

# 川での生物との触れ合いをVR体験できるシステム IZILLA

桑原 宏輔<sup>1</sup> 村井 良行<sup>1</sup> 畑中 衛<sup>1</sup> 濱川 礼<sup>1</sup>

**概要:** 本論文では、川に住む生物との触れ合いを、VR デバイスを用いて仮想的に体験できるシステム「IZILLA」について述べる。川には豊富な生物が住んでおり、それを採取・観察することは生物多様性などを理解する上で有用な手段である。しかし、多様な生物との触れ合いができる、自然豊かな川は身近に少ない。そこで我々は、水質が良く豊富な生物がいる、岐阜県山県市の伊自良川へ赴いて生物と触れ合い、そこでの素晴らしい学びや体験を仮想環境内に再現したシステム「IZILLA」を開発した。IZILLA は、室内で使用可能な頭部装着ディスプレイとタモ網などから構成される VR デバイスを用いる。そのため、実際の川にいるような感覚で、自ら手を動かしながら生物との触れ合いを体験できる。さらに、水中を覗ける機能といった VR だからこそ可能な表現を活用することで、生物教育の補助と拡張を行う。

## A system that allows you to experience VR experience with a river IZILLA

KOSUKE KUWABARA<sup>1</sup> YOSHIYUKI MURAI<sup>1</sup> MAMORU HATANAKA<sup>1</sup> REI HAMAKAWA<sup>1</sup>

**Abstract:** In this paper, we describe the system “IZILLA” which can virtually experience contact with living organisms living in rivers using VR devices. Abundant living things live in the river, and collecting and observing it is a useful tool for understanding biodiversity and others. However, there are few rivers that are rich in nature, which can interact with diverse organisms. Therefore, we developed a system “IZILLA” which reproduces the wonderful learning and experiences there in the virtual environment by going to the Ijira-gawa River in Yamagata City, Gifu Prefecture, Japan where there are plentiful and abundant organisms. IZILLA uses a VR device composed of a head mounted display and a fish net which can be used indoors. Therefore, you can experience contact with living things while moving your hands to yourself as if you are in an actual river. Furthermore, by utilizing expressions that are possible because of VR such as the ability to peek underwater, we aid and extend biological education.

### 1. はじめに

本稿の筆者ら 2 人は、岐阜県の豊かな自然に囲まれた地域に在住している。県内には日本三大清流の一つである長良川 (図 1①) が流れ、清らかな水がなければ生きることの出来ない多種多様な生物がいる。そして、多様な生物を直接目で見て触れることは、豊かな自然や命の大切さを理解する上で有用な教育材料となる。事実、平成 10 年 6 月の中央教育審議会の答申では、様々な生き物に触れ合う機会

を意図的に用意することで、命の重さを実感する良い機会になるとしている。

筆者のうちの 1 人は、幼少期に長良川の支流である伊自良川 (図 1②) で生物と触れ合い、自然の豊かさや命の大切さなど多くのことを学んだ。伊自良川は、長良川同様に多種多様な生物がいる一方で、比較的水深が浅く、流れが緩やかなために児童でも容易に楽しむことが出来た。我々は岐阜県に流れる川のような、豊かな自然を持つ川での生物との触れ合いを、児童に限らず多くの人に体験してもらいたいと考えたが、現状では容易にできない。この原因は主

<sup>1</sup> 中京大学 工学部  
School of Engineering Chukyo University

に2つ挙げられる。

まず始めに、自然を持つ川が多くの人々にとって身近ではない。国土交通省が行った「日本人の河川環境に関するアンケート調査」[1]では、思い浮かべる身近な河川が「護岸が目立つ」、「公園的」と回答した人が56.1%だった。

次に、子ども達にとって身近な学校で、ビオトープに代表される自然体験ができる場所が不足している。ビオトープの設置を推進する事業として、文部科学省によるエコスクール認定事業がある[2]。この事業はビオトープや太陽光発電など自然を考慮した設備を持つ学校をエコスクールとして認定し、1997年から2017年までに1704校が認定されたが、施設の緑化やビオトープの整備を行う自然共生型に認定された学校は全体の17.6%であった[3]。

そこで我々は、VRデバイスを用いて生物との触れ合いを仮想体験ができるシステム、「IZILLA」を提案する。VRデバイスは場所に関わらず使用できる一方で、現実に近い体験を提供することが可能だからである。なお、「IZILLA」[izíla]はシステムの舞台となった「伊自良川」(いじら)と、「GODZILLA」[gadzila]を掛け合わせた造語である。

IZILLAの利用後は、実際の自然と触れ合うことを想定している。なぜなら、五感で直接自然を感じることで、その豊かさを学ぶ最良の手段だからである。そのため、IZILLAは生き物との触れ合いに対する興味・関心を向上させると共に、実際の練習になることを目的として開発した。具体的な利用想定は、平時に行われる生物教育に関わる授業で用いて、課外授業で実際に生物と触れ合う。



図1 岐阜県に流れる河川\*1

## 2. 関連研究・事例

IT技術を用いて教育を拡張・補助する研究は様々な手法を用いて行われており、「ITを用いた生物教育の補助」と「VRを用いた教育支援」の2つの着眼点で関連研究・事例を紹介する。

### 2.1 ITを用いた生物教育の補助・拡張

大阪府堺市の土師小学校と八上小学校は、タブレット端

末を用いた生物多様性の授業を行った。同市が製作した堺いきもの情報館のWebサイトと連携し、教員がタブレット端末でサイトを表示させながら授業を行った[4]。Anna Loparevらは、生物工学の教育をゲームによって体験できるシステムを開発した。ゲームでは火星探査に必要な資材を細菌を用いて生産していく[5]。これらの事例と比べ、IZILLAでは実在する複数の生物とその生育環境を再現したため、生物多様性と共に、生物の住む環境も学ぶことができる。

### 2.2 VRを用いた教育支援

坂本らはバーチャル生態系の食物連鎖シミュレーションを体験できるシステムを開発した[6]。仮想の生態系モデルを観察するための手段として、ディスプレイ装置の他、没入型VRへの出力を行っている。Iulian RaduらはVR等の技術を活用し、様々な生物の大きさと同じロボットを操作し、それらの視点で物事を観察・体験可能なシステム「Embodysuit」の提案を行った[7]。これらの研究はユーザが環境へ介入できなかつたり、1度に1つの種類しか学べない。しかしながら、IZILLAでは自ら手足を動かして多様な生物と触れ合うことが可能で、インタラクティブに生物の多様性を学ぶことが出来る。

## 3. 伊自良川での生物との触れ合い

IZILLAの開発にあたり、筆者の内2人で伊自良川へ赴き、実際に生物との触れ合いを体験をした。IZILLAの体験内容はこの伊自良川(図2)での体験に基づいている。そこで、本節では伊自良川で行った生物との触れ合いについて説明する。

体験は、「採取」、「観察」、「放流」の3ステップを通して行った。まず最初に、生物の姿が見える場所や居そうな場所を探し、タモ網や仕掛けを駆使しながら生物を採取した。次に、捕まえた生物を虫かごなどに入れて観察し、最後に、生物を捕まえた場所へ丁寧に放流した。この流れは、一般的な触れ合い体験でも行われる。

### 3.1 採取方法

伊自良川で行った3種類の採取方法を下記に示す。

- 追い込み 足を動かして生物を刺激し、網に誘導して掬う。
- 石返し 生物が潜んでいそうな石を動かし、川下に仕掛けた網で掬う。
- 仕掛け ペットボトルで作成した仕掛けを川に設置し、魚を採取する。

### 3.2 採取・観察できた生物

実際に採取・観察した生物とその採取方法を表1に示す。

\*2 国土情報ウェブマッピングシステム(国土交通省国土政策局国土情報課:<http://nrb-www.mlit.go.jp>)の図を加工



図 2 伊自良川



図 3 IZILLA の仮想空間



図 4 IZILLA を体験している様子と VR での視点

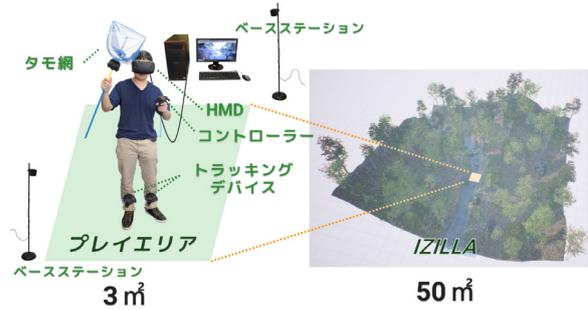


図 5 システムの見取り図と IZILLA の空間マップ

表 1 伊自良川で採取・観察できた生物とその採取方法

生物	類	採取方法
タカハヤ	魚類	追い込み, 仕掛け
ヨシノボリ	魚類	追い込み
サワガニ	甲殻類	石返し
アマゴ	魚類	採取できず. 観察のみ

### 3.3 学び

我々は、「採取」「観察」で生物の多様性について深く理解でき、「放流」することで命ある生き物達の扱い方を理解することができた。一方で、全国的な生育分布や餌、繁殖方法といった詳しい生態までは知ることが出来なかった。また、捕まえることができなかった生物もいた。

## 4. IZILLA での生物との触れ合い

我々は、伊自良川で学べたことの多くを再現するため、IZILLA においても「採取」「観察」「放流」の 3 ステップを通して体験出来るようにした。また、採取方法も実際と同様に「追い込み」「石返し」「仕掛け」を行えるようにした。IZILLA の空間を図 3 に示す。

### 4.1 システム構成

IZILLA を体験する際の見取り図を図 5 に示す。IZILLA は VR デバイスを装着したユーザと、歩行可能なプレイエリア、それを囲む 2 つのトラッキング用レーザー走査器(ベースステーション)、そしてヘッドマウントディスプレイ (HMD) に VR 映像を出力するパソコンで構成される。

ユーザは HMD を装着し、タモ網型のデバイスとコントローラーを手に持ち、トラッキングデバイスを足に装着しながら体験する。VR 空間にはタモ網型デバイスとコントローラーに同期して動く、タモ網と左手が登場する。

ユーザが歩行で移動できる範囲は 3m<sup>2</sup> であるのに対し、IZILLA は 50m<sup>2</sup> ある。そこで、ユーザが任意の地点へ移動できるテレポート機能を作成した。プレイエリアより大きく移動したい場合は、テレポート移動を活用する。

### 4.2 具体的な体験の流れ

IZILLA におけるユーザの体験例として、ユーザが初めてタカハヤを採取するときの流れを以下に示す。

ユーザはまず、タカハヤを探す。発見できたら、次にタモ網をタカハヤの下流に設置し足を動かし、タモ網の中に誘導して捕まえる。すると、図鑑にあるタカハヤの項目を閲覧できるようになり、詳しい生態を学んだ後、タモ網を数秒間水中につけることで逃がす。

### 4.3 登場する生物

IZILLA に登場する生物は伊自良川で実際に採取・観察することができた生物にしてある。実際の生物はそれぞれ異なった姿と生育場所を持ち、それらを観察することが生物の多様性を理解できると考え、IZILLA でもその姿を再現し、実際と同じような生育場所に生成されるようにした。IZILLA に登場する姿や生育場所について下記に示す。

アマゴ 泳ぎが得意で捕獲することが難しく、流れが急な場所に住んでいる。(図 9①, 図 10①)



図 6 追い込み (白い 3D モデルで足を表示)



図 7 石返し



図 8 仕掛け



図 9 IZILLA にある川の断面図

タカハヤ 泳ぎがあまり得意でなく、流れが緩やかな淵に群れで生活している。(図 9②, 図 10 の②)

カワヨシノボリ 腹に胸鰭が発達した吸盤をもち、流れが急な場所の川底に住んでいる。(図 9③, 図 10③)

サワガニ 川底の石の下に潜み、じっとしていることが多い。(図 9④, 図 10④)

を近づけ、人差し指でトリガーを引く。すると石を掴むことができるので動かす。サワガニが隠れていた場合、サワガニは逃げ出すので、タモ網で採取する。

#### 4.4.3 仕掛け (図 8)

VR 空間内の川岸には仕掛けを置いている。石返しと同様にコントローラーを使い、仕掛けを掴む。仕掛けを設置したい場所に移動しコントローラーのトリガーを離すと、仕掛けを設置できる。仕掛けはどこにでも置くことができるが、川の中に置かれている時のみ機能する。

#### 4.4.4 水中覗き

川の中を覗ける機能を作成した。IZILLA や実際の川は水面が激しく揺れるため、生物を発見しにくい。そこで、水中を覗けるようにし、ユーザが IZILLA の生物を発見しやすくした。これによって、実際の川へ行った時にも、水面の下にも魚がいることを事前に認知でき、スムーズに生物採取を行えるようにした。

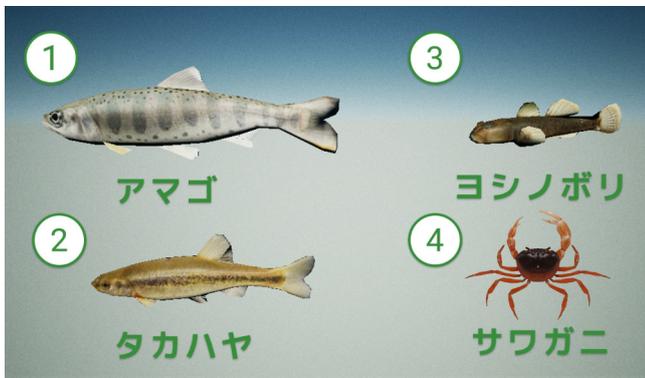


図 10 IZILLA に登場する生物の 3D モデル

## 4.4 採取

IZILLA での採取方法について下記で具体的に記述する。

### 4.4.1 追い込み (図 6)

ユーザは、採取対象の生物を見つけたら、逃げないように注意しつつ採取対象の川下にタモ網を設置し、足を動かして生物を刺激する。生物は刺激要因の逆方向へ逃げるように動くため、タモ網の設置場所と足を使った刺激の発生場所を工夫することで、対象をタモ網に追い込む。

### 4.4.2 石返し (図 7)

VR 空間にはユーザが動かすことのできる石を設置している。ユーザがその石を見つけたら、左手のコントローラ

## 4.5 観察

ユーザは採取した生物の詳細な生態や姿を、図鑑で確認することができる。図鑑内容には分布や繁殖についてなど詳しい生態の知識を盛り込み、生物に対する理解を深められるようにした。

## 4.6 放流

ユーザは生物をタモ網で捕まえた後、引き続き採取するためにはタモ網に入った生物を逃がす必要がある。タモ網を数秒の間、川の中に入れることで生物を逃がすことができる。生物を命あるものとして大切に扱うことで、実際の生物との触れ合いでも丁寧に扱う必要性を事前に身につけ

ることができるにした。

## 5. システム実装

IZILLA は VR デバイスの HTC Vive<sup>\*3</sup> を使用する。HTC Vive は 3m 四方の空間を自由に歩きながら利用することができるため、インタラクティブな生物との触れ合いが体験できると考え選択した。仮想環境の作成、採取体験の実装にはゲームエンジンの Unreal Engine4<sup>\*4</sup> を用いた。

### 5.0.1 タモ網型デバイス

ユーザが手に持つタモ網には、HTC Vive の拡張デバイスで、空間座標や傾きを取得可能な Vive Tracker<sup>\*5</sup> が装着され、タモ網を動かせば VR 内のタモ網も同期して動く。

### 5.0.2 両足のトラッキングデバイス

ユーザの足の位置を把握するため、両足にも Vive Tracker を装着するようにした。これによって、追い込み動作や生物が足から逃げる挙動が再現できている。

## 5.1 環境作成の手順

IZILLA の地形は実際の伊自良川を基にして作成した。以下にその手順を示す。なお、空間の広さは 50m<sup>2</sup> である。

- (1) 国土地理院の基盤地図情報データから伊自良川周辺<sup>\*6</sup>の標高データを算出し、HeightMap に変換
- (2) HeightMap から地形生成ツール WorldMachine を用いて地形を滑らかにしたり、浸食を追加
- (3) 2 で作成した地形を Unreal Engine4 にインポートし、Asset<sup>\*7\*</sup>8 を用いて装飾

## 5.2 生物の挙動

生物の挙動は、AI の作成ができる Unreal Engine 4 の「Behavior Tree」を用いて実装した。

IZILLA の生物には視覚と聴覚を付与した。生物はユーザのタモ網や足を視認することができ、また、ユーザが足やタモ網を水中で激しく動かした時に発生する気配も探知できる。生物の AI は、これらから得た足やタモ網の情報を刺激として「処理」し、その刺激に対して行動を決定し、動作する。AI の内容は、3 種の魚 (アマゴ、タカハヤ、カワヨシノボリ) とサワガニで異なる。

### 5.2.1 アマゴ・タカハヤ・カワヨシノボリ

魚の AI は、「平常」、「逃避」、「警戒」(図 12) の 3 つの状

態を、「安全圏」、「警戒圏」、「逃避圏」(図 11) のどこで刺激を受け取ったかを条件 (表 2) にして遷移する。

この AI は、魚の逃避行動のプロセスについて記述されている「魚だって考える」[8] を参考にした。この本では、魚は感じ取った脅威との距離が「安全圏」「警戒圏」「逃避圏」のどの範囲にいるかを基に行動すると述べられている。

各状態における魚の挙動を説明する。「平常」状態は、ランダム移動を行う。魚の生成地点から大きく離れた場合は、生成地点に向かって移動する。仕掛けが近くに設置されていた場合は、仕掛けの餌に向かって移動する。生物は生成時点では「平常」状態である。「警戒」状態は、刺激源を向いて停止する。この挙動は現実の魚が行う「定位反応」を基にした。「逃避」状態は、刺激源から離れるように移動する。

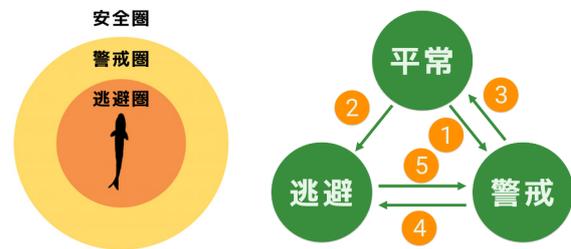


図 11 刺激との距離の関係 図 12 魚 AI の状態遷移図

表 2 状態 (図 12) の遷移条件

- |                |                |
|----------------|----------------|
| ① 警戒圏で刺激を受ける   | ② 刺激源が安全圏へ移動する |
| ③ 刺激源が逃避圏に移動する | ④ 警戒圏で刺激を受ける   |
| ⑤ 魚が刺激源から離れる   |                |

### 5.2.2 サワガニ

サワガニの挙動は、基本的に仮想空間内に設置した石に隠れて動かないようにした。石返しによって石が動かされ隠れられない場合は、別の石を求めて徘徊し、見つけた場合にはその石に隠れるように行動する。徘徊中は、魚の AI と同様の逃避プロセスを実行する。

## 5.3 仕掛け

仕掛けは匂いを持ち、仕掛けよりも下流の魚にのみ誘引効果を持つようにした。現実においても、水の流れて運ばれる匂いは下流にいる生物しか検知できないからである。

## 6. 評価実験

IZILLA の評価実験を 2 回に分けて行った。被験者にはアンケートを行い、それぞれ 4 段階評価 (1:非常に思わない, 2:思わない, 3:思う, 4:非常に思う) で回答をして貰った。

### 6.1 第 1 回評価実験

中学生・高校生への教職経験が有る社会人 4 名を対象に、IZILLA を 10 分間体験してもらった後、表 3 に示すアンケート内容で質問を行った。

<sup>\*3</sup> <https://www.vive.com/jp/>

<sup>\*4</sup> <https://www.unrealengine.com/ja/what-is-unreal-engine-4>

<sup>\*5</sup> <https://www.vive.com/jp/vive-tracker/>

<sup>\*6</sup> 座標: 35° 34'03.96"N 136° 41'44.89"E

<sup>\*7</sup> UltimateRiverTool:

<https://www.unrealengine.com/marketplace/ultimate-river-tool>

<sup>\*8</sup> OpneWorldDemoCollection:

<https://www.unrealengine.com/marketplace/open-world-demo-collection>

## 6.2 第2回評価実験

被験者14名のうち、6名には伊自良川で生物との触れ合いを体験を、残りの8名には、生物との触れ合いを体験している人の視点を全天球映像(5分間)を閲覧してもらった。その上で、被験者全員にIZILLAを5分間体験してもらった。その後、伊自良川での体験について表4の1から3の質問を、全天球映像の視聴について1から3および5の質問を、IZILLAについて1から4の質問を行った。

## 6.3 結果

### 6.3.1 第1回評価実験

第1回評価実験の結果を表4に示す。

表3 第1回評価実験のアンケート内容とその結果

No	質問内容	評価値平均
1	IZILLAを利用することで、生物教育の理解が深まると思いましたが	3.5
2	登場する生物やその動きから生物の多様性が学べましたか	3.0
3	図鑑から生物の生態が学べましたか	3.5
4	このシステムが実際の生物採取の練習となると感じましたか	2.5
5	このシステムを利用して、実際の自然体験に興味・関心が出来ましたか	3.5
6	実際に教育で利用してみたいと思いますか	3.5

### 6.3.2 第2回評価実験

第2回評価実験の結果を表3に示す。表の数値は被験者回答の平均値である。

表4 第2回評価実験アンケート内容とその結果

No	質問内容	伊自良川体験済		伊自良川未体験	
		実際の体験	IZILLA	全天球映像	IZILLA
1	生物の多様性が理解できたか	3.7	3.2	1.8	2.6
2	生物の詳しい生態が理解できたか	3.3	3.5	2.1	3.8
3	生物の扱い方が理解できたか	3.0	3.0	2.1	2.5
4	実際の生物採取の練習になるか		2.8		
5	実際の生物採取の興味関心に繋がったか			2.8	3.6

## 6.4 統計的分析

第2回評価実験の結果において、「伊自良川体験済」と「伊自良川未体験」をそれぞれ対応のない2標本t検定を用いて平均値の差が有意なものであったかを分析した。その結果を表5に示す。

表5

No	体験済	未体験
1	0.213	0.014
2	0.688	0.004
3	1.000	0.362
4		
5		0.074

以上から、伊自良川での触れ合い体験とIZILLAにおける触れ合い体験では全ての質問において $p \geq 0.05$ であり、有意差が得られた。全天球映像の視聴とIZILLAにおける触れ合い体験においては、質問3,5で $p \geq 0.05$ となり有意差が得られたが、質問1,2については $p < 0.05$ で有意差が得られなかった。

## 6.5 考察

### 6.5.1 第1回評価実験

表3の結果から、IZILLAを生物教育の教材とすることに対し、教育者の視点から一定の評価を得ることができた。

### 6.5.2 第2回評価実験

表4の体験済みのグループ質問1については、評価値がIZILLAに比べて実体験の方が高い。この要因は、IZILLAに登場する生物が伊自良川より少ないからだと推察される。また、表4の未体験グループ質問5において、IZILLAの評価値が高い全天球映像より高い。これは、IZILLAの能動的に学ぶ形式がユーザの興味関心の向上に影響したと考えられる。

## 7. 展望

IZILLAにおける生物多様性の学びの質をより向上させるため、IZILLAに登場する生物の数や川を増やしていく。また、現状のIZILLAは1人ずつしか体験することができない。そこで、仮想空間の出力にプロジェクションマッピングを用いたり、体験しているユーザの視点をスクリーン写すなどして多人数同時に学べるようにしていきたい。

## 参考文献

- [1] 国土交通省. 日本人の河川環境に関する意識アンケート調査結果, 2017.
- [2] 文部科学省. パンフレット「エコスクール 環境を考慮した学校施設の整備推進」, 2017.
- [3] 文部科学省. エコスクールプラス エコスクールパイロット・モデル事業認定実績, 1997 - 2017.
- [4] 堺市がタブレット端末を活用した「生物多様性の授業」を小学校で実施 — ict教育ニュース. <http://ict-enews.net/2016/03/2city-sakai/>. 最終アクセス: 2017-12-14.
- [5] Anna Loparev, Amanda Sullivan, Clarissa Verish, Lauren Westendorf, Jasmine Davis, Margaret Flemings, Marina Bers, and Orit Shaer. Bactomars: A collaborative educational video game for teaching biological engineering. In *Proceedings of the 12th International Conference on the Foundations of Digital Games*, FDG '17, pp. 46:1-46:3, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [6] 大島登志一・小島健三. Mitsudomoe: バーチャル生態系の捕食連鎖シミュレーション体験システム (第1報), 2017.
- [7] Alissa N. Antle Iulian Radu. All creatures great and small: Becoming other organisms through the embodied suit, 2016.
- [8] 吉田将之. 魚だって考える—キンギョの好奇心、ハゼの空間認知. 築地書館, 2017.