

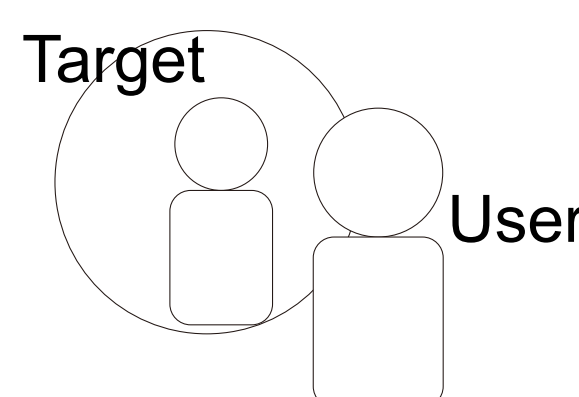
遠赤外域における映り込みを利用した ダイナミックプロジェクションマッピングによる没入感の向上

23M13757 石川陽菜
東京工業大学 工学院 情報通信系 渡辺研究室

背景

現実の映り込みの動的投影へ

- ダイナミックプロジェクションマッピング（DPM）は物体を追跡し動的に投影する技術
- DPMにおいて、様々な質感再現が実現されている
- ユーザのリアルタイムな映り込みをターゲットに投影することはインタラクティブな体験を実現し、没入感の向上に繋がる。そのため現実空間のうち人間に特化した手法を設計
- 目的：現実世界の映り込みを実現するDPMによる没入感の向上
- パストレーシングを用いてCG空間の映り込みを実現したDPM
- CG空間の映り込みしか再現できない
- 鏡の半球面を用いて現実空間の映り込みを実現したDPM
- シーン内に鏡を置く必要がある
- PMの環境光は暗い必要があるため、映り込む環境も暗い



[Nomoto+ 2020]



[Siegl+ 2015]



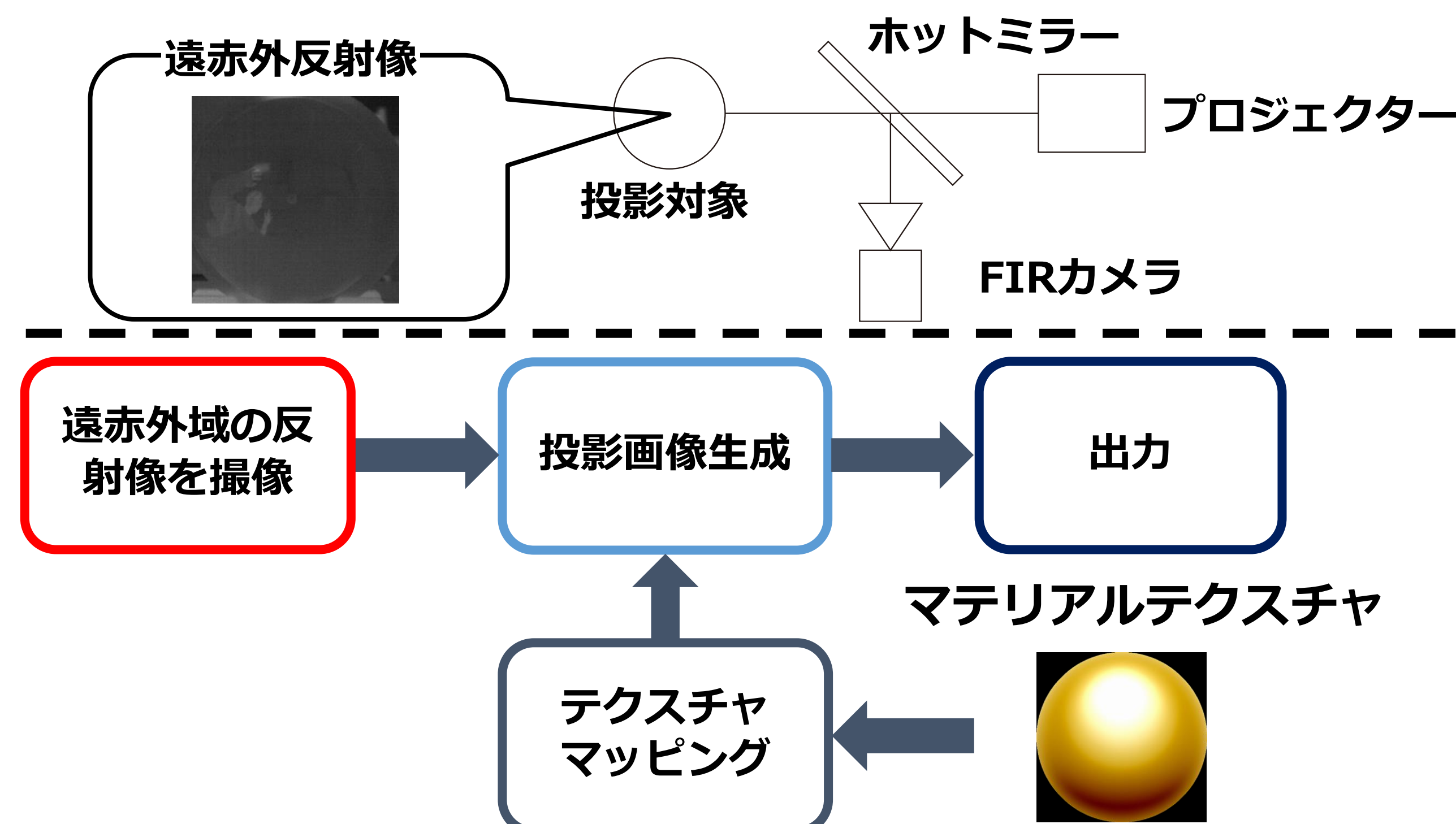
[Siegl+ 2015]

提案手法

遠赤外域の反射像を用いた質感の再現

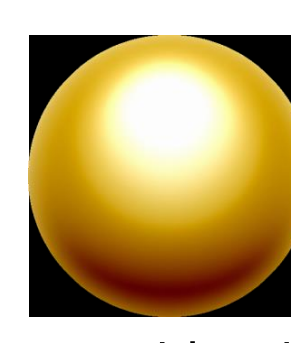
a. 投影対象（拡散反射物体）の遠赤外域における反射像を利用

- 可視光域で拡散反射物体でも、遠赤外域では鏡面反射性を示すことがある [Shirazi+ 2014]
- 鏡ではなく投影対象から映り込みを撮像でき、システムの簡略化が可能
- 可視光の影響を受けない



b. 遠赤外反射像とマテリアルテクスチャの両立による質感再現

- 遠赤外反射像はRGB情報を持たないため、そのまま投影するには向かない
→ 遠赤外反射像とマテリアルテクスチャ画像を組み合わせる
- 現実空間の物体は反射特性によって映り込みの色が異なることから、再現する質感の反射特性に応じてYUV色空間を用いて合成手法を切り替える

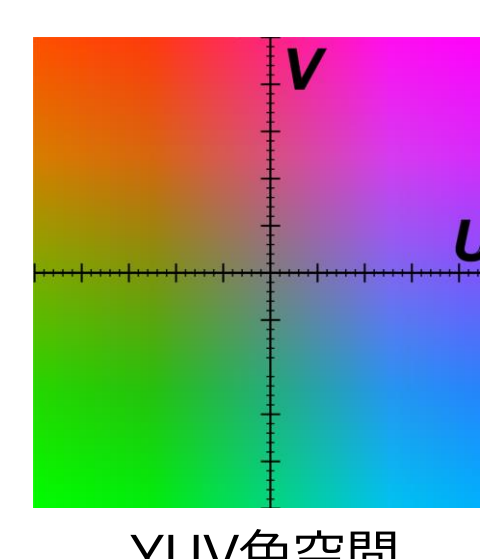


マテリアルテクスチャ

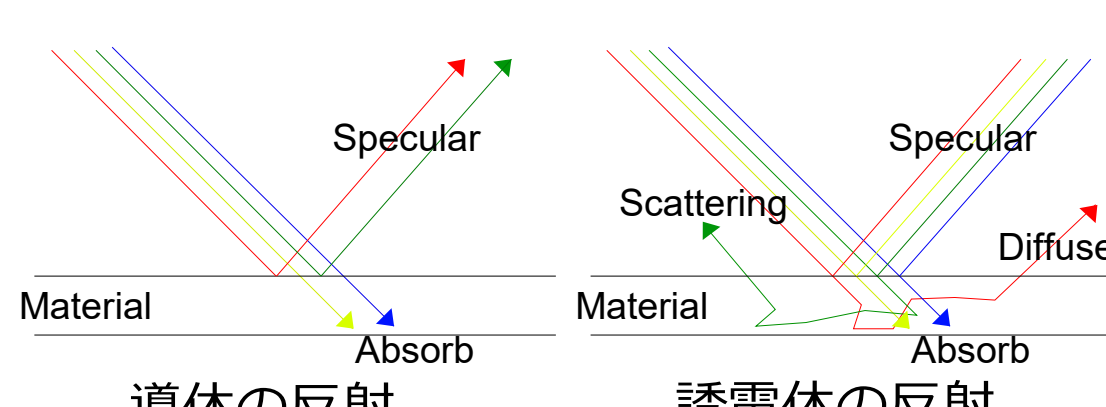
遠赤外反射像



投影画像



YUV色空間



- 以下の反射特性を利用

- 人は色より輝度の変化に敏感
- 鏡面反射成分が小さい時、相互反射は無視できる
- 導体の反射光の色は導体の色となる
- $I = I_d + I_s$ (2色性反射モデル) I_d : 拡散反射輝度 I_s : 鏡面反射輝度 (映り込み)

- ・ R: 反射率
- ・ Y: 輝度成分
- ・ UV: 色成分
- ・ ω : 重み係数

導体/ 誘電体（鏡面反射成分: 小）

$$Y_{\text{output}} = R * Y_{\text{FIR}} + Y_{\text{material}}$$
$$UV_{\text{output}} = UV_{\text{material}}$$

誘電体（鏡面反射成分: 大）

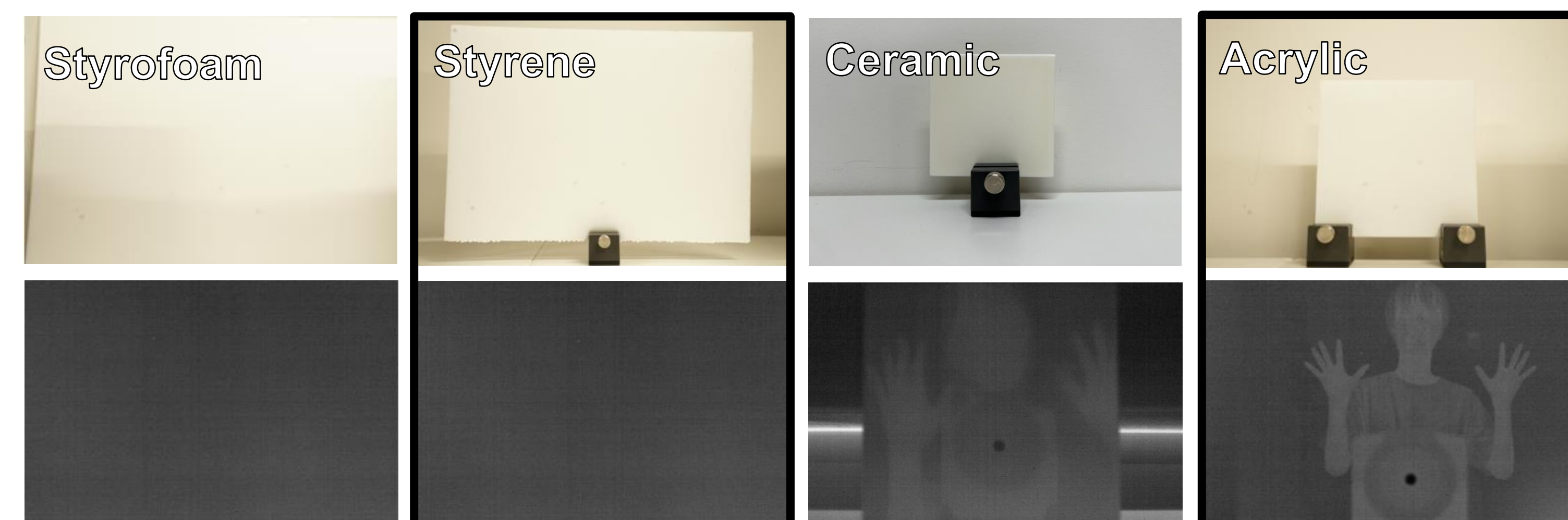
$$Y_{\text{output}} = R * Y_{\text{FIR}} + Y_{\text{material}}$$
$$UV_{\text{output}} = \omega_1 UV_{\text{material}} + \omega_2 UV_{\text{FIR}}$$

実験

遠赤外域の反射像を用いた質感再現手法の検証

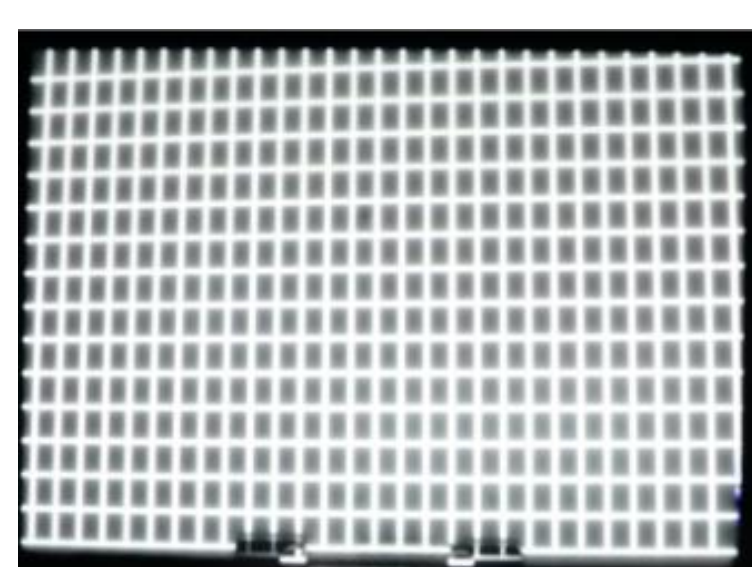
投影素材の選定 (a)

遠赤外反射像がみられてかつ投影が可能な素材



実験設備

スチレン板とアクリル板で投影結果の比較



Styrene

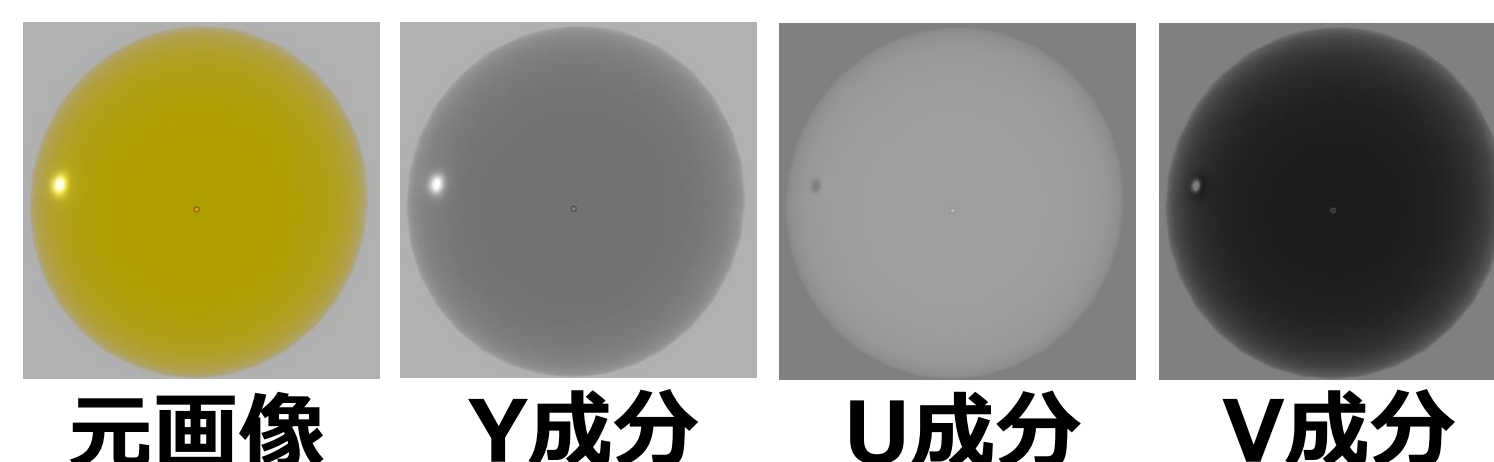


Acrylic

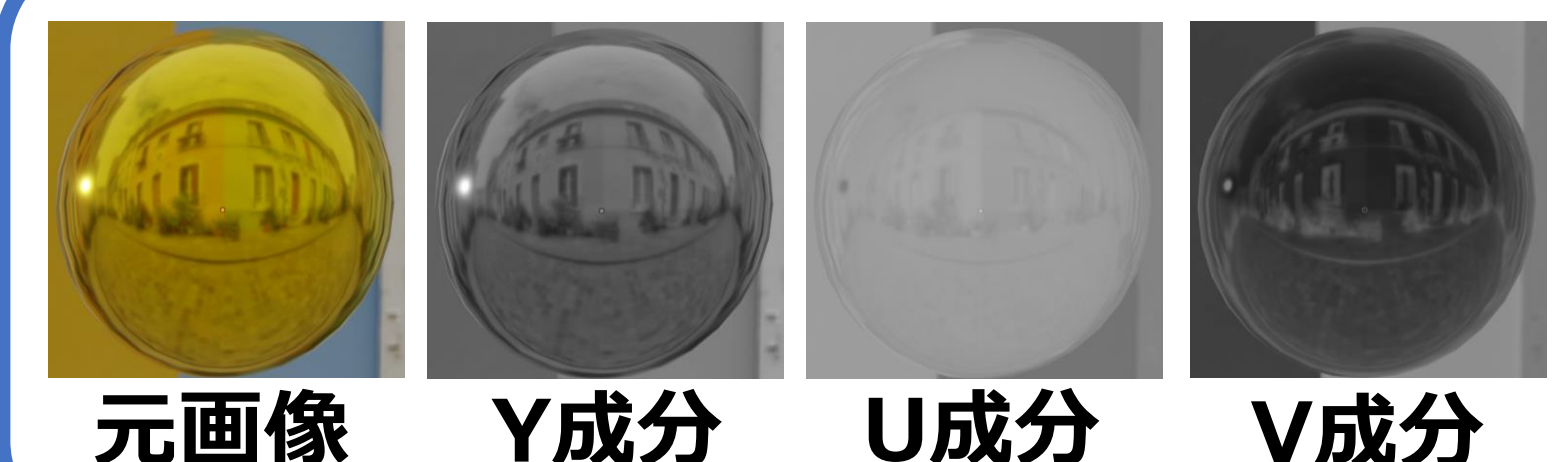
CGを用いた物理シミュレーション (b)

環境が映り込む時、Y成分の変化が大きく、UV成分の変化が小さい

映り込みがない導体

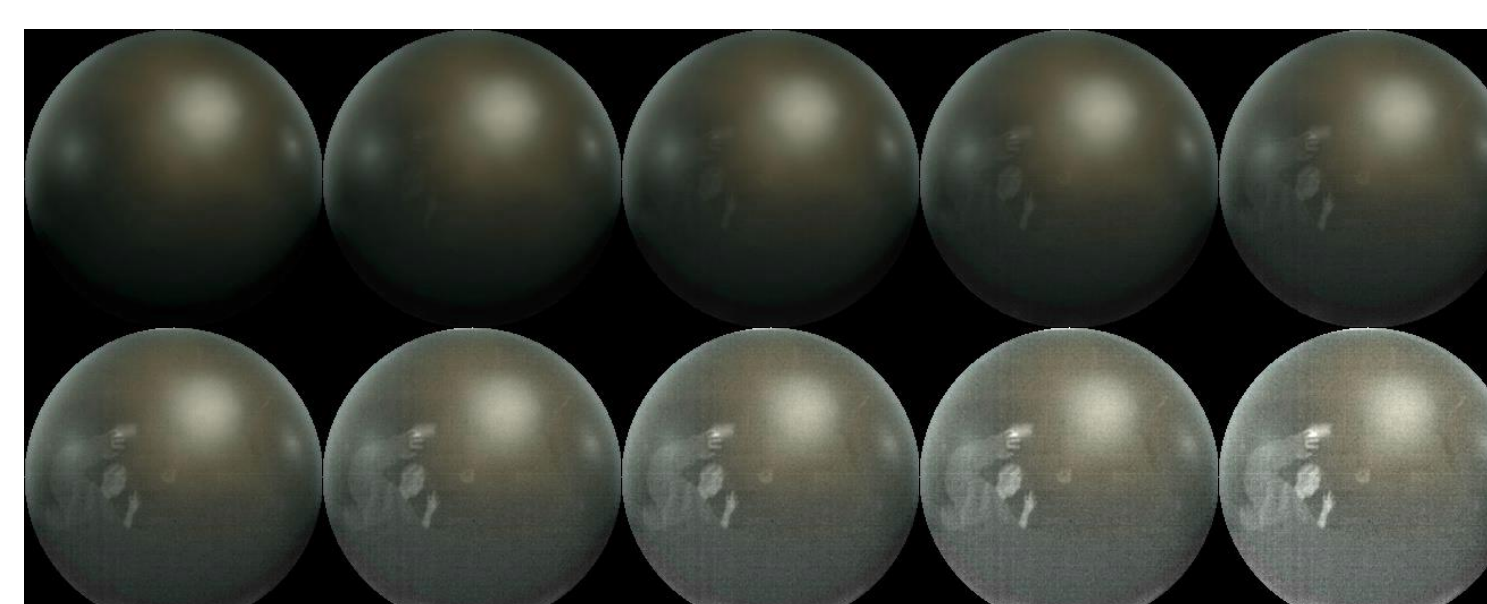


映り込みがある導体



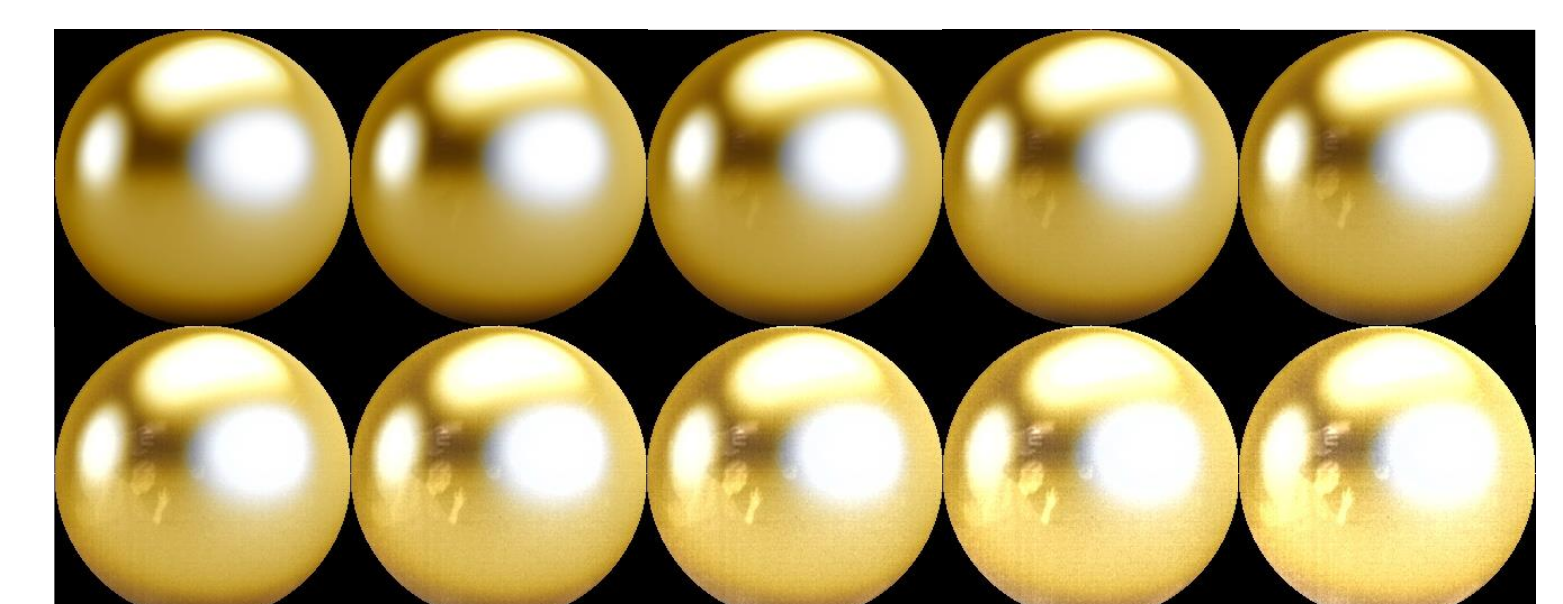
アクリルの遠赤外反射像とMatcapによるシミュレーション (b)

鏡面反射成分が大きい誘電体の質感再現にはFIR画像のRGB復元が必要



誘電体（鏡面反射成分: 小）

遠赤外反射像の割合: 0.1 - 1



導体

遠赤外反射像の割合: 0.1 - 1

- 鏡面反射成分が大きい誘電体の質感を再現できない。映り込み像のRGB情報と質感のRGB情報両方が必要となるため、遠赤外反射像からRGB情報を復元することを課題とする
- DPMへの応用。遅延の知覚限界を考慮したシステムにする。同軸システムを組んで、アルミチェッカーボードを用いたキャリブレーションを行い位置合わせを行う