テクニカルノート

**放射線診断システムにおける人間工学的検討
—第 3 報 暗室作業台のカラーコントラストテスト—**

安 藤 英 次・弓 場 文 磨・宇 都 文 昭*
前 田 要*・宇 山 茂 樹*・古 藤 行 敏**
藤 川 紀**

奈良県立三室病院放射線科

*奈良県立医科大学付属病院中央放射線部・同がんセンター診療部

**市立堺病院放射線科

(論文受理 1990 年 4 月 23 日)

(最終論文受理 1990 年 7 月 21 日)

(Code No, 495.9)

Key words: Human engineering, Color contrast test, Film loading desk, Darkroom work analysis

**HUMAN ENGINEERING OF A RADIOLOGICAL DIAGNOSTIC SYSTEM
—COLOR CONTRAST TEST OF TOP BOARD OF FILM LOADING DESK
IN THE DARKROOM (Part III)—**

EIJI ANDOH, FUMIMARO YUBA, FUMIAKI UTO*
KANAME MAEDA*, SHIGEKI UYAMA*, YUKITOSHI KOTOH**
OSAMU FUJIKAWA**

Department of Radiology, Nara Prefectural Mimuro Hospital

*Central Radiology and Cancer Center, Nara Medical University

**Department of Radiology, Sakai Municipal Hospital

(Article received: Apr., 23, 1990)

Summary

Recently, medical advances in imaging have been remarkable, and the daylight system is now being used in many hospitals. However the need a darkroom has not changed. We investigated the color-contrast concerned with film, cassette and mat on working table, in order to get high degree working efficiency in the dark room. We studied the distance of visual recognition regarding 12 color for 10 radiological technologists. Also the sensuous

test for the relation of the mat color for the films and cassettes. We made a study of the measurement of film fog for 11 colors.

As a result, the color of mat which we use, green, gray, and black colors are unfavorable for films and carbon cassettes. The most favorable colors for mat are bright yellow and white. It is easy that the distinguish between films and cassettes when we use favorable mat in the darkroom. Accordingly, new colors provide higher degree of working efficiency.

1. はじめに

近年、医用画像機器の進歩・発展はめざましく、フィルム処理などについてもデライトシステムの導入により、大半の暗室作業は過去のものになりつつある。しかし、現実にはデライトシステム化が進む中で、暗室の必要性は未だ無視できない。われわれは、放射線作業について人間工学的見地から種々の検討をしている¹⁾²⁾。塩田らの『放射線業務の中で負担に感じる業務の調査』についての報告³⁾では、暗室作業が26%と最も負担を感じる作業で、その理由として『作業環境の悪さ』や『作業に神経を使う』などがあげられている。すなわち暗室内は、照度の低い安全灯の演色効果^{*1}により自然光と異なった色彩環境となっているからである。われわれは、その作業環境でフィルムの詰め替えやネームプリントなどのフィルムハンドリング作業を行っている。今回暗室作業の効率化の一つとして、特にフィルムやカセットの色に対する作業台のマットの色のカラーコントラスト^{*2}について検討を行った。

そこでまず現在使用している作業台マットの色彩などについて調査を行った。次に暗室の安全灯の各色相に対する見えやすい配色や視認性距離^{*3}を放射線技師10人により測定した。作業性の良いマットの色については、見えやすい配色から求めた良い色と従来のマットの色とを比較するために官能検査法を用いて検討した。さらに、今回検討したマットの色を色彩の面から検討した暗室模型を作製した。

2. 使用機器および材料

2.1 測定に用いた機器および用具

自動現像機：VX-400 (Konica) 90 sec, 34°C
 フィルム：Konica MGH, Kodak XL
 安全灯：SMS-A 型暗室ランプ (Konica)
 フィルタ：hilight 4 ギリタイプ (Konica)
 濃度計：TD-102 (Macbeth)
 照度計：Topcon-sp 1-7 型 (東京光学)
 色見本：標準色カード230 (日本色研事業)

色覚検査帳：学校用色覚異常検査表 (石原忍式)

2.2 測定に使用した暗室条件

室内面積：300×300 cm
 安全灯の位置：作業台から100 cm
 安全灯の条件：10 W×3
 フィルム装填台：精光理科

2.3 測定に使用したカラーチャート

(No of chart)	(color name)	(color code)
No. 1	white	N9.5
No. 2	strong red	4R4.5/12.0
No. 3	vivid orange	4YR6.0/14.0
No. 4	bright yellow	5Y8.5/11.0
No. 5	bright yellowish green	8GY7.0/9.5
No. 6	strong green	3G5.0/9.0
No. 7	strong blue	3PB3.5/10.0
No. 8	bright bluish purple	3P5.0/10.0
No. 9	vivid purple	7P3.5/11.5
No. 10	light bluish gray	3PB7.0/1.0
No. 11	black	N1.5
No. 12	grayish black	N2.0

2.4 測定条件

測定前に測定に参加する放射線技師10人に対して、色覚の異常を調べるため、石原式色覚異常検査表で検査を行った結果、全員異常なしであった。また作業者の目から作業台上のカラーチャートまでの距離は60 cm とした。

3. 方 法

3.1 マットの色についての調査

近畿地区28施設に対して、暗室の作業台マットの色について調査を行った(1988年6月実施)。また、暗室の作業台メーカー4社に対して、作業台マットの色の選択理由について調査を行った(1988年4月実施)。

3.2 暗室の作業分析

カセットやサブライマガジンへのフィルムの詰め替えなどの作業に対して、暗室作業台の前に立ってから作業が終了までの作業時間について放射線技師10人により測定を行った。

3.7 模型による色彩実験

マットの色に合う暗室色彩を考えるため従来の作業台
マットや壁の色を使用した暗室と理想的な色彩計画で決
定された暗室模型を作成し検討した。

4.1 マットの色についての調査

調査の結果を **Fig. 2** に示す。既製品のフィルム装填台で使用しているマットの色は、緑色55%、灰色25%、黒色15%、その他5%であった。製作メーカーに対して、使用している作業台のマットの色について選択理由を質問した結果『一般事務機のマットの色を採用した』、『緑色は目に良い』という解答が得られた。

Fig. 2 Research of color of mat on film loading desk.

4.2 暗室の作業分析

作業分析の結果を **Fig. 3** に示す。フィルムハンドリングの作業時間は、作業台の前に立ってから作業終了まで、

Method	Sheet of film	Loose film situation (sec)	Touch film situation (sec)
Cassette (1)	()	~10	15
Recieve Magazine (10)	()	~5	10
Supply Magazine (10)	()	~10	20
Film-changer (10)	()	~10	45

Fig. 3 Time analysis of working in the dark-room for ten radiological technologists.

— (1861) —

Table 1 Ranking of color conspicuous of film and cassette for nine background colors.**Cassette color**

observer	color chart								
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
A J	5	5	5	5	5	5	5	5	5
total	12	32	27	29	52	77	84	58	79
ranking	1	4	2	3	5	7	9	6	8

Film color

observer	color chart								
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
A J	5	5	5	5	5	5	5	5	5
total	12	31	28	29	66	70	73	79	62
ranking	1	4	2	3	6	7	8	9	5

平均1分以内であった。1枚のフィルムが安全灯の光を浴びるのは数秒であり、作業台の上にフィルムを置く時間は少なかった。

4.3 見えやすい配色

Table 1 に示すごとく、フィルムに対して最も見えやすい色は、白色であった。また、カーボンカセットの色に対しても白色が良かった。

4.4 視認性距離

視認性距離の測定結果を **Fig. 4** に示す。黒色の場合、安全灯は蛍光灯 (60 lux) に比べ、赤色 (No. 2) から黄色 (No. 4) の図は地との明度差が大きくなり、逆に緑色 (No. 5) から紫色 (No. 9) は明度差が小さくなった。その結果、黒色は、特に白色 (No. 1) が良く赤色 (No. 2) から黄色 (No. 4) の視認性距離が長かった。

白色の場合、安全灯の下では赤色から黄色の明度差は小さくなり、緑色 (No. 6) から紫色 (No. 9) まで明度差は大きくなった。その結果、黒色と緑色から紫色の視認性距離が長かった。

特に赤色とオレンジ色は、安全灯の下で明度差に特徴的な効果が獲られた。

4.5 視認性の官能検査

官能検査の結果を **Fig. 5** に示す。一対比較法で、フィルムおよびカセットの色に対する『視認性が良い』尺度

Fig. 5 Scale indicating of visibility by sensuous test for color of mat on film loading desk. **Fig. 4** Distance of visibility of each color, induction visual field (ground) is black and white, for ten radiological technologists.

Fig. 6 Measurement of increase of film fog based on several color.

値は、共に白色が良く緑色と灰色が悪い。最高の尺度値を示した白色と、従来のマットに多い緑色とは尺度間の差が大きい。また、色の異なるレギュラーとオルソフィルムについては、ほとんど差がなかった。

その尺度値の有意検定を行った結果、 χ^2 検定では『識別差あり』に対して有意であった。

4.6 カブリテスト

カブリテストの結果を Fig. 6 に示す。カブリテストは、60分まで各色相差による影響が少なく、120分ぐらいから各色相差による濃度差が生じはじめ、その中で黒色と緑色のカブリは少なく、逆に白色と赤色のカブリが多かった、その濃度差は0.4であった。

4.7 模型による色彩実験

従来は作業台のマットが緑色で壁が白色であったが、作業台のマットを白色にし、壁を緑色にすると完全灯の演色効果により壁の明度が下がり、作業台と壁との明度差が生じる。このため暗室全体を見た場合、作業台のマットの視認性が良くなる結果となった (Fig. 7)。

Fig. 7 Color simulation of darkroom model between improved type and usual type.

5. 考 察

放射線部門の作業環境は、蛍光灯による検査室の有彩色と安全灯による暗室内の無彩色とに分けることができる。本報告は、無彩色で暗い暗室内の環境に対して、人間工学という見地から、その問題に取り組んだ。

5.1 マットの色についての調査

製作メーカーからは、作業台の色彩に対する選択理由について理論的な解答はなく、また色彩による明度差が作業効率に影響するという認識も少なかった。今回の調査 (Fig. 2) では、半数以上の施設が緑色の作業台マットを使用し、同系色のレギュラーフィルムを用いている施設が多かった。これはユーザが、暗室の作業環境は“色彩のない世界”と考え、しかも、ユーザの関心が低いことやメーカーの配慮不足にも起因している。

5.2 暗室の作業分析

Fig. 3 のカセットのフィルム詰め替え時間は1枚当たり15秒で、一番長いマガジンのフィルム詰め替え時間でも平均1分以内であった。フィルムハンドリング作業は、視覚認識に加えて“手探り”による触覚認識も併用している⁴⁾。短時間に作業をする場合は、視覚認識による職業的な暗順応の早さだけでなく、わずかな反射光による視覚認識から触覚認識への作業が重要である。作業効率を向上させるために、作業環境の改善の一つとしてフィルムやカセットの色に対して視認性の良い色のマットの使用は有効である。

5.3 見えやすい配色

暗室内ではフィルムなどの色は、作業環境に合わせて見えやすいものでなければならない。色の見えやすさは、常に対象物の色と周囲の色との関係で決まる。フィルムの色と白色、カーボンカセットの色と白色のように安全灯の演色効果による明度差の大きいものほど見えやすく、反対にフィルムの色と赤紫色、カーボンカセットの色と青色のように明度差が小さいものほど見えにくいことが分かる。暗室での色の見えやすさはフィルムやカセットとマットの明度関係によって規定されていると考えられる。

5.4 視認性距離

視認性の測定は、地と図の面積効果^{*6)}や図の形によって影響される⁵⁾。そのため、カラーチャートの寸法は、作業台とフィルムの大きさ・形状を参考に決定した。

暗室内では、照度や彩度が低いいため本来の色の明度差が少なく、さらに演色効果も関与して各色の視認性が大きく変わっていた。色の見えやすさの因子としては、隣

接した対色が引き立て合う対比効果がある。その対比効果には明度対比と彩度対比があるが、暗室では2色間の彩度差が少なく、無彩色に近くなるため、明度対比のみになったと考える。本来の視認性はその背景との明度差が重要な役割を果たす⁵⁻⁷⁾。照度の低い無彩色の暗室では、演色効果に左右された明度差が視認性を支配する。すなわち安全灯の Fig. 4 の折れ線は、赤色から黄色、緑色から紫色の相反する二相の演色効果をもたらした。

5.5 視認性の官能検査

色彩効果には、視覚的效果と感情的効果があり、その測定法としては、生理学や心理学を踏まえた官能検査法がある⁷⁻¹⁰⁾。今回一対比較法を用いて評価した結果、マットの緑色と従来から使用しているフィルムの色は補色^{*7)}の関係にあり、明度も近いためリーブル効果^{*8)}により視認性が悪くなる。レギュラーフィルムは緑色系(緑青色)であり、マットの色と同系色を使用しているため視認性が悪い¹²⁾¹³⁾。

白色のマットに対してカセットやフィルムは明度が低く、明度差が大きくなり視認性の良い尺度値を示した。すなわち暗室内では、演色効果により生じた明度差により視認性は支配されていることになる。

5.6 カブリテスト

カブリは、安全灯の演色効果により生じたマットの明度に比例していた。

各色相によるカブリは、長時間になると生じるが、通常の作業時間内では影響がなかった。

5.7 暗室模型による色彩実験

安全灯による演色効果は、作業性や作業心理まで影響を与えることが知られている¹⁴⁻¹⁶⁾。一般的に、照明の目的を『良い作業性を与える』および『視野全体の視環境を快適にする』の二つに大別すると、作業性と快適性を同時に満たすことが求められる。しかし、暗室のような制限された照明環境では、前述の条件を満たすことが困難であるが、色彩による演色効果で物体間の明度差を強調できることから本報告では、照明による物質間のカラーコントラストについて検討した。

暗室に入ると作業者の視線の動きは、まず作業台から始まり、次ぎにフィルム・カセットなどに移ったのち現像機のフィルム挿入口を経て暗室の出入口の順で移動している。安全灯は暗室全体を照明することにより特殊な作業環境を造るため、作業台の色だけでなく壁の色や出入口のドアの色についても検討を加えた。

作業空間の照明方法を全体照明・局所照明・全体局所併用照明の3タイプに分類した場合、暗室内は、全体局

Fig. 8 Relation between color and safelight illumination and worker.

所併用照明になる。その中で特に安全灯のように特殊な照明を考えると、作業台と物体の演色効果を考慮しながら十分なコントラストを与え、作業者が迅速に作業ができるような色彩環境を造る必要がある。

暗室での色彩と照明および作業との関係を、Fig. 8 に示す。暗室空間でのフィルムの認識は、安全灯によるわずかな明度差を、視覚と触覚の感覚で作業していた¹⁷⁾¹⁸⁾。

5. おわりに

現在使用している作業台マットの色は、フィルムやカーボンカセットの色との視認性が悪い配色であった。

作業台のマットの色は、フィルムやカセットの色と明度差の生じる白色のマットを使用することにより作業効率が向上するとともに、暗室全体の環境を快適にすると考える。

暗室内では安全光の演色効果を考慮した色彩設計が必要で、ユーザ、メーカー共に認識不足であるように思われる。

6. 謝 辞

稿を終えるに当たり、本実験にご協力頂いた奈良県立三室病院放射線科の技師室諸兄ならびに市立堺病院松尾雅基氏に深く感謝します。

本報告の要旨は、第17回日本放射線技術学会秋季学術大会で発表した。

7. 付 録

註1) 演色効果：光源の性質が異なることで物体の色の見え方が変化する。

註2) カラーコントラスト：色が並置されたり他の色に囲まれた場合には、色は相互に影響しあい一方の色の見え方が変化する。

註3) 視認性距離：色の見えやすさを長短で表すための評価法。

註4) 誘導視野と検視野：色は他の色の相互で影響しあい変化し検査する色を検視野、一方検視野を囲み影響を与える色を誘導視野という。

註5) 視認性：遠くからの色の見えやすさだけでなく、すばやく見えることや暗い所の見えかたをもいう。

註6) 面積効果：色の見えかたは、その色の占める面積によってある程度規定される。

註7) 補色：ある2色を適当な割合で混合すると、色調が失われ無彩色になる2色の関係をいう。

註8) リープマン効果：図色と地色の色相のみ異なり明度が近づくと、図と地の識別が不能となる。

参 考 文 献

- 1) 安藤英次他：放射線診断システムにおける人間工学的検討（第1報 VDT 作業における椅子の調査分析），日放技学会，**45**(12)，1819-1824，(1989)。
- 2) 安藤英次他：放射線診断システムにおける人間工学的検討（第2報 CT 検査時の作業性と姿勢の調査分析），日放技学誌，**46**(7)，896-902，(1990)。
- 3) 塩田貞夫：明室システムによる業務の効率化検討（負担に感じる業務の調査），p. 1-27，コニカ株式会社，東京，(1987)。
- 4) 安藤英次他：X線診断システムにおける人間・機械系の最適化の試み（施設・機械および計器配置のリンク解析），日放技学会，**44**(7)，759-764，(1988)。
- 5) 納谷喜信他：色彩を生かす照明（新編），p. 1-63，照明学会，東京，(1978)。
- 6) 林 喜男他：人間工学シリーズ11，p. 156-271，日本規格協会，東京，(1981)。
- 7) 川添添宏：色彩計画ハンドブック，p. 47-51，株式会社視覚デザイン研究所，東京，(1978)。
- 8) 川添添宏：色彩計画ハンドブック，p. 151-152，株式会社視覚デザイン研究所，東京，(1978)。
- 9) 納谷喜信他：官能検査における解析例，品質管理，Vol. **24**，1016-1024，(1973)。
- 10) 安藤英次他：最適写真濃度の新しい評価法，日放技学誌，**43**(1)，1-7，(1987)。
- 11) 日科技連官能検査委員会：新版官能検査ハンドブック，p. 60-105，日科技連，東京，(1983)。

放射線診断システムにおける人間工学的検討 一第3報 暗室作業台のカラーコントラストテスト (安藤・他)

- 12) Conrad. G. Mueller: 光と視覚, p. 107-200, タイム・ライフブック, 東京, (1973).
- 13) 財団法人日本色彩研究所: 標準色カード230, p. 1-230, 日本色研事業株式会社, 東京, (1988).
- 14) 西田 虎一: 色彩学, p. 31-36, 造形社, 東京, (1989).
- 15) 金尾 要: 写真に関する基礎知識, p. 117-119, 富士エックスレイ, 東京, (1974).
- 16) 江頭元樹: X線写真学, p. 200-206, 金原出版, 東京, (1973).
- 17) 神作 博: 色と視覚表示, 人間工学雑誌, Vol. 4(1), p. 7-17, 東京, (1968).
- 18) Fanhill Feylut: 光とはなにか, p. 45-51, 講談社, 東京, (1969).