

國立交通大學

工業工程管理學系碩士論文

自我回饋方式與休息時間對動態決策
與情境覺察之影響

**The Effects of Self-feedback Aids and Resting Time
on Dynamic Decision Making and Situation
Awareness**

研究生：林承儀 指導教授：洪瑞雲教授

中華民國一〇一年七月

自我回饋方式與休息時間對動態決策與情境覺察之影響

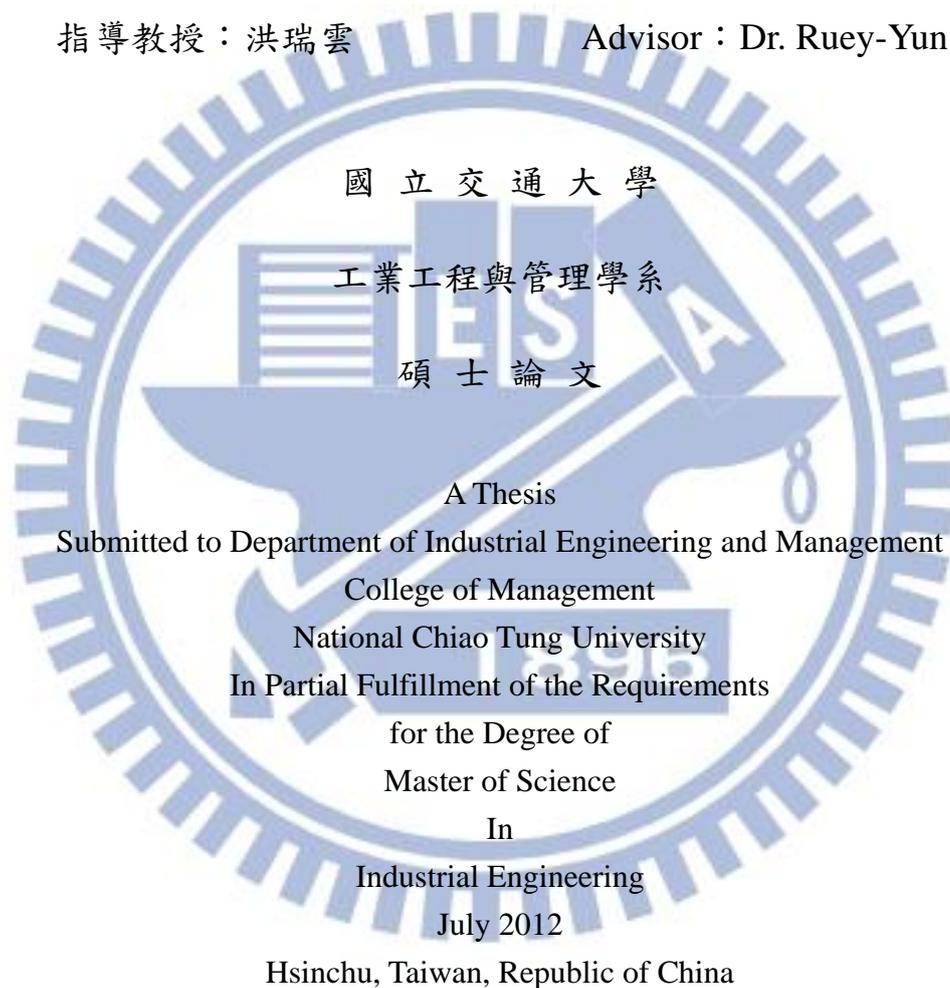
The Effects of Self-feedback Aids and Resting Time on
Dynamic Decision Making and Situation Awareness

研究生：林承儀

Student：Cheng-Yi Lin

指導教授：洪瑞雲

Advisor：Dr. Ruey-Yun Horng



中華民國一〇一年七月

自我回饋方式與休息時間對動態決策與情境覺察之影響

學生：林承儀

指導教授：洪瑞雲博士

國立交通大學工業工程與管理學系碩士班

摘要

本研究的目的是探討自我回饋方式與休息時間長短對動態決策的影響。實驗中以電腦遊戲模擬淨水槽排水系統的動態決策作業，共有 180 位研究所或大學生被隨機分派至 3（手寫筆記方式進行自我回饋、放聲思考方式進行自我回饋、無自我回饋） \times 2（0.5 分鐘休息時間、2 分鐘休息時間）的六組實驗情境中，請他們在五回合的遊戲中盡力得到較好的表現。結果發現，兩種自我回饋方式與較長的休息時間都有助於動態決策績效的進步，且二者有交互作用。在決策間有休息 2 分鐘的情況下，放聲思考自我回饋方式的學習效果在第三回合即出現，但後續持續進步的現象比手寫筆記的自我回饋方式小。在決策間有休息 2 分鐘時，手寫筆記自我回饋組的效果在第四回合才出現，但持續進步，在第五回合時成為所有組別中表現最好的一組。但就動態決策情境模式的覺察而言，自我回饋與休息卻沒產生明顯的影響。

關鍵字:動態決策、自我回饋、休息時間、情境覺察

The Effects of Self-feedback Aids and Resting Time on Dynamic Decision Making and Situation Awareness

Student : Cheng-Yi Lin

Advisor : Dr. Ruey-Yun Horng

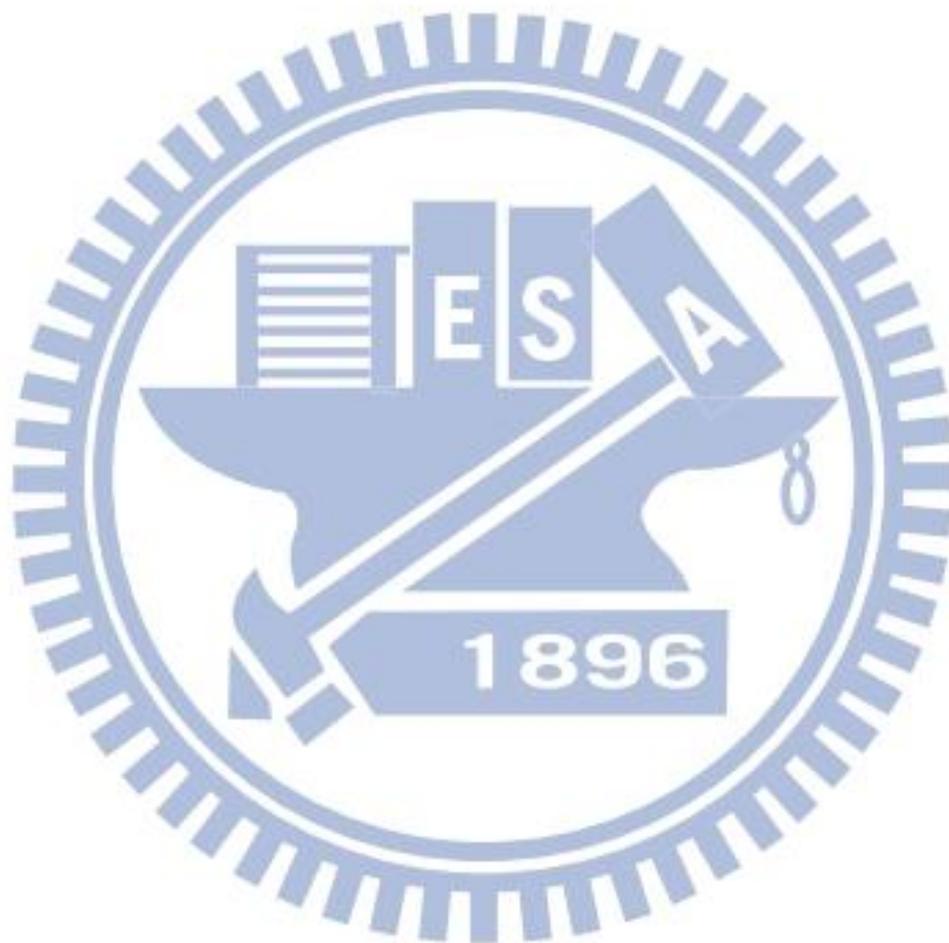
Department of Industrial and Management
National Chiao Tung University

Abstract

This study investigated the effect of self-feedback aids and resting time on dynamic decision making (DDS) performance and situation awareness. The DDS task was simulated by a computer game “Water Purification Plant.” A total of 180 college and graduate students were assigned to the 3 (self-feedback aids : write notes, think aloud, no self-feedback) \times 2 (0.5-min or 2-min resting time) experimental conditions and were asked to do their best in the task. Results showed that self-feedback aids and longer resting time might improve DDS performance but only with longer resting time. With 2-min resting time, participants in the “think aloud” self-feedback condition outperformed the no-feedback group at the 3rd practice trial and performance stabilized thereafter. With 2-min resting time, participants in the “write notes” self-feedback condition outperformed the no-feedback condition at the fourth practice trial and they also outperformed the “think aloud” condition at the fifth trial.

However, with only 5 practice trials, there was no sign that participants' situation awareness improved with the aids of self-feedback or rest.

Keywords : *dynamic decision making, self-feedback aids, rest, situation awareness.*



誌 謝

在交大念研究所三年，我終於要畢業了。與大學時最大的不同，就是我滿載而歸的畢業，這三年裡我養成了很多大學時打混摸魚下無法建立的人生觀點與做學問的態度，也發現所有成長的首要條件都是自己要先懂得抓住機會，抓住機會獲得知識、表現自己、挑戰成規，做學問的過程中會遇到好多走錯路的挫敗，但這些挫敗都是鍛鍊自身看法與態度的好機會，非常感謝交大給我很多表現與發現自己的機會。

感謝論文過程中參加我實驗的參與者，你們的參與都是我珍貴且的重要資產，沒有你們的實驗資料我的假設將無以驗證，感謝你們在實驗中盡力的表現。

感謝我的指導教授洪瑞雲博士，讓我很深刻的瞭解做學問嚴謹的程度。選擇洪老師指導碩士論文是一件很棒的事情，透過每次討論你都可以更了解作研究實事求是的精神與態度，我雖無法完全學到老師的精隨，但光是碩士生涯對唸書與論文的訓練就足夠我一生受用，謝謝洪老師。

再來要謝謝一路陪伴我的實驗室夥伴們，人數眾多我就不逐一點名了，雖然你們非常期待我寫一篇很不一樣的誌謝，不過我想，跟你們的糾葛不是三言兩語就能算清楚，與你們一起走過的酸甜苦辣我還是私下感謝就好（其實是我想要留空間謝謝我自己）。期待未來的生活我也能有機會支持你們完成碩士學業，無論是實質上的幫助或精神上的支持。

感謝我自己，在當兵的時候還提起精神打拼考上研究所、上了研究所後認真經營碩士生涯、努力學習並勇於朝自己不熟悉的領域去了解新知，讓我現在有一個圓滿的結束，以下是我的論文，是我努力過後的果實，到底有何種特別的發現，觀迎您繼續看下去…。

林承儀

民國一〇一年七月於交通大學

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	IV
目錄.....	V
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第一章 導論.....	1
第二章 文獻探討.....	10
第三章 方法.....	36
第四章 結果.....	49
第五章 結論與討論.....	74
參考文獻.....	81
附錄一 排水作業各項參數.....	85
附錄二 實驗指導語.....	88
附錄三 淨水槽排水作業介面.....	90
附錄四 自我回饋提示.....	92
附錄五 問卷.....	98
附錄六 排水作業情境模型.....	99

附錄七 錯誤情境模型..... 100

附錄八 實驗參與者發現的可用策略..... 101



表目錄

表 3-1	評分者間信度.....	44
表 4-1	第一回合動態決策作業分數之平均與標準差.....	50
表 4-2	第一回合動態決策作業表現之變異數分析表.....	51
表 4-3	五回合動態決策作業分數之平均與標準差.....	52
表 4-4	五回合動態決策作業分數之變異數分析表.....	53
表 4-5	練習與自我回饋方式交互作.....	57
表 4-6	練習與休息時間交互作.....	57
表 4-7	自我回饋方式 × 休息時間長短 × 練習敘述統計表.....	59
表 4-8	第 2 ~ 5 回合動態決策作業分數之變異數分析表.....	61
表 4-9	第 2、3、4、5 回合動態決策作業分數之變異數分析表.....	63
表 4-10	各實驗情境參與者於情境模型中人數分布情形.....	68
表 4-11	各實驗情境參與者所掌握情境模型之平均得分表現.....	68
表 4-12	參與者於情境模型 Basic 1、Basic 2、Detail 5 項填答之變異數分析表	70
表 4-13	各實驗情境參與者提及的錯誤情境模式之人數分布情形.....	72
表 4-14	各實驗情境參與者所提及可用策略之人數分布情形.....	72

圖目錄

圖 3-1	排水作業電腦界面與水槽各層之間路徑圖.....	38
圖 3-2	水槽編號.....	42
圖 3-3	實驗流程圖.....	45
圖 4-1	排水作業學習曲線.....	54
圖 4-2	自我回饋方式與休息時間交互作用表現圖.....	55
圖 4-3	練習與自我回饋方式交互作用.....	56
圖 4-4	練習與休息時間長短交互作用.....	56
圖 4-5	第 2~5 回合練習與休息時間的交互作用.....	64
圖 4-6	第 2~5 回合練習與自我回饋方式交互作用.....	64
圖 4-7	第 3 回合自我回饋方式與休息時間交互作用表現圖.....	65
圖 4-8	第 5 回合自我回饋方式與休息時間交互作用表現圖.....	66

第一章 導論

研究背景與動機

人的一生中隨時都在做大大小小的決策，有些決策只是為了解決一時的問題，有的決策則左右了未來人生方向。除了個人需要面臨決策之外，眾人組成的團體也會面臨達成共同目標需要多項決策，這可能會經過很多細部的決策過程，每一個細部決策就像是大結構的螺絲釘，大結構是否可以維持良好營運或者完成特定目標，便取決於保持良好的決策品質，現今社會上大規模的公司團體與組織就是需要良好細部決策品質所建立起來的大結構。雖然人們無時不刻處於需要做決策的生活情境之中，卻未必此因而善於決策，反倒是為了如何做出好的決策而困擾不已。

生活中常見的決策例子，其中一種即為使用交通工具到達目的地的行為，從發動交通工具上路的開始就是一連串判斷路況後下決策的過程，但層出不窮的交通事故也顯示人在交通方面的決策並不因為天天使用交通工具而有完美的決策品質，交通事故的發生除了法規需要持續的修正與改進之外，人對於交通環境的知識不夠完整可能也是主要原因之一。

人為了達成目標而從多個可能的行為中選取最適當的選項來行動稱之為決策，若決策作業中的情境線索是固定不變或不會被其他因素所干擾，決策與決策之間也無影響關係的單一決策過程，被稱為單一決策或靜態決策（Kanehman & Tversky, 1979）。但生活中所要面臨的決策通常並不單純，某些目標的達成可能

需要很多步驟，絕不僅止於參考固定情境就可達成，因為情境通常都是隨時間演進而變化，且達成目標的過程中，每一個被決定的行為在未來都會形成後果，這個後果會成為下一個決策的參考基準而持續循環直到目標達成，這種持續觀察上一次行為後果來衡量下次行為直到達成目標的決策，被稱為動態決策。

動態決策的研究在許多領域中被討論，從不同的面向探討人在動態決策中的表現。例如認知領域中，有學者致力於分析人在動態決策中的認知機制或心理歷程；又如學習行為的領域裡，有學者試圖架構人們動態決策中學習行為的模型，並透過學習行為的模型探究增進學習效率的方法。本研究的目的即為由學習的觀點來檢視動態決策中影響人們認知過程的相關因素。

在動態環境中做決策，人必須從動態環境中篩選出決策所需要參考的情境線索，再將這些線索整理出足以成為決策參考依據的有用訊息，這樣的過程需要用到認知資源中的注意力、工作記憶與長期記憶的知識，透過這些認知資源我們才能將情境線索解讀成有用的訊息，這樣的認知歷程稱作情境評估（situation assessment），人經過對環境的情境評估後，便可將了解的現況配合決策並對未來情境做預測，Endsley（1995）將此動態決策的認知歷程稱為情境覺察（situation awareness），情境覺察分成三個階段：知覺、理解、預測。其中知覺即為抓取外在系統環境中的情境刺激，篩選出決策需要使用的線索。當決策需要使用的線索已經篩選出來之後，人就要將這些訊息加以解讀與整理以了解外在系統運作的樣貌，這就是理解最主要的認知活動。預測即是當人對於外在系統的現況掌握了，

就有有能力推估在此情境下可能的決策行為與後果，並從眾多可能的行為中選取最適合的方案。這三階段並非逐一進行，甚至可能是同時進行的，只是三階段之間有互相影響的情況，前一階段處理的好壞會影響後一階段的後果，雖然先前階段處理的好並不代表最後的動態決策績效表現就會很好，但若先前階段處理得不好則最後動態決策績效卻很難有好的表現。

Osman (2010) 經由文獻歸納提出動態系統的監視與控制架構 (Monitoring & control (MC) framework) 來解釋人在動態系統中做決策時的認知歷程。在 MC 架構下的動態決策行為包括：監視、控制、追蹤。其中監視是指人觀察動態情境運作歷程，目的在於了解外在情境現況；控制是利用監視歷程所得到的資訊來判斷下一步行為；追蹤則是決策者持續觀察自己前一個決策行為所產生的後果，也稱為自我監控，並將控制與監督串起形成遞迴的循環。Osman 認為人對環境的不確定感受是影響這個架構最主要的因素，若人對情境的不確定感較高表示對於環境不熟悉，則花費在監控上的認知資源比重將會擴大，較無餘力整理訊息或對情境線索解讀不深入，若人對情境的不確定感較低表示對環境熟悉，對於情境上的辨認較不占認知資源，則人較有餘裕解讀情境線索並判別較佳的決策行為。

從 Osman (2010) 的 MC 架構中可發現與 Endsley (1995) 的情境覺察相似之處，也就是人在動態系統中對情境的認識，對決策績效有很大的影響，而人對情境辨認是否正確，則取決於決策者是否能透過學習階段來建立該動態系統完整的知識架構。

人在動態系統中掌握情境模式的認知歷程，可由實例學習、假設驗證、自我回饋等三個角度來探討 (Osman, 2010)。

實例學習的觀點將動態決策作業視為以實例為基礎去掌握法則的一種學習，認為人處於不熟悉的決策情境時會不斷嘗試錯誤，並且依賴眾多嘗試中成功的例子當作學習參考，再從這些成功的例子歸納出可能的法則。Gonzalez 等人(2003)以淨化水槽排水作業系統 (water purification plant) 的動態決策作業，紀錄實驗參與者為期三天 (一天 6 回合) 的學習曲線，並藉由電腦程式調整識別 (recognition)、判斷 (judgment)、選擇 (choice)、回饋 (feedback) 等四個機制來模擬人在以成功案例為學習典範的學習中所表現的學習機制。他們發現決策回饋的有無對於程式模擬人的學習曲線影響最明顯，電腦程式在有回饋的控制下學習曲線快速進步並達到一個穩定階段，但當電腦程式設定在無回饋的情況下反而與人的學習曲線最接近，顯示人在執行動態決策作業的過程中鮮少利用自我回饋的方式來幫助自己學習。因此本研究預測若在動態決策作業中提醒參與者進行自我回饋能提升學習效果，且動態決策作業的績效比沒有被提醒進行自我回饋的參與者要好。

由假設驗證的觀點而言動態決策被視為一連串假設驗證的行為，人在動態系統中會觀察現況與假設未來狀態並做出行動，行動後所造成的後果可用於驗證前行為是否正確，並再次做出行為來修正未來情境，此過程持續循環直到達成目標。然而 Sweller (1988) 由他的認知負荷理論推測，問題解決的學習即是一種

目標導向的假設驗證行為，人進行假設驗證的行為需耗費認知資源，會妨礙學習的成果。Sweller 透過重複反思數學解題方法的實驗，發現學生在學習解題（假設驗證）時若加入額外的認知負荷（如，指派特定目標）比沒有加入額外認知負荷的學習效果要差。這是因為在認知負荷高的情況下人沒有餘力探究解題情境線索，因此也無法將重要的情境線索組織成完整的知識架構，導致解題的效率下降。Burns & Vollmeyer（2002）也發現人在動態決策作業中的學習階段若沒有指派特定目標而能自由探索情境時，會使用較多的假設驗證技巧來探究解題的架構，並且能在學習過後較有能力完整描述情境架構，動態決策作業績效也比較好。本研究中對回饋所提供的提示因此將會設定在非指派特定目標，讓參與者在動態決策作業下透過提示能有較多探索情境的行為。透過 Sweller（1988）與 Burns & Vollmeyer（2002）的研究，顯示在人學習動態決策作業階段若給予適度的探索而不指派特定目標，有助於人建立該動態決策的知識架構，進而有好的決策品質。本研究採執行動態決策作業時不指派特定目標方式的提示設計，參與者將不被特定目標所限制，而預期有較多探索情境的行為。

然而在動態決策作業中進行自我回饋時，有無適當的輔助工具以減輕認知負荷，或有無足夠的休息時間讓人的認知系統可以整理相關的經驗可能也是決定回饋是否有效的因素。Beach & Mitchell（1978）用四種特徵來調整決策作業的問題的難度（如，熟悉程度、問題明確程度、複雜度、穩定程度）並操弄自我回饋的程度，他提供三種自我回饋的決策策略給參與者在面對不同難度的問題時自由

選用：1.提供紙筆讓參與者針對題目所提到的資訊做筆記。2.不提供紙筆用讓參與者有時間思考題目所給的資料。3.沒有任何輔助直接做決策。他們發現，人會考量自身對決策情境掌握的程度來選擇輔助策略，愈能掌握狀況的題目人會傾向使用紙筆針對題目所提到的資訊做筆記的方法來確保正確答題。Hey & Knoll

(2011) 的動態決策研究透過 2⁶ 的決策樹作業要求參與者使用策略來得到最佳報酬，實驗中提供所有參與者記下備忘錄以供後續回合的參考。Hey 等人發現備忘錄提供了實驗參與者回顧先前決策經驗的機會，也幫助參與者透過自我回饋來釐清問題架構。因此在本研究中我們將「有無自我回饋」分為三個水準，一為使用紙筆進行手寫筆記自我回饋，另一為放聲思考進行自我回饋，最後則是無自我回饋等三個水準，探討自我回饋類型對於動態決策績效的影響。

休息對於學習的功效已有相當多的證據，例如學習階段過後的休息時間內，大腦會持續進行經驗的消化吸收。Gonzalez et., al. (2003) 的淨水槽排水作業研究也發現，同一批實驗參與者經過一天時間的休息後再次操作相同動態決策作業時，決策績效比第一天的起始回合表現要好很多，甚至只比前一天最後一回合的績效略差，說明除了當天的大量動態決策作業練習出現了學習效果以外，休息也讓大腦認知負荷休息並重新整理知識，因此隔天新一回合的決策做業績效比前一天第一回合要來的好。黃富源、洪瑞雲、廖家寧、呂柏輝 (2007) 的研究透過電腦模擬的方式探討牧場管理動態決策作業中的決策績效受休息的影響，他們讓 164 位大學生經營牧場管理系統，透過控制每年欲畜養牧群的數量來推測牧草與

牧群之間的關係。研究中操弄有無自我回饋、是否休息（1分鐘）、輔助資訊對動態決策績效的影響。結果發現，休息與自我回饋間有交互作用，自我回饋的效果只有在有休息的情況中出現，顯示人在自我回饋時的認知負荷藉由休息得以緩和與消化吸收，並在休息過後產生學習效果，表現在往後的動態決策作業績效上。

Tambini & Davachi (2010) 的研究則由認知神經的角度探討休息對大腦運作的影響，他們在實驗過程中隨時偵測參與者腦部血氧濃度的變化，發現參與者在接受各種圖片配對的記憶訓練之後的休息時間（8.4分鐘），他們腦中處理經驗記憶的海馬迴與休息前圖片配對所引發相關腦部區域的血氧濃度消長繼續維持高度相關，這個高度相關的區域在後來的記憶測驗（圖片配對的再認作業）中有較佳的績效，證明休息時大腦仍然持續對先前經驗消化吸收，並且有助於學習的表現。由於黃富源等人（2007）的研究顯示休息對於學習是有幫助的，因此本研究進一步將探討休息時間長短對於動態決策作業績效的影響。

研究問題與假設

本研究的目的，在於探討人在進行動態決策作業時，自我回饋的輔助方式與休息。透過前述討論發現，人的學習傾向不做自我回饋，但自我回饋在電腦系統的模擬上出現很大的效益，並且不同程度的自我回饋效果也不一樣，因此本研究欲探討決策者自我回饋程度對於動態決策作業績效的影響。決策與決策之間的休息會促進大腦對經驗的消化吸收，休息過後所出現的學習效果對決策績效的進步

也有幫助，且自我回饋後的休息更能幫助人增進學習成效。然而休息時間長短對於學習效果是否有影響則仍待驗證，因此本研究另一項議題欲進一步探討休息時間的長短對於動態決策作業績效的影響。

本研究的問題與假設如下列敘述：

問題一：有無自我回饋是否會影響人們在動態決策時的決策績效？

假設一：有自我回饋會提升人們在動態決策時的決策績效。

問題二：休息時間的長短是否會影響人們在動態決策時的決策績效？

假設二：休息時間長會提升人們在動態決策時的決策績效。

問題三：有無自我回饋、休息時間長短間的交互作用是否會影響人在動態決策時的決策品質？

假設三：有無自我回饋、休息時間長短間的交互作用會影響人在動態決策時的決策品質。

變項定義

自變項：

有無自我回饋：指實驗參與者在動態決策作業中進行 5 回合的遊戲後是否能掌握此作業的情境架構（2 分鐘 × 4 次）。

分成三種情境：

情境一：提供紙筆輔助回顧先前決策經驗，且先前的紙筆整理可同時參考。

情境二：不提供紙筆輔助回顧先前決策經驗，以放聲思考方式回顧先前決策經

驗。

情境三：無回顧先前決策經驗，相同時間實驗參與者需從事與原本動態決策無關的認知作業。

休息時間的長短：指實驗參與者進行 5 回合的決策作業過程中給予 0.5 分鐘或 2 分鐘的休息時間（0.5 分鐘 × 4 次，或 2 分鐘 × 4 次）。

分成兩種情境：

情境一：實驗參與者進行五回合的動態決策過程中有 0.5 分鐘休息可不需進行任何認知作業。

情境二：實驗參與者進行五回合的動態決策過程中有 2 分鐘休息可不需進行任何認知作業。

依變項：

實驗參與者在動態決策作業中的決策品質，由以下方式評估：

動態決策作業績效：

計算時限內未排出的水量為績效表現，累積水量愈多則代表動態決策作業績效愈差。

問卷：

了解參與者對此動態決策作業的決策參數與決策情境掌握程度。

第二章 文獻探討

動態環境中決策所需的認知作業

人為了達成目標，要從多個可能的行為選項中選取最適當的行動，這樣的選取行為稱為決策。動態決策則是指決策行為所產生的後果，會造成狀態的改變，形成新的決策情境，且隨時間有不斷的改變，決策者需要不斷的對這些新的情境再做決策。動態決策中，影響決策後果的決策因素間的因果關係可能是隱晦不清的，人必須在線索不足或對情境知識不完整的情況下做決策，並處理每一決策之後所產生的情境的變動（Endsley, 1995）。

生活中的決策大都是動態的，每一個決策都會產生情境中的變化，而形成新的決策狀態，例如電腦模擬的生態控制系統中，決策者的作業為控制非洲自然景觀，調整動植物的生存條件，目標在使原生物種數量得以提升。他們所做的每一個決定都朝向同一個目標（使原生物種數量提升），但並非每一個決策都可得到立即回饋，且決策之後的情境可能不是當初所預期的，因此為了繼續朝目標邁進，決策者必須對生態系統的資源再做調整。這類動態的控制系統牽涉複雜的回饋歷程，如：正負回饋歷程（原生物種的立即增減）、延遲回饋（經過一段時間後原生物種的增減趨勢）等，決策者必須根據回饋修正他的下一個決策行為，使未來的決策結果更接近目標。

在動態環境中做決策，首先必須了解由環境線索中所透露的訊息，從眾多的外在環境訊息中整理出決策所需要的元素。這樣的過程中須要運用到人的認知資

源中的注意力、工作記憶與長期記憶中的知識，這幾種腦中的認知資源幫助我們掌握外在環境中的規則性，進一步推測影響決策表現的相關因素，這樣的認知歷程稱做情境評估（situation assessment）。Endsley（1995）以情境覺察理論來說明人與動態環境互動時的認知歷程。情境覺察的定義是察覺時間與空間中的環境細節，了解它們的意義（即情境評估），並將知覺到的現況去預測不久的將來，以作為決策的依據。決策情境中的「情境線索」與「時空」是外在條件，觀察者需要偵查並了解那些環境細節是需要被注意的。另外，人對情境的理解並不是瞬間獲得，須對環境有一段時間的觀察來整合事件前後的關係，因此時間變動下的空間相對位置也是幫助人了解情境重要的一環。情境覺察包含知覺、理解、預測三個階段，而這三階段所需注意的情境線索與時空知識並不相同。Endsley（1995）提出的情境覺察三個階段解釋如下：

第一階段：知覺。對情境中線索的知覺過程而言，注意力是一個重要的因素，環境中的一些知覺刺激，在前注意力階段即可能開始運作，抓取人的注意力，如空間相近性、顏色、外型特徵、移動等，提供線索給注意力以進行知覺辨識。但並不是所有注意力自動抓取到的線索都需要被進一步處理，因此動態決策中情境覺察第一階段知覺的工作便是篩選資訊。

第二階段：理解。人的認知系統透過長期記憶中的知識將知覺的資訊加以整合的過程稱為理解。動態決策作業中，對於情境的理解程度高低決定了決策者對決策作業整體運作模式的掌握程度。對情境理解程度高，則較易判斷事件的前因

後果，較能有多餘的認知資源投注在決策行為的判斷，甚至有餘裕可以對每個行動的後果進行評估。所以將知覺到的環境訊息篩選與整合，試圖了解外在系統運作的樣貌，就是動態決策中情境覺察中第二階段—理解。

第三階段：預測。了解系統運作狀況之後，決策者會將注意力放在推估可能的決策行為，決定採取何種行為能夠滿足決策者所設定的目標。因此情境覺察的第三階段為預測，根據已經了解的系統現況搜尋可以達成目標的決策方案，並根據方案推估執行後的可能結果，而後選取眾多方案中的最佳可行解。影響預測階段的因素有很多種，但通常都和人的認知資源有限有關，如壓力、短期記憶容量、工作負荷等（Endsley, 1995）。

Endsley 指出在動態決策中，知覺、理解、預測這三階段並不一定逐步執行，也就是決策者不一定要知覺充分後才進行情境理解，也不一定是在充分理解情境後才做預測與評估。這是因為人的認知系統在資訊不足的情況下仍可能提供一些參考線索，例如長期記憶中的心智模型，可幫助決策者透過局部特徵比對來猜測了解情境，以便執行反應。這些心智模型的建立是決策者經驗累積出的特定規則與架構，存在長期記憶中以供取用比對。這樣的認知機制的好處是能讓類似的決策速度加快，在高度熟悉的環境下可得到不錯的決策品質；缺點就是當情境陌生或情境線索極為不足時，心智模型比對便很容易出問題，所做的決策可能無法因應該情境，而產生了偏誤。此外，過於熟悉的環境也可能因為太快完成情境與心智模型的比對，導致忽略了某些特殊的細節而造成決策失敗。

由 Endsley (1995) 的情境覺察模式可推知在動態決策作業中，決策錯誤的原因分別為：

在第一階段的知覺歷程中，錯誤來源為漏掉了某些重要的情境線索（或接收不完整），也就是 Sweller (1988) 認知負荷理論中所提及人在接收過多訊息的情形下導致無法處理與利用所有資訊，造成遺漏重要訊息而誤判情境。另外，人本身也會對訊息辨識錯誤，辨識錯誤通常出現在人由上（長期記憶的知識）而下（情境線索）的辨認歷程時，將情境線索作錯誤辨識的情況，可能把沒有出現的訊息誤認為有出現，或把已經出現的訊息遺漏掉。以 Wickens (1984) 提出訊號偵測理論（signal detection theory）來解釋，辨識訊息上出現遺漏，誤判時會產生誤警（false alarm）的情況，誤警指的是人將沒有出現的刺激訊息判斷為有出現而做出不正確的回應。遺漏重要情境線索與訊息解讀錯誤的兩種情況，都是造成第一階段知覺歷程中發生錯誤的原因。

在第二階段的理解歷程中，對訊息意義的解讀錯誤主要來自長期記憶中是否有相關的知識能對情境加以詮釋。缺乏知識的新手對情境線索沒有足夠的知識去整合心智模型，導致情境覺察能力降低（如，Fischer, Orasanu, and Montalvo, 1993）。但老手也可能犯錯，因為他們在過去為單一情境發展出一個心智模型，若未來情境更新，將使此心智模型不完全適用。決策者若不察，仍依照情境線索中某關鍵訊息而從記憶中選擇了一個不適當的模式來解釋此情境，將會導致錯誤（如，Mosier and Chidester, 1991）。此外，即使決策者選對了因應的心智模型，

還是有可能出現決策錯誤，例如同時收到兩種警告訊息時，決策者雖可能處理了其中一個問題，但仍可能因認知資源有限，無法理解兩種警告訊息同時發出的背後含意，而使用錯誤的策略去解決問題。另一種錯誤來自過度依賴心智模型，情境模式是被認知者簡化後的一種心理表徵，並非所有相似的情境線索都適用某個情境模式，因此決策者須具備辨認情境線索是否適用該模式的能力。

第三階段的預測歷程，即使是專家也都會先預估未來將發生什麼情況，才能著手規劃決策行動。預測歷程與情境的心智模型健全程度有關，即使決策者對情境中資訊的解讀與了解皆完整，但若沒有據以建立完整的心智模型，則很難做到對現況與決策行為做預測。專家與新手的差異在於他們對決策環境熟悉程度的高低不同，因此對此情境所擁有的心智模型成熟度上有差異，決策績效也因而不同。

由Endsley（1995）的觀點可了解對特定情境心智模型的完整程度，會影響認知資源在該動態決策作業中的注意力分配情形。人若是心智模型較完整，便能夠減少辨認外在環境狀態上所需要的注意力，也就是有較多的能力可以做決策、推理運算；若對動態決策作業情境的心智模型不完整或缺乏，那麼決策者就必須運用較多的注意力在辨別環境中的因子，以確認現在的狀態以及環境所表達出來的意義，用於決策、推理運算的認知資源就會減少。因此，建立對動態決策作業情境較完整的心智模型，使認知資源有多餘能力做運算，在需要大量認知資源的動態決策作業中，是很重要的。另外，過度依賴心智模型所造成的決策錯誤，是

因為誤用了心智模型的代表性，認為該情境適用某種決策處理方式，因此除了建立健全的模型之外，決策者也應具備調整模型彈性的能力，來修正模型以正確描述外在真實系統，避免誤用的情形。因此，動態決策作業中心智模型的健全程度，決定了決策者在面對動態決策作業時，對動態系統的觀察、了解、預測評估的完整性，只有在對情境因素有完整的了解，才能有效控制動態系統，作業績效也才會提升。

Osman (2010) 回顧動態決策相關研究後指出，認知學者對動態決策作業中情境模式建立的認知歷程有五種不同的 (complex dynamic control task) 理論：實例學習、假設驗證、自我調適、專家決策、運算：

1. 實例學習 (exemplar-instance-learning accounts)

動態決策的作業可視為以實例為基礎去掌握通則的一種學習，也就是目標導向的學習。剛開始面對一模糊不清的情境時，人會不斷的嘗試錯誤，並且依賴成功案例當作參考，從成功案例中找出決策相關的情境屬性與回應方式。成功的例子會被放入長期記憶裡並且加以歸類，形成像查表一樣的心理分類或知識結構以方便日後抓取。但案例學習通常是在意識以下所形成的隱性 (implicit) 學習，學習者無法從記住的範例中提出明確的規則 (Berry & Broadbent, 1984, 1987, 1988)。

Gonzalez 等人 (2003) 以 Simon and Langley (1981) 的實例學習理論 (Instance - Based Learning Theory)，進一步探討人以實例學習來解釋動態決

策成功案例的學習機制，他們發展一淨化水槽排水的電腦模擬作業系統（water purification plant）作為動態決策作業，請 14 位實驗參與者進行 18 回合動態決策作業，每天連續執行 6 回合（中間無休息）共三天，依據他們的表現建立參與者在此動態決策作業中的學習曲線。他們另以使用電腦程式規定運算條件來執行此排水作業，目的是讓電腦模擬 14 個人各執行 18 回合的排水作業，使經過編寫執行的決策結果與 14 為參與者在淨水槽排水作業系統中的學習曲線盡可能符合。電腦程式的運算條件可調整 IBLT 中的四個步驟：識別（recognition）、判斷（judgment）、選擇（choice）、回饋（feedback），研究發現當電腦程式運算條件控制在 A、識別：前兩回合作業採用隨機挑選水槽進行排水，第三回合後改從離排水時限點最近的水槽進行排水。B、判斷：從先前決策中找相似的決策情境。C、選擇：系統會提供前 60 分鐘內的決策情境可供比對。D、回饋：無決策後回饋，在這些限制條件下，電腦的表現最接近人的學習曲線，顯示人處於動態決策情境時，剛開始時因記憶中無相關資訊可參考，決策者會採取隨機決策，等到決策者了解運作機制後（有經驗了），便會找離時間點最近的決策成功線索當作決策參考，而當有限的記憶裡可被搜尋的決策經驗與目前決策情境相似度愈高者，便愈容易被提取做為決策依據，且當人的內心形成一個可依循的成功案例後便不會再考量決策後果來修改內心已經設定好的成功案例（如，電腦程式若設定為無回饋系統表現會比系統中含有回饋，其表現更接近決策者的學習曲線，甚至系統在

有回饋的情況時績效表現竟可達到最完美的境界)。另外，該研究中的參與者第二天與第三天的第一回合績效皆高於前一天的第一回合，意味參與者當天的動態決策作業結束至隔天執行下一回合之間的休息有助於學習，這個現象顯示休息對於學習是有幫助的，且參與者每天執行不休息的六回合皆有績效提升，顯示人在動態決策作業中即使處於沒有休息的情況，雖無法進行有意識的認知整合，但成功案例的學習仍在嘗試錯誤中得到歸納，這也顯示案例學習是隱性學習的一種。本研究的目的即在進一步以實例學習的方式，探討有無自我回饋與休息對動態決策的影響。

2. 驗證假設 (hypothesis-testing account)

動態決策也可視為是一連串假設驗證的行為，例如開車到某個目的地，駕駛者必須隨時觀察路況，做出對路況的回應。這過程便包含觀察現況與假設未來狀態並做出行動，行動過後所造成的新路況可用於驗證先前駕駛行為是否正確，並再次做出行為來修正未來情境，這樣的問題解決過程持續循環直到駕駛者到達目的地才算完成目標。

驗證假設的運算需耗費認知資源，動態決策作業在完成目標之前的持續驗證假設過程，其認知負荷的累積更是龐大。如此，有經驗的人能將眾多訊息有技巧的整合來減低運算的負擔，沒有經驗的人則可能被眾多不熟悉的動態系統訊息佔用了大部分的心思而無法有效執行動態決策作業。

Sweller's (1988, 2002, 2005) 的認知負荷理論指出，問題解決是一種目標導向的認知活動，目的在決定達成目標所需的動作，行動是為了要縮短現況與目標之間的距離。而動態決策就是一連串的問題解決，人必須不斷的比對與驗證每一行為後所產生的新情境與目標之間的差距。亦即，目標導向的行為是經由一連串的假設與驗證，排除不成功的行為，保留成功的路徑。但 Sweller 發現，人在驗證假設的過程中若認知負荷增加，學習較佳解決策略的效果將會下降，且學習者也比較無法有系統的將知識做整理。Sweller (1988) 為了探討解決問題時增加認知負荷的程度對於人學習問題解決策略的影響，他請24位15-16歲的學生學習解答三角函數問題，在實驗參與者了解基本三角函數概念後，便請他們解答六個利用三角函數求得邊長的問題，若五分鐘內無法求得解答則公布該題正確解法。每位參與者在第二題到第六題的開始之前皆被要求試著將上一題重新以更好的方式解答（即第一題到第五題需重新求解），且不限時間可以仔細思考直到認為自己無法提出更好的解法（前一題不會回答者在進入下一題之前會提供最佳解法，因此跳過此步驟），這個步驟的用意在使參與者透過程序的操弄持續進行現況與目標的評估並做決策來拉近兩者之間的距離。實驗中他將24位學生分成兩個組別，一組是需要求出特定邊長的組別，另一組則沒有特殊目標而只是告訴它們盡可能求出所有邊長。所有人皆不需計算只需列出算法即可。Sweller 發現，所有參與者的解題時間、計算錯誤次數、重新求得較佳解的解題時間皆隨題數下降，完

成題目的人也隨題數上升，有學習效果，但從參與者在全部題目中所犯的各種錯誤裡，發現無特殊目標組別的錯誤都比特定目標組少，顯示無特殊目標組別的參與者在連續六題的解題過程中所建立的解題知識架構比特定目標組要來的完整。同一個研究中 Sweller 利用二次解題的操弄來引導參與者利用驗證假設來學習解題，他發現認知負荷較輕者（無特殊目標組別）比認知負荷較重者（有特定目標組別）更能有餘力建立較完整的解題架構，顯示認知負荷較重者注意力集中在特定目標而疏於觀察解題環境中觀察其他線索，而這些被忽略的線索當中可能有成為解題架構須具備的知識。

而 Burns & Vollmeyer (2002) 引用 Klahr & Dunbar (1988) 的 dual-space (hypothesis space and experiment space) 理論，將動態決策作業分成兩個向度，一為在規則空間 (rule - space) 中搜尋，找出決策中情境的因素以建立決策規則。另一為在案例空間 (instance - space)，應用法則去產生新的案例，以測試法則的正確性。

Burns & Vollmeyer (2002) 以兩個實驗探究學習階段沒有被指派完成特定目標的人，是否會在動態決策作業中傾向使用驗證假設的技巧來探索情境，並且在學習過後較有能力完整描述情境架構。Burns 等人在第一個實驗中操弄解題目標的明確程度（特定目標、非特定目標）與知識（有相關知識、無相關知識），預測在決策作業的學習階段沒有被指派特定目標的參與者（視為人處於較有能力探索規則的規則空間），進入解決問題階段時的表現績效

應該比學習階段就指派特定目標（視為人處於以成功案例當作學習典範的案例空間）的參與者要好。動態決策作業為控制鹽、碳、石灰等三種元素來調整水中含氧量、氯濃度、溫度等三個指標。實驗一有三個階段共四回合（第一階段兩回合，其餘階段各一回合），每一回合有六次試驗，每次試驗的三個指標起始值皆相同，第一階段為學習階段共有兩回合，特定目標的31位參與者在此兩回合被要求達成特定水中含氧量、氯濃度、溫度，非特定目標的32位參與者在此兩回合則是隨意探索各元素與水中含氧量、氯濃度、溫度間的消長關係。所有參與者在兩回合結束後皆須畫出三種元素與三個指標之間的消長關係連結。第二階段為一回合的測驗，所有參與者皆須透過三種元素將水中三個指標的含量控制至規定數值；第三階段為一回合的測驗，參與者須將三個指標調整至新給定的數值。實驗一的三個階段的依變項評分方式為：第一階段的依變項為「結構分數」，將參與者對三元素與三指標之間消長關係所畫的鏈結評分，計算正確連結的正分與錯誤連結的負分，最高上限為3.0分，用以評量參與者對元素與水質指標變化的架構；第二階段的依變項為「錯誤分數」，將每次試驗中參與者調整各元素輸入值後的水質變化與目標之間的差距作評分，分數愈低表示表現愈好；第三階段為「目標轉換時的錯誤分數」。實驗一發現學習階段沒有特殊目標需要完成的參與者組別，在第二階段解題表現較學習階段有特殊目標需完成的組別績效要好，所犯錯誤分數也較少，當實驗進入最後一階段的轉換指定目標，非特定目標組參與者績效仍

然持續進步，錯誤分數也持續下降，特定目標組別的參與者反而有些微退步的跡象。此結果顯示非特定目標組別的參與者在學習階段因不受限制自由探索，藉此得知較多水質控制的相關細節與整體結構，而特定目標組別的參與者在練習階段因指派達成特定目標，而使他們的注意力著重於成功控制水質的案例，因認知負荷較重而較無多餘心力觀察其他細節。當兩組參與者練習過後接受特定目標需達成時，練習階段能自由探索的非特定目標組別便能有較好的表現。

Burns 等人的第二個實驗在驗證非特定目標的組別在決策作業中所使用的驗證假設的情況是否較特定目標的組別來的多，實驗中操弄目標的明確程度（特定目標、非特定目標）與提供的輔助資訊類別（提供正確元素與指標之間關聯但錯誤消長數據、提供正確元素與指標之間關聯但無提供消長數據），請80位大學生在實驗過程被要求使用放聲思考（think aloud），並全程錄音以供事後分析。Burns 發現實驗二的學習階段，非特定目標組比特定目標組別對待解問題的架構了解較完整（與實驗一結果相同），且非特定目標組在只有提供元素與指標之間關聯而無提供消長數據的情況下表現比提供錯誤資訊表現要好。另外，Burns 將參與者的放聲思考區分為兩個向度：一為達成目標，另一為學習決策作業，其中決策作業又區分為驗證假設（例，我想確定降低石灰質含量是否會提升含氧量）與不預期未來狀態的驗證（例，我想知道隨意改變鹽分會造成什麼結果）。從參與者的放聲思考中發現非特定目標

組別的驗證假設使用情況比特定目標組別要來的頻繁，且非特定目標組別在學習的一開始傾向使用較多「不預期未來狀態」的驗證，而學習的後段傾向使用較多驗證假設。由Burns 的兩個實驗顯示人在決策學習階段若無指定完成特定目標，並能夠自由探索決策環境，將比被指定完成特定目標的人在探索環境時使用更多的假設驗證來了解情境，且較能夠建立決策問題的知識架構。

以動態決策來說，從學習知識架構到解決問題皆可視為一連串驗證假設的行為，好的決策品質取決於對決策情境架構的了解，才能夠在一連串的決策行為中發現決策後果間的變化，而決定下一步行為，所以建立對決策情境完整的架構，在學習階段就需要下功夫。透過 Sweller (1988) 與 Burns & Vollmeyer (2002) 的研究可以發現，決策的學習階段給予學習者一段時間自由探索並且不限制達成特定目標，有助於學習者建立較完整的決策情境架構，且此架構是透過持續對情境驗證假設而來。因此本研究中的回饋操作將以不指定特定目標的方式來設計。

3. 自我調適 (self-regulatory accounts)

Bandura & Locke (2003) 與 Vancouver, More & Yoder's (2008) 自我效能 (self-efficacy) 的調整與目標導向的驗證來看待動態決策中的學習。

目標導向的行為使人著重在行為的質 (自我效能) 跟量 (時間、影響等等)，用以評估行為與目標之間的關係，衡量預期中的狀況跟現在情況的差異，

並偵測錯誤的地方在那裡，再用行為去回應，此歷程與動態決策在驗證現況與目標之間的差距是一樣的 Bandura & Locke (2003)。Bandura 的社會學習理論 (Bandura & Walters, 1963) 主張觀察學習 (observational learning) 與替代學習 (vicarious learning) 是人在社會情境中獲得學習的機制。觀察學習是以旁觀者的身分觀察別人的行為表現所得到的學習，替代學習則是從觀察別人行為的後果而學得新的學習。這兩種學習都是從觀察生活中的案例為出發點的學習，這和動態決策作業中，從觀察成功案例所得到的學習是相似的。

Vancouver, More & Yoder's (2008) 的自我效能研究，讓實驗參與者進行電腦施測的滑鼠追點目標遊戲，參與者使用滑鼠游標追點在螢幕中隨機變換位置的方塊，他們在實驗的練習階段過後進行四次正式試驗，每次正式試驗前會將參與者需要追點的方塊大小公布在螢幕上，並要求參與者按照先前的操作經驗來評估這次追點目標所需的時間，用以衡量參與者自我效能與遊戲過程動機的增減。他們發現，若參與者評估追點方塊所需時間與自身實際表現相當或游刃有餘則自我效能 (自信) 與動機提升，參與者會在下次試驗中追求進步；相反的若參與者實際表現達不到自身評估追點方塊所需的時間則會尋求其他方法來使自己進步，若在各種方法都無效的情況下則參與者自信與追求進步的動機都會下降。動態決策作業的認知過程與自我效能認知運作相仿，一連串的決策過程會因結果的良莠而引起動機增減，並做行為的取捨—抑制錯誤決策行為及增強正確決策的行為。

4. 專家決策 (expert adaptive decision making)

動態決策中人對問題的掌握是來自他對決策情境的辨認，而辨認的技巧與績效好壞取決於當事人對情境熟悉的程度，就這部分而言，熟練的動態決策認知運作和專家決策是相似的。專家是一群對特殊情境有高度知識與經驗的人，其記憶中所擁有的問題解也較多。專家在特定情境的熟練程度使他們對於決策情境中的問題較能辨識與整合，如此可大幅減少工作記憶的負荷，增加可用的認知資源面對等待解決的問題，因此專家在特定領域上比新手表現要好得多。由此觀點來看，動態決策作業中影響決策績效的主要因素之一即是相關情境的解題經驗。

動態環境中，決策者若是對相關情境的認識不足，便無法確定哪些情境線索需被採納與參考，因此人對環境不確定感的高低便影響了動態決策的品質。Lipshitz & Strauss (1997) 的研究由 1960 年到 1990 年之間的 14 篇描述人對所處情境感到不確定的定義的文獻，整理出對不確定性的 16 種類別，要求來自以色列國防大學教職員 102 (官階分部由將軍至中校) 名詳細描述自己所遇過的不確定戰略情境，並請他們評量自己的描述與前述 16 項不確定性中的何者較為接近以及應對方式為何。Lipshitz 等人由參與者的評量反應整理出人對情境的不確定區分成三種類型：認識不足、訊息不完整、無法區別差異，並發現以將軍至中校官階的高低當作分級專家與新手的依據，則官階愈

高的參與者在解決戰略問題時的分析策略較有經驗，較能將情境做重點式的分析，找出解決戰略情境的關鍵因素。

Kirlik 等人（1993）以 Human - environment interaction model，主張動態決策作業中人與環境的互動是循環與動態的，但對於環境解讀的程度則關乎個人的能力限制（工作負荷、經驗、工作記憶容量、最佳決策）。他的動態決策作業為飛行員完成指定攻擊與載貨任務，操弄兩個變項，一為一人一組或兩人一組，另一為從事 20 次訓練或 100 次訓練。研究發現兩人一組的飛行員從事 20 次的攻擊與載貨任務訓練的最佳成績高於一人一組從事 20 次訓練的飛行員，但兩人一組從事 20 次訓練的最高成績仍然低於一人一組從事 100 次訓練的最高成績，且兩人一組從事 100 次訓練的最高成績僅略高於一人一組從事 100 次訓練的最高成績。Kirlik 等人認為這個現象可能是因為兩人一組執行同一項作業時，每人負擔的注意力資源減少，同樣 20 次的練習，績效進步的情況較一人時高，也就是兩人一組有較多的能力處理此作業，不過兩人一組最高的分數還是低於一人一組經過 100 次訓練的最高成績，表示訓練的次數增加讓參與者更能了解情境結構，且練習次數多會幫助參與者建立此動態決策作業的心智模型，使參與者的表現能達到一定的熟練程度。

5. 運算（computational accounts）

目前有些學者嘗試以神經元運作模式，探討人在動態決策作業中的學習歷程。例如 Gibson（2007）發現動態決策中的行為結果與目標之間的比對作

業，以及自我驗證的行為，與神經網路訊號輸入輸出的回饋相似。Gibson從神經網路的輸入與輸出的模型中提出兩個有關決策的歷程，一為行為(action)模式，一為前向推理(forward)模式。行為模式指人會參考環境現況的輸入資訊做出行為決策，而前向推理模式指經由推理找出行為的可能後果，再與實際決策後所得結果做比對，產生對與錯的回饋訊號，用於修正下次決策，這一連串步驟都是重複且循環的遞迴過程。此兩歷程與動態決策認知運作—觀察前一個行為決策後果與情境線索現況來進行當下決策，並重複此過程直到完成目標—是相似的。

動態決策作業的參與者做出行為決策之前也會考量事件發生機率，而決策後果也會修改事件發生機率而成為下次決策的參考依據，發生機率愈高的事件案例就愈常被決策者採納，此過程類似神經元路徑的活化。Busemeyer J. R., & Townsend, J. T. (1993, 2006) 指出人會考量行為後果發生的機率當作決策依據，由於不同時間點的決策可能產生不同後果，因此決策者在這樣的決策場合中必須考量後果與風險的發生機率，並且將決策產生的後果用於修正先前對發生機率的看法，且反覆這樣的過程來完成目標。

Osman (2010) 由上述五類對動態決策的觀點中歸納出動態環境中影響決策的兩個因素：監視、控制。他以「動態系統的監視與控制架構(Monitoring & control (MC) framework)」來解釋人在動態系統中做決策時的認知歷程。在MC架構下，動態決策行為包括：監視、控制、持續追蹤決策行為與環境變化之間的關係。監

視 (M) 所指的是決策者觀察自己在動態情境中的運作歷程，並且追蹤自己為了完成目標所做的決策與決策所得後果，用以建立對情境的理解，以提供後續決策的參考依據；而控制 (C) 所指的則是利用「監視」所得到對情境理解，應用過去與現況的訊息來判斷當下該做的決定，並且執行此決定；持續追蹤則將控制與監視串起，做為修正下一次決策的參考，形成動態決策完成目標前所需的循環。持續追蹤的標的是監視自己與控制決策的後果與目標間的差距，所以這部分也叫做自我監控 (self-monitoring)。因此監視、控制、自我監控等三要素組成了動態決策架構的主軸，處理動態決策中情境線索的不確定性。本研究認為動態決策中透過監視 (M) 清楚理解決策相關的情境線索，是影響決策績效的重要關鍵，因此本研究將從監視的角度探討影響動態決策情境理解的因素。

動態決策作業的困難之處在於情境因素中的不確定性影響監督與控制甚鉅，Osman將不確定性定義為「對環境的可預測性」與「對控制的可預測性」的高低程度。動態決策情境中不確定的程度高低會影響決策行為，高度不確定性的環境需要當事人對情境持續性的監視，低度不確定的情境僅需定期監視。監視情境的變化與人的控制決策行為是互相影響的。若人經驗到情境中的高度不確定性，他因對環境感到無法預測或不穩定，會導致其降低目標導向的行為而增加探索 (explore) 行為，以試圖了解環境的運作機制；低度的不確定性表示環境是可預測且穩定的，因此在情境突然有所變動時，決策者便還有餘裕判別好的策略來達成目標。

根據 Osman 的 MC 模式，人在動態環境中遭遇不同程度的情境不確定因素時，會有不同的監控行為：

監督作業與不確定性。動態決策情境含高度不確定時，人會依賴先前經驗做決策，或者使用過去成功案例解決問題，但這些方式難免有些偏誤，並且影響對於正確解決方式的學習；低度不確定的時候，因為與決策作業相關的訊息足以反映真實的情境，人會較少使用上述可能有誤的決策方法，但在低度不確定而高度熟悉的情境，人仍然可能出現過度依賴先前經驗的偏誤，此時將容易導致對於決策情境的誤判，或錯估失敗後果的嚴重性。

自我監控。在動態決策作業中，人必須隨時監控「行為—後果」的關聯是否出現異常，在高度不確定的情況下，人較無法成功分析行為—結果的關聯，而偏向記住成功的行為—結果的配對，但卻沒有找出規則，這樣決策者將無法知道何種決策情境適用此成功案例，一旦遇到成功案例以外的突發情境因素便容易導致失敗。

監督與控制的關聯。高度不確定的情況下，人在動態決策作業中會對回饋有較高的警覺與注意力，但卻無法順利推論行為與後果間的相關因素，因而在行為與回饋不一致的時候無法提出合理解釋，讓現況與目標之間的差距判斷出現問題。在低度不確定的動態決策情境下人對於行為與回饋的關注會下降很多，可能只有定期或不定期監督。但定期監督很容易錯失短暫出現的訊息而造成漏掉關鍵線索，進而可能產生錯誤決策。

本研究將從Osman (2010) MC 架構中的監視 (M) 角度探討影響動態決策情境理解的因素，一為回饋的方式，另一為休息。本研究欲探討動態決策作業績效與情境模式的關係，是否會因為不同的回饋方式與休息時間的長短而有影響，並試圖找出兩者之間的關係。

動態決策與回饋

由 instance-based learning theory 的角度來看，動態決策中SA (情境覺察) 能力的建立有賴人從所達成的案例中學習，學習的效果來自回饋--是否達成目標的資訊，回饋的目的是讓學習變得有結構，透過不斷自我驗證假設的方式將情境因素歸納，使其進入長期記憶與已知知識連結並建立基模或者心智模型，Sweller (1988) 的假設驗證即為連續考量回饋而決定下一步行為的決策，因此在動態決策情境中透過回饋來促進學習並形成較完整的SA，是許多研究的重點。

Beach & Mitchell (1978) 假設對決策情境資訊與自身能力 (自己是否有能力處理此問題) 愈能充分掌握的人，愈能夠在決策時深入推理來掌握成功解題的機會，若資訊嚴重不足的情況則愈傾向較少的或不推理。他操弄四種特徵來調整決策作業的問題的難度 (如，熟悉程度、問題明確程度、複雜度、穩定程度)，並提供三種不同程度的回饋輔助以供參與者面對不同困難度的決策問題時採用：

1. 提供紙筆讓參與者針對題目所提到的資料做筆記。
2. 不提供紙筆整理計算而讓參與者有時間思考題目所給的資料。
3. 沒有任何輔助直接做決策。

Beach 等人從參與者的行為中發現，愈能理解情境 (情境線索與自身能力) 的人偏好採用紙筆

針對題目所提到的資料做筆記的方法幫助自己解決問題的回饋輔助方式，當參與者較無法理解情境時偏好採用心算思考題目所給資料的回饋輔助方式，若參與者完全無法理解情境時則傾向使用不思考直接做決策。透過Beach等人的研究我們得知當人對決策情境熟悉時則有能力對問題做深入推理，本研究因此預測在人面對不熟悉的動態決策情境時給予回饋輔助，有助於人進一步了解不熟悉的環境，提升人對此動態情境的學習績效。

Hey & Knoll (2011) 的動態決策研究要求參與者進行四回合 2^6 (六層) 的決策樹作業，每一回合的第1、3、5個決策點由參與者做決策，第2、4、6個決策點由電腦做決策 (每條路徑分派出現機率相等)，所有決策點都只有兩種選項，參與者需觀察電腦決策後的走向當成下次決策的依據，經過六次決策點之後會來到結束點並得到該點的報酬數字，另外此程式提供記事本軟體輔助實驗參與者做紀錄、備忘，參與者可在1、3、5決策點輸入備忘以供未來剩餘回合自我回饋之用。Hey 等人於實驗過後將參與者的備忘錄所記下的決策過程與結果進行分類討論，發現參與者使用的決策策略有4種：1. 最小化負擔或忽略某些資訊。2. 前推式推理 (forward)。3. 後推式推理 (backward)。4. 混合使用前述三種策略。最小化認知負擔或者忽略重要訊的決策方式，指決策者沒有嘗試去理解現況或其他相關的資訊。而前推式推理是沿著決策路徑往後續走向推演的方式，是最快也最不花費認知資源的處理方法。此策略在四種決策類型中不會導致最差的表現，但無法求得最佳解。後推式推理的決策類型是從最後結果往前回溯來推得可能的決策

路徑，後推式推理又分為三種策略：1. 依賴過去經驗做全盤運算。2. 但決策參數中含有不相關資訊以理性決策過程來篩選。3. 簡化問題來降低所需了解的資訊。

混合使用前述策略的決策者沒有固定的決策模式，可能是發現目前處理方法無法解決問題就馬上換策略，或者對於自己正在使用的策略失去信心。在92位參與實驗的決策者裡，最小化認知負荷類型的人占了24%（22人），前推式占了34%（31人），後推式占了31%（29人），使用多種策略占了11%（15人）。Hey 等人從實驗參與者的備忘記錄中發現所有參與者在愈後面的回合所記錄下的備忘資料愈能描述決策架構，表示先前經驗對於了解決策架構是很重要的。

Beach & Mitchell (1978) 的研究發現人在解決問題時若對解題情境愈熟悉，愈能對問題做深入推理（選用較能深入推理的輔助回饋策略）；Hey & Knoll (2011) 的研究則提供所有決策者記下備忘錄於後續回合提供參考，使決策者有回顧先前經驗的機會，且備忘錄也幫助決策者透過自我回饋來釐清問題架構。但Gonzalez (2003) 以電腦模擬人類執行動態決策作業的研究中則發現，人在學習動態決策作業時並不會自我回饋來使自己更進步，且模擬人類學習曲線的電腦程式中若加入回饋功能則讓動態決策作業績效持續進步。由這些研究發現可知，人並不會把先前經驗進行自我回饋來建立較完整的決策情境架構，只有在動機或能力足夠的情況下，決策者才會透過回饋回顧過去的解題經驗。本研究因此預測若在動態決策作業中提醒參與者對自己過去的決策行回進行回饋，將可提升對動態決策情境的理解，進而提升動態決策的績效。

另外，黃富源、洪瑞雲、廖家寧、呂柏輝（2007）的研究探討影響動態決策績效因素之中，發現回饋的效果只出現在有休息的情況之中，表示回饋所帶來的學習效果需要輔以休息才能將知識構築，因此本研究的另一探討因素即為休息時間長短對動態決策績效的影響。

動態決策與休息

動態決策作業是持續一段時間的連續決策過程，在真實情境中可能持續數天數月或數年之久，在實驗室中動態決策作業的參與者通常要在1~2個小時之間進行數百次相同情境的決策，如Gonzalez(2003)的淨水槽排水動態決策作業研究，參與者在如此大量的重複練習下得到學習效果使績效進步，但更明顯的績效進步出現在第二天，同一批實驗參與者經過一段時間的休息後再次操作相同排水動態決策作業時，決策績效比第一天的起始回合表現要好很多，甚至只比前一天最後一回合的績效略差。黃富源、洪瑞雲、廖家寧、呂柏輝（2007）的研究以電腦模擬的方式探討動態決策作業中的決策績效受休息的影響。實驗中164位大學生的工作是經營一個牧場管理系統，透過控制每年欲畜養牧群的數量來推測牧草與牧群之間的關係。由於牧草與牧群的數量會互相消長，因此參與動態決策作業的大學生必須找出牧草與牧群消長的平衡關係並將牧群最大化。實驗參與者在系統中必須於每一年年初決定當年欲畜養的牧群數量，並觀察此設定下的牧草消耗情況，作為下一年年初考量畜牧數量的依據。實驗以20年為一個回合（即每回合有20次決策），進行10回合的重複練習，並在每一回合結束後操弄自我回饋的有無、

輔助資訊的有無、休息（1分鐘）的有無。研究結果顯示，參與者隨練習次數增加而出現了明顯的學習曲線。此外，階段 × 休息的主效果在每回合決策作業的後面階段才較明顯，有休息的組別偏離最佳決策的程度顯著比無休息的組別要低，可能是因為有休息的參與者累積的疲累有舒緩，因此在此回合的學習效果較佳，沒有休息的參與者則在每回合的後段感到疲倦而導致學習無法持續。自我回饋與休息間有交互作用，在動態決策作業中自我回饋對動態決策績效的效果只有在休息的情境中才出現，能舒緩認知負荷而減輕大量重複練習所帶來的疲累感，讓自我回饋的知識消化過程更有效。

休息在學習的效果已有許多的研究，最近認知神經學的研究也提供了休息時大腦會自動處理最近經驗的證據。 Tambini & Davachi（2010）使用fMRI儀器檢測腦中特定皮質區域與海馬迴的血氧濃度（BOLD），觀察人在接受記憶訓練的全部過程中，海馬迴與特定皮質間腦波活躍程度的相關性。記憶作業的材料是圖片配對，實驗流程的第一個步驟要求參與者休息8.4分鐘，隨後讓參與者觀看第一次圖片配對的記憶材料（物體+人臉）21分鐘，回憶作業後休息8.4分鐘，第一次休息過後再進行第二次圖片配對的記憶作業（人臉+場景）21分鐘，最後再休息8.4分鐘後進行回憶測驗，回憶測驗後實驗結束。他們全程以 fMRI 紀錄參與者實驗過程中大腦特定區域的腦波（海馬迴、腦皮質人臉辨識區、腦皮質情境辨認區、腦皮質枕葉物體辨認區）。研究發現，人在最初尚未從事圖片配對記憶作業的8.4分鐘休息期間所測出來四個區域的血氧濃度變化均無相關性或規則性。

參與者在從事第一次圖片配對記憶作業（人臉+物體的配對圖片）時，可從 fMRI 分析中發現參與者此段時間的腦皮質物體辨認區、海馬迴的血氧濃度有同步消長的情形，第一次圖片配對記憶作業結束後的8.4分鐘休息時間仍可發現腦中這兩個區域有高度同步消長情形。在第二次圖片配對記憶作業（人臉+場景的配對圖片）時，可從 fMRI 分析中發現參與者此段時間腦皮質情境辨認區、海馬迴的血氧濃度也和第一次圖片配對記憶作業時有同步消長的情形，且第二次圖片配對記憶作業結束後的8.4分鐘休息時間仍可發現這兩個區域有高的同步消長程度。Tambini 等人在 fMRI 量測程序都結束後，請參與者進行記憶測驗，辨認眼前的兩張圖片是否曾經在先前兩階段的任一階段圖片配對中出現過。從記憶測驗結果發現，參與者答對的測驗內容大多是第二次休息前接觸的記憶項目。他們由休息期間大腦海馬迴從事整理最近的圖片配對記憶作業的現象（兩階段休息時間皆有此現象），推測記憶測驗答對的題目多數為第二次圖片配對記憶作業內容的原因，是因為兩階段記憶作業海馬迴皆在8.4分鐘的休息時間將圖片配對內容編碼進入長期記憶，但第二階段圖片配對記憶作業的時間點較近，海馬迴將記憶編碼進入長期記憶的時間點也較近所以記憶提取較容易，記憶測驗答對的題數因此較多。

休息是學習中重要的一環，除了減輕學習狀態中的疲累感，也能暫時減輕人在決策時的認知負荷。無論是利用動態決策作業績效中加入休息的操弄，或者腦部血氧濃度的數據說明休息的狀態下大腦仍然持續處理先前經驗，都表示休息對於學習是有幫助的。既然休息能促進學習效果，本研究想進一步探討休息時間的

長短是否會影響學習進步的空間。

總結

動態決策的困難度在於人必須花費認知資源仔細觀察隨時變化的動態情境參數，並整理情境參數所代表的意義而下決策。過去對於動態決策績效的研究，通常在比較各種幫助人們學習的方法對於決策績效的改善，甚至從研究中發現了人在做決策時雖然會試圖朝最佳解的方向邁進，卻也會設法將自身認知負荷減少來減輕動態決策時需要考量眾多情境因素的壓力（如，不進行自我回饋），因而使決策績效進步情況達到某個穩定階段後就停滯不前。從 Osman（2010）對於動態決策架構—監視與控制的觀點可了解，影響動態決策品質最大的因素在於人透過監視（M）對決策情境理解的程度，人若對特定動態情境理解程度低表示對該情境的知識不足，進而影響到後續的控制（C），導致決策績效低落，因此本研究認為監視並充分理解動態決策情境，是影響動態決策績效的主要因素。以假設驗證的理論來看，人要從陌生動態決策情境中建立法則，需要透過不斷的自我假設驗證，建立法則後更要用後續的假設驗證來時時修正法則對於特定動態決策情境的適配性。若要讓人從陌生動態情境中建立的法則有較好品質，則決策學習階段時是否有較多自由探索的機會是關鍵的因素。另外，動態決策是一連串決策作業的執行過程，因此時間一長所累積的疲勞會惡化認知負荷的能力，無法由情境中的線索來獲得學習。因此我們認為適度的在動態決策作業中設置休息時間對動態決策情境的理解可能有幫助。

第三章 方法

實驗參與者

本研究為 3（對先前決策經驗進行手寫筆記自我回饋、對先前決策經驗進行放聲思考自我回饋、無自我回饋先前決策經驗）× 2（單次休息 0.5 分鐘、單次休息 2 分鐘）× 5（重複五次）的六種實驗情境，實驗參與者為 190 位新竹地區研究所與大學生。

但在設定每回合排水作業時間長度時發生一些錯誤，原本一回合的時間為 8 分鐘，在 190 位參與者中有 10 位參與者的每回合排水作業時間被調整為 5 分鐘因此予以刪除。其餘 180 人在 6 種實驗情境中的人數分別為：手寫筆記對先前經驗自我回饋且休息 0.5 分鐘的情境有 33 人、手寫筆記對先前經驗自我回饋且休息 2 分鐘的情境有 30 人、放聲思考對先前經驗自我回饋且休息 0.5 分鐘的情境有 29 人、放聲思考對先前經驗自我回饋且休息 2 分鐘的情境有 29 人、無自我回饋且休息 0.5 分鐘的情境有 29 人、無自我回饋且休息 2 分鐘的情境有 30 人。

為了減少組內變異的差距，我們將 180 位參與者的 900 筆數據（180 人 × 5 回合）中的 38 筆離群值（ $2 \geq SD$ ）刪除，並且以該情境該回合的平均值為替代。唯第 1 回合雖然也使用各組情境的兩倍標準差當作篩選依據，但因第 1 回合 180 位參與者並無接受情境操弄，所以採用第 1 回合的整體平均數作為該回合各組情境離群值的替代值，全部共替代 38 筆數據，佔 900 筆數據中的 2.4%。38 筆數據中，提供紙筆回顧先前決策經驗且休息 0.5 分鐘的情境佔 6 筆、提供紙筆回顧先

前決策經驗且休息 2 分鐘的情境佔 9 筆、放聲思考對先前經驗自我回饋且休息 0.5 分鐘的情境佔 7 筆、放聲思考對先前經驗自我回饋且休息 2 分鐘的情境佔 4 筆、無回饋且休息 0.5 分鐘的情境佔 7 筆、無回饋且休息 2 分鐘的情境佔 5 筆。

動態決策作業

本研究所使用的動態決策作業引用 Gonzalez, C., Lerch, F. J., & Lebiere, C. (2003) 的淨水槽排水作業系統 (Water Purification Plant)，此為一電腦程式模擬的排水作業，實驗參與者擔任排水管理的主控人，作業內容則是將各淨水槽的水在淨空時限內排出。在這個排水作業最重要的兩項因素是時限與排水路徑，不同的水槽有不同的淨空時限，實驗參與者要設法在淨空時限內盡可能將水槽內的水量減至最低或全數排出；而排水路徑也有長短之分，花太多時間在短程的排水路徑上，則會照顧不到長程的排水路徑而錯失淨空時限，造成過多需排掉的水量留在淨水槽內的決策失誤。這個模擬系統中，參與者可以自由選擇有水水槽，每個水槽有兩個排水幫浦，其排水幫浦開啟的時機。系統設定最多可同時開啟五個排水幫浦，開啟幫浦後，水會引導至後方儲水槽（若後方已無儲水槽則為成功排出），工作後關閉的幫浦有恢復期（恢復期的長度為 10 分鐘），恢復期過後才可以再次使用該幫浦或開啟其他幫浦；若後方儲水槽不只一個，則水量會不平均分布至所有水槽，此為系統決定無法由人工干預。實驗參與者的工作是選擇幫浦開啟的順序，在水槽淨空時限之前盡可能排出最多的水量。

此淨水槽排水作業中的系統動態部分為欲排除的水量（單位：桶），水量的

狀態會因為幫浦開啟而有減少的現象。此外參與者必須監控後方儲水槽狀態，若水槽後方還有儲水槽，則水會透過開啟的幫浦，往後方儲水槽移動，若後方水槽不止一個，則每座水槽接收到的水並不會呈均勻分布（系統決定），後方儲水槽中的水也必須在時間限制內排完，否則其水量計入未排完的水量中。此系統中第三層過後，只有四個儲水槽後方沒有儲水槽，其餘後方有數量不等的儲水槽（詳見圖 3-1）。

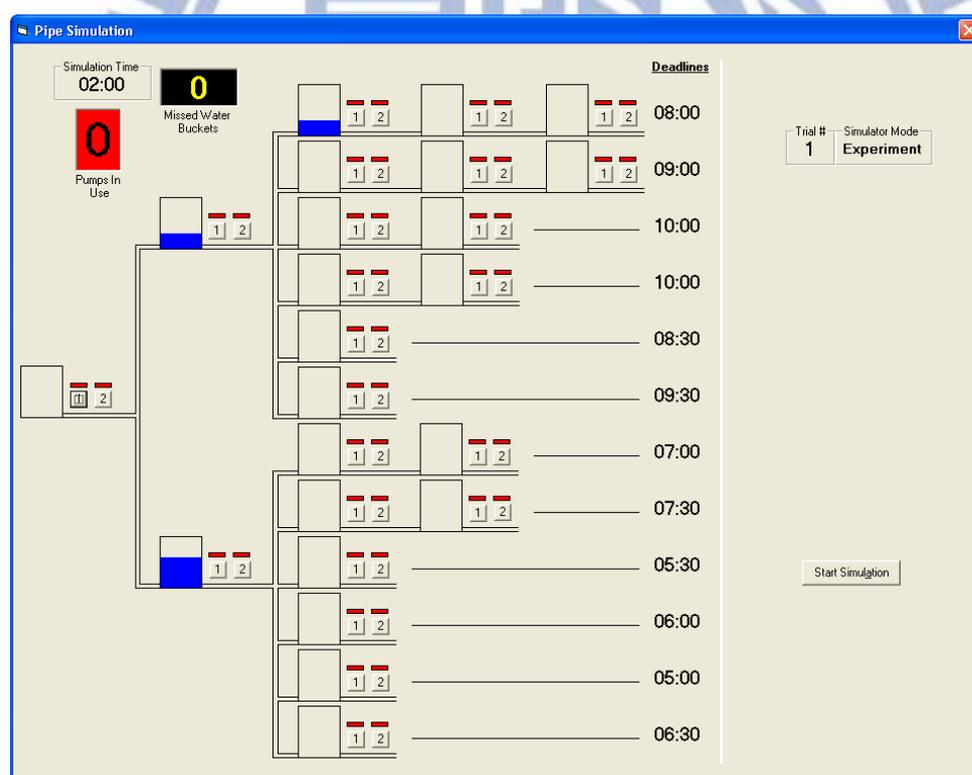


圖 3-1 排水作業電腦界面與水槽各層之間路徑圖

（資料來源：Gonzalez, C., Lerch, F. J., & Lebiere, C. (2003). Instance - based learning in dynamic decision making, *Cognitive Science*, 27, 591-635.）

此系統的另一個動態變項為尚未達到時限的水槽，即使已經淨空也會不定期增加水量等待排出（系統決定），參與者可同時開啟幫浦（呈現綠色）上限為 5 個，有水的水槽才能開啟排水幫浦。參與者可以將幫浦關閉，以讓出空間開啟其他的幫浦，系統也會在水槽淨空後將幫浦關閉，無論那種方式關閉，幫浦都會進入恢復期，處於恢復期的幫浦呈現黃色。雖然恢復期的幫浦本身不能再開啟，但卻能提供名額給尚未開啟的其他幫浦，參與者可利用此名額將尚未開啟的幫浦排序，呈現暗紅色等待開啟。等到某一幫浦的恢復期結束（呈現紅色），列隊等待的幫浦會自動打開。

水槽的淨空時限呈現於系統畫面最右側，當某一水槽超過淨空時限水仍未排空，系統會計算該水槽中剩餘需排出的水量（以桶計量），計入參與者的績效表現中，該水槽的剩餘水量參與者接下來仍可開啟幫浦排出，不會因為超過淨空時限就無法動作。給定的作業時間結束後，系統會將每一超過淨空時限需排出但未排完水槽的水量加總，此外還會重新計算所有水槽系統結束時剩餘需排出的水量作為績效評估，累計未排出水量愈多，績效就愈差，也就是先前超過淨空時限而未排出的水量，在績效評估上是會扣分的。此系統的時間以分鐘為單位來呈現系統狀態變化，模擬時間總長度為 8 小時，主試者能決定實驗在現實時間的長度（如，主試者設定現實時間 8 分鐘完成此排水作業，則現實時間一秒鐘代表系統的一分鐘，亦即 8 分鐘現實時間能走完系統時間 8 小時）。

淨水槽作業系統時間的一個回合為 8 小時，本研究設定每回合的現實時間長

度為 8 分鐘，實驗參與者總共會進行 5 回合的決策作業。

根據上述的系統設定，成績計算方式為累加到達時限的水槽需排出但未排出的水量，以及重新計算系統時間結束時所有未排完的水量。因此最佳決策是以優先考量水槽各自的時限，率先處理離時限最接近的水槽，並在時限內將水排空為原則，使得累計分數保持在 0 桶。

自變項的操弄

本研究進行的動態決策作業為參與者營造不達成特定目標的決策指示，因此實驗指導語將不會指示參與者去完成特定目標，僅要求他們盡力達到最好的表現即可。本研究的自變項操弄有兩個，分別為：回顧先前決策經驗、單次休息時間的長短。操作方式如下：

先前決策經驗的自我回饋方式

自我回饋的方式分為三個水準，分別為：提供紙筆對先前決策經驗進行手寫筆記自我回饋、使用放聲思考對先前決策經驗的自我回饋、無自我回饋。有提供紙筆對先前決策經驗進行手寫筆記自我回饋的參與者，在第一回合之後每回合決策作業開始前，實驗者都會以 2 分鐘為限，得到紙筆並且進行前面回合的決策經驗整理，實驗者會要求參與者回顧先前經驗中的困難點並自行分析可能性，問題為：1. 你認為如何才能使你的排水作業順利進行？ 2. 上一局中你是否遭遇到什麼困難？在下一局你認為該如何改善？此組別實驗參與者所使用的紙筆在回合進行時收回，但每次進行回顧都可參考先前的整理。以放聲思考對先前決策經驗

自我回饋的參與者，在第一回合之後的每回合決策作業開始前，實驗者都會以 2 分鐘為限，沒有提供紙筆，但須以放聲思考的方式回顧先前決策經驗並自我整理，本研究提出與有提供紙筆的組別相同的指令，要求實驗參與者回顧此作業的困難點並自行分析可能性，提示為：1. 你認為如何才能使你的排水作業順利進行？ 2. 上一局中你是否遭遇到什麼困難？在下一局你認為該如何改善？無回顧先前決策經驗的組別，實驗者不會要求受試者進行任何回顧決策行為的動作，而為了使各組實驗時間盡可能相同，實驗者會要求控制組參與者進行 2 分鐘找出文章錯字的搜尋作業，使他們無法思考與整理先前決策作業，用以平衡不同實驗處理下，實驗所花費的時間。

休息時間的長短

分為休息時間長的組別與休息時間短的組別。休息時間短的組別，實驗參與者每進行一回合的動態決策作業後，有 0.5 分鐘的休息時間；休息時間長的組別，實驗參與者每進行一回合的動態決策作業後，有 2 分鐘的休息時間。主試者以馬錶計算時間長度。

依變項評量方式

本研究的依變項一個是實驗參與者在淨水槽排水作業中的決策表現，在本研究中以時限內未排出的水量來定義決策品質，無法在淨空時限排出的水量愈多表示績效愈差。超過時限而未排除的水量將被系統累計，在操作介面裡總共有 12 列淨空時限 (D_i)，且淨空時限並沒有照順序安排，等待每回合結束後，除了原

本固定在超過時限便會加總該管線所有水槽需要排出但未排出的水量之外，總數 23 個水槽在結束時間點前須排出而仍未被排出的水量將再重新累加一次 (T_j)，累計愈多未排出的水量表示績效愈低，計算成績由排水遊戲程式碼導 (附錄一) 出公式如下：

$$\text{Missed Water Buckets} = \sum_{i=1}^{12} D_i + \sum_{j=0}^{22} T_j \quad (\text{公式 1})$$

D_i = 第 i 個淨空時限，該列水槽需排出但未排出的水量，總共有 12 列淨空時限。

其中水槽 0、水槽 2 與 $i=1$ 淨空時限相同；水槽 1 與 $i=7$ 淨空時限相同。

T_j = 第 j 個水槽在作業結束時間點前需排出但仍未排出的水量，總共有 23 個水槽，水槽編號請見圖 3-2。

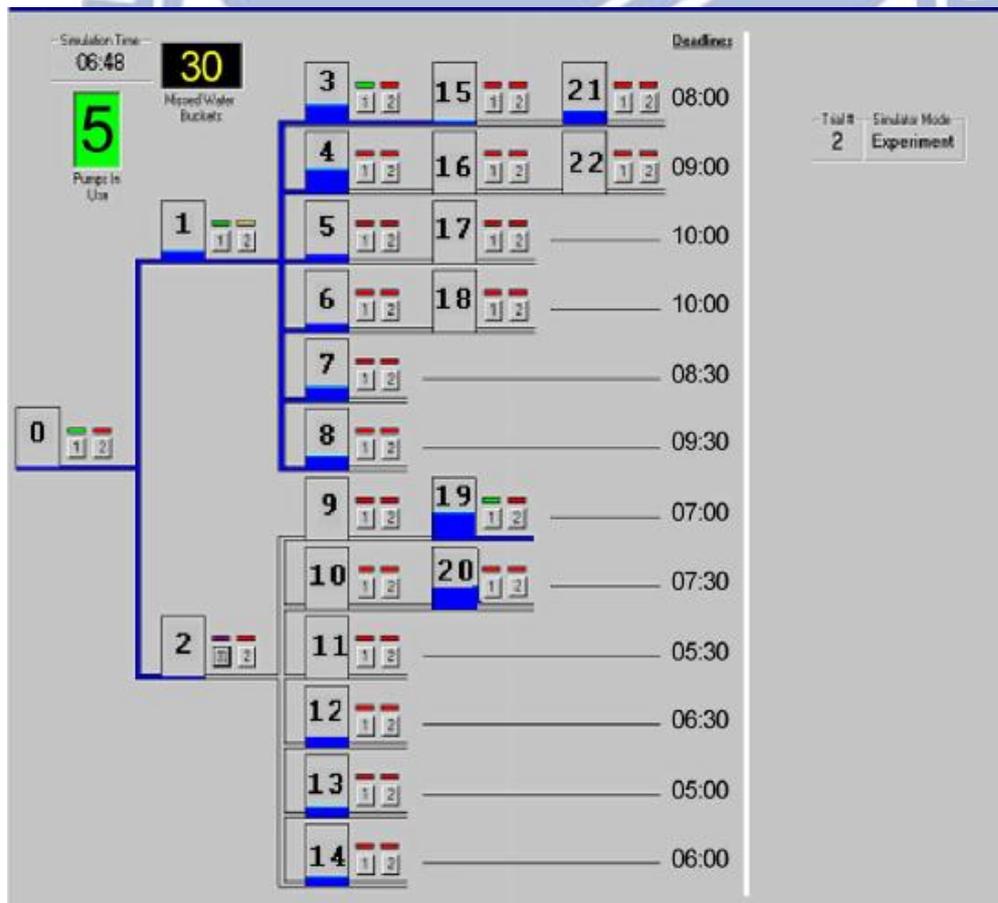


圖 3-2 水槽編號

另一個依變項為情境覺察，在本研究中情境覺察的定義為參與者掌握排水作業情境的兩大原則：1.基本方向、2.遊戲細節(Gonzalez et al., 2003; Gonzalez, 2004, 2005) 的程度。評量方式為實驗後問卷，透過參與者回答問卷的內容(附錄四)分析他們對此排水作業系統的兩大決策原則境掌握程度。在資料分析前我們實施評分者間信度的檢驗，四位評分者的相關係數如表 3-1，相關係數平均 0.87，而實際上的內容分析由其中一人進行。

程序

本研究以個別實驗的方式進行，決策作業使用個人電腦施測。實驗分成三個階段，分別為說明與練習階段、實際動態決策作業階段、回答問題階段。

說明與練習階段。實驗主試者給予參與者動態決策作業說明(附錄二)、實驗流程圖(圖 3-3)、電腦介面與操作(附錄三)，接著實驗者回答參與者對實驗流程裡的任何疑問，之後參與者從事一回合(調整時間為 5 分鐘)淨水槽排水作業的練習。

實際作業階段。實驗參與者被分配到 3(提供紙筆對先前決策經驗自我回饋、使用放聲思考對先前決策經驗的自我回饋、無回顧先前決策經驗) × 2(單次休息時間 2 分鐘、單次休息時間 0.5 分鐘)六種不同的動態決策情境中，從事 5 回合，每回合 8 分鐘的淨水槽排水作業，實驗流程如下：

決策作業。當實驗參與者在電腦前就坐完畢後，主試者將電腦螢幕打開，此時電腦螢幕會是淨水槽排水作業的主畫面，當參與者按下右下角的【Start

表 3-1 評分者間信度

項目	r^2	項目	r^2	項目	r^2
基本方向 1	0.83	基本方向錯誤 2	0.72	提及策略 1	0.70
基本方向 2	0.87	基本方向錯誤 3	0.70	提及策略 2	0.76
遊戲細節 1	1	基本方向錯誤 4	1	提及策略 3	0.81
遊戲細節 2	1	基本方向錯誤 5	1	提及策略 4	0.73
遊戲細節 3	0.81	基本方向錯誤 6	1	提及策略 5	0.92
遊戲細節 4	1	細節觀察錯誤 1	1	提及策略 6	0.83
遊戲細節 5	0.85	細節觀察錯誤 2	1	提及策略 7	0.81
基本方向錯誤 1	1	細節觀察錯誤 3	1	提及策略 8	0.70

Simulation】後，決策作業隨即開始。首先，螢幕上會顯示起始時間為 2:00、幫浦使用數目為 0、水槽起始水量、12 列已經規定好的淨空時限、超過淨空時限後未排除水量累計為 0，參與者按下【Start Simulation】的同時系統時間啟動，並著手開啟幫浦，將水引導致後方處水槽或將水排出，系統會在特定時間添加水槽內的水量，增加排水作業的困難度。每當運行時間超過某列淨空時限，系統會將該超過時限水槽需排除而未排除的水量累計，參與者後續仍能將超過時限的水槽開啟幫浦進行排水動作，每回合結束後，系統除了已經加總 12 列淨空時限內未排除需排除的水量之外，結束時間點所有水槽需排出但未排出的水量將再次累加，成為最終的決策作業成績。進行此「決策—觀看水量移動狀況與淨空時限」的過程為一個循環，每回合的循環次數端看參與者的操作情況，但多次循環的總時間為 8 分鐘。本實驗共有 5 個回合，實驗參與者的任務為設法使未排出的累積水量盡可能維持在最少數量。

每一回合淨水槽排水作業結束後，接著是兩個實驗變項的操弄，為了使各組參與者的總實驗流程花費時間相當，因此沒有進行實驗處理的參與者將在同樣的時間內進行找出文章錯字的搜尋作業，進行作業的組別為：無回顧先前決策經驗。

對先前決策經驗自我回饋的操弄。長度 8 分鐘的一回合結束後，實驗參與者進行兩分鐘對先前決策經驗自我回饋的作業。此操弄有三個水準，分別為：提供紙筆對先前決策經驗進行手寫筆記的自我回饋、使用放聲思考對先前決策經驗的

自我回饋、無先前決策經驗回顧。提供紙筆輔助的組別得到以下提示進行 2 分鐘的整理與回顧：1. 你認為如何才能使你的排水作業順利進行？ 2. 上一局中你是否遭遇到什麼困難？在下一局你認為該如何改善？ 使用放聲思考輔助先前決策經驗自我回饋的組別得到下列提示進行 2 分鐘的整理與回顧：1. 你認為如何才能使你的排水作業順利進行？ 2. 上一局中你是否遭遇到什麼困難？ 在下一局你認為該如何改善？ 無先前經驗回顧的組別在此進行 2 分鐘找出文章錯字的搜尋作業（附錄四）。

單次休息時間長短的操弄。當實驗參與者回顧先前決策經驗之後，單次休息時間長的參與者將得到 2 分鐘的休息時間，單次休息時間短的參與者將得到 0.5 分鐘的休息時間。休息結束後，實驗主試者會告知參與者下一回合的淨水槽排水作業即將開始，請做好準備並按下右下角的【Start Simulation】鍵開始進行新一回合的淨水槽排水作業。流程如下：前一回合決策作業結束→回顧先前決策經驗的操弄（2 分鐘）→單次休息時間長短的操弄（0.5 分鐘與 2 分鐘）→下一回合決策作業開始。

回答問題階段。當實驗參與者結束最後一回合的決策作業後，需要回答實驗後問卷(附錄五)，目的是要了解參與者對於決策情境的掌握程度。

問卷回答完畢後實驗結束。實驗過程中，參與者決策時所有的輸入與輸出由電腦紀錄，有提供紙筆的先前經驗自我回饋組別使用紙筆紀錄，使用放聲思考對先前決策經驗自我回饋的組別使用錄音方式記錄，實驗參與者填答問卷的方式為

紙筆填答。

實驗預計共需約 74 分鐘。實驗流程如圖所示（圖 3-3）。

實驗設計

本研究的實驗設計為 3（提供紙筆對先前決策經驗自我回饋、使用放聲思考對先前決策經驗的自我回饋、無先前決策經驗回顧）X 2（單次休息時間 2 分鐘、單次休息時間 0.5 分鐘）的二因子實驗設計。兩個自變項皆為組間變項。依變項一為時限內未排出之水量，分數愈高表示績效愈差，另一為問卷分析。



第四章 結果

本研究的目的是在探討自我回饋方式與休息時間兩個變項對人們在動態決策作業績效的影響。研究中的動態決策作業為淨水槽的排水遊戲，實驗參與者擔任排水作業的主控人，使用滑鼠來開關各水槽的幫浦來完成排水作業。作業中最重要的一項因素是時限與排水路徑，不同水槽有不同的淨空時限，而排水路徑也有長短之分，作業的目的是要參與者設法在淨空時限內盡可能將水槽內的水量減至最低或全數排出。190 個大學或研究所學生隨機被安排在 3（對先前決策經驗進行手寫筆記自我回饋、對先前決策經驗進行放聲思考自我回饋、無自我回饋先前決策經驗） \times 2（單次休息 0.5 分鐘、單次休息 2 分鐘） \times 5（重複五次）的六種實驗情境，每個人都進行一個回合 8 分鐘共 5 回合的淨水槽排水作業。190 人的數據中刪除了 10 人因動態決策作業時間設定錯誤的數據，其餘 180 人在六種情境中的人數分別為：提供紙筆回顧先前決策經驗且休息 0.5 分鐘的情境有 33 人、提供紙筆回顧先前決策經驗且休息 2 分鐘的情境有 30 人、放聲思考對先前經驗自我回饋且休息 0.5 分鐘的情境有 29 人、放聲思考對先前經驗自我回饋且休息 2 分鐘的情境有 29 人、無回饋且休息 0.5 分鐘的情境有 29 人、無回饋且休息 2 分鐘的情境有 30 人。我們將這 180 人的 900 筆數據（180 人 \times 5 回合）中的 38 筆離群值（ $2 \geq SD$ ）刪除，並以該情境該回合的平均值為替代，唯第 1 回合雖以每組情境的兩倍標準差作為篩選依據，但因第 1 回合 180 位參與者並無接受情境操弄，所以採用第 1 回合整體平均數作為該回合各組離群值的替代值。

在分析自我回饋輔助與休息兩個變項對於動態決策作業績效的影響之前，我們先檢驗 180 人有效資料在第一回合動態決策表現的差異程度，以確定各組參與者在接受各組變項操弄之前的動態決策作業表現是相似的。

第一回合動態決策作業表現

參與者的第一回合排水作業表現如表 4-1，以 3（自我回饋方式）× 2（休息時間）的變異數分析進行統計檢定，結果如表 4-2 所示，發現自我回饋方式與休息時間的主效果與交互作用皆未達顯著水準，顯示各組參與者在未接受實驗變項操弄之前，在此動態決策作業上的表現水準是相似的。

表 4-1 第一回合動態決策作業分數之平均與標準差

自我回饋	手寫筆記		放聲思考		無回饋	
	0.5 分	2 分	0.5 分	2 分	0.5 分	2 分
M	177.57	163.32	175.41	182.34	173.03	184.13
SD	52.22	43.67	44.95	52.02	53.03	46.79

表 4-2 第一回合動態決策作業表現之變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F	p	eta 平方
自我回饋方式(SF)	2	2806.42	1403.21	0.59	0.56	0.007
休息時間(R)	1	70.97	70.97	0.03	0.86	0.000
SF × R	2	5666.07	2833.03	1.18	0.31	0.013
誤差	174	417172.71	2397.54			

五回合動態決策作業表現

參與者的五個回合的排水作業表現如表 4-3，以 3（自我回饋方式）× 2（休息時間）× 5（練習）的重覆量數進行 ANOVA 統計檢定，其中組間變項為自我回饋方式、休息時間，組內變項為練習。結果如表 4-4 所示：練習的主效果、自我回饋方式與休息時間的交互作用、練習與自我回饋方式的交互作用、練習與休息時間的交互作用顯著。而自我回饋方式的主效果、休息時間長短的主效果、練習與自我回饋方式與休息時間三因子交互作用則不顯著。

以 LSD 進行練習主效果的平均數比較，結果顯示參與者在五個回合中呈現持續進步的現象（第 1 回合， $M = 175.97$, $SD = 3.65$ ，第 2 回合， $M = 165.95$, $SD = 3.41$ ，第 3 回合， $M = 154.03$, $SD = 3.27$ ，第 4 回合， $M = 142.92$, $SD = 3.11$ ，第 5 回合， $M = 129.36$, $SD = 3.15$ ）。回合間成對比較差異皆顯著，表示隨著練習次數

表 4-3 五回合動態決策作業分數之平均與標準差

		手寫筆記自我回饋		放聲思考自我回饋		無自我回饋	
回合		休息 0.5	休息 2	休息 0.5	休息 2	休息 0.5	休息 2
1	M	177.57	163.32	175.41	182.34	173.03	184.13
	SD	52.22	43.67	44.95	52.02	53.03	46.79
2	M	173.22	161.11	150.88	162.71	169.74	178.03
	SD	47.82	37.87	43.89	49.93	46.57	47.32
3	M	167.87	138.12	161.70	145.01	146.89	164.62
	SD	52.24	30.97	33.25	44.69	44.30	51.27
4	M	146.20	127.94	155.59	138.96	143.44	145.40
	SD	44.94	40.19	38.41	44.09	37.14	44.21
5	M	148.31	137.42	132.87	98.14	149.97	115.58
	SD	45.17	31.08	39.07	40.41	39.84	54.05

表 4-4 五回合動態決策作業分數之變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F	P	eta 平方
自我回饋方式(SF)	2	14800.26	7400.13	1.35		0.015
休息時間(R)	1	12357.80	12357.80	2.25		0.013
SF × R	2	37393.28	18696.64	3.41	0.04	0.038
誤差 1	174	954562.92	5485.99			
練習 (P)	4	243263.71	60815.93	54.73	0.00	0.239
P × SF	8	19480.01	2435.00	2.19	0.03	0.025
P × R	4	16399.18	4099.80	3.69	0.01	0.021
P × SF × R	8	12911.51	1613.94	1.452		
誤差 2	696	773425.78	1111.24			

的增加，經驗逐步累積所帶來的學習效果是很明顯的，且在五回合的練習之後尚未到達參與者的學習高原期（圖 4-1）。

自我回饋方式與休息時間的交互作用效果經 LSD 平均數之間的比較發現（圖 4-2），以紙筆方式回顧先前決策經驗且有 2 分鐘休息時間的那組（ $M = 137.73, SE = 6.05$ ）表現最好，與無回顧先前決策經驗且有 2 分鐘休息那組（ $M = 163.16, SE = 6.05$ ）有顯著差異，其他情境間的差異則較不顯著。

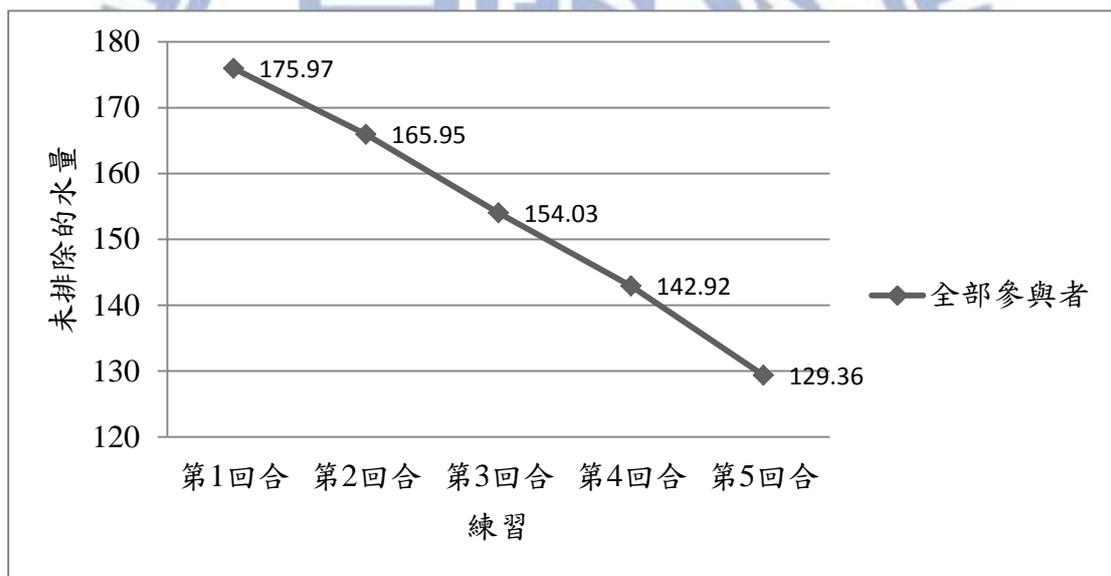


圖 4-1 排水作業學習曲線

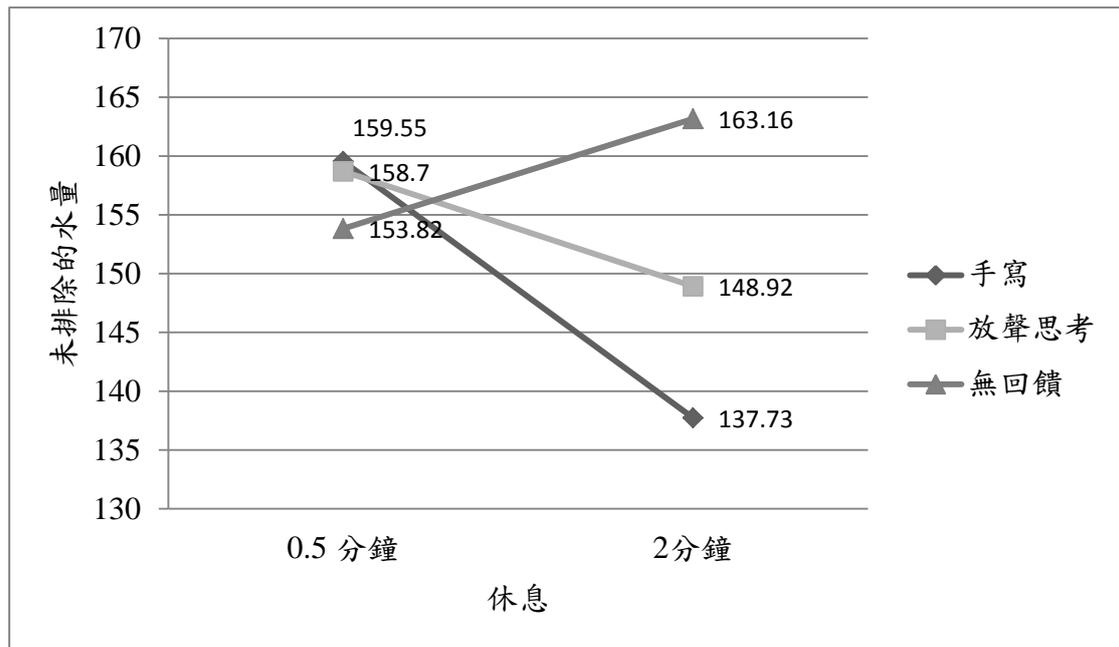


圖 4-2 自我回饋方式與休息時間交互作用表現圖

練習與自我回饋方式交互作用顯著，如圖 4-3、表 4-5 所示，以第 1 回合沒有休息與回饋實驗處理時的決策表現為基準點，以後續回合練習時的決策表現與第 1 回合的差異是否顯著為學習效果的衡量時，LSD 多重比較的結果顯示，放聲思考自我回饋組的學習效果在第三回合就已經出現，手寫筆記自我回饋組與無回饋組的參與者的學習效果則是到第四回合才出現，而三種情境中則以手寫筆記自我回饋組的排水作業分數進步最多，放聲思考自我回饋次之，無回饋組則最差，此結果現顯示參與者在兩種自我回饋的情境中，以放聲思考的學習效果來的最早，而提升學習績效最好的方法則是手寫筆記自我回饋。

練習與休息時間交互作用顯著，如圖 4-4、表 4-6，我們同樣以第 1 回合沒有休息與回饋實驗處理時的決策表現為基準，將後續回合的練習以 LSD 多重

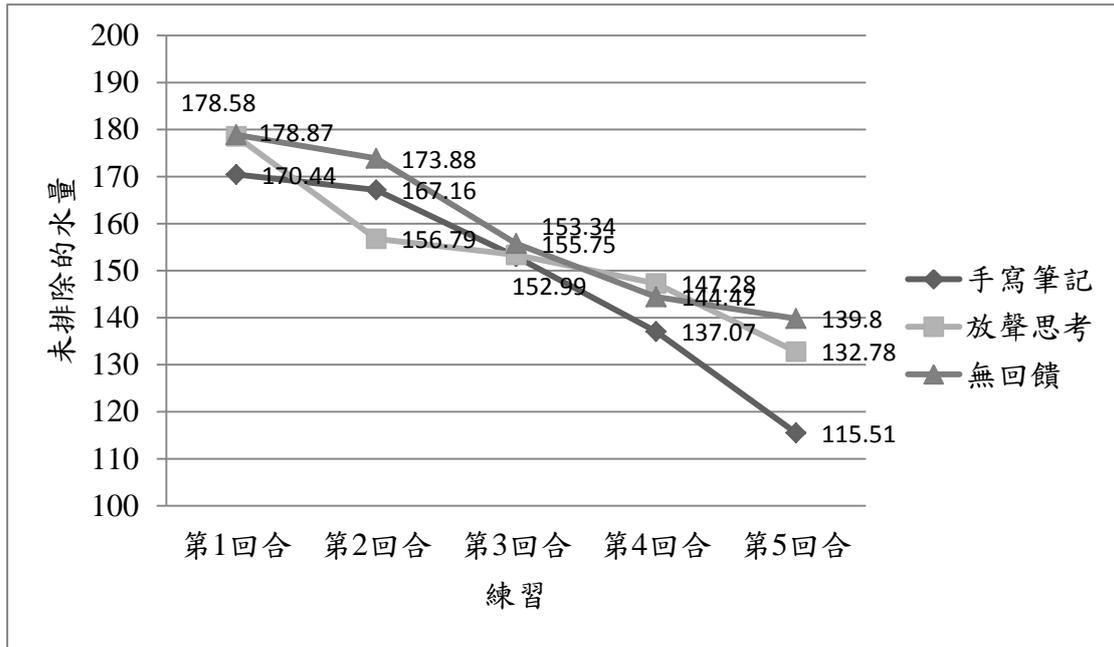


圖 4-3 練習與自我回饋方式交互作用

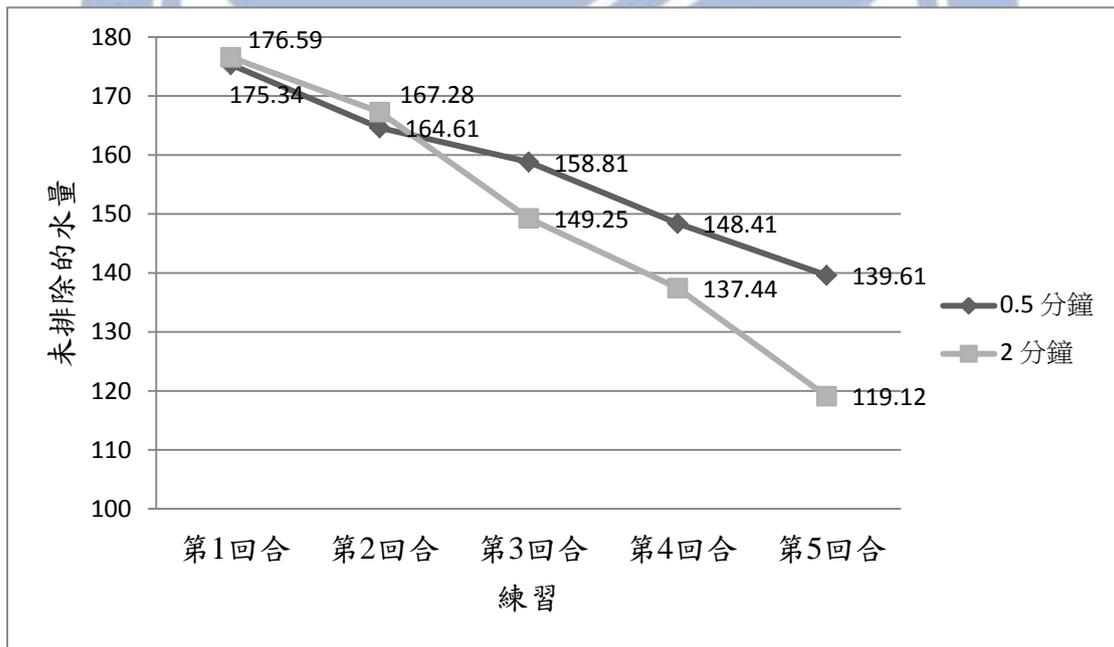


圖 4-4 練習與休息時間長短交互作用

表 4-5 練習與自我回饋方式交互作

自我回饋	trial	平均數	標準誤差	95% 信賴區間	
				下界	上界
1	1	170.443	6.176	158.254	182.633
	2	167.164	5.770	155.775	178.552
	3	152.995	5.520	142.101	163.889
	4	137.070	5.259	126.690	147.451
	5	115.507	5.332	104.983	126.030
2	1	178.871	6.429	166.182	191.561
	2	156.791	6.007	144.936	168.647
	3	153.339	5.746	141.999	164.680
	4	147.278	5.475	136.472	158.085
	5	132.776	5.551	121.821	143.731
3	1	178.580	6.376	165.997	191.164
	2	173.883	5.957	162.127	185.639
	3	155.754	5.698	144.508	167.000
	4	144.420	5.429	133.704	155.136
	5	139.802	5.504	128.939	150.666

表 4-6 練習與休息時間交互作

Rest	trial	平均數	標準誤差	95% 信賴區間	
				下界	上界
1	1	175.336	5.142	165.187	185.486
	2	164.610	4.804	155.127	174.092
	3	158.810	4.596	149.739	167.881
	4	148.409	4.379	139.765	157.052
	5	139.607	4.440	130.844	148.369
2	1	176.594	5.191	166.348	186.839
	2	167.282	4.850	157.710	176.854
	3	149.249	4.639	140.092	158.405
	4	137.437	4.421	128.712	146.162
	5	119.116	4.481	110.271	127.961

比較之，發現休息 2 分鐘組的參與者明顯藉由練習次數的增加而使排水作業成績大幅進步，效果比只休息 0.5 分鐘組的參與者要好很多，且從第 3 回合之後學習效果較好的休息 2 分鐘組與只休息 0.5 分鐘組的成績進步差距逐漸擴大，表示較長的休息時間較能舒緩連續動態決策作業所累積的疲勞，而使決策績效有效提升。

我們進一步分析了自我回饋方式與休息時間在五回合上的成績進步表現，同樣以第 1 回合沒有休息與回饋實驗處理時的決策表現為基準點，後續回合練習時的決策表現與第 1 回合的差異以 LSD 多重比較檢驗差距是否顯著，結果(表 4-7) 顯示，當休息時間只有 0.5 分鐘時，以放聲思考方式進行自我回饋五次的動態決策練習並沒有產生顯著的學習效果，無回饋組與手寫筆記自我回饋組的學習效果到第 5 回合才出現。當休息時間為 2 分鐘時，不同自我回饋方式組的學習效果均提早出現，手寫筆記與無回饋組的學習效果在第四回合時顯著，放聲思考自我回饋組則是在第 3 回合即出現顯著的學習效應，但後續的幾回合中的學習效果並未有顯著增進。

若以第 5 回合無回饋組為控制組進行學習效果的比較時，則僅有手寫筆記自我回饋且有 2 分鐘休息組的學習效果顯著高於無回饋的兩組(休息 0.5 分或 2 分)，且手寫筆記自我回饋且有 2 分鐘休息組的學習效果也顯著高於其他有回饋的各組。此結果顯示，放聲思考自我回饋所造成的效果雖比較早出現，但進步擴大的幅度(效果)較小，而手寫筆記自我回饋組的學習效應雖到第 4 回合才出現，但

表 4-7 自我回饋方式 × 休息時間長短 × 練習敘述統計表

SF	Rest	trial	平均數	標準誤差	95% 信賴區間	
					下界	上界
1	0.5	1	177.569	8.524	160.746	194.392
		2	173.216	7.963	157.498	188.933
		3	167.870	7.618	152.835	182.905
		4	146.198	7.259	131.871	160.524
		5	132.873	7.359	118.349	147.397
	2.0	1	163.318	8.940	145.674	180.962
		2	161.111	8.352	144.627	177.596
		3	138.120	7.990	122.351	153.889
		4	127.943	7.613	112.918	142.969
		5	98.140	7.718	82.907	113.373
2	0.5	1	175.406	9.093	157.460	193.352
		2	150.875	8.495	134.109	167.641
		3	161.669	8.126	145.631	177.708
		4	155.591	7.743	140.309	170.874
		5	149.969	7.850	134.476	165.462
	2.0	1	182.337	9.093	164.391	200.283
		2	162.708	8.495	145.941	179.474
		3	145.010	8.126	128.971	161.048
		4	138.966	7.743	123.683	154.248
		5	115.583	7.850	100.090	131.076
3	0.5	1	173.034	9.093	155.089	190.980
		2	169.738	8.495	152.972	186.505
		3	146.892	8.126	130.853	162.930
		4	143.437	7.743	128.155	158.720
		5	135.978	7.850	120.485	151.471
	2.0	1	184.126	8.940	166.481	201.770
		2	178.028	8.352	161.543	194.512
		3	164.617	7.990	148.848	180.386
		4	145.402	7.613	130.377	160.428
		5	143.626	7.718	128.394	158.859

第 5 回合的學習效果較大且在後續的練習中會持續擴大進步。由休息時間的效果也可看出，沒有充分休息的密集動態決策練習不必然會產生學習，動態決策要產生學習，自我回饋是個主要條件，而自我回饋是否有效又和練習與練習之間是否有充分休息而定。

第 2 ~ 5 回合動態決策作業表現

由於第 1 回合的表現並沒有實驗操弄自我回饋方式與休息時間的效果，因此我們將參與者第 2 至第 5 回合的成績以 3（自我回饋方式） \times 2（休息時間） \times 4（練習）的重覆量數進行變異數分析進行統計檢定，結果（表 4-8）與第 1 至第 5 回合 ANOVA 相同，練習的主效果、自我回饋方式與休息時間長短的交互作用、練習與自我回饋方式的交互作用、練習與休息時間的交互作用顯著。但與第 1 至第 5 回合 ANOVA 不同之處為休息時間的主效果接近顯著（ $p < 0.06$ ，休息 2 分鐘 $M = 143.27$, $SE = 3.62$ 、休息 0.5 分鐘 $M = 152.86$, $SE = 3.58$ ）、練習、自我回饋方式與休息時間的三因子交互作用也接近顯著（ $p < 0.08$ ）。

由於三因子交互作用也接近顯著，我們分別對五個回合的資料進行 3（自我回饋方式） \times 2（休息時間）的 ANOVA 分析，結果（表 4-9）發現休息時間的主效果從第 4 回合開始接近顯著（ $p < 0.08$ ），第 5 回合達高度顯著（ $p = 0.00$ ），以 2 分鐘的休息時間所產生的學習效果顯著高於 0.5 分鐘的休息時間。圖 4-5 為第 2~5 回合休息時間對動態決策表現的影響，在休息時間 2 分鐘的情形下，動態決策的表現由 167.28 進步到 119.12（ $d = 48.16$ ）；相對的，在休息時間為 0.5

表 4-8 第 2 ~ 5 回合動態決策作業分數之變異數分析表

變異來源	Df	SS	MS	F	P	eta 平方
自我回饋方式(SF)	2	12924.582	6462.29	1.389	0.25	0.016
休息時間(R)	1	16512.035	16512.04	3.549	0.06	0.020
SF × R	2	33806.56	16903.28	3.633	0.03	0.040
誤差 1	174	809645.23	4653.13			
練習 (P)	3	131406.693	43802.231	45.623	0.00	0.208
P × SF	6	18549.269	3091.545	3.220	0.00	0.036
P × R	3	12173.977	4057.992	4.227	0.01	0.024
P × SF × R	6	10832.166	1805.361	1.880	0.08	0.021
誤差 2	522	501170.753	960.097			

分鐘的情形下，動態決策的表現由 164.61 進步至 139.61 ($d = 25$)，顯示對密集動態決策作業的學習，佐以 2 分鐘的休息時間比 0.5 分鐘時更有效。

而自我回饋方式的主效果直到第 5 回合才達到顯著 ($p = 0.01$)。圖 4-6 為第 2~5 回合自我回饋方式對動態決策作業表現的影響，顯示自我回饋的效果需要經過一段時間的知識累積與整理才能出現，到第 5 回合時手寫筆記的組別 ($M = 115.51, SE = 5.33$) 所造成的學習，顯著高於無回饋組 ($M = 139.80, SE = 5.50$)，且與放聲思考自我回饋組 ($M = 132.78, SE = 5.55$) 的差異接近顯著，後二者間則無顯著差異。

自我回饋方式與休息時間的交互作用則是分別在第 3 回合與第 5 回合顯著。在第 3 回合時，有自我回饋輔助學習的參與者在排水作業表現皆以休息 2 分鐘的組別較好，其中手寫筆記自我回饋且休息 2 分鐘組表現最好 ($M = 138.12, SE = 7.99$)，表現最差為手寫筆記自我回饋且休息 0.5 分鐘組 ($M = 167.87, SE = 7.62$)，由於兩組的平均數 95% 上下界仍有重疊，因此我們另以 Oneway ANOVA 進行統計檢定，結果為顯著 ($F = 7.37, p = 0.01$)，而無回饋且休息 2 分鐘組卻比休息 0.5 分鐘組表現要差，雖無顯著差異但與其他組別在排水作業的表現情形恰巧相反 (圖 4-7)。此現象顯示第 3 回合中接受自我回饋輔助學習的參與者在休息 2 分鐘的情況下，能透過自我回饋有效整理先前排水作業累積的經驗。

在第 5 回合時 (圖 4-8)，參與者在排水作業上的表現與第 3 回合的結果相同，且有自我回饋輔助學習的人在排水作業表現中，休息 2 分鐘組的成績顯著高

表 4-9 第 2、3、4、5 回合動態決策作業分數之變異數分析表

回合	變異來源	df	SS	MS	F	P	eta 平方
2	自我回饋方式(SF)	2	8668.61	4334.31	2.07	0.13	0.023
	休息時間(R)	1	320.72	320.72	0.15	0.70	0.001
	SF × R	2	5107.06	2553.53	1.22	0.30	0.014
	誤差	174	361435.59	2092.73			
3	自我回饋方式(SF)	2	270.29	135.15	0.07	0.93	0.001
	休息時間(R)	1	4105.40	4105.40	2.14	0.15	0.012
	SF × R	2	18107.04	9053.52	4.73	0.01	0.052
	誤差	174	333208.03	1915.00			
4	自我回饋方式(SF)	2	3381.27	1690.63	0.97	0.38	0.011
	休息時間(R)	1	5405.58	5405.58	3.11	0.08	0.018
	SF × R	2	3764.06	1882.03	1.08	0.34	0.012
	誤差	174	302537.68	1738.72			
5	自我回饋方式(SF)	2	19153.68	9576.84	5.40	0.01	0.058
	休息時間(R)	1	18854.31	18854.31	10.55	0.00	0.057
	SF × R	2	17660.57	8830.28	4.94	0.01	0.054
	誤差	174	310934.70				

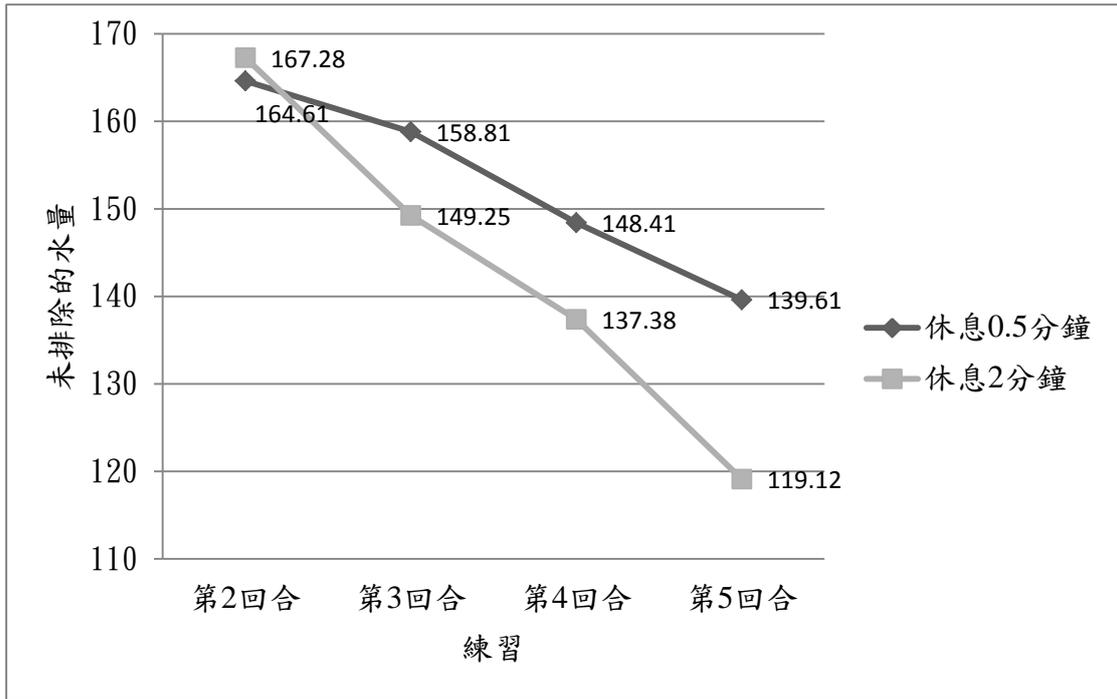


圖 4-5 第 2~5 回合練習與休息時間的交互作用

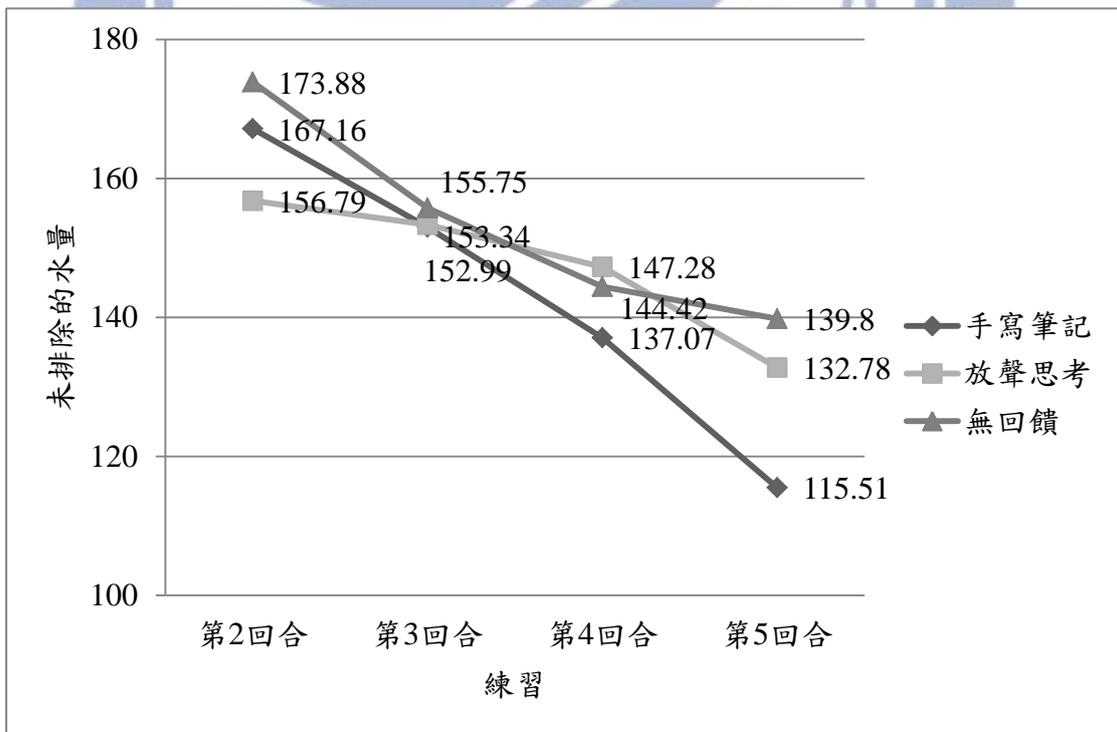


圖 4-6 第 2~5 回合練習與自我回饋方式交互作用

於休息0.5分鐘組，其中仍以手寫筆記自我回饋且有2分鐘休息那組的表現最好。

無回饋的組別也與第3回合的實驗結果相同，雖無顯著差異但休息0.5分鐘的組

別成績仍低於休息2分鐘組，值得注意的是，回顧表4-5可發現無回饋且休息

0.5分鐘的參與者每回合的平均表現都優於休息2分鐘的參與者。

問卷內容分析

實驗參與者經過五回合的排水作業後要填答一份問卷，根據他們的反應來探討參與者對於此排水作業動態情境模型的掌握程度。由於此排水作業設計者 Professor Gonzalez 表示，能夠完全將水淨空且讓分數維持在 0 的作法不只一種（無標準解法），因此透過文獻的描述及實際的操作經驗，我們分析排水作業的

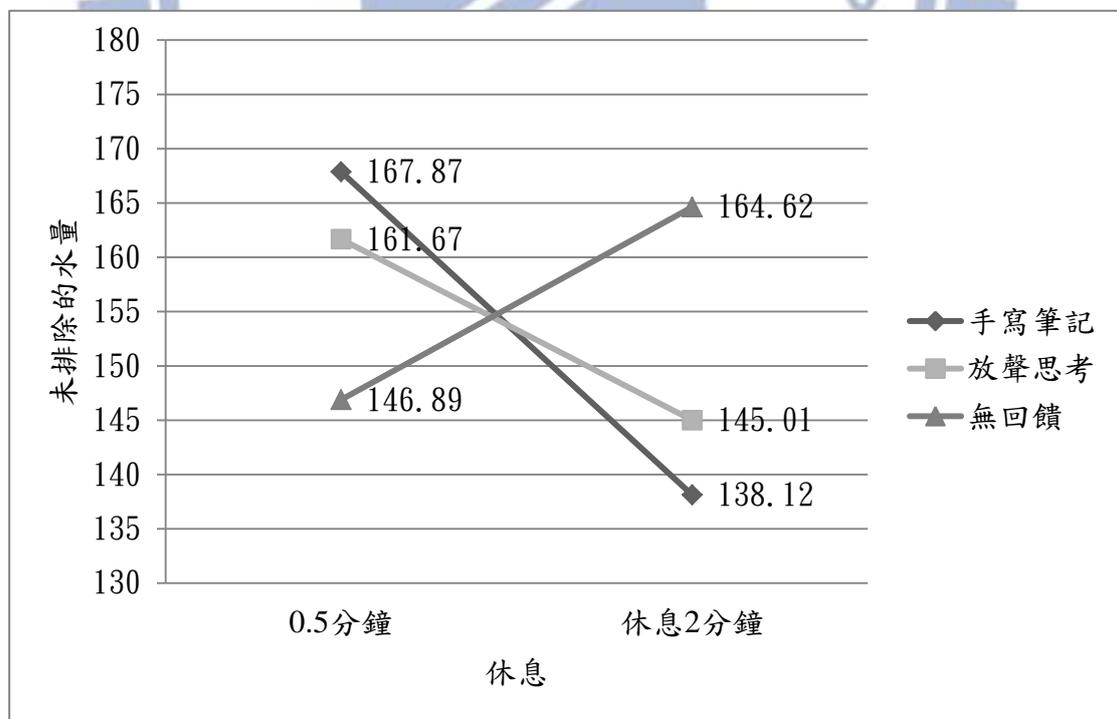


圖 4-7 第 3 回合自我回饋方式與休息時間交互作用表現圖

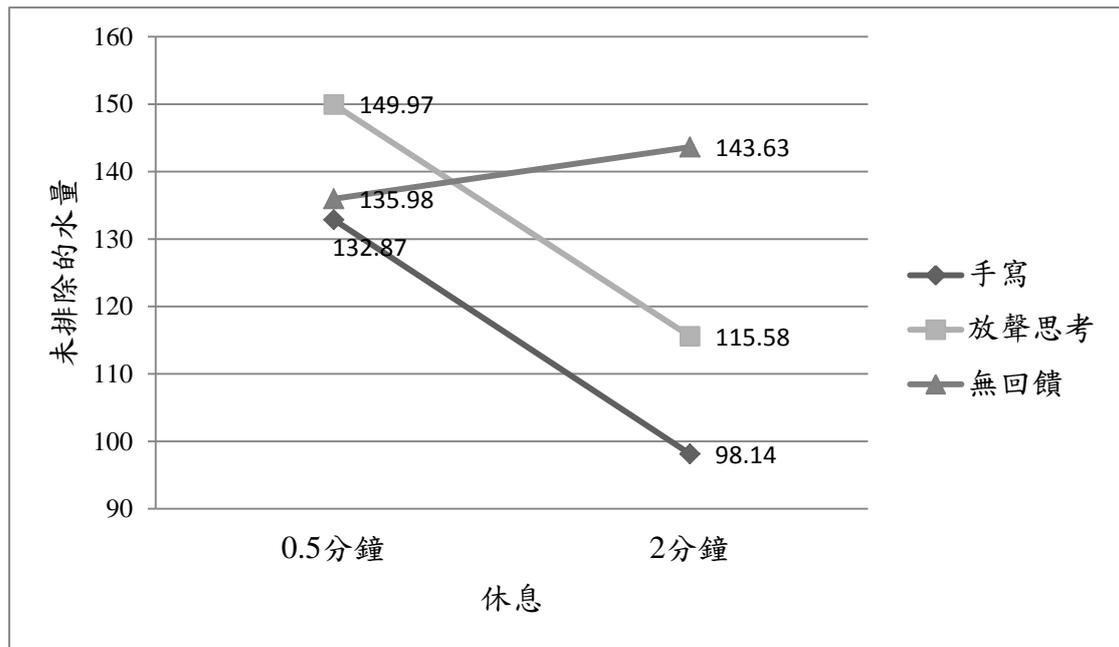


圖 4-8 第 5 回合自我回饋方式與休息時間交互作用表現圖

情境模型，結果發現排水系統的運作，可分為兩大類原則：1. 基本方向、2. 遊戲細節 (Gonzalez et al., 2003; Gonzalez, 2004, 2005)，詳細描述如下 (括號內為該項正確回答人數)：

A. 基本方向 (Basic)：

1. 幫浦操作以淨空時限為最優先的考量 (108, 60%)
2. 幫浦盡可能全時運作 (22, 12.2%)

B. 遊戲細節 (Detail)：

1. 水量傳遞有比率分配，第二層傳給第三層儲水槽的分配比率由上至下為 0.4、0.3、0.1、0.1、0.05、0.05。給分依據為描述出由上到下、由多到少的分配情形 (2, 1.1%)

2. 額外增加水量時間點除了水槽0以外皆會被排水流程掩盖而無法觀察，因此給分判斷依據為描述出水槽0的最後增加時間點（1，0.6%）
3. 幫浦的恢復期時間為10min（實際時間的10秒），給分依據為正確描述恢復時間（6，3.3%）
4. 正確計算分數的方式為：在淨空時限到達時未排出該水槽預訂需排出的水量便會被記入累加，並於遊戲結束時重新加總所有水槽未排出預訂排出的水量，給分依據為正確描述（1，0.6%）
5. 所有水槽的水皆可全數排完，給分依據為正確描述（94，52.2%）

我們由參與者的問卷內容，分析他們所掌控排水作業情境模型的相關原則，結果發參與者已掌控的情境模式相當有限，主要只有兩項：1. 幫浦操作以淨空時限為最優先考量，人數為108人（60%），2. 所有水槽的水皆可全數排完，人數為94人（52.2%）。少數人發現了另一個基本原則：幫浦盡可能全時運作，人數為22人（12.2%），而各實驗情境參與者得分表現敘述統計如表4-10、4-11，有2位參與者發現水量傳遞有比率分配，他們分別屬於有2分鐘休息，且有手寫筆記及放聲思考自我回饋的情境；有1位參與者發現水槽0額外增加水量時間點，屬於休息0.5分鐘且有放聲思考自我回饋的情境；有6位參與者發現幫浦的恢復時間，其中2位屬於休息0.5分鐘且有手寫筆記自我回饋的情境，其他則除了休息0.5分鐘且無回饋的情境以外各有1位參與者發現幫浦恢復時間；有1位參與者發現正確的計分方式，屬於休息2分鐘且有手寫筆記自我回饋的情境。我們

表 4-10 各實驗情境參與者於情境模型中人數分布情形

SF	Rest	Basic 1	Basic 2	Detail 1	Detail 2	Detail 3	Detail 4	Detail 5
1	0.5	19	6	0	0	2	0	12
	2.0	20	5	1	0	1	1	20
2	0.5	20	2	0	1	1	0	16
	2.0	16	4	1	0	1	0	14
3	0.5	20	1	0	0	0	0	16
	2.0	13	4	0	0	1	0	16
Total		108	22	2	1	6	1	94

表 4-11 各實驗情境參與者所掌握情境模型之平均得分表現

SF	Rest	平均數	標準誤差	95% 信賴區間	
				下界	上界
1	0.5	1.18	0.15	0.89	1.47
	2.0	1.60	0.16	1.29	1.91
2	0.5	1.38	0.16	1.07	1.69
	2.0	1.24	0.16	0.93	1.55
3	0.5	1.27	0.16	0.97	1.59
	2.0	1.13	0.16	0.83	1.44

¹ 情境模型總分為 7 分。

將前述較多人能回答出來的排水作業情境模型項目進行 ANOVA 統計檢定（表 4-12），除了所有水槽的水皆可全數排完（項目 Detail 5）的自我回饋方式與休息時間交互作用接近顯著（ $p < 0.085$ ）以外，其餘兩項皆無顯著差異，顯示參與者在五回合的排水作業練習中能建立的情境模型並不因實驗情境不同而有明顯差異。由表 4-10 可發現排水作業情境模型的平均得分最高者仍為休息 2 分鐘且有手寫筆記自我回饋的情境。

此結果顯示，雖然五回合的動態決策作業並不足以使參與者建立完整的排水作業情境模型，但手寫筆記自我回饋且有 2 分鐘休息的參與者在短時間內有部分人掌握了比其他組更多的遊戲知識與細節。

我們也藉由前述排水情境模型內容（基本方向、細節）來分析參與者在問卷中提及的錯誤情境模式：

A. 基本方向錯誤（Error A），包含違反時間原則與操作後反而使水量無法有效排出的策略，只要包含下列任何一項即為基本方向錯誤：

1. 不考慮淨空時限作為幫浦操作依據（12，6.67%）
2. 水量較多的水槽優先處理才考慮淨空時限（17，9.44%）
3. 較長的排水路線優先處理才考慮淨空時限（5，2.78%）
4. 最前面的水槽較晚處理或放棄（4，2.22%）
5. 預留備用的幫浦（2，1.11%）
6. 放棄長的排水路線而專注短路線（1，0.56%）

表 4-12 參與者於情境模型 Basic 1、Basic 2、Detail 5 項填答之變異數分析表

項目	變異來源	Df	SS	MS	F	P	eta 平方
淨空時限為	自我回饋方式(SF)	2	0.14	0.07	0.29	0.75	0.003
最優先考量	休息時間(R)	1	0.46	0.46	1.92	0.17	0.011
	SF × R	2	0.95	0.48	1.99	0.14	0.022
	誤差	174	41.68	0.24			
幫浦全盡可	自我回饋方式(SF)	2	0.28	0.14	1.28	0.28	0.015
能時運作	休息時間(R)	1	0.12	0.12	1.08	0.30	0.006
	SF × R	2	0.11	0.05	0.50	0.61	0.006
	誤差	174	18.82	0.11			
可全數排完	自我回饋方式(SF)	2	0.03	0.01	0.06	0.95	0.001
所有水量	休息時間(R)	1	0.23	0.23	0.93	0.34	0.005
	SF × R	2	1.25	0.62	2.50	0.085	0.028
	誤差	174	43.36	0.25			

B. 細節觀察錯誤 (Error B)：只要包含下列任何一項極為細節觀察錯誤

1. 幫浦排水速度不一樣 (16, 8.89%)
2. 幫浦分流情況觀察錯誤 (0)
3. 幫浦恢復時間觀察錯誤 (0)

經統計後發現 E1 錯誤中有 12 位參與者不考慮淨空時限作為幫浦排水依據 (占 6.67%)，有 17 位參與者以水量較多的水槽優先處理才考慮淨空時限 (占 9.44%)，有 5 位參與者認為較長的排水路淨優先處理才考慮淨空時限，有 4 位參與者將最前面的水槽較晚處理或放棄，有 2 位參與者會預留備用的幫浦，有 1 位參與者放棄長的排水路線而專注短路線；E2 錯誤中只有 16 位 (8.89%) 提及細節觀察上的錯誤，皆為誤判幫浦排水速度為不均等 (表 4-13)。

我們也將所有參與者於問卷內所提及的排水策略進行統計，扣除與基本方向違背的策略後共整理出 8 項常被提及的可用策略於表 4-14 (括號內為提及該項的人數與比率)：

1. 盡量將水往後方儲水槽移動 (51, 28.33%)
2. 同一水槽後方的兩個幫浦一起打開 (32, 17.78%)
3. 減少幫浦開關次數以降低進入恢復期的次數 (30, 16.67%)
4. 整條排水路徑同時或依序開啟幫浦使排水順暢不中斷 (24, 13.33%)
5. 上半部水槽 (8:00 之後) 盡早開始 (21, 11.67%)
6. 超過時限的路徑先擱置，後續再回頭處理 (15, 8.33%)

表 4-13 各實驗情境參與者提及的錯誤情境模式之人數分布情形

SF	Rest	Error A1	Error A2	Error A3	Error A4	Error A5	Error A6	Error B1	Total
1	0.5	4	3	1	2	0	1	2	13
	2.0	2	4	1	0	1	0	3	11
2	0.5	1	3	1	0	0	0	4	9
	2.0	2	3	1	2	0	0	1	9
3	0.5	3	1	1	0	1	0	1	7
	2.0	0	3	0	0	0	0	5	8
Total		12	17	5	4	2	1	16	

表 4-14 各實驗情境參與者所提及可用策略之人數分布情形

SF	Rest	策略 1	策略 2	策略 3	策略 4	策略 5	策略 6	策略 7	策略 8	Total
1	0.5	4	8	11	5	4	1	4	5	42
	2.0	8	7	8	6	4	1	1	3	38
2	0.5	5	5	7	3	6	1	0	4	31
	2.0	4	3	10	5	0	0	1	5	28
3	0.5	7	3	5	4	0	1	0	2	22
	2.0	4	4	10	1	1	0	2	2	24
Total		32	30	51	24	15	4	8	21	

7. 同一水槽的幫浦維持排水順暢不中途斷掉又進水 (8, 4.44%)
8. 提早完成前半部排水作業(8:00 之前)讓後續有更充裕的時間處理(4, 2.22%)

這些策略為參與者以不違反排水遊戲的基本方向為原則衍伸出的各種策略，因此皆有其可行性。本研究推斷這些策略可能是由參與者掌握不同排水作業細節而衍生出來，雖然從本研究無法得知當參與者掌握何項策略時能使排水作業績效較好，但若將這些策略整理表列以供參考，或許是讓參與者快速掌握排水作業情境模型極為有用的資訊。

總而言之，人在執行動態決策作業時，隨著練習次數增加所累積的經驗會使決策績效有所改善。本研究的目的則是在探討自我回饋方式與休息對於增進動態決策學習效果的影響，透過資料分析可以發現自我回饋的學習效果需要經過一段時間的知識整理與經驗累積才能出現，且放聲思考自我回饋的學習效果比手寫筆記自我回饋的學習效果更早出現，但卻也比手寫筆記自我回饋的情境更早進入學習的高原期而停滯。相反的手寫筆記自我回饋的學習效果能隨練習次數增加愈來愈大，決策績效也比放聲思考更好。而足夠的休息時間使人在知識整理與消化上有明顯的幫助，只有在足夠休息時間的情境下，多次動態決策作業中對先前經驗的自我回饋方能出現。此外，本研究中五回合的排水作業雖不足以讓參與者完整了解整體動態決策作業的情境模型，但仍以手寫筆記自我回饋且休息時間長的人能發現較多的情境細節。

第五章 結論與討論

本研究的目的是探討自我回饋方式與休息時間兩個變項對於人在動態決策作業中決策績效的影響，透過不同自我回饋方式與休息時間長短的實驗情境探討人對動態決策作業的學習最有效因素為何。本研究共有 190 位大學或研究所學生隨機被安排在 3(提供紙筆回顧先前決策經驗、使用放聲思考回顧先前決策經驗、無回顧先前決策經驗) × 2(單次休息時間 2 分鐘或 0.5 分鐘) × 5(重複五次) 的六種實驗情境，每個人都進行一個回合 8 分鐘共 5 回合的淨水槽排水作業。決策績效的衡量指標為排水作業的分數與問卷內容分析，排水作業分數愈低者表示參與者未排完的水量愈少，績效也愈好；問卷內容分析則探討各實驗情境的參與者經過五回合的排水作業，對此動態情境模型的掌握程度。結果發現練習是決策績效進步的重要因素，但五回合的短期練習所帶來的動態決策作業績效進步離最佳決策仍有很大差距。本研究中兩個可能影響學習的因素中，自我回饋方式與休息時間都會持續改善決策者在動態決策作業中的學習表現，與本研究的假設相同。二者的交互作用顯著中更發現，手寫筆記自我回饋且決策間休息 2 分鐘的情境比其他 5 種情境讓人能有更好的學習效果。分析六個實驗情境的學習曲線中亦發現，若輔以足夠的時間(2 分鐘)，提供紙筆回顧先前決策經驗的學習效果是最好的，在五回合的練習後仍持續進步，尚未到達高峰期，顯示長期而言以做筆記方式思考的人在學習中的進步能夠維持較長的時間。而問卷分析方面則發現，所有情境參與者皆無法在短期練習動態決策作業中清楚掌握此動態情境模型。

練習

本研究從實驗參與者在六個情境中進行五回合的排水作業成績變化來討論人在動態決策作業中的學習情況。整體來說，所有參與者在五個回合的排水作業成績為持續進步且尚未達到學習高原期，但第五回合的成績 ($M = 129.36$) 離最佳決策 (排水成績 = 0) 仍有很大的差距，顯示 5 次的練習並不夠，參與者對排水作業表現與對情境模型了解仍不足。根據 Endsley (1995) 提出的情境覺察理論，人與動態環境互動時的認知歷程分為三階段：知覺、理解、預測，本研究中的排水作業有很多隱晦的細節需要被參與者知覺，在沒有對排水作業情境較完整的知覺之前，便很難進行理解與預測而推演出完整的情境模型。由全體參與者學習曲線分數持續進步且未達學習高原期來看，參與者仍處於知覺與理解動態決策運作的階段，並隨練習次數的增加逐漸發現與排水作業動態情境相關的線索與規則，但仍未掌握完整情境模型而使成績離最佳決策仍有一段距離。

自我回饋方式

自我回饋方式在本研究中分為 3 種，一為提供紙筆對先前決策經驗進行自我回饋 (手寫筆記)，一為使用放聲思考方式對先前經驗進行自我回饋，另一為無回饋的控制組。雖然自我回饋方式的主效果在本研究中僅接近顯著，但已能從參與者逐回合的學習曲線中發現手寫筆記自我回饋情境下學習效果最佳、放聲思考情境次之，無回饋情境對學習的影響僅止於回合的練習效果。若將休息的情境加入參與者的學習曲線逐回合分析則發現，自我回饋的效果只出現在休息 2 分鐘的

情境，其中無回饋的情境在第 4 與第 5 回合的排水作業成績進步趨緩達到學習高原期，顯示沒有自我回饋來幫助學習的情況下，透過重複練習而得到的學習效果是有限的；手寫筆記與放聲思考的兩個情境中動態決策績效則是持續進步，值得注意的是，放聲思考效果出現的時間（第三回合）比手寫筆記（第 4 回合）更早，但後續持續增加的進步則比手寫筆記自我回饋那組的參與者小，且第 5 回合的排水作業成績也以手寫筆記自我回饋的情境最好。綜合來看，手寫筆記自我回饋的方式在有足夠休息時間的情境下對動態決策作業的學習效果最大，但需要一段時間將知識累積與歸納整理，學習效果才會大幅度的出現。相較之下，放聲思考自我回饋的情境雖能較早使動態決策作業的績效提升，卻可能因為無法記住太多思考時所整理的知識而效果有限。本研究發現人在學習動態決策作業時，使用手寫筆記自我回饋要比放聲思考自我回饋的學習效果更佳，此發現與 Mello, Dowell, and Graesser (2011) 的研究類似。他們的研究發現，當實驗參與者對即將學習的領域感興趣，學習動機較高時，在使用電腦軟體輔助學習該領域知識的過程中，透過打字輸入電腦方式回答問題與思考的人所習得的知識的比率較使用口語回答問題與思考的人高，也指出人的思考若經過文字整理與消化，所得到的學習效果比單純思考還要有用。

休息時間

人在動態決策作業中給予不同的休息時間對於決策績效的表現是有影響的，本研究中決策與決策之間休息 2 分鐘的情境在動態決策作業上的績效進步顯著

比休息 0.5 分鐘的情境好，且上述自我回饋對動態決策績效的影響僅在回合間有 2 分鐘的休息時間才出現最大的效果，顯示在連續動態決策作業的大量認知運作後有較長休息時間，大腦整理先前決策經驗與知識的時間也較充裕，且對於連續動態決策作業所累積的疲勞較能有效舒緩，會使學習效果更為明顯。若休息時間不夠，大腦較無足夠時間整理先前決策經驗，也較無法減輕連續執行動態決策作業期間帶來的疲累感，因此以長期連續執行動態決策的觀點來說，決策與決策之間應有足夠的休息時間才能有效幫助決策績效的進步。Tambini & Davachi(2010) 的研究中發現人在休息時大腦仍自動處理最近經驗的證據，讓學習透過休息更有效的消化吸收，而本研究則加以探討休息時間長短對學習效果的影響，發現休息時間不應太短，才能讓腦中自動整理近期經驗的歷程更完整運作，讓學習效果更有效的提升。但休息多久才是最適當的則有待後續研究進一步探討。

自我回饋方式與休息時間交互作用

黃富源等人(2007)的研究結果指出動態決策作業中自我回饋對動態決策績效的效果只在休息的情境中出現，本研究則進一步發現休息時間較長且有自我回饋的情況下，人對於動態決策作業的學習效果較佳。本研究發現，休息時間 2 分鐘的情境對於不同方式的自我回饋的知識學習與整理都有明顯幫助，尤其以手寫筆記自我回饋的參與者學習效果最佳。但值得注意的是，參與者在無回饋的情況下，決策與決策之間休息 0.5 分鐘的情境卻比休息 2 分鐘的情境有較佳表現，只是未達統計顯著標準。我們推論，在沒有自我回饋的要求下，人在 2 分鐘的休

息時間內並不能自動且有效的整理動態決策作業相關情境線索，甚至有可能因休息時間過長而將先前的一些學習遺忘掉，因而表現反不如只休息 0.5 分鐘組，但後續休息 2 分鐘的組別分數差距與只休息 0.5 分鐘組逐漸縮小並有超越的趨勢，可看出足夠的休息時間在未來動態決策作業時間拉長的情況下優勢將會愈來愈明顯。

另外，本研究中動態決策作業所累積的疲累感大約在實驗進行至第 30 分鐘左右開始出現，也就是排水作業進行至第三回合之後，休息 2 分鐘的參與者在排水作業的成績上開始與只休息 0.5 分鐘的參與者拉大差距，顯示休息 2 分鐘的參與者較能抗衡需要連續專注的動態決策作業。其中休息 2 分鐘且有自我回饋的參與者能引起更大的進步幅度，顯示足夠的休息時間除了幫助舒緩動態決策累積的疲勞，對於自我回饋內容的消化也很有幫助。人在學習的過程中必須不斷的將所學知識消化吸收，由本研究的實驗結果，我們推論學習的過程中透過筆記來整理知識或訊息，對於學習是非常有幫助的，將所學知識重新以筆記的型態整理出來時的認知運作能夠幫助知識進一步歸納或建立系統，此方式在認知運作程度愈複雜的學習中愈能看見效果，且動態決策的認知運作非常複雜，並不只是單純將外界資訊熟記即可，學習過程中的認知負荷與疲勞會快速累積，因此我們也建議學習的過程中應有足夠的休息，才能減低持續學習所帶來的疲勞或認知負荷的累積。

未來方向

雖然本研究發現自我回饋方式在充分休息的情況下對人在執行動態決策作業的學習有明顯幫助，但資料也顯示僅有五回合的練習並不足以使參與者掌握完整的排水作業情境模型與決策參數。實驗後的問卷內容分析發現，即便是表現最好的手寫筆記自我回饋且有 2 分鐘休息的情境下，參與者仍對完整的排水作業情境模型了解極少，與其他五種實驗情境的參與者沒有顯著差異。黃富源等人(2007)的研究讓參與者進行 200 次的練習，如此大量的練習也無法使參與者有效掌握該動態決策作業的情境模型，這可能和自我回饋會受每個人的能力與經驗的限制，而無法自我突破。因此引導學習的方式除了自我回饋方式與休息時間之外，可能也需要再加入其他參考指標，例如 Osman (2010) 提出動態系統的監視與控制架構 (Monitoring & control framework) 中曾經探討專家對於決策情境辨認的機制：專家是一群對特殊情境有高度知識與經驗的人，其記憶中所擁有的問題解也較多。若學習動態決策作業時能夠額外加入專家的回饋給參與者，或許可以使參與者在自我回饋時往錯誤方向歸納推理的情形減少，進而幫助掌握完整的動態決策情境模式。

本研究所採用的淨水槽排水作業雖有很多隱晦的規則與細節來增加其複雜度，但仍屬參數封閉的動態決策作業。此動態決策中最大的不確定性可能來自於參與者本身安排幫浦開關的排水行為所導致後續情境改變，因此難度仍然不算太高。我們不確定在更複雜的動態決策作業情況下，自我回饋與休息時間這兩個影

響學習的條件是否扮演更重要的角色，或者有其他影響學習的條件能在更複雜動態決策作業中突顯效果，有待未來研究探討。

另外，本實驗中的休息時間並沒有控制組可做比較，無法比較決策與決策之間完全沒有休息與休息 0.5 分鐘（極為短暫的休息）的情境差異為何，因此建議未來研究仍須將休息控制組加入比較以得到更多資訊。

最後，本研究並無探討參與者自身學習領域是否對於淨水槽排水作業具有背景知識而影響表現，如：工業管理背景、電機資工背景、文史哲背景等，因此參與者學習領域背景是否會影響動態決策表現則有待未來研究探討。



參考文獻

- Bandura, Albert; Walters, R.H. (1963). Social learning and personality development.
New York: Holt Rinehart & Winston.
- Bandura, A., & Locke, E. A. (2003). Negative self-efficacy and goal effects revisited.
Journal of Applied Psychology, 88, 87–99.
- Beach, L. R., & Mitchell, T.R. (1978). A contingency model for the selection of
decision strategies. *Academy of Management Review, 3, 439–449.*
- Berry, D., & Broadbent, D. E. (1984). On the relationship between task performance
and associated verbalizable knowledge. *Quarterly Journal of Experimental
Psychology: Human Experimental Psychology, 36(A), 209–231.*
- Berry, D., & Broadbent, D. E. (1987). The combination of implicit and explicit
knowledge in task control. *Psychological Research, 49, 7–15.*
- Berry, D. C., & Broadbent, D. E. (1988). Interactive tasks and the implicit–explicit
distinction. *British Journal of Psychology, 79, 251–272.*
- Bruce D. Burns & Regina Vollmeyer (2002). Goal specificity effects on hypothesis
testing in problem solving, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology
Section A, 55:1, 241–261.*
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems.
Human Factors, 37 (1), 32–64.

Fischer, U., Orasanu, J., and Montalvo, M. (1993). Efficient decision strategies on the flight deck. In *Proceedings of the Seventh International Symposium on Aviation Psychology* (pp. 238–243). Columbus, OH: Ohio State University.

Gibson, F. P. (2007). Learning and transfer in dynamic decision environments. *Computational and Mathematical Organizational Theory*, 13, 39–61.

Gonzalez, C., Lerch, F. J., & Lebiere, C. (2003). Instance-based learning in dynamic decision making, *Cognitive Science*, 27, 591–635.

Hey, J. D., & Knoll, J. A. (2011). Strategies in dynamic decision making – An experimental investigation of the rationality of decision behaviour. *Journal of Economic Psychology*, 32(3), 399–409.

Huang F. Y., Horng R. Y., Liao C. N., & Lu P. H. (2007). The Effectiveness of Self-feedback, Rest, and Information Support on Dynamic Decision Making Performance. *Journal of Ergonomic Study*, 9(1), 11–20.

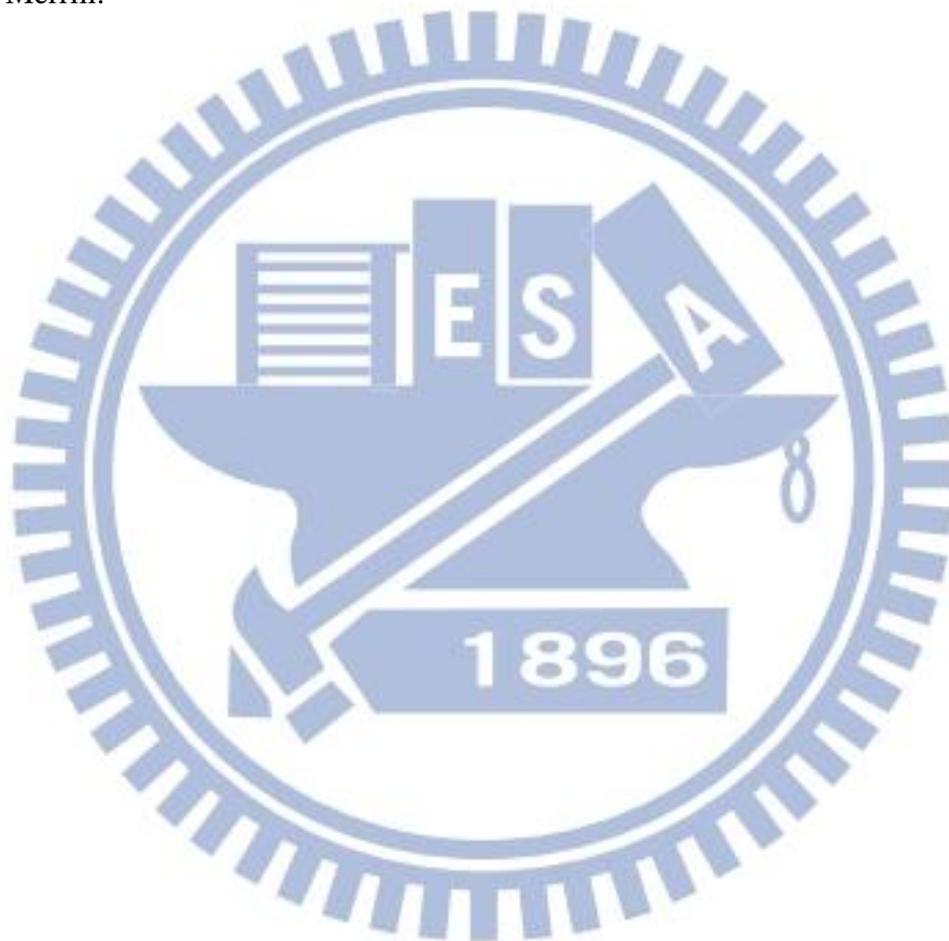
Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263–291.

Kirlik, A., Miller, R. A., & Jagacinski, R. J. (1993). Supervisory control in a dynamic and uncertain environment: A process model of skilled human-environment interaction. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, 23, 929–952.

- Lipshitz, R., & Strauss, O. (1997). Coping with uncertainty: A naturalistic decision-making analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 69, 149–163.
- Mosier, K. L., and Chidester, T. R. (1991). Situation assessment and situation awareness in a team setting. In Y. Queinnec and F. Daniellou (Eds.), *Designing for everyone* (pp. 798–800). London: Taylor & Francis.
- Osman, M. (2010). Controlling Uncertainty: A Review of Human Behavior in Complex Dynamic Environments. *Psychological Bulletin*, 2010, 136 (1), 65–86.
- Sidney K. D’Mello, Nia Dowell, and Arthur Graesser. (2011). Does It Really Matter Whether Students’ Contributions Are Spoken Versus Typed in an Intelligent Tutoring System With Natural Language? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 17(1), 1–17.
- Simon, H. A., & Langley, P. (1981). The central role of learning in cognition. In H. A. Simon (Ed.), *Models of thought* (Vol. II, pp. 102–184). New Haven, London: Yale University Press.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects of learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285.
- Tambini A, Ketz N, Davachi L. 2010. Enhanced brain correlations during rest are related to memory for recent experiences. *Neuron*. 65(2), 280-90.

Vancouver, J. B., More, K. M., & Yoder, R. J. (2008). Self-efficacy and resource allocation: Support for a nonmonotonic discontinuous model. *Journal of Applied Psychology, 93*, 35–47.

Wickens, C. (1984). *Engineering psychology and human performance*. Columbus, OH: Merrill.



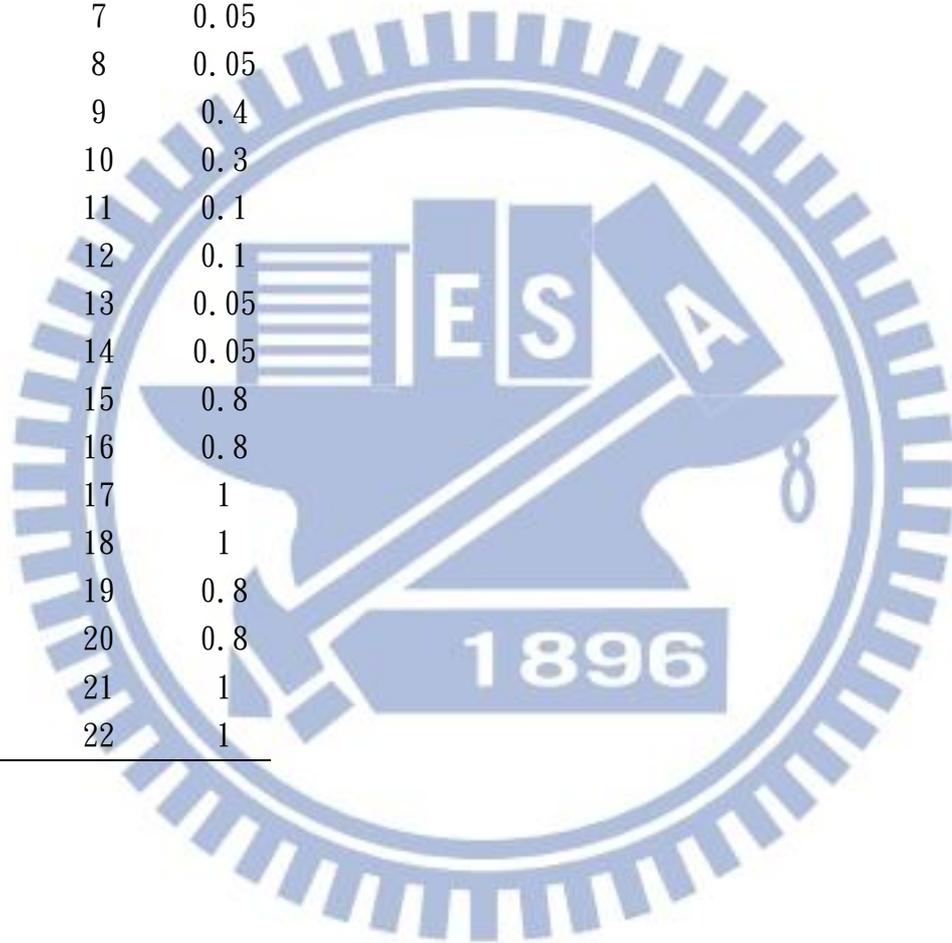
附錄一 排水作業各項參數

1. 各水槽總共需排出的水量

水槽編號	需排出水量	淨空時限
0	70	05:00
1	100	08:00
2	27	05:00
3	94	08:00
4	57	09:00
5	19	10:00
6	19	10:00
7	30	08:30
8	30	09:30
9	67	07:00
10	48	07:30
11	19	05:30
12	19	06:30
13	20	05:00
14	20	06:00
15	75	08:00
16	45	09:00
17	19	10:00
18	19	10:00
19	53	07:00
20	38	07:30
21	75	08:00
22	45	09:00

2. 水槽向後分配水量比率

水槽	後方水槽	比率
0	1	0.4
0	2	0.4
1	3	0.4
1	4	0.3
1	5	0.1
1	6	0.1
1	7	0.05
1	8	0.05
2	9	0.4
2	10	0.3
2	11	0.1
2	12	0.1
2	13	0.05
2	14	0.05
3	15	0.8
4	16	0.8
5	17	1
6	18	1
9	19	0.8
10	20	0.8
15	21	1
16	22	1



3. 各水槽加水時間點

Hr	Min	1	2	0	3	4	5	6	7	8	15	16	17	18	21	22	9	10	11	12	13	14	19	20
2	0	30	60	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	2	2	0	0	0	0
2	20	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	2	2	0	0	0	0
2	30	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1	1	0	0	0	0
2	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	10	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0
3	20	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0
3	30	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
3	40	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0
3	50	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0
4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
4	10	0	0	2	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	3	3	0	0
4	20	0	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	2	2	0	0
4	30	0	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2	2	0	0
4	40	0	0	0	6	6	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	50	0	0	0	6	6	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	30	0	0	6	6	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	20	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	30	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	40	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	50	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附錄二 實驗指導語

等一下你將在電腦進行的工作為淨水槽排水作業，電腦螢幕上你將會看到一些水槽，裡面可能有水或沒水，你的任務為使用滑鼠來開啟或關閉有水的水槽後方的排水幫浦，讓水槽中的水往後（右）方流去直到完全排出。本排水系統的每個排水水槽後方各有兩個排水幫浦，分別為編號 1、2，編號並不代表先後順序的意義因此你可以任意開啟水槽內有水的排水水槽幫浦，你一次可以同時開啟的幫浦上限為五個。當你親手關掉或者該水槽的水被排空時，幫浦都會變成黃色的清理模式並且仍占用幫浦的使用限制數量，清理模式的等待時間過後它們將會回到未開啟狀態，而幫浦處於清理模式的數量決定了你可以安排等待開啟的幫浦數量，也就是說若有三個幫浦處於清理模式，則你有三個可以安排等待開啟的幫浦額度，你可以點選預備開啟的幫浦，此時幫浦將會呈現暗紅色表示等待，當先前幫浦的清理模式結束後，這些預排的幫浦將會自動開啟（從暗紅色轉為綠色）。

此外，右邊的時間為該列水槽的淨空時限，你必須在系統設定的淨空時間到達之前將該列的水量全數排出。若到達淨空時限仍有水尚未排出，電腦會將每個水槽需排出但未排出的數量紀錄在上方。超過淨空時限之後你仍可繼續將該水槽的水排出直到該回合結束，該回合結束之後電腦會計算結束時所有水槽需排出但未排出的水量，與先前每列水槽淨空時限到達時需排出但未排出的水量，這兩種計分方式加起來就是你的成績，若你累積未排出的水量愈多，則表示你的表現愈差。

你一共要進行五回合的排水作業，每一回合的時間長度為 8 分鐘，也就是左上角的時間從 02:00 至 10:00。

（手寫筆記自我回饋、休息 0.5 分鐘）

每一回合結束後至下一回合開始前，我們將給你 2 分鐘的時間去回顧你在上一回合中的學習，為了幫助你整理上一回合中的學習，我將會提供你紙筆與一些提示問題，請你根據這些問題寫下你的想法，你的筆記後續皆可再次翻閱。之後你將有半分鐘的休息時間，休息過後請按畫面右下方 Start Simulation 鍵開始下一回合。由於每個人的表現不盡相同，因此請你盡力表現即可。（請實驗者說明實驗流程圖。）

（放聲思考自我回饋、休息 0.5 分鐘）

每一回合結束後至下一回合開始前，我們將給你 2 分鐘的時間去回顧你在上一回合中的學習，為了幫助你整理上一回合中的學習，我將會給你一些提示問題，請你根據這些提示問題將你想到的想法大聲說出來，之後你將有半分鐘的休息時間，休息過後請按畫面右下方 Start Simulation 鍵開始下一回合。由於每個人的表現不盡相同，因此請你盡力表現即可。（請實驗者說明實驗流程圖。）

(無自我回饋、休息 0.5 分鐘)

每一回合結束後至下一回合開始前，我們將給你一篇文章，請你盡可能挑出文章裡的錯字並訂正，時間為 2 分鐘。錯別字訂正過後你將有半分鐘的休息時間，休息過後請按畫面右下方 Start Simulation 鍵開始下一回合。由於每個人的表現不盡相同，因此請你盡力表現即可。(請實驗者說明實驗流程圖。)

(手寫筆記自我回饋、休息 2 分鐘)

每一回合結束後至下一回合開始前，我們將給你 2 分鐘的時間去回顧你在上一回合中的學習，為了幫助你整理上一回合中的學習，我將會提供你紙筆與一些提示問題，請你根據這些問題寫下你的想法，你的筆記後續皆可再次翻閱。之後你將有 2 分鐘的休息時間，休息過後請按畫面右下方 Start Simulation 鍵開始下一回合。由於每個人的表現不盡相同，因此請你盡力表現即可。(請實驗者說明實驗流程圖。)

(放聲思考自我回饋、休息 2 分鐘)

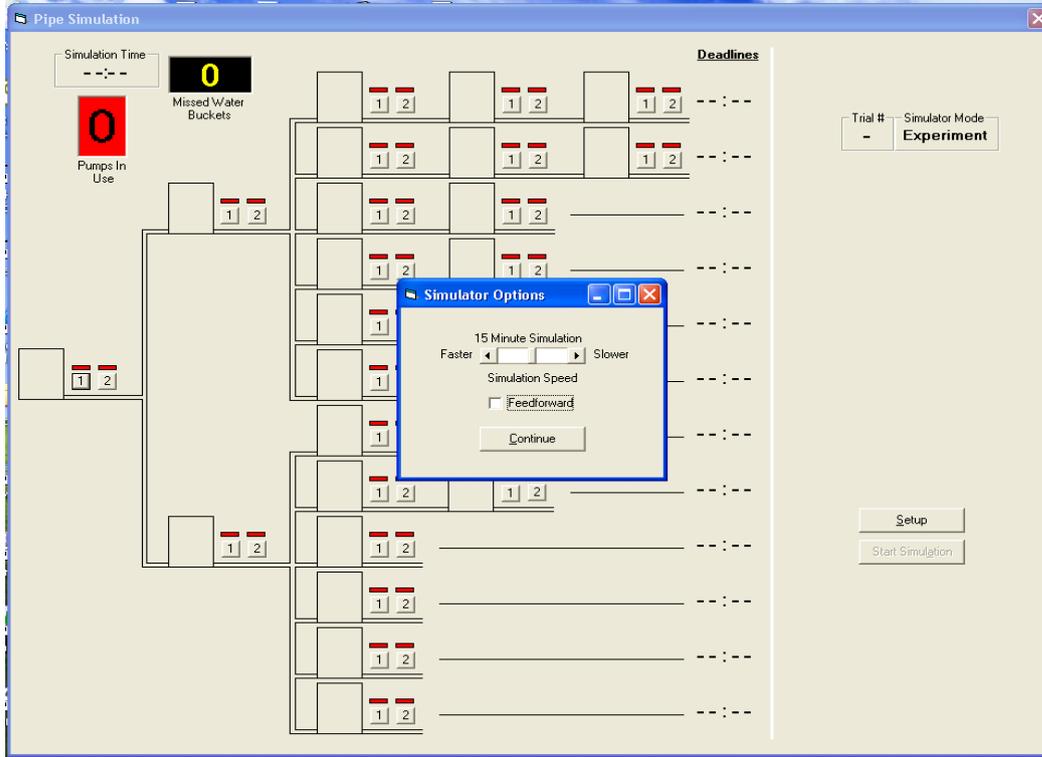
每一回合結束後至下一回合開始前，我們將給你 2 分鐘的時間去回顧你在上一回合中的學習，為了幫助你整理上一回合中的學習，我將會給你一些提示問題，請你根據這些提示問題將你想到的想法大聲說出來，之後你將有 2 分鐘的休息時間，休息過後請按畫面右下方 Start Simulation 鍵開始下一回合。由於每個人的表現不盡相同，因此請你盡力表現即可。(請實驗者說明實驗流程圖。)

(無自我回饋、休息 2 分鐘)

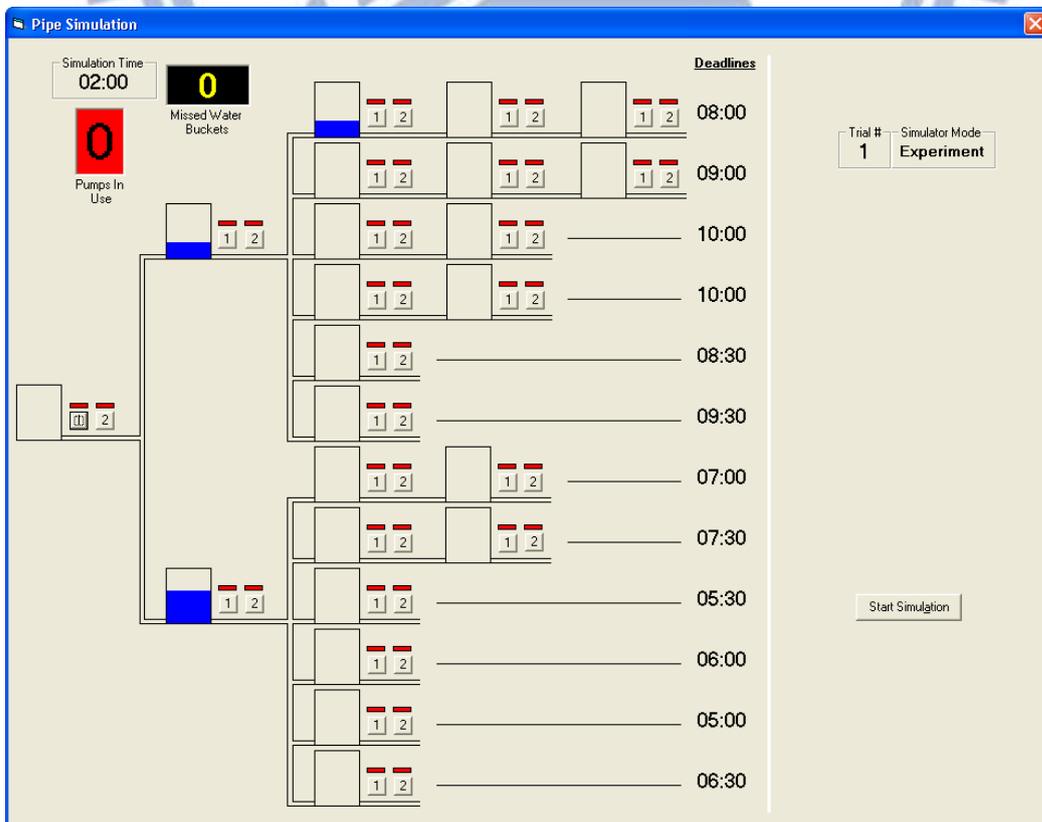
每一回合結束後至下一回合開始前，我們將給你一篇文章，請你盡可能挑出文章裡的錯字並訂正，時間為 2 分鐘。錯別字訂正過後你將有 2 分鐘的休息時間，休息過後請按畫面右下方 Start Simulation 鍵開始下一回合。由於每個人的表現不盡相同，因此請你盡力表現即可。(請實驗者說明實驗流程圖。)

附錄三 淨水槽排水作業介面

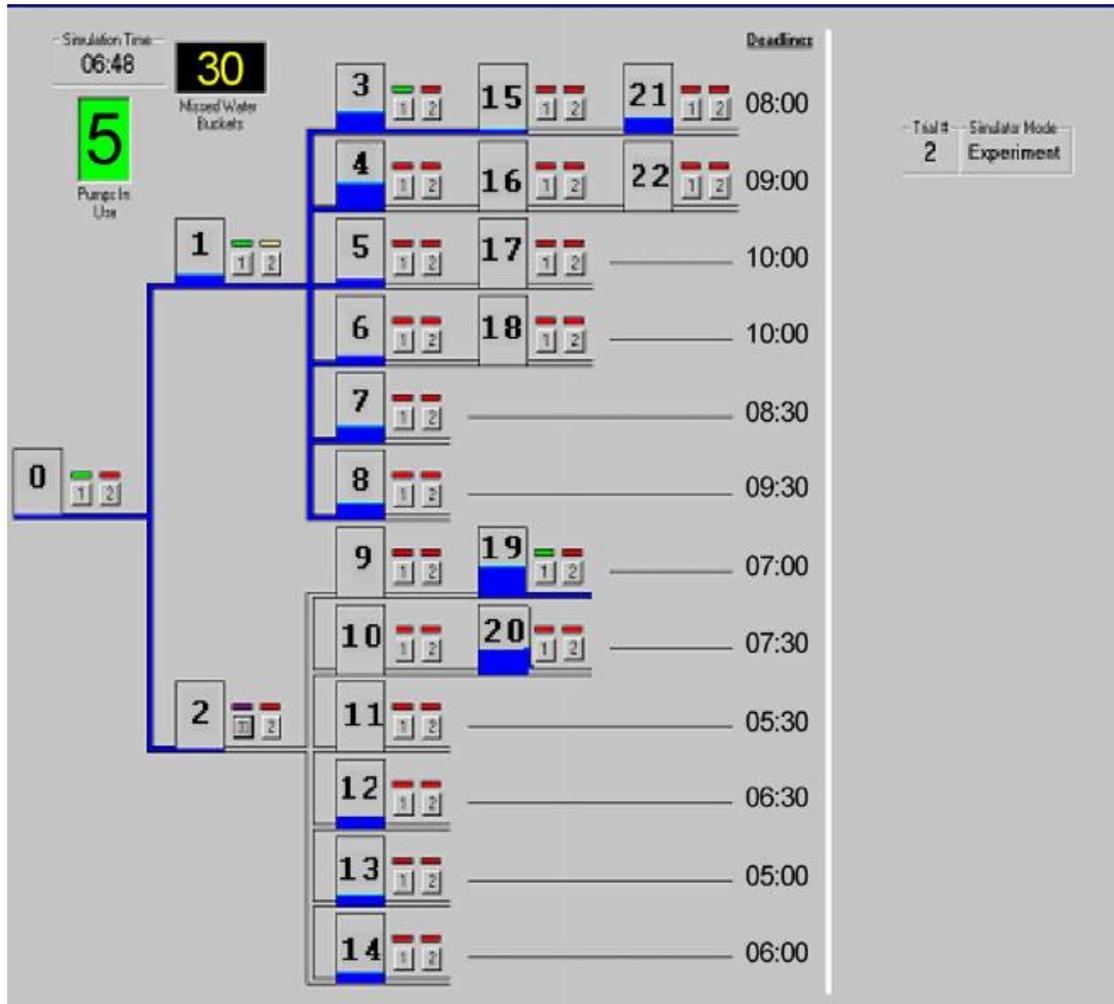
1. 起始畫面：設定回合時間（8 分鐘）



2. 遊戲開始畫面（按下右下角 Start Simulation 即開始）



3. 水槽編號 (水槽內號碼)



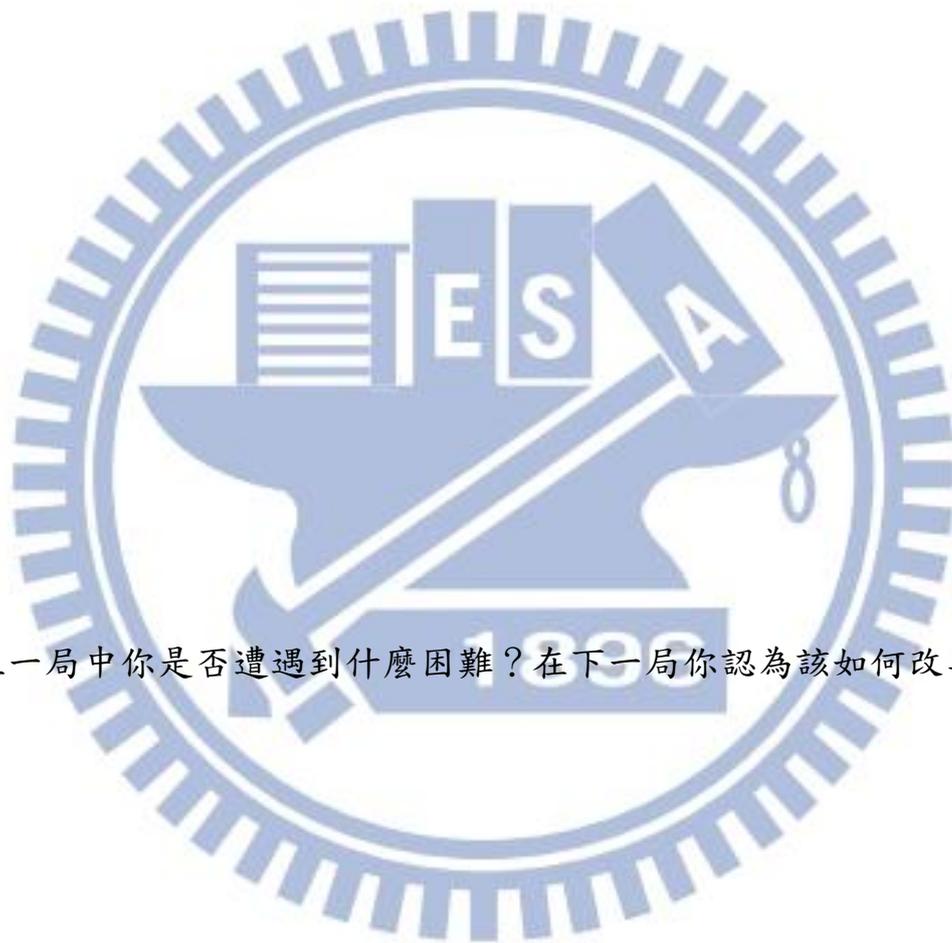
附錄四 自我回饋提示

(手寫筆記自我回饋)

ID：_____ 年____月____日

1.你認為如何才能使你的排水作業順利進行？

2.上一局中你是否遭遇到什麼困難？在下一局你認為該如何改善？



(放聲思考自我回饋)

ID：_____ 年____月____日

1. 請說出你認為如何才能使你的排水作業順利進行？
2. 請說出上一局中你是否遭遇到什麼困難？在下一局你認為該如何改善？



(無自我回饋)

ID: _____

_____年_____月_____日

(1)

1、以下成語可能有錯字，請將錯字找出並訂正，若無錯字請在括號內打 O：

(斷) 1、一刀兩段。

(蜜) 2、口密腹劍。

(逸) 3、以易待勞。

(愾) 4、同仇敵愾。

2、以下每題各有 2 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

(羨)、(畢) 1、不必現慕別人的好成績，應該反省自己是否夠努力！
必竟一分耕耘方有一分收穫。

(懈)、(嶇) 2、在大家勤奮不解的開墾下，一條崎曲蜿蜒的山路終於完成了。

3、以下文章共有 5 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

颱風過後，院子裡的盆栽花木，禁不起風雨的摧慘，早已滿地落葉，只有屋前的那顆老榕樹，依然青脆茂密，生氣悖發。

(栽)、(殘)、(棵)、(翠)、(勃)

ID：_____ 年____月____日 (2)

1、以下成語可能有錯字，請將錯字找出並訂正，若無錯字請在括號內打 O：

(祿) 1、回錄之災。 (示) 2、不甘勢弱。

(驚) 3、好高驚遠。 (徇) 4、循私舞弊。

2、以下每題各有 2 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

(輕)、(藐) 1、有些年青人利用夜晚飆車滋事，真是渺視法律、漠視人權。

(勵)、(味) 2、他不知道自我反省，策厲將來，只會一味責怪別人的不是。

3、以下文章共有 5 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

魔戒持有者佛羅多，在不知情的狀況下繼承了一枚戒指，卻發現這枚戒指竟是魔王遲遲不能統治世界的關鍵，而他也因而陷入善惡雙方掙奪的處境中。幾經波折，他絕定帶著戒指深入魔王的領土，準備在末日火山催毀這一切邪惡的根原。

(承)、(爭)、(決)、(摧)、(源)

ID：_____

_____年_____月_____日

(3)

1、以下成語可能有錯字，請將錯字找出並訂正，若無錯字請在括號內打 O：

(渴) 1、求賢若渴。

(鑠) 2、眾口鑠金。

(投) 3、走頭無路。

(鋌) 4、挺而走險。

2、以下每題各有 2 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

(濫)、(白) 1、作文貴有新意，避免陳腔爛調、老生常談，要別出心裁、不落窠舊。

(睽)、(悻) 2、為了獲得獎金，他居然在眾目睽睽之下作弊，被裁判抓到還悻悻然地忿然離席，真是差勁！

3、以下文章共有 5 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

他雖然一絲不苟地完成了工作，又不驗其繁地反復檢查，可是卻因為一個小疏忽，陋掉了最重要的部分，以至讓別人搶得先機。

(厭)、(煩)、(覆)、(漏)、(致)

ID：_____ 年_____月_____日 (4)

1、以下成語可能有錯字，請將錯字找出並訂正，若無錯字請在括號內打 O：

- (釜) 1、破斧沉舟。 (罄) 2、罄竹難書。
(省) 3、不醒人事。 (挑) 4、輕佻浮躁。

2、以下每題各有 2 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

- (靡)、(期) 1、風迷臺灣的「五月天」正籌備他們第一部連續劇，
歌迷們奇待他們的演出。
(藹)、(躁) 2、他個性憨厚、和藹可親，即使性情浮燥的人與他相
處久了，也能受到他的陶冶而有所改進。

3、以下文章共有 5 個錯字，請找出錯字並訂正於括號內：

近來社會亂相充斥，許多有志之士發起「營造書香社會——號
招全民捐書」活動，即日起至十二月三十一日止，歡迎民眾題供各
類書籍，唱導民眾多讀書、讀好書，同時端正社會風氣。

- (象)、(召)、(捐)、(提)、(倡)

附錄五 問卷

ID：_____ 年____月____日

請你以剛剛執行五回合的排水作業為參考回答下列四個問題，並請盡可能詳實回答：

1、你認為進行排水作業時幫浦開啟、關閉的理想時機為何？為什麼？

2、你認為減少水槽水量的關鍵因素為何？是否有可能將所有需排出的水量淨空？為什麼？

3、經過五回合的決策作業後，請根據你的經驗給將要進行排水作業的新手建議，讓他們可以盡可能的在時限內將水排掉。

4、有沒有其他心得或是想提及的觀點？

附錄六 排水作業情境模型

C. 基本方向 (Basic) :

1. 幫浦操作以淨空時限為最優先的考量
2. 幫浦盡可能全時運作

D. 遊戲細節 (Detail) :

1. 水量傳遞有比率分配，第二層傳給第三層儲水槽的分配比率由上至下為 0.4、0.3、0.1、0.1、0.05、0.05。給分依據為描述出由上到下、由多到少的分配情形
2. 額外增加水量時間點除了水槽0以外皆會被排水流程覆蓋而無法觀察，因此給分判斷依據為描述出水槽0的最後增加時間點
3. 幫浦的恢復期時間為 10min（實際時間的 10 秒），給分依據為正確描述恢復時間（6，3.3%）
4. 正確計算分數的方式為：在淨空時限到達時未排出該水槽預訂需排出的水量便會被記入累加，並於遊戲結束時重新加總所有水槽未排出預訂排出的水量，給分依據為正確描述
5. 所有水槽的水皆可全數排完，給分依據為正確描述

附錄七 錯誤情境模型

C. 基本方向錯誤，包含違反時間原則與操作後反而使水量無法有效排出的策略，

只要包含下列任何一項即為基本方向錯誤：

1. 不考慮淨空時限作為幫浦操作依據
2. 水量較多的水槽優先處理才考慮淨空時限
3. 較長的排水路線優先處理才考慮淨空時限
4. 最前面的水槽較晚處理或放棄
5. 預留備用的幫浦
6. 放棄長的排水路線而專注短路線

D. 細節觀察錯誤：只要包含下列任何一項極為細節觀察錯誤

1. 幫浦排水速度不一樣
2. 幫浦分流情況觀察錯誤
3. 幫浦恢復時間觀察錯誤

附錄八 實驗參與者發現的可用策略

9. 盡量將水往後方儲水槽移動
10. 同一水槽後方的兩個幫浦一起打開
11. 減少幫浦開關次數以降低進入恢復期的次數
12. 整條排水路徑同時或依序開啟幫浦使排水順暢不中斷
13. 上半部水槽（8:00 之後）盡早開始
14. 超過時限的路徑先擱置，後續再回頭處理
15. 同一水槽的幫浦維持排水順暢不中途斷掉又進水
16. 提早完成前半部排水作業（8:00 之前）讓後續有更充裕的時間處理

