

四輪の試作レス開発に向けた 外観品質確認ツールの開発

Design Appearance Evaluation Tool for Non-prototype Development

井 出 大 介*
Daisuke IDE

齊 藤 陵 介**
Ryosuke SAITO

久 保 一**
Hajime KUBO

要 旨

ABSTRACT

本テーマのねらいは、四輪の試作レス開発に向けた、より速く、簡単に、そして実物相当に判断できるツールの実現である。従来、意図的な演出効果により造形の魅力を表現したコンピュータグラフィックスによる評価が、多く行われている。試作レス開発においては、実物と同じ判断ができるコンピュータグラフィックス出力結果が必要であり、各人のスキルに依存せず、評価において高精度な結果を現実的な計算時間で出力を得なければならない。

求められるコンピュータグラフィックス出力を適正な計算時間で達成するために、我々はコンピュータグラフィックスソフトウェア Total Objective and Physical Simulation を開発した。このソフトウェアでは、環境や素材のパラメータの手動調整をやめ、現物から測定したデータのみを扱うこととした。加えて、計算手法としてモンテカルロ経路積分法を採用し、並列化を可能にすることで、Graphic Processing Unit 並列演算に特化したシステムを構築した。これにより、測定データに基づいた物理的に正しい描画を、非常に高いパフォーマンスで実現した。

The aim with this paper is to achieve a tool for non-prototype automotive development that is faster, simpler, and enables judgment equivalent to that with a physical model. Evaluation by the computer graphics to convey the appeal of shapes by means of artistic effects is commonly used. In non-prototype development, computer graphic output effects allowing the same judgment as with a physical model are required, and this approach has to yield output for evaluation with highly accurate results and by a realistic amount of calculation time without depending on the skills of individuals.

The computer graphic software named Total Objective and Physical Simulation was developed in order to achieve the required computer graphic output with a reasonable amount of calculation time. It was decided that the software would not use manual adjustment of environment and material parameters, but instead handle only data measured from actual objects. In addition, Monte Carlo path tracing specialized for parallel Graphic Processing Units was adopted for the calculation technique. This tool achieved physically correct rendering based on measurement data with a high level of performance.

1. まえがき

今日、四輪開発において開発の短期化のために試作レスの要望が大きくなってきている。

デザイン領域において、意匠性を判断するためにモックアップを製作し評価しているが、量産に向けた最終的な意匠性判断においては、内包する機能部品を含めた正確な見え方の確認が必要である。これを外観品質確認と呼ぶ。外

観品質確認には試作車による判断が必要であり、試作車完成までのプロセスを考慮すると、開発期間短縮においては大きな課題となる。

そこで本開発では、外観品質確認を試作車からコンピュータグラフィックス（以下、CG）確認へ代替するために開発を進めてきた。CG ソフトウェア Total Objective and Physical Simulation (TOPS) の特徴と現場活用の結果について述べる。

* H G 管理室

** 四輪 R & D センター

2. 開発のねらい

2.1. 従来のCGソフトウェアとの違い

従来、デザイン開発におけるCGソフトウェアの役割は、主に開発初期のコンセプトデザインの領域であった。この領域では、デザイナーの意図したデザインコンセプトや造形の魅力を効果的に伝えることが求められる。そのため、Fig. 1(a)に示されるように、造形魅力を伝えるために現実ではありえない見せ方をする場合が多く、そのために数多くのチューニングが加えられている。また、チューニングのためには高いCGスキルを持った専門的な人材が必要である。

しかし、デザイナーが意図した魅力を量産につなげるためには、造形魅力のみならず、実物として製作された時にどう見えるかを確認する必要がある。従来この確認はモックアップや試作車を用いておこなわれてきたが、実物での最終確認ができない試作レス開発においては、これをCGでおこなう必要がある。このような確認のためには、Fig. 1(a)のような見せ方ではなく、写真のように実物を的確にとらえた出力結果 Fig. 1(b)が必要である。加えて、実物と同等の判断をするためには出力結果はスキルに依存せず、必ず一意でなくてはならない。この要求を実現しているソフトウェアは存在しないため、新規開発をおこなうことを決めた。

2.2. 外観品質確認に必要な要件

従来、外観品質確認はCATIAを用いたデータにておこなわれており、数多くの課題が指摘されている。しかし、いくつかの指摘に関してはデータでの判断が難しく、実物でなければ判断できない点も多いため、試作車と併用して確認がおこなわれている。そこで、指摘項目を分析したところ、Fig. 2に示されるように傾向分類されることを見出した。

特に実車でなければ判断できない傾向として、(1)ガラスの反射と屈折、(2)素材に応じた映り込みと隙間からの内部の見え方、(3)合わせ建て付け部分の陰影、に集約されることがわかった(Fig. 3)。これらの領域はCATIAでの見え方と実車の見え方に顕著な違いがあり、適正な外観品質確認が難しい。よって、特にこれらの点において見え方を正確に再現する必要がある。

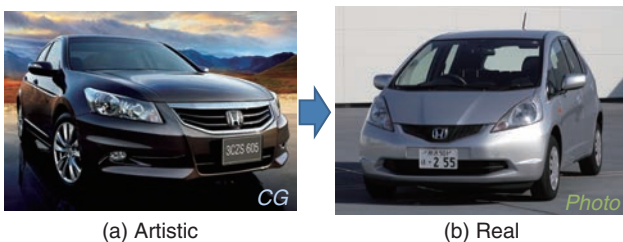


Fig. 1 Artistic and Real

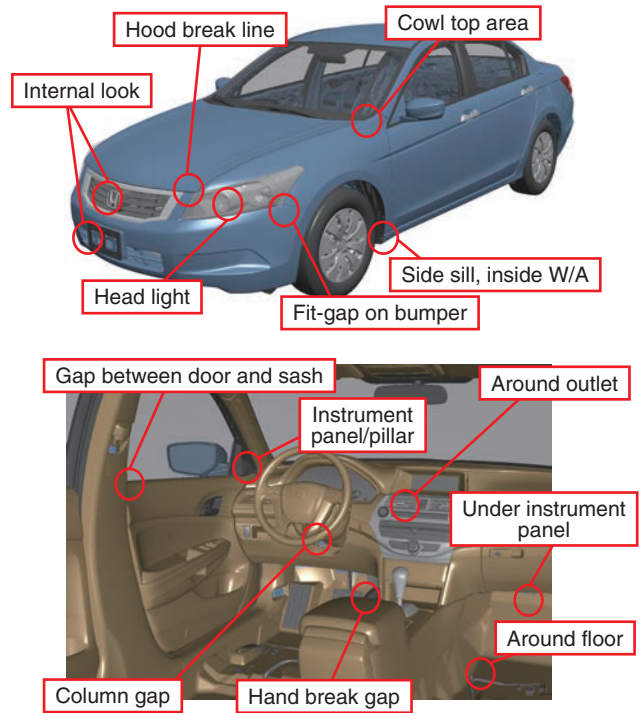


Fig. 2 Issues reported as “Physical model required”

	Product Data	Photo
Glass reflection and refraction		
Reflection and internal look		
Shade on fit-gap area		

Fig. 3 Points of attention for physical model check

3. 達成技術

3.1. 技術課題

求められる要件を技術的に達成するためには、正確な光と物体のシミュレーションが求められる。そのためには、まず車の正確な形状データが必要である。その上で、現実空間と同じように正確に再現された環境モデル、実物と同じ表面特性を正確に再現した素材モデルが必要である。

上記三つを用いて光の挙動シミュレーションをおこなうが(Fig. 4)、これは膨大な計算量となるため、従来のCGソフトウェアでは多くの恣意的な近似手法を用いて結果を得ている。しかし、実物再現のためには恣意的な近似処理を

なくし、細部まで正確に計算することが求められる。加えて、四輪開発の現場で使うことを考えると、ユーザの操作に対してインタラクティブに結果を出力することが求められる、膨大な計算であっても短い計算時間で結果を得る必要がある。

まとめると、(1)素材特性の再現技術、(2)環境特性の再現技術、(3)処理を高速で完了するための計算技術、が達成すべき技術課題である。

3.2. 素材特性の再現技術

素材特性を再現するために、全ての入射角と反射角に対する反射特性 (Bidirectional Reflectance Distribution Function: BRDF)⁽¹⁾ を取得する測定器、塗料に含まれるフレイクなどの微細な光挙動を測定する顕微鏡、シボなど大きなパターンを測定する高精度スキャナの三つを用いた。特に BRDF は素材特性を表現する上で非常に重要な要素である。しかし、市販測定器では、正反射方向や水平に近い角度など一部領域のデータを正確に測定することが難しい。

そこで、我々は塗装面、プラスチック、ガラス等の組成から物理特性を取得し、それぞれに応じた素材モデルを構築した。材料や加工方法など、素材特性に重要な要素は、Honda 内で利用されている素材に関しては情報を得ることができるため、それに特化したモデル形成をおこなうことができる。これにより、測定誤差を補正し正確な素材表現が可能となった (Fig. 5)。

3.3. 環境特性の再現技術

環境測定においては、正確な光量と色味の測定が必要である。そのため、通常画像よりも色情報量が多い High Dynamic Range (HDR) 画像を撮影するカメラと、光量の絶対値を測定する露光計を用いた。その上で、カメラ特性に応じたガンマ値補正とホワイトバランス補正をおこない、光量と色バランスが整った環境モデルを作成した (Fig. 6)。

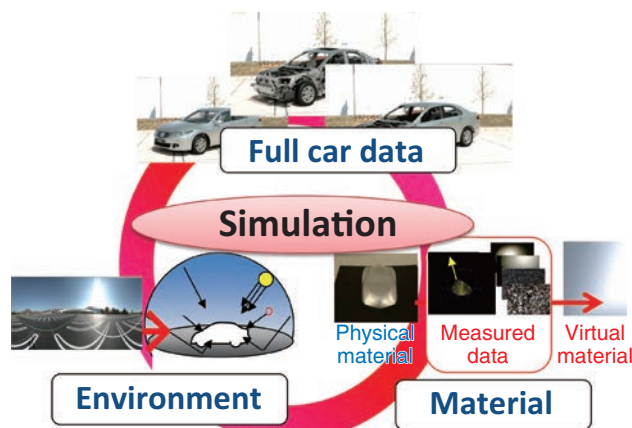


Fig. 4 TOPS overall structure

3.4. 計算技術

シミュレーション計算では、光の計算を近似なく一括で計算する、経路積分法 (Path Tracing)⁽²⁾ と呼ばれる手法を採用した。これは直接光と間接光の区分け無く、環境から物体への光を一括で計算する手法である。

高精度 CG ソフトウェアでは、高速化が可能な直接光の計算のみおこなう光線追跡法 (Ray Tracing)⁽³⁾ と呼ばれる手法が用いられることが多い。これだけでは正確な影表現ができないため、計算量が膨大な間接光を近似的に表現する大域照明 (Global Illumination)^{(4), (5)} と呼ばれる様々な手法が付与され、これにより間接光計算に近い見栄えの再現が可能となっている。しかし、再現のためには多くの手動チューニングが必要であり、出力結果に大きな影響を与える。

対して経路積分法では、間接光も一体で計算するため、正確な間接光再現ができ、また手動でのチューニングも必要としない (Fig. 7)。しかし、計算量が膨大となるため、TOPS では、近年急速に性能が向上している GPU に着目し、計算の高速化を図った。

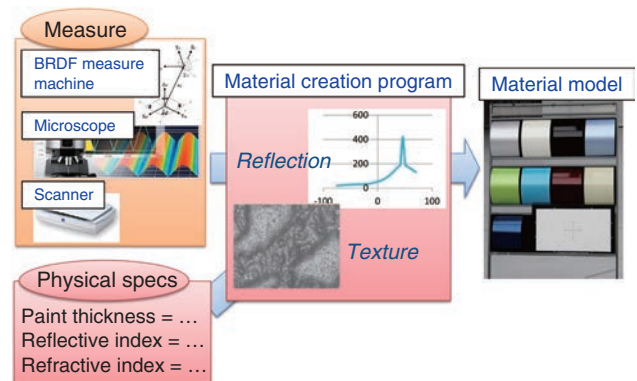


Fig. 5 TOPS material creation

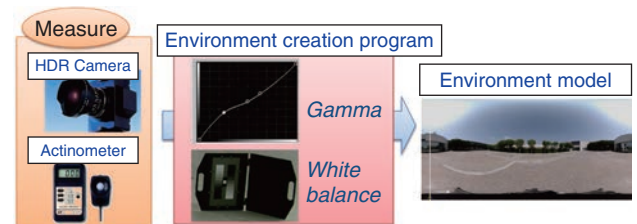


Fig. 6 TOPS environment creation

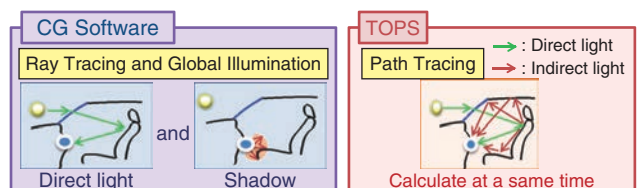


Fig. 7 TOPS rendering engine

GPU は一般的に画像処理を専門とする演算装置であり、シミュレーション計算で多く用いられる Central Processing Unit(CPU)と比べ低コストで非常に高速な演算を可能とする。しかし、分岐処理など複雑な演算は不得意であり、高い演算能力を得るためには一つ一つの演算の単純化と、並列化が不可欠である。

そこで、TOPS ではシミュレーションを確率論的におこなうモンテカルロ法を採用し、GPU に特化した並列処理として実装した。モンテカルロ法は乱数を用いて繰り返し計算をおこなう手法であり、それぞれの計算が独立しているため並列化が容易であり、GPU を用いた計算に適している。

4. 結果

Fig. 8, 9 は、実車写真と TOPS 出力結果を示す。実車写真には、外観品質確認において注目されるポイントを併せて示している。全ての環境と素材情報は実測値より作成されており、写真と同じ見え方を再現することができた。

この結果により、実機で確認すべき視点において、写真と同等の出力が得られているといえる。ただし、Fig. 8 において開口部やホイールハウス内の見え方が、実車よりも

明るく見えている。これは開口部内部機能部品のフィン形状や表面加工等が、出図データでは作りこまれない部分でありデータに反映されていないため、違った見え方をしている。従って、より正確な見え方を得るためには、正確な形状再現が必要である。

さらに Fig. 10 は、素材の違いによる TOPS の出力結果を示している。素材の違いは見え方に大きな影響を与え

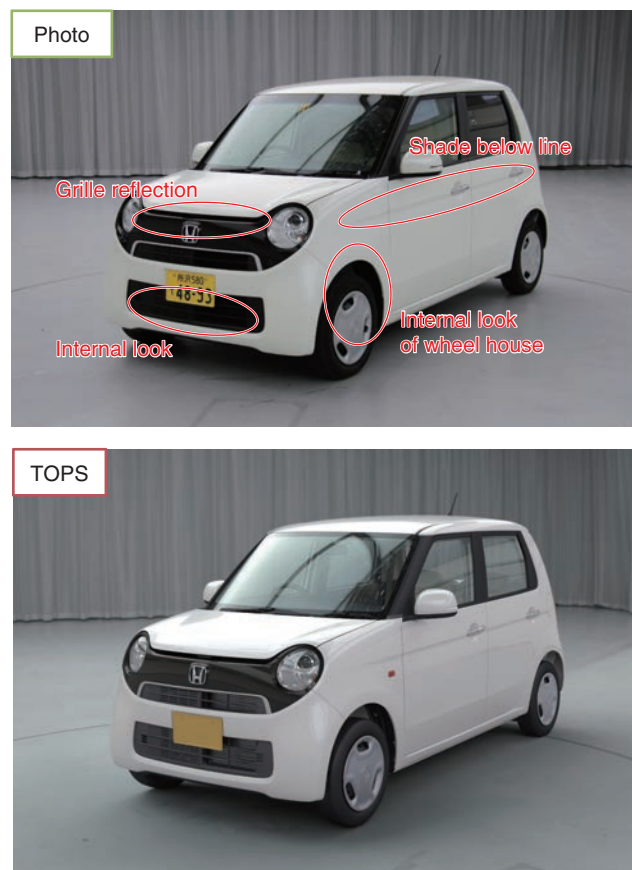


Fig. 8 TOPS result (Exterior)

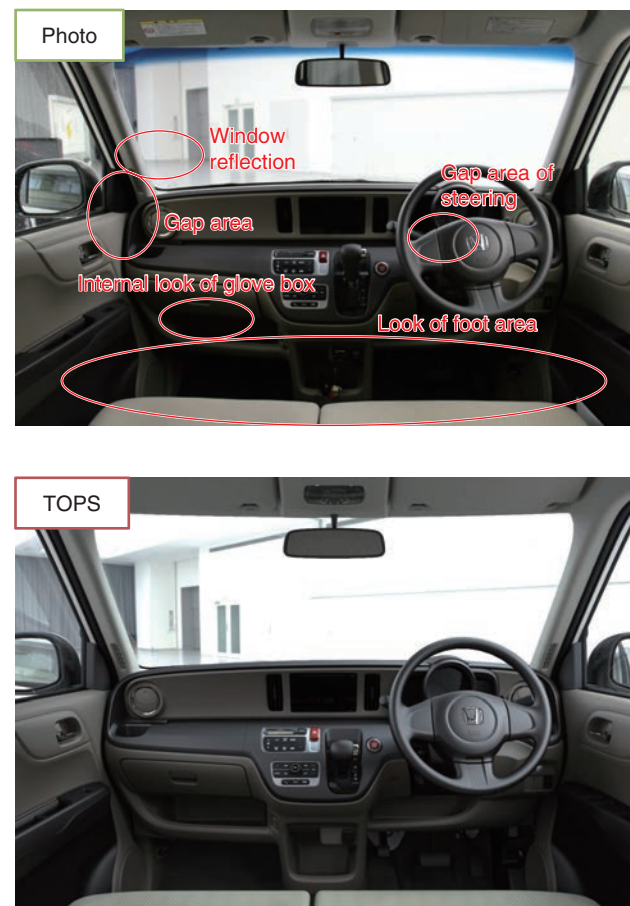


Fig. 9 TOPS result (Interior)

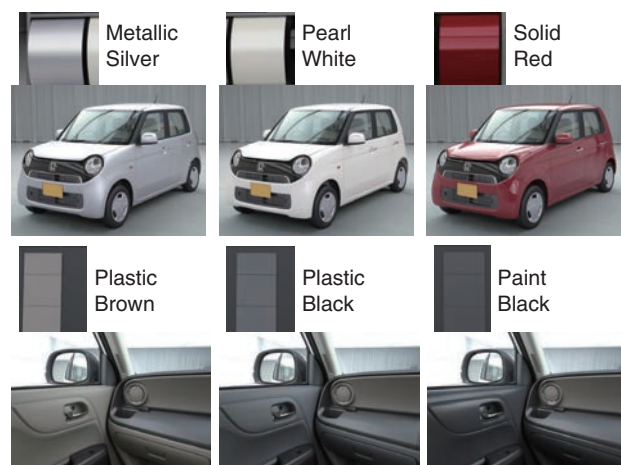


Fig. 10 TOPS result (Appearance difference by material)

るため、TOPS はそれぞれの素材特性を計算しており、素材に応じたハイライトの出方や影の見え方が再現されている。

次に、計算時間について述べる。TOPS では GPU に特化した仕組みを最大限活用するために、一つのマシンに対して高性能な GPU を八つ搭載している (NVIDIA Tesla K10 七枚と NVIDIA Tesla M2070Q)。

計算時間は、反射や屈折現象の回数に依存して増大する。そのため、複雑なレンズ越しの計算が必要となる灯体部が、最も計算時間がかかる部分である。そこで Fig. 11 は灯体部において、Full HD (1920×1080) 解像度にて描画した結果を示す。モンテカルロ法では初期にノイズの多い結果が得られ、徐々に収束してくる。0.1 秒後の結果は非常にノイズが多いが、5 秒後にはおおよそ収束しており、60 秒程度で安定した結果が得られる。

よって、最も時間がかかる領域においても 5 秒程度でおおよそその結果を得ることができるため、インタラクティブな操作に必要な計算速度を達成できたといえる。

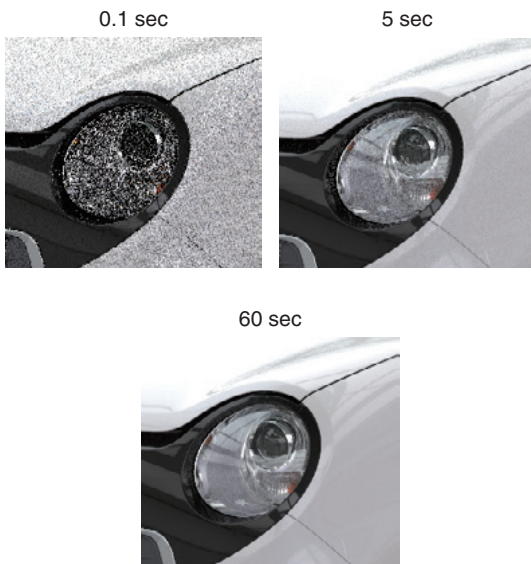


Fig. 11 TOPS result (Performance)

5. まとめと今後の展望

試作レス開発に向けて、CG による実物通りの外観品質確認の実現をねらい、TOPS の開発を推進してきた。TOPS は従来の CG ソフトウェアと異なり、環境と素材表現のためのデータを全て実測値より作成し、また正確な光のシミュレーションを高速に演算することで、実物通りの描画結果を得ることができた。これにより、これまで試作車でのみ確認できた項目に対して、外観品質を十分に判断できる精度をデータで達成した。

しかし、今回達成しているのは写真同等の見え方であ

り、実際に人の目が実物を見たときの見え方と一致しているとはいえない。人間の目は、入力情報に対して自動的に補正をかけており、写真では見えないものも見えている。

Fig. 12 は、全て実車を撮影した写真である。写真の場合、暗い部分が見えるように撮影すると、明るい部分は白く飛んでしまい、また明るい部分が見えるように撮影すると、暗い部分は黒くつぶれてしまうが、実際の人間の目では両方とも同時に見えているように感じる。外観品質確認において完全に実物に置き換わる判断を CG 上で再現するためには、人間の目の効果を十分再現できるような、現実には忠実な表示手法を考慮しなければならない。

今後、写真品質から実物品質を目指すためには、表示手法の改善を図る必要がある。

まず、動的に形状をとらえるために計算のリアルタイム化が必要である。TOPS の計算手法は並列化が容易であるため、ハードウェア増強に対して高いスケーラビリティを達成しており、実現可能な状態となっている。

次に、表示デバイスの改善が必要である。今回解像度 Full HD、色解像度 24bit の標準的な表示デバイスを用いているが、近年さらなる解像度と色解像度を持つデバイスが製品化されている。特に高い色解像度は、再現性の向上に非常に有力であると考ええる。加えて、表示デバイスに応じたキャリブレーションにより、実際に見ている空間と同じ出力を再現できると考える。

さらには、立体的な空間の再現が必要である。そのためには、正確な距離感を再現することができる高精度の 3D 表示デバイスが必要であるため、今後の技術進化を調査していく。

併せて、実物同等の出力が得られているかを確認するために、実車と TOPS 出力を並べて比較する実機相関検証を繰り返しおこなう。これにより、人間の評価手法を調査し、要件の洗い出しをおこなっていく。

今後さらに開発と展開を進めていくことで、試作レス開発に貢献するシステムを構築していきたい。

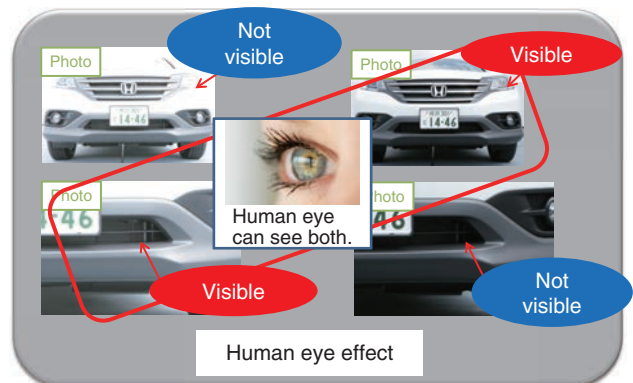


Fig. 12 Photo realistic and real

参考文献

- (1) Nicodemus, F. E., Richmond, J. C., Hsia, J. J, Ginsberg, I. W., Limperis, T.: Geometrical Considerations and Nomenclature for Reflectance, National Bureau of Standards monograph 161(1977)
- (2) Kajiya, J. T.: The rendering equation, Computer Graphics, ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Vol.20, Issue 4, p.143-150(1986)
- (3) Whitted, T.: An improved illumination model for shaded display, Communications of the ACM, Vol.23, No.6, p.343-349(1980)
- (4) Ward, G. J., Rubinstein, F. M. W, Clear, R. D.: A ray tracing solution for diffuse interreflection, ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Vol.22, Issue 4, p.85-92(1988)
- (5) Ward, G. J., Heckbert, P. S.: Irradiance gradients, Third Eurographics Workshop on Rendering, p.85-98(1992)

■ 著 者 ■



井出 大介



齊藤 陵介



久保 一