Vol.2019-CE-152 No.22
Vol.2019-CLE-29 No.22
2019/11/17

AIアシスタントアプリ開発を通した視覚障害者向けプログラミング教育の試み

鶴見　昌代[1,a)]　宮城　愛美[2,b)]

概要：視覚障害者は，日常的に視覚情報を音声によって補っていることから，音声によるコミュニケーションにおいて，健常者に対する優位性があると考えられる．そこで，視覚障害者の可能性を高め，職域開拓へとつなげるため，音声などの聴覚情報によってユーザの意図をとらえる，AI アシスタントアプリ開発を通したプログラミング教育基盤の構築を目指して研究を行っている．今回は，このための試みとして，視覚障害者を対象として，授業の一部で実施し，さらにグループでのアプリ開発，グループでのハッカソン参加およびアプリの一般公開やアワードへの応募をしたことで，一定の成果が得られたと考え，これを発表する．

Trial of Programming Education for Visually Impaired Person through AI Assistant Application Development

1. はじめに

IoT（モノのインターネット）・AI（人工知能）関連技術など，あらゆる技術が大きな革新期を迎え，ユーザが声でコンピュータやデバイスをコントロールできる VUI（音声ユーザインタフェース）が新たに登場した．VUI は，AI によってユーザの話し方・好み・文脈を徐々に学習して適応していくことができ，ウェブサービスや IoT との連携も可能で，将来有望である．近年急速に普及しているスマートスピーカーは，VUI を搭載し，スキルとも呼ばれるアプリを開発する（以下，スキル開発と呼ぶ）ことで機能の拡張が可能である．一方，視覚障害者は，日常的に人とのコミュニケーションや情報機器とのやりとりなどにおいて，視覚情報の不足を音声情報で補っていることから，音声による情報取得に慣れており，音声対話モデルの設計がベースとなる VUI 開発においては晴眼者に対する優位性があると考えられる．

[1] 筑波技術大学 保健科学部 情報システム学科
Department of Computer Science, Faculty of Health Sciences, NTUT, Kasuga4–12–7, Ibaraki 305–8521, Japan
[2] 筑波技術大学 障害者高等教育研究支援センター
Research and Support Center on Higher Education for People with Disabilities, NTUT, Kasuga4–12–7, Ibaraki 305–8521, Japan
[a)] tsurumi@cs.k.tsukuba-tech.ac.jp
[b)] mmiyagi@k.tsukuba-tech.ac.jp

VUI 開発に関係する研究はまだほとんどなく，VUI 開発の教育はデジタルハリウッド大学で 2018 年開講された [8] が，視覚情報を前提としているため視覚障害者が VUI 開発技術を身に着けることは難しい．視覚障害者のスマートスピーカーに関する研究に [10], [12] があるが，視覚障害者に対するスマートスピーカー使用のメリットを論じたものであり，VUI 開発を扱っていない．また，視覚障害者の音声情報についての強みを生かすプログラミング教育は少ない．

視覚障害者の音声に関する強みを生かし，テクノロジーやデータサイエンスを活用する力・問題解決力・コミュニケーション力・連携力を身に着けた視覚障害者を育成すれば，晴眼者以上の能力をもつ人材を育成することができる．Society5.0 で求められている問題解決力を育成するために，人材育成基盤の強化を目指し，AI アシスタントアプリ開発を通した視覚障害者向けプログラミング教育の基盤構築をすることを目的として，予備調査，グループによるスキル開発の試みを行ったので，本稿ではその成果について述べる．

2. 予備調査

2.1 重度視覚障害のある学生への情報提供とスキル開発の試み

PC の画面情報の獲得には通常視覚が用いられるが，重度

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

視覚障害者の場合はそれが難しい．このことから，重度視覚障害者は日常的に PC の画面情報の獲得に，PC-talker[18]，NVDA[17]，JAWS[11] などのスクリーンリーダー（音声読み上げソフト）を用いている．このように，スクリーンリーダーを日常的に用いている情報系の学生 2 名に協力を仰ぎ，スマートスピーカーを開発・販売する Amazon 社からの情報提供を得て，学生自身がスマートスピーカーのスキル開発を実施する試みを行った．

スキル開発は，GUI(Graphical User Interface) ベースのものが主流である [2], [3], [16], [36] が，GUI ベースの開発環境の場合は，音声読み上げに対応できない部分もあると考え，CLI(Command Line Interface）をベースとする開発環境で予備調査を行った．

この予備調査により，視覚障害者が CLI ベースの開発環境でスキル開発できる見通しを得た [31]．その後，このうちの 1 名が単独でハノイの塔トレーニング [19] という Alexa スキルを開発し，Alexa スキルアワード 2018 ファイナリスト賞を得た [32]．さらに，Amazon 社のブログにも掲載され，注目された [1]．この重度視覚障害のある学生は，その後，他にも複数のスキルを単独で開発して，一般公開した．このことで，スキル開発環境に一定のアクセシビリティがあると確認された [13]．

2.2 視覚障害者に対する VUI のインパクト

予備調査の一環として，視覚障害者が多数集まるイベントであるサイトワールドにおいて，2018 年 11 月 1 日に，筑波技術大学の出展内容の一つとして，筑波技術大学保健科学部の大学公開委員会のバックアップのもと，視覚障害のある情報系の学生 4 名の協力を得て，スマートスピーカーの利便性と視覚障害者による開発についてのデモンストレーションを実施した [33]．大きな反響があり，大勢の人がブースに訪れた．結果として，VUI 搭載のスマートスピーカー，およびスマートスピーカーから音声で操作できるスマートホームデバイスは，視覚障害者の生活の質の向上において大きな役割を担える可能性がありそうだという感触を得た．

また，視覚障害者自身が開発できるという点, 重度視覚障害者でも一般の開発者に交じって十分な成果を出せるという点に関心を持つ方もいた．

2.3 授業における反応

視覚障害を持つ学生が学ぶ，筑波技術大学保健科学部情報システム学科の授業の一部において，Alexa スキルの開発を扱った．受講生全員が全盲ではなく，弱視であり，日常的に GUI(Graphical User Interface) を用いることが多い学生であったため，GUI ベースでスキル開発を試みた．自分が作ったものが比較的簡単に実際のデバイスで動かすことができることがわかると，強い関心を持つ学生も多



図 1　GUI ベースの Alexa スキル開発環境 (2019.9.20 現在，抜粋)

表 1　スキル開発における GUI と CLI の比較

	GUI	CLI
環境構築が不要	○	×
初心者向け	○	×
開発の自由度	△	○
音声読み上げ対応	△	○

かった．実際に開発すると，ボタンの位置が見つけにくい場合があったため，弱視であっても GUI ベースの開発環境には困難があるようであった．

また，同学科の別の授業の一部において，スマートスピーカーを実際に使ってみるという内容も実施した．多くの学生が強い関心を持っていることがわかった．

3. 重度視覚障害者のための開発環境

視覚障害の状況によっては視覚障害者も GUI に基づく開発環境でも対応できる可能性があるが，音声読み上げに対応していない部分も少なくないこと，視野が狭い学生の場合には，クリックすべき位置を探すことが難しく，スムーズな操作が難しいということから，視覚障害者のスキル開発には CLI(Command Line Interface）ベースの開発環境が整備されているということが重要である．

視覚障害の有無にかかわらず，Alexa スキル開発において GUI 環境を用いることの利点としては，下記が考えられる．

(1) 環境構築が特に必要がない．
(2) 初心者にも何をすべきかがわかりやすい．
(3) ノンコーディングで（プログラミングなしで）スキルを開発できるサービスがあり [16], [36]，今後もより開発しやすいサービスが出てくる可能性がある．
(4) テンプレートを少し修正するだけでスキル開発ができるサービスがある．[2]

これに対して，CLI 環境での Alexa スキル開発の利点は下記である．

(1) 視覚障害の有無にかかわらず，使えるサービスが多く，自由に開発できる．
(2) 視覚障害者にとっては，音声読み上げに対応しているかどうかを気にせず開発できる．

これらを簡単にまとめると，表 1 のようになる．

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

Vol.2019-CE-152 No.22
Vol.2019-CLE-29 No.22
2019/11/17

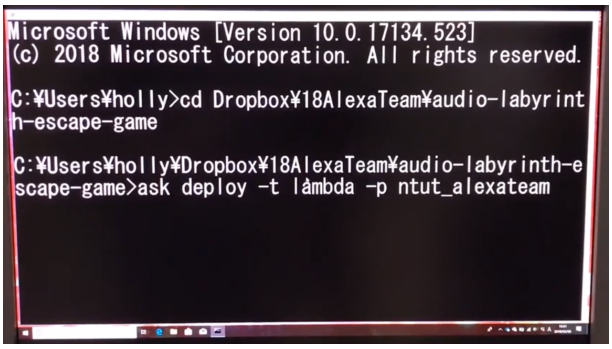


図 2 CLI 環境でスキルをデプロイしている様子



図 3 CLI 環境で s3 にファイルをアップロードしている様子

GUI ベースでの開発環境は，特段の環境設定が必要がなく，それぞれのサービスのサイトにログインすればよいが，CLI ベースでの開発環境には環境設定が必要となる．具体的に，Amazon 社の音声サービスである Alexa のスキルを開発するには，Git[9]，Node.js[15]，AWS CLI(Command Line Interface)[7]，ASK CLI(Command Line Interface)[6] をインストールする必要がある．

図 2，3 は，いずれも CLI 環境で視覚障害者が Alexa スキル開発をしているときの画面である．図 2 は，CLI 環境で Alexa スキルをデプロイしている様子であり，図 3 は，必要なデータを S3 にアップロードしている様子である．また，[23] は，重度視覚障害者がコマンドラインプロンプトからプログラムコードをコンパイルしている動画である．

4. グループによるスキル開発の試み（1）

プログラミング教育の基盤構築の参考にするため，プログラミングスキルや視覚障害の状況が異なる情報系の大学生 4 名に 2 週間程度でチームによるスキル開発を実施した [14], [34].

Skype によるグループ通話やチャットでディスカッションを行い，Dropbox でファイル共有をすることとし，スキル開発の内容や役割分担等は学生が自由に決めた．この 4 名の学生の視覚障害の状況，技術レベル，役割は表 2 のとおりである．

視覚障害があるからこそのスキル開発をすることになり，視覚障害の理解を深めるスキルとして，Audio Labyrinth〜脱出ゲーム〜[26] を開発した．このスキルを開発した学生

表 2 Audio Labyrinth〜脱出ゲーム〜を開発した学生の役割等

	障害の状況	技術レベル	役割
A	全盲	上級	プログラミング，全体統括
B	全盲	中級	マップ作成
C	弱視	中級	シナリオ作成，効果音収集
D	弱視	初級	ユーザ発話設計

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan



図 4　JAWS DAYS 2019 の全体集合の写真

からは，次のような感想が得られた．

(1) A：自分では思いつかないアイディアを知った．自分の役割に集中できた．
(2) B：一人ではできない作業量を短時間でこなすことができた．
(3) C：グループで取り組むことで，アイディアが洗練された．
(4) D：自分が得意なことを中心に取り組めた．他の人からアドバイスがもらえた．

このスキル開発の成果を，AWS User Group - Japan 主催で，プロの開発者が集まる JAWS DAYS 2019 に登壇申し込みをしたところ，多数の申し込みの中から採択され，このスキルの内容と開発方法について講演する機会を得た [22]．講演について，Twitter などでも，視覚障害者のプログラミングに関する可能性を感じた，などの反響があった．公開したスライドは閲覧数は 630 を超えた（2019.2.27 スライド公開，2019.4.22 時点の閲覧数）[35]．開発したスキルは一般公開され [26]，Alexa 音声ゲームトップページにも掲載された [4]．このことから，プロの開発者の中にまじって，視覚障害のある学生が十分に開発していけるということがわかり，視覚障害者ならではのアイディアが健常者にとっても非常に関心を持てるものであるということがわかった．

図 4 は，JAWS DAYS の参加者全体の写真である．全体として，1900 名を超える来場者があり，参加を希望するキャンセル待ちの人も多くいた．

さらに，このスキルにおける工夫に注目され，「Alexa ゲームスキル作成の勘所 -Audio Labyrinth〜脱出ゲーム〜の事例-」として，Amazon Alexa Japan User Group 関東支部で講演する機会を得た [28]．ここでの講演内容について，参加者アンケートでも非常に高い評価を得ることができた．

また，スマートスピーカーアプリ開発における視覚障害当事者の可能性に注目され，最適化とその応用: 未来を担う若手研究者の集い 2019 で，大学院生の中に混じって講演する機会も得た [20]．

このスキルは，Alexa Developer スキルアワード 2019 に応募した．このスキルのデモンストレーション動画は，[27] のとおりである．

さらに，このスキルの開発者の一人は，Amazon ブログでも大きく取り上げられ [5]，視覚障害者のスキル開発における可能性を多くの人に知ってもらうことができた．

表 3　はやおき勇者を開発した学生の役割等

	障害の状況	技術レベル	役割
E	全盲	上級	プログラミング，全体統括
F	弱視	中級	プログラミング補助，プレゼンテーション
G	全盲	初級	シナリオ作成，効果音収集

表 4　そそぎ名人を開発した学生の役割等

	障害の状況	技術レベル	役割
H	全盲	中級	全体統括
I	弱視	中級	プログラミング
J	弱視	初級	プレゼンテーション

5. グループによるスキル開発の試み（2）

5.1 一般の開発者にまじってハッカソン参加

2019 年 6 月 22 日と 23 日に開催された，Alexa スキルアワード 2019 ハッカソン東京 vol.2 に，視覚障害のある情報系の学生 6 名とともに参加した．一般の開発者が集まり，二日間で，スキルのアイディアを考え，チームビルディングを行い，実際にプロトタイプを開発して，その内容をプレゼンテーションするというイベントであった．学生 3 名は当日にどのような Alexa スキルを開発するかを決め，その場で 3 名ずつ，二つのグループに分かれて，役割分担をして，スキルを開発した．

このうちの一つのグループは，「はやおき勇者（後日，はやおきクエストとして一般公開）」を開発した．このスキルを開発した学生の視覚障害の状況，技術レベル，役割は表 3 のとおりである．

もう一つのグループは，「そそぎ名人」というスキルを開発した．このスキルを開発した学生の視覚障害の状況，技術レベル，役割は表 3 のとおりである．

「そそぎ名人」は技術支援スタッフの支援を一部受けての開発であったが，「はやおき勇者」は技術的支援を一切受けることなく，完全にスキルを作ることができた．図 5，図 6 は，開発したスキルを発表する様子である．一般の開発者にまじって，立派にプレゼンテーションを行うことができた．

図 7 は，Alexa スキルアワード 2019 ハッカソン東京 vol.2 参加者全体の写真である．多くの一般の開発者が集まっていることがわかる．図 8 は，ハッカソン終了後に Amazon 社のロゴの前で記念写真を撮ったところである．

5.2 はやおきクエスト（はやおき勇者）

はやおき勇者については，ハッカソン参加者から，作り

Vol.2019-CE-152 No.22
Vol.2019-CLE-29 No.22
2019/11/17



図 5　はやおき勇者について発表する様子



図 6　そそぎ名人について発表する様子



図 7　Alexa スキルアワード 2019 ハッカソン東京 vol.2 参加者



図 8　Amazon のロゴの前での記念写真

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

Vol.2019-CE-152 No.22
Vol.2019-CLE-29 No.22
2019/11/17



図 9　はやおきクエスト Touch & Play



図 10　ハッカソンでの人気投票結果

こみのすごさや，早起きしたくなるなど，多数のコメントが寄せられた．

プレゼンテーションの後，各グループが開発したスキルを他の参加者が自由に触れて体験し，感想を付箋紙に書くという Touch & Play が行われた．はやおきクエストの Touch & Play の様子は，図 9 のとおりである．

Alexa スキル「はやおき勇者」は，Alexa スキルアワード 2019 ハッカソン東京 vol.2 での人気投票で 6 位となった（図 10）．さらに，その後，「はやおきクエスト」として一般公開（図 11 参照）して [29]，人気スキルとなり，リワードを獲得するに至った．2019 年 10 月 20 日現在のカスタマーレビューは，図 12 のとおりである．

このスキルは，Alexa Developer スキルアワード 2019 に応募した．このスキルのデモンストレーション動画は，[30] のとおりである．

5.3　そそぎ名人

後者のチームは，「そそぎ名人」を開発した．このスキルについては，ハッカソン参加者から発想を評価する声が多く聞かれた．

そそぎ名人の Touch & Play の様子は，図 13 のとおりである．Alexa スキルアワード 2019 ハッカソン東京 vol.2 での人気投票では，4 位となった（図 10）．また，ハッカソン



図 11　はやおきクエストの公式スキル紹介ページ



図 12　はやおきクエストのカスタマーレビュー



図 13　そそぎ名人 Touch & Play

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan



図 14 そそぎ名人の公式スキル紹介ページ



図 15 そそぎ名人のカスタマーレビュー

参加者から，「視覚障害者ならではの発想がよかったので，できれば一緒に開発したい」という声もあった．

その後，公式スキルとして，一般公開した（図 14 参照）?．2019 年 10 月 20 日時点で，3 件の評価が得られており，星 5 つが 2 件，星 4 つが 1 件で，評価が高いスキルであると考えられる（図 15 参照）．

このスキルも，Alexa Developer スキルアワード 2019 に応募した．このスキルのデモンストレーション動画は，[25] のとおりである．

ハッカソン参加については，螢雪時代 [21] でも取り上げられた．

6. おわりに

スマートスピーカーにおける追加拡張機能であるスキルを視覚障害者が開発できることが確認された．さらに，視覚障害のある学生らがスキルを開発し，その成果を公表することで，視覚障害者の可能性を多くの開発者に知ってもらうことができ，情報系分野で視覚障害者が活躍できる可能性が広がったと考えられる．

謝辞

予備調査およびチームでのスキル開発にご参加いただいた学生の皆様に感謝いたします．本研究の一部は，筑波技術大学研究倫理審査（承認番号 H30-10）の承諾を得て行いました．また，本研究の一部は，筑波技術大学教育研究等高度化推進事業 競争的教育研究プロジェクト事業の助成および JSPS 科研費 JP19K02968 の助成を得て行いました．

参考文献

[1] Alexa Blogs,「スキル開発者インタビュー：筑波技術大学の杉崎信清さん」, (cited 2019-10-20) https://developer.amazon.com/ja/blogs/alexa/post/2baada85-424d-4de3-b95d-143549ae8d5f/developer-interview-sugisakisan
[2] Alexa Blueprints (cited 2019-10-20) https://blueprints.amazon.co.jp
[3] Alexa 開発者コンソール (cited 2019-10-20) https://developer.amazon.com/ja-JP/alexa
[4] Alexa 音声ゲーム, (cited 2019-10-20) https://developer.amazon.com/ja/alexa-skills-kit/gaming
[5] Amazon ブログ dayone, 音声が導く新たな世界, 2019.5.16 (cited 2019-10-20) https://blog.aboutamazon.jp/as73_nobukiyo_sugisaki
[6] ASK CLI (Alexa Skills Kit Command Line Interface) (cited 2019-10-20) https://developer.amazon.com/ja/docs/smapi/quick-start-alexa-skills-kit-command-line-interface.html
[7] AWS CLI(Command Line Interface) (cited 2019-10-20) https://docs.aws.amazon.com/ja_jp/cli/latest/userguide/install-windows.html#install-msi-on-windows
[8] デジタルハリウッド大学, コミュニケーションをデザインする『VUI/UX 講座～Alexa スキル編～』2018 年 7 月 22 日開講開講記念特別イベントを 7 月 8 日（日）開催, (cited 2019-10-20) https://www.dhw.co.jp/pr/release/detail.php?id=1766
[9] Git (cited 2019-10-20) https://git-scm.com/download/win
[10] B. Holton, Learning to Use the Amazon Echo with the Mystic Access Audio Tutorial, AccessWorld Magazine, vol. 17 no. 5 (2016)
[11] JAWS, (cited 2019-10-20) http://www.extra.co.jp/jaws/
[12] B. Leporini and M. Buzzi, Home Automation for an Independent Living: Investigating the Needs of Visually Impaired People, DOI: 10.1145/3192714.3192823 (2018)
[13] 宮城愛美，鶴見昌代，スマートスピーカーの機能開発における視覚障害者に対するアクセシビリティ．日本教育工学会研究報告集; 2018-10-14（東海）．18(4);p.129-132.
[14] 宮城愛美，鶴見昌代，スマートスピーカーを用いたチームによるプログラミング学習の実践，第 60 回弱視教育研究全国大会報告集; 2019-1-28（大阪）．
[15] Node.js (cited 2019-10-20) https://nodejs.org/ja/
[16] NOID (cited 2019-10-20) https://www.noid.ai/
[17] NVDA, (cited 2019-10-20) https://www.nvda.jp/
[18] PC-talker, (cited 2019-10-20) https://www.aok-net.com/screenreader/
[19] 杉崎信清，ハノイの塔トレーニングスキル，Alexa スキルアワード 2018 ファイナリスト賞，2018.9.29
[20] 杉崎信清，大塚勇哉，金田はる菜，中村友海，鶴見昌代，宮城愛美, スマートスピーカーアプリ開発における視覚障害当事者の可能性， 最適化とその応用: 未来を担う若手研究者の集い 2019 , 2019.6.30 （筑波大学）
[21] 筑波技術大学 スマートスピーカーアプリのコンテストに学生チームが参加， 螢雪時代 2019 年 10 月号，p.162, 2019.9.14
[22] 筑波技術大学 Alexa 開発チーム（杉崎信清，大塚勇哉，金田はる菜，中村友海，鶴見昌代，宮城愛美）， 視覚障害学生のチームによる Alexa スキル開発—スマートスピー

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan

カーでワクワクしよう一，JAWS DAYS 2019，2019-2-23（東京）(cited 2019-4-22)
http://www.cs.k.tsukuba-tech.ac.jp/labo/tsurumi/SmartSpeaker/JAWSDAYS2019.html
[23] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム，Lambda コンパイルまで (cited 2019-10-20)
https://www.youtube.com/watch?v=SGJUhtraY0U
[24] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム（大塚勇哉，片山博貴，中村友海），そそぎ名人，2019.8.9 (cited 2019-10-20)
https://www.amazon.co.jp/dp/B07WC8H9R4/
[25] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム（大塚勇哉，片山博貴，中村友海，鶴見昌代，宮城愛美），そそぎ名人デモ動画 https://youtu.be/EcGwnA6kGpU
[26] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム（杉崎信清，大塚勇哉，金田はる菜，中村友海），Audio Labyrinth〜脱出ゲーム〜，(cited 2019-10-20)
https://www.amazon.co.jp/dp/B07P5SDFN8/
[27] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム（杉崎信清，大塚勇哉，金田はる菜，中村友海，鶴見昌代，宮城愛美），Audio Labyrinth〜脱出ゲーム〜デモ動画 https://youtu.be/LNbrLvb7eJs
[28] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム（杉崎信清，大塚勇哉，金田はる菜，中村友海，鶴見昌代，宮城愛美）, Alexa ゲームスキル作成の勘所 -Audio Labyrinth〜脱出ゲーム〜の事例- AAJUG 関東支部 Vol.4 -「Alexa でゲームをつくる」，2019.5.17（MACNICA 品川オフィス）
[29] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム（杉崎信清，岩下琉斗，菊池かな），はやおきクエスト，2019.8.19 (cited 2019-10-20)
https://www.amazon.co.jp/dp/B07WR7DWX3/
[30] 筑波技術大学スマートスピーカーアプリ開発チーム（杉崎信清，岩下琉斗，菊池かな，鶴見昌代，宮城愛美），はやおきクエストデモ動画 https://youtu.be/FjMsXbQqTWI
[31] 鶴見昌代，スマートスピーカーのスキル開発を通した教育プログラム構築の試み，未来の先生展 2018，2018-9-16（東京）.（ポスター発表）
[32] 鶴見昌代，宮城愛美，「本学学生が Alexa スキルアワード 2018 でファイナリスト賞を受賞」(cited 2019-10-20) https://www.tsukuba-tech.ac.jp/activity/activity_2018/vi_2018101101.html
[33] 鶴見昌代，宮城愛美，視覚障害者によるスマートスピーカー活用の可能性（サイトワールド 2018 出展報告），筑波技術大学テクノレポート．26 (2);p.74-79
[34] 鶴見昌代，宮城愛美，スマートスピーカーを用いたチーム・プログラミングの実践-視覚障害者のためのプログラミング教育を見据えて-，電子情報通信学会技術研究報告（福祉情報工学），2019-3-8（つくば）． 118(491);p.7-10
[35] 鶴見昌代，宮城愛美，「情報システム学科の学生チームが JAWS DAYS 2019 で登壇」(cited 2019-10-20)
https://www.tsukuba-tech.ac.jp/activity/vi_2019031201.html
[36] Voiceflow (cited 2019-10-20)
https://www.voiceflow.com/

ⓒ 2019 Information Processing Society of Japan