

FBUILDER-24 (V7.8) 機能説明書 (拡張編)

目次

項目 (1/2)	頁	項目 (2/2)	頁
1 初めに	2	6.2 Collet(ct)	16
2 画像生成の流れ	2	6.3 Dust	17
2.1 フラクタル画像の2つのタイプ	2	6.3.1 全体概要	17
2.2 生画像データの構成	2	6.3.2 DustRotBk/Rn : 基本Dust	17
2.2.1 面系フラクタル	2	6.3.3 DustRev (Bk/Rn)	17
2.2.2 点系フラクタル	3	6.3.4 DustFwd	18
2.2.3 生出力(Raw)の要約	3	6.4 Mira (Mr) : V7.8で改定	19
2.2.4 着色の初期指定	4	6.5 Pyth(ピタゴラス)	20
3 生画像生成の為のパラメータ	6	6.5.1 境界指定	20
3.1 生成パラメータの構成	6	6.5.2 付加3角形の指定	20
3.2 共通的项目の概要	6	6.6 Meander	20
4 生データに対する初期着色の概要	7	6.6.1 基本Me	20
5 特徴的処理機能	8	6.6.2 Dragon	21
5.1 単独画像の変換機能	8	6.7 Star	21
5.1.1 拡大・縮小機能	8	7 補足	22
5.1.2 矩形処理	8	7.1 標準関数の要約 : V7.7で改定	22
5.1.3 回転・反転機能	9	7.1.1 単純指数関数 : CB1=0, 1	22
5.1.4 生成関数の変換	9	7.1.2 整係数多項式 : CB1=2~11、32~49	22
5.1.5 生成画像の状態表示	11	7.1.3 超越関数 : CB1=12~31	23
5.2 画像の表示と保存	11	7.2 標準逆関数の解の指定	23
5.3 複数画像の一括・自動生成	12	7.2.1 標準逆関数の解の多様性	23
5.3.1 一括自動生成	12	7.2.2 標準逆関数の根の指定法	24
5.3.2 一覧表示後の一括変換	13	7.3 ランダム整数の指定 : V7.7で改定	25
5.4 主画面での表示/保存機能	13	7.3.1 指定法 : 単一画像生成時	25
6 各フラクタル画像の拡張的機能	14	7.3.2 TVパラメータの可変設定への対応	25
6.1 Mandelbrot (Mb) と Julia (Ju)	14	7.3.3 逆関数処理でのパラメータ要約	25
6.1.1 全体の要約 : V7.7で改定	14	7.4 TVパラメータの補足	26
6.1.2 Newton法	15	7.5 DustFwdの不思議	26
6.1.3 逆追跡Dust Attractor (Mb/Ju)	16	7.6 Newton法の検証 : V7.7で改定	27
6.1.4 Mira AttractorとNormal Mira	16	7.7 DustFwdの画像サンプル	28
		7.8 改定 (Version Up) 記録	28

1 初めに

本説明書はFBuilder-24が対象とする拡張機能、関数系の処理法を中心に説明します。

- ・フラクタル/FBuilder-24の基礎的事項はFBuilder-24 (V7.8) 機能説明書 (基礎編) を参照下さい。
- ・操作に必要な事項はFBuilder-24 (V7.8) 操作説明書及びオンラインヘルプを参照下さい。
- ・本説明書で他説明書の項目例えば、4.5項を参照する場合は、
 - ・基礎編を参照する場合は、(4.5)
 - ・操作説明書を参照する場合は、[4.5]
 - ・本説明書を参照する場合は単に、4.5(項)の様に表示します。

2 画像生成の流れ

画像生成は下記の2ステップにより生成されます。

- 演算による生画像データの生成
- 生画像データの加工と着色：之により最終的な観察用の画像が生成されます。

本章ではiの生画像データの生成に付いて纏めます。iiの加工と着色は、3,4項で。

2.1 フラクタル画像の2つのタイプ

FBuilder-24で生成するフラクタル画像は下記2つのタイプに分類されます。

(1) 面系フラクタル

表示画面の全ての画素点に出力します。Mb/Ju系が該当。出力は多くの場合複素数(又はベクトル)です。

但し、一部にスカラー出力が混在します。

(2) 点系フラクタル

繰返し計算出力に対応した画素点/線に出力順に整数を付与します。出力のなかった位置は背景値になります。

Mb/Ju系以外が該当が該当し、値(全てはスカラー値)は点か直線の集合です。

2.2 生画像データの構成

面系/点系含めて、画像出力は複数の構成要素より成りますので、下記の様に出力対象(View)を個別に選択できるように致します。

2.2.1 面系フラクタル

- 全ての点の出力は基本的に複素数 z ですので、之を下記の様に4+1分類(View)に分けて、各専用のメモリブロックに(指定の変換Mod{0, 1, -1} 処理をして)出力します。2.2.3を参照

	Mod=0	Mod=1	Mod=-1 (v 参照)	備考
0:	z の絶対値 $ z $	$v0 = \text{Log}(1 + z)$	$\text{Log}(1 + v0)$	+1するのは、Log(0)を避ける為で以下同様 +1するのは、マイナス出力を回避するため
1:	z の位相角 θ ($0 \sim 2$) / π	$v1 = \sin(\theta) + 1$	$v1$	
2:	z の実数部の絶対値 $ \text{Re} $	$v2 = \text{Log}(1 + \text{Re})$	$\text{Log}(1 + v2)$	
3:	z の虚数部の絶対値 $ \text{Im} $	$v3 = \text{Log}(1 + \text{Im})$	$\text{Log}(1 + v3)$	
4:	スカラー出力 Dv	$v4 = \text{Log}(1 + Dv)$	$\text{Log}(1 + v4)$	$ z > \text{値Limit}$ になった(発散)時の繰返回数Nd

発散点と複素数出力点は重なることはありませんので $|z|$ を収容するメモリブロックに収容します。

- 0:~4:の何れか又は0:~3:の組合せを表示出力として指定する事ができます。
- 絶対値又は θ をそのまま出力するか又はそのLog値又は $\sin(\theta)$ を出力するかを個別に指定できます。
1:で $\theta \Rightarrow \sin(\theta)$ にする事により $\theta = (0 \Leftrightarrow 2\pi)$ での出力の不連続を解消できます。
- 出力にマイナス値を排除したのは、マイナス含めて全範囲を対象とすると、出力範囲が広すぎて、画像出力が散漫(特に'0'を挟んで空白ができた場合)なるからであります。
- V7.5ではLog出力を更に、Log化するDoubleLog化を可能にしました。iのMod=-1
 - ・2.2.2の点系フラクタルにも適用されます。
 - ・DoubleLog化の効果については、図2.2.3.2を参照。
 - ・Log演算は常にExp演算の逆関数としての自然対数でなされます。

2.2.2 点系フラクタル

- i 点系フラクタルでは、繰返計算の各Step' n' 毎に(複素数出力 z_n の実数部と虚数部で)出力座標が決まり、その座標点に繰返回数 n を出力しますが、その出力を下記に分類して各対応のメモリブロックに収めます。
 - ・ 同じ座標点に重複して出力が重なる事がある為、**最初(F)か最後(L)か**を指定
 - ・ 繰返計算の回数 n の計算を、出力画面に**Hitした集合**のみで番号付けるか**Hit以外**含めて全出力集合で番号付けするかを指定。初期出力は出力点を全て表示画面に収まるように全体を縮小しますので、**Hit集合=全集合**になりますが、拡大/移動操作をしますと、ハミだし部分はその儘にしますので、**Hit集合<全集合**になります。
- ii 以上のことより、下記の如く **4組**の出力を各々対応のメモリブロックに収めます。
 - ・ F/H出力：Hitベースで番号付けして最初(F)の出力を保持します(出力は若番側に偏ります)
 - ・ L/H出力：Hitベースで番号付けして最終(L)の出力を保持します(出力は老番側に偏ります)
 - ・ F/T出力：全集合(Total)ベースで番号付けして最初(F)の出力を保持します(出力に歯抜けが生じます)
 - ・ L/T出力：全集合(Total)ベースで番号付けして最終(L)の出力を保持します(出力に歯抜けが生じます)
- iii 以上の何れの出力も2.2.1と同様に**Log/DoubleLog**ベース出力を指定できます。
- iv 更に、本タイプの画像では、出力の無かった座標点は**背景**として独立に着色します。
このために最終的には、**背景の画素値=0、前景(出力点)の画素値=1~255**として区別します。

2.2.3 生出力(Raw)の要約

以上の事を表2.2.3に要約します。

表2.2.3 生出力対象(View)指定の要約

メモリ(View)		MB0	MB1	MB2	MB3	MB0
面系	格納対象	絶対値 $ z $	位相角 θ/π	実数部 $ \text{Re} $	虚数部 $ \text{Im} $	発散部 Dv
	値の範囲	$0\sim\infty$	$0\sim 2$	$0\sim\infty$	$0\sim\infty$	Limit $\sim\infty$
	Mod=+1指定時	$v0=\text{Log}(1+ z)$	$\sin(\theta)+1$	$v2=\text{Log}(1+ \text{Re})$	$v3=\text{Log}(1+ \text{Im})$	$v4=\text{Log}(1+Dv)$
	Mod=-1指定時	$\text{Log}(1+v0)$		$\text{Log}(1+v2)$	$\text{Log}(1+v3)$	$\text{Log}(1+v4)$
点系	格納対象	F/H	L/H	F/T	L/T	
	値の範囲	$0\sim\infty$	$0\sim\infty$	$0\sim\infty$	$0\sim\infty$	
	Mod=+1指定時	$v0=\text{Log}(1+F/H)$	$v1=\text{Log}(1+L/H)$	$v2=\text{Log}(1+F/T)$	$v3=\text{Log}(1+L/T)$	
	Mod=-1指定時	$\text{Log}(1+v0)$	$\text{Log}(1+v1)$	$\text{Log}(1+v2)$	$\text{Log}(1+v3)$	
CB2の指定値		0	1	2	3	4
Modでの指定(TV10)		$(\pm)xxxx1(2^0)$	$(\pm)xxx1x(2^1)$	$(\pm)xx1xx(2^2)$	$(\pm)x1xxx(2^3)$	$(\pm)1xxxx(2^4)$

- i 画像生成時には、MB0~MB3の**全ての出力(View)**が各メモリブロックに格納されています。
初期画像表示時には、**CB2**で指定されたMB(View)の内容が表示されますが、その後の調整で
 - ・ 任意のViewに切り換えて表示できます。
 - ・ 更には、複数のViewの内容を指定の割合で合成して表示する事もできます。[6.4.1]を参照。
- ii Mod指定, CB2, Limit指定については、表3.1を参照ください。
- iii Mod指定は(新規作成画面による)初期画像生成時にTV10により指定しその後には変更することはできません。
 - ・ 一般に出力値が ∞ 方向に大きく変動する場合には、Log出力指定する事により、小出力部分を大幅に強調した結果を得る事ができます。注：現実には、 $\infty=1E+150$ として上限をカットします。
 参考までに
 - ・ **真数 vs Log**出力の比較例を図2.2.3.1に、
 - ・ **Log vs DoubleLog**出力の比較例を図2.2.3.2示します。
 - ・ 逆に生出力が極端に**0近傍に密集**する場合もLog/DoubleLog出力する事により、**0近辺の精細度を向上**させる事が期待できます。
 - ・ Mod指定パラメータ整数(TV10)の2進数表示での2のCB2乗の桁の値が当該CB2出力のModを指定します。
巨大出力が予想される場合は、Log指定する事が有効であります。
 - ・ Mod指定は上記の様にCB2個別に指定できますが、後の事を考えると(面系のCB2=1指定は別として)全CB2に対して一括指定する事が現実的です。点系/面系の形で、
 - ・ sin指定しない場合は、Mod=(\pm)13/29
 - ・ sin指定する場合は、Mod=(\pm)15/31

- OPN=5 (Mira)、CB1=0
- CB2=0 (F/H出力)
- 着色過程で生出力を0～255に直線的に正規化
- 真数ベースでは、大出力側が、小出力側に押し寄せて、**Green色**に
- Logベースでは、小出力側が優遇されて、大出力側に移動して**Red色**に
- 両画像の生出力 (Raw) のヒストグラムを表示しておきます

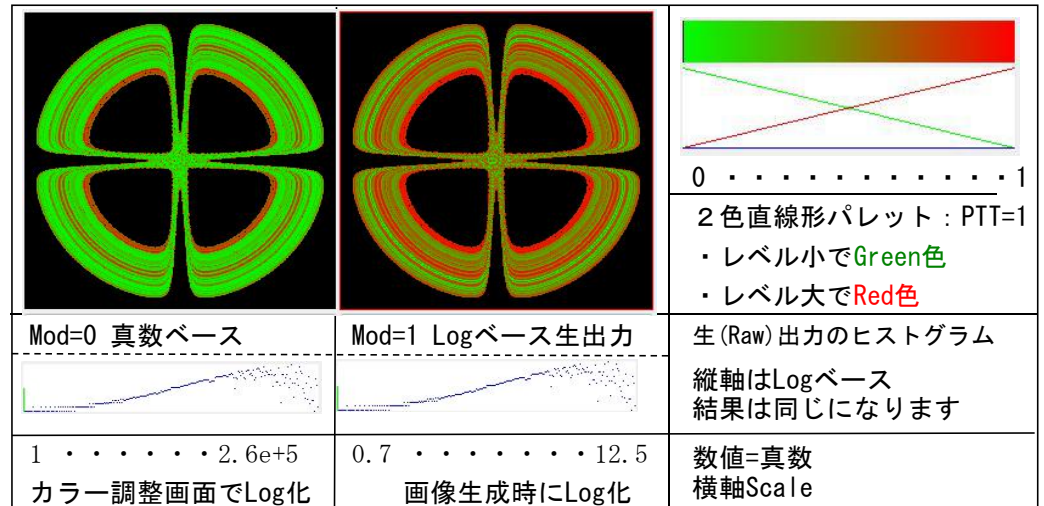


図2.2.3.1 Logベース出力の効果

- OPN=1, CB0=3, CB1=13
- $z' = c * \exp(z^2 \cdot 5)$
- LN=6 (-63), ML=0.5
- $Z_0 = (-1, -0.4)$
- DoubleLog化する事により単純Log化では着色不能なLowLevel①領域を大幅に精度向上させて、パレットPTT=0の威力と相まってLowLevelエリアの状態が良くわかります。中央に**瓢箪③**が浮上
- **出力範囲**の指定については、4章を参照

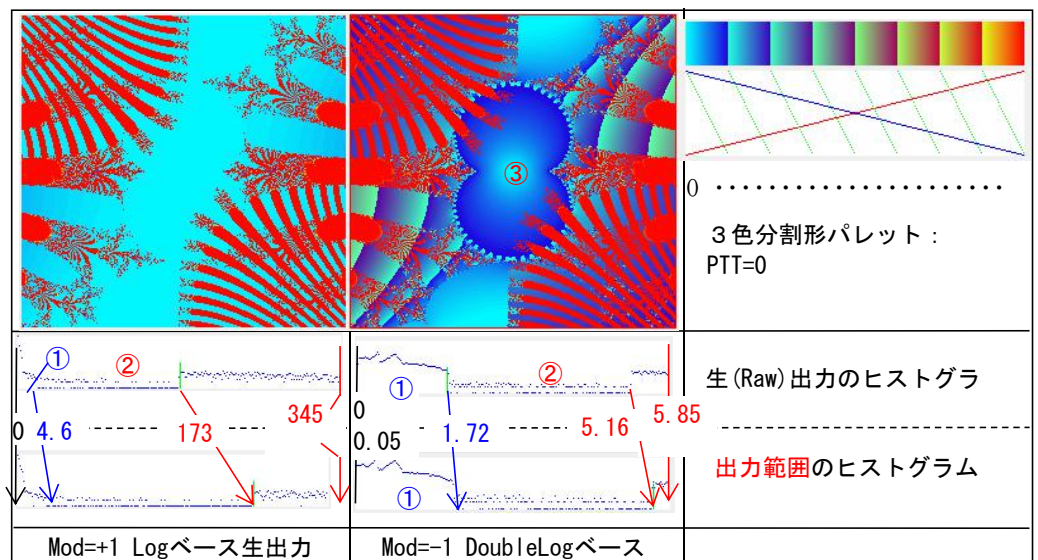


図2.2.3.2 DoubleLogベース出力の効果

2.2.4 着色の初期指定

生成画像に対する着色は、最終的には画像生成後にVisualに実施できますが、画像生成時に下記を初期指定する事ができます。

i パレットタイプ (PTT) の指定

パレットは0～255の範囲に正規化された画像データを変換して、0～255の変換データを出力するもので、**R, G, B**の各カラー対応に存在します。R, G, B各カラーパレットで変換されたカラーデータの集積が、**.bmp形式**の24ビットカラーデータを構成します。

本システムは下記タイプ (0～4) の既定パレットを用意しております。図4.2

注1：点を打つタイプの画像では、**背景色**が必要になります。背景用パレットの既定タイプは一式のみですので、画像生成時には選択の余地はありません。

但し、その色相 (**R, G, B**の組合せ) は指定可能です。既定値は黒です。

注2：図4.2に0～3の各タイプの既定パレットを示しますが、画像生成後の調整で各タイプとも更に**チューニング**することが出来ます。

注3：構成と名称を変えました (←階段形)

注4：既定パレットの色構成を変えました。従来の既定形はPTM=5とすれば再現できます。

表2.2.4 パレットタイプ

No	名称	例
0	分割形 注3	図4.2
1	直線形	
2	曲線形 注4	
3	等高線BC	[図7.3.1-4]
4	等高線LC	

ii パレットマップ (PTM) の指定

図4.2の各パレットタイプは、各基準のカラー配置を示していますが、各曲線の形は変えないで、カラー配置 (全体で6通りのマップが存在) は変えることができます。[7.3.3]を参照。

表3.1 画像生成の為のパラメータの要約

OPN (OP)		CBO		CB1	CB2	TV																																		
No	Fractal種類	分類	値	値	値	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																								
0	ColorDisp (CD)																																							
1 2	Mandelbrot (Mb) Julia (ju)	Normal	0	0-49	0-4	NL1	ML	LX	LY	X0 Xc	Y0 Yc	Limit	z^p/z*p			Mod (0-31) Mod (0-15) Mod (0-31)																								
			1		0-3												Mod (0-15)																							
			2		0-4																																			
		Mb/JuAT	3		0-3							BiasRe				BiasIm		Lc(fr. to)	Mod (0-15)																					
		Newton	4-6																																					
		DbAT	7																																					
		MrAT	8		0-31					0-4 0-3 0-4	X0 Xc (=a)	Y0 Yc (=b)	(c/z^p)	(d)	Limit		Mod (0-31) Mod (0-15) Mod (0-31)																							
		Mormal Mr	9																																					
			10																																					
			11																																					
3	Collet (Ct)		0	0-9	0-3					NL2				Xmin	Y0	Xmax	p	MLy	(py, ny)	Mod (0-15)																				
4	Dust (Dt)	DustRotBk	0	0-15																	X0	Y0	Xc	Yc	(c/z^p)	(d)	X0	Y0	Ws	Hs	(+-) R3	R1								
		DustRotRn	1																																					
		DustRevBk	2	0-49																													Base	θ Min	θ Max	θ	Lside	S (0, 1)	(+-) R3	R1
		DustRevRn	3																																					
		DustFwd	4																																					
5	Mira (Mr)	注5	0	0-31																	a	b	(c/z^p)	(d)	X0	Y0														
6	Pyth (Py)	HalfRanmdom	0	0-7																	α	β	Ws	Hs	(+-) R3	R1														
7	Meander (Me)	Normal Me	0	0-9																	θ Min	θ Max	θ	Lside	S (0, 1)	(+-) R3	R1													
		Dragon	1																																					
8	Star (St)		0																		Lc	θ	Ratio	Lc*θ																

注1: Mb/JuのCBO=8~11でのパラメータp, a, b, c, dの配置はMira (Mr) の配置と同じです。

注3: TV10のMod指定は±指定が可能です。2. 2項を参照

注2: NL1 ≥ 0 で計算限界=2^{NL1}、NL1<0で計算限界=-NL1 NL2は常に計算限界=2^{NL2}

注4: 青字部分はV7. 7でNew

注5: V7. 8で関数系を拡大しました: CB1対応のパラメータ配置は6. 4を参照

3 生画像生成の為のパラメータ

生画像 (着色情報を持たない画像データ) は下記のパラメータを指定する事により生成されます。

- i OPN (0~8) : 生成画像を大きく分類します。この中でOPN=0は単に色見本を表示するのみでフラクタルとは言えないものです。
- ii CB0: OPNに次ぐ分類をいたします。OPNによってはCB0の指定が不要なものがあります。
- iii CB1: 更に細分しますが、主として**生成関数 (多くは複素数関数)**を指定します。
- iv CB2: 2. 2項で出てきた出力ブロックを指定します。本出力は生画像出力のViewに相当するもので、**初期生成時には本指定に拘わらず、全てのブロック (View) が生成されます。**
本指定は単に**初期表示**で表示するViewを指定するのみです。
- v TV0~10 : 画像生成の為の最も細部の設定を行います。
 - i ~ iii の指定を行うと、この指定に対応する**初期設定値**が既定値としてそのキャプションと共に表示されますので、このままOKボタンを押すと指定の初期 (= 規定) 画像が表示されます。

3.1 生成パラメータの構成

生成パラメータの一覧を表3. 1に纏めます。本パラメータの具体的な操作法は操作説明書によりますが、ここでは一般的な側面についてのみ記します。

- i OPN, CB0, CB1, CB2はメニュー展開で指定するパラメータで、TV0~TV10は数値 (実数) を直接入力します。
 - OPN→CB0→CB1→CB2→TVの順に詳細化されますのでこの順に指定します。
逆順に指定すると、既に指定した項目が無駄になる、事があります。
 - TV欄に記述されている項目は各項目の概要を表す**キャプション**で、OPN, CB0, CB1が決まると確定します。
CB2には依りません。
- ii TVの若番側 (TV0~TV3) はOPN~CB2に対して共通に、
 - TV0=画像生成の為の処理次元で、大きくなる程、画像はキメ細かくなりますが処理時間は長くなります。
 - TV1=表示画面上での画像の拡大率ML (論理座標の1単位長/画像座標の1単位長) を表します。
 - TV2, 3=画像座標 [0, 0] を配置する論理座標 [LX, LY] を表します。座標系については5. 1. 5を参照。
- iii TV10も全体に共通で、生成画像のMod指定をします。詳細は2. 2を参照
- iv TV4~TV9はOPN~CB1の指定に依存する部分です。概要は3. 2、7. 3を参照
- v TV0は、次元指定ではなく直接処理回数を指定です。

処理回数の上限をSqmとして、

- TV0>0で従来どうり $Sqm = 2^{LN}$ のLNをTV0で指定
- TV0<0で $Sqm = -TV0$ で直接指定
- この指定により、Sqmを整数単位にキメ細かく指定できます。この効果を図3. 1に纏めます。
(OPN, CB0, CB1, CB2) = (1, 7, 15, 0) の既定画像です。

この画像は特に、処理回数Sqmの影響を大きく受けます。

- 従来のTV0でも少数点付きで指定する事によりSqmを細かく指定する事は出来ましたが、 $Sqm = 2^{LN}$ を特定の整数値に指定する事は困難でした。
- 本直接指定は、**OPN=1~3のみ適用され、OPN≥4の点系フラクタルには適用できません。**
 $Sqm = 2^{LN}$ のLNを処理に使用しています。

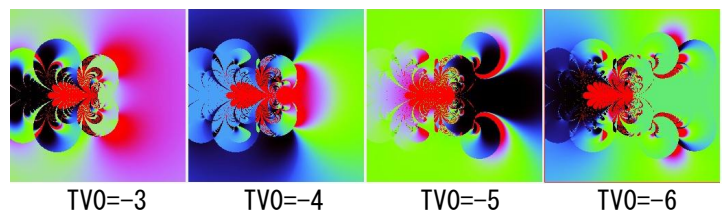


図3. 1 TV0を直接指定する効果: MbAttractor

3.2 共通的项目の概要

表3. 1は下記の基準によります。

- i 各欄にn-mの形の値が記されているのは、その範囲の値が指定できる事を意味します。
- ii
 - Mod欄に0-15, 0-31等が記されている項目は、2. 2. 3-iii項でのLog又はsin指定を行う事を意味します。
 - Mod (0-31) を指定できるのは、CB2=0-4指定できる項目に一致しており、発散部位 (Dv) も含めて指定する事を意味します。
 - Mod指定値とCB2出力指定の関係は2. 2. 3-iii項を参照。
- iii 位相角 θ を扱う項目の場合は π に対する比で入力/表示する事が前提です。
- iv 更なる詳細は、7. 4項及び6項を参照。

4 生データに対する着色の概要

生データは表示画面の各画素位置に対応して実数の画素値を収容するメモリブロックMBi内の値に対してR, G, Bの3色の値(0~255)を指定する作業になります。

以下任意のメモリブロック記憶の画素の(着色の為)の変換の流れを記します。

- i 表示画面全体から、最小, 最大画素値(Rmax, Rmin)を調べ、初期着色では分布の(1%~99%)をカバーする範囲で出力範囲(Lmin, Lmax)を決めます。この指定は、後のカラー調整作業で変更できます。
- ii 各点の画素値vに対して、下記の正規化出力r(0~1)を求めます。

$$r = \frac{v - L \min}{L \max - L \min} \quad (r = 0 \rightarrow 1, \quad v = L \min \rightarrow L \max) \quad (4.1)$$

- iii (4.1)式で求めた正規化出力rに対して、下記のガンマ変換g(r)を行います

$$g(r) = \frac{(r-c)^p + c^p}{(1-c)^p + c^p} \quad (r = 0 \rightarrow 1) \quad (4.2)$$

$$(x)^p \equiv \text{sgn}(x)|x|^p = \begin{cases} x^p & (x \geq 0) \\ -(-x)^p & (x < 0) \end{cases}$$

$$g'(r) = \frac{p|r-c|^{p-1}}{(1-c)^p + c^p} \rightarrow 0 \quad (r \rightarrow c) \quad (4.3)$$

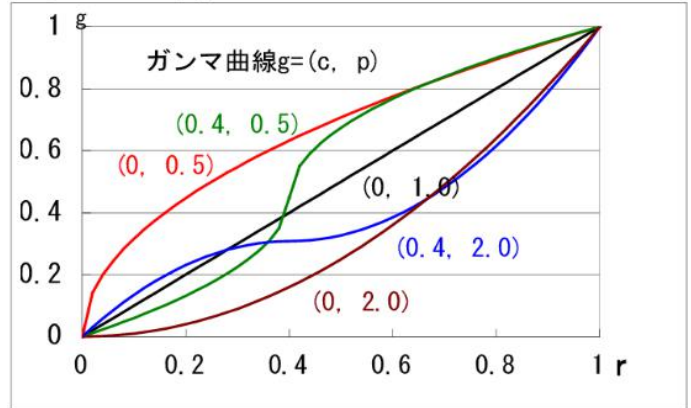


図4.1 ガンマ変換例(式3.2)：凡例のカラーはグラフに対応

図4.1に式(4.2)の変換例を図示します。グラフ内の()内の数値は各々(c, p)に対応し各カラーがグラフのカラーと一致します。本図と式(4.3)より下記の事が分かります。

- iv r=cの位置が一つの変曲点になります。
 - ・p>1では、g'(c)=0となり、この近辺の表示解像度が低下します。 図4.1の(c, p)=(0.4, 2.0)の例
 - ・p=1では、g'(r)=rで直線になります。 図4.1の(c, p)=(0, 1.0)の例
 - ・p<1では、g'(c)=∞となり、この近辺の表示解像度が向上します。 図4.1の(c, p)=(0.4, 0.5)の例
- v パラメータc, pは初期着色時には、下記にて自動的に指定します。
 - ・分布rのヒストグラムの形状を以下の4タイプ(typ)に分け、c, pの初期値を決めます。

表4.1 パラメータ(c, p)の初期設定

typ	形	cの値	図3.1の例	pの値: 非零ヒストグラムが最大になるr=rmax, 最小になるr=rmin
0	Λ	c=rmax	(c, p)=(0.4, 0.5)	$p = \left(\frac{vr}{vx} \right)^{0.1} \begin{cases} vr = \text{非零ヒストグラムの平均値} \\ vx = \begin{cases} r \text{ max でのヒストグラムの値} & (\text{最大値}) & (\text{typ} < 3) \\ r \text{ min でのヒストグラムの値} & (\text{非零最小値}) & (\text{typ} = 3) \end{cases} \end{cases}$
1	∖	c=0	(c, p)=(0, 0.5)	
2	/	c=1	(c, p)=(0, 2.0)	
3	V	c=rmin	(c, p)=(0.4, 2.0)	

表4.1は、画像生成時の初期設定での値で、Lmax, Lmin, c, pともこの設定が最適であるとは限りません。この後にLmax, Lmin, c, pの値はVisualに調整する事ができます。

- vi gの出力をR, G, B毎のパレット値により、0~255の各8ビットカラー値にマッピングします。この8ビットカラー値を、bmpフォーマットのメモリブロックに収めて、カラー表示します。カラーパレット(前景用)の(パレットタイプPTTの指定で初期表示される)既定構成を図4.2に示します。V7.5では、各パレットでのカラー変化を(0=緑/青)系⇒(1=赤)系に統一しました。図4.2

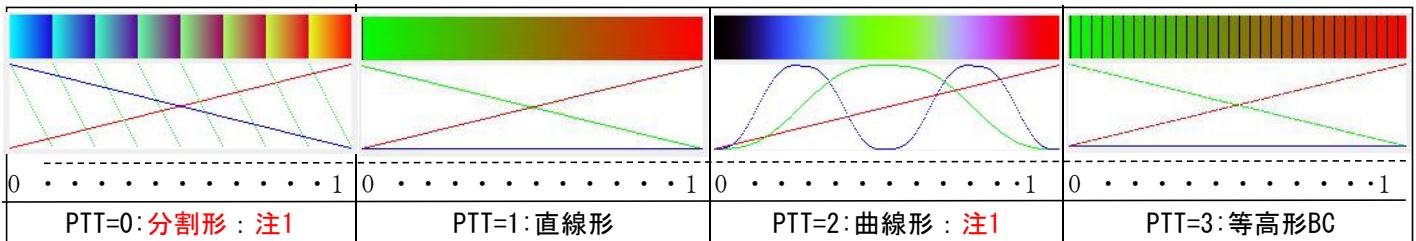


図4.2 カラーパレットの既定構成：カラー配置はパレットマップ[7.3.3]PTM=0による：注1 V7.5で変更しました

PTT=0は画素レベル境界を強調し、PTT=1は単純色彩で、画素レベルを良く反映し、PTT=2は色彩豊富です。

- iv 初期着色後のカラー調整に関しては、操作説明書[7章]を参照。

5 特徴的処理機能

ここでは、本システムの横断的機能について記します。

5.1 単独画像の変換機能

各画像単位で実行できる特徴的変換機能を纏めます。

5.1.1 拡大・縮小機能

- (1) フラクタル画像の最も特徴的機能の一つであります。以下に適用可能なタイプを記しますが、望みのタイプは事前にメニューで指定しておきます。本処理は、**矩形画像/回転・反転画像**には対応しませんので、これら(矩形化/回転・反転)の変換処理は最終段階で行います。
- i **指定点中央配置形拡大**
右クリックで指定した画像上の点が表示画面の中心に配置されるように指定された率 m で拡大します。 $m < 1$ の場合は縮小になります：以下単に拡大と記します。ii の終点指定拡大で、表示画面の中心が終点指定された場合と同様です。
- ii **終点指定形拡大**
右ボタン移動の開始点が終点位置に配置される様に拡大されます。i を一般化したものです。特例として単に右クリックしますと、その点を中心に拡大します。本機能により、ROI (Region of Interest) を任意位置に配置できます。
- iii **終点保持形拡大**
i, ii 項での終点の位置を変えないように、指定の拡大率で拡大します。右クリック点には無関係に拡大しますので、そのクリック点に纏わる誤差はありませんが、前回の終点は座標点に量子化された値なので、画面上で認識している位置との誤差が高拡大率になると目に着くようになります。
- (2) 以上何れの拡大方式でも、拡大後の表示画面上の位置はマウスで指定された座標点になります。然しながら、実際に操作している人は、表示画像の一つの点を目指してポイントしている為、高倍率の拡大操作を行うと、目指した位置に画像が配置されない問題が発生します。

図5. 1. 1に一例を図示します。

- ・ (1)-ii で10倍拡大を指定して、単に **x** 点を右クリックします。
- ・ 標本画像は座標点に表示されてはいますが、目視模様としては、図のように座標点間隔の間を通過している様に見える事もあります。
- ・ この場合10倍拡大すると図5. 1. 1-(2)の如くズレた位置に表示されます。**x** 点の位置は、本システムが記憶しております。

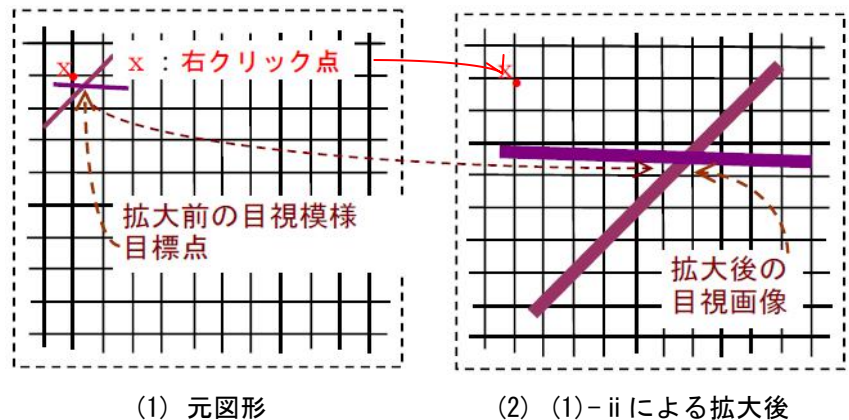


図5. 1. 1 拡大後の位置ズレ

- (3) 高倍率拡大を行うには、小さな倍率(< 10)で**位置と着色状態**を確認しながら行う必要があります。拡大・縮小処理では、処理後の画像に対して着色の**初期化**(5項の処理を全て実施)を行うのが基本ですが、**DB一覧**での拡大・縮小処理では、着色の**継続処理**を指定する事が出来ます。[表6. 6. 1. 2のH:]

5.1.2 矩形処理

本システムは基本的に正方形画像をベースに各種処理を実行しますが、**最終的な処理として**、矩形指定する事ができます。矩形指定は**新規作成画面**でのみ指定できます。

- i 矩形処理の形態として下記の指定が画像生成画面できます。
- ・ **カット型**：短辺側のハズレ部分を単純にカットします
 - ・ **圧縮型**：元の正方形画像を全て表示できる様に短辺側を一様に圧縮します
- ii 矩形処理した画像は5. 1. 1の拡大・縮小処理は実施できませんので、拡大・縮小処理実施後に本処理を行います。
- iii 短辺の指定は、生成画面で直接入力指定(4の倍数が必要)できますが、 $-n$ を指定する事により、表5. 1. 2の**短縮指定**ができます。

表5. 1. 2 矩形の短縮指定

n	長/短比	備考
-1	4/3	
-2	$\sqrt{2}/1$	黄金比
-3	3/2	
-4	9/5	ハイビジョン比

5.1.3 回転・反転機能

本処理は画像生成後の最終処理として実施できます。

本処理を実施した画像は5.1.1項の処理は実行出来ませんので、

拡大・縮小処理実行後に本処理を実施します。

i 画像の回転

表示画像を表示画面原点(中点)を中心にx軸に対して反時計周りに指定角度 θ (>0) だけ回転させます。 θ は π に対する比で指定します。

図5.1.2の $P \rightarrow R\theta$ の例

ii 画像の反転

角度 θ (<0) と指定しますと、原点を通る角度 $-\theta$ の直線

(図5.1.2の $O-Q$ 線) に対して反転させます。図5.1.2の $P \rightarrow M\theta$ の例

iii 回転・反転を同一画像に対して複数回実施しても、対象となる画像は元の画像です。

v 回転・反転の事例を図5.1.3-1の示します。(内)は指定値で反転時はマイナス値で指定します。

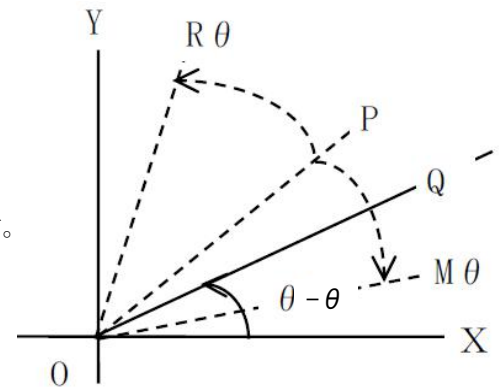


図5.1.3 回転と反転

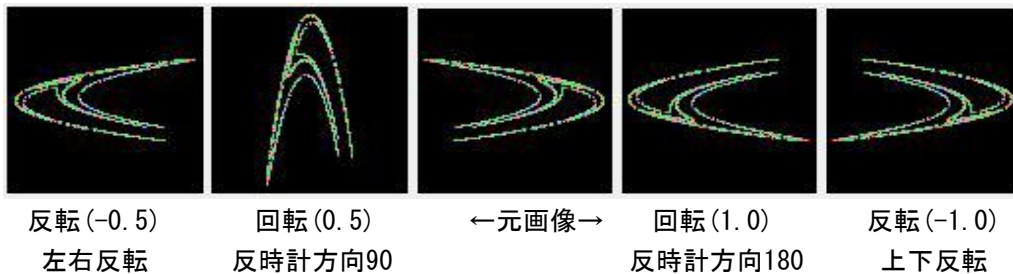


図5.1.3-1 回転・反転の事例：元画像に対する処理結果：OPN=5, CB1=9, CB2=0の画像

5.1.4 生成関数の変換

画像の生成には、複素関数を操作しますが、その構成要素の一部を変換して新たな画像の生成を試みる事ができます。可能な変換項目は、その時の表示画像によって異なります。

(1) 主画面での関数変換：Mandelbrot (Mb) \leftrightarrow Julia (Ju) の変換のみが可能

基本的事項は(4)を参照いただくとして、ここでは付加的事項のみを記します。

i 拡大方式の指定に拘わらず、右クリック点を変換点とします。

ii 倍率指定に依らず等倍率(元画像の倍率を変えない)で処理します。

(2) DB一覧画面での関数変換：Mandelbrot (Mb) \leftrightarrow Julia (Ju) の変換に加えて多様な変換が可能です。表5.1.4

表5.1.4 DB一覧画面での関数変換タイプ：?は任意(Wild)：[6.5.3], [6.5.11]を参照

No	関数タイプ I	⇔	関数タイプ II	適用OPN	適用CB0	適用CB1
0	$z' = c + F(z, p)$		$z' = c * F(z, p)$			
1	$z' = ?F(\hat{z}, p)$		$z' = ?F(z * p)$			
2	sin/cos/tan/cot		sinh/cosh/tanh/coth	1~2 4	0~11 2~4	全タイプ(0~49) 但し、 対象要素が存在する事
3	sin/sinh tan/tanh exp	⇔	cos/cosh cot/coth log(自然対数)			
4	CB0=0/2		CB0=1/3	4	0~3	
5	OPN=4, CB0=4 DustFwd		OPN=1/2 CB0=3 Mb/Ju Attractor	1~2 4	3 4	全タイプ(0~49) (3) 参照
6	Mb/JuAttractor		CB0=0~2 Normal Mb/Ju	1~2	0~3	
7	MrAttractor		CB0=9~11 Normal Mr		8~11	CB1=0~31

注 1 朱記部分は当該部分が変換対象であることを示します。

例：sin \leftrightarrow sinhはsin関数はsinh関数に、sinh関数はsin関数に、変換されます。

sin/sinh \leftrightarrow cos/coshは、sin関数はcos関数に、cos関数はsin関数に変換されます。

2 CB1の適用対象は、No. 4を除いて、対象関数が含まれるものに限定されます。

3 関数変換は当該変換対象が変換されるのみで、対象以外は変更されませんので、変換後の画像がOPN~CB1で決まる初期(既定値)画像ではありませんので、見易い画像が生成されるとは限りません。

(3) DustFwd \leftrightarrow Mb/JuAttractor \leftrightarrow NormalMb/Ju変換の詳細：項番8はV7. 5でNew (表5. 1. 4. 3)

i 変換時のパラメータ変換は下記(表5. 1. 4. 1~3)の通りです。必要により、AttractorをAttrと省略します。

表5. 1. 4. 1 DustFwdからMb/JuAttrへの変換

MbAttractorへ	JuAttractorへ
OPN=1	OPN=2
CB0=3	
CB1=cb1	
TV0=tv0/2-2 TV1=1	
TV(2, 3)=-tv(6, 7)	TV(2, 3)=-tv(4, 5)
TV(4, 5)=tv(4, 5)	TV(4, 5)=tv(6, 7)
TV7=tv9	
TV10=(tv8==0)?0:15*S(tv8)*2	

表5. 1. 4. 2 Mb/JuAttrからDustFwdへの変換

DustFwd	MbAttrから	JuAttrから
OPN=4, CB0=4, CB1=cb1		
TV(1, 2, 3)	自動調整	
TV0	2*(tv0+2)	
TV(4, 5)	tv(4, 5)	*1
TV(6, 7)	*1	tv(4, 5)
TV9	tv7	
TV8	(tv10==0)?0:S(tv10)*2	
TV10	0	

表5. 1. 4. 3 Attr \leftrightarrow Normal

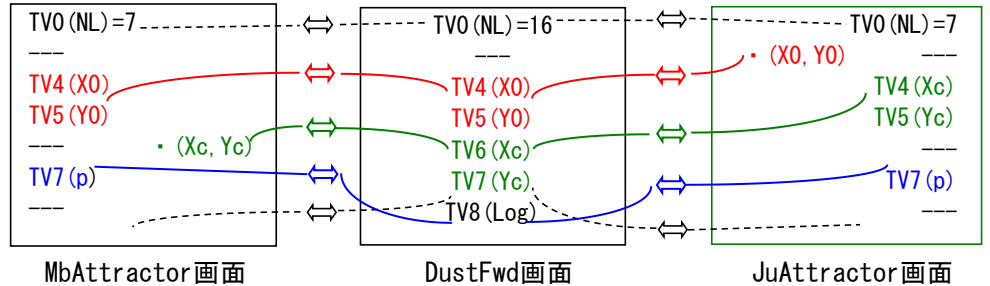
	Attr	\leftrightarrow	Normal
OPN			1, 2
CB0	3		0~2
TV6	不使用	\leftrightarrow	指定
CB0	8		9~11
TV8	不使用		指定
その他全ての指定は互いに交換			

CB0=8~11はMrAttr用

- DustFwd関連では何れも、大文字は変換後のパラメータ、小文字は変換前のパラメータを表します。
- DustFwd \Rightarrow MbAttr変換では(Xc, Yc)点が、DustFwd \Rightarrow JuAttr変換では(X0, Y0)点が変換後画面の中心に配置されるように倍率TV1=ML=1, TV(2, 3)で変換されます。表5. 1. 4. 1
- Mb/JuAttr \Rightarrow DustFwd変換では、下記の様に論理座標L(x, y)を指定します。
 - Mb/JuAttr大画面の右クリック時にShiftキーなしで指定された場合と小画像の一括変換で指定された場合は、Mb/JuAttr画面の論理中心が指定されたと看做します：L(x, y)=(0, 0)
 - Mb/JuAttr大画面の右クリック時にShiftキーが併用された場合は、本右クリック点の論理座標が指定されます。
- *1: TV=(L(x, y)-tv(2, 3))/TV1 により、TV(4, 5)=TV, TV(6, 7)=TVを決めます
- *2: C言語の表示型式で、k=(m==0)?a:bはmが0ならk=a、mが0以外ならk=bを表します。S(tvn)はtvnの符号(+/-)を表します。

ii 以上の関係を図5. 1. 4に示します。

- 各対応関係の詳細は、表5. 1. 4. 1/2によります
- (Xc, Yc), (X0, Y0)の座標はMb/JuAttractor画面でShiftキー付きで指示された場合は、その座標その他の場合は画面中心になります。

図5. 1. 4 DustFwd \leftrightarrow Mb/JuAttractor画像の変換のイメージ(4) Mandelbrot (Mb) \leftrightarrow Julia (Ju) のイメージを記します。

i 何れもCB1で決まる演算式 $z_{n+1}=F(c, z_n)$ は変換前後で同じとします。

ii Mandelbrot (Mb) 系は、

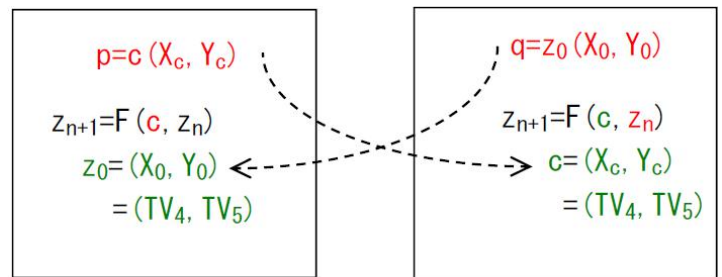
zの初期値 $z_0=(TV4, TV5)$ をパラメータとして固定して、座標点 $c=(Xc, Yc)$ にcに相当する値で演算した結果をプロットします：図5. 1. 4-(1)

ii Julia (Ju) 系は、

$c=(TV4, TV5)$ をパラメータとして固定して、zの初期値 $z_0=(X_0, Y_0)$ に相当する点に演算した結果をプロットします：図5. 1. 4-(2)

iii Mb \Rightarrow Ju変換では、座標点 $c(Xc, Yc)$ を(TV4, TV5)にJu \Rightarrow Mb変換では、座標点 $z_0(X_0, Y_0)$ を(TV4, TV5)に与えることにより行われます。

iv Mb \Rightarrow Ju変換後のJu画像でMbのときと同じq点でJu \Rightarrow Mb変換すれば、元のMb画像に戻りますが、画面上で同じq点を得ることは困難ですので、前回のq点をシステムに記憶させ、その値で変換させます。



(1) Mandelbrot系

(2) Julia系

図5. 1. 4 Mandelbrot (Mb) \leftrightarrow Julia (Ju) 変換

5.1.5 生成画像の状態表示: 座標表示等

(1) 本システムには、目的に応じて各種の座標系が使用されます。

下記 3 種類の座標系が使用されます。

- i 表示画面全体を指定する **物理座標 P (PX, PY)**
図5.1.5で()内に示す座標で、表示画面に固有に決まります。
表示画面のピクセル単位のサイズ (W, H) で図のように定義されます。
- ii 画像上の位置を指定する **画像座標 F (FX, FY)**
表示画像全体平面の中での画素位置を表示する座標で、
画像生成時に原点 {0,0} が決まり原理的には無限に広がります。
画像生成時の演算はこの画像座標上で行います。
- iii 正規化表示画面上で画像配置する為の **論理座標 L [LX, LY]**
表示画像の物理サイズに関係せず、
 - ・表示画面の中心点を [0, 0]
 - ・表示画面の長辺の長さを 2 に正規化して、 $W \geq H$ として、
図5.1.5のように定義します。ここで $r = (H-1)/(W-1)$ となります
 - ・論理座標 [0, 0] 点は、物理座標 $((W-1)/2, (H-1)/2)$ の位置になります。

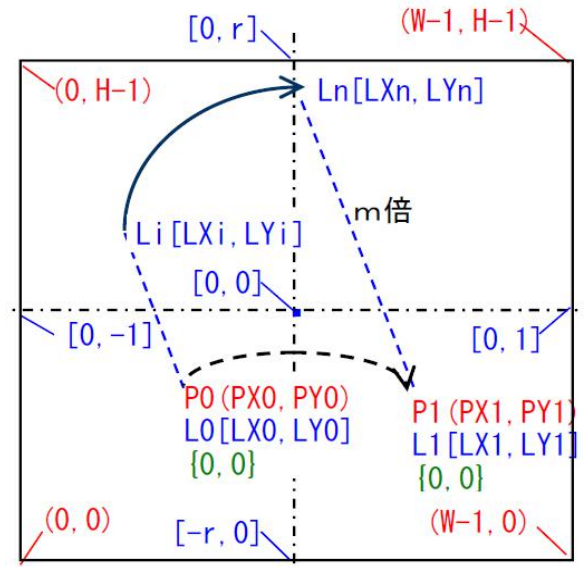


図5.1.5 座標系 ($W \geq H$)

(2) 拡大・縮小の処理例

座標系の利用例として、5.1.1-ii での終点指定形拡大での表示画像の論理座標上での動きを纏めます。

- i 課題：論理座標 $Li [LXi, LYi]$ の画素点を $Ln [LXn, LYn]$ に拡大率 m で終点指定形拡大を実施したとします。
この為には、

画像 [0, 0] を配置する論理座標 $Lo [LX0, LY0]$ は、

- ・ Li との位置関係を保った上で、
- ・ $L1 [LX1, LY1]$ に移動する必要があります。

- ii この為には、(5.1.5) の通り、
線分 $Ln-L1$ は線分 $Li-L0$ に平行で m 倍である事が必要です。
この時の関係を式 (5.1.5) に記します。
この $L1 [LX1, LY1]$ の位置に論理 {0, 0} 点を配置して画像生成すれば望みの拡大画像が表示されます。

- iii 倍率 m の累積は $TV1$ で保持されます。
・画像座標原点 {0, 0} に対応する論理座標 $L [LX, LY]$ は $[TV2, TV3]$ で表示されます。

$$m = \frac{LX1 - LXn}{LX0 - LXi} = \frac{LY1 - LYn}{LY0 - LYi}$$

$$LX1 = m(LX0 - LXi) + LXn$$

$$LY1 = m(LY0 - LYi) + LYn$$

(5.1.5)

$$\therefore$$

$$TV2_{new} = m(TV2_{old} - LXi) + LXn$$

$$TV3_{new} = m(TV3_{old} - LYi) + LYn$$

$$TV1_{new} = mTV1_{old}$$

5.2 画像の表示と保存

画像の生成と表示は下記の 2 画面で実行されます。詳細は操作説明書によります。

(1) 起動直後の主画面

本システム起動直後に表示される画面で一時期には 1 画像のみしか生成・表示できませんが、

- ・モニタの範囲内で任意の大きさの画面を表示できます。
- ・簡単な操作で連続画像を連続して表示できます。
- ・.bmp 画像として表示画像を保存でき、又外部の .bmp 画像を入力して表示できます。
- ・表示画像を拡大・縮小/カラー調整等の各種の処理ができます。但し本システムで作成した画像に限ります。

(2) DB一覧画面：複数画像の一括表示と生成が可能です。

i 概要

(1) 項の主画面からの指定で表示される画面で、最大 50 画像を一度に表示でき、その中から指定した画像を拡大表示して、(1) 項の主画面で可能な殆ど (+α) の処理ができます。

- ・指定に従い、多数の画像を系統的・自動的に生成・着色して、最大 50 画像単位に連続表示します。
- ・表示した最大 50 の画像の生成パラメータを纏めて .csv File (DB ファイル) として外部保存して、後の必要時期に読み込み、画像を高速表示する事ができます。
- ・一度表示された画像は、その画像そのものではなく、各画像の生成パラメータを PC メモリ内に最大 11Page (最大 11x50x5=2,5700 画像) 分を保存します。
- ・各 50 画像のサイズは 100x100 ピクセルの小さな画像ですので、十分に高速に生成・表示できます。

ii 構成：50画像分の小画像(100x100ピクセル)と4画像分の大画像(256x256ピクセル)表示領域より構成します。

- ・最大50画像の小画像は、Fileとして管理され、図5.2の如く、
 - ・File 0:~4:の各Page括り付けFileと
 - ・全Pageに共通の予備File 5:より構成されます。
- ・4個の大画像は全Pageに共通であります。実表示例は[図6.1]を参照。
- ・全11Pageの構成は、図5.2
 - ・Page0が固定的に使用するPage
 - ・Page1~10が生成画像を循環して格納/表示するPageで、最終Page10のFile4:まで表示したらPage1のFile0:に戻ります。
- ・指定により任意の1ページのみ繰り返し使用する事が出来ます。これにより管理用のメモリを節約します。[6.7.4]を参照。

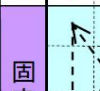
File \ Page	0	1	2	...	10
0:	各 Page 毎に 存在	固定 使用			
1:					
2:					
3:					
4:					
5:	予備	全Pageに共通			

図5.2 DB小画像の表示構成

5.3 複数画像の一括・自動生成

5.3.1 一括自動生成

本システムでの画像生成は表3.1のTop行に現れる各パラメータを指定する事になされます。

- ・表3.1の各パラメータを画像生成画面で1式指定する事により5.2-i、iiに記した画面に生成画像が表示されます。
- ・人手での指定を自動化して、設定条件に従って適合画像を自動的に生成して、5.2-ii項の50画像単位に連続表示する事ができます。

(1) TVパラメータの可変設定：詳細の設定法は[6.3]を参照。

TVパラメータは表3.1でも分かる通り最も細部の設定を行うパラメータセットであります。

この中の何個かのTV項目を指定して、

- ・その可変範囲(From~To)を指定します。
- ・その可変範囲内を幾つか(Div)にリニア又は非リニアに分割してその分割境界の値を生成パラメータ値として採用します。
- ・指定された各TV項目の全ての組合せのパラメータ値で画像が生成され、50画像単位に画像生成と同時に連続表示されます。
- ・表示画面1ページには、50単位の表示が5セット分250画像が切り替え表示され、之を超える画像が生成されると次ページに切り替え表示されます。最大50x5x11=2,750画像分の生成パラメータを50画像単位に纏めて、一つの.csv File(DBファイル)として保存する事ができます。
- ・更には、TVパラメータの可変設定パラメータをセットにして、.csv File(ATファイル)として、(自動生成動作の途中でも)保存できますので、後日当該パラメータファイルを読み込んで、前回の中断点より自動生成を再開することも可能です。

(2) CB1の全生成関数の自動実行：詳細は[6.5.1]を参照。

TV0~10に次いで多様な指定ができるのは、CB1の生成関数であります。Mb/Ju系では50個の生成関数が指定できます。各関数から生成される基本画像(指定の既定の着色がなされ生成画像の全貌が観察できる)を自動的に生成させ一覧できる機能が用意されています。

(3) Mandelbrot (Mb) ⇔ Julia (Ju) 一括変換の自動化：詳細は[6.4.3]を参照。

5.1.4-(3)のMb⇔Juの変換では元画像の表示画面の1点を指定する必要がありますが、この指定を自動化して、変換後の画像を一覧表示します。(1)のサブセットとして実行されます。

(4) 自動カラー調整：詳細は[6.4.2]を参照。

画像の初期生成後の着色は4章の通りで、最終的には画像対応にモニタ画像を見ながら、

4本のスルロールバーを操作して調整する事になりますが、全体として最適組合せを見つけるのは困難です。本システムはこの調整又は初期画像生成後にその調整組合せの周辺パラメータの組合せを自動的に発生させ、一覧表示しますので、この多数の表示画像の中から最適画像を選択する事が可能になります。

(5) 自動カラー配置：詳細は[6. 4. 1]を参照。

本システムでは、初期画像生成時には、2. 2. 3項の如く最大4個のメモリブロックに各画像のViewを独立に保存していますが、最初に着色・表示されるのは、この内のCB2で指定された1 Viewのみです。

しかしながら、各メモリブロックはその後も存在していますので、

- ・別のメモリブロックのViewに切り替える事ができます。
- ・更には、複数のViewに対して各R, G, Bのカラーを配分して**複数Viewの合成**を観察する事が出来ます。
- ・この組合せを自動化して多様なカラー組合せの結果を一覧観察する事ができます。

5. 3. 2 一覧表示後の一括変換

一覧表示された画像を下記により更に一括変換できます。

i パラメーター値を一律変換して再表示：詳細は[6. 5. 2]を参照。

小画像部で表示済の各画像の生成パラメータを指定に従って一律に変更しながら再表示させる事ができます。

一律変更指定できる項目は下記及び着色/配置の初期化であります。

- ・TV：選択された任意の2項目
- ・CB2：表示対象 $\{|z|, \theta, \dots F/H, \dots$: 実質的にはカラー配分リストCDによる}等。7. 8- ii を参照
- ・RTM：回転(Rot)/反転(Mir)の指定
- ・PTT：パレットタイプ{分割形, 直線形, 曲線形, \dots }：背景色含めて各タイプの詳細構成を対象にします。
- ・PTM：パレットマップ{0~5}

ii 小画像の逆転表示：詳細は[6. 5. 9]を参照

表示されている1ファイル分の画像の表示順序を逆転させて表示できます。

- ・例えば、高拡大画像から低拡大画像に並んでいる小画像ファイルを低拡大画像から順に逆転表示できます。
- ・連結ファイルでの表示されている1ファイルのみが対象です。

iii 各小画像の表示中心の一括変更：詳細は[6. 5. 8]を参照

表示されている1ファイル分の各画像の位置を連続的に変更します。画像の中心位置は事前の指定により、**直線的又はスパイラル的、**の2種類のモードで動かします。

iv ファイル名変更：詳細は[6. 5. 4]を参照。

DB一覧に最大50画像として表示されている画像は、纏めて1ファイルとしてその生成パラメータを保存可能であります。この時のファイル名は画像生成時に既定の名前が表示されていますが、本ファイル名を(連結ファイルも含めて)変更する事ができます。

v TV既定テーブルの更新：詳細は[6. 5. 5]を参照。

新規作成画面で OPN~CB1までのパラメータが指定されますと、自動的にTVの**既定パラメータ値**が表示されますが、この表示内容を保持しているのがTV規定テーブルであります。本テーブルは本システム起動時に外部ファイルより自動的にロードされますが、本テーブルも変更可能であります。

之により、使用しながらより好ましい初期画像が表示されるように、育て上げる事が可能になります。

- ・本テーブルは、OPN, CB0, CB1の組合せに対して初期表示されるTV0~TV10の各値を保持しています。
本テーブルは、OPN, CB1に就いては、全て個別指定ですが、CB0に付いては下記の通り一部共用します。
CB0=0~2, CB0=4~6, CB0=9~11は同じTV設定になります。CB0=2, 4, 11を中心に設定してあります。
従って、例えば、CB0=5, 6は冴えない初期画像となり得ます。
- ・本テーブルが保存するのはTVパラメータのみで、着色/回転・反転情報は対象外です。

vi 小画像での表示画像のDustFwd \leftrightarrow Mb/JuAttractor \leftrightarrow NormalMb/juの一括変換：詳細は5. 1. 4-(3)、[6. 5. 3-(2)]

小画像の1 Fileに納められた各DustFwd, Mb/JuAttractor, NormalMb/Ju画像を指定に従って互いの一括変換します。

注：DustFwd \leftrightarrow NormalMb/juの直接変換は不可能です。

5. 4 主画面での表示/保存機能

主画面では一度に1画像しか表示できませんが、任意サイズの画像が扱える/連続表示が可能/. bmp画像の形で外部保存が可能等、DB一覧とは異なった事が出来ます。従来では**DBファイル**のみがこの対象になっていましたが**V7. 5**では**ATファイル**も直接表示/保存可能になりました。

大量の画像を生成するATファイルの画像を50画像毎のDBファイルに分解/変換する事なく、直接主画面に**連続表示/. bmp画像保存**する事が可能になりました。詳細は、[4. 3. 2], [4. 3. 3]を参照。

6 各フラクタル画像の拡張的機能

各フラクタルの基本形は既に基礎編で説明済ですが、ここでは、より拡張的な機能について記します。

6.1 Mandelbrot (Mb) と Julia (Ju)

ここでは、Mandelbrot (Mb) と Julia (Ju) の多様な拡張系を記します。

6.1.1 全体の要約

(1) Mb, JuでのCB0=0~7, Dust系のCB0=2~4については、表6. 1. 1-1の共通関数が使用されます。

表6. 1. 1-1 Mandelbrot (Mb) と Julia (Ju)、Dustでの生成関数：(CB1=32~49はV7. 7での追加)

生成関数 (1/4)	生成関数 (2/4)	生成関数 (3/4)	生成関数 (4/4)
CB1: $z' = F(c, z)$	CB1: $z' = F(c, z)$	CB1: $z' = F(c, z)$	CB1: $z' = F(c, z)$
0: $c + z^p$	8: $c + zp / (1 + z^2)$	16: $c + \cos(z^p)$	24: $c + \cosh(z^p)$
1: $c * z^p$	9: $c * zp / (1 + z^2)$	17: $c * \cos(z^p)$	25: $c * \cosh(z^p)$
2: $c + z * (1 - z^p)$	10: $z^p * (z - c) / (1 - c^z)$	18: $c + \sin(z^p)$	26: $c + \sinh(z^p)$
3: $c * z * (1 - z^p)$	11: $z * p * (z - c) / (1 - c^z)$	19: $c * \sin(z^p)$	27: $c * \sinh(z^p)$
4: $c + z * (1 - z * p)$	12: $c + \exp(z^p)$	20: $c + \tan(z^p)$	28: $c + \tanh(z^p)$
5: $c * z * (1 - z * p)$	13: $c * \exp(z^p)$	21: $c * \tan(z^p)$	29: $c * \tanh(z^p)$
6: $c + z^p / (1 + z^2)$	14: $c + \log(z^p)$	22: $c + \cot(z^p)$	30: $c + \coth(z^p)$
7: $c * z^p / (1 + z^2)$	15: $c * \log(z^p)$	23: $c * \cot(z^p)$	31: $c * \coth(z^p)$
32: $(z^p - c) / (1 - c^z)$	36: $c + p / (1 - z^2)$	40: $c + z^2 / (1 + z^p)$	44: $(z^p - 1.5) * (z^2 - c^2)$
33: $(z - c) / (1 - c^z)$	37: $c * p / (1 - z^2)$	41: $c * z^2 / (1 + z^p)$	45: $(z^p - 1.5) * (z^2 + c^2)$
34: $c + z^p / (1 - z^2)$	38: $c + z * (1 + z^p)$	42: $c + z^2 / (1 - z^p)$	46: $c + z^p * (1 - z^2)$
35: $c * z^p / (1 - z^2)$	39: $c * z * (1 + z^p)$	43: $c * z^2 / (1 - z^p)$	47: $c * z^p * (1 - z^2)$
48: $z^p * (z - c) / (1 - c * z^2)$	49: $z * p * (z - c) / (1 - c * z^2)$		

注：・ $z' = F(c, z)$ は、 $z(n+1) = F(c, z(n))$ の漸化式を表します。関数系の詳細は、7. 1項を参照

・ $z^p = z$ の p 乗： p は任意の実数、 c^z = 複素数 c の共役複素数 (虚数部の符号 \pm が反転)

(2) Mb/Ju系フラクタル類の特徴を表6. 1. 1-2に要約します。

表6. 1. 1-2 Mandelbrot/Julia系の要約

内容	CB0	生成関数	表示対象	発散限界	系	描画対象	初期設定値
Normal (Mb/Ju) : ii	0 1 2		発散領域のみ 収斂領域のみ 発散/収斂領域合成	TV6で Limit指定	Mb系	表示座標 $c = (Xc, Yc)$ に 結果を表示	TV (4, 5) で $Z0 = (X0, Y0)$ を指定
Attractor (Mb/Ju)	3	0~49	全領域 Limit指定なし				
Newton法	4	表6. 1. 1	根 (zr) の位置				
(による根	5		根 (zr) での関数値	指定なし	Ju系	z の初期値 $Z0 = (X0, Y0)$ の座標に結果 を出力	TV (4, 5) で $c = (Xc, Yc)$ を 指定
の追跡)	6		関数値 (z0) 自体				
RawVal (z0)	7		指定関数の逆追跡結果				
Attractor (Dust)	7						
Attractor (Mira) : i, ii	8		Mira関数対象のAttractor		Mb系	$c = (a, b)$ に 結果を表示	TV (4, 5) = $Z0 (X0, Y0)$
	9	0~31	発散領域のみ	TV8=Limit			
NormalMr (Mb/Ju) : i, ii	10	表6. 4	収斂領域のみ	TV6= c/z^p	Ju系	$Z0 = (X0, Y0)$ に 結果を表示	TV (4, 5) = $c(a, b)$
	11		発散/収斂領域合成	TV7=d			

- i ・ Mb系では、TV (4, 5) に初期値 $Z0 (X0, Y0)$ を指定し、 c パラメータに替わって各Miraの共通パラメータ a, b を可変させこの座標点に結果をプロットします。
- ・ Ju系では、TV (4, 5) に c パラメータを指定し、Mira系では c に替わってMiraパラメータ a, b を初期指定し、開始座標 $Z0 (X0, Y0)$ を可変させ、この座標点に結果をプロットします。
- ii ・ Normal Mira (CB0=9~31) では、発散限界Limitを指定 (TV8で) しますが、CB0=0~2の場合に比べて、発散発生が極めて緩やかで、従ってLimit値指定に大幅に影響を受ける傾向があります。
- ・ 図6. 1. 1のNormal Mb/Ju (CB0=0~2) では、Limit=4ですが、本Limit値を変えても結果は殆ど変わりません。一度発散が始まると、急激に発散してしまう事を意味します。

iii Mandelbrotで表6. 1. 1-1のCB1=0の生成関数で全てLogベースで出力した画像例を図6. 1. 1に示します。

共通条件

$$z' = c + z^2$$

$$TV(0, 1) = (8, 0.6)$$

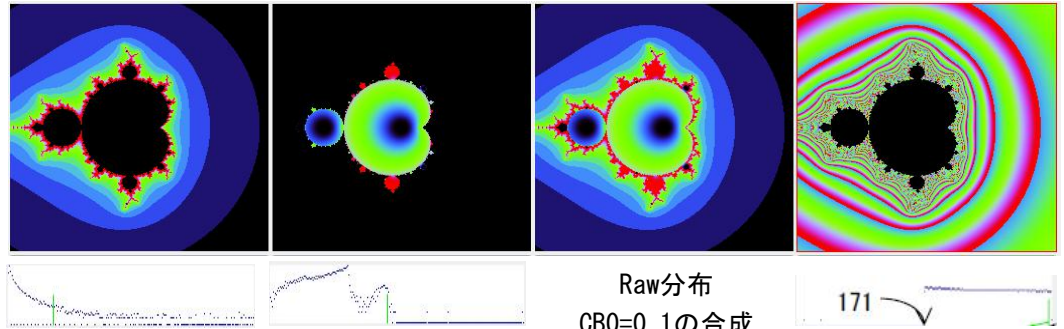
$$TV(2, 3) = (0, 0)$$

$$TV(4, 5) = (0, 0)$$

$$TV6 = 4(\text{Limit})$$

$$CB2 = 0(|z| \text{出力})$$

Raw分布



(Lmax*, Rmax*) 限界値 (L, R) max = (0.13, 0.69) (L, R) max = (0.59, 1.27) (L, R) max = (341, 345)
 *: 4章参照 CB0=0: 発散領域のみ CB0=1: 収斂領域のみ CB0=2: 収斂/発散合成 CB0=3: Limit制限なし

図6. 1. 1 Mandelbrot系の4形態 (CB1=0の生成関数による: 着色は図4. 2のPTT=2による)

図6. 1. 1より下記の事が確認できます。

- CB0=2の画像はCB0とCB1を合成した画像である事が分かります。
- CB0=0, 2の発散部分の出力は、出力 $|z|$ がLimitに達した後の繰返し回数(最大 2^{NL})に相当するスカラー値で、本発散領域独立に正規化して着色したものであります。
- CB0=3の画像生成では、Limit指定に拘わらず既定回数 $2^{NL}=256$ 回の繰返しを行った後の $|z|$ を出力した物で、全領域を通して正規化した後に着色しております。従って、中央部の黒い領域は物理的には、CB0=1, 2の中央部と同じレベルの出力値ですが、その周辺の発散部分の値が極めて大きい(341 vs 0.59)ため、**中央部は沈みこんで黒く表示されております**。2. 2. 3項を参照。CB0=2の中央部は周辺の発散部とは独立に着色していますので、CB0=1と同様に表示されています。

注1: CB0=3の画像の周辺部の出力値は極めて大きな出力になりますが、Log変換でレベルは抑制されています。図6. 1. 1で(L, R)の値が如何に大きいかわかります。

注2: 同じ値に吸い込まれる描画対象の座標点を同じカラーで表示するため**Attractor**と呼ばれます。

6. 1. 2 Newton法: CB0=4~6

i **Newton法の概要**: 表示例は7. 6項を参照。

Newton法による根の追跡の概要を図6. 1. 2に示します。

- 簡単の為に実数関数の例ですが、複素関数の場合も同様です。
- 任意の点 x_0 から開始して、 $x_1, x_2, x_3 \dots$ と追跡する事により限り無く根 x_r の位置に近づきます。

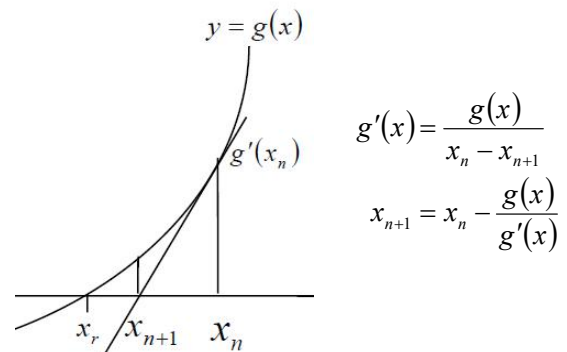


図6. 1. 2 Newton法による($g(x)=0$)の根の追跡

ii **対象関数としては**

表6. 1. 1-1の全ての関数 $F(c, z)$ 全て

を指定できますが、下記の如く**バイアスVb**を指定できます。

$$g(c, z) = F(c, z) - Vb$$

Mb系: 常に $z0=TV(4, 5)$ の固定値から出発し到達した根の情報を**cの座標**に出力します。

Ju系: $c=TV(4, 5)$ を固定値として出発点 $z0(X0, Y0)$ の位置に根の情報を出力します。

Vbはバイアス値(複素数)で、TV(6, 8)で直接指定します。

iii 表6. 1. 1-2の如く下記3種類の走行で根の情報を定義します。

- **CB0=4: Root(zr)** 到達した根 zr の座標を根の情報として表示します。
- **CB0=5: RootVI(zr)** 到達した根 zr を $g(c, z)$ に代入した $g(c, zr)$ (**根の評価**)を根の情報として表示します。
- **CB0=6**: $Val(z0)$ $g(c, z)$ の値そのものを根の情報として表示します。但し、TV0の指定により、TV0=0の場合は $g'(c, z)=F'(c, z)$ を、TV0>0の場合は $g(c, z)$ の値を表示します。

iv 下記の条件が成立している場合は、**計算により得た根**をDB画面のHelp行に表示します。詳細は7. 6を参照

- DB一覧画面の大画面から起動されている
- (OPN, CB0, TV10)=(2, 4, 0)の指定で根が解析的に計算可能なこと: 整係数多項式の場合は4次元以下の事
- 超越関数の場合は $p \leq 8$ として周期解の範囲をTV9=Lc(fr, to)の形で指定: 例1. 2
周期解の範囲は $-fr \sim to$ として表示します: 例 $-1 \sim 2 = \{-1.0.1.2\}$ が計算対象。

6.1.3 逆追跡Dust Attractor (Mb/Ju) : CB0=7

本逆追跡Attractorでは、表6.1.1-1の標準関数の逆関数(表7.1)を演算対象にしますが、これら逆関数は7.1/2項に示す様に互いに独立で各々複数の解： $\{H, C, R\} = \{\text{位相解, 周期解, } \pm\sqrt{\text{選択等}}\}$ の最大3グループの解グループを持ちます。0～Sqm=2^{NL}/(-TV0)間の各Stepではこの3グループの中から各々指定の1つの解を選択しながら演算して最終的に到達した値Zsqmを出力とします。

- Mb系では、TV(4, 5)=(X0, Y0)をZの初期値として、C=(Xc, Yc)を表示画面各点に対応して最終到達値をこのCの座標に出力します。
- Ju系では、TV(4, 5)=(Xc, Yc)をパラメータCとして、Zの初期値Z0=(X0, Y0)を表示画面各点に対応して最終到達値をZ0の座標に出力します。
- 0～Sqm間の各Stepでの、この3グループの各々から1つの解を選択する指定法を7.2.2に示します。更に、TV自動パラメータ指定での各解の可変指定法については[6.3.8-ii]を参照。
- CB1の各関数は、CB0=0～6の順方向展開では、一般に発散方向でしたが、逆展開では収斂方向で、
 - ・ 処理次元TV0を増大させても有効な画像は得られない傾向があります。
 - ・ Mb系では、初期値(X0, Y0)は結果に影響しない傾向があります。

参考：

OPN=4, CB0=2, 3のDust処理では、TVパラメータで指定されるZ0, Cをパラメータとして同様に逆関数を演算しますが、0～2^{NL}間の各Stepnでの出力値Znを表示アドレスとしてその時のStep値nを出力値とする点が本Attractorと異なります。この3グループの各々から1つの解を選択する指定法はAttractor系と同じです。

6.1.4 Mira AttractorとNormal Mira

本処理では、表6.4のMira関数を対象にして、全関数に存在するa, bパラメータを表6.1.1.1-1の複素数cパラメータの実数部r, 虚数部iに見立ててMb/Juの論理で処理します。

表6.4のc/z^p, dパラメータは直接TV6, 7で指定します。

本Mira関数を初期座標Z0を指定して追跡するOPN=5のMiraに付いては6.4項を参照

6.2 Collet(ct)

Colletで使用する関数を表6.2に示します。

- i 横方向の出力：全ての座標点に出力します。

Xmin=TV4を論理座標'-1'に

Xmax=TV6を論理座標'+1'に

配置してこの間の全ての座標点Xに相当する論理値xに付いて漸化式を計算してynを求めます。

- ii 縦方向の出力：n=0～Sqm=2^{NL}/(-TV0)の全ての出力をプロット

- ynのプロット位置は、全xでのynの最大値Ymaxが縦方向の論理'1'に、Yminが論理'-1'収まる様に縦位置と倍率を調整して、全体が収まる様にします。但し、Ymax, Yminの値が極端な場合は、有効部分が極端に縮小される為、この自動調整は省略されます。
- y0=yの初期値は、各x座標共通にy0=Y0=TV5が使用されます。プロットされる値は、2.2.2/2.2.3で示す様にnに相当する値がカラー化されて表示されます。

- iii 縦方向の調整結果の表示：下記TVにて表示されます。

縦方向の位置LY=TV3, 倍率MLy=TV8, iiのYmax, Yminで調整値が大きかった方をTV9(py, ny)で表示します。Ymaxが大の場合'+'の値が、Yminが大の場合は'-'の値が表示されます。

表6.2 Colletの対象関数

CB1	関数	
	表示形式	漸化式
0	$y' = xy(1-py)$	$y_{n+1} = xy_n(1 - py_n)$
1	$y' = xy^p(1-y)$	$y_{n+1} = xy_n^p(1 - y_n)$
2	$y' = xy(1-y^p)$	$y_{n+1} = xy_n(1 - y_n^p)$
3	$y' = xy^p(1-y^p)$	$y_{n+1} = xy_n^p(1 - y_n^p)$
4	$y' = xy^p(1-y)^p$	$y_{n+1} = xy_n^p(1 - y_n)^p$
5	$y' = x \sin^p(\pi y)$	$y_{n+1} = x \sin^p(\pi y_n)$
6	$y' = x \cos^p(\pi y)$	$y_{n+1} = x \cos^p(\pi y_n)$
7	$y' = x \cos^p(\pi y/2)$	$y_{n+1} = x \cos^p(\pi y_n/2)$
8	$y' = xy(1 - \tanh^p(y))$	$y_{n+1} = xy_n(1 - \tanh^p(y_n))$
9	$y' = xy(1-py^2)$	$y_{n+1} = xy_n(1 - py_n^2)$

6.3 Dust : OPN=4

6.3.1 全体概要

ランダムDust系の全体の概要を表6.3.1に要約します。何れも所定の初期状態よりTV0(NL)で決まる演算を繰返し各演算Step(sq=0~2^{NL})での出力を座標としてその座標にその時のStep値sqを出力します。2.2.2を参照。

表6.3.1 ランダムDust系の要約

CB0	Dust名	CB1指定	TV4~7 指定項目	L/R変換 ^{*1}	ランダム性の根源	その他
0	DustRotBk	鏡像指定 ^{*1} (0~15)	回転角度と縮小率 ^{*1}	使用して 画像生成	BackTrack法 ^{*1} でL/R変換指定	初期L/R指定
1	DustRotRn				ランダムにL/R変換指定 (TV8, 9)	
2	DustRevBk	生成関数指定 (0~49) 表6.1.1.1-1	初期値Z0 (X0, Y0) と パラメータC (Xc, Yc)	生成関数 により 画像生成	R解をBackTrack法 ^{*1} で指定	p パラメータ 一部間接指定
3	DustRevRn				H, C, R解全てをランダム指定	
4	DustFwd				初期値Z0とパラメータCのみ	
						Log座標表示

^{*1} L/R変換とBackTrack法に就いては、(3.1.4)を参照。鏡像指定は表6.3.1-1を参照。

6.3.2 DustRotBk/Rn : 回転と鏡像で作成する基本Dust : CB0=0, 1

縮小回転と鏡像のみで作図します。(3.1.4)を参照。CB1での鏡像指定は表6.3.1-1を参照。

- ・(3.1.4.1)に記載されているL, R変換時のX, Y軸に対する鏡像の指定
- ・yR : R変換でのY軸鏡像 : MirrorYR
- ・xR : R変換でのX軸鏡像 : MirrorXR
- ・yL : L変換でのY軸鏡像 : MirrorYL
- ・xL : L変換でのX軸鏡像 : MirrorXL

表6.3.1-1 DustRotBk/DustRotRnでの鏡像指定

CB1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
yR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
xR	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
yL	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
xL	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

- ・メニューボックスCB1:では、表6.3.2の見出しyR xR yL xL含めて、表示されます。
- ・本鏡像指定に於いて、L, R変換の指定を下記にて指定します。
 - ・DustRotBk (CB0=0) では、BackTrack法で
 - ・DustRotRn (CB0=1) ではV8のR3/TV9のR1で指定される解で指定

6.3.3 DustRev (Bk/Rn) : CB0=2, 3

7.1記載の逆関数の複数解の各々で指定された解での出力を追跡しその出力座標点に、その出力を生成した時の繰返し回数(Step値n)をプロットします。

- 何れも6.3.2のDustRotでのCB1での鏡像指定に代わって7.1記載の逆関数を指定します。
又R/L選択に代わって複数解からの選択を下記の通り実行します。
- DustRevBkでは、R解部分を6.3.2の2進木のR/L変換指定に従います。
したがって、R解部分はR/L変換に対応する2択選択のみとなります。
- DustRevRnでは、6.3.2の2進木のR/L変換指定に代わってTV8のR3/TV9のR1で指定される解を使用します。
使用(R解の存在するCB1に限ります)します。その他のH3, C3の選択は、下記ivと同様に指定します。
- DustRevBk/Rnでは、表6.1.1-1の標準関数の逆関数の値を追跡しますが逆関数の多数の解の中から指定の解を選択しながら各Stepの出力をPlotしていきます。この選択の指定は7.2項を参照。
初期指定では、全ての出力が表示画面内に収まるように位置(LX, LY)と倍率MLが調整されます。
- DustRevBk/Rn何れもTV9でpを指定できる(表7.1を参照)ものがありますので、この場合TV9はpの指定が優先して、R1はR1=1が暗黙指定されTV8は±R3が直接指定可能です。
なを、pを指定できるCB1はR解のみしか存在しませんので、H, C解の心配は不要です。
- 何れの場合も、TV(4, 5)/(6, 7)=(X0, Y0)/(Xc, Yc)を指定しますが、TV(4, 5)=(X0, Y0)の影響は一般に小さい傾向にあります。これは、又6.1.3の逆追跡Attractorの場合と共通であります。更に、本逆関数は表6.1.1-1の標準関数をベースにしていますので、表5.1.4のNo.6項の関数変換が適用できます。

6. 3. 4 DustFwd : CB0=4

(1) 概要 : DustFwd画像の特性

6. 3. 3のDustRevBk/Rnでは標準関数の逆関数の軌跡をPlotしましたが、本DustFwdでは、標準関数をそのまま追跡して、各Stepでの出力 Z_n を座標として、その座標相当点(ii)にその時のStep値 $n(0 \sim 2^{L_n})$ を出力します。

i 6. 3. 2と同様に初期値 $Z_0(X_0, Y_0)$ 、Cパラメータ $C(X_c, Y_c)$ を全てTVパラメータとして指定します。

- ・図6. 1. 1でも分かります様に標準関数をそのまま演算を続けると、 Z_0, C パラメータの値により、発散部分と収斂部分が明確に分かれる傾向があります。詳細は[9. 5]を参照。
- ・ Z_0, C パラメータが収斂領域の場合は、早々と0値に収斂する
- ・ Z_0, C パラメータが発散領域の場合は、早々と発散又は特定値に集中してしまい何れも有効な画像は得難く、発散/収斂の境界を中心に多くの有効な画像が得られるものと推測されます。

ii 従って出力座標の極端な広がりによって出力座標 Z_n をLog圧縮できる様にします。TV8≠0の場合は、ステップ n での出力 Z_n の絶対値($s=size$)に対して下記(6. 3. 4)の W を出力座標にいたします。TV8=0では、 $W=Z_n$

$$s = \sqrt{(z_n \cdot r)^2 + (z_n \cdot i)^2} \quad z_u = z_n / s \quad W = \begin{cases} \exp(z_u) \cdot \log(1 + 1/v) & (t = 2) \\ \exp(z_u) \cdot \log(1 + v) & (t = 1) \\ z_n \cdot \log(1 + v) & (t = 0) \\ z_u \cdot \log(1 + v) & (t = -1) \\ z_u \cdot \log(1 + 1/v) & (t = -2) \end{cases} \quad (6.3.4)$$

$t = \text{TV8の整数部: 符号付き}$
 $f = \text{TV8の小数部: 符号なし}$
 $a = \begin{cases} 1 & (f = 0) \\ 1000 \cdot f & (f > 0) \end{cases} \quad v = a \cdot s$

注：下記は複素数
 Z_n, Z_u, W
 $|Z_u|=1$
 r, i は各複素数の
 実数部と虚数部

- ・式(6. 3. 4)に現れる複素数演算については、7. 1項を参照
- ・TV8=0, 1の場合が従来のV7. 4と互換です。その他のケースはV7. 5での拡張です。
- ・TV8=-1~1のLog(1+v)用いるケースでは画像座標原点に近い小出力側の分解能を拡大します。TV8=±2のケースは極性が逆転し、逆に大出力側の分解能を拡大します。

iii 各TV8に対する出力画像のサンプルは7. 7を参照

図7. 7では、TV8={-2. x, -1. x, 0. x, 1. x, 2. x}, $x=\{0, 01, 0001\}$ の合計15個の画像を生成させていますが、これだけの設定を各CB1に対して行うのは大変ですので、下記の簡易指定を用意しています。

- ・実際に設定して生成された画像(例えば図7. 7)を任意の小画像Fileに表示しておきます。
- ・本画像の各TV8の設定値を他の指定のCB1のTV8の値に埋め込みます。TV8以外のパラメータはこのCB1に対して任意(例:CB1に対する既定値)に指定させ、埋め込んだTV8で画像を生成させます。
- ・5. 3. 1-(1)のTVパラメータの可変設定では指定TVは規則的な可変に限定されていますが、本方式では任意の変化に対応できます。但し、この可変指定できるTVは1個のみです。詳細は[6. 5. 10]を参照。

(2) 画像生成の為の新機能 : V7. 4でNew

本DustFwdでは、指定する生成パラメータは Z_0, c, p パラメータで複数解の指定がない、だけ単純ですが、

(1)に記した通り、有効な画像は極めて稀であると考えられます。V7. 4では下記の新探索機能を可能にしました。

i 元になるMb/JuAttractor画像より直接変換する。詳細は、5. 1. 4、[6. 5. 3]を参照。

DustFwdの画像生成にかかわるパラメータは $Z_0=(X_0, Y_0), c=(X_c, Y_c), p$ ですが、Mb/JuAttractor画像もこれらパラメータを下記の通り、保有しています。

- ・MbAttractor画像 $(X_0, Y_0), p$ をTVで直接指定 (X_c, Y_c) は画像中の各座標点が保有
- ・JuAttractor画像 $(X_c, Y_c), p$ をTVで直接指定 (X_0, Y_0) は画像中の各座標点が保有

従って、Mb/JuAttractor画像の一点を指定する事により対応するDustFwd画像生成に必要なパラメータ Z_0, c が揃います。本変換は関数変換の一環で実現されます。5. 1. 4項

ii 元になるMb/JuAttractor画像の収束部位/発散部位の境界(Border)からパラメータを取得。詳細は[9.2],[9.3]

i では、Mb/JuAttractor画像内の一点の指定が必要でしたが、有効画像は収束/発散部位の境界に存在する事を期待して、この境界を組織的にScanして、発生Dust画像をチェックできる様にしました。

iii TVパラメータの可変設定[6. 3]機能の拡大。詳細は[9. 4]を参照。

DustFwd画像の中心となる生成パラメータは $(X_0, Y_0), (X_c, Y_c), p$ であります。

このうち、 p は直接指定する、としても、 $(X_0, Y_0), (X_c, Y_c)$ の4点は同時に可変したいところであります。この場合、大量の自動生成画像のチェックが必要なので、下記の簡易機能が使用できます。

- ・可変生成された画像の内非零画素数が指定以上のものを自動的に予備Fileに移す。
DustFwdでは、見栄えのある画像は一定数以上の非零画素が必要だと考えられます。
- ・予備Fileが指定の満杯状態になったら指定のFolderに連結DBファイルの形で自動的に外部保存します。

6.4 Mira(Mr)

(1) Mira系で使用する関数を表6.4に示します。

表6.4 Mira系での関数:No(12~31)はVer7.8で追加

No	関数形 (0~15)	パラメータ					No	関数形 (16~31)	パラメータ				
		a, b	c	d	p				a, b	c	d	p	
0	$F(x)=ax+2(1-a)x^2/(1+x^2)$						16	$z'=(z*z\sim a)*z\sim i+(z^2)*b+c*z\sim$					
1	$F(x)=ax+c*\sin(x)$						17	$z'=(z*z\sim a)*z*i+(z^2)*b+c*z$					
2	$F(x)=ax+c*\cos(x)$						18	$x'=y-S(x) bx-c ^{0.5}; y'=a-x$					
3	$F(x)=a+c*\sin(x)$						19	$x'=y-S(x) bx-c ; y'=a-x$					
4	$F(x)=ax+cx^2/(1+ x)$						20	$x'=y-S(x)(bx-c)^2; y'=a-x$					
5	$F(x)=ax+c*f(x)$						21	$x'=y-S(x) bx^2-c ; y'=a-x$					
6	$z'=(z*z\sim a)*z+b*z\sim^p$						22	$x'=y-a*S(x) bx-c ^{0.5}; y'=-x$					
7	$z'=(z*z\sim a)*z*i+b*z\sim^p$						23	$x'=y-a*S(x) bx-c ; y'=-x$					
8	$x'=1-ax^2+y; y'=bx$						24	$x'=x(a-y)+c; y'=bx^2$					
9	$x'=x(a-y); y'=bx^2$						25	$x'=x(ax-y)+cy; y'=b-x;$					
10	$x'=ax+by+c+d/(1+x^2); y'=-x$						26	$x'=ax+by+c+d/(1+ x); y'=-x$					
11	$x'=ax+by+c+dx/(1+x^2); y'=-x$						27	$x'=ax+by+c+dx/(1+ x); y'=-x$					
12	$F(x)=ax+c*\tan(x)/(1+ x)$						28	$x'=ax+by+c+dx^2/(1+x^2); y'=-x$					
13	$F(x)=a+c*\cos(x)$						29	$x'=ax+by+d/(1+x^2); y'=c-x;$					
14	$F(x)=a+c*\tanh(x)$						30	$x'=ax+by+dx/(1+x^2); y'=c-x;$					
15	$F(x)=ax+cx^2/(1+x^2)$						31	$x'=ax+by+dx^2/(1+x^2); y'=c-x;$					

i F(x)を使用するNo(0~5, 12~15)は次の漸化式となります

$$x_{n+1}=b*y_n+F(x_n) \quad y_{n+1}=F(x_{n+1})-x_n$$

以下全ての項番で、下記の通り表示します。

$$x'=x_{n+1}, x=x_n, y'=y_{n+1}, y=y_n$$

ii No5のf(x)は下記の関数となります。

$$f(x)=\begin{cases} x-\frac{x}{|x|} & (|x|>1) \\ 0 & (|x|\leq 1) \end{cases}$$

iii No6, 7, 16, 17でのz, z~, iは複素数で他のシンボルは全て実数です

- ・ z~はzと共役複素数で虚数部の符号±がzと反転します
- ・ iは虚数単位で $i^2=-1$

iv 項番18~23のS(x)はxの符号を表します。

$$S(x)=\begin{cases} 1 & (x>0) \\ 0 & (x=0) \\ -1 & (x<0) \end{cases}$$

(2) 基本Mira

表6.4の各選択された関数を所定(2^N)回数繰り返し実行し、各回の出力をプロットします。
基本的処理は、6.3.4 DustFwdと同じですが、作成される画像はMira独特のものになります。

- CB1=0~5では(x, y)の漸化式を新規作成画面のTop行に(1)-iの通り表示します。
- CB1=5では、関数f(x)を新規作成画面のTop行に(1)-iiの通り表示します。
- p, a, b, c, d の欄はパラメータ p, a, b, c, d の使用状況を表示します。p, a, b, c, d の何れかが記入されている関数では、該当パラメータを主パラメータTVの指定行番で入力できます。

(3) Mira Attractor (MrAT), Normal Mira : 6.1.1及び6.1.4を参照

パラメータa, bが全関数に共通であることを利用して、

表6.1.1の複素数cを下記の通り割り当て、6.1.1の関数と同様の操作をいたします。

c.r=a(TV4), c.i=b(TV5)

6.5 Pyth (ピタゴラス)

6.5.1 付加3角形の指定: HalfRandom (CB0=0) と FullRandom (CB0=1)

i 付加3角形の内角 α , β の指定が生成図形に大きく影響します。

ii 図6.5.2では、

- (1), (2) とも、
TV0=(3⇒6): 処理次元
 $\alpha = TV4=1/3$, $\beta = TV5=1/6$
TV8=682: Random指定7.7項を参照。
 $R=\{1, 0, 1, 0, \dots, 1, 0\}$ のパターン
 $R1=TV9=1$: TV8を生かす

iv • Random指定bit R=0で、
付加3角形の左角度に α を
付加3角形の右角度に β を
アサインします。

- Random指定bit R=1で、
上記の逆指定になります。

v 以下レベルL毎に要約

L	HalfRandom	FullRandom
1	R=0	R=0
2	全て、R=1	$R=\{1, 0\}$
3	全て、R=0	$R=\{0, 1, 1, 0\}$

カラーでレベルLを表示

LN増加で大きな違いが現れます。

図6.5.2の (LN=3) ⇒ (LN=6)

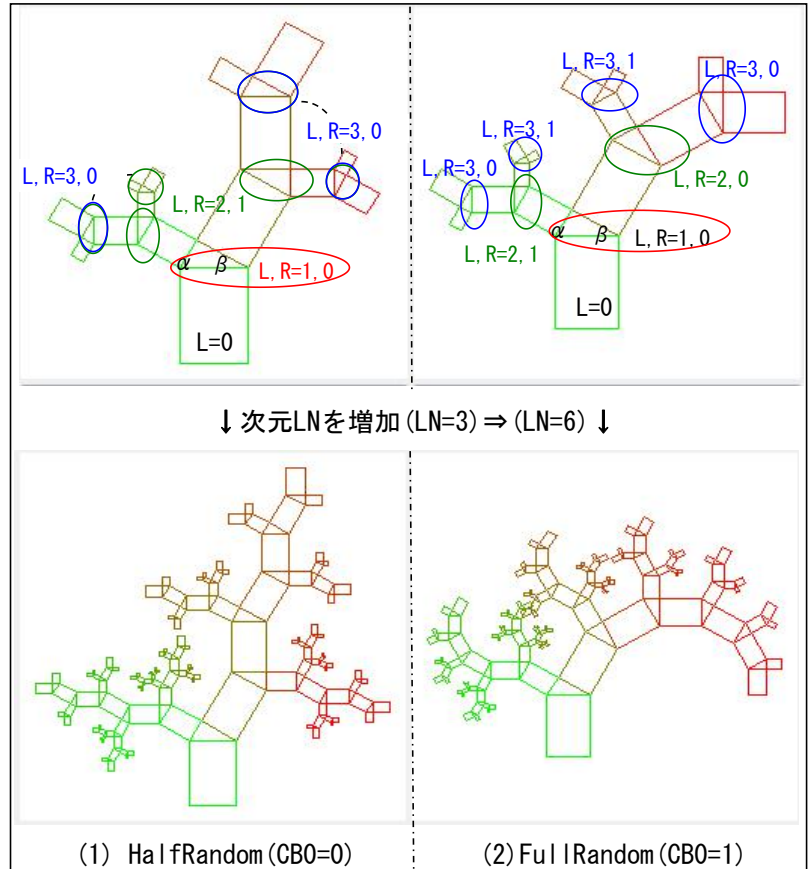


図6.5.2 追加3角形に対する角度 α , β の配置指定

vi 付加3角形の角度 α , β の指定により、

- α , β を小さく指定する事により、上に伸びる木
- α , β を大きく指定する事により、横に広がる木を表現できます。

6.5.2 境界指定

Pythでは、(3.1.6)項記載の境界 (Btm0, Btmn, Topn) の組み合わせをCB1より選択します

- B0: Btm0 (最初の矩形 (L=0) の底辺) の有無を表示
- Bn: Btmn (縮小矩形 (L=1~) の底辺) の有無を表示
- Tn: Topn (縮小矩形 (L=0~) の上辺) の有無を表示

表6.5では、例えば、CB1=2の101は、IBtm0=1、Btmn=0、Topn=1 を表示します。

その他は主パラメータ (TV0~10) で指定できます。

表6.5

CB1	境界指定		
	B0	Bn	Tn
0	1	1	1
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	0	1	0
6	0	0	1
7	0	0	0

6.6 Meander

6.6.1 基本Me

Base/Motifその他の基本事項は、概要は(3.1.7)を参照。

i Motif指定をCB1で指定します、各Motif毎に下記の個別指定が可能です。

- Motifの全ての折曲げ角度 (θ : TV6指定) を各Motif単位に個別に指定できます。
- 各Motifの一部の辺の長さ (L: TV7指定) を他の辺に対して可変指定できます。
可変指定の長さ (L) は他の固定辺長に対する比で指定します。L=1で全ての辺は等長になります。
- 各Motifの角度 (θ), 固定長, 可変長辺の長さは各Motif内では共通であります。

ii • CB1を切り換えてMotifを変更しますと、これに伴って各TV値は既定値に初期指定されますが、特に処理次元 (LN, TV指定)、Base (TV4指定) は規定値に指定されると迷惑な事も有りますので、これを禁止する 'h' 指定を可能にしました。[5.2-④-ii] を参照。これは、5.3.1-(2) にも有効です。

- フラクタル次元Dimが θ , Lのパラメータ値に依存する事になりましたのでMotifによる画像表示終了後にDimの値をTV9で参考表示する事にしました。

iii θ , Lは0も含めて広範囲指定でき之により多様な画像の生成が可能になります。

6. 6. 2 Dragon

一本の直線を中央で次々と折り曲げるにより作成します。

図/表6. 6. 2を参照。

- i 各回での折り曲げ角度 θ (π 比) は反時計方向を+として、 $0 \sim \pm 1$ の範囲で任意ですが、 $0, \pm 1$ は許可されません。

- ii 下記のパラメータを指定できます。

- TV0 : 折り曲げ回数 (図9. 2はTV0=3の例) を指定
 - TV4 : 折り曲げ角度 θ Minを (π 比で) 指定
 - TV5 : 折り曲げ角度 θ Maxを (π 比で) 指定
- 折り曲げ角度は上記2種類を指定でき、 $-1 < \theta \text{ Min} \leq \theta \text{ Max} < 1$ とします。

- TV8, TV9での指定は、7. 6, 7. 7の指定に従い、乱数発生器によるランダム整数又は直接指定を指定します。

- TV9のR1指定でTV8の可変 (=1) / 固定 (=0) 指定

- TV8 ≥ 0 で直接整数指定、

TV8 < 0 で乱数指定になります : SeedNo指定

- $\theta \text{ Min} < \theta \text{ Max}$ の場合での各回での角度指定は $K = \text{TV8}$ で指定される整数 (直接/乱数) として $S(0, 1) = \text{TV7}$ により
 - $S(0, 1) = 0$ の場合は、 K の偶/奇により Min/Max を選択
 - $S(0, 1) = 1$ の場合は、 K の下8ビットの値で、Min ~ Max 間の値をランダムに選択
- $\theta \text{ Min} = \theta \text{ Max}$ の場合は無条件に $\theta \text{ Min}$ が選択されます。

- iii 例えば、 $\theta (\text{Min}, \text{Max}) = (0.5, 0.5)$ とすると、竜 (Dragon) の如き模様が現れます。

角度は π に対する比で指定。

- iv 拡大・縮小には下記の制限があります。

- 次元 (折り曲げ回数) を拡大して、より精細に表示する通常の拡大は、次元拡大により折り曲げ結果が変わってしまうために適用できません。
- Ctrl を併用する (次元を変えない) 単純拡大 (・縮小) は通常通り適用可能です。

- v CB0=0 の Meander が Body 周辺の Motif を折曲げるのに対して、本 Dragon は直線自身をより多彩に折曲げます。

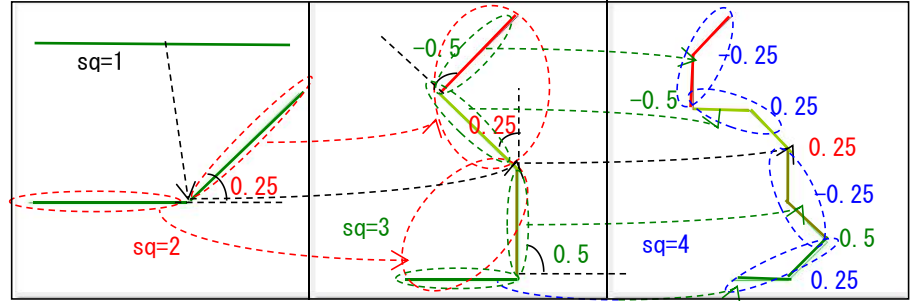


図6. 6. 2 Dragonの作図

表6. 6. 2 各Step (sq) での動き (sq=TV0+1)

sq	θ 選択	符号選択	備考
1			一本のタネ直線を生成
2	Min=0.25	+	中央で折り曲げ
3	Max=0.5	+, -	各直線を中央で折り曲げ
4	Min=0.25	+, -, +, -	各直線を中央で折り曲げ
...			
共通条件		$\theta \text{ Min (TV4)} = 0.25, \theta \text{ Max (TV5)} = 0.5, F/H$ TV7=0, TV8=682 (1, 0, 1, 0...1, 0), TV9=1	

6. 7 Star

CB0, CB1は不使用で、全て主パラメータ (TV0 ~ TV10) で指定できます。基礎編 (3. 1. 8) 又は表3. 1を参照。

これまでは、折り曲げ角度 (π 比) θ を直接指定しており、時には (角度の精度を保つために) 長大な桁数の入力が必要でしたが、 $K = \text{Lc} * \theta$ が整数である事の必要性から整数 K での $\theta (=K/\text{Lc})$ 指定がV7. 3で可能になりました。

- $K = \text{TV7}$ でこれまでのTV7=0の場合は、従来どうりTV5の θ 指定が生きますので従来のDB/ATファイルはそのまま使えます。

- 5. 3. 1-(1) の機能を使用して、 K を可変にする事により、多くの画像生成が確認できます。

7 補足

7.1 標準関数の要約

7.1.1 単純指数関数 : CB1=0

CB1=1

$$u = c + z^p$$

$$u = cz^p$$

$$u' = pz^{p-1}$$

$$u' = cpz^{p-1}$$

$$u = c + z^p \quad \text{の根 / 逆関数}$$

$$u = cz^p \quad \text{の根 / 逆関数}$$

$$z = (u - c)^{\frac{1}{p}} \exp\left(i \frac{2h\pi}{p}\right) \quad (h = 0, 1, p-1)$$

$$z = \left(\frac{u}{c}\right)^{\frac{1}{p}} \exp\left(i \frac{2h\pi}{p}\right) \quad (h = 0, 1, p-1)$$

7.1.2 整係数多項式 : CB1=2~11、32~49

4次式までは、根、逆関数を解析的に求めます

(1) 2次方程式

(2) 3次方程式 : CB1=2~11、32~49で(1)以外

CB1=4, 5, 8, 9, 11, 36, 37, 49

はこの形に限定されます

z*p形式で2次式に集約されます

$$u = z^2 + k_1 z + k_0$$

$$u' = 2z + k_1$$

$$u = 0 \quad \text{の根}$$

$$z = \frac{-k_1 \pm \sqrt{k_1^2 - 4k_0}}{2}$$

$$u = z^3 + k_2 z^2 + k_1 z + k_0$$

$$u' = 3z^2 + 2k_2 z + k_1$$

$$u = 0 \quad \text{の根}$$

$$z = w - \frac{k_2}{3} \equiv w + k \quad k = -\frac{k_2}{3}$$

$$p = k_1 - 3k^2$$

$$q = k_0 + k_1 k - 2k^3$$

$$w^3 + pw + q = 0 \quad \text{の根を求める}$$

$$w = v - \frac{p}{3v} \quad \text{と変換} \Rightarrow v^6 + qv^3 - \left(\frac{p}{3}\right)^3 = 0 \quad \text{の根を求める}$$

$$v^3 = \frac{q}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}$$

$$w = v - \frac{p}{3v}$$

$$z = w + k \quad 12 \text{個の根が求まるが} 3 \text{個に縮退}$$

(3) 4次方程式 : CB1=2~11、32~49で(1)以外

$$u = z^4 + k_3 z^3 + k_2 z^2 + k_1 z + k_0$$

$$u' = 4z^3 + 3k_3 z^2 + 2k_2 z + k_1$$

$$u = 0 \quad \text{の根を求める}$$

$$w = z - \frac{k_3}{4} \equiv z + k \Rightarrow k = -\frac{k_3}{4}$$

$$p = k_2 - 6k^2$$

$$q = k_1 + 2k_2 k - 8k^3$$

$$r = k_0 + k_1 k + k_2 k^2 - 3k^4$$

$$w^4 + pw^2 + qw + r = 0 \quad \text{の根を求めて変換する}$$

$$\left(w^2 + \frac{v}{2}\right)^2 - \left\{(v-p)w^2 - qw + \left(\frac{v^2}{4} - r\right)\right\} = w^4 + (v - (v-p))w^2 + qw + \left(\frac{v}{2}\right)^2 - \left(\frac{v^2}{4} - r\right) = w^4 + pw^2 + qw + r = 0$$

$$q^2 - 4(v-p)\left(\frac{v^2}{4} - r\right) = 0 \quad \text{とすると、}$$

$$q^2 - (v-p)(v^2 - 4r) = -v^3 + pv^2 + 4rv + q^2 - 4pr = 0 \quad \text{は} v \text{の3次方程式で根を求めることができる。}$$

$$q^2 = (v-p)(v^2 - 4r) \quad \text{なので、この根} v \text{に対して}$$

$$\left(w^2 + \frac{v}{2}\right)^2 = (v-p)\left(w - \frac{q}{2(v-p)}\right)^2 \Rightarrow w^2 + \frac{v}{2} = \sqrt{v-p}\left(w - \frac{q}{2(v-p)}\right) \quad \text{よりを根} w \text{を求めて、}$$

$$z = w - k \quad \text{より目的の根} z \text{を求める}$$

7.1.3 超越関数：CB1=12～31

超越系の複素関数を表7.1.3に要約します。

表7.1.3 超越複素数関数の諸元要約：n=任意の正の整数, i=虚数単位

No	関数	定義：展開式	周期性	導関数u'	逆関数	CB1
0	$u = \exp(z)$	$= \exp(x)(\cos(y) + i \sin(y))$	$= \exp(z \pm i2\pi n)$	$\exp(z)$	$z = \log(u)$	12, 13
1	$u = \log(z)$	$= \log(x + iy) = \frac{\log(x^2 + y^2)}{2} + i\theta$ $\tan(\theta) = \frac{y}{x}$	$= \pm i2\pi n$	$\frac{1}{z}$	$z = \exp(u)$	14 15
2	$u = \cos(z)$	$= \frac{\exp(iz) + \exp(-iz)}{2}$	$= \cos(z \pm 2n\pi)$	$-\sin(z)$	$z = -i \log(u \pm i\sqrt{1-u^2})$	16 17
3	$u = \sin(z)$	$= \frac{\exp(iz) - \exp(-iz)}{2i}$	$= \sin(z \pm 2n\pi)$	$\cos(z)$	$z = -i \log(iu \pm \sqrt{1-u^2})$	18 19
4	$u = \tan(z)$	$= \frac{\sin(z)}{\cos(z)}$	$= \tan(z \pm n\pi)$	$\frac{1}{\cos^2(z)}$	$z = \frac{1}{2i} \log\left(\frac{1+iu}{1-iu}\right)$	20 21
5	$u = \cot(z)$	$= \frac{\cos(z)}{\sin(z)}$	$= \cot(z \pm n\pi)$	$\frac{-1}{\sin^2(z)}$	$z = \frac{1}{2i} \log\left(\frac{u+i}{u-i}\right)$	22 23
6	$u = \cosh(z)$	$= \frac{\exp(z) + \exp(-z)}{2}$	$= \cosh(z \pm i2n\pi)$	$-\sinh(z)$	$z = \log(u \pm \sqrt{u^2 - 1})$	24 25
7	$u = \sinh(z)$	$= \frac{\exp(z) - \exp(-z)}{2}$	$= \sinh(z \pm i2n\pi)$	$\cosh(z)$	$z = \log(u \pm \sqrt{u^2 + 1})$	26 27
8	$u = \tanh(z)$	$= \frac{\sinh(z)}{\cosh(z)}$	$= \tanh(z \pm in\pi)$	$\frac{1}{\cosh^2(z)}$	$z = \log\left(\pm \sqrt{\frac{1+u}{1-u}}\right)$	28 29
9	$u = \coth(z)$	$= \frac{\cosh(z)}{\sinh(z)}$	$= \coth(z \pm in\pi)$	$\frac{-1}{\sinh^2(z)}$	$z = \log\left(\pm \sqrt{\frac{u+1}{u-1}}\right)$	30 31

7.2 標準逆関数の解の指定

7.2.1 標準逆関数の解の多様性

7.1に示す標準逆関数は多様な解を持ちます。表7.1.3

i $z^p = u$ の解(位相解)：H解

表6.1.1-1の項番(CB1)の0, 1, 12～31の各逆関数は、全て $w^{\frac{1}{p}}$ の形の解を持ちます。

$$z = w^{\frac{1}{p}} \exp\left(2\pi i \frac{h}{p}\right) \quad (h=0, 1 \cdots p-1)$$

の位相の異なるp個の根が存在します。i は虚数単位
以降H解と略称します

ii 周期解の存在：C解

表6.1.1-1の項番12～31の式は全て表7.1.3の様に周期解を持ちます。

例えば、表6.1.1-1の項番CB1=12の逆関数は、

$$z_0 = c + \exp(z_1^p)$$

$$z_1^p = \log(z_0 - c)$$

$$z_1 = (\log(z_0 - c) + 2ni\pi)^{\frac{1}{p}}$$

z_1^p が $\exp()$ 関数の変数になりますので、
 $2ni\pi$ を加えても同じ値になります。
任意の整数nに対して成立します。
 z_1 が解になります。以降C解と略称します。

iii 多項式解の選択：R解

・7.1.2項に示す各2次～4次の整係数方程式は重根含めて各次数に等しい解をもちます。

・CB1=16～31の各超越関数も7.1.3に示すように±の選択が可能なものもあります

±の何れを採用しても逆関数として成立します。

以上含めて以降R解と略称します。本解の指定範囲は0～3(max:最大4次式対応の4個)となります。

7. 2. 2 標準逆関数の根の指定法

標準逆関数を扱うMb/Ju Attractor、Dust系の処理に於いては、7. 2. 1記載の最大3グループ存在する各根の組合せを各々独立に指定(TV8のTVの1行で)する必要があります。

(1) 指定項目：各画像毎に下記を指定する必要があります。

- ・H指定：位相解の指定：7. 2. 1-i の $p(=2, 3, 4 \cdots 8)$ に対して $h(=0 \sim p-1)$ を指定
- ・C指定：周期解の指定：7. 2. 1-ii の $n(=0 \sim \pm c)$ を指定。符号 \pm が伴います。
- ・R指定：多項式の解($0 \sim 3Max$)を指定：7. 2. 1-iii。

(2) 指定法

逆関数を扱う処理に於いて、有意な画像を生成するには、(1)の指定項目を各繰り返しStep毎に適切に変動させる事が要求されます。

以下各(1)項目対応にその変動範囲の指定(TV9)と実際の変動パターンの生成Dataの指定(TV8)法を要約します。

i 概要

- ・TV8にて、H, C, Rの各々の指定に対して10進3桁の符号付整数で各項目毎に独立に指定します。
この為のCaptionとして、(+)-H3C3R3が表示されます。各10進3桁でH, C, Rの各値を指定します。
- ・TV9にて、上記各項目の上限を指定します。このためのCaptionとしてPpCcRrが表示されます。
- ・解が存在しない項目の(p, c, r)は0が表示されます。

ii Pp=0~8：次元を指定します。

- ・CB1=0, 1, 12~31の z^p ($z^{\wedge}p$ で表示)を含む関数については上限8が既定値として表示されます
 - ・実用上は $p=2 \sim 8$ 範囲の任意の整数をTV9に入力部に指定できます。
 - ・ここで指定された p に対して位相解 h の範囲は $0 \sim p-1$ の範囲でTV8にて可変指定できます。
- ・CB1=2~11, 32~49の多項式関数が対象の場合は、対象多項式の次元 p を表示します
 - ・多項式が $z^{\wedge}p$ 形式の場合は p は任意の実数でよく、多項式は実質2次元になります。
 - ・多項式が $z^{\wedge}p$ 形式の場合は指定できる上限次元をTV9のCaption部のPpの1桁で表示され実際に指定する次元をこの範囲内でTV9の入力部で指定します
 - ・多項式に対する位相解 h は指定TV8のH3指定部はH0表示され、TV8の入力部は実質0指定となります。

iii Cc=0~±c

TV9のCaption部でcn形式で周期解の存(cn表示)/非c0表示)を表示します：

TV9の入力部で周期解の変動限界 c を1桁整数で指定します。

- ・ $c=0$ と指定すると基本解のみに限定されます。
- ・ $c=1$ と指定すると、 $\{-1, 0, 1\}$ が指定されます。

iv Rr=0~3Max

- ・TV9のCaption部にRrのr表示で指定できるr解の上限が表示されます。
TV9の入力部で実際に指定する上限を本上限の範囲で指定します。
- ・本rの上限はPp部で指定する上限を超えることはできませんので、この上限を超える指定がされた場合は指定次元の範囲内で処理されます。
- ・ $r=0$ と指定すると、TV8の指定にかかわらず、TV8=固定値=0で処理されます。

v TV9での限界指定：入力部での指定

- ・Caption部で表示されるPpCcRrの(p, c, r)表示に対して各1桁の正の整数でpcr形式で指定します。
- ・合計3桁ですが、上位側の連続0は省略可能です。 $p=c=0, r=3$ の003は単に3と入力できます。

vi TV8での変動Data指定：入力部でH3C3R3形式で各3桁の符号付整数で指定します。

- ・符号指定は各HCR 3桁数値に対して共通指定になります。
- ・'-'指定されている場合は、HCR各3桁は乱数生成器のSeed番号を指定し、本Seedで各Step毎に生成される乱数が種整数になります。
- ・'-'指定されていない場合は、各指定された3桁整数を10ビットのシフトレジスタに投入して、各ステップ毎に循環シフトした整数を種整数とします。

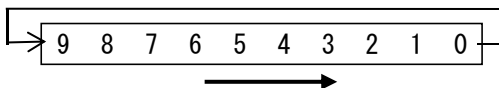


図7. 2. 2 10ビットシフトレジスタの循環シフト

- ・指定できる3桁整数は0~999となります
- ・999を指定した場合は1023が指定されます。
- ・10 Step毎に同じパターンが繰り返します。
- ・TV8で指定された3桁整数と2進数の例を表7. 3. 1に示します。

- ・以上で決まった種整数に対して、
 - ・h, rの符号なし整数の場合は、種整数の必要な下位bittsが使用されます。
 - ・cの符号が必要な場合は、
 - ・'-'指定で乱数種整数の場合は、生成乱数の中央値に対する大(+)小(-)で正負を決めます。
 - ・'-'指定なしの場合は、循環種整数のTopビットの正負で決めます。
- ・何れの場合もh, c, r=nとして、種整数をn+1で割った余りが整数部として使用されます。

7.3 ランダム整数の指定

ランダム整数は、7.1項の逆関数の解指定に加えて、下記のFractal生成の為に使用されます。下記は何れも、R指定の1整数のみの指定で済みますが、7.2のサブセットとして統一的に指定します。

従って、対象TV (9, 8) の表示はR1, (-+)R3のR表示のみの短縮表示になります。

- ・DustRn (OPN=4, CB0=1, TV8, 9) でのランダム指定、
- ・Pyth (OPN=6, TV8, 9) でのランダム指定
- ・Dragon (OPN=7, CNB0=1, TV8, 9) ランダム指定

表7.3.1 10進2進変換例

No	10進数	2進数
0	0	0 000 000 000
1	31	0 000 011 111
2	217	0 011 011 001
3	341	0 101 010 101
4	682	1 010 101 010
5	806	1 100 100 110
6	992	1 111 100 000
7	999	1 111 111 111

7.3.1 指定法：単一画像生成時

i 原則

下記は、標準関数の逆関数処理と7.3のランダム指定する全てに対して適用されます。

- ・TV8が'-'指定でない場合は、0~999 (999は例外:表7.3.1) の指定整数を循環してランダム発生させます。
TV8の生成パターンを意識する場合は、例えば表7.3.1を参考にして、固定パターン含めて指定します
- ・TV9のPp, Rrの各1桁が0指定の場合は、TV8の対応3桁は各繰り返しStepで固定値=0となります。
Cc指定については、7.2.2-(2)-iii項を参照。

ii pを指定できる逆関数はTV9ではpの指定が優先されます。

これらCB1の関数形はR解のみが有効で、Rr=1が暗黙指定されます。

TV8で固定パターンが必要な場合は、TV8=0又は999を指定します。表7.3.1

iii DustでのBackTracking (OPN=4, CB0=2) の場合はR1はBackTrackingで指定されます。TV9のR解はR0となります。

7.3.2 TVパラメータの可変設定への対応：生成画像毎にTV8, 9のパラメータを変えたい

TV9のPpCcRr指定、TV8の(+-)H3C3R3指定は何れも整数で5.3.1-(1)のTV可変指定の対象です。具体的には、

- TV9のPpCcRrは、TV9の値に対して通常d指定で行います。各桁0~9までの可変指定が可能です。
P, C, Rの1項目のみを可変するのが単純です。
- TV8のP3C3R3の何れかの3桁のみを可変指定する場合は、通常d指定でも可能ですが、複数Setを可変させる場合も含めて、'Tnd'指定(nは1桁, dは最大2桁)が簡便です。
- その他簡便な指定法が用意されています。具体的指定法は[6.3.8-(3), (4)]を参照。

7.3.3 逆関数処理でのパラメータ要約：表7.3.3

表7.3.3-(1) 逆関数処理でのパラメータ (TV8, 9) の指定法要約：詳細は7.2項を参照

G#	Caption表示		Data (入力部) の指定			
	TV9	TV8 : 注1	TV9の指定		TV8の指定	
0	z*p+R1	(+-) R3	z*pのp (任意の実数) : R1=1の暗黙指定			
1	P2C0R3	(+-) R3	最大203	3桁の注2 +整数	±rrr 3桁整数でR解の変動を指定	
2	P3C0R3	(+-) R3	最大303			
3	P4C0R3	(+-) R3	最大403			
4	P8C0R0	(+-) H3C0R0	最大800	+整数	±hhh000000 hhh=位相解:注4 ±hhhccc000 ccc=周期解 ±hhhccrrrr rrr=R解 の変動を指定	
5	P8CnR0	(+-) H3C3R0	最大8n0			
6	P8CnR1	(+-) H3C3R3	最大8n1			

- ・TV9のPx, Cx, Rxは入力部の1桁整数に対応。TV8のHx, Cx, Rxは入力部の3桁整数に対応します。

注1: (+-)表示については、7.2.2-(2)-vi、7.3.1を参照

注2: R解で指定次元pでの許容範囲を超える部分の指定は無視されます。

注3: 位相解h限界は指定される次元pに対して0~p-1となります。7.2.1-i

注4: 最上位の0は省略可能ですが、中間より下位の0は省略不可です。3桁区切りの担保

表7.3.3-(2) CB1 vs G#対応表

CB1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
G#	4	4	2	2	0	0	3	3	0	0	2	2	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5		
CB1	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
G3#	6	6	6	6	6	6	6	6	3	3	3	3	0	0	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	2	0

7.4 TVパラメータの補足

表3.1に現れるTVキャプションの内、共通的な項目を以下に纏めます。

表7.3 TV 主要Captionの要約：(a, b)はa, bがペアで使用される事を表す

No	Caption名	対象TV番号	概要	参照
1	NL	0	処理次元を指定：0~ $2^{NL}-1$ の処理となる	3.1, (3.1.1/2)
2	ML	1	画像座標1単位長を表示する論理座標長	(3.2.2), 5.1.5
3	[LX, LY]	[2, 3]	画像座標原点 {0, 0} を表示する論理座標 [LX, LY]	(3.2.2)
4	Mod (0-n)	10	出力対象 (View) の変換指定：True \leftrightarrow Log, $\theta \leftrightarrow \sin(\theta)$	2.2.3
5	(X0, Y0)	(4, 5)、(8, 9)	複素数Z変数の初期値Z0=(X0, Y0)	(3.1.1), (3.1.2)
6	(Xc, Yc)	(4, 5)、(6, 7)	複素パラメータcの指定値=(Xc, Yc)	
7	Limit	6, 8	Normal MB/Juでの発散判定限界	
8	z^p/z^*p	6, 7	z^p 又は z^*p のpパラメータ値：CB1により何れかに決まる	6.1.1
9	BiasRe, BiasIm	(6, 8)	Newton法でのBias値 (Re, Im) を指定	6.1.2
10	S(0, 1)	7	Dragonのみで使用：Random値の適用法を指定	6.6.2

本表に未掲載のキャプションに就いては、各ジャンルの項を参照。

7.5 DustFwdの不思議

DustFwdは表6.1.1-1の標準関数を与えられた初期値c, Z0の元でそのまま追跡しますので、各関数の特性を直接反映します。ここではその一端を記しておきます。

- i 6.3.4で記したとおり、出力が初期値特にcの値に対して極めてCriticalであります。
- ii ある種のCB1 ($z' = F(c, z)$) の関数形) に於いては、

- $sq=0 \sim 2^{LN}$ の終盤の出力が一点に集中して、ここを中心に
してLNを変えないまま高倍率で拡大しても、泉の如く同じ
画像が出力されます。他の点/線系の画像では、拡大に伴って
LNを増加させないと、画像は拡大されても荒くなるのみです。
- V7.3での新機能の拡大率ML (TV1) を連続して縮小する
dn指定 [6.3.8-(2)], [6.5.7] に於いては、
 - 通常の点/線系の画像では、縮小と共にLNを減少させます。
 - 本DustFwdでは、縮小過程でも同じLNをKeepしないと、
有効画像の生成が途絶えてしまいます。
タネとなる拡大画像でもLNは抑えられていますので、
大量の縮小画像の生成過程でも'OutOfMemory' は発生しません。

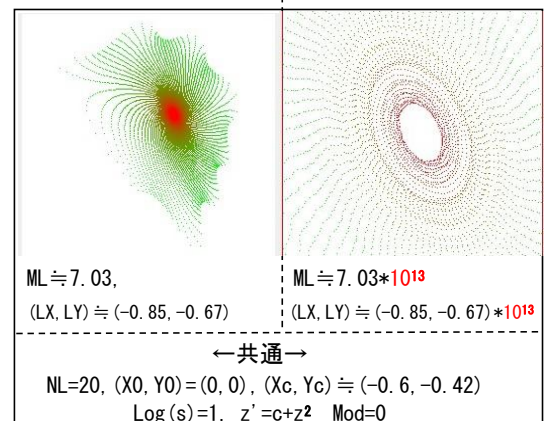


図 7.5 一定(NL=20)での拡大(10^{13})倍

- 図7.5では、左のML=7.03画像の中心部の赤い部分に最終出力が集中している、と考えられます。
この赤い部分を中心に 10^{13} 倍に、NL=20のまま拡大した例を図7.5の右の画像です。
本画像では $sq=0 \sim 2^{20}$ ($\approx 1.05e+6$) の後半出力が中心部に極端に集中している事を示しています。

- iii DustFwd画像の効率的探索法とその特性特にMb/JuAttractor画像との関連を独立の章[9]で重点的に記載しました。

7. 6 Newton法の検証

Newton法による根の追跡状況を、下記のサンプルにて検証します。図7. 6. 1～7. 6. 4

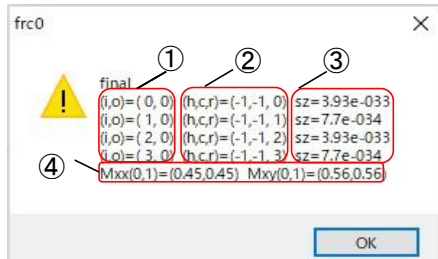


図7. 6. 1 画像表示直前の表示

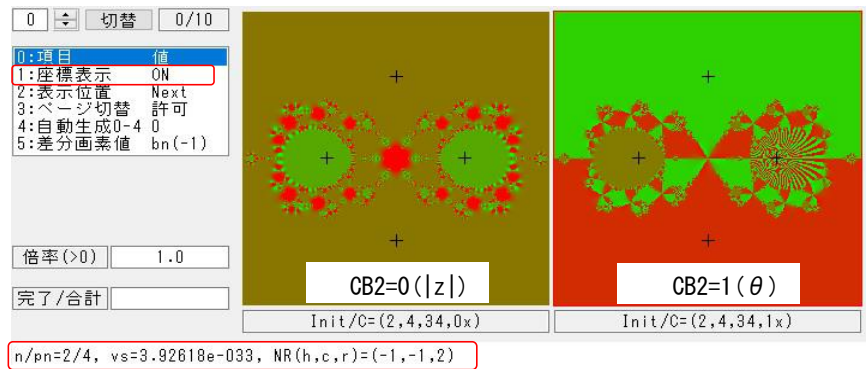


図7. 6. 2 Newton法/計算による根の表示例: (OPN, CB0, CB1)=(2, 4, 34)

Raw(0-1)=(0.5985,0), bn=0 pn=4, ovf=0

図7. 6. 3 (根以外の)一般位置の状態表示

(PX,PY)=(200,128), {FX,FY}={0.75817,0.00522876}, PV(R,G,B)=(87,168,0), Raw(0-3)=(0.5985,0,0.5985,3.353e-019)

図7. 6. 4 Ctrlキー非押下での座標表示

- i 計算による根は下記の指定により表示されます。
(OPN, CB0)=(2, 4) でTV10=0と指定します。カラーパレットPTT=1 (出力に忠実な色表現) が推奨されます。
図7. 6. 2はCB1=34での規定画像です。本指定で大画像表示させると、図7. 6. 1の要約が事前表示されます。
- ii 図7. 6. 1にok指定すると、その時のCB2指定に従って大画像部に指定画像が表示されます。
左欄の状態指定部で座標表示行=0Fになっている場合はここをクリックすると、座標表示=ONとなり以降の表示が可能になります。[図表6. 6. 1. 4] 参照。このままでは一般の座標表示(図7. 6. 4)ですので、Ctrlキーを押下しながら、以降の表示をさせます。
- iii 図7. 6. 1では、やがて表示される根の概要を下記の如く事前表示します。
 - ① 根の概要(i, o) 根の順番iに対して表示画面からハミダシている場合は1が表示されます。
 - ② 根の属性(h, c, r) 当該根の属性(位相解h, 周期解c, R解r)を表示します。-1は非該当表示です。
 - ③ 根の評価 当該根を対象の式に入力した時の値(根の評価)を表示: 十分小さければokです
 - ④ 根の所在(max) x, y方向で表示画面から最大に遠方にある根の相対位置: 0～1までが表示画面内。ハズレがある場合は、TV1(ML), TV2, 3(画像0, 0点の表示位置)を調整します。
- iv 図7. 6. 2ではNewton法での根の追跡結果と計算根の位置を+印で表示します。Ctrl付でのカーソルに対して
 - ・カーソルが計算根+に重なった場合は、下部のHelp行にその根の属性が下記の通り表示されます。
 - ・n/pnでその根の通し番号nと根の数(pn=4)
 - ・vsでその根の評価: 図7. 6. 1の③
 - ・NR(h, c, r)でその根の属性: 図7. 6. 1の②
 - ・カーソルが計算根+からハズレた場合は、下部のHelp行にその点のNewton評価結果が図7. 5. 3の如く表示されます。
 - ・Raw(0-1)でNewton法でたどり着いた根の(絶対値|z|=0.5985, 位相角θ=0/π)
 - ・bn=当該大画像No, Pn=4で全体の根の数、ovf=0で表示不能だった根の数
- v Ctrlキーが押されていない場合は通常の座標表示図7. 6. 4となります。カーソル点に対して、下記を表示。
(PX, PY)=物理座標、{FX, FY}=画像座標、PV(R, G, B)=各カラー値、
Raw(0-3)=生出力(絶対値|z|, 位相角θ/π, 実数部Re, 虚数部Im)
- vi 参考1: 机上計算根は下記4組になります

$$b = c + \frac{z^4}{1-z^2} \Rightarrow (c-b)(1-z^2) + z^4 = 0$$

$$c = -0.8 \quad b = -0.6$$

注: 図7. 5. 2の画像は、
TV1(ML)=0.75、TV(2, 3)=(0, 0)で画像は0.75倍に縮小されている事に注意

参考2: 周期解が指定できるCB1に対しては、TV9により下記の如くその範囲を指定します。
TV9のCaption Lc(fr.to)に従いTV9の入力部に整数部1桁+小数点1桁のfr.toの形で指定します。
適用される周期解範囲は-fr～toとなります。fr.to=2.1の場合、-2, -1, 0, 1が指定されます。

7. 7 DustFwdの画像サンプル

6. 3. 4項で記したDustFwd画像の出力サンプルを図7. 7に記します。横方向=TV8の整数部、縦方向=TV8の小数部 x

x, vの値	TV8=-2. x	TV8=-1. x	TV8=0. x	8=1. x	TV8=2. x
x=0 v=s					
x=01 v=10s					
x=0001 v=. 1s					
	$\exp(z_u) \cdot \log(1+1/v)$	$\exp(z_u) \cdot \log(1+v)$	$z_n \cdot \log(1+v)$	$z_u \cdot \log(1+v)$	$z_u \cdot \log(1+1/v)$

図7. 7 DustFwdでのTV8の影響 : 表示記号は6. 3. 4項を参照

図7. 7にて、

OPN=4, CB0=4, CB2=0

CB1=13

$z' = c \cdot \exp(z)$

XY=画像座標の(0, 0)点を表示

s=Znのサイズ|Zn|

Mod=0

Z0=(-0. 2, -0. 2)

C=(0. 8342, -0. 5094)

7. 8 改定 (Version Up) 記録

(1) V7. 4⇒V7. 5の変更内容の纏め :

i 既定パレットの変更 : PTT=0, 2を変更 : 4章

色相と表示レベルをPTT=1に統一

ii TVパラメータの指定能力の強化 : ' - ' 指定の拡張

- ・TV0で' - ' 指定を可能に : 処理(繰り返し回数)の直接指定 : 3. 1項
- ・TV10のMod指定に' - ' 指定を可能に : DoubleLog指定による着色能力の拡充 : 2. 2項
- ・DustFwdのTV8の指定で' - ' 指定を可能に : 逆転出力 : 6. 3. 4-(1)

iii TV自動化機能の強化 (1) : Trace機能の導入 : 6. 3. 4-(1)-iii

- ・V7. 4迄のTV自動化では、自動化対象TV値は規則的にしか可変できませんでした : 線形/非線形とも等間隔
- ・V7. 5では、任意の1 TVに対しては、任意に可変する事ができます。

可変対象TV値を有する画像を任意の小画像Fileに表示しておき、その小画像Fileから可変TV値を抽出します。

この抽出TV可変値をTV自動化項目の1つとして扱います。

- ・図7. 8では、TV8={-2. 0, -2. 01, -2. 0001, -1. 0..., 2. 0, 2. 01, 2. 0001}の15通り変化をDustFwdのCB1=13に持たせていますが、このTV8のパターンを他のCB1に容易に移植できます。

iv TV自動化機能の強化 (2) : 画像生成中に50画像のFile単位に表示対象を自由に切り替え可能に : [6. 2. 2-ii]

- ・途中を飛ばして最終画像を調べる事が可能に
- ・ページ切り替え禁止で画像生成しても、既に生成・表示済の画像に戻って再生成・表示させる事が可能

v 任意の2セットの小画像Fileの比較機能 : [6. 5. 11]

小画像の関数変換(5. 1. 4項)、パラメータの一括変換(5. 3. 2項)後の確認に有効です

vi 主画面でのATファイルの連続表示と. bmp画像の連続出力を可能に : [4. 3. 3]

(2) V7. 5⇒V7. 6の変更内容の纏め：

- i 機能的な変更はありません：各種説明書等も変更ありません。
- ii OPN, CB0, CB1の指定で初期表示される画像が一部変更になっております。
従って、PrmTblV7. 6が一部変更になっております：[6. 5. 5]を参照
- iii **新規作成画面**のTV自動化指定のパラメータ入力部[図5. 1-(4-3)]の幅が拡大されています。
Window10環境での所定の半角4文字が入力できない問題の対策をしました。

(3) V7. 6⇒V7. 7の変更内容の纏め

- i 表6. 1. 1-1の標準関数にCB1=32～49を追加して、DBの小画像部全てに画像表示できるようにしました
- ii 整係数多項式：CB1=2～11、32～49での逆関数の計算可能多項式の次数を2から4に拡大しました。7. 1. 2項
これにより逆関数使用の画像生成能力を拡大しました
- iii 状態指定の簡易指定
[図6. 1-⑨]で表示する各指定状態はこれまで各対象メニューを展開して指定していましたが、V7. 7では、
No. 1～4は本リストで直接切り替え指示が可能になりました。[図表6. 6. 1. 4]を参照。

(4) V7. 7⇒V7. 8の変更内容の纏め

Mira関数の拡大(12関数→32関数)を図りました：6. 4項を参照