

# 二項関係を成立させるための発声トレーニング 支援システムの検討

中茂睦裕<sup>1</sup> 渋谷良太<sup>1</sup> 大恵克俊<sup>1</sup>

**概要:** 自身が発声すると他者が何らかのリアクションをするという二項関係を獲得するためのトレーニングに取り組んでいる、特別支援学級の児童を対象に発声トレーニング支援システムを検討した。これまで、教諭が介在して絵本などの教具を使った発声を促すトレーニングをしても、興味を維持することが難しく学修効果が上がらないという課題があった。そこで、支援対象の児童が興味を持つ動くおもちゃを素材として、発声を検知した時にだけスイッチがオンになり2次回路が作動する電子回路を設計して組み込んだ。本稿では、開発した発声支援システムを使ったトレーニングを開始し、その動作を検証したので報告する。

**キーワード:** 特別支援教育, 二項関係, 発声トレーニング, Arduino マイコン

## Vocalization Support System for Acquiring Dyadic Interactions in Special Needs Schools

Mutsuhiro NAKASHIGE<sup>†1</sup> Ryota SHIBUSAWA<sup>†1</sup>  
Katsutoshi OE<sup>†1</sup>

**Abstract:** In Special Needs School, they are training the children to get a dyadic interactions that when one produce a sound then others reacts, so we examined the vocalization support system for them. Up till now, even a teacher intervenes the vocalization training with tools such as picture books, it was difficult to maintain their interest so that it was difficult to enhance learning effects. So we designed and loaded electronic circuit to a moving toy that children are interested, which the switch was turned on when the children's uttering was detected, and activates the second circuit. In this paper, we report the training using vocalization support system we developed and operation verification examination results.

**Keywords:** Special needs education, Dyadic interactions, Vocalization training, Arduino microcomputer

### 1. はじめに

知的障害を持つ児童は実際の生活年齢に対し、身体運動、認知適応、言語社会の各領域における発達年齢がアンバランスとなることがある[1]。他者との視線や言語によるインタラクションがスムーズにできない場合、家庭内での生活や特別支援学校での学修活動について様々な影響が出てくる。例えば、他者へ声掛けすると呼応してくれる、という二項関係を獲得できていない場合、何らかの困りごとや不満があった際に、うまくそれを他者へ伝えることができずに苛立ちをつのらせて周囲も本人も意図しない行動をしてしまうことがある。

本研究は、アシスティブテクノロジーを含む教材・教具の充実に向けて取り組んでいる鹿児島県立南薩養護学校から、教材・教具の開発協力について要請があって検討を開始することとなった。その内容は、ICTを活用した学修支援ツールを特別支援教育の現場ニーズと工学のシーズを合わせて共同で開発し、特別支援教育の現場で学修に利用してその効果を評価する活動を継続していくというものである。

本稿では、日常的に発声はあるものの、これまでに声を他者とのコミュニケーションに利用したことがない児童を対象とし、発声のトレーニングを支援するシステムを提案する。また、開発したシステムを用いて二項関係を成立させるための発声トレーニングを特別支援教育の現場で開始したのでその様子を報告する。

### 2. 背景と目的

前章で述べたように知的障害を持つ児童は実年齢に対して発達年齢がバランスしないことがある。本研究の対象児童は面会時に小学部4年に在籍しており、伝い歩きを中心に移動が可能で日常生活での身体運動には大きな問題は無いものの、発声を伴った他者とのコミュニケーションが無かった。感極まった際などに発声することはあっても、人と関わるために発声することは無く、他者と関わるための二項関係の獲得ができていない状態であった。

行動を観察していると、動く犬のぬいぐるみ、動く電車のおもちゃ、扇風機など動く対象への興味が強い印象を受けた。また、ICT機器の使用について、タブレット端末やスマートフォンで電車の動画を視聴すること、手で操作すると動くアプリで遊ぶことなどを好み、熱中する様子が見られた。

<sup>1</sup> 第一工業大学  
Daiichi Institution of Technology



図 1 対象児童の現状と想定する効果

Figure 1 Current situation of the target and expected effects.

しかし、タッチパネルを操作しているうちに不意に複数の手でスワイプ操作をすることでマルチフィンガーアクションが発火してしまい、他アプリのスクリーンへ遷移したりホーム画面を表示したりしてしまうことがあった。偶然、反対向きに同じスワイプ操作をすれば元のスクリーンを表示することもあるが、うまく行かないことがあるとタブレット端末やスマートフォンを放り投げてしまう。その音に驚いて気付いた大人が元のスクリーンを表示するなどの対処してくれるので、困りごとや不満があるたびに物を放り投げるという行為を繰り返してしまうようであった。

対象児童の保護者が生活面で期待していることは、声を出して人を呼べるようになることである。担任教諭によると、絵本を読み聞かせしている時に擬音語の箇所が発声したり、感情の起伏で発声したりすることはあるが、コミュニケーションに利用することが見られないとのことであった。教育の現場からの要望としては、iPad や PC に保存されている電車アニメの動画や歌などが発声に反応して再生されるようにするか、あるいは、発声に反応して動き出すおもちゃやぬいぐるみを作って欲しい、というものであった。対象児童の現状と支援システムによるトレーニング後に想定する効果を図 1 に示す。

本研究では、知的障害の児童が二項関係を獲得する過程における ICT を活用した発声トレーニングの支援システムを開発することを目的とする。

### 3. 課題と解決アイデア

現状、対象児童はタブレット端末などを操作していても気に入らない状況に陥ってしまうと端末を床へ放り投げてしまう。しかし、保護者はそのような状況になった時には周囲の大人を呼んで欲しいと期待している。

発声を伴って他者とコミュニケーションが図れるようになるように、教育の現場では絵本などの教材を活用して発声を促すトレーニングをしているが、その興味を持続することが難しい。絵本の読み聞かせを始めた直後は耳を傾け、特徴的な擬音語が出現する場面になるとページになると同時に発声したりする様子が見られるが、すぐに飽きてしまうため反復してトレーニングすることが困難であった。つまり、学修者がトレーニングのツールへ興味を維持でき

ないため、その効果が上がらない状態と言える。

たとえ、ICT による支援システムが無くてもアナログ教材を活用することで発声トレーニングは可能である。また、対象者によっては、発声による二項関係が成立する時期は期待よりも早期に到来するかもしれない。しかし、対象者の興味に即した発声トレーニング支援システムを提供することでトレーニングの頻度や効率を高め、トレーニングの期間を短縮することができれば、他の学修へ割ける時間が増え有用であると考えられる。

特別支援教育の現場で、呼び掛け時に聴覚だけでなく児童が身に付けた腕輪型デバイスからの視触覚提示による刺激で知覚させ、呼び掛けに対する応答行動を促す例がある[2]。また、社会的主体としてのロボットを介在させ、意図を有するロボットの振る舞いに対して児童がどのようなリアクションを示すかインタラクションを縦断的に分析した例がある[3]。これらは、意図の伝達と社会的行動の学習を目的としたもので、いわゆる三項関係の獲得トレーニングに資するツールと言える。

本研究では、発声によるコミュニケーションに資する発声トレーニング支援システムの開発に取り組む。そこで、発声に対してインセンティブを与え、学修者が興味を持つ任意の動くぬいぐるみやおもちゃに実装可能なものとする。学修者にとって興味の対象をトレーニングのツールとして活用することにより、トレーニングの持続時間を延長し、トレーニングの効果を高めることを目標とする。

具体的には、声を発した時にだけ 2 次側回路がオンになる電子回路を考案し、それをユニット化する。これを音スイッチと呼ぶこととする。音スイッチは定常状態では反応せず、発声があった時にのみ 2 次側回路がオンになる仕掛けである。ユニットは小型にまとめ、特別支援教育の現場で安全に使用できるよう任意の装置へ組み込めるデザインとする。

### 4. システム実装

前章で提案したように、任意のトレーニング用の機材へ組み込むための、音スイッチのユニットを開発する。

トレーニングを実施する教室のセッティングや、学修対象者の行動を観察したところ、外部電源を要する仕様では実用性が低いと考えた。そこで、組み込み対象の機材から電源を得る仕掛けとする。多くの動く玩具は単 3 電池 2 本 (DC+3V) 程度で動作しており、外部電源を必要とせず、それらへ組み込むためには音スイッチは低電圧で動作する必要がある。市販の音スイッチも検討したが、電源として DC+9V 程度を要求するため候補から外した。最初のプロトタイプは、対象児童のお気に入りの犬のぬいぐるみへ組み込むことを想定し、設計を進めた。

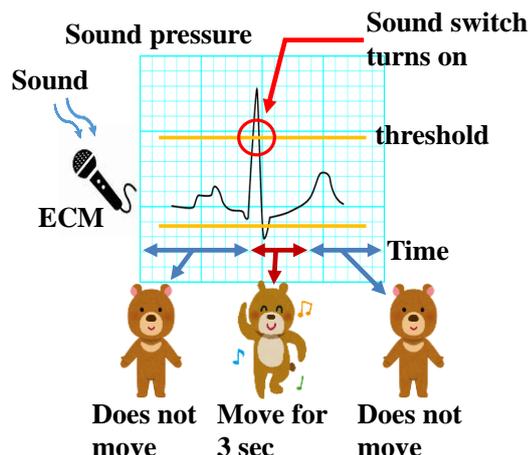


図 2 入力波形に対する音スイッチの動作イメージ  
Figure 2 Sound switch operation for input waveform.

まず、電子回路について説明する。コンデンサマイク (ECM) で音を検出してマイコンへ入力し、音の入力があったと判断すればリレーの 2 次側がオンになるようにした。ECM による入力をマイコンで処理できるレベルへ増幅するためのオーディオアンプはディスクリート部品で組んだ。このアンプによる音の出力波形をオシロスコープで観測し、電源電圧 DC+1.7~5V の範囲で安定して増幅動作することを確認した。

続いて、マイコンの処理について説明する。入手が容易で安価な Arduino マイコンを使用し、ECM で取得した音データをアンプで増幅した電圧値をアナログ値として入力し、その標準偏差がしきい値を超えたら発声があったと判断するようにした。電圧値の変化による標準偏差を算出する理由は、エアコンなど周囲の環境音など定常雑音をキャンセルするためである。その動作のイメージを図 2 に示す。

音スイッチが音の入力を検知すると、3 秒間だけリレーの 2 次側のスイッチがオンになる。そして、時間が経過すると再びスイッチはオフになる。音スイッチのオンオフ制御には東芝製のフォトリレー TLP241A を用いた。2 次側回路の耐圧は 40V、出力電流は 6A であり、おもちゃの回路を駆動するには十分な電力を通過させることができる。

ここまで、基本設計を Arduino Uno で試作したが、組み込み対象の犬のぬいぐるみに対してサイズが大き過ぎるため、Arduino 互換チップとしても動作可能な AVR マイコン Attiny85 を選定して音スイッチのユニットを実装した。その外観を図 3 に示す。

基板サイズは 30x18mm であり、任意の機材へ組み込める規模である。試作した音スイッチ回路を犬のぬいぐるみのお尻部分にある隙間へ組み込んだ。その様子を図 4 に示す。ぬいぐるみのカバーを戻せば、外からは施した改造を認めることはできない。

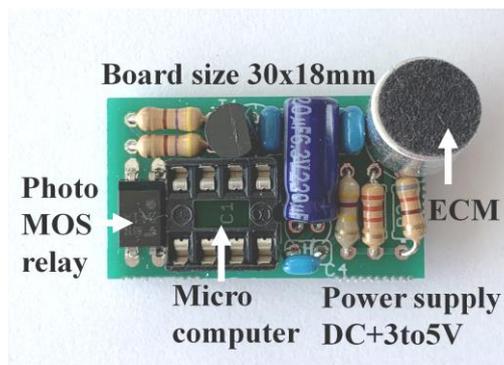


図 3 組み込み用の音スイッチユニットの外観  
Figure 3 Outline of the prototype for built-in.



図 4 おもちゃへの音スイッチユニットを組み込み  
Figure 4 Favorite toys remodeling with sound switch.

## 5. 動作の評価と考察

開発した音スイッチを組み込んだ発声トレーニング支援システムの動作検証をおこなった。対象児童は小学部 4 年に在籍する男子である。期間は約 1 カ月で、学修の中に取り入れて試用した。

犬のぬいぐるみの主電源スイッチは実験者が予め入れておき、床の上へ置く。オリジナルの状態のぬいぐるみであればスイッチを入れた時点で動作を開始するが、停止したままである。発声を検知すると音スイッチがそれを検知し、ぬいぐるみは動き始める。音スイッチのオン区間である 3 秒間を経過するとスイッチが切れ、ぬいぐるみの動きは停止する。

対象児童は犬のぬいぐるみに興味を持ち、教諭のレクチャに従って発声することができた。また、児童の発声によって音スイッチがオンになり、犬のぬいぐるみが動作した。3 秒間のオン区間を経過すると動作は停止し、待機状態に戻る。再び発声してぬいぐるみと関わろうとする様子を観察できた。その様子を図 5 に示す。

約 1 カ月の試用後、担任の教諭へのインタビューを実施

した。本支援システムを利用した発声トレーニングによって学修効果は上がったか、との問いに対し、絵本などの教材を使うよりもトレーニングに掛けられる時間は増えたと回答があった。また、単位時間当たりに発声する回数が増え、また、人との自然なインタラクションのタイミングを真似て発声する様子が見られるようになった。電車のおもちゃや扇風機など対象児童が興味を持っている他の機材にも音スイッチを内蔵して欲しいと要望があった。

しかし、新たな問題が見つかった。音スイッチの ECM は発声に反応するように設計したが、発声以外の音にも反応してしまう。例えば、手でぬいぐるみを転がすなどした場合にも音や振動を検出し、音スイッチがオンになってしまうことがあった。音スイッチを組み込む前に、同じ犬のぬいぐるみをオリジナルの状態で遊んでいた時にも同様に触れようとする様子があった。そこで、ぬいぐるみを机の上に置いて着座した位置からは手が届かないようにセッティングして、トレーニングを継続した。

現状の実装では、発声があった時以外にも大きな雑音が入力された時や手などでぬいぐるみを触った時にも音スイッチが反応してしまう。対象児童が興味を示す対象へ組み込んでいるため、発声以外に触れるなどのインタラクションを試みるケースは今後も起こると考えられる。そのため、発声以外の振動をキャンセルするアルゴリズムを検討して導入する必要がある。

### Lecture



### Training



図 5 支援システムによる発声トレーニングの様子  
Figure 5 Vocalization training with the support system.

## 6. おわりに

本研究では、特別支援教育の現場で発声による他者とのインタラクションを学修している児童を対象とし、発声トレーニング支援システムを検討した。定常雑音をキャンセルしつつ、発声を検知した際に任意の外部回路をオンにする音スイッチを開発し、対象児童が興味を示している犬のぬいぐるみへ組み込み、発声トレーニングの際に試用した。

困った時あるいは思い通りにならないことが起こった時に発声して助けを呼べるようになることを目標にしているが、現在のところ、他者へ発声によって関りも持とうとする様子が現れるには至っていないが、発声トレーニングの時間は増加し、以前よりは発声する様子が多く見られるようになった。

システムを試用したところ、音スイッチを内蔵したおもちゃ自体を直接手などで触った場合にも、振動を検知してしまい2次回路がオンになる問題が見つかった。今後、音声による振動とそれ以外の要因による振動を区別できるように音スイッチのアルゴリズムを改良し、長期の被験者実験を計画している。システムの改良により、発声のみにシステムが反応するように実装するか、あるいは、発声を検知した時と接触を検知した時とでシステムのリアクションを変えることができるようになる。

特別支援教育の現場で押しボタン型のスイッチを意思表示やタイミング入力のために利用する事は一般的であり[4]、本研究が提案する音スイッチはハンズフリーであること活かして別の入力モダリティとして利用できる場を広げたいと考えている。

**謝辞** 本研究を実施する上で、実験に協力してくださった鹿児島県立南薩養護学校の教諭、児童およびその家族に謹んで感謝の意を表する。

## 参考文献

- [1] 渡部京太: 発達障害の理解と援助, 小児耳鼻咽喉科 32(3), 310-316 (2011).
- [2] 大木美加, 河原圭佑, 蜂須拓, 鈴木健嗣: 特別支援学級における腕輪型デバイスによる呼びかけ応答支援, ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol. 22, no. 2, pp. 201-210 (2020).
- [3] 宮本英美, 李銘義, 岡田美智男: 社会的他者としてのロボット: 自閉症児ロボットの関係性の発展, 発達心理学研究, Vol.18, No.1, pp.78-87 (2007).
- [4] 寺本淳志, 川間健之介, 進一鷹: 重度・重複障害者の意思表示を促す取り組み: スイッチ操作の向上と意思表出行動の促進, 特殊教育学研究 48(5) 371 - 382 (2011).