

力制御機能を有する個対応の椅子式マッサージ機

Massage Chair with Personalized Force Control Function

谷口 祥平* ・ 谷澤 孝欣** ・ 梶山 聡*** ・ 池部 宗清*** ・ 小川 哲史****
Shohei Taniguchi Takayoshi Tanizawa Satoshi Kajiyama Munekiyo Ikebe Tetsushi Ogawa

椅子式マッサージ機において、力制御技術を応用し、もみ玉が身体から受ける力を3次元駆動のもみ機構にフィードバックしてリアルタイムでマッサージ力を制御することで、使用者個々の体型に合わせてもみ加減を瞬時に調整する機構を開発した。

本技術により、従来のもみ玉の位置制御によるマッサージ機で発生していた身体部位ごとのマッサージ力のばらつきを改善するとともに個対応も可能としている。

We have developed new massage chair which adjusts the massage intensity instantly to fit individual body shape, by applying force control technology. It controls the massage force in real time by feedback control of applied force to the user's body to the three-dimensional driven massage mechanism.

This technology improves the variation of massage force of each body area generated by the conventional massage chairs containing only position control technology, and enables more suitable for each individual.

1. ま え が き

当社は、これまでプロフェッショナルのもみ動作を再現したマッサージ機を開発してきたが、さらに人の手によるマッサージに近いもみ味をもつ製品が求められている。これを実現するためには、手先の感覚に合わせて頭脳を用いて卓越した技を繰り出すといった人間らしい技、感覚、頭脳をマッサージ機に備える必要がある。今までは技を重点にして人間の動作を実現するため、もみ玉の3次元駆動機構を開発してきた。

しかし、従来のマッサージ機のもみ玉の動作は位置制御で行われているため、所定の位置で決められた動作しかできず、体型や座り方などによってマッサージの力（以下、もみ力と記す）がばらつく問題がある。これは、マッサージ機の頭脳、感覚に関する開発が技に比べて遅れていることが原因である。このため、肩は良いけど背中が強過ぎたり、腰が弱過ぎるなどマッサージの強さに関する顧客の不満があった。

一方、マッサージ師は位置だけでなく、微妙な力加減をしてマッサージを行っている。そこで筆者らは、この微妙

な力加減の実現のため、力制御技術を応用して技に加えて感覚や頭脳を進化させたマッサージ法を開発することでもみ味の向上を図る。

2. マッサージ機の力制御

ここでは、背もたれ内部のもみ玉によってマッサージをするもみ機構とこの動作の制御法について述べる。

従来のマッサージ機は位置制御によってマッサージ動作を行っていたため、図1に示すように部位によりもみ力がばらつく問題があった。また、もみ玉の突出可動範囲が小さいため突出が最小位置でも部位によっては体への当りが強過ぎたり、もみ玉が上下に二つずつ配置した四つ玉方式のため部位によっては下玉の当りが強くなるなどの問題があった。

そこで、力制御によるもみ力の制御と、もみ機構の開発によって、これらの問題を解決する。

以下では、力制御実現のための技（もみ機構）、感覚（センサ）、頭脳（マイクロコンピュータ）の開発の詳細について述べる。

* 電器事業本部 電器R & Dセンター Research & Development Center, Home Appliances Manufacturing Business Unit

** 電器事業本部 Home Appliances Manufacturing Business Unit

*** 電器事業本部 ヘルシー・ライフ事業推進部 Health Care Products Promotion Division, Home Appliances Manufacturing Business Unit

**** パナソニック電工解析センター（株） Panasonic Electric Works Analysis Center Co., Ltd.

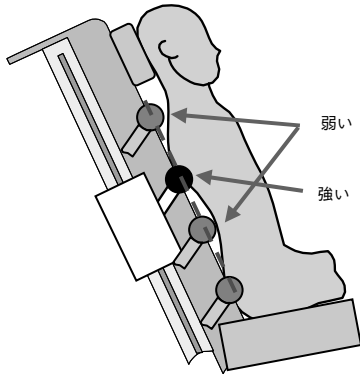


図1 従来のマッサージ動作

2.1 もみ機構

当社のもみ機構は、図2に示すように、上下、幅、強弱の動作をする三つのモータから構成され¹⁾、もみ玉の上下、幅はアームの並進動作で、もみ力の強弱はアームの回転動作によるもみ玉の突出量で調整しており、それぞれ独立して制御できる。また、もみ玉の突出量 z はアームの長さ L と角度 θ から式(1)で表される。

$$z = L \sin \theta \quad (1)$$

所望のもみ力でマッサージをするためには、身体の凹凸形状に合うように十分に z の可動範囲を取る必要がある。とくに、小さなもみ力でマッサージをするためには、もみ玉がマッサージ機の背もたれ面と同等の位置になるまで、その可動範囲を従来に比べて拡大する必要がある。この手段として、式(1)から L 、または θ を大きく取ればよいことがわかるが、単純に L を大きくするともみ機構が大型化したりアームの強度面で問題が生じる。また、プラットフォーム化された現行のもみ機構の θ を拡張することは大幅な変更が必要となり困難である。

そこで、 θ の範囲や L の大きさは従来品と同等のまま、図3に示すように θ の使用角度範囲を弱側へシフトして z

の範囲を46%拡大し、マッサージ機の背もたれ面と同等の位置までもみ玉の可動範囲を拡大する。しかし、最大突出量は6mm程度減少するため、最大突出状態で使用する肩甲骨マッサージが従来品よりも弱くなる問題が生じる。

これに対しては図2のように、四つのもみ玉の下玉を取り外し、力制御がより発揮できる二つ玉に変更することで、肩の入り量は従来同等となり、肩甲骨マッサージに必要な突出量を確保する。

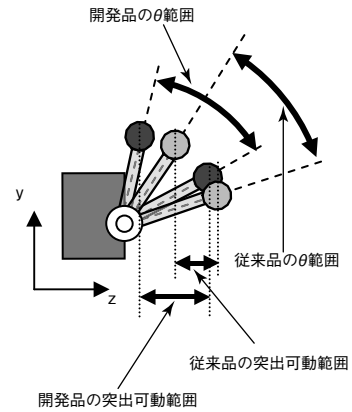


図3 もみ機構の可動範囲

2.2 もみ力センサ

もみ力センサは従来同等品を用いるが、力制御を行うために使用方法を変更する。図4に示すように、もみ玉に加わった力は強弱ウォームホイールに掛かるトルクとなり、①、②、③の順で強弱ウォーム軸まで伝達される。強弱ウォーム軸は外力に対して軸方向にも可動し、あらかじめばねで予圧を掛けておくことで、加わった力により並進変位が生じる。これを変位センサで計測し、もみ力を算出する。

この原理は従来機種において、人が居るか居ないかの判断や、もみ力が強過ぎた場合に次のマッサージから弱くすることに利用されていた。これに対して開発品では、このセンサ値から得られるもみ力をリアルタイムでフィード

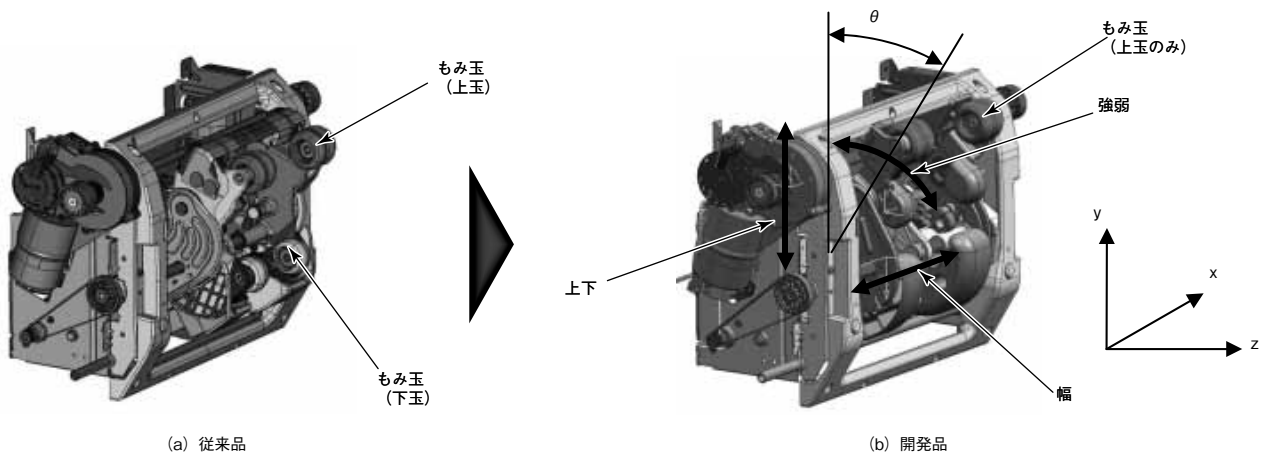


図2 もみ機構

バックし、力制御に活用している。

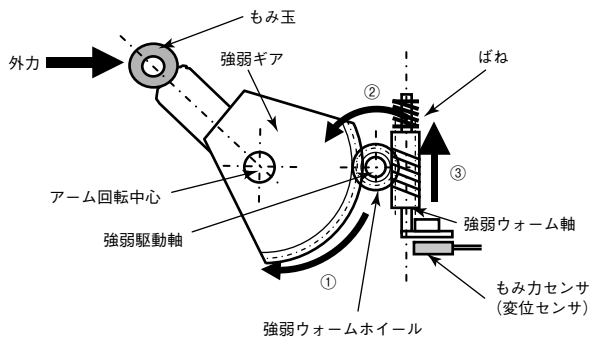


図4 もみ力センサ

2.3 マイクロコンピュータ

マッサージ動作は、マッサージ機全体を統括するメインマイクロコンピュータと上下、幅、および強弱用の各モータを制御する三つのマイクロコンピュータで行っており、これらで力制御を実現するための方策について述べる。

従来のもみ玉動作の制御は図5のように、各マッサージ動作の速度パターンテーブルを各モータ制御マイクロコンピュータに格納しており、メインマイクロコンピュータはモータ制御マイクロコンピュータに対し、どの動作をさせるかを番号で指定する。そして、各モータ制御マイクロコンピュータはメインマイクロコンピュータからの指示に基づいて、あらかじめ設定されている動作を実行する。各モータ制御マイクロコンピュータは500 μs 間隔のPID制御でモータを速度制御する。このように、従来は各モータがあらかじめ設定されているテーブルに従って決められた位置

で動作するだけで、もみ力に応じてリアルタイムにもみ動作を変えることができない。

そこで開発品では、リアルタイムの力制御を行うため、もみ玉動作の制御を図6のように変更する。まず、もみ力センサ値をメインマイクロコンピュータで取得し、この値に基づいてもみ軌跡を計算する。次に、メインマイクロコンピュータはモータ制御マイクロコンピュータへ速度指令値を入力し、モータ制御マイクロコンピュータはこの値を目標速度としてPID制御でモータを制御する。このように外側に力フィードバック制御、内側に速度フィードバック制御の二重フィードバック構造とすることで、もみ力に応じてもみ玉の位置や速度を変える力制御を実現している。

また図7に示すように、身体部位に応じてもみ力の方向を切り替えることで適切なマッサージを行う。肩上のマッサージは肩を上から押し込む方向に力を加えるもので、上下モータと幅モータでもみ玉の位置制御を、強弱モータのみでもみ力制御（ZL力制御）を行う。

人体背面のマッサージは人体前後方向に力を加えるもので、上下モータと幅モータでもみ玉の位置制御を、上下モータと強弱モータを協調させることで人体前後方向にもみ力制御（ZM力制御）を行う。このように、人体接線方向には位置制御、法線方向には力制御をする、位置と力のハイブリッド制御で制御則を構築している²⁾。

もみ力に応じてリアルタイムにもみ動作を変える力制御の場合、従来品のようなマッサージ動作をモータごとにテーブルでもたせる方式では実現が不可能であるため、開発品では位置ともみ力の目標マッサージ動作をリアルタイムで計算する。このとき、目標の軌道ともみ力を滑らかに

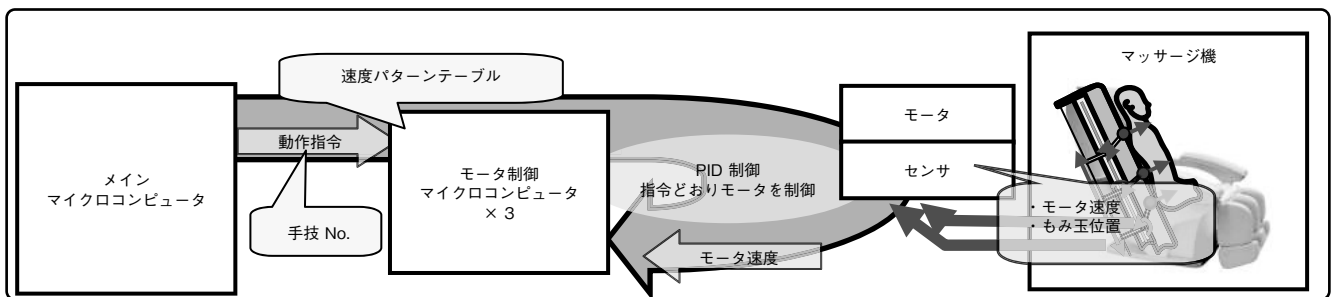


図5 従来品のもみ玉動作制御の流れ

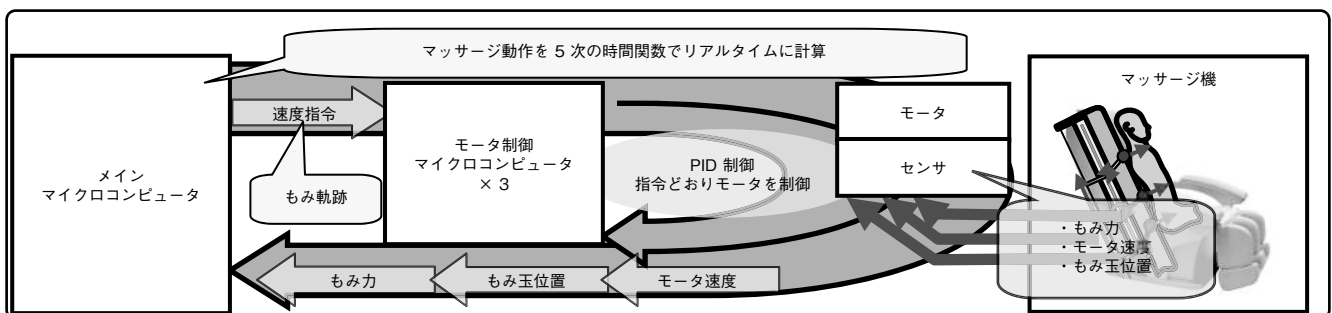


図6 開発品のもみ玉動作制御の流れ

するため、時刻に関する5次の時間関数でマッサージ動作を与える。ZL力制御の場合は、上下モータと幅モータに対しては目標軌道を、強弱モータに対しては目標もみ力をそれぞれ5次の時間関数で与えて力制御を実現している。ZM力制御の場合は、あらかじめ設定した作業座標系に基づいてもみ玉に対して目標の軌道ともみ力を5次の時間関数で与え、所望のマッサージ動作をするように各モータの動作を指令する。

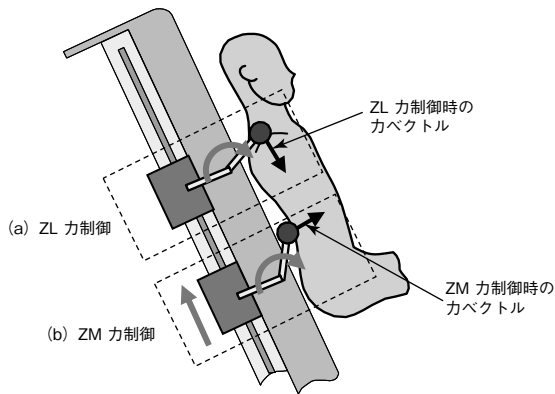


図7 力制御によるもみ力の方向

2.4 もみ力の比較検証

開発した力制御によるもみ力と従来の位置制御によるもみ力の比較を行い、その結果の一例を図8に示す。ここでは、目標もみ力を一定としたときのマッサージ動作の一例として首→腰→首の1往復の背筋伸し動作を行う。この図から、従来品のもみ力が身体部位によってばらついているのに対し、開発品のもみ力は身体部位によらず安定していることがわかる。

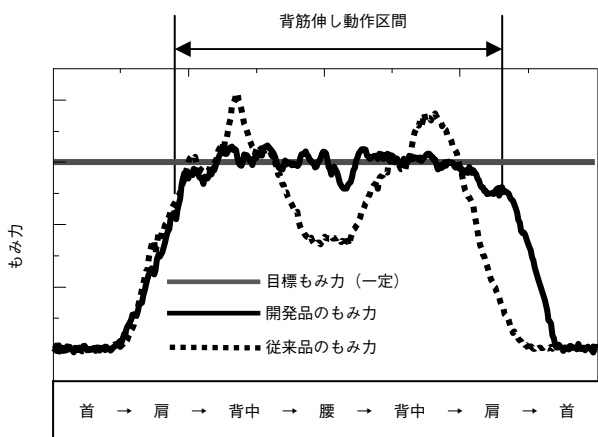


図8 背筋伸し動作におけるもみ力

3. 目標もみ力の設定

前述のとおり、力制御を搭載したマッサージ機は、身体部位によらず設定したもみ力でマッサージできることが示されたが、次に身体部位ごとにどのように目標もみ力を設定するかが課題となる。そこで、モニタ評価試験により身

体部位ごとに最適もみ力を求め、目標もみ力を設定する。

まず、モニタはBMI値 (Body Mass Index: 体重 kg / 身長 m / 身長 m) と属性 (しっかりマッサージが好み、ソフトマッサージが好み)、および性別などに基づいてさまざまなタイプが含まれるように選出する。

次に、身体部位別に最適もみ力を求めるため、図9のように肩エリア、背中エリア、腰エリアの3部位において最初は一定のもみ力で上下方向に往復運動をさせ、徐々にもみ力を増加させて「もみ力と痛さ」、「もみ力と気持良さ」の関係を求める。モニタの評価項目は「痛さ感」と「気持良さ」とし、VAS (Visual Analogue Scale) 法で評価する。

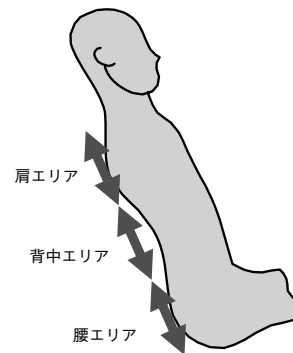


図9 マッサージ部位

評価結果として、最適もみ力は部位によって多少異なるがその傾向は図10のようになる。なお、このピーク値は腰部で大きくなる傾向がみられる。

この図から、「痛さ感」に対してはもみ力が大きくなればなるほど上昇し、「気持良さ」に対してはあるもみ力においてピークを示すことがわかる。また、この結果から統計的に最適もみ力の範囲 (「気持良さ」のピークが含まれる範囲)、および痛みを感じないもみ力下限値も求めることができる。以上のことを目標もみ力設定の設計に活用している。

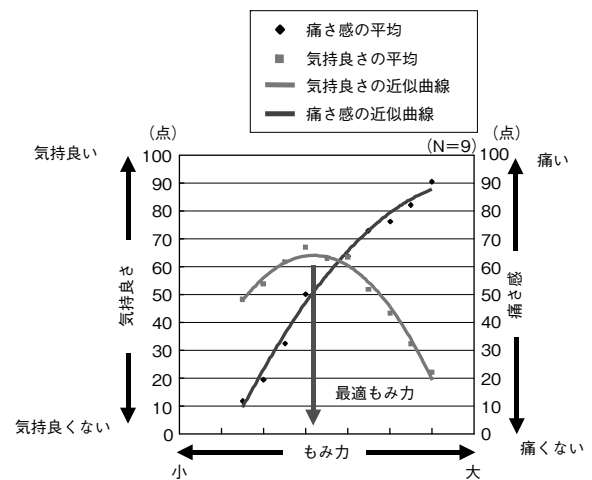


図10 最適もみ力結果例

4. あとがき

椅子式マッサージ機において、力制御技術を応用し、もみ玉が身体から受ける力を3次元駆動のもみ機構にフィードバックしてリアルタイムでマッサージ力を制御することで、使用者個々の体型に合わせてもみ加減を瞬時に調整する機構を開発した。

本技術により、従来のもみ玉の位置制御によるマッサージ機で発生していた身体部位ごとのマッサージ力のばらつきを改善するとともに個対応も可能とした。

今後、本技術をさらに進化させ、より人の手に近いマッサージ機の開発を目指す所存である。

*参考文献

- 1) 武藤 元治, 鈴木 誠之, 井上 弘幹, 塚田 大輔, 梶山 聡, 渡辺 英樹: 正弦波駆動 IPM ブラシレスモータによるマッサージ機の静音化, 松下電工技報, Vol. 53, No. 3, p. 48-53 (2005)
- 2) Suguru Arimoto: Control theory of nonlinear mechanical systems. Oxford University Press (1996)

◆執筆者紹介



谷口 祥平

電器 R & D センター
博士 (工学)



谷澤 孝欣

電器事業本部



梶山 聡

ヘルシー・ライフ事業推進部



池部 宗清

ヘルシー・ライフ事業推進部



小川 哲史

パナソニック電工解析センター(株)
人間工学会認定人間工学専門家