

<画像再構成シリーズ 圧縮センシング MRI の基礎 目次>

第1章 圧縮センシング 3

第1節 MRI 信号の収集 4

- (1) 投影再構成 (ラジアルスキャン) 法・4
- (2) 2次元フーリエ変換法・5

第2節 圧縮センシングの用語 8

- (1) L1 ノルム・9
- (2) 画像のスパース性・12
- (3) k 空間のサンプリングと折り返しアーチファクト・18
- (4) 部分フーリエ変換法・20
- (5) ランダムサンプリングと雑音の非干渉性・20
- (6) 点広がり関数と伝達点広がり関数・24
- (7) 3次元フーリエ変換 MRI のランダムサンプリング・30
- (8) ウェーブレット変換・33
 - (8.1) 連続ウェーブレット変換・33
 - (8.2) 離散ウェーブレット変換・34
 - (8.3) 多重解像度解析・36
- (9) ウェーブレット変換による閾値処理・43
- (10) トータルバリエーション (TV:全変動)・45
- (11) 画像再構成式の表記・47

第3節 1次元信号の復元 48

- (1) 等間隔アンダーサンプリング・48
- (2) ランダムアンダーサンプリング・51
- (3) L2 正則化による信号の復元・54
- (4) L1 正則化を用いたソフト閾値による信号の復元・55
- (5) POCS による信号の復元・59
- (6) 閾値処理による信号の復元・61

第2章 圧縮センシングにおける信号の復元65

第1節 線形観測式 65

第2節 共役勾配法 67

- (1) 勾配法・68
- (2) 一定係数の勾配法・70
- (3) 共役勾配法・71
- (4) 共役勾配法による信号の復元・75

第3節 TV 最小化法による信号の復元 87

第4節 POCS 法による信号の復元 87

第3章 計算機シミュレーション実験89

[実験 1]	1次元スパース信号の作成	89
[実験 2]	雑音を含む1次元スパース信号の作成	90
[実験 3]	1次元信号の復元 (L2 正則化)	92
[実験 4]	1次元信号の復元 (L1 正則化)	93
[実験 5]	1次元信号の復元 (L1 近似関数)	94
[実験 6]	等間隔に疎な周波数空間サンプリング	95
[実験 7]	徐々に間隔を広げる周波数空間サンプリング	97
[実験 8]	ランダムに疎な周波数空間サンプリング	99
[実験 9]	1次元信号の復元 (POCS 法)	102
[実験 10]	2次元ウェーブレット変換と逆変換 (ドベシ関数)	104
[実験 11]	多重解像度解析を利用した閾値処理	105
[実験 12]	2次元ランダムサンプリング	106
[実験 13]	2次元ランダムサンプリングデータからのフーリエ線形画像再構成	107
[実験 14]	POCS 法による画像再構成 (2次元ランダムサンプリング)	108
[実験 15]	POCS 法による画像再構成 (2次元ランダムサンプリングと ウェーブレット変換)	112
[実験 16]	1次元位相エンコードのランダムサンプリング	114
[実験 17]	ランダムサンプリングデータからのフーリエ線形画像再構成 (1次元位相エンコード)	115
[実験 18]	POCS 法による画像再構成 (1次元位相エンコード)	115
[実験 19]	POCS 法による画像再構成 (1次元位相エンコードと ウェーブレット変換)	117
[実験 20]	3次元画像に対する2次元ランダムサンプリング	118
[実験 21]	フーリエ線形3次元画像再構成 (2次元ランダムサンプリング)	119
[実験 22]	POCS 法による3次元画像再構成 (2次元ランダムサンプリング)	120
[実験 23]	POCS 法による3次元画像再構成 (2次元ランダムサンプリングと ウェーブレット変換)	121
[実験 24]	2次元ランダムサンプリングのPSF	122
[実験 25]	2次元ランダムサンプリングのウェーブレット変換PSF	123
[実験 26]	1次元ランダムサンプリングデータから直感的な信号復元	124
[実験 27]	TV (Total Variation) を利用したPOCS逐次近似法 (2次元ランダムデータ)	125
[実験 28]	TV (Total Variation) を利用したPOCS逐次近似法 (1次元位相エンコード)	126
[実験 29]	TVとWaveletを利用した共役勾配(CG)逐次近似法 (2次元ランダムデータ)	127
[実験 30]	TVとWaveletを利用した共役勾配(CG)逐次近似法 (1次元位相エンコード)	129

[プログラム]..... 131

引用・参考文献・196

索引・198

著者略歴・200

＜プログラム一覧＞

プログラム名	実験内容
001cs1D_Signal01.c	圧縮センシング (CS) の実験用に 1 次元スパース信号のテキストデータを乱数によって作成する. 0 ~ 1 の値を順に大きくしてランダムに配置する.
002cs1D_Signal02.c	圧縮センシング用の 1 次元データを作成する. 0 から 1 の値を順に大きくして信号をランダムに配置し, 雑音を追加する.
003cs1D_L2norm.c	雑音を含む $K = 5$ のデータから L2 ノルム正則化によって信号を復元する. ($S(y,rd) = 1/(1-rd)*y$)
004cs1D_SoftThresh.c	雑音を含む $K = 5$ のデータから L1 ノルム正則化によって信号を復元する. ソフト閾値処理を利用 ($ u < rd : S(u,rd) = 0$) ($ u \geq rd : S(u,rd) = (u -rd)/ u *u$)
005cs1D_SmoothFunction.c	雑音を含む $K = 5$ のデータから L1 ノルム正則化によって信号を復元する. L1 ノルム近似関数を利用: $ x -s\log(1+ x /s)$
006cs1D_FourierSampleUnif.c	周波数空間で等間隔に疎なサンプリングをする.
007cs1D_FourierSampleStep.c	周波数空間で周波数が高くなるにしたがって疎なサンプリングをする.
008cs1D_FourierSampleRand.c	周波数空間でランダムに疎なサンプリングをする.
009cs1D_POCS.c	POCS (Projection Onto Convex Sets) 逐次近似法によって信号を復元する.
010cs2D_Wavelet.c	ドベシィの 2 次元ウェーブレット変換と逆変換をする.
011cs2D_WaveletThresh.c	多重解像度解析を利用して閾値処理をする.
012cs2D_Random2D.c	MRI のデータを 2 次元でランダムに収集する.
013cs2D_LinearRecon2D.c	2 次元でランダムに収集した MRI データから線形再構成する.
014cs2D_POCS2D.c	2 次元でランダムに収集した MRI データから POCS 逐次近似法により画像再構成する.
015cs2D_POCS2D_Wavelet.c	2 次元でランダムに収集した MRI データからウェーブレット変換を利用して POCS 逐次近似法により画像再構成する.
016cs2D_Random1D.c	MRI のデータを 1 次元 (位相エンコード方向) でランダムに収集する.
017cs2D_LinearRecon1D.c	1 次元位相エンコード方向でランダムに収集した MRI データからの線形再構成する.
018cs2D_POCS1D.c	1 次元位相エンコード方向でランダムに収集した MRI データから POCS 逐次近似法により画像再構成する.
019cs2D_POCS1D_Wavelet.c	1 次元位相エンコード方向でランダムに収集した MRI データからウェーブレット変換を利用して POCS 逐次近似法により画像再構成する.

020cs3D_Random2D.c	MRI の 3 次元データを 2 次元位相エンコードでランダムに収集する.
021cs3D_LinearRecon2D.c	2 次元位相エンコードをランダムに収集した MRI データから線形再構成する.
022cs3D_POCS2D.c	2 次元位相エンコードをランダムに収集した MRI データから POCS 逐次近似法により画像再構成する.
023cs3D_POCS2D_Wavelet.c	2 次元位相エンコードをランダムに収集した MRI データからウェーブレット変換を利用して POCS 逐次近似法により画像再構成する.
024psf2D_Random2D.c	2 次元 k 空間ランダムサンプリングの PSF を計算する.
025psf2D_Random2D_Wavelet.c	2 次元 k 空間ランダムサンプリングのウェーブレット変換 PSF を計算する.
026cs1D_intuitive.c	ランダムサンプリングデータから直感的に信号を復元する.
027cs2D_POCS2D_TV.c	2 次元でランダムに収集した MRI データから TV (Total Variation) を利用して POCS 逐次近似法により画像再構成する.
028cs2D_POCS1D_TV.c	1 次元位相エンコードでランダムに収集した MRI データから TV を利用して POCS 逐次近似法により画像再構成する.
029cs2D_CG2D_TV_Wavelet.c	2 次元でランダムに収集した MRI データから TV とウェーブレット変換を利用して共役勾配 (CG) 逐次近似法により画像再構成する.
030cs2D_CG1D_TV_Wavelet.c	1 次元位相エンコードでランダムに収集した MRI データから TV とウェーブレット変換を利用して共役勾配 (CG) 逐次近似法により画像再構成する.
101io.c	入出力用の関数シリーズ
102statistics.c	統計関係の関数シリーズ (乱数を含む)
103fft.c	高速フーリエ変換 (FFT) 用の関数シリーズ
104wavelet.c	ウェーブレット変換用の関数シリーズ
105sampling.c	ランダムサンプリング用の関数シリーズ
106tv.c	TV (Total Variation) 用の関数シリーズ