

ベクトル場概念による多視点画像からの自由視点映像の生成

鍛冶 俊平[†] 渡辺 弥寿夫[‡][†] 金沢工業大学大学院工学研究科 〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1[‡] 金沢工業大学 〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1E-mail: [†] kaji@venus.kanazawa-it.ac.jp, [‡] watanabe@infor.kanazawa-it.ac.jp

あらまし 光線空間法は、多視点画像から3次元空間を飛び交う光線情報として獲得し、その情報から自由視点映像を生成する技術である。違和感のない自由視点映像を生成するには、膨大な量の光線情報を観測する必要がある。観測できる光線情報には限界があるため、補間処理により観測できなかった光線情報を補う。本稿では、離散的な光線空間を連続的なものとして扱うためのベクトル場概念を光線空間に適用し、精度の高い自由視点映像の生成法を提案する。

キーワード 光線空間法, 自由視点映像, 放射輝度, ベクトル場, 3次スプライン補間

1. はじめに

自由視点映像の生成する手法は、多数存在する。それらの手法は、Image-Based Rendering(IBR)とModel-Based Rendering(MBR)に分類される。MBRは、撮影環境を3次元幾何モデルとして復元し、そのモデルから仮定の視点を生成する手法である。IBRは、撮影環境を3次元復元することなく、多視点画像の変形・合成により、仮想的な環境を構築し任意の視点での画像を提示する技術である。

IBRの先行研究として、Structure from Motion(SfM)処理を用いた形状復元や自由視点映像技術[1]などが挙げられる。近年、自由視点映像技術において重要な技術である光線空間法[2]やLight Field Rendering[3]のようなIBRで3次元情報を記述する手法が多く研究されている。

光線空間法は、ある点を通過する様々な方向の光線を集めることにより、その点を視点とする画像が得られる技術である。3次元空間のあらゆる点について、通過する光線情報を観測すれば、自由視点映像が得られる。これを実現するには、3次元空間内にくまなくカメラを配置する必要があるが、現実的ではない。そこで、多数のカメラで観測した光線情報は、それぞれにおいて離散的な情報であるため、取得できなかった光線情報は、他のカメラで観測された光線情報から補間する必要がある。

補間する方法として、取得したい光線情報の近傍のカメラで観測された光線情報で補間を行う手法が挙げられる。カメラの間隔が大きい場合にはボケ等の生じる問題があり、得られた自由視点映像において違和感を覚える結果になる。そこで、本論文では光線空間にベクトル場概念を適用し、光線空間を連続な場として扱い離散的なベクトルデータについて補間を行う。

光線情報である3次元空間内の放射輝度は、単位立体角当り、単位面積当りのエネルギー流量である。すなわ

ち、ある地点からある方向へと向かう放射束である。離散的な流束保存性をもったベクトル場データの補間法と力線可視化[4]によると、この放射束はある点において、発光しない限り微小空間でのエネルギー流量は0であるため、離散的に流束保存性を持つ。このような離散的なベクトルデータから連続的なベクトル場を補間により生成した場合、そのベクトル場は流束保存性を満たし、厳密に連続的なベクトル場となる。

2. 光線空間法[3]

ある点を通過する様々な方向の光線を集めることにより、その点を視点とする画像が得られる。光線空間法とは、実空間中を伝搬する光線情報を全て記憶することにより、自由視点映像が得ることが可能となる手法である。ある仮想的な基準面を設け、その平面を通過する位置(x, y)と水平角と垂直角の光線方向(θ , ϕ)の4次元パラメータで光線を表現する。図1は簡単のためy=一定、 ϕ を無視した実空間と光線空間の関係である。視点P(X, Z)を通過する光線は基準面(x, 0)を通過する。この光線は、光線空間上では以下の式の直線上に点で表される。

$$x = X + \tan \theta Z \quad (1)$$

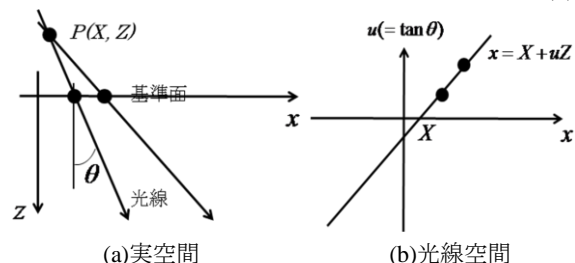


図1 実空間と光線空間の関係

3. 連続的なベクトル場による補間処理の適用

光線情報である放射輝度は4次元パラメータで表され

るスカラーポテンシャル，光線空間は保存場であるため，以下の式が成り立つ．

$$\text{div}V = Q \quad (2)$$

$$\text{rot}V = 0 \quad (3)$$

V は3次元ベクトル， Q は輝度である．簡単のため y 一定としていることにより，一つ次元が落ち，以下の式となる．

$$\Delta u(Vx_{i+\delta i, j} - Vx_{i-\delta i, j}) + \Delta x(Vu_{i, j+\delta j} - Vu_{i, j-\delta j}) = \Delta x \Delta u Q_{i, j} \quad (4)$$

式(4)を直接補間せず，積分し補間を行う． i, j は x, u 方向のデータ番号， $\Delta x, \Delta u$ はデータ間隔である．

$$\Phi x_{i, j} = \sum_{j'=1}^j Vx_{i+\delta i, j'} \Delta u \quad (5)$$

$$R_{i, j} = \sum_{i'=1}^i \sum_{j'=1}^j Q_{i', j'} \Delta x \Delta u \quad (6)$$

Φ, R は，離散的流束ベクトル場データである．上記の式をスプライン関数で補間する．スプライン関数は，連続性と滑らかさが特徴である．

$$\Phi x_{i, j} = \sum_{i'=1}^i \sum_{j'=1}^j a_{i', j'} B_{im}(x) C_{jm}(u) \quad (7)$$

B, C は $m-1$ 次のスプライン関数である．任意の点のベクトルデータは式(7)を微分した次式から得られる．

係数 $a_{i, j}$ は，それぞれ I 個， J 個のデータを式(7)に代入し，線形連立方程式を解き求める．

$$Vx(x, u) = \frac{\partial \Phi x}{\partial u} \quad (8)$$

Vu, Q も同様である．

4. 実験

実験で使用するカメラとレンズを以下に記し，基準面は，図 2のように設定する．

FL2-08S2C-C カメラ

画像サイズ：1024×768[pixel]

ピクセルサイズ：4.65[μm]×4.65[μm]

撮像素子サイズ：width = 4.7988[mm]

height = 3.6084[mm]

VP-LE-C-6S 固定焦点レンズ

視野角：水平 42°

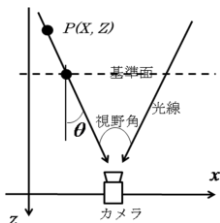
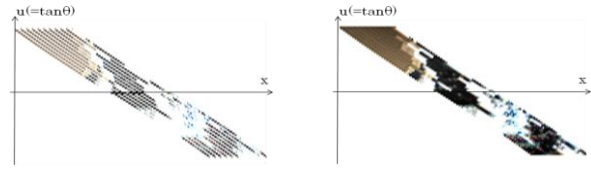


図 2 カメラと基準面の関係

観測された画像から光線空間を生成する．

11 個のカメラを水平に並べて観測した多視点画像から，光線空間を生成し，補間を行う．補間するスプライン

関数は，与えられた画像の情報を損なわないようにするため，3 次スプライン関数を用いる．補間は式(1)で与えられた直線上で行い，式(8)により補間を行う場所の輝度値など色情報を取得し，補間する．結果を図 3に示す．



(a)補間前の光線空間 (b)補間された光線空間

図 3 多視点画像から生成された光線空間

任意の視点からの画像を以下の図 4に示す．



(a)生成した任意の視点の画像 (b)実際の画像

図 4 生成した任意の視点の画像と実際の画像

取得した画像と実際にその視点から撮影した画像との PSNR を求めた結果，15.36[dB]であった．線形補間の時では 14.89[dB]であったため，実際の画像との画質が本手法によって向上したことが確認できた．

5. まとめ

以上の結果から，本手法のベクトル場概念を光線空間に適用することにより画質が向上した画像を取得することが可能となった．しかし，実際取得した画像にはノイズが含まれている．原因としては，映像を撮影する際のカメラ間の光軸のずれが考えられる．映像を密に撮影すれば影響を少なくすることができるが，ベクトル場概念による平滑化を行うことにより，この光軸のずれを修正することが可能である．従って，ベクトル場概念を適用することで，より実際の環境に則した自由視点映像を生成できることが期待される．

文 献

- [1] 谷本正幸，藤井俊彰，“自由視点映像技術，”映像情報メディア学会誌，映像メディア 60(1)，pp.29-34，Jan2006．
- [2] 藤井俊彰，金子正秀，原島博，“光線群による 3 次元空間情報の表現とその応用，”テレビジョン学会誌，Vol.50，No.9，pp.1312-1318，Sept1996．
- [3] M. Levoy, P. Hanrahan, “Light Field Rendering,” Proceedings of SIGGRAPH '96, annual conference Series, pp.31-42, Aug1996．
- [4] 清水徹，鶴飼正行，“離散的流束保存性をもったベクトル場データの補間法と力線可視化，”全国大会講演論文集，第 47 回平成 5 年後期(2)，pp.341-342，Sep1993．