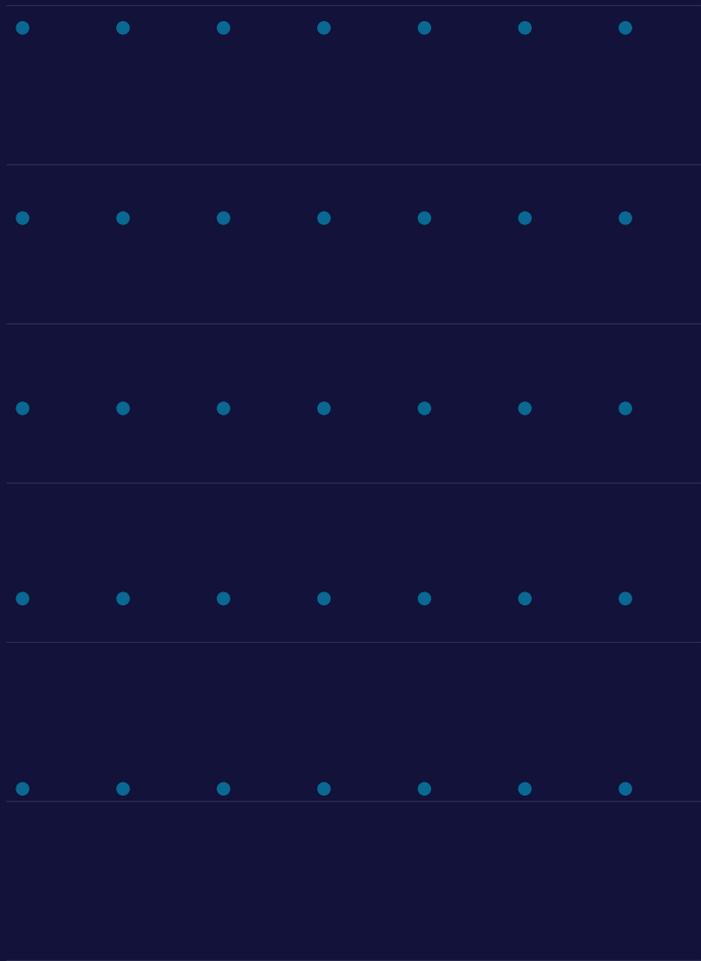


CG 動畫 的世界

Computer Graphics Animation

從像素到銀幕的藝術與技術



課程大綱

01 CG 動畫基礎概念

02 發展歷史脈絡

03 7大製作流程

04 主流軟體工具深度介紹

05 知名作品深度賞析

06 實際鏡頭案例拆解

07 AI 與未來趨勢

08 學習資源與職涯建議

什麼是 CG 動畫？

CG (Computer Graphics) 利用電腦軟體與演算法生成數位圖像，結合藝術創作與程式設計，產生靜態或動態的視覺內容。

傳統手繪動畫

- 逐格手繪每秒 12~24 張
- 人力與時間成本高
- 保有獨特溫度與質感
- 代表：吉卜力 (手繪時期)

2D CG 動畫

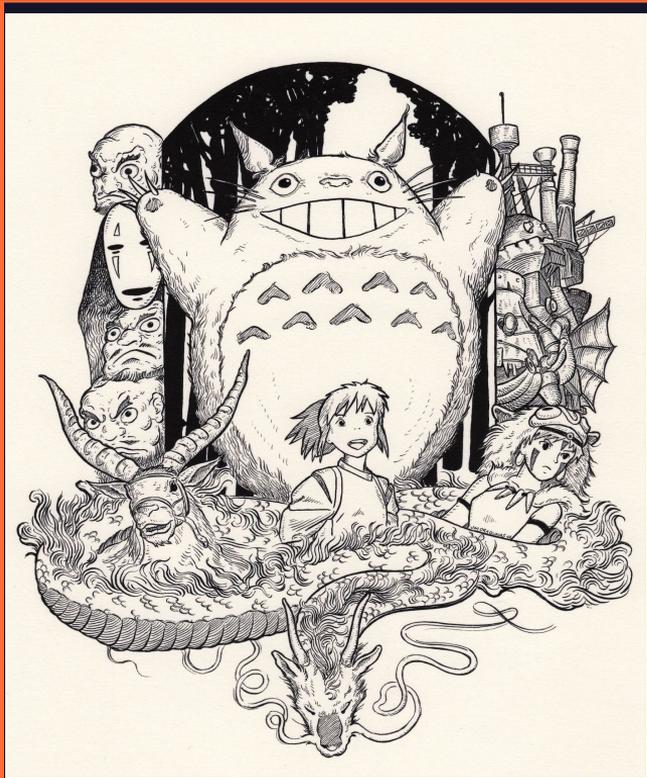
- 向量圖形數位繪製
- 易於修改與重複使用
- 常見工具：Toon Boom
- 代表：《蜘蛛人：新宇宙》

3D CG 動畫

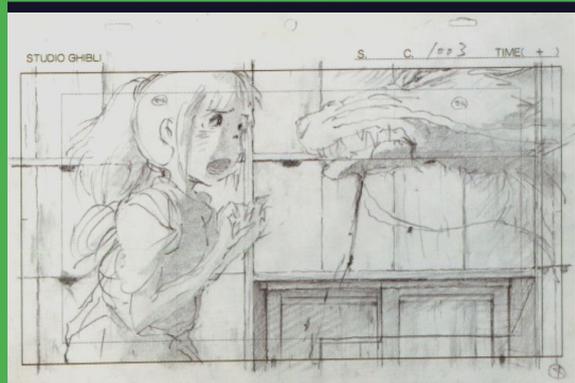
- 建立立體模型與骨架
- 物理模擬材質燈光
- 渲染生成最終畫面
- 代表：Pixar、DreamWorks

傳統手繪動畫

Traditional Hand-drawn Animation — 藝術基礎，每幀通常需要12-24張手繪樺



吸血鬼之旅— Studio Ghibli 手稿色彩稿



場景分鏡色彩稿

手繪動畫的核心是【連動性】CG 動畫建立在這個基礎之上

2D CG 動畫

2D CG Animation — Toon Boom Harmony，建立在傳統手繪基礎上的數位制作流程

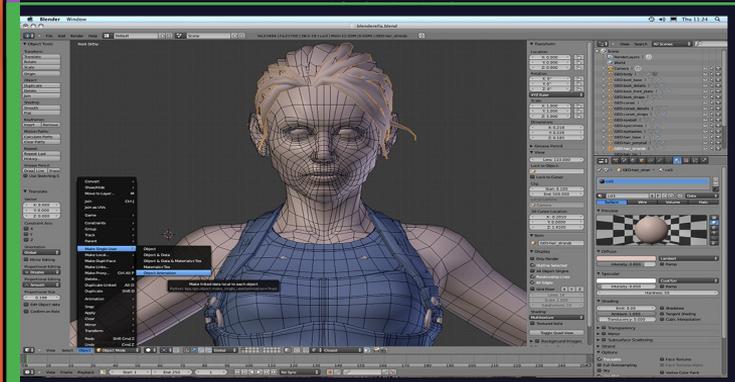
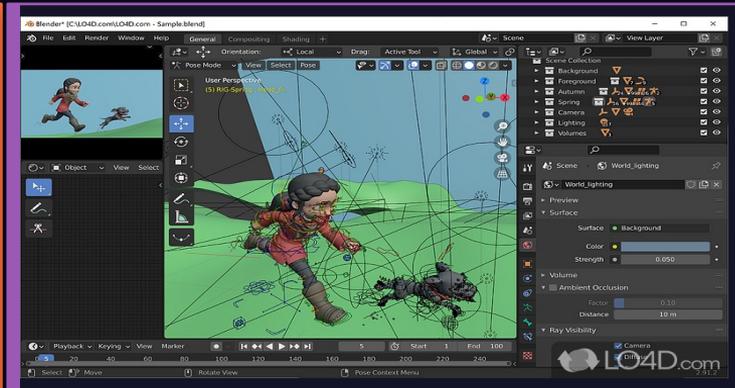
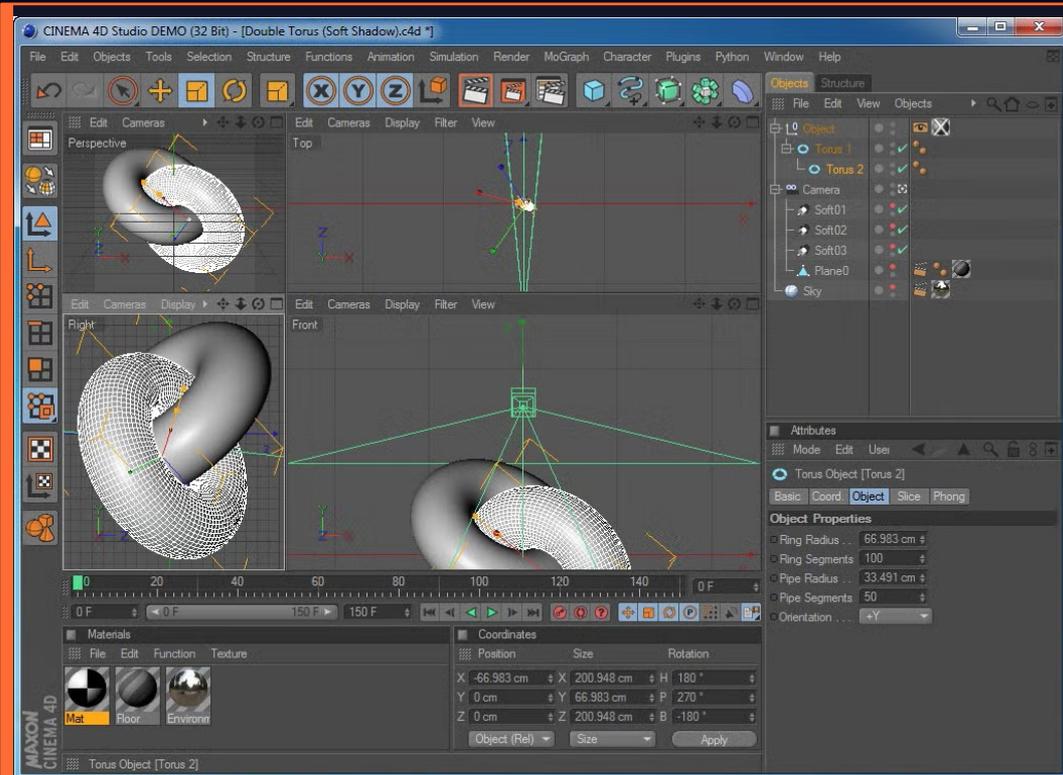


💡 2D CG 動畫結合傳統繪畫與數位工具，在高層管理和高條件上比紙本更高效

Toon Boom Harmony 界面 — 業界標準 2D CG 制作軟體

3D CG 動畫

3D CG Animation — Maya / Blender / Cinema 4D , 建模、綿定、動畫、渲染全流程



Cinema 4D 建模界面 — 多視圖展示

Blender 建模 (高精度模型)

💡 3D CG 動畫的核心優勢是【重複利用】，模型建好就可在任意角度、光線、場景中重複使用

CG 動畫發展歷史

1970s

早期電腦圖形實驗，Utah Teapot 成為 3D 圖形里程碑



1982

《電子世界爭霸戰》— 電影史上首次大量運用 CG 特效



1993

《侏羅紀公園》— 數位恐龍震驚全球，奠定 VFX 基礎



1995

《玩具總動員》(Pixar) — 史上第一部全 CG 長篇動畫電影



2009

《阿凡達》— 動態捕捉 + CG 創造沉浸式視覺革命



至今

AI 生成影像、即時渲染、虛擬製作 LED Volume Wall 興起



CG 動畫製作流程概覽

1

前期製作

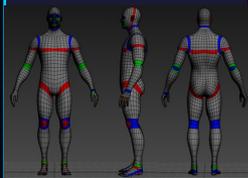
Pre-Production



2

建模

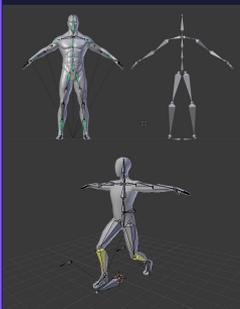
Modeling



3

綁定

Rigging



4

動畫

Animation



5

材質燈光

Shading



6

渲染

Rendering



7

後期合成

Compositing



接下來將逐一深入介紹每個製作步驟 →

步驟 1 | 前期製作 Pre-Production



故事劇本

確立角色、世界觀、故事主線與情感核心，所有視覺決策的根基。



概念設計

角色設計圖、場景氛圍板 (Mood Board)，建立視覺風格指引。



分鏡腳本

將劇本轉化為視覺化的鏡頭排列，規劃攝影機角度與場景切換。



動態腳本

Animatic：加入時間軸的分鏡，預覽節奏與剪接流程。



前期品質決定後期效率——修改劇本比修改模型便宜 100 倍

故事劇本 | Script — 概述

前期製作 Pre-Production > 故事劇本



什麼是劇本？

劇本是動畫製作的基礎藍圖，包含所有對白、動作描述、場景設定與情感節奏。

沒有紮實劇本，後續所有工作都是在沙上建城堡。

劇本的核心元素

- 故事主線 (Main Plot)
- 人物弧線 (Character Arc)
- 情感核心 (Emotional Core)
- 場景設定 (Setting)
- 衝突與解決

劇本格式規範

Final Draft / Celtx 軟體
場景標頭 (INT./EXT.)
動作行 (Action Line)
對白 (Dialogue)
舞台指示 (Parenthetical)



劇本開發流程

- ① 故事大綱 (Outline)
- ② 節拍表 (Beat Sheet)
- ③ 初稿 (First Draft)
- ④ 審稿修改 (Notes)
- ⑤ 定稿 (Final Draft)

通常需要 3-5 輪修改才能定稿。

故事劇本 | 三幕式結構

Act Structure — 好故事的骨架



第一幕：建立 (Setup)

介紹主角與世界觀
呈現日常狀態
引發事件 (Inciting Incident)
主角面對選擇

佔全片約 25%

範例：《玩具總動員》
胡迪是安迪最愛的玩具



第二幕：對抗 (Confrontation)

主角追求目標
遭遇各種阻礙
盟友與對手登場
中點轉折 (Midpoint)
一切最低潮 (Dark Night)

佔全片約 50%

範例：胡迪與巴斯光年的



第三幕：解決 (Resolution)

高潮對決 (Climax)
主角完成轉變
問題獲得解決
新的平衡建立

佔全片約 25%

範例：胡迪與巴斯聯手
回到安迪身邊

故事劇本 | 角色建立與世界觀

Character & World-Building — 讓觀眾相信這個世界

角色設定表 Character Bible

姓名、年齡、外貌特徵 | 個性特質與說話方式 | 背景故事 (Backstory)
核心慾望 (Want) vs 真實需求 (Need) | 最大恐懼 | 與其他角色的關係

角色弧線 Character Arc

開頭狀態 → 觸發事件 → 成長掙扎 → 轉變時刻 → 結局狀態

正向弧線：主角克服缺陷，成為更好的人
負向弧線：主角墮落，走向毀滅（如《Breaking Bad》）
平行弧線：主角不改變，但改變了周圍的世界

世界觀建構 World-Building

地理環境與社會結構 | 歷史背景與文化習俗 | 魔法系統或科技規則
經濟體系 | 語言與宗教 | 這個世界的「規則」必須前後一致

Show, Don't Tell 原則

- ✗ 不好：旁白說「城市很繁榮」
- ✓ 好：鏡頭掃過熙攘的市集、笑聲、豐盛的食物

用視覺說故事，讓觀眾自己感受，而非直接告訴他們該有什麼感受。



觀眾不需要知道所有世界觀細節，但創作者必須知道，才能讓細節自然流露

故事劇本 | 劇本格式與工具

Script Format & Tools — 業界標準規範

劇本格式範例 (彩色標示各元素)

INT. 教室 - 白天

場景標頭

小明走進教室，看到黑板
上的謎題，蹙起眉頭。

動作行

小 明

人物名稱

(蹙眉，低聲)

舞台指示

這題不可能解開！
除非...有人幫我。

對白

CUT TO:

轉場指示

業界常用工具

- \$ Final Draft — 業界標準 \$250
- FREE Celtx — 免費線上版
- FREE WriterDuet — 多人協作
- Word + 模板 — 簡易方案

頁數參考

- 1頁 ≈ 1分鐘影片
- 短片 5-15分：5-15頁
- 長片 90分：80-110頁
- 皮克斯劇本改寫 8-10 次



遵守格式不是限制創意，而是讓每個人都能快速讀懂你的視覺語言。

分鏡腳本 | 楓景錢頭表範例

Shot List / Scene Breakdown — 包含場景號、量別、角度、運鏡方式、畫面、道具、聲音、時長

🎬 實際割本錢頭表範例 (包含場景分解、對白、道具、聲音指示)

場景號

景別 / 角度

畫面 / 對白

聲音 / 時長

場景號	鏡頭號	景別	角度	運動方式	畫面	道具	聲音:	時長
1	1	全景	仰拍	定鏡頭	天空中飄忽不定的云		「我时常和想这天空中飘忽不定的云朵 从黎明到黄昏 (街角的祝福)	15s
	2	中景	平拍	定鏡頭	女的坐在高台上看云	J 樓樓頂 報紙	它们没有方向 只是随风流浪着 像极了你我荒马乱的青春 (街角的祝福)	10s
	3	小特写—小全景	側拍	先特写腿部 然后拉开	女的在高台上晃荡着脚 之后跳下 从右向左出画		或许 这就是命运 从遇见的那一起起 就注定摆脱不了这样的命运 (街角的祝福)	15s
	4	小全景	平拍	定鏡頭	男的和几个兄弟在聊天 女的从身边走过 擦肩而过 后回头看了一眼 (我要落寞的眼神)		在这擦肩相错中 有着多少落寞的守候 (街角的祝福)	
	5	全景	仰拍	定鏡頭	模拟主观视角 女的抬头看到的 与以前的回忆 交叉出现 做黑白调处理 (以前骑单车载她 我们摄像骑在另一辆车上跟拍 女的轻轻的靠在男的背上 可以的话 切脸部特写)	出南区过马路后的路 早晨才有效果	先明暗照 在这时间不怀好意的骗局中 回忆那么美 谁在转动的那个年轮留下了那些痕迹 谁在那些痕迹不释里找到了让人的心跳的真爱 (街角的祝福)	
		全景	平拍	摇镜头	镜头跟着从教室出来的女的缓缓移动到等在教室外的男生		太多的故事来不及发生 就无奈搁笔 (街角的祝福)	
2	1	中景	平拍	前镜头和镜头结合	女的在草地上奔跑 张望 (回忆的镜头出现)		来不及说我爱你 就让你住进我的心里 生命过于变幻无常 谁会突然出现 又突然消失 (都只因为你)	
		特写	仰拍	平拍和旋转镜头结合	女的抬头 (我们模拟下雨的场景 用黑白色调) 雨落进女孩眼中的感觉 围绕女孩旋转 可以慢慢旋转 后期加速	水 透明玻璃	谁让谁在漫长的一生里 忽然念及 流下眼泪 (都只因为你)	



楓景錢頭表是分鏡腳本的文字版，讓創作組所有成員對齊定數部影片的視學語言

概念設計 | Concept Design — 概述

前期製作 Pre-Production > 概念設計



什麼是概念設計？

將劇本文字轉化為
視覺圖像的過程，
建立整部作品的
視覺風格與調性。

概念設計師決定了
觀眾「看到」的
世界長什麼樣子。

概念設計涵蓋範疇

- 角色設計 (Character Design)
- 場景設計 (Environment Design)
- 道具設計 (Prop Design)
- 色彩計劃 (Color Script)
- 氛圍板 (Mood Board)

概念設計的目標

統一全團隊的視覺語言
給建模師明確參考依據
給導演確認風格方向
讓觀眾一眼認出品牌
奠定後期所有視覺決策



概念設計師的工具

數位繪圖：
Photoshop / Procreate
Clip Studio Paint

3D 速成概念：
ZBrush Sketch
Blender 概念建模

參考管理：
PureRef / Pinterest

概念設計 | 角色設計原則

Character Design Principles



造型設計原則

剪影識別性
(Silhouette)
5秒內認出是誰

形狀語言
圓形 = 友善可愛
方形 = 穩重可靠
三角形 = 危險銳利

比例誇張
突出角色特徵



色彩與個性

主角：溫暖明亮色系
反派：冷色或對比色
配角：中性輔助色

色彩飽和度反映
角色的情緒狀態：
快樂 = 高飽和
悲傷 = 去飽和
憤怒 = 高對比



三視圖 Turnaround

正面視圖
側面視圖 (左/右)
背面視圖
3/4 角度

供 3D 建模師精確
重建角色比例，
必須標注身高比例
與重要細節尺寸。

💡 好的角色設計讓觀眾不需對白就知道這個角色的個性

概念設計 | 場景設計與氛圍板

Environment Design & Mood Board

氛圍板 Mood Board

收集參考圖像，建立視覺風格共識。包含：攝影、繪畫、電影截圖、建築、自然紋理。

目的是讓所有人對「這部片要長什麼樣」有相同的直覺感受，避免各做各的。

色彩計劃 Color Script

用縮略圖表示全片色調變化。暖色調=快樂/安全；冷色調=悲傷/危險。

皮克斯《靈魂急轉彎》用鮮豔色代表「爵士世界」，灰藍色代表「靈魂世界」

場景概念設計重點

透視關係：建立空間縱深感

光影規劃：光源方向決定氛圍

色調統一：每個場景有主色調

細節層次：前景/中景/背景分層

功能性：服務故事，空間反映角色內心

視覺風格指引 Style Guide

線條風格：粗細、圓滑度、是否有外框線

材質方向：寫實/卡通/混合媒材

燈光哲學：硬光/柔光/特定時段光線

後期色調：整體 LUT 或濾鏡方向

✓ 風格指引讓全團隊的產出風格一致

💡 氛圍板 (Mood Board) 是最快速達成視覺共識的工具，一張圖勝過千言萬語

概念設計 | 道具設計與視覺一致性

Prop Design & Visual Consistency



道具設計 Prop Design

道具設計必須與
整體視覺風格一致。

重點考量：

- 功能性外觀
(能看出用途)
- 材質與時代感
- 比例與角色手部的配合度
- 重要道具需要
多角度設計圖



視覺一致性檢核

線條粗細是否統一？
色盤是否嚴格執行？
不同場景的光源是否
邏輯一致？

角色置於場景時，
比例是否合理？

同一物件在不同
鏡頭下材質是否
相同？



概念設計交付物

給製片公司的標準
交付文件包含：

- Character Sheet
- Environment Art
- Prop Sheet
- Color Script
- Style Guide PDF
- Mood Board

所有文件集結為
「視覺聖經」

分鏡腳本 | Storyboard — 概述

前期製作 Pre-Production > 分鏡腳本



什麼是分鏡腳本？

將劇本文字轉化為
連續畫面序列，
是影片拍攝前的
「視覺劇本」。

每個格子代表一個
鏡頭，包含：
畫面內容、攝影機
角度、人物動作、
對白/音效標記。

分鏡的功能

- 預視影片最終效果
- 規劃攝影機語言
- 計算場次與鏡頭數
- 確認故事節奏
- 作為製作溝通基準

分鏡格式規範

16:9 或 1.85:1 畫格
每格標注鏡頭編號
箭頭表示動態方向
底部標注對白/音效
側欄標注鏡頭說明



分鏡繪製工具

傳統手繪：
鉛筆 + 分鏡紙
(快速、直覺)

數位工具：
Storyboard Pro
(最業界標準)
Procreate + 模板
Clip Studio Paint
Shot Designer (手機)

分鏡腳本 | 鏡頭語言基礎

Shot Types & Camera Language

景別大小 Shot Size

ELS 極遠景 (建立地點) | LS 遠景 (全身, 表現動作) |
MLS 中遠景 (膝上)
MS 中景 (腰上) | MCU 中近景 (胸上) | CU 近景 (臉
部, 情感) | ECU 極近 (眼睛細節)

攝影機角度 Camera Angle

平視角 (Eye Level) : 自然, 觀眾視角 | 俯視 (Bird's
Eye) : 角色渺小、宏觀
仰視 (Worm's Eye) : 強調力量 | 荷蘭角 (Dutch Angle
) : 不安、扭曲感
過肩 (OTS) : 對話場景標準角度 | 主觀視角 (POV) :
代入感強

攝影機運動 Camera Movement

推軌 (Dolly In/Out) : 情感強化 | 升降 (Crane) : 宏觀
展示
跟拍 (Follow) : 與角色同步 | 搖移 (Pan/Tilt) : 環境
建立
手持 (Handheld) : 臨場感、緊張 | 變焦 (Zoom) : 心
理距離感

構圖法則

三分法則 : 主體放在 1/3 交叉點 | 引導線 : 帶領視線到
主體
框中框 : 用門窗等框住主體 | 對稱構圖 : 莊嚴感
負空間 : 孤獨、渺小感 | 前景遮擋 : 增加層次與深度

💡 每個鏡頭選擇都要服務情緒——不是「好看」，是「正確」

分鏡腳本 | 鏡頭銜接與節奏

Shot Transitions & Editing Rhythm



基本剪接規則

180度規則：
軸線兩側只能
在同一側切換，
否則方向感混亂。

30度規則：
同一場景兩個鏡頭
角度差必須超過
30度，否則像跳接。

匹配剪 (Match Cut)：
形狀或動作的連續性



轉場方式

硬切 (Cut)：最常見，
直接切換場景

淡入淡出 (Fade)：
時間流逝感

疊化 (Dissolve)：
場景柔和過渡

劃接 (Wipe)：
明確場景轉換

跳接 (Jump Cut)：
時間壓縮、凌亂感



節奏控制

鏡頭時間長短
決定情緒節奏：

短鏡頭序列：
緊張、動作感

長鏡頭：
沉穩、抒情、寫實感

節拍與剪接點：
在角色動作或
音樂節拍上剪接
最自然流暢



分鏡中的鏡頭數量越少，動畫製作成本越低——學會用少鏡頭說清楚故事

分鏡腳本 | Storyboard Pro 工作流程

Industry Standard Tool Workflow

Storyboard Pro 核心功能

向量繪圖工具直接在格子中作畫 | 層級管理 (圖層/場次/幕)
攝影機路徑設定 (動態鏡頭預覽) | 對白與說明文字整合 | 可直接匯出 PDF 或 Animatic 影片

分鏡繪製技巧

不需要精美插畫：火柴人+清楚構圖就夠 | 重點是構圖、視角、動作方向
用箭頭標示動態 | 寫清楚每個格子的鏡頭說明 | 複雜動作加畫中間格

分鏡交付格式

PDF 分鏡本：供導演/製片審閱
鏡頭清單 (Shot List)：每個鏡頭的技術規格表
匯出至 Animatic：加入時間軸後成為動態分鏡
直接整合 Toon Boom Harmony 動畫流程

分鏡審閱流程

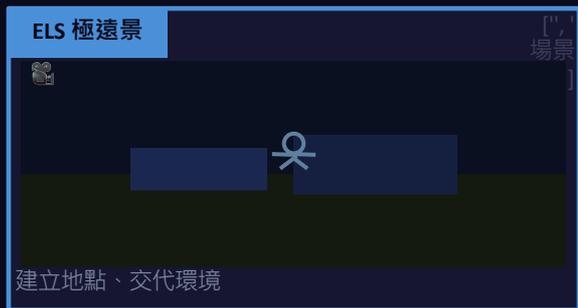
- ① 分鏡師完成初稿，內部自審
- ② Pitch (口頭講解) 給導演和製片
- ③ 修改意見 (Notes) 整合
- ④ 修改後再次審閱，直到通過
- ⑤ 核准後進入 Animatic 製作階段



Storyboard Pro 是好萊塢動畫公司最常用的分鏡工具

分鏡腳本 | 分鏡範例頁面解析

Storyboard Sample Page — 讀懂一張分鏡的所有資訊



↓ 游標進入 ① 場景建立



② 人物登場



③ 對話開始



④ 情緒升溫



⑤ 關鍵反應



⑥ 戲劇張力

■ ELS/LS：建立環境

■ MS：日常對話

■ MCU：情感加強

■ CU：情緒高潮

■ ECU：細節張力

分鏡不需精美地畫，清晰構圖、角度與動態方向最重要

動態腳本 | Animatic — 概述

前期製作 Pre-Production > 動態腳本



什麼是 Animatic ?

將分鏡腳本加入
時間軸，配上聲音
(對白/音效/音樂)
製作成可播放的
動態預覽影片。

是正式動畫製作前
最後一道檢查關卡，
確認節奏、剪接、
情緒節拍都正確。

Animatic 的功能

- 驗證故事節奏
- 確認鏡頭時間長短
- 測試音樂與畫面配合
- 發現剪接問題
- 讓客戶/投資方預覽

Animatic vs 分鏡

分鏡 = 靜態圖像序列
Animatic = 有時間 + 聲音

分鏡可能只有圖
Animatic 是影片：
可以在電腦播放
感受真實節奏



製作 Animatic 的工具

專業工具：
Storyboard Pro
(最直接的整合)

通用剪接軟體：
Premiere Pro
Final Cut Pro
DaVinci Resolve

簡易工具：
iMovie (入門)

💡 Animatic 修改成本極低——在這裡解決問題，比進入 3D 製作後修改便宜百倍

動態腳本 | 製作流程

Animatic Production Workflow

①

分鏡掃描/匯出

手繪分鏡：
掃描成圖檔

數位分鏡：
直接匯出
PNG 序列

建議解析度：
1920x1080
(至少 HD 品質)

②

音軌準備

對白錄音：
配音員初稿
(或導演代讀)

音效暫代：
免費音效庫
(Freesound.org)

音樂：
試用授權曲
或原創配樂

③

時間軸剪接

在剪接軟體中
排列圖片順序

根據對白長短
決定每格時間

加入轉場效果
(通常用硬切)

配合音樂節拍
調整鏡頭時機

④

審閱修改

全組觀看審閱

確認：

- 故事是否清楚？
- 節奏是否流暢？
- 情緒點是否有效？
- 鏡頭是否足夠？

修改 Animatic
直到所有人滿意



Animatic 的流暢度 = 最終動畫節奏的藍圖，每個時間點都要刻意決定

動態腳本 | 時間節奏掌控

Timing & Rhythm in Animation

影格率 Frame Rate

24fps：電影標準，運動模糊感強，有電影質感

30fps：電視標準，較清晰流暢 | 60fps：遊戲/運動畫面用

動畫常用「On 2s」= 每兩影格畫一張，12fps 感覺更有手繪韻味（吉卜力常用）

動作節奏 Action Timing

慢動作感：鏡頭時間拉長，動作影格增加

快節奏動作：每個鏡頭只有 12-24 格（0.5-1秒）

衝擊點（Hit Frame）：動作發生的那一幀特別重要，需要「預備」和「跟隨」

對白節奏 Dialogue Timing

對白完畢後加 2-4 格「呼吸時間」，讓情緒沉澱

不要讓畫面切換與對白同時發生 — 先畫面、後對白，或對白中切換

沉默（Silence）是最有力的節奏工具，不要害怕空白

音樂與剪接點

在音樂節拍（Beat）上剪接感覺最自然流暢

大情緒點配合音樂高潮 | 靜場景可用環境音代替配樂

「音畫對位」技巧：畫面與音樂刻意對比，製造張力（如喜劇配悲樂）

💡 時間感是動畫師最難掌握也是最重要的技能，需要大量看片和練習

分鏡腳本 | 真實分鏡範例

Real Storyboard Samples — 左：動畫分鏡（刷色稿），右：實景分鏡（彩色稿）

分鏡表 (Film Story Board)

PAGE NO :						
場次 SLATE	鏡頭 TAKE	分鏡畫面	聲音說明 AUDIO	畫面說明 VIDEO	特殊技術	呎/秒
				主角抬頭 看向風景		
				風景		
				主角微眯 眼回憶		
				一些回憶 畫面		
				主角聽到了 什麼		

動畫風格分鏡 (刷色稿) 精細度取決於項目需求

鏡號	分鏡	動作	音效 / 音樂	時 附註
一一一		T 爸爸牽著女兒， 走向竹林裡的廟。	竹子 鳥叫 腳步 小孩笑聲	3秒
一二一		T 女孩拉著爸爸的手， 說要去附近的廟玩。		3秒
一三三		T 女孩在附近玩耍， 爸爸則走向廟前的 石獅子。	竹子 鳥叫 腳步 小孩笑聲	5秒
一四一		T 爸爸摸著石獅子， 回憶小時候。		7秒
一一五		T 鏡頭拉到爸爸，摸 著石獅回憶兒時。		2.5秒

已核准分鏡才能進入實景彩色階段 (彩色稿)

動態腳本 | 從 **Animatic** 到正式製作

Transition from Pre-Production to Production

Animatic 核准標準

故事清晰可理解（無需說明即能看懂） | 情緒節拍有效
（測試觀眾反應）
鏡頭數量與預算/工時匹配 | 導演、製片、客戶三方確認

前期製作完整交付物

✓ 定稿劇本（Final Script） | ✓ 視覺聖經（Visual Bible）
✓ 核准分鏡（Approved Storyboard） | ✓ Animatic 影片
✓ 鏡頭清單（Shot List） | ✓ 製作時程表（Production Schedule）

Layout（佈局）階段

Animatic 核准後進入 Layout 階段：將分鏡的 2D 草圖轉為 3D 場景的鏡頭設定
確定攝影機位置、焦距、角色在場景中的位置，是動畫師的正式開工基準

前期 → 中期 交接要點

建模師拿到角色三視圖與概念設計 | 動畫師拿到 Animatic 與鏡頭清單
燈光師拿到色彩計劃與氛圍板 | 音效師拿到對白錄音與 Animatic 時間碼
所有人看過 Animatic 達成共識後，正式進入中期製作

步驟 2 | 建模 Modeling

建模技術類型

● 多邊形建模 (Polygon)

最常用方法，由頂點/邊/面構成網格，適合角色與道具

● NURBS 曲面建模

數學曲線精確控制，常用於工業設計與車輛建模

● 雕刻建模 (Sculpting)

ZBrush 等工具，如同捏黏土，雕塑高精細紋理細節

● 程序化建模

Houdini 節點式，可快速生成城市、地形等大量資產

LOD 細節層次

High Poly

面數：500k~數百萬面 · 雕刻/渲染用

Mid Poly

面數：5k~50k 面 · 主要工作模型

Low Poly

面數：500~2k 面 · 遊戲即時渲染

步驟 3 | 綁定 Rigging

Rigging 是為 3D 模型建立骨骼系統 (Skeleton) 與控制器 (Controller) ，讓動畫師能直覺操控角色動作，猶如給木偶裝上操控線。



骨骼系統

建立層級化骨骼，模擬人體或生物骨架結構，決定活動範圍



蒙皮 Skinning

將模型外皮綁定至骨骼，設定每塊骨頭的影響權重比例



FK / IK 設定

正向運動學 (FK) 與逆向運動學 (IK) 混合使用，達到自然動作



臉部控制器

Shape Keys / Blend Shape 控制臉部表情，需與音效對嘴 (Lip Sync)

步驟 4 | 動畫 Animation

動畫 12 原則 (Disney's 12 Principles of Animation) 由 Disney 動畫師於 1981 年提出，至今仍是所有動畫師的核心守則。

1 擠壓與伸展

2 預備動作

3 跟隨動作

4 慢入慢出

5 弧形路徑

6 次要動作

7 時機節奏

8 誇張表現

9 扎實繪製

10 魅力特質

11 舞台調度

12 重疊動作

步驟 5 | 材質 & 燈光 **Shading & Lighting**

材質技術

● PBR 材質 (Physically Based)

基於物理的渲染，模擬真實光線反射特性，包含 Albedo / Roughness / Metallic 等貼圖通道

● 次表面散射 (SSS)

光線穿透皮膚、蠟燭、玉石等半透明材質，在內部散射後透出的效果

● UV 展開

將 3D 模型展開成 2D 平面，方便繪製並套用貼圖材質

燈光技術

三點打光法 (Three-Point)

HDRI 環境光照

體積光 (Volumetric)

光線追蹤 (Ray Tracing)

步驟 6 | 渲染 Rendering

渲染是將 3D 場景資料透過演算法轉換為最終 2D 影像的過程，是整個製作流程中運算成本最高的環節。

Arnold

Maya 預設渲染器，Monte Carlo 光線追蹤，電影品質首選

RenderMan

Pixar 自研渲染器，以照片真實感著稱，驅動大量奧斯卡作品

V-Ray

建築視覺化與廣告業最廣泛使用，速度與品質平衡優異

Cycles (Blender)

免費開源路徑追蹤渲染器，GPU 加速，品質接近商業軟體

🕒 電影等級渲染：單一幀可能需要 4~24 小時，農場渲染 (Render Farm) 同時運算數千顆 CPU

步驟 7 | 後期合成 Compositing



多通道渲染 (Multi-Pass)

將光照、陰影、反射分開渲染成獨立通道，後期可靈活調整各項參數，大幅節省重渲時間



色彩校正 (Color Grading)

調整整體色調風格，加強視覺情感，統一全片色彩語言 (DaVinci Resolve)



VFX 合成

將 CG 元素與實拍素材無縫結合，運用 Nuke / After Effects 進行 Rotoscoping 與遮罩處理



最終輸出

依用途輸出不同格式：電影院 (DCP 4K HDR) / 串流 (H.265) / 社群 (H.264 MP4)

軟體工具① | Autodesk Maya

業界最廣泛使用的 3D 動畫與視覺特效平台，幾乎所有好萊塢電影工作室的標準工具，年費約 \$1,785 USD

動畫模組

- Graph Editor 曲線控制
- 非線性動畫 (Trax)
- Motion Path 路徑動畫
- 角色組 (Character Set)

建模與雕刻

- 多邊形建模工具組
- NURBS 曲面建模
- 變形器 Deformer 系統
- ProOptimizer 簡化工具

特效與模擬

- 流體模擬 (Bifrost)
- 布料模擬 (nCloth)
- 毛髮系統 (XGen)
- 粒子系統 (nParticle)

代表作：《復仇者聯盟》《阿凡達》《奇異博士》《獅子王 (2019) 》

軟體工具② | Blender

完全免費的開源 3D 軟體，近年功能快速成長，已被許多專業工作室採用，學習入門首選！

FREE

完全免費開源

GPL 授權，永久免費，無授權費用，龐大社群持續貢獻



Geometry Nodes

程序化建模節點系統，可生成複雜場景與動態效果



EVEE 即時渲染

基於 OpenGL 的即時渲染引擎，秒級預覽高品質畫面



Cycles 路徑追蹤

物理正確的光線追蹤渲染，GPU 加速，電影級品質



Video Sequence Editor

內建影片剪輯功能，完整涵蓋從建模到最終輸出



Python 腳本支援

完整 Python API，可自動化流程與開發自訂工具外掛

軟體工具③ | Houdini & 其他工具

Houdini (SideFX)

程序化工作流程的 VFX 特效首選。節點式非破壞性流程，讓藝術家能快速迭代調整。廣泛用於爆炸、煙霧、流體等大規模特效模擬。Houdini Indie 版本每年僅 \$269 USD。

Cinema 4D

設計師首選，易學易用，與 After Effects 深度整合

ZBrush

頂尖雕刻工具，高精細角色與生物建模必備

後期 & 合成工具

After Effects

動態圖形/合成

Nuke (Foundry)

電影級合成

DaVinci Resolve

色彩分級

Premiere Pro

影片剪輯

作品賞析① | Pixar — 情感敘事的 CG 王者

1995

玩具總動員

史上第一部全 CG 長片，開創業界先河

2003

海底總動員

水下光線折射模擬，動態捕捉 & 海洋生物 CG

2009

天外奇蹟

開場 4 分鐘無台詞，情感衝擊力達電影史巔峰

2015

腦筋急轉彎

抽象情緒視覺化，創新敘事概念獲奧斯卡肯定

2020

靈魂急轉彎

Jazz 音樂 + 生命哲學，皮膚材質技術突破

2022

土撥鼠之日

以 Pixar 技術呈現光影最複雜的日常場景

作品賞析② | 日本 CG 動畫的崛起

鬼滅之刃：無限列車

ufotable

日本影史票房冠軍，火焰與水流特效融合 2D 手繪與 CG，完美呈現宇髓宏壯的戰鬥場景

蒼鷺與少年

吉卜力工作室 (宮崎駿)

宮崎駿首次大量使用 CG 輔助手繪，幻境場景展現傳統與現代技術完美融合的可能性

進擊的巨人 (Season 4)

MAPPA

戰鬥場面全面升級 3D CG，巨人動作流暢度與破壞特效達到新高度，引發廣泛討論

電鋸人

MAPPA

大膽採用 CGI 主角動作，搭配搶眼的色彩設計，挑戰業界對 CG 動畫美學的傳統偏見

案例拆解① | 鬼滅之刃 — 水之呼吸特效

以 ufotable 的「水之呼吸」場景為例，解析 CG 特效如何與手繪動畫完美融合

Layer 1 | 角色動作

傳統手繪逐幀

角色本體以手繪保留日式動畫質感，維持情感溫度與傳統美學

Layer 2 | 水流主體

3D 流體模擬

使用 Houdini FLIP Solver 模擬流體動力，再轉化為風格化卡通水效

Layer 3 | 光效粒子

粒子系統 + 程序動畫

數萬個發光粒子依流體路徑運動，After Effects 加入輝光濾鏡後期處理

Layer 4 | 合成輸出

多層合成 + 色彩調整

Nuke 整合各層元素，色調統一為藍白冷色系，強調水元素的純淨感

案例拆解② | 阿凡達 — 動態捕捉技術

Motion Capture 製作流程

- 01 演員穿上感應器衣服，攝影棚 150+ 顆攝影機捕捉動作
- 02 將動作資料對應至 Na'vi 角色骨架，轉換比例尺
- 03 特製頭盔攝影機捕捉臉部細微表情 (Performance Capture)
- 04 Weta Digital 建立 Pandora 星球 CG 環境，加入生態系統細節
- 05 Arnold 渲染器，單幀 47 小時，總渲染時間超過 1 年農場運算

製作數據

\$2.9B

全球票房 (2009)

150+

動捕攝影機數量

47hr

單幀渲染時間

3,000

VFX 特效鏡頭數

AI 與未來① | AI 生成動畫

AI 正在打破 CG 動畫的技術門檻，讓獨立創作者也能製作過去需要數百人團隊才能完成的內容品質。

OpenAI Sora

破壞性創新

文字生成高品質影片，60秒 1080P，理解物理規律與場景連貫性，衝擊傳統動畫產業

Runway ML

輔助工具

Gen-2 / Gen-3 影像生成，實現風格轉換、物件移除、影片延伸等強大後期功能

Midjourney / DALL·E

前期設計

概念藝術 Concept Art 快速生成，大幅縮短前期美術設計時間，節省50~80%成本

DeepMotion / Cascadeur

動畫輔助

AI 自動補間動畫，物理正確的動作輔助，讓一個動畫師完成十個人的工作量

AI 與未來② | 即時渲染 & 虛擬製作

⚡ Unreal Engine 5

Nanite

無限多邊形細節，自動 LOD 優化，掃描照片直接使用

Lumen

全動態即時全域光照，秒級反射更新，取代烘焙流程

MetaHuman

照片真實感人臉快速生成，動捕直接驅動數位人

Sequencer

電影級拍攝工具，即時預覽最終畫面，虛擬製作核心

Virtual Production

LED Volume Wall

巨型曲面 LED 螢幕環繞拍攝現場，即時播放 Unreal Engine 渲染的背景場景，完全取代傳統綠幕後製流程。

優勢

- 演員即時看到真實背景
- 燈光自動對應環境色調
- 導演現場即時決策
- 省去昂貴外景拍攝成本

代表作：《曼達洛人》《Top Gun: Maverick》

學習資源與推薦課程

線上學習平台

- Udemy — 大量 Blender / Maya 課程，時常特價
- CGCircuit — 專業 VFX 特效課程
- CG Master Academy — 美國頂尖 CG 學院線上版
- Rebelway — Houdini FX 深度課程

免費資源

- YouTube：Blender Guru (甜甜圈入門)
- YouTube：FlippedNormals (角色建模)
- Pixar in a Box (可汗學院 × Pixar 合作)
- Siggraph 官方 YouTube 論文解說

必讀書籍

- The Animator's Survival Kit — Richard Williams
- CG 動畫師的藝術 — 3dtotal Publishing
- Digital Lighting & Rendering — Jeremy Birn
- Inspired 3D Short Film Production

CG 動畫職涯規劃

3D 建模師

\$50k~\$100k/年

Maya / Blender / ZBrush · 多邊形拓撲理解

角色動畫師

\$60k~\$120k/年

12 原則精通 · Graph Editor 熟練操作

VFX 特效師

\$70k~\$130k/年

Houdini 程序化流體/爆炸模擬

渲染/TD

\$80k~\$150k/年

Python/MEL 腳本 · 算法優化能力

CG 監製

\$100k~\$200k/年

全流程理解 · 溝通協調與決策能力

AI CG 工程師

\$100k~\$180k/年

Machine Learning + 3D 技術複合人才

CG 動畫學習路線圖

第 1 階段

第 2 階段

第 3 階段

第 4 階段

Phase 1
(1~3 個月)

入門基礎

- Blender 甜甜圈入門
- 基礎建模概念
- 材質燈光練習
- 短片渲染輸出

Phase 2
(3~6 個月)

技術深化

- 角色建模流程
- Rigging 骨架設定
- 12 原則動畫練習
- Python 腳本入門

Phase 3
(6~12 個月)

專業方向

- 選定方向深化
- Houdini / Maya 學習
- 作品集製作
- 參加動畫競賽

Phase 4
(1~2 年)

職涯準備

- Demo Reel 製作
- 業界實習申請
- 持續接案累積
- 網絡社群建立

課堂討論 & 互動練習

討論 01



你最喜歡的 CG 動畫是哪一部？是什麼場景讓你印象最深刻？試著分析它可能使用了哪些 CG 技術。

討論 02



如果你要製作一部 5 分鐘的 CG 短片，你會選擇什麼主題？製作流程的哪個步驟讓你最有興趣深入學習？

討論 03



AI 生成影片工具（如 Sora）的出現，對傳統 CG 動畫產業會帶來哪些衝擊？是威脅還是機會？



討論時間：每題約 5 分鐘，歡迎分享你的想法

今日課程重點摘要

01

CG 動畫融合藝術創作與電腦技術，分為 2D 和 3D 兩大類型，各有其適用場景

02

完整製作流程涵蓋 7 個步驟：前期製作 → 建模 → 綁定 → 動畫 → 材質燈光 → 渲染 → 後期合成

03

主流工具各有所長：Maya 業界通用、Blender 免費入門、Houdini 特效專精

04

從《玩具總動員》到《阿凡達》，CG 技術持續突破，動態捕捉讓表演更真實

05

AI 工具 (Sora 、 Runway 、 DeepMotion) 正在降低創作門檻，同時改變產業生態

06

學習路線：Blender 入門 → 選定方向深化 → 製作 Demo Reel → 職涯申請