

三次元でモノを見る

－ 3Dディスプレイを支える映像技術とは？ －

国立情報学研究所

後藤田 洋伸

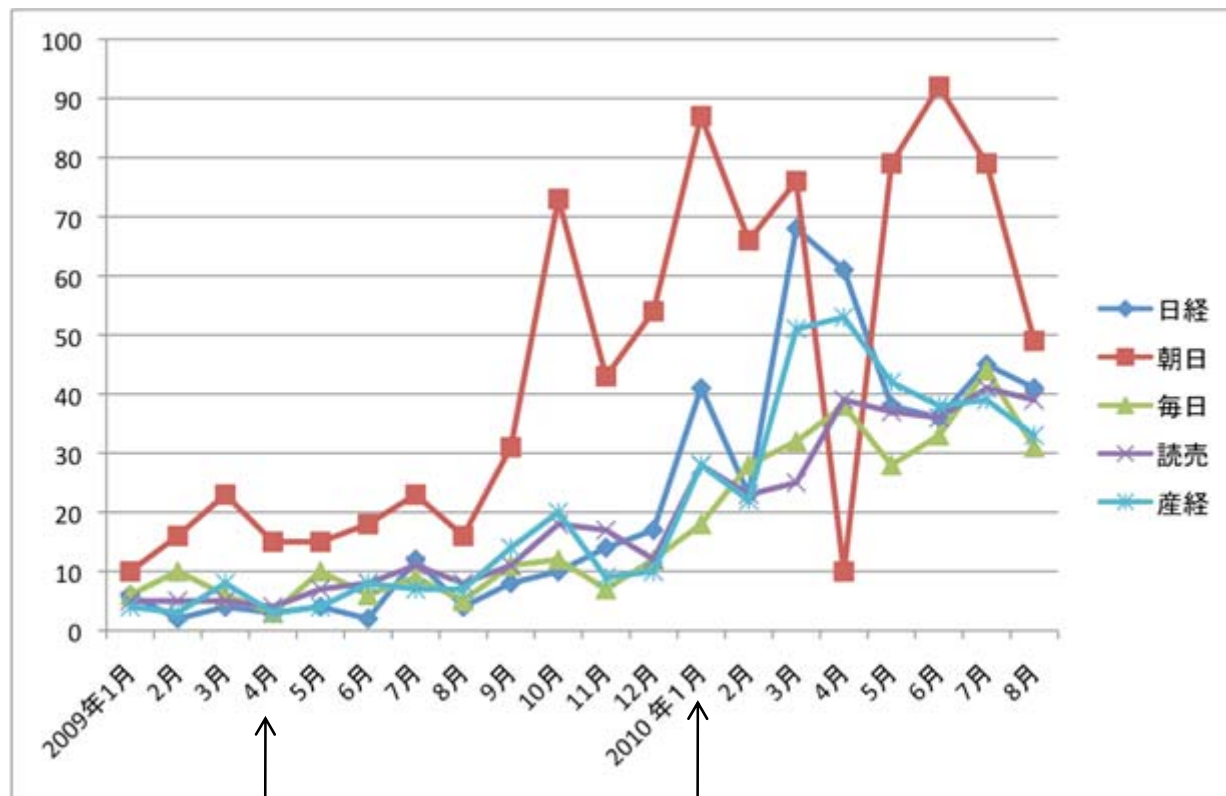
はじめに

最近の報道記事から

- 量販店、3D特需を期待、エコポイント効果陰り (2010/07/22 日本経済新聞)
- 3Dテレビ “認知度—「興味か “ある」34% (2010/07/07 日経流通新聞)
- 3Dテレビ “「購入の意向なし」7割 (2010/07/02 日経産業新聞)
- 3Dテレビ “、「購入の意向」2割強、「買った」0.2% (2010/06/17 日経産業新聞)
- 3Dテレビ “「買いたい」2割—高い満足度、購入直結せず “ (2010/04/21 日経産業新聞)
- 3Dテレビ “、「購入意向あり」42%、50インチなら3万円高許容 (2010/04/18 日経産業新聞)
- 3D映画視聴経験者、「TV欲しい」5割、対応型、男性の関心高く (2010/04/07 日経産業新聞)
- 3D映画見たことあると...、対応テレビ “購入5割超か “意欲 (2010/04/05 日経流通新聞)
- 3Dテレビ “「家庭で “見たい」55%、価格や眼鏡に抵抗感も (2010/03/29 日本経済新聞)
- 飛び “出せぬ魅力—アピール足りない？3Dテレビ (2009/12/11 日経産業新聞)
- 3D映画「見た」2割—「メカ “ネ邪魔・疲れる」多く (2009/10/19 日経産業新聞)

報道記事にみる「3D」

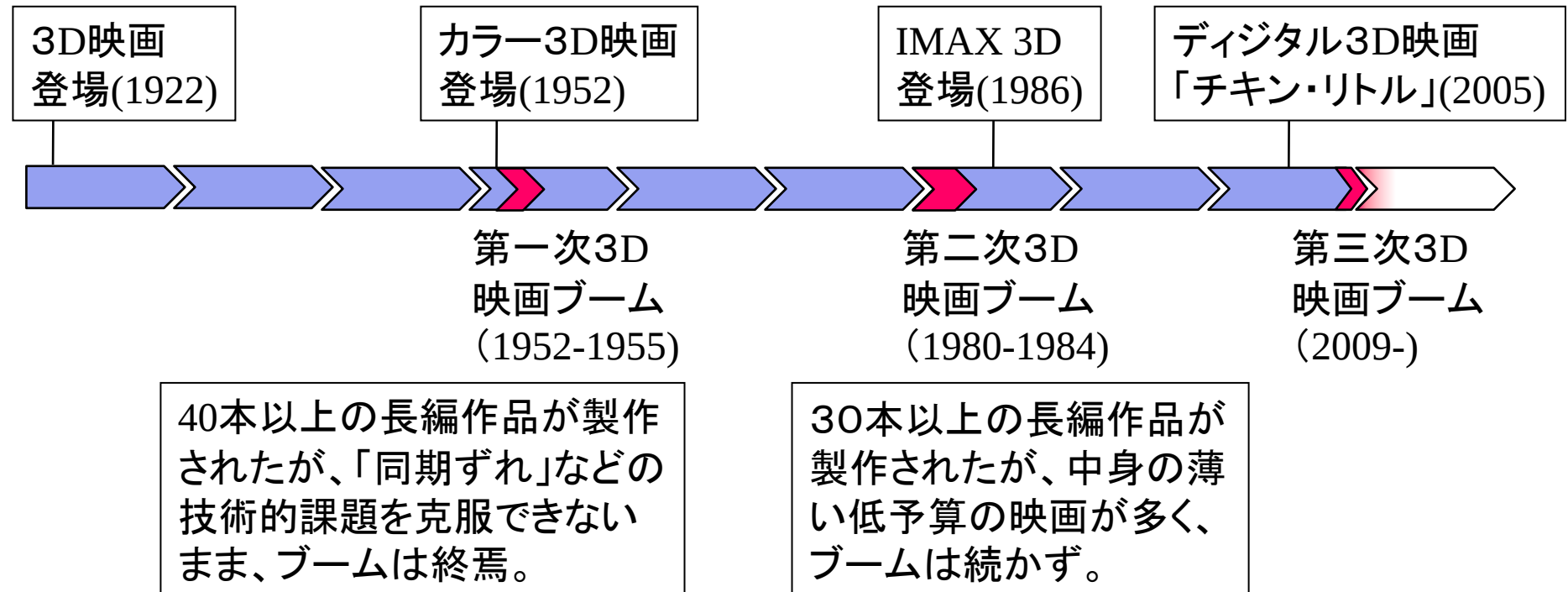
「3D」を含む新聞記事数の変化



「3D映画元年」ともいわれる今年は、国内でも本格的に普及するか真価が問われる・・・」(2009年4月4日)

「3年間に15倍に成長するとされる新市場・・・3Dテレビ`元年`の競争が激しくなりそうだ。」(2010年1月7日)

過去にもあった「3D」ブーム



- 過去のブームが長続きしなかったのは、「技術の未熟さ」、「コンテンツの不足」が主な原因。「技術の乱立」を懸念する声もある。
- これまでの歴史は、期待と失望の繰り返し。今回のブームも、一過性のもので終わるのか？それとも永続するのか？

3Dとは

そもそも「3D」とは？

- 「3D」は「Three Dimensional」の略
 - 三つの次元があること。三つの方向に広がりを持っていること。
- 「3D映画」、「3Dテレビ」、「3Dディスプレイ」の「3D」は？
 - 画像や映像を見た人が、奥行き感を感じ取ることができる場合に、「3D××」と呼ぶことが多い。
 - 別名は、「立体映画」、「立体テレビ」、「立体ディスプレイ」。
 - 「2D画像」や「2D映像」からも、奥行き感が得られる場合もある。
 - 例えば、絵画における「遠近法」は、奥行き感を出すための方法として知られている。
 - 奥行き感の有無だけで、「2D」と「3D」を区別することは困難。

「3D」のもたらす「奥行き感」

- 私たちは「奥行き」を知覚する際に、

- 両眼視差
- 運動視差
- 輻輳
- 焦点調節

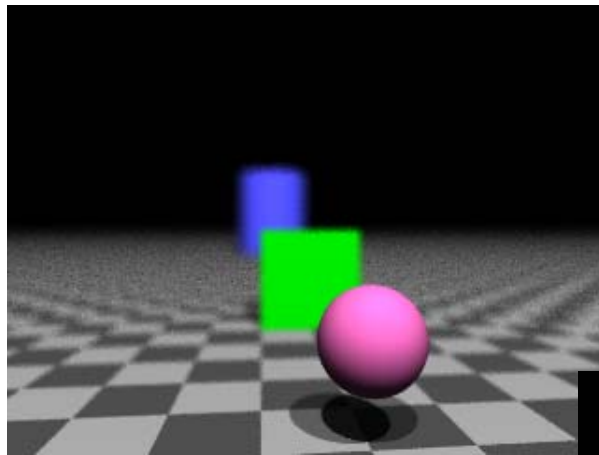
などの現象を手がかりにしている。

- 「3D × ×」は、私たちの視覚に働きかけて、これらの現象を引き起こさせ、表示している画像や映像に、奥行きがあるかのように錯覚させる。

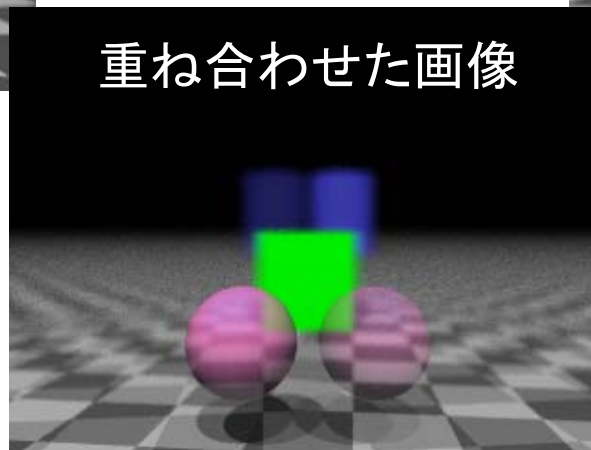
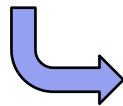
奥行き知覚のメカニズム — その1

- 両眼視差

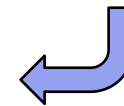
左右の眼で見える画像の“ずれ”を手がかりに、奥行きを推定する。



左目画像



右目画像

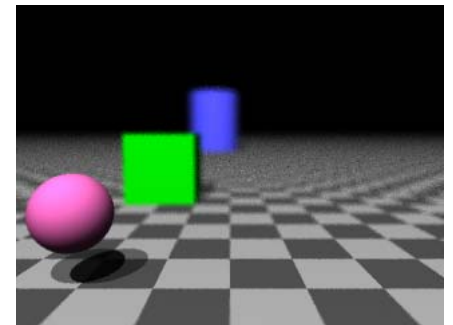
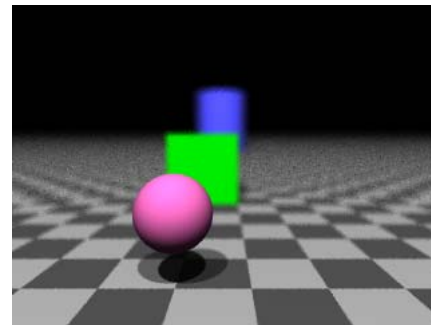
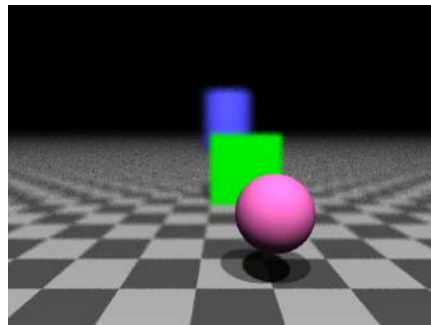
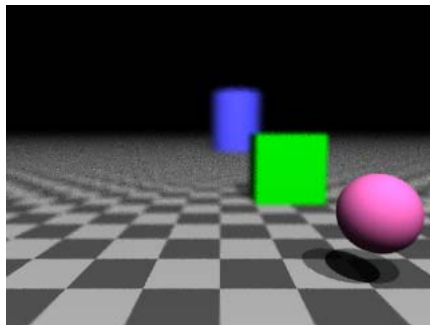


奥行き知覚のメカニズム — その2

• 運動視差

頭を動かした際の見え方の変化から、奥行きを推定する。

- 近くにある物は、頭を動かすと大きく動く。
- 遠くにある物は、頭を動かしてもあまり位置が変わらない。

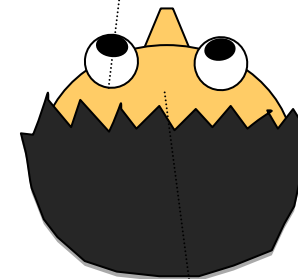
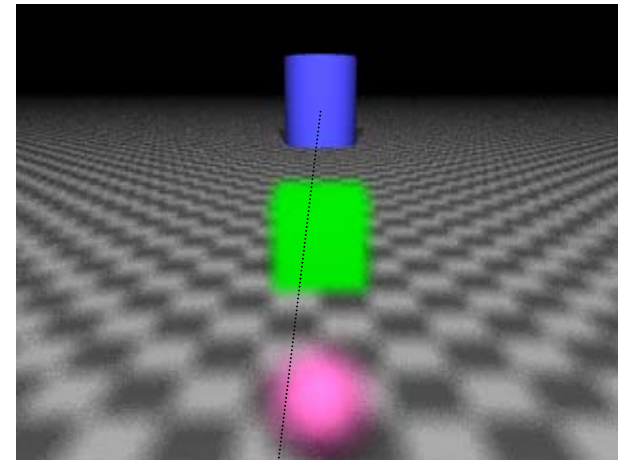
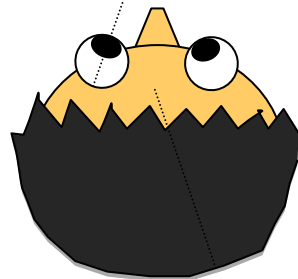
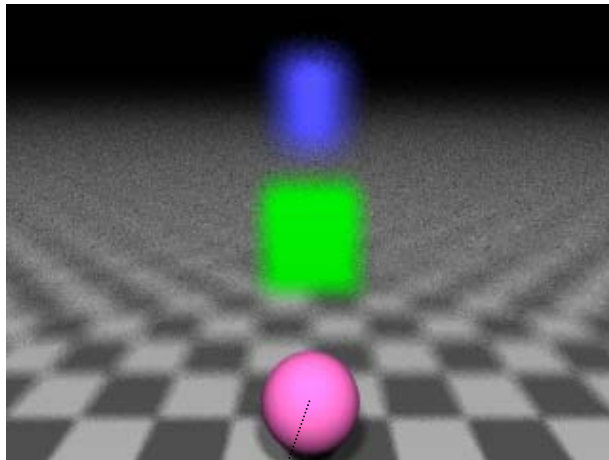


奥行き知覚のメカニズム — その3

- 輻輳

物体を注視する際に生じる眼球の回転運動から、奥行きを推定する。

- 近くの物を見るときには、“寄り眼”になる。

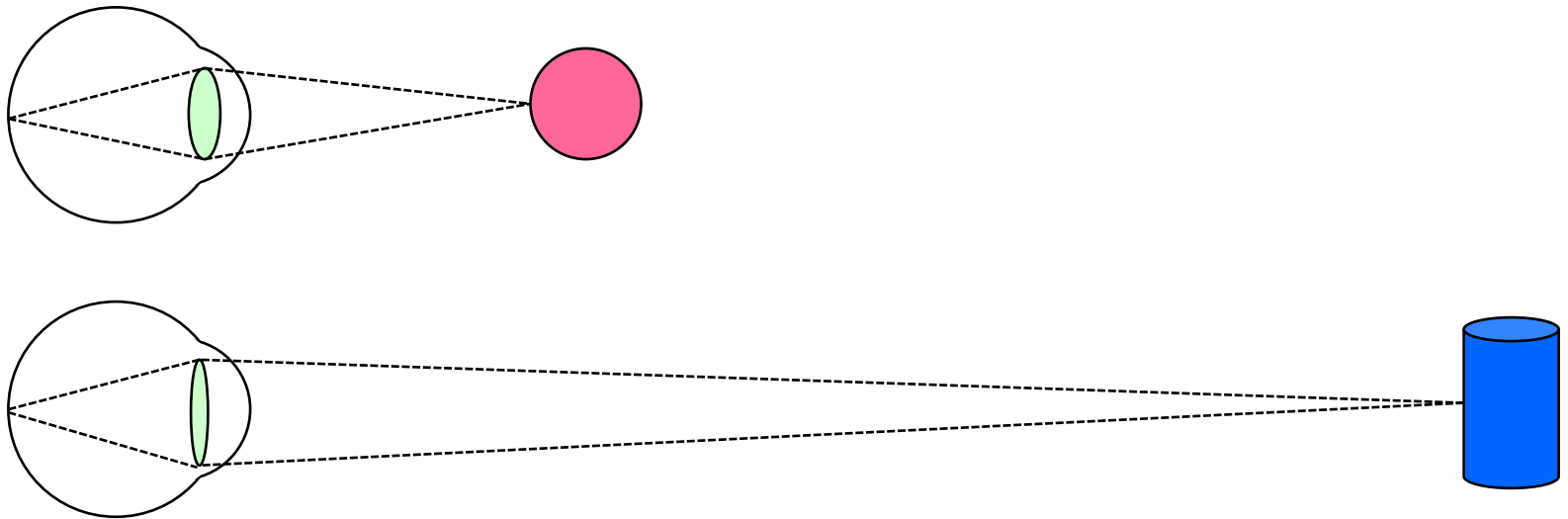


奥行き知覚のメカニズム — その4

• 焦点調節

物体を注視する際に、水晶体の厚みを調節して、そこに焦点を合わせる。このときに行なわれる調節の度合いから、その物体の奥行きを推定する。

- 近くのものを見るときには、水晶体を厚くする。
- 遠くの物を見るときには、水晶体を薄くする。



様々なレベルの「3D」

- 二眼式

- 現在、主流となっている方式。3D映画や3Dテレビで採用されている。
- 両眼視差と輻輳により、奥行き感を与える。
- 運動視差はなく、焦点調節も機能しない(⇒ 視覚疲労の一因)。

- 多眼式

- 研究開発が盛んに進められている方式。製品もいくつかある。
- 両眼視差と輻輳により、奥行き感を与える。
- 若干の運動視差があり、(二眼式よりも)より自然な立体視が可能。
- 焦点調節が機能するほどの“細かさ”はない。

-
-
-
-

- 究極の3D??

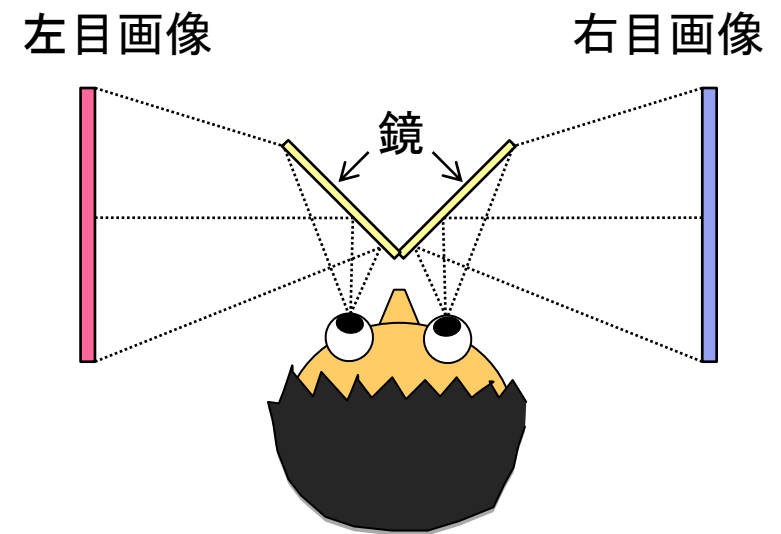
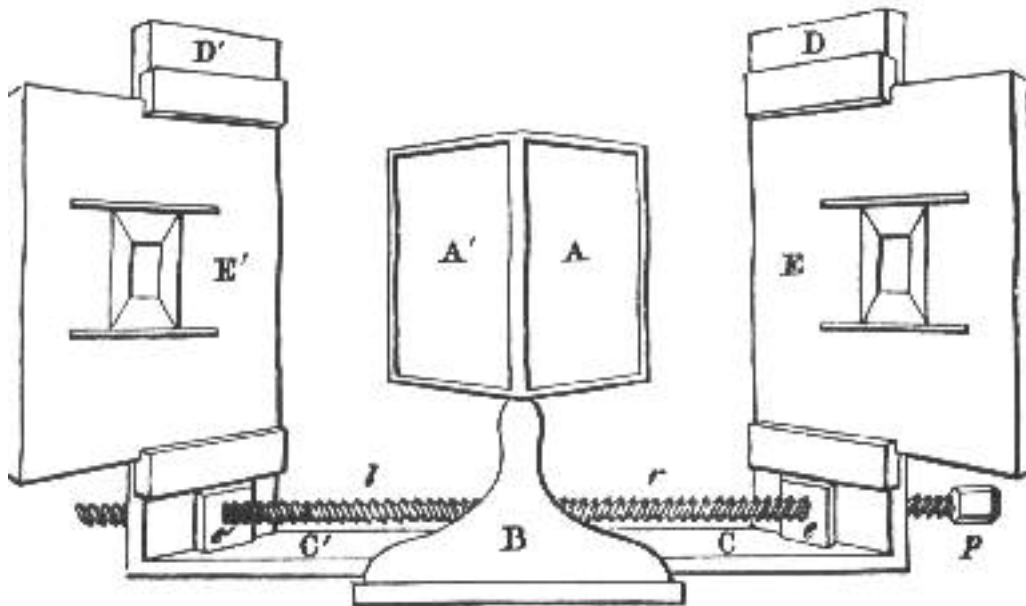
- 両眼視差、輻輳、運動視差、焦点調節の全てを通して、奥行き感を与える方式(となるはず)。

3Dディスプレイの昔と今

初期の3Dディスプレイ その1

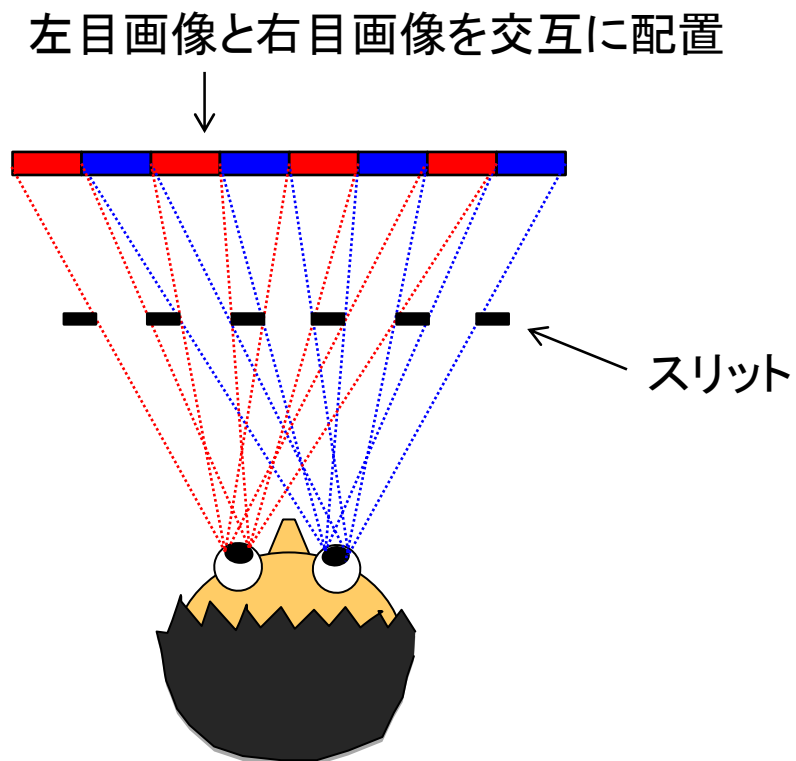
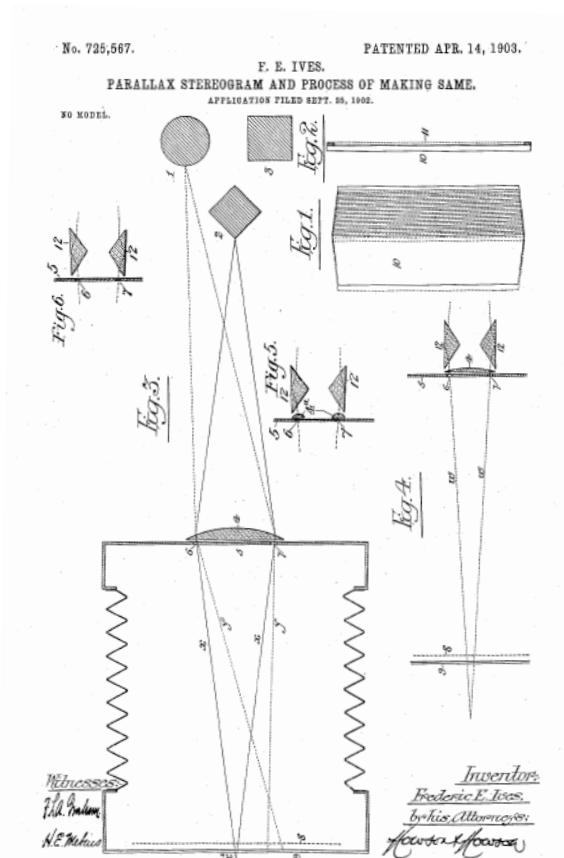
- C. Wheatstone (1838)

- ステレオスコップ (stereoscope) の概念を論文発表。世界初の3Dディスプレイとされている。



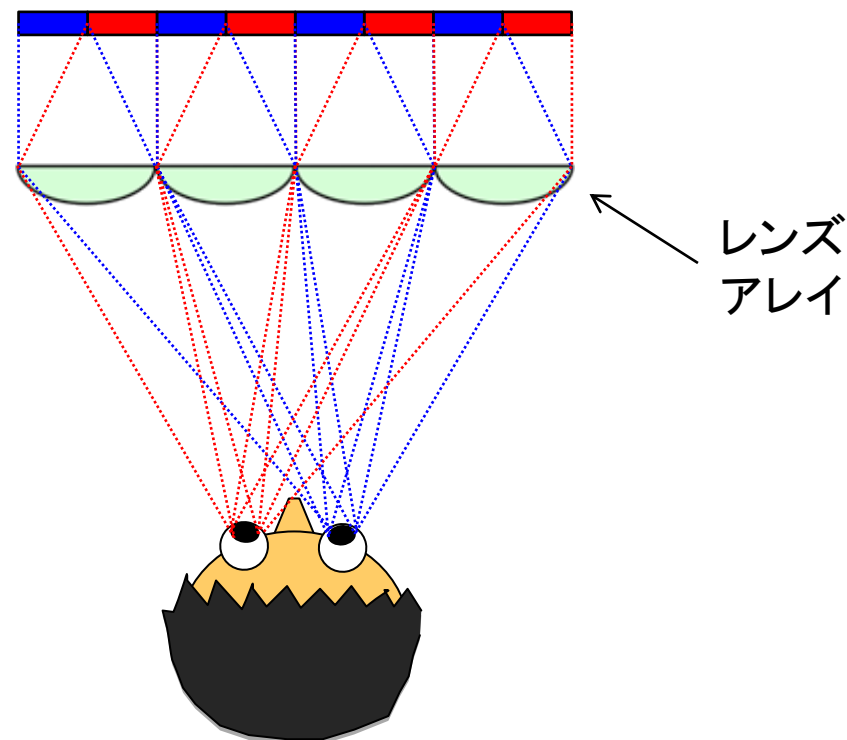
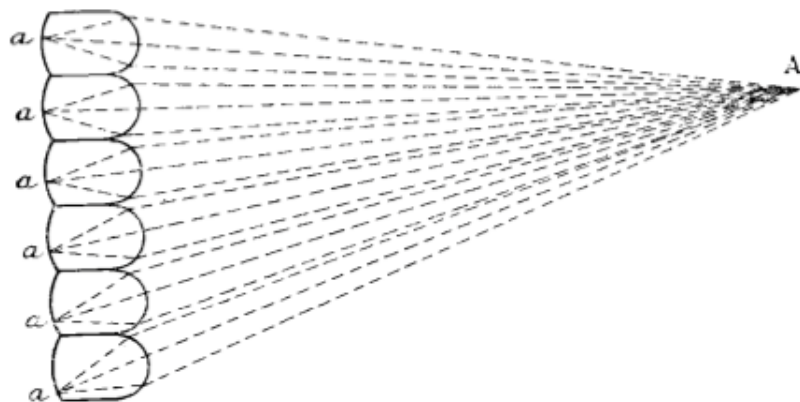
初期の3Dディスプレイ その2

- F. E. Ives (1903)
 - 視差ステレオグラム (parallax stereogram) の特許を米国で取得。
「視差バリア方式」に関連する特許の一つ。



初期の3Dディスプレイ その3

- G. Lippmann (1908)
 - インテグラル・フォトグラフィー (Integral photography) という概念を提唱。
 - 元々は写真技術。後年、ディスプレイ技術に転用された。



現在の3Dディスプレイ

- メガネ式

- 時分割
 - 時分割表示装置＋シャッターメガネ
 - 時分割表示装置＋偏光メガネ
- 空間分割
 - 2台の表示装置＋偏光メガネ
 - パターン化位相差フィルム＋偏光メガネ
- 波長分割
 - アナグリフ方式
 - Dolby方式

- 裸眼式

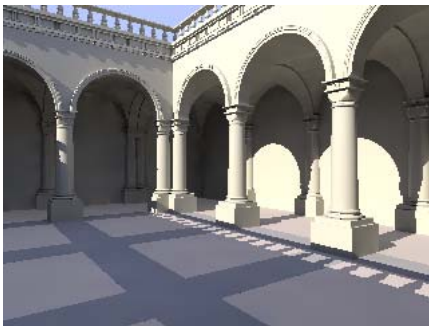
- 2眼式
 - 多眼式
- } (視差バリア方式など)
- 空間像方式 (インテグラルフォトグラフィーなど)
 - 体積表示方式
 - ホログラム方式

メガネ式3Dディスプレイ その1

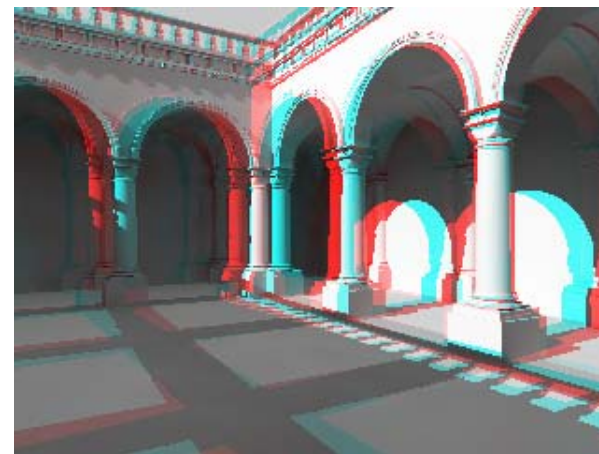
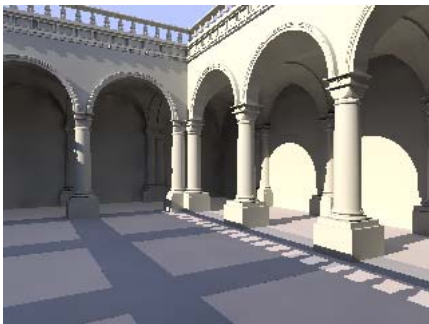
• アナグリフ方式

- 左右の眼に対応する画像から、それぞれ特定の色成分だけを抜き出し、重ね合わせて1枚の画像にする。
- この画像を色付きメガネで眺めると、立体像が見える。

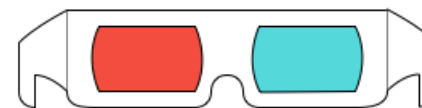
左目画像



右目画像



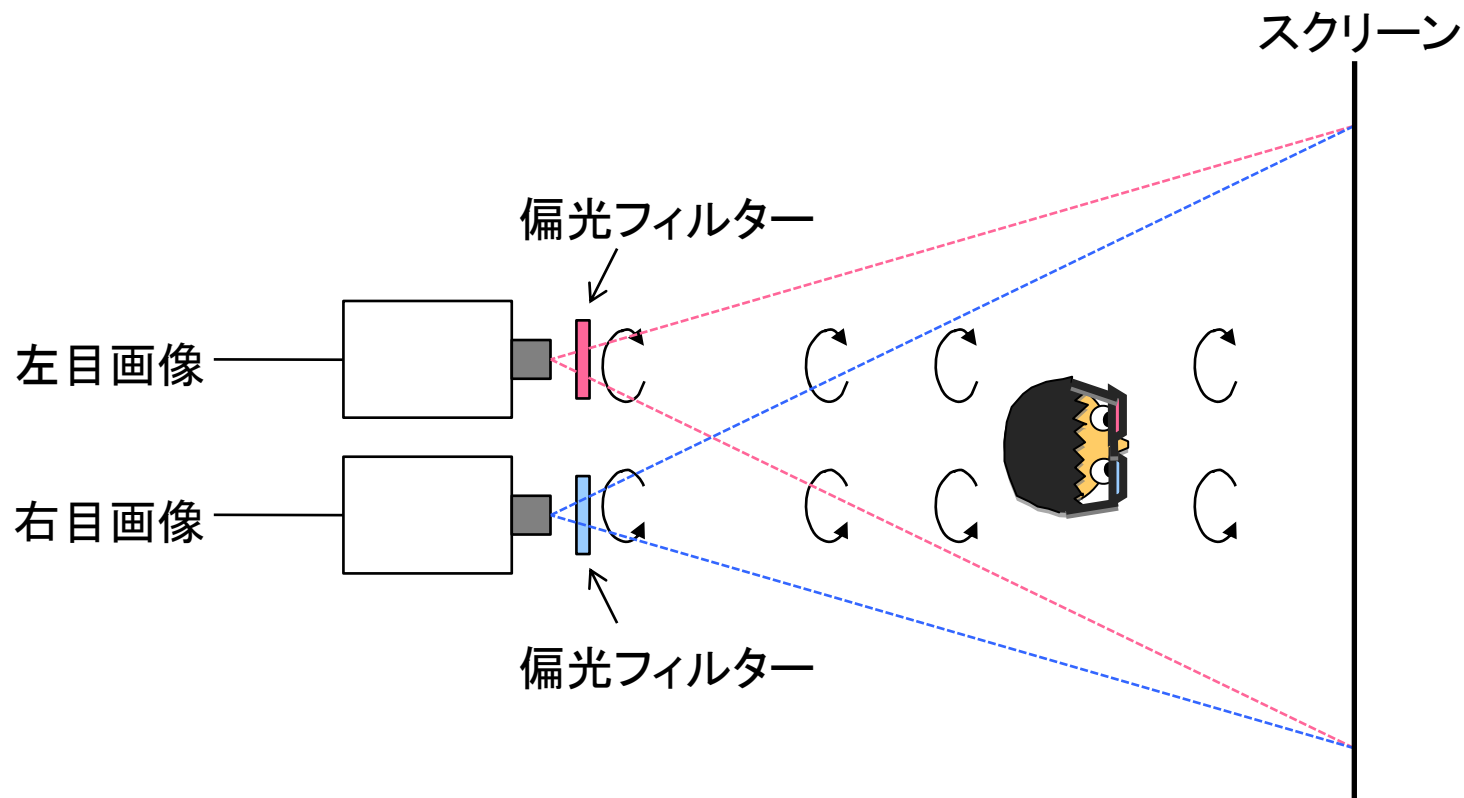
合成画像



メガネ式3Dディスプレイ その2

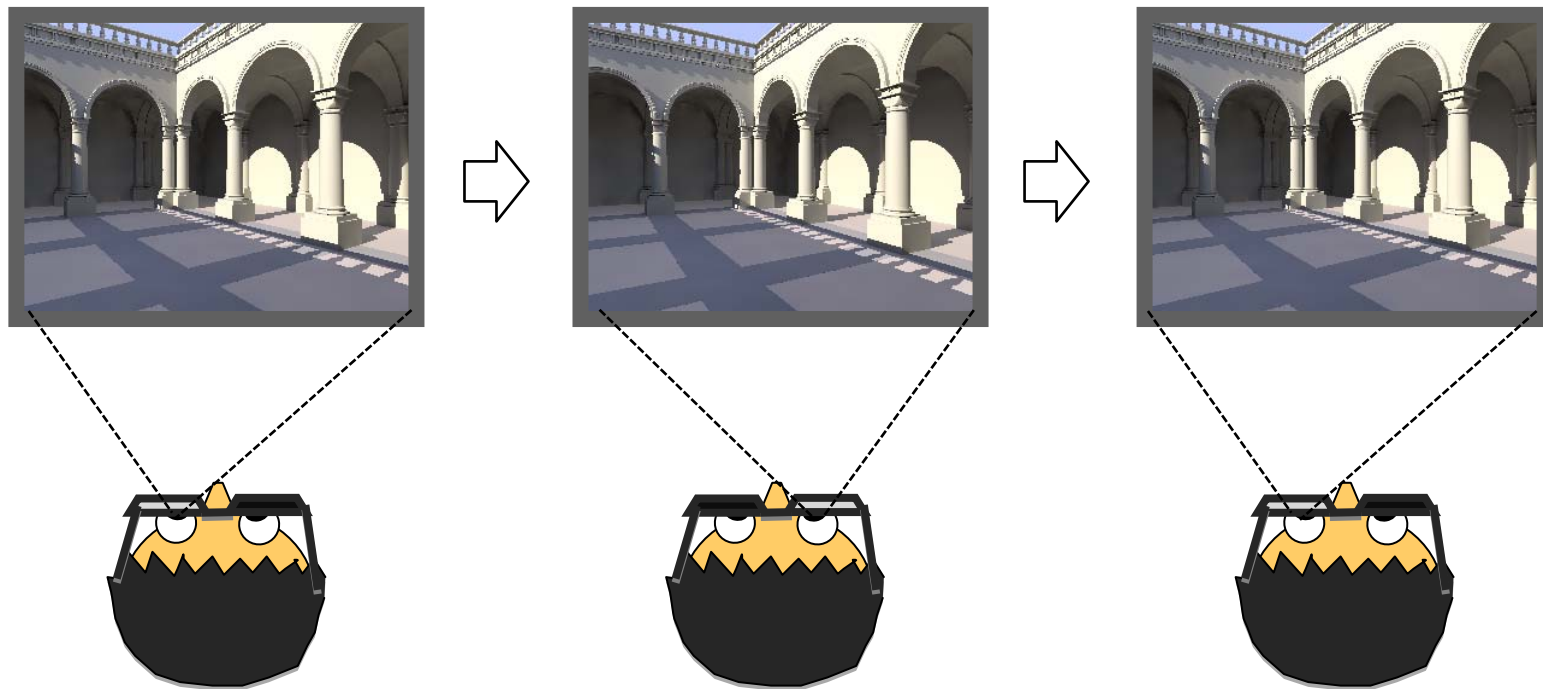
- 2台の表示装置＋偏光メガネ

- 左右の眼に対応する画像から、それぞれ特定の偏光成分だけを抜き出し、重ね合わせて1枚の画像にする。
- この画像を偏光フィルター付きメガネで眺めると、立体像が見える。



メガネ式3Dディスプレイ その3

- 時分割表示装置＋シャッターメガネ
 - 左右の眼に対応する画像を、交互に表示する。
 - それと同期させながら、メガネのシャッターを切り替える。



メガネは邪魔？

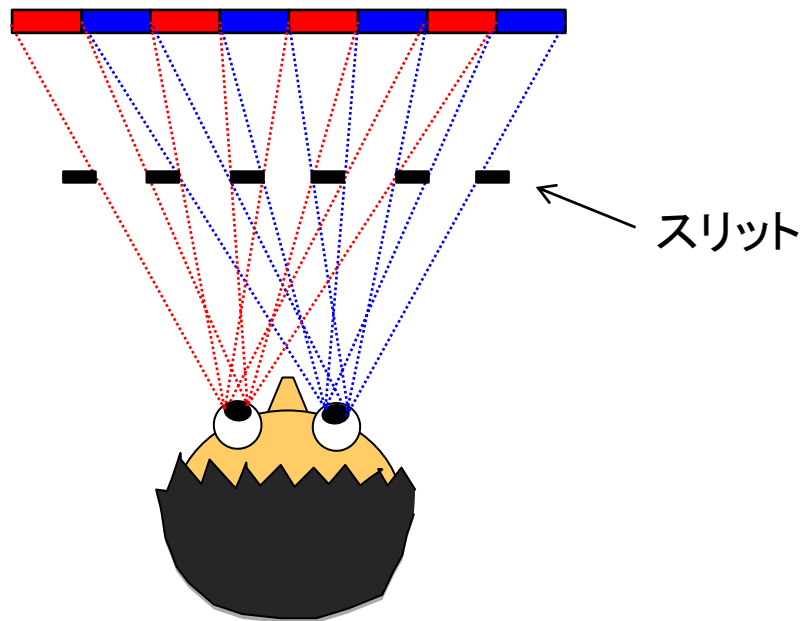
- 「購入したいと思わない」という人に理由を複数回答で聞いたところ、「**専用メガネをかけるのが面倒**」が52.5%で最多。テレビをくつろいで見たい人からの抵抗感が浮き彫りになった。
- 3D映画の悪かった点（複数回答）として、「**眼の疲労**」をあげた人は4割に達し、「**メガネをかけることによる違和感・不快感**」や「**割高な鑑賞チケット**」と並んで最も多かった。
- 3D作品の鑑賞経験者のうち、鑑賞した作品以外の3D映画を「**見たいとは思わない**」と答えた人に理由を尋ねたところ、「**観賞用のメガネが邪魔**」(78.9%)、「**目が疲れる**」(73.7%)との回答が目立った。
- 「**専用メガネが必要という課題は、3Dテレビを消費者が敬遠する大きな要因**となっています。寝転んで見ても立体的で疲れにくいという本格的な3Dテレビの開発も続けられています。」

裸眼式3Dディスプレイ

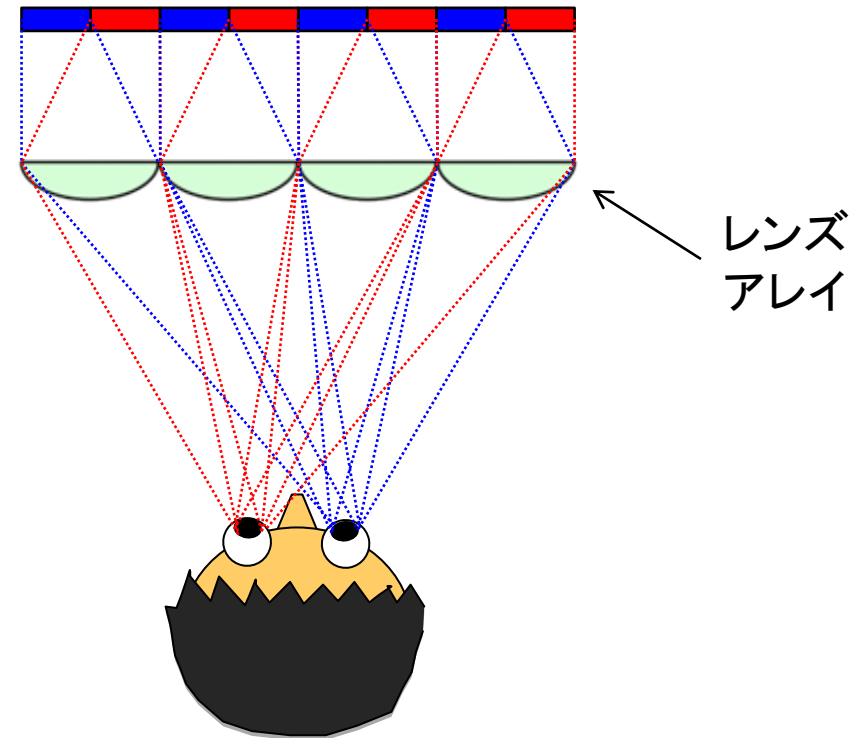
- 現在の主流

- 視差バリア方式
- レンチキュラーレンズ方式

} 性質がよく似ているので、以下の議論では両者をまとめて「一つのもの」として扱う。



視差バリア方式

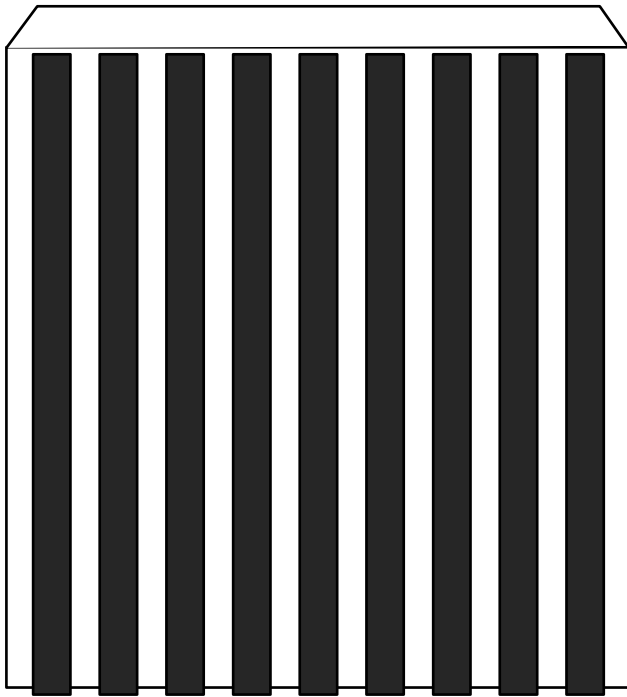


レンチキュラーレンズ方式

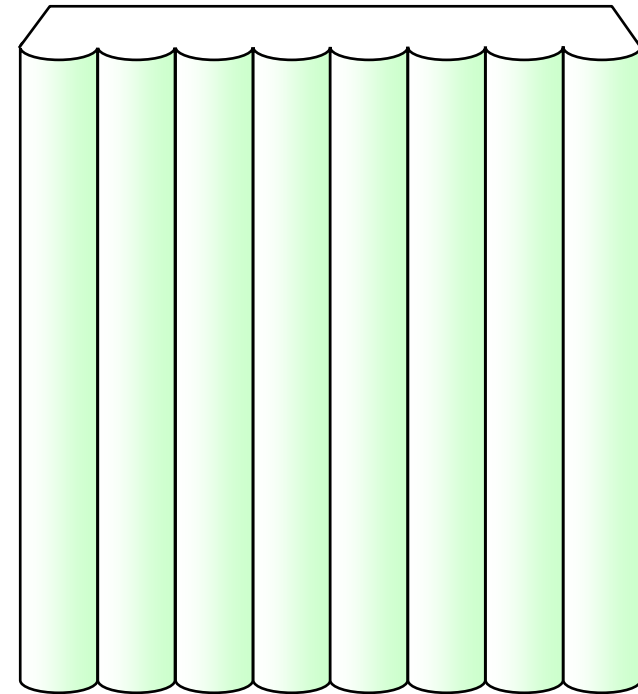
裸眼式3Dディスプレイ

- 現在の主流

- 水平方向の両眼視差を与えるために、視差バリアやレンチキュラーレンズを用いる。



視差バリア

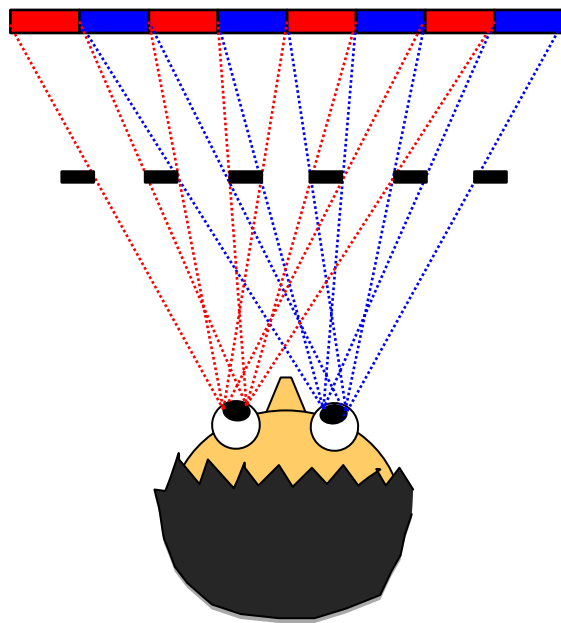


レンチキュラーレンズ

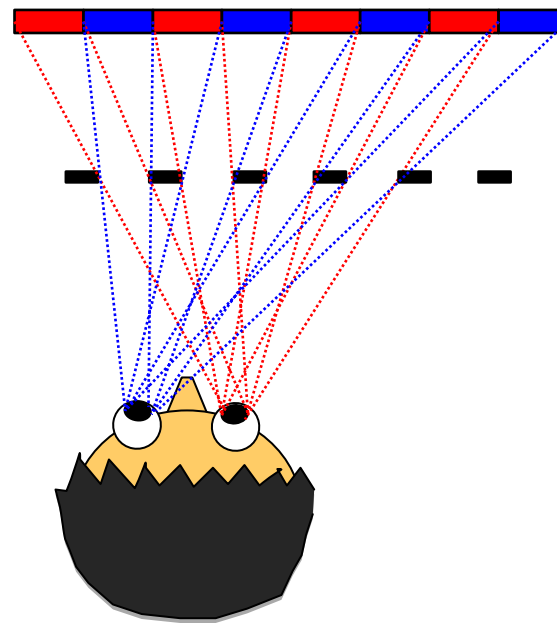
裸眼式3Dディスプレイ — 問題点

- 目の位置が固定される

- 立体視を行なうには、予め決められた範囲内に両眼を正しく置かなければならない。
- 両眼を置く場所を間違えると、左右の目に入る画像が逆転するという現象(逆視)に悩まされることになる。



正しい位置

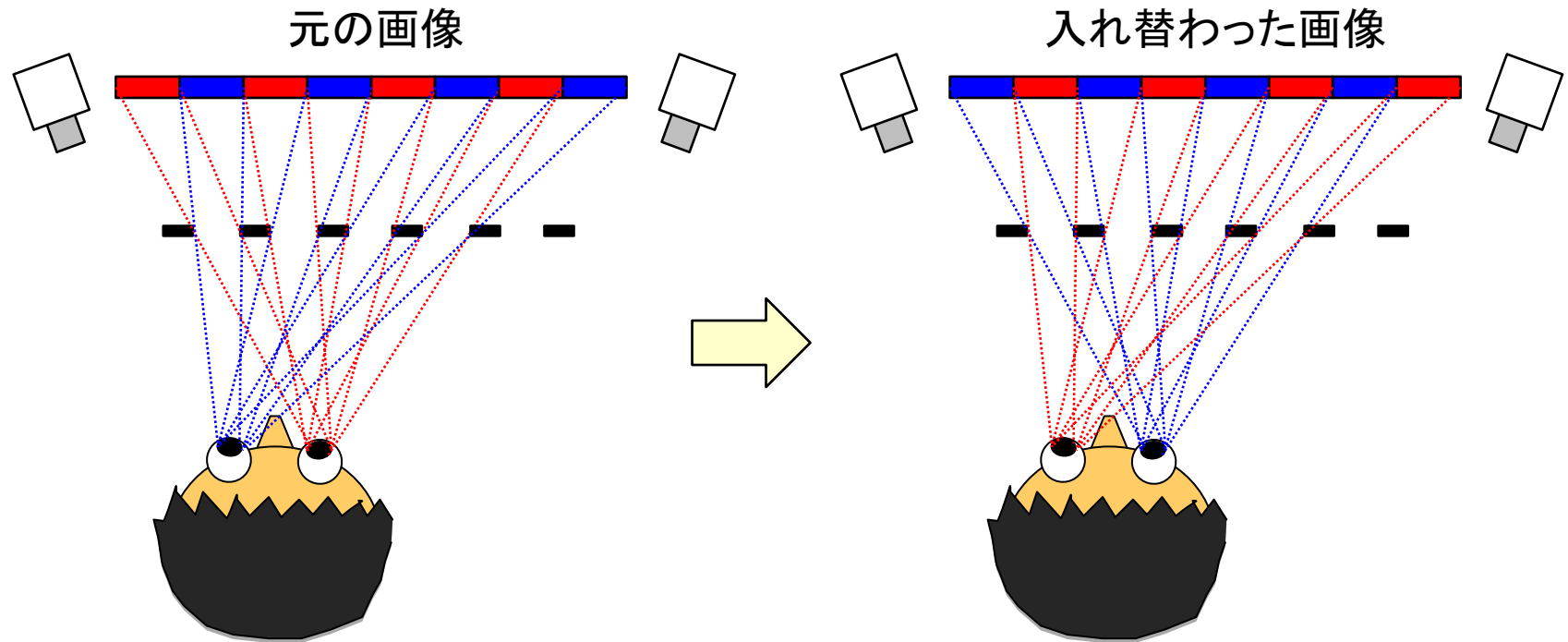


逆視が生じる位置

■ 左目画像
■ 右目画像

裸眼式3Dディスプレイ — 解決策その1

- 逆視を防止するには
 - ヘッドトラッキング技術を用いて、観察者の目の位置を把握しておき、必要に応じて左右の画像を入れ替える。



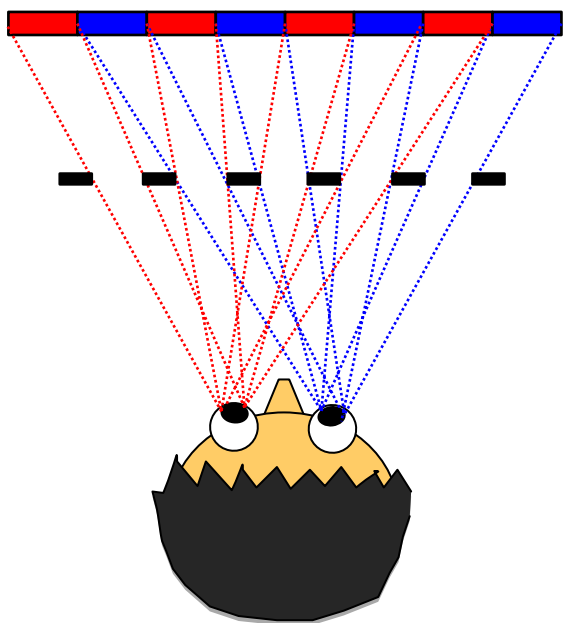
逆視が生じる位置にあるときには、

左右の画像を入れ替えて逆視を防ぐ

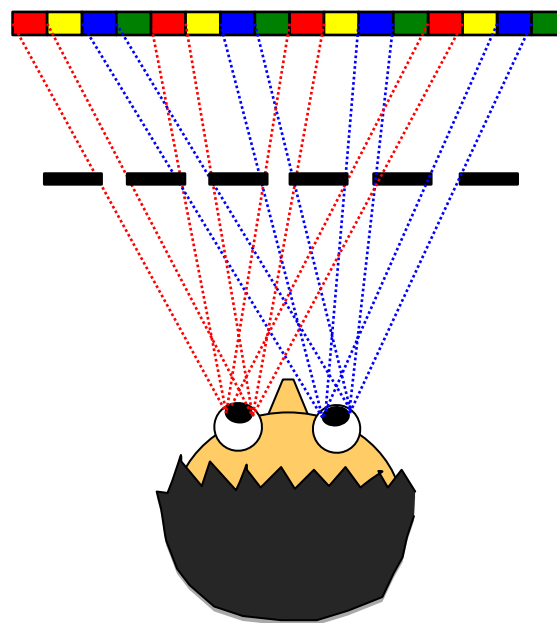
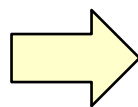
裸眼式3Dディスプレイ — 解決策その2

- 逆視を防止するには

- 左右2種類の画像だけでなく、様々な視線方向に対応した画像を用意し、より多くの視点位置に対応できるようにする。(2眼式⇒多眼式)
- 多眼式にすると、逆視が生じる可能性も減少する。ただし画像が増える分、より高精細な表示パネルが必要になる。



2眼式(⇔2視点対応)



4眼式(⇔4視点対応)

3Dディスプレイの未来に向けて

3Dは眼に悪い？

- 「3D新時代：どう付き合うか／下 映像酔いに注意して」
(2010年5月4日 毎日新聞)
- 「寝ころんで見ちゃダメ...3Dテレビ視聴“ルール”」(2010年5月5日 産経新聞)
- 「今こそ知りたい、『3Dテレビ』入門－健康面は大丈夫！？ 視聴年齢は小学生以上、見過ぎには注意！」(2010年6月4日 日経トレンディネット)

安全な利用に向けてのガイドライン

- 電子情報技術産業協会(JEITA)や3Dコンソーシアム(3DC)などの4団体が、共同で「3DC安全ガイドライン」(改訂版)を策定。以下は、その抜粋。

視聴者向け

- 像が二重に見えたり立体像を感じにくい場合は利用を中止する。
- 画像と両目を水平に保つ。
- テレビの正面で、画面から適切な距離を取ってみる。
- 子供の利用が必要な場合は、時間制限するのが望ましい。

コンテンツ制作者向け

- 瞳孔の間隔が5センチ以上開くような深さは避ける。
- 快適に楽しめる範囲を超えた飛び出し映像を使う場合は、急な飛び出しを避け、徐々に飛び出させるようにすると疲労を軽減できる。

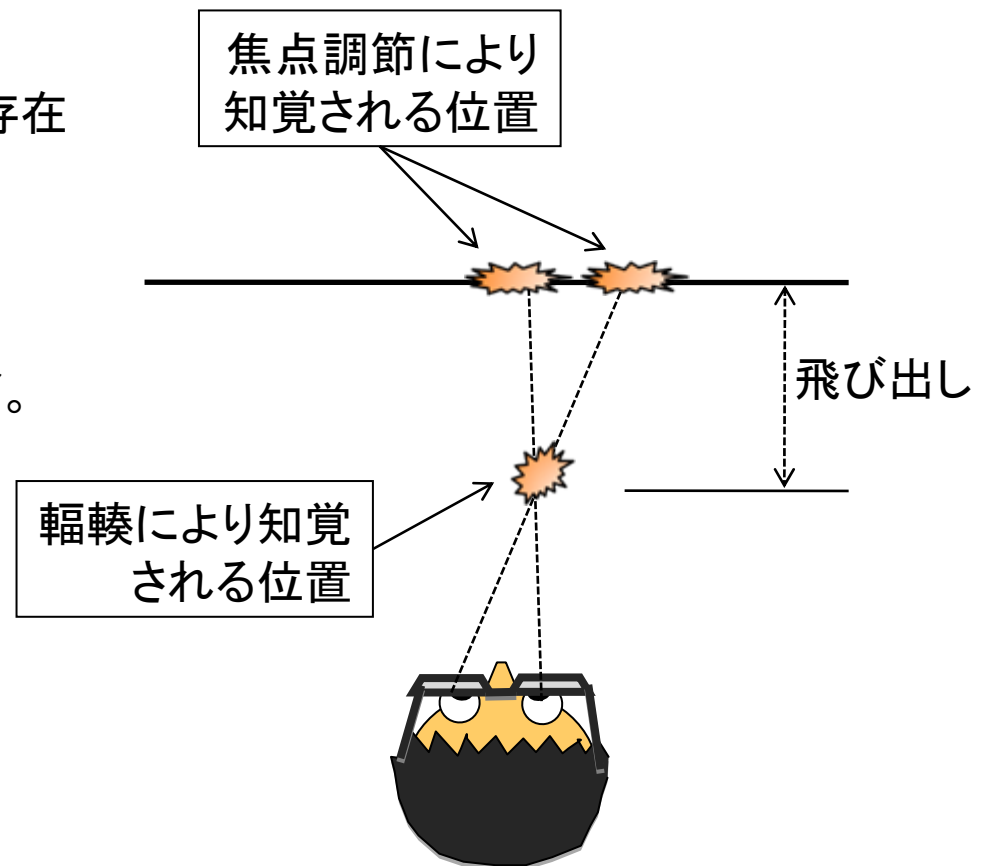
メーカー向け

- 左目・右目用の双方の映像が、反対の目にできる限り映り込まない装置を開発する。

視覚疲労の主要因

- 焦点調節と輻輳の乖離
 - 「快適視差範囲」を超えた“飛び出し”など。
- 左眼用、右眼用映像の間の非整合
 - 同期の“ずれ”や、片方の映像のみに存在する“ぼけ”など。
- 視差の過大な時空間的变化
 - 視聴者にとって予測不可能な変化など。

「飛び出し」を画面幅の3%以内に押さえるのが「快適視差範囲」



より自然な立体視に向けて

- 自然な立体視を可能とする空間像の形成に関する調査研究報告書
(機械システム振興協会 2008年3月)

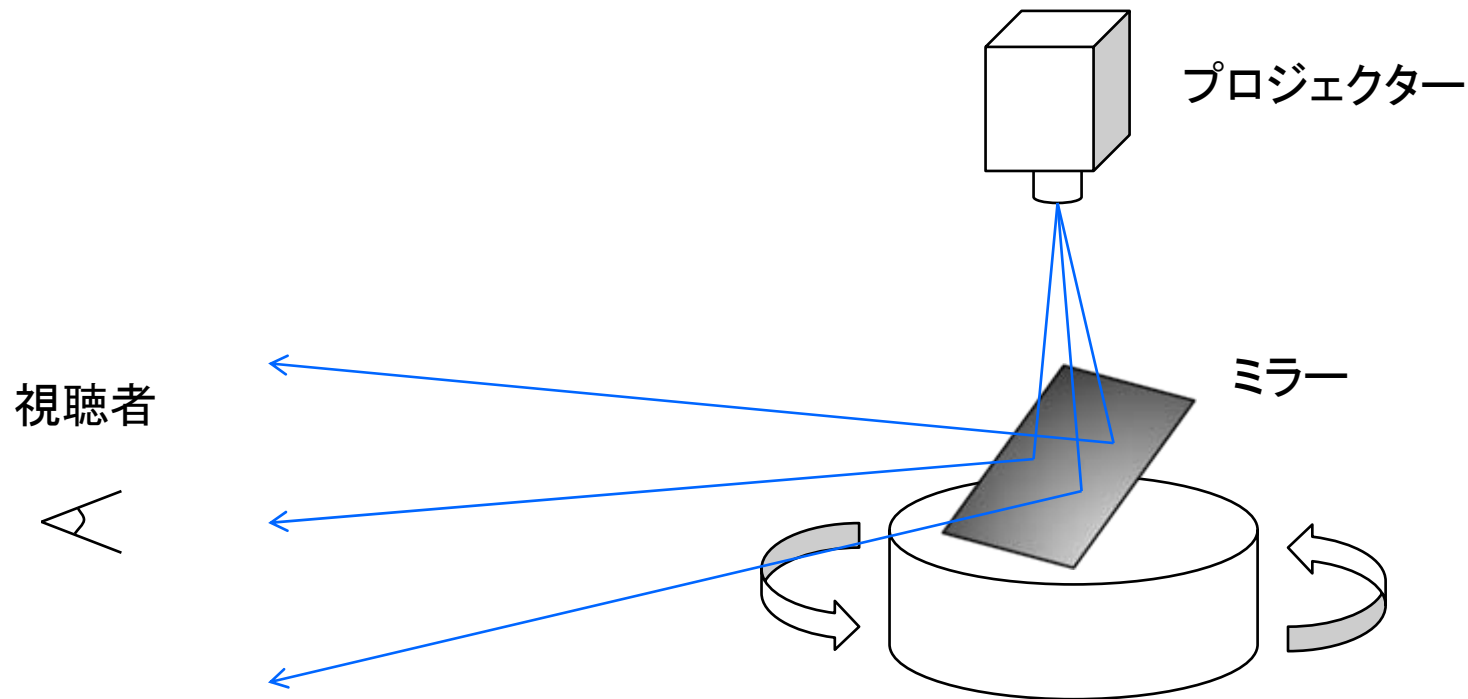
表示方式	調節と輻輳の 不一致の解決	滑らかな運動 視差の実現	必要な画素数(＊)	
			水平視差型	水平垂直視差型
2眼式	×	×	4.1M	—
多眼式	×	△	8.3～33.2M	33.2～530.8M
体積表示方式	○	△	33.2～132.7M	
空間像方式	△～○	△～○	>103.7M	>5184M
ホログラム方式	○	○	439M	689,265M

(＊)各視点においてデジタルハイビジョン相当の解像度(2M)を実現するのに必要な画素数

様々なアイディアの模索 — その1

- 高速回転ミラー + プロジェクター

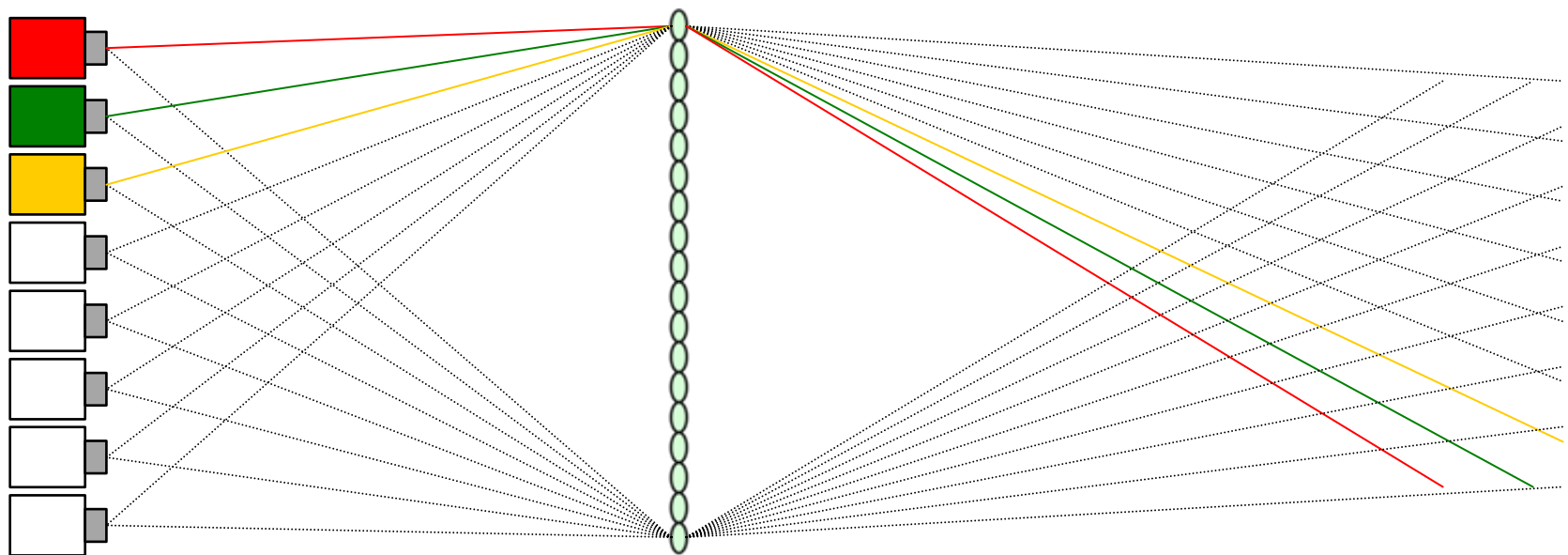
- 高速回転するミラーに向けて、プロジェクターから映像を照射。回転角に映像を同期させることにより、見る角度によって異なる映像が視聴者に届くようにする。360度どこから見ても立体視が可能。



様々なアイディアの模索 — その2

• プロジェクターアレイの活用

- 多数の小型プロジェクターを並べておき、レンズを組み合わせたスクリーンに向けて映像を照射。各レンズからは、見る向きによって異なる光線が再生される。

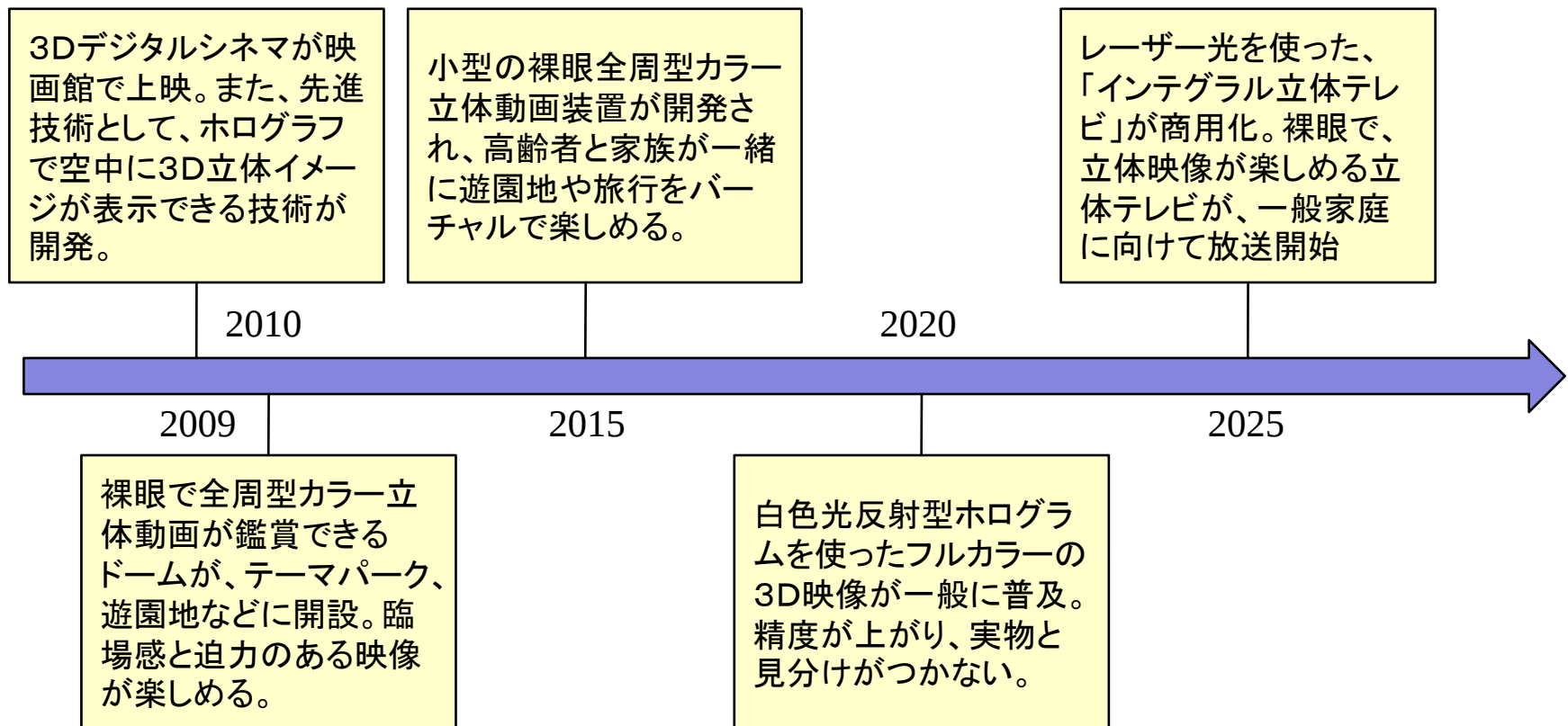


プロジェクター群

レンズを組み合わせた
スクリーン

3Dの将来は？

- 技術戦略マップ2009（経済産業省 2009年4月30日公開）



ご清聴ありがとうございました！