

速い動き・高精細コンテンツに 適した動画性能評価

Evaluation of Moving Picture Performance
Suitable for Fast Motion and High Definition Content

FPDの人間工学シンポジウム2010
2010年3月5日

川原 功

Isao Kawahara

パナソニック(株) AVCネットワークス社
映像・ディスプレイデバイス事業グループ

Panasonic ideas for life

TOPICS

1. 背景
2. 応答時間測定の限界
3. 動画性能を決める主な要因の解析
 - ホールド動作
 - Gaussian応答
 - 残光
4. 動画応答の実測例
5. まとめ

Panasonic ideas for life

1. 背景

■ 高臨場感と解像度の関係

(映画館での「視距離」: 2Hの距離がPrime Seat)

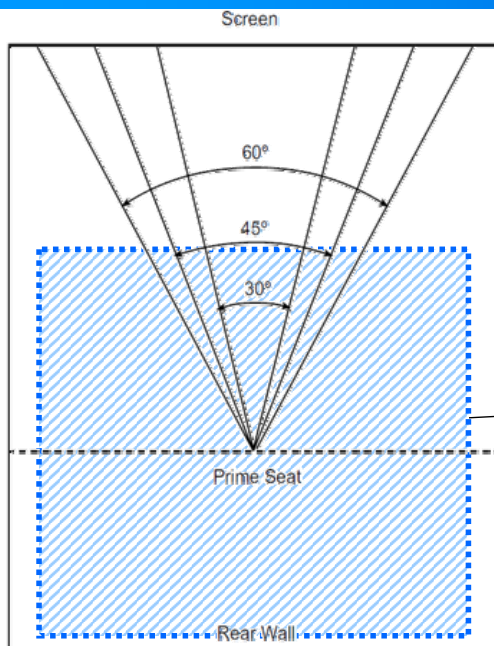
■ スペック至上主義の問題

(性能至上主義とは異なる)

- 240/200Hz (LCD)・・・動作はしているかも知れないが、性能ではない
 - 2ms (LCD)・・・部分のスペックであり、全体の性能ではない
 - 600Hz (PDP)・・・間違いではないが、高性能は別の理由
 - 0.001ms (PDP)・・・他社と横並びの数値が必要?
 - ダイナミックコントラスト ...ゲーム中にルールを変えるようなもの
- 上記の数値は、動作の記述ではあっても、直接の性能とは限らない
(同じ数値を訴求していても、本当の性能はさまざま)

Panasonic ideas for life

PRIME SEAT は意外に近距離



Prime Seat

誰もいない映画館に最初に入った観客は、シアターのスクリーンから2/3のところの席を選ぶという。(プライムシートと定義) **3Hではない。**

Reference: "Screen Size The Impact on Picture & Sound", By Ioan Allen, VP, Dolby Laboratories

Seating Area

Simple and Good Reason

最前列とスクリーンの中に、適度なスペースがあるとすると、プライムシートは単純に全座席の真ん中になる。

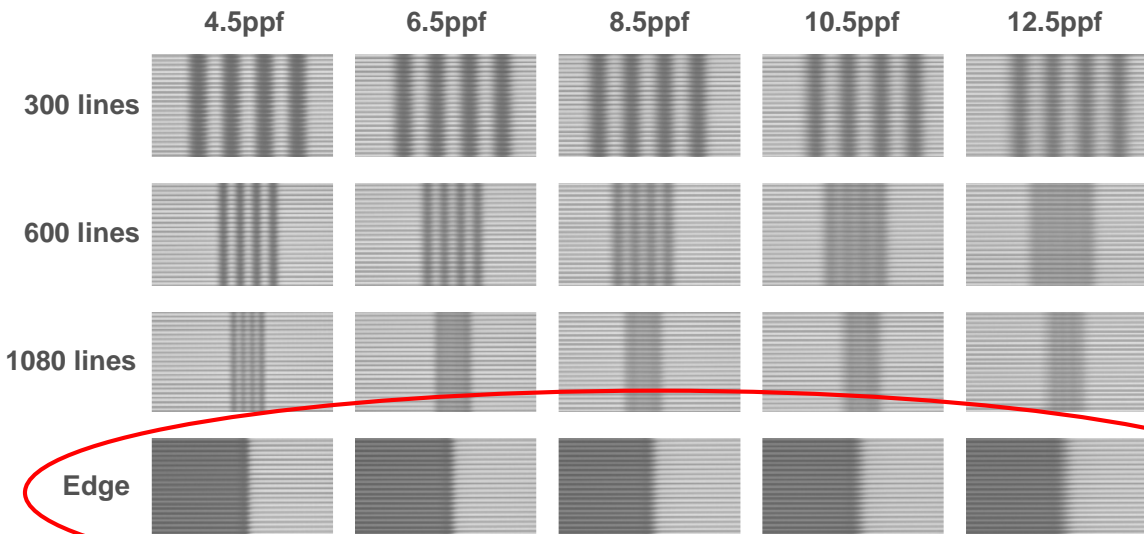
HDTVホームシアターで臨場感を確保するには・・・

- 1) 視距離を取り過ぎない (2H~3H)
- 2) HDTVにふさわしい静止画・動画解像度性能が必要
- 3) 画質性能?

Panasonic ideas for life

2. 応答時間測定限界

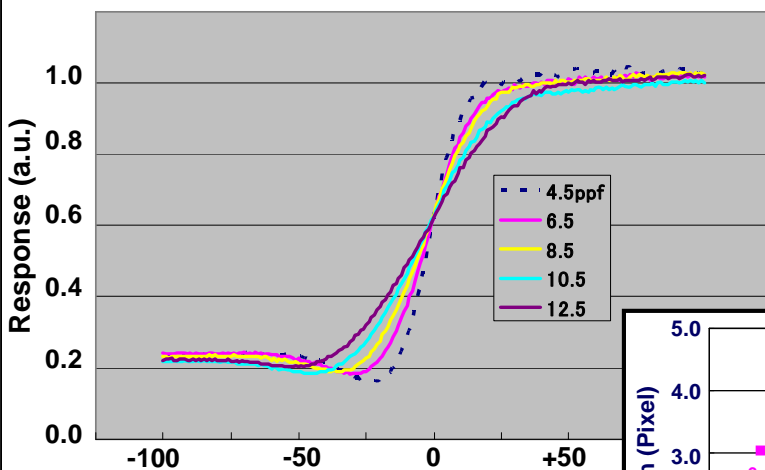
- エッジ波形: 見た目は、動画性能を(ある程度)反映している
(画像のまま評価するなら、まだまし)
- しかし、経過時間(BET,10%-90%, etc...)にしてしまうとダメ



見た目そのものは、性能をそこそ反映しているが...

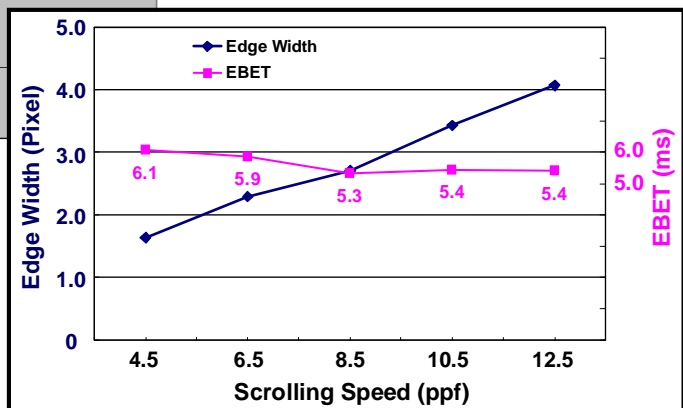
Panasonic ideas for life

動画エッジの実測例



動画エッジの観測波形

算出したBETとEBET

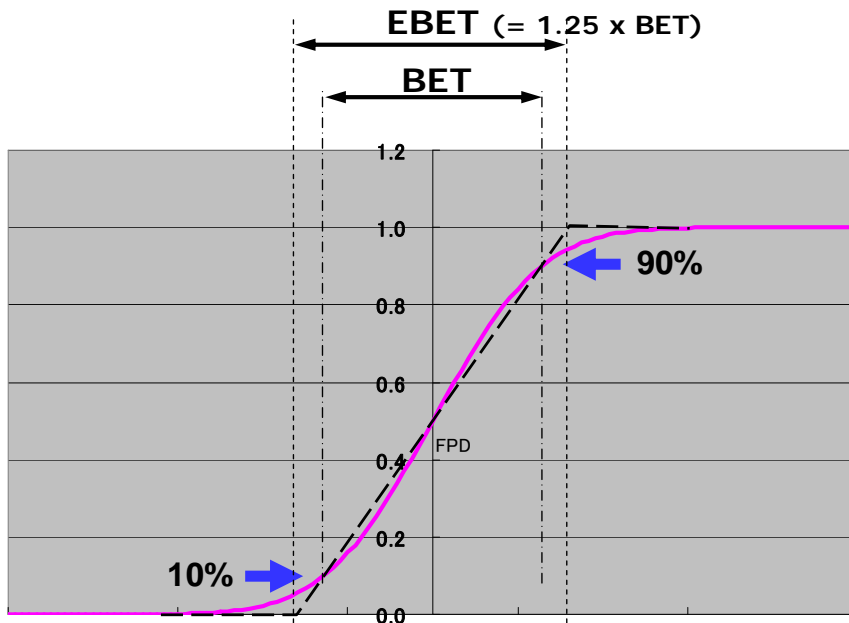


BEWの値は、移動するスピードが増加するにつれて増大するが、EBETはスピードに関係なく一定の傾向
⇒だからEBETが便利というが...

Panasonic ideas for life

レスポンスタイム: 波形の違いを無視するので精度が低い

- 二つの波形(リニアランプとS字型応答)は、同一のBET
- 波形の差は、実は無視できない(次章で解説)
- 非線形要素があれば、ステップ波形だけで代表するのは無理



Panasonic ideas for life

3. 動画性能を決める主要因の解析

1. ホールド動作

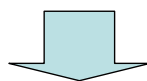
(LCD、OLED、PDP (サブフィールド))

2. Gaussian応答 (液晶素子など)

(LCD)

3. 残光

(PDP, CRT)



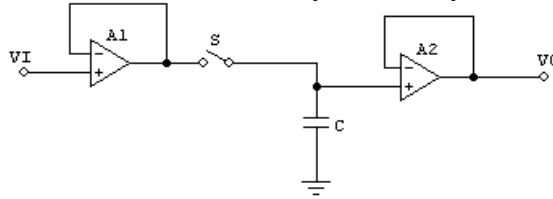
我々のアプローチ

共通の尺度(解像度=テレビ本)を使って統一的に評価し、
貢献度を比較

Panasonic ideas for life

要因1: ホールド動作

(等価回路)

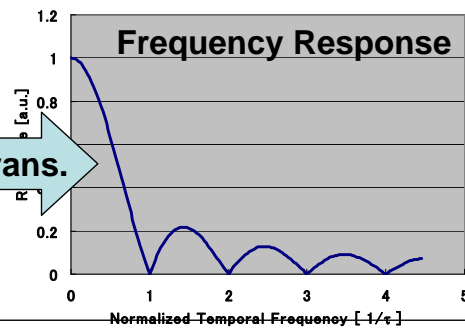


時間領域

$$h(t) = \begin{cases} \frac{1}{\tau} & \left[|t| < \frac{\tau}{2} \right] \\ 0 & \left[|t| \geq \frac{\tau}{2} \right] \end{cases}$$

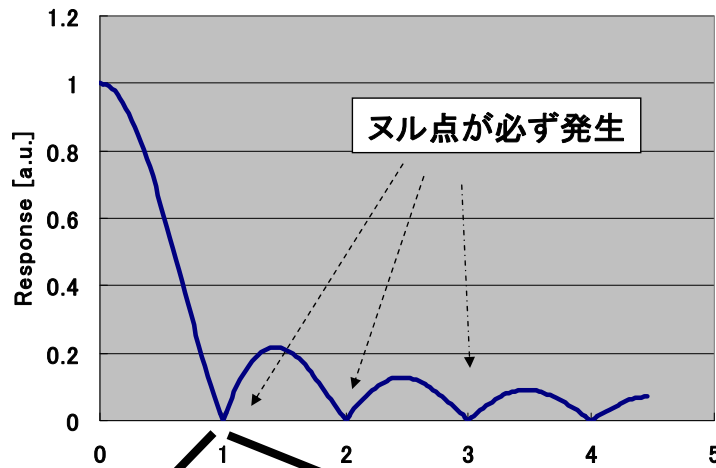
周波数特性

$$F(k) = \frac{\sin(\pi k \tau)}{\pi k \tau}$$



Fourier Trans.

ホールド動作と動画解像度の関係



時間領域

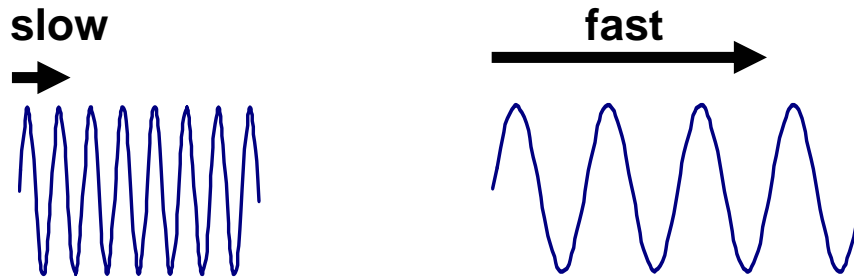
フレーム周波数が60Hz
であるということ

周波数領域

$$f_{\max} = \frac{2 \times 1080}{v_{\text{scroll}}}$$

HDTVシステムでは
完全に等価

フレームレート60Hzの意味するところ



細かなパターンでも、ゆっくり動かせば、荒いパターンでは速く動かさないと画素での輝度変化は大きくなる
画素の輝度変化率は小さくなる

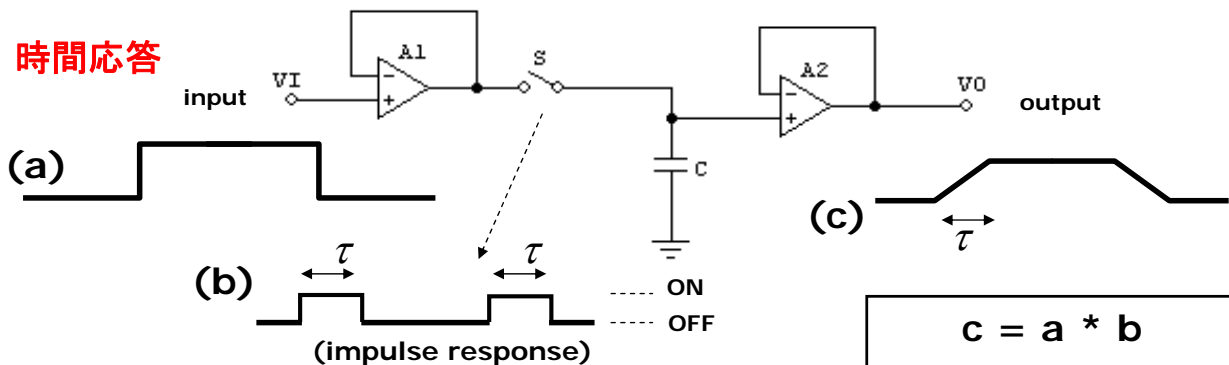
フレームレート = 60Hz の意味

着目画素において、一秒当たり最高60回の変化まで表示できる。(白⇒黒で2回と数える)

Panasonic ideas for life

ホールド動作により、エッジ波形はスロープになる

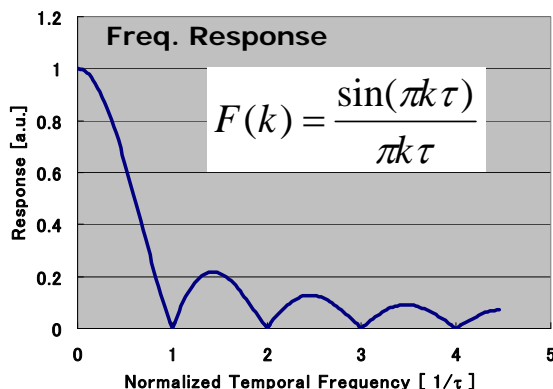
時間応答



$$c = a * b$$

* : convolution

周波数応答



周波数応答は = Sinc関数になる

- ギャング点が存在する
- 位相反転(偽解像度)が発生

矩形窓のインパルス応答はスロープ

Panasonic ideas for life

要因2 : Gaussian応答 (液晶素子など)

デバイスの応答(インパルス)として、Gaussianを仮定すると

$$h(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma^2}\right)$$

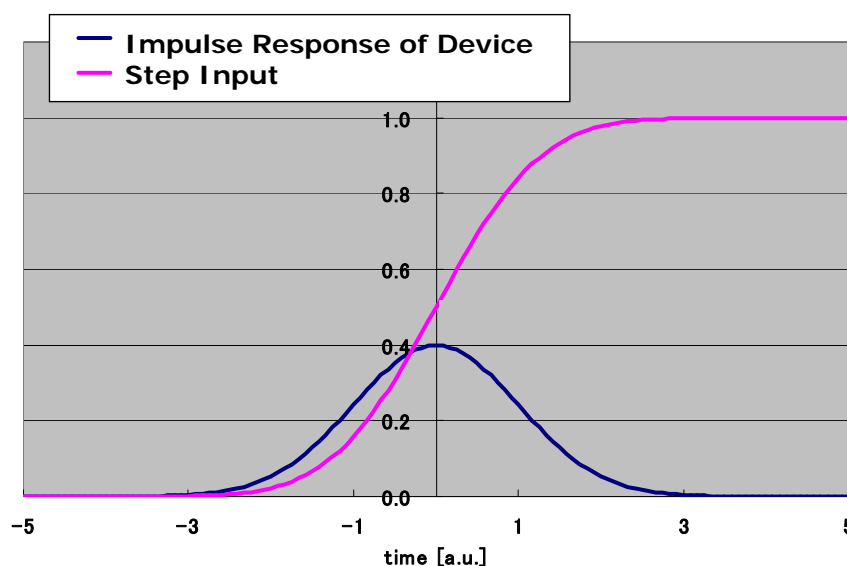
そのとき、周波数特性(動画解像度レスポンス)はフーリエ変換より、以下のようになる $F(k) = \exp(-2\pi^2\sigma^2k^2)$

また、ステップレスポンスは、上記を(数値的に)積分して

$$g(t) = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{t}{\sigma\sqrt{2}} \right) \right)$$

Panasonic ideas for life

ステップ応答から求めたインパルス応答

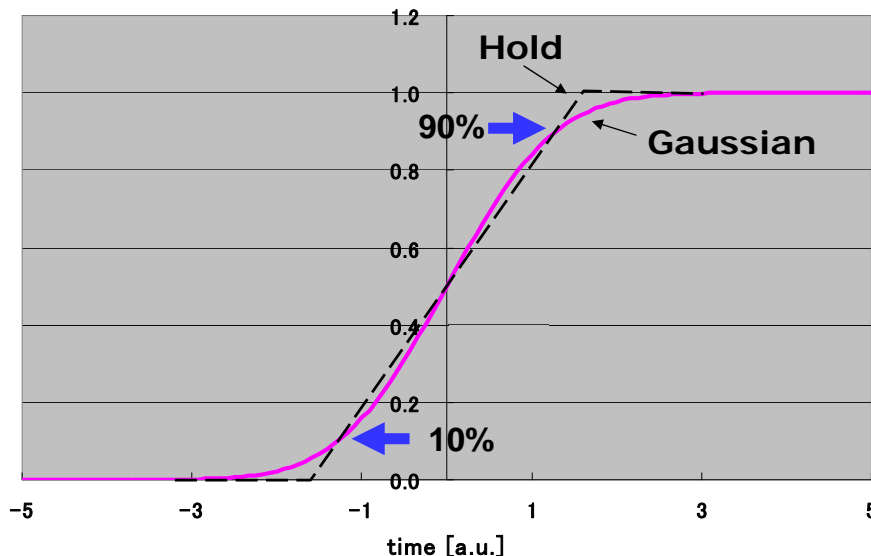


S字タイプの応答のインパルス応答はGaussianと仮定することができる。(インパルス応答が分かれば周波数応答も解析的には分かるはず)

Panasonic ideas for life

ホールドとGaussianの動画解像度を比較してみよう

レスポンスタイム(10%-90%)が同一

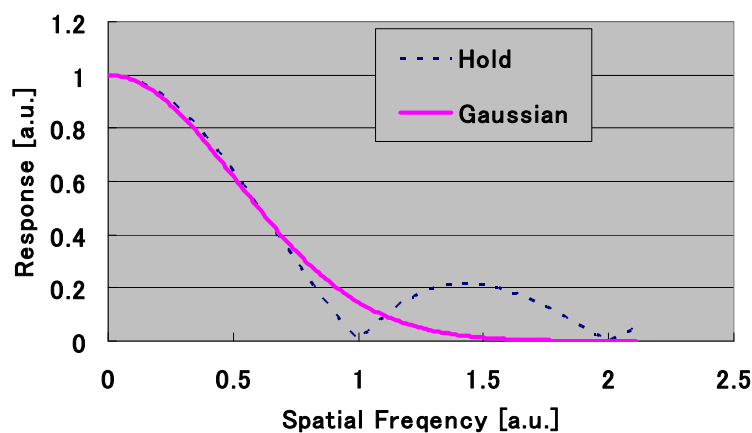


波形は一見よく似ているが、動画解像度は?

Panasonic ideas for life

ホールドとGaussianの動画解像度の違い

応答時間が同じでも、周波数特性(動画解像度)が異なる



特に高解像度部分において違いが大きい
(Gaussianではヌル点がない)

Panasonic ideas for life

要因3：残光

蛍光体の残光特性を周波数特性で記述
(応答を指数関数として近似)

$$G_{\text{phosphor}}(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi f T_e)^2}}$$

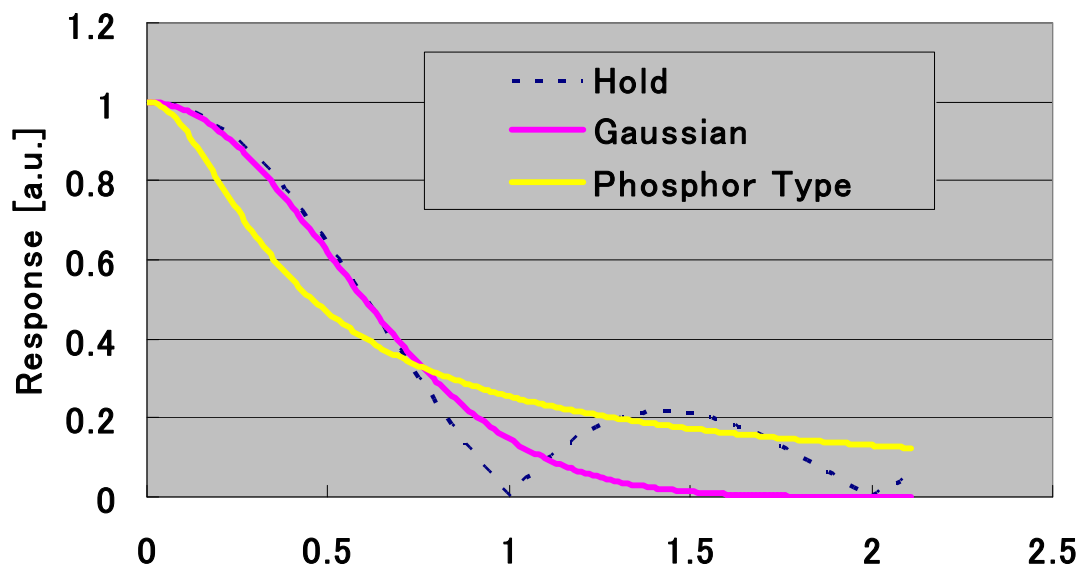
よく用いられる1/10残光の測定値 T_{10} から
時定数 T_e が決められる

$$T_e \approx \frac{T_{10}}{2.3025}$$

Panasonic ideas for life

ホールド、Gaussian、残光特性の周波数特性比較

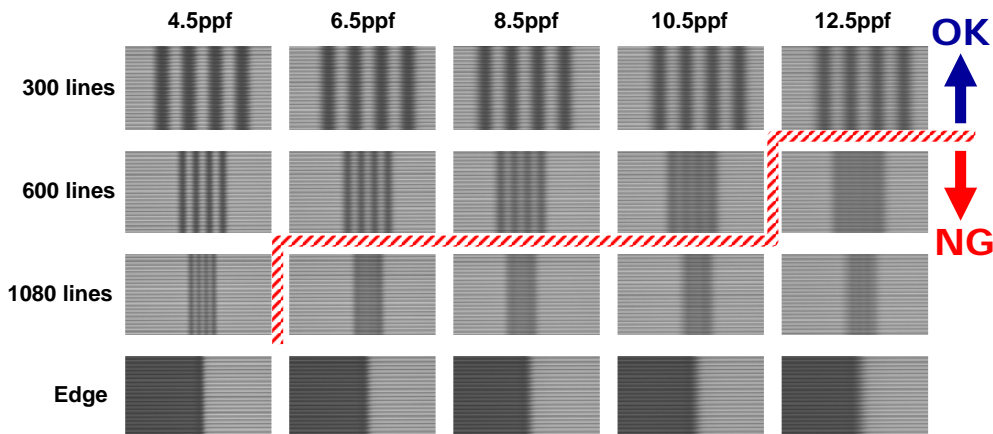
応答時間(10-90%)が同じの場合



「応答時間」が同じであっても、動画特性は大きく異なる

Panasonic ideas for life

4. 動画応答の実測例 "Display A"

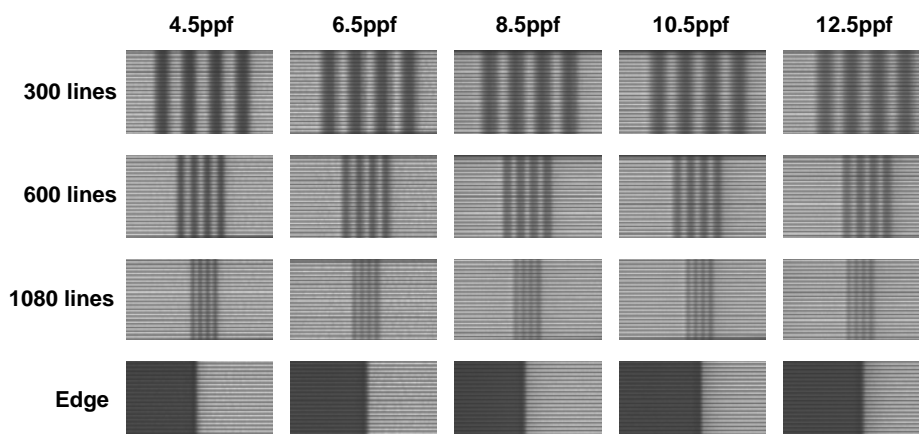


主観評価によるOK/NGの判定
(エッジパターンでは判定困難)

- 動画解像度(テレビ本)を使った場合は、目視でも**定量評価**が可
- エッジ部分の**定量評価**は目視では不可能

Panasonic ideas for life

動画応答の実測例 "Display B"

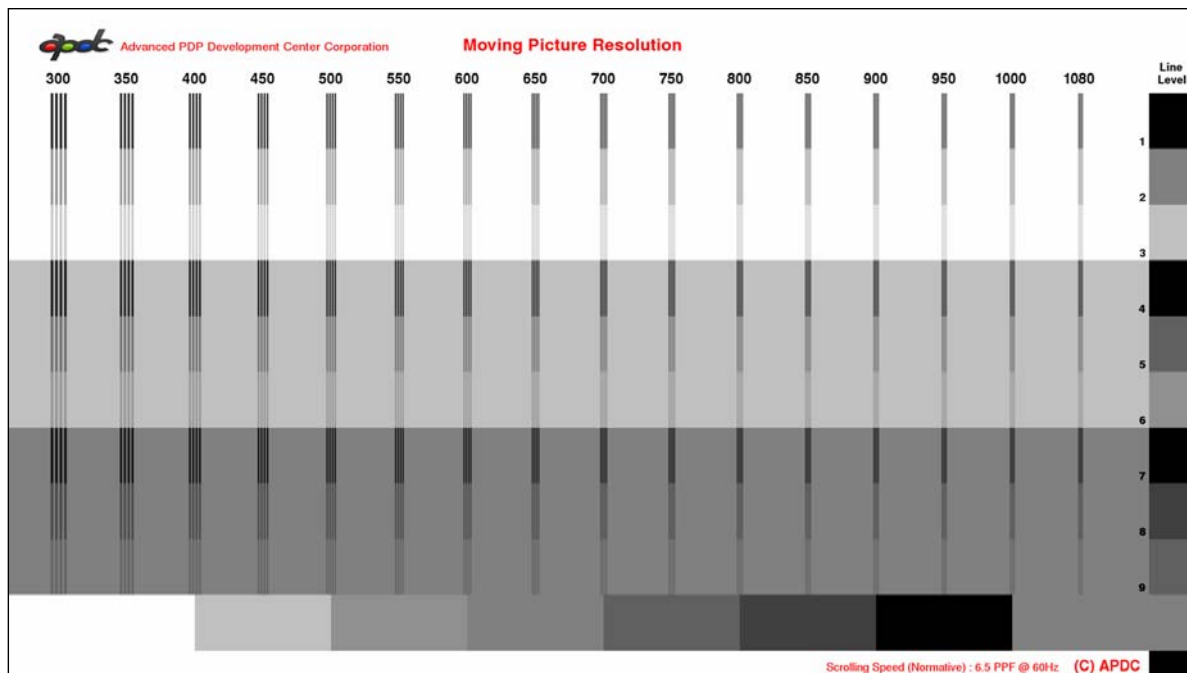


主観評価ではすべて「合格」

Panasonic ideas for life

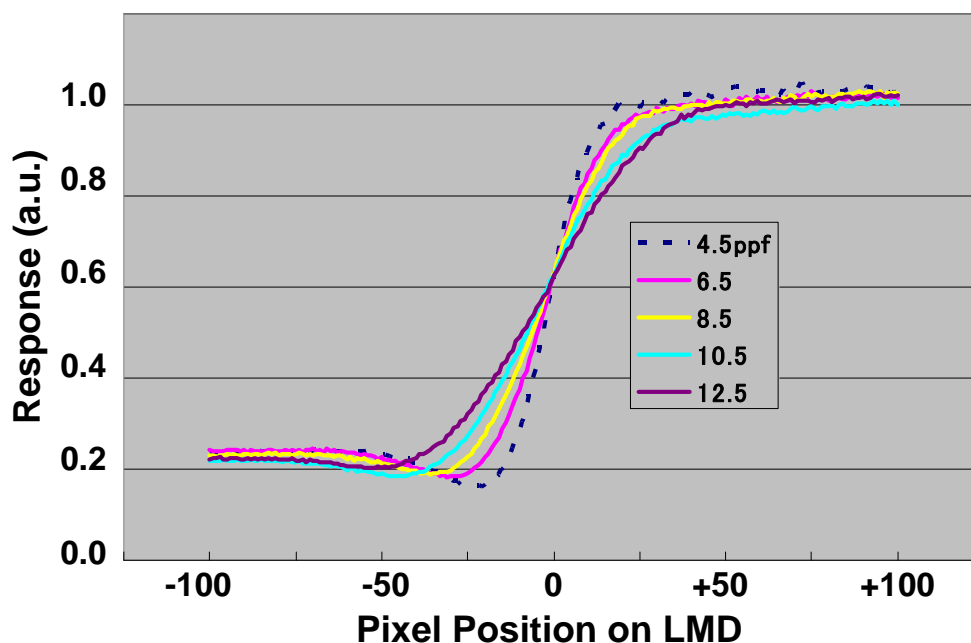
動画解像度: 「周波数領域」での測定

- 目視でも5%程度の誤差で、定量評価ができる
- 非線形特性があっても、正しい測定ができる



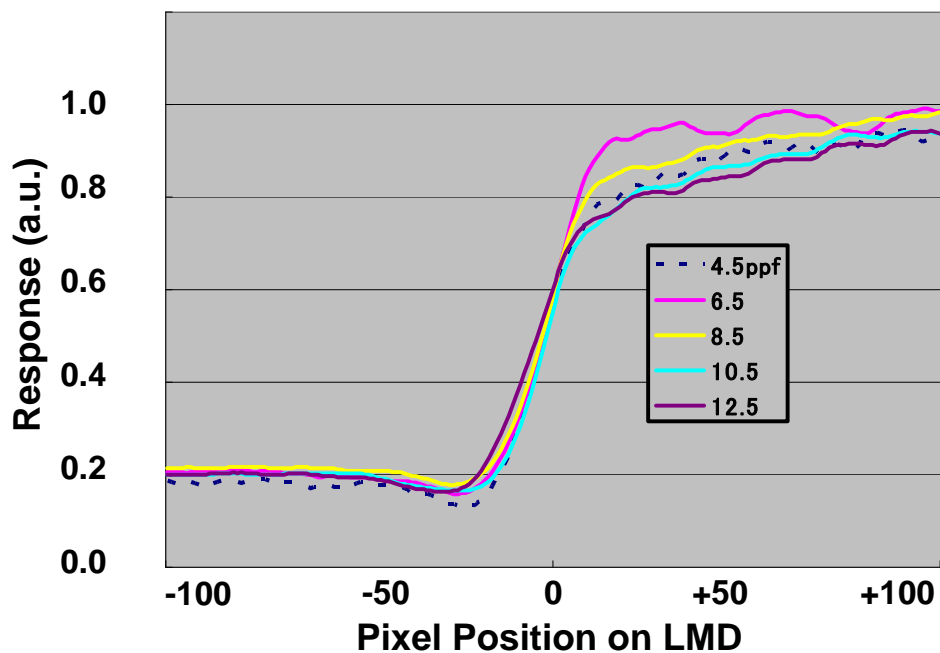
Panasonic ideas for life

エッジになまりがある場合 (Display A)

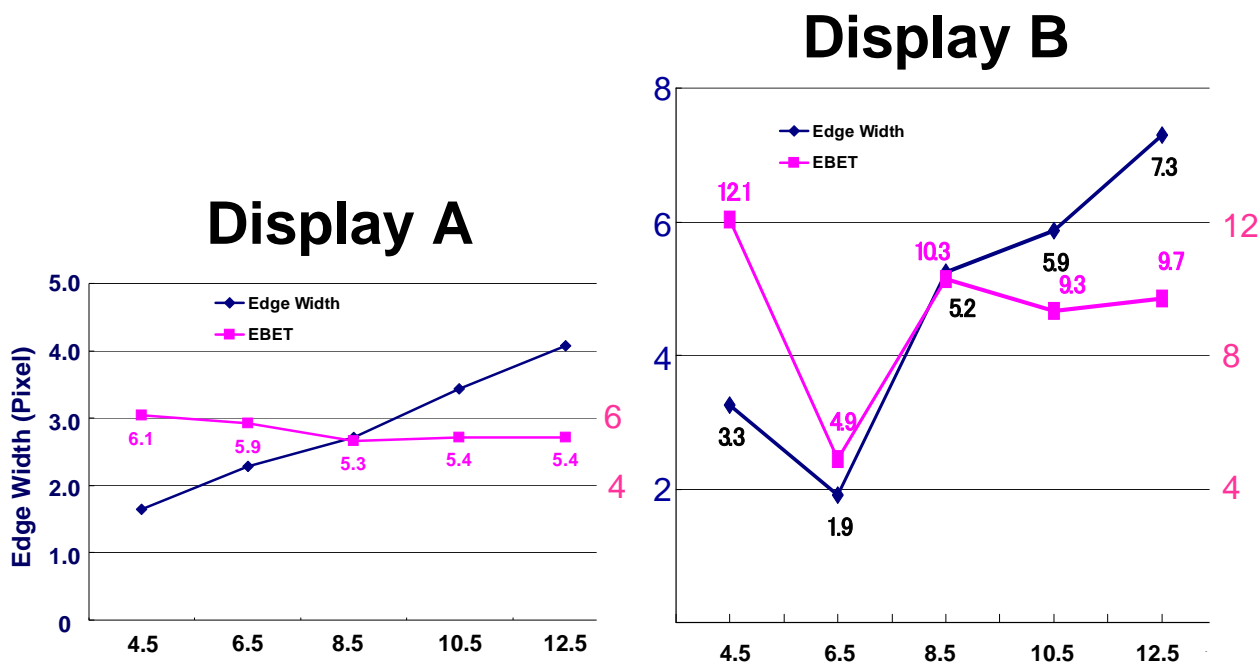


Panasonic ideas for life

残光の影響がみられる場合 (Display B)

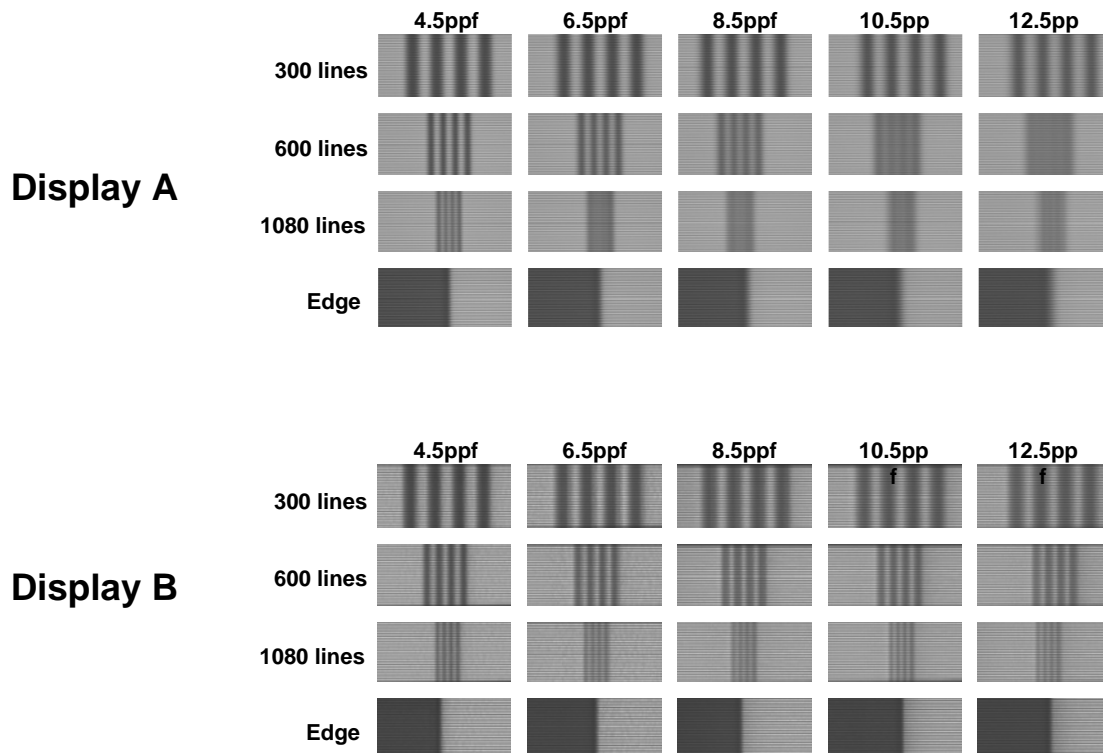


レスポンスタイムの比較では...



"Display A" は "Display B" より高速か?

実測画像の比較



検証

- 「レスポンスタイム」は限定された情報であり、正確な判定には不向き（波形の詳細を切り捨てている）
- 高精細画像の動画表示性能を評価するのに「レスポンスタイム」は不適
- 適応補正などの「非線形処理」が一般的なため、ステップ応答だけを使うかぎり、補正処理をかけたところで精度が十分とはならない（CSFで何とかなるものではない）
- 残光があると、レスポンス時間の測定精度は大きく低下する

まとめ

- ホールド動作、デバイス応答、残光の各特性について解析
- 「レスポンスタイム」は映像ディテールの動画性能を反映せず
- 動画特性評価：低解像度から高解像度まで解析が可能な動画解像度を用いるべき（しかも簡単）
- 残光は低解像度から影響がある
- ホールド動作は高解像度で応答ゼロが発生するので、「高フレームレート化」や、開口時間率の短縮などが必須

参考文献

1. T. Kurita, A. Saito, I. Yuyama, "Consideration on perceived. MTF of hold type display for moving images", IDW'98, 823-826, (1998).
2. J. Someya, Y. Igarashi "A Review of MPRT Measurement Method for Evaluating Motion Blur of LCDs", IDW'04 VHF6/LCT7-1, 1571-1574, (2004).
3. M. E. Becker, "Evaluation of Moving-Line Contrast Degradation without Motion", SID 08 DIGEST, Vol.39, 109-112, (2008).
4. I. Kawahara, "'New Method for Measuring Moving Picture Resolution Suitable for Various Types of FPD'", EuroDisplay2007, S9-4, 165-168 (2007).
5. I. Kawahara, et al, "Measurement and Evaluation of Moving Picture Resolution: From Milliseconds to TV-Lines", IDW'07, VHF1-1, 1189-1192, (2007).
6. I. Kawahara, "Measurement of Moving Picture Resolution for Displays Using Scrolled Sine-Bursts", SID 08 DIGEST, Vol.39, Issue 1, 121-124, (2008).
7. T. Kurita, " A Consideration on Motion-Image-Quality Improvement of LCD-TVs", SID 09, 854-857, (2009).
8. I. Kawahara, "Measurement of Moving Picture Performance of Display Suitable for Fast Motion and High-Resolution Content", IDRC2009, 6.4 (2009).

Thank you

Panasonic ideas for life