

日本医学写真学会 2002年年次大会

2002年6月16日、東京

デジタル医学写真の 色の問題

西堀 眞弘

デジタルバイオカラー研究会 総務担当理事
東京医科歯科大学 医学部附属病院検査部

デジタル医学写真と診断の信頼性

- アナログ画像と異なり、保存、転送および複製による劣化がない
- いつでもどこでも、ネットを通じて全く同一の画像が得られる
- したがって、医師はいつでもどこでも同じ画像に基づいて診断ができる…というのは**本当である**だろうか？

色と医学診断 (視診)



健康



貧血



発熱

同じ写真の色だけ変化させた場合の診断の変化

色と医学診断（臨床検査）

- 不正確な色再現が診断精度に与える影響の大きさは、**標本ごとに異なる**
- **血球形態検査**では、染色の有無だけでなく、細胞内物質との化学反応による発色の変化が極めて重要であり、**極めて正確な色再現**が要求される

色と医学診断（病理細胞診）

- 顕微鏡診断の標本は染色されているため、色が多少不正確でも診断に与える影響は少ない
- 肉眼診断では臓器の微妙な色が重要である
- 遠隔病理診断が一般的化するまでには標準化が必要であるが、現在市販されている機器は既に実用の域にある
- 自動細胞診装置も市販されているが、画像処理技術には未だ改善の余地がある

色と医学診断（消化管内視鏡検査）

- 粘膜病変の診断、特に癌かどうかの診断には、熟練が必要である
- 内視鏡画像のデジタル化により期待されているのは：
 - 粘膜病変のコンピュータ診断
 - レーザー焼灼における早期癌領域の自動検出

色と医学診断（皮膚科）

- 皮膚の色はすべての組織変化を反映するので、皮膚科診断に必須の情報である
- これまで皮膚の色所見を十分正確に再現できる記録手段がなかったため、**実物の観察に変わり得る方法はない**と考えられてきた
- 今後デジタル画像技術の進歩により、**実物同様に観察できる画像記録手段が提供されれば、皮膚科診療には革命的な変化が予想される**

色と医学診断（形成外科）

- 皮膚移植手術では色合わせが極めて重要である
- 従来の皮膚色測定装置はいくつか問題がある
 - 汗腺の穴やしわにより影響を受ける
 - 照明条件により影響を受ける
 - 皮膚が半透明なため辺縁部から光が逃げる
- 解決のため積分球付き非接触分光測色計を改造した新しい皮膚色測定装置が開発されている

色と医学診断（法医学）

- **一酸化炭素中毒患者の皮膚色や皮下出血の経時変化等、色情報は死因を反映する極めて重要な所見である**
- **この分野もデジタル画像を利用する場面が増えているが、これまで写真を使っていた剖検記録をデジタル化する際には、使用機器の厳密なカラーキャリブレーションが必須である**

色と医学診断（脳神経外科）

- 脳神経外科において実用化されつつある低侵襲外科実現のための機器
 - 例) 従来の手術顕微鏡に替わる、ビデオカメラとフラットパネルディスプレイを備えた立体視顕微鏡ビデオ画像システム
- このようなシステムでは、血液や組織の色が不正確であれば**手術を誤る**恐れがあり、正確な色再現は必須である

色と医学診断（耳鼻咽喉科）

- デジタルカメラ、ビデオカメラ、ストロボスコープ、電子内視鏡など、さまざまな機器を用いてデジタルカラー画像が記録されているが、医師の好みや機器の特性がまちまちなため、互いに比較ができない
- 決められたカラーチャートを対象物と同時に写し込み、同じ色が出るように表示装置をキャリブレーションする方法がある程度有効である

色と医学診断（看護）

- 在宅看護へのニーズ拡大により、患者とその家族に分かりやすい看護情報が求められている
- 看護領域は現場で最もビジュアル情報が重用される分野であるが、技術的制約によりこれまでは文字だけで記録されてきた
- 今後はデジタル医用画像における正確な色再現の重要性が、最も強調されるべき分野のひとつである

色再現精度と医学診断のまとめ

- 既に余り問題なくデジタル画像が普及している分野でも、医学的所見によっては、極めて正確な再現精度が要求され、医用画像と表示装置を組み合わせによって**偶発的な誤診**が起こりうる
- 最も色画像を必要としている**皮膚科**あるいは**看護領域**では、既存技術が**実用レベル**に達していないため、殆ど普及していない

正確な色再現のための技術

- **色較正機器**：CRT用や液晶パネル用はあるが、液晶プロジェクター用やHMD用はない
- **カラーチャートの写し込みによる較正**：照明の違いや人間の眼の明暗順応や色順応は補えない
- **診断等価性の検証**：ベンチマーク画像を用いて、医学的診断に影響を与えない程度に色の誤差を制御する
- **Multispectral Imaging**：光スペクトルを再現

色問題に対する医療現場の対応

- 現場の多くの医師は、意外にも誤診の危険を声高に叫んだり、前述の技術を追究する事もなく、進んでデジタル画像の導入を進めている。

- 現時点でのニーズを十分満たしている？

- デジタル画像の大きなメリットを得るため、小さな不満には目をつぶっている？

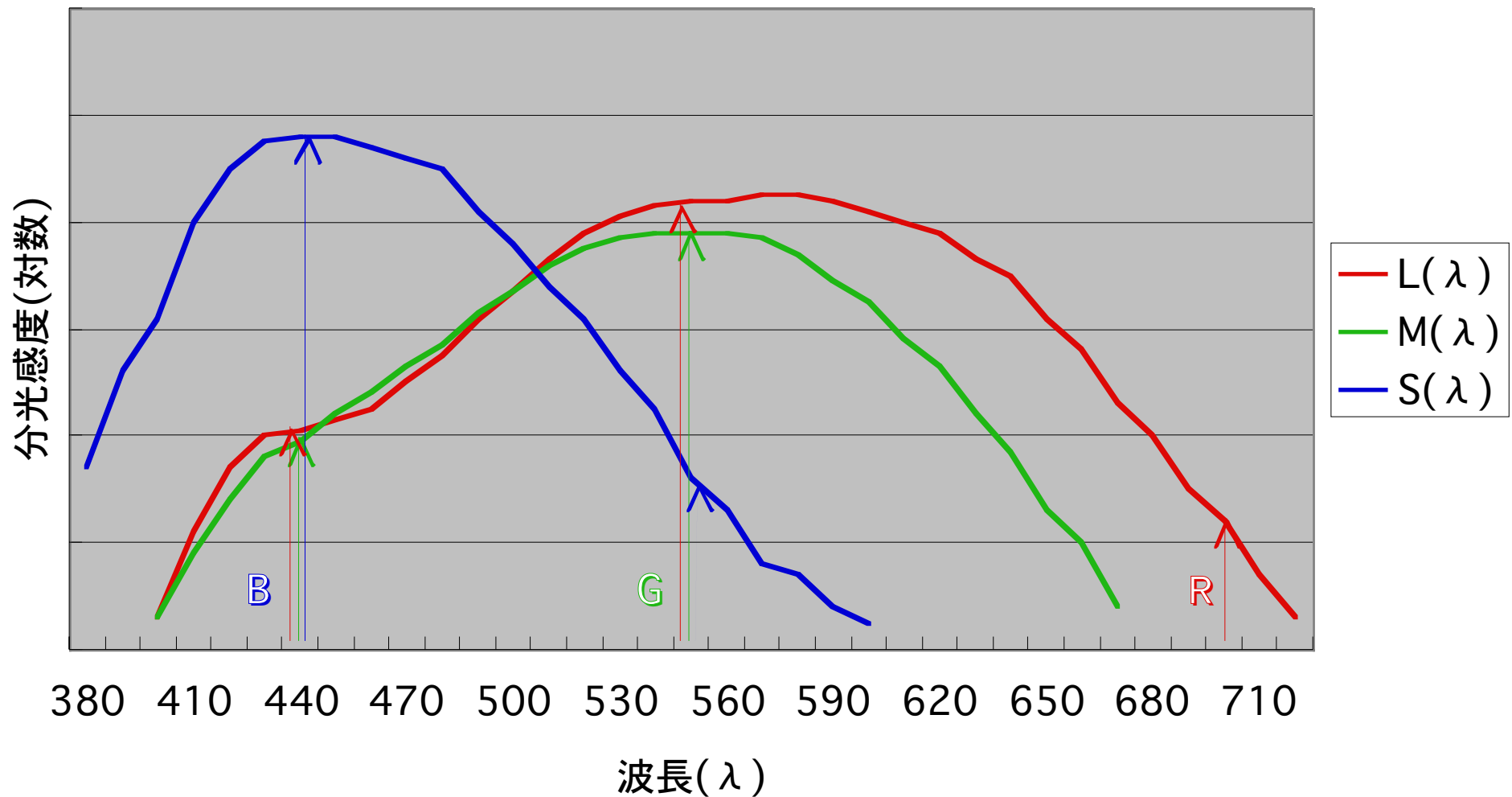
→いずれも事実ではなく、原因は色再現技術の限界についての**誤解**である

色再現についての誤解（1）

- センサーである錐体細胞は3種類なので、RGB 3原色ですべての色を再現できる

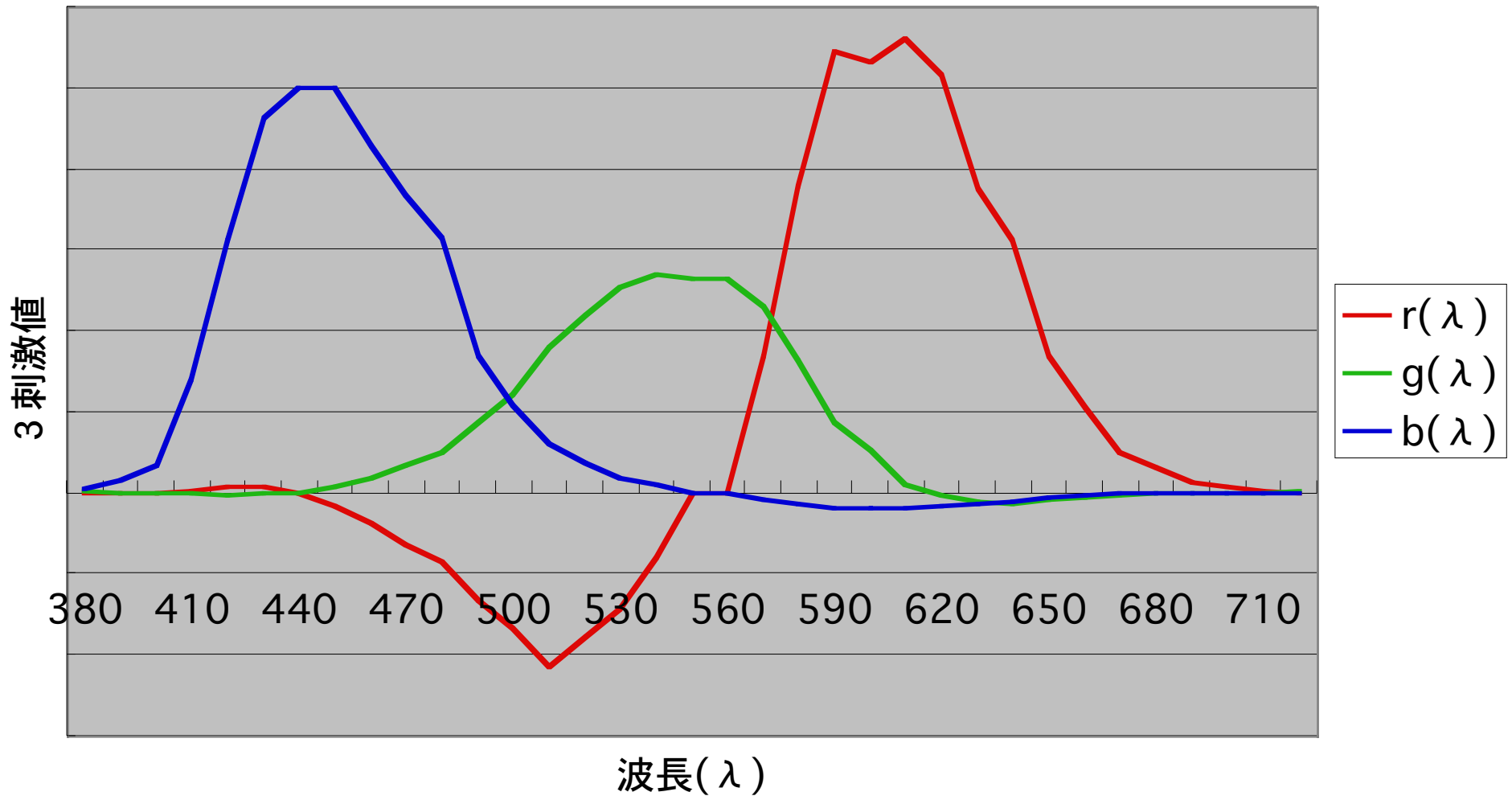
→ 【本当は】 3種類の錐体細胞の分光感度曲線は重なっており、等色関数のRGB値に負の値が生ずるために、**理論的に再現不可能な色**が存在する。

錐体細胞の分光感度



**大部分の波長領域では、単色光により
3種類の錐体細胞が同時に刺激される**

等色関数理論値



↑ ↑ ↑ ↑

RGB 3 原色では再現不可能な色がある

色再現についての誤解 (2)

- 表示装置の物理的特性には自ずから限界があるため、もともと完璧な色再現など不可能である

→ 【本当は】 ヒトのセンサーである錐体細胞は3種類しかないので、スペクトルを完全に再現しなくとも、原色点がカバーする再現域内ならオリジナルと**同等の色知覚**を与える色再現は可能である

色再現についての誤解 (3)

- 色のセンサーとしての各錐体は広い波長域に感度をもっているので、色再現精度を現在以上に向上しても、得られる効用は少ない

→ 【本当は】 **顔色**や**血の色**の判別など、3種類の錐体の情報を複合処理することにより、生存に必須な認知能力は高度に発達している可能性が高い

色再現についての誤解（4）

- RGBベースのインフラストラクチャーが既に普及しているので、分光情報の再現が理想的とは言え、これから導入するのは不可能である

→ 【本当は】 分光反射率の推定に用いる主成分スペクトルの数を3として十分に近似できるとすれば、3チャンネルを有する**既存の撮像装置**でも、データ処理により対象物のスペクトルを推定でき、かつ**既存の表示装置**を適切に較正すれば、対象物のスペクトルの三刺激値を再現できる可能性がある

正確な色再現の**真価**を訴えるために

- 「**不正確な色再現による誤診を回避できる技術**が既に存在する」という**事実**を医療従事者に気付かせる
 - 高い色再現精度を必要とする**医学所見**を記録した画像を用いて、**精度差**のデモンストレーションに用いる
 - 既存の撮像装置を用い、データのソフトウェア処理だけで、**褥創の兆候**等の皮膚所見を再現できるプロトタイプを開発する