

○水野 雅之、本田 道隆

香川高等専門学校 電気情報工学科

【背景】X線透視画像はノイズが多いので画質を良くするための処理が行われているが、近年ではかなり複雑な処理もリアルタイムで実行できるようになりつつある。しかし、複雑な画像処理にかかる時間によって手元の動作とディスプレイの表示とのずれが大きくなることがある。このため見やすい画像が得られてもずれが大きければ却って作業性を損なうのではないかといった懸念が生じる。

【目的】手元の動作とディスプレイの表示とのずれがどこまで許容できるのかを見積もり、リアルタイム透視画像処理で要求される使用を明確にする。

【方法】カメラで撮影した画像をソフトに通してディスプレイに表示することで撮影した映像を任意の時間だけ遅らせてディスプレイに表示するシステムを構築した。構成を Fig.1 に示す。

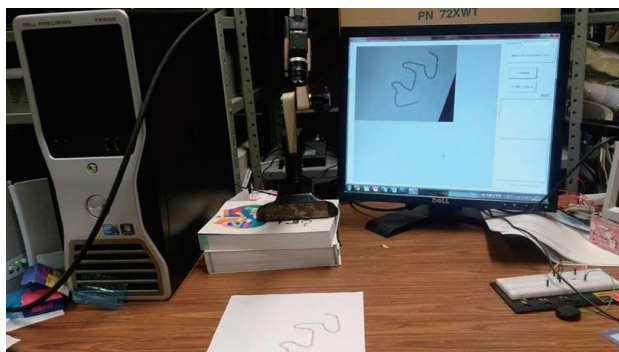


Fig.1 システム構成

このシステムを用いて血管などを模した二つの線の間を、被験者にディスプレイを見ながらなぞってもらい、かかった時間とパターンからはみ出した回数を記録した。これを $\Delta t = 90, 120, 160, 180, 210$ ms とずれを変化させながら2回ずつ測定し、平均を取った。

【結果】グラフに示す測定結果が得られた。

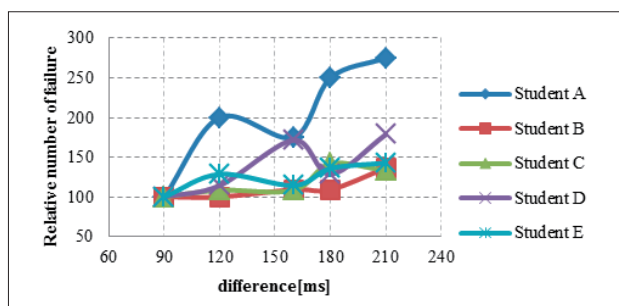


Fig.2 はみ出した回数

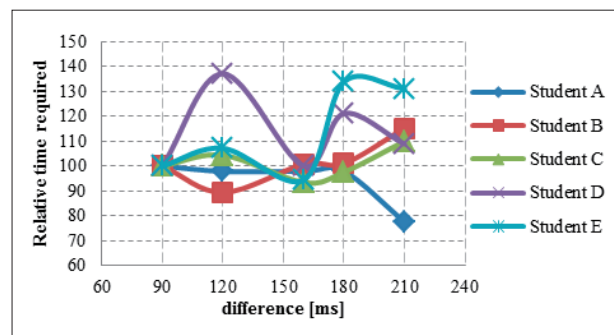


Fig.3 所要時間

Fig.2は横軸がずれの大きさ、縦軸が90 ms における測定値を100としてはみ出した回数の比率を相対的に表示したもので、Fig.3は横軸がずれの大きさ、縦軸が90 ms における所要時間について、同様の表示を行ったものである。

はみ出した回数について注目すると、ずれが最も小さい90 ms におけるミスと二番目に小さい120 ms におけるミスの間にも増加する傾向が見られるが、中でも Student A はすでに作業性を損なっている。ずれが最も大きい210 ms に至っては被験者全員がミスを増加させている。すなわち、210 ms のずれを生じる処理は実施すべきではないと考えられる。

所要時間については、今回の実験ではずれの増大が所要時間に与える影響が明確に計測されることはなかった。しかし、所要時間が減少した Student A ははみ出した回数が増加していることが分かる。

以上の実験結果より、ずれが大きくなると作業性を損なう傾向にあることは明らかである。また、比較的小さなずれでも作業性を損なう被験者が存在しているが、現実のシステムではずれが120 ms 程度であることから、これ以上ずれを増やすべきではないと判断した。

【結語】実際の動きに遅延を通して表示する映像系を構成し、ずれ(レイテンシー)が作業に与える影響を調べ、約120 ms 程度がレイテンシーの許容範囲であると判断した。今回の実験では静止したパターンをなぞる実験にとどめたが、現実のカテーテル操作では心拍などで対象に動きがあるといった違いがあるため、より近い評価方法を検討していく必要がある。今回得られた結果を今後の画像処理仕様に役立て、より安全な臨床検査に結び付けていきたい。

○柏原 亮太、水野 雅之、本田 道隆
香川高等専門学校

【背景】現在、IVRにおいて、透視による被爆を低減するため、1秒間に10フレームや15フレームの透視がほとんどの臨床施設で行われている。一方、人間の目の知覚特性を考えると、フレームレートを増加させた方が動きに円滑に追従できることが知られている。

【目的】動画観察において静止した信号がノイズの多い背景上に存在しているとき、1秒間のコマ数(フレームレート)が多いほど信号の認識能が高いことが確認されてきたが、心臓のカテーテル治療などでは被写体が動くため、そのような被写体についても効果を調べる必要がある。そこで、本研究では、動いている被写体を10フレームなどの低いフレームレートで収集し、背景ノイズのパターンを変化させて30フレームなど高いフレームレートで表示させたときの認識能に与える効果を調べた。

【方法】コンピュータシミュレーションにより、秒間10コマで動く線状陰影を形成し、その画像にランダムノイズを重ねさせ、秒間10コマと秒間30コマの動画を作成した。秒間10コマと秒間30コマの動画に対し、被験者(学生7人)に動いている2本の線状パターンの交点部分(1箇所)が分かり次第マウスでクリックしてもらい、画像が表示されてから交点部分をマウスでクリックするまでの時間と、マウスでクリックした位置の正確さについて評価した。さらにトレース実験を行い、カメラの映像にノイズを重ねさせ、ディスプレイに表示した。色を塗ったボールペンをカテーテルに見立て、被験者(学生4人)にディスプレイを見ながら、紙の上にひかれた2本の線の間をトレースしてもらい、作業にかかった時間と、線からはみ出した回数を評価した。なお、トレース実験では実験で使用したカメラとコンピュータの組合せの制限から、秒間5コマと秒間15コマで動画を表示した。

【結果】Fig.1はシミュレーション実験の時間の結果で

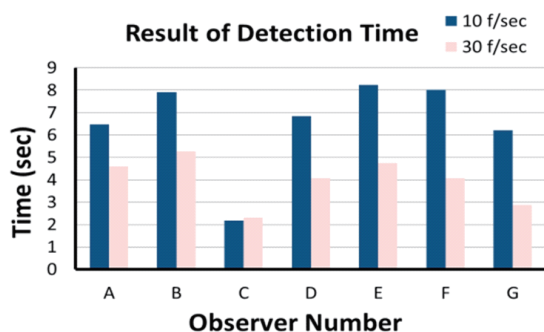


Fig.1 シミュレーション実験の時間の結果

ある。被験者7人中6人が秒間10コマで表示するよりも、秒間30コマで表示した方が認識時間が短くなった。

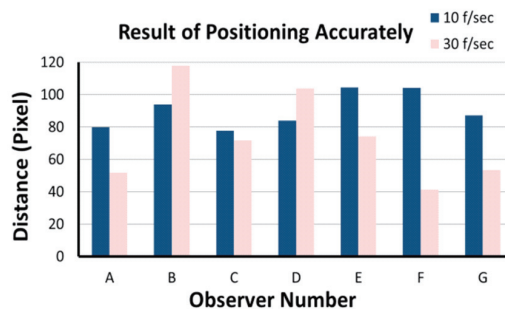


Fig.2 シミュレーション実験の正確さの結果

同様にシミュレーション実験の正確さの結果は、被験者7人中5人が秒間10コマで表示するよりも、秒間30コマで表示した方が距離の正確さが優れていた。これらのコンピュータシミュレーションによる時間と正確さの結果を二項検定を用いて評価した。二項検定の結果、時間のp値は1.2%で、秒間30コマの方が優れていた。正確さのp値は24.9%であった。時間に関しては、統計学的に有意な時間短縮が得られた。正確さに関しても、距離の平均値は秒間30コマのほうが優れており、件数も秒間30コマの方が優れているので、単純に時間だけが短縮された訳ではない。

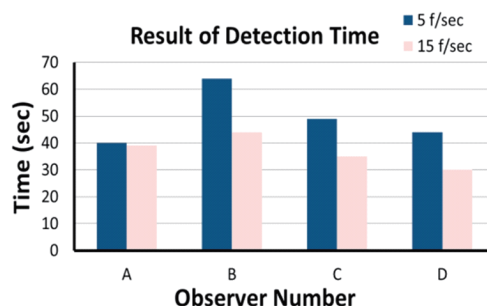


Fig.3 トレース実験の時間の結果

トレース実験では、被験者4人全員が秒間5コマよりも、秒間15コマで表示した方が時間が短くなったことが確認された。トレースの正確さは、はみ出した回数は秒間5コマ、秒間15コマ共に多かった。そのため今後は、このような作業精度をより正しく定量化できるように実験方法の改善を計画している。

【結語】2つの実験から、信号そのものの動態は両者同じであるが、秒間30コマでは背景ノイズの時間変動が細くなり、その効果として線状パターンの動きに対する認識能の向上が確認された。

○森 千尋、沼田 美保、中島 真由佳、藤井 俊輔、本田 貢、田原 誠司
岡山大学病院

【目的】当院では2013年5月より、KONICA MINOLTA 社製ワイヤレス型 FPD の AeroDR を導入した。現在病室撮影では、FUJIFILM 社製カセット方式 CR と AeroDR を併用している。AeroDR は蛍光体に CsI を採用しているため DQE が高く、カセット方式 CR に比べ撮影線量の低減が期待できる。

今回胸部撮影における AeroDR とカセット方式 CR の低コントラスト検出能を CDRAD ファントムを用いて視覚評価を行い、得られた IQF から、胸部撮影条件を検討した。

【方法】蛍光体に CsI を使用したワイヤレス型 FPD の AeroDR (コニカミノルタ社製) と、光輝尽性蛍光体を塗布した IP を用いたカセット方式の CR (FUJIFILM 社製)、読取り装置は XL-2 を使用した。移動型の X 線装置はシリウス 130HP (日立メディコ社製) を使用した。

肺野を模擬するためにアクリル 8 cm の中央部に CDRAD ファントムを配置した。CDRAD ファントムの信号の直径は、0.3～8.0 mm の 15 ステップ、深さは 0.3～8.0 mm の 15 ステップである。信号が大きい 3 列目までは中心に 1 個の信号があり、4 列目以降は中心に 1 個、四隅のいずれかに信号が 1 個ある。

試料は撮影条件管電圧 100kV、1.0mAs、2.0mAs、4.0mAs、6.3mAs と変化させ、SID120 cm、照射野 14 インチ×17 インチで 1 条件あたり 3 枚作成した。グリッドは臨床時と同様に、AeroDR では三田屋製作所 8:1 AL 40 本/cm、カセット方式 CR では三田屋製作所 8:1 AL 60 本/cm を使用した。

画像処理は、それぞれのシステムで臨床時のパラメータを用いた。観察者は当院の診療放射線技師 5 名とし、EIZO の 3M モノクロのモニター (ナナオ社製) 上にて 50% の確信度で認識できる深さ (閾値コントラスト) を答えるように依頼した。観察環境は観察距離・観察時間は観察者の自由とし、部屋の明るさは同一条件下で行った。評価方法は、両システムの線量を変化させた C-D 曲線を作成し、IQF を求めた。

【結果】AeroDR、カセット方式 CR とともに、線量が増加するに伴って、浅く小さい径まで判別することができた。両システムの 2.0mAs での C-D 曲線 (Fig.1) を比較すると、AeroDR のほうがカセット方式 CR より浅く小さい径まで判別することができた。

IQF と撮影条件の関係を示したグラフ (Fig.2) より、両システムとも撮影条件の増加にともない IQF の値が小さくなった。

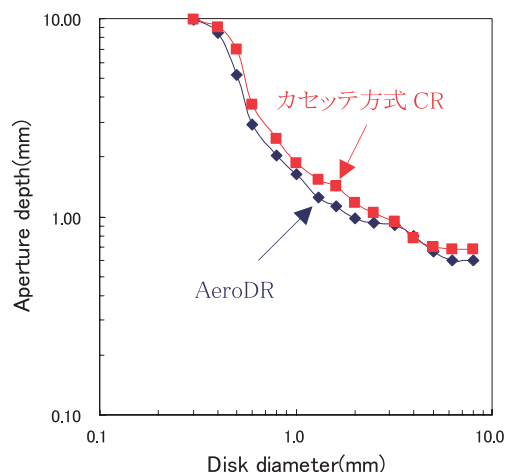


Fig.1 両システムの2.0mAs での C-D 曲線

各条件においてカセット方式 CR に比べて、AeroDR の方が IQF の値が小さく、低コントラスト検出能が優れていることがわかった。また、カセット方式 CR で 4.0mAs の IQF の値と、AeroDR で 2.0mAs の IQF の値がほぼ同程度であった。

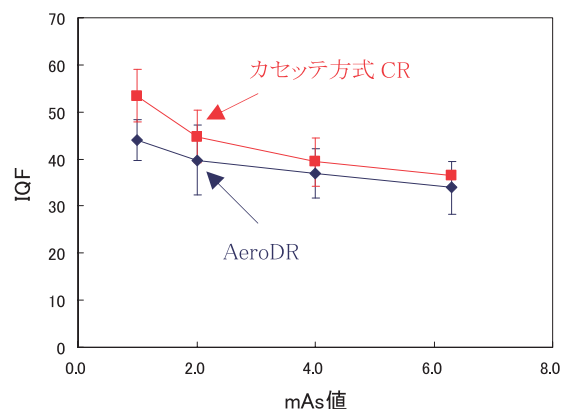


Fig.2 両システムの撮影条件による IQF の変化

【考察】各線量において AeroDR の低コントラスト検出能がカセット方式 CR より優れていたのは、グリッドの影響も考えられるが、AeroDR の蛍光体の発光効率が良いため X 線の利用効率改善されたためと考えられる。

撮影条件について比較すると、カセット方式 CR に対し AeroDR では約 48% に線量低減が可能である。

○前川 慶太¹⁾、福井 亮平¹⁾、御古 謙太¹⁾、山砥 征弥¹⁾、石井 里枝²⁾

1) 鳥取大学医学部附属病院 放射線部

2) 徳島文理大学 保健福祉学部 診療放射線学科

【目的】ヨウ化セシウム (CsI) を用いたワイヤレス型の Flat Panel Detector (FPD) が導入された。従来用いていたガドリニウム検出器 (Gd-D) と CsI 検出器 (CsI-D) の信号検出能を Burger phantom により比較、評価した。

【方法および使用機器】CsI-D は Aero DR (KONICA MINOLUTA 社製)、Gd-D は CXDI-50G (Canon 社製)、X 線発生装置は KXO-80G (TOSHIBA 社製) を使用した。管電圧を 50kV、70kV、90kV と変化させ、散乱体としてアクリル板を使用し基準線量 (1 倍)、1/2 倍、2 倍で Burger phantom を撮影した。観察画像は画像処理を外し、2M のモノクロモニタ (TOTOKU 社製) 上で輝度が同等となるように作製した。試料観察は本院の診療放射線技師 10 名で、観察時間、モニタとの距離等を制限しなかった。観察結果は、Contrast-Detail (C-D) 曲線と Image Quality Figure (IQF) において評価した。IQF は観察された列 (i) における信号の直径 (D) と深さ (C) から次式により定義される。

$$IQF = \sum_{i=1}^n D_i \cdot C_{i \min}$$

【結果】C-D 曲線は、すべての管電圧において CsI-D の信号検出能は Gd-D より高かった。

また、50kV、70kV の等しい線量の IQF は、CsI-D が有意に高い評価となった。90kV の IQF は、Gd-D の 1 倍線量と CsI-D の 1/2 倍線量の評価結果に有意な差は認められなかった。

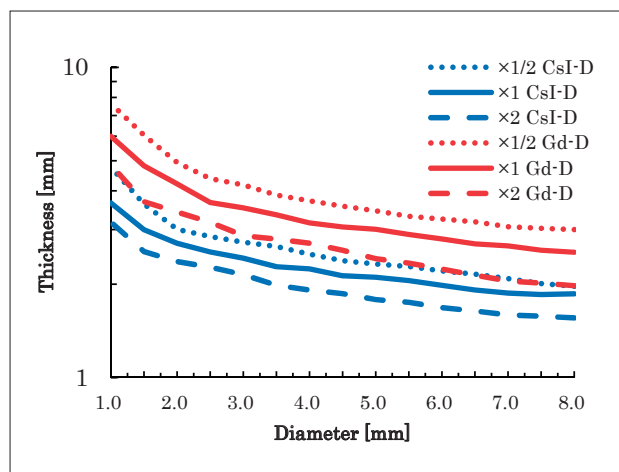


Fig.1 C-D diagram (90kV)

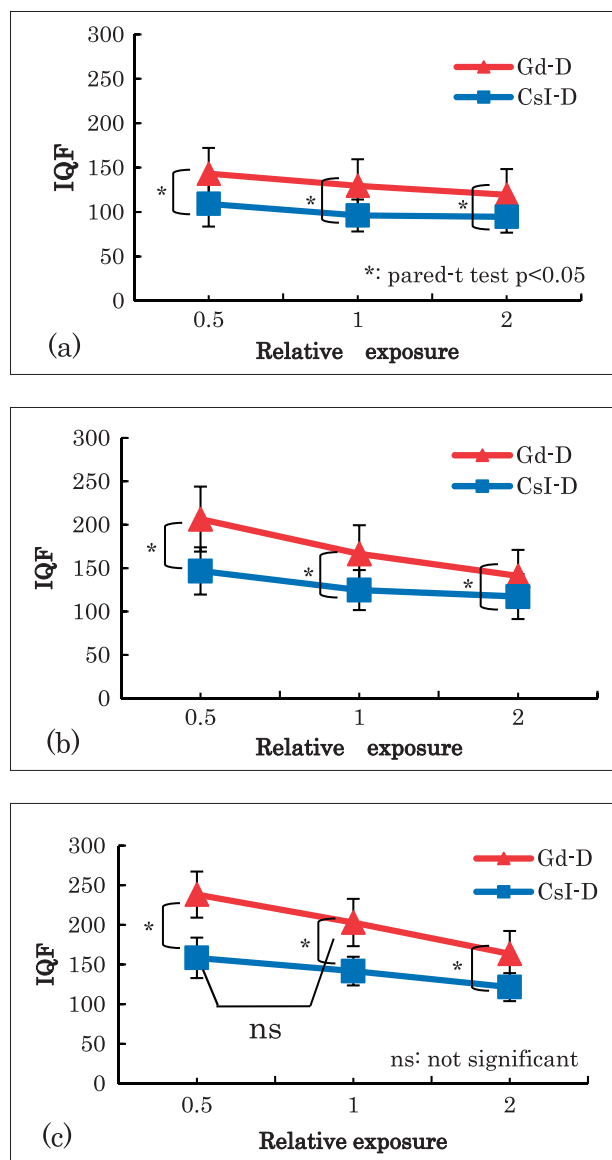


Fig.2 Image Quality Figure (a) 50kV, (b) 70kV, (c) 90kV

【考察】C-D 曲線において、CsI-D の信号検出能向上が認められた。また、管電圧が高くなるほどその差は顕著となり管電圧依存性が認められた。そのため使用管電圧に応じた撮影線量の設定が必要である。

IQF の結果により、90kV において撮影線量を 1/2 に低減できる可能性が示唆された。

【結論】CsI-D は Gd-D に比べ本研究で用いた管電圧において高い信号検出能を示した。特に 90kV において CsI-D は Gd-D の 1/2 倍の線量で撮影可能だと示唆された。

○立永 謹、木寺 信夫、北川 康子、池田 俊貴、藤村 良夫
広島大学病院 診療支援部

【背景】手術終了後、体内に異物ガーゼ等の有無を確認するためにポータブル撮影を行っている。当院において術後 CT 検査において縦隔部にガーゼ遺残が発見され、撮影条件（管電流時間積：以下 mAs 値）を変更することで対応してきた。しかし、再度腹部に遺残ガーゼが術後6ヶ月の CT 検査にて発見された。医療安全管理部より、手術用ガーゼの確認ポータブル撮影において、『パッと見、ガーゼと解るようにならないか』との要望があった。

【目的】ポータブル撮影システムにおいて撮影条件の変更では散乱線等の影響で限界があると考え、ガーゼを強調する画像処理法について検討した。

【使用機器・方法】本研究では、ポータブル撮影装置（TOSHIBA 移動型 X 線装置 シリウス 130HT）、CR 装置（FCR IP ST-VA）、グリッド（MS-X レイグリッド MS-3P 型 N34, r3, $f_0 = 100\text{cm}$ ）、散乱体（アクリルファントム：20cm）、手術用ガーゼ（滅菌商影 X 線造影剤入りガーゼ 30×30 cm）、画像処理ソフト（Imagej 1.48e）、モニター（EIZO 3M 白黒モニター 21.2 インチ）を使用して、作成した観察試料に対して、バンドパスフィルタ処理を行い、処理有無画像の視覚評価を行った。

観察試料の作成条件は、管電圧：100kV、mAs 値：1.0mAs、SID：150 cm とし、1 cm 長のガーゼをランダムに配置した。

観察者は診療放射線技師5名で、観察試料は、画像処理なし画像60例（信号あり30例＋信号なし30例）および画像処理あり画像60例（信号あり30例＋信号なし30例）である。

観察環境は、観察距離・時間は自由とし、部屋の明るさは手術終了後と同様、ウィンドウレベル（WL）・幅（WW）は一定：WL：887、WW：1774とした。

評価方法は連続確信度法を用いた。

【結果】画像処理前後での AUC の比較を Table 1 に、ROC 曲線を Fig.1 に示す。本手法を用いることで、ガーゼの視認性が向上していることが確認できた。

本手法を適用前後の胸部ファントム撮影画像を Fig.2 に示す。

Table 1 画像処理前後の AUC の比較

	処理なし	処理あり
Reader 1	0.870	0.995
Reader 2	0.824	0.992
Reader 3	0.843	0.994
Reader 4	0.847	0.995
Reader 5	0.930	0.996

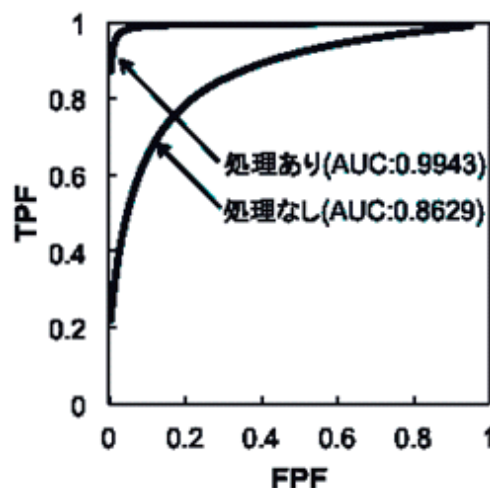


Fig.1 画像処理前後の ROC 曲線

【考察】バンドパスフィルタ処理を行うことで、ガーゼの視認性が向上した。これは、ガーゼ内の高吸収物質である高周波成分を強調し、他の背景成分（低周波成分）を減弱したためと考えられる。また、バンドパスフィルタ処理パラメータ等を再検討することで、更なる視認性の向上が期待できる。

【まとめ】空間周波数処理の一種であるバンドパスフィルタ処理を用いることにより、視認性が向上した。病棟撮影における胃管挿入後の確認にも使用しているが、今後これを含めて、画像処理の他、階調処理も考慮した視認性の向上に努めたい。