

Title	偽色X線撮影法に関する基礎的研究 第1編 分解露光法による偽色X線撮影技法の検討
Author(s)	松村, 昭三
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1960, 20(3), p. 533-540
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20586
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

偽色 X 線撮影法に関する基礎的研究

(第1編) 分解露光法による偽色 X 線撮影技法の検討

大阪医科大学放射線医学教室 (主任 赤木弘昭教授)

(指導 福田正教授 京都大学)

松 村 昭 三

(昭和35年3月10日受付)

I 緒 言

我々の有する色彩感覚は二つの主要な面から、医学における観察手段に導入されて来た。その一つは被検体に属する個有の色彩を認知することにより、個体鑑別や、事象の変化の観察に資するものであり、いま一つの面としては、被検体特有の色彩とは関係なく、その構成の不均一性や、乃至はその変遷する状態を色彩の差に変換することによって、視覚にもとづく検査を容易ならしめ、観察にあつての検者の認知能力、さらに識別能力を向上させようとする試み—即ち偽色効果の導入—がなされて来たのである。とくにその検査対象が明度差のみをもつてしか取扱えないような観察状態において、偽色効果は甚だ有効に用いられている。

現在最も広く行われている偽色効果の利用は主として微視的検査分野における染色手技であろう。これは被検物内の特殊なる構造なり、また検出を目的とする物質を通常透過光を介して現れている明度差より成る像の中より、色彩を加味することによつて特異的に強調して、観察に供することを主眼としている。さらにこれ等の偽色効果を応用した観察手段は最近のカラー感光材料の著明なる発達により、特にその記録面において非常の便宜を提供せらるるに至っている。

現在一般に行われている写真技術は、多く被写体表面よりの反射光を利用し、それぞれの特有な分光エネルギー分布に基いて色彩を再現し、又は黑白像を得て記録にのこすことを目的としている。これに反して X 線写真技法においては、被写体内部の各種の要素に基く不均一性をば X 線を吸収する程度の差に変換して、適当な感光材料、若

しくは螢光物質上に具形化せしむるのである。従つて後者の場合は被検物体の固有色彩は問題とせられず、単に黒化度差によるコントラストを有する像として記録されるにすぎない。しかるに比較的近年になつて、X 線写真技術にも偽色効果を導入して、X 線診断の質的改善に資し、又は教育資料としての利用面について、検討を行つた研究の発表がみられ、その実用的な応用についても積極的な提唱が行われるに至つた。

X 線写真に偽色効果の導入が試みられる主要なる根拠としては、通常の X 線像が黒化度の変化というたゞ一つの情報提供次元を基礎として成立しているのに対して、偽色 X 線像では明度差によるコントラスト形成以外に、さらに色彩の変化という新しい次元を加味することによる読影能力の向上への期待、さらには、偽色 X 線独自の特異なる利用面の開拓等を挙げる事が出来るが、さらにいまま少し具体的な意義づけを行うことにより次に述べる如き分類を想定した。

1. 単一原板黒化度差に相当する偽色効果
単一の原板に着色を行うことにより、有利な濃度やコントラストの変化を期待せんとするもの。
2. 複数情報源統合用媒体としての偽色効果
ここに言う複数情報源とは、線質を異にして撮影された X 線像や器管運動状態の変化を記録した原板等のことであつて、之等を総合して観察する為の媒介として偽色効果を用いたものである。
3. 特別な組織臓器像等に対する撰択的偽色効果

専ら教育資料用であつて、偽色 X 線写真技法では比較的早期から開拓された分野である。

4. X線立体撮影法における偽色効果の利用
色フィルターを眼前に装着して立体視を行う場合の材料となる。

さらに技法論上より

A 直接偽色X線撮影法

X線曝射によつて直ちに、又は適当な現像操作ののち、偽色X線を得る方式である。

B 間接偽色X線撮影法

一旦通常の黑白X線写真像を經由してのち、偽色効果をほどこす方式である。

最初に偽色X線撮影手技は Donovan⁵⁾ により導入された。彼はX線管電圧を異にして撮影し分けた各原板を原色光を介して投射重畳せしめて観察に供し、且つカラープリントの作成手段としてカープロ法を採用した。同様な異線質X線像の統合用偽色写真製作については、高橋¹¹⁾はそれぞれ分光エネルギー分布を異にした発光をなす二種類の蛍光物質とカラーフィルムの組合せ、及び発色現像法による方式の実験を行つている。蛍光物質とカラー感光材料の組合せによる偽色X線撮影法については、他に Blais等²⁾及び Bryce⁴⁾の諸氏による報告がある。単色のみを使用して色増感効果を応用せんとした研究者としては Blake等¹⁾及び宮永等⁹⁾を挙げることが出来る。この目的に用いられたのはシアン化鉄化合物による調色法や発色現像法であつた。又 Bonann⁴⁾は彼の“Direct color roentgenography”と題した論文において、直接X線曝射により変色を来すような種々の物質につき、検討を行いつつあることを明かとした。電子工学的な手段によりX線像のカラー変換を行う装置については Fisher等⁷⁾⁸⁾が記載し、コントラスト調節との組合せが同時又容易に行い得ることを特長として挙げている。教育資料とする偽色X線写真印画の調製を目的としたものでは、Eastman Kodak Co.の発表した Flexichrome processの材料を使用した部分調色法が Pirkey等¹⁰⁾及び Dowdy等⁶⁾より記載されている。現在迄の主要偽色X線撮影技法業績を総括すれば第1表に示す如くである。

以上を通覧すれば既に各種の方式が発表されているにもかかわらず、ややもすればその技法が一般的でなかつたり、使用材料が不廉に失したり、

表1 偽色X線撮影法に関する主要業績

使用技法	報告者	本文分類相当番号
1. 原色光による投射法	Donovan (1951)	2 B
2. 部分調色法	Pirkey (1951)	3 B
	Dowdy (1953)	3 B
3. 蛍光物質と感光材料との組合せ	高橋 (1951)	2 A
	Blais (1954)	1 A
	Bryce (1955)	1 A
4. 発色物質による銀像置換	Blake (1955)	1 B
	宮永 (1956)	1 B
	高橋 (1951)	2 B
5. 多重露出法	Bryce (1955)	1 B
6. 電子的カラー変換装置	Fisher (1958)	1 B
7. Direct Color Roentgenography	Bonann (1958)	1 A

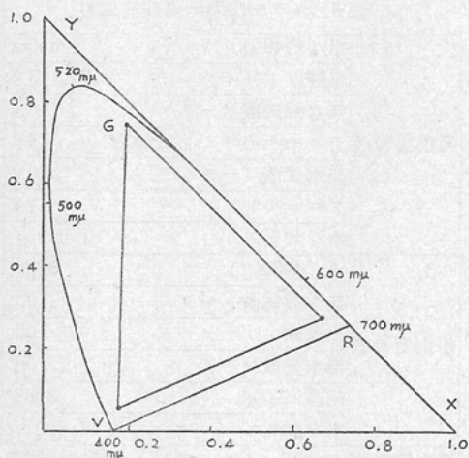
又検査対象が甚だ限定される場合が生ずる等、未だのこされた問題が多い。

さて現在迄の各研究の業績はほぼ技法論別に分類が可能であり、従来の討議も主として偽色X線写真の製作法自体について行われ来つた。しかしながら技法によつてはそれにより顕現される偽色効果も自ら規定される場合も少くなく、偽色X線像の利点として情報提供次元の増加を挙げ得るとしても、不適当な色相や色濃度等を誤つて選択し、又組合せるときはかえつて相殺現象や観察上の不要な混乱を来して、黒化度段階のみより成る場合より劣る結果となるおそれも当然考えておかねばならない。従つて処理にあつての最も望ましい条件を出来得る限り定量的に勘案して、それに従つて適切な技法を撰択、又は考案する方針の可能性を検討する要があると考えられる。その上で有効な偽色効果の導入と安定した再現性の実現を画ることが可能となる。しかしながら色彩とその最終判定器管となる肉眼の組合せにおいて、最良の色彩配合や濃度比等を完全に厳密な定量的処理により算出するには因子が多様に過ぎ、現在の色彩覚理論には尙一部不明の点も残つていて困難が予想される。よつて著者は色彩処理上、比較的定量的取扱いの基盤として汎用されている三原色

の概念と色濃度測定を採り、この面よりの検討を具体化するため、三色分解露光法により偽色X線像を得ることを考案した。実験における技法を述べるに先立ち、その基礎となつた三原色説と Tri-color density の測定につき、觸れておくこととしたい。

光は波長により、性質が違つていて、特定の波長範囲のものだけが眼に感じ、しかも波長によつて異なる色彩にみえる。そこで光の分光エネルギー分布と人間の眼の色彩感覚を結び、精神物理学の立場から根拠を与えた C I E* 表色系が利用される。即ち光源のエネルギー分布、物体の分光反射率、又は透過率、及び実験的に定められた眼の三種のスペクトル刺激値曲線の相乗として規定される値 X, Y, Z (三刺激値) より、さらに $x = X/S$, $y = Y/S$, $z = Z/S$ 但 $S = X + Y + Z$ として求められる値 x, y, z (色度座標) は何れも 1 より小さい正数であつて、且つ $x + y = 1 - z$ であるから、二

第1図 C I E表色系色度図



次元座標軸に投射して取扱える。従つてスペクトル刺激値曲線上の各波長に相当する値から演算を行つて、この座標を求めていけば図1に示す如き \widehat{VR} の軌跡が得られる。さらにスペクトル中に現れない色相を示す直線 RV により曲線を閉じると、いかなる光の色でもそれによつて定まる色度座標は \widehat{VR} と RV により囲まれた面積内に求め

られる。加色混合では色度図上に三角形を画くと、頂点に相当する三色を適宜混合して、三角形内の任意の点にあたる色を作り得る。よつて図上に作り得る最大の三角形 $\triangle RGV$ を考え、この R, G, V に当る色を混合して殆んどすべての色を合成できる。即ち加色混合三原色として赤、緑及び青紫があつて、一方減色混合における三原色はシアン、マゼンタ及び黄であり、加色混合三原色とそれぞれ補色関係にある。之等の原色はその分光吸収曲線、色濃度等の点で定量的に品質管理されたフィルター、発色剤等の用意があり、再構成的な方法で偽色効果如何を論ずる上からも与えられる便宜が少くない。

現在のカラー感光材はその大多数のものが、減色混合方式によつていて、適当な分光感度を与えられた乳剤層がベース上に重疊され、各層が減色法三原色にそれぞれ発色するようになっている。しかも

- 白光—シアン=マゼンタ+黄=赤
- 白光—マゼンタ=黄+シアン=緑
- 白光—黄=シアン+マゼンタ=青紫

という相互関係があるから、いま処理を終つたカラー感光材につき、赤、緑、青紫の各三原色フィルターを介して濃度測定を行えば、各層の発色濃度を相対的に比較し得る。かくして測定された色濃度を Tri-color density とする。

II 実験方法

異なる特徴を強調した各原板像を統合する為に、偽色X線写真技法が利用されることは既に述べた。本編ではこの目的に分解露光法を用いて、定量的考察の可能性につき検討した結果について報告する。基礎実験を行う場合は要するに濃度特性の異つたフィルム像をば、有効に偽色像に集約することを考えればよいから、実験にあつては、フィルム光楔を使用して、総合濃度特性を測定して、色相配合や色濃度の及ぼす影響を洞察した。

(1) 原板の製作

実験に用いた原板は、Xレイフィルム上にアルミニウム段階像を、X線管電圧を異にして撮影

* Commission internationale de l' Eclairage 国際照明委員会

図3 ラツテン3色フィルターの分光吸収曲線

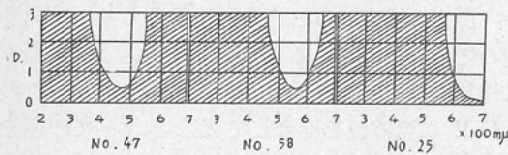
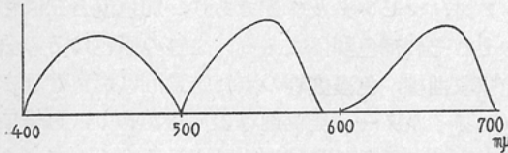


図4 カラー印画紙の感色性



し、現像を行つて得られた光楔である。各処理条件は次の通りである。

フィルム：Fuji X-ray film New type

増感紙：極光 F S

撮影条件：(A) 70kVp 4 mAs

(B) 38kVp 20mAs

現像：20°C 4' Fuji 指定

以上の如くして得られた原板の濃度特性を図2に示す。

(2) 三色分解露光手技

前記の方法で得られた原板をネガフィルムとし、適当な三色分解フィルターを通じて、同一重層塗布カラー感光材面に順次露光を行う。使用感光材料はオリエンタルカラー印画紙、分解フィルターとしてはラツテン25(赤)、58(緑)、47(青紫)各フィルター相当品を用いた。図3、図4には、それぞれ印画紙の感色性、及び分解フィルターの分光吸収曲線を示した。露光にあつては、印画紙と原板との密着を完全に為す為、ラシヤ布の下敷を用い、ガラス板で圧迫を加えた。又フィルム交換に際しての喰違いを防止するため、交換を蝶番式に行い得るように工夫した。なお分解フィルターの露光比はおよそ

ラツテン25(赤)……1

〃 58(緑)……1

〃 47(青紫)……2

であるから、露光時間の決定に当つては常に考慮に入れておかねばならない。

露光装置としては集散光式引伸器を用い、光源は150W写真電球、レンズ絞り値F11、露光面積は $12 \times 17 \text{cm}^2$ とした。

以上の如く露光を行つてのち、発色現像操作を行えば、印面紙の各層はそれぞれ相当する分解フィルターの補色に発色する。即ち、

赤色フィルター→シアン

緑色フィルター→マゼンタ

青紫色フィルター→黄

となる。

表2 カラー印画紙処理順序

処理の順序	所要時間	温度
1. 発色現象	4分	20°C
2. 停止定着	4分	16~22°C
3. 水洗	15分	〃
4. 漂白定着	8分	〃
5. 水洗	30分	〃

1~2専用安全光下 3以下白燈下

表3 カラー印画紙処理液処方

発色現像液	水(約40°C)	800cc
	塩酸ヒドロキシルアミン	2g
	無水亜硫酸ソーダ	5g
	ジエチルパラミン硫酸塩	4g
	無水炭酸ソーダ	60g
停止定着液	プロムカリ	1g
	水を加えて	1,000 cc
	水(約30°C)	800cc
	無水亜硫酸ソーダ	10g
	氷醋酸	10cc
漂白定着液	無水醋酸ソーダ	5g
	結晶ハイポ	300g
	水を加えて	1,000 cc
漂白定着液	テイサンカラーBF	500cc溶液

著者の行つた処理順序、及び処理液処方は第2、3表に示す如くであるが、一般のカラー感光材処理の場合と異り、三色バランスを必ずしも厳密に揃える要がないから、液温等の条件に僅少の偏差を生じて、その状態が一定に保たれるならば、一度露光条件を決定して後、差支えなく取扱いができる。これも本方式の特徴の一つと言える。但し本実験に際しては、変数は露光時間のみ

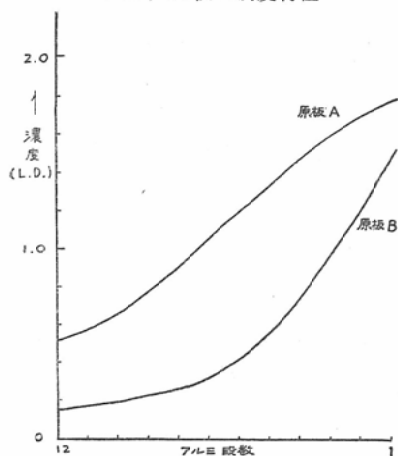
として、他の条件は終始一定に保つように留意し、印画紙も同一調整番号のものを使用した。

かくして得られた偽色X線像につき、Eastman Kodak Co. 製の Colordensitometer を用いて露光条件を変更した場合の各層に相当する Tri-color density を測定した。次で之等の既知濃度特性を同一原板につき、又異原板について重合させた場合の直接眼で見た明るさの濃度である Luminous density をフィルターを省くことにより測定し、有効な色相配合及び色濃度の目安を得ようとした。

III 実験結果及び考察

図2に観取される如く、原板Aではアミノ段数の多い部分でも比較的良好な対照度が保持されているが、段数の少い部では透過度が大き過ぎるために黒化度差の減少を来す。一方原板Bでは原板Aに比して、低管電圧で発生させたX線を用いて撮影されているから、カイルの薄い部での対照度

図2 原板の濃度特性



は著るしく改善されるが、段数を増すに従い、吸収が甚だ多くなり、急激に黒化度の減少を来すのが分る。

故に両者の特性の良好なる部分を損うことなく偽色像に重合させることが出来れば、特異な情報提供量の増加が期待できる。

(1) 各層発色濃度について

先づA原板のみを用いて、露光時間による各層

図5 露光時間によるシアン濃度特性変化(原板A)

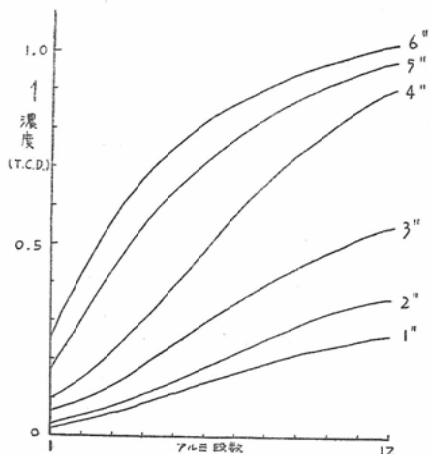
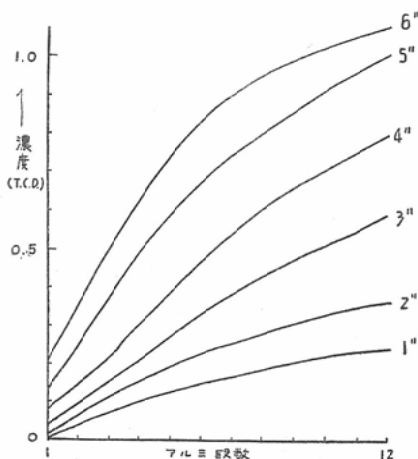


図6 露光時間によるマゼンタ濃度特性変化(原板A)



の発色濃度特性を Tri-color density によつて追究した。図5, 6, 7に測定結果を示す。

良好な特性値の得られる範囲は使用条件により一様ではないが、著者の用いた前記の条件の下においては、赤感層及び緑感層に対してはそれぞれ約4秒、青紫感層に対しては約8秒以内である。さらに露光時間を延長すれば色濃度が増加しても、暗部のディテールが表現され難くなる。実験条件を変更した場合は一応露光範囲につき検討しておくことが必要でとくに過度にならぬように注意を要すると思われる。

Tri-color density で示された之等の濃度特性は、再構成的処理における単位資料を近似的に表現するものといえる。即ち之等の重合による効果を包括的に、又は与えられた偽色像を分析的に検討して再現性を良好とすることの可能性が生ずるであろう。

(2) 単一原板による重合色濃度特性について
次いで、同じくA原板のみを用いて、以上に求めた各層の板出色濃度の特性を重合した場合の総合的な結果につき追究した。この際は各原色濃度の分析的な測定でなく、統合された偽色像が直接肉眼による判定の対象とされるのであるから、測定には Luminous density を用いた。

図7 露光時間によるイエロー濃度特性変化(原板A)

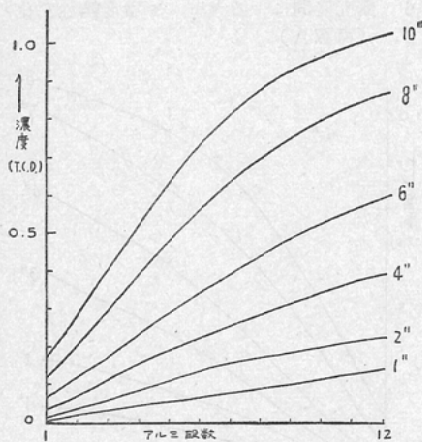


図8, 9, 10にそれぞれ各層に対する露光比に対応する濃度特性の測定結果を示す。露光比は各原色成分を1:1, 及び2:1としてある。先づシアン、マゼンタ両像を重合発色せしめた場合には、いづれの組合せにおいても濃度特性上、 γ に大差が認められない。(図8)

シアン、黄及びマゼンタと黄両像の組合せにおいては、露光比によつて特性曲線上にかなり著明な偏差が認められる。即ちいづれの場合においても黄色成分の増加と共に γ の減少が認められ、とくに低濃度域において甚だしい。マゼンタと黄の組合せの場合は、濃度域、 γ 共に一般に少となる。(図9, 10)

図8 露光比による濃度特性変化其1シアン+マゼンタ(原板A)

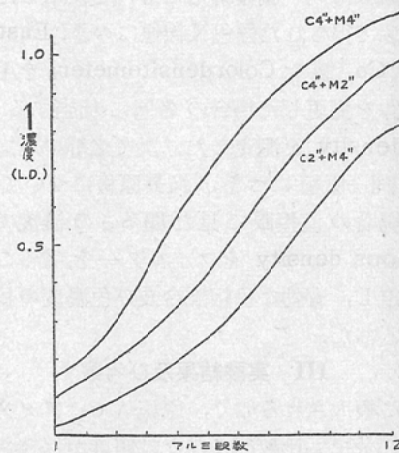
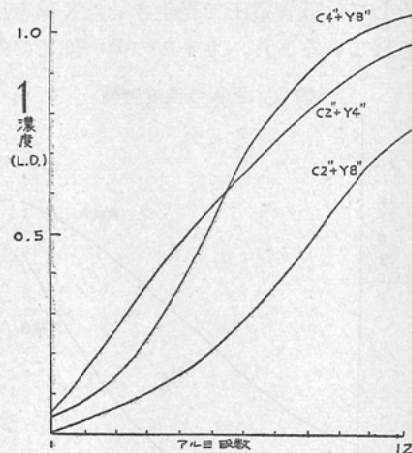


図9 露光比による濃度特性変化其2シアン+イエロー(原板A)



(3) 複原板による重合色濃度特性について
A, B両原板を用いて、之等にそれぞれ異なる原色を配して、重合発色せしめた場合の総合濃度特性を図11, 12, 13に示した。

先づマゼンタとシアン両像による組合せにおいては、露光比を1:1, 及び2:1とした場合の組合せにおいて、各特性曲線はほぼ同一の傾向を示し、原板において γ 値がそれぞれ小であつた濃度域における γ 値の増大が観察され、偽色像における特性相補の目的に合致している。たゞしマゼンタ成分をB原板側に配した場合は、低濃度域

図10 露光比による濃度特性変化其3 マゼンタ+イエロー (原板A)

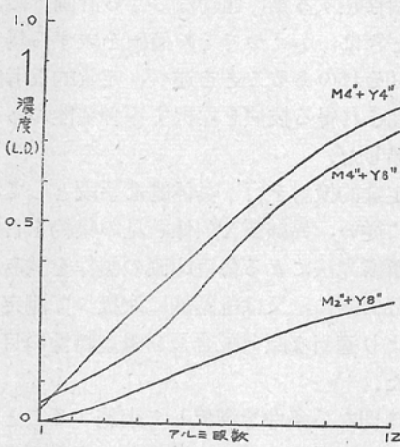


図12 2原板偽色総合濃度特性其2 シアン+イエロー

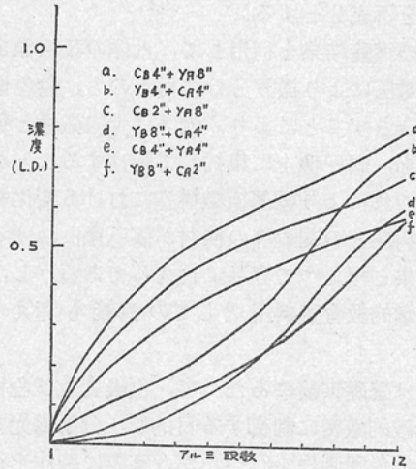


図11 2原板偽色総合濃度特性其1 シアン+マゼンタ

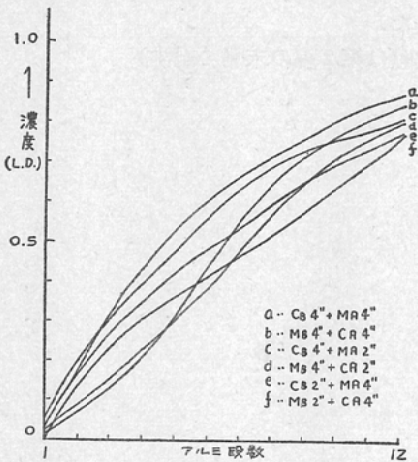
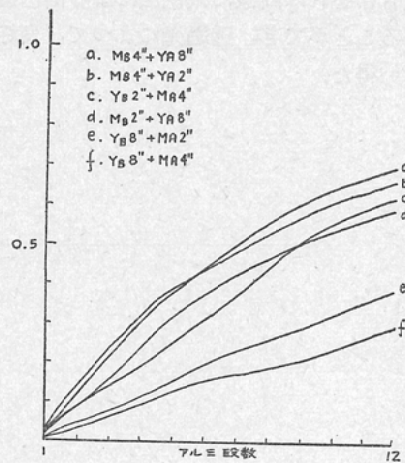


図13 2原板偽色総合濃度特性其3 マゼンタ+イエロー



の γ がやや減少しているのが分る。(図11)

シアンと黄の組合せにおいては、比較的判然とした二曲線群が區別され、いずれもA原板側に黄を配した場合は高濃度部において、B原板側に配した場合は低濃度部において γ の低下がみられる。(図12)

マゼンタと黄の組合せでは前者ほど判然とはしないが略く同様な結果が観察され、濃度変化域は最も小となる。(図13)

以上に得られた実験結果を総括すると、

1. 異つた濃度特性を有する原板像を、偽色像に集約することにより、特異な総合濃度特性が得られた。

2. シアン、マゼンタ両像を重合した場合に総合濃度特性において、最もコントラストが保持され濃度変化域もひろくとれる。

3. 単一原板の場合には黄色成分を高濃度に配すると、 γ 値及び濃度域共に減少し、複數原板の総合の場合においては黄色濃度を大とすれば、その側の原板に主として属する濃度域における γ が減少する。

4. 露光を過剰とすると、高濃度部のディテール現出を不充分とする。

上記の実験結果を利用して、人体のX線像を異った管電圧により撮り分けて得たのち、偽色像として重合さすことにより、例えば骨組織像と軟部組織像を、同一像上に集約して観察することが出来る。これにより軟部組織構造における変化や、骨組織病変との関聯等の検討が偽色像における色増感効果と相まつて容易に行えるであろうし、局所解剖学的教育資料用としての意義も考えられる。

著者は基礎実験にあつて、色濃度及び色相配合を比較的厳密に制御する目的で、分解露光方式による偽色印画作を行つたが、実際に製作を行う際には、上述の結果を参照して、適当な色濃度の原色原板を、発色現像法又は調色法によつて調製し、重合させれば同様に減色法による偽色透明陰面を得ることができ、透過光によつて、良好な観察を行い得た。

III 結 語

1. 偽色X線撮影法においては、情報提供次元が複数個存在する為、適切ならざる計画下にこれを行うときは、かえつてその価値を減ずる場合の生ずるおそれのあることを述べ、定量的な考慮の下に管理され得る技法を採択する必要性のあることを提唱した。

2. 定量的検討を行う具体的な手段として、三原色説に従い、異線質X線像所見の集約を目的とした分解露光法による偽色印画の製作を試み、色濃度を分析的に、又は総括的に取扱つて測定することにより適当な原色配合及び濃度特性の目安を考察した。

3. 適切なる条件を撰択して実施することによつてそれぞれ異なる特徴を強調した複数原板の所見を偽色像上に重合させて、同時に観察することの可能であることを述べ、具体的な応用例についてふれた。

(文献は第2編の末尾に記す)