

プロジェクト DX：

第4次産業革命をもたらすデジタル・トランスフォーメーションの加速
(ロボティクス)

〈弱いロボット〉概念に基づく学習環境のデザインと社会実装

研究リーダー：豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 教授 岡田美智男

事業化リーダー：(株)ヒミカ 尾崎逸男 (株)ICD-LAB 大島直樹

参画機関： 豊橋技術科学大学、愛知淑徳大学、(株)ヒミカ、(株)ICD-LAB

2024年3月7日

1. 研究テーマの概要

■ 本研究テーマの背景・目的

- ✓ デジタル技術を活用した「革新的な教育技法(EdTech)」が教育現場を変革しつつある
- ✓ 国内では、文部科学省の「GIGAスクール構想」＋経済産業省の「**未来の教室ビジョン**」
- ✓ 改革の柱は
「**学びのSTEAM化**」「**学びの自立化・個別最適化**」「**新たな学習基盤づくり**」の3つ！

■ 本研究ターゲットの必要性

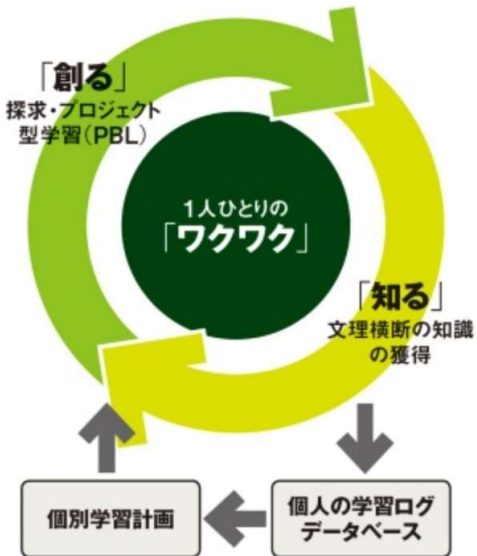
- ✓ 具体的な方法論の欠如：子どもたちの創造性・課題解決力を育む学習環境のデザイン手法
- ✓ STEAM学習プログラムの絶対的な不足：子どもたちのワクワクを引き出す学習プログラム
- ✓ 授業編成モデル、評価手法の不足：教師、研究者、企業との幅広いタイアップも必要



子どもたちの優しさ、強み、ウェルビーイングを引き出すための仕掛けづくり！

本提案では〈**弱いロボット**〉の特質を生かして、「**未来の教室ビジョン**」に資する
新たな学習環境のデザイン・構築とその社会実装を進める。

1. 本研究テーマの概要 (実施概要)



お互いの〈弱さ〉を補いつつ、
その〈強み〉を引き出しあう！



子どもたちの優しさ、強み、
ウェルビーイングを引き出す
〈弱いロボット〉

経済産業省で進める
「**未来の教室ビジョン**」

(a) 学びのSTEAM化

(開発ターゲット 1)

共生型STEAM学習のための
〈弱いロボット〉の開発



(創り・育て・一緒に生活する)

(b) 学びの自立化・個別最適化

(開発ターゲット 2)

協働的な学びの場を生み出す
〈多人数会話型ロボット〉
の開発



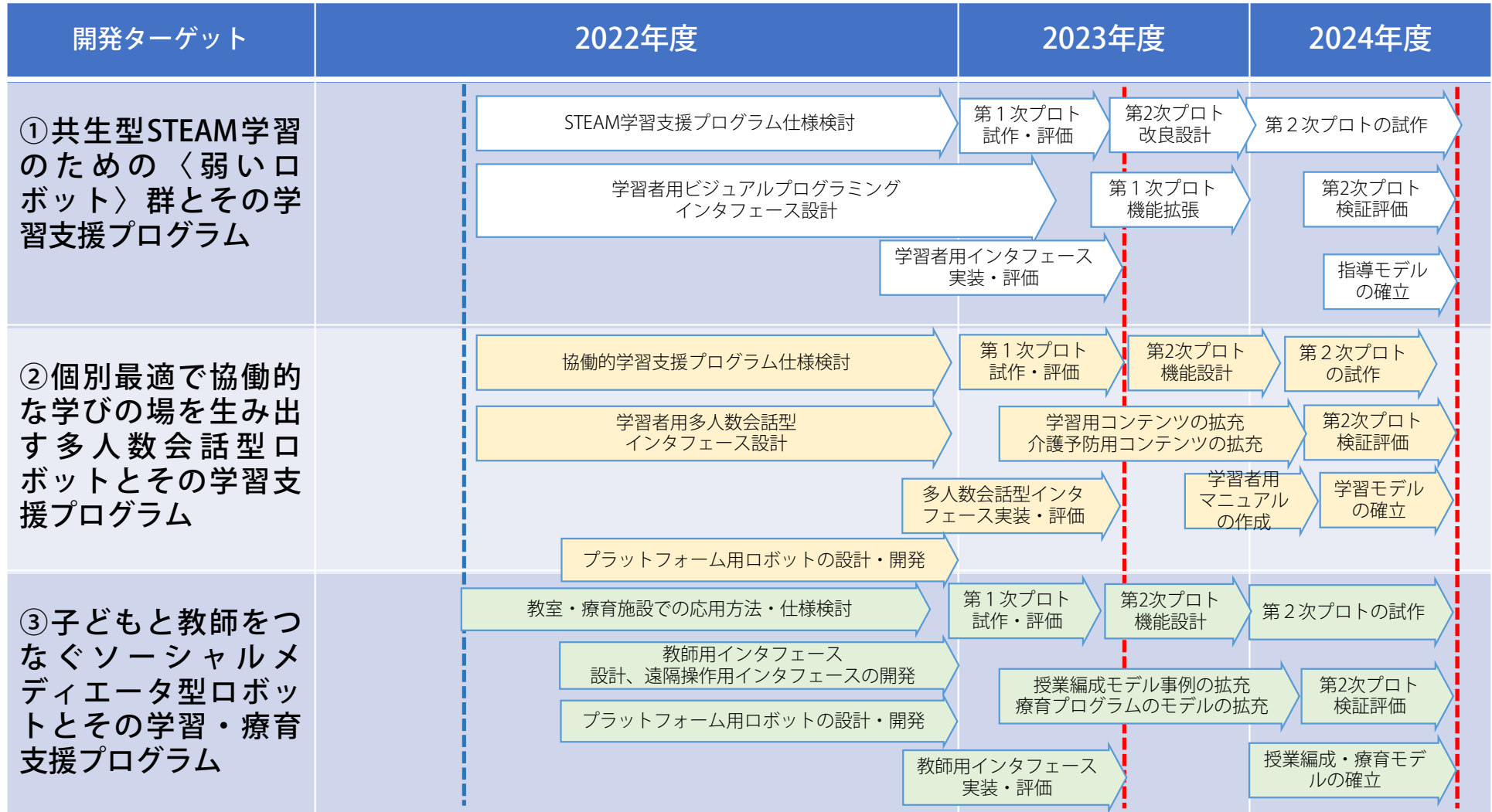
(c) 新たな学習基盤づくり

(開発ターゲット 3)

子どもと教師をつなぐ
〈ソーシャルメディア型
ロボット〉の開発



2. 年次ロードマップ



3. 研究開発の実施状況

令和5年度までの目標の達成状況

① 共生型STEAM学習用の
〈弱いロボット〉群と
その学習支援プログラム

| | 目標 | 実績 | |
|---------------------|---------------------|----|-----------------|
| 開発フェーズ | 試作品作製・実証試験(1) | ○ | 試作品作製・実証実験(1) |
| 全 体 | 第一次試作品完成、実証試験実施 | | 第一次試作品作製、実証試験実施 |
| 共生型STEAM学習用ロボット | ゴミ箱ロボット等の一次試作の完成 | | 3タイプの一次試作の完成 |
| ビジュアルプログラミングインタフェース | インタフェースの試作完成・基本動作確認 | | 試作・基本動作確認 |

② 個別最適で協働的な学び
の場を生み出す
多人数会話型ロボットと
その学習支援プログラム

| | 目標 | 実績 | |
|-----------------|----------------------|----|----------------------|
| 開発フェーズ | 試作品作製・実証試験(1) | ○ | 試作品作製 |
| 全 体 | 学習内容、コンテンツの候補を3件以上立案 | | 学習内容、コンテンツの候補を3件以上立案 |
| 〈PoKeBo Cube〉 | 一次試作の完成 | | 一次試作の完成 |
| 〈PoKeBo Studio〉 | 一次試作の完成 | | 一次試作の完成 |

③ 子どもと教師をつなぐ
ソーシャルメディア型
ロボットとその学習・療育
支援プログラム

| | 目標 | 実績 | |
|-------------------------|---------------|----|-------------|
| 開発フェーズ | 試作品作製・実証試験(1) | ○ | 試作品作製 |
| 全 体 | 一次試作の完成 | | ハードウェアの一次試作 |
| 〈iBones〉〈Talking-Bones〉 | 一次試作の完成 | | ハードウェアの一次試作 |
| 〈Pocketable-Bones〉 | 一次試作の完成 | | ハードウェアの一次試作 |

3. 研究開発の実施状況

(1): 共生型STEAM学習のための〈弱いロボット〉の開発

(学びのSTEAM化にむけて)

- ✓ 〈弱いロボット〉を創り出し・育て・一緒に世話をしながら生活する〈共生型STEAM学習プログラム〉を開発・提供
- ✓ デザイン思考・論理的思考にくわえ、共感、思いやり、協調性など非認知能力を引き出し・育む

[1] 〈弱いロボット〉について授業のなかで学ぶ

「弱いロボット」だからできること

みなさんは、ロボットというイメージのよう
なものを思い浮かべたでしょうか。人間の能
力をこえた強い存在でしょうか。でも、こ
みをつくることはできるけれど、自分では
みをつくらないロボット、ただいつか手
をつないでくれるだけのロボットがいたらう
てほしい。これらのロボットは、わたしが開
発している「弱いロボット」といわれるもの
です。一見、何の役にたつかさかからない
ように思われるかもしれませんが、実はこれ
が、〈弱いロボット〉です。「弱いロボッ
ト」は、高い性能を多く持つものではなく
ありますが、それこそが、一人では何もし
ないようなロボットばかりです。しかし、そ
の不気味な部分があることで周りの人の助けを引
き出し、目的を達成することができます。
具体的に、「ゴミ箱ロボット」の例をみてみ
ましょう。「ゴミ箱ロボット」は、その名前の
通り、「ゴミ箱」の形をしたロボットです。見た目
はほとんどゴミ箱であり、そこに動物が作って
おけるようになっています。このロボッ
トには「こみを拾うための機能」がありません。
底に付いた車輪を使って、よたよたと歩きなが



図 1 「弱いロボット」の授業の様子

[2] 新たな〈弱いロボット〉を構想・デザインする



〈ゴミ箱ロボット〉をベースとした例

- (充電、ゴミの廃棄)⇒ 世話する
- (修理、補修)⇒ 手当する
- (機能アップ)⇒ 育てる、躾ける

[3] 〈弱いロボット〉を制作・プログラミングする



[4] 〈弱いロボット〉たちと生活を共にする学校のなかで〈生き物〉の世話するように… 6

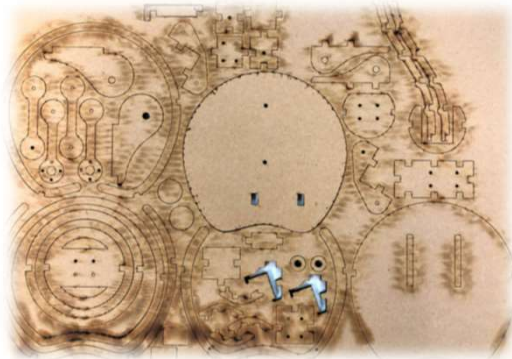


3. 研究開発の実施状況

(1): 共生型STEAM学習のための〈弱いロボット〉の開発

(学びのSTEAM化にむけて)

- ✓ 比較的安価な方法で新規ロボットの企画、デザイン、プロトタイピングを行うための手本となるサンプルを準備。
- ✓ ビジュアルプログラミングおよびPythonを使った簡易なロボットプログラミングのためのサンプルを準備。
- ✓ 高校生向け講座で試行的に実施。



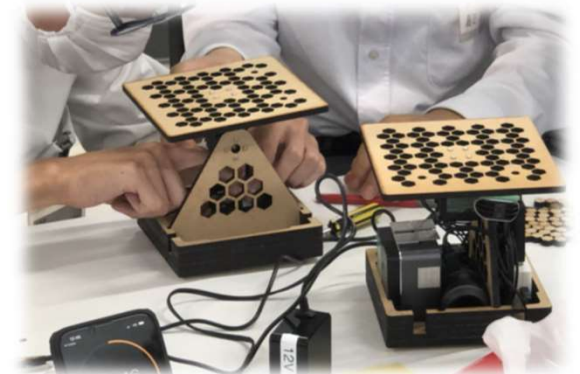
[1] お絵描きソフト(Illustrator)
によるデザイン
+ MDFをレーザカッターで切削

主に豊橋技術科学大学で開発



[2] ビスやドライバーなどを使わずに
ロボットの組み立てを行う

[3] Pythonなどを用いたプログラミング
+ インタラクションデザイン



3. 研究開発の実施状況

(1): 共生型STEAM学習のための〈弱いロボット〉の開発

(共棲型ロボット〈Toi〉のコンセプトと制作事例)

- ✓ 役割や機能を押しつけることなく、なにげない暮らしの中で子どもたちから様々な意味づけや役割を引き出すデザイン。
- ✓ 子どもの学習レベル・技術レベルに合わせて、一緒に成長・進化していくような「共学習」「共進化」を指向した共生型STEAM学習プログラムの開発と試行。



子どもたちの生活空間のなかで
様々な解釈や役割を引き出すこと
ができる！



ビスやドライバーなどを極力使わ
ずにロボットの組み立てを行う



ブロックプログラミングやPythonに
よるインタラクションデザイン

3. 本研究開発の実施状況

(2): 協働的な学びの場を生み出す〈多人数会話型ロボット〉の開発

(学びの自立化・個別最適化にむけて)

- ✓ 多人数会話型インタラクション技術を用いて、複数のロボット〈PoKeBo〉たちとの学び合いを実現する
- ✓ 〈弱いロボット〉の手助けしながら自らも学んでしまう〈個別最適かつ協働的な学びの場〉を生み出す



(PoKeBo Cube)

参加型学習環境

お互いの〈弱さ〉を補いつつ
その〈強さ〉を引き出しあう



(PoKeBo Studio)

共構築型学習環境

演劇や会話、楽曲などを創作
〈PoKeBo〉に演じさせる



(Muu)

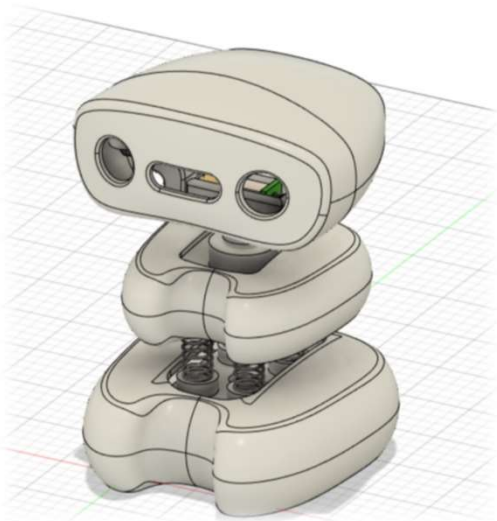
多人数会話に基づくインタラ
クティブな情報の提供

3. 本研究開発の実施状況

(2): 協働的な学びの場を生み出す〈多人数会話型ロボット〉の開発

(学びの自立化・個別最適化にむけて)

- ✓ 小型のコミュニケーションロボット〈PoKeBo〉の設計と構築
- ✓ 〈PoKeBo Cube〉と〈PoKeBo Studio〉に向けたプロトタイプ構築



〈PoKeBo〉の仕様策定と設計



〈PoKeBo〉プロトタイプ構築

主にハードウェア開発は(株)ICD-LABで実施、
ソフトウェア・コンテンツ開発は、豊橋技術科学大学で実施



共構築型学習環境〈PoKeBo Studio〉



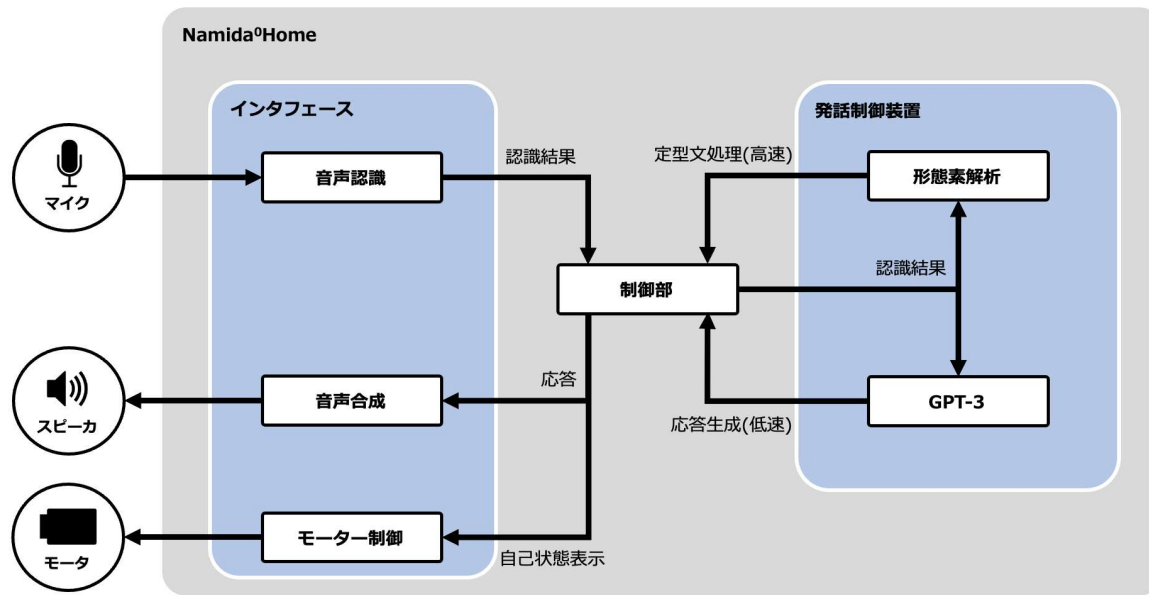
参加型学習環境〈PoKeBo Cube〉

3. 本研究開発の実施状況

(2): 協働的な学びの場を生み出す〈多人数会話型ロボット〉の開発

(ChatGPTを利用した多人数会話型ロボットのシステム構成例)

Namida⁰Homeのシステム構成図



高齢者等からの語り掛けに対して、3つのエージェントがそれぞれの水準で傾聴的な応答を行う。



〈Namida⁰ Home〉



〈Muu〉

3. 研究開発の実施状況

(3): 子どもと教師をつなぐ〈ソーシャルメディア型ロボット〉の開発

(新たな学習基盤づくりにむけて)

- ✓ 教室での子どもたちの協働的な学びや教師との話し合いを媒介する〈ソーシャルメディア〉として機能させる
- ✓ コミュニケーションや発達に躓きのある子どもの発話やコミュニケーション機能を代替・拡張するシステムの提供



(ソーシャルメディアータ 1)

〈Tele-Bones〉
教室での子どもたちの協働的な
学びや教師との話し合いを媒介



(ソーシャルメディアータ 2)

〈Talking-Bones〉 発達に躓きの
ある子どもと教師(療育士・保護
者)との間をつなぐ



(ソーシャルメディアータ 3)

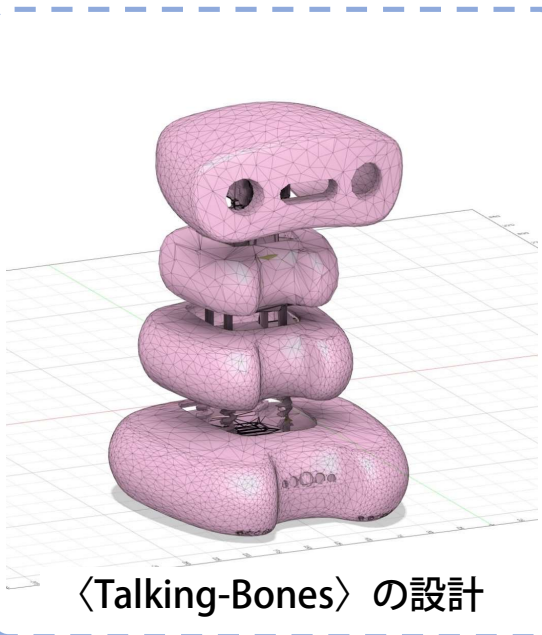
〈Pocketable-Bones〉
発達に躓きのある子どものコ
ミュニケーション機能等を拡張

3. 研究開発の実施状況

(3): 子どもと教師をつなぐ〈ソーシャルメディア型ロボット〉の開発

(新たな学習基盤づくりにむけて)

- ✓ 〈Talking-Bones〉等のプラットフォームの設計と構築
- ✓ 学習支援、療育支援を想定した教師用遠隔操作インターフェースの試作



学習支援、療育支援を想定した教師用遠隔操作インターフェースの仕様策定



子どもたちの協働的な学びを媒介



コミュニケーション機能等の代替

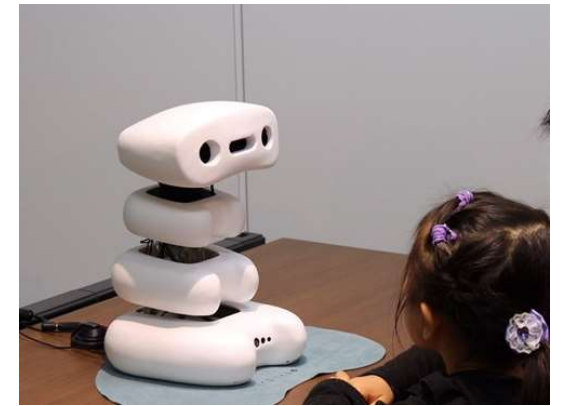
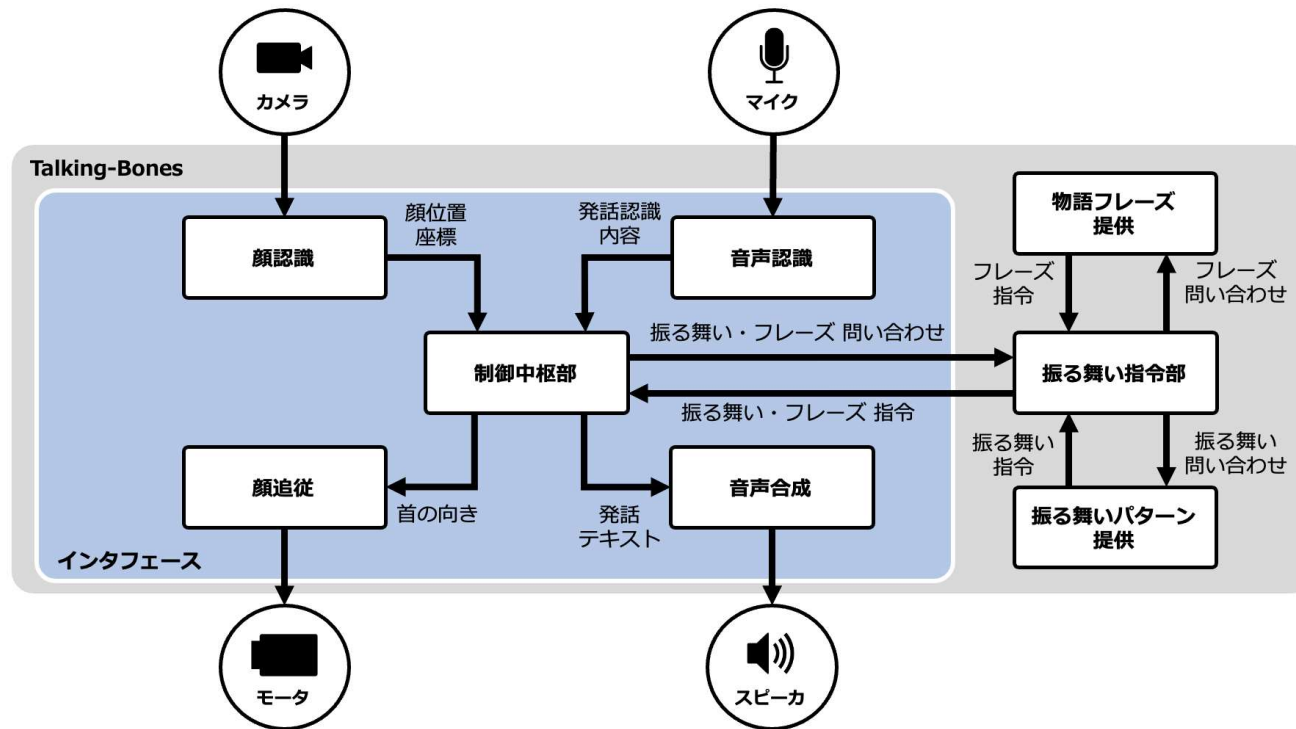
主にハードウェア開発は(株)ICD-LABで実施、
操作インターフェースのソフトウェア開発は、豊橋技術科学大学、(株)ヒミカで実施

3. 研究開発の実施状況

(3): 子どもと教師をつなぐ〈ソーシャルメディアータ型ロボット〉の開発

(〈Talking-Bones〉のシステム構成例)

TalkingBonesのシステム構成図



コンテンツを即時に編集可能な
〈Talking-Bones〉

4. 研究実績

■ 特許出願

- ✓ 準備中

■ 外部発表

- ✓ 書籍：(1)H. Kawakami (ed.), *Systems Design Based on the Benefits of Inconvenience*, Translational Systems Sciences 31, Chap.6, Springer (2023).(2)岩波ジュニア新書(印刷中)。(3)小学生向け図書(企画中)。
- ✓ ジャーナル論文 3件掲載決定：(1) Pocketable-Bones (Journal of Robotics and Mechatronics)、(2)ランプ型ロボプロジェクト(Lumos)の提案(ヒューマンインタフェース学会論文誌、論文賞受賞)、(3)マイク型ロボプロジェクト(Whimbo)の提案(ヒューマンインタフェース学会論文誌)。
- ✓ 解説論文等雑誌、Web記事：(1)『こども学』、(2)『JSAP Review』、(3)『心理学ワールド』、(4)『アド・スタディーズ』、(5)『調査情報デジタル』、(6)『日本ロボット学会誌』など。
- ✓ 学会発表：HAIシンポジウム(2023/3)、5件。HISシンポジウム(2023/9)、8件の発表。
- ✓ 報道発表、記事掲載等：(1)フジテレビ「イット」、(2)日本テレビ「スッキリ」、(3)NHK「さらさらサラダ」、(4)東海テレビ「NewsONE」、(5)FNN プライムオンライン、(6)中日新聞、(7)朝日新聞、(8)読売新聞など。

4. 研究実績

■ 情報発信

- ✓ 展示会出展：(1)日本科学未来館「きみとロボット」展、(2)技科大TECHフェスティバル、(3)ATCロボットストリート、(4)豊橋市こども未来館ここにこ、(5)高校生ロボットSIリーグ・サイドイベント、(6)愛知県サービスロボット社会実装推進事業、(7)豊橋男女共生フェスティバル、(8)豊川市こざかい葵風館、(9)あいちスタートアップフェス、(10)SIGGRAPH2023、(11)日本科学未来館常設展示など。
- ✓ 講演等：(1)あかし教育研修センター(明石市教育委員会)、(2)白梅学園大学発達臨床セミナー、(3)自律分散システム・シンポジウム、(4)豊橋男女共生フェスティバル、(5)超教育協会、(6)第20回医療・介護分野ロボット実用化ワーキンググループ、(7)日本小児科医会フォーラム、(8)「知の探究講座」開講式、(9)近隣の小学校での特別授業など。
- ✓ セミナー開催：3月10日(豊橋技術科学大学にて、ハイブリット形式の公開シンポジウムを開催)

■ 会議の開催件数

- ✓ 研究開発会議 第1回(10/18)、第2回(3/22)、第3回(9月実施)。研究開発打合せは随時実施。

4. 研究実績

■ 各フィールドにおけるロボットのデモ展示の様子



江戸川区こども未来館(2023/6/11)



豊川市安形医院(2023/6/9)



天伯小学校(2023/3/13)



江戸川区こども未来館(2023/6/11)



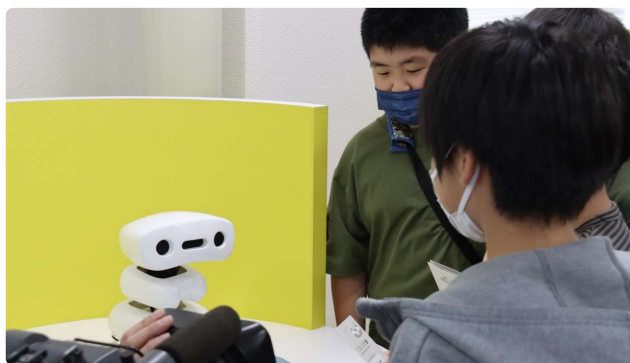
豊川市安形医院(2023/6/9)



天伯小学校(2023/3/13)

4. 研究実績

■ 各フィールドにおけるロボットのデモ展示の様子(2)



小豆坂小学校・来学(2023/5/1)



高校生ロボットSIリーグ(2022/12/10)



ATCロボットストリート(2022/11/5)



小豆坂小学校・来学(2023/5/1)



高校生ロボットSIリーグ(2022/12/10)



ATCロボットストリート(2022/11/5)

5. 事業化の見通し

■ 市場性

- ✓ 〈PoKeBo Cube〉はSNS等でも話題となり、パーソナルロボットとして市場性は十分ある。教育・学習、特別教育支援分野は、価格を抑え、かつコンテンツの充実が必要。

■ 本研究成果の優位性・国際競争力

- ✓ 〈弱いロボット〉概念の共生型STEAM学習への応用、〈PoKeBo Cube〉や〈PoKeBo Studio〉による学習環境、〈弱いロボット〉の教室や特別支援への応用では優位性がある。

■ プロジェクト終了後のビジネスプランへのつながり

- ✓ こども向け書籍出版との連携、クラウドファンディングによる市場調査、アーリーアダプターによる評価などを進めていく予定。

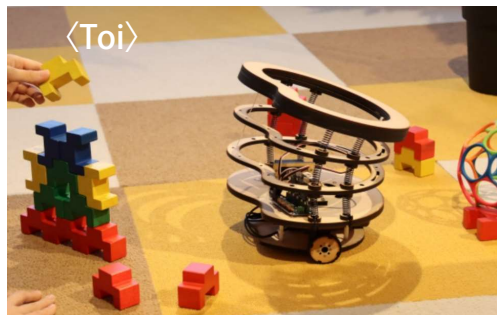
■ 事業化につながる体制づくりの状況

- ✓ デジタル教科書や教育コンテンツ制作会社、日本科学未来館、パナソニック等との情報交換。

5. 事業化の見通し (サービスイメージ)

共生型STEAM学習のための
の〈弱いロボット〉

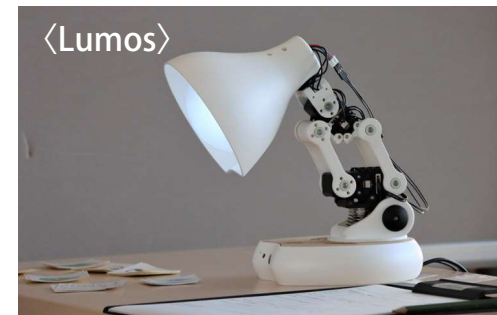
小中学校、高校、高専、
教育サービス事業者など



〈Talking-Ally〉



〈Lumos〉

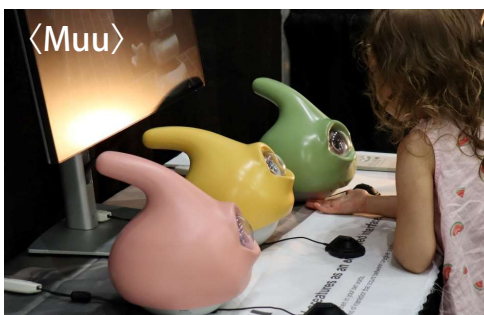


家庭での個別学習、生活
支援のための〈多人数会
話型ロボット〉

一般ユーザー、高齢者福
祉施設など



〈Muu〉



〈NAMIDA⁰ Home〉

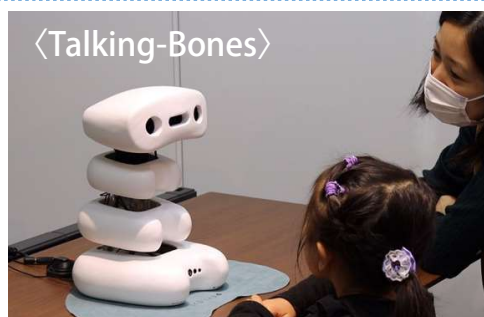


子どもと教師などをつな
ぐ〈ソーシャルメディ
エータ型ロボット〉

小学校、特別支援学校、
一般ユーザーなど



〈Talking-Bones〉



6. 県産業への貢献度、人材育成等

■ 愛知県産業への貢献

- ✓ あいち発サービスロボットの新しいジャンルとして、〈弱いロボット〉の全国展開・普及を狙う。
- ✓ EdTech分野への応用・社会実装を加速し、あいちロボット産業、地域産業の振興・活性化に貢献。

■ 愛知県の事業への貢献

- ✓ あいちロボット産業クラスター推進協議会に委員として参加、第20回医療・介護等分野ロボット実用化ワーキンググループに講師として参加。「知の探究講座」開講式にて講演。
- ✓ 愛知県サービスロボット社会実装推進事業で、豊田スタジアムでの実証実験に参加。

■ 人材育成への取り組み

- ✓ 本プロジェクトに、若手研究者2名、大学院学生11名、企業の若手研究者も参加。
- ✓ 愛知県教育委員会主催の「知の探究講座」(豊橋技術科学大学)に15名の高校生が参加。
- ✓ 愛知県高校生ロボットSIリーグのサイドイベントに参加し、高校生を対象にプレゼンを実施。