下顎運動障害訓練のための3自由度開閉口訓練ロボットの試作

高 信 英 明^{*1*2*4} 矢 島 武 幸^{*3} 高 西 淳 夫^{*2*3*4}
大 月 佳代子^{*5} 大 西 正 俊^{*5}

Trial manufacture of 3-DOF Mouth Opening and Closing Training Robot for Training of Jaw Motion Disorders

Hideaki Takanobu^{*1*2*4}, Takeyuki Yajima^{*3}, Atsuo Takanishi^{*2*3*4},
Kayoko Ohtsuki^{*5} and Masatoshi Ohnishi^{*5}

This paper describes the mechanism and real training with the three degrees of freedom (3-DOF) mouth opening and closing training robot WY-2 (Waseda Yamanashi-2) that is developed to train the patients who have problems on their jaw movement. WY-2 consists of a mechanical, actuation, sensor, and control systems. The seesaw mechanism inserted in the patient's mouth opens the mouth by squeezing the master manipulator that is controlled by the doctor. The force sensor measures the patient's biting force. A personal computer integrates and controls the other systems. As a result of therapy with this robot for the real patient, the mouth opening distance increased.

Key Words: Jaw, Training, Temporomandibular Joint, Robot, Rehabilitation

1. は じ め に

医学分野におけるロボット研究すなわちメディカルロボティクス [1] は多くの先駆的な研究者によって研究が進められている。しかしながら、医学と並んでヒトの身体に関する研究領域である歯学分野におけるロボット研究すなわちデンタルロボティクスは、これまで研究された例は多いとはいえない。歯学分野はその主な研究対象が体表に近く、直視可能な部位で硬度の高い歯列や顎口腔部分であり、他の軟組織と比較して工学的なモデル化が容易であると考えられる。したがって筆者らは、歯学分野は工学分野と高い親和性を有していると考えており、その研究分野の開拓を目指している。本論文は、デンタルロボティクスの具体的研究例として、開口障害を持つ患者の治療を目的としたロボット、すなわち開閉口訓練ロボットについて述べる。ヒトの下顎運動に関する研究は歯科医学分野を中心に進めら

れている。しかしその多くは機械式・電気式あるいは磁気式の計測装置を被験者の顎に装着し、咀嚼運動時の下顎の位置と姿勢の変化や、各咀嚼筋の筋電図を時系列的に記録する方法が主に行われてきた。これに対して下顎運動の機能的または機能的再現と下顎運動制御に関するモデル構築に主眼を置いた工学分野からの研究として、咀嚼ロボット [2] [3]、顎運動シミュレータ [4]、患者ロボット [5]、歯科における CAD/CAM システム [6] [7]、コンピュータシミュレーションの歯科への応用 [8]、歯科技工へのコンピュータ導入 [9] などの研究が進められており、ヒトの下顎運動をシミュレートすることが可能な機械と、その基盤技術としてロボットの有する定量性と再プログラム性とに大きな期待が寄せられている。

本論文では、顎口腔系に関する多くの治療の中で、医師の経験と技術とに大きく依存していると思われる開閉口訓練 [10] に注目する。開閉口障害症例すなわち下顎を十分に開閉することが困難な患者に対しては、機能訓練治療の一環として開口訓練が行われているが、訓練時の力学的パラメータは明らかにされていない。本研究は、医師の開閉口訓練方法を代行することを目指した機械システムすなわち開閉口訓練ロボットを開発することにより、定量的で標準的な開閉口訓練・治療方法確立することを最終的な目的とする。そのために特に本論文では、訓練ロボットの設計と試作を目的とする。

2. 開閉口訓練の意義と方法

本論文で対象としている開閉口訓練は、開口障害のない人々

原稿受付 1999 年 11 月 18 日

^{*1}工学院大学工学部機械システム工学科

^{*2}早稲田大学生命・生体・福祉研究所

^{*3}早稲田大学理工学部機械工学科

^{*4}早稲田大学ヒューマノイド研究所

^{*5}山梨医科大学医学部歯科口腔外科学講座

^{*1}Department of Mechanical Systems Engineering, Kogakuin University

^{*2}Health Sciences and Engineering Institute, Waseda University

^{*3}Department of Mechanical Engineering, Waseda University

^{*4}Humanoid Robotics Institute, Waseda University

^{*5}Department of Oral & Maxillofacial Surgery, Yamanashi Medical University

にとってはなじみのないリハビリテーションであると思われる。そこで本章では、まず 2.1 節で開口障害の原因と歯科医学分野で従来行われてきた訓練すなわち、患者の口腔に挟み込んだ開口器を手動によって開大させる開口訓練の意義とを述べ、続いて 2.2 節で訓練の具体的方法を述べることによって開閉口訓練の意義と治療方法を明確化する。

2.1 開口障害の原因と訓練の意義

通常は 40 ないし 50 [mm] 程度開口可能である下顎が、種々の原因により 10 [mm] またはそれ以下しか開口できない場合がある。このような患者に対しては医師による開口訓練が行われている。詳しい訓練方法は次節で述べるため、本節では開口障害の歯科口腔外科学的な原因と現段階で行われている訓練の意義を考える。

開口障害の原因としては、関節部分・筋・骨・神経的な原因などが考えられる。

関節部分に原因がある開口障害は、線維性顎関節強直症といわれており、関節内組織の癒着により生じる。筋に原因がある場合は、何らかの原因により下顎を駆動する筋が収縮したまま弛緩しないために開口困難なことを指す。骨に原因がある場合は、交通事故などに代表される外力により顎骨が物理的損傷を被った際の後遺症として変形あるいは欠損したために開口することが困難になる場合のことであり、神経組織に原因があるとは、他の器官に異常は見られないにもかかわらず筋を制御する神経組織に異常がある際に開口困難な状態になることをいう。

開口障害の診断は、患者が自力で最大に開口した際の上下前歯列間の距離を計測することにより行われている。治療成績を定量的に把握するためには三角定規に似た計測器を用いて上下の歯の切端間の開口距離を計測しているが、より簡易な計測方法としては、上下歯列間に指が何本挿入可能かにより示している。指 1 本すら挿入不可能な場合は最重度開口障害、2 本指の挿入が不可能な場合は重度開口障害、3 本指の挿入が不可能な場合は軽度開口障害、3 指の挿入が可能すなわち約 35 [mm] の開口距離が確保可能であれば、日常生活には影響が少ないとされる。

2.2 訓練の方法

次に開閉口訓練の具体的方法を述べる。開口訓練に使用されている器具にはいく種類があり、センタクバサミ型木製開口器・金属製のハイステル開口器や万能開口器などが使用されている。本節ではそれらのうち、多用されているセンタクバサミ型木製開口器（以下、木製開口器と呼ぶ）を用いた訓練方法について述べる。

木製開口器は長さ 200 [mm]、幅 20 [mm]、中央部高さ 30 [mm] の大型のセンタクバサミ形状をしている。ただし、本物のセンタクバサミに存在する中央部分のねじりコイルばねは、木製開口器には設けられていない。そのため、木製開口器はセンタクバサミの連結部分は物理的には接続されておらず、完全に分離可能な二つの三角柱の部材から構成されていることになる。Fig. 1 に示すように、この木製開口器の一端を患者の前歯または残存している歯列部分に挿入し、他端に市販の輪ゴムを何重かに巻き、医師はこの輪ゴムが巻かれている側を指で把持しながら握り締めることにより、梃子の原理で患者の下顎を開大させる。

Fig. 1 Conventional training method

Fig. 2 Experimental results of conventional mouth opening device

従来用いられてきた木製開口器の力学的特徴は分かっておらず、そのために工学的分野からの研究例は皆無であった。そこでまず筆者らは、下記の条件で木製開口器の基礎特性を計測した。具体的には、木製開口器を構成する上下のシーソー型部材のうち、下方部材を固定し、上方部材の一端（ここでは仮に A 端と呼ぶ）に、実際の治療時に使用されている輪ゴムを巻き付けた。その状態の木製開口器の輪ゴムが巻き付いていない側（B 端と呼ぶ）に荷重を加えた際の B 端の変位と荷重との関係を計測した結果を Fig. 2 に示す（複数のゴムに対して本実験を行った）。横軸に荷重を、縦軸に変位をプロットすると、荷重の増減時にヒステリシスがあることが分かった。この原因としては輪ゴムと木の特性が大きく関与していると考えられる。したがって、輪ゴムを用いている現在の治療方法では、医師が無意識のうちに輪ゴムのこうしたヒステリシス特性を相殺するように木製開口器の A 端を把持していると考えられる。

2.3 開閉口訓練装置に要求される機能と特性

今後開発されるべき開口訓練装置に要求される機能と特性には下記のものが挙げられる。

- (1) 訓練時における患者の安全を確保できること
- (2) 訓練時の定量的なデータを記録可能であること
- (3) 患者と装置の接合部分に可能な限り違和感がないこと
- (4) 患者の歯列平面の動作に即した運動が可能であること
- (5) 患者の訓練意欲を向上できること

これらの機能と特性をできる限り満足する装置が望まれる。

3. ヒトの顎の特性

本章では、開閉口訓練が対象としているヒトの顎に関して、その機構的および機能的特性 [11] を述べる。

3.1 自由度構成

下顎の自由度は、3自由度で近似可能である。顎関節部分の微小変位を考慮に入れてミクロに見れば6自由度であるが、実際には下顎は左右の顎関節により拘束されていることを考慮に入れると4ないし3自由度で近似可能である。この4自由度のうち、開閉口に関する下顎の仮想的な回転軸（全運動軸という）のスラスト方向への並進運動は微小であるため、本研究ではFig. 3に示すようにヒトの下顎の自由度は3で近似する。

3.2 開閉口筋

閉口運動時に下顎を駆動するアクチュエータに相当する筋は咀嚼筋と呼ばれ、4種類の筋すなわち咬筋（こうきん）・側頭筋（そくとうきん）・外側翼突筋（がいそくよくとつきん）そして内側翼突筋（ないそくよくとつきん）から構成されている。咬筋は左右の頬の部分に存在し、強大な咬合力を発生させることが可能である。側頭筋は頭部の左右に存在するこめかみ部分の筋である。外側翼突筋は左右の下顎頭（顎関節を構成する下顎側の部分）と上顎間に存在し、収縮することにより下顎を前方へ並進運動させる筋である。内側翼突筋は咬筋と並行に下顎内側に付着しており、機能的には咬筋と同等である。さらに開口運動時に機能する舌骨上筋群（顎舌骨筋、顎二腹筋、茎突舌骨筋、オトガイ舌骨筋）がある。

Fig. 3 Human mandible

3.3 感覚器

ヒトの下顎運動に関与する感覚器には、位置・速度および力センサに相当する器官がある。筋内に存在する筋紡錘は位置および速度センサに相当し、筋が骨に付着する部分にはゴルジ器官と呼ばれる力センサが存在する。

3.4 中枢制御系

下顎運動を制御している神経系は上位系と下位系から構成される2階の階層構造を有しているといわれている。上位系は各筋に存在する下位系を統括し、下位系は各筋の変位・収縮速度そして発生力を制御しているといわれている。これはロボットの制御系を構成する際に重要な知見となる。

また、顎反射と呼ばれる顎特有の反射がある。本論文で考えている開閉口訓練に関係している反射としては、閉口反射がある。この反射は、外力による急激な開口動作が強制的に下顎に作用した際に発生し、閉口筋の収縮と開口筋群の弛緩が同時に発生することにより発現する反射である。この反射により、下顎が無理に開口されることが防がれている。

4. 3自由度開閉口訓練ロボットの構成

本章では、第2章で述べた開閉口訓練の方法および第3章のヒトの顎の特性を基礎として構築した開閉口訓練ロボットの機構・センサ・制御システムそして訓練装置には必要不可欠である安全装置について述べる。

4.1 自由度構成と機構

ヒトの習慣的な下顎運動の場合、開閉口運動と前後運動を組み合わせた下顎運動を行っているために、自然に下顎を開閉させると「開きながら前方に滑走し、閉じながら後方に滑走する」という運動形態をとる。開閉口訓練の場合もヒトの習慣的な下顎運動を妨げないように訓練することが肝要である。そこで本ロボットの開閉口の自由度と前後移動の自由度とを干涉駆動することにより、ヒトの自然な下顎運動に追従した訓練を行うことが可能であり、開閉口運動時の切歯の位置を拘束する3自由度とした。

ロボットにおいては、3台の直流モータ（マクソンモータ RE035-071-34EAB200A, 2332-963-51-236-200）により各自由度を独立に制御している。Fig. 4に示すように、開閉口運動用モータは回転軸に巻きつけたワイヤを巻き上げ、そのワイヤはセンタクバサミ型機構の一端に固定されている。センタクバ

Fig. 4 3-DOF mechanism

Fig. 5 Motion space of human and robot

サミ型機構の他端は、マウスピースを介して患者の下顎を開大させる構造とした。下顎の前後運動用モータと左右運動用モータはボールねじを介しておのおのが前述のセンタクバサミ型機構を載せた XY テーブルを前後方向と左右方向に駆動する構造とした。

本ロボットの可動範囲は Fig. 5 に示すように前後および左右可動距離を 40 [mm]、上下可動距離を 55 [mm] の直方体に近い形状をしており、ロボットの可動範囲がヒトの下顎の可動範囲 [12] を含むように各自由度の可動範囲を設計した。

4.2 センサ

本ロボットにおいては、患者からロボットに作用している咬合力を計測する力センサを設けている。この力センサは 3 軸方向の並進力を計測し、開口力をロードセルで、前後方向の力と左右方向の力をひずみゲージ式力センサで計測している。その他に各モータには速度センサと変位（回転角度）センサを設け、各モータを制御している。特に開閉口運動用モータに取り付けたワイヤにはジュラルミン板に 4 枚の歪みゲージを貼り付けた構造の力センサも配置していることにより、開閉口方向の力はロードセルと歪みゲージ式力センサとの 2 種の力センサによりモニタリングしている。これは、開閉口訓練中における最重要データは、患者からロボットへ作用する開口力であり、かつ患者の安全を確保するためである。

4.3 制御システム

以上に述べたロボット機構系・駆動系、そして諸センサ系を統括するための制御システムとして、パーソナルコンピュータを中心とした制御システムを構築した。ロボット制御システム

Fig. 6 Block diagram of WY-2

はセンサ情報取得部、治療情報表示部、ロボット駆動部の 3 部分から構成されている。以下に各部の内容を述べる。

センサ情報取得部は、ロボットの諸センサからの情報を AD 変換してコンピュータ内に取り込む。具体的には、各自由度の変位・速度・力情報を取得することとした。

治療情報表示部は、センサ情報取得部により取得された諸センサからの情報を直接あるいは医師が理解しやすい形式に変換してディスプレイ上に表示する機能を有する。例えば直接表示するセンサ情報は患者からロボットに作用している力であり、変換して表示するセンサ情報は、各自由度の位置情報より運動学的に算出可能な患者の下顎の位置情報である。

ロボット駆動部は、医師が指示する下顎位置へ患者の下顎を誘導する位置制御部と、患者からロボットへ作用している反力を医師が把持しているマニピュレータへ帰還させる力制御部とから構成される。本ロボットでは Fig. 6 に示すマスタスレーブ方式を採用した。顎関節のクリッキング時においては高速な動作よりもむしろ安全性がロボットにとって重要である。

4.4 安全装置

本ロボットの可動範囲がヒトの下顎の可動範囲を含んでいることは 4.1 節で述べた。そこで留意すべきことは、本ロボットが訓練または治療を目的としていることから推察できるように、患者の顎を保護する安全装置の有無とその有効性である。そこで本節では安全装置の構成について述べる。

本ロボットの安全装置は 4 種類から構成されている。その 4 種類とは、患者の手元にある緊急用モータ停止スイッチ、機械的ストッパ、電気的ストッパ、そしてソフトウェアストッパである。各安全装置は並列に構築してあるために、いずれか 1 種類の安全装置が作動した場合にロボットは停止する構成とした。各安全装置の具体的構成と動作トリガーおよび特徴に関して以下に述べる。

モータ停止スイッチは、訓練開始前に実際に停止スイッチを押してモータが確実に停止することを患者自身に確認してもらうこととした。こうすることにより、患者は本ロボットに対する恐怖感から開放されることになる。本停止スイッチにより患者は自ら開閉口訓練ロボットを停止させることができることから、訓練中は常に患者の手元にスイッチを置いておくことが重要である。

機械的ストッパは、Fig. 4(a) に示したように訓練時における患者の開口距離に機械的な制限を与える安全機構である。シー

Fig. 7 Mechanism of master and slave

ソー型機構のワイヤ付着側にシーソー運動を制限する円柱部材を挿入することとした。この円柱部材を挿入する穴を複数用意して、患者の目標開口距離に応じて治療時の開口距離の最大値を可変可能な機構とした。

電気的ストップは、各モータの駆動回路内にヒューズを設置した。このヒューズにより、治療時に過大な力が患者に作用した際にモータに流れる過大電流をモニタリングしている。

ソフトウェアストップは、患者からロボットに作用する開口力に設定する閾値とした。訓練前に任意の値を閾値として制御用コンピュータに入力し、訓練中に開口力が設定した閾値を超えた場合はモータを停止させることとした。具体的な閾値の与え方は患者の治療段階に応じて医師が指定することにより決定した。

マスタマニピュレータとスレーブマニピュレータを Fig. 7 に、そして全体写真とシステム構成図を Fig. 8 に示す。

5. ロボットによる患者の治療

本章では、前章までに述べた開閉口訓練ロボットを用いて実際に開口障害を有する患者の訓練治療を行ったので、その詳細を述べる。

5.1 ロボットによる患者の治療

本論文で述べた機構と機能を有する開閉口訓練ロボット WY-2 (Waseda Yamanashi-2) を用いて開口障害を有する患者に対して治療を行った。なお、患者には本ロボットを使用するこ

Fig. 8 Photo and System configuration of WY-2 (Waseda Yamanashi-2)

とに十分な説明を行い、かつ同意を得ている。

患者は 41 歳男性、開口障害の原因は右側顎関節線維性強直症、治療前の開口距離は 29 [mm] であった。

治療はまず、即時重合レジンで患者の歯列印象を採取することにより患者の歯列状態に適合したマウスピースを作成した。印象は、通常のアルギン酸印象材を用い、上下顎歯列の印象採得ののち、硬石膏により模型を作成し、上下顎両方のマウスピースを作成した。マウスピースは加熱重合型レジンあるいはオムニバック[®]による歯列模型への陰圧吸入装置により作成し、また、マウスピースとロボットとの接合は常温重合型のオルソドンテックレジン[®]を使用した。次に作成したマウスピースを患者とスレーブマニピュレータの接触部分に固定することにより、患者とロボットとの物理的インタフェースとした。患者はこのマウスピースを咬合し、片手を 4.4 節で述べた緊急用モータ停止スイッチ上に置きながら訓練を行った。治療は 20 分行った。

医師は患者の傍らに立ち、片手で医師用マニピュレータを操作し、他の片手で患者の開閉口筋を触知することにより、目には見えない患者の咀嚼筋の緊張を確認しながら訓練を行った。訓練の最中の変位・速度・力データは制御用コンピュータの画面に逐次表示され、医師が患者の様子を確認しながら訓練を行うことができる構成とした。治療の様子を Fig. 9 に、また、本論文とほぼ同じ機構のロボットで実際の患者を治療した際のデータを Fig. 10 に示した。

Fig. 9 Training with robot

Fig. 10 Treatment Data

6. 治療結果と考察

本章では、本論文で述べた開閉口訓練ロボットの機構と機能、そしてロボットを用いた患者への治療結果、最後にそれらに関する考察と今後の展望を述べる。

6.1 ロボットの機構と機能

本ロボットは開閉口・前後・左右運動の合計3自由度を有している。ロボットの開閉口・前後運動を干涉駆動することにより、患者の自然な開閉口運動軌跡に沿ったマウスピース先端の軌跡を再現することが可能である。しかしながら、左右方向への運動は並進運動のみであるためにヒトの自然な下顎運動に沿っているとは言い難い。すなわち、ヒトは左右に下顎を回転運動させているのに対して、ロボットは左右方向への並進運動をしているからである。この問題を解決するためには、ロボット全体の自由度を増やすことが考えられる。

Table 1 Increase of mouth opening distance

	Before Training mm	After Training mm
Mouth opening distance	29	37

6.2 治療結果の考察

ロボットによる患者への治療の結果、Table 1に示すように開閉口訓練に関する従来の評価指標である開口距離が29[mm]から37[mm]まで増大した。また、本ロボットと同じ自由度構成を有するロボットによる訓練時のデータをFig. 10に示す。従来行われてきた医師による手動型開口訓練に対して、本論文で述べた開閉口訓練ロボットの意義は、従来の治療方法では患者と医師との2者しか知り得なかった訓練時の力学的データを、定量的なデータとして表示し記録できることにありと筆者らは考えている。これはすなわち定量化・標準化された開閉口訓練方法あるいは治療方法が構築できることを意味し、ロボットを訓練や治療に適用することの意義が明確化できるものと考えている。歯学・医学分野にロボットを適用する意義はこの「定量化・標準化された訓練治療方法の確立」にあるといえるのではないかと考えている。

本論文では1名の患者に対する開閉口訓練ロボットの適用結果を述べた。しかしながら、今後、本ロボットを実際の顎運動障害治療の場面で使用するためには、より多くの患者へ適用することが望ましい。そこで今後はさらにロボットを用いた治療数を増やすことにより、本ロボットの機構・機能上の効果および問題点を治療を進めながら検証し、ロボットの改良に役立てていきたい。

7. 結 論

本論文で得られた結論は、下記の2項目である。

1. 従来は歯科医師の経験と技術に大きく依存していた開閉口訓練を代行しうる3自由度開閉口訓練ロボット WY-2 (Waseda Yamanashi-2)を開発した。
2. 構築した開閉口訓練ロボットを用いて患者の治療を行った結果、開口距離が29[mm]から37[mm]まで増大した。

謝 辞 本ロボットの機構部分の製作に多大な貢献を頂きました早稲田大学理工学部機械工学科卒業生丸山健男氏、鷹取文彦氏に感謝します。

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金(課題番号07557371「咀嚼ロボット・メカニズムの応用による開口訓練装置の開発」)とメカトロニクス技術高度化財団の援助を受けて行われた。記して感謝します。

参 考 文 献

- [1] Dario, P., Guglielmelli, E. et al: "Robotics in medicine," IEEE International conference on Intelligent Robots and Systems, pp.739-752, 1994.
- [2] Takanishi, A.: "Development of mastication robot WJ-1," Journal of Robotics and Mechatronics, vol.1, pp.185-191, 1989.
- [3] Takanobu, H., Yajima, T., Nakazawa, M., Takanishi, A., Ohtsuki, K. and Ohnishi, M.: "Quantification of masticatory efficiency with a mastication robot," IEEE International confer-

ence on Robotics and Automation, pp.1635-1640, 1998.

- [4] 中嶋新一, 小林祐司, 林豊彦, 小林博: “二次元型顎運動シミュレータ (JSN/S1)—かみしめを伴う開閉口運動制御—”, 日本ロボット学会誌, vol.15, no.5, pp.722-727, 1997.
- [5] 宮入裕夫: “患者ロボットによる歯科切削技術の評価”, 日本ロボット学会誌, vol.14, no.5, pp.28-32, 1996.
- [6] 内山洋一: “CAD/CAM としての「次世代オーラルデバイスエンジニアリングシステム」とは”, 歯科技工, vol.24, pp.50-59, 1996.
- [7] 莊村泰治, 高橋純造: “歯科修復物の CAD/CAM 製法の実状”, 日本ロボット学会誌, vol.14, no.5, pp.33-37, 1996.
- [8] 横宏太郎: “コンピュータ・シミュレーション現在の状況と今後の展

望”, The Quitiesence, vol.14, pp.197-207, 1995.

- [9] 堤定美: “国際的視野から見た歯科技工へのコンピュータ導入の現状”, 歯科技工, vol.24, pp.60-70, 1996.
- [10] 大月佳代子, 大西正俊, 辻政秀, 渡井幸雄, 高西淳夫, 高信英明: “咀嚼ロボットの応用による開閉口訓練装置の開発についての検討—開口力の測定—”, 日本顎関節学会雑誌, vol.7, no.3, pp.69-78, 1995.
- [11] 東京医科歯科大学歯学部顎口腔総合研究施設編: 咀嚼の物語, 日本歯科評論社, 1982.
- [12] 根本一男: “有歯顎の下顎切歯点における3次元運動限界の研究”, 日本補綴歯科学会雑誌, vol.6, pp.1-40, 1962.

高信英明 (Hideaki Takanobu)

1967年7月7日生。1996年日本学術振興会特別研究員。1998年早稲田大学大学院博士後期課程修了, 博士(工学)。1998年早稲田大学助手。2001年工学院大学専任講師。現在に至る。咀嚼ロボット, 開閉口訓練ロボット, 食物物性計測システム, ヒューマノイド・ロボットの研究に従事。日本機械学会, 計測自動制御学会, バイオメカニクス学会, 日本咀嚼学会, IEEE, 日本顎関節学会その他の各会員。(日本ロボット学会正会員)

高西淳夫 (Atsuo Takanishi)

1956年4月12日生。1985年早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程単位取得退学。同年同大学理工学部助手。1988年同専任講師, 1990年同助教授を経て, 1997年より同教授。2足歩行ロボット, 咀嚼ロボットなどヒューマノイド関連の研究に従事。工学博士。日本機械学会, 計測自動制御学会, バイオメカニクス学会などの会員。(日本ロボット学会正会員)

大西正俊 (Masatoshi Ohnishi)

1939年12月14日生。山梨医科大学医学部歯科口腔外科学講座教授, 日本顎関節学会指導医, 日本口腔外科学会指導医。1965年東京医科歯科大学歯学部卒, 同大学大学院口腔外科学博士課程修了, 歯学博士。顎関節鏡, 開閉口訓練ロボット, 顎関節外科, バイオマテリアルなど口腔外科学の臨床ならびに研究, 教育に従事。日本顎関節学会理事長, 日本顎関節学会理事, 日本口腔科学会理事, 日本バイオマテリアル学会理事, Journal of International Oral & Maxillofacial Surgery 編集委員その他の各会員。

矢島武幸 (Takeyuki Yajima)

1972年2月18日生。1997年早稲田大学大学院修士課程修了。同年, 東日本旅客鉄道株式会社入社。主に駅設備等を取扱う旅客設備関係に従事。

大月佳代子 (Kayoko Ohtsuki)

1958年1月1日生。山梨医科大学医学部歯科口腔外科学講座助教授, 日本顎関節学会指導医, 日本口腔外科学会指導医。1982年鶴見大学歯学部卒業, 1986年山梨医科大学医学部歯科口腔外科学講座1996年より同助教授。現在に至る。1990年医学博士。1996年日本顎関節学会学会賞学術奨励賞受賞『咀嚼ロボットの応用による開閉口訓練装置の開発についての検討—開口力の測定—』, 開閉口訓練ロボット, 口腔外科学に従事。日本顎関節学会評議員, 日本バイオメカニクス学会評議員, 日本バイオマテリアル学会評議員, その他学会会員。(日本ロボット学会正会員)