

▶ 2021/07/16


東京大学バーチャルリアリティ教育研究センタードクトラルシンポジウム

超音波による高解像Lateral Modulation刺激を用いた 非接触圧覚提示



■ 東京大学 新領域創成科学研究科 博士2年

篠田牧野研究室 森崎汰雄



自己紹介+これまでの研究概説



□ 森崎汰雄 (<https://hapislab.org/taomorisaki>)

- 博士2年
- 集束超音波を用いた触覚/HCIの研究に従事

Mar. 2020 –	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻 博士課程
Apr. 2018 – Mar. 2020	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻 修士課程
Apr. 2016 – Mar. 2018	久留米工業高等専門学校 専攻科 機械・電気システム工学専攻
Apr. 2011 – Mar. 2016	久留米工業高等専門学校 電気電子工学科

①超音波を用いた錯覚の機序解明

- 超音波触覚の再現性を利用した触覚における錯覚の機序解明

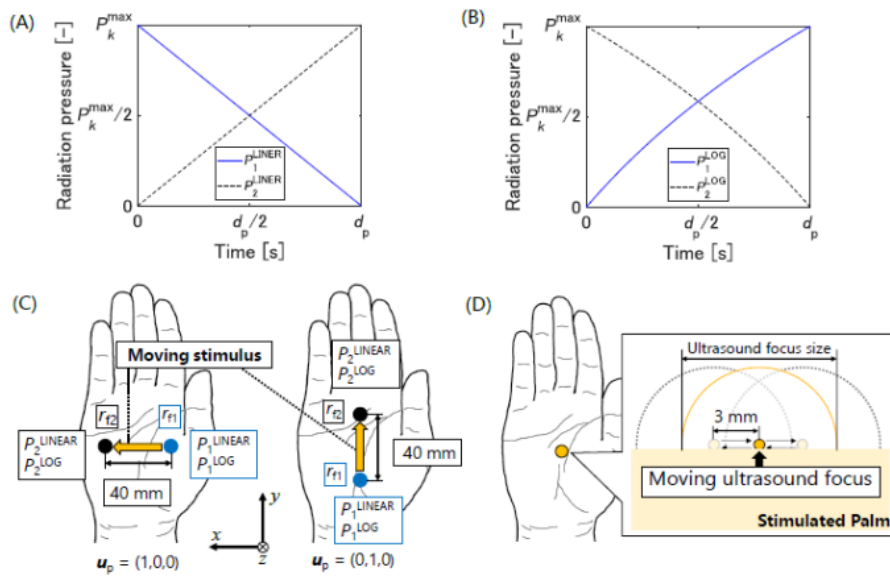


Fig. 1. A) & B) Changes in pressure linearly and logarithmically (P_k^{LINEAR} and P_k^{LOG}). C) Schematic illustration of Phantom Sensation evaluated in this paper. D) Schematic illustration of lateral modulation.

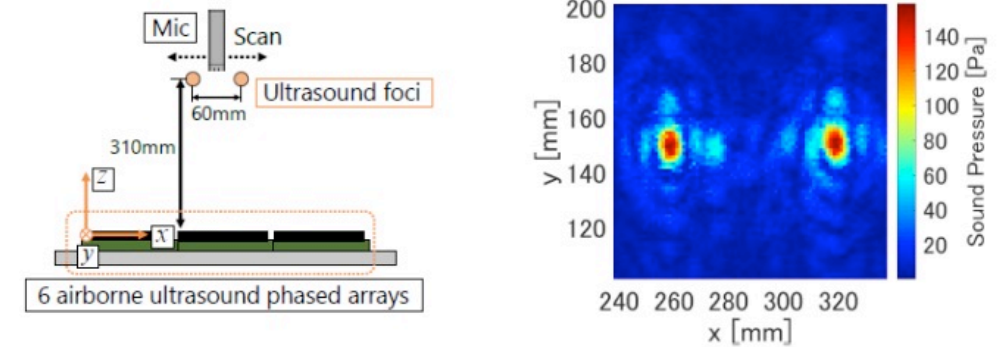


Fig. 4. Left: Experimental setup. Right: Measured sound distribution of the two ultrasound foci.

Morisaki et al., Eurohaptics 2020, oral.

②卓球プレイヤーの能力拡張

- 超音波で卓球玉を曲げミスを誘発、プレイヤーの能力拡張 (Hopping-Pong)
- ミスが**3倍程度増加**

DEMONSTRATION

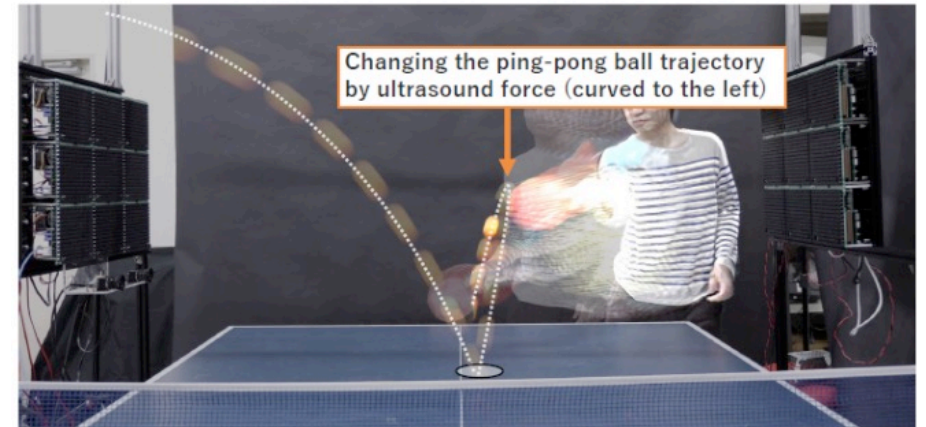
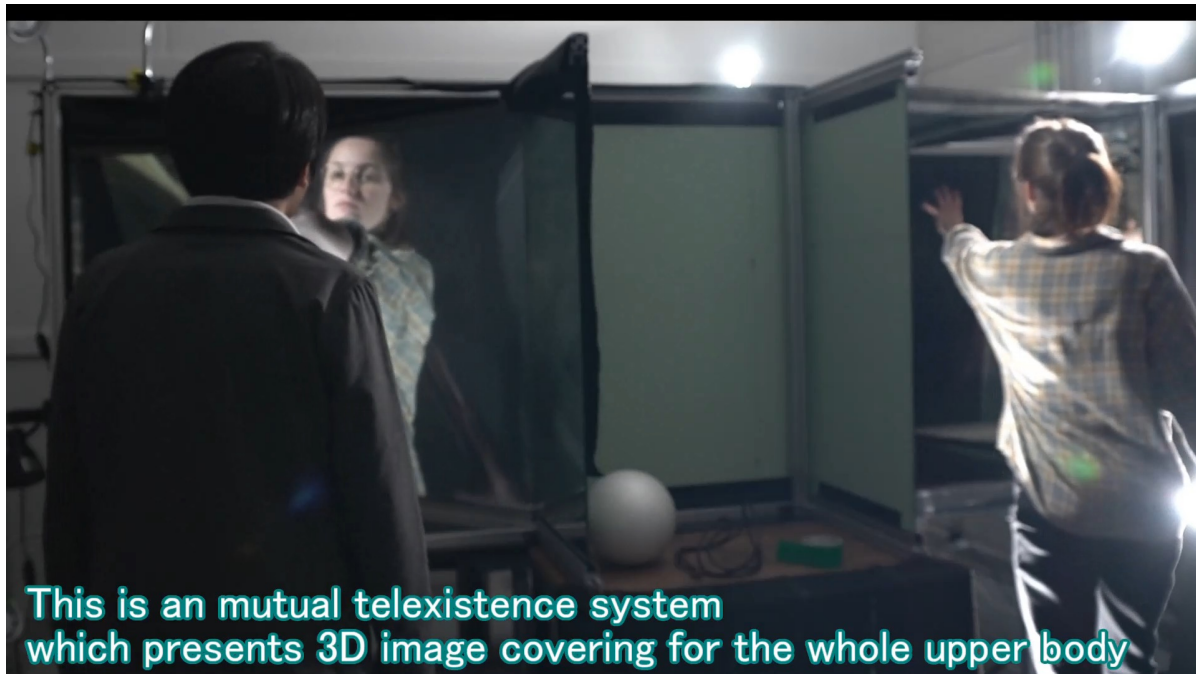


Figure 2: A snapshot of actual mistake (missing swing) of the player who received the ball curved by ultrasound.

Morisaki et al., ACM ISS 2019, SIGGRAPH 2020 E-tech.

③大画面の視触覚コピー&インタラクシヨ

- 大画面の触覚&視覚コピー(Super HaptoClone)
- 触覚スーツを用いて上半身全体に触覚提示

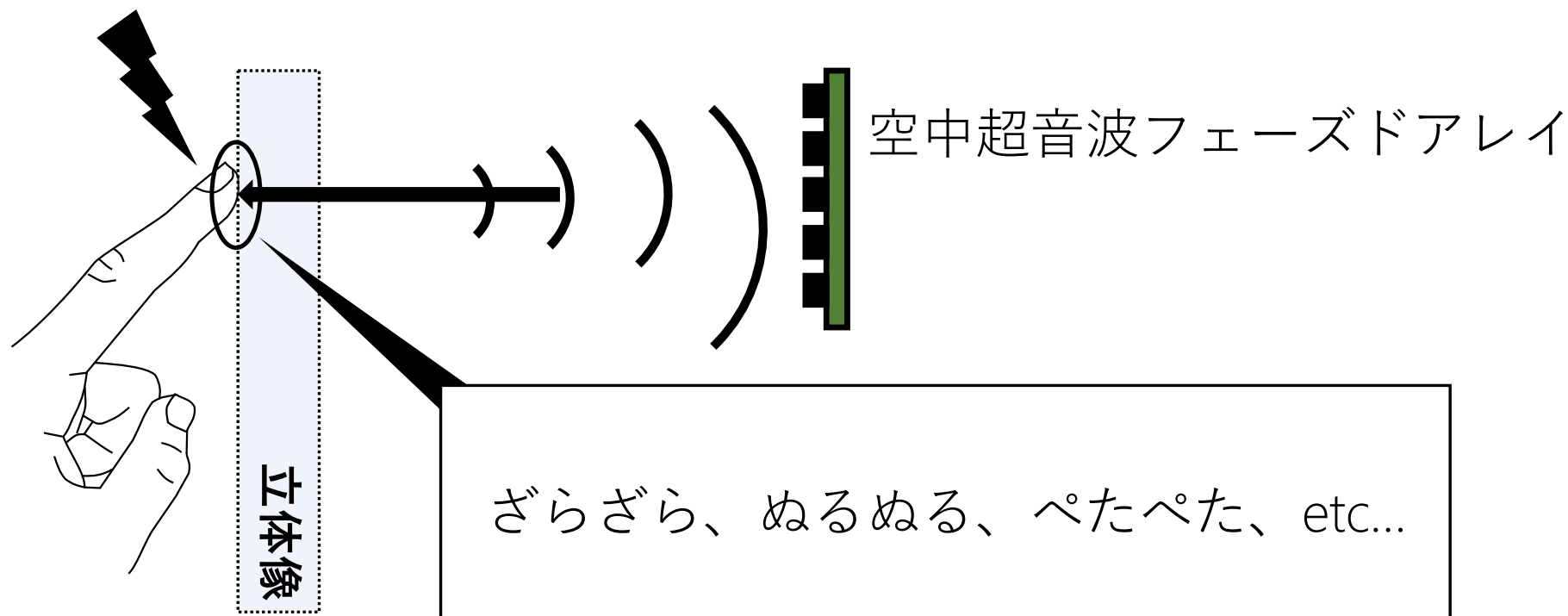


Serizawa and Morisaki et al., SIGGRAPH 2020 E-tech.

主題: 博士課程における研究の展望

□ 目標: 超音波を用いた任意のテクスチャ感提示

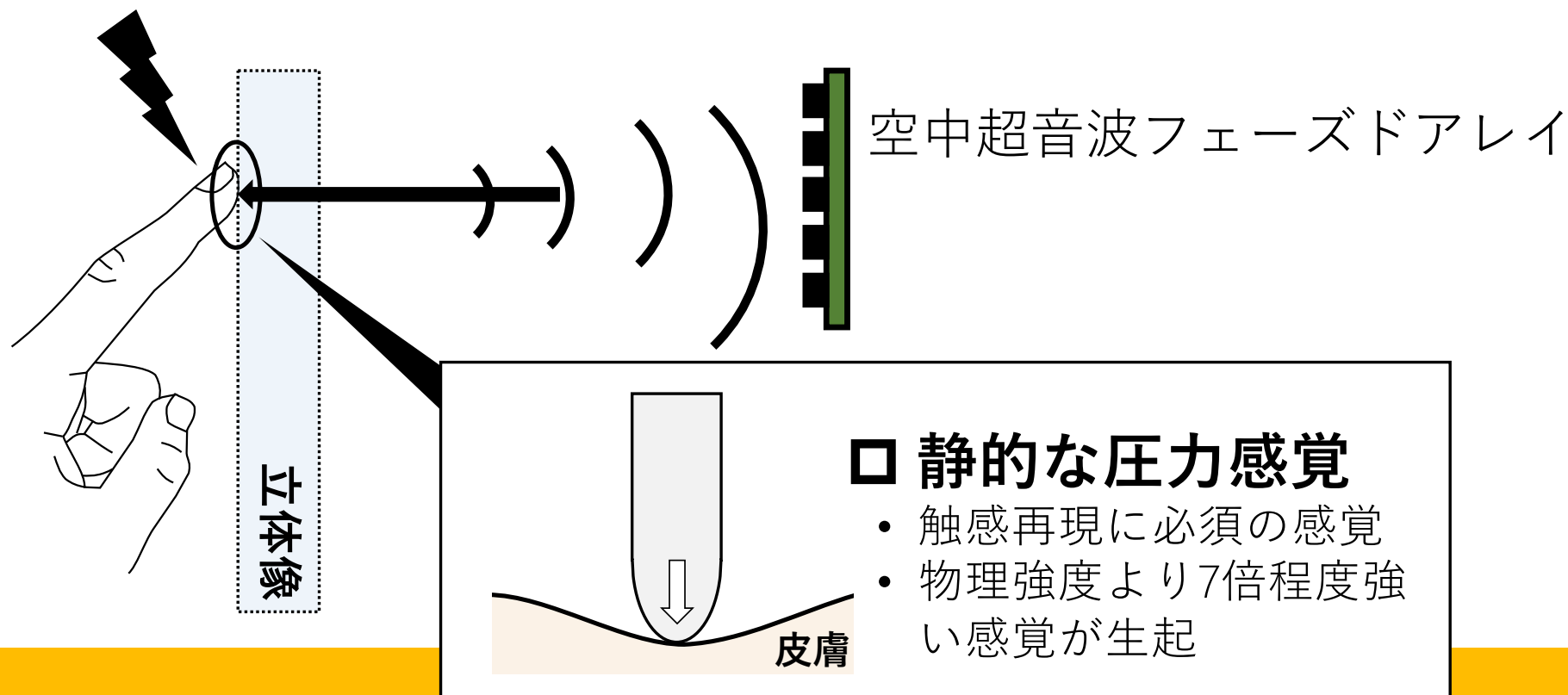
- 立体映像に対して実体かのような触感を非接触に与える
- どれだけ「本物らしい」感覚を再現できるか??



主題: 博士課程における研究の展望

□ 目標: 超音波を用いた任意のテクスチャ感提示

- 立体映像に対して実体かのような触感を非接触に与える
- どれだけ「本物らしい」感覚を再現できるか??



1. イントロダクション

触覚再現・提示技術の有用性

□ 触覚技術

- 人や物に触れた感覚を再現する
- 離れた人とのふれあい
- VR・ゲームへの没入感向上
- 手術シミュレーション

ニュース

PS5の新コントローラー「DualSense」発表。“触覚”追求、Createボタン搭載

山崎健太郎 2020年4月8日 10:02



PS5のワイヤレスコントローラー「DualSense」



任天堂 カウントボール”

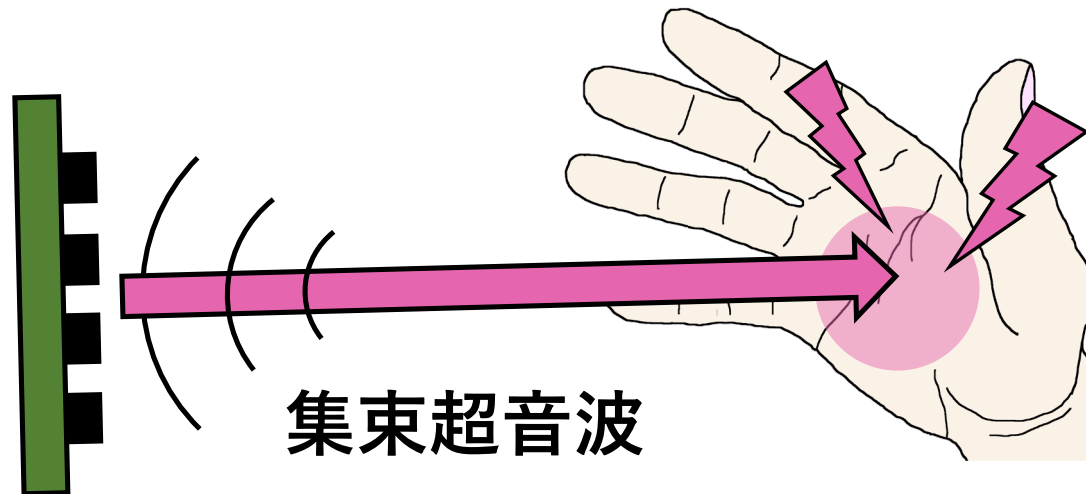
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00047/00013/>”

AVウォッチ” <https://av.watch.impress.co.jp/docs/news/1245708.html>”

集束超音波による非接触な触覚提示

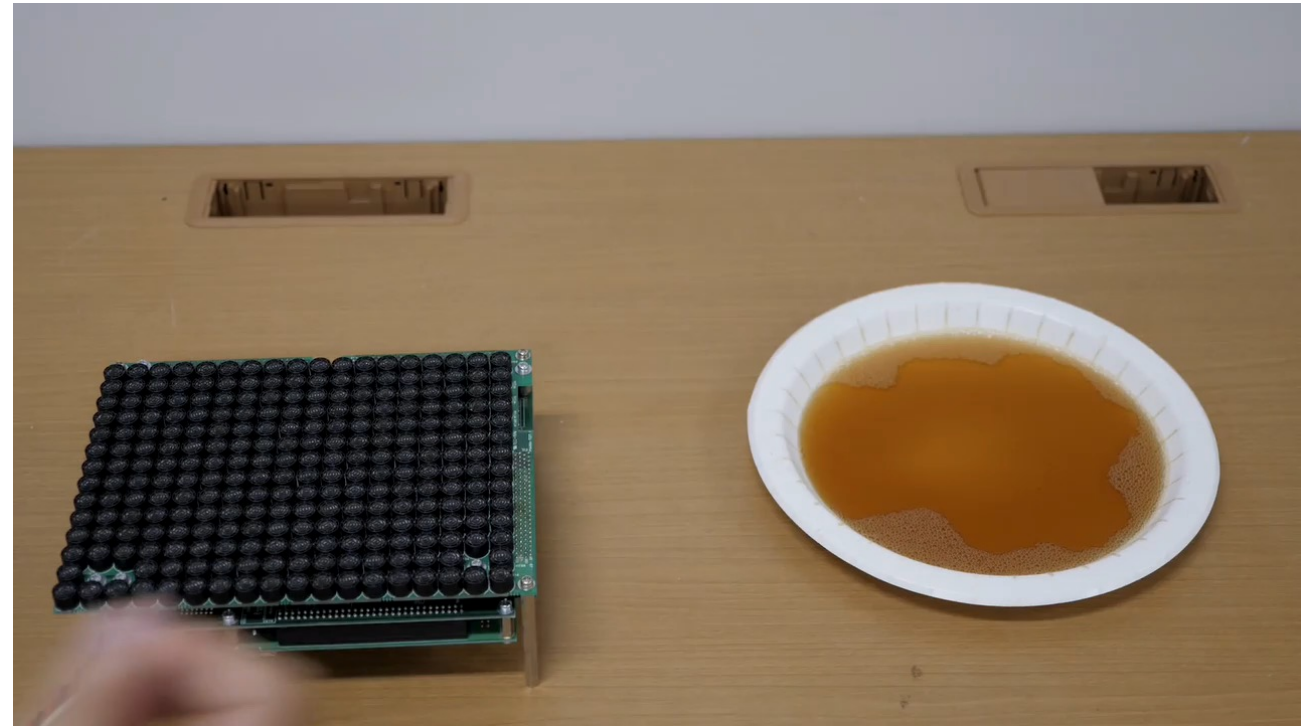
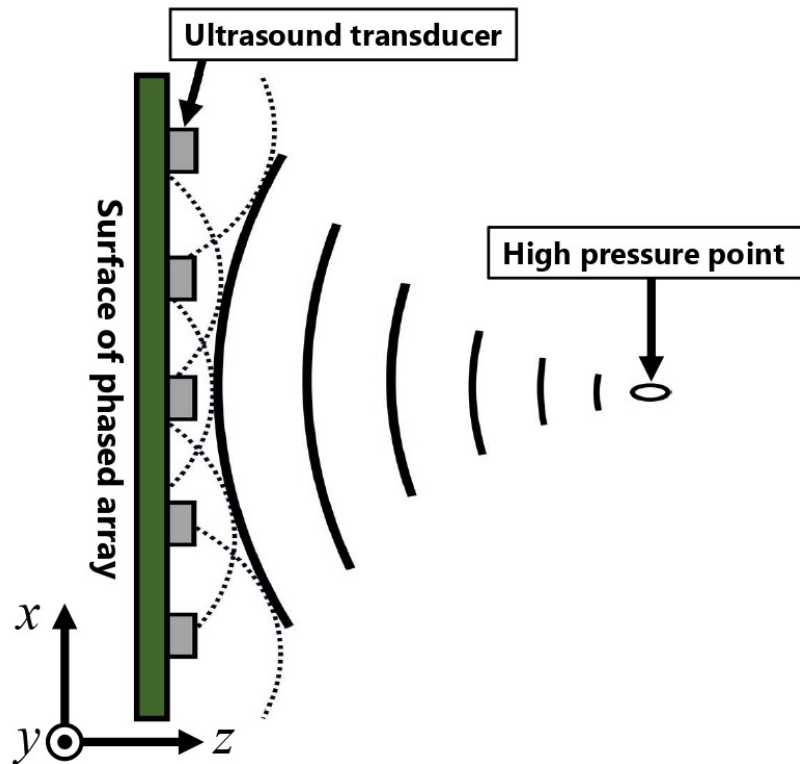
□ 超音波による触覚提示

- 超音波を集束させると、非接触な力が生ずる
- デバイスを身につける必要がなく自由に動ける
- 裸眼立体ディスプレイと組み合わせられる



空中超音波フェーズドアレイ

- 超音波を集束させ、1.6 gf程度の力を非接触に提示できる
- 空間解像度約1cm, 1 kHzで動作。

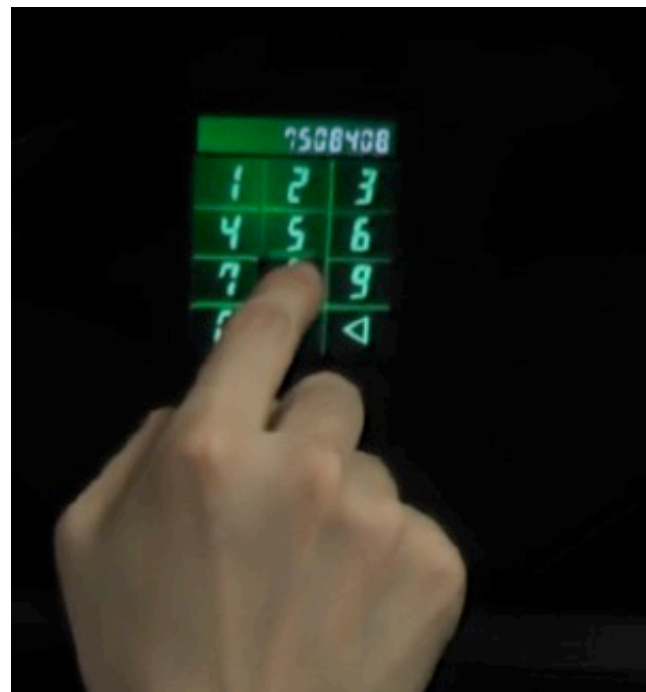


T. Hoshi, et. al., IEEE Trans. Haptics, vol. 3, no. 3, pp. 155–165, 2010.

超音波触覚の関連研究

- HaptoMime Monnai et al., UIST 2014.
- 空中映像に触って操作できるタッチパネル
- 感染症対策に

(a)



問題点: 提示力の物理的な制限

□ 超音波触覚の問題点

- 超音波の提示力は高々数グラム
- そのままではほとんど感じない

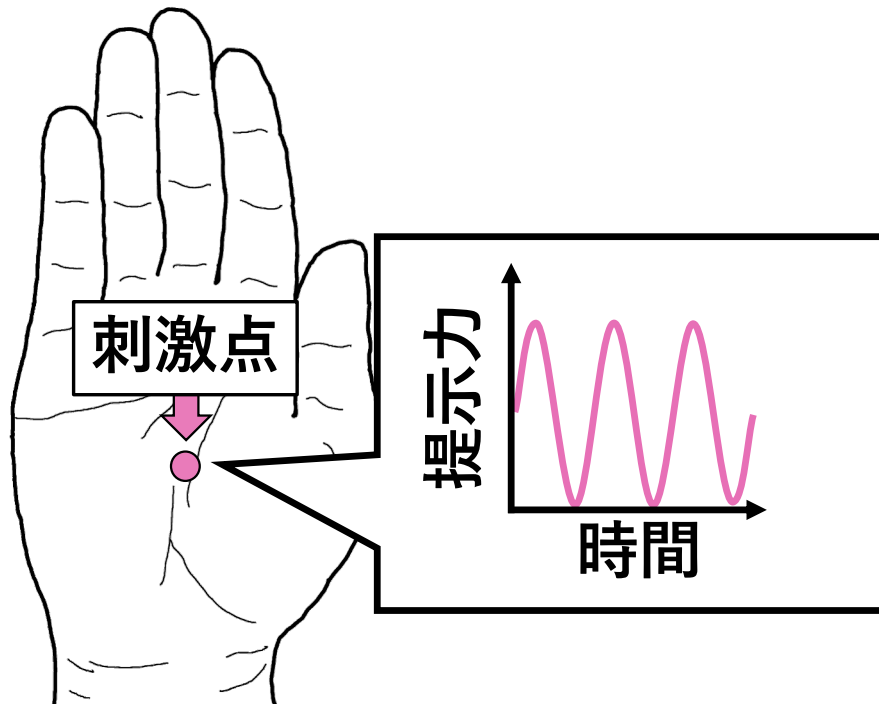
➡ より感じやすい**振動触覚の提示**が主な用途

Gescheider et al., Somatosensory & Motor Research 2001.

超音波による振動覚の提示(従来法)

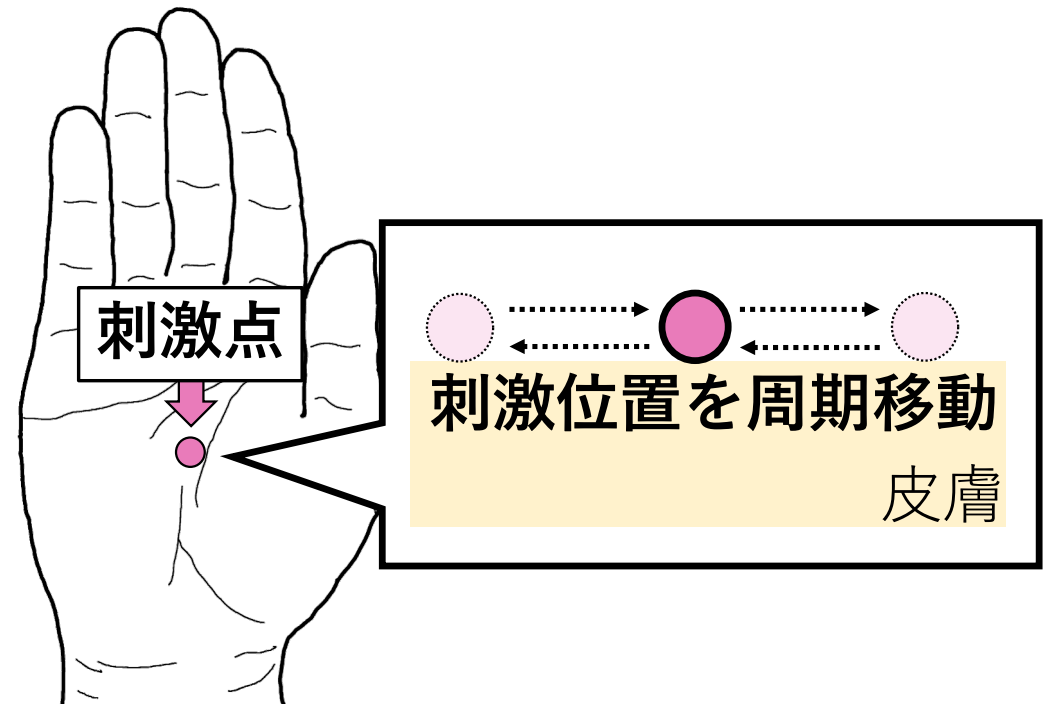
□ Amplitude Modulation(AM)刺激

Hasegawa & Shinoda, IEEE ToH 2018.



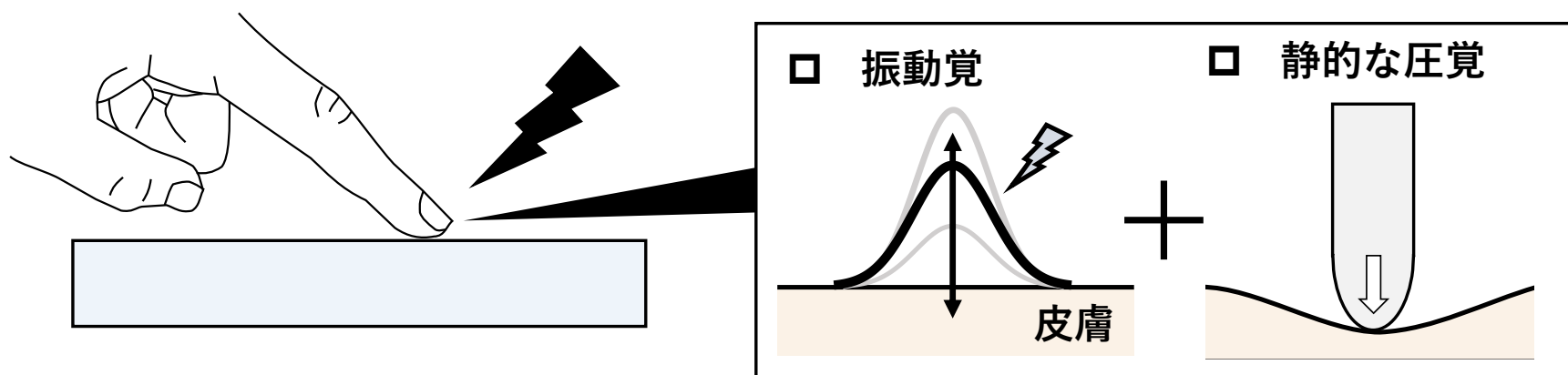
□ Lateral Modulation(LM)刺激

Takahashi et al., Eurohaptics 2018.



問題点: 非振動な触覚提示は依然困難

- 押される感覚である「**非振動の圧覚**」は依然困難
- 手のひら上の触覚は主に「**振動と圧覚**」で構成される
- (圧覚がないと「ものに触れた感」がない) Konyo et al., IROS 2006.
S. J. Bolanowski et al., JASA, 1998.



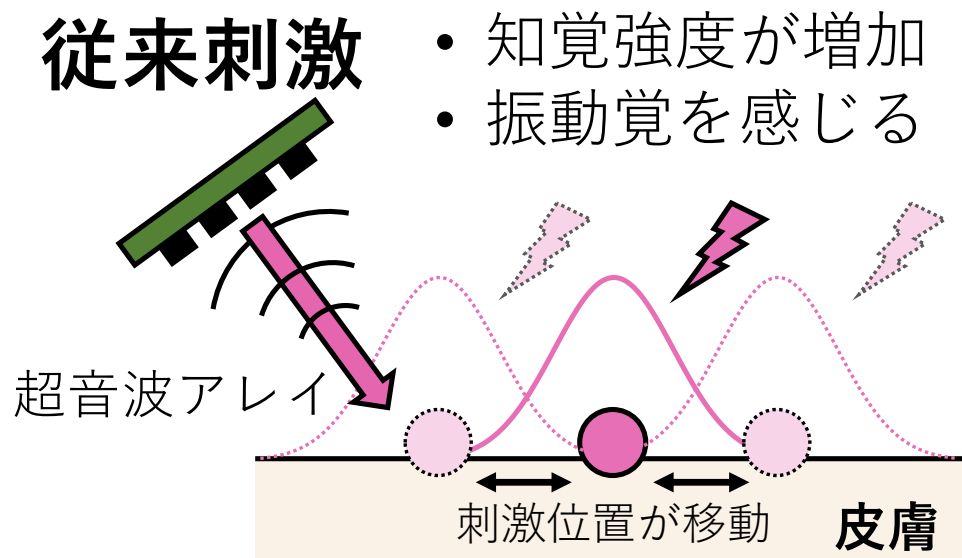
問題点: 非振動な触覚提示は依然困難

- 押される感覚である「**非振動の圧覚**」は依然困難
- 手のひら上の触覚は主に「**振動と圧覚**」で構成される

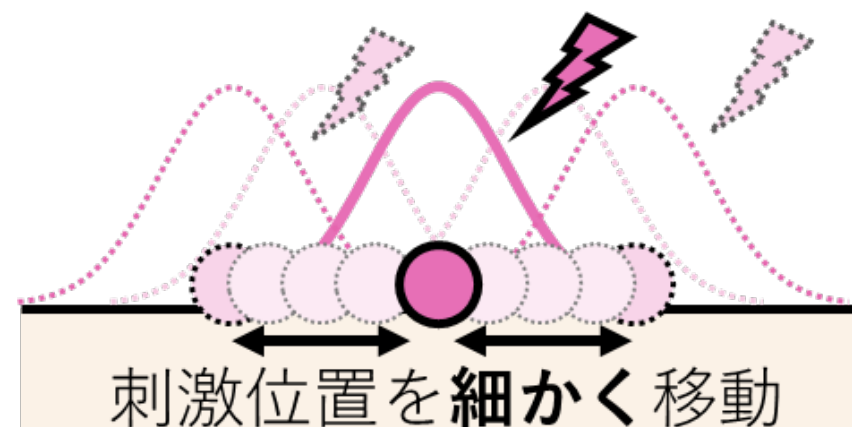
強い圧覚が超音波でも提示できれば、超音波でより様々な触感が提示できる

解決策: 高解像なLM刺激

- LM刺激を10Hz以下、かつその刻み幅を細かくすることで、振動を伴わない圧覚が生起することを発見



- 提案刺激**
- 振動覚が抑制
 - 知覚強度は維持



目的: 超音波による圧覚の定量評価

目的

- 振動が抑制される条件とその知覚強度を調べる
- 実際に何Nの力が感じられているか、知覚的に等価な物理刺激をばねばかりで評価

結果

- 5~15HzのLM刺激で、解像度1mm以下で振動が抑制
- この時、**約20g**相当の力が知覚(物理的には3.2g)

 **超音波で明瞭な圧覚提示が可能**

今後の展開

□ 従来の振動覚と組み合わせて任意の触感を合成

- 触覚空間をどこまでカバーできるか?
- 触覚における(受容器特性に基づく)基底刺激となりえるか?

