

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

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

## Schedule

- 4/5 ・ 講義(lecture)
- 4/12 ・ 講義(lecture)
- 4/19 ・ 講義(lecture)
- 4/26 ・ 講義(lecture)
- 5/10 ・ 休講
- 5/17 ・ 講義(lecture)(休講の可能性あり)
- 5/24 ・ 講義(lecture)
- 5/31 ・ 講義(lecture)
- 6/7 ・ 休講 (6/1 オープンラボ研究室見学(任意))
- 6/14 ・ 講義(lecture)
- 6/21 ・ 講義(lecture)
- 6/28 ・ 講義(lecture)
- 7/5 ・ プレゼンテーション(presentation)1
- 7/12 ・ 休講 (6/15 オープンラボ研究室見学(任意))
- 7/19 ・ プレゼンテーション(presentation)2
- 7/26 ・ 休講

## 【最終レポート】

今年は人数が多く発表時間がとれないので...  
7/5,7/19は梶本の講義とします。

以下の学会から**インタラクティブシステムに関連する8ページ以上のフルペーパー1本**を選び、その内容を**5分以下**のプレゼンにしてビデオ撮影、**自分のアカウントでYoutubeにアップして、リンクアドレスを提出してください。**(これまでどおりレポート提出のwebページを使用)。

現時点で最新のCHI/UIST/IEEE-VR/Siggraph/Siggraph Asia/World Haptics/Haptics Symposium/EuroHaptics

締め切りは2019年**7/26(金)**

著作権のあるコンテンツになるので、「**リンクを知っている人のみ閲覧可能**」のオプションを用いること。友人と相互にそのリンクが見れることを確認しましょう。  
ビデオへの変換:「ナレーションモード」で音を入れたあとで「自動再生モード」で確認し、ファイル→エクスポート→動画  
もちろんビデオカメラで撮影しても構いません。

## 【Final Report】

As there are too many participation in this class,

7/5,7/19 are changed to my lectures.

Choose one "Full-paper" from conferences below, and prepare less-than-5 minutes presentation. Take a movie and upload it to Youtube, and **submit the link (submission is done by ordinary report page)**.

Most recent CHI/UIST/IEEE-VR/3DUI/Siggraph/Siggraph Asia/World Haptics/Haptics Symposium/EuroHaptics

Deadline: 2019/7/26

As the contents contains copyright materials, **set the option "viewable only by who knows the link"**. Check with your friends if the link is active.  
Conversion from pptx to video: Use "narration mode" and "auto play mode". Then File - Export - Movie. You can also take movie by videocam.

## 水平変位の実現

Moving skin horizontally.

- 能動的手法: 皮膚を水平に駆動  
Active type: actively drive skin horizontally.



✓装着型に向く/Good for wear type.

- 受動的手法: 摩擦係数を変化、皮膚が動いて初めて知覚  
Passive type: friction coefficient is controlled, and perceived by skin motion.

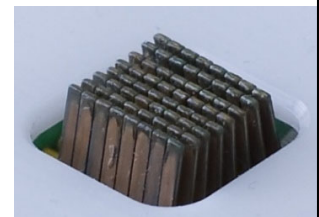
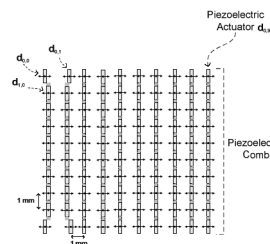


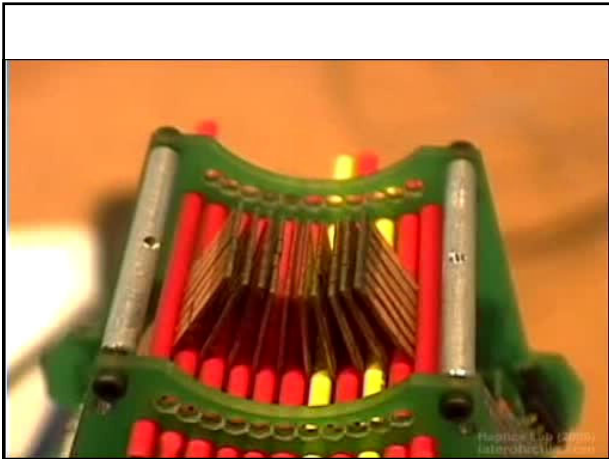
✓環境型に向く/  
Good for environmental type.

## Active type Horizontal Display

- Horizontal Vibration is achieved by Micro-Machine

Hayward, "Tactile display device using distributed lateral skin stretch," ASME, DSC, 2000.





### Active type Horizontal Display

リニアエンコーダ      リニアガイド  
 Electrostatic Tactile Interface  
 The University of Ekaha  
 ステータ  
 スライダフィルム      電極

静電アクチュエータによる皮膚水平方向力の生成  
 Horizontal force generated by electro-static actuator  
 山本「静電気力による摩擦制御とフィルム移動子を用いた薄型皮膚感覚ディスプレイ」日本VR学会大会 2002.

### モータによる水平力提示

Lateral-Force-Based  
 2.5 Dimensional  
 Tactile Display

Satoshi Uga, Koichiro Deguchi  
 Tohoku University, JAPAN

<http://www.youtube.com/watch?v=Prq9-uJsqSE>

嵯峨他、剪断力を用いた2.5次元触覚ディスプレイにおける定量的凹凸感提示手法、VR学会大会2011

### ベルトによる水平力提示

ベルトでスリップ感を提示する装置をXY2自由度で作成した。さらに工夫としてベルトに多数の穴を開けて触覚を感じやすくしている。

The Slip-Pad: A Haptic Display Using Interleaved Belts to Simulate Lateral and Rotational Slip, WHC2015

### [OS6-5] eShiver: Force Feedback on Fingertips through Oscillatory Motion of an Electroadhesive Surface

Joe Mullenbach, Michael Peshkin, Ed Colgate

Position  
 Time

High Friction      Low Friction

Micrometer Slide  
 Load Cell  
 Phantom Finger  
 Anodized Aluminum Plate  
 Electromagnetic Shaker  
 Displacement Sensor Probe

Fig. 4. eShiver Experimental Apparatus.

静電型の触覚ディスプレイを水平振動させ、振動と同期して摩擦係数を変化させることで、一方向に力を生じさせる。つまりタッチパネルでの力覚提示。

### Passive type Horizontal Display

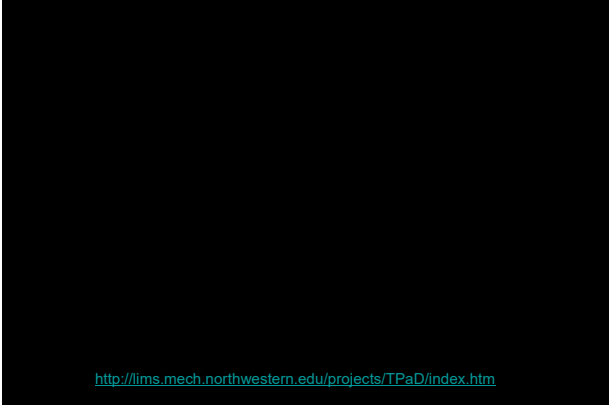
#### 超音波振動による摩擦係数変化の利用

#### Controlling friction coefficient by ultrasonic vibration

- スクイズ効果: 高周波振動で摩擦係数が減少する  
 Squeeze effect: friction is reduced by high freq. vibration
- 指位置計測と組み合わせ、摩擦係数の提示が可能  
 Combined with pos. sensing, friction distribution is displayed.

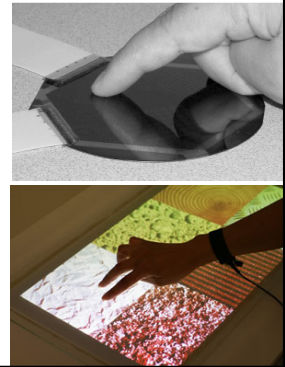
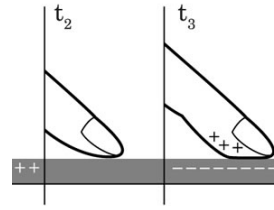
Nara et al., "Surface Acoustic Wave Tactile Display", IEEE CG&A, 2001.  
 Winfield et al., "TPaD: Tactile Pattern Display Through Variable Friction Reduction", World Haptics Conf. 2007

TPaD(Laura Winfield, 2007)



<http://lms.mech.northwestern.edu/projects/TPaD/index.htm>

Passive type Horizontal Display  
 高圧電極と皮膚の電氣的吸引利用  
 Using adhesion between skin and electrode by high voltage



Kaczmarek et al., "Polarity Effect in Electro-vibration for Tactile Display," IEEE Trans. Biomedical Engineering., 2006.

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

TeslaTouch (2010)



<http://www.teslatouch.com/>

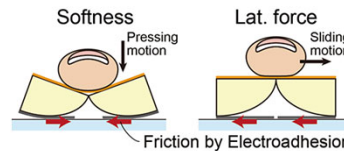
インタラクティブシステム特論

[HapticsSympo2016] Extension of an Electrostatic Visuo-Haptic Display to Provide Softness Sensation

Taku Nakamura, Akio Yamamoto

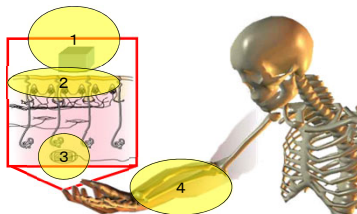


Conceptual image



静電気型触力覚提示装置で柔らかさ感をなるべく簡単な機構で出す手法を考案

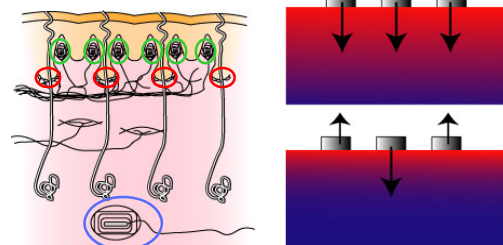
How to produce Touchable Illusion?



- (1) Reproduce the World (Shape)
- (2) Reproduce Skin Deformation
- (3) Reproduce Receptor Activity
- (4) Reproduce Nerve Activity

インタラクティブシステム特論

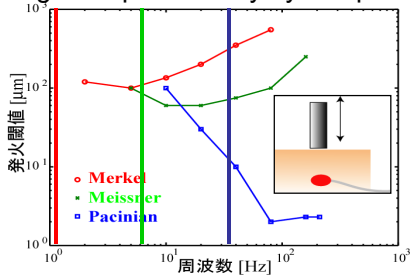
受容器活動再現型ディスプレイ  
 Reproducing Receptor Activity



歪到達深度調整による選択刺激(従来の上下に「引っ張り」付与)  
 Depth Selective Stimulation by vibrators' paired movement

Asamura, "A method of selective stimulation to epidermal skin receptors for realistic touch feedback," IEEE VR, 1999.

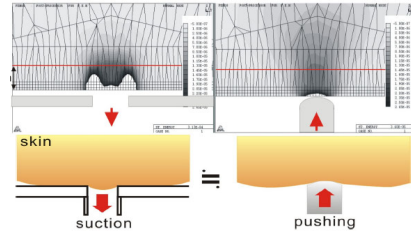
周波数特性に着目した受容器活動再現  
Reproducing Receptor Activity by Frequency



受容器の共振周波数を利用  
Utilizing each receptor's resonant frequency

Konyo, "Tactile feel display for virtual active touch," IEEE Int. Conf. Intelligent Robotics & Systems, 2003.

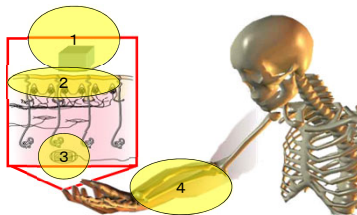
ひずみエネルギー再現に着目した受容器活動再現  
Reproducing Receptor Activity by Strain Energy



空気吸引による圧覚生成 / Using air suction  
吸引と押下で、受容器位置に生じる歪エネルギーが同じ→人は区別できない  
Suction and push produces the same amount of strain energy, so that human cannot distinguish.

Makino "A cutaneous feeling display using suction pressure," SICE Annu. Conf., 2003.

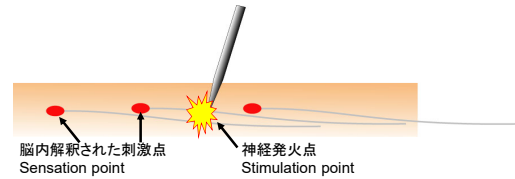
How to produce Touchable Illusion?



- (1) Reproduce the World (Shape)
- (2) Reproduce Skin Deformation
- (3) Reproduce Receptor Activity
- (4) Reproduce Nerve Activity

インタラクティブシステム特論

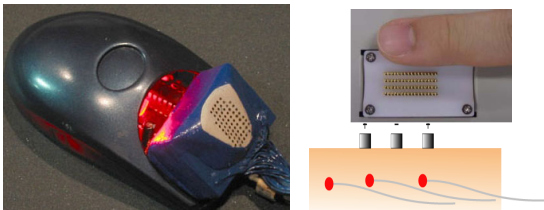
電気刺激により神経活動を再現  
Reproducing Nerve Activity by Electrical Stimulation



- 利点: エネルギー効率 / 機械的脆弱性・共振特性から開放
- 課題: 空間的なマッピング・選択刺激の実現

- Good point: Energy efficiently, no mechanical parts so mechanical resonance free.
- Bad point: Stimulation point and Sensation point is different

皮膚表面からの電気刺激  
Electrical Stimulation from Skin Surface

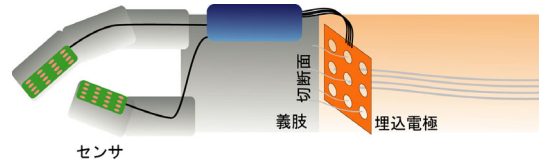


神経末端の刺激され易さから空間マッピング実現  
各受容器の神経配置の特徴を利用した選択刺激  
Electrical Stimulation from Surface: Stimulate Nerves directly.  
If we can "Selectively" Stimulate the Nerves, we can generate ANY tactile Sensations.

Just Like we make colors by mixing primary colors.

梶本「皮膚感覚神経を選択的に刺激する電気触覚ディスプレイ」電子情報通信学会誌, 2001.

神経束への電気刺激  
Stimulation to nerve bundle



- 埋め込み型マトリクス電極。神経再生時に電極を通過して学習による空間マッピング。
- 福祉用途
- Matrix electrodes (holes) are embedded, and nerve will grow into the holes.

鈴木「神経再生型電極に関する研究」東京大学博士論文, 1998



## まとめ

- リアルな「さわった感覚」を提示できる皮膚感覚（触覚）ディスプレイは、未だ無い。
- 提示原理そのものが研究段階
- 現在の触覚ディスプレイ研究は、**触覚そのものの解明**と歩調をあわせて取り組んでいる、アクロバティックな分野である。

## Summary

- Until today, researchers tried to generate realistic tactile sensations. Partially, it was achieved. But not yet enough (Not Hi-Fi enough)
- Tactile sensation itself has many unknown features, especially about psychophysics.
- Today's tactile research is a combination of science (why) and engineering (how). It is ideal for researcher who want to be scientist and engineer at the same time.

## Outline of the lecture

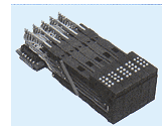
- 人間計測手法 / Measuring Human
- 視覚 / Human Vision System
- 視覚センシング / Visual Sensing
- 視覚ディスプレイ / Visual Display
- 聴覚、聴覚インタフェース / Auditory Interface
- 触覚、触覚インタフェース / Tactile Interface
- 触覚、触覚インタフェース2 / Tactile Interface**
- 力覚、力覚インタフェース / Haptic Interface
- 移動感覚インタフェース / Locomotion Interface



## 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?

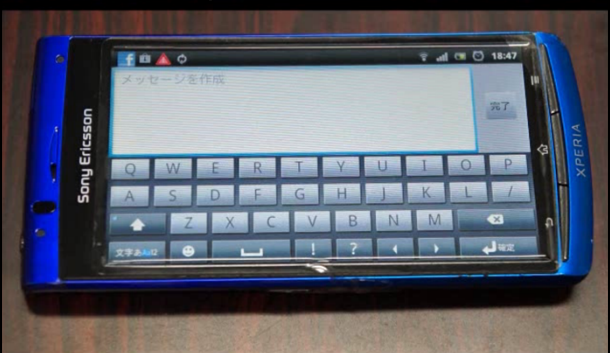


28

## 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

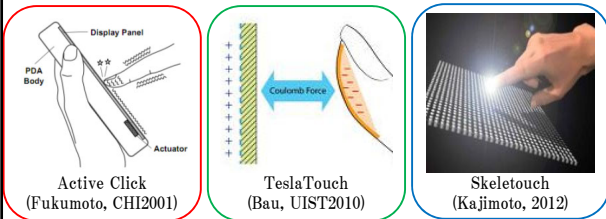
- Touch Panel**
  - なにはともあれタッチパネル。市場が巨大すぎる
- Emotion, Affection**
  - 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることができる
- Navigation, Instruction**
  - 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる
- Reality, Multimodal**
  - 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることができる
- The Whole Body**
  - 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる
- Tactile AR**
  - 触覚を現実世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

## TouchPanel: 問題点



文房具(入力装置)として未熟

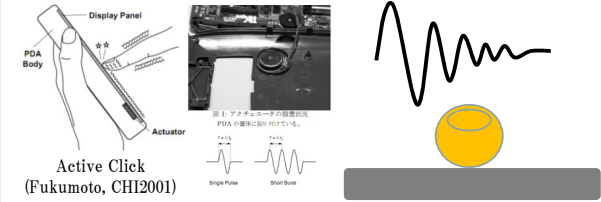
## タッチパネルに触覚を付与する



「透明」という制約のため、可能な手法は限定

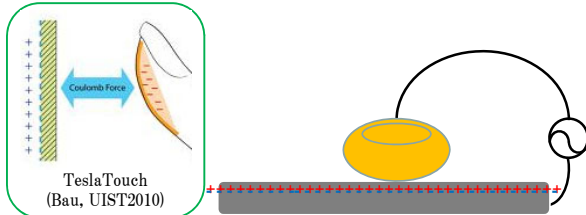
- ✓ 全面振動
- ✓ 摩擦制御
- ✓ 神経駆動

## 全面振動



	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

**Senseg** EXPERIENCE TECHNOLOGY PARTNERS COMPANY CONTACT

**Senseg Technology**  
Senseg is *haptics Re-imagined and Excited*

Senseg patented solution creates a sophisticated sensation of touch using Coulomb's force, the principle of attraction between electrical charges. By passing an ultra-fine electrical current into the modified electrode, Senseg's Tact™, 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 able, with Senseg application developers, have precise control of the location and time of effect user experience. What's more, Senseg technology scales from touch pads, input devices and tablets to the largest touch systems without increasing manufacturing complexity.

Senseg's solution is comprised of three core elements:

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

The Senseg Tact™  
Senseg's technology provides electro-tactile stimulus. It is an ultra-fine, durable coating on the touch-screens that

**TeslaTouch (Bau, UIST2010)**

## 超音波の利用

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

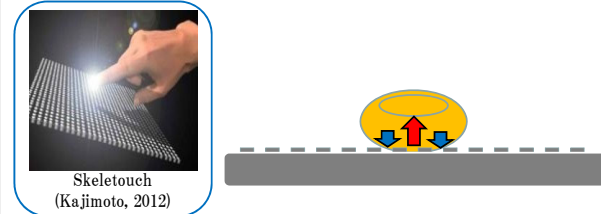
富士通と富士通研究所は、ツルツル感やザラザラ感といった触覚が得られるタブレットを開発し、富士通研究所が発表した。富士通研究所が開発した超音波振動を用いた触覚技術が用いられている。

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をリアルタイムで調整することで、触覚を再現する技術を開発して発表。タブレットは自身の振動や超音波の発生により、指の感じの触覚を伝える技術を開発したと発表。ツルツル感、ザラザラ感といった触覚を再現する技術を開発することで、リアリティのあるさまざまな触覚を楽しむことができるという。

<https://www.fujitsu.com/japan/pressroom/press-releases/2014/02/24/01.html>

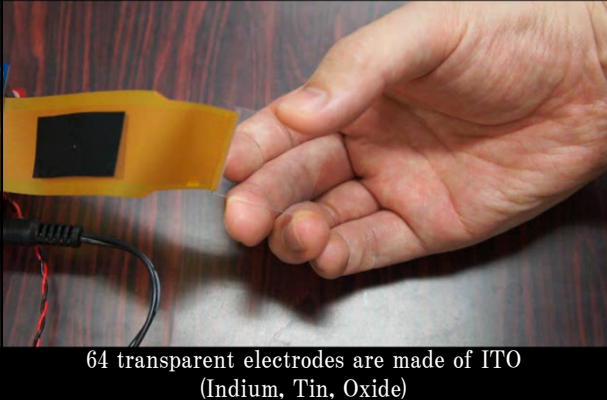
図解：触覚技術を開発したタブレットの内部構造

## 電気刺激による直接駆動

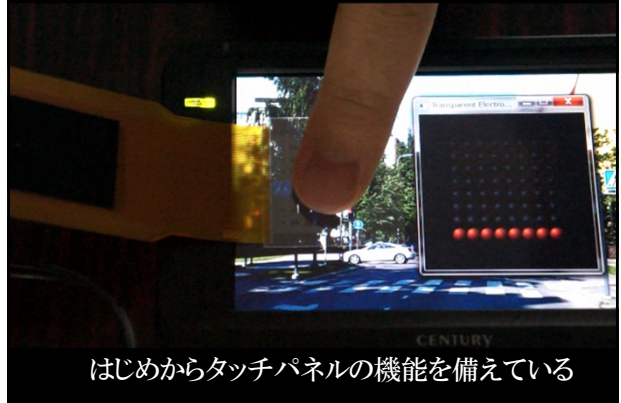


	空間解像度	能動性
全面振動	Low (finger size)	Active
摩擦制御	Potentially High	Passive
神経駆動	High	Active

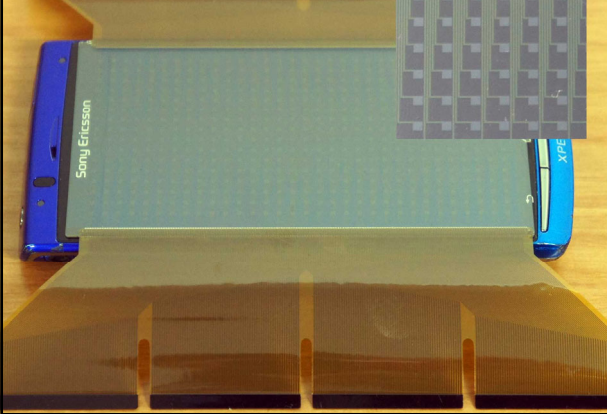
### 透明電極(2012. Mar)



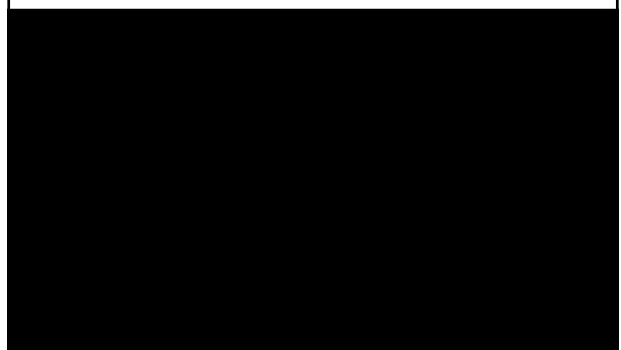
### 刺激と計測



### 第二試作:512 電極 (SIGGRAPH ASIA 2012)



Haptic Edge Display for Mobile Tactile Interaction  
Sungjune Jang, Lawrence H Kim, Kesler Tanner, Hiroshi Ishii, Sean Follmer, CHI2016



モバイルデバイスの側面に1次元触覚提示を行う。画面の自然な拡張として機能。

## 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できる

### 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できる

### 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)

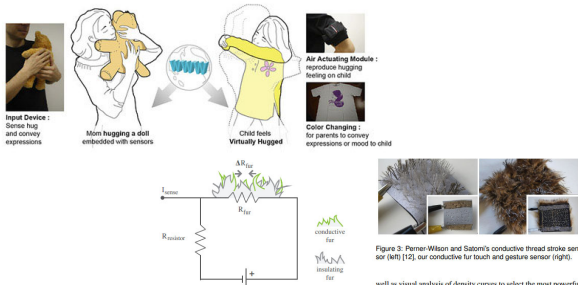
映画鑑賞時に、シーンにあった情動を誘起する振動パターンを提示



(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.



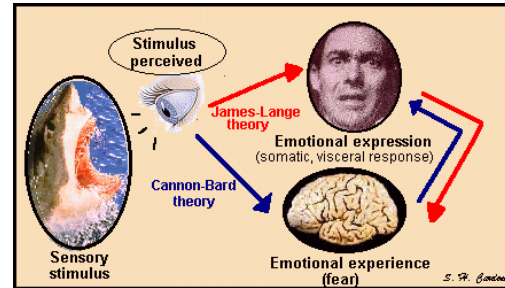
## Affection (愛情、愛着)



- 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

43

## 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



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.**

Fukushima et al., Facilitating an Emotional Feeling with Artificial Piloerection, SIGGRAPH2012

## Affection (愛情、愛着)



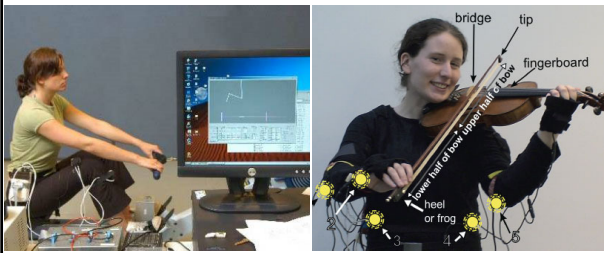
The Trial of Bendi in a Coffeehouse: Use of a Shape-Changing Device for a Tactile-Visual Phone, 2015

## 最近の研究から見る応用分野の傾向

- Touch Panel**
  - には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できる
- 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

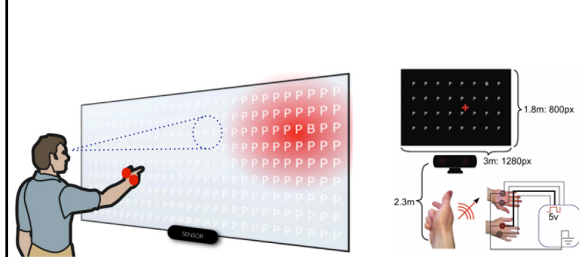


J. B. F. van Erp, EuroHaptics 2006

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.

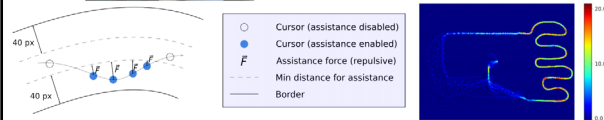
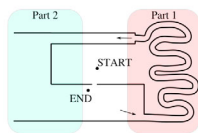
## 振動によるナビゲーション



- 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

Ville Lehtinen et al., Dynamic Tactile Guidance for Visual Search Tasks, UIST2012

## 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。

Laurent George, Maud Marchal, Loëiz GLONDU & Anatole LéCuyer  
Combining Brain-Computer and Haptic Interfaces: Detecting Mental Workload to Adapt Force-Feedback, EuroHaptics2012

## Navigation, Instruction



- 各指への振動パターン提示⇒指の使い方を覚える?
- 触覚提示による運動パタンの学習事例?

Huang, K., Stamer, T., Do, E., Weinberg, G., Kohlsdorf, D., Ahlrichs, C. and Leibrandt, R. Mobile Music Touch - Mobile Tactile Stimulation for Passive Learning. CHI 2010.

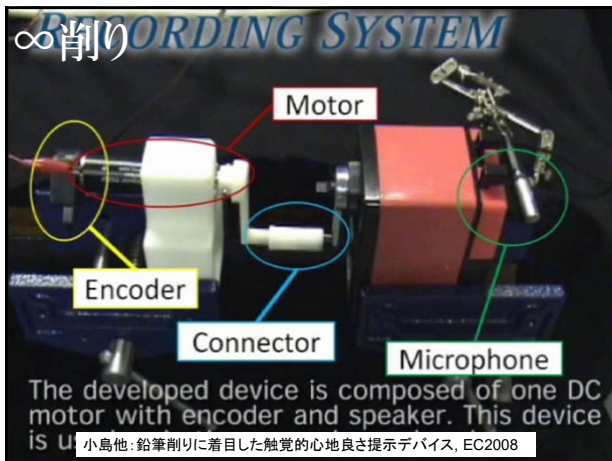
## 最近の研究から見る応用分野の傾向

- **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できる
- **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できる
- **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

## スパイスとしての触覚



(株)バンダイ ∞プチプチ



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

リアリティ

≠リアル

複数の感覚が同一の事物から生じていることが納得された時に初めてリアリティとなる。クロスモーダル(複数感覚統合)による一種の感覚。触覚は単純にチャンネルを増やすためだけでも価値がある。

Hartwig HKD, Changing Reality

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できる
- **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。

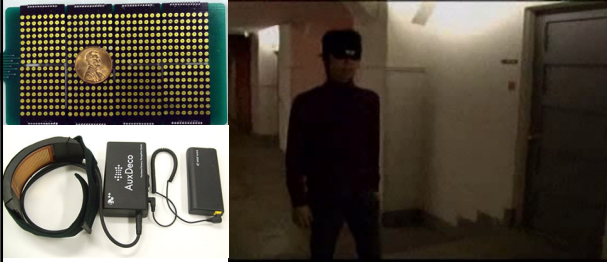
59

The Whole Palm

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

Kajimoto, "Design of Cylindrical Whole-hand Haptic Interface using Electrocutaneous Display," EuroHaptics2012.

## 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).**

Kajimoto et al., "Forehead Electro-tactile Display for Vision Substitution," EuroHaptics 2006

## 虫How(2007学生プロジェクト)



## 臨場感

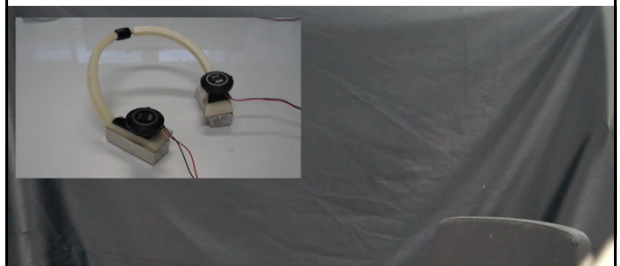


≠リアル

「その場」に「私」が「臨んでいる」感覚。  
提示されているものと自分との相対関係  
が納得された時に初めて臨場感となる。  
つまり臨場感とは、鑑賞者自身の発見で  
あり、触覚は非常に適している。

<http://www.cizmodo.jp/2013/09/24.html>

## コンパクトな臨場感：鎖骨経由の骨伝導



We propose a mobile whole body  
tactile presentation system.

櫻木, 池野, 岡崎, 梶本: 鎖骨を介した振動伝播による体内触覚提示, エンタテインメントコンピュータ2014

## 日常の臨場感：シャワーによる音楽増強



K. Hoshino, M. Koge, T. Hachisu, R. Kodama, H. Kajimoto, "Jorro Beat: Shower Tactile Stimulation Device in the Bathroom," In CHI 2015 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2015.4, Seoul, Korea

## プロジェクションを用いた全身触覚

### HALUX

Projection-based Interactive Skin for Digital Sports

Haruya Uematsu  
Daichi Ogawa  
Ryuta Okazaki  
Taku Hachisu  
Hiroyuki Kajimoto

Sound is included in the video

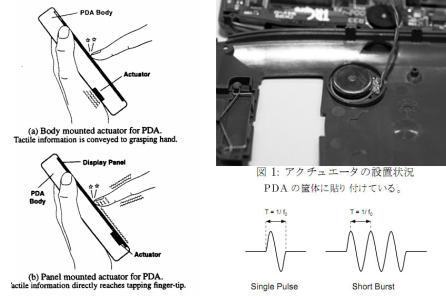
プロジェクション通信: 世界座標系に情報を付与する簡便な方法。  
触覚の観点では、通信遅延をなくす手法とみなせる。  
Uematsu et al.: HALUX: Projection-based Interactive Skin for Digital Sports. SIGGRAPH'16



## 最近の研究から見る応用分野の傾向

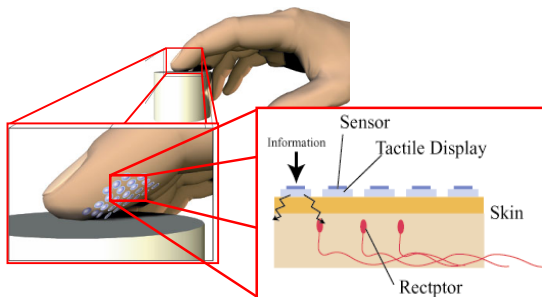
- **Touch Panel**
  - なにはともあれタッチパネル。市場が巨大すぎる
- **Emotion, Affection**
  - 触覚は驚きから愛情まで、幅広い情動へ働きかけることができる
- **Navigation, Instruction**
  - 触覚は身体座標に直接提示できる。また無意識の運動も誘導できる
- **Reality, Multimodal**
  - 触覚が視聴覚に加わることでコンテンツの現実感をあげることが出来る
- **The Whole Body**
  - 身体全体への触覚提示により、触覚にも「臨場感」が生じる
- **Tactile AR**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



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

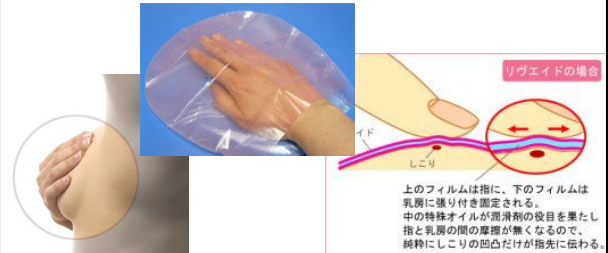
## 触覚のAR? / Tactile AR?



新しい人工受容器として機能

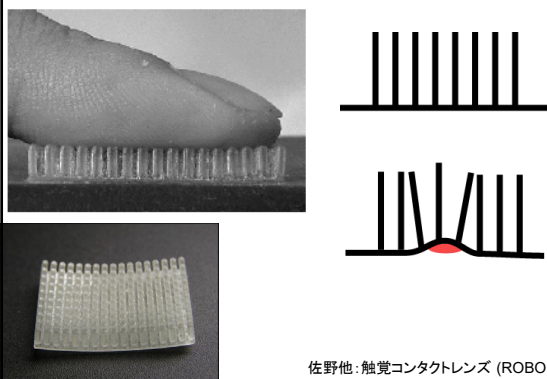
69

## 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



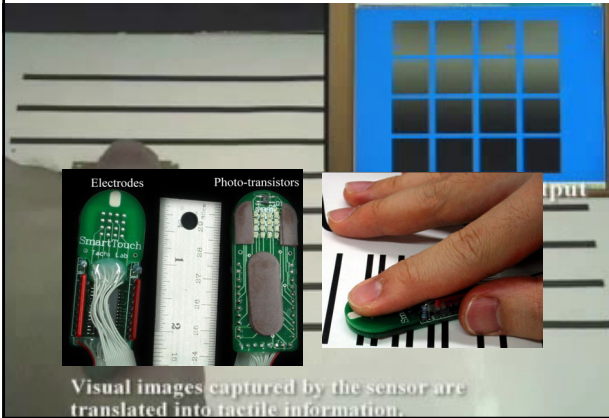
佐野他: 触覚コンタクトレンズ (ROBOMEC'04)

## SmartFinger (Ando 2000)





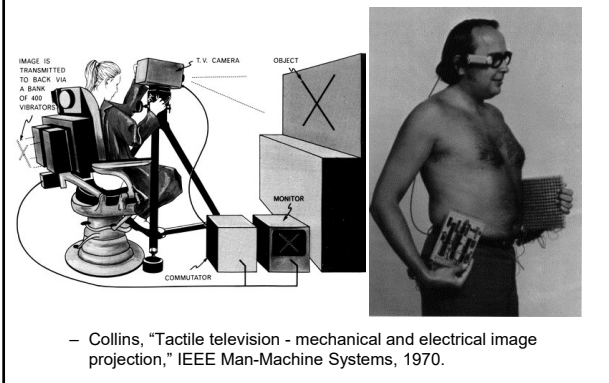
SmartTouch(Kajimoto 2003)



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



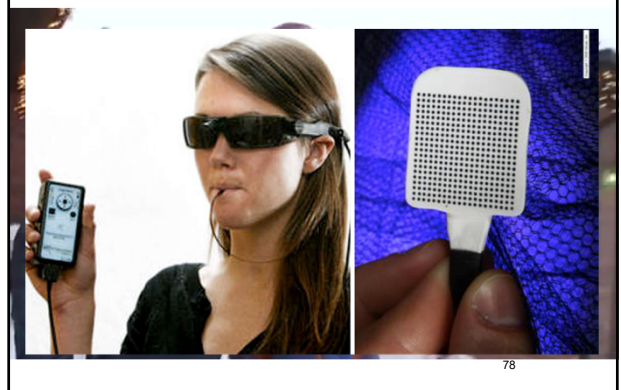
Forehead Retina System (AuxDeco)



低コスト感覚代行: HamsaTouch



BrainPort (Wicab)





小テスト/Mini Test 次回開始まで

今回はなし