

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 ホログラフィックコンタクトレンズディスプレイを実現する革新的基盤技術の開発
- ◆受託者 国立大学法人東京農工大学、国立大学法人徳島大学、学校法人早稲田大学、シチズンファインデバイス株式会社、株式会社シード
- ◆研究開発期間 令和6年度～令和8年度(3年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和6年度100百万円

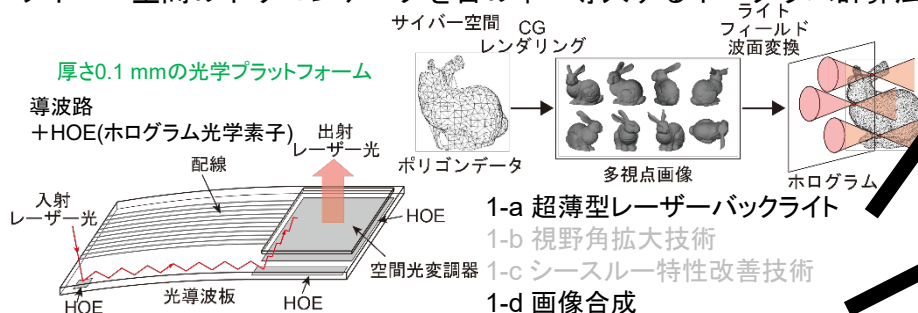
2. 研究開発の目標

本研究開発では、次世代のAR技術実現のために、目の中に入れることができるホログラフィックコンタクトレンズディスプレイの実現を目標とする。将来の幅広い普及のためには、ソフトコンタクトレンズと同程度の薄さで高い酸素透過率と含水性をもつことが求められるが、そのためには、従来とはレベルが異なる革新的な小型化・薄型化技術の開発が必要となる。本研究開発は、ホログラムコンタクトレンズディスプレイを実現するために最も基盤となるコア技術の研究開発に取り組み、実用化の可能性を明確化することを目的とする。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1: ホログラム像形成技術

コンタクトレンズに内蔵できる超薄型ホログラム光学系
サイバー空間のポリゴンデータを目の中へ導入するホログラム計算法



研究開発成果:1-a 超薄型レーザーバックライト

LCOS型空間光変調器は自発光型ではないため、レーザーバックライトが必要。ソフトコンタクトレンズとして実現するためには、厚さ0.1～0.3 mmの超薄型レーザーバックライトの実現が不可欠。

- 本研究開発では、超薄型レーザーバックライトを実現するため、導波路と3個のHOEで構成される導波路構造を提案。
- 導波板上にHOEを連続的に作製できる専用のレーザー露光光学系を設計・作製。
- 実際に厚さ0.1 mmの導波板にHOEを作製し2 mm×2 mmの出射ビームを得ることを可能にし、超薄型レーザーバックライト実現の知見を得た。

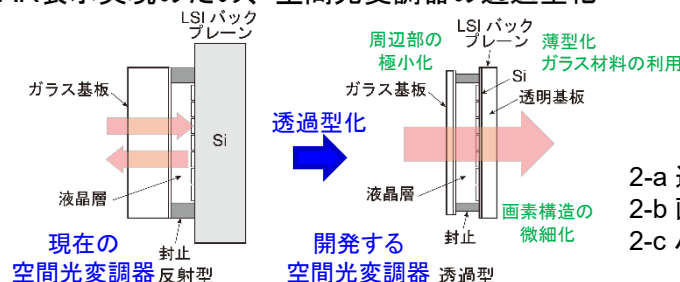
研究開発成果:1-d 画像合成

Beyond5Gではバーチャル空間を構成する大量のポリゴンデータが通信されるため、ポリゴンデータからホログラムパターンを生成する技術が重要かつ不可欠。

- 9,128個のポリゴンで構成されるデータから画素数1,280×1,280の複素振幅形式の波面データへの変換を、CG技術とGPUを使って実現。

研究開発項目2: 超小型・超薄型空間光変調器開発

コンタクトレンズに内蔵できる超小型・超薄型空間光変調器
AR表示実現のため、空間光変調器の透過型化



研究開発成果:2-a 透過率向上技術

光の位相変調は液晶のみで実現できるが、現在のLCOS型空間光変調器は反射型であるため、これを透過型で実現することが不可欠。

- 透過率向上のため、ガラス基板、合成石英、シリコン基板を研磨し、厚さと透過率の関係性を評価。コンタクトレンズ構造に適した多層膜を開発し、透過率向上を実現

研究開発成果:2-b 画素微細化技術

画素内のスイッチ、容量、配線といった回路要素を微細化できる技術がキーになる。

- 初期調査で、画素微細化にはSOSよりもSOIが有利と判断。画素設計に着手。

研究開発成果:2-c パネル化技術

空間光変調器として完成させるためには、様々な周辺技術の開発が必要。

- 極狭シール幅0.25 mm(従来0.5 mm)の液晶パネルを実現。位相変調 2π が可能。
- 貼り合わせ基板をさらに研磨し、総厚0.16 mmまでの薄型化を実現。

研究開発項目3: 電子デバイス技術

データ伝送・電力伝送のためのアンテナおよび共振結合回路
ホログラム表示の視野角拡大を可能にする回転角センサ



研究開発成果:3-a 薄型アンテナおよび共振結合回路

スマホなどの外部機器で計算したホログラムデータのワイヤレス伝送、空間光変調器やレーザーなどへの電力供給に用いるアンテナおよび共振回路の内蔵が不可欠。

- コンタクトレンズに搭載可能な大きさ、厚みなどの物理的安全性を実現可能な薄膜アンテナを作製することに成功した。
- 本アンテナとキャパシタを組み合わせた共振回路を試作し、かつ、送信機に三宅Grが有する新技術(新しい原理:パリティ時間対称性共振結合回路)を用いることで、特定の周波数においてほぼ100%の無線給電効率を得ることに成功した。

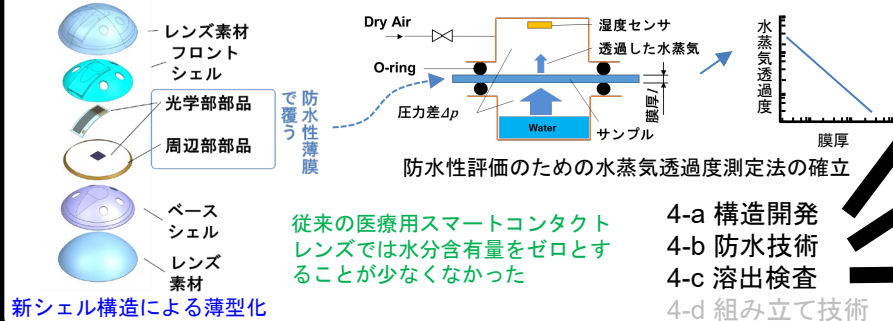
研究開発成果:3-b 小型回転角センサ

ソフトコンタクトレンズでは、目の回転に合わせて映像が移動する。回転角センサを内蔵して目の回転に応じて表示画像を切り替えることで、実質的に視野角が拡大される。

- ここでは、計算機シミュレーションおよび実際のデバイス試作などを行うことで、上下回転角(最大26°)を検出することに成功した。

研究開発項目4: コンタクトレンズ技術

ソフトコンタクトレンズへの電子部品内蔵を可能にするシェル構造
装着感向上のため水分含有を可能にする電子部品の防水技術



研究開発成果:4-a 構造開発

ソフトコンタクトレンズに電子部品や光学系を内蔵し、像形成に関わる光学部で高い位置精度を実現し、さらに目の中で回転しない構造が必要。

- 3D-CADを用いて基本設計を行なった。アンテナ、レーザーバックライト、空間光変調器、防水性薄膜をトーリックデザインのソフトコンタクトレンズに内蔵する構造を考案

研究開発成果:4-b 防水技術

電子部品を水分から保護する防水技術が不可欠。

- 防水性薄膜の候補材料としてパリレンC膜と医用シリコン樹脂(MED6010)を選定した。水蒸気透過度の測定により、目標値である10 g/m²/day以下が達成できることが判明。

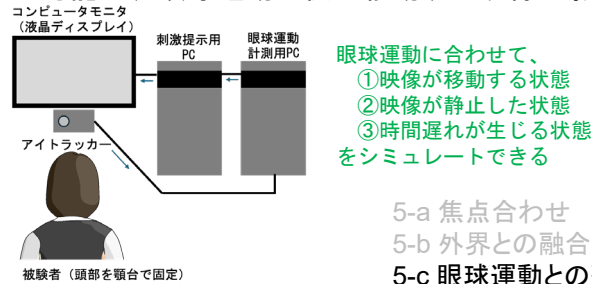
研究開発成果:4-c 溶出検査

内蔵部品から溶け出した成分の人体への影響を事前検証する必要がある。

- 電子部品に関する調査を行い、候補物質に対して溶出検査を行なった結果、検出下限以下であることが判明した。

研究開発項目5: 視機能への影響評価

ホログラム映像が視機能に矛盾しないか調査
ピント合わせ可能で、眼球運動と供に移動する映像の影響評価



研究開発成果:5-c 眼球運動との整合性

眼球運動に対する画像変化が視機能に与える影響について、回転角センサを用いて視野拡大をしない場合、する場合、時間遅れの影響について評価。

- アイトラッカーを用いて、コンタクトレンズディスプレイが提供する映像をシミュレートする眼球運動整合性評価システム(眼球運動2,000 Hz、画像更新遅れ最大5.6 ms)を構築した。
- 目の回転に合わせて画像更新を行い、風景と画像を一致させるための「回転角補償」に対する知覚について、回転角補償を行う場合の許容できる時間遅れが約100 ms以下であることを明らかにした。
- 回転角補償をしながら文章(数式)を視野制限して提示する実験を行い、眼球回転角との連動による視野角の拡大効果があることを定量的に示した。

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
7 (7)	0 (0)	2 (2)	35 (35)	0 (0)	14 (14)	4 (4)	3 (3)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- (1) シンポジウムの開催
タイトル: ホログラフィック・コンタクトレンズディスプレイの基盤技術に関するシンポジウム
日時: 2024年6月27日 場所: シード新本社ビル
主催: 映像情報メディア学会 協賛: 応用物理学会
概要: 本研究開発プロジェクトの内容を、一般の人や専門家に紹介するために開催したシンポジウムである。6件の講演で構成され、31名の参加者があり、質疑応答で様々な議論が行われた。ここでの議論を研究開発にフィードバックすることができた。
- (2) 3件の受賞・表彰
- ・ 崔 洋、清水孝一、三宅丈雄, Light Conference 2024, Best Paper Award
 - ・ 谷 祐佳、立体メディア技術研究会、学生優秀発表賞
 - ・ Y. Gu and Y. Takaki, IDW'24 Demonstration Award
- (3) 2件のプレスリリース
- ・ 2024年4月15日 革新的情報通信技術(Beyond 5G(6G))のNICT事業に採択 ～ホログラフィックコンタクトレンズディスプレイを実現する革新的基盤技術の開発～
 - ・ 2024年6月3日 ホログラフィック・コンタクトレンズディスプレイの基盤技術に関するシンポジウム開催のご案内
- (4) 2件の大規模展示会での出展
- ・ 2024年10月15日～18日 CEATEC 2024
 - ・ 2025年1月22日～24日 第11回ウェアラブルEXPO
- (5) テレビ報道を含む12件の報道
- ・ 2024年12月19日の朝日新聞デジタルに続き、翌日の朝日新聞朝刊に本研究開発に関する記事が掲載された。さらに、12月24日にテレビ東京ワールドビジネスサテライトで本研究開発に関する取材内容が放送された。他に、日本経済新聞社、BIGLOBEニュース、日刊ケミカルニュースなど多くのメディアで取り上げられた。

5. 今後の研究開発計画

- 来年度以降の研究計画を以下に示す。
- ・2025年度
視野角拡大、画素微細化技術とパネル化技術、共振結合回路と左右回転角センサの作製、コンタクトレンズの防水性薄膜の成膜条件、ホログラムの位相化、焦点合わせ評価について研究する。
 - ・2026年度
シースルー特性の改善、画素微細化技術とパネル化技術、無線レンズとセンサレンズの試作、コンタクトレンズの組み立て技術、眼球運動予測、外界との融合評価について研究する。