

# J-012 HMD を用いた AR 空間と実空間照明連動システムの検討

## An Interlocking System Utilizing HMD between Augmented Reality and Real Illumination

天白 宗成\*      間 博人\*      本谷 陽†      松井 健人\*      三木 光範\*  
Munenari Tempaku      Hiroto Aida      Yo Motoya      Kento Matsui      Mitsunori Miki

### 1. はじめに

没入型のヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) にステレオカメラを装着することで実現する拡張現実 (Augmented Reality: AR) は、視界の全てが制御可能なため、仮想空間と現実空間の境界が曖昧になる。HMD 上での VR/AR 環境において、風を感じる場面に合わせて扇風機などでユーザに風をあてることで、風を感じる場面における臨場感を高めることができる。これは、「風」という仮想の物 (仮想オブジェクト) が「扇風機」という現実空間の物に影響を与えているととらえることができる。仮想オブジェクトが現実の物と同じように扱えるだけでなく、現実の物と仮想の物が相互に影響を及ぼすことで実現する複合現実とは、HMD 装着時により効果的な技術である。

本稿では、仮想オブジェクトが現実世界に影響をおよぼし、複合現実を実現する方法の一つの試案として実空間における光環境に着目し、仮想オブジェクト駆動型照明制御手法の基本的検討を行う。仮想オブジェクト駆動型照明制御手法は、AR 空間上のそれぞれの仮想オブジェクトと現実空間の物との相互の関係を型と実体に分けて記述する。仮想オブジェクトの実体も照明の制御情報により仮想オブジェクトの位置や条件によって実空間の光環境を制御する。

### 2. 関連研究

AR 技術は様々な分野に活用されている。Mark Billinghurst ら<sup>1)</sup> は、タンジブルユーザーインターフェイスと AR を組み合わせることで、現実のオブジェクト同様の操作性を実現している。

また、Hrvoje Benko ら<sup>2)</sup> の研究は、2D と 3D の I/O 間で仮想オブジェクトをシームレスに操作することが目的であり、より直感的かつ高い操作性を実現している。しかし、AR 環境における仮想オブジェクトと現実世界との間の違和感について考慮されていない。これらに対して、本研究では、仮想オブジェクトに照明を連動させることで、仮想オブジェクトと現実空間の間の違和感を低減し、仮想オブジェクトの現実感および AR 空間の臨場感を向上させることが目的である。

### 3. 仮想オブジェクト駆動型照明制御手法

照明には大きく分けて蛍光灯照明と LED 照明の 2 つがある。蛍光灯照明の色光表現は限定されているが、LED 照明は赤、緑、青などの LED を連動させて調光することで様々な色光を表現できる。仮想オブジェクト駆動型照明制御手法は、現実空間に仮想オブジェクトを表示する拡張現実に加え仮想オブジェクトが現実空間に影響を及ぼす複合現実を志向し、LED 照明による実空間の色光制御を実現する。この複合現実を実現するには、人と仮想オブジェクト、仮想オブジェクトと実空間上の物が相互に影響し合うことで創造される新たなサービスを提供に対応する

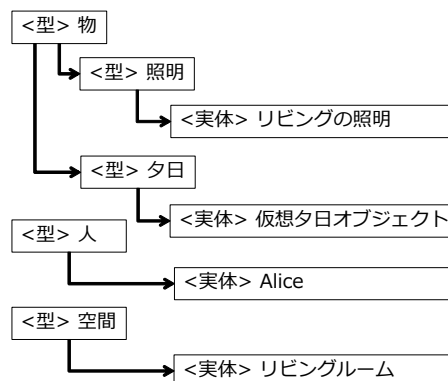


図 1: USDL における型と実体の継承関係

```

<entity>
  ...
  <properties>
    ...
    <id>virtualobj:sunset1</id>
    <inherit>jp.ac.doshisha.isdl.GenericObject</inherit>
    <name lang="en">Sunset</name>
    ...
    <scope id="color">
      <circle id="circle">
        ...
      </circle>
    </scope>
  </properties>
  <interface>
    <operation name="ON">
      ...
      <output>
        <data type="fixed">ldata</data>
        <description lang="en">Lighting control data</description>
      </output>
      ...
    </operation>
  </interface>
  <state>
    ...
    <location field="uri">
      <x>0</x>
      <y>0</y>
      <z>0</z>
    </location>
  </state>
</entity>
  
```

図 2: USDL による仮想オブジェクト実体の記述例

必要がある。仮想オブジェクト駆動型照明制御手法では、仮想オブジェクトと照明機器、仮想オブジェクトと人の関係を USDL (Universal Service Description Language)<sup>3)</sup> で記述する。USDL は、実空間上の物と物、人と物の関係を XML フォーマットで記述しサービスの作成や合成を実現するための言語であり、オープンな仕様として公開されている。USDL は、抽象的な概念を記述するための型と、型を具現化する実空間の実体に分けて記述する。型は継承可能であり、型を用いた人、物、空間の検索や連携を可能とする。実体の記述は型を指定し実体にアクセスするためのアドレスなど実体に特有の情報を記述する。

USDL における物は、本来は情報家電機器やセンサーなど物理的なオブジェクトに適用される。本研究では、USDL の物として仮想オブジェクトを記述する。これにより、実空間上の物理的な物と仮想空間の物を USDL の型空間上で等価に扱うことができる。図 1 に、USDL の型と実体の継承関係の例を示す。これは、調光可能な照明機器があるリビングルームに Alice がいるという環境において、Alice が「仮想夕日オブジェクトを AR 空間上に置く」と夕焼けのように調光する」というサービスを受けるシナリオを想定した例である。また仮想夕日オブジェク

\*同志社大学理工学部

†同志社大学大学院理工学研究科



図3: AR空間と実空間照明連動システムの動作イメージ

トの USDL による記述の一部を図2に示す。operationで記述のある照明制御情報は、RGB値と光度値(cd)からなる。制御する照明は、locationにより記述する仮想オブジェクトの位置とscopeにより記述する効果範囲により決定する。

#### 4. プロトタイプの実装

仮想オブジェクト駆動型照明制御手法を用いたAR空間と実空間照明連動システムのプロトタイプを実装した。プロトタイプシステムでは、HMDとしてOculus Rift DK1を用いる。実空間の映像をステレオカメラにより取得し、Oculus Riftへ投影することでAR環境を実現する。また、AR空間上の仮想オブジェクトを操作するため、3D深度センサとしてLeap Motionを用いて手のジェスチャーを取得する。この機能により、仮想オブジェクトをAR空間上の任意の場所へ移動できる。光環境の制御情報を内包した仮想オブジェクトに連動して、実空間の照明を制御する。AR空間と実空間照明連動システムのプロトタイプの動作の様子を図3に示す。

#### 5. 色差による親和性向上の検証

仮想オブジェクト連動型照明制御手法を実装したシステムでは、色のついた仮想オブジェクトを選択した時に、実空間上におけるLED照明をそのオブジェクトと同じ色で点灯させることによって、色のついた仮想オブジェクトと現実空間との親和性を高めることができる。たとえば、それぞれ256段階のRGB値において(255, 0, 0)である赤色の仮想オブジェクトを選択するとき、照明も赤色(255, 0, 0)で点灯させる。このとき3Dグラフィックで描かれたAR環境上に表示される仮想オブジェクトはユーザにとっては本来の色とは異なった色に知覚される。また、照明に照らされた仮想オブジェクトの周囲の実空間の色においても照明の色のまま知覚できるわけではない。

ここで色差による親和性向上の検証を行う。白い紙を用意し、照明を(255, 255, 255)の白色で点灯させる。このとき、ユーザに見える色は(255, 255, 255)の白色であった。さきほどの例にしたがって、AR環境に赤色(255, 0, 0)の3Dオブジェクトを用意し、照明を赤色(255, 0, 0)で点灯させた。この場合のユーザに表示される図4に示す画面をキャプチャし、RGB値を取得したところ、中心の赤色の仮想オブジェクトは(193, 0, 0)、本来であれば白色である、仮想オブジェクトの周囲のRGB値は約(253, 85, 56)であった。

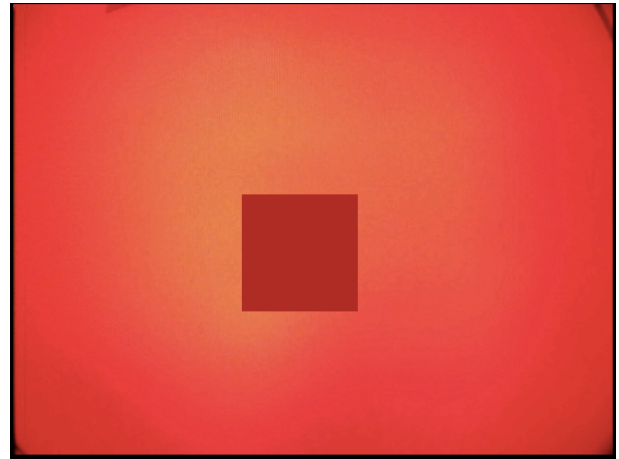


図4: 赤色に色光制御した際の仮想オブジェクトと実空間

次にこれらの色差を求める。色差はRGB値からXYZ値に変換し、さらにXYZ値からLab値に変換し、Labの3次元空間における距離を計算することで求めることができる。sRGB方式において、RGB値からXYZ値に変換すると、それぞれ(79.59, 41.03, 3.72)(144.84, 118.62, 68.24)である。これをさらにXYZ値からLab値に変換すると、それぞれ(70.19, 97.48, 77.40)(106.79, 43.34, 23.98)となり、3次元空間上における、この2点間の距離は84.40である。Lab方式での色差は最小が0、最大が約326であることから、距離84.40はLab方式では近い色にあたると言える。

このように、仮想オブジェクトの色と照明の点灯色を同じRGB値を用いることで、仮想オブジェクトと実空間の境界の色の差を少なくすることができた。

#### 6. 結論

本稿では、仮想空間の物が現実空間の照明に影響を与えることが可能な仮想オブジェクト駆動型照明制御手法を提案した。仮想オブジェクト駆動型照明制御手法では仮想オブジェクトと現実空間の物の関係をユニバーサルサービス記述言語であるUSDLを用いて記述する。USDLを用いて仮想オブジェクトを記述し、仮想オブジェクトのoperationとして光環境を制御する。仮想オブジェクト駆動型照明制御手法を用い、AR空間と実空間照明連動システムのプロトタイプを実装し、有効性の検討を行った。また、実空間の照明から仮想オブジェクトへの程度影響を及ぼすことができるかを調べるため、照明の色光制御により実空間と仮想オブジェクトの色差がどのように変化するかを測定し有効性を確認した。

#### 参考文献

- [1] Billingham, Mark, Kato, Hirokazu and Poupyrev, Ivan: Collaboration with Tangible Augmented Reality Interfaces, *HCI International*, Vol. 1, pp. 5–10 (Aug. 2001).
- [2] Benko, Hrvoje, Ishak, Edward W and Feiner, Steven: Cross-dimensional Gestural Interaction Techniques for Hybrid Immersive Environments, *Virtual Reality, 2005. Proceedings. VR 2005. IEEE*, IEEE, pp. 209–216 (Mar. 2005).
- [3] Nakazawa, Jin, Yura, Jun'ichi, Aoki, Soko, Ito, Masaki, Takashio, Kazunori and Tokuda, Hideyuki: A Description Language for Universal Understandings of Heterogeneous Services in Pervasive Computing, *Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC), 2010 IEEE International Conference on*, IEEE, pp. 161–168 (Jun. 2010).