



White Paper

医用画像診断用モニターに求められるグレースケール表示とは

CONTENTS

1. はじめに.....	2
2. 通常の液晶モニター(8bit 入出力)で医用画像を見た場合.....	3
3. モニター上で滑らかなグレースケール表示をおこなうには.....	4
3-1. 人間工学的に測定した適正なグレースケール表示関数.....	4
3-2. モニターの階調特性を補正するための Look-Up Table.....	6
4. 補正機能(Look-Up Table)を持つモニター.....	8
4-1. グラフィックスボード内蔵 Look-Up Table を使用してモニター表示を行う場合.....	8
4-2. 10.5bit Look-Up Table を内蔵する 8bit モニター.....	11
4-3. 10bit Look-Up Table を内蔵する 10bit モニター.....	14
4-4. 11.5bit Look-Up Table を内蔵する 10bit モニター.....	17
4-5. 10bit 同時表示より上の機能は必要なのか.....	20
5. まとめ.....	21

No.04-001 Revision B

作成：2004 年 10 月

株式会社ナナオ カスタマーリレーション推進部

radiforce.com/jp/

1. はじめに

近年、医用画像診断の世界は、今までのフィルム診断に比べて、より迅速かつ効率的な診断を可能にするフィルムレス環境へと劇的な変化を遂げつつある。当然ながら、新しい診断の担い手となる液晶モニターには、フィルムをシャーカステンで見る場合と同等の画像表示能力が求められることになる。具体的にはどのような表示能力なのであろうか。

このホワイトペーパーでは、適切な読影診断を行うために医用画像診断モニターに求められる特性について、主にグレースケールの観点から説明を行う。



2. 通常の液晶モニター(8bit 入出力)で医用画像を見た場合

医用画像を液晶モニターに表示する場合、フィルムをシャークアステンで見ると比較して、適切な診断を行うに足りうるグレースケール表示が可能か、という点が最も危惧されている。最適な読影には正確なグレースケール表示が欠かせないのである。

実際、通常の液晶モニターで医用画像を表示したらどのようなことが起こるのか見てみることにする。現在一般的に販売されている

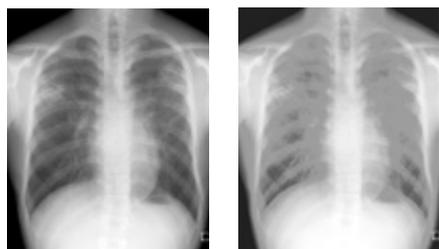


図2 元X線フィルム

図3 8-8bit モニター上
(イメージ)

液晶モニターはコンピュータからの8ビット(256階調)画像を8ビットのまま表示するモニター(以下8-8bitモニターシステムと呼ぶ)が主流である。これは図1のように、コンピュータから8bitの画像データの出力を受けて8bit、つまり256階調の表示が出来るモニターということを示す。しかしながら、この8bitモニターにX線フィルム画像を表示してみると、X線フィルムをシャークアステンで見ると異なる画像となってしまう場合が多い(図3)。

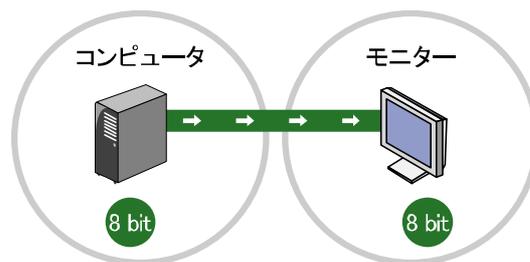


図1 8-8bit モニターイメージ

どうしてこのように異なって表示されてしまうのであろうか。これは色の情報を含まない黒から白までの明暗だけで表現したグレースケール(階調)画像をモニターに表示するとよく分かる。元の(理想的な)グレースケール画像は黒から白まで中間階調含めて滑らかに変化しているが(図4)、この画像を8-8bitモニターで表示させた場合、図5のように階調がつぶれたり、飛んだりして、滑らかでないグレースケール画像となって表示されてしまう。

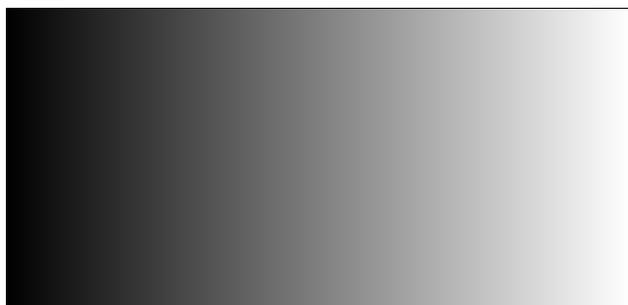


図4 元のグレースケール図(理想画像)

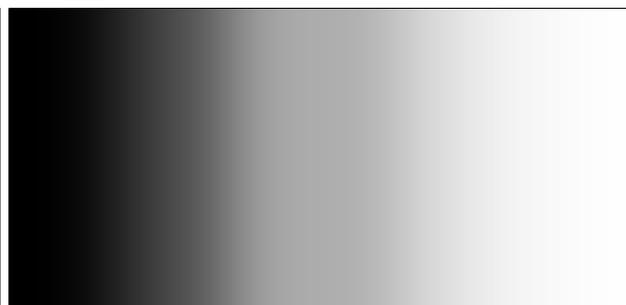


図5 8-8bit モニターに表示したグレースケール図

しかもそのばらつき具合は、各モニターのメーカーや機種によって様々に異なる。つまり、医用画像としてコンピュータから出力されるデジタル信号(元データ)の視覚的解釈は、その画像を表示するモニターの階調特性(輝度特性)に依存するため、異なったモニターでは完全に異なる視覚的外観や情報を持つのである。

この、モニターごとにばらつきのあるグレースケールを、滑らか、且つ正しいグレースケールとして表示する機能がモニターに求められるわけだが、何を以てして「正しい」と判断するかという「基準」が必要になってくる。その「基準」に合わせて各モニターが個々の階調特性を補正表示できれば、同じ医用画像データはどのモニターで見ても正確かつ同じ表示になるという理想が実現するのである。その「基準」の代表的なものは、DICOMカーブである。次章ではDICOMカーブについて説明することとする。

3. モニター上で滑らかなグレースケール表示をおこなうには

3-1. 人間工学的に測定した適正なグレースケール表示関数

DICOMとはDigital Imaging and Communications in Medicineの略称で、米国放射線学会(ACR)と北米電子機器工業会(NEMA)によって定められた医用画像機器のためのネットワーク規格である。病院内外では、異なったメーカーの、異なったモダリティのデジタル医用画像機器をネットワークで接続して、患者の検査情報や診断画像データの伝送を行う。デジタル医用画像機器には、画像の発生装置(CR、CT、MRI、その他)、画像の保管装置(サーバ等)、画像の表示・処理・読影装置(液晶モニター等)等がある。それらのメーカーや機種異なる医用画像機器との間で各種の伝送を行う場合、画像データの整合性が問われ、機器の違いによって診断に影響が出ないような管理が要求される。その要求を満たすネットワーク構築が、DICOM規格に対応することで可能となったのである。

DICOMは現在Part1から16まで存在し、Part14にグレースケール画像の表示のための標準表示関数が明記してある。その目的は、全ての画像表示システムのための適切なグレースケール標準関数を、人間工学的に計測して数学的に定義することである。人間の目は画像の明るい領域よりも暗い領域において相対的に高い感度を示す特性を持つため、単純な関数で表すことはできない。そこで一つひとつの階調に対して、輝度が変わったと人間の目で感じられる輝度を全て測定した(図6)。この与えられた観察条件のもとで、平均的人間観察者が識別可能な最小の輝度差はJust Noticeable Difference (JND、最小弁別閾)と呼ばれている。

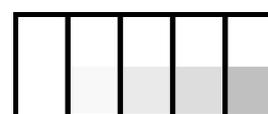


図6 JND:最小弁別閾
(どこまで階調が見分けられるか)

DICOM Part14には、測定の結果定められたJNDの各整数値に対する輝度値が下記のような表で記述されている。この関数は輝度0.05から4,000cd/m²の間で定められる。0.05cd/m²はCRTモニターで実質的に表示できる最低輝度であり、4,000cd/m²はX線マンモグラフィーを見る時に使用するライトボックスの最高輝度を越えた数値である。この輝度範囲の中で、人間は1,023の輝度差を感じられることを意味する。JNDが1ステップ以下で階調変化していく場合、視覚的に理想的なグレースケールが表示できるが、JNDが1ステップよりも大きく、例えば1から4、4から7のように階調変化していく場合、視覚的に理想的なグレースケールが表示できているとは言えない。

JND	輝度 [cd/m ²]
1	0.0500
2	0.0547
3	0.0594
4	0.0643
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
1021	3941.8580
1022	3967.5470
1023	3993.4040

表1 JND 対 輝度 の対応表

正式名をGrayscale Standard Display Function(GSDF)とするこのグレースケール標準表示関数を曲線に表したものが図7で、一般的にはDICOMカーブと呼ばれている。

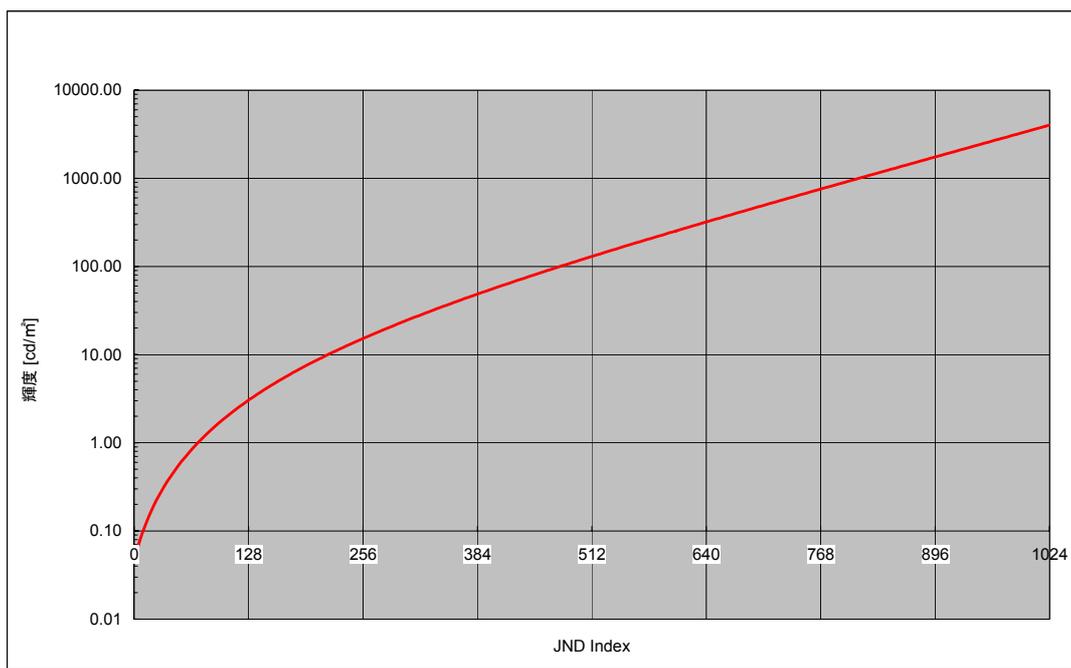


図 7 DICOM カーブ (Y軸対数表示)

上の図では、Y軸の輝度を対数表示しているが、これを通常表示で表したグラフが図 8 である。

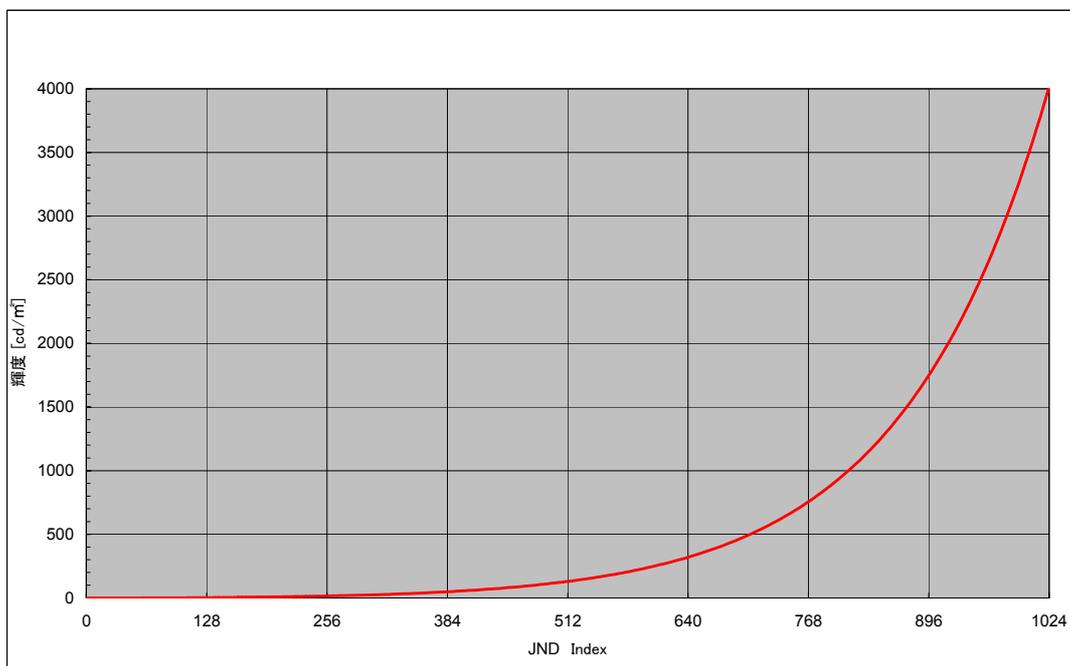


図 8 DICOM カーブ (Y軸通常表示)

DICOM カーブは人間に感じられる輝度の差がどの階調間でも等しく感じられる階調特性であり、病院内の各モニターの階調特性をこのグレースケール標準表示関数 GSDF「基準」に合わせて補正表示すれば、全てのモニターにおいて人間工学的に滑らか、且つ「正確」なグレースケール表示が実現することとなる。

3-2. モニターの階調特性を補正するための Look-Up Table

モニターの実際の階調特性をイメージグラフで見てみる。第 2 章で述べた 8-8bit モニターシステムの場合、コンピュータから出力されモニターに入力された 8bit の画像データは、図 9 のようにゆがんでモニター上に表示されている。このような、モニターに入力される信号と輝度の関係を「階調特性」といい、本来なら滑らかな階調特性を描くことが理想なのだが、先に述べたとおり、液晶モニターはその特性により滑らかな曲線にならず、図 9 のように変曲点があったり、S 字型になったりする。そこで滑らかな階調特性になるように補正を施すことを「階調補正」という。

では、どのように階調補正は行われるのだろうか。下記の図 10 は、一般的な 8-8bit モニターシステムにおいて、X線フィルムなどの画像データがコンピュータから出力されて 8bit モニターに表示されるまでの階調数の変化をイメージで表したものである。

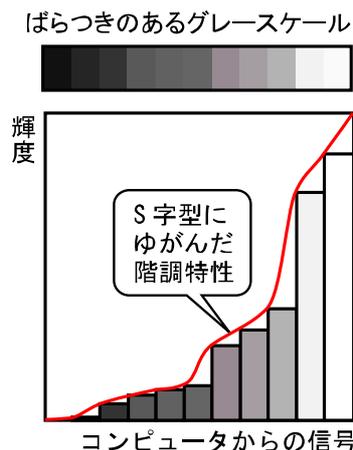


図 9 8-8bit モニターシステムの階調特性イメージ

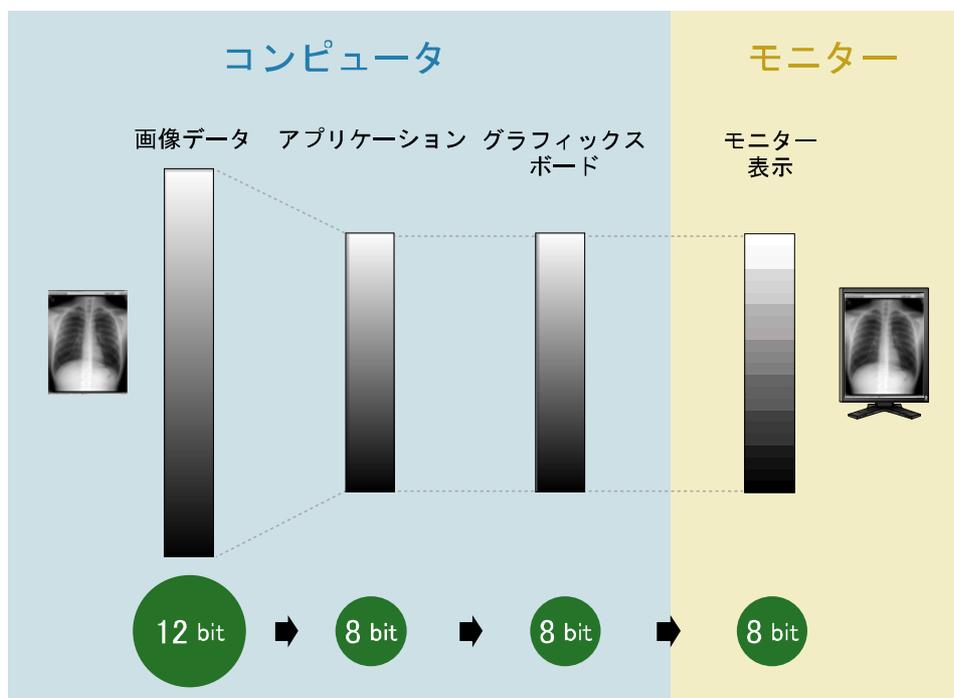


図 10 画像データがモニターに表示されるまでのイメージ (8-8bit モニターシステム)

元の医用画像データを 12bit とする。このデータはアプリケーション(ビューワ)、グラフィックスボードを介する段階で 8bit に減少するが、グレースケールの滑らかさは保持したままである。しかし、このデータをモニターで出力する段階では、先程も述べたように、階調はもはや滑らかではなくなってしまう。ということは、このグラフィックスボードとモニターの間に階調を補正するような機能を持たせればよい。そこで考案されたのが Look-Up Table (LUT) である。

コンピュータからモニターへ信号が入力される際、モニターは入力された信号に従って対応する階調を順に表示するのであるが、Look-Up Table で補正して表示を行う場合は、入力された信号に対しては、必ずしも順ではなく、表示可能な階調の中から理想的な階調を選択して表示していくこととなる。この階調対応表のことを Look-Up Table と呼ぶ。この方式は絵の具をパレットに出してキャンバスに色を塗る行為に似ているため、Look-Up Table を「パレット」

と呼ぶこともある。つまりキャンバスと見立てたモニターに塗ることができる階調は 256 階調 (8bit) であることに変わりはないのだが、パレットの中から理想の 256 階調を選ぶことができる。

では、Look-Up Table という補正機能についてより具体的に説明していく。

4. 補正機能(Look-Up Table)を持つモニター

4-1. グラフィックスボード内蔵 Look-Up Table を使用してモニター表示を行う場合

モニター内蔵の Look-Up Table (LUT) の説明の前に、一般汎用グラフィックスボードの LUT を利用してモニター表示を行う方法について説明する。先程図 10 で解説した 8-8bit モニターシステムは、グラフィックスボードの LUT を機能させていない場合である。では、グラフィックスボードの LUT を機能させた場合のモニターシステムを見てみる。コンピュータの 8bit データは、図 11 のようにグラフィックスボードが持つ 8bit の LUT で補正されて、モニターにデータ出力される。このモニターを 8-8-8bit モニターシステムと呼ぶことにする。

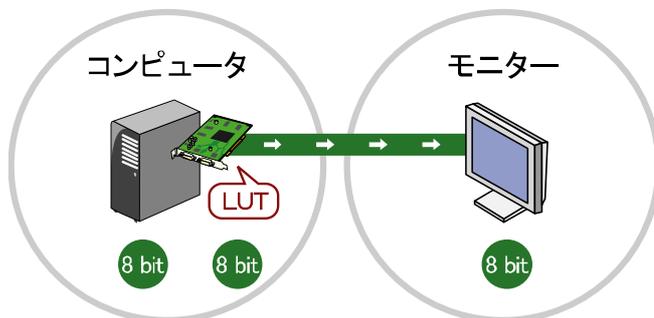


図 11 8-8-8bit モニターシステム

下記に 8-8-8bit モニターシステムにおいて、画像データがモニターに表示されるまでの階調数の変化をイメージで示す(図 12)。

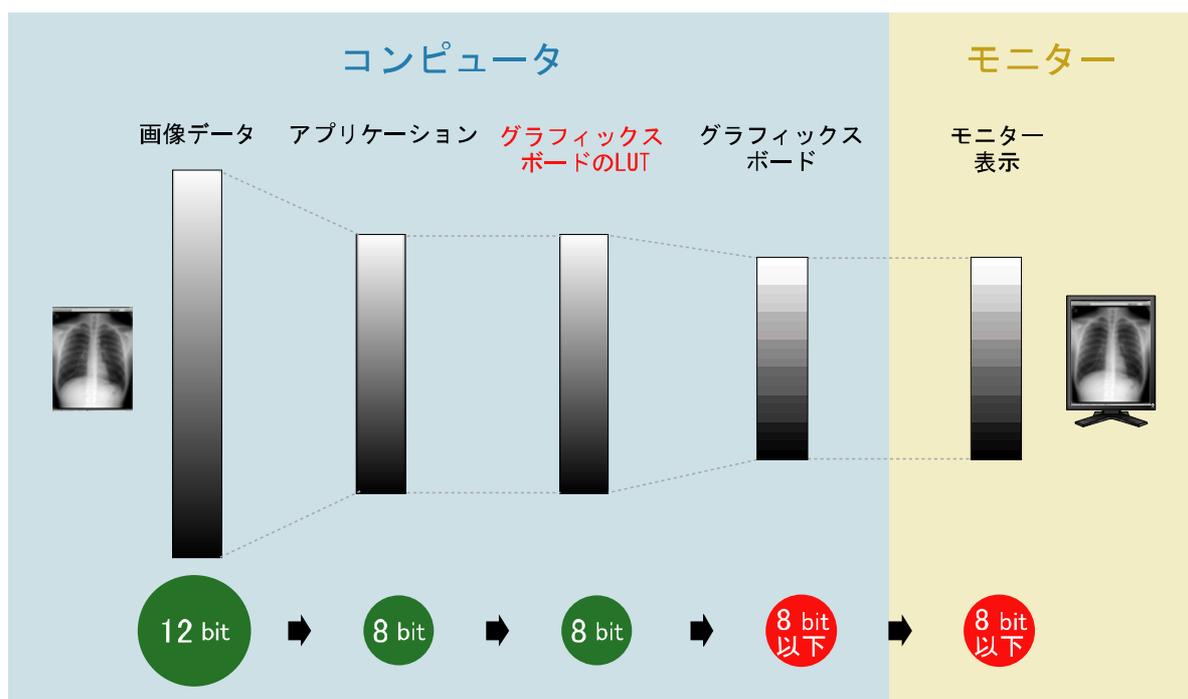


図 12 画像データがモニターに表示されるまでのイメージ (8-8-8bit モニターシステム)

この場合、結局グラフィックスボードの LUT にも 256 階調(8bit)しかないため、グラフィックスボードは、ゆがんでいる階調の中から理想的でない階調を削除し、理想の階調特性に近い階調だけを残しデータ出力するため、モニターに入力される信号は 8bit 以下になる。つまり厳密に呼ぶとすると 8-8-8bit モニターシステムではなく、8-8-8(以下)bit モニターシステムになる。

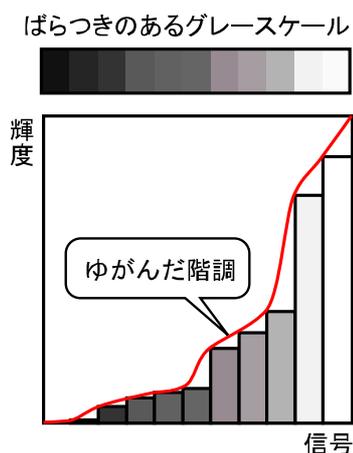


図 13 補正前の階調イメージ

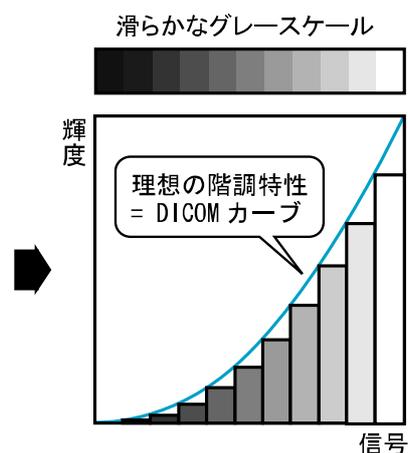


図 14 補正後の階調イメージ

例えば、最低輝度 0.8cd/m^2 、最高輝度 450cd/m^2 、ガンマ 2.2 のモニターの階調特性をグラフィックスボードの LUT を使って

DICOMカーブに準拠するように補正したとする。そのモニターの階調補正後のカーブとDICOMカーブを同じグラフ内に表示して、その差を見ると下記の図のようになる(図 15、 $1\sim 10\text{cd/m}^2$ の範囲を表示)。図では、階調補正カーブに段差があることがわかる。

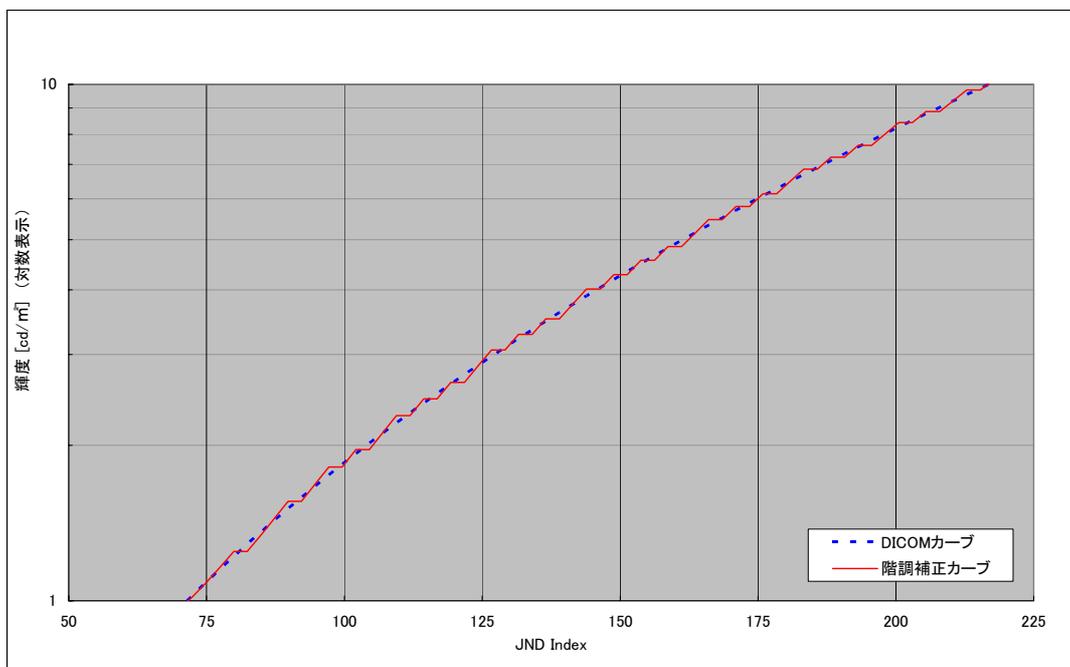


図 15 8-8-8bit モニターシステムでの階調補正カーブと DICOM カーブの差

階調補正カーブと DICOM カーブとの、各階調における誤差率をグラフにしてみる(図 16)。グラフから、低階調から中間階調の領域で誤差が 4%程度とやや大きくなっていることが見て取れる。

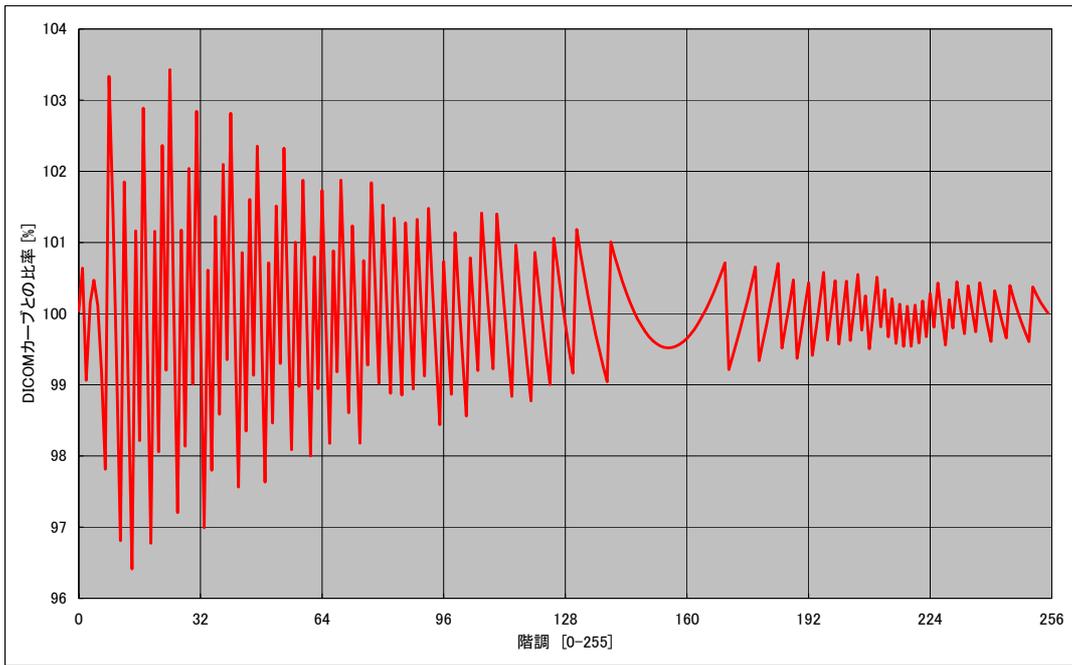


図 16 8-8-8bit モニターシステムでの誤差率

次に、各階調における JND ステップをグラフで見てみる(図 17)。このグラフにした場合、JND ステップが変化せず、かつステップが小さいほど、願わくは1ステップ以下である程、「良い階調特性」を意味するのだが、8-8-8bit モニターシステムの場合、階調ごとに JND ステップが大きくなったり小さくなったり激しくステップが上下している。これは階調飛びやバンディングの出現などグレースケールの滑らかさが欠けている事を示す。結論から言えば、DICOM カーブに近いグレースケール表示を行ってはいないものの、医用画像診断モニターとしては不十分と言わざるを得ない。

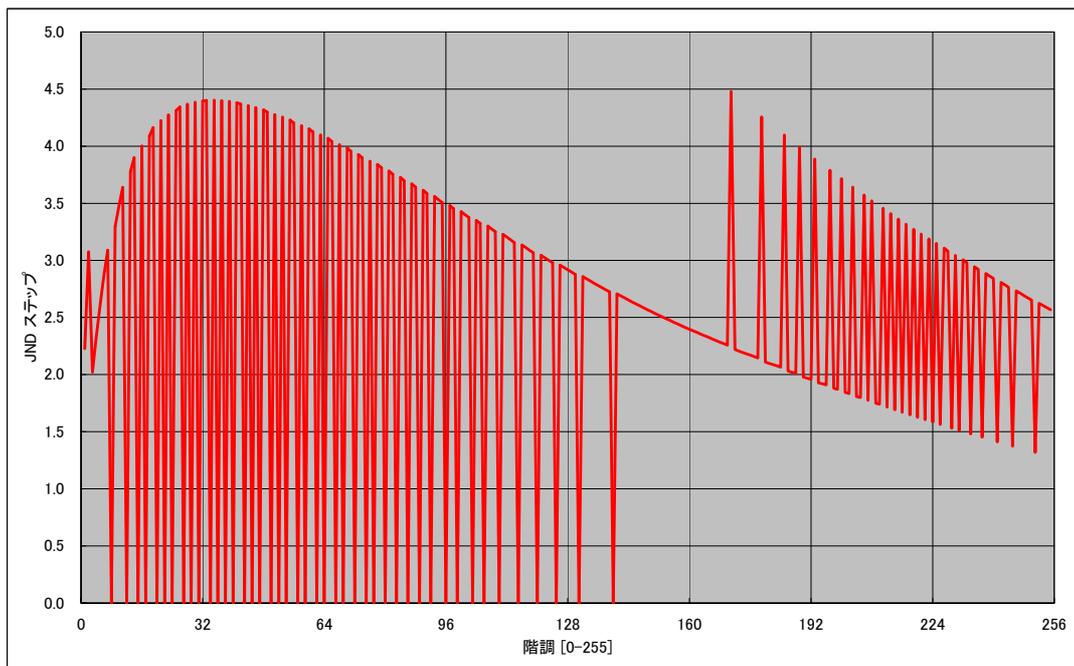


図 17 8-8-8bit モニターシステムでの JND 特性

4-2. 10.5bit Look-Up Table を内蔵する 8bit モニター

次に、モニターに 10.5bit からなる LUT を持たせて階調特性を補正する場合を考える。コンピュータから出力された 8bit データは、図 18 のように、モニターの持つ 10.5bit の LUT で補正されて、モニター上に表示される。これを、8-10.5-8 bit モニターシステムと呼ぶことにする。

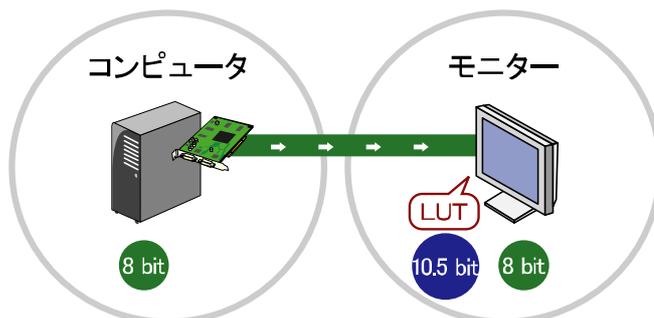


図 18 8-10.5-8 bit モニターシステム

下記に 8-10.5-8bit モニターシステムにおいて、画像データがモニターに表示されるまでの階調数の変化をイメージで示す(図 19)。8-10.5-8 bit モニターシステムは、コンピュータから出力された 8bit の信号に、モニター内蔵の 10.5bit(1,531 階調)のパレットの中から、理想の 256 階調を選んで割り当てて、モニター上に画像を表示させている。

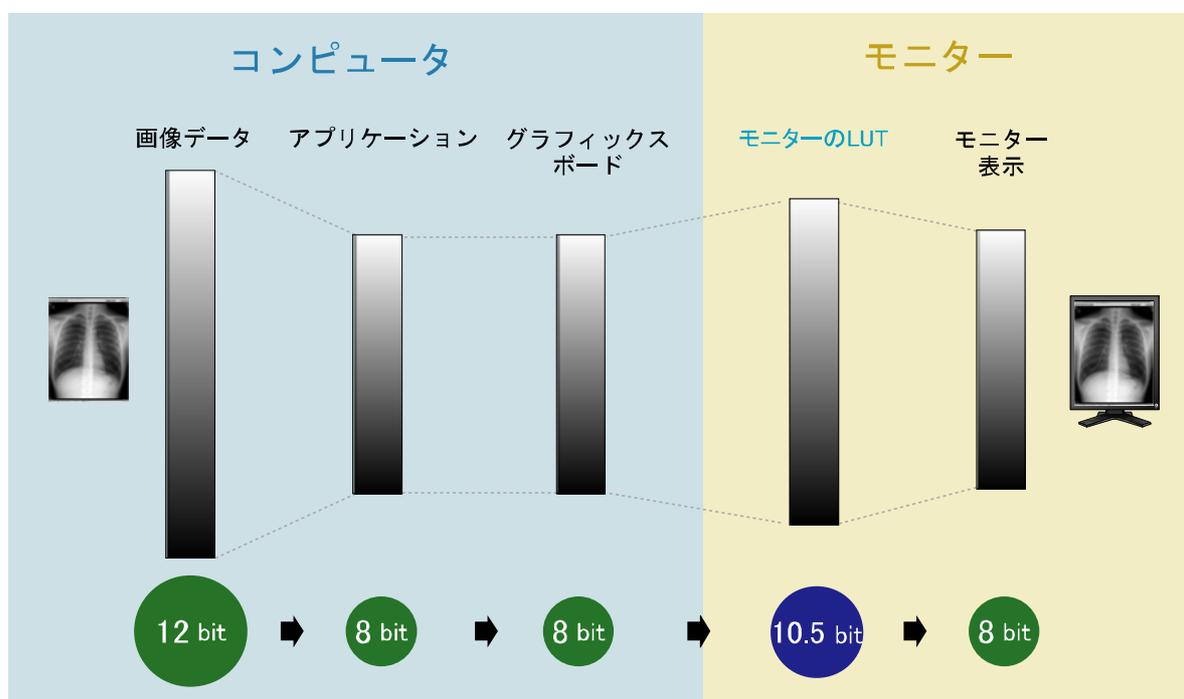


図 19 画像データが LUT を持つモニターに表示されるまでのイメージ(8-10.5-8 bit モニターシステム)

先程と同じように、最低輝度 0.8cd/m^2 、最高輝度 450cd/m^2 、ガンマ 2.2 のモニターの階調特性をモニターの LUT を使って DICOM カーブに準拠するように補正したとする。そのモニターの階調補正後のカーブと DICOM カーブを同じグラフ内に表示して、その差を見ると下記の図のようになる(図 20、 $1\sim 10\text{cd/m}^2$ の範囲を表示)。図では、階調補正カーブの段差が小さくなっていることがわかる。

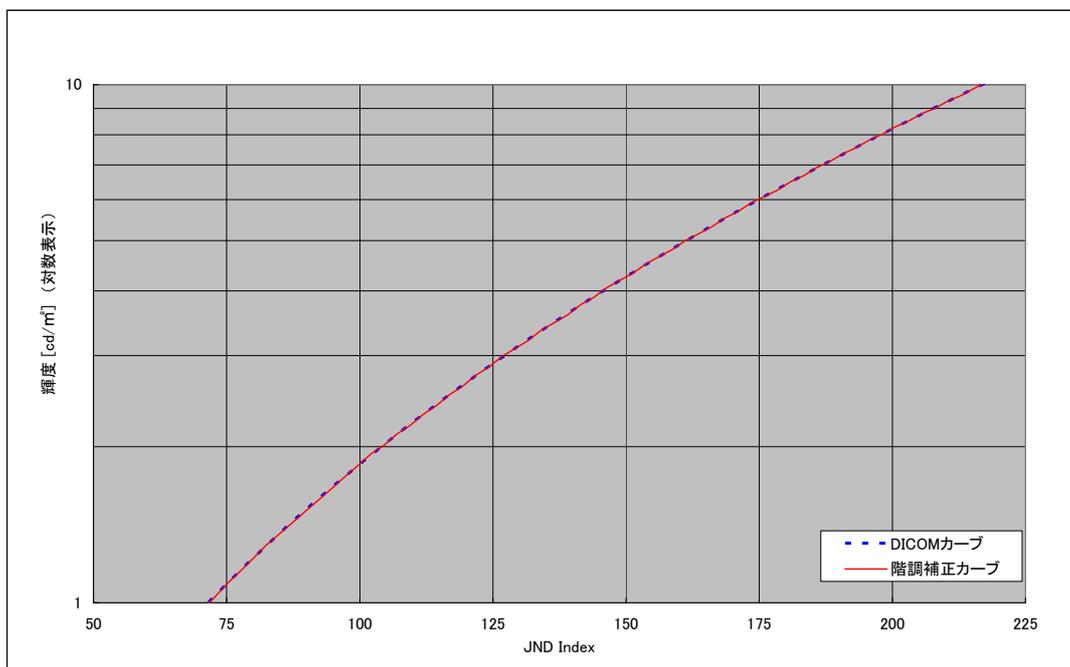


図 20 8-10.5-8 bit モニターシステムでの階調補正カーブと DICOM カーブの差

さらに階調補正カーブと DICOM カーブとの、各階調における誤差率をグラフにしてみる(図 21)。全域に渡り、誤差が 0.5%程度と、8-8-8 bit モニターシステムと比較すると、かなり小さくなっていることがわかる。

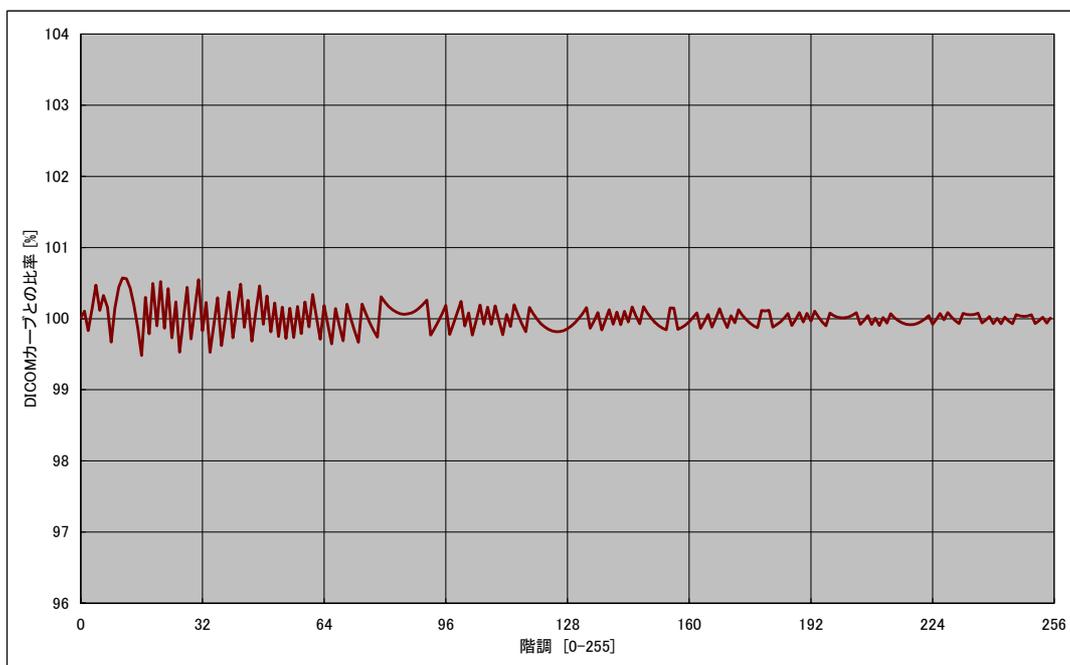


図 21 8-10.5-8 bit モニターシステムでの誤差率

次に、各階調における JND ステップをグラフで見てみる(図 22)。グラフでは JND ステップの平均値は 2.5 程度であるが、階調ごとの JND ステップの変化が少なくなり、階調飛びやバンディングの出現などグレースケールの滑らかさを妨げるような現象が減少していることを示している。このレベルであれば DICOM カーブに準拠したグレースケール表示で医用画像診断を行うモニターとしての性能を備えているといえる。

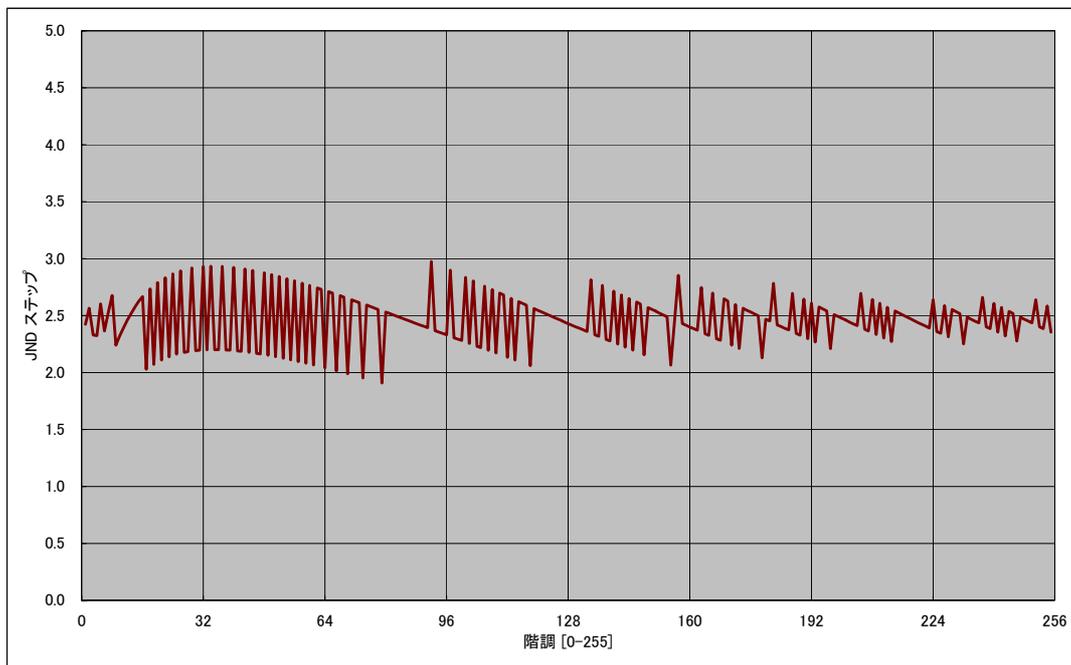


図 22 8-10.5-8 bit モニターシステムでの JND 特性

4-3. 10bit Look-Up Table を内蔵する 10 bit モニター

モニター(もしくはグラフィックスボード)の 10bit LUT を利用して、簡易的に 10bit モニターを実現している場合がある。これを、10-10-10 bit モニターシステムと呼ぶことにする(図 23)。

下記に 10-10-10 bit モニターシステムにおいて、画像データがモニターに表示されるまでの階調数の変化をイメージで示す(図 24)。ただし、このシステムの場合、コンピュータから出力された 10bit(1,024 階調)の信号に理想の階調を選んで割り当てる時、モニター内のパレットが既に 10bit しか存在しないため、理想の階調特性に近い階調だけを選びデータ出力することになる。よってモニターに入力される信号はその時点で 10bit 以下になってしまう。つまり厳密に呼ぶとすると 10-10-10 bit モニターシステムではなく、10-10-10(以下)bit モニターシステムになる。また、このモニターシステムの場合、コンピュータ内で使用しているアプリケーション(ビューワ)、グラフィックスボード、グラフィックスボードドライバーが 10 bit 対応であることが必要となる。

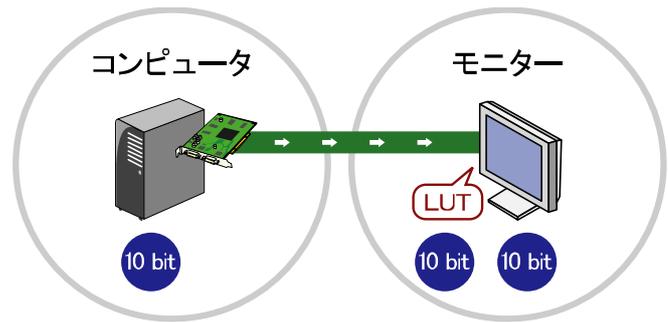


図 23 10-10-10 bit モニターシステム

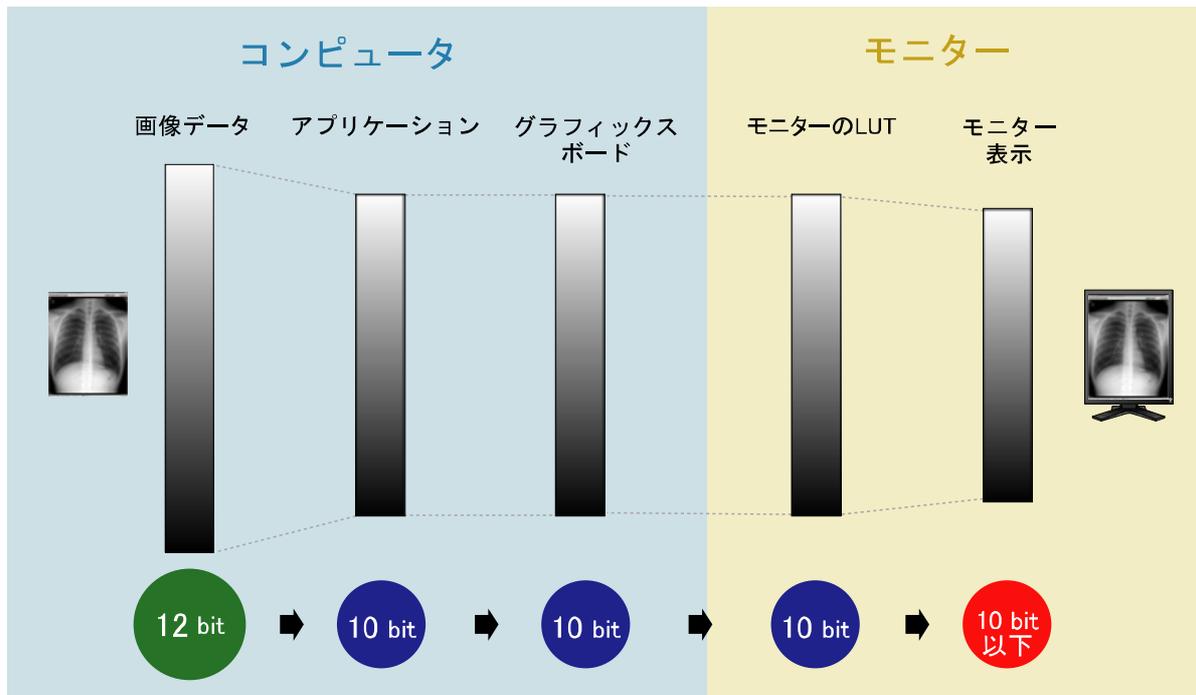


図 24 画像データが LUT を持つモニターに表示されるまでのイメージ(10-10-10 bit モニターシステム)

先程と同じように、最低輝度 0.8cd/m^2 、最高輝度 450cd/m^2 、ガンマ 2.2 のモニターの階調特性をモニターの LUT を使って DICOM カーブに準拠するように補正したとする。そのモニターの階調補正後のカーブと DICOM カーブを同じグラフ内に表示して、その差を見ると下記の図のようになる(図 25、 $1\sim 10\text{cd/m}^2$ の範囲を表示)。図では、階調補正カーブに段差がほとんど見えないことがわかる。

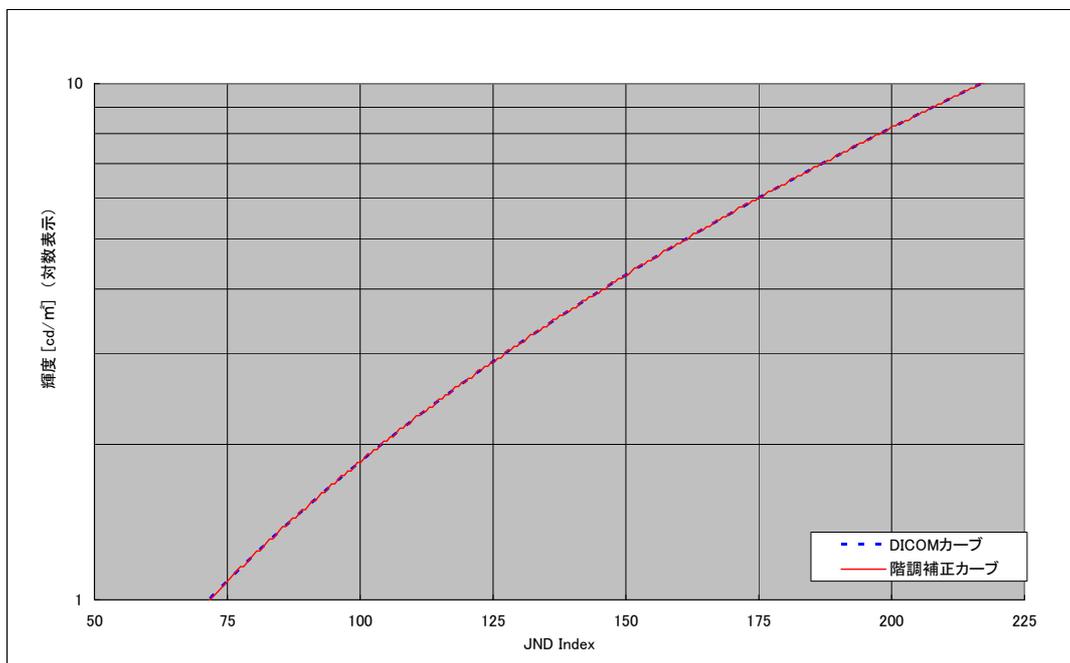


図 25 10-10-10 bit モニターシステムでの階調補正カーブと DICOM カーブの差

さらに、階調補正カーブと DICOM カーブとの、各階調における誤差率をグラフにしてみる(図 26)。全域に渡り誤差が 1%以下である。8-10.5-8 bit モニターシステムと比較して誤差は若干大きいものの、ほぼ同程度になっていることがわかる。

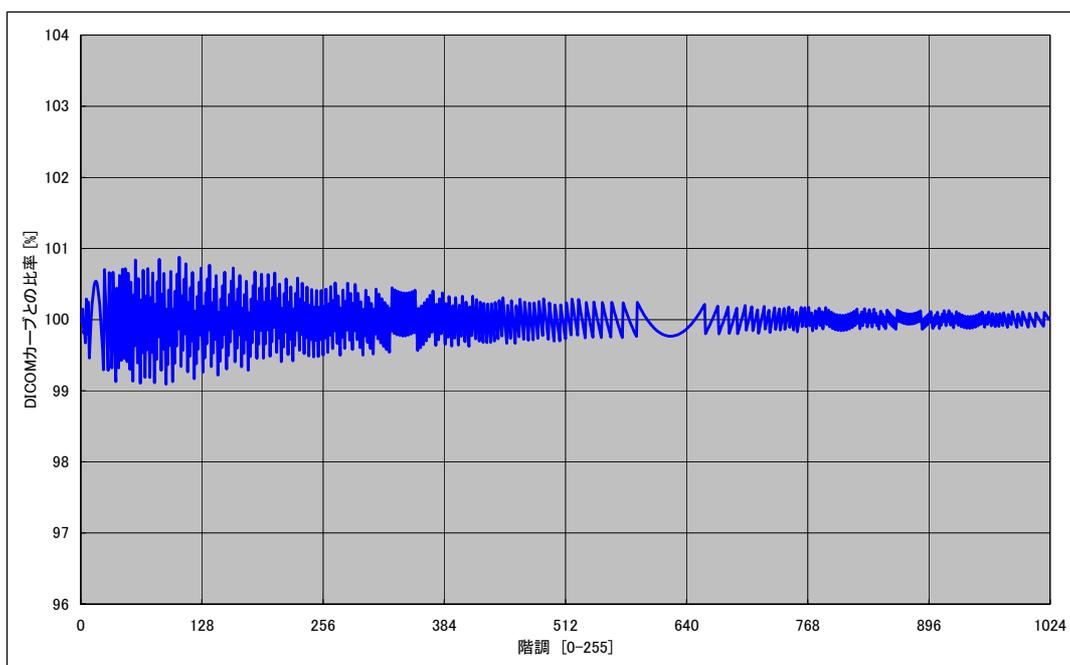


図 26 10-10-10 bit モニターシステムでの誤差率

次に、各階調における JND 値をグラフで見てみる(図 27)。JND の平均値は 1 以下と小さくなっており、目視上での階調差が 8 bit モニターと比較し見えにくく、滑らかになっていることを示している。但し、階調ごとに JND ステップが大きくなったり小さくなったりするという現象が見られる。これは、階調飛びやバンディングの出現などグレースケールの滑らかさがやや欠けている事を示しており、10 bit モニターとしてみるのであれば、理想的な医用画像診断モニターとは言い難い。

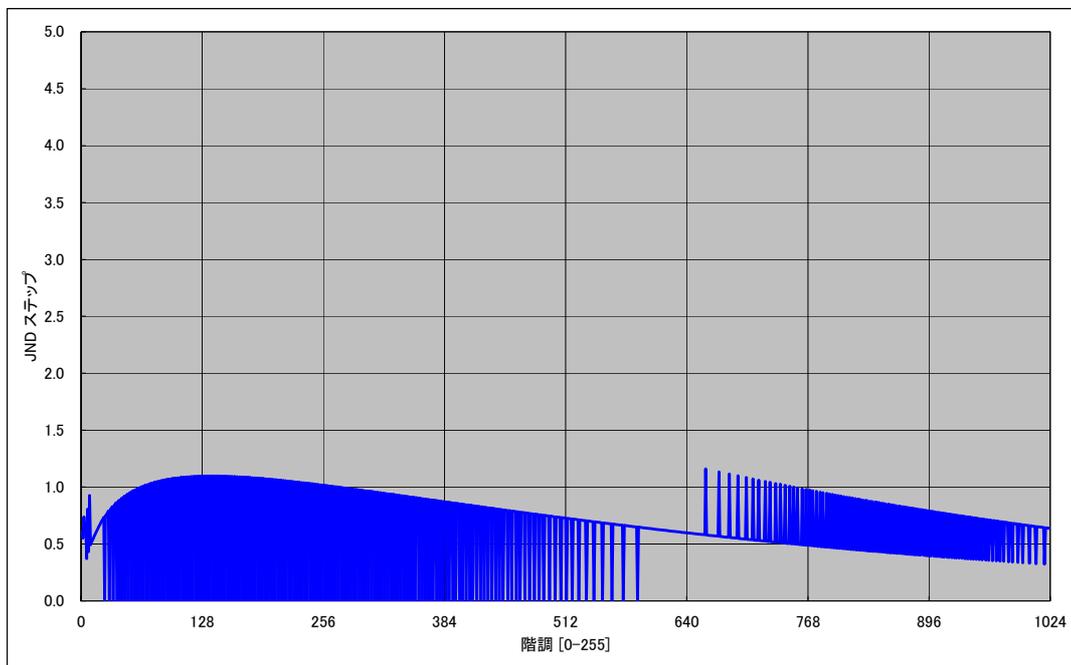


図 27 10-10-10 bit モニターシステムでの JND 特性

4-4. 11.5bit Look-Up Table を内蔵する 10 bit モニター

マンモグラフィ画像での診断など、さらに滑らかなグレースケール表示が要求される場合は 10bit 同時表示モニターが有用である。但し、理想的な 10bit 同時表示を実現するためには、11.5bit(3,061 階調)程度の、より多くのパレットをモニターに持たせる必要がある。これを、10-11.5-10 bit モニターシステムと呼ぶことにする(図 28)。

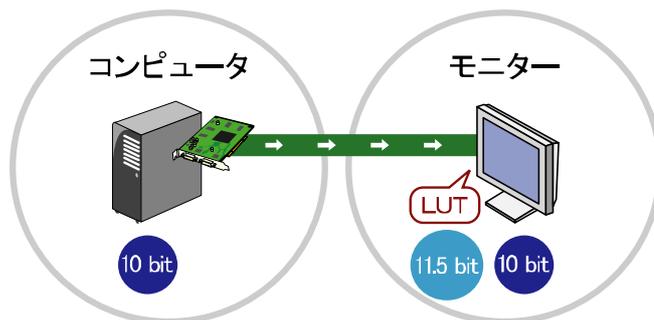


図 28 10-11.5-10 bit モニターシステム

下記に 10-11.5-10 bit モニターシステムにおいて、画像データがモニターに表示されるまでの階調数の変化をイメージで示す(図 29)。10-11.5-10 bit モニターシステムは、コンピュータから出力された 10bit(1,024 階調)の信号に、モニター内蔵の 11.5bit(3,061 階調)の豊富なパレットの中から理想の 1,024 階調を選んで割り当てて、画像をモニター上に表示させている。但し、10bit 同時表示を行うためには、コンピュータ内で使用しているアプリケーション(ビューワ)、グラフィックスボード、グラフィックスボードドライバーが 10 bit 対応であることが必要となる。

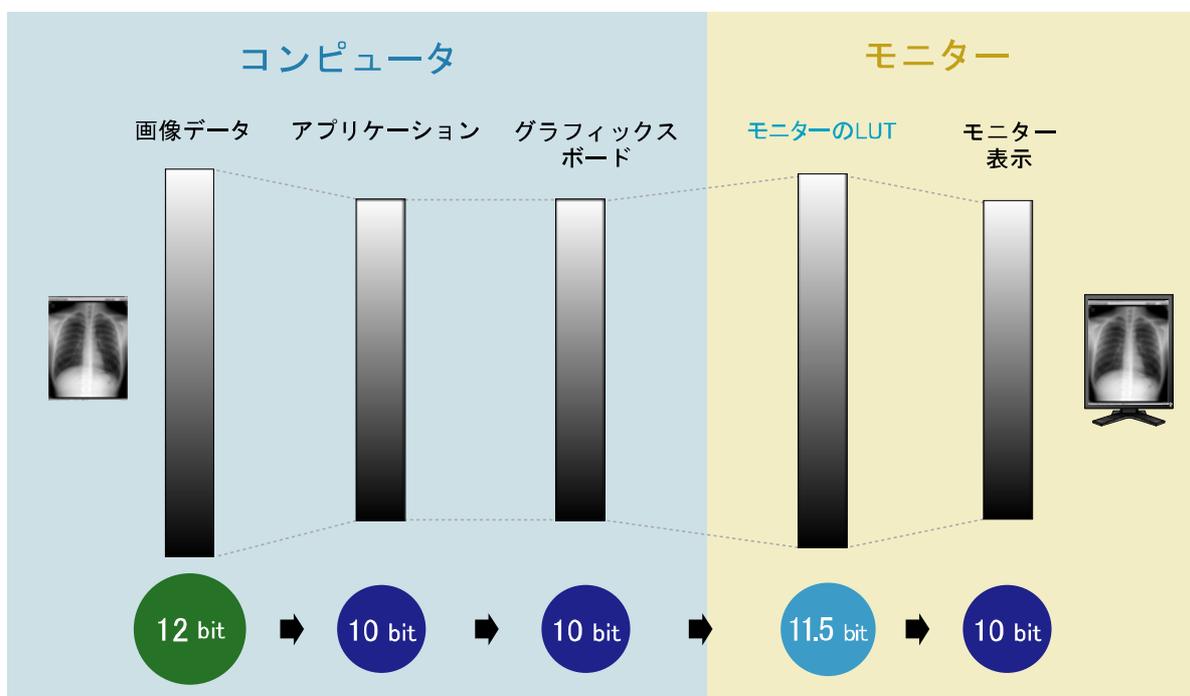


図 29 画像データが LUT を持つモニターに表示されるまでのイメージ(10-11.5-10 bit モニター)

先程と同じように、最低輝度 0.8cd/m^2 、最高輝度 450cd/m^2 、ガンマ 2.2 のモニターの階調特性をモニターの LUT を使って DICOM カーブに準拠するように補正したとする。そのモニターの階調補正後のカーブと DICOM カーブを同じグラフ内に表示して、その差を見ると下記の図のようになる(図 30、 $1\sim 10\text{cd/m}^2$ の範囲を表示)。図では、階調補正カーブに段差がほとんど見えないことがわかる。

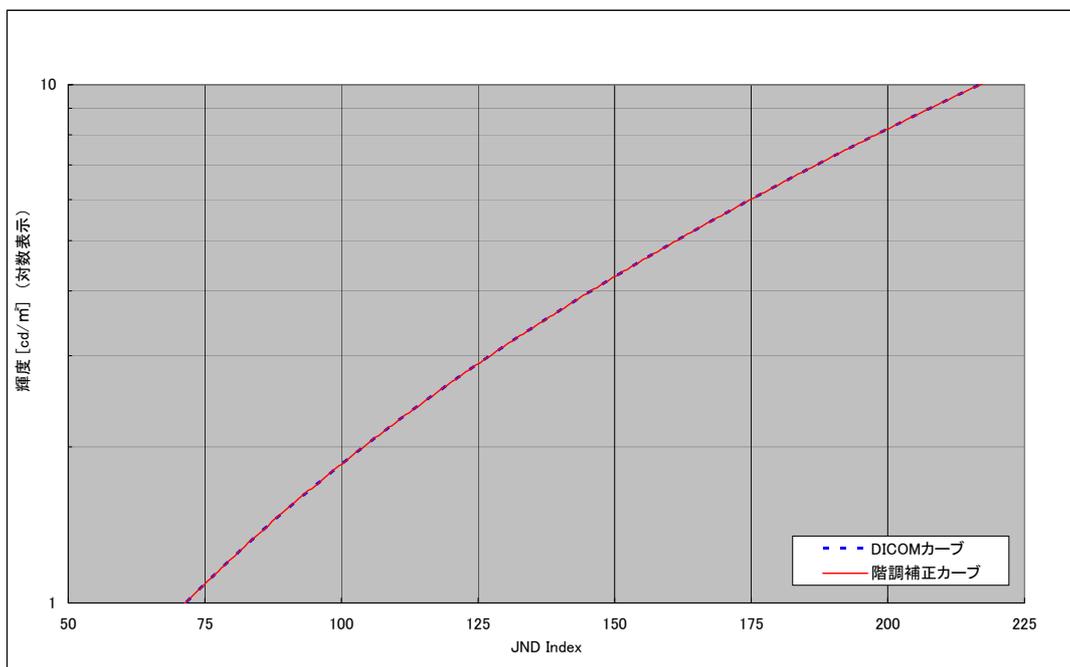


図 30 8-11.5-8 bit モニターシステムでの階調補正カーブと DICOM カーブの差

さらに、階調補正カーブと DICOM カーブとの、各階調における誤差率をグラフにしてみる(図 31)。グラフからわかるように、全域に渡り、誤差が 0.5%以下と、8-10.5-8 bit モニターシステム、10-10-10 bit モニターシステムと比較してもかなり小さくなっていることがわかる。

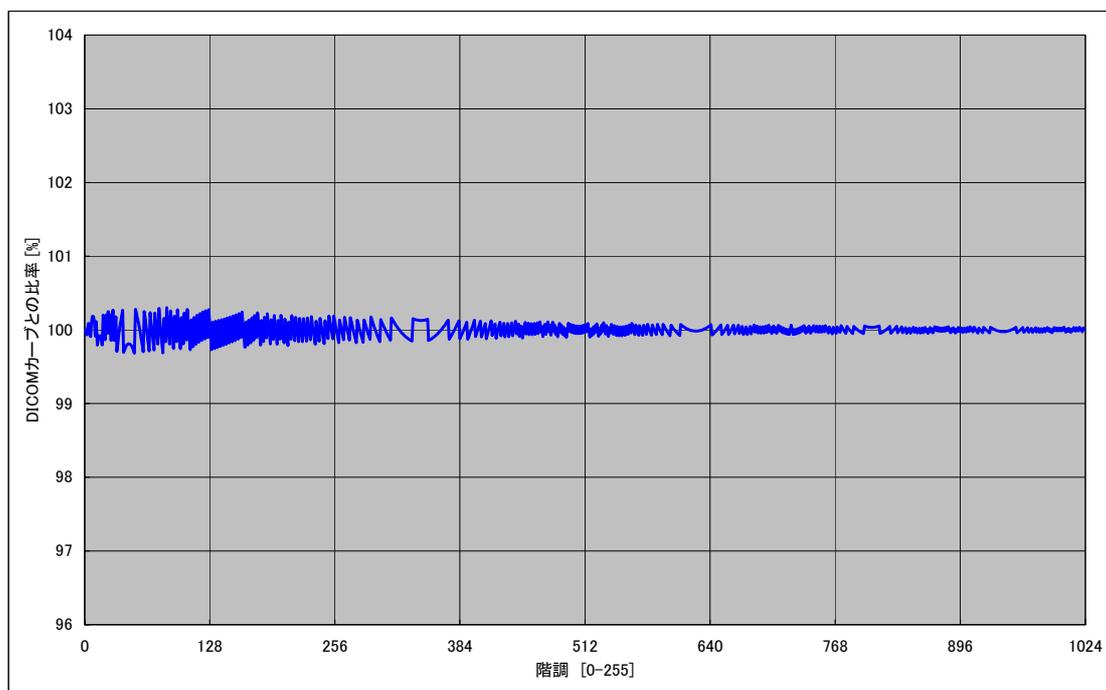


図 31 10-11.5-10 bit モニターシステムでの誤差率

次に、各階調における JND 値をグラフで見てみる(図 32)。グラフでは、JND の平均値も 0.5 程度と小さくなり、各階調間の輝度差が殆ど認識できないほど小さいことを示している。また、階調ごとの JND 値の変化も 10-10-10 bit モニターシステムと比較してもさらに少なくなっていることから、階調飛びやバンディングの出現などグレースケールの滑らかさを妨げるような現象もさらに減少していることを示している。このレベルであれば、より理想的な DICOM カーブに準拠したグレースケール表示で医用画像診断を行うモニターといえる。

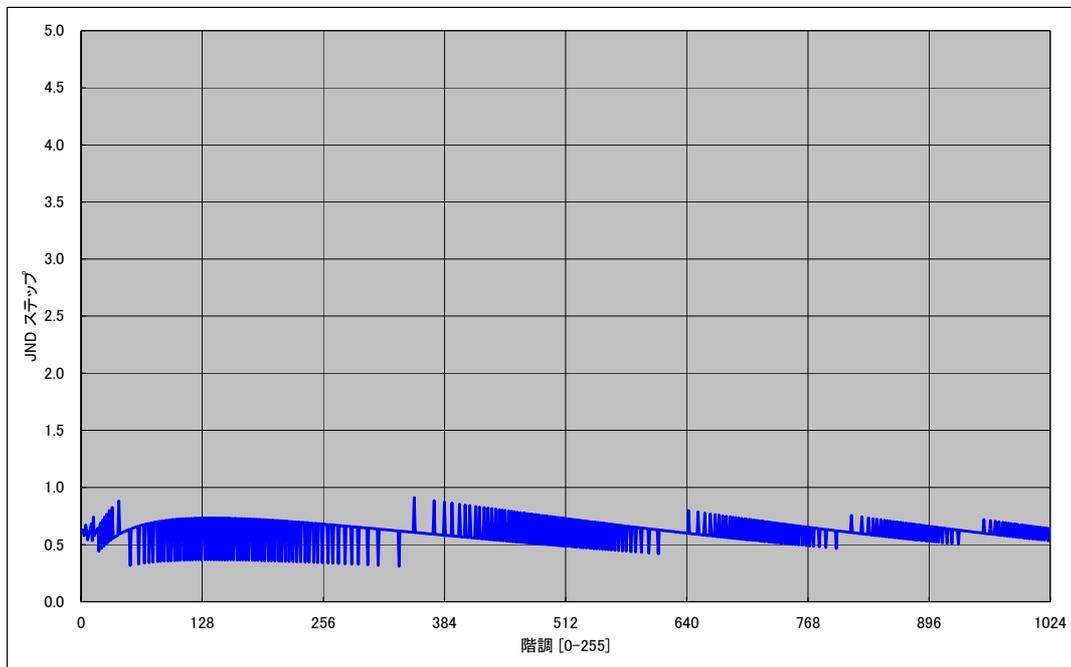


図 32 10-11.5-10 bit モニターシステムでの JND 特性

4-4. 10bit 同時表示より上の機能は必要なのか

それでは、表示できる階調数は高ければ高いほど最適な画像診断を行えるモニターと言えるのだろうか。

まず代表的な医用画像モニターとして、最低輝度を 0.8cd/m^2 、最高輝度を 450cd/m^2 と想定する。この時DICOMカーブ上でモニターの輝度範囲を図示すると下図のようになる。(図 33)。

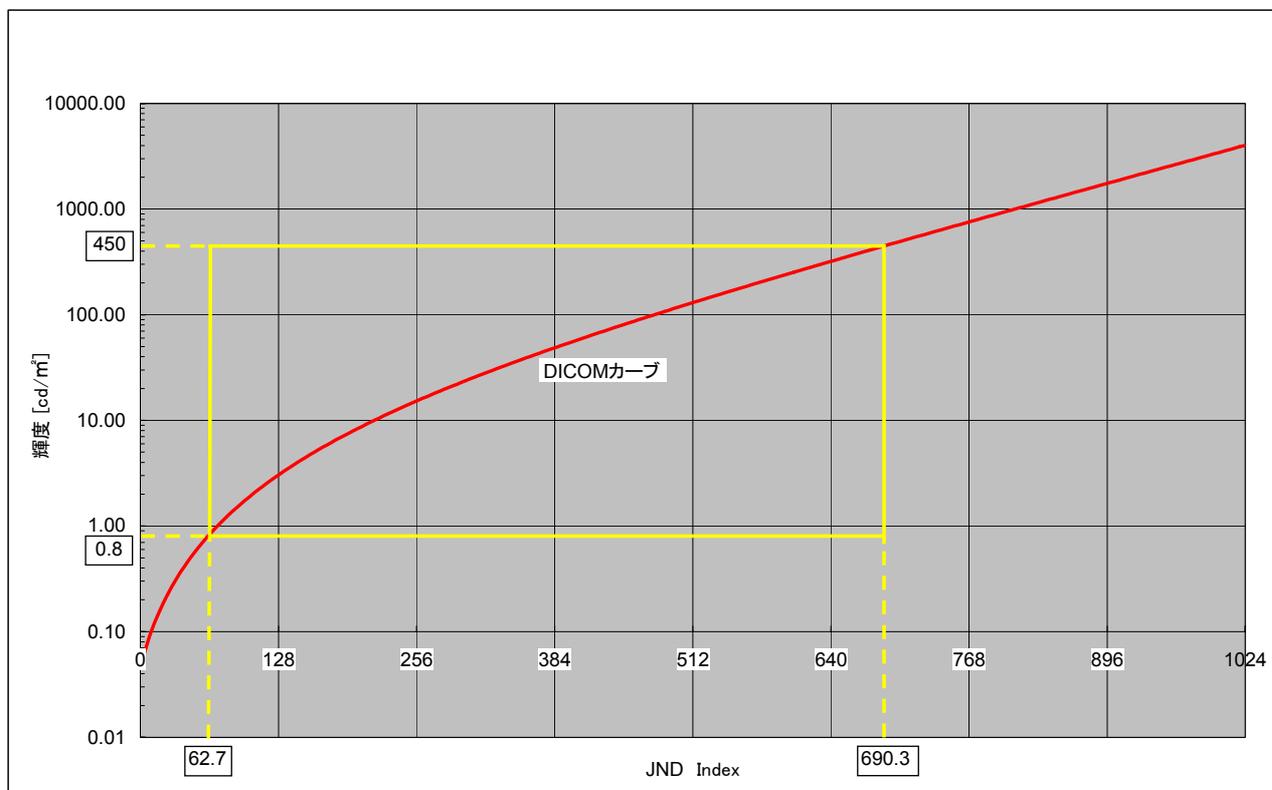


図 33 DICOM カーブ

最低輝度 0.8cd/m^2 、最高輝度 450cd/m^2 からその範囲のJNDステップを算出すると、 $690.3-62.7=627.6$ となり、人間が階調差として認識できる数が、627階調となる。よって、これまで述べた8-10.5-8bitモニターシステムでは、256階調しか割り当てができないため、階調の差が目視で認識できてしまう。一方、10-11.5-10bitモニターシステムにおいては、1,024階調を同時に表示できるため階調数としては十分であり、その階調差は目視で認識されることはなく、極めて滑らかなグレースケールが表示できる。

グレースケール標準表示関数Grayscale Standard Display Function(GSDF)の対応表を見ると、対応表の輝度 0.05 から $4,000\text{cd/m}^2$ の広い範囲内でさえ、人間が感じられる輝度差は1,023JNDと述べている。以上のことから、現在のところは10bit(1,024階調)より上の同時表示モニターを用意しても、人間の目には結局その差を認識することはかなり難しいといえる。

5. まとめ

医用画像診断モニターに求められる条件をもう一度考えてみる。

- ① Look-Up Table (LUT) を内蔵し、DICOM カーブに近い階調特性を実現できること。
- ② JND 値がなるべく小さく(願わくは 1 以下)、且つ値が安定していること。JND 値が大きくなったり小さくなったりすると、目視上のグレースケールがバンディングになるなどの問題が発生する。

一般的な汎用モニター(8-8bit モニターシステム)では、各モニターが独自の階調特性を持っているために、グレースケール表示にばらつきがあり、①の観点から医用画像読影診断を行うには不適切である。

モニターではなく、グラフィックスボードの LUT を利用した 8-8-8bit モニターシステムでは、①の DICOM カーブは実現できるものの、②の JND 値が不安定であり、グレースケールにバンディングが見られる。よって、この観点からは医用画像読影診断を行うには不適切であると考えられる。

モニター内部に 10.5bit の LUT を持つ 8-10.5-8bit モニターシステムでは、①の DICOM カーブに準拠したグレースケール表示が可能であり、かつ②の JND 値も 2.5 程度で安定しており、この点から医用画像読影診断を行うには適切なモニターであると考えられる。

モニター(もしくはグラフィックスボード)内部に 10bit の LUT を持つ 10-10-10bit モニターシステムでは、①の DICOM カーブに準拠したグレースケール表示が可能であり、②の JND 値は 1 以下と小さいのだが、値が大きくなったり小さくなったりして不安定であり、10 bit 表示においては、グレースケールにバンディングが生じる。よって、通常の医用画像読影診断を行うには十分な性能を持ったモニターではあるが、理想的な 10 bit 同時表示を必要とするような医用画像(マンモグラフィ画像など)を読影診断するモニターとしては最適であるとは言い難い。

モニター内部に 11.5bit の LUT を持つ 10-11.5-10bit モニターシステムを導入すれば、①の DICOM カーブに準拠したグレースケール表示が可能であるだけでなく、②の JND 値が 1 以下と小さく、かつ安定していることにより、目視でも認識できないほどの滑らかなグレースケール表示が可能となる。よって、通常の医用画像読影診断を行うのに十分な性能を持ったモニターであるだけでなく、理想的な 10 bit 同時表示を必要とするような医用画像(マンモグラフィ画像など)を読影診断するモニターとして最適と言えるのである。

