



視覚特性を考慮したカラーディスプレイモニターの設計・評価に関する研究

白松, 直樹

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2001-03-31

(Date of Publication)

2009-03-05

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲2368

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1002368>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【283】

氏名・(本籍) 白松 直樹 (大阪府)

博士の専攻分野の名称 博士 (工学)

学位記番号 博い第220号

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

学位授与の日付 平成13年3月31日

【学位論文題目】

視覚特性を考慮したカラーディスプレイモニターの
設計・評価に関する研究

審査委員

主査 教授 峯本 工

教授 北村 新三

教授 三好 旦六

本論文は、陰極線管 (Cathode Ray Tube : CRT) を用いたディスプレイモニターの表示性能を向上させるために必要な、設計および評価技術に関する研究成果をまとめたものであり、6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的について述べた。本研究の対象であるディスプレイモニターは、コンピュータの表示端末として文字やグラフィック、自然画を中心とした静止画や動画を表示するための機器であり、現状では CRT と LCD (Liquid Crystal Display : LCD) が使用されている。LCD は最近の技術的進歩により近年急速に普及したが、20インチ以上の大型機のクラスでは依然として CRT とのコスト差が大きく、普及には至っていない。CRT は LCD と比較して、材料・製造コストが安価であること、色再現性や時間応答性などの表示性能に優れること、電子ビームの走査による表示方式のため表示画素数の切り替えを画質の劣化がなく行えることなどの特徴を有する。しかしながらその一方で、モアレ、ミスコンバーゼンス (色ずれ)、文字の欠けなど、シャドウマスクやアパーチャグリルなどの色選別構造によるカラー表示の原理に起因する欠点を有する。ディスプレイモニターの高精細化が進む中で、これらの欠点はより顕著になる方向にある。

第2章以降では以上の背景を踏まえ、CRT の色選別構造によるカラー表示の原理上不可避な問題であるモアレの評価手法と、CRT の分解能評価の基礎となる電子ビームスポット輝度分布の測定手法について提案した。さらに、色選別構造から生じる画質劣化を解消するための表示方式について提案した。

第2章では視認性判定と画像シミュレーションによるラスタモアレの評価手法について論じた。電子ビーム分布とマスク開口分布の1次元モデルからラスタモアレのコントラストと周期を計算し、計算結果について主観評価実験による知見をもとに視認性 (Visible or Invisible) を判定するとともに、モデル式と実測データから画像シミュレーションを行う手法を提案した。これにより、電子ビーム分布やマスク開口分布がラスタモアレの視認性に与える影響を、モデル計算と画像シミュレーションによって評価することができることを示した。

第3章では、逆相ラスタモアレと呼ばれる第2章で述べた手法によって取り扱えない構造を持つラスタモアレについて、電子ビームやマスク開口の分布がその視認性に及ぼす影響について論じた。電子ビーム分布とマスク上に形成された開口の2次元分布モデルによって画面上の輝度分布を計算し、これを視覚系のコントラスト感度の空

間周波数特性関数によって重み付け、逆相ラスタモアレの知覚強度のモデル式を構築した。そして、知覚強度に対する電子ビームとマスク開口の分布の影響を調べるとともに、シミュレーション画像による主観評価実験を行うことにより計算結果を実験的に確認した。その結果として、ラスタモアレについて従来考慮されていなかった水平方向のパラメータに対して知覚強度が変化することを示した。

第4章では、CRT の分解能評価の基礎となる電子ビームスポット輝度分布の測定手法について論じた。まず、目視と同等の感度とダイナミックレンジを実現するために、ICCD カメラを用いた二段階感度による撮像法を提案した。その結果、カソード電流が極めて微弱な電流域から最高輝度に対応した大電流域に至るまでの広い電流範囲において電子ビームスポット輝度分布の測定が可能となったことを示した。さらに、従来の画像処理方法によるスポット形状の再構成においてジッターノイズに起因した測定結果のばらつきが生じる問題に対し、シフト量の誤差を補償した再構成アルゴリズムを提案し、繰り返し測定の再現性が向上することを示した。

第5章では、モアレや色ずれ、色純度劣化など従来の CRT が持つ色選別構造に起因する画質劣化を解消するための方式として、フィールド順次式カラー表示によるマスクレス CRT について論じた。ここでは、強誘電性高分子液晶による液晶カラーシャッターを用いたフィールド順次式 CRT により、大画面超高精細ディスプレイが実現可能であることを示した。液晶カラーシャッターの電気光学効果をモデル化し、これに視覚特性による色知覚の評価式を組み合わせ、色再現性や透過率などの基本的な表示特性をシミュレーションによって評価する手法について述べた。さらに、インライン式電子銃による3ビーム同時走査方式におけるビーム輝度分布ばらつきの平均化手法を提案した。その結果として、従来の CRT と同等の色再現性と輝度を保ちつつ、従来比5倍以上のコントラスト比が得られ、モアレの発生や三原色の色ずれ、色純度の劣化などを解消したマスクレス CRT が実現可能であることを示した。

第6章では、本研究で得られた成果について総括した。

論文審査の結果の要旨

氏名	白松直樹		
論文題目	視覚特性を考慮したカラーディスプレイ モニターの設計・評価に関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	峯本 工
	副査	教授	北村 新三
	副査	教授	三好 旦六
	副査		
	副査		印
	副査		印
要 旨			
<p>近年の情報社会の進展と共に、テレビ及びコンピュータのモニターなどの画像ディスプレイをみる時間が急速に増してきている。したがってカラーディスプレイモニターは人間の眼にとってやさしく少しでも疲れを少なくするものでなければならない。そのためには、カラーディスプレイモニターの機構や構造に起因するノイズによる表示画像の乱れの影響を低減する必要がある。現在、多く使用されているカラーディスプレイモニターは陰極線管 (CRT) と液晶モニター (LCD) である。現在の CRT は LCD に比べてモアレ縞が発生すること、色ずれや文字の欠けなど、色選別のための構造に起因する欠点を有するが、コスト、色再現性や時間応答特性、高解像大画面化が容易であるなどの点で LCD より</p>			

優れている。本論文は、CRTの表示性能を向上するのに必要な実機の試作を行うことなく、設計及び評価をシミュレーションによって行う技術に関する研究成果をまとめたものである。具体的な内容は、(1)現在のCRTの色選別構造に起因するモアレ縞の評価手法、(2)CRTの分解能を決定する電子ビームスポットの測定方法、および将来のCRTに向けて(3)色選別構造から生じる画質劣化を解消する表示方法、について述べている。

第1章は研究の背景と目的について記述し、第2章は色選別をマスク開口で行うCRTに発生するラストモアレの視認性を電子ビームの分布とマスク開口の1次元分布から判定する手法を提案している。またこの手法によって、電子ビームの分布や開口分布がラストモアレの視認性に与える影響を画像シミュレーションで評価できることも示した。

第3章は、逆相ラストモアレについて検討し、電子ビームや開口の分布がその視認性に及ぼす影響について調べている。ここでは電子ビーム及び開口の2次元分布モデルを用いて画面上の輝度分布を計算している。そして、視覚系のコントラスト感度の空間周波数依存性を考慮して、逆相モアレの知覚強度モデルを構築し、シミュレーション画像による主観評価実験を行って構築したモデルの正当性を確認している。その結果として、ラストモアレについては、従来考慮されていなかった水平方向のパラメータに対してモアレ知覚強度が変化するということが明らかにした。

第4章では、CRTの空間分解能の評価の基礎になる電子ビームスポット径の測定方法に関する提案を行った。具体的には、高感度CCDカメラを使用して二段階に感度を切り換える法によって測定できる輝度の範囲の拡大を図り、さらに電子ビームのシフトによって発生するジッターノイズに起因する誤差を低減するアルゴリズムを提案した。その結果、

カソード電流が極めて微弱な領域から最高輝度に達する電流域に至る広範囲におけるビームスポットを再現性良く測定できるようになった。

第5章では、従来のCRTの持つマスク構造による色選別機構に起因するモアレ、色ずれ、色純度劣化などの画質劣化を解消すべく、マスク構造を持たないCRTの実現を目指した研究成果をまとめている。ここでは、強誘電体高分子液晶で構成した液晶カラーシャッターを用いたフィールド順次式CRTを試作した。その過程において、液晶カラーシャッターをモデル化し、視覚特性による色知覚の評価式と合わせてシャッターの色再現性や透過率特性をシミュレーションで評価する手法を考案した。さらに、インライン式電子銃による3ビーム同時走査方式でビーム強度のばらつきを平均化する手法の提案も行なっている。これらの結果、モアレの発生、色ずれ、色純度の劣化などを解消した大画面を持つ高精細のディスプレイが実現可能であることを示した。

第6章は結論である。

本研究は、カラー画像ディスプレイモニターにおけるモアレ縞構造ノイズの視認評価法、CRTビームスポットの形状を計測手法、及びモアレの発生、色ずれ、色純度の劣化などを解消した大画面を持つ高精細のカラーディスプレイの実現法などについて研究したものであり、情報表示機器についての重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者の白松直樹は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。