

# イヤホンを用いたスマートフォンの操作と個人認証

山本 涼太<sup>†1</sup> 宮下 芳明<sup>†1,2</sup>

本稿ではスマートフォン端末内部の磁気センサに着目し、イヤホンの移動による磁束密度の変化を利用した非接触の入力手法を提案する。画面にスクロールバーなどのユーザインタフェースを表示することもなく、また指で遮蔽することもないため、情報の描画領域を全画面に保ったままの操作が行える。またイヤホンの種類、端末に対する位置、方向の違いによって磁気センサの値が変化することを調査し、その差異に基づいた個人認証手法を提案する。

## Operation and Authentication of Smart Phone by Earphone

RYOTA YAMAMOTO<sup>†1</sup> HOMEI MIYASHITA<sup>†1,2</sup>

In this paper, we focus on embedded compass (magnetic) sensor in smartphone, and present a new method for touch-less input to smartphone by change of the magnetic field that occurs from moving the earphone. There is no extra UI like scroll bars, and fingers does not have to obstruct the screen, so we can operate smartphone with contents displayed in full screen. Also, we studied differences in the magnetic field due to type, position and direction of the earphone, and present a new method for authentication with those differences.

### 1. はじめに

近年普及したスマートフォンやタブレット型コンピュータは、内蔵されたセンサにより端末に対する外界の情報を取得することができ、またそれを利用してボタンやタッチパネル以外からユーザが入力を行える。例えば加速度センサやジャイロセンサを用いれば、重力を基に端末の傾きが取得でき、また3次元空間での端末の動きが入力可能である[9][13]。磁気センサを用いれば地磁気を基にして端末の方向や、金属や電子機器の起こす磁束密度の変化が取得できる。

磁気センサは周囲の磁束密度の変化を3次元で取得することができ、またその変化量を利用した非接触の入力手法も研究されている[1][3][4][5]。これらの研究では入力に磁石の指輪や棒を使用している。そのためユーザは端末とともにそれらの磁石を持ち歩かなければならない。

そこでスマートフォンやタブレット型コンピュータとともに用いられることの多いイヤホンに着目する。イヤホンの内部には磁石が組み込まれており、端末周辺の空間に磁束密度の変化を起こすことが可能である。そのためイヤホンの端末に対する位置や向きを変えることで、センサが検知する磁束密度を変えることができる。さらにその変化はイヤホンの種類によっても異なる。

本稿ではイヤホンと端末内部の磁気センサを利用した非接触の入力手法を提案する。ユーザは図1のように端末に触れず、イヤホンを動かすことによって端末の操作を行える。またイヤホンの種類、向きと位置による磁束密度の

変化の違いを調査し、それを利用した個人認証手法を提案する。

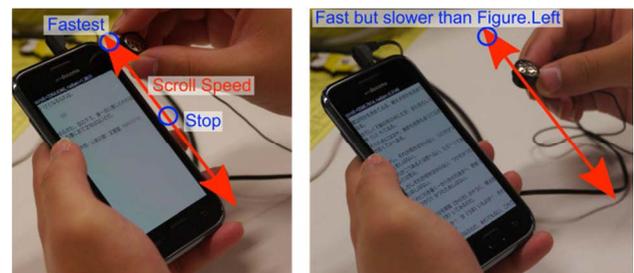


図1 イヤホンの位置によるスクロール制御

Figure 1 Scroll by Position of Earphone.

### 2. 関連研究

#### 2.1 磁気センサを用いた携帯端末への入力

KetabdarらとShiraziらは指輪状、あるいは棒状の磁石を用いて携帯端末にジェスチャ入力をする手法を提案している。KetabdarらはiPhone3GS上で磁気センサの出力から得られる特徴量を基に、端末周辺で磁石を持って行うジェスチャを認識するシステム、MagiTactを提案している[3][4]。実験により高い認識精度でジェスチャ認識可能であり、また簡便な処理によってiPhone3GS上でリアルタイムに処理が出来ることも明らかにされている。またKetabdarらはこのジェスチャを用いて、携帯端末に対して弦楽器を引くような動作、打楽器を叩くような動作のジェスチャを入力することで仮想楽器を演奏するシステム、MagiMusicを提案している[5]。

さらにShiraziらは同様に棒状の磁石を動かした軌跡を認証に用いる手法、MagiSignを提案している[1]。同システムを用いて、覗き見による不正な認証の突破の問題を解決するためにビデオを用いた実験を行っている。実験の結果、不正な認証の突破に対し高い耐性があることを示している。

<sup>†1</sup> 明治大学大学院 理工学研究科 新領域創造専攻  
Program in Digital Contents Studies, Program in Frontier Science and  
Innovation, Graduate School of Science and Technology, Meiji University

<sup>†2</sup> 独立行政法人科学技術振興機構, CREST  
JST, CREST

## 2.2 イヤホンを用いたインタラクション

イヤホンを入力インタフェースとして利用する研究の多くはイヤホンに対してセンサの拡張を行っている。

谷口らはウェアラブルコンピュータ用コマンド入力装置として、イヤホンの内部に光学式距離センサを組み込み外耳の動きを入力情報とするみみスイッチを提案している[12]。ユーザの表情の変化により外耳道が変化し、鼓膜とセンサの相対距離が変化する。この変化を検出することで、ユーザの強い瞬きなどの表情変化を利用した入力を可能にしている。

真鍋らはヘッドホン及びイヤホンに電極を設置し、EOG法に基づいた視線計測を行い、また視線の動きから入力を行うインタフェースを提案している[15]。提案手法によって姿勢の制限や顔面を覆うデバイス無しでの視線計測を可能とし、さらに計測した視線の動きを用いたジェスチャ入力を主なアプリケーション例として挙げている。

イヤホン装着する際には両耳に適切なチャンネルのイヤホンを装着するのを面倒に感じる場合がある。また片耳だけ装着している状態では一方のチャンネルの音しか聞こえない問題がある。この問題に対し松村らは、イヤホンに近接センサを取り付け、外耳との距離からイヤホン自身が適切なチャンネルを選択する Universal Earphones を提案している[7]。またイヤホン間の導電性を計測することで、1人の装着者に対してイヤホンが両側装着されているかどうかを判断することが可能である。片側だけの場合は左右のチャンネルをミックスした音を出力することで、例えば2人で1つのイヤホンを共有している状態などに対応できる。

これらの研究ではイヤホンからの入力に専用のイヤホンが必要である。ユーザは好みのイヤホンを使用することができない。真鍋らは簡便な回路を用いて通常のイヤホンに対してタップ入力を可能にする手法を提案している[6]。実装されたプロトタイプではイヤホンと端末の間に回路が組み込まれており、イヤホン自体には拡張が行われていない。ユーザは左右のイヤホンのタップの組み合わせ、もしくは片方のタップのリズムを用いて端末に入力が可能である。

## 2.3 携帯端末の機能拡張

画面の小さな端末ではコンテンツのスクロール操作と編集操作、その切り替え操作が煩雑になる問題があげられる。これに対し椎尾らは文鎮メタファを利用したインタフェースを提案している[11]。端末に追加されたタッチセンサに触れた状態では編集操作、離れた状態では文鎮で押さえていない紙にペンで書きこもうとすると移動するようにスクロール操作が行え、スムーズな操作の切り替えが可能である。

タッチスクリーンによる端末の操作は直感的であるが、入力状態の確認は一般的に視覚情報のみによって行われる。これに対し Park らはディスプレイ裏側に組み込んだ磁石板とスタイラスに組み込んだ電磁石の間に発生する磁力に

よって、触覚フィードバックを出力する手法を提案している[8]。磁石の引き合う力により、ドラッグ操作の際に摩擦がかかるようなフィードバックの出力などが可能である。

またタッチスクリーンには操作時の皮脂による汚れ、指による遮蔽や入力の正確性も問題として挙げられる。これに対して渡辺らは端末のカメラに光学式の力分布測定手法である GelForce を利用したデバイスを装着することで、入力インタフェースの拡張を行った[16]。端末自体のハードウェア的な改良が不要であり、また指先が加える3次元的な力とトルクの入力が可能である。

将来的に端末の画面が小型化していく場合には前述の問題がより顕著になると考えられる。これに対して Baudisch らは表示画面が極小なデバイスに対して背面から指で操作する方式 nanoTouch を提案している[2]。

また岩渕らは全面と背面、両面から入力可能な透明インタラクティブディスプレイを提案している[10]。表示に対する指の遮蔽問題の解決だけでなく、レイヤー構造のウィンドウ操作、3DCGの直感的な操作、対面型ゲームのような2人のユーザが対面してそれぞれの側から入力を行う可能性を、アプリケーション例として挙げている。

外部インタフェースを追加せずに、端末内部のジャイロセンサを利用して入力の拡張を行う手法を中島らは提案している[13]。端末の4隅を表から指でタップした時の加速度センサの値、ジャイロセンサの値を調査し、ジャイロセンサのピッチ角から上下の判別が77.5%で可能、ロール角から左右の判別が50%で可能という結果を出している。

## 2.4 個人認証

インターネットの発達や携帯端末の普及により、我々の求められる個人認証の機会は増大している。一般的にはパスワードがそれに用いられるが、強力なパスワードは覚えにくいというコピーが容易である。そのためパスワードを用いない個人認証の手法が研究されている。

増井らは画像認証や指紋印象など任意の認証手法をパスワードにマッピングすることで、既存のパスワード入力に対し新しい認証手法を利用できる「マイ認証」を提案している[17]。例えばパスワード入力に対し画像認証を用いると、正しい画像の選択を繰り返すことで、システムによりパスワードが入力される。

石原らは携帯端末の認証に対して端末の動きを用いた個人認証手法「3D動作認証」を提案している[9]。端末をもった状態で特定の動作を行うことで、端末の加速度センサの値から判断された動作特徴によって個人認証が行われる手法である。

個人認証の際に周囲の人が入力操作に気が付かない、またはどのような操作を行っているか近くされなければ、個人認証をより安全に行えると考えられる。真鍋らは周囲の人に知覚されない程度の微小動作をセンサから検出し、認証に利用する AwareLESS 認証を提案している[14]。実験で

は圧力センサを用いて、押下リズムの入力によって個人認証を行っている。

### 3. 実装

本稿では入力インタフェースにイヤホンと携帯端末内蔵の磁気センサを用いる手法を提案する。3.1 節でイヤホンによる磁束密度の変化を利用した入力、3.2 節で磁気センサからの値の取得について述べる。

#### 3.1 イヤホンによる磁束密度の変化を利用した入力

イヤホンには一般的に磁石が内蔵されているため、イヤホンの周囲には磁束密度の変化が起こる。この磁束密度の変化を磁気センサで計測する。磁気センサの出力値は、イヤホンに内蔵された磁石の性質、イヤホンと磁気センサの位置関係及び方向関係に影響を受ける。このためイヤホンを動かすことで磁気センサの出力値を変化させることが可能であり、イヤホンと磁気センサを入力インタフェースとして使用することが可能である。

Android 端末の磁気センサは周囲の磁束密度を  $\mu\text{T}$  単位で取得可能である。そのため周囲の地理的状況や磁性体、電器製品による磁束密度の変化を敏感に検知可能である。よってイヤホン、メモを貼り付ける小型の磁石、はさみなどの金属製品、他の携帯端末など、簡易に入手可能なモノを入力インタフェースとして使用することが可能である。本稿ではその中でも携帯端末とともに使用される状況の多い、イヤホンを入力インタフェースに用いる。

#### 3.2 磁気センサからの値の取得

プロトタイプシステムは磁気センサを内蔵する携帯端末として SAMSUNG 社の GALAXY S SC-02B で動作させた。昨今の携帯端末の多くには電子コンパスとして磁気センサが内蔵されている。そのため他の携帯端末でも同様の実装が可能と考えられる。

一般的に磁気センサは地磁気を拾うことで、コンパスの役割を果たすために使用される。Android 端末に搭載されている磁気センサは、端末正面から左から右に  $x$  軸、下から上へ  $y$  軸、裏から表へ垂直に  $z$  軸の、3 軸の磁束密度を  $\mu\text{T}$  単位で取得することが可能である。

センサから取得できる値にはノイズが含まれる。センサ付近に他の電子機器や磁石などがなく、センサの出力に影響を与えるのが地磁気のみ状態であっても値の誤差は大きい。そのためセンサから出力された値を  $\alpha$  倍 ( $0 < \alpha < 1$ ) し、その値とひとつ前の値を  $(1 - \alpha)$  倍した値との和を現在の値とする、ローパスフィルタを用いる。プロトタイプでは  $\alpha$  は 0.1 とした。

磁気センサから取得できるのは地磁気、周囲の磁性体全てが引き起こす磁束変化の合成である。そこで、あらかじめセンサの周囲に入力に用いる物体が無い状態の値を初期値として記録し、入力中のセンサの値との差分を取る。この差分が入力に用いている物体が引き起こす磁束密度の変

化である。プロトタイプでは 60fps で 3 秒間、フレーム毎のローパスフィルタに通した磁気センサ出力値の平均を取り、初期値とした。

### 4. イヤホンによる操作

イヤホンによる携帯端末の操作の一例として、画面に表示されたコンテンツのスクロール操作を挙げる。タッチパネルディスプレイを備える携帯端末では、画面に表示されたコンテンツのスクロール操作は画面に対してフリック操作をすることで行われる。しかし操作中には操作している指によってコンテンツの一部が隠れる。よってコンテンツを閲覧しながらの連続的な入力は困難である。本稿ではその解決手法としてイヤホンによるスクロール操作を提案する。

プロトタイプアプリケーションでは、端末の側面でイヤホンを動かすことでコンテンツをスクロール操作することを可能にした。ユーザは端末に対してイヤホンの位置を動かすことで操作を行う。スクロール操作の入力値には磁気センサから出力値の内、 $y$  軸及び  $x$  軸の値を逆正接関数の引数とし、そこから導きだされる角度を用いた。これにより、端末の横側にそってイヤホンを移動する操作でコンテンツの上下スクロールが可能となった。またイヤホンの移動に応じて磁気センサの  $x \cdot y$  軸の値が連続的に変化するため、イヤホンの位置を調整することでスクロール速度の連続的な調整が可能である。イヤホンを端末の上下端の方向に持っていくほどスクロール速度は速くなり、またイヤホンと端末の距離に反比例して、イヤホンの上下移動によるスクロール速度の変化量が変化する。

本稿のプロトタイプではイヤホンの上下に応じて起こる磁束密度の変化に最適化した実装を行っている。しかしイヤホンの位置の変化だけでなく、向きの変化によってもセンサの受け取る値は変化するため、イヤホンの向きに応じたスクロール速度の加減速と方向制御も可能である。イヤホンからの入力値は磁気センサの値の変化である。そのためイヤホンの向きの変化によって起こる磁束密度の変化など、イヤホンに対して他の動作をした時に最適化した入力も考えられる。

### 5. イヤホンによる個人認証

端末に内蔵された磁気センサからの出力は、センサと入力に用いるイヤホンの位置関係、方向関係に影響を受ける。また入力に用いるイヤホンの種類の違いによっても周囲の磁束密度の変化は異なる。本節ではこれらの条件により異なる磁束密度の変化を用いた個人認証の可能性を考察する。

#### 5.1 予備調査

予備調査にはアプリケーションのプロトタイプ実装と同様に SAMSUNG 社の GALAXY S SC-02B を用いた。

イヤホンに関する条件による磁束密度の変化を調査す

るため、端末側の初期設定を行う必要がある。まず端末の位置を固定し、その状態のセンサの値を記録した。センサからの値の取得には誤差が含まれるため 60fps で 3 秒間、フレーム毎のローパスフィルタに通した磁気センサ出力値の平均をイヤホンによる入力がない状態での磁束密度とした。予備調査では端末に対する位置、向きを図 2 のように 6 方向、4 箇所を設定した。

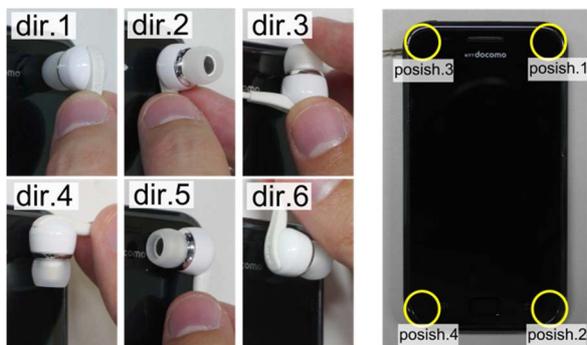


図 2 (左) イヤホンの向き (右) 四隅のイヤホンの位置  
Figure 2 Left: Direction. Right: and Position of Earphone

### 5.2 イヤホンの種類による磁束密度変化

端末に対するイヤホンの種類による磁束密度の変化を調査するために予備調査を行った。端末は前述の初期設定を行った状態である。調査には右耳側のイヤホンを用い、向きを図 2 の向き 5 で固定し、位置を右上とした。調査は

メーカー及び型番のいずれかがそれぞれ異なるイヤホン 7 つを使用して行った。

上記の条件でイヤホンの種類を変え、60fps で 10 秒間、フレーム毎のローパスフィルタに通した磁気センサ出力値を計測した。それぞれの位置における磁束密度変化の値を表 1 及び図 3 に示す。

同じ位置に同じ向きでイヤホンを置いたとしても、イヤホンの種類によってイヤホンによる磁束密度の変化が違いますが、結果の表及びグラフから推察される。このため個人認証の鍵の一部にイヤホンの種類を組み込むことは十分可能であると考えられる。

### 5.3 イヤホンの向きによる磁束密度変化

端末に対するイヤホンの向きによる磁束密度の変化を調査するために予備調査を行った。端末は前述の初期設定を行った状態である。調査に使用するイヤホンは同端末の付属品を使用した。

本実験ではイヤホンの位置は図 2 右側に示された 4 箇所の位置のうち、端末の表側右上端部とした。この状態で右耳側のイヤホンを用い、イヤホンのイヤピース部を先側として図 2 左側のように、端末の画面と水平な平面に対し垂直に奥側方向、手前側方向、並行に上下左右、合計 6 方向の向きによる磁束密度の変化を調査した。

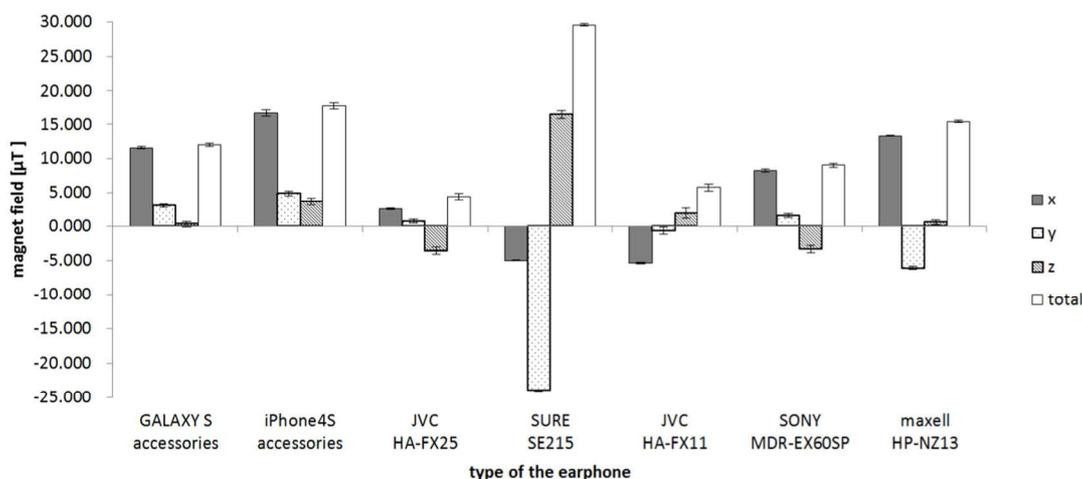


図 3 イヤホンの種類ごとの磁束密度  
Figure 3 Differences in the Magnetic Field Due to Type of the Earphone.

表 1 イヤホンの種類ごとの磁束密度

Table 1 Differences in the Magnetic Field Due to Type of the Earphone.

	GALAXY S accessories	iPhone4S accessories	JVC HA-FX25	SURE SE215	JVC HA-FX11	SONY MDR-EX60SP	maxell HP-NZ13
x [ $\mu$ T ]	11.588	16.652	2.570	-4.977	-5.377	8.271	13.330
y [ $\mu$ T ]	3.045	4.913	0.772	-24.019	-0.611	1.565	-6.087
z [ $\mu$ T ]	0.343	3.671	-3.516	16.420	1.958	-3.286	0.579
total [ $\mu$ T ]	11.995	17.754	4.444	29.528	5.783	9.044	15.413

それぞれの向きでイヤホンを固定した状態で 60fps で 10 秒間、フレーム毎のローパスフィルタに通した磁気センサ出力値を計測した。それぞれの向きにおける磁束密度変化の値を表 2 及び図 4 に示す。

同じ位置に同じイヤホンを置いたとしても、向きの違いによってイヤホンによる磁束密度の変化が違うことが、結果の表及びグラフから推察される。またイヤホンの向きも図 2 左側の 6 種類以外のユーザの記憶しやすい向きでの登録が考えられる。このため個人認証の鍵の一部にイヤホンの向きを組み込むことは十分可能と考える。

### 5.4 イヤホンの位置による磁束密度変化

端末に対するイヤホンの向きによる磁束密度の変化を調査するために予備調査を行った。端末は前述の初期設定を行った状態である。調査に使用するイヤホンは引き続き同端末の付属品を使用した。

本実験では端末の右上、右下、左上、左下の位置に右耳側のイヤホンを図 2 左側の向き 5 で固定した状態で、60fps で 10 秒間、フレーム毎のローパスフィルタに通した磁気センサ出力値を計測した。それぞれの位置における磁束密度変化の値を表 2 及び図 4 に示す。

同じ向きに同じイヤホンを置いたとしても、位置の違いによってイヤホンによる磁束密度の変化が違うことが、結

果の表及びグラフから推察される。また実際に使用する場合にイヤホンを置く位置は、実験に使用した 4 か所以外にもユーザの記憶しやすい任意の位置が使用されることが考えられる。このため個人認証の鍵の一部にイヤホンの位置を組み込むことは十分可能であると考えられる。

### 5.5 プロトタイプ実装

実験の結果に基づき、イヤホンの位置、向き、種類による磁束密度の変化を利用した個人認証プログラムのプロトタイプを実装した。認証を設定する際、ユーザは端末に対しイヤホンを任意の位置に移動させ、その状態のイヤホンによる磁束密度の変化量を端末に記録させる。この動作を任意の回数繰り返す。これにより、イヤホンの種類、端末に対する位置、向き、登録回数と登録順による認証が設定される。

認証に使用されるイヤホンはユーザそれぞれによって異なると考えられる。また登録可能な向きは図 2 左側に示した 6 種類だけでなくユーザの記憶しやすい任意の向きであり、位置も図 2 右側に示した端末の 4 隅だけでなくユーザの記憶しやすい任意の位置である。

さらにイヤホンの位置は図 5 左側のように端末の形状特徴だけに基づいた位置とは限らない。

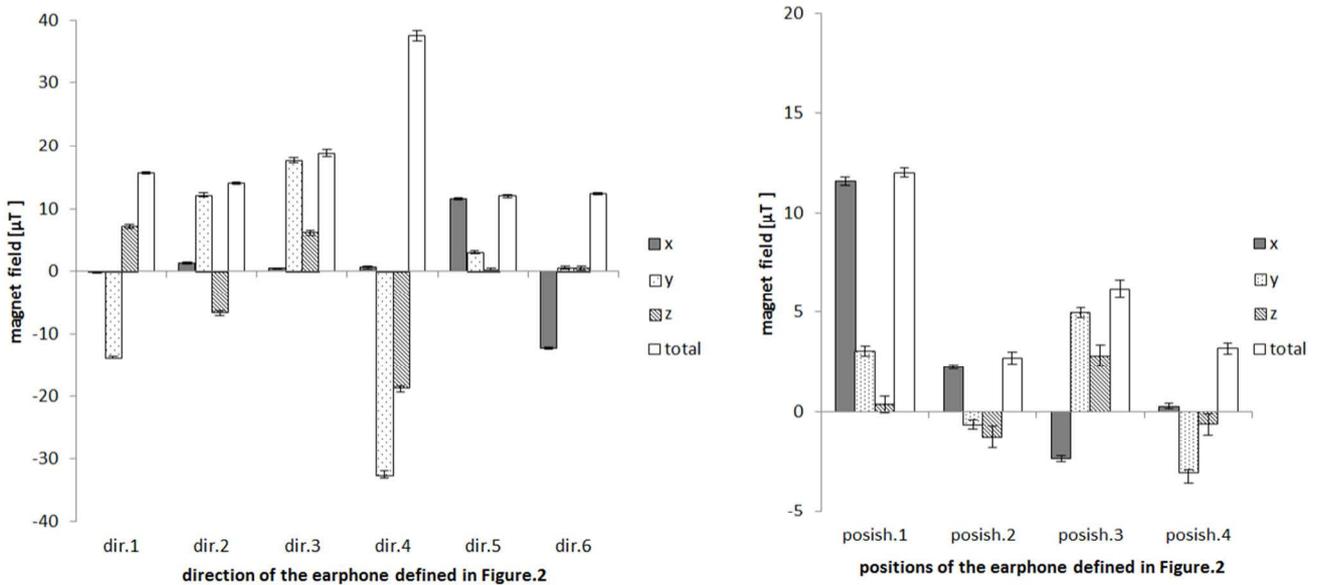


図 4 (左) イヤホンの位置ごとの磁束密度 (右) イヤホンの向きごとの磁束密度

Figure 4 Left: Differences in the Magnetic Field Due to Position of the Earphone. Right: Due to Direction.

表 2 イヤホンの位置及び向きごとの磁束密度

Table 2 Differences in the Magnetic Field Due to Position and Direction of the Earphone.

	posish.1	posish.2	posish.3	posish.4	dir.1	dir.2	dir.3	dir.4	dir.5	dir.6
x [ $\mu T$ ]	11.588	2.229	-2.365	0.280	-0.119	1.361	0.458	0.668	11.588	-12.330
y [ $\mu T$ ]	3.045	-0.634	4.953	-3.074	-13.762	12.235	17.590	-32.510	3.045	0.596
z [ $\mu T$ ]	0.343	-1.260	2.810	-0.608	7.254	-6.626	6.232	-18.675	0.343	0.693
total [ $\mu T$ ]	11.995	2.681	6.177	3.180	15.566	13.994	18.673	37.500	11.995	12.375

端末の形状特徴及び自身の身体特徴に基づいた位置で登録を行うことが可能である。イヤホンの位置や向きは意味性を認知しづらい強度なパスワードに比べてより直感的であると考えられる。

この認証を解くためには、同じイヤホンが必要であり、その状態でも同じ向き、同じ位置で磁束密度の変化を端末に認識させ、さらにそれを登録された順に登録された回数入力する必要がある。この認証を何も情報を与えられていない他者が突破することは十分難しいと考えられる。



図 5 イヤホンの種類、位置と向きの登録の一例

Figure 5 Example of Personal Registration with Type, Position and Direction of the Earphone.

## 6. まとめと今後の展望

本稿ではイヤホンの種類、位置と向きによって生じる磁束密度の変化による携帯端末への入力を提案し、アプリケーション例としてスクロール操作と個人認証への応用を提案した。現在普及している携帯端末の多くには電子コンパスとして磁気センサが組み込まれており、またセンサの値は、端末とともに用いられることの多いイヤホンを近づけることで変化させることが十分可能である。

スマートフォンのようなタッチパネルを主な入力インタフェースとした端末では、機能や操作を拡張するために画面内にタッチ操作可能なオブジェクトを配置するか、あるいはその機能や操作に新たなジェスチャを対応づける必要がある。しかし画面内にオブジェクトを配置すると、そのオブジェクトの描画領域に応じて他の情報の描画領域は小さくなる。またジェスチャはユーザがそのジェスチャと操作の対応関係を1つ1つ正しく記憶しなければならず、ジェスチャ操作の複雑化はユーザにとって大きな負担となる。

しかし本稿のように非接触の入力手法であれば、画面にスクロールバーなどのユーザインタフェースを表示することもなく、また操作の度に指で画面を遮蔽することもない。情報の描画領域を全画面に保ったままの操作が行え、画面の閲覧と同時の操作が可能である。さらに位置を基にした入力ならばジェスチャやフリック操作のように操作が非連続的にならず、連続的な値の操作が可能となる。

また予備調査によりイヤホンの種類、位置と向きがそれぞれ変わることによって磁気センサの値も変わることを確かめ、個人認証への利用の可能性を示した。今後はイヤホンを利

用した個人認証に対して、認証精度と他者による突破の難度を明らかにする実験を行う。

## 参考文献

- 1) Alireza Sahami Shirazi, Peyman Moghadam, Hamed Ketabdar, Albreecht Schmidt: Assessing the Vulnerability of Magnetic Gestural Authentication to Video-Based Shoulder Surfing Attacks, CHI2012, pp.2045-2048(2012).
- 2) Baudisch, P. and Chu, G.: Back-of-device interaction allows creating very small touch devices, CHI 2009, pp.1923-1932(2009).
- 3) Hamed Ketabdar, Mehran Roshandel, Kamer Ali Yüksel: Towards Using Embedded Magnetic Field Sensor for Around Mobile Device 3D Interaction, In Proc. of MobileHCI'10, PP.153-156(2010).
- 4) Hamed Ketabdar, Kamer Ali Yüksel, Mehran Roshandel: MagiTact: Interaction with Mobile Devices Based on Compass (Magnetic) Sensor, In Proc. of IUI'10, pp.413-414(2010).
- 5) Hamed Ketabdar, Amirhossein Jahnbeqam, Kamer Ali Yüksel: MagiMusic: Using Embedded Compass (Magnetic) Sensor for Touch-less Gesture Based Interaction with Digital Music Instruments in Mobile Devices, In Proc. of TEI'11, pp.241-244(2011).
- 6) Hiroyuki Manabe and Masaaki Fukumoto: Tap control for headphones without sensors, In Proc. of UIST '11, pp.309-313(2011).
- 7) Kohei Matsumura, Daisuke Sakamoto, Masahiko Inami, and Takeo Igarashi: Universal Earphones: Earphones with Automatic Side and Shared Use Detection, In Proc. of IUI 2012, pp.305-306(2012).
- 8) Su-Min Park, Kwangyong Lee, Ki-Uk Kyung: A New Stylus for Touchscreen Devices, Consumer Electronics(ICCE), 2011 IEEE International Conference, pp.491-492(2011).
- 9) 石原進, 太田雅敏, 行方エリキ, 水野忠則: 端末自体の動きを用いた携帯端末向け個人認証, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2997-3007(2005).
- 10) 岩渕正樹, 寛康明, 苗村健: 両面タッチ入力可能な透明インタラクティブディスプレイの基礎検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2008, pp.1151-1156(2008).
- 11) 椎尾一郎, 辻田眸: 文鎮メタファを利用した小型情報機器向けインタフェース, 情報学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1221-1228(2007).
- 12) 谷口和弘, 西川敦, 小林英津子, 宮崎文夫, 佐久間一郎: みみスイッチ: 外耳の動きを入力情報とする常時装用型入力装置, インタラクシオン 2010 論文集, pp.243-246(2010).
- 13) 中島崇之, 三浦元喜: フレームタップ操作によるタブレット入力拡張方式の検討, インタラクシオン 2012 論文集, pp.361-366(2012).
- 14) 真鍋宏幸, 福本雅朗: AwareLESS 認証: 微小動作による無感知認証, インタラクシオン 2007 論文集, pp.55-56(2007).
- 15) 真鍋宏幸, 福本雅朗: ヘッドホンを用いた EOG 法による視線入力インタフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.52, 1515-1526(2011).
- 16) 渡辺陽一, 佐藤克成, 牧野泰才, 前野隆司: 光学式力測定法を用いた携帯型タッチパネル端末用入力デバイスの提案, インタラクシオン 2012 論文集, pp.521-526(2012).
- 17) 増井俊之, 塚田浩二, 高田哲司: マイ認証, インタラクシオン 2006 論文集, pp.25-26(2006).