

「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」
平成18 年度採択研究代表者

平成 21 年度
実績報告

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

本研究課題では、慶應大、産総研、(株)バートンが共同で開発した自由空間中に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

平成 19 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、研究開始以前のデバイスの 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、焦点位置をより遠方にするための光学系の設計・製作を行い、さらに走査系の操作範囲を増大させ、さらに高速に走査するための走査装置の改良のための設計と製作に取り組んだ。さらに、同等の性能を持つレーザー光源を2台並列で用いたり、レーザービームを2分割することにより表示領域を 2 倍にする実験を行い、より大規模な空間に描画可能な装置の開発に取り組んだ。

また平成 20 年度末に導入した小型レーザーを利用して、閉鎖空間で同様の 3 次元表示を行うことができる装置を試作した。

(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平成19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ン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的価値の調査を行った。

§ 2. 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,准教授)

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

§ 3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

研究代表者を中心に,3次元表示デバイス研究,3次元デジタルコンテンツ取得・解析・提示技術の研究,マーケティング研究の3つのユニットを設立した研究推進体制で本課題に取り組んだ。

「3次元表示デバイス研究ユニット(慶大・産総研・エリオ)」グループ

エリオの木村秀尉氏がこのユニットの中心となり,そこに慶大グループ,産総研グループからの参加者が参加しながら研究開発を行った。

平成21年度も,前年度に引き続き,平成19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・高画質化を行った。

まず,光源内と光源外の光学系の最適化を行った。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。そして,これらのデータを利用してアクチュエータの高速化を行った。

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た。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。

また、新たな機能として、レーザーの On/Off を瞬時に切り替えるためのポッケルスセルを追加することにより、それまでは困難だった不連続な点群の描画ができるようになった(図1)。

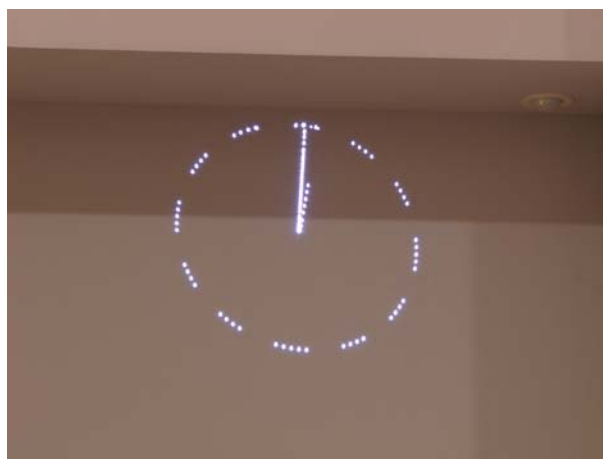


図1:ポッケルスセルを追加したことによるプラズマ on/off 制御の例

デバイス開発と並行して、安全性データの取得のために、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。

さらに、平成20年度に引き続き、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の研究を本格的に行い、ディスプレイ媒体中での発光点生成現象について検討を行った。具体的には、平成20年度までに得られた知見に基づいて選定されたレーザー光源と、本光源用のために設計・製造した光学系および走査系に本光源の組み込みを行い、閉鎖型の3次元ディスプレイデバイスのプロトタイプを完成することに成功した。

「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)」グループ

従来より、映像情報メディア処理、バーチャルリアリティ等の分野において、3次元コンテンツの処理・解析・提示等に関する技術の研究が盛んであったが、これらは、従来の2次元表示デバイスを前

提にしているものが殆どであった。本研究課題では、当該3次元表示デバイスの利用を前提とした、新しい3次元コンテンツ処理・解析・提示といった、3次元コンテンツ制作基盤技術の整備が必須であり、これについて研究開発を進めた。

具体的には、当該3次元表示デバイスの利用を前提とした、新しい3次元コンテンツ処理・解析・提示に関する基礎的な研究を行った。これと同時並行に、3次元表示デバイス研究ユニットと密接に連携を取りながら、3次元表示デバイスシミュレータ、3次元コンテンツデザインツール、インタラクティブ表示機能の実現、などに向けた研究を行った。

慶大グループでは、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。その一つとしては、多視点カメラシステムから平面走査法により得られる距離画像の取得法の研究を行った。特に、この平面走査法における処理の一部についてGPUのシェーダー機能を利用することによって、リアルタイムで距離画像の生成を可能にした。

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得られた多視点画像から3次元映像を生成するための手法についての研究を進めた。また、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。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や、手の動作解析の手法について検討した。

さらに、パターン光投影により得られる距離画像を複数取得し、それらを融合して一つの3次元モデルを生成するための新しいキャリブレーション手法を提案し、有効性を実験的に確認した。

一方、上記のようにして得られた距離画像から対象物体の3次元点群を取得し、それを空間中の複数の輝点表示した際に、どの程度見やすいか、といったことについて検討し、距離画像から物体表面形状を点群で表現して可能な限り人間に理解しやすく提示するための手法について、人間の視覚心理に基づいたアルゴリズムの提案を行った。

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、この考え方を3次元表示デバイスの走査系の性能を考慮したものに拡張中し、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を進めた。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を行い、人間の視覚認知特性に関する研究を進めた。

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。文字の大きさやプラズマ点列の間隔、各文字の表示順

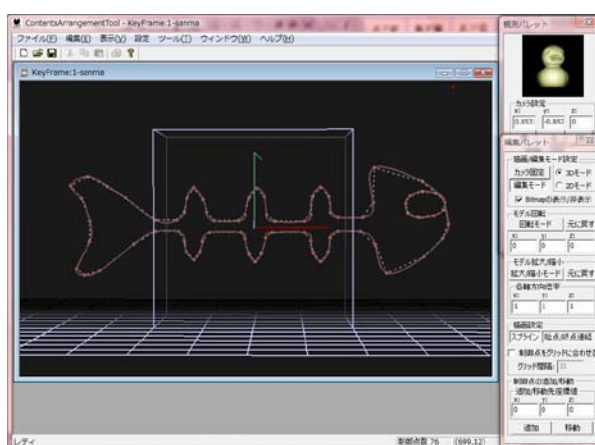
などを考慮して、人間が文字列を安定して認知できる描画手法に関する研究を行った。文字列描画結果を図3に示す。



図3: 文字情報の描画結果

さらに、アニメーション作成機能や、一般的な CG 作成ソフトウェアやレーザディスプレイ用コンテンツ作成アプリケーションからのインポート機能を持つ 3 次元コンテンツ作成ツール(CAT: ContentsArrangementTool)の開発を進めた。本ツールの作成画面と作成したコンテンツの表示例を図4に示す。

さらに愛知工科大学と共同で、プラズマ発光時の爆裂音の解析を行った。この解析結果を利用して、爆裂音をコンピュータで合成する実験も行った。このような解析の結果を利用して、爆裂音を提言するための改善の検討を行った。



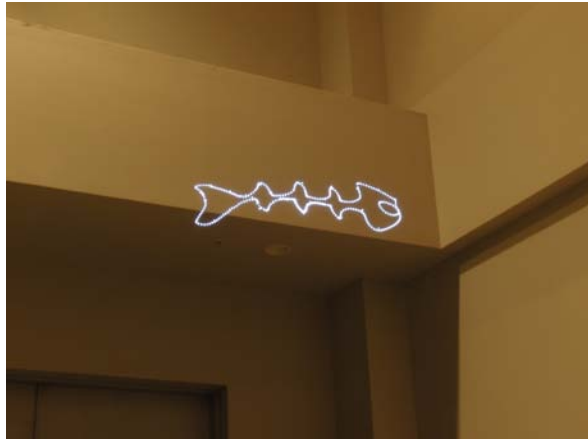


図4 ContentsArrangementTool の作成画面と描画結果

東大グループでは,前年に引き続き,3次元表示デバイスシミュレータの開発を進めるために,コンピュータで生成したデータが,実際にレーザープラズマ方式で表示された際に,人の目にどのように見え得るのか,それをビデオ映像というメディアを通じて伝えるためには,どのような映像処理(シミュレーション)を施すことが妥当であるのかについて検討した。超高速カメラでレーザープラズマ方式の点群を撮影することで,プラズマの発生位置を1点ずつ分離して計測することが可能であることを確認した。さらに,デジタル・インタラクティブアートへの展開を目指し,ユーザーが簡便に豊富なコンテンツを作成するための枠組みとして,twitterなどの新たなメディアから文字情報を空中に提示する仕組みを検討した。さらに,レーザープラズマ方式以外の空中像ディスプレイとの融合を目指し,可変焦点光学系の光学特性に関する検討を行った。これは,商用化の目処が立ったばかりのデバイスであり,空中像を提示する新たなディスプレイ光学系や,レーザープラズマの走査系への転用など,本プロジェクトへのさらなる応用が期待できる。

愛知工科大学グループでは,人体の動作の解析とその3次元表示技術に関する研究を行った。人体の動作解析の対象として体操競技のうちの鉄棒競技を選択した。これは通常のディスプレイ表示では視聴者が演技の質を判断することが困難であり,鉄棒演技の動作解析によって得た付加情報を反映し,演技の質が強調された3次元表示することが効果的と考えられるからである。まず鉄棒演技の動画像を撮影し,画像処理により動作時の関節点の移動軌跡を抽出するを行い,演技の3次元表示のためのデータを作成した。また付加情報として規定された動作軌跡との相違を定量化することを試みている。このために規定演技の記述法を考案してデータベースとした。これは演技の質を計測するものであり,自動採点の可能性を示すと共に,演技の質,および欠点を強調して3次元表示するため規準を与えるものと考えられる。

このような付加情報を反映した3次元表示の手法について検討を開始した。

「マーケティング研究ユニット((株)電通)」グループ

当該デバイスは、大空に広告を浮かび上がらせることから医療応用やゲームなどのデスクトップサイズまでをカバーし得るものであり、それぞれの規模に応じ、さまざまな社会的需要が存在すると考えられる。そこで、3次元コンテンツに関する社会的な要求・期待について、その市場的・ビジネス的価値等を中心とした需要調査を行い、さらにその調査を(1)のデバイス開発や(2)の3次元コンテンツの制作基盤技術へフィードバックし、より実用的・社会的に意義の高い研究開発を実現する。

開発中の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的価値の検討を行った。平成 21 年度は、11 月に「宣伝会議」というイベントを主催し、広告・宣伝メディアについてのイベントにおいて、本プロジェクトで開発中のディスプレイ装置のデモンストレーションを行い、その市場的可能性について検討した。

これらの反応・意見を基に電通は本 3D 技術の商用利用の目標の一つに、屋外の新たな大型サインボードとしての利用を位置づけた。今後は屋外での描画技術のより一層の向上(描画サイズ、精度、安全性、汎用性)と自治体や国との制度面での協議が必要になる。また広告のビジネスモデルとして捉えていく為には、昨今 OOH 業界で進展するデジタルサイネージ(デジタル技術を使い、タイムリーに映像や情報をディスプレイ表示する「次世代型インフォメーションシステム」。)とも協調したコンテンツ配信技術も平行して取り組んでいく必要がある。今後も常にマーケットのニーズと他の新技術導入事例を調査しながら、広告市場での実用化に向けて検証を進めた。

まず、屋外広告についての実用化へ向けた検証を行ってきた。屋外広告は、まさに代表的なものとしてのビルの上にあるネオン広告塔やビルの壁にかかっている大型のポスターであるビルボードや懸垂幕、あるいは大型のビジョン、それに映画館の本編が始まる前のシネアドや野球やサッカーの競技場の常設の看板などもこの範疇である。最近では六本木ヒルズやミッドタウンなどに代表される大型の商業施設を丸ごと媒体と捕らえて、施設中をジャックしてしまうやり方や大型のショッピングモールや流通店舗の媒体化なども進んでいる。また、従来型の「看板」「ポスター」を超えて、昨今伸張するインターネット技術の向上及び液晶ディスプレイの価格低下により、デジタルサイネージと呼ばれる電子看板事業が注目を浴びている。このデジタルサイネージは、時間・天候その他状況に応じて放映する広告／コンテンツをインターネットを通じて変えることが出来るという点で画期的であり、従来の看板・ポスターと大きく異なる新たな特徴を持った媒体として注目されている。これらの OOH 媒体を 3D で表現し、普段目にしない広告表現が実現できる可能性が生まれると、新しいスタイルの屋外広告の展開ができると考え、利用方法、展開場所、使用条件などを検証し、実現性に向けて計画を準備中している。

§ 4. 成果発表等

(4-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. 石川 尋代, 斎藤 英雄, レーザプラズマ式3D ディスプレイにおける点列を用いた物体表現, 映像情報メディア学会誌, Vol.63, No.5, pp.665-672, (2009.5)
2. Songkran Jarusirisawad and Hideo Saito, "3DTV View Generation Using Uncalibrated Pure Rotating and Zooming Cameras," the Special Issue on Advances in Three Dimensional Television and Video of the Journal Signal Processing: Image Communication, Vol.24, pp. 17-30, 2009, DOI:10.1016/j.image.2008.10.003
3. Yuko Uematsu, Hideo Saito, "Multiple Planes Based Registration Using 3D Projective Space for Augmented Reality," Journal of Image and Vision Computing, Vol.27, pp.1484-1496, 2009, DOI:10.1016/j.imavis.2009.01.003
4. Hiroyo Ishikawa, Hideo Saito, Billboard representation for Laser-Plasma Scanning 3D Display", ASIAGRAPH 2009, PROCEEDINGS Vol.3 No.9, pp.41-46, 2009.
5. Songkran Jarusirisawad, Hideo Saito, Vicent Nozick, Real-Time Free Viewpoint Video from Uncalibrated Cameras Using Plane-Sweep Algorithm, The 2009 IEEE International Workshop on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM2009), 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops, pp. 1740-1747, 2009.
6. 李 同夏, 小池 崇文, 高橋 桂太, 苗村 健: ``流体レンズアレイを用いた光学焦点と合成焦点の制御'', 映情学誌, vol. 64, no. 4 (2010.4).