

斎藤 英雄

慶應義塾大学理工学部・教授

自由空間に 3 次元コンテンツを描き出す技術

1. 研究実施の概要

慶應大、産総研、(株) バートンは共同で、レーザーの光を集光させることにより空気をプラズマ化して発光させるという技術をベースに、その発光位置を高速で 3 次元走査することによりして、ドットアレイの 3 次元的表示として、自由空間中に 3 次元の実像を描き出す 3 次元表示デバイスを世界に先駆けて開発した。本研究課題では、この新技術を実用レベルにまで高め、新たな 3 次元コンテンツ産業と呼ぶべき新領域を開拓していくことを、その目的とする。このために、以下の 3 つの技術課題についての研究開発を同時並行的かつ有機的に進めた。

(1) 3 次元表示デバイスそのものの高画質化や大規模化

H20 年度は、H19 年度に導入した世界最高レベルの 1 kHz の発信周波数を持つレーザー光源を用いて、3 次元表示デバイスの大規模化・高画質化に向け、既存機の 10 倍の解像度を達成した。さらに、もう一つの課題である表示領域の拡大に取り組むために、焦点距離の倍増の達成を目指して、その開発に取り組んだ。

(2) 当該デバイスに表示する 3 次元コンテンツの制作技術基盤の整備

表示すべき 3 次元コンテンツの取得のために、多視点カメラや距離画像センサを利用した 3 次元形状計測手法の研究を追求した。そして、得られた 3 次元形状を効果的に 3 次元表示するための手法についても検討を進めた。特に、得られた 3 次元形状を 3 次元表示デバイスに効果的に表示するための点群生成法の研究を進めた。

また、3 次元表示デバイスが実用化されたことを想定して、表示する 3 次元デジタルコンテンツを現実シーンの中で効果的に表示できるようにするための拡張現実技術に関する研究を H19 年度に引き続き追求した。また、当該デバイス表示専用の 3 次元コンテンツシミュレータ、描画ツールの開発を行った。

(3) 3 次元コンテンツに対する社会的需要調査と、それに基づくデバイス開発およびコ

ンテツ制作基盤技術開発へのフィードバック

上記の新しいコンセプトの3次元コンテンツ提示システムを社会に普及させていくために、開発したデバイスおよびコンテンツ提示技術のマーケット的可能性について市場価値の調査を前年度に引き続き行った。

2. 研究実施内容(文中にある参照番号は4.(1)に対応する)

3次元表示デバイス研究ユニット(慶大・産総研・エリオ)

H20年度は、H19年度に導入した世界最高レベルの1kHzの発信周波数を持つレーザー光源を用いて、3次元表示デバイスの大規模化・高画質化に向け、さらに、もう一つの課題である表示領域の拡大に取り組んだ。具体的には、下記のような点についての開発を行った。

表示領域の拡大としては、1kHzのパルスレーザーをスプリットして2つに分割できるように改良した。これにより、これまで1秒間に1000点のプラズマ光を用いて1つの物体を描画していたが、1秒間に500点のプラズマ光を用いて独立した2つの物体を描くことができるようになった。結果として、これまでの約2倍の範囲に描画可能になった。図1に、表示領域を拡大したシステムによる3次元コンテンツの描画結果の一例を示す。

3次元表示デバイスの別の面の性能向上として、光源内と光源外の光学系の最適化を行っている。Z軸アクチュエータを3種類のモーター(サーボモーター、リニアモーター、VCNモーター)を用いてそれぞれ製作し、動作実験データを取得し、描画用スキャナの最適化のための検討を行った。来年度はこれらのデータからアクチュエータの高速化を行う。

また、プラズマ発光時の爆裂音の軽減対策のため、実際の発生音に対し、フーリエ変換を用いてスペクトル解析などを行い、対策の検討を開始した。その他としては、波長変換を行いプラズマ閾値の低減化実験や光源ビームの分割による音質改善効果についても実験を行い解析している。来年度も引き続き実験を行っていく。

さらに、高速描画特性を向上として、制御システムの小型化を行うと同時にアクチュエータの特性を考慮したシミュレータの改良を行っている。制御システムにおいて、複数のコンテンツデータを管理、シミュレートできるようになり、描画実験がスムーズに行えるようになった。また、描画特性

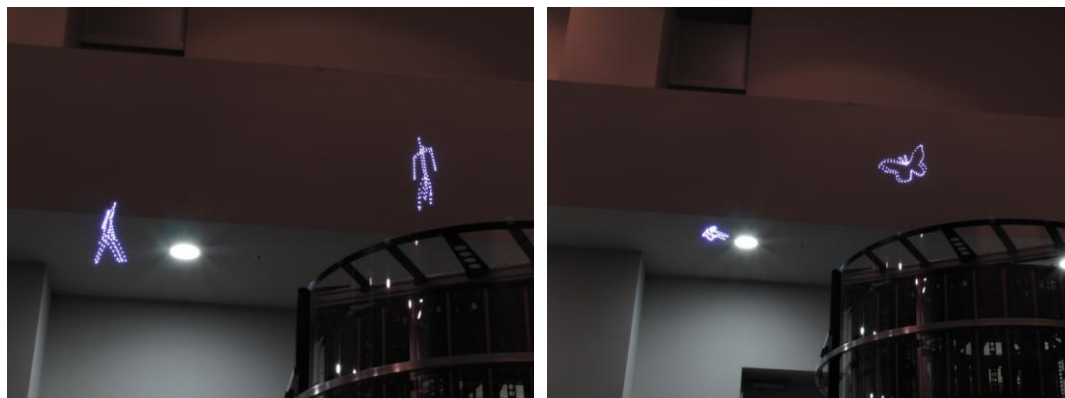


図1:平成20年度に研究開発した3次元表示デバイスによる表示例

を考慮して実際の描画実験前にコンテンツデータを自動で最適化するフィードフォワード制御ができるようになった。

図1に、上記の研究開発の結果描画できるようになった 3 次元コンテンツの一例を示す。

また、上記の新たに開発した3次元表示デバイスを用いて発生する空気プラズマの近赤外可視紫外領域における詳細なスペクトル測定を行い、空気プラズマおよびその周辺からの Nd:YAG レーザーの基本波(1064nm)の散乱光の強度分布を測定した。本データから人体に対する安全基準値を満たす条件の算出をおこなった。さらに、本結果から、より性能を向上させた安全機構を考案、製造するとともに、本安全機構の 3 次元表示デバイスへの導入・作動実験も行った。

閉鎖空間中でのより高精細な3次元画像の表示を実現するために、H20 年度では、ディスプレイ媒体中での発光点生成現象について、引き続き検討を行った。具体的には、これまで得られた知見に基づき、発光点生成に適していると推測される新しい光源を選定した。それを用いた予備的な実験を行ったところ、発光点の生成を確認した。また、レーザー光の偏光状態を制御することで、媒体中での発光点コントラストを向上させられるという知見を得た。さらに、本光源用の光学系および走査系の設計・製造および本光源の組み込みを行い、発光点生成現象の評価装置を製造した。来年度は本装置を用いて引き続き発光点生成現象の評価を続ける。

3 次元デジタルコンテンツ取得・解析・提示技術研究ユニット（慶大・東大・愛知工科大）

前年度に引き続き、3次元表示デバイス表示に適した3次元コンテンツ取得・解析・提示技術の研究を行った。

まず、表示すべき 3 次元コンテンツの取得のために、多視点カメラや距離画像センサを利用した 3 次元形状計測手法の研究を追求した。複数カメラをカメラキャリブレーション無しで利用して、動きのある対象の 3 次元形状をリアルタイム・オンラインで復元するための研究を進めた[2,4,13]。動きのある対象として人体動作に着目し、人体 3 次元スキャンデータから特徴点を抽出する手法[1]や、手の動作解析の手法[8]について検討した。

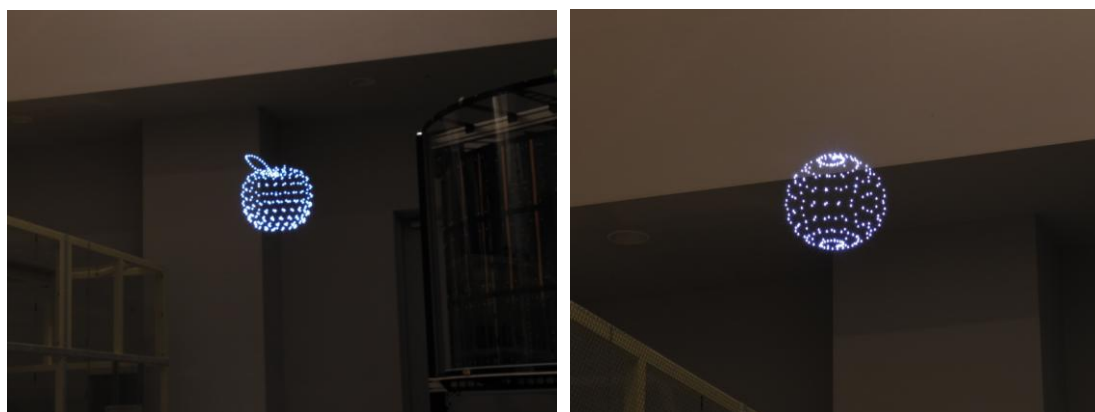


図 2: 平成 20 年度に研究した 3 次元コンテンツの表示例



図 3:平成 20 年度に研究した文字情報の表示例

さらに、得られた 3 次元形状を効果的に 3 次元表示するための手法についても検討を進めた。特に、得られた 3 次元形状を本研究プロジェクトで開発する 3 次元表示デバイスに効果的に表示するための点群生成法の研究を進めた。同時に表示できる点群数を表示デバイス側の制約条件とし、連続して表示する点群間の距離や移動方向に制限があることを考慮した点群生成方法や、同時に、人間の視覚認知に関する知見を考慮して、より人間に知覚しやすい点群生成法についての研究[10,11]を進めた。図 2 に表示デバイスの制約と人間の知覚を考慮した手法で描いた 3 次元コンテンツの描画例を示す。また、人間の視覚システムにあるサカード現象を利用した新しい 3 次元空間ディスプレイにおける知覚特性に関する研究[12]を行い、人間の視覚認知特性に関する研究を進めた。

また、3 次元表示デバイスが実用化されたことを想定して、表示する 3 次元デジタルコンテンツを現実シーンの中で効果的に表示できるようにするための拡張現実技術に関する研究を引き続き追求した。複数カメラの同時利用により得られるコンテンツを効果的に表示する手法[3]や、プロジェクタカメラシステムによる映像表示の性能改善に関する研究[9]、さらに複合現実感のためのカメラトラッキング技術の研究[6]、ビリヤードゲーム支援のための複合現実表示システムに関する研究[7]を行った。また、GPU を利用した高速な 3 次元 CG 生成に関する研究[5]も進めた。

また、表示デバイスの性能を考慮した 3 次元コンテンツ生成を支援するためのシミュレータの開発を前年度に引き続き進めた。さらに、表示デバイス専用の 3 次元コンテンツ編集ツールの開発も進めた。

一方、表示可能なコンテンツの品質に応じて、ディスプレイハードウェアに要求される性能について検討した。特に、ペンタブレット入力インターフェースを装備し、ユーザが簡易に入力した図形を 3 次元コンテンツとして、適切な点群描画シーケンスに変換するための手法を開発した。さらに、動きのある動画コンテンツを制作するためのインターフェースについて検討を進めた。特に、文字情報の表示を可能にするために、フォントデータを点群シーケンスに変換する手法の実現など、コンテンツ制作の基盤になる要素技術の整備を進めた。図 3 に文字情報の描画結果を示す。

一方、本課題で開発するレーザープラズマ方式に関して、それ以外の空中像ディスプレイ方式との融合的利用を目指し、これまでに開発してきたプロトタイプの実行表現性能を改善する手法を

開発した[14]。

マーケティング研究ユニット（(株) 電通）

上記の新しいコンセプトの3次元コンテンツ提示システムを社会に普及させていくために、開発したデバイスおよびコンテンツ提示技術のマーケット的可能性について市場価値の調査を前年度に引き続き行った。

3. 研究実施体制

(1)「慶應義塾」グループ

①研究分担グループ長：斎藤 英雄（慶應義塾大学、教授）

②研究項目

3次元スクリーンの設計と製造
安全性データの取得・解析
光学系のシミュレーション計算
高速操作プログラムの設計・開発
3次元表示デバイスの大規模化
3次元表示デバイスの高画質化
3次元表示の現実空間との位置合わせの研究
画像入力からの3次元コンテンツ生成と表示に関する研究
3次元表示デバイスシミュレータの開発
3次元デジタルコンテンツに関する市場調査

(2)「産総研」グループ

①研究分担グループ長：島田 悟（(独)産業技術総合研究所、主任研究員）

②研究項目

3次元スクリーンの設計と製造
安全性データの取得・解析
光学系のシミュレーション計算
高速操作プログラムの設計・開発
3次元表示デバイスの大規模化
3次元表示デバイスの高画質化

(3)「東大」グループ

①研究分担グループ長：苗村 健（東京大学大学院、助教授）

②研究項目

デジタル・インタラクティブアートへの展開
3次元表示デバイスシミュレータの開発

(4)「愛知工科大」グループ

①研究分担グループ長:小沢 慎治(愛知工科大学、教授)

②研究項目

画像入力からの3次元コンテンツ生成と表示に関する研究

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表 (原著論文)

1. 辛 貞殷, 小沢 慎治, 三次元人体スキャンデータからの衣服製作のための特徴点抽出, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J91-D No.4 pp.1103-1114, 2008.
2. Songkran Jarusirisawad, Hideo Saito, 3DTV View Generation Using Uncalibrated Cameras, Proceedings of 2nd International Conference on 3DTV (3DTV-CON08), pp.57-60, 2008.
3. 榎本暁人, 斎藤英雄, 複数のハンディカメラの協調利用による遮蔽物体除去映像のオンライン生成, 映像情報メディア学会誌, Vol.62, No.6, pp.901-908, 2008
4. Vincent Nozick, Hideo Saito, On-line Free-Viewpoint Video: From Single to Multiple View Rendering, International Journal of Automation and Computing, Volume 5, Issue 3, pp. 257-265, July 2008.
5. François de Sorbier, Vincent Nozick and Venceslas Biri, GPU rendering for autostereoscopic displays, Proceedings of Fourth International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission (3DPVT08), pp.205-212, 2008
6. Yuko Uematsu and Hideo Saito, Visual Enhancement for Sports Entertainment by Vision-Based Augmented Reality, Advances in Human-Computer Interaction, Volume 2008 (2008), Article ID 145363, 14 pages.
7. Hideaki Uchiyama and Hideo Saito, AR Supporting System for Pool Games Using a Camera Mounted Handheld Display, Advances in Human-Computer Interaction, Volume 2008, Article ID 357270, 13 pages.
8. Chutisant Kerdvibulvech and Hideo Saito, Guitarist Fingertip Tracking by Integrating a Bayesian Classifier into Particle Filters, Advances in Human-Computer Interaction, Volume 2008 (2008), Article ID 384749, 10 pages.
9. Yuji Oyamada and Hideo Saito, Defocus Blur Correcting Projector-Camera System, Proc. Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems (ACIVS2008), Lecture Notes in Computer Science 5259, pp.453-464, 2008
10. Hiroyo Ishikawa, Hideo Saito, Point Cloud Representation of 3D Shape for Laser-Plasma Scanning 3D Display, Proceedings of the 34th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp.1913-1918, 2008
11. Hiroyo Ishikawa, Hideo Saito, Closed-line based representation of 3D shape for point cloud for laser-plasma scanning display, Proceedings of 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2008), pp.28-35, 2008.

12. Reiko Aruga, Hideo Saito, Hideyuki Ando, Junji Watanabe, Study on perceptual properties of images presented by Saccade-based display --- Asynchronous and depth perception, Proceedings of 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2008), pp.254-257, 2008.
13. Vincent Nozick, Ismael Daribo, Hideo Saito, GPU-based photometric reconstruction from screen light, Proceedings of 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2008), pp.242-245, 2008.
14. Takuro Wada, Takafumi Koike, Takeshi Naemura, Optically multilayered light field display for enhancing depth of field, accepted to SPIE Stereoscopic Displays and Applications XX, Paper 7237-68 (2009.1).

(2) 特許出願

平成 20 年度 国内特許出願件数 : 0 件 (CREST 研究期間累積件数 : 0 件)