

研究課題	ARプログラミング活動の教材化とその成果物の教材利用の効果検証
副題	
キーワード	AR 新学習指導要領 情報Ⅰ プログラミング 問題解決
学校/団体名	私立京都橘中学校・高等学校
所在地	〒612-8026 京都府京都市伏見区桃山町伊賀50
ホームページ	<a href="https://www.tachibana-hs.jp/">https://www.tachibana-hs.jp/</a>

## 1. 研究の背景 — AR（拡張現実）× 新学習指導要領 × iPad —

Alphabet（Google の親会社）が2019年に発表した科学論文の研究領域とその数に関する調査によると「AR」を研究領域に含む論文は5番目に多かった[1]。最近では「仮想空間『メタバース』への入り口として注目される拡張現実（AR）・仮想現実（VR）端末の技術開発競争が激化している」[2]という報道もある。教育におけるAR利用も広がっており[3]、パナソニック教育財団の実践研究においても複数の報告が見られる。しかし、高等学校でのARコンテンツのプログラム開発（AR開発）の事例は見当たらなかった。

ところで、新学習指導要領で高等学校の必修科目となった情報Ⅰは、「コミュニケーションと情報デザイン」「コンピュータとプログラミング」「情報通信ネットワークとデータの活用」が「情報社会の問題解決」に生かされるべく、内容が構成されている。本校ではこれまでプログラミングの題材として「数独」の解法を扱ってきた。「数独」の解法は構造化プログラミングの習得に適しているが、「情報社会の問題解決」には向かず、新たな題材が必要とされた。

このような背景の下、AR開発が「コンピュータとプログラミング」と「情報社会の問題解決」をつなぐ学習となり得るのではないかと考えた。なお、本校では2020年度以降の全入学生が学校設定のiPadを所持している。これら情報端末の活用も視野に入れ、本研究の実施に至った。

## 2. 研究の目的

既製アプリケーション（東京書籍マチアルキ等）を利用する場合と比べ、独自のAR開発は難度は高いが、それだけ自由度が高く多面的な学びが可能であると考えた。そこで本研究では、AR開発の授業への導入に関して、次の3点を明らかにすることを目的とした。

- ①学習に対する**関心意欲**を高められるか
- ②どのような**学習効果**を期待できるか
- ③授業の実施に際してどのような**課題**があるか

なお、計画時には開発したARコンテンツの授業利用における効果検証も目的に掲げていたが、研究過程（7月のオンラインサポート）で計画を修正し取り下げた。

## 3. 研究の経過

まずロボットプログラミング部の活動の中でAR開発を行った。次にそこで得た知見をもとに教科情報の授業でAR開発を行った。具体的な活動は表1のとおりである。なお、授業の実施に際しては、他教科（主に家庭科と社会科）の教員と3DCGの内容やARコンテンツの見せ方等を話題に適宜ミーティングを実施した。

表1 年間活動

	時期	取り組み内容	評価のための記録
①	6月18日	京都府私立中学高等学校情報科研究会夏期研究会 参加教員10名 筆者発表「AR プログラミングの授業実践研究に向けて」	他校教員からの意見感想の聞き取り
②	〈開発〉 7月下旬～9月上旬 1.5h×10回 〈本番〉9月11日	文化祭 ロボットプログラミング部企画 「たちばにゃんと AR で記念撮影」 高校部員18名 <b>AR アプリ開発 (実践1)</b>	制作物 写真 部員の感想文
③	〈開発〉 9月後半 1.5h×6回 〈本番〉10月16日	オープンキャンパスⅡ ロボットプログラミング部企画「吾輩はたちばにゃんで AR」 <b>WebAR 開発</b>	制作物 部員からの聞き取り
④	10月・11月 11～12回	授業「社会と情報」 高校3年生（4クラス約160名） 望ましい情報社会の構築・3DCG制作・ARの事例研究・ARアプリの企画	学習の振り返り 生徒アンケート
⑤	1月・2月 5～10回（オンライン講義を含むと8～12回）	授業「情報の科学」 高校1年生（5クラス約200名） 「AR展示会」 <b>WebAR 開発 (実践2)</b> ・ AR事例研究・文化祭でのAR企画など	制作物 写真 学習の振り返り 生徒アンケート
⑥	2月19日	京都府私立中学高等学校情報科研究会冬期研究会 参加教員8名 筆者発表「ARプログラミングの授業における課題と可能性」	他校教員からの文書コメント
⑦	3月12日	春のオープンキャンパス ロボットプログラミング部企画「吾輩はたちばにゃんでAR」 ③の成果物の再利用	

#### 4. 代表的な実践

AR 開発には大きく2つの方法がある。一方はARアプリケーションソフトウェア（ARアプリ）として開発する方法であり、他方はブラウザで利用できるWebページ（WebAR）として開発する方法である。本研究ではARアプリ開発を行い、その後にWebAR開発を行った。

##### **実践1** AR アプリ開発

文化祭の企画で、ロボットプログラミング部が「たちばにゃん」（本校生徒会のゆるキャラ）等と記念撮影ができるARアプリを開発した。教員の関りはAR企画実施の指示と開発環境の準備だけであり、具体的な企画、制作、文化祭当日の来場者対応などは生徒が主体的に行った。ARアプリ開発における主な制作物は3DCGとプログラムであり、開発環境は表2のとおりであった。

表2 AR アプリの開発環境

3DCG 制作	マシン：Windows10（コンピュータ教室のPC） CG ソフトウェア：Blender（インストール不要のポータブル版）
プログラミング	マシン：MacBook（助成金で購入した4台） エディタ：Xcode プログラミング言語：Swift

生徒は Blender や Xcode の使用経験がなく、こちらが提示した PDF 書籍『Swift でつくる ARKit 超入門 第3版』（北村愛実，2020）や Web サイトの情報を参考にしながら開発を進めた。実際に 3DCG を実写の中に登場させられたとき、部員から歓喜の声が沸き上がった。図1は Blender で作成した 3DCG を Xcode に読み込んだときの画面である。図2から、教室に存在しない鳥居やたちばにゃんが iPad 上で表示される様子が分かる。文化祭当日は多数の生徒や教員を迎え、100枚以上の写真撮影があった。予想以上の盛況であった。

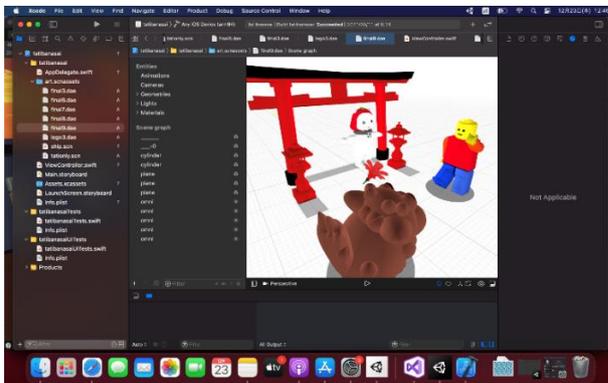


図1 Xcode の画面



図2 写真撮影時の AR アプリ

生徒の感想文には「してみたかった AR が出来て良かった」「オブジェクト作成が楽しく凄く印象に残りました」「新鮮でした」などの記述が見られ、関心意欲を持って取り組んだ様子が伺えた。ただ、元々コンピュータに興味を持っている生徒がロボットプログラミング部に入っているため、これは当然の結果かもしれない。また「本の通りにプログラムを記述しても思うように動かず、調べてみるとソフトのバージョンが進んでいるために・・・」「日本語文献が少ない」「（ソフト間の 3DCG の）互換性についてはとても悩ませられました」などの声もあり、苦心の様子も伺えた。大学入試（ペーパーテスト）のプログラミング関連の問題ではアルゴリズムに焦点が当てられることが多い。しかし実際のプログラミングでは、ソフトウェアのバージョンの問題や互換性の問題が付きまとう。また最新の情報は書籍化や日本語化されていないこともある。そのような意味で、今回の AR 開発にはより現実に即したプログラミング力を養う学習効果があったと言える。一方で「すべての MacBook が使われていたため、（プログラミングが）出来ませんでした」との声もあり、十分な数のマシンを準備できないという開発環境面の課題も示された。また、本校の管理ルール上、開発したアプリを生徒の iPad にインストールできない問題や、アプリを配布しようとした場合に Apple の有料アカウントが必要になる問題もあった。これらの問題を回避すべく、AR アプリから WebAR へと制作物の種類を切り換えた。

**実践2 WebAR 開発**

WebAR 開発が特別な環境の準備なしに実施できることが、同部のオープンキャンパス企画（表1の③）で確かめられた。WebAR の開発環境は表3のとおりであった。

表3 WebAR の開発環境

3DCG 制作	マシン：Windows10（コンピュータ教室のPC） CG ソフトウェア：ペイント3D（プリインストール）
プログラミング	マシン：Windows10（コンピュータ教室のPC） エディタ：メモ帳（プリインストール） プログラミング言語：HTML・JavaScript

そこで得た知見をもとに、授業での WebAR 開発に至った（表1の⑤）。高校1年生は2学期に数独を題材にプログラミングの学習を行っており、「問題解決へのプログラミングの応用」という位置づけで AR 開発の授業を計画した。ただ、新型コロナウイルス感染症予防のため、休校や授業のオンライン講義（Zoom）への変更があったことを先に述べておかなければならない。授業数が減り、クラス間の授業数や学習形態、ひいては授業内容に大きな差が生じた。プログラミングを授業の主な活動にする予定であったが、授業数減少のため、一部のクラスで写経的なプログラミングを行えただけで、大部分のクラスではプログラムの解説のみになった。

表4 授業の流れ

計画		実際	
第1～2回	3DCG 練習	第1～2回	3DCG 練習
第3回	AR と課題「AR 展示会」の説明 事例研究	第3回	AR と課題「AR 展示会」の説明
第4回	企画（クラス→班→個人） 三面図のスケッチ（宿題）	第4回	事例研究 企画（クラス→班）
第5～7回	3DCG 制作	第5回	個人の作品内容の決定 三面図のスケッチ
第8～10回	<b>プログラミング</b>	第6～8回	3DCG 制作
第11回	作品チェック・修正 ポスター制作	第9回	作品チェック・修正 ポスター制作
第12回	鑑賞会・振り返り	第10回	鑑賞会・振り返り <b>プログラミング解説</b>

※平均的なモデルであり、クラスにより異なる。  
※オンライン講義も含む。

企画では、クラスごとに水族館・動物園・恐竜展などのテーマを決め、班ごとにサブテーマを決めた。そして生徒一人ひとりが3DCG（図3）とポスター（図4）を制作した。3DCG や HTML 等のファイル群のアップロードは教員が行った。なお、Web サーバは従来から外部レンタルしていたものを用いた。鑑賞会（クラス内実施）では、iPad で「AR 展示会」の Web ページにアクセスし、ポスター上の AR マーカーを読み取り、作品をカメラ映像に重畳表示させた（図5）。



図3 恐竜の3DCG

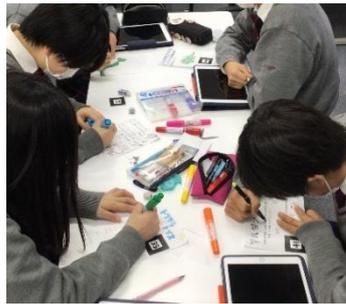
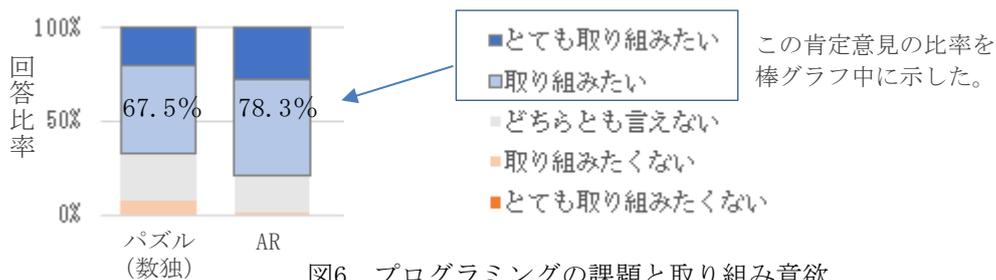


図4 ポスター制作



図5 重畳表示されたコイ

生徒の振り返りには「ARが起動するのはそれをプログラムするからで、そのことも学べて良かった」、「自分が作った作品が褒められるのがとても嬉しかったし、その作品がARとしてカメラ越しに出てきたとき感動しました」、「めっちゃ面白かったし、またやりたい。できることが増えていくとやりがいがある。クラスみんなでいろんな恐竜つくったのもよかった」などの肯定的な感想が多かった。プログラミングの課題とその取り組み意欲に関する質問に対しては、図6の回答が得られた (n=157)。これまで取り組んできたパズル (数独) よりも、ARに取り組みたいと答えた生徒は多く、両群間の回答比率には有意差が認められた。AR開発が関心意欲を高めうることを示された。



コロナ禍の制限の中で完全燃焼しにくい一年であったが、最後は生徒の成功体験 (AR 展示会が完成すること) で締めくくりたいという思いが強く作用した。そのため、本来生徒に考えさせるべき展示会の外部設計やプログラムについて、教員が説明指示してしまい、生徒に十分考えさせることができなかった。生徒の振り返りに3DCGの工夫に関する記述はあったが、プログラミングや問題解決に関わる記述はあまり見られなかった。ただ、これは指導の内容やあり方に起因する。授業でのAR開発に対し、研究会 (表2の⑥) に参加した教員からは『情報デザイン』『プログラミング』『問題解決』などの情報Iの複数の単元を横断した学習ができる。(中略) 生徒たちが学習した内容を実社会で実用していくには、つながりをもって理解することが大切だ」、「情報だけでなくその他の探究学習にも連携できる」とのコメントがあり、AR開発自体には多面的な学習効果が期待できると考える。しかし一方で、授業に多数の目標を設定することに対して、「意義や目的を見失ったりあいまいになったりしてしまわないよう、十分に整理して取り組みたいものだ」と注意を促す意見もあった。WebAR開発では、学習環境の準備という面での課題は克服できたが、具体的な指導のあり方の検討が今後の課題として示された。

## 5. 研究の成果

AR 利用を踏まえた授業実践報告は散見されるが、AR 開発をテーマとした実践報告はほとんどない。そのような中、授業における AR 開発の実践事例を示せたことの意義は大きいと考える。代表的な実践で述べたように、本研究では AR 開発が生徒の学習に対する**関心意欲**を高めうることが明らかになった。また、本実践で成し得たと言い切れないが、AR 開発がプログラミングだけでなく情報デザインや問題解決など、多面的横断的な**学習効果**をもたらす可能性が示唆された。さらに、開発コンテンツを WebAR とすることで、開発環境準備の課題が解消されうることが明らかになった。授業における具体的な目標設定、指導方法等の検討が今後の**課題**として示された。

## 6. 今後の課題・展望

AR はマーカーだけでなく実写画像や GPS の情報をもとに作動させることもできる[4]。AI と連携して機能する仕組みもある[5]。また AR グラス等のデバイスも進化しており、AR の可能性は今後さらに広がる。教科情報ではそのような先端技術を授業に導入することが可能である。しかし、それには教員の「学びに向かう力」が求められる。本研究では当初、開発した AR コンテンツの教材利用までを計画に入れていたが、それには至らなかった。その原因は筆者の AR 技術に対する知識習得が思うように進まなかったことであった。AR 技術に関する書籍は少なく、日本語化された Web 上の情報は散在している。今後それらの情報を整理し、Web 上で公開したいと考えている。

## 7. おわりに

「最近コロナがあつて、動けなくなるぐらいまではしゃいだり遊んだりが出来なくなって、だから、そういうゲームの世界でもいいから恐竜が出てきたりジェットコースターに乗れたり、そういう心から驚けたり、笑えたり出来たら幸せだと思います」。これは最終授業で生徒が書いた「文化祭での AR 企画」からの引用である。授業の中で学んだことを実生活の場で活かし、ぜひ思いを現実にもしてもらいたい。

最後に、一年間にわたりご助言をいただいた日本大学の中橋雄先生、年度末の多忙期にコメントを寄せていただいた高畑祐輔先生、上田祐一郎先生、鈴木潤先生に心より感謝を申し上げたい。

## 8. 参考文献

- 1 佐藤 遼, 2020年1月23日, 「暗号化・認証・データプライバシー、2020年の IT 研究の世界トレンド」, 『日経クロステック』
- 2 日本経済新聞, 2022年3月7日, 「AR・VR 特許の競争力、Microsoft 先行 メタバースの要に」
- 3 クラウドサーカス株式会社, 「AR×学び・教育 | ARGO」,  
<https://ar-go.jp/media/tag/school-education>, (2022年2月19日参照)
- 4 『AR.js - Augmented Reality on the Web』, <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>, (2022年3月5日参照)
- 5 吉永 崇, 『AI x WebAR: MediaPipe のハンドトラッキングを使ってみよう』,  
<https://xr-fukuoka.connpass.com/event/240042/>, (2022年3月5日参照)