研究の課題名

油圧アクチュエータを用いた人工股関節試験装置の開発

名古屋工業大学　プロジェクト研究所　　特任准教授
報告者　　成田浩久
報告日　　2009 年（平成　21 年）7 月　1 日

１．　本研究の意義・特色

近年，人工股関節置換術の重要性が増してきているが，微小な摩耗粉の発生が骨組織の変性をきたし，人工股関節のゆるみを発生させ再置換を要する場合が生じている．そのため，人工股関節における摩擦摩耗特性の適正な評価が必要である．しかしながら人工股関節は，体内で使用されることから実験検証が難しい．そこで人工股関節を対象にした摩擦試験装置の開発を行い，摩耗状態の観察を試みた．

２．　実施した研究の具体的内容、結果

本研究では，摩耗に最も影響を及ぼす歩行状態を模擬するため，歩行時の荷重状態と股関節角度の制御を行う試験機を開発し，摩耗状態の観察を行った．そのため，①股関節にかかる荷重を再現できる，②歩行中の股関節の角度変化を模擬できる，③股関節の摩擦状態を観測できる，を試験装置の開発指針とした．

本研究で開発した装置は，図 1 に示すように，2 つの油圧直動アクチュエータを用い，1 つは上から歩行時の荷重変化を模擬し，もう 1 つは股関節角度を模擬する仕組みになっている．股関節角度と荷重は，従来の研究より得られているデータを採用し，LabView を用いて，60Hz でデータ送信をして制御した．また摩擦によって劣化するので，骨頭とカップ部分（マウンタ）は取り外し可能な仕組みになっている．

人の歩行時の股関節角度は，起立の状態を 0 とし，足が前にあるときを＋（プラス），足が後ろある時を－（マイナス）としたところ，－11～30 ° の範囲となる．また歩行時の荷重は，1 歩行の約 40%に相当する遊脚相では殆どなく，約 60%に相当する立脚相で荷重がダイナミックに変動し，2 度の荷重のピークが存在している．特に最大荷重は，体重の約 5.4 倍（約 3.2 kN）になる．これを制御信号として，試験機に送信する．

まず試験機の性能評価のため，簡単な比較実験を行った．想定した体重は日本人の平均体重である 60kg で，股関節の角度変化は-11～30 °，1 歩行に要する時間は 1.2 秒，トータルの歩行時間は 50 時間として摩耗実験を行った．また人工股関節に関しては Metal on Metal タイプを想定し, 骨頭半径は 16mm で, カップ半径は 16.15mm, 材質は S45C とし，潤滑油は，常温で関節液の粘度に近いＶＧ10 を用いた．この状態で，一定荷重（股関節に

かかる荷重の平均値）で股関節の角度だけを模擬した場合と，荷重変化と股関節の角度変化が歩行時と同じものを比較した．試験の様子を図 2 に示す．その結果，一定荷重下では，摩耗が観察されなかったが，歩行時の荷重と股関節角度を模した方は，摩耗により骨頭とカップにそれぞれ-20mg の質量低下がみられた．また目視でも摩耗している様子が観察された．以上により，開発した摩擦試験機を用いれば，歩行状態を詳細に模擬し，人工股関節の摩耗を観察することができる可能性を示すことができた．

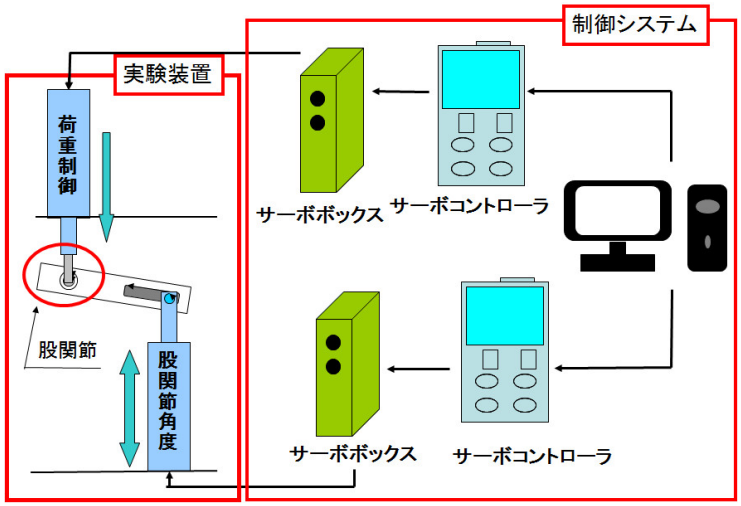

図 1　試験機の概要

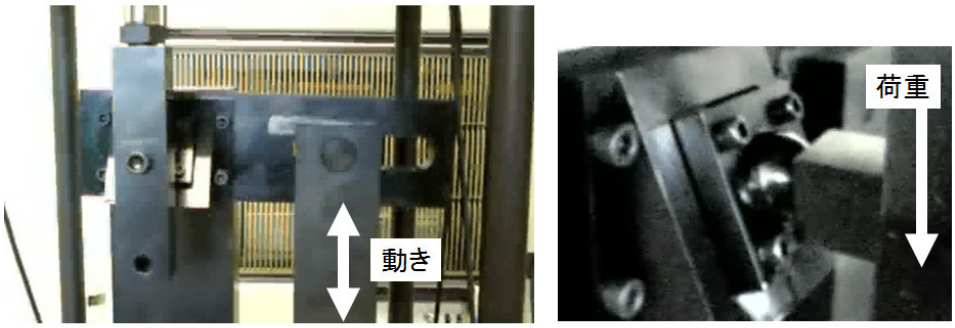

図 2　試験の様子

3．　本研究を実施したグループに属するおもな研究者の氏名・役職名

成田浩久・特任准教授

4．　研究実施時期

2008 年（平成　20 年）　4 月　1 日から　　2009 年（平成　21 年）　3 月　31 日

５．　本研究に関連して発表した主な論文等

・Narita, H., Harusawa, K., Yagihashi, M. and Fujimoto, H., Development of Wear Prediciton Sytem for Artificial Hip Joints, Proceedings of 2008 International Symposium on Machine Automation (ICMA2008), pp.9-12, 2008.

・成田浩久，春澤翔，八木橋信，藤本英雄，人工股関節を対象とした摩耗予測モデルの構築，2008 年度精密工学会秋季大会学術講演会，pp.409-410，2008.

６．　内外における関連研究の状況

現在，人工関節に関わる摩耗試験は，JIS(Japanese Standards Association)では，ピンオンディスク摩耗試験が，ASTM(American Society for Testing and Materials)では，ピンオンプレート往復動摩擦試験が，ISO(International Organization for Standardization)ではリングオンディスク摩擦試験が採用されている．また昨年 ISO では，荷重変動を考慮するために，加える荷重を一定ではなく，2 つのピークの荷重を加える方法が定められた．

７．　今後の発展に対する希望

今後は，生体親和性の高い材料であるコバルトクロム合金やチタン合金を用いて，体重や歩く速度，潤滑液の粘性率・圧力粘性係数，表面粗さを変化させた場合の摩擦状況の観察を試み，人工股関節の性能評価や開発指針を示す予定である．