12章 コンピュータデザインの基礎

コンピュータを利用する分野のひとつにアートやデザインの世界がある。これには大きく分けて、従来のグラフィックデザインの効率化、合理化の支援的な道具としてコンピュータを活用しようとする方向と、コンピュータを通さなければ表現できない新しい造形を目標とする2つの方向が挙げられる。いずれの場合も、アナログな感性とディジタルな論理の間に、コンピュータを通した造形と表現が志向されているといえよう。

1. コンピュータデザインのプロセス

1.1 コンピュータによる造形の特徴

従来の絵画やデザインは、表現したいアイデアやイメージを直接手で描いて制作を行ってきた。これに対して、CG(コンピュータグラフィックス)を始めとするコンピュータを用いたデザインは、アイデアやイメージを直接的に手を使って作品に反映するのではなく、それらをまず、コンピュータにとって理解できるような制作手順とディジタルイメージに整理し組み直すところから始める。
コンピュータによる造形では、最終的な作品イメージを制作の目標とするばかりではなく、制作プロセスの論理化の方にもより重要な主題が置かれる。最初のイメージはディジタルデータに変換後、この制作の論理的な手続きを記述したプログラムにいったんインプットされる。その後は作者は直接手を下すことなく、自動的に別の形態をともなったアウトプットを経て作品化するのである。一般に、プログラムにインプットされるデータとアウトプットされるデータの落差が大きいものほど、コンピュータ造形の特徴を強く示す作品となる場合が多い。

1.2 コンピュータによる造形の方法

コンピュータを利用する造形デザインは、次の2つの方法に分類することができる。

(1)形状記述
制作の手順は不明ながら、制作する対象の形状は作者の頭の中であらかじめ明確であれば、あえてコンピュータを通してそれを表現しようとするときに、この形状記述としての制作態度が選ばれる。制作における唯一の正しい手続があるわけではないので、通常は他者によって開発された手続を援用して制作を行う。
市販のグラフィックスツールを使用したグラフィックデザインやDTP、CGなどの制作はこの形状記述としての制作である。手続き的にはアプリケーションソフトが提供する各種ツールを使用して、制作物を形作る要素の位置や大きさを具体的に指定しながら、想定される形態に近付けて制作する。
入力データの構成がほぼ直接的に出力データとして反映されるため、複雑な形状を作る場合、大量の数値データを必要とするものの、作者の心的イメージと造形される形状は一致する場合が多い。

(2)手続記述
制作対象の形状イメージより、その形の作り方を先に着想するような造形制作が手続記述である。制作の手順は明確であり、形状の生成規則のアイデアをアルゴリズム化し、プログラミングして制作するが、最終的に生成される形状は予測できないことがある。
入力データはプログラムによって大きく変換された形で出力されるため、どんな複雑な形状でも少ないデータで的確に記述できるという特徴を持つ。

2. 知覚における見え

人間は世界をありのままに見ているわけではなく、知覚の特性をフィルタとしながら、それを言わば濾過した状態で受容している。この知覚によって得られる物の形、色、明るさ、動き、奥行きなどの独自の表れ方を、それぞれの"見え"という。CGによる世界の再現は、コンピュータメディアを通して、少しでも人間の眼と脳によって知覚される世界に近づこうとする試みであるが、人間の持つ知覚の構造を知ることは、物が見えるという意識レベルの精密かつ曖昧な特性を知ることであり、CG表現においても思慮すべき重要なテーマとなる。

2.1　曖昧な見え

(1)図と地
人間の知覚は、画像を図(見る対象)と地(背景)に区別しようとする特性を持つが、図と地は反転して意味が逆転して見えることがある。有名な図12.1の「ルビンの盃」は、白を図として見ると盃が見え、黒を図として見ると、向かい合う顔が見える。

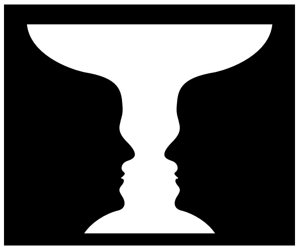


図12.1　ルビンの盃

(2)多義図形
ひとつの画像が2つ以上の意味に解釈されることがある。人間の視覚認知は、経験や文脈などに基づいてそれが何であるかの意味的解釈をしており、曖昧な部分はその解釈に矛盾しないようにまとめられる。図12.2は、同じ図が老婆の横顔に見えたり、若い女性の顔に見えたりする例である。

図12.2　若妻と姑
(W.E. Hill, "My Wife and My Mother-inLaw, "Puck, November 16, 1915)

(3)大きさ、距離による見えの違い
視野内の形の細さを表す概念が空間周波数である。空間周波数は、視野1度以内に明暗が交替する回数(cpd : cycle per degree)で表される。正常視力の場合に、最も感度が高いところの空間周波数は2～4cpd程度であり、眼から57cm離れた位置にある2mm程度の太さの線による白黒の縞模様が相当する。空間周波数が高すぎる(細すぎる)場合や低すぎる(大きくてぼけている)場合には相対的に感度が低くなる。
図12.3は、近くで見ると国旗の寄せ集めに見えるが、遠くから見るとモナリザの顔に見えるというデザインの例である。

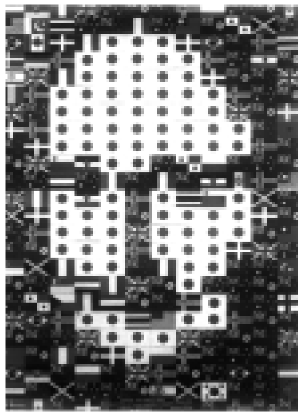
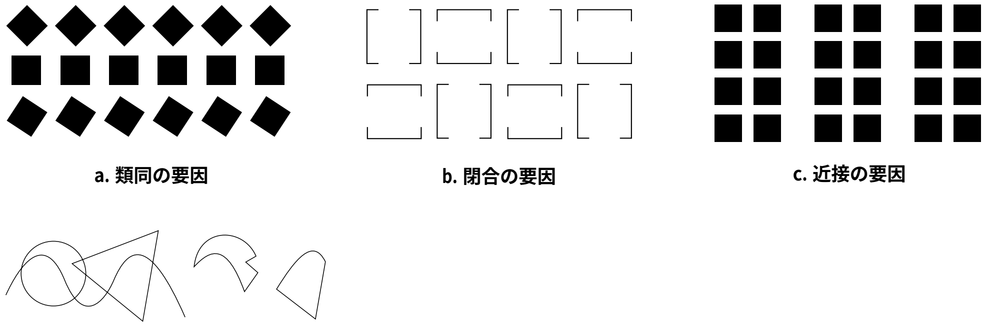


図12.3　JAPON-JOCONDE 1989
(デザイン：福田繁雄)

2.2　まとまり

小さいものは、より大きなものの一部分として統合され、構造化された全体としての知覚が生じる。
図形のまとまりが生ずる過程を体制化とよぶ。まとまりの要因には次のようなものがある。

a) 類同の要因
大きさ、色、形、向きなどが似ているものどうしがまとまりを作る。
b) 閉合の要因
閉じ合う傾向にあるものどうしがまとまる。
c) 近接の要因
距離が近いものどうしがまとまる。
d) よい連続の要因
滑らかに続くものがまとまる。
e) 意味によるまとまり
たとえば、意味を持たない白黒のパターンが、何らかの具体的なモチーフとして知覚されると、その部分の黒い点群はひとつの対象に統合される。



a. 類同の要因　b. 閉合の要因　c. 近接の要因

d. よい連続の要因

図12.4　さまざまなまとまり

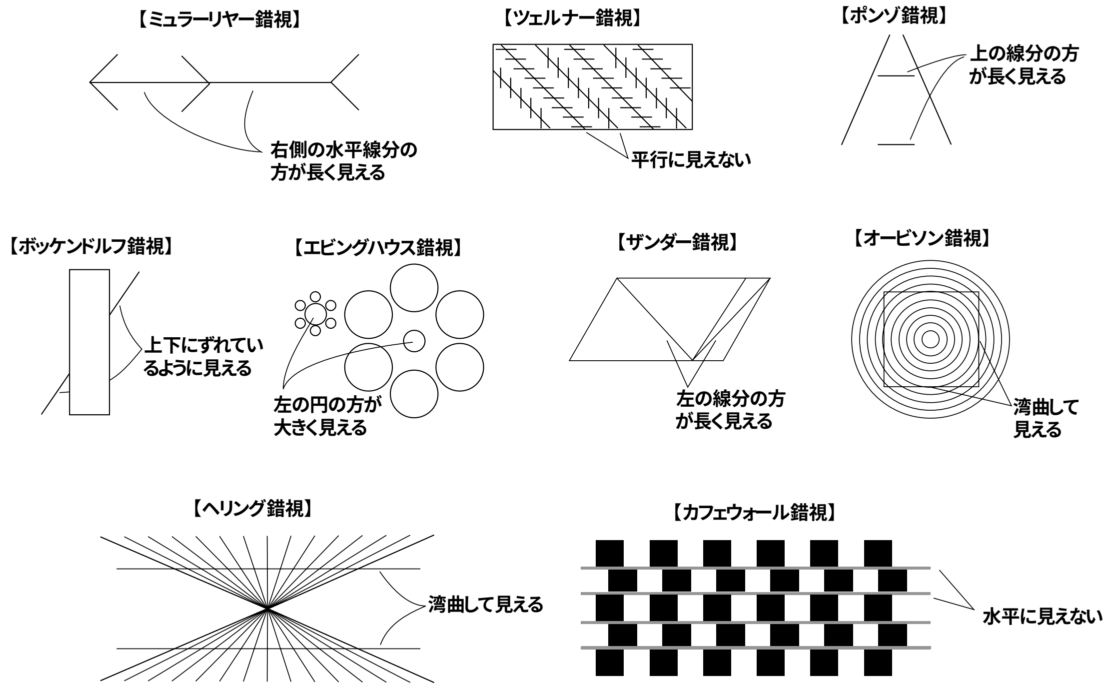


図12.5　幾何学的錯視

2.3　錯視

錯視とは、知覚する対象の物理的特性とその実際の見え方との間に生ずる違いのことである。次のような錯視が知られている。

(1)幾何学的錯視
幾何学的な線の配置によって、線の長さや方向などを誤って知覚させる錯視である。

(2)同化・対比
観察する対象が、隣接する他の対象の属性によって影響され、それを誤って知覚する錯視である。

(3)大きさの恒常性
ある対象が網膜上で小さくなっても、遠くにあると知覚されれば見えの大きさは一定となる、すなわち、網膜上の大きさが同じであれば、遠くにあると知覚される対象のほうが大きく見える。この知覚の特性を大きさの恒常性という。

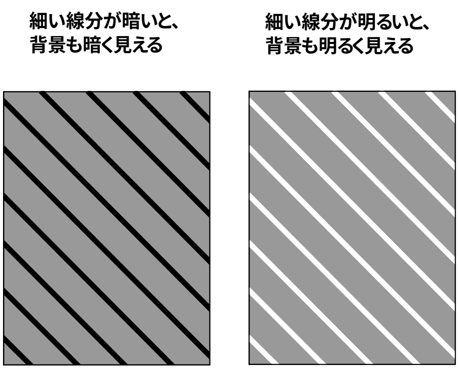


図12.6a　明るさの同化

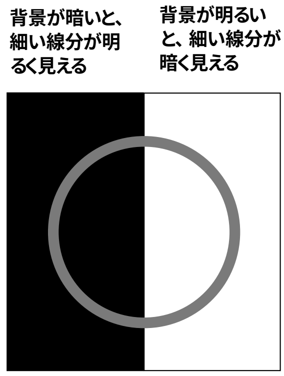


図12.6b　明るさの対比

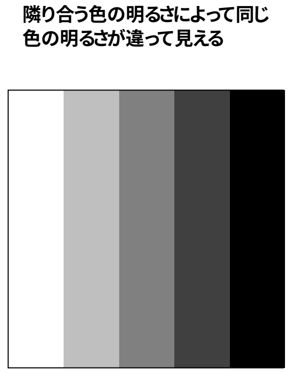


図12.6c　マッハバンド

2.4　動きの見え

仮現運動

断続的な画像から滑らかな動きを知覚する現象を仮現運動という。アニメーションはこの仮現運動を利用して、少しずつ異なった複数の画像を連続表示することで滑らかな動きを見せている。しかし、あるフレームと次のフレームで大きく位置を変えている場合は滑らかな運動に見えず、ぶれて二重像に見えたり、別々のものに見えたりする。

2.5　色の見え

(1)色の3属性

第13章で解説するように、コンピュータによって認識される色はRGB(赤、緑、青)、印刷におけるインクの色はCMY(シアン、マゼンタ、イエロー)であるが、人間の視覚にもっとも理解しやすい色の情報は、表12.1に示すように、明度、色相、彩度の3つのパラメータで指定する色である。

(2)色の心理的効果

表12.2のように、色によって温度、遠近、大きさ、重量感などが異なって見える場合がある。

色の3属性	明度	明暗を表す尺度
	色相	色相を表す尺度
	彩度(飽和度)	鮮やかさを表す尺度
3属性だけでは形容できない色	発光しているような色。透明感のある色、深みのある色。金色や銀色など。	

表12.1　色の3属性

①温度の印象	暖色	温かさ、暑さを感じる	赤系の色
	寒色	寒さを感じさせる	青系の色
②遠近の印象	進出色	近くに見える	赤系の色
	後退色	遠くに見える	青系の色
③大きさの印象	膨張色	大きく見える	赤系の色、明るい色
	伸縮色	小さく見える	青系の色、暗い色
④重量感の印象		軽く感じる	明るい色
		重く感じる	暗い色
⑤視認性	一般に黒い背景を持った黄色が最も視認性が高い		

表12.2　色の心理的効果

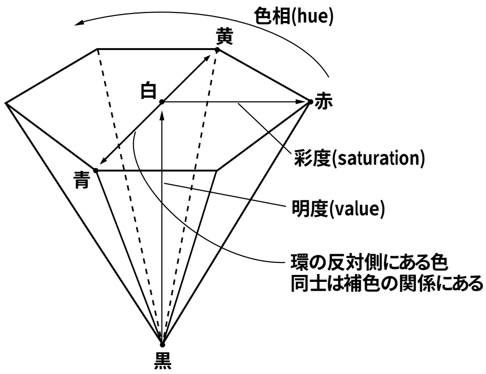


図12.7　HSV色立体

2.6　3次元性の見え

(1)奥行き知覚

平面上に書かれた図に対して奥行き情報を見出す知覚を奥行き知覚といい、次のような表現手法がある。
1)平行する線が1点で交わる線遠近法
2)大気遠近法(遠方のものを青っぽくコントラストを落として表現)
3)陰影や重なり(図12.8では、左右の6つの円が凹んで見え、中央の3つの円が飛び出して見える)
4)きめの勾配
5)ぼかし

(2)両眼視差

同じ対象をみる場合、右目と左目によって見え方が異なる。この両眼の空間的位置のずれを両眼視差といい、奥行き感を感じさせる要因となる。

(3)運動視差

時間経過による眼の空間的位置のずれを運動視差という(図12.9)。

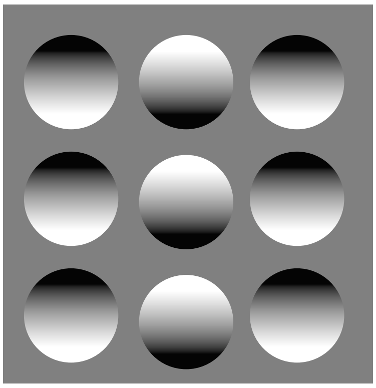


図12.8　陰影による奥行き知覚

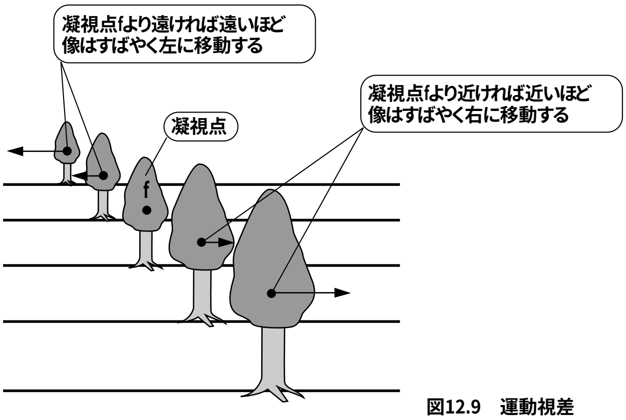


図12.9　運動視差

3.　CGの造形的要素

3.1　形の法則性

古来より人類は、自然物や人工物における美は数理的秩序を内包していると考えてきた。よく知られた形の法則性には次のようなものがある。

(1)比例

全体と部分、また部分と部分の量的関係を比例といい、次のものがよく知られている。

黄金比

黄金比(黄金分割)とよばれる比例は次式の関係を持つ。

$$\frac{b}{a}=\frac{1+\sqrt{5}}{2}=1.61803$$

また、紙の規格で使われるA版、B版の縦横比は次式の関係を持ち、a : b = b : (a + b) の関係を持つ。

$$\frac{b}{a}=\frac{\sqrt{2}}{1}=1.41421$$

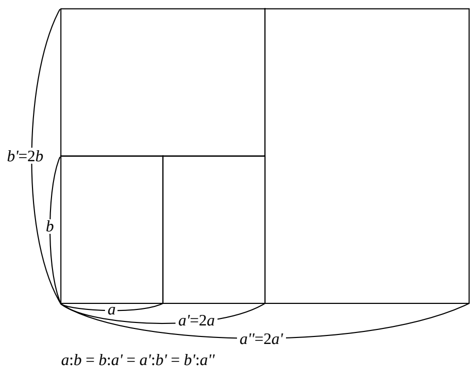


図12.10　紙の規格の縦横比

ある規則性をともなった数字のならびを数列といい、次の数列がよく知られている。

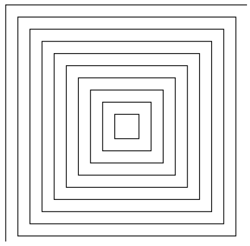


図12.11　等差数列

等差数列
ある数とその後の数の差が一定である。
<例>2, 4, 6, 8, 10, 12, 14,…,2n, …

調和数列
等差数列の逆数からなる数列。
<例>1/2, 1/4, 1/6, 1/8, 1/10, 1/12, 1/14,…,1/2n, …

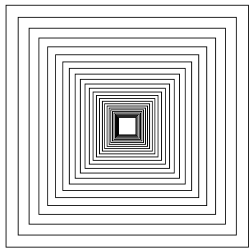


図12.12　等比数列

等比数列
ある数とその後の数の比が一定である。
<例>2, 4, 8, 16, 32, 64, 128,…,2n, …

フィボナッチ数列
ある数とその直前を加えた数が次の数になる。
<例>1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, …

(2)対称性

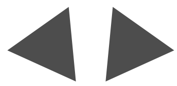


図12.13　左右対称(鏡映)

左右対称(鏡映)
木の葉や昆虫、人体にいたるまで自然の造形物には左右対称の形が多く見られる。また椅子、自動車など人工物にも左右対称の形は多い。左右対称の形は鏡に写したときにできる形でもあるから、鏡映ともよばれる。

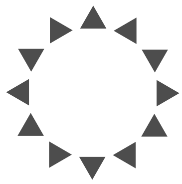


図12.14　回転対称

回転対称
90度以内の回転運動を行ったとき、元の回転前の形状と一致するような形を回転対称などとよぶ。

並進(平行移動)
ある形を平行移動して生成する形やパターンを並進とよぶ。

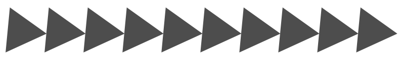


図12.15　並進(平行移動)

3.2　造形と数式

造形的な美しさのすべてを数学によって定義することは不可能であるとしても、数理的なシステムやメカニズムの美しさが独自の造形性を生むことはある。数学の知識を造形やデザインに利用しようとするなら、もっともシンプルな円や正弦波の数式を操作することで、その端緒に触れることができる。

(1)円を描くアルゴリズムとそのヴァリエーション
円の数式を変型することによって、らせん、リサージュなどの曲線を描くことができる。

円
円は、中心(xc, yc)、半径rの円を角度θというパラメータを使って次のように表される。

$$x = r\cos\theta + xc$$
$$y = r\sin\theta + yc$$

アルキメデスのらせん

上述の円の式を変形して、θが変化するにつれて半径rも変化するものとする。すなわち、円が回転するたびに半径rが少しずつ増大していくようにすれば、円はらせんとなる。θとrの比が一定c、$c = r / q$ とするなら、次の式によって図12.16のアルキメデスのらせんとよばれる形を描く。

$x = c\theta \cos\theta + xc$
$y = c\theta \sin\theta + yc$

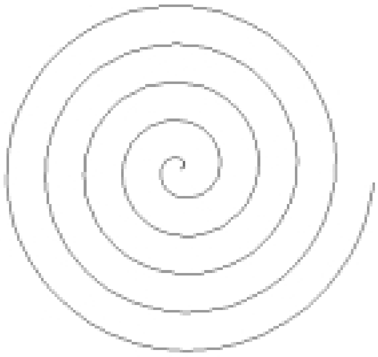


図12.16　アルキメデスのらせん

対数らせん

$r / \theta = ac$ のように、角度と半径が指数の関係にあるらせんだとするなら、次の式によって図12.17の対数らせんを描く。

$x = ac\theta \cos\theta + xc$
$y = ac\theta \sin\theta + yc$
ただしa, c は0でない任意の定数

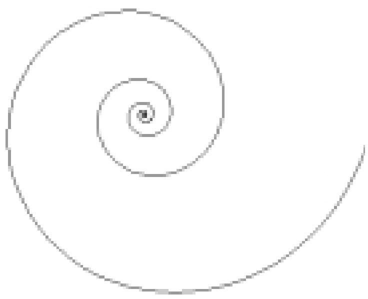


図12.17　対数らせん

リサージュ

x とy の周期を同じにならないように変え、円の横半径と縦半径のサイズも任意の変えてやると、次の式によって図12-18のリサージュとよばれる図形を描く。

$x = rx \cos(n\theta) + xc$
$y = ry \sin(m\theta) + yc$
ただし$n \neq m$

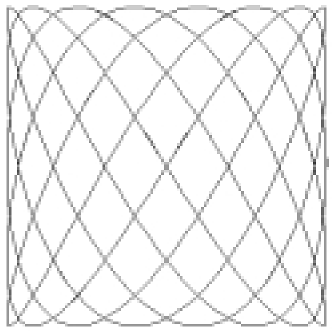


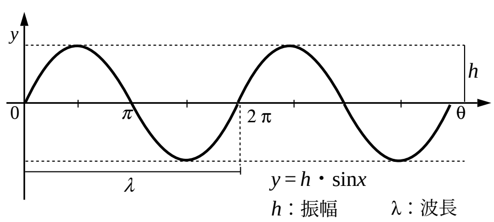
図12.18　リサージュ

(2) 図形の変形

元の図形を数学的な方法によって変形して、さまざまな効果を得ることができる。次は、市販のペイントソフトの画像変形機能にも装備されている基本的な変形方法である。

波紋を用いた変形

図形を与えた波形に沿って変形する方法であり、波形には正弦波、三角波、複数の波などが用いられる。次式は、波長$\lambda = 2\pi$、振動hの正弦波の式で、水面に映るような画像を得ることができる(図12.19)。



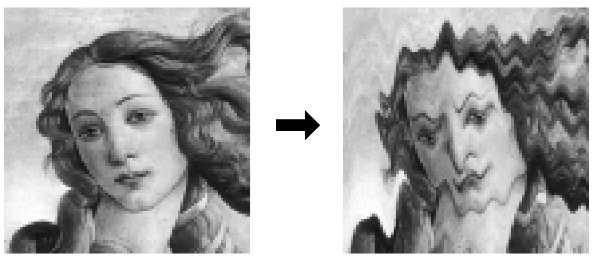


図12.19　波紋を用いた変形

$$x' = x$$
$$y' = h \sin(2\pi x / \lambda) + y$$

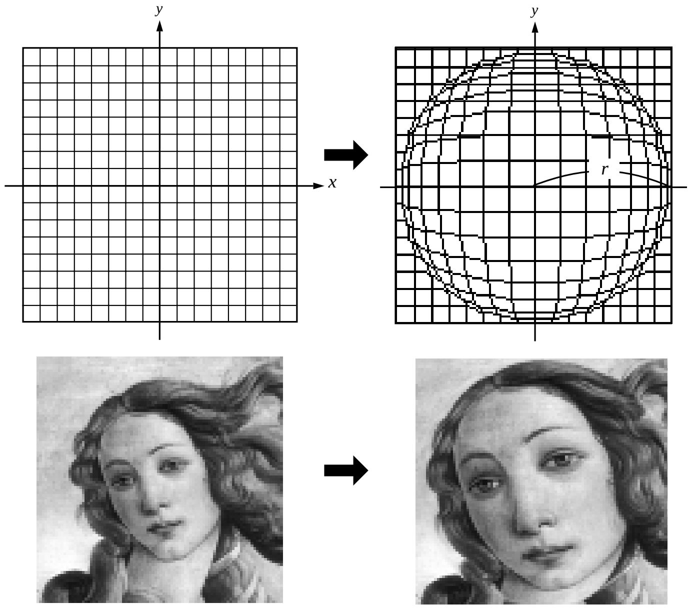


図12.20　球面への変形

球面への変形

次式を用いれば、図12.20のように図形を球面状に変形することができる。

$$x' = r \sin(x\pi / 2r)$$
$$y' = r \sin(y\pi / 2r)$$

直交座標から極座標への変換

点の座標を(x, y)で表す直交座標を半径rと角度θで表す極座標に変換する方法。たとえば、直交座標のx軸を極座標の角度の軸に、y軸を半径の軸に対応させる(図12.21)。

$$x' = -r \sin\theta$$
$$y' = -r \cos\theta$$

ただし、$r = (1 - y) / 2$, $\theta = -x\pi (-1 \leqq x \leqq 1,\ -1 \leqq y \leqq 1)$

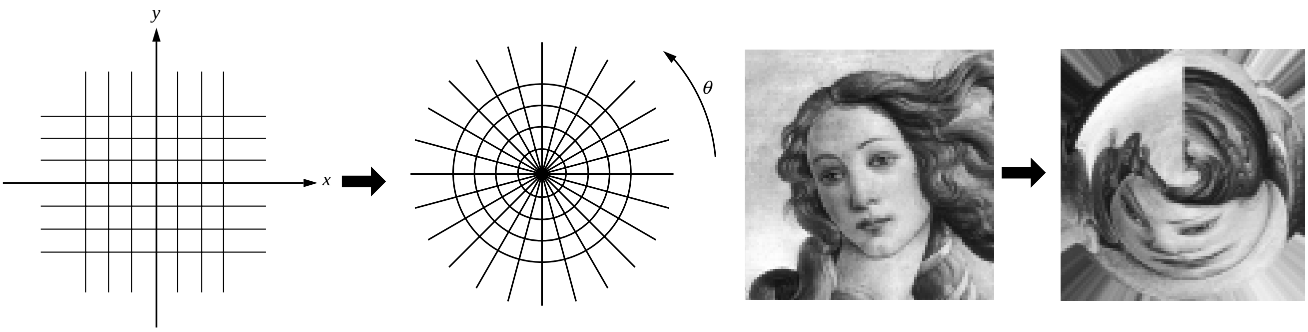


図12.21　極座標への変換