

生体内流れ - 血管系と鼻腔

熊畑 清⁽¹⁾，渡邊正宏⁽²⁾，松澤照男⁽¹⁾

(1)北陸先端科学技術大学院大学，(2)富士通株式会社

目的：近年医用工学の発展により診断支援機器の能力は飛躍的に発展した。とりわけマルチスライス CT は高い空間分解能で人体の断面画像の集合を得ることができるため、画像データから人体の三次元形状を計算機中に再現することが可能となった。これを踏まえて本研究では実際の人体の血管及び鼻腔の形状を用いた流れシミュレーションを行なっており、生体内流れ現象のより深い理解のためシミュレーション結果の CAVE による可視化を行なっている。本稿では我々が行なっている生体内流れシミュレーションの方法について概略を述べる。

方法：本研究では流体シミュレーションを行なうためには計算のためのメッシュを、実際の人体を CT など撮影した医療画像から作成している。ここで医療画像は人体の断面を一定の間隔で撮影した画像の集合であるため(図.1)、重ねることで計算機中に人体形状を三次元ボリュームデータとして再現できる。このボリュームデータは生体組織の物性に応じた輝度値の分布を持っているため、それぞれの生体組織に相当する輝度値の等値面をポリゴンデータとして作成することで、生体組織の形状を得ることができる(図.2)。このようにして得た血管形状のポリゴンデータ、すなわちサーフェスメッシュから流体計算のためのボリュームメッシュを作成することで実際の人体形状に対する流体シミュレーションを行なうことができる。なお実際には医療画像にはノイズが含まれるため、ポリゴンデータを得る前の輝度値のスモーキングと、ボリュームメッシュを得る前のポリゴンデータのスモーキングを行なう必要がある。本研究では輝度値のスモーキングには株式会社 KGT の RealINTAGE を、ポリゴンデータのスモーキングには株式会社 Materialise の MagicsRP を、そしてボリュームメッシュ作成には株式会社 ANSYS の Gambit を用いている。

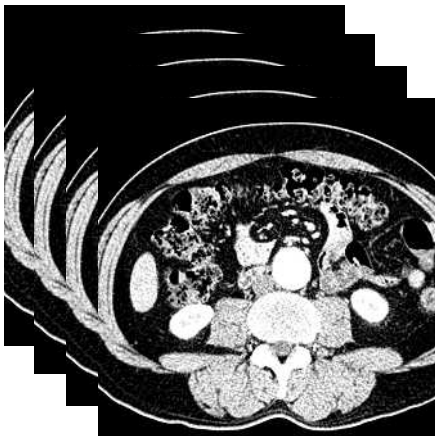


図.1 入力 CT 画像

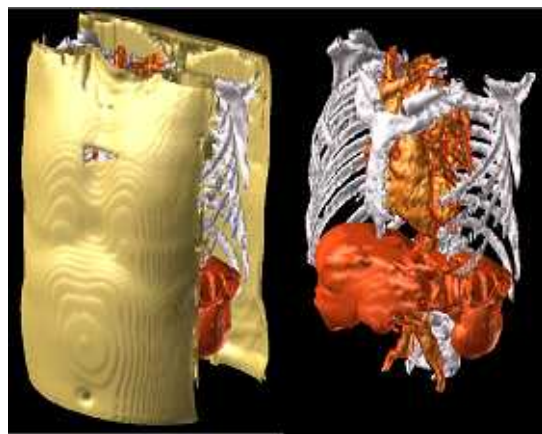


図.2 セグメンテーション

結果：図.3～5 にそれぞれ瘤を持つ大動脈、乖離した大動脈、鼻腔に対する流れシミュレーション結果を示す。図.3 はこぶ状の瘤と呼ばれる疾患を持つ大動脈内の血流を流線で表示したものである。図中では流線表示により瘤により乱れた血流の様子を確認できる。図.4 は乖離と呼ばれる多層構造をしている血管壁の内側が剥がれ、そこに血液が入り込むという疾患を起こした大動脈内の血流を粒子で表示したものである。図中で大動脈の湾曲の外側が偽腔と呼ばれる血管内壁が剥がれたためにできた空間であり、偽腔内では血液が停滞していることがわかる。瘤および乖離は血

管の壁が薄くあるいは脆くなっており、やがて破裂し死に至ることもある重篤な疾患であり、疾患の存在が血流に及ぼす影響及び血流が血管壁に及ぼす影響を、流体シミュレーションを用いて検討することは医療にとりきわめて重要であると考えられる。

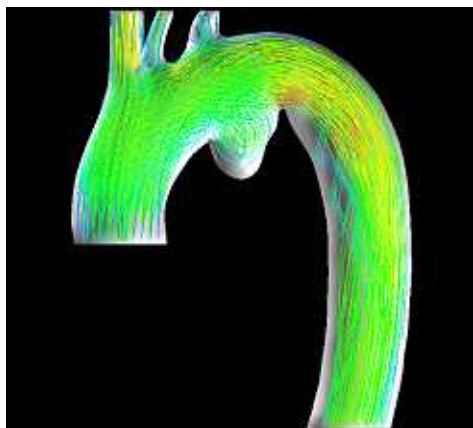


図.3 瘤を持つ大動脈での血流 - 流線表示 -

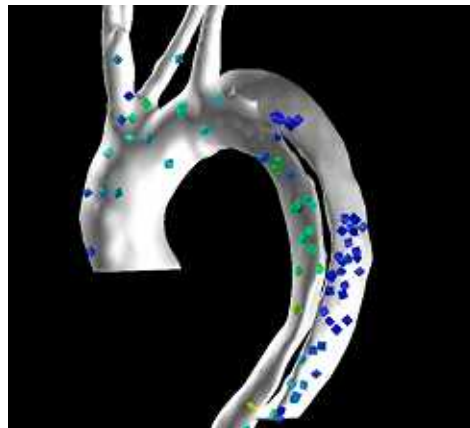


図.4 乖離した大動脈での血流 - 粒子表示 -

図.5は鼻腔内の空気の流れを流線で表示したものである。甲介と呼ばれるはり出した形状の存在により単なる管ではなく複雑な形状をした鼻腔内で、空気は複数の経路で流れ、特に匂いを感じる部位である鼻腔上部では速度が遅くなっていることがわかる。鼻腔内の空気の流れを非侵襲的に測定することは不可能であるため、鼻腔内の流れを知るためにシミュレーションを用いることは医療にとってきわめて有意なことと考えられる。

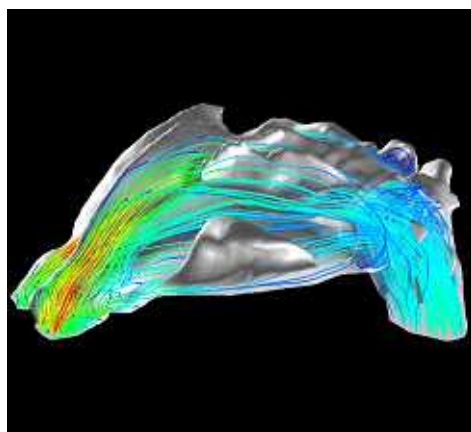


図.5 鼻腔内の空気の流れ - 流線表示 -

結論：医療画像から血管や鼻腔などの生体組織の形状を再構築し、流体シミュレーションを行なう方法を開発した。重篤な疾患である大動脈瘤および大動脈乖離、そして鼻腔形状について実際の患者の形状を用いた血流・気流シミュレーションを行い、生体内の複雑な流れを可視化できるようになった。

従来生体組織のシミュレーションでは計算メッシュとして、CADにより作成した簡易的な形状を用いることが多かったが、本研究により実際の人体形状に対するシミュレーションが行なえるようになったため、シミュレーションを実際の医療の現場での診断支援ツールとして用いることが可能となり、よりきめ細かい医療を提供することができると考えられる、またその際に医師あるいは患者本人にシミュレーション結果をより判りやすく提供する手段として、CAVEに代表されるVR環境はきわめて有用であろうと考えられる。