

數位學習平台資料探勘：以機器學習實踐個別化數學學習與學習扶助

2023年底，經濟合作發展組織(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD) 公布2022年國際學生能力評量計畫 (Programme for International Student Assessment, PISA)，評量各國學生於閱讀、數學、科學等三大領域的基本素養。臺灣於本次的評量表現亮眼，與上一屆PISA (2018)相比，臺灣各科排名有明顯進步，數學拿下全球第三名、閱讀則為全球第五、科學為全球第四名。儘管如此，本次測驗卻也發現潛在隱憂，根據國立臺灣師範大學臺灣PISA國家研究中心指出，2022年的PISA測驗中，數學、閱讀、科學的學習低表現的水準2以下學生占比，與2018年相比，數學增加了1.8個百分點、閱讀則顯著增加4.3個百分點、科學增加2.3個百分點。其中，數學科之標準差超過110分，落後學生占比亦成歷年增加的趨勢；而閱讀則被OECD的報告中標註為顯著增加。由此可見，臺灣教育中的學生能力雙峰現象加劇。雖然臺灣教育部於2012年公布了補救教學作業要點(2019年更名為學習扶助)的政策支持，但其成效於PISA上並未見顯著。

有鑑於上述教育問題，陳美汎、黃馨緯(2020)的研究指出，透過數位平台融入學習扶助策略，能發現學習弱點、提升基本學力，讓教師教學與學生學習更有方向。因此，本研究期望透過分析學生於數位學習平台的學習行為，以機器學習方法進行大數據資料分析。本研究由全體學生於數位學習平台進行數學學習行為起步，逐漸聚焦數學學習扶助受輔學生平台學習行為，並預計根據研究分析結果，提出數學科數位平台之學習成效建議、教師融入教學之建議、未來教材開發改善建議，乃至於提供未來學習扶助相關政策修訂參考。

基於108課綱目標-「成就每一個孩子-適性揚才、終身學習」。本研究期望運用機器學習於大數據分析數位學習平台行為，精準診斷出具有數學學習風險的學生，並提供即時性與個別化的輔導協助(包括診斷、預測、治療與預防)，以達「精準教育」，期望提升教師教學與學生學習成效(張國恩, 2024; 楊鎮華, 2020; Qushem et al., 2021)，並落實教育機會均等。

張瑞庭(2022)研究則指出，資訊融入教學與學習扶助課程均重視個別、適性與多元化之理念。教師若能針對不同教學內容與學生學習狀況，適時以平板等數位工具作為教學媒介，配合不同學習速度與學習風格，給予不同的情境化學習資源及多元練習活動，則能提升學童學習態度與成效。由此可見，受學習扶助之學生，仍有許多學習風格、學習習慣上的差異。為了提升數學學習扶助之成效，本研究提出以下研究問題，期望能透過大數據分析理解數位學習平台於學習扶助受輔學生的類別，及各類別的學習行為模式，以下為研究問題：

RQ1: 不同群集學生(高成就、中高成就、中成就、低成就)於數學學科表現差異為何？

RQ2: 不同學習表現水準學生，於dp001平台影片觀看學習行為差異為何？

RQ3: 不同學習表現水準學生，於dp003平台測驗行為差異為何？

RQ4: 中、低數學學習成效學生，於dp001、dp003及跨平台行為差異為何？

壹、數據準備與處理

數據準備與處理以資料探勘的描述性統計為出發點，先做整體資料概覽，了解平台的使用者、學校與使用時間、影片科目、觀看次數等基本資料，聚焦想要選取的研究方向。依據所得數據，我們獲得來自5所學校、95位學生的跨平台學習數據，涉及dp001、dp002和dp003三大教學平台。dp001包含各學科影片的觀看數據，dp002涵蓋中文與英文閱讀測驗，dp003則包括英文單字與數學遊戲測驗。我們依各平台進行數據拆分與預處理，並依據user_sn進行篩選，標示出跨平台使用者。由於我們聚焦於數學科，選擇 dp001和dp003兩個平台。研究流程分為整體平台概覽、使用者行為、使用者樣貌三個階段進行，參閱表一研究變項之整合與來源說明。

表一

研究變項之整合與來源說明

研究問題	平台	研究變項	使用之原始欄位	備註
前處理		測驗時間	during_time、 result_duration、 game_time	使用正負1.5倍IQR刪除 極端值。
【階段一】 整體平台資料概覽	Dp001	使用者(ID、年級、學校)	user_sn、grade、 organization_id	
		影片科目名稱	subject_name	整合成「數學、數學108」 為「數學科」。
		進行練習題時間戳記	date	
		進行練習題作答時間	during_time	
		影片名稱	video_name	
		影片瀏覽開始時間戳記	start_time	
		影片瀏覽進度	finish_rate	
		影片操作行為名稱	view_action	
	Dp003	使用者	user_sn	
		開始執行操作時間戳記	start_timestamp	
		使用時間	total_millisecond	將毫秒轉為秒
		回答問題是否正確	is_correct	

		學習目標單字	target_vocabulary	
		系統建議適用年級	game_grade	
		遊戲闖關時間	game_time	將毫秒轉為秒
【階段二】 使用者行為	Dp001 數學	使用者	user_sn	
		學習科目	subject_name	將「數學」與「數學108」
		影片瀏覽進度	finish_rate	將57位使用dp001觀看數學影片的學生, 計算每位的平均影片完成率、
		進行練習題作答時間	during_time	平均作答時間、平均練習正確率、觀看影片總次數, 形成新變項
		練習正確率	score_rate	(avg_finish_rate、answer_time、correct_rate、course_count)
	Dp003 數學	使用者	user_sn	
		回答問題正確與否	is_correct	將24位使用dp003做數學遊戲測驗的學生, 計算每位的平均答題正確率、平均作答時間、平均
		遊戲闖關總時數	game_time	挑戰的系統題目年級, 形成新變項(correct_rate
		系統建議適用年級	game_grade	、answer_time、difficulty_level)
【階段三】 使用者樣貌	Dp001 數學	平均影片完成率	avg_finish_rate	使用四個新變項以
		平均答題正確率	correct_rate	K-means進行分群
		平均答題時間	answer_time	
		課程總次數	course_count	
	Dp003 數學 測驗	平均答題正確率	correct_rate	使用三個新變項以
		平均答題時間	answer_time	K-means進行分群
		平均題目難易度	difficulty_level	

【階段一 整體資料概覽】

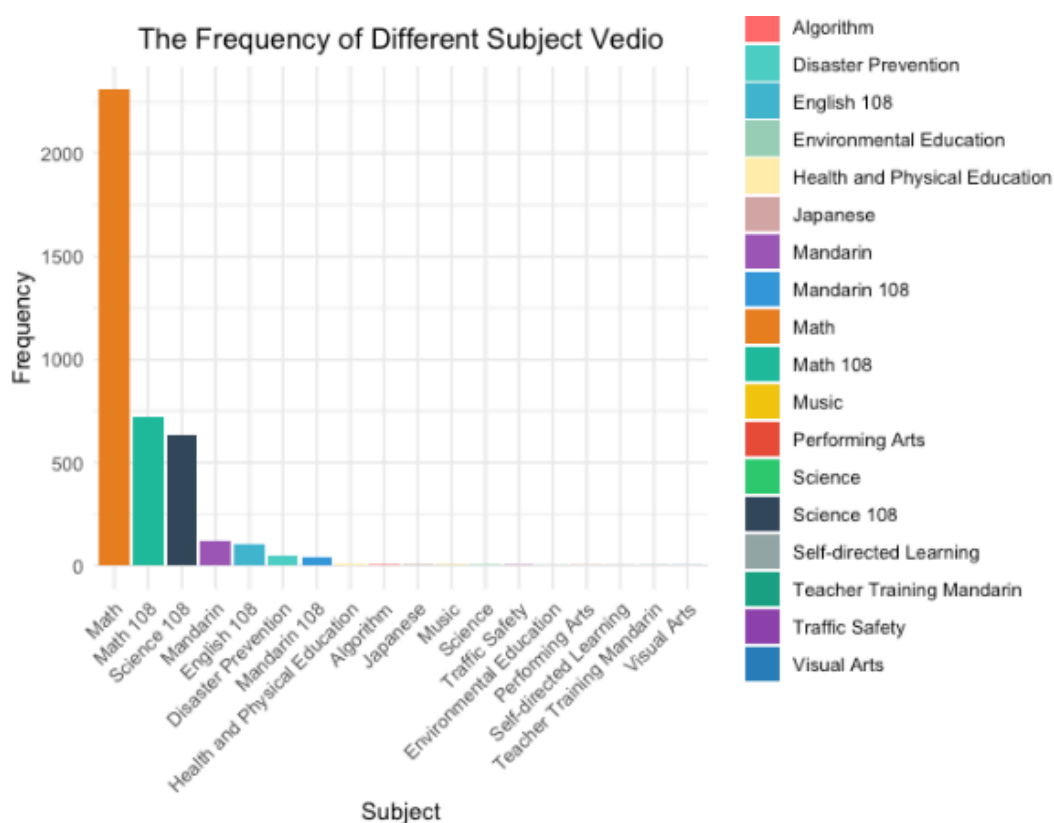
一、dp001平台

將user_data資料表與dp001下四個子資料表(dp001_prac, dp001_exam, dp001_review, dp001_review_plus)依 user_sn (使用者編號)與review_sn (影片瀏覽編號) 進行合併, 形成共計 **4,933,630** 筆的完整資料集。以下是主要的初步觀察:

1. 使用者:使用者分布:本平台共有 95 位使用者, 皆為五年級學生, 分布於五所不同學校, 且每校的學生人數有所不同, 介於 14 到 26 人不等。
2. 影片內容與瀏覽量: 共有 275 部不同影片, 累計瀏覽次數達 3,998 次, 平均每部影片觀看約 14.54 次。科目涵蓋 18 類, 其中數學影片最受歡迎, 累計觀看次數達 2,307 次, 其次是數學108 (718 次) 和自然108 (636 次), 其餘科目的觀看次數均少於 121 次。如圖一。

圖一

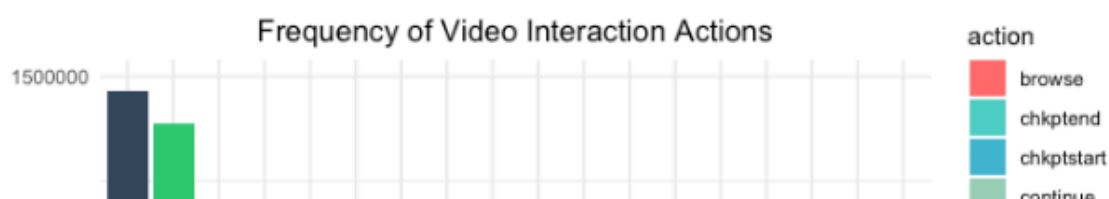
各科目影片的觀看次數



3. 瀏覽行為:播放 (play) 行為次數最多, 共 1,466,717 次, 接著為暫停 (paused) 共 1,387,512 次。檢核點相關行為次數較高, 其中檢核點作答結束 (chkptend) 426,419 次, 開始 (chkptstart) 426,012 次。行為次數相對較少的包括提問 (question) 100 次和停下做筆記 (note) 661 次。如圖二。

圖二

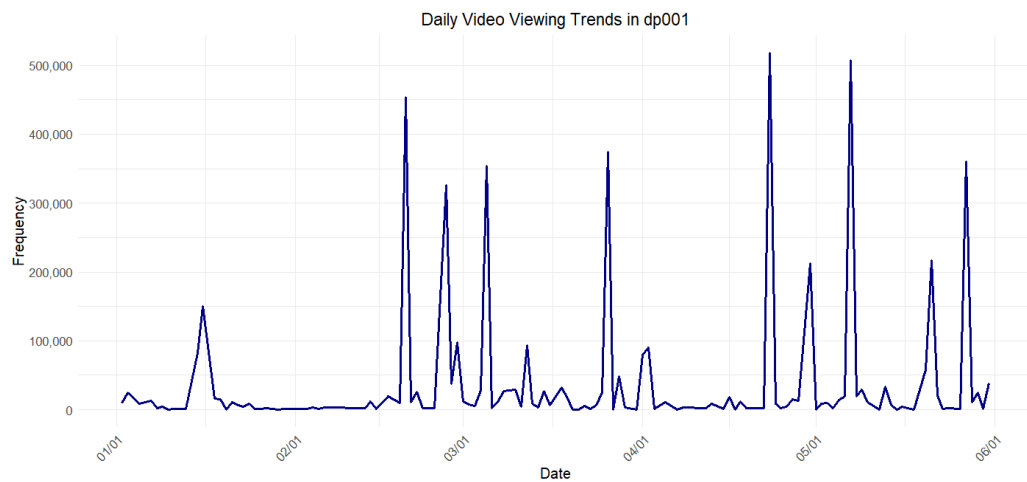
不同影片操作行為的次數分布



4. 瀏覽時間分布:影片瀏覽量在四月底至五月中達到高峰, 點閱次數超過 50 萬次, 而二月寒假期間的瀏覽量則顯著降低。如圖三。

圖三

dp001影片觀看的时间分布和次數變化



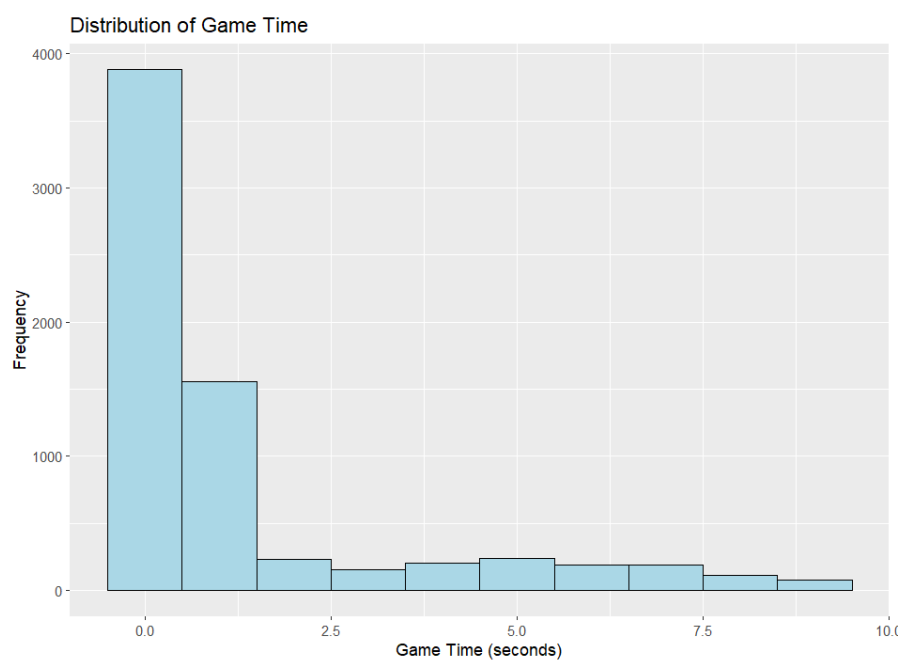
二、dp003_math平台

dp003_math 資料表共包含 7,835 筆資料, 24 位使用者進行數學遊戲測驗, 涵蓋 47 個不同單元, 答對率平均為 37.16%。

1. 測驗時間: 初始數據顯示極端值對結果影響大, 清理後測驗時間分布合理, 平均測驗時間縮減至 1.319 秒。如圖四。

圖四

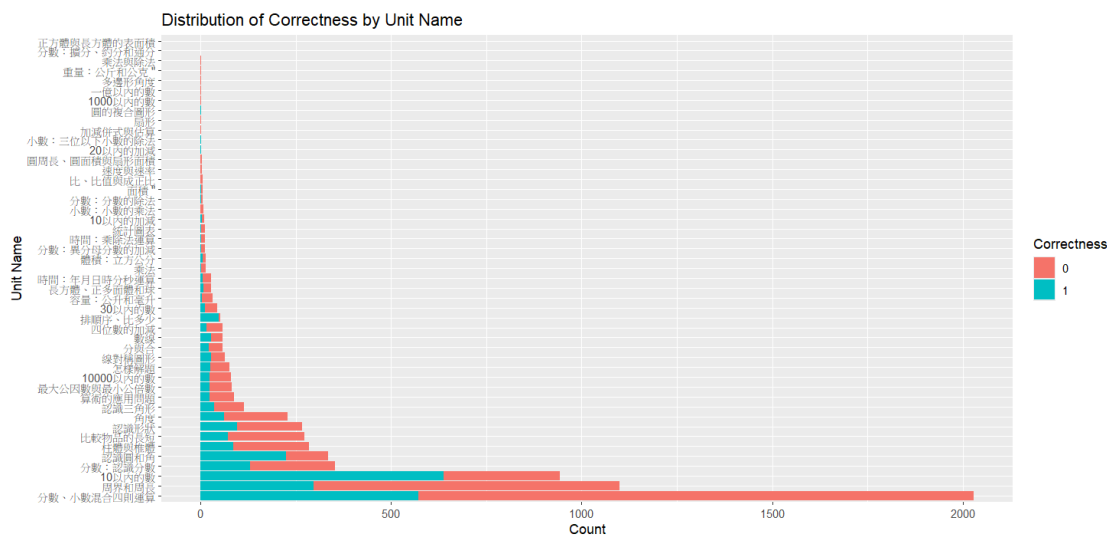
dp003數學遊戲闖關時間分布



2. 答題結果分布:不同單元的答題正確率差異大, 某些單元正確率偏低, 顯示難度較高。如圖五。

圖五

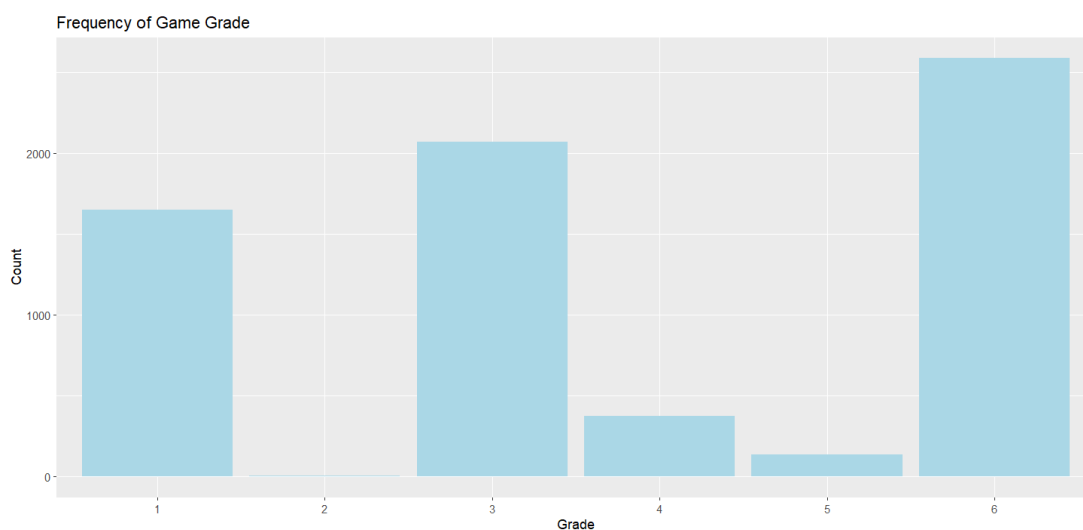
dp003_math各單元的答題正確與錯誤分布



3. 遊戲次數分布:不同年級的適用遊戲次數分布不均, 以六年級遊戲次數最多, 顯示學習者可能偏好挑戰不同年級的內容。如圖六。

圖六

dp003_math不同年級適用的遊戲次數分布



三、跨平台分析

跨平台使用情形較少，僅 1 位學生 (user_sn: 312031) 有使用 dp001、dp002 和 dp003 三大平台進行學習; 有12位學生跨平台使用dp001和 dp003。

貳、分析方法與流程

【階段二】使用者行為

將從dp001及dp003篩選出的原始變項整合成新變項，進行K-means分群處理，以期獲得使用者學習及測驗行為模式。

一、以K-means標註學習成效

1. 資料前處理

- (1) 使用user_data中user_sn及math_score，經檢查後無缺失值及極端值，故不做處理。如圖七。

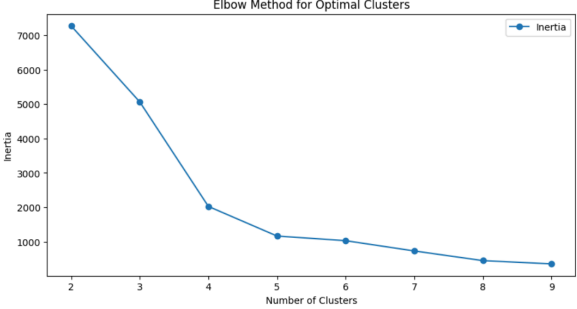
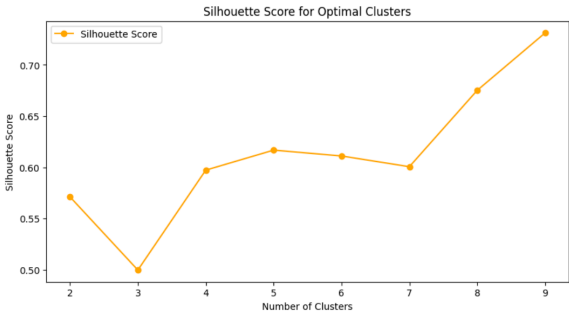
圖七

user_data資料描述

	user_sn	organization_id	grade	class	seat	chinese_score	math_score	english_score
count	95.000000	95.000000	95.0	95.000000	95.000000	95.000000	95.000000	95.000000
mean	151149.084211	1948.936842	5.0	3.642105	11.578947	68.684211	46.778947	74.326316
std	104663.495781	1311.795390	0.0	2.182697	7.047829	17.266536	14.978835	23.600145
min	2697.000000	338.000000	5.0	1.000000	1.000000	23.000000	16.000000	17.000000
25%	48029.500000	973.000000	5.0	2.000000	6.000000	60.000000	36.000000	63.000000
50%	143323.000000	1808.000000	5.0	3.000000	11.000000	73.000000	44.000000	80.000000
75%	247022.500000	3740.000000	5.0	7.000000	16.000000	80.000000	58.000000	95.500000
max	316786.000000	3740.000000	5.0	7.000000	27.000000	97.000000	88.000000	100.000000

二、肘部法與輪廓分析(如表二)

表二
肘部法與輪廓分析

	圖片	敘述
肘部法		根據肘部法則的分析結果，該方法是基於均方誤差(MSE)進行評估。當曲線趨於平緩時，該點所對應的k值被認為是最佳的群集數。在本次分析中，k=4 的值出現在曲線平緩之前的轉折點，顯示此值是較適合的群集數。
輪廓分析		S 值代表集群的品質，是所有資料點的 S(i) 值的平均數，S 值越大表示集群越好。在本次分析中，當 k=4 時，S 值約為 0.6，並且與 k=5、k=6、k=7 的 S 值相近。雖然 k=9 為最佳的分群數，但本研究的目的是捕捉學習行為，則不應將群集數設置得過於細分。理想的做法是以最小的群集數找出最大的差異，因此 k=4 確實是一個合理且有效的選擇。

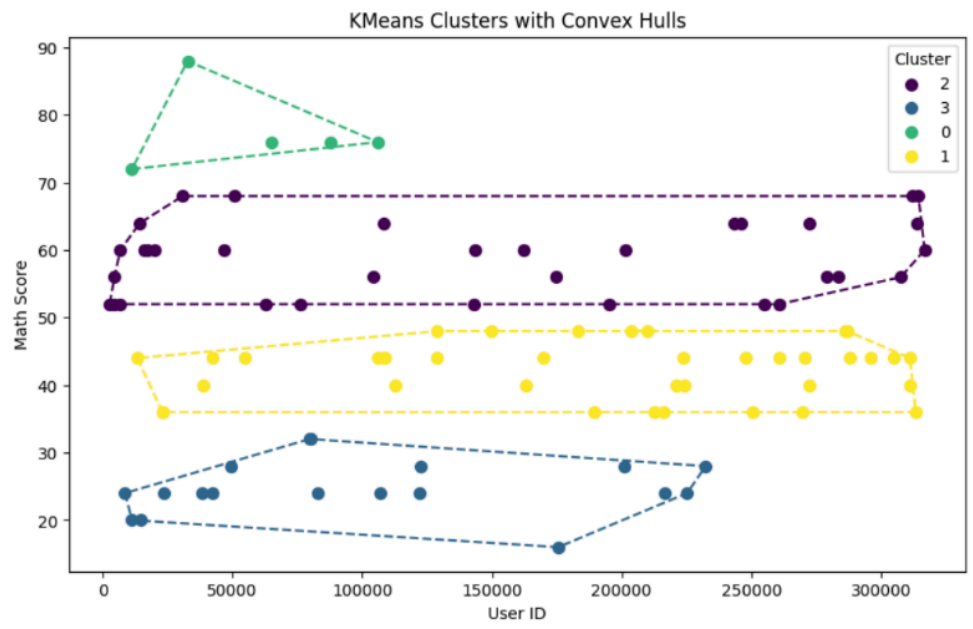
基於以上兩種分析方法結果顯示，本研究以四類群標註數學科學習成效。

參、K-means群集分析結果

1. 依據下方圖八結果，本研究將數學科學習成效，第0群標註為「高學習成效」、第1群標註為「中學習成效」、第2群標註為「中高學習成效」、第3群標註為「低學習成效」。

圖八

數學科學習成就K-means分群結果



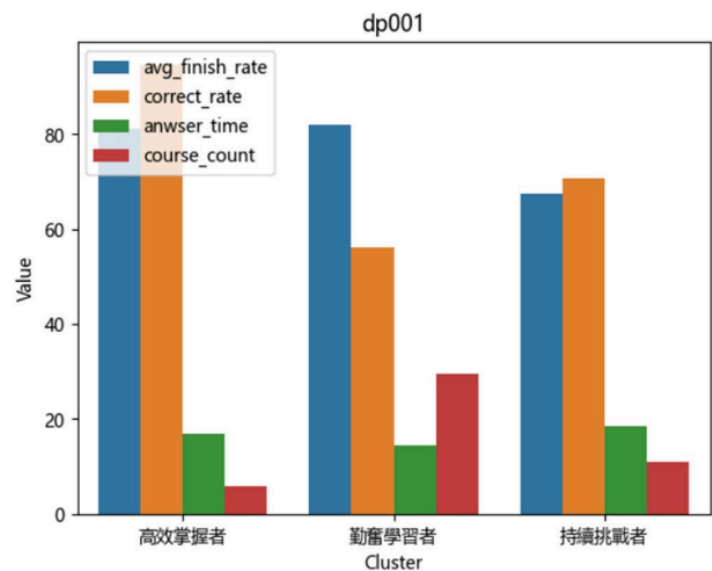
2. 以K-means群集分析命名學習模式

(1) Dp001 平台數學科學習模式

我們將avg_finish_rate、correct_rate、answer_time、course_count使用肘部法及輪廓分析結果，分成三群，如圖九及表三。

圖九

Dp001 平台數學科學習模式分群結果



表三

Dp001 平台數學科學習模式分群命名

	avg_finish_rate	correct_rate	answer_time	course_count
高效掌握者	高	高	中	最少
勤奮學習者	高	低	最快	最多
持續挑戰者	中	中	最慢	中

3. Dp001各群集特徵分析：

(1) 高效掌握者：

- A. 學習特徵: 這群使用者擁有極高的完成率和正確率, 且答題時間長, 顯示出專注且有系統的學習方式。觀看次數較少, 但能快速且精準掌握內容。
- B. 學習建議:
 - a. 嘗試挑戰新內容: 可以在完成熟悉的內容後, 挑戰更高難度或進階的主題, 進一步拓展知識面。
 - b. 參與教學或討論: 透過與其他學員分享學習方法和經驗, 可能更能鞏固自身的理解, 也可以幫助其他學員。
 - c. 持續優化學習效率: 若時間允許, 可嘗試使用不同的學習策略或工具, 保持學習新鮮感和效率。

(2) 勤奮學習者：

- A. 學習特徵: 這組使用者花費較多的時間和觀看次數來理解內容, 完成率高, 但正確率中等, 顯示他們需多次觀看和反覆練習來達到理解目標。
- B. 學習建議:
 - a. 增加記憶和理解的強化技巧: 嘗試在每次觀看後進行筆記整理、概念複述, 或以自我測試的方式來檢驗自己的理解。
 - b. 利用學習間隔: 間隔學習可以提升長期記憶效果, 建議在多次觀看之間休息, 避免一次性大量觀看帶來的疲勞。
 - c. 尋求老師或同學的協助: 針對較難理解的部分, 及時請教其他人, 這樣可以更快釐清問題, 減少觀看時間。

(3) 持續挑戰者：

- A. 學習特徵: 這組學員觀看次數高, 答題時間長, 但完成率和正確率均較低,

可能在學習過程中遇到較大挑戰。

B. 學習建議:

- a. 分解學習內容:嘗試將學習目標分成小步驟, 每次專注於少量內容的理解, 逐步建立信心和掌握度。
- b. 使用輔助工具:使用例如思維導圖、概念圖等視覺輔助工具, 幫助理清概念之間的關係, 提升理解。
- c. 設置小目標來激勵自己:透過完成每次的小進步來累積自信, 並設定適當的獎勵來保持學習動力。
- d. 尋求額外的資源或支持:考慮參考其他學習資源或補充材料, 或參加學習輔導班以獲得更多引導

從「數學科學習成就K-means分群結果」篩選「中學習成效」及「低學習成效」於「dp001平台數學科影片學習模式分群結果」, 發現結果如下表四:

表四

學習成效K-means分群後對應dp001 平台數學科影片學習模式分群(使用者ID)

類型	高效掌握者	勤奮學習者	持續挑戰者
使用者 ID	中成效: 112627、 203770、223594、 269746、288079、54952	低成效: 106735、11303 、122299、42415、8634 中成效: 108139、 128932、13328、212767 、221236、23250、 250399、286321	低成效: 122416、14503 、200920、232372、 38371、49363 中成效: 128878、 286903、311086、 311152、313378、38614
人數	6位	13位	12位

(2) Dp003 平台數學科測驗模式

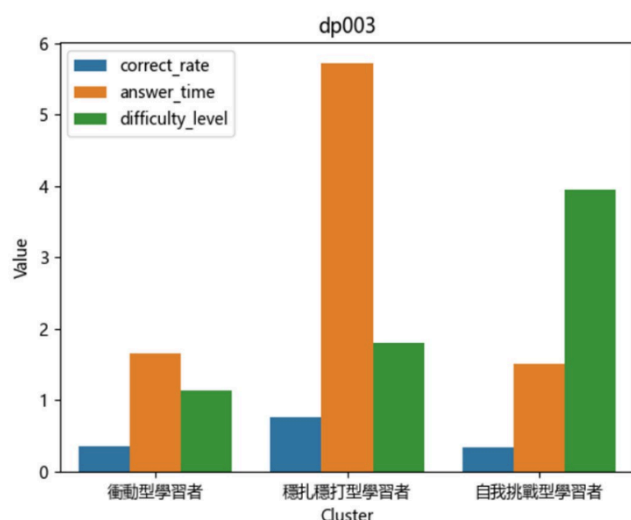
我們將correct_rate、answer_time、difficulty_level使用肘部法及輪廓分析結果, 分成三群, 如圖十及表五。

圖十

Dp003 平台數學科測驗模式分群結果

表五

Dp003 平台數學科測驗模式分群命名



	correct_rate	answer_time	difficulty_level
衝動型學習者	低	快	易
穩扎穩打型學習者	高	慢	易
自我挑戰型學習者	低	快	適中

4. Dp003各群集特徵分析：

(1) 衝動型學習者

- A. 測驗特徵:此群組正確率較低，答題時間短，題目難度也偏低。這可能意味著學習者對題目有較快的反應，但較少停下來檢查或深入思考，容易匆促作答。
- B. 建議調整:可以加入自我檢查或反思步驟，培養穩健學習習慣。

(2) 穩扎穩打型學習者

- A. 測驗特徵:這組的正確率和答題時間都中等，難度也相對較中。說明學習者在答題時比較謹慎，有穩定的學習節奏，並且能逐步解決中等難度的題目。
- B. 建議調整:可鼓勵適當挑戰更高難度的題目，以進一步提升自信和技能。

(3) 自我挑戰型學習者

- A. 測驗特徵:這組學習者選擇了難度最高的題目，答題時間短，但正確率偏低。這表明他們可能有挑戰高難度的動機，但可能在理解或答題時遇到困難。
- B. 建議調整:可提供進階指導或分步提示，幫助他們有效克服挑戰，同時鼓勵分階段進步。

從「數學科學習成就K-means分群結果」篩選「中學習成效」及「低學習成效」於「dp003 平台數學科測驗模式分群結果」，發現結果如下表六：

表六

學習成效K-means分群後對應Dp003 平台數學科測驗模式分群(使用者ID)

類型	衝動型學習者	穩扎穩打型學習者	自我挑戰型學習者
使用者	低成效: 80380、175582	低成效: 86762	低成效: 200920
ID	中成效: 311152、313378	中成效: 106132、 183190、189454、 209884、270670、 311086	中成效: 42229、 128932
人數	4位	7位	3位

肆、初步結果與預期效益

RQ1結果及預期效益: 差異, 能夠將學生進行有效的分群, 進而去探討造就學生此結果背後的平台學習行為。不同表現之學生在數學科目表現上有顯著

RQ2 dp001結果及預期效益: 透過 dp001 數學科影片學習資料的分群分析, 可將學生分為高效掌握者、勤奮學習者和持續挑戰者, 以便識別各群學習特徵。建議教育者根據這些特徵提供個別化支持, 鼓勵低成就學生學習高效群的行為模式。

RQ3 dp003結果及預期效益: 透過 dp003 平台的數據分析, 可將學生分為衝動型學習者、穩扎穩打型學習者和自我挑戰型學習者, 以識別其在測驗反應時間、題目難度選擇與答題正確率上的特徵差異。建議教育者依照這些測驗傾向提供針對性的學習建議, 並以此預測學生的學習成效。

RQ4: 跨平台使用者在不同學習模式下普遍展現出平均以上的學習表現, 僅有一位使用者 (user_sn: 200920) 表現相對較低。這顯示跨平台學習在提升學習成效方面具有一定程度的幫助, 因此建議學生使用跨平台學習。

未來方向: 根據前述分群結果, 結合觀看與練習時間、影片操作行為等多項平台資訊以給予更精準的數學學習扶助建議。

伍、參考文獻

1. 教育部國教署(2023)。臺灣PISA 2022成果發表。取自

https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=1A08AD2FC6

[66D4C6](#)

2. 教育部國教署(2020)。教育部國中小學習扶助 兼顧數位教學結合及個別程度引導。取自
https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=F92B7D576EA39E75
3. 張國恩(2024)。人工智慧與大數據在精準教育之應用。臺灣教育評論月刊, 13(7), 82-88. <http://www.ater.org.tw/journal/article/13-7/free/04.pdf>
4. 楊鎮華(2020)。精準教育:人工智慧再教育的新挑戰。取自
<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=aedd71ae-6aec-47d9-af97-34055854274c>
5. 陳美汎和黃馨緯(2020)。善用數位學習提升基本學力。師友雙月刊(620), 15-21。
<https://www.airitilibrary.com/Article/Detail?DocID=P20190807001-202005-202006080003-202006080003-15-21>
6. 張瑞庭(2022)。有效教學策略融入國小英語學習扶助課程之行動研究。(碩士論文。國立清華大學)臺灣博碩士論文知識加值系統。
<https://hdl.handle.net/11296/45x479>。
7. Qushem, U. B., Christopoulos, A., Oyelere, S. S., Ogata, H., & Laakso, M. J. (2021). Multi-modal technologies in precision education: Providing new opportunities or adding more challenges? *Education Science*, 11(338), 1-19.
<https://doi.org/10.3390/educsci11070338>