

RGB-D カメラによる運動中の人体の 3 次元モデル化手法

3D modeling methods using a RGB-D camera for moving human body

大川 涼† 田村 仁‡

Okawa Ryo Hitoshi Tamura

1. はじめに

近年、RGB-D カメラとして kinect(キネクト)が発売された。kinect は多機能でありながら安価である為、kinect を用いることで通常高価な機材が必要となる 3 次元モデリングを安価で行うことができ、様々な用途で利用できると思った。ほとんどの 3D モデリングでは、対象が静止している状態で多視点から見た撮影データを用意し、そのデータを 3 次元モデル化する。運動中の対象をの多視点から見た撮影データを用意する場合、その撮影データは全て同時に撮影されていればデータ間のマッチングは静止している対象をモデル化する場合と同様に行えるが、撮影が同時に行われない場合に、対象が大きく動いてしまっていると、データ間で特徴が大きく違ってしまい、相関が取れず、マッチングが困難となる。Kinect には撮影中の人体の骨格を認識する機能があり、これを用いて、運動中の人体を撮影したデータに各部位の骨格情報を付与する事で、その骨格情報をベースに位置合わせを行えば、特徴が大きく違ってしまっているデータ間でも、マッチングが正常に行えるのではないかと考えた。本研究では、Kinect を用い、運動中の人体の 3 次元モデルを生成する手法を考案し、そのモデル化を目指す。

Engineering Major, Graduate School of Nippon Institute of Technology†
Faculty of Engineering, Nippon Institute of Technology‡

2. Kinect について

Kinect は、Microsoft 社より家庭用据え置き型ゲーム機 Xbox360 専用周辺機器の一つとして発売された。RGB カラー映像認識用カメラ 1 基、奥行き測定用赤外線カメラ 1 基、赤外線照射発光部 (IR エミッタ) 1 基の三つの光学系センサーと音響センサーとして、4 本のマルチアレイマイクが搭載されている。Xbox360 における直感的なインターフェースを実現させる為に発売されたが、後に Microsoft 社、OpenNI 等のグループから PC 上で制御できる SDK が提供された事により、幅広い分野で利用されている。



図.1 Kinect 本体

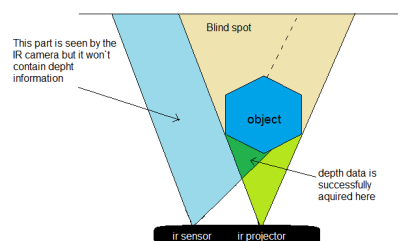


図.2 Kinect の撮影イメージ

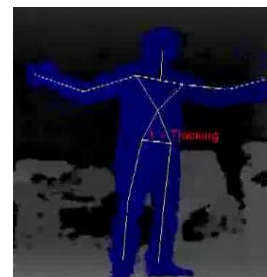


図.3 骨格トラッキング例

3. Kinect の精度評価と関連研究

Kinect の仕様上、対象までの距離が 50cm 未満の場合深度情報を取得することができない為、60cm から 160cm の間で 10cm 刻みに対象の深度情報を計測し、最も精度良く撮影できる距離を求める。

$$D_{avg} = \frac{\sum_{x=0} \sum_{y=0} D(x, y)}{nm}$$

上記の式で求めた誤差平均値を誤差最大値から引き、それを誤差範囲とした場合、60～70cm 間が最も誤差が小さく、距離が離れる程誤差が大きくなるとの結果がでた。誤差範囲は対象までの距離に比例して大きくなる結果となった。

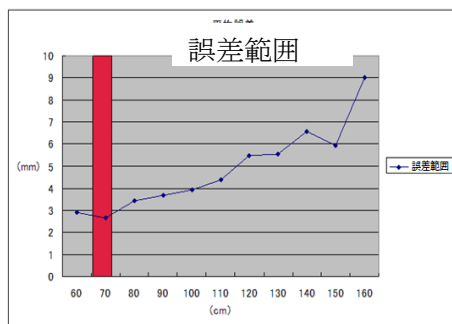


図. 3 距離毎の誤差範囲

さらに、kinect の凹凸認識精度を測定する為にそれぞれ 1cm³、2 cm³、3 cm³ の立方体を用意し、その一面を撮影した。その結果、最も誤差の少ない地点から情報を取得した場合でも、図 2 のように対象物体の輪郭部分の深度情報に抜けが生じてしまう事が判明した。

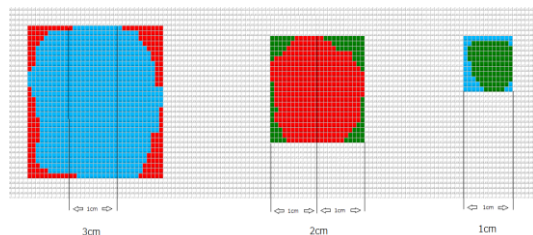


図. 4 各立方体の深度情報



図 5. 輪郭部分の情報抜け例

Kinect を用い、精度の高いモデル生成を行う為には、このような深度情報抜けを補正する手法や、撮影対象と Kinect の距離を適切な距離で保つ事が必要であると考えられる。欠損検出の手法として[3]では上下左右の多視点から見た 2 次元画像上でエッジ検出を行い、その結果から点群データの欠損を検出している。多視点からの撮影を用いているが、Kinect 本体は軽く、スペースさえあれば設置場所を選ばない為、上から見下ろすように設置しても問題ない。しかし、本研究では Kinect 一台での 3 次元モデル生成を目指している為、多視点画像の代わりに連続した撮影データを用い、その前後のデータと比較、検証することで欠損データの検出を行う等で応用ができると考えられる。また、Kinect の特徴として深度情報取得と同時に同一視点からの RGB 情報の取得が可能という点が挙げられ、[4]では単一の写真(RGB)データを用いて 3 次元モデルを生成し、複数のモデルから 3 次元屋内環境モデルを生成している。Kinect の特徴を活かし、RGB 情報から深度情報欠損部分の検出と補正を行う手法も考えられる。

4. 予備実験

予備実験として、Kinect での 3 次元モデル生成を行った。まず、Kinect を用いて 3 次元モデルを生成する場合、60～70cm 内に対象を収めて撮影する必要があると、精度評価から分かった。対象と Kinect との距離

を変動させず、連続して撮影を行う為に、スキャニングマシンを製作した。



図.5 スキャニングマシン

中央を支点に図.5 のように kinect を動作させ、対象を撮影する。

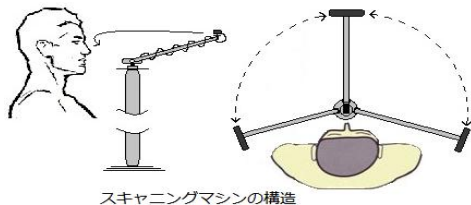


図.6 スキャニングマシン動作イメージ

このスキャニングマシンを用いて撮影した場合と、撮影対象自体を回転させた場合で、取得した深度情報を複数のモデルマッチングプログラムを用い、3次元モデル生成を試みる。

5. 予備実験結果

予備実験で用いたマッチングプログラムでは ICP。ICP を用いたプログラムでは問題が発生した。Kinect の取得した深度情報ではうまくマッチングができず図.5 のような結果となってしまった。



図.7 3次元モデル生成失敗例

ICP では1つのメッシュ内のある点と、別のメッシュ内にある最小の距離間にある点を選びマッチングさせる。今回の失敗要因としては、Kinect で人体を撮影した場合、輪郭部分に多くのデータ抜けが生じてしまい、うまくマッチングすることが出来なかったと考えられる。次に、マッチングに用いる特徴量抽出に、U-SURF を用いているプログラムで実験を行った。



図 8. U-SURF 使用時 3次元モデル

U-SURF は SIFT を改良した物で、特徴量を抽出するには向かない点を無視して特徴量を抽出する。その為、輪郭部分の情報に欠損が生じる Kinect で撮影したデータでも問題なくマッチングが成功した。次に、スキャニングマシンを使用せず、対象者が Kinect の前で運動した場合のモデリングを行った。まず、ゆっくりとその場で一回転した場合のモデリングを行った。

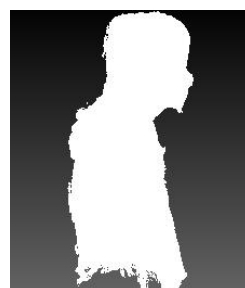


図.9 対象自体を回転させ作成した場合メッシュデータを見るとある程度のモデリングに成功しているが、顔部分等の細かい部分では、複数の撮影データと重なり合ってしまったため、テクスチャデータを貼り付けると図.10 のようになった。

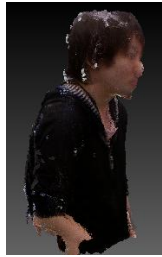


図. 10 対象自体を回転させ作成したモデル次に、対象者が撮影中に大きく動いた場合のモデルを生成した。



図. 11 対象者が大きく動いた場合図. 11 のように対象者が大きく振れた部分が重なったモデルとなった。

6. 今後の課題

今後の課題として以下の点が挙げられる。

1. 撮影データに骨格情報を付与
2. ある骨格情報をベースとしたデータ間のマッチングの実現
3. 情報抜け部分の補正手法の考案と実装
4. モデリングに不必要なデータの検出
5. 特徴量の抽出法の選定

以上の問題点の解決策としては、デプスデータ取得の際に撮影対象者の骨格トラッキングも行い、その骨格情報も撮影データに乗せる。深度情報の抜けを検出した場合、前後のデータから抜けた点を参照し補正を行う、もしくは[4]のようにRGBデータから補正を行うことで解決できると考えられる。骨格情報とそぐわないデータを検出した場合それを破棄する。特徴量の抽出方法については、今回はICPとU-SURFのみを用いて実験を行ったが、特徴量抽出技法には様々な方法がある為、実験を行い、Kinectに適した技法を選定する。

7. おわりに

本研究の目的は、kinectを用いて、運動中の人体を撮影し、その撮影データから3次元モデルを生成する事を目的としている。予備実験から、運動中の人体の撮影データは大きく動いており、特徴の相関が取れず、正しく画像位置のマッチングを行う事が難しい事が分かった。Kinectを用いて取得した骨格情報をベースとしてモデルを生成することで、骨格データの取得が容易であり、モデリングに必要なデータに骨格情報を付与し、その骨格情報をマッチングに用いることで、運動中の人体の3次元モデルを正しく生成出来ると考え、その手法の実装と、3次元モデルの生成を目指す。

参考文献

- [1] P. Besl and N. McKay: "A method for registration of 3-d shapes", IEEE Trans. PAMI, 14, 2, pp. 239-256(1992)
 - [2] 依岡 圭亮 岩切 裕哉 青木 公也 金子 豊久「3次元顔頭部への高速テクスチャマッピング」IPS of Japan グラフィックスとCAD 108-9
 - [3] 栗野 直之 西尾 孝治 小堀 研一「点群データの欠損検出の一手法」ITE Technical Report Vol. 34 No. 32 ME2010-110, CE2010-33(Jul. 2010)
 - [4] 運天 弘樹 増田 智仁 三橋 徹 安藤 真「ステレオカメラ移動撮影によるVRモデル自動生成手法の検討」日本バーチャリアリティ学会論文誌 Vol. 12 No2 pp127-135. 2007
- Production of multi touch interface for motorized wheelchair