

柔軟性のある心臓弁を FIDAP でモデリング

資料提供：CBFM, Leeds 大学機械工学部

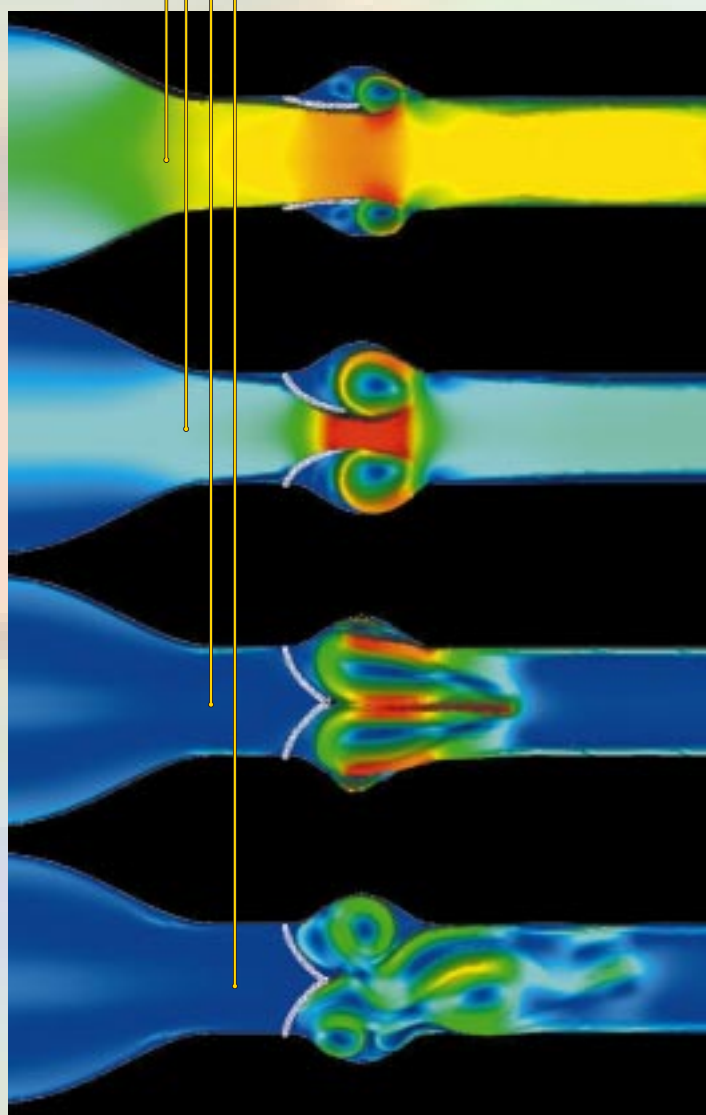
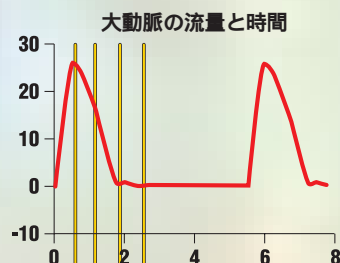
脳や末端から流れてきた酸素の少ない血液は心臓の右側部分を通って左右の肺へ送られ、そこで酸素を取り込みます。酸素を多く含んだ血液は、心臓の左側部分を通って大動脈から脳や末端に送られます。左心室と大動脈の間にある大動脈弁は、心臓の左側からの血液の流れを制御しています。弁には絶えず応力がかかっているため、機能不全が起こりやすくなっています。この弁が単独で機能しなくなった場合によく実施されるのが、心臓弁の交換です。

交換用の心臓弁には機械的な（硬い）ものと柔軟性のあるものとの2種類があります。最も一般的に使用されるのは前者です。機械弁は耐久性が高く、交換後も外科的な注意をあまり必要としません。ただし機械弁を使用した場合、患者は継続的に抗凝血薬治療を受けなければなりません。これに対し、柔軟性のある弁は、自然の弁により近い動作をします。しかし初期の弁は動物組織を処理したもので、継続的な抗凝血薬治療を受けなくてもすみますが、時間の経過とともに性能が低下するため、最終的には交換が必要となります。その結果、最近では合成素材を使用するようになりました。合成素材の弁は、自然の弁と同様の機能を実現だけでなく、機械的な弁と同様の耐久性を持ちます。合成素材の弁の設計を最適化することで理解が深まり、より広く使用されるようになることが期待されます。

柔軟性のある弁の動作を研究するため、Leeds 大学機械工学部の数値生体流体力学研究グループの研究者らが独自に作成したコードと FIDAP を組み合わせて使用しました。彼らの目的は、柔軟性のある心臓弁と、これを通過する周期的な血液の流れの解析です。詳細な解析には、広範にわたるモデル作成やテストが必要です。時間と経費を最も効果的に利用するため、CFD によるアプローチがとられました。CFD を使うことで、従来の実験的な方法に比べ、流れ場をより全体的に把握できると予想されました。

弁は、柔軟な葉状の面（弁葉）を備えた管から構成されています。弁葉の位置により、管の開き具合は完全に閉じた状態（心拡張期）から完全に開いた状態（心収縮期）まで、毎分およそ 72 回変化します。弁葉の周期的な運動には独自のコードが適用されました。また、弁葉の位置ごとの境界条件が FIDAP に与えられ、移動境界条件モデルが使用されました。FIDAP の結果は独自コードにフィードバックされ、弁葉の応力と位置が計算されました。同様の処理が心周期数回分繰り返されました。

このモデルには、柔軟な心臓弁の設計ツールとして今後大きな可能性があります。現在、FIDAP と Leeds 大学の独自コードをより密に結合する計画が進行中です。



弁を通過する流れ。弁が完全に開いた状態から閉じた状態まで変化する様子を心周期中の 4 点で示す。

詳細はこちらまで。

<http://leva.leeds.ac.uk/cbfm/>