

バイオメカニカル光イメージング

医療デバイスと骨応力計測

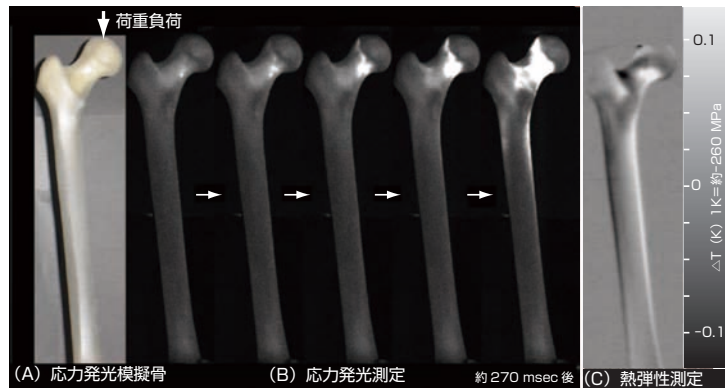
骨は、荷重方向へ骨梁が成長し、また微小重力下で骨密度が減少するなど、力学環境に大きな影響を受けることが知られています。骨の力学環境の変化は、人工関節などの医療デバイスの装着によっても生じます。このため、長期間使用できるデバイスを実現するには、装着後の骨に働く応力が骨の維持に適切かどうかを見極める必要があります。

実験力学的な評価では、歪みゲージ法が広く用いられてきました。試料にゲージを貼付けて、表面歪みに伴う金属線の電気抵抗変化を検出するもので、高速な定量計測が行えます。しかし、歪みゲージ法はゲージごとの点計測であり、もれ点のない分布計測は不可能でした。

バイオメカニカル光イメージングが果たす役割

このため私たちは、骨の応力環境の変化を、*in vitro* 実験でイメージングするために、熱弾性(赤外線)応力測定法、および応力発光法の応用と開発を進めています^[1]。

熱弾性応力測定法は、物体の断熱的な弾性変形に伴って生じる表面温度変動(圧縮での上昇、引張りでの低下)分布を赤外線サーモグラフィ装置で測定し、表面主応力和変動分布へ換算・可視化する手法です。試料と非接触で分布計測ができる利点があります(図



バイオメカニカル光イメージング(模擬大腿骨を使用、後方からの撮像)

(A) : 応力発光模擬大腿骨

(B) : (A)の動的力学イメージング

骨頭部へ予荷重 100 N、最大荷重 1900 Nを 7000 N/secの早さで負荷

(C) : (A)の熱弾性応力イメージング

骨頭部へサイン波 1000 ± 900 N、5 Hzで鉛直圧縮荷重負荷

(C))。現在、この手法を応用した医療デバイスの力学的適合性測定方法の標準化を進めています。

一方、産総研が開発した応力発光体は、与えられた力学的エネルギーに応じて発光する無機系新材料(SrAl₂O₄:Eu他)です^[2]。この応力発光体を模擬骨に適用したデバイスが、“応力発光模擬骨”です(図(A))。荷重を受ける領域が可視域で高輝度に発光するため、CCDなどのより一般的な撮像素子を用い、力学環境の高精細で高速な可視化を可能としました(図(B))。この模擬骨は、生体骨と形状および力学的な特性が合致するように作製されています。デザインの異なる医療デバイスを装着して発光分布を比較すること

で、デザインが骨の力学環境へ及ぼす影響を抽出することができます。医療デバイスの設計段階で力学的な適合性を試験できるスマート・スクリーニングツールといえます。

今後、熱弾性応力測定法と応力発光法の相互補完的な特徴を活用しつつ^[1]、さまざまなバイオメカニクス解析、そして医療デバイスの実用化支援へ貢献ができるよう研究開発を継続・展開していきます。

人間福祉医工学研究部門

兵藤 行志
のなか かつのぶ
野中 勝信

生産計測技術研究センター

じょ ちようなん
徐 超男

参考文献

[1] 兵藤 行志 他：日本機械学会第21回バイオエンジニアリング講演会 講演論文集, 147-148 (2009).

[2] 徐 超男：産総研 TODAY, 5 (10), 8-9 (2005).