

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 30 日現在

機関番号：82727

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04075

研究課題名(和文)高齢者の健康寿命の延伸を目指したパワーデンチャーロボットの開発

研究課題名(英文) Development of power denture robots to extend healthy life expectancy for the elderly

研究代表者

新家 寿健 (ARAIE, Toshitake)

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・准教授

研究者番号：90726663

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、正常な摂食を維持するために入れ歯を利用し、障害を持たない高齢者を対象として「咀嚼力をアシストするパワーデンチャーロボット」を開発することを目的とした。まずは咀嚼アシスト機構の動きや仕様を検討した。その結果、衝撃による粉砕と回転機構によるすり潰し、最適な溝形状を組み合わせることが咀嚼アシストに有効であることがわかった。回転と直進運動の両方に適したアクチュエータとして超音波モータを製作し、動作確認を行った。プロトタイプモデルを作製するため、超音波モータによる水中実験を行い、最適なレシーバ形状を求めることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高齢者の生活の自立と健康寿命の延伸が社会的な課題となっている。70歳以上の約4割に咀嚼機能低下による障害を抱えており、今後の社会構造を見据えたとき、咀嚼をアシストする機器の開発着手が必要であると考えた。咀嚼力の減少をアシストロボットにより補うことができれば、噛めない入れ歯(義歯)のためにためらってきた外食を実現することができ、自立した生活と健康寿命の延伸が期待できる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a “power denture robot that assists masticatory power” for the elderly without disabilities using dentures to maintain normal feeding. First, we examined the movement and specifications of the mastication-assist mechanism. It was observed that crushing by impact, grinding using a rotating mechanism, and combining the optimum groove shape assist mastication effectively. An ultrasonic motor was manufactured as an actuator suitable for both rotary and linear motion, and its operation was confirmed. Underwater experimental tests were performed using an ultrasonic motor, and the optimum receiver shape was determined.

研究分野：福祉工学

キーワード：パワーアシスト ロボティクス

1. 研究開始当初の背景

近年、医療の発達により人間の平均寿命が伸びている。しかし、自立した生活ができる状態の寿命を表す「健康寿命」は寿命より短く、その差は10年ほどである¹⁾。この健康寿命に関わる要因として咀嚼が挙げられる。年を重ねると咀嚼能力と唾液の分泌量が低下する。その結果、摂食・嚥下障害、脱水・低栄養状態を起こす可能性が高くなり、健康状態を保つことが困難となる。

食事の内容は健康と生活の質に大きな関わりがあり、摂食の改善は生活の質を高める重要な要因である。

歯科医学分野では、顎運動計測器や食物物性測定器が開発されている。早稲田大学では人間の咀嚼運動を工学的に解明するために、咀嚼ロボットが開発され、顎運動障害者の治療を可能にしてきた²⁾。一方で、障害を持たない高齢者の自立支援機器として摂食をアシストする研究は進んでいない。

2. 研究の目的

障害を持たない高齢者用の咀嚼アシストロボットを実現させることで、寿命と共に健康寿命の延伸を望むことができ、その意義は大きい。そこで本研究では、障害を持たない高齢者を対象とし、その咀嚼能力をアシストするため、「咀嚼・嚥下動作と一連の機能を実現するためのロボット」であるパワーデンチャーロボットを開発することを目的とした。まずはその第一段階として、咀嚼アシスト機構の動作を検討し、設計・試作を行った。本研究は、外骨格型の装置ではなく、一般的な義歯に咀嚼をアシストする機構を組み込んだ義歯を想定している。

試作機構により咀嚼能力がどの程度向上するのかを検証をするため実験を行った。また、パワーデンチャーロボットの駆動アクチュエータとして超音波モータの使用について検討した結果を報告する。

3. 研究の方法

(1) モータ駆動によるプロトタイプモデル

咀嚼アシスト機構の実験結果より圧縮力に合わせて回転によるすり潰し効果が咀嚼力向上に効果があることがわかった。よってパワーデンチャーロボットのアクチュエータとして超音波モータを利用することを検討した。

上下運動と上下の軸周りの回転運動は、小型の超音波モータを利用する(図1 小型TRモータ)²⁾ことで再現する。これはサイコロ型の金属(ステータ)に貫通穴をあけ、軸(ロータ)を通した簡単な構造であるため、小型化が容易である。ステータの表面には圧電素子を貼付けてある。これに超音波領域の電圧を与えることで、ステータの穴内面に超音波領域の進行波を生成させ、軸を回転/直進させることができる。

臼歯を図2に示すように内部を上下可動できる機構とし咬合した状態で咀嚼できるようにする。

(2) TRモータ駆動実験と考察

モータの出力特性、周波数特性を計測するため、図3に示す実験装置を製作した。図3左のようにシャフトに糸と錘を吊るしてトルク・スラスト力を測定した。実験に使用したTRモータは、ステータの材質にリン青銅(C5191)ロータの材質にステンレス(SUS303)を用いた。ステータ形状は14mmの立方体とし貫通穴の内径は10mmとした。シャフト(ロータ)の長さは約150mmであり約92.3gである。ステータの内径は10.009mmで、シャフトの外径は9.998mmである。接触面の表面性状は平均粗さ3.2 μ mである。インピーダンスアナライザにて60~90kHzの範囲におけるインピーダンス特性を計測した。

図4に回転、直動方向の押付力の出力特性を示す。回転方向で押付力14.5Nのとき最大トルク16.7mN、直動方向で押付力9.8Nのとき最大スラスト力1.96Nとなった。これにより最適押付力を9.8Nとした。図5に最適押付力における周波数特性を示す。回転、直動の両方で最大速度を出力する周波数より高い周波数帯でなだらかに速度変化していることが示された。速度制御には共振点より高い周波数帯が適していることがわかった。

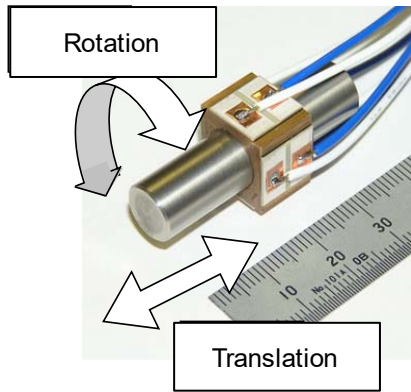


Fig.1 TR motor (Translation Rotation motor)

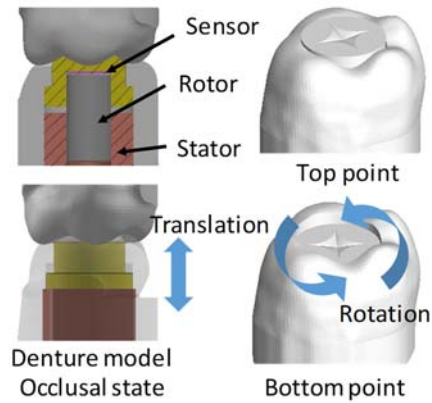


Fig.2 Molar tooth model occlusal condition

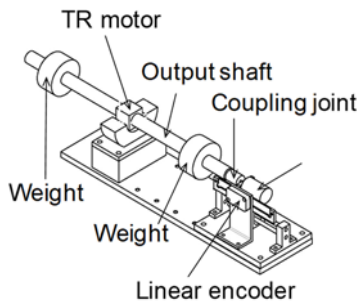


Fig.3 Driving experiment equipment

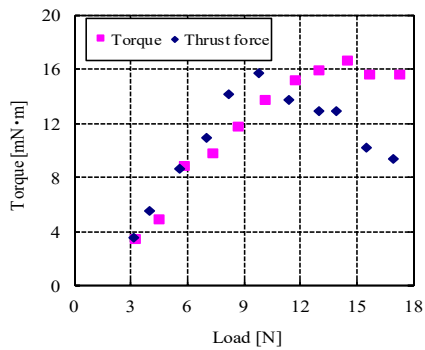
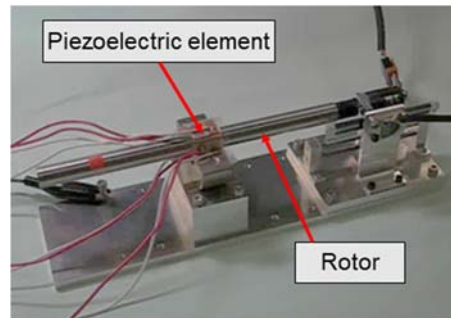


Fig.4 Preload-output Characteristics

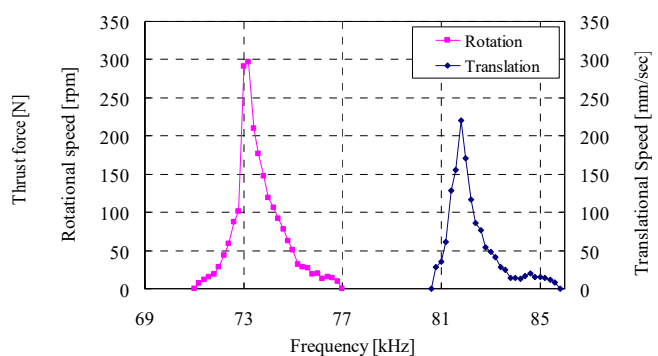


Fig.5 Frequency characteristics (Preload 9.8N)

4. 研究成果

本研究では、障害を持たない高齢者の咀嚼能力をアシストするパワーデンチャーロボットの咀嚼アシスト機構の設計・試作・評価を行った。試作は、設計仕様に沿った形状を得ることができ、回転量やばねの反発力も理論値通りの結果を得ることができた。咀嚼値の実験より、咬合面が加工されていない圧縮のみの機構の咀嚼値は低くなるという結果が得た。

パワーデンチャーロボットの駆動アクチュエータとしてTRモータを製作し、最適押付力の検討、周波数特性の測定を行った。最適押付力を9.8Nに設定し周波数特性から周波数制御には共振点よりも高い周波数帯が適しているという結果を得た。

今後の課題として、摩擦によるすりつぶし効果の検証をするための篩を選定し、再度実験を行い咀嚼アシスト機構の評価を行う。また、TRモータ駆動用ドライバと駆動プログラムの開発を行う。

参考文献

- 1) 高信英明, 矢島武幸, 高西淳夫, 大月佳代子, 大西正俊: デンタルロボティクス技術を応用した開閉口訓練ロボットの開発と治療への適用, 日本顎関節学会雑誌, Vol.9, No.1, 1997年, P72-79
- 2) Uichi Nishizawa, Shigeki Toyama: Phase difference control system for TR motor, Applied mechanics and materials, 2016, (841), 173-178

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 ARAIE Toshitake, TOYAMA Shigeki	4. 巻 26
2. 論文標題 Development of intravascular stent robot with cross type receiver	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Vibroengineering PROCEDIA	6. 最初と最後の頁 12~17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21595/vp.2019.20908	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 ARAIE Toshitake, IKEDA Tomozumi, NISHIZAWA Uichi, KAKIMOTO Akira, TOYAMA Shigeki	4. 巻 19
2. 論文標題 Study of the chewing assistance mechanism in powered robotic dentures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Vibroengineering PROCEDIA	6. 最初と最後の頁 163~168
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21595/vp.2018.20119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 新家寿健
2. 発表標題 Development of intravascular stent robot with cross type receiver
3. 学会等名 40th International JVE Conference on Dynamics of Biological systems in Kaunas, Lithuania（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新家寿健
2. 発表標題 Study of the chewing assistance mechanism in powered robotic dentures
3. 学会等名 33rd International Conference on VIBROENGINEERING（国際学会）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	垣本 映 (KAKIMOTO Akira) (60447571)	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発 総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発 院・教授 (82727)	
研究 分担者	池田 知純 (IKEDA Tomozumi) (80648923)	独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発 総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発 院・教授 (82727)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------