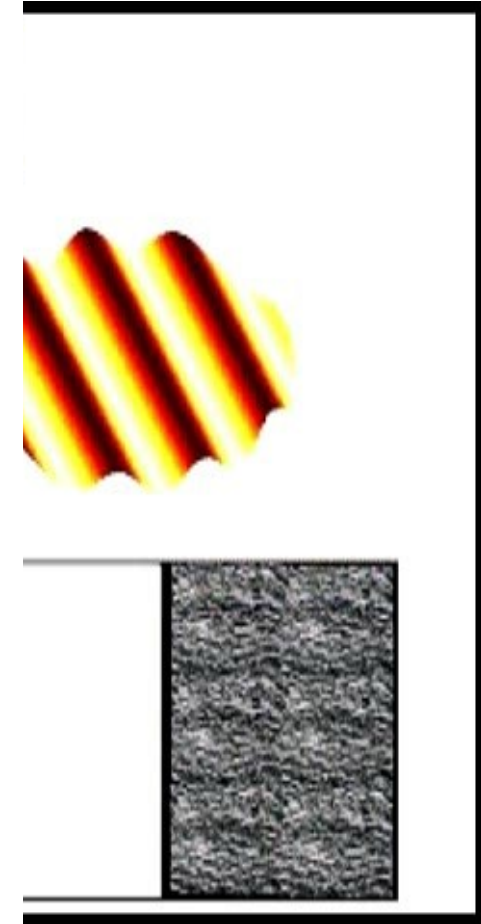
富士通研究所は、超音波振動により、タッチパネルと指との摩擦力を変化させ、触感を提示する技術を業界で初めて開発。タッチパネル自体の振動や静電気の発生により、凹凸感などの触感を伝える従来技術とは異なり、タッチパネル上での表現が困難だったツルツル感やザラザラ感を体感できる。この触感をディスプレイ上に表示されている画像などに適用することで、リアリティのあるさまざまな感覚を楽しむことができるという。

intel Software

組み込み / モバイル向けに  
アプリケーション・パフォーマンス  
を向上



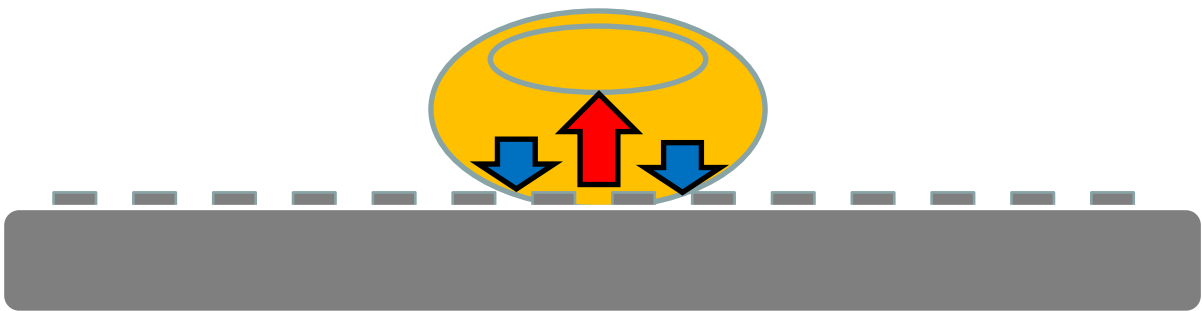
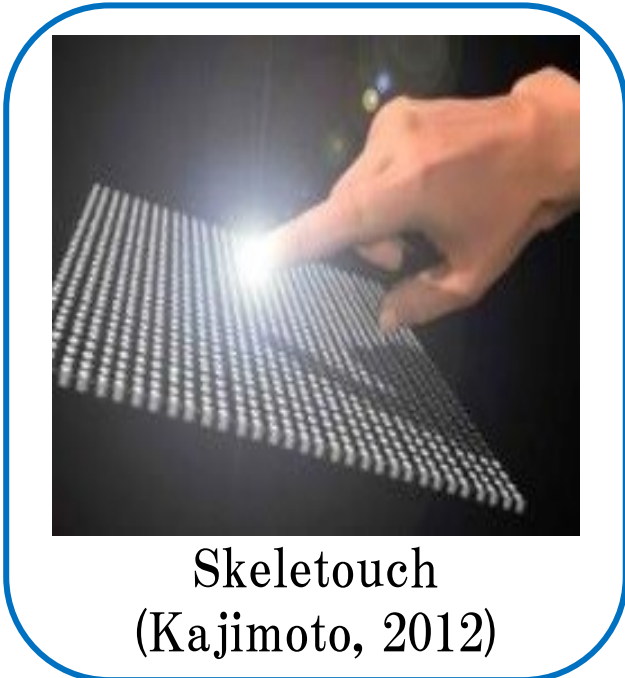
07)



画像1 触覚技術を搭載したタブレットの試作機

[objects/TPaD/index.htm](https://objects/TPaD/index.htm)

# 電気刺激による直接駆動



	空間解像度	能動性
全面振動	Low (finger size)	Active
摩擦制御	Potentially High	Passive
神経駆動	High	Active

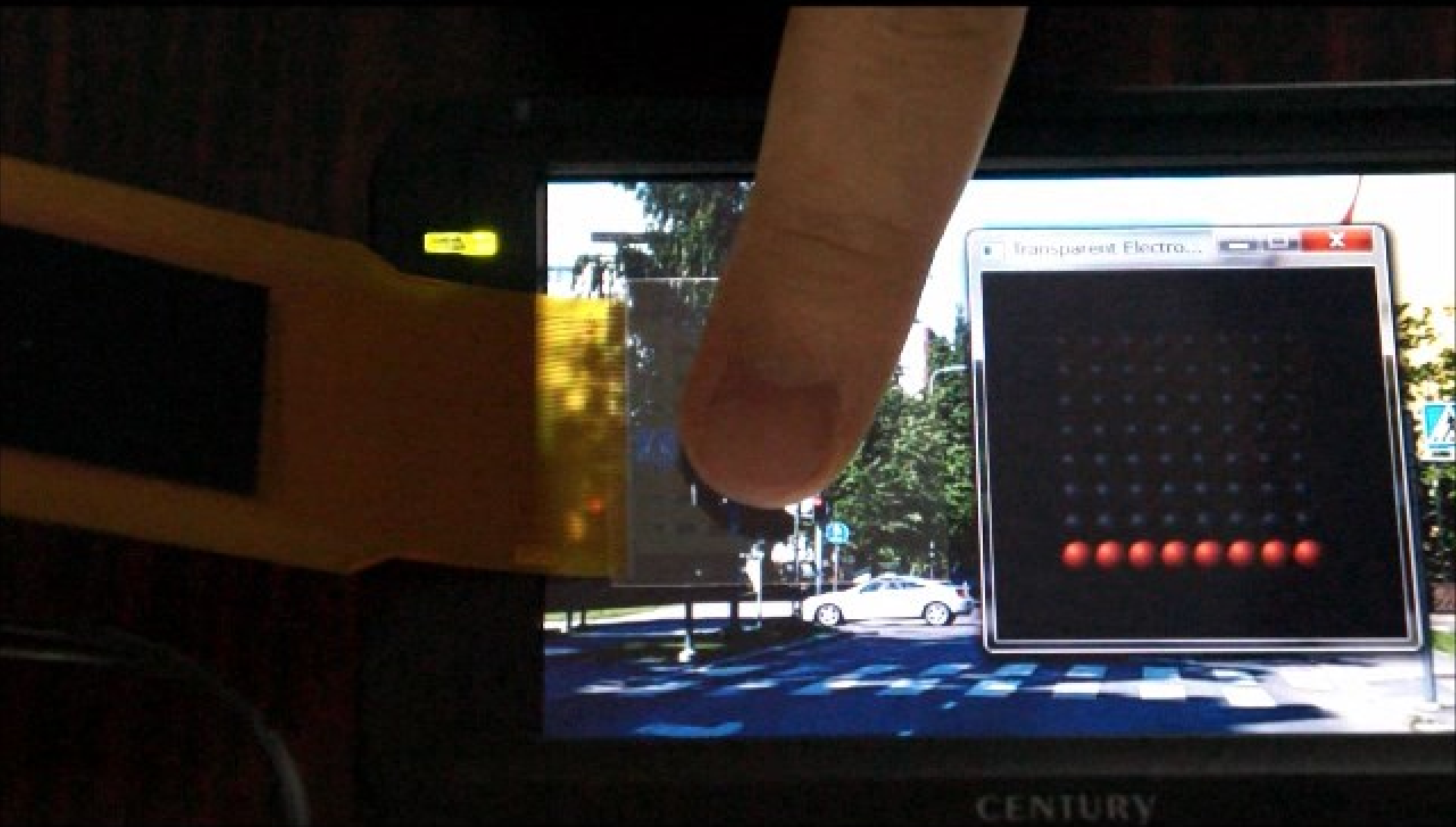
# 透明電極(2012. Mar)



64 transparent electrodes are made of ITO  
(Indium, Tin, Oxide)



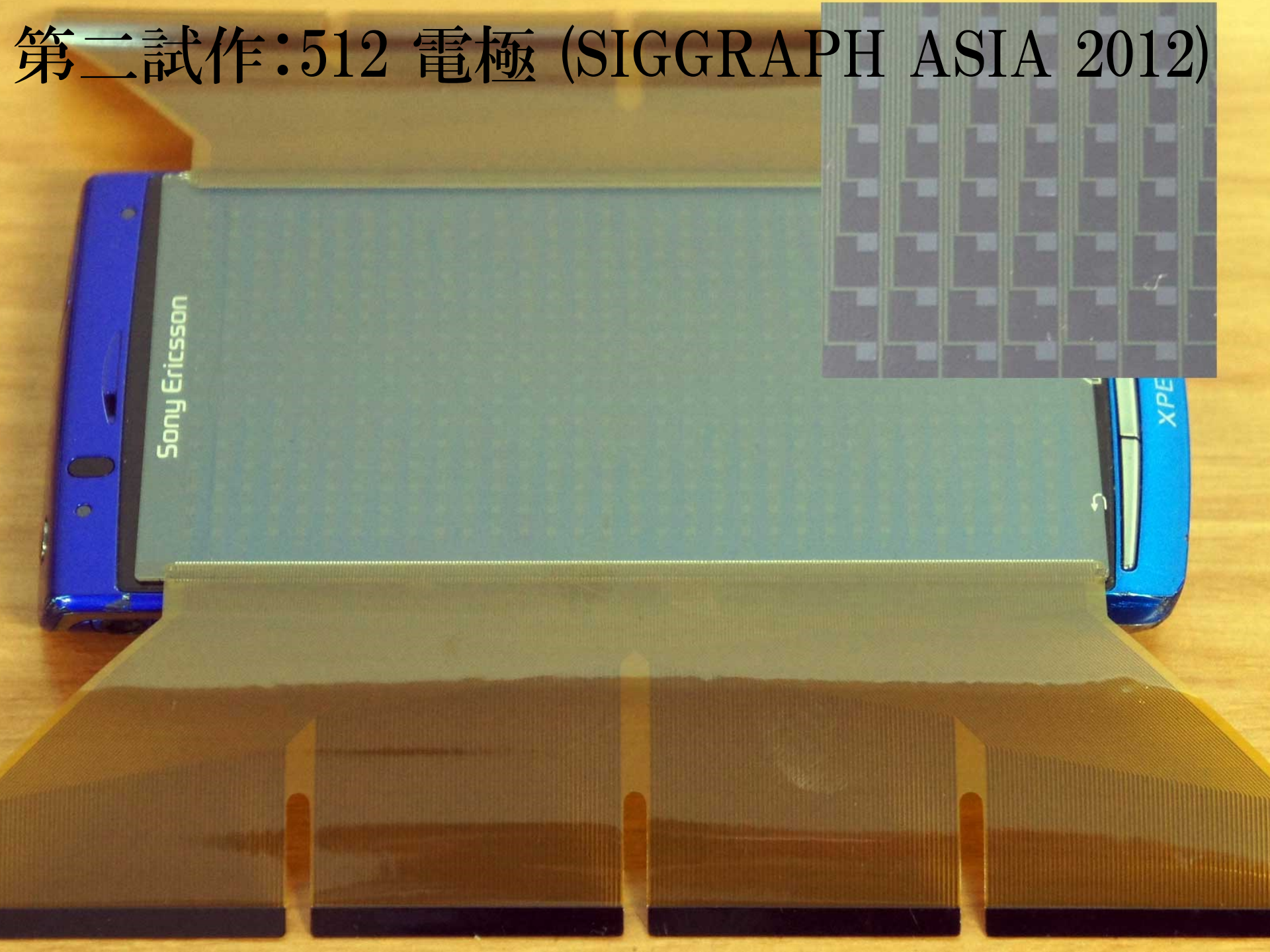
# 刺激と計測



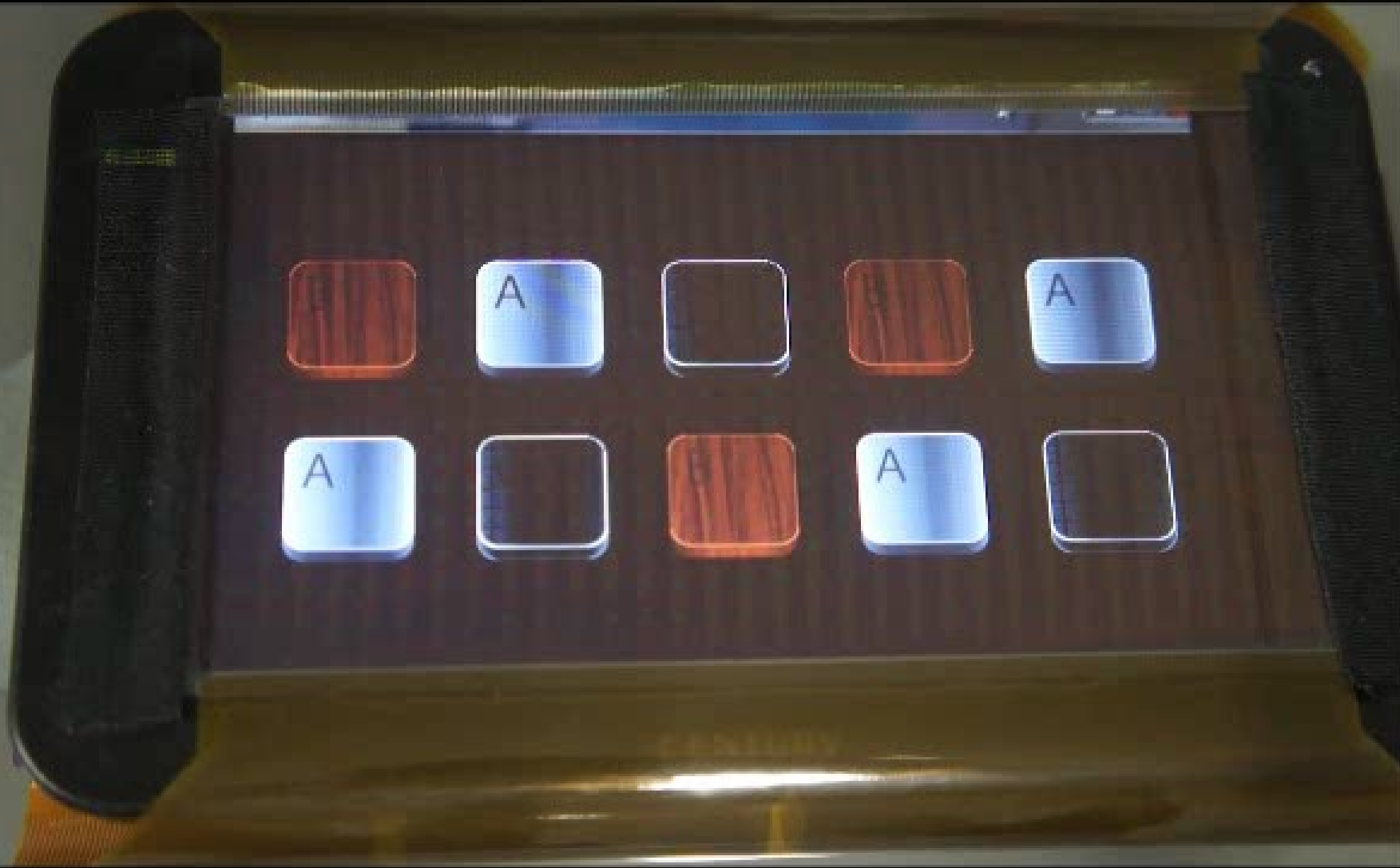
はじめからタッチパネルの機能を備えている



# 第二試作:512 電極 (SIGGRAPH ASIA 2012)



# Demonstration



# 触覚つきタッチパネルのマイルストーン

1. **～現在**: 触った/押したことの確認 (Ack) 信号  
キーボード, マウスのクリック感の代替
2. **現在進行形**: 対象の質感再現  
「入力装置」から「閲覧装置」へ  
課題: 動作から触感呈示までの時間遅れにより, 「タッチパネルの触感」と「呈示される触感」が分離  
必要なこと: センシングから触覚呈示までの時間精度向上  
. 独立した処理系の採用も視野に.
3. **5年後?**: 指よりも細かい形状の呈示  
再度「入力装置(文房具)」に  
指先にボールペンの感触を出す

# 高速なセンシング⇒呈示ループの重要性

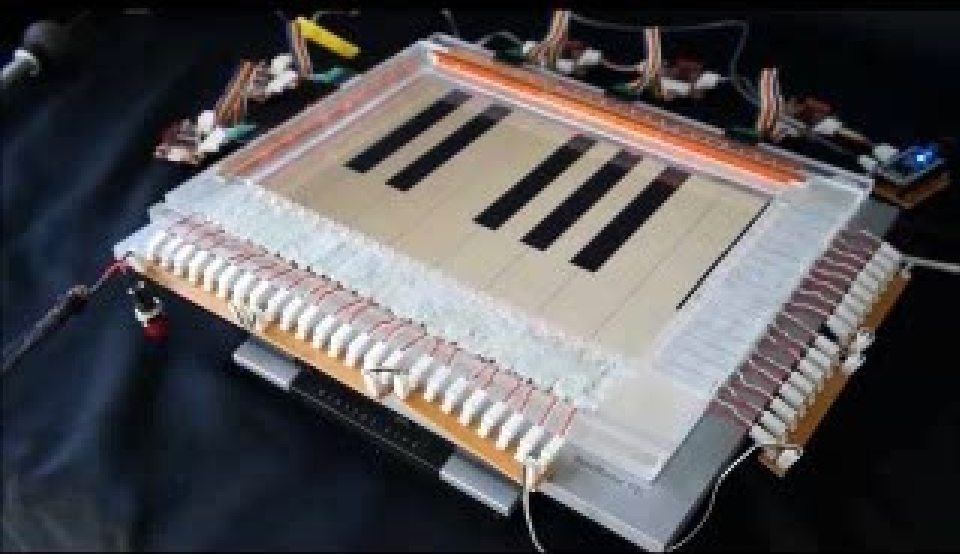


Microsoft Research Applied Sciences Group: High Performance Touch

<https://www.youtube.com/watch?v=vOvQCPLkPt4>

# 衝突速度検出／スティックへの振動付与

Existing touch sensor



Proposed touch sensor

Using an existing touch sensor, the performer can play a piano on LCD.  
However, the performer cannot accentuate the sounds.

# 最近の研究から見る応用分野の傾向

## Touch Panel

- なにはともあれタッチパネル. 市場が巨大すぎる

## Emotion, Affection

- 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることが出来る

## • Navigation, Instruction

- 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる

## • Reality, Multimodal

- 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることが出来る

## • The Whole Body

- 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる

## • Tactile AR

- 触覚を現実世界で使うことでAR化する



# Emotion (情動)

映画鑑賞時に、シーンにあった情動を誘起する振動パターンを提示



(Phillips) 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.

# Affection (愛情、愛着)



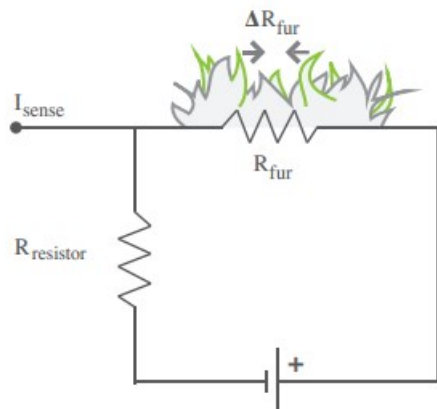
**Input Device :**  
Sense hug  
and convey  
expressions



**Air Actuating Module :**  
reproduce hugging  
feeling on child



**Color Changing :**  
for parents to convey  
expressions or mood to child



conductive  
fur

insulating  
fur



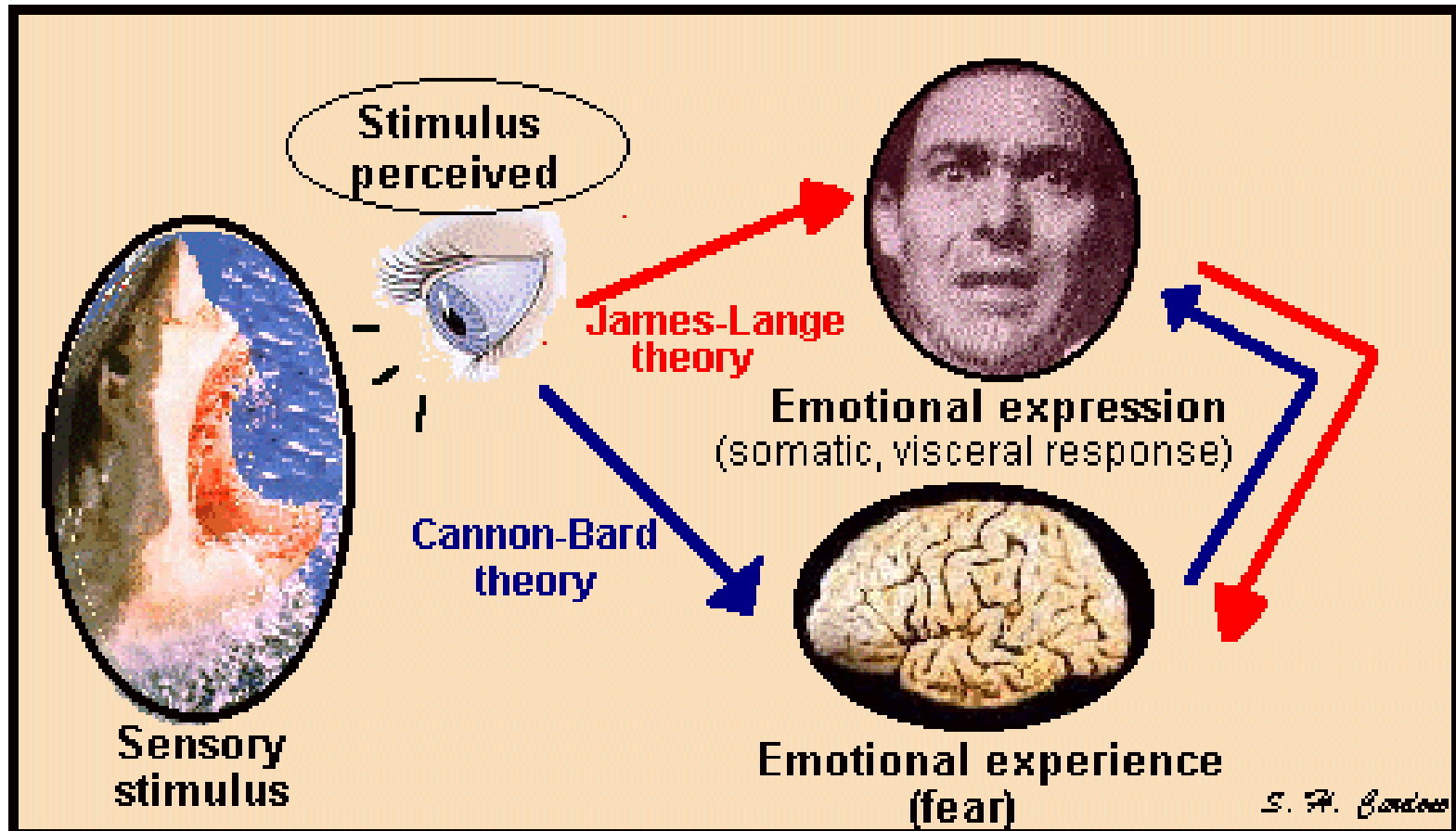
Figure 3: Perner-Wilson and Satomi's conductive thread stroke sensor (left) [12], our conductive fur touch and gesture sensor (right).

well as visual analysis of density curves to select the most powerful

- James The et al., Mobile Implementation and User Evaluation of the Huggy Pajama System
- Anna Flagg et al., Conductive Fur Sensing for a Gesture-Aware Furry Robot  
共にHaptics Symposium 2012



# 心を相手にする:二つの考え



- コンテンツのリアリティ・臨場感を向上させ、それによって情動を増幅する。⇒そのために触覚！
- 情動によって生じる自己の「生理反応」を提示し、それによって情動を誘導する。⇒そのために触覚！

# 触覚による情動増幅



K.Aou, A.Ishii, M.Furukawa, S.Fukushima, H.Kajimoto: The Enhancement of Hearing using a Combination of Sound and Skin Sensation to the Pinna, UIST2010

# Hair as an Emotional Display



*Particularity,*



Hairs are affected not only by surrounding environment (wind and temperature), but also by our own mind. When we drive hairs synchronizing with emotional contents (ex. scary voice), **our emotional reaction is increased.**

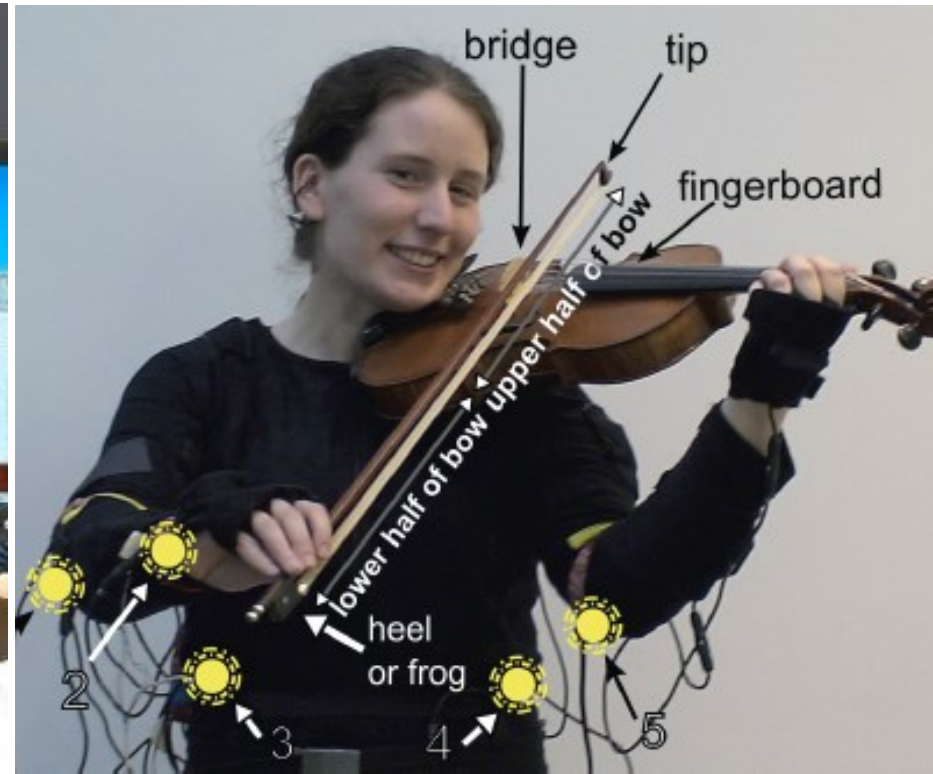
# 最近の研究から見る応用分野の傾向

- **Touch Panel**
  - なにはともあれタッチパネル. 市場が巨大すぎる
- **Emotion, Affection**
  - 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることが出来る
- **Navigation, Instruction**
  - 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる
- **Reality, Multimodal**
  - 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることが出来る
- **The Whole Body**
  - 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる
- **Tactile AR**
  - 触覚を現実世界で使うことでAR化する

# Haptic Navigation: Conventional Approach



J. B. F. van Erp, EuroHaptics 2006

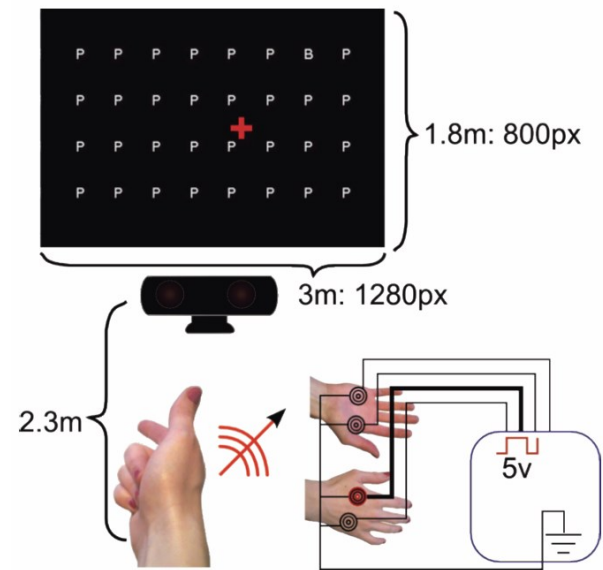
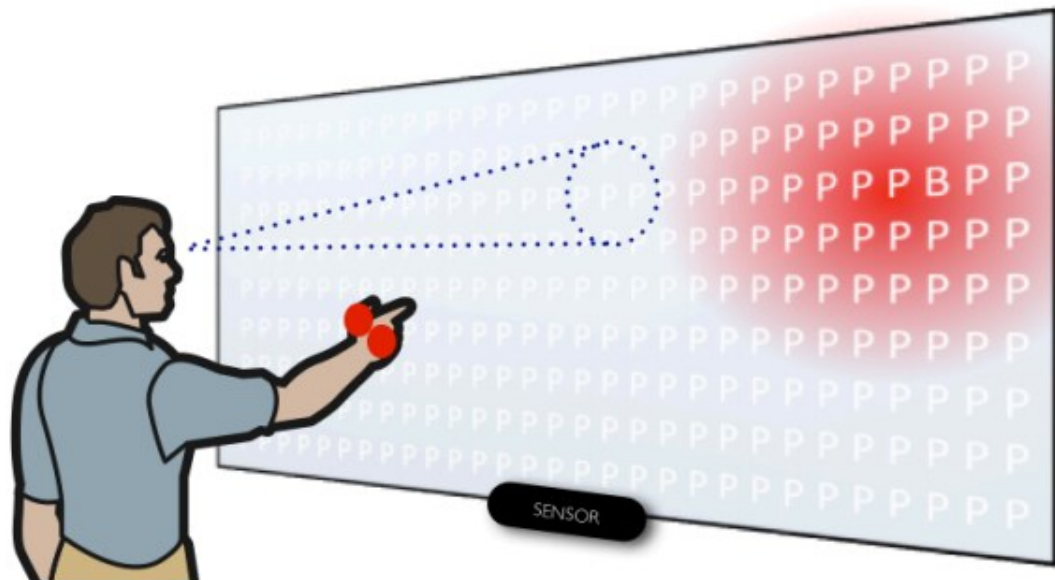


van der Linden et al., CHI 2011

Teach where to move, when to move, how to move,  
and what is wrong.

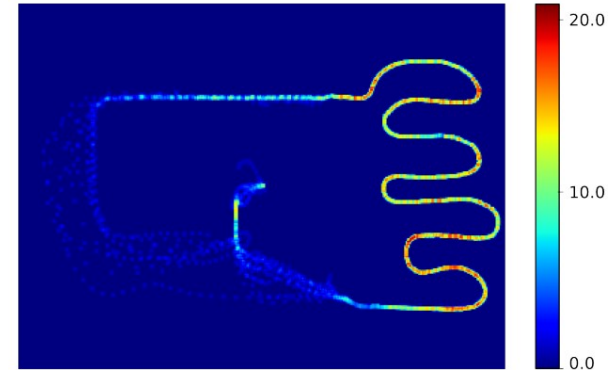
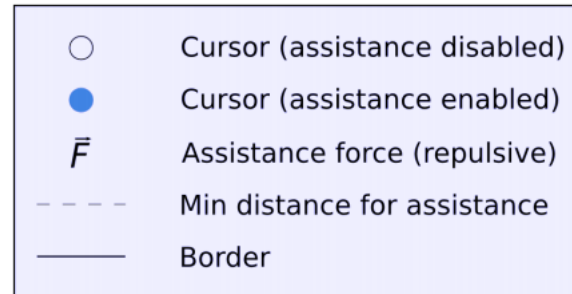
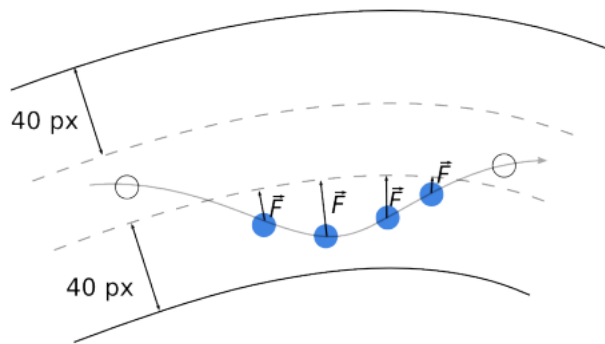
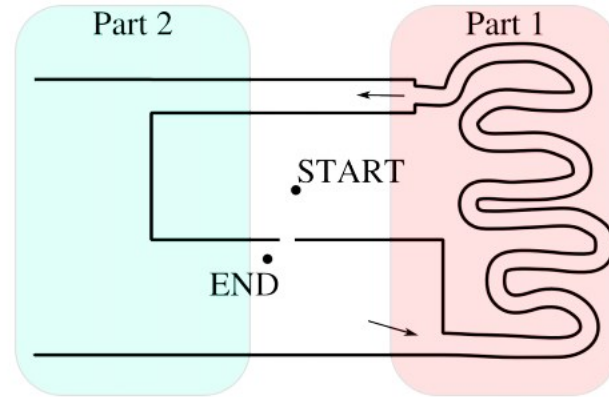
“Understanding” (=central brain process) is required.

# 振動によるナビゲーション



- 現在の手と頭の位置をセンシング、目標位置との関係から振動によってガイド
- 目標発見時間の短縮

# BMIによる自動調整(Lecuyer他)



- 触覚ガイドの強さを、脳活動に応じて変化させる。
- 難しい所にさしかかると自動的に強くガイドしてくれる。

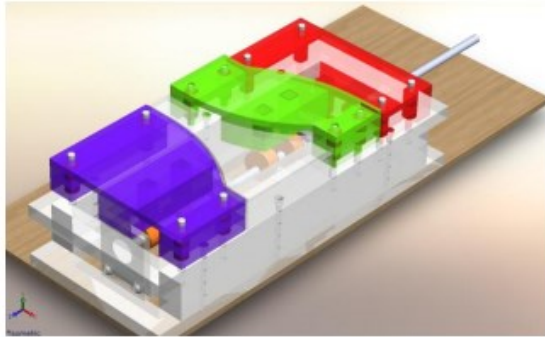


# 最近の研究から見る応用分野の傾向

- **Touch Panel**
  - なにはともあれタッチパネル. 市場が巨大すぎる
- **Emotion, Affection**
  - 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることが出来る
- **Navigation, Instruction**
  - 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる
- **Reality, Multimodal**
  - 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることが出来る
- **The Whole Body**
  - 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる
- **Tactile AR**
  - 触覚を現実世界で使うことでAR化する



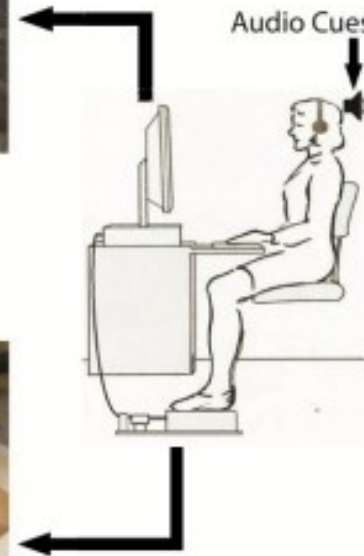
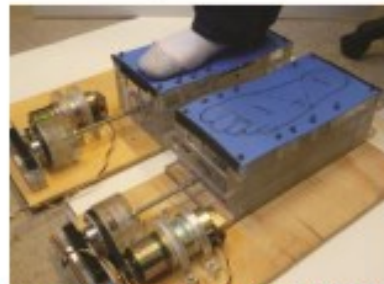
# (限定された状況での)リアリティの再現(1/2)



Virtual Hallway Display

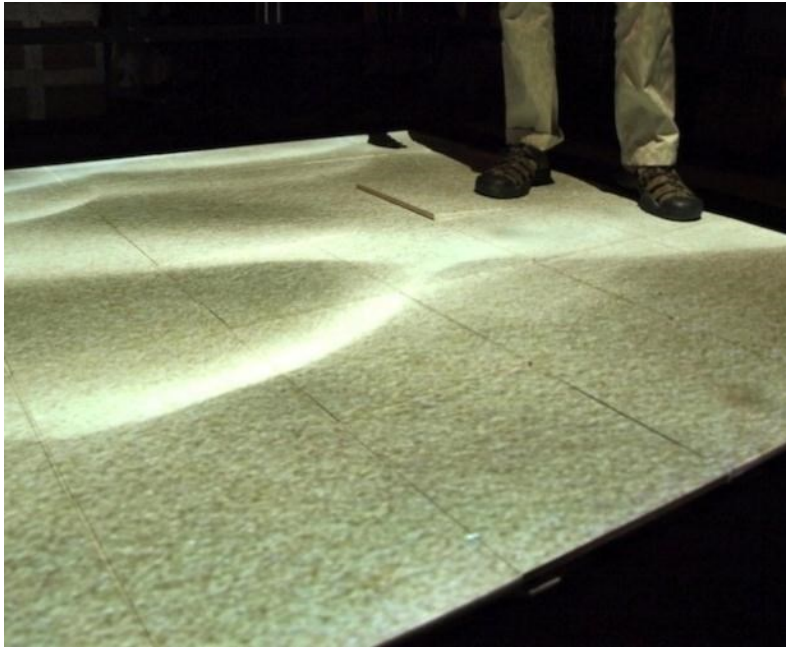


Haptic Device



足裏に進行波状の刺激を、左右ずらして呈示すると納得感のある歩行感覚  
Ravikrishnan Jayakumar, et al., Haptic Footstep Display, Haptics Symposium 2012

# (限定された状況での)リアリティの再現(2/2)



## 床材質感の再現

Y. Visell, et al., Touch is Everywhere: Floor Surfaces as Ambient Haptic Interfaces. IEEE Transactions on Haptics, 2 (3), July-September, 2009.

## タッチパネル表面の材質感の再現

Olivier Bau et al., "TeslaTouch: Electro-vibration for Touch Surfaces," UIST2010

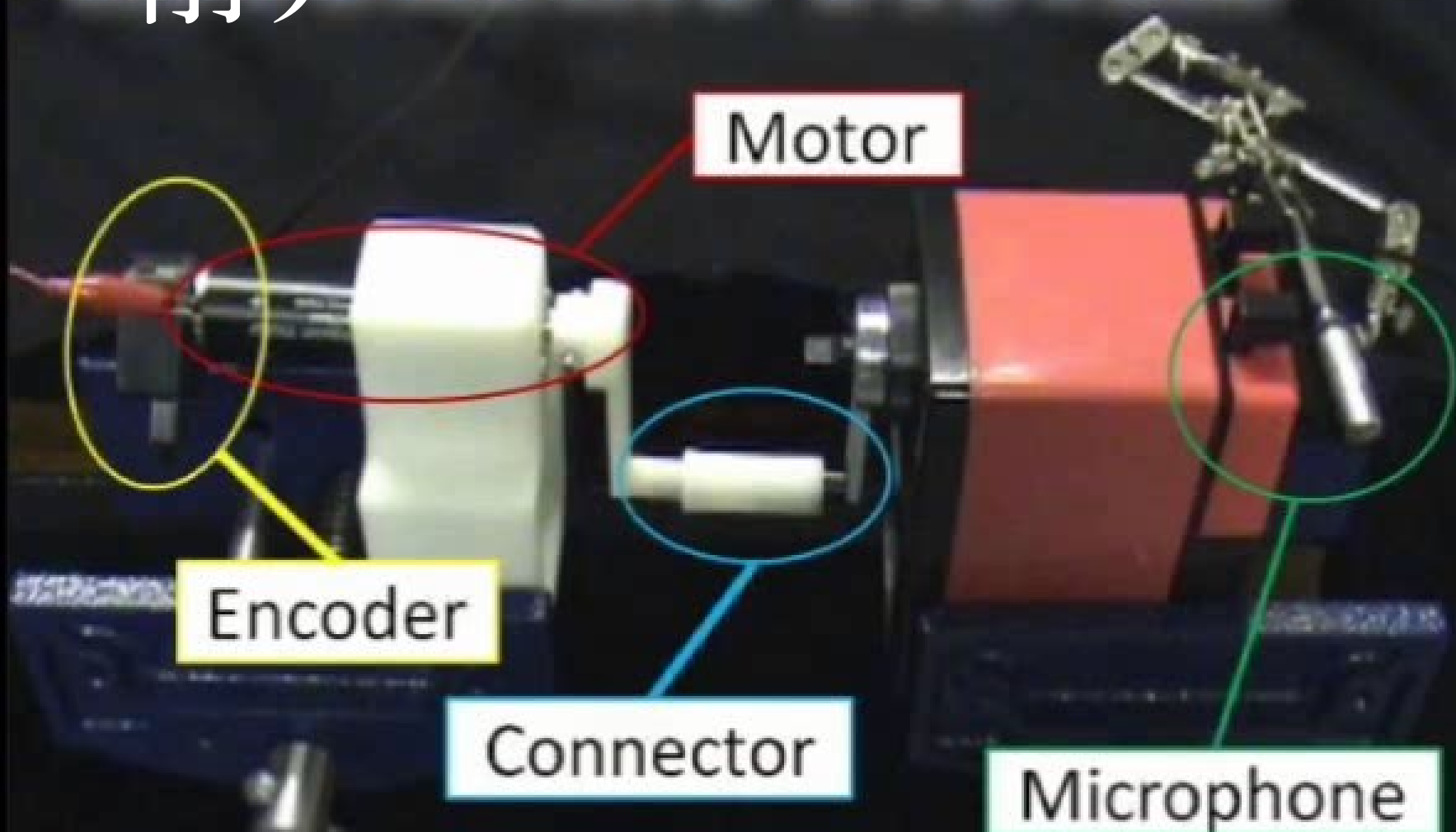
# スパイスとしての触覚



(株)バンダイ ∞プチプチ

∞削り

# RECORDING SYSTEM



The developed device is composed of one DC motor with encoder and speaker. This device is used for recording the sound of a pencil being sharpened.

小島他: 鉛筆削りに着目した触覚的心地良さ提示デバイス, EC2008

# Techtile Toolkit (仲谷他)

<http://www.techtile.org/>



- 単純な振動の記録と再生を、音領域も含めた幅広いレンジで行なうことで、明瞭な触覚的価値を示した。
- 2012年Good Design 賞受賞



# 視覚⇒触覚：視覚的くすぐり感



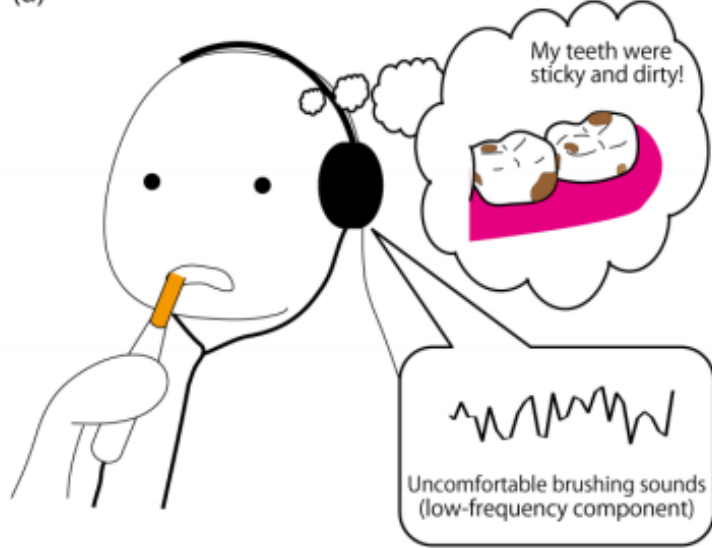
- 単純な筐体の振動と視覚画像の組み合わせにより、「くすぐり感」を生起
- 比較的簡単なシステム構成



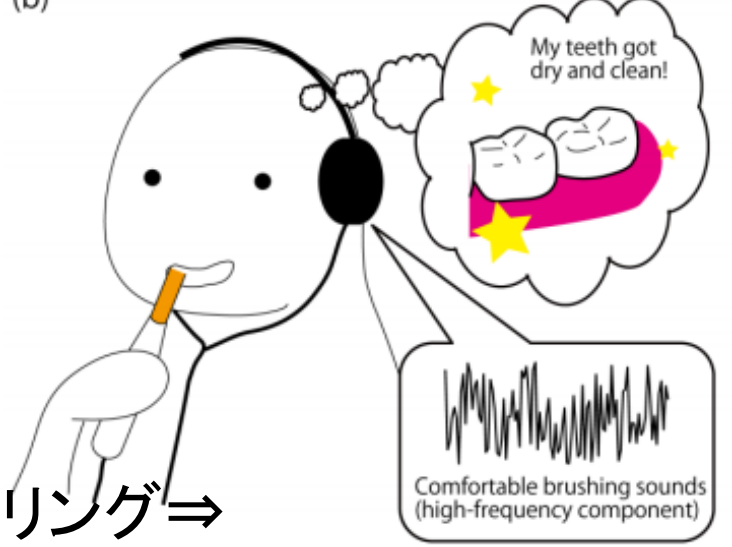
# 歯ブラシの音響による感覚修飾



(a)



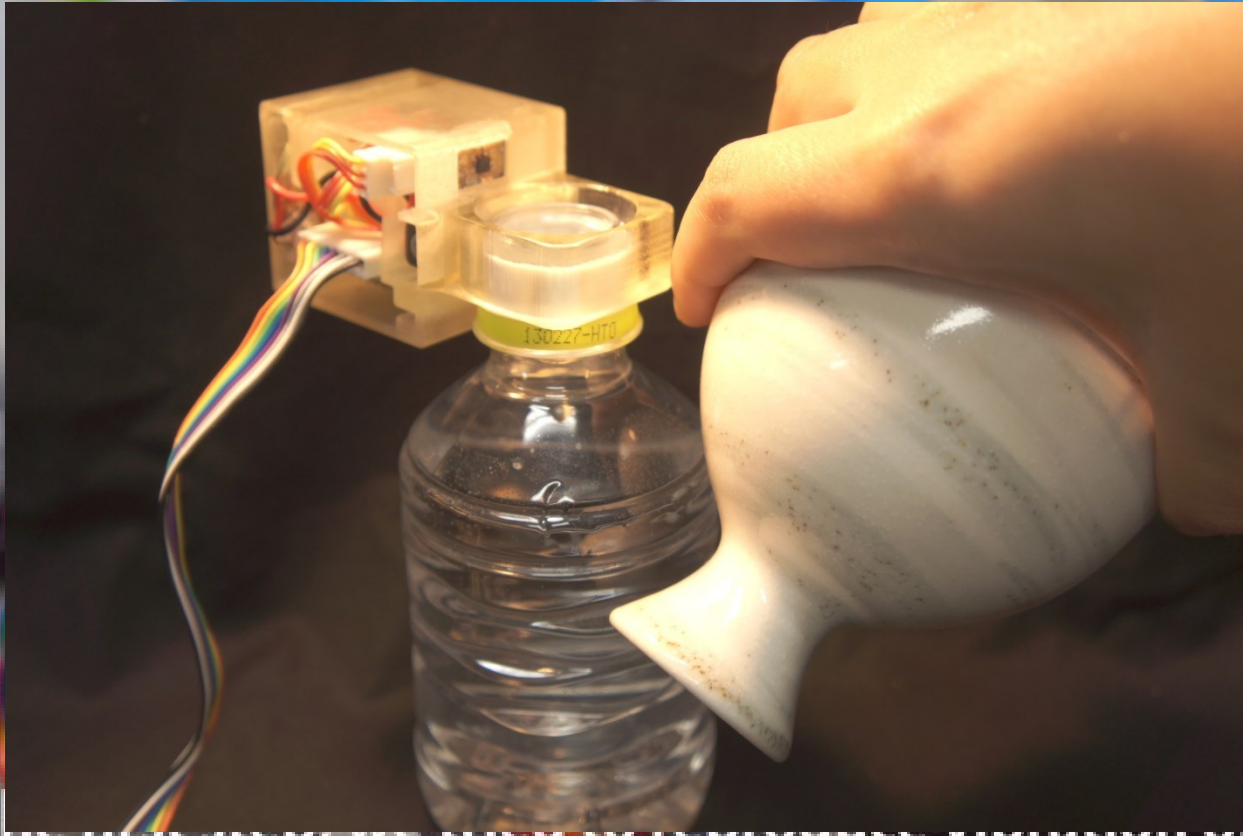
(b)



歯ブラシの音のフィルタリング⇒

単純な周波数成分の変化で快／不快、達成感を制御可能

蜂須, 梶本: 歯磨き音の変調による歯磨き感拡張, エンタテインメントコンピューティング2012  
T. Hachisu, H. Kajimoto: Augmentation of Toothbrush by Modulating Sounds Resulting from Brushing, in Proceedings of the Advances on Computer Entertainment Tecnology (ACE) 2012



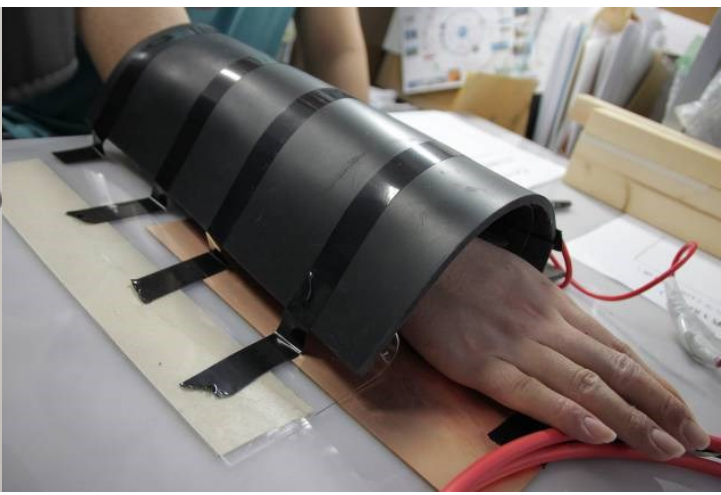
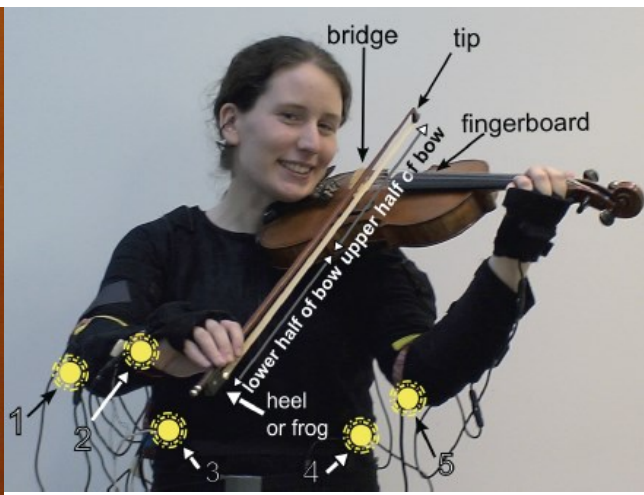
As the first step, we tried to reproduce vibration of water being poured from a Sake bottle with following method.



# 最近の研究から見る応用分野の傾向

- **Touch Panel**
  - なにはともあれタッチパネル. 市場が巨大すぎる
- **Emotion, Affection**
  - 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることが出来る
- **Navigation, Instruction**
  - 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる
- **Reality, Multimodal**
  - 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることが出来る
- **The Whole Body**
  - 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる
- **Tactile AR**
  - 触覚を現実世界で使うことでAR化する

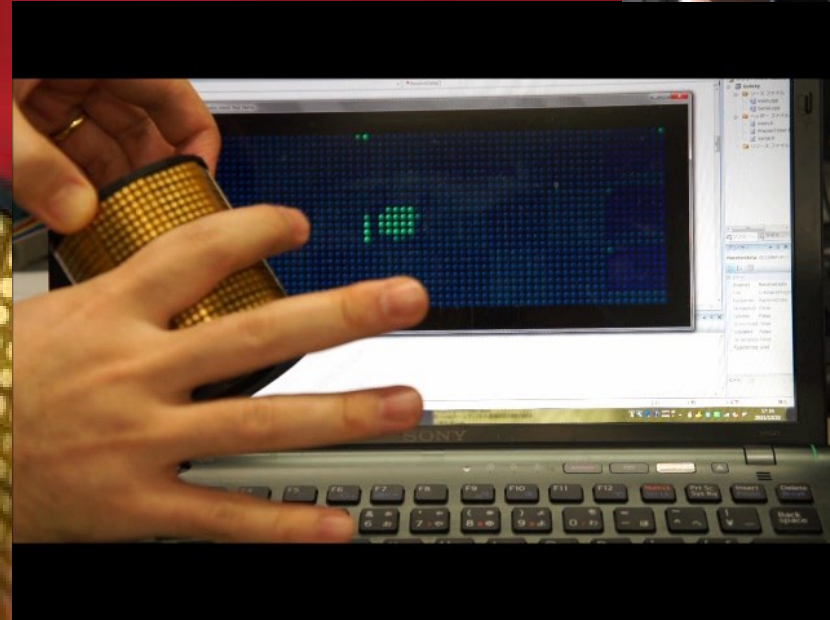
# 全身性



- 視覚：広視野になると「**臨場感・没入感**」という価値を発生
- 触覚：全身提示によって同様の価値が生じる。

すでにここまでの応用事例の多く(ほとんど?)が「指先」では無くなっている。

# The Whole Palm



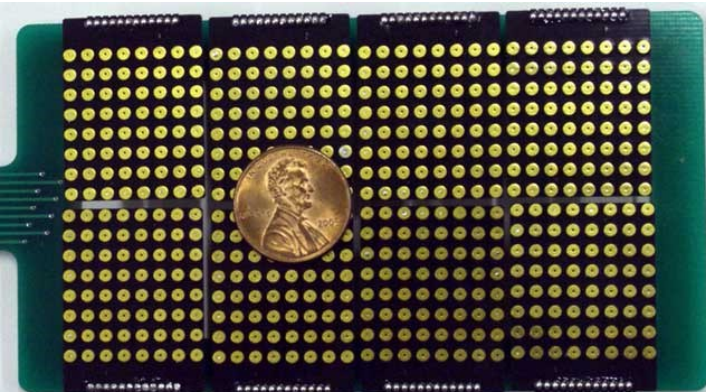
Electro-tactile display with 1536 electrodes enables the whole palm interaction.

# 虫How(2007学生プロジェクト)



The ants gather to the hand.

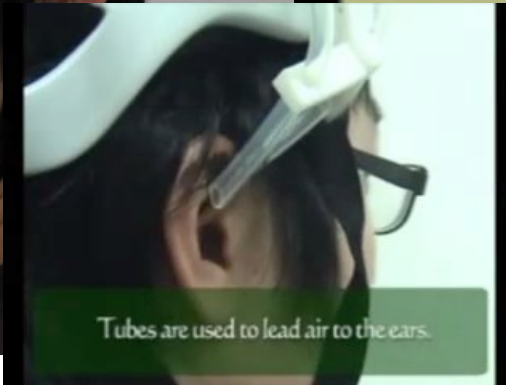
# Forehead as a Canvas



Tactile-vision substitution system (TVSS) for visually handicapped.  
Forehead was used for intuitive understanding  
(what you are facing is what you are feeling on your face).

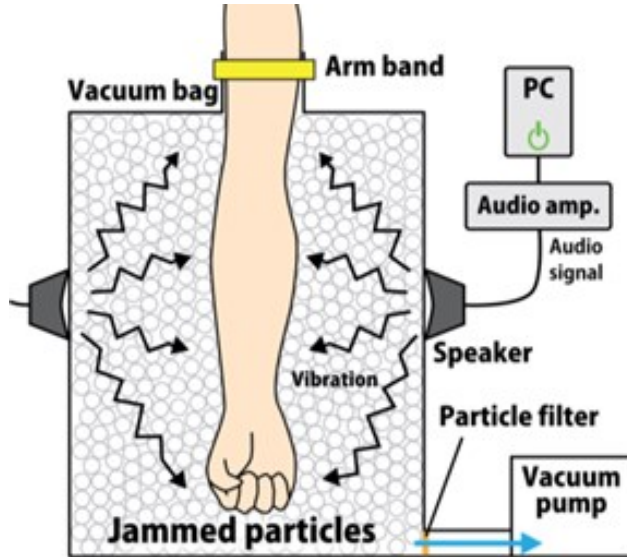


# Ear as a Tactile Organ (wind)



Ears are the most sensitive wind sensing parts in face (haptically).  
We can effectively present wind sensation with small energy.

# The Whole Body



To wear is the most difficult part for wearable haptics, especially for large-area display. Numerous vibrators must fit to the skin. **Jammed particles** can efficiently transmit vibration to the skin.



# 最近の研究から見る応用分野の傾向

- **Touch Panel**
  - なにはともあれタッチパネル。市場が巨大すぎる
- **Emotion, Affection**
  - 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることが出来る
- **Navigation, Instruction**
  - 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる
- **Reality, Multimodal**
  - 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることが出来る
- **The Whole Body**
  - 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる
- **Tactile AR**
  - 触覚を現実世界で使うことでAR化する

# 簡便な触覚AR: クリック感の付与

## Simplest Tactile AR: Adding Clicking Sensation

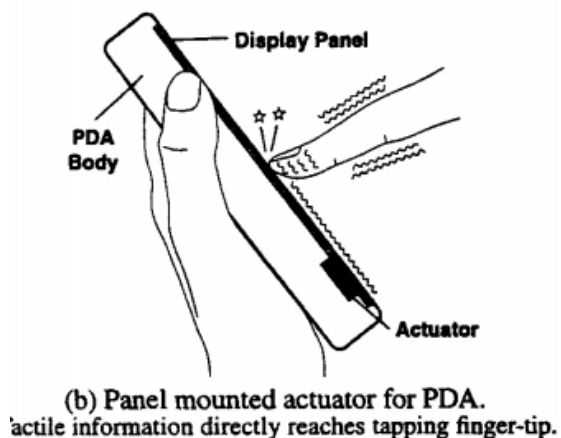
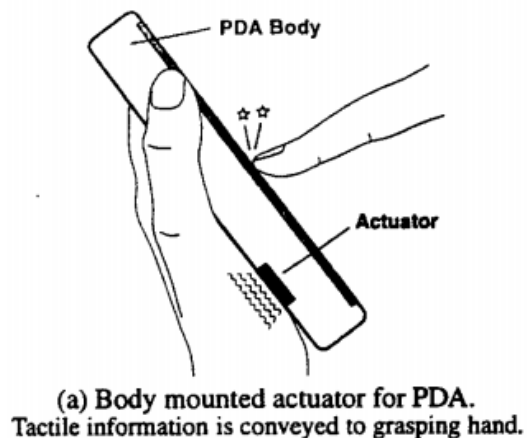
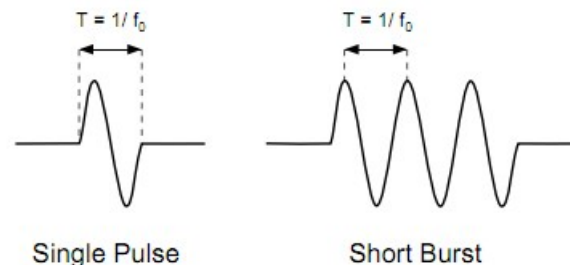


図 1: アクチュエータの設置状況  
PDA の筐体に貼り付けている。

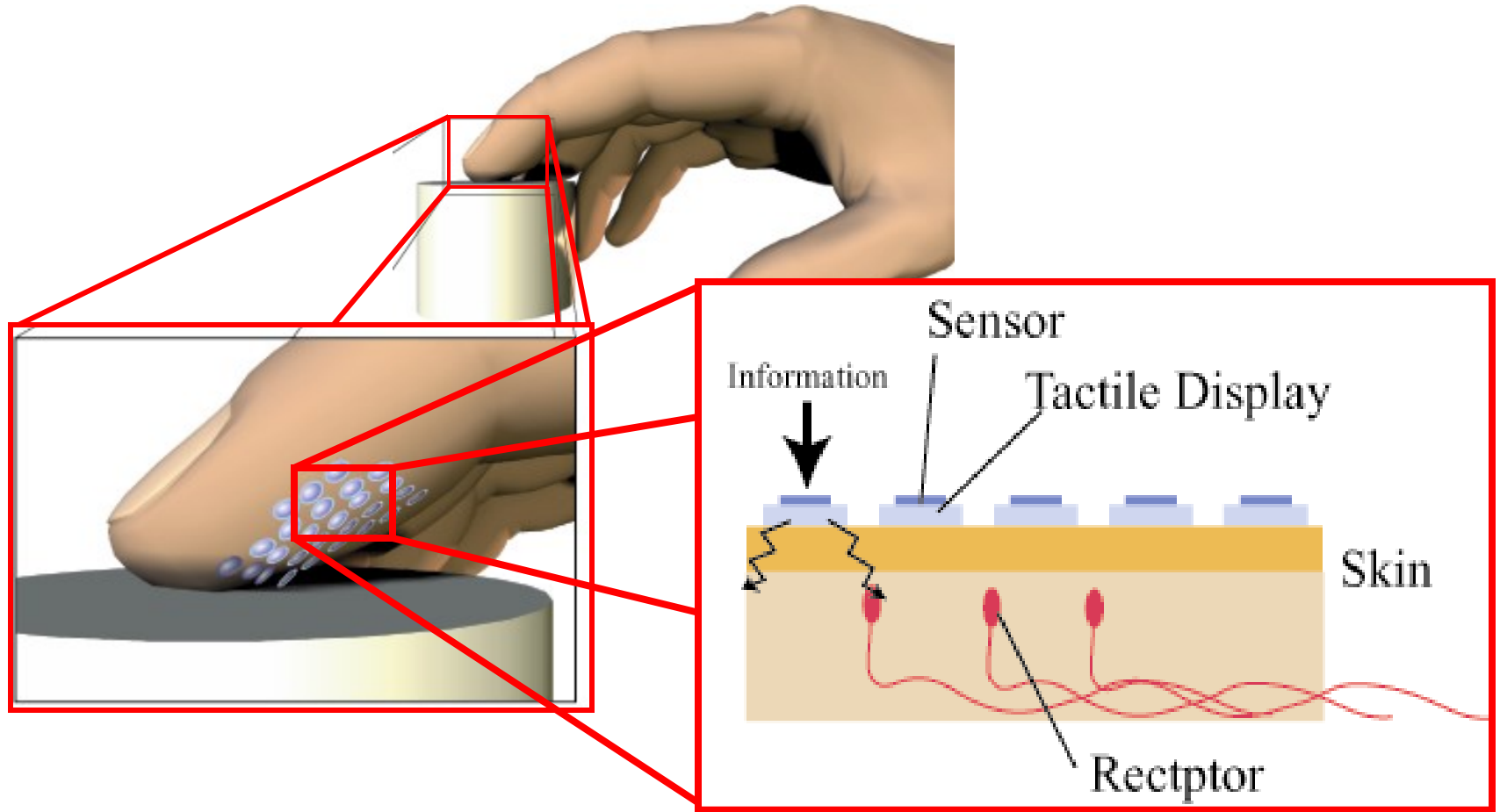


クリック音のかわりに短時間の振動を与える。

接触という元の触覚にクリック触覚が追加されているという意味で触覚AR？

Fukumoto et al., Active click: tactile feedback for touch panels CHI2001

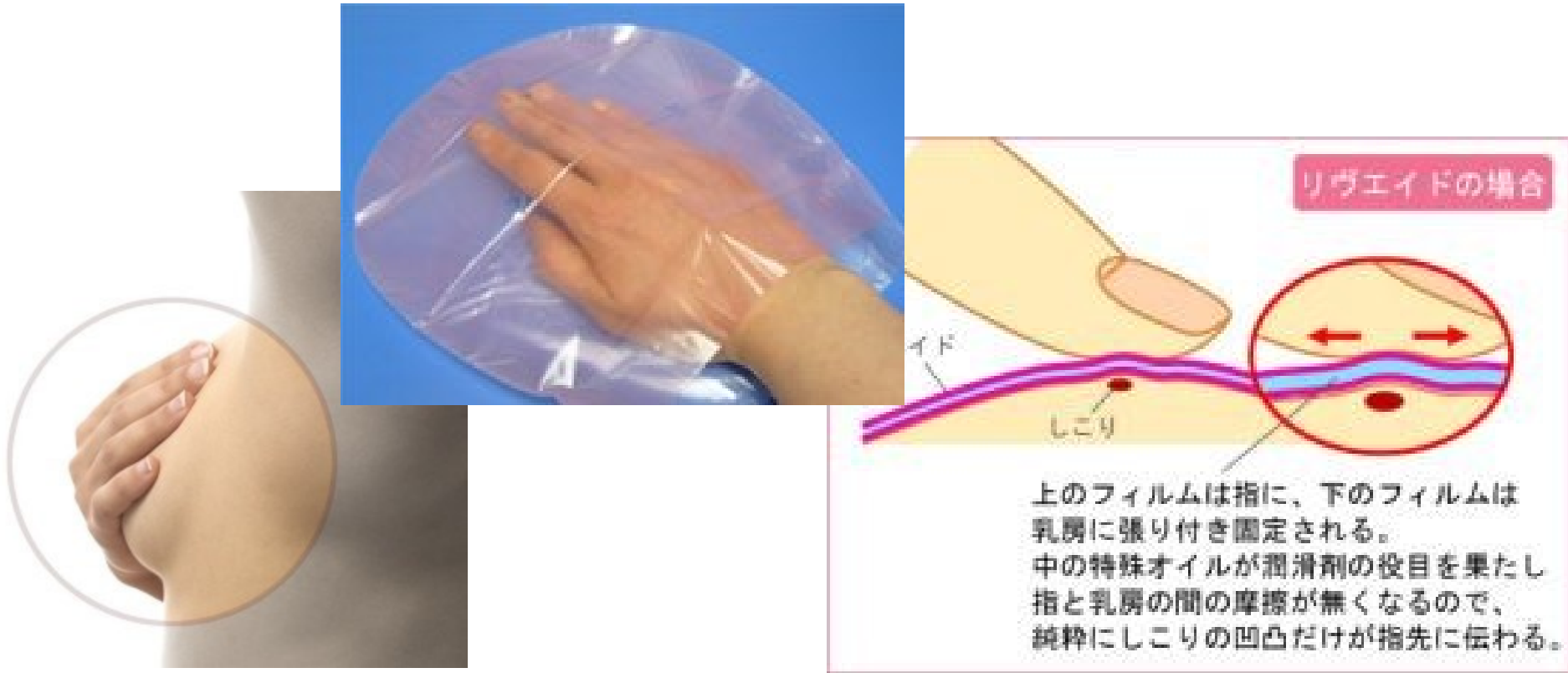
# 触覚のAR？ / Tactile AR？



新しい人工受容器として機能

# 触覚ARとしての乳がん診断具／

## Breast Cancer Checker as Tactile AR



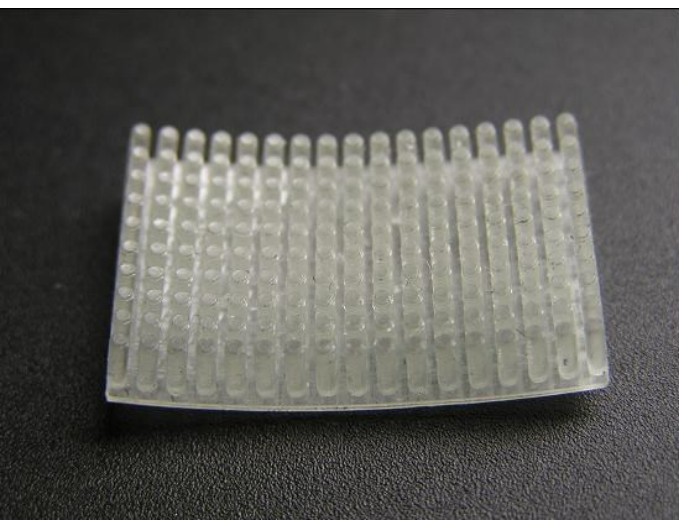
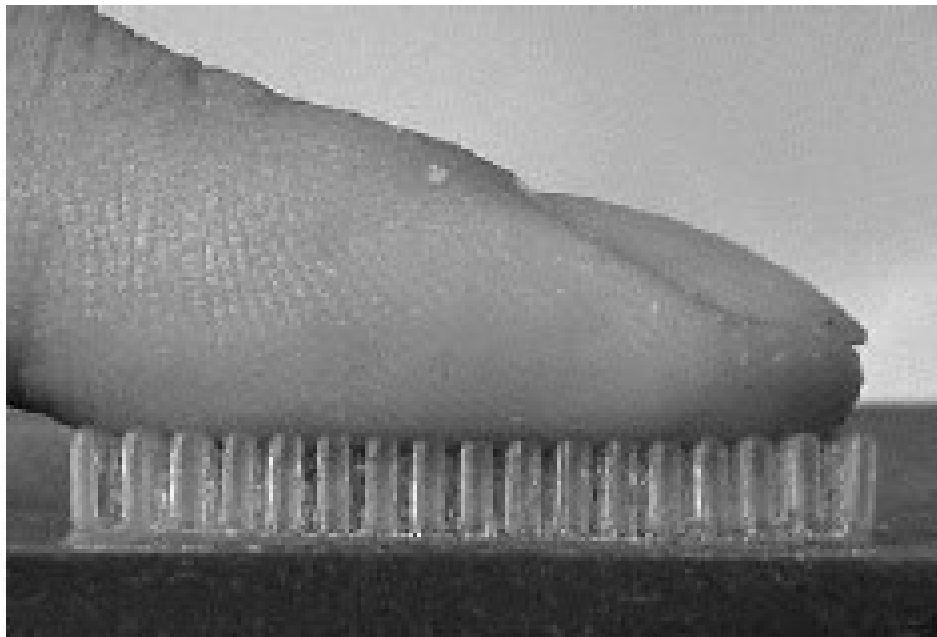
乳がん自己診断具／Checking Breast Cancer

潤滑オイルの入った袋ごしに撫でると、表面のテクスチャに依存せず内部のしこり(腫瘍、tumor)を知覚できる

Rub breast through oil-contained thin plastic bag. The oil reduces surface texture, and internal tumor can be observed

# 触覚のAR: 触覚コンタクトレンズ

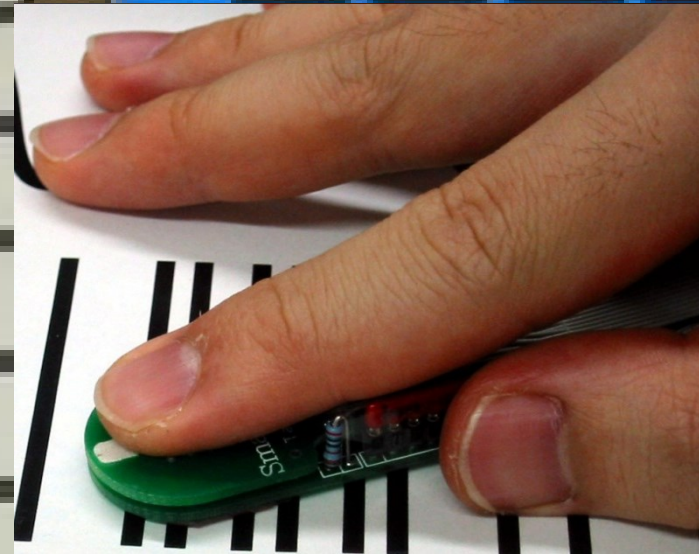
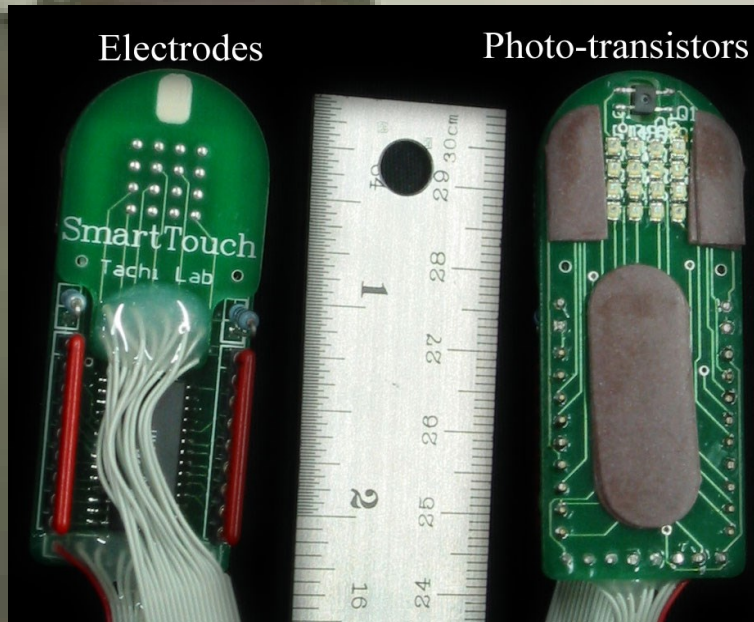
## Tactile Contact Lens as Tactile AR



# SmartFinger (Ando 2000)



# SmartTouch(Kajimoto 2003)



Visual images captured by the sensor are translated into tactile information,

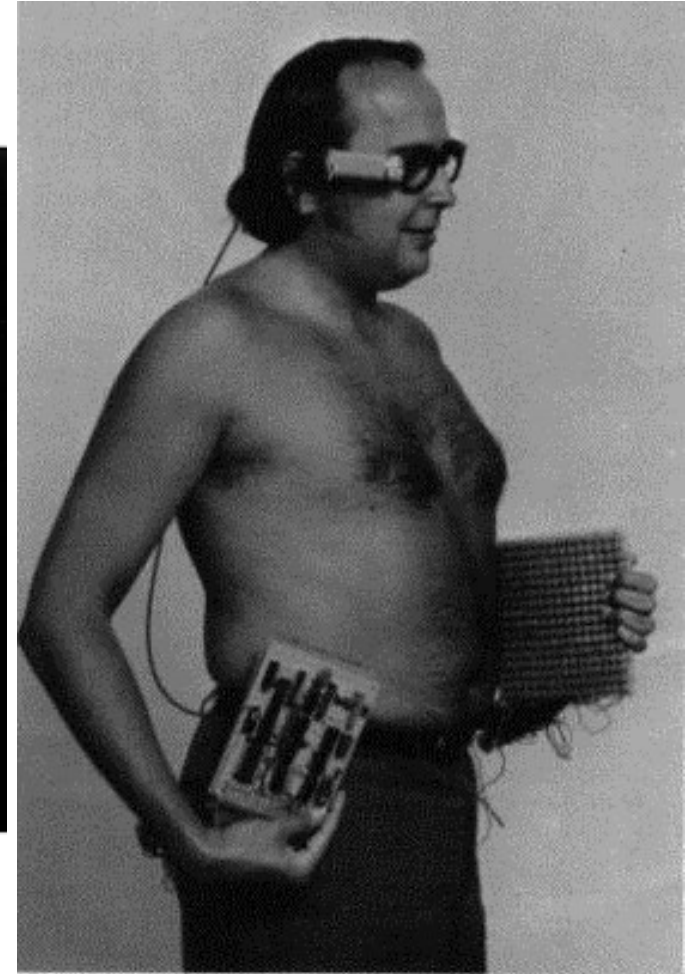
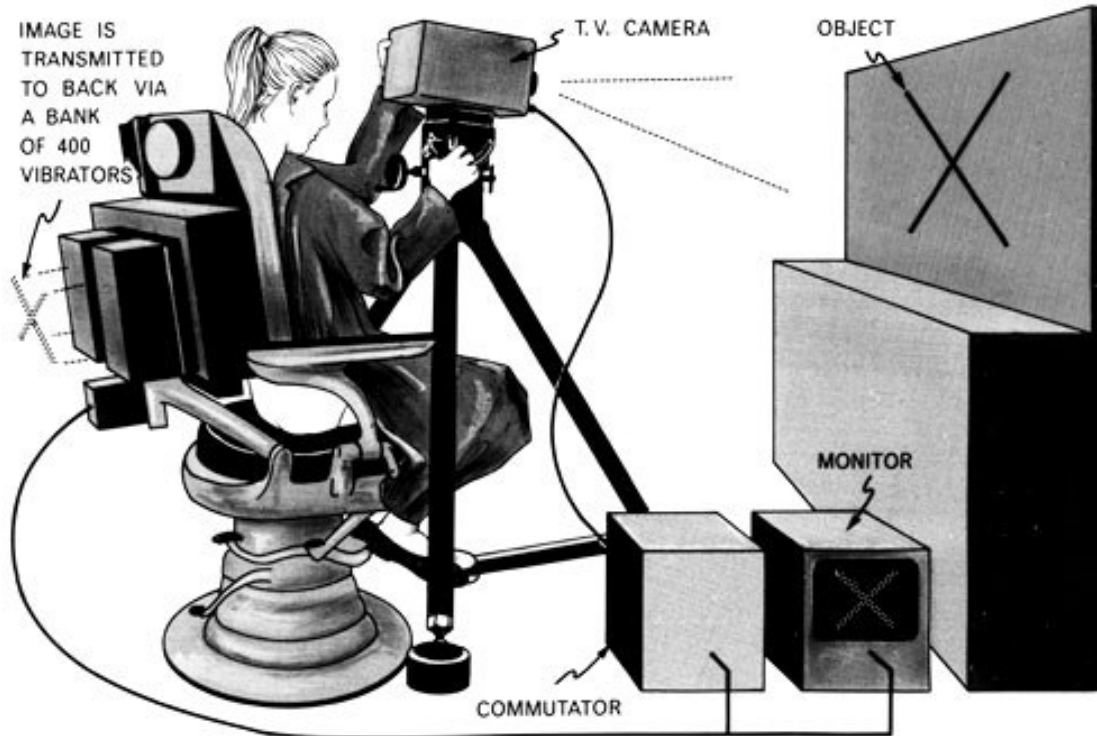


# オプタコン: 視触覚変換装置 / Optacon: Vision-Tactile Converter (1976)



# 視覚-触覚変換

## Vision-Tactile Conversion for the blind



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

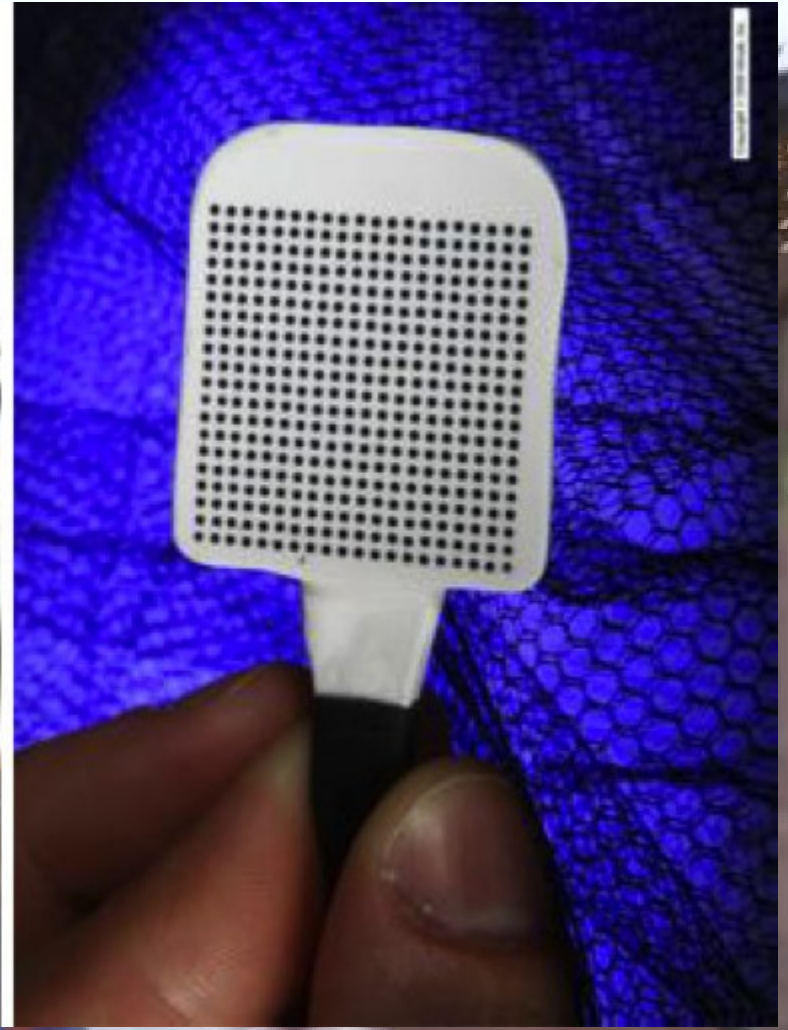
# Forehead Retina System (AuxDeco)



**Forehead Retina System**



# BrainPort (Wicab)



Haptic Radar

# Haptic radar

*headband with wireless  
light signaling*

Alvaro Cassinelli  
Alexis Zerroug  
Carson Reynolds  
and Masatoshi Ishikawa



Ishikawa-Komuro lab

小テスト／Mini Test 次回開始まで

今回はなし