

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：32640

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02002

研究課題名(和文)ユニバーサルデザインに基づいたデジタル人形劇の開発と実践

研究課題名(英文)Development and practice of digital puppet theater based on universal design

研究代表者

楠 房子(Kusunoki, Fusako)

多摩美術大学・美術学部・教授

研究者番号：40192025

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、聴覚障害の有無に関わらず楽しめる、ユニバーサルな「デジタル人形劇」の開発を行った。本研究で開発する「デジタル人形劇」の目的は、以下の3点である。(1)人形の台詞の自動追従表示手法の確立(2)複数のユーザが、人形劇に参加できる身体性を用いたインタラクションが可能なインターフェースの開発(3)楽しく情動的なデジタル人形劇コンテンツのデザイン。本研究では、人形劇に必要な視覚情報とその提示方法について、調査を行うと同時にシステムの実装を進め、人形舞台の可搬性と、システムのパフォーマンスについて予備実験を行った。システムを改良後、最終的には、特別支援学校および小学校で上演し本研究の有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

聴覚障害者が、会話の内容を得る場合には、表情と口の形が大切な情報源になる。ところが、人形劇の場合は表情・口形ともに情報を得ることができないため、劇を楽しむことが非常に困難である。多くの舞台芸術では、手話劇がとりあげられているが、日本では手話を知らない聴覚障害者が多いというのが現実である。また、日本では、デフパペットシアターひとみ劇団等が、台詞に頼らず、パantomイムや楽器などを取り入れて、身体表現や振動で会話を表現し、人形劇を楽しめるよう積極的に取り組んでいるが、小学校や幼稚園などで、健常の子どもも聴覚障害の子どもと一緒に楽しめる人形劇の鑑賞の機会を得るのはまだ少ないのが現状である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a universal "digital puppet theater" that can be enjoyed with or without hearing impairment. The purpose of the "digital puppet theater" developed in this study is three points. (2) Development of an interface that enables multiple users to participate in a puppet show by interacting with their physicality (3) Design of a fun and emotional digital puppet show content. In this research, We will investigate the visual information necessary for puppet shows and how to present it. Then, we implemented the system, conducted preliminary experiments on the portability of the doll stage and the performance of the system, and after improving the system, finally performed it at special support schools and elementary schools to verify the effectiveness of this research.

研究分野： 情報デザイン

キーワード：ユニバーサルデザイン 聴覚障害 人形劇 センシング

様式 C-19, F-19-1, Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

聴覚障害者が、会話の内容を得る場合には、表情と口の形が大切な情報源になる。ところが、人形劇の場合は表情・口形ともに情報を得ることができないため、劇を楽しむことが非常に困難である。多くの舞台芸術では、手話劇がとりあげられているが、日本では手話を知らない聴覚障害者が多いというのが現実である。また、日本では、デフパペットシアターひとみ劇団等が、台詞に頼らず、パントマイムや楽器などを取り入れて、身体表現や振動で会話を表現し、聴覚障害者でも人形劇を楽しめるよう積極的に取り組んでいるが、小学校や幼稚園などで、健常の子どもも聴覚障害の子どもと一緒に楽しめる人形劇の鑑賞の機会を得るのはまだ少ないのが現状であった。しかし2016年より「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律」が施行されたことを鑑み、障害解消支援の取り組みは急務な課題であった。本研究の独創性は、人形劇演目に没入してもらうことを目的とした聴覚障害のある観客とのインタラクションを活性化するための、新しいインタフェースを実現することにある。現在のプロトタイプシステムは、パソコン；超単焦点プロジェクタ；位置検出用複数 Kinect；スクリーンから構成される。これには、すでに我々が開発した位置検出と画像認識ソフトウェアを利用する。デジタル人形劇は、利用性・可搬性を確保するために、モジュール化し、どのような場所・時間でも利用できるようにパッケージとして実現し、どこでも設営、上演可能にする。

## 2. 研究の目的

本研究では、聴覚障害の有無に関わらず楽しめる、ユニバーサルな「デジタル人形劇」の開発を行う。本研究で開発する「デジタル人形劇」の目的は、以下の3点である (1)人形の台詞の自動追従表示手法の確立(2)複数のユーザが、人形劇に参加できる身体性を用いたインタラクションが可能なインタフェースの開発(3)楽しく情動的なデジタル人形劇コンテンツのデザイン。本研究では、人形劇に必要な視覚情報とその提示方法について、調査を行うと同時にシステムの実装を進め、人形舞台の可搬性と、システムの性能について予備実験を行う。システムを改良後、最終的には、複数の特別支援学校および小学校で上演し本研究の有効性を検証する。最終成果をまとめ本研究の有効性を論文化するともに、「デジタル人形劇」を広く告知する。

## 3. 研究の方法

研究では、3年間で情報デザイン、科学教育学、機械工学分野、聴覚障害研究者と共同で研究を行い、主に以下の4点を中心に行う。また最終年度には、人形劇の上演を行い、評価の最終成果を国内外の学会で発表し、共生社会を実現するために教育情報のアクセシビリティ向上をめざす。

- (1)人形劇中の台詞の追従機能と身体性のあるインタフェースの開発
- (2)可搬性のあるデジタル人形劇の開発 (制御用ソフトウェアと上演する舞台の創作)
- (3)人形劇コンテンツのデザイン (人形と人形劇のアニメーション制作)
- (4)人形劇の上演と分析評価 (特別支援学校および小学校での上演により分析評価)

## 4. 研究成果

2017年度は、(1)(2)の設計実装のために、人形劇に必要な視覚情報とその提示方法について、調査と開発を開始した。同時に(3)の人形劇の演題、人形の制作についても制作を開始した。2018年度は、(1)(2)(3)の実装を進め、人形舞台との調整後、インタフェースのプロトタイプを筑波技術大学の聴覚障害のある学生達に鑑賞してもらい、評価分析を行った。2018年度後半は、システムを改善するとともに協力校である野田市の小学校と東京都葛飾特別支援学校で実験を行った(4)。2019年度はその評価をもとに成果をまとめ論文化した。また国内や海外の特別支援学校でも本システムの上演をHP上で告知した。

### 4.1 開発したシステム

本研究で開発したシステムは、体を動かしながら3人で協力して、植物の発芽条件・成長条件

について学習を行うことができる。システムの概要を図1に示す。本システムでは1種類の植物（ニンジン）の発芽条件、成長条件について学ぶことができる。システムはクイズ形式になっており、発芽条件と成長条件についてのクイズを、体を動かしながら3人で協力して回答してもらう。本システムでは1種類の植物（ニンジン）の発芽条件、成長条件について学ぶことができる。システムはクイズ形式になっており、発芽条件と成長条件についてのクイズを、体を動かしながら3人で協力して回答してもらう。

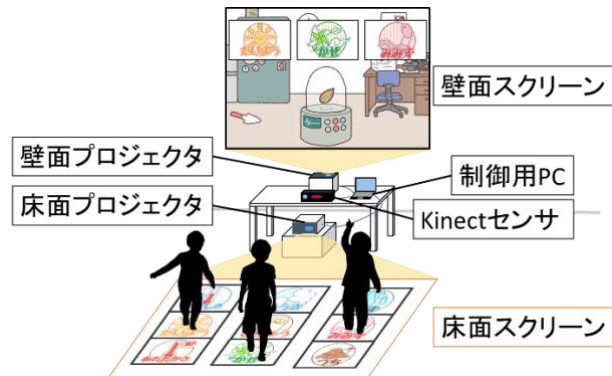


図1 システムの概要

システムはスクリーン2台、プロジェクタ2台、Kinect センサ、制御用PC1台で構成されている。スクリーン、プロジェクタは壁面用と床面用の2つがある。壁面スクリーンには植物の種とクイズ回答用の表示欄が表示されている。床面スクリーンには、発芽条件もしくは成長条件のクイズの選択肢が9つ表示されている。床面スクリーンの表示内容を図2に示す。本システムでは、発芽条件・成長条件を学習する植物は、ニンジンとした。

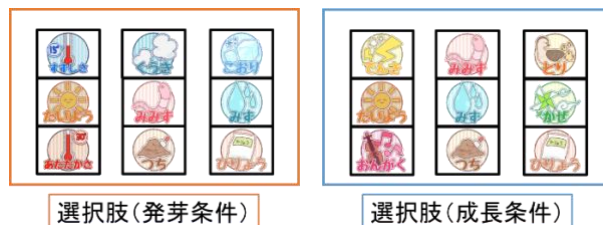


図2 床面のスクリーンの表示

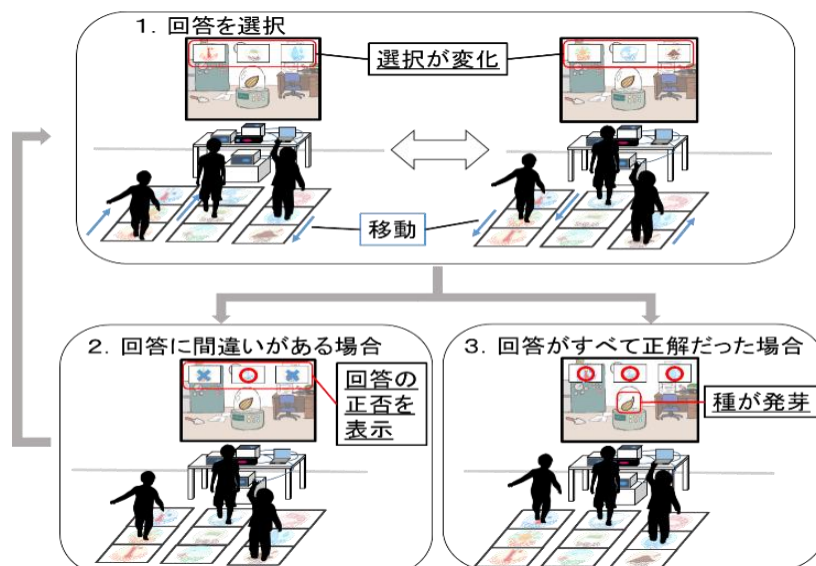


図3 システム体験の流れ

このとき、体験者がある床面の選択肢上に立つと、その選択肢が壁面スクリーンに表示される。これは、Kinect センサから、体験者の位置を取得し、選択肢の範囲と比較することで実現している、また、解答は縦1列に1つあり、体験者は1人につき1列、すなわち3つの選択肢から1つ回答を選んでもらう。体験者同士で話し合いながら、前後に動いて選択肢を変更しながら回答を決定していく。

## 4.2 実験と評価

評価実験は、2018年10月に千葉県野田市立山崎小学校の在籍する小学3～6年生153名で行った。その結果、発芽条件に関する課題では、小学3, 4, 6年生においては点数が向上した人数が有意な差が生じた。このことから、小学3, 4, 6年生においては、作成したシステムにより植物の発芽条件に関する知識の定着を支援できたことが示唆された。成長条件に関する課題では、小学3, 6年生においては点数が向上した人数が有意な差が生じたが、小学4, 5年生においては有意な差がみられなかった。このことから、小学3, 6年生において、作成したシステムにより植物の植物条件に関する知識の定着を支援できたことが示唆された(表1, 表2)。また、システム体験後にシステム体験について質問紙を用いて調査した。Psychological Involvement - Empathy, Psychological Involvement - Negative Feelings について、小学3～6年生は全ての項目で肯定的回答数と中立・否定的回答数間の差に有意性が見られた。このことは、システム体験によって、児童に、参加による Empathy が発生したこと、参加による Negative Feelings が発生しないことが確認できた。Behavioural Involvement について、小学3, 4, 6年生は全ての項目で肯定的回答数と中立・否定的回答数間の差に有意性が見られた。小学5年生においては1つの質問項目を除いて、肯定的回答数と中立・否定的回答数間に有意差が見られた。このことは、作成したシステムにおいて、小学3, 4, 6年生は積極的な Behavioural Involvement が存在したことがわかった。

表1 システム体験前後での発芽条件に関する課題の得点の中央値と四分位範囲 (Q1-Q3)					表2 システム体験前後での成長条件に関する得点の中央値と四分位範囲 (Q1-Q3)				
	体験前	四分位数 (Q1-Q3)	体験後	四分位数 (Q1-Q3)		体験前	四分位数 (Q1-Q3)	体験後	四分位数 (Q1-Q3)
3年生 (N=40) **	3	3-4	5.5	4-7	3年生 (N=40) *	8	6.75-9	9	8-9
4年生 (N=49) **	3	3-4	6	4-7	4年生 (N=49) n.s.	8	6-9	9	7-9
5年生 (N=19) n.s.	8	6-8	7	7-7	5年生 (N=19) n.s.	9	9-9	9	8-9
6年生 (N=45) **	5	3-6	7	7-8	6年生 (N=45) **	9	7.75-9	9	9-9
四分位数：第1四分位数 (Q1), 第3四分位数 (Q3) について「Q1-Q3」と表記 *p <.05, **p <.01, n.s.: 有意差なし					四分位数：第1四分位数 (Q1), 第3四分位数 (Q3) について「Q1-Q3」と表記 *p <.05, **p <.01, n.s.: 有意差なし				

これらの結果から、開発したシステムによって、健常者の子どもの体験者同士で協調し、身体を動かしながら、植物の発芽・成長条件についての学習ができたことが確認できた。

2018年度は、東京都立葛飾聾学校小学部で開発したシステムを用いて実験を行った。子ども達は1年生から6年生まで全員参加してもらい、内容が理解できたかどうかと劇中の共同でのインタラクションが楽しめたかの質問のみ行った。その結果、聴覚に障害のあるこども全員が、システ

ム中の共同でのインタラクションを楽しめることができた。また対面での質問では、内容についての知識も向上したことが検証できた。



図 4 葛飾聾学校での実験の様子

本研究では、3年間で2種類のインタフェースを開発した。いずれも、人形の動きを検出するための装置、台詞などを投影するスクリーン、ならびに、コンテンツ管理と表示制御をおこなうパソコンシステムである。インタフェース設計1は、台詞を動的にスクリーンに表示する方式を中心としたものである。聴覚障害者にとって、場面の暗転や、人形の会話を知るために台詞の表示手法が非常に重要である。そこで、表示させる台詞を人形の動きに追従して表示できるように開発した。また台詞の表示の大きさやフォントの形状をコンテンツのシナリオに合わせて変化させ、観客の没入感が増すように表示した。インタフェース設計2では、観客が、身体を使って、主体的に人形劇に参加できるシステムの開発である。観客が、登場人物になりきって、人形と一体化して動作する、具体的には、人形に手をふったりしながら、床投影のコンテンツ上を歩くとアニメーション上の風景が変化する。また人形に対して観客が何か指示する動作を行うことによって、コンテンツの変化が可能となる。どちらのインタフェースも正確な位置計手法の確立が技術上の課題であったが3年間で実現できた。また本インタフェースをもつシステムとアニメーションコンテンツの有効性も健常の子ども、聾学校の子ども両方で検証することができた。今後の取り組みとして、本システムとアニメーションコンテンツを告知するために、筑波技術大学のHPでの呼びかけも開始した。今後日本の聾学校での上演のためにコンテンツの制作に励む予定である。本研究は、東京都立葛飾聾学校、野田市立みずき小学校に、実証実験で多大な協力をお願いした。深く感謝の意を表す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 江草 遼平、川口 漱也、酒井 嗣之介、楠 房子、溝口 博、生田目 美紀、稲垣 成哲	4. 巻 19
2. 論文標題 ユニバーサル人形劇システムにおける吹き出し型字幕提示機能の提案	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 369 ~ 382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.11184/his.19.4_369">https://doi.org/10.11184/his.19.4_369</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 江草 遼平、楠 房子、野中 哲士、稲垣 成哲	4. 巻 21
2. 論文標題 視線計測装置を用いた吹き出し型字幕提示法の視線移動量低減効果に関する有効性の評価	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 381 ~ 390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.11184/his.21.4_381">https://doi.org/10.11184/his.21.4_381</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 小宮 直己、山本 一希、矢野 美波、江草 遼平、稲垣 成哲、溝口 博、生田目 美紀、楠 房子
2. 発表標題 子供の協調性向上に向けた野菜協同収穫の疑似体験システム ~ 複数人によるフルボディインタラクション ~
3. 学会等名 情報処理学会研究報告(2020-HCI-186巻 33号 1-3頁)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小宮 直己、矢野 美波、山本 一希、江草 遼平、稲垣 成哲、溝口 博、生田目 美紀、楠 房子
2. 発表標題 複数人で行う身体動作を用いたクイズゲームによる植物の発芽・成長条件の学習支援システム
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会 (宇都宮) 2019 第43号, pp.121-122.
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Komiya, N., Yano, M., Yamamoto, K., Egusa, R., Inagaki, S., Mizoguchi, H., Namatame, M., Kusunoki, F.
2. 発表標題	Reinforcement of knowledge about germination and plant growth: A case study of a learning support system based on full-body interaction and collaboration
3. 学会等名	The 13th biannual conference of the European Science Education Research Association (ESERA2019) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Naoki Komiya, Mikihiro Tokuoka, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Hiroshi Mizoguchi, Miki Namatame, Fusako Kusunoki:
2. 発表標題	Let's Play Catch Together": Full-Body Interaction to Encourage Collaboration Among Hearing-Impaired Children
3. 学会等名	Proceedings, Part I. Lecture Notes in Computer Science 10896, Springer (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	小宮 直己, 矢野 美波, 江草 遼平, 稲垣 成哲, 溝口 博, 生田目 美紀, 楠 房子
2. 発表標題	理科教育のための協同型教育コンテンツに関する研究
3. 学会等名	情報処理学会研究会報告情報処理学会研究報告, Vol.2019-DCC-21, No.12, pp.1-2, 2019.
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Naoki Komiya, Mikihiro Tokuoka, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Hiroshi Mizoguchi, Miki Namatame, and Fusako Kusunok
2. 発表標題	Novel Application of 3D Range Image Sensor to Caloric Expenditure Estimation based on Human Body Measurement
3. 学会等名	Proceedings of the 2018 Twelfth International Conference on Sensing Technology (ICST2018), pp. 371-374. 2018. (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Egusa, R., Kawaguchi, S., Sakai, T., Kusunoki, F., Mizoguchi, H., Namatame, M., & Inagaki, S.
2. 発表標題 Development of an Automatic Location-determining Function for Balloon-type Dialogue in a Puppet Show System for the Hearing Impaired
3. 学会等名 Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU2017), Vol.2 (pp.340-344) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Egusa, R., Kawaguchi, S., Sakai, T., Kusunoki, F., Mizoguchi, H., Namatame, M., & Inagaki, S.
2. 発表標題 Implementation and Evaluation of Accessible Caption System in Universal Puppetry: A Case Study on Hearing Impaired Children at the Elementary School of Deaf
3. 学会等名 Publication of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (pp.207-212). ACM: (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

「ユニバーサルデザイン人形劇(2018)を上演」という記事を筑波技術大学のHPの掲載していただき、日本の特別支援学校関係者の皆様に情報提供した。 <a href="https://www.tsukuba-tech.ac.jp/activity/activity_2018/hi_2018112201.html">https://www.tsukuba-tech.ac.jp/activity/activity_2018/hi_2018112201.html</a>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	溝口 博  (Mizoguchi Hiroshi)  (00262113)	東京理科大学・理工学部機械工学科・教授    (32660)	



## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	生田目 美紀  (Namatame Miki)  (20320624)	筑波技術大学・産業技術学部・教授    (12103)	
研究 分 担 者	稲垣 成哲  (Inagaki Shigenori)  (70176387)	神戸大学・人間発達環境学研究科・教授    (14501)	