

点群データモーションキャプチャと没入型環境を用いたインタラクティブな3次元空間デザインツール

Interactive 3D virtual space design tool by using point cloud data capture and immersive environment

樋口修 西田豊明 大本義正
Osamu Higuchi Toyoaki Nishida Yoshimasa Ohmoto

京都大学大学院情報学研究科

The School of Information and Mathematical Science, Faculty of Engineering, Kyoto University

Today, 3D virtual space is often needed, such as urban development. However, to make 3D virtual space incurs many costs. So in this study, I developed a tool to make 3D virtual space at low cost. To archive this goal, we should resolve problems which polygons and animations face in rapid prototyping. To solve the animations' problems, I arranged some Kinects in immersive displays to analyze motion by using real-time motion capture, so that we can modify 3D virtual space interactively in immersive environment. I made an experiment to reproduce the specific environment in rapid prototyping by using this tool, and this experiment yields that this tool is a help to reproduce an image very readily and high level, but it become distinct that some functions which is necessary to rapid prototyping, for example, scaling textures, is not implemented. This is challenges for the future.

1. はじめに

特定の環境の3次元データが必要とされることがよくある。例えば、都市開発などで土地の活用法を考えるときは、土地周辺の環境の3次元データを用意してプロトタイピングすることで効率的な活用法が考えられる。しかし、その環境のデータが常にあるとは限らず、場合によっては環境を作るところから始めなければならない。ところが、環境を作成するのは容易な作業ではなく、たとえ作成するために必要なデータが全て用意されていたとしても、1週間や1ヶ月かけても完成しないこともある。さらに、完成したとしても修正することが簡単ではないため、プロトタイピングしたときのコストが非常に高くなってしまふ。会議中に意見をつのりリアルタイムに環境を編集できるようにすることでプロトタイピングのコストが劇的に減少し、実際に3次元空間を用いて、その中を自由に動き回って確認できるような都市開発のプロトタイピングを行うことができる。

そこで本研究では、必要なデータがない状況からでも従来よりはるかに高速に環境を作成し、さらに作成した環境の中を歩き回って確認することで直感的に把握しかつ複数人に入ってインタラクティブに修正が行えるようにすることでプロトタイピングにかかるコストを低くすることが可能なシステムの開発を目標とする。はるかに高速を具体的に言うならば、データの用意も含めて数日以内を目標とする。

ここからは目標を達成する上での問題点について述べる。まず、3次元空間上に存在する物体をポリゴンで表現することは環境を高速に作成する上で重大な困難をかかえている。その理由の一つが、ポリゴンを作成することの困難さである。ポリゴンを作成するためのツールは数多く存在しているが、それらを用いてもポリゴンモデルを作成するというのは決して容易なことではなく、一朝一夕で自分の意図通りのものを作れるようになるものではない。そのため、習得するには莫大なコストがかかってしまふ。意図通りのものを作れるようになるコストが高くなるとそれだけプロトタイピング自体のコストもあがってしまふ。この問題の解決策として、例えば3次元物体のポリ

ゴンデータを高速に生成するために光学式のレーザスキャナを用いたものがある[熊崎 15]。しかし、この装置を用意することはたやすいことではなく、金銭的なコストも決して安くはない。また、実際に現場に赴くことができないような環境については、これらのデータを必要とするような環境を作ることは難しい。

また、3次元空間で物体の動きを表現するのに、通常はアニメーションが用いられるが、これも環境作成のコストを増大させる原因となっている。アニメーションにおける難しさの一つが、状況にマッチしたアニメーションを再生することである。状況にマッチしたアニメーションは、オブジェクトの配置などと同時に、インタラクティブに作成することが望ましい。しかし、従来の手法ではインタラクティブにアニメーションを生成することはできず、工夫をしてアニメーションを状況にマッチさせることしかできないため、発生しうる状況を事前に想定してそれに対応するようにアニメーションの再生の仕方を工夫しなければならないなど、状況に対応させることが困難であった。状況に応じたアニメーションを作成するような先行研究も存在する[星名 12, 鈴木 04]が、これらの研究では事前に用意されている画像や状況説明の文章を用いているため、それらのデータを用意するのにかかる時間を考えると、数日以内では環境が完成しないであろう。

以上の問題点をまとめると以下のようになる。

- ポリゴンで3次元物体のデータを作成するには容易ではない。
- 状況に応じたアニメーションを再生することが困難である。

上記の問題点を解決することで目標を達成できるものと考えられる。では、そのためになにをしていくか。

まず、「ポリゴンで3次元物体のデータを作成することは容易ではない」という問題点についてだが、この問題点の解決策は、単純に3次元空間の物体をポリゴンを用いて表現することをやめる。これは、新規にポリゴンモデルを用意することの煩わしさや、既存のポリゴンモデルの種類の少なさを克服するためである。さらに、物体の表現を簡便にすることで、新規に物体を生成することを低コストにし、より高速に環境を作成することができる。では具体的にどうするかというと、ビルポー

連絡先: 樋口修

メールアドレス: toyukan6@gmail.com

ドに画像をはりつけることで3次元物体を表現するようにする。画像データはポリゴンデータに比べて検索することも用意することも非常に容易であり、また加工や新規作成も非常に手軽であるため、データを用意するために必要な時間はポリゴンに比べてはるかに短くなる。

しかし、画像のみではアニメーションを表現することが難しい。アニメーションをしている画像を用意することは簡単ではないため、画像でアニメーションを表現しようとする高速化に悪影響を及ぼすおそれがある。そこで、アニメーションはマルチキネクトモーションキャプチャシステムを用いて取得した点群データとモーションデータを用いて表現する。

続いて「状況に応じたアニメーションを再生することが困難である」という問題点についてだが、この問題点の解決のために、没入型環境に環境を投影し、その中からマルチキネクトモーションキャプチャシステムを用いてモーションを取得し、ジェスチャを用いて環境を編集できるようにすることとする。こうすることで、環境作成がより直感的になり高速化につながるだけでなく、特定のタイミングのジェスチャを用いてモーションを検索することで環境内に容易に意図したとおりのアニメーションを配置することができるようになる。モーションの検索技術に関しては先行研究が存在する[石川 12, 徳田 15]ため、これらの技術を用いることで実現できるであろう。

以上で述べたことをまとめると以下ようになる。

- 3次元空間の物体を画像とビルボードで表現する。
- マルチキネクトモーションキャプチャシステムを用いてモーションを取得する。
- 没入型環境内からジェスチャで3次元空間を編集できるようにする。

2. 環境プロトタイピングツール

本章では、本研究が目標を達成するために、システムにはどのような機能が必要で、そのためにどのような構造が必要かについて検討し、システムの全体像を構築する。

2.1 システムに求められる機能

ここでは目標を達成するために具体的にどのような手法で実現するかを検討し、必要な機能を具体化していく。

まず、3次元空間のラピッドプロトタイピングを行うため、3次元空間を編集する部分が必要である。このとき、3次元空間上に物体を設置するさいに、修正が容易であったり、新規にデータを用意することが非常に簡便に行えたりするような物体の生成方法を用いることで、ラピッドプロトタイピングをより簡便に行えるようにする。さらに、これらの条件を見ながら、「3次元空間の物体をポリゴンを用いずに表現する」という目標も満たす必要がある。このため、このツールでは物体を表現するのに画像データのみを用いるとする。画像データであれば、ポリゴンと比べてはるかに既存のもの数が多く、また新規に用意する手間もポリゴンに比べてはるかに少ないため、今回の目標を達成する上で有用な手段であると考えられる。また、当然ながら3次元空間を編集する部分が生成した3次元空間は没入型環境に出力されなければならない。

他にも、没入型環境内からジェスチャで3次元空間を編集できるようにするために、没入型環境の中にマルチキネクトを配置して、リアルタイムモーションキャプチャを用いてモーションの解析を行い、リアルタイムモーションキャプチャを行う部分から3次元空間の編集を行う部分に命令を下せる必要があ

る。加えて、リアルタイムモーションキャプチャを用いてモーションデータを取得することで、状況に応じたアニメーションを再生することが非常に容易になる。さらに、人体のモーションを配置するために、事前にマルチキネクトモーションキャプチャシステムを用いて用意したモーションデータが3次元空間編集部から参照できる必要がある。今回はポリゴンを使わずにアニメーションを表現するために、点群データとスケルトンデータによるアニメーションの表現を考えた。点群データを用いたアニメーションの表現方法も先行研究で提案されているため[11-14]、有用な手法であると考えられる。これらのデータは既存のマルチキネクトモーションキャプチャシステムで取得できるものであるため、用意するのは簡単である。

以上をまとめると、以下のような機能が必要であると考えられる。

- 3次元空間編集システム
- 没入型環境とリアルタイムモーションキャプチャシステム
- オフラインモーションキャプチャシステム

さらに、これらの機能同士が以下のようにつながっている必要がある。

- リアルタイムモーションキャプチャシステムから3次元空間編集システムに操作コマンドを送ることができる。
- リアルタイムモーションキャプチャシステムが取得したモーションデータを用いて人体のモーションモデルを配置することができる。
- オフラインモーションキャプチャシステムで作成したモーションデータは3次元空間編集システムから参照できる必要がある。
- 没入型環境に3次元空間編集システムが作成した3次元空間モデルが表示されている。

2.2 システムのアーキテクチャ

2.1で具体化した機能を全て持つようなシステムの全体像は図1のようになる。

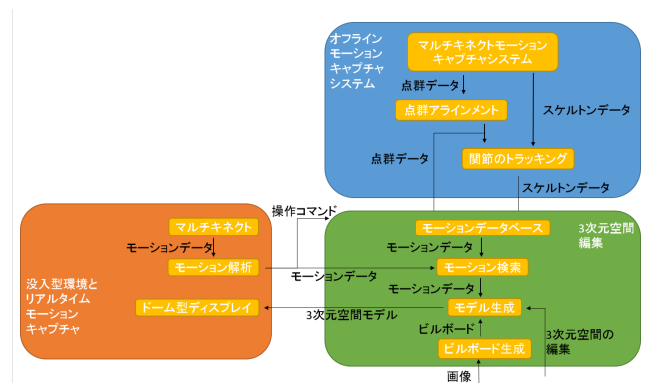


図 1: コンポーネント図

2.3 各部の説明

図1で示した全体像の各部の説明を行う。



図 2: 点群データのずれ 左側はアラインメント処理前、右側は処理後 赤い丸内のデータの浮き上がりりが修正されているのがわかる



図 3: ボーンデータのずれ 左側はトラッキング処理前、右側は処理後 WristRight は右手首の位置が想定されている

2.3.1 オフラインモーションキャプチャ部

この部分では点群モーションキャプチャシステムによるモーションキャプチャを行っている。今回使用した点群モーションキャプチャシステムで取得できるデータは図 2 のように背面部の点群データが浮き上がっていたり図 3 のように関節の位置がズレていたりなどさまざまなズレが生じていたため、点群アラインメントや関節のトラッキングを用いて適宜修正を施している。

2.3.2 没入型環境とリアルタイムモーションキャプチャ部

この部分では没入型環境に作成した 3 次元空間を投影し、リアルタイムモーションキャプチャを用いてジェスチャを取得し、3 次元空間編集部に操作を伝えている。

2.3.3 3 次元空間編集部

この部分では 3 次元空間の編集を行っている。画像やモーションデータを 3 次元空間に配置できるようにしている。

3. 実装の検証

本章では今回実装したシステムの有効性を検証するために行った実験とその結果について記し、システムの有効性についての考察を行う。

3.1 実験の内容

今回行った実験は、現実にある環境の再現を行う実験である。まず、事前にある程度環境を再現したデータを用意しておく。このデータを用意するさいには没入型環境の中で行わなくてもいいような操作をしておく。今回再現する環境に選んだのは哲学の道である。選んだ理由は、まず自然物が多いという点があるからである。他にも、人工物が多い、歩く場所と歩けない場所が明解である、高低差がある、人がある程度歩いているなどの点が存在するためである。

作成した環境は図 4 のようになっている。

続いて、被験者に没入型環境内で作成したデータから構成される 3 次元空間を観察してもらい、もっと再現したい環境

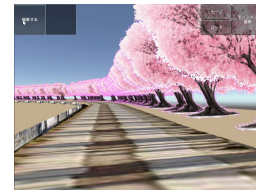


図 4: 作成した環境

に近づけるにはどうすればいいかという目的で自由にラピッドプロトタイピングを行ってもらおう。

こうして一定時間ラピッドプロトタイピングを行ってもらったのち、環境の再現が完了したものととして実験を終了する。終了したあと、どれだけ手軽に 3 次元空間のラピッドプロトタイピングが行えたかなどの項目を数値で表現してもらい、加えてシステムの良かった点や悪かった点などをアンケートで集めた。

3.2 結果

表 1: 評価値

	評価値 (平均)
手軽さ	4
イメージの再現度	4.5
操作性	1.5

手軽さ、イメージの再現度、操作性の 3 つについて、表 1 のような評価値が得られた。評価値は 1~5 までの数字でつけてもらい、5 の方が良い結果であるとした。

また、システムの良かった点や悪かった点は以下のようなものが集まった。

- 画像をそのまま使うので多様なソフトでデータが使える
- ドームの中でジェスチャを用いて操作できるのがよい
- 作りたいイメージをすぐに作れる
- モーションがどのように見えるのかを観察できる
- ポリゴンの煩雑さがなくて紙よりも複雑なことができる
- プロトタイピングツールだから文字が配置できて欲しい
- 機能が足りない

3.3 考察

手軽さやイメージの再現度で高い評価が得られた。これはラピッドプロトタイピングツールとしては望ましい結果であると考えられる。ビルボードを用いて 3 次元空間上での物体を表現していることについては、「画像をそのまま使うので多様なソフトでデータが使える」、「二次元がそのまま貼り付けられるのは使いやすい」など肯定的な意見が目立ち、ポリゴンでないことに起因する違和感が生じるなどといった意見は得られなかった。ここから、テキストをビルボードに貼り付けるだけでも 3 次元空間上の物体を十分に表現できているといえるであろう。しかし、操作性の点では逆に低い評価となった。これは、悪い点として挙げられたもののうち「機能が足りない」ことと関係していると考えられる。今回ジェスチャを用いて操作できることの中に物体の拡大縮小や削除や移動が含まれて

いないが、これらの操作はラピッドプロトタイピングにおいて非常に高頻度で発生するため、機能が足りないと評価されてしまったものと考えられる。また、ジェスチャによる操作において非常によく誤作動をおこしてしまい、狙ったとおりの操作を行うことが難しくなってしまったのも、操作性の評価が下がった原因の一つであると考えられる。これは、ジェスチャの解析部分を変更することで対処できるため、将来の課題としたい。

この実験により、今回開発したツールの現状でできることでも、3次元空間のプロトタイピングを違和感なく行うことができるようになったと言えるであろう。これにより、3次元空間のラピッドプロトタイピングを低コストで行えるようになった。しかし、足りない機能として挙げられた画像の拡大縮小機能の実装や、寄せられた意見の内の一つである「プロトタイピングツールだから文字が配置できて欲しい」といった要望に答えたり、ジェスチャの解析部分の精度を上げることでより操作をしやすくするといったことに答えたりするなどの拡張性が見込まれる。拡大縮小機能は、ジェスチャを用いて実行できることが理想ではあるが、ジェスチャ以外の入力方式で実行することが可能であってもよいであろう。文字の配置は、どこに設置するかはジェスチャで取得し、内容は音声認識を用いて反映することができるので非常に利便性が高いであろう。ジェスチャの解析部分の精度の上昇については、今回は右手や左手の位置を上中下の三段階で判定しており、それが誤作動が頻発した原因と考えられるため、中の部分をなくして何か別のものに置き変えることで精度が上昇すると考えられる。

また、目標としていた環境作成の高速化および修正の容易な構造による3次元空間の表現はある程度達成されたものとみなせる。実験で事前に用意した環境を作成するのにかかった時間は、事前データの用意にかかった時間を除けば10分程度であるし、事前データの用意にかかった時間を含めても1日程度に収まるであろう。また、実験によってイメージにそった3次元空間を作成するのが非常に簡単であることも確認できた。画像はイメージにそったものを検索しやすく、加工も容易であるため再現したい環境のイメージにそったものを発見しやすかった。これによって、都市開発などのラピッドプロトタイピングが行われるさいにも環境のさ作成および修正が手早く行われ、伝えたいイメージも正確に伝わるであろう。しかし、今回は没入型環境内に複数人が入ったときにジェスチャを取得することができなかったりそもそもジェスチャの取得方法に問題があったりなどしたため、これらの課題を解消することでより発展できると思われる。

4. おわりに

本研究では、3次元空間のラピッドプロトタイピングを、没入型環境を用いて実際に空間内を移動しながら把握し、さらにその場でインタラクティブに修正を加えることを可能にすることで、イメージした3次元空間をできる限り低コストで作成することができるような3次元空間の構成およびシステムの開発を目標とした。

本研究で開発したツールにより、3次元空間のラピッドプロトタイピングを没入型環境を用いてインタラクティブに構成することが可能になった。しかし、背面部の点群データが正面に表示されてしまう問題の修正を行うことができなかったり、スケルトンデータの関節データのずれを全自動で修正することができなかったりなどが課題として残った。

また、3次元空間のラピッドプロトタイピングツールとして足りない機能に、画像の拡大縮小を行えなかったり、没入型環

境の中でジェスチャを用いて3次元空間上の物体を移動させることができないなどのものがある。これらの機能を実装することも課題として残っている。さらに、ジェスチャによるコマンドの実行を実装したが、非常によく誤作動し、満足に3次元空間の編集を行うことができなかったため、ジェスチャ解析の部分を誤作動をおこさないようにするのも課題の一つである。

以上の点を克服することで、3次元空間のラピッドプロトタイピングツールとして、において unnecessary コストを削減することを達成できると考えられる。今後、これらの点を検討して、また、可能であれば3次元空間以外の製品に関しても、ラピッドプロトタイピングにおける unnecessary コストの削減を行えるようなシステムを提案、開発していきたい。

謝辞

本研究は、科研費 若手研究 (A) (KAKENHI No.24240023) の助成を受けています。

参考文献

- [Il 14] Il, P. S. and Seong-Jae, L.: Template-Based Reconstruction of Surface Mesh Animation from Point Cloud Animation, 'ETRI journal', Vol. 36, No. 6, pp. 1008-1015 (2014)
- [熊崎 15] 熊崎 理仁, 國井 洋一: 日本庭園における地上型 3D レーザスキャナによる図化および景観シミュレーションに関する研究, 東京農業大学農学集報, Vol. 60, No. 2, pp. 93-102 (2015)
- [星名 12] 星名 研吾, 加賀谷 裕紀, 榎津 秀次: 物語テキストからのアニメーション自動生成: 言語情報に基づくシーン分割とショット構図導出 (コミュニケーション支援及びヒューマンコミュニケーション一般), 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, Vol. 112, No. 46, pp. 193-198 (2012)
- [石川 12] 石川 知一, 川島 基展, 柿本 正憲, 近藤 邦雄: キーモーションの入力によるモーションキャプチャデータの検索手法, 研究報告グラフィクスと CAD (CG), Vol. 2012, No. 10, pp. 1-6 (2012)
- [徳田 15] 徳田 実央, 曾我 麻佐子: Kinect を用いた人体姿勢入力によるモーションデータ検索システム (セッション 3, 学生研究発表会), 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 39, No. 8, pp. 73-76 (2015)
- [鈴木 04] 鈴木 梯正, 六沢 一昭: E-024 サッカー試合の状況を表すアニメーション作成 (E. 自然言語・文書・ゲーム), 情報科学技術フォーラム一般講演論文集, Vol. 3, No. 2, pp. 165-166 (2004)