

phase contrast 法における位相分布特性の検討
- 血管形状・流速分布の適切な評価に向けて -

加藤陽子 姫野龍太郎



背景

静止領域と血流領域の境界

血管疾病・・・形状・血流速度

↓
定量的な評価

↓
phase contrast 法 (位相)

- 静止領域における位相分布特性の評価
- VENC, スライス位置が流速分布に与える影響の評価

血管抽出例



加藤陽子・姫野龍太郎, MRI画像における血管領域抽出手法構築を目的とした phase contrast 法の流速計測特性評価, 生体医学工学, 41-2 (2003), 115-121. 第5図より転載.



実験概要

静止領域内の標準偏差(SD)を計測した

Sample: MnCl₂ solution (0.005-0.2 mM)
Gelatin (50-200 g/l)

Parameters in a phase contrast method:

T_R=25-500 ms, T_E=10 ms, VENC=6 cm/s

Matrix=256*256, pixel spacing=1 mm, slice thickness=3 mm

System 1.5 T EXCELART MR System (Toshiba Corporation, JAPAN)

結果

— T_R と位相分布の関係—

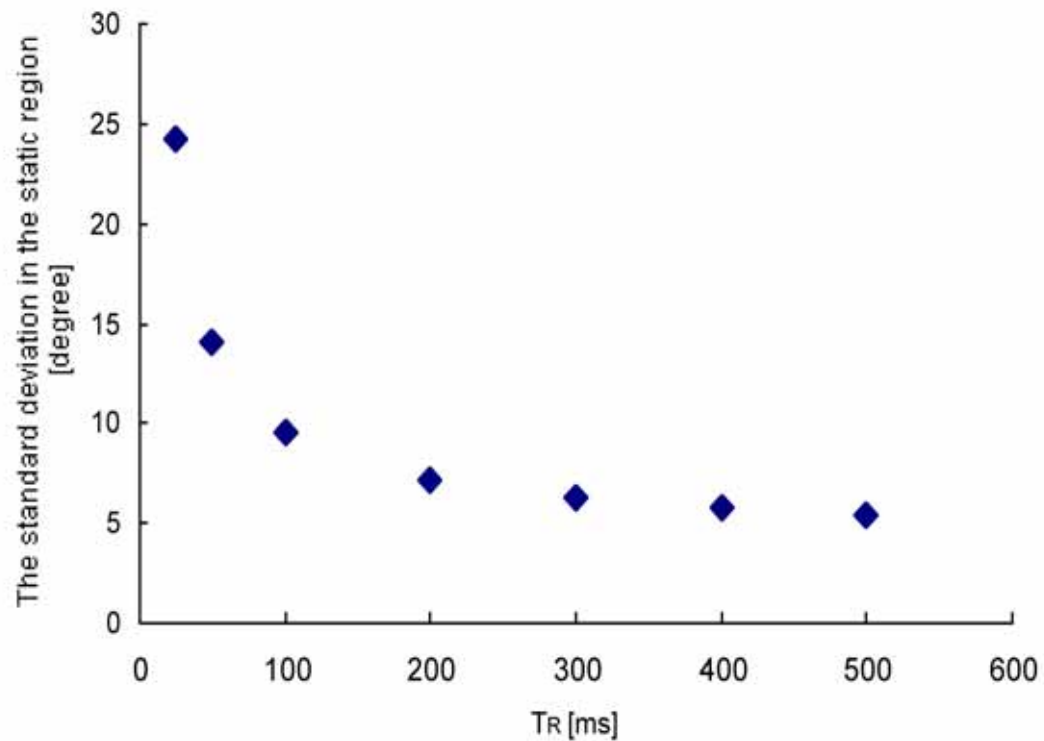
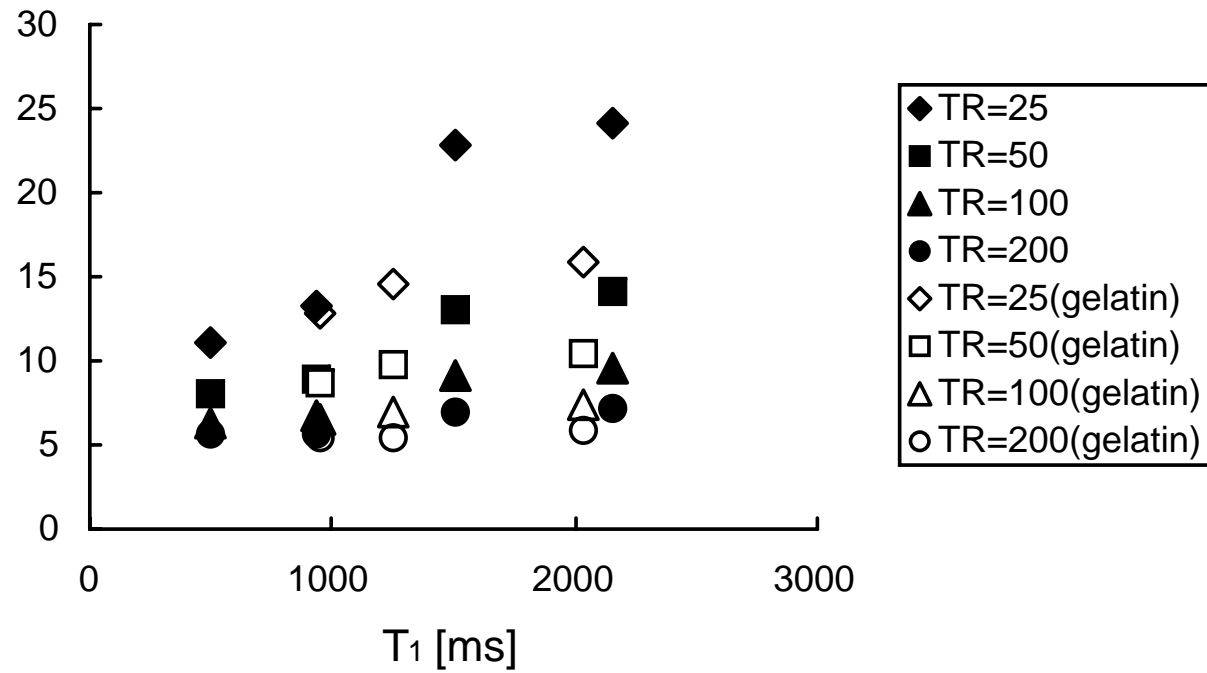


Fig.1 T_R の増加に伴う静止領域の位相分布の変化
($MnCl_2$. $T_1=2.2 \times 10^3$, $T_2=1.1 \times 10^3$, $T_2^*=7.1 \times 10^2$.)

(JSMRM, 山梨, 2003.9)

結果

—緩和時間と位相分布の関係—



吸収熱量

$$SAR = \frac{1}{T_R} \kappa r^2 B_0^2 \alpha^2 D$$



$$SAR = \frac{1}{T_R}$$

SAR 比吸収率
電気伝導率
r 半径
B₀ 静磁場
α フリップ角
D 仕事率

結果

—位相分布と $N(1/TR)$ の関係—

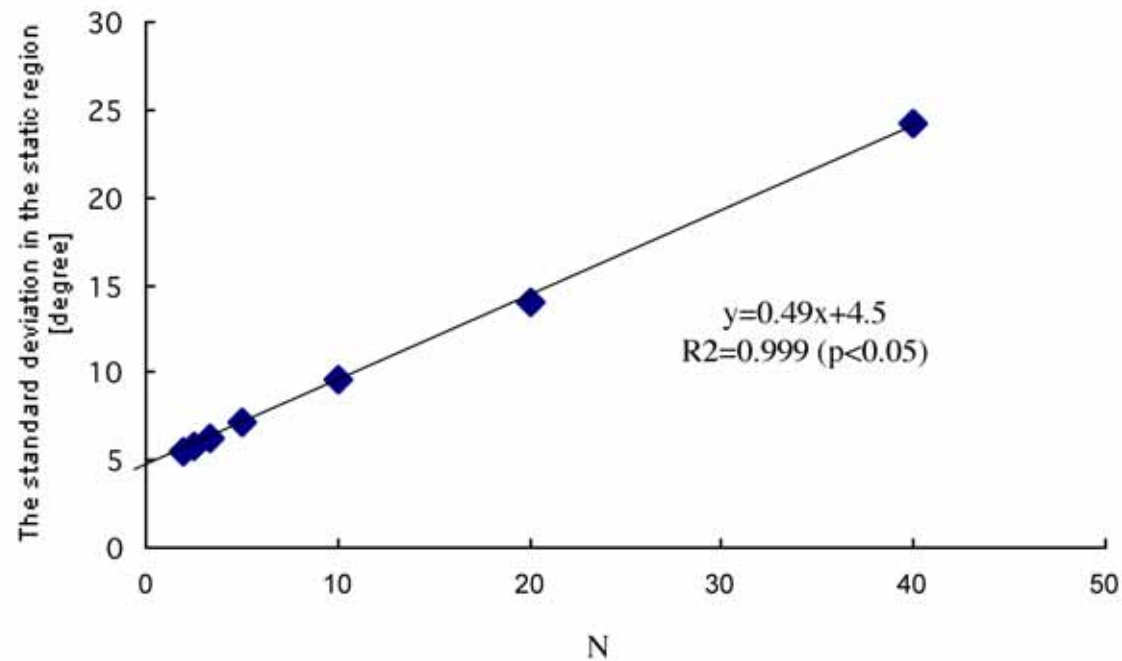


Fig.2 パルス数の増加に伴う静止領域の位相分布の変化
(MnCl_2 , $T_1=2.2 \times 10^3$, $T_2=1.1 \times 10^3$, $T_2^*=7.1 \times 10^2$).
N, 単位時間内に照射されるRFパルスの数.



考察

- ・ T_R 増加に伴って標準偏差が減少
 - ー > 熱量減少の影響
- ・ $MnCl_2$ とゼラチンの差
 - ー > 半径, 電気伝導率, 温度の影響
- ・標準偏差と緩和時間
 - ー > 関連性有り



実験概要

U字管を用いて, 3D phase contrast法の
流速分布を評価した

Sample: MnCl_2 solution (0.2 mM)

Parameters in a phase contrast method:

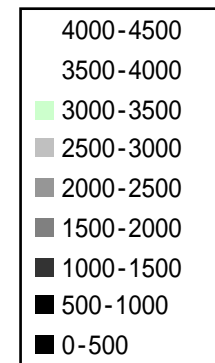
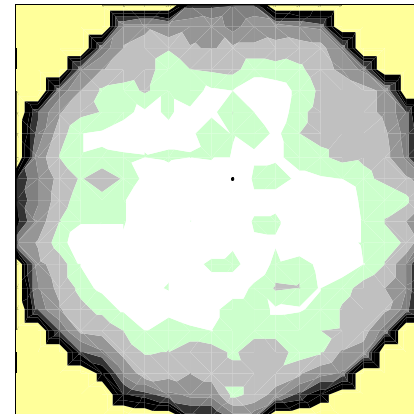
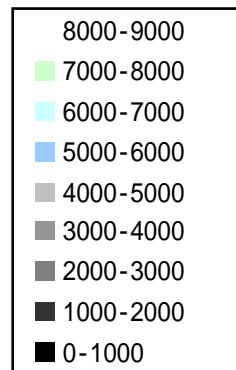
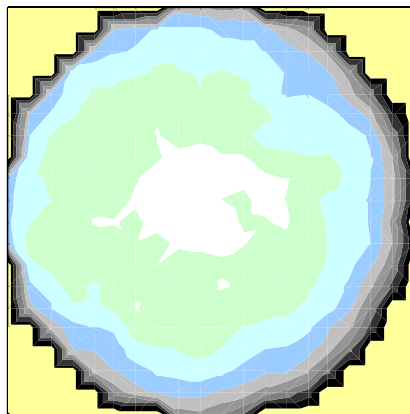
$T_R=50$ ms, $T_E=10$ ms, slice thickness=2 mm, pixel spacing=1 mm

U-shaped Tube Radius: 10 mm

Radius ratio: 1/7

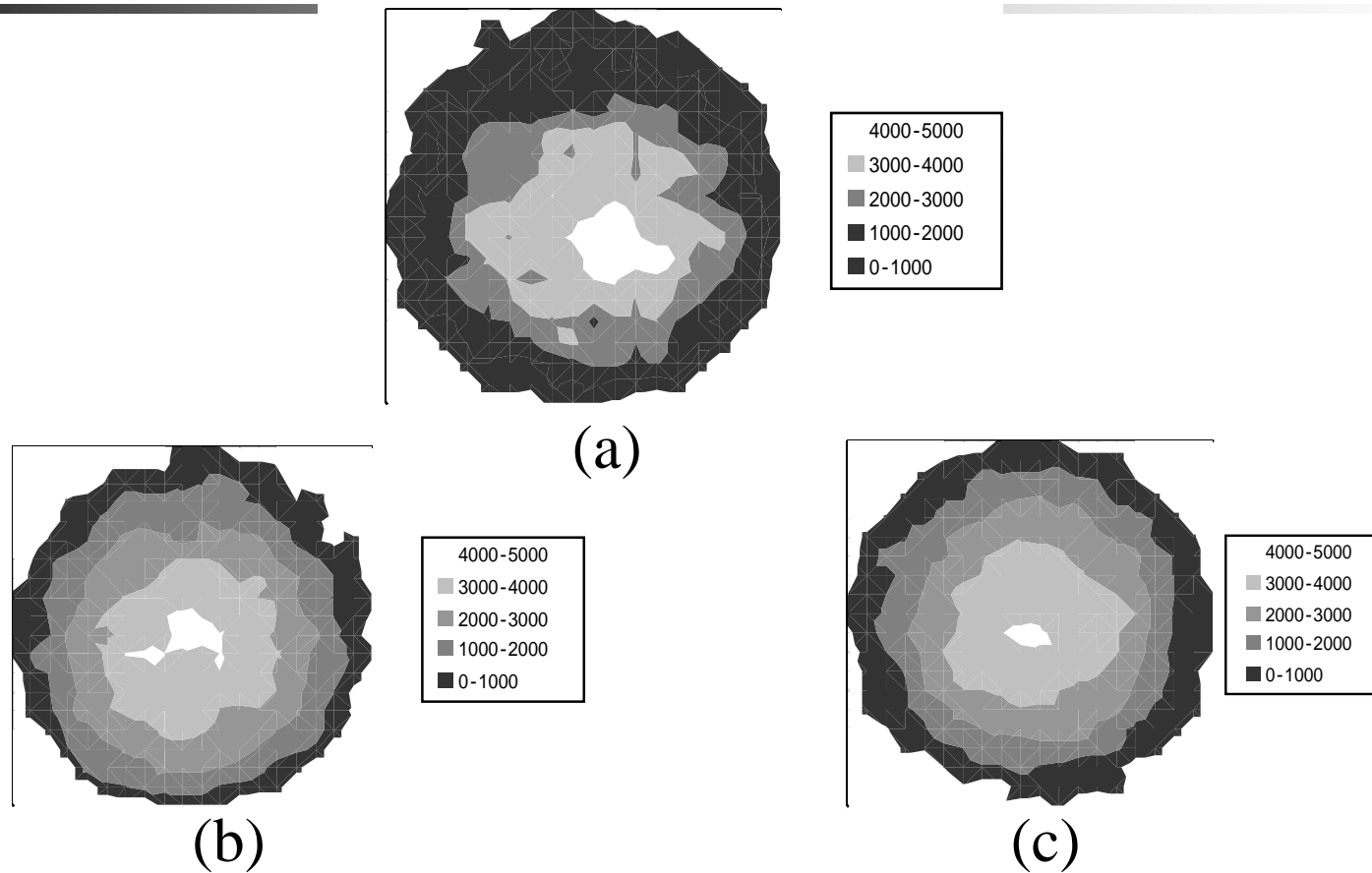
Re: 1.0×10^3 , 4.2×10^3

VENCの影響



VENC が速度分布に及ぼす影響 . $Re=4.2 \times 10^3$ の場合 . (a) $VENC=30$ cm/s , 最大流速の誤差=6% , (b) $VENC=60$ cm/s , 最大流速の誤差=3% .

スライス方向の歪みの検討

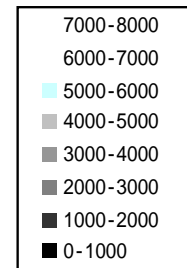
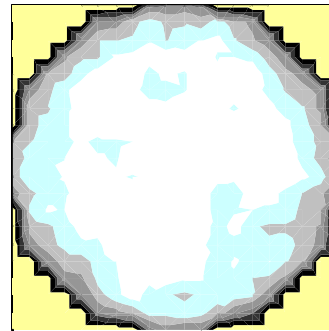


Re= 4.2×10^3 の場合. VENC=60 cm/s.

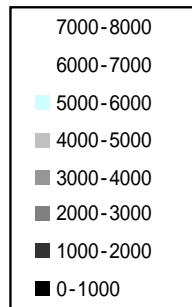
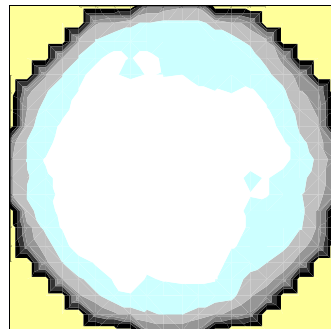
slice 方向の座標が(a)最小, (b)平均, (c)最大の場合について, normalized phase を表示.

VENCとスライス位置

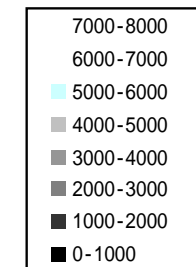
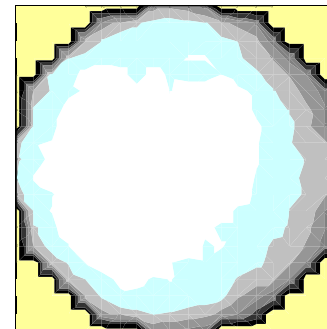
— $Re=4.2 \times 10^3$ —



(a)



(b)



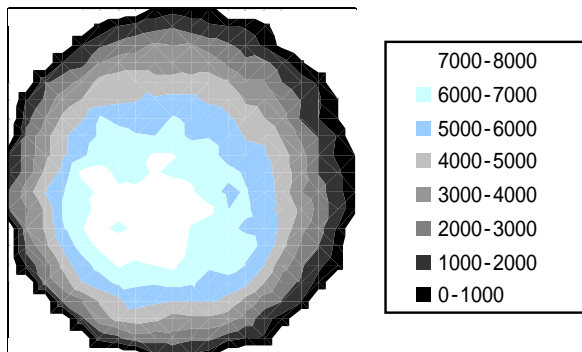
(c)

$Re=4.2 \times 10^3$ の場合. $VENC=35$ cm/s.

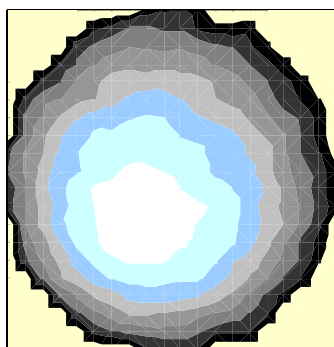
slice 方向の座標が(a)最小, (b)平均, (c)最大の場合について, normalized phase を表示.

VENCとスライス位置

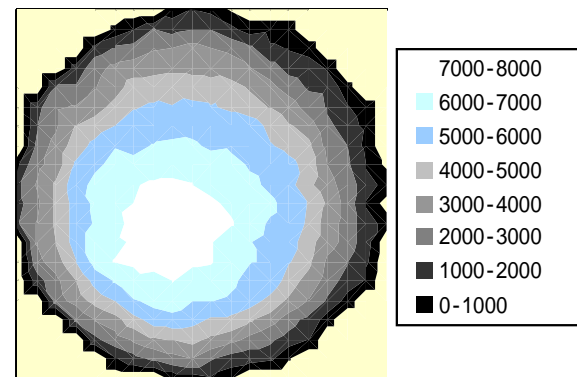
— $Re=1.0 \times 10^3$ —



(a)



(b)

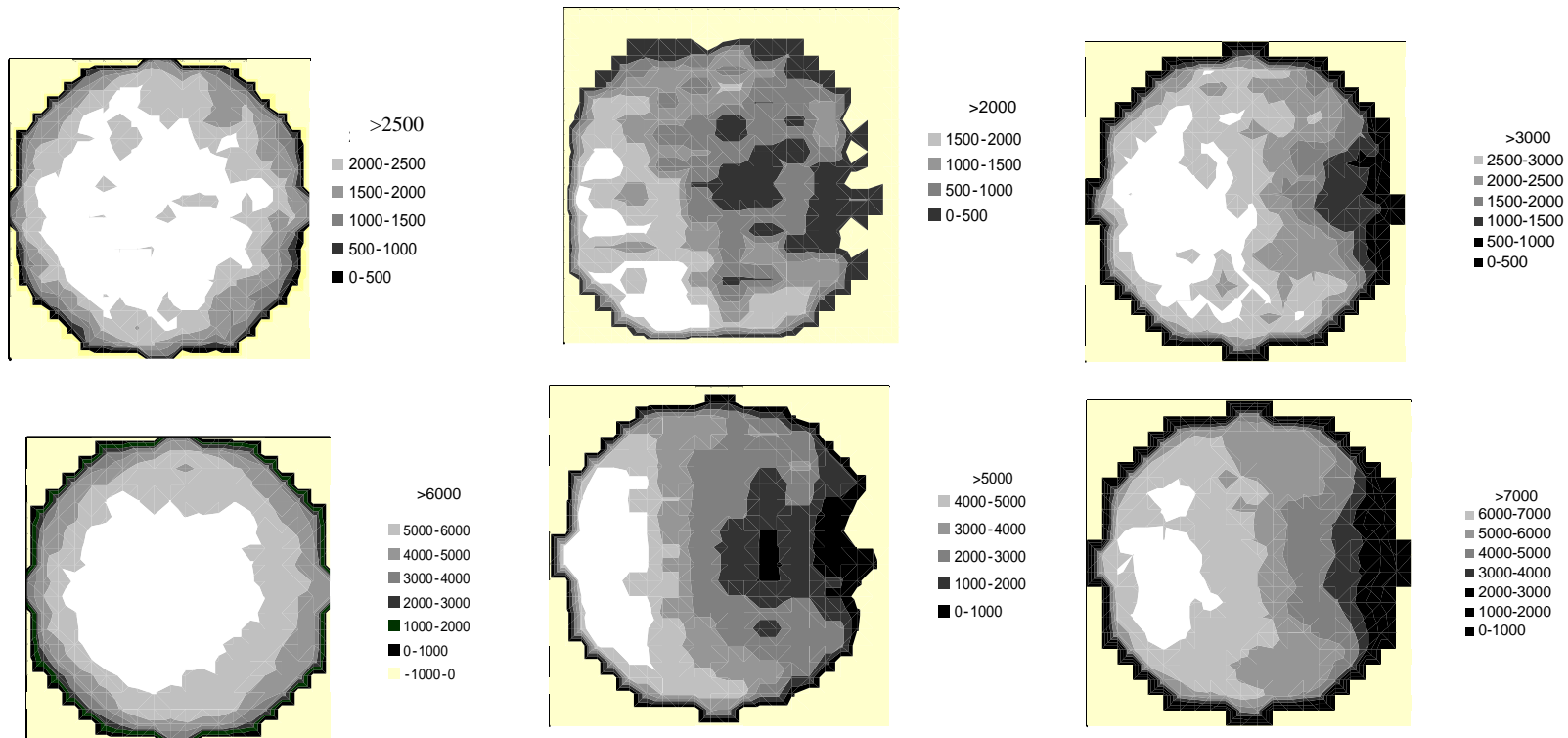


(c)

$Re=1.0 \times 10^3$ の場合 . VENC=15 cm/s.

slice 方向の座標が(a)最小 , (b)平均 , (c)最大の場合について , normalized phase を表示 .

U字管における速度分布



Re=4.2x10³ (Dn=6.0x10²). 左, 流入部; 中央, U字管頂上部; 右, 排出部;
 上, VENC=60 cm/s; 下, VENC=35 cm/s.



考察

- ・流速分布はVENC, スライス位置により影響を受ける.
- ・VENC, スライス位置による影響は, 流速分布に依存しない.
- ・最大流速値のVENCに対する依存性は低い