

JEITA フラットパネルディスプレイの人間工学シンポジウム2010  
セッション4 動画像と3D表示の安全性と快適性 4C

2010年3月5日(金)  
13:10-14:00  
成蹊大学4号館ホール

# 3Dディスプレイの 標準化と評価法の 基本コンセプト

日本人間工学会ISO/TC 159国内対策委員会  
SC 4/WG 2+3+SG分科会  
上原 伸一  
(NEC液晶テクノロジー株式会社)

# 概要

- (1) 3Dディスプレイの標準化動向
- (2) ISO / メガネ式立体ディスプレイ
- (3) ISO / 裸眼式立体ディスプレイ
- (4) まとめ

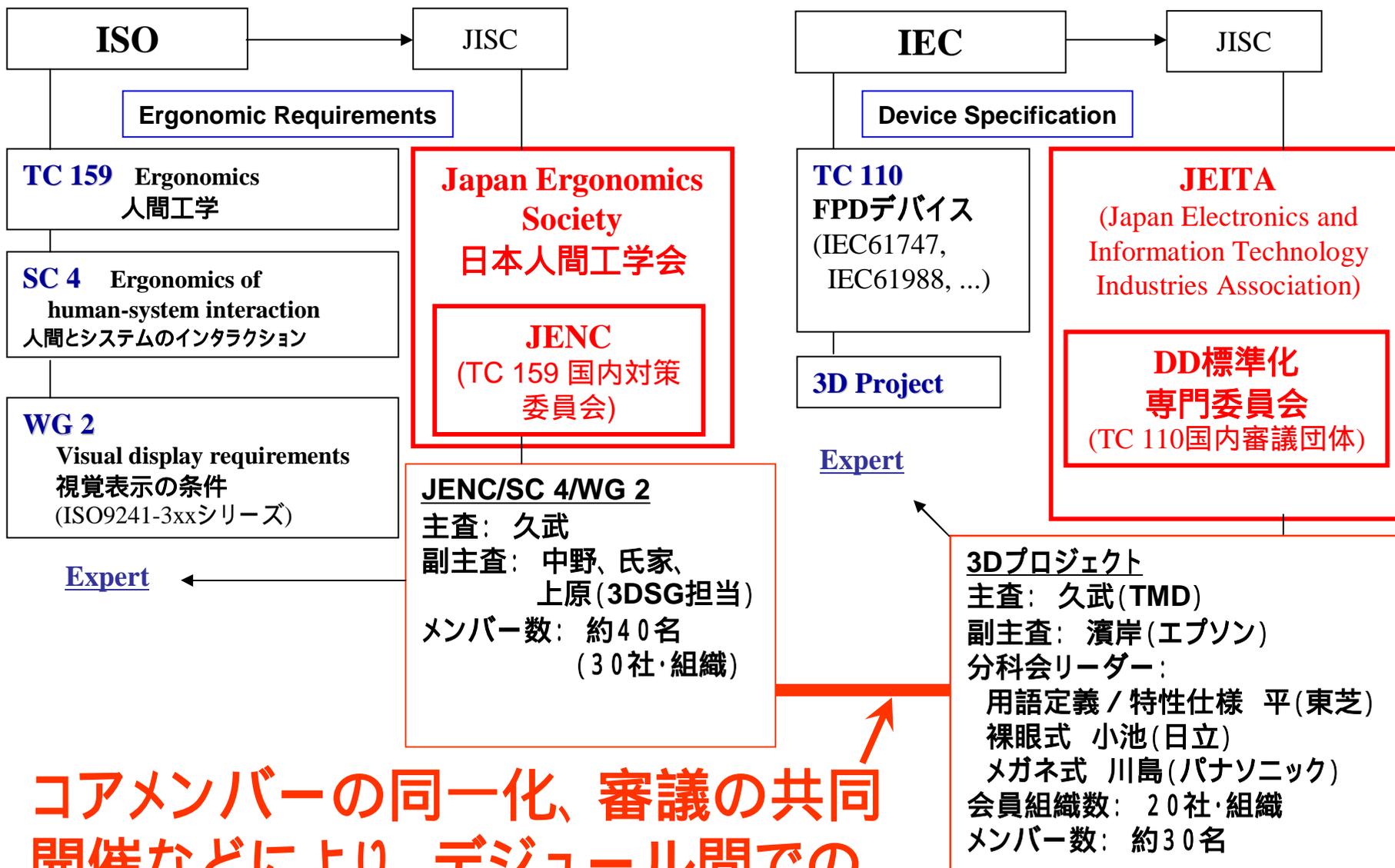
# 3Dディスプレイの標準化動向

# 3Dディスプレイの標準化動向一覧

本日のメインピックス

	組織	標準化アイテム		対象	提案	状況
デジタル標準	ISO/ TC 159/ SC 4/ WG 2 	裸眼式 	用語定義、品質要求、計測法、要求適合判断	セット	07.6	TR作成投票
		メガネ式 	用語定義、品質要求、計測法、要求適合判断	セット	09.12	スタディグループ設立
		映像ガイドライン 		コンテンツ	06.6	立体映像NWIP予定
	IEC/ TC 110/ 3DDP 	用語定義 	特性仕様 	FPD デバイス	09.6	NWIP済
		光学計測法 裸眼式 			08.11	1stCD審議
		メガネ式 	09.6		NWIP済	
学術標準	ICDM	裸眼式、メガネ式、性能ガイドライン、...		FPD	08.6	FPDM3.0作成中
フォーラム標準	SEMI	用語定義、(裸眼式、メガネ式、...) 		FPD	08.8	用語定義投票中

# 標準化組織と国内審議団体



コアメンバーの同一化、審議の共同開催などにより、デジュール間での緊密な連携を実現

# ISO標準とIEC標準

## ISO標準

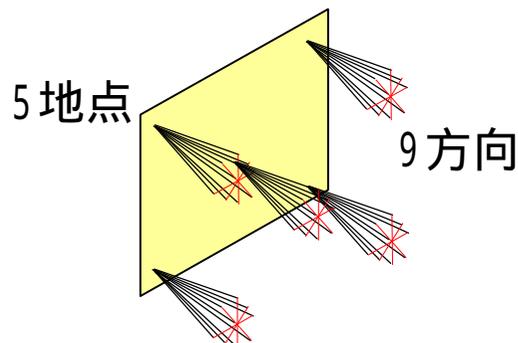
- ・対象：ディスプレイセット
- ・目的：ディスプレイが視覚表示の要件を満たすか否かで合否判定
- ・品質要求 (requirements) と要求適合判断 (Compliance roots) が必須

## IEC標準

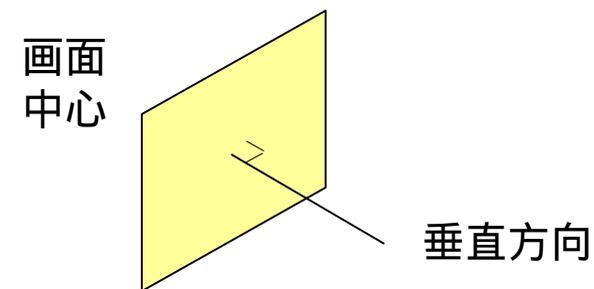
- ・対象：FPDデバイス
- ・目的：FPDデバイスの性能を共通に示すため
- ・測定法がメイン、示すべき性能指標を明確にするため、特性仕様が定められる場合もある

## 輝度の測定例

使用状況、目的などから輝度の要求値が定められる (ISO9241-303)。測定法 (測定地点、測定方位など) は実際の使用状態を考慮して定められる (ISO9241-305、307)。測定値が要求を満たせば合格 (ISO9241-307)。



輝度は画面中心に対して垂直方向から測定 (IEC61747-6)。FPDデバイスの特性を端的に示している。



# ISO/TC 159/SC 4/WG 2 スコープ修正

## Visual Display Requirements

Establishment of ergonomic requirements for electronic visual displays for all types of contexts of use and applications, i.e., paid and unpaid work tasks, communication, education, entertainment and leisure.

The requirements are stated as performance specifications, aimed at ensuring effective, efficient, comfortable and satisfactory viewing conditions for users with normal or adjusted-to-normal eyesight and optional also with specific visual impairments .

**2008年スコープが拡張された**

「多様な作業環境における仕事のため」



「全ての使用法とアプリケーション、  
例えばエンターテイメントやレジャー、・・・」

**今後ISO標準は益々重要になる**

The ISO 9241 “300” subseries is applicable to the visual ergonomics design of electronic visual displays for a diversity of tasks in a wide variety of work environments.

# JENC3D 今年度の活動実績

SPIE10発表資料表紙より

## 審議回数

3D集中審議 : 41回

全体審議 : 11回

## 国際会議対応、TR執筆、TS作成

## 国際会議発表 (本資料末尾の参考文献参照)

JENC筆頭分 : 12件

(アジアディスプレイ09招待講演、  
ユーロディスプレイ、IDW09、SPIE10等)

その他、各社筆頭分として、NTTドコモ、セイコー  
エプソン、東芝、日立、NEC液晶などから、  
SID09、IDW09などで多数の関連発表あり

## 国内発表

人間工学会大会や研究会を中心に、多数対応。

IS&T/SPIE's International Symposium on Electronic Imaging  
Stereoscopic Displays and Applications XXI

Monday 18th January 2010  
San Jose Convention Center

7524-06

**Standardization based on  
human factors for 3D display:  
performance characteristics  
and measurement methods**

*Shin-ichi Uehara<sup>\*1</sup>, Hiroyasu Ujike<sup>\*2</sup>, Goro Hamagishi<sup>\*3</sup>,  
Kazuki Taira<sup>\*4</sup>, Takafumi Koike<sup>\*5</sup>, Chiaki Kato<sup>\*5</sup>, Toshio Nomura<sup>\*6</sup>,  
Tsutomu Horikoshi<sup>\*7</sup>, Ken Mashitani<sup>\*8</sup>, Akimasa Yuuki<sup>\*9</sup>,  
Kuniaki Izumi<sup>\*10</sup>, Yuzo Hisatake<sup>\*11</sup>, Naoko Watanabe,  
Naoki Umezumi<sup>\*4</sup> and Yoshihiko Nakano*

<sup>\*</sup>Japanese Ergonomics National Committee,

<sup>\*1</sup> NEC LCD Techs., <sup>\*2</sup> AIST, <sup>\*3</sup> Epson Imaging, <sup>\*4</sup> Toshiba, <sup>\*5</sup> Hitachi,

<sup>\*6</sup> Sharp, <sup>\*7</sup> NTT DoCoMo, <sup>\*8</sup> Sanyo Elec., <sup>\*9</sup> Mitsubishi Elec.,

<sup>\*10</sup> 3D Consortium and <sup>\*11</sup> Toshiba Mobile Display Tech.

# ISO/TC 159/SC 4/WG 2+3+SGメンバー

## 主査・事務局

久武 雄三 東芝モバイルディスプレイ

<http://www.ergonomics.jp/jenc/index.html>

## 副主査

中野 義彦 中野人間工学コンサルタンシー

## 副主査

氏家 弘裕 産業技術総合研究所

## 副主査・事務局

上原 伸一 NEC液晶テクノロジー

## 委員

石 裕二 株式会社イトーキ  
吉武 良治 IBMジャパン  
梅津 直明 東芝  
河合 隆史 早稲田大学  
窪田 悟 成蹊大学  
外川 昭夫 富士通  
福住 伸一 日本電気  
藤岡 清澄  
西山 勝夫 滋賀医科大学  
宮崎 達哉 東芝モバイルディスプレイ  
打土井 正孝 パナソニック  
加藤 慎祐 シャープ  
柳川 薫  
渡邊 洋 産業技術総合研究所  
泉 邦昭 3Dコンソーシアム  
宮崎 滋樹 ソニー  
小池 崇文 日立製作所  
平 和樹 東芝  
高木 康博 東京農工大学  
野村 敏男 シャープ  
濱岸 五郎 エプソンイメージング  
堀越 力 NTTドコモ  
増谷 健 三洋電機

宮澤 篤 バンダイナムコ  
結城 昭正 三菱電機  
葭原 義弘 有沢製作所  
高橋 達見 大日本印刷  
友永 哲夫 コニカミノルタ  
伊達 宗和 NTT  
川島 正裕 パナソニック  
加藤 千昭 日立製作所  
別井 圭一 日立製作所  
上原 正男 日立ディスプレイズ  
今井 孝一 3Dコンソーシアム  
西 誠 ソニー  
石野 裕久 ソニー  
植田 充紀 ソニー  
村山 裕 ソニー  
北浦 竜二 シャープ  
長嶺 邦彦 ソニー  
辻 博和 富士フィルム

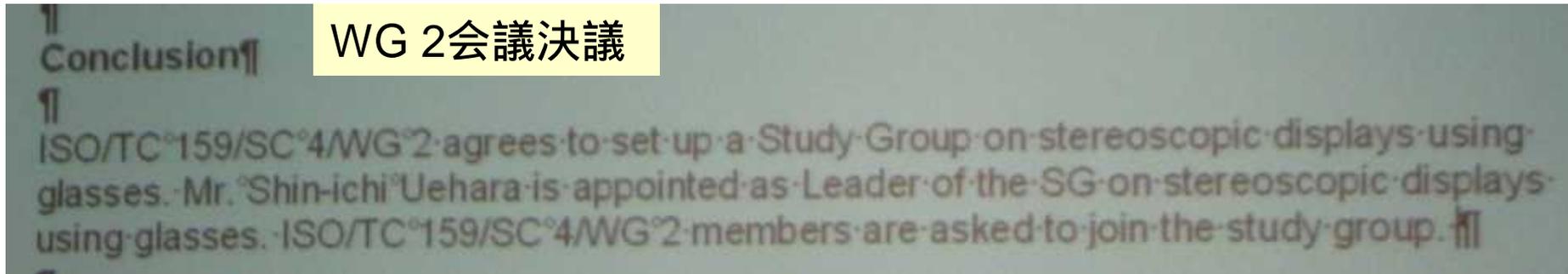
## オブザーバ

久保 寛之 経済産業省  
佐川 賢 産業技術総合研究所  
笹木 保 経済産業省  
田中 典朗 三菱電機インフォメーションシステムズ  
坂井 隆夫 Konica Minolta

ISO / メガネ式  
立体ディスプレイ

# ISO審議状況

2009年12月開催の第58回WG 2ベルリン会議にて、メガネ式立体ディスプレイ標準化審議のためのスタディグループ設立が承認される。



日本委員会としては、約1年間の準備の末に主導権確保に成功

ISOではヘッドマウントディスプレイは一部標準化され、裸眼式はTR作成中であり、メガネ式がいつ始まってもおかしくない状況であった。



# 国内審議状況

性能要求、使用環境、用途、種類などを限定したTechnical Specificationを、まず典型例として進める

- ex) Environment(家庭環境～ホームシアター)、  
Usage(Observing moving imagesが最も近いが、コンテンツも要検討)、  
Display methods(評価のためにも入手できるものが前提、シャッタメガネ式と偏光メガネ式を想定  
～ないものは差分を考慮して演繹、サイズも含め)、  
Characteristic items(3D特有のもの、2Dで規定されているものも)

TSはISO9241-30xのメガネ式立体ディスプレイ版を想定、  
各項目における課題を大至急抽出し、今後の詳細方針を策定する必要あり。

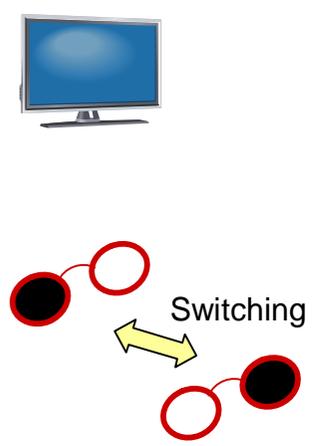
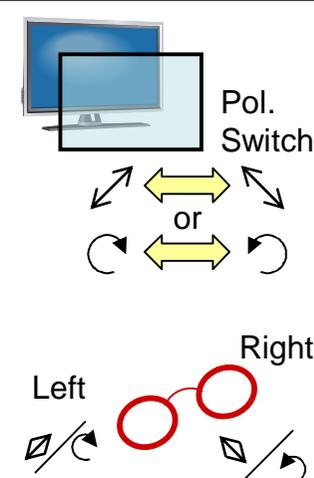
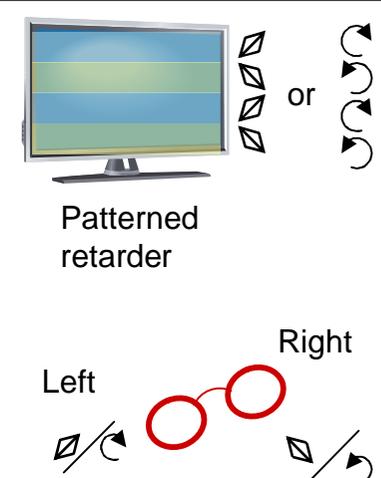
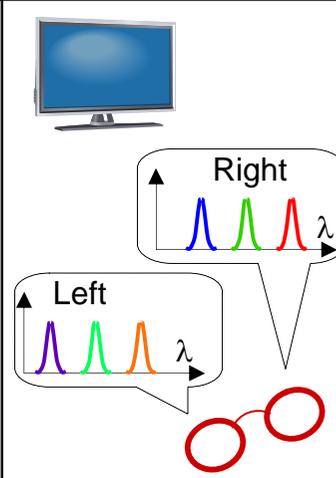
## 国際対応

- ・日程： 次回WG 2(シアトル、5/23, 24)、SG会議(5/22)、SG設立・審議開始(3月～)
- ・内容： 規格化に向けた審議とその報告(内容、方策、時期)
  - 行程案： プレスタディ(1年) TS(1～3年) IS(2～3年)

## 標準化における課題

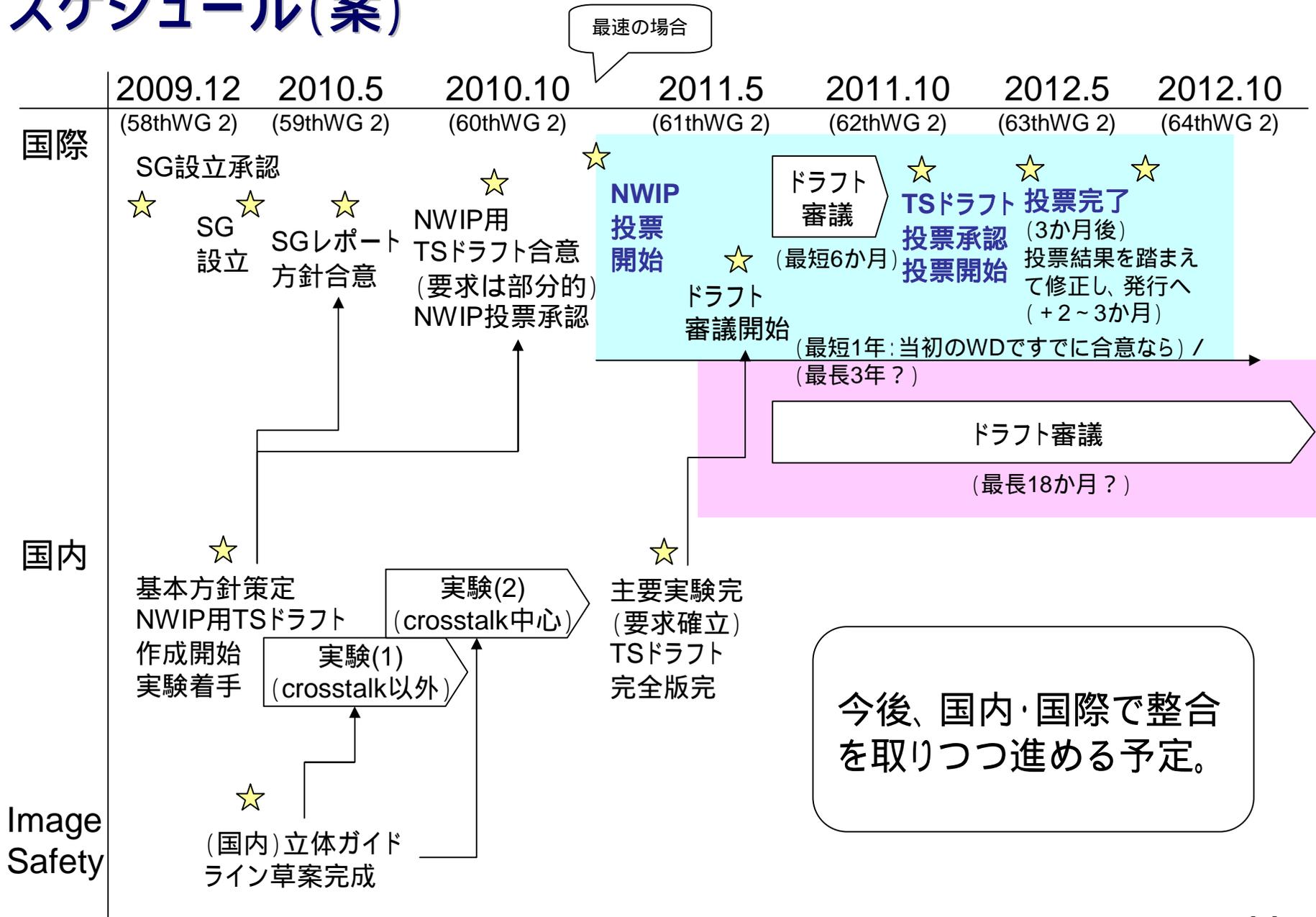
- ・コンテンツ的側面との関係、映像の生体安全性ガイドラインとの協調  
ハード的側面に注力、課題は極力細分化して扱う
- ・性能要求策定  
知見の調査と平行して、主観評価実験が必須  
映像の生体安全性と協調して実験手法を確立
- ・使用環境や用途などから性能要求の落とし込み  
性能指標や視空間範囲の確立  
特にメガネ式固有の状況として、メガネを着用して視認することの影響を評価

# ディスプレイ方式と性能指標

Display methods	Temporally interlaced		Spatially interlaced	Wavelength multiplexed
Principle				
Glasses type	Active (Shutter glasses)	Passive (cir./lin. pol.)	Passive (cir./lin. pol.)	Passive (color)
Main issue	Influence of temporal switching		Viewing space limitation	Wavelength difference between eyes
Strongly related characteristics	Crosstalk ↔ Flicker ↔ Luminance		Pseudoscopic images, Crosstalk (↔ Luminance)	Interocular difference in chromaticity ↔ Crosstalk

Classification and the related characteristics should be discussed. 13

# スケジュール(案)



# Technical Specification 目次(案)

1. Scope 環境、用途などをまず限定 (ISO9241-300のメガネ式版)
2. Normative references
3. Terms and definitions (IECを元に暫定的作成、各章執筆後に見直し)  
active glasses, designed viewing distance, passive glasses, glasses,  
(stereoscopic display using glasses, circularly polarized glasses,  
linearly polarized glasses, shutter glasses, patterned retarder,  
polarized glasses, + human factors + performance char.)
4. Display technologies and their guiding principles  
標準化のための技術解説、基本的な考え方  
(裸眼に倣い、立体視のための視覚要件 実現するための方式)
5. Requirements for stereoscopic displays using glasses  
項目(従来のISO9241-30x記載のもの + 3D特有)  
Luminance, Luminance uniformity, Interocular luminance difference,  
Interocular crosstalk, Interocular crosstalk uniformity,  
Temporal instability (flicker), Gamma and grey scale, Contrast ratio,  
Chromaticity, ...
6. Optical laboratory test methods for stereoscopic displays using glasses  
IECメガネ式+ISO-9241-305ベース
7. Analysis and compliance test methods for stereoscopic displays using glasses  
ISO9241-307ベース。Ch.6記載の測定法を用いてCh.5を検証する

# ISO / 裸眼式 立体ディスプレイ

# ISOテクニカルレポート(日本提案)

## Measurement and analysis methods for autostereoscopic displays

### Table of Contents

Foreword

Introduction

1. Scope

2. Terms and definitions

3. Autostereoscopic display technologies

4. Performance characteristics

5. Optical measurement methods

6. Viewing spaces and their analysis

7. Further work (Conclusion)

Annex

Bibliography

用語と定義

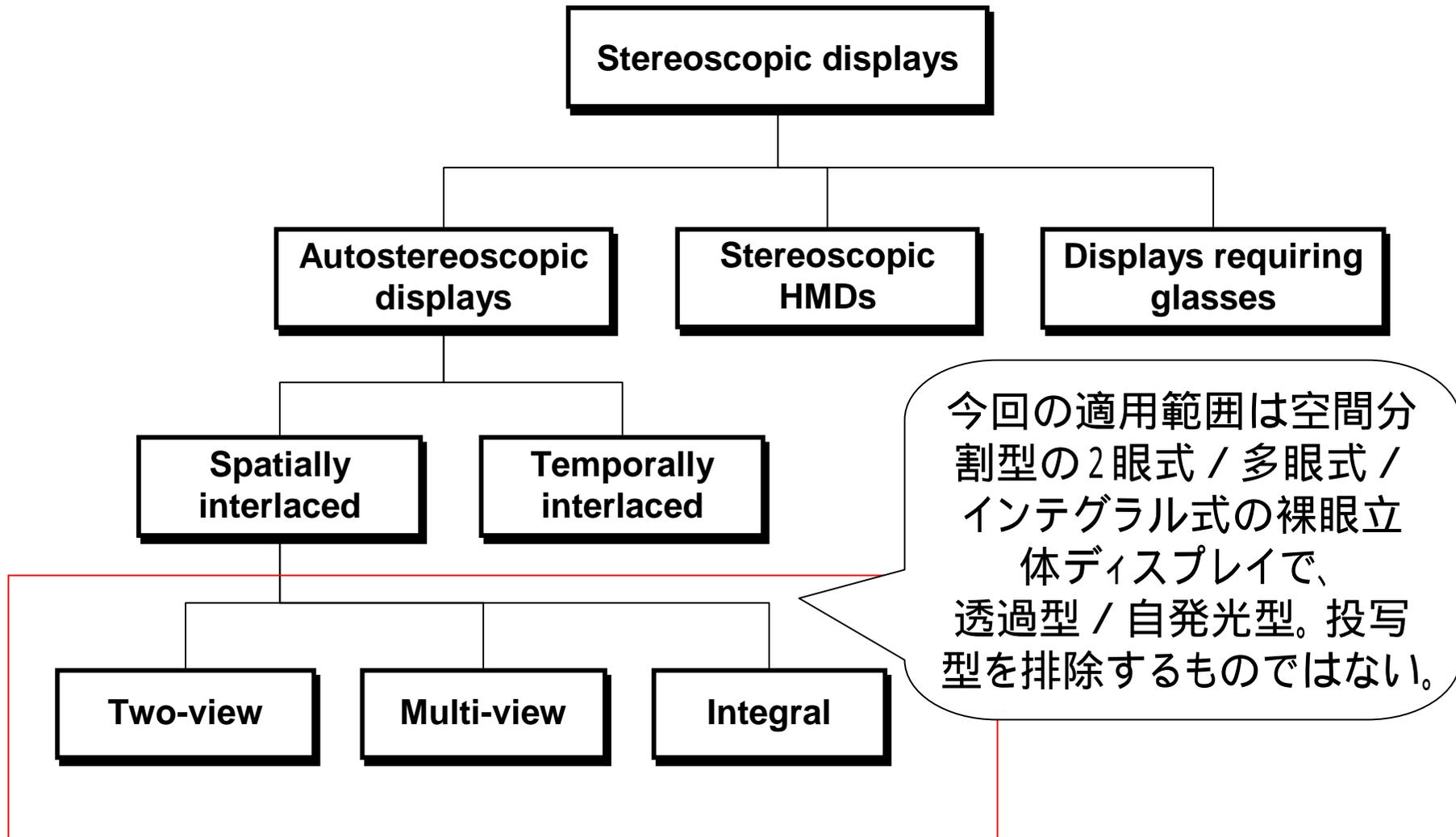
標準化のための  
技術解説

性能指標  
(ISでは性能要求  
を追加)

光学測定法

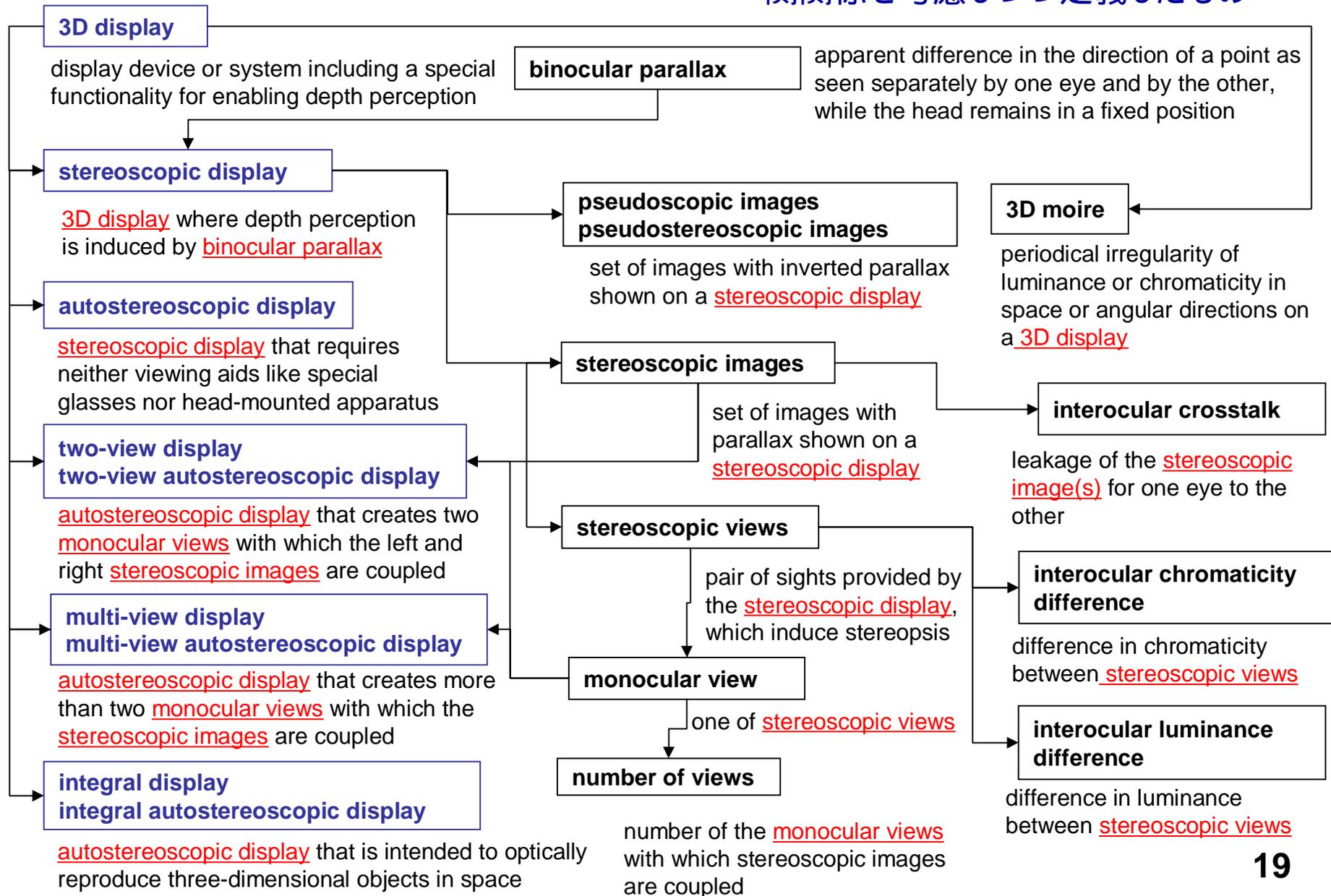
性能指標が性能要求を満たす空間の算出方法 (ISでは合否判定のためのコンプライアンステストと  
そのための解析法に相当)

# Chapter 1 Scope



# Chapter 2 Terms and definitions

用語と定義は、本TRで重要な用語について、各用語の神髄について、相関関係を考慮しつつ定義したもの



# Chapter 3

## Autostereoscopic display technologies

### 3.1 General

### 3.2 Cues for Depth Perception

### 3.3 Stereoscopic display classification

### 3.4 Two-view (autostereoscopic) display

### 3.5 Multi-view (autostereoscopic) display

### 3.6 Integral (autostereoscopic) display

### 3.7 Discussion

#### 3.7.1 Continuous/Discrete multi-view display

#### 3.7.2 Multi-view/Integral display

### 3.8 Summary

立体視のメカニズムとそれを実現するための裸眼立体ディスプレイの仕組みについて技術解説。

課題：

- ・ 多眼式とはどのようにあるべきか
- ・ 多眼式とインテグラル式の相違
- ・ 時分割式、縦視差付、ヘッドトラッキング技術対応、等

本講演後半に詳細

# Chapter 4 Performance characteristics

## 4.1 General

- Ergonomic point of views ...

性能指標

## 4.2 Crosstalk

クロストークの扱いが最大の課題

4.2.1 3D crosstalk

4.2.2 Interocular crosstalk

4.2.3 Interocular 3D contrast

4.2.4 ...Others

## 4.3 3D visual artefacts

4.3.1 Interocular differences

- luminance, - contrast, - colour

4.3.2 Pseudostereoscopic images (views)

4.3.3 3D Moiré

4.3.4 Non-uniformity

課題:

- ・性能要求の確立
- ・性能指標と主観評価との整合
- ・クロストークなどの性能指標の確立

## 4.4 3D Fidelity

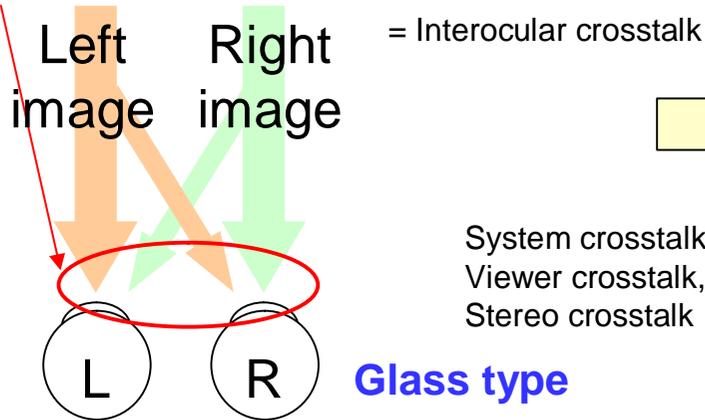
4.4.1 Resolution

## 4.5 Summary

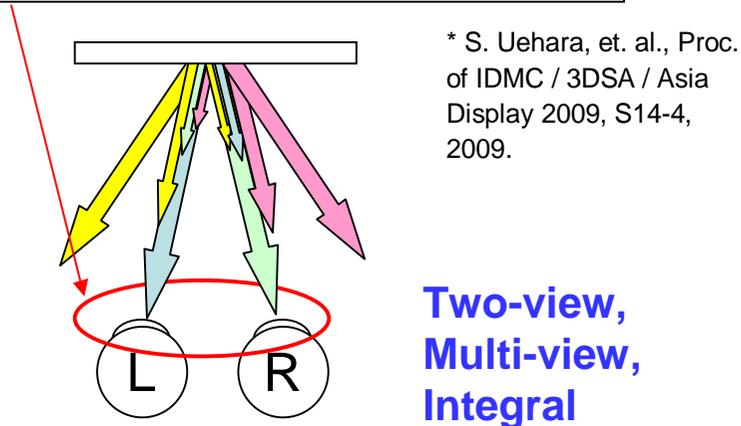
本セッション2番目の講演:  
4 B 「光学測定結果に基づく立体視可能な領域の解析法」にて詳細説明

# 各種クロストーク関連図

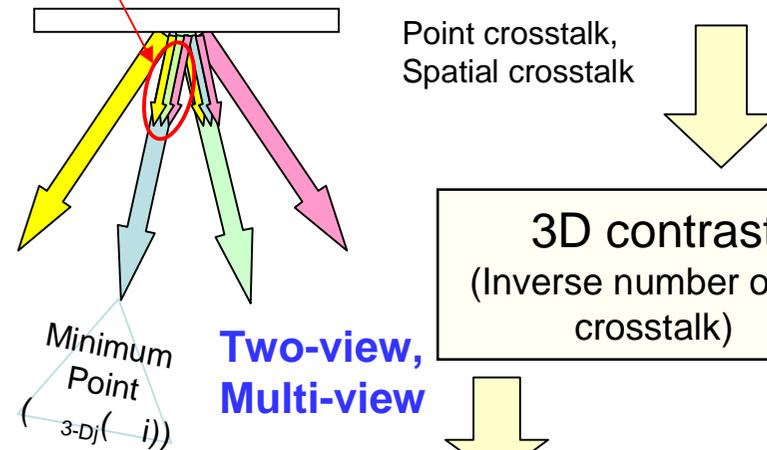
Crosstalk (traditional)



Interocular crosstalk

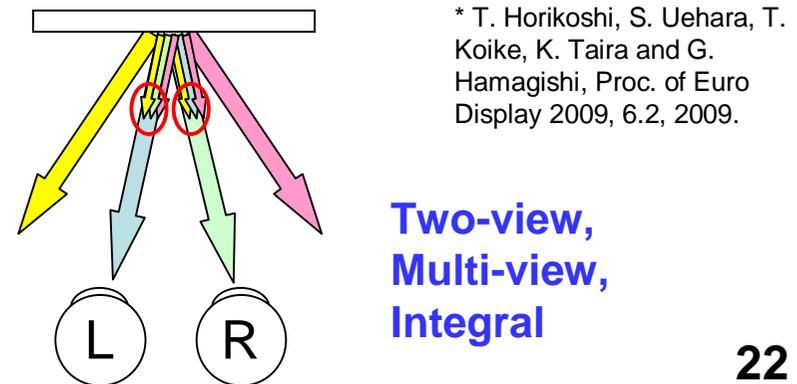


3D crosstalk (Luminance profile overlapping)



3D contrast (Inverse number of 3D crosstalk)

Interocular 3D purity  
Interocular 3D contrast  
(Average of "3D contrast" on R&L eyes)



# Chapter 5 Optical measurement methods

## 5.1 General

### 5.1.1 Measurements

— Basic measurements and derived procedures

### 5.1.2 Structure

## 5.2 Measurement conditions

### 5.2.1 Preparations and procedures

### 5.2.2 Test accessories

### 5.2.3 Test patterns

### 5.2.4 Alignment

— Measurement location and meter position

### 5.2.5 Light measuring device (LMD)

### 5.2.6 Measurement field

### 5.2.7 Angular aperture

### 5.2.8 Meter time response

### 5.2.9 Test illumination

### 5.2.10 Other ambient test conditions

## 5.3 Measurement methods

### 5.3.1 Basic light measurement

### 5.3.2 Directional light measurement

### 5.3.3 Full screen measurement

### 5.3.4 Crosstalk analysis

### 5.3.5 Interocular difference analysis

### 6.3.6 3D moiré analysis

### 6.3.7 Resolution analysis

## 5.4 Summary

光学測定法

課題:

- ・測定装置、測定法の確立
- ・測定精度

本セッション3番目の講演:  
4C「カメラを用いた裸眼立体ディスプレイの計測・評価法」にて詳細説明

# Chapter 6

## Viewing space and their analysis

### 6.1 General

### 6.2 Qualified viewing spaces

6.2.1 Qualified (monocular) viewing space

6.2.2 Qualified binocular viewing space and Qualified stereoscopic viewing space

### 6.3 Related performance characteristics

### 6.4 Analysis methods

### 6.5 Summary

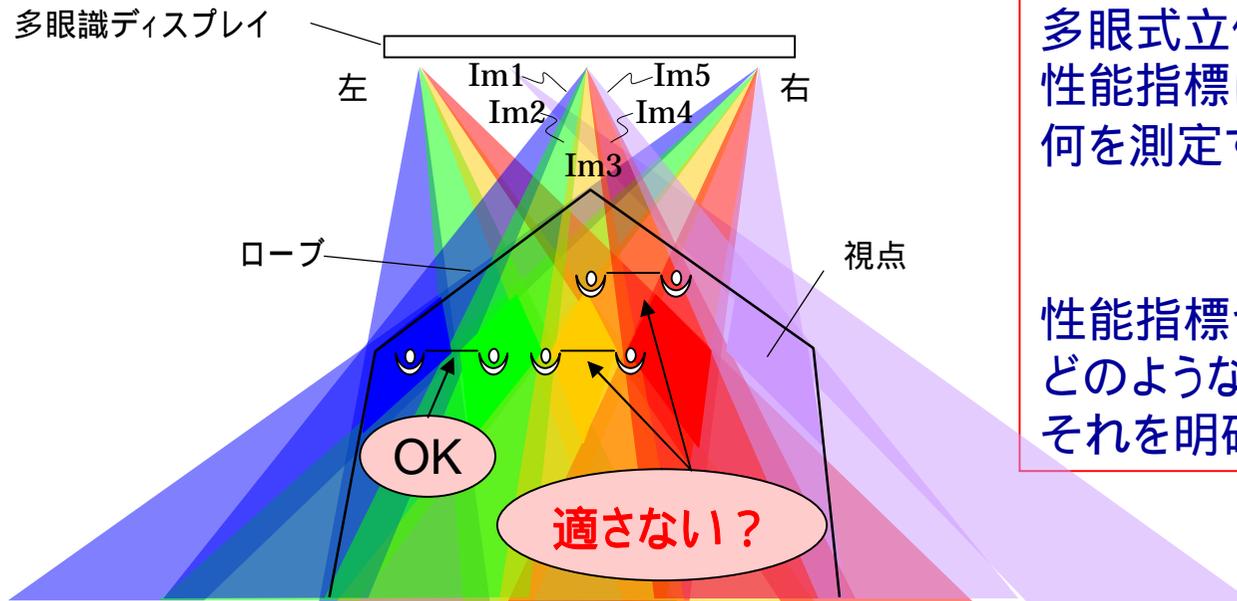
視空間とその解析法

本章は要求適合判断 (Compliance roots) に相当するが、裸眼式立体ディスプレイでは、用途や使用環境などが明確でなく、ISO9241-307のような手法で性能要求に落とし込むのが容易ではない。そこで本TRでは、ある所定の性能要求が与えられた時に立体視可能な空間を求める方法が記載してある。要求適合判断の確立が課題である。

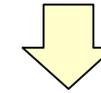
# 多眼式立体ディスプレイ

## 定義:

autostereoscopic display that creates more than two monocular views with which the stereoscopic images are coupled.



多眼式立体ディスプレイとは？  
性能指標はどのようにすべきか？  
何を測定すれば性能を示せるのか？



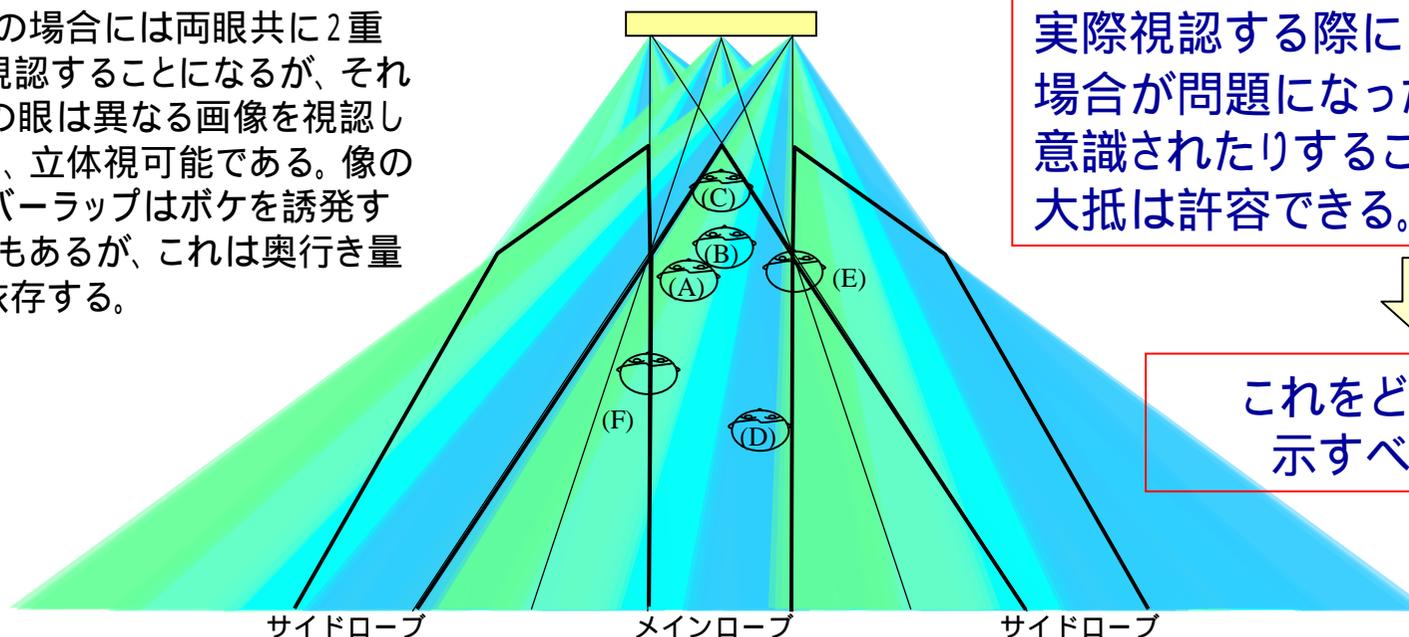
性能指標や測定法を決めることは、  
どのようなディスプレイを作るべきか、  
それを明確にすることに他ならない。

一般的には…

- (1) 多眼式は2眼式の視点数が3以上に増えたものであり、それぞれの画像が個別に分離して視認されるものとして、教科書や文献などでは説明される。それでは実際、これらの画像が混じって表示されると本当に好ましくないのか？また、許容できないのか？(2重像/多重像、クロストーク問題)
- (2) 視点が重要とする意見もあるが、本当か？

# 多眼式立体ディスプレイの視認位置と視認画像

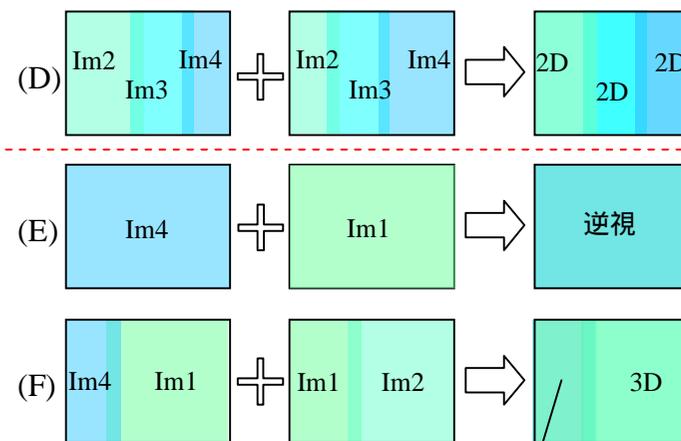
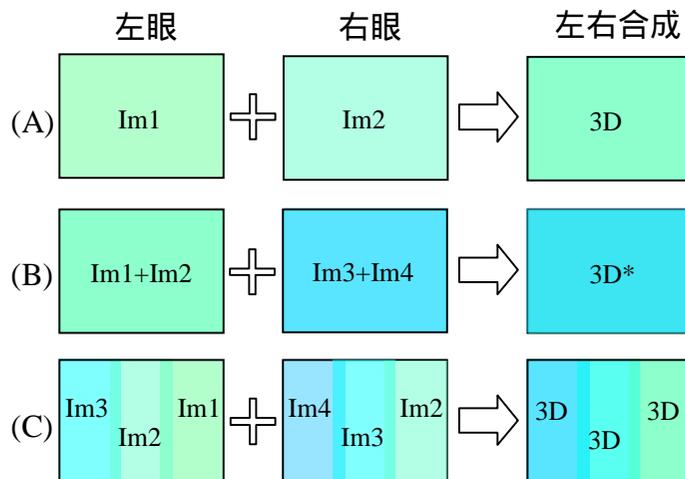
(B)の場合には両眼共に2重像を視認することになるが、それぞれの眼は異なる画像を視認しており、立体視可能である。像のオーバーラップはボケを誘発することもあるが、これは奥行き量にも依存する。



実際視認する際には、(B)の場合が問題になったり、特に意識されたりすることは少なく、大抵は許容できる。



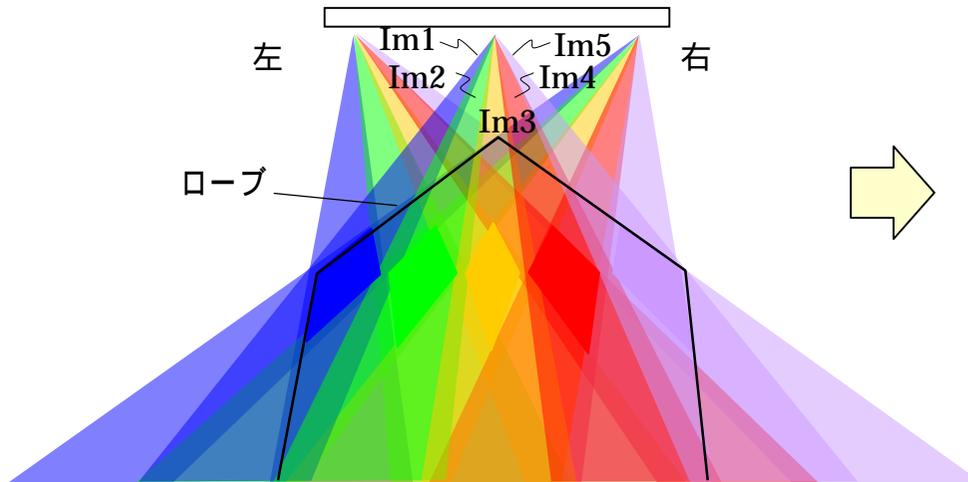
これをどのように示すべきか？



逆視

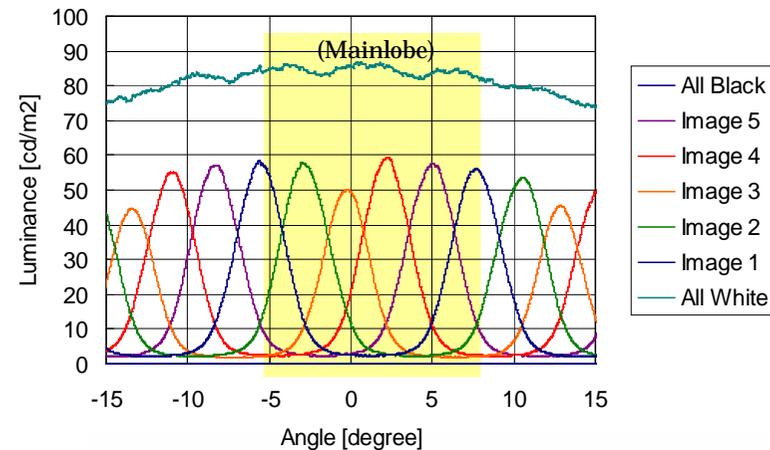
# 3Dクロストークの課題

3Dクロストークは、画像のモレや混入、2重像 / 多重像の度合いを示す指標として使用される場合が多い。



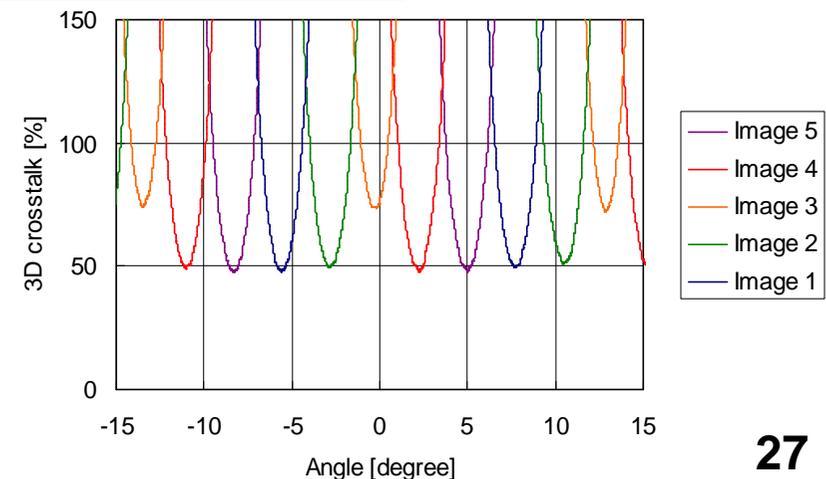
実際の市販の多眼式ディスプレイで3Dクロストークを算出してみると、値は50%程度となる。100%を超えることもある。これは通常の2眼式と比べると著しく大きいのが妥当か？また性能指標として適切か？  
**実はクロストークとは、画像の混入の度合いを示すのではなく、逆視となる画像の混入の度合いを示すのでは。**

輝度の角度特性



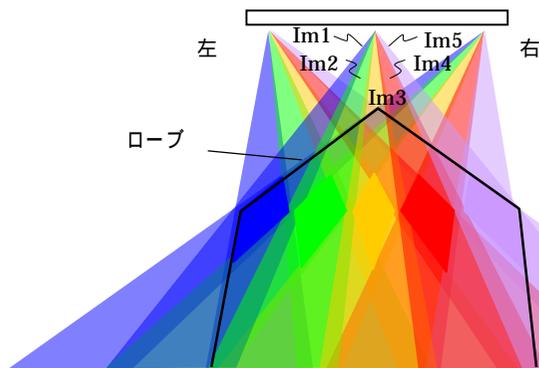
$$\chi_{3Di}(\theta) = \frac{\sum_{j=1}^{\# \text{ of views}} (Y_{3Dj}(\theta) - Y_{3DK}(\theta)) - (Y_{3Di}(\theta) - Y_{3DK}(\theta))}{Y_{3Di}(\theta) - Y_{3DK}(\theta)}$$

3Dクロストークの角度特性



# 2重像の分類

2重像は逆視となる成分と、そうでない成分に分類できる。逆視となる成分は存在しない方が好ましいので **“unwanted”**、そうでない成分は許容しうるので **“allowable”** となる。

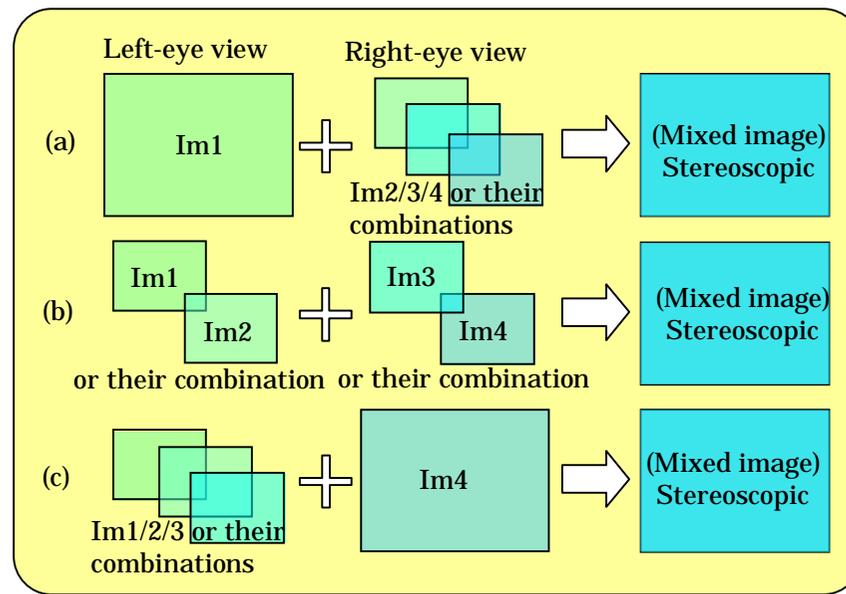
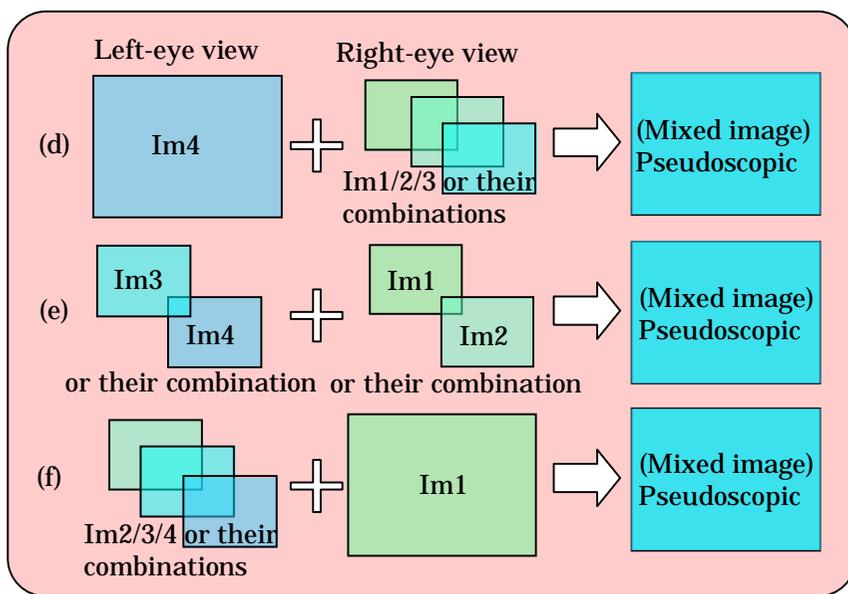


**Unwanted**

		右眼			
		Im1	Im2	Im3	Im4
左眼	Im1	A	A	A	A
	Im2	U	A	A	A
	Im3	U	U	A	A
	Im4	U	U	U	A

A: allowable  
U: unwanted

**Allowable**



# 逆視に基づく両眼間クロストーク

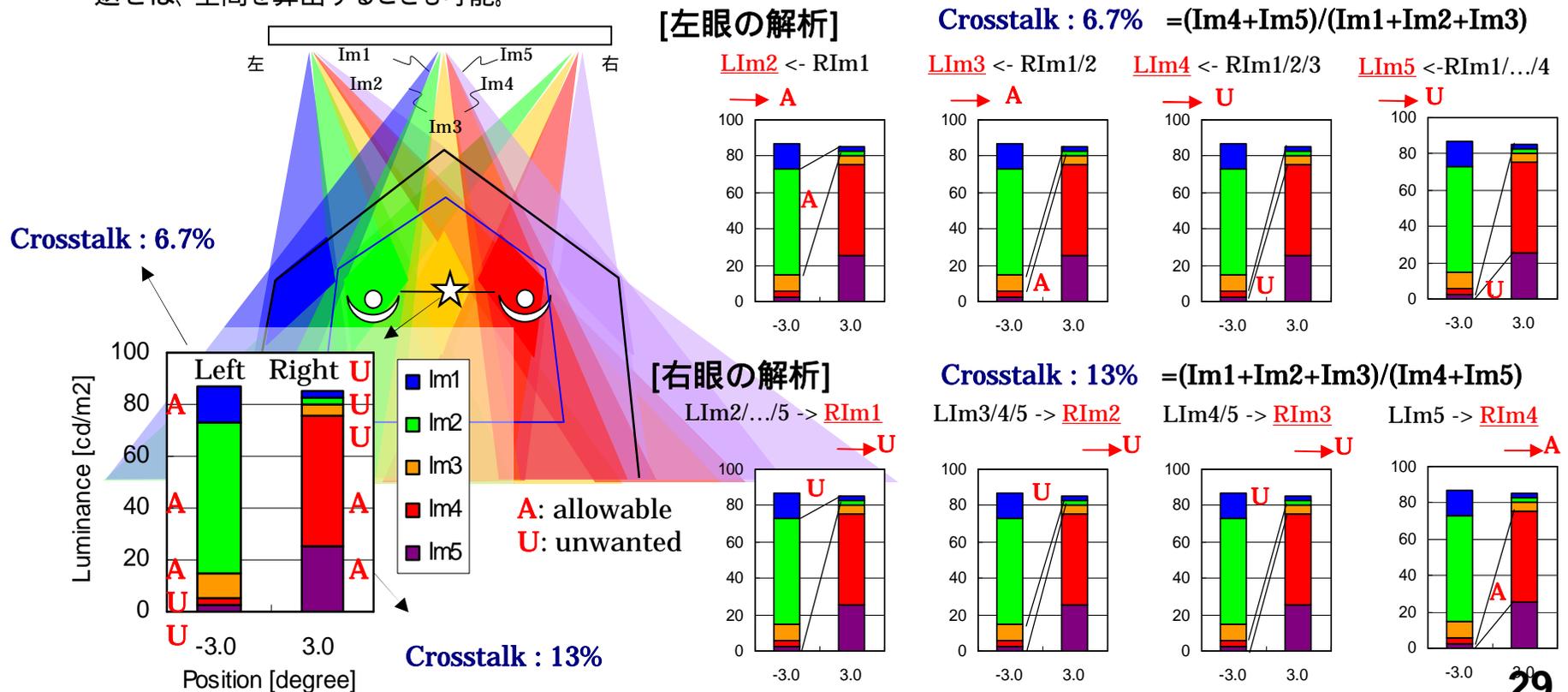
逆視となる成分に着目すると、以下の手法により両眼間クロストークを算出することができる。  
結果は2眼式と比較しても妥当。

[1] 画像を切り替えながら、それぞれの輝度を測定する。

[2] 各輝度成分をUnwantedかAllowableに分類する。

例えば、左眼の輝度成分LIm2に着目すると、右眼の輝度成分ではRIm1が逆視となり、この関係はUnwantedである。この関係を解消するには、輝度の低い方が存在しない方が好ましいと考え、LIm2とRIm1の輝度を比較する。LIm2の輝度の方が高いため、LIm2はAllowableに分類される。このとき、RIm1はまだ分類されない。RIm1を判断するためには、RIm1に対して逆視となる輝度成分を抽出して比較する必要があるからである。RIm1に対しては、LIm2~5が逆視となりうるので、両者の輝度を比較する。RIm1の方が輝度が低いので、RIm1はUnwantedに分類される。

[3] UnwantedのAllowableに対する比率を計算することで、逆視に基づく両眼間クロストークが算出できる。場所を変えて繰り返せば、空間を算出することも可能。



## まとめ

3Dディスプレイ市場の発展のためにも、3Dディスプレイの標準化が果たす役割は重要であり、JENCとしても標準規格の開発に積極的に貢献していく。

メガネ式立体ディスプレイでは、使用環境や用途から性能要求への落とし込みが課題であり、今後評価実験にも積極的に取り組み、適切な標準化を目指す。

裸眼式立体ディスプレイでは、より状況は複雑であり、評価実験を通して立体ディスプレイのあるべき姿を明確にし、性能指標や性能要求を確立していく。

## 参考文献 (1)

G. Hamagishi, K. Taira, K. Izumi, S. Uehara, T. Nomura, K. Mashitani, A. Miyazawa, T. Koike, A. Yuuki, T. Horikoshi, Y. Yoshihara, Y. Hisatake, H. Ujike and Y. Nakano, Proc. of the 15th IDW, 3D2-1, pp.1099-1102, 2008.

K. Taira, G. Hamagishi, K. Izumi, S. Uehara, T. Nomura, K. Mashitani, A. Miyazawa, T. Koike, A. Yuuki, T. Horikoshi, Y. Hisatake, H. Ujike, and Y. Nakano, Proc. of the 15th IDW, 3D2-2, pp.1103-1106, 2008.

S. Uehara, K. Taira, G. Hamagishi, A. Yuuki, K. Mashitani, T. Koike, K. Izumi, T. Nomura, A. Miyazawa, T. Horikoshi, and H. Ujike, Proc. of the 15th IDW, 3D2-3, pp.1107-1110, 2008.

A. Yuuki, S. Uehara, K. Taira, G. Hamagishi, K. Izumi, T. Nomura, K. Mashitani, A. Miyazawa, T. Koike, T. Horikoshi and H. Ujike, Proc. of the 15th IDW, 3D2-4, pp.1111-1114, 2008.

T. Koike, A. Yuuki, S. Uehara, K. Taira, G. Hamagishi, K. Izumi, T. Nomura, K. Mashitani, A. Miyazawa, T. Horikoshi and H. Ujike, Proc. of the 15th IDW, 3D2-5, pp.1115-1118, 2008.

H. Ujike, S. Uehara, A. Yuuki, G. Hamagishi, K. Taira, T. Koike, K. Izumi, Y. Hisatake and Y. Nakano, Proc. of IDMC / 3DSA / Asia Display 2009, S14-1, 2009.

K. Taira, T. Koike, S. Uehara, K. Izumi, H. Ujike and Y. Hisatake, Proc. of IDMC / 3DSA / Asia Display 2009, S14-2, 2009.

T. Koike, K. Taira, A. Yuuki, G. Hamagishi, S. Uehara, K. Izumi, Y. Hisatake and H. Ujike, Proc. of IDMC / 3DSA / Asia Display 2009, S14-3, 2009.

S. Uehara, K. Taira, G. Hamagishi, K. Izumi, T. Nomura, K. Mashitani, A. Miyazawa, T. Koike, A. Yuuki, T. Horikoshi, S. Miyazaki, H. Ujike and Y. Hisatake, Proc. of IDMC / 3DSA / Asia Display 2009, S14-4, 2009.

A. Yuuki, S. Uehara, K. Taira, G. Hamagishi, K. Izumi, T. Nomura, K. Mashitani, A. Miyazawa, T. Koike, T. Horikoshi, S. Miyazaki, H. Ujike and Y. Hisatake, Proc. of IDMC / 3DSA / Asia Display 2009, S14-5, 2009.

H. Ujike, S. Uehara, A. Yuuki, G. Hamagishi, K. Taira, T. Koike, K. Izumi, Y. Hisatake, and Y. Nakano, VIMS2009.

## 参考文献 (2)

- T. Horikoshi, S. Uehara, T. Koike, K. Taira and G. Hamagishi, Proc. of Euro Display 2009, 6.2, 2009.
- T. Koike, K. Taira, S. Uehara, G. Hamagishi, T. Horikoshi, A. Yuuki, N. Watanabe, Y. Hisatake and H. Ujike, Proc. of Euro Display 2009, P.47, 2009.
- S. Uehara, K. Taira, G. Hamagishi, K. Izumi, T. Nomura, K. Mashitani, A. Miyazawa, T. Koike, A. Yuuki, N. T. Horikoshi, S. Miyazaki, H. Ujike and Y. Hisatake, Proc. of Euro Display 2009, P.48, 2009.
- H. Ujike, S. Uehara, G. Hamagishi, K. Taira, T. Koike, C. Kato, T. Nomura, T. Horikoshi, K. Mashitani, A. Yuuki, K. Izumi, Y. Hisatake, N. Watanabe, Y. Nakano, Proc. of the 16th IDW, 3D4-1, 2009.
- G. Hamagishi, K. Mashitani, S. Uehara, T. Koike, T. Horikoshi, A. Yuuki, N. Watanabe, Y. Hisatake, K. Taira, H. Ujike, Proc. of the 16th IDW, 3D4-4, 2009.
- S. Uehara, H. Ujike, G. Hamagishi, K. Taira, T. Koike, C. Kato, T. Nomura, T. Horikoshi, K. Mashitani, A. Yuuki, K. Izumi, Y. Hisatake, N. Watanabe, N. Umezu, and Y. Nakan, Proc. of SPIE-IS&T Electric Imaging, SPIE Vol. 7524, 7524-6, 2010.
- T. Horikoshi, et. al., SID Symposium Digest, 23.3, 2010.
- S.Uehara, et. al., SID Symposium Digest, 44.3, 2010.
- M. Salmimaa and T. Järvenpää, J. Soc. Inf. Display, 16/10, pp.1033-1040, 2008.
- T. Järvenpää and M. Salmimaa, Proc. of Euro Display 2007, S7-3, pp.132-135, 2007.