

站點化世界模型

v0.1 / 2026-07-30 / Neo.K / 世界模型架構論文／共同狀態與行動表示規格

證據狀態：E0——形式模型、資料架構與 MVP 驗證路線

<https://thisoneisneok.com/html/papers/stdi-09.html>

SECTION

物體、區域、事件、權限與可能行動的共同物理世界表示

Station-Centric World Model: A Shared Physical-World Representation of Objects, Zones, Events, Authorities, and Possible Actions

系列：《時空域支配智能》系列第 9 篇

文件編號：EML-STD1-SWM-2026-v0.1

作者：Neo.K

協作整理：Aletheia（阿萊）

機構：EveMissLab／一言諾科技有限公司

日期：2026 年 7 月 30 日

文件類型：世界模型架構論文／共同狀態與行動表示規格

證據成熟度：E0——形式模型、資料架構與 MVP 驗證路線

公開狀態：私人研究稿；公開前應經 EML-CF 的 IP Gate、來源、安全、隱私與模型可信度審查

上位理論：STDI | 時空域支配智能

直接前序：

- 《時空間支配型 AI：從單體具身智能到持續性時空域治理》

- 《超靈的物理化：從 O-Chip 維度代理人到分布式具身主體》
- 《Oversoul Station Fabric：固定站、移動站與虛擬站的分布式具身網路》
- 《持續性指揮控制區：AI 如何佔據、維持並安全解除一個物理時空域》
- 《語義即物理路由：從資料流治理到物料、能源、站點與行動流治理》
- 《具身即佔域，對齊即能力：分布式身體的時序容量、協調稅與規模邊界》
- 《中央主權、地方自治與動態不動點中央》
- 《連線不是纜線：有線、無線、光學與離線任務包的混合站網》

SECTION

摘要

時空域支配智能若要跨越多個固定站、移動站、儀器、虛擬模型與人類參與者持續行動，必須共享某種「世界」。但這個世界不能只是一張三維地圖、一份設備資料庫、一個數位孿生、一段模型記憶，或一個可以生成未來影片的神經網路。三維地圖知道物體位於何處，卻不一定知道其保管者、危險性與可執行動作；設備資料庫知道機器規格，卻不一定知道它是否正在被使用、是否已校準或是否因人類進入而失去作用權；數位孿生可以模擬設備和製程，卻不應被直接視為物理真值；影片世界模型可以生成合理未來，卻可能產生物理上看似自然、治理上不合法或證據上不可採信的結果。

本文提出 Station-Centric World Model（SWM，站點化世界模型），作為 STDI 的共同物理世界表示。其核心不是將所有資訊集中到一個無所不知的資料庫，而是將來自不同站點、感測器、人類、模型與事件日誌的局部觀點，組合成一個具有：

- 幾何；
- 語義；
- 關係；
- 時間；
- 保管；
- 權限；

- 行動可能性；
- 不確定性；
- 預測；
- 因果；
- 來源；

的多層世界模型。

本文定義：

$$\begin{aligned} \text{cal-W} &= \\ &(\text{cal-X}, \\ &\text{cal-Z}, \\ &\text{cal-R}, \\ &\text{cal-E}, \\ &\text{cal-A}, \\ &\text{cal-P}, \\ &\text{cal-U}, \\ &\text{cal-M}, \\ &\text{cal-V} \\ &), \end{aligned}$$

其中：

- cal-X：物體、站點、代理、樣本、工具與資源；
- cal-Z：區域、座標系、邊界與可達空間；
- cal-R：空間、功能、保管、任務、因果與治理關係；
- cal-E：事件與時間線；
- cal-A：可能行動、能力和 affordance；

-
- cal-P☒：權限、租約、安全與政策；
 - cal-U☒：不確定性、衝突、新鮮度與觀測缺口；
 - cal-M☒：預測、模擬、反事實和候選未來；
 - cal-V☒：來源、版本、證據與世界紀元。

SWM 採用「多層真值」而非單一布林事實。每一項主張都必須標記其認識狀態：

OBSERVED
MEASURED
DECLARED
INFERRED
PREDICTED
SIMULATED
COMMITTED
DISPUTED
REVOKED
STALE

例如，「樣本 A 位於顯微鏡工作台」可能是相機觀測；「樣本 A 已由顯微鏡站保管」則必須由跨站交接事務正式提交；「如果啟動機械臂，樣本可能被移至量測區」只是候選未來。它們不能被壓縮成相同的資料欄位。

本文提出九層世界表示：

- 座標與幾何層；
- 物體與身份層；
- 區域與拓撲層；
- 語義關係與場景圖層；
- 事件、保管與任務層；
- 權限、安全與治理層；
- affordance 與可執行性層；
- 預測、因果與反事實層；
- 不確定性、來源與證據層。

現有研究與標準提供了重要底座。ROS 2 tf2 可讓分布式元件維護座標框架與變換；Kimera 的 3D Dynamic Scene Graph 將物體、人物、房間、建築與時空關係組織成多層圖；OpenUSD 可組合大型場景、資產、層級與非破壞性覆寫；W3C PROV 以 Entity、Activity 與 Agent 表示資料和工件的來源；NIST 的製造數位孿生工作強調模型可信度、驗證、確認、不確定性量化與可追溯結果；V-JEPA 2、NVIDIA Cosmos 與其他世界模型則展示從視覺預測、物理推理到候選未來生成的能力。

但 SWM 與上述系統的差異在於：

它不將任何單一表示視為完整世界，而以站點化、分層、帶來源和權限的方式，將「觀測到什麼」「系統承諾什麼」「模型預測什麼」「誰能改變什麼」同時保存在共同世界中。

本文進一步建立 World Entity Record、Relation Assertion、Zone Policy、Event Commit、Affordance Contract、Epistemic State、Perspective View、World Epoch、Reconciliation Proposal 與 Counterfactual Branch 等核心物件，並提出第一個 StationWorld-4 MVP：由感測站、機械臂站、移動站和量測站共同維護三個區域、若干樣本、工具、任務與人員事件，測試身份衝突、位置過期、保管不一致、模型預測錯誤、座標漂移、視野遮擋與人類介入。

本文的核心命題為：

世界模型不是 AI 對世界的單一想像，而是一套讓多個作用端能區分事實、推論、承諾、權限與可能未來，並在不確定時拒絕越界行動的共同物理記憶。

關鍵詞：站點化世界模型、Station-Centric World Model、SWM、世界紀元、動態場景圖、數位孿生、affordance、部分可觀測、事件圖、保管鏈、權限、來源、不確定性、反事實、V-JEPA 2、Cosmos、Kimera、OpenUSD、W3C PROV、tf2

前八篇已建立：

- 超靈的持續治理主體；
- 多身體和站點；
- 跨時間持續存在；
- 物理流編譯；
- 對齊容量；
- 中央與地方治理；

-
- 混合鏈路。

但每一篇都隱含使用了「世界狀態」：

- 樣本在哪裡；
- 哪台儀器可用；
- 人是否進入危險區；
- 哪個站點保管物件；
- 租約是否有效；
- 哪個世界紀元仍可使用；
- 哪個行動可能成功。

若世界狀態只是一組零散資料表，系統將無法可靠回答：

- 多個站點看到的是不是同一物體？
- 物體位置是現在觀測、過去紀錄還是模型推測？
- 數位孿生和真實設備不一致時，哪個具有控制優先權？
- 誰有權改變某個物體或區域？
- 某個動作在目前狀態下是否真的可執行？
- 世界狀態發生衝突時，是覆蓋、保留還是停止？
- 模型想像出的未來如何與已提交的物理事實隔離？

本文建立 SWM，回答這些問題。

SECTION

1.1 地圖不是世界

地圖主要表示：

-
- 座標；
 - 障礙；
 - 路徑；
 - 幾何。

它不一定表示：

- 樣本身份；
- 保管責任；
- 區域政策；
- 可使用工具；
- 行動後果；
- 來源與不確定性。

SECTION

1.2 場景圖不是全部世界

場景圖可以表示：

- 物體；
- 房間；
- 人；
- 包含；
- 鄰接；
- 支撐；
- 空間關係。

但若沒有事件、權限和證據，它仍不能決定物理操作是否合法。

SECTION

1.3 數位孿生不是物理真值

數位孿生可以：

- 映射設備；
- 模擬；
- 預測；
- 最佳化；
- 支援決策。

但它仍是模型：

$$\begin{aligned} \hat{W}_{\text{(twin)}} \\ \approx \\ W_{\text{(physical)}}, \end{aligned}$$

不是：

$$\begin{aligned} \hat{W}_{\text{(twin)}} \\ = \\ W_{\text{(physical)}}. \end{aligned}$$

SECTION

1.4 生成式世界模型不是共同記錄

影片或潛在空間世界模型擅長：

- 預測運動；
- 生成候選未來；

- 估計行動後果；
- 提供規劃 rollout。

但生成合理畫面不表示：

- 物件身份正確；
- 權限合法；
- 保管鏈成立；
- 儀器已校準；
- 結果可作證據。

SECTION

1.5 SWM 是組合世界模型

SWM

=

Metric Map

+

Scene Graph

+

Event Graph

；

+

Governance Graph

+

Affordance Model

+

Predictive Models

；

+

Epistemic State

+

SECTION

L0：座標與幾何層

包含：

- 座標框架；
- 變換；
- 位置；
- 姿態；
- 速度；
- 尺寸；
- 網格；
- occupancy；
- 可達空間。

ROS 2 tf2 提供分布式座標變換資料庫的現實底座，可讓不同元件發布和查詢座標框架之間的關係。

SECTION

L1：物體與身份層

包含：

- 唯一身份；
- 類型；
- 物理屬性；
- 批次；
- 序號；

-
- 組件；
 - 狀態；
 - 是否為同一實體。

SECTION

L2：區域與拓撲層

包含：

- 房間；
- 工作單元；
- 緩衝區；
- 危險區；
- 交接區；
- 人類區；
- 路徑；
- 鄰接；
- 包含；
- 入口。

SECTION

L3：語義關係與場景圖層

包含：

- 在……上；
- 在……內；

-
- 連接；
 - 支撐；
 - 遮擋；
 - 接近；
 - 屬於；
 - 使用；
 - 依賴；
 - 相容；
 - 不相容。

SECTION

L4：事件、保管與任務層

包含：

- 誰做了什麼；
- 何時發生；
- 哪個樣本被移動；
- 保管如何轉移；
- 任務進度；
- 未完成義務；
- 事故；
- 補償。

SECTION

L5：權限、安全與治理層

包含：

- 域憲法；
- 身體租約；
- 區域權限；
- 人類批准；
- 治理紀元；
- fencing；
- 禁止動作；
- 安全模式。

SECTION

L6：Affordance 與可執行性層

包含：

- 什麼物體可抓；
- 哪個站點能量測；
- 哪個區域可進入；
- 哪些前置條件已成立；
- 哪些動作會破壞未來能力；
- 哪些工具能增加能力。

SECTION

L7：預測、因果與反事實層

包含：

- 行動後可能世界；
- 預期物理效果；
- 失敗概率；
- 因果依賴；
- 替代計畫；
- 「若不做」的結果；
- 模擬與 rollout。

SECTION

L8：不確定性、來源與證據層

每一項世界主張都必須攜帶：

- 來源；
- 時間；
- 可信度；
- 誤差；
- 新鮮度；
- 模型版本；
- 支持證據；
- 衝突；

- 撤銷記錄。

SECTION

3.1 Entity

所有可被世界模型引用的對象：

```
x
=
(
id,
type,
state,
geometry,
policy,
provenance
).
```

SECTION

3.2 主要類型

PhysicalObject
Sample
Material
Container
Tool
Instrument
Station
RobotBody
Human
AllInstance
Zone
Path
Resource
Task
Obligation
Policy

Lease
Event
Evidence
Hypothesis
Model
Prediction

SECTION

3.3 實體與描述分離

物理樣本 A 與其：

- CAD ；
- 數位孿生 ；
- 照片 ；
- 模型 embedding ；
- 分析結果 ；

是不同實體，透過關係連接。

不能把「樣本本體」和「樣本的數位描述」視為同一物件。

SECTION

4.1 身份不是只靠名稱

同名物體可能不同；同一物體也可能有：

- QR code ；
- RFID ；
- 視覺特徵 ；
- 批次號 ；
- 容器位置 ；

- 手工標籤。

SECTION

4.2 身份假說

觀測 o 對應實體 x 的概率：

$$\begin{aligned} p(x \mid o) \\ \propto \\ p(o \mid x)p(x). \end{aligned}$$

SECTION

4.3 身份狀態

CONFIRMED
PROBABLE
AMBIGUOUS
CONFLICTED
LOST
RETIRED

SECTION

4.4 高風險物件禁止模糊合併

樣本、工具、危險材料與校準件若身份不確定：

- 不自動合併；
- 不執行破壞性動作；
- 重新觀測；
- 人工確認；
- 保留衝突證據。

SECTION

5.1 多框架

同一物體可同時位於：

- 世界座標；
- 房間座標；
- 站點座標；
- 機器人 base；
- 工具座標；
- 相機座標；
- 樣本局部座標。

SECTION

5.2 變換

$$\begin{aligned} & {}^A T_C \\ &= \\ & {}^A T_B \\ & {}^B T_C. \end{aligned}$$

SECTION

5.3 變換也有時間與不確定性

$$\begin{aligned} & T_{AB} \\ &= \\ & (\\ & \hat{T}_{AB}, \\ & \Sigma_{AB}, \end{aligned}$$

SECTION

5.4 座標漂移

長時間運作可能因：

- SLAM 漂移；
- 相機移動；
- 工作台震動；
- 重新校準；
- 人類搬動設備；

使舊位置失效。

SECTION

5.5 幾何不一致時

系統不能只採用最後寫入者。

應比較：

- 感測來源；
- 誤差；
- 時間；
- 校準；
- 世界紀元；
- 物理可行性。

SECTION

6.1 Zone

z
=
(
geometry,
topology,
policy,
occupancy,
resources,
risk
).

SECTION

6.2 區域類型

- Storage Zone ；
- Handoff Zone ；
- Measurement Zone ；
- Human Zone ；
- Safety Exclusion Zone ；
- Clean Zone ；
- Contamination Zone ；
- Charging Zone ；
- Quarantine Zone ；
- Virtual Zone 。

SECTION

6.3 區域是治理物件

區域不只是一個 polygon，還決定：

- 哪些站點可進入；
- 哪些物件可放置；
- 哪些能源可啟動；
- 人員進入時如何降級；
- 哪個感測器具有權威；
- 是否允許拍攝；
- 是否可外傳資料。

SECTION

6.4 動態區域

移動設備可形成臨時安全區：

```
Z_(dynamic)(t)
=
f(
pose,
speed,
load,
risk
).
```

SECTION

7.1 空間關係

inside
contains
on
supports

adjacent_to
connected_to
reachable_from
occludes
near
intersects

SECTION

7.2 功能關係

uses
requires
compatible_with
calibrated_by
powered_by
controlled_by
observed_by

SECTION

7.3 保管與治理關係

custodied_by
owned_by
leased_to
authorized_by
forbidden_in
governed_by
approved_by

SECTION

7.4 任務與因果關係

precedes
enables
blocks
causes
contributes_to
evidences
invalidates
compensates

7.5 關係也是主張

每一條邊：

```
r
=
(
  subject,
  predicate,
  object,
  epistemic,
  time,
  source
).
```

不能因為圖中有一條邊，就假設它是永恆真理。

Kimera 的 3D Dynamic Scene Graph 提供：

- metric-semantic mesh ；
- 物體 ；
- 人 ；
- places ；
- rooms ；
- buildings ；
- 多層關係 ；
- 動態場景 。

這是 SWM 的空間—語義骨架 。

但 SWM 額外加入：

- 保管；
- 任務；
- 能源；
- 租約；
- 世界紀元；
- 證據；
- 預測分支；
- IP 與隱私。

因此：

DSG
 $\subset$
SWM,

而不是完整等價。

OpenUSD 提供：

- 大型場景組合；
- prim 階層；
- references；
- variants；
- layers；
- non-destructive overrides；
- instancing。

SWM 可以使用 OpenUSD 表示：

- 靜態資產；
- 幾何；
- 虛擬場景；
- 組件；
- 不同配置；
- 數位孿生視圖。

但 OpenUSD Stage 不應直接成為控制真值。

SECTION

9.1 Layer 的治理映射

可建立：

```
base_asset_layer
survey_layer
live_observation_layer
operator_override_layer
simulation_layer
policy_annotation_layer
```

SECTION

9.2 強覆寫不等於真實

USD 中較強的 layer 可以覆寫較弱 layer；SWM 中的權威順序必須由：

- 來源；
- 時間；
- 權限；
- 證據；

- 狀態類型；

決定，不能只用檔案 layer strength。

SECTION

10.1 狀態是事件累積結果

```
Wt
=
Fold
(
  W_(tt),
  e_(tt+1),
  ...,
  et
).
```

SECTION

10.2 Event

```
e
=
(
  actor,
  action,
  object,
  time,
  location,
  effect,
  authority,
  evidence
).
```

SECTION

10.3 事件類型

- Observed ；
- Measured ；
- Moved ；
- Handoff Prepared ；
- Handoff Committed ；
- Calibrated ；
- Lease Issued ；
- Lease Revoked ；
- Human Entered ；
- Task Started ；
- Task Failed ；
- Model Predicted ；
- World Reconciled 。

SECTION

10.4 W3C PROV

可將：

- Entity：樣本、資料、模型、結果；
- Activity：量測、移動、分析、製造；
- Agent：人類、AI、站點、組織；

映射至來源圖。

SECTION

11.1 世界主張不是只有真／假

定義：

ε
 $\in$
{
O,M,D,I,P,S,C,X,R
}.

對應：

- O : Observed ;
- M : Measured ;
- D : Declared ;
- I : Inferred ;
- P : Predicted ;
- S : Simulated ;
- C : Committed ;
- X : Disputed ;
- R : Revoked／Stale 。

SECTION

11.2 例子

assertion:
subject: "sample-17"

```
predicate: "located_in"
object: "microscope-zone"
epistemic_state: "OBSERVED"
confidence: 0.96
observed_at: ""
valid_until: ""
source: "camera-02"
```

保管關係則需要：

```
epistemic_state: "COMMITTED"
source: "handoff-transaction-42"
```

SECTION

11.3 推論不能自動升級為提交

```
INFERRED
not⇒
COMMITTED.
```

模型可以推測樣本已被拿走，但在身份與保管驗證前，不能正式轉移責任。

SECTION

12.1 狀態

```
x⊠
=
(
  hatx,
  Σ,
  t_(obs),
  t_(valid),
  source,
  status
).
```

SECTION

12.2 不確定性類型

- 幾何；
- 身份；
- 類別；
- 狀態；
- 因果；
- 權限；
- 模型；
- 時間。

SECTION

12.3 新鮮度

```
Fresh(x,t)
=
1
[
t-t_(obs)
≤
Δ_x^(max)
].
```

SECTION

12.4 不知道也是正式狀態

UNKNOWN
UNOBSERVABLE
OCCLUDED
NOT_INSTRUMENTED
CONFLICTED

系統不得用模型補全把「未知」靜默轉成「已知」。

SECTION

13.1 局部世界

每個站點維護：

```
Wi(t)
=
(
Xi,
Zi,
Ri,
Ei,
Ui
).
```

SECTION

13.2 Perspective View

同一世界對不同站點可見內容不同：

- 感測範圍；
- 權限；
- 隱私；
- 任務；
- 網路；

- 資料授權。

SECTION

13.3 中央不是全知

全局模型：

```
hatW(t)
=
Fuse
(
W⊠(t-δ⊠),
...,
W⊠(t-δ⊠)
).
```

它仍是估計。

SECTION

13.4 最小披露

地方站點不必向所有其他站點公開：

- 人員影像；
- 私人資料；
- 專利候選；
- 完整模型；
- 外部合作資料。

可分享任務需要的最小世界切片。

SECTION

14.1 權限不是外部 ACL 附件

世界模型必須知道：

- 誰能看；
- 誰能改；
- 誰能批准；
- 誰能進入；
- 誰能保管；
- 誰能公開。

SECTION

14.2 Policy Assertion

```
policy:
  subject: "robot-arm-04"
  action: "grasp"
  object_class: "clean_sample"
  zone: "cell-B"
  governance_epoch: 12
  valid_until: ""
  constraints:
    max_force_n: 5
```

SECTION

14.3 權限也有不確定性

若中央與地方對租約狀態不同：

- 採最保守狀態；
- 暫停高風險動作；

- 驗證 fencing ；
- 不以最後寫入者勝出 。

SECTION

15.1 Affordance

Affordance 不是物體的永恆屬性，而是：

$Afford(a, x, N, W)$

表示在當前世界、特定站點與作用域下，動作 a 是否可行。

SECTION

15.2 例子

同一杯子：

- 對夾爪 A 可抓 ；
- 對夾爪 B 太大 ；
- 在人類手中不可抓 ；
- 在危險區不可進入 ；
- 裝有液體時不可翻轉 。

SECTION

15.3 Affordance Contract

α
=
(
actor,
action,

SECTION

15.4 可執行性

$$\begin{aligned} & \text{Executable}(a,t) \\ &= \\ & \text{Capable} \\ & \wedge \\ & \text{Reachable} \\ & \wedge \\ & \text{Permitted} \\ & \wedge \\ & \text{Safe} \\ & \wedge \\ & \text{Fresh} \\ & \wedge \\ & \text{EvidenceReady}. \end{aligned}$$

SECTION

15.5 Partial World Model

系統不需要模擬世界全部細節，只需對與當前意圖相關的 affordance 和後果形成高品質局部模型。

這可以降低搜索分支與模型負擔。

SECTION

16.1 Predictive Branch

對候選行動序列 π ：

$$\begin{aligned} & \hat{W}_{(t+h)}^{(\pi)} \\ &= \\ & F_{\theta}(W_{\square}, \pi). \end{aligned}$$

SECTION

16.2 多種預測器

- 物理模擬；
- 規則；
- 因果圖；
- occupancy model；
- video world model；
- 大型世界基礎模型；
- 經驗統計。

SECTION

16.3 V-JEPA 2

可從影片與影像學習抽象的物理理解、預測和規劃表示，並展示零樣本機器人規劃。

SECTION

16.4 Cosmos

世界基礎模型可以生成、理解和模擬物理場景，支援 Physical AI 的資料生成、預測和推理。

SECTION

16.5 預測分支隔離

COMMITTED WORLD

- |—— branch A: simulation
- |—— branch B: video prediction
- |—— branch C: rule-based estimate
- └—— branch D: counterfactual

任何分支都不能直接寫回 committed world。

SECTION

16.6 提交條件

只有：

- 行動真正執行；
- 物理觀測；
- 事件驗證；
- 權限與保管提交；

才能更新已提交世界。

SECTION

17.1 相關不等於可干預

世界模型若只學到：

a_t
 $\rightarrow$
 o_{t+1}

的統計關係，可能忽略：

- 前置條件；
- 工具；
- 接觸；
- 隱藏變量；
- 政策；

- 行動是否真的可執行。

SECTION

17.2 因果邊

action → physical_effect
calibration_error → measurement_bias
human_entry → safety_mode_change
tool_change → capability_change
lease_revocation → action_forbidden

SECTION

17.3 反事實

系統可問：

- 若不加熱會如何？
- 若改用站點 B 是否降低風險？
- 若延後量測是否使樣本失效？
- 若世界紀元已變更，原計畫是否仍成立？

SECTION

17.4 因果模型也需證據

不能因 AI 產生一個合理因果故事，就將其寫成世界事實。

SECTION

18.1 Twin Record

每個孿生模型需標記：

- 對應實體；

-
- 模型目的；
 - 有效範圍；
 - 參數來源；
 - 校準；
 - 驗證；
 - 不確定性；
 - 最近更新。

SECTION

18.2 VWUQ

包括：

- Verification：實作是否符合模型；
- Validation：模型是否適合真實用途；
- Uncertainty Quantification：不確定性多大。

SECTION

18.3 用途限制

同一學生可能適合：

- 視覺展示；
- 低速碰撞檢查；

但不適合：

- 精密熱預測；
- 高速控制；

- 安全認證。

SECTION

18.4 Twin Authority

數位孿生可以：

- 提出；
- 預測；
- 檢查；
- 最佳化。

它不能在與物理觀測衝突時自動覆蓋物理世界。

SECTION

19.1 Provenance

每個重要主張可映射至：

Entity

←

Activity

←

Agent.

SECTION

19.2 來源鏈

例如：

sample-17 temperature result

← analysis activity

← raw sensor file

← thermal rig measurement
← calibration artifact
← task and lease

SECTION

19.3 來源影響權威

優先級不能固定為「感測器高於模型」或「人類高於感測器」。

應依主張類型：

- 人員批准：人類與治理記錄；
- 即時位置：校準感測；
- 設備能力：能力證書；
- 預期未來：模型；
- 保管：交接事務；
- 公開狀態：EML-CF 發布記錄。

SECTION

20.1 定義

```
WEh  
=  
(  
  k,  
  hh,  
  th,  
  scopeh,  
  dependenciesh,  
  signatureh  
).
```

SECTION

20.2 紀元不代表全世界快照

它表示：

- 一組關鍵世界主張；
- 在特定作用域；
- 被提交為任務可依賴的版本。

SECTION

20.3 紀元失效

可能由：

- 人類進入；
- 樣本移動；
- 工具更換；
- 校準過期；
- 中央轉移；
- 站點隔離；
- 區域政策改變；

觸發。

SECTION

20.4 任務依賴

world_dependency:

epoch: "WE-0042"

strong:

```
- "custody:sample-17"
- "human_presence:cell-B"
bounded:
- "health:microscope-01"
eventual:
- "long_term_statistics"
```

SECTION

21.1 衝突來源

- 多感測器；
- 斷線站點；
- 人類操作；
- 時鐘；
- 身份；
- 模型；
- 事件延遲。

SECTION

21.2 衝突不靜默覆蓋

```
world_conflict:
  subject: "sample-17"
  predicate: "located_in"
  assertions:
    - value: "storage-A"
      source: "central-log"
    - value: "microscope-zone"
      source: "camera-02"
  status: "DISPUTED"
```

SECTION

21.3 Reconciliation Proposal

調和器可以：

- 重新觀測；
- 檢查交接；
- 檢查時間；
- 比較來源；
- 保留兩個假說；
- 要求人類。

SECTION

21.4 提交權

調和建議必須經相應的：

- 地方確認；
- 域級中央；
- 或人類；

才改變 committed world。

SECTION

22.1 AI 記憶不是世界真值

模型的對話記憶、向量記憶和經驗摘要可能：

- 過時；
- 壓縮；
- 缺少來源；
- 混入推論。

SECTION

22.2 World Claim API

AI 不能自由寫入世界，只能提交：

Observation Proposal

Inference Proposal

Prediction Branch

Action Proposal

Reconciliation Proposal

SECTION

22.3 Commit API

只有具備權限的服務可提交：

- 物理事件；
- 保管轉移；
- 租約；
- 世界紀元；
- 人類批准。

SECTION

23.1 人類不是一般障礙物

必須表示：

- 是否存在；
- 角色；
- 授權；
- 隱私；

-
- 安全；
 - 接管；
 - 不確定意圖。

SECTION

23.2 最小必要表示

通常不需要保存：

- 生物特徵；
- 詳細人格；
- 不相關活動。

只保存：

- 現場安全所需；
- 任務分工所需；
- 法律與事故所需；
- 經同意的資訊。

SECTION

23.3 人類觀點

人類可以：

- 修正錯誤身份；
- 宣布設備已搬動；
- 接管；
- 拒絕；

-
- 提供領域判斷。

但人類聲明也應保存來源與時間，不應不留痕地改寫歷史。

SECTION

24.1 感知更新

- 感測；
- 特徵；
- 物體；
- 姿態；
- 關係；
- 不確定性。

SECTION

24.2 事件更新

- 任務；
- 控制；
- 交接；
- 權限；
- 人類。

SECTION

24.3 預測更新

建立候選分支，不修改提交世界。

SECTION

24.4 調和更新

解決衝突、撤銷過期主張。

SECTION

24.5 紀元提交

對關鍵作用域產生新的可引用版本。

SECTION

25.1 Frame and Geometry Service

管理：

- tf ；
- mesh ；
- occupancy ；
- pose ；
- covariance 。

SECTION

25.2 Entity Registry

管理：

- 身份 ；
- 型別 ；
- 批次 ；

-
- 實體與描述關係。

SECTION

25.3 Zone and Topology Service

管理：

- 區域；
- 路徑；
- 邊界；
- 動態安全區。

SECTION

25.4 Relation／Scene Graph Store

管理多層圖。

SECTION

25.5 Event and Provenance Journal

append-only 事件與來源。

SECTION

25.6 Governance Graph

權限、租約、紀元、政策和 fencing。

SECTION

25.7 Affordance Engine

根據：

- 身體；
- 工具；
- 物件；
- 世界；
- 權限；

計算可能行動。

SECTION

25.8 Prediction Branch Manager

管理模擬、世界模型和反事實分支。

SECTION

25.9 Epistemic and Conflict Manager

管理：

- 可信度；
- 新鮮度；
- 衝突；
- 未知；
- 調和。

SECTION

25.10 World Epoch Authority

提交任務可依賴的世界版本。

SECTION

25.11 Perspective and Access Service

根據站點、任務、隱私和 IP 產生最小世界切片。

SECTION

26.1 狀態查詢

樣本 17 現在在哪裡？信心多少？誰保管？

SECTION

26.2 能力查詢

哪個已校準站點能在不破壞樣本的條件下量測尺寸？

SECTION

26.3 治理查詢

哪個中央和租約允許機械臂在 cell-B 抓取？

SECTION

26.4 證據查詢

這個研究結果依賴哪些量測、校準和樣本事件？

SECTION

26.5 反事實查詢

如果 microscope-01 離線，哪些任務可改走 microscope-02？

SECTION

26.6 不確定查詢

哪些高風險物件的位置已超過新鮮度期限？

SECTION

27.1 配置

- 一個感測站；
- 一個固定機械臂站；
- 一個移動站；
- 一個量測站；
- 三個區域；
- 五至十個樣本和工具；
- 一名人類操作員；
- 一個虛擬預測站。

SECTION

27.2 世界層

-
- ROS 2 tf2／模擬座標；
 - 簡化 3D scene graph；
 - Entity Registry；
 - Event Journal；
 - Governance Graph；
 - Affordance Engine；
 - Prediction Branch；
 - World Epoch。

SECTION

27.3 任務

- 樣本入庫；
- 身份辨識；
- 機械臂抓取；
- 跨站交接；
- 移動至量測區；
- 量測；
- 人類中途移動一個物件；
- 模型預測下一步；
- 調和；
- 回寫 EML-CF 證據。

SECTION

27.4 故障注入

- 相機遮擋；
- tf 漂移；
- QR 與視覺身份衝突；
- 中央日誌與實際位置不符；
- 租約過期；
- 人類進入；
- 數位孿生未更新；
- 模型生成不可能的物體關係；
- 交接事件遲到；
- 世界紀元失效。

SECTION

27.5 成功條件

- 觀測、推論、模擬和提交狀態不混淆；
- 高風險身份衝突時停止；
- 權限與區域參與可執行性；
- 世界模型可表示未知；
- 預測分支不覆蓋物理事實；
- 數位孿生衝突時要求實測；

-
- 事件可重建保管與任務歷史；
 - 人類介入後重新提交世界紀元。

SECTION

28.1 幾何

- 定位誤差；
- transform 一致性；
- 漂移；
- 可達性錯誤。

SECTION

28.2 身份

- identity precision/recall；
- 錯誤合併；
- 重複實體；
- 身份恢復時間。

SECTION

28.3 關係

- scene graph relation accuracy；
- 空間一致；
- 保管一致；
- 任務依賴正確。

SECTION

28.4 認識狀態

- 推論誤標為事實；
- 模擬誤標為實測；
- 過期主張仍被使用；
- 未知被錯誤補全。

SECTION

28.5 Affordance

- 可執行性預測；
- 錯誤允許；
- 錯誤拒絕；
- 前置條件遺失。

SECTION

28.6 預測

- 多步預測誤差；
- 物理一致性；
- 任務相關性；
- 不確定性校準。

SECTION

28.7 調和

- 衝突發現率；
- 調和時間；
- 錯誤覆蓋；
- 人工介入量。

SECTION

28.8 來源

- 事件可重建率；
- 主張—來源覆蓋；
- 證據缺失；
- 撤銷傳播。

SECTION

H1：多層世界模型比單一場景圖更能降低治理錯誤

加入保管、權限、事件和認識狀態後，錯誤物理動作應下降。

SECTION

H2：顯式未知優於模型自動補全

在遮擋與身份不確定場景中，保留 UNKNOWN 應降低高風險誤操作，但增加暫停。

SECTION

H3：Affordance 層可降低規劃分支

只建模任務相關可行行動，應比搜索完整世界動作空間更有效。

SECTION

H4：預測分支隔離降低生成模型污染真實世界

模型錯誤不應直接寫入 committed world。

SECTION

H5：數位孿生 VVUQ 提高模型使用邊界清晰度

未經驗證的孿生不應被用於高風險決策。

SECTION

H6：來源圖提高事故與研究重建能力

SECTION

H7：站點局部觀點與最小披露可降低不必要資料共享

代價是調和與查詢複雜度。

SECTION

H8：世界紀元能阻止依賴舊狀態的任務執行

SECTION

H9：生成式世界模型提高候選規劃，但不能取代 committed state

SECTION

H10：同時使用幾何、語義與治理關係，會提高模型成本

若完全沒有成本，代表實驗未真實計入儲存、延遲與維護。

SECTION

30.1 世界不可能被完整建模

SWM 只能保存任務相關、可觀測和被授權的部分。

SECTION

30.2 多層模型增加複雜度

需要：

- schema ；
- 本體 ；
- 版本 ；
- 查詢 ；
- 同步 ；
- 儲存 。

SECTION

30.3 關係語義難以統一

不同領域對「安全」「接近」「乾淨」「可抓」定義不同。

SECTION

30.4 神經世界模型難以完全解釋

SECTION

30.5 事件和來源不保證內容真實

來源可信度仍需判斷。

SECTION

30.6 物理真值也可能不可直接觀測

需要估計與多假說。

SECTION

30.7 人類隱私與持續感知有張力

SECTION

30.8 即時性能

大型圖、預測和來源查詢可能不適合硬即時控制。

本篇不主張：

- SWM 是完整世界；
- 中央世界模型是全知真值；
- 數位孿生等同實體；
- 場景圖可取代幾何控制；
- 生成影片等於物理預測正確；
- 模型高信心等於可直接執行；
- 所有不確定性都能精確量化；
- W3C PROV 能自動證明資料真實；
- OpenUSD 可直接成為安全控制資料庫；
- tf2 可解決身份、保管與治理；

-
- Affordance 是物體固定屬性；
 - 最後寫入者應覆蓋所有衝突；
 - 人類聲明永遠比感測器正確；
 - 世界模型可以無限制保存人類活動；
 - 預測分支可以自動提交為物理事實。

本文建立共同世界表示後，下一篇將處理：

EML-CF 產生的概念產品，如何在 SWM、SPR、OSF 和 PCD 上形成假說—實驗—證據—修正的具身自主研究閉環？

因此第 10 篇為：

將建立：

- Hypothesis Contract；
- Experimental Design Agent；
- Feasibility Compilation；
- Simulation Gate；
- Physical Execution；
- Evidence Evaluation；
- Failure Learning；
- Concept Revision；
- IP Routing；
- Human Scientific Oversight。

世界模型最危險的錯誤，不一定是完全看不見世界，而是：

系統無法區分自己看見的、被告知的、推論的、想像的，以及正式承諾的世界。

站點化世界模型因此不追求把所有資訊壓成單一神經表示，而建立：

【幾何

+

身份

+

區域

+

關係

+

事件

+

權限

+

Affordance

+

預測

+

來源】

共同構成的混合世界。

其核心規律是：

【觀測不等於提交】

【推論不等於事實】

【模擬不等於驗證】

【可到達不等於有權行動】

真正可供超靈使用的世界模型，不只要回答「世界是什麼樣子」，還必須回答：

- 我為何相信它；
- 它還新鮮嗎；
- 誰看到的；
- 誰承諾的；
- 哪些地方未知；
- 誰能改變它；
- 哪些行動現在可行；
- 做完後需要什麼證據。

因此：

【世界模型

=

可被多站點共同引用、質疑、預測與提交的物理世界契約】

- Rosinol, A. et al. 3D Dynamic Scene Graphs: Actionable Spatial Perception with Places, Objects, and Humans. Robotics: Science and Systems, 2020.
arXiv:2002.06289.
- Rosinol, A. et al. Kimera: From SLAM to Spatial Perception with 3D Dynamic Scene Graphs. The International Journal of Robotics Research, 2021.
arXiv:2101.06894.
- Chang, Y. et al. Kimera-Multi: A System for Distributed Multi-Robot Metric-Semantic Simultaneous Localization and Mapping. 2020.
arXiv:2011.04087.
- ROS 2 Documentation. About tf2.

<https://docs.ros.org/en/galactic/Concepts/About-Tf2.html>

- Pixar Animation Studios. Universal Scene Description / OpenUSD.
<https://openusd.org/>
- OpenUSD. Introduction, Core Specification, Terms and Concepts.
<https://openusd.org/release/intro.html>
- W3C. PROV-O: The PROV Ontology. W3C Recommendation, 2013.
<https://www.w3.org/TR/prov-o/>
- W3C. PROV-DM: The PROV Data Model. W3C Recommendation, 2013.
<https://www.w3.org/TR/prov-dm/>
- NIST. Digital Twins for Advanced Manufacturing.
<https://www.nist.gov/programs-projects/digital-twins-advanced-manufacturing>
- Lu, Y. et al. Manufacturing Digital Twin Standards. NIST, 2024.
- NIST. Towards a Digital Twin of a Robot Workcell: Standards and Methods. 2024.
- Assran, M. et al. V-JEPA 2: Self-Supervised Video Models Enable Understanding, Prediction and Planning. Meta AI, 2025.
- NVIDIA. Cosmos World Foundation Model Platform for Physical AI. 2025.
- NVIDIA Cosmos Lab. Cosmos 3: Omnimodal World Models for Physical AI. Technical Report, 2026.
- Khetarpal, K. et al. Affordances Enable Partial World Modeling with LLMs. 2026.
[arXiv:2602.10390](https://arxiv.org/abs/2602.10390).
- Zhang, Q. et al. AGWM: Affordance-Grounded World Models for Environments with Compositional Prerequisites. 2026.
[arXiv:2605.06841](https://arxiv.org/abs/2605.06841).
- Zhang, Z. et al. Occupancy World Model for Robots. 2025.

arXiv:2505.05512.

- Neo.K／Aletheia. Oversoul Station Fabric：固定站、移動站與虛擬站的分布式具身網路。
- Neo.K／Aletheia. 持續性指揮控制區：AI 如何佔據、維持並安全解除一個物理時空域。
- Neo.K／Aletheia. 語義即物理路由：從資料流治理到物料、能源、站點與行動流治理。
- Neo.K／Aletheia. 中央主權、地方自治與動態不動點中央。
- Neo.K／Aletheia. 連線不是纜線：有線、無線、光學與離線任務包的混合站網。

```
entity:
  id: ""
  type: ""
  names: []
  physical: true
  geometry:
    frame: ""
    pose: null
    covariance: null
    mesh: null
  state: {}
  policy_tags: []
  digital_representations: []
  identity:
    status: "PROBABLE"
    identifiers: []
    confidence: 0
  provenance:
    created_by: ""
    created_at: ""
    evidence: []
  relation_assertion:
    id: ""
    subject: ""
    predicate: ""
    object: ""
    epistemic:
      state: "OBSERVED | MEASURED | DECLARED | INFERRED |
        PREDICTED | SIMULATED | COMMITTED | DISPUTED | STALE"
      confidence: 0
      uncertainty: null
    timing:
      asserted_at: ""
```

```
valid_from: ""
valid_until: null
world:
  epoch: ""
  scope: ""
provenance:
  source_agent: ""
  source_activity: ""
  evidence: []
affordance:
  id: ""
  actor: ""
  action: ""
  target: ""
preconditions:
  capability: []
  geometry: []
  material: []
  authority: []
  safety: []
  world_freshness: []
effects:
  expected: []
  forbidden: []
evidence_required: []
confidence: 0
prediction_model: ""
valid_until: ""
counterfactual_branch:
  id: ""
  parent_world_epoch: ""
  action_sequence: []
model:
  id: ""
  version: ""
  class: "physics | video_world_model | rule | causal | statistical"
predicted_world_delta: []
uncertainty: {}
failure_modes: []
evidence_status: "SIMULATED"
committable: false
world_conflict:
  id: ""
  subject: ""
  predicate: ""
```

```
assertions: []
risk:
  decision_blocking: true
  affected_tasks: []
  affected_zones: []
reconciliation:
  required_observations: []
  proposed_resolution: null
  authority_required: ""
  status: "OPEN"
evidence: []
world_epoch:
  id: ""
  domain_id: ""
  sequence: 0
  created_at: ""
  governance_epoch: 0
  committed_assertions: []
  revoked_assertions: []
  unresolved_conflicts: []
  scope: []
  dependency_hash: ""
  signature: ""
perspective_view:
  consumer: ""
  task_id: ""
  world_epoch: ""
visible_layers:
  - geometry
  - entities
  - relations
  - affordances
hidden:
  - personal_data
  - restricted_ip
  - unrelated_zones
freshness_requirements: {}
authority_scope: []
```

OSF

站點、能力與局部觀測

↓

PCD

跨時間狀態與義務

↓

SPR

世界狀態作為物理程序前置條件



DFC

權限、治理紀元與提交權



HLF

不同鏈路上的狀態新鮮度與調和



本篇 SWM

幾何、物體、區域、事件、權限、Affordance、預測與來源的共同世界



第 10 篇

以共同世界模型支撐具身自主研究閉環