

第十一讲：可视化中的动画技术

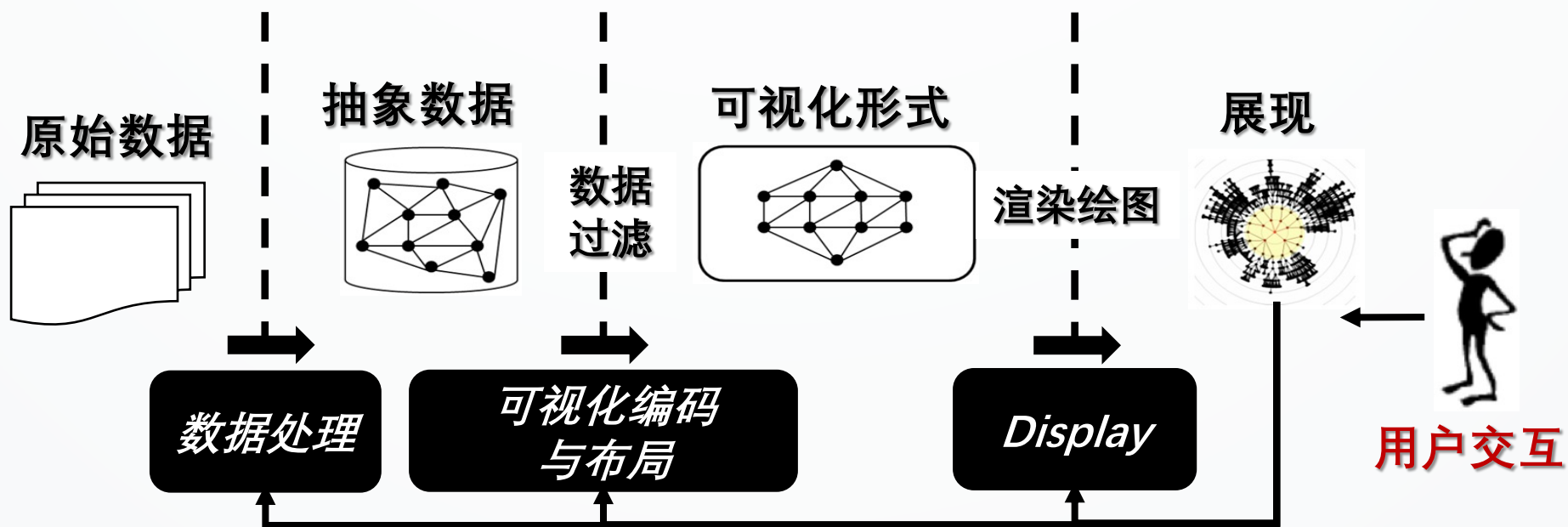
信息可视化

曹楠（教授）

<https://idvxlabs.com>

同济大学

如何创建可视化



信息可视化参考模型

动画

- 可视化中的动画
- **动画的设计原则**
- 动画的实现方式

动画中的基本认知原则

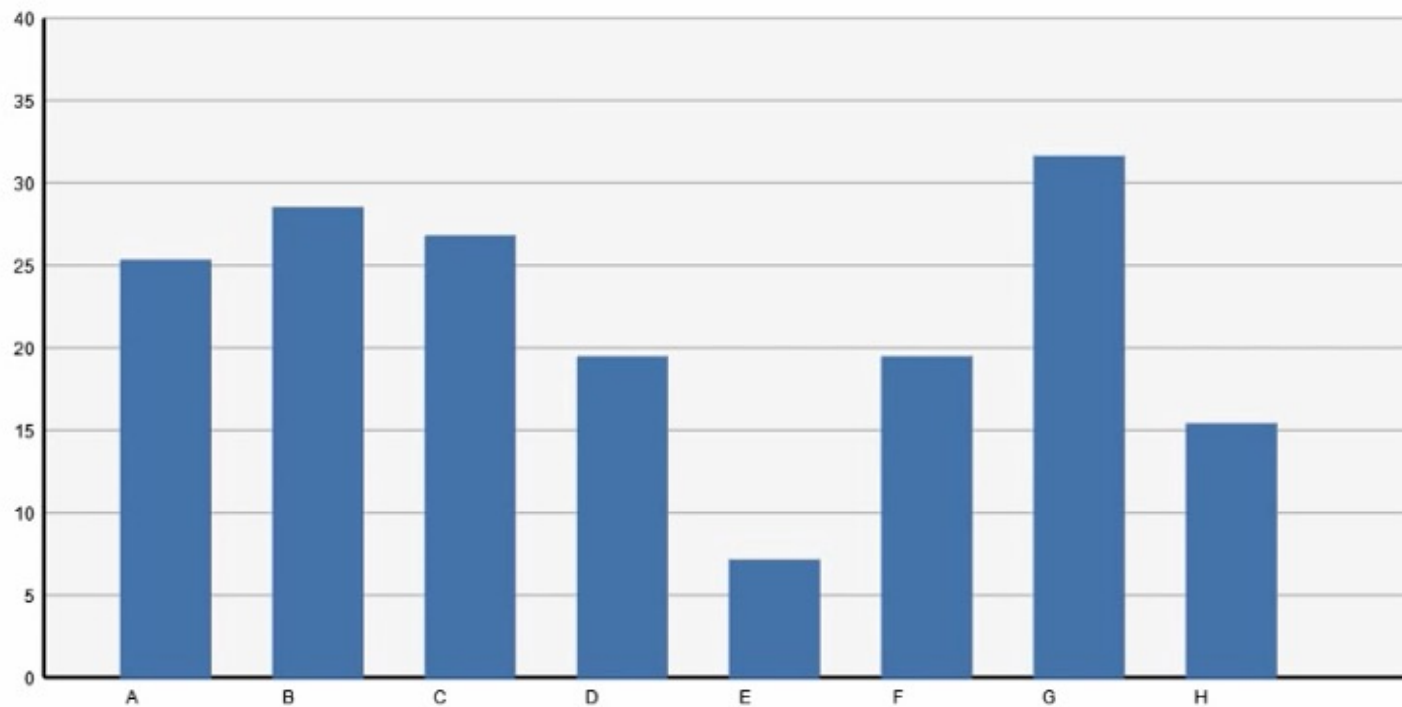
- 运动物体的追踪原则
 - 用户难以同时分别追踪四个或者五个以上的运动物体
- 共同命运原则 (common fate)
 - 用户能够识别朝着同一方向以同一速度运动的多个物体

动画的设计原则

- 阶段性原则
 - 一次只展示一个动画；如果需要同时展示多个动画，需要分阶段展示
- 兼容性原则
 - 动画必须与其载体，即所对应的可视化形式保持兼容
- 必要性原则
 - 只展示发生改变的数据，且动画的设计能让用户理解
- 合理性原则
 - 动画的每个步骤必须有具体的含义，动画的产生必须有明确的原因

动画设计案例 1

- 阶段性
 - 不同时展示多个动画，即现阶段动画完成后再开始下一阶段的动画
- 必要性
 - 如果数据未发生改变，则不需要用动画表示
- 合理性
 - 动画的每个步骤必须有具体的含义，需要保留数据到可视化的合理映射



[Animated Transitions in Statistical Data Graphics](#), Jeffrey Heer, George Robertson

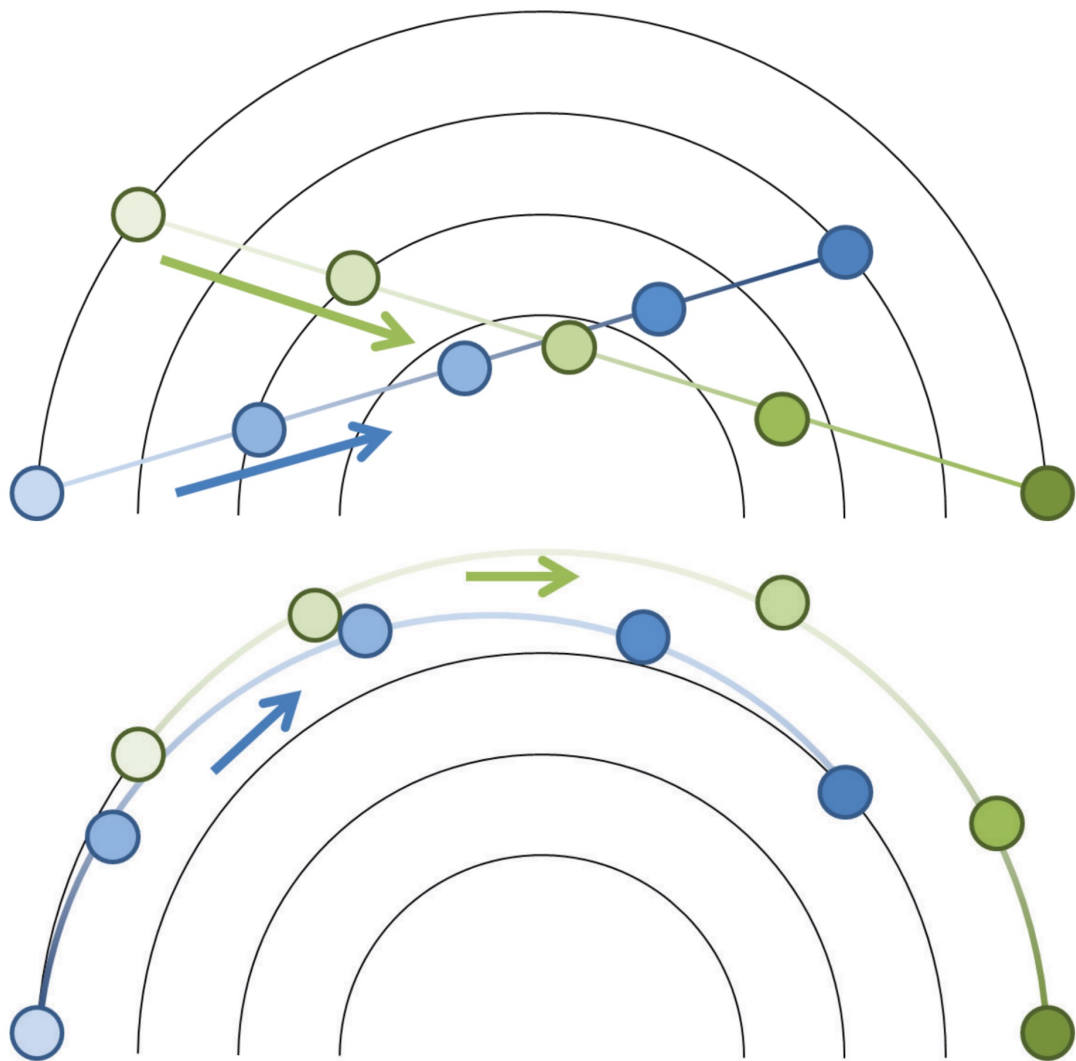
动画设计案例 2

Animated Exploration of Graphs with Radial Layout

IEEE InfoVis 2001

Ka-Ping Yee
Rachna Dhamija
Danyel Fisher
Marti Hearst

University of California, Berkeley



动画设计案例 3

- 基本思想：若多个物体朝着同一方向，则将他们的运动路径绑定在一起
- 遵循了共同命运原则

Trajectory Bundling for Animated Transitions

Fan Du, Nan Cao, Jian Zhao, Yu-Ru Lin

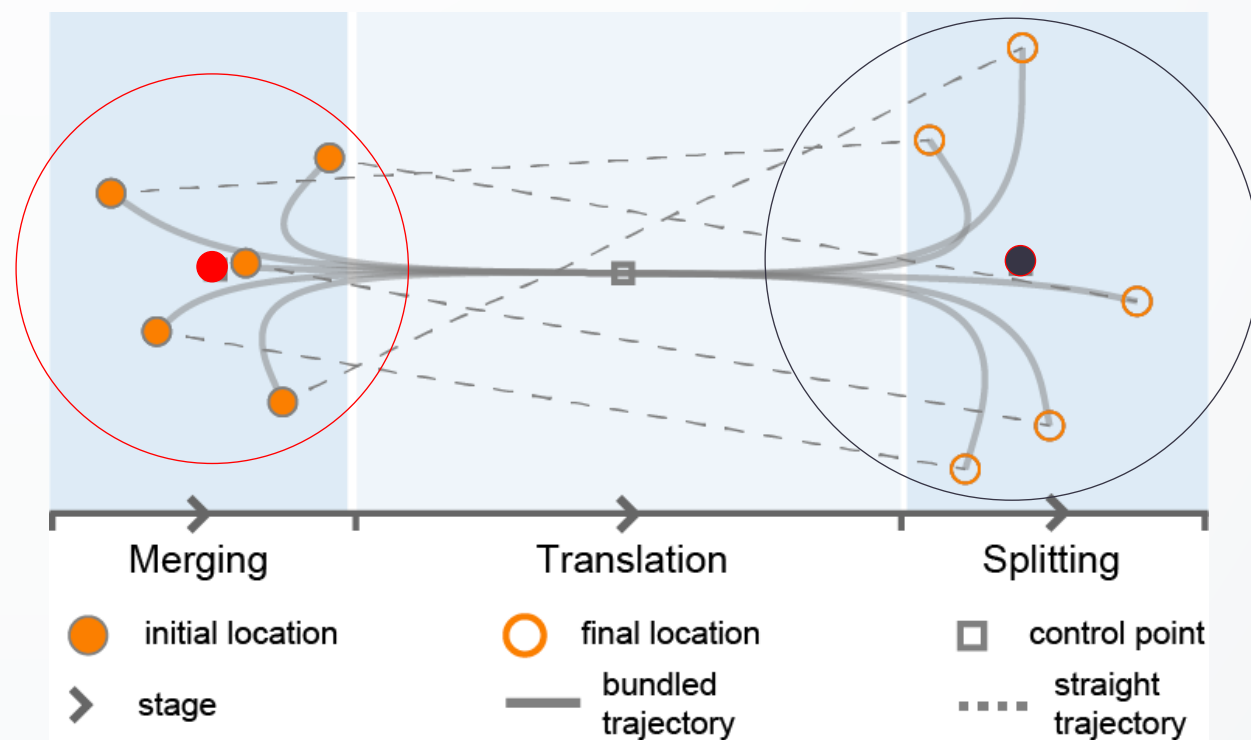


UNIVERSITY OF
TORONTO



动画设计案例 3 : Trajectory Bundling

- 算法 (Algorithm) :
 - Clustering the Start Point \rightarrow Cluster Center C_s
 - Clustering the End Point \rightarrow Cluster Center C_t
 - Draw Spline via (P_s, C_s, C_t, P_t)

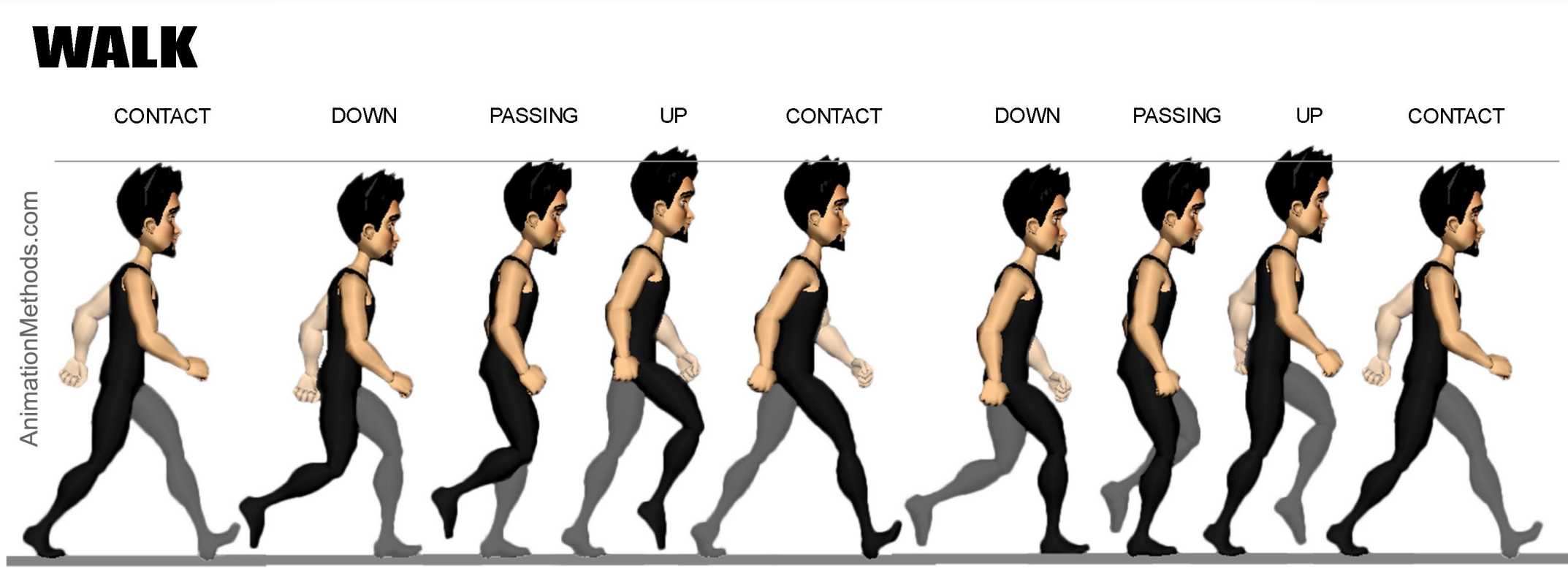


动画

- 可视化中的动画
- 动画的设计原则
- **动画的实现方式**

动画的实现方式

- 动画是通过一系列连续的逐渐的变化组成的

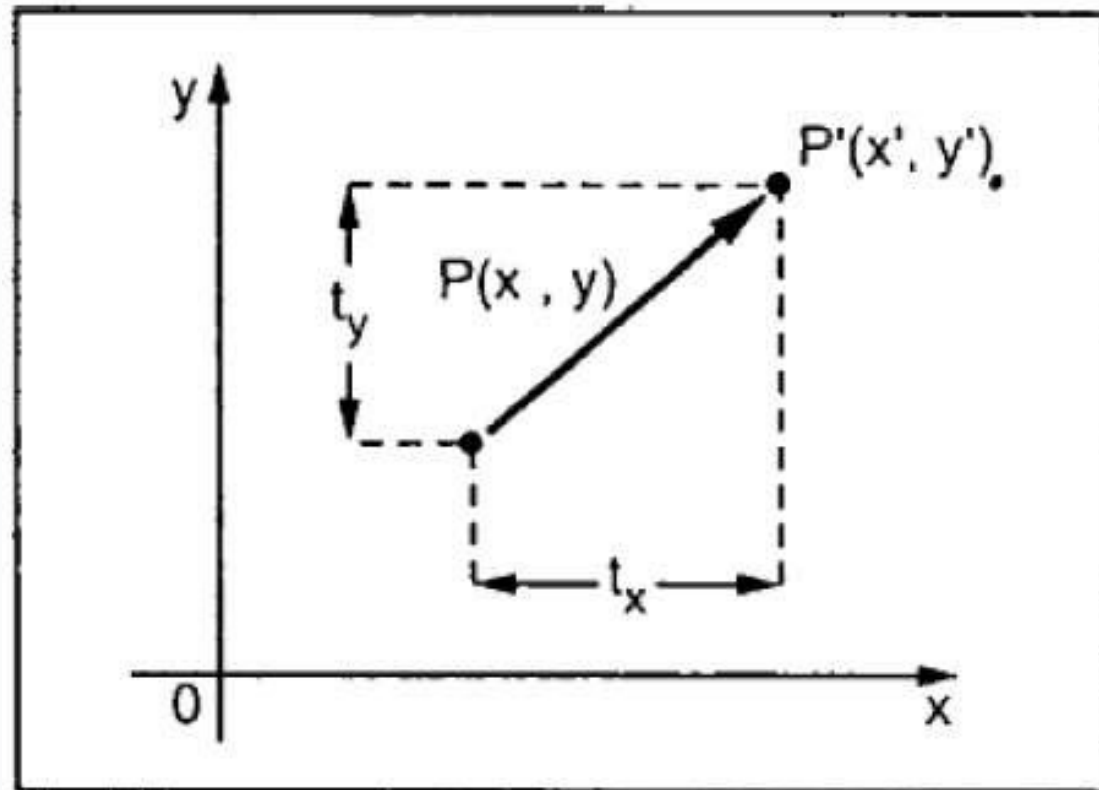


几何变换 (Transformation)

- 改变物体的可视化属性
 - 坐标位置 : Translation (平移变换)
 - 方向 : Rotation (旋转)
 - 大小 : Scaling (缩放)
 - 形状 : Sheering (倾斜) / Flipping (镜像) / Morphing (形变)

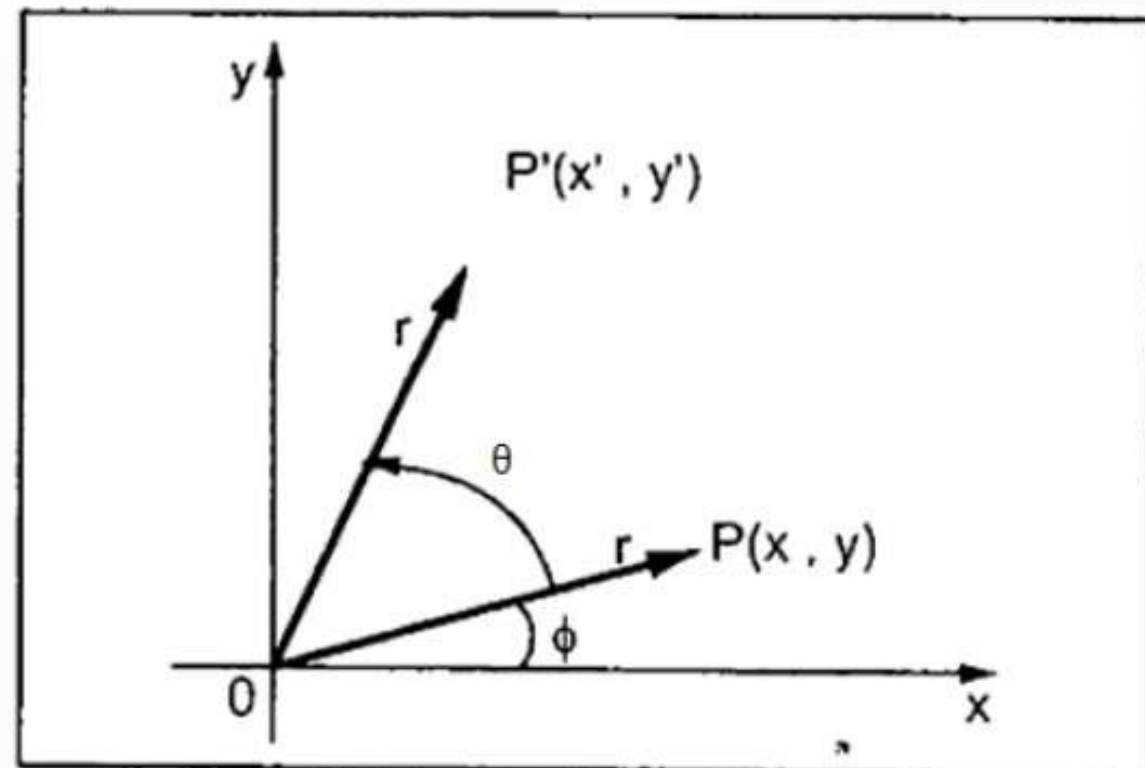
平移变换 (Translation)

- 将物体在空间中平移至另一位置
- 在二位空间中，平移可以通过在原坐标 $P(X, Y)$ 上平移坐标实现 $T = (t_x, t_y)^T$
- $P' = P + T$



旋转变换 (Rotation)

- 将物体旋转一个角度 θ (theta)
- $P(X, Y)$ 距离远点的距离是 r , P 与原点连线 与 X 轴的夹角是 ϕ
- 将 P 以原点为中心旋转 θ , 标记旋转后的点为 P' (X' , Y').



旋转变换 (Rotation)

- 通过三角函数可以计算得出旋转后的坐标

$$x = r \cos(\phi) \quad (1)$$

$$y = r \sin(\phi) \quad (2)$$

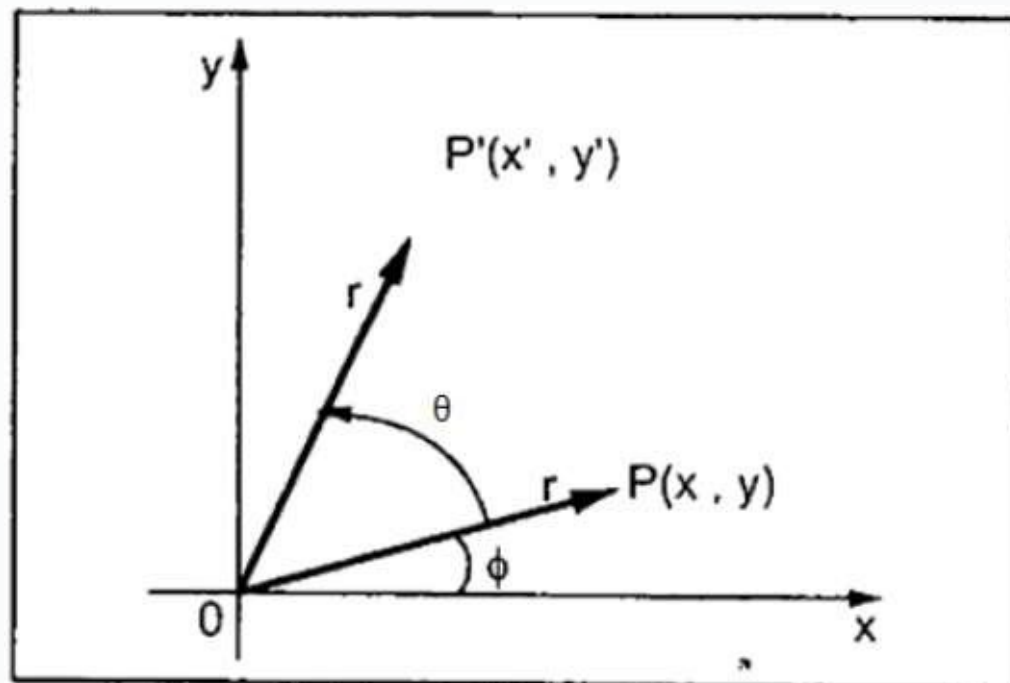
$$x' = r \cos(\phi + \theta) = r \cos(\phi) \cos(\theta) - r \sin(\phi) \sin(\theta)$$

$$y' = r \sin(\phi + \theta) = r \cos(\phi) \sin(\theta) + r \sin(\phi) \cos(\theta)$$

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

$$y' = x \sin \theta + y \cos \theta$$

$$P' = P \cdot \mathbf{R}$$



$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

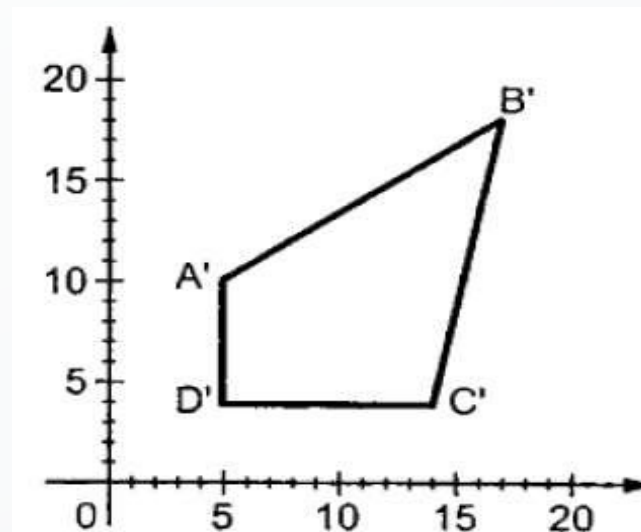
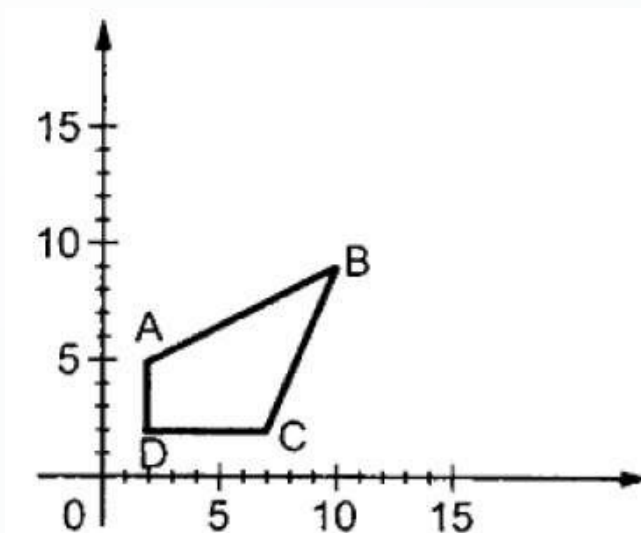
Rotation Matrix

缩放变换 (Scaling)

- 改变物体的大小
- 可以是放大、也可以缩小
- 缩放操作可以在物体的原坐标上乘以缩放系数得到
- $X' = X \cdot S_x$ and $Y' = Y \cdot S_y$
- $P' = P \cdot S$

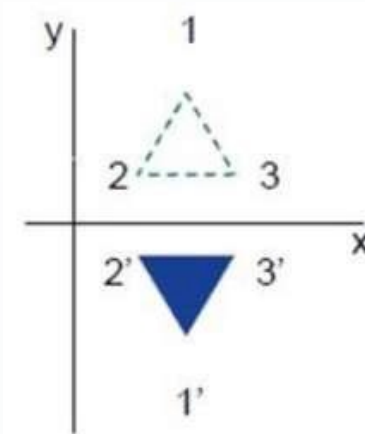
$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} \begin{bmatrix} S_x & 0 \\ 0 & S_y \end{bmatrix}$$

scaling matrix

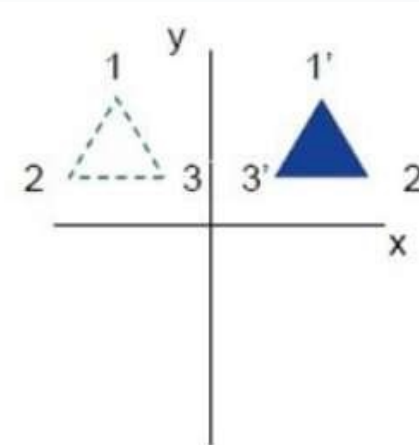


形状的反射变换（Reflection）

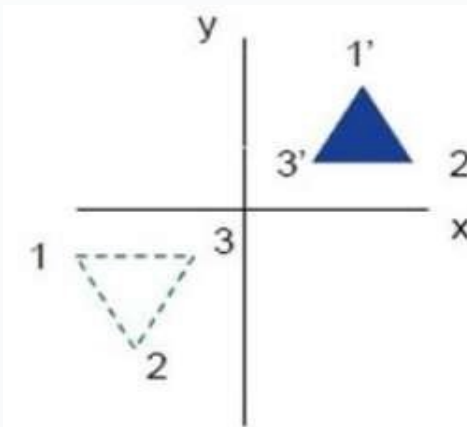
- 将形状按照某个轴进行镜像变换，可视为按照对称轴翻转180度
- 变换时形状的大小不变



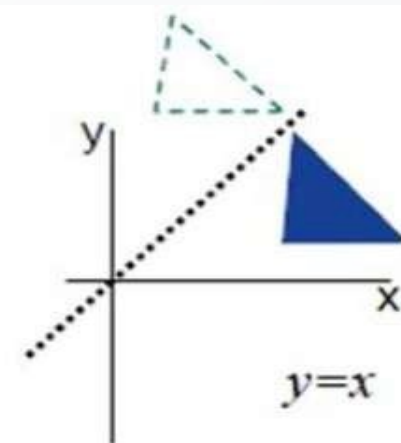
(a)



(b)



(c)



(d)

剪切变换（Sheering）

- 将物体的形状平行倾斜

• X-Shear

Y-Shear

$$X_{sh} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ shx & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

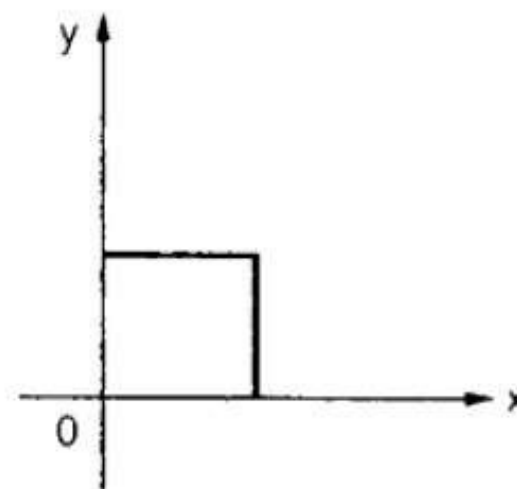
$$X' = X + Sh_x \cdot Y$$

$$Y' = Y$$

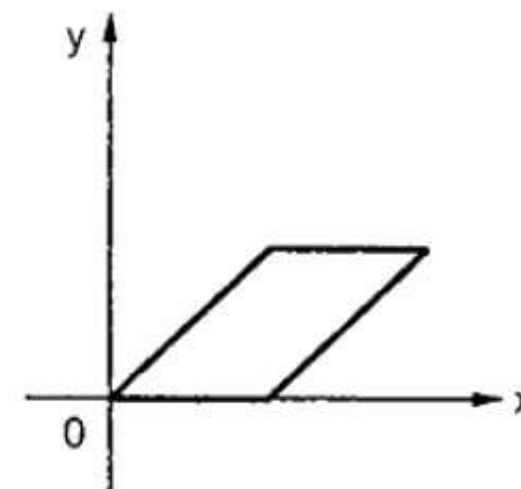
$$Y_{sh} = \begin{bmatrix} 1 & shy & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y' = Y + Sh_y \cdot X$$

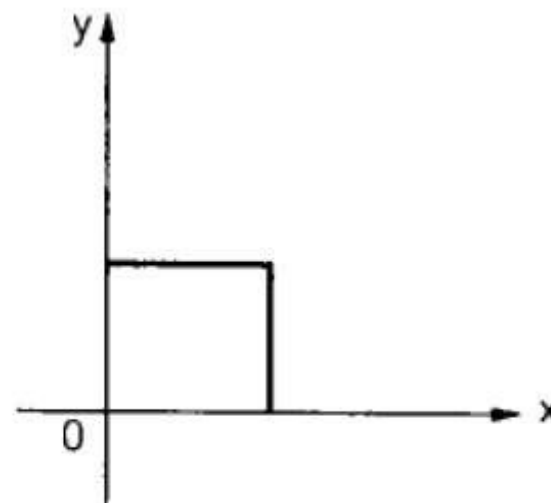
$$X' = X$$



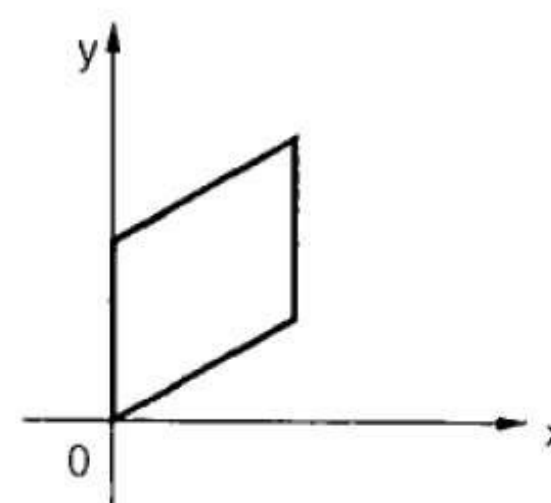
(a) Original object



(b) Object after x shear



(a) Original object



(b) Object after y shear

组合变化

- 当一个变化 $T1$ 紧跟着另外一个变换 $T2$ ，可以通过简单按顺序连乘变换矩阵加以实现，可以被记为： $T = T1 \cdot T2$.
- $T \cdot X = X T1 T2 T3 T4 \dots Tn$
- 其中， Ti 是 Translation / Scaling Shearing / Rotation / Reflection 中的任意一种变换

动画的实现方式

- 数值的线性插值:

$$X = (X_t - X_s) * \text{factor} + X_s$$

- X_s 动画起始状态时的 坐标/尺寸/角度/颜色 等
 - X_t 动画结束状态时的 坐标/尺寸/角度/颜色 等
 - $\text{factor} \in [0, 1]$, 定义了动画的步速, 当 $\text{factor} = 0$ 时对应起始状态; 当 $\text{factor} = 1$ 时对应结束状态
-
- 动画的过程就是控制 factor 从 0 渐变至 1 的过程

动画的实现方式

- 步速控制 (Pacing) :

- 匀速 :

$$\text{factor} = k * (t / \text{duration})$$

- 慢入 (Slow In)

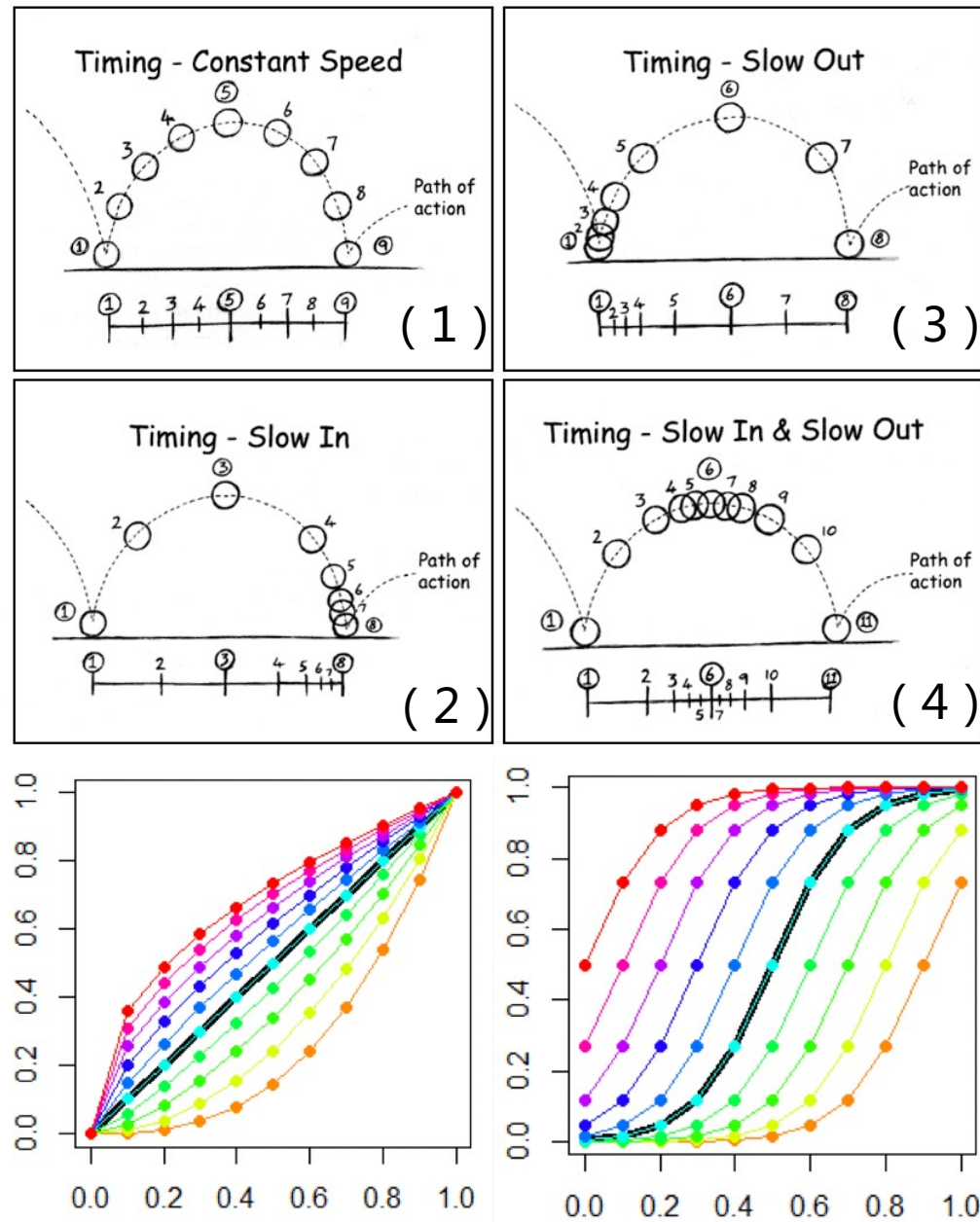
$$\text{factor} = k * (t / \text{duration})^2$$

- 慢出 (Slow Out)

$$\text{factor} = k * \text{sqrt}(t / \text{duration})$$

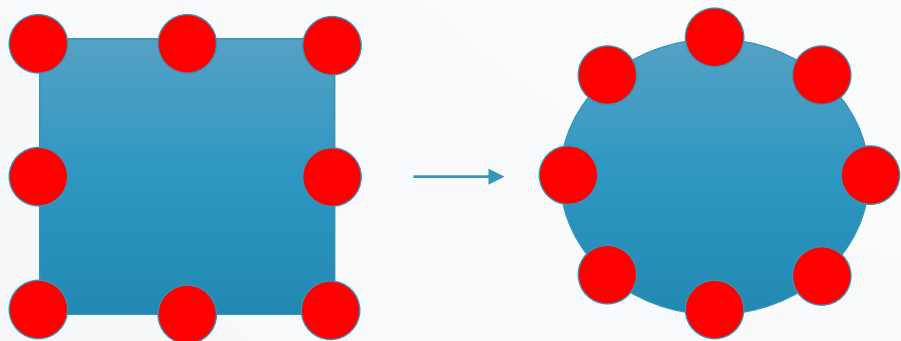
- 慢入慢出 (Slow In Slow Out)

$$\text{factor} = 1 + \text{sigmod}(t / \text{duration})$$



案例4：动画形变（Morphing）

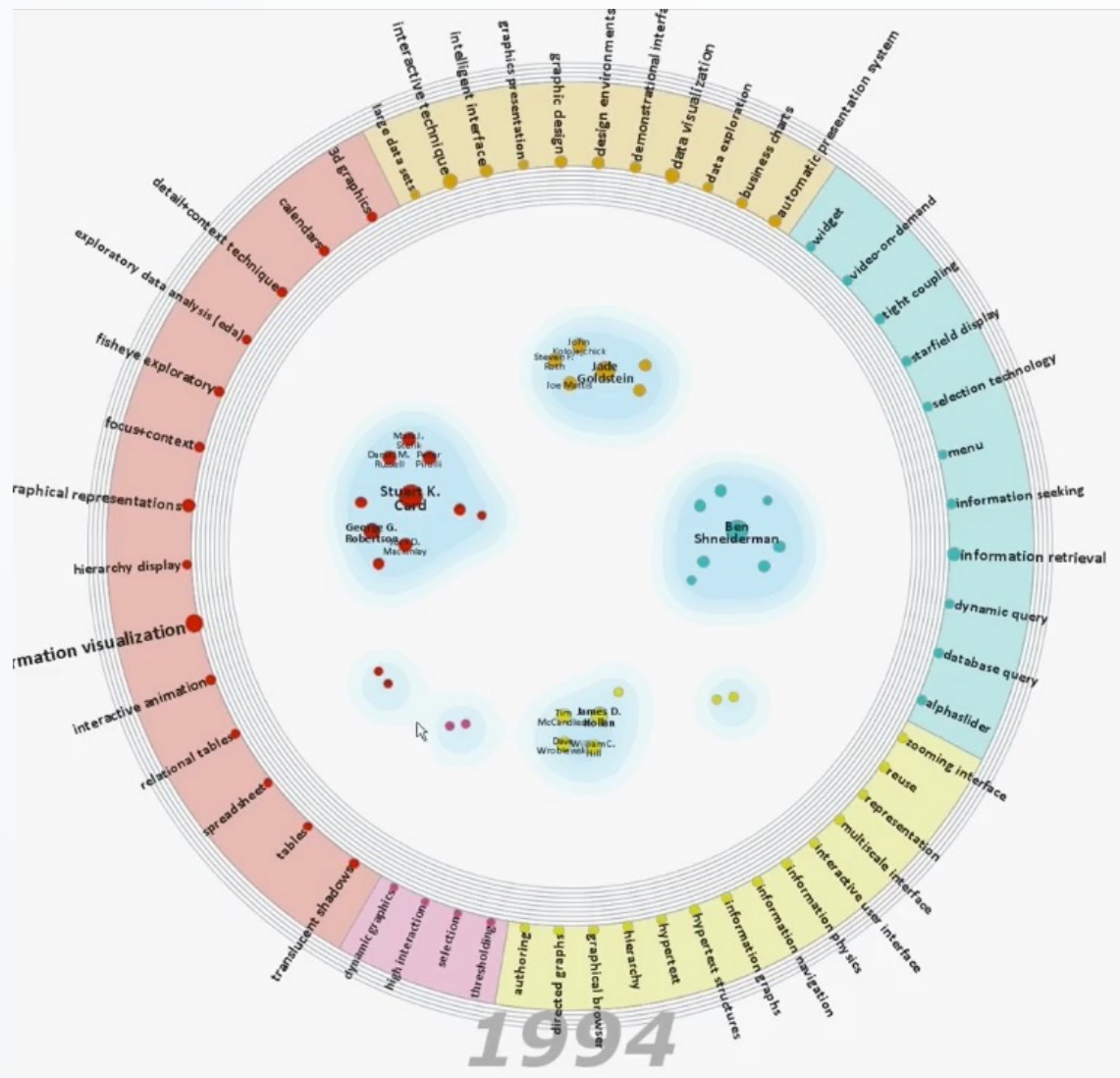
- 从一个形状变换到另一个形状
- 对形状进行采样，并对擦痒点进行匹配，变换



案例5：Translation & Scaling



案例6 : Translation & Rotation



每个点代表一个学者

学制之间通过他们的合作关系连接

四周的短语表示研究课题关键词

学者与关键词之间的连线代表学者从事相关的研究工作

不同的圆环代表不同的年份，点击切换圆环可以显示不同时间的情况

案例7: 用动画展现弯曲的物体表面



案例8: 用动画在不同可视化试图之间切换



课程总结

- 本节课
 - 交互
 - 常见交互类型
 - 交互范式1：概览+细节
 - 交互范式2：焦点+上下文
 - 动画
 - 可视化中的动画
 - 动画的设计原则
 - 动画的实现方式
- 下节课
 - 面向不同数据类型的可视化技术

第四讲：交互技术与动画

信息可视化

曹楠（教授）

<https://idvxlabs.com>

同济大学