

**▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。**

新型コロナウイルス感染症やコロナワクチンについては、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。※非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



## 未踏の第28期スーパークリエイターたち：編集にあたって

♡ 7

 情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 10:15



## 竹内郁雄（IPA未踏IT人材発掘・育成事業 統括プロジェクトマネージャ）

未踏事業で採択され、優れた成果や成長を示した人たちを未踏スーパークリエイターと呼ぶ。実は数年前から、未踏事業は拡大しており、ここで「未踏事業」と呼んでいるものは正確には「未踏IT人材発掘・育成事業」という名称で、年度始めに25歳未満の若い人たちを対象とした事業である。

このほかに、2017年度から始まった、年齢無制限で、ビジネス化や社会的に意義の高いプロジェクトを実施する「未踏アドバンスト事業」がある。こちらは採択された人をクリエイターではなくイノベータと呼んで区別している。事業の性格から、評価は社会がするべきということで、スーパーイノベータという称号はない。

さらに、2018年度からは、特定分野を対象とした未踏ターゲット事業が始まっている。当初から「量子コンピュータ」を対象として、学界とは違う形の熱い研究開発コミュニティが形成されてきた。2022年度からは社会的に関心の高い「カーボンニュートラル」が加わっている。

未踏事業は2000年度にミレニアム事業として始まったが、この年次報告は、2012年度から「未踏IT人材発掘・育成事業」（以下、この事業だけを指すときは、「未踏IT」と略記する）に採択され、スーパークリエイターとして認定された若い人たちの業績や人となりを紹介するものである。日本の若い才能溢れるIT人材の元気さや多様性を広く産業界や学界に知っていただきたい。若い彼・彼女らは、必ずや日本のITを活性化してくれるものと信じている。実際、20年以上の歴史を持つ「未

踏」はすでにブランドを確立しており、今年度閣議決定された政府の「新しい資本主義のグランドデザインおよび実行計画」でも「未踏事業」が重要な事例として言及されている。

こうした中、突出した才能を持つスーパークリエイターを紹介できることは大変嬉しいことである。

2021年度の第28期末踏クリエイターは計36名（21プロジェクト）で、そのうちの18名（12プロジェクト）がスーパークリエイターとして認定された。2014年から認定率は右肩上がりに増え続けてきたが、今期は50%と一服した印象である（昨年は67.7%）。これは質が下がったということではなく、全体に質が上がっている中で突出していると思われるプロジェクトや人材の選定基準が年々上がってきているからだと思う。スーパークリエイターの認定は相対基準ではなく、絶対基準であるが、その絶対基準も上がってきていると見るべきだろう。

ちなみに、未踏アドバンス事業の採択プロジェクトも、開始から5年経過してようやく全体の質の高さが出てきたと感じられる。

さて、今期の未踏スーパークリエイターは、高校生1名（昨年も1名）、女性1名（昨年は3名）が認定された。女性比率が少ないとよく指摘されるが、そもそも女性の採択者が多くない。つまり、そもそも女性の応募者が少ない。今後の伸びを期待したい。なお、今期特に目立ったのは採択時に20歳未満の人が5名いたことである。これまでにない多さであり、エネルギーの中心がどんどん若い方に移っている。

いつものことであるが、今期も低レイヤからWebアプリまで幅広くバランスよく

スーパークリエイターが選ばれた。未踏の最大の特徴の1つである多様性の面目躍如である。

2019年度、2020年度に引き続き、今期の未踏ITもコロナ禍に悩まされた。結局、担当のプロジェクトマネージャ（以下PM）と一度も直接会えなかったクリエイターが何人かいた。さらに、全世界を襲った半導体不足により、必要なチップの入手困難に悩まされたプロジェクトが多かった。それでも、全体的に成果の質が落ちなかったことは、クリエイターたちの努力の賜である。

昨年度も書いたが、ソフトウェアだけならともかく、最近はハードウェア試作を伴うプロジェクトが比較的多く、複数人プロジェクトでのリモート開発が難しいことがいっぱいあったと思う。ここにポストコロナのヒントがあるかもしれない。

この紹介記事は、本会会誌がWeb化への大きな転回をした2021年度から、担当PMにスーパークリエイターの紹介をWeb記事として書いていただき、この導入記事からは、そこへのリンクを貼ることにした。それぞれの紹介には短い統括PM追記として、お邪魔かもしれないが、少しエピソード的な情報を追加している。

リンクの紹介は、これまでに倣い、代表者であるクリエイター名の50音順とする。タイトルは正式なものではなく、読みやすく覚えやすい「名は体を表す」キャッチに変えてもらった。なお、2022年2月19～20日の2日間にオンラインで開催された成果報告会 (Demo Day) のすべての動画はIPA channel

<https://www.youtube.com/user/ipajp/>

で見ることができる。最近のプロジェクトはデモなど、動画で見ないと面白さや意義が分からないものが多いので、興味を持たれた方、スーパークリエイター以外の発

表にも関心がある方は、つまみ食いの的に見ることもできるので、ぜひそれをご覧いただきたい。スーパークリエイター認定に洩れた人のプレゼンにも興味深いものが多い。2022年6月12日に久々にオフラインで行われた未踏修了式・スーパークリエイター認定式では、私はいつものとおり、スーパークリエイターとそうでない人の差は紙一重であり、今後は各自さらに思う存分活躍してほしいというメッセージを贈った。

ぜひ未踏修了生の今後の活躍に注目していただきたい。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)

■ **新井康平, 小泉裕之介**

服のサイズ感が分かるAR試着Figur

■ **木内陽大, 江口大志**

XR向けWindow System ZIGEN

■ **坂口 楽**

Web技術を活用したプログラミング学習基盤LOGRAM

■ **迫田大翔, 浅野 啓**

寝ながらの使用に最適化したVRシステムHalfDive

■ 鈴木湧登

合気道の体の使い方の習得を支援するソフトウェア

■ 関口大樹

自律分散的に展開される遊び場の制作支援

■ 野崎智弘, 三橋優希

チャット型インタフェースを用いた集団発想法支援ツールhidane

■ 原田 慧

風呂を掃除するタコ型ロボット

■ 水野史暁

レースドローン向け低遅延IP映像伝送

■ 望月草馬

3Dプリンタで創る音の触感

■ 矢尾田貴大

シェルスクリプトへのコンパイルを行う静的型付けスクリプト言語Cotowali

■ 山本恒輔, 下島銀士, 海老原祐輔

筋トレを全自動で記録するMuscle Supporter

**▲ 新型コロナウイルスに関する内容の可能性のある記事です。**

新型コロナウイルス感染症やコロナワクチンについては、必ず1次情報として厚生労働省や首相官邸のウェブサイトなど公的機関で発表されている発生状況やQ&A、相談窓口の情報もご確認ください。※非常時のため、すべての関連記事に本注意書きを一時的に出しています。



## 服のサイズ感が分かるAR試着モバイルアプリ Figur

♡ 1

 情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 09:18






新井 康平 (あらい こうへい)

小泉裕之介 (こいずみ ゆうのすけ)

2021年はコロナ禍で緊急事態宣言が何カ月も続き、外出の機会がめっきり減り、服を買いに行くために店舗を訪れて試着するといったことが気軽にできなくなった年でした。そんな時期に提案されたのがこのプロジェクトです。服の中でも、特に古着を購入する際、試着は必須です。古着が大好きなクリエイータの新井さんが、コロナ禍で古着の試着ができなくなってしまって大変困ったという思いがきっかけとなり、もう1人のクリエイータである小泉さんと意気投合して始まりました。

新井さんと小泉さんが提案したのは、スマートフォン上でユーザがすぐに洋服を3D試着できるアプリです。スマートフォン上で洋服の3Dモデルが作る機能が搭載されているため、ボディデータの作成からクロス（布）シミュレーションまで行うことができ、ユーザがすぐに3D試着の結果を確認することができます。

使い方はとても簡単です。3D試着アプリFigurに、ユーザが性別、身長、体重を入力すると、3Dボディメッシュ（アバター）が作成されます。そして、試着したい洋服を選択するとアバターが試着した様子を画面で確認することができます。また、AR試着機能も用意されていて、姿見の前に立ち、自分を映したカメラを通した洋服の試着が可能です（-1）。腕を上げたときの袖の長さやしゃがんだときの

パンツのシワなど、自分の動作に応じた洋服の動きをARで確認できる点が画期的です。



図-1 Figurの使い方

さらに、どんな洋服でも3Dモデル化し試着できるようにすることを目指したアプリFigur Plusも開発されました。ECサイトで見つけた洋服を実際に試着してみたいと思ったことがある人は多いと思います。そんなニーズに応えるためのアプリがFigur Plusです。Figur Plusを使うと洋服の型紙がなくても3Dモデルの作成が可能です。使い方も簡単です。まず3Dモデル化したい洋服の種類を選択して、着丈、身幅、袖幅、袖丈の長さを入力します。次に洋服の表と裏をカメラで撮影してアップロードすると3Dモデルが作成されます。たとえば、次の図-2はTシャツの3Dモ

デルを作成したものです。Figur Plusでつくった洋服は、Figurアプリを使って試着できるようになる予定です。



図-2 Figur Plusの使い方

また、作成した洋服の3DモデルをURLで共有できる機能も実装されています。この共有機能を使って、たとえば、ECサイトの商品を3Dモデル化したURLをユーザがダウンロードして、洋服の商品を手元のスマートフォンのアバターに着せたり、AR機能を使って姿見で確認したりといった機能を実装していく予定です。3DモデルのデータはWebAR形式で作成されているため、ユーザは洋服を360度回転させながら確認することもできます。現状のFigur Plusで3Dモデルを作成できるのは、Tシャツのみですが、同じ方法で長袖シャツ、パンツ、パーカー、ジャケットなどへも適応可能ということで、さらに幅広いアイテムへの展開が待ち遠しいです。

ね。

スマートフォンでの3D試着を実現するためには、ボディデータの作成からクロスシミュレーションまですべてスマートフォン上で行う必要があります。これは非常に難易度の高い目標です。実際、プロジェクトを進める中で技術的な困難に何度もぶつかりました。そうした困難にくじけることなく、さまざまな方法を模索し、試行錯誤を何回も繰り返すことで、目標を実現した新井さんと小泉さん。その熱意と実行力には、ただただ感心させられっぱなしでした。

そんな不屈の精神で取り組まれたFigurとFigur Plusですが、現在も開発が進められ、ビジネスとしての展開にも積極的に動いています。コロナ禍で店舗に行きにくくなったという経験から生まれたアプリですが、店舗での試着は面倒くさい、あるいは苦手というユーザは実はとても多いかもしれません。そんな潜在ニーズをうまく活用すれば、新規顧客の開拓につながるはずです。これまでなかなか普及していない3D試着ですが、服を買う前にはまず3D試着！ となる日も近いかもしれません。興味のある方は、ぜひ新井さん、小泉さんに連絡をとってみてください。（岡瑞起PM担当）

#### **[関連URL]**

<https://twitter.com/kokoheia>

**[統括PM追記]** 新井君は根っからの古着好きである。二次面接は、行きつけの古着屋が閉店したという嘆きから始まった。ただ、AR試着はレッドオーシャンと言われ、次々とシステムや会社が出てくるが、コストも高いし、成功事例がほとんどないとのことである。しかし、売りたいではなく、自分が使いたいという動機が、パワーの源となった。

まず、スマートフォンで済むのがいいし、布の軟らかさや伸び縮みのしやすさまでシミュレーションするところが本格的である。古着で失敗を重ねた新井君ならではある。小泉君はもっぱら裏方の技術開発を行ったが、2人の協力なくしてはここまでの成果は出なかつたろう。開発の中で、衣服のモデリング自体に新しい手法を発見し、新井君は2022年度の未踏アドバンス事業でこのプロジェクトをさらに発展させることとなった。この分野のレッドオーシャンぶりを深く承知なさっている藤井PMがご担当ということで、期待がとても高まる。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## XR向けWindow System ZIGEN

♡ 2

 情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 09:19



木内 陽大 (きうち あきひろ)

江口 大志 (えぐち たいし)

木内君と江口君は、XR（クロスリアリティ、VR、AR、MRといった技術の総

称)用のWindow System「ZIGEN」を設計・開発した。ZIGENによって1つの3D空間内に複数の3Dアプリケーションや既存の2Dアプリケーションを描画したり、フォーカスを変えて入力したりできる。またドラッグ&ドロップによるデータ共有の仕組みを提供することで、アプリケーション同士の連携を可能にした(図-1)。これにより、たとえば部屋と外の背景を別々のアプリケーションとして起動できるようにしたり、ブラウザからWeb上の3Dモデルのファイルをドラッグ&ドロップで3D空間に配置したりといったことができる。ZIGENは、各アプリケーションが特定の機能だけを高いクオリティで提供し、マルチタスク環境を作り出す、新たなバーチャル世界を提供する。



図-1 ZIGENを利用して複数の3D, 2Dアプリを同一空間で扱う様子

木内君と江口君は、複数3D アプリを1つの3D空間で扱えるウィンドウシステムを開発しきり、それを世界に向けて初めて提供する。現在のXRでは、1つの3Dアプリが視覚と聴覚を占有してしまう。加えて、（Oculus社やそれを買収したMeta社など）各社がメタバース構築という形でプラットフォームを握ろうとしており、A社のXRプラットフォームで他社2Dアプリの表示くらいはできても、他社3Dアプリの動作にはまったく興味がないように見える。このままでは、我々が没入するXR空間はプロプライエタリなプラットフォームに支配されることだろう。それに対して、2人が開発したウィンドウシステムZIGENの上では、開発元の異なる複数の3D/2Dアプリが1つの3D空間で共存できる。利用者が自由にさまざまな3D/2Dアプリを動作させることができる。これがXR空間のあるべき姿である。ZIGENを使うとアプリを開くだけでなく、VR空間にいたままVR空間を編集するということもできてしまう。紙面ですべてを伝えるには限りがあるので、ぜひ成果報告会の動画を見てほしい ([https://youtu.be/g\\_MvbwKp8Uk](https://youtu.be/g_MvbwKp8Uk))。

採択当初には、構想は素晴らしいが、非常に高度かつ野心的であり、かなり大量の開発が予想された。当初、竹内統括PMは「期間内には開発しきれないような気がする」と不安を表明したそうである。しかし2人はやりきった。ほとんどの部分は2人で共同して開発し、一部、入力まわりは江口君、OpenGL関連は木内君が開発した。



2人は未踏期間終了後も「ZIGEN」の社会実装を目指して、OSSとしての活動や、論文投稿などを行っている。実験的にOculus Quest 2での利用もできており、統合2D/3Dデスクトップ環境の整備やゲームエンジンでのアプリ開発を可能にするなど、皆さんにZIGENを試してもらえるように開発を進めていくつもりだそう。 (首藤一幸PM担当)

### [関連URL]

<https://github.com/zigen-project>

**[統括PM追記]** ZIGENのすごさは意外と分かってもらいにくいようである。彼らは当初X Windowsの3次元版だという言い方をしていた（今でも中年オジサンにはこの言い方が琴線に触れる）。実際、最初のシステム名はX11にちなんでZ11だった（11はバージョン番号なので、なんだかなあということになった）。本文にもあるように、不覚にも竹内は2人でこんな大それたことはできないのではないかと疑問を投げかけてしまった。その意味でもすごい。

全世界に広がったX11の3次元XR版と言えるZIGENはその発想の素晴らしさから、大手ベンダがZIGENに製品を載せたいと言ってくる時代がきっと来ると思いたい。彼らはそれに向けてチームを補強し、2022年度の未踏アドバンスに採択された。すぐにビジネスになる性質のものではないが、国の事業として、日本発のデファクト標準を目指せる技術開発をサポートできることが喜ばしい。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



# Web技術を活用したプログラミング学習基盤 LOGRAM



情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 09:19



坂口 楽 (さかぐち らく)

坂口くんは、Web 技術を活用することで学習データの収集から活用までを一貫して環境構築不要で行うことのできるプログラミング学習基盤「LOGRAM」を開発した（図-1）。LOGRAMでは、学習者のプログラミングの過程をリアルタイムに記録して分析に使用することで、エラーが要因のつまづきを検知し生徒の状況に合わせて段階的に自己解決に向けたサポートを自動で行うことや、管理画面での学習データの可視化など効率的なプログラミング学習をブラウザのみで行うことができる。

The screenshot shows the LOGRAM web application. The main content area displays two sections: '1.モデル化とシミュレーション' and '2.確定的モデル'. Below the second section, there is a code editor with the following Python code:

```

1 yokin = [100000]*11 # 預金
2 riritsu = 0.05 # 利率
3 for i in range(10): # i の値を 0 から 9 まで 10 回繰り返す
4     risoku = yokin[i] * riritsu # その年の利息
5     yokin[i+1] = yokin[i] + risoku # 預金に利息を加える
6     print(i+1, " 年目 :", yokin[i+1]) # 画面に表示

```

Below the code editor is a 'Run' button. The output of the simulation is displayed in a dark box:

```

1 年目 : 105000.0
2 年目 : 110250.0
3 年目 : 115762.5
4 年目 : 121550.625
5 年目 : 127628.15625
6 年目 : 134009.5640625
7 年目 : 140710.042265625
8 年目 : 147745.54437890626
9 年目 : 155132.82159785158
10 年目 : 162889.4626774416

```

At the bottom of the main content area, there is a note: '・ 計算結果をグラフにプロットすることもできる'.

図-1 ブラウザ単体で動作するプログラミング学習環境

学習データは図-2のように「実行履歴」「エラーの検知」「コード履歴」「つまずきの検知」の4種類に識別して収集する。収集した時系列な学習データを管理プラットフォームで生徒/クラス単位で読み込むことで、生徒の学習データの分析・可視化し、管理者（教員）が生徒のプログラミングの過程を把握することができる（図-3）。



図-2 収集する学習データ



図-3 管理プラットフォームのデータ分析画面

坂口くんはプロジェクト開始当初から、教員不足などにおける教育の地域格差などの現場の現状から、個人情報保護に関する法律・条例の問題まで幅広く把握した上で、実際に教育現場で使うためには多くの条件をクリアする必要があるとして、何度も検討を重ねた。その結果、誰もが簡単に使い始めることのできる「ブラウザ上で単独で動作する環境構築のいらない学習環境」と、個人情報保護に関する法律を守りながら収集した学習データの分析・管理が行える「管理者用プラットフォーム」を作り上げた。具体的には、Web Assemblyで動作するPythonインタプリタを使用してブラウザ上で単独で動作させ、Progressive Web Appsに対応すること

でローカルのデスクトップにインストールすることで、環境構築が不要というオンラインの開発環境のメリットと、オフラインでも使用することのできるローカルの開発環境の両方のメリットを享受した実行環境を開発したのである。

プログラミング学習環境では学習データを収集する段階で学習データの活用を行っており、生徒のエラーが要因のつまづきを検知した際に、生徒の状況に合わせて段階的に自己解決に向けた支援を自動で行うことや、質問を促すといったサポートを行う機能もある（**図-4**）。1, 2段階目では発生しているエラーの内容を動的に日本語で説明したものを通知し、3段階目には図-4にある「質問する」というボタンをクリックすると生徒がノートブックでプログラミングをしてきた過程のログを提示する。このログは、学習者がそこまでたどり着くまでのプログラミングの過程を読み取るヒントとして表示している。そのため、このログを見せながら質問をすることで「なにが分からないのか分からない」という言語化できていない状態でも質問をするきっかけを作る。

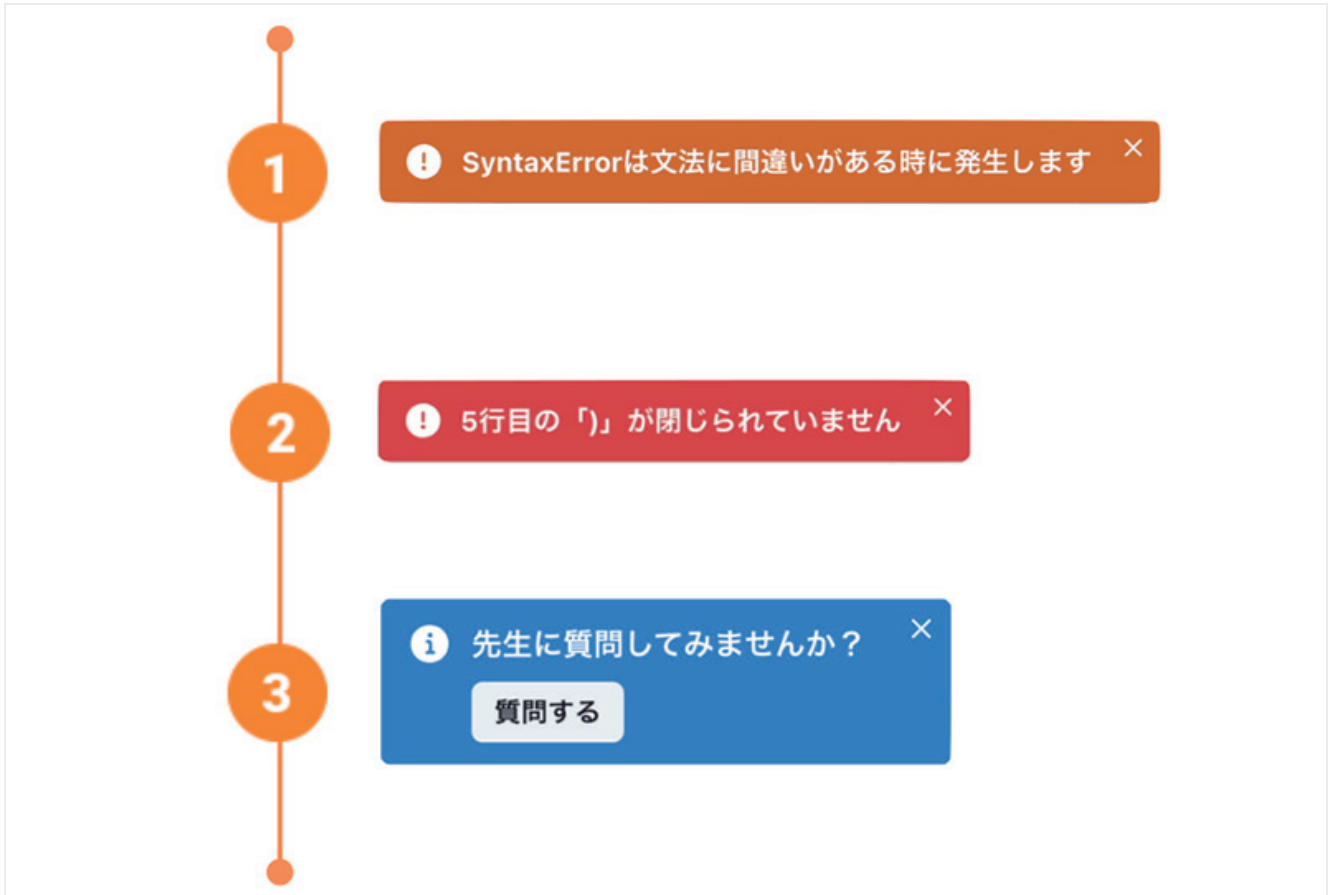


図-4 段階的に自動サポートを行う機能の通知

坂口くんはプロジェクト全体の企画力やプロジェクトを進める能力が非常に高く、開発は学習環境基盤、学習データを収集する機能、収集したデータの可視化など多岐にわたっていたが、高い開発能力と強い熱意を持って取り組み、たった一人で作り上げた。さらに、プレゼンテーション能力や自身のプロジェクトの強みを伝える力、多様な意見を的確に分析して判断する力についても未踏期間中に大幅に向上した。加えて、自分のプロジェクトだけでなく、ほかの同期のプロジェクトに対しても親身になり積極的に助言していた姿勢が印象に残る。



高校の「情報I」で使うことを視野に入れ、情報処理学会のMOOC教材☆1のプログラムを題材としたが、コンテンツではなく学習データを活用したプログラミング教育のサポートを行うことのできる学習基盤LOGRAMは、高校の授業のみならず、すべてのプログラミング教育の現場で先生、生徒の能力を吸収して、多種多様な授業のやり方での学習の質と効率の向上が期待できる。特に1対1ではなく、授業のような多人数を相手に教える必要があるような現場でより魅力を発揮するシステムでもある。

坂口くんは未踏終了後も継続してアップデートを続けていくための開発を続けている。未踏をきっかけに声をかけてくださった教育現場の方もいらっしゃり、ユーザテストやワークショップの開催を行いながら、改善を続けている。興味のある方はぜひ連絡をとってみたい。 (五十嵐悠紀PM担当)

☆1 <https://www.ipsj.or.jp/release/mooc202007.html>

#### [関連URL]

<https://hidane.app/>

**[統括PM追記]** いろいろなことがよく考えられて作られたプログラミング教育システムである。LOGRAM=LOG+PROGRAM, なるほどである。ところで、世の中

には「個人情報保護法制2000個問題」なるものがあるようで、これが学校におけるオンラインプログラミング教育の実現に大きな障碍になっていることを坂口君から初めて教わった。その彼も未踏の申請書を書いた後で初めて知ったとのこと。これを回避するために、学内でノートや答案用紙を集めるのと同様の仕掛け、つまりローカルですべてを行うようにした。本当は全国や都道府県単位でオンライン結合できたほうが、大所高所での教育改善につながると思うのだが.....

各論的には五十嵐PMが書かれた通りで、うまく質問するように誘導するところは得に興味深い。坂口君の発表スライドの変遷を見ると、月日が経つにしたがってどんどん洗練されていくのがよく分かる。未踏でプレゼン技術が向上する良い例である。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## 寝ながらの使用に最適化したVRシステム HalfDive



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:20



迫田 大翔 (さこだ やまと)

浅野 啓 (あさの けい)

迫田さんと浅野さんは寝ながらに最適化した完全据え置き型のVR システムを開発することで、人が布団の中に居ながらにして学校にいるのと同等の体験、職場にいるのと同等の生産をできるようにすることに取り組んだ。寝ながらの使用に最適化し、据え置き型であるからこそその長所を最大限に活かして、これまで小型化軽量化のトレードオフの中で切り捨てられてきた多くの機能やインタフェースを実装することで、新たな体験を生み出すことを目指した (図-1)。



図-1 開発したシステムを利用してSteamVRコンテンツを使用している様子

ハードウェアの設計に関しては、何度もプロトタイプを作り直しながら検討を重ね、VR界隈へのヒアリングだけでなく、寝具についてのヒアリングも行い、寝ながら長時間使用しやすいハードウェアに仕上がった。また、据え置き型にはしたものの、図-2のように非常にコンパクトで扱いやすい、持ち運びも可能な大きさとな

り、スタイリッシュさを感じるプロダクトとして完成した。光学系の設計では、立体視映像を表示するためのディスプレイとそれを装着者の目に届けるレンズから構成されているが、さまざまな工夫を施し、大きい視野角を実現した。



図-2 横になった状態で快適に使用することのできるVRヘッドマウントディスプレイHalfDive

ソフトウェアに関しては、PC用VRプラットフォームであるSteamVRを経由することで既存のSteamVRコンテンツを本システムで稼働できるよう仕上げた。既存のコンテンツは立ちながら、もしくは座りながら使うことを前提とされているため、これらを寝ながら使用させるためには、座標軸の設計やコントローラの位置取得方法など、さまざまな問題が立ちはだかったが、これらについて検討を重ね、問題を解決した。

2人の役割分担についても紹介したい。迫田くんは主に、ハードウェアの開発・ファームウェアの開発・筐体デザインを担当した。立体視映像を表示するディスプレイと装着者の目に届けるためのレンズなどの光学系の物理的特性の理解と設計、アクチュエータやセンサを自作し、低レイヤについての理解を更に深めて、持ち前の実装力を大いに活かして開発を進めていった。浅野くんは主に、ドライバの開発・GUIアプリケーションの開発・コントローラおよびトラッカーとの通信部分の開発を担当した。参考にできるドキュメントがほとんど存在しない中、ドライバを開発し、OpenVR APIと連携させたり、レンズのディストーションの機能を開発したりするなど、本システムのキモとなる実装を多く担当した。非常に困難なことにも立ち向かい、これまでと異なる分野のものでも果敢に取り組み開発してきた。「主に」と書いたのは2人がそれぞれ完全に独立で開発を進めてきたわけではなく、お互いがお互いのフィールドを補いあっていたからである。このプロジェクトが成功につながった強さの秘訣はここにあると思う。

未踏期間中にテレビ取材を始め多くのメディアに取り上げていただき、本人たちにとっても期待と不安の中進んできたが、自分たちが思い描いた「寝ながら何がしたいか」「どういったユーザにどのように使ってもらいたいか」といった世界観を大事にして開発方針を随時話し合ってきたことが成果につながっている。

未踏期間終了後も寝ながらの使用に適したインタフェースが存在しない問題を解決するために、触覚フィードバック機能付きグローブ型コントローラを開発中であ

る。我々が寝ながらVRの中で仕事や会議をする日も近いかもしれない。（五十嵐悠紀PM担当）

### [関連URL]

<https://diver-x.jp/>

**[統括PM追記]** 寝ながらだと、VR酔いしにくいとか、足までコントローラに使えるとか、面白い発見がいっぱいあった。五十嵐PMの記述にある通り、2人の共同作業がとてもうまく進んだようだ。しかも、浅野君はプロジェクト期間中ニューヨーク州のコロンビア大学に在籍していたので、まるで正反対の時差の中での共同作業だった。コロナでリモート慣れが進んだとはいえ、やはりすごいことだ。

HalfDiveは開発期間中に世界中から注目を集めたが、すでに会社を設立している迫田君は、技術の足元をしっかり見直すことで、拙速を避ける決断をした。いつも沈着冷静、若い人にはなかなかできない決断だと思う。そういえば何か質問をすると、ほとんど「はい、それについてはもう考えてあったのですが.....」という返事。本当によく考える人だ。


(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## 合気道の体の使い方の習得を支援するソフトウェア

♡ 1

 情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 09:20



鈴木 湧登 (すずき ゆうと)



鈴木君のプロジェクトは、昔懐かしい映画『ベスト・キッド』を思い起こさせる。映画の主人公は空手家を志す少年で、師匠にワックスがけやペンキ塗りといった雑用ばかりを押し付けられる。不満を師匠にこぼしたところ、無駄に見えた動きが実は空手の上達につながっていたという話だ。鈴木君のプロジェクトは空手ではなく合気道が対象で、ユーザはMR技術で表示されたボールをさまざまに操ることを求められる。こうした動作を通じて、合気道の体の使い方を自然と身に付けてもらう狙いである。

合気道の体の動かし方を習得すると、体格や体力に関係なく相手を制することができる。女性や子供でも大男を投げ飛ばせるところが魅力的で、近年では護身術として人気が高い。ところが初心者がその動きを体得するのは簡単ではない。指導者の実演を見て真似をしてもうまくいかず、指導では「近くのボールを軽く捕るような気持ちで技をかける」といった曖昧な表現が多く、なかなか感覚を掴みにくい。

そこで開発したのが2種類のソフトウェアである。1つはユーザの体の周りに視覚映像を追加して、体の使い方のコツをユーザに素早く掴んでもらえるMRソフトウェア「Gino .Aiki」。ユーザが手を伸ばすと逃げていくボールを追うことで合気道の「押す」動作を学べるものなど、11種類の動作に対応した(図-1)。もう1つは筋電センサとスマートウォッチを用いてユーザの体の使い方を評価するソフトウェア。ユーザの動きが合気道の体の使い方にどれほど近づいたかを数値的に把握できる。

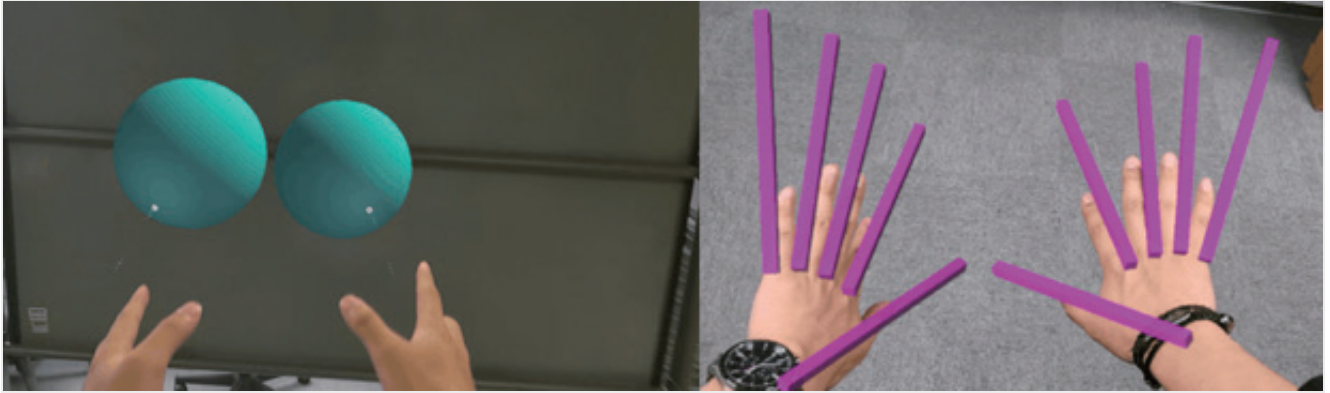


図-1 左は「押す」動作, 右は「下げる」動作を習得するためのタスクのMR画面

開発したソフトウェアの効果は, 数々のワークショップや実証実験で確かめた. たとえば札幌市のイベントで開いたワークショップでは, 参加者に既存の方法と「Gino .Aiki」の双方で合気道の動きを学んでもらい, 重たい荷物を扱う動作が楽になることを感じてもらった. アンケートやインタビューから, ソフトウェアで分かりやすくなったことや動作が楽になったことを裏付ける結果を得られた. このほか, 筋電センサを使って前腕の筋電位を測定することで, 力づくの動作と比べて合気道の動きの方が, 瞬間的にずっと大きな力が出せることなどを確認している (図-2) .



図-2 「倒す」動作の筋電位の変化. 左のピークは力づく, 右のピークが合気道の動作

実はこれまでも、VR技術などを用いて合気道の基本である「型」の習得を促すシステムが開発されたことはある。ただし、今回対象にしたのは型よりもさらに進んだ応用の動作であり、応用の動きを学べるシステムは世界でも初である。鈴木君は、本システムの開発を継続するとともに、合気道だけでなくさまざまなコツを視覚的に学習できるプラットフォーム「Gino」の構想も持っている。幅広く社会に役立つ技術を目指して頑張っていたきたい。（稲見昌彦PM担当）

### [関連URL]

[https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/like\\_hokudai/article/23986](https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/like_hokudai/article/23986)

**【統括PM追記】**

長身の田中PMに両手を強く掴まれて抑え込まれているのに、しかも、合気道のことを何も知らないのに、HMDに映るMR画面の2つのボールに手を伸ばすだけで、必死の形相の田中PMを押し戻すことができた。これが、私が成果報告会のステージ上で体験したことである。鈴木君は合気道の極意11種類のうち4種類について実用に耐え得るMR支援を実現した。上の実演は「球体捕縛」の技である。

未踏期間中、鈴木君のデモビデオはどれもインパクトが大きかったが、実際に体験してみて初めてそのすごさを実感することができた。何しろ、田中PMも私も実演後20分ほど腕や手が痛かったのだ。

鈴木君はこの技術開発を今後も継続する。稲見PMが紹介している、合気道に限らないコツの習得を助ける一般的なGinoは、介護、雪かき、荷物運搬など日常生活の広い場面で役立つことが期待できる。


(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## 自律分散的に展開される遊び場の制作支援

♡ 1

 情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 09:21



関口 大樹 (せきぐち だいき)

子ども向けの遊び場は、近年安全性を重視するあまり、大人が遊び方を規定した遊具のみになってしまっている。これは子どもたちから、遊び方に対する創造性を

奪っているのではないだろうか。関口さんは、子どもたちの「やってみたい遊び方」を実現可能にする、身体スケールでリアルとバーチャルを往来可能な、デジタルツインの新しい形の遊び場の仕組みを開発した（**図-1**）。遊び場は、間伐材を利用したオリジナルのジャングルジムのようなものを、イメージしていただきたい。



図-1 実環境と情報環境を往来可能な遊び場

関口さんの開発した、デジタルツインの新しい遊び場は、4つの領域から構成される。部材となる間伐材の3Dスキャンおよび管理ツール（**図-2**），部材を利用した構造物の解析ツール（**図-3**），実環境との連携を実現するAR/MRツール（**図-4**），構造物全体のスキャンとモデル復元のためのツールである。このほか、ワークショップで必要となる、遊び方を分かりやすく説明するための実践例なども成果物の重要な要素となっている。



図-2 部材スキャンツール

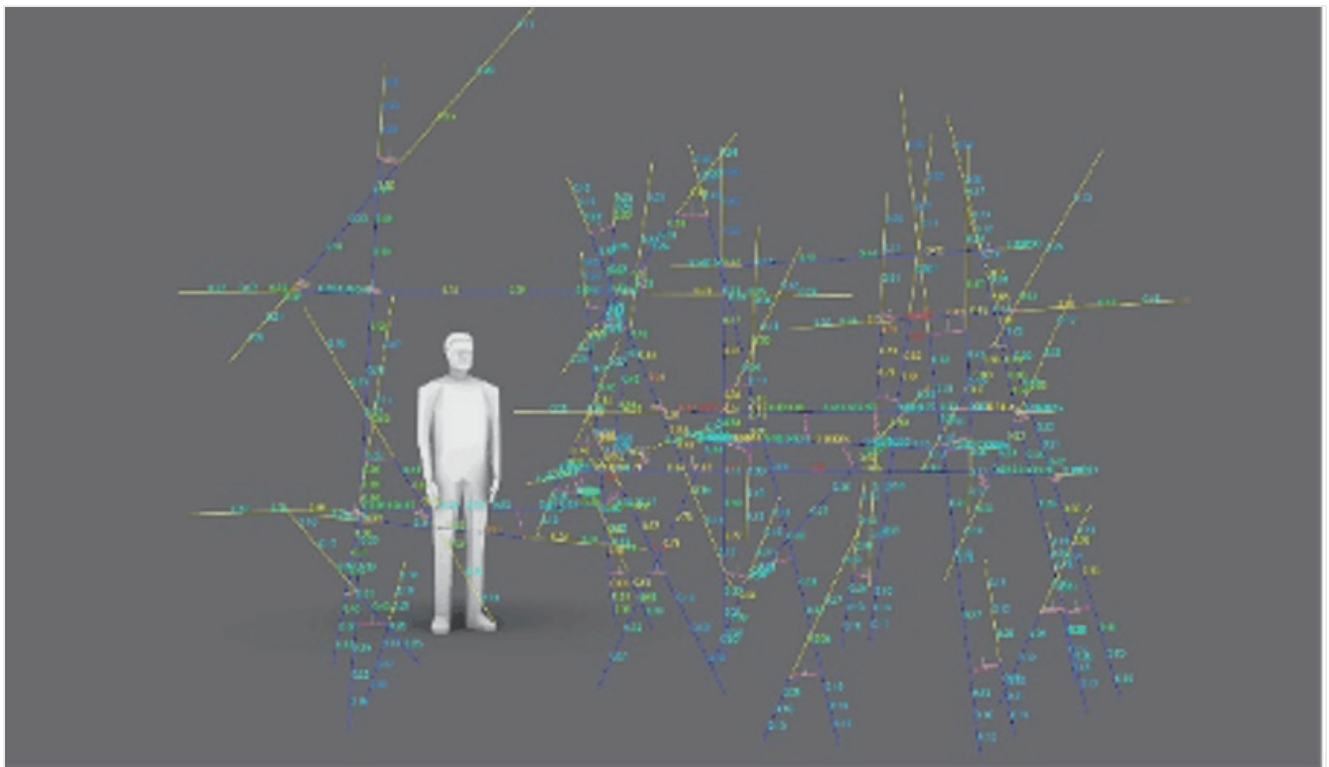


図-3 構造解析ツール



図-4 AR/MRツールと実践の流れ

子どもたちはスキャンされた部材を使って情報空間で設計する（遊ぶ）こともできるし、実空間を情報空間に取り込んで部材の追加などを考える（遊ぶ）こともできるという仕組みである。情報空間では、構造計算なども行われるので、子どもた



ちが怪我をしないための強度チェックなども分かりやすく提示されている。

実空間も情報空間も、ともに身体スケールであることがポイントである。ツリーハウスやハンモックをつくったりすることができるわけだが、自身の遊び場を作り上げる過程を楽しみ、また作ったあとの体験を楽しむこともできるのである。

加えて注目すべきは、遊び方をつくり自ら遊んでみるというプロセスに、ローレンス・レッシングの言うアーキテクチャ、つまり環境管理型制約をデジタルのプロセスで組み込み実装したことである。子どもたち自身がデジタル環境とのインタラクションを自然な形で活用して、新しい遊び方を自ら考えられることは、デジタル時代の創造性と安全性の両立に新しい可能性を提示している。

関口さんは、都内で認証保育園を運営する家庭で育ち、子どもの遊び場や社会の仕組みなどに強い関心があったことについて触れておきたい。まさにこのプロジェクトは、そのような背景とパッションを持ち、建築とデジタルを学んだ関口さんだからこそ実現できたプロジェクトだと考える。

現在は、子どものための空間設計で有名な設計事務所に就職を決め、さらなる高みを目指している。本プロジェクトで彼が提示してくれたように、デジタルを活用した設計・建築の未来を、新たに切り開いてくれると信じている。（藤井彰人PM担当）

**[関連URL]**

<https://www.youtube.com/watch?v=HgyQnrX9kwY>

**[統括PM追記]** 関口君は本当にアーティストだった。アーティスト特有(?)のとても小さい文字の、しかしレイアウトに美的センスが詰まった発表スライドを見るのには本当に苦労させられた。それと裏腹に(?), 子どもたちを見る目はやさしさに満ち溢れたものだった。フィールドワークで子どもたち、その親たちと間伐材を組み上げていくのは、そのやさしさなくてはなかなか難しかったと思う。子どもたちに彼の難しい構造計算の画面がどのように提示されていたのか、実は私にはよく分かっていないが、きっと素晴らしい尊敬の眼差しを浴びたのではなからうか。

この運動が全国的に再生可能なものとして展開され、たくさん子どもたちが生き生きと自分たちの遊び場を作り、それを遊び尽くす喜びを味わえるようになることを期待したい。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## チャット型インタフェースを用いた集団発想支援ツール hidane



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:22



野崎 智弘 (のざき ともひろ)

三橋 優希 (みはし ゆうき)

チャットで発言するように、気軽にオンラインでブレインストーミングできるようになれば、対等な関係で意見を自由に出し合い発想を広げる、という文化を根付かせることができないか — そんな考えから生まれたWebアプリケーションが「hidane」です。2022年2月にリリースされた直後から話題を集め、公開から3カ月半の2022年5月現在、すでに1万人のユーザを獲得しています (図-1)。



[https://twitter.com/nztm\\_tw/status/1528303671125364736](https://twitter.com/nztm_tw/status/1528303671125364736)

## 図-1 ユーザ数の伸び

未踏クリエイターの野崎さんと三橋さんによって開発された「hidane」は、ブレインストーミングを複数人で同時に行えるWebアプリケーションです。

hidaneの最も特徴的な点は、チャットをするような感覚でアイデアを入力することができるインタフェースです（図-2）。ブレインストーミングを行えるアプリは、「Miro」や「MURAL」といったオンラインホワイトボードツールなどさまざまにありますが、「チャット型」のインタフェースは、オンラインでのコミュニケーションに、より適した方法です。画面右下の入力欄にテキストを入力して、エンターキーか投稿ボタンをクリックすると、アイデアが投稿できます。投稿されたアイデアは、バルーン型のオブジェクトとなり、入力欄の上に連なって表示された後、画面に自動的に配置されます。もちろん、自動配置されたバルーンをユーザは自由に移動でき、色の変更、コピー、そして削除や編集も可能です。ボードのサイズもバルーン数によって常に最適なサイズに自動的に変化します。野崎さんと三橋さんは、こうした1つ1つのインタフェースの設計にたくさんのユーザテストを重ね、心地よく使える工夫を凝らしています。



図-2 hidaneの画面の様子

ブレインストーミングを複数人で行うときの難しさの1つは、アイデア出しからまとめるまでの一連のステップに進行役が必要なことです。そこで、hidaneでは、ブレインストーミングに慣れていないユーザでも順を追って進行できるように、アイデア出しからまとめまで5つのステップに沿ったガイドを提供しています。(1) アイデア出し、(2) グループング、(3) リアクション、(4) ディスカッション、(5) クロージングの5つの各ステップに従って進行していれば、アイデア出しからまとめまで、とてもスムーズに進みます。

もう1つ、ブレインストーミングを行っているとき「アイデアが出ない」「議論

が煮詰まってしまった」といった状況に陥ることがよくあります。そこで役に立つのが、自然言語処理を使った「ひらめきワード支援」「連想ワードの検索」「発想を広げるメッセージ」という3つの発想支援ツールです。ひらめきワードでは、たとえば、「お菓子」というワードを入力すると、「友だちと共有できるケーキ」という組み合わせを生成してくれます。連想ワードの検索では、たとえば、「オムライス」というワードを入力すると、「カツ丼」「ハヤシライス」などの関連するワードがリストアップされます。メッセージ機能は、アイデアが出ているときにも発想や会話をより活発になるように支援するため機能でGPT-3を使って実装されています。

「友だちと競争できるようにしたらどうなりますか?」といった、発想が広がりそうな問いかけが自動生成されます。これらの機能を用いることで、アイデア出しのペースが落ちた際に、ユーザのペースに合わせて発想を広げることができるようになっています(図-3)。



## 図-3 アシストボット

多くのユーザ調査から得られたフィードバックをベースに、インタフェース案を設計、実装し、試行錯誤の結果、多くのユーザに受け入れられ使われるアプリケーションとなっています。野崎さん、三橋さんというクリエイターの卓越したコーディング能力、デザイン力、そしてプロジェクト管理能力が発揮された結果です。イラストやアイコン、全体のビジュアルなども、細部にこだわった制作を行い、アプリケーションのコンセプトが非常によく伝わるものとなっていると思います。公開直後から多くのユーザの関心を集め、今も成長を続けるhidane。今後の2人の活躍にも注目です。（岡瑞起PM担当）

**[関連URL]**

<https://hidane.app/>

**[統括PM追記]** 2人は兵庫県と東京都に分かれてという、リモート開発だったが、提案の段階から、話を聞くたびに機能が増え、見た目も変わっていったプロジェクトである。連想ワードの検索や発想を広げるメッセージといった、いわゆるアシストボットがその典型例である。裏方の技術も面白く、聞いた瞬間にみんなが「これは受ける！」と膝を打った。たくさんのユーザ調査から得られたフィードバックで2人自身が発想支援を受けたということになるのだろうか。

図版からも分かるように、hidane（最終段階で決まったものだが、ネーミング



も素晴らしい)に一貫するカラーリングやデザインは、アート系の大学に進学することになった三橋さんの個性がよく出ている。下に紹介したhidaneのロゴマークのデザインの何十回にもわたる試行錯誤のスライドを成果報告会で一瞬見たのだが、圧巻だった。



(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## お風呂を掃除するタコ型ロボットOCTO



情報処理学会・学会誌「情報処理」  
2022年8月15日 09:22



原田 慧 (はらだ けい)

原田君は、壁や天井に吸着し、スポンジや道具を把持することで風呂掃除が可能なタコ型ロボットの開発に取り組んだ。

お風呂掃除専用ロボットは各家庭でニーズがある分野であるが、まだ製品化がなされていない分野である。従来のルンバのようなお掃除ロボットは、天井や浴槽の内壁を移動したり、垂直な壁を上下したりすることができない。磁力で吸着しながら移動する窓拭きロボットは、鉄板のない浴槽内で移動することは原理的に不可能である。剛性のある硬い足をサーボモータで制御するようなロボット機構はすでに多くの実装と理論があるが、柔らかく動くタコ型の足を制御して浴槽を傷つけないように移動するようなソフトロボットは実装が少なく、理論研究も少ない。

3Dプリンタでロボットの製作に必要な各部品の金型を成形し、いくつかのゴム材料を組み合わせることによって、最終的に風呂掃除の要件を満たすタコ型ロボットOCTO (Original Cleaning Tender Octopus-type robot) を製作した (図-1)。

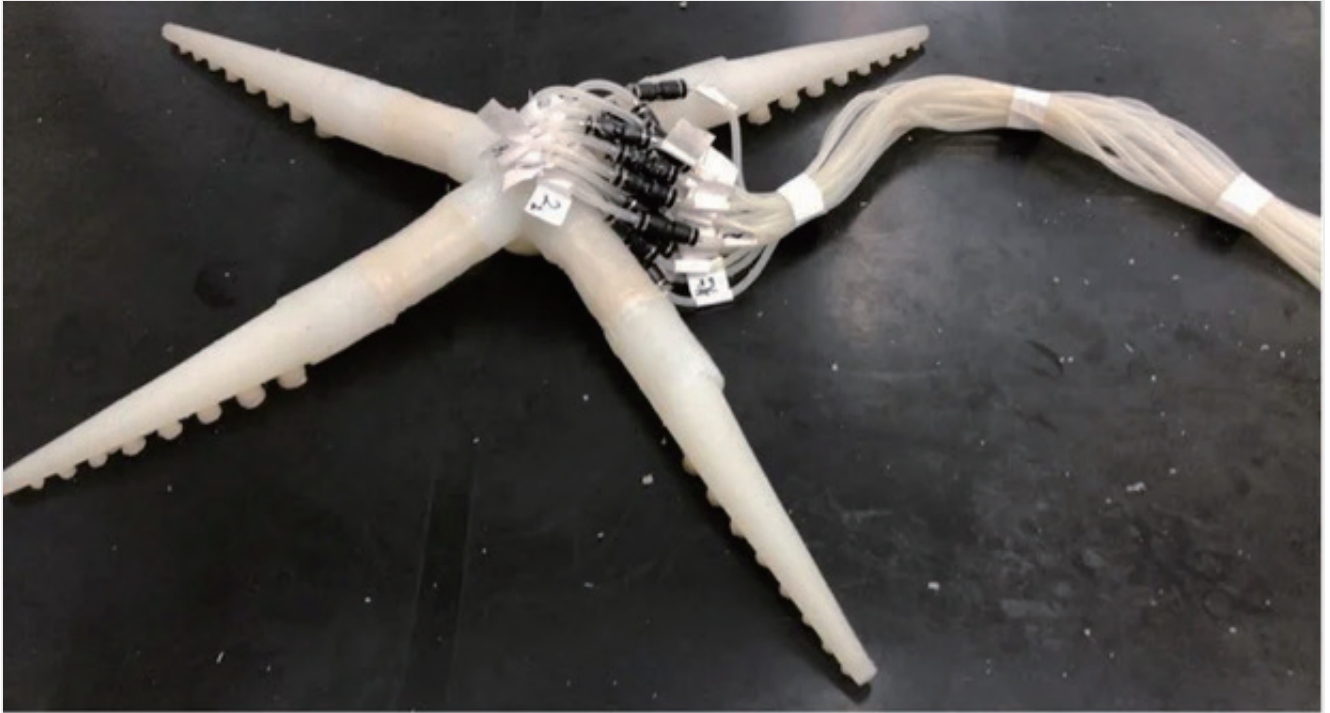


図-1 製作したタコ型ロボットOCTOの外観

このタコ型ロボットは、4本のタコ足アクチュエータを持ち、幅450mm、高さ150mm、重さ580gである。空気源チューブ20本によって、遠隔の空気圧システム（図-2）と接続され、圧縮空気の供給・排気をArduino Megaと電磁弁36個で制御している。

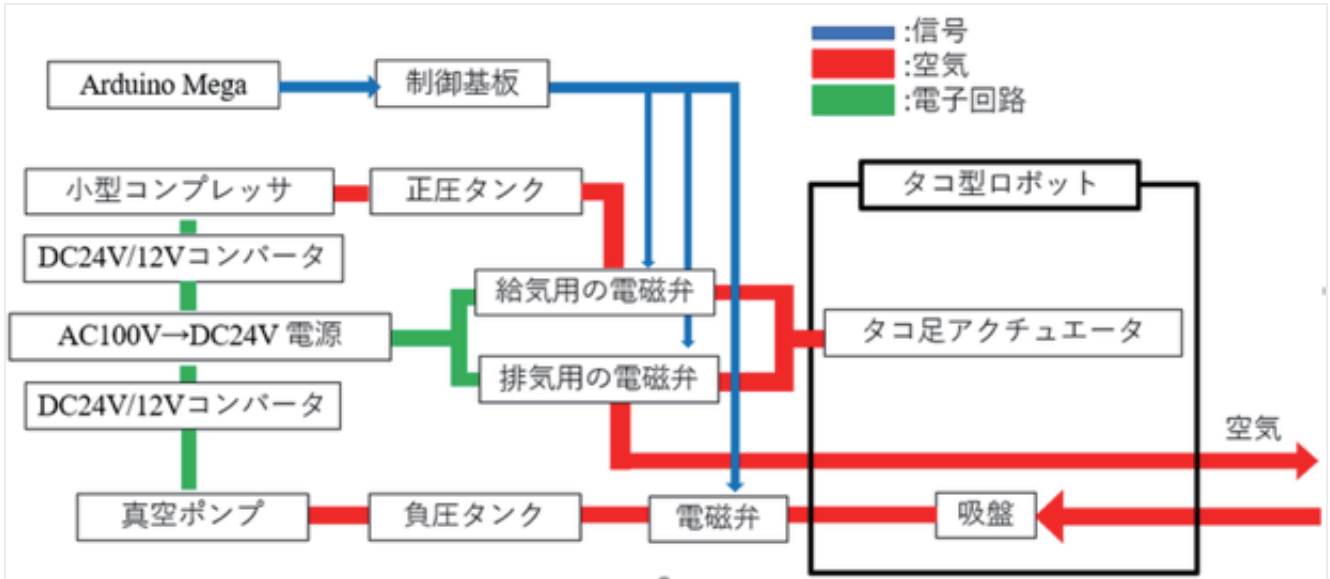


図-2 空気圧システムの構成図

タコ足は16個の吸盤を持ち、真空ポンプで壁に吸着できる構造を持つ。実際に吸盤と接地面の空間を-60~70kPa程度に減圧させた状態で、90度の傾斜の壁面に吸着することができた。また、吸着用のパイプとは別の空気室に圧縮空気を送り出すアクチュエータの構造を設けることによって、タコ足を曲げることができる点もユニークである (図-3)。

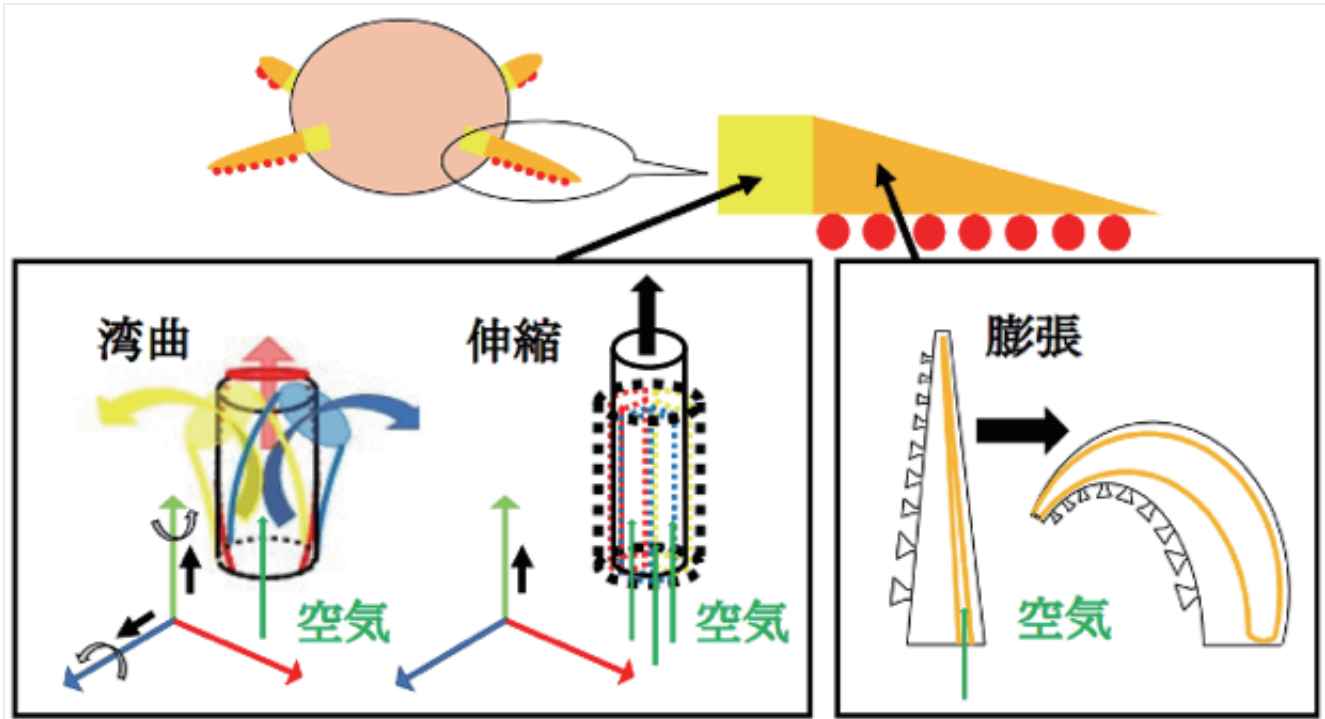


図-3 タコ足を曲げるアクチュエータの構造

実際にお風呂の浴槽の中で壁面に吸着しながら、スポンジを持って拭き掃除できることを検証した (図-4) .

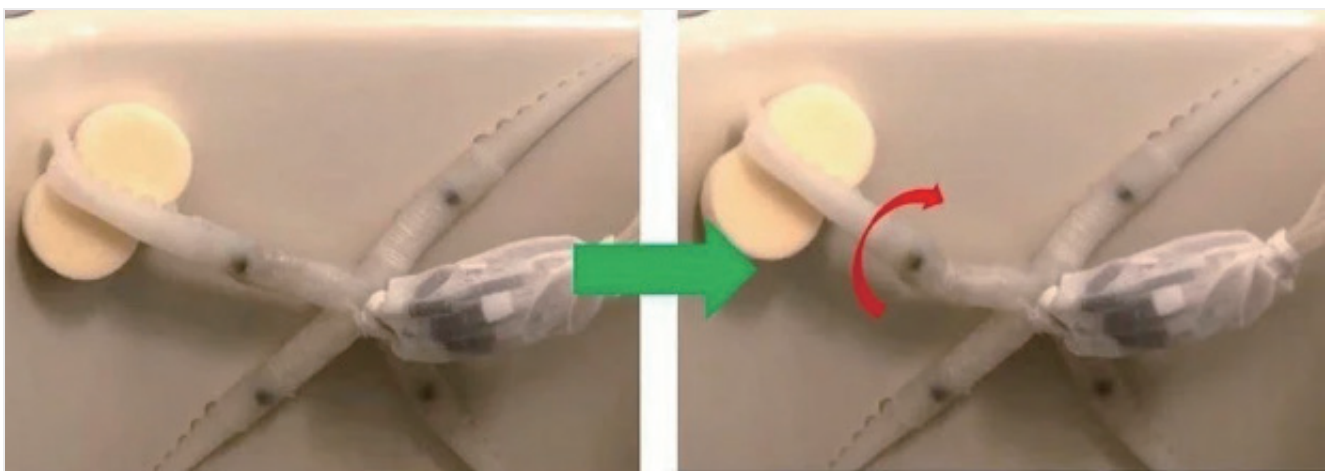


図-4 スポンジで浴槽壁面を拭き掃除する様子

空気圧でタコ足の動きや吸着を制御する機構を実現するため、ゴムの中に気泡が少しでも入っていると空気漏れが発生し、思った通りの制御ができなくなってしまうことがあった。そのため、気泡の混入をなくすような慎重なゴム成型には職人技が必要であり、1本作るのに80時間かかるタコ足アクチュエータを何度も破裂させるなど、精神面で試される場面も多々あった。未踏期間中、累計50本の足、プロトタイプ5体のロボットを製作した（図-5）。



図-5 タコ型ロボット製作のために作った型の一部

原田君の製作したタコ型ロボットのハードウェアはすべて柔らかいゴム材料で構成され、可動部のロボット本体には電子回路やセンサやモータがいっさい搭載され

ていない。制御に用いる空気圧システムを外部に設けることでロボット本体の防水性が担保されるため、水中や極低温などさまざまな環境に適応する可能性を秘めている。有用な応用先の1つとして、放射線の影響で通常の電子制御のロボットでは誤作動を起こす原子炉などでの稼働が可能であると考えられる。（竹迫良範PM担当）

### [関連URL]

<https://www.youtube.com/watch?v=Q7kedu26a7g>

**[統括PM追記]** このプロジェクトは「ものづくり」という意味で本当にエンジニアリング魂に満ち満ちたものだった。本文でもお分かりのように、とにかく作った量が半端でない。材料、モールド剤、ポンプの選択、足を少し硬くさせるための加熱などなど、数々のノウハウが得られたに違いない。当初、足を1本作るのに80時間、ということは1週間じゃ足りない。ものすごい根気である。それが激しいタコ足愛(?)を生み、成果発表会では初期の足作品を、ついマイク代わりに握って熱弁するほどになった。

生き物に学ぶエンジニアリングは本当に大変だと思う。タコの解剖学的初見も参考にしたとのことだが、タコには空気ポンプがない。きっと超分散的な細胞の収縮による吸盤効果なのだと思うが、それはそれで猛烈に難しそうだ。4本足が最適という原田君の方法は1つの現実解として、実世界で応用がきくところまで発展させ



てほしい。何よりも見た目に面白い。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## レースドローン向け低遅延IP映像伝送

♡ 1



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:23



水野 史暁 (みずの ふみあき)

ドローンレースとは、空中に設けられたチェックポイントを周回し、障害物を回避しながら、ゴールまでの時間を競うもので、エンターテイメントへのドローン活

用の一例として知られている。

その中で、ドローンに取り付けられたカメラの映像をもとに操縦を行う競技があり、速いものでは時速150kmに迫る高速な飛行をすることから、低遅延な映像伝送が要求されている。

多くのレースドローンにおいては、低遅延を実現するためにアナログ映像伝送が採用されているが、電源ノイズ、モータやモータドライバの放射ノイズ、マルチパスなどによるノイズに起因する画質の劣化が問題になる。

そのため、水野さんはデジタル伝送をアナログ並みの低遅延で実現することを目標として、FPGAを使ったハードウェアを開発するとともに、低遅延を実現するためのソフトウェアを開発した。

デジタルにおける低遅延を実現するためにはいくつかのハードルがあったが、その中でもバッファリングをいかに解消するかというところが中心となった。

たとえば、カメラから画像を取得する際にもバッファがあり、画像補正にもバッファ、エンコードにも圧縮にもバッファといったように、メモリ上にフレームを展開して各段階の処理を行う都合上、何層ものバッファを経由することになってしまう（図-1）。

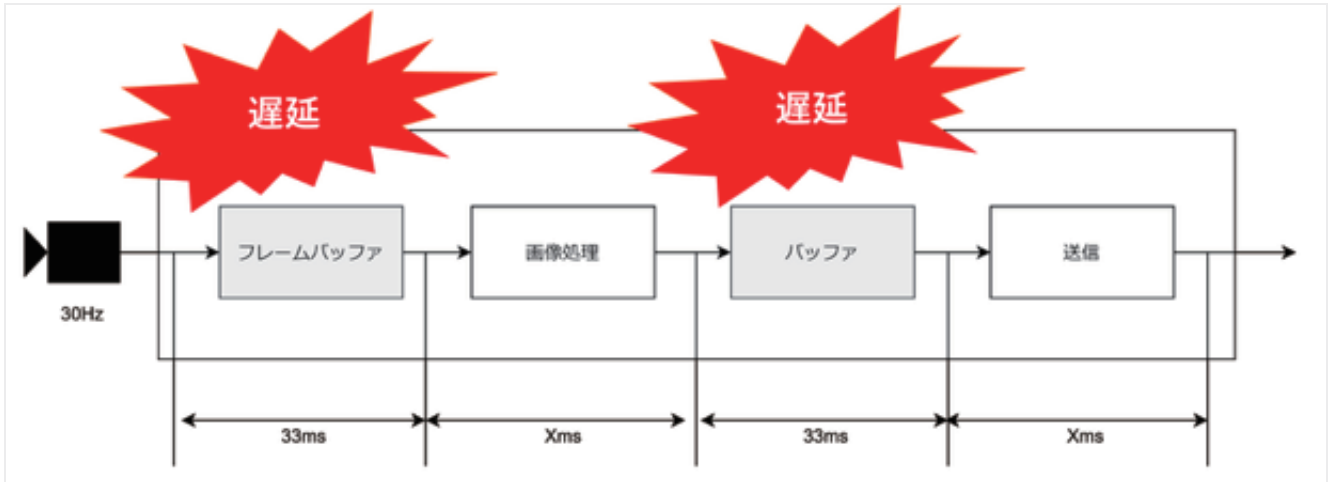


図-1 バッファが遅延の原因

ちなみに、30fpsだとすると1フレームバッファリングをすることで33.3msの遅延が発生することになるが、時速150kmで飛行するドローンの場合には約1.4mも進んでしまう。いかにバッファリングを減らすかが重要であることは理解できよう。

まず、カメラからの映像取得であるが、MIPI (Mobile Industry Processor Interface) を利用したことで、一般的なUSBと異なり、CMOSセンサに直接アクセスでき、かつ伝送路の帯域も大きく、無圧縮で、バッファリングやFIFOなども利用しないことで遅延を大幅に削減することを実現した。

次に、色やガンマ値の補正といったエンコード処理については、FPGAベースで実装し、CPU処理に比べると遅延を削減することができた。

圧縮については、実装せずにRAWで伝送するという選択もあったが、HD画像を30fpsで伝送すると1.5Gbps近くになり無線伝送するには現実的ではなく、やはり圧縮を実装することとした。

ただし、動画で一般的に利用されているH.265などのフレーム間圧縮の場合は、キーフレームの packets 受信にロスが発生すると、次のキーフレーム受信まで動画が破綻してしまい、高速で飛行するレースドローンの操縦においては致命的な影響が発生することから、MotionJPEGを用いたフレーム内圧縮として実装した（図-2）。

圧縮方法	代表例	圧縮率	遅延	データ欠損時
フレーム間	H.264/265	高	2フレーム以上	破綻が複数フレーム伝播
フレーム内	Motion JPEG	低	1フレーム以下	破綻は1フレーム未満

図-2 フレーム間圧縮とフレーム内圧縮の比較

フレームの圧縮については、1フレーム丸ごと圧縮するとバッファリングの遅延が発生するために、8ラインごとに圧縮するように実装を行った（図-3）。

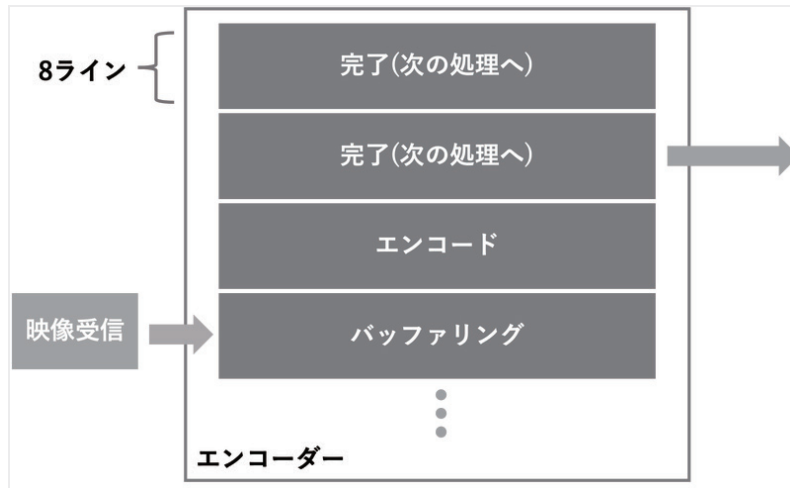


図-3 圧縮遅延の短縮

この圧縮についてもFPGAを用い、HDL (Hardware Description Language) ベースでJPEG圧縮を実装することで遅延を削減するとともに、VDMA (Video Direct Memory Access) を用いて高速なメモリ転送を行うこととした。

これらの実装により、アナログ伝送並みの遅延となる33.6msの遅延を達成し、画像圧縮付きデジタルIP映像伝送としてはきわめて低い遅延で映像伝送することができた。また、圧縮率についてはHD画質（1280×720）プログレッシブ30Hzにおいて100Mbps以下を達成し当初の目標を達成することができた。

ちなみに、この伝送遅延の評価を行うために、LEDとフォトランジスタを使用した、測定装置の実装も行った。カメラにLEDの光を写し、映像伝送されたディスプレイからの光を、フォトランジスタを用いて測定するもので、LEDが光ってからディスプレイの光として帰ってくるまでの遅延時間を測定する（図-4）。

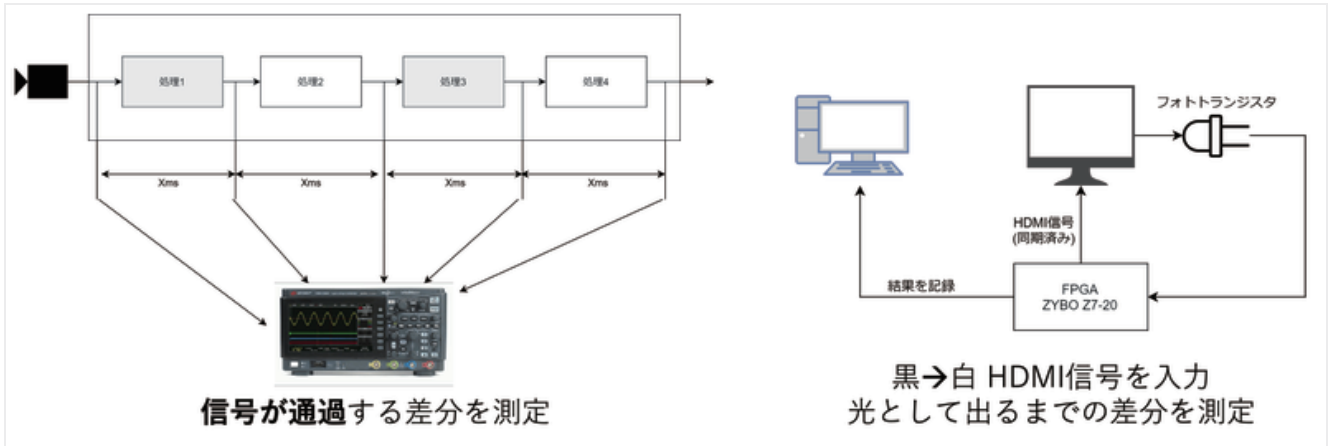


図-4 遅延測定器の自作

プロジェクトの遂行においては、半導体不足の影響が大きく、自作の基板を作ったり、互換のハードウェアを自作したりするなど、クリエイターの執念が感じられた。

また、今回の実装ではIP伝送の部分はLinuxを使ったが、FPGAとLinuxのメモリ空間の間でどのように伝送するかや、すでにあるFPGAのHDLをいかに改造してこのプロジェクトにフィットさせるかなど、すでにあるものを組み合わせただけではできない、創意工夫と実装力が試されるプロジェクトになった。（田中邦裕 PM担当）

### [関連URL]

<https://fumimaker.net/entry/2022/06/16/225653>

**[統括PM追記]**田中PMが「執念」と書いておられるが、こんなに多数の困難を乗り越えたプロジェクトは珍しい。半導体不足もさりながら、期待していたものが動かなかったとか遅すぎたとか、土地勘のないLinuxを勉強しなければいけなくなったとか、成果報告会直前の1月にピボットしたとか、さらには集中しすぎた疲れで倒れてしまい、救急隊員にガラス窓を破って入ってもらったとか、まさにプロジェクトXばりの物語があった。

レースドローンってただの遊びじゃないの？ と思われるかもしれないが、ここで開発された技術の適用性はとても高い。たとえば、これだけ遅延が少ないと、移動体に計算資源を積まずに高度な自動操縦をすることが可能になる。エッジコンピューティング流行りだが、その逆もありということだ。この技術、近い将来ブレークする予感がする。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)





## 3Dプリンタで創る音の触感



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:23



望月 草馬 (もちづき そうま)

VRやARなどのいわゆるXR技術の大きな課題は、視覚と聴覚以外の感覚も刺激して、ユーザが体験するリアリティの質を高めることである。中でも触覚に着目した

研究開発は盛んで、最近ではユーザが身に付ける装置を使わずに刺激を与えることが可能な「空中触覚ディスプレイ」が注目を集めている。その原理の1つは、いわゆる超音波フェーズドアレイ技術の活用である。多数の超音波振動子を配列して、位相制御により任意の点に超音波を集束させる手法で、東京大学、筑波大学、Sussex大学などが研究を進めている。

この手法の難点は、位相制御にFPGAなど高価な計算資源が必要なことだった。望月君は、この課題を卓抜なアイデアで鮮やかに解決してみせた。一言で言えば、計算機で位相を制御する代わりに、振動子の位置を物理的に制御して超音波を特定の場所に集束させる。具体的には、上下方向に可動な振動子を凹凸のある構造物（位相記録版）に配置して、狙いに合わせて位置を変えられるようにする

(図-1)。この構造物を3Dプリンタで作成することで、安価かつ容易に超音波フェーズドアレイを構成できるわけである。

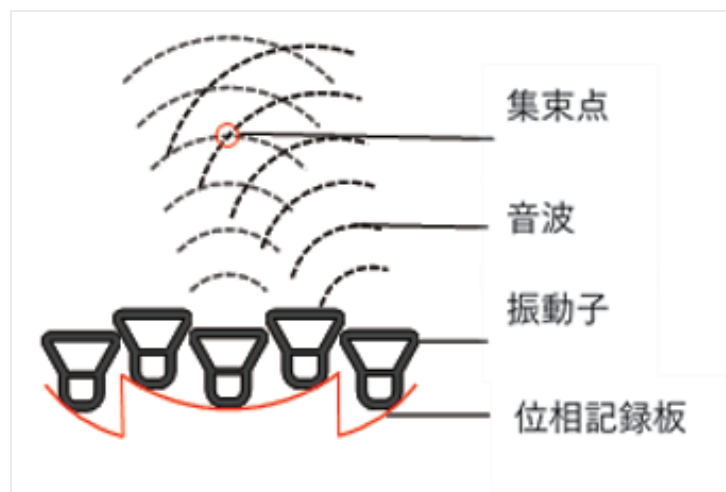


図-1 振動子の位置を物理的に制御して音を集束

望月君は、提案手法に基づき振動子アレイや位相記録版を何種類も試作している。前者は最大342個もの振動子を備える大型アレイを作成（**図-2**）。位相記録版としては3Dプリンタでさまざまな形状のものを作成したほか、紙粘土や紙といった身近な材料も使えることを確かめた（**図-3**）。提案手法でフェーズドアレイを実現できることを示すために、音を直線上に集める効果がある位相記録版を用いて音圧分布を測定し、理論に即した結果も得ている。

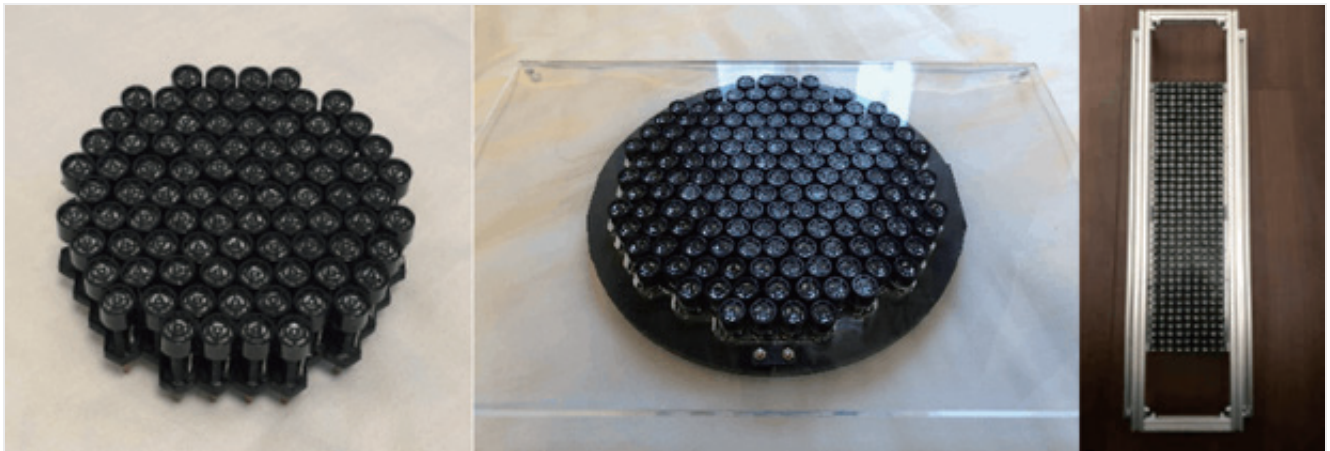


図-2 試作した3種類の振動子アレイ

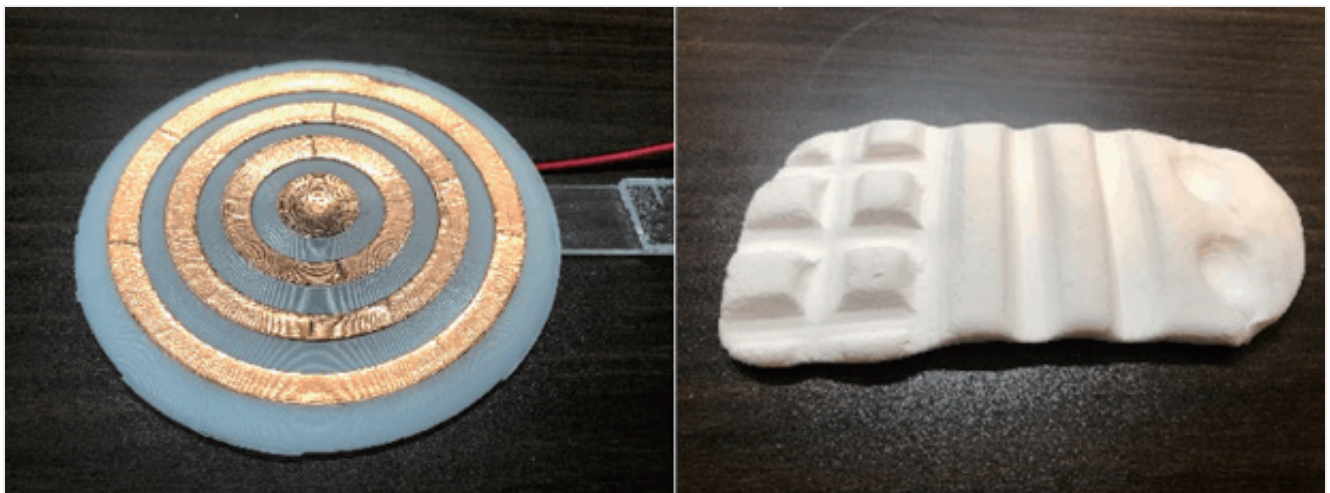


図-3 3Dプリンタ（左）や紙粘土（右）で作成した位相記録版

提案手法には、専門的な技術や知識がなくともフェーズドアレイを利用できると、既存の指向性スピーカの発振回路やArduinoなどのマイコン基板を活用できる柔軟性といった多くの利点がある。XRへの応用はもちろん、フェーズドアレイ技術の応用先の拡大や研究開発の促進といった効果も期待できる。当初は教育用途が主軸になりそうだが、そこだけにとどまらず、従来手法では実現できなかったフェーズドアレイの活用分野をどう広げるかが、プロジェクト進展のカギとなると考えられる。

望月君は、実用化に向けた準備を着々と進めている。中高生向けの研究発表の場であるサイエンスキャッスル2021関東大会や、友人を招いたワークショップを通じて、本手法が手軽かつ簡便に使えることを検証済みである。本プロジェクトで考案した手法や作成したデバイスの公開と振動子アレイの販売も予定している。今後の取り組みが、フェーズドアレイ技術の広範な浸透につながることを期待したい。  
(稲見昌彦PM担当)

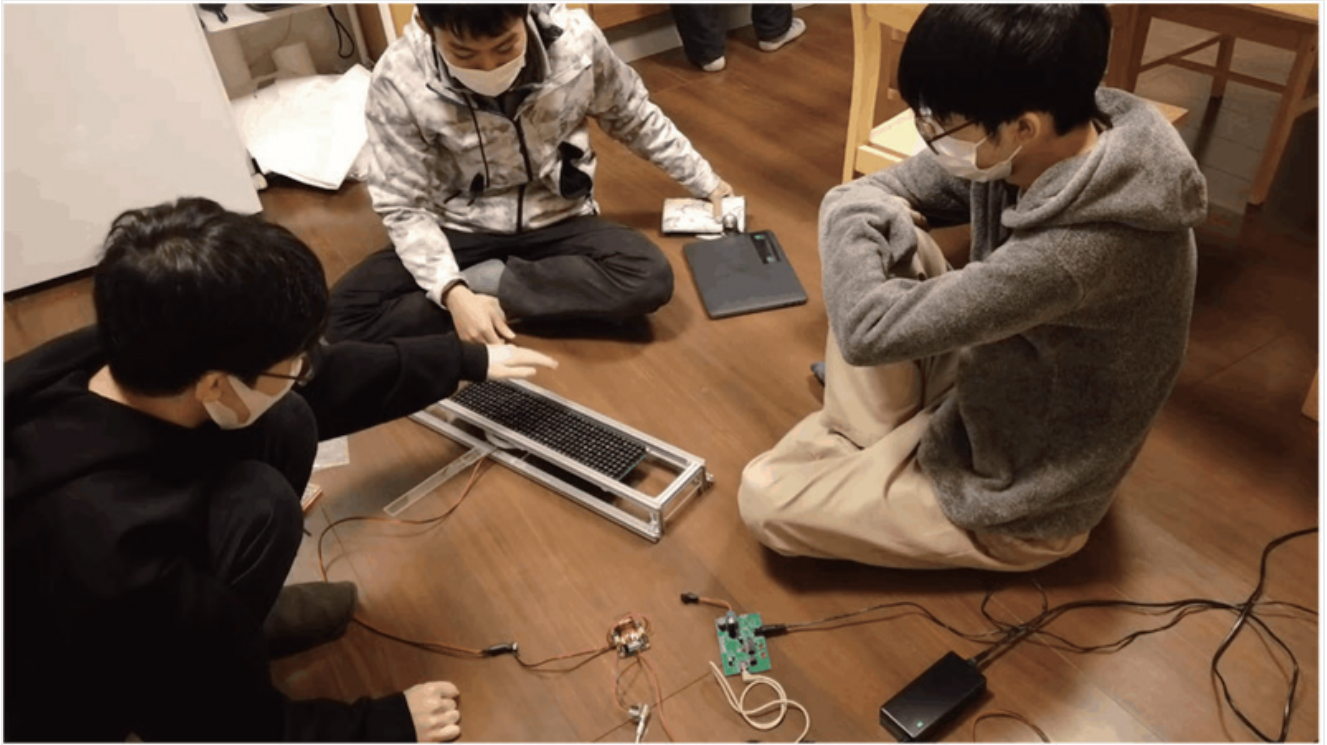
## [関連URL]

[https://scrapbox.io/mitou-meikan/望月\\_草馬](https://scrapbox.io/mitou-meikan/望月_草馬)

**[統括PM追記]** 望月君は高校生時代にすでにこの着想でいろいろな実験を行って

きたという科学工作少年である。しかも、その時点で大学の先生に協力依頼したという行動力の持ち主である。市販品で50万円もする位相制御回路を使わないで、超低コストで超音波フェーズドアレイによって音圧を集中させ、力に変換した。CDからアナログLPレコードへの回帰とでも言おうか。プロジェクト期間中も次々と新しいアイディアに挑戦し、最後は3Dプリンタも不要、「カタチ」による音の触感の概念に至った。

私も成果報告会で被験者になったが、手のひらをかざすと何ともゾワゾワした感覚が伝わってくる。稲見PMの紹介にもある友人たちを招いたワークショップの写真を図-4に掲載しておく。超音波フェーズドアレイから伝わるゾワゾワ感は、まさに熱が揺らぐ囲炉裏に手をかざしたときに得られる感覚に近い。これは確実にコミュニケーションを助けるツールになると思う。



(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## シェルスクリプトにコンパイルする静的型付け スクリプト言語Cotowali



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:23



矢尾田 貴大 (やおた たかひろ)

矢尾田君は、モダンで書きやすい構文を持ちながら、シェルスクリプトに変換することで高いポータビリティを実現する静的型付きスクリプト言語Cotowaliの開発に取り組んだ。シェルスクリプトは古くから存在する言語で、最近のプログラミング言語とは異なった構文を持っていることから、若い人にとっては記述するのが難しく、生産性を低下させており、想定外の動作を誘発するバグの温床にもなっている。

開発したCotowaliは、現代的なプログラミング言語に近い文法と機能を持ち、ポータビリティの高いシェルスクリプトへの変換を行うことで、書きやすい言語でありながらも高いポータビリティを実現する。また、最近のプログラミング言語で採用されていながらシェルスクリプトでは利用できなかった静的型検査の手法を採用することで、より安全でバグの少ないスクリプトを書くことが可能となる。未踏期間中に、以下のコマンド群を開発した。

- lic : Cotowaliコンパイラ
- lish : Cotowali対話環境
- kuqi : 言語サーバ
- himorogi : Cotowaliインタプリタ (PoC)

1つの特徴としてCotowaliコンパイラはV言語で記述されている。V言語は2019



年に登場した新しいプログラミング言語で、未成熟ではあるが一定程度動作する。できたばかりのプログラミング言語ということで、実際にV言語を使用した例が少ない。Cotowaliは数万行単位のコードで構成されるが、この規模のV言語で書かれたソフトウェアは、V言語コミュニティが主導しているもの以外ではほとんど存在しない。Cotowaliの開発過程ではV言語のバグに多く遭遇したため、それらのバグは修正を行い、最終的には50を超えるV言語のバグがCotowaliの開発過程で修正された。

シンタックスハイライトを含むエディタプラグインを提供するために、より発展的なエディタサポート機能である言語サーバKuqiを開発した。これにより、Visual Studio CodeやVimなどのソースコードエディタ上でエラー表示が行えるようになり、利便性が向上した。通常、エディタがプログラミング言語をサポートするためには、対象のプログラミング言語に対するサポートを実装する必要があるが、言語サーバを利用すると、エディタは言語サーバ仕様に対応するだけで、言語サーバを提供するすべてのプログラミング言語に対して機能を提供でき、プログラミング言語は言語サーバを提供するだけで、言語サーバをサポートするすべてのエディタに機能を提供できた。

Cotowaliで記述したFizzBuzzのソースコードを図-1に示す。

```

fn fizzbuzz(i: int): string {
  if i % 3 == 0 && i % 5 == 0 {
    return 'fizzbuzz'
  } else if i % 3 == 0 {
    return 'fizz'
  } else if i % 5 == 0 {
    return 'buzz'
  } else {
    return "$i"
  }
}

for i in range(0, 20)
  println(fizzbuzz(i + 1))
}

```

図-1 Cotowaliで記述したFizzBuzzのソースコード

Cotowaliでは、ロゴのデザインの緻密さにもこだわっている。英文字フォント Montserratをベースに独自のロゴタイプをデザインし、ロゴマークは、漢字の「理」とカタカナの「コトワリ」を組み合わせでデザインした。印章をイメージした角丸の形状と、筆文字をイメージしたカタカナの「コトワリ」の部分の切り欠きは、シェルスクリプトの長い歴史を、漢字や仮名文字の歴史に見立てたものである（図-2）。



図-2 Cotowaliのロゴマークとロゴタイプ

未踏期間中からオープンソースでGitHub上に公開しながら開発を進め、ドキュメントやシンタックスハイライト等の周辺環境も整備し、当初は予定していなかったWindows環境に対応するためPowerShellバックエンドなども開発した。Hacker Newsに取り上げられ話題になった (<https://news.ycombinator.com/item?id=30802186>)。GitHubスター数も534 (2022年6月30日時点) を超え、カザフスタンからもプルリクエストが飛んできている (<https://github.com/cotowali/cotowali/>)。

Cotowaliを実際の業務プロジェクトへ適用することが今後の課題である。業務プロジェクトのセットアップやインストーラは複雑化する傾向にあり、いまだにシェルスクリプトが使われている現場では、気が付いたらシェルスクリプトが想定通り動かなくなって事故につながることもある。ポータビリティを重視するCotowaliを利用すれば、その問題を解決できる可能性がある。今後の継続的な開発体制の維持構築のため、Open Collectiveでスポンサー募集を開始している

(<https://t.co/rNSnqDv16S>)。オープンソース開発者を継続的に支援する文化が日本でも根付くとよいと考える。(竹迫良範PM担当)

## **[関連URL]**

<https://cotowali.org/>

**[統括PM追記]** 私には「まだCOBOL?」というのと似た感慨がシェルスクリプト言語にはある。あまり仲良くなりたくない。この問題をCotowaliがやっと解決してくれそうだ。しかも、まだ少々不安定なV言語を使って相当に大きいプログラムにしたというのが素晴らしい。開発中にV言語のバグを50個見つけたという紹介があったが、昔似たような体験をした私には、何かゲーム感覚で開発をしていたのかな、と思えてしまう。Cotowaliのロゴにもそういった遊び心というか、余裕を感じる。

システム開発の王道を歩くがごとく、周辺ツールをきちんとした形で整備しつつ前進しているところがなんとも頼もしい。きっと世界のデファクトにまで持っていけると思う。

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)



## 筋トレを全自動で記録するMuscle Supporter



情報処理学会・学会誌「情報処理」

2022年8月15日 09:24



山本 恒輔 (やまもと こうすけ)

下島 銀士 (しもじま ぎんし)

## 海老原 裕輔 (えびはら ゆうすけ)

スポーツ・スタイル改善・健康維持・ストレス解消など、多くの人がさまざまな目的で筋トレを行っている。筋トレを継続し、筋トレの効果を高めるためには活動内容の記録が非常に有効であるが、筋トレをしながら筋トレ内容を記録するには手間がかかるため、詳細・継続的な記録は困難である。

山本君、下島君、海老原君は、筋トレを全自動で記録できるiOS・WatchOS 向けアプリとそれらを支えるシステム「Muscle Supporter」を開発した(図-1)。これは、iPhone とApple Watch それぞれのモーションセンサの時系列データから筋トレ種目を自動で判別し、記録できるというものである。本システムの開発においては、既存の筋トレ記録アプリにない特徴として記録の簡便さを追求した。結果、本システムで筋トレの記録を開始するのに必要なのはたった1タップのみになりました。ユーザはまず1タップし、後は自分の筋トレをしているだけでそのすべてが記録できる。記録開始だけではなく、取得したデータの閲覧や記録の修正などといった操作も改善を重ね、UX を損なわないよう開発を行った。機械学習については継続的改善ができるシステムを組んでおり、ユーザが増えるほどより精度高く判別が行えるようになっている。




図-1 1タップで開始したあとは筋カトレを全自動で記録できる

筋トレ愛好家の夢，筋トレ種目ごとの回数の自動記録を実現した。特別な器具は不要で，手近にあるスマホとスマートウォッチだけでいい。それこそ，歩数，ランニングや水泳の距離など測定しやすい項目であれば，数多の商品がある。しかし，自重トレーニング愛好家は，腹筋とスクワットそれぞれの回数を記録したいのである。これを叶えた（図-2）。

## Muscle Supporter の 2つの自動

### 1 自動記録

筋トレ種別・回数の記録はアプリにお任せ  
心置きなく筋トレだけに集中できる！



1タップして運動するだけ

### 2 自動分析

記録の処理もアプリにお任せ  
筋トレ結果の煩わしい分析は不要！

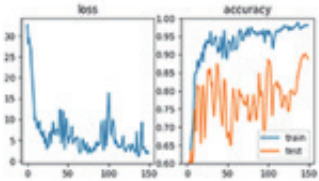


集めたデータは自動で分析

## Muscle Supporter の 2つの特徴

### 1 リアルタイム筋トレ認識

筋トレの種類はCNNを、筋トレの回数はCNNやルールベースを用いて、リアルタイムで認識



約90%の精度  
+冗長化による精度向上

### 2 進化し続ける機械学習

ユーザーが訂正した記録に基づいて再学習  
継続的なモデル改善が可能




図-2 Muscle Supporterの2つの自動化と2つの特徴

そのためには、筋トレの種目を判別し、その上で、回数をカウントする必要がある。加速度センサからの値を元に判別・カウントする方式を研究し、判別はCNN、カウントは筋トレ種別によってCNN、またはルールベースの方法を用いることとした。加えて、利用者による判別・カウントの修正を元に機械学習モデルを改善する仕組みも組み込んだ。スマホアプリの使い勝手にもこだわり、ごく少ない操作で記録や修正ができるようにした。成果物の展示やリリースも行った。



3人とも、開発期間を通じて、面白い、いい成果を出そう、見せよう、と突っ走った。海老原君は主にバックエンド（Web側）の開発、下島君は主にスマホ・スマートウォッチのアプリ開発、山本君は主に判別・カウントの開発をそれぞれ担当した。

未踏期間ではアプリのリリースを行ったが、その後数人のユーザに使ってもらい、問題点を洗い出した。期間内にリリースしたアプリは、実際に使ってもらうと問題点が複数見つかった。開発を一時休止しつつも、今後の発展の方向としてはジムマシンのウェイト記録の対応や自動判別対象の拡充などを考えている。（首藤一幸PM担当）

### [関連URL]

<https://www.muscle-supporter.com/>

<https://ebiyuu.com/>

**[統括PM追記]** 最近妙に筋トレや運動関連の提案が多い。コロナと関係あるのだろうか？また、東大はいつから「筋トレ大学」になったのかという声も出ているくらいだ。しかし、話を聞いてみると筋トレは予想外に奥深い。正しい筋トレを行うのが意外に難しいし、それ以前に飽きないで続けるのが難しいらしい。

「筋トレ以外に頭を使わない」もキャッチーだが、「開発していて気がついたら

筋肉痛」という山本君をはじめ、妙に楽しい3人組だった。成果報告会のビデオを見たら、きっと微笑んでしまうだろう。当初の計画からは割りと大きくピボットしたが、むしろいいシステムに仕上がった。プロジェクト期間中にMuscle Supporterのロゴができあがったが、これが秀逸。どう見ても筋トレと分かるデザインだが、筋肉痛まで表現している？（図-3）。



図-3 Muscle Supporterのロゴ

(2022年6月30日受付)

(2022年8月15日note公開)