

2K-2

顔面形状入力手法(ライティングスイッチフォトメトリー法)

佐治 斉, 日置 尋久, 國井 利泰
 東京大学

1 はじめに

人間とコンピュータとの間のコミュニケーションを行なうための手段として、顔面の解析に関する研究の重要性は近年急速に高まってきている。特に、より円滑なインターフェースを実現するためには、詳細に表情の変化を解析する必要があるが、現状では、目・鼻・口などの特徴領域に関する解析が主流を占めており、人間の微妙な表情変化に伴って現れる、頬や額に現れる細かいしわなどの情報を解析することは困難であった。よって本稿では、このような箇所の時間変化する3次元形状の入力を可能にした、ライティングスイッチフォトメトリー法という方法を提案する。

2 導入

顔面形状の入力方法においては、光源やカメラを利用して画像処理を行う方式が、最も被験者に負担をかけずに非接触的に形状を画像として取り込める方法として有望視されているが、その実現手法の多くは、2次元データに基づいており、1枚の顔画像上から特徴領域を抽出し、これらの位置や形状を解析するという手法が一般的であった[1]。しかし、このような方法では、結果が顔の向きや照明により影響を受け、安定に情報を得ることが困難であった。一方、顔面を3次元的に入力し、その形状および動きを追跡する研究も近年盛んに行なわれてきている。主な手法としては、顔面上に張り付けられたマーカ[2, 3]や目・鼻などの特徴点[4]を抽出しその動きを追跡するものなどがあるが、そのいずれも、入力できる特徴領域の数が少数であり、顔面上の細かいしわなどの詳細な情報を解析することは困難である。本研究において提案するライティングスイッチフォトメトリー法は、顔面上のしわなどの詳細な部分までの動き情報を安定に捉えるものである。

3 アルゴリズム

3.1 概要

ライティングスイッチフォトメトリー法は、3光源と1台のビデオカメラを用いる。複数光源を利用して静止物体の形状を求める方法として、photometric stereo法([5])があるが、ライティングスイッチフォトメトリー法は、こ

の光源を高速に切替え、各光源からの画像を時間的に補間することによって、時間変化する動物体の各瞬間における3次元形状を捉えるものである。

3.2 法線計算

以下の仮定に基づいて計算を行なう。

- 3光源 (S_1, S_2, S_3) を使い、各光源からの光は一定時間間隔 (Δt) ごとに被写体に照射される ($S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow \dots$) (図1)。
- 各光源からの光の強さは常に一定である。
- 入射光は平行に直接、かつ均一に被写体に照射される。
- 被写体はカメラ面に対し平行投影される。
- 被写体からの光の反射は完全拡散反射である。

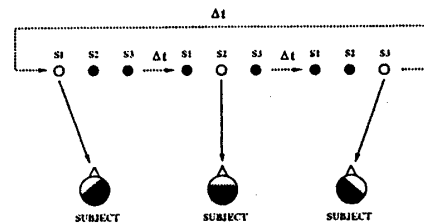


図1: ライトスイッチング

以上の仮定に基づいて、各時間における顔面の各点における法線ベクトルを求める。

例えば、ある時刻 t (このとき被写体は光源 S_2 から照射されているとする) において、被写体上のある点における面の単位法線ベクトル N_t は以下の3式を解くことにより求められる。

$$\begin{aligned} \frac{2L_{S_1, t-\Delta t} + L_{S_1, t+2\Delta t}}{3} &= I_{S_1} R_t N_t \cdot S_1 \\ L_{S_2, t} &= I_{S_2} R_t N_t \cdot S_2 \\ \frac{L_{S_3, t-2\Delta t} + 2L_{S_3, t+\Delta t}}{3} &= I_{S_3} R_t N_t \cdot S_3 \end{aligned}$$

ただし、 R_t は時刻 t における反射率定数、 S_k は被写体から光源 S_k 方向への単位方向ベクトル、 $L_{S_k, t}$ は時刻 t における光源 S_k からの光線に対するその点における反射光の強さである。

3.3 3次元形状復元

得られた法線ベクトルから、顔面の3次元座標を求める

Facial Shapes Measurement Method(Lighting Switch Photometry Method)

Hitoshi Saji, Hirohisa Hioki, and Tosiyasu L. Kunii
 The University of Tokyo

が、先に求められている法線ベクトルには、ノイズが含まれているので、面を再構成するために、下式に示すような、各点における法線ベクトル $((p, q, 1))$ と、再構成されるべき顔面上の法線ベクトルと $((Z_x, Z_y, 1))$ の内積の、顔面全体における自乗和 (E) が最大になるように繰り返し計算を行なう。

$$E = \iint (Z_x \cdot p + Z_y \cdot q + 1)^2 dx dy$$

ただし、ここでの3次元直交座標系は、カメラの光軸方向をZ方向とし、撮像面をX-Y平面としたものである。

4 実験結果

先に述べたアルゴリズムを、実際に人間の顔面に適用した結果を示す。図2はある時刻においてカメラから撮影された人間の顔面画像に雑音除去を行ない、顔面領域のみを抽出した結果を、図3は計算された法線ベクトル図 (needle map) を、図4は再構成された3次元顔面形状の時系列を示す。この結果から、時間変化する頬上の各時刻におけるしわ形状が抽出できているのがわかる。

5 結論

本稿では、複数光源を高速に切替えることにより、動作中の顔面上の詳細な形状が入力できる手法について提案し、その有効性を示した。今後は、ライティングスイッチフोटメトリー法により得られた頬や額上の幾何学的形状に、元の画像自身の濃淡情報を用いて得られる目・口などの特徴領域の形状、およびそれらの時間変化を追跡することによって、人間の微妙な表情変化の解析を行なう予定である。なお、本研究は日産自動車(株)の協力のもと行なわれたものである。

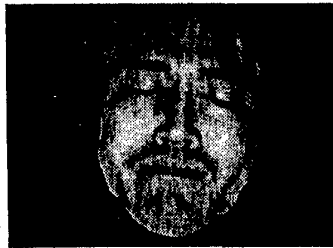


図 2: 顔面入力画像



図 3: needle map

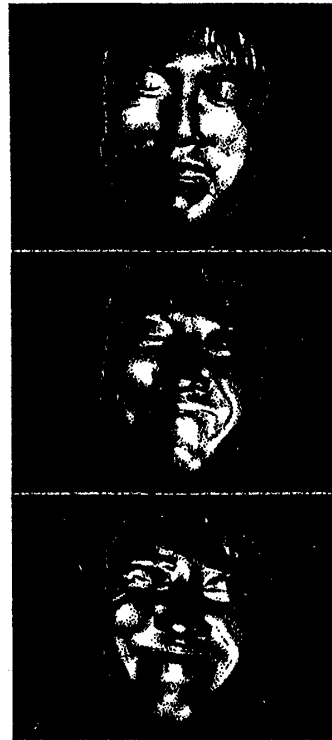


図 4: 時系列 3次元顔面形状

参考文献

- [1] Harmon L.D. 'Automatic Recognition of Human Face Profiles'. *IEEE Computer Graphics and Image Processing*, 6:135-156, 1977.
- [2] Waters K. and Terzopoulos D. 'Modelling and Animating Faces using Scanned Data'. *The Journal of Visualization and Computer Animation*, 2(4):123-128, 1991.
- [3] Williams L. 'Performance-Driven Facial Animation'. *Computer Graphics*, 24(4):235-242, 1990.
- [4] Kurihara T. and Arai K. 'A Transformation Method for Modeling and Animation of the Human Face from Photographs'. In Thalmann N.M. and Thalmann D., editors, *Computer Animation '91*, pages 31-44. Springer-Verlag, 1991.
- [5] Woodham R.J. 'Photometric Method for Determining Surface Orientation from Multiple Images'. *Optical Engineering*, 19(1):139-144, 1980.