学位論文題名

液晶テレビの高画質化と省エネルギー設計に関する研究

学位論文内容の要旨

我が国のテレビシステムは、21世紀にかけて、ブラウン管テレビの使用を前提としたアナログ放送方式から、より臨場感を高めることを目的としたデジタル放送方式へと発展した。但し、デジタル放送方式における高精細テレビ(High Definition TV;HDTV)の検討に当っては、ブラウン管テレビの全盛期であったために、フラットパネルディスプレイ(Flat Panel Display;FPD)を用いた十分な検証が不足していた。大型液晶テレビが一般家庭に普及した今となって初めて、FPDの視聴環境や視聴条件が研究され、明らかになってきている。更にFPDにおいては、液晶ディスプレイ及びプラズマディスプレイで、その物理特性は十分に改善されており、今までのHDTV放送方式に準拠することを目的とした設計、即ちディスプレイの物理特性をひたすら向上することを目的とした設計から、テレビシステムの原点に戻ることが求められている。

さて、テレビ受像機の理想系を考えた場合、直接、ものを見る場合と、テレビ受像機を介して見る場合の視覚情報が、同一となることが理想である。よって、テレビ受像機の最適化のためには、撮像から観察までのイメージング・パイプライン全体を考えなければならない。その時、重要となるのは、実際の視聴環境、視聴条件、伝送される映像信号の特徴、人間の視覚特性、被写体の特性を考慮したシステム作りである。

一方、昨今の環境問題への関心の高まりから、液晶テレビの設計においても省エネルギー(省エネ)の観点は欠かすことができない要素である。地球温暖化防止の取組みの中で、テレビが占める消費電力の割合は無視できないレベルにあり、世界各国のテレビ受像機に対する省エネ基準は、年々厳しいものになってきている。

よって、今後の液晶テレビ設計を考えた場合、従来から行われてきた「高画質化設計」と環境問題を配慮した「省エネ設計」を両立させる必要がある。但し、これら二つの設計要素は相反する特性を持つ。例えば、テレビ受像機が、よりきれいに見えるための基本要素として明るさがあるが、液晶テレビをより明るくするためには、テレビの消費電力の大部分を占めるバックライトの消費電力を大きくする必要があり、「高画質化設計」と「省エネ設計」を両立することはできない。

以上より、本研究の目的を次のように定めた。

- (1) 人間の視覚特性や被写体の特性を考慮した液晶TVの画質に関する評価指標を導入し、
- (2) 評価指標を使った設計指針に、省エネの観点を加えて、
- (3) 液晶テレビの「高画質化設計」と「省エネ設計」を両立させること

第1章では、HDTV放送方式の各パラメータがどのように決められたか、そしてそれに対して液晶テレビの性能がどのように向上してきたか、更に今より効率の良いテレビシステムを開発するために、視聴者の視聴環境や放送コンテンツに対してどのような研究が行われているかを述べ、今後テレビ受像機が目指すべき方向性と共に本研究の目的を明確化する。

第2章、第3章では、人間の視覚特性や被写体の特性を考慮した液晶テレビの画質に関する評価

指標を導入する。

第2章では、色域の評価指標として、CRC(Coverage of Real object Color)を導入する。従来の色域評価は、二次元の評価指標である xy 色度図上で行われていた。また NTSC 比や EBU 比など、テレビ放送方式で規定された色域を基準に評価が行われ、実際の被写体の色分布が考慮されていない。CRC はテレビ受像機に表示される被写体の特性として、実際の物体色の存在範囲を明確化し、それに対するディスプレイの表示性能を、明るさを含めた三次元空間で評価する新しい評価指標である。

第3章では、色の知覚状態の評価指標として、CMI(Color Mode Index)を導入する。テレビ受像機における色再現においては、“被写体の特性に忠実な色再現”という要素と、“視聴者がより好ましく見えるような色再現”という二つの側面がある。この内、好ましい色再現については、伝送される色信号を、単により鮮やかな色信号に変換するだけでは、違和感(色の知覚状態の変化)を感じることもある。従来は、この許容限界についての評価指標が存在しなかった。CMI は、表面色知覚、発光・蛍光色知覚のモード境界を主観評価実験により定量化したもので、各色度のモード境界に相当する明度を CMI = 100 として算出することができる。これを用いれば、再現された色に関して、人の知覚状態に起因する画質評価が可能となる。

第4章では、液晶テレビの高画質、省エネ設計の設計事例として、広色域と省エネを同時に実現する可能性を持つ多原色技術を取り上げ、そのカラーフィルタ(CF)設計の最適化について検討する。新たな原色点の追加については、第2章で明確化する設計指針を用いるとともに、設計した広色域ディスプレイを第2章で定義した CRC を用いて評価する。

第5章では、第4章と同様に多原色技術を取り上げ、画素サイズの最適化について、線形計画法を用いた数値解析による設計方法を示す。更に、画素サイズの最適化によって、RGB に黄色を加えた4原色パネルが、色域の拡大(高画質化設計)と光利用効率の向上(省エネ設計)を両立できることを明らかにする。

第6章では、第4章、第5章で検討した多原色技術について、色域の拡大や省エネ効果以外のメリットについて述べる。第2章で導入した CRC をベースに、被写体の特性を考慮した最も効率の良いシステムとして導き出した多原色技術であるが、見方を変えることで次の二つの効果が明らかとなった。一つ目はディスプレイの階調表現における高性能化であり、RGB システムよりも少ないビット深度で滑らかな階調表現が実現できる。二つ目は高解像度化であり、追加したサブピクセルを制御することで、エイリアシングや偽色といった弊害を最小限に押さえつつ、輝度情報の水平解像度を高めることが出来る。これら二つのメリットについて具体的に記載する。

最後に、第7章では、本研究全体を通して得られた成果を総括し、工業的応用、今後の展望について述べる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宮 永 喜 一
副 査 教 授 野 島 俊 雄
副 査 教 授 小 柴 正 則
副 査 教 授 小 川 恭 孝

学位論文題名

液晶テレビの高画質化と省エネルギー設計に関する研究

本論文では、次世代の液晶テレビ設計を考えた場合、従来から行われてきた「高画質化設計」と環境問題を配慮した「省エネ設計」を両立させる必要があると考え、そのシステム評価を新たに提案し、「高画質化設計」と「省エネ設計」を両立した新しい映像装置の設計・開発・実現について述べている。そもそも、これら二つの設計要素は相反する特性を持つ。例えば、テレビ受像機が、よりきれいに見えるための基本要素として明るさがあるが、液晶テレビをより明るくするためには、テレビの消費電力の大部分を占めるバックライトの消費電力を大きくする必要があり、「高画質化設計」と「省エネ設計」を両立することはできない。

本論文の目的は次の各項目となっている。

- (1) 人間の視覚特性や被写体の特性を考慮した液晶 TV の画質に関する評価指標を導入し、
- (2) 評価指標を使った設計指針に、省エネの観点を加えて、
- (3) 液晶テレビの「高画質化設計」と「省エネ設計」を両立させること

第 1 章では、HDTV 放送方式の各パラメータがどのように決められたか、そしてそれに対して液晶テレビの性能がどのように向上してきたか、更に今より効率の良いテレビシステムを開発するために、視聴者の視聴環境や放送コンテンツに対してどのような研究が行われているかを述べ、今後テレビ受像機が目指すべき方向性と共に本研究の目的を明確化している。

第 2 章、第 3 章では、人間の視覚特性や被写体の特性を考慮した液晶テレビの画質に関する評価指標を導入している。

第 2 章では、色域の評価指標として、CRC(Coverage of Real object Color) を導入した。従来の色域評価は、二次元の評価指標である xy 色度図上で行われていた。また NTSC 比や EBU 比など、テレビ放送方式で規定された色域を基準に評価が行われ、実際の被写体の色分布が考慮されていない。CRC はテレビ受像機に表示される被写体の特性として、実際の物体色の存在範囲を明確化し、それに対するディスプレイの表示性能を、明るさを含めた三次元空間で評価する新しい評価指標である。

第 3 章では、色の知覚状態の評価指標として、CMI(Color Mode Index) を導入した。テレビ受像機における色再現においては、“被写体の特性に忠実な色再現”という要素と、“視聴者がより好ましく見えるような色再現”という二つの側面がある。この内、好ましい色再現については、伝送される色信号を、単により鮮やかな色信号に変換するだけでは、違和感(色の知覚状態の変化)を感じるこ

とがある。従来は、この許容限界についての評価指標が存在しなかった。CMI は、表面色知覚、発光・蛍光色知覚のモード境界を主観評価実験により定量化したもので、各色度のモード境界に相当する明度を $CMI = 100$ として算出することができる。これを用いれば、再現された色に関して、人の知覚状態に起因する画質評価が可能となる。

第 4 章では、液晶テレビの高画質、省エネ設計の設計事例として、広色域と省エネを同時に実現する可能性を持つ多原色技術を取り上げ、そのカラーフィルタ (CF) 設計の最適化について検討した。新たな原色点の追加については、第 2 章で明確化する設計指針を用いるとともに、設計した広色域ディスプレイを第 2 章で定義した CRC を用いて評価した。

第 5 章では、第 4 章と同様に多原色技術を取り上げ、画素サイズの最適化について、線形計画法を用いた数値解析による設計方法を示した。更に、画素サイズの最適化によって、RGB に黄色を加えた 4 原色パネルが、色域の拡大 (高画質化設計) と光利用効率の向上 (省エネ設計) を両立できることを明らかにした。

第 6 章では、第 4 章、第 5 章で検討した多原色技術について、色域の拡大や省エネ効果以外のメリットについて述べている。第 2 章で導入した CRC をベースに、被写体の特性を考慮した最も効率の良いシステムとして導き出した多原色技術であるが、見方を変えることで次の二つの効果が明らかとなった。一つ目はディスプレイの階調表現における高性能化であり、RGB システムよりも少ないビット深度で滑らかな階調表現が実現できる。二つ目は高解像度化であり、追加したサブピクセルを制御することで、エイリアシングや偽色といった弊害を最小限に押さえつつ、輝度情報の水平解像度を高めることが出来る。これら二つのメリットについて具体的に記載する。

最後に、第 7 章では、本研究全体を通して得られた成果を総括し、工業的応用、今後の展望について述べている。

以上より、本論文では、次世代の映像装置に必要な、「高画質化設計」と「省エネ設計」を両立させた新システムについて述べ、その設計理論から、具体的な装置の開発・実現について詳細に検討し、新情報化社会に適した映像システムの提案・開発など、十分な成果を挙げている。

これを要するに、筆者は、「高画質化設計」と「省エネ設計」を両立させた新しい映像システムの開発を行い、より実世界に忠実な高画質化設計技術を実現し、同時にその省エネ設計も提案している。これにより、新しい映像技術、映像システムの設計・開発・実現に関する多くの有益な知見を得ており、情報科学・工学の分野に貢献するところ大なるものがある。

よって筆者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。