

Title	大動脈弓の捩れが流れに与える影響
Author(s)	佐藤, 庸介
Citation	
Issue Date	2005-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	none
URL	http://hdl.handle.net/10119/1861
Rights	
Description	Supervisor:松澤 照男, 情報科学研究科, 修士

大動脈弓の捩れが流れに与える影響

佐藤 庸介 (310048)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2005 年 2 月 10 日

キーワード: 大動脈弓捩れ, 壁せん断応力, 2 次流れ.

1 目的と背景

近年日本の高齢者において循環器系疾患の 1 つである大動脈瘤疾患が増加している．大動脈瘤疾患とは身体の中で最も太い血管である大動脈にこぶ (瘤) ができる病気である．この疾患は厄介なことに瘤が出来ていても症状が出ないケースが多く，破裂してしまうと命に関わる．よって瘤が発症する前に予防を行なう，もしくは瘤が破裂する前に疾患を発見し処置する事が望ましいが，現状では瘤を見つけるには定期的に検診を行なうしか無い．このような血管病の多くは比較的大きな血管の分岐部や湾曲部など，血流に変化が起きる箇所で発症しやすい事が知られている．よって本研究においては瘤の発症しやすい箇所の 1 つである，大きな曲がり管形状の大動脈弓に着目した．

大動脈弓内流れを解析する際に重要になるのは，大動脈弓の捩れの大きさである．人間の大動脈弓は 3 次元的に捩れており，また個々によって捩れ具合が異なる．吉井らは大動脈弓の捩れを表現するために CT 画像から構築した 3 次元形状を観察した．そして大動脈弓を上部から観察した際に 4 つの特徴点を定義し，特徴点を直線で結んだ際の各々の成す角度を測定することにより，捩れの大きさを表現した．この方法によって大動脈瘤患者の大動脈弓は健常者に比べ捩れが大きい傾向にある事を確認した．この結果により大動脈瘤疾患と大動脈弓の捩れの大きさに関連性があると考え，本研究では大動脈瘤患者モデル，健常者モデルそれぞれを作成後，大動脈弓内流れの解析を行ない，考察を行なった．

2 計算手法

本研究では捩れを有する大動脈弓をモデリングするために，吉井らが定義した 4 つの特徴点を用いた．それぞれの特徴点は以下の点とする．

1. 大動脈弁と上行大動脈の接合部
2. 上行大動脈で最も外側の点

3. 大動脈弓頂部

4. 大動脈弓と下行大動脈接合部

モデル作成においては初めにこの4つの特徴点をそれぞれスプライン曲線で繋ぎ中心軸を作成し、次にその周りに円管を形成した。捩れの大きさは、大動脈弓を上部から観察した際の特徴点1, 2, 3がなす角度(δ 角)、および特徴点2, 3, 4がなす角度(γ 角)の2つの曲がりとして定義し、大動脈瘤患者と健常者それぞれにおいてもっとも特徴を表している角度を用いた。吉井らの報告によればもっとも特徴を現しているそれぞれの角度は、大動脈瘤患者の場合 δ 角は18度、 γ 角は120度。健常者の場合は δ 角は46度、 γ 角は141度である。よって本研究ではこの角度を用い形状を作成した。

本研究では δ 角および γ 角、それぞれの曲がりにおける流れへの影響を調べるために、 δ 角のみを有する形状、および γ 角のみを有する形状も作成した。また、よりリアリスティックな形状における解析を行なうために、分岐管を持つ形状も作成した。よって作成した形状は以下の8通りである。

表 1: 解析形状種類

形状 No.	i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii
δ 角	120 度	141 度	無	無	120 度	141 度	120 度	141 度
γ 角	無	無	18 度	46 度	18 度	46 度	18 度	46 度
分岐管の有無	無	無	無	無	無	無	有	有

本研究ではまず、上記のうちi~viの6つの形状において一様流条件の定常計算を行い、それぞれの捩れが流れに与える影響について考察を行なった。次に、よりリアリスティックな形状における捩れの影響を調べるために、vii, viiiの2形状において同様に一様流条件にて定常計算を行い、分岐管を持たない形状との比較、および分岐管を持つ2形状について比較、検討を行った。更に本研究では拍動流条件における解析も行なった。人間の拍動の速さを表現するパラメーターとして Womersly 数があり、この値が大きいほど拍動の速さは速い。Whitmore によると実際の人体においてこの値は13~21の値を取るとある。大動脈瘤疾患は元々生活習慣病が原因であると考えられ、つまり大動脈瘤患者が高血圧である可能性が非常に高い。本研究では大動脈瘤患者を想定した解析を行なっているため、Womersly 数のもっとも高い21を基準とし、v, viの形状において解析を行なった。更に Womersly 数=13, 17についても解析を行い、比較、検討を行った。最後に Womersly 数=21における分岐管を持つ形状vii, viiiで解析を行い、拍動流条件での分岐管の影響、および捩れの大きさの影響について考察した。

また本研究における計算格子は非構造格子で作成したため、解析には非構造格子での解析が可能な有限体積法を用い、ソルバーはFluent6.1を用いた。

3 結論

本研究では，人間の大動脈弓を模した形状を作成し，管内の流れ解析を行なった．その結果それぞれの捩れの大きさによって，流れや壁すり応力における分布および値に影響を与える事が分かった． δ 角においては下行大動脈の流れに影響を及ぼし， γ 角においては上行大動脈の流れに影響を及ぼす傾向にある事が分かった．それぞれの捩れが大きい程，流れの早い箇所と遅い箇所の差が大きくなり，その影響により壁すり応力の高い領域および低い領域が顕著に現れる．また2つの捩れを有する場合には，それぞれの捩れの影響がより一層顕著に現れた．

壁すり応力の分布と瘤の発症箇所について比較すると，大動脈弓入口で見られた低壁すり応力の領域は嚢状大動脈瘤の発症箇所と近接しており，下行大動脈で見られた低壁すり応力の領域も同様に下行大動脈瘤の発症箇所と近接していた．これらの結果を元に考えると一般的に言われる，低壁すり応力域において瘤が発症しやすいという説の裏付けになったと言える．但し大動脈瘤患者の大動脈弓の捩れが大きい傾向にあるという報告は，瘤発症後の調査によるものであるために，捩れが瘤発症以前に有するものであったのか判断が出来無い．しかしこの結果において考えれば，大動脈弓の捩れは瘤の発症以前に有するものであったと推測される．