

VR 技術を用いた理科教材の開発と諸課題の検討

竹下俊治・雑賀大輔*・吉富健一

(2019年12月9日受理)

A study of the development and the challenges of science teaching materials using VR technology

Shunji Takeshita, Daisuke Saiga and Kenichi Yoshidomi

The purpose of this study was to create and use VR contents as science teaching materials, and to clarify the problems in creating and using them and using them as teaching materials. Assuming that ordinary science teachers create VR content, we gave graduate students who have not learned programming the challenge of creating the VR content. Two types of contents were created using A-Frame, an open source framework. The theme of the contents created were observation of plants in the field and observation of somatic cell division.

As the results of this study, it was found that even programming beginners can create simple content with A-Frame, however, programming skills are necessary to create more advanced content. Regarding use, it was pointed out that the perspective was too emphasized and unrealistic. When used as a teaching material, there was a possibility that learning would not be deeply satisfied with the VR experience alone. At present, the position of the VR contents as science teaching materials is unclear. Further practical research is required.

Key words : VR, teaching material, science class

はじめに

近年、コンピューター等電子機器類の高性能化に伴って特に顕著な発展をした技術の一つとして、バーチャルリアリティ（以降 VR）の技術が挙げられる。従来は VR コンテンツの作成や閲覧には高度なプログラミング技能や専用の機械が必要であったが、360°画像を撮影できるカメラの高解像度化・低価格化が進んでいることや、スマートフォンやタブレット端末を用いて容易にコンテンツの作成や閲覧ができるようになったことで、VR 技術は身近になったといえる。

これまでの画像や映像と VR の最大の違いは、VR は三次元的な配置を仮想的に再現することで、利用者が身体を動かしたり、きょろきょろと見渡すような能動的なアクションを行う必要になる点である。このような身体的動作が必要になる点で、利用者はまるでその場にいるような感覚を得ることができる。VR 技術が特に活用されている分野

としてエンタテインメントがあるが、これはエンタテインメントで求められることが VR 技術によって実現可能であり、両者の方向性が一致し、相性が良いためであると考えられる。一方、教育的な分野では、建設業や製造業などの作業工程を学ぶものが普及しているほか、中学校美術科での美術作品の鑑賞（臼井ほか、2018）、平和教育における活用（瀬戸崎・佐藤、2017）などの実践例がある。また、Google 社が教育用の VR コンテンツを公開したり、国立科学博物館では、展示物を VR で閲覧できるグッズ「おうちで科博(ハコスコ)」が販売されていたりと、素材は広く提供されている。

理科の学習においては、瀬戸崎ほか（2018）による月の満ち欠けの学習における VR 教材の開発など、既に多くの先行研究がある。また、生徒に実際に体験させることが難しい場面において、VR コンテンツを教材として取り入れることで、一定の学習効果が期待できる内容もある。たとえば野

* 米子市日吉津村中学校組合立箕蚊屋中学校

外実習のように、適切なフィールド、生徒の引率、時間など様々な制約のために実施が困難な学習活動であったり、危険な実験の様子を疑似的に体験する安全教育といったものが考えられる。

授業作りにおいて特定の教材をりようしようとする場合、授業の目的に合致した教材とするために、既存の教材に手を加えるなどの工夫は必須である。あるいは、個々の教師のニーズに合ったものが整備されていない場合、教師自らが目的に沿ったコンテンツを作成する必要がある。そこで本研究では、理科の学習に用いる VR コンテンツを教師が作成することを想定し、大学院の演習の課題としてコンテンツの開発を学生に取り組みせることで、開発や使用における課題や教材としての可能性について検討することを目的とした。作成に携わった学生はプログラミングを専門的に学習した経験がなく、学校現場の理科教師の多くがプログラミング初心者であることを勘案すると、諸々の課題を抽出するための試行的取り組みに適しているといえる。

VR コンテンツの作成

1. VR 空間の設定

VR コンテンツにおける空間の考え方として、観察対象と観察者(プレイヤー)の位置的關係は、2 種類に大別される(図 1)。一方は、観察者が VR 空間の中心に位置し、観察者の周囲に広がっている観察対象を観察者が見回すような場合で、360°画像を用いたものがこれに相当する。もう一方は観察対象が VR 空間の中心にあり、その周囲の任意の位置から観察者が対象物を見る場合で、3D 画像を用いたものがこれに相当する。一般に、前者は自然の景観や環境といった空間的な広がりやその様子を体感する場合に適しており、後者は

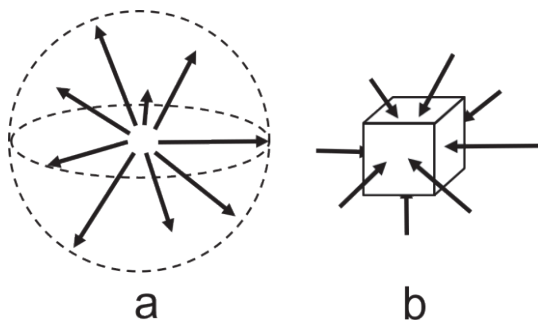


図 1. VR 空間における観察物と視線の關係。
a, 中心から周囲を観察するタイプ. b, 立
体物を周囲の任意の位置から観察するタイプ.

一つのをあらゆる角度から詳細に観察する場合に適しているといえる。理科、特に生物や地学の分野で観察対象として 3D 画像を用いるには、精緻な画像情報に基づいたものが求められる。また、3D 画像の作成には専用のアプリケーションが必要であることから、本研究では前者の 360°画像を用いたコンテンツを作成することとした。

2. VR コンテンツ作成ツールの検討

VR コンテンツを作成するツールには、Unity (Unity Technologies, アクセス 2019.12.5) のようなゲームエンジンや、A-Frame (アクセス 2019.12.5) のようなオープンソースの WebVR 用フレームワーク、Google 社が提供する Tour Creator (Google, アクセス 2019.12.5) のような Web サービスが知られている。Unity は初心者でも比較的扱いやすいゲーム開発ツールとされているが、実際には、ある程度のプログラミングの知識や技能が求められる。本研究では、プログラミングの初心者と思われる多くの学校現場の教員が VR 技術による教材を開発可能で、スマートフォンやタブレットの汎用的な端末で使用可能にすることを念頭に、より簡便な A-Frame によってコンテンツを作成することとした。

A-Frame によるコンテンツの作成は、通常のホームページのように HTML を用いることができ、360°画像に他の画像やリンクの挿入も可能である。特殊なアプリケーションではなく、WebGL に対応した Web ブラウザであれば閲覧・活用が可能である。Tour Creator も非常に簡便なツールではあるが、コンテンツを自由にカスタマイズできること、没入感を高めるため、コンテンツ内での操作を、指によるタッチや外部接続されたコントローラーによらず、視線の向き(端末の方向)だけで行えることを考慮し、A-Frame が適していると判断した。

3. VR コンテンツの具体

本研究では、植物の野外観察を題材とした 360°画像を用いたものに加え、顕微鏡観察を題材として通常の顕微鏡写真を VR 空間に配置したものの 2 種類のコンテンツを作成することとした。具体的には、以下の①および②に示す通りである。

① 植物の野外観察(図 2)

コンテンツとしては、樹木の観察を自学自習的に行い、観察する際の視点を獲得できるようなものを目指した。360°画像の中で目的の樹木へ移

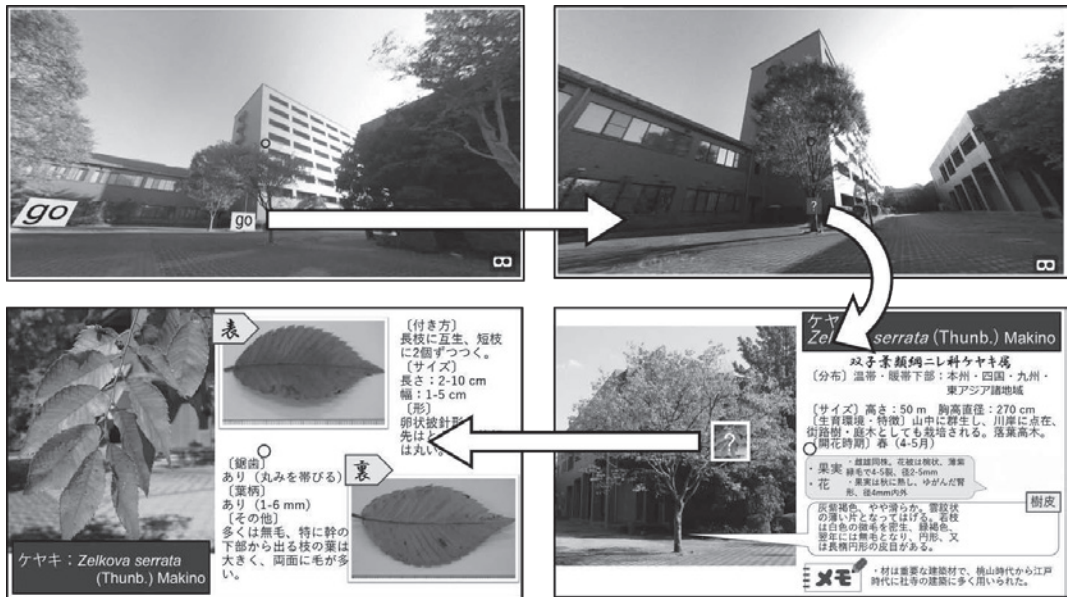


図 2. 植物の野外観察を題材とした VR コンテンツ. 視野の中央をマーカーに合わせると、次の空間に移動するようにした。

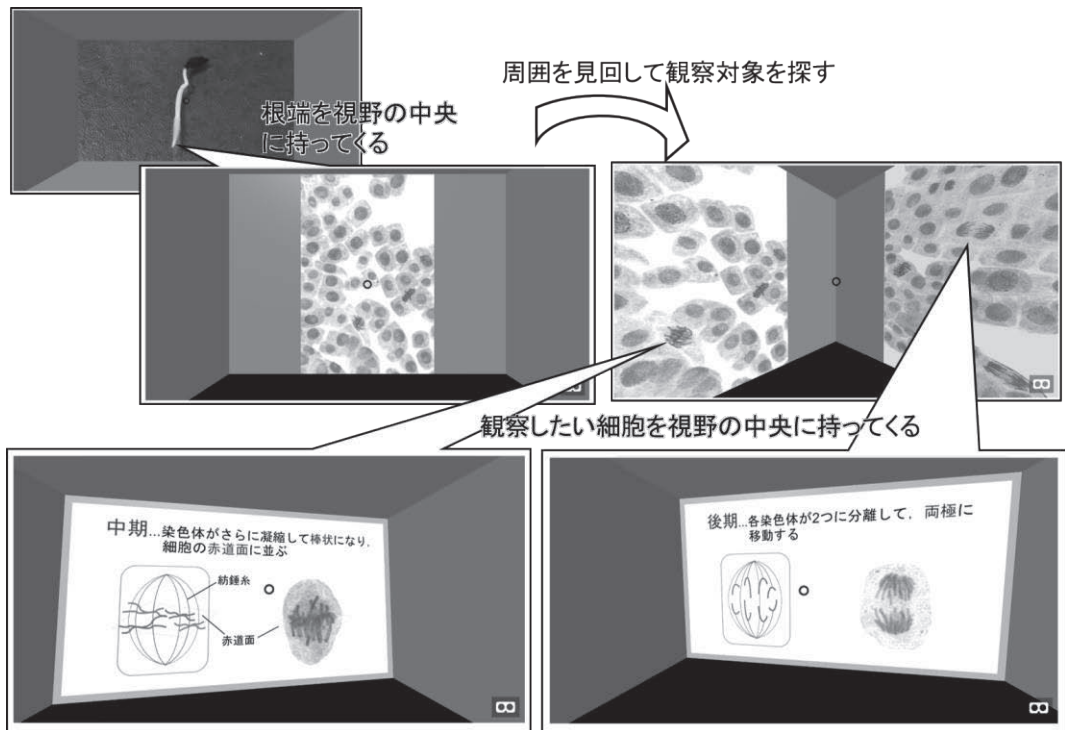


図 3. 顕微鏡観察を題材とした VR コンテンツ. 平面画像を周囲四面に配置し、見回しながら分裂細胞を探すような動作をイメージした。

動し、さらにその樹木の特徴を観察するのに最適な部位へ移動し、詳細な説明などを参照できるものである。自分の周囲の景色を体感できる、VR技術を用いた一般的なコンテンツ（一例としてGoogle ストリートビュー）と同様のものとして作成した。野外観察のフィールドを広島大学教育学部周辺とし、植栽されている樹木 23 種（ウバメガシ、カキノキ、ケヤキ、シャリンバイなど）を対象とした。野外で行う観察実習の予習としての活用や、植物観察の視点の獲得が期待される。

360°画像は Theta (RICOH) など専用のカメラを用いることで容易に撮影可能で、取得した画像は通常の JPEG 形式の画像ファイルと同様に扱うことができ、加工や修正も可能なため、VR 空間に自然景観を再現する技術的な障壁はほとんどないといえる。

② 顕微鏡観察 (図 3)

コンテンツとしては、「体細胞分裂の観察」を題材に、ネギの根端分裂組織の顕微鏡観察像を用いて VR 空間で疑似的な観察を行うものとした。分裂組織の観察では、顕微鏡観察に不慣れな者だと、顕微鏡の操作も十分に行えず、分裂期の細胞を見つけること自体が非常に難しい。そこで、根端分裂組織のうち分裂期の細胞が少数であることと、各時期の細胞の特徴を確認できるものを作成することを旨とした。ゲンチアナバイオレット染色を施した根端分裂組織のプレパラートを作成し、多くの間期の細胞の中から分裂期各期の細胞を探し出し、さらにそれぞれの時期の細胞について詳細な説明を参照できるようにした。

顕微鏡観察を VR 化するには、まず画像の取得において工夫が求められる。根端分裂組織の中に観察者が入り込み、周囲を眺めるような 360°画像は、現在の技術では撮影不可能である。そこで、分裂期各時期の細胞が含まれる顕微鏡写真を複数撮影し、VR 空間に配置して疑似的な 360°画像とした。操作は、各時期の細胞に視線を向ける（画面の中央になるように端末を動かす）ことで、それぞれの時期の説明を閲覧できる空間へ移動するようにした。

VR コンテンツにおける諸課題の検討

1. コンテンツ作成上の課題

本研究では、コンテンツの作成に A-Frame を用いた。実際にコンテンツを作成した学生は、自身の持つ技能に照らして検討し、メリットおよび

デメリットを指摘した (表 1)。

表 1 に示す通り、メリットの多くは利便性の高さに関する点、デメリットではプログラミング技能の問題やコンテンツを構成する画像の収集に関する点であった。プログラミングの技能については、コンテンツのタイプに応じた HTML のテンプレートを作成することで、ある程度の対応が可能であるが、それ以上のカスタマイズを求める場合、作成者自身がプログラミング技能を習得するか、熟達者に依頼する必要があると考える。画像の収集に関しては、作成者が蓄積したり、複数人で画像を共有したりすることが考えられる。特に教材化を念頭にした場合、教育センター等におけるデータの蓄積や、教員間の連携が不可欠であると考えられる。

表 1. 作成上のメリット・デメリット

メリット	デメリット
専門的な知識が不要	最低限のプログラミングの知識が必要
素材次第で何でも作成できる	必要となる素材が多い
容易に複製・譲渡できる	できることが限られる
いつでも情報の更新ができる	情報量が機器・設備により制限される
作成作業を分担して行うことができる	問題が生じたときに原因究明が容易でない
一度作成すれば何度でも使用することができる	画像等の素材を集める作業に手間がかかる
テンプレートがあれば、容易に他の教材を作成できる	教材にする素材の収集が難しい (季節・場所・時間帯)

2. コンテンツ使用上の課題

本研究で作成したコンテンツを、学部 4 年生および大学院生がスマートフォンまたはタブレットを用いて試用し、その後、没入感や操作性も含めて意見を収集した (表 2)。

メリットとしては、VR ゴーグルを用いることで没入感が得られること、Wi-Fi 環境下で同一のコンテンツを複数人が同時に使用できることなどが挙げられた。一方、デメリットとして指摘されたのは、視覚による情報以外が得られないことや、遠近感が強調されることで視野の辺縁部の画像が歪むことであった。これらは VR コンテンツの特性とも関連しており、対策は現時点では難しく、今後の技術の発展を待つ必要がある。また、今回用いた A-Frame によるコンテンツは、アップル社の iOS の最新バージョンとなる iOS13 には対応しておらず、アップル社の提供するスマートフォンの普及率が高いとされる日本では、使用可能な端末が制限されるのはデメリットといえる。

表 2. 使用上のメリット・デメリット

メリット	デメリット
保管場所をとらない	(今回のコンテンツでは) 視覚以外の情報が得られない
何度でも繰り返して使用できる	観察対象の大きさを認識しづらい
一度に多くの人に同一の情報を提供できる	画面の四隅近くの画像が歪むなど違和感がある
VR ゴーグルを使用することで没入感が得られる	端末のバージョンによって対応していないことがある

3. コンテンツの教材としての課題

今回作成した VR コンテンツについて、理科の教材として用いた場合に期待される効果や有効性などについて、作成および試用に携わった大学院生、試用した学部 4 年生も含めて検証し、その結果をまとめた (表 3)。

メリットとしては、生物の個体差や季節による影響を排除できること、教師によって生徒に提示する情報を精査できること、事前学習に用いることで、実際の実験や実習をスムーズに行えることなどが挙げられた。また、生徒の興味や関心を高められることも挙げられた。一方、デメリットとしては、VR を体験するだけで満足し完結した場合には、実験などの技能が身につかないこと、実際の実験操作や野外観察とは動作が異なることが挙げられた。また、VR 教材の普及という観点から、現在の学校現場における端末機器の台数やネットワーク環境のようなインフラ整備上の課題も指摘された。

今回作成したコンテンツの教材としての意義を考えるにあたり、VR の特性を活かした理科教材に求められる要素、すなわち、どのようなコンテンツがどのような学習に適しているのかに関する情報の不足は否めない。これは、教材研究や実践的な研究、特に科学教育や理科教育の分野での研

表 3. 教材としてのメリット・デメリット

メリット	デメリット
季節変化や個体差がない	季節変化や個体差がない
技量に関わらず、全員が同じ対象物を共有できる	教材を利用する作業だけで満足してしまう
自分で操作できるため、興味関心に応じて学習できる	実物を観察しないため、細かな特徴が分かりにくい
対象物を観察することだけに集中できる	これだけでは観察・実験の技能や関連した知識が身につかない
教師が生徒に示したい情報のみを選択して学習できる	撮影した写真のまま用いると、植物が多いなど情報過多である
実験の事前学習に用いると、スムーズに実験できる	十分な機器や環境の設備が難しい
フィールドワークに伴うリスクがなく、安全	VR 化に適した教材の検討方法を確認する必要がある

究が遅れを取っており、教材としての VR コンテンツの位置づけが未だ不明確であることに起因するといえる。その根源的な問題はインフラだけではなく、教師の苦手意識も少なからず影響している可能性がある。情報端末の操作やデジタルコンテンツの使用に長けている一部の教師を除き、「VR」という新しい試みを、現在の授業に取り入れることに関して抵抗感があり、結果として授業で VR コンテンツが活用されず、実践研究も行われなくなるといふ、言わば悪循環になっていることが考えられる。

おわりに

本研究では、プログラミング初心者の大学院生が A-Frame によって VR コンテンツを作成することができた。十分に作り込めてはいないものの、比較的単純なコンテンツであれば、誰でも作成可能であり、前述のようなテンプレートを用意することで、より簡便に作成できるようになるといえる。また、コンテンツの作成につまずいた際にも、Web 上には様々な解説サイトがあり (たとえば石川, 2019)、初心者向けの入門書も出版されている (たとえば國分, 2019)。これらを活用することで、作成上の多くの問題は解決可能であろう。このような点で、A-Frame はコンテンツの作成においては有用なフレームワークといえる。

一方、A-Frame で作成したコンテンツは、サーバー上にアップロードして運用することになるため、教室には Wi-Fi 環境が必要になる。また、現在の小・中・高等学校ではスマートフォン等の電子デバイスの使用が制限されている場合が多く、VR コンテンツを授業に取り入れるには、端末機器も含めたインフラの整備が不十分である。さらに、教材として有効に活用するには、VR の特性を基盤に学習内容に対する適性を評価する必要があるが、実践的な研究が追い付いていないのも事実である。このように、理科の授業に VR コンテンツを導入するには幾多の課題が山積している。しかし、Allcoat and Mühlenen (2018) は、VR による学習の方が教科書による学習やビデオによる学習よりも記憶のパフォーマンスが優れていたと報告しており、このように有益な効果が認められる学習場面については、積極的に導入するよう努めることも必要であろう。学校現場のインフラに関しては、文部科学省 (2018) で示されたように、今後、学校現場の ICT 環境の整備によって改善されることを期待する。

VR 技術の進展や電子デバイスの整備により、VR コンテンツが理科の学習に普及した場合でも、現状ではそれが実物を用いた学習に取って代わるものになるとは考えられない。なぜならば、実際の生物や岩石には、教材に設定された本来の目的以外の情報が内包されており、それが学習者の多角的な視点の獲得や、新たな探究の課題の発見につながると考えられるからである。教材の精緻化とは逆行するが、洗練された教材は、その目的や方向性が明確になる一方、見方・考え方が単純になり、画一的な思考を生みがちである。これから求められる深い学びを達成するためには、雑多な情報から必要な情報を取り出す能力や、事象の背景や他の事象との関連性を洞察できる能力が求められており、その点において実物から学ぶ、リアルな教材は学習には不可欠であろう。したがって VR コンテンツは、その特性を活かし、時間的・空間的制約を超えて比較や考察を行ったり、予備的な学習や仮想実験のような補助的なものとして活用したりすることが望ましい。学習指導要領(文部科学省, 2017a, b, 2018) で求められている、観察、実験を通じた科学的に探究する力の育成や、主体的な学びを実現すべく、今後は様々な新たな取り組みが実施されると予想される。その取り組みの一環として、VR 技術を活用した教材についても効果検証も含めた実践的な研究が行われ、VR の特性を活かした理科の教材の開発、活用法の提案が期待される。

本研究の一部は、JSPS 科研費 19K02708 ならびに 19K03144 および 17H01980 の助成を受けて行った。この場をお借りして御礼申し上げる。

引用文献

- Allcoat D. & Mühlénen, A. 2018. Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26. DOI: 10.25304/rlt.v26.2140 (アクセス 2019.12.5)
- 國分三輝. 2019. VR アプリを作ろう A-Frame でかんたん WebVR 入門. デザインエッグ株式会社. 98pp.
- 文部科学省 a. 2017. 小学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説理科編. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_005_1.pdf (アクセス 2019.12.5)
- 文部科学省 b. 2017. 中学校学習指導要領(平成 29 年告示) 解説理科編. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387018_005.pdf (アクセス 2019.12.5)
- 文部科学省. 2018. 高等学校学習指導要領(平成 30 年告示) 解説理科編理数編. http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/11/22/1407073_06_1_2.pdf (アクセス 2019.12.5)
- 瀬戸崎典夫・佐藤和紀. 2017. 平和教育実践における全天球パノラマ VR 教材の効果的な活用に関する検討. *教育メディア研究* 23 (2), pp. 15-24.
- 瀬戸崎典夫・富永裕也・森田裕介. 2018. 月の満ち欠けについて学ぶ探索型 VR 教材の開発. *日本教育工学会論文誌* 42 (Suppl.), pp. 89-92.
- 白井昭子・佐藤克美・堀田龍也. 2018. 中学校美術科の鑑賞の授業における VR 教材の活用に関する一検討. *日本教育工学会論文誌* 42 (Suppl.), pp. 105-108.
- 本文中で参照した資料および Web サイト
- A-Frame. <https://aframe.io> (アクセス 2019.12.5)
- Google. Tour Creator. <https://arvr.google.com/tourcreator> (アクセス 2019.12.5)
- 石川淳. 2019. [A-Frame] WebVR 入門してみよう. <https://www.skyarch.net/blog/?p=17014> (アクセス 2019.12.5)
- 文部科学省. 2018. 学校教育における ICT, データの活用. 未来投資会議構造改革徹底推進会合「企業関連制度・産業構造改革・イノベーション」会合(雇用・人材)資料 5. <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo2018/koyou/dai3/siryoushi.pdf> (アクセス 2019.12.5)
- Unity Technologies. Unity. <https://unity.com/> (アクセス 2019.12.5)