

MR（複合現実）を用いた河川流域環境の教育ツールの開発

DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL TOOL FOR RIVER BASIN ENVIRONMENT USING MIXED REALITY

赤松 良久¹・河野 誉仁²・乾 隆帝³・神谷 大介⁴・高田 一樹⁵・
中井 陽一⁵

Yoshihisa AKAMATSU, Takanori KONO, Ryutei INUI, Daisuke KAMIYA
Kazuki TAKADA and Youichi NAKAI

¹正会員 工博 山口大学大学院准教授 創成科学研究科（〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1）

²学生会員 工修 山口大学大学院創成科学研究科（〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1）

³正会員 農博 山口大学大学院特命助教 創成科学研究科（〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1）

⁴正会員 工博 琉球大学准教授 工学部環境建設工学科（〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地）

⁵非会員 サイバネットシステム株式会社（〒101-0022 東京都千代田区神田練堀町3番地富士ソフトビル）

An educational tool using VR (virtual reality) and AR (augmented reality) is useful to understand the river basin environment in bird's-eye view. In this study, we developed an educational tool and content using MR (mixed reality). The educational content contains visualization images for elevation, land use, water quality and presence/absence of fishes in four river basins. MR enable to overlay these visualization results on three-dimensional computational graphic of river basins, and these objects can move freely in the real space.

The questionnaire survey for college students was conducted in order to compare the effectiveness of the educational tool using MR with AR. It revealed that the MR visualization helps people to understand the environment of river basin more deeply than the AR.

Key Words : mixed reality, educational tool, augmented reality, three dimensional solid model, river basin

1. はじめに

近年, VR (Virtual Reality : 仮想現実) や AR (Augmented Reality : 拡張現実) が急激に社会に浸透しつつある。VRは主にコンピュータ上で作られた3DCG (Three-dimensional computer graphics) の世界にVRヘッドセットなどを用いてユーザーが飛び込み, ユーザーが仮想現実に入ることができる。このようなVRに対して, AR (Augmented Reality : 拡張現実) は3DCGなどの仮想情報を現実世界に追加する技術である。ARでは携帯やタブレットを用いる方法およびAR用のARスマートグラス (メガネのように装着し, 実際に見ている光景に情報を重ねて表示する) を用いる方法がある。これらの技術はものづくり, 防災, 医療等の分野で広く用いら

れており^{1)~5)}, 河川流域の防災・環境教育においてもその利用が期待されている。著者らは3D模型とARを利用した河川流域環境の教育ツールを開発し, その有効性を明らかにしている⁶⁾。しかし, 利用者からは3D模型のサイズが小さいことや, ズームアップして拡大した画像を見ることができない等の不満点も挙げられた。このような不満を解消し得る最先端の技術としてMR (Mixed Reality : 複合現実) 技術がある。MRでは専用のMRヘッドセットを用いて現実世界の中に仮想現実を持ち込み, 可視化された仮想現実を現実空間の中で自由に操作することが可能である。なお, MRについて第2章で詳述する。

そこで, 本研究では中国地方の複数一級河川を対象に, MR技術を用いて河川流域環境の教育ツールを開発するとともに, その有効性を検証することを目的としている。

2. MR技術による可視化

MRとは「Mixed Reality」の略称で、コンピュータがCG等で創り出す視覚情報と現実をミックスした空間を作り出す技術である。マイクロソフト社のHoloLens(図-1)はWindows10を搭載したホログラフィックコンピュータであり、MR技術の最先端の機器である。コンピュータで作上げた3DCGと現実の世界を融合した「複合現実(MR)」を実現すること、ゴーグル型のユニットそのものにコンピュータなど一式全てが詰め込まれていることなどが大きな特徴として挙げられる。図-2にHoloLensによって、実際の車のタイヤに車軸部分やボルトの締め付けトルク値(N)の3DCG情報をオーバーレイした可視化結果を示す。

本研究ではHoloLens用のアプリケーションの開発を行った。具体的には、まず、対象となる流域の地形データから地形3Dモデルデータを作成した。次に、地形データに重畳表示する様々な河川流域の環境情報のテクスチャ画像を作成した。さらに、統合開発環境Unity上で地形3Dモデルのシーン設定および表示制御プログラムの開発を行った。これらをWindows UWP に対応したHoloLensアプリケーションとして作成し、HoloLens本体にインストールした。

アプリケーションの特徴は以下の2点である。まず、HoloLensのSpecial Mappingにより、視聴する環境の周辺空間データを生成し空間情報を把握することができるとともに、リアルタイムに空間情報を更新することで、地形3Dデータを定位置に保持して表示するため、地形3Dデータに近づくことや遠くから俯瞰視することが可能である。次に、視聴する空間に合わせて地形3Dデータを大きく表示したり、パソコンのデスクトップ上に表示したりできるため、様々な視点から容易に観測することも可能である。

3. 河川流域環境コンテンツの作成

本研究では2種類の河川流域環境に関わるコンテンツを作成した。一つは赤松ら⁹⁾がAR+3D模型用に作成した高津川および芦田川のコンテンツをMR用に移植したものであり、もう一つは佐波川を対象として新たにMR用に作成したコンテンツである。以下にそれぞれのコンテンツの詳細を示す。

(1) 高津川および芦田川のコンテンツ

中国地方の二つの一級河川(高津川、芦田川)を対象として、各流域の標高、土地利用、水質、魚類データを整理した。水質に関しては、河川の代表的な有機汚濁指標であるBOD(Biochemical Oxygen Demand: 生物化学



図-1 Microsoft HoloLens

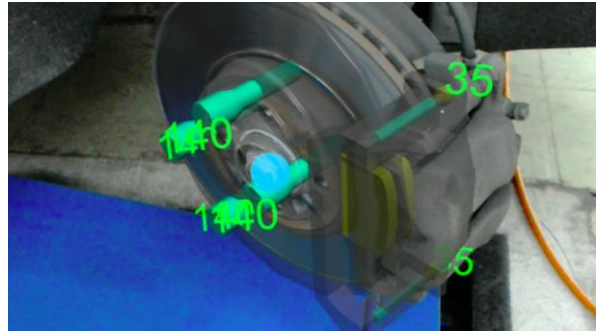


図-2 MRによる可視化事例

的酸素要求量)を選択した。BODの値は日間平均値75%値を使用し、各河川の観測地点における2000~2009年までの平均値を算出した。次に、GISを用いて本川の調査地点のBOD平均値から上流から下流までのBOD分布をIDW内挿により求めた。また、魚類データとしては河川水辺の国勢調査結果を用いて、アユ、オイカワ、シマドジョウの在/不在を可視化しており、在の地点ではそれぞれの魚のイラストを表示している。これらの詳細は赤松ら⁹⁾を参考にされたい。ARおよび3D模型を用いた高津川のコンテンツを可視化し、iPad(Apple社製)で表示した結果を図-3に示す。これらと同様のコンテンツをMRに移植した。

(2) 佐波川のコンテンツ

佐波川においては高津川および芦田川と同様の標高、土地利用、水質に関するコンテンツを作成するとともに、水温・アユの分布に関して新たなコンテンツを作成した。佐波川流域内の19地点にメモリー式水温計を配置し、継続的な計測を行い、同地点で2017年7月26日に採水を行いアユの環境DNA分析を実施した。環境DNA分析では採水した水に含まれるアユのDNA量(環境DNA濃度)からアユの現存量が推定できることが明らかになっている。また、水温データとしては採水日から一か月前の期間の平均水温を示している。GISを用いた19地点のデータのIDW内挿により、図-4に示す(a)水温および(b)アユの環境DNA濃度の分布を得た。さらに、USGS(United States Geological Survey)が公開しているLandsat-8の2017年4月24日の衛星画像もコンテンツとして用いた。

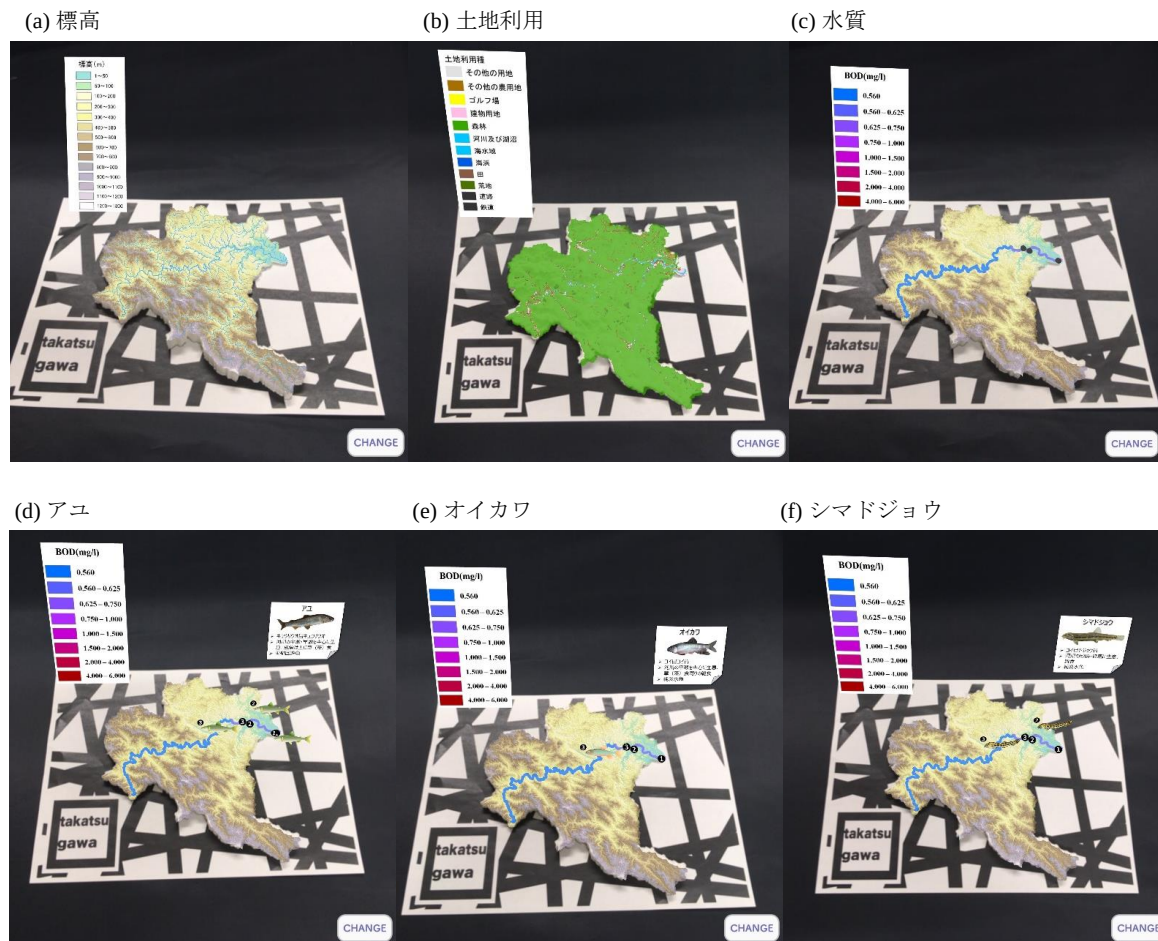


図-3 高津川の流域環境コンテンツのAR可視化⁶⁾

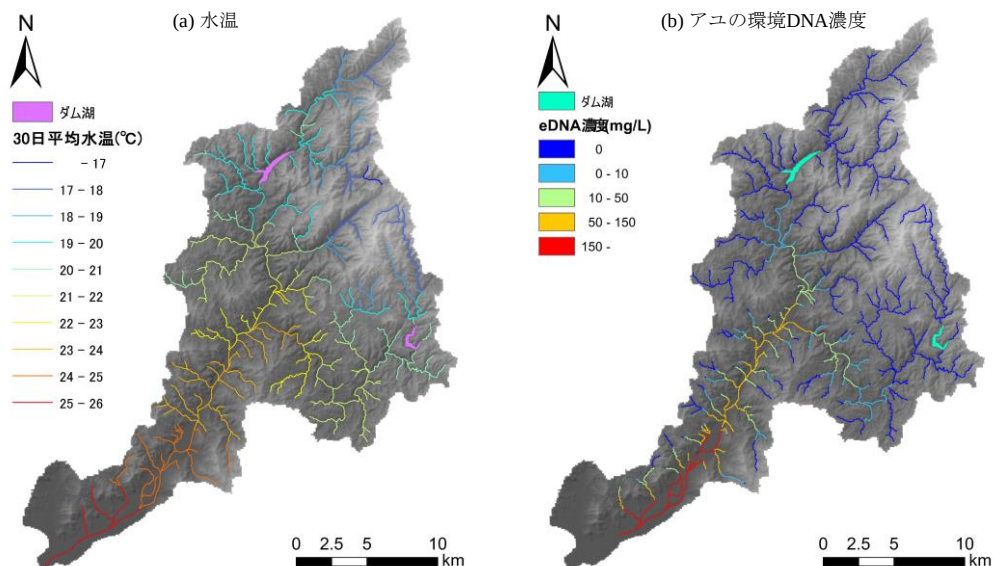


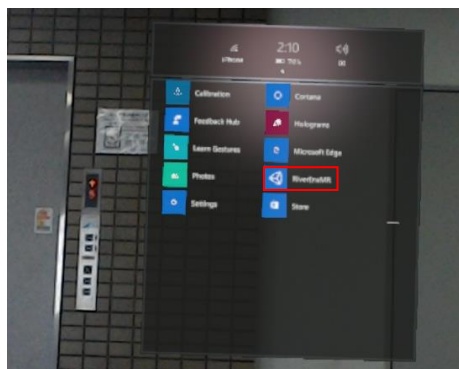
図-4 佐波川の水温およびアユの環境DNA濃度

4. MR技術による可視化結果

図-5 (a) にHoloLens起動時の初期画面を示す。このう

ちの赤線で囲んだ「RiverEcoMR」が作成したアプリケーションである。これを起動すると流域の可視化画像だけでなく、図-5 (b) に示す操作メニューが表示され、「Transform」によって流域の拡大・縮小や移動が自由

(a) 起動時のアプリ選択メニュー



(b) 操作メニュー

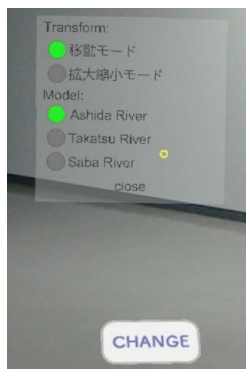


図-5 HoloLensの操作メニュー

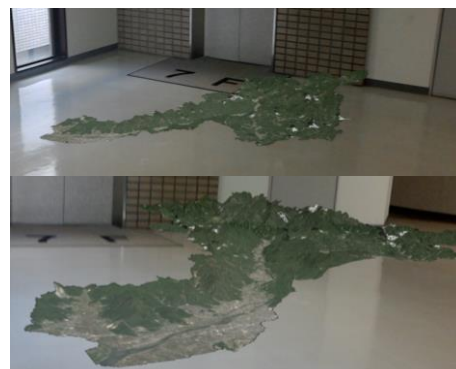
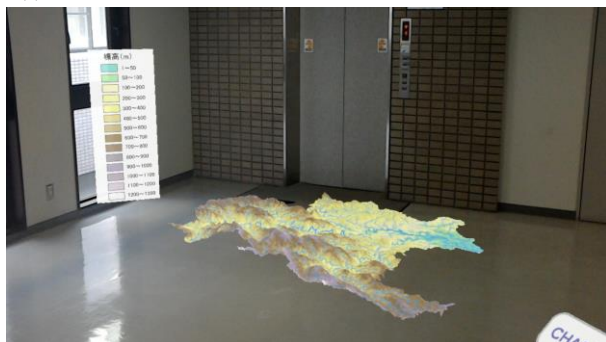


図-6 様々な視点からの可視化

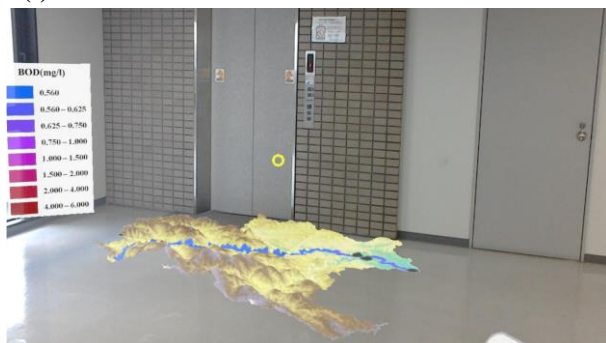
(a) 標高



(b) 土地利用



(c) BOD



(d) アユ

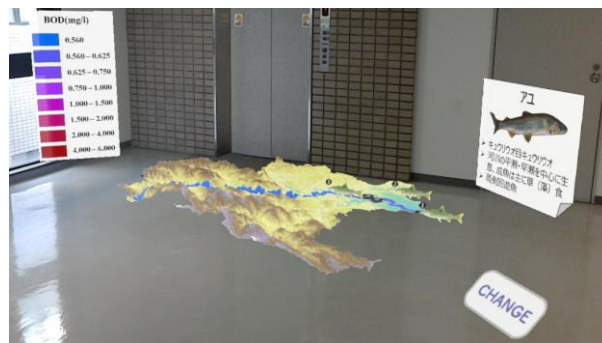


図-7 高津川の流域環境コンテンツのMR可視化

に行える。また、「Model」において可視化する流域を選択することができる。さらに、「CHANGE」によって、流域に表示させる情報を切り替えることが可能となっている。これらの操作はそれぞれの項目に視点を合わせて画面内で指のジェスチャーによって行うこととなり、多少の慣れが必要である。また、図-6に示すように流域をいろいろな角度から、拡大してみることができるのが、MR可視化の大きな利点である。

図-7に図-3に示した高津川のAR可視化コンテンツをMRによって可視化した結果を示す。なお、ここでオйкаワおよびシマドジョウのコンテンツについては省略した。図-3で示したAR可視化は背景の模様のある紙がA4サイズであるのに比べて、MR可視化された流域は極めて大

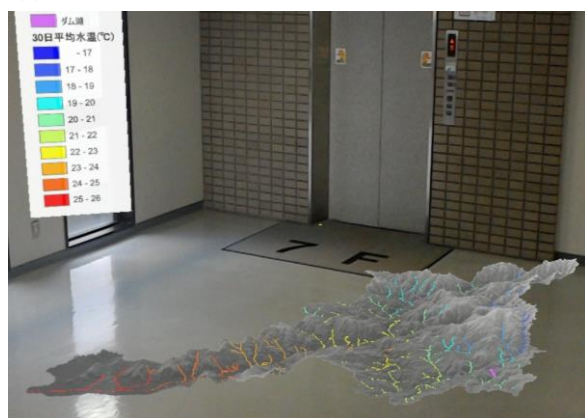
きいサイズで可視化されていることがわかる。また、この流域は自由に拡大縮小が可能である。

また、図-8に(a)水温および (b) アユの環境DNA濃度の分布をMRによって可視化した結果を示す。これによって流域における水温とアユの分布を容易に比較することが可能である。

5. 教育ツールの有効性の検証

ここでは、前章までで示した河川流域環境をMRで可視化したモデル（以下MRモデル）の効果を検証するため、著者らがこれまでに開発したARと3Dモデルを組み合

(a) 水温



(b) アユの環境DNA濃度



図-8 高津川の流域環境コンテンツのAR可視化

わせたモデル（以下、ARモデル）⁹⁾との比較を行う。具体的には、高津川と芦田川を対象として、流域および河川環境の理解、および両モデルの操作性等の親和度等について調査を行った。まず、事前の理解度について調査し、その上でARモデルの体験とアンケート、MRモデルの体験とアンケートの順番で調査した。なお、ここでは、流域とは「その地形により、降った雨が水系に集まる大地の範囲・領域」、河川環境とは「流域の地形的特徴や河川の水質・生物」と定義している。被験者は山口大学工学部社会建設工学科3及び4年生と大学院建設環境系専攻博士前期課程の学生、計29名である。1名を除き河川工学の講義を受講している。両河川を訪れたことがある学生は3名ずつであり、6～7割は名前も知らなかった。

まず、流域の理解について、図-9および図-10に示す。これより、流域の理解度は明らかに深まったことがわかる。特にMRモデルの方が流域を理解しやすいことが示された。次に、河川環境について、土地利用・生物の生息・水質それぞれの関係についてイメージで来たかを問うた結果を図-11に示す。これより、5段階評価の4以上に着目すると、ARモデルでは6～7割程度であったものがMRモデルでは8～9割にまで高まったことがわかる。

次に、両モデルの環境教育教材としての評価を行う。ARやMRは書籍やパソコンなどと比較すると日常的でないことに鑑み、ユーザーインターフェースの親和度の観点から評価を行うこととする。評価指標は利用者の印象や記憶される情報との関係等^{8) 9)}を参考にして決定した。評価指標を表-1に示し、両モデルの親和度との関係を図-12、モデル間の比較を図-13に示す。これより、理解度や見やすさはMRモデルの方が評価は高く、特に両河川の違いを理解することにおいてはMRモデルの方が適していることがわかる。一方、操作性についてはARモデルの方が評価は高かった。これは先述のようにMRモデルでは操作ボタンに視点を合わせた上で、ジェスチャーによる操作が必要であるのに対して、ARモデルでは普

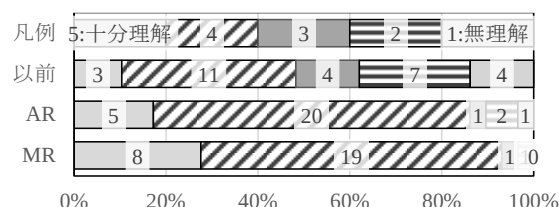


図-9 流域の理解度

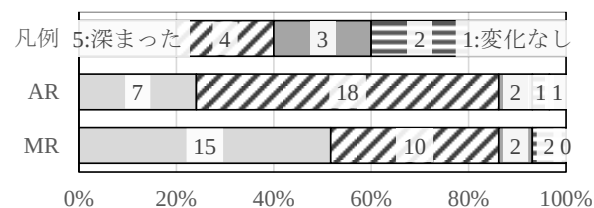


図-10 流域理解が深まったか

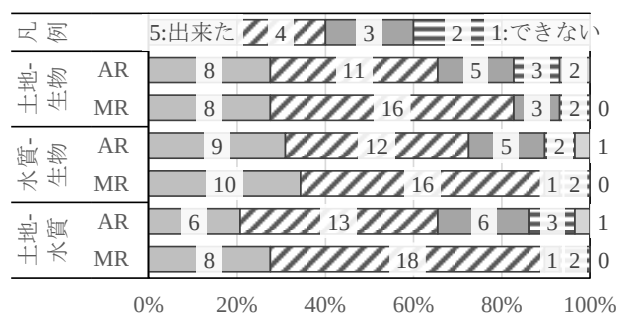


図-11 河川環境のイメージが出来たか

表-1 評価指標

評価指標	質問項目
理解深まる	2つの河川を見ることで理解が深まったか
親しみやすい	教材として親しみやすいものだった
見やすい	土地利用や魚類の生息は見やすかった
分かり易い	土地利用や魚類の生息が分かり易かった
操作し易い	操作し易かった
理解役立つ	流域や環境を理解するのに役立った

段から大学生が使い慣れているiPad上での操作であったためであると考えられる。図-11のMRモデルの評価において2の評価を付けた2名は、MRの操作性において1と2の評価を付けていた。「水質と生物の関係のイメージ」と「操作性」の間に相関係数0.47で正の相関があったことより、より操作性を上げる事が河川環境理解には必要であると考えられる。

6. 結論

本研究ではMR技術を用いて河川流域の環境を理解するための新たな教育コンテンツを開発した。このMR技術では可視化した流域の細部を近づいてみることや遠くから俯瞰視することが可能であり、実空間の中で流域のCGを自由に移動、拡大・縮小することも可能となった。また、このMR技術による可視化とAR技術と3D模型を組み合わせた可視化について、アンケートによる比較を行った結果、「流域」という概念および「河川環境」の理解や見やすさにおいてMR技術の方が優位であることが明らかになった。また、MR可視化に用いるHoloLensの操作には多少の慣れが必要であり、操作性の改善が必要であることが示唆された。

謝辞：本研究は、公益財団法人河川財団河川基金「AR（拡張現実）技術と3D模型による河川流域環境の見える化システムの開発」（研究代表者：神谷 大介）および「MR（複合現実）ヘッドセットを用いた河川氾濫の疑似体験システムの開発」（研究代表者：赤松 良久）の一環として行った。

参考文献

- 1) 綿貫啓一，楓和憲，佐藤勇一，堀尾健一郎：バーチャルトレーニングと実習を融合したものづくり技術者の育成支援，工学教育，Vol. 59, No. 6, pp. 104-111, 2011.
- 2) 服部麻木，高津光洋，鈴木直樹：バーチャルリアリティ技術の医学応用，体力科学，Vol. 48, No. 4, pp. 519-525, 1999.
- 3) 鳥脇純一郎：バーチャルリアリティ技術による診断・治療支援，日本コンピュータ外科学会誌，Vol. 1, No. 1, pp. 5-18, 1999.
- 4) 古市幹人，荒木文明，陰山聡：大規模地球変動シミュレーションの可視化技術開発－「京」コンピュータが再現する地震・津波・台風の可視化に向けて－，可視化情報学会誌，

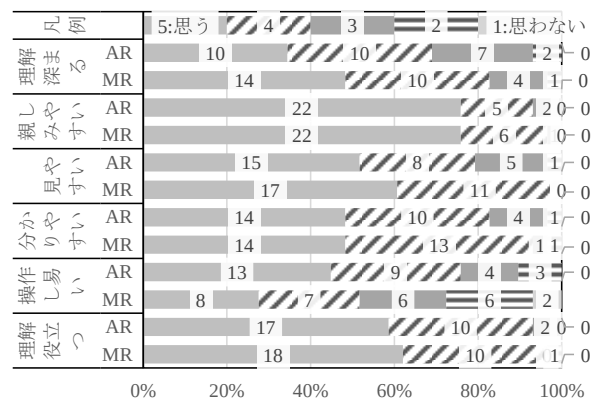


図-12 両モデルの親和度

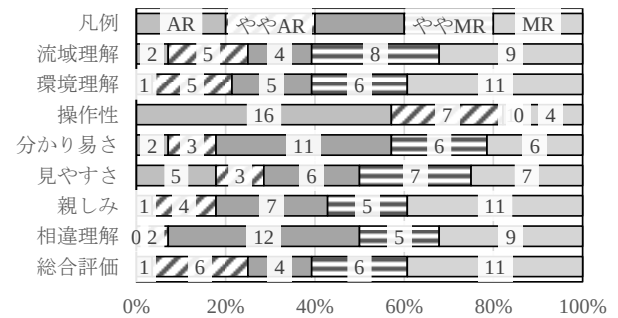


図-13 両モデルの比較

Vol. 32, No. 127, pp. 16-21, 2012.

- 5) 中林拓馬，加戸啓太，平沢岳人：拡張現実感と模型を用いた建築設計用ツールの開発，日本建築学会技術報告集，Vol. 17, No. 37, pp. 1053-1056, 2011.
- 6) 赤松良久，河野誉仁，乾 隆帝，神谷大介，高田一樹：AR技術と3D模型を用いた河川流域環境に関する教育ツールの開発，土木学会論文集H（教育），Vol. 73, No. 1, pp. 91-100, 2017.
- 7) H. Doi*, R. Inui*, Y. Akamatsu, K. Kanno, H. Yamanaka, T. Takahara, T. Minamoto: Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish, Freshwater Biology, 62, pp. 30-39, 2017.
- 8) 中川薫，須田亨，善方日出夫，松本啓太：ウェブサイトユーザビリティアンケート評価手法の開発，ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集，2001.
- 9) 酒巻隆治，染矢聡，岡本孝司：Webデザインに対する印象と記憶される情報量の関係性分析，デザイン学研究，Vol. 55, No. 6, pp. 59-66, 2009.

(2018. 4. 3受付)