

# Kinect を用いた高精度な顔 3D モデルの構築

松田 達希<sup>†</sup> 藤田 悟<sup>†</sup>

法政大学 情報科学部<sup>‡</sup>

## 1. まえがき

本研究では, Kinect を用いた実時間で高精度な顔 3D モデルの構築を目指す. 従来, 顔認識や顔追跡の多くは 2 次元画像から行われてきたが, 近年では 3 次元計測が可能な機器が比較的容易に入手出来るようになり, 3 次元顔認識の研究が盛んになっている. 作成した顔 3D モデルはアプリケーション上のアバターやシミュレーション等に利用できる. Kinect については, 顔認識用の開発ツールキットの 1 つとして, Face Tracking SDK が提供されている. しかし, Face Tracking SDK の仕様上, モデルの奥行き方向に関する調整を行うことが出来ず, 顔の再現度は高いとは言えない. そこで, 本研究では高精度な顔 3D モデルのリアルタイムで構築する為に Face Tracking SDK を利用し, 得られるモデルに深さ方向の修正を加えることで再現度の向上を図る.

## 2. 関連技術

### 2.1. Kinect Face Tracking SDK

Face Tracking SDK とは, Kinect で取得した RGB 画像及び深度情報から人の顔認識及び顔追跡をリアルタイムで行うものである<sup>[1]</sup>. 追跡と同時に顔の特徴点の抽出や, 顔の 3D モデルの取得等が可能である. この機能で取得出来る顔 3D モデルは後述する CANDIDE-3 と呼ばれる基本顔モデルに基づいたものである.

### 2.2. CANDIDE-3

CANDIDE-3 とは, パラメータ化された人間のフェイスマスクである<sup>[2]</sup>. ワイヤフレームモデルの表面にテクスチャを貼り付けたモデルで表現される. モデルの頂点数は比較的少なく, 処理能力の低いコンピュータでも高速な顔復元が可能である. 加えて, 顔構成要素の位置や大きさや顔の特定の動作等をパラメータで決定することが出来, 大まかな表情や動きを高い精度で再現出来る.

## 3. 顔 3D モデルの修正法

Face Tracking SDK では認識した顔の構成要素の位置等から CANDIDE-3 のモデルの各パラメータを決定し, 個人毎に合わせた顔 3D モデルを構築している. しかしながら, Face Tracking SDK は頬や鼻の高さ等の奥行きに関するパラメータの変更をサポートしていない為, 人の顔を完全に再現しているとは言えない.

そこで本研究では, Kinect で取得出来る深さ情報を用いて顔モデルの各頂点に対して奥行きに関する調整を行い, 従来の Face Tracking SDK よりも再現度の高いモデルを構築することを目指す.

顔の修正方法に関しては, モデルの各頂点に対して,

実際の顔周辺の 3 次元座標の中から, 特定の条件に当てはまる座標を探索して修正していく. 本論文では, 以下に示す 4 通りの方法を用いて修正を行う. それぞれの方法のイメージ図を図 1 に示す.

### (1) 手法 1: 平行投影修正法

Face Tracking SDK を用いることで顔の傾きの角度が取得出来る為, その値から顔の向きベクトルを求める. 求めたベクトルの方向に, 図 1(a) の様にモデルの各頂点から直線を伸ばす. 各頂点の周辺の 3 次元座標の中で, 伸ばした直線との距離が最も近い点から直線に垂線を下ろした時の交点を修正点とする.

### (2) 手法 2: 楕円球型投影修正法

顔モデルの両耳付近の 2 頂点と, 鼻の先端の部分に相当する頂点の 3 点から成る 3 角形の重心を求める. 求めた重心を顔モデルの中心点とし, その点を基点として図 1(b) の様に各頂点へと直線を伸ばし, 平行投影修正法と同様に修正点を求める.

### (3) 手法 3: 円柱型投影修正法

顔の両耳付近の 2 頂点と顔の中心の部分に相当する頂点の 3 点から成る 3 角形の重心と, 同じく両耳付近の 2 頂点と顎の中心且つ先端に相当する部分の頂点から成る 3 角形の重心を求める. 求めた 2 つの重心を通る直線を, 顔モデルの中心を通る縦軸とする. 求めた縦軸に各頂点から垂線を下ろした時の交点を各頂点の基点とし, 各基点から図 1(c) の様に対応する頂点へと直線を伸ばし, 平行投影修正法と同様に修正点を求める.

### (4) 手法 4: 複合投影修正法(楕円球型&円柱型)

楕円球型投影法と円柱型投影法の両手法を用いて修正を行う. 円柱型投影法と同様の方法で顔モデルの中心を通る縦軸を求め, 図 1(d) の様に軸の中心から任意の長さの分だけ両端に境界点を設定する. 各頂点から軸に垂線を下ろした時の交点が二つの境界点の内側に存在するならば, 円柱型投影法を用いて修正を行う. 境界点の外側ならば, 境界点を基点とした楕円球型投影法を用いて修正を行う. 円柱型で修正を行う範囲をパラメータ  $p$  で表し,  $p$  の値が 1.0 のときは円柱型, 0 の時は楕円球型になる様にし, 再現度が高くなる様な  $p$  の値を調べる.

## 4. 実験

### 4.1. 実験方法

モデルに対し手法毎に修正を 500 回実行し, 修正前後の頂点の座標から頂点毎の伸縮率の平均を求める. これを手法毎に 10 回求める. 撮影の際は基本的に無表情で撮影し, 余分なノイズの発生を抑える為, 顔を大きく傾かせない様にする. 頂点を修正する際の周辺の 3 次元座標との比較範囲は, その頂点が 2 次元画像上に投影された時の座標の周囲 50\*50 ピクセル内の 3 次元座標とする.

Construction of finer 3D face model using Kinect

<sup>†</sup> 1 Tatsuki Matsuda

<sup>†</sup> 2 Satoru Fujita

<sup>‡</sup> Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

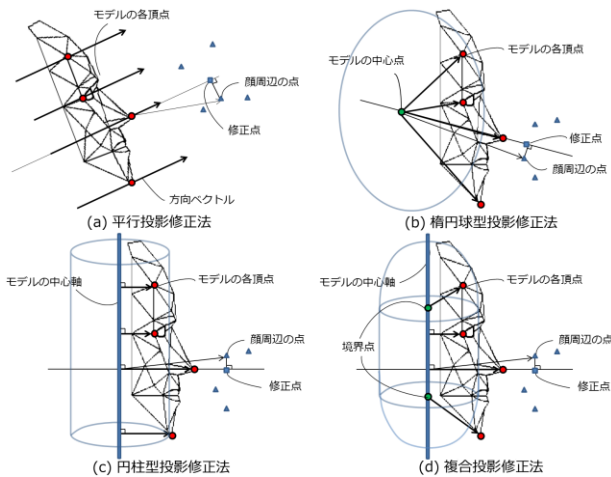


図1 投影手法.

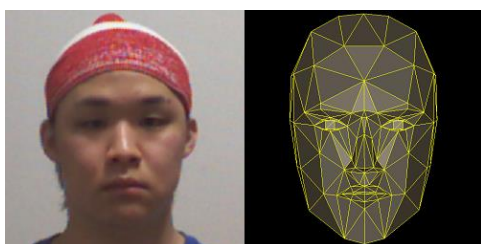


図2 撮影した人物の画像と修正前のモデル.

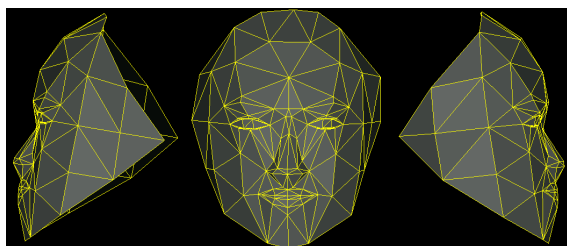


図3 円柱型投影修正法によるモデル.

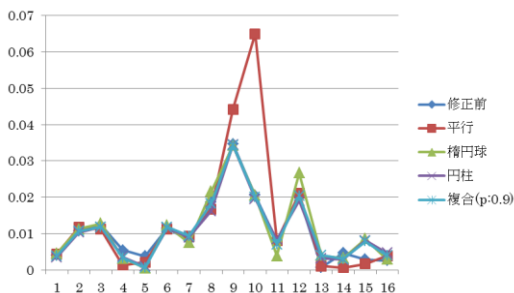


図4 標準点間距離との誤差のグラフ.

#### 4.2. 評価方法

KinectFusion を用いて顔を 3 次元復元し、得たモデルの額の中心、両目の両端、鼻の先端、両耳の付け根、口の両端、顎の先端の計 11 点の 3 次元座標を取得し、これらを標準点とする。KinectFusion とは、Kinect を用いた現実空間の高精度な 3 次元復元技術である。修正前のモデルと各手法による修正後のモデルに関して標準点と同様の 11 点の座標を取得し、額の中心から両目の内側、額の中心から鼻の先端、鼻の先端から両目の内側と口の両端、鼻の先端から顎の先端、鼻の先端から両耳の付け根、顎の先端から口の両端、目の間隔、両目と口の幅の

計 16 項目の点間距離をそれぞれ求める。求めた各点間距離と標準点における点間距離との誤差を求め、比較する。修正後のモデルに関しては、10 回の修正による各誤差の平均を用いて再現度を評価する。

#### 4.3. 実験結果

実験で撮影した顔画像及び修正前のモデルを図 2 に、各手法による修正後のモデルの内、評価の結果が最も良かった円柱型投影修正法による修正後のモデルを図 3 に示す。また、各点間距離の誤差のグラフを図 4 に示す。複合投影修正法に関しては、誤差の平均の合計が最も小さかった  $p=0.9$  の時のデータを採用した。円柱型投影修正法の誤差の平均の合計が最も小さく、他の手法に関しては、修正前よりも誤差の平均の合計が大きくなった。

#### 5. 考察

今回の実験では、円柱型投影修正法が最も再現度の高くなる結果となった。平行投影修正法に関しては、全ての頂点を同一方向に伸縮させている為、顔の表情に関しては大きな変化は見られないものの、誤差の値は非常に小さい。しかしながら、顔側面部分の頂点に関しても顔の向き方向に伸縮させた為に両耳の付け根の頂点が大きくなってしまい、その点に関して誤差が大きくなったと考えられる。楕円球型投影修正法に関しては、中心を基点として各頂点を伸縮させている為、耳の付け根に関しては平行型に比べ誤差は小さい。しかしながら、基点を中心の一点だけに設定している為、基点よりも上下方向に離れている頂点に関しては上下方向への伸縮度合いが強くなり、本来適用されるべき深度情報が適用されていない場合がある。その為、今回の実験では口の左側が実際の位置よりも若干下がった位置に修正されており、その部分に関しては平行型よりも誤差が大きくなっている。円柱型投影修正法に関しては、中心軸に頂点の高さ毎に合わせて基点を設けて伸縮させている為、両耳の付け根に関しても誤差が小さくなり、深度情報も正しく適用されている。その為、最も誤差が小さくなったと考えられる。複合投影修正法に関しては、最も誤差が小さくなった  $p=0.9$  の時でも修正前より誤差が大きくなってしまった。これは、予想よりも楕円球型の結果が悪く、且つその影響が強くなってしまったことが原因と考えられる。

#### 6. まとめ

本論文では、Kinect を用いた高精度な 3D 顔モデルの構築を行った。提案した手法の内、円柱型投影修正法により、修正前よりも再現度の高いモデルを得たが、その他の手法に関しては修正前よりも再現度が低くなる結果となった。今回の実験では顔を大きく傾けない様にして極力ノイズの発生を抑えて実験を行った為、顔の傾き具合によるノイズの影響を抑える手法の考案が今度の課題の一つである。また、今回利用した CANDIDE-3 の仕様上、頂点数の少なさによる表現の限界も見られる為、リアルタイム性を保持できるレベルでの頂点数の増設も今後の課題として挙げられる。

#### 参考文献

- [1] Microsoft: Face Tracking, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj130970.aspx>, accessed Jan 08, 2014.
- [2] Jörgen Ahlberg: CANDIDE-3 - AN UPDATED PARAMETERISED FACE, Jan. 2001.