2022 年 第 2 回 都市環境デザインセミナー

XR・AI 活用によるまちづくりとメディア・アーキテクチャ

<日時> 2022 年 2月 22 日(火) 18:30~20:30

<場所> 大阪府東淀川区東中島 1-19-11 大城ビル 301 号室(新大阪駅東口から徒歩 1分)

+Zoom 配信

<参加者> 42名

会場参加; 会員4名、一般3名、学生1名 計8名(登壇者除く)

Zoom 参加; 会員 8 名、一般 17 名、学生 9 名 計 34 名

<趣旨>

デジタルトランスフォーメーション (DX) やスマートシティの時代といわれます。今回は、アカデミックな研究開発と実際の都市建築プロジェクトでの実用を重ねながら、デジタル技術やメディアアーキテクチャーについて考えてこられた福田先生を招きします。水木しげるロード、丹後国分寺五重塔復活AR、渋谷スクランブルスクエア等のまちづくりでの実践事例、また、国際論文誌などで発表されている最新 XR・AI 研究開発事例についても紹介していただきます。今後さらに多くの場面で活用できそうな技術、その可能性を確かめるためにも、是非奮ってご参加ください。

セミナー委員 岡絵理子

<講師紹介>

福田 知弘(ふくだ・ともひろ JUDI 会員)

大阪大学 大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻 准教授。

1971 年兵庫県加古川市生まれ、博士(工学)。環境設計情報学が専門。CAADRIA(Computer Aided Architectural Design Research In Asia)国際学会 フェロー、日本建築学会 情報システム技術委員会 幹事、NPO 法人もうひとつの旅クラブ 理事など。著書に、都市と建築のブログ 総覧(単著)、VR プレゼンテーションと新しい街づくり(共著)、夢の VR 世紀(監修)など。ふくだぶろーぐは、http://fukudablog.hatenablog.com/

<主催>

都市環境デザイン会議・関西ブロック

本日は「XRとAIの活用によるまちづくりとメディア・アーキテクチャ」というタイトルでお話しさせていただきます。英語とカタカナでちょっとごまかしているように感じられるかもしれませんが(笑)、日頃やっていることをお伝えできればと思います。90分間と大学の講義並みで少々長いのですけども、リラックスして聞いていただければと思います。今日(2月22日)は猫の日だそうですね。(トップスライドを指して)このスライドはちょっとアーティスティックに細工しているんですけど、一番、最後にも出てきますので、楽しみにしてください。



XR(エクステンデッド・リアリティ)というのは、VR(仮想現実、人工現実)とMR(複合現実)を合わせたようなものです。今日お話しさせていただく初めのパートは、社会人のチームで共同研究により進めた、水木しげるロードのリニューアル、VR 安土城を VR の事例として取り上げます。MR については、昨年関わらせていただいた、丹後国分寺五重塔の AR(拡張現実)。AR とMR は同じ意味と考えていただいて結構です。それから、メディア・アーキテクチャということで、渋谷のスクランブルスクエアを中心に、他の事例も交えてご紹介します。最後のパートでは、近い将来、実用につながるであろう、もう少し基礎的な研究について、MR と AI(人工知能)をミ

ックスしたようなテーマで進めていますので、ご紹介します。

早速、建造環境(ビルト・エンバイロメント)での VR についてお話しします。



今日は、四角四面な硬い話はできるだけしたくないのですが、VRとは何か。最初に和訳されたのが「仮想現実」です。私自身は「人工現実」のほうが好きです。定義としては、実際には存在していないが本質的な機能として、それが存在するのと同等の効果を持つ状態であり、その状態をコンピュータ作り出す技術のことです。実際には存在しないのですけど、あるように思えると。それが視覚とか聴覚、触覚、味覚、嗅覚と、五感に伝わっていくということです。

VR に関する研究は長年行われてきましたが、ジャロン・ラニアー (Jaron Lanier) さんが 1989 年に VR と最初に名付けたと言われています。VR と似た技術として、それ以前にも CG (コンピューター・グラフィックス) の静止画とかアニメーションがあり、臨場感、対話性、自律性の 3 要素を満たしていれば VR だと言われています。

最近、少し変だなと思うのは、何度目かの VR 元年が 2016 年にきてユーザがどっと増えたので すが、「VR と呼ぶには、HMD(ヘッド・マウン ト・ディスプレイ)をかぶっていないと、VR で はない」のようなことを耳にしました。HMD は確 かに安くなっており、着けると臨場感は上がるの ですが、VRの定義としては決してそうではなく、HMDをかぶらなくても臨場感があればVRであると、ご理解いただければと思います。

今日参加されている方は、元気な方々でしょうし、または、これから元気にやっていきたいとお考えの方々だと思います。日本が元気だった頃、1990年にVRを世界に先駆けて産業応用したのが、日本の企業なんですね。松下電工という会社です。今はパナソニックという社名になっています。

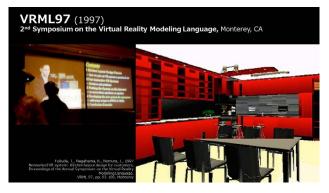
当時、VR がなぜ産業応用されたかというと、HMDでインテリア空間を眺めながら、システムキッチンをデザインするためです。キッチンの使い勝手を含めてシステムキッチンのユニットや家具を選んでいく作業を、住まい手に VR 体験していただくシステムです。当時のシステムは PC (パソコン)では動かず、ワークステーションと呼ばれる高性能なコンピュータで動いていました。私自身はこの頃は、大学生になるかならないかですので、この VR システムを体験していないのですが、ものすごく有名になり人気を博したと伺っています。



ご覧いただいているポスターは私の持ち物ではないのですが、この写真をどこで撮らせてもらったかというと、台湾です。台湾の台南に成功大学があって、知り合いの先生を訪ねたら、このポスターが飾られてありました。「僕が来たから、このポスターを飾ったのですか(笑)?」と尋ねたら、「いえ、この VR はすごかったから、いつも飾

っている」と言われていました。成功大学は台湾 では建築分野でトップクラスの大学です。

私自身、松下電工に入社させていただき、社会人1年目の時に、海外の国際学会で発表してくるように上司から言われました。ちょうどその頃(1996-1997年)、VR は PC で動くようになってきました。そこで、アメリカの西海岸で開催されたVRMLという国際学会でプレゼンテーションをしました。先ほどご紹介したようなシステムキッチンをデザインするための VR システムを VRMLという PC でも扱える記述言語で開発したものです。ご覧いただいているのは、松下電工の高級キッチンなのですが、PC でゆっくりですが動かすことができました。これからはこのような VR をインターネット上で見てもらい、キッチンを買っていただくためのシステムです。



但し当時は、ご覧いただくとお分かりのように、色々と不具合がありました。例えば、カップボードですが、カップボードの扉よりも食器を置く棚のほうが手前に描かれています。これはモデル同士の前後関係が正確ではないという、オクルージョン問題と呼ばれます。次に、ダイニングテーブルですが、そもそもは6人掛けのテーブルで長方形なのですが、三角形に描かれています。数学の図形分野で扱われる法線の向きに関係しており、三角形の表裏が逆に描かれています。キッチンの天板の素材には、高級な人工大理石が使われていますが、テクスチャで扱えるデータ量がかなり貧弱で、十分に表現できませんでした。このVRを見て高級キッチンを買う決断ができるかと

言われたら、買わないでしょう。当時はまだ、おもちゃでした。しかしながら、これまでは1枚のCG静止画を5分くらい計算しながら描いていましたが、このVRは、画面上はカクカクとしながらもリアルタイムに動き出していました。大勢の方が使うPCで、インターネットをプラットフォームにして、これから何かが起こりそうだと感じました。

VRML の国際学会では英語ではじめて発表し て、質疑応答も全然、うまくできなかったのです が、セッションが終わってから色々とコメントを いただく中で、「良かったら当社に来ません か?」と誘われて訪問することになりました。当 時、CG/VRで有名な企業であるシリコングラフィ ックスの本社で、これからの VR、PC での VR ソフ トウェアの在り方など広くディスカッションさせ ていただきました。このことは、非常に大切な経 験になりました。当時はインターネットが拡がり 始めている時で、VRMLの仕様や議論の内容がイ ンターネットで、それも、英語で次々と公開され ている頃でした。当時は、自動翻訳機もありませ んでしたので、一生懸命、和訳しておられて VRML 国際学会にも来られていた安藤さん(エク サ)と、一緒に訪問しました。

驚いたことはたくさんありましたが、例えば、 VR 開発者の PC の周りに、日本でもお馴染みのキャラクターが、人形やプラモデルで置かれていて、日本のオフィス風景と意外に変わらないものだと思いました。この場所はシリコンバレーの良い場所で、今は、Google のビルが建っています。

ここからは、最近の 10 年ほどで参加して、ワ クワクしたプロジェクトをご紹介させていただき ます。

●水木しげるロードリニューアル (鳥取県境港市)

鳥取県境港市にある、水木しげるロードのリニューアルに参加した事例をご紹介します。地域活性化、参加型まちづくりのために、VRによる将来像の可視化を行いました。設計チームの一員として参加しました。

境港市は鳥取県の西部にあり、弓ヶ浜半島の先端にある漁港の町ですね。大山が弓ヶ浜半島の向こうに見えています。私は街歩きが好きなので、この水木しげるロードリニューアルに関わる中で、境港の町を何度も歩きました。



2020.2.26 境港にて

2020.10.20 訓酪

境港の港を歩くと、船がいろいろな所から来ていることがわかります。この船は「小泊」と書かれてありますので、青森県から来ていました。右の写真は、北海道の釧路ですが、釧路川沿いにも船が沢山停泊していて、その中に「境港」と書かれた船があったんですね。船で、とても遠く場所を行き来しているのだなと感動しました。

このような港から一歩入ったところに、水揚げした魚を販売したり、生活をサポートする商店街があったわけですが、随分以前には、元気がなくなってしまいました。30年ほど前に、水木しげる先生が境港の出身で、先生が描かれたマンガのキャラクターをブロンズ像にして、この商店街に置いてはどうかと提案されました。

水木しげるロードがオープンして、私も 1997 年に訪問していました。聞くと、最初の頃は全て の商店街が賛同した訳ではなかったので、賛同さ れた商店街に 23 体のブロンズ像を設置した。そ うすると、1 カ月ほどして、ブロンズ像が盗まれ てしまった。ブロンズ像が盗まれたことがニュー スになり、それで有名になって、人々が遠くから 来られるようになったそうです。





水木しげるロードは、無料のテーマパークということで、キャラクターの着ぐるみも沢山いて、もてなしてくれます。世代を問わず、すごく面白いところです。関連するサービスや商品も開発されていて、ご覧のような目玉おやじの和菓子も販売され、単に食べるだけでなく、記念写真の撮り方も提案されています。道路は普通、A地点からB地点に、スムーズに移動するために整備されることが多いのですが、ここは広場のようです。人々が楽しそうに佇んでいます。ブロンズ像と記念写真を撮るために順番待ちもしていました。

境港市の人口は3万4000人ほどなのですが (2016年)、水木しげるロードを整備する以前は 年間で約2万人訪問されていたのですが、整備後 は最大で年間372万人、来られています。他の年でも、年間200万人がコンスタントに来られています。ただし、年月が経つにつれてエイジングも 進んでおり、リニューアル計画が検討されました。メニューとしては、車道の一方通行化、夜間

景観のデザイン、妖怪ブロンズ像の並べ替えなど となります。

この時点では私はまだリニューアルプロジェクトに参加していません。既に専門家チームが参加されて、プランを練っておられました。模型、そして、ある場所からCGパースを描いて、設計案を検討されていました。一方で、道路を一方通行化することは結構、大きな問題です。また、水木しげるロードは既に注目度の高い施設ですので、どのようにしてリニューアル後の姿を紹介していくかは、大きな検討事項でした。

VR を使って、都市開発やまちづくりを支援する仕事は、既に全国各地で、様々な企業がなされています。その中で、今回、関係者の方からご相談をいただいたのは、ブロンズ像をどうやって作るかということです。ブロンズ像を水木しげるロードリニューアルプランで作る VR に入れたいが、ブロンズ像は、現在 153 体もあり、それぞれの形は違うし、図面がない。そのため、現地で1対ずつ測量して、テクスチャを付き 3D モデルを1個ずつ作っていくと、1個作るのに約1週間かかるため、結構なコストアップになってしまう。

VR制作

課題

153体+新規24体のプロンズ像
 各々異なる形状、穴めき形状を含む

従来法

現地測量・3DCAD/CGソフトでモデリング
 膨大な時間とコスト





その頃、研究室では、後でもご紹介するMRシステムを開発する中で、たくさんの写真からテクスチャ付き 3D モデルを作る検討を行っていました。153 体もの3D モデルを作ったことはありませんでしたが(笑)。この技術は、ストラクチャ・フロム・モーション(SfM)、または、フォトグラメトリと呼ばれたりします。まず、たくさんの写真を連続的に撮影します。撮影するにあた

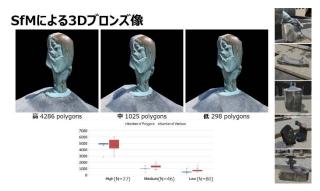
り、コツは多少あるのですが、それほど難しくは ありません。撮影した写真を、今回の場合は市販 のソフトを使うと、写真同士で、同じと思われる 点などを検出してくれます。その結果、撮影した 写真を位置や向きを推定すると共に、粗いながら も対象物の点の集まり(点群)を自動的に作って くれます。この粗い点群をもとにして、密度の高 い点群を自動的に作ってくれます。できあがった 点群は確かに密度が高いのですが、点の集合ゆ え、点と点の間は隙間なので、影の表現などはで きない。なので、点を3個ずつ結んで三角形をた くさん作ることで(「メッシュ」といいます)、影 などの表現ができるようになります。

SfMによる3Dブロンズ像



ブロンズ像はこの方法で写真から作ることがで きます。一方、このタスクの進め方について、私 がこだわっているのは、自分たちで全部、受け止 めて作業するのは止めようと考えてきました。出 来上がりの質を確認しつつも、できるタスクはみ んなで役割分担して取り組んでいこうという考え です。ブロンズ像の場合で言えば、写真を撮影す る作業は市役所にお願いをしました。水木しげる ロードでは、当たり前の風景として、観光客がブ ロンズ像の周りにおられます。ブロンズ像を写真 から作成する場合、ブロンズ像以外のものが写真 に入るとノイズになってしまいます。ですから、 観光客がいらっしゃらない時間帯、さらには、曇 りの日に撮影する必要があります。曇り(影のな い時間帯) に撮影しないと、撮影された写真の影 が VR で表現する時間帯と変わってしまうと、表 現がおかしくなってしまいます。このような撮影

ルールと手順をお伝えして、写真撮影していただきました。また、リニューアルを機に新しく制作されるブロンズ像は、模型を作られていたので、アトリエで写真撮影させていただきました。



次に、作成する 3D ブロンズ像モデルの質ですが、品質の高い順に、高精度、中精度、低精度と3 つのクラスに分けて、有名な「砂かけ婆」は高精度で、そこまで近づかないであろうものは低精度で作りました。ブロンズ像だけではなく、土木構造物や周辺の建造物は、図面や立面写真から3次元モデルを作って表現しました。夜景は照明デザインを担当された LEM 空間工房様のプランに基づいて、VR を制作しました。



また VR を作るだけでなく、制作した VR をいつどのように見せるのかということについて、コミュニケーションの検討にも参加させていただきました。このような大きなプロジェクトになると、事業者さんに対して、どこからともなく「将来の姿がどのようになるのか、絵を見せてほしい」という話が出てくるものです。対応として色々な方法があるのですが、今回のプロジェクトでは、小

出しにしないで、あるタイミングで一気に披露し ようということを話し合いました。



公開の場となったのが、「怪フォーラム 2016 in とっとり」というイベントです。この怪フォーラムは、妖怪にちなんだ三つの県、岩手県、徳島県、鳥取県の知事が来られるイベントです。市長さんも来られます。このイベントには200 名位来られ、プロのアナウンサーに朗読してもらいながら、私のほうで VR の操作をしました。その時の様子を、ビデオでご覧いただきます。

(https://www.youtube.com/watch?v=0sC5zPjTo fM)

(アナウンサー) ここからは一方通行化によって、歩道が大きく広がります。来訪者が妖怪たちと楽しく触れ合ったり、ゆったりとくつろいだりする大きなスペースをデザインしています。

(無言)

(アナウンサー) 道路の仕上げは、これまでの アスファルト舗装から、落ち着いた和の雰囲気と なります。

福田 プレゼンテーションでは道路や歩道を単に歩くだけではなく、VR ならでは魅力的な見せ方にしようと、「一反木綿」という『鬼太郎』のキャラクターに乗って、新しい水木しげるロードを案内しています。

(アナウンサー) ブロンズ像は妖怪神社を中心 に、シーサーや閻魔大王といった神仏や、吉凶を つかさどる妖怪たちが配置されています。

(無言)

(アナウンサー) このスペースは、沿道のお店 の荷さばきや、お客さまの一時停車にご利用いた だけます。

(無言)

(アナウンサー) 大正川の交差点も変わります。

このような感じで、プレゼンテーションさせていただきました。プレゼンテーションの後でも、VRは自由な視点ですぐに見ることができるので、後でご覧いただくこともできました。実は、このプレゼンテーションで大きな変化がありました。



水木しげるロードは、JR 境港駅から水木しげる記念館までの800メートルを指すのですが、県道区間と市道区間が含まれています。見てお分かりのように、怪フォーラムの時点では、両者の区間で舗装が違っていました。VR プレゼンテーションをご覧になられて、もう少し力を入れて進めようという話になりました。

VRで舗装の色を変えるなどは時間もかけずにできるのですが、現実世界でこのままできてしまうと、県道と市道の境界はわかってしまいます。そして工事をやり直すとなると、大変なコストと手間がかかることになってしまいます。今回はまだ設計段階でしたので、VRの上で、修正案を検討して、最終案としてはこのような感じで、県道と市道で一体的な景観ができあがりました。つながったと。このことは VR を活用できた大きな点です。

さらに、プランを作るだけではなく、市民の方に新しい水木しげるロードをPRしていきましょうということで、水木しげる生誕祭などで、HMDをかぶってもらいながら将来像を見てもらったり、市役所の担当者が小学校を訪問して自分たちの将来のまちを考えてもらったりしました。



このようなプロセスを経て、水木しげるロードは、2018年に完成しました。こちらは完成後の 実写ムービーになりますので、ご覧ください。

(https://www.youtube.com/watch?v=W00B1TfZG
C4)

(映像)



この成果を学術的にまとめて、トルコのイスタンブールで開催された、CAAD Futures 2017 国際学会で発表しました。我々にとって、研究論文として発表することは、以前にも増して、求められていることだと感じています。

●VR 安土城 (滋賀県近江八幡市)

次は、滋賀県近江八幡市で進めた、VR 安土城 というプロジェクトです。こちらは、新しい建造 物をつくるのではなく、かつて存在したといわれ る遺跡などをデジタルで復元したものです。この ようなプロジェクトは、デジタルへリテージと か、デジタル遺産と呼ばれています。

戦国時代の武将、織田信長は、天下を目指して 1579年に安土城天主が完成しましたが、わずか3 年後の1582年に本能寺の変が起こってしまいま した。



この写真は繖山から、安土城があった安土山を 眺めた様子です。この山の向こうが琵琶湖になり ます。安土城が創建された当時は、安土山の周り の多くは湖の一部だったと言われています。水に 囲まれた地形的には防御性能に優れた山だったことになります。

安土城は、それほど高くない安土山の頂上に天 主が設けられている。安土山の中腹に羽柴秀吉ら の家来のお屋敷があり、麓に城下町をつくりまし た。平成の時代になって、発掘調査が行われて、 現在はこのような感じで遺構が復元されました。 こちらは大手道というメインストリートで、ここ から登っていきます。登り切ると、天主の礎石が あり、美しい琵琶湖や湖北の地域が見えてきま す。



この地に安土城を復元する、実物の建造物を復元することは大きな壁が立ちはだかりました。地域一帯は、特別史跡に指定されています。まず、図面や写真など正確な資料がないと復元は難しい。さらに、もし資料が見つかったとしても、安土山の頂部に建物を建てるとなると、建設費が非常にかかります。ただ、安土城は、やはり姫路城、熊本城、大阪城、名古屋城などと並んで、トップクラスで人気のある城ですから、何らかの形で復元できないかという話がありました。

平成の大合併によって近江八幡市と安土町が合併する頃に、VR 安土城プロジェクトが立ち上がりました。旧近江八幡市域、旧安土町域にある様々な組織にも参加していただきながら、VR 安土城創造会議という組織をつくり、その下に、プロジェクトチームをつくって推進していこうとなりました。

2011年度: 安土城天主の3Dモデル化



組織はつくりましたけど、予算は少なかったようです(笑)。その中で、まずは天主を作ろうとなり、歴史とデジタル技術がご専門である花園大学の師茂樹先生にお願いして、安土城の天主の3Dモデルをつくっていただきました。天主の構造は諸説ありますが、内藤昌先生のプランを基にしました。



予算は少ないものの大切にしたいプロジェクトでは、実用レベルのアプトプットをわかりやすく出していき、ファンを増やしていく必要があります。近江八幡市と色々と調べる中で、京都高度技術研究所様が、タブレットの現在位置を GPS で感知して、その場所で、その当時の風景が 360 度のパノラマのムービーで表示するシステムを開発されていました。このシステムを安土城版にカスタマイズしてもらおうとなりました。



プロジェクトチームのメンバーとも意見交換しながら、VR 体験する視点場やまち歩きルートを検討しました。例えば、セミナリョ跡、浄厳院、八幡山などです。こちらは、安土城の外堀で舟に揺られながら、VR 体験している様子です。タブレットが外堀にポチャン、と落ちてしまわないか、ちょっと危ないなと思うのですけれども(笑)。こちらは360度のパノラマの原図で、少々間延びした絵のように見えますが、システムに組み込むとパノラマチックに体験することができます。



安土山の麓までやって来ると、ご覧のように、 お城のメインエントランスが見えてきます。こちらは、安土城考古博物館の前からの VR 体験の様 子ですが、過去と現在を比べる時に必ずあったほうがいいことは「共通となる何か」です。安土城の場合、当時の安土山のスカイラインが現在も大して変わらず残っています。そのため、現在の同じ位置から眺めた風景だと確信できることは大切だと思います。

他に、映画とコラボレーションしたり、新聞や テレビにもたくさん取り上げていただきました。 この結果をしっかりと集めて、VR 安土城プロジェクトはこんなに注目されていますよ、と、内部や外部の方々にお伝えして、ファンを増やしていきました。

次に、VR 安土城をどこまで高精度につくることができるのか、となり、高精度シアター型のVR 安土城が動き出しました。このプロジェクトでは、近江八幡市がプロポーザル方式により推進し、当選された凸版印刷様が制作されました。私は技術的な監修などをさせていただきました。

高精細に作るためには資料収集が大切ですが、 対象によりその状況は大きく異なっています。天 主については、様々なスケールの模型が復元され ており、現地取材をした上で、3Dモデルを作成 しました。次に、羽柴秀吉邸は、想像図ですが模 型が復元されています。千葉県佐倉市にある国立 歴史民族博物館で展示されている、復元された模 型の街並み、『洛中洛外図』、近年再整備された金 沢城も参考にしています。

このような情報を基にして、各施設の 3D モデルの形状をつくり、テクスチャマッピングを貼りこみ、安土城全体や城下町、さらには大規模な地形までをつくりました。最終的なアプリケーションとして、約15分のショートムービーと、VR として、自由にウォークスルーができるマニュアル操作版をつくりました。きょうはこのショートムービーのダイジェスト版を、ちょっとご覧いただきたいと思います。



ショートムービーのシナリオは、安土城を造っ た大工の棟梁、岡部又右衛門がポルトガルの宣教

師ヴァリニャーノを案内していきます。完成版を 文芸セミナリヨっていうホールでお披露目しまし た。ダイジェスト版をご覧ください。

(https://www.youtube.com/watch?v=QnnVxMNiZ
oo)



VR 安土城高精細版が完成したとき、常設のシアターとかは予定されておらず、システムだけをまずつくりました。その状況で、上映会を開催したところ、400 名収容のホールが満席になりました。まさか満席になるとは誰も予想しておらずビックリしました。



ショートムービーの上映が終わり、パネルディスカッションの最後のプログラムで、会場の方に対して、VRコントローラー使ってVR安土城を歩いてみたい方と聞くと、沢山の手が挙がりました。そこで、ステージに上がっていただき、コースを選んでもらいました。羽柴秀吉コース、千利休コースなど、バーチャルツアーを一通り楽しめるメニュー、そして、大手門や黒金門などのある地点に立って、そこから自由にウォークスルーするメニューを用意しました。参加者がVRウォー

クスルーしている間、司会者が解説しながら実況 中継したのですが、これは、結構、盛り上がりま したね。参加者にとっては、一方通行的に見せら れるだけではなくて、希望する参加者が参加の度 合いを深めることができるのは、こうしたイベン トですごく大切なことだと思います。



この上映会が大盛況だったこともあり、上映会をもう1度やってほしいとなりました。そして、2回目も400名満席となり、こうした状況を受けて、常設のVRシアターも必要となり、『安土城天主信長の館』の中にVRシアターを整備しています。

もう一点、近江八幡市様が検討されたことをご紹介します。VR 安土城に関して、VR 使用料に関する条例と規則をつくられました。このような映像を作ると、映像の貸借の要望が出てきます。視察の対応と同様、担当部署は結構、手間がかかります。

VR 安土城高精細版の研究成果については、ブラジルのサンパウロで開催された、CAAD Futures 2015 国際学会で発表しました。

ここまでが VR の事例で、次に MR の事例をご紹介します。その前に MR と VR の違いについてですが、VR はこれまでご覧頂いたように、現実らしくつくっているのですが、今、我々がいる現実世界とは、直接つながりはありません。この図で、右端が VR です。左端は、我々がいる現実世界です。この間には現実と仮想の世界が混ざっていて、AR や MR が定義されています。

AR は、現実と仮想が混ざり合う中で、仮想 (デジタル)の割合のほうが少なく、現実世界の ほうが多い。一方、仮想の割合が多く、現実世界 のほうが少ないのは、AV (拡張仮想)と呼ばれます。MR は、現実と仮想が混ざり合う割合はさて おき、現実と仮想がとにかく混ざっている状態を 指しています。これは MR の本来の定義なのですが、最近では、AR の発展系が MR という定義づけがなされたりもしています。

●丹後国分寺五重塔 復活 AR (京都府宮津市)



丹後国分寺に存在した五重塔をARで復活させたいという相談がありました。近くには日本三景・天橋立があります。この視点場は、駅からアクセスしやすい「飛龍観」と呼ばれる天橋立の風景です。天橋立の西側には阿蘇海が広がり、その阿蘇海に面した場所に国分寺跡があります。奈良時代、聖武天皇が、国分寺建立の詔を布告したと言われています。その後、室町時代の画家・雪舟は『天橋立図』を描き、そこには五重塔が描かれています。



この写真は、国分寺の跡です。現在は原っぱのようで、五重塔の礎石や金堂の礎石が残っていて、前には、阿蘇海があり、天橋立がある「天平観」と呼ばれる風景となっています。





ご覧のように、並んだ礎石が残されていますが、当時の資料はほとんど残っていない。手掛かりは、雪舟『天橋立図』であり、最初は『天橋立図』の五重塔が現地で見たいという話でした。自分なりにまずは『天橋立図』の五重塔を立ててみようと試しました。しかしながら、MRをやってきて感じるのは、見る前はそのままの姿を見たいと思うのですが、実際にMRで表示してみると、意外に「ふうーん」となることがあります。表示されたその瞬間は面白かったりしますが、その後が続かない。さらに今回は夜に現地でMR体験してほしいということで、条件は簡単ではありません。



次に、ご覧のように法隆寺の3Dモデルを置いてみました。学芸員さんとお話ししてわかったのですが、丹後国分寺五重塔は法隆寺よりもかなり後の時代に建てられており(室町時代)、建築技術が進化しています。五重塔の逓減率とは、塔の上層と下層の幅の大きさの差を言います。そこで、丹後国分寺五重塔と同じ室町時代に建てられた福山市にある明王院の五重五重塔の逓減率を参照しましょうとなりました。

イベントが始まる前の告知映像として、トレーラーを作りました。ご覧ください。

(https://www.youtube.com/watch?v=- Km7HT_pAB4)



AR の実装を進めていきます。夜間にこのような大きなスケールでやることは、中々ないことです。仮想のキャラクターや環境映像を表示するのであれば、現実と仮想の位置合わせは気を遣う必要はそれほどないかもしれません。しかし、五重塔は、できるだけ正確な位置に建てたい。高さ40メートルもあります。また、夜は真っ暗なので(満月の夜でもほぼ0ルクス)、あまり自由に

歩いてもらうシナリオとしては、安全面が気になります。そこでまず、AR体験する場所(視点場)を決めましょうとなり、丹後郷土資料館の前としました。この視点場から礎石までの距離は約50メートルもあります。この条件で、礎石の上に五重塔モデルをどうやって建てるか、言い換えると現実と仮想の位置合わせをどう実現するか、は大きな課題となりました。後で詳しく説明します。

次に、五重塔 AR は、参加者自身のスマホで体験してほしいと考えました。さらに、専用のアプリを作ると、わざわざアプリをダウンロードしてくれない。そこで、参加者自身のスマホで、それもウェブブラウザで AR 体験してもらえないか、となりました。さらに、演出が必要だと話合いました。五重塔が単に現れるだけでなく、アーティスティックに演出できないかと検討しました。

位置合わせの話に戻ります。少しテクニカルな話になりますが、位置合わせについて説明すると、実写の中の然るべき位置に、3Dモデルを、然るべき大きさや向きで配置することです。五重塔ARの場合では、礎石の上に、五重塔をできるだけ正確に建てて、視点場からの見た目が高さ40メートルになる必要があります。この位置合わせの方法はいろいろと研究されてきましたが、正解はまだないのです。

ロケーションベース法は、GPS、3D ジャイロセンサなどから取得可能な位置・姿勢の情報を利用して、位置合わせする方法です。

次に、ビジョンベース法は、画像認識・空間認識などの技術を応用して、目の前にある環境を直接認識・解析することで位置合わせする方法です。これには、マーカー法やマーカーレス法があります。

今回は、どの方法も完全に決め手がない中で、 全て自動で位置合わせするのではなく、ユーザの マニュアル操作(インタラクション)も加えて、 次の方法で、位置合わせすることにしました。



1個の照明を16個ある礎石の真ん中に置きます。ユーザは、現地に置かれたQRコードをスマホで認識させると、ウェブブラウザが起動して、五重塔ARのサイトにアクセスします。そして、画面上に、クロスの画像が表示されます。ユーザは、このクロス画像を、礎石中央にある照明と重なるように画面を調節してもらい、重なったときに「ARスタート」ボタンをタップしてもらうと位置合わせが完了するという流れです。ユーザ頼みにはなりますが、ユーザも多少のゲーム感覚で参加意識を持ってもらえるのではないか、と考えて実装しました。



一方、ウェブブラウザでAR体験するために、ウェブARという技術の開発が進んでいます。課題としては、五重塔を3Dモデリングすると、面(ポリゴン)の数がすごく増えてしまいます。一方、ウェブブラウザで3Dモデルを扱える上限がありため、10万ポリゴンを目標として3Dモデリングを行いました。五重塔を演出するために、外観の見た目はできるだけ実際に近づけつつ、塔内

部など見えない部分はモデリング量を抑えてあります。

さらに、どのように五重塔を演出するかについて、イベント開催期間(2020年10月31日~11月23日)は、夜の演出プログラムが各所でされていて、五重塔ARを体験する視点場の背後に資料館があるのですが、この辺りの施設をLEM空間工房様が、照明デザインをされています。資料館の展示コーナーには、『天橋立図』がいわゆる里帰りをしています。そこで、五重塔ARを体験する時に、現実の照明ライトアップとCGで描く照明をリンクさせられないか、とアイデアが出されました。すなわち、ユーザがAR画面越しに眺めたとき、現実の照明と、CGの照明があたかも融合しているように見せようとなりました。



ユーザが現地で実際に体験するコンテンツは、3分強あるのですが、少しご覧ください。ただし、現実とCGを合成したARを綺麗に動画キャプチャすることがまだ難しいので、今回ご覧いただくのはそのCGだけになりますが、ご覧ください。

(映像)



ここからは、現地体験した際のAR静止画のキャプチャをご覧いただきます。このような感じで実際に体験して頂きました。

現地でAR体験されている様子を観察していて面白かったのは、五重塔ARは最後、金色に光り輝いてさらにつぶれていくのですが、AR体験が終わったとたんに、体験者の方が「礎石の辺りにこぼれた砂金、取りにいこう(笑)」とか言って話が弾んでいました。





ARの面白い点は、現地とデジタルが重なりあうことで、五重塔の高さが40メートルあることが夜ですと少々わかりにくいのですが、昼間にAR表示させると、自転車に乗った人たちが現れて人は2メートル足らずですから、五重塔の大き

さがよく分かります。その他にも、現実の満月と 仮想の五重塔を一緒に撮影したり、新型コロナウ イルスの感染症の収束を願って打ち上げられた現 実の花火と撮影したりもできました。さらには、 ご来光のときに行ってみると、また違った体験と なっています。

技術面では、それぞれのユーザが持つスマホの多様化が進んでおり、その対応には苦労しました。特に、画面の縦横比(アスペクト比)がバラバラです。iPhoneの画面の縦横比は、よく似ていますが、Androidの場合は、機種によってバラバラなので、五重塔の上部が切れてしまったりします。できるだけ五重塔の全景を画面内に入れるため、調整には結構、苦労しました。

●メディア・アーキテクチャ

メディア・アーキテクチャについてお話しま す。

(ラスベガスの映像)



メディアアーキテクチャ 機運の高まり

- ・メディアやテクノロジーの建築環境への 統合
- ビルのファサードへ電子機器が組みびまれ、ネットワーク化
 メディアファサード
 デジタルサイネージなど
- ・ テジタルサイネージ など
- ◀世界で最も高いLEDサイン ラスペガス 高さ80m、幅20m、カーブ
 - ラスベガス▶ フリーモント・ストリート・エクスペリエンス 長さ457m、幅27m



ラスベガスです。右の映像は、フリーモント・ストリート・エクスペリエンスです。商店街の活性化のために、当初は電飾が付けられましたが、既にLEDに代わっています。

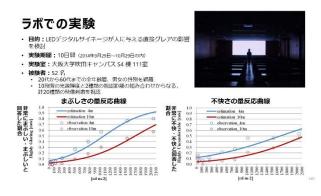
左の映像は、高さ80メートル、幅20メートルもあってさらにカーブしている。世界で最も背が高いLEDサインと言われています。スケール感が中々分かりにくいのですが、デッキ上に人々が歩いています。

次にご覧いただきたいのは、中国の深圳の事例です。こちらは、東西方向に長さ1キロ、南北方向に長さ2キロあります。この広場の周りのビルが連動して、非常に大きな規模でメディアファサードが演出されています。

日本では、屋外に大型ディスプレイを設置する場合には、屋外広告物や景観などの法律や条例との調整、場合によっては新たなルールづくりの必要性が出てきます。また実現に向けては、公共性、公益性の担保したプランを検討し、社会実験を実施するなどして、専門家や市民の評価を基に、常設への課題を抽出していくという進め方をとります。

経済効果などを考えていくと、絶対的に不要ではないため、国内でもニーズが高まってきています。

以前、大阪府、大阪市の景観担当からデジタルサイネージに関する基準を作りたいと相談がありました。デジタルサイネージの場合、背景の状況によって印象は変わります。背景が明るければ相対的に暗く見えるし、背景が暗ければ相対的に明るく見えます。



まずは、できるだけ基本的な状態で値をとって みました。2014年、大学の講義室に、かなり大 きなディスプレイを設けて、ディスプレイから 4 メートル離れた場合と、10 メートル離れた場合 で、ディスプレイの明るさをランダムに段階的に 変化させて、被験者はまぶしいと感じるかどう か、不快かと感じるかどうか、印象評価実験を実 施しました。

20 代から 60 代まで合計 52 名の方にご協力い ただきまして、アンケート結果を分析しました。 この図をご覧いただくと、例えば、ディスプレイ から4メートル離れて見た状態というのは、歩道 の車道に近い側からビルに付けられたサイネージ を眺めた感じになります。この場合、3割の人が 不快だと感じる輝度は、1000 カンデラ/m² となり ました。1000 カンデラ/m²の輝度はどの程度の明 るさかというと、今、私がプレゼンテーションし ているノートPCの液晶ディスプレイが、大体 200 から 300 カンデラ/m²です。この液晶ディス プレイを眺めてまぶしいと感じる人はほぼいらっ しゃらないと思います。もし、まぶしいと感じる 方が大勢いらっしゃったら耐えられず、プレゼン テーションは止めていることでしょう (笑)。次 に、10メートル離れて見た状態というのは、車 道を隔てて対岸の歩道からビルに付けられたサイ ネージを眺めた感じになります。この場合、1000 カンデラ/m²の輝度ですと、15パーセントぐらい の人が不快だと感じることがわかりました。この 実験は、LEDディスプレイの背景が真っ暗(低輝 度)の状態で実施したため、例えば住宅地のよう な状態、ディスプレイの感じ方からすれば一番厳 しい条件で行ったことになりますが、データを得 ることができました。

大阪市デジタルサイネージ等 取扱要綱

- 設置地区: 重点届出区域 (大阪駅周辺、難波駅
- 前提条件:にぎわいの形成やまちの魅力向上につながるデザイン性の高いもの。 中層部の場合は、地域独自の基準や協議体制を設けていること
- 設置期間:常時設置/一定の期間設置 or イベント期間のみ一時設置
- ・ 設置位置: 低層 or 中層
- 大きさ
- 輝度:日中3000 cd/m²以下
 夜間800 cd/m²以下

大阪市景観読本 https://www.city.oseka.lg.ip/toshikeikaku/page/0000411338.



大阪市では、デジタルサイネージの要綱をつくる必要があるということで、景観上重要な地域にまず絞って、ディスプレイ輝度については、先ほどご紹介した実験データを基にして決めていきま

した。昼間は3000 カンデラ/m²、夜間は800 カン デラ/m²以下を基準にしています。

この要綱に基づいて、現在では、大阪梅田駅の 阪急百貨店に設置されているサイネージ、この横 断歩道向かいの JR 大阪駅に設置されているサイ ネージは基準の中で運用されています。

●渋谷スクランブルスクエア

次に、東京渋谷のスクランブルスクエアでの取 り組みについてご紹介します。超高層ビルの下層 部に800 m²弱の大きなディスプレイの設置を検 討されていました。東京都屋外広告物条例であれ ば、高さ52メートルまで設置できるため高さの 点では OK なのですが、大きさは 100 m²以内でな いといけない。一方、景観形成指針では、地盤か ら高さ10メートル以内に設置しないといけない ため、適合していないという課題がありました。

渋谷スクランブルスクエアの 大型ディスプレイ計画

- 北面と東面ファサードに連なる逆三角形型
- AUBIC 本語 アクラ m² ・ 機画館: 779 m² 既存の規制の部標を設過: 세京字外 ・ 東京都国先店物条例: 減さ52m以下、100m²以内 ・ 東京都の大規模建築物等以観形成指針: 地盤か5高さ10m以内
- **渋谷駅周辺:2011**年に都の認可を受けた「渋谷駅中心地区大規 模建築物等に係る特定区域景観形成指針」に基づき、「質の高い個性ある景観づくり」を推進中





事業者が丁寧な検討と協議を繰り返していく中 で、2019年、国から屋外広告物規制の特別許可 を取得した後、安全と景観への影響や情報発信の 効果について社会実験を通じて検証することにな りました。実証実験のメニューは、大きく4つ設 定しました。私のほうで全般的にアドバイスさせ ていただきながら、交通安全性と来街者への影響 に関する実験を組み立てました。

社会実験を組み立て、さらに実施するには、か なりの労力が正直かかります。そのため、実験を 現物で行うのではなく(社会実験)、VRを使って 仮想的にできないかということも検討しました。 しかしながら、通常 VR に使用しているディスプ

レイは、200~300 カンデラ/m2 程度ですから、現 物の LED ディスプレイ同様の輝度で体験すること ができない。今回は前例のない大変重要な取り組 みということもあって、VRではなく、現物の社 会実験で行うことになりました。

因みに、最近になってわかったことですし米国 の事例ですが、LEDで構成されたドーム型ディス プレイが最近では開発されており、恐らくこの LEDディスプレイであれば、高輝度の表示はでき るのではないかと思います。

(https://www.es.com/domex/)

社会実験ではまず、交通安全性<電車>につい て。渋谷スクランブルスクエアの隣には、JR山 手線、埼京線という、重要な路線が通っていま す。運行車両に指導担当員さんに添乗いただいて 実験を行いました。ディスプレイに表示する映像 としては、赤信号と見間違えたら大変なので、赤 系の動画を配信して、後でヒアリング調査を行い ました。結果、信号機等の視認性には問題なく、 交通安全上問題ないと判断できました。但し、画 面の変化や点滅には注意すべきであることは確認 できました。

交通安全性<自動車>について、運転者にアイ マークレコーダーを装着してもらい、実際に運転 をお願いしました。運転者には、LEDディプレイ の存在を事前に告知せず、渋谷スクランブルスク エアの周囲にある、明治通り、ファイヤー通り、 文化村通り、宮益坂を運転してもらいました。運 転者がどこを何秒程度見ているかはアイマークレ コーダーで記録されており、後で解析することが できます。結果として、ディスプレイの存在は、 信号機等の視認性には問題なく、交通安全上問題 ないことが判断できました。

判断したデータの一つに、わき見時間がありま す。わき見時間が1.38秒を超えると、自動車が その間にかなり進んでしまっているため危ないと いうデータがありました。今回の実験結果では、

デジタルサイネージに視線を移したと思われる最 長の秒数は、1.3秒でした。そこで、この箇所を 分析しました。アイマークレコーダーでは、左目 の視点がプラスの図形、右目の視点が四角で、両 目の視点はその中間を計算して円で表示されてい ます。ここで気になるのは、サイネージを注視し たのか、それとも運転する際の視線の延長線上に たまたまサイネージがあったのか(注視はしてい ない)ということです。その前後の視線の移動を さらに確認してみると、路上駐車車両への視線時 間等と大きな差はなく、急激な視線の動きや注視 ではなく、通常運転上の範囲で視界に入ったもの であると確認できました。但し、「赤い模様だっ たので、信号の色味と似ているという印象はあり ました。」という内観報告には留意することがあ ると確認できました。

次に、来街者への影響として、ディスプレイ輝 度の調査を取り上げます。年代と性別のバランス を考慮しつつ、たくさんの方に参加していただき ました。渋谷スクランブルスクエアの足元から、 ディスプレイの重心まで78メートルと随分離れ ている状況で実験を行いました。先ほどの講義室 での実験と同様に、白色系の輝度を、ランダムに 段階的に変更していき、一定時間ディスプレイを 眺めてから印象を評価してもいました。結果、ま ぶしさ、不快さについて、それぞれ、1000カン デラ/ m^2 、1200 カンデラ/ m^2 あたりで、「まぶしく ない」から「まぶしい」、「不快でない」から「不 快だ」と変化することがわかりました。このデー タを踏まえて、まぶしさ及び不快さを感じない夜 間輝度上限値は1,000 カンデラ/m²としようとな りました。

音量については、サイネージに付いている BGM などの音を足元で配信したいがどの程度の大きさとすべきかデータが必要となりました。65 デシベルとは通常の地区であればかなり大きな音だと感じるのですが、渋谷のこの地区では普段の状態で65 デシベルあることが事前の調査で分かりま

した。この状態に、どの程度の音量を加えたらよいのか、音量をランダムかつ段階的に変化させて 実験しました。

まとめ

- 社会実験を踏まえ、周辺影響に対する基準作りとして、交通安全上留意すべき映像表現など、エリアマネジメント屋外広告物の地域ルール見直しを実施
- また、ディスプレイ輝度と音量の上限などを運用マニュアル上に定義
 - 同様の社会実験計画・実施時の参考
- ・実証実験第2フェーズとして、実際 の広告販売を行い収支シミュレー ションを検証し、まちづくりへの貢献 の仕組みを検討した上で、2019 年11月より本格稼働



このような実験を踏まえ、運用マニュアルを見直した上で、2年ほど前、渋谷スクランブルスクエアに大型ディスプレイが設置されました。オープンに合わせて、世界の作家を対象とした映像コンペが開催されました。ディスプレイでは、広告に加えて、選ばれた映像作品が上映されています。

(https://www.youtube.com/watch?v=3F5G5vCMZ

●近未来の実用化に向けた XR-AI 研究

ここまでが、実社会で取り組んだプロジェクトです。残りの時間では、近未来の実用化に向けて、研究室の学生たちと一緒に研究している内容をご紹介していきます。

実は、ここまでご紹介してきた実社会のプロジェクトは、学生さんとは一緒にやっておらず、行政さん、企業さんらと社会人のチームを組んで進めています。そして、将来につながる基礎的な研究を学生さんと取り組んでいます。学術的な成果をまとめて、国際学会で発表したり、ジャーナル雑誌への投稿を心がけています。世界大学ランキングなどを見てもお判りのように、日本の大学は、世界の中で相対的に存在感がなくなってきています。Web of Science (ウェブ・オブ・サイエンス)や、Scopus (スコーパス)という学術論文データベースには、ジャーナル雑誌や国際学会プ

ロシーディングに掲載された論文が登録され、さらにはその論文が引用されることで、個人や組織の研究力が評価される仕組みになっています。学生さんたちにもこうした世の中の動きを伝えると共に、最先端の研究に取り組んで、リジェクトを恐れずに国際コミュニティに投稿していこうと、進めております。



一つ目のテーマは、MR の高度化です。先ほど の丹後国分寺五重塔 AR でも位置合わせについて お話させて頂きました。例えば、以前研究室があ った S4 棟を建て替える時の景観のビジュアリゼ ーションについて考えてみます。S4 棟を解体撤 去して、新しいオブジェ(工作物)を建てようと したとき、本来であればスライド右下のように表 現したいわけです。一方、一般的なMRで表現す ると、実写映像の手前に3次元モデルを置かれま すので、スライド右上のように、正しい姿ではな くなってしまいます。スライド右下のようにどの ようにして MR を実現していくかという問題で す。フォトモンタージュは、静止画(画像)であ り、このような表現は時間をかけてつくることが できるのですが、視点を移動させても正確に表現 できるよう、リアルタイムに高速計算したり、シ ステムが自動的に判断できる必要があります。

MR 実現に向けた道筋として、フォトモンタージュを作るプロセスを分解してみます。まず、実写の映像を撮ります。映像は画像(フレーム)が集まったものなので、以降は、画像で紹介します。この画像の中で、解体撤去する建造物を選びます。最近では、深層学習により自動的に選ぶこ

ともできるようになってきました。そして、選ん だ画素(ピクセル)を現実世界に存在しない色 (純色の緑)で塗りつぶします。塗りつぶした純 色の緑のピクセルをマスク処理して、透明としま す。透明に設定すると、建造物の背後が見える状 態になりますので、背景の情報を用意しておく必 要があります。こうすると、現実の世界にはS4 棟がまだ建っているのですが、画面越しには存在 しないように見えます。このように、仮想的に消 す技術はDR (Diminished Reality: 隠消現実) と呼ばれます。DRは、既成市街地で再開発する 際には必要な技術になるだろうと思い、取り組ん でいます。続いて、新しく建設する 3D 設計モデ ルを合成します。この段階で必要な MR 表現は出 来上がったようにも思えますが、現実には3D設 計モデルの手前に樹木があるので、樹木など前景 となる要素を抜き出して合成することで完成しま す。この処理を、自動的にリアルタイムにコンピ ュータで実行させる必要があります。この辺りの テーマについて、ここ6、7年ほど取り組んでき ました。

最初に開発したのは、ゲームエンジン(ゲーム を開発するソフトウェア)の上で、必要なモデル を定義していく必要がありますが、これら全てを 事前に定義しておく方法です。つくっておこうと いうことですね。こちらは先ほどのS4棟とは別 の実験地になりますが、現在、レストランの建物 が建っています。この建物の3Dモデルをつくっ ておき、純色の緑で塗りつぶします。塗りつぶし たら背後が見えてくるため、背景にある研究棟の 3D モデルをあらかじめ作っておく。これらの 3D 建物モデルの作り方ですが、設計図からBIMソフ トウェアで作っても、ストラクチャ・フロム・モ ーション(水木しげるロードリニューアルでブロ ンズ像を作った方法)で写真から作ってもいい。 別途、レストランの建物を解体撤去した後に新し く建設する 3D 設計モデルを作ります。さらに、 現実と仮想の前後関係を正確に表現することをオ クルージョンと呼ぶのですが、街路樹など現実世界の何かが 3D モデルよりも手前に現れるときには、この 3D モデルもあらかじめ作っておきます。このような方法からスタートしました。

マスク画像について説明します。画像と同じ大きさの画像を用意して、処理したい画素は白 (255)、処理しなくない画素は黒 (0) で表した 画像をマスク画像と呼びます。既に、テレビ番組 などでも良く使われているのですが、バーチャル 背景 (CG) の中に合成したい俳優の背景に現実であり得ない純色の緑のスクリーンを用意して撮影します。俳優のエリアを白、緑のエリアを黒としたマスク画像を作成することで、バーチャルスタ ジオができます。



このような MR をリアルタイム処理でやるべ く、ご覧頂いているのは、数年前の成果です。ご 覧の建物は先ほどもご紹介したものですが、この 建物を解体撤去して、新しい建物を景観ビジュア リゼーションしたらどうなるか、MR で描いてい ます。解体撤去して見えてきた背景のビルは自動 的に描きます。上段はいわゆる景観、見え掛かり のシミュレーションです。下段は、緑のエリアの 変化を計測しています。緑視率を計算するため に、緑の画素を白く塗りつぶしています。白の画 素数を合計して全体の画素数で割り算すれば、緑 視率を求めることができます。また、カメラが動 くと、その動きに追随して、3Dモデルを正確に 描き直す必要があります。トラッキングと呼ばれ る技術ですが、この機能も自分たちで開発しまし た。開発したMRを実行してみると、色々と課題

が見つかります。例えば、MRを実行しているとき、歩行者が画面の中に入ってくると、トラッキングは破綻してしまいました。屋外では、自動車も目の前を通ります。別の課題として、緑視率を計算するために、緑色を自動的に抽出していますが、この時点では、画素に含まれる色相値で判断していました。そのため、樹木の幹は茶系なので、自動抽出できませんでした。次はこれらの課題を何とかしたい、となります。

●深層学習と MR のマッシュアップ

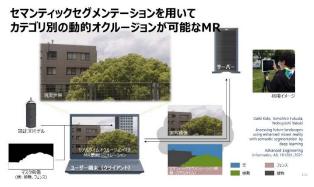
その課題を解決するために、深層学習とMRをマッシュアップすることを検討しました。深層学習では画像に含まれる要素を自動的に検出することができます。現在は、大まかに3種類あり、どんどん取り組んでいます。

物体検出を用いて、動的オブジェクトも検出できるDR(隠消現実)



まず、物体検出とは、画像の中にある物体の位置推定と、クラスの分類を同時に実行できます。要は、ライブ映像や写真の中に含まれている、人や自動車を自動認識して、長方形(バウンディングボックス)で表示します。検出した長方形を、先ほどからお話ししている純色の緑で塗りつぶしてマスク画像化し、そこに背後の3Dモデルを描くことでDR(隠消現実)を実現しました。この事例ですと、解体撤去する建物の3Dモデルは、先ほどご紹介した方法で事前に用意していますが、歩行者が画面の中に現れたら、深層学習で自動検出して、仮想的に消去する処理を行っています

(https://www.youtube.com/watch?v=0mYoRKXz5

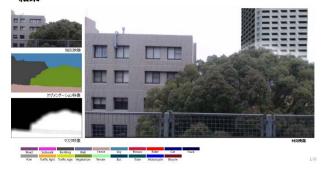


こうして、物体検出で歩行者を検出して長方形 の領域を仮想消去してみると、余分な領域も消去 されているため、もう少し正確に、物体の輪郭線 に沿って検出できないか、となります。これを実 現する深層学習のひとつは、セマンティック・セ グメンテーションを呼ばれており、画像内の画素 単位でラベルやカテゴリーを関連付けます。自動 運転などのニーズもあり、近年研究開発が著しく 進められています。セマンティック・セグメンテ ーションの処理は重たいため、ノートPCでは非 力過ぎるので、デスクトップ PC で処理する必要 があります。一方、景観を現地で検討する場所は 屋外であり、このようなデスクトップ PC を簡単 に持っていけず、ノートPCやタブレットなどの 端末で実行させたい。そのため、深層学習を処理 するデスクトップPCと屋外で検討するノートPC をネットワークでつなぐ、一連のシステム開発を 行いました。

こちらが実験の様子です。研究室の窓際で、ここから見える樹木の向こうに公園があり、そこに新しい建造物を建ててみるという仮想プロジェクトです。オクルージョン機能がないと、不正確な表現になってしまうので、正確なオクルージョン処理ができないか、カメラを動かしながらMR実験しました。左上は、ウェブカメラで撮影した現状のライブ映像です。この映像からセマンティック・セグメンテーションしています。この画像の

中で、ブルーは空、グレーが建物、グリーンが植栽。肌色がフェンスというカテゴリーに自動的に分類されています。このカテゴリーの中で、フェンスと樹木が新たな3D建造物モデルより手前に配置することを、あらかじめ定義しておきます。その結果、ご覧のように実写映像の向こうに、3D建造物モデルがリアルタイムにMR表示されるようになりました。

結果

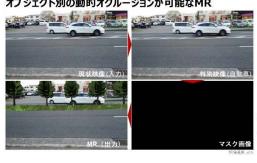


この実験を通じて分かった課題として、セマン ティック・セグメンテーションは、カテゴリー、 すなわち、種類で分類しますので、樹木であれば 検出された全ての樹木を同じ種類として同じ色で 塗りつぶしてしまいます。そのため、例えば、樹 木と樹木の間に3D建物モデルを挿入するとか、 自動車と自動車の間に 3D 樹木モデルを配置する とかはできません。このことをできるようにする 深層学習は、処理はさらに高度になりますが、イ ンスタンス・セグメンテーションがあります。こ れは、画像内の全画素にラベルやカテゴリーをオ ブジェクト (インスタンス) ごとに関連付けると いうモデルです。画像内に複数の自動車が存在し ていて、自動車はひとつの種類として扱われます が、個々の自動車は別々のオブジェクトとして認 識します。

このインスタンス・セグメンテーションを MR と統合したシステムを、ご覧いただきます。実験 対象地は、イナイチ(国道 171 号線)であり、画面右に進む2車線は西行き、左に進む2車線は東行きです。映像では、自動車が走っていますね。その中で、画面左に進んでいる東行きの自動車だ

けを検出しています。検出した自動車は、これまでと同じく、純色の緑で塗りつぶしています。塗りつぶした緑の画素をマスク処理して、前景として扱い、これらの前景となる自動車の向こう、そして、奥の西行きの自動車の手前に、中央分離帯の3D設計モデルを配置することに成功しました。ご覧いただいている動画のスピードですが、MR自体は実速度で処理していますが、オクルージョンの処理の様子がわかりやすいように、動画のスピードを0.5倍と少し遅くしています。

インスタンス・セグメンテーションと数学モデルを用いて オブジェクト別の動的オクルージョンが可能なMR



Mizuki Nakabayashi, Tamohino Fukuda, Nebuyoshi Yabuki Mixad Realityi Landscape Visualizatian Methad with Automatic Discrimination Process for Dynamic Octusion Handling Using Instance Segmentation 39th eCANDe Conference, Vol. 2, 539-546, 2021

こちらは他の事例です。こちらは深層学習を使っていませんが、デジタルツインという考え方を応用した事例です。国土交通省もPLATEAUという都市モデルをリリースしており、デジタルツインと関係が出てくるでしょう。

MRの悩ましい点は、スマートフォンのカメラとか、AR/MRグラスとか使う場合には、ユーザの位置でしかMR体験できないのです。もっと自由にMR体験できないか。そこで、ドローンを使って上空を飛行させ、ドローンが撮影する映像をAR化できないかと考えました。この建物は、現実世界にある、阪大の歯学部と病院なのですが、歯学部病院の向こうに、新しい建造物を建てる仮想プロジェクトを設定しました。そのために、歯学部病院の3Dモデルで作っておきます。PLATEAUにはまだ登録されていないので、研究室の学生が3D歯学部病院モデルを作りました。そして、3D歯学部病院モデルの向こうに新しいビルを3Dモデルで建てる。現実空間と同じ都市を仮想空間(ゲームエンジン)上に作成しておき、現存する

3D 歯学部病院モデルを、純色の緑で塗りつぶすと、ご覧のように新しいビルが手前の病院に一部切り取られて表現されます。これをドローンで撮影した実写映像にリアルタイム合成することで、あたかも歯学部病院の向こうに、新しいビルが建つ景観ビジュアリゼーションができました。

都市モデルを用いてオクルージョン処理が可能なドローン映像でのAR



次の事例として、先ほども取り上げた景観 DR (隠消現実)です。先ほどは、MR や DR を実行する前段階で 3D モデルを作っておくと話しました。こちらは、事前準備なしで景観 DR できないか、というシステムです。まず、解体撤去する建造物を自動的に検出します。自動検出する方法は、セマンティック・セグメンテーションを使います。セマンティック・セグメンテーションを使います。セマンティック・セグメンテーションで、建物カテゴリーを検出して、マスク画像として、仮想消去します。そして、背後に見えてくるであろう空を、塗りつぶしています。これを実現するために、先ほどは背景の 3D 空モデルを事前に用意していましたが、今回は 3D 空モデルを用意していません。

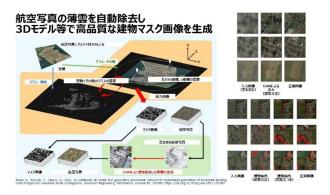
これを実現する深層学習は、GAN(敵対的生成ネットワーク)です。この研究では、AI・深層学習の得意とするところを2種類使っています。一つ目は、画像の中で何が写っているかを位置やカテゴリーと共に検出することです。そしてもう一つは、ないものをつくり出すということですね。有名なのは、ディープフェイク(DeepFake)と呼ばれる、画像に写っている人物の顔に、他人の顔を置き換える技術です。この際、世の中に存在しない人をつくることもできています。このような

GAN を都市や建物に応用しようということで、 我々の方では DR に応用した事例となります。全 てのフレームで完全に空に置き換わっているわけ ではないので、映像はまだチラチラしています が、空を自動的に作り出すことができつつあると 感じています。

このようなシステムを開発する場合、GAN やセ マンティック・セグメンテーションに関するライ ブラリが、GitHub というサイトにたくさんアッ プロードされています。一方で、ライブラリを単 にダウンロードして、インストールしたらすぐに 使えるばかりではありません。深層学習で精度高 く検出するためには、深層学習モデルを学習させ る必要があります。人物や自動車は、市場ニーズ が高く、たくさんの学習サンプルを得やすいので 既にトレーニングされているのですが、建物など は、トレーニング量が限られているために、その ままでは検出できません。それではどのようにし てトレーニングしているかというと、写真をたく さん撮影して、その画像から、この部分が人物だ とか、この画素は自動車だと、定義しています。 作成した画像のことを、マスク画像や、アノテー ション画像と呼びます。このマスク画像を作成す る上で、画像処理ソフトを使って手作業で塗りつ ぶすのは、中々大変です。そこで、3Dモデルな どを応用して、トレーニング用のデータセットを 作れないかと考えました。

こちらは航空写真の中から建物の屋根(平面形状)を検出するために、トレーニング用データセットを 3D モデルで作成したものです。VR (3 次元仮想空間)のカメラを上空から真下を眺めるようにセットして、正投影法で、ある範囲をキャプチャします。3D モデルは、建物とそれ以外の2つのレイヤーを用意しておきます。こうすることで、航空写真全体の表現と、建物のみの表現とを、レイヤーを自動的に切り替えながら高速に処理することができます。この処理で、航空写真と建物マスク画像を生成します。このカメラ位置で

の作業が終了したら、次にカメラ位置に移動させ て同じ作業を繰り返して実行します。

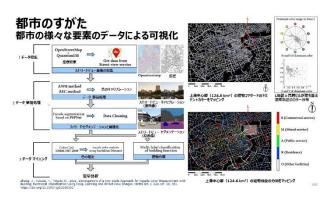


さらに、このスライドの右のあたりをご覧ください。ここでは、先ほど紹介した GAN を応用しています。航空写真は、かなり上空から撮影しているので、快晴でなければ雲が撮影されています。この雲があると、地上の建物を撮影できておらず、トレーニングデータセットとして使えません。そこで、GAN を使って雲を消去する処理を加えました。雲を消去して、代わりに、雲の下にある建物を自動的に描いています。

結果をご覧ください。左端は、入力画像です。 「従来方法」であれば、建物があまり検出されな かったり、間違えて検出されたりしていることが わかります。開発した「雲除去つき」の方法で作 成した航空写真でトレーニングさせると、ご覧の ように建物のエリアが正確に検出されています。 赤色で着色されているエリアが、建物として検出 した結果です。右端は正解画像です。正解画像と 「雲除去つき」検出結果を比べると、検出精度の 高さがお分かりいただけると思います。

こちらの事例は、深層学習を使って都市の現状を様々な要素で可視化するものです。この類の研究は、世界的に盛んに行われています。こちらは、我々が取り組んだ研究で、上海を対象として現状のカラーマップを作ろうと。通常、カラーマップを作ろうとすると、色の検査計を使って、1軒ずつ回っていくと正確に情報収集できますが、上海のような大都市になると収集できる量ではなくなります。そこで、ストリートビューのデータ

を活用します。既に、Google とか Baidu などからストリートビューのデータは提供されていますので、この画像に色の補正処理をした上で、セマンティック・セグメンテーション処理を行いました。結果、画像中のこの部分が建物であることが分かるので、建物エリアに含まれる色の平均値をとって、ストリートごとに建物の色の分類を行いました。この辺りは、上海で有名な外灘地区です。色に加えて、建物にどのような機能があるかも自動分類しています。商業施設なのか、複合施設なのか、住宅施設なのか、マルチラベルでの分類を自動的に処理することも実現しています。



この結果について、完ぺきに正確なのかと言われると、あくまで統計的な処理なので100点満点かは怪しい。但し、人間が調査しても100点満点かは怪しいのかもしれません。一方、調査時間は圧倒的に違います。調査対象の大きさがそれほど大きくなかったり、対象数が少なかったり、人員や予算が豊富な場合は、全数調査も可能なのでしょうが、そうはいかない対象はたくさんあります。

ストリートビューから建物をセマンティック・セグメンテーションしようとすると問題が見つかりました。ストリートビューは車道から撮影しているため、建物の手前に街路樹が植えられていたり、人で隠されていて、建物の全景が検出できないことがありました。この問題に対して、建物ファサードを自動的に復元できないか、GANを使って取り組みました。このスライドは、ワークフローを示しています。建物ファサードだけの写真、

建物ファサードが一部遮蔽されている写真、ファサードがない写真に分類した上で、遮蔽されたファサードについては遮蔽部分を検出して GAN でインペインティングします。

GAN (敵対的生成ネットワーク) で、不要なオブジェクトを除去して 建物ファサードの全景を復元



Zhang, J., Fukusa, T. and Yabulu, N. Automatic Object Removal With Obstructed Façades Completion Using Semantic Segmentation and Generative Adversarial Inpenting in IEEE Access, vol. 9, pp. 117488–117492, 2021 doi: 10.1109/ICCES.2021.010912.

左から2列目が入力画像です。人物、自転車、樹木、自動車で建物ファサードが切り取られています。この入力画像から、「提案方法」と書かれた真ん中の列のように、建物ファサードを自動的に復元することができるようになりました。

●MR による遠隔会議

では、こちらが最後のトピックで、MRによる遠隔会議についてお話しします。この写真は、2006年にイタリアのヴェネツィア・ビエンナーレを訪問したときの展示です。2006年当時、将来、このようなミーティングができるようになるだろうという提案がなされていたのですが、ここ2年、新型コロナウィルスの影響で当たり前の風景になりました。このときに訪問して感じたことは、都市、建築などの分野では、展示で提案された書類のようなドキュメントだけでは、空間は共有できていないということです。やはり3Dモデルを遠隔で共有したい、それも、インターネットにアップロードされたデータを単にダウンロードするだけでなく、共有する内容を増やし共有の程度を上げたい、ということです。



2010年、経済産業省のプロジェクトをフォー ラムエイトさんが受託され、一緒に開発させてい ただいたのが VR-Cloud です。VR の三次元仮想空 間を遠隔で共有するシステムを開発し、検証しま した。サーバー側で VR データを保有して、カメ ラの情報を基にレンダリングを行い、その結果を 各ユーザが使用する PC やタブレットの端末に映 像で伝送するという仕組みです。スライド下方の 映像をご覧いただくと、左下はデザイナーが VR 仮想空間の中で、新たな建物を設計しようとスケ ッチしています。その内容を、大阪のメンバー、 そして、ドイツのメンバーが、共有できており、 同期できています。こうして、設計案について、 コミュニケーションすることができました。この ような3次元仮想空間を共有しながらの設計検討 は、今ではBIM (ビルディング・インフォメーシ ョン・モデリング) の発展もあり、普通の光景に なっているように思います。

VR仮想空間を共有した遠隔会議



次は2017年ですが、実物を遠隔で共有できないかなと検討しました。例えば、このスライドでは、左側は実物です。人物とか建築の模型です。これらをRGB-Dカメラ、「D」とはカメラからの深

さ、すなわち距離のことです。距離を測ることのできるカメラでリアルタイムに撮影しながら、ネットワークで伝送して、別の場所にいる参加者は、MRが表示されるHMDをかぶっていて、実物の3Dリアルタイムモデルを表示できないか、という話です。

実物体の3次元遠隔共有



こちらは、最初に完成したシステムです。MR-HMD(HoloLens)をかぶった遠隔ユーザが見えている風景で、実写と 3D モデルが混ざっているので、少しわかりにくいかもしれません。遠隔にいて RGB-D カメラでキャプチャされたユーザと建築模型は若干チラチラしています。MR-HMDをかぶったユーザは、テーブルの周りを自由に動き回り、伝送されてきた建築模型を近づいて眺めたりできます。この実験を通じて問題を発見しました。この時点では、伝送されてくる点群は全てが一つのオブジェクトになっています。そのため、例えば、点群の中からユーザが模型だけを取り出して操作したりすることはできません。



そこで次に、リアルタイム点群をオブジェクト ごとに分けることはできないか、すなわち、セグ メンテーションできないか、検討しました。この スライドで、左下は送信者です。RGB-Dカメラでリアルタイム点群をキャプチャしています。ここでは、点同士の互いの距離によってグループ分けしています。グループが分かれると、中下の映像では、赤、緑、のように色が変わります。そして、この映像では、送信者が実物の積み木を操作している様子を、受信者はリアルタイム 3D 積木モデルとして眺めることができています。

次に、今度は遠隔にいる受信者が、ハンドジェスチャにより、リアルタイム 3D 積木モデルを操作しています。ここでは、3D 積木モデルだけを移動させたり、もしくは、3D 積木モデルを別の3D 積み木モデルの上に載せる操作ができました。実際に操作してみると、ハンドジェスチャのような非接触で操作することは、なかかなか難しいとも感じますが、実物を遠隔で共有してさらに操作できるようになってきました。

ただし、このデモでは、点群を点同士の距離に応じて分類しており、例えば、送信者が積木を持つと、ひとつのオブジェクトになってしまいます。このような課題を解決するために、現在ではインスタンス・セグメンテーションを応用して、RGB-Dカメラでキャプチャしたリアルタイム3D点群と映像を組み合わせて、遠隔にいる受信者が、2台の車のような、同じ種類の別のオブジェクトを個別に移動させるような操作ができるようになりました。

このシステムはまだまだ基礎的なものですが、 応用先として、例えばここ2年の話で言えば、建 築教育に関して、学生さんが自宅で建築模型を作っています。そして、先生はオンライン越しに、 ライブビデオで設計課題の内容を見ることになり ます。先生は、学生さんのプレゼンを画面越しに 眺めることになるので、模型をもう少し近づけて とか、右に回してみてとか合図をすると、学生さんは逆に回したりとかして(笑)、画面越しの指 導はなかなかやりづらい。そこで、実物を遠隔で 共有したいというニーズが具体的に出てきたよう に思います。

こちらは最後の事例です。最近取り組んだプロジェクトで、メタバースという用語が、15年ぶりでしょうか、注目されてきています。この写真でも、HMDをかぶって、ディスプレイ越しに何か見えています。外から眺めていると、少々変な様子なのですが、参加者たちが何を眺めて、何をやっているかということです。



ご覧の映像を眺めていました。MR-HMD

(HoloLens 2) を使えば、3D モデルを一緒に眺めることはそれほど難しくなくなっています。さらに、この実験で初めて取り組んだのは、MR 参加者がアバターで入ってくるんですね。MR メタバースとでも呼びましょう。まだ機材やシステムの制約があるので、静止画をご覧いただけるだけなのですが、参加者がアバターでMR 空間に入ってきています。但し、アバターといっても、フルCG のアバターでは顔の表情の理解がまだ難しいので、ここでは参加者のウェブカメラの映像を顔に貼り付けました。このシステムで参加者同士が丹後国分寺五重塔のモデルを眺めながら、古建築について話をしています。



個人的にはこの実験を通じて、また新しい世界に来たかなと感じました。なぜならば、3Dモデルを単に共有して眺めるだけではなくて、MR空間に色々な参加者が入ってきて、自分の眺めたい視点で見ながら、色々な参加者同士がコミュニケーションし合っている風景は、これまでできそうでなかなかできなかったと感じました。

もちろん、HoloLens2の処理はまだ遅かったり、大きなデータを読み込むと落ちてしまったりしていますが、ここが現在位置かなということです。少々長くなりましたが、これで私のプレゼンテーションを終えさせていただきます。

ありがとうございました。



く質疑応答>

質問者1;京都大学、大庭と申します。本日は非常に貴重なお話しありがとうございました。昨今、こういう DX やバーチャルリアリティーの話ですとかがすこし身近になってきました。先生のご発表でご紹介のあった、安土城の件は、私も現地で体験いたしまし、興味深く見させていただきました。

ご質問させていただきたいことは、こういう技術が今後も発展していく中で、例えば、世界に目を向けると都市を丸ごとデジタル化するような取り組みなどもされているかと思うんですけども。 先生は今後、こういう技術がどのように展開されていくのか、活用されていくのかっていうことのお考え、もしありましたら、教えていただければなと思います。

福田;まず、この辺りのデジタル技術を使っている人がここ10年を考えても劇的にも増えたという印象があります。例えば、建築・土木分野の方は、BIMやCIMの発展と普及という流れの中で、デジタルで3Dモデルをつくる、そしてそれを使う人はかなり増えました。もう一段、上のレベルを眺めると、DX(デジタル・トランスフォーメーション)という流れの中で、次の新しい仕事をつくっていく必要があると、大勢の方が考えておられ、相談に来られることも多いです。

このように、色々な方がデジタルツールや、デジタルメディアを使えるようになってきたことはすごいことなのですが、使い方を勘違いされることも感じます。例えば、合意形成を図るためにVRを使ったり、もしくは、これまでの道具でできなかったからVRやMRを使うわけなのですが、勘違いされている例としては、VRを使えば(簡単に)合意形成できると考える人がいらっしゃる。普及していけばしていくほど、使い方は、すごく大切になると感じます。

次に、最後の辺りでご紹介した AI の関与が、これからはもっと出てくるでしょう。特に MR では、現実世界の複雑な情報を AI で読み取って、その中から必要なものを合成したり、次の仮想世界へのシミュレーションに結び付けていく必要があると思います。この辺りは、デジタルツインの考え方とつながっていくのですが、まだまだ見えていないこと、やるべきことはたくさんあるという印象です。

そして、最後に紹介したメタバースのような世界ですが、今回のプレゼンテーションでは HoloLens をかぶっていたので大掛かりに感じられたかもしれませんが、HoloLens を必ずしもかぶらなくても普通の PC でもできます。現在のオンライン会議は Zoom など使ってやることが多く、ブレイクアウトルームを使って個別の話はできなくもないのですが、場所性がないですよね。メタバースのような空間込みの会議ツールを使っていくと、学会を例に挙げると、ポスターセッションや、懇親会とかはもっとやりやすくなってくると思いますね。

質問者1;これまで合意形成に使われがちだったこの技術が、本当にいろんな用途、目的に使われるようになっており、今後のビジネスにもなるっていうことですね。ありがとうございます。

藤川 (JUDI 会員); 興味深いお話ありがとうございました。いろんな話をしていただいて、全て非常に興味深いんですけども、特に最後のほうにセンサーで距離を測るとおっしゃった部分。レーザーなのか、赤外線なのか。赤外線センサーでリアルの3Dデータを取り込んで、リアルとバーチャルを合わせるような技術だったと思いますが、ライダーとか360度カメラなどがありますね。現在は3Dスキャンの技術も向上しているので、3Dスキャンがすごくしやすくなっていると思いますが、カメラとか、ライダーのようなセンサー類

が、これから肝になるんじゃないかなと思っています。センサー類がどんどん人間の目に近づく、あるいは3Dデータ化する能力が上がっていくと、すごくリアルタイムに、すぐさまデータ化ができて、バーチャルの世界とリアルの世界が融合するようなことが、飛躍的に進むような気がします。そのあたりのセンシング技術っていうのが今どのような状況なのか、お聞かせください。

福田;今、オンライン参加者に対して撮影しているウェブカメラも、一つのセンサーなんですね。今日ご紹介した RGB-D カメラと LiDAR は原理は違いますが、距離を測れるという意味では似ています。ひとつお伝えしておきたいのは、値段は千差万別ですし、取得する時間とそこで得られる精度は裏腹の関係だったりします。高速に撮影しようとすると、精度は多少犠牲にしないといけない一方で、時間をかけて撮れば高精度にデータを取得できる傾向にあります。我々のように MR を対象とした場合には、リアルタイム処理が前提なので、精度を多少犠牲にしても高速に撮る必要があるということです。

もう一つは、MEMS(微小な電気機械システム)と呼ばれますが、このようなセンサを含めたデバイスは、ますます小型化が進んでいます。今、おっしゃった LiDAR に限らず、温度センサー、湿度センサー、さらには、CO2センサーはコロナの関係でますますニーズが高くなってくると思います。これらのセンサーが、どんどん小さくなり、それらを必要に応じて空間に付けていくことはもっと自然になっていくでしょう。また、ディスプレイも、以前よりも見やすくなっていますから、ディスプレイ上でセンシングの結果を普通に表示させていく。それも一つのセンサーに限らず、温度センサーとか、CO2センサーとか、Depth センサーの結果が、一つの画面で見ることができるようになってくるでしょう。

これらのこととMRを加味して個人的に考えているのは、デジタルツインのインターフェースになってくるだろうということです。デジタルツインでは仮想世界の側で計算するのですが、計算結果は現実世界の状況とは必ずしも合わない。一方、現実世界はセンシングでデータがより高密度に取ることができるようになるでしょう。現実世界のセンシングの生データを基にして、仮想世界でシミュレーションをかけて、どのような状況になるか予測していく。そしてその状況をディスプレイに表示させ、VRやXRで見ることができるようになってくるだろうと予想しています。

ただ、データ量の肥大化とリアルタイム処理と のバランスをどうするかは常に課題ですね。

藤川 (JUDI 会員); 完全なバーチャル空間であれば、例えば今いるこの会場をあらかじめ 3D データ化しておいて、そこに A さんと B さんがバーチャルで入ってくれば、バーチャルミーティングは出来ると思いますが、例えば、この現実の机を動かしたときに、この「動いた」っていうデータがバーチャル側に反映されるかどうか、が難しいんじゃないかと思っていますがいかがでしょうか。

福田;そうですね。例えば、この部屋に防犯カメラが付いていますけど、あのようなカメラがもっと付いてくると思います。それがセンサーとして機能してきたとして、現状では映像・画像なのでですが、Depthセンサーが付いてくると、今、おっしゃったような現実世界の机を動かしたときも把握が可能になると思います。

藤川(JUDI会員);リアル側でモノを動かした ら、バーチャル側もちゃんと動く、現状が反映さ れる、しかもそれがリアルタイムで連動すると、 次の世界が見れるっていう気がします。 福田;そうです。先ほど紹介した AI を使えば、 それが机だっていうことは認識できます。その机 の上に何か物を置くとか、そういうことも、でき るようになってきますね。

藤川 (JUDI 会員); あと 5 年、10 年したらできる のでしょうか。

福田;もう5年、10年もかからず、このようなインテリア空間ですと、どこまで普及しているかはさておき、かからないと思います。一方、我々は屋外でやることの方が多いのですが、屋外はノイズが多くて処理が大変です、データ量も大きくなってしまう。インテリアの方がやりやすいように思います。ワンルームマンションなど、不動産のリノベーションで使うこともやりやすいように思います。

吉野(JUDI 会員);福田先生の話をお聞きしていまして大昔の阪大を懐かしく憶い出しました。CGは当時、阪大助教授の大村皓一先生が、日本 CG界のトップランナーでした。CG専用のコンピューター「リンクス―1」を開発、日本初の CGアニメ映画「ゴルゴ 13」 SIGGRAPH(シーグラフ 1974年~)に毎年招かれるスターだった)実は当時から数十年、弊社の取締役もやっていただいておりまして、USJの誘致に関連して、臨海部に CGクリエイションのエリアを構想したこともありました。当時は日本、特に大阪大学は世界トップだったと思ういますが、最近、日本の地位がどんどん落ちているという話を聞いて、非常に心配しています。

日本は革新的な技術開発をする力と、そんなアイデアではないけど、トヨタ方式でどんどん磨いていくいう技術と、二つあるとすれば、僕は、CGに関しては日本は前者を狙えるんじゃないかなと密かに思っています。

先日、国(JST)が進めている 2050 年目標のムーンショットプロジェクトですが、日本が世界でトップワン、トップ 2 をいっている研究分野は感性工学とインタラクティブコンピューターグラフィックスしかないようです。論文数も1位か2位。担当した若手研究者と議論した時は少し懐疑的でしたが。

福田; AR は強いと聞いています。

吉野(JUDI 会員);きょうの話は、非連続な進化 みたいなものというよりは、すごく工夫をして、 どんどん良くしていく技術革新というふうに、僕 は受け止めました。これから30年後ぐらいをめ どに見た場合、非連続な世界で、空間をなくすっ ていうんですかね。リアルな空間と仮想現実の空間をなくしていく。一体化する。融合していくと いうような事について、普通の技術を磨いていく 世界には見えないですね。そういう革新的な事も 期待しています。

福田;来てくださり、本当ありがとうございます。確かにおっしゃる通りかもしれません。私はどちらかというと、問題解決型で進めてきています。「こういうことをやりたい」という一方で、「こういう問題がある」から何とか解決したいというアプローチです。特に現在では、IT分野は、AIも含めて、世界中で取り組んでいる人は、ものすごく増えました。PCがあれば、プログラミングはできます。大昔はスパコンがなければ、スパコンの場所に行かなければ使えませんでした。その意味で、誰でもできるようになりました。

発信することについて考えると、GitHub を見るだけでも、すごい人がたくさんやっている。その競争の中でさらに誰もやっていないことを生み出そうとしています。新しい成果が出たら、早く広

く発表していくことは、すごく大事だと思います。「いつか誰か知ってくれるだろう。」を美学にする風潮があると思いますが、この世界では絶対、駄目だと思います。成果が出たら、特許なり、論文なりどんどん出していかないと、結局、他の国や組織の人々に先を越されてしまい、デファクトスタンダード化されてしまうでしょう。その意味において、私は結構発信しているつもりです。

一方、先ほど仰った、非連続な進化(突然やってくるすごいこと)は、果たしてあるのか、そして一人でできるのかなというのは、少々疑問もあります。今、暮らしながら考えて仕事をしている延長線上にやっていきながら、あとで振り返ってみると「あれは進化だった」と解釈する人がいたりすることはないでしょうか。その中で何か具体的に実現できる技術があって、それをみんなで共有していけば、新しい時代にやって来た感じになるのかもしれないと思ったりしています。

私がひとつ自慢できることは、楽しんでやっていて、その楽しさは無理やり他の方々にうつしたいわけではないのですが、広めたいとは考えています。ワクワクした体験やツールやメディアを共有してほしいな、共感してほしいなとはすごく思っていて、でも、一人では大きなことは、たとえ、学生さんを交えたとしてもできないので。このワクワク感をビジネスにしていきたいという企業さんが現れてほしい。このような話しを、日本でしても、「ええ話だった」と聞いておしまい、となることが多い。どうビジネスにするかということは、私はプロではないので、皆さんのほうで、ぜひ考えていただきたいと思っています。但し、技術や知恵は、安売りはしないほうがいいと考えています。

吉野 (JUDI 会員);今日のお話しを聞いていてうれしかったのは、大村先生とご一緒していた頃、日本の CG を巡る大学やプロダクション等の人は

いつも疲れていて、しんどそうだったんですよ。 楽しんでいなかった。本当に自殺じゃないけど、 死んだ人が何人もおられます。CG はそんな悲惨 な生活のイメージがあったのですが、先生はすご く楽しんでおられるように見えて、うれしかっ た。ありがとうございました。

福田;本当にやせ我慢で言っているわけではなくて、さきほども申し上げたとおり、今日ご紹介した実プロジェクトに、学生はメンバーとして入っていない、入れていないです。私のところにくる相談は、企業さんだけでは解決できないから頂くことが多いので、解決策を考えるのに難しいことが多いです。その内容を社会人を経験していない学生さんにやってもらうのは、残念ながらアンマッチングです。もちろん、プロジェクトの会場に連れていって、記録写真を撮ってもらったり、デモの対応をしてもらったりなどはやってもらったりします。しかしながら、大切な決め事やアイデア出しは、基本的に全部、社会人のチームとして実施しています。行政や企業さんと大学と契約を結んで実施しています。

(了)