

フェイスシールドの作成と利用を通じた学校におけるデジタルファブリケーション活用について

岡村 吉永・森岡 弘

Utilizing Digital Fabrication at School Through Making and Using Face Shields

OKAMURA Yoshihisa, MORIOKA Hiroshi

(Received September 25, 2020)

はじめに

近年、情報処理技術を用いたものづくり、いわゆるデジタルファブリケーションが、急速に身近なものとなりつつある。総務省の定義によれば、「デジタルファブリケーションとは、デジタルデータをもとに創造物を制作する技術のことである。3Dスキャナーや3D CADなどの測定機械により、自分のアイデアや個人の身体データ等をデジタルデータ化した上で、そのようなデジタルデータを3Dプリンターやレーザーカッターなどのデジタル工作機械で読み込んで造形する」（総務省、2016）ものであり、一般人が利用できるファブラボ（FabLab）と呼ばれる新たなものづくりの場も各地で展開され始めている。例えば、我が国の草分けである「ファブラボ鎌倉」は、企業・行政はもとより、個人や学校法人に対しても解放されており、「これからの『学びの場』『人材育成』『研究開発』『ビジネス』を促進させ、個人から地域へと価値を最大化させていく可能性を提示していく」（渡辺、2014）という活動が試みられている。

こうしたデジタルファブリケーションがもつ長所の一つは、ものづくりに対する素養がない人であっても、比較的自由的な加工、造形が可能ながあげられる。考えを形にしやすい点や実践しながら理解・習得可能な点など、人材育成面に優れた特質があるとされ、NTTデータ経営研究所の報告では、「ICTにより課題解決をデザインできる人材」を育成するための方策としてFabLabを取り上げている（NTTデータ経営研究所、2014）。一方、デジタルファブリケーションを教育に活用する試みは、まだ始まったばかりであり、龍が指摘するように、「工作加工にも1点あたり数十分から数時間が掛かることから、通常の授業時間内での利用では補助するサポート体制も必要」であったり、デジタル工作機械は「開発改良中の機材も多く、利用マニュアルも十分とは

言えない」（龍、2019）など、解決すべき課題も少なくない。

このような状況を踏まえ、本研究では、まずデジタルファブリケーションがどのように教育利用されているのかを、事例をもとに概観する。この後、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）による多大影響を受けている学校現場への一助として開発したフェイスシールドを軸に、学校におけるデジタルファブリケーション活用について考察する。

1. デジタルファブリケーションの教育利用例

デジタルファブリケーションの教育利用には、まずデジタル工作機械やその仕組みに関する学びを通して技術者の育成やスキルアップを図るための導入としての利用があげられる。こうした例には、所属する大学での授業に加え、一般企業技術者を対象としたスキルアップ講座を実施し、デジタルファブリケーション技術が“考えて、試して、改良する”という開発のスパイラル的实践に有効（市川、2014）とするものがみられる。さらにこうした人材育成については、実際物としての加工を伴わないデジタルコンテンツ制作における利用もみられる。例えば古賀らは、コンピュータ画面上で認識するだけだった3DCGを3Dプリンターで出力し、タンジブルなコンテンツとすることで、学習者に実感を持たせ高い充実感を与えることができた（古賀ほか、2015）としている。

デジタルファブリケーションを、学校教育で活用する例としては、自由度の高い立体造形が可能な3Dプリンターを用いた教材開発などがみられる。これに関しては、高専および大学での数学教育に3Dプリンターで立体造形した2変数関数グラフを使用し、学習者の理解を高めようとする（濱口・高遠、2019）ものや、国土地理院が提供するデータをもとに3Dプリンターで立体地図を

作製し、中学校の理科や社会科で授業実践を行う例（川島ら、2019）などがみられる。同様のことは、小学校理科でも試みられており、栗田らは、附属山口小学校における地形を学ぶ授業において、3Dプリンターで作成した佐波川河口域の立体地形図（図1）を用いた授業を実践（栗田ほか、2020）している。

デジタルファブ리케이션については、以上のような造形物を直接教材化するもの他に、製作品を作るための間接的使用、補助教材としての活用もみられる。この例としては、幼稚園の卒園記念作品としてメダルづくりを行い、これに必要な鋳型製作にレーザーカッターを使用するもの（石川、2020）などがある。こうした間接的な使用については、精度の高い造形が可能なデジタルファブ리케이션の特徴を生かして、加工作業に用いる定規の改良を試行するものもある。例えば、中学校技術・家庭科の木材加工で使用する図2のようなけがき定規を3Dプリンターで作成し、生徒の作業精度を向上できた（岡村ほか、2018）とした。

このような学校教育でのデジタルファブ리케이션利用については、「3Dプリンターを利用する授業題材を利用することで、今後の学校教育で求められる能力の習得や協働的な学習が期待される。そして、このためには3Dプリンターを利用することを目的とするのではなく、目的を達成するための手段の一つとして3Dプリンターを利用する授業題材が必要である」（室伏、2015）点にも留意すべきだろう。従来、学校教員が教材や教具を自作する場合、市販品に手を加えるなどするのが一般的で、多少の不便さ等は甘受せざるを得なかった。しかしながら、3Dプリンターなどを使えば、設計や加工に要する時間、原材料の調達といった避けられないコストはあるものの、目的に合った形状や大きさのものを必要に応じて入手することが容易となる。授業目的の達成や教育環境の改善を図る手段として、今後デジタルファブ리케이션の活用と推進が望まれる。

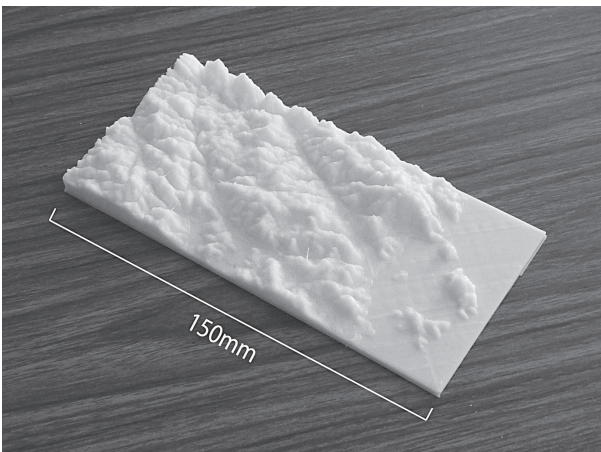


図1 3Dプリンターで作成した立体地形図（佐波川河口域）

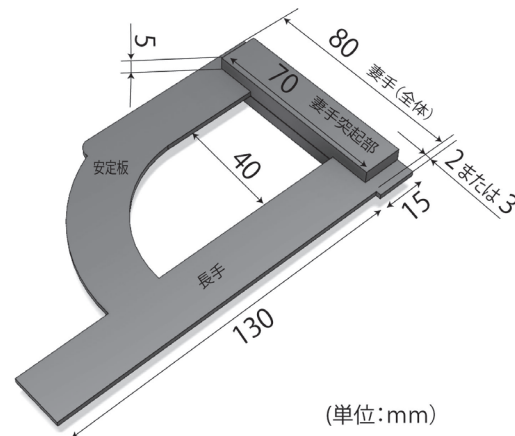


図2 3Dプリンターで作成した学習用補助具（木材加工用けがき定規）

2. フェイスシールドの開発

2.1 開発の背景と留意点

新型コロナウイルス感染症の拡大を受けて、文部科学省から「新型コロナウイルス感染症対策のための小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校等における一斉臨時休業について（通知）」（文部科学省、2020）が出されるなど、昨年度末から本年度にかけて、学校現場はこれまでに経験したことのない混乱に巻き込まれることになった。5月中旬以降、感染症の拡大がやや終息に向かい、学校の教育活動が再開されたものの、教員自作のフェイスシールドが新聞で紹介（日本教育新聞、2020）されるなど、その対応については、いまなお継続中である。このような状況を受け、3Dプリンター用の造形データを無償で提供する例（武藤工業、2020）もみられている。

しかしながら、こうした支援などに関わらず、学校で教員らが使うマスクやフェイスシールドなどについては、極端な品薄が続き、ものづくり教育を担当する筆者らに対し、教員が授業で用いる防護具の作成について相談が寄せられることとなった。こうした背景を受けて製作に着手した学校用フェイスシールドについて、開発当初に設定した留意を以下に整理する。

【学校用フェイスシールド開発における留意点】

- ・設計データは、オリジナルなものとし、知的財産等に関するトラブルが生じないようにする。
- ・3Dプリンターで製作することとし、できるだけ製作時間が短くなるよう設計上の工夫をする。
- ・製作経費が少なく済むよう、学校にある消耗品がシールド面などに利用できるようにする。
- ・教員が使用することを前提に、着脱しやすく、長時間装着してもシールド面内に熱が籠らないようにする。

2.2 開発環境

本研究で使用した開発環境を以下に示す。

設計用3D CAD：AUTODESK社 Fusion360

3Dプリンター：MUTHO社 MagiX MF-1100

造形方式：熱溶融積層（FDM）方式

ヘッドノズル直径：0.5mm

最大造形サイズ：200×200×170mm

使用材料：PLA（直径1.75mm、3.0mm）

ABS（直径1.75mm、3.0mm）

制御ソフトウェア：日本語Pronterface

スライサーソフト：日本語Slic3r



2.3 フェイスシールド①

幼稚園や小学校の低学年の場合、子どもは、教員の言葉だけでは指示が伝わりにくく、同時に発せられる教員の表情を見て指示内容を理解することが少なくない。新型コロナウイルス感染症対策によって、教員の口元がマスクで隠される状況は、教員だけでなく、子どもにとってもストレスが高まりやすいものといえよう。同様のことは、中学校英語など、発音指導が必要な教科指導についてもいえ、学校教育において表情が見えやすいフェイスシールドは、一定の需要があると考えられる。図3に示すフェイスシールドは、授業等で教員が使用することを前提に製作したもので、フレーム後部が開いた形状とすることで、着脱を行いやすくしている。ただし、後部が開いた構造の場合、フレームの強度が不足して頭部にしっかりと装着できなくなるため、額に接するフレーム前部を板ばねの組み合わせで作るリーフスプリング状の構造とし、適切な締め付け力と強度が得られるようにした。この工夫は、結果としてフェイスシールドの課題である通気性を高めることにも寄与できた。市販の普及型フェイスシールドの場合、図4のようにシールド面と額との間がウレタンスポンジ等で密着するために、顔とシールド面との間に吐き出された呼気や熱がこもりやすく、シールド内面が曇る原因にもなっている。

顔面を覆う透明なシールド材については、A4サイズのOHPシートを使用するようにした。近年、コンピュータおよびこれに接続するプロジェクターの普及によって、OHPは殆ど使用されなくなっているが、その投影用シートは未使用のまま学校に保管されていることも少なくない。あるいは、ラミネートフィルムを使ってA4サイズの透明シートを作ることも可能など、コスト削減と入手しやすさの両面からシールド面のサイズを決定した。また、衛生面の配慮から、ある程度使って汚れたシートの交換が簡単に行えるよう、図3のように、シートはフレーム3か所に設けたクリップ用突起にクリップまたは粘着テープで取り付けられるようにした。

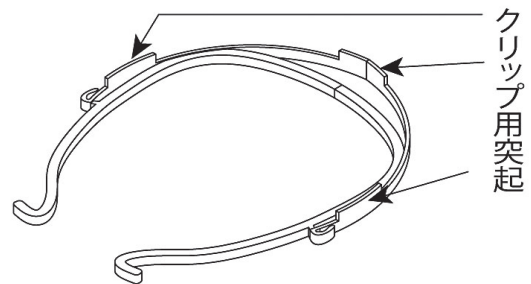


図3 フェイスシールド①

参考として、本フェイスシールドを3Dプリンターで作成する際の諸元（前述の開発環境で紹介したものは省略）を整理する。

【フェイスシールド①の作成諸元（フレームのみ）】

- ・積層厚さ：第1層 0.5mm、第2層以降： 0.4mm
- ・充填密度：20%（ハニカムパターン）
- ・縁取り：なし
- ・フィラメント使用量*：約5,700mm（約17g）

材料費 約85円

（透明シート、クリップは除く）

- ・印刷（製作）時間：約35分

（プリンタヘッド及びテーブルの余熱を除く）

※PLA 直径1.75mm を使用した場合

2.4 フェイスシールド②

山口大学教育学部の附属学校園で試験的にフェイスシールド①を使用してもらう中で、従来型のフェイスシールドを学校で使用する際の本質的な課題と要望が寄せられた。すなわち、フェイスシールドは、図4からも察せられるように、もともと外部からの飛来物から着用者を守る観点で製作されており、それは前述のフェイスシールド①についても同様である。一方、学校教員がフェイスシールドを使用する場合、それは子どもたちを守ることが主眼であり、教員が授業中に発する唾等が子

どもにかからない、すなわち教員が加害者にならないようにすることが求められる。寄せられた要望を整理すると「教室において子どもたちは教師の前方、斜め下に位置しており、上から覆うタイプのシールドでは、子どもに唾がかかりやすいことが考えられる。従来のフェイスシールドを逆さまにし、顎の下から立ち上がるようにできないか。」となる。この要望は、小さい子どもを担任する教員や罹患による重症化リスクの高い特別支援学校で一層切実であったことを付しておきたい。

以上のような要望を受け、改良を加えて最終的に完成したものが、図5に示す頸部で固定するタイプのフェイスシールド②である。なお、下から立ち上がるタイプのフェイスシールドについては、額に取り付ける従来型のフェイスシールドを逆さまにして首に装着しただけのもの（大高製作所、2020）や首から板状の透明板を吊り下げるもの（FNN、プライムオンライン）など、わずかに先行事例がみられる。ただしこれらは、フェイスシールドを安定させる機構がなく、使用者の動きによってフェイスシールドが上下左右に激しくゆさぶられるなど、実用面での課題が残る。

この対策として、本研究で開発したフェイスシールド②では、本体フレームの前及び両側に支持柄を設け、使用時の密着性と安定性を高めるよう工夫した。頸部周辺の複数個所で支持することにより、しっかりと固定されている割に締め付け感などを少なくできている。図5からも明らかのように、唾が前方に飛ぶのを防ぎつつも通気性が高く、装着時の不快感を大幅に軽減することができた。この点に関しては、試作品を使用した附属幼稚園の「本日、子どもたちの前で使用してみました。実は、6月に入ってからは、先生達もマスクがとても暑くて、しかもよくしゃべるので、マスクがびしょ濡れだったりこもったりしてとても大変な思いをしていました。遊ぶ

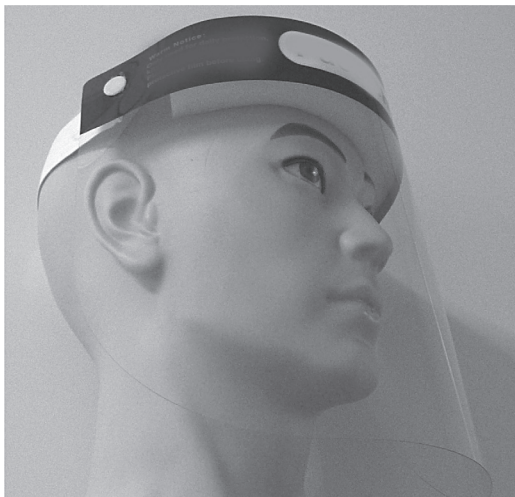


図4 シールド面と額が密着する普及型フェイスシールドの例



図5 頸部で支持するフェイスシールド②

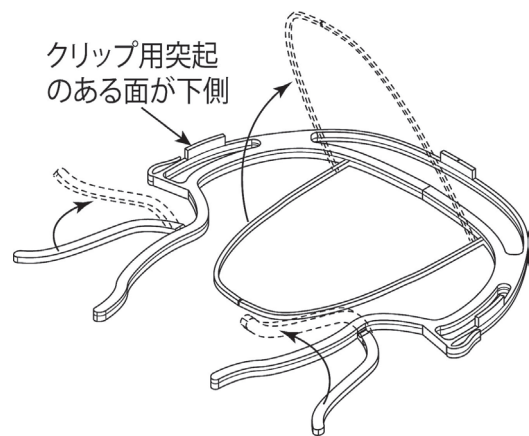


図6 フレーム平面造形と支持部の折り曲げ

ときは安全のためにマスクを使用していますが、降園前の集まりなどで子どもたちの前で話すときに使用するととても便利です。先生は涼しいですし、子どもたちには、先生の表情がよく見えます。」という感想が参考になる。マスクやフェイスシールドなど顔面を覆う衛生用品は、防護性能だけでなく着用者の負担もできるだけ軽減するよう工夫することが求められる。これに加え、つけ外しも簡単であるなど、フェイスシールド②の利点が多いが、一方で立体的な構造のために収納性が悪く、強度にも不安があるなど、今後解決すべき点があることも付しておく。

また、フェイスシールド②については、個人によって首回りの大きさに相当の違いがあることに加え、皮膚感覚が過敏で密着を好まない使用者がいることから、S・M・Lの3サイズを用意した。今後、使用者等を拡大する中でさらに異なるサイズや形状が必要になることも想定に加え、研究を進めたい。

このフェイスシールド②も、前述の①同様に3Dプリンターでの製作としたが、複雑かつ繊細な形状のため、そのまま造形することが困難であり、仮に製作できたとしても支持材の形成と後処理などに膨大な時間を要す

ることが予想された。これを解消するため、本研究では、図6に示す平面的なフレームを3Dプリンターで造形し、支持部の根元をヒーターで熱して、所定の角度に折り曲げるようにした。

以下に、フェイスシールド②を3Dプリンターで作成する際の諸元（フェイスシールド①と同一なものは省略する）を整理する。なお、開発したフェイスシールド②は、上述したように先行事例がほとんどなく、現在山口大学TLOを通じて権利化（特願、2020）を図っている。

【フェイスシールド②の作成諸元（Mサイズ1個あたり）】

・フィラメント使用量*：約7,740mm（約23g）

材料費 約115円

（透明シート、クリップは除く）

・印刷（製作）時間：約55分

（プリンタヘッド及びテーブルの余熱を除く）

※PLA 直径1.75mm を使用した場合

3. デジタルファブリケーションと学校連携

本研究が最終的に目指すのは、新たな加工技術であるデジタルファブリケーションを学校教育の場に普及させることであり、その手始めとして、学校教員にデジタルファブリケーションの良さや特徴を知ってもらうことが肝要となる。山口大学教育学部においても、技術科教員の養成を主眼とした研究（森岡、2019）で附属山口中学校と附属光中学校に3Dプリンターを設置済みであるが、有用性を十分に認知されているとは言いがたく、研究は途に就いたばかりといつてよい。

一方、世界的に感染が拡大し学校現場にも重大な影響を与えている新型コロナウイルス感染症であるが、この対策がデジタルファブリケーションに対する研究を後押しした側面は否定できない。例えば、附属光中学校では、授業における生徒同士の話し合い活動を安全に行う手段として、学校の3Dプリンターでフェイスシールド①の製作を行った。デジタルファブリケーションの優れた点は、元となるデータがあれば、それを用いてどこでも同じものを製作できることがあげられる。附属光中学校には、フェイスシールド①の3Dデータ（STL形式）および3Dプリンターの諸設定をEメールで送信し、加工してもらった。後日の聞き取りでは、「デジタル制御とはいえ、実際の作業にはある程度習熟が必要である」ことや「操作に慣れれば、比較的安定かつ楽に加工ができる」ことなどがうかがえた。ただし、これらは現時点での感想に過ぎず、学校現場での普及にあたっては、研修方法などを含めた今後の研究が必要となる。

また、附属山口小学校では、文部科学省の研究開発学校指定を受けて実施する実践研究において、昨年

度「創る科フェスティバル」を実施（附属山口小学校、2019）した。3Dプリンターとレーザー加工機を展示したブースでは、子ども以上に保護者が強い関心を示す様子がみられた。新学習指導要領でのプログラミング学習など、情報化による教育の変化は避けがたいものであり、適切な対応が求められている。デジタルファブリケーションは、実際に手で触れ、確かめることができる情報技術であり、発達段階や学習内容など、具体的な操作が望ましい学びには優れて有効な手段だと考えられる。教材や指導方法の開発にあたって、学校と大学とが適切に連携することが望まれよう。

おわりに

現状におけるデジタルファブリケーションの教育利用をみると、大学など高等教育機関に比べ、義務教育段階では、その実践ならびに研究は、はじまったばかりである。本研究では、3Dプリンターを使った学校用のフェイスシールドの開発と製作を通して、学校現場と大学との連携を試行し、学校教育においてデジタルファブリケーションを普及させるためのきっかけを得た。ただし、これは新型コロナウイルス感染症対策を背景とする特殊事情がある。デジタルファブリケーションといいつつ、3Dプリンターしか扱っていない点も課題が残る。今後は、デジタルファブリケーションの利点を生かした教育利用の在り方を探るとともに、3Dプリンターと並ぶ主要な加工機であるレーザーカッターについても学校教育での活用方法を検討する必要がある。教育における情報化や個別化が一層進むことを前提に、学校教員等が安心して教材開発等が行える学校用ファブラボ環境の整備を積極的に進め、その課題や利点を明確にしていきたい。

また、本研究の遂行にあたって附属特別支援学校では、教員だけでなく高等部の生徒にもフェイスシールドを積極的に使用してもらい、多くの示唆や課題を頂いた。図7は、高等部の生徒が、フェイスシールド②の支持部をヒーターで曲げ、完成させている様子である。ただ完成

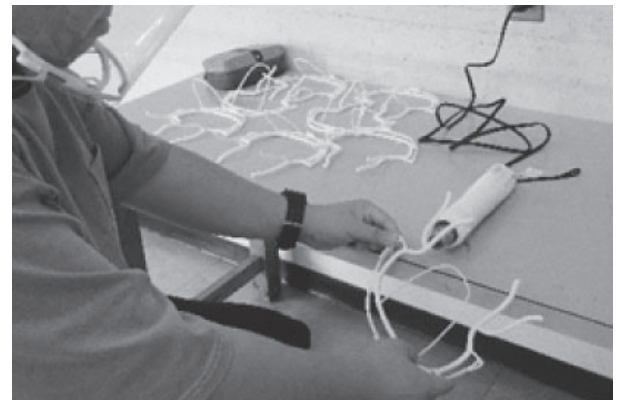


図7 ヒーターでフェイスシールド②を加工する生徒（附属特別支援学校提供）

品を使うのではなく、自分たちが製作に関わることで、その意味や扱いに気づけるとするならば、フェイスシールド自体を教材化することにも教育的意義が高いと考えられる。

本研究は、新型コロナウイルス感染症が一つのきっかけとして、各附属学校園との連携、協力を通して出来上がったものであるが、その過程を通して大学に附属学校園がある利点を実感することができた。筆者らが進めようとする学校を対象とするデジタルファブリケーションは、便利ではあるが万能ではない。その良さを有効に引き出すためには、開発の基となるアイデアや課題が必要であり、改良を進めるためのフィードバックが欠かせない。それらを生み出し支える基盤となるのが、大学と附属学校との連携といえよう。

謝辞

終わりにあたり、研究にご協力いただいた、山口大学教育学部の全附属学校園の皆様は、心より感謝を申し上げます。

付記

本研究は、JSPS科研費20K030650001の助成を受けたものです。

文献

- 石川洋明 (2020) : 福岡教育大学紀要, 第69号, 第4分冊, pp.1-7, 『幼児教育の美術・造形活動を支援するデジタルファブリケーションを活用した教材の研究』
- 岡村吉永・阿濱茂樹ほか (2018) : 日本産業技術教育学会誌, 第60巻, 第3号, pp.143-148, 『木材加工におけるけがき作業の改善』
- 栗田克弘・森戸幹ほか (2020, 投稿中) : 山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要第50号, pp.1-12, 『小中学校における系統性のある新しい理科学習教材の開発授業実践研究Ⅱ～3Dプリンタを活用した地形の授業～』
- 川島紀子ほか (2019) : 日本科学教育学会研究会報告, Vol.34, No.3, pp.269-274, 『3Dプリンタを活用した教材を用いて地域の地形や防災について考えを深める授業実践』
- 古賀崇朗ほか (2015) : 佐賀大学全学教育機構紀要, 第3号, pp.155-166, 『3DCGと3Dプリンターを活用した教育の実践的研究』
- 濱口直樹, 高遠節夫 (2019) : 日本科学教育学会第43回年会論文集, pp.165-166 『数学教育における立体モデル教材の効果的利用』

- 森岡弘ほか (2019) : 山口大学教育学部教育実践総合センター紀要 (47), pp.159-168, 『デジタルファブリケーション技術を用いたものづくり教育を担当できる技術科教員の養成』
- 龍昌治 (2019) : 愛知大学情報メディアセンター紀要, Vol.29, No.1, pp.17-30, 『ファブラボを利用した情報技術教育』
- 渡辺ゆうか (2014) : 情報管理vol.57,no.9, 『ほぼあらゆるものをつくるファブラボ ファブラボ鎌倉における実践とその可能性』
- 特願 (2020) : 特許出願書類 (特願2020-142315), 発明者 (岡村吉永), 特許出願人 (国立大学法人山口大学)
- 株式会社NTTデータ経営研究所 (2014) : 平成25年度総務省請負事業, 『「ICTにより課題解決をデザインできる人材」の育成方策に係る調査等報告書 (概要版)』
- 附属山口小学校 (2019) : 令和元年度文部科学省研究開発学校報告書, 研究開発課題『価値の創出と受容・評価をコアにした教科融合カリキュラムに関する研究開発～「創る科」の創設を通して～』
- 総務省 (2016) : 『平成28年版情報通信白書』
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/na000000.html>
- 文部科学省 (2020) : 全国一斉臨時休業関係 (2/28～春季休業前まで)
https://www.mext.go.jp/a_menu/coronavirus/mext_00006.html
- 有限会社大高製作所 (2020) : 首かけフェイスシールド・フェイスガード・商品説明
<https://www.otaka-ss.jp/faceshield/>
- 武藤工業株式会社 (2020) : 3Dプリンタでの簡易フェイスシールド作成のお知らせ
https://www.mutoh.co.jp/3d/face_shield.html
- FNNプライムオンライン (2020) : 仙台放送2020年5月23日, <https://www.fnn.jp/articles/-/44487>
- 日本教育新聞社 (2020) : 日本教育新聞, 令和2年6月1日第1面記事