

実写コンテンツのAugmentation技術

情報システム工学研究室

08M6420 山崎 真司

1. はじめに

実写映像とCGによる仮想像とを融合させ、実環境のもつ情報を強調し、アイデアや情報の表現・伝達手段とする手法は拡張現実感(Augmented Reality; AR)あるいは複合現実感(Mixed Reality; MR)と呼ばれ注目されている。AR/MRは、視覚情報のインタフェースや、映像制作や設計・シミュレーションにも利用され、実写とCGの融合技術として広く映画など制作で奏功しているほか、天気予報など情報報道での実時間用途にも市場を得ている。

本研究では、仮想像と実写の整合性を担保する技術について、対話的に使用できる実時間アプリケーションを可搬規模で実現する上で鍵となる2つの側面に注目して、解決手法を提案し、さらに、2次元映像だけでなく3次元情報を直接取得した新しい情報メディアを対象とした拡張的なAugmentation手法の利用法についても提案する。

2. 研究背景と本研究の目的

AR/MR表現は、仮想像と実写コンテンツの整合性を担保する技術といえる。本研究では、まず光学的・幾何学的整合性に注目し、その効率的な補償技術を提案する。

CGの照光計算に実環境の光源情報を用いて、光学的な整合をとる手法としてイメージベースドライティング(Image-based Lighting; IBL)に注目する。周囲の光源情報を天空画像により記録し、3次元光源分布を再現する方法であるが、画像の各画素を光源輝度として処理するため、計算コストが高いという問題がある。本研究では、まず、実写コンテンツのAugmentationのために、効率的な光源情報取得手法を提案する。

また、単眼カメラ映像を入力として実環境の幾何学情報を実時間で得るには、実環境上にマーカを設置することで比較的容易にカメラとの相対的幾何学情報を求められる[1]。しかし、IBLによって光源環境の変化に対応した表現ができて、マーカの視認性が光源環境に左右されるという問題がある。これに対し、本研究では光源環境変化に適応可能な技術を提案する。

一方、マーカを必要とせず映像中の自然特徴を用いて幾何学情報を求める実時間処理技術も提案されている、これは、カメラの映像フレームで被写体の特徴点を追跡し、追跡した特徴点とカメラパスを3次元復元する技術に基づく。これを応用し、3次元画像を直接取得できる機器による新しいタイプの実写データに対しても、別の実写映像を融合させることによって、3次元データ空間での情報補完のためのAugmentationを可能にする手法を提案する。

3. 光源環境情報の効率的取得

3.1 適応的多面体分割による光源分布サンプリング

仮想像のレンダリングにかかる処理時間は、光源数に比例して増大する。本研究では、多面体分割によって光源分布を近似、クラスタリングすることで、全体の光源サンプル数を減らし、処理時間を低減する。またレンダリングの精度を上げるため、階層的な構造で面を分割し、光源輝度に適応的なサンプリングを実現する。

3.2 測地線ドームを用いた球の多面体分割

測地線ドームは一般に球面に内接する三角形の面で構成された多面体の構造を指す。各面は球に内接する正二十面体をもとに、繰り返し各面を階層的に分割することで得られる。図1(b)は本研究で用いた分割を示している。また輝度に適応的な面分割を行うため、面分割処理の回数(階層数)を、

面に含まれる光源の輝度によって決定する。ある閾値を超える輝度を含む面は指定した階層数まで分割処理を繰り返し、含まない面はそこで分割処理を中断する(図1(c))。仮想像の表面の色は、周囲の光源の影響をすべて反映することで決定される。本研究では光源からの光のみを考慮したローカルイルミネーションによってすべての光源に対する拡散、鏡面反射を積分し各頂点色とする。



図2 仮想像

3.3 多面体分割サンプリングによるCG出力

200×200画素の光源環境画像を用い、54万頂点の仮想CG物体(図2)の描画を行った(表1)。この例では階層数が3以降になると、それ以上分割数を増加させてもCGのレンダリング結果にほとんど影響が無いことが確認され、対象に適切な分割数を設定し効率的な光源サンプルが可能であることが分かった。

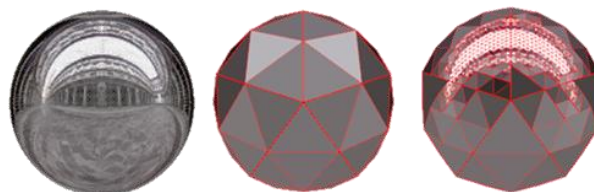


図1 適応的多面体分

表1 階層数とレンダリング結果の関係

hierarchical number	1	2	3	6
Number of division	50	92	149	998
Light source map				
Processing Time(Frame/sec)	0.157	0.250	0.281	0.671
Rendering Result				

4. マーカベースMRのための実時間HDR処理

4.1 光学的・幾何学的情報取得のためのHDR

光学的・幾何学的整合を実時間で処理するには1台のカメラでマーカと鏡面球を撮影し、幾何情報と光現分布を同時に利用する方法が有効である。しかし通常のカメラではダイナミックレンジの制約により、2つの情報取得が両立しない場合がある。本研究では、露出の異なる2枚の映像をリアルタイム合成することでハイダイナミックレンジ(High Dynamic Range; HDR)動画像を生成、入力として並列にトーンマッピングを用いる処理でこの問題を解決する。

4.2 HDR動画像の作成

露光を変えた2枚の画像から1枚のHDR画像 $HI(x, y)$ を以下の式により作成する。

$$HI(x, y) = \begin{cases} \frac{L_{2MAX}}{L_{1MAX}} & \text{if } I_2(x, y) < Th \\ I_1(x, y) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

ここで I_1 は露光時間が短い画像, I_2 は露光時間が長い画像, L_{1MAX} , L_{2MAX} は I_1, I_2 の最大輝度値, τh は I_2 を用いる領域の閾値を表す。

4.3 トーンマッピング

式(2)により, 高階調のHDR輝度が得られる。RGBそれぞれ8bitの階調に変換するためにトーンカーブにより表される(図4)。HDR動画像をディスプレイに表示するときなどに用いられる。

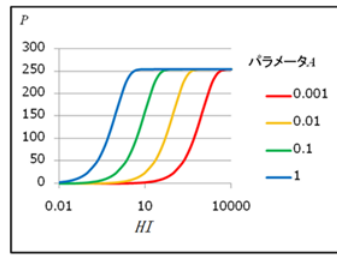


図4 トーンカーブ

$$P(x, y) = 1 - \exp(-HI(x, y) \times A) \quad (3)$$

ここで $P(x, y)$ は変換後の画素の輝度であり, 変数 A によって曲線を変化させ階調を拡大する HI のレンジを選択できる。マーカが認識されるように A の値を微小増減させる。IBL用の処理とは独立して行うことにより周囲の光源状況の変化に対応したマーカ認識とMR表示が可能となる。

4.4 適応的なMR表示

マーカ(1辺80mm), 鏡面球(直径50mm), IEEE1394カメラ(Dragonfly Express, PointGray製)を用い, シャッタ速度30ms, 5msを交互に用いHDRを生成した。3種類の条件下(図5左:蛍光灯2本, 中:蛍光灯4本, 右:蛍光灯4本+照明1個)で提案手法適用前後のMR表示比較を行った。通常のカメラでは, マーカ認識に失敗する条件でも, 提案手法では正しくマーカを認識することが出来ており, いずれの場合も実環境を反映したコントラストの良い映り込みが表現できることが確認できた。



HDR未使用(左:19.2lux, 中:135.8lux, 右:1048lux)



HDR使用(左:19.2lux, 中:135.8lux, 右:1048lux)

図5 HDRの比較

5. 異種データ統合による3DデータのEnhancement

5.1 手持ちカメラによる3Dデータの加工

近年レーザースカナなどにより実写の3次元データが直接取得でき, CADやCGの仮想像と融合させて用いられるようになった。しかし, 計測時の天候や通行人などの影響や, 視点に依存した死角などにより生じる多数のノイズや欠損を処理しなくては3次元コンテンツとして利用できない。本研究では, 手持ちカメラで別途撮影した実映像情報を, 仮想的にスカナデータと重畳させ両者の情報を補完する手法を提案する。カメラ映像の複数フレームで特徴点を抽出しトラッキングし, エピポーラ拘束に基づいたアルゴリズムにより特徴点とカメラパスを3次元復元する。復元した特徴点をスカナ座標系へ変換することで, スカナデータとカメラ情報が融合され, 仮想的にスカナデータ空間を手持ちカメラ視点で重

ね合わせて見る事が出来る。これにより移動するカメラの視点から, スカナデータに含まれる情報の過不足を検証するというAugmentationが可能となる。映像の3次元特徴点 p とスカナのデータ q の対応の組 $(p_1, q_1), (p_2, q_2), \dots, (p_n, q_n)$ に対し, 式(4)の右辺が限りなく0になるように最急降下法を用いて変換行列 A を導出する。

$$\sum_{i=1}^n (q_i - Ap_i)^2 = 0 \quad (4)$$

5.2 手持ちカメラの視体積による3次元情報

多視点でカメラ画像の被写体を含む視体積が交差する領域は, 被写体の3次元形状の凸包(Visual-Hull)となる。本研究では, 手持ちカメラのフレームから対象物のシルエットを抽出し,

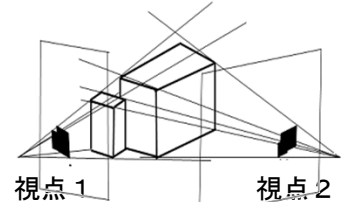


図6 視体積交差法

3次元空間に逆投影して, 視体積交差を求めることにより, 物体の3次元形状を得る(図6)。あらかじめ3次元空間を8分木ボクセルにより領域分割しておき, 視体積交差によって得られる対象物のボクセルデータを可視化することで, スカナデータの欠落情報を補完した3次元コンテンツを生成できる。

5.3 実写映像による3Dスカナデータの加工

3次元スカナRIEGL LMS-Z420iにより形状データ(81555点の座標)を1計測地点で取得し, SONY DCR-HC62(720×404画素)を手動で移動しながら同じ対象の周りの映像(711フレーム)を撮影した。3次元復元には, BoujouBullet(2D3製)を使用した。提案手法によりスカナデータの欠損となった木の外周を復元した例を図10に示す。



図7 実環境映像



図8 3次元点情報

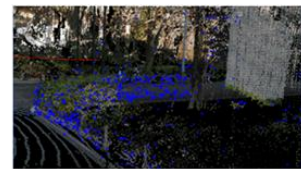


図9 座標系の融合

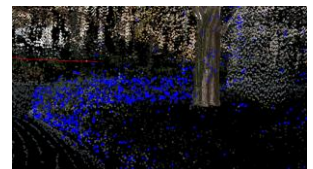


図10 木の補完

6. おわりに

本研究では実写コンテンツと仮想データとの整合性を担保する技術として, 光学的環境情報の取得とその変化への耐性向上, および新たな3次元計測データへの実写情報付与に対して, PCで対話的に実行可能な技術を提案し, 実験にてその効果を示した。

参考文献

[1] 加藤 他: "マーカ追跡に基づく拡張現実間システムとそのキャリブレーション", VR論文誌4, 4, 1999.