

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	バイオメカニクスの観点からの快適な枕
Title(English)	
著者(和文)	木村仁, 倉元昭季, 伊能教夫
Authors(English)	Hitoshi Kimura, Akisue Kuramoto, NORIO INOU
出典(和文)	日本フルードパワーシステム学会誌, Vol. 48, No. 5, pp. 243-246
Citation(English)	, Vol. 48, No. 5, pp. 243-246
発行日 / Pub. date	2017, 9

解説

バイオメカニクスの観点からの快適な枕

著者紹介



木村 ひとし

東京工業大学大学院
〒152-8552 目黒区大岡山2-12-1 I3-14
E-mail: kimura@mech.titech.ac.jp

2004年東京工業大学大学院工学研究科機械宇宙システム専攻博士課程修了。同大学助手、助教。現在に至る。水力学的骨格を利用した流体駆動の柔軟袋状構造による機械システムの研究に従事。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会などの会員。博士（工学）。



倉元 昭季

東京工業大学大学院工学研究科
〒152-8552 目黒区大岡山2-12-1
E-mail: kuramoto.a.aa@m.titech.ac.jp

2012年東京工業大学大学院工学研究科機械制御システム専攻修士課程修了。2013年同専攻博士課程進学。現在に至る。バイオメカニクスの観点からの睡眠に関する研究に従事。日本機械学会などの会員。



伊能 のりお

東京工業大学大学院
〒152-8552 目黒区大岡山2-12-1 I3-14
E-mail: inoue@mech.titech.ac.jp

2004年東京工業大学大学院工学研究科機械宇宙システム専攻博士課程修了。同大学助手、助教。現在に至る。水力学的骨格を利用した流体駆動の柔軟袋状構造による機械システムの研究に従事。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会などの会員。博士（工学）。

1. はじめに

睡眠は生活を送る上で必要不可欠な行為である。これまで睡眠に関する研究は主に医学、薬学的見地から行われてきたが、力学的要素を考慮したバイオメカニクスの観点からの研究例は少ないと言える。このため寝具が人体に対してどのような力学的支持状態を実現することが寝心地の向上につながるかという定量的基準についての見解はほとんど未知である。この理由から、既存のベッドや枕は個人ごとの体型などの差異に常に適切に対応できているとは言えず、ある寝具がある人にとっては快適だが他の人には快適でないという例も珍しくない。

このような背景から、本研究ではバイオメカニク

スの観点から人体の適切な支持状態についての知見を得て、個々人に応じた寝具の形状や物性を導出する定量的基準を確立することを目的としている。この一環として、本報告では寝心地に関して重要な影響を与える寝具である枕に注目する。複数の対象について頭部の形状を調査し、官能評価によって各人が快適あるいは不快と感じる枕形状との関係について議論する。

2. 後頭部形状測定

2.1 後頭部形状測定装置

人間は睡眠中の時間のほとんどを仰臥位で過ごすと言われている¹⁾。そこで今回は仰臥位における快適な枕について議論する。仰臥位では後頭部が枕と接触するため、後頭部の形状を測定する必要がある。しかし一般に後頭部は髪の毛があるため光学的な方法でその形状を直接測定することは容易ではない。寝具メーカーが利用している既存の後頭部形状装置は、複数の樹脂製の棒を対象者の後頭部に押し当てその形状を目視で確認するものである。しかし、この方式では後頭部形状の定量的データを得ることができない。そこで著者らはこの装置をベースとした、独自の測定装置を開発した（図1）。

本測定装置では測定用の棒が後頭部に接触した後移動することは望ましくない。しかし、通常の機構では本装置の様な非常に多数の棒にブレーキをかけて位置を保持することは容易ではない。この問題に対応するため、棒と棒との間に柔軟な袋状構造を配置し、これを加圧することでブレーキとする新機構を設計した。本機構では棒と棒との間隔が厳密に一定でなくても袋状構造が内圧に応じて変形するため、多少のガタを有する穴を棒がスライドするような構造でもすべての棒にブレーキ力をかけることが可能である。また、図1に示される棒の端部にある赤青緑の点群は光学マーカであり、画像処理によってすべての棒の位置を測定可能となっている。この方式ならば多数の棒すべてに位置センサを配置するような、製作、維持両面でコストのかかる方式を採用する必要がない。

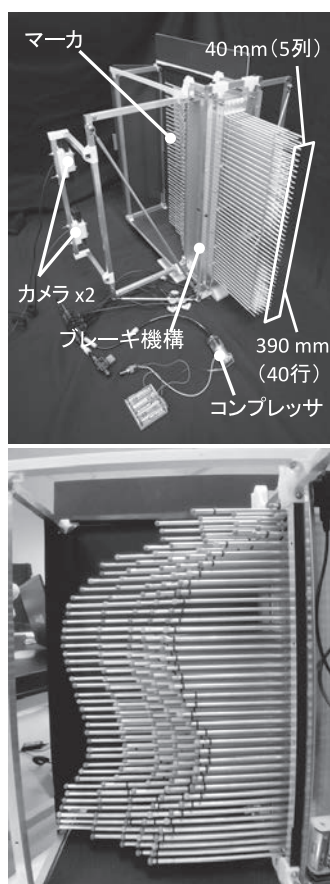


図1 後頭部形状測定装置の試作機

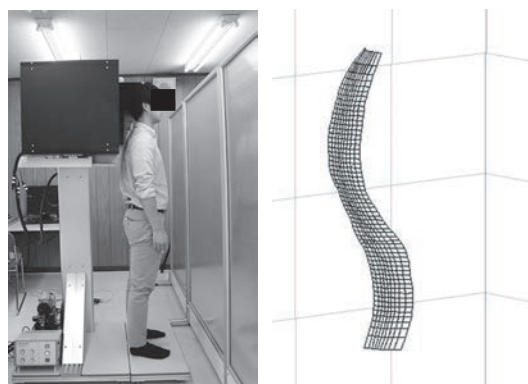


図2 後頭部形状測定の様子と測定結果

図2は試作した装置を自動化した自動測定器具の概観である。測定棒群を押し付ける装置は紙面上の2つの並進自由度と、紙面内の回転自由度の計3自由度を有している。本機構によって立位における被験者の首の角度、個体差に対応した姿勢で滑らかに棒を押し当てる事が可能となっている。また、専用開発の制御ソフトウェアによって、棒群の位置情報から自動的に後頭部の稜線が計算される仕様であり、測定者に特別な知識がなくても利用可能なシステムとなっている。

2.2 仰臥位における後頭部形状および姿勢測定

仰臥位のように枕と後頭部が物理的に接触している場合、枕によって隠れている後頭部の形状を直接測定することは容易ではない。そこで本研究では立位において被験者の頭部の角度を変えて複数の後頭部形状を測定し、それら複数の後頭部形状を補間することで頭部と胸部の相対角度だけから後頭部形状を推定する手法を提案した。この補間された後頭部形状モデルを利用すれば、頭部と胸部の相対位置のみから枕使用時における後頭部の稜線形状を推定可能だと考えられる(図3)。本研究では頭部と胸部の相対位置は立位、仰臥位ともに被験者の頭部と胸部に光学マーカーを取り付けることで測定している。

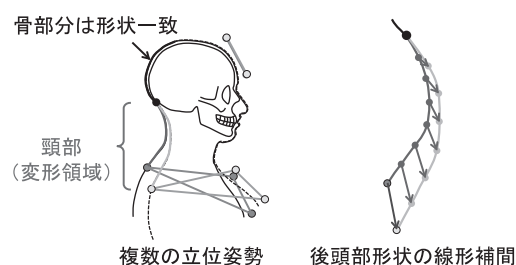
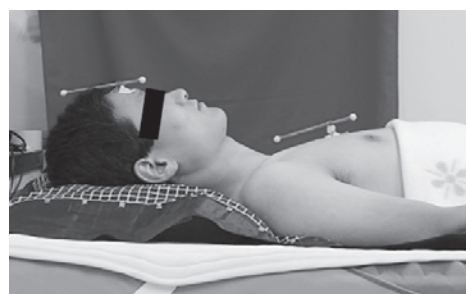
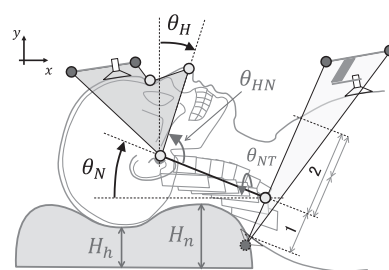


図3 複数の立位から得たデータから後頭部形状を線形補間



(a) 実際の仰臥位での測定の様子



(b) マーカー位置と姿勢角度の定義

図4 仰臥位におけるマーカーによる頭部-胸部相対位置測定

上述したように仰臥位では直接後頭部形状を測定することは難しいが、図4に示すように頭部と胸部に取り付けたマーカーによって両者の相対位置は測定が可能である。線形補間した後頭部形状モデルにこの相対位置を入力すれば、仰臥位、つまり枕使用時の後頭部形状を推定可能である。

3. 快適な枕形状の調査

自然体立位時と快適な枕利用時での後頭部形状データを集めることで、両者の関係性を見出すことができれば、将来的には自然体立位における後頭部形状だけから快適な枕の形状を推定することが可能になると考えられる。本研究では10名強の被験者で、複数の立位および被験者の主観で決定した快適な枕利用時の仰臥位での推定後頭部形状を求めた。

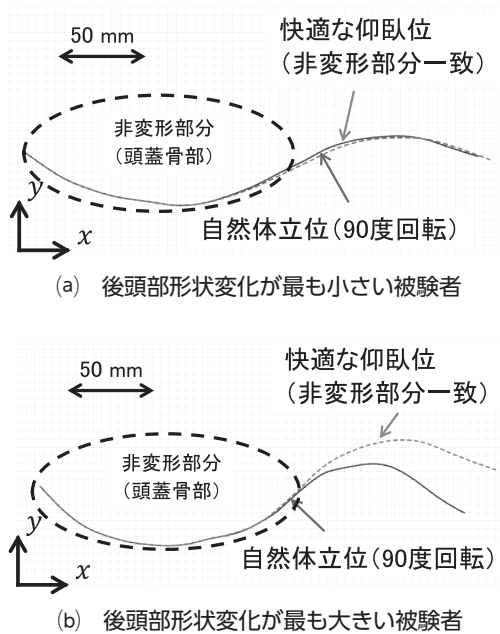


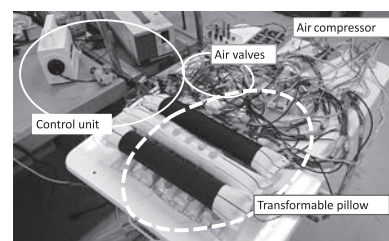
図5 自然体立位と快適な仰臥位での後頭部形状の差異

図5に特徴的な二人の被験者の後頭部形状測定結果を示す。図5(a)のように自然体立位と快適な仰臥位とで後頭部形状にほとんど差異がない被験者がいる一方、図5(b)のように立位と仰臥位とで大きく異なる被験者もいる。この結果は快適な仰臥位の後頭部形状は自然体立位のものを90°回転させたものであるという、これまでの通説とは異なるものである^{2),3)}。この傾向は他の複数の被験者でも見られており、快適な仰臥位と自然体立位とで後頭部形状が異なる結果は珍しくない。このことから快適な枕形状の推定のためには、個人ごとに後頭部形状情報に含まれる何らかの特徴量を抽出し、その特徴量と快適な枕形状との関連性を見出す必要があると考えられる。

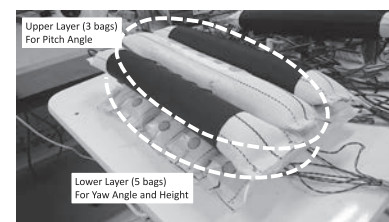
本研究では現在この特徴量として自然体立位における後頭部形状の稜線の凹凸深さを示すパラメータ d を導入し、 d から快適な枕形状を推定する手法の確立を試みている。

4. 空気圧を利用したフィードバック式能動変形枕

既存の枕は形状を調整する際に内部の詰め物を入れ替える作業に時間と手間がかかる他、形状を調整すること自体が不可能なものも少なくない。本研究では圧力センサ情報を利用し、空気圧制御で自動的に変形する能動変形枕の開発も行っている。この枕は自動変形する快適な枕として一般に利用できるだけでなく、個人の快適な枕の形状を調べるために多数の枕を用意する必要がなくなるため、研究や販売者のカウンセリングにおける利用価値もある。



(a) 能動変形枕システム概観



(b) 複数の袋状構造からなる2層構造

図6 試作したフィードバック式能動変形枕

図6(a)はその試作機の概観である。本機構は内圧を調整可能な袋状構造を複数利用しているため、枕の迅速な能動変形を実現している。この枕は図6(b)に示される様に2層構造となっており、上層は枕の横幅を長さとする3本の袋状構造、下層は枕の縦幅を長さとする5本の袋状構造から構成される。図7は能動変形による人体頭部姿勢の変化の様子を示している。図7(a)に示すように、下層をすべて同時に加減圧すると枕の全体の高さが上下する。また、同図(b)に示すように、上層の各袋状構造を個別に加減圧することで、首の矢状面内の回転方向（ピッチ軸）の角度を変更することができる。同図(c)は下層の各袋状構造を個別に加減圧することで首の横断面内の回転方向（ヨー軸）の角度を変更する様子を示している。この構造によって、本機構は枕全体の高さ、首の上下左右方向の姿勢を所定の範囲内で自由に調整可能となっている。また、各袋状構造には内圧センサおよび複数の感圧センサが配置されており、頭頸部の接触圧中心をフィードバック制御可能と

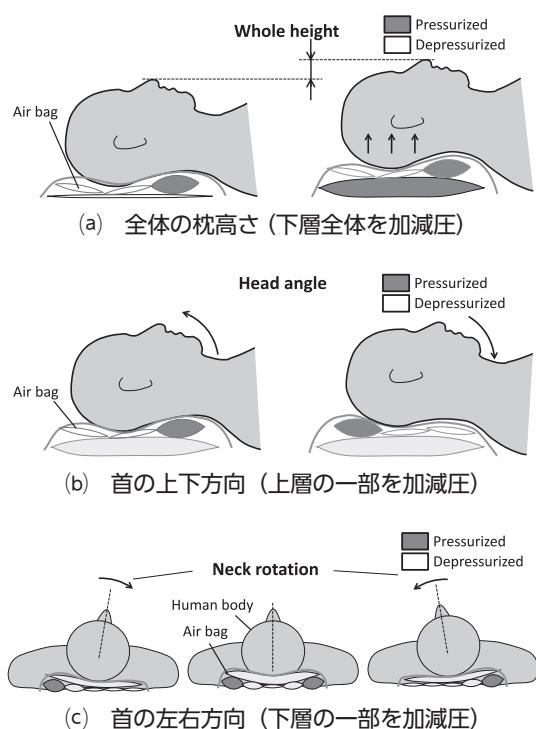
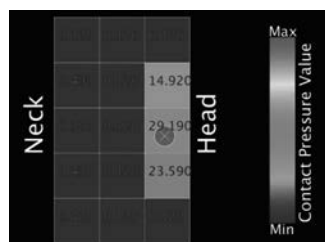


図7 枕の上層と下層の袋状構造の加減圧による頭部姿勢変化



(a) 被験者による能動変形枕使用時の様子



(b) 制御コンソール画面（接触圧中心と指令値の画面表示）
図8 提案機構での接触圧中心位置フィードバック制御実験

なっている。

図8はフィードバック制御によって接触圧中心箇所を頭部（一般に快適に感じる）や頸部（一般に不快に感じる）に移動させた時の実験の様子である。

この実験の際の圧力分布変化を、柔軟なシート状センサ（X-Sensor）で測定した際の圧力分布の変化を図9に示す。この図からも接触圧中心が頭部や頸部に指令通りに移動しており、フィードバック制御が正しく行われている事が伺える。この実験ではフィードバック系には能動変形枕のセンサのみを用いており、柔軟シート状センサのデータは用いてい

ない。枕のようなデバイスではセンサの値の変動にあまり敏感に反応すると利用者に電磁弁の作動音がうるさく聞こえるため、弁の切り替えは現在値と指令値とに一定範囲以上の偏差が生じたときのみに行い、偏差が許容範囲内に収まっているときは弁の制御を行わないなどの工夫をしている。現在この能動枕のシステムを拡張して、ベッドも含めた能動変形寝具システムを構築することを試みている。具体的には枕およびベッドにおける圧力分布の状態から自動的に人体の姿勢を把握し、その姿勢近傍での快適な姿勢を算出して快適な寝姿勢を実現するインテリジェント寝具システムの実現を目指している⁴⁾。

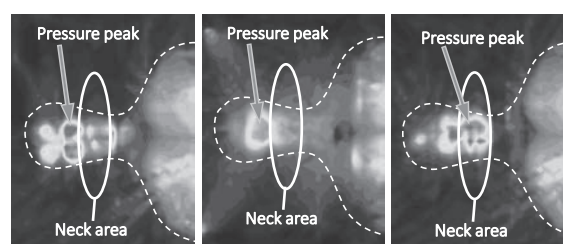


図9 柔軟シート状感圧センサで測定した接触圧中心制御の様子

5. ま と め

立位における後頭部形状の測定および快適な枕利用時の仰臥位（快適な仰臥位）での後頭部形状推定手法について紹介した。また、空気圧によって駆動する袋状構造を複数利用して、内圧および感圧センサの値から接触圧中心位置をフィードバックする能動変形枕についても紹介した。本研究では今後ベッドも含めた総合的なインテリジェント寝具の開発を目指す。

参考文献

- 1) Sahlin, C., Franklin, K.A., Stenlund, H., Lindberg, E., Sleep in women : normal values for sleep stages and position and the effect of age, obesity, sleep apnea, smoking, alcohol and hypertension. Sleep Med., 10, p. 1025-1030 (2009)
- 2) Caia, D., Chen, H.L. : Ergonomic approach for pillow concept design, Applied Ergonomics, 52, p. 142-150 (2016)
- 3) B. Haex : Back and bed : Ergonomic aspects of sleeping, CRC Press (2004)
- 4) Kuramoto, A. Inoue, W., Otake, Y. Kimura, H. Inou, N. Ichikawa, T. Ono, H. Sekiyama, N. : Development of intelligent integrated bedding system —Transformable pillow and mattress with multiple flexible actuators—, The 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2016 7793832) (2016)

（原稿受付：2017年6月13日）