

水分子の動きを活用した 拡散MRIによる 新たながん診断法の開発



Lady and Water Lily By Michiyo Nishiura

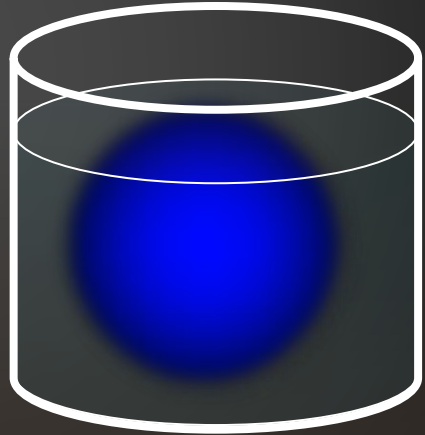
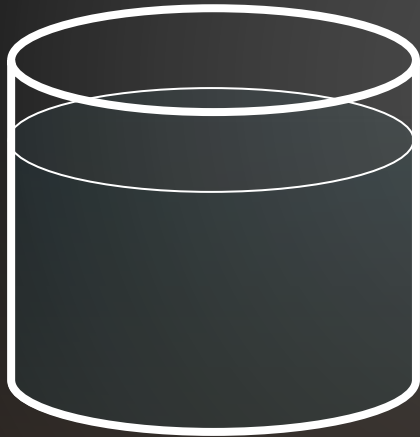
京都大学医学部附属病院 先端医療研究開発機構・放射線診断科

飯間 麻美

Mami Ima

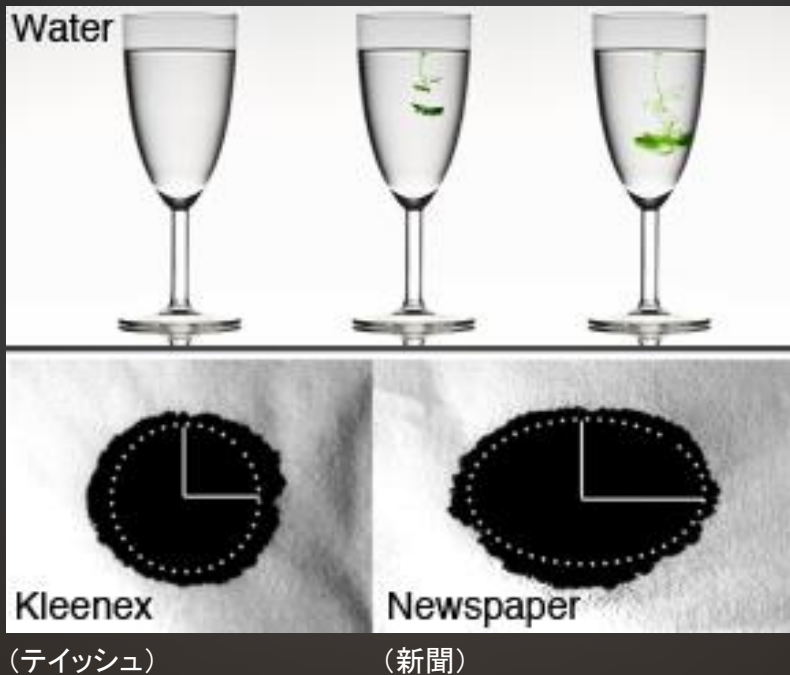
拡散

コップの水にインクを落とすと



→ 自由拡散

色々な拡散



MRIの画像は何を見ているの？

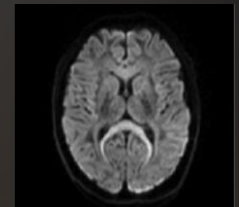
水や脂肪

磁石と電磁波を使って体内の水素原子の状態を画像化している(約mm単位)



水素原子
プロトン
(磁化)

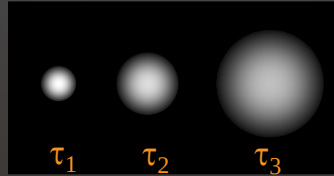
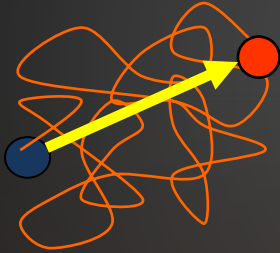
正常脳のMRI画像



<https://blog.ismm.org/2017/04/07/diffusion/>

拡散

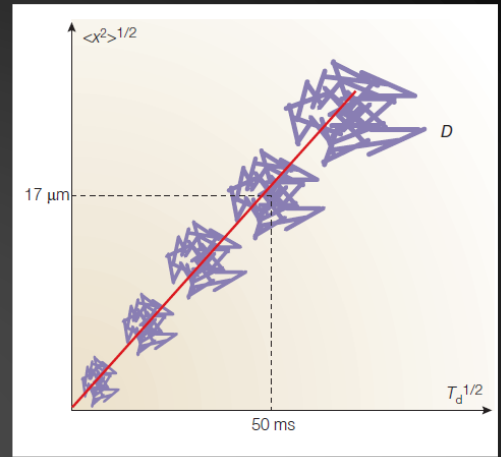
拡散MRIでは、水分子の拡散を
可視化できる



$$\langle x^2 \rangle = 2 D \tau$$

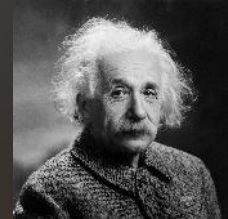
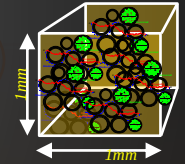
拡散係数

アインシュタインの方程式



Le Bihan, D. Nat Rev Neurosci 2003

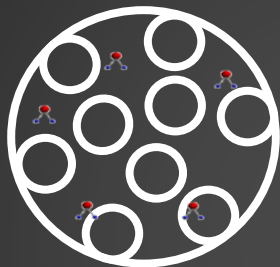
画像: mm単位
得られる情報: μ m単位



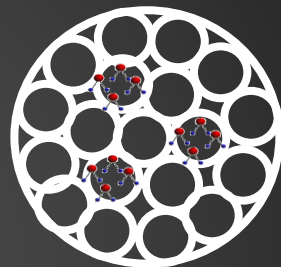
Photograph by Orren Jack Turner, Princeton, N.J. Modified with
Photoshop by PM_Poon and later by Dantadd.

がんでは水分子の動きが制限される

正常な組織では
水分子は動きやすい



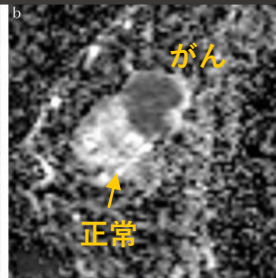
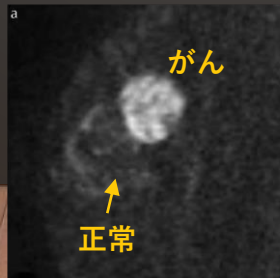
がん細胞がたくさんいると
水分子が動きにくい



片方の乳房（矢状断）

拡散強調画像

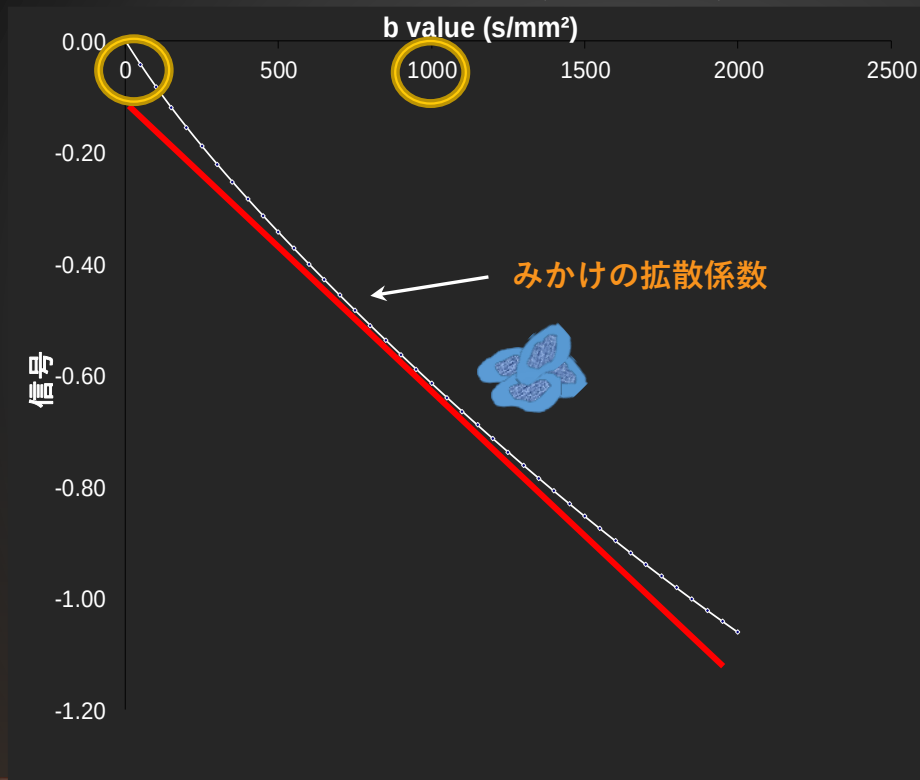
みかけの拡散係数マップ



がんではみかけの
拡散係数が下がる

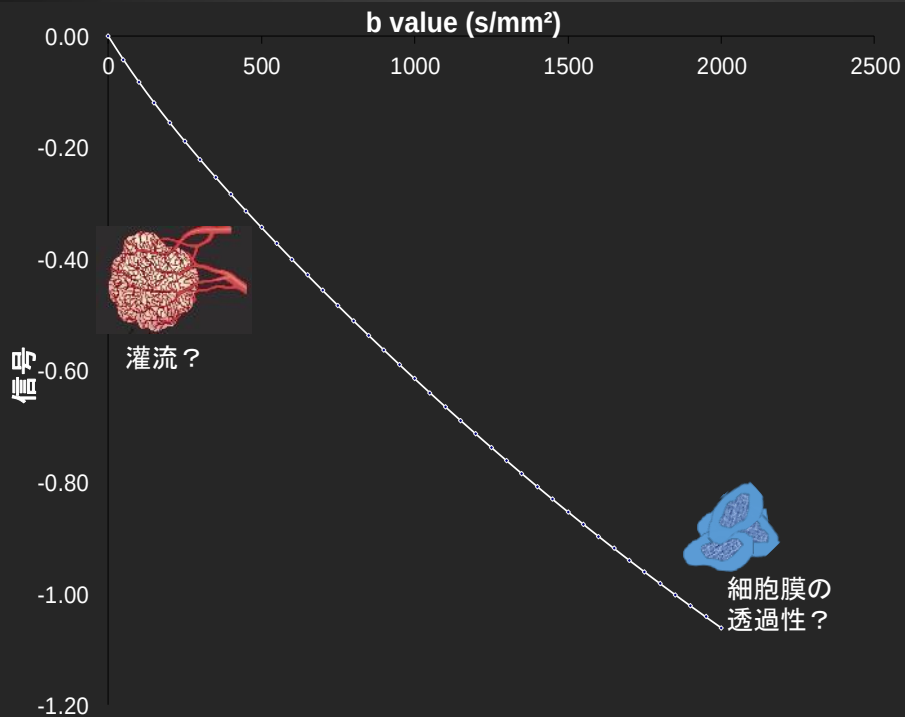
拡散MRIをとってみよう

傾斜磁場の影響の大きさ（拡散強調の度合い）



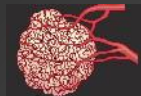
拡散MRIをとってみよう

傾斜磁場の影響の大きさ（拡散強調の度合い）



拡散MRIを用いた新たな腫瘍診断法の提唱

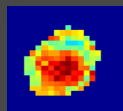
組織の水分子の拡散を画像化



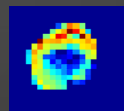
信号
 $\ln$



IVIM map
[灌流]



ADC map
[細胞密度]



K map
[細胞膜?]

統合診断マップ(特許済)

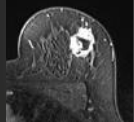
悪性



3 criteria
2 criteria
1 criteria
0 criteria
良性

従来の撮像は2次元
データも定性的

片方の乳房(水平断)

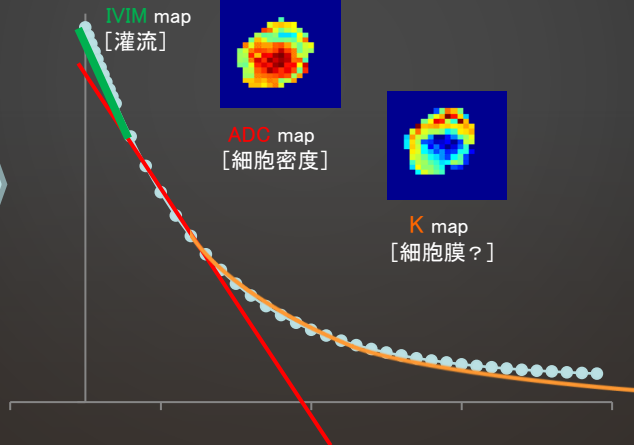


造影画像

?



拡散強調画像



b value
(拡散強調の度合い)



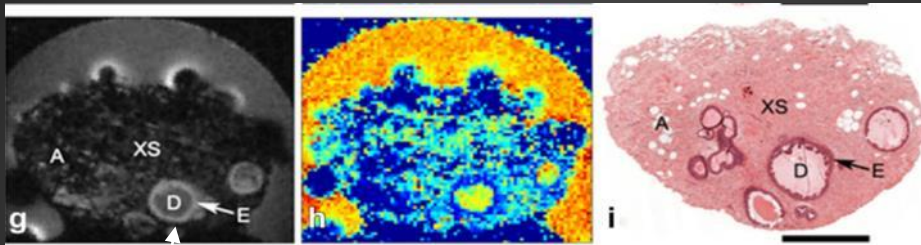
拡散MRIでとても細かな構造がみえる!

乳房、乳癌の微細構造 16.4T MRI、40- μ m ボクセル

拡散MRI画像

見かけの拡散係数マップ

実際の標本



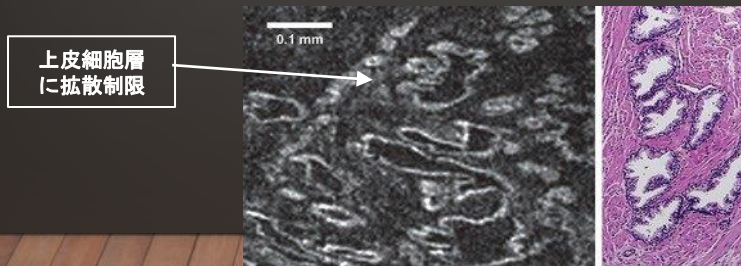
Norddin. et al Magnetic Reconsnce in Medicine 2014

乳管の壁
(上皮)に拡散制限

前立腺の微細構造 16.4T MRI、20- μ m ボクセル

拡散MRI画像

実際の標本



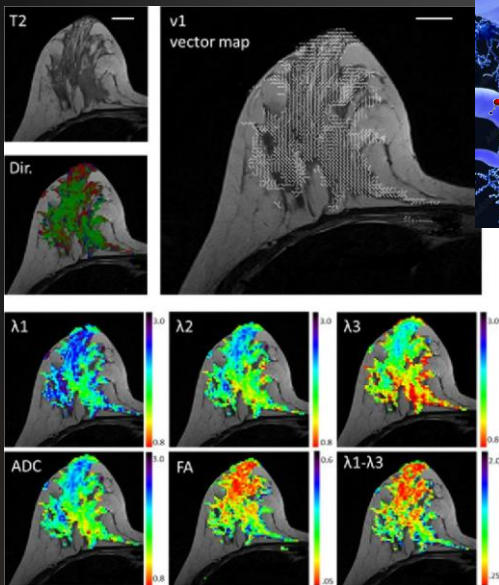
上皮細胞層
に拡散制限

Bourne et al. Journal of Medical Radiation Sciences 2013

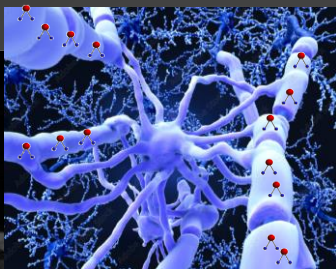
拡散MRIで水分子拡散の方向性もわかる！

異方性拡散

乳腺構造の異方性

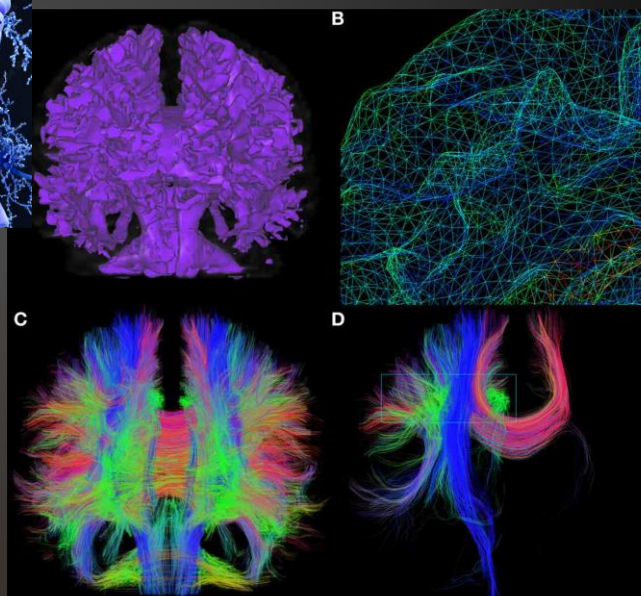


Nissan N. et al J Vis Exp. 2014



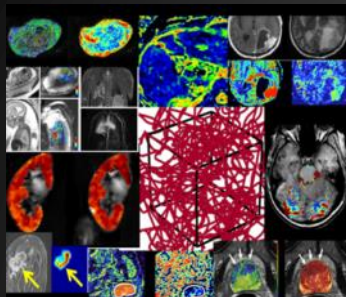
modified from Le Bihan D.
L'Erreur d'Einstein, OJ Editions

脳の白質線維



Chamberland et al. Frontiers in Neuroinformatics 2014

拡散MRI による安全ながん診断法の開発

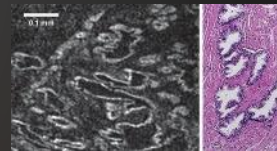


Intravoxel Incoherent Motion (IVIM) MRI : Principles and Applications (1S1)

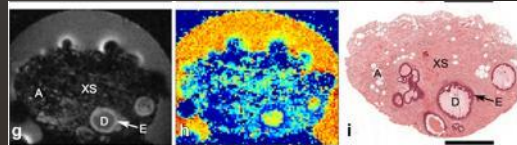


詳しい特徴
を捉える

細かな構造
を捉える



Bourne et al. Journal of Medical Radiation Sciences 2013



Norddin. et al Magnetic Reconsne in Medicine 2014

より適切な診断、治療へ