

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 7 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23592776

研究課題名(和文) 仮想患者を用いた口内法X線撮影実習・評価システムの開発

研究課題名(英文) Intraoral Radiography Training System in the Virtual Reality

研究代表者

荒木 和之 (Araki, Kazuyuki)

昭和大学・歯学部・准教授

研究者番号：50184271

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円、(間接経費) 1,290,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではバーチャルリアリティ(VR)の技法を応用して、口内法X線撮影シミュレーションシステムを構築することを目的とした。最適な仮想空間ソフトとして、Omegaspaceを選択した。このソフトで口内法X線撮影実習をシミュレートする仮想空間を構築した。乾燥骨をCTで撮影し、これを元に歯科用X線撮影結果を計算で求めるソフトを開発した。システムについて臨床実習生を対象にアンケート調査した。その結果、本システムに対して全体的な評価はおおよそ良好であった。画像の評価については、射影変換によるサブトラクションで比較する方法を構築した。変換時の移動距離は、角度が $\pm 20^\circ$ 程度までは角度のズレと良く対応した。

研究成果の概要(英文)：Intraoral radiography is important for not only diagnosis but also national dose reduction. The development of computer technology gives us a modern virtual reality system. In this study, we develop intraoral radiography training system in virtual reality (VR) and its effectiveness was evaluated. We decided to use the Omega Space (Solid ray, Japan) because its handling capacity of VR contents and easy operability. CT data of a dry skull was used in VR content. The simulated x-ray displayed in a few seconds.

The questionnaire survey was performed on the students of dental school. The VR system offered better effect on understanding of the effect of angulation of x-ray source on the radiography. For the evaluation of images, we used subtraction method. In this method, moved distance calculated from images were good correlated with actual difference of the images.

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・病態科学系歯学・歯科放射線学

キーワード：仮想空間 口内法X線撮影 実習 教育

1. 研究開始当初の背景

歯科における口内法 X 線撮影の質を良好に担保することは、良好な歯科医療ならびに国民の放射線被曝線量の低減の両点で重要である。口内法 X 線撮影は歯科医が行うことが多く、臨床実習や臨床研修の場で十分な修練を積む必要があるが、患者の権利の増大などに伴い十分な訓練をおこなうことが不可能になりつつある。

2. 研究の目的

そこで本研究ではバーチャルリアリティ（仮想空間）技術を応用して、口内法 X 線撮影の実技訓練を十分におこなえるシステムを構築し、かつ口内法 X 線撮影の修得度の評価を客観的にできるシステムを構築すること第一の目的とする。さらに、構築したシステムで撮影技術修得の評価が客観的かつ信頼性高くできるかを検討し、仮想空間による撮影評価システムの、共用試験や国家試験への応用の可能性を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究の全体の方法の概要を下記に示す。

1) 口内法 X 線撮影をシミュレートする仮想空間 (VR) をコンピュータ内に構築する。2) 撮影画像の教師画像との比較による評価システムを構築する。3) 学生ボランティアを募り VR 口内法撮影システムを実習で使用した場合の有効性をモニターし、実際の実習に利用している撮影用模型を用いた場合との比較検討を行い、4) 以上をまとめ、仮想空間での口内法 X 線撮影実習の有効性について明らかにする。

4. 研究成果

1) 最適な VR 空間の構築についての検討
まず、本研究の目的に最適な仮想空間構築ソフトの選択を行い、様々なものの中から作成の容易さ、価格の手ごろさから Omegaspace が最適であると考えられた。使用するハードウェアを Fig.1 と 2 に示す。

図1. VRシステムの構成要素

■1) ハードウェア

- ◆ DELL XPS720
 - (Core 2 Extreme 6700/2.66GHz)
 - Head mount display (HMD)
 - ✓ Wrap920 (Vuzix)
 - Game pad JC-U912 (Elecom)

図2. VRシステムのハードウェア



ハードウェアも低価格で VR を構築できることを目指し、市販されている一般の PC とした。この仮想空間内での患者に相当する骨や歯に相当するデータが必要になる。そのデータについて当教室所蔵の乾燥頭蓋骨を用い、CT で撮影し、DICOM 形式で保存し、歯・顎骨のデータとして抽出した (Fig.3-5)。

図3. 仮想空間用モデルデータ

■ 被写体モデル

- ◆ X線吸収データ
 - モデル: 乾燥頭蓋骨頭蓋骨 1体 図5.
 - CT (HiSpeed QX/i) で撮影
 - DICOMデータとして仮想空間ソフトへ転送
 - ✓ スライス厚0.6mm
 - ✓ 上顎と下顎を別々に保存 - 開口させるため
- ◆ 仮想空間内での被写体の視覚的データ
 - ポリゴンデータとして別にデザイン
 - ✓ DICOMデータと結合 (図5)

図4. 仮想空間用モデルデータ (つづき)

■ 仮想空間内での被写体の視覚的データ

- ◆ ポリゴンデータとして別にデザイン
 - ポリゴンデータを前述のDICOMデータと結合 (図5)

図5. 乾燥骨のCTデータ



抽出した三次元データを仮想空間内に当てはめた。Fig.6-8 に仮想空間のオブジェクト

とその操作法の模式図を示す。

図6. 作成したVRシステムの構成

- 仮想空間表示画面全体の構成 図7
- 操作項目
 - ◆ 被写体の表示レベル
 - 図8
 - 3段階で選択: 顔面(頭部)、歯+歯肉、歯
 - ◆ 操作可能なオブジェクト
 - 患者、X線装置、フィルムの3つ
 - それぞれx,y,z3軸方向の移動と回転ができる

図7. VRシステムの画面



- 1. 頭部モデル
 - 患者頭部の3Dモデル
- 2. X線照射コーンモデル
- 3. 操作メニュー
 - 左側が患者モデルの切替、右側が視点モードの切替
- 4. 操作対象切替アイコン
- 5. X線画像
 - X線画像取得ボタンでポップアップして取得した画像を表示

図8. モデル操作の詳細



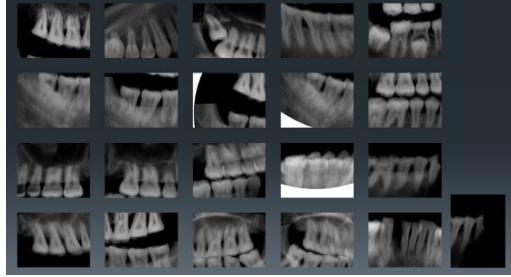
- a 上から顔面(頭部)、歯+歯肉、歯の表示とDICOMデータと重ねたもの
- X線装置を3軸(赤、青、緑)に沿って回転と平行移動を行う状態

操作には Gamepad を用いることとした (Fig.1-2)。仮想空間内での歯科用 X 線撮影装置の位置と仮想患者・仮想フィルムの相対的な位置関係把握し、その数値を元に得られるべき口内法 X 線画像を計算で求めるプログラムルーチンを開発した (Fig.7 右下の No.5 枠内、Fig9-10)。

図9. X線写真のシミュレーション

- ◆ 仮想X線写真は透視変換法を用いて計算で求めることとした。
- ◆ 得られた仮想X線写真は画面に表示されるとともにbmp形式で保存される。
- ◆ フィルムの彎曲についてはシミュレートできなかった。
- ◆ 計算で得られた仮想X線写真の例を図10に示す。

図10. ボランティア学生が実習中に撮影した仮想X線写真



また、この仮想空間の表示システムとしては通常のパソコン用モニターを用いる方法やヘッドマウントディスプレイを用いる方法が考えられる。仮想空間構築にあたっては、パソコン用モニター、ヘッドマウントディスプレイのいずれでも使用できるようにプログラムを作成した (Fig.1)。

2) 仮想空間口内法 X 線撮影実習システムに関するアンケート調査

試作したシステムを用い、歯学部臨床実習生に試用してもらいその効果をアンケート方式で調査した。アンケート項目は X 線投影角度の写真への影響に関する項目で、垂直的角度付け(二等分法の原理)および水平的角度付けの理解に関する項目、照射野のスレ(コーンカット)の理解に関する項目、像の拡大率の理解に関する項目、装置に関しては今回採用したゲームパッドの使いやすさに関する項目、ヘッドマウントディスプレイの見やすさに関する項目など全部で 11 項目について調査した (Fig.11)。

図11. アンケート調査

- 対象: 臨床実習中の学生 136名
- アンケート項目:
 - ◆ A: VRシステムを使用した時間
 - ◆ B: X線投影角度の影響の理解
 - ◆ C: このシステムの全体としての有効性
 - ◆ D: 使い易さ
- スケール 0: 有効でない, 50: どちらともいえない, 100: 有効
- 結果は 図.12 - 15

その結果を Fig.12-16 に示す。

図12. VRシステムを使用した時間

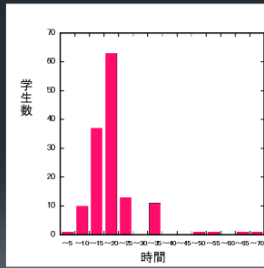


図13 垂直的の角度と水平的の角度の影響について理解できたか

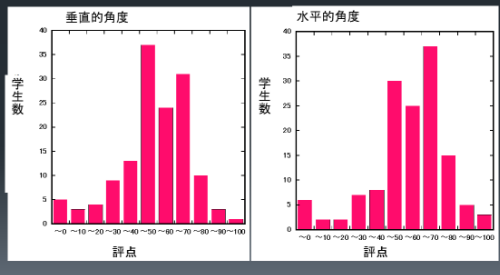


図14 コーンカットと拡大率

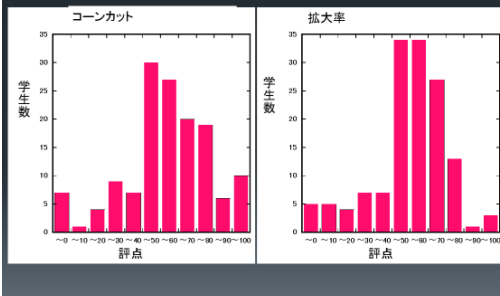


図15 全体としての有効性と使い易さ

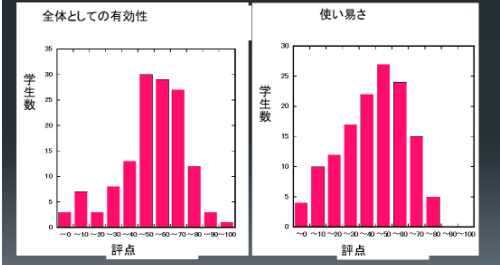


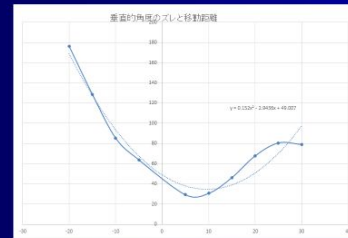
図. 16 アンケート結果の統計処理

- X二乗検定で評点の分布を検定した
- 投影角度の理解 と 全体としての有効性について 50点以上の評点をつけた学生が有意に多かった。(P<0.05)
- 使い易さの評点はやや低かったが、有意ではなかった。

本システムに対して全体的な評価はおおよそ良好であった。ただ、評価の個人差が大きかった。また、装置に関しては、ゲームパッドでの操作は扱いにくいという意見が多かった。2 大学で同様のアンケート調査を行ったが、評価にややズレが見られた。これは、口内法について、教科書による知識で十分理解できる学生もあれば、このようなソフトの手助けでよく理解できる学生もいると考えられた。

3) 撮影写真の評価法に関する検討
 実習などで撮影した画像の評価については従来経験の豊富な歯科医が主観的に評価していた。今回は客観的に評価できる方法について調査する目的で、パターン認識などいくつかの候補の中から、教師画像と実習画像を射影変換によりサブトラクションを行い比較する方法を選択した。射影変換の際に実習で撮影した画像をどの程度移動することで教師画像に近づけられたかを評価のパラメータとした。角度が±20°程度までは画像のズレと移動距離が良く対応したが、それを越えようとまく補正できなかった (Fig.17)。

図.17 サブトラクションを用いた画像評価と実際のずれ



20° 以上の場合についての移動距離のパラメータでは正しく表示できず、新たなパラメータが必要であった。これら結果をまとめを Fig.18 に示している。

図. 18 まとめ

- 仮想空間を利用した口内法X線撮影実習システムを構築した。
- アンケート調査により、本システムは投影角度のX線写真におよぼす影響を実習するのに、よくわかる、という結果が得られた。
- 操作にあたってゲームパッドを用いたが、この操作がやや難しかった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計2件)

1. Araki K, Tokumori K, Okamura K, Matsuda Y, Seki K, Yoshiura K, Okano T

Intraoral radiography training system using virtual reality. The 9th Asian Congress of Oral and Maxillo-Facial Radiology. Xi'an, China, September 14-16, 2012 Xi'an, China

2. Araki K, Tokumori K, Okamura K, Matsuda Y, Seki K, Yoshiura K, Okano T

Intraoral Radiography Training System in the Virtual Reality: Its development and a questionnaire survey to the students The 19th International Congress of Dent-Maxillo-Facial Radiology Program and Abstract, 2013/6/22 ~ 27, Bergen, Norway.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒木 和之 (ARAKI, Kazuyuki)

昭和大学・歯学部・准教授

研究者番号：50184271

(2) 研究分担者

徳森 謙二 (TOKUMORI, Kenji)

九州大学・歯学研究科・その他

研究者番号：40216825

田口 亮 (TAGUCHI, Akira)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：40216825

(3) 連携研究者

岡野 友宏 (OKANO, Tomohiro)

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号：20124688

岡村 和俊 (OKAMURA, Kazutoshi)

九州大学・歯学研究科(研究院)・助教

研究者番号：20346802

関 健次 (SEKI, Kenji)

昭和大学・歯学部・講師

研究者番号：00245820

松田 幸子 (MITSUDA, Yukiko)

昭和大学・歯学部・助教

研究者番号：50266178