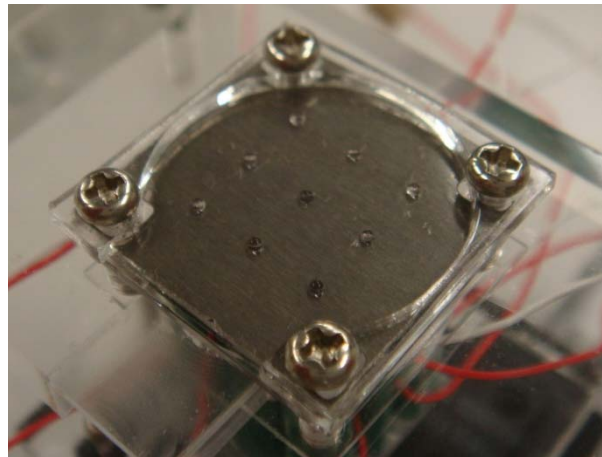


液体封入変位増幅機構を有する大変位 MEMSアクチュエータアレイを用いた 高機能触覚ディスプレイの研究開発



慶應義塾大学理工学部機械工学科

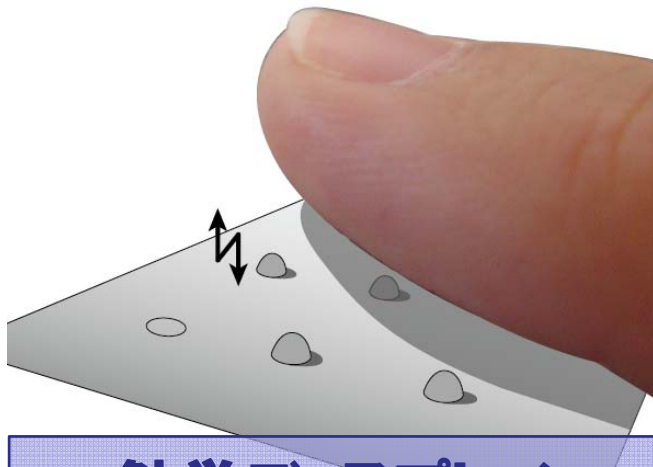
三木則尚

miki@mech.keio.ac.jp

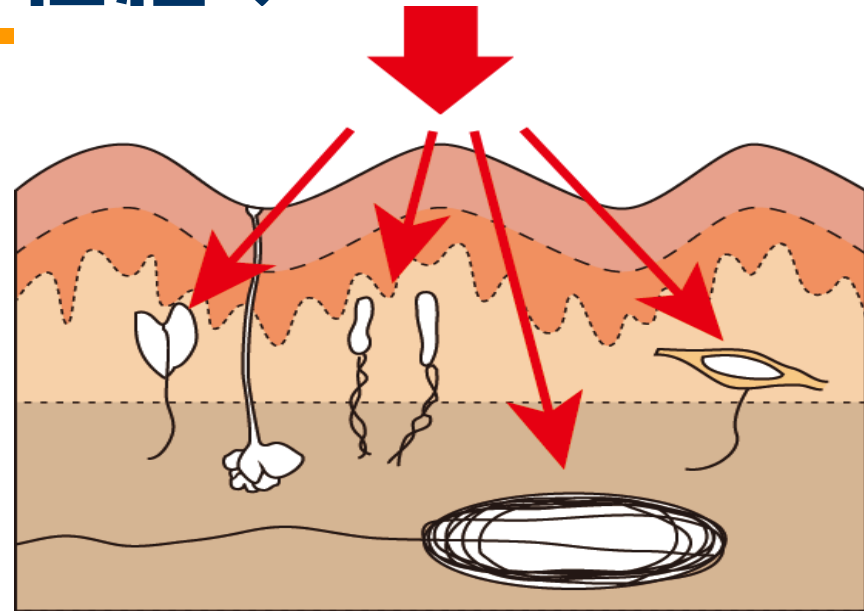
触覚の仕組み

対象物に触れることで皮膚が変形し、**触覚受容器**が刺激され触覚を感じる

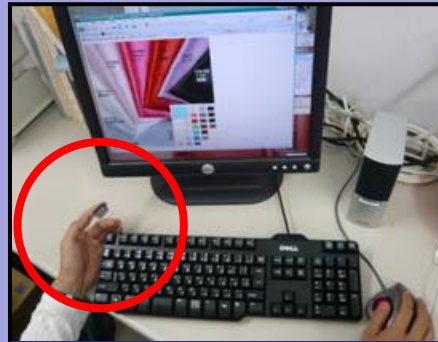
皮膚に機械的的刺激を加え、
擬似的に触覚を提示する



触覚ディスプレイ



機械刺激による触覚受容器への刺激のイメージ



ネットショッピング



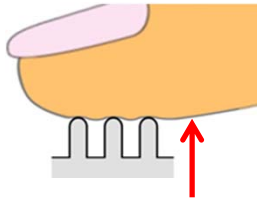
リライタブル点字

触覚ディスプレイの応用例

従来の触覚ディスプレイ

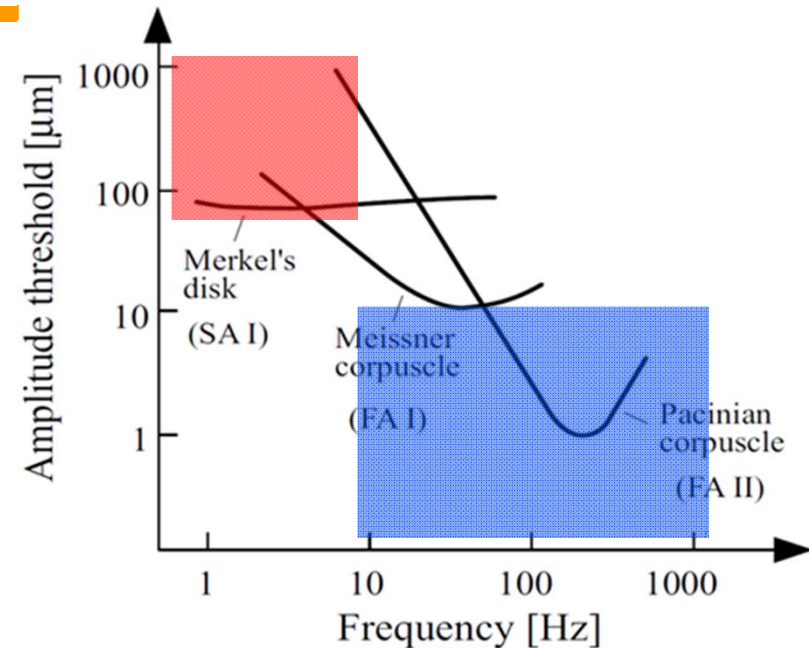
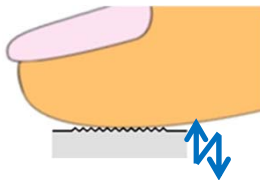
SA タイプ

- 低周波・大変位駆動
- SAの触覚受容器を刺激
- 凹凸感のみを提示



FA タイプ

- 高周波・微小変位駆動
- FAの触覚受容器を刺激
- 質感のみを提示

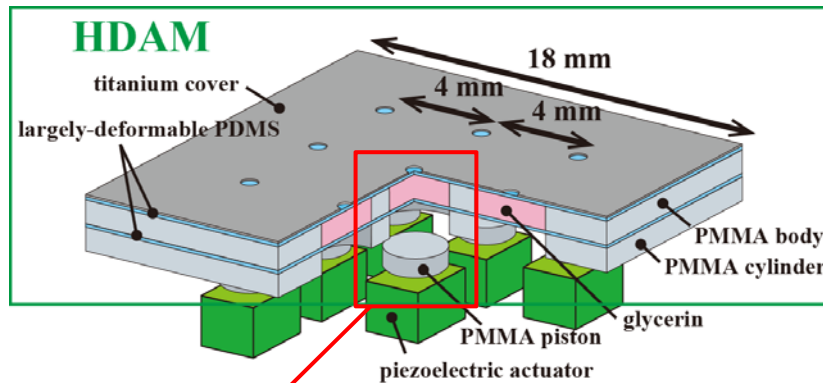


SA・FAを同時刺激する触覚ディスプレイは実現されていない

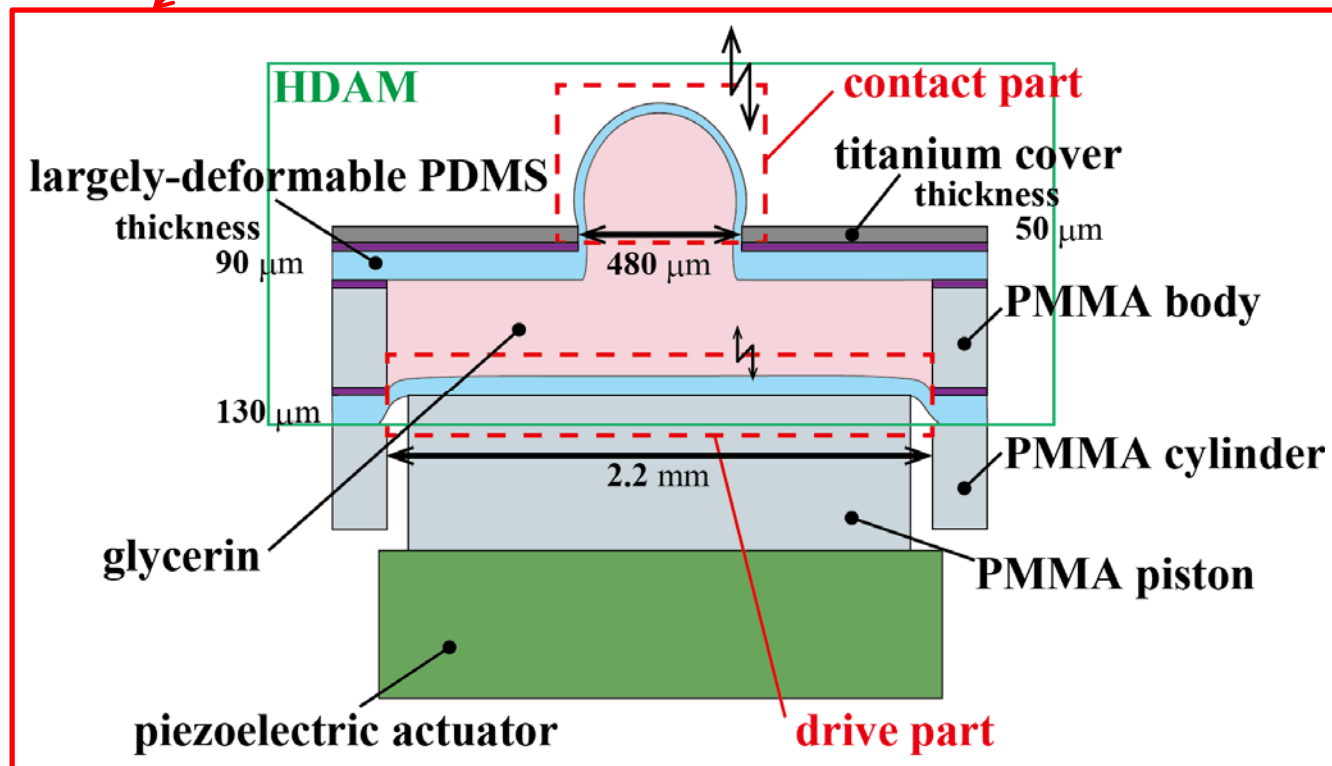
高周波・大変位駆動可能なアクチュエータが存在しないため

大変位MEMSアクチュエータを開発し、
SA・FA触覚受容器の同時刺激可能な触覚ディスプレイへ応用

大変位MEMS: 変位増幅機構(HDAM)



- 大変形PDMSで挟み込むようにチャンバを形成
- チャンバ内にグリセリンを封入
- チャンバ上部にチタンカバーを接着し、断面積の異なる穴を形成する



液体封入プロセス: BiLT

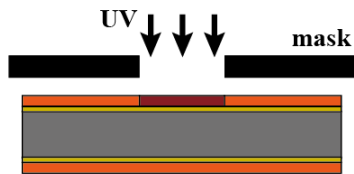
(a) OAP coating



(b) AZ photoresist coating



(c) UV exposure



(d) AZ patterning



(e) Ti etching



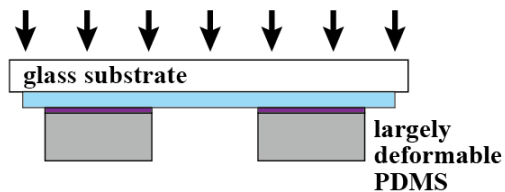
(f) Removal



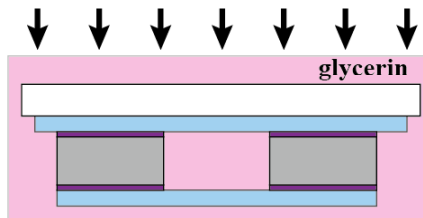
(g) laser-processed PMMA body



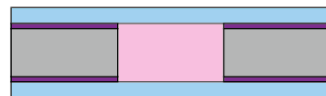
(h) bonding using UV curable resin



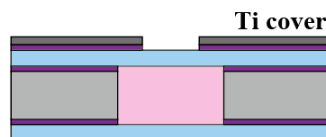
(i) glycerin sealing



(j) peeling off glass substrate



(k) bonding of Ti cover



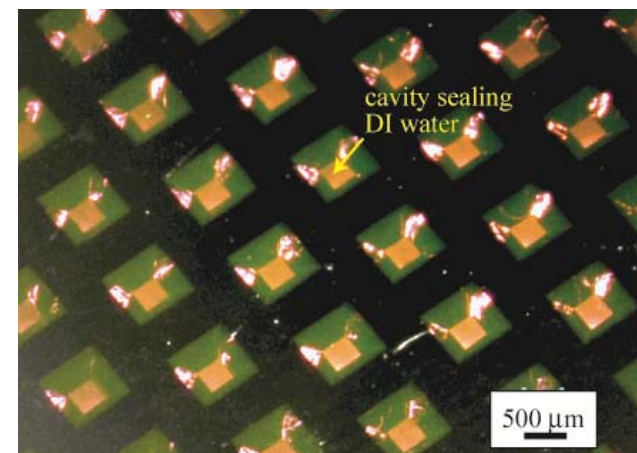
Bonding-in-Liquid Technique : BiLT

液中で液体を封入する手法

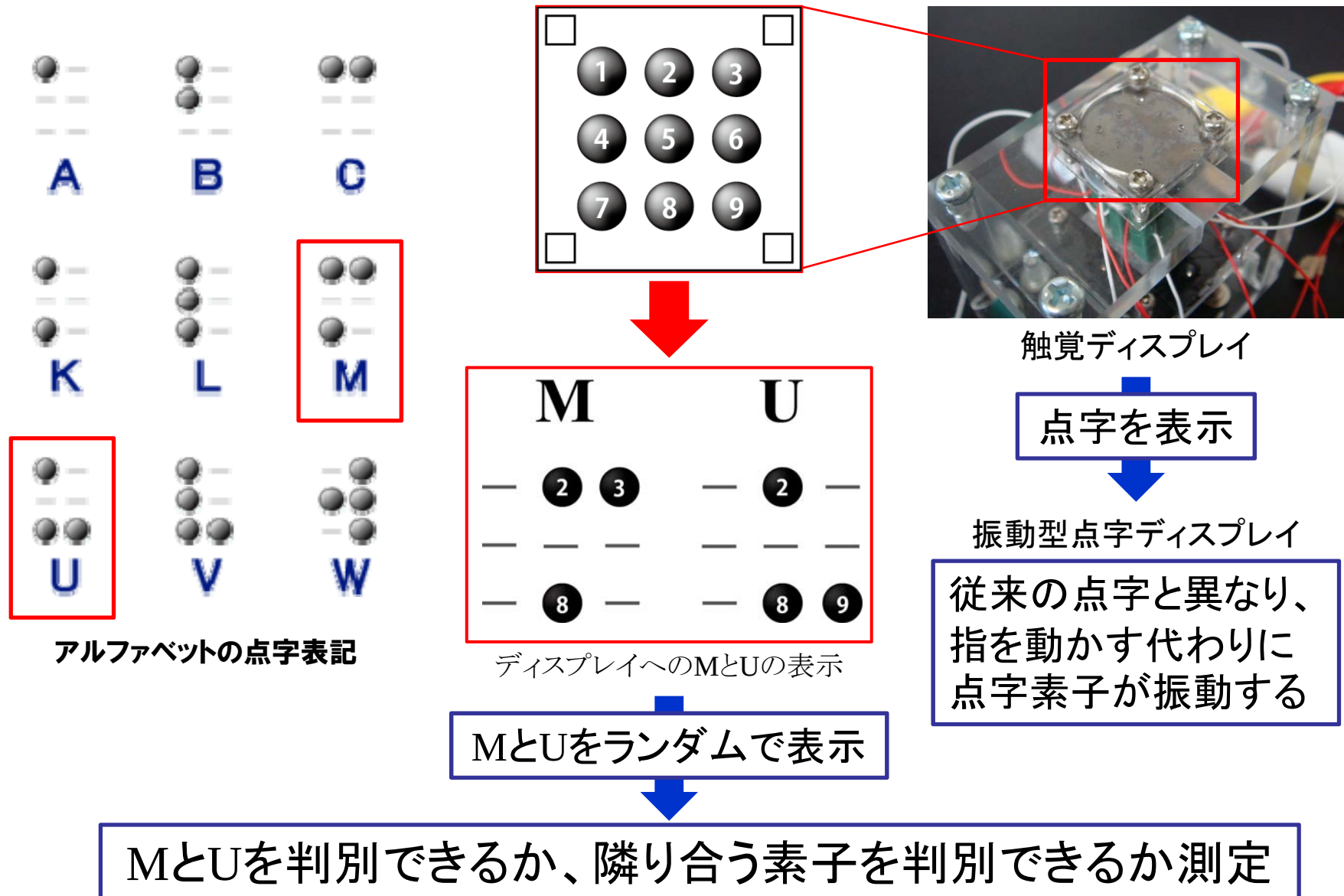
- 膜の接着に紫外線硬化樹脂を使用
- 紫外線を照射し、グリセリンを封入



- 気泡が入らない
- 低温での封入可能

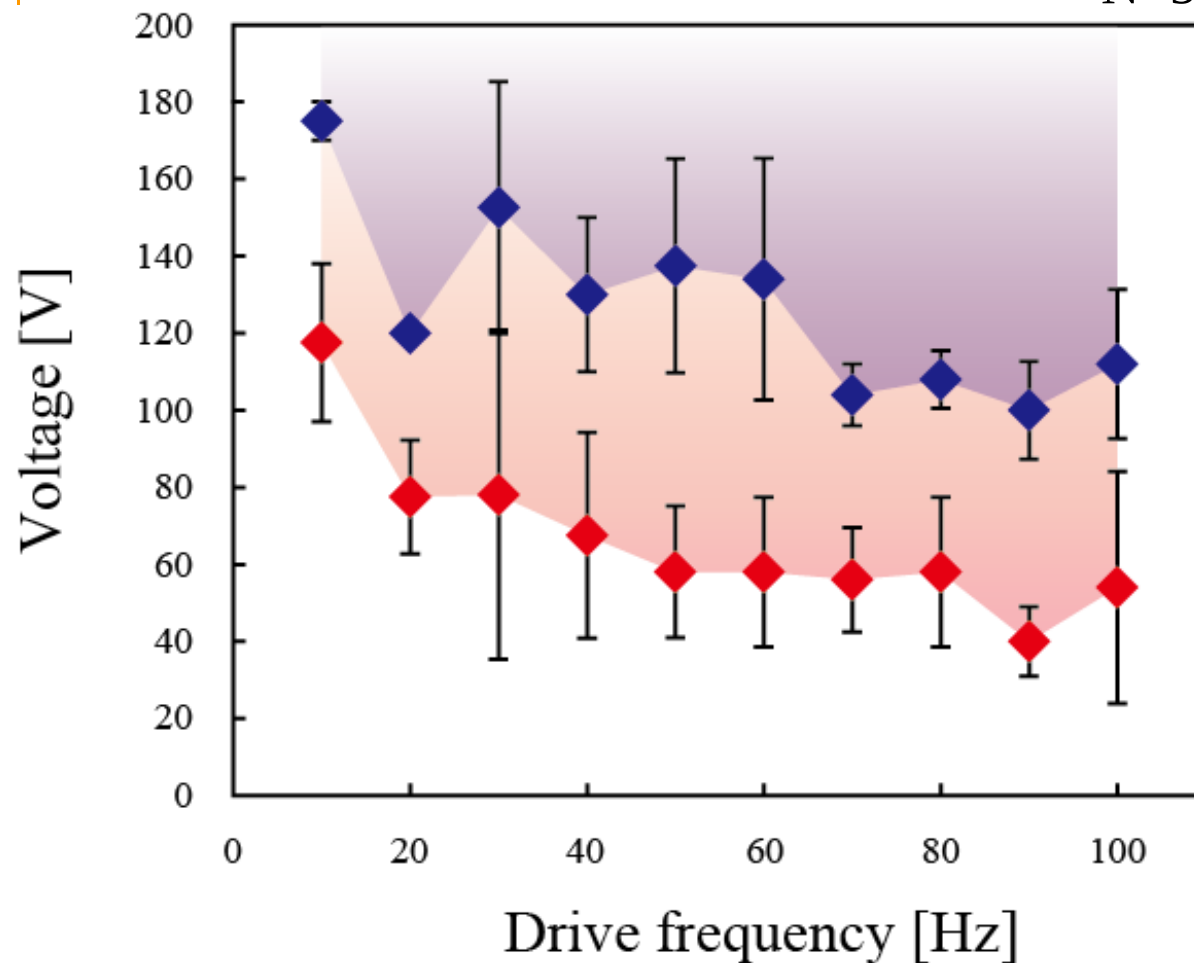


点字判別実験



点字判別実験

N=5



M

U

— ● 2 ● 3
— — —
— ● 8 —

— ● 2 —
— — —
— ● 8 ● 9

on The dot #3

off The dot #9

off

on

MとUの違い



隣り合う素子の判別
= 2と3, 8と9を判別



点字MとUの判別
= 3と9のON/OFFを判別

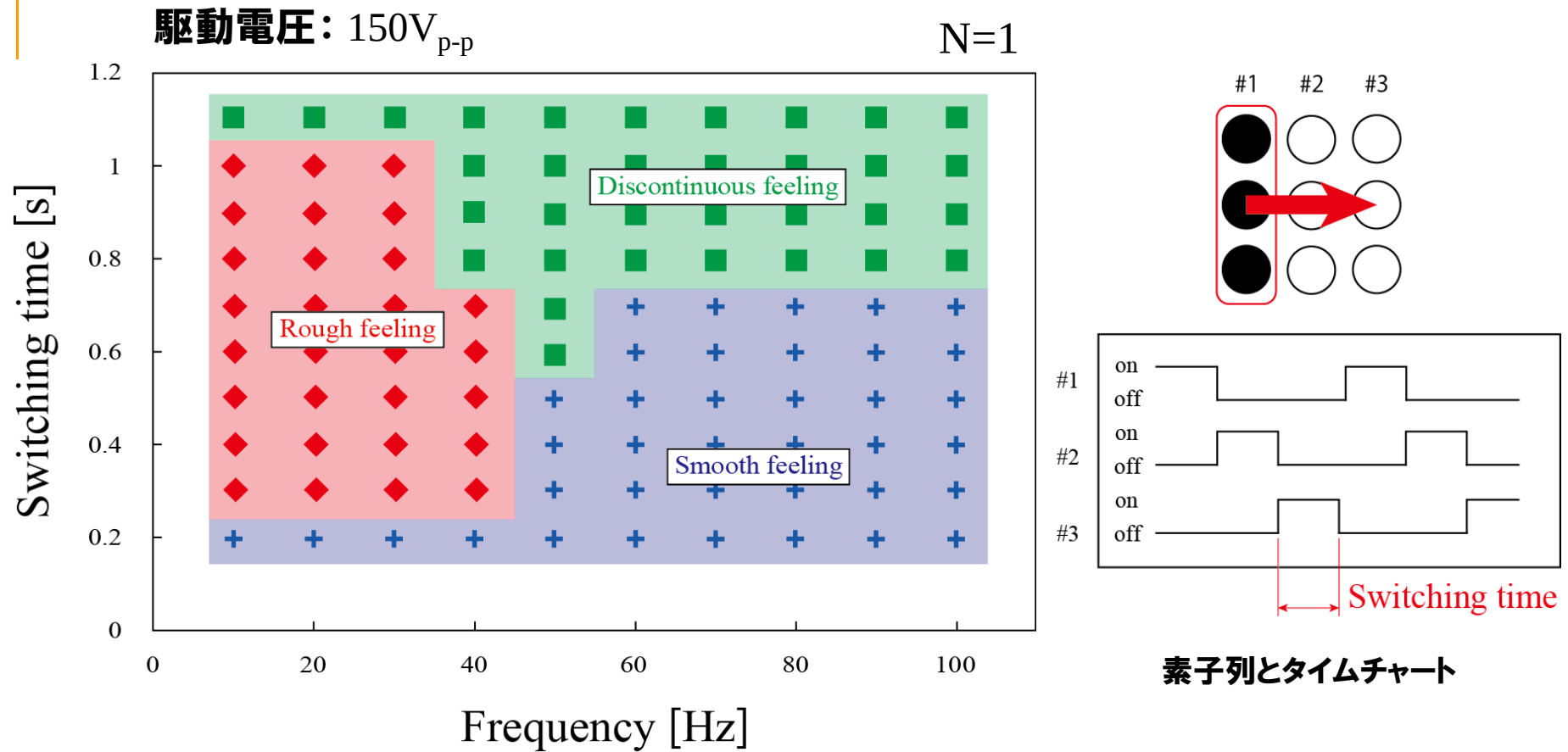
周波数が高くなると高感度になる

→ FA触覚受容器を知覚に利用できた



振動型点字ディスプレイ
の方が高感度

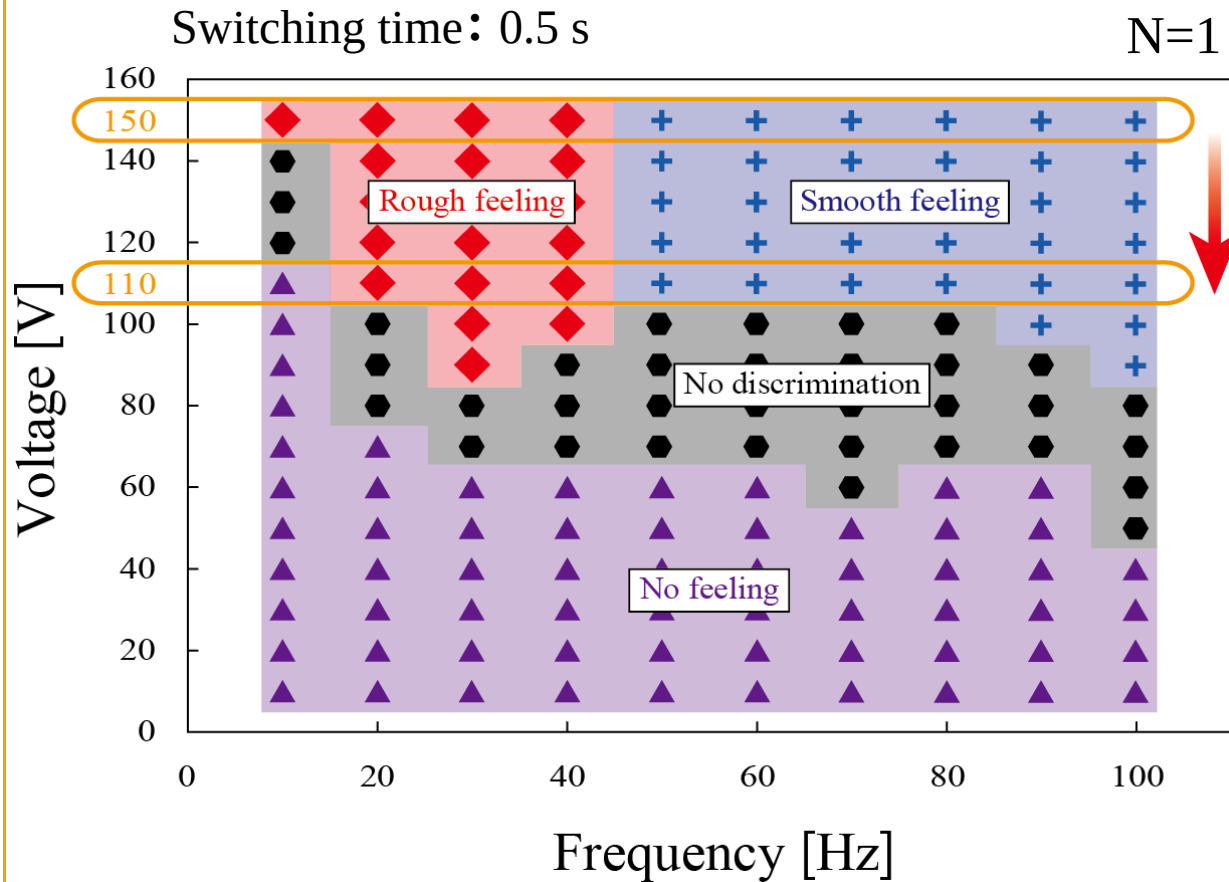
触感判別実験



Switching time が0.3~0.5 sの場合
1.1 s以上の場合
0.2 sの場合

50 Hz以上: つるつる , 40 Hz以下: ざらざら
連続面として知覚しない
10~100 Hzの全領域でつるつる

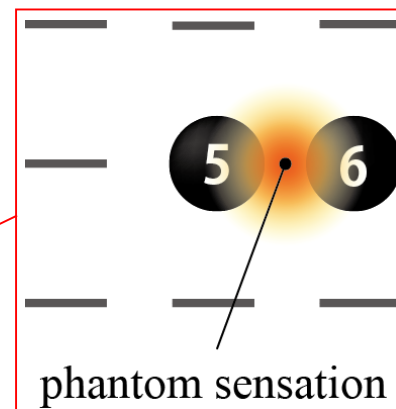
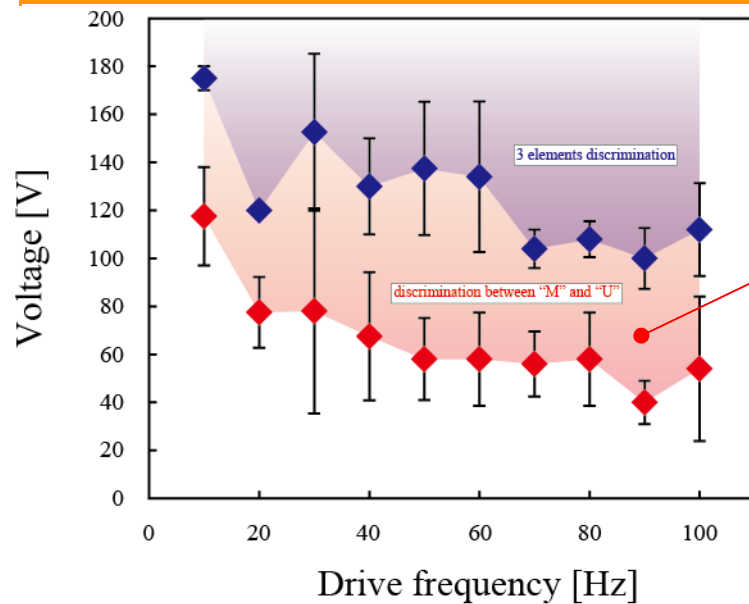
触感判別実験



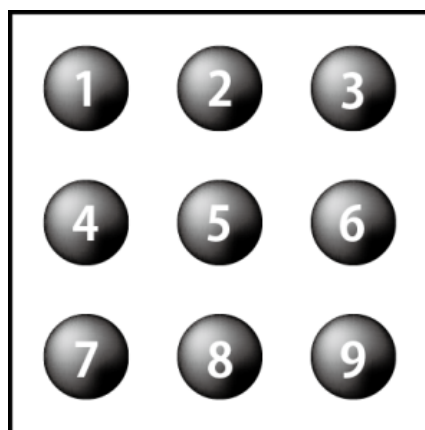
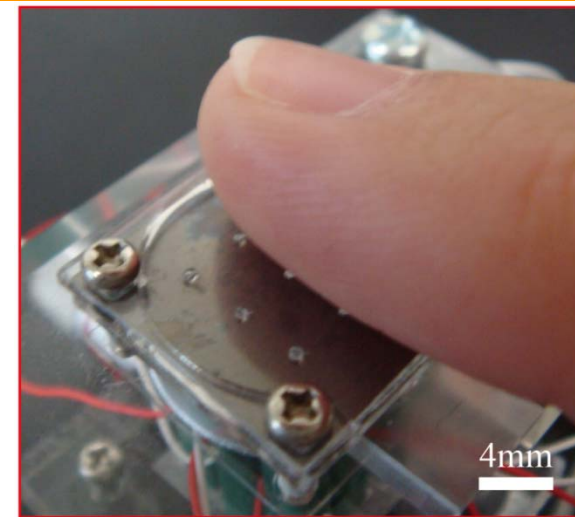
150~110 V_{p-p}:
触感の提示可能
80 V_{p-p} 周辺:
触感の判別不可
60 V_{p-p} 以下:
振動の知覚不可

触覚ディスプレイは、周波数・電圧・Switching timeを
変化させることで、つるつる・ざらざらの触感の提示可能

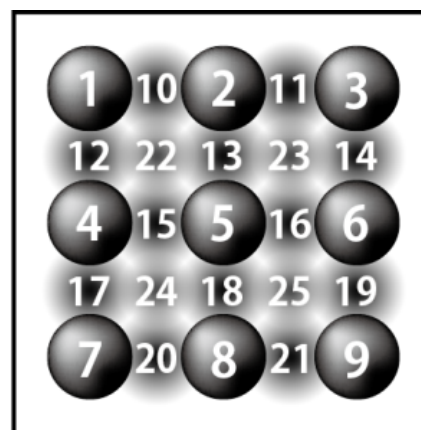
ファントムセンセーション



素子の中間に錯覚

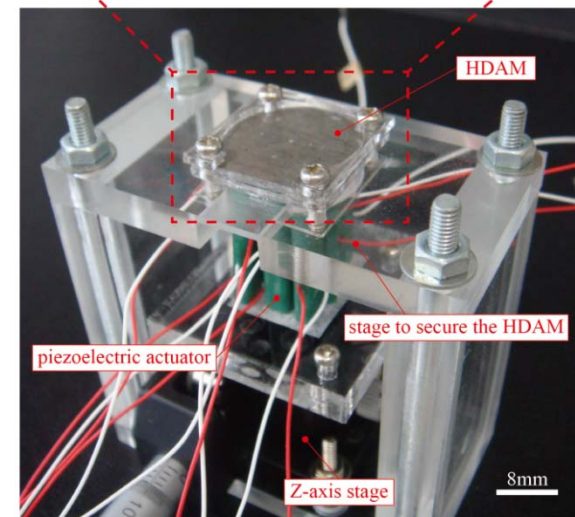


3 × 3

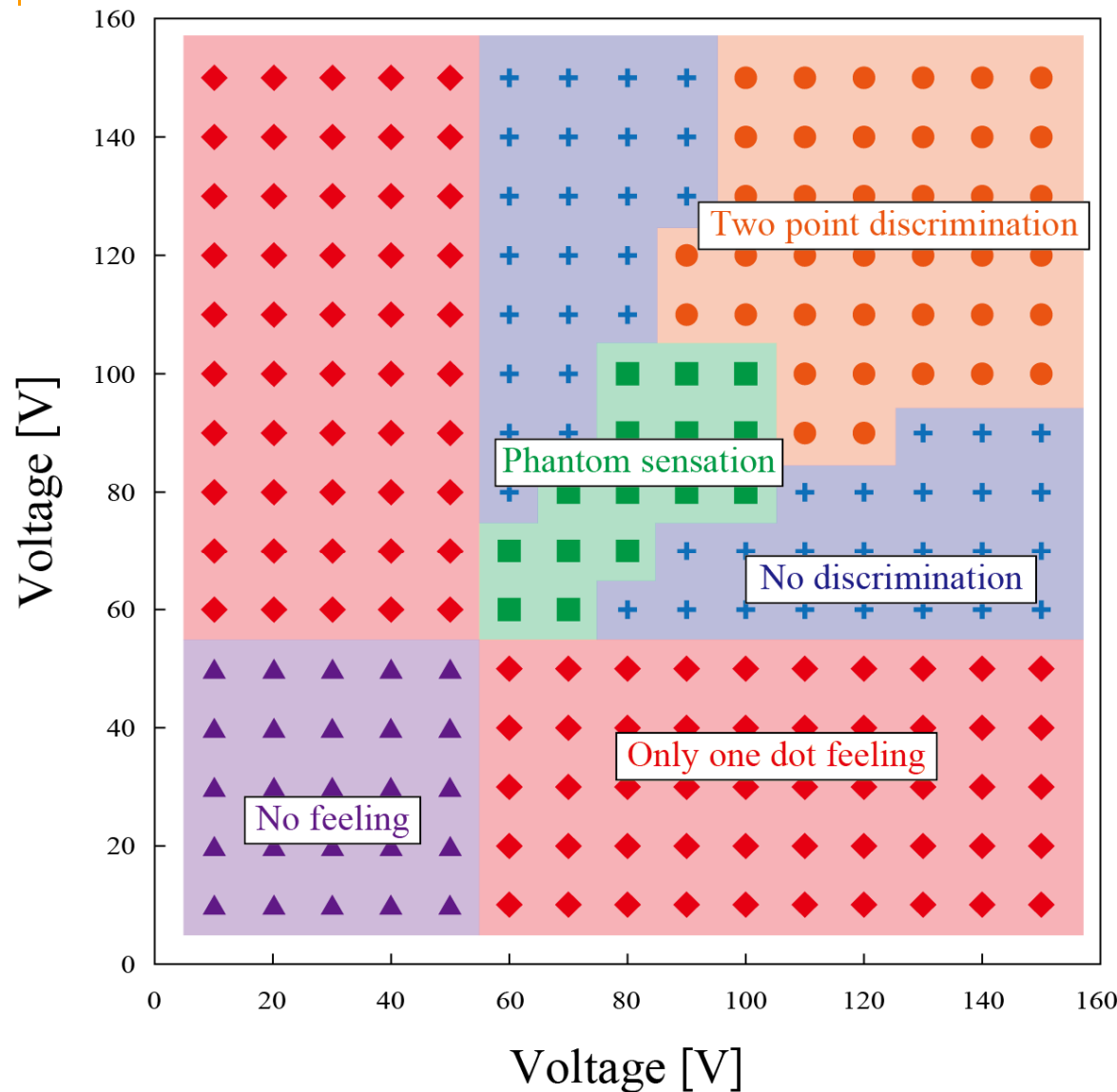


5 × 5

10



ファントムセンセーション(実験結果)

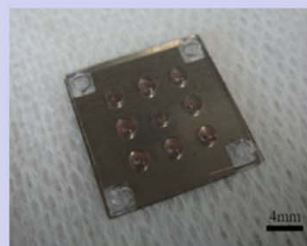
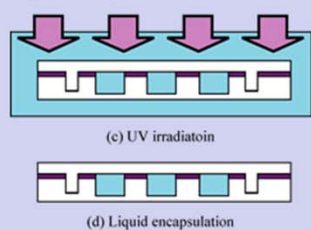


振動周波数: 100 Hz

60~100 V_{p-p}:
ファントムセンセーション
の生起

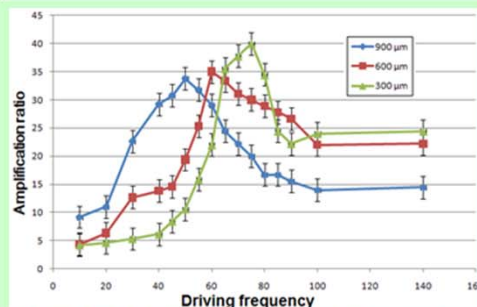
液体封入変位増幅機構を有する大変位MEMSアクチュエータ アレイを用いた高機能触覚ディスプレイの研究開発

封入液体を利用する変位増幅機構



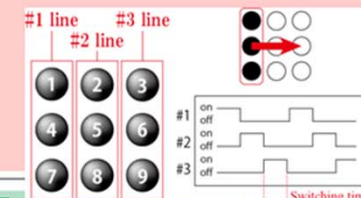
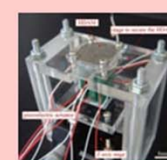
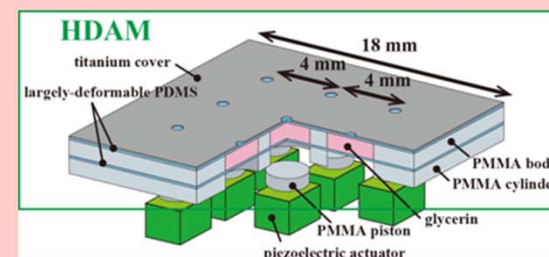
液中接合技術の開発(JMM 2010)

大変位MEMSアクチュエータ

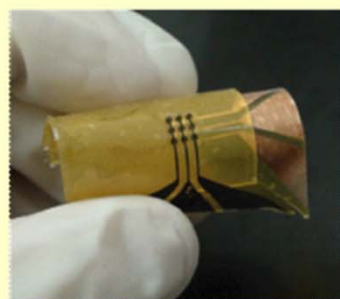


特性評価 (Sensors 2010, SNA 2011)

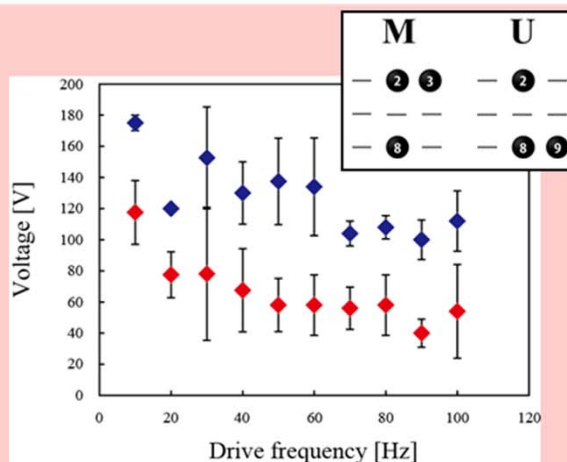
触覚ディスプレイ



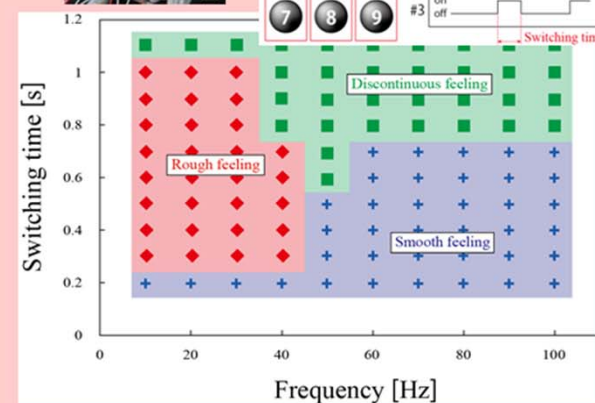
革新的MEMSへ応用



高誘電体液体を封入した
高感度フレキシブル触覚センサ
(Micromachines 2012)



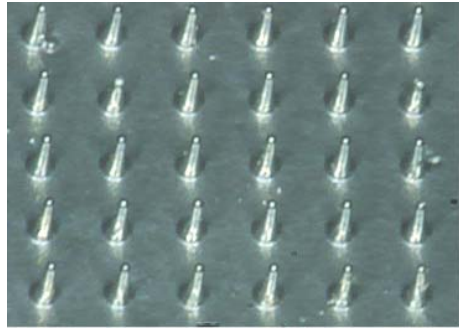
振動式点字ディスプレイ(JJAP 2012)



触覚ディスプレイ (IEEE MEMS 2012)

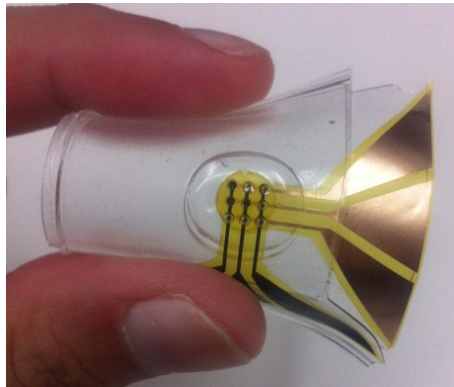
- 液体封入のための液中接合技術を開発した。→封入液体を用いた革新的MEMSへ応用(触覚センサ、ポンプ)
- 大変位MEMSアクチュエータの特性評価を行い、増幅率40倍を実現
- 振動式点字ディスプレイ: 高効率にFAとSA両方を刺激(> 40 Hz)することにより低電圧で被験者に点字呈示
- 素子振動数、Switching time、駆動電圧により「つつる」「ざらざら」「不連続表面」触感呈示
- ファントムセンセーションによる錯覚的5×5アレイの実現

MEMS-Based Human Interface Devices for Future ICT



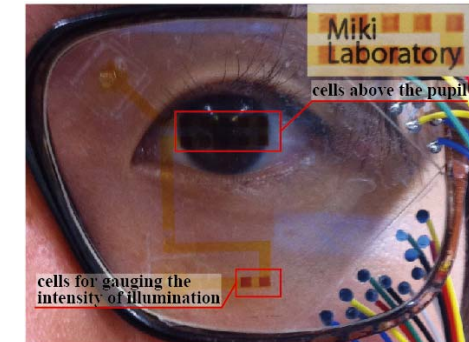
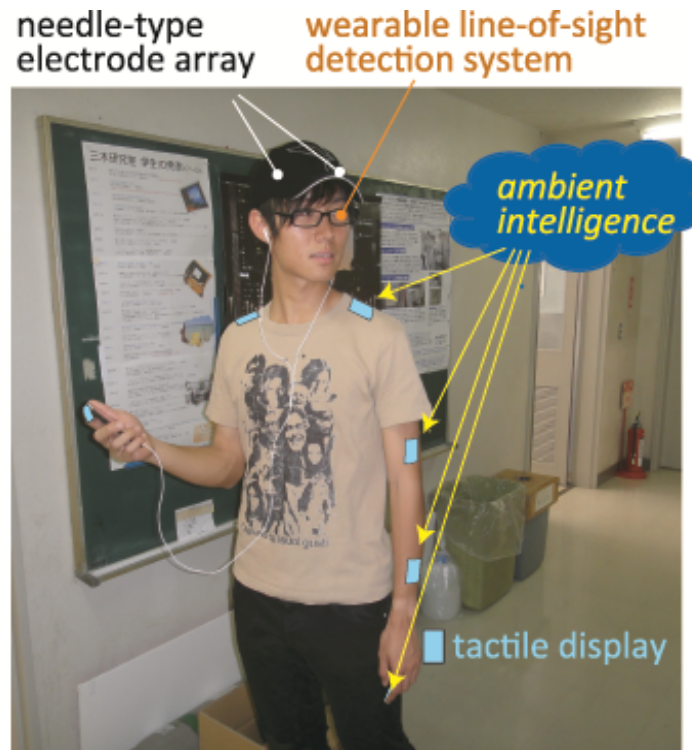
Polymer-based needle electrodes

Y. Ami, *JM3*, 10, 011513 (2011)



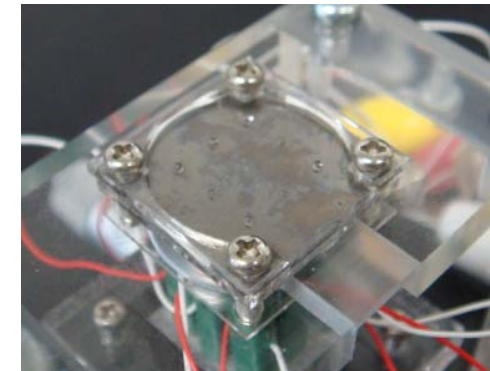
Flexible tactile sensors
using liquid as dielectric

Y. Hotta, *Micromachines*, 3, 137-149 (2012)



Wearable line-of-sight detection

T. Shigeoka, *SNA*, 145, 103-108 (2008)



Tactile display composed of
large-displacement MEMS actuator array

X. Arouette, *Sensors*, 10, 2946-2956 (2010)

MEMSにより初めて実現できる新しいハードの開発！

謝辞

- 総務省SCOPE(092103005)
- 三木研究室メンバー

