

機関番号：13901
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2009～2010
 課題番号：21791182
 研究課題名(和文) 認知心理学的手法を用いたカラー液晶モニタによる画像診断の臨床的安全性に関する研究
 研究課題名(英文) Reliability of clinical diagnosis of medical imaging with LCD monitor examined using technique of cognitive psychology
 研究代表者：
 吉村 公美子 (YOSHIMURA KUMIKO)
 名古屋大学・医学部(保健学科)・教務職員
 研究者番号：90419151

研究成果の概要(和文): 画像診断に用いる液晶モニタの性能を物理的測定と読影実験により評価し、頭部 CT 画像の診断について臨床的な安全性を検証した。頭部 CT 画像による脳梗塞の診断に用いるモニタは、医用画像の標準的なグレースケール(GSDF)でなくとも、パソコン用などのガンマ 2.2 で診断することが可能であると示唆された。また、反応時間測定というこの分野では用いられていない手法で読影実験を行ったが、このような方法においても画像評価を行えることがわかった。

研究成果の概要(英文): The performance of liquid crystal display (LCD) monitor for the medical imaging was assessed with the physical evaluation and the observer performance to examine the diagnostic reliability of the medical imaging of brain CT with LCD. The findings have suggested that the imaging of cerebral infarction of brain CT with household LCD of gamma 2.2 can be useful for the clinical diagnosis, though the grayscale of the LCD does not fit the standard grayscale of medical imaging (grayscale standard display function; GSDF). In addition, the observer performance of measuring the reaction time showed the possible of the image evaluation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：LCD, コントラスト, 頭部 CT 画像, グレースケール, 読影実験,

1. 研究開始当初の背景

画像診断は、フィルムからモニタ診断へと移行している。医用画像表示用高精細モニタ(以下、医用モニタ)については、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-0093,2005)により精度管理方法が定められ、また、日本医学放射線学会電磁情報委員会からは「デジタル画像取り扱いに関するガイドライン」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」とされたが、臨床現場では電子カルテ用の一般的なパソコン用モニタ(以下、汎用モニタ)で医用画像の診断と閲覧が行われる場合がある。ガイドラインは汎用モニタを対象としておらず、電子カルテシステムにおいて文字情報の閲覧を主の目的としている汎用モニタで医用画像を表示し診断することの医学的な安全性の検証は、まだ不十分である。

一方、認知心理学の分野では、反応時間の差から意志決定に要する時間差を比較できる減算法(Donders FC. *Acta Psychologica* 30 412 1969)により、視覚実験を行っている。この方法を応用すると、ヒトが認識できるコントラスト差などのモニタの性能を、医用モニタと汎用モニタで比較できると推測した。

2. 研究の目的

本研究は、モニタによる画像診断に用いるモニタの性能評価に、認知心理学的な分野の手法を導入して、性能の異なるカラー液晶によるモニタ診断の臨床的な安全性を検証し、以下の目的を達成した。

- (1) モニタ特性を物理的に評価し、モニタ診断に使用できる性能が汎用モニタにあるのかさらに検討した。
- (2) 認知心理学分野で用いられている視覚実験方法を応用した方法で、モニタの性能を評価した。
- (3) 臨床画像による読影実験でモニタごとの正診率を比較し、モニタ診断の安全性を検討した。

3. 研究の方法

本研究は、施設内倫理委員会の承認を得た。

(1) 物理的測定

比較したモニタ

医用モニタ(RX211, ナナオ)のグレースケールのキャリブレーションをGSDF(以下、GSDF-LCD)に、ガンマ2.2(以下、gamma-LCD)に行った2種類と、電子カルテ用汎用モニタ(VL-174SE, 富士通)(以下、gLCD), iPad(Apple)の4種のモニタを比較した。

輝度・色度測定

モニタ中心にTG18-BNテストパターン(JESRA X-0093*A, 2010)及び三原色(赤・青・緑)の階調を18段階変化させたパターン作

成したものを表示し、輝度計(CS-100 コニカミノルタ)を用いて輝度及び色度を測定した。コントラスト応答とカラー特性について、各モニタを比較した。

(2) ファントム画像による読影実験

比較したモニタ

医用モニタ(R12, ナナオ)(以下、mLCD), Grayscale Standard Display Function (GSDF)にキャリブレーションした汎用モニタ(RX190, ナナオ)(以下、dLCD),

(1)の物理的な評価を行ったgLCD, ノートパソコン(S9/210LNKW, 東芝)

(以下、nLCD)の4種のモニタを比較した。

ファントム画像の作成

反応時間を測定し、視覚探索課題となるよう、図1のような円形ターゲットを置いたファントム画像を作成した。ファントム画像の背景色は、頭部CT画像の脳実質の階調であるTG18-BN6(Yoshimura et al. *C-310 ECR* 2008)とした。ターゲットの色は、背景から1.2階調異なる73, 74, 76, 77とした。



図1 ファントム画像

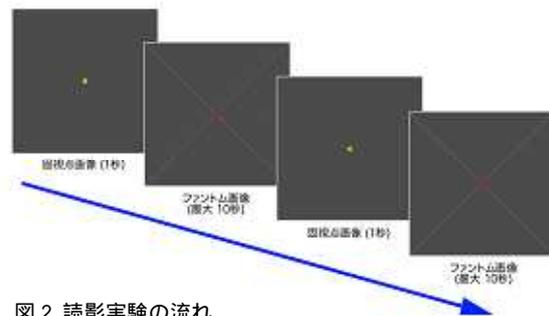


図2 読影実験の流れ

反応時間測定による読影実験

読影者は、視覚に以上のない健常者11名だった。読影者には、図2のように固視点のみの画像とファントム画像とを交互に提示した。読影者はターゲット位置を答え、反応時間を測定した。読影者、画像、モニタの順は、全てランダム化させた。

統計解析

読影実験における、各モニタの正答率の比較は、Dorfman-Berbaum-Metz (DBM)法に準じ

て、各被験者についてジャックナイフ法を用いた分散分析を行った。反応時間の比較は、SPSS 16 (SPSS Inc. Chicago, USA)を用いて分散分析を行い、有意だった場合、個々の有意差はTamhane 検定を用いて調べた。

(3) 臨床画像による読影実験

比較したモニタ

(1)の物理的測定を行った GSDF-LCD, gamma-LCD, iPadの3種類を比較した。

臨床画像の収集

名古屋大学医学部附属病院にて頭部 CT 検査を行った患者の内、脳梗塞病巣を含む 47 症例と病変を含まない 50 症例の頭部 CT 画像を収集し、匿名化した。

読影実験

読影者は放射線科医師 9 名だった。読影者は、脳梗塞の含有について、評価スケールを用いて 97 症例の読影をした。読影者、画像、モニタの順は、全てランダム化させた。1つのモニタの実験後、1ヶ月以上の期間をあけた。DICOM Viewer は、GSDF-LCD と gamma-LCD は名古屋大学医学部附属病院の放射線科情報システム (STWS-005 DV, 東芝メディカル), iPad は iPhone 用 OsiriX (v1.1.4, <http://www.osirix-viewer.com>) を用いた。

統計解析

読影実験における脳梗塞の検出能は、ROC 解析を行った。読影精度の指標として ROC 曲線下面積 (Az 値) を用いた。モニタ間の比較は、Dorfman-Berbaum-mwtz (DBM)法に準じて、各画像の効果についてジャックナイフ法を用

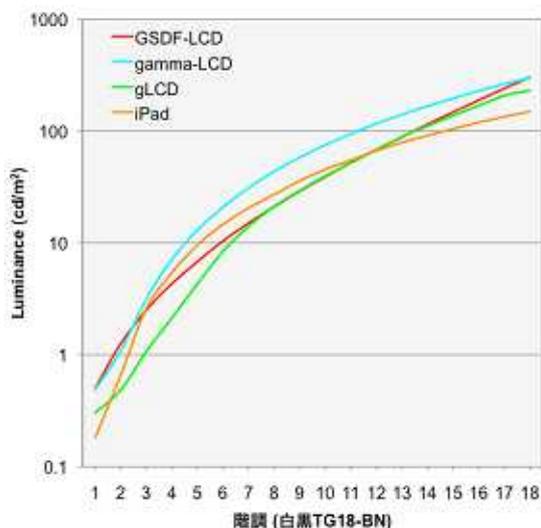


図3 各モニタの階調曲線
頭部 CT 画像の脳実質は TG18-BN6 (Yoshimura et al. C-310 ECR 2008)である。

いた分散分析を行った。

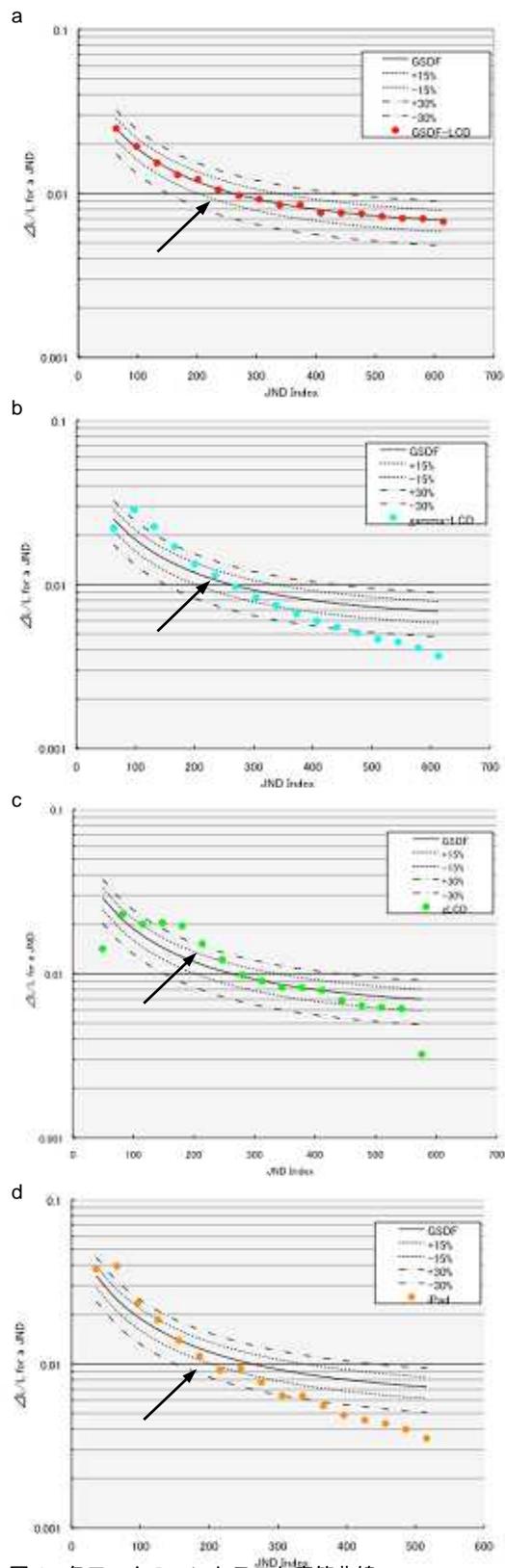


図4 各モニタのコントラスト応答曲線
a:GSDF-LCD b:gamma-LCD c:gLCD d:iPad.
矢印は、頭部 CT 画像の脳実質の TG18-LN6 (Yoshimura et al. C-310 ECR 2008)である。

4. 研究成果

(1) 物理的測定

白黒の階調

各モニタのコントラスト比は、GSDF-LCD, gamma-LCD, gLCD, iPad の順に、602:1, 611:1,

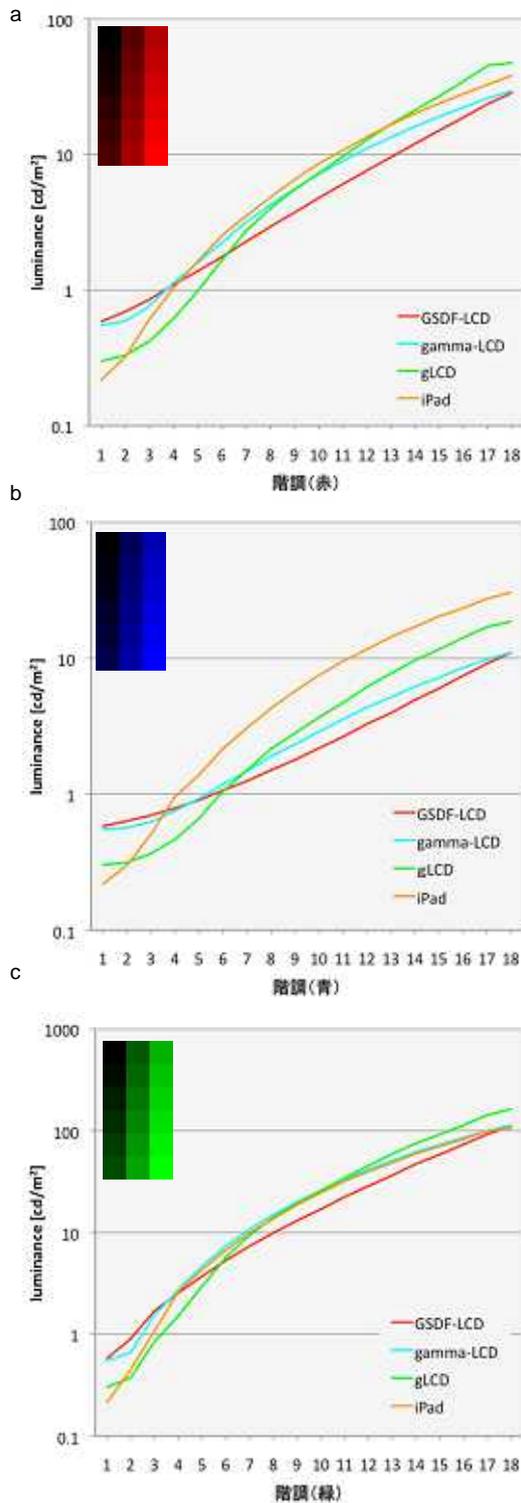


図5 各モニタの三原色の階調曲線

a:赤の階調 b:青の階調 c:緑の階調。
左上は、測定した18階調のパターンである。

763:1, 821:1であった。図3は各モニタの階調曲線を示す。全体的に輝度が高いのは、gamma-LCDであった。図4は各モニタのコントラスト応答曲線を示す。GSDF-LCDの測定値は、全てGSDF曲線上となっている。しかし、gamma-LCD, gLCD, iPadは、JND Index値が低いと+側に、高いと-側に許容範囲 $\pm 30\%$ 曲線からはずれる。これは、グレースケールがガンマ2.2の特徴的な形状である。

頭部CT画像の脳実質の階調 TG18-BN6は、gamma-LCDの輝度が高く、次にiPad, GSDF-LCD, gLCDの順であった。図4の矢印で示した頭部CT画像の脳実質の階調は、GSDF-LCD及びgamma-LCDは、 $\pm 15\%$ 曲線の許容範囲であったが、gLCDはGSDF曲線より+側にプロットがあり、コントラスト分解能はGSDFよりも高い。iPadは、GSDF曲線より-側で、コントラスト分解能がGSDF低い。iPadは、階調の全体のコントラスト比は高いが、頭部CT画像の脳実質のコントラスト分解能が低く、病変は見落としやすいと考えられる。GSDF-LCDとgamma-LCDは、コントラスト応答はあまり差がないが、輝度はgamma-LCDの方が高い。頭部CT画像の脳実質内の病変は、gamma-LCDの方が検出しやすいと推測できる。

カラーの階調

図5は、各モニタの赤・青・緑の階調曲線である。GSDF-LCDは赤・青・緑の3色とも、他のモニタより、均一に変化している。3色とも階調の数値が小さい暗い部分ではGSDF-LCDの輝度が高いが、全体的にはGSDF-LCDの方が低い輝度である。カラー画像の表示にグレースケールをGSDFとすると、暗い印象となるのはこのためである。3色の中でも青は、4種のモニタのパラッキが大きく、4種のモニタの差が一番小さいのは、緑である。ヒトの色の識別能力は、緑の差が識別しにくく、次に赤である。青は識別能力が

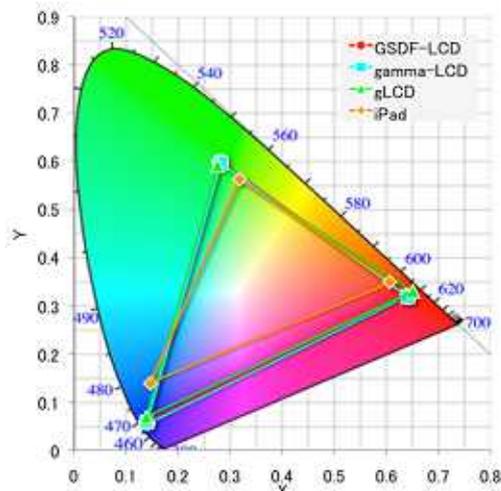


図6 各モニタの色度図

高い。このため、実際にカラーの医用画像を表示すると、4種のモニタの差が大きいことが推測される。

図6は、各モニタの三原色の色度である。GSDF-LCD, gamma-LCD, gLCDの3種は、重なっているが、iPadのみ他の3種と離れたところにプロットがあった。3色を結んだ三角形は、他の3種よりもほぼ内側となった。iPadで表示されるカラーは、他の3種よりも表示領域が小さいことが示唆された。

4種モニタのカラー階調と色度はモニタにより異なり、カラー画像の表示は均一にはならない。核医学や超音波などのカラー画像の表示の影響は、詳しい調査が必要である。

(2) ファントム画像による読影実験

正答率と反応時間の各モニタ別に平均した結果を図7に示す。mLCDの正答率は低く、反応時間は最も長い。一方、nLCDの正答率は

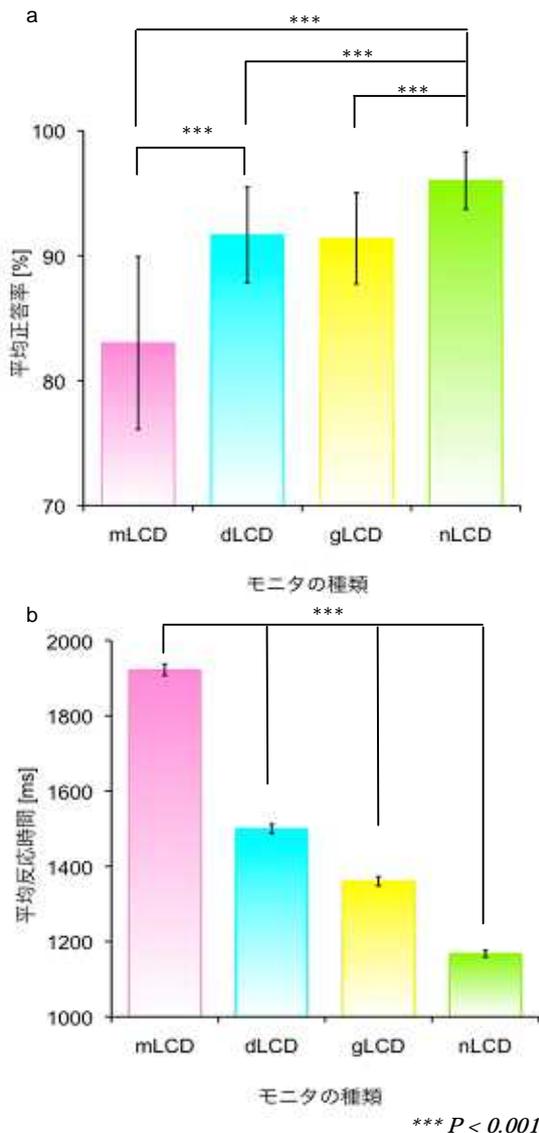


図7 各モニタ別の正答率と反応時間の平均値
a:正答率 b:反応時間。

最も高く、反応時間は短かった。モニタの種類による正答率の差についてDBM法によって解析した結果、モニタの種類による正答率についての有意な差が認められた($P < 0.0001$)。頭部CT画像の脳実質の256階調グレースケール値75では、医用モニタであるmLCDよりもノートパソコンのnLCDの方が、コントラスト分解能が高いことがわかった。しかし、この256階調グレースケール値のみの結果であり、階調が異なれば、nLCDのコントラスト分解能は低下すると考えられるため、汎用モニタを用いた医用画像の読影には、他のグレースケール値など、さらに調査が必要である。

また、頭部CT画像のコントラスト分解能を評価するため、ファントム画像を作成し反応時間を測定したが、この方法においてもモニタの性能を評価することができた。

(3) 臨床画像による読影実験

それぞれのモニタのAz値は、GSDF-LCD, gamma-LCD, iPadの順に、 0.875 ± 0.026 , 0.884 ± 0.028 , iPad 0.839 ± 0.029 だった。3種類のLCDパネル間におけるROC曲線下面積の差は、gamma-LCDがGSDF-LCDよりわずかに高いが両者に有意な差は認められなかった。しかし、iPadのROC曲線下面積は2種のLCDパネルよりも低く、iPadとgamma-LCDの両者間に有意な差が認められた($P < 0.05$)。ROC曲線下面積を使用してLCDパネルの種類による脳梗塞検出能の差について、DBM法によって解析した結果、LCDパネルの種類による脳梗塞検出能についての有意な差が認められなかった($P = 0.0608$)。使用した97症例の画像間および9名の読影者間の脳梗塞検出能に有意な差が認められた($P < 0.0001$, $P = 0.0006$)。

頭部CT画像の読影は、ガンマ2.2のグレースケールの方がGSDFよりAz値が高く、脳梗塞の検出能は高かったが、統計的有意差が認められなかった。頭部CT画像の読影は、必ずしもGSDFである必要はないといえる。gamma-LCDとiPadのAz値に統計的有意差が認められたが、GSDF-LCDとは有意差はなかった。iPadは、読影には不向きであると考えられるが、iPadの構造上他の2種とは同様に画像提示できなく、読影者はiPadのDICOM Viewer操作が不慣れであった。このため、他の2種より低いAz値になったとも考えられる。(1)の物理的測定ではiPadの頭部CT画像の脳実質のグレースケール部分は、コントラスト分解能は低く、iPadの脳梗塞検出能は今後も調査が必要である。

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1件)

1. Kumiko Yoshimura, Kazuhiro Shimamoto,

Mitsuru Ikeda, Katsuhiro Ichikawa and Shinji Naganawa, A comparative contrast perception phantom image of brain CT study between high-grade and low-grade liquid crystal displays (LCDs) in electronic medical charts. Physica Medica, 査読有, Phys Med. 27(2),2011,109-16

[学会発表](計3件)

1. 吉村公美子, 島本佳寿広, 池田充, 長縄慎二 汎用液晶モニタの画像診断の信頼性の検討: ファントム画像読影実験による高精細モニタとの比較 第66回日本放射線技術学会総会学術大会 2010年4月8日~11日, 神奈川県横浜市
2. Kumiko Yoshimura, Kazuhiro Shimamoto, Mitsuru Ikeda and Shinji Naganawa, A comparative contrast perception between high-grade and low-grade liquid crystal displays (LCDs) in electronic medical charts. European Congress of Radiology 2010, 4-8. Mar.2010, Austria, Vienna
3. 吉村公美子, 島本佳寿広, 長縄慎二, 市川勝弘 汎用液晶モニタの画像診断の信頼性の検討 -頭部 CT 画像による高精細カラー液晶モニタとの比較- 第64回日本放射線技術学会総会学術大会 2009年4月4日, 神奈川県横浜市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉村 公美子 (YOSHIMURA KUMIKO)
名古屋大学・医学部(保健学科)・教務職員
研究者番号: 90419151

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし