

2021年度

卒 業 研 究

総合理工学科

松田 修 研究室

2021年度 松田研究室 メンバー

奥 明香里（先進科学系）

影山 壱成（先進科学系）

園田 朋久（先進科学系）

林 奈七（先進科学系）

平井 怜央（先進科学系）

横内 亮佑（先進科学系）

豊田 陽希（機械システム系）

指導教員：松田 修

卒業研究

津山水族館計画の企画

～吉井川を望む白いカフェと地下映像水族館との融合施設～

先進科学系

奥明香里

指導教員 松田修

令和4年2月22日

概要

本研究の目的は、津山市に水族館を構想することである。この企画案から、津山地域の本質的な課題を考え、その課題を解決するための現在テクノロジーを調査し、それをもとに、津山地域が活性化する街づくりデザインを考えていく。考案した施設は、津山駅から徒歩 10 分の場所にし、水族館は水を使わず映像だけで魚を表現する。また、多くの人が津山市に足を運んでもらうために SNS の活用やカフェとの融合、アトラクション形式の水族館となっている。

Abstract

Tsuyama Aquarium plan

～A fusion facility between a white cafe overlooking the Yoshii River and an underground image aquarium～

The purpose of this study is to plan to create an aquarium in Tsuyama city. In this paper, we consider regional problems, investigate technologies for solving the problems, and eventually consider urban development design for revitalizing the Tsuyama area. The aquarium we propose will be built a 10-minute walk from Tsuyama Station. Our aquarium is in the basement. However, there is no water in the aquarium. Instead, we'll show you aquatic life by using a video system. We get in a small car and observe the aquatic life shown in the video. After experiencing such an attraction, you can take a rest at the cafe on the first floor. Such information will be sent on SNS.

目次

1 はじめに	3
1-1 津山市の課題	3
2 津山市の課題の解決策	3
2-1 津山市の課題に対する考察	4
2-2 津山市の課題を解決するための水族館	4
3 水族館構想の概略	4
3-1 水族館とカフェの組み合わせ	4
3-2 最新技術との融合	5
4 施設の概観	5
5 カフェと施設の融合施設について	6
5-1 融合施設の場所	6
5-2 融合施設の外観	6
5-3 融合施設の内観	7
5-4 カフェで提供するメニュー	8
5-5 アトラクションの内部	9
5-6 建築模型	10
5-7 プロジェクションマッピングの活用	14
5-8 プロジェクションマッピングの作成方法・技術	15
6 まとめ	16
7 参考文献	17

1 はじめに

指導教員から「新しい津山地域の街づくりとして、一見、津山地域に関連しないと思われる水族館を構想し、デザインせよ」というミッションを与えられた。本研究では、このミッションに添い企画案を作成する。具体的には、今の津山地域の課題は何か、そしてその課題を解決するためには、どのような現代テクノロジーを用いたらよいか、そしてそれをどのように扱って、自分がイメージする水族館のデザイン、またはそれに類する街づくりデザインに活かせるかを研究し、それらを総括的に扱った詳細な企画案を作成する。

今の津山市は、現状として、2015年に102352人いた人口が現在99109人に減っており、50年後の2065年には49228人に減ると予想されている[1]。つまり50年以降の人口は、現在の約1/2以下のとなり5万人以下になり大きく減少することになる。また図1より、特に若い世代や働き世代の人口の減りが大きく見られ、年少人口（14歳以下）は約50年後には1/4と減少し、人口の14人に1人程度になると見込まれている。

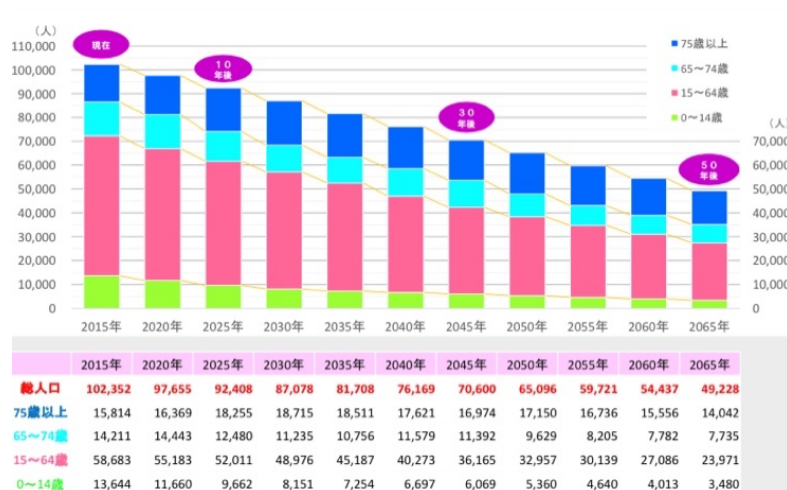


図1 津山市の人口

人口減少以外の問題として、津山市の中心市街地はシャッター商店街となっており、市民の移動手段である市営バスも1時間に1本しかないという社会インフラの大きな問題を抱えている。このような問題は津山地域の活性化によって、ある種の解決をもたらすのではないかと考える。

2 津山市の課題の解決策

研究の目的は、津山地域の本質的な課題を考え、それを解決するための現代テクノロジーを調査し理解することである。そしてそれをもとに、津山地域が活性化する街づくりデザインを企画することである。

2-1 津山市の課題に対する思考

著者は現代テクノロジーと若い世代の力を利用し津山市に未来水族館を作り観光客を増やすことで、津山地域を活性化しようと考えた。

2-2 津山市の課題を解決するための水族館

著者が考える津山市の課題を解決するための水族館の第1案は、若者の力を使い津山市を全国に発信することである。そのために、若者に流行っているもの、そして簡単に津山市を広められるものとして、SNSを有効活用する。SNSを活用していく上で、重要なのが融合施設の名前とキャッチコピーが大切だと考えている。融合施設の名前は端的で覚えやすいものをコンセプトに考え、「musubi〜結〜」という融合施設にした。この名前の由来は、幅広い年齢層のお客様に足を運んでもらい、津山市のいい所を津山市に住んでいる人々だけではなく全国からきた観光客に感じて、「また来たい」そう思ってもらえるような施設にし、多くの人々のコミュニケーションをこの津山の地で結んでもらえたらいいなという思いが込められている。そして、多くの人に注目してもらうため、この融合施設のキャッチコピーは「水を使わない水族館」とする。

第2案は、カフェと水族館の融合施設の企画である。第1案で述べたSNSを有効利用するためには、行ってみたい水族館という口コミを広げる必要がある。そのための仕掛けとして、現在の日本人のグルメ志向の強さという性質から水族館に「カフェという付加価値を付ければ、より集客力が強まる」と考えた。実は津山は、「珈琲」という文字の発祥の地である。江戸時代に津山藩医であった宇多川榕庵と洋学者がオランダ語のKoffieに充てたという歴史がある。この歴史を利用し、水族館に併設していろいろなタイプのカフェを並べる。このことによって店同士の競争も生まれる。それは活気に繋がる。

3 水族館構想の概略

3-1 水族館とカフェの組み合わせ

企画案として、カフェと水族館の2つを組み合わせることで、全国に津山市を広められると考えた理由は2つある。

1つ目は、今の若者に流行っているInstagramを通じ発信してもらい全国に広められると考えたからだ。Instagramとは写真でコミュニケーションを楽しむ場所として開発されたアプリであり、自分の好きな写真や動画を簡単に共有できるものである。利点として、文字や文章をあまり入れなくても伝えられることである。著者は、Instagramの中の機能である「ハッシュタグ

（＃）」を利用している。これは、自分が興味のあるものを簡単な単語で検索することができ、それに関連している投稿を見ることができる機能だ。著者はこの機能を使い、ランチやご飯屋さんを探し、そのお店に行ったりしている。なぜ、この機能を使うかという、どのようなご飯、デザートでどんな種類があるか写真で多くの人が投稿してくれているので、実際にどのようなものが出てくるのかわかりやすいためである。今日はこれが食べたいと思うと、その食べ物の名前を入れるだけでおすすめのものが表示される。この機能の中で、「＃カフェ」という言葉は今現在だけでも 2405 万件投稿されていることに着目し、著者はカフェと水族館を融合した施設を企画しようと考えた。カフェと水族館の組み合わせは、日本の中でも珍しく、斬新な組み合わせなので、観光客の注目浴びることができるのではないかと考えている。

3-2 最新技術との融合

最新技術と融合させ水族館を特別なものにすることで注目を集めさせようと考えている。普通水族館といえば、水の中に魚がいることをイメージするが今回は最新のプロジェクションマッピングの技術を用いて水や魚を使わずに水族館を作ろうという企画を構想した。

4.施設の概観

本企画で構想する津山水族館は、津山市の街の風景と水中生物が共存する世界を表現するものである。また、観光客を増やすために津山駅からこの建物までの間に津山地域に住んでいる若者たち各々が表現できる場を設けようと考えスペースを作る計画である。その建物は、白を基調としたガラス張りのカフェであり、カフェの入り口は四角い木の扉で、そこから中に入ると、吉井川が一望できるようになっている。カフェで提供されるメニューは全て津山地域で取れた新鮮な野菜や果物を使った料理やデザート、ドリンクである。カフェの反対側には、4、5 人乗りの観覧車のような乗り物の入り口が隅にある。それに乗ると地下のアトラクションに行くことができる。その空間の中心に大きな木がある。木を囲むように階段形式のベンチがあり、その周りには様々な本を用意している。お客様それぞれの時間を楽しんでもらうようにたくさんの工夫を施した建物になっている。また、多くのお客さんに来てもらうためトイレは、全て広くし、多目的トイレの他に化粧直しができるよう女性用トイレには化粧台も設けている。

5 カフェと施設の融合施設について

5-1 融合施設の場所

建物の建設地として、津山駅から徒歩 10 分あたりの場所に建設を予定している。この場所は、岡山県作陽高等学校（岡山県津山市八出 953）の下あたりである。図 2 より場所を丸で示す。

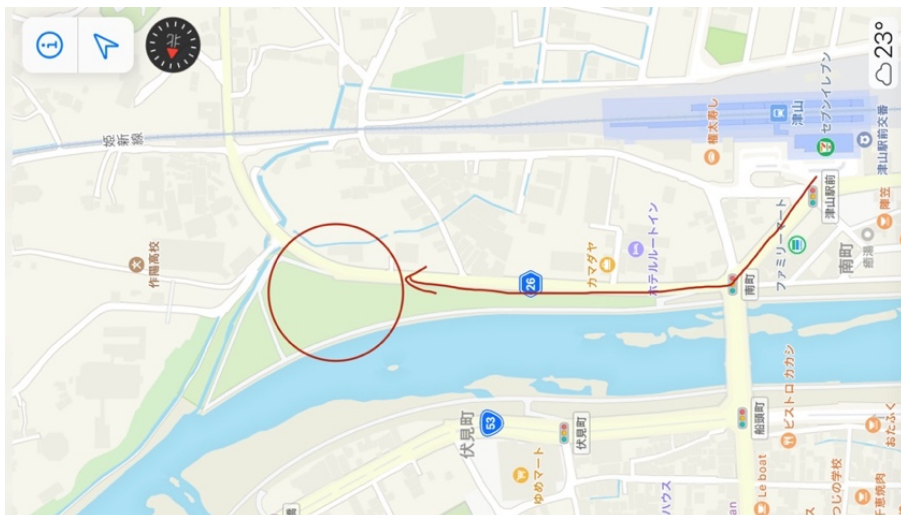


図 2 建設予定地

この場所を選んだ理由は駅から徒歩 10 分の場所にあるため訪れやすく、そして吉井川を一望でき、融合施設の周辺には津山城の城下町が広がっており古い街並みが残っていて、観光客にぜひ訪れて欲しい津山市の観光スポットの 1 つであるためである。津山市のおすすめスポットとして、城下町周辺には飲食店が多く存在しており、津山市のご当地グルメや新しくできたスイーツのお店やおしゃれなカフェなども存在しており、一度訪れてみてほしいのでこの場所にした。そして、津山駅からこの施設までの間に津山地域に住んでいる若者たちが自由に表現できる場を設けようと考えており、アンテナショップや飲食店などを容易に開けるようテナントを設けるように構想もしている。

5-2 融合施設の外観

建設する建物の外観として、白を基調としたシンプルな外観にしている。壁を真っ白にするのは、この融合施設が津山市のシンボルになって欲しいので、目立ちわかりやすくする目的のために白色にする。

融合施設の外観を図 3 に示す。

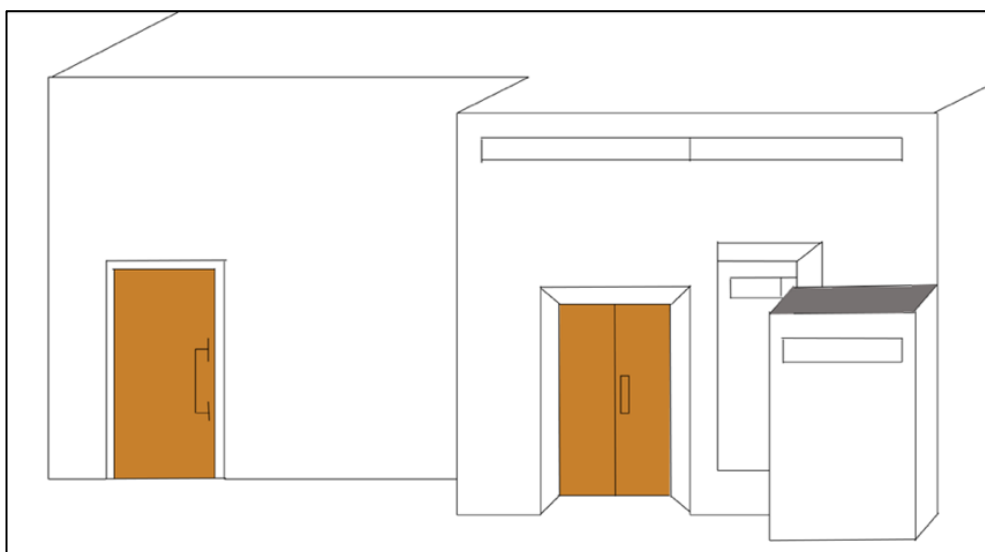


図3 建物外観(正面)

右側の扉からは、アトラクションや特産物コーナーなどの空間に行け、左側の扉からは、カフェへ入れるようになっている。また、中間にも仕切りとして壁を設けているが、どちらにも行けるようにもう1つ扉を用意している。

また、左にある黒い屋根のある空間は自転車置き場を設けている。これは、この付近に学校などが多く学生客を想定して自転車置き場を設けた。

5-3 融合施設の内観

次に、建物の中の設計図を、図4に示す。

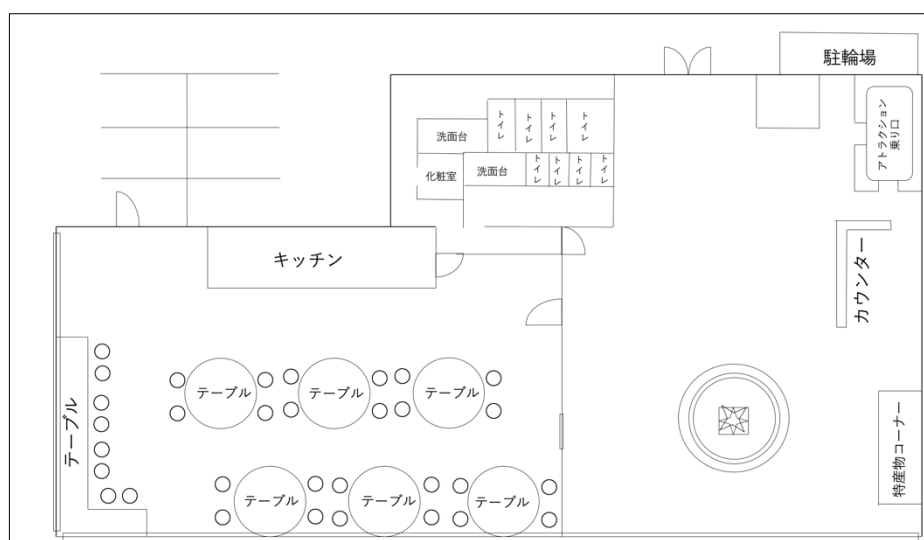


図4 建物内観

まず、左側のカフェ空間は扉を開けると吉井川の景色を一望できるよう全面ガラスに、それに添うようにカウンターテーブルや丸いテーブルを設置した。客の収容人数としては、4人テーブルが6個、カウンターテーブルに8人、計32人まで入ることができるカフェとなっている。そして、扉を開けてすぐ横には、横に大きなキッチンがあり、キッチンと併用してレジを設置している。

壁を挟んで反対側にはアトラクション施設への入り口と津山市の特産物、学習スペースを設けている。大きな両開きの入り口の左側にはトイレ、右側にはアトラクションの入り口がある。また、入り口から入って目の前はカフェと同様に全面ガラスにし、吉井川を一望できるようになっている。そして、この空間の真ん中には、木が1本あり、それを囲むように本棚と本を読むスペースを設けている。ここでは、小さい子供からお年寄りまで学習や調べ物、景色も眺められるようになっており、利用客が楽しめる空間を設置している。本は木が植えてある周りに備え付けの本棚を設置した。読むスペースは螺旋階段状にベンチを作り多くの人が座れるようにしている。その横には津山の特産物コーナーがあり、津山の有名なものから、今後多くの人に広めていきたいものなどを販売する。アトラクションの入り口として入り口の横にカウンターを設置し、チケットの購入やアトラクションの説明をここで行う。

5-4 カフェで提供するメニュー

カフェで提供する料理やデザート、ドリンクなどのメニュー表を図5に示す。

menu			
food		sweet	
日替わりプレート（サラダ＋スープ付）	¥800	日替わりケーキ	¥250
オムライスプレート（サラダ＋スープ付）	¥800	ガトーショコラ	¥250
唐揚げプレート タレor塩（サラダ＋スープ付）	¥800	オリジナルプリン	¥200
生妻焼き定食プレート（サラダ＋スープ付）	¥800	イチゴタルト	¥250
ハンバーグプレート（サラダ＋スープ付）	¥800	ティラミス	¥200
drink		マカロン（イチゴ・バニラ・チョコ・バナナ・抹茶）	¥150
オレンジジュース	¥150	パンケーキ（プレーン・イチゴ・チョコバナナ・クリームブリュレ）	¥500
りんごジュース	¥150	ぜんざい	¥250
ミックスジュース	¥150	パフェ（イチゴ・もも・抹茶・マンゴー・キャラメル）	¥300
スムージー 「りんご・オレンジ・キウイ・バナナ・イチゴ・もも」	¥250	ワッフル（トッピング：イチゴ・チョコ・キャラメル・抹茶）	¥300
（好きな果物3つ選んで頂きオリジナルスムージーをお作りします。）		アイス（バニラ・ストロベリー・チョコ・抹茶）	¥150
オリジナルコーヒー	¥150	set menu	
カフェオレ	¥150	食べ物プレート＋好きなドリンク＋好きなケーキ（上記3つの中）	
カフェモカ	¥150	食べ物プレート＋好きなドリンク	
キャラメルラテ	¥150		
ストロベリーラテ	¥150		
ココア	¥150		
抹茶ラテ	¥150		

図5 メニュー表

図5より、食べ物は、日替わりで変わるものや、子どもが好きなオムライスなど、計5種類用意を用意する。どの食べ物も全て800円と手頃な価格に設定し、5種類の食べ物全て、津山地域で取れた新鮮な野菜などを使用する。その他にも、津山や岡山地域で取れた果物などを使用して作成し、デザートに使う果物も津山や岡山地域で取れた果物を使用しようと考えている。

5-5 アトラクションの内部

アトラクションは定員4~5人、丸い形をしており、コースとしてはA,Bの2つを用意する。中のコースは全てプロジェクションマッピングの技術を使い丸で水の中にいるような感覚を味わえるようになっている。また、コースは2つの中をランダムに振り分ける予定だが、そのコースは津山地域に住んでいる小学生以下の子供たちを対象に3ヶ月に1回募集をかけて、プレゼン大会を開き、そこで選ばれたコースを参考に、飽きないよう3ヶ月ごとに変えていく。1周を約5分間とし、津山のおすすめスポットや、生き物、建物をコースに取り込み5分間でいい所をたくさん知ってもらおうと考えている。地下のアトラクションは図6のようにになっている。

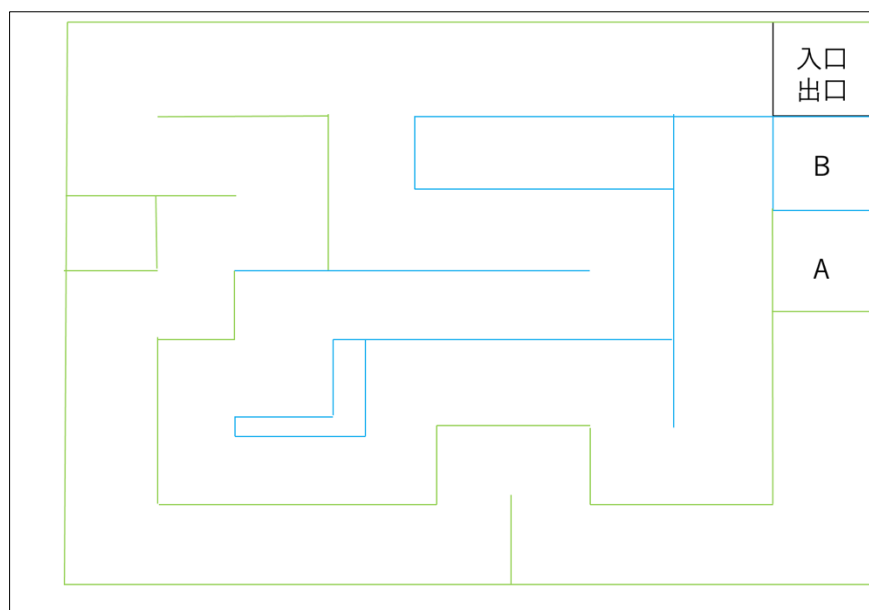


図6 アトラクション構想

入口、出口の場所が、1階のアトラクション乗り場とエスカレーター形式につながっており、A,Bと交互に2つのコースに振り分けられる。Aコースは、津山城や城下町、桜、ごんご通りなどを写す。Bコースでは、奥津溪、蒜山高原、牛などを写す。約5分間の旅の中で、津山地域を知ってもらい、津山市に観光客が増え津山市に住んでいる人たちにも活気が出て、住みやす

い、そしてもう一度来てみたいと思ってもえたらと考えている。

5-6 建築模型

縮小模型図は実際の大きさの 1/60 で作成している。まずは、建物の外観を紹介する。



図7 上から撮った模型

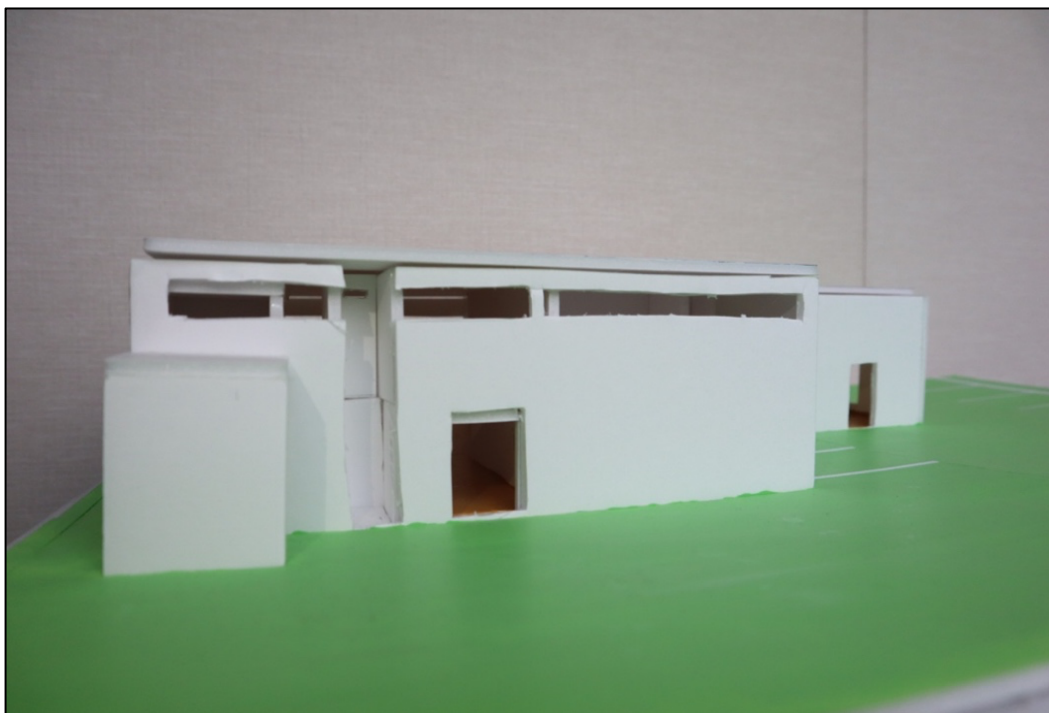


図8 正面からの模型

図7は上から撮った模型である。車は全部で10台駐車できるようになっていて、建物以外のスペースは全て環境に優しい芝生で覆うようにしている。図8は建物を正面から撮影したものである。正面には吹き抜けと上には小窓を設置し、自然光を入れて室内も明るくなるように設計している。

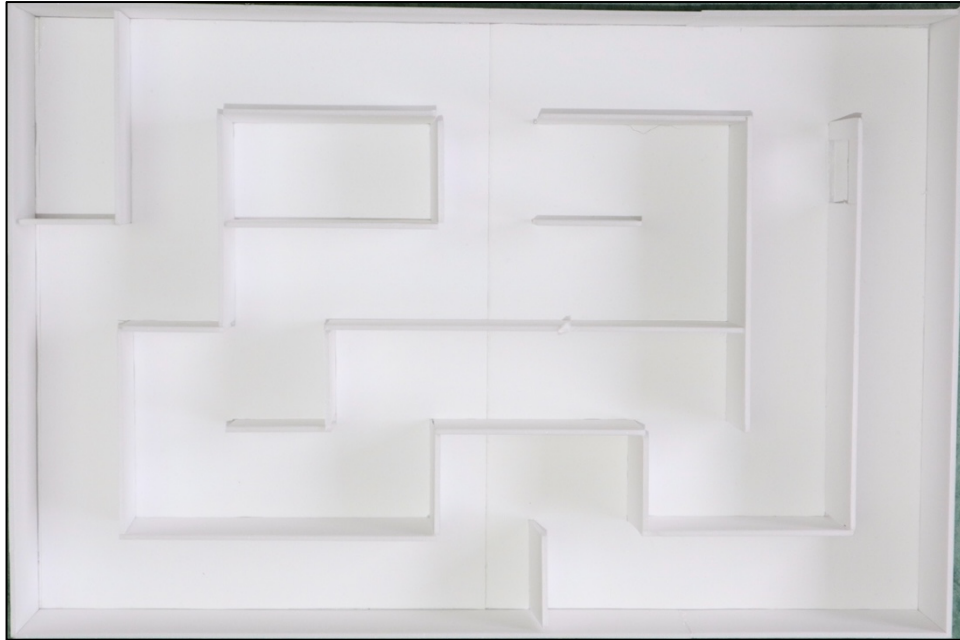


図9 地下のアトラクションコースの配置

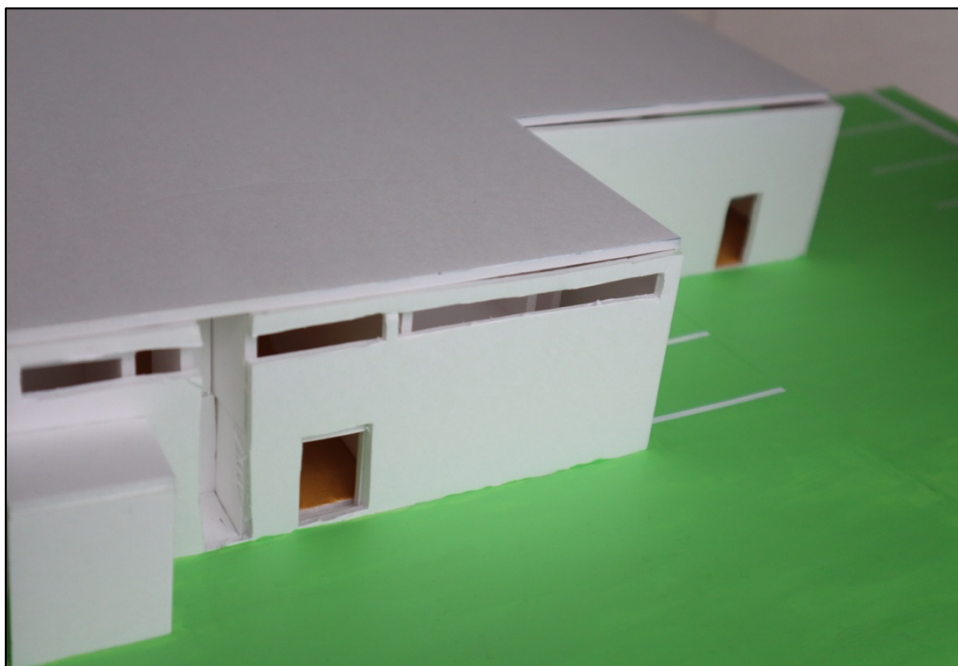


図10 斜め方向から撮った模型

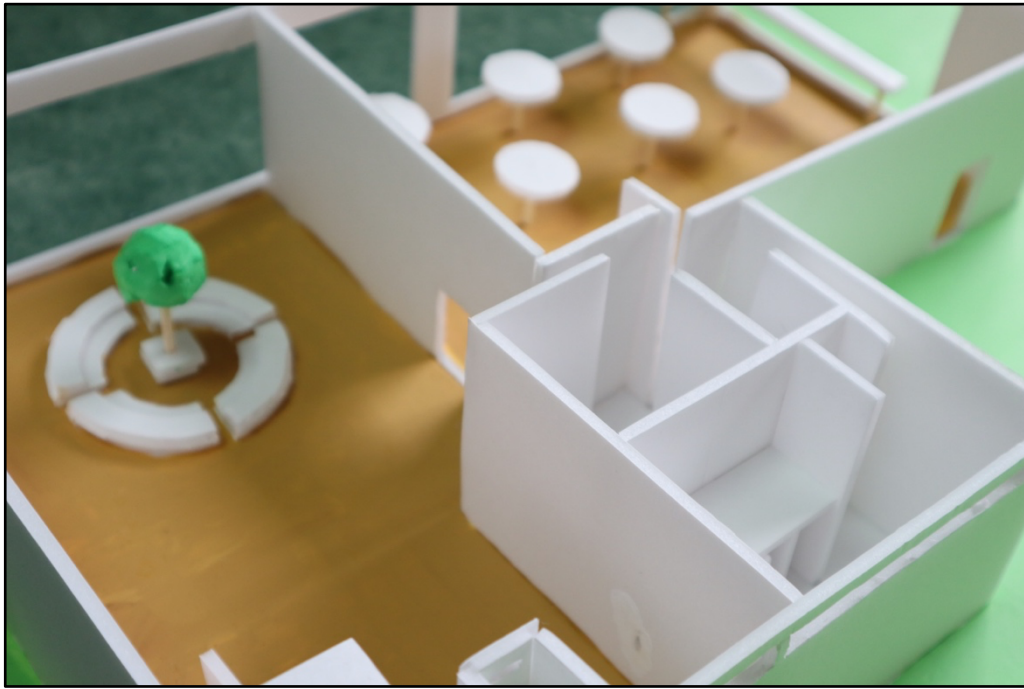


図 11 模型で製作した 1 階のイメージ



図 12 模型で製作したカフェのイメージ 1

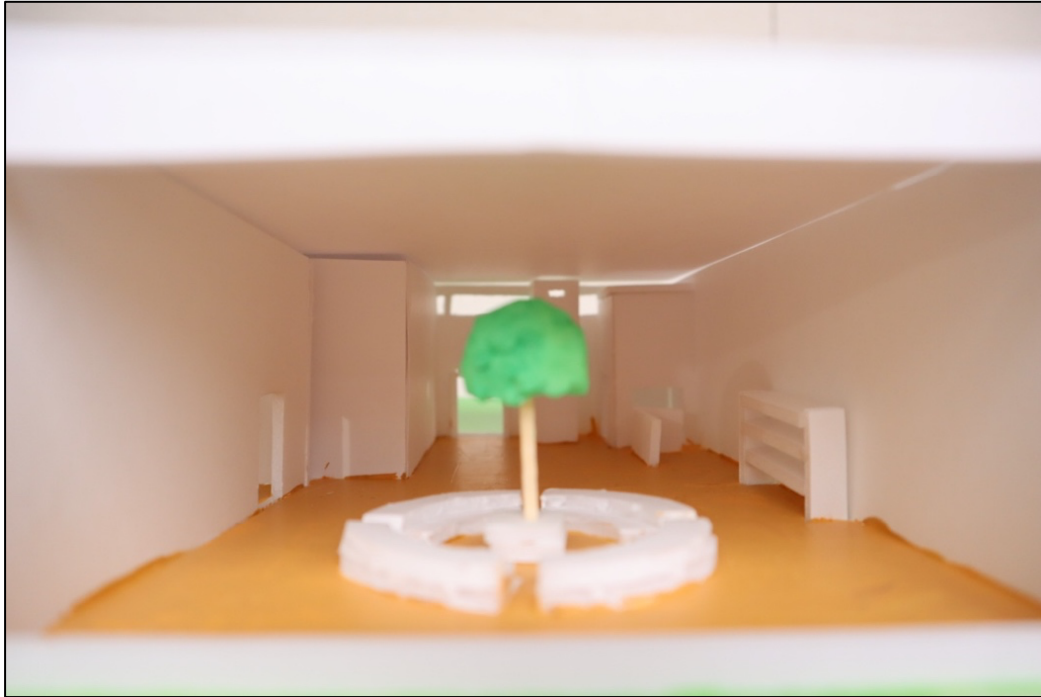


図 13 模型で製作したロビーのイメージ



図 14 模型で製作したカフェのイメージ 2

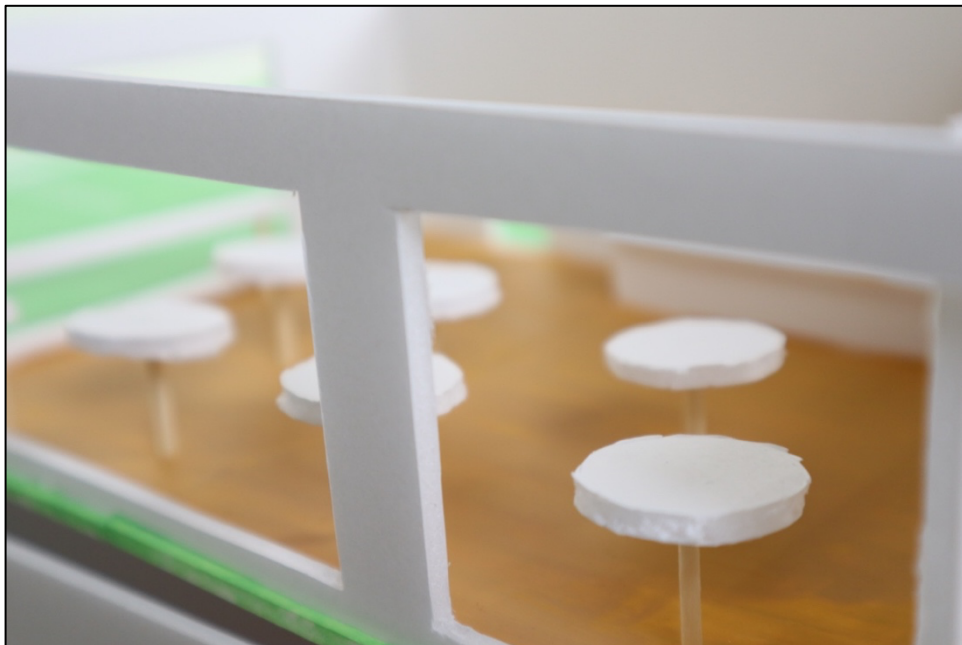


図 15 模型で製作したカフェのイメージ 3



図 16 模型の外から見える 1 階のイメージ

図 9 から 16 までは全て完成模型をあらゆる角度から撮影したものである。

5-7 プロジェクションマッピングの活用

水を使わない水族館をコンセプトにするために水族館にはプロジェクショ

ンマッピングの技術を使う。

プロジェクションマッピングとは、プロジェクターを使用して空間や物体に映像を投影し、重ね合わせた映像にさまざまな視覚効果を与える技術、およびパフォーマンスのことである[2]。プロジェクションマッピングの最大の特徴は、映画のスクリーンなどとは異なり、凹凸のある立体物に映像を張り合わせて投影するという点で、これがうまく機能すると、たとえば建物を変形させたり、キャラクターを登場させたりと、現実ではあり得ないような動きを表現することができることである。

本企画で、この水族館にプロジェクションマッピングを利用しようと考えた理由の1つ目としては、簡単にコースを変更できる点にある。津山の、四季折々で様々な景色が楽しめ、それぞれの季節で違った津山の一面が見えると考えている。コースを変更していく上で、実際の水を使い変えていくとなると多くのコストがかかり、時間もたくさんかかることを考慮すると、プロジェクションマッピングを利用した方がいいと判断した。

2つ目の理由として、プロジェクションマッピングが今注目を浴びている点である。事例の1つとしてニューヨークのファッションブランド「ラルフ・ローレン」は2010年、新しい香水の発売に合わせ、ショップの外壁を活用したプロジェクションマッピングを行った[3]。まず、建物中央に階段とスポットライトが登場する。実際のファッションショーのように、ラルフ・ローレンの洋服を身にまとったモデルたちが次々登場し、架空のファッションショーが行われ、その後はバッグやネクタイなどのアイテムが投影され、ブランドロゴにもなっているポロプレイヤーたちが走り抜けたり、本物の香りとともに香水が投影された。プロジェクションマッピングはこのように世界で今たくさん注目されているので、津山でこのような技術を使い注目を浴び、少しでも多くの人に足を運んでもらえたらいいなと考える。

5-8 プロジェクションマッピングの作成方法・技術

プロジェクションマッピングの技術を活用し、製作するにあたって必ず必要となってくるのが、コンピュータとプロジェクターである。

まず、コンピュータは投影する映像の制作、そして再生のために使用する。映像制作や投影を安定した環境で行うためには、ある程度以上のスペックのコンピュータが必要となる。特に映像制作においては、グラフィック制作、CG制作、レンダリングなどの複数の作業を、一台のコンピュータで同時進行で進めることが効率化に繋がるためクリエイター向けのCPUやメモリを完備したコンピュータを使用する。

そして、プロジェクターは映像を対象物に投影するための機材で、ホームシ

アターなどで使用される一般のプロジェクターも、プロジェクションマッピングに活用することができるが、投影距離、対象物の大きさ、設置場所の明るさなどの条件によって適切な機種は異なり、今回は大きな物体に投影するので家庭用ではなく広範囲にまで使えるプロジェクターを使用する。

また、作品制作にあたっては、プロジェクションマッピング専用のソフトを準備する必要がある。プロジェクションマッピングの数々のソフトウェアがある中で代表的なソフトウェアを1つ紹介する。

Mad Mapper[4]というソフトウェアを紹介する。これは、世界最大シェアのソフトウェアでプロも使用する高機能のソフトでありながら、シンプルでわかりやすいことが人気の理由である。具体的には、複数の映像をリアルタイムで管理できたり、自由に映像の加工ができたりと、操作性が優れていることで知られており使いやすく価格も手頃なため、多くのクリエイターから支持を得ているようだ。

次に、プロジェクションマッピングで投影する映像を作成するには、グラフィック制作ソフト（Photoshop, Illustrator[5]など）に加えて、グラフィックに動きをつけるモーショングラフィック作成ソフトが必要であり、最も主流のモーショングラフィック作成ソフトは、After Effects[6]である。文字や図形を動かしたり、特殊効果を足したりできる映像加工ソフトで、プロから初心者まで幅広い方々が愛用している。広く普及しているために、チュートリアルやプラグインも豊富で活用しやすいことがメリットで、同じ Adobe のソフトである Photoshop や Illustrator との連携もスムーズであり、プロジェクションマッピングに取り組む方が習得すべきおすすめのソフトである。

最後に CG ソフトを紹介する。モーショングラフィック作成ソフトの後に、CG ソフトで映像を作る必要がある。CG ソフトでは、Cinema 4D をあげる。3DCG でのモーショングラフィックスに特化した機能が豊富で、使いやすいと評判の Cinema 4D[7]である。After Effects との連携もスムーズで、プロジェクションマッピングのクリエイターの多くが愛用しているソフトである。また学生（非営利の場合）は、無償で最上位グレードの Cinema 4D を使用できるため大きな魅力である。

6 まとめ

元々建築物や建物には興味があったが、卒業研究を行ってみて建築物を建てる上での構造や仕組みをたくさん学ぶことができた。また、ただ建物を作成するだけではなく環境問題にも配慮できる建物作成を心がけていたので駐車場を芝生にすることや、さまざまなお客様をターゲットとするためにたくさんの工夫を入れた建物を作成できたと思う。

津山市を全国に広めていくために、また、この施設を有名にするためにたくさんの試行錯誤を行った。ただ、PR してだけでは有名にはならないので、キャッチコピーや有名なもの、珍しいもの、参加型の施設などたくさんの要素を加えていきながら作成を行っていった。

この卒業研究を通じて、今後このような建築物、建物に携わる機会があれば、学んだことを活かしていきたいと考える。

7 参考文献

[1]<https://www.city.tsuyama.lg.jp/common/photo/free/files/201501131413180422393.pdf> 「津山市人口等将来推計」9月21日調べ

[2]<https://www.dhw.ac.jp/faculty/3dcg/projectionmapping/> 「プロジェクションマッピングを勉強するには？仕組みを紹介 | デジタルハリウッド大学【DHU】」1月6日調べ

[3]<https://www.ralphlauren.co.jp/contents/rl-50/timeline/> 「ラルフ・ローレン」1月6日調べ

[4]<https://madmapper.com/> 「Mad mapper」1月6日調べ

[5]<https://resolume.com/> 「Resolume Arena」1月6日調べ

[6]<https://www.adobe.com/jp/products/aftereffects.html> 「After Effects」1月6日調べ

[7]<https://www.aanda.co.jp/products/cinema4d/> 「Cinema 4D」1月6日調べ

卒 業 研 究

津山 VR 博物館企画

先進科学系

影山 壱成

指導教員 松田 修

令和 4 年 2 月 22 日

概要

本企画で構想する津山 VR 博物館では、VR 映像を現実と錯覚させ、子どもたちの冒険心をくすぐる探索ワールドを構築するものである。VR の良さを最大限に味わってもらうために、視覚や聴覚だけでなく、匂いや風や気温なども体験できる VR デバイスを用いる。その他にも、巨大な没入型投影ディスプレイ、VR 内で歩けるデバイス、VR 内で空を飛べるデバイスも用意する。これらのデバイスにより、様々な世界の陸、海、空を歩いたり泳いだり飛んだりすることが体験出来る。さらに、3D 映画館やお土産ショップも配置する。

Tsuyama VR Museum Project

Issei KAGEYAMA

Abstract

The concept of this Tsuyama VR Museum is to create a world of exploration that stimulates children's adventurous spirit by making VR images look like reality. In order to maximize the advantages of VR, we will use a VR device that allows us to experience not only sight and hearing, but also smell, wind, and temperature. In addition, we will prepare a huge immersive projection display, a device that can walk in VR, a device that can fly in the sky in VR. We can walk, swim and fly in different worlds of land, sea and sky with these devices. Furthermore, we will a 3D movie theater and souvenir shops set up in this museum.

目次

1	はじめに.....	1
2	VR 博物館の構造	2
3	3つの VR デバイスの説明.....	7
4	近未来において加えるべき施設	8
5	メタバースについて	9
6	VR の問題点.....	9
7	考察.....	10
	参考文献	10

1 はじめに

現在、私の地元である津山市では総人口の減少、少子高齢化が進んでおり（[1]参照）、総人口の減少の推移のグラフが図1で、少子高齢化の進行が図2である。図1をみると、H7年をピークに徐々に人口が減少していることが分かる。このデータにはないのだが、2020年に10万人を下回ってしまった。図2はH27年にこれからの年代別の人口予想グラフである。これをみると、15~64歳の若年層や中年層の人口が大きく減る予測がたてられている。私は図2の予想通りにならないようにする為、集客力があり、地元をPRして津山に住みたいと思えるような施設を立案しようと考えた。まず、若年層が興味を掻き立てられるようなもの考えた時、VRで幻想的な仮想空間が実現させることを思いついた。そのため、この研究のテーマはVRの技術を用いて考えた。

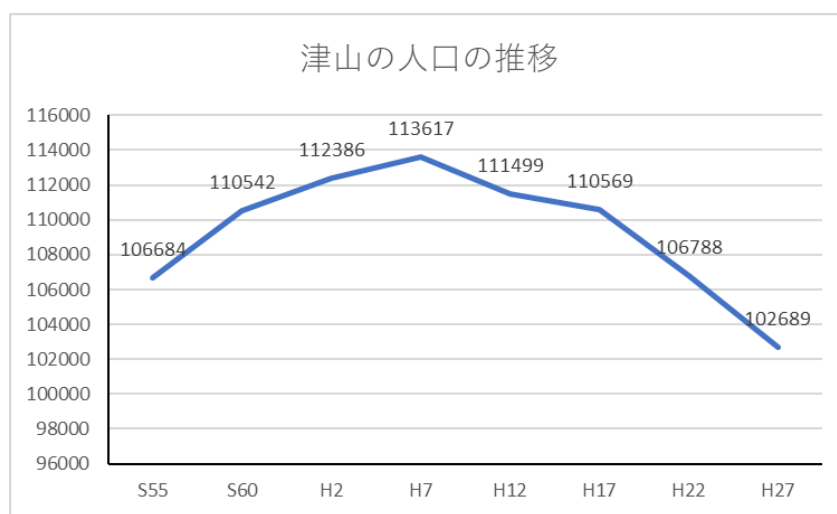


図1

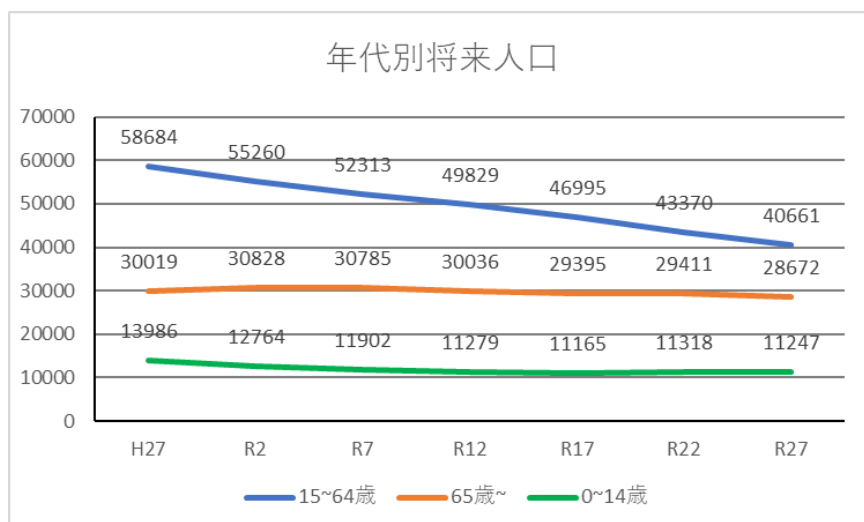


図2

津山 VR 博物館の場所

本企画で構想する津山 VR 博物館は、アルネ 3 階を想定する。現在、この階は店舗がほとんどなく、多くのスペースが存在しているのである。また、アルネは津山のシンボルとして存在しているはずなのであるが、実際のところ利用者は少なく、常に閑散とした状態が続いている。津山の新たなシンボル創設のために津山 VR 博物館を企画する。

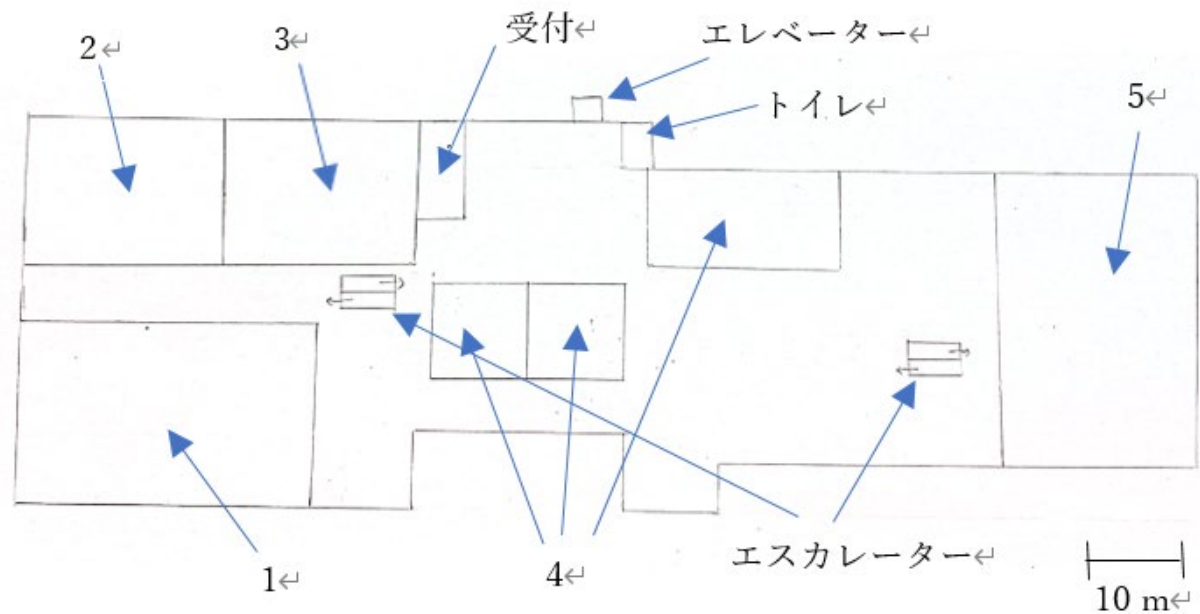


図3 アルネ (Google earth より)

50 m

2 VR 博物館の構造

図4がVR博物館の構造である。まず、主だった施設は5つある。1つ目は、没入型投影ディスプレイが設置されている部屋である。2つ目は、VR内で歩けるデバイス(例えばVirtuix Omni[4]参照)が設置されている部屋である。3つ目は、VR内で空を飛べるデバイス(例えば[5]ICALOS参照)が設置されている部屋である。4つ目は、お土産屋やフリースペースである。5つ目は、3Dメガネを用いたAR映画館である。これらは図4における番号ごとの場所にある。この5つの詳細の構造については後の節で紹介する。他には受付、トイレ、エレベーター、エスカレーターなどがある。動線としては、エレベーター、エスカレーターから受付にきて予約して、その後、各部屋に行くといった流れである。



1. 没入型投影ディスプレイの部屋
2. VR 内で歩ける部屋
3. VR 内で浮遊感を味わえる部屋
4. フリースペース, お土産屋
5. 3D 映画館

図 4 全体の構造

図 5 は図 4 においての 1 番のフロアの構造である。このフロアに設置されている没入型投影ディスプレイは 1 つの箱みたいなものなので、図 5 の通りにディスプレイルームを 6 つ設置する。大きさは、 $6 \times 6 \text{ m}$ である。そして、通路として等間隔で 3 m 開けている。青の円で囲っている部分は入口である。

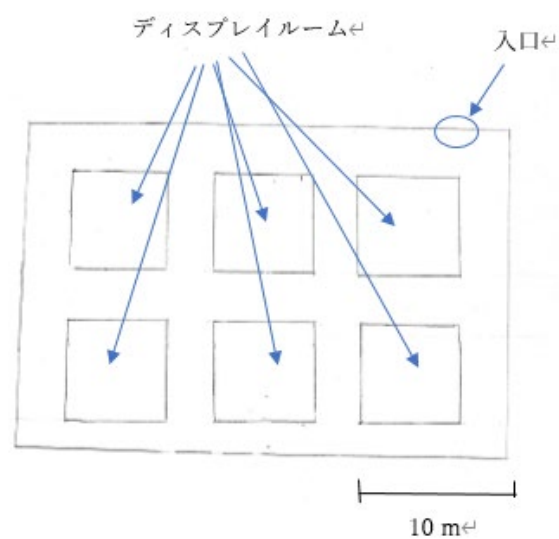


図 5 没入型投影ディスプレイの部屋の構造

図6は図4においての2番、3番のフロアの構造である。このフロアに設置されているVR内で歩けるデバイス、VR内で空を飛べるデバイスは没入型投影ディスプレイほど大きくないため場所をとらない。そのため図6のように小部屋10個、大部屋3個配置する。ちなみに、小部屋は1人用、大部屋は3人用となっている。大きさは小部屋は $3\times 3\text{ m}$ 、大部屋は $5\times 5\text{ m}$ である。

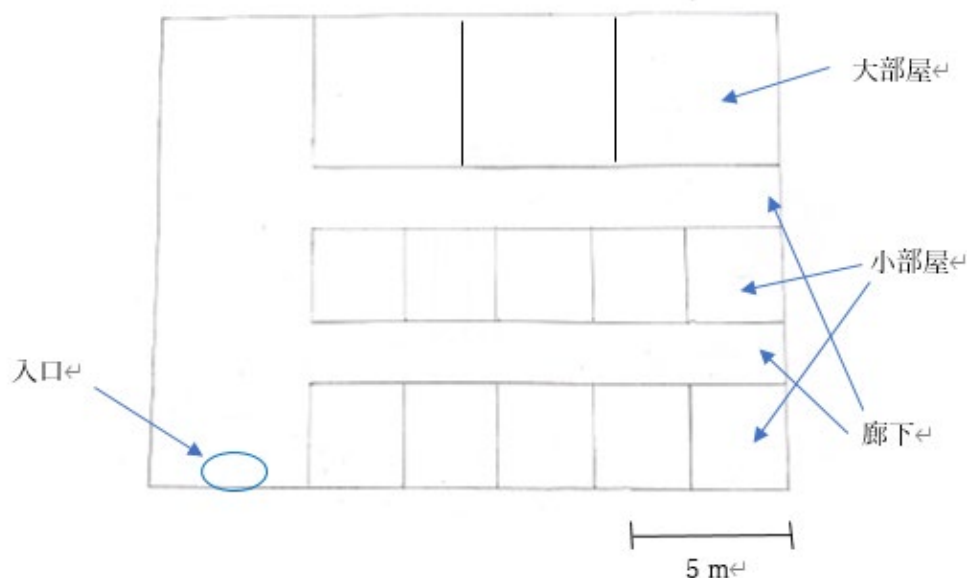


図6 VR内で歩ける部屋とVR内で浮遊感を味わえる部屋の構造

図7、図8は図4においての4番の構造である。4番はお土産屋やフリースペースとなっており、地元のPR品などが並んでいる。図7の左はお土産やグッズなどが売っており、商品棚が3列ある。裏で囲っているところは、店員の休憩所で、軽食をとることができる。1個の机と椅子合わせての範囲は $2\times 2\text{ m}$ である。

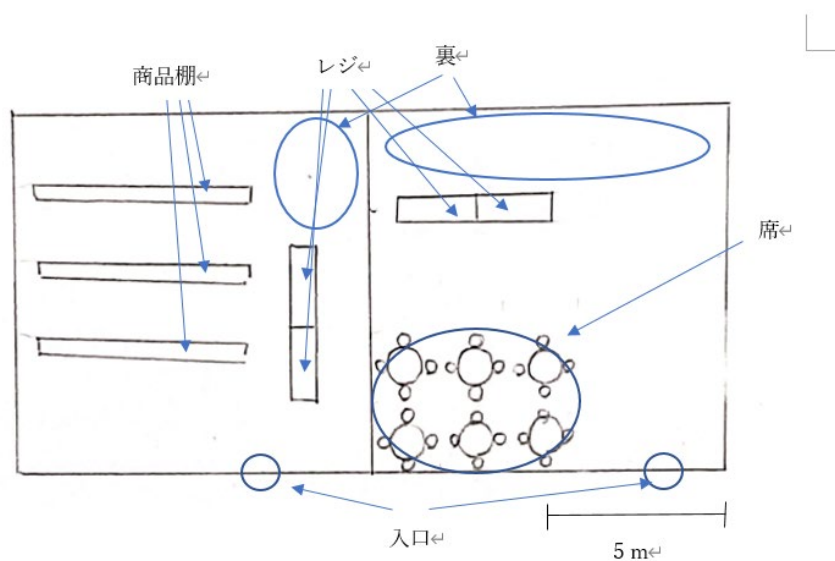


図7 フリースペース、お土産屋の構造 1

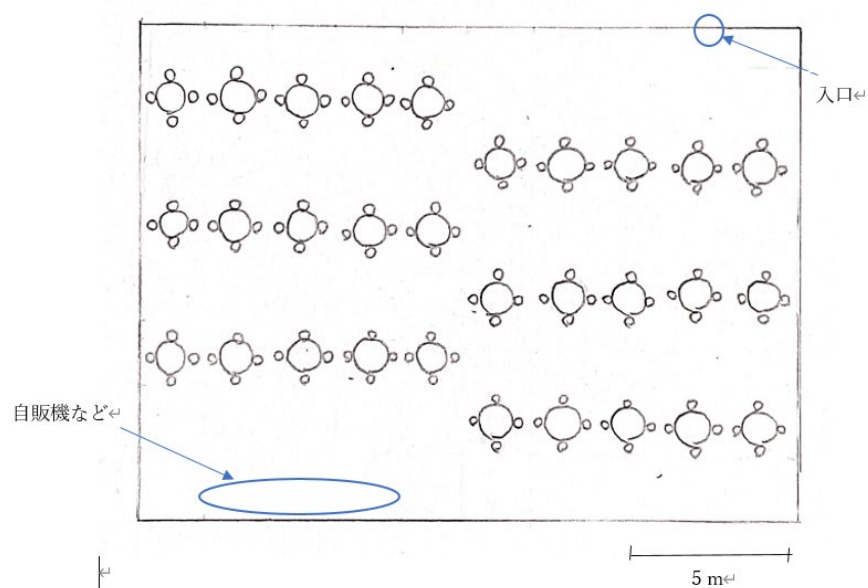


図8 フリースペース、お土産屋の構造2

図9は図4においての5番の内部構造である。5番は3Dメガネを用いたAR映画館であるため、前方にスクリーンがあり、10 m 離して席が14席の7列で98席並んでいる。後のスペースは機材などを置いたりする空間である。

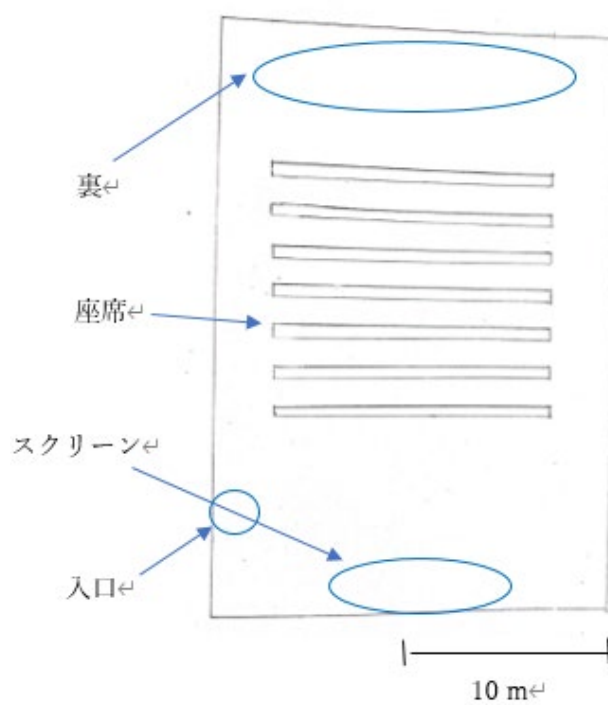


図9 3D映画館の構造

【3D スクリーンの仕組み】

3D 映像とはものが飛び出して見えたり、奥行きが感じられる映像のことである。3D 映像を作る方法として、人間の眼の仕組みを利用している。人間の眼は左右に分かれているため、右眼と左眼の見え方が異なる。この仕組みは脳が空間の奥行きを認識することと、物体を正確に認識するためにある。私たちは映像が飛び出して見える方法として、図 10 のように右眼用の映像と左眼用の映像をモニターの前で視線の交差するところに用意する。私たちは右眼と左眼の視線が交差するところに物体が見えるため、図 10 の左はモニターから飛び出して見えて、真ん中は画面内で映って見え、右はモニターの奥から覗いてるように感じる。このように調整することによって平面に映った映像であるにもかかわらず、奥行きや立体感といった情報を認識させている。

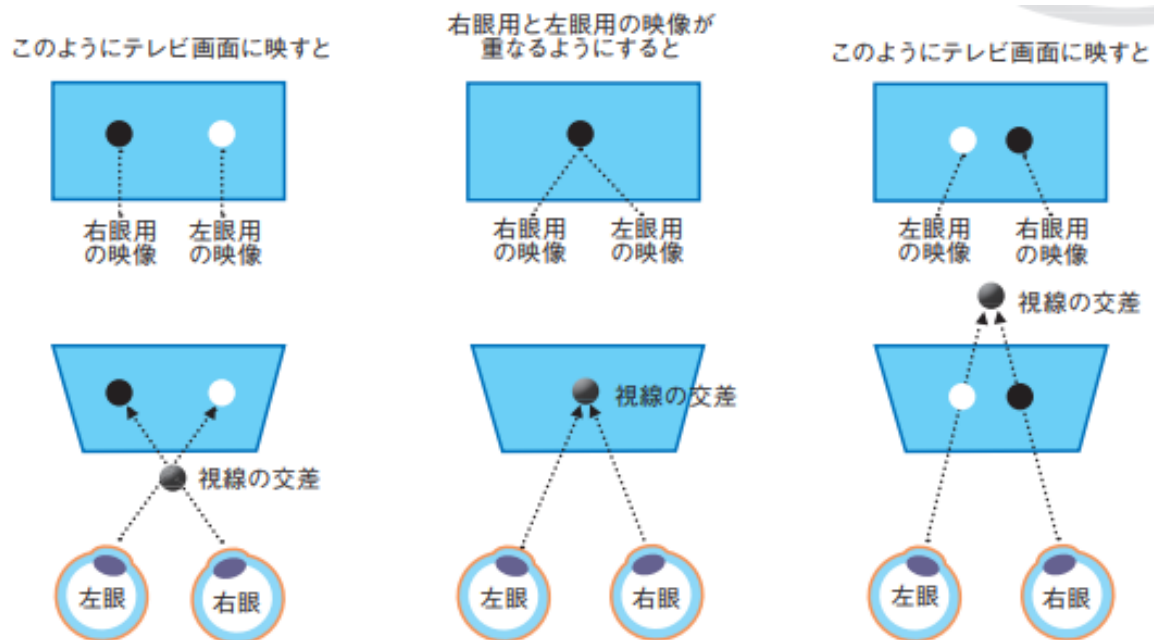


図 10 3D スクリーンの仕組み

3 3つのVRデバイスの説明

没入型投影ディスプレイ、VR内で歩けるデバイスとVR内で空を飛べるデバイスについて、現在商品となっている HANA・BIYORI 館のルチエンディング型プロジェクションマッピング[3]、株式会社アスクの歩行型 VR デバイス「Virtuix Omni」[4]、ICAROS GmbH 社の VR フィットネスマシン「ICAROS」を紹介する。

まず、HANA・BIYORI 館のルチエンディング型プロジェクションマッピングはプロジェクター同士の映像が融合することによって、臨場感があるのが特性である。Web ページ[3]によると、以下のような記事があり、没入型投影ディスプレイを設置する効果は絶大であることがわかる。

“明かりが差し込むガラスの温室が暗転しプロジェクションマッピングがスタートすると、そこは花とデジタルアートの世界に変身し、驚き溢れる世界が広がっている。囲まれた壁面3面を使ったワイド総長60メートルにせまる映像演出は圧巻だ。映像はワイド11Kを超える解像度で、一瞬にして仮想空間へと引き込まれる。壁面に加え、シンボルツリーや吊り花といった植物へも投影を行っており、映像と融合することで魅せる、植物の新たな美しさも見どころのひとつだ。”

株式会社アスクの歩行型 VR デバイス「Virtuix Omni」は身体を固定し、使用するデバイスで、本格的な VR 体験をすることが可能である。本体サイズは、組立時において140(W)×89(H)×139(D)cmであり、対応ユーザーは、身長は142～195cm、体重は最大130kgまで可能である。接続方式はBluetoothである。本 VR 博物館では VR 体験をさらに強化するために「振動スリッパ」という、映像に沿って爪に振動子を当てることによって足裏の触覚を再現できるデバイスを使って映像においての地面の凹凸を再現できるものを用意する。これによって、あたかも映像の場所を歩いているかのような錯覚を起こさせることができると考えている。

VR フィットネスマシン「ICAROS」は、現在においてトレーニング用に用いられているデバイスである。「ICAROS」では四つん這いになるように装置に乗り、体幹トレーニングの基本姿勢を取る。重心移動によって傾けた方向に上昇・下降・旋回し、空を飛行しているかのような体験が味わえる。すでに日本国内においても内では VR 体験施設やジム、宿泊施設などで導入されている。サイズは、長さ171.8cm×幅90.7cm×高さ85.8cm、重量は56kgである。

「ICAROS Health」という商品もあり、これは治療やリハビリ使用を前提としたマシンとなっている。体幹や肩の筋肉を鍛え、同時に体のコーディネーション能力やバランス感覚を高める効果が期待されているという。

4 近未来において加えるべき施設

現在の技術では映像処理や現実感が足りないため不可能であるが、現段階で考えられている施設を4つ紹介する。

- ・ VR を用いた精神医療施設 … I
- ・ シミュレーション（乗り物、手術、化学実験など） … II
- ・ 建設技術 … III
- ・ 不動産 見学 … IV

I… これまで、うつ病や恐怖症などの精神疾患を持つ人の治療は療法士の診療所で再現することが難しかった。しかし、VR 技術によってそうなった状況を正確に再現することが可能となる。その結果、細かい症状まで見ることが可能となるので、病気の症状に対して適切に対処ができるようになる。

II… 以前まで現場で手術をするまで専門の学校で勉強し知識で補うしかなかったが、VR 技術を用いことで、研修の中で実際に手術のシミュレーションを行うことが出来るようになった。その結果、若く経験の浅い医師たちがより早く成長でき、医療レベルの向上や医者不足の手助けにもなっている。しかし、図 11 のような感じでシミュレーションが行われるのだが、見ての通りまだ現実にはほど遠く動きも曖昧なため、手順を確認するだけのものとなっている。

III… 現場では予測不可能な体験や危険な場合に遭遇するリスクが存在する。今までは、座学やビデオの映像教材でしか勉強する方法が無かった。そこで VR 技術を用いることで、そのような場面に遭遇した場合のシミュレーションを行うことが出来たり、時間を削減できコストを抑えることにも繋がった。その他にも、建物を建設する際、リアルにイメージできる VR 技術は重宝されている。

IV… 部屋を購入したり借りたりする際、現地に行って内装を確認するのが基本である。しかし、往復するには遠すぎる距離にある又は多数の物件を確認する時には写真などで確認する場合もある。その際、写真だけではイメージしづらい情報も多々出てきてしまう。そこで活躍するのが VR 技術である。VR を利用すれば、まるでその部屋にいるような体験ができるため、住んだ時のイメージがしやすい。その為、内見の手間を省くことが可能になる。

5 メタバースについて

メタバースという言葉の起源は1992年のSF小説「スノウ・クラッシュ」に登場したインターネット上の仮想世界の名前から取られた。メタバースとは、インターネット上に作られた仮想空間で、現実とは異なる世界である。これを聞くとVRと同じだと考えられるが、大まかに分けて2つ異なる。1つ目は、自分の視覚を仮想世界とリンクさせるVRと違い、視覚を塞がず、仮想世界に自分の分身（アバター）を入れモニター越しに操作する点である。類似したものとMMOが挙げられる。2つ目は、オンラインの為、日本だけではなく世界中の人と関わる点である。コメントやアバターを用いてコミュニケーションをとることが出来る。

現在、メタバースは現実味を帯びてきている。当初はSF映画のような遠い未来のイメージがあったが、昨今の高速通信技術の進化や、VR技術の向上により仮想世界での生活に現実味を帯びてきた。コロナウィルスが蔓延している現在は需要が高まり、今後の発展が期待されている。

6 VRの問題点

VRの問題点は3つ紹介する。1つ目は、VRゲームは家における大きさになるまで、ゲームセンターに普及すると考えられる。その時、視界は遮断され外部の状況が分からなくなる。その為、無防備となってしまう安全性に欠けてしまうという問題点がある。2つ目は、13歳未満の子供には医学的観点からみて目に悪影響を与えるとされている。理由として、VRは物体の立体感を出す技術だが、小さな子供にはまだ立体感を映し出す立体視細胞が成長しきっていない。そのため、細胞に悪影響をもたらすリスクが生じる。3つ目はVR機器以上に映像の制作費用がかかることである。VR空間内の映像を再現するには多大な費用がかかり、さらにオリジナルの3Dモデルや360度動画の撮影があるため、制作するまでに大きな壁となってしまう。1つ目と3つ目に関しては改善点がある。1つ目は、本企画の図6のように小部屋で区切り利用できるようにすればよい。しかし、これによって安全性は保たれるが場所を取ってしまうためゲームセンターなどに置くにはあまり有効な手段とは言えない。3つ目は、同じコンテンツを使いまわすことである。VR導入時は大きなコストが掛かってしまうが、1度コストを制作してしまえば、半永久的に使いまわすことが可能である。そのため、長期的な利益を考えVRを導入することを考えると良い。

7 考察

この VR 博物館が出来ることで、一時期アルネ周辺は活気づくと考えられる。しかし、それだけでは飽きがきてしまう。そのため、近未来において加えるべき施設の内容や VR を用いた運動施設を加えたり、津山の商店街を活気づかせる為に、他の商店街では味わえない体験ができるようにすることが大事だと考えた。例として、AR を用いて不思議な体験をしつつ便利に買い物をして頂くことなどが挙げられる。その他に、この VR 博物館で使う映像を作成する機関を津山に作り、技術者を雇うことにより雇用形態が生まれる。そうすることで、津山に技術者が集まり、VR 博物館独自の映像が生まれることにより好循環となる。この VR 博物館の施設から津山が活気づくきっかけになればと考えている。

参考文献

[1] 津山の人口の推移

<https://www.city.tsuyama.lg.jp/common/photo/free/files/7427/201510220929350317254.pdf>

[2] 3D スクリーンの仕組み

https://www.kikuchi-megane.co.jp/topics/pdf/110526_whats3d.pdf

[3] HANA・BIYORI 館, <http://www.signs-d.ne.jp/article/hanabiyori/>

[4] Omni, <https://www.moguravr.com/virtux-omni-matome>

[5] ICALOS, https://www.excite.co.jp/news/article/MoguraVR_icaros-home-health/

[6] メタバースについて

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20211122/k10013357101000.html>

卒業研究

道の駅久米の里のガンダム像に対抗する
津山地下巨大水族館の建造計画

先進科学系

園田朋久

指導教員 松田修

令和4年2月22日

概要

本研究では、「新しい津山地域の街づくりとして、一見、津山地域に関連しないと思われる水族館を構想し、デザインせよ」というミッションの達成を目指す。本水族館は岡山県作陽高校の跡地の地下に建設し、縦、横それぞれの長さが 50m である長方形の敷地に、地下方向へ 50m を掘った空間とする。メイン構造物は、長さ 170m の螺旋階段とその中央部を移動するゴンドラ型の水槽である。我々はこの水族館を今後の津山市の新しいシンボルにすることを目標にしている。

Tsuyama Underground Giant Aquarium Construction Plan

SONODA TOMOHISA

Abstract

The purpose on this study is to complete the mission of "designing and designing an aquarium that seems not to be related to the Tsuyama area at first glance as a new urban development in the Tsuyama area." We plan this aquarium be built in the basement of Sakuyo High School in Okayama Prefecture, and the size of the space is $l = 50\text{m}$, $w = 50\text{m}$ and $h = 50\text{m}$. The main structure is a 170 m long spiral staircase and a gondola-shaped water tank that moves in the center of the spiral staircase. In the future, we are aiming to make this aquarium a new symbol of Tsuyama City.

キーワード：津山, 螺旋階段, 地下空間, ゴンドラ型水槽, 水族館

目次

1	津山水族館構想と研究の目的	1
2	津山水族館のデザイン	2
3	螺旋階段について	3
4	統合環境アプリケーション blender について	4
5	blender による螺旋階段作成について	4
6	blender による水槽部分作成について	7
6-1	外側のリムの作成法について	7
6-2	リム横支持フレームの作成法について	9
6-3	水槽支持フレームの作成法について	9
6-4	水槽の作成法について	10
7	その他の案	12
7-1	案 1.....	12
7-2	案 2.....	13
7-3	案 3.....	14
8	まとめ	14
	参考文献	15

1 津山水族館構想と研究の目的

本研究では、「新しい津山地域の街づくりとして、一見、津山地域に関連しないと思われる水族館を構想し、デザインせよ」というミッションの達成を目指す。このミッションに対して、本研究では津山地下巨大水族館の企画を提示する。その理由を以下に述べる。

津山の道の駅久米の里に、鋼鉄で作られた巨大なガンダム像が展示されている。津山は決してガンダムと関係がある場所ではない。それでも津山の道の駅久米の里には体長 7m のガンダム像が存在する。そして、このガンダム像は、著者の心に静かにさりげなく良いイメージとして残っている。

そもそもこのガンダム像は、津山市在住の中元正一氏が自ら設計図を描いて、たった一人で7年かけて1999年12月に完成させたものである。このガンダム像はさまざまな作業を行うことの出来る二足歩行型有人汎用機械をコンセプトに制作されており、実際にコックピットに入ることができる。脚部は動かせるように片足6箇所の関節があり、動力発生源のモーターポンプ、オイルタンク、動力は油圧シリンダーで動かせるようになっており、電気配線を行って作業油を入れれば脚をコックピットから動かす仕組みとなっている。中元氏は、地元の工業高校を卒業し、自動車メーカーに技術者として勤務していたが、今やらなければとガンダム像の製作について両親を説得し、故郷に戻り毎日の仕事の合間に制作をつづけた。中元氏はガンダムマニアでもアニメファンでもなかったようである。しかし中元氏は、モノ作りが好きなことと、小説のZガンダムを読んで挿絵のカッコよさにしびれたことから、作りたい衝動をどうしても止められなかったようである。また、巨大ロボットへの憧れが小さいころからあり、何としても作りたいと思って挑戦したそうである。巨大なものを作ることが大変だったことは想像がつく。7mのロボット制作のすべてのことを一人でやることを決めた中元氏には好きなものを制作することへの強い情熱を感じる。小さいころに巨大ロボのアニメを見てこんなものに乗ってみたいと思うことはあっても、実際に制作する人はなかなかいないと思う。しかし中元氏は体長7mのガンダム像を一人で7年も毎日時間をかけて完成させた。この偉業を達成するのはとても生半可な覚悟ではできないはずだ。アニメではなく、現実のガンダム像を作り上げることへの強いイメージ、情熱、ロマンが中元氏にはあったのだと思う。

著者は、指導教員から与えられたミッションに対し、中元氏のような熱くイメージできるものがないかを考えた。いろいろと考えていく中で、著者の心には幼いころ夢中で見たテレビアニメ「新世紀エヴァンゲリオン」のいくつかのシーンが強く残っていることに気が付いた。

新世紀エヴァンゲリオンの話は、思春期の子供たちの「こころの壁と愛情」がテーマとなっている。さらに神話をベースにした「種の起源と進化」が描かれている。設定は巨大隕石が地球に衝突して人類の半数が死滅した第三新東京市が舞台となっている。そして、第三新東京市の地下には全長6km、高さ0.9kmの巨大なジオフロントと呼ばれる空間が建

造されている。著者はふと、海の生物を保護する海洋生態系保存研究機構が、失われた海洋生物の永久保存という目的で作った水族館のようなシーンがあったことを思い出した。

以上のことから、新世紀エヴァンゲリオンのジオフロントは、著者の津山水族館構想に大きな影響を与えた。そして著者の企画は、「こころの壁と愛情」と「種の起源と進化」が感じられる新世紀エヴァンゲリオンのジオフロントを連想する「津山地下巨大水族館の建設」を構想するものとなった。そしてそれはまさに、中元氏のガンダム像に対抗できる構想になるものと考えている。

本企画では、道の駅久米の里のガンダム像と、新世紀エヴァンゲリオンのジオフロントを連想する「津山地下巨大水族館」が、今後の津山市の新しいイメージとなることを目標にしている。

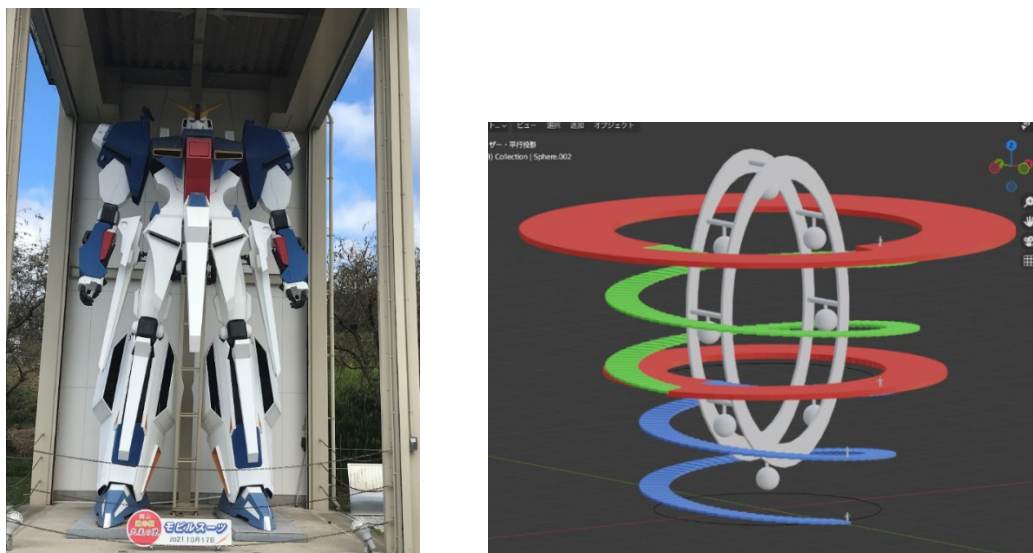


図1 津山道の駅久米の里のガンダム像⁵⁾と津山地下巨大水族館のイメージ図

2 津山水族館のデザイン

本企画では津山市のある場所に、新世紀エヴァンゲリオンのジオフロントを連想する「津山地下巨大水族館の建設」を構想する。具体的な場所は、来年度倉敷に移転する作陽高校の跡地である。その理由は、作陽高校の跡地が津山駅近く 1km もない場所にあり、アクセスが良く人が来やすいということと、高校の跡地というものが新世紀エヴァンゲリオンに出てくる第三新東京市立第一中学校を連想できることにある

水族館の外観は、縦、横それぞれの長さが 50m である長方形の敷地に、地下方向へ 50m を掘った地下空間に建設する。館内には螺旋階段とその中央部を移動するゴンドラ型水槽である。図2は津山地下巨大水族館の外観図である。

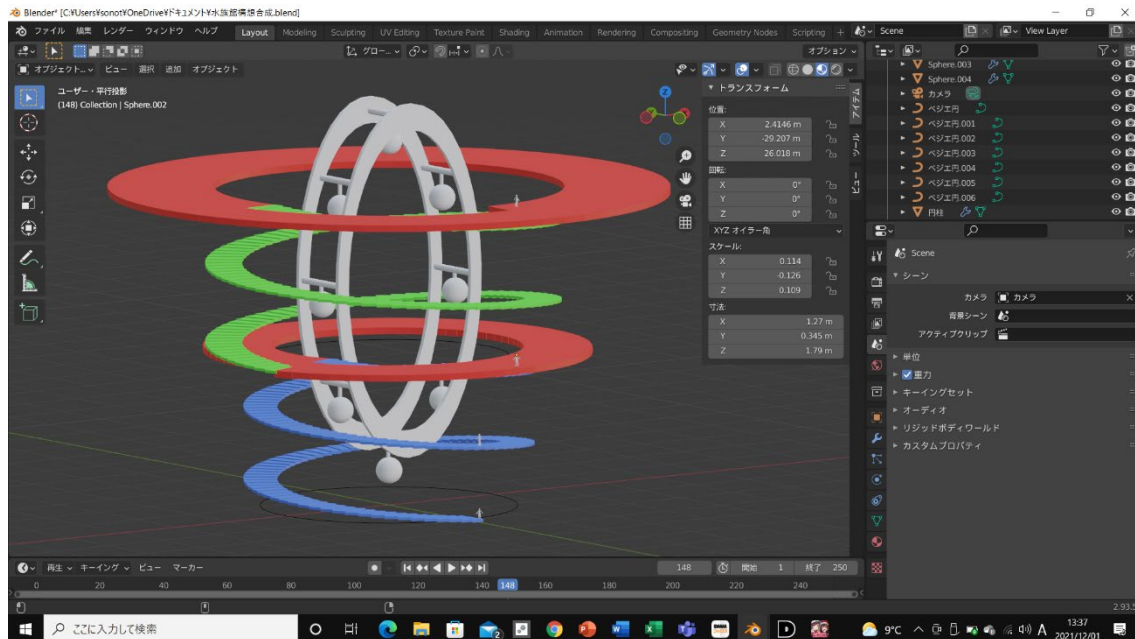


図2 津山地下巨大水族館の外観図

3 螺旋階段について

螺旋階段は直径 50m、高さ 50m の円柱を想定した。さらに、車いすなどを考慮してスロープについても考える。

まず、階段について説明する。階段の一般的な勾配は $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ である¹⁾。そのため、 35° として計算した。その結果、直径 50m に対して半周回った時の螺旋階段の高さは 35m で全長は 229m となった²⁾。

次にスロープについて説明する。スロープの勾配は $1/15$ とした。歩道橋などで使われる勾配は一般的に $1/4$ で 14° くらいとなっている⁷⁾。ところが、車いすを押してスロープを登ろうとすると、平坦な道からいきなり $1/4$ 勾配のスロープに入るため、入り口で足を踏ん張って、「エーイ」と押す必要があり、かつその後車いすを押して登り続けることは極めて難しいという考察もある⁷⁾。また、 $1/8$ 勾配 (7° くらい) でも車いすを押して登り続けることは極めて難しいということであった⁷⁾。 $1/12$ 勾配は 5° ほどで、介助者が女性でも、高齢でも、誰でも車いすを押して上がることができる⁷⁾。建築物に対して「バリアフリー」と言える基準が $1/12$ となっている⁷⁾。公共の施設、病院などのスロープは、ほとんどこの勾配におさまっている⁷⁾。施設自体に車いすのマークがあれば、この基準を満たしている⁷⁾。 $1/15$ 勾配の 3.8° は車いすで自走できる角度であり、バリアフリー法の「建築物移動等円滑化誘導基準」の屋外の勾配も $1/15$ が基準とされている⁶⁾。以上のことから $1/15$ 勾配の 3.8° を採用した。

これらの距離を計算すると直径 50m に対して半周回った時の螺旋階段の高さは 3m で全長は 2617m となった²⁾。

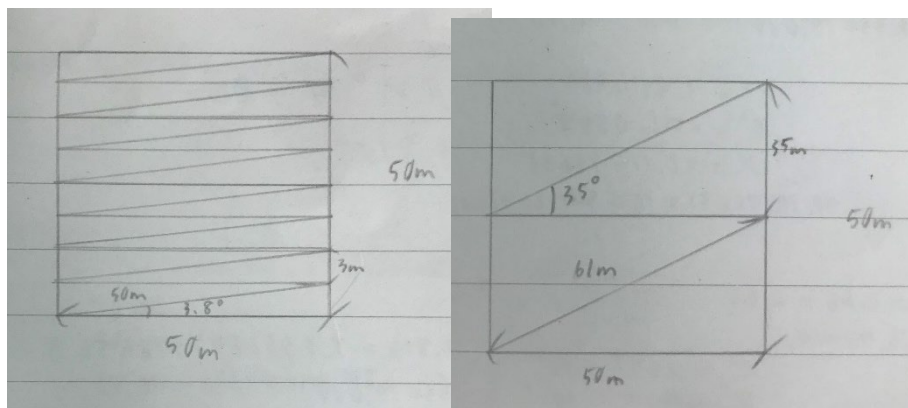


図3 螺旋階段の計算の際の図

4 統合環境アプリケーション blender について

本研究のイメージ図を作成するにあたって 3DCG アニメーションを作成するための統合環境アプリケーション blender を使用する。

統合環境アプリケーション blender は以下の機能を持つ。まず、3DCG では 3D モデリング、モーショングラフィックス、アニメーション、シミュレーション、レンダリング、ポストエフェクト（コンポジット内）などがある。次に、2D アニメーションではベクターペイントや中割りや撮影処理などがある。VFX 向けデジタル合成ではキーイングやロトスコープ（マスキング画面）やマッチムーブなどがある。動画編集ではプロキシ編集などの作業が可能となっている。また、軽量かつ多機能でライセンス料が無料なことから、アマチュア層にも普及している。YouTube や独自サイトに操作方法や固有の物の作り方が乗っているため操作がしやすく分かりやすい。

5 blender による螺旋階段作成について

図4は blender で作った螺旋階段である。全長 2617m を想定している。以下、blender による螺旋階段の作成法を説明する³⁾。

まず Shift+A を押して出てくるメッシュの中の立方体を選択して立方体を出す（図5）。この立方体が螺旋階段になる。次に螺旋階段の形を整えるために右のトランスフォームの中の寸法を選択し、その数値を変えて自分の目的の大きさにする。また、大きさを変える際は、キーボードで S と X を押すと X 座標を、S と Y を押すと Y 座標を、S と Z を押すと

Z 座標を動かすことができる。

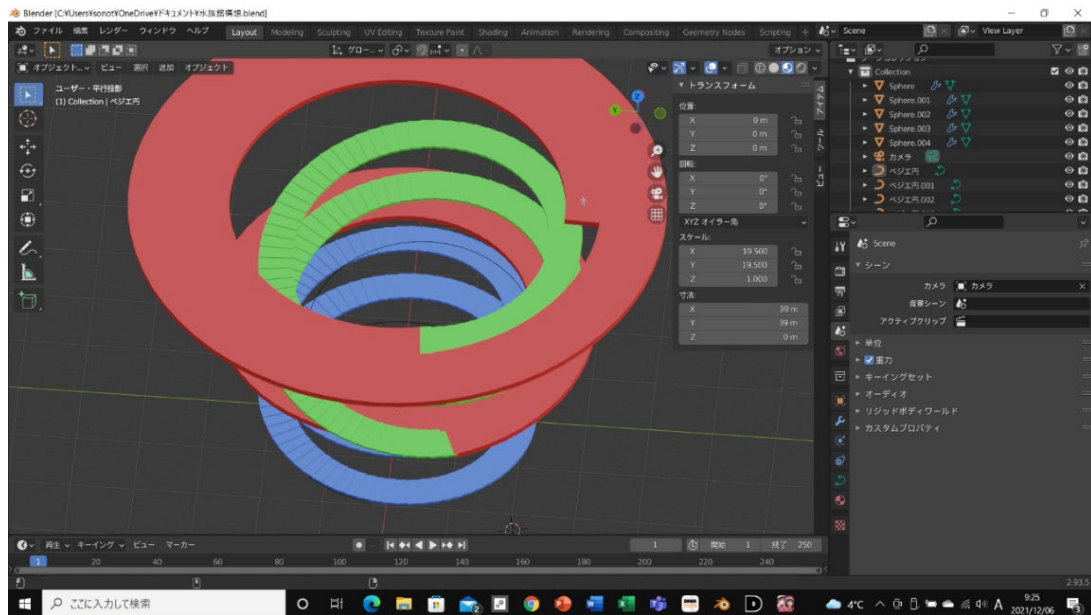


図 4 螺旋階段を上から見た図

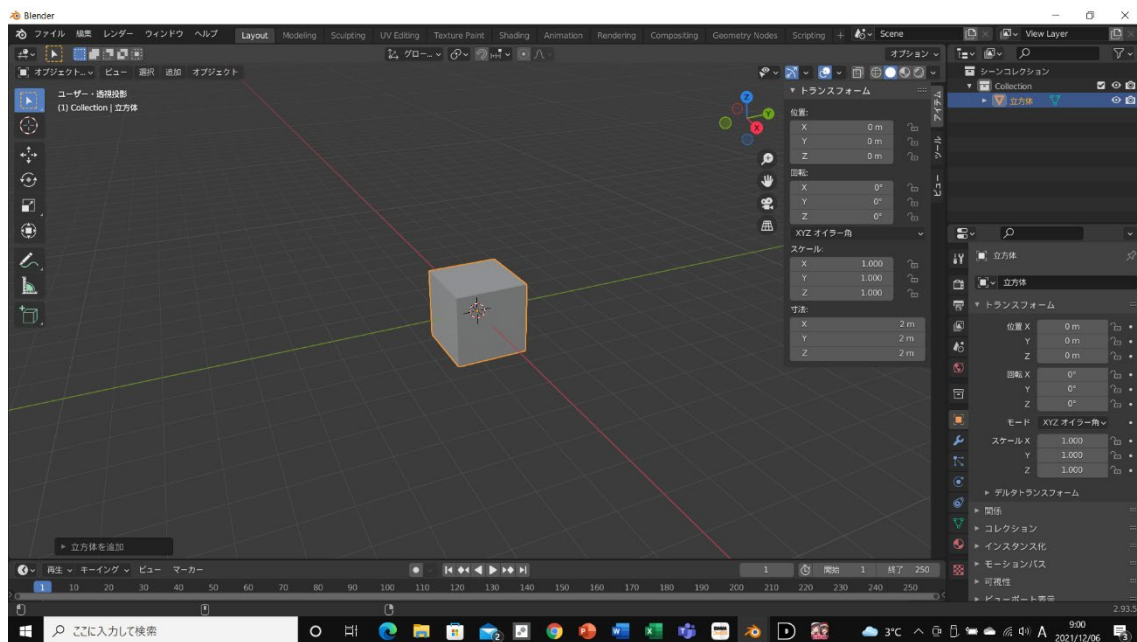


図 5 階段一段作成の図

シーンコレクションから立方体を選択する。右の真ん中から下にかけてあるプロパティの中からスパナのマークのついたモディファイアプロパティ選択する。そして、配列のモディファイアを追加して螺旋階段は上方向に行くから係数 Z の数値を増加させて階段のようになる。そしてこの数を増やしていくことで階段ができる (図 6)。

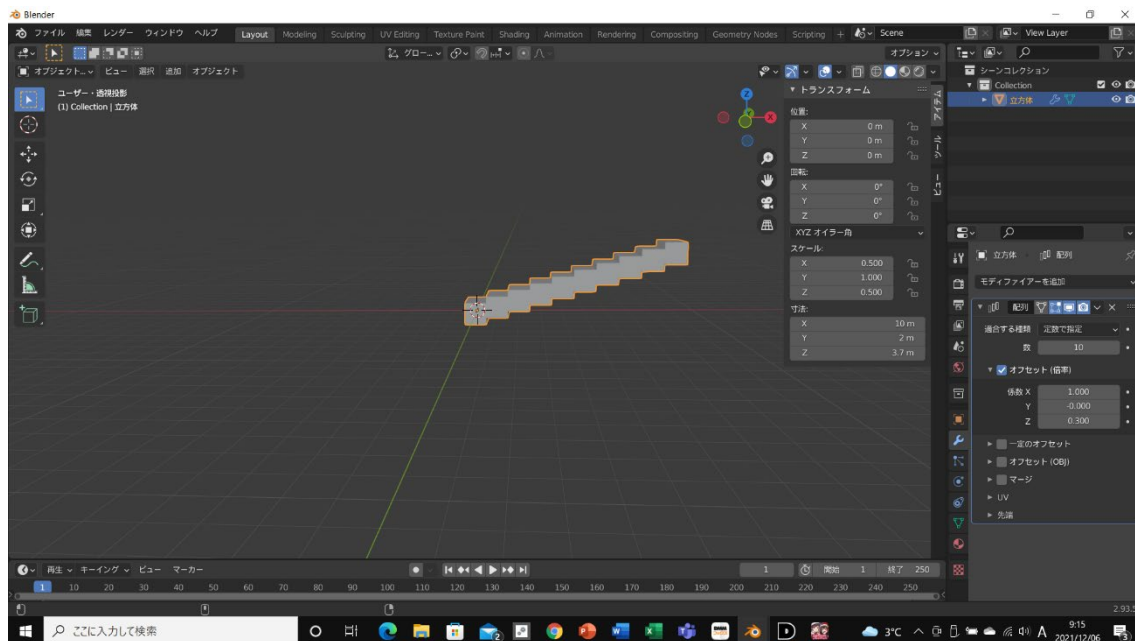


図 6 階段の作成図

これを螺旋させるにはまず、Shift+A からカーブの中の円を選択して、ベジエ円を作る。ベジエ円を作りたい螺旋階段の大きさに設定する。立方体のモディファイアプロパティのモディファイア追加でカーブを選択し、その中のカーブオブジェクトで先ほど作成したベジエ円を選択するとベジエ円に沿って立方体が配置されていく（図7）。

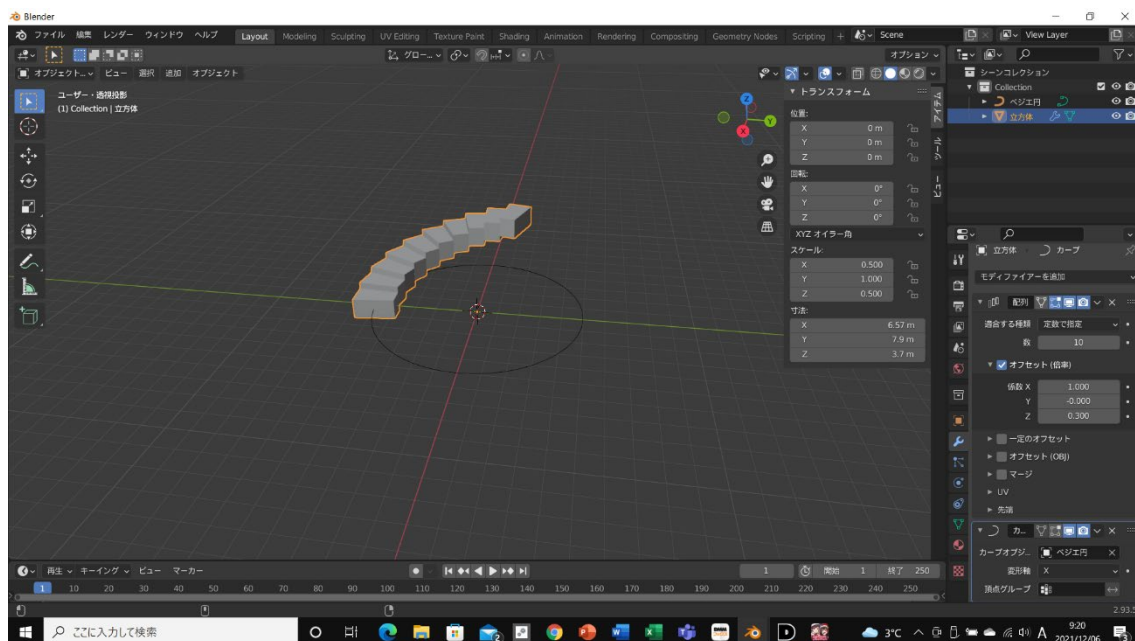


図 7 螺旋階段の作成図

赤い部分を作るのもこれと同じで違う部分は係数 Z を増やすのではなく Y を増やすことで少しずつ外にずらして作成した。螺旋階段と上の赤い部分が干渉しないように横にずらしていたためまっすぐに中心が通っているのではなく少しずつ横に中心をずれながらできている（図 8）。

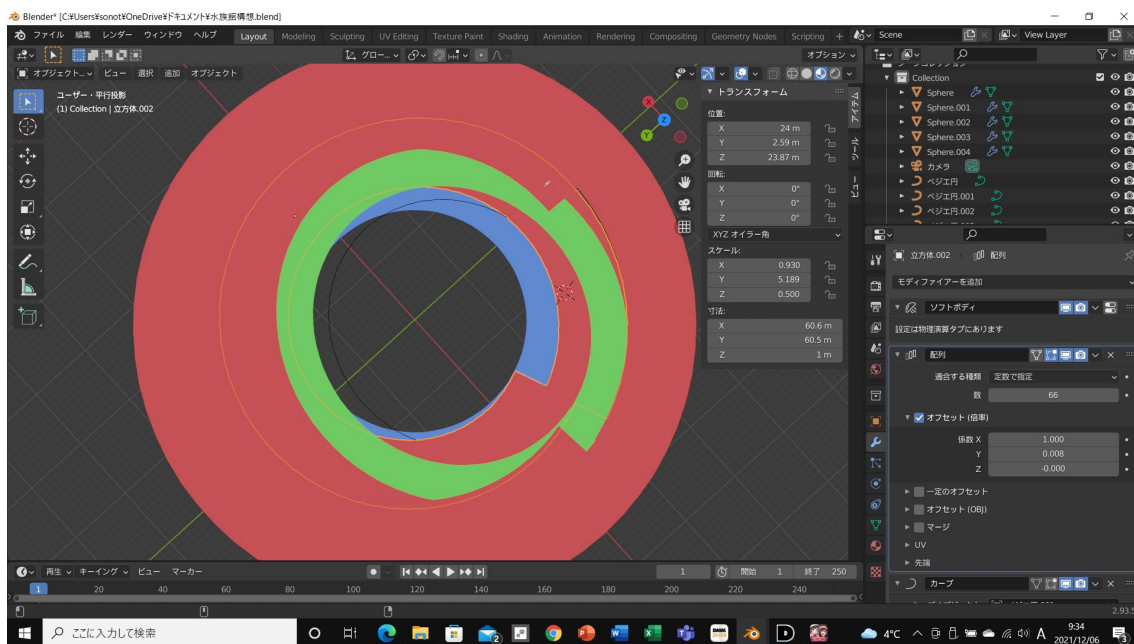


図 8 真上から見た中心のずれの図

6 blender による水槽部分作成について

6-1 外側のリムの作成法について

外側のリムの作成法について説明する。まず Shift+A を押して出てくるメッシュの中の立方体を選択して立方体を出す。この立方体がリムとなる。次にリムの形を整えるために右のトランスフォームの中の寸法を選択し、その数値を変えて自分の目的の大きさにする。また、大きさを変える際は、キーボードで S と X を同時に押すと X 座標が、S と Y を同時に押すと Y 座標が、S と Z を同時に押すと Z 座標が伸びる（図 9）。

Shift+A からカーブの中の円を選択して、ベジエ円を作る。ベジエ円を作りたい楕円の大きさに設定する。縦にするためにトランスフォームの回転を X のみ 90° にする。

立方体のモディファイアプロパティのモディファイアーを追加でカーブを選択し、その中のカーブオブジェクトで先ほど作成したベジエ円を選択するとベジエ円に沿って立方体が配置されていく。

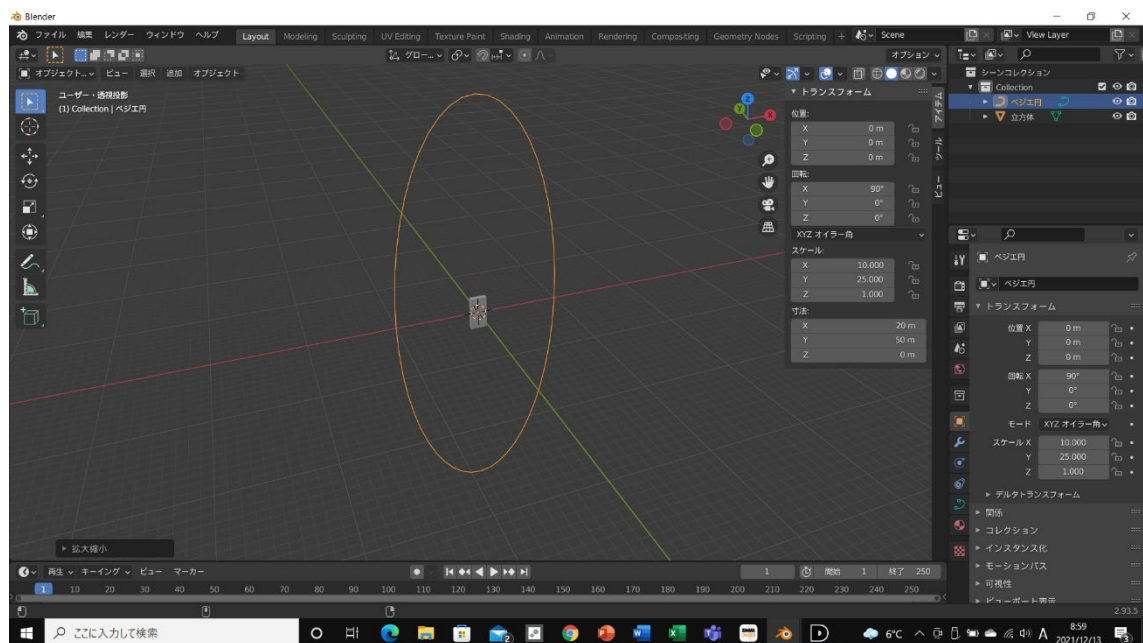


図9 リムのパーツ一つ作成の図

右の真ん中から下にかけてあるプロパティの中からスパナのマークのついたモディファイアプロパティを選択する。そして、配列のモディファイアを追加して数を増やしていけば外側の縁ができる。そして、これでトランスフォームの位置の Y 座標をずらしてもう一つも同じように作り 2 つめは Y 座標を - にずらせば完成する (図 10)。

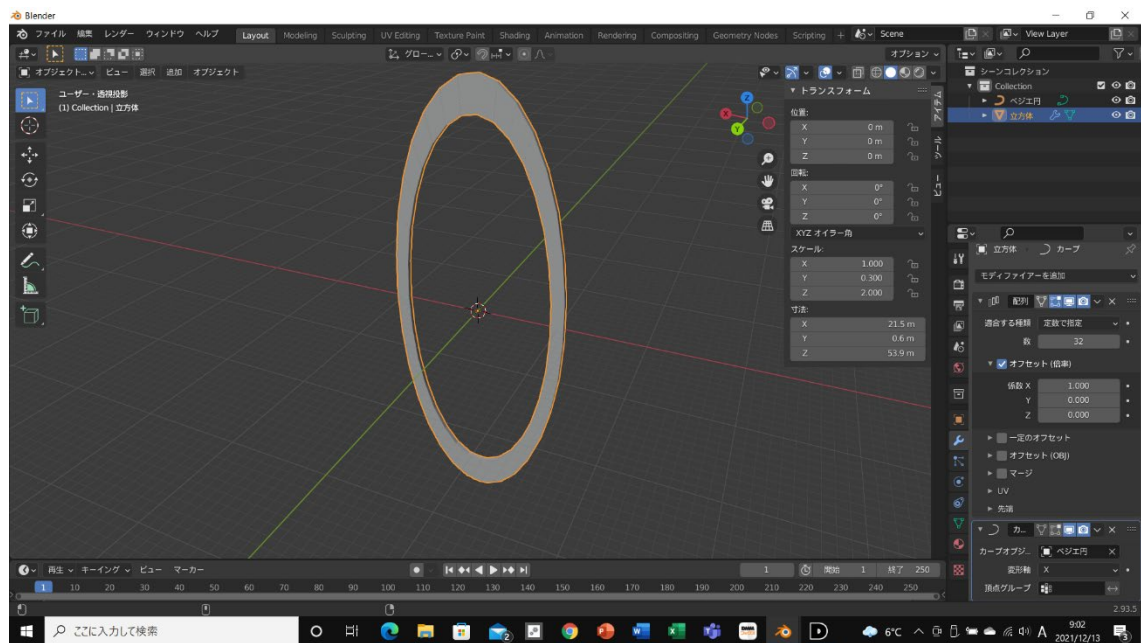


図10 リムの完成図

6-2 リム横支持フレームの作成法について

リム横支持フレームの作成法について説明する。まず Shift+A を押して出てくるメッシュの中の円柱を選択して円柱を出す。この円柱がリム支持横フレームになる。リム支持横フレームを横にするためにトランスフォームの回転部の X の数値を 90° とする。位置を調整するためにキーボードで G と X を押すと X 座標を、G と Y を押すと Y 座標を、G と Z を押すと Z 座標を動かすことができる。細かく変える際はトランスフォームの位置で数値を入力すると変更できる (図 11)。

次に、リム支持横フレームの形を整えるために、右のトランスフォームの中の寸法を選択し、その数値を変えて自分の目的の大きさにする。また、大きさを変える際は、キーボードで S と X を押すと X 座標を、S と Y を押すと Y 座標を、S と Z を押すと Z 座標を動かすことができる。

横に伸ばしていくためには方法が二つある。

1 つ目はトランスフォームの中のスケールで Z の数値のみ変更すること。

2 つ目は右の真ん中から下にかけてあるプロパティの中からスパナのマークのついたモディファイアプロパティを選択する。そして、モディファイアーを追加というボタンを押して出てきたメニューの中から配列を選択する。そして、配列の中の数の数値を増やしていくとパイプが伸びる。2 つ目方法の場合は初期の位置がどちらかの縁についていなければならない。

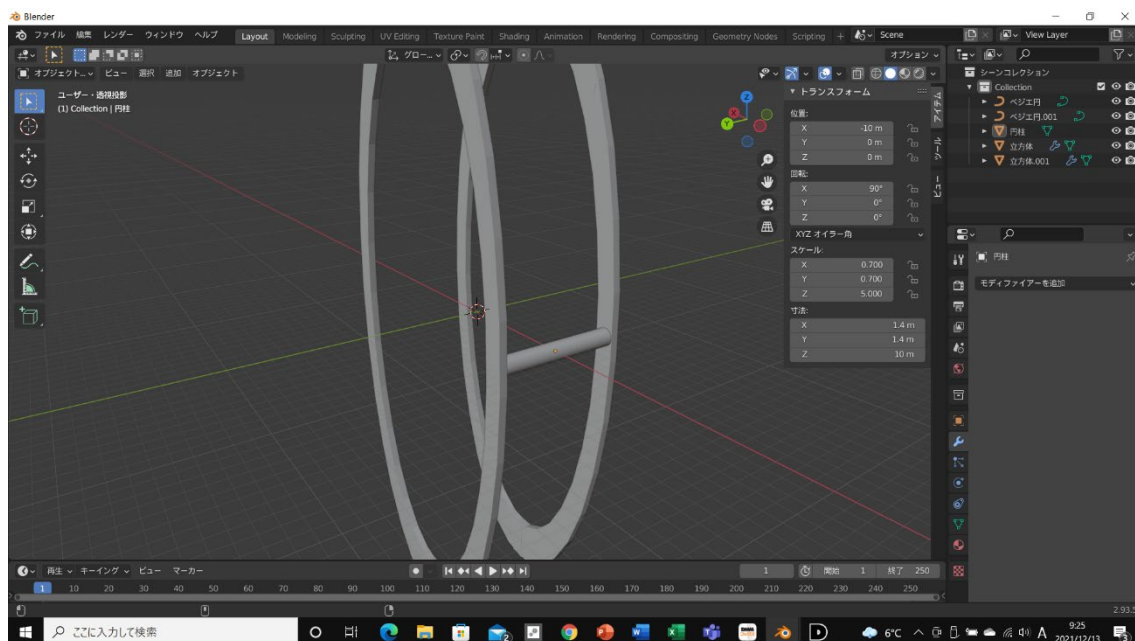


図 11 リム支持横フレームの完成図

6-3 水槽支持フレームの作成法について

水槽支持フレームの作成法について説明する。まず Shift+A を押して出てくるメッシュ

の中の円柱を選択して円柱を出す。この円柱が水槽支持フレームとなる（図 12）。水槽支持フレームの位置を調整するためにキーボードで G と X を押して X 座標を、G と Y を押して Y 座標を、G と Z を押して Z 座標を動かすことができる。細かく変える際はトランスフォームの位置で数値を入力すると変更できる。次に、支持フレームの形を整えるために右のトランスフォームの中の寸法を選択し、その数値を変えて自分の目的の大きさにする。また、大きさを変える際は、キーボードで S と X を押すと X 座標を、S と Y を押すと Y 座標を、S と Z を押すと Z 座標を動かすことができる。このときにくっつける指示フレームは上の円柱よりも小さいほうが収まりよく見栄えが良くなる。

横に伸ばしていくためには方法が二つある。

1 つ目はトランスフォームの中のスケールで Z の数値のみ変更すること。

2 つ目は右の真ん中から下にかけてあるプロパティの中からスパナのマークのついたモディファイアプロパティを選択する。そして、モディファイアを追加というボタンを押して出てきたメニューの中から配列を選択する。そして、配列の中の数の数値を増やしていくとパイプが伸びる。2 つ目方法の場合は初期の位置がどちらかの縁についていなければならない。

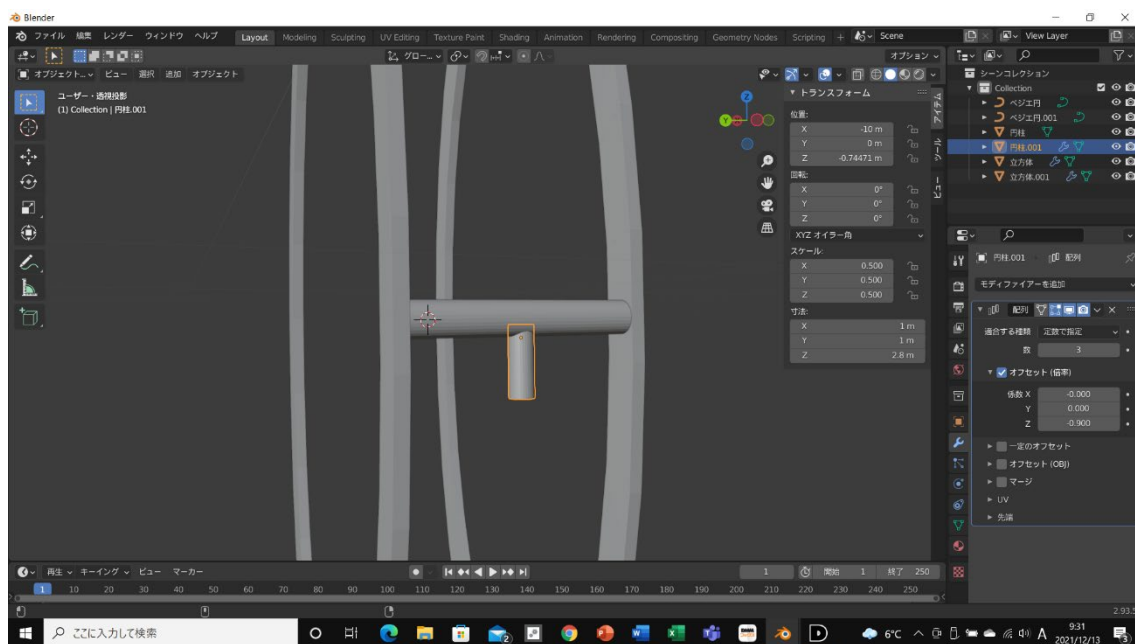


図 12 水槽支持フレームの完成図

6-4 水槽の作成法について

水槽の作成法について説明する。まず Shift+A を押して出てくるメッシュの中の UV 球を選択して球を出す。この球が水槽になる。位置を調整するためにキーボードで G と X を押すと X 座標を、G と Y を押すと Y 座標を、G と Z を押すと Z 座標を動かすことができ

る。細かく変える際はトランスフォームの位置で数値を入力すると変更できる。次に、球の形を整えるために右のトランスフォームの中の寸法を選択し、その数値を変えて自分の目的の大きさにする。また、大きさを変える際は、キーボードでSとXを押すとX座標を、SとYを押すとY座標を、SとZを押すとZ座標を動かすことができる（図13）。

リム支持横フレーム、支持フレーム、水槽を繰り返し8回作成すると水槽部分ができる（図14）。

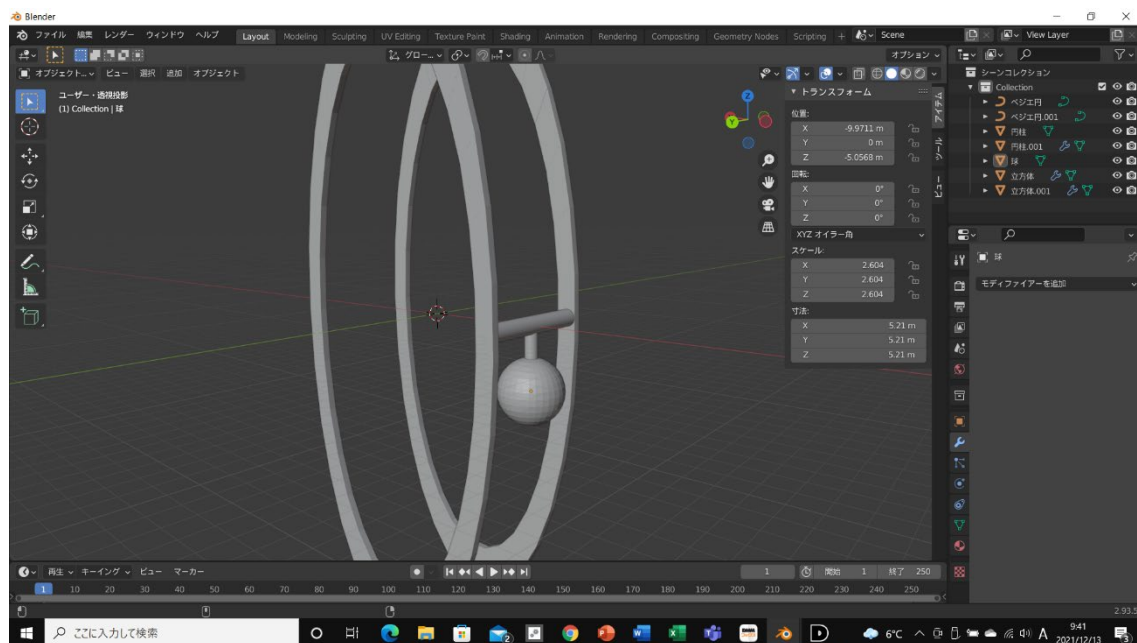


図13 水槽の完成図

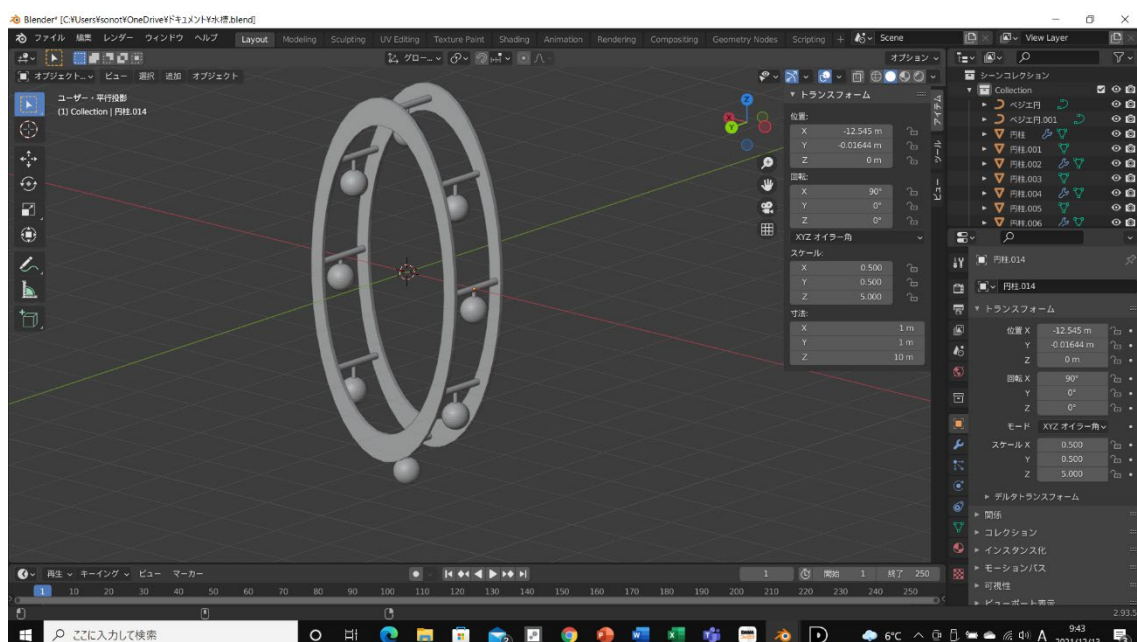


図14 水槽全体の完成図

7 その他の案

7-1 案1

案1は中央部に直径20mの水槽を置いて、その中でエレベーターを動かすような形とした。また、螺旋階段を設置する際は建物の内側の壁を回る方法と片側のみに設置する方法の2つを考えた。その図を下に示す。

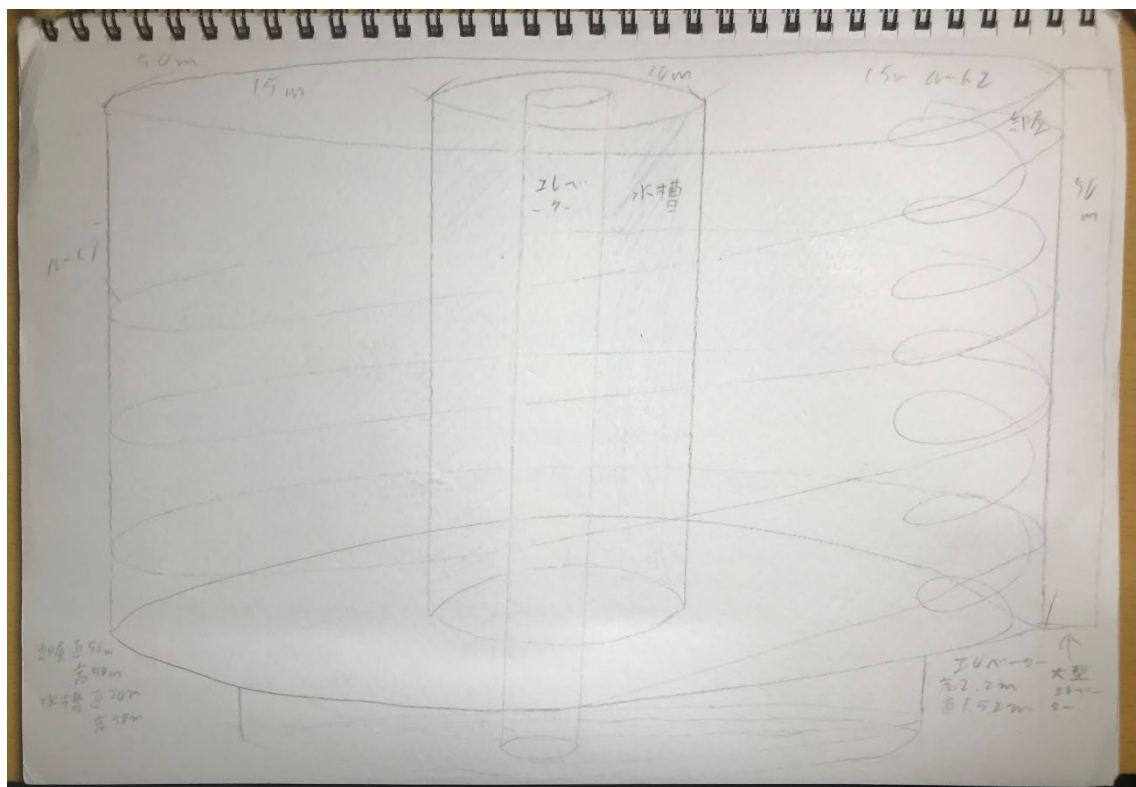


図15 案1の図

まず、中央部の水槽について説明する。沖縄美ら海水族館の水槽は、高さ8.2m、幅22.5m、厚さ60cmの亚克力ガラス板を7枚重ねることで作られている⁴⁾。総重量は140tである⁴⁾。この亚克力ガラスを採用すると、本案で考えている高さ50mの津山水族館は、 $8.2:4.2 = 50:x$ より、亚克力ガラスの厚さが $x=25.6m$ となることが分かる。すなわち、厚さ60cmの亚克力ガラス板が43枚必要となる。重量については $774.9:140 = 80384:x$ より亚克力ガラスの重量は $x=14522.9t$ となることが分かる。

亚克力ガラス板を重ねるたびに光の透過率は下がる⁸⁾。この案の水槽亚克力ガラスの透過率の計算を行った。厚さ4cmの亚克力ガラスには透過率が90%のものと95%のものがある。このガラスを使うと本案のガラス板の枚数は640枚となる。

(1) 透過率90%のガラスを使った640枚の透過率は、 $0.9^{640}=5.19 \times 10^{-30}$ である。

(2) 透過率95%のガラスを使った640枚の透過率は、 $0.95^{640}=5.53 \times 10^{-15}$ である。

(3) 仮に透過率 99%のガラスを使った 640 枚の透過率は、 $0.99^{640}=1.60 \times 10^{-3}$ である。

(4) 仮に透過率 99.9%のガラスを使った 640 枚の透過率は、 $0.999^{640}=5.27 \times 10^{-1}$ である。

これらの結果から高さ 50mの水槽を作るとあまりにも透過率が低いため水槽の中を鑑賞することができない。

次に、螺旋階段については片側に設置する方法と建物の内側の壁を回る方法を考えた。

建物の内側の壁を回る外側を回る

メリット

- ・円柱の水槽をあらゆる角度から見るができる。

デメリット

- ・全長が長くなるため長時間階段を上る必要がある。

片側に設置する方法

メリット

- ・全長が短くなるため長時間階段を上らなくて済む。

デメリット

- ・水槽を見ながら降りるという観点から考えると、水槽の片側に螺旋階段であることは意味がない。

7-2 案2

第二案として、フロアを階層ごとに分けることを考えた。それを下の図に示す。

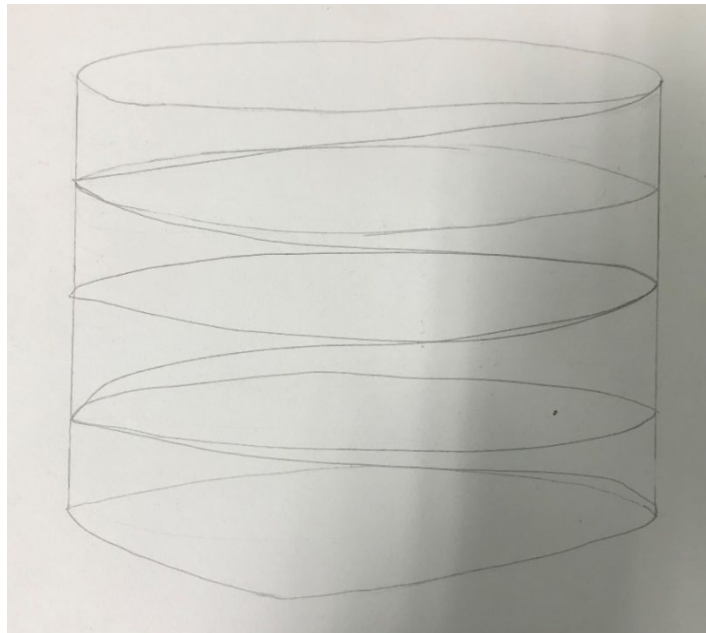


図 16 案2の図

この案でのメリットとデメリットを下に示す。

メリット

- ・層ごとに分けるから水槽のアクリルガラスの厚さが薄くなるから透過率が低くならないから見える。

デメリット

- ・層ごとに分けるからどこからでも見る事ができるから螺旋階段を設置して見る意味がない。

7-3 案3

この案は、横浜にある都市循環式ロープウェイ「YOKOHAMA AIR CABIN」を見て、人を動かすのではなく水槽を動かすものである⁹⁾。それを blender にて作成した。それを下の図に示す。

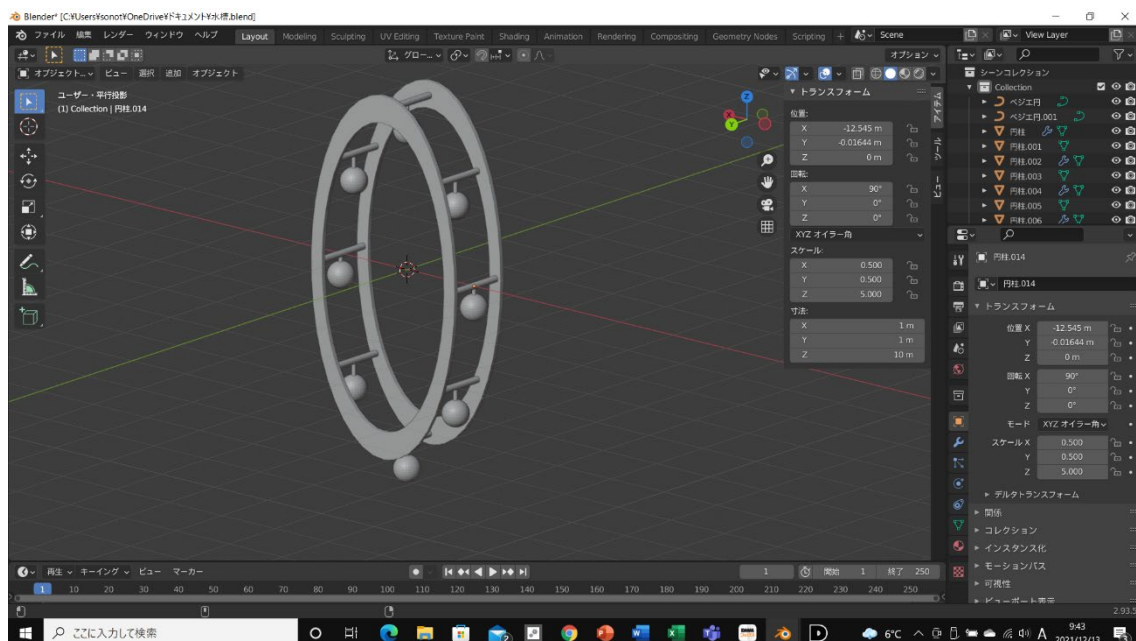


図 17 案3の図

8 まとめ

本研究では、「新しい津山地域の街づくりとして、一見、津山地域に関連しないと思われる水族館を構想し、デザインせよ」というミッションの達成を目指す。このミッションに対して、本研究では津山地下巨大水族館の企画を提示する。本企画では、道の駅久米の里のガンダム像と、新世紀エヴァンゲリオンのジオフロントを連想する「津山地下巨大水族館」が、今後の津山市の新しいシンボルとなることを目標にした。著者は、道の駅久米の里に着目した。道の駅久米の里には体長7mのガンダム像が存在している。著者はこれがとても印象的に残るものと感じこれに対抗するように「新世紀エヴァンゲリオン」のジ

オフフロントを連想させるような水族館を作成したらよいのではないかと考えた。地下巨大水族館のために必要なアクリルガラスの厚さや重さについて計算した。また、螺旋階段の勾配やスロープにした時の勾配について調べ、全長を計算した。そして構想を統合環境アプリケーション blender で形にした。本研究を通して、建物の設計をする際に必要とする情報の量の多さや細かい違いを直していくことを学んだ。世の中の物もこれ以上の手順を踏んで製作されているのを感じてよく案を練っているのだと思った。

参考文献

- 1) 階段の勾配 (LIXIL)
<https://www.lixil.co.jp/reform/yougo/setsubi/stairs/02.htm>
- 2) 螺旋階段手摺実長の計算 (上野製作所)
<http://kanamonodiary.jugem.jp/?eid=24>
- 3) [Blender]簡単な螺旋階段の作り方
<https://aluminium7.com/blender-modeling-spiral-staircase-beziercircle/>
- 4) みんなのガラス屋さん
<https://minglass.jp/column/aquarium/>
- 5) 道の駅 久米の里
<http://michinoeki-kumenosato.com/mobile>
- 6) 車椅子で上り下りできるスロープの勾配 バリアフリーの基準値は？
https://tokyo-chumon.com/custom_home/barrier_free/8381
- 7) スロープの勾配と車いす 福祉タクシー
<http://www.letsgotaxi.com/slope.html>
- 8) ガラスと光ー1 ガラスの豆知識
https://www.asahiglassplaza.net/knowledge/rg_knowledge/vol28/
- 9) “日本初”都市型ロープウェイ横浜・みなとみらい
<https://www.youtube.com/watch?v=rN49PlmSrjs>

卒 業 研 究

津山水族館企画

「水族館までの歩きツアー～不思議なメガネで
ご案内する古風な街並みの風景～」

先進科学系

林 奈七

指導教員 松田 修

令和 4 年 2 月 22 日

概要

本研究の目的は、津山地域が活性化するために現代テクノロジーを調査し、それをもとに、街づくりデザインを企画することである。本企画では、前年度の田邊の卒業研究[Ta]を継続し、津山水族館は鶴山公園にあるものとした。そして、津山駅から津山水族館までの道のりを楽しむためのツアーを主たる企画とした。具体的には、MRの技術を用いて、様々なバーチャル案内人がツアーをガイドする。このことから、このツアーは津山市の新たな観光になるものとする。また、本構想がスムーズに理解できるようにツアーの案内動画も制作した。

Tsuyama Aquarium Project "Walking tour to the aquarium ~ You can experience Tsuyama's old town atmosphere by Mysterious glasses ~"

HAYASHI NANA

Abstract. The purpose of this study is to investigate modern technology and plan an urban development design based on it in order to the revitalization of the Tsuyama area. In 2019, Tanabe planned the Tsuyama Aquarium in Kakuzan Park in his bachelor thesis [Ta]. So, the author decided to plan a walking tour using MR technology from Tsuyama Station to Tsuyama Aquarium.. Tourists will be guided by funny virtual characters created by MR technology. the author believe that this tour will provide Tsuyama City with a new form of tourism. Furthermore, the author made an image video of this tour to understand the project.

目次

1 本企画の構想.....	1
1-1 ミッション	1
1-2 本企画の構想	1
2 企画（ツアー）の構想と場面	2
2-1 構想と場面	2
2-2 ルートマップと案内人	4
3 企画（ツアー）の構想詳細	5
3-1 MR デバイス（WARACO）の設定	5
3-2 企画（ツアー）の場面詳細とイメージ画像	7
3-3 ツアールートの案内動画	13
4 企画（ツアー）に用いるテクノロジー	15
4-1 VR・AR・MR について	15
4-2 MR を用いる理由	17
4-3 MR という言葉	17
4-4 複合現実環境の提示方式	18
4-5 実際にある MR デバイス	19
4-6 MR の今後の展望	20
5 ツアールートの案内動画、案内人の制作方法	21
5-1 ツアールートの案内動画の制作手順	21
5-1 案内人の制作手順	25
6 まとめ	32
参考文献	33

1 本企画の構想

1-1 ミッション

本研究にあたり、指導教員から「新しい津山地域の街づくりとして、一見、津山地域に関連しないと思われる水族館を構想し、デザインせよ」というミッションが与えられた。このことから、本研究の目的は、各々が自分のイメージする水族館のデザイン、またはそれに類する街づくりデザインを研究し、それらを総括的に扱った詳細な企画案を作成することが目的である。

1-2 本企画の構想

本企画は、上記のミッションに応えるため、自分でどのような水族館にしたいか設定する必要があった。最初のうちは、ゼミのメンバーと津山市にどんな水族館があると良いかやどこに設置するのか、デザインや水族館の演出をどのように盛り込むかなど情報を交換しあった。しかし、ゼミの議論においては水族館自体ばかりに注目が集まっており、津山市の街自体にはあまり触れられていないと感じた。そのため、著者は水族館自体を考えるのではなく、津山市の街づくりデザインの方向で企画を設定しようと考えた。しかし今回の企画においては、津山市全域の街づくりデザインを一人では考えることが困難であるため、鶴山公園や津山駅の周辺のみを考えることにした。

ところで、街づくりデザインを考えているうちに幼少期に見た「電腦コイル」という作品を思い出した。そして、その要素を取り入れた街づくりのデザインをイメージした。

「電腦コイル」とは、電腦メガネという特殊なメガネをかけると現実世界の中に、電腦世界や電腦ペットなどが見えるようになり、それらを通じて物語が進展する作品である。また、ビームや魔法陣も作り出すことができる。著者は幼い頃、磯光男監督のSFアニメ「電腦コイル」の世界観に引き込まれた強い記憶を持つ。電腦メガネから発射されるビームなどの攻撃がかっこよく実際に使ってみてみたいと思っていた。それ以上に、電腦世界で生きている電腦ペットたちが、電腦メガネをかけるだけで、現実世界に違和感なく溶け込んでいる様子が見られるところがとても斬新に感じた。さらに、電腦世界と現実世界の二つが並行して同じ時間を共有しながらも、電腦世界そのものは人の深い思い出までも記憶しているのである。著者はこの点に精神世界のような不思議さを覚えた。以上のことから、「電腦コイル」のアイデアをヒントに、電腦コイルと同じような特殊なメガネをかけることでバーチャルな動物や建物を見るという不思議な体験ができる街歩き観光ツアーを構想した。

街歩き観光ツアー構想をより具体化するために、津山駅周辺や鶴山公園周辺、商店街を見て回り、どこにバーチャルな動物や建物を設置するかなど構想に入った。実際に津山市を見て回ると、著者自身が吸い込まれそうな路地裏、古き良き神社などといった魅力的なものが多く存在していることを実感し、これらの魅力をどのように街歩き観光ツアーに活

かすことができるか考えるうちに、津山駅から鶴山公園までのルートが面白いのではないかと思うようになった。

実は、前年度の田邊の卒業研究[Ta]において、鶴山公園に仮想水族館を建設する企画が論じられた。このことにより、著者の企画は田邊の鶴山公園に仮想的に存在している津山水族館に行くまでの道のり（津山駅から鶴山公園の仮想津山水族館までのルート）でツアーを企画するという構想に固まり、田邊の研究を継続する企画という位置づけとした。

より詳細なルートとして、著者は吉井川と宮川の河川敷に目を付けた。普段の吉井川の河川敷は人通りが少ないものの花火大会では、普段では想像のつかない賑わいを見せる。そのため、普段の河川敷にも楽しいもの面白いものを体験できれば河川敷も賑わうのではないかと考えた。また、普段の宮川の河川敷は吉井川の河川敷よりさらに人通りが少ないのだが、津山市の古風な和の雰囲気を感じられる魅力的な場所でもある。加えて、津山市指定重要文化財にもなっている千代稻荷神社や紅色の太鼓橋など城下町の趣を色濃く残す建築物が多くある。以上のことから、本企画では、路地裏や古き良き神社などといった魅力的なものが感じられる吉井川から宮川の河川敷を通るルートに決定した。

さらに、本企画では街歩き観光ツアーのルートの中で、特殊なメガネをかけると、バーチャルな動物や建物が表れて、津山とバーチャル空間という二つの空間を並行して体験できる「脳コイル」のような世界観を創出する。またツアールート案内するバーチャルな案内人も登場する。このように本企画の街歩き観光ツアーは、単なる津山の街歩きツアーではなく、津山とバーチャル空間から不思議な体験が得られるツアーなのである。

本研究では、上記の企画をより具体化するために、企画書を提示するだけでなく、ルートの場面ごとにイメージ映像や画像を作ること为目标とした。また、ツアールートの説明動画もしくはツアーのCMを制作することにした。

2 企画(ツアー)の構想と場面

この節では、本企画で扱うツアーの構想と場面、ツアーに登場するバーチャルな案内人について述べる。

2-1 構想と場面

本企画で考える、より具体的なツアー構想は次のとおりである。また、本企画ではバーチャルな動物や案内人なども見せるため、MR デバイスを用いる。そして、本企画ではその MR デバイスを仮に「WARACO」という名称を付けることとする。WARACO の設定については 3.企画（ツアー）の構想詳細とイメージ画像の節で述べる。また、MR の技術、それを用いる理由については、4.企画（ツアー）に用いるテクノロジーの節で述べる。

（場面1）津山駅の観光センターの近くの建物でMRデバイス（以下WARACO）を受けとりツアーが始まる。

（場面2）WARACOを装着するとバーチャルな案内人が目の前に現れて仮想津山水族館までの道のりを案内する。だが、城見橋の下に着くまではあまり目立たない。

（場面3）ルートは主に津山のシンボルである吉井川と宮川の河川敷である。吉井川の河川敷では、バーチャルな動物たち、時には創作動物（千代狐、ゴンゴなど）が登場し彼らの暮らしを覗くことができる。

（場面4）河川敷を進んでいくと今津屋橋の下に休憩所があり、そこで津山限定の飲み物やお菓子なども味わえる。

（場面5）宮川ルートに入るには新大橋の下を通過する必要がある、その通路にはある種の仕掛けがある。

（場面6）宮川のルートはバーチャル内で朱色の古風なイメージの風景（朱色の欄干、鳥居、・・・）に変わり、案内人も交代する。時に屋台のようなものも出現する。

（場面7）宮川のルートでは、鶴山公園に行くまでに様々なルートが存在する。案内人が分岐のルートを選ばせてくれる。

（場面8）場面7のある分岐を進んでいくと千代稲荷神社がある。そこにいる稲荷もバーチャルな動物として生活している。

（場面9）鶴山公園に到着し、案内人が変わる。ここでツアーは終了となる。

以下の図は、津山駅から仮想津山水族館までのツアールートを示したものである。場面7ではルートが分岐するが図2-1では、千代稲荷神社を通るルートで示している。この地図画像はGoogleマップ[Go]を用いたものである。



図 2-1 街歩き観光ツアーのルート

2-2 ルートマップと案内人

このツアーには、バーチャルな案内人が3人登場し、それぞれの案内期間がある。図2-2では、それぞれの案内期間を以下の色で示した。初めは案内人1（以下ゴン）が、赤紫色線の期間、津山駅から吉井川と宮川の河川敷の変わり目にある新大橋までの道のりを案内し、次に案内人2（以下ミカ）が、緑色線の期間、新大橋から鶴山公園までの道のりを案内する。最後は案内人3（以下タズ）が黄色線の期間、鶴山公園から津山水族館までの道のりを案内する。



図 2-2 それぞれの案内期間（赤色線：ゴン、緑色線：ミカ、黄色線：タズ）

また、それぞれの案内人の性格があり、以下の通りである。図2-3 は案内人の容姿のイメージを示したものである。

ゴン・・・明るく元気な男の子である。この仕事をとても気に入っており、フランクな話し方で案内してくれる。名前の由来は、「ごんご」からきている。

ミカ・・・少し不思議でマイペースな男の子である。だが、決まり事には厳しい一面もある。多少津山の方言を交えた話し方で案内してくれる。名前の由来は、「宮川（みやがわ）」からきている。

タズ・・・大人しく、優しい女の子である。その上、とても物知りで鶴山公園や津山市の豆知識を教えてくれる。物腰柔らかく丁寧な話し方で案内してくれる。名前の由来は、「鶴（つる）」の別読みの「鶴（タズ）」からきている。



図 2-3 案内人の容姿のイメージ（左：ゴン、中央：ミカ、右：タズ）

3 企画（ツアー）の構想詳細

この節では、**2.企画（ツアー）の構想と場面**には記せなかった、WARACO の設定と場面ごとの詳細を述べる。

3-1 MR デバイス（WARACO）の設定

WARACO とは、本企画で用いる MR デバイスの名前である。この WARACO を装着することで、MR 体験をすることができる。また WARACO には、電源ボタン、スライド式地図、明度調整ダイヤル、写真撮影ボタンが搭載されている。図 3-1 には、WARACO の全体のイメージ画像を示し、図 3-2 ではそれぞれの搭載場所を示す。以下にそれぞれの位置と機能を説明する。

電源ボタン	位置：正面の中央の上にある、丸状のボタンである。 機能：これを押すと、WARACO が起動する。
スライド式地図	位置：左側面の中央にある、黒色の角状の物である。 機能：装着者が、これを後ろにスライドするとバーチャルな地図が出現する。
明度調整ダイヤル	位置：右側面の正面よりにある、黒色の丸状のダイヤルである。 機能：バーチャルの明度や見え方を調整することができる。
写真撮影ボタン	位置：明度調整ダイヤルよりも右側面の正面よりにある。右側面からみると少し出ている黒色のもの。 機能：これを押すことで写真撮影することができる。

以上の機能を搭載しているため、MR 体験をしながら写真撮影やルート確認もすることも

可能である。図 3-3 は、WARACO を通じて体験できる MR の世界のイメージ画像である。

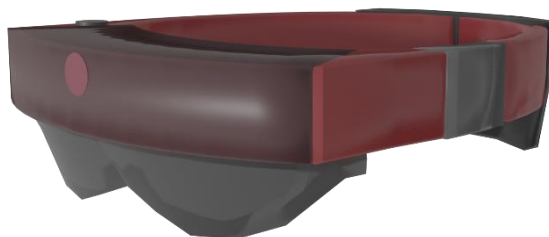


図 3-1 WARACO 全体イメージ

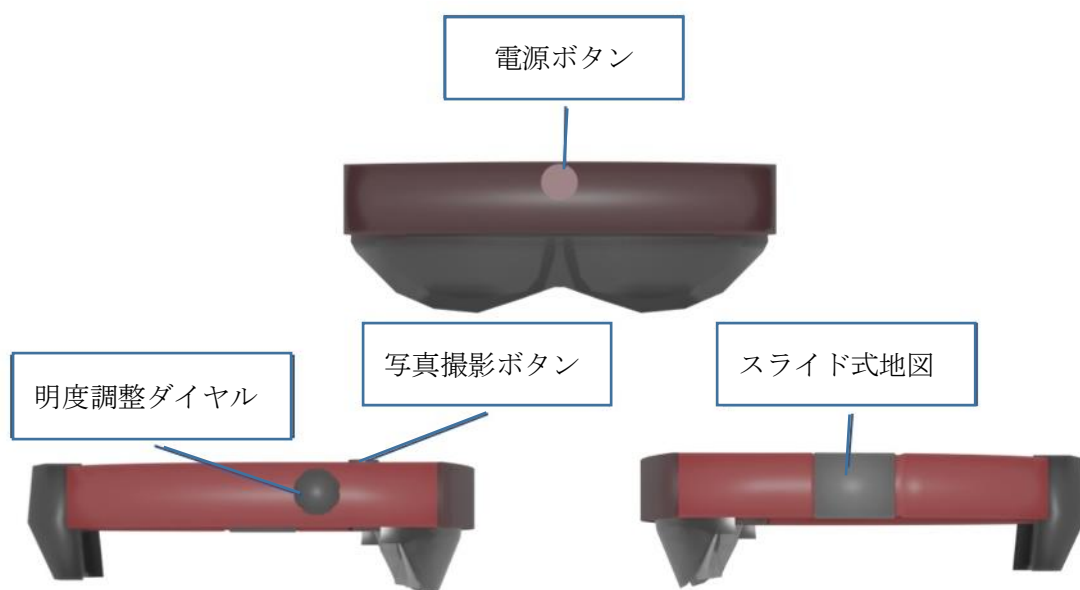


図 3-2 WARACO の機能（上：正面、左：右側面、右：左側面）



図 3-3 WARACO を通じて見る世界のイメージ

3-2 企画（ツアー）の場面詳細とイメージ画像

以下は、2 の企画（ツアー）の構想と場面の詳細である。また、詳細で表示されるイメージ画像は、フリーソフトである Blender[B1]と AviUtil[Av]、Google スタジオ[G]を使用して制作したものである。

場面 1

津山駅の観光センターの近く建物があり、このツアーを申し込んだ観光客はその建物の中に入り、WARACO を受け取る。この建物の中では、常にツアールートのご案内動画が流れている。詳しくは 3-3.ツアールートのご案内動画で述べる。そして、WARACO を受け取った観光客は、WARACO の操作説明の動画を視聴する。その動画内では、案内人であるゴンが説明をする。視聴後は、建物内と建物外にある MR の見え方調整スペースで自分好みの見え方に調節する。この調整スペースで設定している際も、WARACO 内にゴンが現れる。そのため、観光客には、ゴンが案内動画内から WARACO 内に移動してきたように感じ、まるで動画内の世界と WARACO 内の世界が繋がっているように感じる。そして、MR の見え方調節ができ次第、ツアーが開始される。この際は、時間がかかることが想定されるため、流れを確認する人を用意する。図 3-4 は WARACO を受け取る建物であり、図 3-5 は設置した時のイメージ画像である。

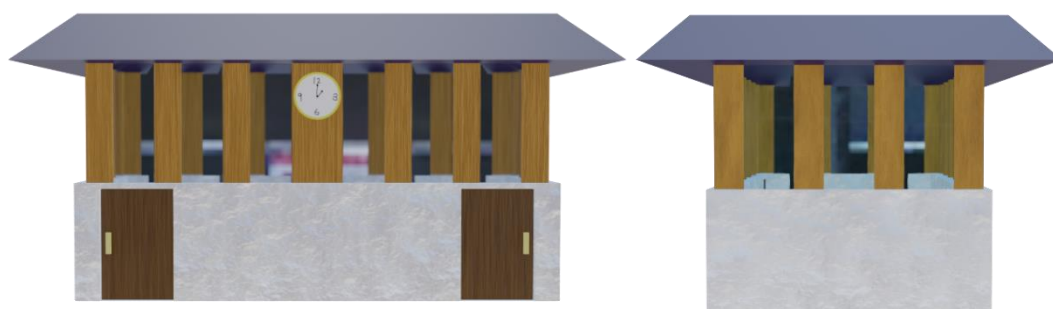


図 3-4 WARACO を受け取る建物（左：正面、右：左側面）



図 3-5 WARACO を受け取る建物の設置イメージ

場面 2

津山駅で WARACO を受け取り調節後、バーチャルな案内人によって、ツアーの目的地である津山空想水族館に案内される。しかし、津山駅から城見橋を通り河川敷に行くまでの道のりは安全性を考え、その間、案内人は一旦姿を現さないようになる。城見橋の下の河川敷に着くとゴンが姿を見せ、河川敷を案内してくれるようになる。この際にも、時間がかかることが想定されるため、流れを確認する人を用意する。

2-2 で述べたように、案内人には案内期間があり、その期間で案内人も変わってくる。図 2-2 でも各々の案内人の案内期間を示したが、場面でいうと、**場面 1~4** まではゴンが案内人である。図 3-6 はゴンの案内中のイメージ画像である。

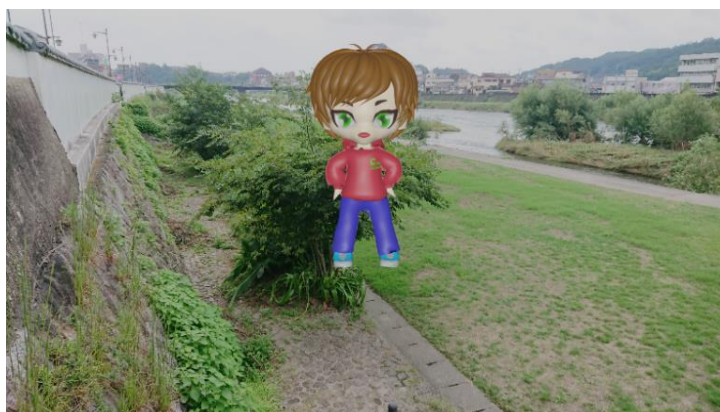


図 3-6 案内中のゴン

場面 3

主なツアールートのひとつ吉井川の河川敷での仕掛けについて説明する。この吉井川の河川敷では、WARCO を通じてバーチャルな動物たちが現れ、その生活を覗くことができる。この動物たちは津山市に生息している、もしくは津山市に由来があるものが多く現れ、季節によっても現れる動物たちが違って来る。時に、市民や観光客が考えた創作動物も現れる。また、この動物たちはゴンが生態などを説明するため、学びの機会にもなる。つやま自然ふしぎ館と協力することで、ごく稀にふしぎ館のはく製の動物たちもこの河川敷に現れることができ、世界の動物の生活を覗くことができる。図 3-7 は**場面 3** のイメージ画像である。



図 3-7 河川敷のバーチャルな動物たち

場面 4

このツアーにはいくらか休憩所が設けられており、この**場面 4**の休憩所が最も大きい。場面 4 の休憩所は今津屋橋の下に設置されている。この休憩所らは、WARACO を外して目を休める目的で設置されているが、この休憩所では、津山限定の飲み物やお菓子も提供している。他にも、場面 4 の休憩所では、休憩所の壁に描かれている絵が WARACO を通して見ると動き出すという仕掛けがあり、そちらの面でも楽しむことができる。しかし、その体験をする場合は必ず目を休めてからでないと体験することができない。図 3-8 は、休憩所の建物であり、図 3-9 は設置した際のイメージ画像である。

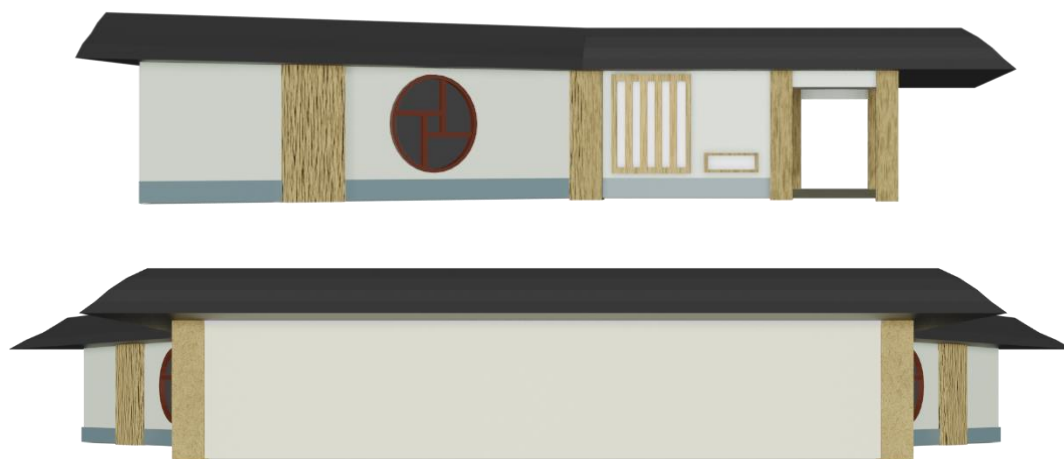


図 3-8 休憩所（上：正面、下：左側面）



図 3-9 休憩所の設置のイメージ

場面 5

吉井川と宮川の河川敷の変わり目にある新大橋の下に以下のような仕掛け、図 3-11 のようなバーチャルな扉がある。このツアーにおいて、吉井川から宮川の河川敷のイメージは異なったものになっている。そのため、この扉は、場面転換の役割を果たしている。したがって、内部は図 3-12 のように複数の灯りがあるものの全体的には暗くなっている。扉の内部は右にガラス張りの壁が広がる。この壁は現実に設置することを考えている。この際には、扉の中に入ったかどうかの確認をする人を用意する。図 3-10 は設置した際のイメージ画像である。図 3-11 は扉を開け橋の下に入る直前のイメージ画像であり、図 3-12 は扉を開けた橋の下の様子である。



図 3-10 新大橋のバーチャルな扉



図 3-11 扉を開け入る直前



図 3-12 扉を開けた橋の下の様子

場面 6

バーチャルな扉の中の暗闇を抜けると宮川の河川敷に入り、図 3-14 のように朱色を主とした古典的な風景に代わる。ここでは、主に鳥居や行燈、街頭など和の要素を中心とした建造物も見られるようになる。ごく稀に屋台のようなものも見られ、買い物ができる。また、吉井川の河川敷よりは少ないが、バーチャルな動物たちも現れ生活を除くことができる。そのうえ、この場面では妖怪などといった創作動物が多くみられるようになる。この場面 6~7 までは、ミカが案内する。ミカは観光客を驚かせようといきなり出てくるため、観光客の WARACO の隅に「注意：案内人が現れます」と表示され、驚き防止を施している。図 3-13 は、案内中のミカのイメージ画像であり、図 3-14 は場面 6 のイメージ画像である。また、図 3-15 は場面 6 で現れる鳥居である。



図 3-13 案内中のミカ



図 3-14 宮川の河川敷のイメージ

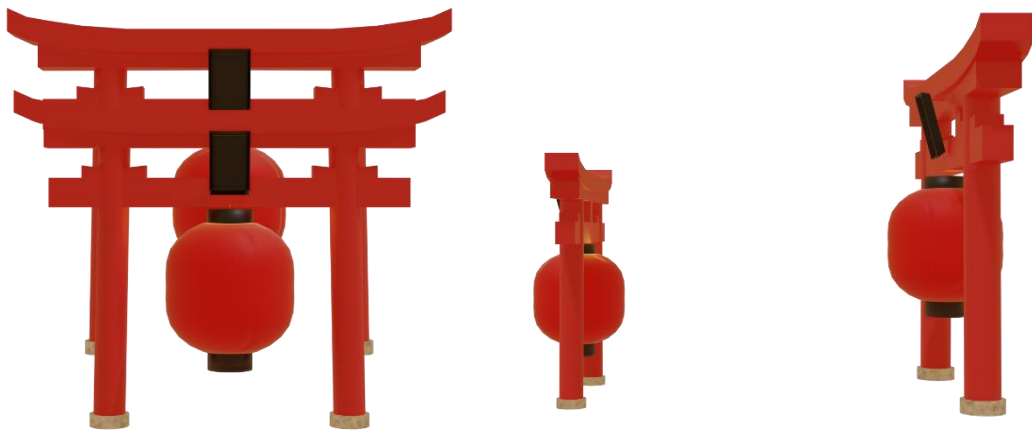


図 3-15 場面 6 に現れる鳥居（左：正面、右：左側面）

場面 7

場面 6 からは、鶴山公園に行くまでのルートに分岐が発生する。分岐点に到着すると、ミカがどの分岐ルートを選択するか聞いてきてくれる。そして、観光客は WARACO を通じて出現する選択肢をタップし、選んだルートでツアーを再開する。分岐ルートは[1]の青色線と[2]の緑色線と[3]の茶色線の3つのルートである。黄色線はタズが案内するルートである。[1]のルートは、千代稲荷神社を通らないルートである。[2]と[3]のルートは、鶴山公園の表門から入るルートと、裏門から入るルートである。図 3-16 に分岐ルートを示す。



図 3-16 分岐ルート

場面 8

場面 7 で[2]もしくは[3]のルートを選択し、進んでいくと千代稲荷神社という神社に案内される。この神社は実在しており津山市指定重要文化財であるため、このルートでぜひ立ち寄ってほしいポイントである。この神社の稲荷もバーチャルな動物になることがあり、普段は動かないが、時として動くのである。図 3-17 はこの神社から出ていた狐が戻っているところである。



図 3-17 千代稲荷神社にもどる

場面 9

場面 8 を案内人通りに進んでいくと、鶴山公園にたどり着く。鶴山公園に案内人はいるが、ツアーとしては、ここで終了である。鶴山公園自体は、WARACO を使用し案内人とともに観光しても構わないが、鶴山公園を自らの目で見たい場合は、WARACO を使用せずに観光することが可能である。図 3-18 は案内中のタズのイメージ画像である。



図 3-18 案内中のタズ

3-3. ツアールートの案内動画

場面 1 である建物内で流れている、ツアールートの案内動画を制作した。動画の構成としては、まず字幕で案内動画が始まることを提示する。次に場面 1 以降のイメージ画像を表示しながら説明する。最後に、字幕でお客様を送り出すメッセージを表示するというものになっている。この動画では、案内人は現れない。場面 1 で案内人が現れる動画は、WARACO の操作方法の動画である。図 3-19 はツアールートの案内動画のスナップである。



図 3-19 案内動画のスナップ

4 企画(ツアー)に用いるテクノロジー

この節では、ツアーに用いるテクノロジーについて述べる。

4-1 VR・AR・MRについて

まず、MR という技術がどのようなものかを示すために、これらの技術で代表的な VR、AR、MR の 3 つについて説明する。また、それぞれの技術を使用した時の見え方も説明する。

VR について

ウェブページ[V]によれば、VR(Virtual Reality)とは、コンピュータで人工的なものや環境を制作し、そこにいるかのような感覚を体験できる技術であり、「人工現実感」あるいは「仮想現実」と言われている。VR 環境を体験するには、VR 用ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を用いられることが多く、手で持つコントローラーや手の動きを通して HMD の操作を行う。また、HMD には 3DoF (Degree of Freedom) と 6DoF の 2 種類がある。3Dof では、装着者は歩行することができず、その場で上下左右を見回す、頭を傾ける行動のみ可能である。6Dof では、3DoF で可能な動作に加えて、前後左右に歩行でき、しゃがむやジャンプといった動作も可能になるのである。

VR の見え方

ウェブページ[V]によれば、VR の見え方は AR・MR と違い HMD を被ると現実世界は全く見えなくなる。図 4-1 は VR を用いた際の見え方のイメージを示しており、図 4-1 では仮想空間に鳥居と狐がいるようになっている。



図 4-1 VR の見え方のイメージ

AR について

ウェブページ[V]によれば、AR (Augmented Reality) とは、現実世界に付加情報を表示させ、現実世界を拡張する技術のことであり、「拡張現実」と言われている。VR では現実世界

と切り離なされ仮想世界に入り込む形になるが、AR はあくまで現実世界が主体である。そのため、現実世界と仮想世界を両方活用することができ、現実世界に新たな価値を付加することが可能になるのである。

AR の見え方

ウェブページ[V]によれば、AR の見え方は VR と違い現実世界が主体であるため、現実世界を見ることが可能である。また、AR は MR と違い現実世界の形状情報、3 次元情報は認識せず、カメラ映像にデジタルコンテンツを重畳して表示している。図 4-2 は、AR を用いた際の見え方のイメージを示しており、現実世界の鳥居の上にデジタルコンテンツの狐を重畳表示している。



図 4-2 AR の見え方のイメージ

MR について

ウェブページ[V]によれば、MR (Mixed Reality) とは、「複合現実」と言われ、現実世界に CG で制作された人工的な仮想世界の情報を取り込み、現実世界と仮想世界を融合させた世界を作る技術である。また、MR の世界内では、仮想世界のモノと現実世界のモノが相互に影響する。MR の操作では、コントローラーを用いることもあるが、手のジェスチャー操作を実現していることもある。そして、ウェブページ[T]によれば VR、AR、MR らの技術の総称を XR (Cross Reality) と呼ぶ。

MR の見え方

ウェブページ[V]によれば、MR の見え方は AR とほぼ同じであるが、MR では、現実空間の 3 次元形状を認識するため、デジタルなオブジェクトを現実空間の地面や机上において表示することが可能である。図 4-3 は、MR を用いた際の見え方のイメージを示し、現実世界の鳥居にデジタルコンテンツの狐を重畳表示しているが、鳥居の 3 次元形状を認識し、鳥居の後ろを通っているようになる。



図 4-3 MR の見え方のイメージ

4-2 MR を用いる理由

2-1 にも述べたように本企画では MR（複合現実）の技術を取り入れようと考えている。上記で述べたように、MR は仮想世界のための体験でなく、現実世界をベースとした、仮想世界を体感することができる。また、現実世界の 3 次元形状を認識し、よりデジタルコンテンツが現実世界に違和感なく融合される。そのため、本企画で考えている見え方、津山市の風景をベースにバーチャルな案内人を提示させるなどイメージに近い提示方法であったため、MR の技術を用いりたいと考えた。

4-3 MR という言葉



図 4-4 複合現実の言葉のイメージ

[Yo]https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/49/12/49_KJ00004046109/_pdf/-

横矢[Yo]によれば、MR という言葉は、厳密にいうと AR と AV (Augmented Virtuality) の 2 つの要素を含んでいる。AR は上記で述べた拡張現実のことである。AV (Augmented Virtuality) は「仮想化現実」と呼ばれ、AR に加えて現実世界の情報を仮想世界に付加する、あるいは現実世界の情報を用いて仮想世界を構築するものである。図 4-4 に複合現実の言葉のイメージを示す。しかし、著者の知る限りでは、一般的に VR と AR と MR の 3 つに分類されており、MR の中に AR と AV が含まれている認識は低いと考えている。そのため、著者はこの 3 つの分類のされ方について以下のように考察している。

横矢[Yo]によれば、近年では現実世界の情報をもとに AV 技術により構築された仮想世界

を AR 技術により、現実世界に融合させて複合環境を提示させることもあるという。したがって、MR は AR と AV が渾然一体となった複合世界になっているという。このことから、複合環境を提示させているもの（HMD 等）が AR 技術でありながら、提示させる複合環境が AV 技術で構築された世界であれば、2 つの技術で複合環境を提示しているため、その技術を MR と認識していると考えた。もしくは、提示された世界は AV 技術であり、一般的に説明される MR の見え方に近いものであるため、 $AV=MR$ と認識されてしまったと考えている。そして、AV 技術を用いずに、AR 技術だけで複合環境を提示しているものは AR と認識されていると考えた。以上のことから、著者は、一般的に MR の中に AR と AV の要素がある認識はなく、VR と AR と MR ($=AV$) の認識で 3 つに分類されていると考えている。そのため、この論文でも VR と AR と MR ($=AV$) の 3 つとして分類する。しかし、本来は MR の中に AR と AV が含まれていることは忘れないようにしておくことだ。

4-4 複合現実環境の提示方式

横矢[Yo]によると複合現実環境を提示する方式は主に 2 つある。1 つ目は、シースルー型 HMD を用いるものであり、2 つ目は没入型投影ディスプレイを用いるものである。

【シースルー型 HMD】

シースルー型 HMD を用いる方法では、ビデオシースルー方式と光学シースルー方式の 2 つがある。

〈ビデオシースルー方式〉

シースルー型 HMD の装着者の視点付近に取り付けたカメラで現実世界を撮影する。そして、その撮影した現実世界の映像に瞬時に仮想世界の映像を合成し、合成映像を表示する方式である。この方式では、HMD の装着者が見る現実世界の景色は、あくまで HMD に取り付けられたカメラで撮影された景色であるため、実際の肉眼で見る現実世界の景色ではないのが特徴である。そのため、現実環境と仮想環境は同期して提示することが可能だが、提示画像全体に時間遅延が生じてしまう。しかし、カメラで撮影した映像に、合成処理を行うため、実物体と仮想物体の奥行隠蔽関係の表現が容易であり、光学シースルー方式より仮想物体を現実世界に違和感なく提示することが可能である。図 4-5 は、ビデオシースルー方式の構造を簡略化して表したものである。

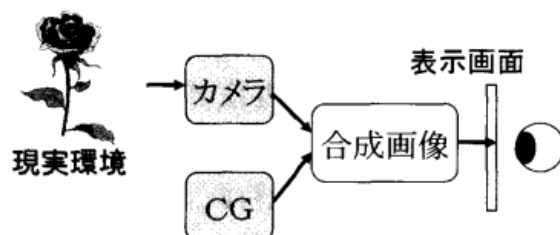


図 4-5 ビデオシースルー方式の構造

[Yo]https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/49/12/49_KJ00004046109/_pdf/-char/ja

〈光学シースルー方式〉

シースルー型 HMD のハーフミラーを通して現実世界を実際に見ながら、眼前に仮想世界の映像を提示し、網膜上で現実世界と仮想世界を融合する方式である。この方式では、肉眼で見る現実世界の景色に、コンピューターで制作した映像を載せているような提示方法であるため、ビデオシースルー方式より実物体と仮想物体の奥行隠蔽関係の表現が難しい特徴がある。そのため、現実環境と仮想環境は同期して提示することが可能であるが、仮想環境の描画時間にズレが生じ、位置ずれとして知覚されてしまう。しかし、この方式では、仮想物体が半透明に提示され、仮想物体を通して現実世界をみることができると、ビデオシースルー方式より安全性が高いといえる。であるから、野外のウェアラブルシステムなどで利用されることが多い。図 4-6 は光学シースルー方式の構造を簡略化して表したものである。

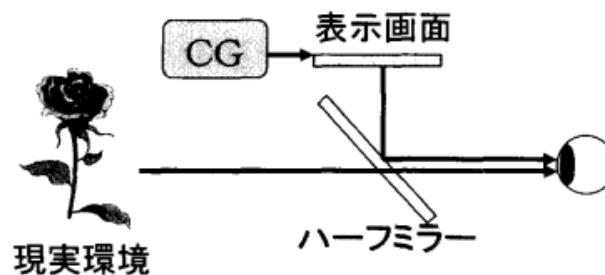


図 4-6 光学シースルー方式の構造

[Yo]https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/49/12/49_KJ00004046109/_pdf/-char/ja

【没入型投影ディスプレイ】

VR にもともと用いられている方法で、HMD のような装着感を感じるものを使用せず、立体視用の眼鏡程度で高い臨場感を体験できるものである。

4-5 実際にある MR デバイス

【Microsoft Hololens2】

ウェブページ[Ho]によれば、Microsoft Hololens2 とは、Microsoft 社が産業用を目的として開発・販売している新型 AR グラスと言われている。Windows10 を搭載し、携帯電話やパソコンなどの外部機器と接続する必要がなく、ワイヤレスで使用可能である。総重量は約 566 g である。また、この Microsoft HoloLens2 は手の動作で操作できるだけでなく、両手の指を認識し、仮想物体をつまむことができる。

【Magic Leap One】

ウェブページ[Ho]によれば、Magic Leap One は、Magic Leap 社がエンタメ用を目的として開発・販売している AR グラスと言われている。メガネ形状「Lightwear」、コントローラー、腰につるして Lightwear と接続する円盤型コンピューティング端末「Light pack」の合計 3 つで構成されている。また、一般の VR ゴーグルや HoloLens に比べ小型であり、総重量は約 316 g である。また、この Magic Leap One は Microsoft HoloLens2 のように手の動作で操作することはできないが、コントローラーで、視野に入っていない範囲までの動きをトラッキングすることが可能である。

4-6 MR の今後の展望

柴田 [Si]によれば、MR 技術は今後、生活や産業分野全般において、必要不可欠なものになっていくと予想されている。実際に、一般消費者向けの動向として、MR の技術は、Microsoft 社や Apple 社、Google 社などの企業が注力しており Micro HoloLens2 を発売している。また、Micro HoloLens2 を用いたイベントも存在しており、Magic Leap One に至っては、株式会社 NTT ドコモが日本で初めて発売し、docomoXR というイベントで用いられている。そのうえ、ITmedia NEWS[I]によれば、2021 年 10 月 11 日に米 Magic Leap がその後継バージョンである Magic Leap 2 の外観を発表し、2022 年の発売を目指すとしている。

したがって、上記より MR の技術は常に様々な企業が注力しており、MR デバイスも次々に開発されている。そのため、今後も一般消費者向けにも普及し続け、本企画のツアーにも用いることが可能だと考えた。

5 ツアールートの案内動画、案内人の制作方法

この節では、ツアールートの案内動画と案内人の制作方法について述べる。

5-1 ツアールートの案内動画の制作手順

ツアールートの案内動画では、フリーソフトである AviUtil[Av]を用いて制作した。AviUtilでは、大きく分けて、本体ウィンド、タイムライン、設定ダイアログの3つ機能が付いている。そして、それらを使用して動画制作を行った。図 5-1 はそれらの機能の画像である。

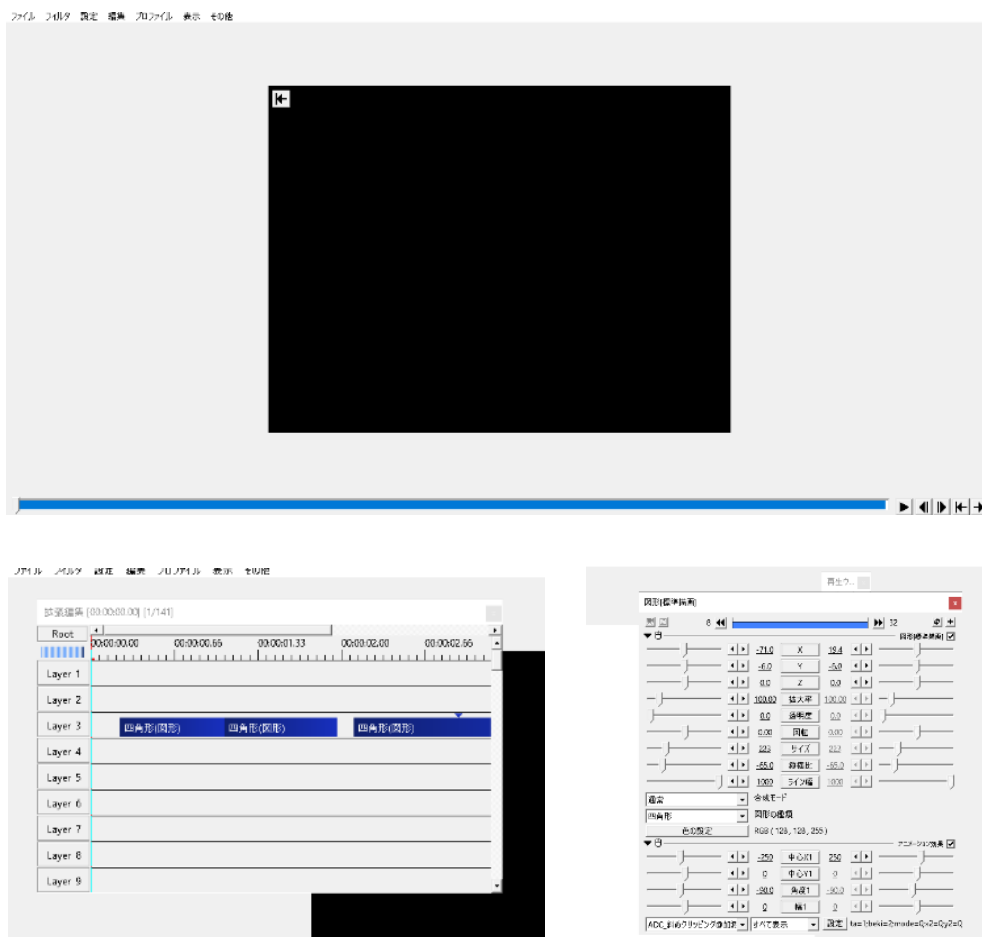
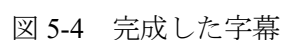
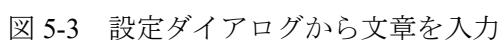
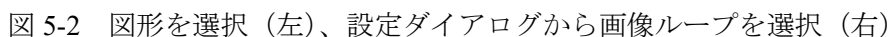


図 5-1 本体ウィンド（上）、タイムライン（左）、設定ダイアログ（右）

AviUtl の初期背景が、黒色であるため背景を設定した。様々な方法があるが、著作は、タイムラインを右クリックし、メディアオブジェクトの追加から図形の項目を選び、設定ダイアログにある画像ループで背景設定をした。その際、図形に任意の色も設定した。字幕は、同様にテキストの項目を選び、設定ダイアログで字幕を入れた。図 5-2,3 にはそれらの方法を示し、完成したものは図 5-4 に示す。



II 動画、画像、背景音楽を追加する

背景や必要な個所に動画、画像、背景音楽を追加した。追加方法2つあり、1つ目はタイムラインに保存している動画をドロップし挿入する方法である。2つ目は、タイムラインから動画ファイルを選び挿入する方法である。位置設定や大きさ、回転などは、設定ダイアログで行う。画像、背景音楽の場合も同様に行う。図 5-5 にはそれらの方法を示し、完成したものは図 5-6 に示す。

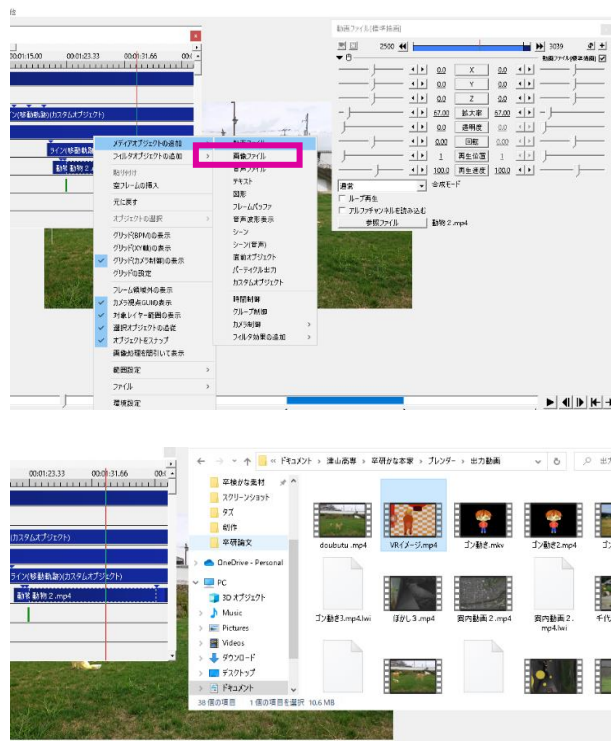


図 5-5 動画ファイルから挿入 (上)、保存している動画をドロップ (下)



図 5-6 完成した動画

Ⅲ シーンチェンジ

場面の変わり目などでシーンチェンジを使用した。使用方法では、タイムラインを右クリックし、カスタムオブジェクトの追加からシーンチェンジを選択する。詳細設定は、設定ダイアログから行う。図 5-7 にはそれらの方法を示し、完成したものは図 5-8 に示す。また、図 5-8 でのシーンチェンジは、フェードアウトを使用した。

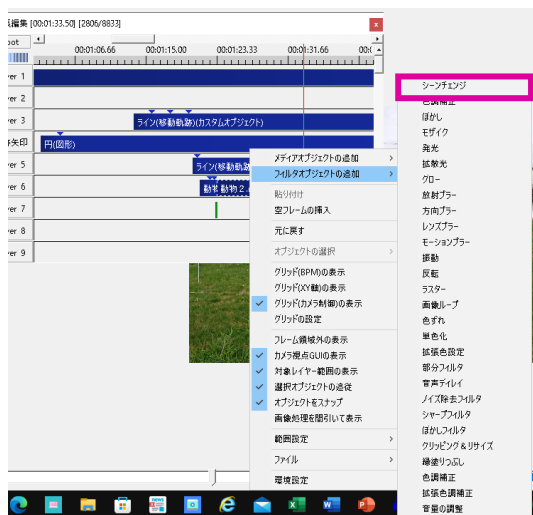


図 5-7 シーンチェンジを選択

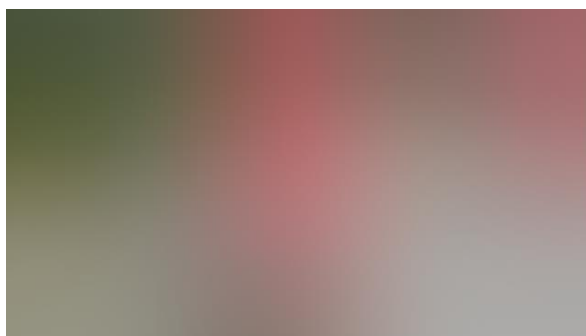


図 5-8 フェードアウトを使用したシーンチェンジ

Ⅳ 動画再生

確認のために動画再生なども行った。基本は、タイムライン上で、再生したい初めの場所をカーソルでクリックし、本体ウィンドの右下の再生ボタンをクリックし再生する。だが、著者は、本体ウィンドの表示タブから再生ウィンドの表示を選択し、でてきたウィンドの再生ボタンを使用した。図 5-9,10 は、それらの方法を示したものである。

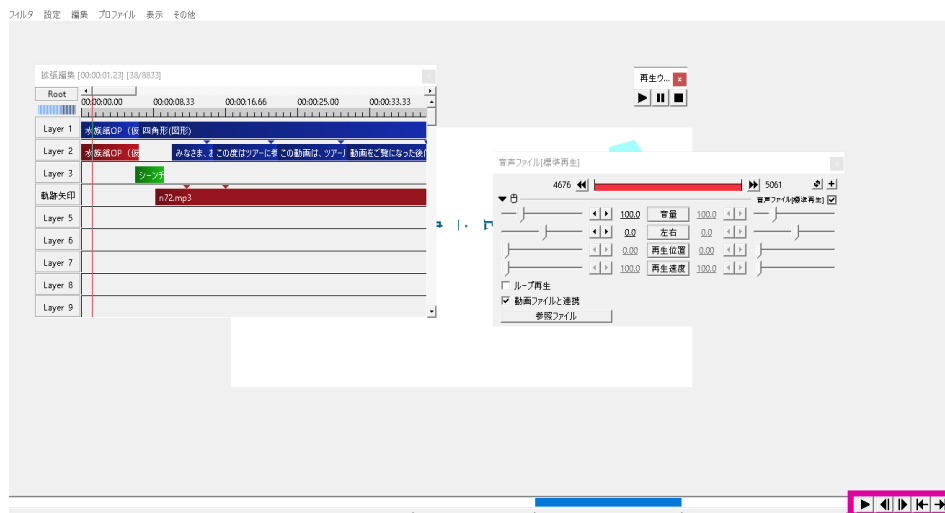


図 5-9 右下の再生ボタンをクリック

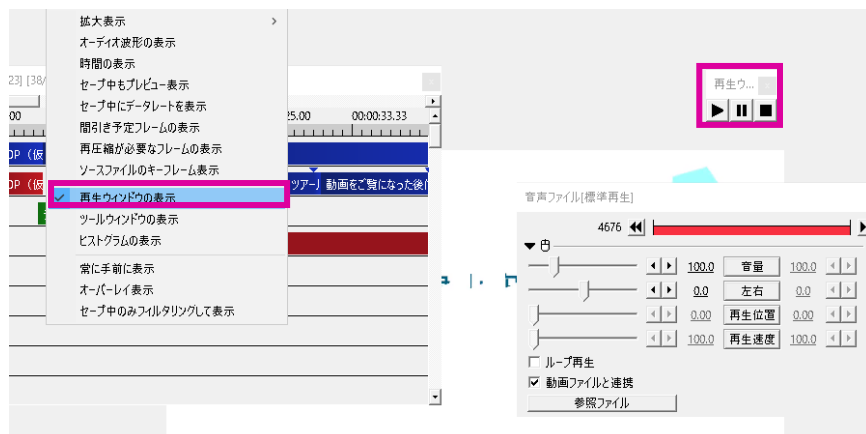


図 5-10 再生ウィンドを表示

V 動画出力

AviUtl で制作した、動画を mp4 の形式で出力した。出力する際は、タイムラインの上部の水色の部分しか出力されないため、注意が必要である。方法は、タイムライン上で出力を開始したい場所をクリックし、shift キーを押したまま、終了したい場所をクリックすることである。その後は、本体ウィンドのファイルから、プラグイン出力を選択し、拡張 x264 出力(GUI)Ex を選ぶ。そして、パソコン内の保存したい場所に保存する。図 5-11 は、それらの方法を示したものである。

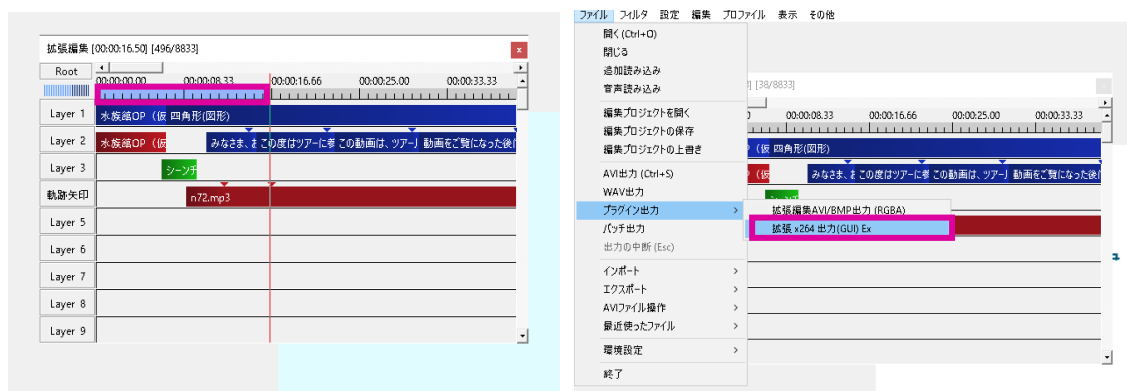


図 5-11 水色の部分を作る (左)、プラグイン出力を選択 (右)

5-1 案内人の制作手順

案内人の制作については、フリーソフトである Blender[B1]を用いて制作した。今回はタズを使って制作手順を述べる。まず、ブレンダーは、オブジェクトモードと編集モードという大きく分けて 2 とのモードがある。ブレンダーでは、この 2 つのモードを駆使して案内人の制作を行った。また、I~IIIの工程はモデリング工程であり、IV~VIはアニメーション（動かす）工程である。

I 下絵、オブジェクトの追加

案内人の制作において、タズはデザインが決定していたため下絵を追加し、それに沿って、案内人を制作した。下絵の追加方法はオブジェクトモードで **shift** キー+A を押し、そこから下絵という項目を選択し、参照をクリックする。参照ではパソコンに保存してある画像ファイルから追加したいものを選択する。オブジェクトの追加方法は、同様にして、図形を選択し、追加したい図形の種類をクリックする。そして、図 5-13 のように、追加した下絵や図形の履歴は右上に表示される。今回は主に、UV 球、円柱、平面を使用した。図 5-12 に方法を示した。

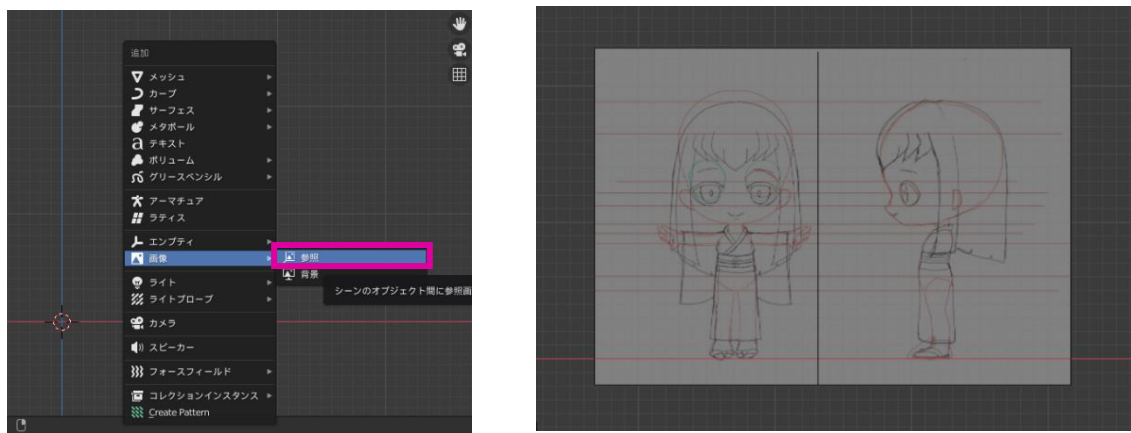


図 5-12 下絵を選択（左）、下絵を追加（右）

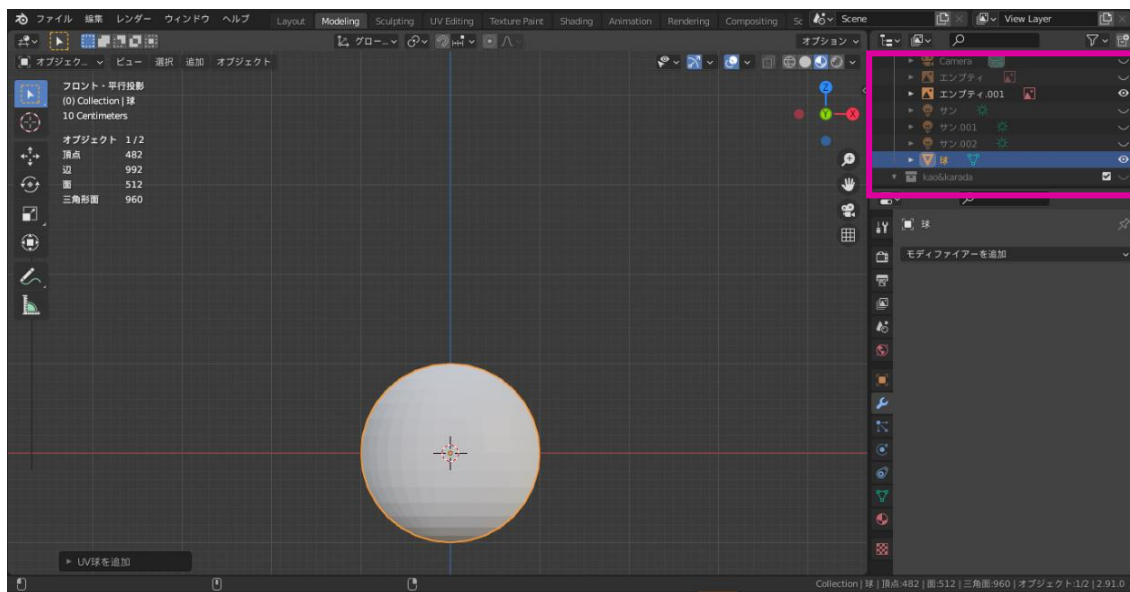


図 5-13 オブジェクトを追加

II 編集モードで案内人制作

オブジェクトモードから編集モードに移行し、案内人の形に沿うようにオブジェクトを変形した。編集モードでは、主にオブジェクトの頂点を選択し、それを動かしたり拡大縮小したりしてオブジェクトを変形することができる。動かす方は様々あり、著者は頂点を選択し、G キーを押したまま頂点を動かす方法でオブジェクトを変形した。その他にも頂点を複数個選択し、S キーを押したまま動かすことで、拡大縮小もできる。図 5-14 ではそれらの方法を示した。また、図 5-15 は編集モードで完成したタズである。

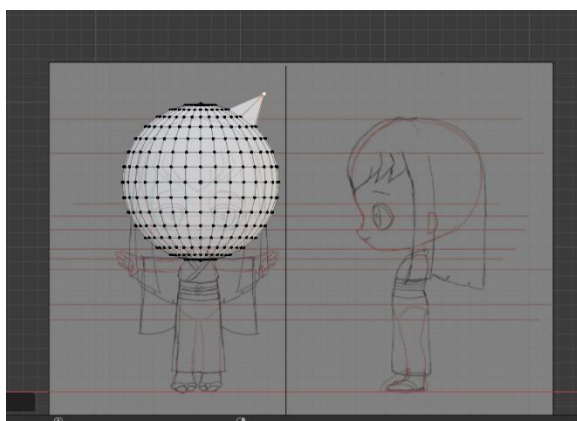


図 5-14 編集モードで頂点を動かす



図 5-15 完成したタズ

III 着色

タズのデザインにより近づけるために、顔や髪、服などに着色を行った。着色にも様々な方法があるが、著者は、Shading のタブから、オブジェクトを選び、テクスチャペイントを追加し行った。このテクスチャペイントでは、自分の好きなように色の配置や、模様を描いてオブジェクトを着色することができる。図 5-16 ではそれらの方法を示した。図 5-17 は、着色が完了したタズである。

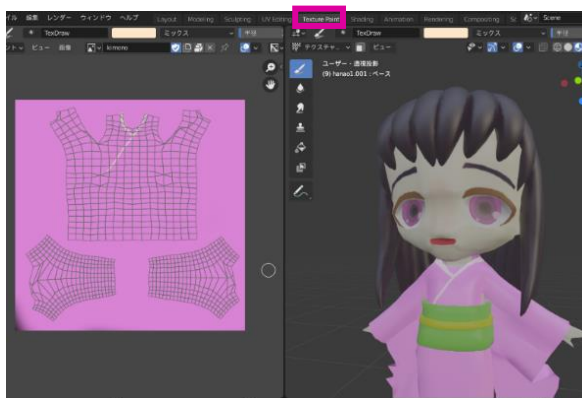
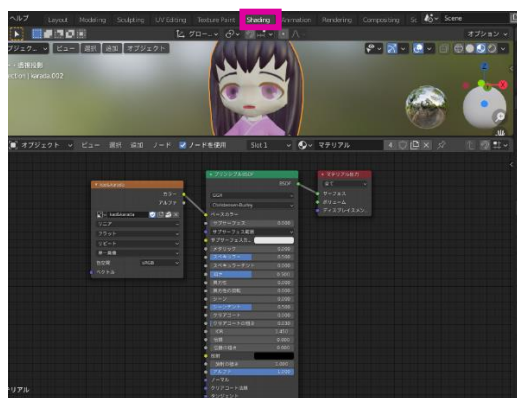


図 5-16 テクスチャペイントの設定 (左)、テクスチャペイントで着色 (右)



図 5-17 着色したタズ

IV ボーンを仕込む

ここは、タズを動かす工程の準備になる。ボーンという、いわゆる骨を案内人の体に合うように制作した。方法は、オブジェクトモードで **shift** キー+A を押し、アーマチュアを選択し追加する。そして、案内人の骨格に合うようにボーンを増やしていく。ルートボーンという、オブジェクト全体を動かせるボーンを追加しておく、後の工程で全体を上下左右に動かすことができるため追加しておく、と良い。ボーンが決まれば、後の工程でボーンに肉付けができるように、動かすオブジェクトと骨を選択し、**Ctrl** キー+**P** キーで親子関係を持たせる。図 5-18 ではそれらの方法を示した。



図 5-18 アーマチュアを選択（左）、ボーンを追加（真ん中）、形に合わせ変形（右）

V ボーンに肉付けをする

IVのボーンにウェイトペイントで肉付けを行った。ウェイトペイントでは、選択したボーンの部分にどれだけオブジェクトが付いてくるかを設定することができる。ウェイトペイントの画面にすると、赤色や青色、黒色になっている箇所がある。赤色になっている箇所は、肉付きが強く 100%である。これは青色から黒色になるほど弱くなり、完全に黒い箇所だと 0%、つまり肉付きがない。これらの設定方法は、ボーンを選択し、**Add** や **Subtract** の項目を選び、オブジェクトをなぞるようにクリックすると、ウェイトペイントの強弱をつけることができる。図で 5-19 はそれらの方法を示した。

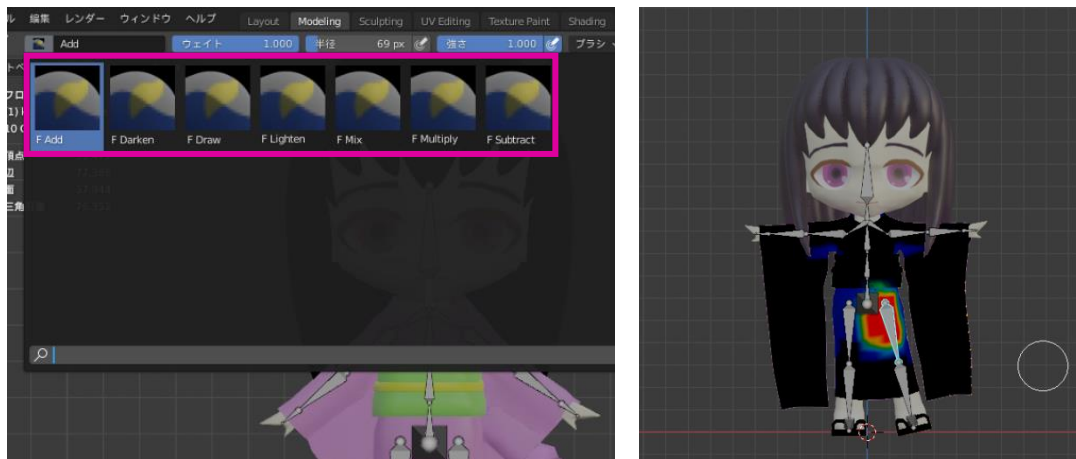


図 5-19 Add の項目を選択 (左)、肉付く場所をクリック (右)

VI アニメーション (ボーンを動かす)

ボーンを動かして、案内人が動くアニメーションを制作した。アニメーションの制作方法は、**Animation** タブをクリックし、その画面でポーズを決め、キーフレームを挿入し、動かす。ボーンを動かす際は、ポーズモードにしてから動かすことである。例えば、1 フレームから 36 フレームまでに、手を挙げる動作をしたい場合は、1 フレーム目に手を下げたポーズを設定し、キーフレームを挿入する。そして、36 フレーム目に手を挙げたポーズを設定し、キーフレームを挿入する。その後、画面下にある再生ボタンを押す。すると、1 フレーム目から 36 フレーム目にかけて、手を挙げる動作をしてくれる。図 5-20 にその方法を示す。

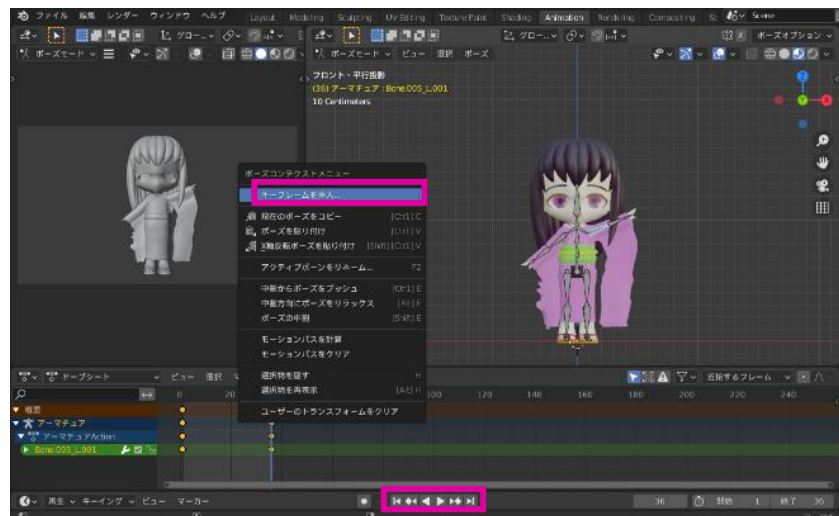
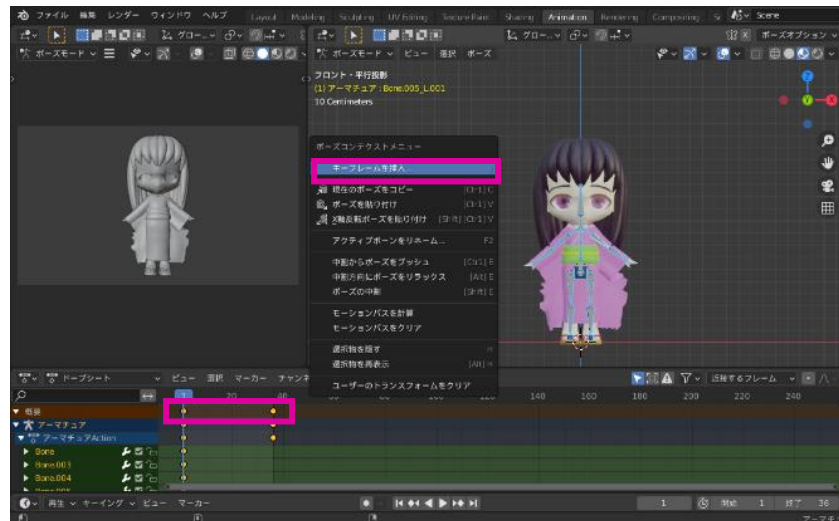


図 5-20 1 フレーム目にキーフレームを挿入（上）、36 フレーム目にキーフレームを挿入（下）

VI 表情を作る

案内人の感情を表すために表情も制作した。表情には、シェイプキーというものを利用した。シェイプキーは、オブジェクトモードでキーを追加し、編集モードで「あ」や「い」、「う」の口などの表情を作ることができる。目を閉じたり、微笑ましたりする表情もシェイプキーで制作できる。表情の動かし方は、アニメーションの時と同様に、キーフレームを挿入して動かす。図 5-21 は、動かし方を示し、図 5-22 では「あ」の口の形の表情の制作工程である。

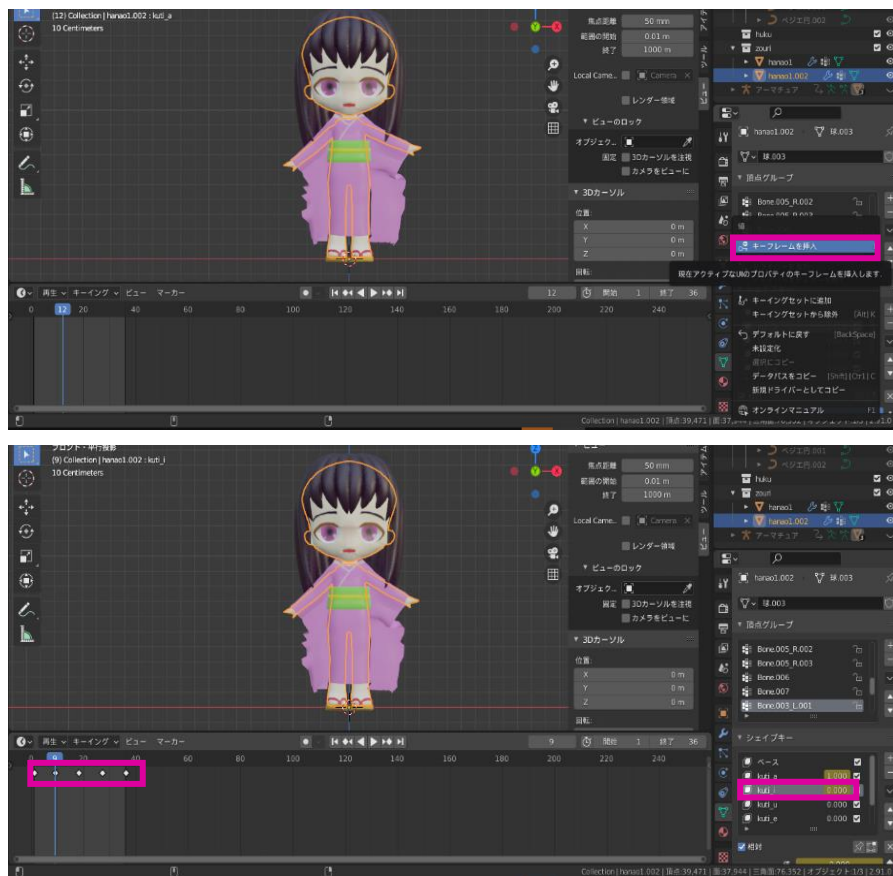


図 5-21 「あ」の口のキーフレームを挿入（上）、10 フレーム目に挿入（下）

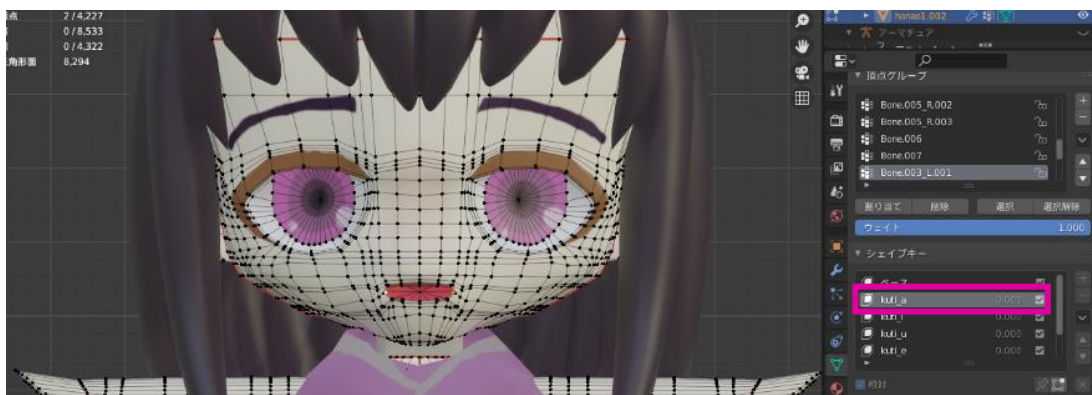


図 5-22 「あ」の口を制作中

VII 動画出力

アニメーションや表情を制作し、動画出力を行った。Blender での動画出力は、まず Layout タブを開き、画面の右側にある出力プロパティを設定する。出力プロパティでは、出力方法を FFMpeg 動画に選択し、保存する場所を選ぶ。そして、出力開始フレーム数と出力終了フレーム数を指定する。今回はフレーム 1 からフレーム 36 までの動画を制作するため、開始フレームに 1、終了フレームに 36 を指定した。そして、指定後は画面の左上にある、レンダータブをクリックする。その中の、「アニメーションレンダリング」という項目をクリックする。しばらくすると、出力が終わりパソコン内に保存される。図 5-23 に方法を示す。

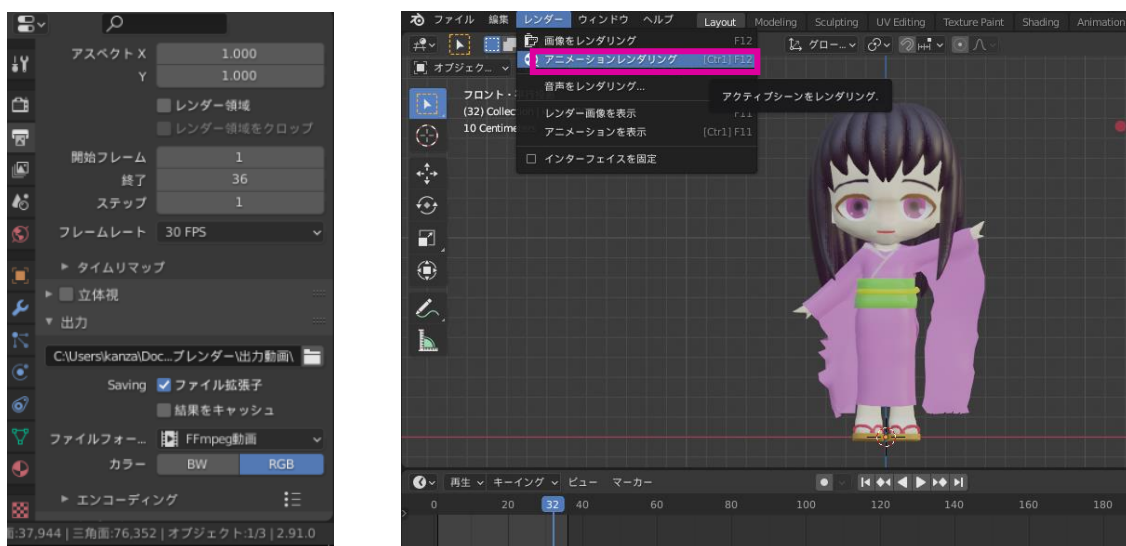


図 5-23 出力プロパティを設定（左）、アニメーションレンダリングを選択（右）

6 まとめ

本研究では、津山地域が活性化するための街づくりデザインを企画することを目的とし、津山地域に新しい観光地を考え、現代テクノロジーを調査し、具体的な企画案を作成した。

著者は、街づくりデザインを考え、中でも、鶴山公園や津山駅周辺に焦点を当てた。そして、その街づくりデザインを考えているうちに幼少期に見た「電腦コイル」という作品を思い出し、その要素を取り入れた街づくりデザインをイメージした。そのため、街づくりデザインを「電腦コイル」のアイデアを元に、特殊なメガネをかけバーチャルな動物などを見るという不思議な体験ができる街歩き観光ツアーに設定した。

また、ツアールートを決定する際に、吉井川と宮川の河川敷に目を付けた。なぜなら、吉井吉井川の河川敷は、普段人通りが少ないものの、花火大会ではとても賑わいを見せるため、普段の河川敷に面白いものを体験できれば河川敷も賑わうと考えたからである。宮川の河

川敷は、より人通りが少ないが、千代稻荷や紅色の太鼓橋など城下町を色濃く残すものが多くあり、魅力的な和の雰囲気を感じられる。そのため、ツアールートにすることで津山の魅力をより伝えられると考えた。このツアーは、前年度の田邊の卒業研究[Ta]の継続し、津山水族館は鶴山公園にあるものとした。したがって、このツアールートは津山駅から吉井川と宮川の河川敷を通り鶴山公園にある津山水族館に向かっていくツアーである。

以上のことから、本企画では、MR デバイスを使用した街歩き観光ツアーで構想したのである。MR デバイスを使用することで、バーチャルな案内人が現れる、現実世界で実際に生活しているかのようなバーチャルな動物たちを見たりすることができる。そのため、津山とバーチャル空間から不思議なツアーになると考えた。そして、この構想をスムーズに理解できるように、MR デバイスを通じて見える案内人のイメージ画像やツアールートの案内動画なども制作した。

この構想が展開し、少しでも津山地域が活性化する新たな可能性になることを望んでいる。

参考文献

[Av]AviUtl のお部屋

<http://spring-fragrance.mints.ne.jp/aviutl/>

[Bl]Blender

<https://www.blender.org/>

[Do]docomoXR

https://xr.docomo.ne.jp/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=xr_brand&utm_content=xr_shift&gclid=CjwKCAjwhaaKBhBcEiwA8acsHlbAkvrR4jlKUwFTA3evZzVdObHfY5dK2udLW6inNOF3O1CUoS32pzBoCy0QAvD_BwE

[G]Google スタジオ

<https://earth.google.com/studio/docs/>

[Go]Google マップ

<https://www.google.com/maps/@35.0604172,134.0038577,15.75z>

[Ho]【HoloLens2 完全解説】先代モデル、Magic Leap One との比較から進化を大解剖

<https://xr-hub.com/archives/13817>

[IT]ITmedia NEWS

<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2110/12/news149.html>

[Me]メディバンペイント

<https://medibangpaint.com/>

[PR]PRTIMES 国内初！Mixed Reality（複合現実）を活用した訪日外国人旅行者向け実証実

験を実施

<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000373.000031978.html>

[Si]複合現実感技術の歴史と今後の展望 柴田史久

https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/64/9/64_343/_pdf/-char/ja

[T]Think IT

<https://thinkit.co.jp/article/18845>

[Ta]松田研究室卒業研究 田邊陽太

<https://www.tsuyama-ct.ac.jp/matsuda/Gresearch/graduationresearch2020.pdf>

[Ta,O]複合現実感 田村秀行、大田友一

https://www.jstage.jst.go.jp/article/itej1997/52/3/52_3_266/_pdf/-char/ja

[Yo]現実世界と仮想世界を融合する複合現実感技術- I 複合現実 横矢直和

https://www.jstage.jst.go.jp/article/isciesci/49/12/49_KJ00004046109/_pdf/-char/ja

[V]VR と AR と MR の違いについて

<https://www.kadinche.com/vr-ar-mr/>

卒 業 研 究

回文素数ピラミッドの研究

先進科学系

平井怜央

指導教員 松田 修

令和 4 年 2 月 22 日

概要

G. L. Honaker, Jr. は論文[HC]の中で, 10進数の回文素数ピラミッドを詳細に研究していた. しかし, 10進数以外の回文素数ピラミッドはあまり調べられていなかった. 本論文では, 2進数の回文素数のデータを可能な限り集めて, 2進数でどのようなタイプの回文素数ピラミッドができるのか研究します. まず, 10進 basic というプログラミングを使い2進数の回文素数を表示するプログラミングを作成し, 2進数の回文素数のデータを集める. そして, 私たちが発見したいいくつかの命題を証明する.

Abstract

G. L. Honaker, Jr. had studied palindromic prime pyramids of decimal numbers in detail (cf.[HC]). However, they did not study the palindromic prime pyramid other than the decimal number. In this paper, we shall study possible on palindromic prime numbers in binary, and to study what type of palindromic prime pyramid can be created in binary. First, we shall display palindromic primes in binary using computer, and shall collect data of palindromic primes in binary. Next, we shall prove some propositions which we find.

目次

1. 目的	1
2. 本研究で扱う命題	1
3. メルセンヌ素数について	2
4. n 桁の2進数 $100 \cdots 01$ から作る回文素数	3
4.1 命題 1 の証明	4
4.2 命題 2 の証明	4
4.3 命題 3 の証明	5
4.4 命題 4 の証明	5
4.5 命題 5 の証明	8
5. 3進数回文素数ピラミッドの紹介	9
6. 今後想定される研究テーマ	10
参考文献	10
付録	11
プログラム 1	11
プログラム 2	12
プログラム 3	13
プログラム 4	15

1. 目的

G. L. Honaker, Jr. は回文素数ピラミッドを研究した. 回文素数ピラミッドとは, ある数に両端に同じ数字を付け加えるように桁数が大きくなる回文素数をピラミッド状に表したもので図 1 のようにあらわすことができる. 回文素数ピラミッドは図 1 のように, 中心の数と同じ場合でも異なる回文素数ピラミッドをつくることができる. また, はじめの数字によって, 回文素数ピラミッドの最長の回文素数と, 回文素数の数などが調べられている.

2	2
929	929
39293	39293
7392937	3392933
373929373	733929337

図 1 : 回文素数ピラミッド

回文素数は無限に存在するのかという未解決問題がある. 今までに回文素数について知られていることは, 以下の3つがある.

- 1, 11以外の回文素数の桁数は奇数であること.
- 2, 2014 年に Serge Batalov によって 474,501 桁で, 2020 年 7 月時点で最大の回文素数が以下の式であること.

$$10^{474500} + 999 \times 10^{10237249} + 1$$

- 3, G. L. Honaker, Jr. によって 10 進数の回文素数のピラミッドについて調べられている.

10 進数の回文素数ピラミッドは, G. L. Honaker, Jr. によって調べられているが, 他の進数についてはあまり調べられていない. 本論文では, 2 進数の回文素数のデータを可能な限り集めて, 2 進数でどのようなタイプの回文素数ピラミッドが存在できるのかを研究する.

2. 本研究で扱う命題

n 桁の 2 進数 $a = 100 \cdots 01$ を考える. これは 10 進数で $2^n + 1$ である. そして a^{*k} を

$$a^{*k} := 2^{kn} + 2^{(k-1)n} + \cdots + 2^n + 1$$

と定義する. 以下, 本論文で扱う命題を列挙する.

命題 1. 3桁の2進数 $a = 101$ について, $k \geq 2$ ならば a^{*k} は10進数で素数でない.

命題 2. n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 01$ が10進数で素数とする. このとき a^{*2} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

命題 3. n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 01$ が10進数で素数とする. このとき a^{*3} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

命題 4. $n \geq 2$, $n \not\equiv 0 \pmod{125}$ で, n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 01$ は10進数で素数とする. このとき a^{*4} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

命題 5. n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 1$ が10進数で素数とし, k は奇数とする. このとき a^{*k} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

予想 1. $n \geq 2$, $a = 2^n + 1$ は素数とする. このとき a^{*4} は素数でない.

予想 2. n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 1$ が10進数で素数とし, k は偶数とする. このとき a^{*k} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

以上のことから, a^{*k} を用いて2進数の回文素数ピラミッドを作ることとはできないことが予想された.

3. メルセンヌ素数について

n を自然数とするとき, $2^n - 1$ をメルセンヌ数という. メルセンヌ数を2進数で表すと

$$111 \cdots 11$$

という回文となる. さらに, n が素数 p であるとき, $2^p - 1$ はメルセンヌ素数と呼ばれる. メルセンヌ素数は, 2進数の回文素数である.

メルセンヌ素数は,

$$3, 7, 31, 127, 8191, 131071, 524287, 2147483647, 2305843009213693951$$

などが知られているが, 無限に存在するかは未解決問題である. 図2は, メルセンヌ素数から作られる2進数の回文素数ピラミッドである. もし, 未解決問題が肯定的であれば, メルセンヌ素数から作られる2進数の回文素数ピラミッドは無限に続くことになる. ただし, 階段の増加数の構造についてはわかっていない.

4.1 命題1の証明

命題1. 3桁の2進数 $a = 101$ について、 $k \geq 2$ ならば a^{*k} は10進数で素数でない.

(証明) 2進数で $a^{*k} = 101010 \cdots 01$ は、10進数に直すと

$$a^{*k} = 1 + 2^2 + 2^4 + \cdots + 2^k \quad (1)$$

となる. 式①の両辺に 2^2 を掛けると

$$2^2 a^{*k} = 2^2 + 2^4 + 2^6 + \cdots + 2^{2k+2} \quad (2)$$

を得る. 式② - 式①を計算すると,

$$3a^{*k} = 2^{2k+2} - 1$$

を得る. よって,

$$a^{*k} = \frac{2^{2k+2} - 1}{3} = \frac{1}{3}(2^{2k+2} - 1) = \frac{1}{3}(2^{k+1} - 1)(2^{k+1} + 1)$$

を得る. よって、 a^{*k} は10進数で素数でない. (証明終)

4.2 命題2の証明

命題2. n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 01$ が10進数で素数とする. このとき a^{*2} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

(証明) a^{*2} は10進数で

$$a^{*2} = 2^{2n} + 2^n + 1$$

である.

$n = 2j$ ($j = 1, 2, \dots$)の時

$$a^{*2} = 2^{4j} + 2^{2j} + 1 = (2^2)^{2j} + (2^2)^j + 1$$

を得る. よって,

$$a^{*2} \equiv 1^{2j} + 1^j + 1 \equiv 0 \pmod{3} \quad (5)$$

となる. 式⑤から $n = 2j$ の時 a^{*2} は素数でない.

$n = 2j + 1$ ($j = 1, 2, \dots$)の時

$$a = 2^{2j+1} + 1 = 2 \times 2^{2j} + 1$$

より

$$a \equiv 2 \times 1^j + 1 \equiv 0 \pmod{3} \quad (6)$$

式⑥より a が素数でないとなり、これは仮定に矛盾する. (証明終)

4.3 命題 3 の証明

命題 3. n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 01$ が10進数で素数とする. このとき a^{*3} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

(証明) a^{*3} は10進数で

$$\begin{aligned} a^{*3} &= 2^{3n} + 2^{2n} + 2^n + 1 = 2^{2n}(2^n + 1) + 2^n + 1 \\ &= (2^{2n} + 1)(2^n + 1) \end{aligned} \quad (7)$$

である. 式⑦より a^{*3} は素数でない. (証明終)

4.4 命題 4 の証明

n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 01$ を考える. このとき a^{*4} は2進数で

$$a^{*4} = 10 \cdots 010 \cdots 010 \cdots 010 \cdots 01$$

の回文となる. 特に, $n = 1$ のとき a は10進数としては $a = 2^1 + 1 = 3$ であり, a^{*4} は2進数として

$$a^{*4} = 11111$$

という回文となる. また a^{*4} は10進数としては

$$a^{*4} = 2^4 + 2^3 + 2^2 + 2 + 1 = 31$$

という素数である. したがって, 以下のように, 2進数の2段回文素数ピラミッド

$$\begin{array}{c} 1 \\ 11111 \end{array}$$

が構成できる. また, $n \geq 2$ のときは, $T(n) = a^{*4}$ と置くと

$$T(n) = 2^{4n} + 2^{3n} + 2^{2n} + 2^n + 1 = \frac{2^{5n} - 1}{2^n - 1}$$

である.

特に, $n = 25u$ ($u = 1, 2, \dots$) のとき

$$T(25u) = \frac{2^{125u} - 1}{2^{25u} - 1}$$

であり, $u = 1, 2$ の場合

$$\begin{aligned} T(25) &= 1267650638007162390353805312001 \\ &= 269089806001 \times 4710883168879506001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T(50) &= 1606938044258991702789654798302311311408400673805325828096001 \\ &= 229668251269089806001 \times 4710883168879506001 \times 5519485418336288303251 \end{aligned}$$

となり, どちらも素数ではない. さらに調べると, $u = 12$ まで, $u \not\equiv 0 \pmod{125}$ ならば,

$T(25u)$ はすべて

4710883168879506001の倍数

であった. $u \equiv 0 \pmod{5^3}$ である $T(5^3 u)$, $u \equiv 0 \pmod{5^4}$ である $T(5^4 u)$ などについてはさらに研究が必要である.

命題 4. $n \geq 2$, $n \not\equiv 0 \pmod{125}$ で, n 桁の2進数 $a = 100 \cdots 01$ は10進数で素数とする. このとき a^{*4} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

(証明) $T(n)=a^{*4}$ と置くと,

$$T(n) = a^{*4} = 2^{4n} + 2^{3n} + 2^{2n} + 2^n + 1 = \frac{2^{5n} - 1}{2^n - 1}$$

である.

(i) $n = 5u + m$ ($u \geq 0$, $m = 1, 2, 3, 4$)の場合. $T(u, m) = T_5(n)$ と置くと

$$T_5(u, m) = \frac{2^{25u+5m} - 1}{2^{5u+m} - 1}$$

である. $u = 0$ のとき

$$T_5(0, m) = \frac{2^{5m} - 1}{2^m - 1}$$

であり,

$$T_5(0, 2) = 31 \times 11, \quad T_5(0, 3) = 31 \times 151, \quad T_5(0, 4) = 31 \times 2255$$

であり, これらは素数ではない. また

$$T_5(1, 1) = \frac{2^{25+5} - 1}{2^{5+1} - 1} = 31 \times 549791$$

であり, 素数ではない.

$1 \leq u \leq j$ のとき, $T_5(j, m)$ は31の倍数, すなわち

$$T_5(j, m) = \frac{2^{25j+5m} - 1}{2^{5j+m} - 1} = 31U_{jm}$$

であることを仮定する. $u = j + 1$ のとき

$$T_5(j + 1, m) = \frac{2^{25(j+1)+5m} - 1}{2^{5(j+1)+m} - 1} = \frac{2^{25}(2^{25j+5m} - 1) + 2^{25} - 1}{2^{5j+5+m} - 1}$$

ここで, $2^{25} - 1 = 31 \cdot 601 \cdot 1801$ であることと, 帰納法の仮定より

$$\begin{aligned} T_5(j + 1, m) &= \frac{2^{25} \cdot 31U_{jm} \cdot (2^{5j+m} - 1) + 31 \cdot 601 \cdot 1801}{2^{5j+5+m} - 1} \\ &= 31 \cdot \frac{2^{25}U_{jm} \cdot (2^{5j+m} - 1) + 601 \cdot 1801}{2^{5j+5+m} - 1} \end{aligned}$$

となり, $T_5(j+1, m)$ は 31 の倍数より素数ではない.

(ii) $n = 25u + 5m$ ($u \geq 0, m = 1, 2, 3, 4$) の場合. $T_{25}(u, m) = T(n)$ と置くと

$$T_{25}(u, m) = \frac{2^{125u+25m} - 1}{2^{25u+5m} - 1}$$

である. $u = 0$ のとき

$$T_{25}(0, m) = \frac{2^{25m} - 1}{2^{5m} - 1}$$

であり,

$$T_{25}(0, 1) = 601 \times 1801, \quad T_{25}(0, 2) = 601 \times 831258601,$$

$$T_{25}(0, 3) = 601 \times 1918397154829801, \quad T_{25}(0, 4) = 601 \times 2011525744654298326505$$

であり, これらは素数ではない. $u \leq j$ のとき, $T(j, m)$ は 601 の倍数, すなわち

$$T_{25}(j, m) = \frac{2^{125j+25m} - 1}{2^{25j+5m} - 1} = 601U_{jm}$$

であることを仮定する. $u = j + 1$ のとき

$$T_{25}(j+1, m) = \frac{2^{125(j+1)+25m} - 1}{2^{25(j+1)+5m} - 1} = \frac{2^{125}(2^{125j+25m} - 1) + 2^{125} - 1}{2^{25j+25+5m} - 1}$$

ここで, $2^{125} - 1 = 31 \cdot 601 \cdot 1801 \cdot 269089806001 \cdot 4710883168879506001 = 601U'$ である
ことと, 帰納法の仮定より

$$\begin{aligned} T_{25}(j+1, m) &= \frac{2^{125} \cdot 601U_{jm} \cdot (2^{25j+5m} - 1) + 601U'}{2^{25j+25+5m} - 1} \\ &= 601 \cdot \frac{2^{125}U_{jm} \cdot (2^{25j+5m} - 1) + U'}{2^{25j+25+5m} - 1} \end{aligned}$$

であり, $T_{25}(j+1, m)$ は 601 の倍数より素数ではない.

(iii) $n = 125u + 25m$ ($u \geq 0, m = 1, 2, 3, 4$) の場合. $T_{125}(u, m) = T(n)$ と置くと

$$T_{125}(u, m) = \frac{2^{725u+125m} - 1}{2^{125u+25m} - 1}$$

である. $u = 0$ のとき

$$T_{125}(0, m) = \frac{2^{125m} - 1}{2^{25m} - 1}$$

であり, $T_{125}(0, 1), T_{125}(0, 2), T_{125}(0, 3), T_{125}(0, 4)$ は, すべて 4710883168879506001 の倍数である. よって, これらは素数ではない. $u \leq j$ のとき, $T(j, m)$ は

4710883168879506001 の倍数, すなわち

$$T_{125}(j, m) = \frac{2^{725j+125m} - 1}{2^{125j+25m} - 1} = 4710883168879506001U_{jm}$$

であることを仮定する. $u = j + 1$ のとき

$$T_{125}(j+1, m) = \frac{2^{725(j+1)+125m} - 1}{2^{125(j+1)+25m} - 1} = \frac{2^{725}(2^{725j+125m} - 1) + 2^{725} - 1}{2^{125j+125+25m} - 1}$$

ここで, $2^{725} - 1 = T_{125}(0, 3) \cdot (2^{75} - 1) = 4710883168879506001U_{03} \cdot (2^{75} - 1)$ であること
と, 帰納法の仮定より

$$\begin{aligned} T_{125}(j+1, m) &= \frac{2^{725} \cdot 4710883168879506001U_{jm} \cdot (2^{125j+25m} - 1) + 4710883168879506001U_{03} \cdot (2^{75} - 1)}{2^{125j+125+25m} - 1} \\ &= 4710883168879506001 \cdot \frac{2^{725} \cdot U_{jm} \cdot (2^{125j+25m} - 1) + U_{03} \cdot (2^{75} - 1)}{2^{125j+125+25m} - 1} \end{aligned}$$

であり, $T_{125}(j+1, m)$ は4710883168879506001の倍数より素数ではない. (証明終)

命題 4 から以下の予想を立てている.

予想 1. $n \geq 2$, $a = 2^n + 1$ は素数とする. このとき a^{*k} は素数でない.

4.5 命題 5 の証明

命題 5. n 桁の2進数 $a = 100 \dots 1$ が10進数で素数とし, k は奇数とする. このとき a^{*k} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

(証明) a^{*k} は10進数で

$$a^{*k} = 2^{kn} + 2^{(k-1)n} + 2^{(k-2)n} + \dots + 2^n + 1 \quad (14)$$

である. 式⑭の両辺に 2^n を掛けると

$$2^n a^{*k} = 2^{(k+1)n} + 2^{kn} + 2^{(k-1)n} + \dots + 2^{n+1} + 2^n \quad (15)$$

を得る. 式⑮-式⑭を計算すると,

$$a^{*k}(2^n - 1) = 2^{(k+1)n} - 1$$

を得る. よって

$$a^{*k} = \frac{2^{(k+1)n} - 1}{2^n - 1} \quad (16)$$

を得る.

$k = 2b + 1$ ($b = 0, 1, \dots$)の時,

$$\begin{aligned} a^{*k} &= \frac{2^{(2b+2)n} - 1}{2^n - 1} = \frac{2^{2(b+1)n} - 1}{2^n - 1} = \frac{(2^{(b+1)n} + 1)(2^{(b+1)n} - 1)}{2^n - 1} = \frac{(2^{(b+1)n} + 1)((2^n)^{b+1} - 1)}{2^n - 1} \\ &= \frac{(2^{(b+1)n} + 1)(2^n - 1)((2^n)^b + (2^n)^{b-1} + (2^n)^{b-2} + \dots + 2^n + 1)}{2^n - 1} \end{aligned}$$

$$= (2^{(b+1)n} + 1)((2^n)^b + (2^n)^{b-1} + (2^n)^{b-2} + \dots \dots 2^n + 1) \quad (17)$$

よって、 a^{*k} は素数でない。(証明終)

予想 2. n 桁の2進数 $a = 100 \dots 1$ が10進数で素数とし、 k は偶数とする. このとき a^{*k} は10進数で素数でない. ここで $n \geq 2$ である.

5. 3進数回文素数ピラミッドの紹介

付録のプログラミングを用いていくつか3進数の回文素数ピラミッドを見つけた。
以下に紹介する。

212
12121
2121212
121212121
21212121212

図 5 3進数回文素数ピラミッド①

212
20102
2001002
20000100002
2000001000002

図 6 3進数回文素数ピラミッド②

111
1111111
1111111111111

図 7 3進数回文素数ピラミッド③

6. 今後想定される研究テーマ

本研究では、 a が素数の時 a^{*2}, a^{*2n+1} が素数でないことを証明した。しかし、 a^{*4} においては、 $n \geq 2, n \not\equiv 0 \pmod{125}$ で、 $a = 2^n + 1$ は素数とする場合に限り a^{*4} は素数でないことを証明した。このことから、 $n \not\equiv 0 \pmod{125}$ 以外 a^{*4} が素数であるか否かについての研究が想定される。 a が素数の時 a^{*4} について素数が存在しうるか否かを証明できたら a が素数の時 a^{*2n} についても同様にわかる。そして最終的に a が素数の時 a^{*k} の素数が存在しうるか否か

を証明できる。

本研究では、2進数以外にもか、3進数の回文素数ピラミッドについて研究することが考えられる。

参考文献

[HC] G. L. Honaker, Jr. and C. Caldwell, "Palindromic prime pyramids," J. Recreational Math., 30:3 (1999-2000) 169--176.

付録

本研究では、10進 BASIC を使って4種類のプログラムを作成して研究を行った.

プログラム1(s進数表示において回文数であり10進表示で素数となるものを表示する)

s=3

FORLET R p=1 TO 10000000000

LET p0=INT (p/2)+1

FOR z=2 TO p0

IF MOD (p, z)=0 THEN GOTO 15

NEXT z

LET C=0

LET k=1

LET t=0

LET a=p

IF p<s THEN PRINT p

IF p<s THEN GOTO 15

IF a<s THEN GOTO 11

10

LET b=INT (a/s)

LET n=a-s*b

LET K=10^t

LET t=t+1

LET c=C+k*n

LET a=b

IF a>1 THEN GOTO 10

11

IF a=1 THEN LET t=t+1

LET C=C+a*k*10

LET t=t+1

LET x=INT(t/2)

LET z=c

FOR i=1 TO x

LET a=INT(z/(10^(t-2*i)))

LET b=z-INT(z/10)*10

IF a<>b THEN GOTO 15

```

        LET z=INT ((z-a*10^(t-2*i))/10)
    NEXT i
    PRINT p ;
    PRINT c
15
    NEXT p
END

```

プログラム2(s, 10進数表示において回文数であり10進表示で素数となるものを表示する)

```

LET s=2
FOR n=1 TO 10
    LET x=INT(n/2)
    FOR q=10^(n-1) TO 10^n-1
        LET z=q
        IF MOD(q, 2)=0 THEN GOTO 15
        IF MOD(q, 5)=0 THEN GOTO 15
        FOR i=1 TO x
            LET a=INT(z/(10^(n+1-2*i)))
            LET b=z-INT(z/10)*10
            IF a<>b THEN GOTO 15
            LET z=INT ((z-a*10^(n+1-2*i))/10)
        NEXT i
        LET q0=INT (q/2)+1
        LET p=q
        LET C=0
        LET k=1
        LET t=0
        LET a=p
        IF p<s THEN PRINT p
        IF p<s THEN GOTO 15
        IF a<s THEN GOTO 11
10
        LET b=INT (a/s)
        LET n1=a-s*b
        LET K=10^t

```

```

        LET t=t+1
        LET c=C+k*n1
        LET a=b
        IF a>1 THEN GOTO 10
11      IF a=1 THEN LET t=t+1
        LET C=C+a*k*10
        LET t=t+1
        LET x1=INT(t/2)
        LET z=c
        FOR i=1 TO x1
            LET a=INT(z/(10^(t-2*i)))
            LET b=z-INT(z/10)*10
            IF a<>b THEN GOTO 15
            LET z=INT((z-a*10^(t-2*i))/10)
        NEXT i
        FOR s1=2 TO q0
            IF MOD(q,s1)=0 THEN GOTO 15
        NEXT s1
        PRINT p ;
        PRINT c
15
    NEXT q
NEXT n
END

```

プログラム 3 (s進数表示において回文数でありその数を派生させたものも 10 進表示で素数となるものを表示する)

```

LET s=2
FOR p=1 TO 1000000000
    LET p0=INT(p/2)+1
    FOR z=2 TO p0
        IF MOD(p,z)=0 THEN GOTO 15
    NEXT z
    LET C=0

```



```

LET k=1
LET t=0
LET a=p
IF p<s THEN PRINT p
IF p<s THEN GOTO 15
IF a<s THEN GOTO 11
10
  LET b=INT (a/s)
  LET n=a-s*b
  LET K=10^t
  LET t=t+1
  LET c=C+k*n
  LET a=b
  IF a>1 THEN GOTO 10
11
  IF a=1 THEN LET t=t+1
  LET C=C+a*k*10
  LET t=t+1
  LET x=INT (t/2)
  LET z=c
  FOR i=1 TO x
    LET a=INT (z/(10^(t-2*i)))
    LET b=z-INT (z/10)*10
    IF a<>b THEN GOTO 15
    LET z=INT ((z-a*10^(t-2*i))/10)
  NEXT i
  LET t1=t/2
  LET t2=t-t1
  LET c1=INT (c*10^(-t2))
  LET c2=c-c1*10^t2
  LET k2=c2
  LET p2=0
  LET r=0
  FOR t4=1 TO t2
    LET r=c2-INT (c2/10^1)*10^1
    LET c2=(c2-r)/10

```

```

        LET r=r*s^(t4-1)
        LET p2=p2+r
    NEXT t4
    FOR z=2 TO p2/2
        IF MOD (p2, z)=0 THEN GOTO 15
    NEXT z
    LET t3=INT(t2/2)
    LET t=t1+1
    LET x=INT(t2/2)
    LET z=k2
    FOR i=1 TO t3
        LET a=INT(z/(10^(t-2*i)))
        LET b=z-INT(z/10)*10
        IF a<>b THEN GOTO 15
        LET z=INT((z-a*10^(t-2*i))/10)
    NEXT i
    PRINT p ;
    PRINT c
15
    NEXT p

END

```

プログラム 4 (V 進数表示でぞろ目の時に, 10 進数で素数のものを表示)

```

v=2 TO 9
    PRINT v;
    PRINT "進数表示          10進表示で素数のもの"
    FOR n=1 TO v-1
        LET t=2
        LET s=0
        LET j=0
        FOR h=0 TO t
            LET K=n*10^h
            LET p=n*v^h
            LET j=p+j

```

```

    LET s=s+K
    LET p0=INT (j/2)+1
    PRINT  s;
    FOR z=2 TO p0
        IF MOD (j, z)=0 THEN GOTO 12
    NEXT z
    PRINT "
";
    PRINT j
    GOTO 13
12
    PRINT "
"
13
    NEXT h
    NEXT n
    NEXT v
END

```

令和3年度

総合理工学科 卒業論文

折り紙による四次元正多胞体の
三次元投影モデルの作製

令和4年2月21日 提出

総合理工学科 機械システム系

豊田 陽希

指導教員

松田 修

Abstract

Currently, "Zome Tools" are used to create mathematical models, especially three-dimensional projection models of four-dimensional regular polytopes, but this has some drawbacks. In this research, we will study an alternative method using origami, especially a manufacturing method. It also aims to study the properties of origami and the properties of four-dimensional regular polytopes.

目次

1. 目的・背景	2
2. 研究計画	3
3. 方法	3
4. 研究経過	4
4-1 正五胞体	5
4-2 正六百胞体	5
5. 今後の研究課題	9
参考文献	10

1. 目的・背景

数学模型を作製するツールとしてゾムツール（図1,2）と呼ばれるものがある。ゾムツールは、プラスチック製のボール状のゾムと呼ばれるコネクターと、スラットと呼ばれるプラスチックの棒状のパーツが準備されており、スラットをゾムに突き刺して数学的な模型を作る道具である。特に、ゾムツールで作られた四次元正多胞体の三次元投影モデル制作の教育的価値は高い。しかし、ゾムツールはアメリカ製であり、高価で、劣化が激しいなどの欠点がある。本研究では、折り紙で数学模型を製作する方法を研究する。特に、四次元正多胞体の三次元投影モデルの折り紙での設計・作製を研究する。同時に、折り紙の特性、ならびに四次元正多胞体の性質も研究する。

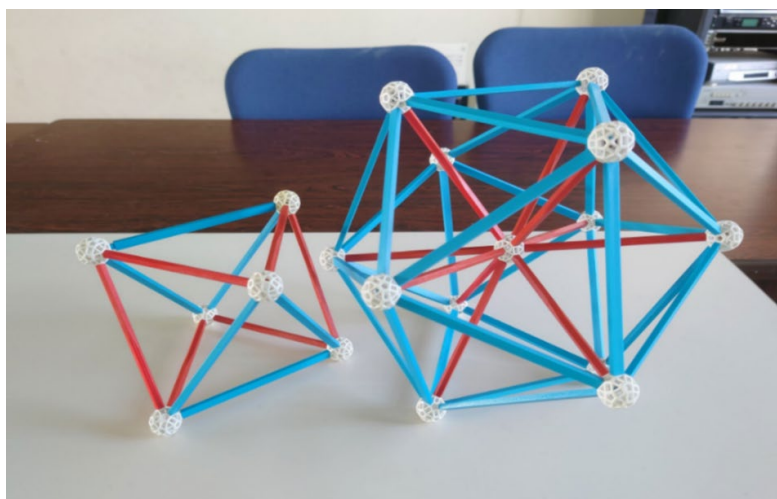


図1 ゾムツール模型（正8面体と正20面体）

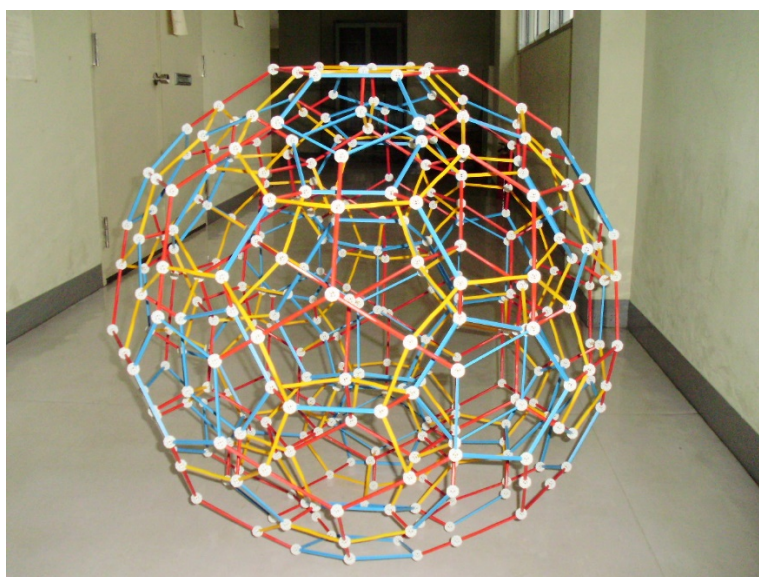
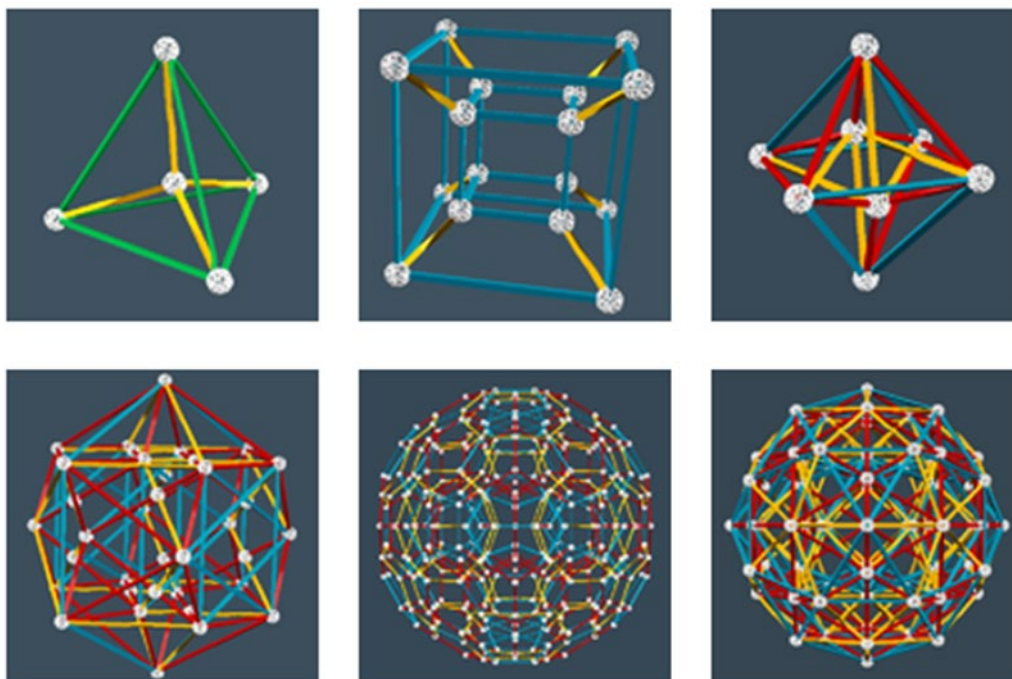


図2 ゾムツール模型（120胞体）

2. 研究計画

四次元の正多胞体は図3に示すような6種（正五胞体、正八胞体、正十六胞体、正二十四胞体、正百二十胞体、正六百胞体）があることが証明されている。

本研究では、構造が類似している正五胞体と正六百胞体の折り紙による作製法を研究する。



出典：Wikipedia

図3 正多胞体

3. 方法

あらかじめゾムツールで目的の正多胞体を作製し、各辺の長さを測定する。求めた長さから各辺の比を算出し、辺同士がなす角を求める。最も長い辺が折り紙の一辺の長さ 150mm になるよう縮尺を変え、折り紙をそれぞれの長さの短冊になるよう切る。折り紙で作製した辺同士が求めた角度で接続されるよう、折り方を設計し、完成したパーツを組み立て、ユニットを作製する。作製したユニットを別のユニットと接続するため、分解と組み立てを繰り返しながら目的の立体を作製する。

本研究には図4に示す「標準色準拠/ぬれても色が落ちない アイアイカラー No.120(エヒメ紙工株式会社)」の赤、青、黄を使用した。



図4 研究に使用した折り紙

4. 研究経過

当初は、正百二十胞体を作製する計画だったが、全ての面が五角形で構成されているため、構造が非常に複雑であり、設計が困難である上、強度的な問題も懸念された。これらの理由から、全ての面が三角形で構成されている正五胞体と正六百胞体に変更した。

また、最初に用意する短冊の幅は7.5cmのものを使用していたが、三次元モデルとしては強度が過剰である上、「内部の構造が見えるように、立体を面でなく辺で構成している」というモデルとしての機能が大きく損なわれていると判断し、短冊の幅を5.0cmに変更した。

比較したものを図5,6に示す。

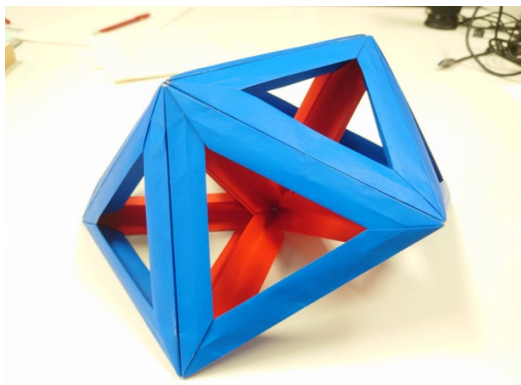


図5 7.5cmで作製したモデル

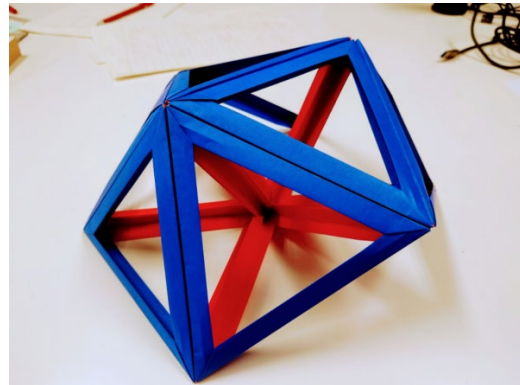


図6 5.0cmで作製したモデル

4-1 正五胞体

図7に示すように正四面体のみは比較的容易に作製できたが、各頂点から中心へ向かう辺を接続できなかったため、四つの四面体を組み合わせることで構成した。四面体同士を面で接続するためには、構造上互いに鏡対称である必要があり、一つの四面体を、その四面体が接している3つの四面体すべてと接続することはできない。そこで、接続する面を限定した。しかし、接続されている面と、接続されていない面に偏りがあると、組み立てが困難であったり、強度が落ちたりしてしまう。これらの問題を解決するため、同じ四面体2つ、鏡対称の四面体2つで構成し、接続面が立体的に対称な位置関係になるよう設計し、組み立てた。

また、中心に向かう辺同士がなす角が鈍角となり、辺同士が接続できなかった。しかし、その他の辺同士の接続のみで四面体を維持できたこと、また接続できない部分は最終的に正五胞体の中心に外側から押し込められる形で集まることから、接続しなくても問題ないと考えた。

完成したモデルを図8に示す。

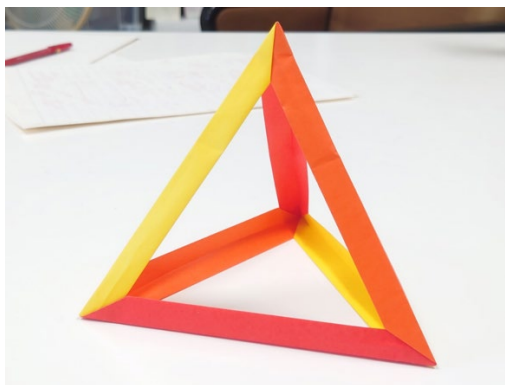


図7 作製した正四面体

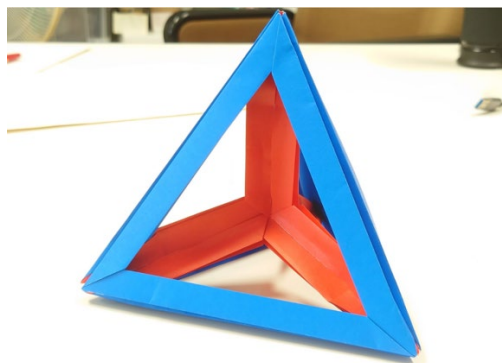


図8 作製した正五胞体

4-2 正六百胞体

図9に示す、モデルの中心にある正二十面体の部分から作製。前述の正五胞体と同じく、図10に示すように正二十面体のみは比較的容易に作製できたが、各頂点から中心へ向かう辺を接続できなかったため、四面体を組み合わせることで構成した。こちらも前述のとおり四面体同士を面で接続するためには、構造上互いに鏡対称である必要があり、正六百胞体の場合は図11, 12に示すように接続しない面を立体的に対称な位置関係になるよう設計した。

設計図の一部を図13に、作製中のモデルを図14に示す

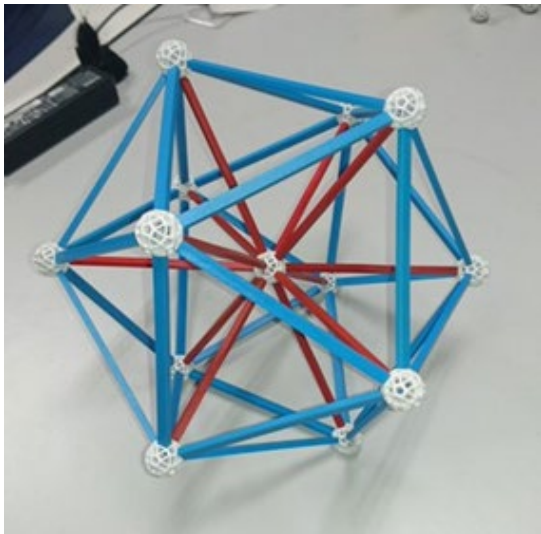


図9 正六百胞体の中心部



図10 作製した正二十面体

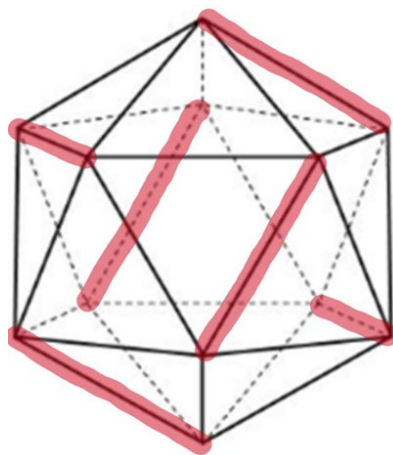


図11 接続しない面の位置関係

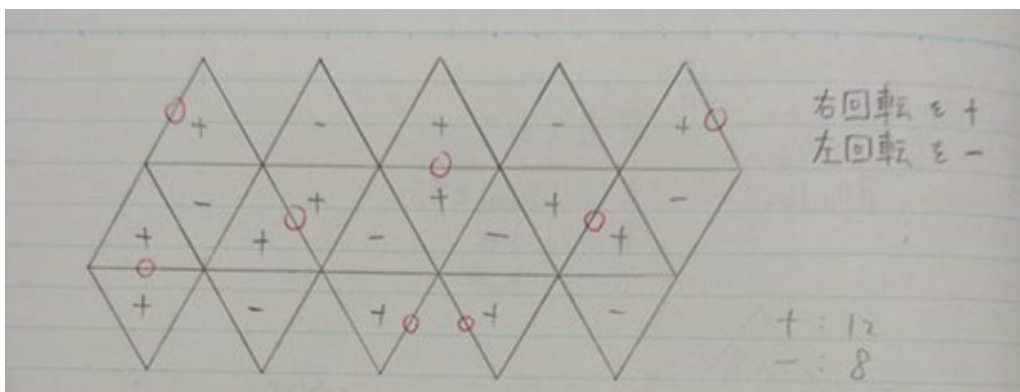


図12 接続しない面を表す展開図

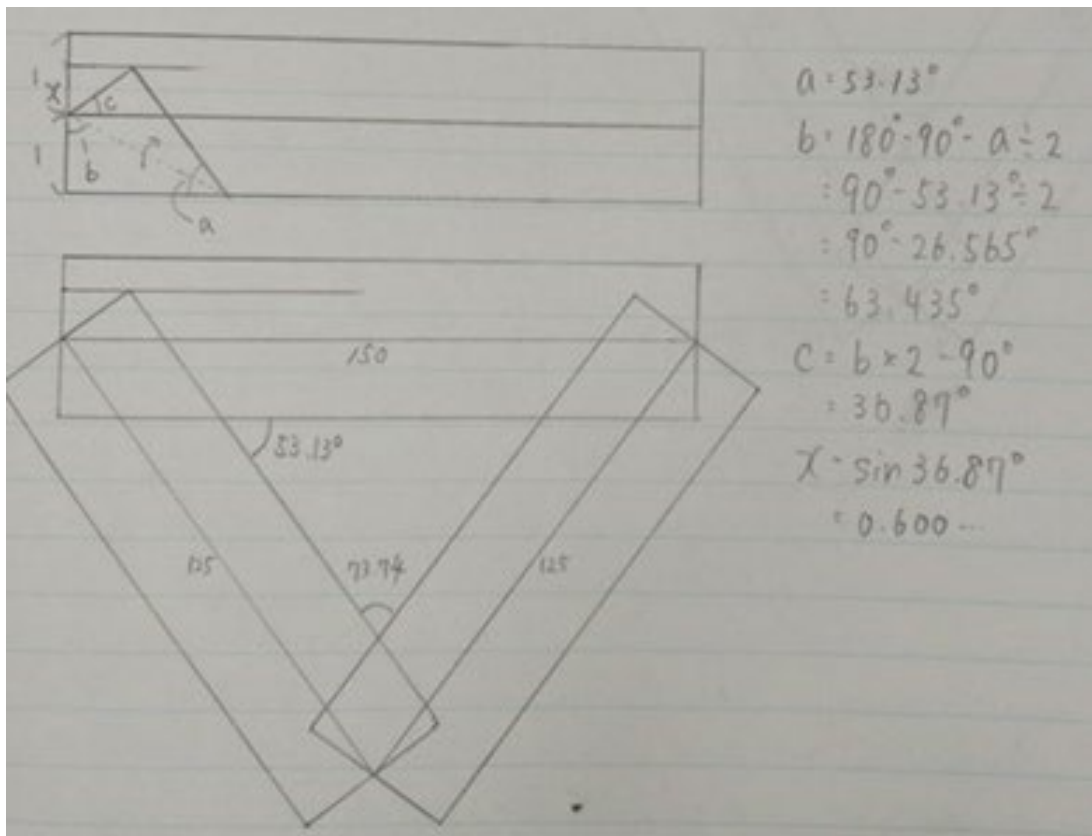


図 13 設計図

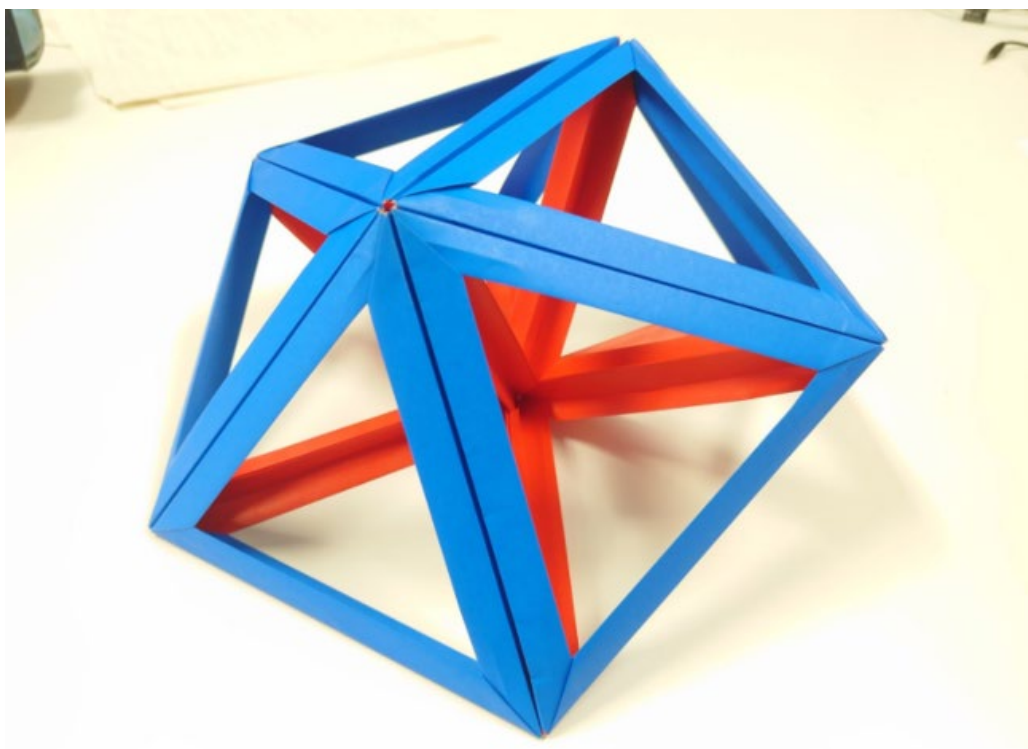


図 14 製作中のモデル

また、正六百胞体は図 15 に示す通り、辺の数が膨大で、それに伴い使用する折り紙の枚数も増えるため、最終的なモデルとしての強度に懸念があった。そこで、正六百胞体に含まれているすべての四面体とそれに使用される辺の長さを算出した。それにより、モデル全体に使用される折り紙の枚数とその総重量を導出した。図 16 に折り紙 100 枚当たりの重量を示す。また、表 1, 2 に導出過程を示す。

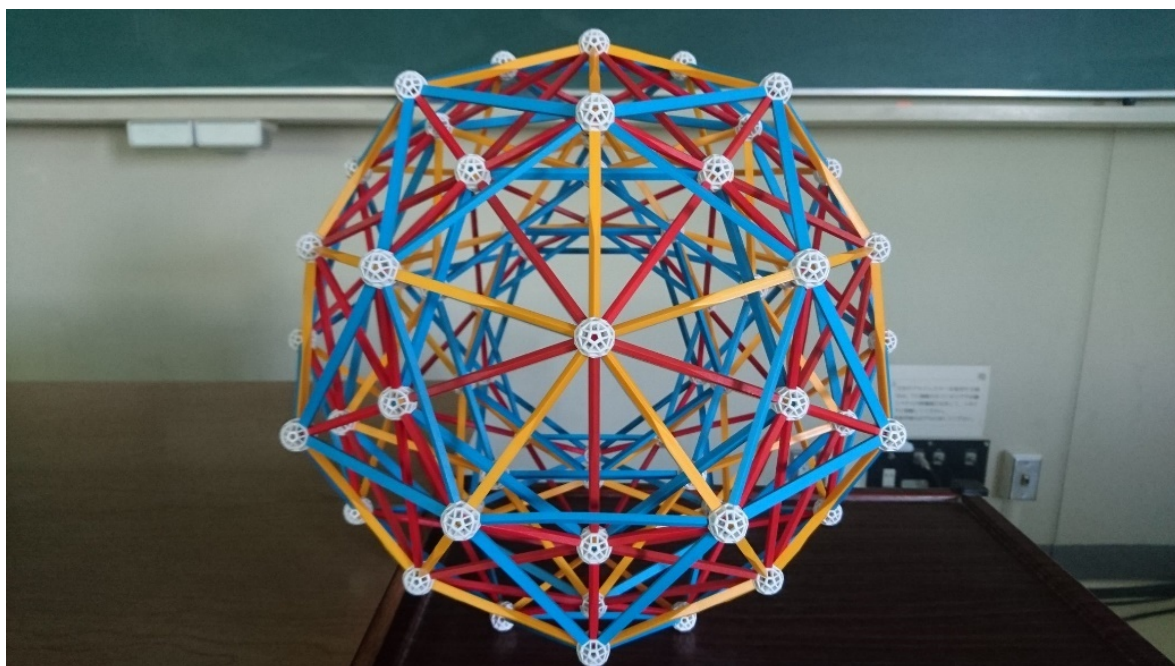


図 15 正六百胞体のモデル



図 16 折り紙の重量

表1 辺の長さ

	ゴムツールでの長さ[cm]	折り紙での長さ[cm]
青	12.07	15.0
黄	10.45	13.0
赤(長)	11.45	14.2
赤(短)	7.06	8.8

表2 辺の本数と長さ合計

	ゴムツールでの本数			折り紙での本数	折り紙での長さ合計[cm]
接する四面体の数	2	3	5		
青	60	0	60	420	6300.0
黄	0	60	60	480	6240.0
赤(長)	0	0	72	360	5112.0
赤(短)	0	0	72	360	3168.0
					20820.0

折り紙の一边の長さは 15.0cm で 5.0cm の短冊にして使用しているため、折り紙一枚当たり 45.0cm 分の辺となる。よって使用される折り紙の枚数は

$$20820.0/45.0 \div 462.7$$

となり 462.7 枚であることが分かり、その重量は

$$462.7 \times 74.2/100 \div 343.30$$

となり 343.3g であることが分かった。

よってモデルの総重量は 343.3g であり、最も大きな負荷がかかるユニットでもこれ以上の負荷がかかることはない。ここで、モデルを構成するどのユニットよりも辺に密度が小さい、即ち脆いユニットが 343.3g を超える荷重に耐えることができればモデルが完成した時少なくとも自重で崩れることはないと考えられる。しかし、ユニットは先端が尖っているうえ、実際にかかる荷重は上方向からユニット全体にかかる。そこで、試験ユニットをキッチンスケールの上に置き、手でゆっくりと加重し、実験を行った。

実験の結果、図6に示すすべての辺を 15.0cm で構成した試験ユニットは、500g 付近まで耐えることができた。この結果は非常に危険な数値に思えるが、実際は、一つの辺を1本の折り紙で構成した試験ユニットとは異なり、2~5本の折り紙で構成するため、確実に安全だと言える結果である。

5. 今後の研究課題

現段階での主な課題点として、①折るのに相当な時間を要し、モデルの量産が見込めない

②組み立てが非常に困難な部分がある ③鈍角の構成が困難である ことなどが挙げられる。

①は解決が困難であるが、②は使用する折り紙の大きさを変更する、複数人で組み立てること等が解決策として考えられる。よって今後は正六百胞体の作製を進めつつ、③の鈍角に関する課題の解決に取り組む。

また、これらの課題は接続部などの糊などを使用することで、モデルとしての機能は損なわず、容易かつ大幅な改善ができると考えられる。しかし、糊などを使用しても『折り紙』として認められるのかは非常に曖昧で、明確な答えはない。そこで、糊による効果の程度とも比較する必要があると考えられる。また、『折り紙』とは認められずとも、数学模型の作製という目的のみで考えれば問題ないとも言える。これらのことから、従来の糊を使わない方法の模索も継続しながら、糊を使う方法についても同時に研究を始めていきたい。

参考文献

Wikipedia 多胞体

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%9A%E8%83%9E%E4%BD%93>

Rakuten 楽天市場 知育玩具 ゾムツール

<https://item.rakuten.co.jp/moc-kinoomocha/zom1001/>

卒業研究

塩手池津山水族館と
ため池の保全総研究所の企画

先進科学系

横内亮佑

指導教員 松田修

令和4年2月22日

概要

本研究は、津山地域の本質的な課題を考えること、それを解決するための現代テクノロジーを調査し理解すること、そしてそれをもとに、津山地域が活性化する街づくりデザインを企画することである。与えられたミッションは、「新しい津山地域の街づくりとして、一見、津山地域に関連しないと思われる水族館を構想し、デザインせよ」というものである。

本研究では、津山市北部に位置する塩手池に空想水族館の建設を企画する。具体的には津山市のいくつかの名所のレプリカを塩手池の中に建設し、各名所を水中鉄道でつなぐという構想である。名所の中からは津山市に生息する水中生物を鑑賞することが出来る。さらに、塩手池のすぐ横にある広谷池にため池の総合研究所をつくり、ため池研究の拠点とする。

Abstract

The purpose of this study is to consider the essential problems of the Tsuyama area, investigate and understand the modern technology to solve them, and plan the urban development design to revitalize the Tsuyama area based on it. The mission of the research is "to envision and design an aquarium that looks unrelated to the Tsuyama area as a new urban development in the Tsuyama area." In this paper, we will plan a fantastic aquarium project for Shiote Pond, which is located in the northern part of Tsuyama City. Our new Shiote Pond shall have some replicas of some famous buildings in Tsuyama City. In addition, these replicas are interconnected by underwater railroads. We can see the aquatic life that inhabits Tsuyama City from the windows of each underwater building. In addition, we will set up a general research institute for reservoirs in Hirotoni Pond, which is right next to Shiote Pond. It will be used as a base for research on reservoirs.

目次

1 研究目標	1
2 研究動機	1
3 津山水族館とため池の保全総合研究所という企画案	1
4 塩手池水族館の中に入れる名所案	3
5 名所の原寸大レプリカを覆うガラスについて	8
6 水中鉄道について	8
7 名所の原寸大レプリカに使用する木材について	9
8 湖水浄化システムについて	9
9 下水処理場のしくみについて	10
10 小型船による水浄化装置について	10
11 まとめ	10
参考資料	11

1 研究目標

本研究は、津山地域の本質的な課題を考えること、それを解決するための現代テクノロジーを調査し理解すること、そしてそれをもとに、津山地域が活性化する街づくりデザインを企画することである。そのために指導教員から与えられた具体的なミッションは、「新しい津山地域の街づくりとして、一見、津山地域に関連しないと思われる水族館を構想し、デザインせよ」というものであった。より具体的には、今の津山地域の課題は何か、そしてその課題を解決するためには、どのような現代テクノロジーを用いたらよいか、そしてそれをどのように扱って、自分がイメージする水族館のデザイン、またはそれに類する街づくりデザインに活かせるかを研究し、それらを総括的に扱った詳細な企画案を作成することである。

2 研究動機

本企画は、津山市を活性化させるためにはどのような水族館を作ればいいのかを考えていた時に、ジブリのポニョを思い出し、津山市全体を水族館とし水に沈めればいいのかではと考えたことから始まった。構想していく中で、津山市北部にある塩手池に魅力を感じた。つまり塩手池の中に津山市の名所を原寸大で沈めれば、塩手池に行くことで津山市全体の魅力を感じることが出来る考えた。本企画はこのような動機からスタートした。またこの時津山の名所をよりよく見せるために、池の水ができるだけきれいな方がよいと考えた。そこで池の水質の向上の策も同時に考えることにした



図1 塩手池

3 津山水族館とため池の保全総合研究所という企画案

本企画で提案する津山水族館は、津山市北部にある塩手池の水中に建設するものであり、水

中には、鶴山公園、衆樂園、道の駅久世の里のガンダム、津山高専、神楽尾公園、津山学びの鉄道館といった津山市の名所の原寸大レプリカを並べる図1。そして各レプリカの建物は水中鉄道でつながれ、水中の建物の中からは、塩手池に生息する生物を鑑賞できる構想である。さらに、塩手池のすぐ隣にある広谷池を、ため池保全総合研究所とすることを提案する。そして、広谷池で研究されたため池の浄化の方法、例えば最新式の小型浄化船などを塩手池に建設をし、近未来的な水質管理を行い、それも観光客にアピールしていこうという構想である。

ため池の数が多い都道府県は、1位が兵庫県、2位が広島県、3位が香川県、4位が山口県、そして第5位が岡山県である。ため池は、農業用水の確保だけでなく、生物の生息、生息の場所の保全、地域の憩いの場の提供など、多面的な機能をもっている。降雨期には臼井を一時的にためる洪水調整や土砂流出の防止などの役割、地域の言い伝えや祭りなどの文化、伝統の発祥となっているものもある。ところが、近年、集中豪雨が頻発する傾向にあり、これに伴い土砂災害も増加傾向にある。また、近年の生活環境の変化に伴って悪臭やヘドロの体積といった問題もある。

さて、塩手池は岡山県では最大の145万トンの貯水量を誇るため池である。周囲約4kmでは散策やサイクリングができ、ターゲットバードゴルフ場、夏には「サマーフェスティバル IN 塩手」が行われたりして、観光の拠点となりうる場所である。このように塩手池は、津山のアピールするにふさわしい場所なのである。

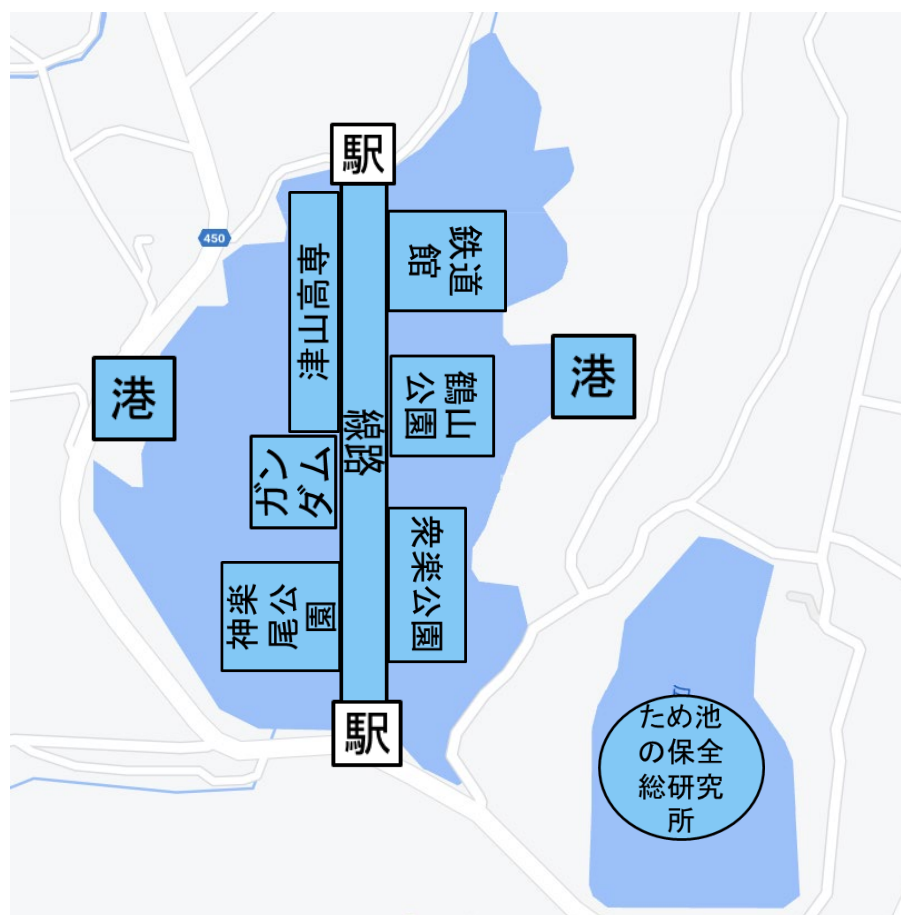


図2 塩手池水族館の構想図

4 塩手池水族館の中に入れる名所案

(1) 鶴山公園について

鶴山公園[BY]は、津山市にある歴史公園のことで、津山の名所で顔のような存在だ。特に、石垣の大きさには圧倒される。また景色が綺麗で四季にそれぞれ魅力がある。特に春と冬がおすすめだ。春は下の写真のように桜が満面に咲いていて景色もよく敷地内を歩くと風が気持ちよく、散歩やデートをするのには最適の季節だ。冬の雪が降った津山城は風情を感じられる。鶴山公園は桜以外にも4月下旬～5月上旬は藤、4月下旬～5月上旬にはツツジ、6月中旬～6月下旬は紫陽花、10月下旬～11月中旬は紅葉というように、一年を通してきれいな花や葉を見ることが出来る。今は津山城の本体は取り壊れていて備中櫓だけになっているのだが、備中櫓や城跡だけでも十分見ごたえがある。日本100名城や日本さくら名所100選に選ばれていることが、この鶴山公園、魅力があることの何よりの証明である。



図4 備中櫓

(2) 衆楽公園について

衆楽園(旧津山藩別邸庭園)[SR]は落ち着いた雰囲気となっていて、ゆったりと過ごしてリラックスできる場所である。昔ながらの落ち着いた雰囲気の建物が数棟建っており、衆楽公園の和風な景観とともにあっている。また植物も多く、紅葉の時期には、赤い色が美しく池に浮かぶ紅葉の葉は幻想的で見ていて心が躍る。



図 5 衆楽園

(3) 津山高専について

著者の母校で岡山県津山市沼にある日本の国立高等専門学校[TK]である。1963年に建設された。



図 6 津山高専

(4) 道の駅久世の里のガンダムについて

道の駅久世の里には、約 7 メートルのガンダム[GD]がある。このガンダムは津山市在住の中元正一さん(1964年生まれ＝完成時35歳)が自ら設計書を描き、製作者 中元正一氏たった一人で製作したもので、7年間の作業期間を経て1999年(平成11年)12月に完成させた。



図 7 ガンダム像

(5) 神楽尾公園について

神楽尾城は、東西約 20 km, 南北約 10 kmに広がる津山盆地のほぼ中央に位置する神楽尾山(標高 308m・二等三角点)に築かれた中世の山城である。その麓に位置する公園が神楽尾公園[KP]である。春にはさくらが咲き誇ってとても綺麗で人気のスポットとなっている。ゴーカートがあり子どもが楽しく遊べる。



図 8 神楽尾公園

(6) 津山学びの鉄道館[TT]について

旧津山扇形機関車庫として車両、転車台、蒸気機関車の動輪など展示するスペースと、岡山の鉄道の歴史や、鉄道のしくみを体験しながら学べるスペース、さらに、津山の街並みをジオラマ展示したスペースで構成されている。1936年に建設された旧津山扇形機関車庫は現存するものでは国内2番目の規模を誇る貴重な施設である。国内で1台のみ製造された大馬力のエンジンを積んだディーゼル機関車「DE50-1」が保存されている。



図9 津山学びの鉄道館

5 名所の原寸大レプリカを覆うガラスについて

塩手池に沈められた名所の原寸大レプリカは、ガラスに囲まれて水の侵入を防ぐ。塩手池の深さは 5m 程度と考えられるので、通常の水族館で使われるガラスが使用できている。そして現在の水族館で使われるガラスのほとんどはアクリルガラスである。以下、Web ページ[Ga]のアクリルガラスに関する特徴をまとめる。

(1)加工のしやすさ

ガラスが重く加工がしにくい一方で、アクリルガラスはガラスの重量の約半分で、接着・熱処理といった機械加工の工程が比較的容易なので、大きな水槽を作るのにはアクリルガラスの方が使用しやすい。

(2)透明度(低下しにくい)

ガラスの特性である高い透明度をさらに上回るのがアクリルガラスである。高い透明度のおかげで、水族館で美しい魚たちを眺めることができる。

(3) 耐久性

紫外線に強いいため劣化がしにくく、十数年使用できるだけの耐久性があり、透明度も低下することがほとんどない。アクリルガラスは衝撃に強く、割れる心配も少ない。また、ガラスで起こりがちな接続部分のシリコンの劣化による水漏れの心配も少ない。

(4)デメリット

アクリルガラスは硬度が低いため、傷つきやすく、ガラスよりも熱に弱い。しかし、傷がガラス表面に保護膜を貼ることで防げるように、それらの欠点は他の方法でカバーすることができ、かつ透明度や耐久性、加工しやすさなどの大きく上回る性能から、安全性の間われる水族館の水槽の素材に選ばれている。

6 水中鉄道について

北九州市にある九州鉄道記念館内には、ミニ鉄道公園がある。レール幅 450 ミリの鉄道で、単線と複線の線路に信号機が置かれ、885 系かもめ、787 系つばめ、883 系ソニック、72 系ゆふいんの森、813 系(近郊型電車)の 5 つの列車が走っている。津山線には「みまさかノスタルジー号」という旧国鉄急行色の汽車が走っている。このミニチュアを水中鉄道で走らせる。



図 11 みまさかノスタルジー号[MN]



図 12 ベニスの中水地下鉄(想像図)[Ve]

7 名所の原寸大レプリカに使用する木材について

名所のレプリカはアクリルガラスで覆われているというものの、やはりなるべく腐食しにくい建材を使った方がよいと考える。この条件を満たすものが合成木材である。以下は、Web ページ[Wo]の掲載されている合成木材の特徴をまとめた。

- ・合成木材とは、一般的に竹粉及び木粉と樹脂を配合して押し出し成型した天然木材に代わる新素材な木材である。

- ・プラスチック(樹脂)の特性に近く、基本的に腐らない木材でメンテナンス不要(防腐防蟻や塗装など)である。

- ・合成木材のメリット:メンテナンス不要, ササクレ, トゲが無い, 退色が遅い

- ・合成木材のデメリット:天然木材の風合いがない, 夏場は, 熱くなる, 熱で伸縮する

8 湖水浄化システムについて

ため池の保全総合研究所のために、現在の湖水の浄化システムについて調査した。

Web ページ[Pr]においては、プロペラ式湖水浄化システム設置に関する議論がなされている。その総説には、以下のようにプロペラ式湖水浄化システムについての記載がある。

「ダム貯水池では、植物プランクトンが異常増殖することによって富栄養化現象が発生することがある。そのなかでも藍藻類の異常増殖により顕在化するアオコ現象は、ダム貯水池の景観阻害や利水施設への影響等の水質障害を発生することが知られている。プロペラ式湖水浄化システムは、このアオコ現象に伴って発生する水質障害の軽減を目的として設置するものである。プロペラ式湖水浄化システムは、藍藻類を吸引・放出するプロペラ式湖水浄化装置と吸引効率を高める分画フェンスにより構成することを基本とする。」

また、微生物による湖水浄化システムも興味深い。Web ページ[Dp]では「小さな小さな「ミジンコ」が琵琶湖の水を浄化する!？」という記事が掲載されている。滋賀大学の伴教授によると、湖沼の透明度を下げる主な原因は、植物プランクトンの増殖ということである。植物プランクトンが多くなると、水は緑色などのプランクトン由来の色に染まる。湖水に色がついた懸濁物が増えるため、透明度が下がるということである。爆発的に増殖した植物プランクトンが湖の水質を悪化させてしまう。したがって、湖の水を透明にするには、植物プランクトンを減少させることにある。ミジンコによる水質浄化のメカニズムは「植物プランクトンに対する捕食」にある。ミジンコは植物プランクトンを餌にしているため、ミジンコの数が増えれば、捕食量が増え、植物プランクトンは数を減らしたり、増殖を抑制されたりできる。その結果、水の透明度が増すということになる。

9 下水処理場のしくみについて

ため池の水質研究のために下水処理の方法を理解することは重要であると考えた。以下は、日本下水道協会[Gs]の記事を参考にまとめた。

下水処理は沈砂池で 大きなごみや石、砂などをしずませて取り除く。次に沈砂池で取りのぞけなかった細かい汚れをゆっくり流して沈め、反応タンクで汚水に活性汚泥(活性汚泥とは微生物の固まりのこと)と空気を送り込んで攪拌し、汚水をきれいにする。クマムシ、ヴォルティセラ、アルセラ、エピスチリス、イタチムシなどの微生物が汚れを食べさせ、最終沈澱池で水をゆっくり流して活性汚泥を沈め、きれいになった上ずみの水と分ける。消毒設備で上ずみの水を消毒する。放流 消毒してきれいになった水(処理水)を川や海に流す。やがて川や海の水が蒸発して雲になり、上空で冷やされて雨になり、また地上に戻る。



図 13 下水処理 [Gs]

1 0 小型船による水浄化装置について

本企画では、塩手池の湖面に小型船を浮かべ、それは湖水を浄化するものとしている。

小型船を利用した浄化装置[An]においては、外部から空気を吸引するルーツブロワ、多量の微細気泡を水中に放出する散気管三機関ユニット、大量の気泡を発生させるルーツポンプなどを用い、最終的に圧縮作用により微細化された気泡が含まれた水を船尾側から排出させて水を浄化するシステムが開発されている。

1 1 まとめ

私が今回卒業研究を通して学んだことは2つある。まず改めて自分が5年間過ごした津山市には、知らずにいた様々な魅力がまだまだあることを津山市について調べていくうちに、知ることが出来たことだ。今回津山の名所として卒業研究の企画で、取り扱った名所はもちろん、それ以外にも津

山市の魅力が詰まった場所は多くあることを知った。卒業研究で津山の魅力に触れたことによって、卒業後も津山やその地域特有の魅力を発見したいと感じるようになった。

2つ目は、今回の卒業研究をするにあたって名所を良く見せるための水質をよくする方法を、調べるにあたって近場の川や池をめぐり水質をしらべた。調べた結果きれいな川もあるがほとんどの川がごみなどで汚されていた、ひどいところは水が汚染されて赤くなっていることも知ることが出来た。また一見きれいな川でも注意してみればゴミが所々に流されいたり、川わらにゴミが放置されていたことから自分が環境問題に対して少しでも良い方向へもっていく方法を考えるようになった。今回の卒業研究によって環境問題への自身の考え方に変化がより身近に感じるようになり、高専生として、1人の人間としてより環境問題に対してより深く向き合うようになった。

最後に卒業研究を自分で題材や内容を形にしていくことによって、自分の考えを形にする楽しさや苦労、またそれを誰かに伝えれた時の達成感を知ることが出来とても有意義な卒業研究を行うことが出来た。しかし私の卒業研究はいくら時間をかけても完璧になることはない。そのためこれから私たちの後輩が、塩手池津山水族館とため池の保全総合研究所の企画に興味を持ちより良い企画にしていって欲しい。

参考資料

[An] 小型船を利用した水浄化装置, <https://astamuse.com/ja/published/JP/No/2011062615> 最終閲覧日 2/21

[Br] 水浄化フォーラム ー科学と技術ー, 船舶ーバラスト水の処理技術と評価選定, http://water-solutions.jp/industries/ballast_water/ 最終閲覧日 2/21

[BY] 備中櫓, <https://kojodan.jp/castle/82/memo/1884.html> 最終閲覧日 2/21

[Dp] 琵琶湖知新, 小さな小さな「ミジンコ」が琵琶湖の水を浄化する!?, 最終閲覧日 2/21
<https://www.biwako.info/biwako/1149/>

[Ga] ガラス 110 番, <https://www.garasu-rits.jp/acrylic/> 最終閲覧日 2/21

[GD] 道の駅久米の里, <http://michinoeki-kumenosato.com/mobile> 最終閲覧日 2/21

[Gs] 日本下水道協会, <https://www.jswa.jp/sewage/operation-public/> 最終閲覧日 2/21

[KP] 神楽尾公園, <http://www.kagurao.com/parkmap.html> 最終閲覧日 2/21

[MN] 津山線企画列車ノスタルジートレインで行く「美作国やまもり号」, <https://www.okayama-kanko.jp/event/15923> 最終閲覧日 2/21

[Pr] 一般財団法人 水源地環境センター, プロペラ式湖水浄化システム設置・運用マニュアル(案)
[http://www.wec.or.jp/library/image/プロペラ式湖水浄化システム_設置・運用マニュアル\(案\).pdf](http://www.wec.or.jp/library/image/プロペラ式湖水浄化システム_設置・運用マニュアル(案).pdf) 最終閲覧日 2/21

[SR] 衆楽園, <https://parkful.net/2016/04/syuraku-park/> 最終閲覧日 2/21

[TK] 津山高専, <https://www.tsuyama-ct.ac.jp/image/kouku03.jpg> 最終閲覧日 2/21

[TT] 津山まなびの鉄道館(旧津山扇形機関車庫), <http://www.tsuyamakan.jp/tour/detail/?pk=98>
最終閲覧日 2/21

[Ve] ベニスの水中地下鉄, <https://prem.jp/album/1441915316812/pic/47844451> 最終閲覧日
2/21

[Wo] 輸入木材・ウッドデッキ材・合成木材-北九州ウッド株式会社, <https://www.kitakyushu-woods.co.jp> 最終閲覧日 2/21