

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：24301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K00211

研究課題名（和文）フォトグラメトリーによる動的人体の3Dデータ取得と享受の研究

研究課題名（英文）The study which 3D data of the dynamic human body obtained by photogrammetry

研究代表者

吉岡 俊直（YOSHIOKA, TOSHINAO）

京都市立芸術大学・美術学部 / 美術研究科・准教授

研究者番号：80329870

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）：写真測量技術には対象物を撮影した写真を使用する。その撮影方法、カメラの設定、ライティングなどを検証することで、写真測量に最適な撮影を行う基礎的なデータが導き出せた。写真測量の成否はアプリケーションの開発だけではなく、用意する写真素材に依る部分も大きい。結果的に写真測量の向上に役立つ研究成果が得られた。

得られた人体の3Dデータを表現分野で活用するには、そのデータの閲覧を創作者の立場から検証する必要があると考えた。マウス操作によって、回転、移動させる最適速度、カメラアイ特有の広角と望遠のゆがみ。3Dデータに時間軸を加えた4Dデータの操作感などを検証し、閲覧環境の最適化を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間の動きの一瞬を切り取り、オリジナルのキャラクターに置き換え、それを誇張させ、静止画として描く。そういった創作活動はプロアマ問わず一般化している。しかし、人体の動作の一瞬を立体として捉える技術や環境は未だ発展の途上といえる。本研究では、まず、フォトグラメトリー技術を使って人体の動作の一瞬を3Dデータとして取得する上で、最良の測量結果が得られる写真撮影方法を検証し、アプリケーションに依る事の無い、写真と計測結果の相関関係を導きだせた。

また、そのデータを専門的な知識がなくとも、任意に調整できるWEBブラウザを開発し、創作者がストレスなく利用できる3Dデータ閲覧環境の考察を行った。

研究成果の概要（英文）：Photogrammetry technology uses photographs of objects. By verifying the shooting method, camera settings, lighting, etc., we were able to derive the basic data for taking the optimum photo for photogrammetry.

The success or failure of photogrammetry depends not only on the development of applications but also on the photographs prepared. As a result, research results useful for improving photogrammetry were obtained. In order to utilize the obtained 3D data of the human body in the field of expression, I thought that it was necessary to verify the data browsing from the creator's point of view. Optimal speed for rotation and movement by mouse operation, wide-angle and telephoto distortion peculiar to camera eyes. We verified the operation feeling of 4D data by adding the time axis to 3D data, and derived the optimum viewing environment.

研究分野：芸術表現

キーワード：フォトグラメトリー 3DCG photogrammetry 写真測量 人体

1．研究開始当初の背景

3Dスキャナー、3次元センサーを使用した3Dデータの取得は動く対象物には不向きに感じられた。そんな中、フォトグラメトリー技術を試用する機会があり、思いの外、繊細にデータが生成されたと同時に、デジタルカメラの利用だからこそ考えられる瞬時の測量に可能性を感じた。この技術を利用し測量精度を上げた方が、光学機器の3Dスキャナーよりも、自分のこれまでの造形的な要素や、写真の技術なども生かせると考えた。また、比較的、一般化しているデジタルカメラであれば周辺機器の充実や設備投資面でも普及が加速するのではないかと感じた。また、本研究の成果はあらゆる人体表現の資料や、フィジカル空間解析の手助けにもなることを、他方面の研究者と会談する中で確信し、申請に至った。

2．研究の目的

フォトグラメトリーにおける、ノイズの少ない高精細な測量を目指すため、撮影環境、対象物へのマーキングなど、測量能力の向上を目的とした研究を行う。対象物を人体に絞り、男女、着衣、ヌード、複数人数など、そのバリエーションに対する問題点を洗い出し、より汎用性の高い測量法へと発展させる。本研究は、動きによって変形する人体の造形的情報を時間軸と共に取得・閲覧する事を目指す。これは、新たな人体表現の資料・活用システムとして期待できる。

3．研究の方法

デジタルカメラ36台を取り囲む様に設置し、全台のカメラで同時にシャッターを切りシャッタースピードに準じた瞬間の写真がカメラの台数分得られる。その写真をフォトグラメトリー技術で解析し3Dデータを得る。動画は静止画の連続体なので、動画を撮影し、同じ時間軸の静止画を集め解析し、その3Dデータを連続的に表示させれば、人体モデルの3次元情報を動かすことができるはずである。そのデータを鑑賞するため時間軸に沿ってアジャスタブルに確認できるブラウザ構築を行う。ビデオカメラやモーションキャプチャーでは捉えきれなかった動きの記録が、単視点や結節点だけでなく、表面情報、造形情報として得られる。

4．研究成果

2018年から開始された本研究は、2021年に補助事業期間延長承認申請書の提出によって1年間延長され、2022年に終了した。期間延長の理由は、新型コロナウイルスの影響で勤務校の施設が使えなくなり、社会的にも研究が進まない状況が半年以上続いたために研究期間の延長が必要になった。本研究は、フォトグラメトリー技術の向上と、得られた3D、4Dデータの享受法。この2点に大きく分けられる。フォトグラメトリーによる3Dデータの取得は、対象物を撮影した写真を元に、複数枚の写真イメージの類似点を解析し奥行きを検出、結果3次元座標に確定できる点を集積させ面を貼り3Dデータを生成させる。つまり、出発点である写真内の情報が結果を導き出す。その解析にはフォトグラメトリーのアプリケーションが介在し、各社の商品があるのだが、その精度向上やプログラム開発、改変は本研究から除外している。あくまで、3次元解析の元となる写真の最適解を探る

研究として位置付けている。それと、本研究において対象物は人体に特化した。その理由として、最終的なデータ利用を創作分野（美術、マンガ、アニメーションなど）に絞り込んだからだ。人物表現は古くから世界中で使用されている素材で、かつ、大きなニーズが今後も期待されると考えている。その中で、人体の動きや形状を3次元的に計測し、任意の角度から詳細に観察できる必要性が生まれている。

36台のカメラに対して撮影設定（シャッタースピード、絞り、ISOなど）を送信するためにUSBハブを介して1台のPCと結んだ。しかし、USBの仕様上接続するデバイスの数、情報の転送速度の問題が浮き彫りになった。その解決策として、USB2.0規格のポートを使用する事が有効という結論が出た。また、リリースに関しては、USB越しではなく、リモートリリース信号を介して分波させ与えることにした。そのために最大で50台のカメラにシャッター信号を同時に送信できるコントロールボックスを制作した。それによって全台のカメラをコントロールし、完全に同時にシャッターを切る事ができるシステムが完成した。フォトグラメトリースタジオの構築における成果としては、1,USB接続された複数台のカメラ制御方法が確立できた。2,カメラ制御のためのUSB接続の問題点と改善策が明確になった。3,複数台のカメラで同時にシャッターを切るための研究用コントロールボックス開発ができた。

次にそのスタジオを使い基礎データの収集を行なった。撮影された写真と立体化された3Dデータの相関関係を検証していった。その概要を述べる。まず感度や保存形式による3Dデータの変化。感度や保存形式は写真に粒子感やざらつきを発生させる。ただ、できる限り高感度にする事で後のシャッタースピードへの対応も変わってくるので、どの程度まで許容できるかが鍵であった。結果、人体の大きな造形にはさほど影響がなく、細部のエッジ、細かな造形に対してのみ影響が出る事が明らかになり感度の上限が割り出せた。次にシャッタースピードの検証を行う。人形の様に動かない対象であればスローシャッターでも問題は無いのだが、本研究の様に人体で、しかも人間の動作の撮影を想定しているので、どこまでシャッタースピードを上げなければ、造形が崩れるかを相対的に明らかにした。

感度、シャッタースピードのデータが揃った時点で、F値（絞り、アイリス）の3Dデータの変化を検証した。その際に、対象物の明度が重要で、フォトグラメトリーの性質上、表面の情報が欠損しないためには、白飛び、黒つぶれを避けなければならない。その条件レンジをより広く取るために、あえてダミー人形に白いTシャツ、黒いズボン履かせ、フォトグラメトリー用の写真として適切な露出を割り出していった。結果、かなり狭い範囲でしか、適正な露出が存在しない事がわかり、その範囲を広げるための実験を繰り返して行った。同時に、被写界深度の影響、表面の素材の検証、適正なライティングの検証なども行い。まずは静止画撮影における最適解を導き出す検証を行なった。なお、3次元化の変化の検証には2つのフォトグラメトリーアプリケーションを使用し、アプリケーションに依る変化ではない事、若干の差はあるが、相対的な関係として再現性のある研究

であることは確認している。また、研究期間中にフォトグラメトリーを利用した版画作品が二つのコンテストにおいて大賞を受賞した。その際、作者のコメントやシンポジウムでフォトグラメトリーの原理や優位性を紹介した。撮影環境やカメラ設定と3Dデータ生成の相関関係における成果 1, フォトグラメトリーにおける写真素材の撮影環境、カメラの設定と立体データの相関関係を明らかにする事ができた。2, フォトグラメトリースタジオ構築の基礎研究をまとめる事ができた。3, 商業、建築、工学、土木分野などに限らず、フォトグラメトリー技術の向上と普及に寄与する事ができた。

次に動画撮影、4Dデータ取得へと進めて行った。静止画と動画では撮影の同期方法が異なる。静止画ではのコントロールボックスによって完全に同時にシャッターを切る事ができるが、動画では録画の開始地点の同期がリリース信号では実現できず、撮影後のトラッキングによって動画素材の調整で行うことになった。動きを伴う撮影のためモデルに基本動作を行ってもらいその動作を動画撮影し、その後、時間の同期を微調整し、動画から静止画を書き出し、同一時間の36台分のカメラの視点を解析し3Dデータを生成。それを1秒間に10回行い、時間軸に沿って変化する4Dデータを生成した。動画の撮影と4D化のワークフローにおける成果 1, 関節点を計測するモーションキャプチャーではとらえられない、表面情報。服の皺、裾の動き、表情の変化、筋肉の隆起などを時間に沿って多視点で3次元的に鑑賞できるデータが取得でき、その取得方法の留意点がまとめられた。次にフォトグラメトリーで得られたデータを閲覧するためのシステムを考察した。

<http://photogrammetry.work/web-3d-viewer/3d-browser.html>

にアクセスし3Dデータをそのブラウザの画面上にドラック&ドロップする。対応形式はGLB、OBJ。そのワンアクションによって、3Dデータが表示され外観を鑑賞できる。鑑賞環境の向上に留意した点を挙げる。まず、3Dデータの大きさ、原点に依らず、画面中央に収まる様に表示される。特にこの研究では3D環境に慣れていない創作者へのデータ享受がテーマとなっているため、まずは、戸惑いや誤認識を回避する仕様とした。いかなるスケール、いかなる原点を持ったデータであっても、読み込み時、原点はオブジェの中心で、表示の大きさはブラウザ画面にほぼ一杯に収まる仕組みを設計した。この配慮は、まず3Dデータ全体をつかむ事ができる。回転させた時にオブジェの中心を軸とする。という仕様の方が、戸惑いや誤解が少ないと判断したからだ。次に読み込まれた3Dデータの閲覧方法について。特に留意したのは、対象データの見え方についてである。カメラに置き換えて考えてみると、焦点距離、つまりズームする事と、カメラ自体を対象物に近づける移動とを、どの様に分けるかが重要になる。こういった変化(望遠、広角レンズの対象物の見え方、歪み方)は、表現分野で頻繁に意図的に使われている。このレンズの変化とは別に、視点自体を対象物に近づける、遠ざける。という変化も同時に行う事がある。この2つの要素を切り分けて操作できる詳細なアジャスタブル環境を備え、求める

人物造形へ直感的に近づける操作感を実現させた。時間軸を持たない、単体の3Dデータの閲覧環境を検討した後に、4Dデータの閲覧環境検討へと移行していった。

<http://photogrammetry.work/web-3d-viewer/4d-browser.html>

4Dデータのアニメーションを再生させ、任意の点で動画を静止させ、その時点の3Dデータを呼び出す。といった方法をとった。動画を再生させ必要な時間的地点が決まると「3Dデータ呼び出し」ボタンをクリックする。それ以後は、先の3Dデータブラウザに準じた環境が提供される。

WEBによるデータのブラウジングの成果 1,人物表現全般において、人間の動作、衣服の変化を表面で捉えたデータを簡易に時間に沿って観察できる環境を整えるための基礎研究ができた。2, フリーで試用できる閲覧WEBシステムをインターネット上に公開し、フィードバックを受け付ける状態を構築した。

まとめ

本研究の成果はフォトグラメトリー技術の創作分野への利用方法を検証できたことにある。土地の測量、工業製品の検討、文化財の形のアーカイブなど利用され一般化している技術ではあるが、それらは、測量の精度が問われ、高度化している。その方向性とは異なり、本研究はフォトグラメトリー技術を簡易、安価に実現させ多様性のある利用方法へ発展や展開させるための研究であった。限られた予算の中で、人体の計測を行う方法と、そのデータの利用方法を検証したことは、表現分野の発展にも寄与すると考えている。また、アプリケーションの開発ではなく、フォトグラメトリー向上の写真へのアプローチはこれまで見当たらず、本研究が測定成果の原資となる写真撮影に特化したことは、これまでフォトグラメトリー研究の穴を埋める事ができたと考えている。尚、本研究の成果は、数値的なデータも掲載した上で、画像やサンプルデータへのリンク先なども提示し、論文としてまとめ、リポジトリ登録を行い公開する予定である。

なお、目下の「研究の成果」の詳細については、研究ポータルサイトで公開している。 <http://photogrammetry.work/>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 インタビュー：小吹隆文 編集長：松山龍雄	4. 巻 195号
2. 論文標題 3DCG+版で自然を物質化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 版画芸術	6. 最初と最後の頁 24-25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 インタビュー：松尾恵	4. 巻 -
2. 論文標題 デジタルメディアを通じて見るということ	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 AMeeT 「Art Meet Technology をテーマにしたWebマガジン」	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Toshinao YOSHIOKA
2. 発表標題 Process for creating a lithograph by laser and drawing machine.
3. 学会等名 INPACT11 international printmaking conference in HongKong（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉岡俊直 他
2. 発表標題 現代版画は鑑賞によって何を届けるのか
3. 学会等名 PAT in KYOTO シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉岡俊直
2. 発表標題 フォトグラメトリーと版画作品に関して
3. 学会等名 PAT in KYOTO アーティストトーク（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 編集長 松山龍雄	4. 発行年 2022年
2. 出版社 阿部出版	5. 総ページ数 182
3. 書名 版画芸術195号	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>フォトグラメトリーによる動的人体の3Dデータ取得と享受の研究 http://photogrammetry.work/ 吉岡俊直研究ポータル 4Dデータブラウザ http://photogrammetry.work/web-3d-viewer/4d-browser.html 吉岡俊直研究ポータル フォトグラメトリー技術を利用した平面作品 http://photogrammetry.work/yosioka%20HP/home.html 吉岡俊直研究ポータル 3Dデータのブラウジングページ http://photogrammetry.work/web-3d-viewer/3d-browser.html 2019年8月31日～9月16日 京都・京都市立芸術大学ギャラリー@KCUAにて「複眼と対象のノード」展開催。フォトグラメトリースタジオを設置し、本研究の中間発表を行った。計測成果をパネル展示。研究内容のプレゼンテーション。体験型ワークショップ。 https://gallery.kcuu.ac.jp/archives/2019/837/ 第8回NBCメッシュテック シルクスクリーン国際版画ビエンナーレ展 会期：2022年3月4日（金）～3月9日（水）会場：有楽町朝日ギャラリー「大賞」受賞 第3回 PATinKyoto 京都版画トリエンナーレ 2022 会期：2022年4月12日（火）&#12316;5月8日 会場：京都市京セラ美術館 本館2階南回廊「大賞」受賞</p>

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	村上 史明 (MURAKAMI FUMIAKI) (30512884)	筑波大学・芸術系・助教 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------