

part.5

各種照明下における色の視認性 Fundamental Study on The Visibility of Colors under Various Illuminations

事例 5 各種照明下における図と地の組み合わせ<可読性>

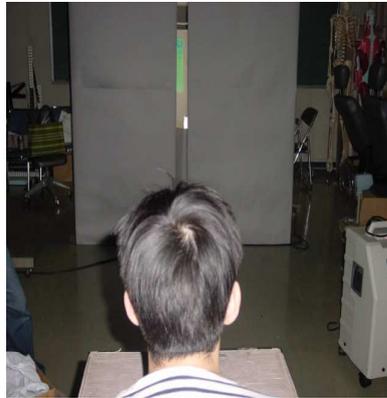
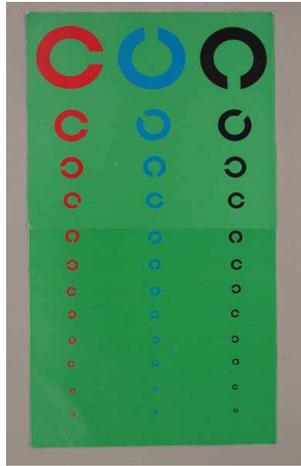
光源の種類 照明光源



使用光源の特徴

光源の種類	色温度 (K)	平均演色評価数	光色	用途
高圧ナトリウムランプ	2100	15~30	温かみのある黄赤白色	・道路照明 ・野外 ・高天井の工場 ・一般住居など
白熱電球	3200	100	温かみのある黄白色	・一般照明
温白色蛍光灯	3500		やや温かみのある白色	・オフィス ・店舗ショーケース
メタルハライドランプ	4600		白色	・屋内外スポーツ施設 ・高天井の工場 ・事務所
D65 蛍光灯	6500	AAA	やや青みのある白色	・色を正評価用照明光

各種照明下において視力測定

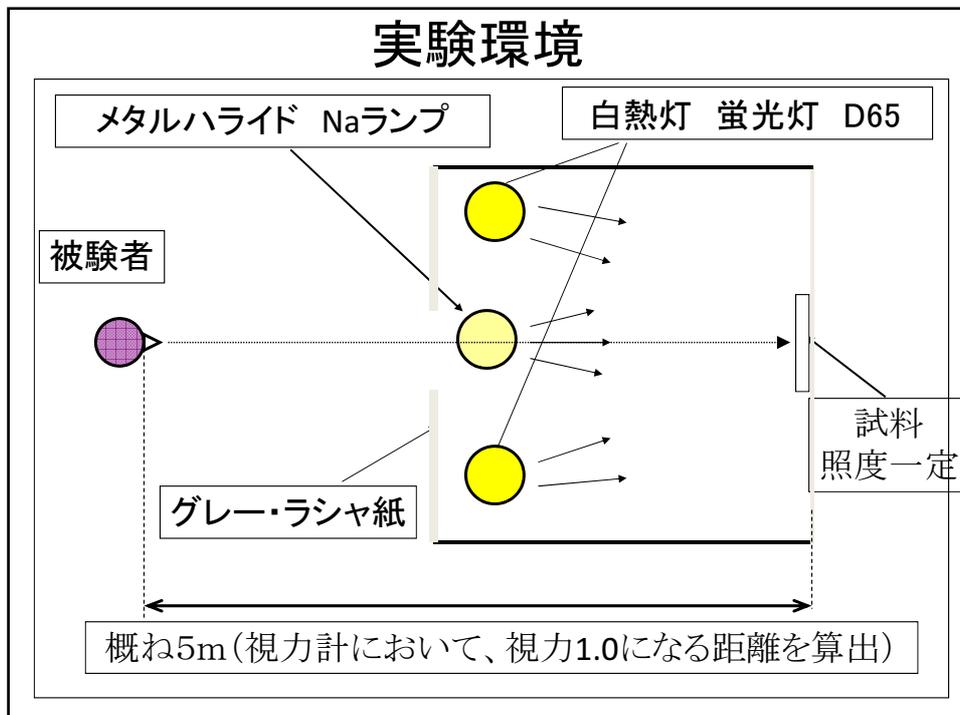


色覚正常・両眼矯正視力 1.0~1.5
21歳から23歳までの男子大学生8名
照度条件500 lx

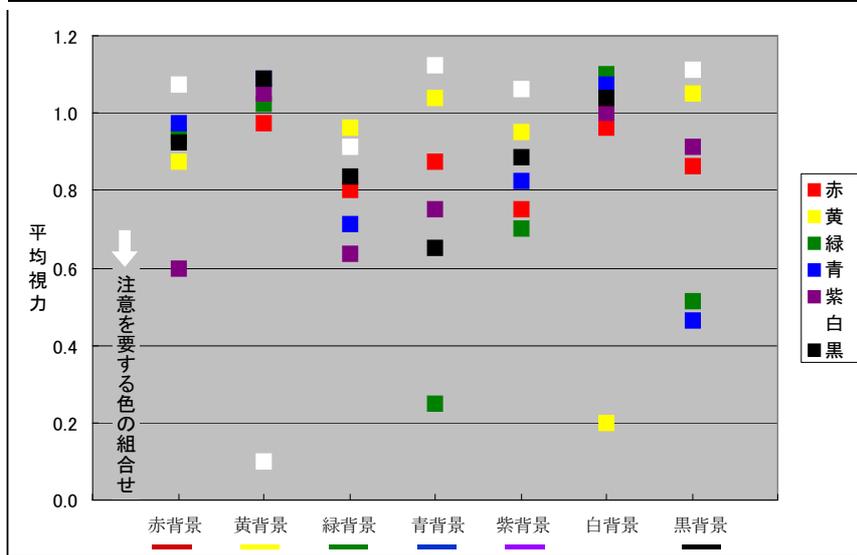
Copyright © JCRI. All rights reserved.

57

実験環境



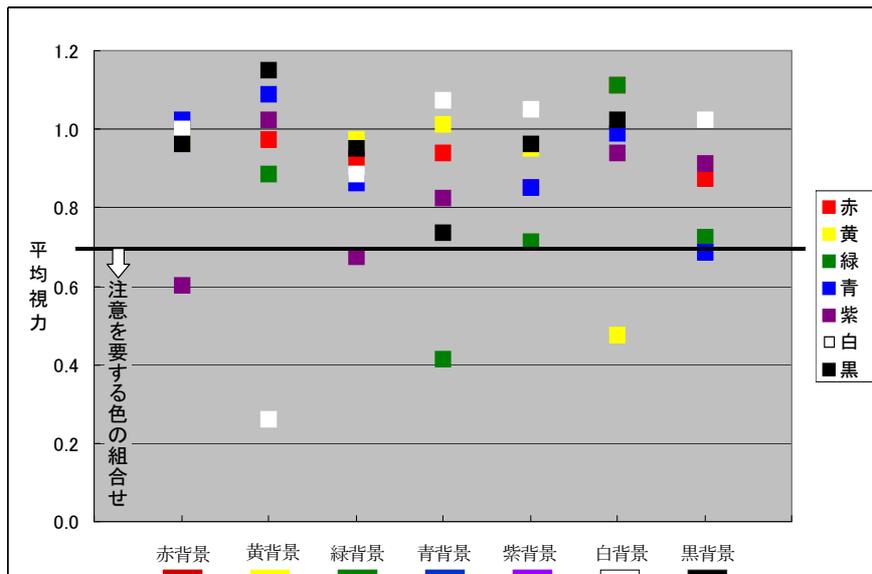
高圧ナトリウムランプ下における視力



Copyright © JCRI. All rights reserved.

59

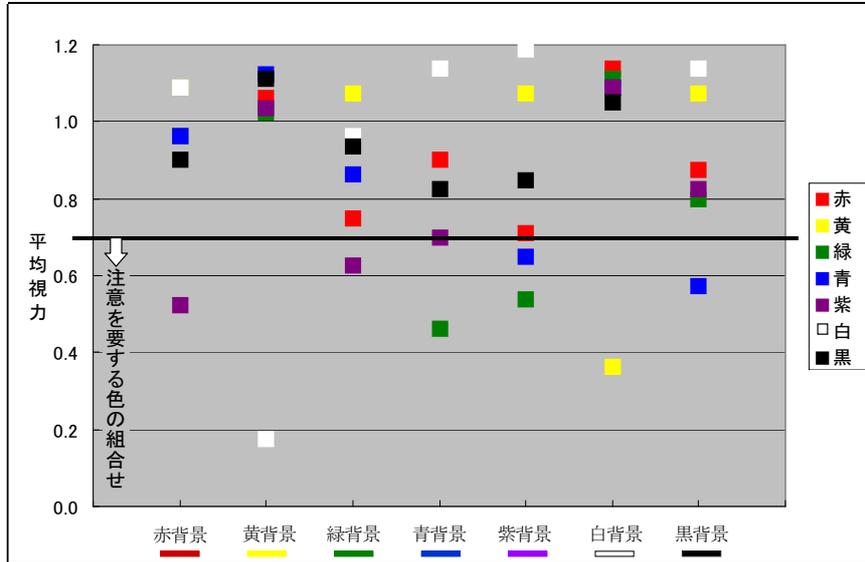
白熱電灯下における視力



Copyright © JCRI. All rights reserved.

60

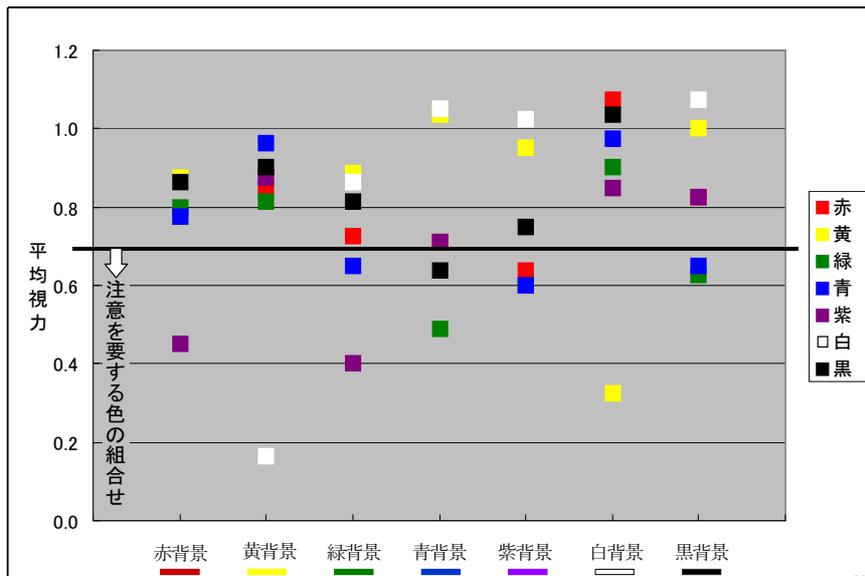
温白色蛍光灯下における視力



61

Copyright © JCRI. All rights reserved.

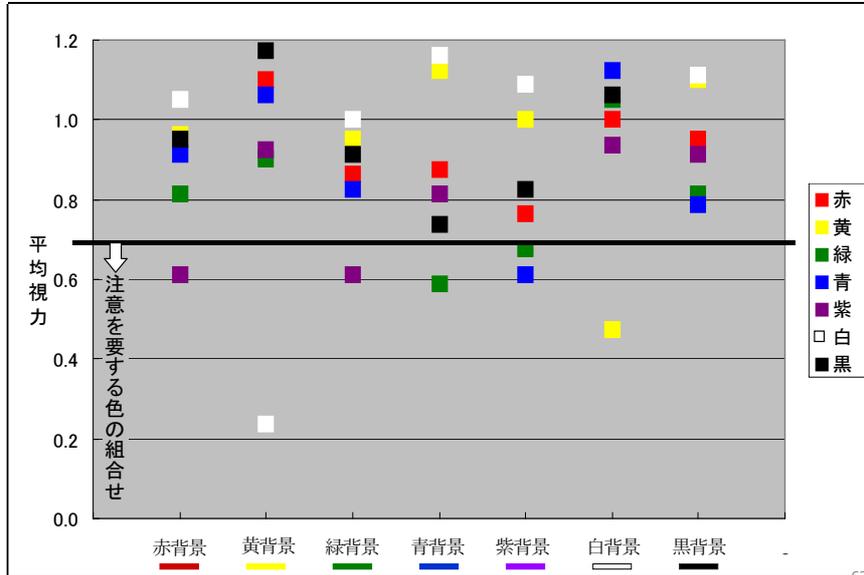
メタルハライドランプ下における視力



62

Copyright © JCRI. All rights reserved.

D65蛍光灯下における視力



Copyright © JCRI. All rights reserved.

平均視力0.7以下の組み合わせ(1)

	Naランプ	白熱電球	温白色	メタハラ	D65
	0.1	0.26	0.18	0.16	0.24
	0.2	0.48	0.36	0.33	0.48
	0.6	0.6	0.53	0.45	0.61
	0.25	0.41	0.46	0.49	0.59
	0.65	0.74	0.83	0.6	0.74
	0.75	0.83	0.7	0.71	0.81

Copyright © JCRI. All rights reserved.

平均視力0.7以下の組み合わせ(2)

	Naランプ	白熱電球	温白色	メタハラ	D65
	0.7	0.71	0.54	0.6	0.68
	0.83	0.85	0.65	0.64	0.61
	0.75	0.85	0.71	0.64	0.76
	0.64	0.68	0.63	0.4	0.61
	0.71	0.86	0.86	0.65	0.83
	0.46	0.69	0.58	0.65	0.81
	0.51	0.73	0.8	0.63	0.81

Copyright © JCRI. All rights reserved.

照明の種類によって注意を要する組み合わせ(1)

- ① D65 蛍光灯 以外の照明で注意を要する組み合わせ



<黒>背景に<青>指標

- ② 高圧Naランプ メタルハライド の照明で注意を要する



<青>背景に<黒>指標



<黒>背景に<緑>指標

- ③ 温白色蛍光灯 メタルハライド D65 の照明で注意を要する



<紫>背景に<緑>指標



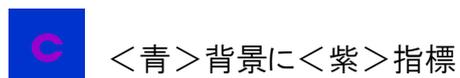
<紫>背景に<青>指標

Copyright © JCRI. All rights reserved.

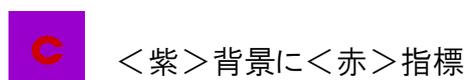
66

照明の種類によって注意を要する組み合わせ(2)

- ④ 温白色蛍光灯 の照明で注意を要する組み合わせ



- ⑤ メタルハライド の照明で注意を要する



Copyright © JCRI. All rights reserved.

67

照明光源が変わると、

1. 視力は背景色と指標色の明度差によって、大きく規定される。
2. 視力の低下が全照明でみられた組み合わせ



3. 黄色と白色の組み合わせは、全照明下で視力低下
黄色背景色に白の方が、白背景に黄色の方よりも見にくい



Copyright © JCRI. All rights reserved.

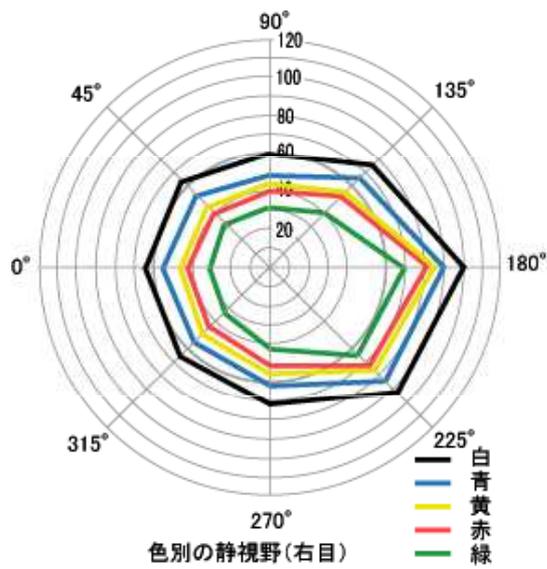
68

その他
必要となる基礎知識

69

Copyright © JCRI. All rights reserved.

色視野



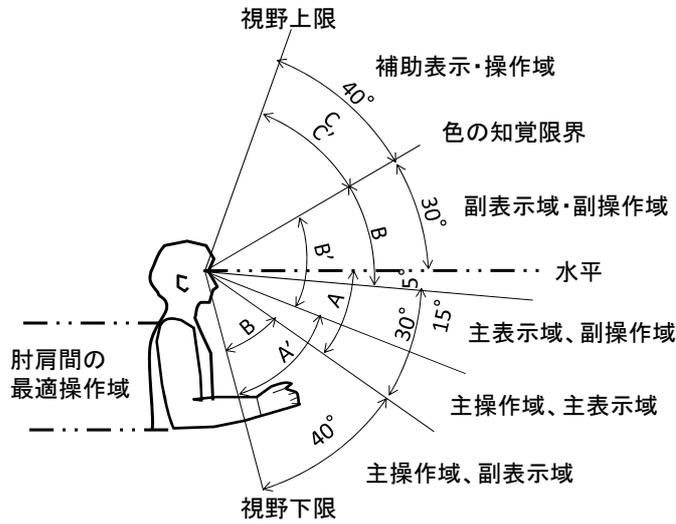
色によって色視野
が異なる！

緑→赤→黄→青
→黒

70

Copyright © JCRI. All rights reserved.

表示・操作機器の位置選定



A:表示領域 推奨
B:表示領域 許容
C:表示領域 不適

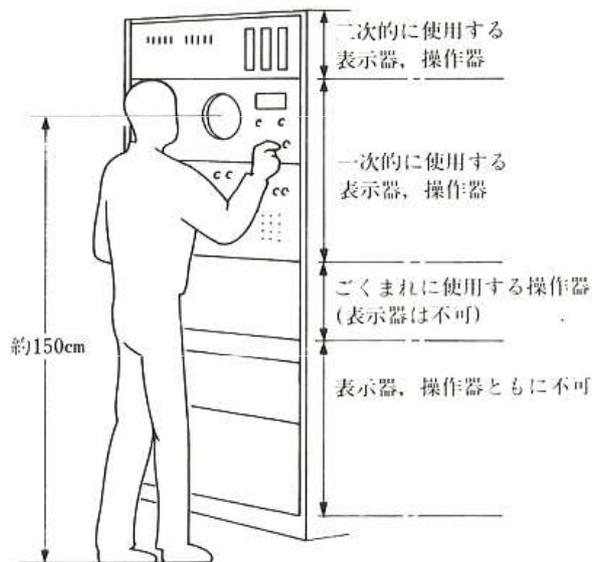
A':操作領域 推奨
B':操作領域 許容
C':操作領域 不適

図中の角度を用いて表示位置を算出する場合、作業者の眼の高さを考慮することが望ましい
ビデオ画面などの表示を快適に見えるための操作者の眼と画面との典型距離は400-700mm

71

Copyright © JCRI. All rights reserved.

操作パネルの配置



72

Copyright © JCRI. All rights reserved.

必ず確認しなければならないことは。。。

- どのような場所で対象を見るのか
屋外・明るい場所・比較的暗い場所
 - どのような距離から見るのか
離れた距離からも確認が必要か
近づいた時に見えればよいのか
 - 対象は安全・危険に関係する内容か。
 - どのような年齢の方が対象を見るのか
公共施設・個人ユース
 - 対象を確認するときの、一連の動作は？
照度変化が大きい
立位が続いている
 - 対象は印刷媒体か、それとも発光体か？
・・・
- 使用状況等に応じ、利用品質を高めることが必要。

73

Copyright © JCRI. All rights reserved.

part.6

疲労軽減・心身への影響

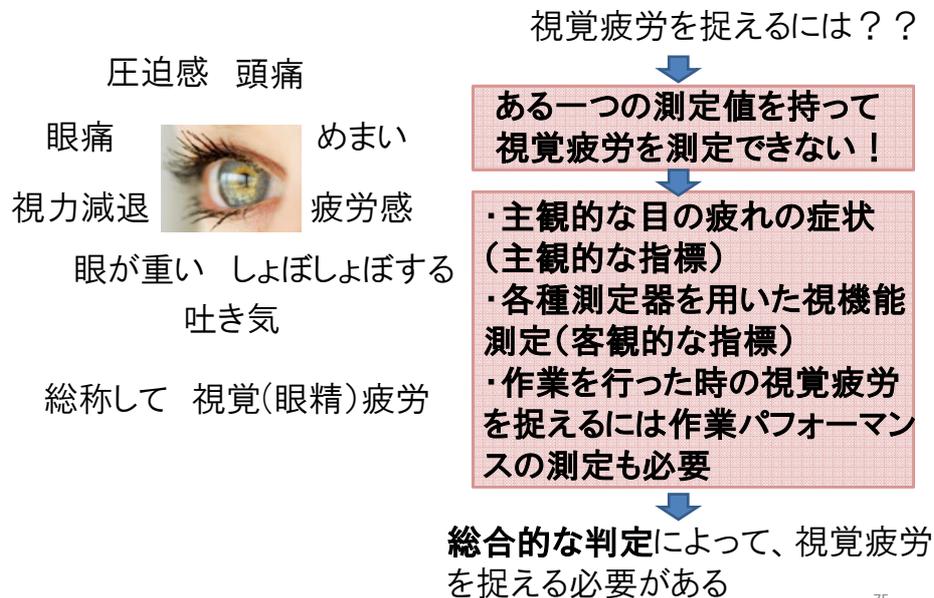
「目が疲れにくい」

「集中力が持続する」 色は？

74

Copyright © JCRI. All rights reserved.

■ 視覚疲労



Copyright © JCRI. All rights reserved.

75

■ 視覚疲労

● 目の症状を捉えるための問診票(鈴木)・・・<症状がある・ないで回答>

1	ものが見えにくい	11	目が熱い感じがする	21	目が乾く
2	ものがかすんで見える	12	目がかゆい	22	目に圧迫感がある
3	遠くのものが見えにくい	13	目が充血する	23	目の前がチラチラする
4	近くの物が見えにくい	14	瞬きが多くなる	24	ちらつく色が見える
5	視野の1部が見えない	15	後頭部痛がある	25	目を開けているのがつらい
6	ものが二重に見える	16	前頭部痛がある	26	まぶたが重い
7	ものを見つめているとぼやける	17	頭全体が痛い	27	物がゆれて動いて見える
8	まぶしい	18	涙が出る	28	目を閉じた時に残像が見える
9	部屋の照明が暗く感じる	19	目がチクチクする	29	目に異物感がある
10	目が痛い	20	目やにが出る	30	気持ちが悪い

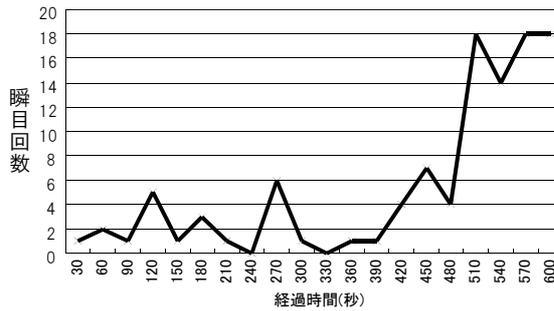
★作業前と作業後で実施。作業を行うことで生じる目の症状を捉える。⁶⁷⁶

Copyright © JCRI. All rights reserved.

■ 視覚疲労

- 瞬目回数 …平常時には 毎分15から20 回程度
- 目がしょぼしょぼするときに増加 →目の疲労により瞬目が増加
- 覚醒水準が高すぎても低すぎても増加(U字曲線)
- 眩しさが感じられると瞬目が増加 →視認性が悪いと瞬目が増加
- 視野が広いと瞬目が増加 →緊張により瞬目が増加
- 視覚課題提示中は瞬目が抑制される
- 自らのペースで課題を志向しているときは瞬目が増加

シアンで書かれた文章を読む作業



(例)パソコン画面を白背景にシアン文字色を設定した場合の瞬目回数の経時変化 全体 N:1

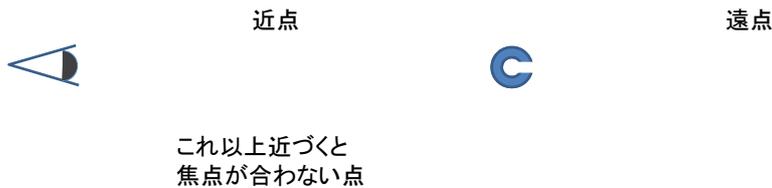
Copyright © JCRI. All rights reserved.

77

●近点・遠点調節時間測定(アコモドポリレコーダ)

調節: 網膜に鮮明な像を結ぶためのピント合わせ
 近くを見るときには毛様体筋の収縮により水晶体の屈折力が増加。
 近点: 最大に調節した時の屈折位置(最小の明視距離)
 遠点: 最も遠くに明視できる位置を遠点という。

近点に近点指標、遠点に遠点指標をセット。近点と遠点におかれた両指標は、その位置で交互に点滅を繰り返す。指標が切り替わった時にはぼやけて見えるが、しばらくするとはっきり見えるようになる。その時間を測定。調節力の減少や、近点距離の延長を視覚疲労の指標として評価することができる。



Copyright © JCRI. All rights reserved.

78

● 近点・遠点調節時間測定(アコモドポリレコーダ)

調節：網膜に鮮明な像を結ぶためのピント合わせ

近くを見るときには毛様体筋の収縮により水晶体の屈折力が増加。

近点：最大に調節した時の屈折位置(最小の明視距離)

遠点：最も遠くに明視できる位置を遠点という。

近点に近点指標、遠点に遠点指標をセット。近点と遠点におかれた両指標は、その位置で交互に点滅を繰り返す。指標が切り替わった時にはぼやけて見えるが、しばらくするとはっきり見えるようになる。その時間を測定。

調節力の減少や、近点距離の延長を視覚疲労の指標として評価することができる。



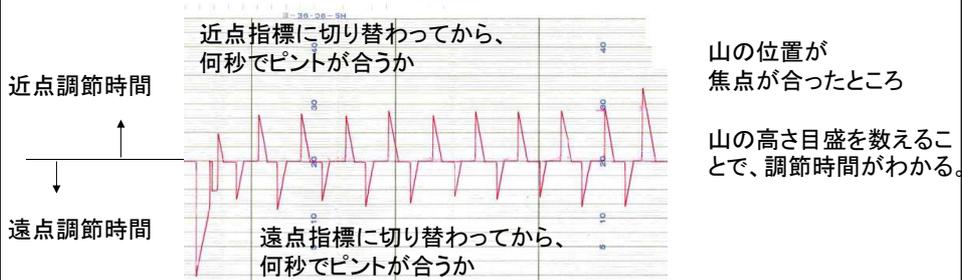
近点・遠点指標が20秒間隔で切り替わる
切り替わった時点ではぼやけるが、
次第にはっきり見えるようになる。その時間を測定

Copyright © JCRI. All rights reserved.

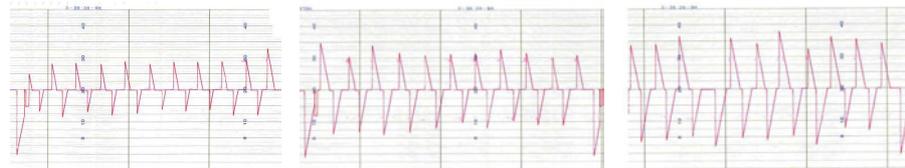
測定例：ある用紙色を用いて視作業を行った時の調節時間測定結果

上側の波が、近点調節時間、下側の波が遠点調節時間。

波の高さが時間を表している。



作業を行うことで、調節時間が延長・・・調節機能系の低下



Copyright © JCRI. All rights reserved.

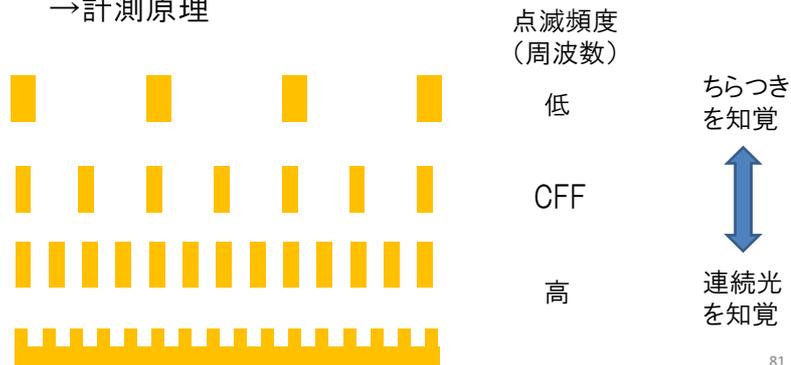
生体信号による人間工学的評価の例

……どのような測定を行い、何を評価するのか？

CFF(フリッカー値)

: 中枢性疲労・意識水準・覚醒水準・脳の活動水準評価
 → 点滅光の点滅周波数を次第に高くすると、ある一定周波数を超えた時点で、連続光として感じる。この臨界周波数を言う。

→ 計測原理



Copyright © JCRI. All rights reserved.

81

生体信号による人間工学的評価の例

……どのような測定を行い、何を評価するのか？

CFF

: 中枢性疲労・意識水準・覚醒水準・脳の活動水準評価
 → 点滅光の点滅周波数を次第に高くすると、ある一定周波数を超えた時点で、連続光として感じる。この臨界周波数を言う。

→ 判定基準

	肉体労働 (エネルギー代謝大)		精神労働と肉体労働 (エネルギー代謝小)	
	低下率(%)		低下率(%)	
	日間	週間	日間	週間
好ましい限界	-10	-3	-5	-3
労働可能限界	-20	-13	-10	-13

$$\text{低下率} = \frac{\text{作業前のCFF値} - \text{作業後のCFF値}}{\text{作業前のCFF値}} \times 100(\%)$$

Copyright © JCRI. All rights reserved.

82

事例 その6 ノート用紙色

- 目が疲れにくく、長時間違和感無く 使用できる
- 集中力が持続できるノートの開発



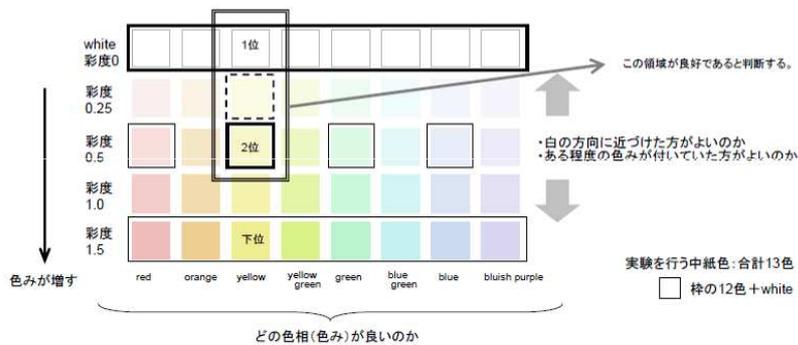
Copyright © JCRI. All rights reserved.

事例 その6-1 集中力が持続できるノート用紙色

STEP1: 集中力をできるだけ維持することが可能な色選定

系統的に選定した色用紙を使って、ある視作業を行ってもらう

- 作業量が多く、ミス数が少ない用紙色はどのような色？



4

84

Copyright © JCRI. All rights reserved.

実験環境



ビデオカメラで眼部撮影
視力計

アコモドポリレコーダー
眼の調節機能を測定

外光が遮断されたシールドルーム

色が目に与える影響を捉えるため、
作業台はグレイ用紙で覆う。

ノート用紙

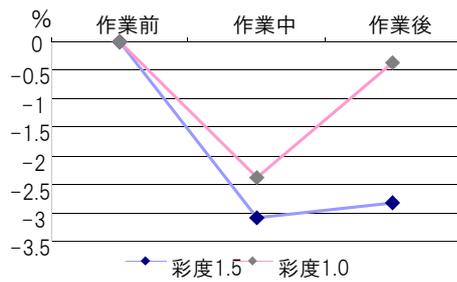
目の検査

- ・調節時間計測(作業前後・15分毎)
- ・視力(作業前・後)
- ・フリッカー値測定(作業前後・15分毎)
- ・瞬目回数(ビデオで連続測定)
- ・眼の自覚的疲労感調査(質問紙)

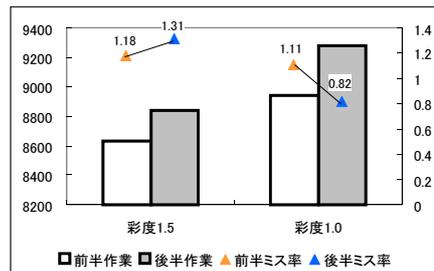
87

Copyright © JCRI. All rights reserved.

CFF(フリッカー値)変動率



作業量・ミス率の関係 <前半作業・後半作業>



彩度1.5<集中のしやすさ>

とても集中できなかった やや集中できなかった どちらとも やや集中できた とても集中できた

彩度1.0<集中のしやすさ>

とても集中できなかった やや集中できなかった どちらとも やや集中できた とても集中できた

88

Copyright © JCRI. All rights reserved.

事例 その6-2 目に優しい・眼が疲れにくいノート用紙色

キャンパスノート 用途別 キャンパスノート(用途別)が、さらに使いやすく生まれ変わりました!

Campus

● ノートへのこだわり



KOKUYO

日本大学生産工学部人間工学研究室、財団法人日本色彩研究所、コクヨ株式会社の3者共同研究により、目の疲労感を軽減する紙の白さを追求しました。

《用紙色》			《白色度用紙刺激》	
No.		Munsell値	No.	白色度
1	ピンク	2.5R 8.25/3.5	5	90%
2	黄色	6.0Y 8.5/3.0	6	85%
3	緑	5.0G 8.25/3.0	7	80%
4	青	2.5PB 8.25/3	8	75%
			9	70%
			10	65%

①眼が疲れにくい用紙色
②眼が疲れにくい白色度

好ましい用紙色と白色度を組み合わせる

できるだけ、明度・彩度を一定にし、色相のみの影響を捉える

Copyright © JCRI. All rights reserved. 89

コクヨのキャンパスジュニア 「目に優しい用紙色を採用したい！」

白色度65%から85%の用紙を対象
(65%・70%・75%・80%・85%・90%)

↓

色彩を系統的に5段階
(RED・YELLOW・GREEN・BLUE)

↓

それぞれの条件で 鉛筆と用紙を用いた作業を60分間実施

測定項目

- ・アコモドポリレコーダ(調節機能)
- ・視力
- ・瞬目回数
- ・目の自覚的疲労感
- ・CFF(フリッカー値測定)
- ・副次行動
- ・作業量(ミス率と正答数) などを測定

主観的指標

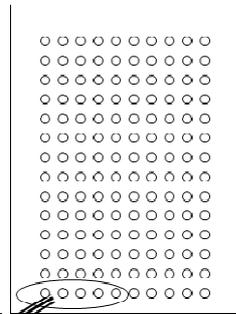
客観的指標

作業パフォーマンス

YG系を帯びたホワイト、白色度73%程度の用紙色が 目への負担が最も少ない

Copyright © JCRI. All rights reserved. 90

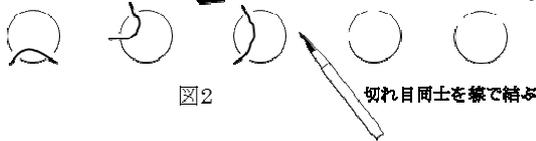
作業課題



2箇所の切れ目がある円
切れ目の中心を通るように
鉛筆で線を描く

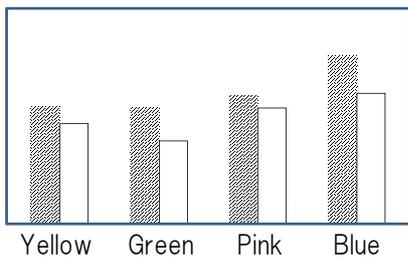
30秒ごとに、合図
30分間実施

実験協力者：男子大学生8名

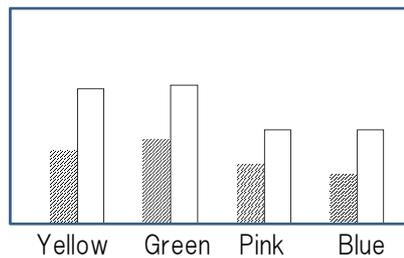


《測定結果の一例》

瞬目回数比較



作業量比較



■ 前半15分 □ 後半15分

一般に、眼が疲れると、瞬目回数が多くなる
視作業で集中すると、凝視するため瞬目回数は減少する
(後半15分は、集中している事がわかる)