

3-IR 照度差ステレオ法を用いた嚥下運動の評価

Evaluation of Swallowing Movement Using 3-IR Photometric Stereo

○ 大口裕一朗（岐阜大学） 加藤邦人（岐阜大学） 村絵美（サントリーグローバルイノベーションセンター）

Yuichiro OGUCHI, Gifu University
Kunihito KATO, Gifu University
Emi MURA (Suntory Global Innovation Center Limited)

Abstract: In this paper, we propose a measurement system to estimate the movement of the thyroid cartilage by the camera sensor. Several analyses of swallowing method have been proposed. However, these methods have to be put on contact sensors on the subject's throat. Thus subjects cannot drink naturally, these system cannot be measured correctly. Therefore, we developed the measurement system based on vision sensor in order to achieve non-contact and non-invasive sensor. The movement of the subject's thyroid cartilage is tracked by the geometry information of the surface of the skin calculated by the photometric stereo. To solve the problem of the photometric stereo, we constructed a camera system that uses near-IR light sources and three near-IR camera sensors. The usefulness of this system was confirmed by an experiment.

Key Words: Swallowing, Photometric Stereo

1. はじめに

本研究は、飲料を飲み込む際に表出される嚥下運動の違いによって飲料を客観的に評価し、嗜好度や感情反応を推定することを目的としている。主観評価に頼っていた飲料評価を飲用時に表出される嚥下運動を計測することで実現する方法が提案されているが、いずれも接触的で侵襲的である⁽¹⁾⁽²⁾。

そこで、本研究では非接触、非侵襲な 3-IR 照度差ステレオ法を用いて嚥下運動を計測した。喉表面の法線ベクトルを推定し喉仏の凹凸情報を計測する。法線ベクトルテンプレートを作成し、テンプレートマッチングによって嚥下運動の計測を行った。

次に、飲料摂取時の喉の渴き具合による飲み心地の評価を行った。VAS 評価と嚥下波形の解析結果を用いることで、嚥下運動の特徴について考察を行った。

2. 嚥下運動計測システム

本研究で使用した撮影システムの概要を Fig. 1 に示す。波長の異なる 3 種類の近赤外光の光源装置とカメラ装置を用いる。対象物体に対して 3 種類の光源を同時に照射し、3 バンドカメラで撮影する。3 バンドカメラは入力光をプリズムで分光し、各波長の光をそれぞれの画像素子に入力するため、複数の光を同時に得ることができ、面法線ベクトルをリアルタイムに推定することができる。一般的な蛍光灯には、近赤外光が含まれておらず、本システムを用いることで、蛍光灯下でも堅牢な撮影が可能となる。また近赤外光は不可視であるため、被験者に負荷をかけない。

嚥下運動を計測するために、喉の面法線ベクトルを求めた。取得した画像から算出された喉の面法線ベクトルによって色分けをした画像を Fig. 2 に示す。嚥下運動は、甲状軟骨の面法線ベクトルをテンプレートとし、ZNCC を用いて追跡を行った。追跡結果を Fig. 3 に示す。嚥下運動は、甲状軟骨の移動量をもとに波形として取得される。

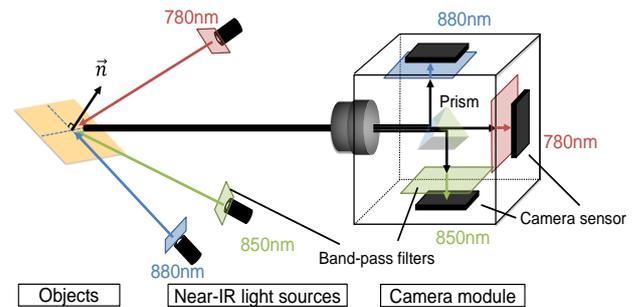


Fig. 1 3-IR Photometric stereo

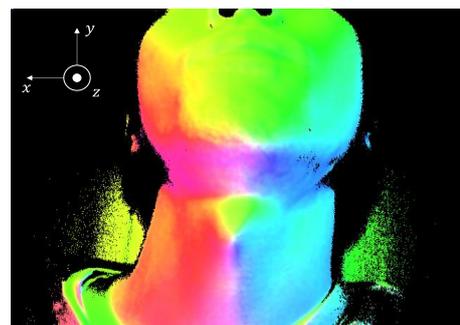


Fig. 2 Color-coded image by normal vector

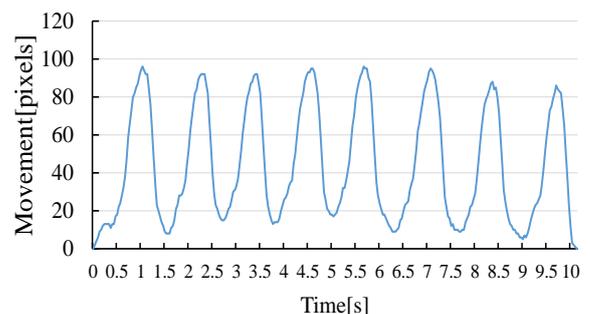


Fig. 3 Swallowing wave

3. 喉の渇き具合による嚥下運動の比較

喉の渇きによって嚥下運動がどのように変化するかを調べる実験を行った。この実験のフローチャートをFig. 4に示す。被験者は、20代男子大学生6名を対象とした。実験開始2時間前から絶飲食を指示した。飲料は軟水100mlをコップで提示した。まず実験1日目に常飲状態として軟水摂取時の嚥下運動を撮影し、実験2日目に喉が渇いた条件下での撮影を行った。被験者に口腔内の潤滑性を奪うために無塩クラッカー3枚を摂取させ口渇状態とした後、1日目と同様に軟水摂取時の嚥下運動を撮影した。測定した嚥下波形をFig. 5に示す。

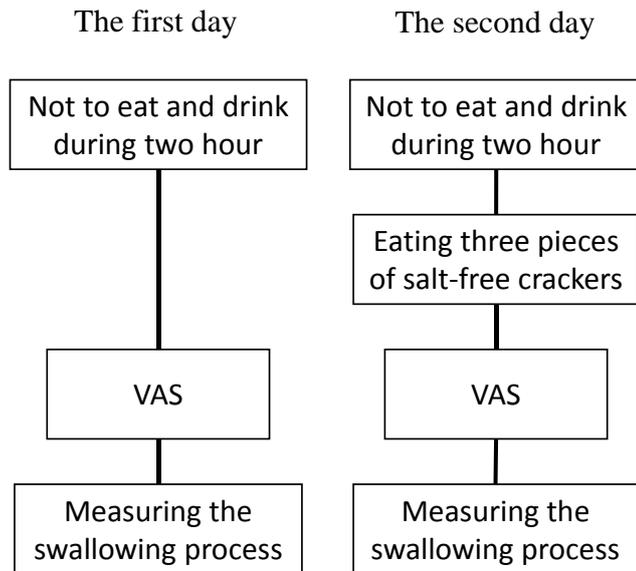


Fig. 4 The flowchart of this experiment

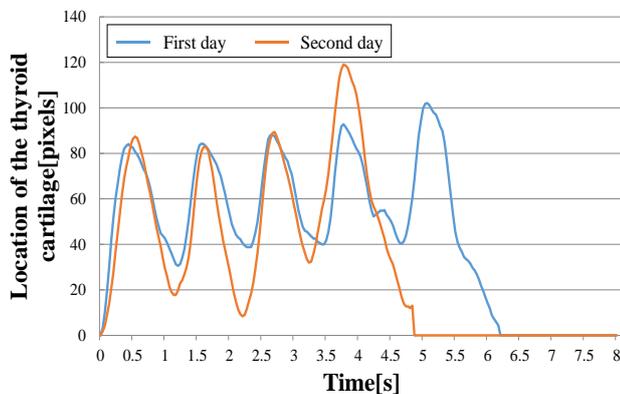


Fig. 5 An example of the measured swallowing motion

軟水摂取前およびクラッカー摂取後には、「喉の渇き具合」を100mmのVASを用いて評価した。嚥下運動の解析は、摂取区間、嚥下回数、自己相関係数を算出した。VAS評価値と嚥下運動の解析結果をFig. 6に示す。

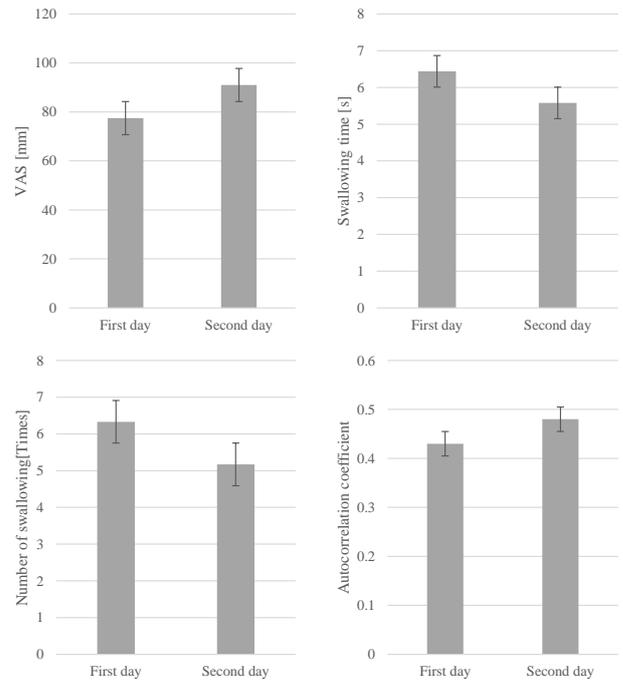


Fig. 6 Analyzed result of the swallowing motion

クラッカーを摂取した状態では、喉の渇きが誘発された。それに伴って、摂取区間と嚥下回数が減少していた。これは、1回の嚥下あたりの摂取量を増加させながら飲んでいるということになる。また、自己相関係数の増加から常飲状態に比べてスムーズに嚥下が行われていることがわかる。以上より、喉が渇いた状態では、より早く飲む動きが観測され、さらにその動きがスムーズになることが分かった。

4. まとめ

本稿では、非接触、非侵襲な嚥下運動計測システムを用いて喉の渇き具合による嚥下運動の比較を行った。その結果、喉の渇きによって嚥下運動がスムーズに早く行われることを確認した。

今後の課題として、甲状軟骨の隆起が顕著でない女性や老人の被験者でも計測可能なようにカメラシステムの高精度化が挙げられる。また、様々な条件での嚥下運動を解析することで、嚥下に表れる被験者の感情や欲求を考察する。

参考文献

- (1) サッポロビール株式会社, 連続嚥下運動測定装置及び連続嚥下運動測定方法, 特開2009-160459, 2009-07-23, 2009.
- (2) Kendall, K. A., McKenzie, S., Leonard, R. J., Goncalves, M. I., Walker, A., Timing of events in normal swallowing: A videofluoroscopic study, *Dysphagia*. Papers 15, pp.74-83, 2000.