

# 人工股関節の形状幾何偏差に関する考察

旭川高専 ○井川 久 後藤孝行  
旭川医科大学 伊藤 浩

東京電機大学 勇田敏夫  
北海道立工業試験場 三戸正道 小林政義

## 要 旨

スリーブを有する人工股関節のスリーブ、フェモラルヘッドおよびステム部の形状を接触式三次元座標測定機で測定し、その測定結果に基づいて真円度の解析を行い、各部位の幾何学的形状偏差について考察する。

### 1. 緒 論

今日の医学全般の発達により長寿社会となってきたが、高齢者の転倒等によって大腿骨頸部の骨折が急増しており、骨折後の合併症が股関節傷害の治療対象としてその比率を高めている。大腿骨頸部骨折による治療の一つとして、大腿骨および骨盤の寛骨臼の代わりに人工股関節を取り付ける人工股関節全置換術および人工骨頭置換術 (Total Hip Arthroplasty : 以下 THA と呼ぶ) が行われる。THA や人工骨頭により、患者の歩行機能の回復が比較的短期間で望める利点があるものの、人工関節自身の形状偏差による問題点もかかえている。

そこで本報は、セメントレス手術が可能なスリーブを有する人工股関節について、スリーブ、フェモラルヘッドおよびこれらを組み付けるステムの形状に着目し、各部位における形状偏差の測定および偏差データに基づいた解析結果について報告する。

### 2. 人工股関節における問題点

THA や人工骨頭においては、耐用年数の問題がある。一般に、耐用年数は 15~20 年といわれており、この耐用年数に達し不具合が生じたときには再置換術が行われる。再置換術を行わなくてはならない理由としては、主に人工関節摺動面の磨耗とステムやカップ部分でのゆるみ (loosening) である。摺動面における磨耗と loosening には密接な関係があり、摺動面における超高分子量ポリエチレン (UHMWPE) の磨耗粉の発生が loosening の大きな原因であることが明らかになってきた。西村らは、人工関節の寿命を延長させるため、人工関節摺動面の表面改質によって、磨耗量を減少させ、その潤滑性能を向上させた<sup>1)</sup>。また、Loosening は、人工関節そのものの形状偏差が大きく影響することから、伊藤らは、THA の骨頭における真球度についての研究結果を報告している<sup>2)</sup>。

これらの研究は、人工関節摺動面またはそれを含む部位に着目したものである。しかし、Loosening に関しては、通常は固定される部位においても発生し、その原因としては各部位における形状偏差によるものと考えられる。

### 3. 形状測定実験

図 1 は、本研究で形状測定に用いた人工股関節であり、ステム、スリーブおよびフェモラルヘッドから構成されている。

このような形態の人工股関節においては、

- (1) ステムのスリーブ取付部外径
- (2) スリーブ内径
- (3) ステムのフェモラルヘッド取付部外径
- (4) フェモラルヘッド内径

の形状精度が置換術後のゆるみ (Loosening) に影響を与えると考えられる。

そこで本報では、大腿骨に直接埋め込められていて形状偏差により人体へ影響を与えると考えられるステムのスリーブ取付部とスリーブに着目し、これらの部位の形状測定および最小自乗中心法による真円度の解析を行った。

なお形状測定には、北海道立工業試験場で所有している接触式三次元座標測定機 (H503 : ミツトヨ製) を使用した。

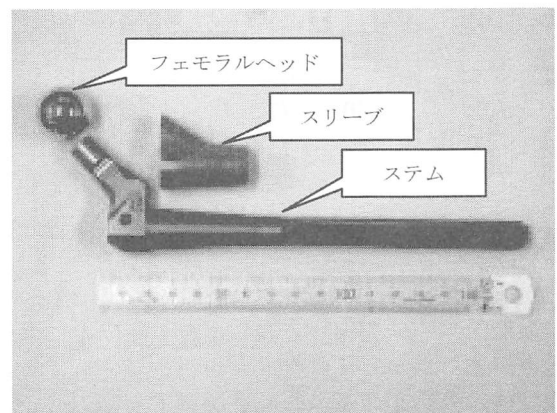


図 1 形状測定に用いた人工股関節

### 4. 形状測定結果と考察

#### 4-1 ステムのスリーブ取付部外径

図 2 は、ステムのスリーブ取付部外径形状の測定位置 (段差からの距離) L1 である。

表 1 は、ステムのスリーブ取付部外径形状における三次元測定機および形状偏差データから解析した真円度の結果である。

ステムのスリーブ取付部における外径の真円

度は、測定位置 L1 に関係なく 10.0 μm 程度以内に仕上げられている。

#### 4-2 スリーブ内径

図 3 は、スリーブ内径形状の測定位置（ステム挿入側端面からの距離）L2 である。

表 2 は、スリーブ内径における三次元測定機および形状偏差データから解析した真円度の結果である。

スリーブ内径の真円度は、スリーブの中央部より両端部の方が大きい値となっている。この理由は、L2 = 2.0 mm の位置（写真左側）において、スリーブ側面に 2 個の切り欠き（幅 5 mm，長さ 8.9 mm）があることにより真円度の値が大きくなっていると考えられる。また、L2 = 20.0 および 30.0 mm の位置（写真右側）では、スリーブ全体の形状に比べて肉厚が薄い（厚さ 1.6mm）ことから、形状成形時または成形後に形状が変化したものと考えられる。

#### 4-3 内径・外径の軸方向の変化

図 4 は、ステムのスリーブ取付部外径（半径）およびスリーブ内径（半径）と軸方向の測定位置との関係である。ステムのスリーブ取付部における近似直線の相関係数は  $R^2=1$  であり、測定データは近似直線上に並んでいる。しかし、スリーブ内径における近似直線の相関係数が  $R^2=0.9992$  であったことから、測定データが近似直線上に並んでいないことがわかる。また、近似直線式の傾きは、ステムの方がスリーブより緩やかであることから、両者を組み付けたときには、わずかに隙間が生じることになる。すなわち、この隙間がステムとスリーブ間の摩擦および Loosening の原因になるといえる。

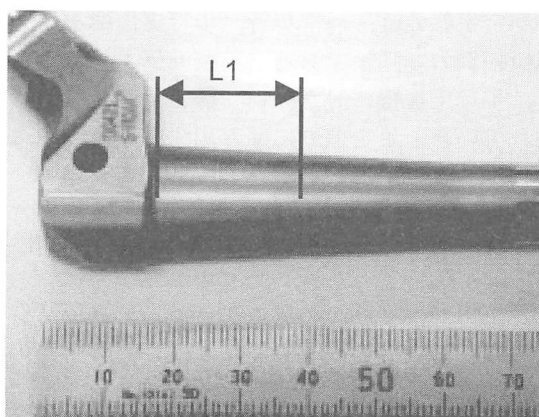


図 2 ステムのスリーブ取付部外径測定位置

表 1 ステムのスリーブ取付部外径真円度

測定位置 L1 [mm]	真円度 [μm]	
	三次元測定機	偏差データ解析
4.0	8.6	8.606
22.0	8.1	8.004
40.0	10.2	10.203

## 5. 結論

本研究は、人工股関節全置換術に用いられている人工股関節における置換後のゆるみ Loosening の原因である形状偏差について調査した。その結果、組み付け部位において形状精度の違いがあり、Loosening の原因になると考えられる。したがって、組み付けが必要な人工関節は、形状精度を高める形状設計および製造方法の検討が不可欠であるといえる。

### 参考文献

- 1) 西村生哉, 比嘉 昌, 勇田敏夫, 伊藤 浩, 谷野弘昌, 大水信幸, 村林 俊, 三田村好矩: 人工股関節しゅう動面の潤滑特性向上に関する研究, 精密工学会誌, 66, 10(2000) 1594.
- 2) Ito H, Minami A, Matsuno T, Tanino H, Yuhta T, Nishimura I: The Sphericity of the Bering Surface in Total Hip Arthroplasty, The Journal of Arthroplasty, 16, 8 (2001)1024.

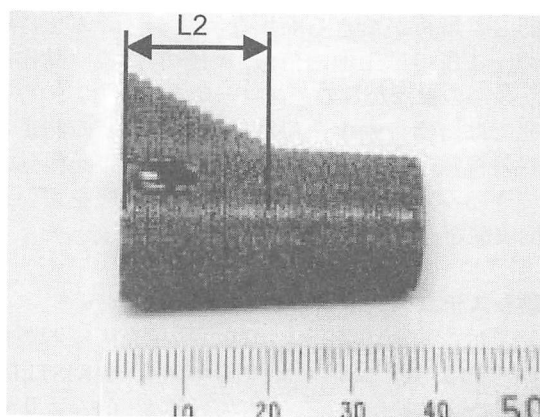
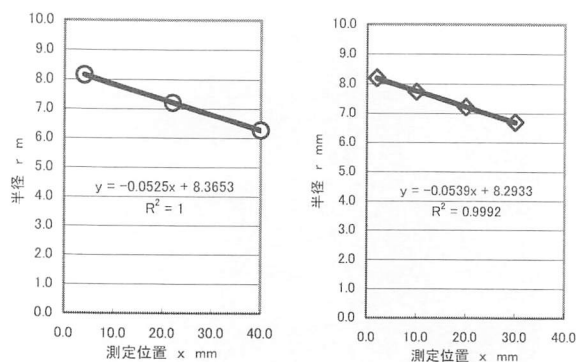


図 3 スリーブ内径測定位置

表 2 スリーブ内径真円度

測定位置 L2 [mm]	真円度 [μm]	
	三次元測定機	偏差データ解析
2.0	53.2	53.593
10.0	21.3	21.302
20.0	44.2	44.191
30.0	48.7	48.721



(a) ステムのスリーブ取付部外径

(b) スリーブ内径

図 4 半径と軸方向の測定位置との関係