

令和 5 年 6 月 30 日現在

機関番号：23104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12892

研究課題名(和文) 機械学習による手軽な外耳道の三次元計測と補聴器シェルの心地よさの定量化

研究課題名(英文) Easy 3D Measurement of the Ear Canal and Quantification of the comfort of the hearing aid shell

研究代表者

加藤 綾子 (Kato, Ayako)

三条市立大学・工学部・教授

研究者番号：30318159

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：外耳道の3次元光スキャナは非接触で外耳道形状を計測できるが、3次元光スキャナの相対座標の計測が必須であることが課題であった。本研究では3次元光スキャナの相対座標を計測することなく湾曲した外耳道の形状を決定することを目的とする。機械学習等には多くのデータが必要であるが、実機を用いてそのデータを収集するのは現実的ではないためVR実験システムを開発した。そしてVR環境で実験を行い3次元座標復元の方法を検討した。カメラの軌道は直線であると仮定し、進入角度の異なる複数の軌道で画像を撮影し、複数軌道のフィッティングにより3次元光スキャナの相対座標を計測することなく3次元形状を決定できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

補聴器は聴覚障害者の生活の質を向上させるだけでなく、うつ病や認知症を食い止める重要な医療機器である。装着感の優れた外耳道挿入型の補聴器は、外耳道を型取りするとき、外耳道や鼓膜を損傷するリスクが高い。3次元光スキャナを用いると、非接触で外耳道形状を撮像できる。しかしながら、光スキャナの相対座標をあらかじめ計測しなければならないためプロセスが増えるうえ、計測中に動いてはいけないため、患者にとって負担が大きいことが問題であった。本研究の成果により、型取りのリスクを無くし、計測時間の短縮により患者の負担を軽くすることが可能である。

研究成果の概要(英文)：A three-dimensional(3D) optical scanner for the external ear canal can determine details of surface profiles of the ear canal without using impression materials. But the measurement of the relative coordinates of the 3D optical scanner is essential. The objective of this study is to determine the shape of a curved ear canal without measuring the relative coordinates of the 3D optical scanner. Although machine learning requires a large amount of data, it is not realistic to collect such data using an actual optical scanner device, so we developed a VR experiment system. Experiments were conducted in a VR environment to study the method of 3D coordinate restoration. Assuming that the trajectory of the tip of the optical fiber is a straight line, images were taken at multiple trajectories with different entry angles, and the possibility of determining the 3D shape without measuring the relative coordinates of the 3D optical scanner by fitting multiple trajectories was demonstrated.

研究分野：生体医工学

キーワード：光スキャナ 仮想空間 3DCG 機械学習 補聴器シェル

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、聴覚障害とうつ病および認知症の関係が指摘され、聴覚障害の早期発見と補聴器によるリハビリの必要性が高まっている^①。このため、補聴器は聴覚障害者の生活の質を向上させるだけでなく、うつ病や認知症を食い止める重要な医療機器であると考えられている。しかしながら、補聴器の装着感が悪いと、ストレスが大きくなるなど、補聴器を使うことをためらう患者も多いのが現状である。一方、外耳道挿入型の補聴器のなかでも各個人の外耳道の型取りを行いオーダーメイドするタイプの補聴器は、各個人の外耳道形状にフィットするため装着感に優れている。しかし、外耳道を型取りする作業において、外耳道や鼓膜を損傷するリスクが高いことが指摘されている。症例によっては手術が必要になり、患者に不要な負担を強いてしまうこともあり問題である。型の離脱困難をはじめとして鼓膜穿孔、外耳出血や外耳炎、異物残留は非常に多いことが報告されている^②。

(2) 申請者は、近年、外耳道のような内空形状を計測できる 3 次元 (3D) 光スキャナを開発してきた。本光スキャナを用いると、非接触で外耳道形状を撮像できるため、外耳道や鼓膜を損傷することは無い。しかしながら、光スキャナの相対座標をあらかじめ計測しなければならないためプロセスが増える上、計測中に動いてはいけないため、患者にとって負担が大きいことが問題である。

2. 研究の目的

本研究では、光スキャナの相対座標を計測することなく湾曲した外耳道の形状を決定することを目的とする。しかしながら、光スキャナは相対座標を必要とし、あらかじめ計測しておく必要があり、プロセスと時間がかかる問題がある。本申請では、機械学習などを適用することにより 3 次元形状計測手法を開発することを目的とする。機械学習技術を用いた光スキャナが従来型の光スキャナよりも短時間で計測できるようになることを目指した。

3. 研究の方法

(1) VR シミュレーション環境の開発

当初予定していた教師つきの機械学習による形状決定を検討するためには、多くのデータが必要になる。これを実際の光スキャナを用いて行うのは膨大な時間を要するため現実的ではない。そこで VR 空間内に光スキャナをモデル化し、VR 空間内に置いた計測対象を VR 空間内で光スキャナを動かすことにより、実際の光スキャナで得られる画像と同等の画像を取得できるような VR シミュレーション環境を開発する。

(2) 相対座標を必要としない外耳道形状の決定方法の開発

VR 環境内で光スキャナを移動させながら映像を撮影すると、移動方向に順番に並んだ光セクション画像が取得される。非測定対象の内面がスムーズならば 1 つの軌道で撮影された画像から内面形状の 3 次元座標を求めることができるが、複雑な形状の場合には光が届かず欠損が生じることがある。このため、進入角度を変えながら複数の軌道を取得して、それらの軌道を合成することにより 3 次元座標を求める。ここで光スキャナ先端部の位置と回転方向などが分からないものとして、複数軌道の 3 次元座標を重ねるために、同一軌道内は特徴点に対応させて積層し、複数軌道は光スキャナ先端部の位置、回転をパラメータとして遺伝的アルゴリズムによりフィッティングを行う。他の軌道データとの重なり度合いを評価関数として設定する。

4. 研究成果

(1) VR シミュレーション環境の開発

開発した VR シミュレーション環境の概要を図 1 に示す。光スキャナは、光セクション面を撮影するためのカメラ

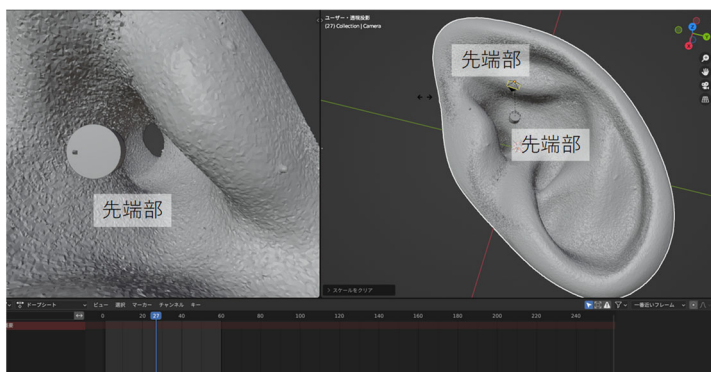


図1 VRシミュレーション環境

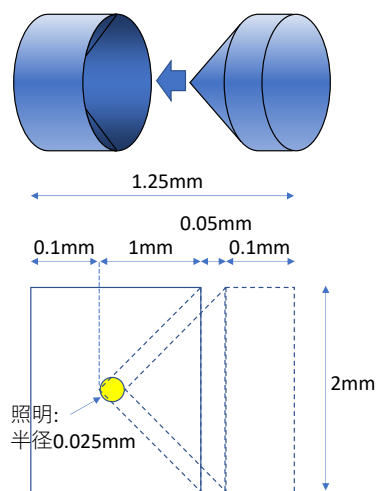


図2 光ファイバー先端部

とコーンビームを発生させる光ファイバ先端部から構成した。これらはVRシミュレーション環境中で移動させることが可能である。コーンビームを発生させる機構は、図2に示すように扇状に形成したスリットの中心に点光源を設置する構造により実現した。

(2) 光スキャナモデルの性能評価

VRシミュレーション環境で撮影された画像の例を図3に示す。また、光スキャナモデルの性能を確認するため、光セクション面と光ファイバ先端の距離を変化させた場合、スリット幅を変化させた場合に撮影された画像の特性を図4と図5に示す。実際の光スキャナを用いた実験では、距離が離れても半値幅は0.2mm程度で一定となっていたのに対し、図4の本VRモデルでは光セクション面との距離が離れるほど半値幅が広くなり座標精度に影響する可能性が考えられた。しかし、図5の結果から、スリット幅を狭めれば距離による影響が少なくなり、実機と同等の性能が出せることが分かった。より実機に近づけるためには半値幅の距離による変化が少ない0.0125mmのスリット幅でモデルを構築するのが良いことが分かった。

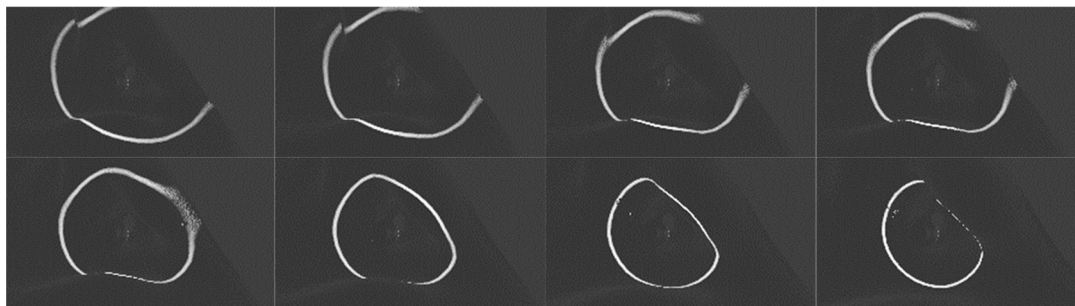


図3 VRシミュレーション環境で撮影された外耳道画像の例

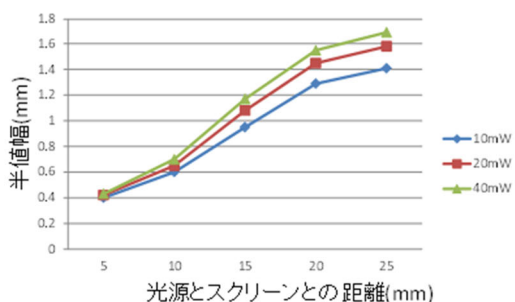


図4 光セクション面までの距離と半値幅

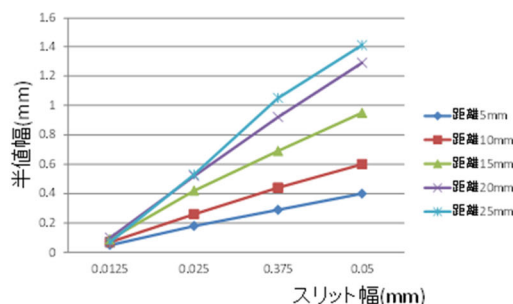


図5 スリット幅と半値幅

(3) 相対座標を必要としない外耳道形状の決定方法の開発

図6に複数の軌道をフィッティングさせた例を示す。異なる軌道で撮影された3次元座標同士が比較的に合うように重なっていることが分かる。よって、本方法により相対座標を必要とせずに外耳道形状を決定できる可能性が示唆された。しかし、現状ではそれぞれの軌道座標においても誤差が生じているため、フィッティング後も大きく離れている箇所もあった。また、今回は直線軌道を想定したが、実際の手による計測では完全な直線軌道にはならないため、直線軌道以外にも対応できることが望ましい。精度向上と高い自由度に対応させるために、最適化のパラメータを増やすことや、PointNetなどの導入を今後検討する。

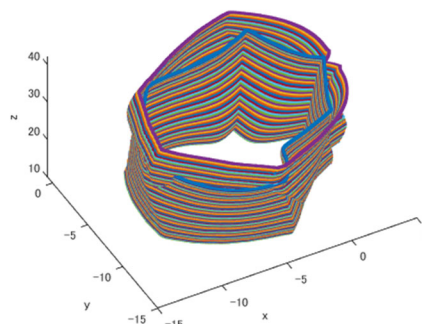


図6 フィッティング結果

<引用文献>

- ① Frank R Lin 1, E Jeffrey Metter, Richard J O'Brien, Susan M Resnick, Alan B Zonderman, Luigi Ferrucci, Hearing loss and incident dementia, Arch Neurol, 68(2), 2011, 214-20.
- ② 杉内 智子, 小寺 一興, 調所 廣之, 浅野 義一, 兼定 啓子, 林田 充弘, 金谷 浩一郎, 徳丸 岳志, 補聴器の耳型採型における副損傷, 日本耳鼻咽喉科学会会報, 118 巻, 8 号, 2015, 1058-1067

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	白石 直子 (丸山直子) (Shiraishi Naoko) (00736259)	埼玉医科大学・保健医療学部・講師 (32409)	
研究分担者	若山 俊隆 (Wakayama Toshitaka) (90438862)	埼玉医科大学・保健医療学部・教授 (32409)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------