消費電力の低減と視覚疲労の軽減のための ハイビジョン液晶テレビの適正視聴条件

窪田　悟 (成蹊大学)
岸本和之, 合志清一, 山根康邦 (シャープ株式会社)
五十嵐陽一 (株式会社日立ディスプレイズ)
芳賀秀一, 松本達彦, 中枝武弘 (ソニー株式会社)

本報告はNEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) の助成事業の成果の一部をまとめたものである. 当該プロジェクトは上記メンバーによって構成されている.

カタログスペック競争から人間工学へ

大画面化･高精細化･３Ｄ化 → 技術主導の考え方

高輝度，高コントラスト，広色域，高速応答（動画質），広視野角etc.
個々のスペックの向上と新機能の追加

↓

視聴環境･視覚特性･映像内容を考慮した視聴条件の最適化
＝人間工学の課題 → 視聴者中心の視点

消費電力の低減と視覚疲労の軽減に寄与し得る

利用段階での究極の省エネは

小さな画面，近い視距離，暗い部屋，低輝度だが・・・

視聴者の要求とメーカーの思惑との折り合いをどこでつけるか

視聴実態を考慮した実験データの積み重ねが不可欠

家庭の視聴空間における好適視聴条件を描く

技術主導から視聴者中心の視点へ

HDTVの視聴に関する一般的な推奨条件

照明環境

家庭の居間の照明基準（水平面）

	全般照明	局所照明	
JIS Z9110	30-75 lx	150-300 lx	文献1)
照明学会	75-150 lx	150-300 lx	文献2)

観視距離

観視距離　3H（水平画角33°）
HDTVの設計観視距離

e.g.　ITU-R　BT.710-3
文献3)

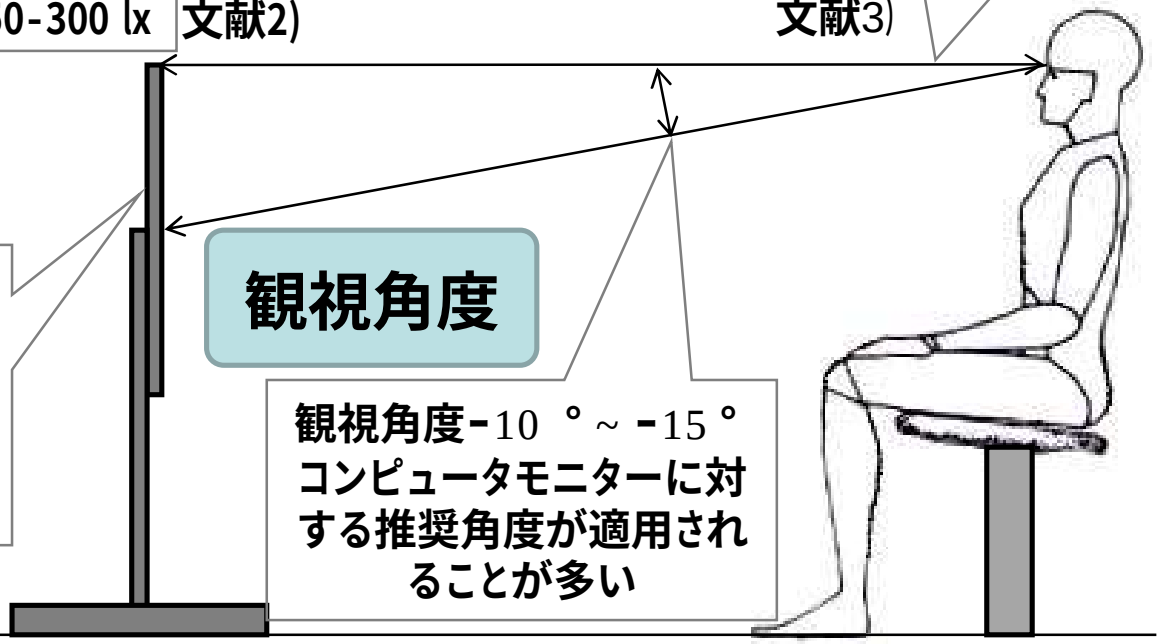
表示輝度

家庭のリビングを想定した標準観視条件
画面照度　200 lx
表示輝度　200 cd/m²
（ピーク白輝度）

ITU-R BT.500 文献4)

観視角度

観視角度-10°～-15°
コンピュータモニターに対する推奨角度が適用されることが多い



e.g. J.Panero et al.文献5)が引用されることがあるが
TV画面を想定したものではない

視聴者が好ましいと感ずるHDTVの視聴条件

実態調査と実験室実験に基づく好適条件

照明環境

リビングのTV画面照度の実態
10%ile-50%ile-90%ile
30 lx　100 lx　300 lx

観視距離

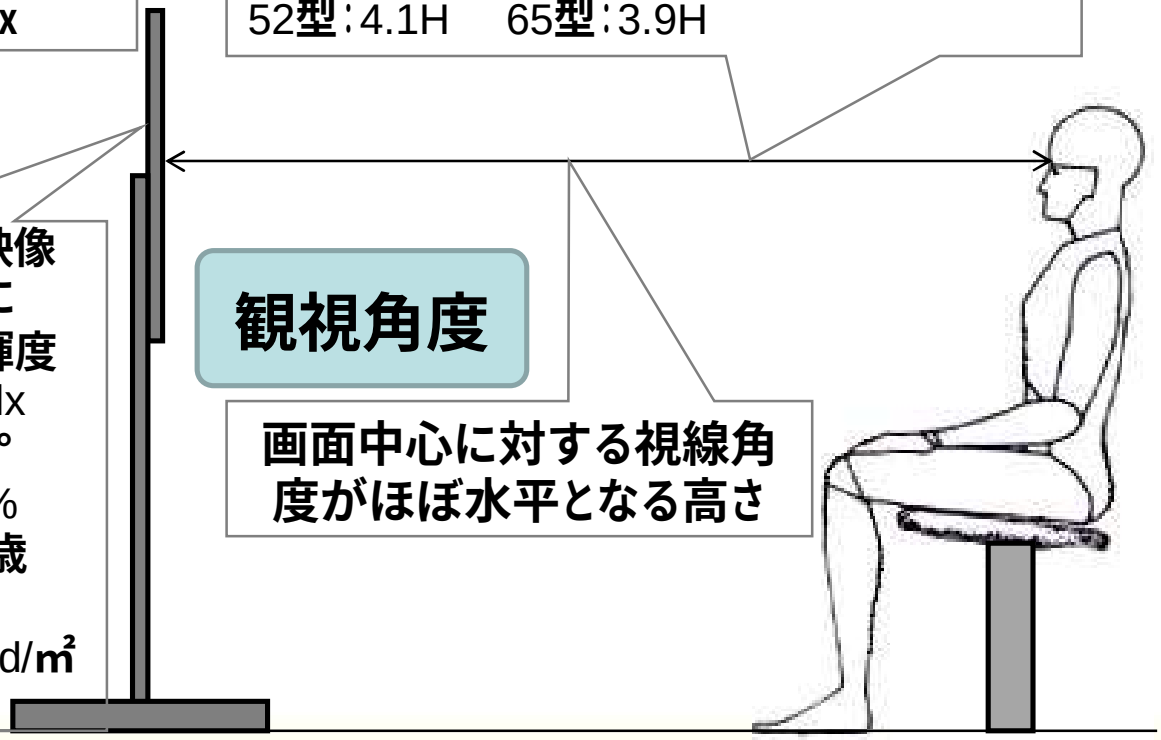
画面サイズによって異なる好ましい観視距離
24型：5.4H　32型：4.9H　42型：4.6H
52型：4.1H　65型：3.9H

表示輝度

画面照度，観視画角，映像のALL，視聴者の年齢によって異なる好適表示輝度
平均的画面照度　100 lx
水平観視画　20 °
放送の平均的ALL　25%
視聴者の年齢　22歳
の場合
好適表示輝度　160 cd/㎡
（ピーク白輝度）

観視角度

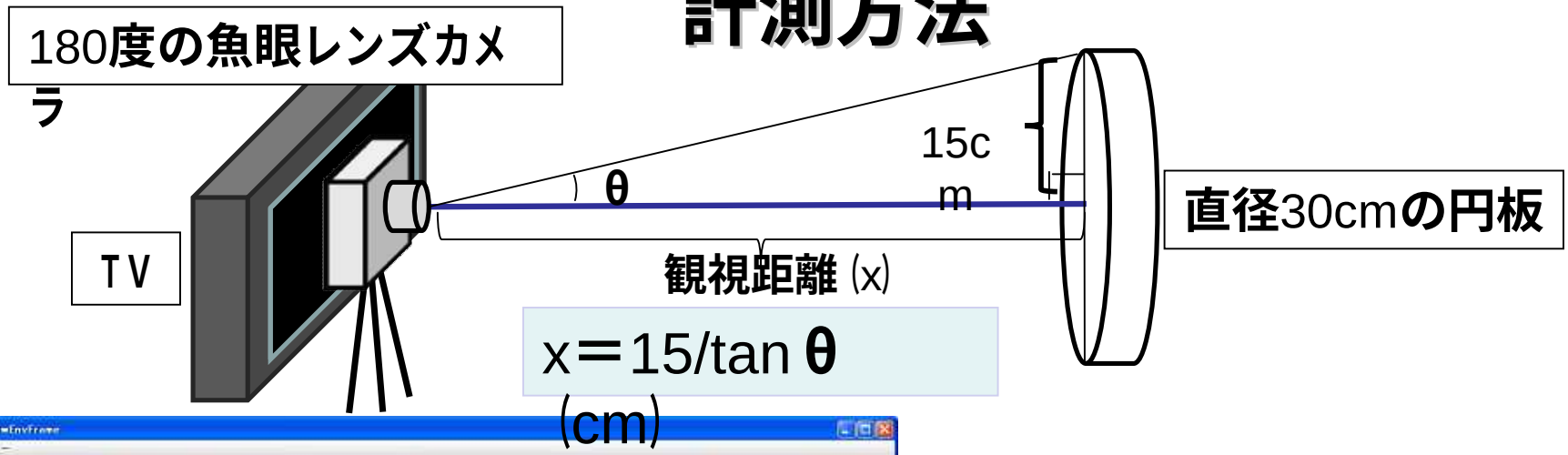
画面中心に対する視線角度がほぼ水平となる高さ



ＨＤＴＶの視聴における好ましい観視距離と観視角度

83世帯における実地計測と多元的な実験室実験の結果に基づく好適条件

テレビ観視位置の実態調査
計測方法



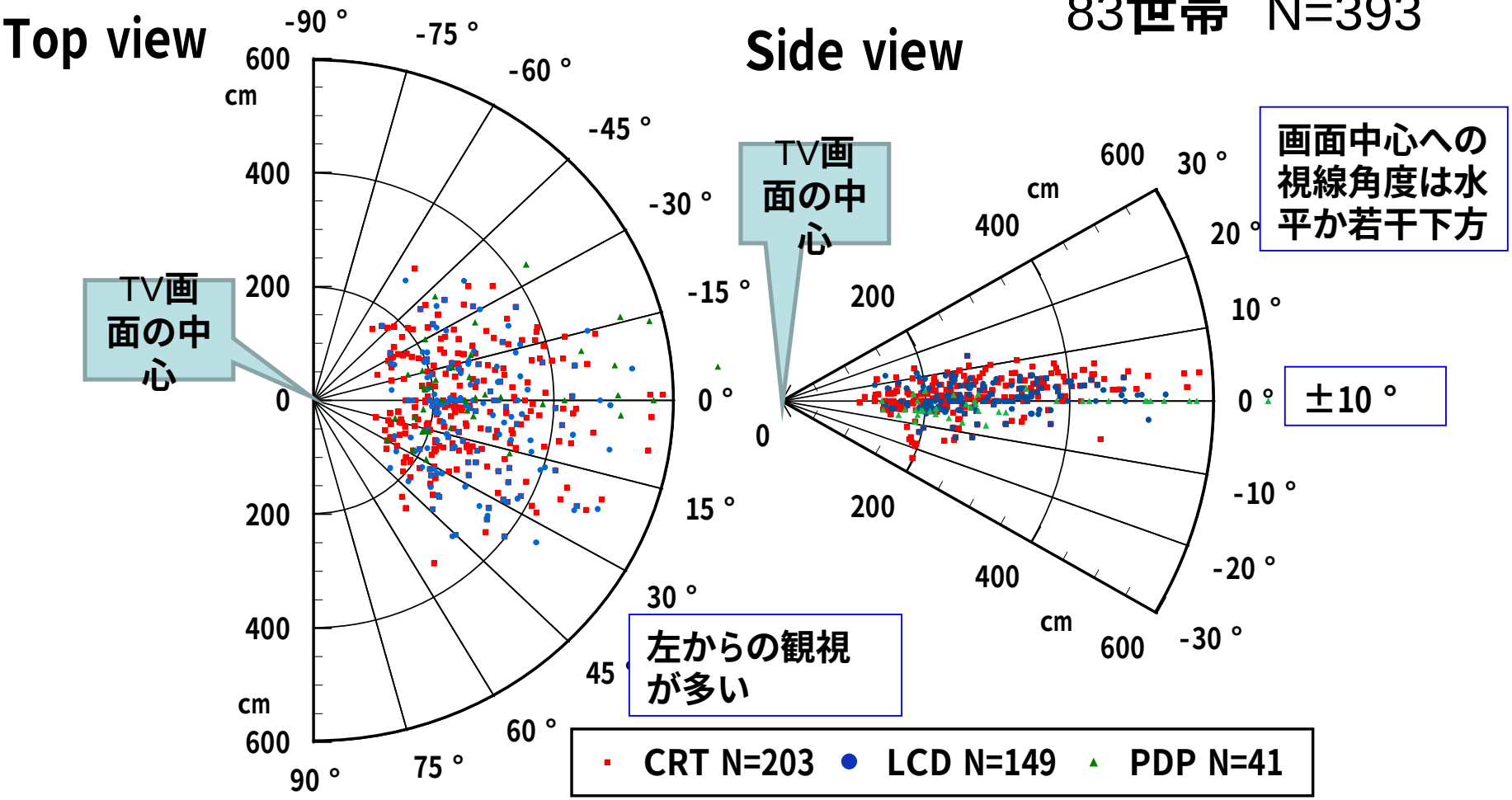
$x = 15/\tan\theta$ (cm)

83世帯の各世帯で4〜5箇所の視聴位置を計測

各世帯の家族構成員に普段テレビを視聴する位置とその中で最も好ましい位置を指定してもらい計測した

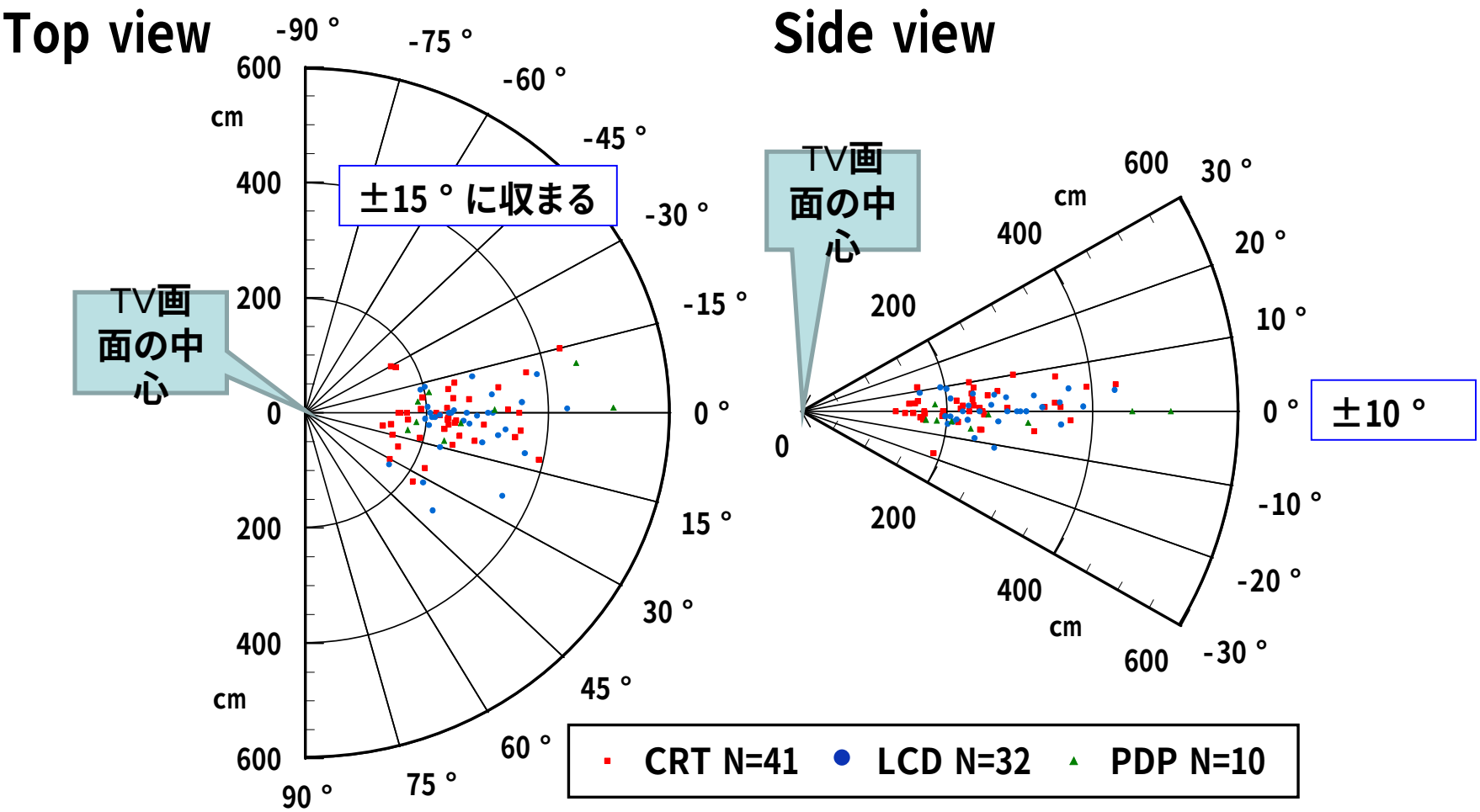
テレビの観視位置の実態

83世帯　N=393



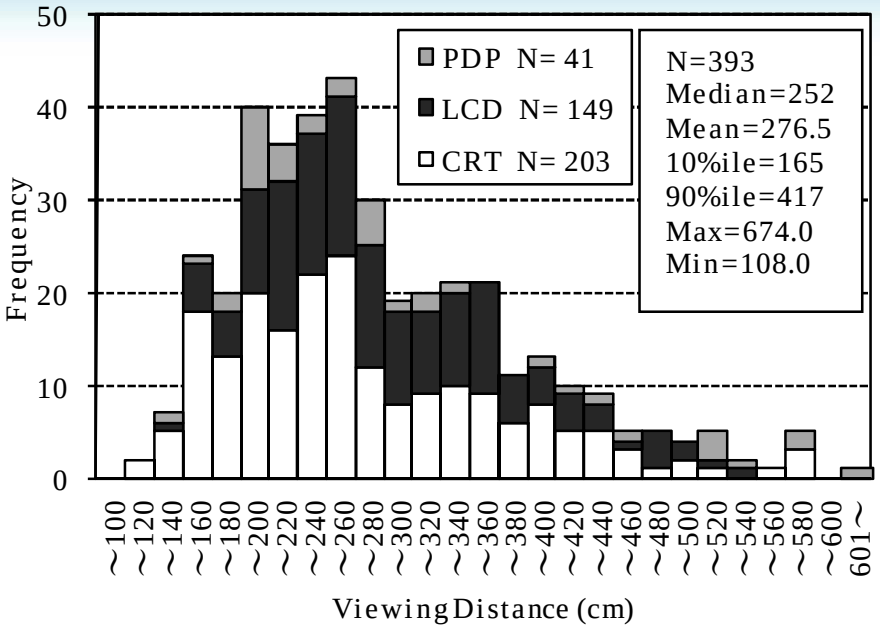
各世帯の家族構成員に普段テレビを視聴する位置を数箇所指定してもらい計測した

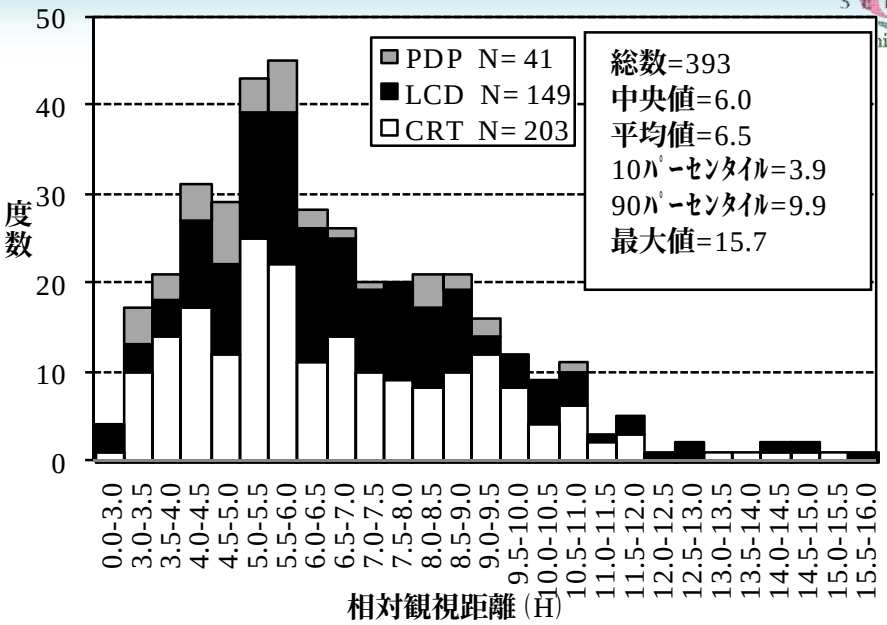
各世帯におけるテレビの好ましい観視位置



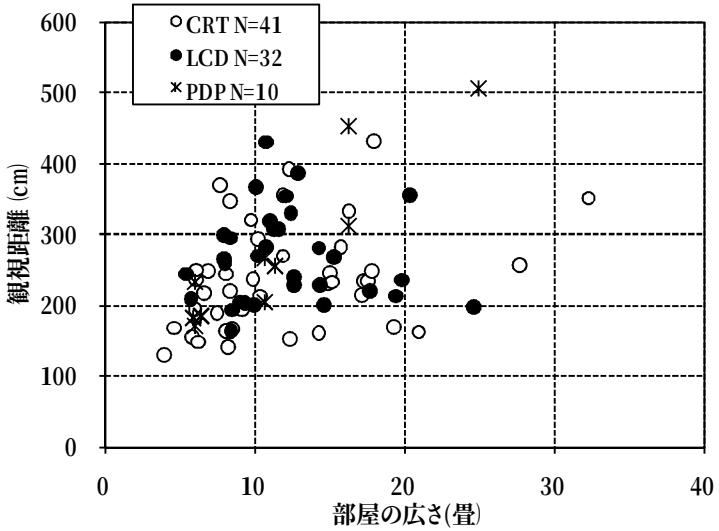
83世帯の各世帯における好ましいテレビ視聴位置　N=83

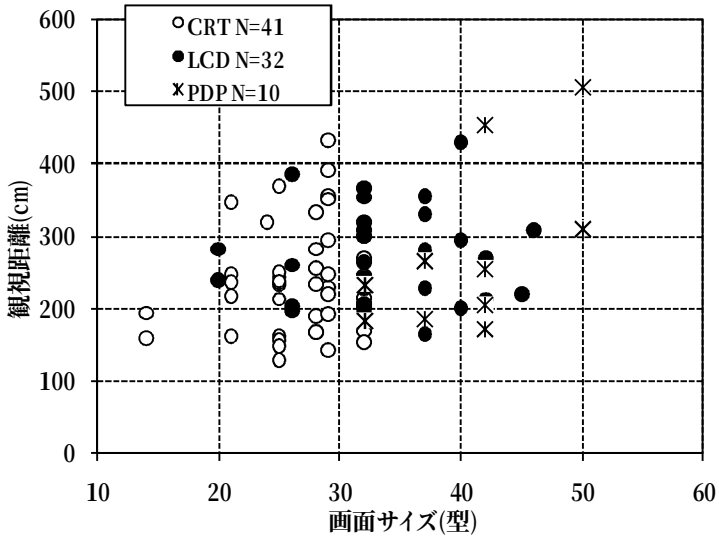
各世帯の家族構成員にテレビを視聴するのに最も好ましい位置を指定してもらい計測した



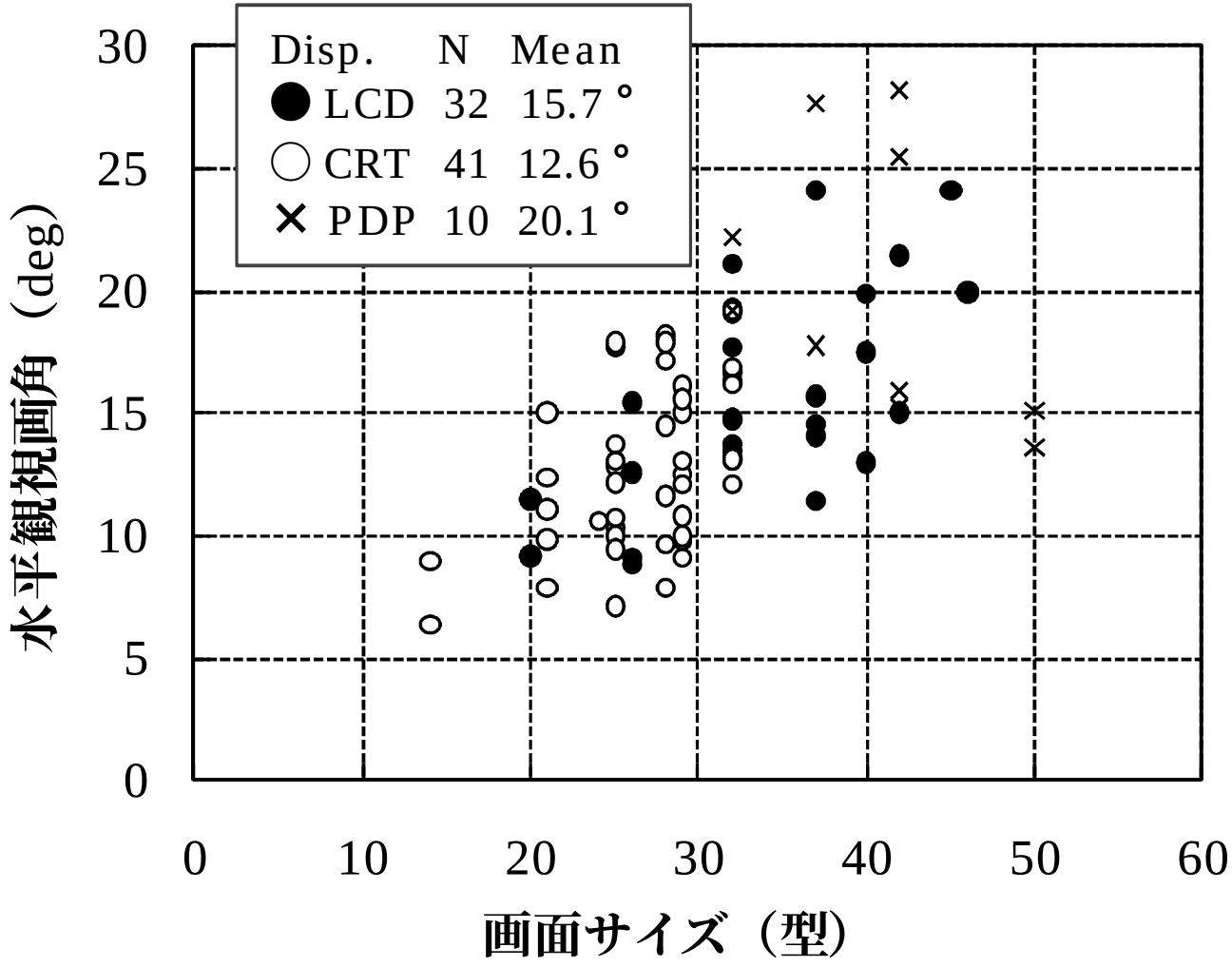


テレビ観視距離の分布　83世帯　N=393



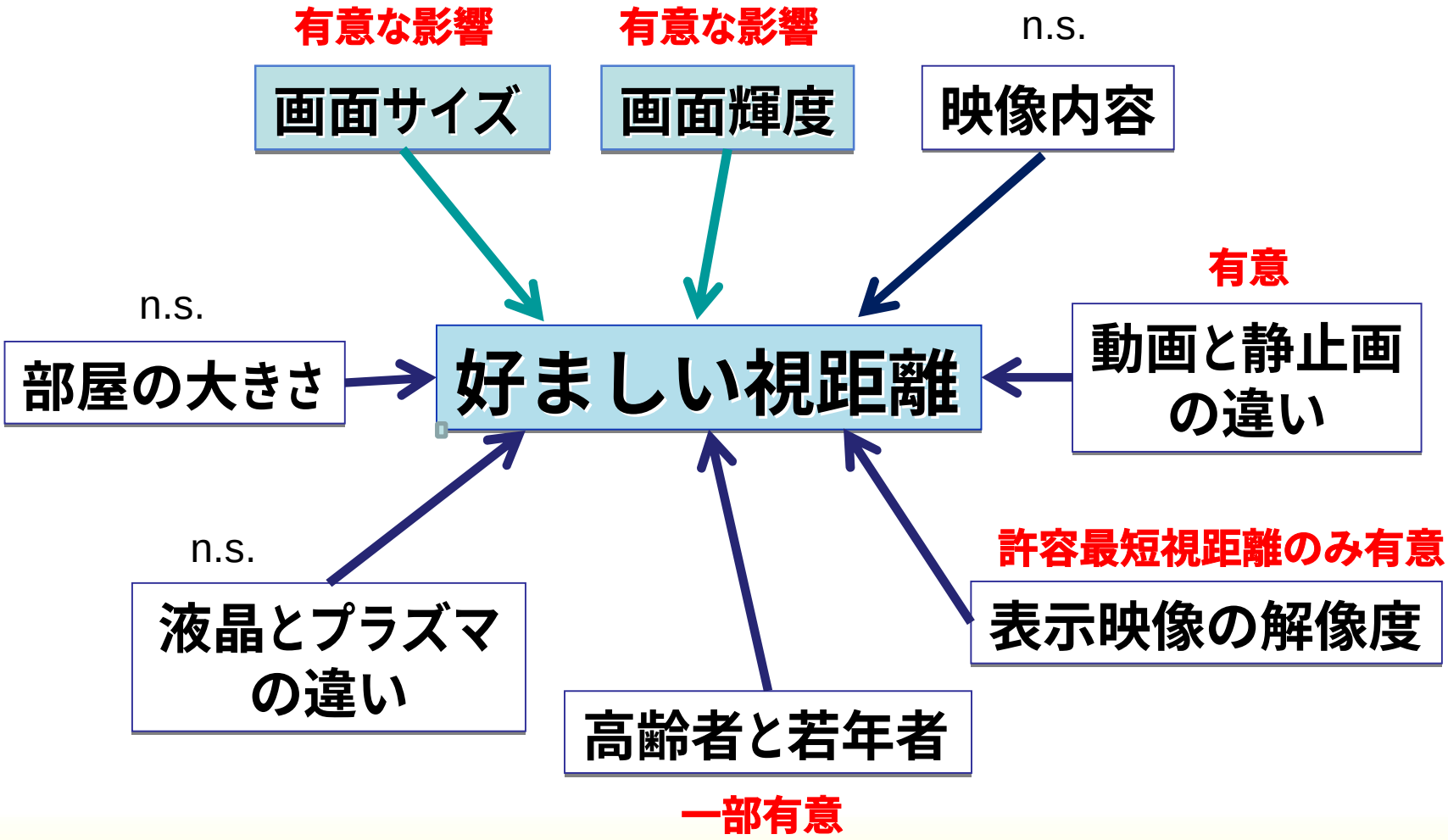


各世帯における最も好ましいテレビ視聴位置での計測結果　N=83



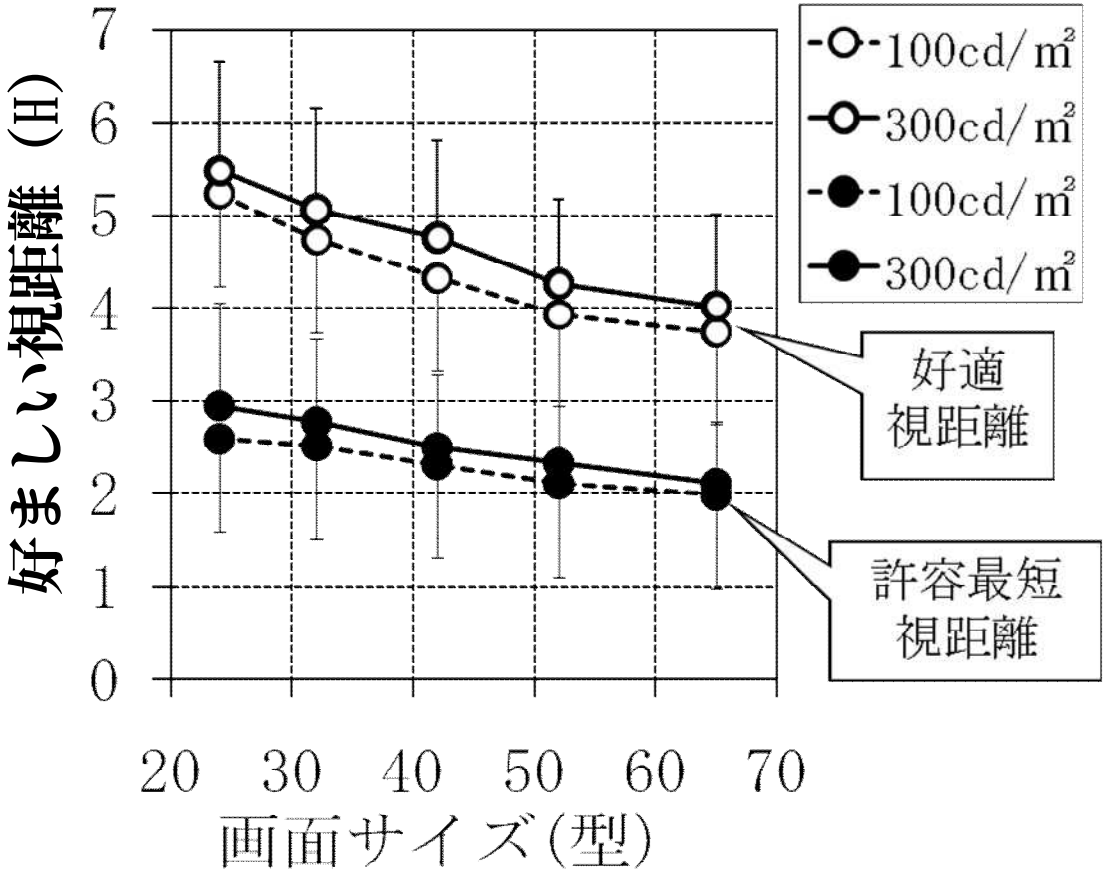
83世帯の好ましいテレビ視聴位置における水平観視画角 文献6)

液晶テレビの好ましい観視距離に関する多元的な実験の結果



液晶テレビの好ましい視距離：画面サイズと表示輝度の影響 文献7)

24,32,42,52,65型HDTV-LCDに3種類の標準動画像を表示して被験者が車椅子に乗って前後する調整法で好適観視距離を求めた．同時に許容最短視距離（連続視聴できる限界）も計測した．



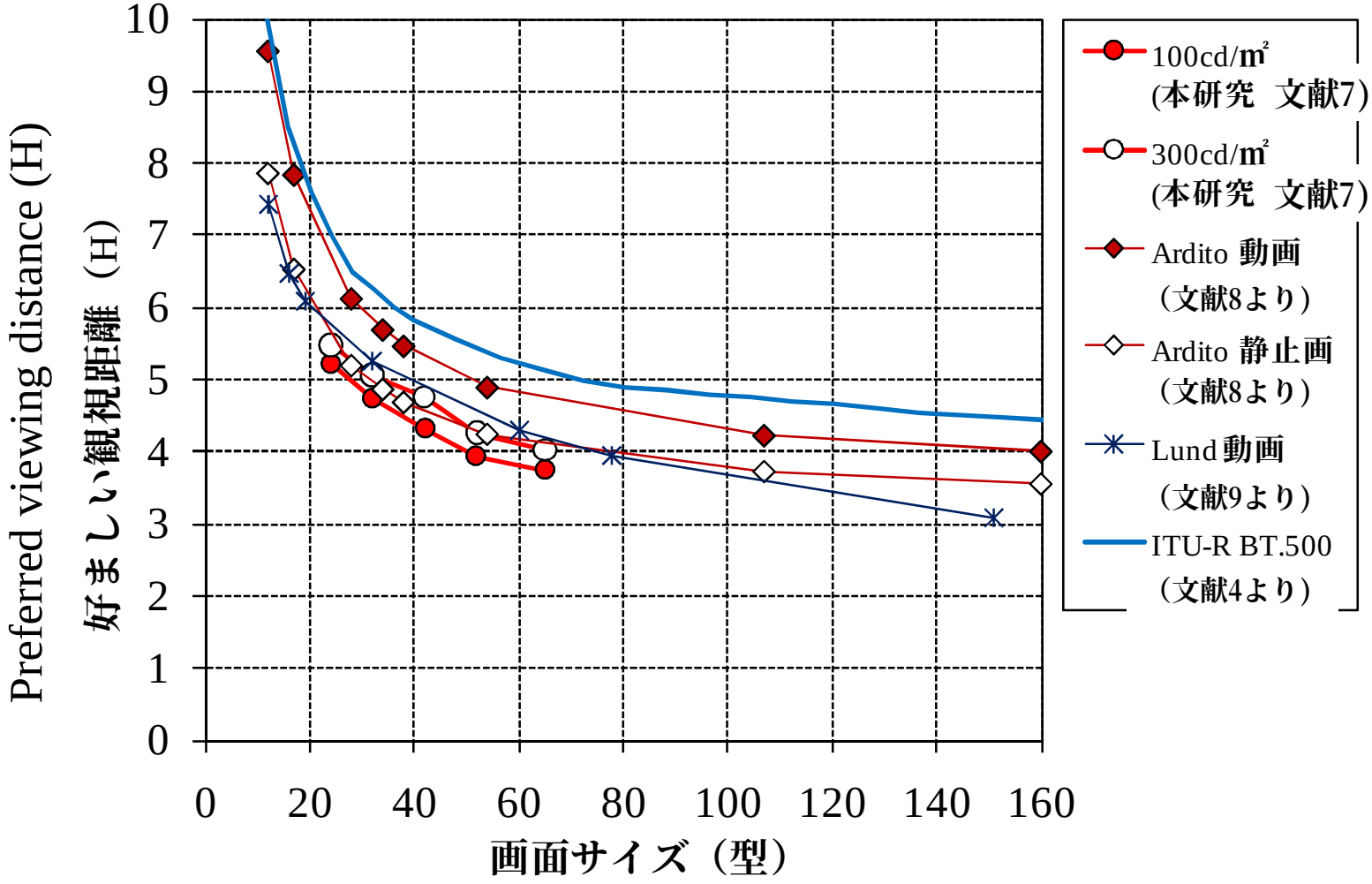
三元配置分散分析
画面サイズ(5)
表示輝度(2)
映像(3)

好適視距離
画面サイズ
F(4,116)=107
p<0.001
表示輝度
F(1,29)=38
p<0.001
映像
F(2,58)=0.8　N.S

各画面サイズ、表示輝度に対する27名の平均値と標準偏差

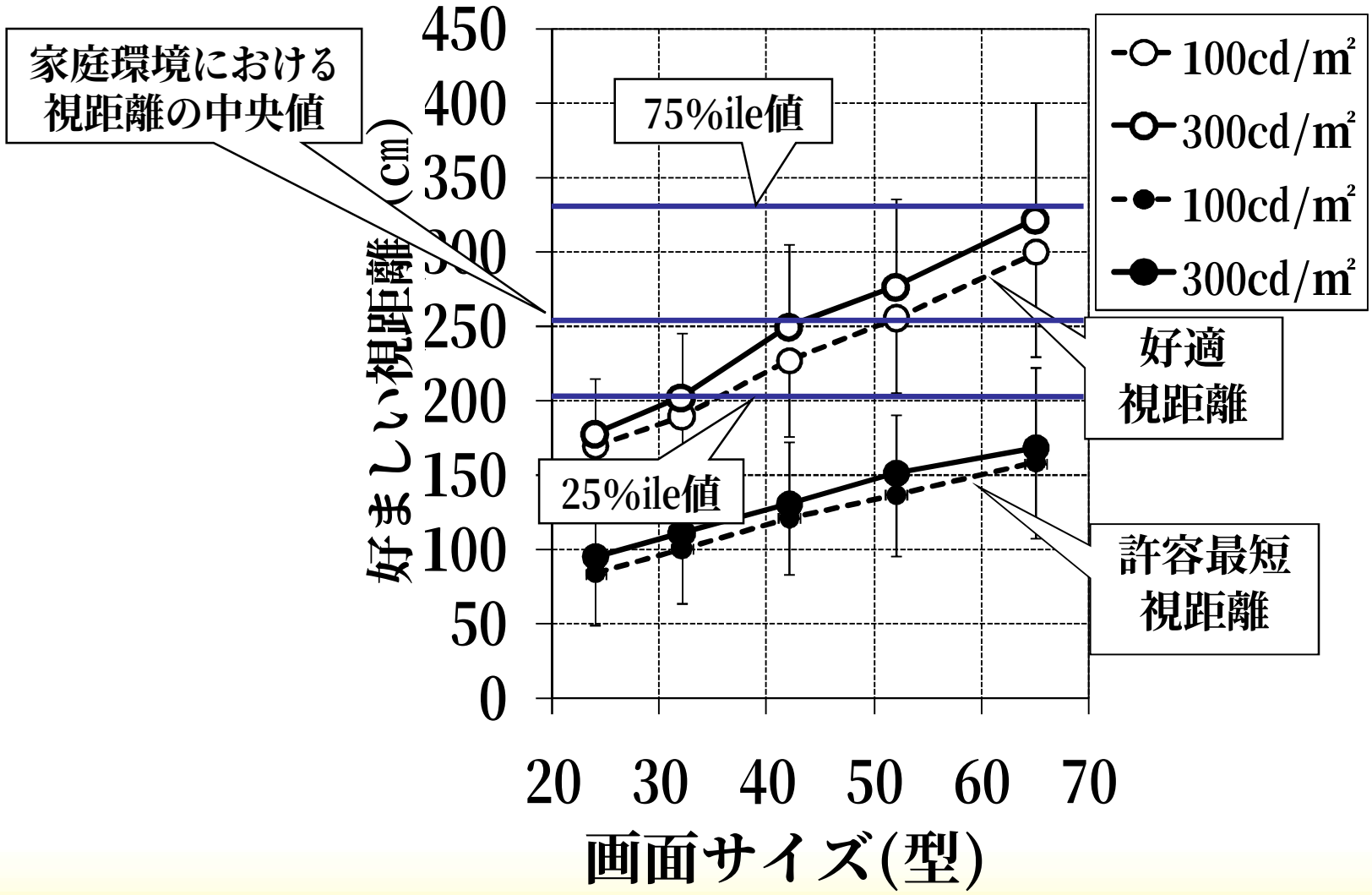
ＨＤＴＶの好ましい観視距離

LundやArditoらの実験はHDTV用のCRTやリアプロを使用したもの



Ardito**ら**[8)]，Lund[9)]，ITU-R[4)]**の好ましい観視距離**(Preferred viewing distance)**と傾向は一致している**

液晶テレビの好ましい観視距離
- 画面サイズと表示輝度の影響 _文献7)



HDTVの好ましい設置高さに関する実験 文献10)

壁掛けTVを想定して好ましい画面高さを調整法で求めた．手元のコントローラーで画面を自由に上昇･下降できる装置を作成し，視距離，画面サイズ，座位姿勢を実験変数として実験した．
リアプロジェクション方式を使用した．

椅座位

床座位

実験風景

●実験条件

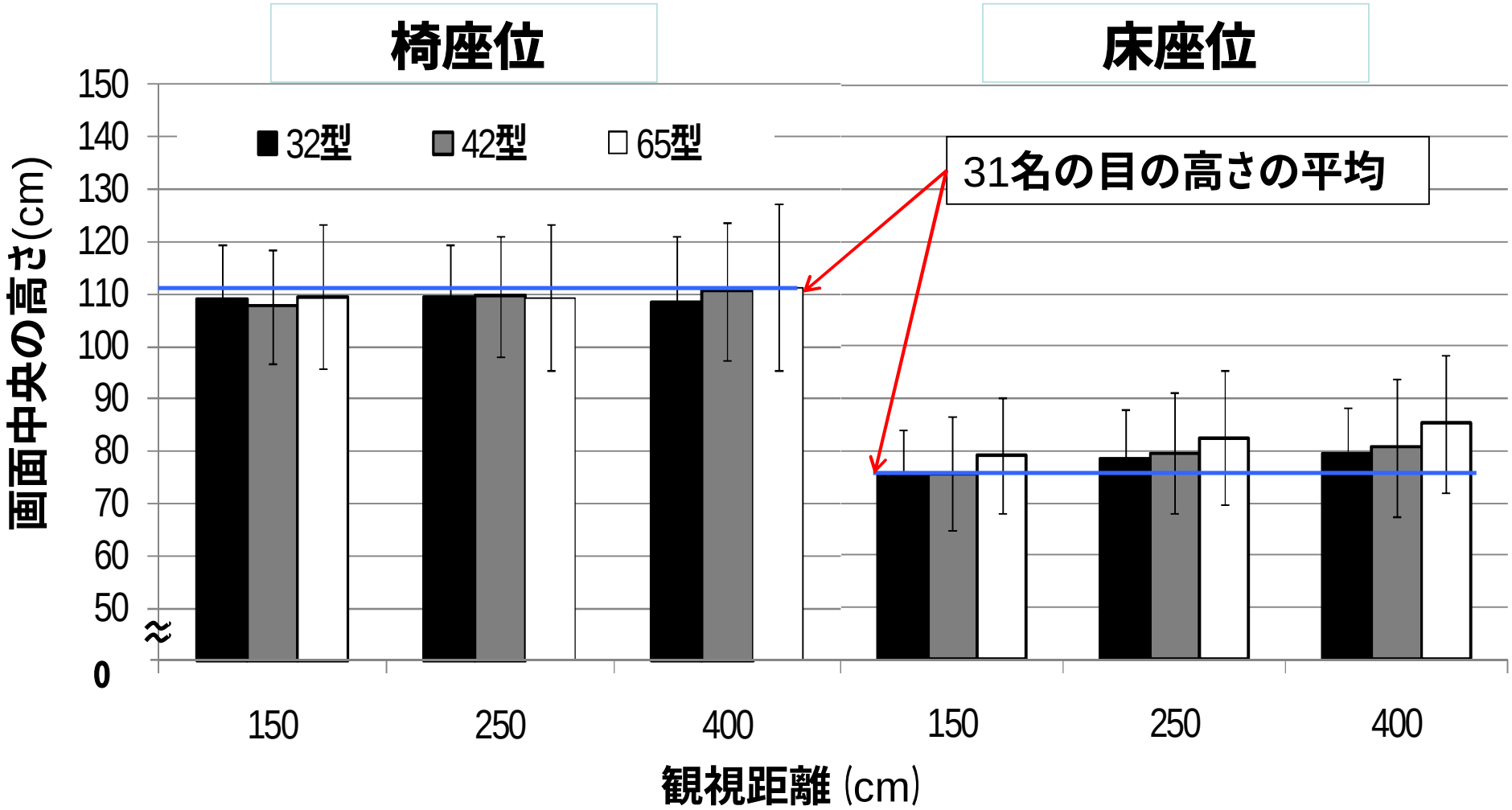
画面照度	100 (lx)
表示輝度	340cd/m^2
座位高	椅座位， 床座位
観視距離	150cm， 250cm， 400cm
画面サイズ	32型， 42型， 65型

座位高 (2) ×観視距離 (3) ×画面サイズ (3) ＝計18条件

●被験者　平均年齢 21.7歳 (20～28歳) の31名

●視聴映像　HDTV画質評価用映像Qtec社製QT-1000とASTRODESIGN社製VT-7001から合計6種類，10秒ずつ60秒間の映像の繰り返し再生

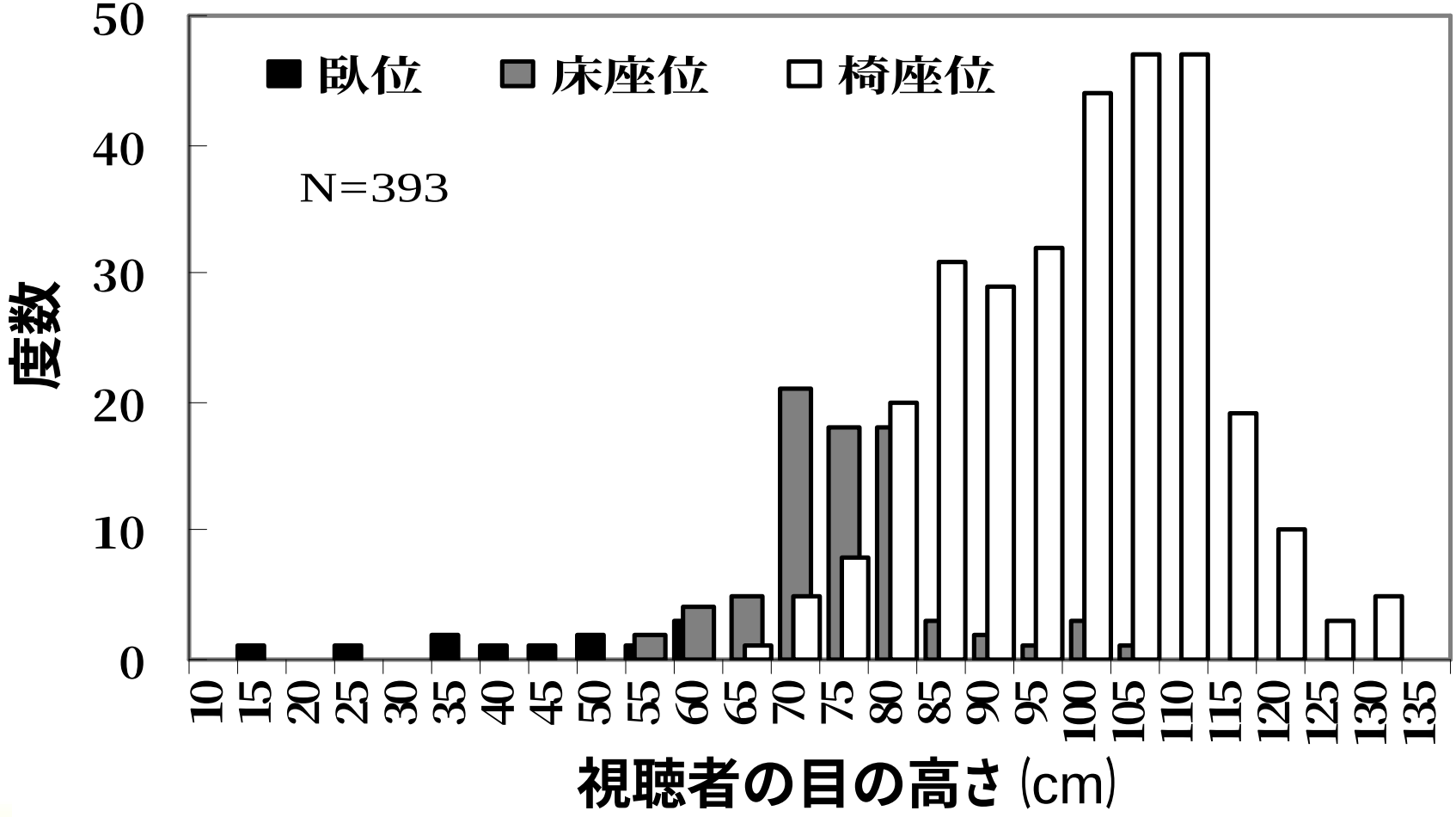
TVの好ましい設置高　３１名の平均と標準偏差



椅座位･床座位ともに画面の中心が被験者の目の高さになるように調節した

83世帯における実態調査の結果

テレビ視聴者の目の高さ
壁掛けTVの設置の指針となる



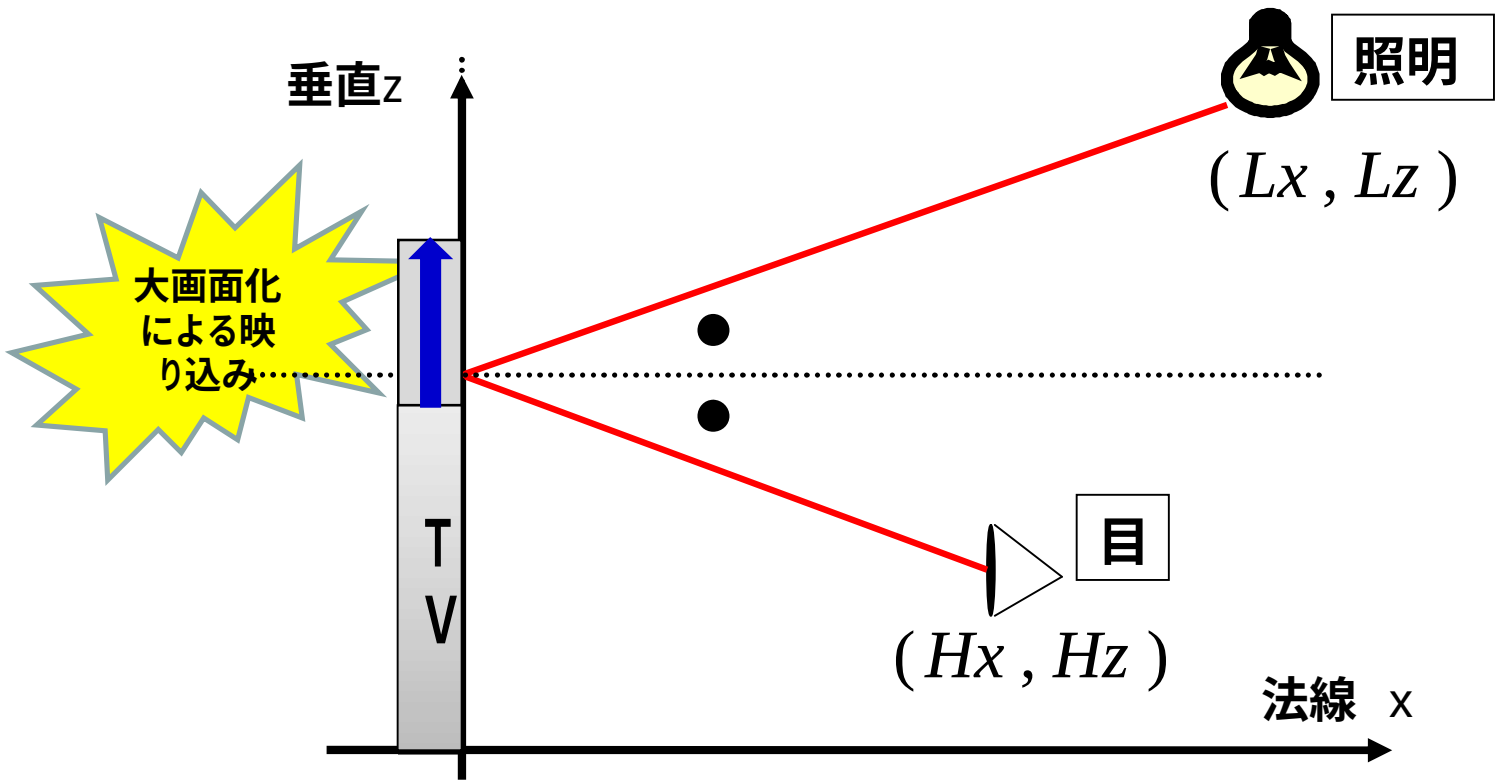
画面の設置高さ，観視位置の実態調査に基づいた大画面化による照明器具の映り込みの増加予測 文献11),12)

テレビの大画面化 → 照明映り込み増加の懸念

クリアパネルの普及

実態調査データに基づいて画面の大型化による映り込みの増加を予測する

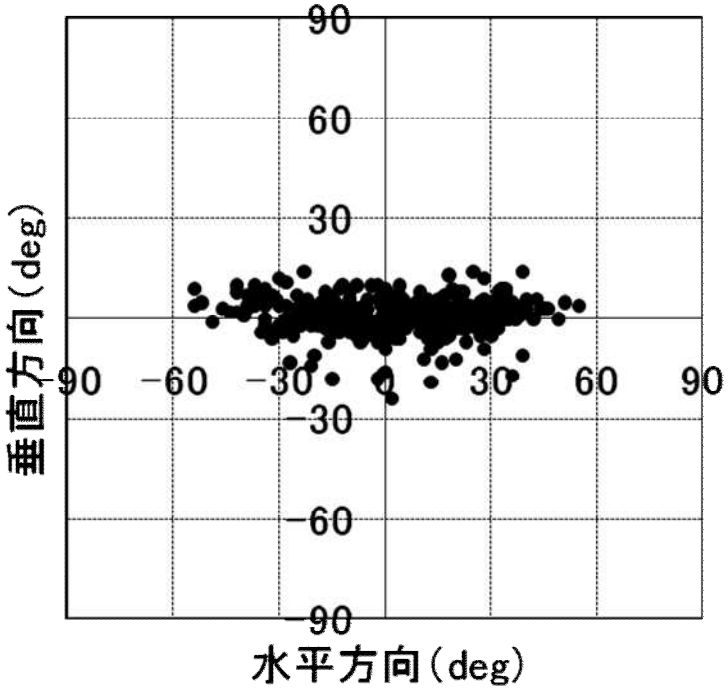
大画面化による照明器具の画面への映り込み



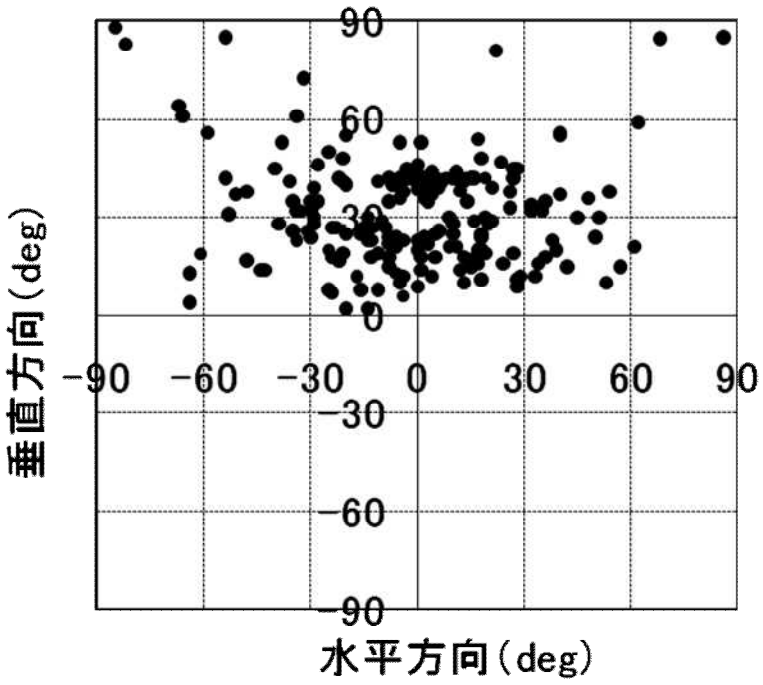
目と照明との位置関係から反射像が画面に映る

画面への照明器具の映り込み位置の算出

視聴者の目の位置　N=393



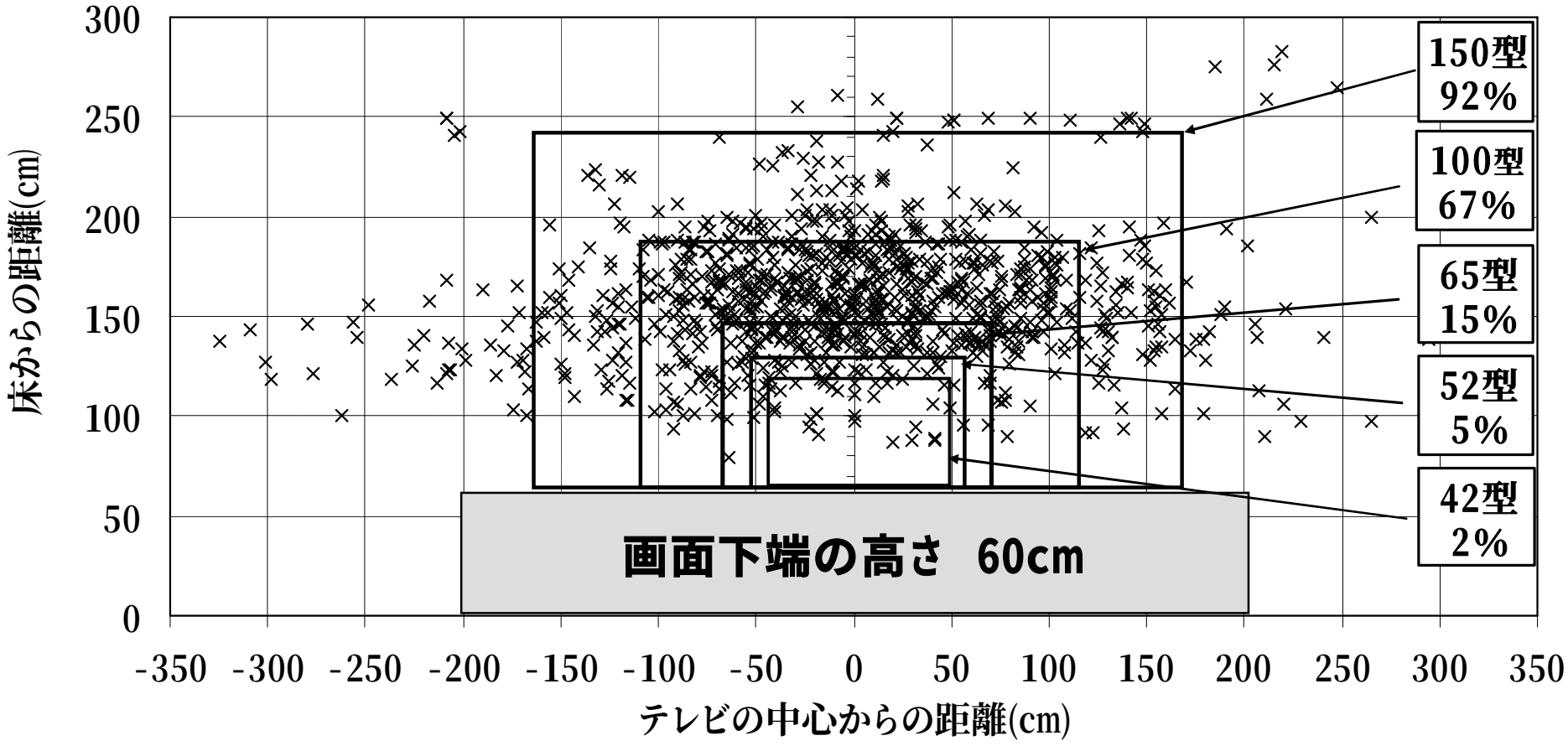
照明器具の位置　N=198



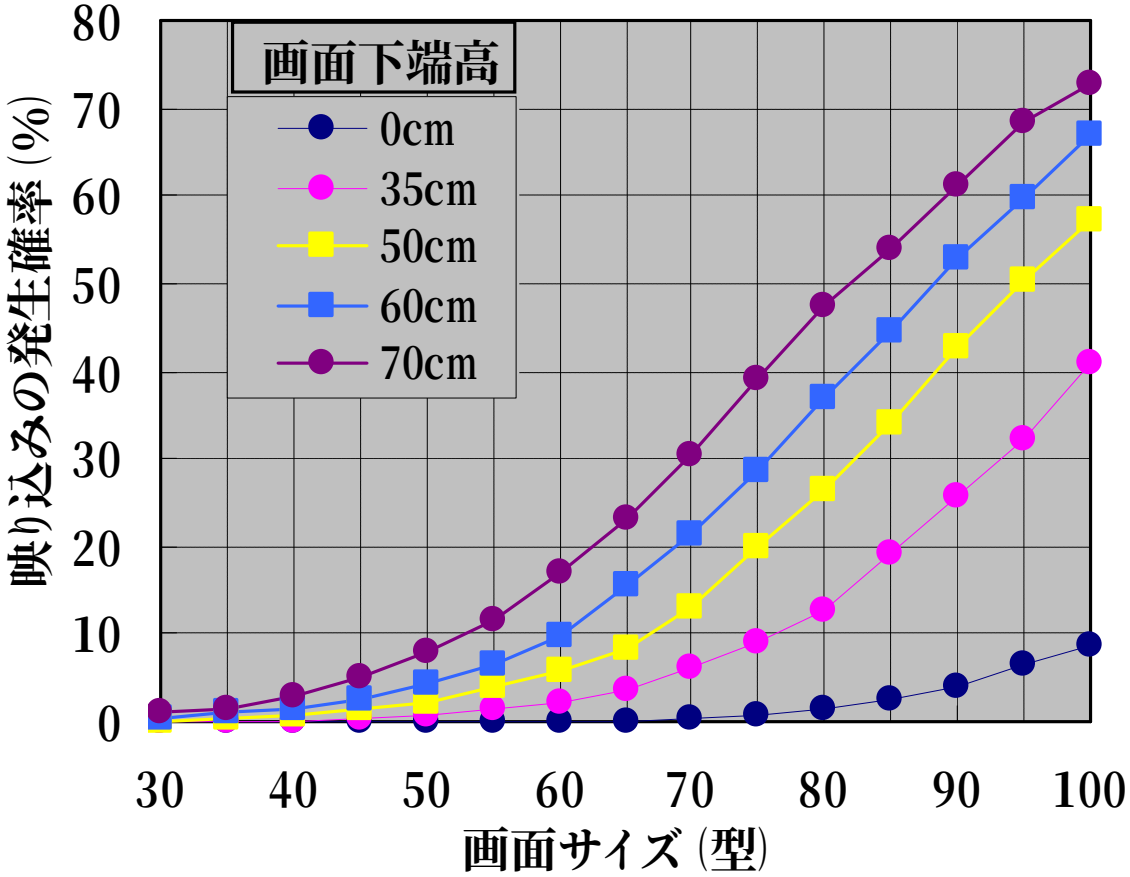
テレビ中心から見た視聴者の目の位置と照明器具の位置

結果： 照明器具の画面上の映り込み

83世帯 N=1015 における照明器具の反射位置の散布図



画面サイズと照明器具の映り込みの確率

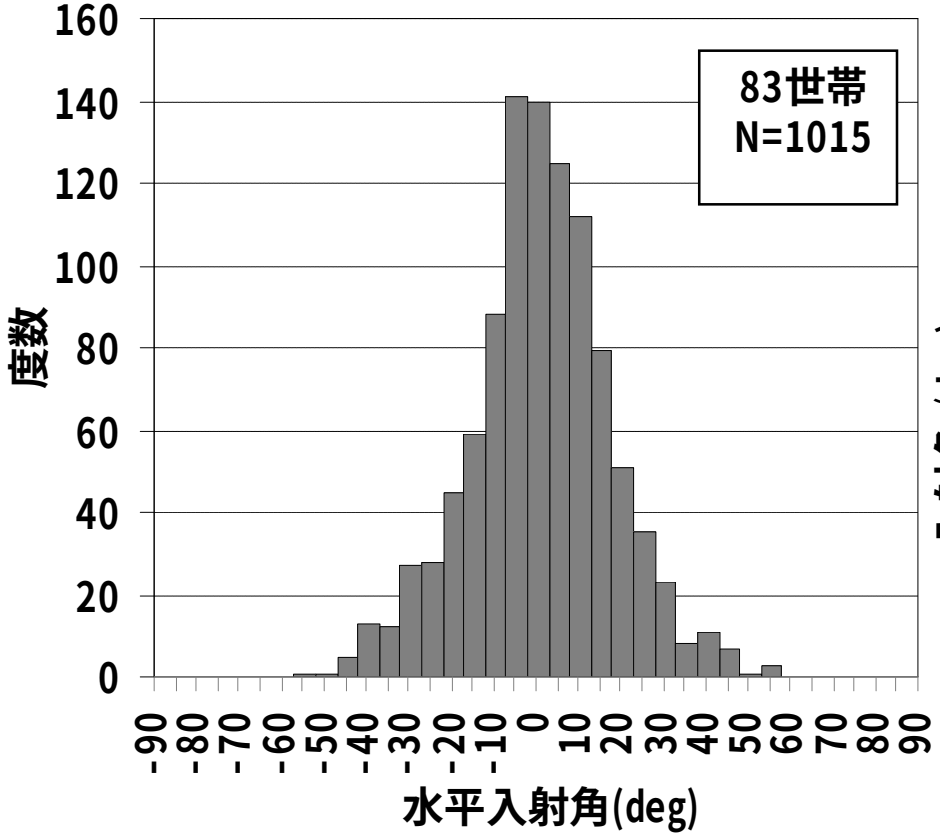


1. 我が国の一般的なリビングでは現状の普及帯の50型以下のサイズでは照明器具の映り込みはほとんど問題にならない
2. さらに大型化した場合は，テレビの設置高さと画面傾斜角度文献12)が映り込みに対して重要なパラメータとなる

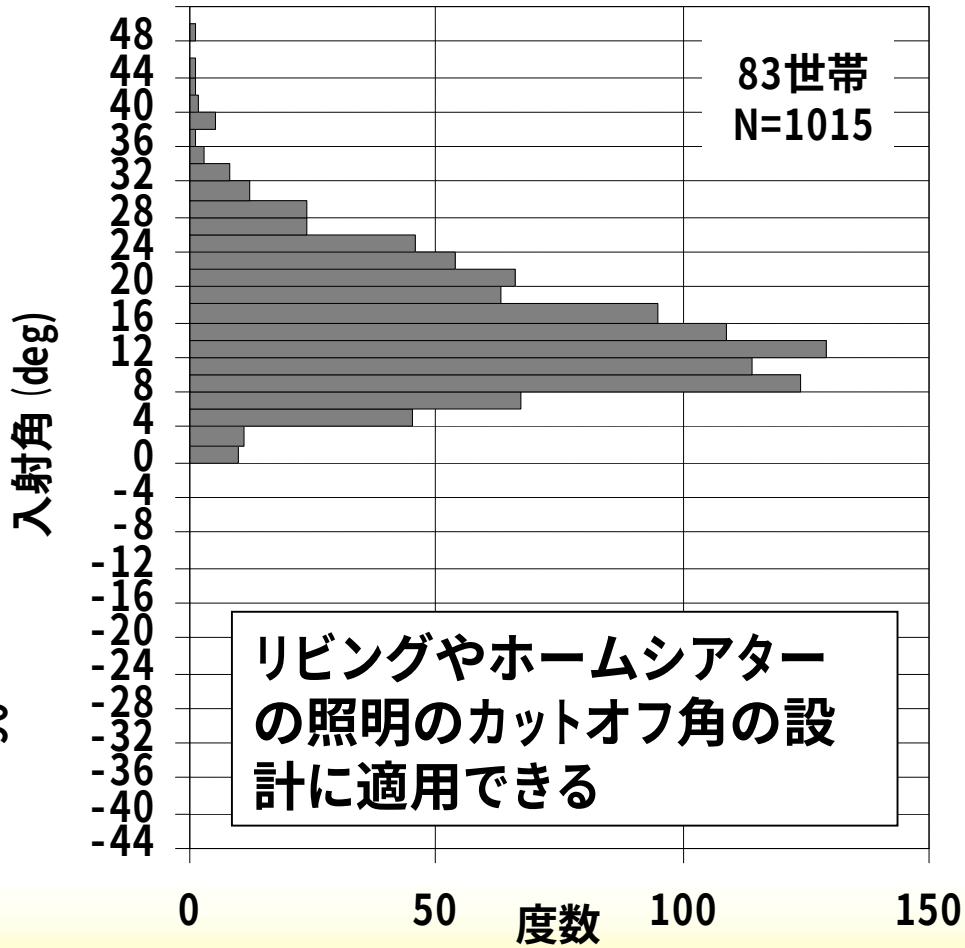
画面への照明器具の映り込みの入射角度

LED電球の普及により一室多灯照明のリビングが増加する
照明の有効利用を検討する必要がある

水平方向成分



垂直方向成分



リビングやホームシアターの照明のカットオフ角の設計に適用できる

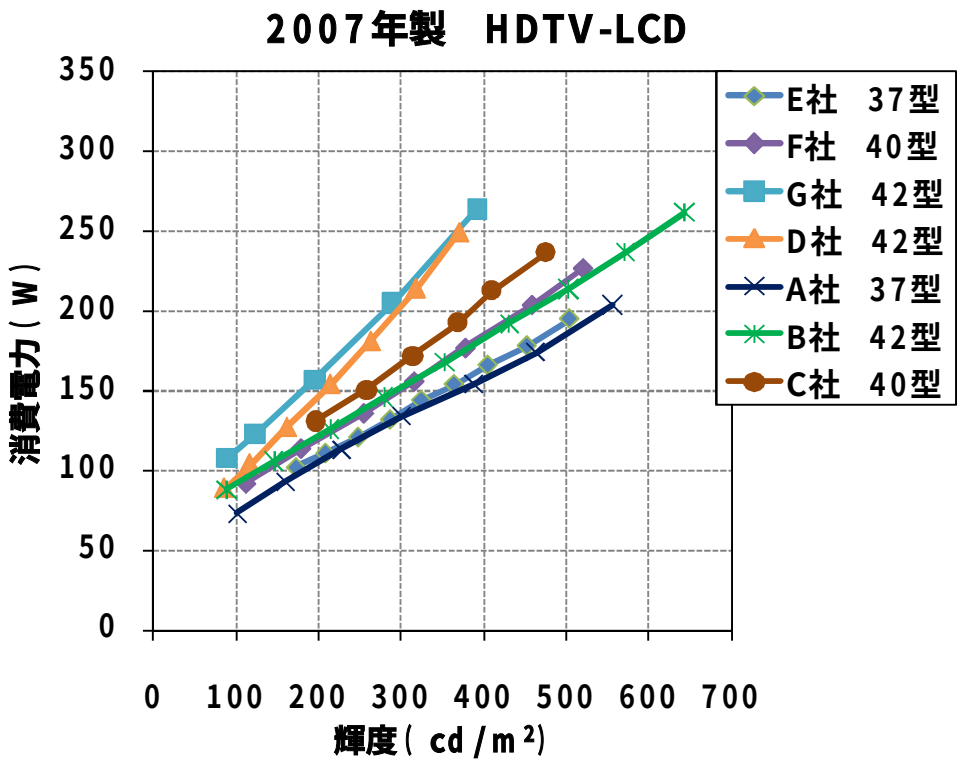
ＨＤＴＶの好適表示輝度

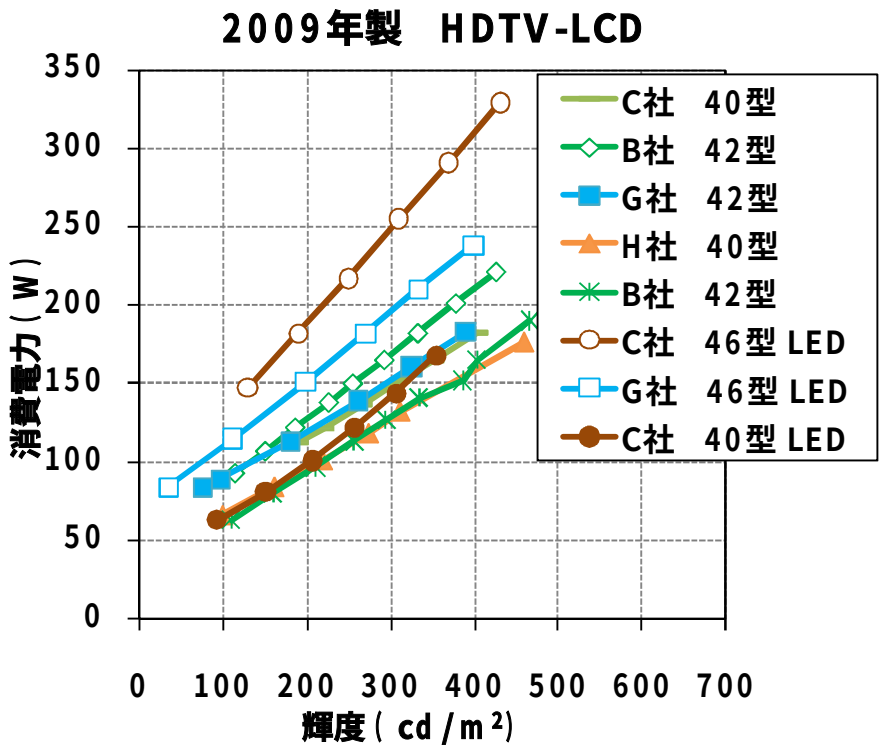
文献　6),13),14)

83世帯における実地計測と多元的な実験室
実験の結果に基づく好適条件

表示輝度と消費電力との関係

全画面白表示における輝度と消費電力（ダイナミックモード）

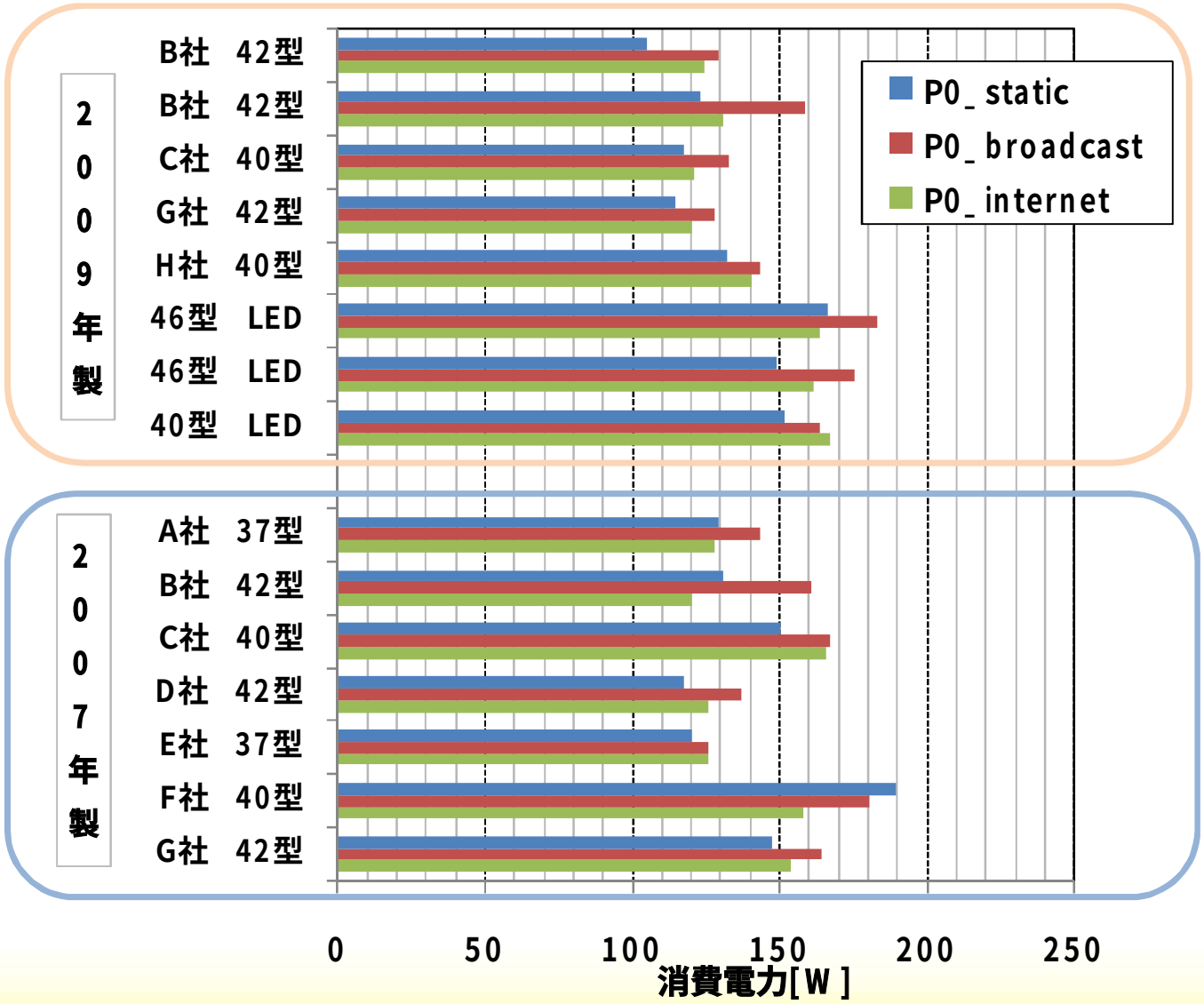




適切な輝度制御による消費電力の低減の可能性
視聴者にとって適切な輝度とは？

IEC62087-2.0 文献15)によるOn-mode測定の結果

スタンダード モード



液晶テレビの好適表示輝度に影響する要因

視聴空間の実地測定

空間的視聴条件

観視画角

24時間ﾘﾋﾞﾝｸﾞ環境計測

照明環境

画面照度

液晶テレビの好適表示輝度

ALL

コンテンツ

視聴者の年齢

視聴者特性

HDTV放送信号の分析

シニア層を被験者に使用

24時間リビング照度環境の計測

テレビ画面照度の24時間連続測定　77世帯で実施

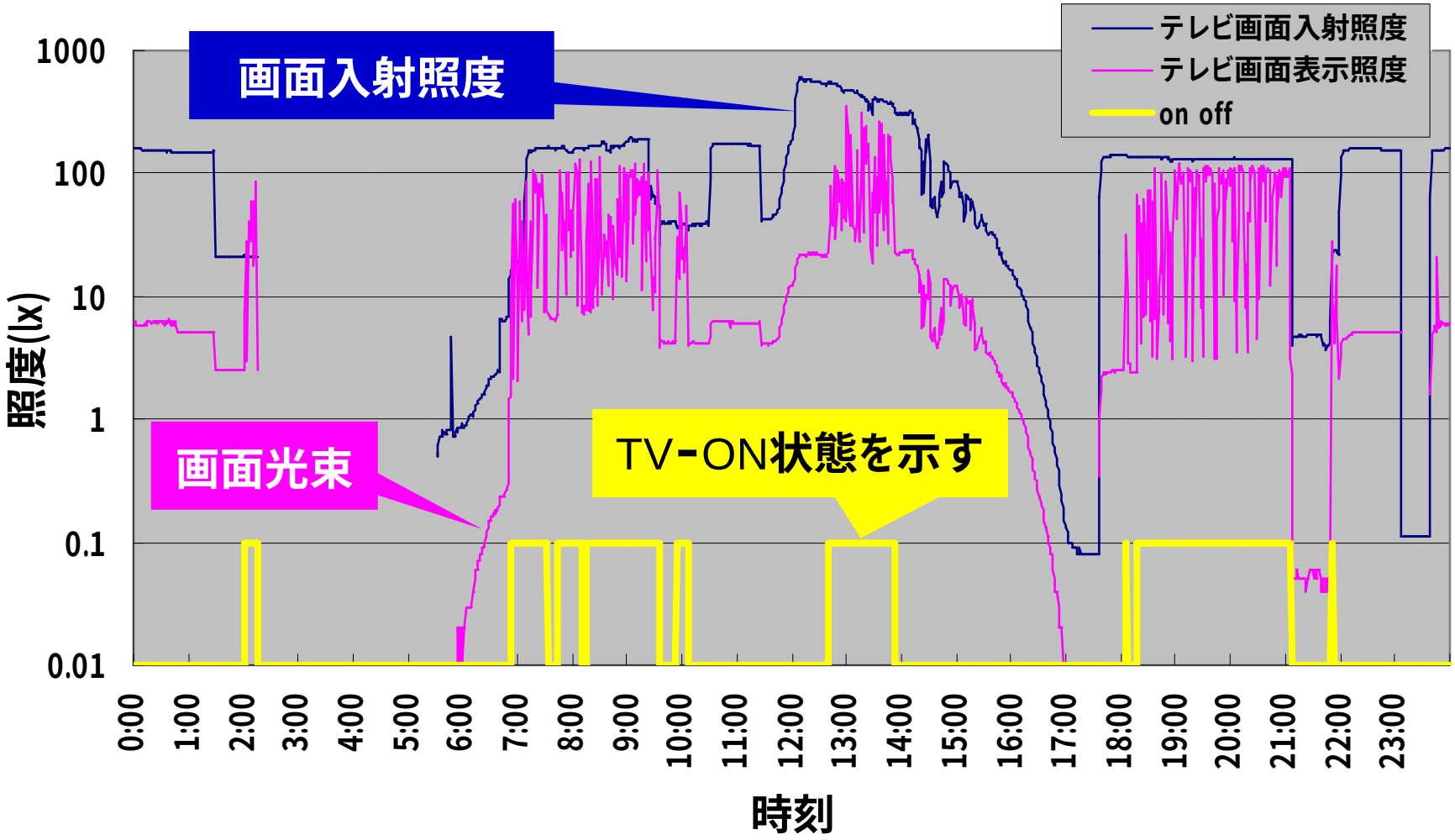
画面照度センサー

画面からの光束センサー

USB経由でPCのHDDへ1分ごとに記録した

時間保存

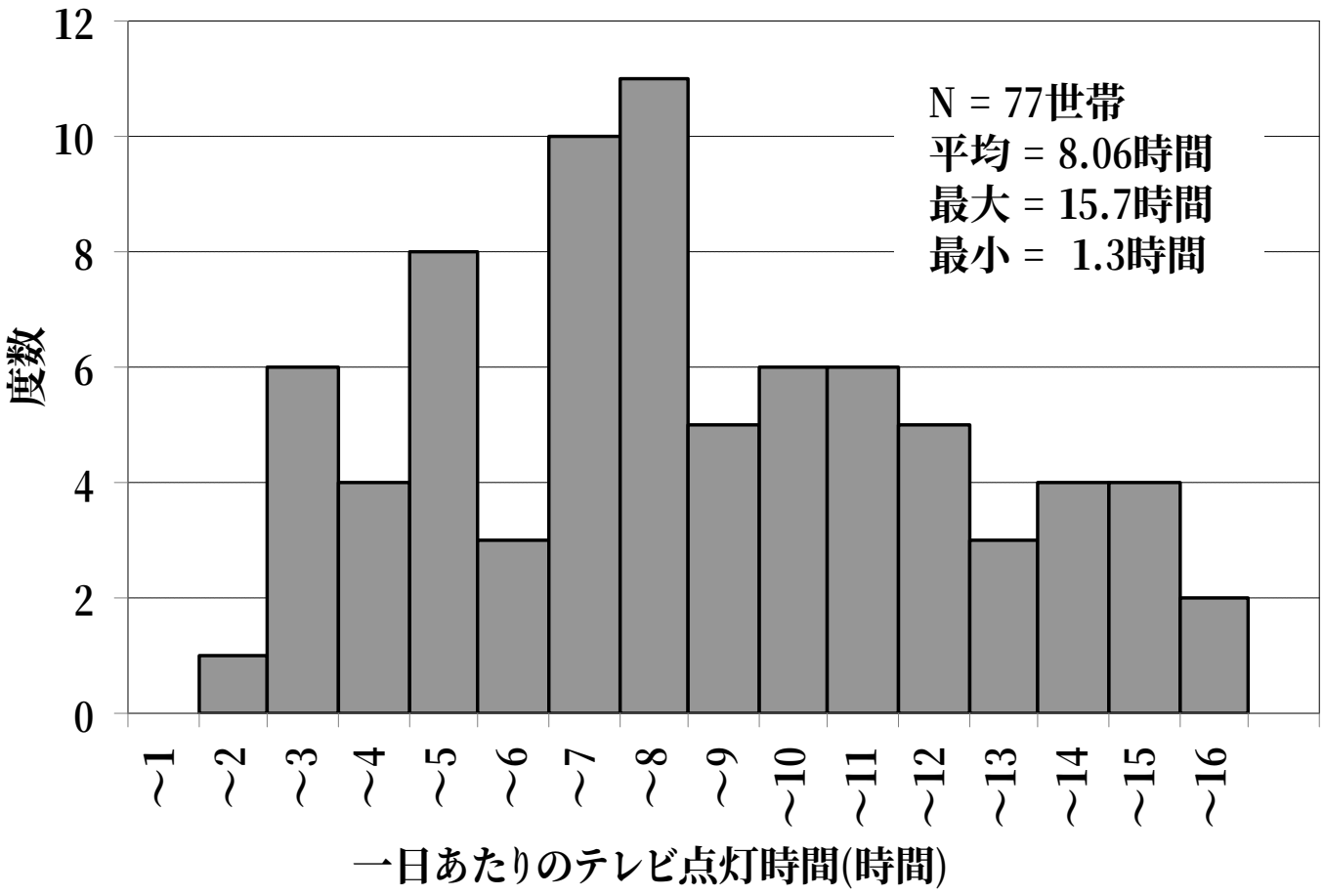
24時間リビング照度環境の計測の例

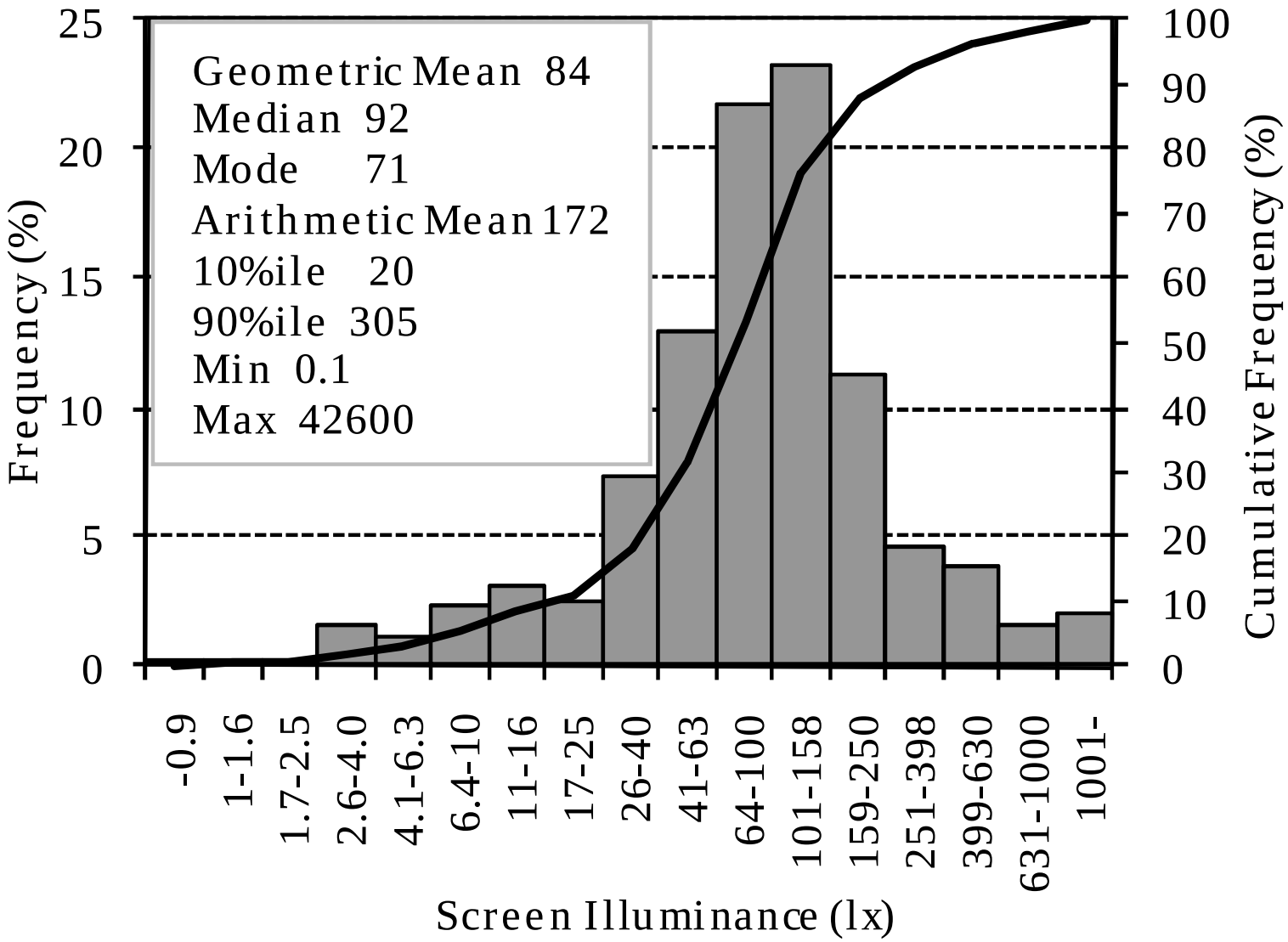


画面入射照度と画面から放射される光束を照度計で24時間連続測定した結果の一例

一日あたりのテレビ点灯時間は平均約8時間

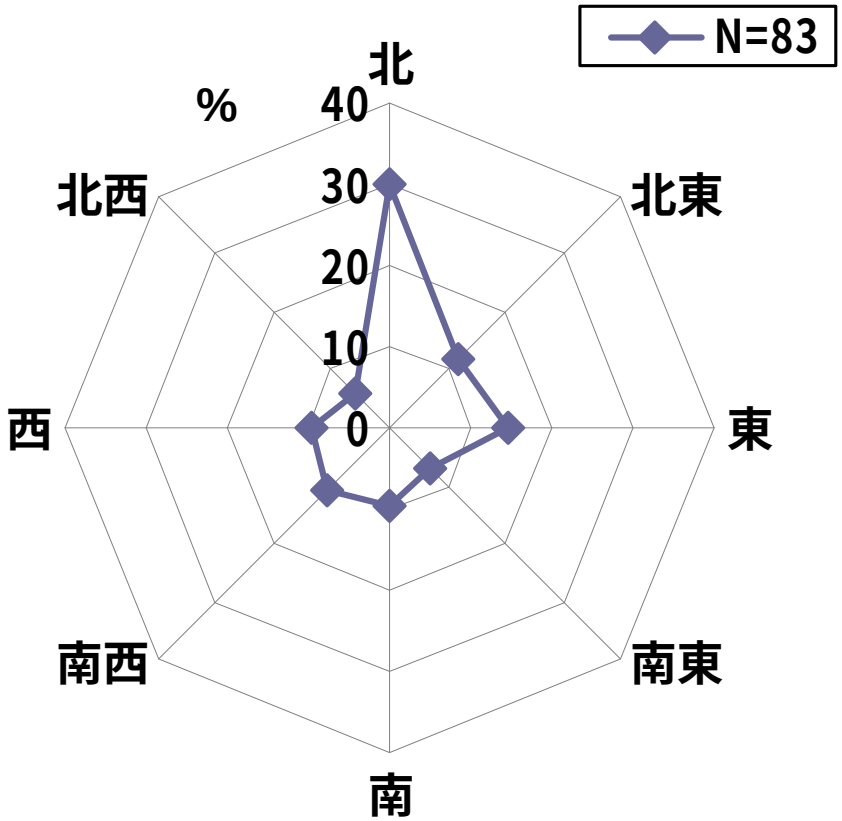
省エネ法では4.5時間で計算？



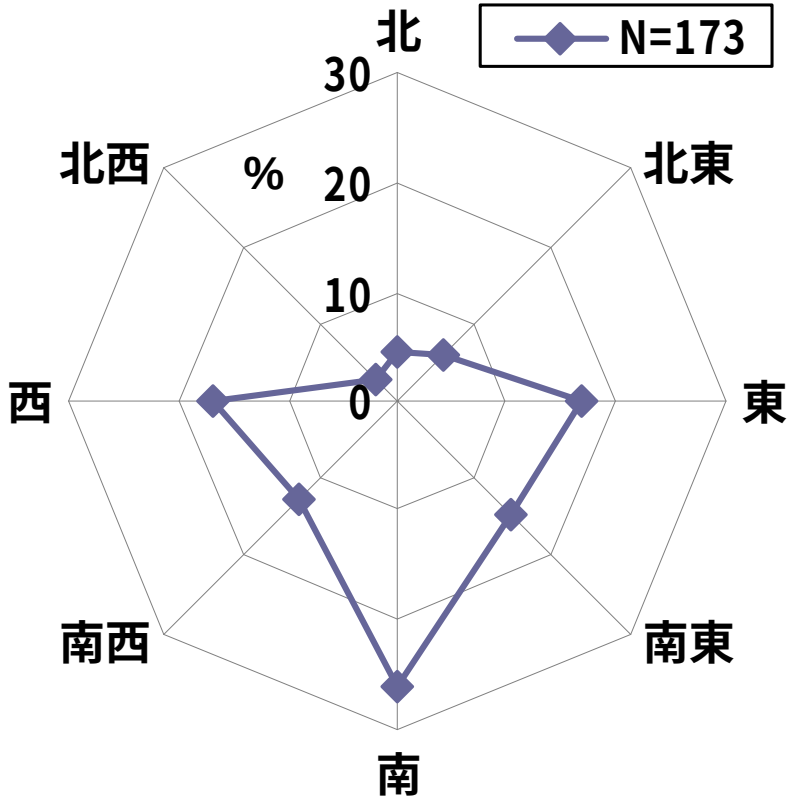


TVオン時の画面照度（77世帯の24時間計測） 文献6）

テレビ画面の向き



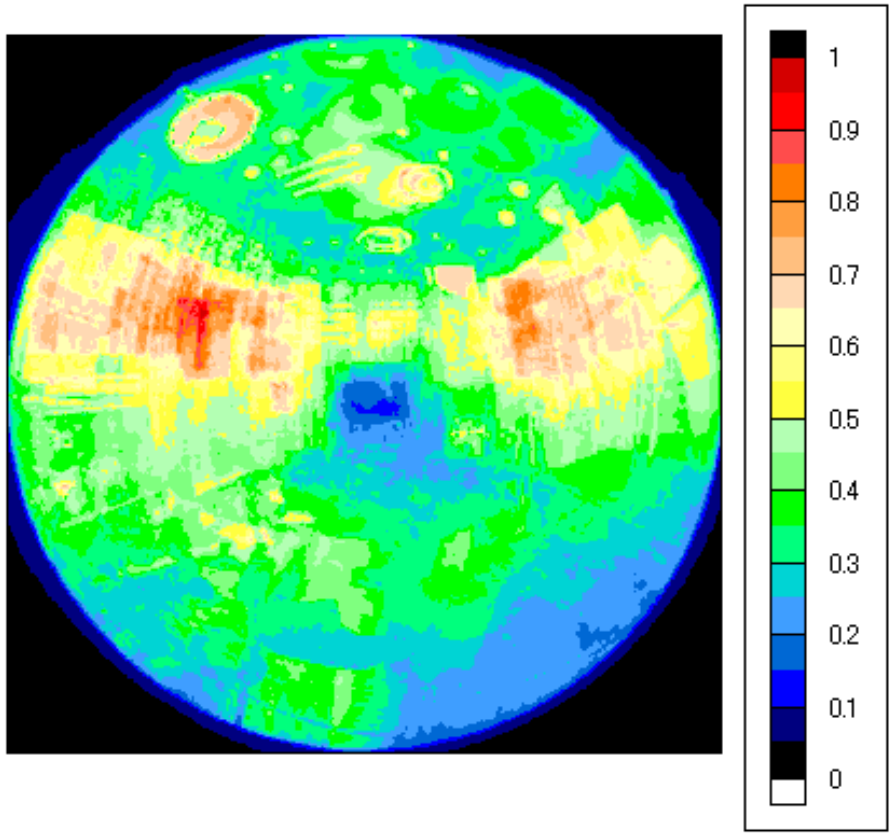
窓の向き



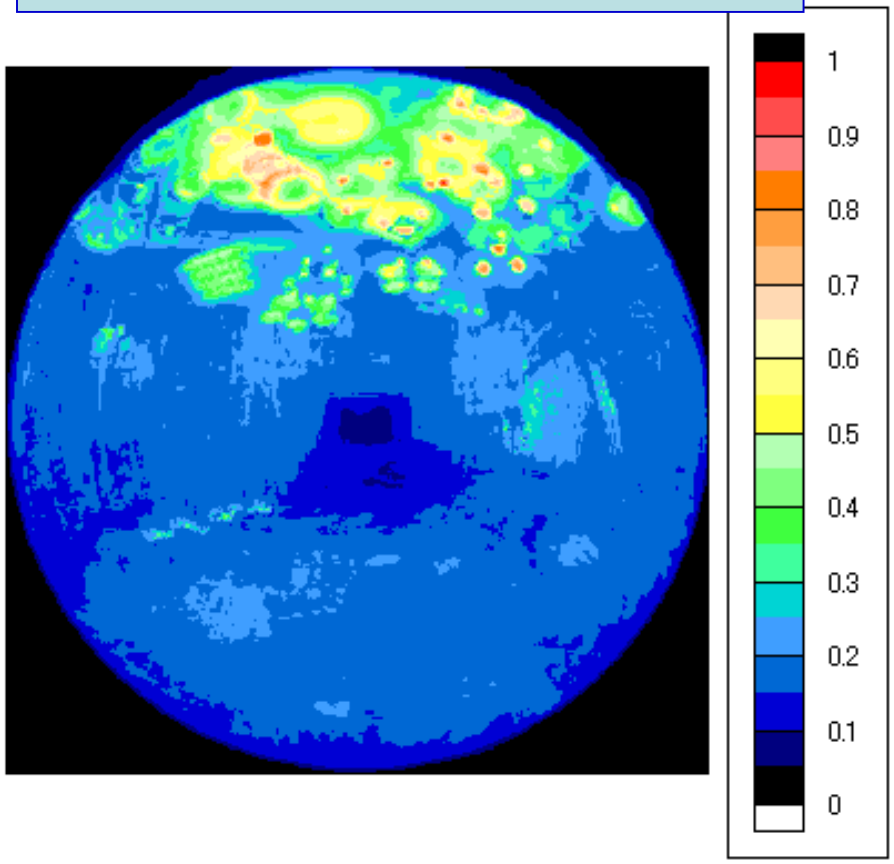
83世帯のリビングにおけるテレビ画面と窓の方位

我国では窓は南向き，テレビは北向きなることが圧倒的に多い．
さて壁掛けテレビはどのように設置するのだろうか．

昼間　77世帯の輝度分布



夜間　38世帯の輝度分布



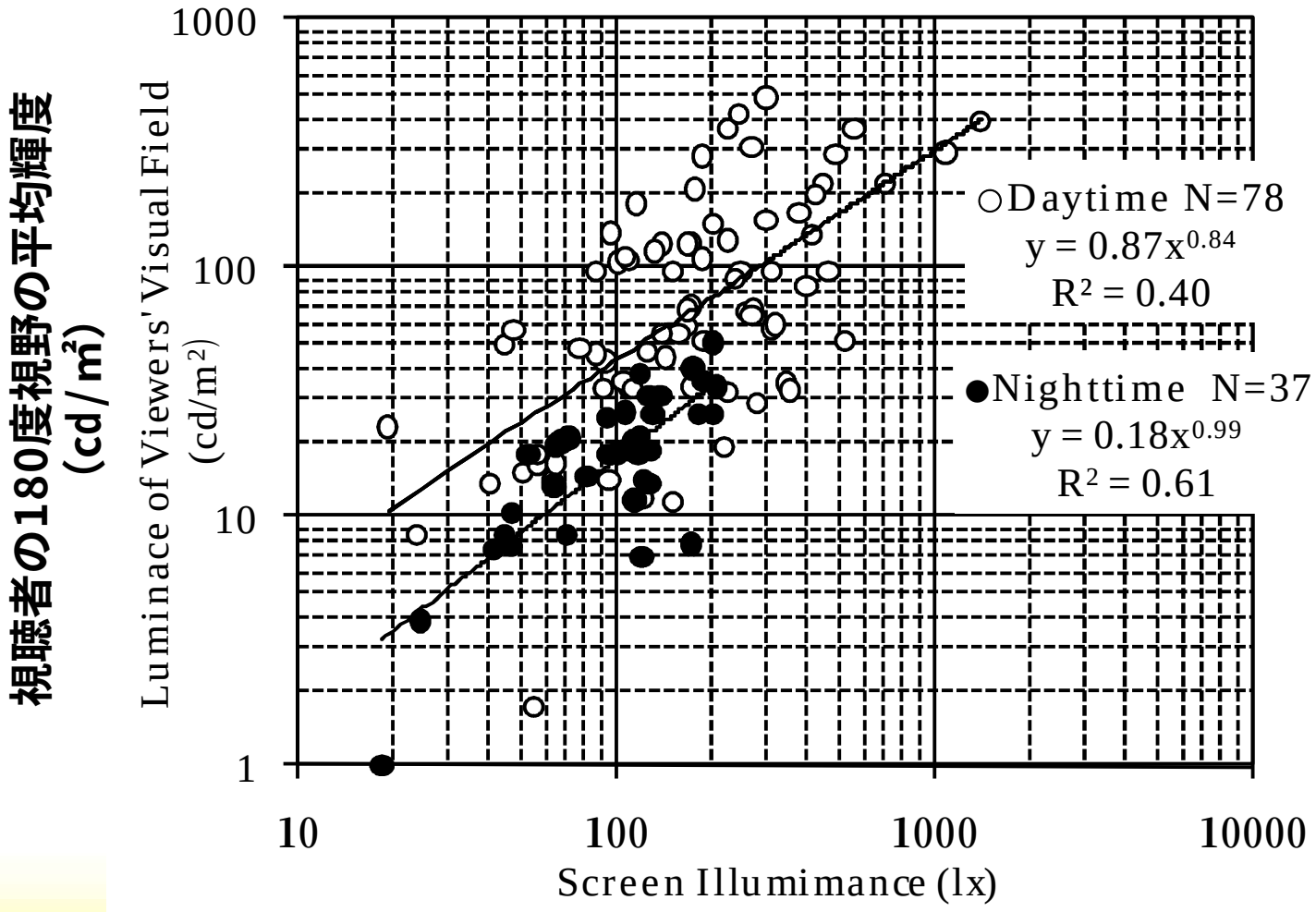
テレビ視聴者の180°視野の輝度分布（中央がテレビ画面）

昼間は窓からの自然光，夜間は天井の照明光が主となり光の方向性が異なる．画面照度は視野輝度とは必ずしも一致しない．今後は視野輝度に合わせた輝度制御が必要になる．

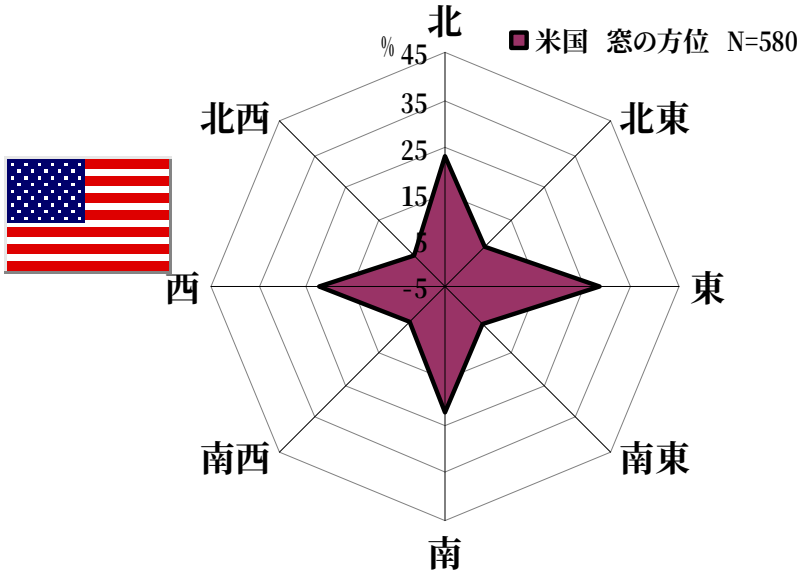
画面照度と視聴者の視野輝度との関係が昼夜で異なる

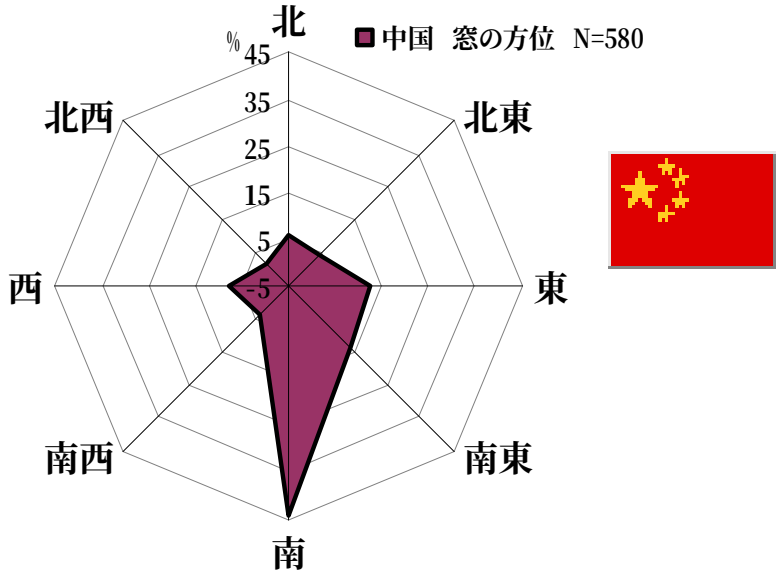
文献 16)

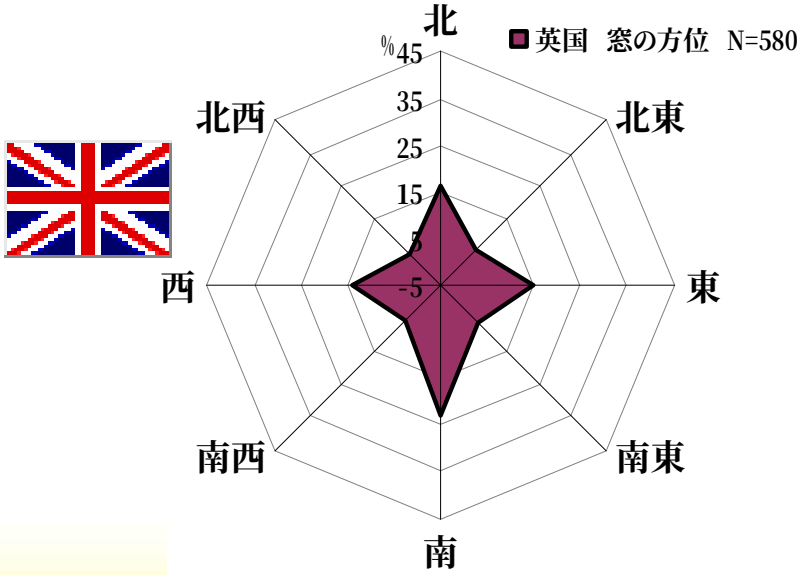
画面表面の照度センサーだけで最適輝度制御する難しさを表す

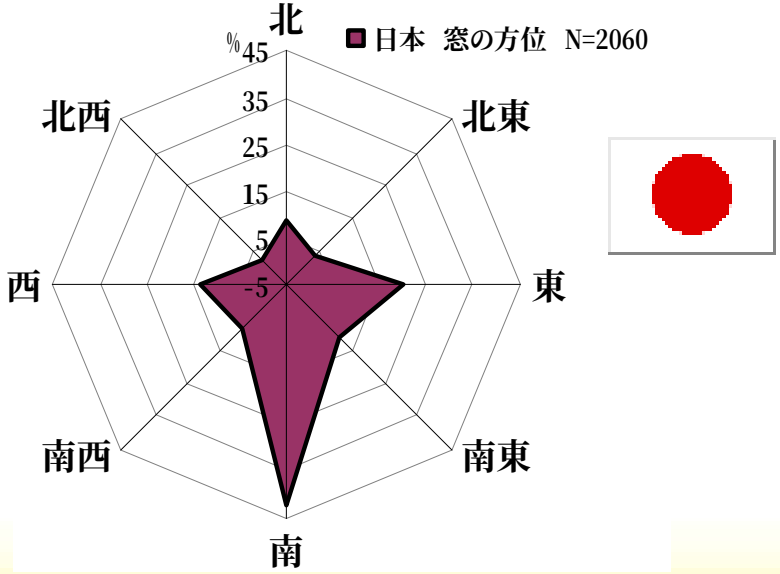


リビングの窓の向き　国別比較

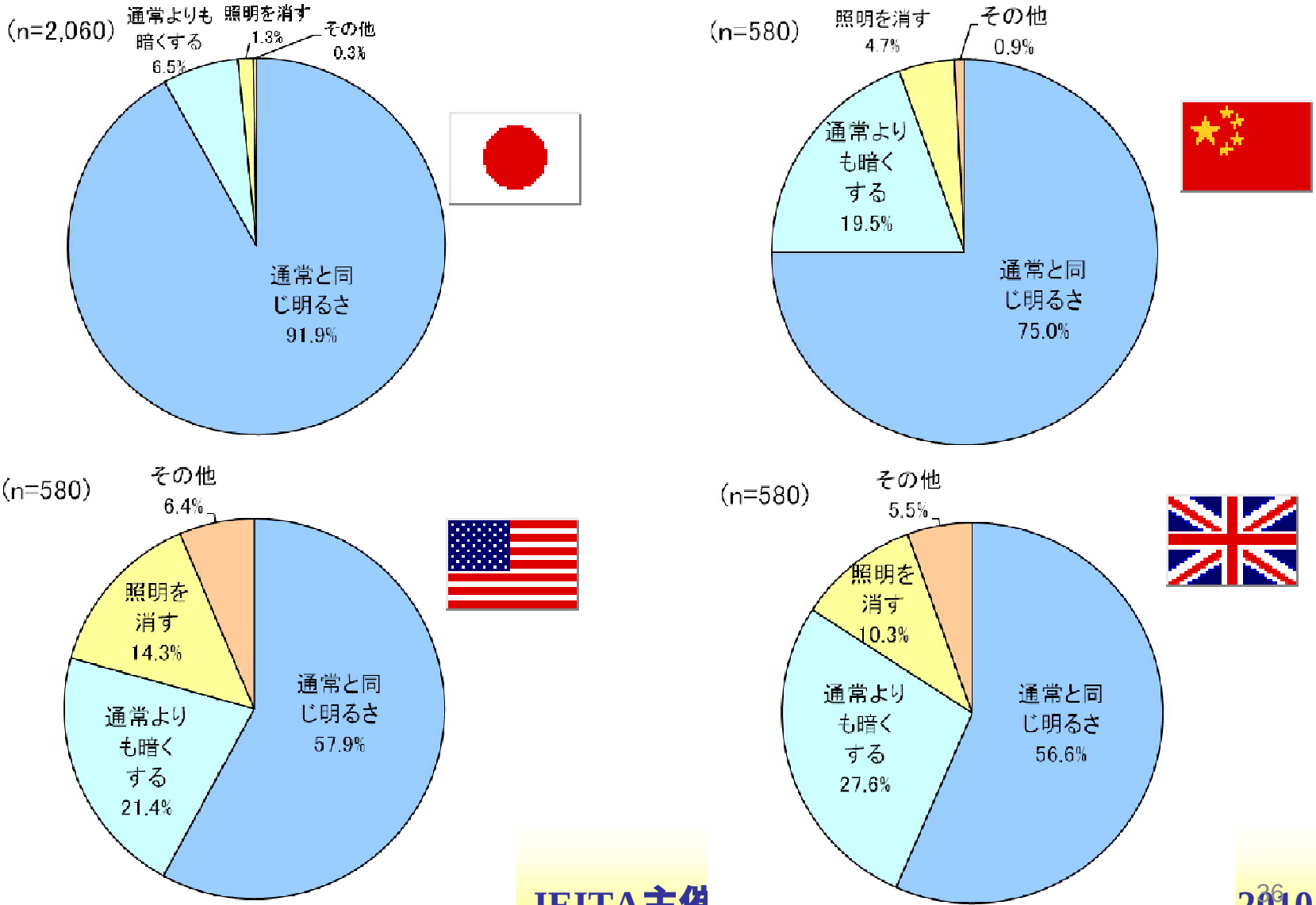








TV視聴時の照明　欧米で低表示輝度が求められるとすれば目の特性ではなく照明条件の違いと考えた方がよい



HDTV放送信号の分析 文献17),18)

放送局

NHK総合　日本テレビ　テレビ朝日
TBS　フジテレビ

記録期間

2009年7月31日午前0時　から
2009年8月7日の1週間

装置

地上デジタル放送チューナー
八木アンテナ社製　DTC110

HDMIキャプチャーボード
BlackMagicDesign 社製
Intensity Pro

Windows Vista 64bit PC

計測値　各フレーム毎に算出
ITU-R BT.709 準拠

輝度情報

刺激値*Y*ヒストグラム

刺激値*Y*による APL ,ALL
* SD映像の場合, 黒帯領域は除去

色度情報

u'v' ヒストグラム

*a*b** ヒストグラム

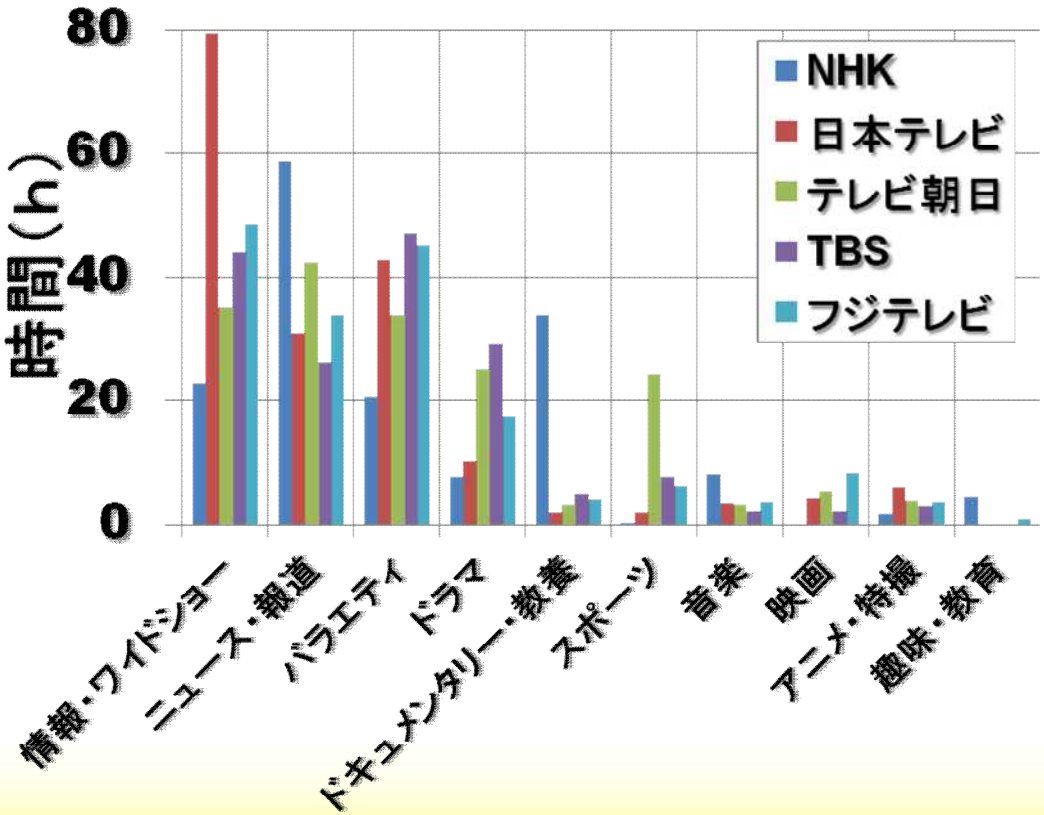
ジャンル別の放送時間

- 総計測時間　829　時間 (11時間の欠損)
- 総番組数　　1211番組

総計測時間に対する放送時間の割合

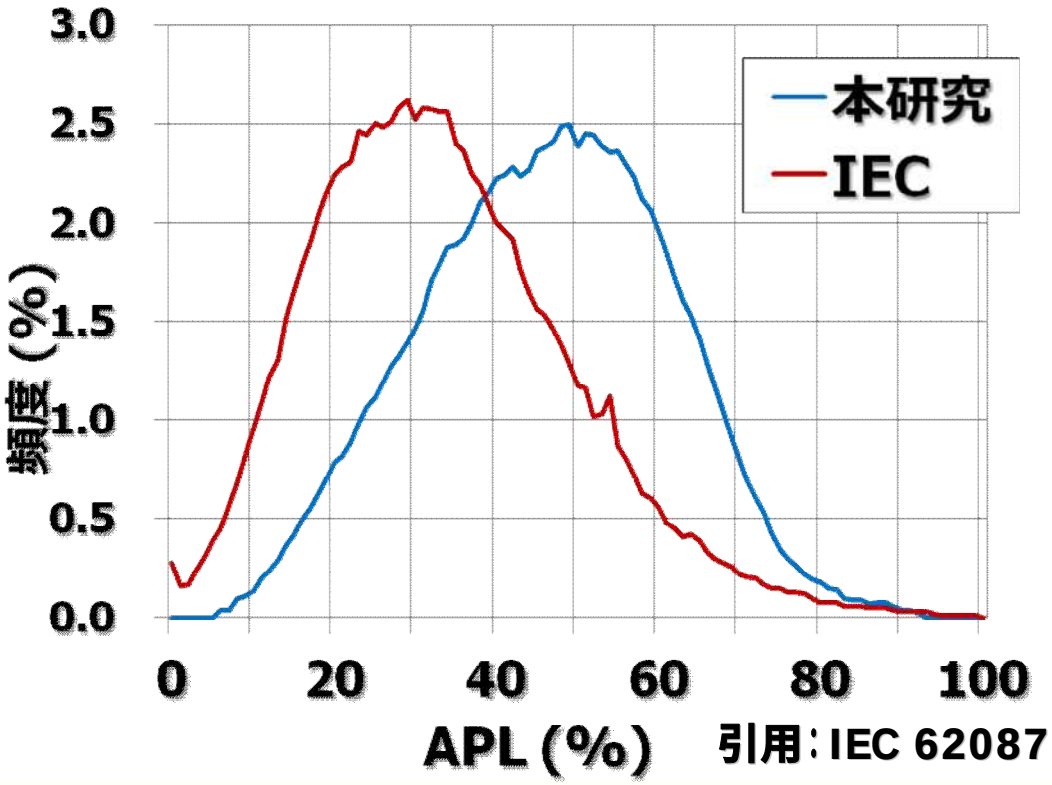
情報･ワイドショー	27.0%
ニュース･報道	22.5%
バラエティ	22.2%
ドラマ	10.5%
その他のジャンル	17.8%

放送局別のジャンルの放送時間



APLの分析結果

本研究結果とIEC62087文献15)の電力測定用映像のAPL分布の比較



引用：IEC 62087

平均APL

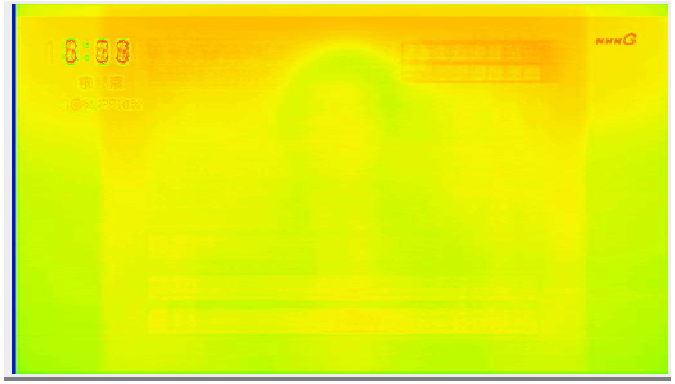
IEC62087 Ed.2.0	33.9%
本研究結果	44.8%
情報・ワイドショー	49.3%
バラエティ	49.6%
ニュース	47.7%
ドラマ	36.0%

放送局別平均APL

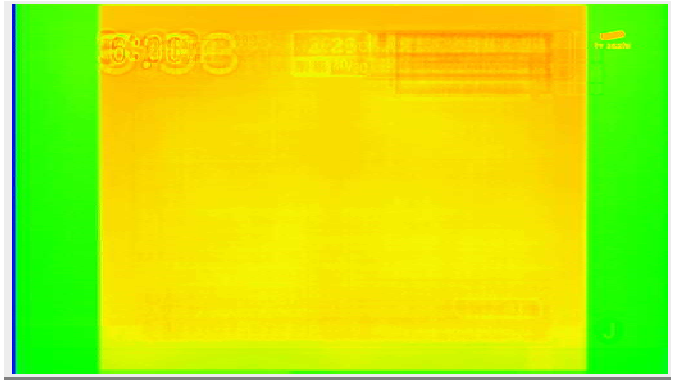
NHK総合	47.2%
日本テレビ	43.4%
テレビ朝日	45.2%
TBS	42.9%
フジテレビ	45.2%

空間累積輝度分布

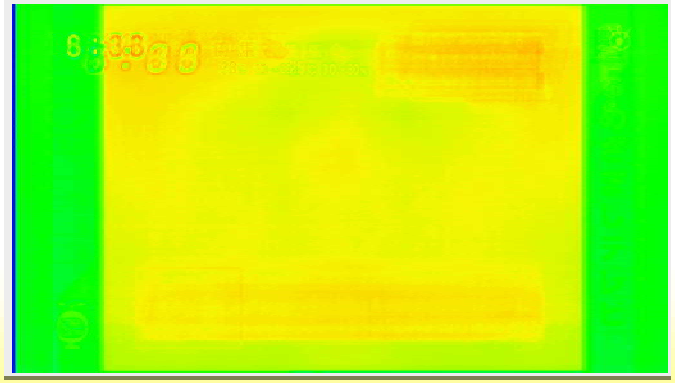
NHK総合



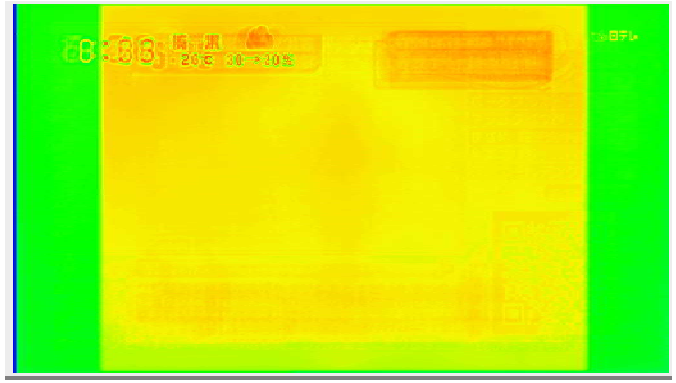
テレビ朝日



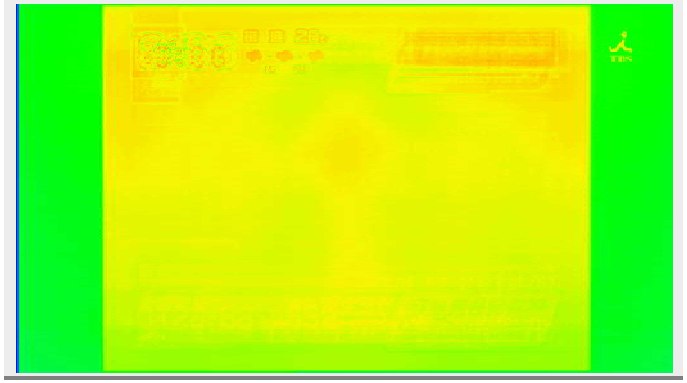
フジテレビ



日本テレビ

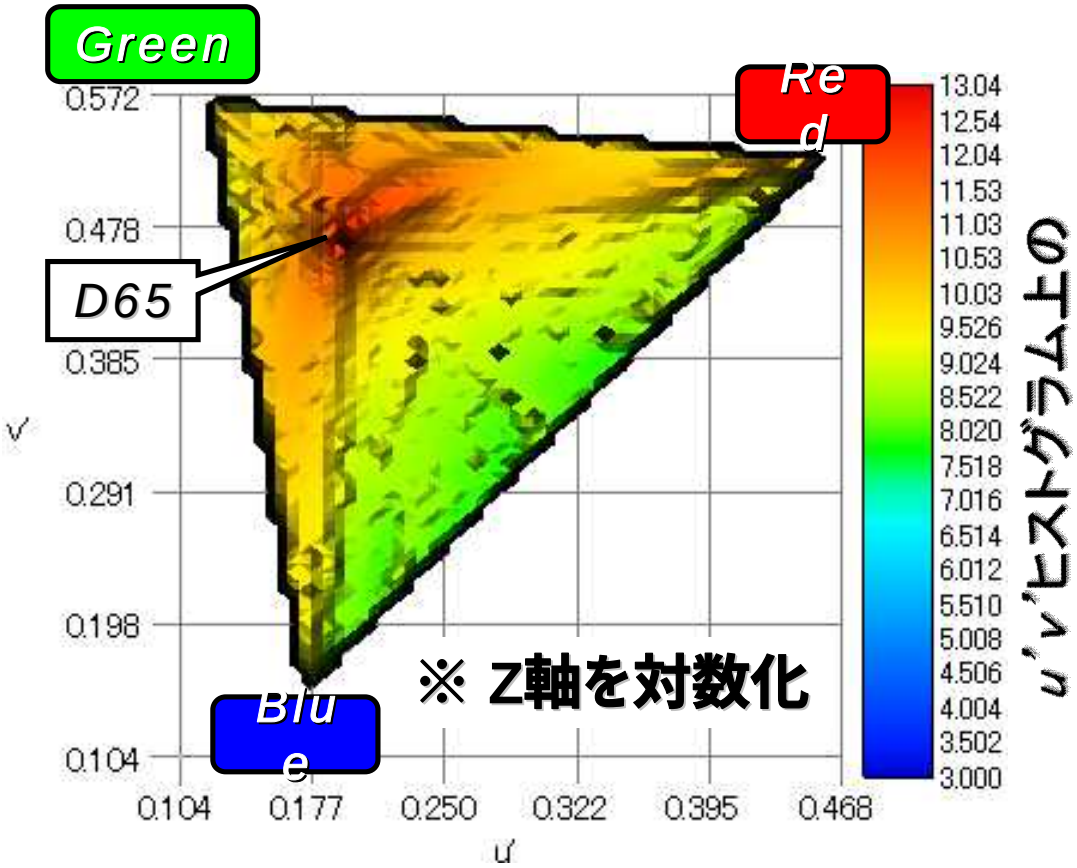


TBS

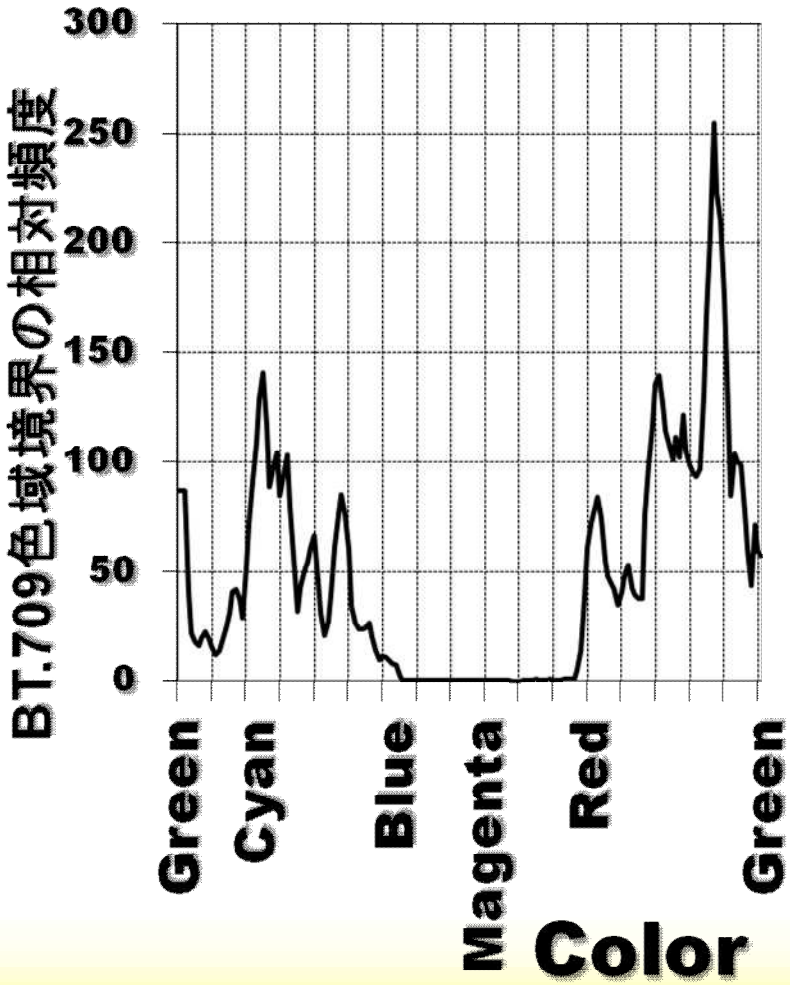


二次元U'V' ヒストグラム

全画素のu'v'ヒストグラム



u'v'ヒストグラムの外周



好ましい表示輝度に関する多元的な実験結果から求めた重回帰モデル

目的変量	説明変量
好ましい輝度	画面照度 観視画角 表示映像のALL

各要因とは両対数で線形の関係があり，独立な要因として扱えるので以下の回帰モデルが構築できる

$$\log(\text{好ましい輝度}) = a \cdot \log(\text{画面照度}) + b \cdot \log(\text{観視画角}) + c \cdot \log(\text{ALL}) + d$$

観視画角・ＡＬＬ・画面照度を変数とした好適輝度の実験結果から求めた重回帰モデル

若年者群 平均年齢　22歳

$$\log PL = 2.40 + 0.27 \log E - 0.22 \log SA - 0.32 \log ALL$$

Adjusted　R^2=0.99

高齢者群 平均年齢　71歳

$$\log PL = 2.87 + 0.13 \log E - 0.34 \log SA - 0.21 \log ALL$$

Adjusted　R^2=0.94

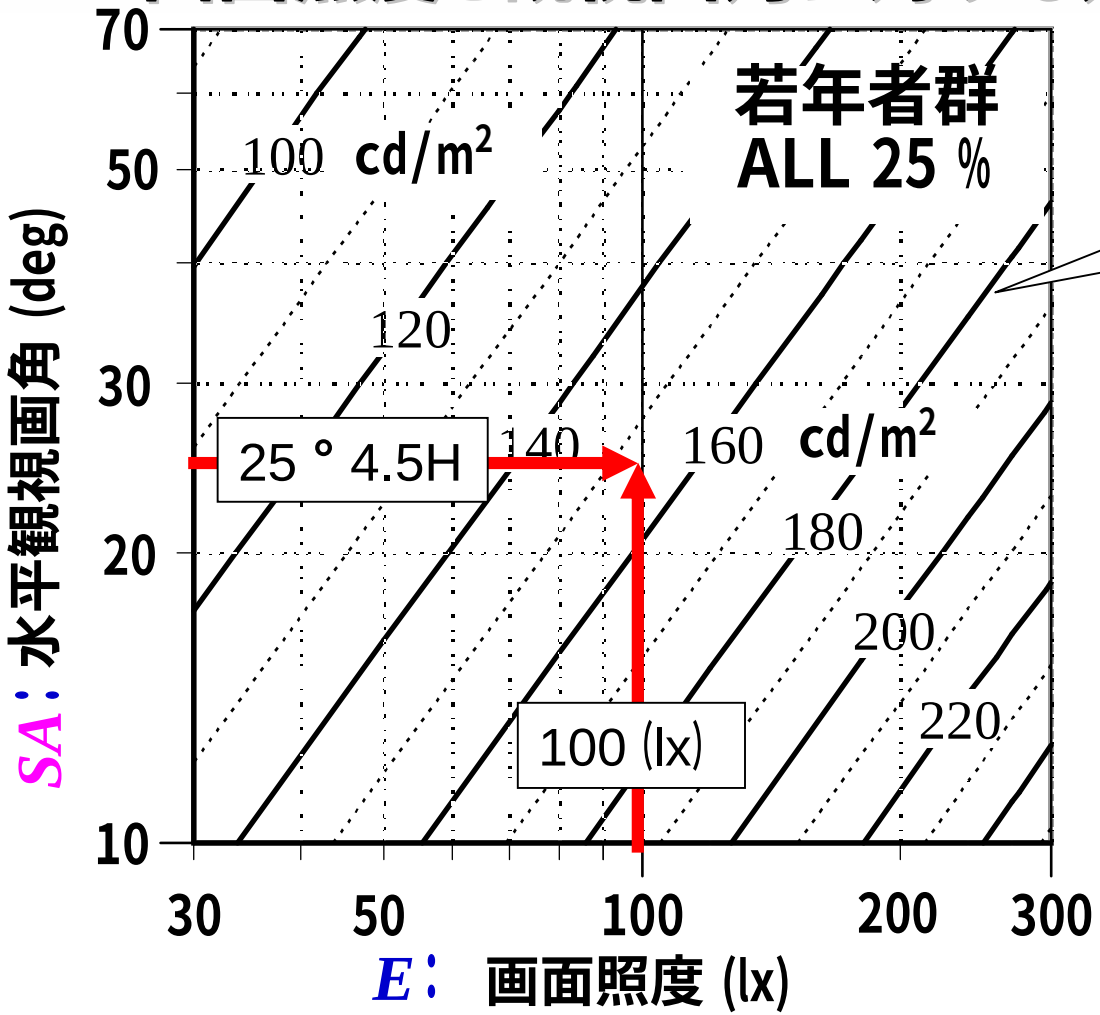
PL　：好ましい輝度 (cd/m²)　　*E*　：画面照度 (lx)

SA　：観視画角(deg)　　*ALL*：映像の平均輝度レベル (%)

各説明変量に対する標準偏回帰係数

若年者群		高齢者群	
①画面照度：	0.58	①画面照度：	0.37
②観視画角：	- 0.27	②観視画角：	- 0.56
③ALL　：	- 0.77	③ALL　：	- 0.71

画面照度と観視画角に対する好適輝度 (若年者)



等高線は好ましい輝度 (cd/m²) *PL*

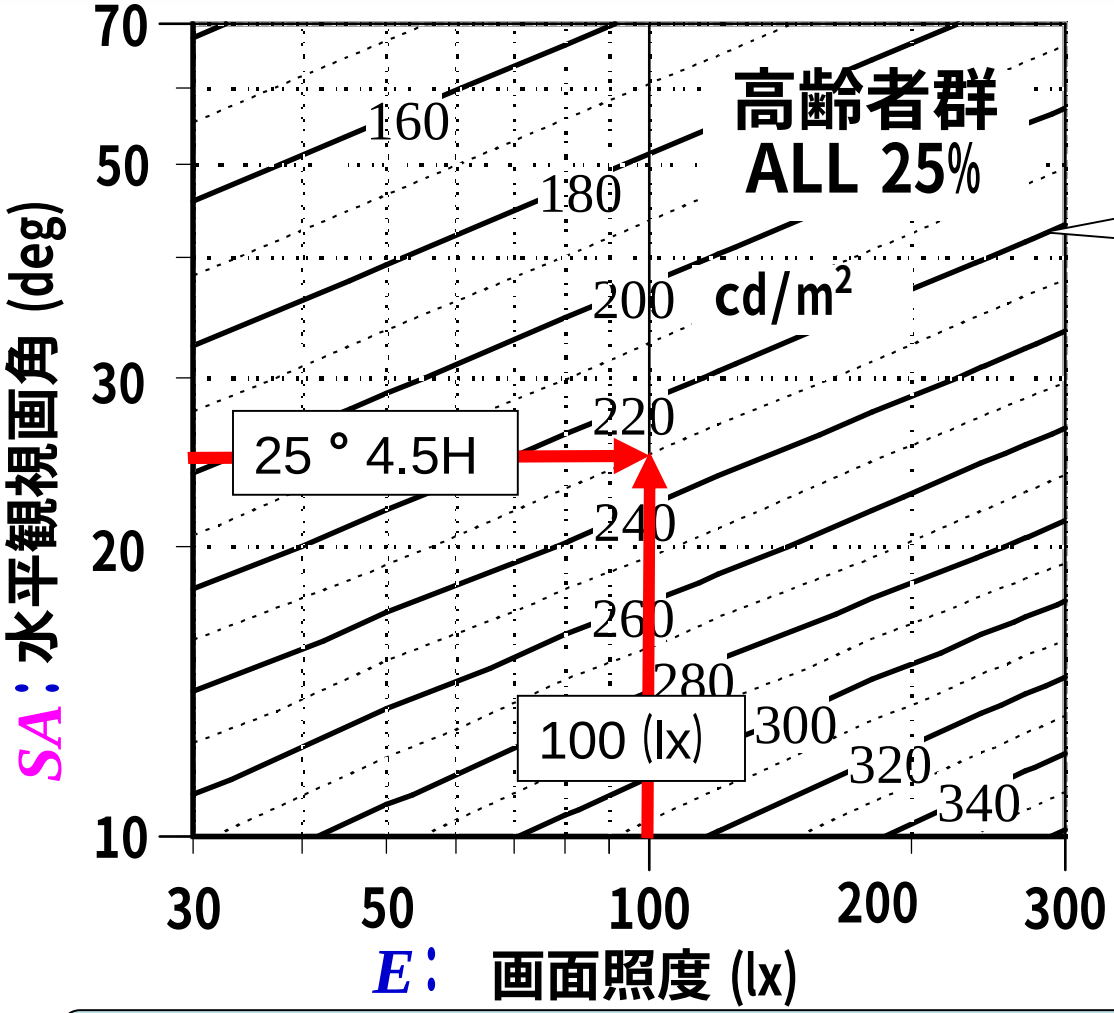
下記のモデルを等高線図で表現

若年者24名 (平均年齢22歳) の実験結果から求めた回帰式

$$\log PL = 2.40 + 0.27 \log E - 0.22 \log SA - 0.32 \log ALL$$

好適輝度 (cd/m²)　画面照度 (lx)　観視角度 (deg)　ALL (%)

画面照度と観視画角に対する好適輝度（高齢者）



等高線は好ましい輝度 (cd/m²) *PL*

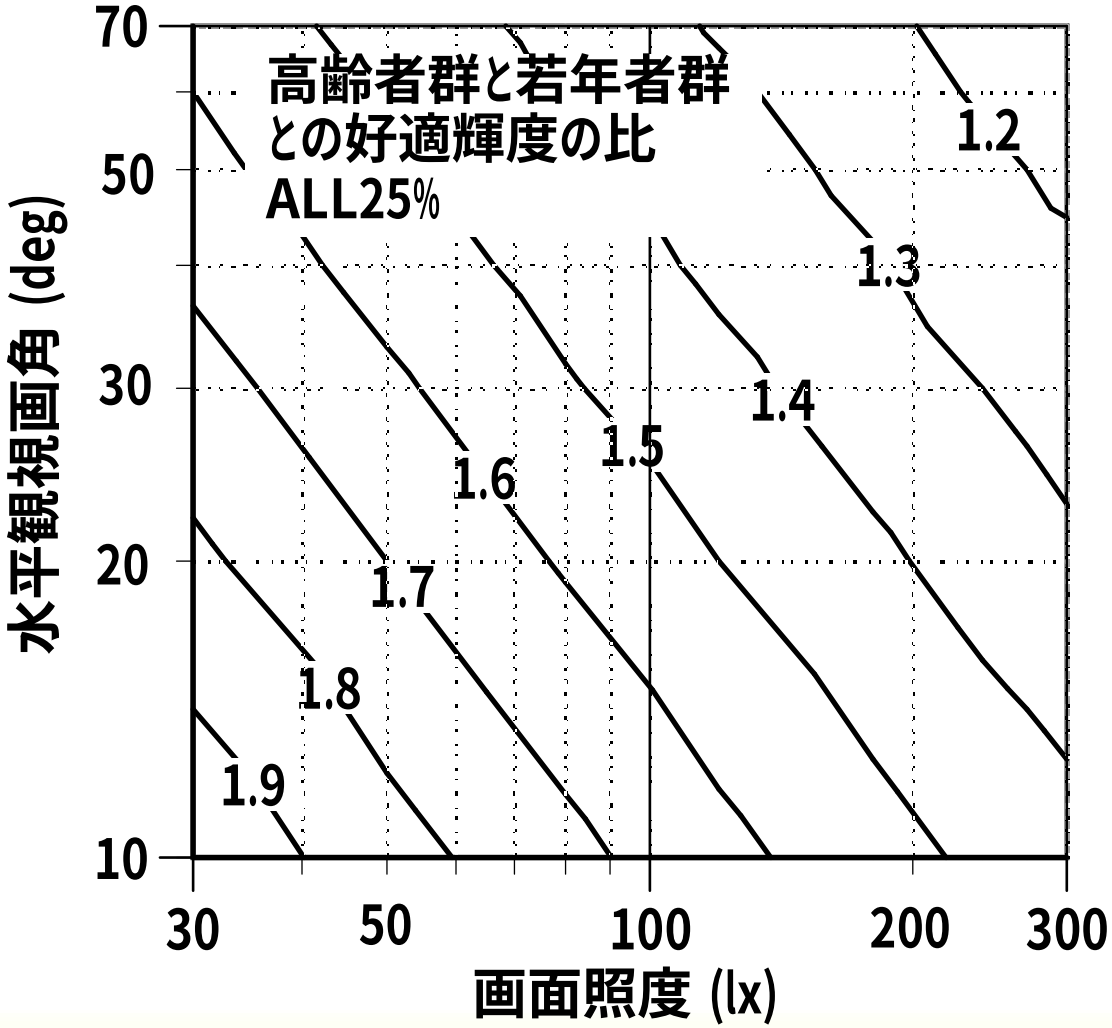
下記のモデルを等高線図で表現

高齢者24名（平均年齢71歳）の実験結果から求めた回帰式

$$\log PL = 2.87 + 0.13 \log E - 0.34 \log SA - 0.21 \log ALL$$

好適輝度 (cd/m²)　画面照度 (lx)　観視角度 (deg)　ALL (%)

平均年齢71歳の高齢者群と平均年齢22歳の若年者群の好適表示輝度の違い



82世帯で実測したTV画面の輝度の実態
(外光反射輝度含むピーク白輝度)

明るさｾﾝｻON：86%，
標準ﾓｰﾄﾞ：70%

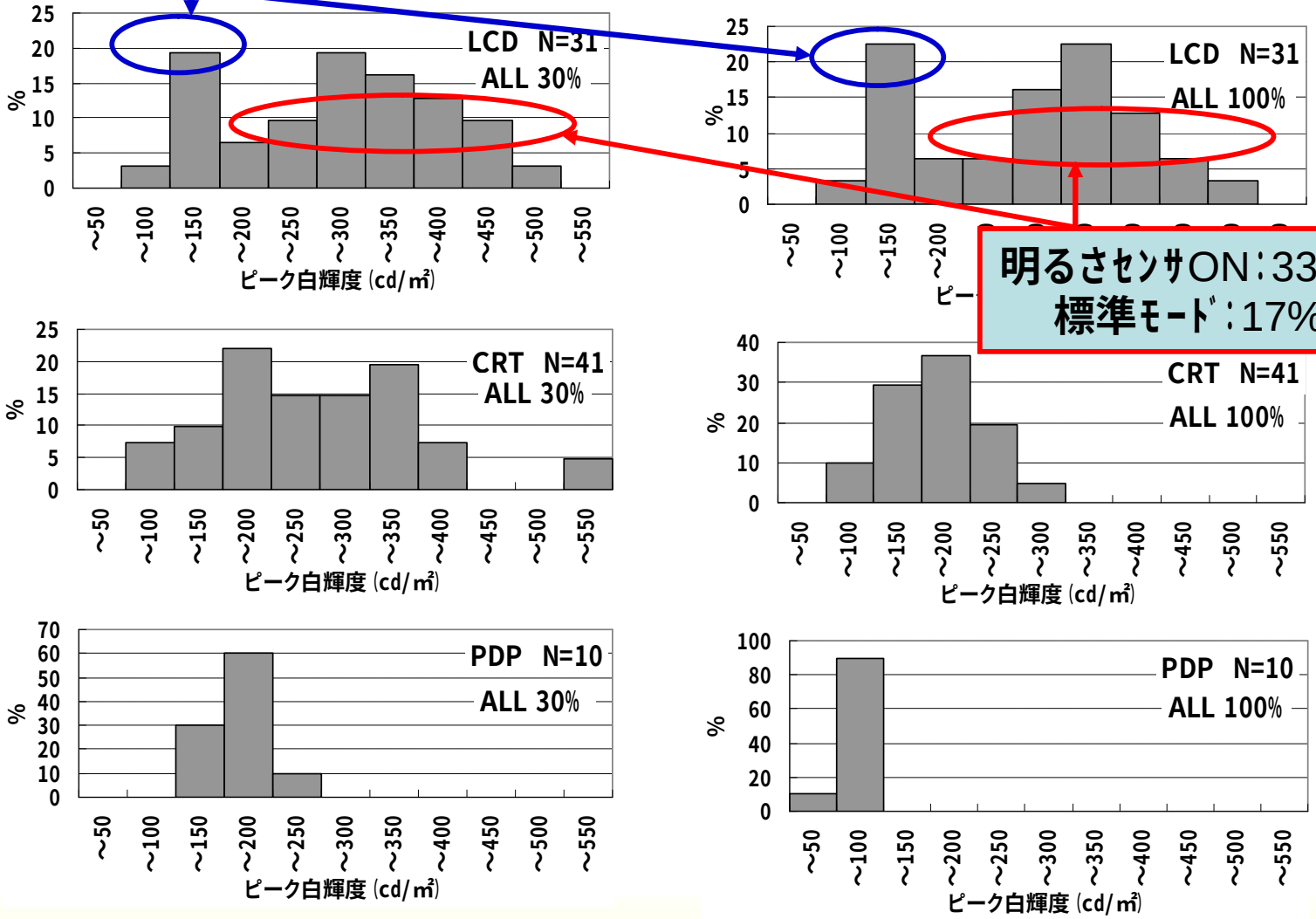
明るさｾﾝｻON：33%，
標準ﾓｰﾄﾞ：17%

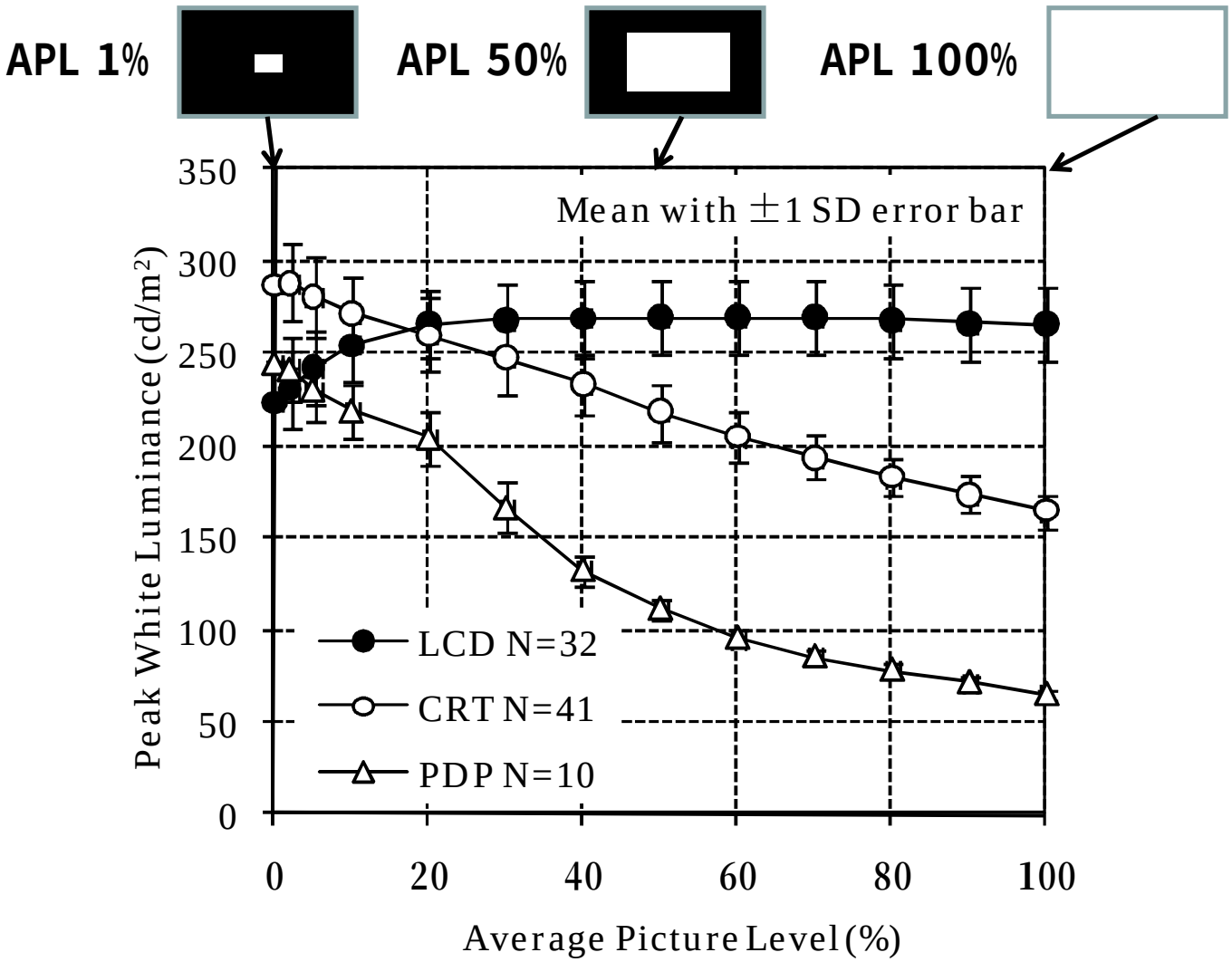
APL 30%　　APL 100%

LCD
N=31

CRT
N=41

PDP
N=10





表示輝度のAPL依存性
実環境下における外光反射輝度を含むピーク白輝度

まとめ

- 視聴実態を考慮した液晶テレビの好ましい視聴条件を見出すために，視聴環境と視聴条件に関する実地調査と多元的な実験室実験を積み重ねてきた
- その結果，HDTVの視聴における一般的な推奨条件は，視聴者が好ましいと感ずる視聴条件とは必ずしも一致しないことが示された
- また，高齢視聴者に対しては若年視聴者とは別途視聴条件について検討する必要性が示された
- 個々の視聴者が好ましいと感ずる視聴条件を創出することによって液晶テレビの消費電力の低減と視覚疲労の軽減がもたらされる可能性が示された
- そのためには技術主導ではない視聴者（ユーザー）を中心に据えた技術の俯瞰と方向づけが必要と考えられる

文献

1. JIS Z9110：照度基準 (1979)
2. 照明学会：屋内照明基準　JIES-008(1999)
3. ITU-R　BT.710-3: Subjective Assessment for image quality in HDTV, (1997)
4. ITU-R BT.500-11：Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures, (2002)
5. J.Panero and Martin Zelnik: Human Dimension & Interior Space,Whitney Library of Design, (1979)
6. 岸本, 窪田, 鈴木, 久保田, 三澤, 山根, 合志, 今井, 五十嵐, 松本, 芳賀, 中枝：家庭の視聴環境に即した液晶テレビの最適輝度制御, 映像情報メディア学会誌, (2010投稿中)
7. 小林, 小野, 窪田, 岸本, 山根, 五十嵐, 芳賀, 中枝：液晶テレビの好ましい視距離 (2), 映像情報メディア学会冬季大会, (2008.12.9)
8. Ardito,M.:Studies of the Influence of Display Size and Picture Brightness on the Preferred Viewing Distance for HDTV Programs,SMPTE J,103,8,517-522,(1994)
9. Lund,A.M.:The Influence of Video Image Size and Resolution on Viewing -Distance Preferences,SMPTE J.,102,5,406-415,(1993)
10. 三澤, 久保田, 松岡, 窪田, 岸本, 山根, 合志, 五十嵐, 芳賀, 中枝:壁掛けテレビの好ましい設置高, 日本人間工学会関東支部第39回大会, (2009.12.5)
11. 窪田,小林,久保田,三澤,岸本,山根,五十嵐,芳賀,中枝：薄型テレビの大画面化と照明器具の映り込み, 電子情報通信学会2009年総合大会, (2009.3.18)

12. 久保田，三澤，窪田，岸本，山根，合志，五十嵐，芳賀，中枝:薄型テレビの画面傾斜による照明器具の映り込み低減効果，映像情報メディア学会冬季大会，(2009.12.16)

13. 窪田 ，小野，小林，岸本，山根，五十嵐，芳賀，中枝：液晶テレビの好適表示輝度に関する研究 (1)，映像情報メディア学会冬季大会，(2008.12.9)

14. 鈴木，窪田，岸本，山根，五十嵐，芳賀，中枝：液晶テレビの好適表示輝度に関する研究 (2)，映像情報メディア学会冬季大会，(2008.12.9)

15. IEC62087：Method of measurement for the power consumption of audio, video and related equipment, IEC62087 Edition2.0 (2008.10)

16. 岸本,窪田,小野,久保田,三澤,山根,五十嵐,芳賀,中枝:視聴環境を考慮した液晶テレビの輝度制御，電子情報通信学会2009年総合大会，(2009.3.18)

17. 小野，小林，窪田，岸本，山根，合志，五十嵐，芳賀，中枝:HDTV放送信号の輝度と色度情報の記録分析，映像情報メディア学会冬季大会，(2009.12.16)

18. 小野,小林,窪田,岸本,合志,五十嵐,松本,芳賀,中枝:HDTV放送信号の色度情報の分析，電子情報通信学会2010年総合大会，(2010.3)

最後に，本プロジェクトは成蹊大学　理工学部　認知工学研究室の大学院生と研究補助員の協力を得て実施されている．以下に記して感謝の意を表します．

小野石樹，小林雄二，久保田雄大，関根　豪，三澤優貴，鈴木瑞穂（研究補助員）
以上，敬称略

ご清聴ありがとうございました