

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24591753

研究課題名(和文) 認知心理学的なシミュレーション画像評価法によるモニタ診断の信頼性に関する研究

研究課題名(英文) Comparison of Liquid Crystal Display (LCD) of Medical-grade and General-grade LCD, and Tablet PC: Observer Performance Study

研究代表者

吉村 公美子 (Yoshimura, Kumiko)

名古屋大学・医学(系)研究科(研究院)・教務職員

研究者番号：90419151

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、画像診断に用いる液晶モニタにおいて、一般的なパソコン用モニタやタブレットPCなどの汎用モニタの医学的な信頼性の検証のため、モニタの物理的測定や読影実験を行い医療用に開発されたモニタ(医用モニタ)と比較した。輝度・コントラスト比・解像度などの物理的な測定において、電子カルテ用モニタやタブレット端末(汎用モニタ)は医用モニタに匹敵する性能はあるが、臨床画像による読影実験を行ったところ脳梗塞の診断には適していないことがわかった。しかし、汎用モニタの物理的な性能は高く、医用画像を表示し閲覧するのみならば問題ないと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to compare the reliability in medical use of radiographic image interpretation using medical-grade liquid crystal displays (LCDs) and general-grade LCDs (including the Tablet personal computer (PC)) by examining the observers' performance and physical performance evaluation. When evaluating and comparing the performance of monitors, adopting luminance, contrast, modulation transfer function (MTF), and noise power spectrum (NPS) between medical-grade LCD and tablet PCs, the tablet PCs performance was equivalent to that of the medical-grade LCD. Observer performance for detecting cerebral infarction of brain computed tomography (CT) was higher on the medical-grade LCD than Tablet PC. Therefore, the Tablet PC could not substitute for medical-grade LCD monitor. However, as tablet PC has promising potentials such as portability, further examination is needed for the clinical situation using tablet PC.

研究分野：放射線科学

キーワード：医用モニタ 読影実験 輝度 解像度

1. 研究開始当初の背景

画像診断は、日本画像医療システム工業会より「医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン」(JESRA X-0093*A²⁰¹⁰,2010)により精度管理方法が定められ、「デジタル画像取り扱いに関するガイドライン」(日本医学放射線学会,2006)では「解像度が1メガピクセル以上の医用モニタならば存在診断においてフィルムとモニタは同等」とされて、フィルムから液晶モニタによる診断へ変わってきた。臨床現場においては、医療用に開発された医用画像表示用高精細モニタ(以下、医用モニタ)だけでなく、外来診察室や病棟などでは電子カルテ用モニタで画像表示をすることが見られる。2010年にはタブレット端末が発売され、携帯性に優れることから医療での仕様も検討された。手術中やベッドサイドなどでタブレット端末に画像を表示することも見られるようになっていた(Volonte, et al., *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*, 2011;12(6):1066-1068)。このため、電子カルテ用のモニタやタブレット端末などに画像を表示することについての、医学的な安全性の検討が必要と考えられた。

2. 研究の目的

本研究は、液晶モニタによる画像診断に用いる液晶モニタの性能を評価し、モニタ診断に耐えうる性能が汎用モニタやタブレット端末にあるのか臨床的な信頼性について検証する。液晶モニタの性能評価には、輝度、解像度、ノイズ測定などの物理的測定および読影実験にて行った。読影実験には、認知心理学的な手法を用い、以下の目的を達成した。

(1) 認知心理学的なシミュレーションによる読影実験を行い、汎用モニタが医用画像の読影に最適な性能があるのか検討する。

(2) 臨床画像を用いた読影実験を行い、モニタごとの正診率を計算して、汎用モニタを読影に用いることの医学的な信頼性を検討した。

3. 研究の方法

本研究に使用した臨床画像および読影実験の参加者への倫理的配慮は、名古屋大学生命倫理委員会にて承認を得てから、実験を行った。

(1)物理的測定

比較したモニタパネル

医用モニタ(LCD)(RX220, Eizo), 初代 iPad (iPad-1)および第4世代 iPad (iPad-4)(Apple)

輝度測定

モニタの中心に TG18-BN テストパターン(JESRA X-0093*A, 2010)及び三原色(赤・青・緑)のパターン作成したものを表示し、輝度計(CS-100A コニカミノルタ)で輝度を測定

した。コントラスト比(最大輝度 / 最小輝度)の計算やコントラスト応答曲線を作成し、各モニタパネルを比較した。

解像度測定

測定用チャート(図1)を作成し、

Ichikawa

ら測定方法(Ichikawa, et al., *Journal of the Society for Information Display*,

2006;14(6):83

1-837)を用い

て Modulation Transfer Function (MTF)を測定し、各モニタパネルを比較した。



図1. MTF 測定画像

ノイズ特性測定

輝度測定で使用した画像を使い、Ichikawaら測定方法(Volonte, et al., *Radiological physics and technology*, 2008;1(2):201-207)を用いて Noise Power Spectrum (NPS)を測定し、各モニタパネルを比較した。

(2)ファントム画像による認知心理学的なシミュレーション実験

比較したモニタパネル

医用モニタ(RX240, Eizo)および汎用モニタ(LCD-MF235XDBR, IODATA)である。モニタの性能を調べるため、(1)物理的測定の輝度と同じ方法で、TG18-BN01 および TG18-BN18のみ測定し、最大輝度とコントラスト比を求めた。

実験方法

被験者 17 名(男 8 名, 女 9 名, 平均年齢 30.9 才)

視覚探索実験用画像を作成し、ターゲットの位置を答え、正答率と反応時間を収集した。被験者にはインフォームドコンセントを行い、同意を得てから実験をお願いした。

データ解析

各モニタパネルについて、正答率と反応時間が t 検定により差があるのかどうか比較した。

(3)臨床画像による読影実験

比較したモニタパネル

医用モニタ(LCD)(RX211, Eizo), iPad (Apple)
(1)物理的測定の輝度と同じ方法で輝度特性を測定した。

実験方法

実験に使用した臨床画像: 頭部 CT 画像 97 症例(健常 50 症例, 脳梗塞病巣有り 47 症例(急性期脳梗塞 14 症例, 陳旧性脳梗塞 33 症例)) 全ての画像は匿名化した。

被験者(読影者)：放射線科医師 9 名 (経験年数 3~17 年 , 平均経験年数 7.3 年)
読影実験方法：頭部 CT 画像を頭頂から小脳までランダム提示し , 0~100 の連続スケールで病巣の有無を答えた。読影者にはインフォームドコンセントを行い , 同意を得てから実験をお願いした。

データ解析

脳梗塞の検出能について ROC 解析を行い , ROC 曲線を得た。モニタ間の比較は , t 検定を行った。また , 読影医師の経験年数の 10 年以上と未満で ROC 曲線を作成した。

4 . 研究成果

(1)物理的測定

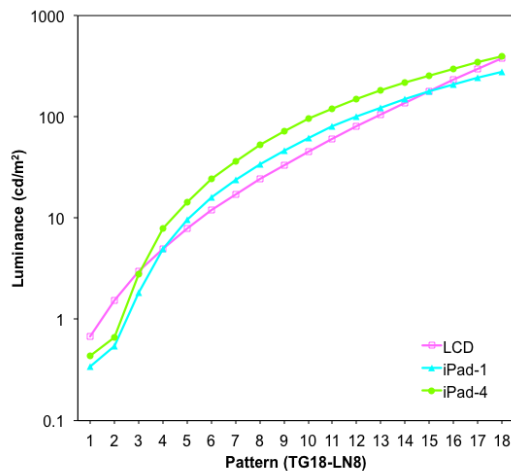


図 2. 各モニタパネルの階調曲線
 (yoshimura et.al., ECR2014 C-1377)

輝度特性

各モニタパネルのコントラスト比は , LCD , iPad-1 , iPad-4 の順に , 561:1 , 823:1 , 916:1 であった。図 2 は各モニタの階調曲線を示す。LCD は , その装置の最高性能の輝度ではなく , モニタメカ推奨の日常用の輝度に下げているため , iPad と同等の測定値だった。iPad は最小輝度が LCD よりも低いため , コントラスト比は高く , iPad は医用モニタと同等の性能であるといえる。

コントラスト応答

図 3 は , 各モニタのコントラスト応答曲線である。医用モニタは , Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)規格に準拠したグレースケール Grayscale Standard Display Function (GSDF)であるが , 曲線から外れる測定値があり iPad は GSDF に準拠していない。

解像度測定

図 4 は , 各モニタの MTF 曲線である。MTF 曲線は MTF の値が大きい程解像度高いことを示すため , iPad-4 , iPad-1 , LCD の順に解

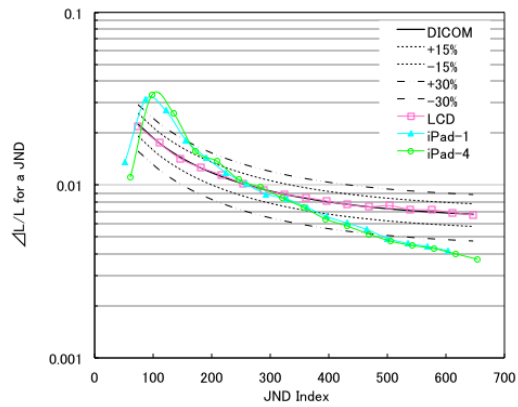


図 3. 各モニタパネルのコントラスト応答曲線
 (yoshimura et.al., ECR2014 C-1377)

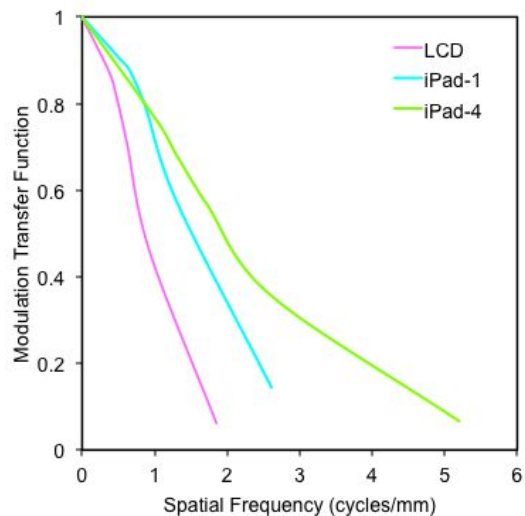


図 4. 各モニタパネルの MTF 曲線
 (yoshimura et.al., ECR2014 C-1377)

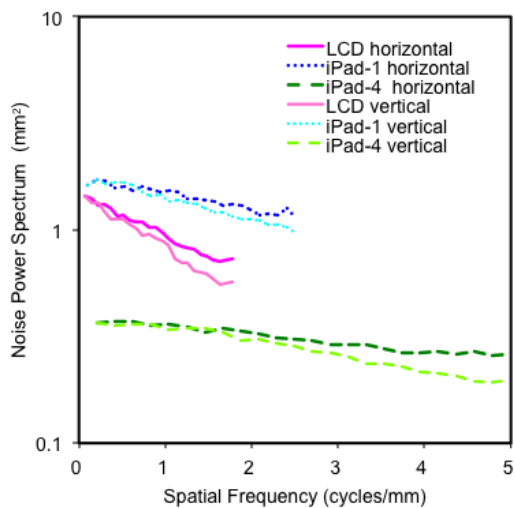


図 5. 各モニタパネルの NPS
 (yoshimura et.al., ECR2014 C-1377)

各モニタの horizontal は水平方向 , vertical は垂直方向の測定結果を示す。

像度が高い。これは、1 画像の大きさを示す画素ピッチは、iPad-4, iPad-1, LCD の順に 0.096mm, 0.191mm, 0.270mm であり、iPad の画素は小さいためであると考えられる。

ノイズ特性測定

図 5 は、各モニタのノイズ特性を示す。このグラフは、NPS 値が小さい程ノイズ特性が高いことを示すため、iPad-4, LCD, iPad-1 の順にノイズ特性が良いといえる。

(2)ファントム画像による認知心理学的なシミュレーション読影実験

最大輝度とコントラスト比

各モニタパネルの最大輝度は、医用モニタ、汎用モニタの順に、 603cd/m^2 , 207cd/m^2 、コントラスト比は、同順で 555:1 227:1 であった。

正答率と反応時間

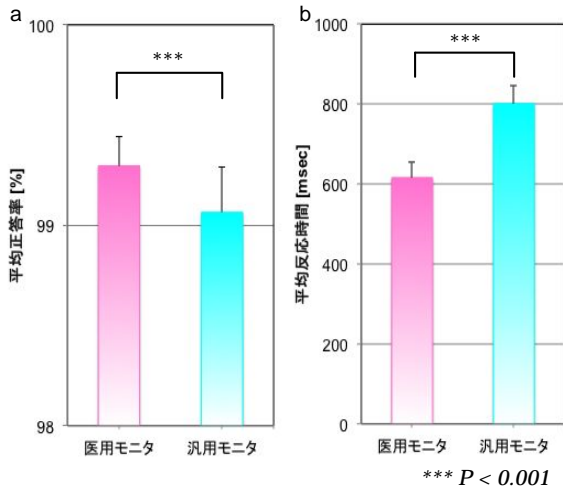


図 6. ファントム画像読影実験による医用モニタと汎用モニタの比較

a: 平均正答率 b: 平均反応時間

図 6 は、ファントム画像による読影実験の平均正答率と平均反応時間の結果を示す。医用モニタの方が、汎用モニタよりも正答率は高く、反応時間は短かった。反応時間は統計的な有意差 ($P < 0.001$) が認められた。正答率は有意な差は認められなかったが、医用モニタの方が良く見えるといえるだろう。これは、その輝度特性が医用モニタの方が良いことと比例した結果であった。

図 7 は、医用モニタと汎用モニタおよびファントム画像のターゲットの大きさによる正答率と反応時間のグラフである。図 7a の正答率ではターゲットが大きい場合、医用モニタと汎用モニタにおいて有意差は認められなかったが、図 7b の反応時間の方は差が認められた。それぞれのモニタの画素ピッチは医用モニタが 0.270mm、汎用モニタは 0.2652mm で、この差はわずかである。このような反応時間を用いた実験は、微小な差も表すことができるのかもしれない。

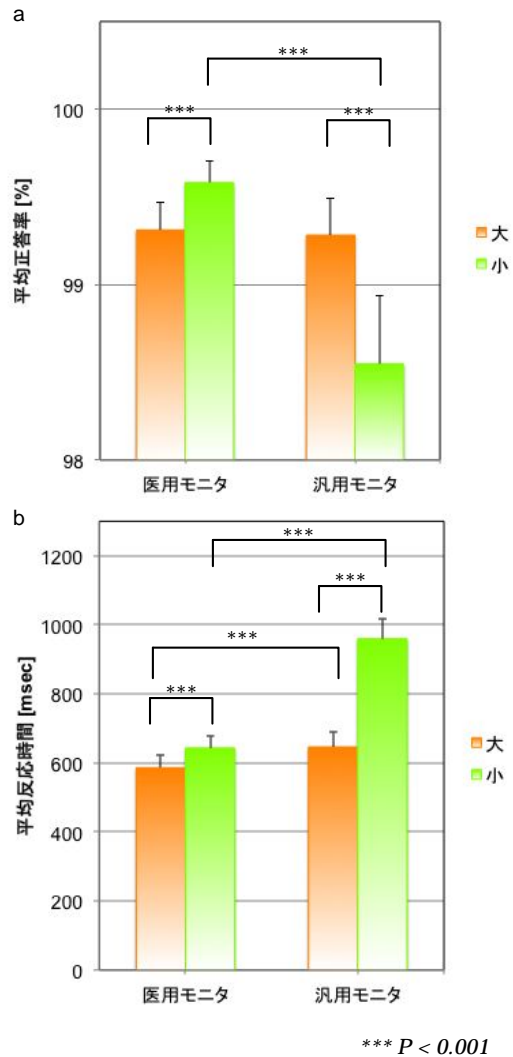


図 7. 各モニタとファントム画像のターゲットの大きさの比較

a: 平均正答率 b: 平均反応時間

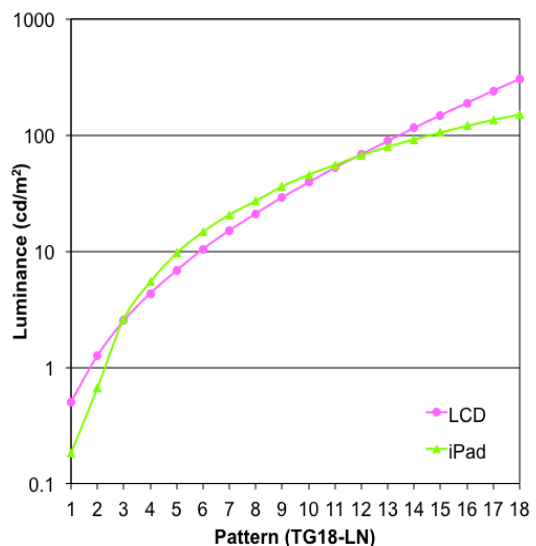


図 8. 臨床画像読影実験を行ったモニタパネルの輝度特性

(yoshimura et.al., AJR, 2013; 200(6):1304-9 改変)

(3)臨床画像による読影実験

輝度特性

各モニタパネルのコントラスト比は、同順で 601:1, 821:1 であった。図はそれぞれのモニタの階調曲線を示す。読影実験のため、LCD はその装置の最高性能の輝度ではなく、モニタメーカー推奨の輝度に下げ測定した。

ROC 解析

図 9 は、頭部 CT 画像の脳梗塞の検出能を示す ROC 曲線である。LCD は iPad よりも曲線が上方に有り、脳梗塞の検出は高い。LCD と iPad の両者間に有意な差が認められた ($P < 0.05$)。輝度の測定結果において、コントラスト比は iPad の方が高かったが、実際の臨床画像の読影では、iPad は医用モニタ程の検出能は得られなく、iPad が医用モニタの代用として読影することは不可能であると示唆される。iPad は、物理的な測定において、非常に性能が高いため、医用画像を参照するには問題が無いと考えられる。

図 10 は、経験年数 10 年以上と未満に分けた ROC 曲線である。経年数が 10 年以上の方が脳梗塞の検出能が、LCD および iPad 共に高い。臨床画像の病巣の検出能は、モニタの性能だけでなく、読影者の経験にも依存すると考えられた。

これらの実験結果は頭部 CT 画像の脳梗塞の検出のみのため、その他の画像については、さらに調査が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

1. Aiba T, Uehara K, Nihashi T, Tsuzuki T, Yatsuya H, Yoshioka Y, Kato K, Nagino M. MRI and FDG-PET for assessment of response to neoadjuvant chemotherapy in locally advanced rectal cancer. *Ann Surg Oncol*. 2014 Jun;21(6):1801-8. doi: 10.1245/s10434-014-3538-4 *Clin Nucl Med*. 2012 Sep;37(9):843-9. doi: 10.1097/RLU.0b013e318262af48.
2. Okada Y, Nihashi T, Fujii M, Kato K, Okochi Y, Ando Y, Yamashita M, Maesawa S, Takebayashi S, Wakabayashi T, Naganawa S. Differentiation of newly diagnosed glioblastoma multiforme and intracranial diffuse large B-cell Lymphoma using (11)C-methionine and (18)F-FDG PET. *Clin Nucl Med*. 2012 Sep;37(9):843-9. doi:10.1097/RLU.0b013e318262af48.

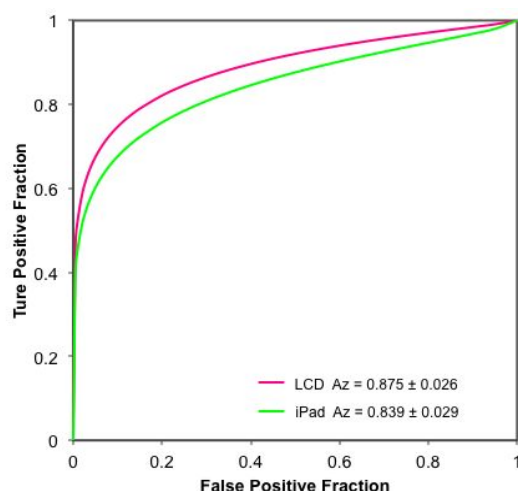


図 9. 頭部 CT 画像の脳梗塞検出の ROC 曲線 (yoshimura et.al., AJR, 2013; 200(6):1304-9 改変)

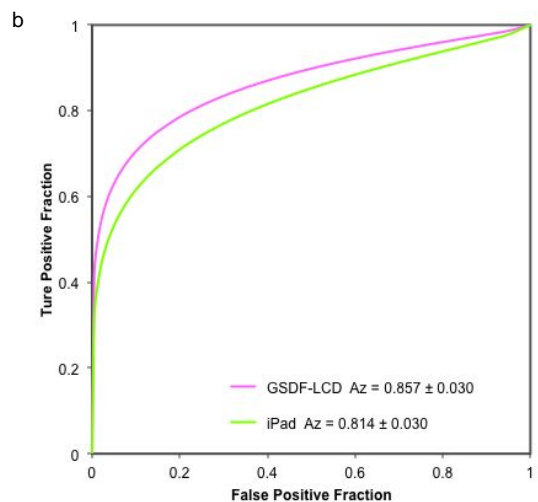
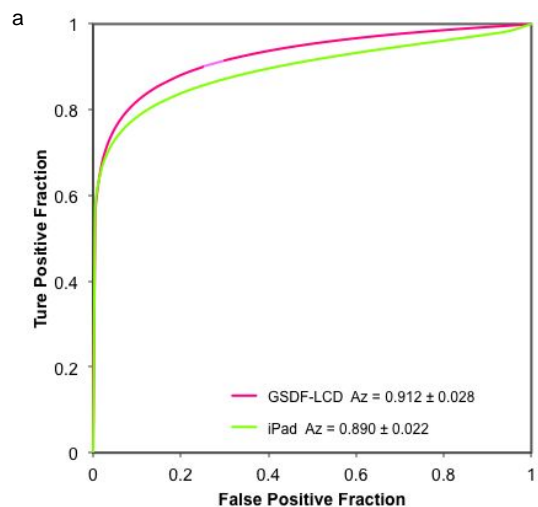


図 10. 経験年数別頭部 CT 画像の脳梗塞検出の ROC 曲線

(yoshimura et.al., AJR, 2013; 200(6):1304-9 改変)
a: 経験年数 10 年以上 b: 経験年数 10 年未満

3. Nihashi T, Dahabreh IJ, Terasawa T. Diagnostic accuracy of PET for recurrent glioma diagnosis: a meta-analysis. AJNR Am J Neuroradiol. 2013 May;34(5):944-50, S1-11. doi: 10.3174/ajnr.A3324.
4. Nihashi T, Dahabreh IJ, Terasawa T. PET in the clinical management of glioma: evidence map. AJR Am J Roentgenol. 2013 Jun;200(6):W654-60. doi: 10.2214/AJR.12.9168.
5. Yoshimura K, Nihashi T, Ikeda M, Ando Y, Kawai H, Kawakami K, Kimura R, Okada Y, Okochi Y, Ota N, Tsuchiya K, Naganawa S. Comparison of liquid crystal display monitors calibrated with gray-scale standard display function and with γ 2.2 and iPad: observer performance in detection of cerebral infarction on brain CT. AJR Am J Roentgenol. 2013 Jun;200(6):1304-9. doi: 10.2214/AJR.12.9096..
6. Okochi Y, Nihashi T, Fujii M, Kato K, Okada Y, Ando Y, Maesawa S, Sakebayashi S, Wakabayashi T, Naganawa S. Clinical use of (11)C-methionine and (18)F-FDG-PET for germinoma in central nervous system. Ann Nucl Med. 2014 Feb;28(2):94-102. doi: 10.1007/s12149-013-0787-4.
7. Yatsuya H, Nihashi T, Li Y, Hotta Y, Matsushita K, Muramatsu T, Otsuka R, Matsunaga M, Yamashita K, Wang C, Uemura M, Harada A, Fukatsu H, Toyoshima H, Aoyama A, Tamakoshi K. Independent association of liver fat accumulation with insulin resistance. Obes Res Clin Pract. 2014 Jul-Aug;8(4):e350-5. doi:10.1016/j.orcp.2013.08.002.

〔学会発表〕(計 2 件)

1. K. Yoshimura, K. Shibata, T. Nihashi, H. Ohse, H. Toyama, A Comparison Between Medical-grade Liquid Crystal Display (LCD) and iPad Color Imaging , European Congress of Radiology 2014, 6-10. Mar.2014, Austria, Vienna
2. 吉村公美子, 柴田和宏, 二橋尚志, 大瀬英是, カラー画像表示における医用モニタとiPadの比較, 第16回医用画像認知研究会, 2014年7月26日, 東京都港区

吉村 公美子 (YOSHIMURA, Kumiko)
名古屋大学・医学系研究科・教務職員
研究者番号 : 9 0 4 1 9 1 5 1

(2)研究分担者

二橋 尚志 (NIHASHI, Takashi)
名古屋大学・医学系研究科・講師
研究者番号 : 5 0 4 6 4 1 4 4

6 . 研究組織

(1)研究代表者