

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：32409

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K12114

研究課題名（和文）光スキャナーによる湾曲した外耳道の完全3Dマップの作成

研究課題名（英文）Complete 3D mapping for ear canal using optical scanner

研究代表者

若山 俊隆（Wakayama, Toshitaka）

埼玉医科大学・保健医療学部・教授

研究者番号：90438862

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：外耳道の表面形状の詳細を決定するための3次元マッピングを実証する。外耳道の表面形状を計測するために、我々は光スキャナーを開発した。さらに機構学におけるロボットアームから外耳道だけでなく耳介の3次元マッピングを達成した。本研究は、印象材を用いた計測をせずに、鼓膜から耳介までの表面形状を決定する3次元マッピングを提供する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

聴覚障害は感覚障害の中で最も多い障害であり、日本の聴覚障害者数は1400万人といわれている。聴覚が不自由なことで会話が難しくなり、うつ病や認知症を発症する危険性も指摘されている。うつ病や認知症を未然に防ぐには補聴器の導入は極めて有効である。しかし、我が国における補聴器の導入率は聴覚障害者のわずか13%に過ぎない。その原因の一つに外耳道の型どりリスクにある。このような背景から外耳道の詳細を明らかにする3Dマップを非侵襲に作製することができれば、聴覚障害で苦しむ患者のためになる。そして、今までに直径7mm以下の外耳道を計測できる光スキャナーの開発は提案されていないことからその学術的意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：We demonstrate a creation of three-dimensional map due to determine details of inner surface profile of ear canals. In order to measure the surface profile of the ear canals, we have developed an optical scanner. For an articulated arm from kinematics, moreover, we obtain three-dimensional map of not only ear canals but also auricles. We provide to determine three-dimensional map of surface profile from an eardrum to the auricle, which are unable to measure by use of impression material.

研究分野：生体医工学

キーワード：外耳道 3Dマップ 光スキャナー

1. 研究開始当初の背景

聴覚障害は感覚障害の中で最も多い障害で、日本の聴覚障害者数は1400万人、世界では4億7千万人といわれ、2050年には9億人に達すると予想されている。高齢者は有毛細胞が年齢により減少することから聴覚障害を引き起こす。乳幼児の場合、遺伝や病気を起源にすることが多い。成人になっても聴覚が不自由なことで会話が難しくなり、うつ病や認知症を発症する危険性も指摘されている。これまでの臨床データから聴覚障害と認知症の関係を調査し、聴覚障害の度合いが増すに従って、認知症の危険度が高くなるとの報告があったり、語音聴力の低下に伴う脳機能低下およびアルツハイマー病発症率の増加が指摘されている。うつ病や認知症を未然に防ぐには補聴器の導入は極めて有効といわれている。しかしながら、我が国における補聴器の導入率は聴覚障害者のわずか13%に過ぎない。その原因の一つに外耳道の型どりリスクがある。

外耳道の型取りは一般的に印象材(シリコン)が用いられているが、印象材が鼓膜に接触するのを防ぐために綿球に糸をつけたイヤブロックを設置し、シリンジを用いて空気が残らないように外耳道内に印象材を注入している。印象材の硬化時間は10分程度かかり、印象材が硬化した後、外耳道を傷つけないようにゆっくり引き抜く手技が必要になっている。引き抜いた耳型は補聴器メーカーが保有する3次元形状測定機で測定されて外耳道の3Dマップを取得されている。この3Dマップを元に3Dプリンターを用いて外耳道に適合した補聴器シェルを作製しているが、印象材を補聴器メーカーに郵送するのに必要なタイムラグや実際の外耳道と耳型から取得した3次元マップのキャリブレーションなどいくつかの課題も残っている。

外耳道の3Dマップは直道ではなく、ゆるやかなS字状を呈しており、第一と第二カーブが存在する。補聴器シェルの作製には第二カーブまで形状計測する必要がある。しかし、第二カーブまで注入した印象材を引き抜く際には、熟練した技術が必要といわれており、外耳道の特殊な形状から様々な副損傷も報告されている。12年間の国内の型取り時の副損傷は年間40件程度の割合で発生している。これは月に3件以上であり、無視できる数値ではないと指摘されている。このような危険性を有した外耳道の型取りを現在も行っている背景には外耳道を直接形状計測することが可能な装置がこれまでに開発されていなかったことに起因している。

2. 研究の目的

安全に外耳道形状を取得するためには、光学的に内壁形状を計測する内面形状計測技術が応用できると考え、本研究では外耳道の詳細を明らかにするために3Dマップを非侵襲に作製することを目的とした。

3. 研究の方法

外耳道を安全かつ非接触に内面形状計測するためにコーンビームによる内面形状計測法を提案し、その要素技術となるコーンビームの特性を明らかにした。リングゲージを用いて本手法の計測精度を検証し、自作した外耳道模型を本手法と接触式3次元計測器で比較した。本計測法の有効性を確認した上で、耳介と外耳道の標本を計測した。

4. 研究成果

より人体に近いサンプルを導入して実験を行った。今回は、京都科学社製 Ear Examination Simulator 2 を用いた。素材はシリコンであるため柔らかく、色も人体の色が再現されている。外耳道の形状は実際に人体のX線CTデータを元に作られている。

多関節アームにより計測サンプルへのプローブの挿入角度を変化させ、複数回走査を行うことで三角測量における死角の低減をおこなった。今回は多関節アームを大きく可変しながら計測を行ったため、外耳道だけでなく、耳介の計測も同時に行った。図1に解析した外耳道および耳介の3Dマップを示す。図1(a)は斜め方向から図1(b)は正面からの3Dマップである。外耳道計測の際にはプローブの挿入角度を $\beta = 0^\circ, -6.8^\circ, 7.9^\circ$ と3回変化させ計測した。サンプルに対し垂直にプローブを挿入した際の回転角を 0° とした。さらに耳介部分は x, y 軸周りの回転角度を変えることで縦および横向きに走査した。

3Dマップを取得したことによって外耳道の詳細が明らかになった(図2)。計測された外耳道は、第一カーブは左右に $\alpha_1 = 147.1^\circ$ 、第二カーブは上下に $\alpha_2 = 140.2^\circ$ 、左右に $\alpha_3 = 118.7^\circ$ 湾曲していた。また、外耳道から耳介に変わる部分の拡がり角は $\alpha_4 = 157.3^\circ$ であった。また、外耳道の直径は鼓膜付近が $\phi_2 = 7.95 \text{ mm}$ 、耳介付近で $\phi_3 = 9.72 \text{ mm}$ 、外耳道中間部分で $\phi_1 = 7.19 \text{ mm}$ であった。これにより外耳道の湾曲は平面的なものではなく三次元的に変化していることが明らかになった。耳介部分の3Dマップからは耳垂や耳珠や対輪といった耳介の特徴的な構造が明らかになり、印象材を用いた型取りでは明らかにできない鼓膜付近の外耳道と耳介までの耳の3Dマップを取得することが可能となった。本手法を用いれば、カナル型だけでなく耳掛け型の補聴器シェル作成においてもオーダーメイドが可能になると期待している。

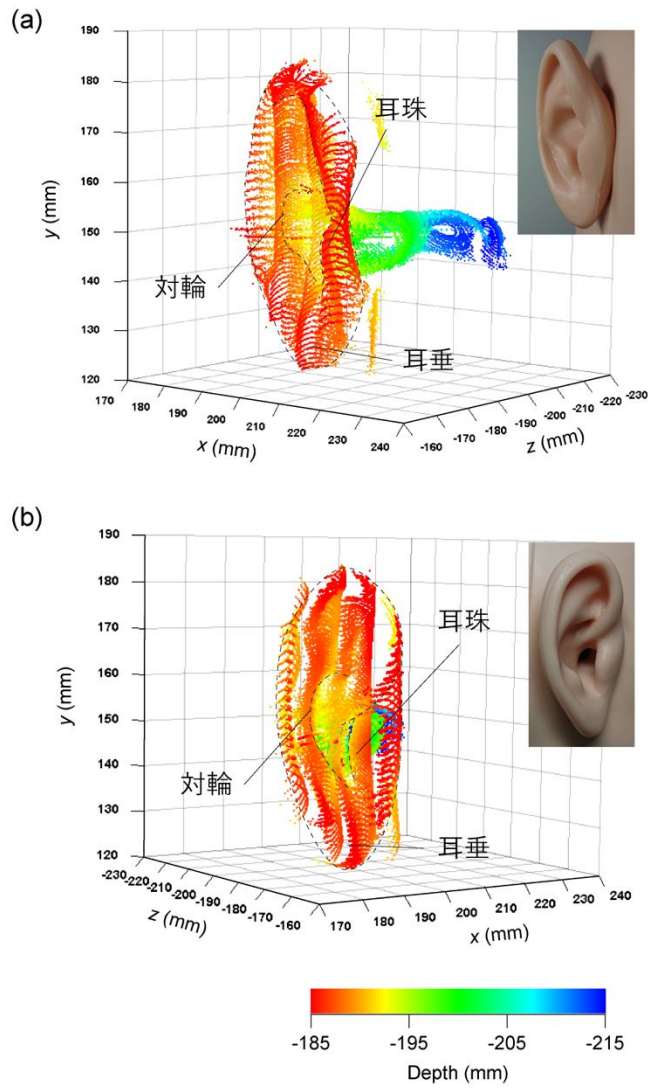


図1 外耳道および耳介の3次元マップ

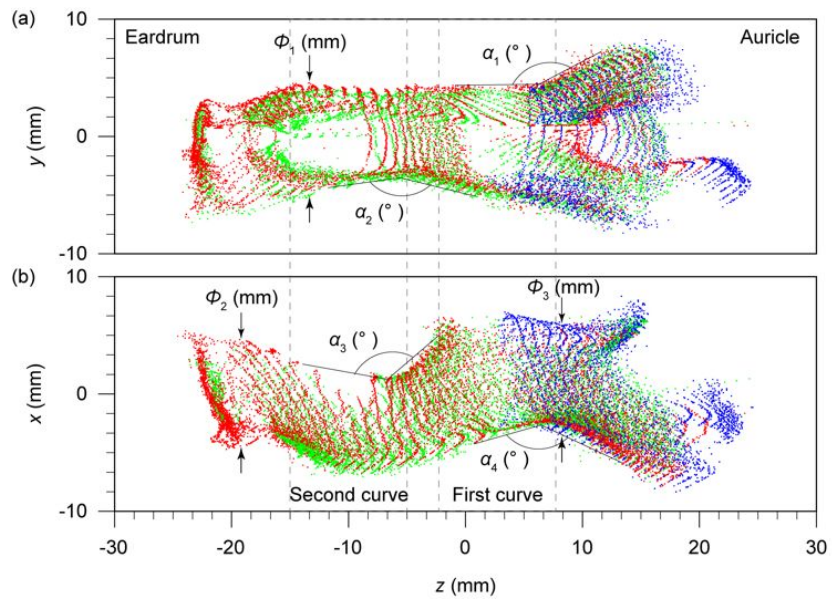


図2 外耳道 3D マップ (a) 側面図 (b) 上面図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 高橋優太、石山貴之、庄司美咲、川崎太夢、東口武史、若山俊隆	4. 巻 57
2. 論文標題 外耳道および耳介の3次元マッピング	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 181-189
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11239/jsmbe.57.181	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 若山俊隆
2. 発表標題 広帯域レーザー光源によるスペックルを低減した内面形状計測
3. 学会等名 第63回光波センシング技術研究会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若山俊隆
2. 発表標題 内面形状計測技術のスペックル低減と細径化、そして、医療機器開発へ
3. 学会等名 2020年度精密工学会春季大会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋優太、石山貴之、庄司美咲、川崎太夢、東口武史、若山俊隆
2. 発表標題 外耳道および耳介の3次元マップの作成
3. 学会等名 ライフサポート学会
4. 発表年 2019年

〔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) (Shiraishi Naoko) (00736259)	埼玉医科大学・保健医療学部・助教 (32409)	
研究分担者	加藤 綾子 (Kato Ayako) (30318159)	埼玉医科大学・保健医療学部・講師 (32409)	
研究分担者	水谷 康弘 (Mizutani Yasuhiro) (40374152)	大阪大学・工学研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	東口 武史 (Higashiguchi Takeshi) (80336289)	宇都宮大学・工学部・教授 (12201)	

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
---------	---------