

“3D スーラ”：3D 点群情報による点描画ウォークスルーコンテンツ

渡辺賢悟[†] 宮岡伸一郎[‡]

[†]けん悟庵 [‡]東京工科大学メディア学部

“3D Seurat”: Pointillism Walk Through Contents using Point Cloud Data

Kengo Watanabe[†], Shinichiro Miyaoka[‡]

[†]Kengoan [‡]Tokyo University of Technology, School of Media Science

kengo@mediatelier.net, miyaoka@media.teu.ac.jp

アブストラクト

3D レーザーミラースキャナは、数百 m 規模の広がりを持つ 3 次元空間の物体形状を高精度な 3 次元点群情報として撮影できる機器で、主に測量や文化遺産のアーカイブなどに用いられている。点群情報は高精度の空間情報を持つが、その他のコンテンツへの積極的な利用が広がっていない。特に点群データを実用的なポリゴン情報に置き換えるのが難しいため、コンテンツ利用が促進されない側面がある。そこで本研究では、点群をポリゴン情報に変換せず点群情報を直接用いることで表現できる新たなコンテンツ表現手法を提案する。特に画家ジョルジュ・スーラの点描画法に注目し、描画特徴の解析を行う。点描画共通の特徴である「筆触分割」「補色対比」、またスーラ独自の「太陽光の点描」などの特徴を分析し、コンテンツに反映することでスーラの点描画の風合いで表現された点描画空間をウォークスルーできるコンテンツの構築を行う。3 次元点群情報の新しい利用方法を提示し、その有用性を示す。

Abstract

In this paper, we presents the walk-through contents to be able to render pictures which look like pointillism artwork by using 3D point cloud data captured by 3D laser scanner. Generally, point cloud data are used for topographical survey, and data archive of cultural heritages. However these data have not been used for other contents production. We propose new 3D non-photorealistic-rendering contents to use point cloud data, which directly render feature of points instead of traditional polygons. We observe and analyze the drawing feature of pointillism artwork for our contents use. Especially, we focus on George Seurat who is a most typical artist of the pointillism. According to the results of analysis, the pointillism has two theories which are the divisionism and the complementary contrast. Moreover, we observe that he has a unique technique which is the drawing points of sunlight. With the analyzing results, we build the walk-through contents look like pointillism artwork of Seurat which we call 3D Seurat. Experimental results of our contents demonstrate the effectiveness of using point cloud data.

1. はじめに

レーザーミラースキャナは、数百メートルの範囲の物体形状や位置情報を高い精度で計測し、3次元点群情報として保存できる機器である。このような実測値の3次元点群情報の主な用途として、建築における測量や、文化遺産のアーカイブなどが挙げられる。点群データが持つ精度の高い情報が建造物の設計補助や物体の形状データの保存に適しているため、利用される例が多い。

一方で、レーザーミラースキャナによって容易に物体や空間の詳細な位置情報が得られる環境が整ってきているにも関わらず、他分野での点群情報の利用が促進しない現状があり、特にコンテンツに応用する動きは少ない。多様な表現が求められるコンテンツの中には、建築物や景観の実測値が有用であると考えられる作品も登場^[1]している。このことからコンテンツ制作において点群情報を活かす手段の検討は、制作の支援、表現の多様化といった点で有効であると考えられる。特に広い空間表現を伴うコンテンツの場合、現状では空間情報の構築に人手によるモデリング作業を行う必要があり負担が大きい。撮影によって詳細な形状情報が得られる点群データのコンテンツ応用は強く望まれるところである。

そこで本研究では、スキャナで取得した3次元点群情報を直接的に活用した新しい空間表現コンテンツの制作を目指す。本研究の特徴は点群をポリゴンデータに変換せず、そのまま表現に利用する点にある。3次元点群情報を直接利用することで空間情報の構築の手間を省き、容易かつ迅速に空間表現コンテンツを実装する方法を検討する。今回は点の直接利用との親和性を考慮し、ジョルジュ・スーラの点描画表現手法に着目する。最終的にスーラの風合いで表現された点描画空間をウォークスルーできるコンテンツの実装を目指す。

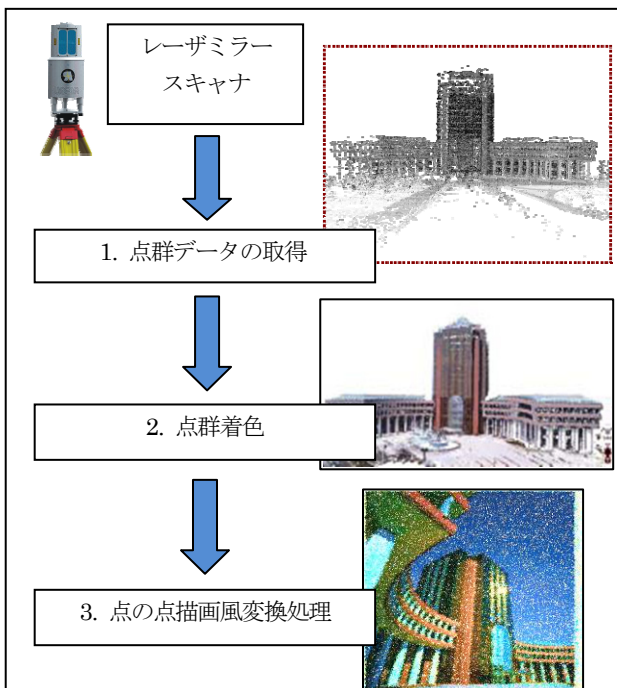


図1. コンテンツ作成の流れ

本研究が目指すコンテンツは、図1に示す手順で作成する。まずレーザーミラースキャナを用いて、必要な点群データを取得する。次に取得した点群情報に対して、写真などを用いて着色を行う。以上で得られた点群情報を透視投影した後、点描画の特徴を考慮した描画処理を施すことで、点描画空間ウォークスルーコンテンツを実現する。

2. 関連研究と本研究の位置づけ

2.1 関連研究

3次元点群情報を利用する主な用途として建造物の測量・アーカイブがあり、Great Buddha Project^[2]や船鉾可視化^[3]などが挙げられる。前者の研究を例にとると、大仏を周囲24地点から撮影して得た点群情報をマージし、3次元形状データを構築している。1つの対象物に対して精度の高い形状情報を得ることができる半面、位置をあらかじめ合わせた多数の撮影点からの点群情報が必要になる。

このように実測値の点群情報から精密な3D形状データを作成するには、3次元全方位から撮影した点群情報の取得が必要となるため、計測に厳しい撮影条件や制約が加わる。また、点群から変換した3D形状データは、手作業で作成される3Dモデルと位相の特徴が大きく異なるなど、コンテンツで利用しづらい性質があり、利用が進まない原因となっている。

点群を直接利用するコンテンツを提供するものとして、SnavelyらのPhoto Tourism^[4]が発表されている。これはコンピュータビジョンの技術で写真画像から3次元点群情報を復元し、得られた点群データを大量の写真のブラウジングインタフェースとして用いている。ただし、このときの点群情報はガイドとしての役割の範疇を出ておらず、点群情報のコンテンツへの積極的利用という点で余地があると考えられる。

レーザーミラースキャナによる実測点群を直接描画に用いたものとしてNPR表現を行ったHui Xuら^[5]の研究がある。画面に投影された点にいくつかのストローク形状を適用し、複数の描画結果を示しており、点群を直接利用して描画表現を行う試みとして一定の成果が得られている。一方でストローク形状の妥当性や色情報の活用などに言及しておらず、点群情報を活用した描画表現についての課題を残している。

また、実測点群の表現力を高める点で宮岡による点群着色の研究^[6]が挙げられる。撮影後の点群に対して、写真の色情報を点群に投影・編集する手法について述べている。例として季節の異なる風景写真から同じ点群に着色を施し、コンテンツ上で季節変化に対応するなど、撮影後でも色情報を付与できるポスト編集について言及している。

一方で、実際の点描画の手法・表現についてはYangら^[7]や杉田ら^{[8][9]}が、点描画法の描画手順や色彩理論を考慮し、スーラをはじめとする点描画家の作品の特徴を捉えた風合い表現を実現している。これらは写真などの静止画を点描画風に変換することを目的としているため、点群情報との連携・適用は考慮されていない。

2.2 本研究の位置づけ

2.1 に示した状況から、豊富な実測データを持つ 3 次元点群情報は、空間表現を行うコンテンツにとって有効なリソースでありながら、十分に生かされていないのが現状であると考えられる。そこで本研究は、点群を直接利用することによる新たな空間表現コンテンツの提案と位置づけることができる。3D 形状データに拠らない空間表現手法として、点描画表現の解析とコンテンツへの応用、および点群情報のコンテンツ活用の可能性を探る。

3. 点描画の特徴

点描画空間ウォークスルーコンテンツを実装するため、点描画の特徴についての調査結果を示す。

3.1 視覚混合

一般的な点描画法の最も特徴的な性質は、細かな点を描画し、目の中で点の色を混ぜる「視覚混合」の効果を生み出すことである。絵の具は直接混ぜると鮮やかさが失われるため、色を混ぜずに点として並べて置く「筆触分割」という手法を用いる^[10]。これによって鮮やかさを失わない混色を実現する(図 2)。

点描画では、さらに鮮やかさを際立たせるため、「補色対比」を考慮する。「補色対比」とは、任意の色の純色と補色はお互いを引き立て合う効果があることを指す。点を描画する際、対象色の純色と補色を並べて置き、鮮やかさを強調している。



図 2. 視覚混合による点描の例

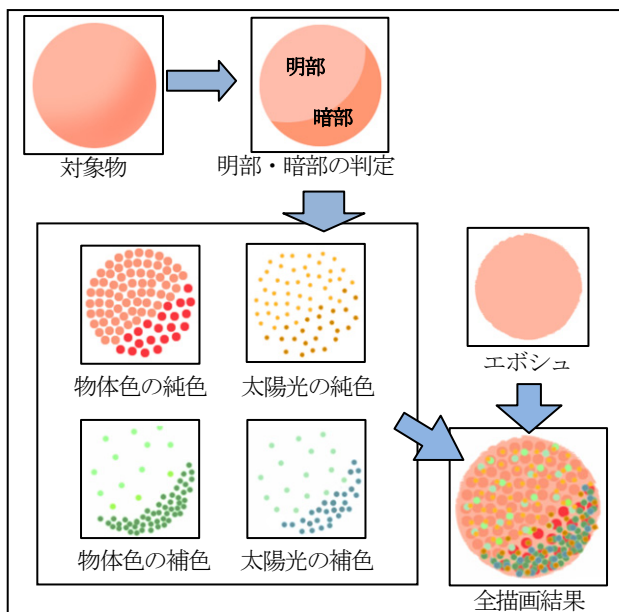


図 3. スーラの描画特徴による描画例

3.2 スーラ独自の描画特徴

スーラは 3.1 で述べた一般的な点描画手法に加えて、独自の描法を取り入れている^{[10][11][12]}。本研究ではスーラ独自の描法についても着目し、コンテンツに反映する。スーラの描画特徴は大きく 5 つである。この描画特徴による描画例を図 3 に示す。

1 つ目は「エボシユ」と呼ばれる点描を打つ前の画面全体の下塗り作業である。エボシユで大まかな物体の配置・サイズ・形状を決める。このことからスーラの点描画は点描のみで構成されておらず、点描と塗りの混合描法であることがわかる。

2 つ目は「物体色の点描」と「太陽光の点描」が存在する点である。一般的な物体色の点描だけでなく、スーラは太陽光の点の描画を追加している。太陽の光を表す橙色の点、その補色の青色の点を画面全体にまんべんなく配置する。これらの描画手順の流れを図 4 に示す。

3 つ目は点描の空間を「明部・暗部」の 2 つに明確に塗り分けている点である。通常の絵画に見られる滑らかな陰影表現はなされない。任意の対象物について一定以上明るい部分は明部領域、それ以外は暗部領域として塗り分けられる。

4 つ目は「白絵具の混色」である。点描画の特徴は絵の具を混ぜないことであるが、スーラは白絵具のみ混色していたことが明らかになっている。明部領域の点に、より多くの白絵具を混ぜることで画面の明度を調整している。

5 つ目は「明部・暗部判定による点の密度変化」である。スーラの点描画は上記に示した特徴から、物体色の純色・補色、太陽の純色・補色の 4 種類の点描が必要となるが、明部・暗部の違いによってこれらの点の密度を変化させて、画面のコントラストを強調している。

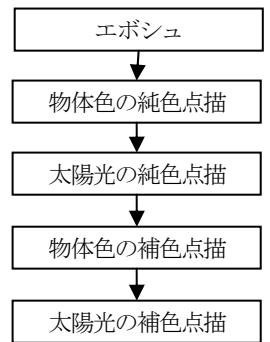


図 4. スーラの描画手順

3.3 解析対象作品の選定

3.2 で示した「点の密度変化」が、具体的にどのような分布にあるかを調べるため、スーラの作品の描画解析を行う。

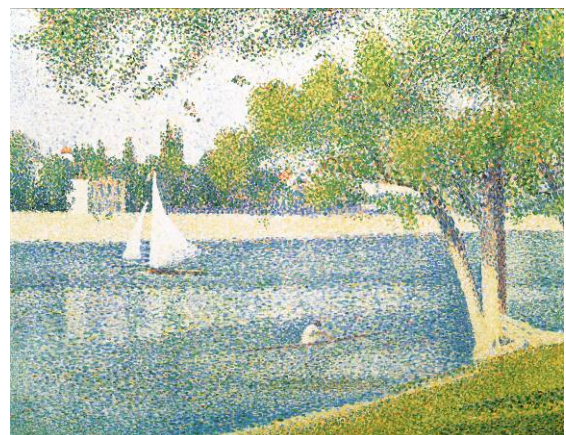


図 5. 春のグラント・ジャットのセーヌ川(1887 頃)

スーラの代表作「グランド・ジャット島の日曜日の午後」(1884~1886)は点描画であるが、長いストロークを持つ筆跡が多く、点の抽出・解析に向かない。そこで本研究では画面全体の点形状が明確で、明暗が判別しやすい「春のグランド・ジャットのセーヌ川」を、解析対象とする(図5)。

3.4 明部と暗部の点密度・大きさ・形状の解析

図5の作品から点描の密度を求める。ここで点の大きさが一定と仮定すれば、密度は画面に占める点の面積比率と等価であるといえる。「明部と暗部」、「物体色と太陽光」、「純色と補色」の各組み合わせ8つの点特徴パターンについて画面上の面積比率、点の大きさ、形状を解析する。

まず作品内にある明部・暗部に描きわけた同じ対象物の領域を抜き出す。葉の領域を抜き出した例を図6に示す。このように明部と暗部が対になる領域を、数か所抽出し解析を行う。

次に各抽出領域から物体色の純色・補色、太陽光の純色・補色に該当する点を手で抜き出し、各点特徴の色モデルとする(図7)。これらのモデル点からHSV値の平均値と標準偏差を求め、各パターンの点を抽出するしきい値の範囲を求める。しきい値はHSVの平均値±標準偏差の定数倍の範囲とし、各点特徴パターンの領域について2値画像を抽出する(図8)。

次に点の大きさと形状を調べるため、図8の2値画像から各特徴につき30点(計240点)を選び手で抽出し(図9)、1点当りの面積と点形状を取得する。サンプル点を真円と仮定し点面積から疑似的な半径を求めた。240点中の最小半径を1.0としたとき、全ての点特徴パターンに共通して、平均半径はほぼ2となり、半径の範囲は1.0~3.6の点がまんべんなく分布していることが確認できた。

このとき2値化画像から抽出した点の形状は図9に示すとおりである。点形状は厳密な円形ではないが、縦横比に近い点が多いことがわかった。特に今回モデルとした「春のグランド・ジャットのセーヌ川」においては、筆をキャンバスに接触させた後に移動させるような長いストロークは存在しなかった。なお、実際の描点は別の描点が重ねて描画されていることが多く、2値化結果に穴があいていることが多いため、図9の点形状を抽出する際、同時に穴埋めの補正処理を行った。

上記の処理を複数の抽出領域において処理し、各点特徴パターンの面積比率の平均値を求めた(表1)。この結果より、明部に比べ、暗部は物体色・太陽光ともに補色の割合が増えていることがわかった。また物体色の割合は明暗であまり差はなく、一方で太陽色は純色補色の割合の差が大きかった。

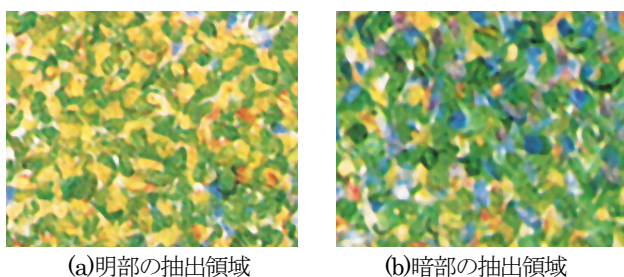
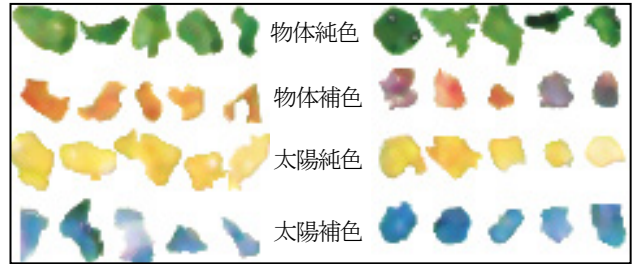


図6. 抽出領域の例



(a)明部の色モデル点 (b)暗部の色モデル点
図7. 葉の領域から抽出した色モデル点

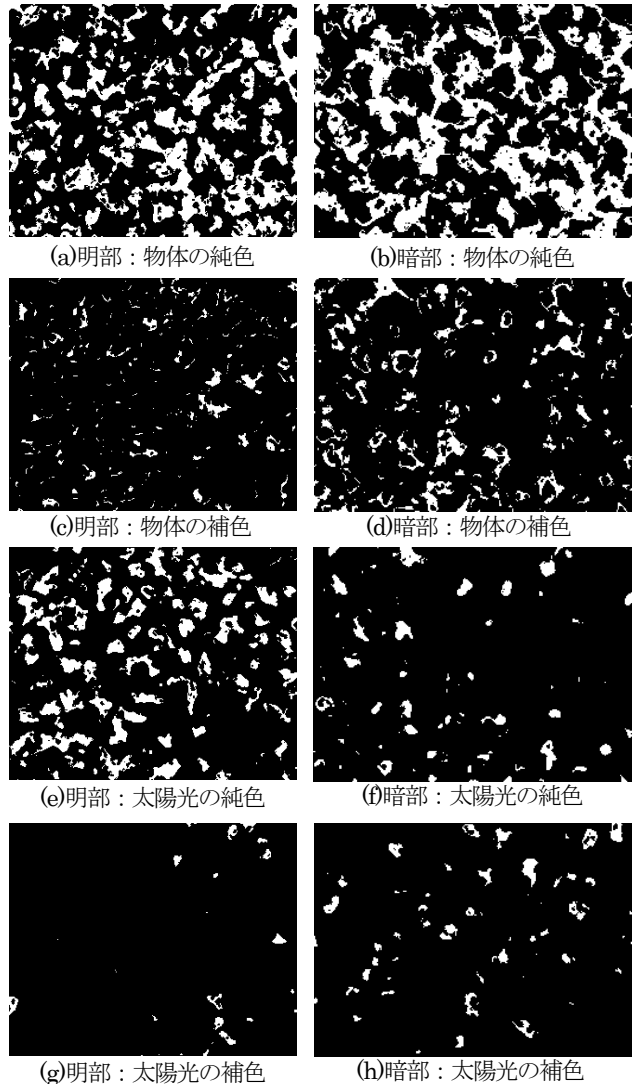


図8. 各点特徴パターンを抽出した2値画像

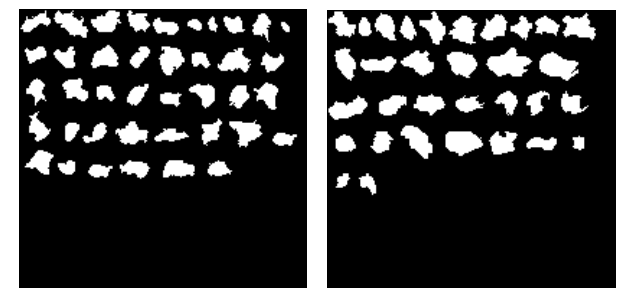


図9. サンプルした点形状情報の例

表 1. 点特徴パターンの平均面積比率

	明部	暗部
物体色の純色	60.66%	55.96%
物体色の補色	11.65%	18.12%
太陽光の純色	21.85%	6.25%
太陽光の補色	5.74%	19.94%

4. ウォークスルーコンテンツの実装

4.1 処理の流れ

3 で述べたスーラの点描画の特徴を踏まえ、図 1 で示した流れで構成されるウォークスルーコンテンツを実装する。処理の流れを図 10 に示す。

カメラ位置を決定して点群データに対し透視投影変換を行う。ユーザ入力でカメラを移動させるようにし、点群ウォークスルーを実装する。次に透視投影によってマップされた点の密度の調整や純色・補色の取得を行う。以上の情報を用いて、点描画表現処理を施す。3.2 で示したスーラの描画手順のうち、「エボシュ」は画面全体の処理が必要になるため、処理負荷が大きくウォークスルーに影響を及ぼす。そこで「エボシュ」の描画は考慮しないものとし、図 4 のエボシュを除いた 4 つの手順で構成する。

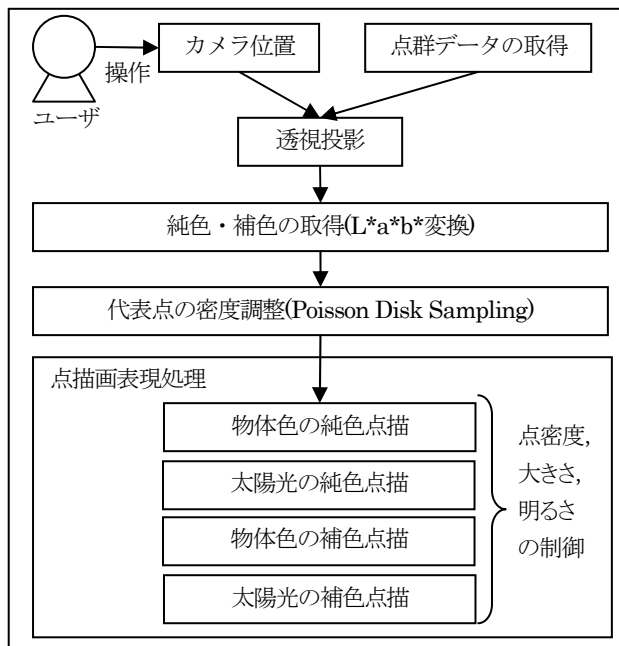


図 10. コンテンツの処理の流れ

4.2 点群データの取得と着色

はじめにレーザーミラースキャナを用いて、点群データを取得する。利用するスキャナはリーグル社製LMS-Z210i である。レーザーの飛行時間に基づき対象物までの距離を測定し、これから3次元座標を求めるもので、測定可能範囲：4~400m, 測定精度：25mm の性能を持つ。0.12度刻みのパノラマスキャンを行うと約200 万点の点群データが取得できる。

得られた点群データは、撮影位置を原点とした(x,y,z)相対座標を持つ点の集合である。この各点に色情報を後から追加する。着色については宮岡が作成した点群着色ツール¹⁷⁾を用いることとし、写真画像を用いた着色をあらかじめ施しておく。これにより1つの点は、3次元座標とRGB値の6つのパラメータを持つこととなり、これをウォークスルーコンテンツに活用する。

4.3 L*a*b*表色系変換と純色・補色の取得

スーラに限らず、点描を描画するためには 3.1 で示した「筆触分割」と「補色対比」が必要となる。純色と補色を表現する方法として、HSV 表色系を用いる手法¹⁸⁾などもあるが、本研究では実際の絵の具における純色・補色の関係に近い L*a*b*表色系を用いて、純色と補色を取得するものとする。点群データが持つ RGB 値を元に、XYZ 表色系を経由して、L*a*b*表色系に変換する¹³⁾。

L*a*b*表色系変換は処理負荷が大きく、毎回演算してはスムーズなウォークスルーに支障が出る。そこで L*a*b*, RGB ともに 128 階調とした 3 次元変換テーブルをあらかじめ用意しておく。テーブルを用いることで RGB と L*a*b* 値の間を高速に変換できるようにする。

L*a*b*値が得られたら、これを用いて純色と補色を求める。純色とは L*a*b*色相環上の円周にある色を指す。取得した色の原点からの延長線と円周の交点の色が、求める純色となる。そして純色の真逆にある円周上の色が補色となる(図 11)。

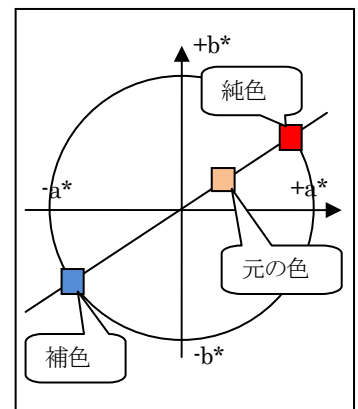


図 11. L*a*b*の純色・補色

4.4 明部・暗部の判定





4.3 で得た L*値を用いてスーラの描画特徴である明部・暗部の 2 領域の判定を行う。対象の点の L*値を一定の閾値で判別する。本研究では実験的に得た次式の閾値を用いて判別を行う。

$$\begin{aligned} \text{明部} &: L^* \geq 55 \\ \text{暗部} &: L^* < 55 \end{aligned} \quad (\text{ただし, } 0 \leq L^* \leq 127)$$

4.5 光の点の純色・補色

3.2 で示したスーラの描画特徴に光の点の描画がある。光の点は物体色に関係なく、画面上に一樣に置かれる太陽の光の純色と補色である。その色は固定で設定されており、佐野ら¹⁴⁾の研究で適した RGB 値の指定がなされているため、本研究においても上記研究の色指定を採用する。光の点の純色・補色の RGB 値を表 2 に示す。

表 2. 光の点の純色・補色の RGB 値

	明部	暗部
純色	 R : 244 G : 164 B : 96	 R : 205 G : 133 B : 65
補色	 R : 137 G : 189 B : 222	 R : 40 G : 96 B : 163

4.6 Poisson Disk Sampling による点分布調整

点群データは撮影点からの距離によって点の疎密が異なるデータであり、透視投影でマッピングすると、部分ごとの点の密度の偏りが激しくなる。点描画は画面全体にまんべんなく点が打たれているため、この偏りを調整する必要がある。

そこで本研究では Poisson Disk Sampling 法⁴⁾を用いて、マッピングした点群データから一様な分布の「代表点」を抜き出し、点の分布を調整する。また、空などの点情報を全く持たない領域は、空の色を持たせた代表点を新たに生成し、画面全体にまんべんなく代表点が配置されるようにする。

この代表点を中心とした半径Rの円領域を描画領域と定め、代表点の色情報に基づいた点描画処理を施す(図 12)。

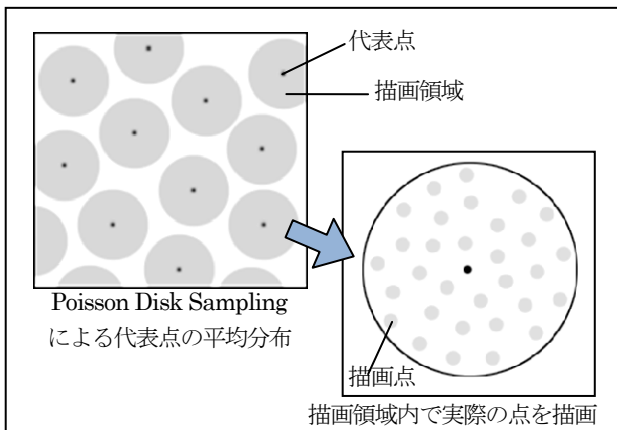


図 12. 2 段階の密度調整と点描画の例

4.7 点描の大きさと密度制御

4.6 で得られた代表点と、そこから定められた描画領域に実際に点を描画する処理を行う。まず、代表点の $L^*a^*b^*$ 情報を取得して描画領域の明部・暗部の判定を行う。次に 3.3 で得られた物体色の純色・補色、太陽の純色・補色の面積比率(表 1)に合わせて、描画領域内に点を描画していく。点は描画領域内にランダムに配置していく。このとき、点の中心がすでに描画された他の点部分に重ならないように処理し、描画領域内で点の配置に偏りがないように考慮する。

描画する点の大きさは、3.4 で得られた描画点の大きさの考察から、点単位で 1~3.6 倍の間でランダムにスケールした点を描画する。スケールする点のブラシ形状には、解析時に抽出した 240 個の点形状を活用する(図 13)。



図 13. 点描に用いるブラシ形状の例

スケールした各ブラシ形状の面積を累計していきながら、点の描画処理を繰り返す。描画した点の総面積の、描画領域に対する面積比率が表 1 の値を超えたとき、当該の描画領域の処理を終了し、次の描画領域の処理へ移る。

以上の描画処理を、物体色の純色・補色、太陽の純色・補色の 4 つについて順に処理していき、画面全体にスーラの風合いを持った点描画処理を施していく。

4.8 点の明るさの調整

4.7 で点を配置する際、点の明るさの調整をおこなう。3.2 の白絵具の混色を行うという特徴に倣い、明部・暗部ごとに L^* 値を操作して点の明るさを制御する。明部・暗部の判定による点の明るさ調整量を表 3 に示す。なお、表 3 の各パラメータは、実験的に画面全体の鮮やかさが際立つ値を求めた。

点の明るさ調整量は、純色・補色ともに、明部で白を多めに混ぜ、暗部で白絵具の量を減らすという点で共通するが、補色は、純色に比較して暗部が強調されるように描画するため、明部と暗部との白の混色量の差を大きく設定する。

表 3. 描画領域ごとの点の明るさ調整量(L^* の強度)

	明部	暗部
物体色の純色	$L^* \times 1.25$	$L^* \times 1.125$
物体色の補色	$L^* \times 1.50$	$L^* \times 1.00$

5. ウォークスルーコンテンツの評価

5.1 点分布調整の比較実験

4.6 における点分布の調整の効果を確認するため、調整なしで点群をそのまますべて出力した結果(図 14)と、Poisson Disk Sampling で分布調整した代表点の出力結果(図 15)を示す。

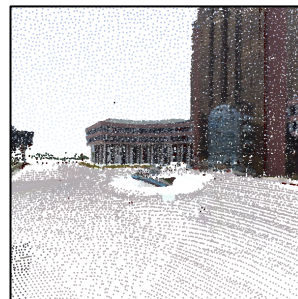


図 14. 調整なしの点配置
(点の数: 46765 点)

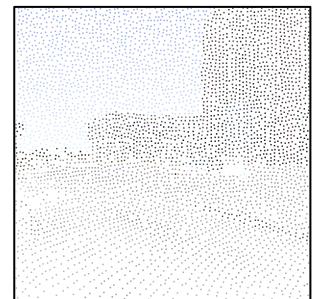


図 15. 代表点配置
(点の数: 4711 点)

調整なしの場合、点群情報の疎密の影響をそのまま受け取り、点描画処理に用いるには分布の偏りに問題がある。一方で分布を調整した場合、画面全体において一様に代表点が打たれており、点描画処理に適切な点分布調整がなされていることが

確認できた。

また分布調整を行うことにより、代表点の数が適切に削減された。調整なしのとき 46765 点あったものが、Poisson Disk Sampling によって 4711 点まで減少しており、処理速度が高速になる効果がみられた。

5.2 点描画表現の比較評価

本研究で実装したコンテンツによって得られる点描画表現の有効性を検証する。比較対象として、点群情報をそのまま描画した結果、渡辺らの研究^[6]の矩形点描画による 3D スーラの描画結果、そして今回実装したコンテンツによる描画結果を図 16 に示す。

図 16(b)(c)は $L*a*b^*$ を用いた純色・補色計算をしているため、点群の色を直接描画した図 16(a)に比べて、色の鮮やかさが増していることがわかる。また、スーラの描画特徴である太陽の色の描画が画面全体に加わっているため、さらに画面全体の鮮やかさが強調される結果となった。

矩形点で描画している図 16(b)は Poisson Disk Sampling によって分布調整を行っているため、画面全体にまんべんなく点が描画されているが、矩形描画では四角い点の形状が目立ち、絵画の風合いが損なわれている。また点の大きさや密度を恣意的に決定しており、描画色のバランスはスーラの点描の風合いを表現できていないと言いがたい。

本研究の処理結果である図 16(c)では、ブラシの形状を実際の作品から抽出してきているため、実際に筆をおいたような風合いの表現ができていることが分かる。また点の大きさ、面積比率を考慮しているため、よりスーラの点描画表現に近い結果が得られたと考えられる。

上記の比較結果から、本研究で行ったスーラ作品の解析情報と点描表現への活用は表現力向上に有効であることがわかった。

5.3 ウォークスルーコンテンツ評価

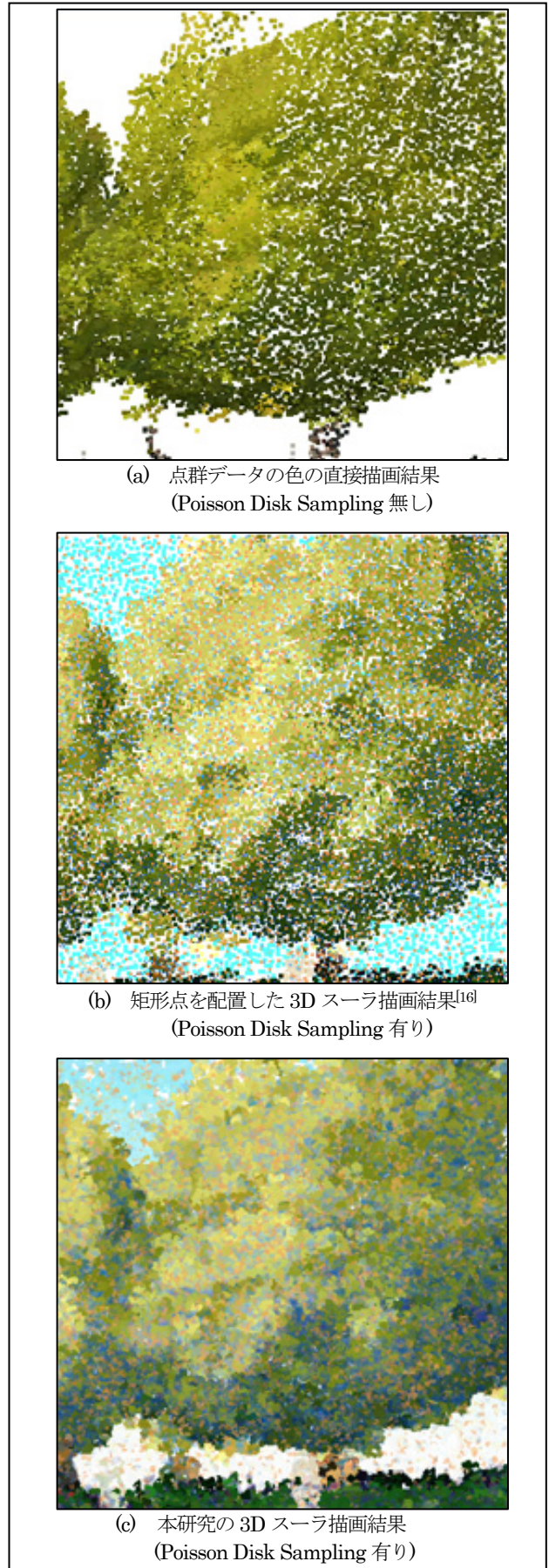
今回実装したコンテンツで実際にウォークスルーを行い、出力される点描画空間を観察する。使用した点群は総ポイント数 121 万点の東京工科大学キャンパスを撮影したものを利用する。カメラ位置によって投影された代表点数、描画した点の数、そして結果として得られた点描画画像を図 17 に示す。

図 17(a)(b)は銀杏並木で、点群量も十分確保されているため、きれいな点描画が得られている。一方で、図 17(c)は高層の建物を映している。点の密度が薄い場所であったため、建物の点描に抜けがあるなど、絵に乱れが発生している。また建物のような直線的な形状は、点のランダム配置処理により形状に乱れが生ずることが確認された。

5.4 処理速度評価

実装したコンテンツについて、動作の処理速度の評価実験を行った。用いたマシンとコンテンツについて表 4 に示す。

5.3 で使用した点群データを用い、上記マシンでウォークスルーを行った結果、4~16fps の速度で動作し閲覧に耐えうる速度で動作することが確認できた。一方で描画点の数が多場所



(a) 点群データの色の直接描画結果 (Poisson Disk Sampling 無し)

(b) 矩形点を配置した 3D スーラ描画結果^[6] (Poisson Disk Sampling 有り)

(c) 本研究の 3D スーラ描画結果 (Poisson Disk Sampling 有り)

図 16. 点描表現方法の結果比較

では処理速度が低下して、画面にもたつきが発生した。スムーズな閲覧を目指すうえでは描画点の数が多き場所の処理高速化は今後の重要な課題のひとつと考えられる。現在は CPU 演算のみで処理しているため、今後 GPGPU のなどを用いた並列演算を考慮することで処理速度の改善は図れるものと考えられる。

表 4. 評価に用いたマシンとプログラム

CPU	Intel® Core™ 2 Quad 2.83GHz
Memory	4GB
OS	Windows 7 64bit
プログラムの開発環境	Visual C++ 2008, boost C++, Lily C++ GUI Library

6. おわりに

本研究では、レーザーミラースキャナで取得した 3 次元点群情報の活用法として、点描画空間ワークスルーコンテンツの提案と実装を行った。

作業負荷の大きい点群データの編集や 3D モデルの作成をすることなく、点群データをそのままスーラの風合いを持った点描画として閲覧できるコンテンツに仕上げることができた。別の点群情報を撮影・用意することで、新たな点描画空間コンテンツとして、すぐに利用することが可能である。また、通常の静止画に対する NPR 処理と異なり、ユーザの入力で自由に歩き回れる動的な点描画空間を表現することができた。

今後の課題として、5.3 で挙げた点群の疎な部分の穴埋めが挙げられる。現段階では点群情報が疎である場合、点描がなされないという課題がある。この解決策として、実装したコンテンツ側で補完する方法と、点群情報の効率的な編集法を確立し、事前に補完しておく方法が考えられる。

また、今回は点群に親和性の高い点描画表現に注目し一定の成果を得たが、コンテンツ応用の幅を広げるためには、より豊かな表現手法の実現が求められる。今後は点群情報の特徴をさらに分析し、他の空間表現手法を実現する手法についても検討していきたい。

参考文献

- [1] アサシンクリード・ブラザーフッド, UBISoft, <http://www.ubisoft.co.jp/acb/>
- [2] 池内, 倉爪, 西野, 佐川, 大石, 高瀬: The Great Buddha Project—大規模文化遺産のデジタルコンテンツ化—, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.103-113(2002)
- [3] 植村, 奥, 長谷川, 宮岡, 仲田, 田中: 粒子ベースレンダリングによる祇園祭・船鉾の半透明可視化, 情報処理学会, 人文科学とコンピュータシンポジウム「じんもんこん2010」講演論文集A4-1, pp.210-24(2010)
- [4] N. Snavely, S. M. Seitz and R. Szeliski: Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D, SIGGRAPH 2006, pp.835-846



(a) 銀杏並木 1
(代表点数 : 5263 点, 総描画点数 : 176651)



(b) 銀杏並木 2
(代表点数 : 5310 点, 総描画点数 : 226556)



(c) 高層の建物と広場
(代表点数 : 3819 点, 総描画点数 : 91114)

図 17. ウォークスルー点描画空間の描画結果例

- [5] H.Xu B.Chen : Stylized Rendering of 3D Scanned Real World Environments, . In Proceedings of Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering, pp. 25–34, 2004
- [6] H.Yang, C.Yang: Realization of Seurat's pointillism via non-photorealistic rendering, The Visual Computer, Vol. 24, No. 5, pp. 303-322, 2007.
- [7] 宮岡伸一郎: “実写画像を用いた3D点群データ着色方式”, 情報処理学会, CVIM研究報告 162-56, Vol.2008, No.27, pp.349-354(2008)
- [8] 杉田純一, 高橋時市郎: “補色対比を考慮した筆触分割による点描画風画像生成法”, 情報処理学会研究報告 グラフィクスとCAD, Vol.2007 No.13, pp. 91-96(2007)
- [9] 杉田純一, 高橋時市郎: “視覚混合と補色対比を考慮した点描画風画像生成法”, FIT2007, I-082, pp.381-382(2007)
- [10] ハーヨ・デュヒティング: 『ジョルジュ・スーラ 1859-1891 点に要約された絵画』, タッシュンジャパン(2000)
- [11] 米村 典子: 『スーラ 点描を超えて』, 六耀社(2002)
- [12] ポーラ美術館学芸部: 『色彩の瞬き スーラの点描主義からマチスのフォーヴィスムまで』, ポーラ美術館(2004)
- [13] CG-ARTS協会: 『デジタル画像処理』, CG-ARTS協会(2006)
- [14] 佐野, 渡辺, 宮岡: “スーラの描法を模した実写画像の点描画風変換,” 情報処理学会第70回全国大会, 4-ZE2 (2008)
- [15] D. Dunbar and G. Humphreys: “A Spatial Data Structure for Fast Poisson-Disk Sample Generation”, SIGGRAPH 2006, pp.503-508
- [16] 渡辺, 佐野, 宮岡: 「3Dスーラ」: 3D点群情報を用いた点描画ウォークスルーコンテンツ, 第24回 NICOGRAPH 論文コンテスト(2008)

渡辺 賢悟



東京工科大学メディア学部メディア学科卒, 同大学院メディア学研究科博士前期課程修了. 東京工科大学片柳研究所メディアテクノロジーセンター嘱託研究員を経て, 個人事業によるアプリケーションコンテンツ開発に従事, 現職.

宮岡 伸一郎



東京工科大学メディア学部教授. 工学博士. 京都大学工学部数理工学科卒業, 同大学院工学研究科修士課程修了の後, 日立製作所に勤務. 同社システム開発研究所主任研究員, 独立システムコンサルタントを経て現職. イメージメディア技術関連の教育・研究に従事.