

論文の内容の要旨

専攻名 システム創成工学専攻

氏名 内田 景太郎

本論文は「3層の液晶パネルによる偏光演算を用いた複数視点・セキュア・空中表示に関する研究」と題して、新しい情報ディスプレイの構成を提案する。

近年の情報通信技術の普及に伴い、ユーザーに情報を提示するディスプレイにおいてもタッチ入力機能の付与だけでなく、3D表示、覗き込み防止表示、複数のユーザーに対して異なる映像を表示する複数視点表示など、多彩な機能が求められている。従来の情報機器においては、これらの機能ごとに専用のディスプレイハードウェアを必要としてきた。しかし、3D表示や覗き込み防止は常時求められる機能ではなく、必要な時にだけこれらの機能を使用できることが好ましい。複数のハードウェアを持ち歩くことは煩わしいだけでなく、電源やバックライトなどの部品を重複して必要とする課題があり、持続可能な発展(SDGs)の観点でもハードウェアの削減が望ましい。

情報ディスプレイに表示する映像信号の暗号化とのぞき込み防止を実現する技術は、セキュアディスプレイと呼ばれ、視覚復号型暗号を利用した実現が代表例である。視覚復号化暗号は秘密画像を複数の鍵画像に分散し、設定した枚数以上の鍵画像を揃えることで秘密画像が復元される暗号表示である。従来の視覚復号型暗号には全体の輝度が低下する課題があったが、2枚の液晶パネルを積層することによる偏光演算で輝度や解像度の劣化なしに暗号表示を可能にする偏光演算型セキュアディスプレイが報告されている。さらに、この2層の液晶パネルによる偏光演算を用いて、2つの視点位置で異なる映像を表示する2視点表示も報告されている。スリットアレイを必要とするパララックスバリア方式のマルチビューディスプレイに対して、偏光演算を利用する複数視点表示方式では画像の解像度を維持できる特長を有する。暗号化を行わない複数視点表示方式としては、テンソルディスプレイと呼ばれる積層された液晶パネルによるライトフィールド表示が報告されている。テンソルディスプレイにおいては、ライトフィールドを近似値に分解して近似解を用いて、それぞれの液晶パネルに表示する画像を生成している。しかしながら、3枚の液晶パネルを積層する偏光演算型のディスプレイにおいて、設計された視点位置に提示したい画像の画素値から、各層の液晶パネルに表示する画像の画素値を決定論的に求める手法は明らかではない。

さらに、新型コロナウイルスのパンデミック以来、非接触操作パネルのニーズが高まり、ディスプレイに求められる新しい機能として空中表示化が求められている。

本論文は、次世代の情報ディスプレイに求められる3つの課題を解決する光学設計を明らかにする。1つ目の課題は、ハードウェアを変更すること無く、表示画像の切り替えだけで多様な機能を発現することである。従来のディスプレイは、表示機能ごとに専用のハードウェアを必要としてきた。本論文では3枚の液晶パネルに表示する画像を切り替えて、機械的な機構を変更する

ことなしに、従来の2次元映像の表示やのぞき込みを防止するセキュア情報表示などの機能の切り替えを可能にするアーキテクチャーを提案する。2つ目の課題は、複数の視点ごとに異なる情報を提示する表示法の導出である。複数視点表示は既に液晶パネルを積層したディスプレイで提案されているものの、設計された視点位置に提示したい画像の画素値に基づいて各液晶パネルに表示する画像の画素値を決定論的に求める手法は報告されていない。本論文では3方向に提示する画像の画素値と3枚の表示画像の画素値の関係式を明らかにする。3つ目の課題は、奥行きを有する空中映像の表示である。これまでの空中ディスプレイは光源となるフラットパネルディスプレイを空中に結像するものであり、表示映像自体は2次元である。本論文では、3層の液晶ディスプレイを光源に用いて、再帰反射による空中結像(AIRR: Aerial Imaging by Retro-Reflection)の手法により、3層の液晶パネルを用いたマルチビューディスプレイおよびセキュアディスプレイの空中表示化を達成する。

本論文は6章で構成される。

第1章では、研究背景、本研究の位置づけと目的が示される。

第2章では、セキュアディスプレイおよび多視点表示に関する先行研究が記述される。

第3章では、3層液晶パネルによる偏光演算の原理が示され、3視点表示の論理式が示される。

第4章では、第3章で明らかにした3枚の秘密画像の画素値と3枚の液晶ディスプレイに表示する画像の画素値の関係式をもとに生成した表示画像を用いて、多視点表示や暗号表示、およびその組み合わせを中心に、2D表示、3D表示、覗き込み防止表示が述べられる。

第5章では、3層液晶ディスプレイを光源として空中表示が報告される。

第6章では、本研究のまとめ、今後の課題と展望が述べられる。