

ポスター | 医療支援

ポスター2 医療支援1

2021年11月19日(金) 10:10 ~ 11:10 P会場 (イベントホール)

[2-P-2-06] 歯科診療時におけるデンタルミラーを用いた非接触型ポインティングデバイスの考案

*富田 明男^{1,2} (1. とみた歯科, 2. 株式会社ムロヤ)

*Akio Tomita^{1,2} (1. とみた歯科, 2. 株式会社ムロヤ)

キーワード : Standard Precot, Pointing device, Hough transformation, covid-19, PetriNets

COVID19による世界規模の社会的影響は、筆者の歯科診療所において変革をもたらしつつある。特に院内感染対策において顕著である。とりわけ歯科医療のスタンダードプリコーションにおける診療中のマウス等のポインティングデバイスの使用は感染の脅威となりうる。キーボードはバリアシートの貼り替えで対処できると考えるが、マウスは特性上、本体を指で保持しながらパッドを擦る運動を行うため、バリアシートを貼っても指先のグローブが汚染される危険性があると考え。解決策として、デンタルミラーを用いた動画像認識技術による非接触型ポインティングデバイスを開発、評価アプリケーションを作成、基本機能とシステム評価を行った。機能評価法は、カメラ画像からデンタルミラーの円成分をハフ変換により自動追尾させ、画面上にナンバリング及び等行列に配置した矩形に対して、指定したランダムな数列順に追尾画をオーバーラップさせ選択状態とする。全ての矩形が選択状態になった時点の操作時間を測定する。またデンタルミラーの直線成分に関して同様の処理を行う。比較対象としてマウス、トラックボール、ペンタブレットについて、バリアシートを貼って同様の処理を行う。システム評価は、動画像認識時のレンダリング処理時間、ミラー円成分と直線成分認識時間を測定する。操作時間 secの平均値 N=20と(SD)は、ミラー円17.2(1.71)、ミラー直線16.7(1.86)、ペンタブレット15.4(2.45)、トラックボール14.5(2.44)、マウス12.4(1.87)、処理時間 msecの平均値 N=100と(SD)は、レンダリング処理16.7(2.46)、ミラー円認識25.2(5.23)、ミラー直線認識13.8(3.20)であり、操作時間の延長が認められるもばらつきは小さく、処理時間の遅延も少なく非接触型ポインティングデバイスとしての機能性が示唆された。

歯科診療時におけるデンタルミラーを用いた非接触型ポインティングデバイスの考案

富田 明男 ^{*1} ^{*2}

^{*1} とみた歯科 ^{*2} 株式会社ムロヤ

Discussion on Non-Contact Pointing Devices using Dental Mirrors in Dental Practices

Akio Tomita ^{*1} ^{*2}

^{*1} Tomita Dental Clinic ^{*2} Muroya (K.K.)

The impact of the COVID-19 pandemic on global society is bringing about changes in the author's dental clinic, particularly with regard to preventive measures against in-hospital infection. Above all, the threat of infection is produced by the use of pointing devices such as a mouse during clinical care, which is a standard precaution in dentistry. Although the risks associated with keyboards can be minimized by using and replacing barrier sheets, a mouse must be held and moved along a pad by hand, and the risk of contamination from glove fingertips cannot be eliminated by barrier sheets. As a potential solution to eliminate this risk, a non-contact pointing device based on motion-image recognition technology using a dental mirror was invented, which was tested to evaluate the basic functions and systems using a specially-prepared evaluation application. In order to evaluate the functions, circles representing the dental mirror in camera images were automatically tracked by means of Hough transformation, and the tracking images were successively overlapped on rectangles, which were numbered and placed in a matrix on-screen, in a specified randomized numerical sequence. Each rectangle turned to a selected state when the tracking image overlapped the rectangle. The time taken for all the rectangles to be selected was measured. The same procedure was performed using the straight lines of the dental mirror. For comparison, the same procedure was applied to a mouse, a trackball, and a pen tablet with barrier sheets attached to them. For system evaluation, measurements were made of the rendering time for motion image and the time for mirror circle and line recognition. As for operation time (sec), the mean value (N=20) and standard deviation (SD) were 17.2 (1.71) for mirror circles, 16.7 (1.86) for mirror lines, 15.4 (2.45) for a pen tablet, 14.5 (2.44) for a track ball, and 12.4 (1.87) for a mouse. As for processing time (msec), the mean value (N=100) and SD were 16.7 (2.46) for rendering, 25.2 (5.23) for mirror circle recognition, and 13.8 (3.20) for mirror line recognition. While an increase in operating time was found in comparison to other devices, the variation was insignificant and the extension of processing time was minor. Therefore, it was suggested that the invented device is functional as a non-contact pointing device.

Keywords : Standard Precotion , Pointing device, Hough transformation

Introduction

COVID-19 の世界規模の流行による社会的影響は、筆者の歯科診療所において様々な変革をもたらしつつある。特に院内感染対策において顕著である。元より 1985 年に米国疾病対策センター(CDC:Center for Disease Control and Prevention)が提示した血液汚染の遮断を目的としたユニバーサルプレコーションを発端に、診療所単位で幾多の実践を経て、1996 年には、血液のみ

ならず感染源となりうる全ての湿性生体物質の遮断を全ての患者に適応するスタンダードプリコーションへと成り現在に至っている。- see 1) 加えて、近年国内における電子カルテ、デジタル X 線等の普及や ICT の発展による医療用電子機器における感染対策上の問題点も考えるに至った。具体的には、診療中に検査結果の記録や動画、静止画の撮影等でキーボードやマウス等の入力装置を操作する場面が存在することである。特に電子カルテのマンマシンインターフェースプログラムはイベントドリブン駆動型であ

り、キーボードによるテキスト入力やマウスによる矩形領域の選択動作が欠かせない。

図1に当歯科医院の電子カルテの配置場所を示す。コンピュータAは受付に配置、コンピュータBは診療室内の中央部に配置、コンピュータCは各診療椅子サイドに配置している。

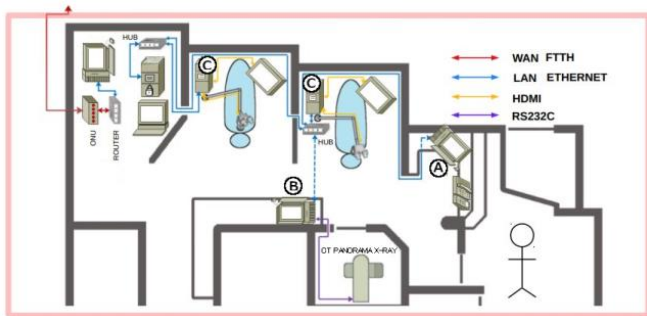


図1 電子カルテの配置場所

表1に各コンピュータの入力様式、入力タイミング等を示す。

表1 各電子カルテの入力様式とタイミング

PC名	配置場所	入力デバイス1	入力デバイス2	入力タイミング
A	受付	マウス キーボード等	顔認証付マイナンバーカードリーダー	受付時 会計時
B	診療室中央	マウス キーボード タッチペン等	—	診療前 診療後
C	診療椅子横	マウス 10キー 音声入力等	本報のミラー自動認識による入力	診療中

コンピュータAは受付業務、コンピュータBは診療前後のカルテ入力、コンピュータCは診療中のカルテ入力を主に担当する。

図2に処理内容や入力項目の関係を示す。

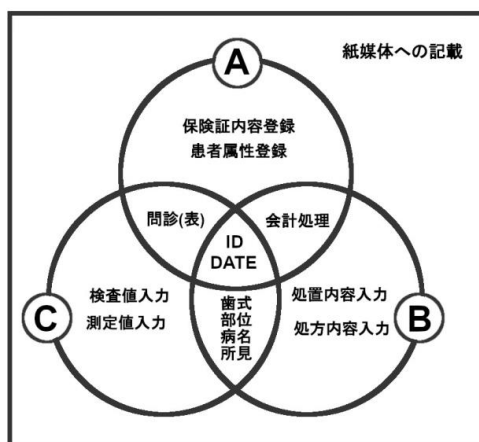


図2 カルテ入力内容とその分類

ベン図より診療中の入力内容を要約すると、

A & B & C の部分は全データから当該患者データ領域を検索するために必要なデータであり、全てのコンピュータに共通している。A & !B & C の部分は主に患者さんの記載した問診表を選択的に補足入力する。

!A & B & C の部分は診療前後のカルテ入力に対して補足的であり、歯式部位は歯式用ユーザーインターフェースにおいて入力を行う。病名、所見は定型文を選択的入力する。!A & !B & C の部分は口腔内の各種検査、測定を行いながら随時値を直接入力する。

以上より診療中のキーボードやマウスの必要性は示唆するが、感染対策を考慮するとそれらの表面からの汚染の危険性が懸念される。

キーボードはバリアシートの貼り替えで対処できると考えるが、-see 2) ポインティングデバイスであるマウスは特性上、マウスを指で保持しながら本体でパッドを擦る運動を行うため、バリアシートを貼っても指先のグローブが汚染される危険性があると考えられる。解決策として、ポインティングデバイスにビデオカメラと基本セットの一つであるデンタルミラーを用いたリアルタイム動画像認識技術による非接触型ポインティングデバイスを考案、評価アプリケーションを作成、評価実験を行った。

Materials and Methods

診療中を想定し図3に示す様に診療台後方のモニター(Princeton 23.6W TFT LCD)下にビデオカメラ(MINTRON CMOS 1280*720, RICOH 6mm f1.4 Cmount)を三脚と共に設置する。ビデオカメラとPCはコンバーターを使って接続されている。ハードウェアとソフトウェア開発環境は、The39th Joint Conference on Medical Informaticsで報告済みの構成を使用する。-see 3) 構成を列挙すると、CPU:intel i7 6700 3.4GHz, GPU:GeForce 1050Ti, OS: Windows 10 Pro 64bit, IDE: Visual Studio 2017 C++, LIBRARY: OpenCV 3.2.0, intel TBB 4.1 等である。評価用アプリ



図3 入力装置

ケーションの仕様は、ビデオカメラ入力動画ウィンドウの四隅と中央にデンタルミラー検出用矩形とそれぞれの矩形の通し番号(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)をレンダリングさせる。起動と同時に乱数を生成させランダムな順で通し番号列をウィンドウ中央部付近に表示させる。両手にグローブを装着しデンタルミラー(MORITA pd Mirror)の鏡面をビデオカメラに向け後述する自動認識アルゴリズム-see 4) 5) 6) [appendix*1]によりリアルタイムにデンタルミラー画像のミラー部の円成分と柄部の直線成分を認識させ、

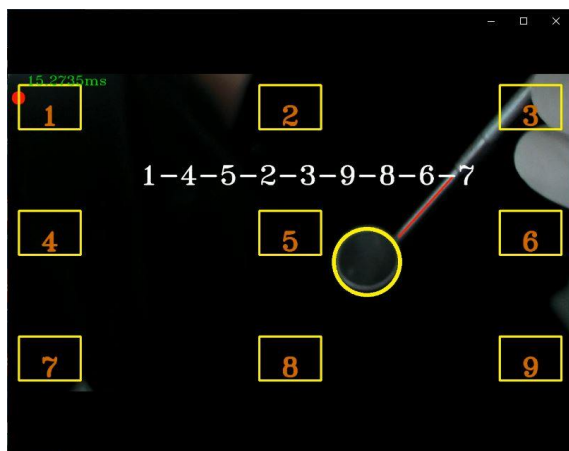


図4 開始画面とデンタルミラー画像の認識

追跡円と追跡直線をレンダリングさせる。これらの動作画像ウィンドウを図4に示す。

ここで前述のデンタルミラーの自動認識アルゴリズムを列挙する。

- see 4) 5) 6) [appendix*1]

- ① カメラ画像フレームデータの取得
- ② グレースケール コンバート
- ③ Canny edge detection algorithm (エッジ検出)
- ④ Hough 変換による円と直線成分の検出
- ⑤ 円と直線成分の座標出力
- ⑥ ①から⑤を繰り返す。以上である。

次に、動画を視ながら、デンタルミラーをランダムな順で表示された番号の矩形に順次デンタルミラーを運ぶ。レンダリングされた認識円が番号の矩形内に含まれると矩形選択の成功として矩形が塗りつぶされる。以上の動作を順次行う。これらの動作画像ウィンドウを図5に示す。

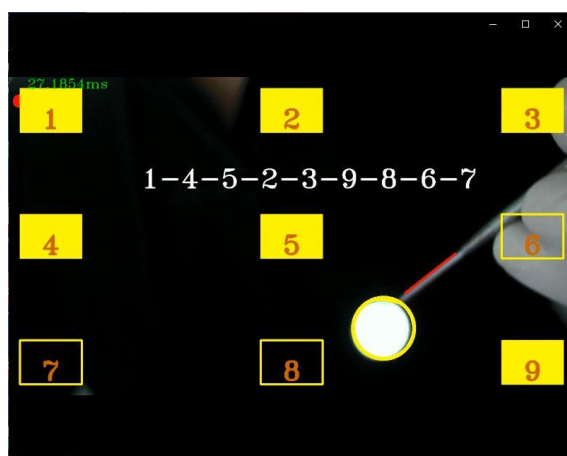


図5 デンタルミラー画像認識による矩形選択

最終の矩形の選択時点で、アプリケーション起動時からの処理時間をシステムタイムに基づき測定する。アプリケーション起動から処理時間測定までの操作を20回繰り返し統計処理を行う。更に上記の一連の測定を直線成分に関しても行う。比較対象としてマウス(Logicoool M505)、トラックボール(SANWA SUPPLY MA1TB32UPS)、ペンタブレット(WACOM CTL-480)に対して同様の一連の操作をそれぞれの保持部分にバリアシートを貼り替えながら20回繰り返し統計処理を行う。

最後にシステム評価として、デンタルミラー画像認識時の動画レンダリング処理時間とミ

ラー画像認識処理時間をシステムタイムに基づき 100 プロセス分測定統計処理を行う。今回の評価実験、システム評価実験における処理時間測定方法は The39th Joint Conference on Medical Informatics で報告済みの方法を用いる。- see 3) 手順を列挙すると、[appendix*1]に示すがごとく、システム動作アルゴリズムを PetriNets でグラフ化する。測定点 T を PetriNets 上のプレース、トランジションにプロットする。測定点 T の Time 値を t_1, t_2 とすると経過時間 T_n は(1)の計算式で求められる。

$$T_n = t_2 - t_1 \quad (1)$$

Results

各デバイス操作時間の測定値より、平均値と標準偏差を求め表 2 に示す。

表2 各デバイスの操作時間

	デンタルミラー 円認識	デンタルミラー 直線認識	マウス+バリアシート	トラックボール+バリアシート	ペンタブレット+バリアシート
平均操作時間 sec (N20)	17.2	16.7	12.4	14.5	15.4
標準偏差	1.71	1.86	1.87	2.44	2.45

各デバイスの 20 回の操作時間推移を表 3、図 6、図 7 に示す。

表3 各デバイス操作時間 (sec) の推移

回数	デンタルミラー 円認識	デンタルミラー 直線認識	マウス+バリアシート	トラックボール+バリアシート	ペンタブレット+バリアシート
1	15.81	18.26	12.14	16.99	20.31
2	17.74	15.54	12.38	20.77	17.63
3	17.61	18.02	13.17	14.74	18.78
4	19.43	17.16	10.00	16.69	21.00
5	21.00	19.63	12.79	14.31	13.39
6	16.49	15.02	12.02	13.99	15.05
7	19.06	14.27	18.96	14.71	16.33
8	18.60	18.92	13.59	12.89	12.73
9	19.36	15.26	11.68	12.61	14.00
10	17.12	15.04	11.70	12.06	14.41

11	14.91	19.23	12.64	11.28	13.36
12	17.62	19.84	12.99	13.64	14.54
13	14.98	16.58	10.89	17.50	11.89
14	16.58	14.22	12.44	17.10	15.77
15	15.18	14.66	10.32	12.72	14.76
16	16.88	16.95	10.63	14.76	14.55
17	14.52	17.66	12.30	14.39	15.32
18	16.42	17.15	13.70	10.66	13.45
19	16.68	14.62	10.85	15.80	13.55
20	17.48	15.87	12.85	12.65	16.40

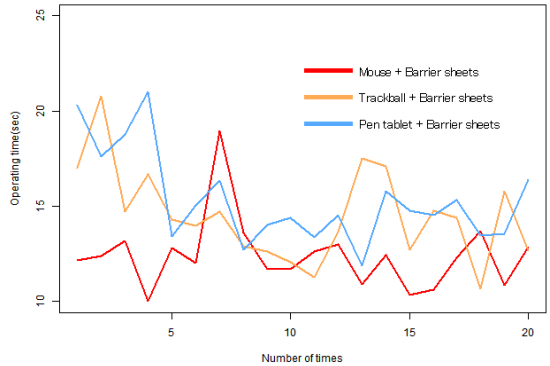


図6 比較対象群のデバイス操作時間推移

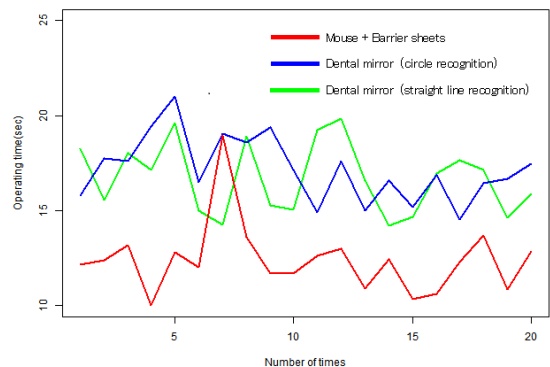


図7 マウスとミラー群のデバイス操作時間推移

システム評価としての動画像レンダリング処理時間、デンタルミラー円成分の画像認識処理時間、デンタルミラー直線成分の画像認識処理時間の測定値より、平均値と標準偏差を表 4 に示す。更に確率密度曲線を図 8 に示す。

表4 システム評価実験の結果

	レンダリング 処理	ミラー円成分 認識処理	ミラー直線成分 認識処理
平均処理時間 msec (N100)	16.7	25.2	13.8
標準偏差	2.46	5.23	3.20

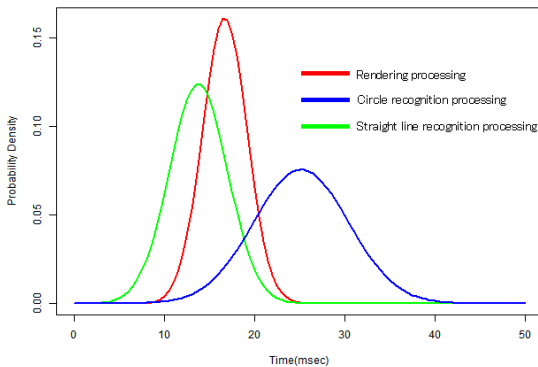


図8 レンダリングと各認識処理時間の確率密度曲線

Discussion and Conclusion

評価実験結果において、操作時間の平均値は値が大きい順にデンタルミラー円成分認識 17.2sec、デンタルミラー直線成分認識 16.7sec、ペンタブレット 15.4sec、トラックボール 14.5sec、マウス 12.4sec である。デンタルミラーが比較的大きな値をとるのは他のデバイスが平面的な動きなのに対してデンタルミラーは 3 次元空間の中での動きである点と、デンタルミラー以外のデバイスではポインティング操作と画面のカーソルの動きが常に連動しているのに対してデンタルミラーは、カメラ映像から本体を認識させるために焦点と向きを合わせながらポインティング操作を行う必要がある点が理由として考えられる。ばらつきとしての標準偏差は値が小さい順にデンタルミラー円成分認識 1.71sec、デンタルミラー直線成分認識 1.86sec、マウス 1.87sec、トラックボール 2.44sec、ペンタブレット 2.45sec である。更に、標準偏差からのばらつきを学習曲線として図 6 図 7 の推移グラフで観察すると、標準偏差の比較的大きな値をとるトラックボールとペンタブレットは負の勾配の傾向が観られる。これは、両者とも筆

者の習熟性が低い事とバリアシートによる操作性の低下が原因と推測する。マウスの標準偏差は比較的小さな値をとり、推移グラフでは、7 回目で正のピークが観られるが総じて勾配は観られない。デンタルミラーの円と直線認識の標準偏差はマウスと近似しており、推移グラフでは、両者とも明確な勾配は観られない。以上から当デバイスについて長所と短所の観点から述べると、長所として基本セットの一つであるデンタルミラーを用いるため操作の習熟性が優である点と、デバイスにおける診療時のバリアシートの張替作業が不要な点である。短所として操作時間が他のデバイスと比較して大きい事が挙げられる。

システム評価実験結果において、レンダリング処理時間とデンタルミラー円成分認識処理時間の平均値の差は 8.5msec であり偏差の大きい後者の処理時間の 2 標準偏差値 10.46msec 以内にある。またレンダリング処理時間とデンタルミラー直線成分認識処理時間の平均値の差は 2.9msec であり偏差の大きい後者の処理時間の 1 標準偏差値 3.2msec 以内にある。円認識の平均値が直線認識に比較して大きな値をとるのは、ハフ変換処理の走査探索において直線は距離と角度の二次元探索であるのに対して円は点座標と半径の三次元探索である影響と推測するが、図 8 の確率密度曲線より両者ともレンダリング処理時間を基準としての処理時間の遅延は少なく実用域であると考ええる。更に、PetriNets の全てのプレースにおいて双方向のアーキがそれぞれ一個以上存在し、グラフは閉じておりマークがオーバーフローするプレースは存在しない。
- see 3) [appendix*1]

以上よりデンタルミラーを用いた本評価アプリケーションシステムは非接触型ポインティングデバイスとしての機能性が示唆された。

Acknowledgments 当院スタッフのみなさま、家族のみなさまに深く感謝申し上げます。

Reference

- 1) Ryutaro Kobayashi. Infection control in clinics. THE JOURNAL OF THE JAPAN DENTAL ASSOCIATION, Vol.71, No.6, 2018-9.
- 2) CDC:Guidelines for Infection Control in Dental Health-Care Settings-2003. 2003; MMWR Vol.52, pp.26.
- 3) Akio Tomita. The frame show process by FIFO algorithm, and the frame search process by automatic color recognition in video segment data files group of dental microscope system based on SS-MIX2. The 39th Joint Conference on Medical Informatics[CD-ROM]2019:775-780.

4) OpenCV Documentation.

5) John Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.8, No.6, pp.679-714, 1986.

6) P. V. C. Hough, "Method and means for recognizing complex patterns," U.S. Patent, 3069654, 1962.

[Appendix*1]

