2. 筋アクチュエータの設計・製作と改良

システム工学技術系
永田 向太郎

1. はじめに

顎運動シミュレーターとは、人間の咀嚼運動の制御メカニズムを解明することを目的に考案・製作された咀嚼ロボットである。
それは人間の顎関節を模して作られており、筋肉に相当する筋アクチュエータによって下顎を駆動し咀嚼動作を行わせる。
今回は、その筋アクチュエータの製作と改良の経緯について述べる。

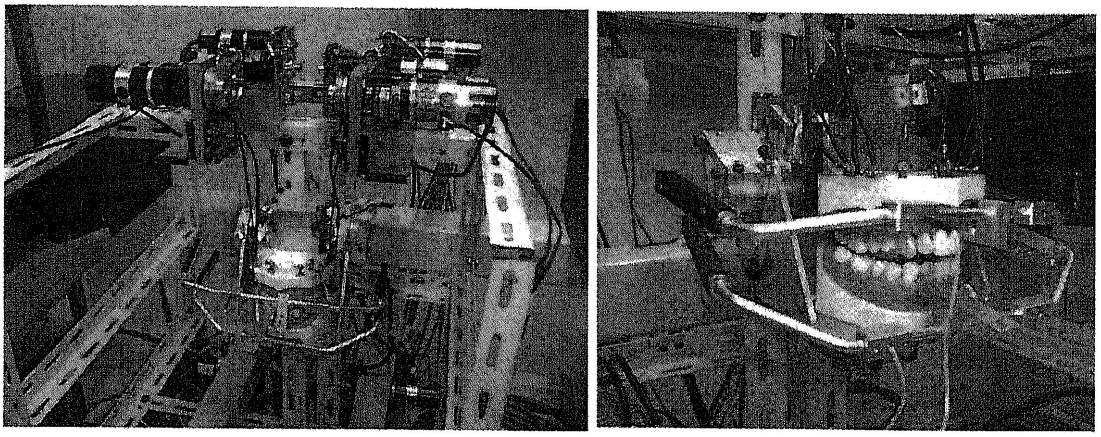


図１　顎運動シミュレーター（ＪＳＮ／２：メアリー　於 工学部 林研究室）

2. 設計・製作と改良

2−1　１型

筋の動作は収縮と弛緩の２つからなり、収縮時にのみ力を発生する。
そして、筋の制御に関して重要な役割を果たす感覚器官として、その伸びと速度を検出する筋紡錘、そして張力を検出する腱器官がある。

考案された筋アクチュエータは、DC サーボモータによりワイヤを駆動し収縮時にのみ力を発生する。また、ワイヤの伸び（長さ）はモータに取り付けたロータリーエンコーダで、張力は歪みゲージを用いた力センサによって検出する。
即ち筋アクチュエータは”モータの回転でワイヤを巻き取り牽引する。その長さはエンコーダで、そして張力は力センサで検出する。”という機構を持つことになり、

・ワイヤを巻き取るプーリー
・歪みゲージを張り付け、ワイヤの張力を受けるセンサ
・モータやセンサを一体にまとめ、装置に取り付ける箇所を持つ本体

などの部分が必要と考え、図２のように設計し製作した。

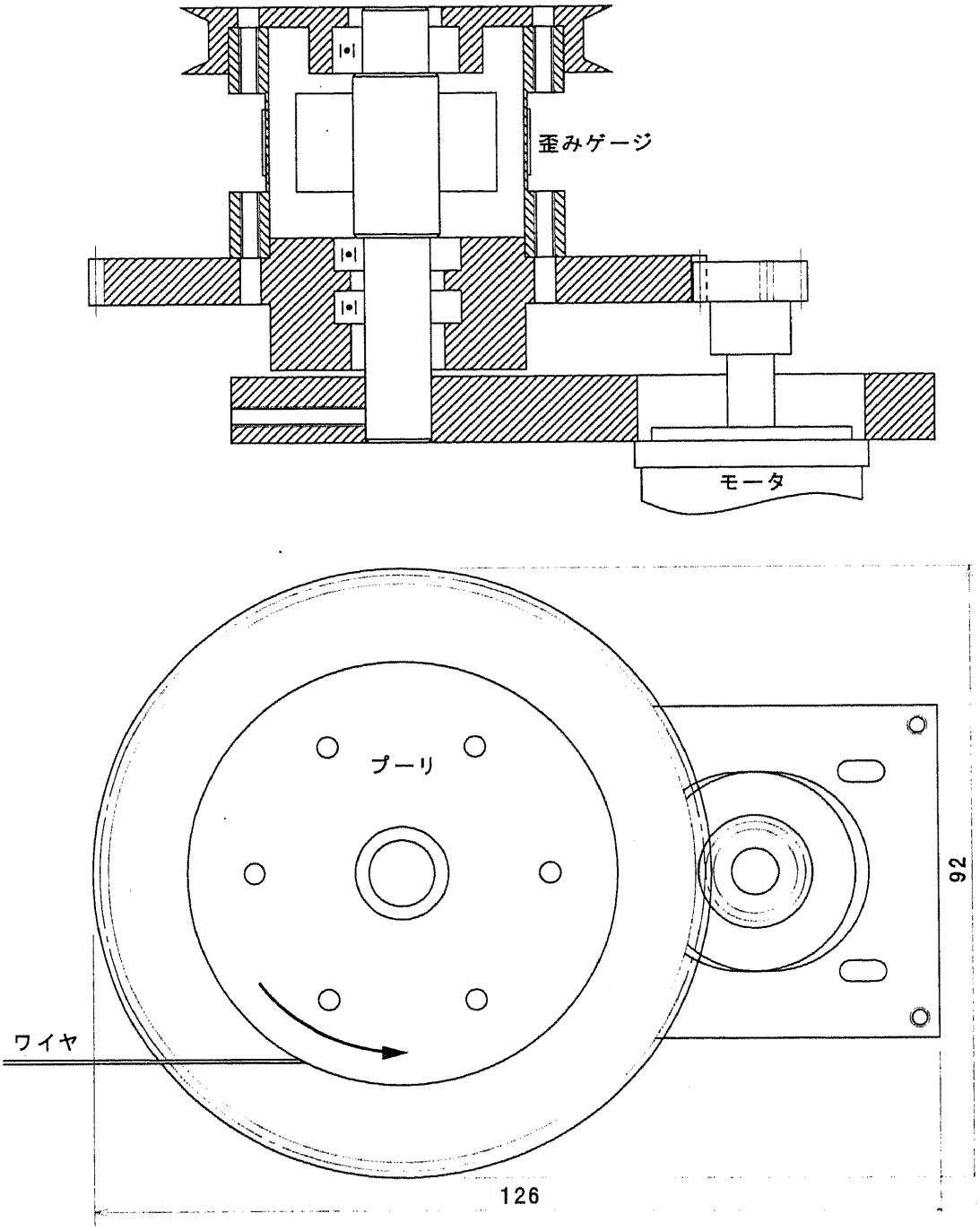


図2　1．0型

減速歯車はナイロン製、プーリー軸は鋼製、その他の部品はアルミ合金製である。

1．0型の動作試験ではワイヤの張力・長さの測定は可能であり、求める機能を有する事は確認された。

しかし、次のような問題点が考えられた。

・センサ部が回転するため、歪みゲージの配線が動作の妨げとなる。

・大径の減速歯車を使用しているため全体が大きく、実装には不向きである。

2−2　2型

１．０型の不具合を改善すべく、全体の形状を見直し２．０型を製作した。なお、力センサ及びプーリー軸は鋼製、その他の部品にはアルミ合金を使用。

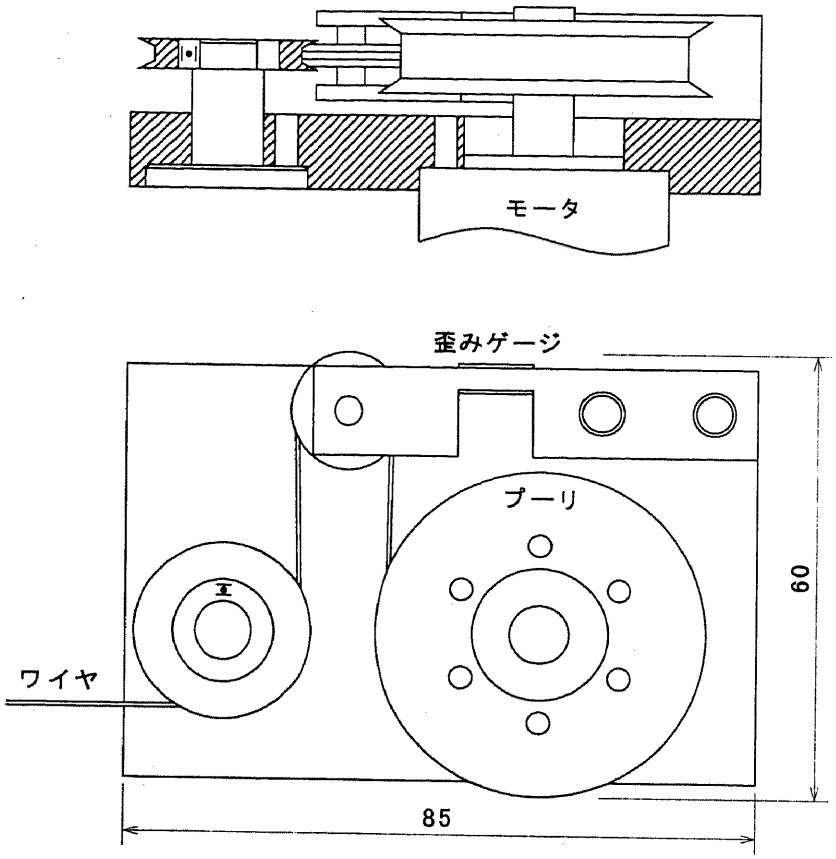


図３　２．０型

２．０型では、モータを減速器付きモータに変更することにより減速歯車が不要となり、全体のサイズを縮小できた。そして、力センサは巻き取りプーリから離し梁状とした。なお、ワイヤの方向が変わることによる力の分散を防ぐため、センサ部は中間プーリとなるよう配した。

２．０型は実際にシミュレータに用いて実験を行ったが、センサのたわみ部分が折れ曲がってしまうという事態が何度か発生した。
原因としては、数値の入力ミスや制御プログラムの暴走・アクチュエータの構造の欠陥などにより、耐久性の限度を越えたと考えられる。

2−3　3型

次に製作した３．０型では破損し易いたわみ部は交換部品とした。これを用いて、たわみ部の厚さやワイヤの太さを変えた実験を行った結果、たわみ部は厚くワイヤは細目に変更された。これにより、過度の負荷がかかった場合でもワイヤが切断するため、センサ破損の割合が減少した。なお、破損時の部品交換もワイヤなら簡便である。そして再度センサを一体とし、更に左右両用とした３．１型を製作した。

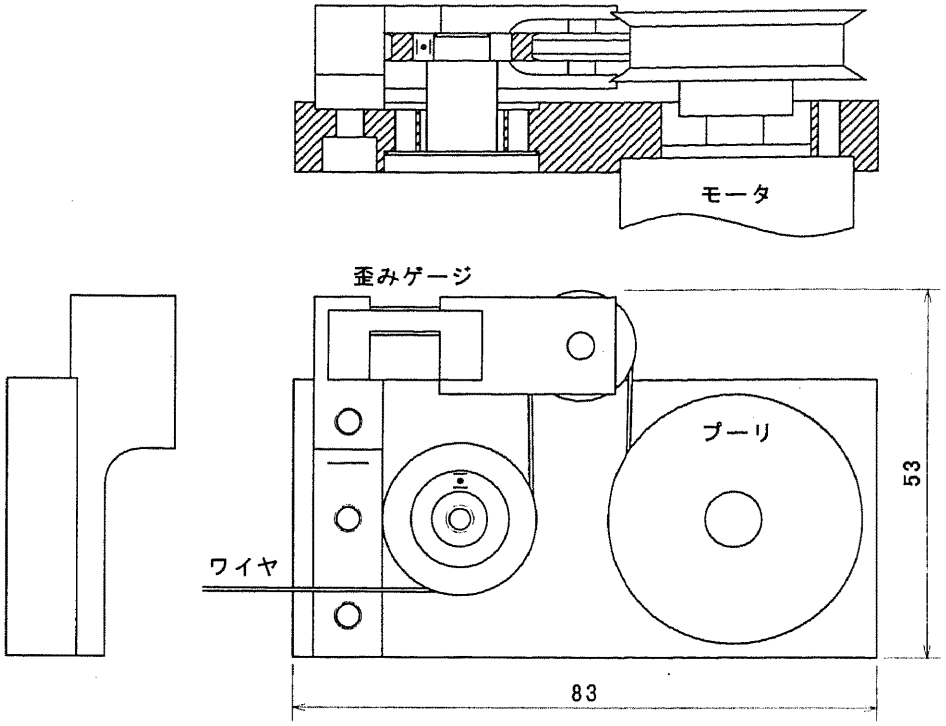


図４　３．０型

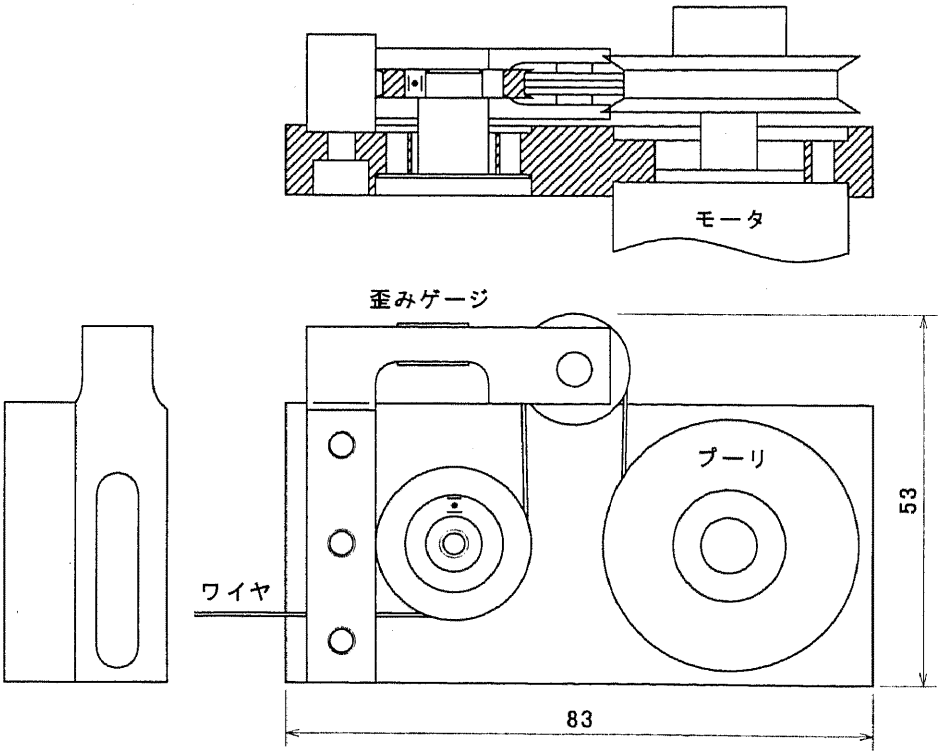


図５　３．１型

３型の力センサ・プーリー軸は鋼製、その他の部品はアルミ合金製である。

この３．１型においても性能に問題は無かったが、３型までの形状ではワイヤが緩んだ場合にプーリーから外れやすく、なおかつセットし難いという欠点があった。

2−4　4型

ワイヤの外れを改善すべく、次の４型では本体とフタでプーリーを挟む形状とした。そして余分な隙間を無くし、ワイヤの存在しうるスペースを制限する事でワイヤの外れを防いでいる。図６に４．０型を、図７に３型と４型の違いを示す。
なお、力センサ（たわみ部）は鋼製、その他の部品はアルミ合金製とした。

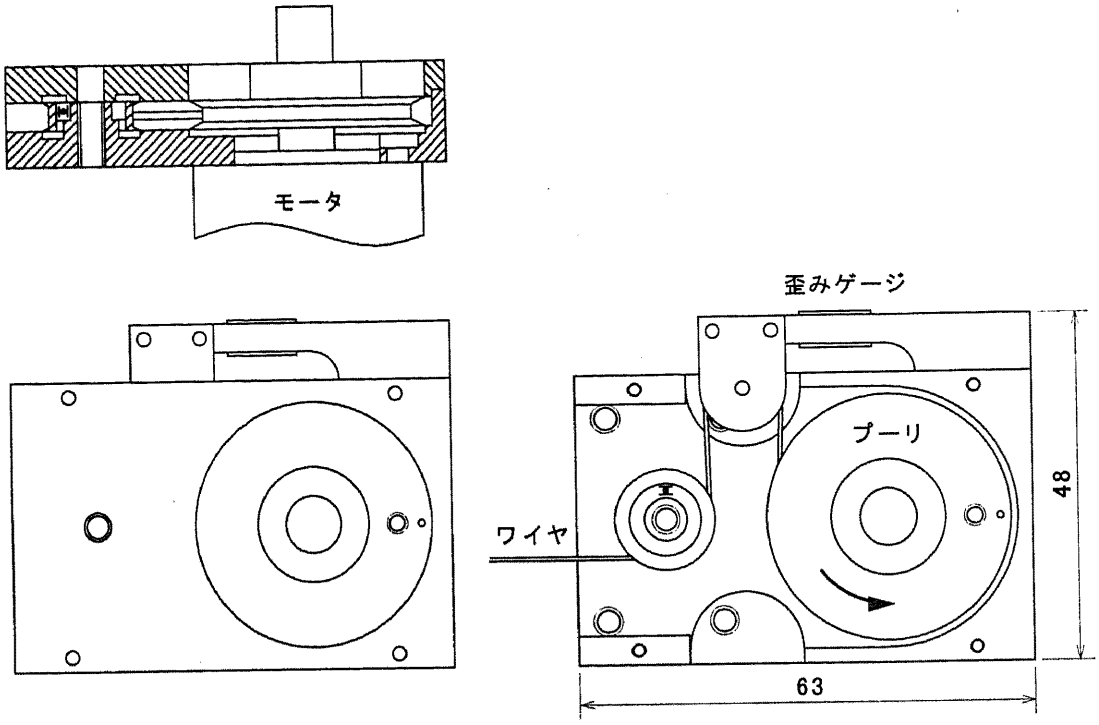
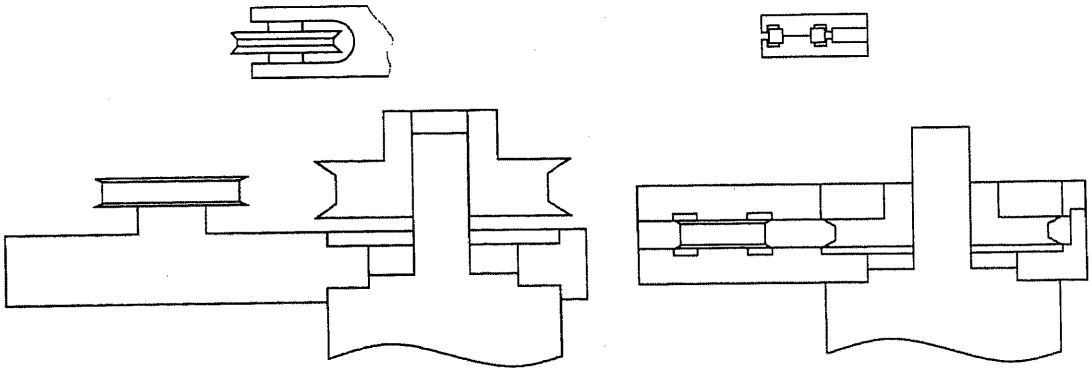


図６　４．０型



３．１型　　４．０型

図７　プーリ断面の比較

４型では、他の実験装置用にモータサイズを大きくした４．１型も製作している。基本設計は４．０型と同じである。

3. まとめ

現在筋アクチュエータは、顎関節シミュレータに４型６基、３型６基が用いられており、特に問題なく動作している。（近く３型は４型に変換予定）

今後製作するに当たっての目標としては、更なる扱い易さ、各部品の小型・軽量化や工程の簡素化などが挙げられる。

また、モータでワイヤを牽引する以外の方式の筋アクチュエータについても模索して行きたい。