

11

2D Line Plots

平面线图

实际上也是散点顺序相连的折线图



艺术的目的不在于展示事物外在的美，而是其内在的价值。

The aim of art is to represent not the outward appearance of things, but their inward significance.

—— 亚里士多德 (Aristotle) | 古希腊哲学家 | 384 ~ 322 BC



- ▶ `matplotlib.collections.LineCollection()` 是 Matplotlib 中的一个集合对象，用于绘制多条线段的集合
- ▶ `matplotlib.pyplot.axhline()` 绘制水平线
- ▶ `matplotlib.pyplot.axvline()` 绘制竖直线
- ▶ `matplotlib.pyplot.Normalize()` 函数是用于将数据归一化或标准化到指定的范围内的函数
- ▶ `matplotlib.pyplot.stem()` 绘制火柴梗图
- ▶ `numpy.arange()` 根据指定的范围以及设定的步长，生成一个等差数组
- ▶ `numpy.argwhere()` 返回一个数组中满足指定条件的元素的索引
- ▶ `numpy.concatenate()` 将多个数组进行连接
- ▶ `numpy.cumsum()` 计算累计求和
- ▶ `numpy.linspace()` 在指定的间隔内，返回固定步长的数据
- ▶ `numpy.log()` 底数为 e 自然对数函数
- ▶ `numpy.log10()` 底数为 10 对数函数
- ▶ `numpy.log2()` 底数为 2 对数函数
- ▶ `numpy.random.normal()` 生成满足高斯分布的随机数
- ▶ `numpy.sign()` 函数返回一个数组中每个元素的符号值
- ▶ `numpy.sin()` 计算正弦值
- ▶ `numpy.vstack()` 返回竖直堆叠后的数组
- ▶ `zip(*)` 用于将可迭代的对象作为参数，将对象中对应的元素打包成一个个元组，然后返回由这些元组组成的列表。*代表解包，返回的每一个都是元祖类型，而并非是原来的数据类型

11.1 点动成线

点动成线，线动成面。散点顺序连线的结果就是线图。

颗粒度

绘制线图时，大家首先注意颗粒度 (granularity)，即采样。

多数情况，在绘制一元函数线图时，我们用 `numpy.linspace()` 生成自变量的等差数列。图 1 的两幅图中的散点都来自于正弦函数 $f(x) = \sin(x)$ 。显然，颗粒度粗糙时，用线图可视化一元函数可能会误导读者。

等差数列的公差越小，曲线的颗粒度越高，这样平面线图看上去“光滑”。如图 2 (a) 所示，等差数列有 101 个元素。将这些散点顺序连接便得到图 2 (b)。对于 $f(x) = \sin(x)$ 这个并不复杂的一元函数，图 2 (a) 的颗粒度显然足够用了。

如图 3 所示，为了可视化 $f(x) = 1/\sin(x)$ 在靠近 0 附近的振荡，我们需要极其细腻的颗粒度。

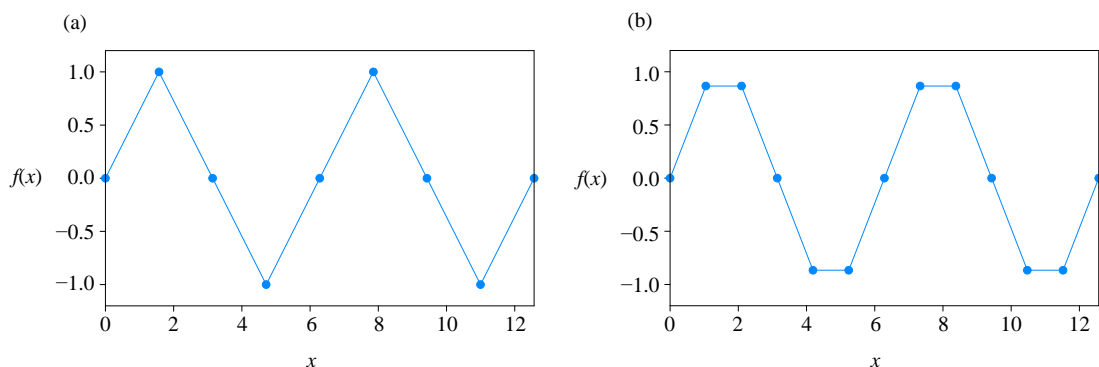


图 1. 颗粒度粗糙

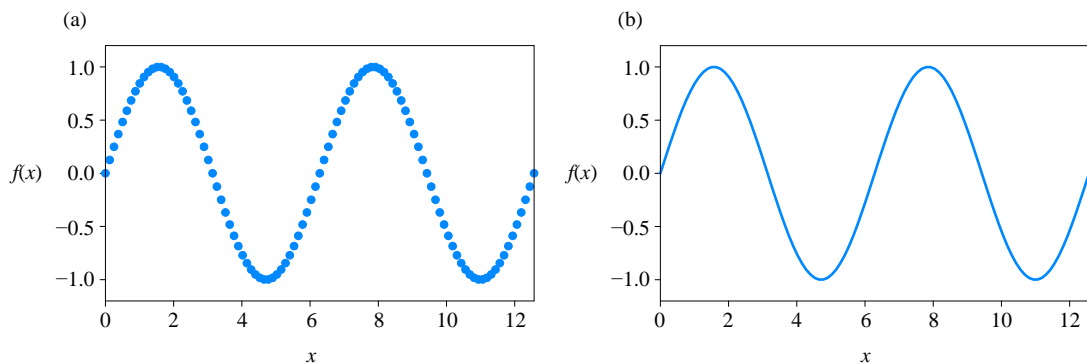


图 2. 颗粒度合适

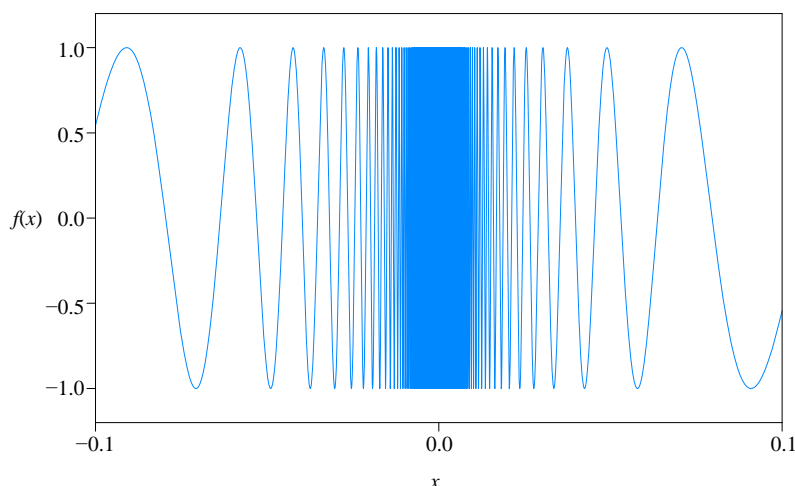


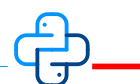
图 3. 特殊函数需要极其细腻的颗粒度

但是，颗粒度过高也不可取，也就是等差数列的公差过小，会增大计算量。这一点在一元函数上并不明显，但是用 `numpy.meshgrid()` 生成网格时，大家就会发现维数灾难 (curse of dimensionality)。

维数灾难是指在高维空间中，数据变得非常稀疏，而且距离变得非常远，使得许多常用的数据分析技术和算法无法有效地处理和分析数据。通俗点讲，假设我们有一个只有两个特征 (比如，鸢尾花花萼长度、宽度) 的数据集，我们可以很容易地将其可视化成二维平面上的点。但是如果我们有许多特征，比如几百个，那么我们将无法在三维或更高维空间中可视化数据。

此外，保持每个特征的采样数量，当维度增加时会导致数据量急剧增长。比如，单一维度的采样点数为 100，两个特征的网格点数就变成了 10000 (100^2)，三个特征的网格点数就增大到了惊人的 1000000 (100^3)。本书后文还会遇到这个问题。

注意，如果绘图采用对数坐标，建议采用 `numpy.logspace()` 生成数列。



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_1.ipynb 绘制图 1、图 2、图 3。

11.2 阶跃图

再次强调，在绘制线图时，默认散点之间两点顺序连线。这就意味着，任意顺序两点之间的线段是通过线性插值方法得到。

但是，有很多场合，我们需要避免“线性插值”，而采用阶跃方法绘制线图。

`matplotlib.pyplot.plot()` 函数本身可以设定阶跃绘图。此外，`matplotlib.pyplot.step()` 函数是专门绘制阶跃线图的函数。这个函数有三种设置：'pre'、'post'、'mid'。

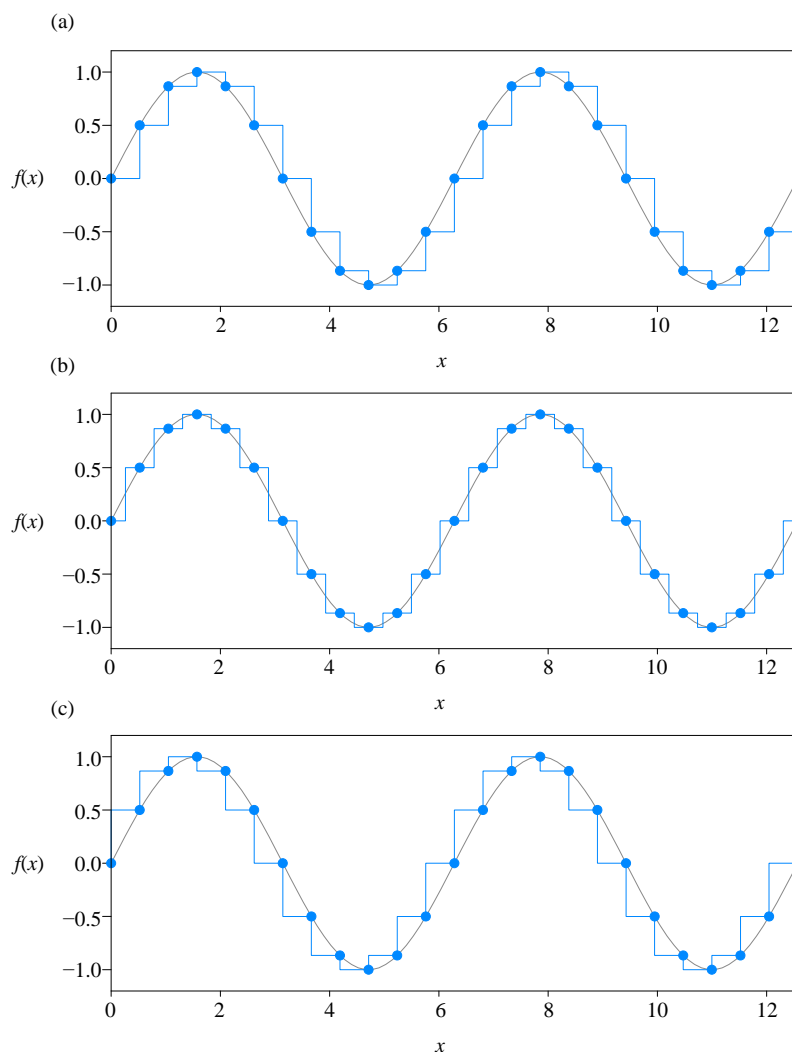


图 4. 三种阶跃

连接两点的插值方法有很多，《数据有道》第 5 章专门介绍。此外，本书后文会介绍贝塞尔曲线 (Bézier curve)。贝塞尔曲线是一种平滑曲线，在计算机图形学、工程和设计领域中广泛应用。

举个例子，贝塞尔二次曲线由三个控制点组成，其中两个控制点定义曲线的端点，第三个控制点定义曲线在端点之间的弯曲。



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_2.ipynb 绘制图 4。

11.3 火柴图

火柴图 (stem plot)，也称火柴梗图、脊柱图，常用来可视化离散数据序列和趋势。火柴图垂直线所在横轴位置代表样本点的位置，圆点纵轴高度表示样本点的值。

本系列图册中，火柴图常用来可视化数列、离散随机变量概率质量函数 (Probability Mass Function, PMF)，如图 5 所示。

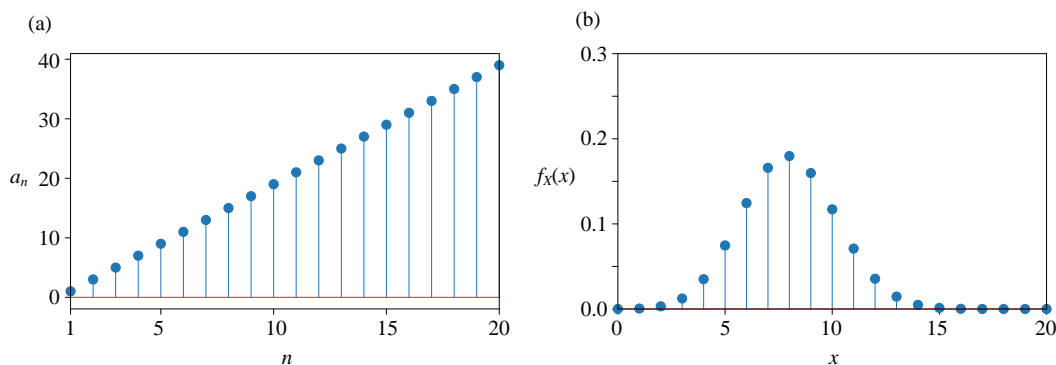


图 5. 火柴图可视化数列、概率质量函数

图 5 的两个子图都可以看成是离散函数。而前文的 $f(x) = \sin(x)$ 则是连续函数。离散函数、连续函数的主要区别在于自变量取值方式不同。离散函数自变量只能取有限或可数无限个值。也就是说，离散函数的函数图像是一系列散点。

例如，一个函数 $f(x)$ 表示了投掷一枚骰子后得到点数。因为骰子点数是有限的，所以自变量 x 的取值为 1、2、3、4、5、6 这几个离散值。而连续函数的定义域是一个连续的区间，比如 $(-\infty, \infty)$ 、 $[0, 2]$ 。



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_3.ipynb 绘制图 5。

11.4 参考线

水平线图中，我们经常需要添加水平或竖直参考线。图 6 所示两种不同绘制参考线的方法。

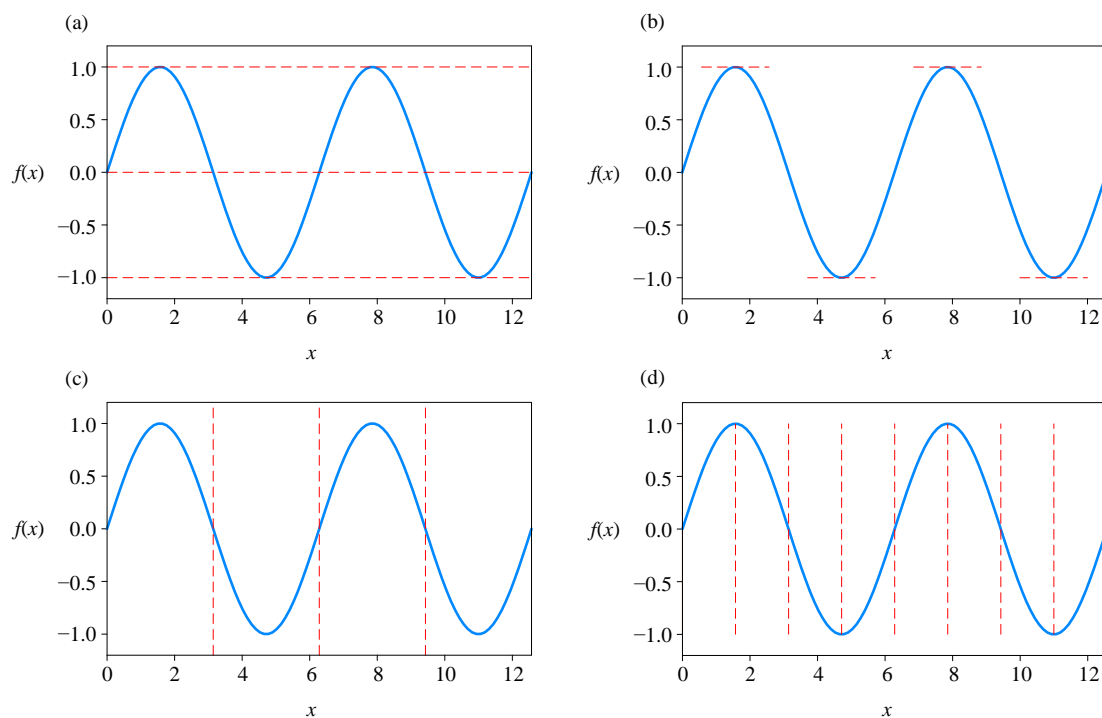


图 6. 两种绘制参考线的方法



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_4.ipynb 绘制图 6。

11.5 使用面具

图 7 所示使用面具 (mask) 分段渲染线图。采用的方法和上一章一致。

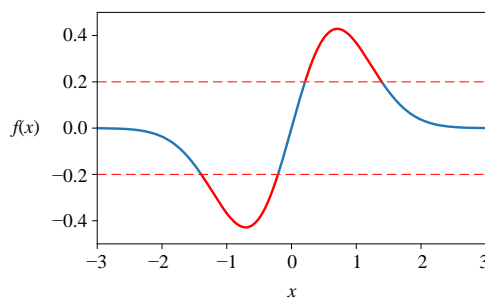


图 7. 分段渲染线图



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_5.ipynb 绘制图 7。

11.6 特殊点线

交点

如图 8 所示，通过寻找 $f_1(x) - f_2(x)$ 的正负号变号的位置，我们可以估计 $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$ 的交点。

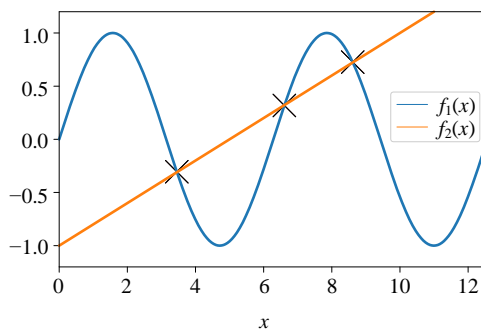


图 8. 可视化交点



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_6.ipynb 绘制图 8。

极大、极小值

`numpy.argmax()`、`numpy.argmin()` 可以寻找数组中的极大、极小值，如图 9 所示。

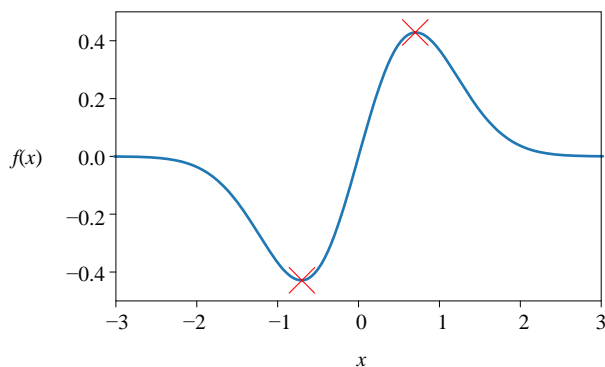


图 9. 可视化极值点



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_7.ipynb 绘制图 9。

11.7 渲染

渲染一组曲线着色

图 12 所示为三种用色谱给一组曲线着色的方法。图 12 (a) 采用 for 循环，分别给每一条曲线着色。

调用 RdYlBu 色谱，用 sigma 数量产生若干连续色号。用 for 循环分别绘制每条曲线，曲线依次调用连续色号。

图 12 (b) 用 LineCollection() 分别渲染每条曲线，并添加色谱条展示 sigma 变化。

图 12 (c) 则用 set_prop_cycle() 修改默认线图颜色。

➡ 图 12 中曲线为一元高斯分布的概率密度函数。《统计至简》第 9 章专门讲解一元高斯分布。



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_8.ipynb 绘制图 12 子图。

用三维等高线

图 10 所示为用等高线函数和色谱渲染线图。本书后续将深入讲解这一方法。

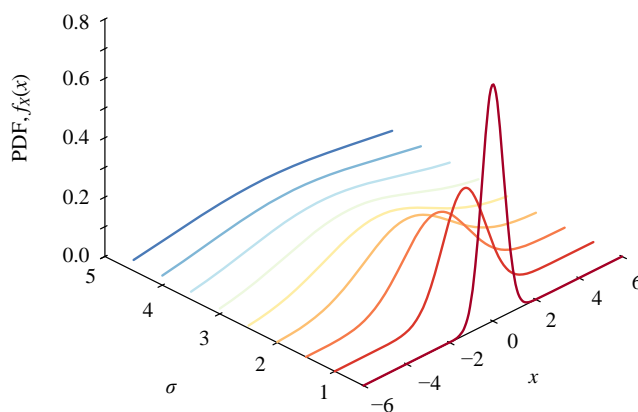


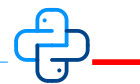
图 10. 用等高线渲染线图

分段渲染曲线

下面，我们用色谱和 LineCollection() 渲染一条曲线的不同分段。

如图 13 (a) 所示，我们先将一条线段打散成一系列线段。然后用 LineCollection()，用 rainbow 色谱分别给每条线段分别着色。图 13 (b) 中有 50 条轨迹。类似地，每条轨迹在水平位置的着色一致。

➡ 图 13 两幅图利用随机过程相关数学工具。我们将在《数据有道》第 8 章了解随机过程。



Jupyter 笔记 BK_2_Ch11_9.ipynb 绘制图 13 子图。

绘制网格

图 11 所示为利用 `plot()` 两点连线绘制的正方方格，并采用 `rainbow` 色谱分段着色渲染。图 14 所示为在此基础上可视化线性、非线性变换。

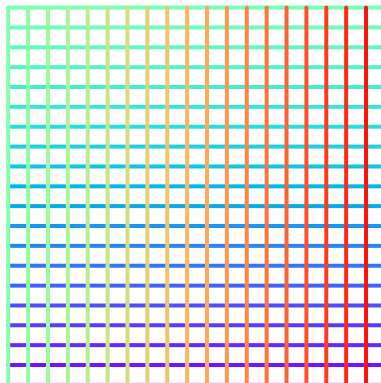


图 11. 用 `plot()` 绘制的网格，利用 `rainbow` 色谱渲染

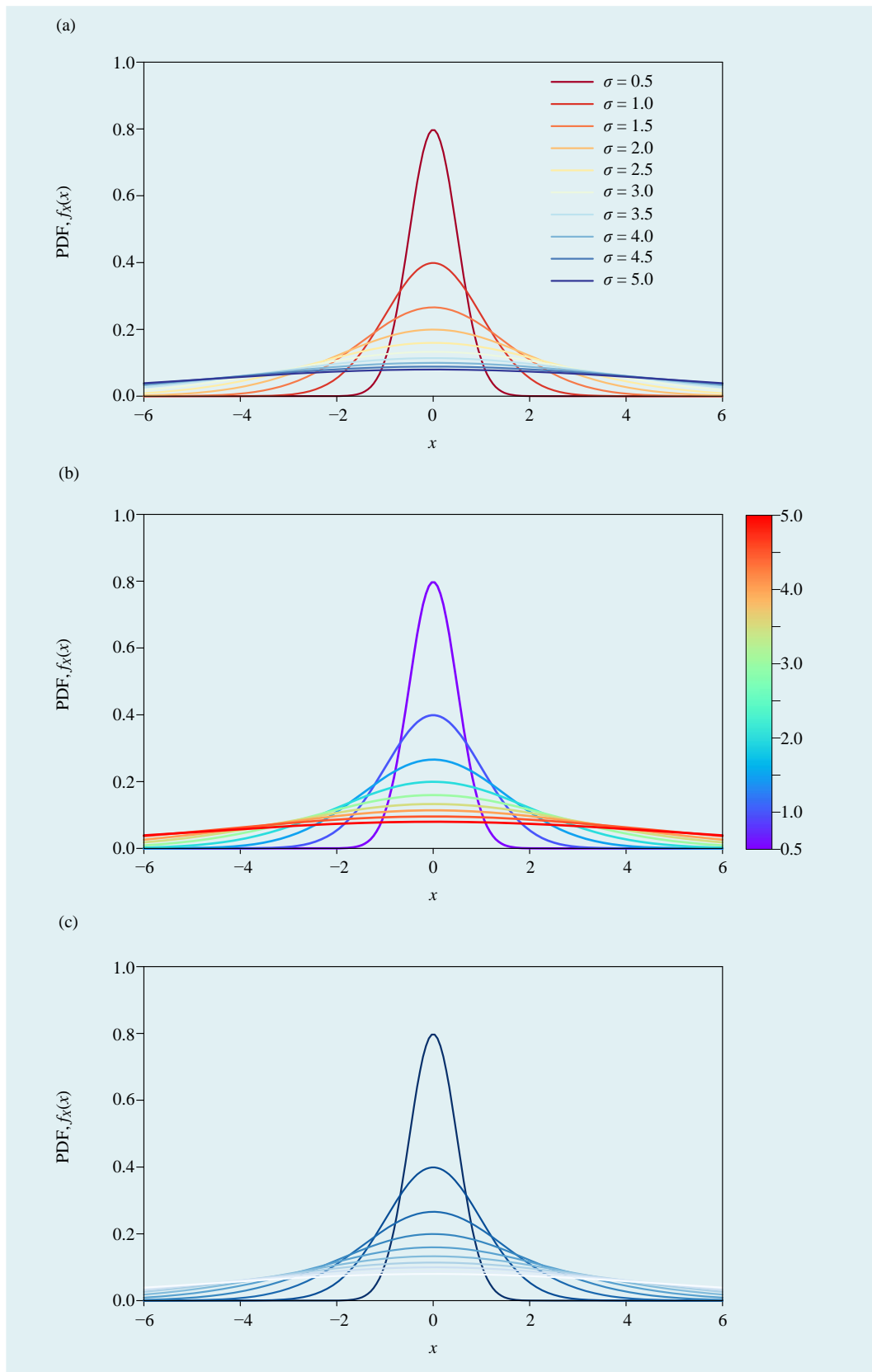


图 12. 用色谱渲染曲线

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com

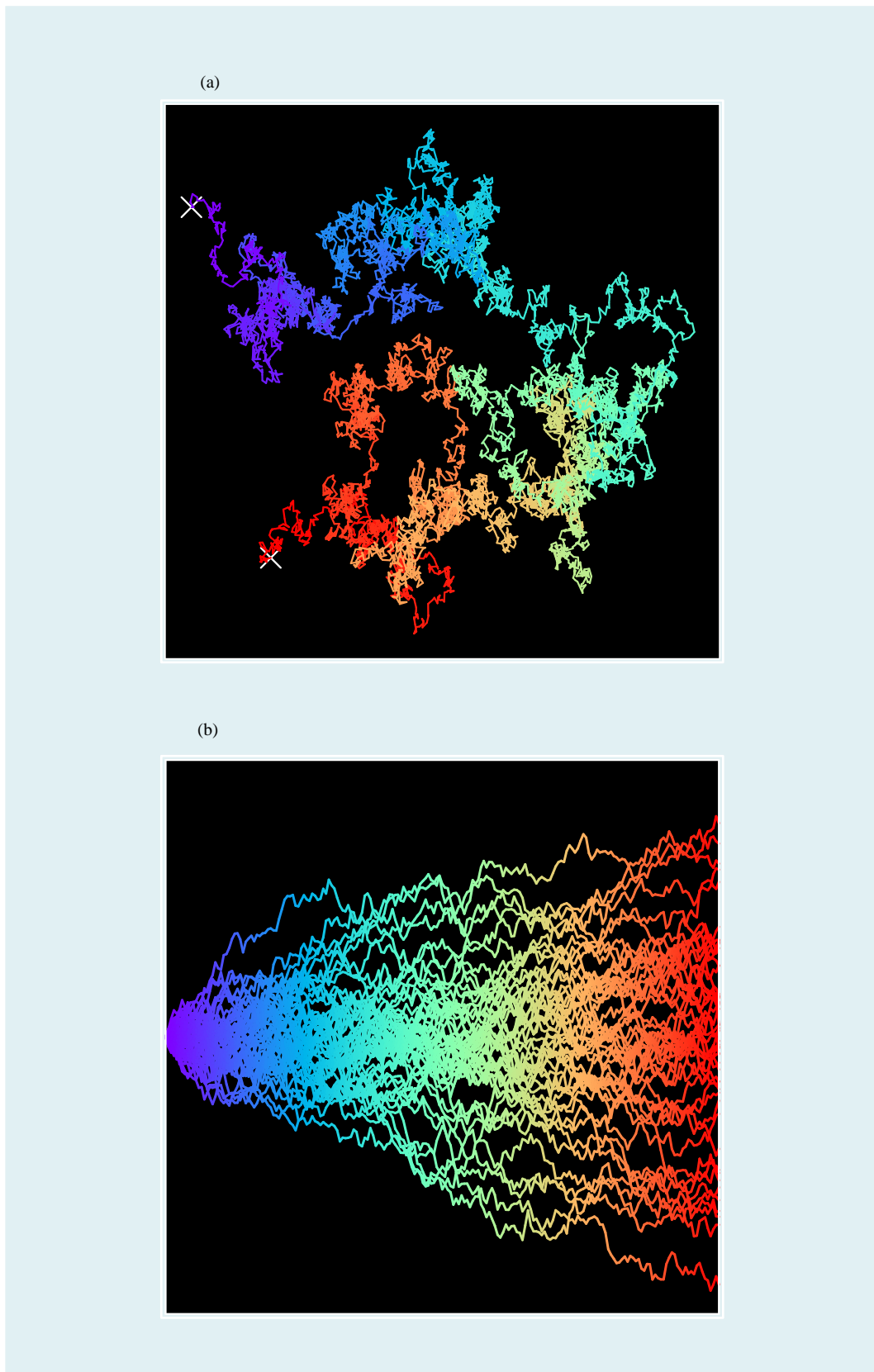


图 13. 用色谱给一条曲线不同线段顺序着色

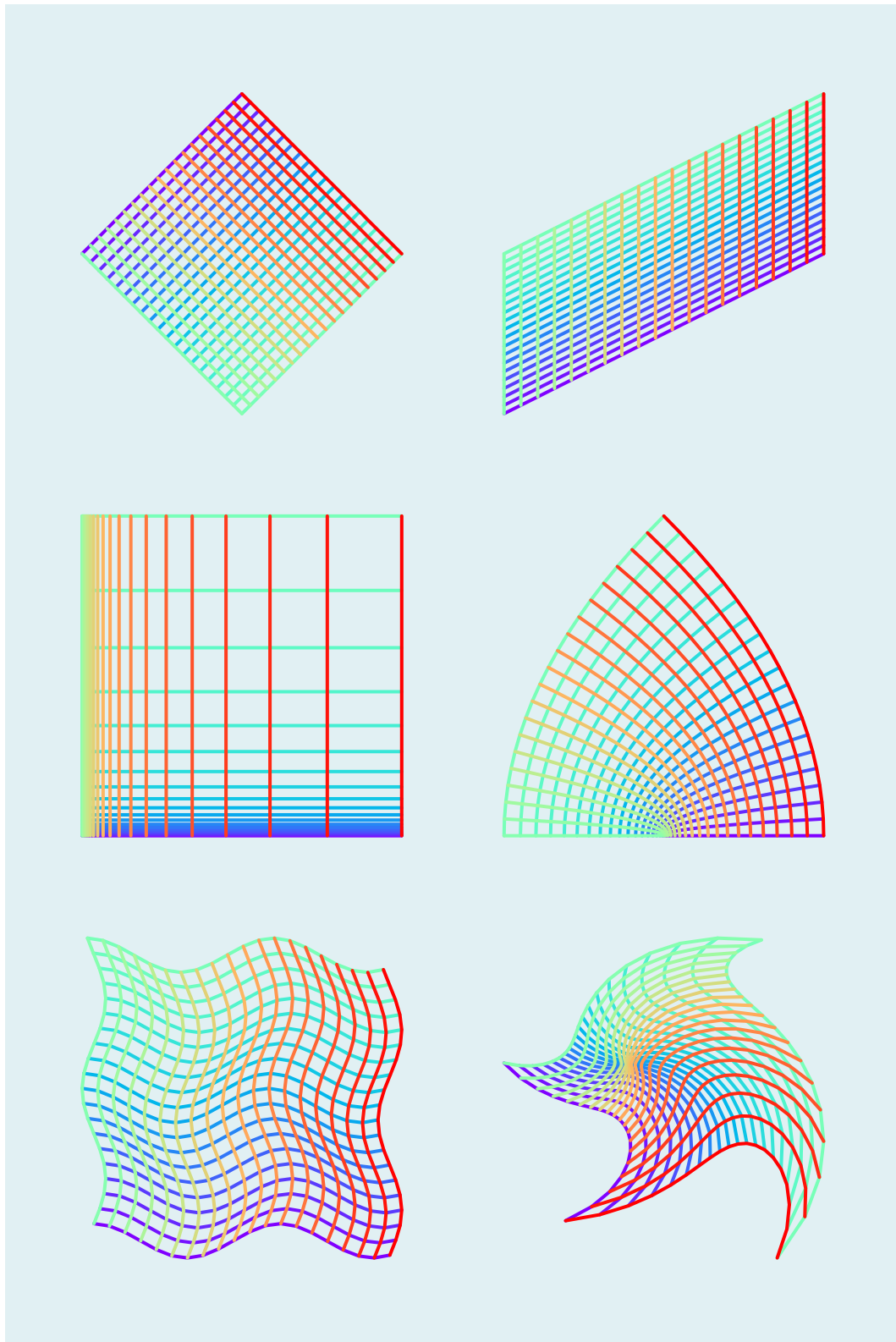


图 14. 可视化线性、非线性变换

本 PDF 文件为作者草稿，发布目的为方便读者在移动终端学习，终稿内容以清华大学出版社纸质出版物为准。

版权归清华大学出版社所有，请勿商用，引用请注明出处。

代码及 PDF 文件下载：<https://github.com/Visualize-ML>

本书配套微课视频均发布在 B 站——生姜 DrGinger：<https://space.bilibili.com/513194466>

欢迎大家批评指教，本书专属邮箱：jiang.visualize.ml@gmail.com