

# 2026 台灣 AI 教育年會教學應用投稿文件

主題名稱：自然科協作概念圖評改回饋系統

設計者：張文良、鄭鴻哲、霍建豪

## 設計理念

### 一、AI 應用設計的起點與問題陳述（必填）

- **設計起點/動機：**師生雙向的 AI 賦能與共創

在自然科學探究教學中，協作概念圖能有效促進分組合作學生的知識建構。然而，教師在實務上面臨難以即時掌握小組內個別成員貢獻，以及無法針對個別學習差異給予即時指導的困境。這激發了本校(桃子腳國中小)創新教學實踐團隊結合 AI 技術，開發具備「個人貢獻度分析」與「差異化回饋機制」的 AI 輔助協作概念圖系統的動機。

**教師端的開發動機（打破技術壁壘，實現教育想像）：**第一線自然科教師在帶領探究實作時，常發現學生在繪製協作概念圖時出現「搭便車（Free-riding）」現象，且教師難以分身給予各組即時的指導。過去，教師縱有「依據個人貢獻度給予差異化鷹架」的完美教學構想，卻總是在「程式開發技術」前卻步。本次專案的強大動機，正是來自於 **AI Vibe Coding** 的出現。它點燃了跨領域教師社群（學科教師、資訊教師、測驗專家）的熱情，讓我們首度能以「自然語言」直接指揮 AI 撰寫程式碼，將深奧的 Novak 概念圖評量規準，親手轉化為符合現場需求的互動式網頁，真正實現了「自己的教學工具自己開發」。

**學生端的學習動機（貢獻視覺化，啟動探究引擎）：**傳統的紙本或靜態數位概念圖，對學生而言只是「把名詞連起來的枯操作業」，且小組分數共享往往讓低成就學生選擇冷漠抽離。本研究互動網頁透過「個人貢獻度即時視覺化（如專屬顏色編碼）」機制，讓每一次的節點新增與連結都成為可被看見的成就。更重要的是，系統化身為「虛擬學科助教」，不再只給冷冰冰的對錯，而是根據學生的當下狀態給予專屬的「適合學生程度且有溫度的回饋」。這種「我的努力會被看見，且 AI 懂我的盲點」的互動體驗，成功將原本枯燥的評量過程視覺化，極大

地激發了學生的好奇心與主動參與的動機。

- 欲解決之核心問題：

1. 協作「搭便車 (Free-riding)」現象：傳統教學上，教師難以釐清並測量個別成員在協作概念圖歷程中的量與質之真實貢獻。
2. 缺乏即時且個人化的引導：學生在建構科學概念或產生迷思時，無法獲得針對其當前認知狀態的差異化回饋。
3. 教師形成性評量負擔過重：教師逐一檢視及評量概念圖的歷程與給予學生回饋需耗費極大心力及時間，導致評量往往只能停留在總結性的成品打分。

- 現狀分析（選填）：

現有的概念圖軟體多屬靜態編輯工具，雖支援多人連線，但缺乏對「編輯歷程」與「語意邏輯」的 AI 深度分析。現行系統大多只能給予全組一致的標準答案式回饋，缺乏系統化的提示詞框架來引導 AI 產出具備教育鷹架作用的個人化指導。

### 知識沃土的深耕與豐收： AI 賦能的協作概念圖「農場」模式

**【豐收】高結構知識與學習成效**  
優質作物：結構嚴謹、連結豐富的協作概念圖。  
深度理解：自然科概念測驗成績顯著提升。  
公平評量：精準區分個人貢獻的形成性評量。

**AI 智能鷹架與營養分析**  
AI 視覺辨識：AI 識別「作物顏色」(誰畫的?)  
適性回饋：依據 ZPD 提供差異化生長建議。  
雙公式營養液：計算「量化份額」與「相對品質」，確保公平分配養分。

**【深耕】異質協作與觀點交融**  
分組共構：不同「色筆」代表不同農夫的投入，進行跨粉/知識交流。  
挑戰：避免「雜草搶奪養分」(搭便車效應)。

**【播種】知識基底與個人構思**  
理論沃土：社會建構論 + 自然科核心概念  
初始種子：學生繪製個人概念草圖

## 二、設計中的創新與獨特想法（必填）

### ● 核心創新點：

本系統以設計本位研究法以迭代五個版本的歷程(詳見下表一)，結合「提示詞框架(RTSR)」提煉出最佳化提示詞。透過擷取學生在概念圖中的新增、修改等編輯行為與自然科概念文字，系統以教學團隊設計的雙公式(詳見下圖一)進行「個人貢獻度分析」，並驅動 AI 生成針對個人迷思與貢獻狀態的「個人化差異回饋」，將 AI 從單純的評分工具，轉化為隨側指導的虛擬助教。

### ● 設計差異化：

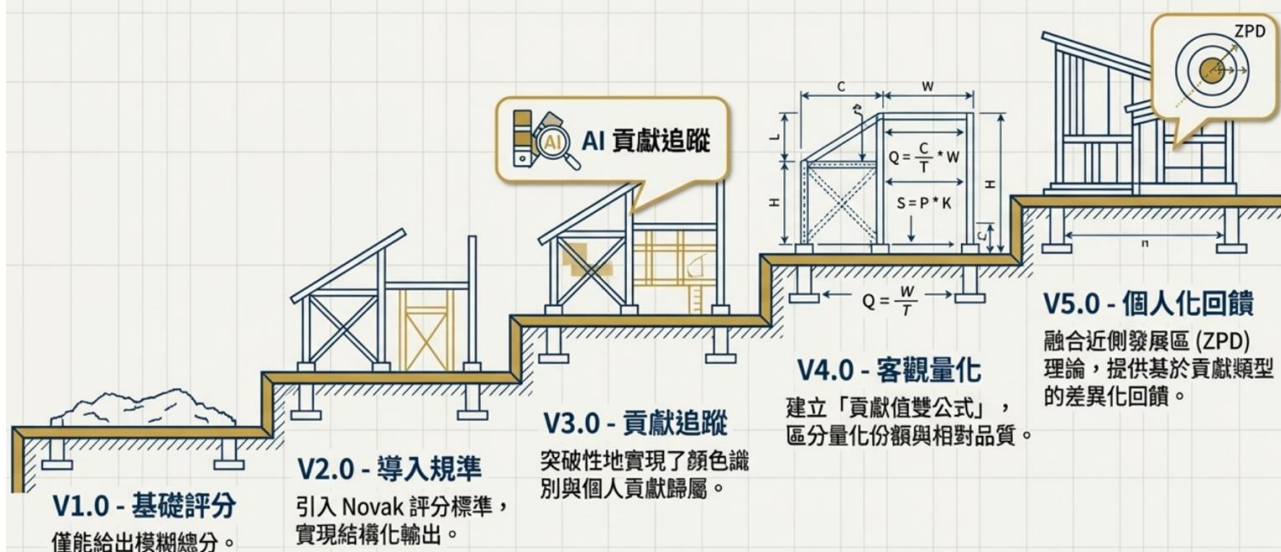
相較於市面上僅提供單一回饋的 AI 系統，本設計的最大突破在於「歷程導向」與「差異化」。系統不僅評估自然科概念圖節點與連結詞的正確性，更會根據每位學生在小組中的參與度高低與認知層次，給予不同深度的專屬且有溫度的回饋或引導(見圖二)。這種設計能有效促進高貢獻者進行後設認知反思，同時提供低貢獻者具體的知識鷹架，有效提升小組協作效能。

表一 「協作 AI 評組」提示詞框架五版本迭代最佳化歷程與成效驗證

版本	核心目標	提示詞關鍵修改與功能演進 (節錄)	主要挑戰/缺陷
V1.0 基礎評量	建立基礎內容識別能力	角色: 科學內容審閱助理。 任務: 識別概念、連結與命題的內容與正確性。	1. 僅能進行基礎內容識別。 2. 缺乏專業的評分規準。 3. 輸出格式不穩定。
V2.0 深度分析	導入專業量化評量標準	角色: 概念圖評量專家。 任務: 依據 Novak 評分標準，對有效關係、階層、交叉連結與範例進行量化評分，以提升評量的專業深度。	1. 對協作情境下的個人貢獻無法區分。 2. 貢獻計算僅為簡單加總，未考慮品質。 3. 評量仍停留在小組層面。
V3.0 貢獻追蹤	實現個人貢獻識別的技術突破	角色: 自然科教師 + 評量專家。 步驟: 1. 精準識別顏色標註與學生的對應。 2. 將每個概念節點明確歸屬於單一顏色。	1. 成功追蹤個人貢獻，但回饋語言生硬，缺乏教育性。 2. 無法提供針對「協作過程」本身的評價。
V4.0 客觀量化	建立客觀的貢獻值計算機制	角色: 教育評量專家。 任務: 實施貢獻值計算公式，對學生的貢獻進行客觀的量化測量。	1. 實現了量化計算，但回饋仍較籠統。 2. 對學生認知程度的考慮不足，建議有時超出學生能力範圍。
V5.0 個人化回饋	建立完整的差異化回饋機制	角色: 個人化學習顧問。 任務: 基於深入的貢獻分析，提供符合學生認知發展的差異化學習建議。	1. 成功提供個人化回饋。 2. 提升了對真實世界模糊輸入的處理能力。 3. 系統達到可進行正式實驗的穩定度。

資料來源：TYK 創新教學實踐團隊研究整理

## 方法創新 (一)：建構一個會思考的 AI 評量專家 (RTSR 框架)



結論句：這不僅是技術調校，更是將教育理論寫入 AI 核心邏輯的過程。

## 方法創新 (二)：如何客觀衡量協作貢獻？

### 貢獻值雙公式演算法

#### 量化份額 (加權平均法)

目的：衡量個人貢獻在團隊總成就中的佔比。

$$\left( \frac{\text{個人基礎得分}}{\text{團隊總分}} \right) \times 100\%$$

#### 相對品質 (相對增強法)

目的：評量個人表現在其所在小組標準下的相對卓越程度。

$$\left[ 1 + \frac{\text{個人基礎得分} - \text{小組平均分}}{\text{小組平均分}} \right] \times 100\%$$

註解：此方法能避免僅獎勵「量多」的成員，更能識別「質精」的貢獻者。

## Formula 1: **Weighted Average** Method

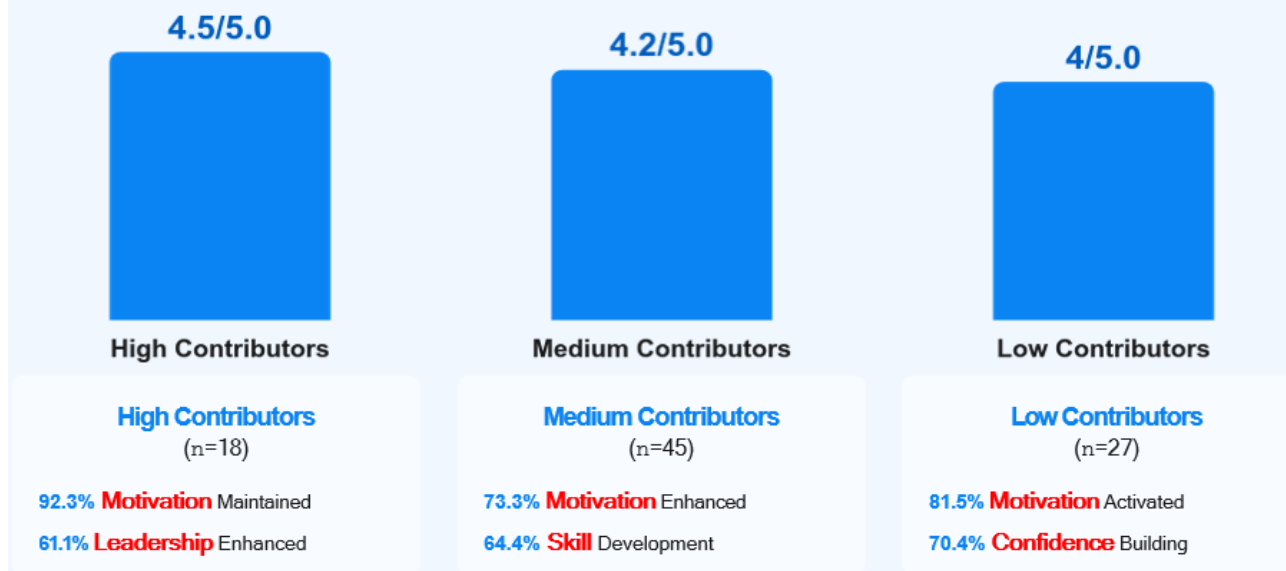
$$\left( \frac{\text{Individual Score}}{\text{Collaborative **Total Score**}} \right) \times 100\%$$

## Formula 2: **Relative Enhancement**

$$\left[ 1 + \frac{\text{Individual Score}}{\text{Group Average Individual Score}} \right] / 2 \times 100\%$$

圖一 貢獻值量化與值化雙公式(已於市北大國際學術研討會發表)

## Effectiveness by Group



圖二 不同貢獻度的群組效能(已於市北大國際學術研討會發表)

### 三、具體成效（質化或量化的說明）（必填）

#### ● 量化成效（Quantitative Results）：

透過 90 名國中生參與的準實驗設計實證研究與系統測試，本系統展現出較佳的 AI 評量與輔助成效：

##### 1. 系統評估與辨識精準度：

系統在「個人貢獻度分析（顏色編碼識別）」的準確率高達 **94.1%**，在「貢獻度統計計算」的準確率更達 **96.7%**。導入 Novak 評量標準後，AI 系統整體概念圖評量準確率達 **93.0%**（其中概念辨識準確率達 **92.4%**），突破了傳統協作評量的技術瓶頸。

##### 2. 學習成就顯著提升：

單因子共變數分析結果顯示，在控制先備知識後，使用本系統的「協作 AI 評組」在自然科「概念理解」後測成績顯著優於傳統「人工評分對照組」及其他組別像是「AI 評組」及「評 AI 組」（ $F(3,197) = 204.36, p < .001$ ），證明結合 AI 鷹架與協作學習的設計成效最佳。

##### 3. 差異化回饋促進各層次成長：

AI 針對不同貢獻度學生給予適性引導展現了極佳成效：

- 低貢獻者：**81.5%** 成功激發學習動機，**74.1%** 提升參與意願。
- 中等貢獻者：**73.3%** 動機顯著提升，參與度改善 **68.9%**，技能發展提升 **64.4%**。
- 高貢獻者：高達 **92.3%** 維持極高動機，更有 **61.1%** 展現出領導力提升。

各組別學生對系統滿意度極高，平均達 **4.0 至 4.5 分**（滿分 5.0 分）。

#### ● 質化成效（Qualitative Results）：

在經歷了人機一致性 kappa 分析及 vibe coding 後的成品「協作概念圖評量回饋系統」，其差異化回饋機制顯著提升了學生的後設認知反思能力。根據課堂觀察與訪談分析，學生在收到專屬的 AI 有溫度的回饋後，更願意主動修正錯誤的科學迷思，並帶動小組內更深層次的科學論證對話。同時，透明的個人貢獻度分析報表，不僅減少了小組內的「搭便車」任務推諉現象，也幫助教師能更精準地掌握班級中各組成員的動態，除了根據資料庫中迷思概念呈現比例進行進一步教學的順序之外，也將過往耗時的「總結性評量」轉化為真正能帶動學習發生的「形成性評量」。

## 具體展現 網頁式互動細節、差異化回饋機制與科學論證歷程

在學生實作階段，我們徹底翻轉了「先畫完、後評分」的傳統模式，將網頁互動融入完整的「動態形成性評量」流程中。具體實作分為三個核心深度互動階段：

1. **歷程追蹤與協作建構：** 學生登入由教師社群透過 Vibe Coding 打造的互動式網頁後，展開小組協作。系統背景的 AI 模型會即時進行語意分析與「顏色編碼識別」，精準追蹤哪位學生提出了核心科學節點（如：光合作用）、誰建立了跨層級的連結詞。在此階段，此時不干涉學生的發散思考，而是默默記錄高達 94.1% 準確率的個人貢獻度數據，讓實作歷程的每一分努力都被數位化保留。
2. **差異化 AI 鷹架介入：** 當概念圖建構到一定階段並上傳後，會啟動「個人化差異回饋」。這正是本系統最精華的實作環節：
  - 針對「低貢獻/迷思卡關」學生：AI 不會直接給答案，而是給予知識鷹架（例如：「你提到了『葉綠體』，請問它和剛才同學寫的『葡萄糖』有什麼關聯呢？」），引導他們踏出參與的第一步。
  - 針對「高貢獻/領導」學生：AI 會給予進階的後設認知挑戰（例如：「你們這組的層次已經很完整，能否嘗試建立『呼吸作用』與『光合作用』之間的『交叉連結（Cross-link）』？」），激發更深層的科學思考。
3. **反思修正與科學論證（Reflective Argumentation）：** 學生在接收到互動式網頁推播的專屬 AI 提示後，必須在小組內提出自己的修正建議。此時的實作不再是盲目猜測，而是基於 AI 的提問進行「有品質的科學論證」。學生們根據提示重新調整節點邏輯，最終產出較高複雜度與較高學術性的協作概念圖。



#### 四、設計應用時若有參考或使用到下列資源，請依實際狀況填寫

- **主要參考文獻/論文/演講：**

張文良（2026）。人工智慧輔助概念圖教學對國中生自然科概念理解、提示詞最佳化與 AI 評分一致性之實證分析。〔博士論文。國立臺北科技大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。 <https://hdl.handle.net/11296/ud8q8m>。

- **使用之數據集：**

本研究中實際蒐集本校國中部八年級學生自然科協作概念圖歷程紀錄、AI 互動日誌、以及學生的前/後測與協作行為數據。

- **開源工具/框架：**

採用大型語言模型（LLM）API，並自主研發設計專屬的「教育提示詞框架（RTSR）」與概念圖編輯歷程資料庫架構。

- **其他資源：**

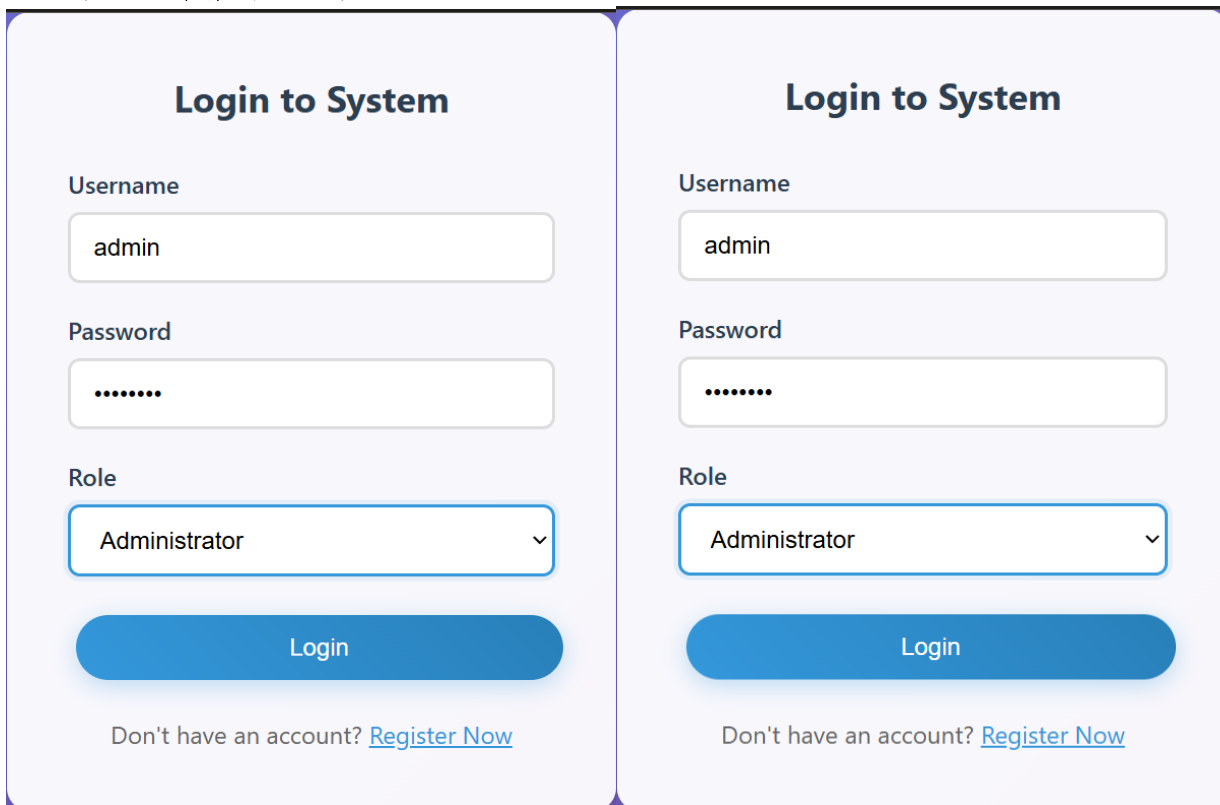
臺北市立大學研討會發表資源，以及國內外關於 AI 輔助學習（AI-Assisted Learning）與電腦輔助協作學習（CSCL）之相關文獻。

## 五、「附件或相關照片說明」請視需要提供佐證資料

- 以 vibe coding 建置的系統首頁(可切換中英文進行雙語教學)



- 系統擁有會員帳密系統



- 學生上傳個人概念圖及協作概念圖

Welcome back! admin (admin) Logout

[Upload Concept Maps](#)
[Scoring System](#)
[Results Analysis](#)
[Data Download](#)
[Admin Panel](#)

### Individual Concept Map Upload

Click or drag to upload individual concept maps  
Supports JPG, PNG, PDF formats

802\_個人A.pdf (6.57 MB) Delete

### Collaborative Concept Map Upload

Click or drag to upload collaborative concept maps  
Supports JPG, PNG, PDF formats

802\_協作A.pdf (1.68 MB) Delete

- 個人及協作概念圖(實際作品)

註明組員座號: 1, 8, 11, 15, 16, 17 (請用不同色筆)

The image displays several hand-drawn concept maps for chemistry. The largest map on the left is titled '物質' (Substance) and branches into '純物質' (Pure Substance) and '混合物' (Mixture). '純物質' is further divided into '化合物' (Compound) and '元素' (Element). '化合物' is noted as having a fixed ratio of elements. '元素' is split into '金屬' (Metal) and '非金屬' (Non-metal). '金屬' is described as having properties like ductility and electrical conductivity. '非金屬' includes examples like carbon and sulfur. '混合物' is defined as a combination of pure substances, with carbon dioxide given as an example. Other smaller maps show similar structures for '物質' and '純物質', with some including specific chemical symbols like Au, Ag, Cu, and S.

● 個人分析表現(貢獻比例及相對表現)

個人表現詳細分析

查看個人化學學習回饋 | 生成視覺化比較

學生	顏色標識	個人得分	貢獻比例	相對表現	表現等級	操作
22號同學	橘色	23分	62.16%	100%	達標	詳細回饋
6號同學	綠色	24分	64.86%	102.17%	良好	詳細回饋
8號同學	藍色	24分	64.86%	102.17%	良好	詳細回饋
21號同學	粉紅	19分	51.35%	91.3%	待加強	詳細回饋
29號同學	紫色	25分	67.57%	104.35%	優秀	詳細回饋
14號同學	棕色	23分	62.16%	100%	達標	詳細回饋

深度分析建議

教學建議：

- 優勢領域：學生對基本物質分類概念掌握較好，元素與化合物的區分清晰
- 改進重點：需加強交叉連結思維訓練，增進概念間的關聯性思考
- 差異化教學：針對不同表現等級的學生，提供分層的學習支援和挑戰
- 協作效益：本次協作產生了+14分的加成效果，展現團隊學習價值

● 個人化學學習回饋

個人化學學習回饋報告

橘色 22號同學 - 達標

學習優勢

- 物質分類概念清晰
- 元素與化合物區分準確
- 基礎概念掌握穩固

改進建議

- 增加更多具體例子
- 加強交叉連結思考
- 深化概念間關聯性

個人化建議

你對物質的分類以及元素的概念都有不錯的掌握，能清楚區分純物質、混合物、元素、金屬與非金屬。建議在概念圖中加入更多的例子，來幫助更深入理解不同的概念，並嘗試思考不同概念分支之間的關聯，創造出交叉連結。

個人得分: 23分 | 貢獻比例: 62.16% | 相對表現: 100%

---

綠色 6號同學 - 良好

學習優勢

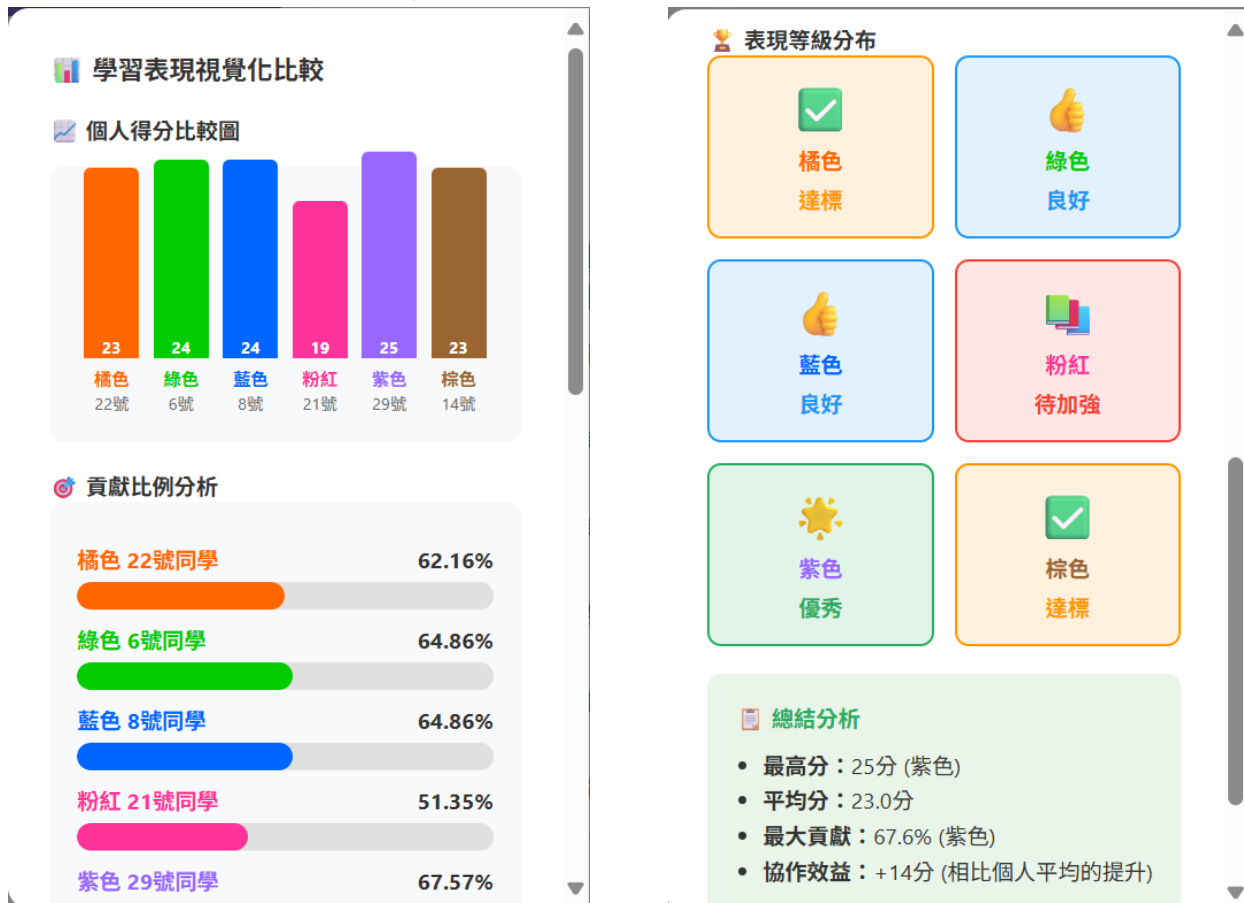
- 元素命名系統理解佳
- 金屬特性掌握完整
- 連結關係表達清楚

改進建議

- 擴充具體例子數量
- 加強概念圖視覺化表達
- 增進跨領域連結

關閉

● 視覺化比較及表現等級分布圖



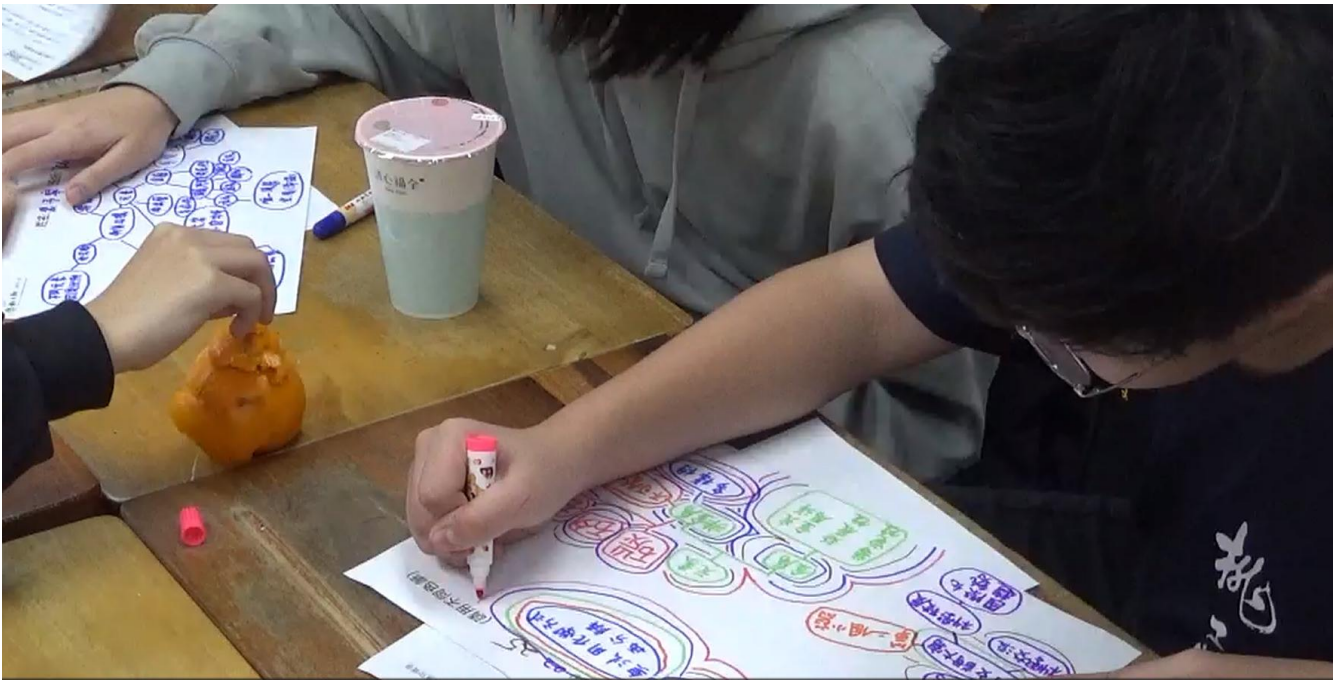
● 協作概念圖前導教學



- 人機一致性教學實驗(個人概念圖繪製)



- 人機一致性教學實驗(協作概念圖繪製)



● 人機一致性教學實驗(人類教師 A 概念圖評改)

姓名:張哲銓 班級:807 座號:02

1 2 3

$1 \times 16 = 16$   
 $5 \times 6 = 30$   
 $1 \times 9 = 9$   
 total = 45

## Human Teacher Rating

● 人機一致性教學實驗(人類教師 B 概念圖評改)

項目	數量	得分計算	得分	說明
關係 (連結)	✓ 0	1分 X 15 1 X 5	20	主要連結包括: ✓內容 0連結語
階層		5分 X 5	25	層次分明: 第一層: 分類 第二層: 分類 第三層: 定義 第四層: 分類 第五層: 特性
例子		1分 X 7	7	具體例子:
交叉連結		10分 X	0	交叉連結:
總分			52分	