

超音波画像を用いた義足製作CAD/CAMの開発 ～ 研究の概要とこれまでの成果 ～

新潟医療福祉大学 義肢装具自立支援学科
大塚 博

1 はじめに

本研究は、下肢切断者が社会復帰を果たすために必要不可欠な良く適合した義足を、より早く供給するためのシステムの開発を目指すものである。このシステムは断端内部情報を取得可能な断層画像を利用した義足製作CAD/CAMシステムである。断端の断層画像には、外形と内部組織の位置と形状が記録されている。これらを数値化すれば、定量的な情報として個々の切断者の特徴を把握することができ、義肢装具士はこの情報を設計に活用できる。設計手法が確立すれば、経験不足の義肢装具士でも、熟練した義肢装具士の技術と同等の義足を提供でき、義肢装具士を支援する強力な製作システムになる。そして製作技術の獲得と伝承に時間を要するという従来の定性的な製作法の問題点を克服することができる。

2 システム開発に必要な要素技術

本研究は、断端内部情報を利用した義足ソケット設計を行うために必要不可欠な要素技術である“断端画像を取得する技術”と、画像から内部組織の情報を取得し、“内部組織の形状抽出する技術”および、抽出した輪郭データから“より適合するソケットの設計技術”の確立を目的とする。断層画像を取得する手段として超音波画像診断装置を用いる。

3 超音波診断装置を用いる理由

超音波診断装置はその画像から身体内部の組織の形状、量、位置を得ることができる。その他の画像診断装置としてX線CTやMRIがあるが、大掛かりな設備を必要とし、装置自体も大型であり、コストは超音波診断装置の約10倍である。またX線CTでは被爆を避けられないので、安全面で超音波装置は優れている。さらに、両装置は臥位での撮影を強いるので、断端形状を変形させず画像を取得するには、床面に接触しない工夫が必要となる。超音波装置の場合は、撮影に際し被験者の体位に制約がなく、従来の採型姿勢をとらせることができる。

4 先行研究

超音波を用いた先行研究としては、米国の2つの研究グループ Sandia National Laboratories (New Mexico) と、Wright State Univ., 英国の Univ. of Strathclyde のグループ、そして国内では新潟大学のグループがある。いずれの研究グループも超音波画像の取得に際して特別な水槽を使用し、切断者の断端を水中に入れた状態で計測するものである。

5 これまでの成果

5-1 断端の画像を取得する手法の確立

先行研究では水槽に断端部を沈め非接触法で画像を取得しているが、本研究ではプローブにウォーターバックを取付け、直接断端をフリーハンドでスキヤニングする手法を試みた。これは超音波プローブを断端に直接接触すると、断端形状を変形させた状態の画像を取得してしまうという問題を回避させるためである。2種類のウォーターバックを製作し、緩衝材として使用したところ、身体内部の画像を写し出すことを確かめることができた。緩衝材としての有効性を確かめるために、既知形状の物体を撮影し、形状の変化を計測した。その結果、変形量が少なく、かつ許容できる画質を得られるウォーターバックの材質が明らかになった。

5-2 輪郭抽出方法の確立

超音波画像は様々な原因により、各組織の輪郭が明瞭でないことがある。ボランティアの下肢切断の被験者1名に対して、断端画像を取得した。画像中の各組織の特徴に適した輪郭抽出法を検討した。その結果、手順とそれに応じた画像処理法を確立した。

①輪郭強調

断端全体の三次元画像を構築する際の画像合成によって、輪郭が消失するのを防止するため輪郭強調を行う。テクチャエッジを多く含む超音波画像に良く使われる輪郭抽出法である分離度フィルタを改良し、皮膚、筋および骨の輪郭の特徴を考慮し、組織の境界で強く反応し、それ以外では反応を抑える重みつき分離度フィルタを新たに設計した。その結果各組織の輪郭を抽出することができた。

②輪郭抽出

断端全体の三次元画像を体軸に垂直なスライス断面に対して、各組織の輪郭を抽出するために、動的輪郭モデルを適用した。動的輪郭モデルは閉曲線の初期輪郭を与えて、その閉曲線が滑らかに収縮し、繰り返して計算によって目的の輪郭に徐々に収束させる輪郭抽出法である。その結果、円形に近い皮膚輪郭と筋輪郭の抽出は容易であった。特に輪郭強調の時点で輪郭が不鮮明のため、強調できなかった部分でも滑らかな輪郭を作ることができた。骨に関しては、複雑な形状を持つことと、深部に位置することで輪郭が不明瞭のため目的の形状に近づくことが困難であるが、ソケット設計に影響を及ぼす組織は表層に近い骨であることから影響について検討する。

6 今後の課題

輪郭抽出法を確立したので、今後は輪郭データの計測精度を検証する必要がある。X線CTやMRI画像から抽出した輪郭との比較を行う予定である。また、この技術が大腿切断者にも有効であるか検証する。そして最終的な要素技術である、適合するソケット設計に関する理論や手法の確立し、義足製作システムの完成を目指す。