

EchoKey: ヒアラブルデバイスの耳音響認証を利用した 穴形状識別による様々なアプリケーションの提案

小松 遼也^{*1} 南林 優作^{*1} 尾崎 亮太^{*1} 石井 貴翔^{*2}
堀江 元丈^{*2} 渡辺 士恩^{*2} 伊藤 雄一^{*2}

EchoKey: Proposal for Various Applications Using Hole Shape Identification
with Ear Acoustic Authentication of Hearable Devices

Ryoya Komatsu^{*1}, Yusaku Minamibayashi^{*1}, Ryota Ozaki^{*1}, Takato Ishii^{*2},
Motohiro Horie^{*2}, Shion Watanabe^{*2}, and Yuichi Itoh^{*2}

Abstract – This project provides a system that interacts in various ways by recognizing the shape of the hole using the ear acoustic recognition function of a hearable device. We thought it would be possible to realize a system that recognizes the shape of the hole using the ear acoustic recognition function of a hearable device. Each hole into which the device is inserted is made in a unique shape, with a difference that is imperceptible to the human finger. The device's proximity sensor recognizes that it has been inserted into a hole, and by applying the ear acoustic recognition function to identify the inserted hole based on the slight difference in shape, it is possible to interact with the corresponding application. In this project, three applications are proposed: a multiple-hole quiz, a dial safe unlocking, and object motion identification.

Keywords : Key, Security, Audio feedback, Acoustic

1. はじめに

大事なものを他人から守るための技術として誕生した鍵は、現在では私たちの生活に欠かせないものになっており、セキュリティや利便性といった面を考慮しつつ、形を変えながら進化し続けている。この歴史は諸説あるものの、古くは紀元前までさかのぼるといわれている^[1]。現代ではシリンダー錠と呼ばれているものが広く普及しており、これはピッキングやバンピングなどの不正な方法で解錠されてしまうことがある。これを受けて最近では、電子錠と呼ばれる形式のものが使われることがある。電子錠の手法には、パスワードなどを入力して解錠する知識認証や、指紋や顔などの身体的特徴を利用する生体認証などがあり、その手法は多岐にわたっている。

そこで私たちは、日常的に使用・装着しているものを解錠に利用できないかというアイデアから、ヒアラブルデバイスを利用し物理的な錠、知識認証、生体認証の面を併せ持つ新たな鍵の方式が実装できるのではないかと考えた。本企画で使用するヒアラブルデバイ

ス(FOSTER, RN002 TW)に搭載されている耳音響認証機能を利用することで、鍵穴の形状を識別できると考える。本企画で提案する手法の鍵が実現することで、既存の手法では鍵穴に対応した異なる鍵がいくつも必要であったが、耳音響認証機能を持ったデバイス1つで、様々な形状の鍵を開けることができるようになると思われる。

今回の体験では、以上のような鍵穴の形状を認識する技術を拡張し、個別の一意な穴形状を認識し、それに対応する様々なアプリケーションを実装し、デモ会場ではそれらアプリケーションの体験を提供する。

2. 関連研究

2.1 今までの鍵の形状の変遷

古来から人々の生活では、南京錠やシリンダー錠のように様々な形状の鍵が使われてきた^[4]。近年では、これらの物理的な鍵だけでなく、パスワードを打ち込むタイプや、IoTと連携し指紋や顔認証を組み合わせた多種多様なスマートドアロックシステム・製品が研究・開発されている^[5]。

また、既存の鍵形状や手法はそれぞれに長所があるものの、単体ではセキュリティの強固さに不安が残るため、物理鍵とデジタルな手法を組み合わせたり、複数の認証手法による多層認証が必要である。認証は主に、IDとパスワードを組み合わせる「知識

^{*1} 青山学院大学大学院 理工学研究科

^{*2} 青山学院大学 理工学部

^{*1} Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

^{*2} School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

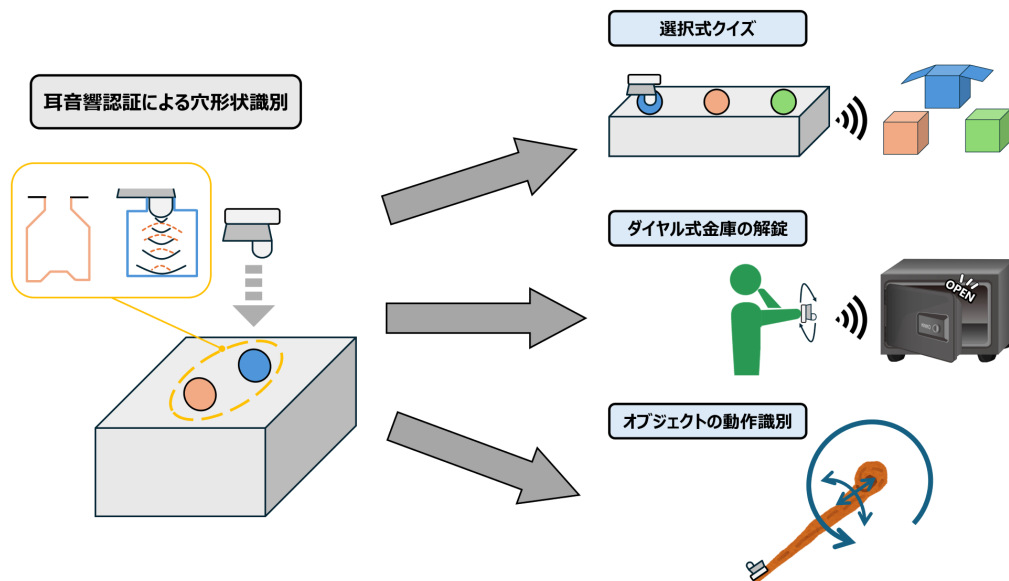


図1 体験イメージ図

認証」，実物の証明書やカードキーなどを用いる「所有物認証」，身体の特徴を利用する「生体認証」に分けられる [6]．

以上のような鍵形状の変遷や認証の組み合わせから着想を得た本企画で提案する鍵の手法であれば，9 軸センサを利用した数字入力による知識認証，ヒアラブルデバイスを使用していることで所有物認証，ヒアラブルデバイスの耳音響認証機能で生体認証をそれぞれ満たすことができ，より強固な鍵を実現できる可能性がある．

本企画では，ヒアラブルデバイスが持つ耳音響認証機能を利用して鍵穴の形状を認識するシステムを実現できるのではないかと考え，これを鍵穴以外の穴に拡張し，様々なアプリケーションを実装する．

2.2 音波による形状・位置認識

視覚に依存せずに物体や空間の形状及び位置を認識する手法として，超音波を利用する方法がある．超音波による物体の形状及び位置を認識するために，物体から反射する超音波の音圧分布から，形状認識と位置計測に必要な情報を抽出する方法がある [2]．同様に，超音波レーダーにより，空間にある物体の検出及び識別も可能である [3]．したがって，超音波や音響は，物体及び空間の形状を認識することに対して有効である．

本企画で使用するデバイスは耳音響による生体認証機能を搭載しており，音響により装着車の耳穴の形状を識別している．そこで，耳音響認証機能を利用することで，耳穴の形状だけでなく，他の物体や空間，例えば鍵穴の形状認識が可能であると考えた．

3. 実装計画

本企画では，作成した穴の形状をヒアラブルデバイスの耳音響認識機能を用いて読み取ることで，各穴に対応したアプリケーションを提供する．

デバイスを挿入する穴は人の指で知覚できないほどの差を設け，それぞれ一意の形で作成する．デバイスの近接センサにより穴に挿入されたことを認識し，耳音響認証機能を応用して形状の軽微な差から挿入された穴を判別することで，対応するアプリケーションのインタラクションができるようになる．本企画では，複数の穴から回答する選択式クイズ，ダイヤル式金庫の解錠，オブジェクトの動作識別で3つのアプリケーションを提案する．

複数の穴から回答する選択式クイズでは，回答に応じた形状が異なる穴を複数個用意することで，複数の穴から回答を選択できる．選択した穴に応じて自動的に箱が開くようにするため，Android 端末と箱を通信させ，モータが作動することで箱を開閉する．

ダイヤル式金庫の解錠では，ダイヤルのようにデバイスを回すことで数値を入力する．ダイヤル式の金庫にデバイスを挿入し，デバイスを回した際の動作を9 軸センサを利用することで取得し，デバイスの回転角度に応じた数値及びデバイスの回転方向を入力する．ダイヤル式金庫に挿入されているかどうかをデバイスの近接センサを用いて検知し，挿入されている場合のみデバイスによる解錠動作が行えるようにする．

オブジェクトの動作識別では，9 軸センサの加速度，ジャイロ機能等を用いて，オブジェクトに接続された

デバイスの動きを読み取ることができる。オブジェクトを縦や横に振ったときの動作を読み取り、オブジェクト及び動作に応じたフィードバックを提供する。

4. 体験プラン

4.1 体験シナリオ

本企画では、ヒアラブルデバイスを用いて、図1に示す3つの体験を提供する。各体験では、Android 端末及びヒアラブルデバイスを携帯する。各体験の手順は以下の通りである。

選択式クイズでは、体験者はデバイスの片方を手に持ち、他方を耳に装着する。その後、携帯しているAndroid 端末の画面及び装着しているデバイスからの音声により出された問題に対して、正しいと思う答えの穴に手に持ったデバイスを挿入する。この時、デバイスの耳音響認証機能によって穴内部の構造を認識する。そして、差し込んだ穴に対応する箱が開閉し、選択した回答が正解または不正解であることを体験者にフィードバックする。

ダイヤル式金庫の解錠では、体験者はデバイスの片方を手に持ち、他方を耳に装着する。その後、金庫に取り付けられた穴に、手に持ったデバイスを挿入する。この時、デバイスの耳音響認証機能によって穴内部の構造を認識する。そして、デバイスを差し込んだままダイヤルを回転させることで解錠する。解錠時には、デバイスの9軸センサにより回転角度を取得し、回転した角度に応じて、音によるフィードバックをデバイスを装着した耳に対して行う。正しい回転角度になった場合とそうでない場合で異なる音を流す。体験者はその音を頼りにすることで、金庫の解錠を目指す。

オブジェクトの動作識別では、体験者はデバイスの片方を耳に装着し、他方を杖や剣のような、用意されたオブジェクトの穴に装着する。この時、デバイスの耳音響認証機能によって穴内部の構造を認識し、どのオブジェクトに装着しているかを識別する。そして、オブジェクトを用いた複数の動作を、デバイスの9軸センサを用いて識別し、動作に応じたフィードバックを体験者に与える。

4.2 フロアプラン

フロアプランを図2に示す。本企画では3種の体験シナリオを想定している。2m×3mのスペースを想定し、2台のテーブルの上に各種体験で使用する物品を配置する。片方のテーブルには、選択式クイズで用いる三種類の箱及び鍵穴を配置する。もう一方のテーブルには、ダイヤル式金庫と動作識別を行うためのオブジェクトを配置する。体験者はいずれかのテーブルの前に立ち、任意の体験を行う。複数の体験者が同時に体験し、企画提案者がサポートを行うのに必要十分な

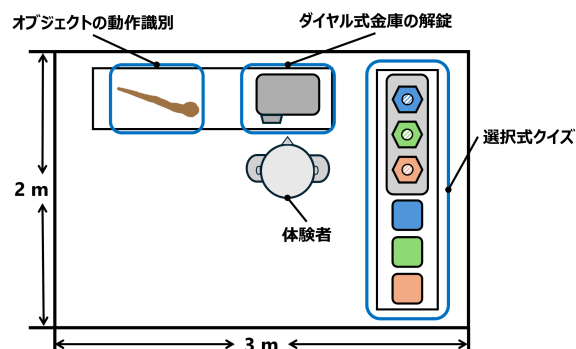


図2 フロアプラン

空間として、上記の大きさのスペースを想定している。

参考文献

- [1] Working Group Zero: 鍵・錠技術の解錠; 精密工学会誌, **Vol.73**, No.1, pp.72-77 (2007).
- [2] 大谷, 馬場: 超音波による物体の形状認識と位置計測システム; 計測と制御, **Vol.49**, No.1, pp.60-65 (2010).
- [3] Prima, W., Y, C, Giap.: Object Detection Radar Prototype with Ultrasonic Sensor Using Iot-Based Arduino; bit-Tech, **Vol.3**, No.2, pp.81-88 (2021).
- [4] 3Sixty Integrated: The History of Door Security – 10 Historical Events That Shaped the State of Today's Door Security; <https://www.3sixtyintegrated.com/blog/2023/02/07/history-of-door-security/> (2023, 参照日:2024/5/16).
- [5] Motwani, Y., Seth, S., Dixit, D., Bagubali, A., Rajesh, R.: Multifactor Door Locking Systems: A Review; Materials Today: Proceedings, **Vol.46**, Part 17, pp.7973-7979 (2021).
- [6] Fujii, M., Kato, K., Xia, C., Sugiura, Y.: Personal Identification using Gait Data on Slipper-device with Accelerometer; In Proceedings of the Asian CHI Symposium 2021 (Asian CHI '21), pp.74-79 (2021).