

## 表現活動のためのコンテキスト情報技術

西村拓一<sup>†</sup> 久保田秀和<sup>†</sup> 中村嘉志<sup>†</sup> 濱崎雅弘<sup>†</sup>  
ホープトム<sup>†</sup> 江渡浩一郎<sup>†</sup> 須永剛司<sup>††</sup>

本稿では、人々の表現活動をより深くより社会的にすることを旨とし、コンテキスト情報技術について論じる。まず、現状の表現活動を調べ、様々な表現者が互いに連携することで表現の連鎖がおきている状況を示す。次に、表現活動の深化と社会化のために役立つと考えられるコンテキストを概説する。特に芸術表現を行うワークショップなどの場を多数の視点で様々な情報を記録し、人々の活動を振り返りや再表現を支援するために重要なユビキタス・センサネットワーク技術を紹介する。まず、ワークショップ（参加体験型の創造的活動）での活動記録を目的として、記録した複数の音響信号から、参加者のその場における位置履歴を推定する手法について述べる。ワークショップの音声記録を行うだけでなく、位置センサや方向センサを用いなくとも、録音装置と音源装置を用いるだけで参加者の位置履歴を推定することができる。

## Contextual Information Technology for media exprimo

Takuichi Nishimura<sup>†</sup>, Hidekazu Kubota<sup>†</sup>, Yoshiyuki  
Nakamura<sup>†</sup>, Masahiro Hamasaki<sup>†</sup>, Tom Hope<sup>†</sup>,  
Kouichirou Eto<sup>†</sup> and Takeshi Sunaga<sup>††</sup>

This paper aims to deepen and socialize expression activities of people. And shows the recent expression activities Web systems. Next estimation methods of user context or artwork context will be explained. Especially this paper shows an activity capture method of attendees and facilitators for indoor interactive workshops, which are events designed for participatory learning and creative endeavors in group. Without any special location sensors or direction sensors, a simple acoustic recorder and player for every user and artifact in the workshop enables the method to estimate the user location history as well as recording the audio scenery. Each audio signal captured by a recorder is analyzed and identified as a specific sound emitted from a corresponding audio player. The locations and orientations of all users are estimated by collecting all the information in the vicinity of each attendee. Users can re-experience the workshop using a map of the workshop room and attendees' locations and orientations.

### 1. はじめに

昨今の情報技術の発展により、従来の放送局の放送対象地域をはるかに超える人々に対して、いつでもどこでも誰でも情報を発信できるようになった。また、電話などの1:1が主だった通信分野においても、世界中の人とテキストや動画像でコミュニケーションできるようになっている。

一方、人類は太古より洞窟壁に絵を描いたり、縄で模様をつけた壺を作成したりするなどの表現活動を行ってきた。表現するためのツールも絵筆や彫刻刀、キャンパス等、様々なものが生み出されてきた。これらの表現物は、様々な形態で長い時間をかけて世界的に刺激しあい流通しており、社会的な創造活動が時空間を超えて繰り返されてきたと言える。昨今では、計算機およびインターネットを利用したデジタル表現が広がることにより、表現ツールの可能性だけでなく表現物の流通の速度と範囲が桁違いに高まっている。その結果、プロのアーティストやジャーナリストではなく一般市民が発信するユーザ主導型コンテンツ User Generated Content(UGC) が大きな注目を集めるようになってきている。

WikipediaをはじめとしてQAサイトやSocial Bookmarkingでは、多くの人々の知識が集うことで巨大かつ有用なコンテンツが作られている。また、YouTubeやFlickrなどでは多くの人々の作品が集うとともに、それに触発を受けてまた新たな創作活動が生まれるといった現象が起きている。Fischerはこのような複数人のインタラクションにより生み出される創造性をSocial Creativityと呼んでいる[1]。

本稿では、このような市民による芸術的な表現活動[2]に有用なコンテキスト情報技術について考える。表現活動では、その人の過去の経験、思考と感情パターン、現在の状況、表現したい5WIH、誰に対して表現するか、が複雑に絡みあっている。現在の状況としては、他者とのやりとり、空間から受ける五感の刺激などがある。空間には人工的なものや自然なものが様々な形態で存在し人に影響する。他者からは愛情や憎悪などが入力される。これらの入力と内部の心の動きの結果、表現活動が行われる。

「5WIH+誰に」とは、誰が、何を、いつ、どこで、どうして、どのように（表現ツール、表現技術）、誰に対して表現するかということである。これらの活動が世界規模の社会システムの中で実世界、サイバー世界を融合して再帰的に進行している。

ユーザが表現活動を行う実空間としては、自宅だけでなく学校や職場、駅などの公共空間もあげられる。現状で多くの人々が利用しているユーザデバイスは、携帯電話、ICカードである。携帯電話では、写真を撮って位置やコメント情報をつけて友人と共

<sup>†</sup> 産業技術総合研究所  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology(AIST), CREST, JST

<sup>††</sup> 多摩美術大学  
Tama Art University, CREST, JST

有したりブログにアップするという表現活動がいつでもどこでも行うことができる。IC カードは表現活動に直結しないが位置履歴や購入履歴を用いた活動の記録が可能である。

特に 1960 年代以降、世界中の様々な分野において、ワークショップと呼ばれる実空間における参加体験型の学習や創造的活動が広がりを見せている[3]。このようなワークショップは、合意形成や創造表現のみならず、ブレインストーミングや参加者同士の体験共有、コミュニケーションを活性化し、結果として表現活動が大きく刺激されると考えられる。参加者や主催者は活動をリフレクション(振り返り)することで自己や他者の表現を鑑賞し鑑賞能力や表現能力が向上するだろう。リフレクションとは、参加者や主催者がワークショップの活動記録を閲覧し、活動に解釈や感想を付与し、自己や他者が付与した解釈や感想を閲覧することで、活動を振り返り思考することと本稿では定義する。

我々は持続的でより深い価値を生み出す表現活動を支援したいと考えている[2]。そのために、表現を深める循環的な活動と社会的なつながりを広げる循環的な活動の二つの循環を組み合わせた表現活動をデザインし支援したい。特に、ワークショップでの表現行為や表現物の再利用、ユーザの活動を記録し追体験できるシステムを考案し、表現の循環を深化し持続的に支えたいと考えている[エラー! ブックマークが定義されていません。][エラー! ブックマークが定義されていません。]。

本稿では、まず表現活動の具体例としてニコニコ動画と Modulobe での創造の連鎖を取り上げる。3 節では、表現動作自体、表現物、ユーザのそれぞれのコンテキストを取得するシステムに関して紹介し、4 節でまとめる。

## 2. 表現活動の具体例

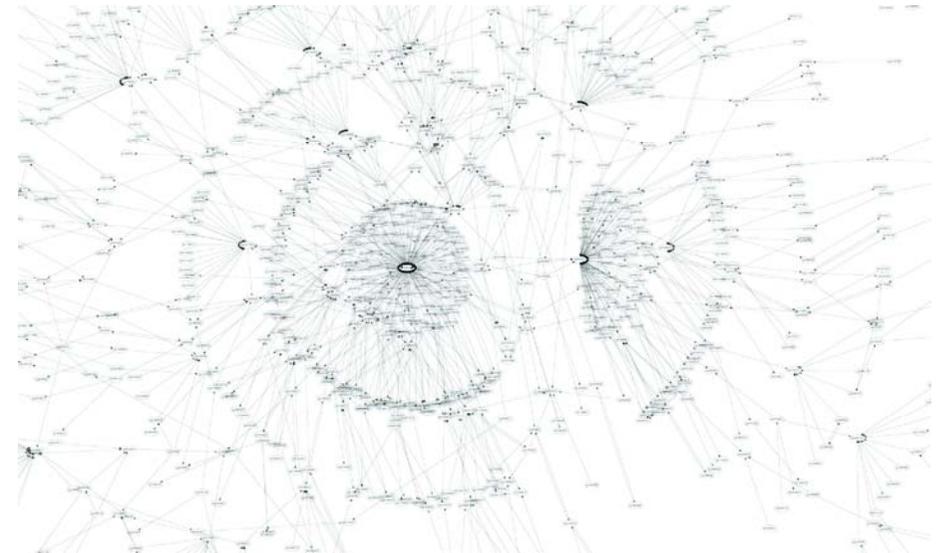
### 2.1 ニコニコ動画での表現活動

本節では、表現活動の一例として動画共有サイトのニコニコ動画[a]における初音ミク動画[b]をとりあげる。初音ミクは音声合成ソフトウェアであるが、多くの人々がこの「初音ミク」に触発されて多数の音楽、イラスト、そして動画を作成している。初音ミク動画では作詞作曲をする人、ソフトウェアをつかって合成音声进行调整する人、絵を描く人、さらにはCGを作成する人といった異なるカテゴリのクリエイターたちの相互作用によって作品が生み出されている。初音ミクのようなコンテンツ作成ソフトウェアが人々の創作の幅を広げ、ニコニコ動画のようなコンテンツ共有サイトが多くの人々に作品の発表および鑑賞の場を与えている。

ニコニコ動画は国内においてもっとも有名な動画共有サイトの一つである。2006 年

1 月にサービス開始し、2009 年 1 月の時点でユーザ数は 1100 万を数え、登録された動画数は 200 万本を越える。そのニコニコ動画において人気コンテンツの一つが初音ミクに関する動画である。

初音ミクは合成音声に歌を歌わせるソフトウェアであり、ユーザはコンピュータミュージックのように曲と歌詞を入力してソフトウェアをチューニングすることで歌唱付きの合成音を作り出すことができる。初期においては、すでにある曲を初音ミクに歌わせるということが行われたが、次第にオリジナル曲が歌われるようになった。同時に、初音ミクのマスコット化も進んでいき、人々が新しい初音ミクのイラストを作成し投稿するようになり、さらにそれらオリジナルソングやイラストを用いて、ミュージシャンのプロモーションビデオのような動画の作成も行われた。このようにして作曲や作画といった異なる分野の複数人の作者が緩やかに参加しながら作品作りが行われている。



「初音ミク」というタグのついた動画26,709本(2008年5月31日時点)のうち、再生回数が3000回以上の動画7,138本のデータを収集し、説明文を解析した。他の動画へのハイパーリンクが説明文に書かれている動画は4,845個あり、得られた動画間リンクの数は12,507本であった。

図 1 動画の引用関係ネットワーク (一部)

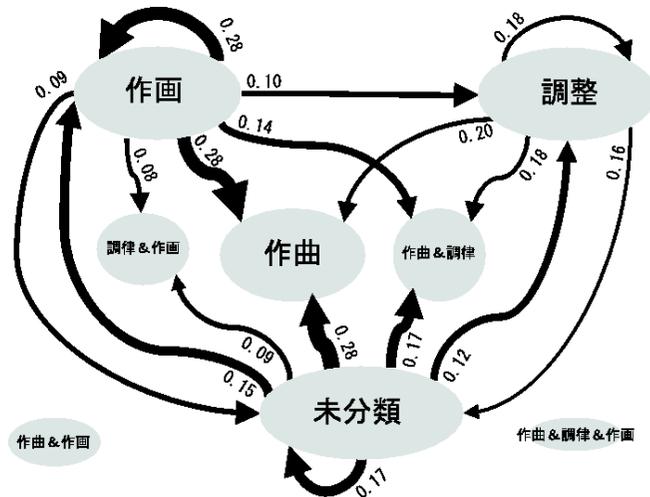
Figure 1 A Part of Reference Network of Hatsune Miku Movies

a) <http://www.nicovideo.jp/>

b) <http://www.crypton.co.jp/mp/pages/prod/vocaloid/cv01.jsp>

ニコニコ動画では各動画に投稿者が付けたタイトルと説明文がある。説明文には、他の動画を引用した場合に、その元データへのハイパーリンクが書かれることが多い。そのため、このリンクを辿ることで引用関係のネットワークを作成することができる。図1は初音ミク動画における動画間の引用関係ネットワークである[14]。

中心に二つ、多くのリンクを集めている動画があることがわかる。人気の動画や作者に引用が集中するという傾向が見えられた。また、動画の被リンク数と再生回数の相関係数を調べたところ0.81と強い相関がみられた。視聴者に人気の動画は他の作者からの引用においても人気であるという傾向は、消費者と作者が一緒であるUGCらしい特徴といえる。



ノードがカテゴリ、リンクが各カテゴリに属する作者間での引用関係を示している。ノードの大きさが属する作者の数、リンクの太さが作者間の引用関係の数を示している。リンクの横の数字は引用関係の数を引用元カテゴリの引用関係の総数で割ったもの。カテゴリ間の引用関係の数が50以下の場合にはリンクを表示していないため、全てのリンクの数字を足しても1.0にはならない。

図2 創作活動カテゴリ間の引用関係  
Figure 2 Relationship among Creation Categories

初音ミク動画の創作活動のカテゴリを大きく「作曲」「調整」「作画」に分類して、

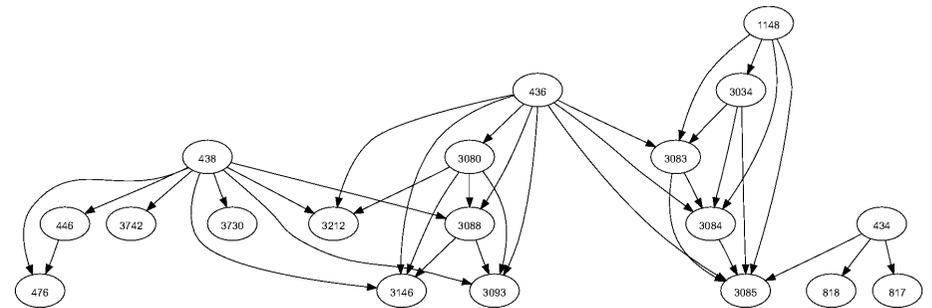
それぞれのカテゴリ間の関係を調べた。動画の分類にあたっては、まず利用頻度の高いタグを手で確認し、24個の分類に寄与するタグを見つけた。次にそのタグがついているかどうかで動画を分類した。そして動画のカテゴリから作者の創作カテゴリを決定した。特に被引用数の多い動画や作者に対しては目視で確認・修正を行った。

図2は各カテゴリ間の関係である。矢印は引用した作者のカテゴリから引用された作者のカテゴリへ向いている。矢印の太さは引用関係の多さを表している。図を見ると作曲が特に多く引用され、また、作画が積極的に引用を行っていることがわかる。このことから、作曲が創作活動を誘発するのに大きく影響したこと、創作の連鎖を生み出す上で作画が貢献していることが伺える。

作画の引用数の多さや作者数の多さ(346人)に関しては、同人誌文化や独自のツールが生み出されて創作支援環境が充実したことなどが理由として考えられる。一方で作曲は重要な役割を持つにもかかわらず作者数が比較的少ない(111人)ため、作曲を行う作者の支援やコミュニティ参加を促す行った支援が、初音ミク動画における創作活動の活性化に効果的なのではないかと考えられる。

## 2.2 Modulobeでの表現活動

Modulobe[10]は2種類のパーツの組み合わせと動作パターンのプログラムにより動く3Dモデルを作成するツールである。Modulobeでは他のモデルを再利用することで、モデル間に親子関係が生成される。



モジュールに埋め込まれたIDを元に引用関係を抽出した可視化したもの。ノードの数字はモデル番号を示す。リンクの矢印は引用元から引用先に向かっている。

図3 Modulobeにおけるモデルの引用関係ネットワーク (一部)  
Figure 3 A Part of Reference Network of Modulobe Models

親子関係のあるモデルの組は全部で531組あり、親となったモデルは349個(全モ

デルの 10.4%), 子となったモデルは 449 個 (同じく 13.4%) であった。親子関係は何世代でも構築可能であるが, 実際にはほとんどが 2 世代までで, 最大で 4 世代であった。図 3 はもっとも多くのモデルが参加しているモデル間親子関係ネットワークである。図 3 のネットワークには親を持たない始点ノードとなっている 4 つのモデル (434, 436, 438, 1148) がある。436 「変円」と 1148 「8 変化」はシャフト数が 10 個程度の非常にシンプルなモデルであった。この二つを再利用したモデルの多くは, 他の複数のモデルを同時に再利用しており, 親モデルを素材として活用している様子がわかる。対して 434 「超メリーゴーランド」と 438 「プテラノドン」は非常に複雑なモデルであり, これを起点に多くの複雑なモデルが作られているものの, 大半が親モデルが一つであり, 親モデルをベースとして改造する形で活用している様子がわかる。



いずれもユーザにより共有サイトに投稿されたモデル。それぞれ水平移動するが, 異なる方法で移動を実現している。

図 4 様々な方法で水平移動するモデル

Figure 4 Examples of a Model which moves horizontally

なお, Modulobe はモデルの中身が容易に見えるため, 必ずしもコピーを行わなくて

も容易に模倣をすることができる。実際に, モデル共有サイト内のコメントから模倣したことが伺えるケースがいくつかあったが, Modulobe のシステム上ではコピーが行われていなかった。このような, ユーザがモデルを見て模倣することによって生じる継承関係をどのようにシステムがトラッキングするかは今後の課題である。

図 4 はそれぞれ水平移動するモデルである。投稿された Modulobe のモデルには様々な動きをするものがあるが, 水平移動するモデルはよく見られるものの一つである。ワークショップでユーザを観察していると, 最初は試行錯誤で不規則に飛んだり跳ねたりするモデルを作るが, コツを掴んでくると, 構造やリンクの振幅を制御して, 安定して水平移動するモデルを作ろうと試み出す様子が幾度か見られた。また, 共有サイト内では, より早く水平移動するモデルを作ろうと競争が行われているケースもあった。

Modulobe のモデルで水平移動を実現する方法は様々である。図 4-左上は, 右前足と左後ろ足, 左前足と右後ろ足を連動させ, 足を上げながら前にもっていき, 足を下げながら後にもっていくという動作を繰り返すことによって前進するモデルである。他にも, 骨格はほとんど同じであるが, 左右の足を同時に動かし, 前後の足で違う動きを繰り返すことによって, ジャンプしながら前進するモデルも見られた。図 4-右上は, 蛇のように這うことによって前進するモデルである。地面との間の摩擦力は, 接地する角度によって摩擦力の働く方向が異なるため, このように角度を変化させながら左右に移動するだけで, 前進する方向に力が発生する。図 4-下は, 車輪を回転させることによって前進するモデルである。このモデルはまだ安定して水平移動しないが, このモデルを見た他のユーザが三輪により安定移動するモデルを作成し公開している。

以上のように水平移動という機能一つ取っても, 様々な方法で実現されていることがわかる。モジュールとモジュール間の動きを設定するだけというシンプルな仕組みが, このような多様な水平移動方法の発案を促し, また, 共有サイトを介したユーザ間の相互作用が個々の水平移動方法をより洗練させていったと考えられる。

### 3. コンテキストの取得

#### 3.1 表現行為のコンテキスト

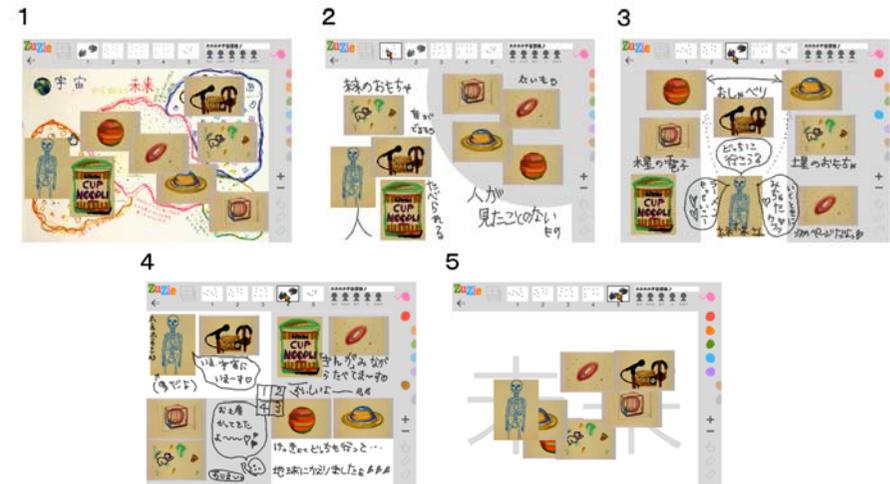
グループでの表現活動を支援しコンテキストを記録する表現深化支援システム「Zuzie」を紹介する。人がそれぞれの日常について, 写真や文章, 語り, 音楽, 絵画, 映像, あるいはそれらの複合体として表現する際に, 自分や他者が何を, どのように, なぜ表現したのか, そこにどんな価値が生まれたのかなどを, 様々な文脈のもとに解釈することが重要である[5]。そのため, 我々はこれまでにメディア表現を介した学習

活動の支援を目的として、主観的表現の制作と吟味が同時に可能な表現深化支援システムZuzieの開発と評価を進めてきた [6][7]。本節ではZuzieの概要について述べる。

Zuzieは図画表現の制作を中心としたワークショップにおける学習活動において利用される。ユーザはZuzie上で、電子化されたカードサイズの絵や写真を用いたデジタル組作品を制作することができる。デジタル組作品とは複数枚のシート作品の組であり、各シート作品は複数枚のカードとカードを自由にレイアウトするための1枚のシートで構成される(図5)。Zuzieではこのカードのレイアウトとシートに描かれた背景画がシート作品を解釈する上での文脈であると定める。その上で、共通のカード集合を用いて異なる文脈に基づいた複数のシート作品を制作し、切替え表示できる点を特徴とする。Zuzieの狙いは、一つの組作品を制作する過程において、この切替え表示を用いてシート作品を比較可能とすることによって、人々の表現活動を支えることである。ここで生まれた図画表現は、同じカードであってもシートに描かれた背景画や全体のレイアウトによって意味が変化しているという特徴を持つ。

例えば、図5のデジタル組作品は日本科学未来館におけるZuzie実践において、小学校6年生のグループが館内の展示物を自分でスケッチした絵を用いて5枚のシート作品を制作したものである[8]。このうち土星の描かれたカードはシート作品2では「丸いもの」「人が見たことのないもの」として分類され、シート作品3では宇宙探検の行き先として分類される。また、シート作品4ではシートを区切って制作された4コマ漫画のストーリーの中に組み込まれている。

Zuzieはサーバクライアント型で実装され、Flashで開発された視覚表現ツール(クライアント)がWebブラウザ上でデジタル組作品を制作、閲覧できるインターフェースを提供し、サーバとシステム管理ページがデジタル組作品とユーザを管理する。デジタル組作品の制作に際しては、ユーザは1人あるいは2から4人程度からなるグループを組んで、Zuzie上で1つのシート作品を制作する。ただし同時に作業できるのは1人であり、複数人が利用する場合、Zuzieの操作者は必要に応じて交替する。シート作品はそれぞれ1枚のシートを持っており、ユーザはシートの柄を描画ツールを用いて自由に描いたり、あらかじめ用意された背景画ファイルから選択することができる。また、シート上には複数枚のカードを自由にレイアウトすることができる。カードは「画像」「作者の顔写真」「作文」の3つの要素を内部に持ち、いずれかのサムネイルがシート上に表示される。このレイアウト操作はペンタブレットやマウスによるドラッグアンドドロップで行われる。



5つのシート作品は共通のカード集合を用いて制作されるが、カードを解釈するための文脈(レイアウト、背景画)は作品毎に異なっている。

図5 デジタル組作品の例

Figure 5 Example of Digital Composition

Zuzieでは一度に1枚のシート作品を表示して制作作業を行うが、いつでも別のシート作品へ切替えることができる。その際、シートの背景画が変化するとともに、シート上のカードも切替え前の作品上での位置から切替え後の作品上での位置へ変化する。Zuzieではこのようにシート作品を切替えることによって、カードを用いた表現を様々な方向から比較可能とする。この切替えの際には表現の違いをアニメーションで滑らかに変化させることによって、ユーザにとってシート作品の比較が容易になるよう作成している。

### 3.2 作品のコンテキスト

インターネットとデジタルコンテンツによって、これまでにない大多数の人々の参加が可能になり、作品のコピーや改変、流通を容易になった。先に挙げたような創造活動はこのようなインターネットとデジタルコンテンツの特性によって実現されたといえる。このような表現環境においては、作品のコンテキストもどんどん改変されながら流通していくと考えられる。コンテキストの自由な変化もインターネット上の創作活動を活発化する要因の一つと考えられるが、その中においても失われてはならない

のが「作者は誰か」というコンテキストである。作品の公開は、知的財産やプライバシーといった権利問題と常に隣り合わせである。UGC(User Generated Content)では表現のプロフェッショナルだけが参加するわけではないため、こういった権利問題に対する意識がおろそかになりがちであるが、社会的な損失につながったり人々の創造活動を阻害したりするものであってはならない。この問題を解決するのが「作者は誰か」というコンテキストの管理である。しかもコピーや改変が容易なデジタルコンテンツでは、一つの作品の作者ではなく、その作品に関与した全ての作品の作者が明らかになることが必要である。

### 3.2.1 著作権問題に対する取り組み例 1 : Xanadu

Ted Nelsonは1960年代にハイパーテキストという概念を提唱すると共に、共有とその著作権管理を行うXanaduシステムを考案した[9]。Xanaduの大きな特徴の一つはトランスクルージョンという機能である。例えば、ある記事Aの中で他の記事Bの図や文章の一部が含まれることがある。このときトランスクルージョンでは、データをコピーして記事Aと記事Bとでそれぞれ異なるデータを持つのではなく、文章をモジュール構造で管理することでデータ自体は一つのみで異なる文章上に取り込むことができるようになる。これはそのまま文書間の参照関係リンクにもなる。またこれにより文書の断片が様々な他の文書に取り込まれても、マイクロペイメントにより全文書の読者から正確かつ自動的に代金を徴収できる。

### 3.2.2 著作権問題に対する取り組み例 2 : Creative Commons

Nelson のトランスクルージョンとはまた異なった著作権管理のアプローチとして、Lawrence Lessig の提案する Creative Commons がある。法律により、人々が作った作品には全て著作権が付与されるが、それがかえって作品の流通を阻害する場合がある。特に UGC の場合、多くの作者は自身の創作物の権利を捨てたいとは思っていないが、かといってその創作物の利用を制限することで収益をあげたいとは思っていない。このような完全な著作権放棄と完全な著作権保持の中間的な位置づけにある著作権管理の仕方を Creative Commons では提供している。具体的には、創作物に対して著作権を保持しながら、一定の自由を事前に許諾していることを表示することで、そのような著作権管理を実現する。Creative Commons は Flickr やニコニコ動画など有名なコンテンツ共有サイトに採用されるなど普及しつつあるが、ユーザがそれを理解して活用しているという段階には至っていない。

### 3.2.3 作品の継承関係を表示する例 : modulobe

江渡らは3Dモデル作成環境Modulobe [10]において、ユーザに一切負荷をかけない解決策を提案している。Modulobeの3Dモデルの各パーツにユニークIDを付与し、3Dモデルの引用を可能にすると同時にその引用関係を自動的に追跡・可視化できるようにした。これにより、ユーザはなんの気兼ねもなしに他人の作品(3Dモデル)をダウンロードして改変したり一部再利用したりすることができる。これは電子透かし技術の

一種といえるが、悪意ある者から著作物を守るためではなく、創造の連鎖現象を可視化し、人々の創造活動を促すために利用している点が興味深い。

## 3.3 ユーザのコンテキスト

### 3.3.1 ユーザを識別するための端末登録

ユーザのコンテキストを取得するためには、ユーザを識別しトラッキングする必要がある。このために、環境側にカメラを設置し顔画像認識を行ったり、ユーザに赤外光でIDを発信する装置を取り付けたり、環境にICカードリーダーを設置しユーザにタッチしてもらうなどの方式が考えられる。しかし、いずれの方法でも、はじめにユーザ本人とデバイスIDとを対応付ける登録プロセスが必要であり、その作業負担が大きくなることもある。そこで、ある程度の信頼関係があるコミュニティにおいて、すでに登録したユーザが知り合いのユーザの登録作業を手軽に実施できる方法も提案されている[15]。

### 3.3.2 音響信号による位置関係の取得

次に、ワークショップ(参加体験型の創造的活動)でのコンテキスト取得を目的として、記録した複数の音響信号から、参加者のその場における位置履歴を推定する手法について述べる。特に、主催者がワークショップそれ自体の社会文化的な分析行為を実施することに焦点を当て、そのために必要な活動記録を行う手法である。

提案手法では、図6に示すように、参加者同士や壁や机などの基準点との間の二者間の相対位置関係を取得する。相対位置関係とは、本稿では、相対的な距離および角度の関係と定義する。取得したこれらの位置関係は、これまでに赤外や超音波で確立したトポロジー推定[11]を用いて全体の位置関係を、すなわち絶対的な位置推定を行う。

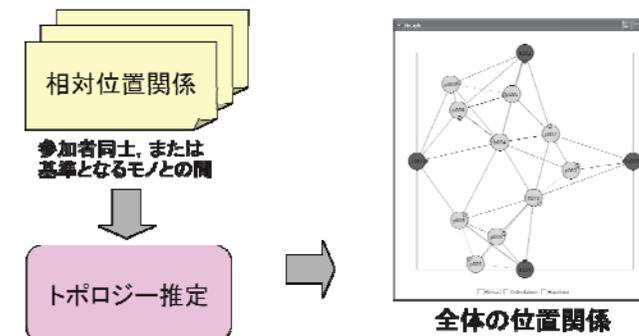


図6 音響信号からのユーザ間の位置関係取得フロー  
Figure 6 Example of Digital Composition

ベースとなるオブジェクト個々の位置関係を取得するためには、図 7 に示すように、ワークショップの参加者がそれぞれ IC レコーダに代表される録音機器を装備し、実施中は自身の発話、そして周囲の音を絶えず録音することを基本とする。このとき、音響マイクをそれぞれ異なる方向に向けておく。音響マイクには指向性があるので、こうすることでマイクを向けられている方向の音が強く録音されることになる。図では、前後左右の 2 方向に対してマイクが向けられていることを示している。



図 7 相対位置関係取得デバイス構成

一方で、マイクと一対になるように音源装置、つまりスピーカを設置する。このスピーカからは、それぞれの固有音が定期的に出力される。固有音は、フィルタ処理しやすい正弦波や、任意の情報をデコード可能な音響 OFDM [12] などを出力する。参加者自身の声（声紋）の違いを固有音として音源装置を省略することも考えられるが、解析処理の簡単化のためと、前方以外の方向への出力および位置関係抽出に対応するため、ここでは積極的に音源装置を用いることとする。

音は音速で伝わるので、固有音の録音時刻は、一対としたマイクでの録音時刻とそれ以外のマイクでの録音時刻（例えば図 7 で言うとうき合っている相手-との間では時差が生じる。この固有音の録音時差が二者間の相対距離に（スピーカと一対となるマイクとの距離は取得したい相対距離に比べて無視できるものとする）、マイクの録音指向性による固有音の録音強度が相対角度となる。こうして録音された複数の録音データを一つ一つ解析することにより、ある参加者から見ていつ、どの方向のどの位置

に他の参加者（もしくは壁や机などの基準点）が存在するか、個々の位置関係を取得する。

ここで、録音した複数のデータ間では、サンプリング周波数のバラツキによる時間のズレが生じる。長時間録音した場合、これがドリフト誤差として顕在化し、相対位置関係を正しく抽出できなくなる。実際、ローランド社製 EDIROL R-09 IC レコーダを用いて実測したところ、個体差により 2 時間あたり最大で約 14 ミリ秒の誤差が生じた。このため、位置関係抽出処理時には録音データ間で時間におけるキャリブレーションを行なう必要がある。キャリブレーションは、固有音における ToF (Time of Flight) 法を用いた録音データ間の時間相関を検出することで行う。いま、図 8 に示すように、二者間で固有音の信号をやりとりする場合を考える。参加者、つまり人間の移動は音速と比較して十分に遅いので、固有音をやりとりした時間差（図中では  $d$  で示した差）が短ければ、移動誤差は無視できて二者は停滞していると仮定することができる。したがって、 $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow A$  の固有音の伝達時間は同じとなる。この性質を利用して録音データ間の時間相関を検出することで補正を行う。

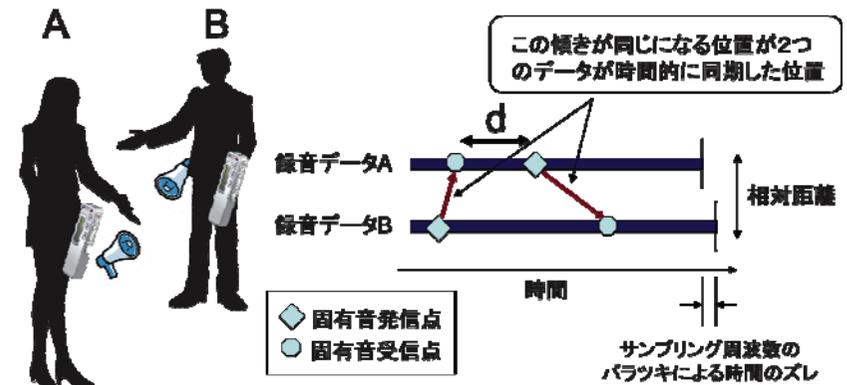


図 8 ToF 法を用いた録音データ間の時間相関検出

最後に、得られた複数の位置関係は、トポロジー推定により全体の位置関係へとマッピングする。トポロジー推定は、位置センサ（GPS など）や向きセンサ（電子コンパスなど）を用いなくとも、対象とするオブジェクト（ヒトやモノ）全体の位置および向きを推定できる特徴を有する。また、相対位置関係の数が多ければ多いほど推定精度は向上するため、比較的混んだ空間で利用することが可能である。

トポロジー推定の考え方は以下の通りである。取得した相対位置関係のうち、推定対象空間内において位置および方向が既知のオブジェクトがいくつか分かれば、その位置を基準として他のオブジェクトの位置を相対的かつ再帰的に規定することができ

る。そのための推定のアルゴリズムとして、トポロジー推定は、図 9 に示すようなバネと斥力を用いた力学モデルを用いている。取得された位置関係は、バネに置き換えられてバネ力で結び付く。加えて、回転方向に対してもバネ力は働いて、方向に対する推定に寄与する。一方で、位置関係が取得できないオブジェクト同士には斥力が働く。これは、関係を持たないオブジェクトは遠くにいるだろうという仮定による。

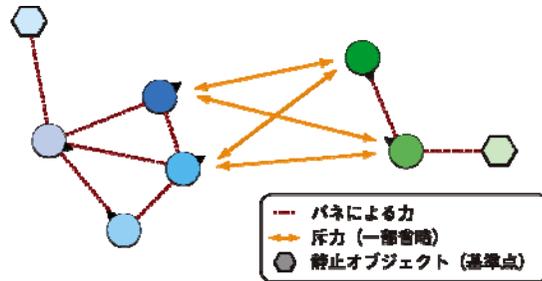


図 9 トポロジー推定

このようにして、位置センサや方位センサなどの音響デバイス以外のセンサ機器を用いなくても参加者相互の位置関係と会話によるインタラクション記録を同時に行うことができる。今後は、音源装置を用いなくても、録音された複数のデータの中から似通った音を見つけて相対位置関係を抽出する情景分析(Scene Analysis)を行う予定である。

#### 4. おわりに

本稿では、昨今の Web を活用した表現活動の状況を示し、様々な役割のユーザが次々に創造の連鎖を起こしながら活発な創造活動が行われている現状を説明した。その上で、さらに表現の深化と社会化を目指してユーザおよび作品、さらに創造活動のコンテキストを取得する方法を概説した。

今後は、表現活動の深化と社会化を支援するために必要な支援を明確化し、その支援を実現するためのコンテキスト収集技術と支援技術を構築していく予定である。

#### 参考文献

- 1) Gerhard Fischer. Distances and diversity: Sources for social creativity. In Proceedings of the Creativity & Cognition conference (CC2005), 2005.
- 2) Media Exprimo: <http://www.mediaexprimo.jp/>
- 3) The First International Workshop on Contents Creation Activity Support by Networked Sensing

(CCASNS) : <http://www.mediaexprimo.jp/CCASNS/>

- 4) The Second International Workshop on Contents Creation Activity Support with Pervasive Computing (PerCAS) : <http://www.mediaexprimo.jp/PerCAS/>

- 5) 中野民夫: ワークショッパー 新しい学びと創造の場, 岩波書店, ISBN:4-00-430710-4, (2001).

- 6) 須永剛司: ネットワークによる市民芸術プラットフォームの具体化に向けた調査, 平成 17 年度戦略的創造研究推進事業 (CREST) 特定課題調査報告書 (2006).

- 7) 須永剛司, 敦賀雄大, 中村嘉志, 小早川真衣子, 高見知里: 活動と共にデザインした参加体験型ワークショップのための表現システム, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, Vol.2009-HCI-134 No.2 (2009) .

- 8) 久保田秀和, 高見知里, 小早川真衣子, 敦賀雄大, 濱崎雅弘, 中村嘉志, 西村拓一, 須永剛司: 図画表現を比較するためのアニメーション手法の評価, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, Vol.2009-HCI-134 No.1 (2009) .

- 9) Lee, T.-W., Kobayakawa, M., Tsuruga, Y., Takami, C. and Sunaga, T.: Facilitating Interpretation of Objects Based on "Constructive Scrapbook", Proceedings of International Service Innovation Design Conference (ISIDC), pp.323-331 (2008).

- 10) Nelson, T. H: Literary Machines, Mindful Press, (1994).

- 11) 江渡浩一郎, 渡辺訓章, 川崎禎紀, 濱崎雅弘, 西村拓一: "Modulobe : 多数のモジュールによる動く表現物の創造と共有環境", 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.12 (2008).

- 12) 中村嘉志, 並松祐子, 宮崎伸夫, 松尾豊, 西村拓一: 複数の赤外線タグを用いた相対位置関係からのトポロジカルな位置および方向の推定, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1349-1360, (2007).

- 13) NTT DoCoMo 報道発表資料: 音響 OFDM, [http://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/page/20060413.html](http://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/page/20060413.html).

- 14) 濱崎雅弘, 武田英明, 西村拓一: 動画共有サイトにおけるコンテンツ引用関係ネットワークの分析, 第 80 回音楽情報科学研究会 (2008).

- 15) 中村嘉志, 濱崎雅弘, 石田啓介, 松尾豊, 藤吉賢, 坂本和彌, トム・ホープ, 藤村憲之, 西村拓一: 個人端末を Web 支援システム ID へリンクする一手法の提案, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 20, No. 4 (2008)