



Title	Spatial Augmented Reality for Deformable Objects
Author(s)	Punpongsanon, Parinya
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59626
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (PARINYA PUNPONGSANON)	
Title	Spatial Augmented Reality for Deformable Objects 柔軟物体を対象とした投影型複合現実感の研究
Abstract of Thesis Deformation is an essential property of objects that provides important information regarding the structure of an object. People interact with deformable objects, e.g., a doctor analyzes patients' blood flow to diagnose symptoms, and an engineer inspects the straight or load of an elastic object. Thus, visualization of deformation is required in several fields. Considering the current visualization technology, visualizing deformation is limited to ordinary screens that restrict interaction. Spatial augmented reality (AR) refers to the technique that enables computer generated graphics to be projected directly onto a physical object through light-projection image. The projection images can dramatically create a realistic appearance over the objects. Consequently, users can interact with virtual content in a real space. This could improve user experience and support important investigation/implementation tasks, e.g., medical care and various design applications. Although spatial AR has several advantages, few studies have investigated integrating deformation visualization in spatial AR. This thesis explores the spatial AR for deformable objects and makes the following contributions. First, I introduce a deformation estimation approach for spatial AR using an infrared-based vision system. The proposed infrared-based tracking technique solves the limitations of feature requirements that are difficult to realize for projection surfaces, which are typically uniform matte white surfaces. The proposed deformation estimation technique is demonstrated through a practical user study. Second, I demonstrate spatial AR for deformable objects to control the apparent motion of fabric. I investigate the effectiveness of changing the apparent motion to modify the perceived stiffness of fabric. Through a psychophysical study, I confirm that changing the apparent motion of fabric affects the perceived stiffness. In addition, I derive a perceptual model that can manipulate user perception of stiffness and evaluate this model with various fabrics material in the different setup. Finally, I investigate the use of a light-projection image to modify the perceived haptic softness of an elastic object by changing the visual appearance of a target object's surface and a user's body. Through a psychophysical study, I determine that a projected visual effect that changes the surface appearance of a hand and the deformation appearance of a touched object can significantly influence perceived softness. Similar to my previous studies, I derive a perceptual model and build a prototype system that can manipulate user perception of softness of various elastic objects.	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (PARINYA PUNPONGSANON)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	佐藤 宏介
	副 査	教 授	新井 健生
	副 査	教 授	石黒 浩

論文審査の結果の要旨

本論文は、バーチャルリアリティ分野において、空間的に拮がりを有する強調現実感（オーグメンテッド・リアリテイ）空間に、ゲルのような粘弾性（viscoelasticity）物体や、カーテンのような揺動物体、クッションのような弾性（elasticity）物体等の様々なタイプの変形物体が存在する状況において、対象物体の見えや動きを観測しながら、プロジェクタを用いて構造化された投影光パターンを逐次決定し、投影重畳していくことで、物理的な物体変形が同一であっても、視覚心理的に物体の触感（haptics）、質感（texture）を強調・変調する手法を考案している。

まず、粘弾性ゲルを対象として取り上げ、その形状変化を非接触計測するためには、カメラを用いて映像の画像処理から取り出すこととなるが、素材が様なゲルの場合、物体輪郭を別にして物体内部療育での視覚的变化は乏しく、安定的に取り出すことは困難である。本論文では、まず微小な赤外線吸収マーカを対象ゲル物体に混入させ、赤外線照明下で赤外線カメラを用いて観測することで、パーティクルのオブティカルフローからゲル全体において局所モーシオン変位を推定する新しい方法を考案している。この赤外線パーティクル追跡で得られた変位に基づき、仮想テクスチャをリアルタイムコンピュータグラフィクスで反映させ、可視光で対象ゲルに対して投影することで、パーティクルによる見えの劣化を発生させずに、表面にテクスチャパターンの強調現実の付与が可能になり、自重による自己粘性変化やユーザの外部接触操作で動的に形状変化している粘弾性ゲルを視覚的に変調することを実証した。本研究では、赤外線パーティクルの面積あたり混入率と視覚効果の画質との関係も明らかにしている。

また、カーテンやドレスの裾のようなドレープ素材では、風により様々に揺らぐが大まかな周期性を有する変形の見え具合が、視覚的な素材の質感を現している。本論文では、変形物体の中でも、これまで強調現実感が対象としてこなかったドレープ素材に対して、プロジェクタ投影に基づく強調現実感の標準アプローチである、コンピュータグラフィクスで合成した仮想像を対象物体に投影する方式ではなく、対象物体の見えをカメラ観測し、その見えをそのまま対象物体に自己再投影するという斬新な方法論を提案している。これにより、ドレープ素材が様々に揺らいでいる状況であっても、その素材の形状変化を詳細に計測する必要をなくすことができ、過去の観測映像を単純に時間遅延、時間伸縮することで、視覚印象を変調できることをカーテンやドレスを用いた実験により明らかにした。加えて、観測画像の動き強調や輝度強調によってもドレープ素材の質感を変調できることを視覚心理実験で明らかにしている。

さらに、ユーザが弾性変形物体に対して手で押し込む操作を行う強調現実ハプティックインタラクション環境を想定し、プロジェクタ投影により、凹む物体表面のテクスチャを幾何変調する視覚効果と、ユーザの手指の肌を濃度変調する視覚効果を新規に提案している。様々な弾性素材を用いた被験者視覚心理実験により、物理的な弾性変形パラメータ（押圧と変形との関係）は一定であっても、提案視覚効果が心理的な弾性変形パラメータを人工的に変更可能なことを示した。これらのことは学術的に新規であると同時に、制御されたパターン光の投影のみによるハプティクスシステムを構築できることを実証しており、工学的にも高い有用性がある。

以上のように提案手法の新規性、有用性から、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。