

ディスプレイの利用実態から見た 画素密度の要件

窪田 悟

エルゴデザイン研究所

<http://www.kubota-labo.com>

1

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

ディスプレイの利用実態から見た 画素密度の要件

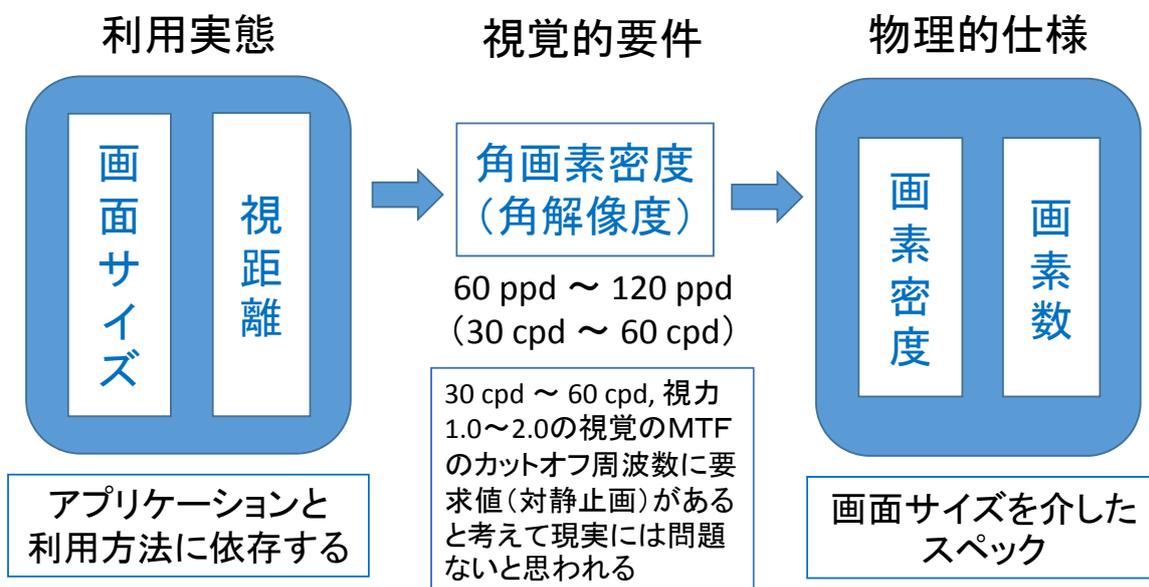
1. はじめに
2. ディスプレイの画素密度の実態
3. 画素数, 画素密度, 視距離, 角解像度の関係
4. スマートフォンとテレビに要求される画素密度
5. 画素密度の要件に対する新たな視点
6. 高画素数化の価値は
アプリケーションと使用方法に依存
7. まとめ

2

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

1. はじめに

単なる画素数, 画素密度の規格以前に, 実使用条件における利用者にとっての価値を考えることが人間工学の課題となる



0.75H, 1.5H, 3H → 設計視距離

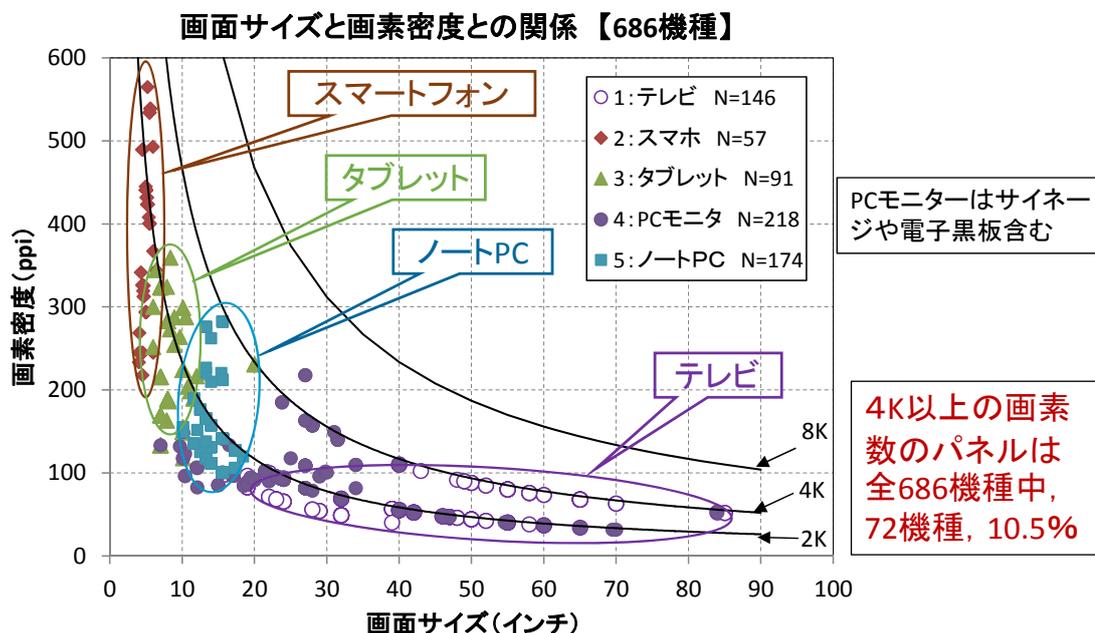
4K, 8K → 単なる画素数の規格

3

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

2. ディスプレイの画素密度の実態

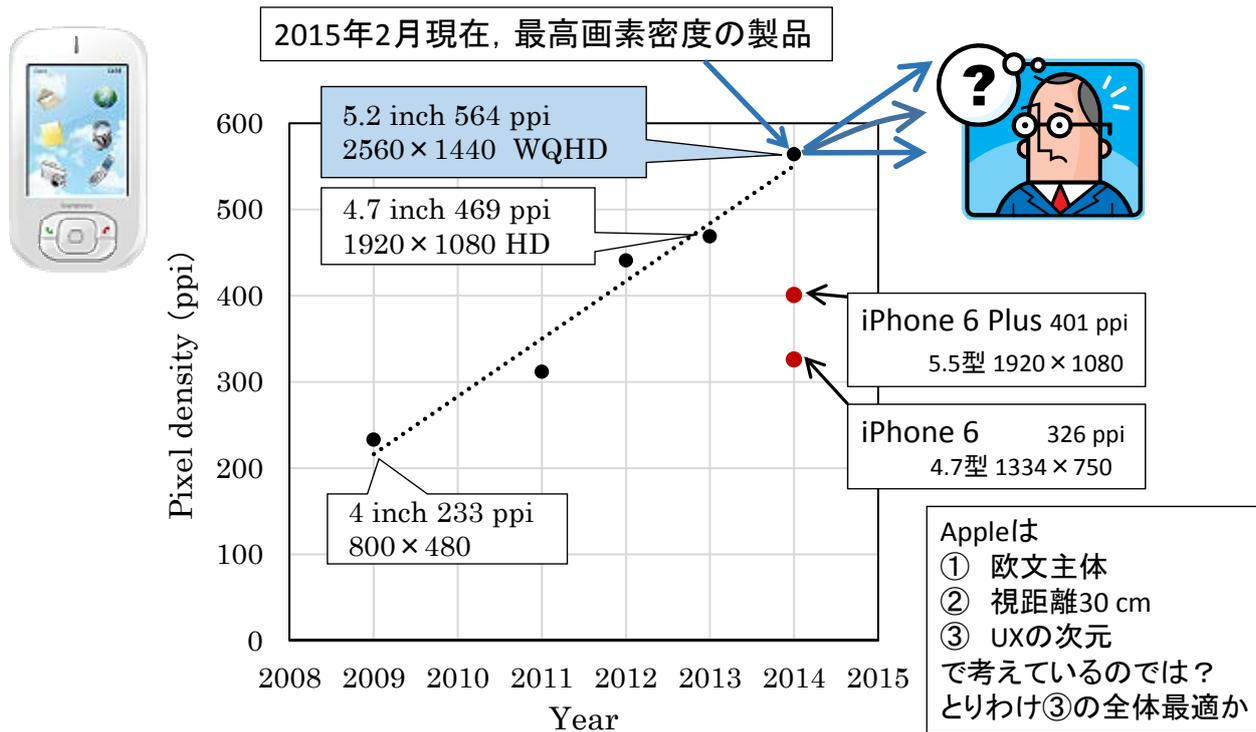
2014年に我が国で発売されたディスプレイを搭載した
ほぼ全ての製品686機種データのデータ



4

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

スマートフォンの最高画素密度の過去6年間の変化

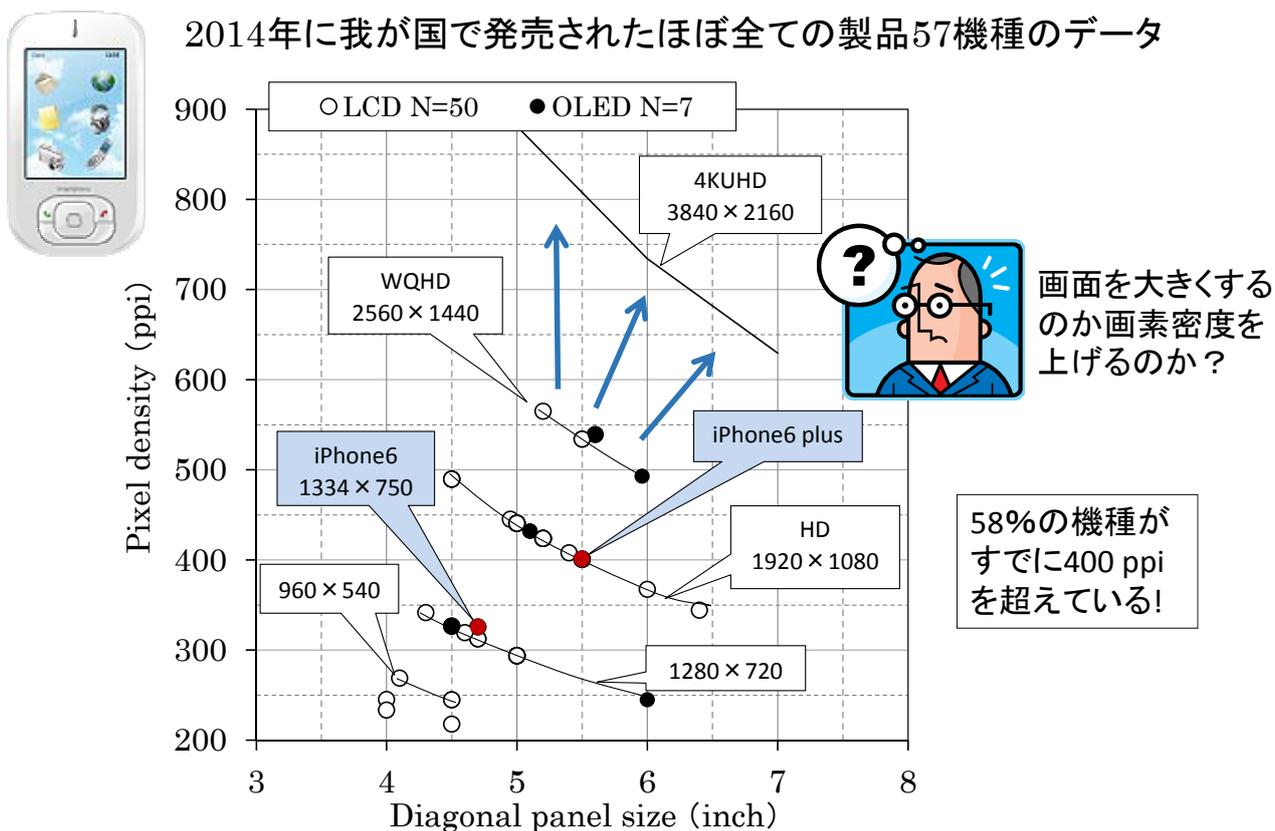


5

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

スマートフォンの画面サイズと画素密度

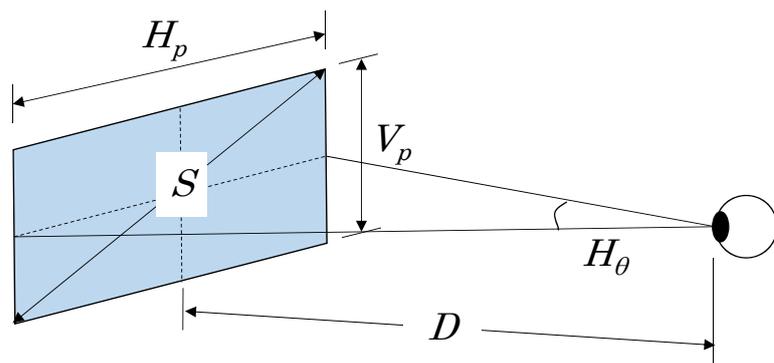
2014年に我が国で発売されたほぼ全ての製品57機種 of データ



6

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

3. 画素数, 画素密度, 視距離, 角解像度の関係



S : 画面サイズ
(対角inch)

H_p : 横画素数

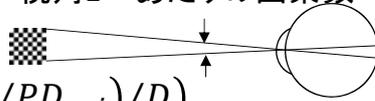
V_p : 縦画素数

H_θ : 水平画角(deg)

D : 視距離(cm)

画素密度の要件に対しては視距離と視力が支配要因

(1) 画素密度 (pixels per inch) Pixel Density $PD_{ppi} = \sqrt{H_p^2 + V_p^2} / S$  1 inch 当たりの画素数

(2) 角画素密度 (pixels per degree) Angular Pixel Density $PD_{ppd} = H_p / H_\theta$  視角1° あたりの画素数
 $= 1 / \tan^{-1}((2.54 / PD_{ppi}) / D)$

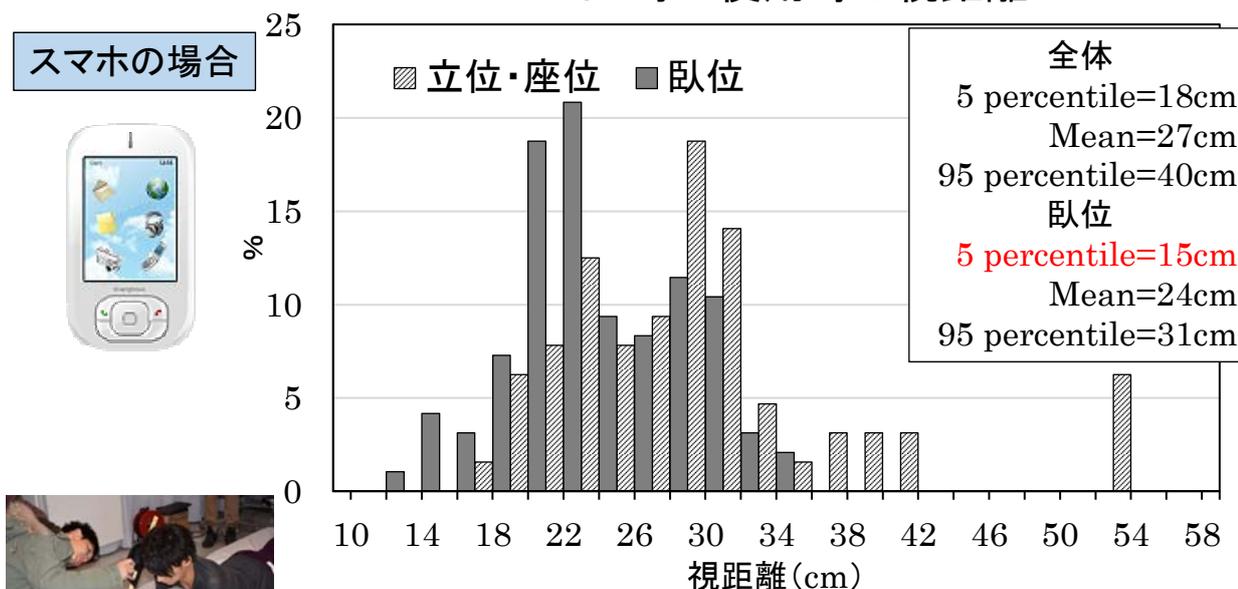
(3) 角解像度 (cycles per degree) Angular Resolution $PD_{cpd} = PD_{ppd} / 2$

7

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

4. スマートフォンとテレビに要求される画素密度

スマートフォン使用時の視距離



LINE画面を読み取り時の32名の大学生の視距離

家庭のテレビ視聴距離のほぼ1/10, すなわち

4型のスマホ画面の画角は, 家庭の40型のテレビの画角に匹敵する

Hisatake et al.: IDW2014, VHF6-1

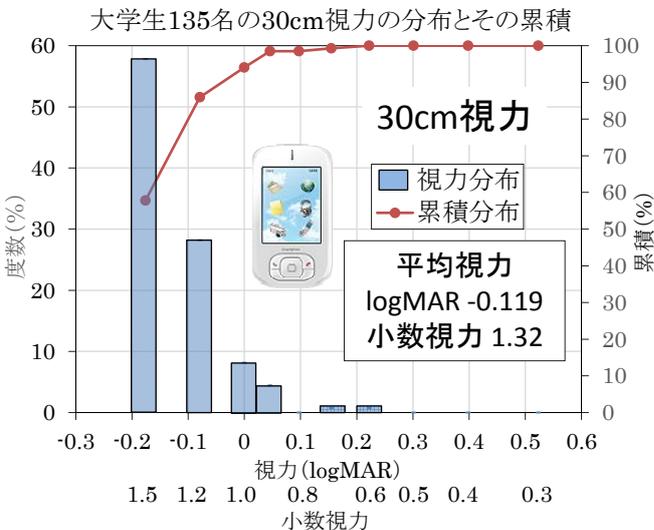
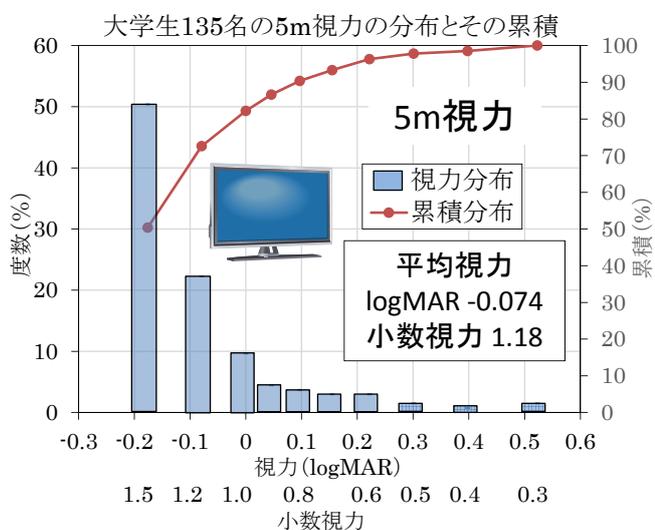
8

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

大学生135名の視力

TopconスクリノスコープSS-3で測定 (ランドルト環視力)

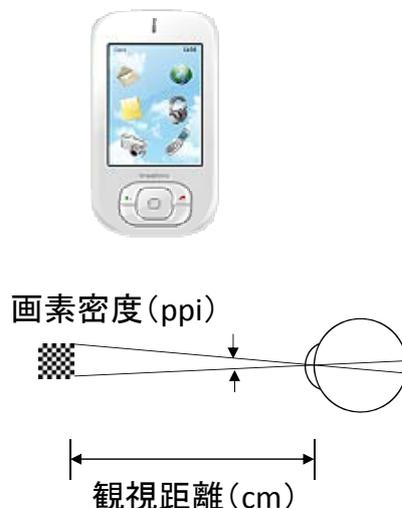
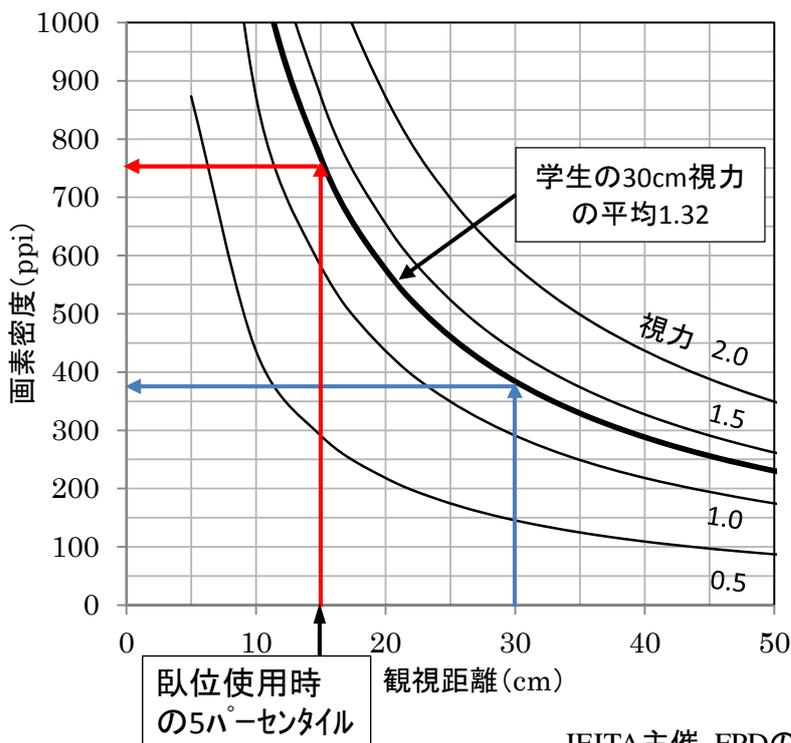
参加者のスクリーニングなし, 日常矯正視力



一応テレビの場合は5m視力, スマホの場合は30cm視力で考える

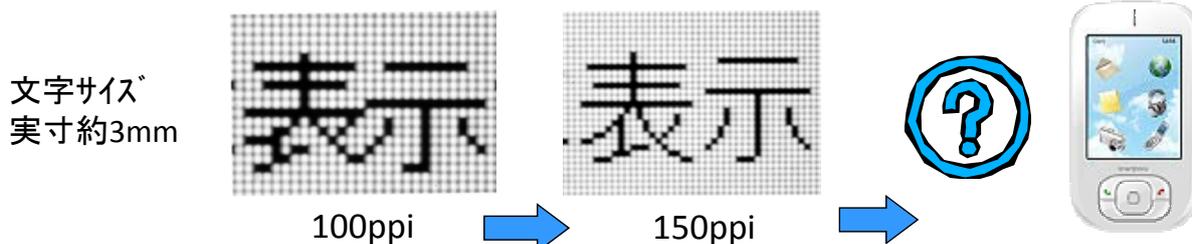
視距離と画素密度に対する視力別の画素の可視閾

大学生の近距離視力とスマートフォンの視距離を対象とする



画素密度と文字表示品質との関係

10年前に行ったフィルムシミュレーションによる実験の結果



実験方法

銀塩ポジフィルムによる
超高画素密度の擬似LCDを作成

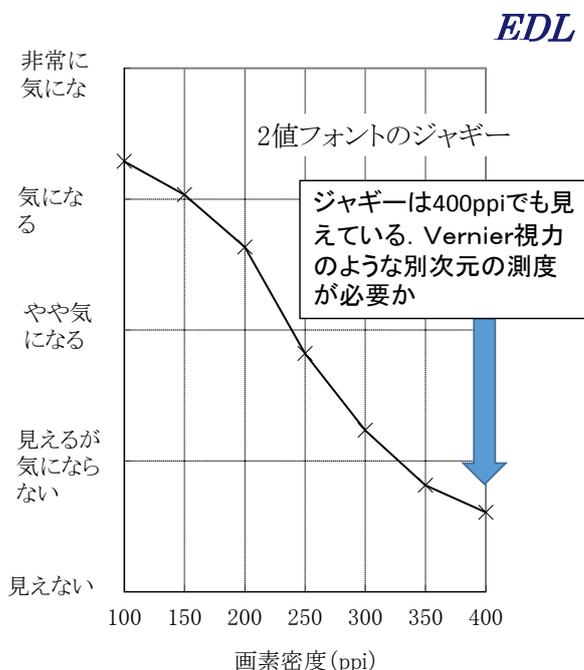
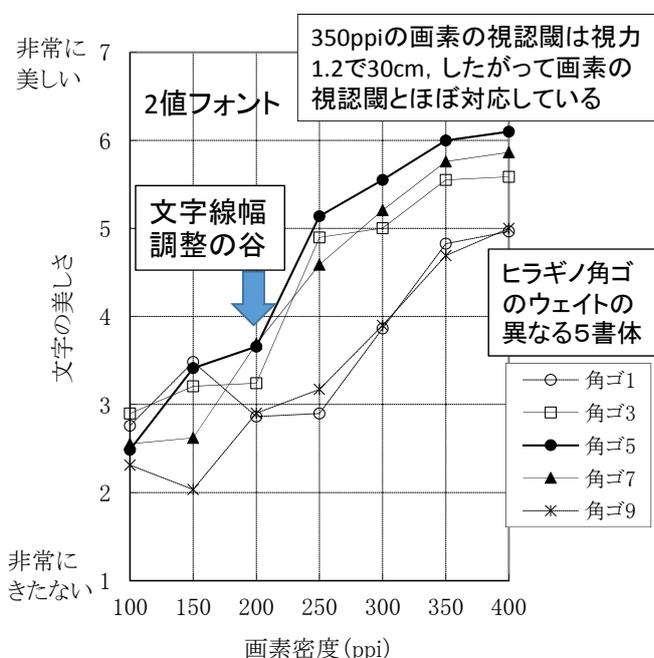
1. 中判カメラで実際のLCDを異なる倍率で撮影
2. 現像されたポジフィルムをバックライトに載せると透過型LCDになる

7段階評定尺度法による文字の美しさの主観評価, 実験参加者は学生30名



フィルムシミュレーションで100~400ppiの画素密度の表示を実現

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6



窪田ほか:映像情報メディア学会誌, 60巻, 3号, 2006.3

3mmの文字, 視距離30cm固定における実験結果
最近のスマートフォンでは1.5mmの文字を15cmで見ること
も少なからずあるので, さらに高い画素密度が必要となる

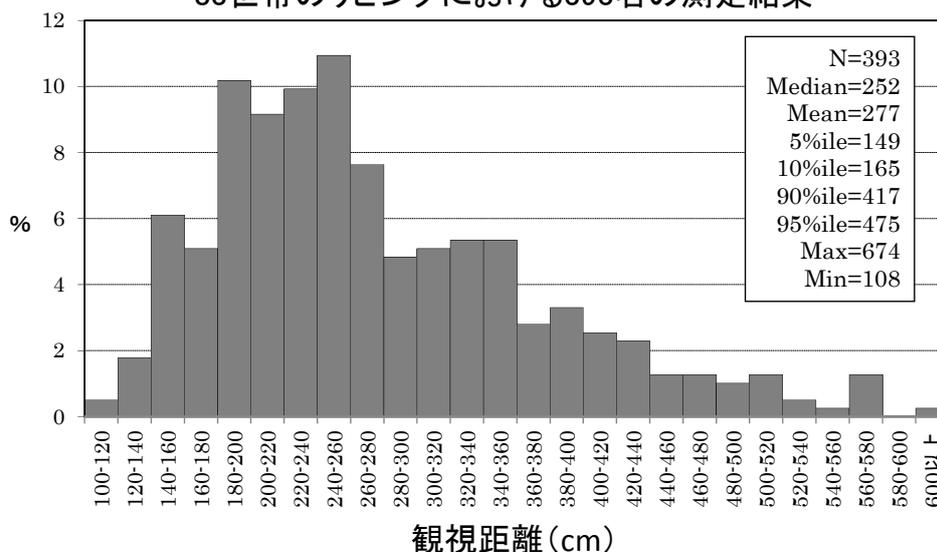


テレビの場合



家庭におけるテレビの観視距離

83世帯のリビングにおける393名の測定結果



前の図に示した大学生のスマホの視聴距離のほぼ10倍
 テレビの視聴距離を決めている支配的要因は、ソファや椅子などの
 家具の位置である。画面サイズ、画素密度、部屋の大きさは無関係。

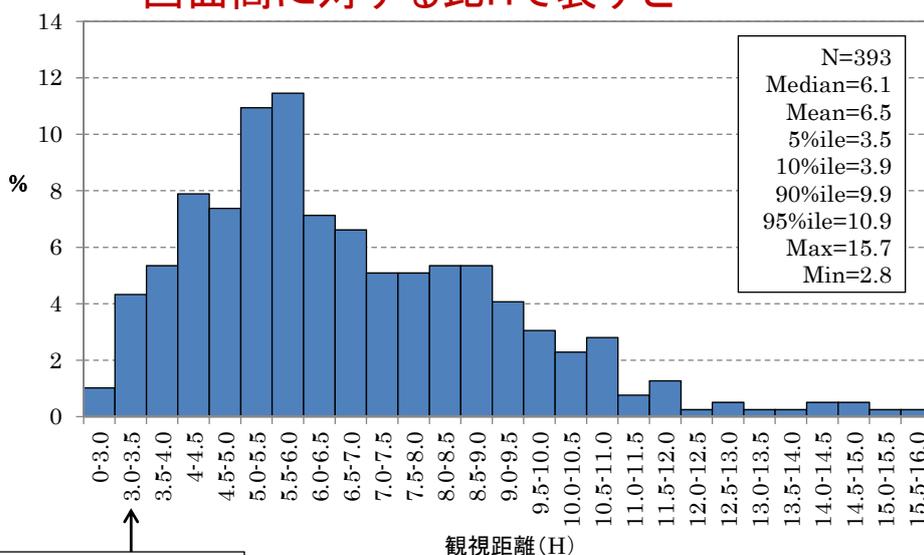
窪田ほか:映像情報メディア学会誌, 65巻, 8号, 2011より

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

家庭におけるテレビの観視距離

83世帯のリビングにおける393名の測定結果

画面高に対する比Hで表すと



2007年時点だが3H
 で見ている人はほと
 んどいない

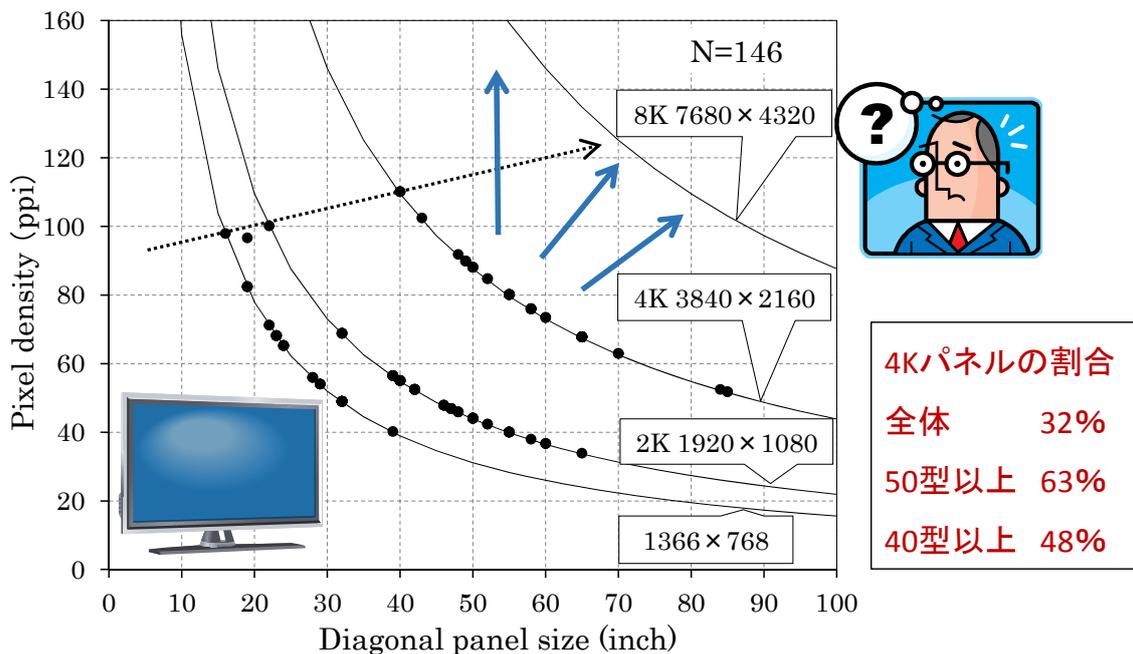
3H, 1.5H, 0.75Hはあくまで設計視聴距離
 規格と現実とは異なる

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

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

テレビの画面サイズと画素密度

2014年に我が国で発売されたほぼ全ての製品146機種のデータ

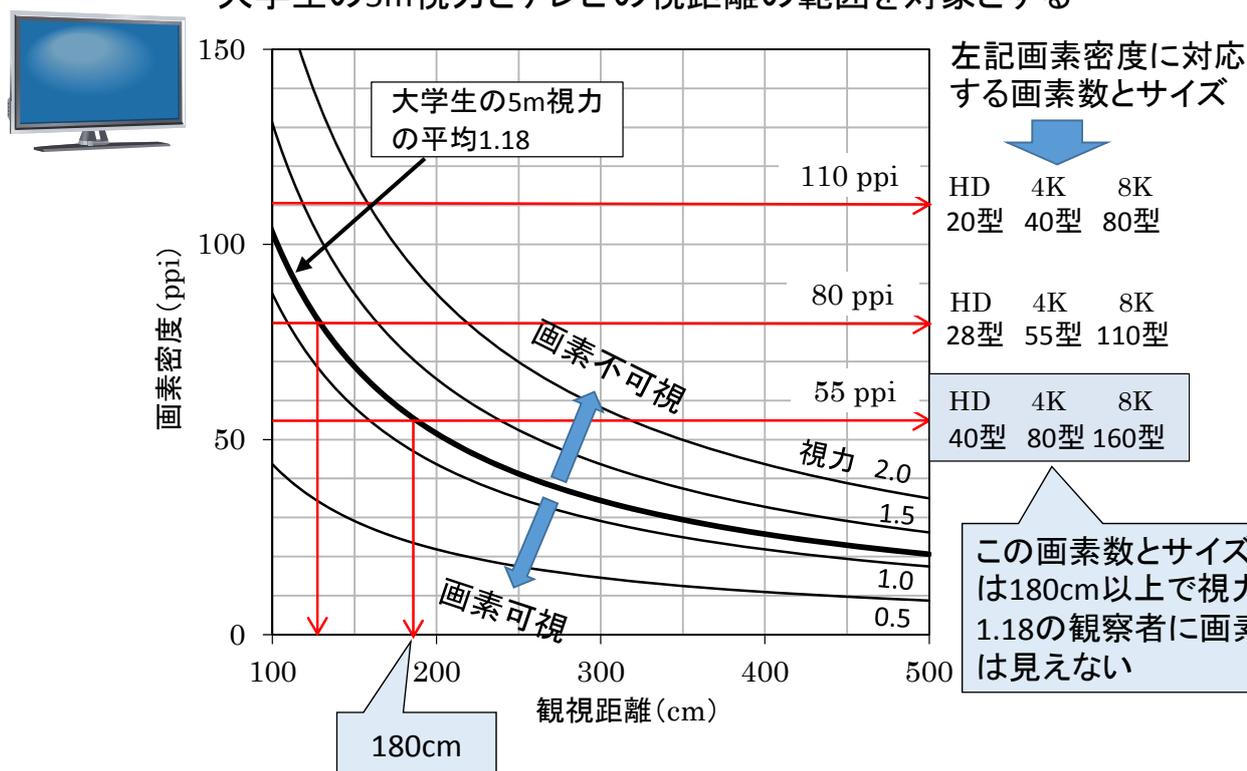


15

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

視距離と画素密度に対する視力別の画素の可視閾

大学生の5m視力とテレビの視距離の範囲を対象とする



16

JEITA主催 FPDの人間工学シンポジウム 2015.3.6

5. 画素密度の要件に対する新たな視点

A. 従来の画素の可視閾に依拠した視点

視力1.0に相当する**30cpd(60ppd)**とされてきた

ハイビジョンやスーパーハイビジョンの設計視距離, 設計観視画角はこれに基づいて決められてきた. 少なくとも2009年の時点では, 「実物感」についても**40~50cpd**で飽和傾向にあるとし, その際の評定者の視力(平均1.57)を考慮すると従来の結果を補強する結果であるとしていた(金澤(NHK), 超高解像度ディスプレイ, FPDの人間工学シンポジウム2009)

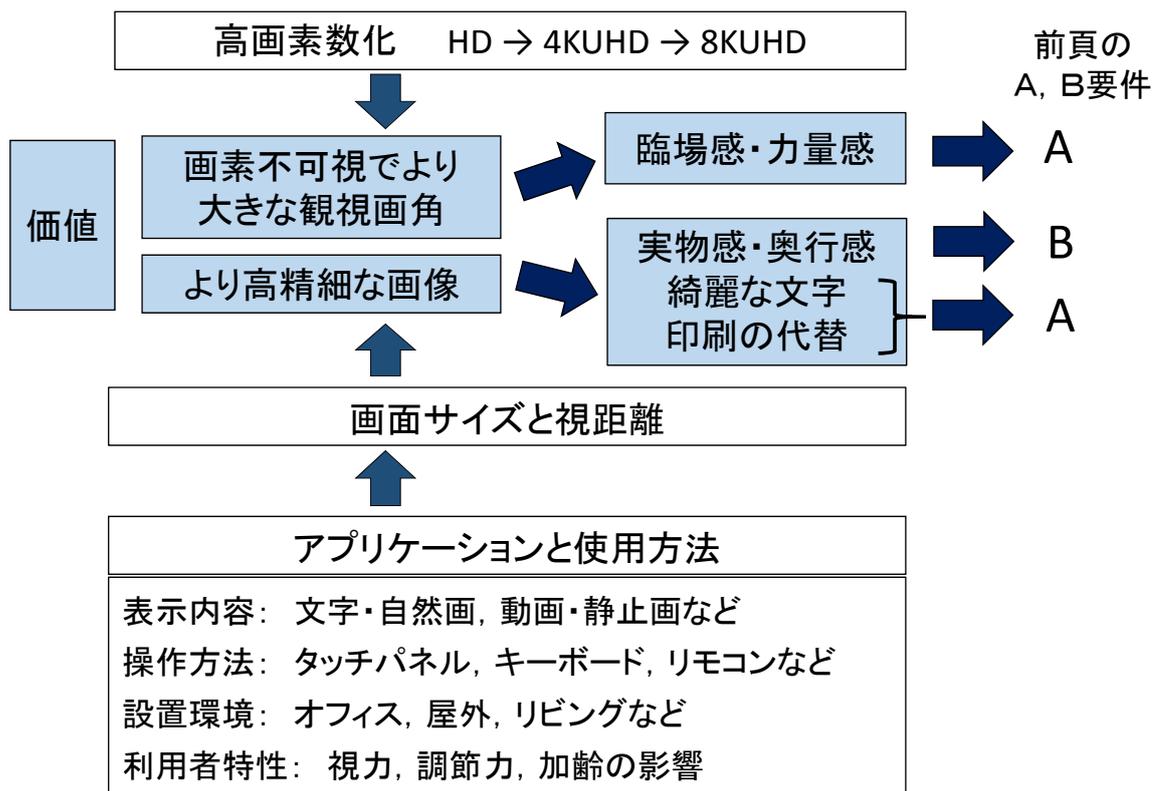
B. 最近の実物感や奥行感に依拠した視点 ← 新たな視点

* 実物感は**120cpd(240ppd)**くらいまで飽和しない, エンジニアリング的には, 従来の2倍の **60cpd(120ppd)**くらいが目標としている

Masaoka et al. (NHK), IEEE Tran. on Broadcast, 59, 1, Mar.2013

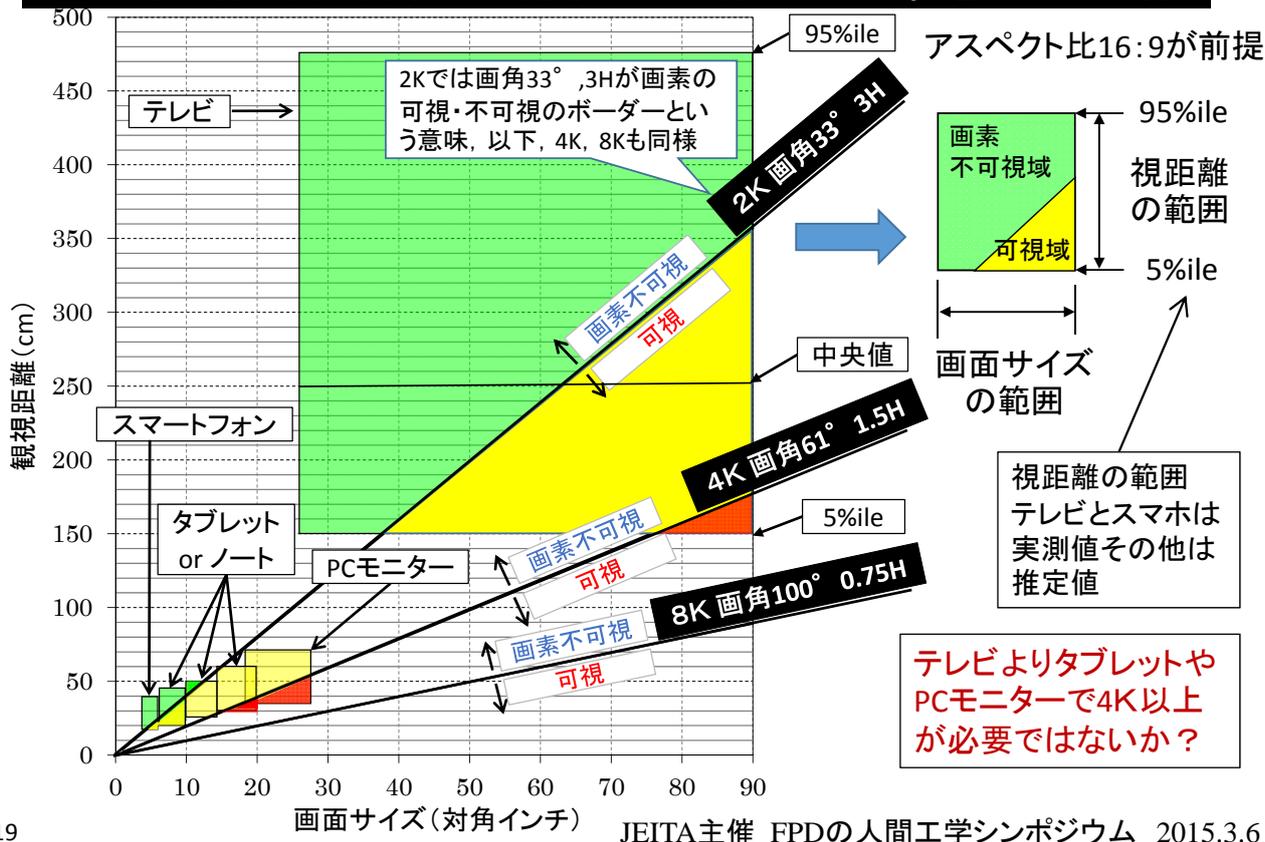
* 奥行感についても**120cpd(240ppd)**くらいまで飽和しないとの結果もある. Tsushima et al. (NHK), Scientific Reports, Oct.2014

6. 高画素数化の価値は アプリケーションと使用方法に依存



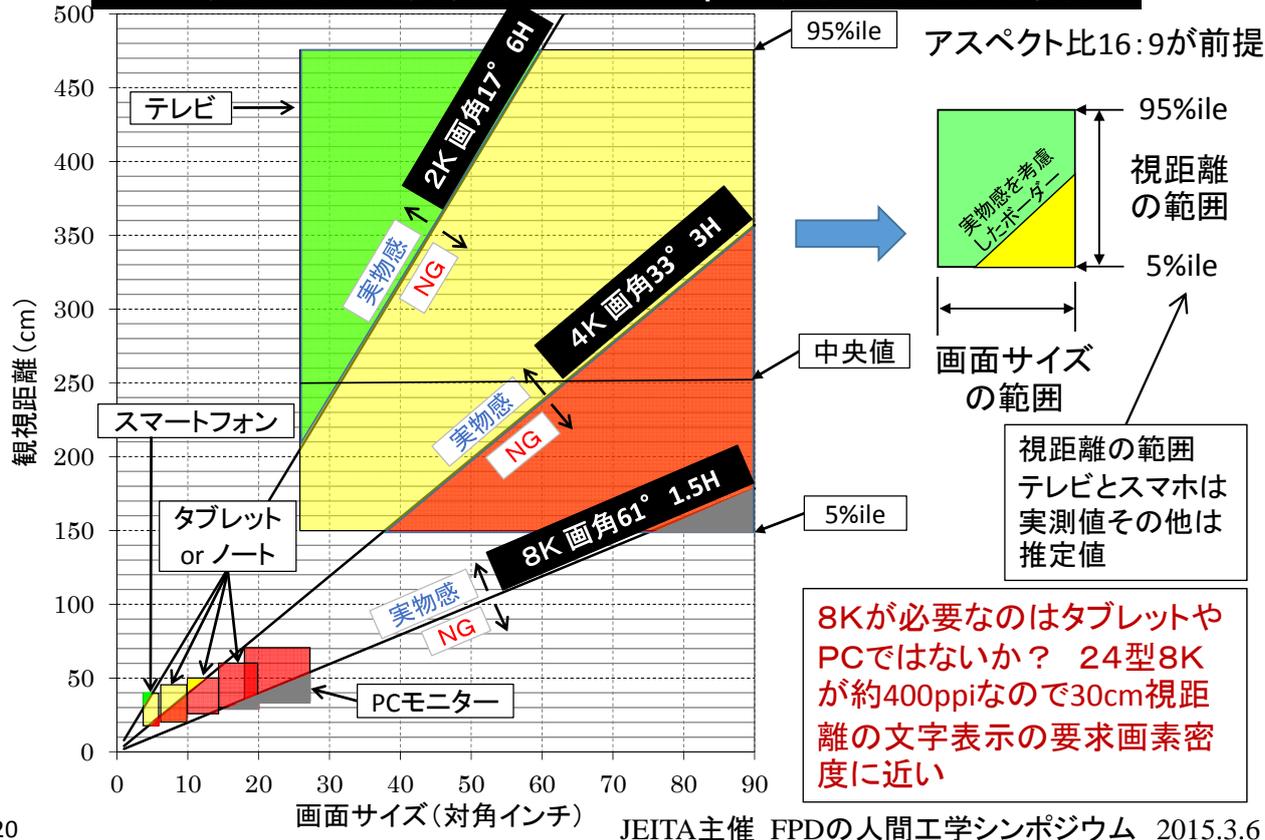
画面サイズと視距離の実態から見た画素数の要件

A: 従来の静止画の画素の可視閾としての視力1.0, 30cpdを適用した場合



画面サイズと視距離の実態から見た画素数の要件

B: 最近示された実物感に基づく60cpdの要件を適用した場合



7. まとめ

- ① 4Kや8Kという高画素数化の基本的な価値は、ディスプレイの利用実態に依存する。すなわち、アプリケーションと利用方法によって異なる視距離と観視画角に依存する。
- ② アプリケーションごとの利用実態を考慮すると、4Kや8Kといった高画素数化の価値は、テレビよりもタブレットやPCにあると考えられる。テレビは動画、タブレットやPCは静止画主体というコンテンツの違いもある。精細度に関する評価実験のほとんどは静止画によるものである。
- ③ 高画素数化は今しばらくは止まらない。医療用などの特殊用途については高画素数化の価値はとりわけ高いと考えられる。

ディスプレイの画素数の規格一覧

規格	画素数	規格	画素数	規格	画素数
sQCIF	128×96	WSVGA	1024×600	FULL-HD	1920×1080
QCIF	176×144	XGA	1024×768	WUXGA	1920×1200
ワンセグ	320×180	PC-98ハイレゾ	1120×750	2K	2048×1080
QVGA	320×240	iPhone 5	1136×640	QWXGA	2048×1152
CIF	352×288	XGA+	1152×864	QXGA	2048×1536
WQVGA	400×240	MAC21インチ	1152×870	4M	2304×1728
iPhone 3	480×320	UWSVGA	1280×600	WQHD	2560×1440
EGA	640×350	HDTV(720p)	1280×720	WQXGA	2560×1600
PC-98ノーマル	640×400	WXGA	1280×768	QWXGA+	2880×1800
VGA	640×480	WXGA	1280×800	WQHD+	3200×1800
DVD	720×480	Quad-VGA	1280×960	QUXGA	3200×2400
NTSC	720×483	SXGA	1280×1024	4KUHD	3840×2160
PAL	768×576	iPhone 6	1334×750	QUXGA Wide	3840×2400
WVGA	800×480	HD FWXGA	1366×768	4K	4096×2160
SVGA	800×600	SXGA+	1400×1050	8KUHD	7680×4320
MAC16インチ	832×624	WXGA+	1440×900	8K	8192×4320
FWVGA	854×480	HD(地デジ)	1440×1080		
FWVGA+	864×480	WSXGA	1600×1024		
iPhone 4	960×640	UXGA	1600×1200		
UWVGA	1024×480	WSXGA+	1680×1050		