

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K21747

研究課題名（和文）視覚障害者の進路選択の多様化を支援する実験安全管理・教育手法の整備

研究課題名（英文）Development of experimental safety management and education methods to support diversification of career choice for visually impaired persons

研究代表者

大島 義人（Oshima, Yoshito）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：70213709

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：視覚障害学生の進路選択多様化の一環として、理系進学への潜在的ハードルとなっている実験作業を取り上げ、視覚障害のある学生へのアンケートや視覚障害者の実験指導経験がある教職員とのディスカッションを通じた実験作業に関する現状調査と課題抽出、化学実験の単位操作を模擬する被験者実験による視覚障害者の実験動作の科学的解析、機械学習や音を活用した視覚障害者の実験支援のための新技術提案、に関する検討を行った。これらにより、道具の改良や設備の充実といったハード面での整備や、障害の種類や程度を踏まえた支援や指導といったソフト面での指針策定に資する基礎的知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実験研究には様々なリスクが存在しており、視覚に障害があることでそのリスクが増大する可能性はある。一方で、そもそも視覚障害者が実験を行うことは困難であるという固定観念的な前提が、障害者自身、受入教員側の双方に存在することも事実である。実際に、視覚障害の種類や程度、視覚以外の五感の活用などを考慮に入れ、リスクの具体的な低減策や合理的な代替手法について工夫する余地は十分にある。今後視覚障害学生の増加が予想されることに鑑み、本研究の成果は、視覚障害のある学生が安全に実験作業に携わるための留意点や、周囲に求められる合理的な配慮・支援のあり方について示唆を与える基礎的知見として大きな社会的意義を有する。

研究成果の概要（英文）：As a part of efforts to diversify career options for visually impaired students, we took up experimental work, which is a potential hurdle for students to enter science-related schools. The main subjects of the study were: surveying the current situation and identifying issues related to experimental work through questionnaires to visually impaired students and discussions with faculty members who have experience teaching experiments to the visually impaired; scientific analysis of experimental behavior of the visually impaired through subject experiments simulating unit operations in chemistry experiments; and proposal of new technologies to support experiments by the visually impaired by utilizing machine learning and sound. The study provided basic knowledge that will contribute to the formulation of guidelines for the development of hardware, such as the improvement of tools and equipment, and software, such as support and guidance based on the type and degree of disability.

研究分野：実験室安全

キーワード：視覚障害 実験安全 行動解析 理系 進路選択 被験者実験 科学的手法

1. 研究開始当初の背景

身体に障害のある方の社会進出の重要性に鑑みた、活躍の場の拡大多様化が進められる今日、一方でそれを受け入れる側の体制が十分に追いついていないことが社会的な問題となっており、大学等の研究教育機関についても同様の課題が指摘されている。国内の大学では、障害のある学生の数が増加の一途をたどり、障害の一つである視覚障害のある学生の数も漸増傾向にあるが、その進学先の専攻を見ると、理・工・農・薬といったいわゆる理系への進学者数は全体の16%程度に留まっている。すなわち、視覚障害者の進路として理系を選択しづらい現状が伺えるが、その理由の一つとして、理系専攻のカリキュラムの特徴である「実験」が進路選択上の大きなハードルとなっている可能性が挙げられる。

実験研究には様々なリスクが存在しており、視覚に障害があることで、そのリスクがさらに増大したり、実施不可能な実験作業が存在することは事実である。ただし、それ以前の問題として「そもそも視覚障害者が実験を行うことは困難である」という固定観念的な前提が、障害者自身のみならず受け入れる教員の側にも少なからず存在していることも事実である。実際には、視覚障害の種類や程度は人によって差があり、また視覚以外の五感が健常者より優れることがあるという特徴もあるため、それらを考慮した上で、実験上のリスクをいかに排除・低減するか、あるいは実験として同様の効果が得られる他の方法はないか、といった知恵や工夫によって解決できる余地も十分にある。今後も視覚障害学生の増加が予想されることに鑑み、視覚障害のある学生が、障害のない一般の理系学生と同様、安全に実験作業に携わるための、障害の種類や程度に応じた実験作業上の留意点や、周囲に求められる合理的な配慮や支援の内容など、実効的で具体的な指針策定が喫緊の課題であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、視覚障害を持つ学生の実験作業について、実験作業の特徴と視覚障害との関係性を整理するとともに、道具の改良や設備の充実といったハード面での整備や、障害の種類や程度を踏まえた支援や指導といったソフト面での指針の策定を通じ、視覚障害学生の進路選択の多様化の一環としての理系進学へのハードルの解消を目指す。

3. 研究の方法

(1) 視覚障害のある学生の実験作業に関する現状調査と課題抽出

視覚障害のある高校生に対し、以下の項目について音読により意識調査を行った。①基礎情報(性別、学年、失明時期、使用文字、明るさの弁別、色の弁別、教育経験、使用文字)、②関心(初等・中等教育における科目が好きであったか、趣味、特技)、③理系科目を学ぶ上での弊害(具体的な事例をもとに、やりたいか・できるか・その理由等)、④将来の夢に関すること。被験者は、障害の程度に合わせて普通の授業で使用している墨字(拡大鏡文字含む)あるいは点字を用いて、自身で回答し、それを文字情報に変換して解析した。健常者の意識調査は学習指導要領状況調査を参照し解析した。

(2) 被験者実験による視覚障害の有無が動作に及ぼす影響の科学的解析

視覚障害者14名および晴眼者6名を被験者実験参加者とした。あらかじめ化学実験を単位操作に分解し、それぞれの単位操作の模擬操作として、物質(粉末や液体)および実験機器(電子天秤、ビーカー、ピペッター、薬匙)を取扱った。実験前に実験機器の取扱い方法を説明し、操作練習を充分行った後、実験時の挙動に関するデータを取得した。晴眼者は、1)目隠し→2)目隠し無し→3)再び目隠しという順番で実験することにより、3)の際に被験者の経験による影響がないと見なすことにした。作業台の色や光の反射率が実験操作に影響しないように、事前に、操作がしやすい天板色を各人に選択させた。また、電子天秤の数値はデータロガーでPCに取り込み、リアルタイムで音声とすることにより、視覚障害者でも計量可能になるよう工夫した。なお、各道具には、向きを識別させるための凸マークをあらかじめつけ、また、化学実験時に問題となるコンタミネーション防止の目的で、各道具の手で触れては困る部分(薬匙の匙の部分や攪拌棒の先端)はアルミホイルでキャップをした。実験時の様子をモーションキャプチャ(OptiTrack製PrimeX)、動画記録カメラにより記録した。

(3) 視覚障害者のための実験支援に関する検討

① 実験台上のモノの検知システムの開発

本検討は、視覚障害者のための実験支援として、視覚障害者が実験中にモノの位置が分からなくなった場合を支援する、実験器具の位置を知らせるシステムを構築する。モノの検知は動体検知のアルゴリズムであるYOLO^[1]シリーズのv5とカメラ映像を組み合わせ、モノの判別と位置座標を取得した。次に、実験台をカラーラインによっていくつかのゾーンに分けて、ラインの座標とYOLOv5から算出した座標情報と重ねることで、どこのゾーンに何が置いてあるかを検知するシステムの構築を検討した。また、実験台上のゾーニングについても、2つのタイプのゾーニング、角型と時計型において、単一のものが置かれている場合、複数のものが

置かれている場合の、被験者（視覚障害者1名）のモノの取り方をモーションキャプチャで測定を行い、解析を行った。

② 視覚障害者による実験室の音の状態変化に関する検討

これまでに、実験室の音をモニタリングし、音の異常性を検知することで、実験室の異常状態をアラートするシステムの検討を行っている。本システムは、視覚情報を取得することができない視覚障害者においても、有用な実験支援システムになる可能性がある。本検討では、いつもの実験室の音を参照音として1分間聴いてもらい、そのあと実際の実験室の音を2分間聴いてもらい、参照音と違う音が鳴ったと思ったら、被験者に挙手して知らせてもらった。同じ実験を3セット行った。これらの結果を時系列相互相関分析することで、どの程度実験室の音の状態変化を視覚障害者が検知可能かを解析した。

本検討では、音の評価指標に対数尤度を用いている。機械学習を用いて音（5秒ごと）の対数尤度を算出し、対数尤度が高い音はいつもの実験室の音として、対数尤度が低い音はいつもとは違う実験室の音とし、機械学習による音の判定と人間による音の判定を比較した。なお、対象とした被験者は視覚特別支援を受けられ、科学実験も行っている高等学校へ通う高校1年、2年生の20名である。

4. 研究成果

(1) 視覚障害のある学生の実験作業に関する現状調査と課題抽出

意識調査の結果を図1に示す。視覚障害者は、科目によらず、文字・図・グラフから読み取る情報を得ることに苦労していることがわかった。そのため、国語に苦手意識を持っている生徒が多かった。

一方、健常者は小学生、中学生、高校生と学年が上がるに従って、理科系の授業が「好き」と思う生徒の割合が減少していくのにかかわらず、視覚障害者においては「好き」と思う割合が増加していくことがわかった。視覚特別支援学校で見学した水の電気分解実験を例に取ると、電源装置のボタンやダイヤルの位置を丁寧に説明し、生徒全員が装置に触れられるよう声掛けを何度も行っていた。また、電極やゴム管の感触、ガラス器具の形を生徒同士で共有し合うことで、理解を深めていた。肉眼で確認することが不可能な電気分解の様子は、装置本体に直接耳を当て、大きな音がする方が多く気体が発生していることを全員に確認させていた。このような丁寧な指導が、理科を「好き」と思う生徒が増えていく要因ではないかと推察する。

今回の調査研究により、視覚障害が決して理科系の科目が「嫌い」になる訳ではないことが明らかになった。将来の夢として、「視覚に障害があることを生かし、情報を平等に得られる研究」、「障害のある人の生活・学びの発展に寄与する事業の立ち上げ」など、自身の経験を活かした障害者のサポート事業に夢を持っている生徒がいることもわかった。

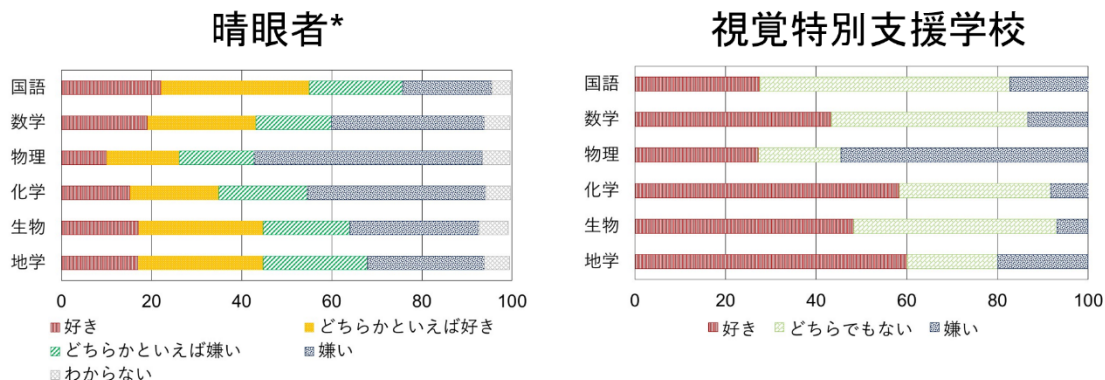


図1 科目ごとの好き嫌いに関する意識調査 (a) 晴眼者, (b) 視覚障害者。

*国立教育政策研究所 教育課程研究センター 平成27年度高等学校学習指導要領実施調査
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/shido_h27/index.htm

なお、上記調査と並行して、過去に全盲学生の受入実績のある高校・大学の実験指導担当者とのディスカッションを行い、理系の必修カリキュラムとなっている学生実験を、晴眼者とほぼ同じ内容で実施する際の、受入側から見たハード・ソフト両面の現状と課題を整理した。

(2) 被験者実験による視覚障害の有無が動作に及ぼす影響の科学的解析

① ディスペンサーからの純水採取操作

晴眼者が目隠しして操作をするとビーカー全容量の5割～10割まで様々な状態を満タンと認識し、人によっては溢れさせる場合もあった。一方、視覚障害者の場合はビーカーの8～9割でディスペンサーを止め、溢れさせる人は皆無であった。

② 粉末の電子天秤による秤量操作 (図2)

秤量皿に粉末を5.0g秤量する操作では、全盲者は晴眼者が目隠ししていない状態と同等に秤量可能なグループが存在した。しかし、料理の経験有無や障害が発生した時期とは相関性は

見られなかった。このことから、単なる書面はなく、個別の十分なヒアリングが実験研究室での受入には必須であると考えられる。

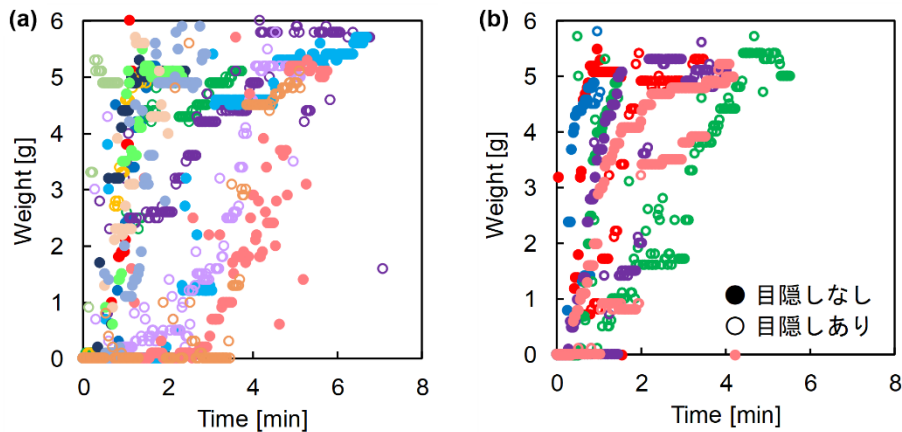


図2 粉末秤量の経時変化 (a) 視覚障害者(全盲), (b) 目隠しした晴眼者。

③ ピペッターによる秤量操作 (図3)

日常生活では用いることのない道具としてピペッターを用いて水をビーカーに50 mL 秤量する操作では、被験者にピペッター使用経験のある人はほとんどいないにもかかわらず、全盲、弱視の区別なく、視覚障害者の誰一人としてピペッターを目的の容器から外すことなく、ほとんどの人が目的の水量50 mLを計測可能になった。

また、料理をするか否かと関連が強いことも明らかになった。すなわち、専門的な道具を使いこなせるか否かの判断に「料理経験」は有効である可能性がある。

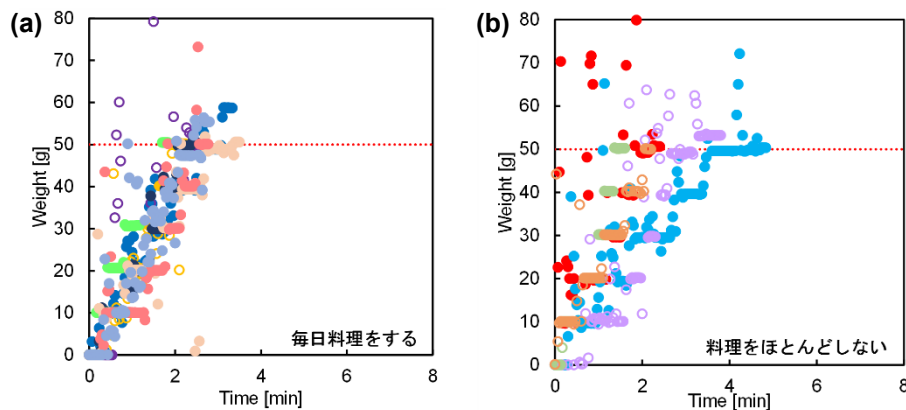


図3 視覚障害者によるピペッターを用いた水量秤量の経時変化 (a) 日頃料理をする者, (b) 料理をほとんどしない者。

(3) 視覚障害者のための実験支援に関する検討

① 視覚障害者のための実験支援システムの開発

構築したシステムにより、角型および時計型のゾーニングの際の検知を実施した。その結果、モノの名前と位置を検知し、カラーラインによるゾーニングにおいても、モノが置いてあるゾーンを判別することが可能となった。角型での検知結果の例を図4に示す。いずれのモノについても、9割程度の確度で正しく検知されることが確認された。また、実験台上のゾーニングに関する検討については、角型のゾーニングは、1つのものだけが置かれた条件での移動は直線的だが、複数のものが置かれた条件での移動は山型になることが示された(図5)。一方で、角型と時計型での移動は、正確に条件が揃った結果ではないが、同じ位置への移動において、差異があることが示された。

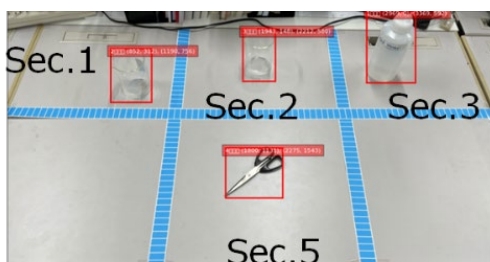


図4 角型レイアウト上での器具の検知

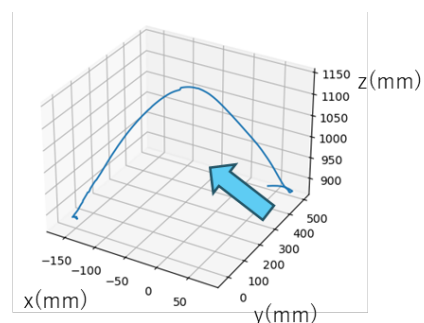


図5 複数のものが置かれた条件での手の軌跡

② 視覚障害者による実験室の音の異常性認識に関する検討

図6に結果の例を示す。グラフ上部は、被験者が手を挙げたタイミングを示しており、ピークが高いほど、挙手した人数が多いことを示している。グラフ下部は音の対数尤度の変化を示している。全体の傾向としては、視覚障害者は、機械学習による尤度の判定が低いものを認識するとともに、尤度が必ずしも低くないものについても挙手する傾向にあった。視覚障害者は、情報源の約8割が視覚情報としている健常者とは異なり、音に対する変化の判定基準が相対的に高い可能性がある。従って、尤度が必ずしも低くないものについて挙手した音について、その音の特徴を詳細に解析する必要がある。

一方で、3セット行ったもののうち、一つの音のセットについては、機械学習の尤度判定と、被験者の尤度判定に相関がみられない結果となった(表1)。これらの検討は、健常者に対しても行っているが、その結果においても相関がみられないため、人間は機械学習の尤度以外の指標で判断している可能性があることが示唆された。今後は、音の特徴を物理的、心理的特徴を用いて解析することにより、視覚障害者がどの音の特徴量を評価指標としているのかを明らかにする予定である。

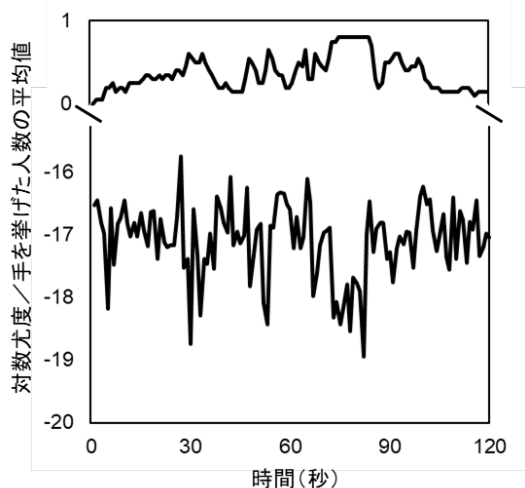


図6 視覚障害者の異常性判定の結果の例

表1 異常性判定の時系列相互相関

No.	視覚障害者	健常者
1	-0.46	-0.49
2	-0.04	-0.09
3	-0.48	-0.53

<引用文献>

- [1] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi, You only look once: Unified, Real-Time Object Detection, Cornell University arXiv, 2016. (<https://arxiv.org/abs/1506.02640>).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 Rui Zhou, Yukiko Nezu, Yoshito Oshima	4. 巻 13(2)
2. 論文標題 A Study on Detecting Unusual State in Laboratory by Machine Learning of Sounds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environment and Safety	6. 最初と最後の頁 33-35
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11162/daikankyo.E21PROCP08	査読の有無 無
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3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 黒沢千鶴、辻 佳子、澤口亜由美、大島義人
2. 発表標題 視覚障害者が化学実験をする際の安全の考察
3. 学会等名 NPO法人研究実験施設・環境安全教育研究会第12回環境安全研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Rui ZHOU, Yukiko NEZU, Yoshito OSHIMA
2. 発表標題 A Study on Detecting Unusual State in Laboratory by Machine Learning of Sounds
3. 学会等名 The 8th Asian Conference on Safety Education in Laboratory (ACSEL2021) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chizuru KUROSAWA, Yoshiko TSUJI
2. 発表標題 Consideration for Laboratory Safety to Support Visually Impaired Students for Advance to Science Course
3. 学会等名 The 10th Asian Conference on Safety and Education in Laboratory (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	辻 佳子 (Tsuj i Yoshi ko) (10436529)	東京大学・環境安全研究センター・教授 (12601)	
研究 分担者	澤口 亜由美 (Sawaguchi Ayumi) (10837785)	東北大学・理学研究科・技術一般職員 (11301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------