



|              |                                                                                            |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | Model-based Analysis of Translucent Objects using Spatially and Temporally Modulated Light |
| Author(s)    | 田中, 賢一郎                                                                                    |
| Citation     | 大阪大学, 2017, 博士論文                                                                           |
| Version Type | VoR                                                                                        |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/61855">https://doi.org/10.18910/61855</a>                |
| rights       |                                                                                            |
| Note         |                                                                                            |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名 ( 田中 賢一郎 )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                      |
| 論文題名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Model-based Analysis of Translucent Objects using Spatially and Temporally Modulated Light<br>(空間および時間的変調光源を用いた半透明物体のモデルベース解析に関する研究) |
| <p>論文内容の要旨</p> <p>Measurement of transparent or translucent objects is an important technology with broad potential applications. In the computer vision field, computational photography approaches that combine optical design and computational algorithms to obtain informative images have been actively developed to enhance and restore images. However, it remains difficult to recover invisible information contained within transparent or translucent objects because light penetrates and scatters inside the object, heavily degrading observed images.</p> <p>Our goal is to recover invisible information that has been degraded by scattering and is too complex to be directly measured and analyzed. In this thesis, we propose a measurement framework using either spatially or temporally modulated light that conveys the frequency responses of the translucent objects. We model the spread of modulated light at several frequencies. Based on this model, we recover invisible information from translucent objects by processing the frequency responses.</p> <p>Using a projector to realize spatial modulation, we reveal how the pattern projection conveys the information of spatial spread of light. Using a Time-of-Flight (ToF) camera to realize temporal modulation, we propose a model for the distortions caused by the temporal spread of light. Based on these relationships, we recover clear images stored inside translucent objects, accurate 3-d shape, and material. We demonstrate the qualitative and quantitative effectiveness of our method in real-world experiments. Herein, we show that both spatial and temporal spread of light can be analyzed using modulated light.</p> |                                                                                                                                      |

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 ( 田 中 賢 一 郎 ) |     |     |       |
|-------------------|-----|-----|-------|
|                   | (職) | 氏 名 |       |
| 論文審査担当者           | 主 査 | 教授  | 八木 康史 |
|                   | 副 査 | 教授  | 楠本 真二 |
|                   | 副 査 | 教授  | 松下 康之 |
|                   | 副 査 | 教授  | 向川 康博 |

## 論文審査の結果の要旨

提出された論文では、空間的および時間的に強度を変調した光源を用いて、反射光・透過光・散乱光などの光の伝播をモデルベースによって解析する手法について述べている。特に、強い散乱を生じる半透明物体の計測は様々な場面で必要とされる技術であるが、通常の光源では光の広がりや直接計測することが難しかった。この問題に対して、本研究では強度変調光源を用いた新しい画像の解析手法を提案している。本論文では、以下に述べる四つの成果を述べている。

第一の成果として、空間的に強度変調した平行光により、透過光と散乱光を分離する手法を提案している。テレセントリックレンズを装着したプロジェクタとカメラを対向させた光学系を設計し、空間的に高周波なパターン光を用いることで、散乱光と透過光を分離し、半透明物体内部を鮮明に可視化するコンピュータシミュレーショングラフィフィ技術を開発した。

第二の成果として、空間的に強度変調した光により、半透明物体からの反射光を深さごとに分離する手法を提案している。カメラと同軸に配置されたプロジェクタから空間的な周波数を変えたパターン光を複数回照射し、反射する奥行きごとに異なる点拡がり関数を持つことを利用して、反射光を深さごとに分離する技術を開発し、油絵の下地の可視化などに応用可能であることを示している。

第三の成果として、時間的に強度変調した光により、透明物体の形状を推定する手法を提案している。一般に距離計測に用いられる Time-Of-Flight (ToF) カメラを用いて時間的に強度変調した光を生成し、物体までの奥行きだけでなく、裏側の形状や表面の法線も考慮したモデルを用いて、最適化問題として解く方法を示している。

第四の成果として、時間的に強度変調した光により、半透明物体の材質を推定する手法を提案している。第三の成果と同様に ToF カメラを用いて時間的な周波数の異なる複数の強度変調した光を生成し、反射光の時間的な点拡がり関数が周波数に依存することを利用して、半透明物体の材質や厚みを見分ける技術を開発した。

以上の一連の研究成果は、強度変調光源を用いた空間的および時間的な光の広がりやの解析として、体系的にまとめられている。特に時間的な強度変調技術については、近年のToFカメラの普及によって取り組みが始まった最先端の研究分野であり、本来の距離計測以外の応用例を示した点において、コンピュータビジョン分野における光学現象の解析技術の向上に大きく貢献するものと考えられる。画像解析技術の進展に重要な成果を挙げた研究として、情報科学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。