

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 24 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560282

研究課題名(和文)嚥下障害の予防を目的とした高齢者のための顔面体操トレーニングシステムの開発

研究課題名(英文)Development of facial exercise training system for prevention of dysphagia

研究代表者

中沢 信明(Nakazawa, Nobuaki)

群馬大学・理工学研究院・准教授

研究者番号：80312908

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、嚥下障害の予防を目的として、高齢者のための顔面体操トレーニングシステムの開発を行った。筋レベルから顔面体操の検討を行った結果、口を閉じた状態での“頬の膨らまし運動”が他の運動に比べて口輪筋の筋活動が活発になることが見出された。また、唾液の分泌促進を目的とした顔面の“指圧運動”に着目し、指先変位量と指先力の関係から、顔面の指圧部をばね要素でモデル化することで、肌の柔らかさを推定した。これらの物理量を指圧運動中に算出し、使用者に対して、指圧の達成度合いを視覚的に表示させることで、フィードバック型の支援システムの構築を行った。

研究成果の概要(英文)：This paper proposes a facial exercise training system to prevent dysphagia of aged persons. Result of electromyogram measurement in facial exercise said that sulking with closing mouth has an effect to make orbicularis oris muscle active, compared with other exercises. Moreover, we focused on a facial massage for secretion promotion of saliva and made an estimation model for skin stiffness by using a spring component, based on the relation between the displacement and force of fingertip. The developed system implemented the display function of the calculated physical values in a massage motion in order to provide users with exercise achievement.

研究分野：機械工学

科研費の分科・細目：知能機械学・機械システム

キーワード：ユーザインタフェース 嚥下 トレーニング

1. 研究開始当初の背景

食べ物や飲み物を飲み込むことを「嚥下(えんげ)」という。嚥下は、加齢とともに口腔感覚や唾液分泌の衰えによって、その機能が低下する傾向があり、高齢者の中には気管支にものが詰まって、肺炎を引き起こすことがある。また、嚥下ができない場合には、鼻腔からパイプを介して栄養摂取を行うこともあり、本来の食事の楽しみが失われることとなる。

2. 研究の目的

加齢による嚥下障害は、口腔周囲筋を鍛えることによって未然に防ぐことができる。そこで本研究では、介護予防の一環として、嚥下障害を未然に防ぐために有効とされる口腔周囲筋を鍛える間接訓練(トレーニング)に着目し、支援システムを開発する。

3. 研究の方法

(1) 嚥下との関係が深い口腔周囲筋(唇周囲の口輪筋、頬から口に繋がった頬骨筋、上下の顎関節から口の両端に伸びた頬筋)の筋レベル測定システムを構築する。

(2) 口腔周囲筋を鍛えるための顔面体操について検討する。口の開閉運動、頬の膨らまし運動、舌出し運動などは、効果があるとされており、口腔周囲筋の筋レベルから、特に高齢者にとって、効果のある運動を選定する。

(3) 使用者の顔を USB カメラで捉え、顔面体操における口の開閉、頬の膨らまし、舌出し状態などを判別するシステムの確立を行う。

(4) 顔面体操トレーニングのためのソフトウェアを開発する。また、嚥下にとって重要な唾液の分泌を促す顔面マッサージシステムを構築する。

4. 研究成果

(1) 口腔周囲の筋電位測定システムを確立し、筋レベルから顔面体操の検討を行った。口腔機能(可動性、活動性)の向上を目的とした体操については、首ならびに肩の運動、口の開閉、唇ならびに舌の運動、頬の膨らまし運動、発声等がある。本研究では、顔面運動の中から唇と頬の動きについて着目した。口の周りの口輪筋ならびに頬周りの大頬筋と小頬筋付近に乾式の電極を貼り付け、各筋電位信号の取得を行った。なお基準電位(アース)を手首に取り付けた。実験では、Fig.1 に示されるように、口を閉じた状態から「う」の発声で唇をとがらせる運動、「い」の発声で口角を横方向に広げる運動、口を閉じて頬を膨らませる運動を取り上げた。筋電位の活動の指標としては、測定波形の振幅の大きさに注目し、振幅確率密度関数を利用した解析を行った。唇をとがらせる運動については、大頬筋と小頬筋の出力変化が少なく、口輪筋の筋活動は活発になった。口角を広げる運動については、いずれの測定部においても出力変化が観測でき、特に大頬筋ならびに小頬筋付

近の筋活動が活発になった。一方、口を閉じた状態での頬の膨らまし運動は、他の運動に比べて口輪筋の筋活動が活発になることが見出された。Fig.2 に示されるように、振幅確率密度関数を利用した解析では、平均値を表す $P=0.5$ での値(Percentage) が大きい程、筋活動が活発となることを表しており、上記の得られた特性を確認することができた。次に、通常の口の開き動作、口角を横方向に広げる動作、口角の引き上げる動作について比較を行った。確率密度関数に着目したところ、通常の口の開き動作に比べ、口角の移動を含んだ動作の方が、頬骨筋と口輪筋ともに $P=0.5$ の値が大きくなった。口角を広げる動作ならびに口角を引き上げる動作での $P=0.5$ の値を Fig.3 に示す。図に示されるように、口角は縦方向に広げながら上げる場合により効果があることが確認できた。次に、顔面体操中の顔を USB カメラで捉え、顔面の状態判別システムの構築を行った。取得した画像を二値化し、口腔面積ならびにアスペクト比

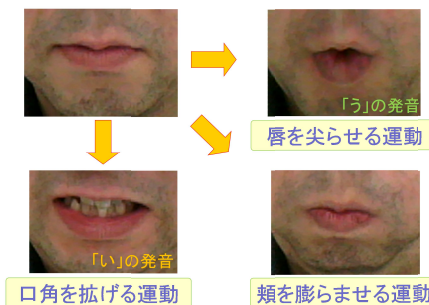


Fig.1 顔面体操

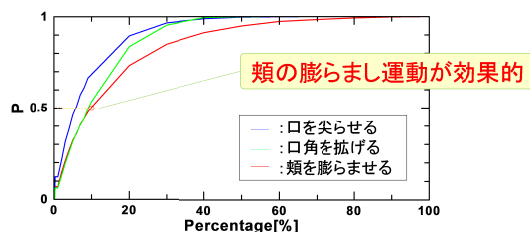


Fig.2 顔面体操

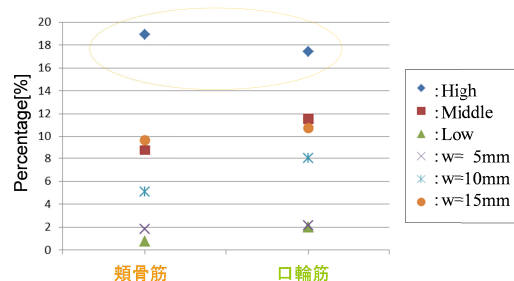
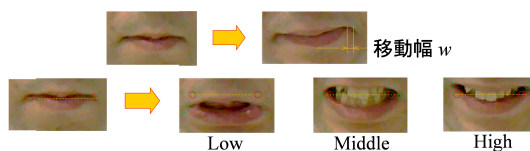


Fig.3 動作の比較

から、口を閉じた状態、「い」ならびに「う」を発生した状態が認識可能なシステムを構築した。検証実験を行った結果、90%近い認識率が得られた。

(2)円滑な嚥下に必要な唾液の分泌促進を目的とした顔面マッサージシステムの構築を行った。まず介護士の動作について調べた。介護士がマッサージを行う場合には、椅子に座った被介護者の後ろに立ち、被介護者の頭部後方から両手を添えた状態で行っている。唾液腺を刺激するためのマッサージは主に三つに分けることができ、頬に両掌を添えて円を描くようにゆっくりと動かす“円形擦り運動”，顎関節から耳の下側にかけて両掌を添えて往復して動かす“直線擦り運動”，そして下顎から耳の下側にかけて両手の指先を触れてリズムカルに押す“指圧運動”をそれぞれ行っている。これらのうち、大唾液腺の1つである耳下腺の刺激に有効とされる顎関節から耳の下側にかけての“直線擦り運動”に着目し、介護者の動作を模倣したマニピュレータの構築を行った。マニピュレータの先端部分を顎ラインに沿わせるため、3次元空間の動きが可能な3リンク機構とした。なお、各関節には小型サーボモータを利用し、制御用パソコンからシリアル通信で各関節角度の位置決めを行うことが可能である。また、マニピュレータと使用者の顔の相対位置を3次元で捉えるため、USBカメラ2台を利用した画像処理システムの構築を行った。本システムでは、耳下側が鼻孔の延長線上にあることから、画像処理で鼻孔位置の検出する。まず使用者の大まかな顔位置は肌の色を利用し、二値化した画像にラベリング処理を施した。次に面積、アスペクト比から鼻孔位置の候補以外の部分を消去した後、絞り込まれた候補部分の相対距離から鼻孔を検出し、さらに2台のUSBカメラで捉えられる鼻孔画像の視差から3次元位置の算出を行った。使用者の鼻孔位置については、ほぼ100%の割合で検出することができた。また、唾液の分泌促進を目的とした顔面マッサージのための「データベース機能」の構築を行った。ここでは、高齢者が自分の顔面に指先を触れての顔面マッサージ（指圧運動）に着目した。まず、顔面マッサージの様子を観測するため、人差し指から小指にかけての四つの指腹部の指先力ならびに指先軌道についての計測システムを構築した。シリコンゴムでできた直径約15ミリのリング状の指サック内側の指腹部接触面に薄膜のピエゾ素子型力センサを貼付し、四つの指腹部に加えられた力の計測を行った。一方、指サック外面の爪側にはそれぞれカラーマーカーを貼付し、前年度に構築した画像処理システムにより、指サック上のカラーマーカーの3次元位置を取得し、指先変位量の計測を同時に行った。指先と顔面との接触状態を判別し、このときの指先変位量と指先力の関係から、顔面の指圧部をばね要素でモデル化することで、肌の柔ら

かさを推定した。また指先変位量と指先力のスカラー積から仕事量を求めた。これらの物理量を指圧運動中に算出し、使用者に対して、指圧の達成度合いを視覚的に表示させるためのGUI(Graphical User Interface)を作成した。GUI上にはカメラ画像を表示し、指圧の様子を使用者が確認できる。また、仕事量については、時間積分したものがGUIツール上インジケータとして現れ、視覚的に指圧運動の実行状況を把握することができる。指先の運動の時系列波形は、データベースとして保存可能である。今後は、構築したシステムを介護の現場で実際に利用し、有効性について検証実験を行う予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3件)

Nobuaki Nakazawa, Ilhwan Kim, Yuuki Tanaka, Toshikazu Matsui, Experimental Study on Gazing Actions for Intuitive Man-machine Interface, International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering, 査読有, Vol.1, No.5, 2013, pp. 324-330.

Bo Peng, Motohiro Kano, and Nobuaki Nakazawa, Three-Dimensional Measurement of Nostril Positions Based on Stereo-Camera, Advanced Materials Research, 査読有, Vols. 821-822, 2013, pp. 1470-1474.

Nobuaki Nakazawa, Takashi Mori, Aya Maeda, Il-Hwan Kim, Toshikazu Matsui, and Kou Yamada, Recognition of Face Orientations Based on Nostril Feature, 査読有, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.24, No.6, 2012, pp.1063-1070.

〔学会発表〕(計 10件)

彭博, 指腹部の接触動作を利用した肌の柔らかさの計測, 日本機械学会ロボメカ部門 ロボティクスメカトロニクス講演会 2014, 2014年5月28日, 富山 栗原陽一, 自由空間における顔特徴点の位置計測, 日本機械学会ロボメカ部門 ロボティクスメカトロニクス講演会 2013, 2013年5月25日, つくば

Nobuaki Nakazawa, Hand-Free Interface Based on Facial Orientations, 38th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2012年10月25日, モントリオール(カナダ) Nobuaki Nakazawa, Development of an Intuitive Interface Based on Facial Orientations and Gazing Actions for Auto-Wheel Chair Operation, 21st

IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2012年9月10日, パリ(フランス)

中沢信明, 顔面運動の計測・評価の一考察, 日本機械学会ロボメカ部門 ロボテイクスメカトロニクス講演会 2012, 2012年5月28日, 浜松

森崇, 顔方向に基づく電動車いすの操作インタフェース, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2011, 2011年12月24日, 京都

中沢信明, 複数の指先操作に基づくタッチパッドインタフェースの開発, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2011, 2011年12月24日, 京都

Nobuaki Nakazawa, Development of Hand-Free Interface Based on Nostril Images for Operation of

Auto-Wheelchair, ISOT2011 International Symposium on Optomechatronic Technologies, 2011年11月2日, 香港

村川裕紀, 口形状に基づくヒューマンインタフェースの開発, 日本機械学会関東支部ブロック合同講演会 2011 宇都宮, 2011年9月16日, 宇都宮

森崇, 鼻孔を利用した顔方向の認識システムの構築, 日本機械学会関東支部ブロック合同講演会 2011 宇都宮, 2011年9月16日, 宇都宮

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中沢 信明 (NAKAZAWA NOBUAKI)
群馬大学・理工学研究院・准教授
研究者番号: 80312908