

VR の幅広い活用の可能性を効果的に伝えるデモシステムの開発

佐川 浩彦^{† a)} 味戸 克裕[†] 原 秀樹[†]

Development of Demo Systems that Effectively Convey the Broad Potential of VR

Hirohiko SAGAWA ^{† a)}, Katsuhiro AJITO [†], and Hideki HARA [†]

あらまし VR (Virtual Reality, 仮想現実) は様々な分野での活用が期待されている技術であり, ゲームやエンターテインメントの他, 産業分野でも教育訓練などで実用化が進みつつある. 一方, 本格的な VR を体験するためのデバイスである VR ヘッドセットの普及はこれからというのが現状である. 大阪国際工科専門職大学 (以下, 本学) の情報工学科 IoT (Internet of Things) システムコースでは, IoT システムにおける UI (User Interface) として VR を重要視している. 今回, VR の幅広い活用の可能性を学生たちに効果的に伝え, 本学での VR の活用を推進することを目的として, 3 種類の VR デモシステムを開発した. 本稿では, 開発したデモシステムの詳細とそれらを用いて本学のオープンキャンパスでデモを行った結果について紹介する.

キーワード 仮想現実, デモシステム, ハンドトラッキング, 遠隔操縦

Abstract VR (Virtual Reality) is a technology anticipated for use across various fields, and it is increasingly being implemented not only in gaming and entertainment but also in industrial fields such as educational training. However, the widespread adoption of VR headsets, the primary device for experiencing immersive VR, is still in its early stages. In the IoT (Internet of Things) Systems Course at International Professional University of Technology in Osaka, VR is regarded as a user interface in IoT systems. With the aim of effectively conveying the broad potential of VR to students and promoting its use within our university, we have developed three types of VR demo systems. This paper provides an overview of the developed VR demo systems and outcomes of their demonstrations at our open campus events.

Keywords Virtual Reality, Demonstration System, Hand Tracking, Remote Control

1. まえがき

VR (Virtual Reality, 仮想現実) は様々な分野での活用が期待されている技術であり, その市場は今後も伸び続けると予想されている [1]. これまで VR は, ゲームやエンターテインメントがその応用先の中心であったが, 近年, 産業分野での活用も期待されている. 特に産業分野では, デザインレビューやシミュレーションの他, 作業現場

における教育訓練での利用に注目が集まっており, 本格的な実用化が進みつつある.

一方, リアリティの高い VR を体験するためのデバイスである VR ヘッドセット (図 1) は, 2010 年代後半から民生用のデバイスが市販されている [2]. しかし 2022 年度において VR ヘッドセットの利用率は 10% に留まっており, 本格的な VR の普及はこれからというのが現状である [3].

このような中, 大阪国際工科専門職大学 (以下, 本学) の情報工学科 IoT (Internet of Things) システムコースでは, IoT システムの要素技術の一つとして VR を重要視している. IoT システムでは, 現実空間と仮想空間の連携や遠隔地にあるロボットなどの操作が必要な場合もあり, そのための

[†] 大阪国際工科専門職大学工科学部情報工学科, 大阪市
Department of Information Technology, Faculty of Technology,
International Professional University of Technology in Osaka, 3-3-1
Umeda, Kita-ku, Osaka, 530-0001 Japan

a) E-mail: sagawa.hirohiko@iput.ac.jp



図1 VRヘッドセット (Meta Quest 2 (左) と 3 (右))
Figure 1 VR headsets (Meta Quest 2 (left) and 3 (right)).

UI(User Interface)としてVRに期待を寄せている。

そこで今回、VRの幅広い活用の可能性を学生たちに効果的に伝え、本学でのVRの活用を推進することを目的として、3種類のVRデモシステムを開発した。以下本稿では、開発したVRデモシステムの詳細と、開発したシステムを用いて本学のオープンキャンパスでデモを行った結果について紹介する。

2. ハンドトラッキングを体験できるデモシステム

2.1 ハンドトラッキング

一つ目のデモシステムは、開発当初VRヘッドセットに搭載された最新機能の一つであったハンドトラッキングを用いたシステムである。ハンドトラッキングはVRヘッドセットのカメラ等を用いてヘッドセット装着者の両手の動きや手の形状を読み取ることにより、手を使ってVR空間中のGUIの操作やオブジェクトとのインタラクションを可能とする技術である。

これまでのVRでは、図2に示すようなコントローラーを用いたポインティングによる操作が主流であったが、この方法では仮想空間中のオブジェクトとのインタラクションのリアリティが低減するという問題があった。ハンドトラッキング



図2 VR用のコントローラー
Figure 2 Controllers for VR.

を用いることにより、指で直接ボタンを押す、手で直接オブジェクトを掴む等、GUIの操作やオブジェクトとのインタラクションがより直感的に行えるようになり、VR空間中での体験をよりリアリティの高いものにすることが期待できる。これらのことから、ハンドトラッキングを使用したデモシステムはVRの活用の可能性を効果的に伝えることができるシステムの一つになると考えた。

2.2 開発したデモシステム

デモシステムのVRヘッドセットには、Meta社のMeta Quest 2(図1左)を使用した。Meta Quest 2に実装するデモ用VRアプリは、ゲーム開発プラットフォームUnity上で、Meta Quest用SDKであるOculus Integrationを用いて開発した。

開発したVRアプリは、Oculus Integrationに同梱されていたサンプルアプリHand Grab Examplesをベースとしている。Hand Grab Examplesは、ソファや観葉植物等が置かれている大きな部屋の中央にテーブルがあり、そのテーブル上にオブジェクトが置かれているシンプルな仮想空間である。オブジェクトはコップ、トーチ、鍵、宝石の4種類であり、それぞれ手で掴んで持ち上げて、向きを変えながら観察したり、別の場所に置き換えたりすることができる。

このサンプルアプリに対して以下のような3点の改良を加えることで、デモ用のVRアプリを開発した。

一つ目の改良点は、よりシンプルな構成の仮想空間にしたことである。具体的には部屋を削除し、テーブルの周囲に何も存在しない状況とした。これは、短時間での体験を想定しているため、テーブル上のみにより集中してもらうことを期待しての措置である。図3に今回開発したVRアプリの仮想空間を示す。テーブル以外は地面と空のみの非常にシンプルな仮想空間となっている。また図4はトーチを右手で掴んで持ち上げた状態を示している。図中、濃いグレーで示されているのはトラッキングされた体験者の手である。このように、体験者はVR空間中においても常に自身の手の状態を確認しながらオブジェクトとのインタラ

クションが可能である。

二つ目の改良点は、リセット機能の追加である。複数の体験者が交代してコンテンツを体験する場合、オブジェクトの配置を初期状態に戻してから開始できることが望ましい。しかしプログラムをその都度再起動する方法では、手間や時間を要するという問題がある。そこでコントローラーの特定のボタンを押下するとオブジェクトの位置が初期化できる機能を実装した。

三つ目の改良点は、「遊び機能」の追加である。開発のベースとした Hand Grab Examples では、前述の通りオブジェクトを掴んで離すのみであり、ハンドトラッキングの有効性を十分に伝えきれない可能性がある。そこで特定のオブジェクトに対して特定のアクションを行うことにより、オブジェクトの状態を変化させることができる機能を実装した。ゲーム的な要素を盛り込むことによ



図3 ハンドトラッキング体験用の仮想空間
Figure 3 Virtual space for hand-tracking experiences.



図4 ハンドトラッキングによるオブジェクトの把持
Figure 4 Object grasping using hand tracking.

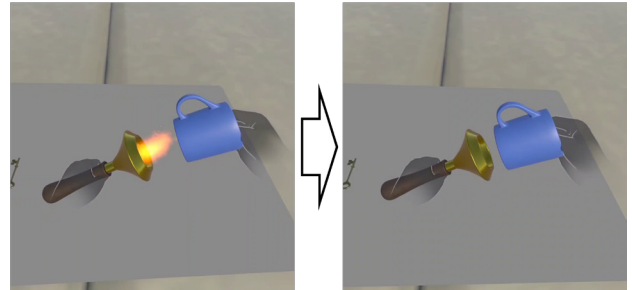


図5 コップによるトーチの消火
Figure 5 Extinguishing the torch using the cup.

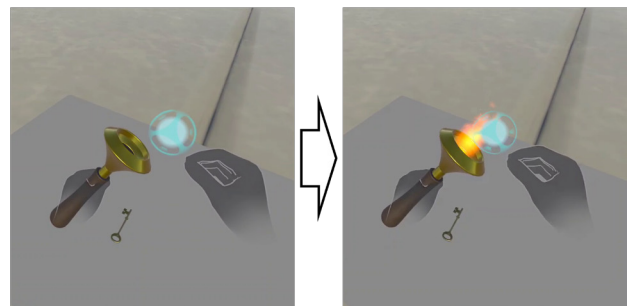


図6 宝石によるトーチの点火
Figure 6 Lighting the torch using the jewel.

り、ハンドトラッキングの有効性をより感じてもらうことを期待している。具体的には、図5に示すように、コップをトーチの火にかぶせるようにすると火を消すことができる。また図6に示すように、宝石をトーチの火口に近づけるとトーチに火が点くようになっている。

2.3 オープンキャンパスでのデモ

2023年6月10日、2023年8月26日および2024年3月20日に開催された本学オープンキャンパスにおいて、開発したデモシステムのデモを実施した。デモの様子を図7に示す。

VRのデモはIoTシステムコースの紹介の一環として、コースの説明や他のIoTシステムのデモと共に行われた。またデモの際は、VRヘッドセットを装着した体験者以外にも体験者の状況が伝わるように、VRヘッドセットのミラーリング機能を用いて体験者が見ている映像を大画面の液晶テレビにも表示させた。

参加者から収集されたアンケートには、IoTシステムコースの内容が良かった理由としてVRに関するコメントがいくつか見られた。具体的なコメントとしては「VRなど色々な機械があり面白



図7 オープンキャンパスでのデモの様子

Figure 7 Demonstration at the open campus event.

かった」、「VR が見ていて楽しかった」、「VR が体験できるのが良かった」などである。これらのコメントから、開発したデモシステムにより、VR の活用の可能性をある程度は伝えることができたと考えられる。

またトーチの消火・点灯が成功すると、体験者以外の観客から拍手が起こるほどの盛り上がりを見せた回もあった。これは体験者が見ている映像を大画面の液晶テレビにも表示することで、VR ヘッドセットを装着した体験者とそれ以外の観客との「場の共有」ができたためと考えられる。時間的な制約などによって全員が体験することが難しい場合は、体験できない観客にもその可能性を伝えるために、このような演出は重要であると感じた。

3. 手振りロボットの遠隔操縦を体験できるデモシステム

3.1 手振りロボットの遠隔操縦

二つ目のデモシステムは、離れた場所にあるロボットを遠隔操縦することを想定したデモシステムである。

遠隔操縦は高速・低遅延の通信インフラの普及にともない、遠隔手術や建設機械の遠隔操作において実用化に対する期待が高まっている技術である。遠隔手術に関しては、VR 技術を含め 2022 年に日本外科学会で遠隔手術のガイドラインが公開されるなど、医療分野でのタイムリーなトピックとなっている [4]。また建設機械の遠隔操作に関しては、異常気象による自然災害の増加により、建設現場の他、災害現場での活用に対しても注目が集まっている [5]。これらのことから、VR の技術を応用して遠隔操縦を実現するデモシステム

を開発することにより、VR という技術の広がりを感じてもらえるのではないかと考えた。使用する VR の技術としてはハンドトラッキングとし、得られた手の位置や姿勢の情報をを用いてロボットの操縦を行えるようにした。ハンドトラッキングにより直感的でリアリティの高いロボットの操縦が可能となり、VR の活用の可能性をより効果的に伝えることにもつながると考えた。

また、このデモシステムでは現実空間中のロボットと仮想空間中のロボットが連動するようにした。これはデジタルツインと呼ばれる技術をイメージしている [6]。デジタルツインは、現実空間中に存在する人や物などの対象物を仮想空間中に再現する技術である。現状では現実空間中での対象物の挙動や相互作用のシミュレーションでの利用が主であるが、現実空間中の対象物の状態をリアルタイムに仮想空間中の対象物に反映する、あるいはその逆での利用も期待されている。現実空間中のロボットと仮想空間中のロボットを連動させることにより、そのような状況を体験してもらうことを意図している。

3.2 開発したデモシステム

図 8 に開発したデモシステムの構成を示す。デモシステムの構成要素は VR ヘッドセット、Raspberry Pi、手振りロボットおよびアクセスポイントである。

VR ヘッドセットは 2. のデモシステムと同様に Meta 社の Meta Quest 2 を使用し、アクセスポイントを介して Raspberry Pi と Wi-Fi 接続される。VR ヘッドセットには VR アプリが搭載されており、現実空間中のロボットを模した 3D モデルのロボットを仮想空間中で表示するとともに、デモ体験者の手の動きに関するデータを取得して Raspberry Pi に送信する。VR アプリにより表示される仮想空間の様子を図 9 に示す。2. で紹介したデモシステムと同様に、テーブルの上にロボットが置かれただけのシンプルな構成としている。デモ体験者が両手を左右に振ると、それに合わせて 3D モデルのロボット上の手を模した部分が左右に動くようになっている。デモ体験者の手の動

きは、2. で紹介したデモシステムと同様に、VR ヘッドセットのハンドトラッキング機能により取得する。ハンドトラッキング機能により、各手のロール・ピッチ・ヨーの回転角が取得されるため、取得された回転角から、掌を前方に向けて左右に振っている状態の場合のみ、手が左右に傾いている角度を Raspberry Pi に送信するようにしている。

手振りロボットは、デモ体験者が両手を左右に振るとロボット上の手を模した箇所が左右に動くというシンプルなロボットである。ロボット上の手を模した箇所にはサーボモーターが一つずつ搭載されている。サーボモーターは Raspberry Pi に接続されており、Raspberry Pi に格納されている Python スクリプトにより制御される。Raspberry Pi の Python スクリプトでは、VR アプリから受信した手の角度をサーボモーターの制御パラメータに

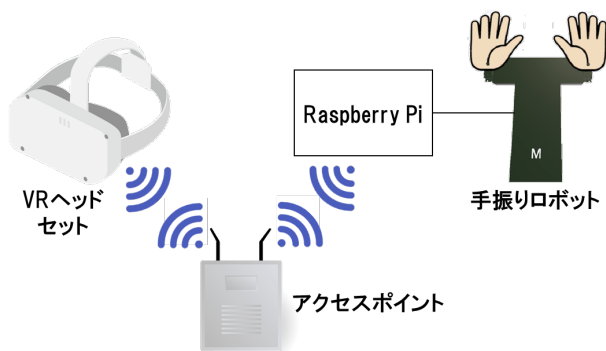


図8 遠隔操縦を行うためのシステム構成
Figure 8 System structure for remote control.

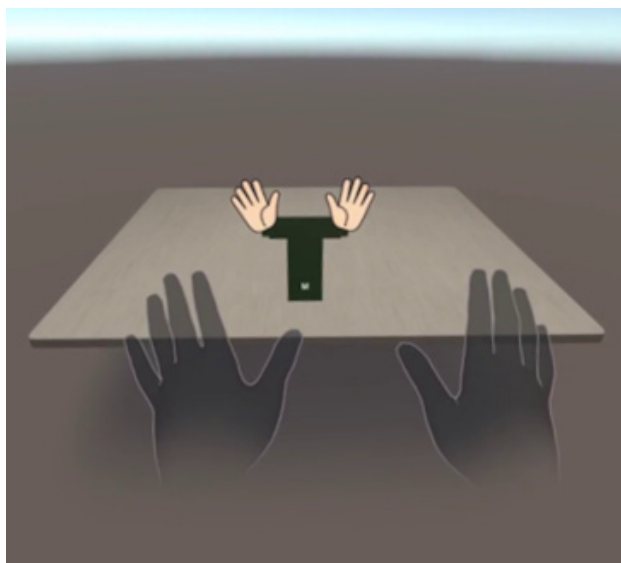


図9 遠隔操縦を行うための仮想空間
Figure 9 Virtual space for remote control.

変換した後、サーボモーターに送信する。この変換は、手の角度の下限および上限と、サーボモーターの可動域の下限および上限に対する制御パラメータから、任意の手の角度に対する制御パラメータを線形補間により求めることで行っている。

また図9では背景の仮想空間が表示されているが、デモ実施時には、VR ヘッドセットのパススルー機能を使用することにより、現実空間中のロボットも見ることができるようにした。パススルー機能とは、VR ヘッドセットを装着した状態で周囲の状況を見ることが出来る機能である。これによりデモ体験者は、現実空間中のロボットと仮想空間中のロボットが連動している様子を確認することが可能となる。

3.3 オープンキャンパスでのデモ

2023年7月22日および2023年9月23日に開催された本学オープンキャンパスにおいて、開発したデモシステムを使用したデモを実施した。2.と同様にこのデモは、IoTシステムコースの紹介の一環として行われた。

このデモシステムについても「普段体験できないようなVR体験ができて良かった」、「VRがおもしろかった」といったコメントが寄せられており、VRの活用の可能性を伝える役割は果たせたと考えられる。

しかし、このデモシステムでは1分も経たない内に使用をやめてしまう体験者が多くみられた。これは手を左右に振るだけという非常にシンプルな操作であったため、体験者が短時間で十分と感じてしまったことが原因と考えられる。2.のデモシステムでは数分間も使用を継続する体験者もみられたことから、より効果的なデモシステムとするために、可能な操作の種類を増やす等の改善が必要と考えられる。

4. ロボットアームの遠隔操縦を体験できるデモシステム

4.1 手振りロボットからロボットアームへの変更

三つ目のデモシステムも遠隔操縦を想定したシ

システムであるが、操縦対象をより複雑な動きが可能なロボットアームとした。これは3.で述べたように、操縦対象の動きが単純であったためVRの活用の可能性が体験者に十分伝わらなかったのではないかという反省からである。またこのデモシステムでは、3.で導入した現実空間と仮想空間の連携も削除し、現実空間中のロボットアームの操縦に特化した形態としている。これはロボットアームの操縦に没入することにより遠隔操縦の可能性をより深く感じ取ってもらうことを狙っている。

4.2 開発したデモシステム

デモシステムの構成は3.で述べたシステムの構成と基本的には同様であるが、VRヘッドセットをMeta社のMeta Quest 3（図1右）に変更している。また、操縦対象をロボットアームとしたことにより、以下のような変更も加えられている。

ロボットアームの動きとしては、アームの上下左右の動きと手先の開閉が可能となっている。これにより、制限はあるが、物を掴んで持ち上げて、別の場所に置くといったことが可能となる。ロボットアームに搭載されるサーボモーターの数も、左右3個ずつ（アームの上下の動きに1個、左右の動きに1個、手先の開閉用に1個）、計6個となっている。

ロボットアームの操縦方法としては、まずロボットアームの上下左右の動きに対してあらかじめ定めた範囲内における手の上下左右の動きを対応させることで、ロボットアームを上下左右に動かせるようにした。具体的には、VRヘッドセットのハンドトラッキングにより手の位置を取得し、手の位置があらかじめ定められた範囲内にある場合、手の位置をサーボモーターの制御パラメータに変換する。手の位置のX座標の値がロボットアームの左右の動きに、Y座標の値が上下の動きにそれぞれ対応する。手の位置から制御パラメータへの変換は、位置の下限と上限に対応するサーボモーターの制御パラメータをあらかじめ調査し、その間の位置に対する制御パラメータを線形補間により求めることで行っている。

次に手先の開閉については、手をじゃんけんの

「パー」の形にすると手先が開き、「グー」の形にすると手先が閉じるようにした。手形の認識には、Meta Quest用SDKであるOculus Integrationに同梱されていたサンプルコンテンツ Pose Examplesに含まれている手形認識機能を利用した。

以上のロボットアームの概観を図10に示す。図10において、中央がロボットアーム本体、その足元にあるボードがRaspberry Piである。また、ロボットアームを操縦している様子を図11に、操縦中の体験者がVRヘッドセットを通して見ている映像を図12に示す。図12に示すように体験者は、VRヘッドセットのパススルー機能により、実際のロボットアームの動きをリアルタイムに確認しながら操縦を行うことができる。

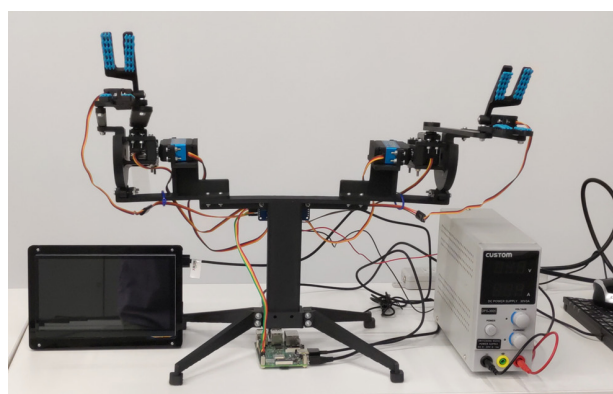


図10 ロボットアームの概観
Figure 10 Overview of the robotic arms.



図11 ロボットアームを操縦している様子
Figure 11 Operating the robotic arms.

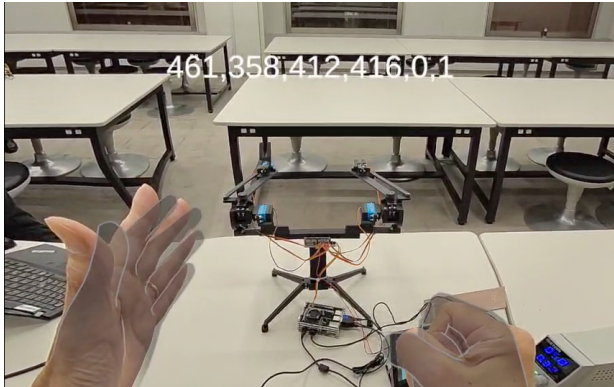


図 12 遠隔操縦中に体験者に提示される映像

Figure 12 Image presented to the operator during remote control.

4.3 オープンキャンパスでのデモ

2023 年 12 月 10 日に開催された本学オープンキャンパスにおいて、開発したデモシステムを使用したデモを実施した。2. および 3. と同様に、VR のデモは IoT システムコースの紹介の一環として行われた。

デモでは、封筒に見立てた紙片を一方のアームから他方のアームに移動させるというミッションを体験者に実施してもらった。体験者は苦労しながらもミッションを完了させており、3. のデモシステムと比較して、VR による遠隔操縦という技術をより深く実感してもらえたのではないかとと思われる。

またこのデモシステムに関しては、「VR をつけてロボットを操作したりして楽しかった」、「VR の使い方が面白かった」といったコメントが見られた。これらのコメントは VR の応用の仕方に着目した内容であることから、VR という技術の広がりも伝えることができるデモシステムになったと考えられる。

5. むすび

本稿では、VR の幅広い活用の可能性を学生たちに効果的に伝え、本学での VR の活用を推進することを目的として開発した 3 種類のデモシステムと本学のオープンキャンパスでデモを行った結

果について紹介した。

VR は今回開発したデモシステムで実装した機能以外にも様々なことが可能である。今後も VR の活用の可能性を伝えることができるデモシステムの開発を行っていく予定である。

文 献

- [1] “AR/VR 技術の市場規模 | 将来性と今後の展望について解説”, <https://webar-lab.palanar.com/column/market-size-ar-vr/>
- [2] 星貴之, 檜山敦, 稲見昌彦, “VR/AR/MR の産業分野への応用展開”, 精密工学会誌, vol.83, no.6, pp.485-488, 2017.
- [3] “VR ゴーグル市場規模と利用動向 (2022 年度)”, <https://www.m2ri.jp/release/detail.html?id=600>
- [4] “「遠隔手術ガイドライン」について”, https://jp.jssoc.or.jp/modules/info/index.php?content_id=227
- [5] 橋本毅, 新田恭士, “災害時の復旧工事に求められる技術について”, 日本ロボット学会誌, vol.38, no.3, pp.226-229, 2020.
- [6] 藤澤克樹, “デジタルツインのための数理・情報技術と産業応用”, 電子情報通信学会誌, vol.106, no.8, pp.735-742, 2023.



佐川 浩彦

1991 年, 東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程修了後, 同年, 株式会社日立製作所に入社。2022 年より, 大阪国際工科専門職大学工科学部情報工学科教授。博士(工学)。手話認識, 手話生成, 音声対話システム, 音声検索, 機械翻訳, 拡張現実などの研究開発に従事。



味戸 克裕

1995 年東京大学 大学院工学系研究科 応用化学専攻 博士課程修了。博士 (工学)。同年 NTT 研究所に入所。総務省テラヘルツ波プロジェクトに参画し, 6G 次世代 ICT の国際標準化に従事。その後, 現職にて 6G による現実空間と仮想空間を融合したサービスを研究。



原 秀樹

大阪工業大学 工学部 電子工学科 卒業。主にソフトウェア開発エンジニアとしてメカトロニクス応用機器, スマートフォンアプリなど多方面でのソフトウェア開発を手掛ける。



この記事は Creative Commons 4.0 に基づきライセンスされます
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>)。

