



樺康智雲  
ENNOWELL

# 數位雙生技術應用於建築產業的發展趨勢

報告人：蔡明達 博士

2023/11/1



## Contents

- 01 AI數位雙生發展趨勢
- 02 數位雙生應用於近零建築規劃設計
- 03 AI數位雙生環境控制與設備預測告警服務






# 01 數位雙生發展趨勢

# 數位雙生-國內外發展趨勢

- 數位雙生之應用最早為NASA 提出，做為模擬太空飛行器的運轉表現、異常偵測與耐久性
- 國內外重要數位雙生技術與應用皆係以領域知識跟物理學為基礎進行塑模與模擬應用

## Digital Transformation

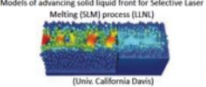


### Desired Future State


- Data Can Be Integrated and Automatically Couple the Virtual and Physical
- Digital Twin – Digital representation of a physical process/system/object
- Digital Thread – Communication framework that allows a connected data flow

#### Digital Transformation Major Trends


- ✓ Industry 4.0
- ✓ MGI/ICME
- ✓ Digital Twin / Digital Thread
- ✓ Big Data / Data Analytics
- ✓ AI / VR / AR
- ✓ Robotics / Autonomous Systems
- ✓ Model-based Engineering (MBx)
- ✓ 3D Printing
- ✓ Discipline Physics-based Models
- ✓ Integrating Science / Engineering
- ✓ Biomimetics
- ✓ Collaboration environments
- ✓ And more...



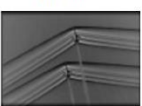
Models of advancing solid liquid front for Selective Laser Melting (SLM) process (LLNL)  
(Univ. California Davis)




NASA's 3D-Printed Habitat Challenge  
Credits: Team SEArch/Apis Cor



NASA Laser Powder Bed AM




Supersonic Shock Interaction



Astronaut Scott Kelly on a Spacewalk

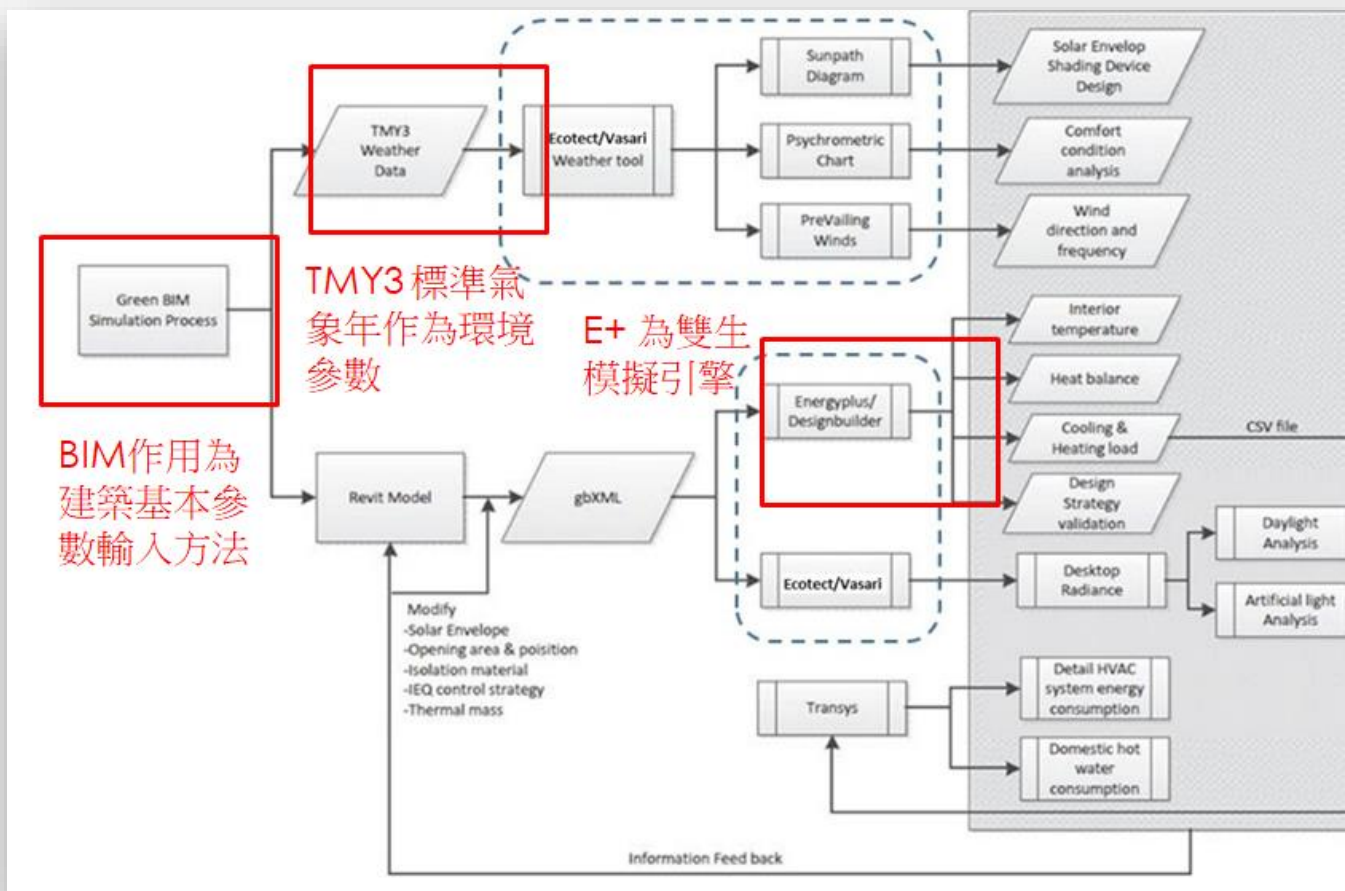
### Digital Twin



Requirements ↔ Materials ↔ Design ↔ Analysis ↔ Manufacturing ↔ Operations ↔ Maintenance & Repair

Digital Integration Allows Predictive, Detective, and Corrective - Real Time Accurate Decisions

NASA · 2019



陳建忠等，2015



# 數位雙生的應用路徑

從呈現未來 → 預測未來 → 到改變未來(設計)





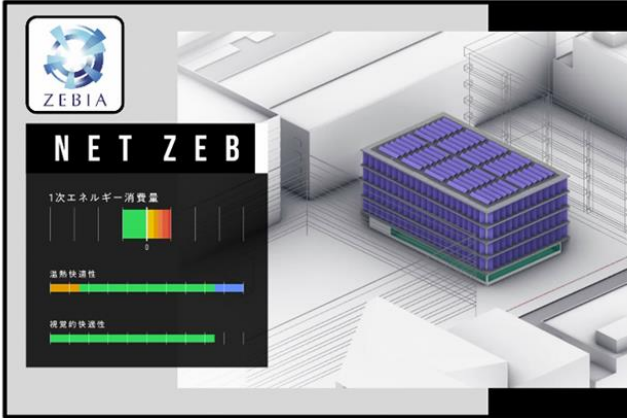
02 數位雙生應用於近零建築規劃設計



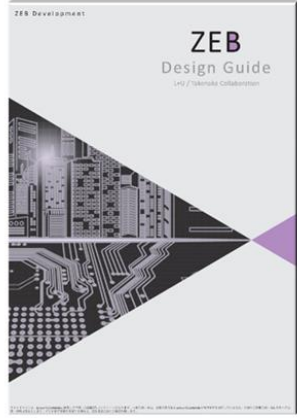


# 竹中工務店 ZEBIA

## 1. ZEB設計ツール [ZEBIA]



## 2. ZEB設計ガイドライン



▶▶▶ お客様のCO<sub>2</sub>排出量削減に貢献。多くのプロジェクトでZEB化を推進。

跟美國柏克萊大學合作，採用：EP+作為核心



# ZEBIA ; Zero Energy Building Integrated Analysis







# ZEBIA : 透過在設計階段模擬建築未來的能耗表現，找出最佳設計方案

## 三大特點

### 快速：設計考量與環境績效評估可同時進行，短時間內做出決策

此前，在考慮設計後才使用環境模擬進行驗證，這需要幾週的時間。透過與初始設計考慮並行執行環境模擬，該工具可以在大約一半的時間內驗證效能並決定策略。這使我們能夠儘早確定對客戶二氧化碳減排目標的貢獻程度。

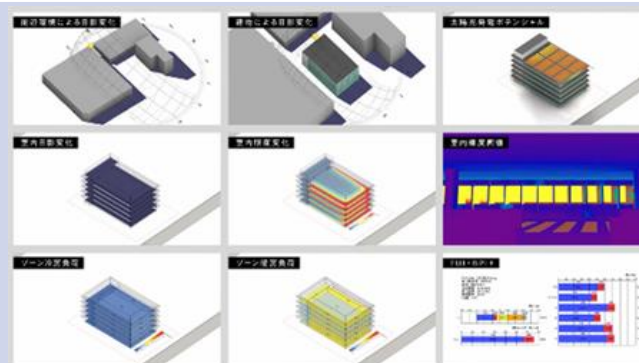
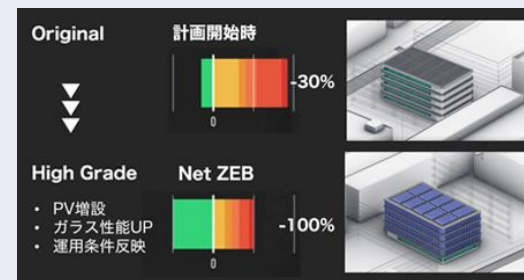
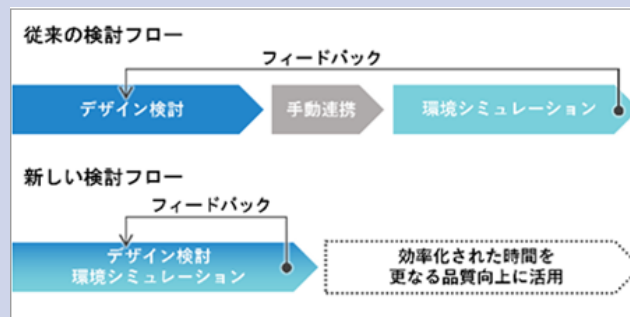
### 簡單：透過反映客戶需求的模擬來實現 ZEB

「ZEBIA」與「ZEB設計指南」一起使用，將設計流程和程序系統化。只需從具有規劃必要條件的資料庫中進行選擇，您就可以將它們適當地反映在您的設計中。我們可以根據客戶需求，在互動建立共識的同時實現「ZEB」。

### 功能強大：同時運行多個模擬以探索各種設計

以前必須單獨考慮且需要時間的各種類型的驗證現在可以透過使用按考慮模式分類的範本立即執行。例如，可以根據站點周圍的天氣資料同時驗證能源消耗、光熱環境等。這使我們能夠提出既舒適又具有出色能源性能的建築。

## 概念說明



# Energy Plus 簡介



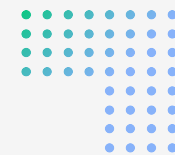
- Energy plus 為由美國Lawrence Berkeley National Laboratory研究室主導開發，由美國能源部(DOE)提供資金維護之開源軟體，其建築物理內核為：基於基礎的熱傳計算，可模擬建築物在設定條件下全年運轉的能耗、環境表現。
- 其運作架構為：
- 根據建築物的物理組成、暖通空調系統(HVAC)與氣象資料，計算建築物運轉時的冷熱負荷與動態耗能計算。
- 主要的操作流程分為: (1)幾何建模 (2)計算設定 (3)材料設定 (4)建築運轉設定 (5)空調設定 (6)輸出結果設定。

## 資料範例：

分類	參數名稱	對應意義	解釋	單位	參考數值
建築設計	WWR	窗牆比	窗面積與整面牆面積的比例	%	0.3~0.9
建築設計	UW	外牆熱傳透率		W/m2·K	0.8~3.5
建築設計	UR	屋頂熱傳透率		W/m2·K	0.2~1.2
建築設計	UF	窗熱傳透率		W/m2·K	2~6.5
建築設計	SHGC	玻璃太陽熱得係數	可見玻璃規格表		0.2~0.85
建築設計	shading_ratio	遮陽係數比	遮陽深度與窗高比例		0~2



# 玻璃帷幕設計變化-成本與效益分析



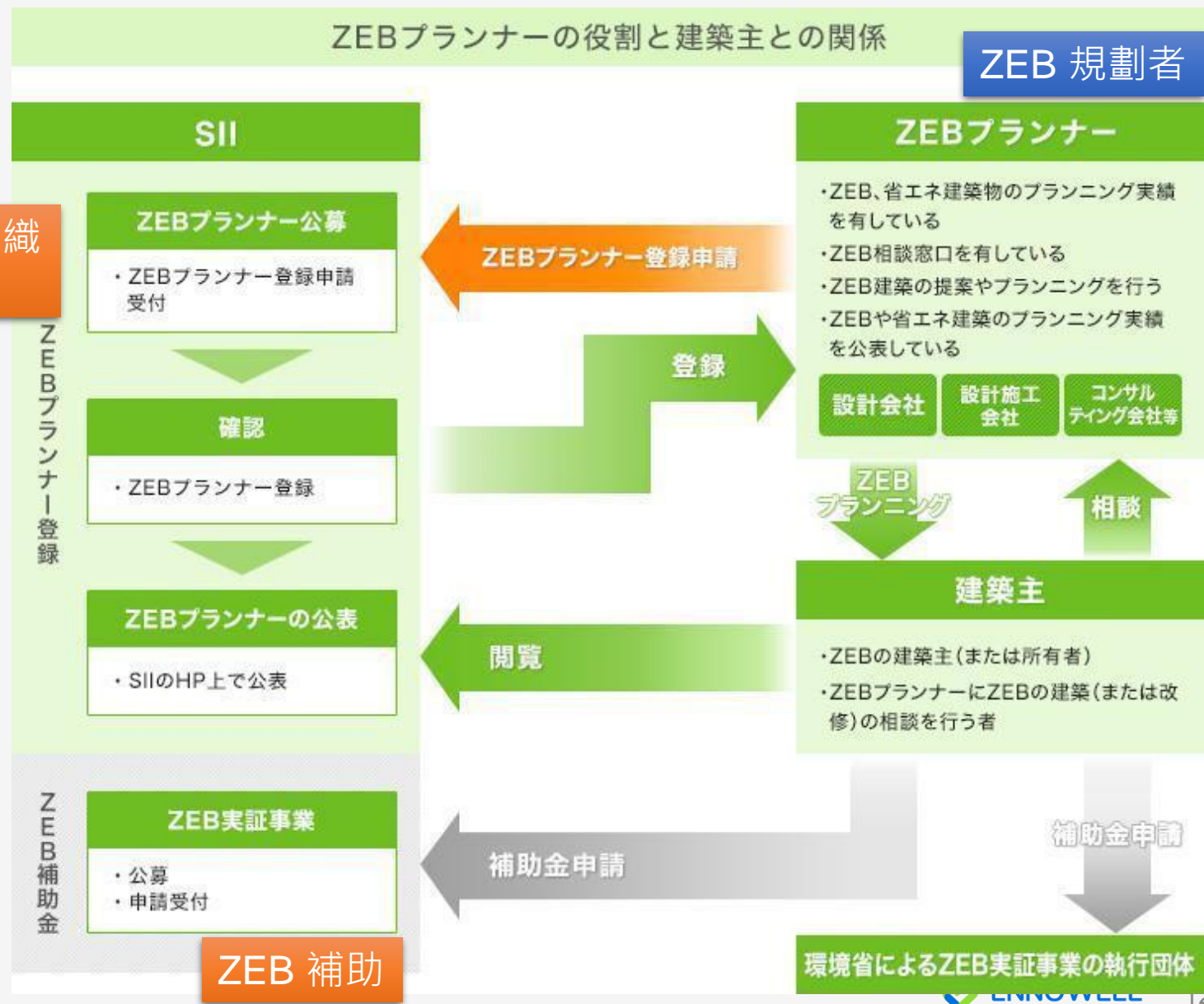
## ■ 能耗/成本比較

	現有方案	複層LOW-E	膠合強化清玻璃
全年能耗(EUI)	96.45	96.34	96.61
與現有方案能耗量比較(%) (-表示節省能耗，+表示增加能耗)	+0%	-0.11%	+0.16%
玻璃施工成本	$20195 \times 1.9 \times (32.5 + 43.7) \times 2 + 14546 \times 1.2 \times (32.5 + 43.7) \times 2 = 8,507,836(\text{元})$	$20195 \times 3.1 \times (32.5 + 43.7) \times 2 = 9,540,925(\text{元})$	$14546 \times 3.1 \times (32.5 + 43.7) \times 2 = 6,872,112(\text{元})$
施工成本差異(%) (-表示節省成本，+表示增加成本)	+0%	+12.1%	-19.2%
EC (KgCo2)	6,307,799	6,786,914.94	5,549,201.19
EC 差異		+ 7.5%	- 12%
50年電費差異(NT dollar) (-表示節省成本，+表示增加成本)	0(元)	-531,400(元)	+675,850(元)
50年碳費差異(NT dolla) (-表示節省成本，+表示增加成本)	0(元)	-157,800(元)	+200,650(元)

# 運作模式考察

- 
- ZEBIA 目前主要作為一個內部工具
- 配合ZEB整體的商模運應
- ZEB在日本發展中，補助扮演很重要的助力

SII 環境共創組織  
(社團法人)





# 數位雙生的運作優點

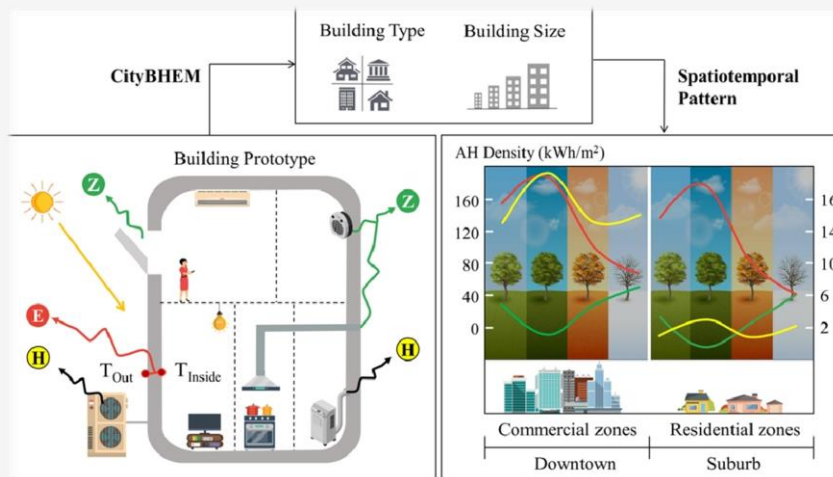
## 逐時分析(依需求可更細)

有別於傳統概算法，能源模擬採用逐時動態模擬(dynamic)，算出即時的耗能及運轉成本。由於建築物的內在情況(如人數、溫度設定...等)及外在環境情況(如室外氣溫、風速、太陽輻射強度...等)都不斷隨著時間在做變化，前一時刻的條件有可能影響到後一時刻的條件(如建築外牆儲熱延遲效應)，透過採取逐時模擬方式才能準確算出能源消耗量。



## 分區計算模擬

在實際情況下，建築物中的各個空間性質不一，且彼此互相影響。例如沿著外牆周圍的空間受到太陽的影響較建物核心區大，並會將熱往內傳到核心區。在能源模型中，會針對各個空間進行模擬，並將鄰近區域造成的影響考慮進去。



Anthropogenic heat (AH) from Envelope convection (E), Zone infiltration and exfiltration (Z), Heating, ventilation, and air conditioning system (H). T: Temperature

資料來源：<https://doi.org/10.1016/i.resconrec.2021.105996>

## 互動性

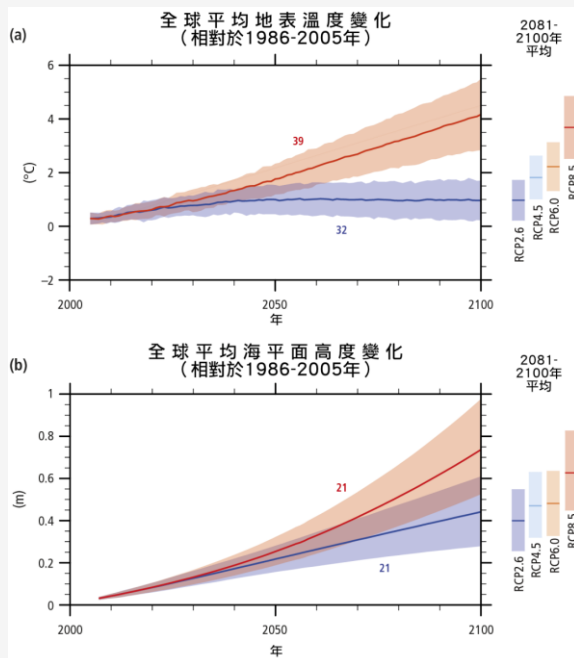
能源模擬的最終目的就是互動性的計算。在能源模型中，互動性即各個參數彼此之間互相影響的關係。舉例，當建築添加遮陽設計時，一方面可以因減少日曬而降低空調的使用量，但另一方面卻也因減少日光而使得白天的照明電量增加。所以如何判斷添加的遮陽是不是一個好設計？此時就得依賴能源模擬的互動性特點才能予以解答。



# 設計階段後的長期維運數位雙生應用

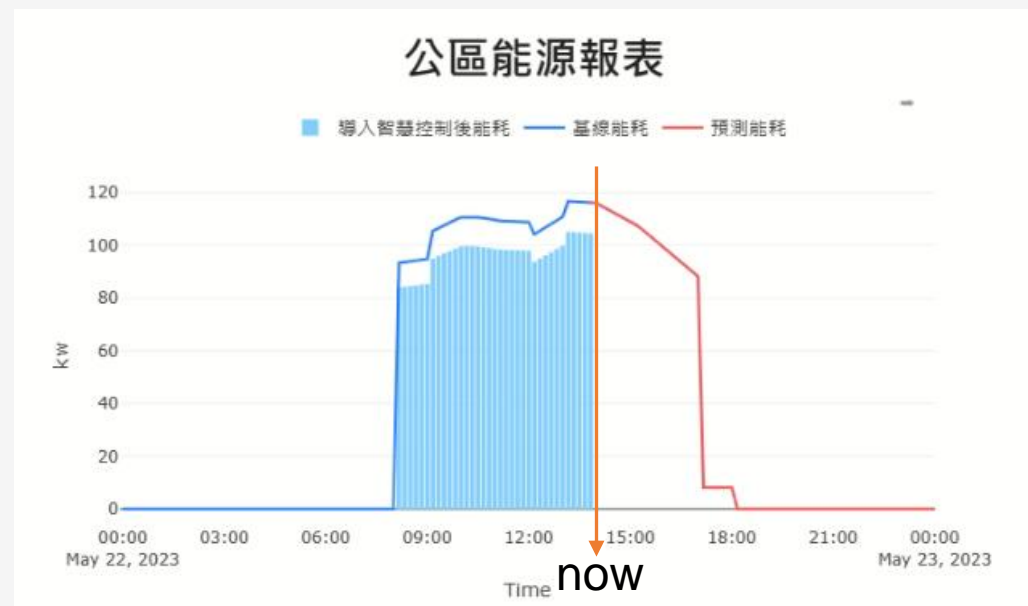
## 基於未來氣象之長期能耗模擬

氣候變遷推估是一種對未來氣象的設計情境，探討建築在不同氣候情境下的表現。將IPCC提供的未來氣候發展情境，結合數位雙生模型，推估建築未來能源表現，以及是否符合BERS規範、節能路徑規劃等應用



## 即時氣象模擬及控制最佳化

串接即時氣象預報，透過機器學習-物理混合模型計算外部氣象對建築的影響。以物理模型來推估今日能耗基線表現，可做為能耗預警、管理依據、室內環境控制手段依據使用。

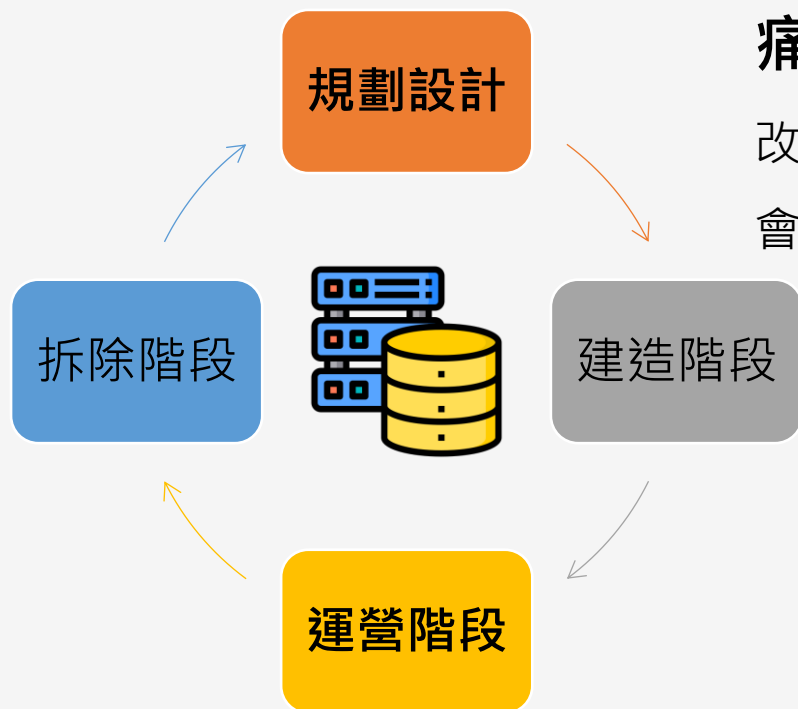




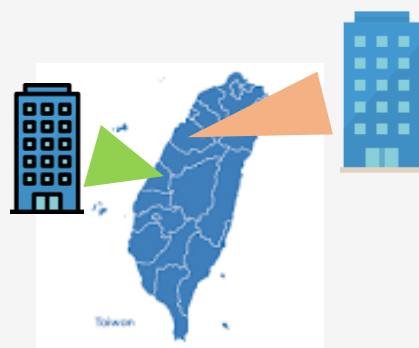


# 03 數位雙生發展願景

# 數位雙生在全生命週期的應用-願景



**痛點：**建築在生命週期之中，有許多需要數據輔助的情境(能源、空調、設計改善、內部環境、對外衝擊等)，但苦於建築設計的維度，究竟建築落成後的將會歷經怎麼樣的環境，能否提早**預知**這些環境並加以訂定對策



雖然是類似的建築，在不同的  
**1.氣候 2.外殼設計 3.排程運轉**  
建築都會有不同的表現!

**數位雙生：**真實建築物基於物理現象的數字模型，透過建築設計資訊以及材料資訊輸入物理引擎後建立的物理數據引擎，可服務於能源評估、室內風場模擬、環境控制等技術

**應用範圍：**(1)決定建築主要架構的的設計階段 (2)涵蓋建築生命周期最長的運營階段

**目標：**打造一個可以服務全生命週期的數據驅動引擎，透過圖面與傳感器獲取建築的數據，隨建築一起演變成熟至衰老。利用該模型可以對物理現象進行分析、預測診斷或是訓練從而優化或是決策





**Thanks for listening**

感謝聆聽