

最近の技術がらみ

電子映像のダイナミックレンジ処理

長崎 達夫・小宮 康宏・和田 徹

オリンパス光学工業(株)研究部映像技術G T192 八王子市久保山町 2-3

1. まえがき

近年、電子カメラ、電子内視鏡などに代表されるように従来の光学映像機器の電子化が急速に進んでおり、その画質の向上が強く望まれている。一般に画質は解像度、色再現性、ダイナミックレンジ（以下 DR と略す）の3大要素に依存し、これらの性能が映像の画質、言い換えると臨場感、現実感等の画品質を決定する。

画質3大要素の中で DR は解像度、色再現性に比べあまり積極的な改良の試みがなされていない。その理由は、スタジオ内で被写体に均一照明を施す放送業務では、撮像装置および表示装置の持つ DR (40~50 dB) で必要十分であったことや、これらの装置の解像度（画素数、走査線数）と DR の機能がトレードオフの関係にあり¹⁾、従来は解像度や色再現性の向上が優先されたためである。しかし、電子カメラのように屋外撮影を主な目的とする場合や、電子内視鏡のように点光源照明で特殊な形状の被写体を撮像する場合には、この DR の大きさが画質を決定する上で非常に重要な要素になる。そこで我々は電子映像の DR を拡大し、表示するための研究を進めている。

2. 画像のダイナミックレンジ

例えば、電子内視鏡は管腔状の生体臓器を点光源照明を行って撮影をするが、近点と遠点では照明光量の差が 30 dB 以上にもなり、さらに均一照明を施した時の被写体の反射率は 40~50 dB 程度であるためこれに照明光量の差を加えると、内視鏡画像に必要な DR は 70~80 dB 程度になる。従来の光ファイバーによる内視鏡は肉眼 (90~100 dB) あるいは銀塩カメラを使っての撮影 (80 dB 程度) で観察するため、DR についてはさほど問題にならなかった。ところが電子内視鏡の場合撮像素子に CCD を用いるため、通常に撮像をすると近点は真白に飽和し、遠点は真暗な映像になってしまう。電子カメラの場合も、ストロボ撮影を行う場合など同じ問題が生じ、DR の画質への影響の強さを認識させられる。本

来 DR については入力機能（撮像素子、etc）と出力機能（表示モニタ、プリンタ、etc）に分けて検討する必要があるが、入力機能である固体撮像素子については近年 SN 比の改善が進み、70 dB 以上の DR が得られるようになってきた。しかし、表示モニタの DR は 40~50 dB しかなく、将来的にもあまり大幅な改善は期待できない。つまり、広い DR の映像を狭い DR の表示モニタに立体感、臨場感を損なわずにいかに表示するかが重要な課題となってくる。

3. ダイナミックレンジ圧縮表示処理

我々は広い DR を持つ入力装置（約 75 dB）を試作し、撮像位置から点光源で照射した近点と遠点の被写体を撮像、表示する実験を行った。図 1(a), (b) は通常の方法で表示した場合であるが、モニターの DR が狭いため飽和による白とびや光量不足による黒潰れが生じている。これを避けるために目の明るさ感覚機能²⁾を参考とし次式に示す指數変換により輝度信号 Y を圧縮して表示したのが同図(c)である(図 2(a), (b) 参照)。



図 1 通常の表示(a), (b), 輝度信号を圧縮した表示(c), および(c)に照明むらの抑制をえた表示(d)

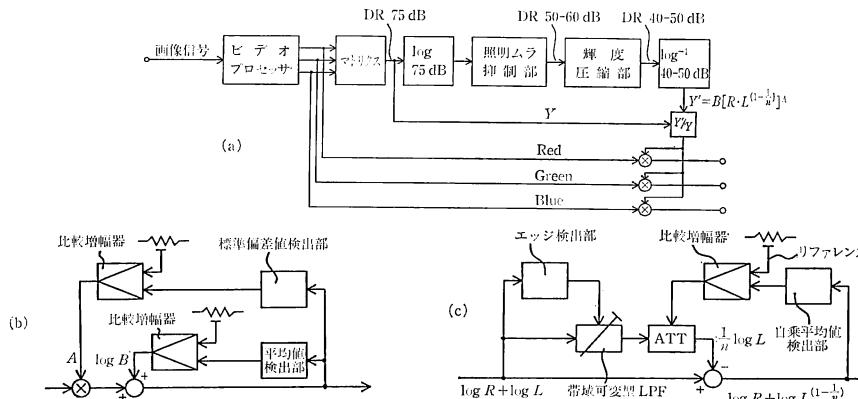


図2 ダイナミックレンジ処理回路(a), 輝度圧縮部(b), および照明むら抑制部(c)

$$Y' = BY^A \quad (A \leq 1) \quad (1)$$

ここで A, B は DR とゲインの調整項で変換後の画像の表示範囲を調節する。この処理は輝度成分だけに行い色成分は圧縮率 BY^A/Y で正規化し色度を保存する。この処理により高輝度部から低輝度部まで良好に表示される。しかし、圧縮処理のため被写体の明るい部分のコントラストが低下している。そこで、被写体のコントラストを保つために照明むらを抑制する方法を併用してみた。

いま照明むらや正反射が起きないように均一照明を行った時の被写体の反射率を $R(x, y)$ 、照明むらを $L(x, y)$ とおくと撮像される画像の輝度信号 $Y(x, y)$ は、

$$Y(x, y) = R(x, y) * L(x, y) \quad (2)$$

と表現される。 $Y(x, y)$ は図2(a)の対数変換により次式のように変形できる。

$$\log \{Y(x, y)\} = \log \{R(x, y)\} + \log \{L(x, y)\} \quad (3)$$

つまり、対数変換後の被写体の反射率と照明むらは加算的で、かつ、照明むらは被写体の反射率に比較し低周波に偏るため、 $\log \{Y(x, y)\}$ から LPF を用い低周波成分を抽出しこれを $\log \{Y(x, y)\}$ から減じることにより照明むらを抑制できる(図2(c)参照)。低周波成分を $1/n$ 倍して減じた場合、圧縮される輝度信号 $Y'(x, y)$ は、

$$Y'(x, y) = B \{R(x, y)L(x, y)^{(1-1/n)}\}^A \quad (4)$$

と表せる。ただし、照明むらを完全に抑制してしまうと、遠近感、立体感が損なわれる。そこで、まず DR 75 dB の画像の照明むらをある程度抑制し DR 50~60 dB に抑えた後に、 A, B を調整して適度な圧縮を行い DR 40~50 dB のモニタに表示を行ってみたのが図1(d)である。

ところで、この照明むら抑制処理は照明むらが低周波であると仮定したため、図3(左)のようにエッジのような急激な輝度変化のある画像ではエッジ付近にリング

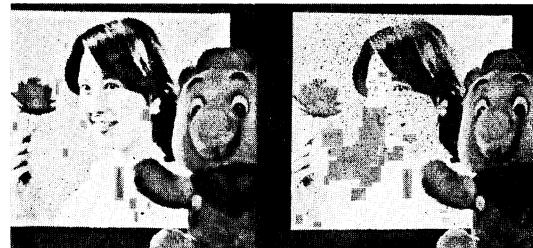


図3 輝度信号を圧縮し照明むらを抑制した表示(左)とこれにエッジの大きさに適応的に照明むらの抑制を加えた表示(右)

が現れる。したがって、エッジ付近では高周波成分まで減じることが必要である。そこで、エッジの強さに応じて LPF の帯域を適応的に変化させたのが図3(右)である。リングングが軽減され良好な画像が得られた。

4. むすび

我々が被写体を見る場合、その位置や距離および照明の種類と方向により生じる照明のむらや影、また被写体表面の正反射、内部反射、相互反射の混合によって起きた被写体独自の光沢の情報等が立体感、遠近感、材質感等画品質の官能評価³⁾に大きく関係している。すなわち、質感や形状、奥行きの判断にはある程度の照明むらが必要である。そして、DR の狭い表示モニタで画品質を良好に保ち表現するには、この照明むらや DR、ゲインの調整は画像適応的に制御する必要があり、将来的には画像認識等の技術と複合された知的処理が必要と思われる。

文献

- 1) 西田泰章、ほか：“CCD型撮像素子のノイズと今後の課題”，TV学会技報、ED 898 (1985) 1-6.
- 2) 池田光男：色彩工学の基礎(朝倉書店、1980) p. 157.
- 3) 日本印刷学会誌、26 (1989) 226.

(1991年6月28日受理)