

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 時本 豊太郎

本論文はLED（発光ダイオード）の高速応答性を活用した新しいディスプレイの開発を中心として、その信号の時空間特性についての理論的枠組み、実用化に適したLED駆動回路の設計と実装による世界最速の超高速LEDディスプレイの開発と実用化による社会実装、さらに、高速映像の認識を説明する新しい視覚モデルの仮説提唱を行っている。

人類が手にしていなかったような超高速LEDディスプレイの開発をきっかけとして、ヒトの目には何故そのように見えるのかという独自の課題を見出したことが著者の博士論文の動機である。

超高速LEDディスプレイで表現可能な信号に関する理論的枠組みとして、時空間符号化と2次元の空間符号化について記述される。さらに、本論文の特徴となるホールド補間族とその周波数スペクトルの分布について考察がなされる。

時空間符号化された画素情報からなるデータプレーンとハードウェアの発光素子の位置で構成される表示窓プレーンの相対移動により新しい効果を生む各種の表示システムを開発した。

表示窓プレーンを移動させる構成のディスプレイは、地下鉄の壁面のLEDスクリーンとして社会実装がなされた。データプレーンを移動させる表示法は、ビル壁面のデジタルサイネージとして実用化がなされている。

データプレーンの解像度を表示窓プレーンよりも大きくした上で、データプレーンよりも粗い間隔で配置された表示窓プレーン上で近傍情報を高速表示する時空間変調型の高速LEDディスプレイを提案している。

超高速のLED表示を実現するため、非線形クロックを用いた定電流PWM（パルス幅変調）駆動LEDドライバーICを開発し、野球中継などで用いられるスーパースローカメラで撮影されても表示内容が正しく表現される世界最速のLEDデジタルサイネージに実用化した。

本論文においては、ディスプレイのハードウェア開発だけでなく、その有効性について実験による検証がなされる。視覚実験のための可変フレームレート高速LED表示実験システムを構築した。この高速表示システムを用いた実験により、時空間変調による高速表示による主観的な超解像効果を明らかにした。

この主観的な超解像効果を裏付けるモデルとして、ヒトの視覚システムが時空間符号化された映像を観察時に、一旦ぼかし処理してデータ量を減らした上で、先鋭化処理により抽象的図形として認知する高速認知モデルを提案している。簡易擬似固視微動関数によるシミュレーションにより、提案モデルの有効性を示している。

本論文の特筆事項の1つは、開発したLED高速表示システムが街頭の大画面スクリーンやトンネル内映像などの実社会で事業化されていることである。本論文は、単なるモノづくりではなく、社会的価値を創出する技術を生む新しい科学技術研究のアプローチを示すものである。

本論文については、平成31年2月15日に本学オプティクス教育研究センター棟コラボレーションルームにおいて、審査委員ならびに関連分野の研究者等の出席のもとに公聴会が開催され、研究成果の発表および質疑応答が行われた。公聴会終了後に、審査員全員による学位審査委員会において、本論文の内容を詳細に検討した。その結果、本研究では、時空間変調された映像に対する理論的な枠組みを提示するとともに、非線形クロックによるLEDドライバーICを用いた超高速LED表示ハードウェアの開発とその応用システムを用いた起業がなされ、有効性が社会実装により示されていることが認められた。さらに、本研究で開発された高速LEDディスプレイが、高速映像に対する視覚認識について固視微動を寄与を示唆する仮説を提示したことで光学の発展に資するものであることが認められた。つまり、本研究によって得られた成果は工学的な価値が高く、研究内容の学術レベル、研究としての独創性・実用性において優れたものと判断した。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に値するものと認める。