HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	五感を活用したオンラインサイエンスイベントにおける双方向コミュニケーションの実践 : エネルギーを視聴覚で体感するコンテンツの有効性
Author(s)	寺田, 一貴; 小野, 遥; 大林, 花織; 平, 早紀; 佐藤, 弘人; 朴, 炫貞
Citation	科学技術コミュニケーション, 34, 21-45
Issue Date	2024-03
DOI	10.14943/109331
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/91399
Type	bulletin (article)
File Information	jjsc34_04_Terada.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

報告

五感を活用したオンラインサイエンスイベントにおける双方向コミュニケーションの実践

～エネルギーを視聴覚で体感するコンテンツの有効性～

寺田 一貴[1,2]，小野 遥[1,3]，大林 花織[1,4]，平 早紀[1]，佐藤 弘人[1,5]，朴 炫貞[1,6]

Approaches and Practices for Mutual Communication in Online Science Events Using the Senses: The Effectiveness of Audio-visual Contents for Feeling Energy

TERADA Kazuki[1,2], ONO Haruka[1,3], OBAYASHI Kaori[1,4], TAIRA Saki[1], SATO Hiroto[1,5], PARK Hyunjung[1,6]

要旨

対面でのサイエンスイベントは，双方向的なサイエンスコミュニケーションの場の一つとして重要である．しかし，2020年初頭より新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が流行し，サイエンスイベントのオンライン開催が急速に増加した．オンラインサイエンスイベントは，サイエンスコミュニケーションの灯を絶やさないという点で重要な役割を果たしているが，双方向性を持たせるためには対面でのイベントとは異なるアプローチを要すると筆者らは考えた．本稿では，筆者らが2021年に企画・実施した，身の回りのエネルギーをテーマとした二つのオンラインサイエンスイベントの事例を紹介する．その中で，オンライン環境を生かすための工夫として，視覚と聴覚に訴求するコンテンツを活用したイベント設計を示すとともに，双方向的なコミュニケーションの場の構築の実践を示す．また，参加者に対して行ったアンケート結果を分析し，これらの工夫がオンラインサイエンスイベントの双方向性にどのように寄与するかを考察する．

キーワード：エネルギー，オンラインイベント，サイエンスイベント，視聴覚コンテンツ，双方向コミュニケーション

ABSTRACT

Face-to-face science events are important as opportunities for mutual science communication. However, the number of online science events has increased rapidly due to the COVID-19 infection since the beginning of 2020. While online science events play an important role in terms of continuing

2022年11月10日受付　2023年9月23日受理

所　属：1. 北海道大学CoSTEP17期選科A集中演習「くまこうせん」班
2. 北海道大学大学院生命科学院
3. 株式会社エムティーアイ
4. 青山学院大学理工学研究科
5. サッポロビール株式会社
6. 北海道大学CoSTEP
連絡先：sc5656iki@gmail.com

science communication, they should require different approaches to be interactive from face-to-face events. This report describes the cases of two online science events we held in 2021 on the theme of energy surrounding us. Specifically, this paper illustrates the design of events utilizing audio-visual contents to maximize the online experience, as well as the practice of facilitating mutual communication. We also analyze the results of questionnaire surveys conducted on the participants in the events and discuss how these approaches contribute to the mutual communication in online science events.

Keywords: audio-visual contents, energy, mutual communication, online event, science event

1. はじめに

北海道大学が運営する科学技術コミュニケーター養成プログラム，通称「CoSTEP」の選科集中演習 A は，受講生がグループに分かれて，20 分間のサイエンスイベントを企画・実施するプログラムである．2021 年度の集中演習は 2021 年 8 月 7 日，8 日，28 日，29 日の計 4 日間で開催され，最終日の 8 月 29 日に各グループが「エネルギー」をテーマとしたオンラインサイエンスイベントを実施した．筆者らはグループ名「くまこうせん」のメンバーとして，担当教員である朴炫貞の指導のもと，光エネルギーを視覚的・聴覚的に体感するイベント（以下，第 1 回イベントと記す）を実施した[1)]．

また，筆者らは第 1 回イベントのテーマを引継ぎ，「アノオンシツ」というアートプロジェクトが行われている北海道大学札幌キャンパスの研究林内に位置する温室にて，植物に関する「エネルギー」を体感するイベントを 2021 年 11 月 20 日に開催した（以下，第 2 回イベントと記す）．第 2 回イベントはオンラインとオンサイトの双方によるハイブリッド形式で実施した．

本稿では，筆者らが実施した二つのサイエンスイベントを通じて，オンライン環境下において参加者が身近な科学的事例に触れ，関心を持つことを目指した双方向コミュニケーションの場づくりのための手法，およびその意義について述べる．

2. 背景

2.1 目的と課題意識

現在，市民への科学技術の還元と，市民の理解と支持を伴う共同の科学技術推進を目的に，サイエンスコミュニケーションには双方向性が求められている（Burns et al. 2003; 総合科学技術会議 2010）．この背景を受け，多数のサイエンスイベントが科学者と市民の直接的な双方向コミュニケーションの場として実施されてきた．しかし，2020 年初頭より流行した新型コロナウイルス感染症（COVID-19）に係る緊急事態宣言以降，サイエンスイベントを含む様々なイベントが対面からオンラインでの開催へ転換し（Peatix 2021），オンラインでコミュニケーションの双方向性を担保する方法が課題となっている（奥本 他 2021）．このような背景のもと，筆者らはオンラインおよびハイブリッド形式で，(1) 日常を取り巻く事象の科学的な背景を参加者へ伝えること，(2) 日常を取り巻く科学的現象について参加者が関心を持つ契機を設けること，の二点を目的としたサイエンスイベントを実施した．

筆者らの二つのイベントの目的は，サイエンスコミュニケーションの目的として重要視されている (1) 公衆の科学理解（Public Understanding of Science；PUS）の促進，(2) 公衆の科学意識（Public

Awareness of Science；PAS）の向上，にそれぞれ合致する．この公衆とは社会におけるすべての人を指し，極めて多様な個人から構成されている（Burns et al. 2003）．そのため，サイエンスコミュニケーションの目的を達成するためには科学・技術への関心が低い層への働きかけも必要となる．しかし加納 他（2013）の調査により，このような科学への低関与層ほど，科学・技術に関するイベントへ参加しないことが分かっている．多様な人々のイベント参加を促すためには，イベントのメインテーマを科学技術に絞らず，間接的にのみ科学に関連させることや，ポスターなどの宣伝方法を用いて訴求力を高めるといった要因が有効であると示唆されている（Kawamoto et al. 2013）．前者については例えば，芸術・音楽分野などの科学以外の仕掛けをサイエンスイベントと融合させることで，低関与層の参加割合が増加している（加納 他 2013）．低関与層にも働きかけるために筆者らは，CoSTEP 選科集中演習 A にて設定された「エネルギー」というテーマをイベントで扱うにあたり，エネルギーを参加者が視覚的・聴覚的に体験することに主眼を置いたイベント設計と宣伝を行った．加えて，このように参加者が不可視の現象を体感・実感するコンテンツを取り入れることで，参加者のイベントテーマへの興味関心を向上させると共に，科学的事象に対する発見や疑問提起，それに伴う知的好奇心の喚起を狙いとした．有効なアプローチとして類似の手法を取り入れている先行事例も複数実施されており，見ることのできない「味」を視覚で体感するイベント（江藤 他 2008）や，エネルギーについて視覚・聴覚的に体感する学習教材の開発（綾 他 2005）が行われている．さらに加納 他（2013）は，低関与層を包摂するための方法として「テーマを生活と関連づける」ことも提案している．人々の生活と密接に関連する「エネルギー」というテーマを視覚・聴覚的に体験する設計は，多様な参加者が科学に関心を持つきっかけとして相乗的な効果を生む可能性があると言える．

二つのイベントのテーマとして，筆者らはエネルギーの中でも「光エネルギー」を中心に取り上げた．オンラインイベントとして実施した第 1 回イベントでは，日常生活に溢れる広義の「光」として可視光線を含む電磁波を扱った．そしてハイブリッド形式で実施した第 2 回イベントでは，植物が光合成反応や光形態形成（光によって誘導される形態形成反応）の際に吸収する光エネルギーとして，遠赤外線から紫外線までの「光」を取り上げた．

第 2 回イベントではさらに，植物がヒトに与える「心理的エネルギー」という抽象的な概念をテーマとして扱った．心理学の分野において，植物がヒトに「エネルギーを与える」と表現されるようなポジティブな心理的効果が示唆されている（例：Shibata and Suzuki 2004; Ryan et al. 2010（植物を含む自然環境について））．他にも，花店利用者の大半が普段から「花には言葉やもの以上に心を動かす何かがある」と感じているという調査結果（今西 他 1992）や，空間内の植物によってストレスや不安が低減し，リラックス感が向上するという報告も複数あり（例：Park et al. 2008; Park and Mattson 2009），ヒトは植物から様々な心理的な影響を受けていると考えられる．このように植物がヒトへもたらす多様な感情を，本イベント内で筆者らは「心理的エネルギー」と独自に定義した．

見えないエネルギーを参加者が視覚的・聴覚的に体験するために，筆者らは本イベントで独自の二点の手法を設計した．①参加者と聴覚的な体感を共創するコンテンツ「セッション」，そして②視覚的・聴覚的な体感を与える動画コンテンツである．まず①について，筆者らは参加者が科学に触れるきっかけとして，「見えないエネルギー」を音に変換して，参加者と共に「演奏」するという体裁のコンテンツ「セッション」を実施した．「セッション」では，科学的根拠に照らした独自の設定（後述）で筆者らが対象のエネルギーを音に変換し，それらの音を重ねて同時に，あるいは連続して再生することを通して，参加者がエネルギーの特徴や多様性を聴覚的に体感する．複数の参加者によって選択された「エネルギーに対応する音」をリアルタイムで「セッション」に用いることで，参加者と主催者が共創する一体感と，即興演奏のような臨場感の付与を目指した．次に②について，

筆者らは参加者へ科学的事象を伝える際に，口頭での解説を最低限に留め，動画コンテンツをコミュニケーション媒体として活用した．動画コンテンツは，科学的根拠に基づいた視覚的・聴覚的な情報を直感的に参加者へ伝達するだけでなく，解説動画としてエンターテインメント性を付与することで，より参加者の興味関心を引く効果を狙った．また，上記の五感での体験に加え，参加者と司会者の直接的な対話や，チャットの絵文字を活用した参加者の感想の可視化，といったオンライン・ハイブリッド環境下での双方向コミュニケーションの場面を意図的に多数設定した．

2.2 イベントの概要

計２回のイベントにおいて，筆者らはインターネットやポスターを用いて事前に告知を行った．できるだけ多様な人々の参加を促すため，イベントの主旨を視聴覚での体験として告知し，科学は間接的なテーマとしてとどめた（Kawamoto et al. 2013）．第２回イベントではポスターを北海道大学構内に掲示した．閲覧者は大学関係者だけでなく，大学構内を利用する人々も含まれるため，第１回イベントよりも幅広い層の参加に繋がることを期待した．

第１回イベントは，CoSTEP 選科集中演習 A のプログラムの一環として，Web 会議サービスを提供する Zoom 社のウェビナーを用い，オンライン形式で実施した．第２回イベントは，Zoom ミーティングを用いたオンライン，および北海道大学研究林内の温室でのオンサイト双方によるハイブ

表１　イベントの概要

	第１回イベント	第２回イベント
タイトル	「セッション ～光を聴く，音を観る～」	「セッション ～植物と聴くエネルギー～」
日時	2021/8/29（約 20 分）	2021/11/20（約１時間）
会場 （開催形式）	Zoom ミーティング社のウェビナーを用いたオンライン形式	Zoom ミーティングによるオンライン，および北海道大学研究林内の温室でのオンサイトの双方によるハイブリッド形式
開催情報	－ CoSTEP の履修コースである選科の集中演習として，受講生がグループに分かれて，サイエンスイベントを企画・実施するプログラム －「エネルギー」が課題テーマとして受講生に設定され，受講生グループの一つである「くまこうせん」が企画・実施したイベント	－ 第１回イベントを実施した「くまこうせん」が自主的に企画・実施したイベント －「植物にまつわるエネルギー」をテーマとして設定
企画の趣旨 （目的，手段）	［目的］オンラインイベントにおいて科学・技術への低関与層に － 日常を取り巻く事象の科学的な背景を伝える － 日常を取り巻く科学的現象について関心を持つ契機を設ける ［手段］生活と密接に関連するエネルギーを参加者が視覚的・聴覚的に体験する	
企画のテーマ	日常生活に溢れる「光エネルギー」として，可視光線を含む電磁波のエネルギー	植物が光合成反応や光形態形成の際に吸収する「光エネルギー」． 植物がヒトに与える「心理的エネルギー」
主催者	CoSTEP	くまこうせん
参加者	オンライン参加者：41 名以上 告知）主に CoSTEP 関係者への告知 参加者）CoSTEP17 期生，CoSTEP 卒業生・関係者など	現地参加：６名，オンライン参加：15 名 告知）一般公開 参加者）主催者知人，Peatix からの申込者など
告知方法	Facebook，CoSTEP Web サイト， ポスター，口コミ	Facebook，Peatix，ポスター，口コミ

表２　第１回イベントの準備から実践までの流れ

日付	内容
6月16日	演習グループチーム発足，顔合わせ
8月7日	集中演習開始，企画書の作成
8月8日	集中演習，全体リハーサル*
8月7日～8月27日	グループチームでの制作作業，進捗状況すり合わせのために適宜ミーティング
8月28日	集中演習，全体リハーサル**
8月29日	イベント開催

*プロトタイプをもとにした，チーム間での意見交換を行うリハーサル
**機材の動作チェックを行うリハーサル

表３　第２回イベントの準備から実践までの流れ

日付	内容
10月8日	イベント企画開始*
10月31日	会場下見**
11月20日	イベント開催
2月1日	イベント報告書公開

*イベント制作を上手く遂行するために，イベントの日程と会場はこの段階で決定した
**札幌在住のメンバーが現場を訪れ，撮影した動画を共有して，会場のイメージと企画の構想を得た

リッド形式で開催した．

オンラインイベント，特にウェビナーを用いたイベントでは，主催者側が提供するコンテンツを参加者が聴講する一方向のコミュニケーションになる傾向にあり，参加者の科学技術への理解や興味・関心を高めるためには不十分である（小川 他 2007）．この課題を克服するため，筆者らは双方向コミュニケーションをオンラインでも実現する手法をイベントに取り入れた．以下では手法の詳細と共に，イベントの流れと内容を説明する．

第１回イベントは３部構成で実施した（表４）．

第１部は電磁波[2]のエネルギーに対応する音（以下，「光の音」と記す）と図形を用いて，日常的に存在する電磁波を表現した動画（後述）の再生から開始した．動画の再生後，チャット機能で絵文字を用いて動画の感想を共有した（図１）．絵文字は，オンラインでのコミュニケーションを円滑に進めることに有効だと言われている（Bai et al. 2019）．本イベントにおいても，参加者の感想を絵文字として可視化し共有することで，オンラインでも双方向性のあるコミュニケーションの場の構築を狙った．

第２部では「光の音」を使い，参加者と共に独自のコンテンツ「セッション」を実施した．「セッション」への参加者をその場でZoomの挙手ボタン機能を活用して募り，ランダムに選出した．この「セッション」では，電磁波を発する身近な製品などを「光の音」の発生源という意味合いから「楽器」に見立て，複数の参加者がそれぞれ好みの「楽器」を選び，それに対応する「光の音」を主催者側で組み合わせて再生した．参加者と主催者側が会話を通して双方向コミュニケーションの機会を得ることや，電磁波の発生源として日常生活に潜む具体的な製品を提示し（図２），選び取ってもらうことで，身近な存在である電磁波を参加者が体験的に理解することを狙った．また，その場で参加者に選ばれた「光の音」を組み合わせることで，一体感や臨場感を得ることを狙った．終了後は第一部と同様に，チャットの絵文字を用いて感想を共有した．

表４　サイエンスイベント「セッション ～光を聴く，音を観る～」の進行表

所要時間	内容	ねらい
７分	第１部　光を聴く．	
	日常的に存在している電磁波を，「光の音」と図形で表現した動画を再生した．	参加者が身の回りの電磁波の存在を直感的に理解する．
	参加者がチャット欄で絵文字を使って動画の感想を共有した．	双方向コミュニケーションの場を構築する．
	主催者側の自己紹介と動画作成に関連したエピソードを話した．	参加者から主催者側への親近感の向上を図る．
10 分	第２部　光と遊ぶ．	
	「セッション」への参加者を挙手ボタン機能で募集し選出した．	双方向コミュニケーションの場を構築する．
	電磁波の光源の例として挙げられる三つの物を楽器に見立てて参加者へ提示し，それぞれの「光の音」を参加者が試聴したのちに選択した．	電磁波の存在と多様性を生活に絡めて体験的に理解する．
	参加者が選んだ「光の音」を組み合わせて再生した．	
	参加者がチャット欄で絵文字を使って「セッション」の感想を共有した．	双方向コミュニケーションの場を構築する．
３分	第３部　光でつながる．	
	事前に参加者から募集した写真と「光の音」を組み合わせた映像を再生した．	参加者から問いを引き出す．

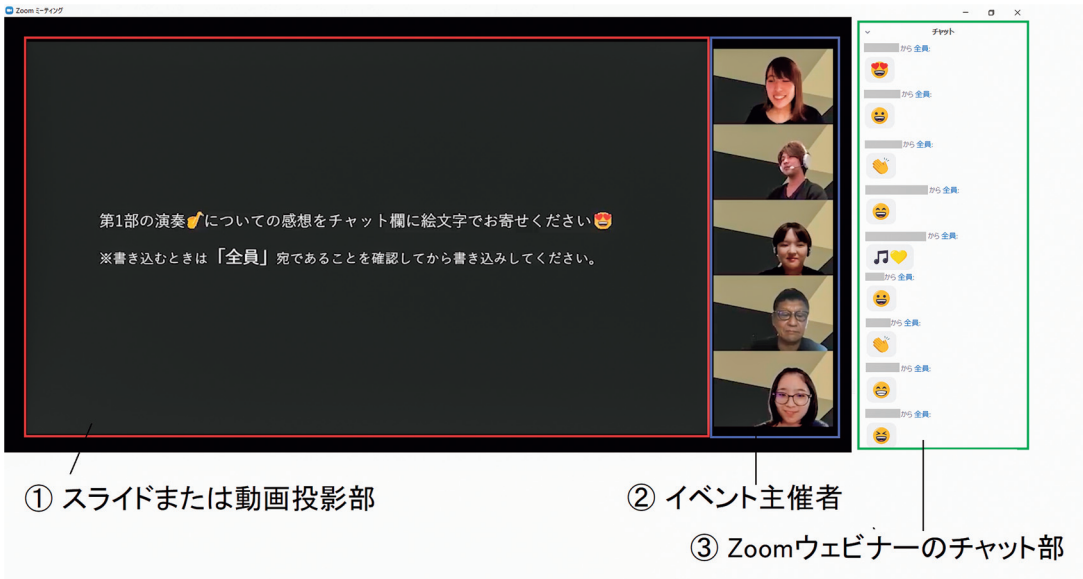

図１　第１回イベント：Zoom チャット欄における絵文字を用いた双方向コミュニケーションの様子

図２　第２部で用いたスライドの１枚
日常生活で親しみのある電磁波の光源を「楽器」に見立て，三つの例を示した．円の中は光源として選んだ物のイメージ図（写真）と，作成した光の音のテンポのイメージ図（波線）を表している．

第３部では，事前に参加者から集めた「日常の写真」と，主催者側がその写真の要素から割り当てた「光の音」を用いて作成した動画を再生した．この動画は，参加者から集めた「日常の写真」から季節や時間帯の情報も推測し，横軸：春から冬の１年の時間軸，縦軸：朝から夜までの時間軸，とした座標系に「日常の写真」を並べることで，複数の写真に一連のストーリー性を見出し，構成した（図３）．ここでは，「光の音」とは何か，どのようにこの動画を作成したのか，共通した法則性は何か，などさまざまな疑問を参加者から改めて引き出すことを狙った．

第２回イベント（ハイブリッド開催）では，イベントの一体感・臨場感をオンラインの参加者と共有するために，二つのカメラを利用した．一つは，温室全体をノートパソコンのカメラ機能（会場平面図；図４における⑤会場撮影用ノートパソコン）で，もう一つは，温室内の一部や特定の植物の様子を手持ちカメラで配信した．カメラを随時切り替えながらリアルタイムでイベントを配信することで，オンライン・オンサイト双方の参加者の体験の質を担保しながら，同一のアクティビティを体験できるよう工夫した．オンサイトの会場となった温室における空間デザインは，会場中央に机や椅子を島（アイランド）型に配置し，オンサイトの参加者と主催者が対等な立場で気楽に会話ができるように設計した（宮田 2010）．また，本会場は四方より太陽光が差し込み，資料を投影すると見えづらいため，動画の視聴やアクティビティの際には，数台のタブレット端末を用いた．第２回イベントの様子を図５に示す．

第２回イベントは大きく分けて２部構成で実施した（表５）．第１部では，「植物が受け取る光エネルギー」を体感するアクティビティを行った．植物の持つ光受容体が吸収する周波数帯域の「光の音」を含む多様な「光の音」を，まずは何の音か伏せられた状態で参加者が聴き，好みの音を選択した．続いて，その音が何を変換した音なのかを解説する動画（後述）を再生した．このように，コンテンツの目的や背景を隠しておくことで対象への興味・関心を惹き，参加者がコンテンツの科学的背景を知った際に大きな「気づき」を引き出すことが狙いであった（林 他 2011）．最後に，参加者が選んだ音源を組み合わせて再生する「セッション」を実施した．また第２部に入る前に，北

図３　第３部で再生した動画の制作過程における主催者側のメモ

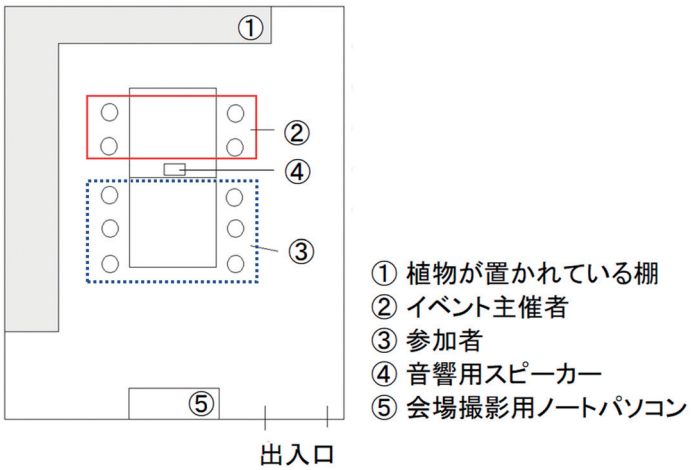

図４　第２回イベントでの空間デザイン（会場：アートプロジェクト「アノオンシツ」が行われている北海道大学研究林内の温室）

海道大学北方生物圏フィールド科学センターの企画調整室長である林忠一氏による，参加者が選んだ植物の解説時間を設けた．

第２部では，「ヒトが植物から受け取るエネルギー」として筆者らが独自に設定した概念「心理的エネルギー」に対応する音を組み合わせる「セッション」を行った．まず，感情をラッセル円環図にプロットする方法を参加者に説明した（後述）．続いて，対象を植物，温室と順に設定し，各参加者が対象から感じる感情を，タブレット端末上でラッセル円環図（図８）にプロットした．そのプロットされた感情を「心理的エネルギー」として主催者側が即時的に数値化して音に変換し，各参加者の「心理的エネルギーの音」を組み合わせて再生した．

図５　出入り口付近から撮影した第２回イベントの実際の様子

表５　サイエンスイベント「セッション ～植物と聴くエネルギー～」の進行表

所要時間	内容	ねらい
–	第０部	
	オンサイトの参加者がアノオンシツ内で好きな植物を一株選択した.	オンサイト参加者と温室の空間を共有して一体感や臨場感を醸成する，双方向コミュニケーションの場を構築する.
17 分	第１部　植物が受け取る光エネルギー	
	主催者より挨拶・自己紹介をした.	参加者の主催者に対する親近感を向上させる.
	オンサイト参加者が第０部で選んだ植物を，選んだ理由と共に紹介した.	双方向コミュニケーションの場を構築する.
	オンライン参加者も温室の映像から好きな植物を選んだ.	オンライン参加者と温室の空間を共有して一体感・臨場感を醸成する.
	「植物が受け取る光の音」を含む「光の音」をそれぞれの参加者に提示し，参加者が好きな音を選択した.	「選び取る」活動を通した双方向コミュニケーションの構築とともに，興味・関心を惹く.
	「植物が受け取る光の音」の解説動画を再生した.	「音」の正体や光受容体に関する「気づき」を引き出す.
	参加者が選んだ「光の音」の「セッション」を実施した.	
4 分	ブレイクタイム	
	林氏による植物の解説コーナー	植物への知識や理解を深める.
20 分	第２部　ヒトが植物から受け取るエネルギー	
	アクティビティの説明をした.	イベントのテーマに関する問いを引き出す.
	参加者が植物に対して抱いた感情をラッセル円環図にプロットし，その参加者が自身の感情プロットの理由を共有した.	
	参加者が植物から受け取ったエネルギーの「セッション」を実施した.	
	参加者が「アノオンシツ」から感じるものをラッセル円環図にプロットし，同様に理由を共有した.	
	参加者が「アノオンシツ」から受け取ったエネルギーの「セッション」を実施した.	

3. 本イベントの設計上の工夫

3.1「見えないエネルギー」から音への変換方法

二つのイベントを通してテーマとして設定した「エネルギー」は①「光」のエネルギー，②植物が太陽から受け取る光のエネルギー，③ヒトが受け取る「心理的エネルギー」の三つであった．それぞれのエネルギーに対応する音への変換は本イベントのために独自に設計した表現手法である．本イベントで定義した，三つの「見えないエネルギー」に対する変換方法を順に説明する．

「光」のエネルギー

この「光」とは電波からガンマ線までの電磁波を指す．電磁波の周波数（106～1020 Hz）をそのままの周波数で音に変換しても，人間の可聴域外であるため，聴くことはできない．五感を活用して見えない電磁波のエネルギーを体感するという本イベントの趣旨に沿い，筆者らが音として苦痛なく聴くことのできる周波数帯域（おおよそ 200～2000 Hz）に電磁波の周波数帯域を落とし込んだ（図 6 ）．音への変換原理を独自に設計するにあたり，制約を含めてしまうと，恣意的な設計となってしまう．その中でも，音と「光」の両者が持つ「波動性」という共通した性質に着目することで，両者の周波数を対応させた関係として一定の科学的根拠が保証される変換原理となるよう努めた．

植物が太陽から受け取る光のエネルギー

植物の持つ光受容体が吸収する光のエネルギーを「植物が太陽から受け取る光エネルギー」としてここでは定義した．本イベントでは植物の光受容体のうち，光合成に関わるものから主要なクロロフィル（a，b）とカロテノイド，光形態形成に関わるものから主要なクリプトクロム，フォトトロピン，フィトクロムを扱った．光受容体は UV-B（紫外線 B 波）から遠赤外線までの「光」を吸収する（Chen et al. 2004）．光受容体は 280～850 nm の波長領域の電磁波を吸収するため，この帯域のみを音に変換した．植物の光受容体はそれぞれ異なる吸収スペクトルを持っている．この性質に基づき，それぞれの光受容体が吸収する代表的な周波数の「光の音」を重ね合わせることで，「植

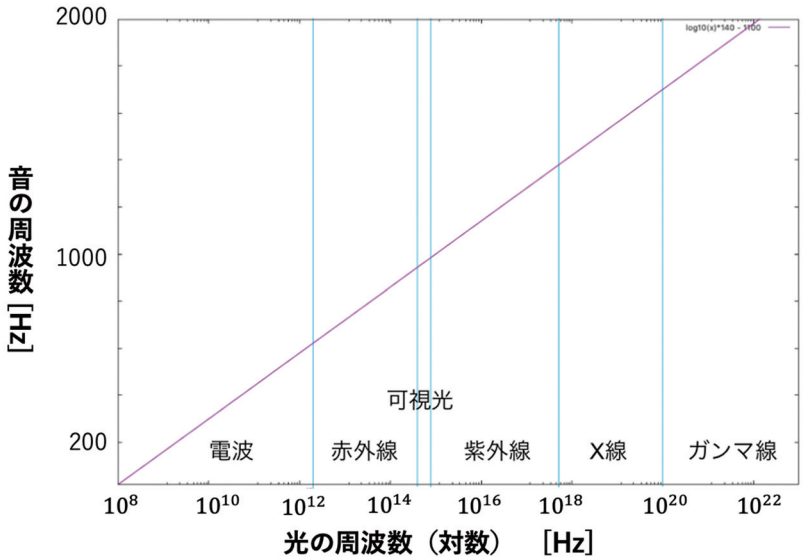

図 6　本イベントで設定した光の周波数と音の周波数の対応関係：（音の周波数）＝140×（光の周波数の対数）－1100

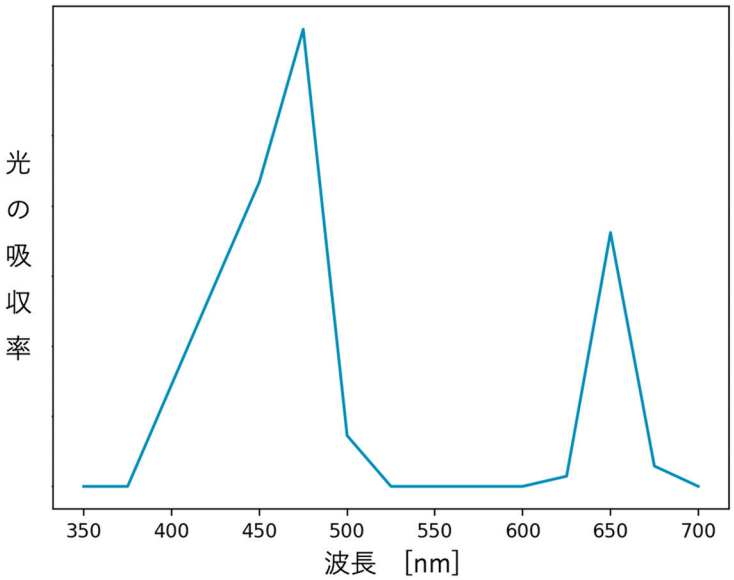

図７　クロロフィルＢの色素の吸収光のスペクトル分布の概形

物が受け取る光の音」を作成した．例えば，クロロフィルＢは470 nm，650 nm周辺の波長の光を吸収する（Anderson et al. 1978; Caffarri et al. 2004）（スペクトル分布の概形を図７に示す）ため，この二種類の「光の音」を重ね合わせた[3]．

ヒトが受け取る心理的エネルギー

ヒトが受け取る「心理的エネルギー」とは，植物によって癒されたり，何らかの動機づけになったりといった，ヒトが植物から感じ取る心理的効果として本イベント内で独自に定義した抽象的な概念である．人によって受け取るものが異なる「心理的エネルギー」を音に変換するにあたり，Ikeda et al.（2017）の手法を参考に「ラッセル円環モデル」を導入した．ラッセル円環モデルは，「快・不快」の感情を横軸に，「眠気状態・覚醒状態」の覚醒度を縦軸とした二次元平面で「喜怒哀楽」の感情を分類したものである（Russel 1980）．Ikedaらは，ヒトの生理情報である脳波と心拍数をラッセル円環の二次元座標上に対応させることで感情を推定する手法を示している．この手法を逆の手順で用い，参加者が自身の感情を主観的に二次元座標上にプロットしたものを，主催者側が脳波と心拍数を当てはめた座標軸をもとに数値化して音へ変換した．あくまで参加者が抽象的な事柄を体感できるように採用した概念的な変換の手法であるが，音への変換に伴い，本来の生理情報の特性も考慮して脳波の周波数を音の周波数に対応づけ，心拍数は音を出力するテンポに対応させた（図８）．この原理に基づき，ヒトが受け取る「心理的エネルギー」の音への変換を実現させた．

3.2 動画を用いた光の表現

イベントでは，作成した音を用いた動画を制作し，情報伝達手段として活用した．本節では，情報伝達手段として動画を用いた経緯と，動画制作上の工夫を述べる．

近年，動画[4]は誰もが簡便に用いることができる情報伝達手段になりつつある．サイエンスコミュニケーションが人と人との情報伝達を媒介するもの（メディア）であることを鑑みると，サイエンスコミュニケーションにおいても動画は有用な手段といえる．

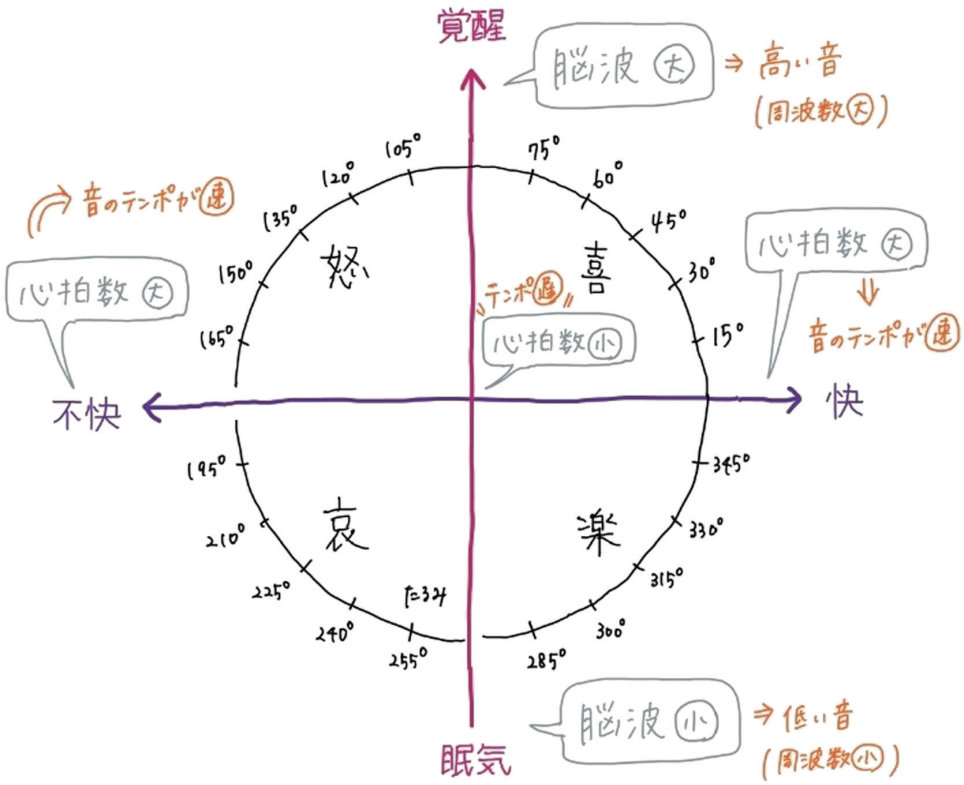

図８　ラッセル円環を用いて感情を音に変換する原理の概念図

伝統的な情報伝達手段である言葉や文章と比較すると，動画はある事柄を言葉を用いずに表現できるという点で，言語化できない事柄，あるいは，文章化すると冗長になる事柄を表現することに優れている．また，視覚的に動きのある映像は直感的に理解しやすく，プレゼンテーションツールとしても適している．その反面，ともすれば作り手の意図や解釈とは異なる形で情報が伝わることもある．動画のテイストを示唆する BGM や直接的に言葉で説明するナレーションとテロップなどによりこの問題は解決するものの，この方法では動画に作り手の印象操作が加わることは避けられない（早岡 他 2010; 早岡 2012）.

このような映像表現の長所と短所を踏まえた上で, 本イベントではその一部に動画を取り入れた. すなわち，BGM やナレーション，テロップの挿入をできるだけ少なくして印象操作を抑えつつも，言語化なしに直感的に理解できる動画を目指した．以下では，そのために行った動画制作上の工夫を三点述べる.

絵コンテ

制作の初期段階で絵コンテを作成しておくことは，以下の三点において有用である．第一に，動画制作の前段階においても，動画の内容，メッセージやテイストのイメージを制作メンバー間で共有できる．第二に，時間制約のあるイベントにおいて，制作開始前に時間（尺）の把握ができる．第三に，動画の制作中も絵コンテに沿って制作することで，完成までに方向性がずれることを防止できる．以上の三点から，本イベントでは制作初期の段階で絵コンテを作成した（図９）.

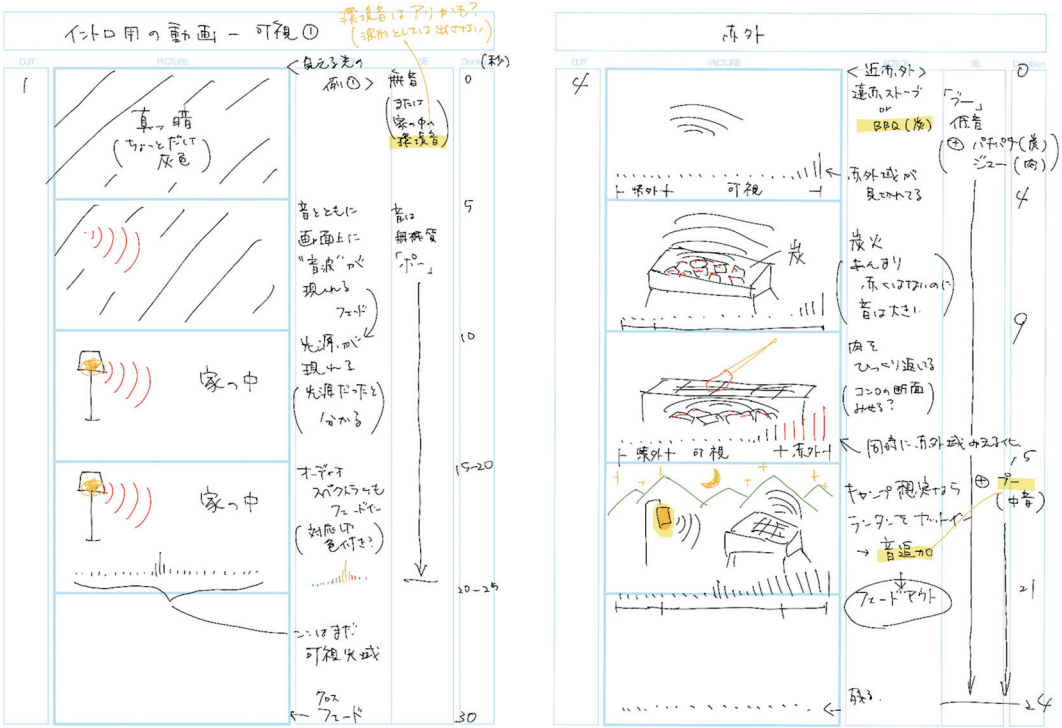

図９　イベント用動画を制作した際の絵コンテの一部

光を表現するためのアニメーション

第一回イベントで制作した動画では，可視光線か不可視光線か[5]によらず，身の回りの電磁波を幅広く表現することを目指した．可視光線はその名の通り視覚できるため，理論的に理解できなくとも，その存在を直感的に把握することは容易である．一方で，不可視光線は視覚できないため，その存在を理論的に理解することはもちろん，直感的に把握することも困難である[6]．

そこで，身の回りの電磁波の存在を直感的に理解できるように，表６に示すような図形（アニメーション）を検討した．この中で，光源を中心とする同心円（以降，波紋と記す）を採用した（図 10）．この図形は音が拡がる様子を表す際によく用いられており，音と同じ伝播方法をとる光[7]をこの図形によって表現していることを，視覚的・直感的に捉えやすくすることを狙った．

動画では，この図形の示す意味を理解しやすくするために，まず最初に，目に見える可視光線に対して図形を用いる構成とした．その後，同じ図形を目に見えない不可視光線に対しても繰り返し用いるようにした．これにより，図形の示す意味が理解しやすくなり，その分，動画の内容に集中できると考えた．

キャラクター化による植物の光受容体の表現

第２回イベントでは，クロロフィルやカロテノイドなどの植物の光受容体を題材とした．これらの化合物はごく微小であり，日常生活ではほとんど意識することのないものである．したがって，化合物そのものの構造を示しても具体的に対象を捉えにくく，光受容体についての情報伝達の手法を工夫する必要があった．

そこで，それぞれの光受容体をキャラクターに置き換えたイラストで表現した（図 11）．イラス

表６　光を表現する図形

図形（★は光源）	図形の特徴	用いる際の注意点
波紋　光源を中心とする同心円	波として同心円状に拡散する 音（スピーカーの音量等）や電波（Wi-Fi 等）のイラストで用いられる	光の表現としては一般的でない
集中線　光源から放射状に伸びる直線	写真やイラストで街灯がきらめく様子を表現する際に用いられる 光の伝播では粒子性を表現できる	音の表現としては一般的でない
点々　光源を中心として拡散する粒子	点の密度で光の強弱や拡散による減衰を表現できる 光の伝播では粒子性を表現できる	光や音の表現としては一般的でない 粒が光や音であることは伝わりにくい
海の波　面光源から広がる直線や四角形	打ち寄せる波として実際に見られる模様である 光の伝播では波動性を表現できる	光源（音源）を点として表現することができない
波線　光源から一方向に伸びる波線	光の伝播を表現する図形として一般的である 光の伝播では波動性を表現できる	音や光が球状に広がっていく様子は表現しにくい

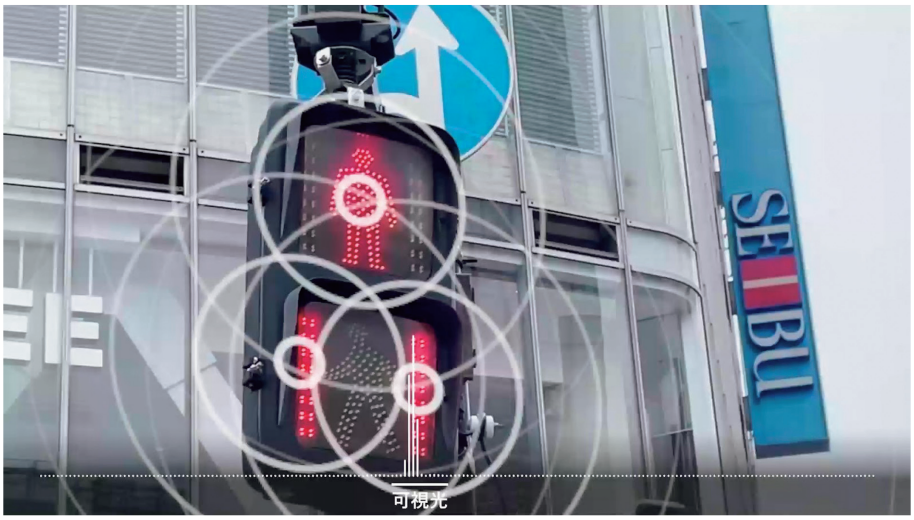

図 10　イベントで用いた波紋のアニメーション

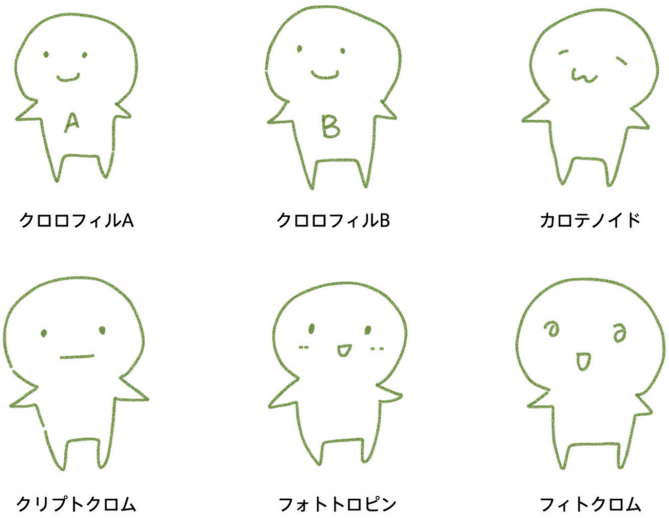

図 11　光受容体を表現するキャラクター

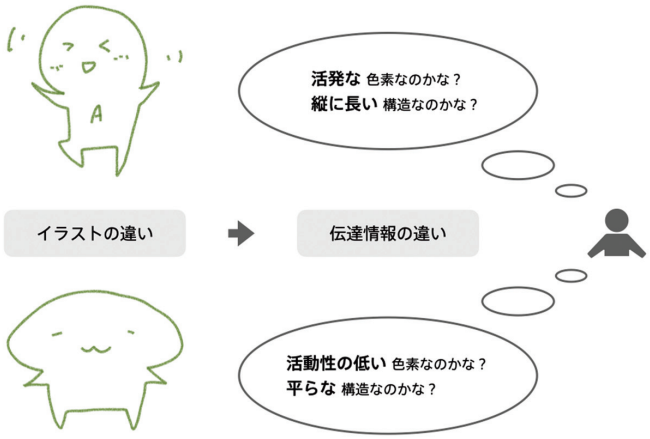

図 12　キャラクターの特徴と情報伝達

トは，視覚的な情報から思考・理解を助けることのできる手法[8]であり，抽象的な物事や具体的にイメージできない物事を扱うことに長けている．また，文字のみでの情報伝達と比較して，紙面・画面はもとより，その内容に親しみやすくすることもできる．さらに，これらイラストの長所をより活かせる手法がキャラクター化である．キャラクター化は，実際に，学生用教科書や一般向けの科学書籍等で多用されており，ある分野に詳しくない相手に対してその分野の情報を伝達する際に特に有効であろう．

一方で，ある物事をキャラクター化することで，予期せず情報が誤って伝達される可能性もある．すなわち，容姿や発言などのキャラクターのもつ特徴が，情報の解釈に大きく関与するということである（図 12）[9]．この観点に加え，本イベントが光受容体の化学構造に焦点を当てていなかった[10]点を鑑みて，それぞれの光受容体が別物であることを理解するのに必要十分な情報をキャラクターに与えた．すなわち，キャラクターには大きな特徴を持たせず，シンプルかつ，光受容体間で差異の少ないイラストに仕立てた．

4. イベントの結果と分析

本イベントそれぞれの目的が達成されたかどうかを，参加者に対してアンケートを行うことで評価した．本章では主に，アンケートの結果と各結果に対する考察を述べる．

4.1 第1回イベント

第1回のイベントのアンケート調査では41件の回答が得られた．回答者の年代構成は20〜25歳が11名，26〜35歳が6名，36〜45歳が11名，46〜55歳が9名，56〜65歳が3名，その他が1名であった．

まず，参加者が身の回りにある見えない電磁波の存在に気づくきっかけが得られたかどうか評価するために，「どの「光」の演奏が印象に残りましたか？（複数回答）」という質問を設けた．アンケートの結果，マイクロ波（電子レンジ）17名，赤外線（バーベキューの炭）14名，可視光線（信号機9名，スタンドライト4名），紫外線（太陽光）6名，様々な電磁波（宇宙）6名と，紹介した電磁波が幅広く参加者の印象に残っていた．特に，比較的身近であるはずの可視光だけでなく，他の電磁波も多く印象に残っていたことから，普段意識しない身近なエネルギーについて気づいてもらうという筆者らの狙いも達成されたことが分かる．「光」を音に変換したり，動画上の波形で可視化したりといった視聴覚的なコンテンツを用いることで，「光」の違いや特徴についても参加者が認知するきっかけになったといえる．

次に，イベントに参加したことで得られた知見や視点があったかどうか確認するために，「本イベントで，あなたにとって新しい発見はありましたか？（自由記述）」という質問を設けた．アンケートの結果は自由記述であり，その結果を表7に示す．この中で注目したいのは，「光を音に変換する発想が斬新だと思った」「光を音に例えようとすることが発見だった」といった，光から音への変換についての回答である．類似の回答は約半数にのぼり，イベント内で見えない光を可視化して，音に変換して表現したことが参加者の印象に残ったことが示唆される．あわせて参加者に日常生活に存在する身近な事象をとらえる新たな視点が得られたと考えられる．他方，「日常がとても多くの「光」に囲まれていること，そしてその多くは見えないこと」「波長の違う「光」が身の回りに溢れていることを再認識した」といった記述も見られた．身の回りにある電磁波が様々な波長で存在していることを参加者が実感できたと考えられる．

新しい発見を尋ねた一方で，「本イベントで分からなかったこと，モヤモヤしたことは何ですか？（自由記述）」という質問も設けた．この設問についても，前項と同様に自由記述にてアンケートをとった．その結果を表8に示す．この表の中で注目したいのは，「「光」と音の対応が科学的なのか感覚的なのか分からない」や「「光」を音にする際の変換がブラックボックスなので少しモヤモヤした」といった回答である．「光」から音にどのように変換したか，その変換法則が科学的なのかどうかに疑問を抱くということは，ややもすると疑似科学であると疑われかねなかったことを示唆している．また，「全体テーマエネルギーとの関係が分からなかった」「エネルギーとの関連が不明」と感じた参加者もいた．エネルギーをテーマとしたイベントにもかかわらずこのような意見が出たということは，イベントの趣旨が参加者へ十分に伝わらなかったことを示唆している．以上の観点から得られる教訓は，直感的な情報伝達を重視するあまり，イベントテーマの科学的な説明がないがしろになりすぎてはならないということであり，そのバランスをどう取っていくかは今後の課題として認識すべきであろう．

表７　第１回イベントのアンケート設問「本イベントを通して，あなたにとって新しい発見はありましたか？」に対する回答一覧

回答番号	内容
「光」を音に変換すること	
1	**光を音で表現する**のが面白かったです．
2	**光を音に変換する**ということ自体が面白かった
3	**光を音で表現する**というのが，大変ユニークでした．
4	**光を音で表す**，というのはオンライン向きのアイデアだなと思いました．動画や音の制作クオリティがとても高く，これはそういった作業のプロがいないとできないとも思いました．勉強になりました．
5	**光を音に変換する**発想が斬新だと思った
6	**光を見るではなく聴く**という発想が素晴らしく，普段目にするものでも見方によって姿が変わるのだなと思いました
7	**見えない光を，音で表現する**という発想が発見でした．音も光も波形で表せるので納得です！
8	**光の音**
9	**光や波長を音に変える**こと．
10	**音として可視化する**ことで光に沢山の種類があるんだなと感じました．
11	**光を音で**という概念がなかったので新鮮でした！
12	**見えない光を音で表現する**って新しいなと思いました
13	身近な**光を音にして表現する**ということにすごく新鮮みを感じました．後は，光の種類（波長）が表示されていて，なるほどと思ったり．面白かったです．
14	**光を音に例えようとする**ことが発見だった
15	自分の身の回り全ての**光が音になる**こと
16	物体が出している**光（波長）を音に変換する**とどうなるかという点
17	**光と音**について
18	**光を可視化する**アプローチはユニークだと思いました．
19	**波形を音にする**技術がある事
20	**光を聞ける，音を見える**ようになったら，耳と目の不自由な方はきっと嬉しいと思う．
21	**光も音も，同じ波**なのだと再確認しました．
「光」が身近であること，多様であること	
22	光によって波の強弱や幅が**違う**こと．
23	日常がとても**多くの「光」**に囲まれていること，そしてその多くは見えないこと
24	光もひとつひとつ**違いがある**ということ
25	**波長の違う光**が身の回りにあふれていることを再認識した．
イベントの手法	
26	サイエンスイベントでこのような**切り口**があったことが大発見！
27	メタ的ですが，**サイエンスイベントの形**としてこういうこともできるんだ！と思った．
28	**ドキュメンタリータッチ**におどろき
29	いきなり参加者に**セッションさせる**大胆な演出．
30	視覚と聴覚の**新しい表し方**
31	新しく**「音楽」を作る**視点
32	**新しい視点**ですね

回答番号	内容
33	＊リアルタイムにガレージバンドを使ってセッション，と言う**アイデア**が斬新でした．素晴らしかったです． ＊絵文字リアクションもチャット欄が賑やかになって雰囲気良いですね．
34	音階に当てはまる音も多く，音を図形楽譜にしてそれを人が**演奏**しても面白そうですね！
モヤモヤに関するもの	
35	**仕組みが気になってしまい**集中できませんでした．
36	意図が不明．
その他	
37	はい
38	特になし
39	特にない
40	特に無かった
41	特にありません

表８　第１回イベントのアンケート設問「本イベントで分からなかったこと，モヤモヤしたことは何ですか？」に対する回答一覧

回答番号	内容
「光」から音への変換方法	
1	音と光の対応の説明が**感覚的なのか科学的なのか**わかりませんでした．
2	それぞれの光に当てはめられた音は「くまこうせん」さんの主観に基づいているのですか？それとも，「この光にはこの音」という定義が科学の業界にあるのでしょうか？それぞれの光の音が**誰が定義した音なのか**がわかりづらく，世界観になかなか入り込めませんでした．
3	**なぜその音なのか**が分かりずらかった．単にイメージでなのか，それなりのロジックで変換しているのなどが分からない．
4	映像，音の**変換の仕方**が気になった．
5	**どのようにして，光を音に変えたのか**わからなかったことです
6	「**なぜこの光はこの音なのか**」まで気になります
7	**なんでこの光はあの音になるか**
8	光を音に，**どのように変換**しているのか知りたい．適当に作ったわけではないですよね．
9	映像から音へ**どのように変換した**んでしたっけ？
10	光のどの部分を**どう変換して**音階を作っているのか，知りたかった
11	それぞれの**光を音にする際の変換のセンスみたいなのがブラックボックス**なので，そこが少しモヤモヤしましたが，些細なことだとは思います．
12	思ったこと，考えたことを箇条書きで書いていきますね． ＊第一部は顔を出さなかった方が，映像と音に集中できたように思います．動画が終わって，参加者とのやりとりが始まる際の切り替えにもなるかと． ＊「光でセッション」が今回のイベントの肝だと思いますが，だからこそ「光を音に変換したのだ」と言うことを強調しないと，特にガンマ線など普段耳慣れない光に関しては「音があるものだろうか」と言う**誤解を与えかねない**な，と． ＊最後のオチ，セッションで終わるだけでなく，もう少し何かメッセージを入れられると尚良かったかと思います．それこそ「普段の生活の中では，さまざまな「光（音）」が合わさっているのですね．」など．色々な落とし方があるとは思いますが．と，色々と書きましたが，とても楽しくイベントに参加することができました．ありがとうございます！次はセッションに参加したいです…！!!!

回答番号	内容
画像から光を抽出する方法	
13	様々な光の種類が出てきたと思うのですが，**どうやってくまこうせんの方々は選んでいったのか**気になります．
14	最後のセッションで**どのように音にした**のでしょうか．
15	音をつけた方の**考え**
テーマ「エネルギー」との関連	
16	**エネルギーとどういうつながり**があったんですか？
17	**どのあたりが，エネルギーのテーマ**なのかな？と思いました．
18	全体テーマ**「エネルギー」との関係**．なんとなくイメージできるようなできないような…．
19	とくにないが，**エネルギーとの関連**が不明
参加者との「セッション」	
20	**参加者と一緒に演奏**している，というのは，参加者の方がどの音を選んだか，ということでよかったのでしょうか？
21	モヤモヤではないですが，**アップテンポな演奏にするとどうなる**んだろ？と思いました．
22	上記のように，光を可視光，紫外線などとは認識しており，「波長」には親しみがありました．しかし，今回，「波形」で音として聞くことで，光って個性あるな～と思いました．もやもやは，**演奏のテンポが光によってさまざまだった**ことです．
23	セッションのときに音をずらして流していたのには何か理由があるのかもしれないですが，**すべてが重なってたらどんな音になる**（共鳴とかして？）のか気になりました．
24	波長を音程で表したのはわかるのですが，**音色とリズムをどのように意図して設定した**のか，ということを知りたいです．あとは，もっと noisy だと思ってました笑
25	実際，**選ばれた人が一緒に演奏するのか**と期待していました．
26	波の形や強弱はわかったが，それをどのように解析して音を作っていったのだろうか？**音の特徴は光のどのような特徴とリンクしている**のだろうか（特に音の質）？
27	今回**選ばれた光と音の関連性**（強弱，高低，かたさ / 柔らかさ等）
イベントのしつらえ	
28	セッション１での出だし．最初に**何が始まるのかを把握していなかった**ので．
29	最初，光と音の組み合わせの映像が始まっていると気がつかず，また，光線の波長が画像に出ていることもに気がつかなかったので，最初からもう一度見たいなあと思いました．**最初に一分だけで良いので説明があったら良かった**かなあと思いました．
30	**急に映像が流れて戸惑った**．どこに注目してとかがあると分りやすい．
31	参加者によるセッションで体感できるとてもユニークな試みですね．ところでこの体験で，**どのようなことを知ってもらう・感じてもらう**ことを目的とされたのでしょうか？　それが腑に落ちるようなまとめがあると良かったですね．
32	すみません，全体を通じてモヤモヤが残りました．．独特なアプローチでコンテンツの質も高かったと思いますが，**抽象度がちょっと高すぎて置いてきぼりにされた**印象は否めません．
33	セッションはとても楽しかったが，**どういう趣旨？のイベントか**が少し分からなかった
34	**どうやってやった**んだろうと思いました
35	**耳を澄まさないと，音は聞こえない**と思ったこと．
その他	
36	ありません
37	ありません．
38	特にありません

回答番号	内容
39	特にありません.
40	特に無かった
41	特にない

また，アンケート結果とは異なる視点として，イベント内で実施した，Zoom のチャット機能を用いたリアクション（図１）にも注目したい．前述したように，イベントの各所で，Zoom のチャット欄を用いて参加者各々の感じたことを文章ではなく絵文字で回答してもらうように依頼した．この狙いは，オンラインでの双方向コミュニケーションの場を作る上で参加者が感じたことを，言語化の過程を経ずに表現してもらうこと，そして，表現することの障壁をできるだけ低くすることであった．この手法は，絵文字の一覧から，各々の感情に近いものをワンクリックで入力するだけ，というシンプルな手法であるがゆえに，参加者が感情を表現しやすくなると考えた．実際，アンケートの回答で「絵文字リアクションもチャット欄が賑やかになって雰囲気良いですね」とあるように，イベントでは，全体でのべ 67 件もの絵文字が入力され，チャット欄は活発なものとなっていた．これにより，イベントはオンラインだったものの，参加者同士がその場に居合わせてイベントに参加しているかのような臨場感や一体感を作ることができたと考えられる．

4.2 第 2 回イベント

第 2 回イベントには 21 名が参加（現地参加：6 名，オンライン参加：15 名）し，参加後アンケートでは主に参加者のイベントへの感想を自由記述式で調査した．アンケートへの回答が 4 件のみ得られたため，参考としてこれらの回答の内容について考察する．回答 4 件のうち，現地とオンラインでの参加者からの回答が 2 件ずつ得られた．

「本イベントを通して，あなたにとって新しい発見はありましたか？」という設問には，「たくさんの植物のことを学べてよかった」「植物が光を受け取る仕組みを学ぶことができた」といった回答が寄せられ（表 9），植物に関するエネルギーにまつわる科学的な理解の向上に繋がったと考えられる．また，ほかの 2 件の回答は「波長を音で感じるという発想が面白かった」「音ってパワーあるなと改めて思った」と，聴覚的にエネルギーを体感するコンテンツについて肯定的な内容であった．

次に，「本イベントで分からなかったこと，モヤモヤしたことは何ですか？」という設問を設けた．ここでは回答の一つに「エネルギーはどこに行くの？」という質問が寄せられ（表 10），イベントを通じて参加者が主体的にイベントテーマについて疑問を抱くことに繋がった．他の回答では，「自分が聞いた音がどの葉緑体なのか，（中略）よく分からなかった」や「「心理的エネルギー」の感情プロットを音に変換する仕組み」が分からなかった，といった回答があった．植物の光受容体とそれぞれの光受容体が吸収する「光の音」の対応関係が分かりづらかったことが示唆された．この点については，第 1 回イベントの事例と同様に，直感的な情報伝達と科学的に正確な情報伝達とのバランスをいかにとるのかが重要であり，今後の課題としたい．

最後に，「本イベントを温室で実施したことでどのような効果があったと思いますか？」の設問では，「室内にはない雰囲気の良さ（オンライン参加者）」「リラックス効果（オンサイト参加者）」といった回答が集まり（表 11），植物のある空間からのポジティブな心理的効果を参加者が身をもって体感できたことが示唆される．また，「非日常を味わうので，イベント感覚をより強く感じることができる（オンサイト参加者）」「植物をより身近に感じることができる（オンライン参加者）」という回答からは，イベントのテーマと密接に関連する温室という空間でのイベント開催が，参加者の

イベントへの一体感や臨場感の向上に繋がったと言える．どちらの観点でも，オンライン・オンサイトの参加形態に依らず会場設定がイベント体験を強化したことが示唆された．

表9　第2回イベントのアンケート設問「本イベントを通して，あなたにとって新しい発見はありましたか？」に対する回答一覧

回答番号	内容
オンサイト参加者	
1	波長を音で感じるという発想が面白かった 視覚で癒やしであるという感覚があっても，聴覚で感じる植物のエネルギーは癒やしを感じるわけではないので，意外だった
2	たくさんの植物のことを学べてよかった
オンライン参加者	
3	植物が光を受け取る仕組みを学ぶことができた
4	音ってパワーあるなと改めて思った

表10　第2回イベントのアンケート設問「本イベントで分からなかったこと，モヤモヤしたことは何ですか？」に対する回答一覧

回答番号	内容
オンサイト参加者	
1	自分が聞いた音がどの葉緑体なのか，似ている波長域同士もある関係で，いまいちよく分からなかった
2	特になし
オンライン参加者	
3	「心理的エネルギー」の感情プロットを音に変換する仕組み
4	エネルギーはどこに行くの？

表11　第2回イベントのアンケート設問「本イベントを温室で実施したことでどのような効果があったと思いますか？」に対する回答一覧

回答番号	内容
オンサイト参加者	
1	非日常を味わうので，イベント感覚をより強く感じることができる
2	リラックス効果
オンライン参加者	
3	植物をより身近に感じることができる
4	室内にはない雰囲気の良さ

5. 考察と展望

本報告では，筆者らが2021年に企画・実施した二つのオンラインサイエンスイベントの事例を元に，サイエンスコミュニケーションをオンライン上においても双方向的に行うための工夫とその効果を検討した．サイエンスイベントの主催者から参加者に向けて一方的に情報伝達することは容易

であるが，参加者から情報発信することは難しく，この傾向は，対面以上にオンラインでは顕著であろう．したがって，オンラインでのイベントでは，主催者と参加者とが双方向的にコミュニケーションするために，追加の，あるいは独自のアプローチが必要になる．そこで筆者らが着眼したのは，対面のイベントにあってオンラインのイベントでは難しいとされる，主催者と参加者が一緒に場を作る一体感（内田 2011）や，その場にいると五感で感じることができる臨場感（郡 2010; 安孫子 他 2018）であった．このような一体感や臨場感は，主催者と参加者との心理的距離を近づける効果を生む．したがって，一体感や臨場感が，オンラインサイエンスイベントにおける双方向的なコミュニケーションのためには重要であると考えた．

加えて，参加者自身がイベントにおけるテーマを自身の身近な事象に関連づけることも，双方向コミュニケーションに寄与する．自身の関心事に関連づけることで，参加者はイベントテーマに対する自身の感情に気づいたり，自身の考えを持ったりすることが容易になる（若林 他 2023）．また，身近な事象に関する背景知識や文脈を既に他者と共有できていることで，その感情や考えを他者に発信する契機となりうる．すなわち，参加者から参加者へ，また，参加者から主催者へコミュニケーションを行うことで，イベント内での双方向的なコミュニケーションが達成される．自分の感情や考えが他者のものと一致しないことは当然のことではあるが，対話を通してその事実に気づくことが，さらに活発な双方向コミュニケーションを行い，参加者の行動を変容させる契機になると考える．

オンラインイベントで一体感や臨場感を生み出すためにできる工夫の一例として，本稿では，五感を活用したイベントに仕立てることを提示した．五感の中でも，オンラインイベントでも利用しやすいものは視覚と聴覚である．参加者の視覚と聴覚へ積極的に働きかけることで，その場で光を見て音を聴くという臨場感，また，他の参加者と同時に視聴するという一体感を生み出すことができたと考える（郡 2010）．一方で，残りの嗅覚・味覚・触覚については，オンラインイベントで活用した例もわずかながら存在するものの，現状では技術的な課題もあり，容易に利用できるものではない．働きかける五感の種類が増えるほど一体感や臨場感が増すと考えれば，嗅覚・味覚・触覚を活用したオンラインイベントの事例を蓄積していくことは，今後，オンラインサイエンスイベントを双方向的に行うための知見となるであろう．

五感は外界から情報を得るための感覚であるが，その先にあるのは，外界に向けたアクションである．五感で何かを感じ，その感情や情報を誰かに伝えようとする，あるいは，別の何かが気になって，さらに五感で感じようとする，という行為は，双方向的なコミュニケーションの一端を担っているのではなかろうか．サイエンスイベントにおいて五感を活用するということは，外界からの情報を理解し，伝え，さらに知りたいという気持ちを刺激するという点で，科学理解の促進や科学意識の向上，ひいては，参加者の行動変容に寄与すると言えるだろう．

本イベントで浮き彫りになった課題として，目には見えないものを別の何かで表現する，という手法は，ややもすると疑似科学に捉えられかねないという点があり，今後も注意していくべきである．変換原理が科学的に立証されているもの（例えば，物体が受けた光量を熱量として表現する）については問題ないだろう．一方，変換原理をイベントに合わせて設定したものについては，直感的な情報伝達に固執するあまり，変換原理の説明自体がおざなりになってはならないと考える．ただし，科学的な情報伝達を正確に，かつ論理的に行いすぎれば，イベントへの関与度合いが低下し（Lehmkuhl et al. 2016），ひいては，一体感や臨場感が損なわれる恐れもある．この，情報伝達の正確さとイベントへの関与度合いはトレードオフの関係であり，どのような塩梅で科学的な説明を行うべきかは，今後も議論すべき課題と考えたい．

6. まとめ

以上，筆者らは，オンラインイベントにおける一体感や臨場感，および，五感の活用により，双方向コミュニケーションが達成されることを示した．双方向コミュニケーションは，参加者の行動変容を介して，科学理解の促進や科学意識の向上にも繋がりうるという点で重要である．2023 年現在，オンラインでのサイエンスイベントに関する事例や知見はまだ多いとは言えない．今後の実践とその記録の蓄積が，オンラインでサイエンスコミュニケーションを双方向的に行うためのヒントとなるであろう．

謝辞

本報告での第 1 回イベント「セッション ～光を聴く，音を観る～」は，2021 年度の CoSTEP 選科集中演習 A のプログラムの一環として実施したものです．当イベントをサポート頂きました CoSTEP のスタッフの皆様，ならびに，ご参加頂いた皆様に厚く御礼申し上げます．また，第 2 回イベント「セッション ～植物と聴くエネルギー～」は，北海道大学内の研究林内に位置する温室を会場として実施したものです．会場をお貸し頂き，サポート頂きました，北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの企画調整室長・林忠一氏に厚く御礼申し上げます．

注

1）活動報告は，https://costep.open-ed.hokudai.ac.jp/news/19606 を参照されたい．
2）電磁波は「電界と磁界が相互に作用しながら空間を伝わる波」であり，周波数の低いものから順に，電波，赤外線，可視光線，紫外線，X 線，ガンマ線などと分類される．
3）この内容は，動画としても公開した．https://youtu.be/_L6OZTcnZvI を参照されたい．
4）動画と映像という二つの言葉は，本稿執筆時点では人それぞれで捉え方が異なると思われる．本稿では，静止画に対する用語として，（一枚一枚の静止画が連続して動く）動画という言葉を統一して用いることにする．
5）ここでは，可視光線以外の電磁波を不可視光線と呼ぶことにする．
6）例えば，信号機から青い光（可視光線）が出ることは直感的に理解しやすいが，レントゲン撮影の際に X 線（不可視光線）が出ることは直感的に理解しにくい．
7）光は波であり（波動性），かつ，粒子でもある（粒子性）．これを光の二重性という．ここでは，光の波動性の観点から，音と光を同じ伝播方法と考えることにする．
8）一般に，文字や言葉だけで情報を伝えるよりも，同時に画像を含んで伝えるほうが理解しやすく，記憶にも残りやすい．これを「画像優位性効果（Picture Superiority Effect；PSE）」という（Paivio and Csapo 1973）．
9）物事の特徴とキャラクターの特徴を対応させた例として，『元素生活 完全版』（寄藤 2017）がある．
10）もちろん，イベントの焦点が例えば「色素の化学構造のどんな部分が，光の吸収スペクトルを変化させているか（特徴づけているか）？」であったら，当該の化学構造とキャラクターとの間に相関を持たせるべきであろう．

文献

安孫子友祐・児玉葵・近藤あずさ・古澤正三・栗原莉奈・藤井真知子・増田至・片島幹太・越谷由紀・古澤輝由・種村剛 2018:「裁判劇を用いた科学イベントが参加者に与えた効果:「私の仕事を決めるのは誰？―裁判劇を通じて人工知能を用いた人事評価の是非を考える―」を題材に」『科学技術コミュニケーション』23, 3-21.

Anderson, J. M., Waldron, J. C., and Thorne, S. W. 1978: “Chlorophyll-protein complexes of spinach and barley thylakoids: Spectral characterization of six complexes resolved by an improved electrophoretic procedure”, FEBS Letters, 92(2), 227–233.

綾美幸・小川武範 2005:「中学校におけるエネルギー変換学習のための教材開発: 自然エネルギーを中心として」『日本科学教育学会研究会研究報告』, 20(1), 21–26.

Bai, Q., Dan, Q., Mu, Z., and Yang, M. 2019: “A systematic review of emoji: Current research and future perspectives”, Frontiers in Psychology, 10, 2221.

Burns, T. W., O’Conner, D. J., and Stocklmayer, S. M. 2003: “Science communication: a contemporary definition”, Public Understanding of Science, 12(2), 183–202.

Caffarri, S., Croce, R., Cattivelli, L., and Bassi, R. 2004: “A look within LHCII: differential analysis of the Lhcbl-3 complexes building the major trimeric antenna complex of higher-plant photosynthesis”, Biochemistry, 43(29), 9467–9476.

Chen, M., Chory, J., and Fankhauser, C. 2004: “Light signal transduction in higher plants”, Annual Reviews of Genetics, 38, 87–117.

Dravigne, A., Waliczek, T. M., Lineberger R. D., and Zajicek J. M. 2008: “The effect of live plants and window views of green spaces on employee perceptions of job satisfaction”, HortScience, 43(1),183–187.

江藤信一・清水麻記・鮫島祥子・藤原昌子・土屋潤・伊藤綾子 2008:「サイエンスカフェ「ばりカフェ」」『科学技術コミュニケーション』9, 120–130.

早岡英介・藤川大之 2010:「科学番組をめぐる制作者と市民の対話: CoSTEP セミナー「科学ジャーナリズムは社会を変え得るか」から」『科学技術コミュニケーション』8, 99–112.

早岡英介 2012:「研究者や科学技術コミュニケーター自らが科学映像コンテンツを制作できるワークフローの開発」『科学技術コミュニケーション』11, 47–62.

林一輝・吉田拓也・松本康男・軸屋亮太・佐藤まゆみ・佐藤典子・田中謙一郎・朴正義・岡本美津子・村松秀 2011:「体感を通じて「気づき」の瞬間を創出する科学教育コミュニケーション手法の開発: NHK 教育フェア「音モダチがやってくる！」より」『科学技術コミュニケーション』9, 120–130.

樋口耕一 2004:「テキスト型データの計量的分析 ―2つのアプローチの峻別と統合―」『理論と方法』19(1), 101–115.

Ikeda, Y., Horie, R., Sugaya, M. 2017: “Estimate emotion with biological information for robot interaction”, Procedia Computer Science, 112, 1589–1600.

今西弘子・米澤富士雄・今西英雄 1992:「花に対する花店利用者の意識」『園芸学会雑誌』60(4), 981–987.

加納圭・水町衣里・岩崎琢哉・磯部洋明・川人よし恵・前波晴彦 2013:「サイエンスカフェ参加者のセグメンテーションとターゲティング:「科学・技術への関与」という観点から」『科学技術コミュニケーション』13, 3–16.

Kawamoto, S., Nakayama, M. and Saijo, M. 2013: “Using a scientific literacy cluster to determine participant attitudes in scientific events in Japan, and potential applications to improving science communication”, JCOM, 12(01), A01.

郡伸子 2010:「技術者が実践する科学技術コミュニケーション」『科学技術コミュニケーション』7, 145–153.

Lehmkuhl, M., Boyadjieva, P., Cunningham, Y., Karamanidou, C., Mörä, T., AVSA-Team 2016: “Audience reach of science on television in 10 European countries: An analysis of people-meter data”, Public Understanding of Science, 25(2), 223–235.

宮田景子 2010:「親子向けワークショップにおけるサイエンスとアートの融合: 親子サイエンス・ワークショップ実施報告」『科学技術コミュニケーション』7, 155–164.

小川義和・亀井修・中井沙織 2007:「科学系博物館と大学との連携によるサイエンスコミュニケータ養成の現状と課題」『科学教育研究』31(4), 328–339.

奥本素子・池田貴子・梶井宏樹・川本思心・小林良彦・種村剛・西尾直樹・朴炫貞・原健一・早岡英介 2021:「サイエンス・カフェ札幌｜オンライン」の試行: 参加者分析から示唆された可能性と課題」『科学技術コ

ミュニケーション』29, 79-91.
Paivio, A. and Csapo, K. 1973: “Picture superiority in free recall: Imagery or dual coding?”, Cognitive Psychology, 5(2), 176-206.
Park, S. and Mattson, R. H. 2009: “Therapeutic influences of plants in hospital rooms on surgical recovery”, HortScience, 44(1), 1-4.
Park, S., Song, J., Kim, H., Yamane, K., and Son, K. 2008: “Effects of interior plantscapes on indoor environments and stress level of high school students”, Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 77(4), 447-454.
Peatix Inc. 2021:「2021 年 Peatix イベント調査レポート」『Peatix BLOG』2021 年 11 月 4 日, https://blog.peatix.com/featured/2021_event_survey.html,（2022 年 5 月 1 日閲覧）.
Russel, J. A. 1980: “A Circumplex Model of Affect”, Journal of Personality and Social Psychology, 39(6), 1161-1178.
Ryan, R.M., Weinstein, N., Bernstein, J., Brown, K. W., Mistretta, L., and Gagné, M. 2010: “Vitalizing effects of being outdoors and in nature”. Journal of Environmental Psychology, 30(2), 159-168.
Shibata, S. and Suzuki, N. 2004: “Effects of an indoor plant on creative task performance and mood”, Scandinavian Journal of Psychology, 45(5), 373-381.
総合科学技術会議 2010:「『国民との科学・技術対話』の推進について（基本的取組方針）」http://www8.cao.go.jp/cstp/output/20100619taiwa.pdf
内田麻理香・長神風二・佐倉統 2011:「サイエンスコミュニケーションのプロセスを可視化するイベント設計:「対決！ サイエンス大喜利」の実践事例」『科学技術コミュニケーション』9, 82-92.
若林里咲・佐倉統 2023:「新型コロナから考える非常時の科学コミュニケーション: 日本科学未来館「わかんないよね新型コロナ」の事例から」『科学技術コミュニケーション』32, 1-16.
寄藤文平 2017:『元素生活 完全版』化学同人.