

携帯機器用の直視型 色順次方式ディスプレイ技術

Johan Bergquist

ノキア・ジャパン株式会社 テクノロジープラットホーム

開催：財団法人 科学技術振興会 情報ディスプレイ技術研究委員会
第128回定例会 平成19年3月9日(金)
東京理科大学 森戸記念館

目次

- 携帯型マルチメディア・ディスプレイへの要求
- 色順次方式ディスプレイの原理と利点
- 連続性眼球運動(追隨)により動画質劣化と対策
- 断続性眼球運動(サッケード)により違和感と対策
- 直視型色順次方式液晶ディスプレイの課題
- 可変色座標のディスプレイの提案
- 液晶以外の色順次方式ディスプレイ技術
- まとめ

携帯型マルチメディア・ディスプレイの要求

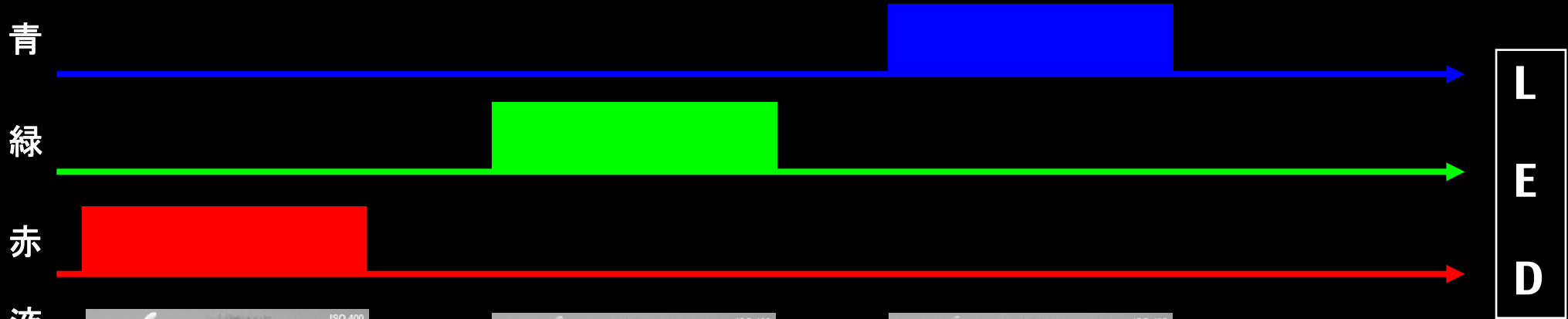
- ・ 高情報密度とモジュール小型化
 - ・ 2.x型 640x480、4.x型 800x480
- ・ 連続閲覧と電池寿命
 - ・ テレビ受信機、ビデオプレーヤー、電子書籍
- ・ 自宅テレビの画質
 - ・ 高純度色
 - ・ 高動画質
- ・ 屋内外の認識性
 - ・ 高精細文字のコントラスト

仕様トレード・オフ

コンテンツ・外光に合わせたディスプレイ駆動

色順次方式

ΔT =フィールド周期



液晶空間変調

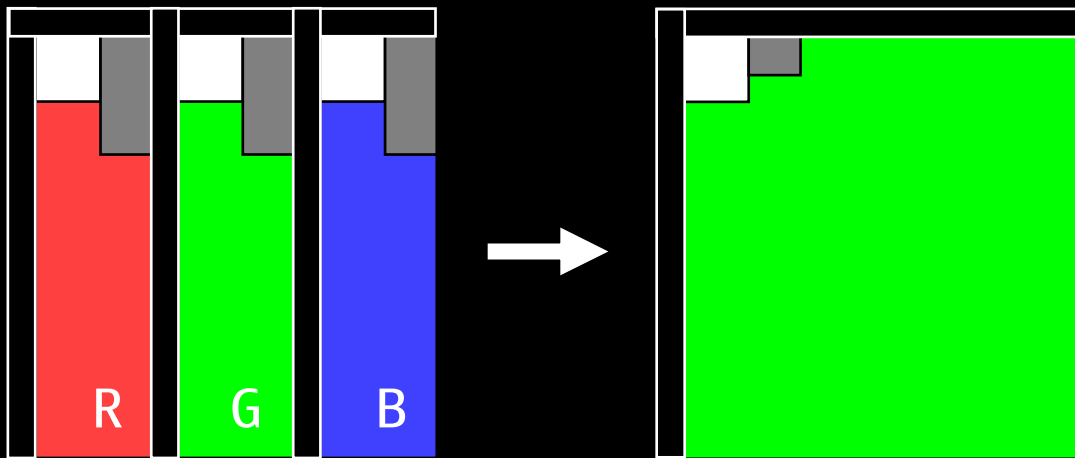


継続加法混色
時空間の色融合

画像



色順次方式の利点



薄膜トランジスタ



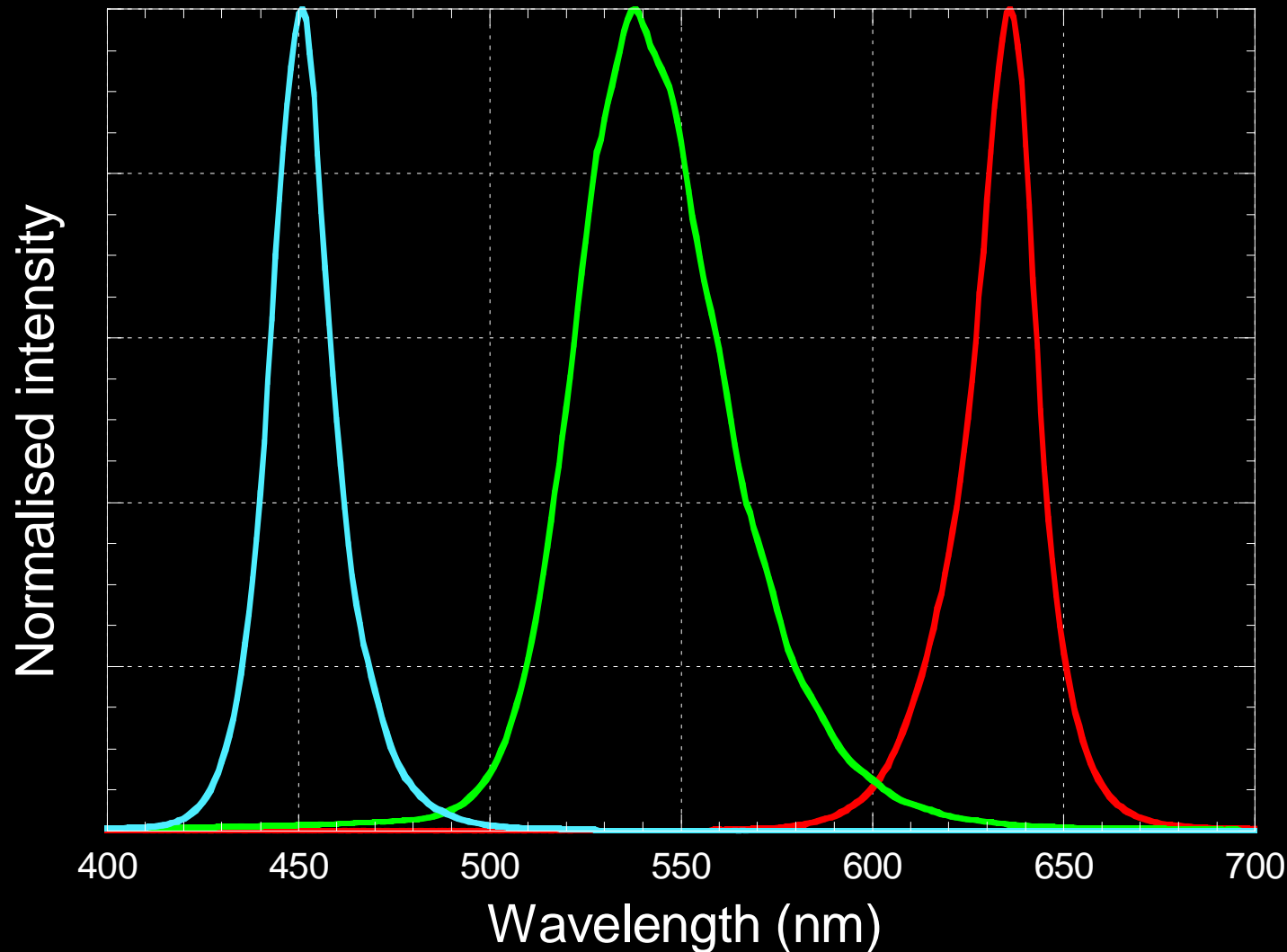
電圧保持コンデンサー (C_s)



データ・スキャン配線

- 3倍以上の画素密度／開口率
- 4～5倍透過率
- 広域色再現性
- 可変原色数
- 可変原色色座標
- 最大色数の白色点調整
- 高動画質
- 縦と横の画質が同じ
- 高精細の半透過型モードが可能
- コストの削減
 - カラーフィルター不要(コスト半減)
 - a-Si TFTのガラス基板が可能
 - 3分の1以下のソース・ドライバ数

RGBLEDの発行スペクトル、色座標と色領域



CIE 1931 xy

R=(0.694, 0.304)

G=(0.294, 0.668)

B=(0.153, 0.025)

CIE 1976 $u'v'$

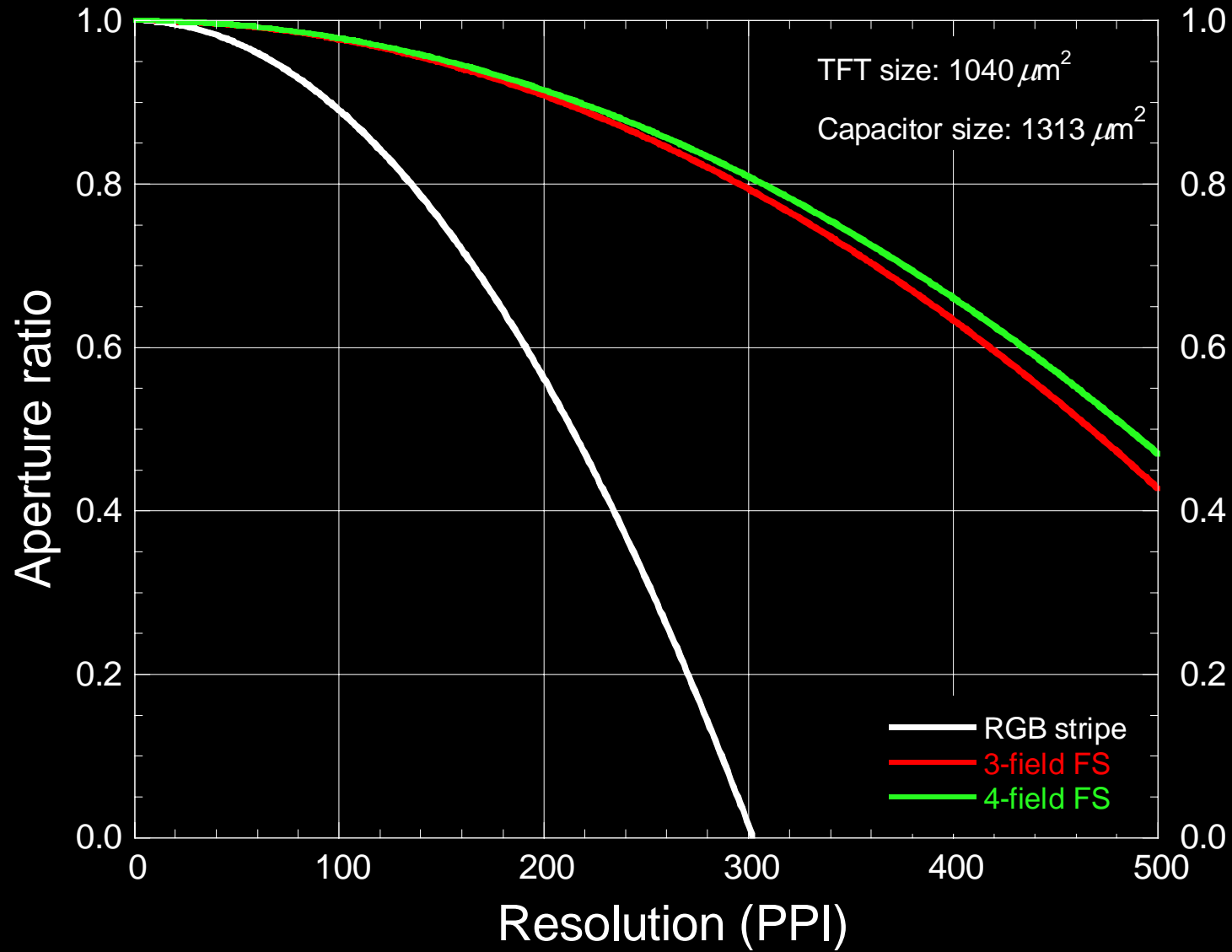
R= (0.528, 0.520)

G= (0.113, 0.576)

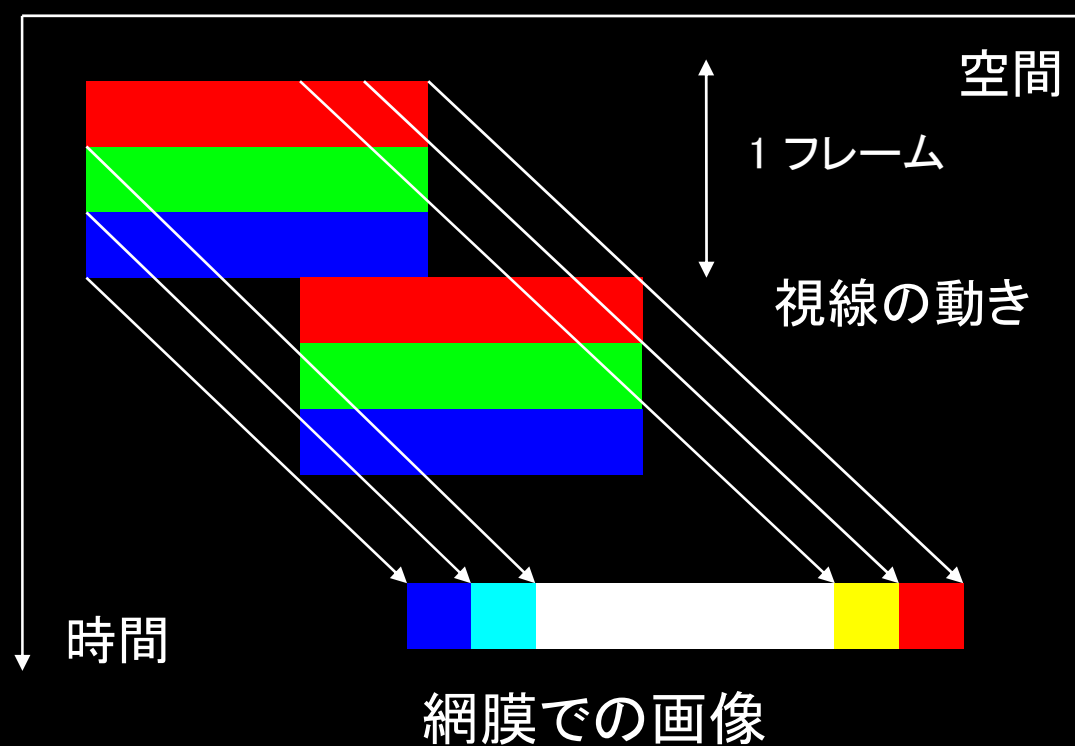
B= (0.204, 0.076)

144% NTSC area

解像度と開口率



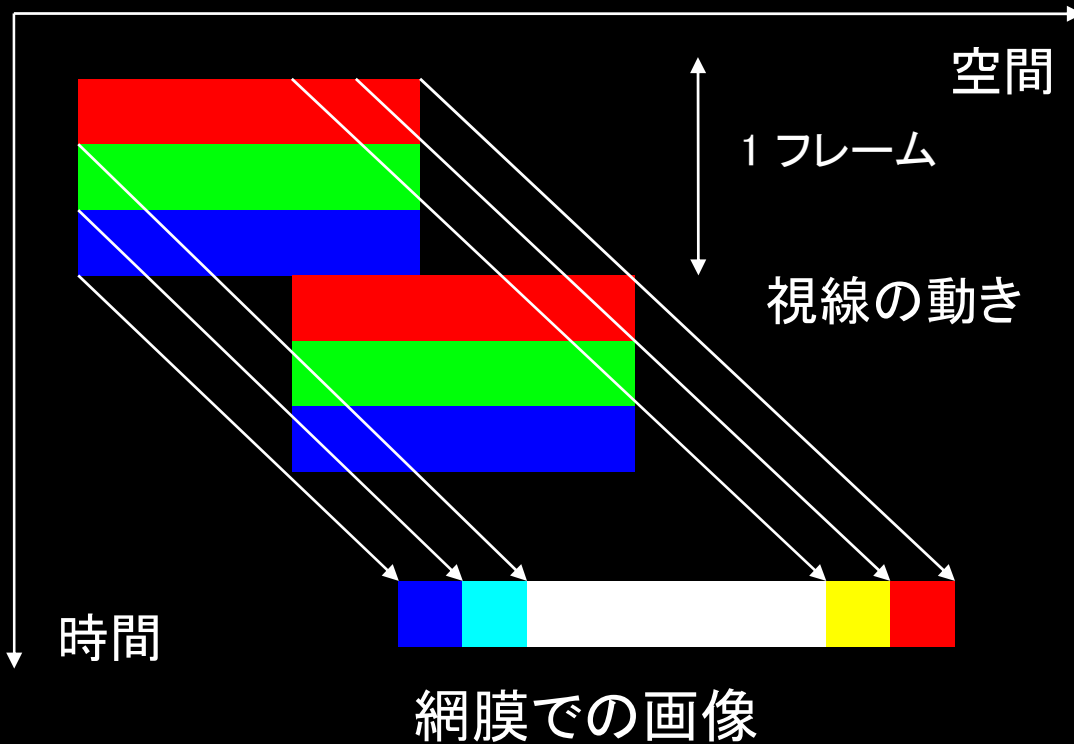
連続性眼球運動(追隨)により動画質劣化



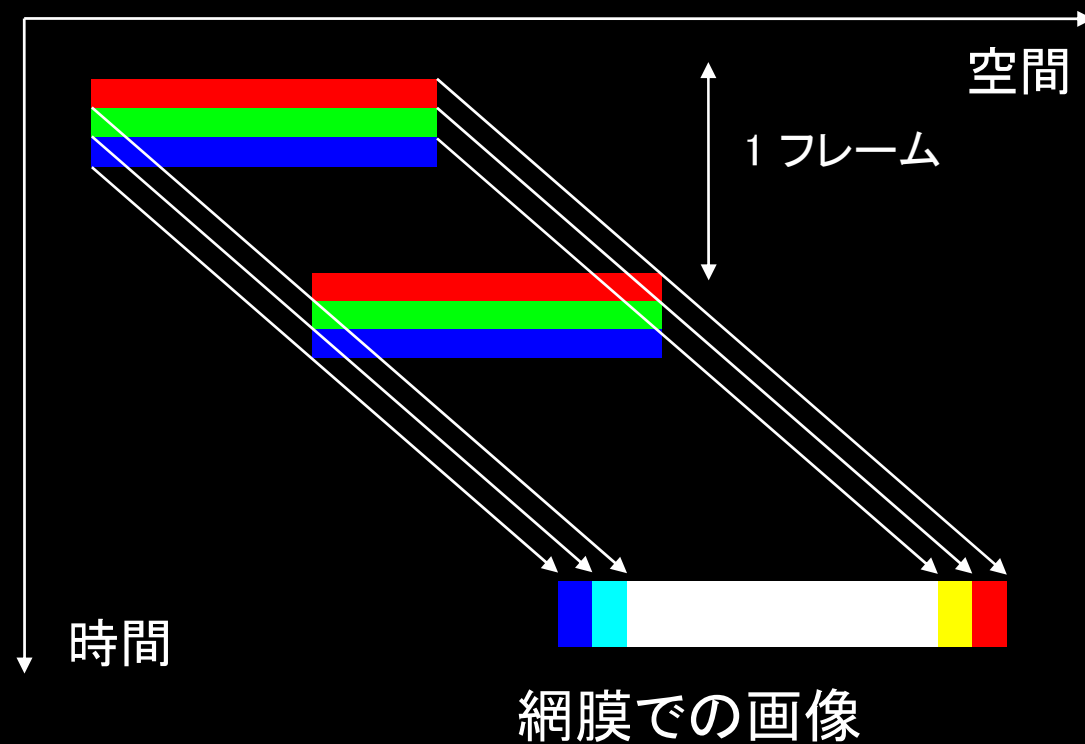
- ・ ホールド型駆動のボヤケと同じ現象: VESA MBM等の測定が可能
- ・ 色順次方式の場合: エッジ変色

黒フレーム挿入により色割れの削減

黒フレーム挿入なし



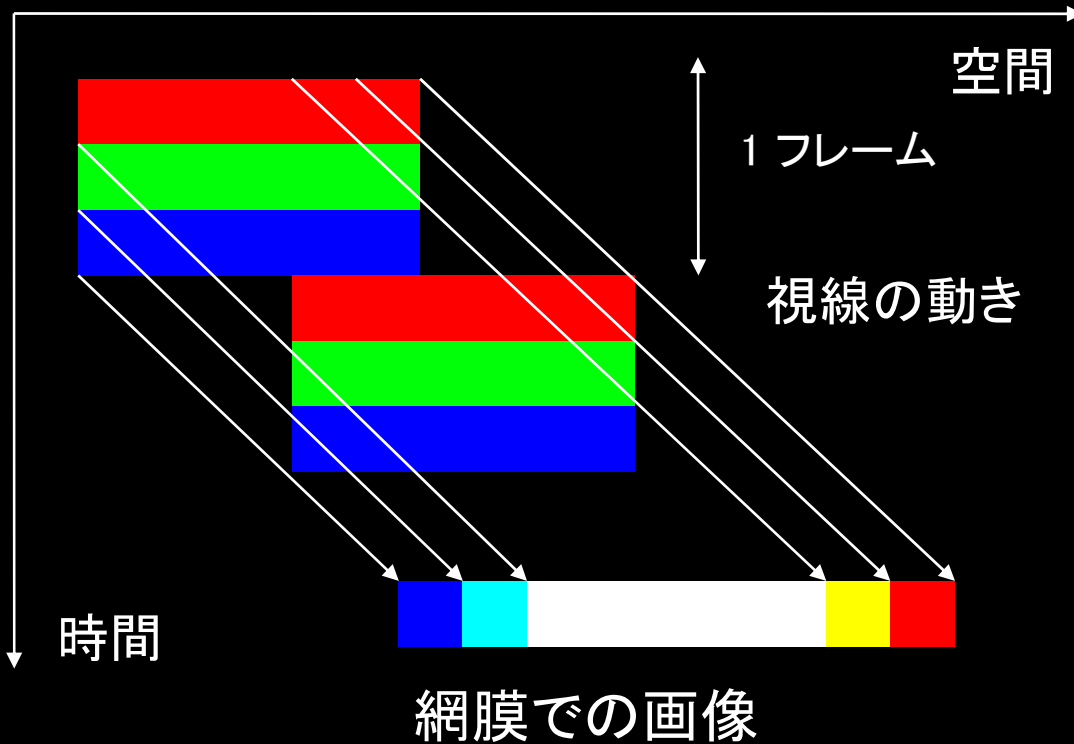
黒フレーム挿入の場合



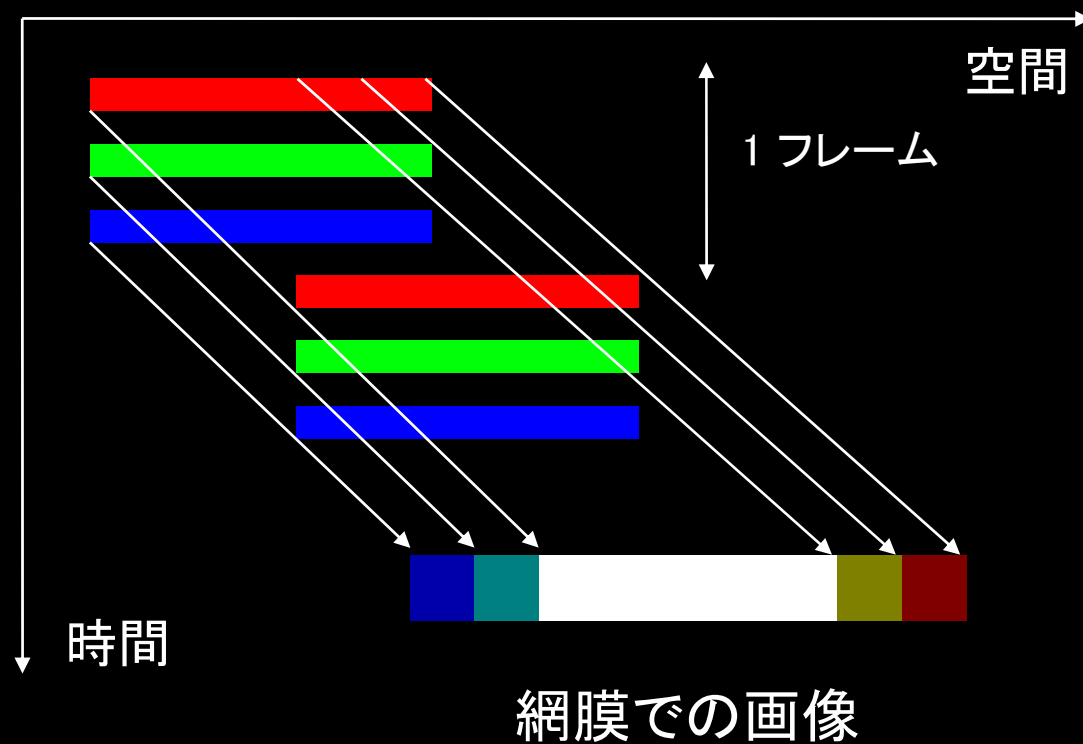
色割れ領域の幅が小さくなるが、輝度とコントラストが変わらない

黒フィールド挿入により色割れの削減

黒フレーム挿入なし



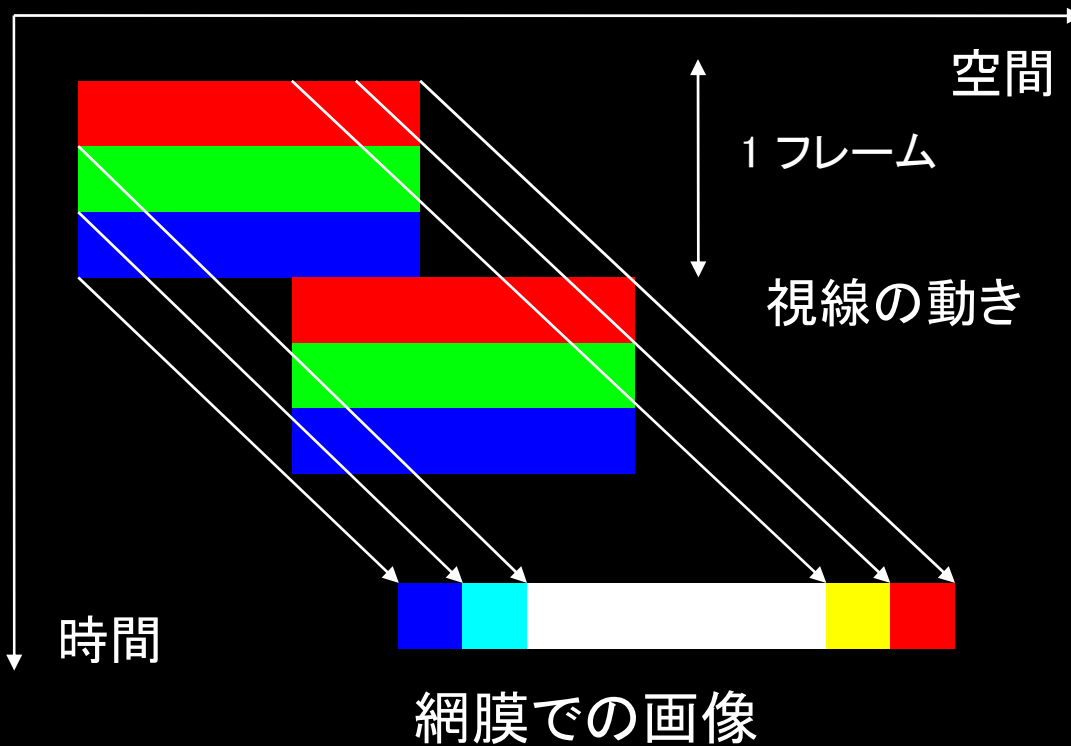
黒フィールド挿入の場合



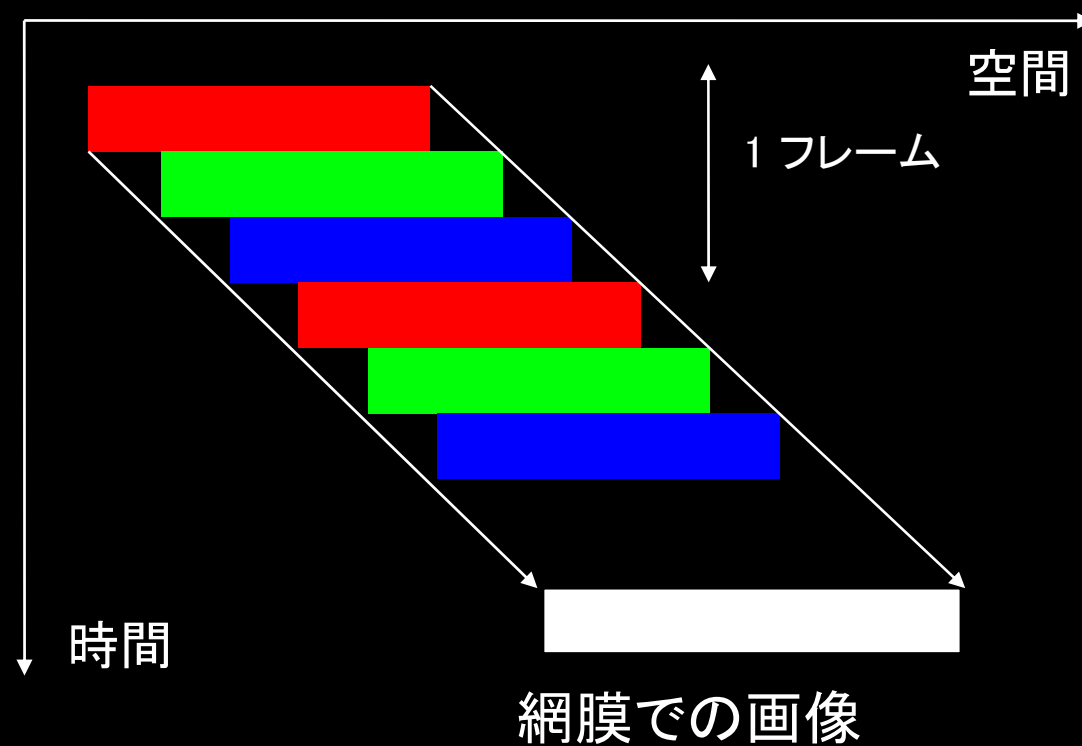
色割れ領域の幅が同じだが、低コントラストにより見難い

倍速駆動により色割れの削減

黒フレーム挿入なし

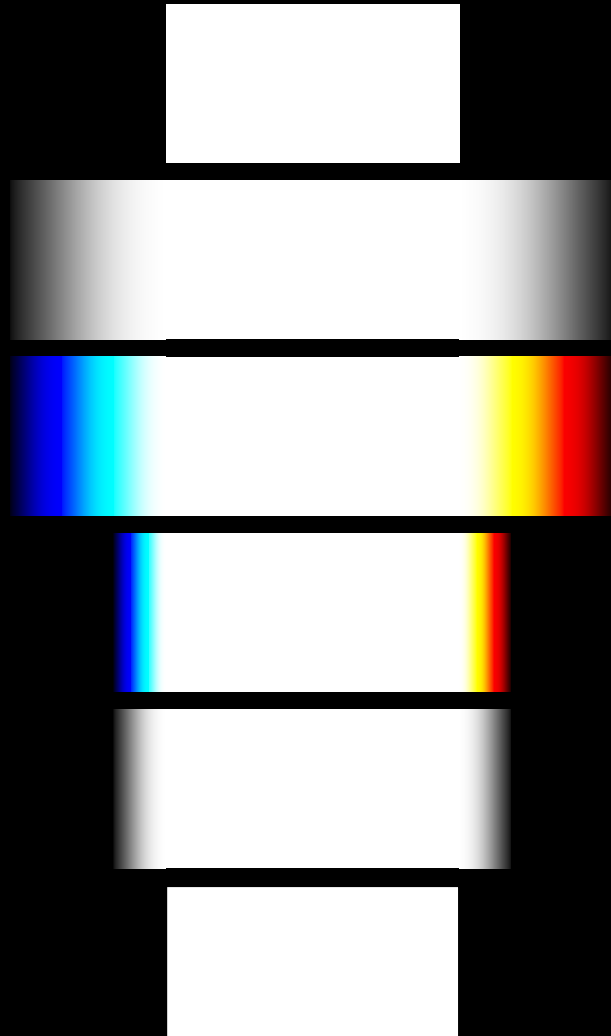


3倍速駆動の場合



データ入力のみ倍速も削減が可能：非同期駆動

各種追隨型動画質劣化



静止画

ホールド型駆動(有機EL、TFT液晶)

RGB色順次方式

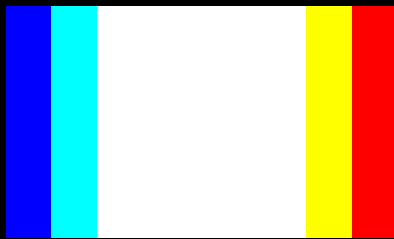
黒挿入RGB色順次方式

インパルス駆動のTFT液晶

非同期駆動のRGB色順次方式
(3倍速データ転送)

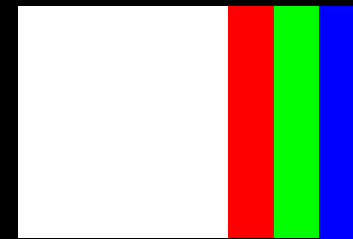
色割れの分類

連続性眼球運動(追隨)



Moving
target

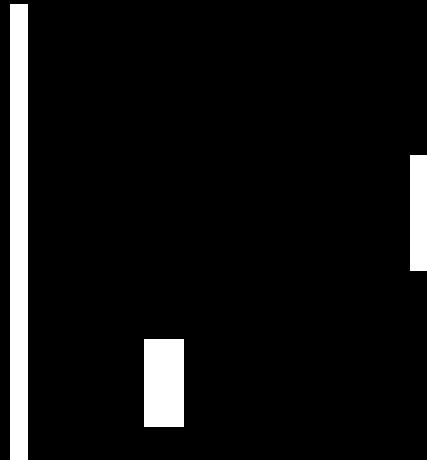
断続性眼球運動



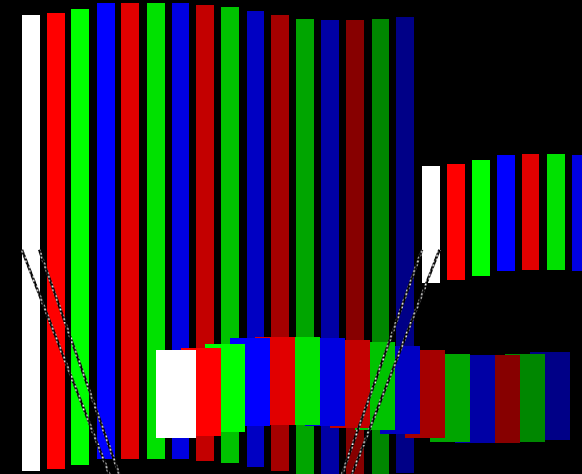
Static
target

断続性眼球運動(サッケード)により違和感

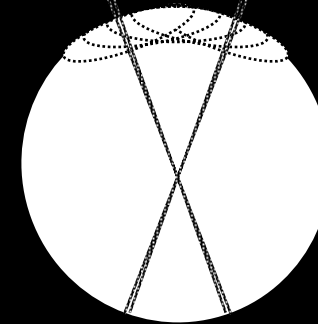
Image



Observed color breakup



Size	Max speed	Duration
1°	80° / s	25 ms
10°	300° / s	40 ms
30°	800° / s	80 ms



サッケード

断続性眼球運動(サッケード)により違和感

- ・ 視野、眼球角速度、コントラスト感度の依存性
- ・ 時間領域階調変調方式ディスプレイも同じ問題、PDP, PM OLED

・ 対策: CMY, 倍速駆動、多原色RGBY, RGBC, RGBCY,

直視液晶型色順次方式の課題

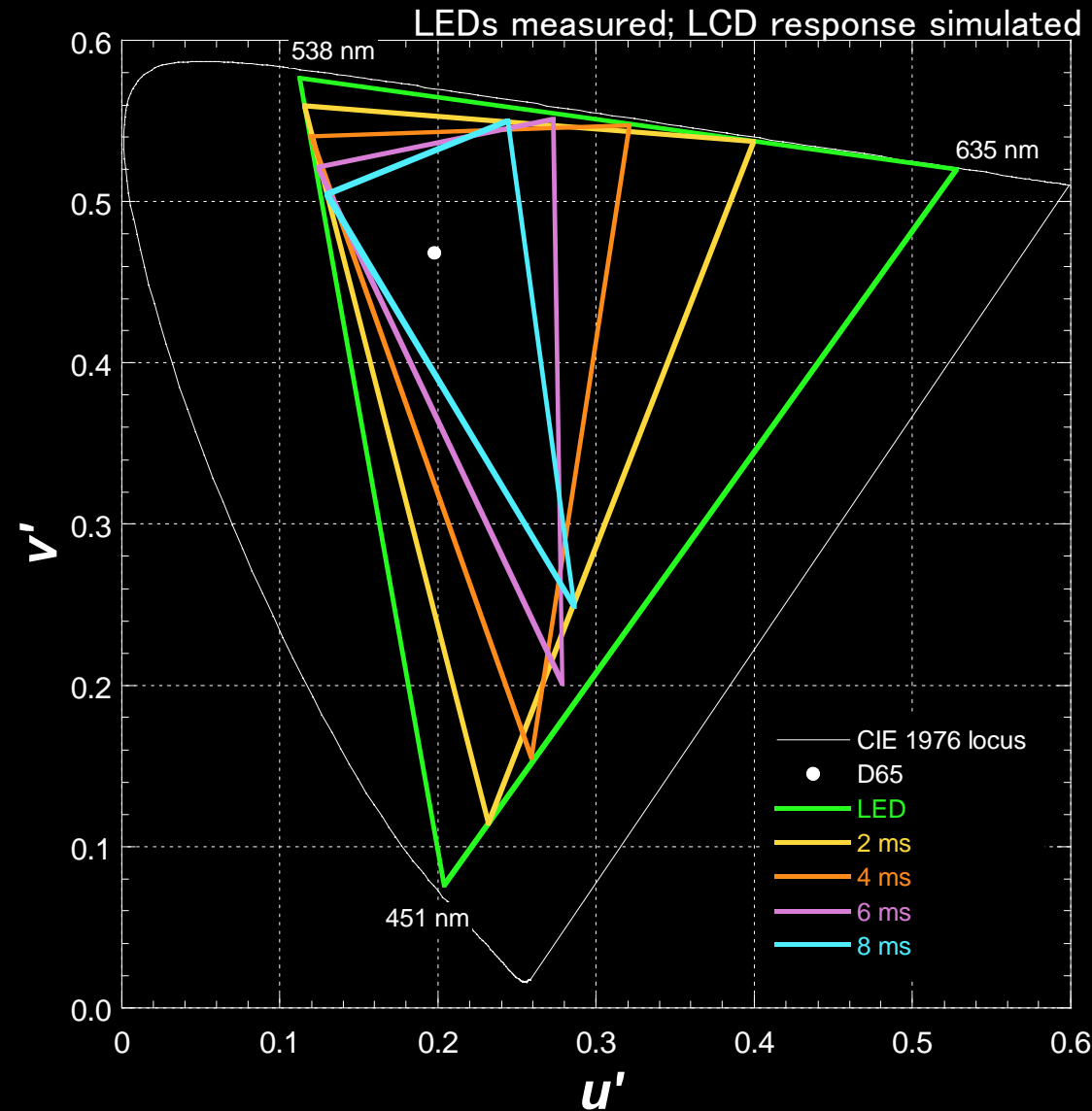
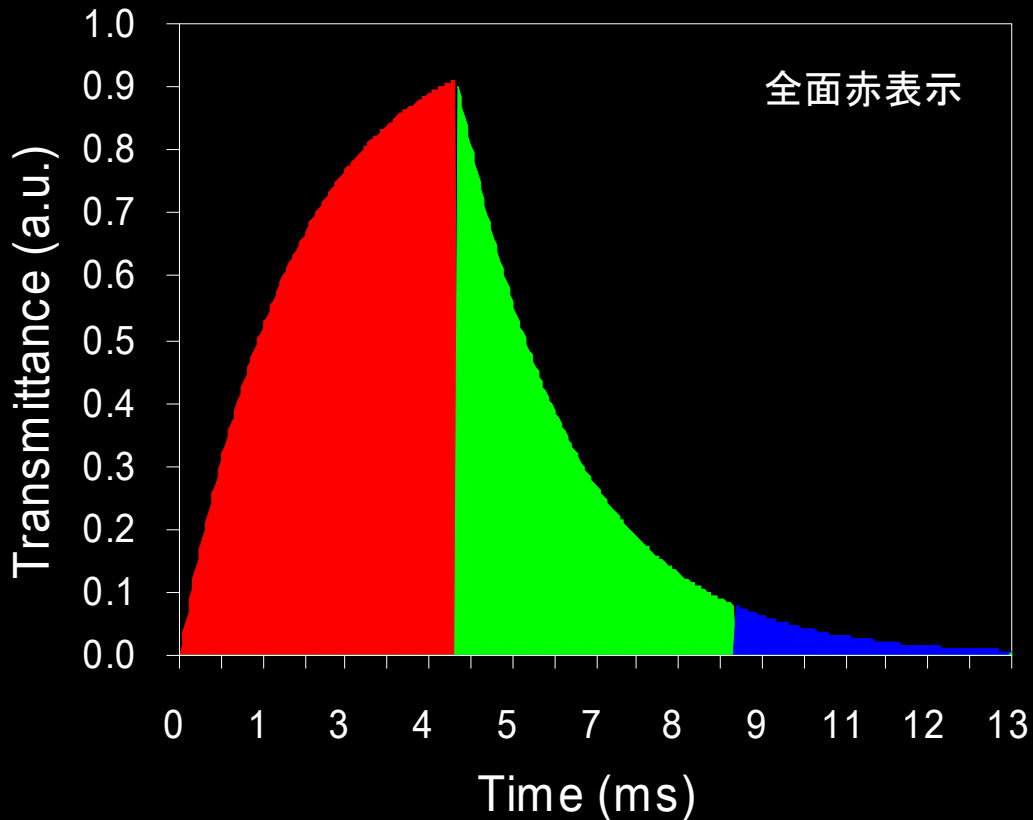
- ・ 液晶の応答速
 - ・ 低平均透過率、絶対透過率、飽和透過率
 - ・ 混色と変色
- ・ データ書き込みの高速化
- ・ 発光ダイオードの波長・出力温度依存性
- ・ 緑発光ダイオードの低量子効率
 - ・ RGBLEDの白色輝度／青黄色LEDの白色輝度～0.5

混色により色彩変換と低輝度（低平均透過率）

フレーム周波数: 75 Hz

LEDデューティ: 100%

$t_{rise} = t_{decay} = 4 \text{ ms}$ (10%-90%)



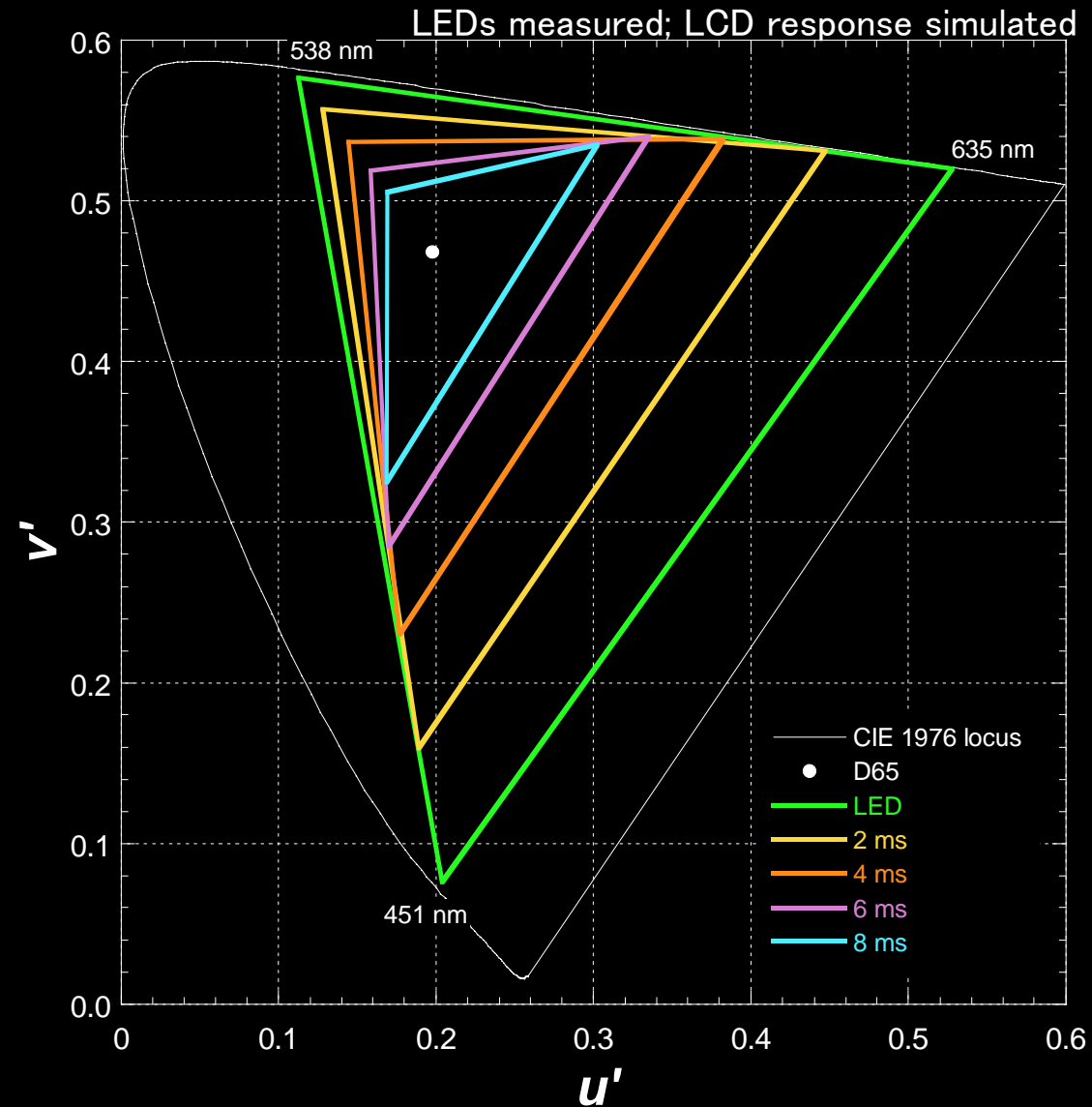
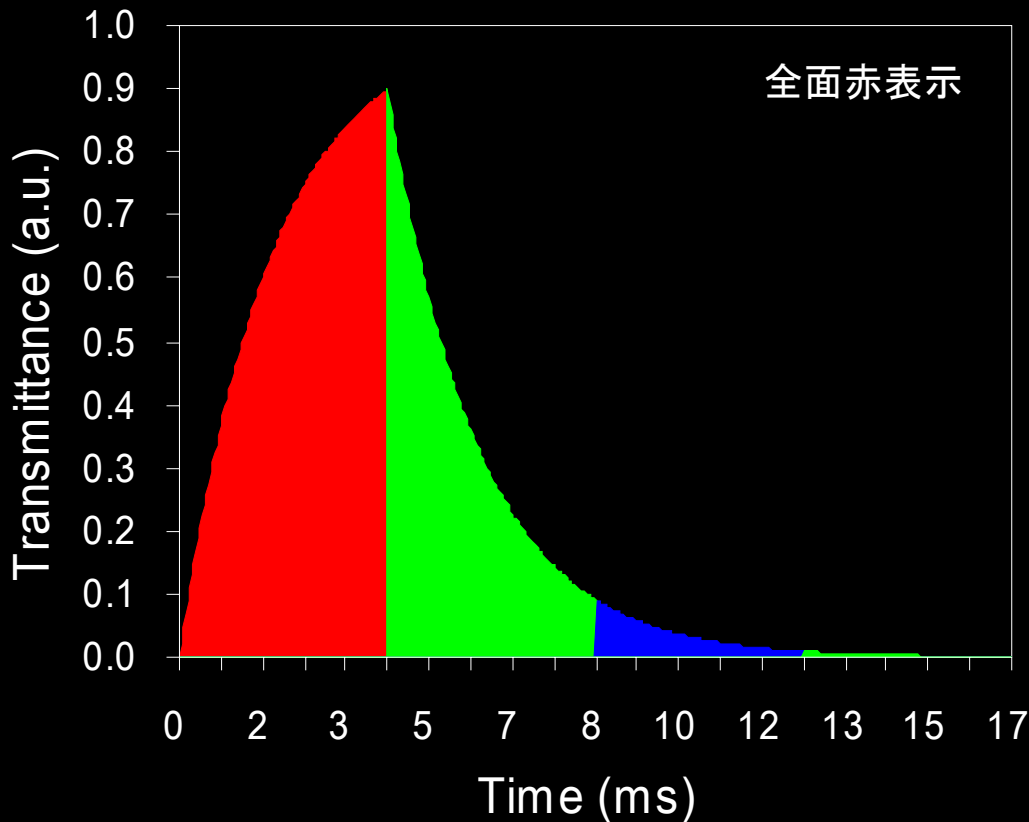
対称応答; $t = 2t_{rise} = 2t_{decay}$

RGBGフィールド構成により無変色彩

フレーム周波数: 60 Hz

LED デューティ: 100%

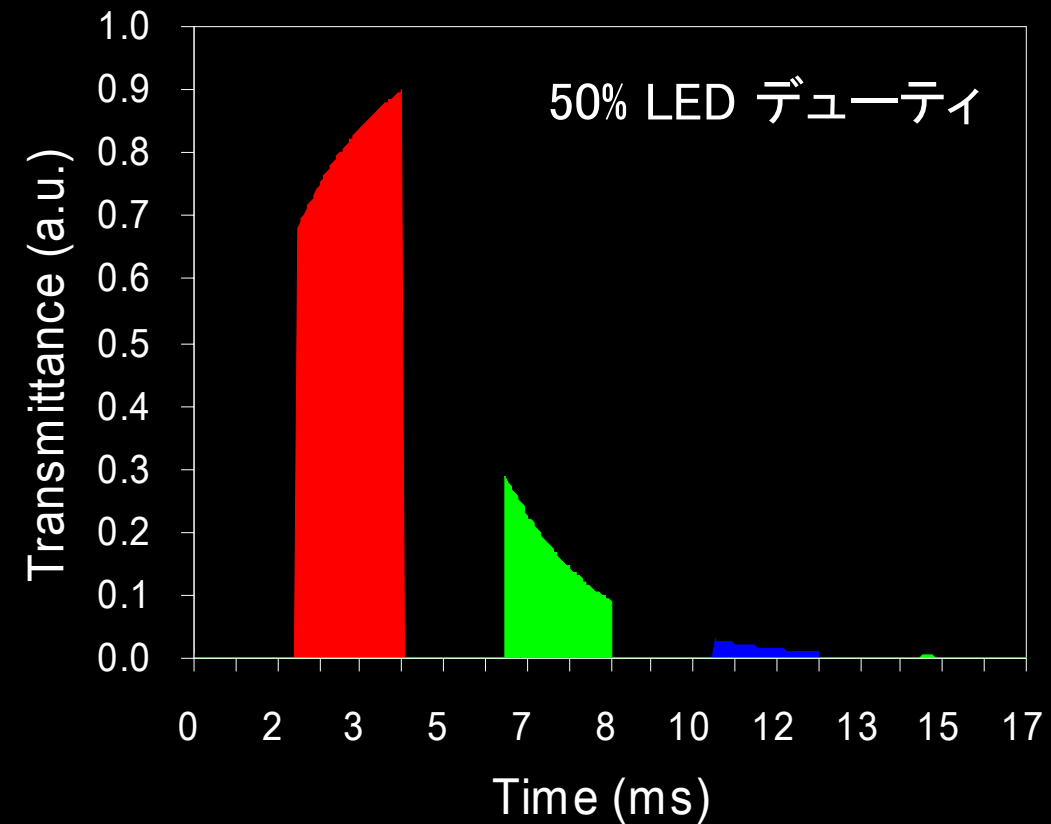
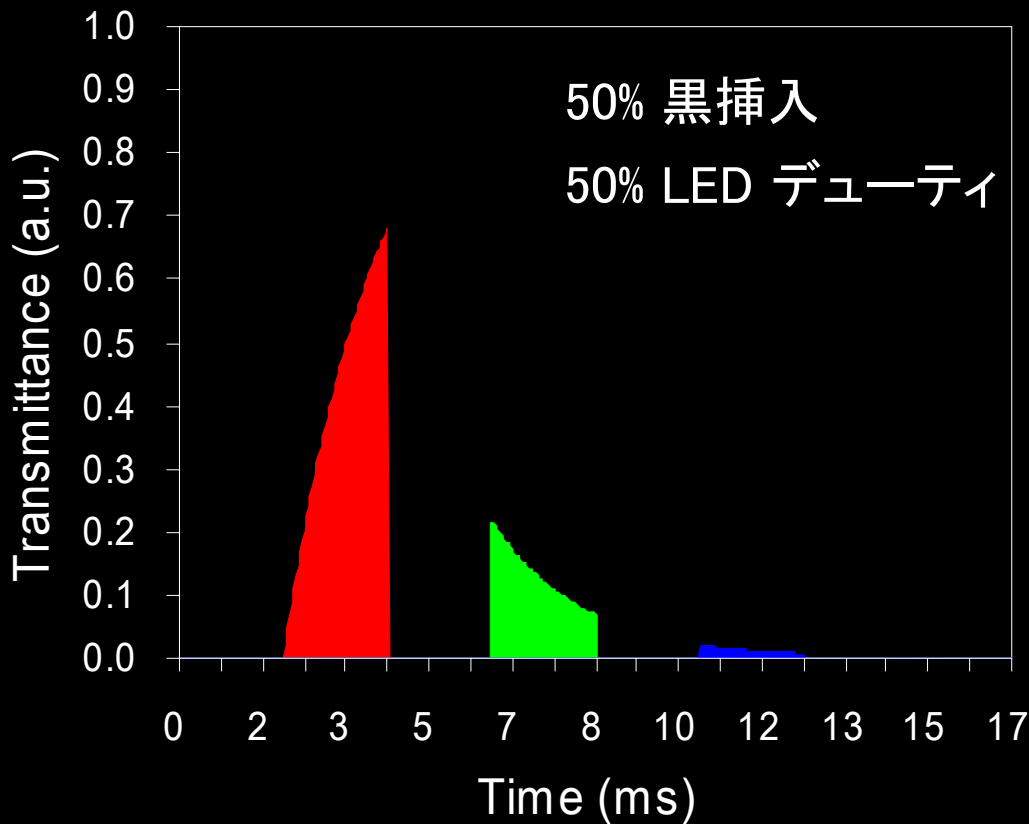
$t_{rise} = t_{decay} = 4 \text{ ms}$ (10%-90%)



対称応答; $t = 2t_{rise} = 2t_{decay}$

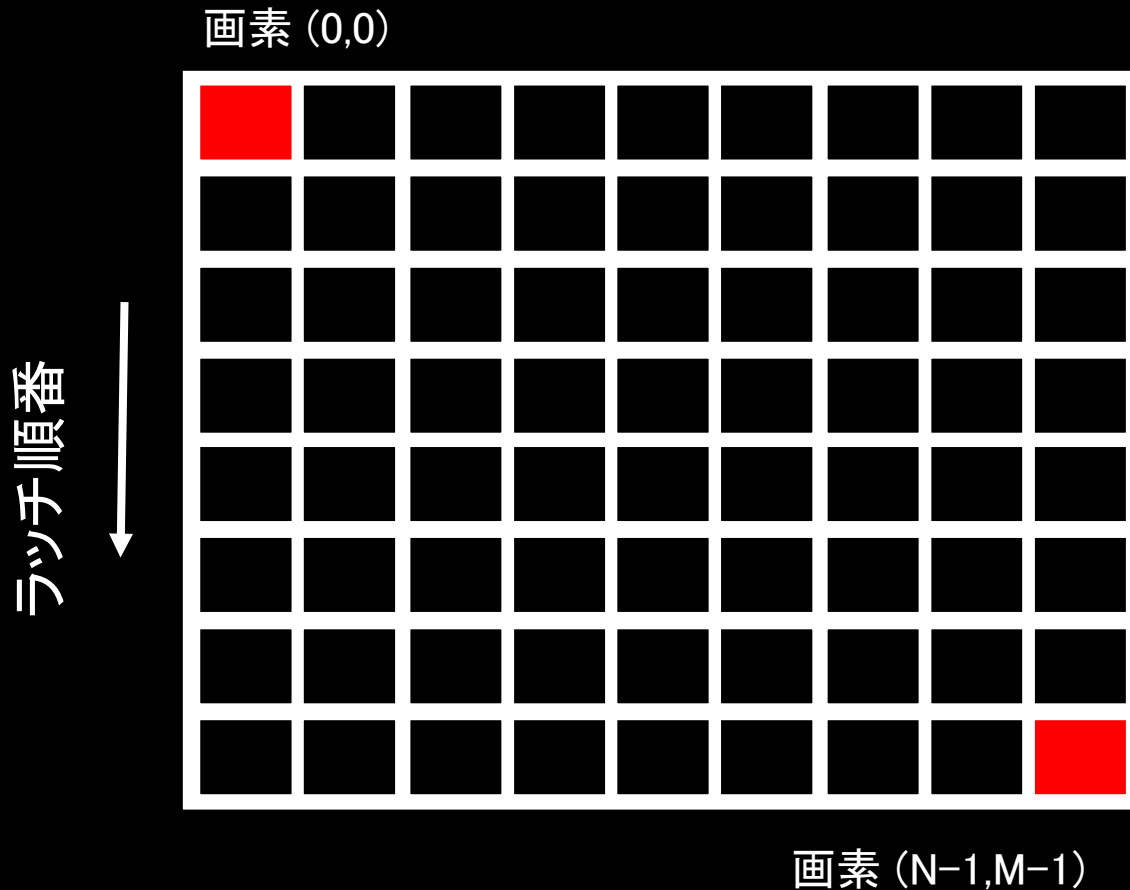
混色の削減方法

60 Hz RGBG, 4+4 ms 応答時間



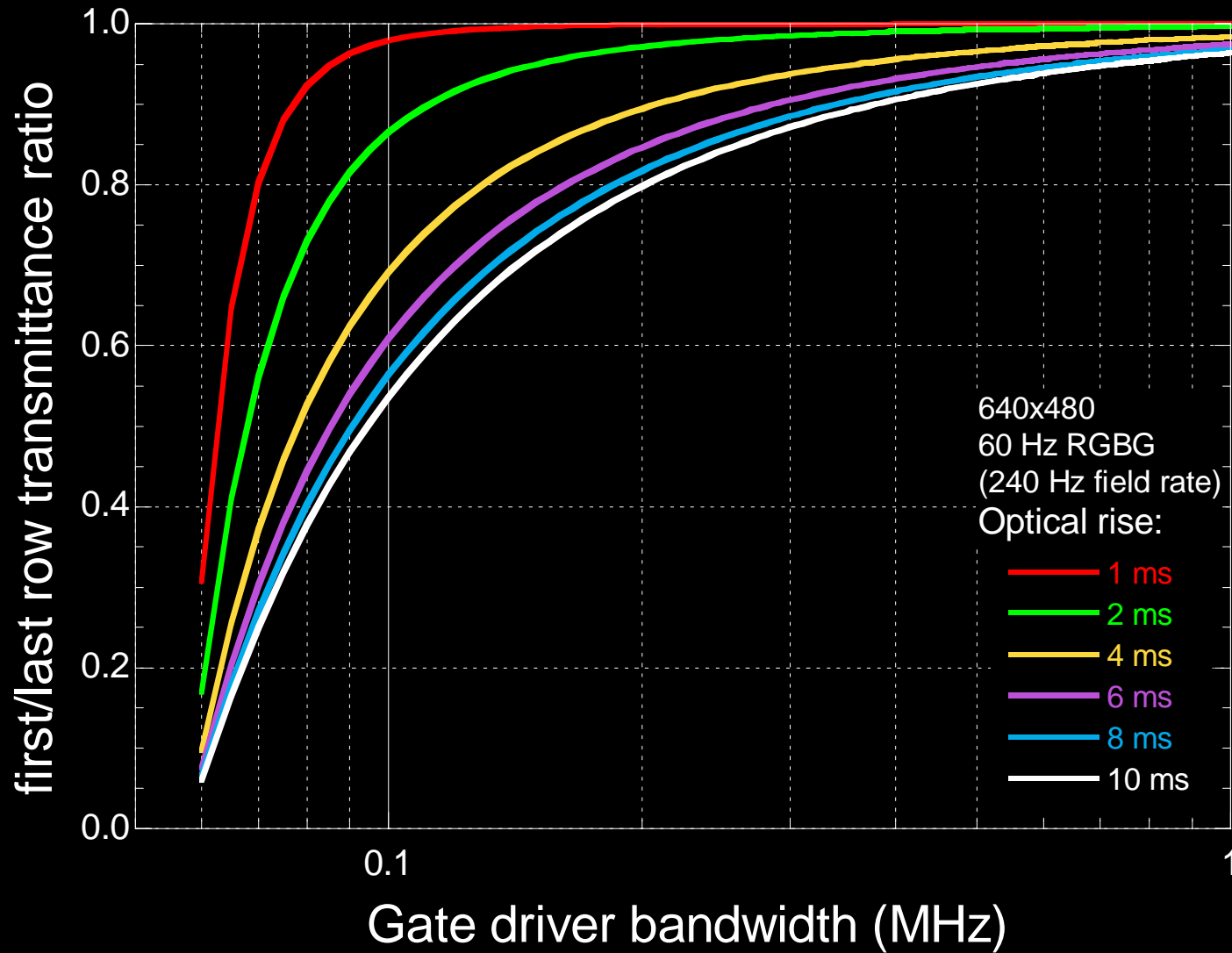
- 2.4倍の色再現性 (CIE1976 $u'v'$ 面積)
- 0.27倍 白色輝度
- 3.6倍の色再現性 (CIE1976 $u'v'$ 面積)
- 0.5倍 白色輝度

データ書き込みの高速化

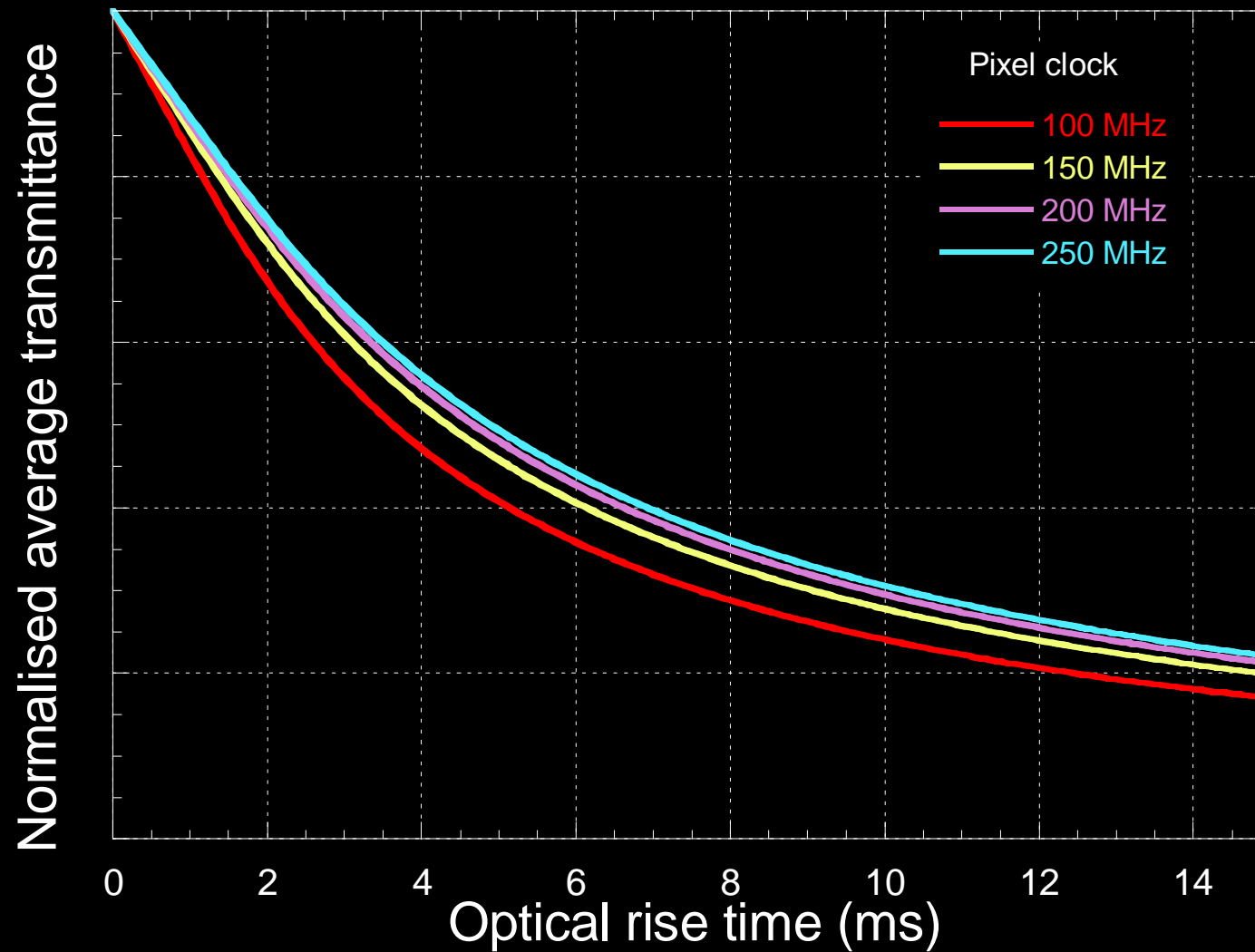


- ・ 透過率飽和後のLED点灯
- ・ 低応答速により透過率の不
均一性
- ・ データ書き込みの高速化によ
り透過率飽和
- ・ デュアル・スキャンやスキャン
・バックライトによりデータ書き
込み時間の延長
- ・ 最大LEDデューティ:
$$d = 1 - 2(N \times M) f / f_{max}$$
 f フレーム周波数
 f_{max} = 最大駆動周波数

最上・下画線の透過比率

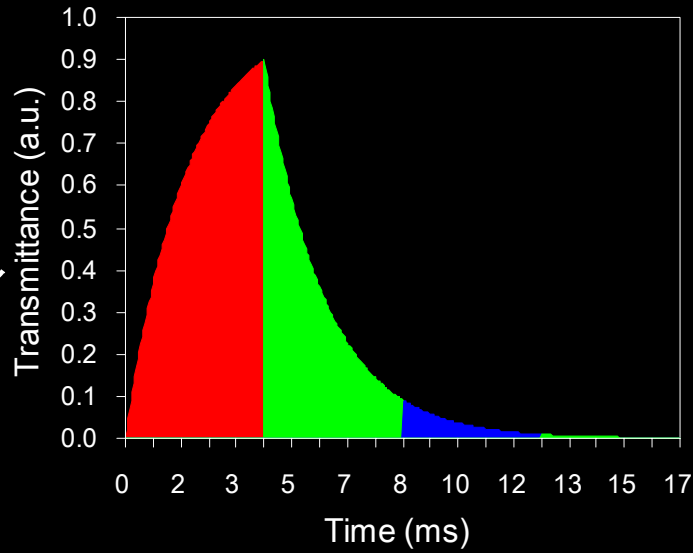


最下線透過率の立ち上がり時間依存性

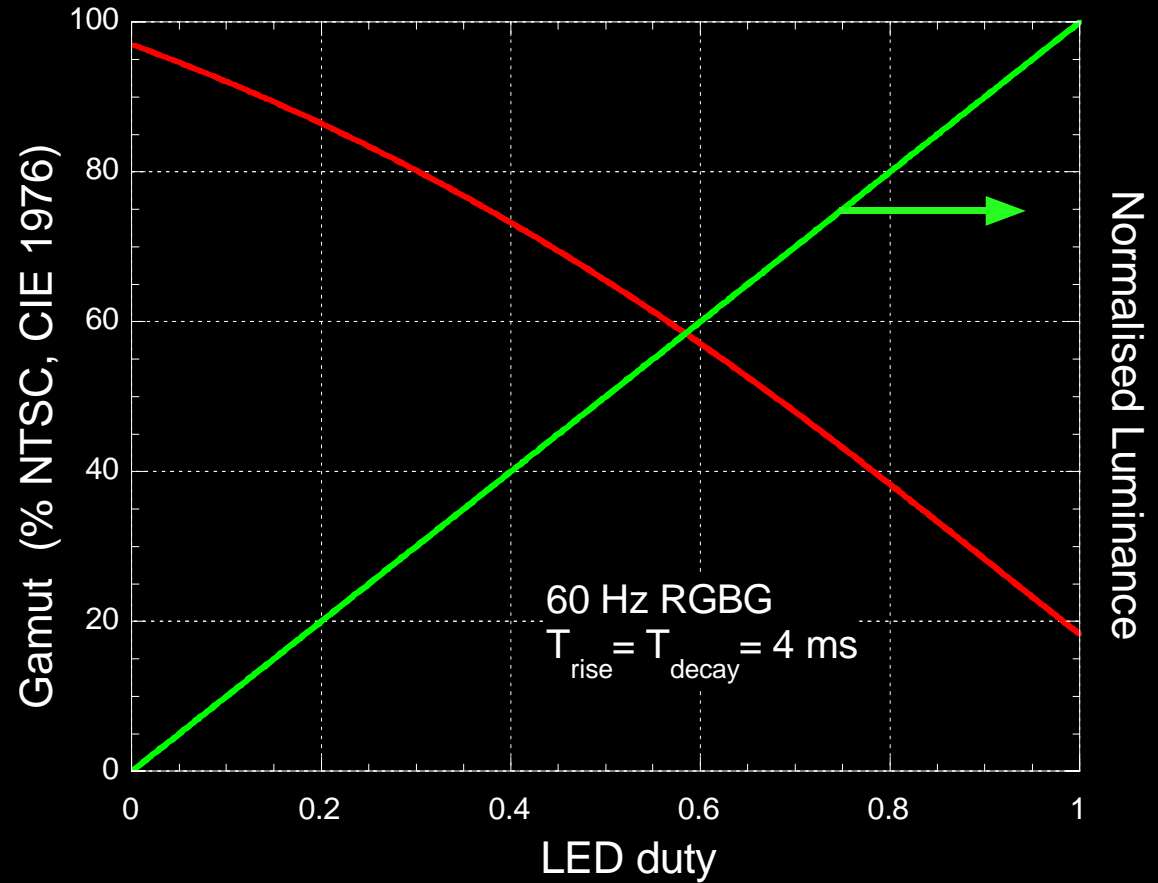
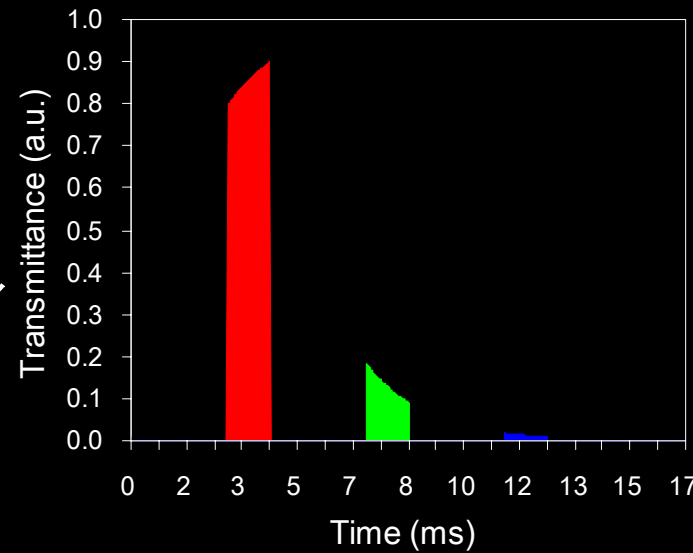


LEDデューティと色領域

100%
デューティ



30%
デューティ



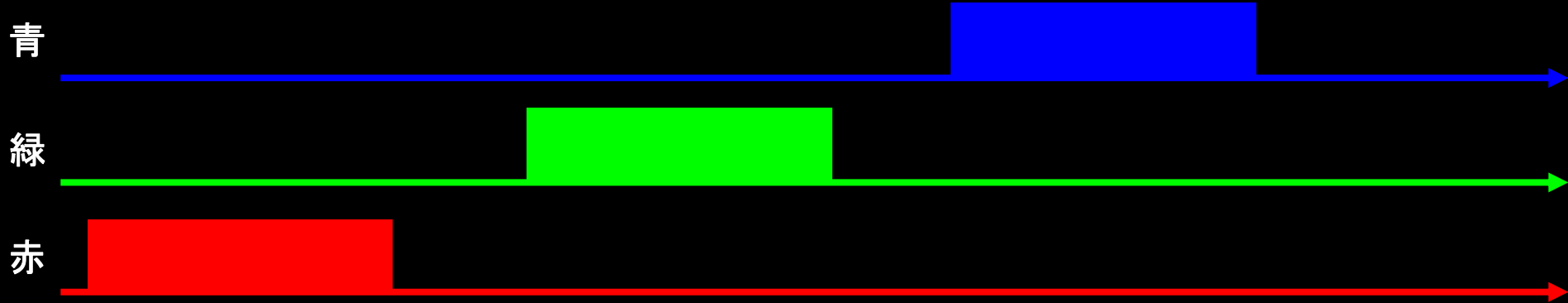
可変色座標のディスプレイ

Johan Bergquist and Carl Wennstam, "Field-Sequential-Colour Display with Adaptive Gamut", Society for Information Display Symposium Digest, 35, 1594-1597 (2006)

Moon-Cheol Kim, "Optically adjustable display color gamut in time-sequential displays using LED/Laser light sources", Displays, Vol. 27, 137-144 (2006)

普通の色順次方式

ΔT =フィールド周期



液晶空間変調



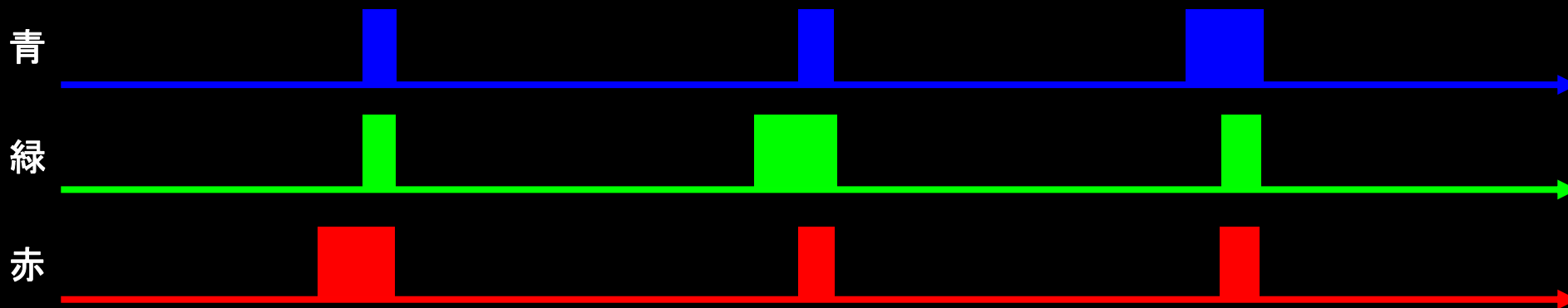
継続加法混色
時空間の色融合

画像



多重原色型色順次方式

ΔT =フィールド周期



液晶空間変調



継続加法混色
時空間の色融合

画像



可変色座標：輝度と色濃度の自由調整

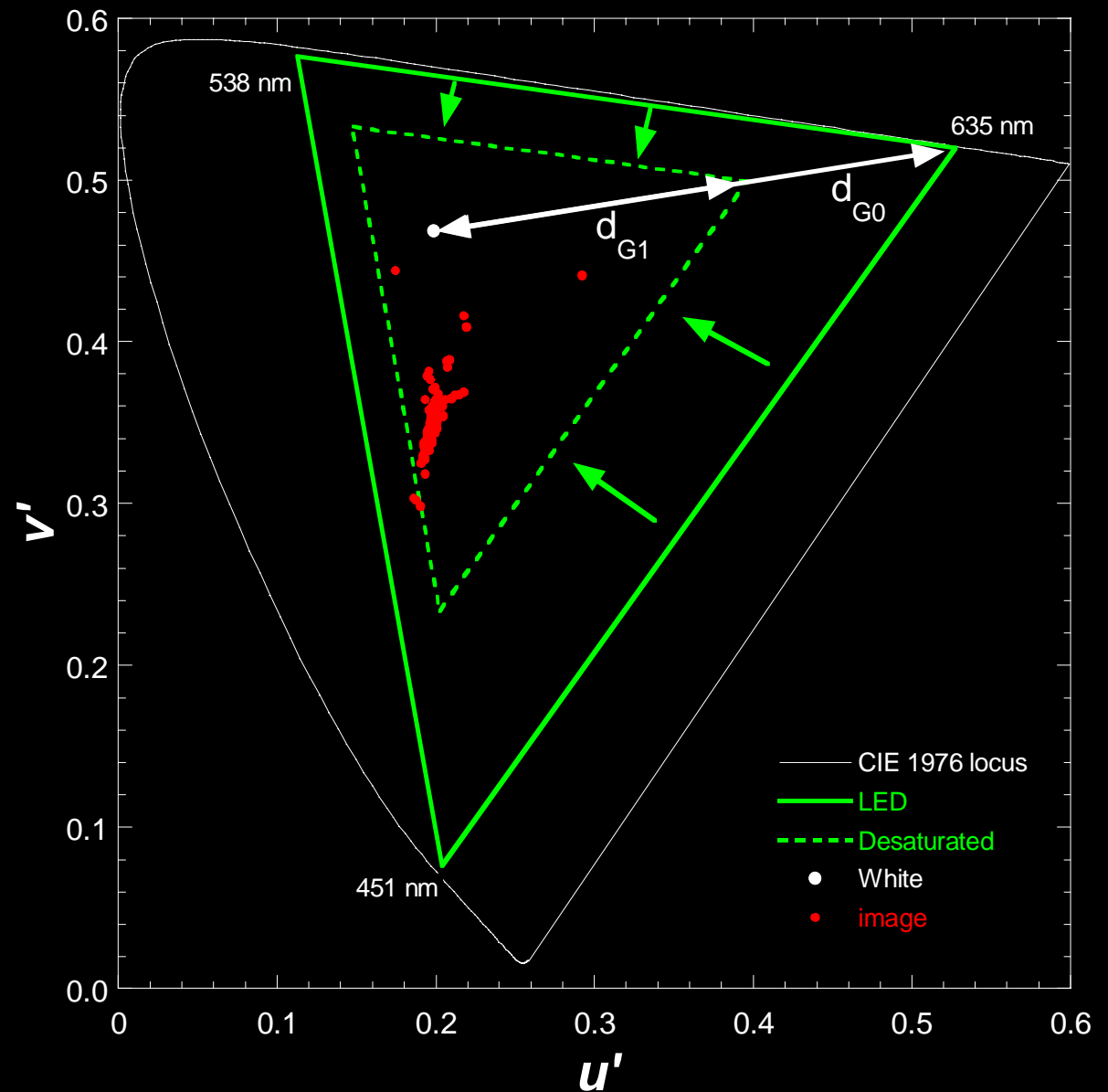
$$X'_i = X_i + d \sum X_{i \neq j}$$

$$Y'_i = Y_i + d \sum Y_{i \neq j}$$

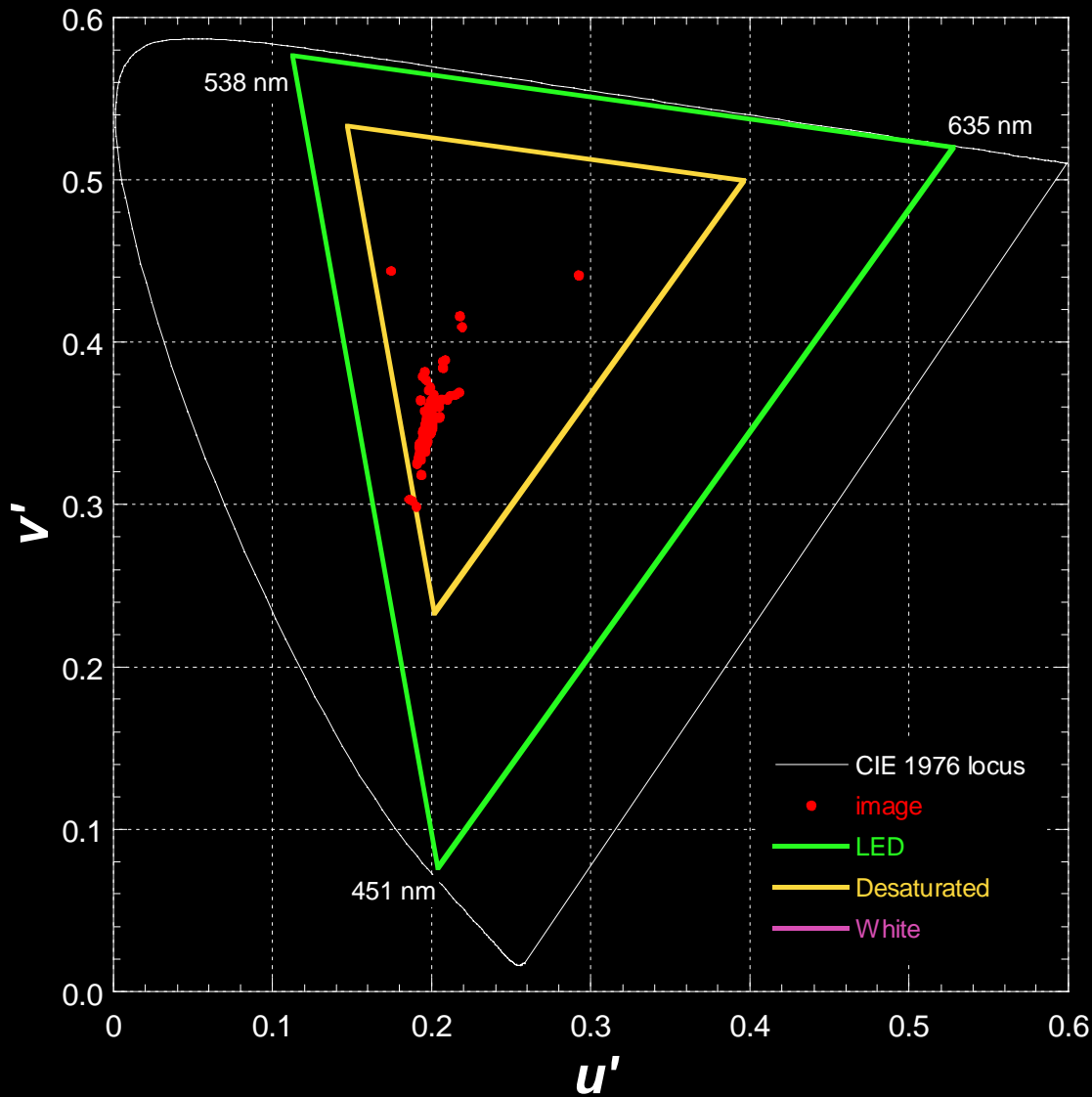
$$Z'_i = Z_i + d \sum Z_{i \neq j}$$

色濃度指数:

$$d = 1 - d_{G1}/d_{G0}$$

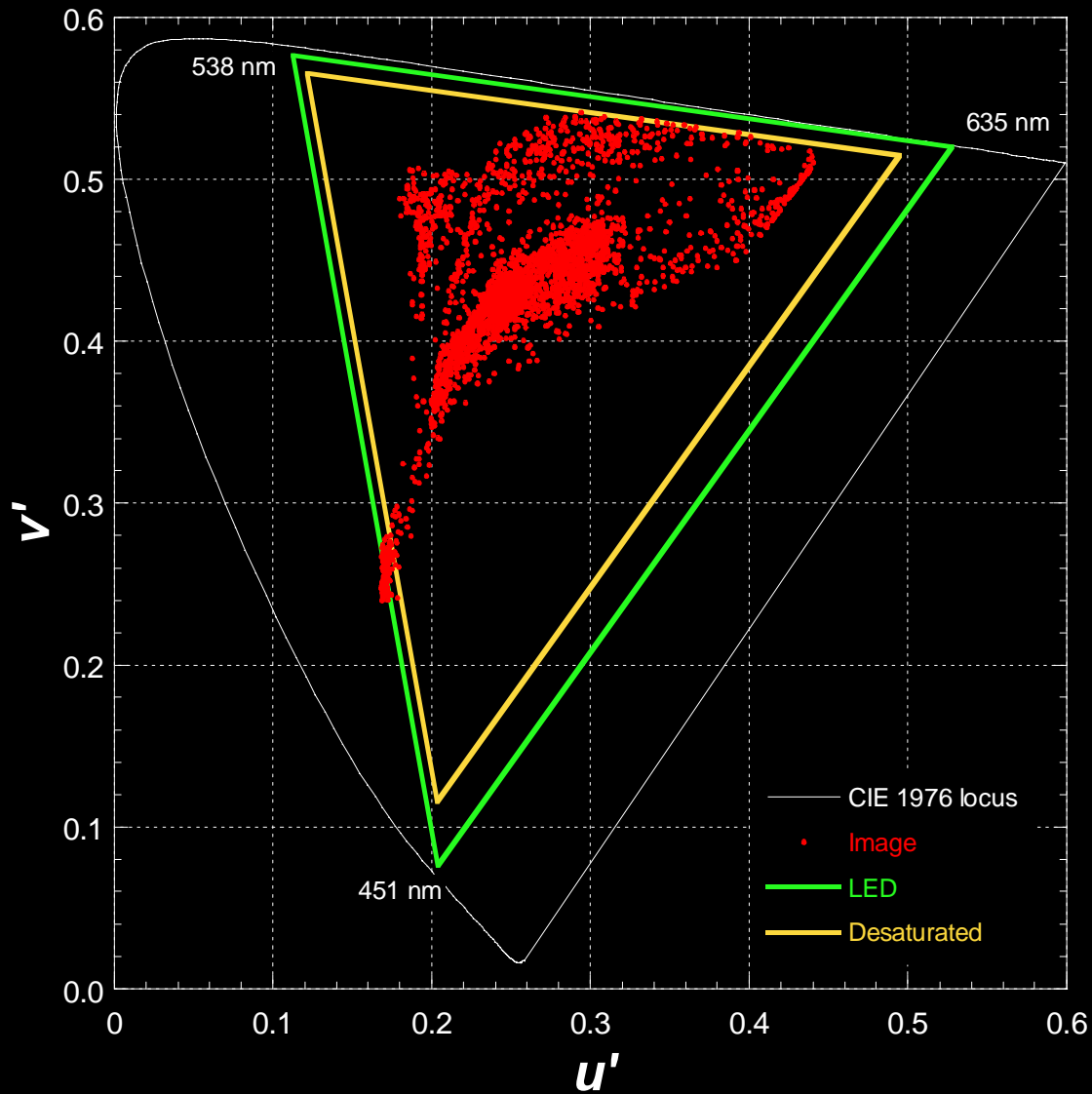


色濃度と輝度のトレード・オフ例 (1)



- 0.40 色濃度削減
- +80% 輝度
 - 屋外認識度の向上
- 輝度を守れば
 - 消費電力の削減
 - 動画質改善

色濃度と輝度のトレード・オフ例 (2)

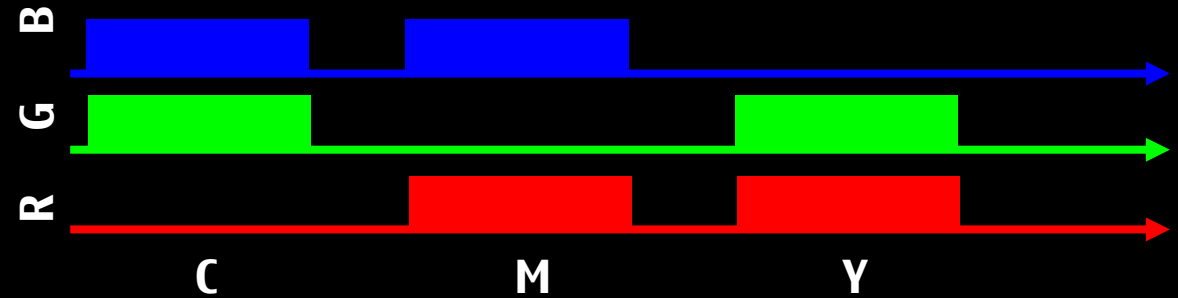


- 0.10 色濃度削減
- +20% 輝度

原色の自由組み合わせ

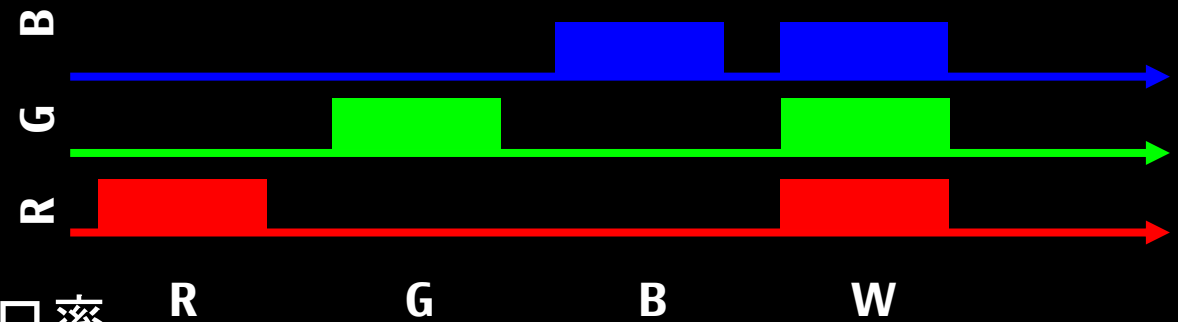
- RGB => CMY (BG, RB, RG)

- 輝度の向上
- 色割れの削減



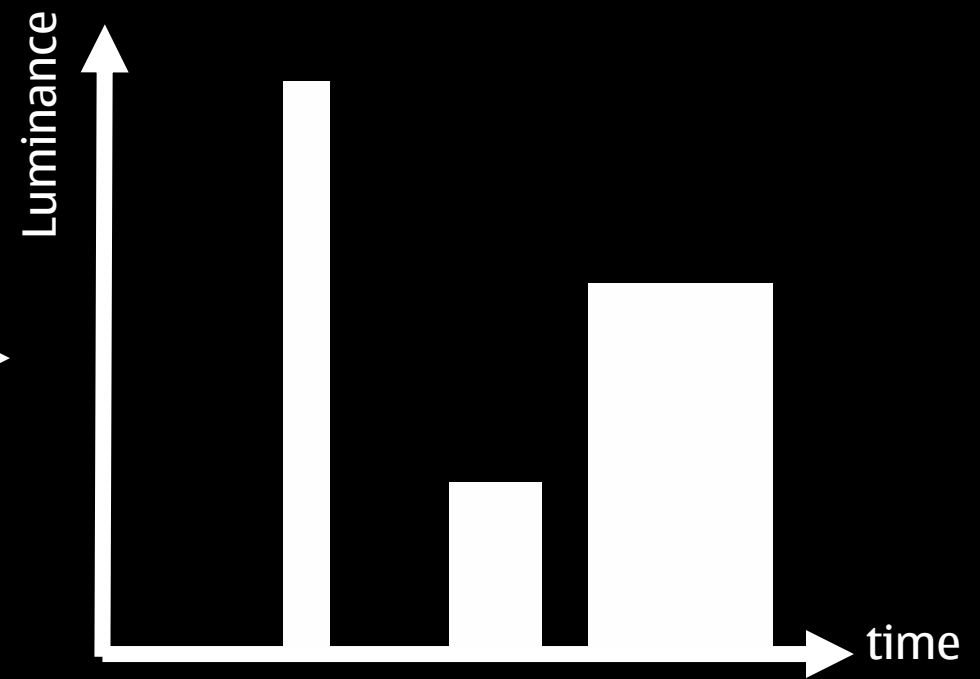
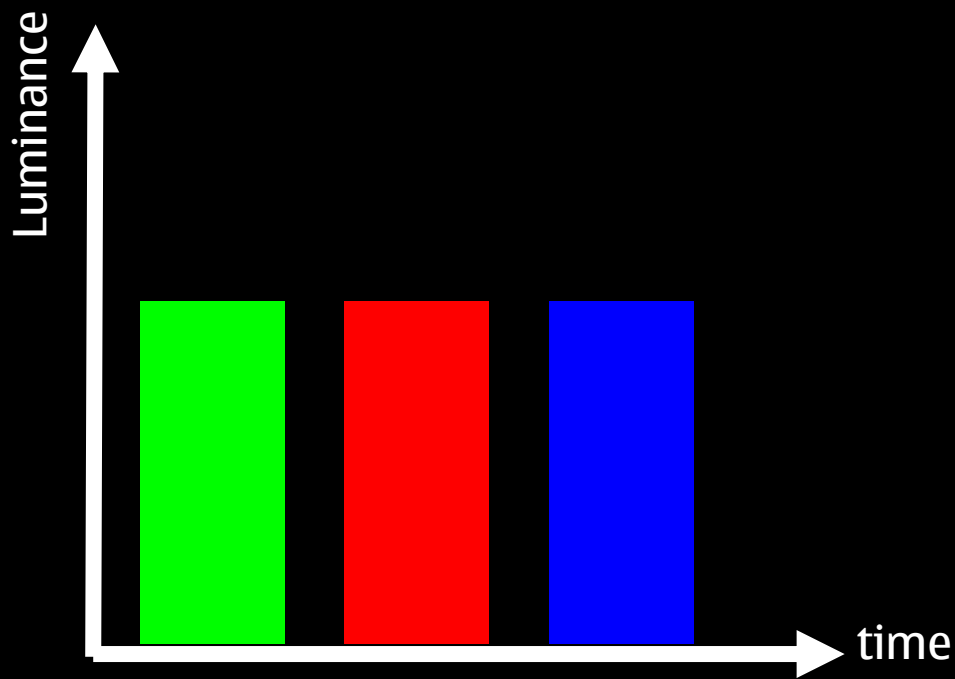
- RGB => RGBW

- 画素毎の高輝度化
- RGBWサブ・画素に対して高開口率



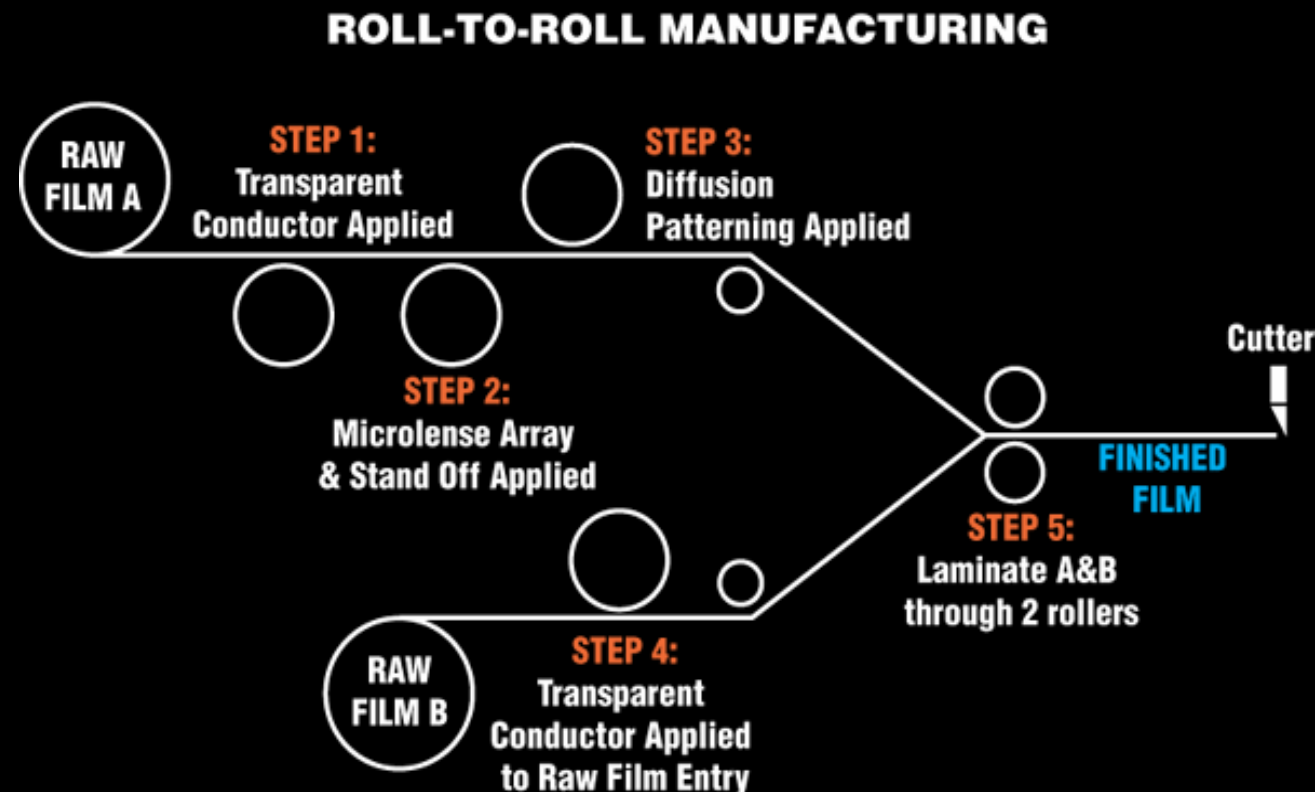
広ダイナミックレンジの単色ディスプレイ

- 角フィールドのLEDパルス幅変調
- 全フィールドのLEDパルス幅比率: 任意の単色ディスプレイ
- 例: 24ビットカラー → $256 + 256 * 2 + 256 * 4 = 1792$ 階調



他の色順次方式ディスプレイ技術

- Texas Instruments DLP™
- DisplayTech SSFLC
- Unipixel社 <http://www.unipixel.com>
- Frustrated Total Internal Reflection (FTIR). 液晶の10-10000x倍の応答速度



まとめ

- 低平均透過率と混色が課題
- 短LEDデューティにより色再現性と電気・光効率の向上
- 短LEDデューティにより絶対輝度が低下
- 可変色座標のディスプレイにより、3倍の輝度か...
- バックライト低消費電力や動画質改善
- 可変色領域を利用し、屋外認識度の向上
- 多重原色型色順次方式は様々な応用が期待
- 高速液晶やMEMS技術を利用し、問題解決が可能

感謝

- 株式会社ヒューネット・ディスプレイテクノロジー 沖田雅也様
- Nokia Technology Platforms, Mr Ari Sirén
- Nokia Research Centre, Mr Toni Järvenpää
- Philips Lumileds Lighting, Mr Teppo Lohiniva