

## 論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 時本 豊太郎

近年のディスプレイデバイスの進展はめざましく、家庭用テレビやコンピューターの情報インターフェースに限らず、スマートフォンやデジタルサイネージなど街の至る所で使われるようになっていく。これらは従来型の看板や紙の媒体とは異なり、クラウドネットワークに繋がっていることから、瞬時にコンテンツを入れ替えることができる。屋外用ディスプレイの技術革新の転換点は、1990年代初頭の窒化ガリウムによる青色・緑色の発光ダイオード（LED）の商品化である。光の3原色の超高輝度LED全てが出揃ったことにより、超高輝度で低消費電力かつ長寿命の大画面フルカラーディスプレイの開発が可能となった。さらに、LEDは高速応答性を有していることから、従来にはない新しい映像システムを可能にする。本論文は、時空間符号化と残像効果を含むヒトの視覚システムを利用した新しいLED表示システムについての理論を提示するとともに、その有効性を各種の応用システムの開発で実証する。LEDの高速変調と残像の利用により、地下鉄のトンネルの壁面を映像空間に変えるディスプレイが可能になる。また、スーパースローカメラで撮影されても走査抜けが生じない世界最速の超高速LED表示システムを開発した。毎秒4,320フレームの超高速性を実現するために、非線形クロックによるガンマ逆補正機能を持たせた定電流のパルス幅変調（PWM）によるLEDドライバー集積回路（IC）を開発した。またこのドライバーICを用いて、毎秒960フレームまで任意のフレーム数でフルカラー映像を表示できる可変フレームレート高速LED表示実験システムを開発した。この実験システムにより時空間変調された表示映像に対するヒトの視覚認識の研究を進めることができるようになり、Cyber Visionと呼ばれる時空間変調表示による超解像効果を実験で確認した。さらに、これらの結果及び予備実験での結果を踏まえてヒトの視覚システムにおける認知メカニズムに対する仮説を提示し、簡易擬似固視微動関数によるシミュレーションによる仮説の検討結果が示される。

第1章では、ヒトの視覚システムを利用したディスプレイ技術について述べられたのち、従来のテレビ技術を発展させた新たな表示システムの構築を目指す本論文の目的および構成について記される。

第2章では、デジタル映像理論の基礎となる時空間符号化と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。

第3章では、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表示窓プレーンによる表示システムを考察する。一方のプレーンを移動することにより、観察者に映像を表示するアイデアを述べる。この視点で第1章で紹介した表示システムを分類する。

第4章では、表示窓プレーンを相対移動するという概念で地下鉄の壁面に設置した表示システムにより移動体上の観察者が移動体の窓を通して動画像を視認するシステム（相対移動表示システムTime Slit）について記述される。

第5章では、ホールド補間を用いて超高速表示を実現した表示システムを示す。高速化と薄型化を可能にする、非線形クロックを用いた定電流PWM駆動LEDドライバーICの開発について示す。さらに、開発されたLEDドライバーICを用いた可変フレームレート高速表示実験システムの開発について記される。

第6章では、時空間変調による高速表示（Cyber Vision表示）による超解像効果を実験により実証するとともに理論的な枠組みを提示する。可変フレームレート高速表示システムを用いた実験により、超解像効果はヒトの視覚システムによることを明らかにする。この結果及び予備実験での結果を踏まえてヒトの視覚システムにおける認知メカニズムに対する仮説を提示し、簡易疑似固視微動関数によるsimulation結果を示す。

第7章では、本論文の結論が述べられるとともに、高速LED表示システムによって緒についたヒトの視覚システムの認知メカニズム研究に関して、今後の展望が述べられる。

本論文は、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、高速性を活用した各種の高速表示システムの実現を主な内容とする。加えて、高速表示システムを利用した視覚認識に関する実験により、その有効性を実行している。さらに、これまでに解明されてこなかった、高速LED映像の認知メカニズムに関して、固視微動の寄与による主観的な超解像効果を与える視覚モデルを提案し、シミュレーションによりその可能性を示している。本論文は、高速LED表示システムの開発と応用を通じて、視覚科学分野に新しい研究領域を提示している。