

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01052

研究課題名(和文) 防災訓練のための臨場感体験型協調環境とコンセプトマップによる意思決定支援

研究課題名(英文) Decision support by presence-based collaborative environment and concept maps for disaster training

研究代表者

杉本 裕二 (SUGIMOTO, Yuji)

同志社大学・文化情報学部・教授

研究者番号：90311167

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：大規模災害において退避及び救助活動における意思決定を行うため、災害状況を具体的に想定した、臨場感を伴う映像音声の提示環境の構築と、災害発生時の避難行動、被災者や被災状況についての分析の可視化を行った。音響環境における音像定位を簡易化するため、音像の座標を離散的に与えて音像定位の演算量を低減する方法を提案し評価した。SNSは、災害が発生したときに被災地域の状況を知る情報源として用いられつつあり、その膨大な情報から話題がどのように変遷していくのかを抽出し可視化した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

防災訓練では、擬似的な災害環境の下で擬似的な防災活動を行うことにより、災害に的確に対処するための技術や能力を身につける。しかし、大規模災害への対応能力を培う実効的な防災訓練の機会は十分提供できていない。その要因の一つとして、適切な意思決定訓練を行うための災害状況が想定できないことが挙げられる。そのため、訓練参加者がその災害状況を具体的にイメージできる仮想空間の構築や、実際の災害や避難に基づく災害環境の想定は重要である。

研究成果の概要(英文)：In order to make decisions regarding evacuation and rescue activities in a large-scale disaster, we build an environment for presenting audio and video with a sense of immersion, specifically assuming the disaster situation, and visualize the analysis of evacuation behavior at the time of disaster, victims and disaster situation. We proposed and evaluated a method that reduces the calculation amount of sound image localization by discretely providing the coordinates, so that the sound image localization is simplified in an acoustic environment. SNS has been used as an information source to know the situation in the disaster area when a disaster occurs, and we extracted and visualized how the topics change in the huge amount of information.

研究分野：ヒューマン-コンピュータ・インタラクション

キーワード：臨場感 仮想空間 可視化 移動映像

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

災害に適切に対応するには、災害を想定し、地域的な特性を踏まえた防災訓練を実施することが重要である。擬似的な災害環境の下で擬似的な防災活動を行うことで、災害に適切に対処するための技術や能力を身につける。安全を確保しつつ、安全な場所まで避難するには個人の避難活動に加えて、周りの人々との協力や他者への配慮が要求される。大規模災害では被災する住民の数や地域は大きく、住民自身による適切な判断や住民同士の助け合いが不可欠だからである。そのため、職場や地域コミュニティにおける防災訓練が実施され、防災・減災の活動が実施されている。

一方で、特に大規模災害では短時間に様々な事象が発生し、適切な判断の必要性が指摘されている。これに対して、現状の防災訓練では実技・実働訓練が中心になっており、災害時に適切な判断を行うための意思決定訓練は十分に行われていない。これは、大規模災害のような厳しい条件の下では災害状況が想定できないため、防災活動における意思決定訓練を有機的に実施することが困難であることが一因になっている[1]。そのため、防災意思決定訓練を適切に行うには、大規模災害が発生したときに各地域で何が起きるか、その災害に対して人々がどのように行動するかを過去の災害に基づいて分析し、さらにそれらを具体的に提示する環境を構築する必要がある。そのような提示環境が提供する視聴覚情報には臨場感が与えられ、具体的な災害状況や人々の行動が反映されなければいけない。これは、質の高い防災訓練の機会を提供する上で重要な意味を持つ。

視聴覚情報に臨場感を与えるには、映像音声の解像度及び画角を拡張する方策が一般にはとられる。この場合、臨場感はその場にいるような感じという意味である。視覚的臨場感を実現するために、映像を再生するディスプレイの解像度と画角が大きくなった。これに伴い、音響システムに対してもその臨場性が強く求められるようになった。音響に臨場感を与える一つの方法は、音像、つまり、音が聞こえる方向を制御することである。これまで、音像を制御する手法として、2チャンネルシステムや5.1チャンネルサラウンドが使われてきた。2チャンネルシステムは音像をスピーカの間で定位でき、5.1チャンネルシステムは側方や後方で音像の定位ができる。20チャンネル以上のスピーカを使うシステムでは、音像を水平面だけではなく、3次元的に定位することができる。ところが、多チャンネル再生には膨大な演算処理が要求され、その処理をこなす大規模な音響再生システムが必要である。そのため、その音響再生システムは高額になる傾向があり、なかなか普及には至っていない。そこで、音響的臨場性を簡易に実現する仕組みが必要である。

具体的な災害状況や人々の行動を防災訓練に反映するには、過去の災害において何が起きて、人々がどのように行動したかを分析し、これらをモデル化する必要がある。これまでは災害状況やそれに対する人々の行動は把握するのが困難であったが、SNS(ソーシャルネットワーキングサービス)上のつぶやきが、災害時の被災状況を知る重要な情報源として用いられつつある。つぶやきの投稿は随時行われるため、実時間性の高い情報が得られる。被災地域の現状が知れたり、被災地域の住民が必要な情報を入手したりすることに使われる他、情報交換するためのコミュニケーションツールとしても有効に働く。間違った情報やデマが流れたりするという課題はあるものの、災害発生時の重要なコミュニケーションメディアになっている。一方で、SNSのつぶやきは災害発生状況とその地域の人々の避難行動の記録にもなっており、その分析が防災という観点で注目されている。SNSの情報は、携帯電話の位置情報のように直接的な行動の記録ではないが、行動の要因につながる情報が含まれている可能性がある。そのため、災害が発生したとき、被災住民や彼らを取り巻く人々の関心及び感情を推定する試みが行われてきた。しかし、こうした関心や感情は災害発生時から時間的に変化すると考えられ、その時系列情報の分析は不可欠である。そこで、SNSのデータを経時的に分析し、可視化する仕組みが必要である。

2. 研究の目的

大規模災害での退避及び救助活動における意思決定を支援するため、災害状況を具体的に想定する方策として、臨場感を伴う映像音声の提示環境の構築と、災害発生時の避難行動、被災者や被災状況についての分析の可視化を行う。

臨場感を伴う映像音声の提示環境の構築では主に音響的臨場性に焦点を当て、その音像定位の処理負荷を低減する手法について研究する。音響環境における音像定位の簡易化を図るため、音像の座標を離散的に与えて音像定位の演算量を低減する方法を提案し評価する。防災訓練において災害環境を再現する仮想環境は、映像及び音声を再生する。そのため、離散的な座標を与える移動音と共に映像を提示することができる。しかし、両者の提示条件の違いによる影響はあまり研究されておらず、よくわかっていない。そこで、離散化移動音と映像の条件を様々に変化させ、移動音と映像とが同期する条件を探索し、主観評価実験によりその有効性を示す。

災害発生時の避難行動、被災者や被災状況についての分析の可視化では大規模災害時のSNS上でのつぶやきに焦点を当て、その話題の抽出とその可視化について研究する。SNS上の膨大なつぶやきから話題を抽出し、その話題がどのように変遷していくのかを可視化する手法を構築する。話題はトピックモデルを利用して自動抽出されることを想定しており、日々の膨大なつぶやきはその話題も多様であることから、話題の数も多い。そのため、話題同士の関係性やその継続性を追跡するのは容易ではない。このような用途には可視化が有効であると考えられるが、そうした研究は多くない。そこで、SNS上のつぶやきから期間毎のトピックを抽出し、そのト

ピック間関係を導出して、その関係がどのように推移するのかを可視化する手法を考案する。

3. 研究の方法

音響的臨場性を高めるため、音の移動を伴う音像定位を行う。このとき、音像定位の演算処理の負荷を低減するため、音像の座標を離散的に与えて移動音を再生する。音像の提示間隔が広くなると、音の移動が断続的に感じられる。そこで、視覚情報として映像を同時に提示することで、音の離散化の影響を低減することを試みる。視覚情報と聴覚情報の相互作用の一つに、腹話術効果[2]がある。これは、視覚情報と聴覚情報が同時に提示されたとき、音像の位置を知覚する刺激として聴覚情報よりも視覚情報を優先するというものである。この効果を利用すれば、離散化された移動音に対して連続的な移動映像を提示することによって、円滑な音像定位として知覚されるのではないかと考えられる。

この腹話術効果には生起条件がある。視覚情報と聴覚情報の空間的距離が近いほど、また、情報提示の時間的ズレが小さいほど、腹話術効果が生じやすい[3, 4, 5]。また、両情報の意味的な一致（顔と音声など）がある方が、その効果の生じやすさが上がる[6]。ただし、視覚情報が周辺視野に与えられたり[7]、映像音声の提示が短かったり[8]するなど、視覚情報の不足は腹話術効果の生起を阻害する。固定音像でも、腹話術効果によって映像の移動方向に音像の移動を知覚するといった結果も示されている[9]。腹話術効果を評価する従来の実験条件は、固定音像か、連続的音像移動に限られ、単一周波数や雑音性の音が提示されてきた。そこで、離散的に音像を与え、しかも防災訓練に即した移動音を提示条件として評価実験を実施する。

SNS 上のつぶやきから話題を抽出するため、トピックモデル[10]を利用する。トピックモデルは、文書中に単語が出現する確率分布を推定する。文書中の単語の出現数に着目し、文書中の単語の集まりを抽出することによって、文書を統計的にトピックに分類する。一つの文書には複数のトピックが含まれ、各トピックの単語の出現確率を合算した形で単語が生成されると仮定している。従って、出現する単語の種類と数はトピックによって異なることになる。トピック別に単語の出現確率を推定することによって、トピックの間の類似性やその意味を導出する。

文書中の単語は膨大な数に上り、その表現として単語の出現頻度をベクトル (bag-of-words) で表す方法を用いる。時系列上に並ぶつぶやき文書のある時間間隔に区切り、その時間間隔内に含まれるつぶやきに対して潜在的ディリクレ配分法 (LDA) [11]を適用し、各時間間隔内のつぶやき文書群からトピックを抽出する。その上で、隣接する時間間隔内のトピックの間の類似度を導出し、トピックの時間的推移を求める。時系列文書のトピックを追跡するには動的トピックモデル[12]が提案されているが、トピック間を一次元の動線で結ぶ手法であり、複数のトピックの関係を探るのが難しい。

トピック追跡においてトピックの数が多い場合、その表示の仕方に配慮しないと、トピックの追跡は難しい。そこで、トピックをブロックで表現し、そのブロックを矢印で結んでネットワーク表示する試みが行われている[13]。遷移状態を表現する可視化手法に、Sankey diagram [14]がある。本研究では Hurricane Harvey [15]に関連したつぶやきを解析し、その時間的推移をこの Sankey diagram を使って可視化する。

4. 研究成果

離散的な音像を与える手法を説明する。移動音は、その音圧レベルが聴者の頭部辺りで一定になるように、聴者から等距離を移動させる。音像は左右のスピーカの出力音圧の差によって与えられ、その定位位置は円弧の範囲とする。離散化移動音と映像の主観評価実験で提示する映像音声は、災害現場に存在すると考えられる映像音声の組を事前実験で選定した。その結果、救急車サイレンの音源に対して救急車の画像の組、消防車サイレンの音源に対して消防車の画像の組を選定することとした。

次に、音像定位方向の精度を確認する。聴者に対して音を 1 秒間提示し、その音源の方向を回答させた。音像定位位置は、聴者の前面に対して 11 方向からランダムに選定された。また、音の音圧レベルは救急車サイレンを 60 dB で、消防車サイレンを 63 dB とした。音像定位位置に対する誤差は救急車サイレンに対して平均 6.6 deg、消防車サイレンに対して平均 5.2 deg であった。全体的な傾向として、音像は、聴者の正面方向からの方位角が大きくなるほど、提示位置よりも外側に提示されているように感じる事が観測された。

映像音声の提示条件を変え、移動音の印象に与える影響を主観評価した。移動速度と提示時間が音と映像の同期感覚に与える影響の調査では、離散的に音像を与えた移動音と、連続的に移動する音源の映像を同時に提示して、音と映像の同期感覚を測定した。視聴覚情報は、先に述べた救急車サイレンと消防車サイレンであり、前者の後、2 秒後に後者が提示された。実験のタスクは、両方を視聴し、音の動きと映像の動きとが同期している程度について、どちらかを選択することとした。映像音声の提示時間は 2.5 sec と 5.0 sec の 2 種類とし、移動速度をそれぞれ 18.4 deg/sec と 9.2 deg/sec とした。また、音像の分割数は、4, 5, 6, 10, 150 に設定した。その結果、提示時間または移動速度の違いによって、移動音と映像とが同期していると感じるのに必要な分割数が変化することが観察された。そのため、提示時間または移動速度が同期感覚の評価に影響を与える可能性があることがわかった。その後、提示時間または移動速度が同期感覚に与える影響を個別に評価した結果、移動速度の違いによる同期感覚への影響はないこと、提示時間の違いによる同期感覚への影響はあることが確認された。さらに、提示時間は、違和感のない音像移

動に必要な分割数に影響を与えること、提示時間が 2.4 sec を超えるとき、提示時間が長くなるほど同期感覚が示されることがわかった。

SNS 上のつぶやきから抽出したトピックの間の関係を導出し、その関係が時間に伴ってどのように推移するのかを可視化した結果を示す。つぶやきの対象とするイベントとして、Twitter の dataset が公開されている Hurricane Harvey を選択した。Hurricane Harvey は、2017 年 8 月に米国に上陸した大型のハリケーンで、テキサス州南東部を中心に甚大な被害をもたらした。9 月にはフロリダに Irma が、プエルトリコに Maria が上陸し、被害を拡大した。この Harvey の特徴は豪雨で、24 時間雨量が 650 mm に達するなど、米国で観測された最高雨量を上回るとされている。

計算負荷の制約のため、Hurricane Harvey に関する Twitter の内、公開されている dataset の中で 33,581 tweets だけを分析に使用した。分析ツールとして R を使い、統合開発環境として RStudio を使った。この tweets は英文であるため、英文における stop-words を除外する前処理を実施した。R には LDA に基づくトピックモデルのライブラリが用意されており、これをそのまま利用した。また、Sankey diagram を表示するために、ライブラリ networkD3 を利用した。

抽出したトピックの時間間隔間の関係は、トピックを構成する単語の出現しやすさと文書中の希少度とに基づいて類似度を算出した。この単語の出現しやすさと文書中の希少度との積は特定のトピックに出現する単語で大きな値をとり、その単語の文書内での重要度を示す尺度に当たるものである。それぞれのトピックの内容を表すと考えられる単語はこの重要度の尺度に基づいて選別され、その数を 20 に設定した。また、ある時間間隔内のつぶやきに含まれるトピックの数は、指標 coherence によって決定した。トピックモデルの評価指標として、coherence と perplexity とがある。前者は抽出されたトピックの品質を評価するための指標であり、後者はモデルの予測性能を測るための指標である。指標 coherence を用いて時間間隔ごとのトピックを決定したところ、5 つの時間間隔に対してトピック数 20, 20, 20, 14, 18 が得られた。隣接する時間間隔に含まれるトピックの間の関係は、各トピックをベクトル表現し、そのコサイン類似度によって判定した。

図 1 は、最初の時間間隔において抽出されたトピックに含まれる単語の出現分布をトピック 12 番目まで示したものである。各トピックには同じような単語が含まれているが、その出現割合はトピックによって異なっていることがわかる。

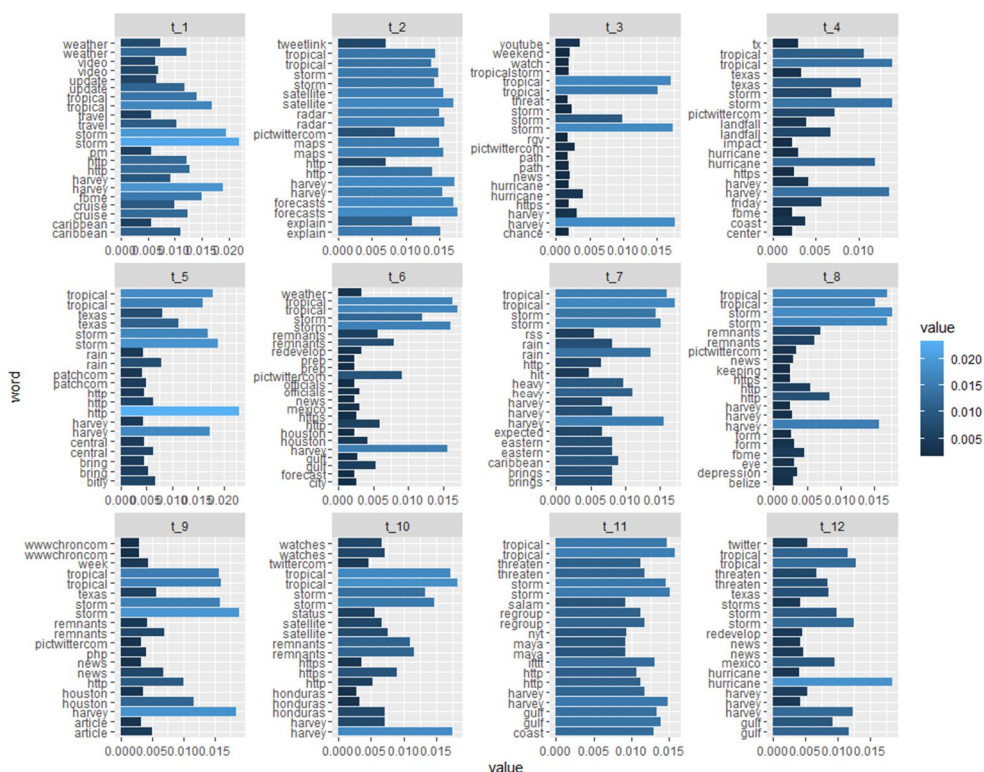


図 1 : 抽出されたトピックに含まれる単語の出現分布

図 2 に、5 つの時間間隔に対してトピックの推移を Sankey diagram で示した。一つのブロックが一つのトピックを表し、同じ色は類似のトピックであることを示している。ブロックを接続する曲線がトピックの継続性を表し、縦の配列は同一時間間隔であることを示す。類似度の閾値を比較的 low に設定したので、各時間間隔で抽出された多くのトピックに対して隣接する時間間隔の間の類似性が認められる。また、トピックが消滅しないで、長く継続するものが存在するこ

とがうかがえる。

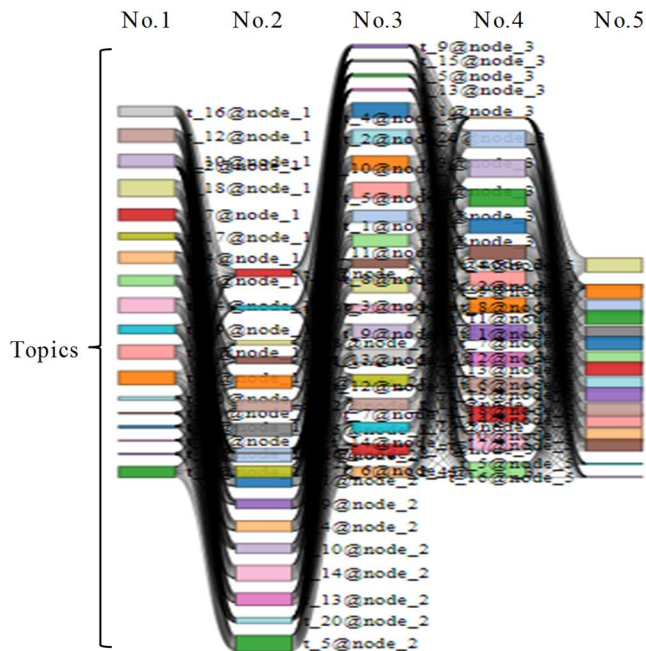


図2：トピックの推移の Sankey diagram

<文献>

1. 内閣府, 防災白書, (2015).
2. R. B. Welch & D. H. Warren, Immediate perceptual response to intersensory discrepancy, *Psychological Bulletin*, 88(3), 638–667 (1980).
3. C. E. JACK, Effects of degree of visual association and angle of displacement on the "ventriloquism" effect, *Perceptual and Motor Skills*, 37(3), 967-979 (1973).
4. D. A. Slutsky & G. H. Recanzone, Temporal and spatial dependency of the ventriloquism effect, *Neuroreport*, 12(1), 7-10 (2001).
5. 小宮山撰, 大画面テレビ視聴時における音像定位, *日本音響学会誌*, 43(9), 664-669 (1987).
6. M. Radeau, Signal Intensity, Task Context, and Auditory-Visual Interactions, *Perception*, 14(5), 571–577 (1985).
7. 木村真弘, 梶井浩, 高橋誠, 山本克之, 周辺視野における腹話術効果, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, 4(1), 253-260 (1999).
8. N. Bolognini, F. Leor, C. Passamonti, B. E. Stein & E. Làdavas, Multisensory-mediated auditory localization, *Perception*, 36(10), 1477–1485 (2007).
9. S. Mateeff, J. Hohnsbein & T. Noack, Dynamic visual capture: apparent auditory motion induced by a moving visual target, *Perception*, 14(6), 721–727 (1985).
10. 佐藤一誠, トピックモデルによる統計的潜在意味解析, コロナ社 (2015).
11. D. M. Blei, A. Y. Ng & M. I. Jordan, Latent dirichlet allocation, *Journal of Machine Learning Research*, 3(Jan), 993-1022 (2003).
12. D. M. Blei & J. D. Lafferty, Dynamic topic models. *Proceedings of the ICML (ICML'06)*, 113-120 (2006).
13. 北田剛士, 風間一洋, 榊剛史, 東日本大震災時のツイートのトピック系列の可視化と分析, *人工知能学会全国大会論文集*, 29, 1-4 (2015).
14. M. Schmidt, The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management, *Journal of Industrial Ecology*, 12, 82-94, (2008).
15. Eric S. Blake and David A. Zelinsky, Hurricane Harvey, National Hurricane Center Tropical Cyclone Report (2018).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Kikuo Asai and Yuji Sugimoto
2. 発表標題 Topics Transition of Tweets in Time Series During Disaster
3. 学会等名 2020 International Conference on Machine Learning and Human-Computer Interaction (MLHMI 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉林実可, 武藤憲司
2. 発表標題 トランスオーラル方式による跳躍的な移動音像の提示
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会, A-5-7, p.49
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉林実可, 井上綾乃, 武藤憲司
2. 発表標題 広い視角を移動する音源の映像が移動音像の印象に与える影響の調査
3. 学会等名 日本人間工学会関東支部第49大会, A-4-3, pp.32-33
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mika Kurabayashi, Kenji Muto
2. 発表標題 A study on the relationship between speed of sound image and evaluation value of moving sound image
3. 学会等名 23rd International Congress on Acoustics, Proc. of ICA 2019, 4849-4854 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉林実可, 武藤憲司
2. 発表標題 刺激の提示順序が移動音像の印象に与える影響の調査
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉林実可, 武藤憲司
2. 発表標題 音源の映像の移動速度が移動音像の印象に与える影響の調査,
3. 学会等名 日本音響学会春季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉林実可, 武藤憲司
2. 発表標題 刺激の提示順序が移動音像の印象に与える影響の調査方法
3. 学会等名 電子情報通信学会東京支部学生会第24回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉林実可, 武藤憲司
2. 発表標題 移動音源の映像が移動音像の座標に与える影響の調査
3. 学会等名 日本人間工学会関東支部第48大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 倉林実可, 武藤憲司
2. 発表標題 音源の映像が移動映像の印象に与える影響の調査
3. 学会等名 日本音響学会秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kikuo Asai, and Hideaki Takahashi
2. 発表標題 How various students can access face-to-face lectures remotely and synchronously
3. 学会等名 Proc. Annual Conference on Asian Association of open Universities (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅井紀久夫、杉本裕二
2. 発表標題 没入環境における立体視の主観評価
3. 学会等名 電気学会
4. 発表年 2018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	武藤 憲司 (MUTO Kenji) (30259832)	芝浦工業大学・工学部・教授 (32619)	

