



AR を用いた歯科インプラントの手術を 補助するシステムの提案

Proposal of a system to assist in dental implant surgery using AR

安黒翔¹⁾, 加納徹²⁾, 竹林晃³⁾, 赤倉貴子²⁾,

Shou AGURO, Toru KANO, Akira TAKEBAYASHI and Takako AKAKURA

- 1) 東京理科大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6 丁目 3-1)
- 2) 東京理科大学 工学部 情報工学科 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6 丁目 3-1)
- 3) 医療工学研究所 (〒363-0022 埼玉県桶川市若宮 1-2-10-904)

概要: 歯科治療におけるインプラントとは、失った歯の部分に埋め込む人工の歯のことである。インプラントを埋め込む手術は、位置と角度を正確に合わせる必要がある。本研究では、歯科インプラントを埋めるために穴をあけるコントラアングルと、歯列模型を AR マーカーとして認識し、位置の関係を取得する。得られたデータをもとに、位置を補正するための情報を提示し、インプラント手術の精度を高めるシステムを提案する。

キーワード: 拡張・複合現実, 作業支援・評価, 医療

1. 研究背景

歯科治療におけるインプラントとは、失った歯の部分に埋め込む人工の歯のことである。インプラントを埋め込む手術を行う際には位置と角度を正確に合わせる必要がある。この位置合わせを容易にするために、サージカルガイドという器具を用いることがある。サージカルガイドとは、インプラントの埋め込む位置と角度を正確に合わせるための穴があるマウスピースのことで、サージカルガイドを用いれば、正確にインプラントを埋め込むことが可能となる。しかし、2~3 割の患者は口を十分大きく開けることができず、サージカルガイドを使用することができない。このとき、歯科医の技術と経験によって歯科インプラント治療の精度が大きく異なってしまう。また、サージカルガイドを使用可能である場合にも、以下の問題点が存在する。

- サージカルガイドの作成に時間や費用がかかる
- 注水が遮られてしまうため、骨火傷を起こす可能性がある
- サージカルガイドによって術野を直視できなくなる

以上の理由から、サージカルガイドを使わずに、高い精度でインプラントを埋め込む位置と角度を決定できることが望ましい。

2. 関連研究

Takebayashi ら[1]は、AR を用いて歯科インプラント手術を補助するシステムを提案した。この研究では、歯列の 3D データを AR マーカーとし、コントラアングル(以下コントラ)の位置と角度の情報をパソコンのディスプレイ上

に表示している。今後の課題として、コントラのオブジェクトトラッキング、歯肉と顎骨の位置関係の表示、下歯槽神経の表示、および人間の口腔内への適用の 4 項目が挙げられていた。

3. 目的

本研究は、Takebayashi らの研究で課題とした、コントラのオブジェクトトラッキングに取り組む。歯列とコントラをそれぞれ AR マーカーとして認識し、位置の関係を可能な限り精度良く取得することを目標とする。現実で測定した歯列とコントラの位置と、AR 空間で得た位置を比較することで、精度の検証を行う。

4. 提案手法

本研究では、AR マーカーの認識に Vuforia[2]という API を使用した。

4.1 歯列の AR マーカー作成

歯列の 3DCG を作成するために、SHINING 3D 社の Ein-Scan SE[3]を用いて歯列の石膏模型を 3D スキャンする。歯列の石膏模型の写真と、得られた 3DCG の画像を図 1 に示す。



図 1: 歯列の石膏模型の写真(左)と 3DCG(右)

得られた歯列の3DCGからARマーカーを作成するために、Vuforiaが提供するModel Target Generatorを使用した。ARマーカーを作成する際に、2つの設定項目がある。

1つ目はARマーカーとして認識する範囲の設定である。図2に示すように、ARマーカーとして認識する範囲を扇形の範囲内に制限することにより、精度を高めることができる考えた。

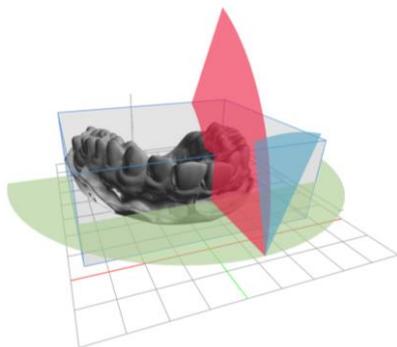


図2: Model Target GeneratorでARマーカー認識範囲を制限する設定の例

2つ目はARマーカーを作成する際に、石膏模型の3DCGのテクスチャを使用することである。ARマーカーの認識精度を高めるためには、現実と同じ色をした3DCGのテクスチャが必要となる。Ein-Scan SEではテクスチャを取得することができるが、人間の口腔内の歯列のテクスチャを正確に取得することは難しいため、ARマーカーを作成する際は、テクスチャは利用しない設定とした。

4.2 コントラのARマーカー認識

コントラのテクスチャのない3DCGを作成した。図3にコントラの写真とその3DCGを示す。

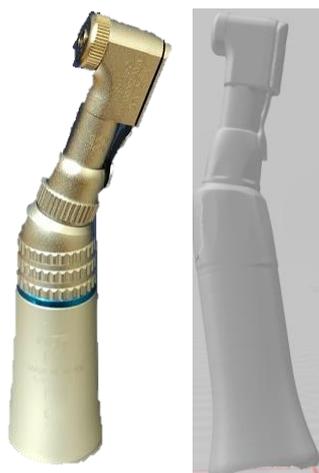


図3: コントラの写真(左)と3DCG(右)

この3DCGを用いて歯列の石膏模型と同様にARマーカーを作成したが、コントラアングルの持ち手部分の大半は手で覆われてしまうため、根本に付ける円柱形のエンジンをARマーカーとして利用することを考えた。

エンジンはさまざまな大きさ・形状のものがあるが、今

回は高さ35.19mm、直径が21.53mmの円柱形であると仮定し、高さ35.19mm、底面が21.53mmの正方形である直方体のARマーカーを作成した。

直方体のARマーカーの模様には、特徴点が多く認識精度の高い、QRコードで使用される白と黒のドット模様を利用した。図4に使用したQRコードを示す。



図4: 直方体のARマーカーに使用したQRコード

5. 実験

5.1 実験環境

実験には、MacBook Pro 2019 (CPU: Intel Core i9/2.3GHz/8コア, GPU: Radeon Pro Vega 20, RAM: 32GB)を使用した。

検証用の映像は、事前にスマートフォンを用いて撮影した動画を使用した。これにより、何度でも同じ入力映像を用いることが可能となる。撮影に使用したスマートフォンはXiaomi mi9、動画は解像度3840×2160、フレームレート57フレーム/秒とした。ただし、Vuforiaで映像を読み込む際には、リアルタイムでの追従を実現するため、解像度を640×480に縮小するものとした。また、部屋の明るさは55 luxであった。

歯列の石膏模型と直方体のARマーカーを1cm角の方眼紙に置く。直方体のARマーカーを1cmずつずらし、縦5cm、横5cmの25座標の範囲上で動かしながら、誤差を測定する。図5に直方体と歯列の石膏模型の測定位置を示す。

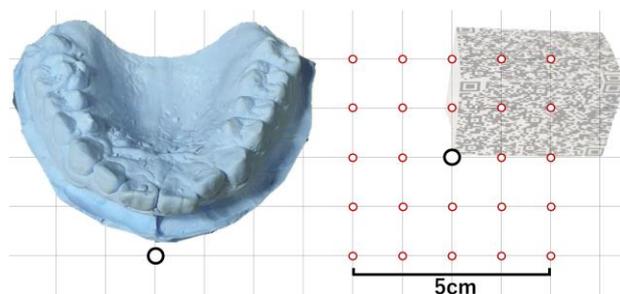


図5: 直方体と歯列の石膏模型の測定位置

直方体を指定した座標に置いて2秒以上経過したあとに測定を開始する。1つの座標に対し、30フレーム分の測定結果を平均し、その値をARから取得した位置のデータとする。

5.2 歯列の石膏模型とコントラの位置の精度測定

直方体のARマーカーの位置と角度を座標の基準として測定を行う。図6に直方体を座標の基準として距離を測定する例を示す。

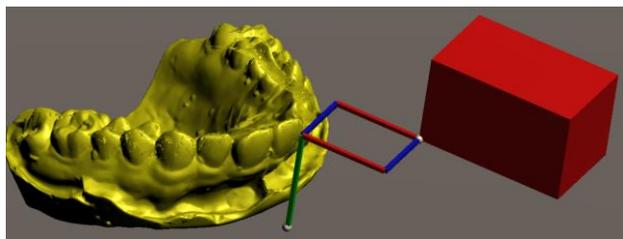


図 6: 直方体を座標の基準とした距離の測定

直方体の左下と歯列の石膏模型の前方に白い球を設置し、その座標を測定する AR マーカーの位置とした。直方体と歯列の石膏模型を同じ平面に置いた際に、2つの白い球が同じ高さに配置されるように設定した。AR マーカーの認識に誤差が生じるために、高さの關係に誤差が生じる。直方体から歯列の石膏模型まで、左右、上下、前後方向までの距離があるか、それぞれ X, Y, Z として表示した。AR マーカーを認識した位置と角度を表示するために、歯列の石膏模型には半透明の黄色の 3DCG を、直方体には半透明の赤色の 3DCG を重ねて表示した。

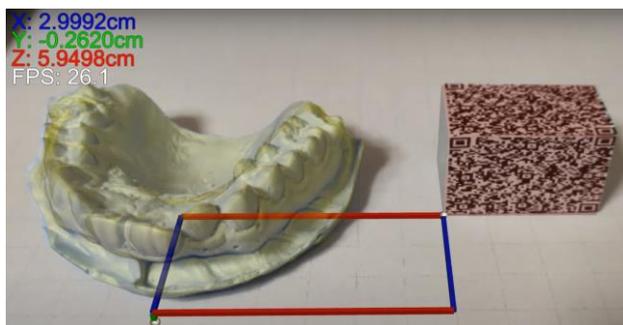


図 7: 直方体から歯列の石膏模型までの距離測定

5.3 実験結果

表 1: 直方体と歯列の石膏模型の誤差(単位: mm)

軸.	最大誤差	平均誤差	誤差の分散
X	5.224	2.206	2.302
Y	7.645	4.168	4.688
Z	0.591	0.278	0.029

X 軸, Y 軸方向の平均誤差は 2.206mm, 4.168mm と誤差が大きいが, Z 軸方向の平均誤差は 0.278mm であった。

6. 考察

X 軸, Y 軸方向の平均誤差は大きいが, Z 軸方向の平均誤差は小さい。この結果を活かし, 複数のカメラを異なる角度で設置し, 精度の高い Z 軸方向の距離測定を用いる方法を考えることができる。プレート式のサージカルガイドを使用した際の位置の誤差は 0.5~1 mm 程度であるため, 各軸での平均誤差が Z 軸と同等のものになれば, AR サージカルガイドの実用化が大きく近づくものと考えられる。

また, 本実験では直方体を紙で制作したが, わずかに紙が歪んでいた可能性がある。3D プリンターで直方体の模型を作成し, AR マーカーの画像を貼ることで, 測定結果

の信頼性が向上すると考えられる。

7. まとめ

本研究では, AR を用いた歯科インプラントの手術を補助するシステムの実用化に向け, コントラアングルのトラッキング手法として, エンジン部分の AR マーカー化を提案した。また, コントラのエンジン部分を単純な直方体であると仮定し, エンジンと歯列模型(歯列 3D モデル)との距離を測定することで, 実用化の可能性を検証した。結果として, Z 軸方向でコントラと歯列の距離の平均誤差が 0.278 mm となり, 複数台のカメラを用いることで各軸の平均誤差も同等まで減らすことができれば, 手術のナビゲーションシステムとして十分な精度になる可能性が示された。

8. 今後の課題

今回, 人間の口腔内の歯列のテクスチャを正確に取得することが困難であったため, 3DCG の AR マーカーを作成する際に, テクスチャを使用しなかった。人間の口腔内の歯列のテクスチャを正確に取得する方法を調査する必要がある。

また, AR の精度は明るさによって大きく異なるため, 明るさが AR の精度へ与える影響についても調査する必要がある。また, 歯科インプラント手術では, 無影灯と呼ばれる照明器具を使用するため, これについても考慮する必要がある。

参考文献

- [1] Akira Takebayashi, Yuuta Kanebayashi, Toru Kano, Takako Akakura, Shohei Kasugai : Novel Surgical Guide System using Augmented Reality Technology, Academy of Osseointegration 2020 Annual Meeting (e-Poster), p.34, 2020.
- [2] PTC, "Vuforia engine developer portal," <https://developer.vuforia.com/>, (最終閲覧日 2020 年 8 月 5 日)
- [3] EinScan, "EinScan-SE," <https://einscan.net/einscan-se-sp>, (最終閲覧日 2020 年 8 月 5 日)