



3D スキャンのベストプラクティス

3D Systems Sense™ アプリケーションを使用して、Intel® RealSense™ 3D カメラを最大限ご活用ください。

RealSense 用の 3D Systems 製 Sense を使用するスキャニング

はじめに

RealSense 用 Sense (これ以降、単に Sense と呼びます) は、3D Systems のスキャニングアプリケーションで、受賞歴に輝く Sense ハンドヘルドスキャナーを元に行っています。その製品は、3D スキャンをよりアクセスし易いものとし、日常の使用を可能としたことによって称賛を受けました。

スキャニングの原理

Sense または他の 3D キャプチャーアプリケーションにより物体をスキャニングする際には、Depth フレームを収集し、これらを経時的に統合して、物体または人物のビューを取得します。このような depth フレームは、標準的な絵のようなものではありません。これらには、各々の X、Y 座標の色の値に代わって、そのものがカメラからどれだけの距離にあるかを示す、深さ値があります。

Depth フレームは整列し、統合されて、その結果データは、RealSense カメラに何が写ったを示す、三次元空間中の点の群れのように見えます。

このような点の群れは、次に、ポリゴンメッシュ (スキャンされた物体の表面を表わす、連結された数千の三角形の集合) に変換され、それらと、RealSense モジュールまたはプラットフォームの 2D カメラからの RGB データが、いわゆるテクスチャマップを生成します。このテクスチャマップは、次に、整列し、物体を覆って、コンピューターで作られたものではなく、まるで実世界であるかのように見えるようにします。

既知の物体 (例えば人物) をスキャンする場合は、その形状に関してある程度の予測することができ (要するに、通常人間には頭が 1 つ、腕が 2 本、脚が 2 本あることは、誰でも知っています)、このことをデータのクリーンアップに自動的に使用します。未知の物体をスキャンする場合、このような仮定をすることはできません。コンピューターは、何が本当で、何が本当でないか、分からないので、カメラからのデータを信頼しなければなりません。このような場合には、しばしばより多くのデータが集められ、アプリケーションはモデルを生成するためにキャプチャーしたすべてのデータを使用しようとしています。この結果、モデル周辺に余計な形状のように見えるものが発生し、このため、このようなアプリには、何らかの形状クリーンアップツールが必要になります。

回転軸

Sense を F200 カメラ（ユーザーフェーシング）に使用しても、R200 カメラ（ワールドフェーシング）を使用しても、留意しなければならないことの 1 つは、暗黙の回転軸があるということです。すなわち、スキャンする物体を（たとえ人物であっても）回転木馬として想像すると、真ん中の柱が回転軸になります。F200 スキャンでは、「真ん中の柱」を中心として、物体をその周りで回転させます。R200 スキャンでは、カメラを物体の回りで回転させ、中心の柱を、カメラが描く円の中心とします。

どんな場合でも、RealSense を使用して何かをスキャンするには、カメラが物体全体のあらゆる面に向けられることを確実にする必要があります。ユーザーと同様に、RealSense カメラにも、その物体の別の面がどのようなものであるかは、それに向けられるまでは分かりません。

物体認識（すなわち、「緑色の枠」）

物体をスキャンする場合、Sense は、スキャンする物体を識別しようとします。この機能は物体認識と呼ばれ、アプリケーションが、スキャニングボリューム¹とボクセル²を設定するための役に立ちます。また、自動平面クリッピング³によって、スキャンデータから 3D モデルを作成する際のクリーンアップにも役に立ちます。

Sense は、平面最上部（テーブルの天面や床のような）の物体を探す機能によって、物体認識を行います。カメラが平面最上部の物体を捕らえると、適正なサイズのスキャニングボリュームを生成しようと試み、物体の回りに緑色の枠を配置して、ユーザーがスキャンしようとしていると見なされる範囲を表示します。その表示が適正であれば、ユーザーはスキャンをキャプチャーできます。Sense は物体が置かれている平面からあらゆるデータを自動的に刈り取ります。

緑色の枠は、さまざまな方法で、ユーザーが最適な物体スキャンを取得するためにトラッキングする、最適なインジケータとなります。人物をスキャンしようとする場合、システムは、平面を探しません。このため、緑色の枠は表示されません。その代わりに、Sense はスキャニングボリュームに決定を、ユーザーが頭部だけをスキャニングするか、身体全体をスキャニングするかを選択したことに基づいて行います。

¹ スキャニングする容積：その範囲内で、アプリケーションがモデルを作成するために深さデータを収集する容積測定エリアで、規定された高さ、幅、奥行きを非表示のボックスにより定義されます。

² ボクセル：「容積ピクセル」と考えることができる容積要素、または、カメラが空間中の何れかの X、Y、Z 点で検出した深さデータが表現するものです。

³ 自動平面クリッピング：自動平面クリッピングとは、三次元空間で平面を特定するプロセス、および、それをデータの取り込みに使用するプロセスを意味します。

スキャンニングの間のトラッキング

物体のスキャンのためにカメラを使用する場合、カメラは、カメラのパスまたは「トラッキング」のための数学モデルを構築します。弊社では、アプリケーションが、スキャンする物体または人物に関連する位置のトラッキングを維持するプロセスを、カメラのトラッキングと呼びます。スキャンニングのアプリケーションが「トラッキング不可」となった旨のメッセージを表示したら、アプリが物体または人物に関連する位置のトラッキングができなくなったことを示します。通常は、アプリケーションがその位置を再度取得するためには、適正なキャプチャーができた位置まで戻れば十分です。

Sense は、現在、物体の形状のみをトラッキングし、人の目に見える色や模様には注意を払いません。このことは、花瓶、ソーダ飲料の缶、バスケットボールなど、一部の物体のスキャンを非常に困難にします。このため、垂直方向に対称な物体のスキャンは、形状の多様性のためのスキャンニングに何らかの手段を付加しない限り推奨できません。このような多様性は、単に、花瓶の周辺に、ユーザーがその周りを移動するとさまざまな角度から見る事ができる、2つの他の物体を配置することにより、付加することができます。

形状を実物そっくりに見せること

コンピューター上で粘土の塊のように見える 3D 物体と、実世界から来たかのように見える 3D 物体の間の差は、通常は、モデルに RGB ピクチャーを適用することによります。3D 用語として、弊社では、モデルを包み込むテクスチャーをモデルとピクチャーに適用することを、テクスチャーマップと呼びます。テクスチャーマップは、ユーザーが形状をスキャンするために物体の回りを移動する際に、アプリケーションが取得した 2D イメージキャプチャーにより生成されます。これらのイメージは、大きなテクスチャーアトラスに取り込まれ、縫い合わされて、キャプチャーされた形状に収縮包装のフィルムのように貼り付けられます。

IR カメラの役割

F200 および R200 カメラは、単一周波数帯の IR（赤外線）光を使用して、深さのデータを生成します。このことは、カメラが空間を模様と光で満たすことを可能にし、空間にあるすべてのものの深さを、人の目に触れることなく判定するために役に立ちます。困難なことは、IR は、特に単一周波数に限定されると、可視光とは全く異なることです。

IR の範囲では、物体が IR 光を吸収、反射または放射しない限りは、カメラが深さ情報を抽出することができます。すなわち、どちらのカメラも、ガラス、鏡、反射が大きい物体、または、真っ黒な物体をスキャンすることはできません。アプリケーションがスキャンに失敗したように見えますが、実際には、カメラが有効な深さデータを送信することができないのです。

識別可能なサイズ

一般的事項の最後として、カメラが捉えられる物体のサイズを検討する必要があります。このことは、イメージで使用可能な深さピクセルの数と、カメラからの距離という IR 光の問題が入り混じって作用します。ちょうどよい大まかな目安は、必ず、どの品目も HB の鉛筆の直径より小さくしてはならないということです。関連するサイズは、材質にも影響されます。このため、細く、艶のある黒色のものがあれば...当然カメラには捉えられないということに、留意してください。

ターゲットリング

画面の中央に円が見えます。スキャニング対象を、できる限りこの円内に合わせることを望ましいです。これは、カメラが、スキャニングする物体または人物を認識しようとして注視する場所です。位置が遠すぎると、物体がカメラの視野外に移動し過ぎることになります。

スキャニングする容積

スキャニングを開始する際には、スキャニングする容積を設定して開始します。スキャニングする容積を設定する際に鍵となる寸法は、スキャニングを開始する際の幅です。スキャニングする物体が完全に見えて、RealSense カメラから直角となる最長の寸法が望ましいです。この方法では、スキャニング用のバウンディングボックスが設定されていれば、物体の最長寸法まで広がります。これを行わず、幅の狭い側を捉えていると、物体はバウンディングボックスのサイズに切り取られます。

例えば、靴箱をスキャニングする場合、靴箱の長手側を指してスキャニングを始めることでしょうか。

適切なテクスチャマップの取得

テクスチャマップは、スキャンする物体の回りを移動しながら（または F200 を使用する場合は物体を回転させながら）キャプチャーしたイメージから作られます。テクスチャはこれらのイメージから作成されるため、最適なイメージの選択を得るためには、休止することが必要です。物体の回りを素早く移動したり、物体を高速で回転させると、イメージをキャプチャーするプロセスに被写体ぶれが発生します。このことにより、ぶれたテクスチャマップが生成されます。スキャニングの間に折々休止すれば、テクスチャマップ操作のために、よりくっきりしたイメージをキャプチャーする機会を得やすくなります。最適なテクスチャ品質を得るために、スキャニングの間に休止してください。

トラッキングできなくなったら

すでにスキャン済み済みのエリアに戻り、システムがトラッキングを再取得するまで、数秒間静止を保ちます。グローバルトラッキングエンジンは、トラッキングを迅速に再開するはずですが、特定の部分でトラッキングができなくなることがわかる場合、その部分の周辺まで行ったら、その外側または内側への移動を試みて、より多くの深さデータを取得します。それでもトラッキングができない場合には、多少の複雑な形状の追加を試してください。

近づきすぎ?それとも離れすぎ?

アプリは、有効な深さデータがあるとカラーピクセルを表示します。スキャンする物体の周辺を移動すると（または回転させると）、アプリが物体に色を書込み、また、穴を埋めることを見ることができます。スキャンの間に、画面上に完全に色が付けられた物体が表示されれば、十分なデータがあることが分かります。スキャン中に、ある領域が色で満たされない場合は、欠けているスペースの色付けが始まるまで、再度、近づいたり遠ざかる移動を試してください。

完成モデルの作成

データの収集を行ったら、画面右側の [終了] ボタンを押します。このことにより、蓄積されたデータが順番に処理され、1分または2分の間に完全なテクスチャマップのある 3D 表現が作成されます。ここでは、モデル上でキャプチャーされた平坦な表面（例えばテーブルの天面）がないことがわかります。Sense は平面や縁取りを、その数ミリ上で検知し、別個のモデルを作成します。

この段階でモデルを回転させ、必要なものが作られていることを確認してください。作られていなければ、既存のスキャンに追加する方法はありません。やり直すことが必要です。満足できるモデルになっていれば、それをクリーンアップするオプションがあります。物体のスキャンで最も困難なことの 1 つは（人体とは反対に）、素材に対する事前の知識がなければ、カメラから取得されたデータをキャプチャーする必要があるかどうか分からないことです。このため、Sense は全く明白なノイズを除いてすべてをキャプチャーし、モデルに取り込みます。この時点で、クリーンアップツールを使用して、余計な形状を除去することができます。

ツールは、写真編集ツールとよく似た働きをします。[クロップ] は、ボックスの中になくものをすべて切り離します。[消去] は、ハイライトされた部分だけ消去します。[色] は、テクスチャマップを微調整することを可能にします。[ソリッド化] はスキャン全体のあらゆる穴を埋め、3D プリンター用に最適な、いわゆる水密モデルを作成します。

編集を行った後は、必ず [適用] ボタンを押して、特定の編集ステップを完了させてください。編集がうまく行かなかった場合は、[元に戻す] ボタンを使用して、もう一度試してください。

次に行うことは

気に入ったモデルができたなら、3D Systems のオブジェクト共有サイトである Cubify にアップロードすることができ、または、3D Systems Cube 3D プリンターがあれば手元でプリントすることもできます。また、他のいずれかのプログラムで使用するために、業界標準のファイルフォーマット経由でエクスポートすることもできます (.obj、.wrl または .stl)。最後に、自慢の 3D モデルを Facebook に投稿して、友達や家族と共有することができます。

スキャンニングのヒント

1. スキャンニングを開始する前に、適切なスキャンニングオプションを選択します：

- コーヒー用マグカップ、本、ノート PC（16 インチ以下）のような小型の物体には次を選択します：**小型物体**
- ギター、自動車タイヤ、小型の椅子（40 インチ未満）のような物体には次を選択します：**中型物体**
- 机、ソファー、オートバイ（80 インチ未満）のような大型の物体には、次を選択します：**大型物体**
- 人間の頭や肩をスキャンニングする場合には、**頭部**オプションを選択します
- 人体全体をスキャンニングする場合には、**全身**オプションを選択します。

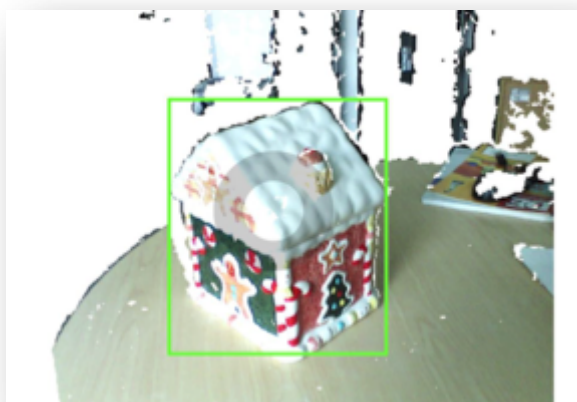
*実際には中型または大型の物体をスキャンニングするために**小型物体**を選択すると、スキャンは、容量が小さ過ぎるために、切り取られた一部のように見えます。同様に、**大型物体**を実際には小さいもののスキャンニングのために使用すると、周辺にノイズデータがより多くなり、解像度が低くなります。

2. 適切なスキャンニング距離を決定します

- F200（ユーザーフェイスング）カメラでは、物体または人物は、装置から 18～36 インチはなれていることが必要です。
- R200（ワールドフェイスング）カメラでは、物体また人物との距離は、前述のサイズ設定によって変化します。
 - 例えば、小型物体では、装置は物体から約 20 インチ離すことが望ましいです。全身の場合には、装置は人物から約 36 インチ離すことが望ましいです。

3. スキャナーに物体を検知させます。

物体のスキャンニングでは、スキャンニングする物体の回りに緑の枠が表示され、安定していること（過度に動いたり点滅しない）ことを確認してから [スキャン開始] をクリックしてください。

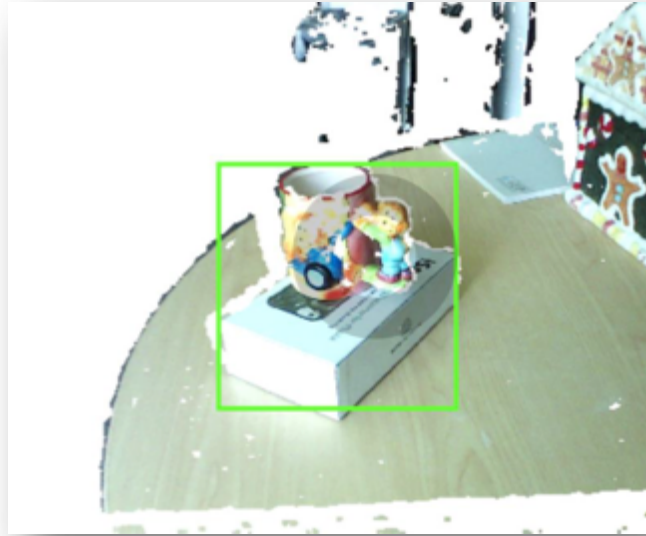


4. スキャンの間は、カメラをゆっくり移動させます

スキャンを開始し、カメラを物体の回りでゆっくりと移動させます。穴のあるエリアが見つかったら、カメラをこのようなエリアに向けることを試し、不足したデータをキャプチャーします。まだ穴が見える場合は、データが見えるようになるまで、カメラを少し後退させます。

5. 小型/対称物体のスキャン

本当に小さいもの（コンピューターのマウスのような）、または、対称形のもの（ソーダ飲料の缶または花瓶）をスキャンする場合は、トラッキングの役に立つように、枠を下側、または、少し離れた別の物体に合わせた方がよいです。心配ありません...「トラッキングに役立てるため」の物体は、編集画面まで進めば、[クロープ] ツールを使用して簡単に削除できます。



6. トラッキングできない

「トラッキング不可」に陥ったら、スキャナーを物体または人物のすでにスキャン済みポイントにゆっくりと戻せば、トラッキングに復帰させることができます。発生が続く場合は、「トラッキングの役に立つ」物体を隣に配置して、スキャンを再開してください。