

平成 22 年度研究開発成果概要書  
「裸眼立体映像提示の高画質化に関する研究開発」

(1) 研究開発の目的

特殊なメガネを装着しないで自然な裸眼立体映像を提示する技術の研究開発が種々進められている。この最も理想的な方式は光の波面を再現する電子ホログラフィーであるが、利用する空間光変調素子の画素ピッチが最小で  $7\mu\text{m}$  程度までのものしか実用化されていないことに起因し、表示される画質および視域（頭を動かしても再生像を違和感無く見ることができる範囲）には限界がある。

また、理想的なホログラフィーに準ずる立体映像提示方式（以下、準ホログラフィー方式）である膨大な数の光線による空間像再生方式（超多眼表示や高密度指向性表示）においても、空間光変調素子などの表示デバイスの画素数が少ないことに起因し、表示される画質および視域には限界がある。

このような限界を打ち破り、高画質な立体映像を再生できる立体映像提示技術の研究開発は、米・欧・アジアの各国が積極的に立体映像技術の研究開発に取り組んでいる現状を考えると、日本の技術力の高さを示し国際競争を勝ち抜く上で緊急に取り組むべき課題である。

本研究開発課題は、①電子ホログラフィーや準ホログラフィー方式などの立体映像提示技術で共通に利用可能な超高精細な空間光変調素子の開発、②開発素子を用いた立体映像提示システムの要素技術開発と、視聴による人体への影響を指標とした評価検証技術の研究開発を産学連携で推進し、世界最高水準の高性能立体映像提示システムのためのデバイス技術および映像技術を確立することを目的とする。

(2) 研究開発期間

平成 20 年度から平成 23 年度（4 年間）

(3) 委託先企業

JVC・ケンウッド・ホールディングス株式会社（JKHD）〈幹事〉  
国立大学法人東京農工大学（農工大）  
株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ATR）

(4) 研究開発予算（百万円）

平成 20 年度	89
平成 21 年度	84
平成 22 年度	79
平成 23 年度	74

(5) 研究開発課題と担当

課題ア：空間光変調素子の画素高密度化に関する技術（JVC・ケンウッド・ホールディングス株式会社）

課題イ：再生立体像の人体に与える影響の評価に関する技術

1. 評価用裸眼立体映像提示システムの開発(国立大学法人東京農工大学)
2. 再生像の人体に与える影響の評価(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(全体) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	1	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	5	2
	報道発表	0	0
	その他研究発表	17	10
	展示会	4	1
	標準化提案	0	0

内訳：

○累計

特許出願：国内出願 1件 (0 (JKHD)、1 (農工大)、0 (ATR))  
外国出願 0件 (0 (JKHD)、0 (農工大)、0 (ATR))  
外部発表：研究論文 5件 (0 (JKHD)、3 (農工大)、2 (ATR))  
報道発表 0件 (0 (JKHD)、0 (農工大)、0 (ATR))  
その他研究発表 17件 (2 (JKHD)、3 (農工大)、12 (ATR))  
展示会 4件 (1 (JKHD)、0 (農工大)、2 (ATR)、1 (全体))  
標準化提案 0件 (0 (JKHD)、0 (農工大)、0 (ATR))  
(カッコ内は委託先毎の内訳)

○22年度

特許出願：国内出願 0件 (0 (JKHD)、0 (農工大)、0 (ATR))  
外国出願 0件 (0 (JKHD)、0 (農工大)、0 (ATR))  
外部発表：研究論文 2件 (0 (JKHD)、1 (農工大)、1 (ATR))  
報道発表 0件 (0 (JKHD)、0 (農工大)、0 (ATR))  
その他研究発表 10件 (1 (JKHD)、1 (農工大)、8 (ATR))  
展示会 1件 (0 (JKHD)、0 (農工大)、1 (ATR))

標準化提案 〇件 (〇 (JKHD)、〇 (農工大)、〇 (ATR))  
(カッコ内は委託先毎の内訳)

#### 具体的な成果

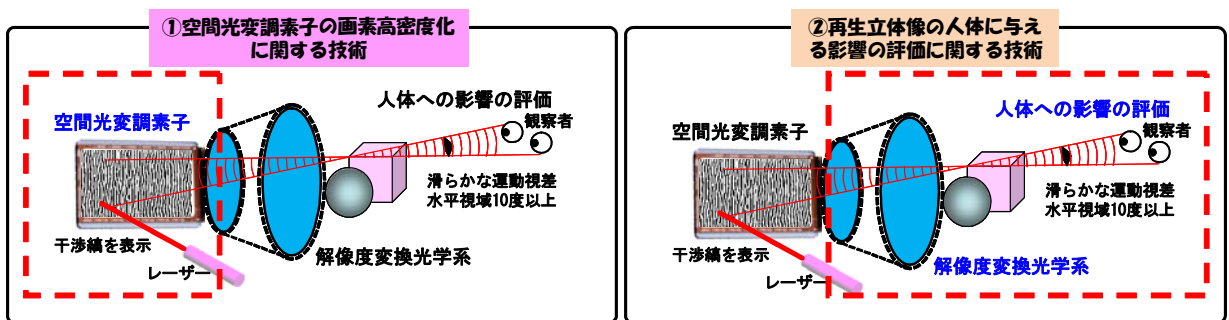
- (1) 画素ピッチ  $5\mu\text{m}$  未満、総画素数 850 万画素以上画素構造及びフレームレート 60fps 以上のホログラフィック表示デバイス用超高精細空間光変調素子の駆動回路の性能改善を行った。性能改善の方向性としては、a) 空間的解像度の向上、b) ダイナミックレンジの向上、c) フレームレートの向上などが考えられるが、a) については素子製作の工数及びコストの問題と表示系システムの全面見直しの必要があり、b) については現存する DA コンバータでは装置規模、コストの面で現実的ではなく、また専用 DA コンバータ開発は工数及びコストの面で実現性に乏しい。一方 c) は、実現性が高く、表示系、視覚系の測定については、現在の装置をそのまま使用可能または、大幅な変更なく使用可能と考え、このフレームレートの向上を行うこととし、前年度開発の駆動回路に改変を行った。駆動装置は前年度来のプロセッサユニット(信号処理装置)と素子に直結するドライバユニットからなるが、今回はプロセッサユニットの一部改変とドライバユニットの全面変更を行い 120fps 駆動を実現した。
- (2) ホログラム表示モジュールの最終モデルを試作、設計した。課題(ア)で開発した空間光変調素子との組み合わせを実現した。また、迷光処理による画質改善を行うとともに、照明用光ファイバアレイのモジュール内完全収納を実現してシームレスなモジュール配列が可能な構造を実現した。疑似多視点表示を、ホログラフィックステレオグラム の原理にもとづいて多数の視差画像からホログラムを生成する計算法を開発することで、実現した。ホログラムの高速計算を、解像度変換光学系に適したゾンプレート法を開発することで、実現した。実写撮影・立体表示を、構造光を用いた 3次元スキャナとデプスカメラを用いて実物の 3次元データを取得することで、実現した。
- (3) 視標観視時の調節、輻輳を同時に測定する手法により、静止している実物体及び立体画像(二眼式、多眼式)を対象とする測定(静特性)を行った。その結果、実物体の場合と比べて立体画像(二眼式及び多眼式)観視時には視差が大きい場合に調節と輻輳の不一致が顕著になることが確認された。このとき、調節の測定結果は視標の想定表示距離とディスプレイ距離の中間にあり、輻輳制御系と調節

制御系の協調特性（輻輳性調節）の影響が示唆された。

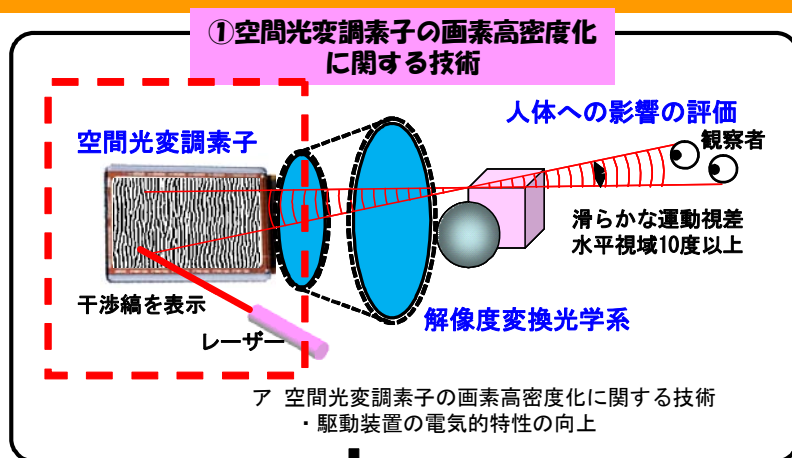
また、奥行き方向に動く実物体及び立体画像（二眼式、多眼式）を対象とする調節、輻輳の特性（動特性）についても測定を行った。その結果、調節の動特性には奥行き方向の違いによる非対称性のあること、顕著な個人差があること、が明らかになった。この個人差は、輻輳性調節の違いに起因するものである可能性がある。

これまでに得られた成果から、来年度に行う超多眼式立体画像及びホログラフィー画像観視時の調節・輻輳測定の評価基準データが取得できたといえる。またこの成果をもとに、調節・輻輳の個人差と視覚疲労の個人差との関連を明らかにできる可能性がある。

### （7）研究開発イメージ図



## ①空間光変調素子の画素高密度化に関する技術の主な成果



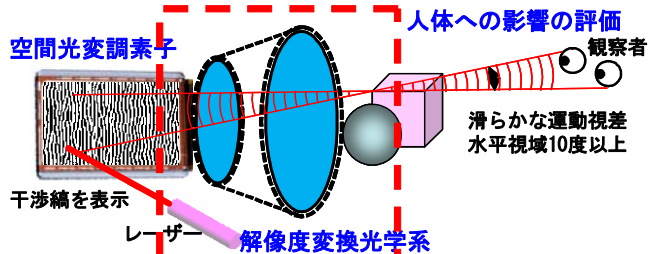
- 画素ピッチ $5\mu\text{m}$ 未満、総画素数850万画素以上画素構造及びフレームレート60fps以上のホログラフィック表示デバイス用超高精細空間光変調素子の駆動装置の性能改善を行った
- 改善の方向性として、フレームレートの向上を選択
- 前年度開発のプロセッサユニットを改造したもの2台と新規ドライバユニット開発によって120fps駆動を可能にした駆動装置を新規に構成
- 上記装置は下記の特長を有する
  - ・光学系の配置自由度の向上
  - ・DVIインターフェイスによりPCとの高い親和性を実現
  - ・リフレッシュレートは48/50/60pに対応、更にフレームロック機能により入力信号をコマ落ちを防止
  - ・12bit/color処理対応
  - ・Webサーバ装備によりLAN経由の遠隔操作が可能

### 駆動装置の主な仕様

表示性能	
表示解像度	4,096×2,400 (最大)
表示フレームレート	120Hz (最大)
対応信号	
デジタルビデオ入力フォーマット <sup>*1</sup> 48/50/60p (プログレッシブ信号の対応)	4096×2400 / 4096×2160 / 3840×2400 / 3840×2160 / 2048×1200 / 2048×1080 / 1920×1200 / 1920×1080 / 1600×1200 / 1280×1024 / 1024×768 / 800×600 / 640×480
入力端子	
映像入力	DVI-D (Dual Link) 24ピン (12bit拡張入力対応) ×4系統 (HDCP <sup>**2</sup> 対応) ×2系統入力対応
LAN	RJ45×1系統
USB	Type B (Slave) ×1系統
RS232C	D-sub 9ピン (オス) ×1系統
機能	
フレームロック (48/50/60p) ON/OFF 可能	入力フレームレート 48/50/60±0.5Hz 以内
テストパターン	Cross Hatch / Color Bar / Staircase / Ramp / Flat (100%)
電源	AC 100V/200V、50/60Hz
その他	
プロセッサドライバユニット間延長距離	最大 3000mm
消費電力	400W (待機時 0.5W)
消費電流	4A (AC 100V)

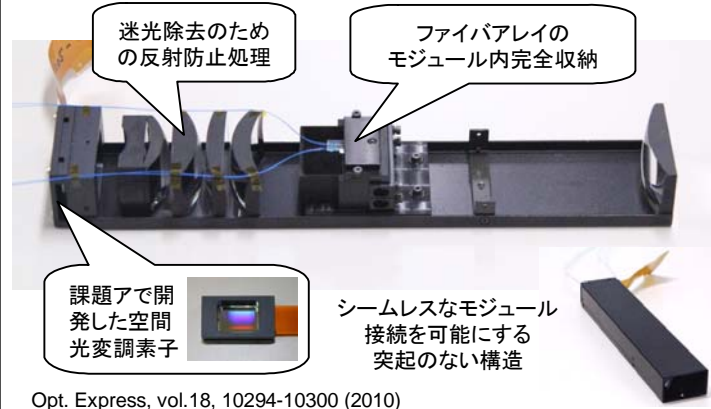
## ②再生立体像の人体に与える影響の評価に関する技術の主な成果

### ②再生立体像の人体に与える影響の評価に関する技術 (イ-1)

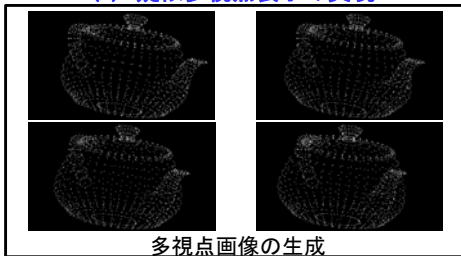


- イ再生立体像の人体に与える影響の評価に関する技術  
イ-1 評価用裸眼立体映像提示システムの開発
- (1) ホログラム表示モジュール最終モデルの設計・試作
  - (2) 疑似多視点表示の実現
  - (3) 高速計算法の開発
  - (4) 実写撮影法の開発

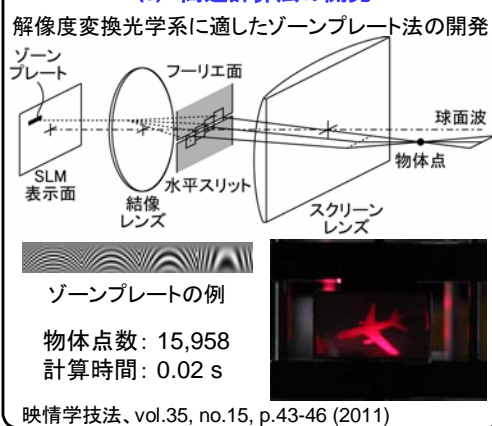
### (1) ホログラム表示モジュール最終モデルの設計・試作



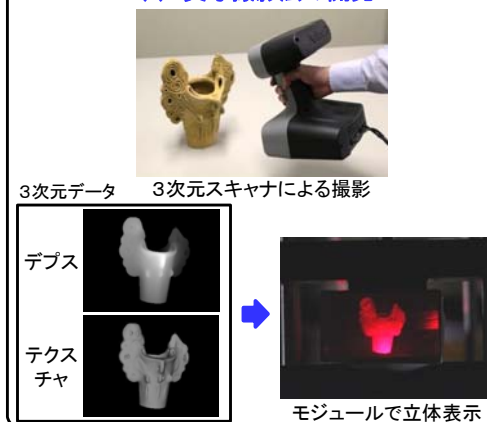
### (2) 疑似多視点表示の実現



### (3) 高速計算法の開発

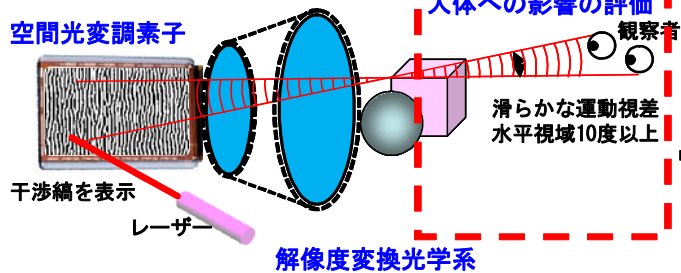


### (4) 実写撮影法の開発



## ②再生立体像の人体に与える影響の評価に関する技術の主な成果

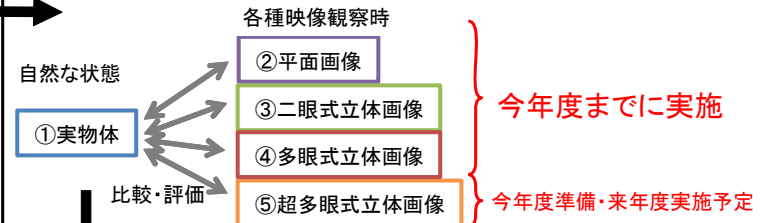
### ②再生立体像の人体に与える影響の評価に関する技術 (イ-2)



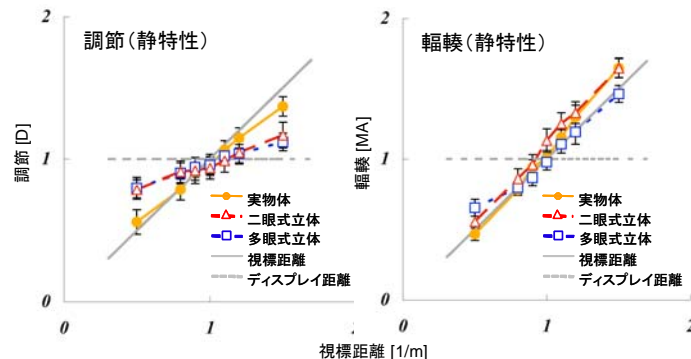
イ 再生立体像の人体に与える影響の評価に関する技術  
イ-2 再生像の人体に与える影響の評価

### 再生像の人体に与える影響の評価 (概要)

- 指標観察時の調節・輻輳応答の測定手法を確立。
- 実物体(①)と既存の各種映像提示方式(②平面ディスプレイ、③二眼式立体ディスプレイ、④多眼式立体ディスプレイ)について、指標観察時の焦点調節・輻輳応答を測定。
- 実物体観察時の調節・輻輳応答を、自然な観察状態における視機能の基準データとし、各種映像観察時の調節・輻輳応答と比較。



### 実物体と各種立体映像観察時の調節・輻輳応答の比較(結果)



●輻輳応答においては実物体と立体画像(二眼式及び多眼式)との間では差は見られない。一方、調節応答においては立体画像の視差が大きい場合に実物体との乖離が見られた。このとき調節は視標の表示想定距離とディスプレイ距離の中間にあり、輻輳の調節への影響が示唆された。

●視標の距離が時間的に変化する時の調節応答は視標の移動方向により非対称的で、個人差も大きい。この個人差は輻輳の調節への影響(輻輳性調節)の違いと考えられる。

### まとめ

- 静特性の測定  
静止している実物体と、二眼式立体あるいは多眼式立体ディスプレイ観視時の調節・輻輳の特性を比較すると、立体ディスプレイでは視差が大きい場合に実物体との乖離が見られるとともに、輻輳の調節への影響を示唆する特性が示された。
- 動特性の測定  
視標の距離が時間的に変化する場合の調節・輻輳応答を測定すると、奥行き変化の方向による非対称性が観測され、その特性の個人差も大きかった。
- 成果の位置づけ  
平成23年度実施予定の超多眼式立体画像、ホログラフィー画像を対象とした調節・輻輳測定の評価基準となるデータが取得できた。また、調節・輻輳の個人差と疲労との関係を明らかにできる可能性がある。