情報処理学会 インタラクション 2024
IPSJ Interaction 2024
3A-06
2024/2/28

遠隔コミュニケーションの共有画像に対する 3D 付加情報の操作 UI の検討

福島寛之† 鈴木雄介†

概要：Web 会議システムのように，カメラ映像や資料画像を共有しながら遠隔コミュニケーションを行う機会が増えてきている．このような遠隔コミュニケーションでは，2 次元の共有画面に対して，文字や図形，マウスポインターといった 2 次元的な視覚情報を付加することでユーザの意図伝達や表現拡張を行うことができる．付加情報として身振りなど，身体の一部や話題に関係する 3D モデルデータ等の 3 次元的な情報を扱う事例も現れてきているが，3D 付加情報の操作は 2D 付加情報を扱う場合よりも複雑になる等の課題も多い．本検討では，共有画像のような 2D 画像に対する 3D 付加情報をマウスやキーボードを介した簡易な入力により操作できるようにし，遠隔コミュニケーションを円滑にするために利用できる 3D オブジェクト操作手法および，ユーザインタフェース案を提案する．また，その手法を評価するための実験計画について述べる．

1. はじめに

COVID-19 の影響による直接コミュニケーション回避の流れの中，Web 会議システムなどの映像と音声による遠隔コミュニケーション技術の利用が急速に浸透した．状況が落ち着いた後も遠隔コミュニケーション技術は様々な場面，目的で利用されるようになり，例えば，これまでは実際に現場に出向いて行っていた機器の保守や修理作業に対する作業指示等を遠隔から行う事例等も増えている．

現場の作業者に遠隔地から映像と音声を用いて指示や支援を行う遠隔作業支援技術は，以前から Kuzuoka ら[1]等により研究が行われてきた．現場と遠隔地とで共有する資料画像や現場映像に対して，文字や図形といった 2 次元的な視覚情報を重畳表示するといった提案[2]も行われてきた．我々も先行研究で，モーションセンサで取得したユーザの手の動きを 3D モデルデータで重畳表示するといった特徴を持つ遠隔作業支援システム[3]を開発してきている．

これらの研究の多くは，現場の空間で実際に撮影した 2D 映像上に，システム利用者（作業者，指示者共に利用の可能性がある）の操作によって描画された付加情報を，空間的に関連付けて表示することで，作業指示等のコミュニケーションを行っている．このようなシステムでは，遠隔地と 2D 画像を共有する仮想的な空間（以降コンテンツ空間と呼ぶ）が利用されることが多い．コンテンツ空間は図 1 に示すようにテキストや描線，画像といった 2D 情報を付加するレイヤー（以下 2D 付加情報レイヤー）と 3D オブジェクトを用いた情報を付加するレイヤー（以下 3D 付加情報レイヤー）とに分けられ，作業指示は主に 3D オブジェクトに対する操作を通して行われる．3D オブジェクトの操作にはモーションセンサやゲームコントローラの利用が考えられるが，マウスやキーボードによる操作入力を基本とした従来の遠隔コミュニケーションシステムを利用する産業現場等ではコストの面で導入しづらいといった課題がある．そこで，我々は遠隔コミュニケーションを行いながらマウスやキーボードによる操作入力でこのような指示に用いられる 3D オブジェクトを操作する新たな手法について提案する．また最後に，提案手法の妥当性を評価するための実験概要についても述べる．

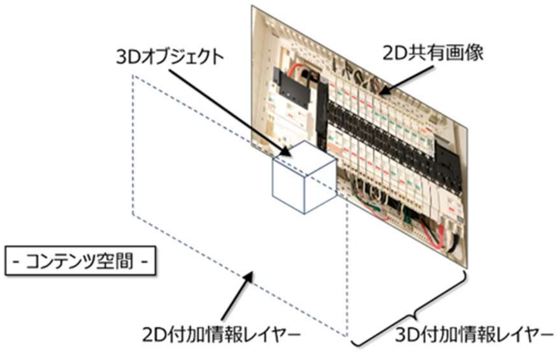

図 1　2D 共有画像に対する付加情報

2. コンテンツ空間での 3D モデルデータ利用の従来手法

本節では，本論でコンテンツ空間と呼ぶ仮想的な空間用いた遠隔コミュニケーションを行うシステムの基本的な挙動を確認する．具体的には手や，作業に使う道具など，コンテンツ空間内で 3D 物体として表示される，3D モデルデータを利用する場合には，

1. コンテンツ空間に使用する 3D モデルデータを 3D 付加情報レイヤーに読み込む（読み込んだ 3D モデルデータを以降 3D オブジェクトと呼ぶ）
2. 3D オブジェクトを 3D 付加情報レイヤー内の任意の位置に配置し，必要に応じて動かす

といった流れとなる．

† 沖電気工業株式会社 技術本部 研究開発センター
プラットフォーム研究開発部

© 2024 Information Processing Society of Japan

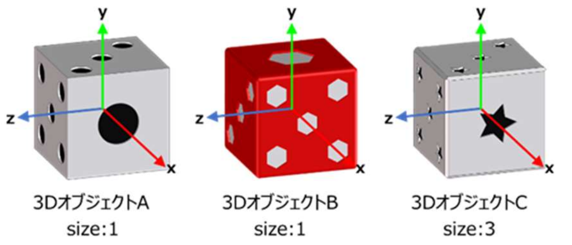

図 2　D モデルデータのモデル座標系

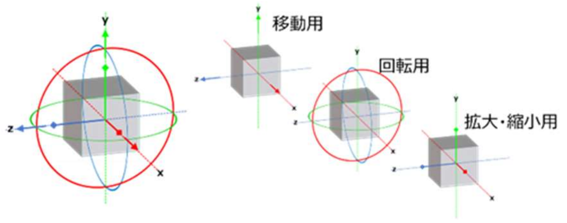

図 3　ギズモを用いた 3D オブジェクトの操作

2.1　3D モデルデータの読み込み

3D モデリングツール等を利用して作成される 3D モデルデータには，例えば図 2 に示すように，それぞれ独自の 3 次元直交座標系（以降モデル座標系と呼ぶ）およびサイズが設定されている．

3D モデルデータをコンテンツ空間に読み込む際に明示的な指定を行わない場合，モデル座標系がコンテンツ空間の座標系（以降ワールド座標系と呼ぶ）と一致する姿勢で，3D オブジェクト A : B : C＝1 : 1 : 3 のサイズ比で読み込まれる．3 種の 3D オブジェクトを，例えば，同等のサイズかつ 1 の目がワールド座標系の Y 軸方向を向くように配置したい場合は，それぞれの 3D オブジェクトのスケール：拡大・縮小率および姿勢を個別に調整する必要がある．

2D 共有画像に対する付加情報として利用する場合，画像の内容に応じて 3D オブジェクトの姿勢やスケール：拡大・縮小率を調整する必要があるため，使用する 3D オブジェクトの数に応じて調整量が増大してしまう．

2.2　3D オブジェクトの操作

システムの利用者は操作入力により，3D オブジェクトをコンテンツ空間内の任意の位置・姿勢で配置，移動することができる．ここでは 3D オブジェクトに重畳表示される操作用 GUI と利用者のマウス入力を介したインタラクションによる一般的な操作方法について説明する．

操作したい 3D オブジェクトをマウスクリックにより選択すると図 3 のようなギズモと呼ばれる 3D オブジェクト操作用の GUI が表示される．ギズモには XYZ 軸方向向きの移動操作用 3 入力，XYZ 軸周りの回転操作用 3 入力，XYZ 軸方向向きのスケール：拡大・縮小操作用 3 入力の計 9 つの操作入力受付部位があり，これらの入力受付部位のうち 1 つを選択し，マウスドラッグ操作を行うことで対象のパラメータ（変位量）を調整することができる．

この XYZ 軸の向きはコンテンツ空間の座標系（以降ワールド座標系と呼ぶ）に従う，あるいは，操作対象の 3D オブジェクトのモデル座標系に従う場合が考えられるが，2D 共有画像に対して動かしたい方向と一致するとは限らない．

2D 共有画像に対する付加情報として利用する場合，3D オブジェクトに対して回転操作を行い，モデル座標系を動かしたい方向と一致させる事は可能であるが，この場合 2D 共有画像に対して望む姿勢を維持することができなくなってしまう．

3.　提案手法

我々は，3D オブジェクトを 2D 共有画像に対する付加情報として利用する場合に生じる課題に対して，図 4 に示すように，3D 付加情報レイヤー内に 3D モデルデータの読み込み及び 3D オブジェクトの操作を行うための「操作領域」を導入することを提案する．

「操作領域」を導入，設定することで，3D モデルデータ読み込み時の初期姿勢やスケール：拡大・縮小率が任意に設定できる，あるいは，幾つかの初期状態から選択できる機能，ワールド座標系，モデル座標系とは独立した移動操作用ギズモの XYZ 軸方向を設定できる機能を実現できる．これらの 3D モデルデータの取り扱い手法について以下で説明する．

3.1　操作領域

操作領域は，3D 付加情報レイヤーに属する直方体形状の 3D オブジェクトの 1 種であり，以下のような性質を持つ．

- 直方体の中心位置を操作領域の原点とする
- 操作領域の中心位置を原点とする 3 次元直行座標系（以降，操作領域座標系と呼ぶ）を持つ
- 操作領域の形状（幅，高さ，奥行き）は変更可能
- 操作領域内に複数種の 3D モデルデータを読み込む事が可能
- 操作領域内の 3D オブジェクトは，親：操作領域－子：3D オブジェクトの親子関係をもつ

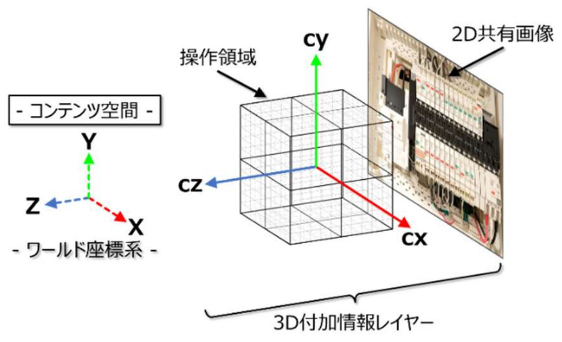

図 4　操作領域

- 操作領域内の 3D オブジェクトは個別に操作可能
- 複数の独立した操作領域を設定可能
- 移動，回転，スケール：拡大縮小率操作の計 9 つの操作入力受付部位を持つギズモ＋形状変更操作用 GUI により，位置，姿勢，スケール：拡大縮小率，形状の変更操作が可能
- スケール：拡大縮小率の変更は操作領域の形状に影響せず，操作領域内の 3D オブジェクトに影響を与える

3.2 操作領域内の 3D オブジェクト

操作領域内の 3D オブジェクトは，以下のような性質を持つ.

- 読み込まれた操作領域と親：操作領域－子：3D オブジェクトの親子関係を持つ
- 読み込み時の初期姿勢（モデル座標系の姿勢）は，親：操作領域の操作領域座標系の姿勢と一致
- 親：操作領域のスケール：拡大縮小率倍される
- 親：操作領域の位置，姿勢，スケール：拡大縮小率の操作に連動する（親：操作領域との相対位置・姿勢を維持）
- 移動，回転，スケール：拡大縮小率操作の計 9 つの操作入力受付部位を持つギズモにより位置，姿勢，スケール：拡大縮小率の変更操作が可能
- 移動操作時のギズモの X
- YZ 軸は親：操作領域の操作領域座標系の姿勢と一致
- 回転操作，スケール：拡大縮小率操作時のギズモの XYZ 軸はモデル座標系と一致

コンテンツ空間内の操作領域とその操作領域を親とする 3D オブジェクトの関係，および，ワールド座標系，操作領域座標系：cx-cy-cz，3D オブジェクトのモデル座標系：mx-my-mz の例を図 5 に示す.

また，3D オブジェクトの移動操作時に表示される移動操作用ギズモの例を図 6 に示す．移動操作時のギズモ mx’-my’-mz’の軸は親：操作領域の操作領域座標系：cx-cy-cz の姿勢に一致している.

3.3 提案手法の適用

遠隔コミュニケーションにおいて 2D 共有画像に対する付加情報として本提案手法による 3D モデルデータを利用する例について説明する.

例えば，作業者－指示者間で図 7 に示すような作業対象機器が映る画像を共有していて，図 2 のオブジェクト A，B，C のような取り付け部品を作業対象機器の 4 つの凹みに取り付ける作業を遠隔から支援する状況を想定する.

指示者はこの 2D 共有画像に対する付加情報として，図 8 に示すような，例えば，2 つのオブジェクト C を子に持ち，スケール：拡大縮小率が 1/3 の操作領域 1 とオブジェ

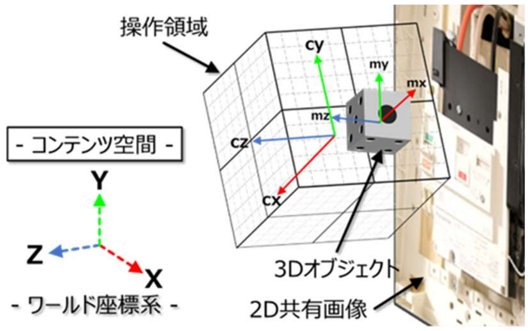

図 5　コンテンツ空間内の操作領域，3D オブジェクト

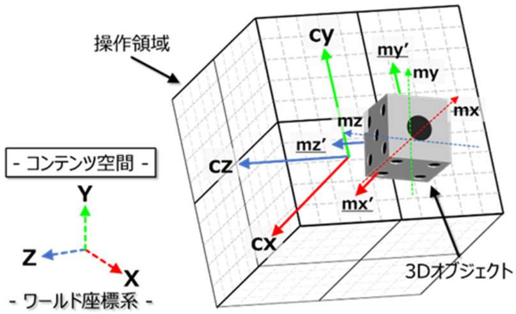

図 6　3D オブジェクトの移動操作用ギズモ

クト A，B を子に持ち，スケール：拡大縮小率が 1 の操作領域 2 を設定することが出来る.

このとき，各オブジェクト A，　B，　C は，親：操作領域に読み込まれた段階で親のスケール：拡大縮小率倍されるためコンテンツ領域内でのサイズは同等となっている.

また，移動操作用ギズモを操作する際に A，B，C どのオブジェクトを選択した場合でも同様のドラッグ操作によりオブジェクトを作業対象機器に取り付ける動作となるようにそれぞれの操作領域の姿勢，およびオブジェクト A，B，C の姿勢を調整している.

2D 共有画像を，作業対象機器を異なるアングルから撮影した画像に差し替えた場合でも，操作領域 1，2 の位置・姿勢・拡大縮小率を調整するだけで対応可能となる.

本提案手法を利用する事で指示者は作業に利用する機器，部品等の姿勢や動きを言葉に変換して伝える必要がなくなり，対応する 3D オブジェクトの配置や動きにより視覚的に支援情報を伝えることができるようになるため，指示者の指示と作業者の理解の齟齬発生を軽減できるようになる.

また，操作領域を導入することにより，3D モデルデータ読み込み時，変更時の設定変更が容易になり，利用時の 3D オブジェクトの操作がマウス，キーボード等の操作で容易に行える等，コンテンツ空間における表現力が向上することで，遠隔コミュニケーションの課題が解決できることに加え，3D モデルデータの利活用促進，利用領域拡大にもつながるため，本提案は有効性が高いと考えている.

© 2024 Information Processing Society of Japan

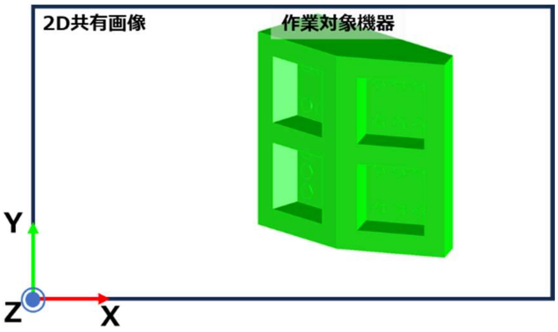

図 7　2D 共有画像

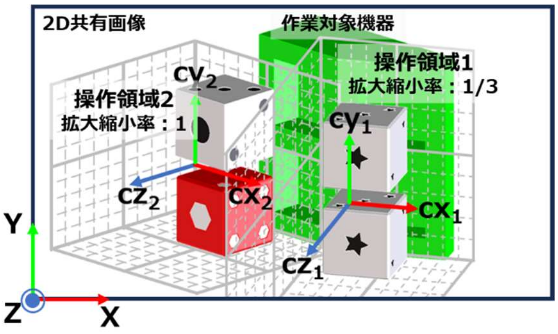

図 8　提案手法を用いた 3D モデルデータよる付加情報

4.　提案手法の評価実験

2D 共有画像に対する本提案手法を用いた 3D モデルデータの取り扱いについて，その使用感を確認することを目的とした簡易的な操作を対象とした検証実験を行う計画である．

対象とする操作については，コンテンツ空間への 3D モデルデータの読み込みから，2D 共有画像に対して設置するまでを対象とした空間配置操作と，コンテンツ空間に配置されている 3D オブジェクトを移動完了時に移動開始時と同じ姿勢となるようにある地点へ移動するまでを対象とした空間移動操作の 2 種類の想定している．

これらの操作について提案手法を用いた操作 UI と従来の 3D モデルデータ利用手法を用いた操作 UI のそれぞれで行ってもらう．

目標とする配置の完了あるいは目標地点までの移動完了までに要する時間などの客観的指標とアンケートにより使用感を聞くなどの主観評価を組み合わせた評価を行う．実験の結果は後日報告する．

5.　おわりに

遠隔コミュニケーションにおいて 2D 共有画像に対する付加情報として 3D モデルデータを利用する手法について新たな提案を行った．

今後は，4 章で述べた評価実験を実施し，本提案手法の評価を行う予定である．また，本提案の操作領域は，領域内の 3D オブジェクトに対して個別にルールを設定する仕組みと捉えることができるため，物理演算機能を付与する等の機能拡張についても検討していきたい．

参考文献

[1] Kuzuoka, H., Spatial workspace collaboration: a Shared-View video support system for remote collaboration capability, CHI 1992, pp.533-540, 1992.

[2] Susan R. Fussell, Leslie D. Setlock, Jie Yang, Jiazhi Ou, Elizabeth Mauer, and Adam D. I. Kramer. 2004. Gestures over Video Streams to Support Remote Collaboration on Physical Tasks. Human–Computer Interaction (2004).

[3] 市原，鈴木，“ハンドジェスチャ送信機能を有する遠隔作業支援システムの開発と課題”, IPSJ Interaction 2019, (2019)

© 2024 Information Processing Society of Japan