

パウチドジェルによる触覚の提示方法の検討

Study of tactile preservation with pouched gels

糸井 麻夏¹, 小川 純¹, 渡邊 洋輔¹

エムディナヒン イスラムシブリ¹, 川上 勝¹, 古川 英光¹

Manatsu ITOI¹, Jun OGAWA¹, Yosuke WATANABE¹,

MD Nahin Islam SHIBLEE¹, Masaru KAWAKAMI¹, Hidemitsu FURUKAWA¹

¹山形大学工学部機械システム工学科

¹Yamagata University Faculty of Engineering Department of Mechanical Systems Engineering

【要約】

スマートフォンの機能向上と普及が根付いたことに、今やカメラ機能による撮影、そして即座にプリントアウトすることが手軽に行える。しかし出力された写真が提供するのは鮮明な色情報のみであり、被写体がつ触覚情報は当然ながら付加されていない。そこで本研究は 3D ゲルプリンター「GelPiPer」を用いて、物体のカメラ撮影と 3D スキャンを実施し、被写体の色感と触感を演出するパウチドジェルという手法を提案する。本手法は色感をスマートフォンのカメラを用いて撮影して白板にプリントアウトする。触感には GelPiPer を用いて 3D ゲルモデルをプリントアウトし、カラー印刷された白板の上に出力されたゲルを配置し、全体をパウチすることで生み出す。本稿は提案手法が現実と比較して、外観と触感が類似しているのかについて議論する。

キーワード: 3D スキャン, ゲル, UV プリント, パウチ

【Abstract】

The remarkable functional improvement of smartphones and their widespread use among citizens have made it easy to take a photo using a camera and print it out instantly. However, the output photo provides only color information, and does not include tactile information of the subject. This study proposes a method called "pouch gel," in which a 3D scanned subject is fabricated using a 3D gel printer "GelPiPer" and 3D gel is placed on the surface of the printed photo of the subject to pouch it. This paper discusses whether the proposed method is similar in appearance and tactility compared to reality.

Keywords: 3D scan, gel, UV print, pouch

1. 緒言

1-1. 研究背景

カメラの機能を持った電子機器の普及や印刷技術の向上により、今では誰もが色情報をもつ画像のデータの保存・転送・印刷が可能となっている。時を同じくして 3D プリンターも低価格化が進み、個人が所有して 3D プリントする時代が訪れており、ものの形状すなわち 3D データの保存・転送・印刷も実現されている。これまで現実世界に存在する物質の形状データは、例えば 3D MRI 撮影などの医療機器で取り扱われる類の代物であったが、昨今では LiDER 技術を搭載したスマートフォン登場により、スマートフォンによる 3D スキャンが実現され、より手軽にデータを作成できるようになっている。3D モデルの編集技術も高度化が進んでおり、2D/3D モデルを凝ったデザインに作り替えることができる DCC ツールを用いて、これまでに例を見ないデジタルアート作品が SNS やブログを通じてブロードキャスト的に公開することもできるようになっている。

一方で色情報をもつ画像データと形状情報をもつ 3D モデルでは、各々の媒体で触覚情報が欠落または著しく異なる状態に変換されていることがほとんどである。例えば従来の写真という形式で印刷すると、当然形状やモノの柔らかさ、凹凸など、質触感まで提示されることは

できない。また、3D モデルも同様であり、個人向けや企業向けに普及されている 3D プリンターは硬い質感は得られるが、柔らかい質感の再現までは現状困難である。そこで注目される装置が 3D ゲルプリンターである。一般的にゲル¹⁾は人体に類似した柔らかさを持ち、3D 形状に造形することは難しい材料である。しかし 3D ゲルプリンターは多様な方法で 3D ゲルの成形を実現する技術である²⁾、しかし、3D ゲルプリンターで出力されるモデルはこれまで同様に色情報が欠落している。

1-2. 目的

前節の背景を受けて、本研究では色と触覚の 2 種の情報を同時に保持したパウチドジェルを作成する手法を検討する。本研究の目的は身体の指や頬などの柔らかさを再現した立体的な写真を記録し、遠方にいる家族に向けてその写真を転送することを目指す。また DCC ツールを用いて作成したデジタルの芸術作品を、仮想世界から現実世界へ、色と形状と柔らかさを持った新たな作品へと変化させられるような新たな表現方法の枠組みを提案する。

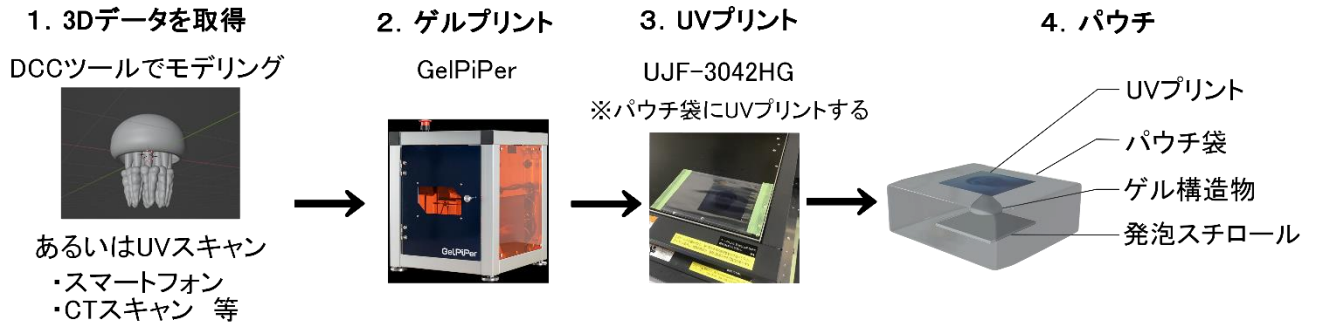


図 1. パウチドジェル作成の手順



図 2. GelPiPer でゲル構造物を造形している様子



筆者が作成したクラゲのCG

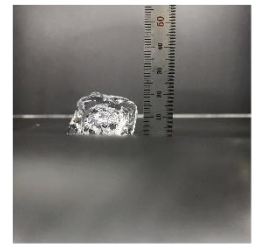


筆者の左手親指の写真

図 3. 本研究で UV プリントの際に使う画像



真上から見た図



正面から見た図

2. パウチドジェルの作成手順

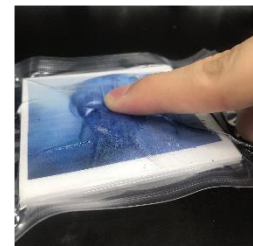
2-1. 使用機材

本研究のパウチドジェルは、パウチするための袋、形状と柔らかさを提示するためのゲル構造物、ゲルの硬さ調整のための発泡スチロールから構成される。パウチする素材は、クリロン化成の彊美人と呼ばれる真空袋を用いる。パウチされるゲル構造物は、従来難しかったゲルプリントを可能とした 3D ゲルプリンター「GelPiPer」により作成する。

その際に使用するゲルは相互架橋網目 (ICN) 構造をもった ICN ゲル³⁾を用いる。ICN ゲルは、一般的な DMAAm ゲルと違いひずみが大きく、1 種類でなく複数のポリマーが相互架橋することによって 3 次元の網目を形成している。後述する UV プリントの色を透かす都合上、ICN ゲル溶液を作成する際にノイゲンを混ぜている。また、色情報の提示手段は UV ジェットプリンター (MIMAKI 製 UJF-3042-HG) でゲルの配置する土台に UV 印刷をすることでパウチドジェルにおいて色情報を提示する。



未変形時のパウチドジェル

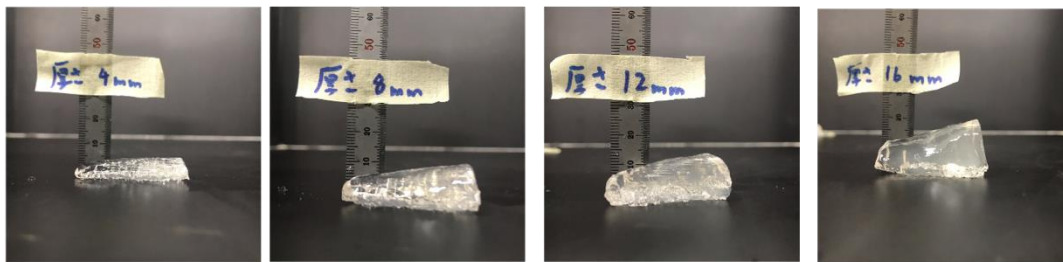


外力を加えたパウチドジェル

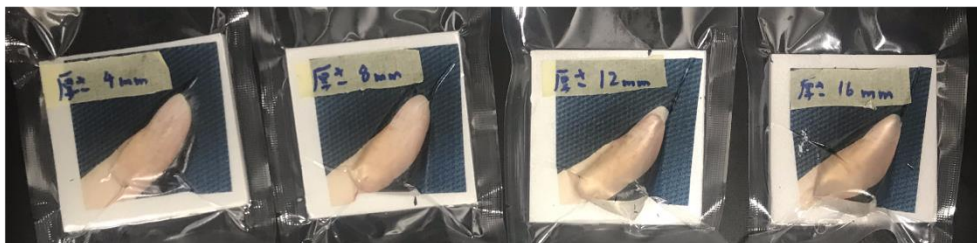
図 4. クラゲのゲルの大きさとパウチドジェルの変形

2-2. 手順

パウチドジェルを作成する手順は図 1 の通りである。まず 3D スキャン、あるいはモデリングソフトによるモデリングによって形状のデータを STL の形式で取得する。そのデータをもとに、GelPiPer で ICN ゲルを用いてゲル



指のゲルを正面から見た図



指のパウチドジェルを真上から見た図

図 5. 指のゲルの大きさとパウチドジェル

プリントする。ゲルプリントしている様子を図 2 に示す。バスタブにゲル溶液を浸し、金網の高さを液面に調節し、GelPiPer 側の UV ライトを照射することでゲル溶液を反応させ、金網の上にゲル構造物が形成される仕組みとなっている。次に、撮影された画像データか、あるいは DCC ツールなどを用いて作成された画像データをもとに、パウチ袋か発泡スチロールに UV プリントする。最後に、発泡スチロールにゲル構造物をパウチ袋に入れ、UV プリントされた画像をもとに正しく設置し、パウチして完成となる。

ここで、本研究で UV プリントの際に使う 2 枚の画像を図 3 に示す。指の画像は筆者の左手の写真で、クラゲの画像は筆者がモデリングで作成した写真である。ここで、2 つの色情報の違いによって感じ取れる硬さの変化も合わせて検証する⁴⁾。

3. パウチドジェルの検証

3-1. 人力モデリングした作品のパウチドジェル

まず、3D スキャンの手順を踏まず、DCC ツールを用いてモデリングした 3D データを使用してパウチドジェルを作成した。なお、DCC ツールは blender3.3 を用いた。本研究におけるパウチドジェルの主な構成は、2-1. 使用機材に示したとおりである。ここで、パウチドジェルのゲル構造物の大きさと、パウチ後に外力によって変形している様子を図 4 に示す。ゲル構造物自体はかなり柔らかい質感のため、机に設置した際重力に従って厚さが縮んだが、クラゲの傘部分と傘の内側から伸びる足は正しく造形されていた。なお、造形時間は 67 分であった。また、ゲル構造物を発泡スチロールに乗せてパウチすると、パウチ袋の内部が減圧されることでゲル構造物も圧縮され、本来想定していた形より薄く伸びたような形

状となった。また、作成したパウチドジェルのゲル部分に指で圧力を加えると、外力に応じてゲルが凹み、指を離すと元の形状に戻っていた。パウチドジェルの UV プリントがされている面はマットな質感である。なお、UV プリントがされていない裏面は滑らかな質感であり、両面における明確な質感の違いを感じることができた。

3-2. 3D スキャンした指のパウチドジェル

次に、WIDAR 搭載のスマートフォンを用いて 3D スキャンした筆者の手を、STL データに変換し親指のみをトリミングした 3D データを取得し、パウチドジェルを作成した。ここで、指のゲル構造物と作成したパウチドジェルを図 5 に示す。指の厚さ方向の縮尺を 25%、50%、75%、100%にしてゲル構造物を作成した。概ね形状は想定していた通りの造形ができた。なお、造形時間は厚さ 4mm が 22 分、8mm が 43 分、12mm が 65 分、16mm が 87 分であった。その後 UV プリントし、ゲル構造物を発泡スチロールに乗せてパウチしたところ、プリントされた画像が厚さ 4mm のゲルでは UV プリントされた写真のゆがみが少なく、厚さ 16mm のゲルでは写真のゆがみが大きい。また、ゲル部分に指で圧力をかけたところ、厚さ 4mm が一番硬く感じ、次に厚さ 8mm、一番柔らかく感じるのは厚さ 12mm と 16mm である。厚さ 12mm と 16mm の感触はほぼ類似している。

また、UV プリントによる色情報によって感じる柔らかさに変化は生じるのか、3-1 節のパウチドジェルと指で外力を加えることで比較し調べたところ、厚さ 8mm のものと同じ程度の柔らかさを感じた。

4. 考察

本研究ではクラゲと指の 2 種のパウチドジェルを作成

したが、どちらもゲルが入っている部分に指で圧力をかけると、ゲル特有の柔らかさを認識できる。特に 3-2 において、ゲルの厚さによって触感に差が生じており、この理由はゲルを設置する土台である発泡スチロールの硬い質感を、薄いゲルの方がより直接的に感じ取れてしまうことに起因すると推察される。しかし、例えば人体の指などは硬質の骨があり、骨の無いゲルは現実の指と比較して圧倒的に硬く、一番硬く感じる厚さ 4mm のゲルでも現実のものより明確に柔らかい。そのため、柔らかさを再現するためには骨の役割を持つ素材を別途用意する必要がある。また、ゲルを発泡スチロールに乗せてパウチした際、クラゲのゲルが特に薄く広がるような変形を見せていた。クラゲは指のモデルと違い、傘や足の厚みが薄いため、パウチした段階でパウチ袋の内部の減圧に耐え切れず、指のパウチドジェルと比較し広く伸びたと考えられる。

5. 結言

本研究において、色と触覚の 2 種の情報を同時に保持したパウチドジェルを作成する手法を検討した。提案するパウチドジェルは形状と柔らかさと色情報の提示が可能であることを示した。本研究において作成した 2 種のパウチドジェルは、どちらもパウチする段階でパウチ袋の内部が減圧されることによりゲルが圧縮され、ゲルが薄く伸びてしまうため、3D スキャンやモデリングによって作成した 3D データから、想定しない変形が生じている点が課題と感じた。また、GelPiPer によるゲルプリントが少々時間を要していた。そのため、今後は減圧してもゲルが潰れにくいパウチ袋の調査と、ゲルプリントの高速化により、パウチドジェルの再現性の向上と高速化の検討を行う。

また本研究では調査が進んでいないが、UV プリントによって生じたマットな素材感によって感じる柔らかさの変化、ゲルの内部に骨を入れ込む新たな造形方法など、様々なアプローチから検討を行う。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP18H05471, JP19H01122, JP21H04936, JP21K14040, JP22K17972, JST OPERA JPMJOP1844, ムーンショット農林水産研究開発事業(MS508, JPJ009237), 内閣府が進める「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」, 「官民による若手研究者発掘支援事業」(管理法人:NEDO)によって支援を受けたものである。

参考文献

1. 株式会社タイカ, “What is HAPTICS OF WONDER 12 触 α GEL 見本帖”, Taica, 2022-09-20
2. 渡邊 洋輔, 3D ゲルプリンターからソフトロボティク

スへ, 計測と制御 第 59 巻 第 11 号, 2020, p. 810-816

3. 高田 剛, 相互架橋網目(ICN)による高延性ゲルの開発, 日本機械学会, 2011
4. 岡本 正吾, 色と素材の触感および触覚ディスプレイ刺激の対応, 日本色彩学会誌 第 43 巻 第 2 号, 2019, p. 107-110