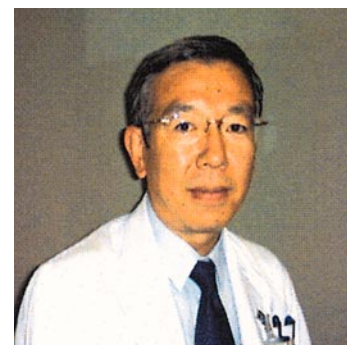


Analysis of Musculoskeletal Surgery 外科手術解析プロジェクト（骨格器官系）

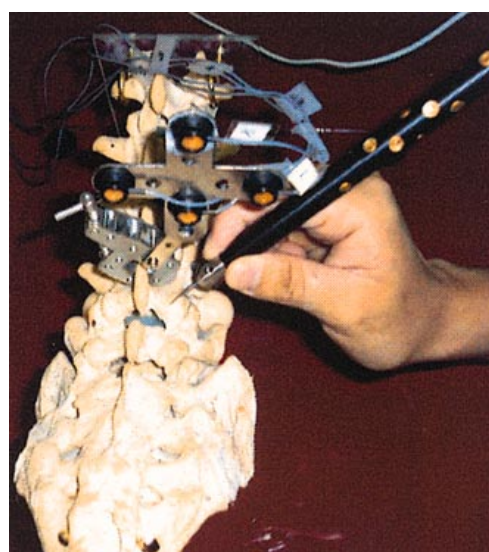
プロジェクトリーダー 米 延 策 雄

大阪大学 大学院医学系研究科 助教授



1. 研究の目的

外科手術治療学は医療全体の中では大きな位置を占めているが、外科医の経験によって進展してきた分野であり、現代科学技術による支援をうけての発展が少なかった。近年急速な発展を示しているコンピューター工学、あるいはロボット工学技術を導入することにより外科治療学、特に本プロジェクトでは骨関節などの整形外科手術の画期的な発展を図ることが大きな目的である。手術対象となる骨関節に対しては従来から種々の手術法が開発されてきたが、総て人間の視覚を前提としたものであった。これに対してCTやMRIなどの画像診断装置とコンピューターシステムを用いて3次元画像解析システムを開発することにより、骨関節をあらゆる角度から、更にあらゆる断面から認識できる超視野をつくりだし、手術を安全に正確におこなえる補助システムを骨関節手術に導入する。また、従来確立されてきた手術法は人間の視覚と手の動きを前提としたものであるが、人間の能力限界を前提としているために手術目標が理想より低く設定されていないかの再検討も行う。従来の手術法にとらわれることなく「3次元画像による超視野」と「ロボット技術システムによるスーパーハンド」を活用することを前提にして、更に内視鏡技術を駆使することにより、最小侵襲で高い理想目標レベルの骨関節手術システム開発を進めるのが本プロジェクトの構想である。



2. 研究の内容

(1) 3次元画像解析プログラムの開発

脊椎と股関節や膝関節などで病巣深部各層までの正確な位置と形状をCTやMR画像から三次元再構成を行い、手術対象器官を三次元画像として立体的に、しかもあらゆる角度から、更にあらゆる断面から認識できる画像解析システムを開発する。これにより形態情報の正確な評価を行い、従来から解明されてきた病態的な要因も併せインプットして、正確に手術プランニングを行う。手術プランに対してシミュレーションで機能的予測評価を行う。たとえば、人工股関節全置換術においては、各患者の骨形態に適合した人工関節のデザインとサイズを選択し、コンピュータ上で骨に適合する最良の位置に設置できるように、手術計画を立てる。次に、人工関節設置後の動作解析をコンピュータで予測評価し、関節の可動域や安定性などを考えあわせた手術計画とする。寛骨臼回転骨切り術では、関節の接触圧分布を計算し、各種動作での接触圧の局所集中による軟骨への過剰負荷を最も有効に軽減する骨切り後の移動方向や角度をシミュレーションで求める。脊椎手術においては、側弯症などの3次元的な回旋屈曲変形を矯正するための最適な骨切りの部位や角度を算出する。

(2) 手術計画通りの手術を可能にするナビゲーションシステムの開発

正確な手術には術野の解剖学的所見から3次元的骨格の位置情報を術者が正確に把握することが必要不可欠である。しかしながら、患者が肥満していたり解剖的な固体差や関節拘縮の影響で3次元的骨格の位置情報を正確に把握することはなかなか困難である。また手術台上で少なからずとも患者の体が揺れ動くことから、骨切り術における骨切り線の方法やその骨切り片の回転角度と移動度、人工股関節の設置角度などは症例によっては術者の経験と勘による判断にたよるざるを得ない場合がある。赤外線発光ダイオードと赤外線3次元位置計測カメラシステムを用いると、赤外線発光ダイオードマーカーをつけた骨格や手術器具の空間位置を0.1ミリメートルの精度で捉えることができる。これと術前にCTスキャンやMRIより得た3次元骨格モデルに術中骨格の形態と位置をコンピュータ上で適合し位置合わせさせることで、骨ノミ、骨鋸、ドリルなどの手術器具の方向や位置を正確にコンピュータ上で手術対象となる骨格に対してモニター計測表示することが可能となる。この技術の確立により、手術前に立てた正確な手術計画をそのまま手術室で実行できるように、視覚的に術者を導く（ナビゲーション）ことができる。これにより人工関節手術での正確なインプラントの設置、骨切り術での安全で正確な骨切り、脊椎手術での安全で正確なデバイスの設置などがナビゲーションできるシステムを開発する。

(3) 外科手術用ロボットの開発

ナビゲーション情報をもとに、さらに術者の操作の方向性や位置をガイドできるロボットアームとその制御システムを開発する。外科医の手の動きの範囲や精度を超えた正確かつ迅速に骨に穴を開けたり、削ったり、切断したりできる整形外科用手術器具を搭載したロボットアームを開発する。さらに小手術創から小手術機器を用いての小侵襲手術を可能にする方向での手術器械やナビゲーション、ロボットの開発も併せ行うものである。必要に応じて、手術プランニングの情報と指示をセンターから遠隔地の病院にも送り、遠隔操作で同様のコンピュータナビゲーションやロボットを使った高度医療を可能にする遠隔医療システムを開発する。

3. 研究の体制

期 間：1999年8月～2004年3月

構 成：プロジェクトリーダー：米延策雄（大阪大学大学院医学系研究科・器官制御外科学・助教授）、コアメンバー：1名、研究協力者：6名

実施場所：大阪大学大学院医学系研究科器官制御外科学講座

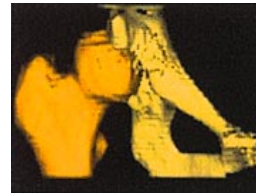


図1 右股関節モデル正面像

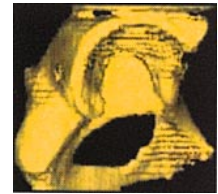


図2 右寛骨臼側面像

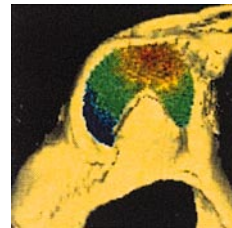


図3 寛骨側軟骨接触圧分布（骨切り術前）



図4 寛骨側軟骨接触圧分布（骨切り術後）

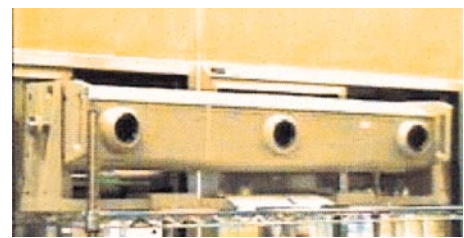


図5 OPTOTRAK3次元位置センサーカメラ



図6、7人工股関節手術ナビゲーションの骨盤側の手術モニター

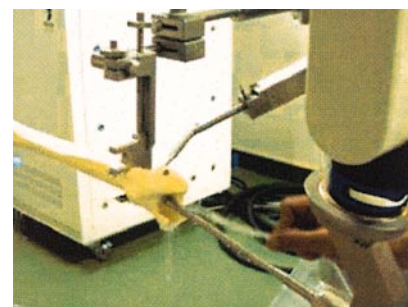


図8 ロボットによるモデル大腿骨の掘削