

実物の立体像に対するタッチパネルを用いた硬柔感提示（第2報） —2自由度の硬柔感提示デバイス開発—

A Touch Panel for Presenting Softness with a Virtual Image (II)

-Development of 2-DoF Softness Presenting Device-

- 学 村田 華蓮（電気通信大学） 大石 恵利佳（電気通信大学）
中村 拓人（電気通信大学, JSPS） 准 梶本 裕之（電気通信大学）
佐野 貴洋（富士フイルム） 納谷 昌之（富士フイルム）

Karen MURATA, University Of Electro-Communications, murata@kaji-lab.jp
Erika OISHI, University Of Electro-Communications, oishi@kaji-lab.jp
Takuto NAKAMURA, University Of Electro-Communications, n.takuto@kaji-lab.jp
Hiroyuki KAJIMOTO, University Of Electro-Communications, kajimoto@kaji-lab.jp
Takahiro SANO, FUJIFILM, takahiro.a.sano@fujifilm.com
Masayuki NAYA, FUJIFILM, masayuki.naya@fujifilm.com

In this study, we aim to establish a novel system for manipulating the sensation of hardness and softness using a touch panel in augmented reality (AR) space. Many studies of touch panel-based haptic displays have developed methods for manipulating macro-roughness (shape), fine-roughness (texture), and friction. However, few studies have examined the sensation of softness. We have developed a device capable of presenting unidirectional tangential reaction force functioned as a sufficient cue for the sensation of softness previously, and we combined this with a visual cue for softness, adding visual shadow to the display of the virtual image generated by a half-mirror, which indicated visual deformation of the object. In this paper, we aim for the proposal and development of a device which enables presentation of tangential reaction force of 2-DoF.

Key Words: Softness, Hardness, AR, Multimodal

1. はじめに

現在、タッチパネルに対する触覚提示の研究が多く行われている。触覚分野において材質の触覚的テクスチャ再現に必要な要素として、Fine-Roughness（振動感）、Macro-Roughness（凹凸感）、Friction（摩擦感）、Warmness（温冷感）、Hardness（硬柔感）があげられる[1]。タッチパネルを用いた触覚提示では、これら5つのうちFine-Roughness（振動感）[2][3]、Macro-Roughness（凹凸感）[4][5][6][7]、Friction（摩擦感）[7][8][9]の3つの再現が多くされており、Warmness（温冷感）、Hardness（硬柔感）の提示は稀であった。

このうち特に硬柔感がタッチパネルで表現可能であった場合、例えば化粧品の効果を見せるようなARアプリケーションにおいて人肌のやわらかさを表現できるなど、大きな需要があると考えられる。しかし我々の知る限り普段タッチパネルを用いるような自然な動作状況において硬柔感提示を行った例は未だ存在しない。

以上の背景から本研究ではタブレット型タッチパネルを用いる自然な動作状況において、硬柔感提示が可能となることを目的とする。

2. 関連研究

硬柔感知覚自体はこれまでも多く研究されてきており、物体素材のばね定数に起因した反力の情報が伴うことが分かっている。そしてこれらの反力は物体と指との接平面に対して垂直方向に提示される。また指腹知覚も関係[10]し、指と物体との接触面積の変化によっても提示できる[11][12]。タッチパネルを用いてこれらの変化を提示する場合、タッチパネル自体を垂直に動かし、タッチパネル表面自体を変形可能なものとし、大掛かりな装置が必要となっていた。またNakamuraら[14]は静電力を用いた触覚提示が可能なタッチパネルでの硬柔感提示を行った。指を載せる導体パッドデバイスを用いて、指と導体パッドとの接触面積を

変化させる。この変化を調整することで、硬柔感知覚操作が可能であることが検証されている。ただしこの方法でも指へのデバイス装着が必要となっていた。

このようにこれまで提案されてきた手法では、垂直方向への反力提示や接触面積変化の再現を試みていた。そのため大掛かりな装置や指へのデバイス装着が必要となり、通常タッチパネルを用いる動作状況での使用には適していなかった。

実際にタッチパネルを操作する際には、水平方向の指の移動が基本となる。そこでタブレット型タッチパネルを用いて自然な状況の下で硬柔感提示を行うことを本研究の目的とする。我々は従来の発想を転換し、タッチパネルに対して垂直方向ではなく水平方向での反力提示を行うこと（Fig. 1）による硬柔感提示に着目した。過去の研究で硬柔感提示を目的としていないものの、タッチパネルの水平方向に反力提示が可能なものとしてNakamuraら[15]のDCモータによるフィルム巻取り機構、Sagaらの指駆動機構[7]、則枝らのパネル駆動機構[16]があげられる。またPunpongsononらのSoftAR[17]では、物体の変容や変形による影の視覚的な提示のみで柔らかさ知覚の変化が可能であることがわかっている。

以上を踏まえ我々は前報において、AR空間においてタッチパネルを用いた反力提示と視覚重畳により硬柔感提示を行うFig. 2のようなシステムを提案、開発した[18]。水平の反力提示にはフィルム巻取り機構を用いた。簡易的な視覚系としてハーフミラーで生成した実物の立体像をタッチパネル上に生成する。タッチパネル上からその立体像に触れた際に、指と物体間に生成される影を模した平面映像、タッチパネル表面を覆ったフィルムをDCモータで巻取ることによって生成される反力を提示する。そうすることで視覚的にも触覚的にも硬柔感を実現することが可能となっている。検証の結果、我々の作成したシステムによる視覚重畳で硬柔感知覚の操作が可能となることが示されたが、タッチパネルを覆ったデバイスは一方方向のみの反力しか提示できないという制約があった。

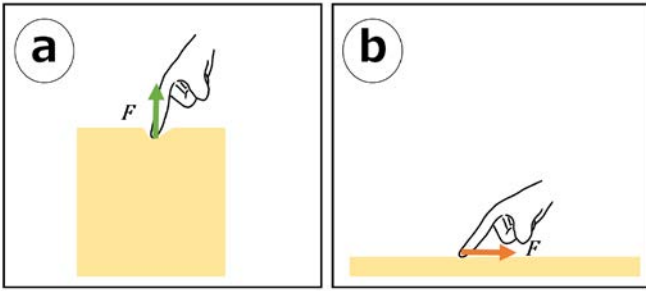


Fig. 1. (a)Vertical reaction force presentation. (b)Tangential reaction force presentation. This is our proposal system.

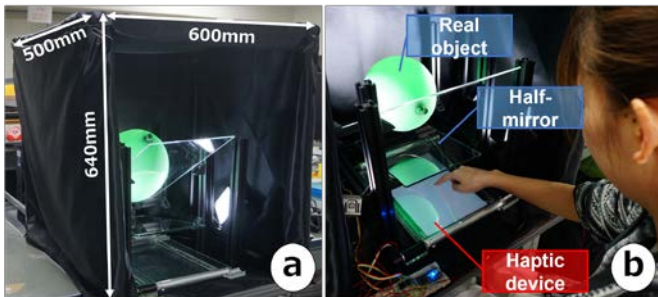


Fig. 2. Previous prototype system.
(a)Overall view. (b)Inside view.

そこで本稿では、タッチパネルに対して水平の2自由度で反力提示が可能となる硬柔感提示デバイスの開発を行う。則枝らの提案したパネル駆動機構[16]に類似した機構を採用し、大変位に対応可能とするとともに硬柔感提示に注力する。またこの硬柔感提示デバイスをこれまで我々が用いてきた簡易的な視覚系システムと共存させることにより、実物の立体像に対して触覚的にだけでなく視覚的にも硬柔感提示を可能とし、より納得感のある硬柔感提示を目指す。

3. プロトタイプデバイス

3.1 デバイス構成

本デバイスの構成を Fig. 3 に、実際に作成したものを Fig. 4 に示す。本デバイスは、タブレット型タッチパネルディスプレイ (ASUS, Transbook T303U, W210mm×H300mm), 0.2mm 厚の亚克力板, アクリル製ガイド, リニアレール (THK 社, LS877, 最大変位 24mm), 糸, ボビン, ロータリエンコーダ搭載の DC モータ (maxon 社, 10W), マイクロコントローラ (NXP Semiconductors, mbed NXP LPC1768) で構成される。AR 空間でのシステムと組み合わせる際、指位置の計測、影の平面映像提示として用いるタッチパネル表面を覆う形で亚克力板が設置されている。タッチパネルをなぞった際、ディスプレイ表面にある亚克力板, 糸, リニアレール (Fig. 5) が動き、ユーザは滑らかに亚克力板を動かすことが可能となっている。今回は、糸を張った向きの2自由度であればユーザの任意の方向で動かすことが可能となっている。



Fig. 3. Structure of the device.

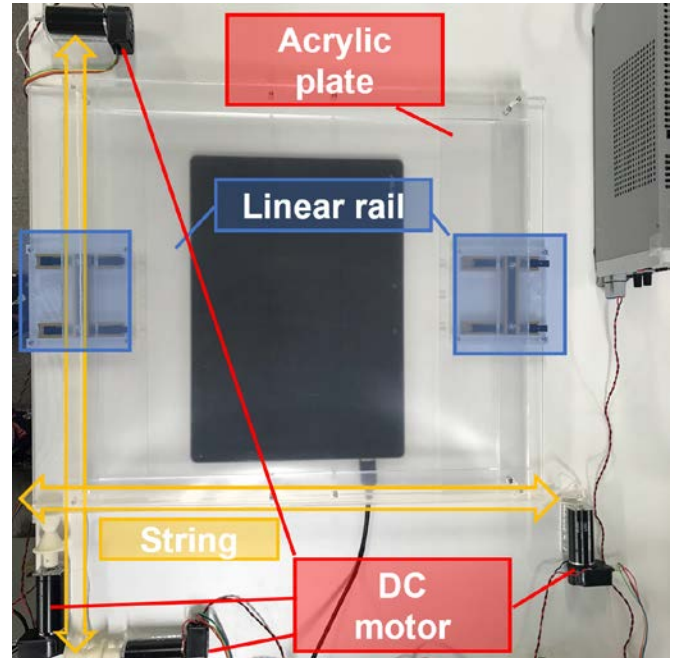


Fig. 4. Overall view of proposal 2-DoF softness presenting device.

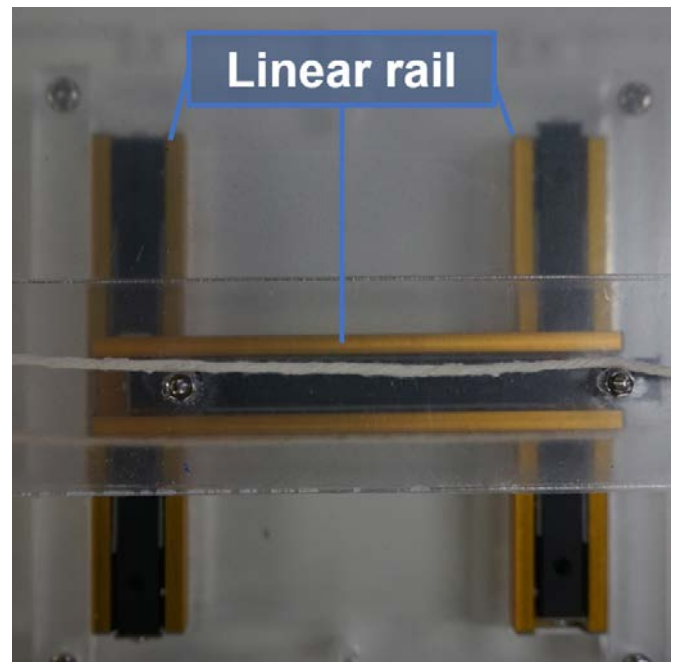


Fig. 5. Using 3 linear rails for presenting tangential 1-DoF force.

3.2 制御方法

本デバイスを用いて硬柔感提示をより正確に行うため、PD制御を行った。ユーザの動かした変位量 x とその速度 v に応じた式(1)で表される反力 F を DC モータで提示する。なお変位量 x の測定はモータ搭載のエンコーダを使用した。なおバネ定数 k 、ダンパ定数 c は任意で値の変更が可能である。今回作成したプロトタイプでは、硬柔感を提示するアクリル板はタッチパネルとリニアレール以外の接触面を持たず、摩擦力などの余分な力がかからないよう工夫した。

$$F = -kx - cv \quad (1)$$

4. まとめ

本稿では硬柔感の納得感を向上させるため、前報で提案した硬柔感提示デバイスの改変を行った。前報では一方向にしか提示できなかった反力を、今回は 2 自由度で反力提示が可能となる硬柔感提示デバイスの提案、開発を行うことができた。また前報で提案した AR 空間のシステムに組み込むことができた。今後はデバイスの性能評価、本デバイスを組み込んだ提案システムを用いて視触覚重畳効果の検証を行う。

参考文献

- [1] S. Okamoto, H. Nagano and Y. Yamada: Psychophysical Dimensions of Tactile Perception of Textures, IEEE Transactions on Haptics, Vol. 6, No. 1, pp.81-93, 2012.
- [2] M. Fukumoto and T. Sugimura: Active click: tactile feedback for touch panels, in Proceedings of CHI 2001 Extended Abstracts, pp.121-122, 2001.
- [3] I. Poupyrev, S. Maruyama and J. Rekimoto: Ambient touch: designing tactile interfaces for handheld devices, in Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST2002), pp.51-60, 2002.
- [4] O. Bau, I. Poupyrev, A. Israr and C. Harrison: Tesla Touch: electrovibration for touch surfaces, in Proceedings of the 23rd annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST2013), pp.283-292, 2010.
- [5] I. Poupyrev and S. Maruyama: Tactile interfaces for small touch screen, in Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST2013), pp.217-220, 2013.
- [6] Immersion Corporation., Touch Sense Tactile Feedback System, <http://www.immersion.com/products/touchsense-tactile-feedback/>
- [7] S. Saga and K. Deguchi: Lateral-Force-Based 2.5-Dimensional Tactile Display for Touch Screen, in Proceedings of Haptics Symposium 2012, 2012.
- [8] L. Winfield, J. Glassmire, J. E. Colgate and M. Peshkin: TPaD: Tactile pattern display through variable friction reduction, in Proceedings of World Haptics 2007, pp.421-426, 2007.
- [9] K. A. Kaczmarek, K. Nammi, A. K. Agarwal, M. E. Tyler, S. J. Haase and D. J. Beebe: Polarity effect in electrovibration for tactile display, IEEE Transaction on Biomed. Eng., Vol.53, No.10, pp.2047-2054, 2006.
- [10] W. M. B. Tiest and A. M. L. Kappers: Kinaesthetic and Cutaneous Contributions to the Perception of Compressibility, in Proceedings of Euro Haptics 2008, pp.255-264, 2008.
- [11] A. Bicchi, E. P. Schilingo and D. De Rossi: Haotic Discrimination of Softness in Teleoperation, IEEE Transactions on Robotics & Automation, vol.16, no.5, pp.496-504, 2000.
- [12] K. Fujita and H. Ohmori: A New Softness Display Interface by Dynamic Fingertip Contact Area Control, in Proceedings of the 5th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, pp.78-82, 2001.
- [13] Y. Matoba, T. Sato, N. Takahashi and H. Koike: ClaytricSurface: An Interactive Surface with Dynamic Softness Control Capability, in Proceedings of CHI'02, pp.355-362, 2002.
- [14] T. Nakamura and A. Yamamoto: Extension of an Electrostatic Visuo-Haptic Display to Provide Softness Sensation, in Proceedings of Haptics Symposium 2016, 2016.
- [15] T. Nakamura, V. Yem and H. Kajimoto: Energy-Efficient Vibrotactile Presentation for Mobile Devices Using Belt Winding, in Proceedings of SIGGRAPH Asia'17 Emerging Technologies, 2017.
- [16] 則枝真, 佐藤誠: パネル駆動型力覚提示タッチパネルとその力覚制御手法の提案, インタラクシオン 2012, 2012.
- [17] P. Punpongsanon, D. Iwai and K. Sato: SoftAR: Visually Manipulating Haptic Softness Perception in Spatial Augmented Reality, IEEE Transactions on visualization and computer graphics, Vol.21, No.11, pp.1279-1288, 2015.
- [18] 村田華蓮, 大石恵利佳, 中村拓人, 梶本裕之, 佐野貴洋, 納谷昌之: 実物の立体像に対する視触覚重畳, 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2017.