

ディスプレイの人間中心設計 3Dと4Kについて

成蹊大学 窪田 悟

FPDの人間工学シンポジウム2014
JEITA主催, 日本人間工学会協賛

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

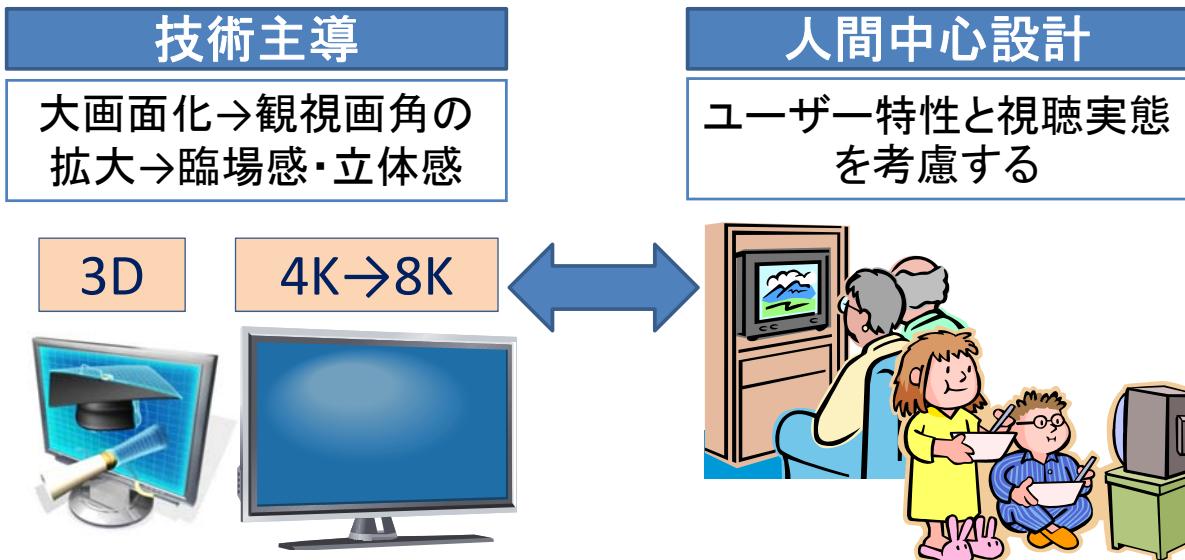
ディスプレイの人間中心設計

1. はじめに
2. 3Dテレビの方式間比較
3. 視聴者の視点から見た4Kテレビ
4. 学生のスマートフォン利用実態
5. まとめに代えて

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

1. はじめに

技術主導による単線的、一元的な技術の発展と、生身のユーザーが現場で遭遇している現実との乖離を埋めるために人間中心設計が必要になる。細分化した技術に対して、技術者が一人のユーザーとしての感覚を持ち続けることの重要性を指摘する。



ディスプレイの人間中心設計

1. はじめに

2. 3Dテレビの方式間比較

- (1) 実験 I : 画質の方式間比較
- (2) 実験 II : 視覚疲労の方式間比較

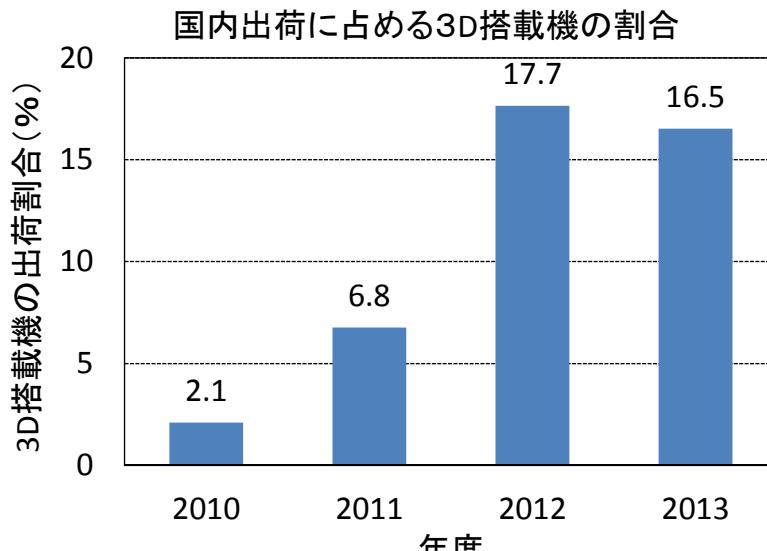
3. 視聴者の視点から見た4Kテレビ

4. 学生のスマートフォン利用実態

5. まとめに代えて

2. 3Dテレビの方式間比較

3D機能の搭載機の割合はすでに減少に転じている



出典:JEITA(民生用電子機器国内出荷統計)

液晶テレビの3D機能搭載機の出荷割合

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

(1) 実験Ⅰ:画質の方式間比較

3つの方式の3Dテレビの画質を一対比較により比較評価した。各方式で市販されている1機種を購入し、特定の環境下で比較した実験であり、各方式の良し悪しを決定づけることを意図したものではない。

・比較した3Dテレビの表示方式 全て市販の55型液晶テレビ

①裸眼方式: インテグラルイメージング方式

(参加者ごとに視域を自己調整して評価した)

②アクティブシャッター眼鏡方式: 時分割方式

③パッシブ眼鏡方式: 空間分割 ラインバイライン

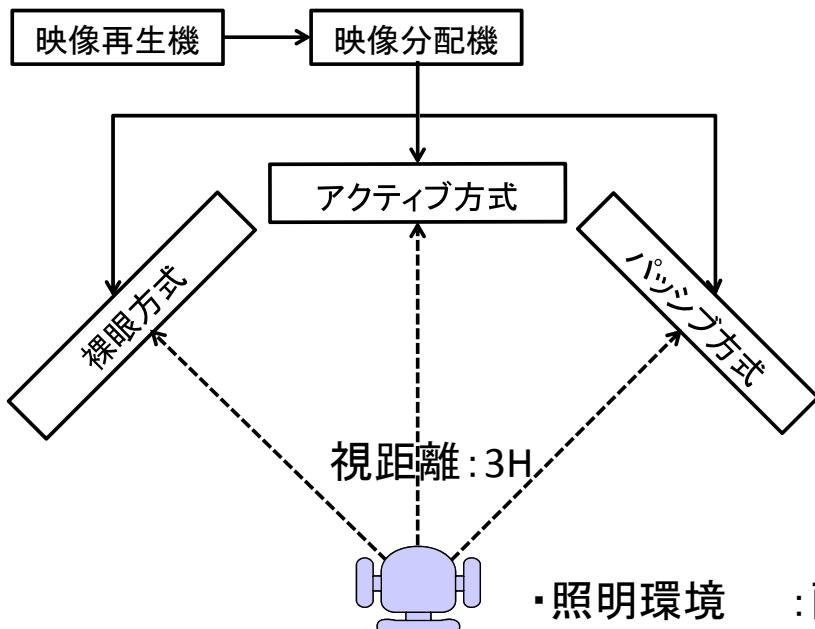
・表示輝度 3機種とも 白輝度75 cd/m²に設定

(眼鏡方式は眼鏡越しに測定)

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

方法

シェッフェの一対比較(中屋の変法)で3機種を比較評価



アクティブとパッシブの
眼鏡を持ち替えて評価

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

使用した映像

映像コンテンツ	制作会社	映像種類
アバター	20世紀フォックス	実写+CG
曇り時々ミートボール	ソニー・ピクチャーズ エンタテインメント	CGアニメ
IMAXディープシー	ワーナー・ホーム ・ビデオ	実写

20秒間の映像クリップをリピート再生



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

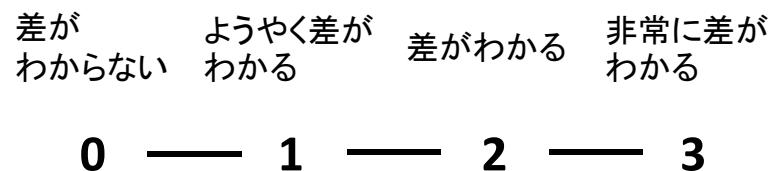
手続き

3方式における3つの評価対に対してシェッフェの一対比較(中屋の変法)を適用

方式3条件と映像3条件の提示順は順序効果を相殺する
ように設定

評価項目	
1 色の濃さ	濃↔淡
2 精細感	高↔低
3 立体感	強↔弱
4 明るさ感	明↔暗
5 総合画質	良↔悪

シェッフェの一対比較で用いた尺度

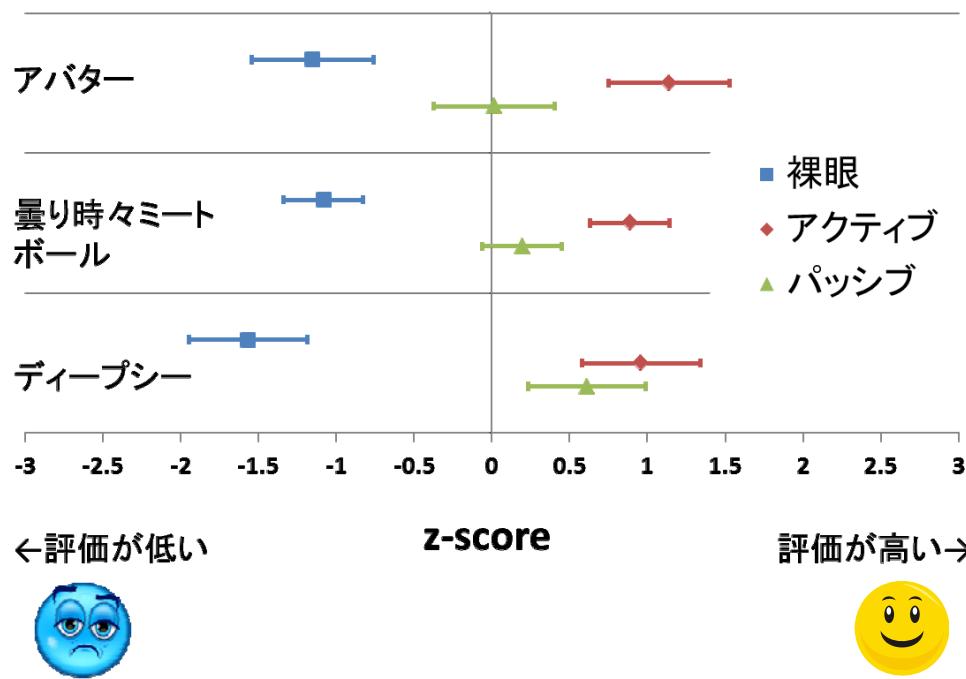


JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

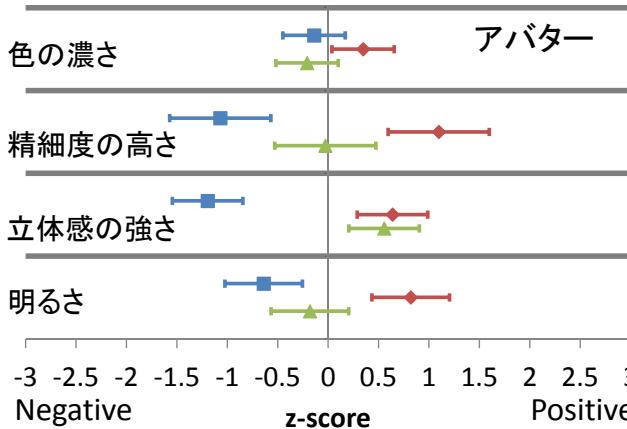
結果

総合画質の方式間比較の結果

24名の平均値と95%信頼区間



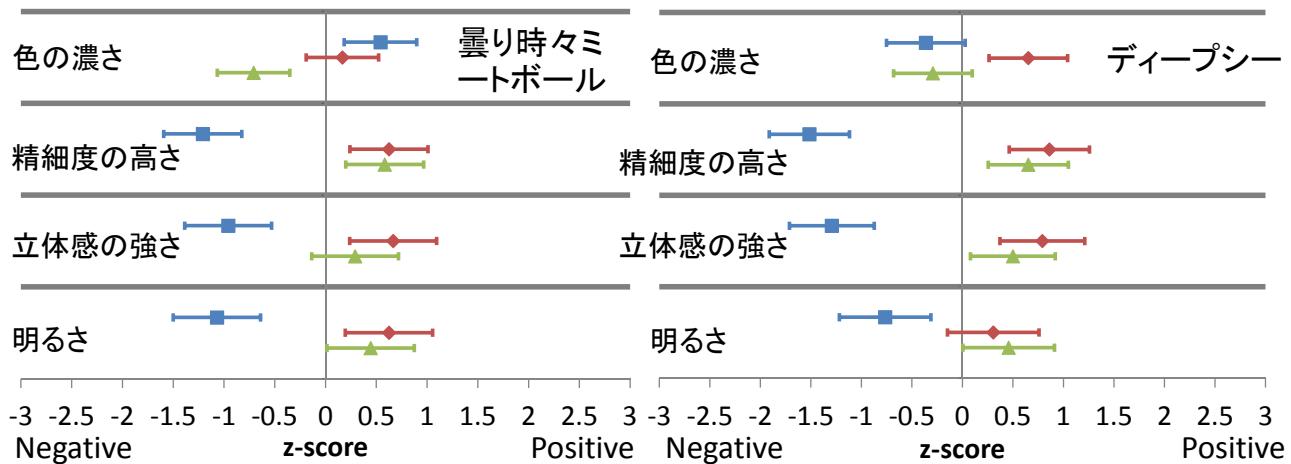
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7



画質要因の方式間比較

24名の平均値と95%信頼区間

■ 裸眼
◆ アクティブ眼鏡
▲ パッシブ眼鏡



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

(2) 実験II: 視覚疲労の方式間比較 方法

- ・参加者: 24名 (19~24歳、男性21名、女性3名)
- ・照明環境: 画面照度 10 [lx]
- ・ディスプレイ: 実験Iと同一の55型 液晶3Dテレビ
- ・視聴映像: アバター (©Fox Movies Japan)
- ・表示輝度: 75 [cd/m²]
- ・観視距離: 3H(190cm)
- ・視聴条件: 裸眼、アクティブ、パッシブ、2Dの4条件
各条件1日約80分 2Dはいずれかの機種の2Dモード

各実験日のスケジュール ①~④で自覚症状を聞き取り

① 30分間の視聴 ② 30分間の視聴 ③ 15分間の休憩 ④

30分間の視聴

30分間の視聴

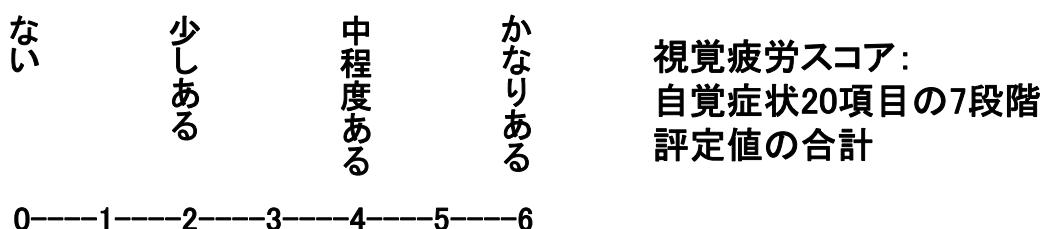
15分間の休憩

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

目に関する自覚症状

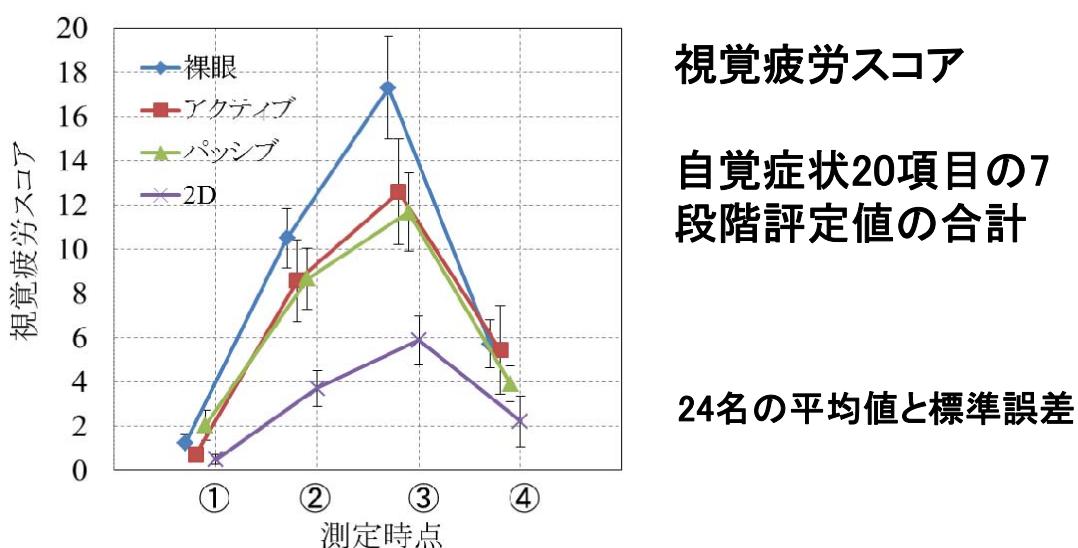
高橋 誠:VDT作業者の視覚疲労自覚症状の分析,
労働科学, 69巻, 5号, pp.193-203, 1993 より

- | | |
|-----------------|---------------------|
| 1. 目がいたい | 11. 近くのものに焦点が合わせにくい |
| 2. 目が圧迫される感じがする | 12. 遠くのものに焦点が合わせにくい |
| 3. 目がしょぼしょぼする | 13. ものがすぐにはっきり見えない |
| 4. 目がチカチカする | 14. 動くものに視線を合わせにくい |
| 5. 目が熱い | 15. ものをじっと見つめるのがきつい |
| 6. 涙が出る | 16. ものがまぶしく見える |
| 7. 目が乾く | 17. 目を開けているのがつらい |
| 8. 目が充血する | 18. 壁などの色がかわって見える |
| 9. まぶたがピクピクする | 19. 目が疲れる |
| 10. まばたきが多い | 20. 頭がいたい、重苦しい |



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

視覚疲労スコアの比較



分散分析 視聴条件(4水準) × 測定時点(4水準)

視聴条件 $F(3,69)=10.3, p<0.01$

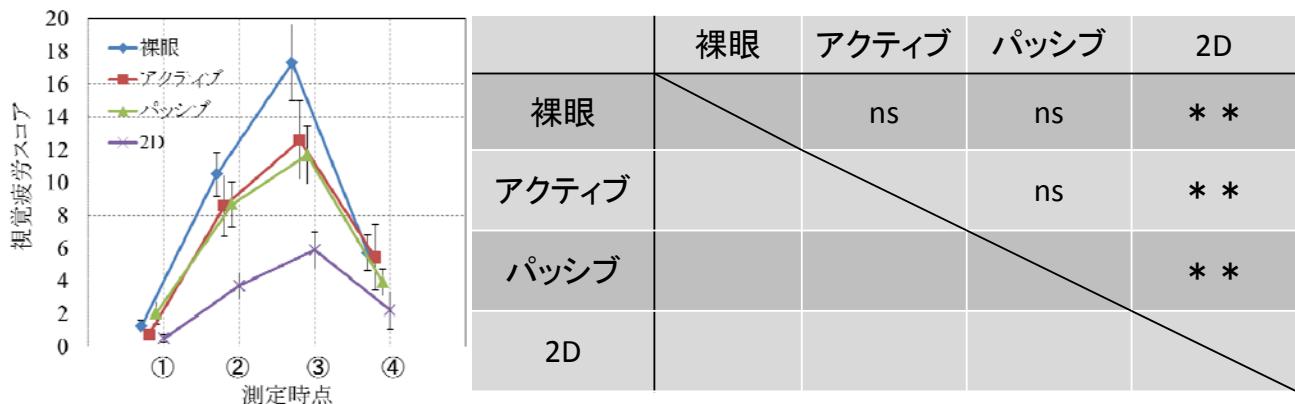
測定時間 $F(3,69)=50.8, p<0.01$

視聴条件 × 測定時間 $F(9,207)=7.1, p<0.01$

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

多重比較の結果

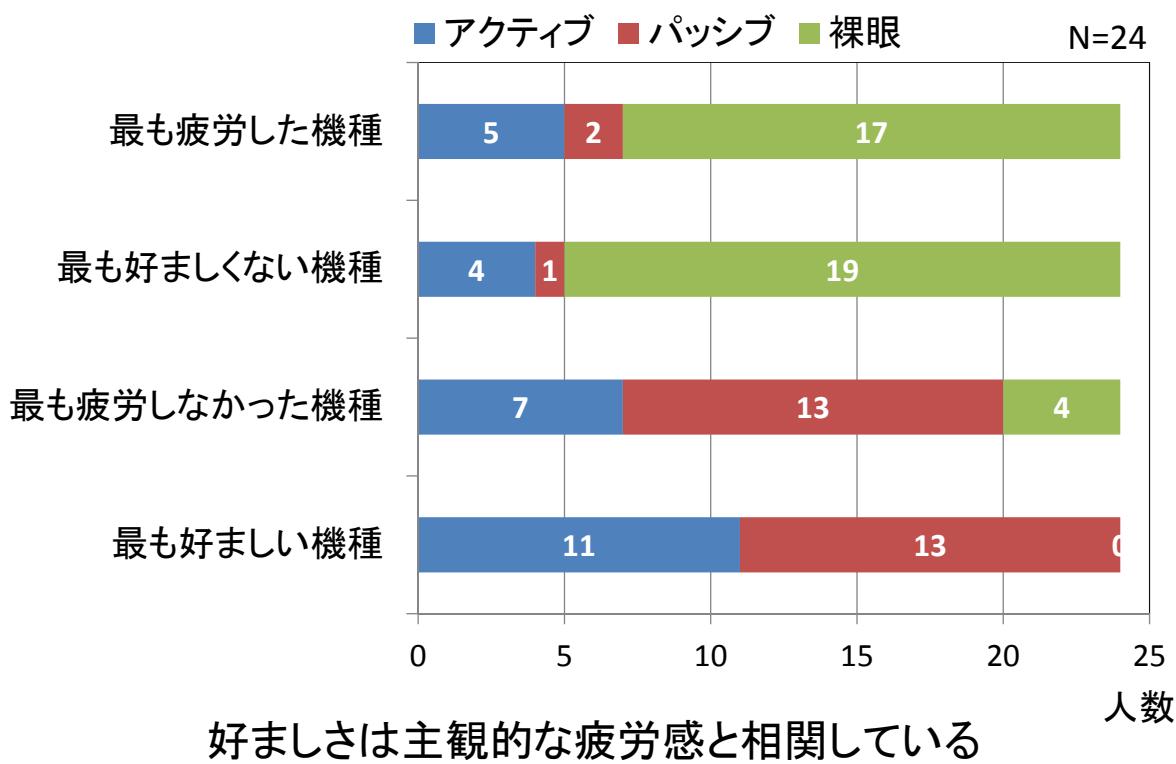
Bonferroni * * : p<0.01



- ① 2D映像の視聴に比べて、3Dの視聴における視覚疲労は有意に高い
- ② ただし、本実験においては、3つの3D方式間で有意差は検出できなかった

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

全方式で視聴後の評価



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

ディスプレイの人間中心設計

1. はじめに
2. 3Dテレビの方式間比較
3. 視聴者の視点から見た4Kテレビ
 - (1) 4Kテレビの視距離と画角について
 - (2) 表示輝度とViewing Gammaの好適な組合せ条件の
観視画角依存性
4. 学生のスマートフォン利用実態
5. まとめに代えて

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

- ## 3. 視聴者の視点から見た4Kテレビ
- ### (1) 4Kテレビの視距離と画角について

4Kや8Kのような高画素数テレビのメリットは大きな
観視画角で視聴できることに尽きる



臨場感, 奥行感, ~感の向上

ただし, 以下の2つの疑問が生じる

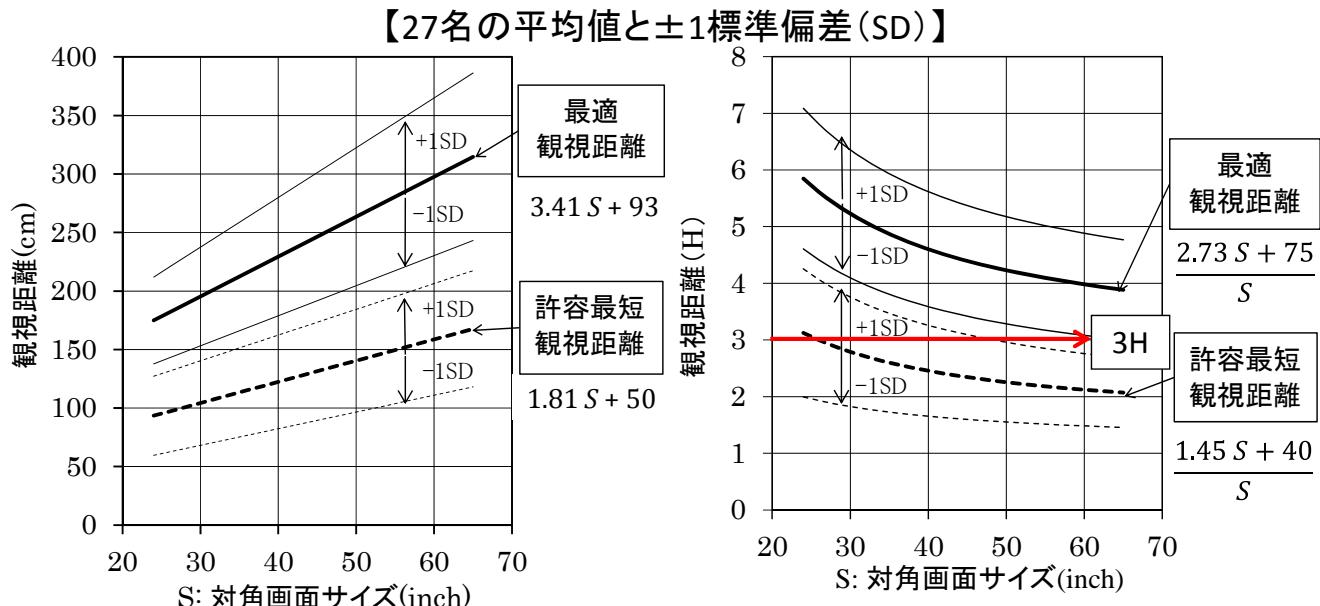
1. 一般視聴者が動画像をどこまで大きな画角で
観たいと思うか
2. 一般家庭のリビングで4Kや8Kの視聴空間が
確保できるのか

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

2K(HDTV)における画面サイズと最適観視距離

好みしい視距離は画素の可視・不可視の臨界点ではない

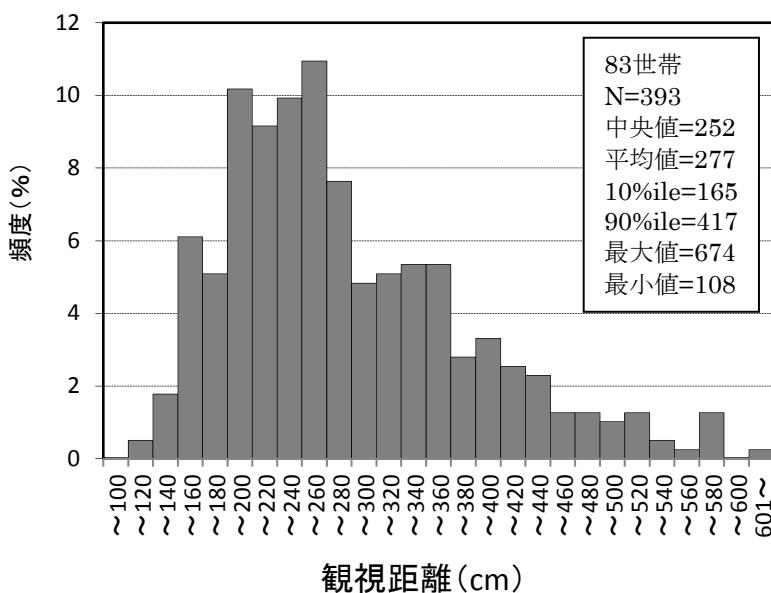
24型～65型のHDTVに表示されたHD映像を観視しながら調整法により
「長時間見たとしても疲れず、最も見やすい視距離」に設定した結果



窪田ほか, 映像情報メディア学会誌, 65巻, 8号, 2011より

テレビの観視距離の実態

83世帯のリビングにおける393名の測定結果
5パーセンタイル: 150cm, 中央値: 252cm

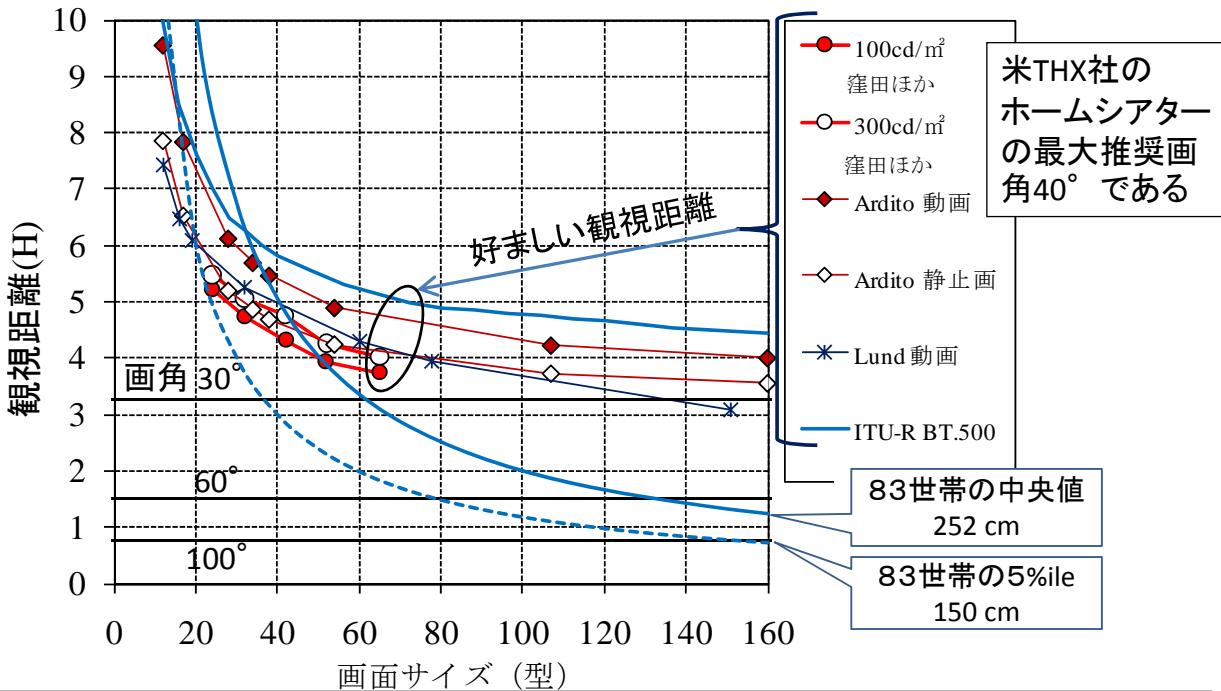


テレビの視聴距離を決めている
支配的要因は、ソファーや椅子
などの家具の位置である。
画面サイズや部屋の大きさはほ
とんど寄与していない。

日本人間工学会: 薄型テレビの人間工学設計ガイドライン, 2012より

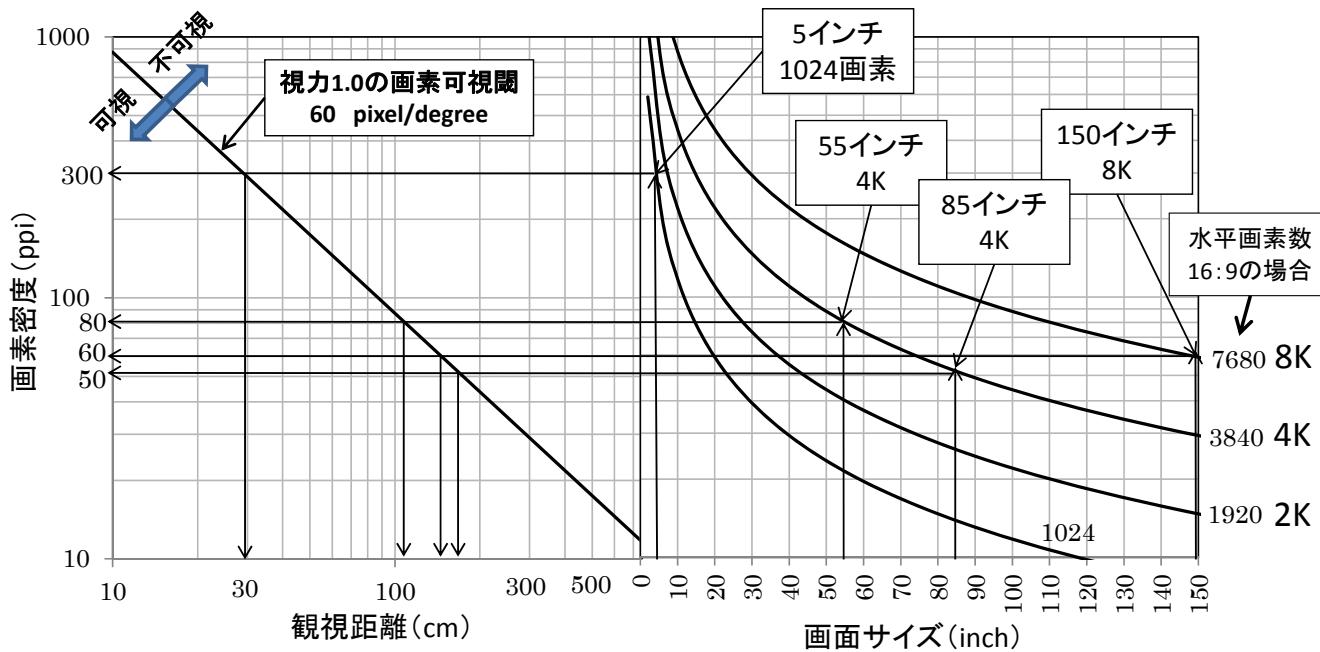
画面サイズと好ましい観視距離, および視距離の実態

LundやArditoらの実験はHDTV用のCRTやリアプロを使用したもの



4Kになっても開発者が目論むほどに視聴画角は拡大しないかもしれない
4Kになって1.5H, 60°で観たいと思う視聴者はどのくらい存在するだろうか?

画素の可視性からみた画面サイズと画素密度の要件

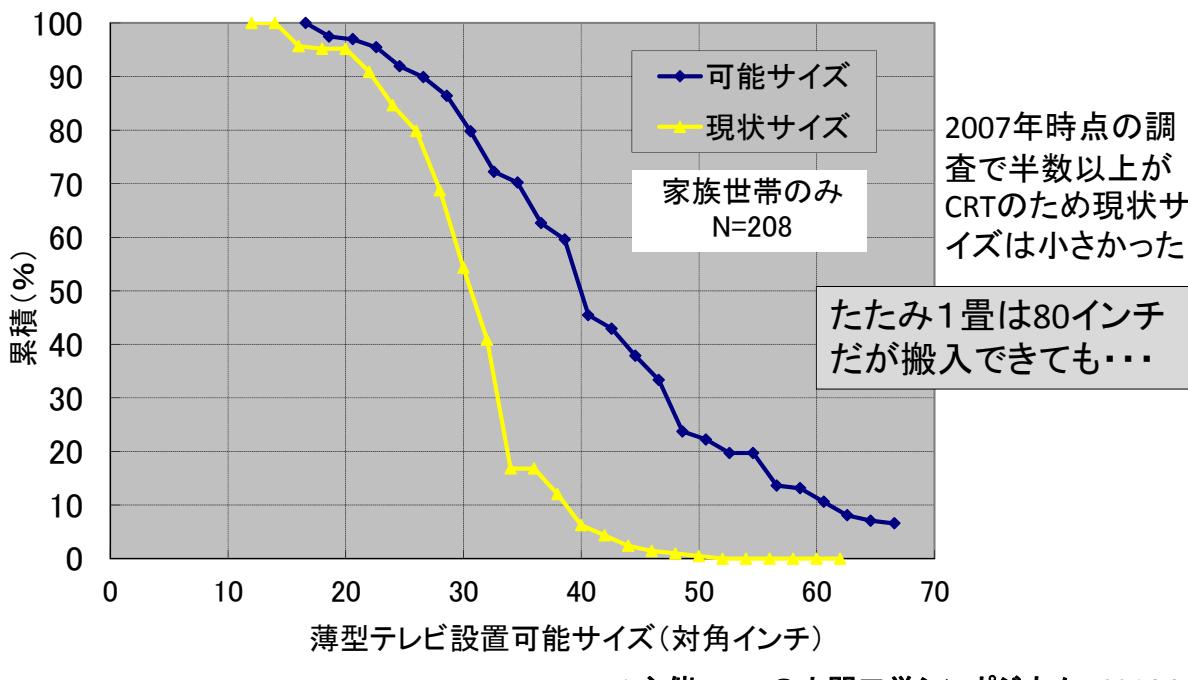


ディスプレイ業界としては、デジタルサイネージからモバイルまで、コンテンツ、環境、観視者を考慮した統一的な考え方が必要である。

HD : 3H, 4K : 1.5H, 8K : 0.75Hは画素が見えない最短観距離（最大画角）

設置可能なFPDテレビの大きさ 2007年度実態調査

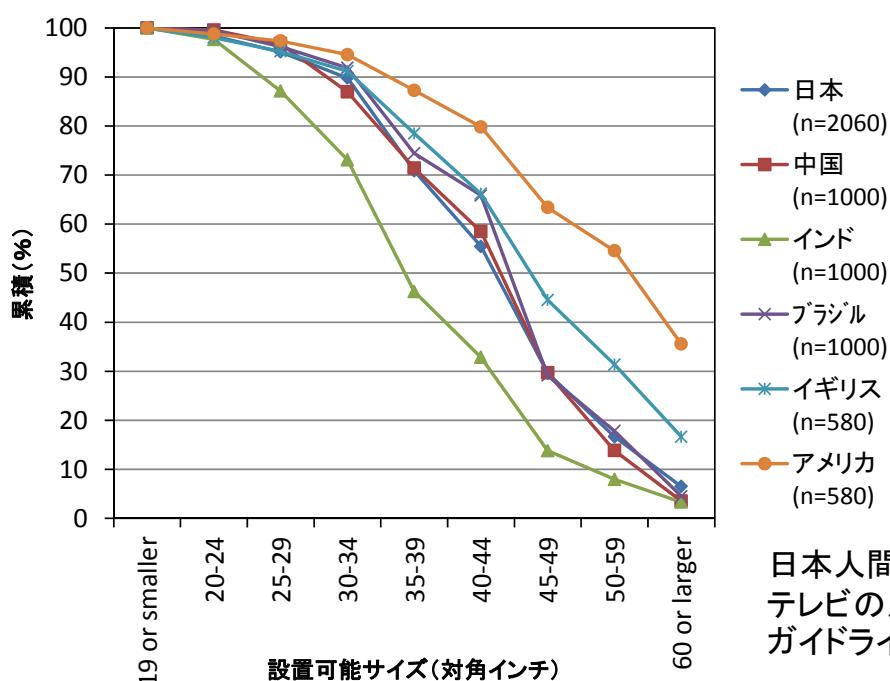
208世帯のリビングにおける計測値, 一人で移動可能な家具の移動は許容, テレビを見る人の空間を考慮する, メジャーで設置場所を計測



設置可能なFPDテレビの大きさ (6カ国調査)

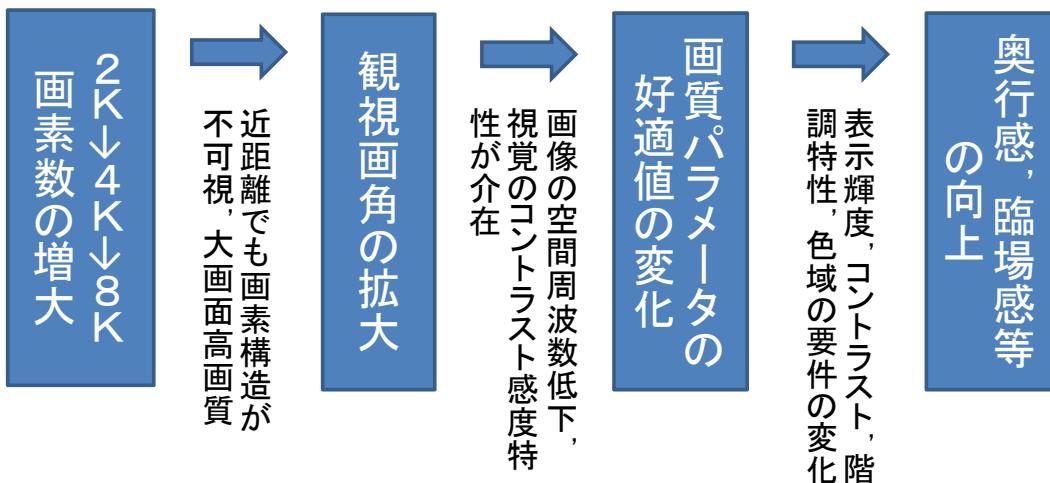
2011年度Webアンケート調査結果(英米は2009年データ)

一人で移動可能な家具の移動は許容, テレビを見る人の空間を考慮するという前提



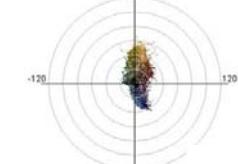
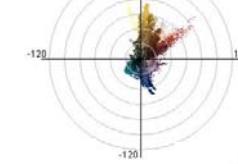
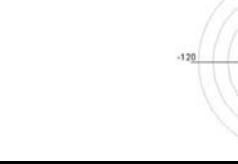
(2) 表示輝度とViewing Gammaの最適な組合せ条件の観視画角依存性

大画面化に伴い観視画角を独立変数とした画質パラメーターの最適化が求められている。ここでは、画質パラメーターとして、表示輝度とViewing Gamma（総合的なGamma）を取り上げる



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

実験に用いた4つの評価画像(BMP 3840 × 2160画素)と特性の一部
(ここでは原画像をデフォルメして表示)

画像名	デフォルメした画像	ALL	PLのヒストグラム	L*a*b*色度図
Street		46.9%		
Railroad		27.9%		
Platform		15.9%		
Bridge		5.8%		

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

実験条件

- ・実験に用いたディスプレイ 55型4K-LCD QFHD REGZA55XS5
- ・照明環境 画面照度 100 lx D65調光式蛍光灯照明 壁面は約60% (N8)
- ・水平観視画角 3条件 62° , 33° , 17° (観視距離 102, 204, 408 cm)
- 1.5, 3.0, 6.0 H
- ・表示輝度(白輝度)の調整範囲 70~370cd/m²
 - リモコンを操作してバックライトの強度を調整, 画面に表示される調整レベルを示すインジケータは参加者に見えないように隠した
- ・VGの調整範囲 0.5~2.0 0.05ステップの変化
 - USBで接続された手元のテンキーの矢印キーを操作して調整
 - ↑で高VGへ, ↓で低VGへ変化 ルックアップテーブル書き換えによる

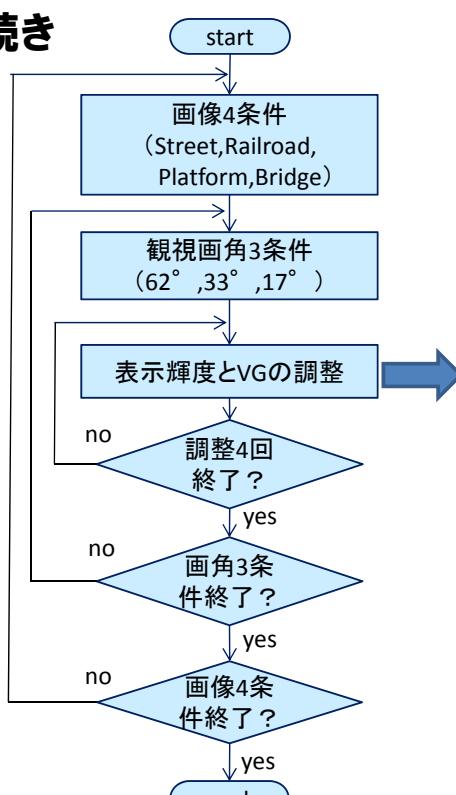
実験参加者

成蹊大学の学生20名, うち男性19名, 女性1名であった.

両眼視力は, 1名だけ0.7, 他は1.2以上であった.

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

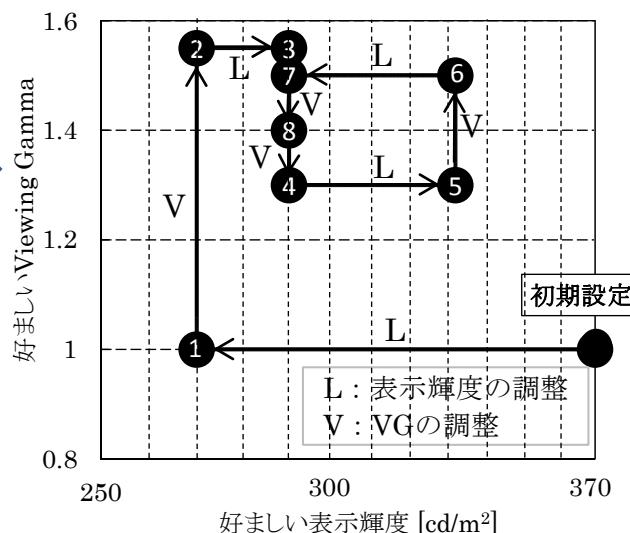
手続き



実験の全体のフロー

左図に実験全体のフローを示した.

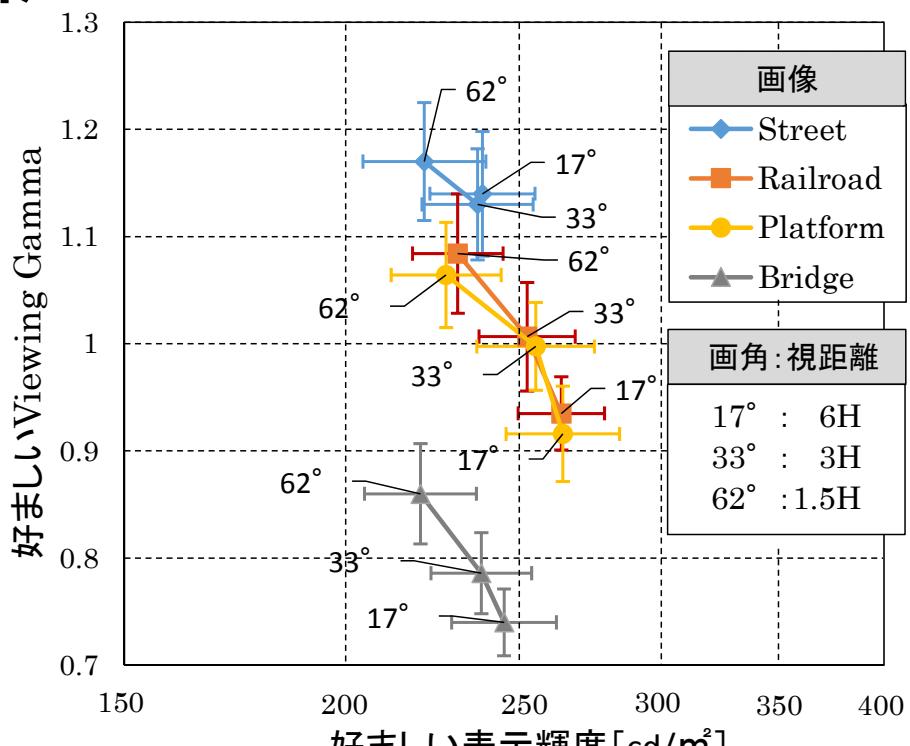
下図にひとつの条件におけるVGと表示輝度の調整過程を例示した.



ひとつの条件におけるVGと表示輝度の調整過程の例, 後半の3回, すなわち③~⑧のデータを使用した.

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

結果



観視画角ごとの好ましい表示輝度とViewing Gammaの条件

20名の平均値(輝度は幾何平均値)と標準誤差を示す

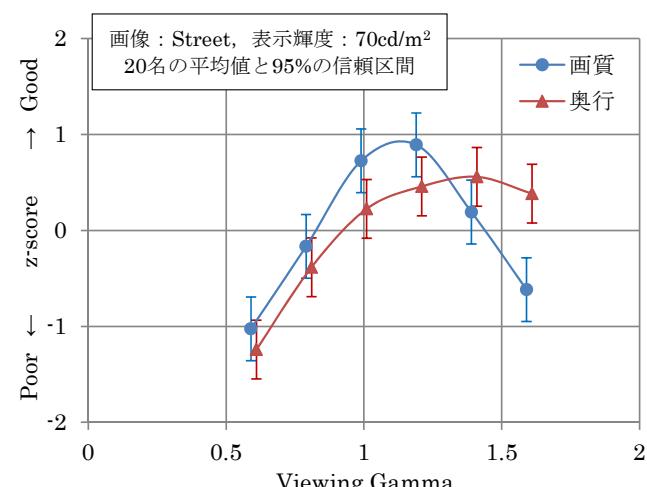
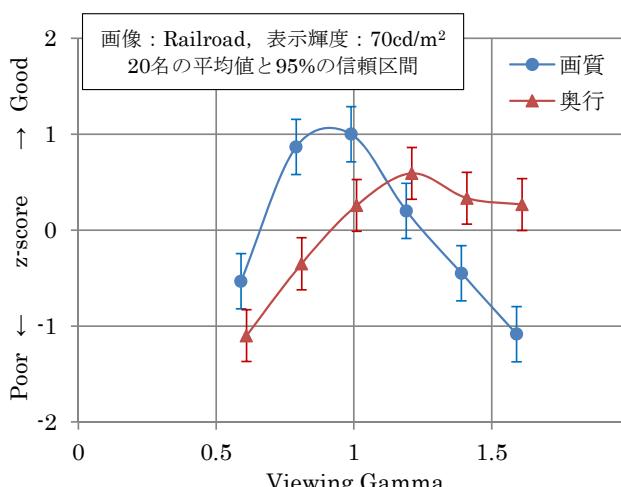
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

画角が大きいほど高いVGが選択されたことは、画角の拡大が奥行感の向上をもたらす理由の一側面を表していないか？以下は、その傍証となる実験結果。すなわち、VGを変えた画像間でシェッフェの一対比較を行い、画質と奥行感で最適なVGが異なることを示した結果である。表示輝度70cd/m²、20名の平均値と95%の信頼区間を表す。奥行感を優先すると最適VGは高くなる。

Viewing Gammaに対する画質および奥行感

画像: Railroad

画像: Street



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

ディスプレイの人間中心設計

1. はじめに
2. 3Dテレビの方式間比較
3. 視聴者の視点から見た4Kテレビ

4. 学生のスマートフォン利用実態

- (1) アンケートによる利用実態調査
- (2) スマートフォン使用時の姿勢計測

5. まとめに代えて

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

4. 学生のスマートフォン利用実態

(1) アンケートによる利用実態調査

キャリアが回線から吸い上げられない利用実態データを得ることを目標にした。6年前に実施したフィーチャーフォンからの変化を示すことも意図した。そこからモバイルディスプレイ技術に求められていることを再考する。

調査対象者

成蹊大学 理工学部 学生140名 (男113名 女 27名)

調査期間

2013/10/4～2013/12/3

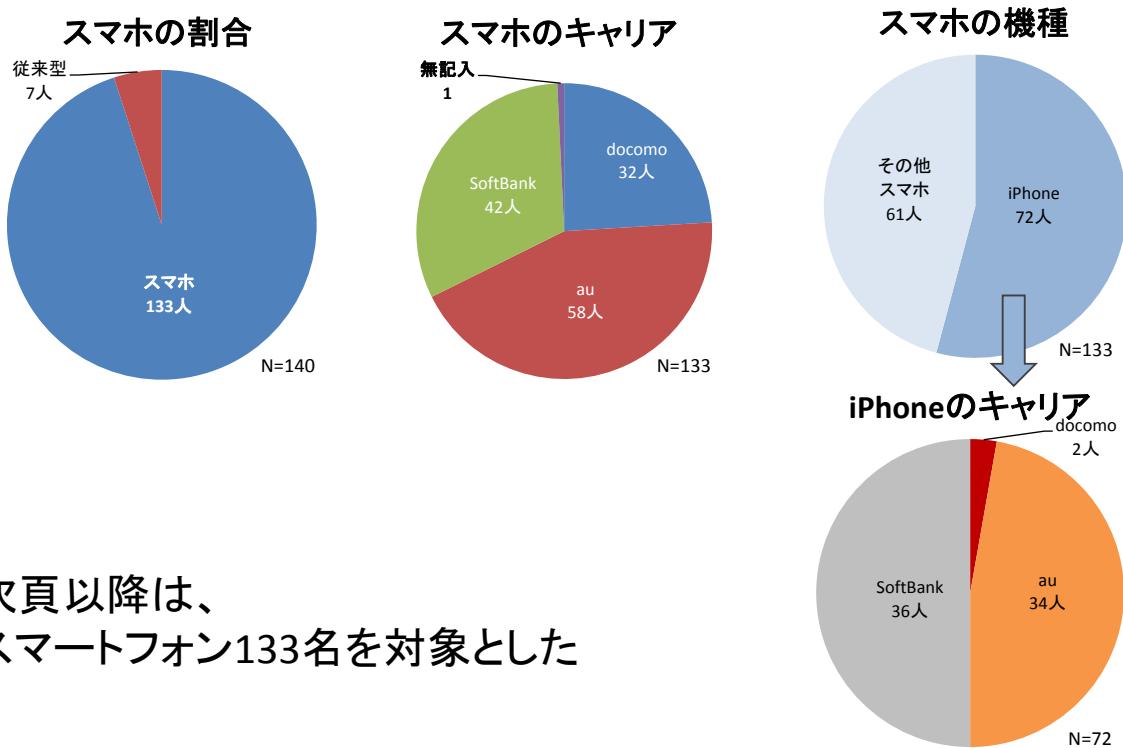
調査項目

使用時刻、用途と使用時間、天気、姿勢、使用場所、画面の明るさ感などを調査用紙に自己記入させる方法で、1日(24時間)にわたって使用状況を詳細に記録した

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

調査結果

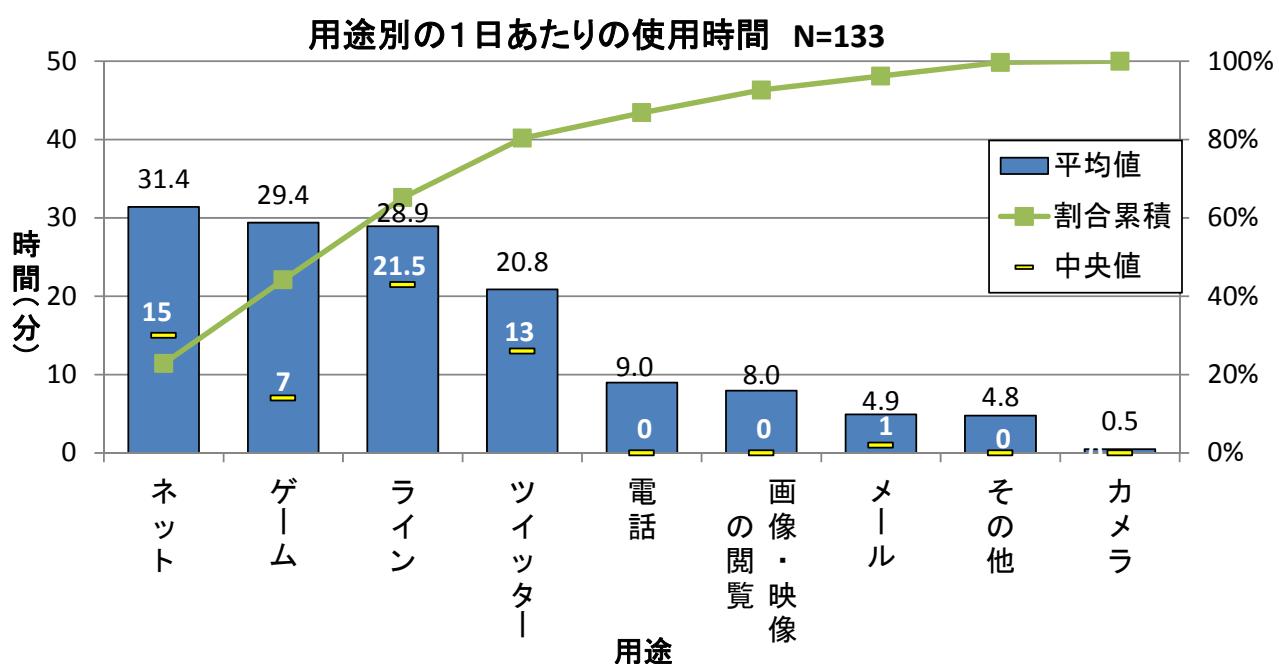
キャリア、スマホの割合、iPhoneの割合



次頁以降は、
スマートフォン133名を対象とした

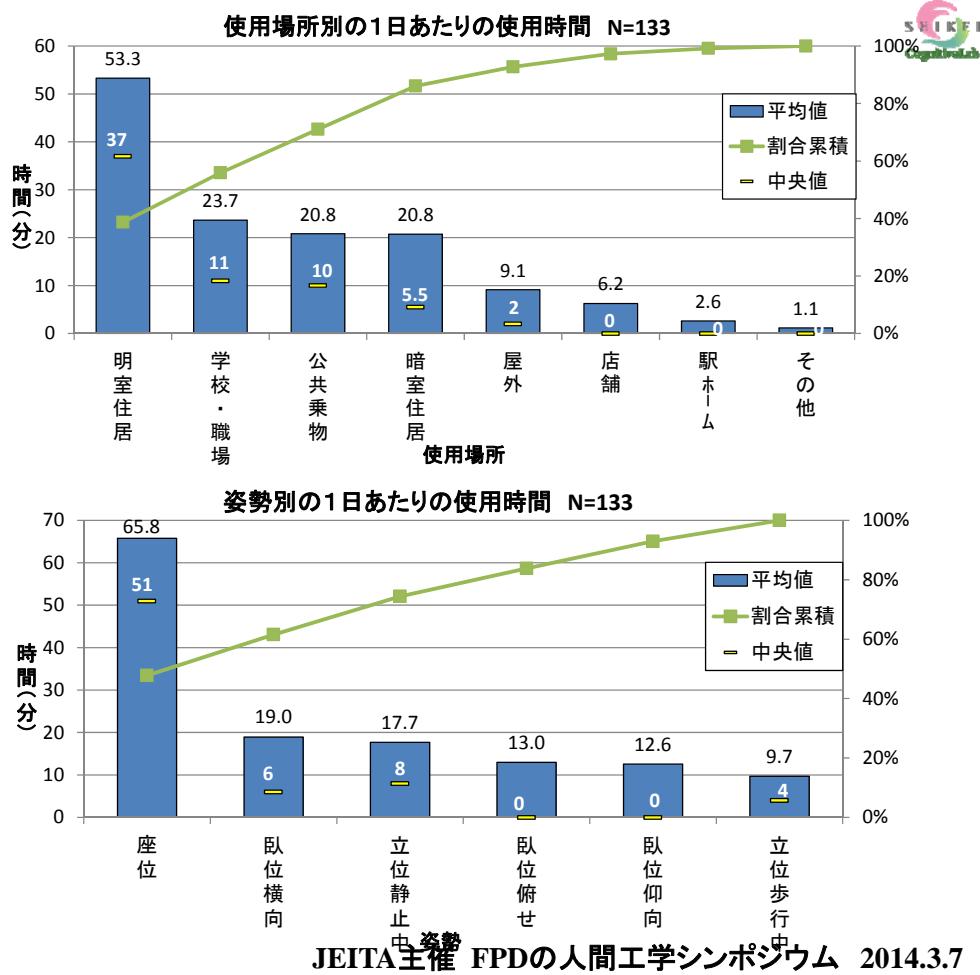
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

スマートフォンの利用内容

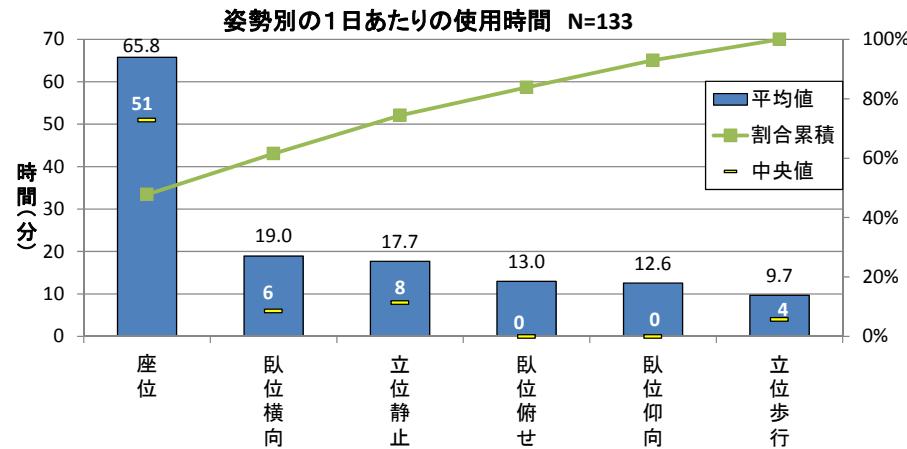


JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

使用場所

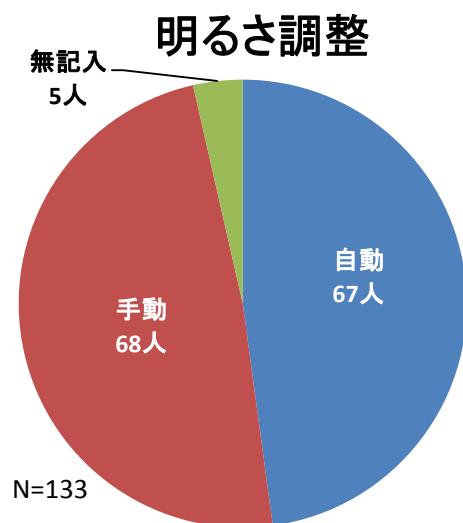


使用姿勢

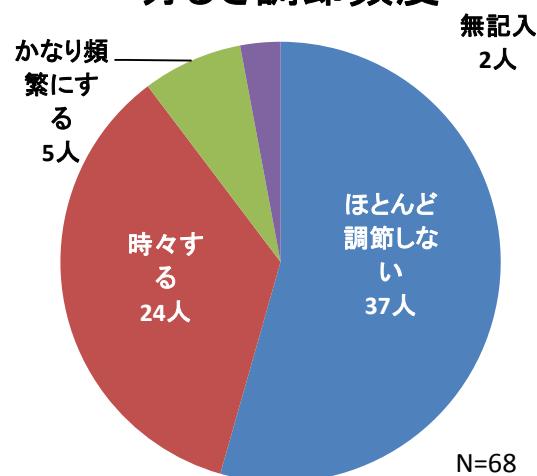


JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

画面の明るさ調整



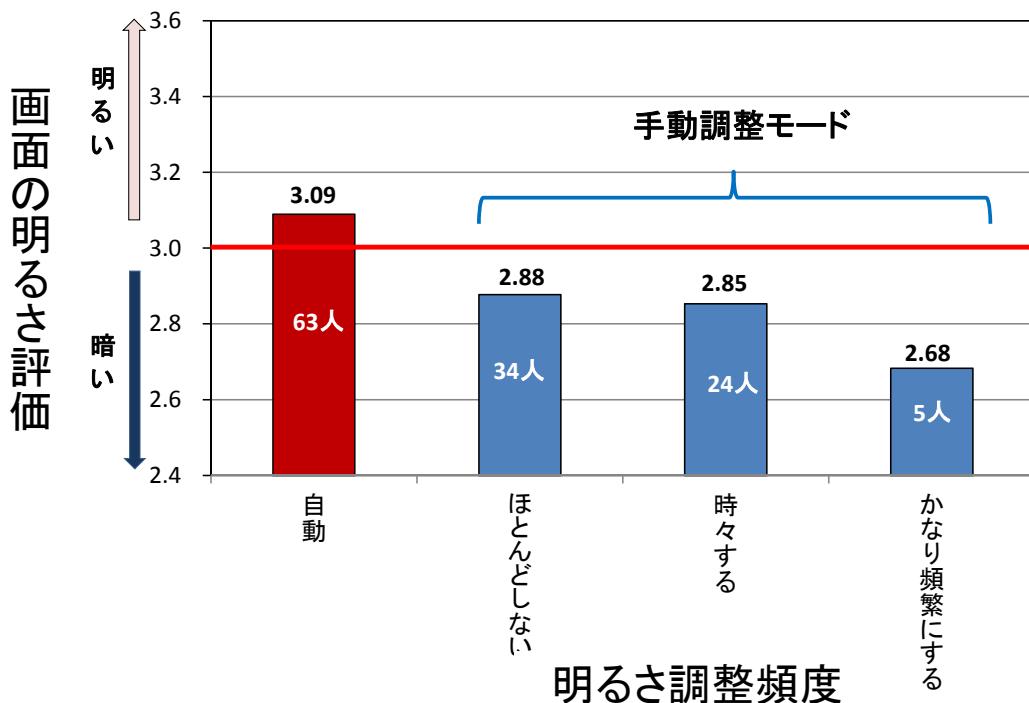
手動設定にした人の明るさ調節頻度



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

明るさ調節頻度と画面の明るさ評価

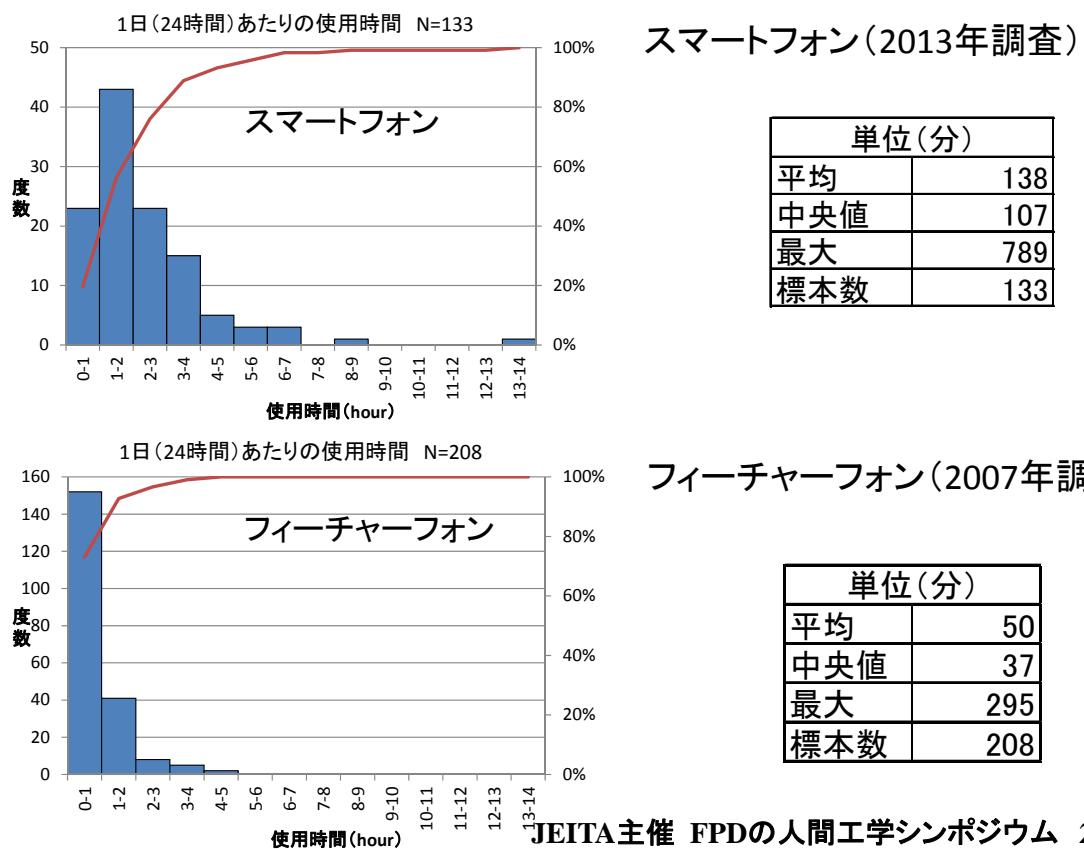
N=126



見やすさを犠牲にしても消費電力を減らそうとするユーザー行動が表れている？ **視野角や画質より電池持ち？**

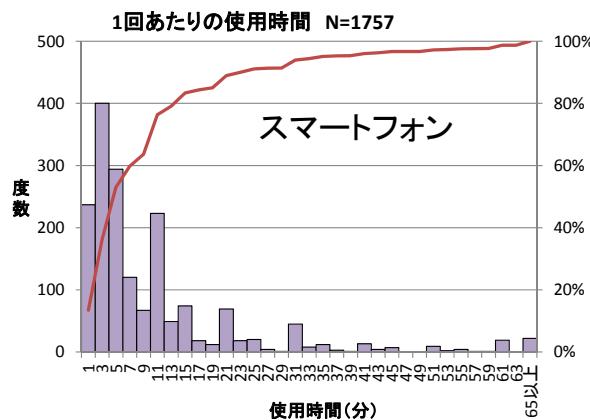
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

1日(24時間)あたりの使用時間



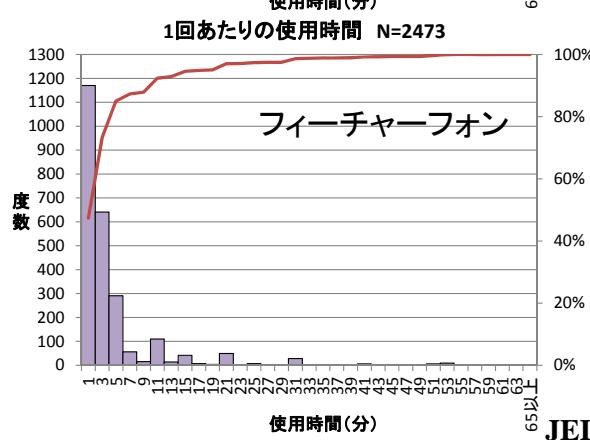
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

一連続の使用時間



スマートフォン(2013年調査)

1回の使用時間(分)	
平均	10.42
中央値	5
最頻値	2
最大	180
標本数	1757



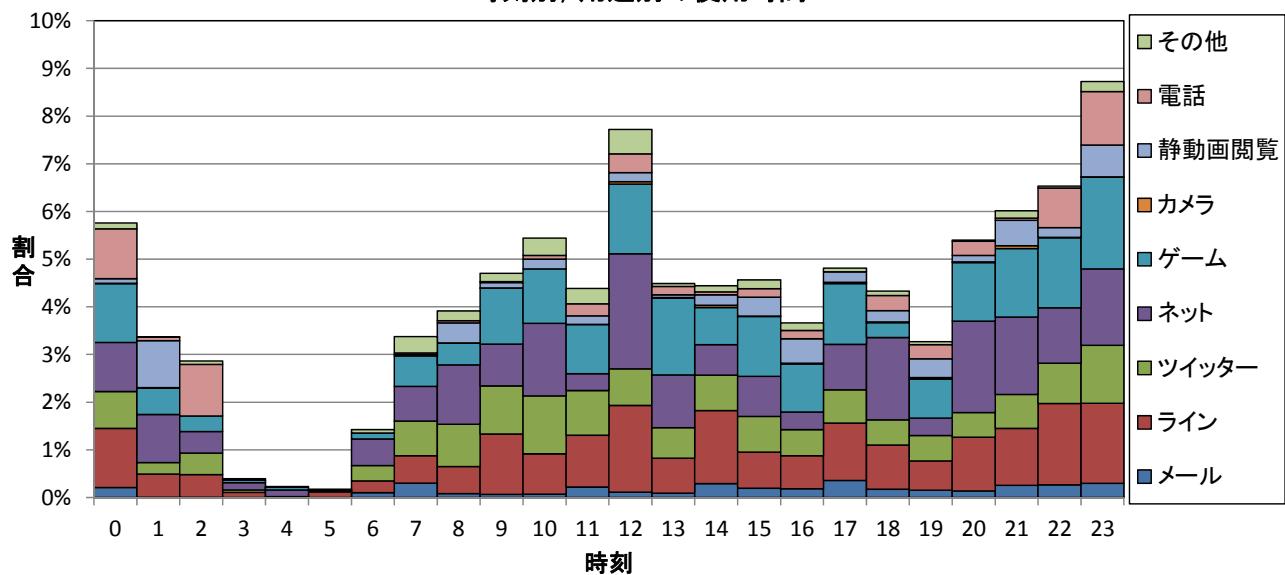
フィーチャーフォン(2007年調査)

1回の使用時間(分)	
平均	4.17
中央値	2
最頻値	1
最大	180
標本数	2473

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

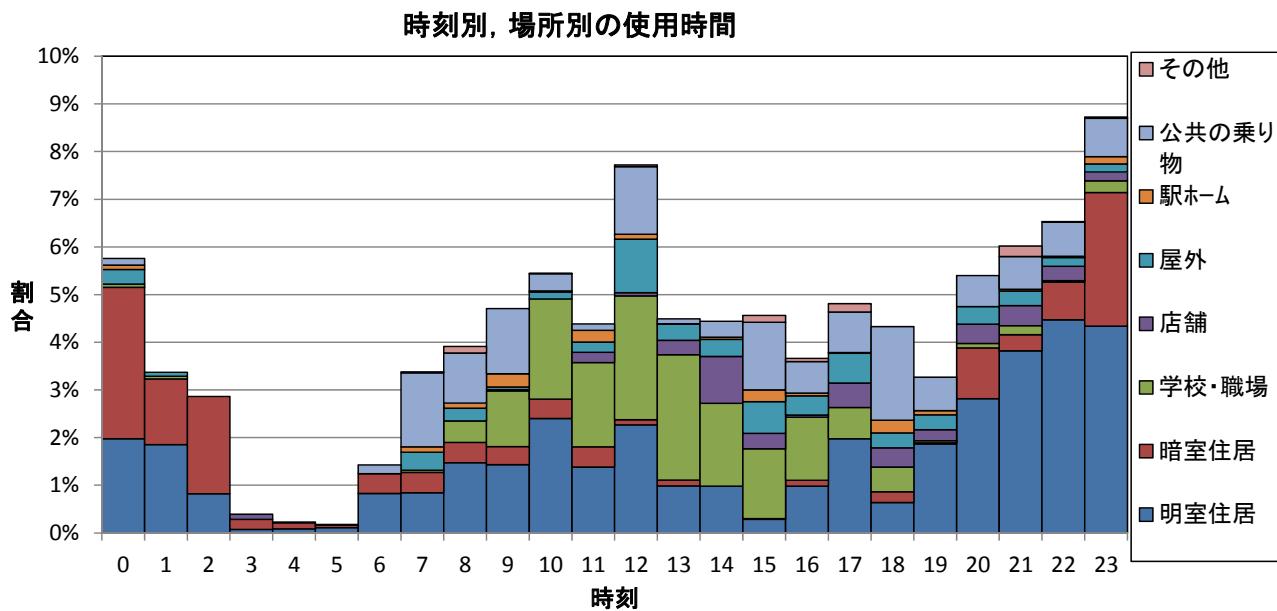
時刻別の利用内容

時刻別、用途別の使用時間



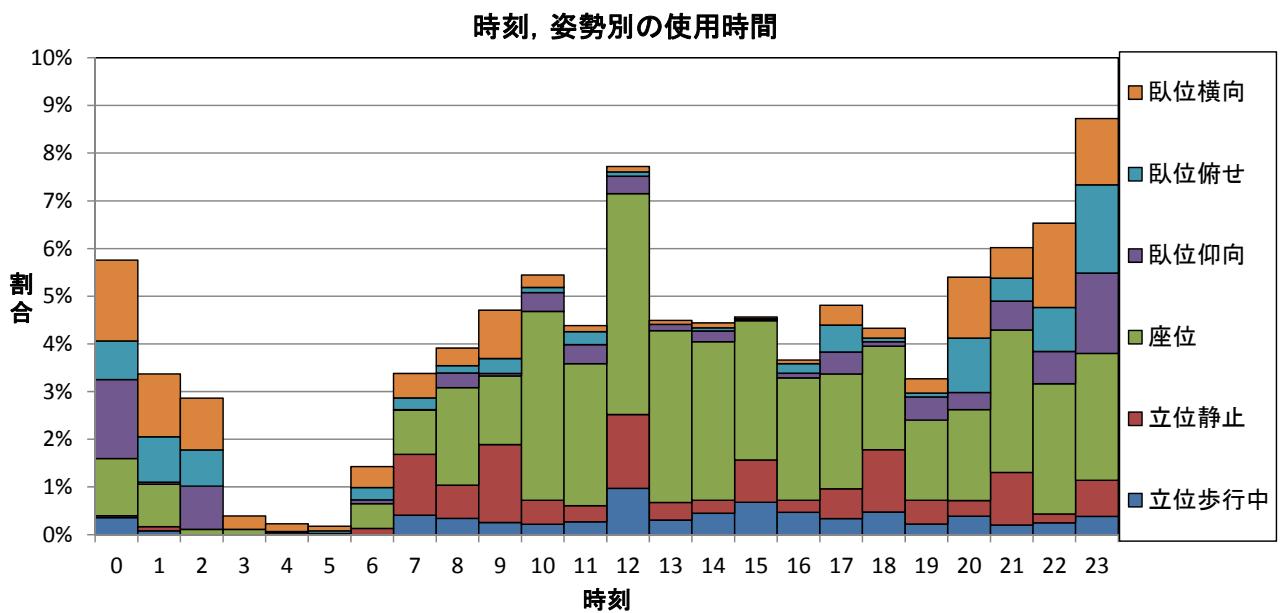
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

時刻別の使用場所



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

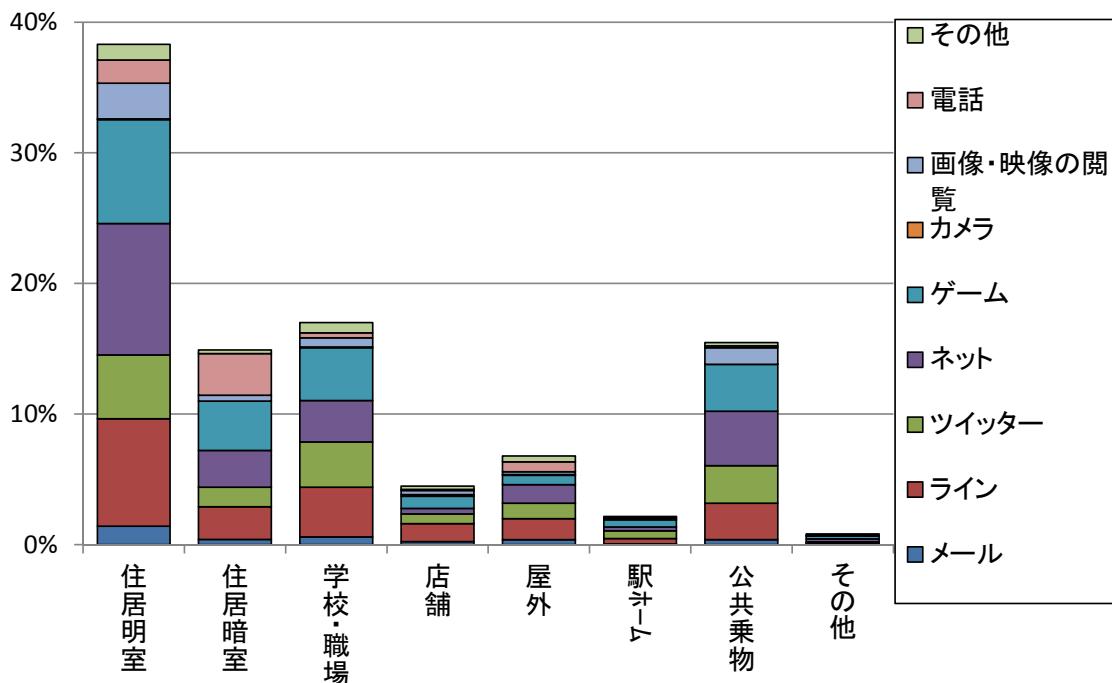
時刻別の使用姿勢



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

場所別の利用内容

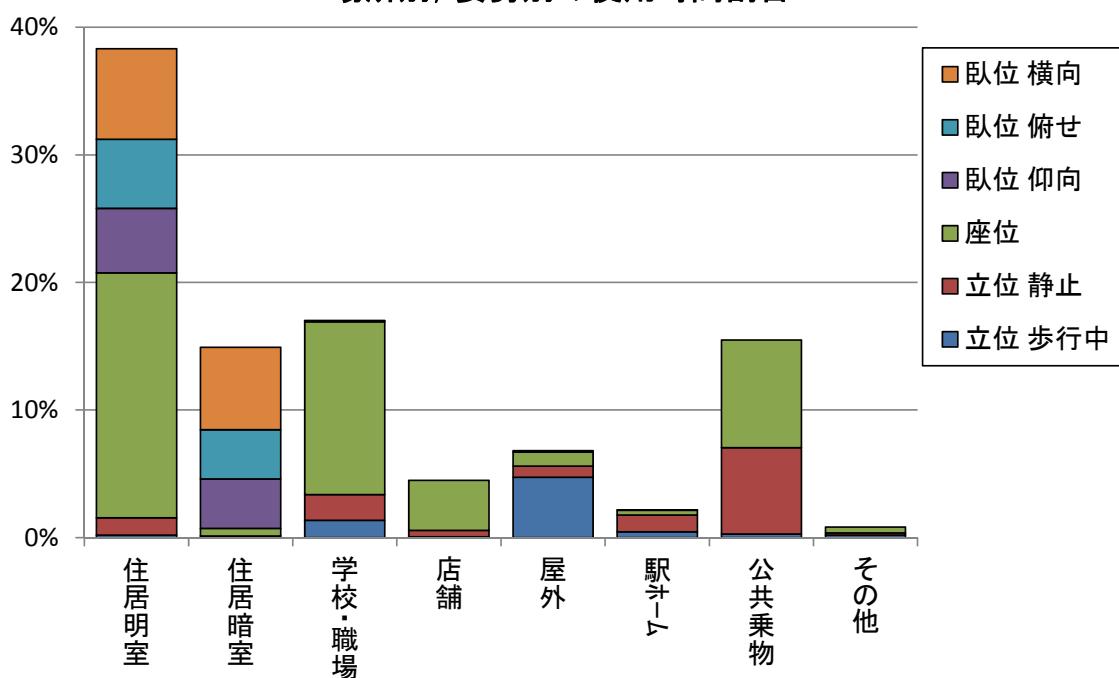
場所別、用途別の使用時間割合



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

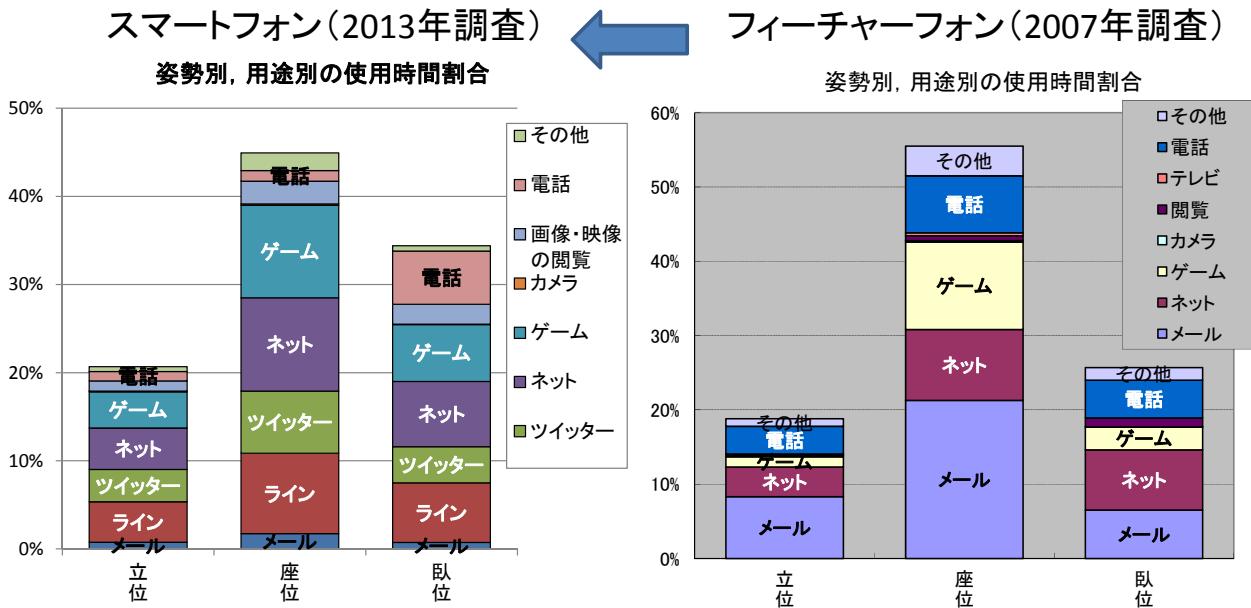
場所別の使用状況

場所別、姿勢別の使用時間割合



JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

姿勢別の使用用途(フィーチャーフォンとの比較)



スマホになって、①臥位での使用が増加、②電話としての利用減少、③ゲーム・ネット・ライン・ツイッターでほとんどを占める

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

(2) スマートフォン使用時の姿勢計測

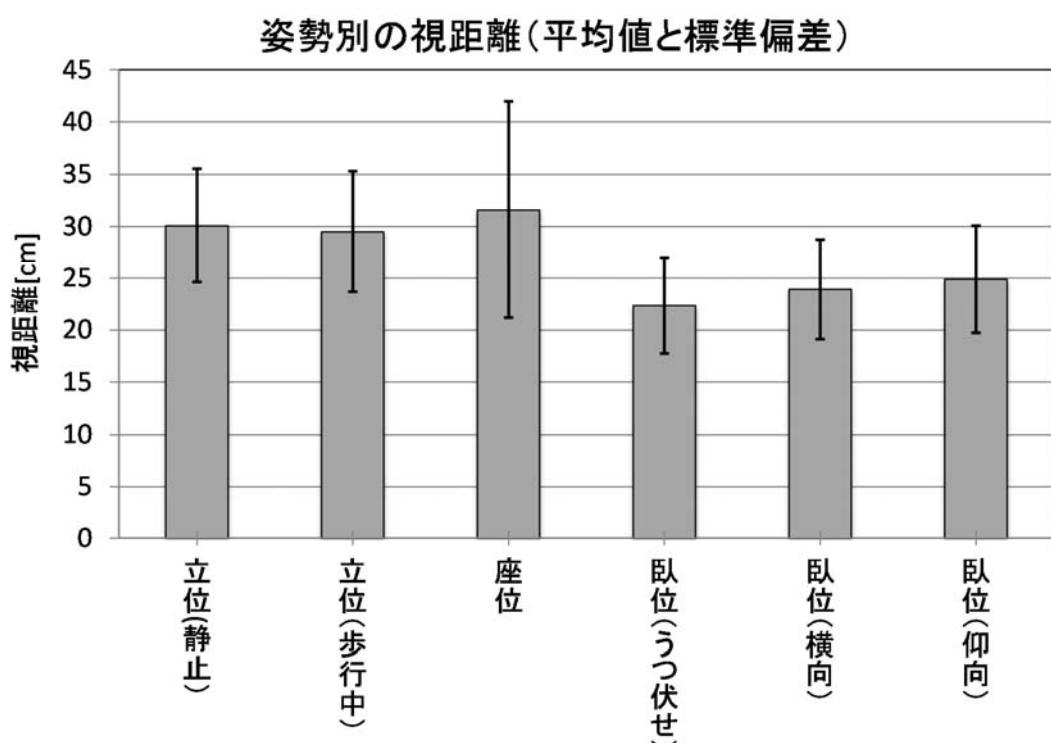
- ① 32名の参加者に立位(静止、歩行中)、座位、臥位(うつ伏せ、横向、仰向)の6つの姿勢でスマートフォンを使用させて、視距離や視線角などを計測した。
- ② 課題は、最も利用頻度が高かったラインに応答する作業であった。
- ③ 計測直後にデジタルカメラで姿勢を撮影した。
- ④ 使用したスマートフォンは各自の所有しているものとした。

スマートフォンの使用姿勢の計測状況



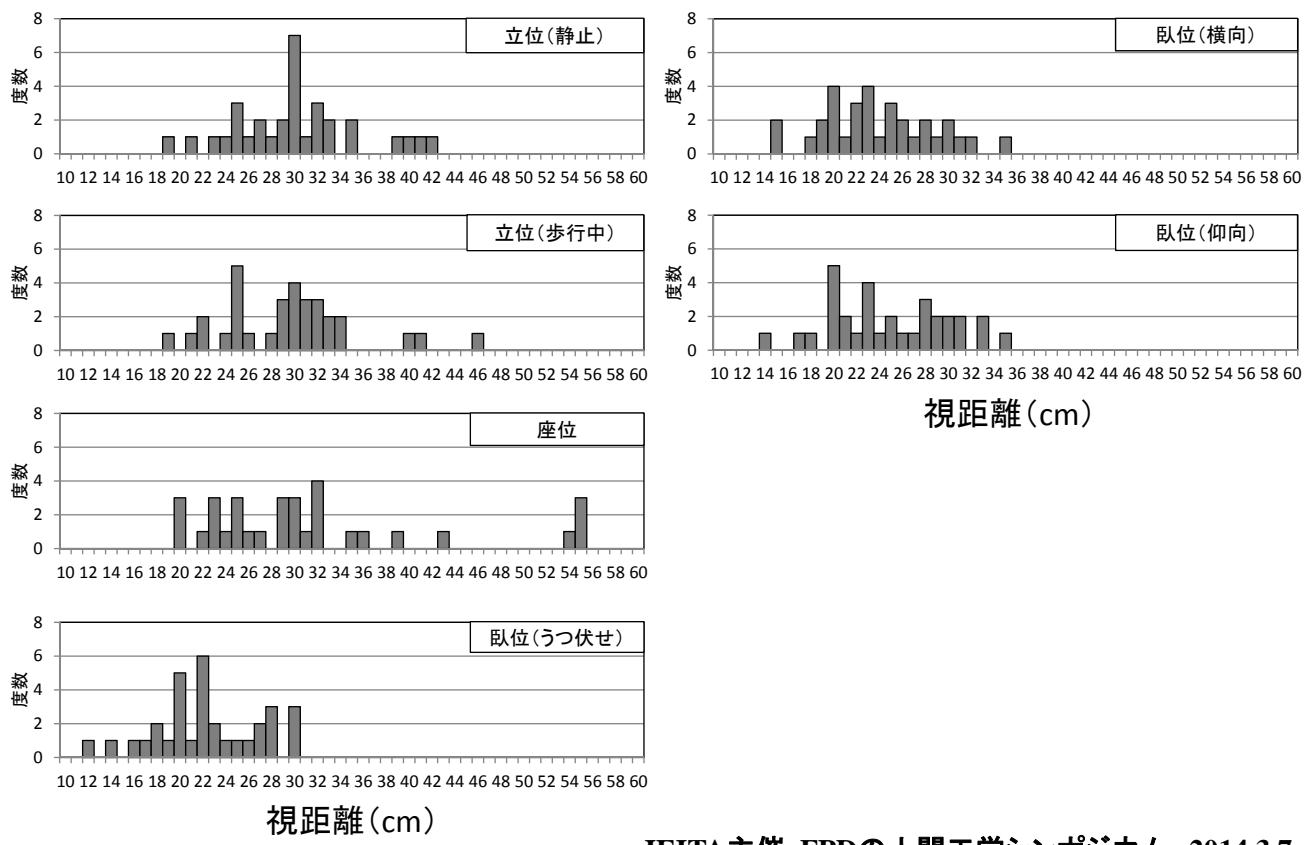
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

スマートフォン使用時の視距離 N=32



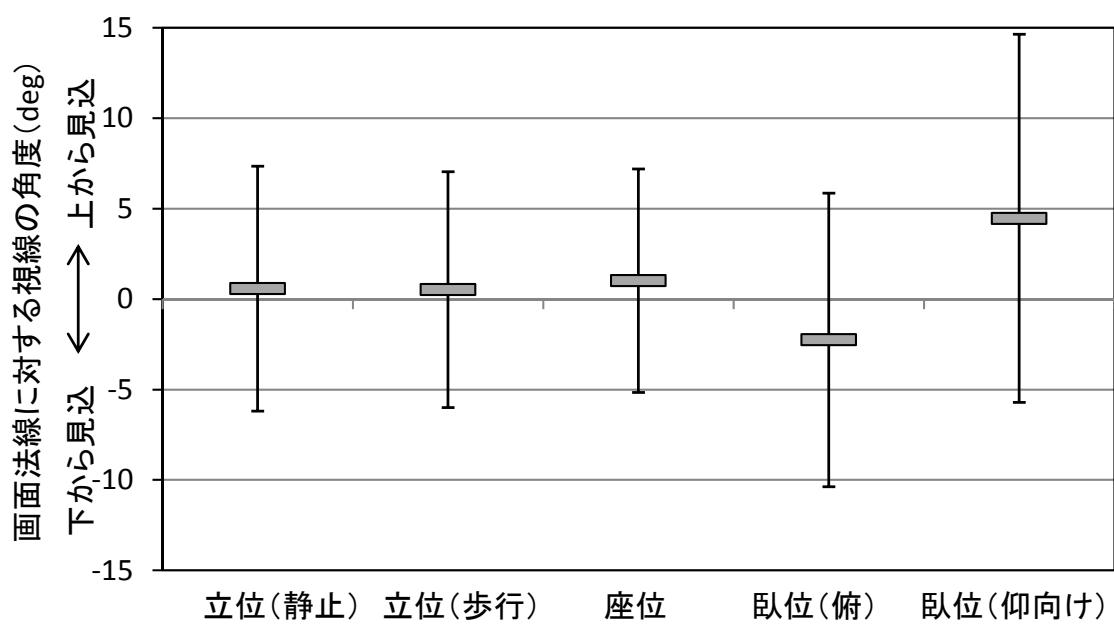
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

スマートフォン使用時の視距離の分布 N=32



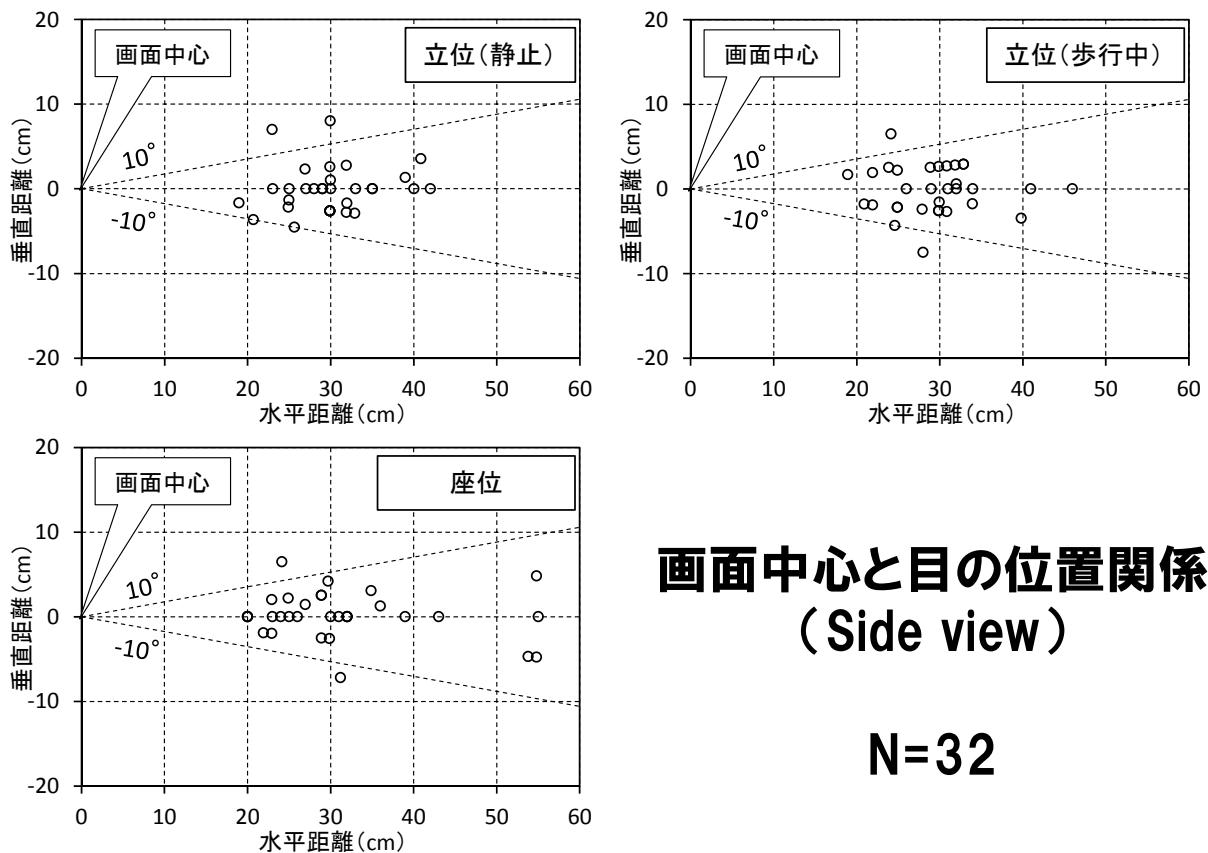
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

画面法線に対する視線の角度 N=32



32名の平均値と±1標準偏差

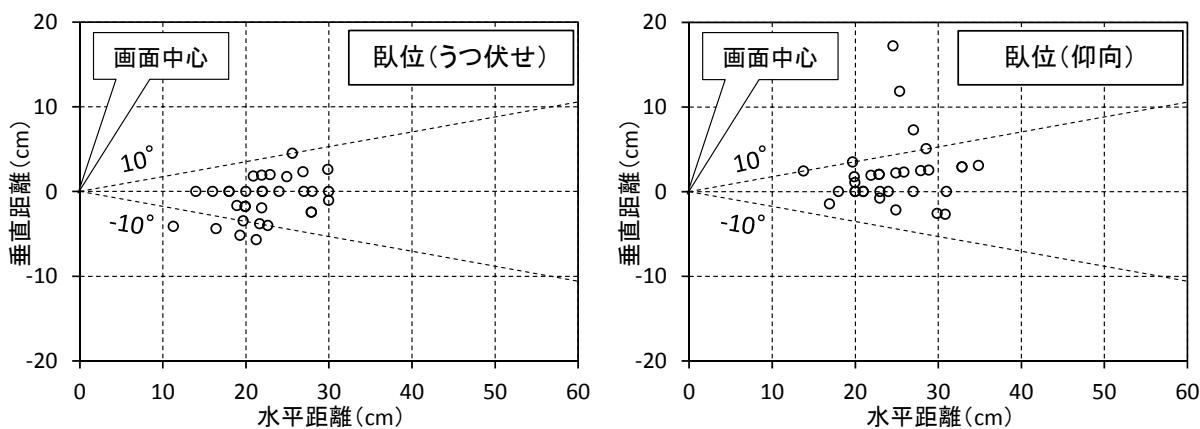
JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7



画面中心と目の位置関係 (Side view)

N=32

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7



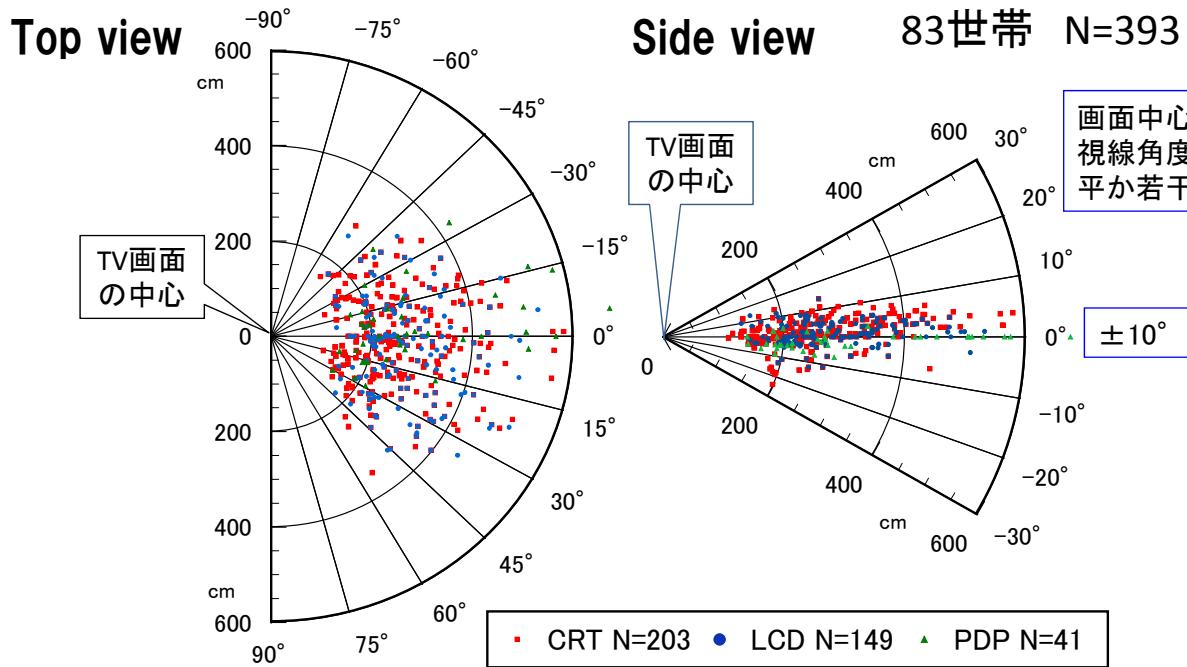
画面中心と目の位置関係 (Side view)

N=32

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

テレビの場合

日本人間工学会:薄型テレビの人間工学設計ガイドライン, 2012より



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. 2007-2008年の調査結果

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2014.3.7

5. まとめに代えて

人間中心 \longleftrightarrow 技術中心

有機物	人間中心	技術中心	無機物
定質的	観察	生態学	物理学
主観	ネットワーク	複雑	実験
アート	進化	単純	定量的
生物・社会系	右脳	左脳	還元主義
			客観
		不变	サイエンス
		左脳	理工系

人間中心と技術中心の発想に
関連した言葉を二項対立的に列挙したもの