

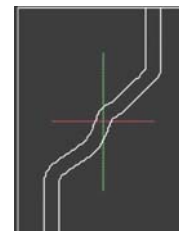
血管形状決定機構解明への 遺伝的アルゴリズムの適用

Application of Genetic Algorithm for Prediction
of Artery Geometric Determinant

姫野雅子 理化学研究所
野田茂穂 理化学研究所
姫野龍太郎 理化学研究所
深作和明 碑文谷病院

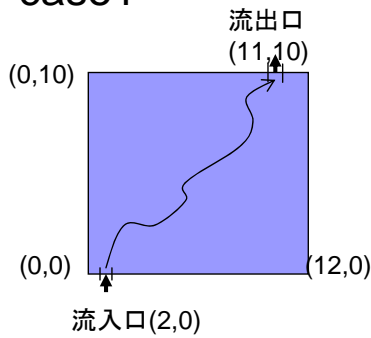
目的と背景

- 目的:
流体力学的視点から、血管形状を決定する主たる要因を解明する
- 方法:
血管形状決定要因を仮定し、最適化を試みる
↓
実際の血管形状と比較し、再現性を検討
- 血管そのものの研究から
 - 内皮細胞で剪断応力を検知
 - 動脈瘤と剪断応力に関係があるという説
- 最適化に取り上げた目的要因
 - 流体力学的要因
 - 最大壁面せん断応力
 - 流入流出口の圧力差
 - 流路面積

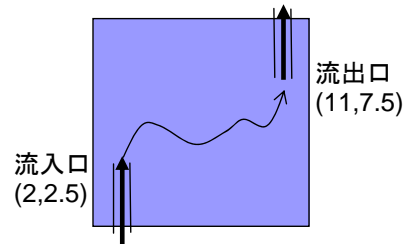


テストケース

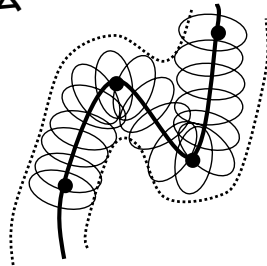
case1



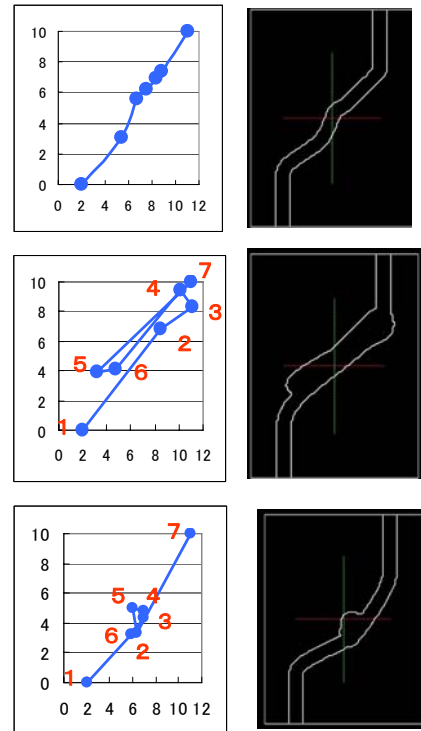
case2



形状の決定方法

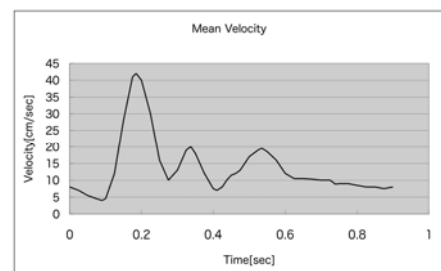


点列から得られる形状

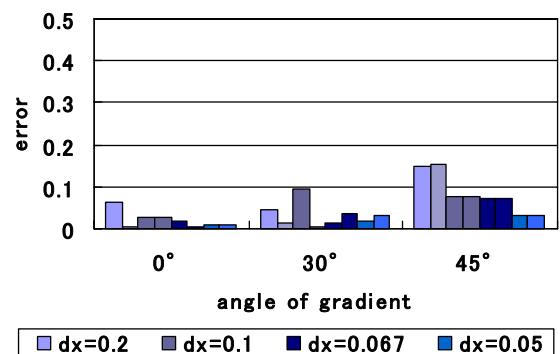


血流解析方法

- 対流項:QUICK法
- VOF法
 - 直行等間隔メッシュと体積占有率・開口率で曲面を表現
- 頸動脈の直径と流速に相当する解析
代表長:管径 $\Phi=0.5$, $Re=810$
- 最適化計算に用いた格子幅: $\Delta x=0.2$
- 計算範囲
探索範囲(0,0)-(12,10)と助走区間(長さ5.0、流入口前と流出口後に設ける)
- 4周期の予備拍動後の2周期分をデータとして使用



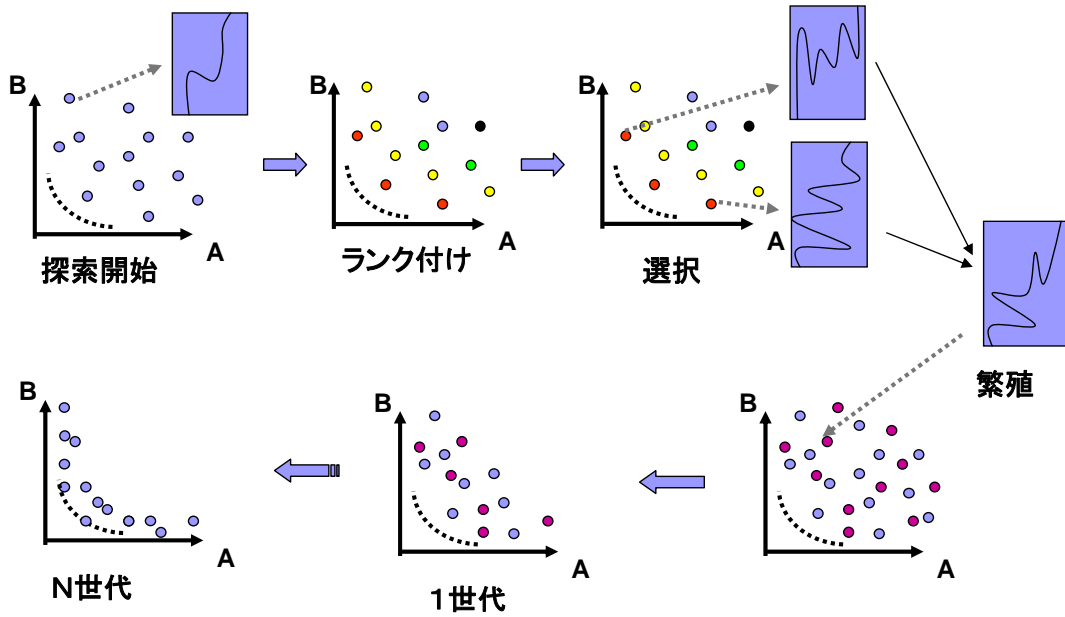
拍動流入条件



剪断応力計算の精度
理論値との誤差

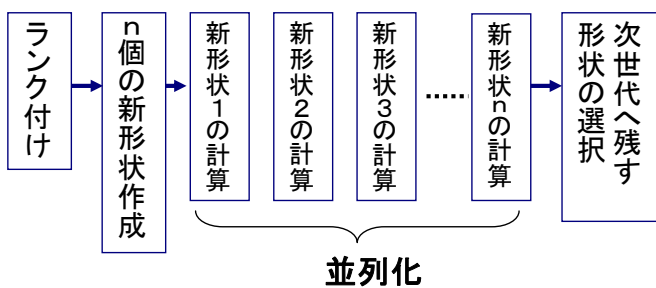
多目的最適化—遺伝的アルゴリズム

NSGA II の流れ (Deb, K. et. al. 2002)

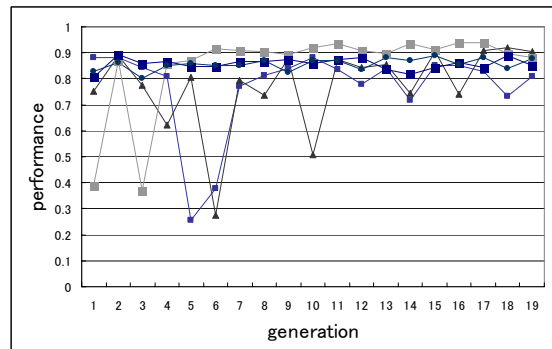
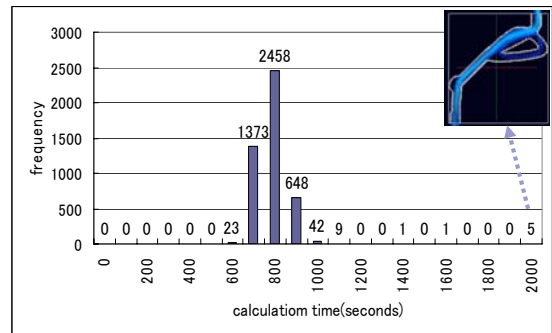
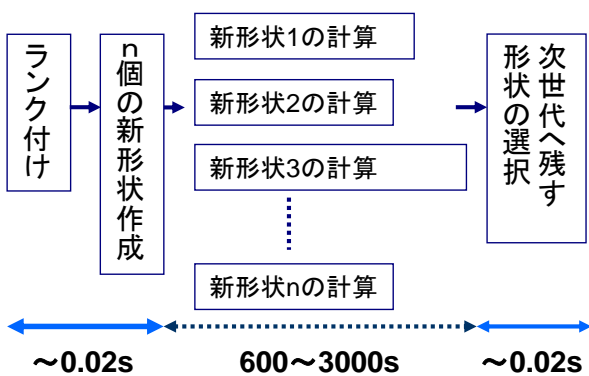


- 一度に多数の最適解を求めることができる
- 目的要因間の重みパラメータが不要

並列計算

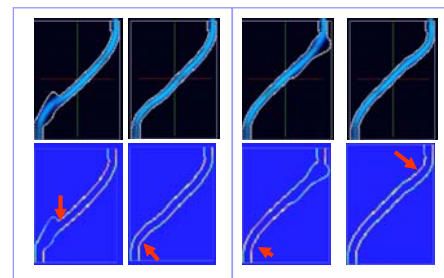
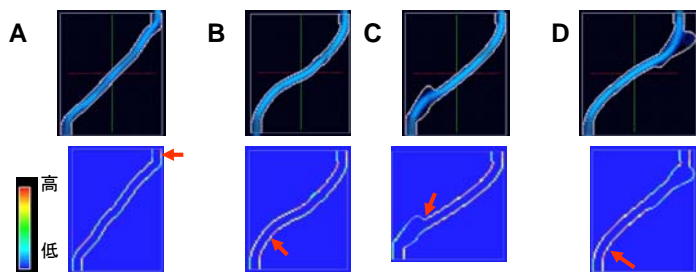
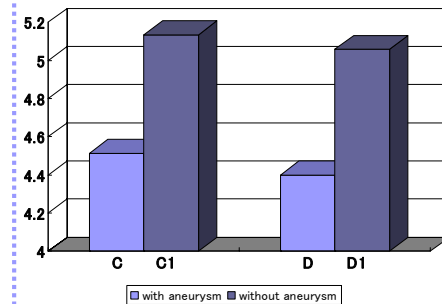
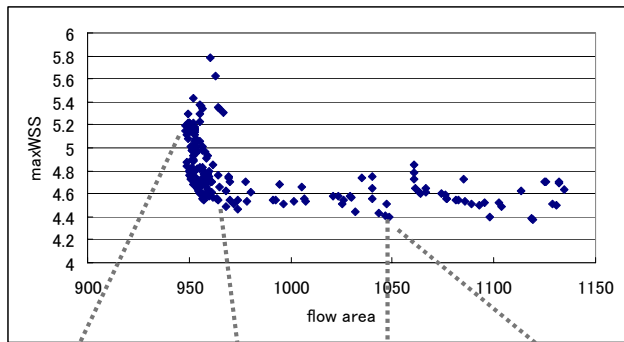
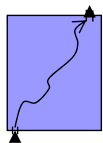


並列化可能な部分の割合は0.99999
よって100000CPUまでは性能が向上すると予測



目的要因:「最大壁面せん断応力」と「流路面積」

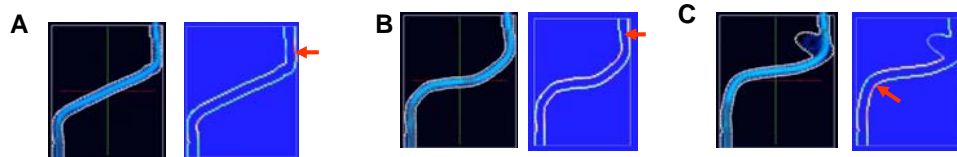
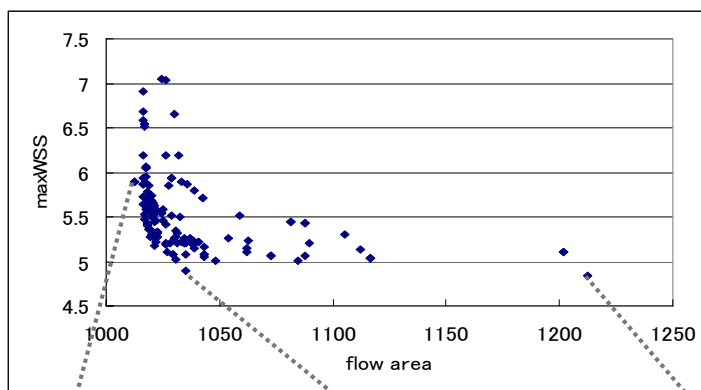
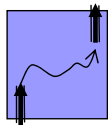
case1



| | | | | |
|-----------|-------------|------------|------------|------------|
| 流路面積 | 947.88 | 963.46 | 1047.04 | 1048.70 |
| 最大壁面せん断応力 | 5.147 | 4.552 | 4.514 | 4.399 |
| (座標点) | (10.5, 9.2) | (2.8, 2.5) | (3.5, 3.5) | (1.7, 0.7) |

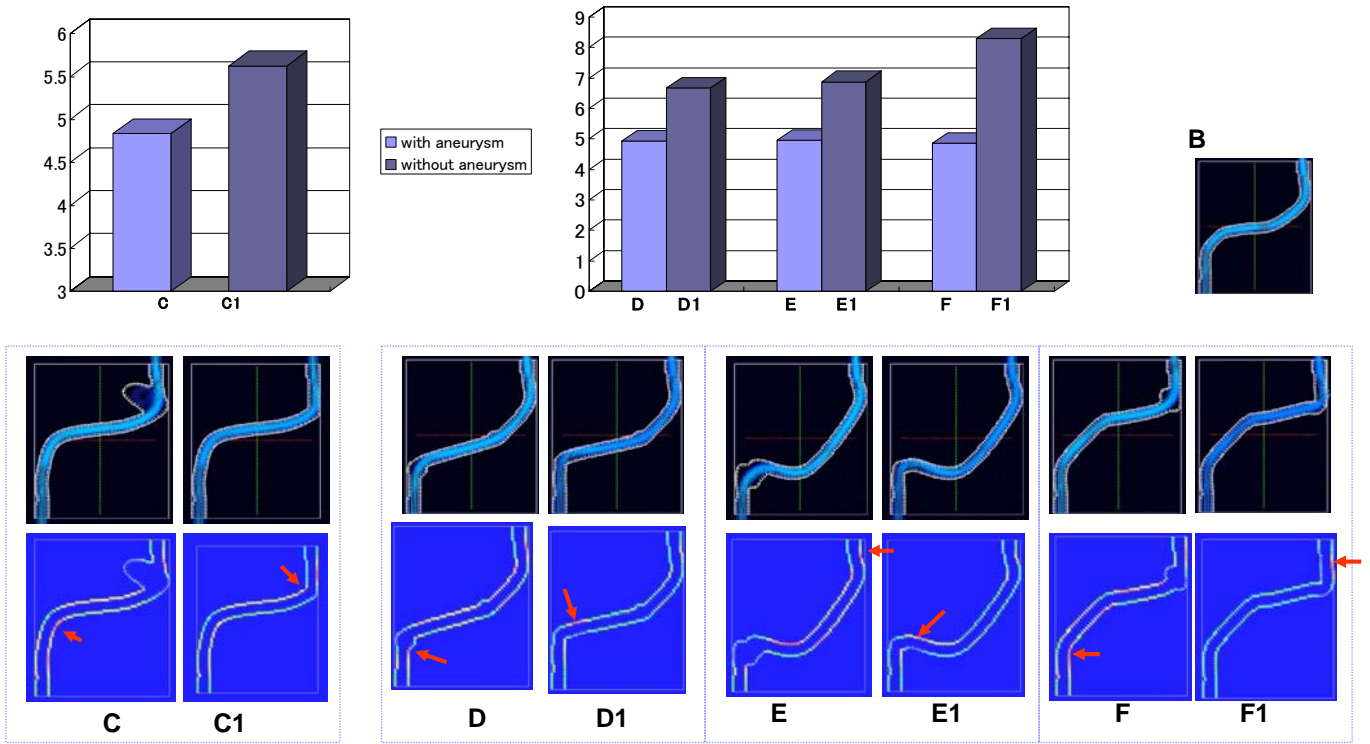
目的要因:「最大壁面せん断応力」と「血流面積」

case2



| | | | |
|---------|-------------|-------------|------------|
| 流路面積 | 1012.51 | 1035.36 | 1212.51 |
| 最大せん断応力 | 5.897 | 4.897 | 4.838 |
| (座標点) | (11.5, 9.1) | (11.5, 9.7) | (3.1, 4.5) |

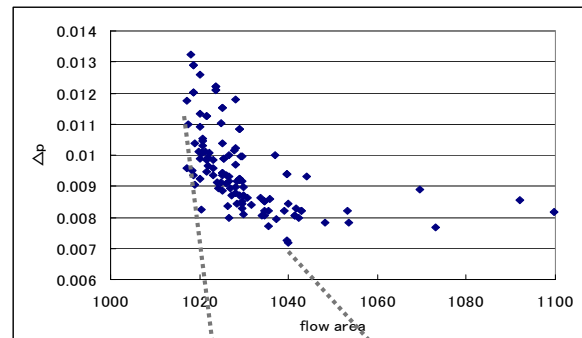
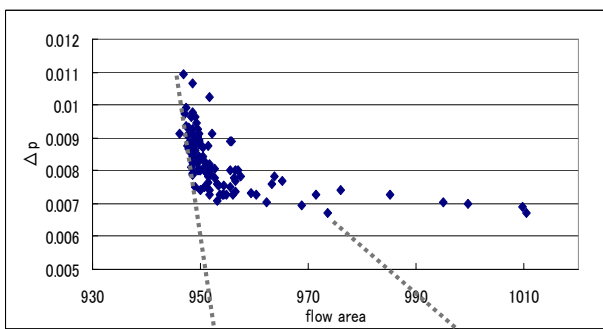
最大せん断応力と瘤状の形状 (case2)



目的要因: 「流入流出口の圧力差」と「流路面積」

case1

case2



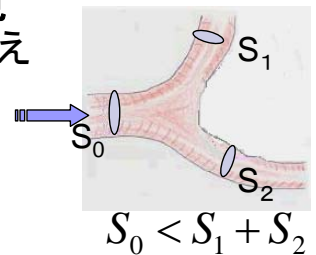
| | | | | |
|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 流路面積 | 946.95 | 968.84 | 1017.01 | 1037.15 |
| 圧力損失 | 0.01094 | 0.00694 | 0.01175 | 0.00795 |
| 最大せん断応力(座標点) | 5.439 (11.5, 9.2) | 4.913 (3.5, 3.0) | 5.879 (3.8, 3.9) | 4.942 (3.0, 4.3) |

考察と結論

- 「瘤状の形状」が、剪断応力の低下に寄与する可能性があることを確認した。
- 血管形状決定には、やはり「局所的な剪断応力」が重要な要因である。
- 動脈瘤のような形状は血管の適合の特異な場合であるのかもしれない。

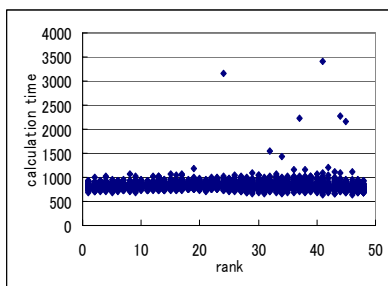
■ 剪断応力と血管形状に関するこれまでの知見

- 血管は分岐を繰り返すたびに断面積が増える
- 動脈瘤の成長と剪断応力との関係
- 内皮細胞に剪断応力を感知するセンサーがある

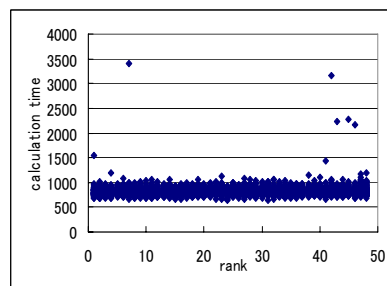


今後の予定

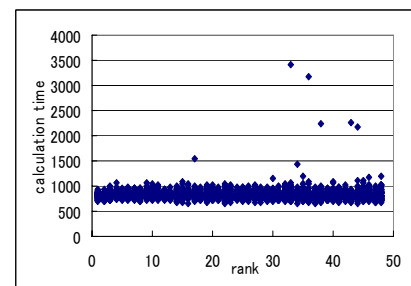
- 三次元での形状最適化でも同等の結果がえられるか検証する
 - 計算時間の短縮
 - 血流解析計算の並列化
 - 血流解析計算時間の予測し、計算の順番を工夫することによる効率化



flaw area



calculation time of parents



flaw area and calculation time of parents

Expectation of the calculation time