

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K13030

研究課題名（和文）VR鉛筆画作成を目的としたレンダリング手法の開発

研究課題名（英文）Development of technique for creating "VR 3D pencil drawing"

研究代表者

吉田 大海 (Yoshida, Hiromi)

近畿大学・工学部・講師

研究者番号：80637398

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では『VR立体鉛筆画』作成のための主要な画像処理技術を開発した。本技術は当初の目標通り、スマートフォンと安価なVRゴーグルがあれば簡単に体験できるコンテンツとなった。また研究の過程で、ステレオ画像を画像処理する際の重要な知見を多く獲得し、最終的には画像処理されたステレオ画像の『立体感』『不快感』を数値的に評価できる手法も開発できた。また、これらの研究成果を広く周知・還元するため、学術論文と商業誌への投稿・掲載を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スマートフォンやVRゴーグルの普及に伴って、ステレオ画像は以前に比べて身近な存在となった。今後、ステレオ画像は一部の専門家に限らず、多くの人にとって画像加工アプリの対象や、ソーシャルネットワークサービス等を通じた手軽なVR体験として発信対象になっていくものと考えられる。本研究で得られた学術的知見は、これらの動きを活性化する役割を担えると考えられる。とくに、最終年度に得られた成果『画像処理されたステレオ画像の立体感・不快感を数値評価する手法』は、国際的に見ても新規的な手法であり、ステレオ画像を画像処理する際に一つの明確な指針を提示できる成果となった。

研究成果の概要（英文）：In this research, I have developed the main image processing technique for creating "VR 3D pencil drawing". As initial schedule, this technique has become content that can be easily experienced with a smartphone and inexpensive VR goggles. In the process of research, a lot of important knowledge when processing stereo images were also acquired, and finally, a method that can numerically evaluate the "stereoscopic effect" and "bad effect" of image-processed stereo images was developed. In addition, in order to widely disseminate these research results, I submitted and published them in academic papers and commercial journals.

研究分野：画像処理

キーワード：立体感 ステレオ画像 VR 鉛筆画

### 1. 研究開始当初の背景

画風変換における最新の研究では、ディープラーニングによるスタイル変換を用いた手法が報告されている。しかしながら、鉛筆画風変換においては重要な特徴である鉛筆線分の画像特徴を表現できず、品質は十分ではない。鉛筆線分を良好に表現できる変換手法としては Lu らの手法があり、この手法は非写実的レンダリングを含むコンピュータービジョンの分野においてベストペーパー賞を獲得している。しかしながら、この手法には輪郭や質感の生成に複数の課題があり、応募者の研究でその課題の改善と、さらなる改良がなされた。本研究はその手法を応用して実施された。とくに、VR での立体鉛筆画表現は過去に高品質な手法の報告例がなく、国内外において初の芸術表現になると考えられた。応募者は、鉛筆画風変換の研究に注力していた。その過程で、鉛筆画変換においては鉛筆線分の画像特徴である濃さ、払う向き、長さなど細かな要素が重要となる点、それらが他の画風の要素(油絵風変換の絵具の凹凸表現、水彩画風変換の淡さ表現など)に比べて繊細で壊れやすい画像特徴であるという点を確認していた。またそれを原因の一つとして、近年に活況を迎えている VR 分野においても良好な立体鉛筆画表現が見られないことに着目し、本研究の着想に至った。

### 2. 研究の目的

本研究計画では、VR(Virtual Reality)鉛筆画の作成を目的とした各画像処理手法の研究・開発が目的となっていた。研究開始時点で、応募者は静止画の写真を対象として高品質な鉛筆画風画像に変換する手法を開発済であった。VR 鉛筆画の作成には、その変換手法を応用して動画への適用による鉛筆動画作成手法、ステレオ画像への適用による立体画像化手法の研究を遂行していく予定であった。実現の過程で課題となっていたのが、鉛筆画を動画化した際に生じる弊害の克服、リアルタイム性能を実現するための工夫、視差画像における立体感を維持した鉛筆線分の生成法の開発である。本研究計画ではこれらの課題を順次解決し、VR 鉛筆画作成に必要な諸技術の開発を行う予定となっていた。

### 3. 研究の方法

この研究では、本研究を達成する上で欠くことができない技術『立体的な鉛筆画』『VR の鉛筆画』『鉛筆画動画』を開発するために、鉛筆画風変換が満たすべき以下の3項目を追求していくことで、研究を行った。

- (1)鉛筆画を動画化する場合、適切なアニメーション表現手法は何か。
- (2)視差画像の鉛筆画風変換を行う場合、鉛筆線分をどのように制御して生成するか。
- (3)効率的かつ良好に視差画像を鉛筆画風変換するための手法は何か。

この3項目を追求していく上で生じた主要な課題点を、図1を用いて説明する。図1に示す緑色の枠と橙色の枠、そして赤色の枠と青入りの枠は、VRゴーグルを用いて鑑賞した際に重なる領域であり、適正な視差と鉛筆画らしさの両方が求められる。鉛筆画らしさとは、同図内の右下・黒枠で示すような「複数の線分で描く」ことである。しかし、この複数の線分で描き出された輪郭は、ステレオ画像本来の情報を損なって視差を失ったり、あるいは逆に立体感とは無関係な視差を生じるという問題がある。すなわち、鉛筆画らしさを追求するほど、立体感に悪影響を与える可能性が高くなるため、両者がバランスする基準を追求する必要性が生じた。

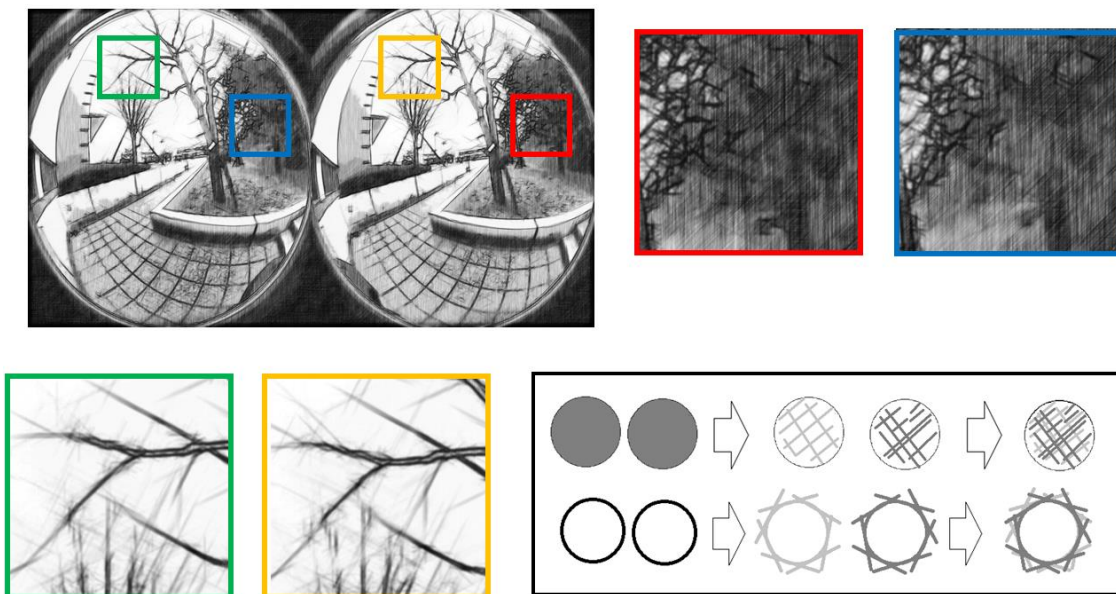


図 1:『立体鉛筆画』作成における課題点

そうして、上記の 3 項目を追求する過程で、立体鉛筆画の品質を数値的に評価することが必要となり、研究の後半では、画像処理したステレオ画像の定量的評価法の開発に重点を置いて研究を遂行した。具体的には、入力となるステレオ画像と鉛筆画風変換された立体鉛筆画の視差情報を比較し、その変化から、立体鉛筆画の立体感を3点で評価することを試みるものである。評価の1点目は、「良好な立体感」であり、これは入力となるステレオ画像の視差情報と出力となる立体鉛筆画の視差情報とが変化しなかった場合に判定される。2点目は、「損失した立体感」であり、入力となるステレオ画像の視差情報が、出力となる立体鉛筆画において損失していた場合に判定される。3点目は、「不正な立体感」であり、入力となるステレオ画像には存在しなかった視差情報が、出力となる立体鉛筆画で出現している場合に判定される。この3点の評価は画像の各領域で行われ、その結果は対応する3色によって表示する。なお、視差とは一般にステレオ対をなす2枚の画像が持つ水平方向のズレ量を差すが、ここで言う視差情報とは、ステレオ対をなす2枚の画像の画素の差分値を絶対値で出力し、画像化した情報をさす。

#### 4. 研究成果

本研究では、研究計画の主要技術である『VR 鉛筆画』の主要技術と、その品質管理を行うための数値評価法を開発できた。また、その研究過程で、ステレオ画像を画像処理した際の重要な知見を多く獲得できた。これらの成果は、学術論文[1]と商業誌[2]への投稿・掲載することで広く周知した。いまや、スマートフォンやVRゴーグルの普及に伴って、ステレオ画像は以前に比べて身近な存在となっている。今後、ステレオ画像は一部の専門家に限らず、多くの人にとって画像加工アプリの対象や、ソーシャルネットワークサービス等を通じた手軽なVR体験として発信対象になっていくものと考えられる。本研究で得られた知見はこれらの動きを活性化する役割も担えると考えられる。また、学術論文として発表した『画像処理されたステレオ画像の立体感・不快感を数値評価する手法』は、国際的に見ても新規的な手法であり、主観評価に頼らざるを得なかった『立体感』を数値化することができた。これにより、ステレオ画像を画像処理する際に一つの明確な指針を提示できる成果となった。以下に、本研究で開発した『立体鉛筆画』と、その『数値評価結果』のサンプルを掲載する。またこの成果は、ステレオ画像を画像処理する際に、適切な立体感を得るためのパラメータ設定を行うための評価法として発展・応用が期待できるため、引き続き本テーマに基づく研究を遂行していく予定である。

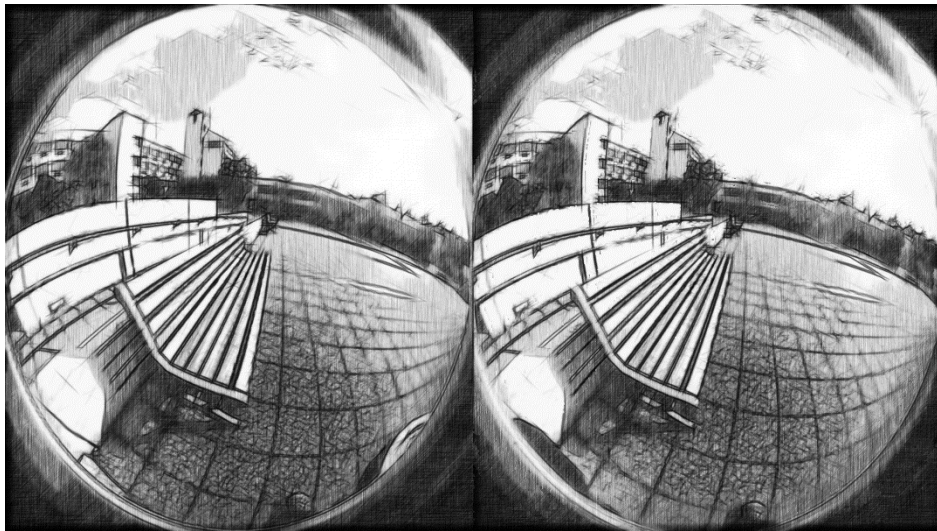


図2: 本研究成果となる『立体鉛筆画』の例

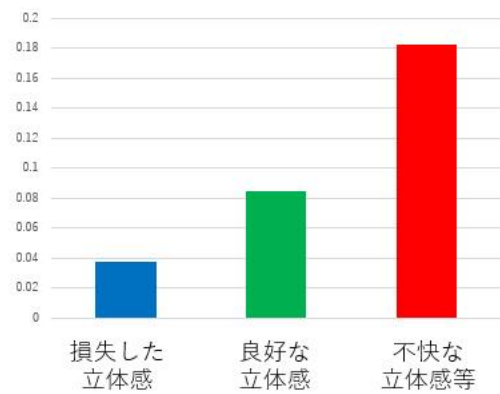
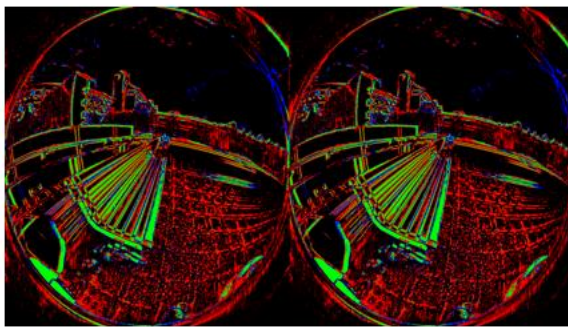


図3: 本研究成果となる『画像処理したステレオ画像の数値評価』の例

#### 参考文献

[1]吉田 大海、“ステレオ画像における画風変換後の視差精度評価手法”、画像電子学会誌 50 (4) 604-613 2021年10月 [査読有り]

[2]吉田 大海・他、OpenCV で超基礎から応用まで 75 例 ステレオ画像の画像処理”、CQ 出版社、2021年11月

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 吉田 大海	4. 巻 50
2. 論文標題 ステレオ画像における画風変換後の視差精度評価手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 画像電子学会誌	6. 最初と最後の頁 604 ~ 613
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 有
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 吉田 大海	4. 巻 第48号
2. 論文標題 立体鉛筆画『VR鉛筆画世界を目指して』	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 芸術科学会誌DiVA Display	6. 最初と最後の頁 26
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 有
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 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 吉田 大海	4. 発行年 2021年
2. 出版社 CQ出版社	5. 総ページ数 194
3. 書名 Interface 2022年1月号 OpenCVで超基礎から応用まで75例 ステレオ画像の画像処理	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------