

## フィジカルコンピューティングを用いた 授業支援システムの提案

高松 智 弥<sup>†1</sup> 加藤 美 和<sup>†1</sup>  
小濱 隆 司<sup>†2</sup> 宮川 治<sup>†2</sup>

教育の場で ICT 機器の活用が進んでいる。しかし、機器の操作の得手不得手により、教育者が機器の操作に負担を感じる事が報告されている。

本稿では、教育者の機器の操作にかかる負担を軽減することを目的とし、フィジカルコンピューティングを用いた授業支援モデルを提示した。普段の授業で行っている動作から自然に 機器を操作することで、教育者の負担を軽減するシステムの設計・プロトタイプ開発を行った。

### A Proposal of Instruction Support System Using Physical Computing

TOMOYA TAKAMATSU,<sup>†1</sup> MIWA KATO,<sup>†1</sup>  
TAKASHI KOHAMA<sup>†2</sup> and OSAMU MIYAKAWA<sup>†2</sup>

Using of ICT equipment spreading to the educational field. However, it is reported that the educator feels burden to operate the equipment.

In this paper, we proposed the instruction support model using physical computing. The purpose of this model is to reduce burden to operate the equipment for the educator. The educator uses the equipment naturally as act usual in class. We report the design for the system, and the development of the prototype system.

<sup>†1</sup> 東京電機大学大学院情報環境学研究所  
Graduate School of Information Environment, Tokyo Denki University  
<sup>†2</sup> 東京電機大学情報環境学部  
School of Information Environment, Tokyo Denki University

### 1. はじめに

近年, Information and Communication Technology (ICT) の発展と共に, 我々の生活の周りにはさまざまな ICT 機器が浸透している。教育の場でも, 授業で ICT を活用することによって, 学力向上に効果があることが示され, 業務を軽減し, 効率化できるとされている<sup>1)</sup>。教育の ICT 環境は年々整備されている。しかし, ICT を利用する教育者の「授業中に ICT を活用して指導する能力」は伸び悩んでいる<sup>2)</sup>。授業中に ICT を活用して指導するためには, ICT を利用した授業経験の蓄積が必要である。コンピュータ等の操作が得意な一部の教育者以外は, 機器の操作が負担になり, 授業の妨げになる場合がある<sup>3)</sup>。このことから, 教育者の機器操作の得手不得手に関らず操作できるインターフェースが必要になると考えられる。

堀田らは, この問題を解決するために簡易型コントローラを作成し, その効果を示した<sup>4)</sup>。この手法では, 複数の機器を容易に操作するために, 持ち運びが可能であり, 複数系統の入出力を接続できるスイッチを配置した簡易型コントローラを用いている。

われわれの問題を解決するためのアプローチは, フィジカルコンピューティングを用いることである。本研究では, 普段の授業で行っている動作から自然に ICT 機器を操作することで, 教育者の負担を軽減するシステムの設計・開発を行う。

フィジカルコンピューティングとは物理情報を利用した新しいコンピュータとのインタラクションのあり方を研究することである。

本論文の構成を以下に示す。第 2 章でフィジカルコンピューティングを用いた授業支援について, 第 3 章で適用する授業について, 第 4 章で授業支援システムについて, 第 5 章でプロトタイプ開発について報告する。

### 2. フィジカルコンピューティングを用いた授業支援

#### 2.1 フィジカルコンピューティング

フィジカルコンピューティングは, キーボードやマウス, ディスプレイなどの従来のインターフェースの枠を越えた, 新しいインターフェースを作る取り組みである。<sup>5)</sup> フィジカルコンピューティングの実現には, 各種センサによる入力やアクチュエータによる出力が使用される。容易に実現する環境として, Arduino<sup>6)</sup> や Gainer<sup>7)</sup> などがある。

フィジカルコンピューティングを使用することで, 身体的な動作や環境の変化などの物理的な情報を利用し, 人とコンピュータとのインタラクションを行うことができる。

## 2.2 授業支援のモデル

人と人のインタラクションには、さまざまな感覚や動作が用いられる。そのなかで、何らかの情報を得る際には、五感の中の視覚や聴覚、触覚などを用いる。特に、人と人との間では、視覚と聴覚に使用が偏る<sup>8)</sup>。

一方、人とコンピュータとのインタラクションでは、視覚的に操作を行うことができる GUI(Graphical User Interface) の研究が進んでおり、広く使用されている。

教育の場で行われる、教育者と学習者のインタラクションには、教育者が学習者の反応を見るための視覚や、学習者が教育者からの情報を受け取るための視覚や聴覚などが使われる<sup>9)</sup>。

ICT を用いた教育の場では、教育者と学習者とのインタラクションと、教育者とコンピュータとのインタラクションが同時に行われる。しかし、どちらも視覚を使用するため、教育者は学習者とのインタラクションを行っている時には、GUI などの視覚を用いた機器の操作を行うことは困難である。また、教育者は学習者とのインタラクションに重きを置くことから、機器の操作には十分に注意を払うことが難しくなり、負担となる。このため、機器の操作には、視覚以外の感覚を利用して機器を扱う必要がある。また、聴覚や触覚は、視覚とは異なり、学習者とのインタラクションで使用される頻度が低い。

これらを考慮した教育支援のモデルの概略図を図 1 に示す。機器への入力として、授業中に教育者が自然に行っている動作を用いる。授業中に教育者が行う動作(アクション)には、「発言する」、「学習者の様子を見る」、「指し示す」、「立ち位置を変える」、「視線を変える」などがある。一方、機器からの出力としては、聴覚や触覚を用いることが自然である。よって、出力には音声や振動を用いる。

われわれは、こういった入出力方法を、フィジカルコンピューティングを用いることで実現する。これにより、教員は煩わしい機器の操作を意識することなく、普段通りに授業を進めるだけで ICT を活用することができる。

## 3. 適用する授業

今回は、本モデルの有用性を確認するために、授業において教育者のアクションが多い、演習実習授業に適用し、システムの要求を定める。

### 3.1 授業内容

学習者が与えられた課題を解く演習実習授業の授業形態がある。教員や TA( Teaching Assistant ), SA(Student Assistant) などの教育者は教室内を歩き回り、各学習者の進捗状

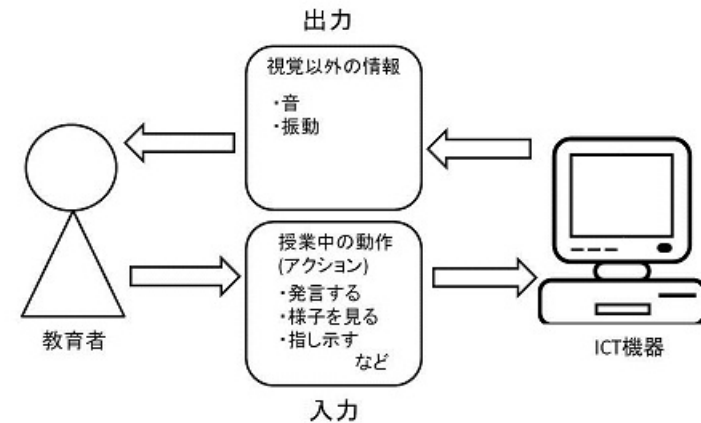


図 1 教育支援のモデルの概略図

況や理解度(学習者の状態)を確認し、つまづきなどに対処しながら授業を進行する。授業を進行する上で、教育者が学習者の状態を把握することは重要である。学習者の状態を正確に把握することで、適切に授業を進行することができる。しかし、学習者の状態を把握するには、質問や、演習を行っている様子の確認などをしなくてはならないため、授業時間内にすべての学習者の状態を把握することは困難である。

こういった問題に対処するために、本学の演習実習授業では、提出された課題と座席情報をデジタル化し管理している。これにより、教育者は、各学習者の課題進捗状況を把握ことができ、指導する必要がある学習者を探し出すことができる。

### 3.2 要求

演習実習授業において、教育者は教室内を歩き回り、気になった学習者の提出された課題を参照する。教育者は、学習者の課題から、進捗状況を把握し、指導する。しかし、課題の参照や進捗状況の把握には、PC などの情報端末の操作が必要であり、学習者とのインタラクションを阻害される可能性がある。

したがって、教育者は、普通の授業通りに教室内を歩き回るだけで、各学習者の課題進捗状況を把握できることが望ましい。

## 4. 授業支援システム

### 4.1 システム概要

演習実習授業での教育者のアクションには、学習者の様子を確認するための、「教室内を歩き回る」がある。この様子を図2に示す。

本システムは、教育者の「教室内を歩き回る」アクションから、視野に入っている学習者の課題進捗状況などの有用な情報を教育者に通知する。また、本システムは複数の教育者での使用を想定している。そのため、それぞれの教育者に近い学習者の情報を通知できるものとする。

システムを使用するイメージを図3に示す。教育者の「教室内を歩き回る」アクションから、現在歩いている位置の情報をシステムに通知する。これにより、システムは教育者の近傍学習者を検出し、教育者に、その学習者の課題の進捗状況などの情報を音声によって通知する。

### 4.2 システム構成

システムの構成を図4に示す。このシステムは、教育者の位置検出、近傍学習者検出、情報の抽出、音声アナウンスの4つの機能から構成されている。

次に、システムの流れについて述べる。図5にアクティビティ図を示す。まず、教育者は教室内を歩き回っているものとする。教育者の位置検出では、教育者が教室のどこにいるかを検出する。近傍学習者検出では、教育者の位置情報から、一番近くにいる学習者を検出する。情報の抽出では、近傍学習者の情報から、学習者の課題進行状況などの情報を抽出する。音声アナウンスでは、抽出された情報を教育者へ通知する。以下に、各構成の機能について述べる。

#### 教育者の位置検出

位置検出では、複数の教育者の位置検出を行う必要がある。そのため、各教育者にIDを割り振り、指定されたIDを持つ教育者の位置検出を行う。

#### 近傍学習者検出

学習者の座席情報は、データベースで管理されており、取得することができる。そこで、教育者の位置検出で得られた位置情報から、近くの座席情報を計算し、学習者IDを検出する。

#### 情報の抽出

学習者の課題は、デジタルデータで取得できる。この機能では、学習者IDから、それに

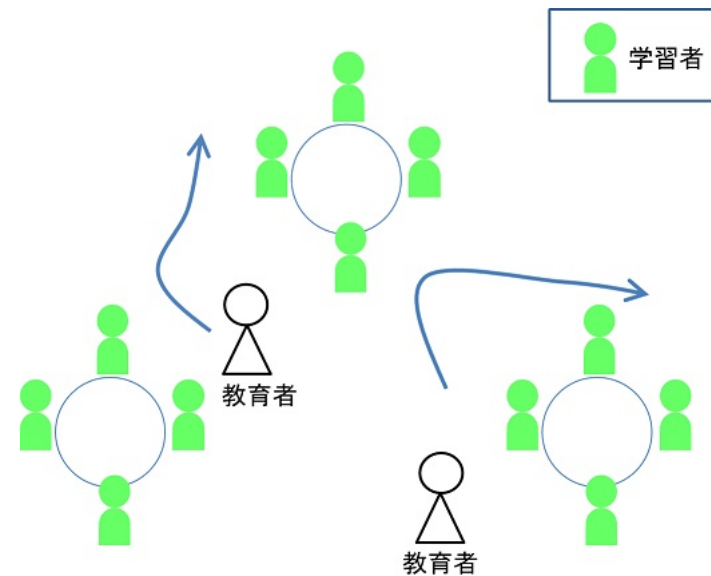


図2 「教室内を歩き回る」アクション

対応付けされた学習者の課題を取得する。その課題を評価し、課題進捗状況などの教育者にとって有用な情報を結果として出力する。

#### 音声アナウンス

学習者の課題進捗状況などの情報はテキストであるため、これを音声に変換し、指定されたIDを持つ教育者に配信する。

### 4.3 システムの特長

このシステムは、各機能の実装モジュールを柔軟に取り替えることができる。そのため、科目や教室、コストなどに応じて、適切な実装モジュールを選択することが可能である。

## 5. プロトタイプ開発

本システムの実現性を確認するためにプロトタイプを開発し、動作実験を行った。本節では、試作した機器とその動作について述べる。

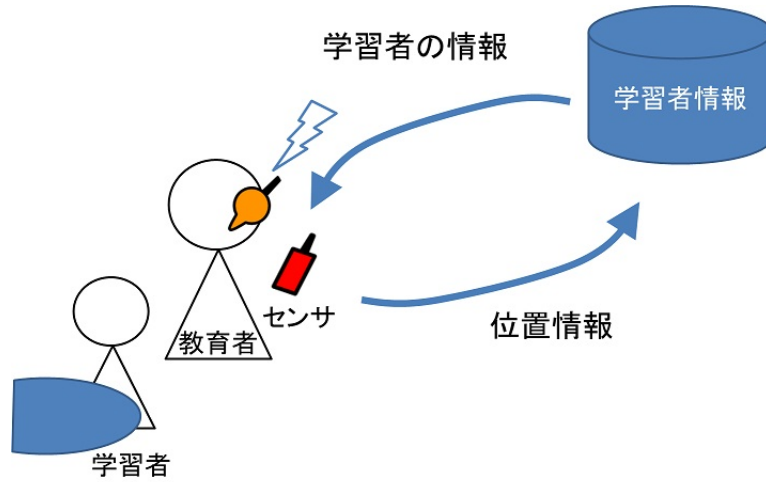


図 3 システムを使用するイメージ

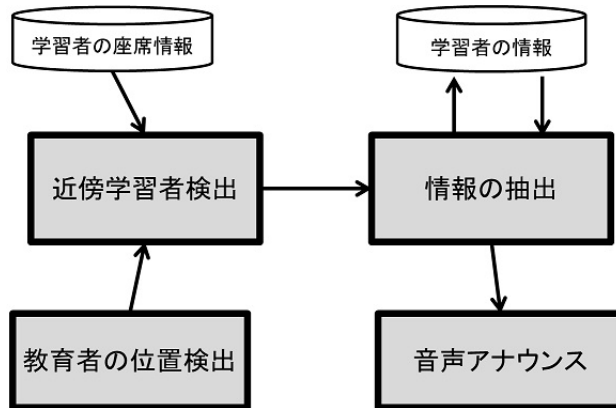


図 4 システムの構成

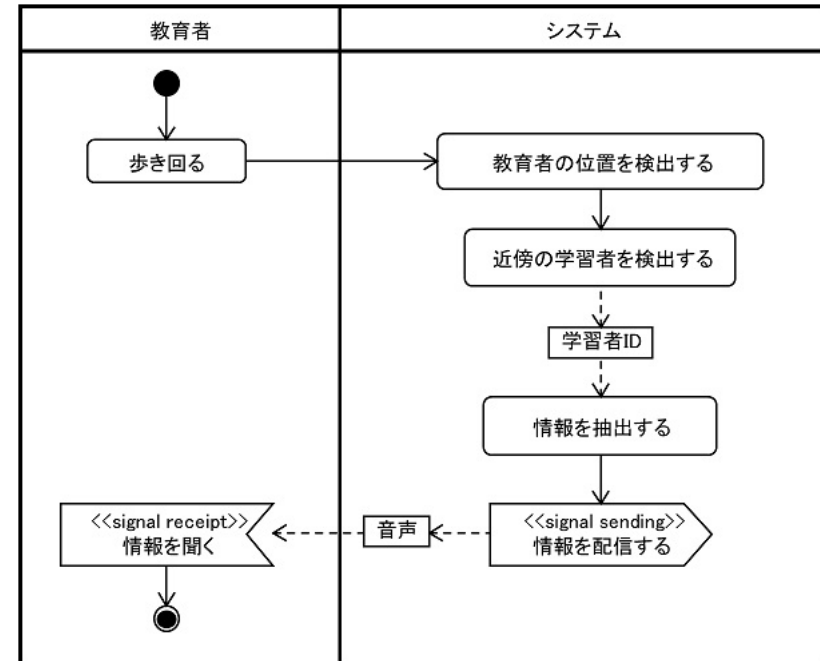


図 5 システムのアクティビティ図

### 5.1 教育者の位置検出

今回、位置検出では、椎尾らの提案手法<sup>9)</sup>を基にした。本手法では、教育者の位置をRFID(Radio Frequency IDentification)技術を用いて判別する。教室内にRFIDタグを複数枚敷設し、検出対象である教育者は履き物にRFIDリーダを装着する。このイメージを図6に示す。リーダが、床に敷設されたあらかじめ位置が分かっているタグを読みこむことで、教育者の位置を特定する。

試作した位置検出機のブロック図を図7に示す。位置検出機では、リーダが読み込んだタグのIDを無線機でPCに送信する。PCは受信したタグのIDを使い、あらかじめ登録されているタグのIDと位置情報の対応データから位置情報を求める。

使用するタグの外観を図8に示す。タグは、教室の床に複数枚敷設するため、安価であり、電池が必要ないパッシブ型RFIDタグを使用した。

使用するリーダの外観を図9に示す。リーダは、TI<sup>\*1</sup>社のRFID S6350 Readerを使用した。このリーダは、アンチコリジョン対応である。アンチコリジョンとは、複数のタグを同時に読み取るための機能である。そのため、教室内に狭い間隔でタグを敷きつめた場合にも対応できる。また、教育者の履き物にリーダを装着するため、直径8cmのコイルアンテナを作成した。検出した位置情報をPCに通知する必要があるため、無線機として、Bluetoothモジュールを用いる。このモジュールは、マイクロテクニカ社<sup>\*2</sup>のBT-MOD100Rを使用した。BluetoothプロファイルはSPP(Serial Port Profile)であり、仮想COMポートとして動作する。試作した位置検出機の外観を図10に示す。

### 5.2 音声アナウンス

本システムは複数の教育者での使用を想定している。そのため、複数の教育者の中から指定されたIDを持つ教育者だけに音声情報を出力する必要がある。よって、今回は音声交換機を試作した。

試作した音声交換機のブロック図を図11に示す。音声交換機では、複数の無線送信機と無線受信機が1対1もしくは1対多で対応付けられている。教育者は、無線受信機とヘッドフォンを身に付ける。入力された音声信号を出力する無線送信機をリレーによって切り換えることで、送信する対象の教育者を指定する。

今回、無線送信機には、BluetoothトランスミッターであるシグマA・P・Oシステム販

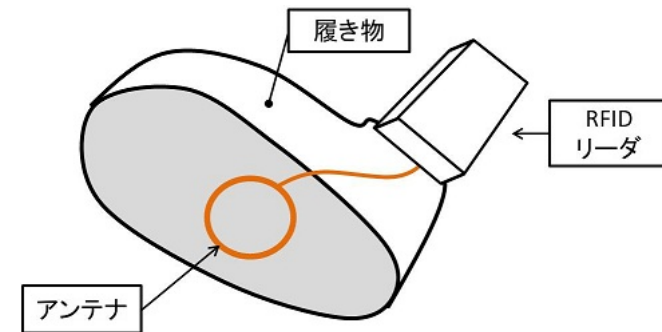


図6 RFIDリーダを装着した履き物のイメージ

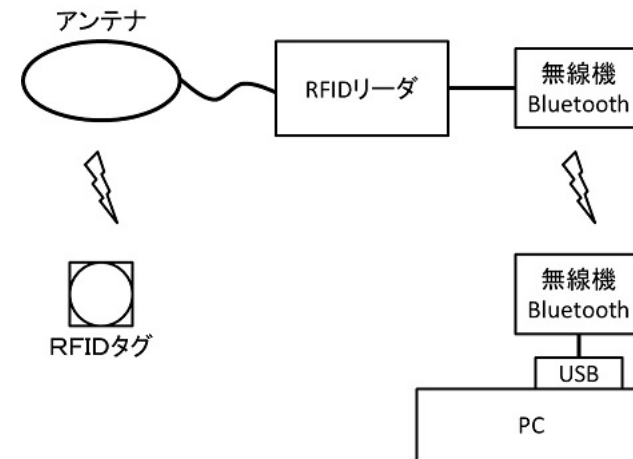


図7 試作位置検出機のブロック図

\*1 TexasInstruments <http://www.ti.com/>

\*2 マイクロテクニカ <http://www.microtechnica.co.jp/>



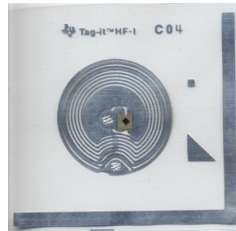


図 8 RFID タグの外観

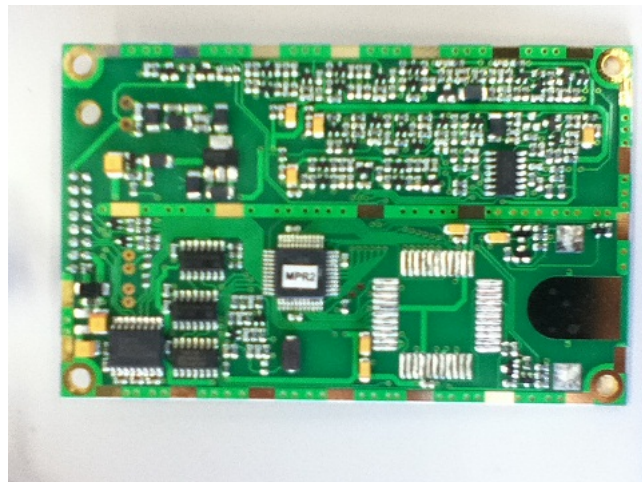


図 9 RFID リーダ (S6350) の外観

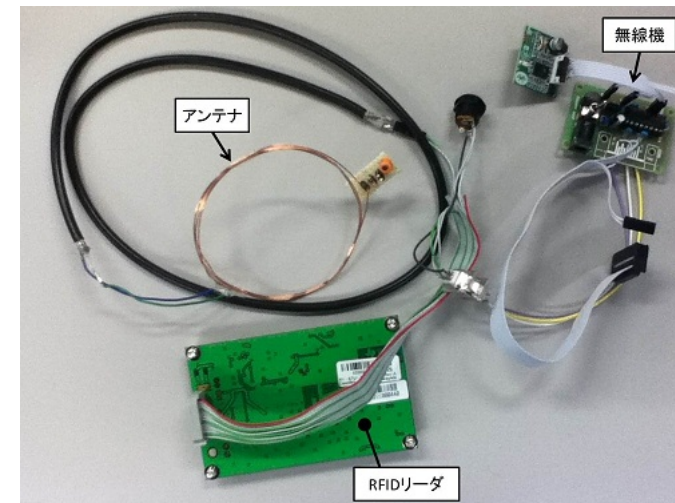


図 10 試作位置検出機の外観

売社の bluetribe SBT04 とトライステート社の FM ステレオ・トランスミッター・キットを使用した。Bluetribe SBT04 は、Bluetooth プロファイルの一つである A2DP(Advanced Audio Distribution Profile) に対応しているため、高音質の音声伝送が可能である。無線受信機の外観を図 12 に示す。また、リレーの制御には、フィジカルコンピューティング・デバイスである Gainer を使用した。通知するテキスト情報を、音声に変換するために、AQUEST 社のテキスト音声合成ミドルウェア AquesTalk を使用した。

試作した音声交換機の外観を図 13 に示す。この音声交換機は、音声の出力先のみを切り替える。そのため、異なる通信方式のトランスミッターを複数同時に使用可能である。

### 5.3 動作実験

試作した機器を使用し、入力から出力までの一連の動作実験を行った。RFID リーダによりタグを読みこませ、読み込んだタグによりあらかじめ決められた情報を音声に変換し、適切な無線受信機に情報を通知する。これらの動作を確認した。実験の様子を図 14 に示す。一連の動作にかかる時間は、1 秒程度であった。問題点としては、RFID リーダのコイルアンテナの調整が必要であることと、システムの使用を始める際に複数の Bluetooth 機器のペアリングに時間がかかることである。また、実験では、電源として AC アダプタを使用し

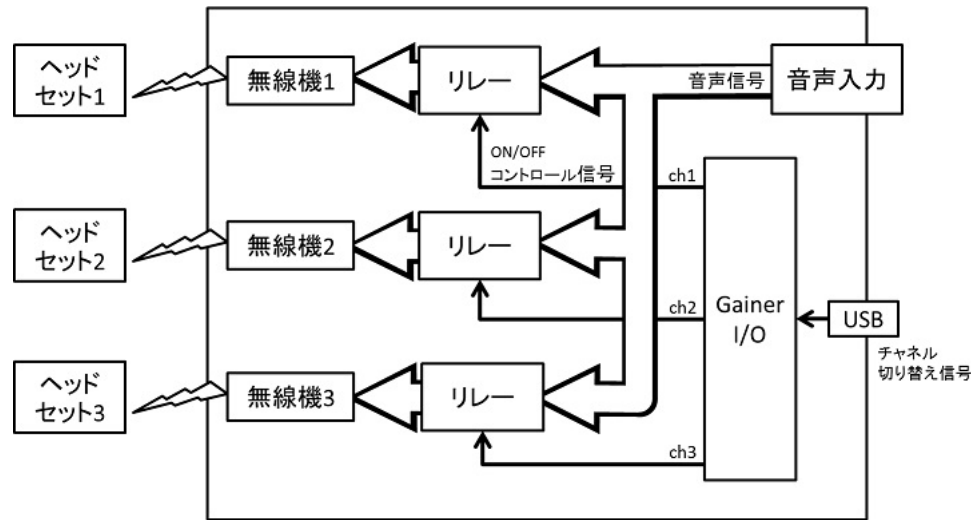


図 11 音声交換機のブロック図



図 12 無線受信機の外観

たが、実際に使用する際にはバッテリーを使用する必要がある。

## 6. おわりに

今回、教育者の ICT 機器操作の負担を軽減するための、フィジカルコンピューティングを用いた授業支援のモデルを示した。

授業においては、教育者は学習者とのインタラクションに重きを置くため、視覚を用いた機器の操作が負担になる。そのため、フィジカルコンピューティングを用いて、授業における教育者のアクションと五感の中の聴覚、触覚を使い、機器の操作を行うモデルを提示した。

本モデルの有用性を確認するために、授業におけるアクションの多い演習実習授業に適用し、システムの設計を行った。さらに、システムの実現性を確認するために、プロトタイプを開発し、動作確認を行った。

今後の課題として、システムの機能の一部である近傍学習者検出、情報の抽出を実装し、システムを完成させる。また、実際の演習実習授業で本システムを使用した実験を行い、システムの有用性を評価する。

## 参 考 文 献

- 1) 財団法人 コンピュータ教育開発センター CEC, "ICT を活用した授業の効果等の調査 報告書", 2008
- 2) 文部科学省, "平成 21 年度 学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果", 2010
- 3) 櫻谷 昭夫, 阿部 厚, 増田 実, 井部 良一, "教員の ICT 活用指導力の向上をめざして ICT を活用した授業に向けた電子学習指導案の開発と普及", 情報・視聴覚センター指導主事研究会議
- 4) 堀田 博史, 井口 磯夫, 藤谷 哲, 佐藤 弘毅, 下川 雅人, 佐藤 喜信, 梅香家 絢子, "複数の ICT 機器を円滑に活用するための簡易型コントローラの効果", 日本教育情報学会年会論文集, Vol.24(2008), p158-159
- 5) 桑田 喜隆, "Gainer 互換 Pepper でフィジカル・コンピューティングーパソコンと AVR マイコンで電子工作", CQ 出版, 2009
- 6) Arduino, <http://www.arduino.cc/>
- 7) 原田克彦, 小林茂, "GAINER: メディア・アーティストのための再構成可能な I/O モ

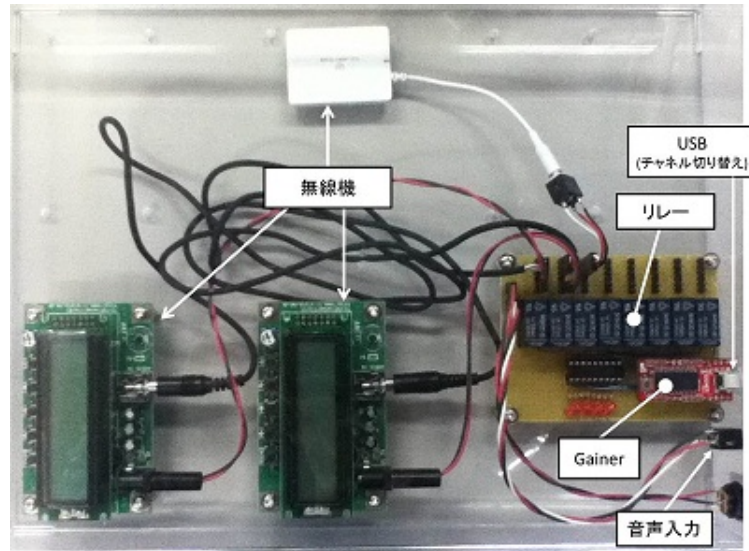


図 13 音声交換機の外観

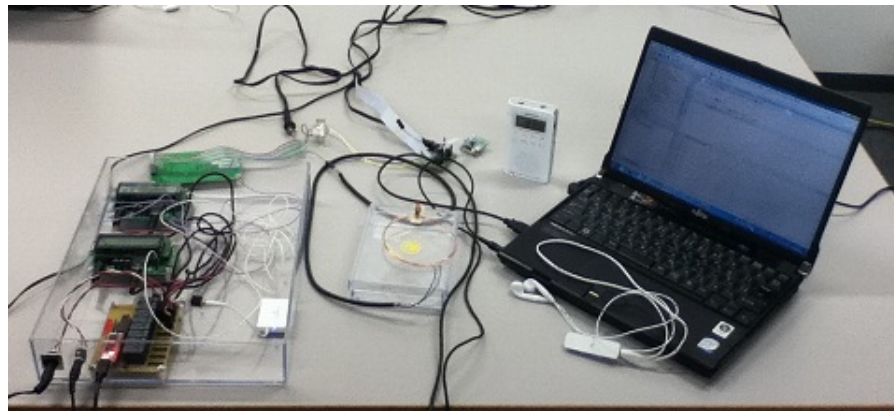


図 14 実験の様子

- ジュール”, 情報処理学会研究報告 [音楽情報科学], Vol.129(2005), pp.7-11
- 8) Albert Mehrabian, "Silent Message: Implicit Communication of Emotions and Attitudes", Wadsworth Pub Co, 1980
  - 9) 谷田貝 雅典, 坂井 滋和, "視線一致型及び従来型テレビ会議システムを利用した遠隔授業と対面授業の教育効果測定", 日本教育工学会論文誌, Vol.30(2005), p69-78
  - 10) 椎尾 一郎, "RFID を利用したユーザ位置検出システム", 情報処理学会研究会報告.HI, Vol.39(2000), p45-50