



血流を診る未来の医療へ —数値流体力学 (CFD) を原理から現場へ—

研究・開発機関 : 早稲田大学先端生命医科学センター TWIns 梅津研、イービーエム(株)
 利用施設 : 研究室、自社設備
 計算規模 : 1 ノード(8 コア)、格子点数 $10^5 \sim 10^6$
 利用ソフトウェア : hemoscope® (イービーエム(株))

Before

●2000年代以降、患者個々の医用画像から血管形状を構築し、CFDによる計算科学により血流を可視化できる時代になりました。しかし、血流を医学的に解釈し医療現場に適した専用ソフトを開発するためには、血流シミュレーションの実用化が望まれていました。

After

○血流シミュレーションにより、脳動脈瘤の病態解明において、血流の衝突と瘤壁の菲薄化との相関が明らかとなり、血流を医学的に解釈できる可能性が示されました。
 ○医師・技師のための血流解析専用ソフト hemoscope®を開発し、世界で初めての医療用CFDソフトの実用化に成功しました。

背景と目的

脳動脈瘤とは、脳動脈壁の一部が瘤状に突出した血管の病気です(図1)。今日では、脳ドックの普及により未破裂のまま瘤が見つかる割合が6%程度に達しており、国内の患者規模は数百万人に達すると試算されています。

脳動脈瘤は、発症しても未破裂のままであれば、症状に現れないことも多く、破裂率も年間1%程度です。しかし、破裂すれば、くも膜下出血となりますので経過観察のリスクを軽視できません。一方、治療に伴う死亡率や後遺症のリスクを軽視することもできません。

そこで、どの脳動脈瘤が破裂しやすいのかを予測する技術が必要となります。現代の医学では、瘤の形態や部位に応じて破裂危険度を診断しています。

脳動脈瘤の発症、成長、破裂には血流が関与しているとされており、両者の関連性を明らかにできれば、診断・治療に関する技術革新が期待できます。

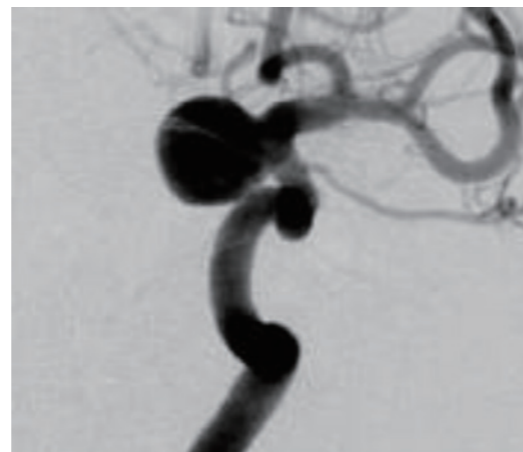


図1. 脳動脈瘤の画像診断
(瘤の形態や部位は分かるが、瘤内の血流や瘤壁の性状を知ることはできない。)

■ 利用成果

病理工学による血流シミュレーションの医学的解釈の構築(原理)

血流シミュレーションの結果を医学的に解釈するとは、血流と病理の関連性を明らかにすることに他なりません。我々は、血流が瘤壁へ衝突すると、壁組織の再生が阻害されることにより壁の一部が血豆状に菲薄化することを実証してきました。図2は開頭時の脳動脈瘤の外見で、血豆状の部分が瘤壁の厚さが菲薄し血液が透けて見える箇所です。瘤の一部に存在し、破裂危険度を高めると考えられます。図3はシミュレーションによる脳動脈瘤の血流解析結果です。壁面せん断応力ベクトルによる流れの可視化を行いました。瘤壁の菲薄部では血液の流れ方向が発散している、すなわち、流れが衝突していることが分かります。



図2. 開頭時の脳動脈瘤の外見

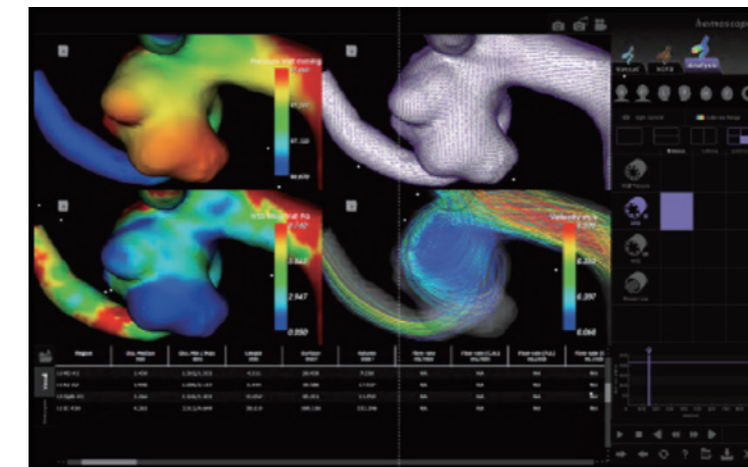


図4. 血流解析専用ソフトウェア hemoscope® のユーザーインターフェース

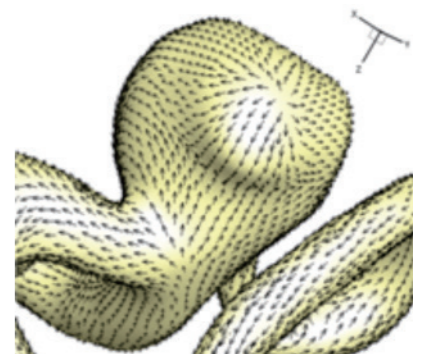


図3. シミュレーションによる脳動脈瘤の血流解析結果

血流の衝突と瘤壁の菲薄化の関連が明らかになれば、術前の医用画像をベースとした血流シミュレーションにより脳動脈瘤の破裂危険度を予測できる可能性があります。

専用ソフトウェアによる血流シミュレーションの実用化(現場)

血流解析専用ソフトウェア hemoscope®は、流体力学の専門教育・経験の有無に関わらず、医療現場で医師・技師がValidated CFD (VCFD™)を実施できるように設計・開発された世界初の血流解析専用ソフトです。

これまで医用画像から流れの可視化に至るまで3~4つの汎用ソフトやプログラミングを用いてきましたが、大学の研究室と異なり、このまま病院に導入することはできません。医療現場にCFDを導入するには発想そのものを転換させなくてはなりません。

そこで流体力学の専門教育・経験に関わらず、精度の高いCFDを実践できる、とはいかなることかを発想の原点としてhemoscope®が設計・開発されました。汎用ソフトでは、コーディングの信頼性を検証(verification)しますが、計算条件の妥当性を確認(validation)することはできません。一方、hemoscope®は専用ソフトであり、流体力学を専門とする開発者がvalidationまでを行っています(VCFD™)。