

1. はじめに

政府の減災対策として各自治体や企業などの様々な取り組みが紹介されている<sup>[1]</sup>。加えて災害に対するイメージを豊かにするための資料が数多く掲載され正しい災害の知識やイメージを持つことが、災害被害を軽減する第一歩であると提案されている。また災害時の避難行動を考える上では災害シミュレーションは効果的な手段である。建物火災の死因トップは逃げ遅れによる一酸化炭素中毒によるものであり、火災発生源を想起して室内においての煙の広がりや避難経路の確認をシミュレーションにより事前に認知することは有効である。現在の災害シミュレーションには災害規模や災害状況を予測するものがあり、減災の観点より注目されている。これらは被害予測し被害を抑えることに重点を置いていると言える。

そこで本研究では普段の生活環境で災害が起こった場合の災害イメージを想起できるような可視化技術に重点を置き、そのコンテンツ生成手法を提案する。

2. 関連研究

震災に関する防災対策においては目黒の研究活動が挙げられる<sup>[2]</sup>。この中で兵庫県南部地震の際の手作りインタビューを通して防災対策として最も重要なことは災害イメージを高めることだと提言している。被災者からは何をしたいかわからなかった、先が見えなくて不安という声が多く聞こえたからである。また島根県では子供向けに「しまね子ども防災塾」という学習サイトを開設している<sup>[3]</sup>。災害に見舞われた時にどんなことをすればいいのかをクイズ形式で学べるように作られている。このように災害状況をイメージすることは防災対策となり、減災につながっていく。

またCG技術を用いた災害シミュレーションの例としてPyroSimが挙げられる<sup>[4]</sup>。PyroSimはモデルの火災事象における煙、温度および一酸化炭素の分布予測が行える。モデルについても間取り図を張り付けると、形状を正確にトレース出来る。CG技術を用いることによってリアリティのある被害規模や被害状況を認知できる。

本研究では、これら両者の取り組みを鑑みて、身近に生活している環境での実写モデルにおいて物理モデルに基づいた煙の挙動を組み合わせることで、現実

感のある災害イメージ想起の向上を図る。

3. 提案手法

3.1 基本的な枠組み

本研究では身近に生活している環境の実写の写真測量に基づいた空間モデルを作成することで、写実的な仮想空間を用意する。実写により見慣れた環境を視覚的にCGで再現する。実写モデルは、実寸を反映した空間を定義できるため、物理的な空気の挙動をシミュレーションする境界としても利用できる。そのモデル内に物理現象を反映した煙モデルによって煙を可視化することで災害イメージの提供を目指す。CG技術を用いることで火災の規模に応じた煙の量、濃さを容易に変更できるため異なる災害状況でのイメージを容易に生成出来る。

3.2 写真測量

3次元空間上のある一点を複数の視点から撮影した画像間にはエピポーラ幾何という幾何関係が存在する<sup>[5]</sup>。

3次元空間上の点をM、それに対応した画像上の点をx, x'とする。それぞれの

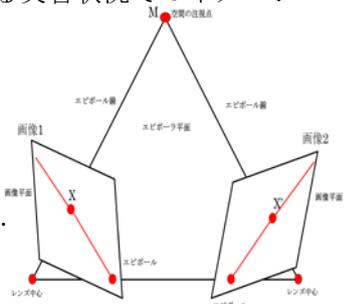


図1.エピポーラ幾何

カメラ座標系における座標は $\tilde{x}, \tilde{x}'$ , 回転行列R, 並進ベクトルtとすると, 2枚の画像の座標系には,

$$\tilde{x}^T(t \times (R\tilde{x}' + t)) = 0 \tag{1}$$

の関係がある。ここでE = [t]<sub>x</sub>Rと表現すると,

$$\tilde{x}^T(t \times (R\tilde{x}' + t)) = \tilde{x}^T[t]_x(R\tilde{x}' + t) = \tilde{x}^TE\tilde{x}' = 0 \tag{2}$$

Eにはカメラの回転と平行移動のパラメータが含まれ基本行列と呼ばれる。ここでF = A<sup>-T</sup>EA<sup>-1</sup>とすると

$$\tilde{x}^TE\tilde{x}' = \tilde{m}^TF\tilde{m}' = 0 \tag{3}$$

この式をエピポーラ方程式と呼ぶ。この関係より空間上のある一点の3次元座標を復元させる。本研究では上記の方程式を実装しているPhotoModeler Proを用い、写真測量を行う。

3.3 物理モデルによる煙シミュレーション

Nilsらは流体シミュレーション用のウェーブレット乱流を提案した<sup>[6]</sup>。論文の手法は、低解像度のメッシュに対して計算したナビエストークス式に対してウェーブレット解析を用い、欠落している高周波成分を推定した後、非圧縮乱流機能を用い、高解像度ディテールを低解像度の結果に合成するというものである。本研究では上記に書かれた論文の手法が実装されて

いる Blender2.54 を用いる。

#### 4. 実験

##### 4.1 3次元空間モデル

本研究では計 13 枚の写真から教室の 3 次元空間モデルを作成した。同じ位置を異なる視点より撮影し、PhotoModeler Pro で、共通座標、座標間の長さを指定し、エピソード拘束を満たす 3 次元座標とカメラ位置を求めることで、3 次元の空間モデルを作成することが出来る。図 2 に入力画像と出力結果の例を示す。



図 2. 写真測量による空間モデリング

##### 4.2 煙シミュレーション

###### Blender の設定

図 3 に示すように煙の境界領域には Blender 内で直方体オブジェクトを生成して用いる。本研究ではこの領域を実測の 3 次元モデルの大きさに合わせることで

煙の領域とする。煙は領域の中に平面オブジェクトを設置し煙の発生源とする。煙はパーティクルを元に挙動が設定される。煙の発生源にパーティクルを登録させると煙が発生する。また室内の天井に別の平面オブジェクトを設置し、これに衝突対象として設定を行うことで煙が部屋内を充満する様子が表現できる。体積あたりの光の拡散率をパラメータとして設定する

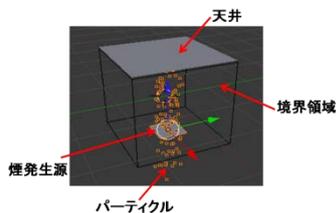


図 3.煙発生モデル図

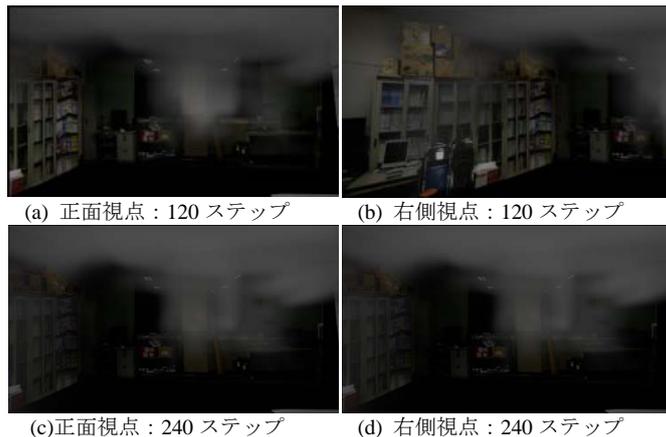


図 4. レンダリング結果

ことで、煙の密度を表現でき、濃い煙ほど、拡散率が高く視界が悪くなるという状況になる。ライティングには今回は点光源を天井付近に設定し、テクスチャマッピングされた室内環境モデルを照明しており、流動する煙を通して可視化した様の時系列出力を得る。

##### 4.3 物理シミュレーションとの組み合わせ

上記の手法により作成した、実写空間と煙シミュレーションとを組み合わせ、250 ステップのシミュレーションとしてレンダリングしムービーファイルに保存した。レンダリングには、およそ 40 分を要した。本研究では、より災害イメージを持たせられるよう、異なる視点の可視化結果を出力した。(図 4 参照)

#### 5. おわりに

本研究では、実写情報からの 3 次元モデルと、物理シミュレーションと共存させて可視化する手法を提案した。実写シーンと物理モデルに基づいた煙の挙動を組み合わせることにより災害イメージの想起向上につながるような CG の生成が行えた。CG の利点により、視点や映像煙の量、濃さは容易に変更が可能であり、ユーザーの見たたい映像の生成が可能である。

今後の課題として家具配置など室内の状況による煙の挙動変化の生成や、被験者からの視点から 360 度見渡せるシステムは火災の避難時の疑似体験ができるため、実時間でのシミュレーション計算手法が挙げられる。

#### 文 献

- [1] 内閣府 <http://www.bousai.go.jp/km/index.html>(参照日 2011.2.9)
- [2] 東京大学目黒公郎教授, 国内有識者インタビュー (2007.4) [http://e-public.nttdata.co.jp/f/repo/466\\_j0704/j0704.aspx](http://e-public.nttdata.co.jp/f/repo/466_j0704/j0704.aspx)
- [3] 島根県総務部消防防災課, しまね子ども防災塾 <http://www.bousai-shimane.jp/kids/>(参照日 2011.2.9)
- [4] CAE ソリューションズ <http://www.fluid.co.jp/products.htm>
- [5] 徐剛, 写真から作る 3 次元 CG, 近代科学社, (2001)
- [6] T. Kim, N. Thuerey, D. James, M. Gross, Wavelet Turbulence for Fluid Simulation, Proceedings of ACM SIGGRAPH2008, vol. 27, no. 3, pp. 50.1-50.6.(2008)