

マグネイル：爪装着型磁石を用いたインタラクション

門村 亜珠沙^{1,a)} 椎尾 一郎^{1,b)}

概要：マグネイルは、ユーザの指先にネイルアートとして装着した磁石である。ユーザがマグネイルを装着し、スマートフォンなどを操作する際、機器に標準搭載されている磁気センサにより、指の位置や向きを検出することができる。本稿では、マグネイルを試作し、装着した指の方向を検出する手法を開発した。さらに、これを利用して直感的なモード切り替えを実現したアプリケーションを実装した。

MagNail: Augmented Nail using Magnet for Detecting User's Action with Smart Device

AZUSA KADOMURA^{1,a)} ITIRO SHIO^{1,b)}

Abstract: We propose MagNail that is augmented nail using a magnet for detecting user's actions with smart device. A user puts the small magnet on a certain nail that is not a main input finger. The magnetic sensor of the smart device can detect the user's hand-shape. Then, the smart device provides natural interaction based on the finger's status. As one possibility of using MagNail system, we develop an intuitive mode switching function to a drawing application.

1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレットPCなど（以下、スマートデバイス）の入力画面上やその周囲に置かれた物を利用したインタフェース、Around Device Interaction（以下、ADI）が注目されており、ADIに関連した研究が盛んに行われている [6]。ADI研究では、スマートデバイス周辺において、ユーザの手や、ユーザが操作するタンジブルなオブジェクトの位置や動きを利用したインタラクションが提案されている。また、ADI研究の一部では、ユーザの手の動きを検出するために、手にセンサやタグ（RFIDタグや磁石）などを取り付ける手法が採用されている。

人体に機器やタグを取り付ける場合、衣服やアクセサリのように装着する方式が一般的である。また、一部には体内に組み込む手法も実験されている。人体装着方式は、装着が煩わしい・タイトに装着できないなどの問題点があり、体内に組み込む手法は、人への負担が大きく実用



図 1 マグネイルの概観
Fig. 1 Overview of MagNail



図 2 ネイルアート例（平均厚さ：2.5mm）
Fig. 2 Examples of nail art

¹ お茶の水女子大学大学院 理学専攻 情報科学コース
Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan
a) azusa@is.ocha.ac.jp
b) shio@acm.org

に至っていない。筆者らは、その中間の手法として、人の爪への装着を検討した。人体のうち、人に痛みを与えることなく人工物を装着できる場所は、手足の爪、歯、毛髪などに限られている。中でも手の爪は、HCIの観点から利用しやすく操作しやすい場所である。爪の表面は、比較的平らであり、接着剤などを付けても違和感がなく、人工物を装着する基板として適している。さらに、爪の上に人工物を接着して装飾に使う文化もあり、センサやタグを爪の上にアクセサリとして実装することで、日常生活に溶け込んだユビキタスで実用的な HCI デバイスを実現できる。

本稿では、ユーザの爪にタグとして磁石を装着するインタラクションを提案する。この磁石は、デザイン性のあるネイルアート*1で一般的に使用されるラインストーンに仕立てて、通常の装飾の一部として爪に装着する。これをスマートデバイスに標準搭載されている磁気センサで検出を行い、ユーザの手（指）の状態を自然に認識するシステムである（図1, 図2）。

2. マグネイル

2.1 システム概要

マグネイルは、ユーザの指先にネイルアートとして装着した磁石である（図3）。この磁石から発する磁力を、ほとんどのスマートデバイスに内蔵された地磁気測定用磁気センサで検出することで、特別なセンサを追加することなく、手（指）の状態が識別可能になる。

スマートフォンなどのマルチタッチ入力では、ユーザが入力画面に触れた単一もしくは複数指の位置と動きにより、様々な操作を実現している。タッチ入力デバイスのみでは、タッチ面に触れていない指の状態（位置や向き）を検出することはできないため、それらの情報はインタラクションの手段として活用されてこなかった。そこで我々は、入力画面に触れていない指（爪）の位置や向きをマグネイルで検出し、これらをタッチ操作と組み合わせることで、より自然で有用なインタラクションが実現できるのではないかと考えた。

例えば、ユーザの中指の爪に磁石（マグネイル）を付けた場合、図4のような2つの中指の状態を識別可能である。図4(a)では中指を折り曲げ、図4(b)では中指を伸ばしている。この際、ユーザの中指に装着したマグネイルの向きが反転し、スマートデバイス内蔵の磁気センサが受け取る磁力線の方向が変化する。この識別結果は、例えば、描画アプリケーションにおいて、ペンモードと消しゴムモードを直感的に切り替えるためのユーザインタフェースに利用することができる。すなわち、ユーザが中指を曲げた状態で人差し指をタッチ面に触れた場合（図4(a)）は、ペ



図3 中指の爪に磁石を組み込んだネイルアート

Fig. 3 The nail-art-designed magnet embedded on the middle finger nail

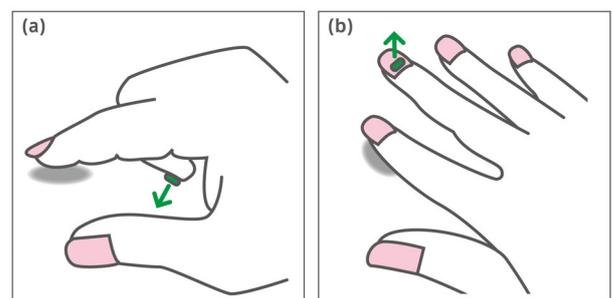


図4 マグネイルを装着した指によるインタラクション

Fig. 4 Interaction using MagNail

ンモードとして描画が可能になり、ユーザが中指を伸ばした状態で人差し指をタッチ面に触れた場合（図4(b)）は、消しゴムモードになり、人差し指で触れた描画部分を消去するようなユーザインタフェースが実現可能である。

図4のような手の状態を検出するためには、従来、手に機器やセンサを装着したり、カメラなどによるコンピュータビジョンの手法が用いられていた。本方式は、スマートフォンなどに既に内蔵されている磁気センサのみで実現し、特殊な追加センサやデバイスを必要としないため実用的である。

2.2 実装

マグネイルにより、図4に示すインタラクションが可能であることを示す目的で、試作品を実装した。マグネイルの素材として、小型ネオジウム磁石（直径5mm×厚さ1.5mm）を採用し、これを筆者の1人（20代女性）の右手中指の爪に装着した。磁気センサを備えたタッチ入力デバイスとして、ASUS社のタブレットPC（Nexus 7：画面サイズ7インチ）を使用し、実験用プログラム等はこの上で稼働するAndroidアプリケーションとして開発した。

このタブレットPCには、画面を縦長に配置した際の右上部分に、地磁気を測定する目的の3次元磁気センサが内蔵されている。図5(左)に示すように、ユーザが画面の左下部分の人差し指でタッチする場面では、中指に装着し

*1 本稿では、2006年頃から流行している、紫外線で硬化するアクリル系樹脂（ジェル）を用いて爪を形作り彩るネイル手法をネイルアートと呼ぶ。

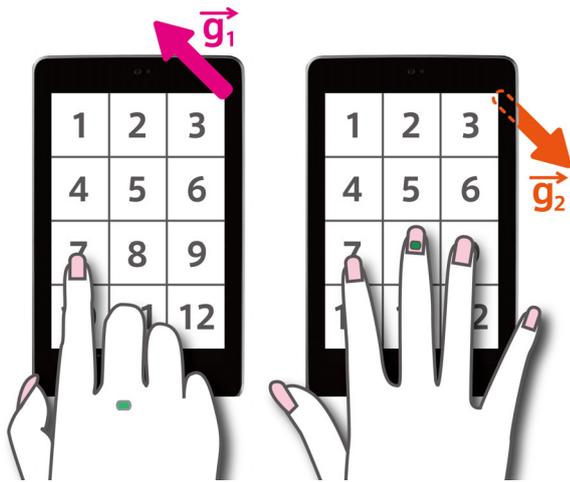


図 5 タブレット PC の右上に内蔵された磁気センサで、マグネイルを装着した中指の方向を検出する。

Fig. 5 Direction of the middle finger is detected by the magnetic sensor embedded at the upper-right corner of the tablet computer.

た磁石からセンサまでの距離が長くなるものの、中指の曲げ伸ばしを検出することは可能であった。

中指に装着した磁石は、ほぼタブレット面と同じ平面上に平らに置かれ、指の伸長により 180 度反転する。この際、磁石中央から発生する磁力線は、タブレット面に対してほぼ鉛直方向 (z 軸) となる。このため、同じ平面に置かれた磁気センサ位置での磁力線の変化も、主に z 軸に現れる。そこで、z 軸方向の磁力線の変化から中指の伸長が判断可能と考えた。しかしながら、実際には、タッチする場所により、x, y 軸方向の変化が大きい箇所もあったため、画面を分割し、それぞれの場所における磁力線の変化方向を測定し、その方向への変化量を利用して、指の伸長を判断することにした。

指の伸長による磁力線の変化方向を測定するために、以下の測定を行った。測定は、建物構造体や機器の影響を除去するために、大学グラウンドの中央にタブレット PC を設置して行った。最初に、マグネイルを遠ざけて磁気を測定し、磁気センサの x, y, z 値を環境磁気ベクトル \vec{G}_0 (主に地磁気と考えられる) とした。次に、図 5 に示すように、筆者の一人がマグネイルを右手中指に装着し、12 分割した画面領域を人差し指でタッチした。このタッチを、中指を曲げた状態 (図 5 左) と伸ばした状態 (図 5 右) で行い、その際の磁気センサ値を測定した。このセンサ値から環境磁気ベクトル \vec{G}_0 を減じたベクトルが、マグネイルにより生じた磁気ベクトルとなるので、これを正規化し、マグネイルで生じる磁気ベクトル方向 \vec{g}_1, \vec{g}_2 を計算した。以上を 12 分割した画面領域のそれぞれに対して測定し、それぞれの場所をタッチした場合にマグネイルが生じる磁気ベクトル方向を求めた。

ここで求めた画面領域ごとの磁気ベクトル方向を用いる

ことで、中指の方向を以下のように判定する。最初に、タブレット PC が設置された場所での環境磁気ベクトル \vec{G}_0 を求める。これには、磁気強度が適切な閾値よりも低い場合に周囲にマグネイルがないと判断して、この際の磁気センサ値を加重平均して環境磁気ベクトル \vec{G}_0 とする、などの方法が考えられる。次に、ユーザが画面をタッチダウンまたはアップした際に、磁気測定を行う。この際の測定値を \vec{G}_x とする。これから環境磁気ベクトル \vec{G}_0 を除去し、その画面領域に対応する磁気ベクトル方向 \vec{g}_1, \vec{g}_2 への射影を計算し、その値の大小により、マグネイルを装着した中指の伸長を判断する。すなわち、

$$f(n) = (\vec{G}_x - \vec{G}_0) \cdot \vec{g}_n \quad (1)$$

を計算し、 $f(1)$ と $f(2)$ の大小を比較し中指の伸長を判断する。

2.3 アプリケーション例

前節で述べたマグネイルによる中指の伸長判定を利用したアプリケーション例として、マグネイルお絵描きアプリを開発した (図 6)。これはマグネイルを中指の爪に装着したユーザが、図 6 左のように中指を曲げて操作すると、人差し指でのドラッグがペン (描画) モードになり、図 6 右のように中指を伸ばして操作すると消しゴム (消去) モードに切り替わる描画アプリケーションである。指にインクや粉絵の具を付けて紙に描画する動作と、指の腹で紙を擦ってインクを消しとる動作に近い操作により、実世界の知識を利用した直感的なインタフェースを実現している。

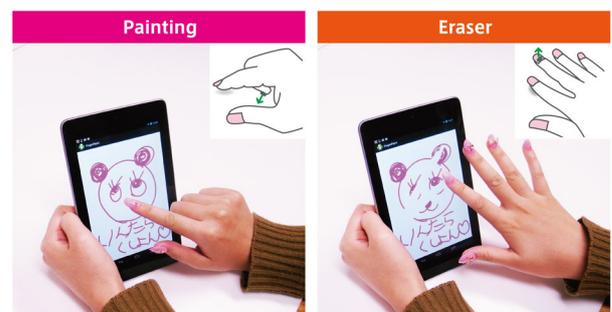


図 6 中指に装着したマグネイルにより描画・消去モードを切り替える描画アプリケーション

Fig. 6 Paint application with pen/eraser mode switching by MagNail attached to the middle finger nail

3. 関連研究

はじめに述べたように、ユーザの手 (指) の動きをスマートデバイスに内蔵されているセンサを用いて検出する研究が行われている。本研究と同様に、スマートデバイスに内蔵されている磁気センサを用いた研究として、MgiTact[5] と GaussSketch[7] が挙げられる。MagiTact では、スマー

トフォンに内蔵されている磁気センサを用いて、3D空間での磁石の位置検出を実現している。また GaussSketchでは、磁石を内蔵した導電性のペンを用いて、スマートフォン上で入力を行う際の、ペンの圧力や傾きなどを検出している。

また、磁石を手に装着して入力に利用する研究もいくつか発表されている。Abracadabra[3]は、腕輪型のモバイル端末に対して、この上を、磁石を装着した指先で入力する際の、微細な指の傾きなどを検出するシステムである。Nenya[1]は、磁石付き指輪を装着したユーザが指輪を回す動作を、磁気変化をによって検出し、入力に利用する手法を提案している。uTrack[2]は、親指に磁石を、他の指に磁気を検出するデバイスを装着することで、ユーザの指の位置をリアルタイムに検出している。我々は、入力に用いる主要な指以外の爪（本稿では中指の爪）に磁石を装着することで、位置や動作など、ユーザの手（指）の状態の検出を行い、多彩な入力の可能性を提案した。さらに、装着する磁石をファッション性の高いアクセサリに仕立てることで、一般的に普及しているネイルアートと同様に、日常生活においてユーザが抵抗なく装着し続けることが可能なデバイスとした。

爪に着目した研究では、以下が挙げられる。Hwangらは指を物体に押しつけた際の爪の色の変化（押しつける強さに応じて爪の色が白色～桃色に変化）をカメラで検出し、それを利用したスマートフォンアプリケーションを提案している[4]。VegaらはRFIDタグをネイルアートの一部として爪に付けることで、指を機器操作のスイッチなどとして利用する手法を提案している[8]。我々は、ネイルアートの一部として磁石を爪に装着することで指の状態を検出できることを示し、Androidアプリケーションの実装により、スマートフォン上でのインタラクションの可能性を具現化した。

4. まとめと今後の展望

本研究では、スマートデバイスに標準搭載されている磁気センサと、ユーザの爪に装着した磁石を用いて、ユーザの手（指）の状態を自然に検出するシステムを提案した。本方式は、スマートデバイス搭載のセンサのみを使用し、これ以外に必要なものは安価で入手が容易な磁石のみである。その磁石をネイルアートの一部として魅力的に装飾し、ユーザの爪に装着することで、実現性・ファッション

性からも人々に受け入れられやすいウェアラブルなシステムとした。また、スマートデバイスのセンサで検出可能な爪に装着した磁石の向き（ユーザの手の状態）に、直感的な意味付けを行い、情報操作のモード切り替えを行うアプリケーションを実装した。このアプリケーションでは、入力に用いる主要な指（人差し指）をマルチタッチデバイスでのインタラクションに使用する以外に、副次的な指（本稿では、中指）の状態も利用するインタラクションには、様々な可能性があると考えている。今後もマグネイルを使用した多彩で直感的なアプリケーションを開発していきたい。

謝辞 本研究はJSPS 科研費25・10205の助成を受けた。

参考文献

- [1] Ashbrook, D., Baudisch, P. and White, S.: Nenya: Subtle and Eyes-free Mobile Input with a Magnetically-tracked Finger Ring, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '11* (2011).
- [2] Chen, K.-Y., Lyons, K., White, S. and Patel, S.: uTrack: 3D Input Using Two Magnetic Sensors, *Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '13* (2013).
- [3] Harrison, C. and Hudson, S. E.: Abracadabra: Wireless, High-precision, and Unpowered Finger Input for Very Small Mobile Devices, *Proceedings of the 22Nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '09* (2009).
- [4] Hwang, S., Kim, D., Leigh, S.-w. and Wohn, K.-y.: NailSense: Fingertip Force As a New Input Modality, *Proceedings of the Adjunct Publication of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '13 Adjunct* (2013).
- [5] Ketabdardar, H., Yüksel, K. A. and Roshandel, M.: Magi-Tact: Interaction with Mobile Devices Based on Compass (Magnetic) Sensor, *Proceedings of the 15th International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI '10* (2010).
- [6] Kratz, S. and Rohs, M.: HoverFlow: Expanding the Design Space of Around-device Interaction, *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '09* (2009).
- [7] Liang, R.-H., Cheng, K.-Y., Chen, B.-Y. and Yang, D.-N.: GaussSketch: Add-on Magnetic Sensing for Natural Sketching on Smartphones, *ACM SIGGRAPH 2012 Posters, SIGGRAPH '12* (2012).
- [8] Vega, K. and Fuks, H.: Beauty Technology As an Interactive Computing Platform, *Proceedings of the 2013 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ITS '13* (2013).