

【研究ノート】

Visual Display Terminal作業ガイドラインに沿った
教育分野における情報機器利用時の留意事項と課題平 和樹^{1)*}, 宮本友弘²⁾

1) 東北大学大学院 教育学研究科, 2) 東北大学高度教養教育・学生支援機構

タブレット端末やスマートフォンの普及に伴い、ICT (Information and Communication Technology) 活用のための情報機器 (ICT 機器) が今後益々教育の場に導入され、活用が進んでいく状況にある。その一方で、これらICT機器を教育に活用する場合、視覚疲労などの健康影響も懸念される。このため、これらのICT機器を教育に活用していく際の指針やガイドラインが発行されているが、これらは、事務作業者の保護を目的としたVisual Display Terminal (VDT) 作業ガイドラインを参考に制定されたものであり、関連するISO国際標準規格も存在する。VDT作業による視覚疲労は、照明環境、作業姿勢や利用時間、作業内容などが複合的な要因として関係するが、その中でもディスプレイに関する表示特性は重要である。

本稿では、VDT作業に関連するガイドライン、特にディスプレイの視認性について注目し、その内容と関連研究を整理する。その上で、教育分野にICT機器を利用していく際に留意すべきとされる事項との関係性を示し、今後取り組んでいかねばならない研究課題を提起する。

1. はじめに

近年、初等中等教育を中心にICT (Information and Communication Technology) 教育の普及施策が進められている (文部科学省 2016)。大学などの高等教育においても、ICT教育のための情報機器 (以下ICT機器と表記) を利活用した教育を推進する方針 (文部科学省 2018a) のもと、多様なメディアを利用した遠隔授業を実施する大学が年々増加している (文部科学省 2017)。更に、昨今の新型コロナウイルス感染防止施策の中、PCやタブレット端末などを利用してオンライン授業を受講する機会が増えている。教育の場面で利用されるICT機器としては、プロジェクタや大型デジタルテレビなど一斉提示を行う大型提示装置やコンピュータに加え、近年ではタブレット端末の導入が進んでいる。これらのICT機器を利用した教育活用は、Visual Display Terminal (VDT) を用いた、いわゆるVDT作業を教育の場で行っていることに他ならない。

VDT作業には、オフィスにおける事務作業者の健康保護を目的とする、厚生労働省によるガイドライン (厚生労働省 2019)、また、「人とシステムのインタラクション」の観点からISOに定められた国際標準規格

(福住ほか 2014) が存在する。近年、これらのVDT関連ガイドラインを参考とした「児童生徒の健康に留意してICTを活用するためのガイドブック」(以下「ICT活用ガイドブック」と表記) が発行された (文部科学省 2014)。しかしながら、元々デスクトップコンピュータでのデータ入力・検索・照合などの作業を起点とするVDT作業と、教育用コンテンツの視聴を中心としてきた教育におけるICT活用の場面では利用内容に相違する部分も多い。

VDT作業における健康配慮の対象範囲は、目の疲労、肩や腰への負担など筋骨格系の症状、ストレスなど広範囲に亘っている。その中でも、目の疲労の初期段階である視覚疲労は視力の低下など、若年者であっても長期的な症状が定着し、健康が損なわれやすい点で注目すべきと考える。令和元年度 (2019年度) の学校保健統計調査結果 (文部科学省 2020a) においても、裸眼視力1.0未満の者は小学校、中学校及び高等学校においても過去最多となった。

視覚疲労は、ディスプレイの視認性に直結する健康懸念である。ディスプレイの視認性は、利用環境や利用方法だけでなく、情報機器の選択や調整に依存する性質であり、利用する情報機器をよく理解し、適切な

*) 連絡先: 〒980-8576 仙台市青葉区川内27-1 東北大学大学院 教育学研究科 taira.kazuki.t7@dc.tohoku.ac.jp

表示条件に調整していくことが求められる。その一方で、教育の現場では、まだまだこのような課題への認識や対応が十分に為されているとは言い難い。

本稿では、VDT作業におけるディスプレイの視認性に注目し、教育における情報機器利用におけるディスプレイの視認性と視覚疲労などの健康懸念の関係について検討する。特に、ディスプレイの視認性に関してISO国際標準規格に定められた内容や、視覚疲労に関する先行研究の内容を踏まえながら、今後教育現場でタブレット端末など新しい情報機器が普及するに伴い顕在化してくると思われる課題を整理し明らかにする。

2. VDT作業に関するガイドライン

2.1. VDT作業ガイドラインとは

VDT作業とは、VDT機器を使用して、データの入力・検索・照合、文章・画像などの作成・編集・修正、プログラミング、監視などを行う作業を指す。ここで、VDT機器とは、CRTディスプレイ（以下CRTと表記）や液晶ディスプレイ（以下LCDと表記）などの文字や図形などの情報を表示する出力装置（ディスプレイ）と、キーボードやマウスなどの入力装置で構成される機器のことを指す（厚生労働省 2008）。

VDT作業に関するガイドラインは、主にオフィス環境でPC作業を行う事務作業者の保護を想定し、厚生労働省管轄の下、発行、改訂が重ねられてきた。学校教育におけるICT機器利用の機会が増える中、「ICT活用ガイドブック」は、このガイドラインを参考に作成されたものである。従って、このVDT作業に関するガイドラインの内容を把握し、更にはVDT作業の中でも視覚に関する健康懸念に密接に結びついているディスプレイ関連規格について詳細を理解、把握することが有益と思われる。

2.2. VDT作業関連ガイドライン発行・改訂の経緯

わが国では、昭和60年（1985年）に「VDT作業のための労働衛生上の指針について」が、CRTの利用を念頭に発行された（労働省 1985）。その目的は、作業環境管理、作業管理及び健康管理などの労働衛生管理が適切に行われることであった。健康管理の内容として、視力検査などの眼科学的検査及び、筋骨格系に

関する他覚的検査などが健康診断の項目として盛り込まれたが、その診断項目数から、目に関する健康管理が主たる内容となっていた。また、定期健康診断においても、目の疲労に関する自覚症状の有無の調査が盛り込まれているなど、VDT作業による目の疲労は、VDT作業者の健康管理において主たる関心項目であったと考えられる。

平成14年（2002年）には、VDT作業従事者の増大、ノート型パソコンの普及などを背景に、「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン」が改訂版として発行された（厚生労働省 2002）。そして令和元年（2019年）、「VDT作業」を「情報機器作業」と改め、17年振りに「情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドライン」（以下「情報機器作業ガイドライン」と表記）に改訂された（厚生労働省 2019）。この改訂では、作業に対する基本的な考え方は維持された。しかし、タブレット端末やスマートフォンなどのモバイルデバイスが普及し、更に作業従事者が増大しつつ年齢層が拡大してきたこと、VDTという用語が一般に馴染みがないことを踏まえ、「VDT」が「情報機器」に置き換えられ、多様な働き方に対応できるよう健康管理を行う作業区分の見直しが行われた。

「情報機器作業ガイドライン」において定められた情報機器作業は、「パソコンやタブレット端末等の情報機器を使用して、データの入力・検索・照合等、文章・画像などの作成・編集・修正等、プログラミング、監視等を行う作業」と定義されており、情報機器としてタブレット端末も明示された。但し、作業内容については前ガイドラインと同一のままである。

「情報機器作業ガイドライン」では、作業環境管理項目として、照明及び採光、情報機器（デスクトップ型機器、ノート型機器、タブレット端末・スマートフォン等）における留意事項、ソフトウェア、椅子、机又は作業台、騒音の低減措置などが挙げられ、それらの内容が定められた。また、作業管理として作業時間、作業姿勢やディスプレイ、入力機器、ソフトウェアの調整に関する要件、留意事項が定められた。例えば、一連続作業時間及び作業休止時間については、一連続作業時間が1時間を超えないこと、また、次の連続作業までの間に10～15分の作業休止時間を設け、且つ、

一連続作業時間内において1～2回程度の小休止を設けること、ディスプレイとの視距離は概ね40cm以上を確保すること、表示する文字の高さが概ね3mm以上とすること、などの定量的なガイド値が設けられた。

3. VDT作業におけるディスプレイの視認性と視覚疲労

3.1. VDT作業における視覚疲労の発生要因

目の疲労において、視覚疲労 (visual fatigue) は一時的な症状として、時間的経過と共に回復しうる、目の軽微な生理的疲労を表す。視覚疲労は、病理診断が下されるような重篤な症状を示す場合に使われる眼精疲労 (asthenopia) と一般には区別されるが、生理的疲労と病的疲労を明確に区分することは容易ではない (鈴木 1981)。本稿では、これらの用語を先行研究に倣って使い分けることにするが、特段の断りが無い場合は視覚疲労の用語を用いることとする。

VDT作業によって生じる目の疲労については、様々な症状が報告されている。症状としては、焦点が合いにくい (調節機能の低下)、二重に見える (複視)、ドライアイに伴う目の痛みや痒み、頭痛などが挙げられる。また、目の疲労の原因として、Coles-Brennan et al. (2019) は目の調整機能や瞬き回数の低下、コンタクトレンズの装着など目に関する要因の他、作業姿勢、照明や温度・湿度などの環境要因を挙げているが、目の疲労分類にデバイス関連項目を設け、デバイスすなわちディスプレイに関する要因として、表示画面サイズや表示解像度、コントラスト、照明による反射などを列挙している。すなわち、ディスプレイの表示特性と照明などの周囲環境、更には視距離などの観視条件からディスプレイの視認性が決まり、そのディスプレイ視認性の良否が視覚疲労の誘起に影響を及ぼしているとした。

3.2. ディスプレイの視認性と視覚疲労

ディスプレイに起因する視認性と視覚疲労の関係については、ディスプレイ表示技術の発展に伴い、様々な評価検討が行われてきた。ここでは、その歴史的な経緯を振り返ることで、ディスプレイ表示方式の変遷に伴う視認性、視覚疲労に関する先行研究について概観する。

CRTによるVDT作業が本格化する以前は、印刷物を用いた机上作業について、照明環境による視覚疲労への影響に関する研究が行われていた。例えば、阪口・永井 (1974) は紙質の異なる用紙にランドルト環を多数印刷し、照明環境の異なる条件で読み取り作業後の目の調節応答時間を計測することにより、均一な照度分布と照明から直接反射してくる正反射成分の低減が目の疲労負担軽減に有効であることを示した。

その後、CRTの普及とオフィス作業への導入本格化に伴い、CRTにおける様々な要因に対する視覚疲労影響について多くの研究が行われた。例えば、吉武ほか (1985) は、室内照度を0lx, 500lx, 3000lxとした3条件に対し、CRT発光部の画面輝度を50cd/m²として、CRTを2時間注視するVDT作業を成人男子6名に課した。その結果、近点調節距離の時間経過と自覚症状検査から、室内照度500lx以上に適正照度があると結論付けた。また、吉武・岩永 (1986) は、室内の水平面照度550～600lx、垂直面照度300lxの照明条件において、CRT発光部の画面輝度を5, 24, 50cd/m²の3条件として、画面中に表示される数字の探索作業を2時間課し、CRTの画面輝度推奨値が30cd/m²であることを導いた。

1990年代以降は、LCDの普及に伴って、表示方式の違いに由来するCRTとの表示特性差に注目した観点から、LCDの視認性及び視覚疲労に関する研究が行われた。例えば、吉武・田村 (1994) は、LCDに要求される「好ましい」表示輝度がCRTよりも低いことを明らかにした。また、窪田 (1996a) は、被験者30名の主観評価から、LCDの表示輝度とコントラストの等評価尺度曲線を求め、水平面照度500lxの条件下では、表示輝度100cd/m²を中心とする範囲でコントラスト10以上に最適条件があることを示した。

現在一般的に利用されているLCDは、LCDの背面に設けられたバックライトの照明光がLCDを透過することにより表示が行われることから、「透過型」LCDに分類される。これに対し、モバイル利用時における消費電力低減要求や、屋外利用時の外光環境下でも見やすいなどの理由から、バックライトを利用せず、印刷物と同じように外光を反射することにより表示が行われる「反射型」のLCD、即ち反射型LCDの

研究開発が活発化した。この状況を背景として、窪田 (1996b) は、反射型LCDを疑似的に摸した印刷サンプルを用い、その明度 (反射率) とコントラストに関する好ましい表示条件を主観評価により明らかにした。

反射型ディスプレイについては、現在LCDとは異なる表示方式に基づく、一般に「電子ペーパー」と呼ばれる表示方式が電子書籍端末などに採用されてきている。電子ペーパーは視野角が広く、印刷物に近い視認性のため、印刷物やLCDなど他のディスプレイ方式との対比による視覚疲労評価が報告されている。例えば、磯野ほか (2005) は、電子ペーパー方式の電子書籍を用いて90分連続の読書を行い、視覚疲労の客観指標として調節近点距離、調節緊張時間、調節緩和時間の時間的変化量を測定し、文庫本を用いた読書との有意差が無いことを示した。また、坂本ほか (2008) も、120分の読書と調節近点距離評価により、電子ペーパーと書籍、LCDのうち、LCDのみが有意に近点距離が増加する (視覚疲労が大きい) 結果を得た。

画面上でタッチ入力可能なタブレット端末やスマートフォンなど、最近のモバイル機器を利用した視覚疲労に関する研究に関しては、Kim et al. (2017) が59名の成人男女を対象に、タブレット端末 (iPad) 上で1時間コンピュータゲームを行った後の質問調査と視機能調査を行い、視覚疲労が有意に生じたことを報告している。また、7~12歳の子ども630名を対象に、眼科検診とスマートフォン利用時間の関係を調査した結果では、子どものスマートフォン利用時間と小児ドライアイ疾患に強い関係性があることが報告されている (Moon et al. 2016)。

4. ディスプレイの人間工学的要件に関する国際標準規格

4.1. ディスプレイに関するISO国際標準規格

ディスプレイに関する国際標準化は、IEC (International Electrotechnical Commission, 国際電気標準会議) とISO (International Organization for Standardization, 国際標準化機構) で主に活動が行われている。IECの技術委員会TC110 (Electronic displays) では、主に様々なディスプレイ方式に対する表示特性の計測法に関する標準化が行われている。

これに対し、ISOでは人間工学に関する標準化活動を行うISO TC159 (Ergonomics) 組織下に、サブ委員会SC4 (Ergonomics of human-system interaction) のワーキンググループとしてWG2 (Visual display requirements) が設けられ、人間工学に基づく視覚特性からディスプレイに対する要求特性に関する国際標準化が行われている (池野ほか 2016)。

ISO TC159/SC4/WG2では、1992年にモノクロモニタに関する要求事項についてISO 9241-3 (ISO 1992) として国際標準規格が発行された。国内ではJIS規格JIS Z 8513「人間工学-視覚表示装置を用いるオフィス作業一視覚表示装置の要求事項」として平成6年 (1994年) に発行された。その後、カラーCRTの表示色に対する要求事項 (ISO 1997) や、表面反射と映り込みに対する要求事項 (ISO 1998) が策定され、更に適用範囲がLCDに拡大された国際標準規格 (ISO 1999; ISO 2001) が発行された。

これらの国際標準規格は、その後体系が見直され、ISO 9241-300サブシリーズとして統合された。ISO 9241-300サブシリーズでは、ディスプレイ表示方式や用途の違いに関わる部分、例えばディスプレイ表示特性の光学的評価方法などについてはISO 9241-304~307の改正で対応する方針とし、ディスプレイ方式によらない、共通で普遍的なディスプレイの人間工学的観点からの視認性要求事項を抽出し、ISO 9241-303にまとめることとなった (ISO 2008)。ISO 9241-303 "Ergonomics of human-system interaction - Part 303: Requirements for electronic visual displays" は2008年に発行された後、2011年に改訂が発行され (ISO 2011)、2017年の見直しを経て現在に至っている。前章に述べた「情報機器作業ガイドライン」では、ディスプレイの人間工学上の要求事項についてISO 9241-300シリーズを参照するよう示されている。

このように、ISO 9241-303は電子ディスプレイ (Electronic Visual Display) に対する視認性要求を一般的な形式で定めた国際標準規格であり、ディスプレイ表示方式やタスク、利用環境について共通的な、通常の視覚特性を有するユーザーに対し快適な視認性を与えるための特性要求や推奨値が記載されている。

4.2. ISO 9241-303における視認性要求

ISO 9241-303では、表1に示すように8つの主要分野に対する視認性要求が示されている。これらの視認性要求は、ディスプレイデバイスの表示特性のみで決まるものではなく、ユーザーがディスプレイを利用する周囲環境、視認する条件、表示するコンテンツが相互に関連し合ったものになっている。これらの主要分野のうち、教育現場で活用される際に重要と思われる要求事項を中心に、各主要分野の概要を述べる。

表1 ISO9241-303における要求事項の主要分野

| |
|---|
| 観視条件 (Viewing Conditions) |
| 輝度 (Luminance) |
| 設置環境 (Special Physical Environments) |
| 視認性アーチファクト (Visual Artefacts) |
| 可読性と読みやすさ (Legibility and Readability) |
| 情報コーディングの可読性 (Legibility of Information Coding) |
| グラフィックスの可読性 (Legibility of Graphics) |
| 忠実性 (Fidelity) |

4.2.1. 観視条件 (Viewing Condition)

ディスプレイに表示された情報を素早く、正確に、負担少なく読み取るために、ディスプレイ設計上の視距離と視認方向、ユーザーの視線方向と頭の傾きなどが規定されている。このうち、設計視距離については、成人の最短視認距離を考慮して300mmを下回らないことが求められている。

4.2.2. 輝度 (Luminance)

画面に表示された情報を視認するためには、画面の背景に対し十分なコントラストが必要となる。画面のコントラストは周囲の照明環境により変動するため、様々な作業環境に適応して輝度バランスをとるための表示輝度を調整する手段の提供が求められている。

表示輝度は、表示情報を十分認識できるような輝度を確保する必要があり、ディスプレイ表面の拡散反射と鏡面反射を考慮した上で、所定のコントラストを確保できるように最小輝度（最暗表示時の輝度）を定め

る必要がある。Annex Dには、コントラストの許容値と最小輝度の関係を示す、過去の国際標準規格 (ISO 1992 ; ISO 2001) に定められた曲線と幾つかの研究事例が紹介されている。また、具体例として、水平照度500lxにおいて反射率80%のポジティブ表示を行うオフィスアプリケーションの場合、ディスプレイの輝度が100~150cd/m²の範囲にあることを推奨されることが多い、と記載されている。

4.2.3. 設置環境 (Special Physical Environments)

ディスプレイの設置環境として、振動、風雨、温度について設計時に考慮すべきガイドラインが記載されている。

4.2.4. 視認性アーチファクト (Visual Artefacts)

ディスプレイ表示技術が理想的ではないために、外界の反射や視知覚現象による意図しない画像などが、アーチファクトとして表示情報との競合を引き起こす場合がある。項目として、輝度の不均一性、色の不均一性、コントラストの不均一性、幾何学的歪み、画面の欠陥、フリッカー、ジッター、モアレ、クロストークなどの不安定要因、不要な反射、意図しない色立体視効果が挙げられている。

この中で、不要な反射については、コントラスト低下を避けるため、必要に応じてアンチグレア処理や反射防止処理を施し、避けられない反射成分を可能な限り小さくすることが求められている。

4.2.5. 可読性と読みやすさ (Legibility and Readability)

ディスプレイに表示された文字の可読性を確保するために留意すべき事項を挙げており、4.2.2と同様、Annex Dに基づく輝度コントラストの条件、画像極性 (ポジティブ/ネガティブ表示) に加え、文字高、文字サイズなど文字表示に関連する項目の要求事項が述べられている。

4.2.6. 情報コーディングの可読性 (Legibility of Information Coding)

画面に表示されている情報を他の表示情報と区別するためのコーディングに関する項目として、輝度、点

減, 色, 幾何学的形状が取り上げられている。

4.2.7. グラフィックスの可読性 (Legibility of Graphics)

グラフィカルなシンボルを用いる際に, 読み取りやすいサイズやコントラスト, 色に対する要求事項が記載されている。

4.2.8. 忠実性 (Fidelity)

実世界を静止画あるいは動画として忠実に表示するための項目として, 色域, ガンマ特性, 動画表示特性, ピクセル解像度などが項目として挙げられている。

4.3. 学校教育における ICT 機器利用を想定した際における ISO9241-303 視認性要求との関連性

前節で述べたように, ISO 9241-303 においては, ディスプレイに対する人間工学的観点からの視認性要求事項が 8 つの主要分野について述べられているが, ここでは, 学校教育において ICT 機器を利用する場面を想定した際に, この中から関連深いと思われる主要分野, 項目を抽出する。

まず, ディスプレイの基本的な表示特性である, 輝度に関する要求事項は重要である。表示輝度とコントラストが, 教育現場における照明環境に応じて適切な範囲に調整されていることが重要となる。また, 照明環境に関連して, 視認性アーチファクトにおける不要な反射への対処も重要である。

可読性と読みやすさ, 情報コーディングの可読性, グラフィックスの可読性, 忠実性に関しては, 表示コンテンツに大きく依存する分野である。例えば, 共通のコンテンツを複数の ICT 機器に各々表示する場面を想定した場合, 利用する ICT 機器のディスプレイ表示特性の違いによって可読性に影響を与える可能性がある。特に, 利用する ICT 機器がタブレット端末とスマートフォンなどのようにサイズが大きく異なる場合, 表示されるフォントサイズが変化することから可読性に影響を与えることが予想される。

観視条件については, ICT 機器に搭載されているディスプレイの設計が要求事項に適合しているか否か, が問題になる可能性は小さいと思われる。むしろ, ICT 機器の利用実態が, ディスプレイ設計時に想定さ

れている観視条件を大きく逸脱していないか, を確認することがポイントとなると思われる。

不要な反射を除く視認性アーチファクトについては, 利用する ICT 機器の違いによって大きな差異が生じるとは考えにくい。CRT や LCD, 電子ペーパーなど, ディスプレイ表示方式が異なる ICT 機器を併用する際に, ディスプレイ表示方式の特性により特性上の差異を生ずる可能性はあるが, 視認性に対し著しい悪影響を及ぼす可能性は少ない, と考えられる。

5. 学校教育における ICT 機器利用の本格化と健康懸念への配慮

5.1. ICT 機器の普及状況

令和 2 年 (2020 年) 3 月における文部科学省の調査では, 小学校, 中学校, 高校における普通教室へ導入されたプロジェクタ, デジタルテレビ, 電子黒板などの大型提示装置の整備率は 59.2% と半数を超え, 教育用コンピュータ 1 台あたりの児童生徒数は 4.9 人と, 平成 20 年 (2008 年) の調査以降初めて 5 名より少ない人数となった (文部科学省 2020b)。また, 平成 31 年 (2019 年) の学校教育法一部改正による「デジタル教科書」の制度化に呼応して, タブレット端末の導入も進みつつある。全国の高等学校を対象とする 2020 年のアンケート調査結果では, タブレット型 PC を導入している高校は 48.0% と 3 年前の調査結果に比較して 18.4% 増加しており, 生徒 1 人に 1 台配備を行っている高校も 21.3% と 2 割に達した (旺文社 2020)。

また, 授業に限定しない場合, 新型コロナウイルスによる小中学生の ICT 利用時間への影響について, 2019 年は 1 日平均 58.5 分だった利用時間が, 自粛期間中は 129.7 分に倍増し, 6 月の調査時点でも 79.2 時間と増加したままとなっている, という報告も寄せられている (近視予防フォーラム 2020)。

5.2. 学校教育における VDT 作業の増大

学校教育における ICT 機器利用状況については, 例えば 2008 年に行われた研究では, 小学校の普通教室で効果的と考えられる ICT 利用場面は, プロジェクタを用いて写真や実物, 考え方を示す場面が多数であった (高橋・堀田 2008)。その後, 児童生徒に一人

一台のコンピュータが整備されている場合を想定して行われた2017年の調査では、教員と児童生徒がICT機器をどのように利用しているかについての調査が行われた。その結果、児童生徒がICT環境を利用する場面として、①PC上で閲覧する、②データを書き込む（入力する）、③データを保存する、④データを送る、の4つに集約された。このうち、ICT機器の操作頻度を場面毎にカウントすると、①の閲覧が625回中289回と最も多い結果となった（三菱総合研究所 2017）。また、同様に小学校におけるタブレット端末を活用した学習活動についての先行研究でも、文章や図・写真を表示させる機能を利用する回数が最も多い結果となった（高橋ほか 2016）。このように、タブレット端末などの普及により、大画面に教材を提示する授業形態から、児童生徒一人一人がICT機器を操作して情報を閲覧する、といった利用が増えてきている。

大学教育においては、遠隔授業を実施する大学は2017年度には28.1%と4年前に比べ7.5%増加し、講義にeラーニング自習やインターネット上でのグループワークを取り入れている大学は46.1%と半数近くとなっている（文部科学省 2020c）。また、新型コロナウイルス感染拡大防止を目的として、全面的に遠隔（オンライン）授業に切り替えた大学がその影響についてアンケート調査を実施し、調査結果を公開している。このうち、神奈川大学によるアンケート調査結果（複数回答）によれば、利用するICT機器について自己所有のPCと回答した学生は84.8%に達したが、スマートフォンを利用する学生も22.5%、タブレット端末利用者も8.6%存在する、という結果であった（神奈川大学 2020）。

5.3. 学校の教室における照明環境及びディスプレイ視認性に関連する学校環境衛生基準

ディスプレイの良好な視認性を確保するためには、室内の照明環境など、利用環境の整備がまず重要となる。学校での環境整備については、学校保健安全法に基づき、学校環境衛生基準が平成21年（2009年）に定められ、その後平成30年（2018年）に一部改正された（文部科学省 2018b）。学校環境衛生基準においては、採光及び照明の検査項目に関し、表2に示す基準が設

けられている。

この中で、特にまぶしさ（グレア）については、生理的、心理的な疲労に直接影響するとし、まぶしい箇所やその原因を積極的に見つけて対策を行うことが推奨されている。

表2 教室等の照明環境に係る学校環境衛生基準

| 検査項目 | 基準 |
|------|---|
| 照度 | (ア) 教室及びそれに準ずる場所の照度の下限值は、300lx（ルクス）とする。また、教室及び黒板の照度は、500lx以上であることが望ましい。 (イ) 教室及び黒板のそれぞれの最大照度と最小照度の比は、20:1を超えないこと。また、10:1を超えないことが望ましい。 (ウ) コンピュータを使用する教室等の机上の照度は、500～1000lx程度が望ましい。 (エ) テレビやコンピュータ等の画面の垂直面照度は、100～500lx程度が望ましい。 (オ) その他の場所における照度は、工業標準化法（昭和24年法律第185号）に基づく日本工業規格（以下「日本工業規格」という。）Z9110に規定する学校施設の人工照明の照度基準に適合すること。 |
| まぶしさ | (ア) 児童生徒等から見て、黒板の外側15°以内の範囲に輝きの強い光源（昼光の場合は窓）がないこと。 (イ) 見え方を妨害するような光沢が、黒板面及び机上面にないこと。 (ウ) 見え方を妨害するような電灯や明るい窓等が、テレビ及びコンピュータ等の画面に映じていないこと。 |

5.4. 「デジタル教科書」制定に連動した健康懸念への配慮

5.4.1. 「デジタル教科書」使用基準の設定

平成30年(2018年)に学校教育法等の一部を改正する法律が公布され, 法律が施行される平成31年(2019年)4月1日から「デジタル教科書」が小中高等学校に導入された。これに伴い, 「学校教育法第34条第2項に規定する教材の使用について定める件」(平成30年文部科学省告示第237号)が平成30年(2018年)12月27日付けで公布された(文部科学省 2018c)。ここでは, 「デジタル教科書」を使用する授業時間が各教科の授業時間の1/2に満たないこと, また, 採光及び照明を適切に行うこと, その他児童生徒の健康を保護する観点から適切な配慮がなされていること, などが基準として設けられた。

「デジタル教科書」の制定以後, 令和2年(2020年)に入り, 児童生徒一人一台の端末環境におけるデジタル教科書・教材の活用促進に関する検討を目的とした, 「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議」が設置された(文部科学省 2020d)。この検討会議における最終報告では, デジタル教科書の使用を各教科等の授業時数の1/2に満たないこととする現行基準について, 児童生徒の健康に関する留意事項について周知・徹底を図ることを前提として撤廃することが適当である, と結論付けられた。ここで, 児童生徒の健康に関する留意事項として, 長時間に亘って端末の画面を注視しないようにすること, 具体的には, 授業において30分に1回, 20秒程度画面から目を離して目を休めるよう指導すること, 端末画面との視距離について, 20cmの視距離を避け, 30~50cm離して見る必要がある, との意見が最終報告に盛り込まれた。

5.4.2. 「ICT活用ガイドブック」の発行

「デジタル教科書」の制定に先立ち, 平成23年度(2011年度)から平成25年度(2013年度)にかけて実施された, 文部科学省「学びのイノベーション事業」において, 授業でICT機器を使う際に, 生徒の健康にどのような配慮を行うべきかをまとめた, 「ICT活用ガイドブック」(正式名「児童生徒の健康に留意してICTを活用するためのガイドブック」)が平成26年(2014年)

に発行された(文部科学省 2014)。このガイドブックでは, ICT活用に取り組む教員が, 児童生徒の健康面への影響に配慮すべき事項を改善の方策としてまとめたものとなっている(表3)。

タブレットPCの利用については, 改善の方策のポイントとして, 姿勢に関する指導, 画面への映り込みの防止, 使いやすさへの配慮が挙げられている。このうち, 姿勢に関する指導については, タブレットPCの置き方を工夫すること, 机と椅子の高さを適切に調整することなど, 児童生徒の姿勢をよくするための注意点が述べられている。画面への映り込みの防止については, 児童生徒の視線とタブレットPCの画面を直交する角度に近づけることで画面が見やすくなるよう, タブレットPCの角度を調節すること, その際に画面に照明が反射しないよう, 児童生徒が自分で画面の角度を調整するよう指導すること, 更に, 画面に反射防止用フィルタを取り付けること, が記載されている。また, 使いやすさへの配慮については, 画面の明るさ(輝度)を設定して見やすくするなど, 児童生徒自身で操作性の向上を図れるよう配慮すること, 同じ姿勢を長時間続けないこと, 長時間にわたってタブレットPCの画面を中止し続けないよう, 授業の実施方法を工夫することなどが具体的な改善の方策として挙げられている。

表3 「ICT活用ガイドブック」における改善方策

| 項目 | 改善方策のポイント |
|---------|--|
| 教室の明るさ | <ul style="list-style-type: none"> カーテンによる映り込みの防止 照明環境への配慮 |
| 電子黒板 | <ul style="list-style-type: none"> 画面への映り込みの防止 文字の見やすさへの配慮 |
| タブレットPC | <ul style="list-style-type: none"> 姿勢に関する指導 画面への映り込みの防止 使いやすさへの配慮 |

「ICT活用ガイドブック」発行の後, 日本人間工学会・子どものICT活用委員会は, 教員だけでなく児童生徒にも理解できる実用的なガイドライン(以下「子どものICT活用ガイドライン」と表記)を学会Webサイトに公開した(江川 2012; 柴田ほか 2016; 2017;

2019a). このWebサイトでは、授業でのICT機器利用を想定し、「ICT機器を用いる教室環境」と、「学習者用コンピュータを用いる学習場面」に分けて留意事項が示されている（日本人間工学会 2019）.

このうち、「ICT機器を用いる教室環境」では、授業において教員が留意すべき事項として、①カーテンによる画面への映り込み防止、②外光が映り込まない見やすい配置、③十分な視距離と姿勢の指導、④画面への映り込みの防止、⑤ケーブル配線など、安全で使いやすい機器配置、の5項目についてその対応策や工夫点が示されている。また、「学習者用コンピュータを用いる学習場面」では、4つの代表的な学習場面、①見る・読む、②書く・描く、③撮る、④発表する、における留意事項をまとめ、授業中に教員が留意するのみならず、児童生徒自身がそれらの点に配慮してICT機器を活用することが期待されている（表4）.

表4 「子どものICT活用ガイドライン」における代表的な「学習場面」の分類と留意事項

| 学習場面 | 留意事項 |
|-------|--|
| 見る・読む | <ul style="list-style-type: none"> ・正しい姿勢 ・十分な視距離 ・見やすい画面の位置と角度 ・蛍光灯などの映り込み防止 ・画面の明るさ調整 |
| 書く・描く | <ul style="list-style-type: none"> ・正しい姿勢 ・正しいペンの持ち方 ・描きやすい画面角度 ・無理のない手首の角度 ・指での操作とペン利用 |
| 撮る | <ul style="list-style-type: none"> ・両手で持ちやすい配慮 ・揺れの防止（映像を見る時の酔い防止） ・周囲の人や物への注意 ・安全な持ち運びと置き場所 |
| 発表する | <ul style="list-style-type: none"> ・グループの人への見やすさ ・画面への映り込み防止 ・見やすい文字や図の大きさ ・持ちやすい配慮 ・適宜、机に置くなどの工夫 |

5.5. ICT機器利用に際しての健康懸念調査状況

学校教育を対象としたVDT作業に関する研究事例としては、東海地区の大学、短大、高等専門学校におけるコンピュータ実習室について、4施設321名の学生を対象にアンケート調査を行った研究事例がある（Kamei et al., 2007）. この研究結果では、VDT作業時に精神的疲労、肉体的疲労、頸肩腕部疲労を感じた学生は各々約3割であった。また、64.7%の学生が目の疲労感を訴える結果となった。

近年の研究事例では、学校の授業においてタブレット端末の導入が進んでいることを受け、タブレット端末を用いた学習に関連した調査研究が行われつつある。柴田ほか（2018）は、タブレット端末の映り込みを軽減するアンチグレアフィルムの効果について、普段の授業にタブレット端末を利用している公立小学校6年生を対象として、文字の書きやすさ、画面の見やすさについて課題を通したアンケート調査を行い、アンチグレアフィルムの効果を検証した。また、公立中学校の生徒を対象に、タブレット端末の導入前と導入後9か月後の2度、タブレット端末を使った学習への健康懸念についてのアンケートを実施した。その結果、懸念された項目として18項目の中から回答が多かった順に、視力の低下、目の疲労、長時間の利用が挙げられ、タブレット端末導入前に比較して導入後に各々懸念が増加した結果が得られた（柴田ほか 2019b）.

教室でのタブレット端末利用における疲労との関係についての調査では、小学生の児童830名を対象として、タブレット端末の使いやすさと身体影響についてのアンケート調査が行われた。調査内容は、タブレット端末を使った学習の得意さ、使いやすさ、身体疲労についてであり、57%の児童が映り込みにより見にくさを感じていると回答し、69%がタブレット端末を傾けて利用していた。その一方で、タブレット端末の画面の明るさを全く調整したことが無い、と回答した児童は61%を占めた。また、疲労部位として最も多く指摘されたのは眼であった（柴田ほか 2019c）.

このように、コンピュータを設置した専用教室での実習においても、近年の普通教室におけるタブレット端末を利用した授業においても、視覚疲労をはじめとする目の健康に対する懸念がうかがえる。

5.6. 「情報機器作業ガイドライン」及びISO 9241-303からみた学校教育におけるICT機器の利用

本節では、現行のVDT関連ガイドラインである「情報機器作業ガイドライン」及び、ディスプレイの視認性要求をまとめた国際標準規格ISO 9241-303との比較により、学校教育におけるICT機器利用時における健康懸念への配慮について、どのような対策が行われており、どのような課題が残されているか、について可視化することを試みる。

5.6.1. 「情報機器作業ガイドライン」に関する事項

「情報機器作業ガイドライン」では、具体的なガイド値として、ディスプレイとの視距離は概ね40cm以上を確保するよう定められている。これに対し、これまでは「子どものICT活用ガイドライン」において、十分な視距離を確保することが留意事項に記載されている程度であったが、2020年12月に提出された「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議」最終報告において、視距離を30~50cm確保することが必要、との定量的なガイド値が記載された。今後は、この新たなガイド値が導入された後、授業など学校教育の場において、視距離を30cm以上に保つための配慮、指導が継続的に行われていくかどうか課題となるであろう。

次に、「情報機器作業ガイドライン」では、表示する文字の高さを概ね3mm以上とすることが求められている。検定教科書の本文の文字サイズは概ね10.5~18ptである(文部科学省 2008)ことを踏まえ、例えば、10.5ptの文字を表示する場合は、文字の高さは3.7mmとなるため、「情報機器作業ガイドライン」のガイド値を満たすことになる。しかしながら、本文が10.5ptの場合に、ルビ、数学などにおける添字を表示する場合は、これら文字の表示サイズは3mmを下回ることで予想されるため注意が必要である。また、スマートフォンなど画面サイズの小さなICT機器を利用する場合は、表示を拡大して見やすさを確保するなどの配慮が必要といえる。

VDT作業時間について「情報機器作業ガイドライン」では、一連続作業時間が1時間を超えないこと、また、

次の連続作業までの間に10~15分の作業休止時間を設け、且つ、一連続作業時間内において1~2回程度の小休止を設けることとなっている。これに対し、「デジタル教科書」を用いた学校教育においては、授業時間が各教科の授業時間の1/2に満たないこと、が対応する基準となっていた。この現行基準は、「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議」最終報告において撤廃が適当、との方針が示されたことから、今後は同報告に盛り込まれた、「授業において30分に1回、20秒程度画面から目を離して目を休めるよう指導すること」が新たな基準として適用されると思われる。この基準は、学校での授業時間と、授業間の休憩時間を想定した場合、概ね「情報機器作業ガイドライン」のガイド値に対応していると思われる。今後は、この新基準が採用された場合に、学校教育の場でこの基準が運用されていくかどうか課題となる。また、学校での授業以外におけるICT機器利用、即ち家庭での自習や塾などの場面において、この基準に従った運用が行われるかどうか課題といえよう。

5.6.2. ISO 9241-303に関する事項

ISO 9241-303に定められた視認性要求のうち、輝度に関連する事項では、輝度バランスを適切に行うための照明環境について、学校衛生基準による基準値が設けられている(表2)。例えば、コンピュータを使用する教室等の机上の照度が500lxの場合は、ディスプレイの表示輝度は100~150cd/m²の範囲にあること、などの推奨範囲を求めることが可能である。

輝度の調整に関しては、「ICT活用ガイドブック」におけるタブレットPCの「使いやすさへの配慮」、「子どものICT活用ガイドライン」における「学習場面」において、児童生徒が輝度調整を行えるよう配慮することが盛り込まれている。その一方で、輝度調整をしたことが無い児童が多数を占めている現状も、柴田ほか(2019c)の先行研究により明らかにされた。また、推奨される輝度やコントラストの範囲がISO 9241-303に定められているものの、利用中のICT機器が適切な輝度、コントラストに設定されているかどうか、容易に判断できないことも課題と考えられる。

不要な反射への対処については、まず照明環境への

表5 学校教育におけるICT機器利用時の留意事項と課題

| 項目 | 留意事項 | 課題 |
|--------------------|--|---|
| 照明環境 | <ul style="list-style-type: none"> ・教室内、机上照度の確保 ・まぶしさ、映り込み原因の排除 | <ul style="list-style-type: none"> ・一般教室での適正な照明環境の確保 ・カーテンなどによる適切な対策 |
| ディスプレイ (ICT 機器) | <ul style="list-style-type: none"> ・輝度バランスの適切な設定 ・画面の映り込み対策 ・適正な文字サイズでの表示 | <ul style="list-style-type: none"> ・輝度を適切に設定するための調整方法 ・設置場所・画面角度の工夫、アンチグレア処理や反射防止処理が施されたディスプレイの利用 ・ルビや添字利用時の表示サイズ確保、画面サイズの大きなディスプレイの利用 |
| ユーザー | <ul style="list-style-type: none"> ・正しい姿勢と十分な視距離の確保 | <ul style="list-style-type: none"> ・視距離を保つための配慮と継続的な指導、画面サイズの大きなディスプレイの利用 |
| 時間 | <ul style="list-style-type: none"> ・連続作業時間の制限と適度な休憩 | <ul style="list-style-type: none"> ・授業間及び授業中の休憩時間確保と継続的な指導 |

配慮事項として、学校環境安全衛生基準に「まぶしさ」の低減に関する基準が示されているほか、「ICT活用ブック」においても教室の明るさにおける「カーテンによる映り込みの防止」や「照明環境への配慮」など、具体的な改善方策が示されている。また、ICT機器利用時には、設置場所や画面角度を工夫するなど、画面への映り込み防止について、教師及び児童生徒が改善に向けて工夫すべき内容が具体的に示されている。

画面の映り込みについては、柴田ほか(2019c)の先行研究から、児童の過半数が見にくさを感じていることから、ICT機器利用時の大きな課題の一つであるといえる。その一方で、児童自身が映り込みを認識していることから、「ICT活用ブック」や「子どものICT活用ガイドライン」に従い、映り込み防止に向けた対処法を会得することで、ある程度まで改善を図ることが可能と思われる。その上で、不要な反射を更に低減するため、アンチグレア処理が施されたディスプレイや、反射防止型ディスプレイを選択していくことが望ましい。

可読性や読みやすさについては、前項にも述べた通り、文字サイズの影響が大きいと考えられることから、画面サイズが小さくなる場合に注意が必要である。「デジタル教科書」などの教材を、学校で準備したICT機器で利用する場合は問題が少ないと思われるが、自己所有の情報機器を利用する場合、特に、大学生などが遠隔授業でスマートフォンを利用する場合などには問題が生じる可能性が高いと思われる。また、可読性

が損なわれることにより視距離が短くなり、視距離30cmを保てなくなることが懸念される。

以上のように、「情報機器作業ガイドライン」と国際標準規格ISO 9241-303からみた、学校教育におけるICT機器利用時における留意事項と課題を述べた。これらをまとめて表5に示した。

6. まとめと今後の研究課題

VDT作業では、照明などの環境、VDT機器の設置状況、作業者の姿勢、ディスプレイの表示特性、表示内容や作業内容、作業時間が要因となって目の疲労や筋骨格系の症状、ストレスに繋がっていくことを述べた。また、「情報機器作業ガイドライン」などVDT作業関連ガイドライン、ディスプレイの視認性要求についての国際標準規格、ISO 9241-303について、VDT作業に対しどのような留意事項、ガイドラインが示されているかを概説した。

教育における情報機器の活用、特に学校でのICT教育における情報機器の利用については、関連する基準やガイドラインの発行状況とその概要を紹介した。また、教育の場で情報機器の利用が進む中で、VDT作業の機会が増えていく実態と、健康懸念に対する教師や児童生徒の意識や対策についての先行研究を紹介し、先に述べたVDT作業に関するガイドライン、ISO国際標準規格との比較により、これまでの対策状況と課題の抽出を試みた。

学校教育に向けたガイドラインの発行や定量的な基

準の検討が進む中で、VDT作業に関わる主要な項目のうち、最も検討と対策が遅れているのは、輝度やコントラストなど、ディスプレイの基本的な表示特性に関する部分と思われる。「ICT活用ガイドブック」においても、「画面の明るさを設定して画面を見やすくする」など、輝度に対する対処法は定性的な内容に留まっている。柴田ほか（2019c）の先行研究が明らかにしたように、映り込みに対する問題意識とは対照的に、輝度調整への対応は進んでいない。

最近のタブレット端末やスマートフォンには、周囲の照度によって画面輝度を自動調整する機能がついている機種が多い。これらの自動調整機能が適切に機能しているかどうかの検証も含め、学校教育における情報機器利用時の輝度とその調整状況の実態調査と、輝度及びコントラスト調整に対する適切な対処法の確立が、今後早急に取り組んでいくべき研究課題の一つと思われる。特に、後者への対策として、輝度やコントラストが適切な範囲に調整されているかどうか、児童生徒にも取り扱いが可能な確認・調整手法を考案し、普及させていくことが肝要と思われる。

教育のICT活用が加速し、VDT作業の機会が増えていく中で特筆すべきは、学校教育における「デジタル教科書」制定を機会として、ICT機器が端末として一人一台に普及が進んでいくこと、また、その端末としてタブレット端末の普及が進むことが想定されることである。現状では、「デジタル教科書」など電子書籍の閲覧、映像副教材やオンライン授業の聴講、回答入力などの操作などが主たるVDT作業内容となっているが、今後は、タブレット端末を活用した協働学習として、様々な利用方法が創案されていくと予想される。この中で、例えばタブレット端末を用いた複数人による協働学習などについては、VDT作業関連ガイドラインやISO国際標準規格の想定からは大きく逸脱したVDT作業にも思われる。

今後、協働学習などによる新たな学習方法の開発とICT機器の利用が進む中で、VDT作業の観点から、新たに配慮すべき留意事項が生じてくる可能性も考えられる。将来の研究課題として、教育におけるICT活用が一定の段階まで進んだ時点において、これまでのオフィス作業の延長線上には分類されない、新たな

VDT作業を抽出・整理し、健康配慮の観点から検討すべき留意事項とその対策を検討することが必要と思われる。

謝辞

最近のISOにおける国際標準化動向について、ISO/TC 159/SC 4/WG 2国際エキスパートの上原伸一氏に多大なる助言をいただきました。ここに感謝致します。

参考文献

- Coles-Brennan, C., Sulley, A. and Young, G. (2019) "Management of Digital Eye Strain", *Clinical and Experimental Optometry*, 102, pp. 18-29.
- 江川賢一 (2012) 「人間工学がもたらす子どもの明るい将来」, 『日本人間工学会大会講演集』, Vol.48 (Suppl.), pp.94-95.
- 福住伸一・池野英徳・氏家弘裕・横井 孝志 (2014) 「人間工学国際規格 (ISO) とその最新動向 (4) - SC4: 人とシステムのインタラクション -」, 『人間工学』, Vol. 50 (4), pp. 164-169.
- 池野英徳・氏家弘裕・上原伸一・兵頭啓一郎 (2016) 「ディスプレイの人間工学に関するISO規格動向」, 『人間工学』, Vol.52 (Suppl.), pp. 110-111.
- ISO (1992) ISO 9241-3:1992 "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 3: Visual display requirements"
- ISO (1997) ISO 9241-8:1997 "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 8: Requirements for displayed colours"
- ISO (1998) ISO 9241-7:1998 "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 7: Requirements for display with reflections"
- ISO (1999) ISO 13406-1:1999 "Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels - Part 1: Introduction"
- ISO (2001) ISO 13406-2:2001 "Ergonomic requirements for work with visual displays based on flat panels - Part 2: Ergonomic requirements for flat panel displays"

- ISO (2008) ISO 9241-300:2008 “Ergonomics of human-system interaction - Part 300: Introduction to electronic visual display requirements”
- ISO (2011) ISO 9241-303:2011 “Ergonomics of human-system interaction - Part 303: Requirements for electronic visual displays”
- 磯野春雄・高橋茂寿・滝口雄介・山田千彦 (2005) 「電子ペーパーで読書した場合の視覚疲労の測定」, 『映像情報メディア学会誌』, Vol.59 (3), pp. 403-406.
- Kamei, T., Suzuki, S., Hattori, S., Nagaoka, K., Kurita, H. and Taniwaki, H. (2007) “Investigation on VDT Operation in Computer Laboratories”, *Japanese Journal of School Health*, Vol.49 (1), pp. 60-65.
- 神奈川大学 (2020) 「『遠隔授業の有効性と課題』に関する調査アンケート：学生向け集計結果」, https://www.kanagawa-u.ac.jp/att/20645_48473_010.pdf (閲覧2020/9/4)
- Kim, DJ., Lim, CY., Gu, N. and Park, CY. (2017) “Visual Fatigue Induced by Viewing a Tablet Computer with a Highresolution Display”, *Korean Journal of Ophthalmology*, Vol.31 (5), pp. 388-393.
- 近視予防フォーラム (2020) 「『新型コロナウイルスによって変化した子どもの生活実態』に関する調査」, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000002.000060256.html> (閲覧2020/7/29)
- 厚生労働省 (2002) 「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン」, 基発第0405001号, <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11200000-Roudoukijunkyouku/0000184703.pdf> (閲覧 2020/10/3)
- 厚生労働省 (2008) 「技術革新と労働に関する実態調査結果の概況」, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/saigai/anzen/08/dl/20kaku-10.pdf> (閲覧 2020/10/12)
- 厚生労働省 (2019) 「情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドライン」, 基発0712第3号, <https://www.mhlw.go.jp/content/000539604.pdf> (閲覧 2020/10/3)
- 窪田悟 (1996a) 「透過型液晶ディスプレイに求められる表示輝度とコントラストの条件」, 『テレビジョン学会誌』, Vol.50 (6), pp. 768-774.
- 窪田悟 (1996b) 「反射型液晶ディスプレイに求められる明度とコントラストの条件」, 『テレビジョン学会誌』, Vol.50 (8), pp. 1091-1095.
- 三菱総合研究所 (2017) 「次期学習指導要領の理念の実現のためのICT環境の整備の在り方に関する調査研究」, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/04/06/1369637_1.pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2008) 「拡大教科書の標準的な規格について」, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/1282361.htm (閲覧 2020/12/30)
- 文部科学省 (2014) 「児童生徒の健康に留意してICTを活用するためのガイドブック」, https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/08/14/1408183_5.pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2016) 「教育の情報化加速化プラン～ICTを活用した『次世代の学校・地域』の創生～」, 『2020年代に向けた教育の情報化に関する懇談会』, pp. 2., https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/28/07/_icsFiles/afieldfile/2016/07/29/1375100_02_1.pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2017) 「大学における教育内容等の改革状況について (平成29年度)」, pp. 9., https://www.mext.go.jp/content/20200428-mxt_daigakuc03-000006853_1.pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2018a) 「第3期教育振興基本計画」, pp. 84-85., https://www.mext.go.jp/content/1406127_002.pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2018b) 「学校環境衛生基準の一部改正について (通知)」, 29文科初第1817号, https://www.mext.go.jp/a_menu/kenko/hoken/1403737.htm (閲覧 2020/10/3)
- 文部科学省 (2018c) 「学校教育法等の一部を改正する法律の施行に伴う関係政令の整備及び経過措置に関する政令等の公布について (通知)」, 30文科初第1314号, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/seido/1412813.htm (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2020a) 「令和元年度学校保健統計 (学校保健統計調査報告書)」, https://www.mext.go.jp/content/20200319-mxt_chousa01-20200319155353_1-3

- pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2020b) 「令和元年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 (概要)」, https://www.mext.go.jp/content/20200909-mxt_jogai01-000009573_050.pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2020c) 「平成29年度の大学における教育内容等の改革状況について (概要)」, https://www.mext.go.jp/content/20200428-mxt_daigakuc03-000006853_1.pdf (閲覧 2020/10/12)
- 文部科学省 (2020d) 「デジタル教科書の今後の在り方等に関する検討会議」, https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/157/index.html (閲覧 2020/12/30)
- Moon, JH., Kim, KW. and Moon, NJ. (2016) “Smartphone use is a risk factor for pediatric dry eye disease according to region and age: a case control study”, *BMC Ophthalmology*, 16: 188.
- 日本人間工学会 (2019) 「ICT機器の利用と人間工学」, https://www.ergonomics.jp/committee/ict_school.html (閲覧 2020/10/5)
- 旺文社 (2020) 「全国の高等学校におけるICT活用実態調査」, <https://www.obunsha.co.jp/news/detail/586> (閲覧 2020/10/12)
- 労働省 (1985) 「VDT作業のための労働衛生上の指針について」, 基発第705号
- 阪口忠雄・永井久 (1974) 「机上の照度分布と反射光幕が目の疲労に及ぼす影響」, 『照明学会雑誌』, Vol.58 (10), pp. 538-545.
- 坂本充・今井順子・面谷信 (2008) 「近点距離を利用した目の疲労測定法の検証 —読みやすい電子ペーパーを指す指針として—」, 『日本画像学会誌』, Vol.47 (3), pp. 142-146.
- 柴田隆史・吉武良治・斉藤進・青木和夫・岡田衛・窪田悟・栗田泰市郎・外山みどり・久武雄三・宮本雅之 (2016) 「子どものICT活用人間工学ガイドラインの概要」, 『人間工学』, Vol.52 (Suppl.), pp. 46-47.
- 柴田隆史・吉武良治・斉藤進・青木和夫・岡田衛・窪田悟・栗田泰市郎・外山みどり・久武雄三・宮本雅之 (2017) 「学校におけるICT機器活用に関する人間工学ガイドライン」, 『人間工学』, Vol.53 (Suppl.), pp. 206-207.
- 柴田隆史・佐藤和紀・板垣翔大・恒川雅行・田谷周望・堀田龍也 (2018) 「小学校でのタブレット端末利用におけるアンチグレアフィルムの効果」, 『人間工学』, Vol.54 (Suppl.), 1B4-1.
- 柴田隆史・吉武良治・青木和夫・岡田衛・窪田悟・栗田泰市郎・斉藤進・外山みどり・久武雄三・宮本雅之 (2019a) 「学校におけるICT機器の利用と人間工学ガイドラインの作成」, 『人間工学』, Vol.55 (Suppl.), 212-221.
- 柴田隆史・藤井彌智・山崎寛山・佐藤和紀・堀田龍也 (2019b) 「学校でのタブレット端末利用に伴う生徒の健康面に対する意識変化」, 『日本デジタル教科書学会発表予稿集』, Vol.8 (0), pp. 5-6.
- 柴田隆史・佐藤和紀・堀田龍也 (2019c) 「教室でのタブレット端末利用における課題と児童の疲労に関する調査」, 『人間工学』, Vol.55 (5), pp. 212-221.
- 鈴木昭弘 (1981) 「目の疲労検査」, 『人間工学』, Vol.17 (3), pp. 115-121.
- 高橋純・堀田龍也 (2008) 「小学校教員が効果的と考える普通教室でのICT活用の特徴」, 『日本教育工学会論文誌』, Vol.32 (Suppl.), pp. 117-120.
- 高橋純・高山裕之・山西潤一 (2016) 「小学校におけるタブレット端末を活用した学習活動の特徴」, 『電子情報通信学会技術研究報告』, Vol.116 (228), pp. 7-12.
- 吉武良治・松田和也・島田賢治・岩永光一 (1985) 「VDT作業時の生理負担に及ぼす室内照度の影響」, *The Annals of Physiological Anthropology*, Vol.4 (1), pp. 75-78.
- 吉武良治・岩永光一 (1986) 「VDT作業時の生理負担に及ぼす文字輝度の影響」, 『人間工学』, Vol.22 (1), pp. 19-26.
- 吉武良治・田村徹 (1994) 「TFT液晶ディスプレイに要求される輝度に関する検討」, 『照明学会雑誌』, Vol.78 (6), pp. 268-275.