

FPDの諸特性と疲労の相関

- FPDの諸特性と作業者の疲労 -

財団法人 労働科学研究所
北島洋樹

1



労働科学とは

- 働く人の安全と健康に資するための総合科学
- 医学、生理学、心理学、工学、社会科学などをベースとする
- 作業の負担要因を明らかにし、対策を提案、実践する

2



本日の流れ

- 疲労とは
- VDT作業の特徴と負担要因
- FPDの特徴
- 負担要因と解決方法のヒント

3



VDT労働者の疲労

	1998	2003
精神的疲労を感じている	36.3	34.8
身体的疲労を感じている	77.6	78.0
眼の疲労	90.4	91.6
首・肩の痛みやこり	69.3	70.4
腰の痛みやこり	22.0	26.6

(%)

技術革新と労働に関する実態調査、(n=12,000、労働省、1999)

(n=14,000、厚生労働省、2004)

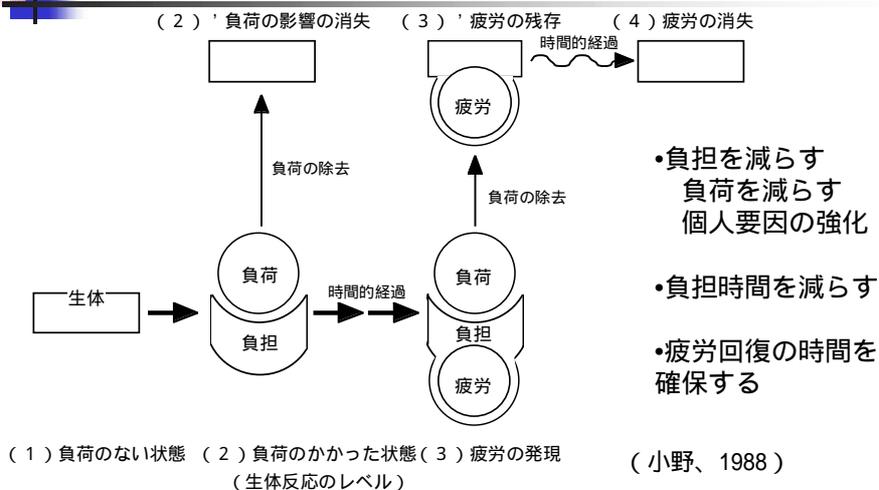
4

疲労とは

- ごく日常的な生理的な範囲の体内変化
(活動によって現れ、休息によって回復する)
- 活動の継続によって生じる体内変化全てが疲労ではない
- 定義：
「仕事をそのまま続けていればやがてへばり、休めば回復すると予測できるかたちで起こる体内変化であって、その仕事ぶりにもそれとわかる変化を伴って休息を求めている状況」(小木、1988)

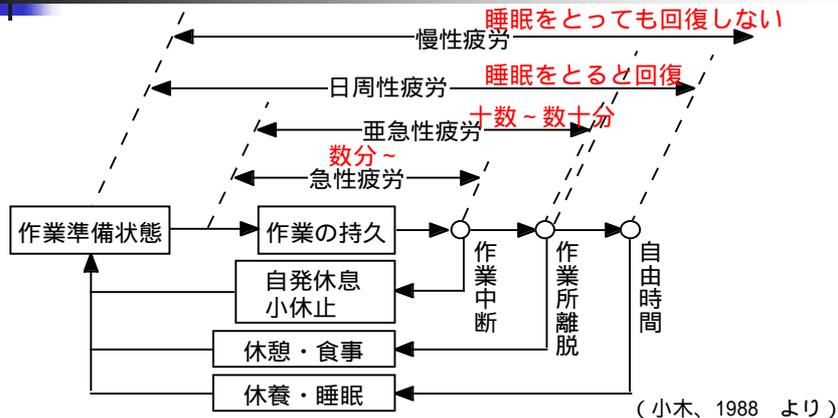
5

「負荷 負担 疲労」の模式図



6

疲労の区分



(小木、1988 より)

は休息要求に応じた行動のフシ目を示す

VDT作業の疲労は、亜急性疲労とされている

7

視覚疲労と眼精疲労

- 視覚疲労：visual fatigue、眼疲労：eye fatigue
休憩によって回復する（可逆性の法則）

- 眼精疲労：asthenopia
休憩をとっても目の痛みや霞（かすみ）、頭痛などの症状が残る。

眼精疲労の主な自覚症状

目に関するもの：疲れによる充血、かすみや視力の低下など

目以外：身体の痛み、胃痛や食欲不振、便秘、イライラや不安感、抑うつ

8

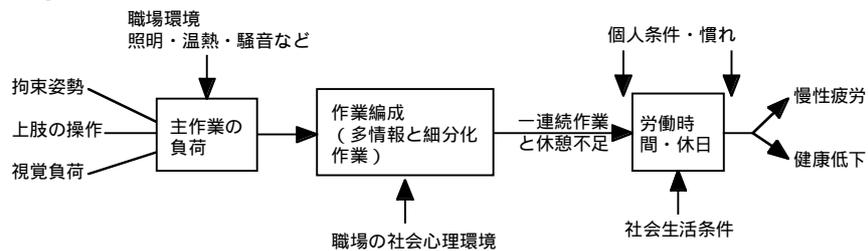
FPDの負担要因

- ディスプレイの諸変数（輝度、コントラスト、フリッカーなど）の生理的影響は、基本的にFPDでもCRTでも同じ

National Research Council編 杉山貞夫訳 VDTワークと人間 (Video Displays, Work, and Vision)、1987

9

VDT作業者の主な負担要因



(小木、1988)

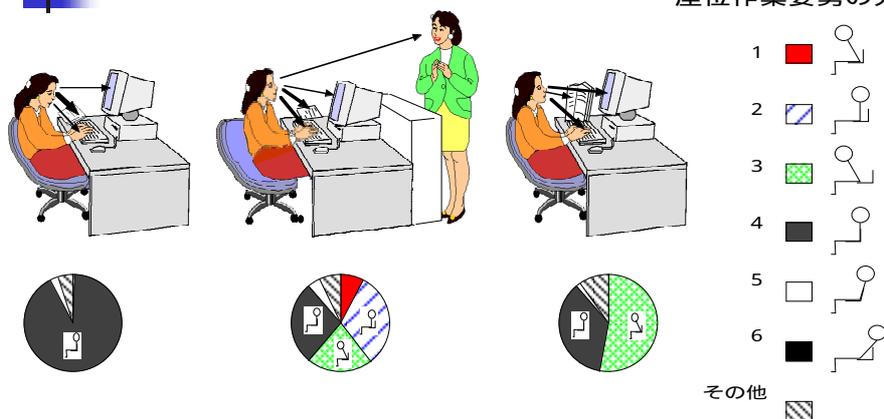
10

VDT作業の特徴

1. 姿勢拘束性が強い
2. 発光するディスプレイを用いた視覚作業
3. 長時間作業になりがち
4. 作業内容、作業者、機器や環境の影響が強い

11

VDT作業の特徴： 作業タイプと姿勢・視線拘束性



VDT作業の種類別視線方向と作業姿勢の時間率（矢印は視線の方向、矢印の太さは注視時間の多さを示す）：現代労働衛生ハンドブック 増補改訂第2版 増補編 p346より改変

12

作業のタイプと負担の現われ方

首の痛みの訴え率

入力作業 :	70%
プログラミング作業 :	22%
文書編集作業 :	33%

(Cakir, 1979)

	目	肩
対話型作業 :	30%	72%
入力型作業 :	72%	65%

(Höting et al., 1980; übli et al., 1980)

作業のタイプによって負担の現れ方が異なる
作業負荷の影響であることを示す

13

VDT作業者 v. s. 非VDT作業者: 視覚疲労自覚症状の比較

	VDT	非VDT	
目が疲れる	86	76	**
視力がおちたように思う	63	55	**
まぶたがピクピクする	47	38	**
目が痛い	38	30	**
まぶしい	38	27	**
ものがぼやけて見える	38	32	*
目やにがでる	35	29	**
目が熱く感じる	32	19	**
色が違って見える	29	16	**
すぐにはっきり見えない	25	20	*

VDT群 (n=1278)

非VDT群 (n=906)

* : p<0.05

** : p<0.01

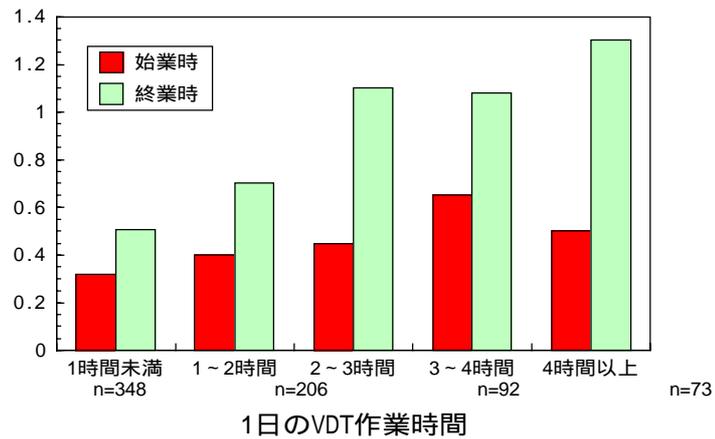
訴え率 (%)

(田井中、1988)

14

作業：1日のVDT作業時間と「目が疲れる」の訴え強度

平均訴え強度（1：多少～3：かなり）



n=117

(労働科学研究所、1988)

15

VDT作業の負担要因の分類

VDT機器	文字の鮮明度・大きさ・コントラスト・ちらつき・色、フォーマット、機器の操作性など
作業物理環境	直接グレア、反射グレア、作業面の照度分布、機器騒音、温熱（空調）など
ワークステーション	全体スペース、机上スペース、机・椅子の高さ、機器の位置など
作業形態	作業手順、作業時間・密度、休憩時間など
作業者	作業に対する不慣れ、視力など

負担は、作業者、作業内容、機器、環境の相互作用によって生じる

16

VDT作業の特徴：作業者と機器と環境の相互作用

VDT作業の労働科学的評価



17

負担・疲労の測定

- 生理学的測定
- 自覚症状（心理学的測定）
- パフォーマンス（心理学的測定）

VDT作業の負担・疲労の測定においても、基本的には同様である。

視力、近点距離などは、正確には精神物理学的測定（生理学的測定ではない）。また、負担の現れ（疲労）なので、一時的な低下である。

18

VDT作業と負担評価 (実験的検証の例)

19

Grating視力、近点距離の測定装置例



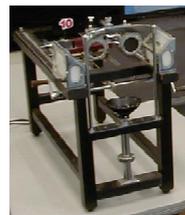
オシロスコープに矩形波提示



PCと光学系を利用



アコモドメーター



石原式近点距離計

20

自覚症状質問紙

目の症状：

- 目の疲労感：目が見つかる、目をあけているのがつらい
- 視器の違和感や不快感：目がいたい、涙が出る、目が乾く、目が熱い、目が圧迫される感じがする、目がしょぼしょぼする
- 視機能の機能低下：（内眼筋と外眼筋の疲労、中枢系の疲労など）：ものがすぐにはっきりとみえない、動くものに視線をあわせにくい、遠くのものに焦点が合わせにくい、頭がいたい・重苦しい、はきけがする、イライラする、めまいがする、フラフラする、ねむい、見つめていると気持ちが悪くなる）

身体症状：

- 額部、眉間部、後頭部、頭頂部、くび、肩、背中、腰

21

VDT作業の諸要因と疲労症状の関係

要因	症状	眼が疲れる	眼が痛い	目やにが出る	ものがぼけて見える	視力が落ちた	目が熱い	顎がだるい・痛い	腕がだるい・痛い	背中がだるい・痛い	腰がだるい・痛い	からだがだるい	根気がない	手首が痛い	その他	
画面	スクリーンの大きさ	**			**			*	***	*	*	**			もの忘れ**	小さい19%
	スクリーンの可動性														足だるい***	ない不動38%
	文字の大きさと列間行間の幅	***	***		***		まぶしい***	***	***	***	***	***	***		指ピクピク***	わるい不可29%
	文字の鮮明さ	*	***	*	***		***	**	**	*	**	***	***			わるい不鮮明15%
周辺	ちらつき	***	***	***	***	***	まぶしい***	***	***	***	***	***	***		いらいら***	ある31%
	机上スペース	*	**	***	**	**	***	**		**	**	***	***			せまい67%
	手を休めるスペース								*		*					ない40%
	足のせ台							**	***	****	*			**		ない85%
	キーボード高								*		*	**				高い7%
	キーボードと机の端の距離						***	*		*	**					ない40%
労働条件	椅子の座面高調節									*	**			**		ない41%
	椅子の背もたれの調節								***					***		ない90%
	スクリーンの反射	***	***	**	***	***	まぶしい***	*		***	*	***	**		頭痛**	ある38%
とりたい時に休息がとれる	***	***		***	***	まぶしい***	***		***	***	***	***		胃腸悪い***	とれない50%	
残業時間	*	**		***	**	***		*					指***	指ピクピク***	20hr以上75%	

相関の検定 *5% **1% ***0.1%

22

FPDの特徴・利点

- 薄い：=CRTよりも視距離を確保できる
(目の調節機能のもたらす問題を軽減)
- 軽い：移動が簡単
(位置の調整などが容易)
- 像の安定：電圧の変動に左右されにくい、回路の不完全さによる偏向もない。
- コントラスト高い：室内照度が高いときに有利

National Research Council編 杉山貞夫訳 VDTワークと人間 (Video Displays, Work, and Vision), 1987

23

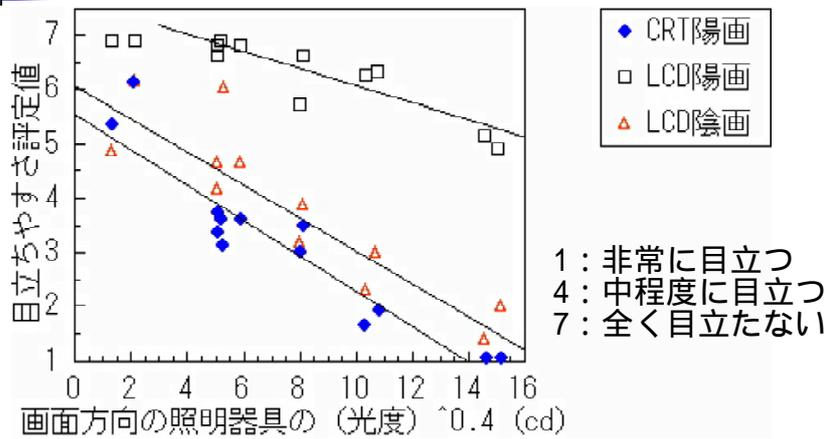
同じ机におけるノートPC、CRTの様子



CRTの場合、視距離は確保しているが、キーボード手前スペースが殆どない

24

照明器具の光度と反射像の目立ちやすさ



Boyce, 2003より、原典: Miller et al., 2001

25

作業環境 × 機器 × 作業者：反射グレア



- クリアフィルター（光沢表面加工でDVD映像にツヤを与え、美しく表示します。）**あり**

（ある大学生の使用理由：友人のクリア加工のパソコンだとDVDがきれいに映り、うらやましかったので、クリアフィルターを装着した）



- フィルター無し

目的と作業実態とのバランスはとれているか

26



LCDの鏡面反射低減効果の検証 (高橋、1999)

- TFTアクティブマトリクス15型
- グレアを生じさせるため、ハロゲンランプを後方上部白壁に照射。スクリーン面の1/2以上に映り込み
- 反射に関する条件
 - (1) フィルター無し、(2) ARコーティングフィルター：文字鮮明度に影響が少ない。反射像の輪郭が低輝度で認めうる
 - (3) マット処理フィルター：反射像の輪郭は視認できない。

透過率はどちらも70%、鏡面反射の白色部輝度は255cd/m²が158~162cd/m²に低下(輝度比は2.1~2.3)

27



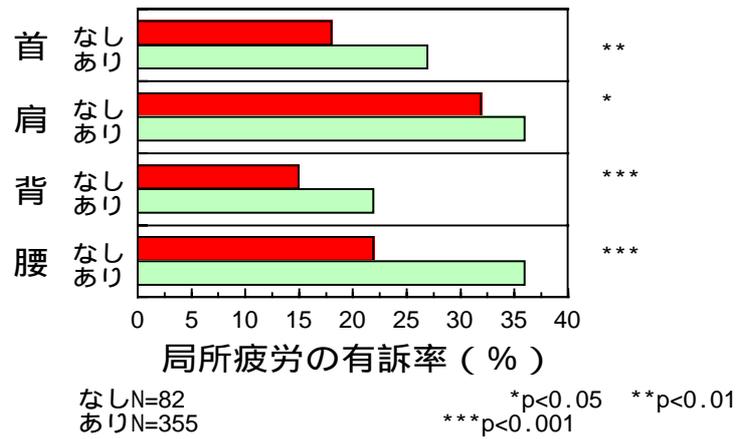
LCDの鏡面反射低減効果の検証 (高橋、1999)

- 視覚探索課題：「あ」の文字リストから「お」を探し出す
- 指標：視覚疲労自覚症状(20項目、5段階)、グレイティング視力、調節安静位
- 結果
 - (1) パフォーマンス：ARコーティングフィルターが優位
 - (2) グレイティング視力：有意な視力低下は無いが、ARコーティングフィルターで負荷が少ない
 - (3) 調節安静位：フィルター無しで接近の傾向が強い。マット処理フィルターが接近の傾向が最も小さい。ARコーティングでははっきりしない。
 - (4) 自覚症状：どの条件でも作業の進行に伴い視覚疲労兆候出現。条件間の差は無い。

入射照度による視認性の劣化が少ないLCDでも鏡面反射防止が重要

28

機器 × 作業環境：CRT画面の見にくさが 身体局所疲労に及ぼす影響



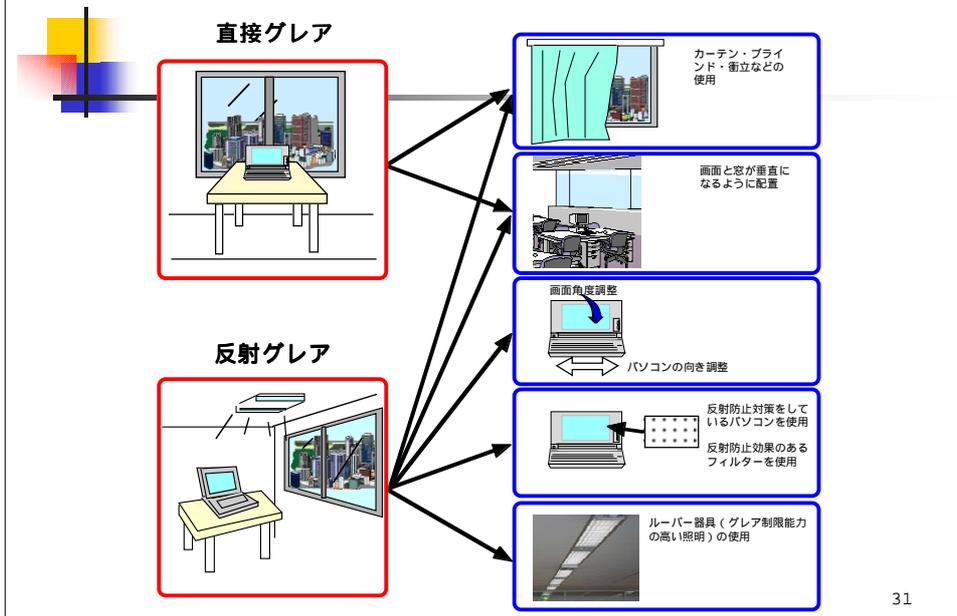
(Nishiyama, Nakaseko & Uehata, 1984) 29

作業姿勢のポイント（様々な調節）



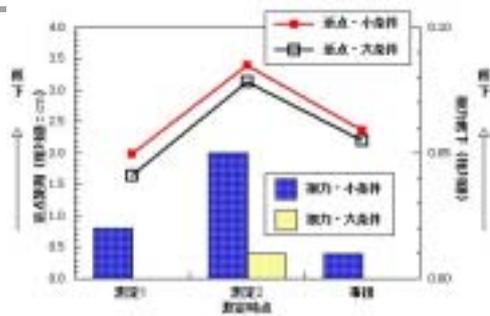
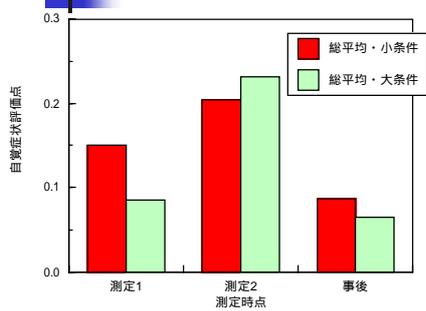
30

様々な改善（グレア防止の例）



31

高齢者VDT作業における文字の拡大効果（現場実験）



- ある事業所において、通常VDT業務をタスクとして、小文字（4.2mm）条件と大文字（5.2mm）を被験者内計画で比較
- 疲労主観評価、視力、近点はVDT作業時間につれて悪化（主観評価と機能変化に対応あり）
- 作業負担は小条件で強い傾向 大きな文字は高齢者の負担を低減

32

大学生のVDT実態調査（質問紙法）

調査対象者数	平均年齢	学校PCタイプ	自宅PCタイプ	テレビタイプ
全体：129	19.5	note：43	note：86	CRT：66
男性：92		デスクPC：28	デスクPC：30	LCD：37
女性：37				PDP：2
				不明：31

- ・ VDT作業環境（学校、自宅）
- ・ VDT機器（パソコンタイプ、ディスプレイタイプ、サイズなど）
- ・ VDT作業日誌（1週間）を記入させた

33

VDT作業日誌の例

日付	開始時間	終了時間	内容	姿勢	興味度	疲労度
2006.10.19	7:57	8:54	アンビリーバボー	ソファァー・座	5	1
2006.10.20	7:00	8:00	めざましテレビ（フジ）	ソファァー・座	2	1
2006.10.23	20:00	21:00	世界まる見え（日テレ）	ソファァー・座	5	1
	22:00	22:54	SmapSmap（フジ）	ソファァー・座	ND	ND
2006.10.24	16:30	18:00	基礎情報処理	学校・椅子	2	1
	22:00	22:54	僕の歩く道（フジ）	ソファァー・座	5	1
2006.10.25	12:25	12:40	ネットで英語宿題	椅子・座	1	1
	21:00	22:00	世界仰天ニュース（日テレ）	ソファァー・座	5	5
2006.10.26	23:15	0:10	オーラの泉（テレ朝）	ソファァー・座	5	1
	7:30	8:00	めざましテレビ	ソファァー・座	2	1

34

加工したデータの例

ディスプレイ	サイズ	作業	姿勢	興味度	疲労度
LCD	12	ネット閲覧	学習机・椅子	5	5
LCD	15	Mixi	学校PC机・椅子	5	4
CRT	14	バラエティ	ベッド・寝	2	4
CRT	14	ドラマ	床・もたれかけ	4	4
LCD	不明	Mixi	椅子・座	4	5
CRT	14	バラエティ	学習机・椅子	3	4
CRT	14	ドラマ	学習机・椅子	5	4
LCD	不明	Mixi	学習机・椅子	5	5
CRT	14	バラエティ	椅子・座	3	3

35

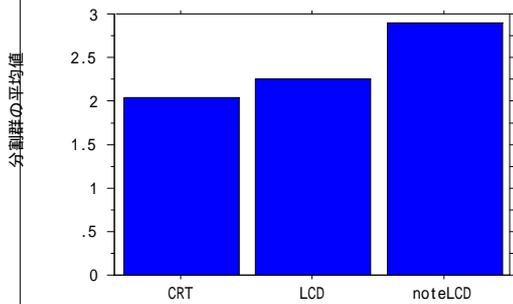
結果：ディスプレイ種別サイズ平均

ディスプレイ種類	全体	使用場所（設置場所）			
		学校	自宅居間	自宅自室	下宿自室
CRT	22.2		25.8	16.8	18.9
LCD	20.0	15.0	22.7	16.7	18.8
noteLCD	14.3	14.8	14.7	14.0	14.6
全体	18.4	14.9	25.1	15.9	17.9

学校のパソコン室、その他ではCRTが使用されていない。

36

結果：ディスプレイ別の疲労度平均

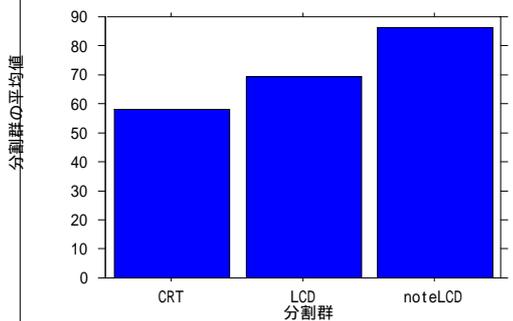


■ 主効果が認められた
($p < 0.01$)

分割群	平均値の差	棄却値	p値	
CRT, LCD	-.202	.147	.0072	S
CRT, noteLCD	-.847	.172	<.0001	S
LCD, noteLCD	-.645	.185	<.0001	S

37

結果：ディスプレイ別作業時間平均

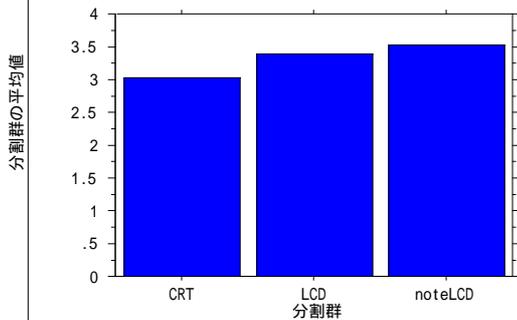


■ 主効果が認められた
($p < 0.01$)

分割群	平均値の差	棄却値	p値	
CRT, LCD	-11.282	7.971	.0056	S
CRT, noteLCD	-28.128	9.376	<.0001	S
LCD, noteLCD	-16.846	10.045	.0010	S

38

結果：ディスプレイ別の興味度

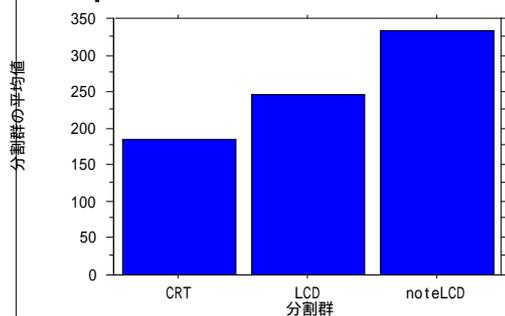


■ 主効果が認められた
($p < 0.01$)

	平均値の差	棄却値	p値	
CRT, LCD	-.341	.146	<.0001	S
CRT, noteLCD	-.497	.171	<.0001	S
LCD, noteLCD	-.156	.184	.0960	

39

結果：ディスプレイ別の興味度×作業時間（分）



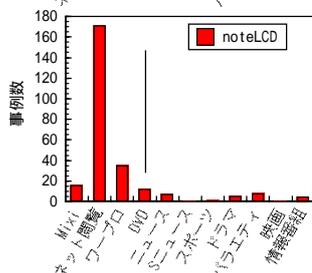
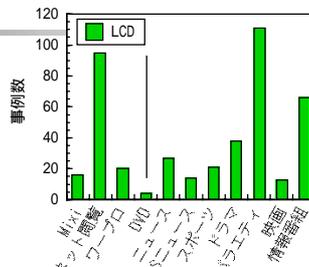
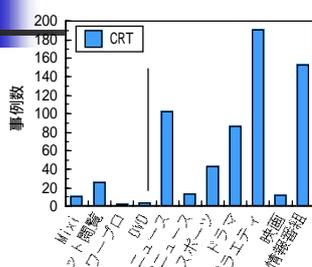
■ 主効果が認められた
($p < 0.01$)

ディスプレイ間の差が
より明確になった

	平均値の差	棄却値	p値	
CRT, LCD	-60.544	36.621	.0012	S
CRT, noteLCD	-146.119	43.023	<.0001	S
LCD, noteLCD	-85.575	46.084	.0003	S

40

結果：ディスプレイと作業種類



パソコンの特性に依存して、ある程度特定の作業がなされている傾向がみられる

41

結果：作業別疲労度との相関1

作業内容	要因	相関	例数
合計	時間	0.235	1317
	興味度	0.327	1302
	興味度×分	0.253	1315
	興味度/分	-0.070	1314
ネット閲覧	時間	0.162	291
	興味度	0.287	287
	興味度×分	0.156	291
	興味度/分	-0.239	290
ワープロ	時間	0.386	57
	興味度×分	0.320	57
	興味度/分	-0.510	57
Mixi	興味度	0.646	42
	興味度×分	0.364	42

興味度が高いと疲労度も高い
1分あたりの興味が高いと疲労度低い傾向

興味度が高いと疲労度も高い
1分あたりの興味が高いと疲労度低い傾向

1分あたりの興味が高いと疲労度低い傾向

興味度が高いと疲労度も高い

42



結果：作業別疲労度との相関2

DVD	興味度 / 分	-0.462	19	
ニュース	時間	0.409	134	興味度高く時間が長い場合、 疲労度高い傾向
	興味度	0.293	133	
	興味度 × 分	0.529	133	1分あたりの興味が高いと疲 労度低い傾向
	興味度 / 分	-0.194	133	
スポーツ ニュース	興味度	0.492	27	興味度が高いと疲労度も高い
情報番組	時間	0.190	222	疲労度自体あまり大きくない
	興味度	0.159	222	
	興味度 × 分	0.216	222	
バラエティ	興味度	0.222	301	
	興味度 × 分	0.145	307	
映画	興味度	0.402	25	興味度が高いと疲労度も高い
ドラマ	時間	0.160	128	
	興味度 / 分	-0.197	128	

43



実態調査まとめ

- ノートPCを含め、PCのモニタはLCDが主流（Web調査と一致）
- 一連続作業後の疲労度と相関が高いのは、作業時間
- ディスプレイの種類（PCの種類）と作業内容には関連がある傾向（ノートPCでは、興味度が高く、作業時間も長い傾向）
- 興味のある作業は短時間であれば疲労を感じにくい傾向がある
- 興味のある作業を長時間続けると、疲労度も強い傾向
- テレビ番組のタイプにより、作業時間、興味度、疲労度の程度は異なる

44



視覚負担低減の指針と ディスプレイ要件

Dillon (1996) による 視覚負担低減の指針	対応する ディスプレイ要件
視距離の確保 (65cm以上)	薄いこと
大きめの文字を使用	大型(かつ薄いこと)
長時間作業の回避	タイマー付き
照明・補助照明の活用	反射防止加工
文字の視認性向上	高品質文字(ディスプレイ性能+フォント)
反射グレアの低減	反射防止加工

FPDの諸特性が視覚負担低減に有利に働く可能性が高い
(クリア加工には注意が必要、ノートパソコンと使い方にも注意が必要)

45



ご静聴有り難うございました。

46