

國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文

決策資訊輔助、自我回饋與休息
對動態決策作業績效之影響

The Effects of Information Support, Self-feedback, and Rest on
Dynamic Decision Making Performance

研究生：黃富源
指導教授：洪瑞雲 博士

中華民國九十四年六月

決策資訊輔助、自我回饋與休息對動態決策作業績效之影響
The Effects of Information Support, Self-feedback, and Rest on
Dynamic Decision Making Performance

研究生：黃富源

Student : Fu-Yuan Huang

指導教授：洪瑞雲

Advisor : Dr. Ruey-Yun Horng

國立交通大學
工業工程與管理學系
碩士論文



A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Industrial Engineering

June 2005

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十四年六月

決策資訊輔助、自我回饋與休息對動態決策作業績效之影響

學生：黃富源

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

本研究的目的是在探討動態決策的情境中三個可能影響人們決策表現的因素：長期資訊的輔助、自我回饋的程度、決策間的休息。實驗中 164 名受試者，分別被指派到 2(有資訊輔助、無資訊輔助) × 2(有自我回饋、無自我回饋) × 2(有休息、無休息) 8 種不同的情境中，每個受試者將有 200 次的決策機會。本研究預測經過大量練習後，人們的動態決策品質(決策偏離最佳決策程度、提早結束作業時間)將會進步，但三個自變項上的差異也會對人們在決策情境中的學習產生影響。結果發現，自我回饋與休息均有助於改善人們在每一回合的動態決策作業中的短期學習。就長期學習而言，當人們從事自我回饋時，資訊輔助或休息都對動態決策的表現有所助益；但缺乏自我回饋的情形下，單有資訊輔助或休息都不會改善人們的決策表現。

關鍵字：決策輔助、自我回饋、休息、學習、動態系統決策

The Effects of Information Support, Self-feedback, and Rest on Dynamic Decision Making Performance

Student : Fu-Yuan Huang

Advisor : Dr. Ruey-Yun Horng

Department of Industrial Engineering and Management
National Chiao Tung University

Abstract

This study investigated the effect of decision support, self-feedback, and rest on the dynamic decision making performance. A total of 164 undergraduate and graduate students were assigned to the 2(decision support) \times 2(self-feedback) \times 2(rest) experimental conditions. Each participant had to make 20 trials \times 10 blocks of decisions. We expected decision support (that supplies the aggregated information regarding participant's performances and its effects on the system over 20 trials), self-feedback (answers to the questions that attempt to provoke participant's analysis of his/her decision and discrepancies between his/her expectation and system's actual outcome), and rest (1 minute break between blocks) would improve quality of the dynamic decision making. The dynamic decision making performance was measured by the difference between the optimal solution and the outcome of participant's decision. Result shows that self-feedback and rest may improve dynamic decision performance within each block, demonstrated by a short-term learning effect. However, supplemented with decision support or rest, self-explanation may also lead to long-term improvement in dynamic decision making.

Keywords : *decision support, self-feedback, rest, learning, dynamic decision making*

誌 謝

這篇論文記載著我碩二這一年的生命，是生活縮影，是努力與成長的證明。在提筆前，對未來充滿殺戮戰場般困難重重的忐忑幻想，但如今走到這放下筆桿，拿起槍桿之際，心中卻對過去一年滿是依依與感謝。表面上的學術意涵之外，這篇厚達一百多頁的論文也稱職的呈現出我這個作者的心情，或許正因為背負了太多無法言喻的感恩，它才會變得如此肥厚吧。如果在寫作過程中少了任何一個曾經給過我幫助與鼓勵的人，它就不會是現在的樣子，來自各方有形無形的幫助，都讓我更堅定要把這件事情做好的信念。

我想，太多指名道姓的感謝在這裡只會顯得多餘，小小版面怎能承受得起心中的洶湧澎湃，又怎能割捨那想跟每個受試者說聲謝謝的心情，只好在此用最簡單的道謝，表達最真實的心情，你們是這篇論文的骨骼血肉，謝謝！

我的指導教授洪瑞雲老師，對我的影響不單只在指導我把這篇論文做完、做好，從她身上學到更多的是身為一個學者對於學術研究該有堅持，從來沒想像過一個老師可以對我產生這麼深遠的影響，也未曾如此深刻的感謝一個稱謂是老師的長輩，每次的討論都讓我有所學習，每次的閒聊都讓我有所成長，洪老師對我來說不但是良師、更是益友，對老師的喜愛與尊敬，甚至讓我有為什麼要把論文寫完、為什麼要畢業的心情。

最後，我想感謝我的家人在做論文的過程中，對我百般的寬容與支持，之所以能夠大膽放心的去坐一件事，完全是因為背後支持我的力量是那麼強大、溫暖與自由，越是長大越能透明白所謂的家人，就是一種血脈相連的悸動與羈絆，毫無理由也不需要理由就這麼默默的支持著我，讓我任性的去做我想做的事情，請你們原諒我的任意妄為，謝謝你們。

黃富源 謹識

民國 94 年 6 月於交通大學

目錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 導論	1
第二章 文獻探討	12
第三章 方法	31
第四章 結果	43
第五章 結論與討論	74
參考文獻	81
附錄一 實驗指導語	84
附錄二 牧場經營作業操作介面實例	88
附錄三 牧場管理作業系統初始值	91
附錄四 各初始條件的最佳決策	93
附錄五 第一回合各階段之變異數分析	95
附錄六 刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差	97
附錄七 刪除遺漏值後階段 × 自我回饋之簡單主效果檢定	103
附錄八 刪除遺漏值後階段 × 休息之簡單主效果檢定	105
附錄九 補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差	107



附錄十	補上遺漏估計值後階段 × 自我回饋之簡單主效果	113
附錄十一	補上遺漏估計值後資訊輔助 × 休息之簡單主效果檢定	115
附錄十二	遺漏值估計後資訊輔助、自我回饋、休息之簡單主效果	116
附錄十三	遺漏值估計後階段、資訊輔助、休息之簡單主效果	118



表目錄

表 1	第一回合結束時間點之平均數與標準差	44
表 2	第一回合結束時間點之變異數分析表	44
表 3	第一回合偏離最佳策略程度之平均數與標準差	45
表 4	第一回合偏離最佳策略程度之變異數分析表	46
表 5	十回合結束時間點之平均數與標準差	49
表 6	十回合結束時間點變異數分析表	50
表 7	後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之變異數分析表	52
表 8	後九回合刪除遺漏值後每回合各階段之平均數與變異數	58
表 9	後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之變異數分析表	61
表 10	後九回合補上遺漏估計值每回合各階段之平均數與變異數	65



圖目錄

圖 1	控制理論之結構示意圖	24
圖 2	決策作業之變項關係圖	32
圖 3	牧草長度與年生長量之關係圖	33
圖 4	實驗流程圖	39
圖 5	第一回合偏離最佳策略程度之學習曲線	47
圖 6	後九回合刪除遺漏值後之長期學習曲線	54
圖 7	後九回合刪除遺漏值後之短期學習曲線	55
圖 8	後九回合刪除遺漏值後之回合 × 階段交互作用圖	57
圖 9	後九回合刪除遺漏值後各階段經過 2~10 回合之整體學習曲線	57
圖 10	後九回合刪除遺漏值後階段 × 自我回饋之交互作用圖	59
圖 11	後九回合刪除遺漏值後階段 × 休息之交互作用圖	60
圖 12	後九回合補上遺漏估計值後之長期學習曲線	64
圖 13	後九回合補上遺漏估計值之短期學習曲線	66
圖 14	後九回合補上遺漏估計值之回合 × 階段交互作用圖	67
圖 15	後九回合補上遺漏估計值後各階段經過 2~10 回合之整體學習曲線	67
圖 16	後九回合補上遺漏估計值後階段 × 自我回饋之交互作用圖	68
圖 17	後九回合補上遺漏估計值後資訊輔助 × 休息之交互作用圖	69
圖 18	後九回合估計遺漏值後資訊輔助 × 自我回饋 × 休息之交互作用圖	70
圖 19	後九回合補上遺漏估計值後階段 × 資訊輔助 × 休息之交互作用圖	72

第一章 導論

研究背景與動機

從孩童長為成人、從學生時代到出社會工作，人們每天都得做大大小小的決定，這些決定可能沒什麼重大影響，但也可能徹底改變一生。雖然這些決定間的差異可說是南轅北轍，但我們在面對這些問題時的內在活動卻可能是相似的，其中所含的一連串內在的認知活動稱之為——決策。決策行為不單在個人的層次重要，對組織而言也具有不可忽視的重要性。一個組織是否可以長期的生存往往取決於保持好的決策品質。決策行為普遍存在於日常生活中，然而並不代表人們對如何做決策非常熟練，也不表示每一個決策都是正確的。

做進一步的探討之前，首先要了解何謂決策，在此採用 Baron(1994)的搜尋—推論理論說明人的決策行為。人們決策是因為存在想望達成的目標，此目標與目前所處的情境間存在差異，為了達成目標人們必須採取某些行動。如果通往目標的可能性是單一的，那麼人們只需要認真執行這個方案，若通往目標的方法很多，人們就必須蒐集各種證據，透過推論各種證據中所包含的訊息來決定採取那個方案最為合適。糟糕的是，有時可供選擇的方案並不明顯，人們要靠自己來找出方案。簡單的說，決策是人以目標為前提，由搜尋與推論所構成的一連串的內在認知活動。

決策在許多領域中不斷的被討論，不同的領域對於決策所抱持的觀點也不盡相同。例如在決策分析的領域中，學者們致力於將決策轉換成量化的模型，透過量化的方式讓決策者可以做正確的判斷。另一方面，研究行為決策的學者則對人們真正的決策行為有興趣。他們透過實驗、觀察等方式檢視人們在各種不同情境下的決策行為。本研究的目的即為由行為決策的觀點來檢視動態決策中人們的認

知過程中的相關因素。

動態決策的作業特徵

過去的十五年中((Hsiao & Richardson, 1999; Moxnes, 2004; Diehl & Sterman, 1989a, 1995; Rouwette & Gröbler, 2004)許多學者開始探究在決策間彼此相依的動態情境中人們如何決策。典型的決策研究中為了要確認人們的各種認知特徵會在多樣化的決策情境中穩固的出現，因此在決策作業的設計上，大多以作業簡單、情境多樣化為主，由這些決策作業所得的研究結果雖然可以發覺許多人們在決策上的基本特徵偏離理性模式的行為(Kahneman & Tversky, 1979)，然而這些作業的設計不是只有單一決策，就是決策與決策間沒有關聯。假如我們回想自己在日常生活的經驗，我們將輕易的發現上一個決定會影響下一個決定的情況其實是屢見不鮮。例如：在求學的時候可以不斷的選擇要不要認真唸書，每一次的選擇都會影響到下一次要唸的分量與時間，這些決定對於後來的期中、期末大考的成績也會有影響。又如，駕駛行為也是一樣，駕駛者在每個分岔路口所作的選擇都會影響到達目的地的路程與時間。除了日常生活之外，動態的決策情境在工業、企業中更是常見，如生產線的規劃、組織人力的掌控...等等，每一個決定都往往是牽一髮而動全身，會引發連帶甚至不可回復的反應。

由於動態情境是如此普遍的存在，令人不禁要問與過去的典型決策研究相比，人們在動態決策中的行為與靜態決策有什麼差異。若比較這兩種決策作業的特性，可以發現古典的決策研究中，是把過去一段時間的情境變化轉換成靜態資訊的方式呈現給決策者，讓決策者在單一時間點上做決策。動態決策中則是由決策者親身經驗整個環境變化的過程。決策作業中，除了含有環境本身自然的變化外，決策者每做一次決策都會造成情境的改變，此改變又會影響之後決策時的方

向與目標，這是動態決策一個非常重要的特性稱為「繞環式因果律(circular causality)」。因為此因果律的存在，決策不再是求單一階段的最佳解，而是必須從長期的角度規劃，方能有效的達成目標。另一方面，在動態決策中決策者要親身經驗環境變化，在決策初期勢必要花一段時間熟悉、理解環境，但由於人們的注意力無法持久、及記憶的限制，可能會在過程中遺漏一些訊息，導致對環境的理解或變化無法即時掌握，更遑論即時作出適當的反應。因此，我們可以期待動態決策與靜態決策之間人們的行為會有差異。

與靜態決策研究相似的是，動態決策作業的研究中(如，Edwards, 1962)也發現人們的行為往往偏離最佳化的模型，且隨著作業設計不同，人們的表現也不盡相同，似乎作業的結構是影響人們決策的因素。隨後的許多研究(如，Diehl & Sterman, 1995 ;Gibson, 2000)指出，工作複雜度上升的確會造成人們決策的品質下降。當人們所面對的決策系統越是龐大，各事件之間的關聯越複雜，決策所造成的影響展現的時間(結果回饋)拖的越長，人們的表現就會下滑越多，然而其他研究中(Kobus, Proctor & Holste, 2001; Atkins, Wood & Rutgers,2002; Moxnes,2004)也都發現，隨著同一決策作業的經驗累積，人們所做決策的績效會逐漸改善，決策品質變異的程度也縮小，雖然不一定可到最佳的程度，但是與一開始相比較已經有很大的進步。這顯示人們可以在動態決策的過程中獲得學習。足夠的練習便是改善決策品質的因素之一。

既然人們可以在動態環境中穩定學習，表示人在決策的最初與最後，對環境的理解不同，也就是對於問題的內在表徵改變了。學者們(如，Lerch & Harter, 2001)的解釋是人們透過建立和修訂內在的心智模型來適當的表達他對外在世界的認識，並據此內在模式以適應環境。心智模型是人們將外來的訊息與自己的知

識，重新組織後形成的一個內在認知結構，其目的在於表達個人當時所處的情境，因此心智模型也稱為情境模式(Kintsch,1988,1998)。Endsley(1995)認為動態決策情境的心智模式的建立分成三個階段，分別是知覺、理解、規劃，統稱為情境覺察(situational awareness)。其中，在知覺階段人們主要的作業主要在偵測、接收來自環境中的各種訊息。如果環境中的訊息量超過人們可以接受的範圍，就必須過濾出重要的訊息而忽略旁枝末節的訊息。接下來，人以自己知覺到的訊息為線索進一步推論自己所處的環境中各項因素間的因果關係，若接收到的重要的訊息可以被適當的加以組織，則個人對整個環境會有比較通盤的掌握。亦即理解階段最主要的活動是將知覺的訊息與既有的知識組織起來，嘗試推論出隱藏在現象表面下的底層結構。透過正確的理解，決策者對於環境的預測能力會提高，在第三個階段規劃的工作即人們根據本身對環境的理解，尋找並評估可行的方案，並在所有方案中挑選出最能夠達成目標的方案加以實行。此預測、規劃階段中人們也會發展出策略來應付各種未來可能出現的情形。然而，要特別說明的是，此三階段的區分，只是為了強調前一個階段的好壞會影響下一個階段，實際上三個階段是同時進行的。Endsley 的理論雖然可以解釋影響人們在動態決策中的內在認知階段，但是對於人們在動態決策過程中如何透過學習使三個覺察階段產生變化卻沒有著墨。

另一方面，Brehmer(1995)提出了控制－預測的架構來解釋動態決策中人們的學習歷程。他認為人們的心智模型可以進一步分成兩個子模型，一個子模型用來執行決策，另一個子模型用來預測執行後的結果。控制子模型乃根據目前環境狀態(S_t)與目標環境狀態間(S_{goal})的差異(d_0)做反應，再根據上一個環境狀態(S_{t-1})與目前環境狀態(S_t)的差異(d_1)作為修正 d_0 差異的基準；同理，預測子模型根據

上一一次的環境狀態與上一一次的預測做修正，再根據目前環境狀態與控制子模型所欲採取的行動預測可能產生的變化。在動態系統決策作業，每作一次決策人們的心智模型中上述相關的參數就會更新一次。換句話說，人們從決策的經驗中學習。動態環境中每一次的學習都是局部的、是漸進的，而且所建立的知識不容易遷移到經驗範圍之外。雖然這個理論描述了人們如何利用經驗來學習去掌握動態決策作業的品質，但卻忽略了經驗之外的因素，如決策者所具有的先前知識。其他研究的結果發現(如，Stanley,1989)，即使基底結構完全相同的作業，只要給予不同的背景故事，人們的表現就會有差異，而且這個差異不論工作複不複雜、有沒有經過學習都仍然存在。這暗示了人們的學習不單純來自經驗。若從情境覺察的觀點看來，在人們理解環境時，除了經驗外，還會加入個人長期記憶中的相關知識。不同的決策者對於各領域的知識不盡相同，所以當個人知識加入決策者的經驗模型中時，人與人間決策品質的差異就會突顯出來。由於知識必須經過長期的累積方可成形，因此在決策過程中獲得的學習並不足以填補不同領域的知識間的差距。

古典的決策研究中觀察到許多人們在決策時會有偏離理性的現象(Kahneman & Tversky, 1979)，如，代表性策略(representativeness heuristic)：一種依一個物體或事件跟它所屬種類之典型有多相似，來估計它是否屬於那一種類的一種估計或然率的方法。在動態決策中一個常見的偏誤稱為對回饋的錯誤知覺(misperception of feedback)。這個現象是指人們會忽略或無視於非常明顯且重要的回饋，即使他們知道那些回饋的重要性！當系統的複雜度較高時，這個現象更為明顯。人們往往只專注於與目標直接相關的因素，例如：存貨管理人們只在意存貨水準來進貨，但是卻忽略了出貨量的改變。從情境覺察的觀點，忽略重要的

訊息導致知覺階段不完整，理解與規劃會受到牽連；從控制—預測理論來看，被忽略的回饋根本不會造成心智模型的修正，學習的效果就會降低。目前對於這個現象的解釋是，人們對系統動態缺乏反應的能力，尤其當人們的決策不能馬上改變環境，而必須潛伏一段時間後才發生影響時，人們更難處理動態系統的回饋訊息。換句話說，人們缺乏分析、整合長期趨勢的能力，後果是人會對目前的環境狀態看的太重，而忽略了自己過去的決策對環境造成的影響。即使經過多次練習之後，仍然無法改善對目前環境狀態的過度重視(如，Diehl & Sterman, 1995)。

雖然許多研究都觀察到動態決策作業中決策者對回饋知覺錯誤的現象(Moxnes,2003; Gibson,2000; Diehl & Sterman, 1995)，但是這些研究中仍有未考慮到的因素，其中之一是人的注意力資源與短期記憶能力的限制。動態決策的情境中，人們要記住過去的資訊，同時還必須不斷接收新的訊息，可想而知人們的認知負荷(注意力與短期記憶)相當大。然而，有的研究中提供受試者的決策時間卻相當短，如，Gibson(1997)只給受試者3秒鐘下決策。在3秒內要完成整個決策的歷程非常的勉強，且下一個決策的資訊馬上隨之而來，資訊的更新速率太快會干擾原本短期記憶中的資訊，且即使短期記憶沒有受到干擾，過短的資訊處理時間也不容許舊的資訊被區塊化或轉存入長期記憶。在這種時間壓力下人們所能保持住的長期資訊大幅減少，更遑論同時顧及過去、評估現狀及考量未來。更進一步來看，即使受試者在每一次決策之後都可以及時獲得回饋，在複雜度較高的動態決策作業中，每次決策後所得的回饋內容通常也包含了較多的資訊，3秒甚至30秒可能也不足以讓受試者瀏覽、理解全部的資訊。在一些無時間壓力的動態決策研究中(如，Stanley,1989 ; Diehl & Sterman, 1995)發現，受試者平均需要花費40~60秒來進行一次決策，因此若只有如3秒的極短時間可以下決策，人們將只

能採取非常簡化的策略來應付環境的變動。

在一些實驗中(如, Stanley,1989; Moxnes 2003)的確發現人們在動態決策情境下是使用定錨與調整的方式在進行決策。亦即, 決策的最初人們會決定一個初始值, 然後在往後的每次決策時以此值作為錨點, 在此錨點上下進行微調來反應動態環境中的狀態變化, 使環境的狀態逐漸趨向目標。使用這種多退少補的定錨策略雖可以降低心智負荷, 但是缺點是可能造成決策時只專注於與目標直接相關的情境因素, 而忽略其他更好的線索, 而無法找出不同但可能更佳的決策方案。此定錨與調整策略並不足以應付高複雜度的動態決策作業, 因為在高複雜度的作業中決策者所採取的行動不一定可以立即改變環境, 決策者在下一次新的決策時沒有任何依據來調整自己的決策。

此外, 在真實的環境中, 在短時間內大量練習相同性質決策的決策情境並不常見, 比較常見的反而是在每一複雜的決策之後會有一段觀察及等待的時間, 允許決策者有較充裕的時間去觀察、分析與整合決策時的期待與決策後環境的變化, 並據以對環境的特徵多一層認識。根據學習理論, 學習的效果在學習後的一段時間才會到達高峰, 且過度密集的練習所產生的效果往往不如分散練習(如, Bourne & Archer, 1956), 在動態決策的場合, 決策者頻繁的與環境互動後, 需要時間整合、分析與理解這段時間中所獲得訊息, 然而, 過去的動態決策研究(Atkins, Wood & Rutgers,2002; Barron, 2003), 受試者常在兩百次以上的練習後才得以休息, 這樣密集連續的練習作業設計與自然決策情境不符, 其研究發現也可能低估了人在動態決策作業中真正的學習能力。本研究因此推論, 在動態決策作業中提供適當的休息時間, 將有助於受試者預測與理解動態系統的情境模式。

動態決策作業中, 心智模型的建立有賴於經驗的累積, 而經驗則來自在決策

過程中所接收到的回饋。當人們與環境互動，改變了環境的狀態，這些改變藉由某種管道傳達給人們稱為「結果回饋」。顧名思義，結果回饋所傳達的訊息是被決策更改後的環境狀態。人們在動態環境中進行決策時，結果回饋有兩種功能(如，Endsley, 1995; Gibson, 1997; Lerch & Harter, 2001)，第一、根據結果回饋推論決策作業中各因素間真正的因果關係，第二、根據結果回饋評估現狀並推論未來所要採取的行動與策略。動態決策作業中學習的現象主要來自於決策者由經驗中架構出情境裡各因素間的因果關係，此情境的理解與覺察降低了決策時的不確定性，只要決策者能充分理解、掌握整個環境，方案的評估就相對簡單。換句話說，人們的決策品質能夠進步是因為逐漸發現環境中的變項相互影響的法則，而法則發現的研究中回饋的立即性是不可或缺的(如，Maddox, Ashby, & Bohil 2003)，如在古典學習理論中，動物能夠將刺激與反應連結的能力，會因為回饋數秒的延遲而破壞(如，Perin, 1943)。然而，動態環境中由於繞環式因果律的存在，人們要能發展出具長期預測能力的心智模型，才能對系統有一完整的知識，也才能獲得整體目標的達成。每次決策都立即獲得結果回饋的風險之一為人們可能會因此只著重短期的表現，此時反而會阻礙人們對環境中長期變化的理解。為了使人們更容易觀察到動態環境中的長期變化，提供人們較長期的整合性的資訊可能有助人們對作業結構的正確理解。但每次決策後都立即提供長期的資訊也是不必要的。根據對回饋錯誤知覺的現象，人們在決策時對於資訊的觀察與處理能力相當有限，因此可以預期人們無法邊處理這麼龐大的資訊邊做決策。本研究因此推論，若能在動態決策作業進行一段時間後提供人們有關的長期資訊，將可幫助人們建立起具有長期預測能力的心智模型。

除了外界所提供的回饋，人們也可進行自我回饋而影響學習，在動態決策作

業中自我回饋是指受試者以自己決策造成的真正結果與當初自己預期會產生的結果間的差異為訊息以促使人們解釋為發現自己當初假設的錯誤所在。來自外界的回饋也可促進人們進行自我回饋，例如：Škraba(2003)的研究中在受試者進行決策後，會得知另一位進行相同作業的受試者所作的的所有決策及決策後果的整合性訊息，此回饋可提供受試者相對的比較標準，讓受試者有更多的資訊與更高的意願來解釋、反省自己過去的決策行為。但是自我回饋的產生並不一定需要由外在的回饋引發，只要人們嘗試去比較自己內在的心智模型與外在真實環境間的差異，自我回饋就會發生。我們推論當決策者若被要求去比較事實與自己的預測，並能嘗試解釋差異形成的原因時，將有助於對系統決策作業的情境模式的學習。

研究問題與假設

本研究的主要興趣，在探討人們在動態系統進行決策時，影響學習的相關因素。根據上述的討論，決策與決策間的休息時間會讓人們的學習效果得以發酵，長期資訊的提供則會影響系統運作法則的發現、要求人們對作業情境進行預測並解釋預測偏離事實的原因會有自我回饋的活動，這些都可能影響人們在動態決策時對情境模式學習而直接影響到人們的決策品質。本研究的研究問題與假設條列如下：

問題一：長期資訊的輔助是否會影響人們在動態決策時的決策品質？

假設一：長期資訊的輔助會提升人們在動態決策時的決策品質。

問題二：決策與決策間有休息的時間是否會影響人們在動態決策時的決策品質？

假設二：決策與決策間有休息的時間會提升人們在動態決策時的決策品質。

問題三：自我回饋是否會影響人們在動態決策時的決策品質？

假設三：自我回饋會提升人們在動態決策時的決策品質。

問題四：休息、資訊輔助、自我回饋間的交互作用是否會影響人們在動態決策時的決策品質？

假設四：休息、資訊輔助、自我回饋間的交互作用會影響人們在動態決策時的決策品質。

變項定義

自變項：

長期資訊的輔助：指受試者在動態決策作業中進行 20 次決策後是否會獲得其行為對系統所造成的影響的資訊。

分成兩種情境：

情境一：受試者進行 20 次的決策後系統會有機會得到這 20 次決策的長期資訊(受試者所輸入牧群量的平均數與標準差、受試者所輸入之牧群量與時間的折線圖、決策結果的平均數與標準差、決策結果與時間的折線圖)。

情境二：受試者進行 20 次的決策後系統不會得到有關這 20 次決策的長期資訊。

決策與決策間的休息時間：指受試者進行 20 次的決策作業過程中後是否有一分鐘的時間可不需進行任何認知作業(1 分鐘 × 9 次)。

分成兩種情境：

情境一：受試者進行 20 次的動態決策過程中，有一分鐘可不需進行任何認知作業。

情境二：受試者進行 20 次動態決策的整個過程中，均需不斷的從事相關或無關的認知作業。

自我回饋：受試者進行 20 次的決策後是否有機會回顧與解釋其原先的預測與系

統的真實反應間的差異。

分成兩種情境：

情境一：在每次決策前受試者要先對系統的反應進行預測，並於決策後檢討、解釋系統的真實反應與其預測間的差異。

情境二：在決策過程中不要求受試者預測與解釋系統的變化。

依變項：

受試者在動態決策作業中決策品質。由兩個向度評估：

一、結束時間點：人們在每一回 20 次的動態決策中是否可將一回合的作業進行完整。在一回合中進行決策的次數越少表示決策時所犯的錯誤越多。

二、受試者的決策偏離最佳決策的程度：人們在動態決策作業中所做的決策與最佳決策間的差異程度，差異越小表示偏離最佳決策程度愈低，亦即決策績效愈佳。



第二章 文獻探討

動態決策之定義與特徵

過去在研究決策問題時大都採用單一階段的作業。這類作業的特徵是在決策過程中環境線索為固定狀態，不受外界因素所影響(如，Kahneman & Tversky, 1979)，決策者的決策與決策間亦不具關聯。然而，此種決策環境與現實環境相比相差太大。在我們的生活或工作中，許多前後的決策間往往呈現出環環相扣的複雜因果關係，且因果之間通常沒有明顯的線索。另外，現實的決策環境中人們通常沒有足夠的資訊，或無法區辨出問題情境中哪些資訊是重要的、關鍵的，而那些是無關的。在此類情境中人們的決策行為被稱為「動態決策」(dynamic decision making)(如，Lerch & Harter, 2001)。

使用動態這個詞是為了強調在決策進行的過程中決策情境會不斷的變動。在某些作業中決策者所面對的系統變動訊息是以靜態的形式呈現，諸如統計的期望值、機率、變異數...等等，決策者並未親身經歷系統的變化，而是就手上持有的資訊、有關的經驗與知識進行決策作業(如，Kahneman & Tversky, 1979)。然而，當決策者身處在一真實的環境中而面臨不斷決策以應付環境中的變動時，環境變動的程度將會對決策者的決策品質造成很大的影響。

Edward(1962)指出動態決策具有三個特徵。動態決策的第一個特徵即決策者需要做一連串的決策，以在變動的環境中隨時可對情境的各種改變做出適當的反應。由於環境因素並非固定，決策者每次面對的決策情境似同而非同，上一次決策時的最佳解不一定是這次決策的最佳解，且每一局部的最佳解不一定等於整體最佳解，因此，人們在動態的系統中必須因應環境的改變而隨時調整自己的決策。

動態決策的第二個特性是決策者的每一個決策都會使系統狀態發生變化，此

系統狀態改變則對下次決策產生影響，下次決策又會進一步讓系統改變，亦即動態系統包函了繞環式因果律(circular causality)。

此外，動態系統並不單單只因為決策者的決策而改變。隨著時間的進行，環境仍然會受到其它外部因素的影響而變化，這些非預期的變化一樣可能影響到決策者所面對的決策情境，也一樣會影響決策後果。這種外部的不可預測因素構成了動態系統的第三個特性，亦即動態系統是開放且自變的。在這三個動態決策的特性中繞環因果律可說是決策者所面對的最大挑戰。因為在任何一个時間點上所犯的決策錯誤都會加大系統的自然變異而增加往後決策的困難，且錯誤的決策所造成的後果需要一段時間才能修復，增加了達成目標的時間成本或是造成不必要的時間壓力。

另外從資訊系統的角度來看，一個動態系統是在即時的情境下運作的(Lerch & Harter 2001)。即時的意思是指在時間的影響下，每個決策都有一定的期限。為了在期限中完成決策並採取行動，決策者往往無法仔細評估所有可能方案，而必須發展出策略以求一快速但可行的近似解，這種強調時間因素的動態決策被稱為即時動態決策 (real-time dynamic decision making)。因此，動態決策的特徵還包括時間壓力的要素，時間限制會影響決策者考慮與探索可能方案的行為(Brehmer,1990,1992, 1995; Edward, 1962; Rapoport, 1975)。

目前大部分的動態決策研究中，決策作業的設計是採取由事件驅動的動態系統加上時間限制來進行(如，Moxnes, 2004; Diehl & Sterman, 1995)，由事件驅動驅動的系統是以事件的發生作為系統時間前進的根據，若沒有新的事件發生，則系統將停留在一固定的時間點。根據 Hsiao & Richardson(1999)所整理的文獻中發現，即時與事件驅動兩種不同的模擬系統對於人們的決策行為沒有影響。而

Sterman(1989)曾驗證在簡化的模擬情境中(相對於真實世界)，人們表現出的行為與在真實情境下是相似的，因此，不論使用即時的或是由事件驅動的模擬系統來研究動態環境決策都可反應出人們在真實情境下的決策行為。

動態系統中影響人的決策要素

動態決策的情境是由決策者、決策作業及人與作業的交互作用加上外在情境組成，決策作業通常為一系統，系統中包含許多元件(或稱變項)，決策者在決策的過程中根據目標改變系統中某些元件的狀態以達成目標。在動態決策的研究中常用的作業設計有：製糖工廠的人力資源管理(Stanley, 1989; Gibson,1997, 2000)、快遞公司的信件配送管理(Lerch & Harter, 2001)、生產工廠的庫存管理(Atkins, 2002; Diehl & Sterman ,1995)、軟體專案管理作業(Sengupta & Abdel-Hanid,1993)、自來水廠水資源配送管理(Gonzalez , Lerch & Lebiere,2003)、牧場管理作業(Moxnes, 2004)。而常用的依變項根據 Hsiao & Richardson(1999)的整理可分成五類：作業績效、學習趨勢、決策時的心智負荷、決策品質、對決策作業結構的了解。自變項則可分成三類：決策者的因素(如，工作記憶)、作業複雜度(如，作業中變項總數)、決策介面與環境(如，背景故事)。

動態決策情境的各個成分會對人們的決策行為造成不同的影響，首先我們討論決策作業本身。非常直覺的，決策作業的系統複雜度會對人們的決策產生影響。雖然不同的研究對於複雜度一詞的定義不完全相同，不過大部分的研究將複雜度指向決策作業的系統結構(Hsiao & Richardson, 1999; Moxnes, 2004; Diehl & Sterman, 1995; Rouwette & Gröbler, 2004) ，下面我們把系統複雜度分成幾個部份：變項的總數量、變項間的因果強度、變項間的因果時間、變項間的因果型態，來探討系統變項對人們進行動態決策時的影響。

變項數目。一個系統中所包含的變項數量越多，系統越龐大，人們在理解或管理上勢必遭遇較大的困難，因此屬於較為複雜的系統。如，Moxnes(2004)的研究中發現，若將最簡單的系統(一個輸入值、一個庫存值、一個輸出值)稍作改變(一個輸入值、兩個庫存值、一個輸出值)，人們的達成目標的程度即變小。

因果強度。指變項間的相關性。兩個(或多個)變項間的相關強度越強則原因發生時結果也發生的機率相對較高，決策者較容易偵測與掌握到變項間的關聯(如，Diehl & Sterman, 1995)。

因果時間。指描述原因與結果間的時間線索是否清楚，原因發生後結果馬上產生，則因果時間短，時間線索清晰，也就越容易被人所偵測到，也越容易將此因果關係連結起來。如，Diehl & Sterman(1995)的研究中操弄系統中變項間的相關係數($r=0.3$ 、 0.6 、 -0.3 、 -0.6)，發現變數間的相關越強，人們的決策越能接近設定的目標。此外，他們也發現若變項間的相關與人們的期待相符(r 為正)，則人們表現較佳；若變項間的相關與人們的期待相違(r 為負)，則決策表現會較差。此外，他們的實驗也操弄了變項間的因果時間(決策者輸入數值到系統真正反應的時間)，結果發現當變項間的因果時間越長，決策者達成目標的程度越差(有關此研究的詳細討論請參考對回饋的錯誤知覺一節)。其他的研究中也發現了類似的結果(如，Gibson, 2000)。

變項間的因果型態。為變數間的數學關係，假設一系統中有 A、B、C 三個變項，它們的關係可為「若 A 則 C」，也可為「若 A 且 B 則 C」。當變項間的邏輯運算式越簡單，系統越簡單。但即使邏輯上同是「若 A 則 C」的關係，隨 A 與 C 間的數學表示式(如， $A = C + 10$ 、 $A = (1 - C)^2 + 10$)不同，系統複雜度亦不同。當 A、C 間呈線性關係時，則系統複雜度低；當 A、C 間的數學關係為非線

性，則系統相對的較為複雜。過去的研究大都使用線性、單純的因果型態當作實驗材料(如，Stanley, 1989)，因此沒有直接的例子可以比較，然而根據變項數量、因果強度與因果時間對人們行為的影響，可以推測變項間的因果型態越複雜，在動態決策作業中人們對情境的理解會越困難，決策者決策時所需要的心理演算越複雜，決策出錯的機率也就越大。

決策者的因素。決策者是決策環境中的另一個要素。例如：由於在動態決策的情境中決策者需要做一連串彼此相關的決策，這意味著決策者的短期記憶容量可能造成決策品質間的差異。

Lerch & Harter(2001)曾就如何在即時的動態決策環境中提供決策輔助進行研究，此研究分成兩個實驗，第一個實驗主要操弄時間壓力(有、無)與受試者工作記憶容量(高、低)兩個變項。實驗所用的決策作業為快遞公司的派信管理，總共有 16 名受試者參加實驗。這些受試者的工作是在規定的時間內操作 5 台郵件排序機，以將所有郵件排序完成。每個受試者都要重複進行三次模擬時間為 8 小時的作業(現實時間大約一小時)，這段時間中他們將有 1008 批信件要處理(平均大約 3.5 秒要處理 1 批信件)。依變項衡量的方式為受試者未如期完成的信件量、機台的使用率與派信的方法。另外，每組有兩名受試者有進行口語資料的收集。研究結果發現，就未如期完成的信件量而言，時間壓力與工作記憶容量的交互作用有顯著的效果。這四組受試者未如期完成的信件量由多至少依序為：高工作記憶—有時間壓力組，212.3 批，低工作記憶—有時間壓力組，77.8 批，低工作記憶—無時間壓力組，69.7 批，高工作記憶—無時間壓力組，69.2 批。機台利用率的結果中，時間壓力與工作記憶容量的交互作用也有顯著效果，其中利用率最低的為高工作記憶—有時間壓力組的 81.5%，最高的為低工作記憶—無時

間壓力組的 97.2%。根據這個實驗的結果可發現，工作記憶容量的確會對人們的決策績效產生影響，尤其是在具有時間壓力時影響更為顯著，然而，高工作記憶者在高時間壓力下的決策表現最低，此與一般人或理論的預期都不同，Lerch & Harter 的研究假設是，具有高工作記憶的受試者在作業中的表現應該要比低工作記憶的受試者來的好。

一般而言，高工作記憶的人在進行複雜作業時會因為有較多可利用的認知資源，使認知負荷比低工作記憶的人低而有較好的表現，但是這個研究的結果卻出現相反的結果。Lerch & Harter 分析了受試者在實驗進行過程中所收集的口語資料後發現，有較高工作記憶容量的受試者在決策的過程中考慮了較多的方案，也會比較有計畫的對系統進行測試。高工作記憶的受試者在作業開始時使用了較多不同的策略來進行作業，使決策表現的變異較低工作記憶的受試者大，但這個研究中，沒有將這部份的資料分開來處理，可能因此而低估了高工作記憶的受試者的決策表現。

一個可能的解釋是練習不足使受試者的決策行為沒有被完整呈現，在動態決策的其他研究中(如，Atkins, Wood & Rutgers,2002)發現人們會因為練習而產生學習來改善決策表現，但是這個研究卻未發現練習的效果，Lerch & Harter 指出，如果讓受試者可以有更多練習，則可期望高工作記憶容量的受試者之決策績效會隨練習時間的增加而改善。

系統介面設計。當決策者進行動態決策作業時需透過與決策作業的系統產生互動以取得各種資訊(如，調整生產線上機器的各項參數，以取得產品品質變化的資訊)。在真實世界中，人們可以由自然環境中取得許多資訊，例如：與人對談時可從對方的臉部表情、動作、語氣、聲調等處獲得額外(對話內容以外)的

訊息。然而，如果在人工的環境下(如自動化工廠)，人們的線索都是透過人工方式設計出來的系統介面取得，因此在動態系統中系統介面能否提供適用且適時的訊息也會影響人們在決策環境中的表現。

Atkins(2002)曾對結果回饋的呈現方式與人們的決策行為進行研究。他採用 Diehl & Sterman(1995)的研究中使用的庫存管理作業，不同的是這個實驗只採用了其中 9 種不同的工作複雜度。實驗中將 18 個受試者分成兩組，一組受試者只看到自己所下的決策與決策結果的表格，另一組受試者在結果回饋表格之外還會同時看到決策結果對時間的折線圖。實驗中依變項的測量為：累積的總庫存成本、花費的總時間、受試者在筆記本中所記下的資訊。研究結果發現有折線圖的輔助下，受試者在庫存成本的管理上有相當顯著的改善。然而，只看結果回饋表格組的受試者雖然表現的較差，但是其庫存成本也呈現出顯著下降的線性趨勢。此外，兩組所花費的決策總時間雖然都顯著的隨練習時間增加而減少，但是兩組間並沒有差異。由此推論，提供時間與庫存間相關程度的折線圖的輔助，可以幫助人們在動態決策作業時看到其行為對所欲達成目標的影響，此圖示將有助於決策表現，並減少學習所需要的時間。

系統透明度。決策作業的透明度也是另一個影響動態決策作業中的決策者進行決策的因素。系統透明度指人們能獲得有關於系統如何運作的訊息多寡。作業越透明人們越能清楚看到系統如何運作，決策者在進行決策時將能可能做出更正確的判斷。Barron(2003)的研究即探討就資訊完全不公開對人們的決策行為之影響進行研究。他所使用的作業是提供兩種不同的獲利的方案(操弄平均值與變異數，例如：一定可以獲得 3.2 元、有 0.8 的機會可以獲得 4 元。)，要求受試者試圖最大化獲利。實驗的過程中實驗者唯一告訴受試者的資訊只有「你面前的是

兩個不同的獲利方案」。實驗總共有 36 名受試者，每人有 200 次的選擇機會。結果發現當其中方案的變異數很大時，人們的行為與隨機猜測間沒有差異(受試者選擇高獲利方案的比例為 51%)。此實驗告訴我們在作業的變異較大時，決策者無法得到任何可靠的資訊的情況下，將很難正確的評估各個方案。相關研究也指出，在實驗進行之初提供給受試者系統結構圖或是對系統的運作加以說明，可以增加決策者對系統的運作的知識，的確會改善人們的決策品質(如，Young et al., 1992 ; O'neill,1992 ; Gröbler,1998)。

透過上述的文獻回顧可以發現，不論是作業本身、決策者或是其間的交互作用，都會對影響人們在動態決策中的表現。接下去我們將討論為何這些因素會對人的決策行為產生影響，以及人們在動態決策的過程中到底是如何表現的。

動態決策的理論

1. 情境覺察理論(situational awareness)

人們在一個動態的環境中是如何做決策的呢？Endsley(1995)的情境覺察理論中主張，人對情境的覺察分成知覺、理解、規劃三個階段，此三階段都必須耗費決策者的注意力資源。然而，人的注意力資源有限，無法一次偵測到環境中大量的資訊，且人的注意力無法持久、容易受到干擾。如在知覺階段，決策者的注意力資源主要將是用以收集來自環境的刺激，像是駕駛行為中對向的來車、交通號誌。但來自系統的資訊不一定是重要的，因此能否適當過濾不相關的訊息，並掌握重要且關鍵的訊息將影響決策行為是否可以繼續下去。

Endsley 指出將所知覺的資訊加以詮釋並結構化的過程稱為情境理解。情境理解的正確與否將決定決策者對於整個系統的運作法則是否掌握得宜。當我們能夠正確掌握系統中訊息間的因果關係，才能知道自己所採取的每一個決策行動可

能會產生何種後果。這整個掌握現狀、預測未來系統變化的認知歷程構成了情境覺察的第二個階段，簡單的說，此階段決策者的工作是去推論系統中變項間因果關係。

然而，可以預測系統的變化不代表決策者知道下一步該怎麼走才能讓系統的行為滿足決策者所設定的目標。因此，情境覺察理論中，動態決策的第三階段是人們根據目前系統狀態以尋找達成目標的各種可能方案，並根據這些方案規劃、評估可能會產生的後果，然後採取行動。此階段人們也可能因應環境的限制發展出不同的策略來幫助自己進行決策，特別是在時間不容許做仔細的方案評估時，策略的使用可降低人們的心智負荷，並使方案評估的過程更為迅速。因此決策者是否能找到有效的策略來進行方案評估將會影響其決策的品質。

Lerch & Harter(2001)曾就情境覺察理論設計認知輔助系統進行研究，希望透過強化決策者的情境覺察以改善決策時的績效。實驗使用的作業為快遞公司的派信管理。在他們的實驗二中，操弄的自變項有二，一是受試者在決策的過程中能否回顧過去的系統參數的變化值與自己曾做的輸入(此變項稱為有、無回饋)；研究的另一變項是受試者能否對決策方案進行模擬測試(此變項稱為有、無前饋)。此實驗共有 24 個受試者，每個人都分成三天進行共 600 次的決策作業。實驗結果發現，前饋與回饋的主效果與交互作用均不顯著，但是有非常顯著的練習效果。若將每天 200 次決策的資料分開來分析後則可發現，在最後一天(第 401~600 次決策)時前饋與回饋兩個變項間出現顯著的交互作用，四個不同的情境下受試者的決策績效以未如期完成的信件量來衡量時，平均數由大到小依序為：無回饋—無前饋>有回饋—有前饋>有回饋—無前饋=無回饋—有前饋。根據此研究的結果我們可以看出，前饋與回饋的效果相同，與沒有任何系統知識的情境相比，

均可改善決策表現，但同時擁有決策後果的知識及可對決策的後果進行模擬則對決策表現並未有額外的幫助，甚至會因為資訊太多而降低決策品質，但推論原因可能是決策者在每一次的動態作業中對於決策作業的系統結構理解並不完整而不知該做些什麼才能讓決策績效上升。

Endsley 在他的情境覺察理論中並不認為知覺、理解、規劃三個階段具有絕對順序性。人們不一定要充分知覺才能理解，也不一定要足夠的理解才能規劃未來或採取行動，只是若前面的階段若有較好的表現，對後面的階段也會有正面的影響；相反的，若前一階段的覺察不足，即使在後面的階段提供決策輔助，也不可能造成正面的影響。

回饋的錯誤知覺(misperception of feedback)

Sterman(1994)認為人們之所以在動態的環境中表現的不好是因為人們無法建構出適當心智模式，因此無法對於系統動態做出適當反應。他認為人們無法在動態環境中建構出正確的系統模式是來自對系統回饋的錯誤知覺(misperception of feedback)。當系統較為複雜時，系統中的資訊相對的較多，人們會忽略或無視系統中的某些回饋，即使這些回饋的訊息非常明顯(如，Brehmer 1995)。特別是當動態系統中人們的行動與系統實際反應間有時間上的延遲(即決策的後果是在相隔一段時間後才發生)時，人們往往沒有估計自己先前的反應對於系統造成的影響，而對情境中的某些現象過度反應，例如：使用網路時人們常常因為網路的延遲在按下某個按鍵後卻沒有得到反應，便再重複按鍵，造成網路恢復順暢後，同樣的功能重複的執行了好幾次。

Diehl & Sterman(1995)曾經就系統複雜度對決策行為的影響進行研究。受試者的作業是管理一個工廠，其目標是配合產品的銷售狀況調整產量將存貨成本最

小化。他們在實驗中以系統延遲的時間(0 單位、1 單位、2 單位)與生產影響銷售的程度(相關係數 0.6、0.3、0、-0.3、-0.6)為受試者內變項進行實驗。系統延遲的時間是指系統實際反應決策者的決策行為的時間，越小表示變項間的因果時間越清晰，而生產影響銷售的程度是指提高產品產量會促進或是抑制產品的銷售，相關係數為正表示生產會促進銷售，將會使系統趨向不穩定；相關係數為負表示生產會抑制銷售，會使系統趨於穩定。此實驗的受試者共有 17 人，受試者每作 32 次決策，系統的參數就會改變一次，系統也會被重新初始化。每個受試者都要進行 480 次的決策(實驗分成三天進行)。作業的過程中所搜集的資料含：受試者所做的每個決策與所花費的時間、作業過程中的口語資料與筆記資料(作業開始時會提供受試者紙筆)。實驗結果發現，不同情境下受試者達成目標的程度明顯較最佳化模型的表現差。當作業難度提昇時，受試者達成目標的程度就會下降。若從決策時間方面來看，練習會使決策時間顯著的下降，不同的作業複雜度下受試者所花的時間也有顯著的差異。

當觀察系統延遲時間長的情境下受試者的決策行為時發現，受試者們對於系統變化會產生過度調整的情形，就好像他們忘了系統要在一段時間後才會對他們的輸入反應。隨後分析口語與筆記資料時也發現，很多受試者只注意到作業中存貨的變化而沒有觀察銷售的變化情形，且即使有少數的人注意到銷售的變化也只有在前面的幾個回合中，這表示即使銷售也是影響存貨的關鍵因素，但是人們卻不認為那是重要的。不過有趣的是，雖然許多受試者提到他們對於系統延遲反應的處理感到困難，但是卻只有非常少數的受試者提到他們有感受到生產與銷售間的關係對存貨水準的維持有所影響，但實際上受試者們達成目標的程度的確受到生產與銷售間關係的影響，顯示受試者對情境模式的掌握出現很大的困難。

此實驗所發現的現象是即使人們事先就知道系統的結構，也知道系統中有延遲但人仍然無法適當的將此知識反應在決策行為上，Sterman 認為這是因為人們所建立的心智模式中忽略了這些變項或者沒有正確估計這些變項所產生的影響所致。其它研究也發現決策者們在動態決策的作業中有對回饋錯誤知覺的現象(如，Atkins, Wood & Rutgers,2002; Moxnes,2004)。

2. 控制與預測理論(control & predict theory)

雖然，過去研究的結果幾乎一致顯示出人們在動態情境中表現的很差，然而這似乎與生活上的經驗不符。人們在真實世界中進行決策時似乎不像上述研究般糟糕。的確，幾乎所有動態決策的研究中都發現，人們的決策品質會隨著經驗的累積而慢慢提升，但由於實驗所進行的練習數過少，如 Moxnes(2004)的研究只練習了 45 次；或是實驗的重心不在研究學習，因此很少被拿來討論。但不能忽視的是，人們雖無法準確掌握系統的動態變化，經過重複練習人們卻可以逐漸調整自己的決策行為以適應環境的變化。換句話說，人們在動態決策作業的表現是可能透過練習而改善的。即使在動態情境中人們無法準確計算出公式，但是他們卻可以利用在作業過程中獲得的回饋來改善自己的表現(Hogarth, 1991)。那麼人們怎麼在動態決策中是如何學習？可以學到什麼程度？

Brehmer(1995)根據此觀點試圖發展出一理論架構來解釋決策者們如何利用回饋來累積經驗而逐漸調整自己的決策行為以適應所處的環境。他認為人們在決策作業的過程中會發展出兩個內在的子模式來適應動態系統—預測子模式與控制子模式(如圖一)。控制子模式是根據目前系統狀態與目標狀態之間的差異來計算出應該要採取的行動，然後根據是否更接近目標值的回饋來修正模式；預測子模式則是根據目前的系統狀態與計畫中所要採取的行動來預測未來系統的變

化，再利用行動後所引起的系統變化與自己的預測相比較，以對模式進行修正。當人們累積越多的決策經驗，兩個子模式修正的次數越多，此時決策者所建立出來的心智模型將能夠越準確的預測外在環境的變化並採取正確的決策反應。

Brehmer 強調，人們的決策表現是否會隨練習而進步乃決定於該決策者可以解釋回饋的程度。若決策者可將回饋解釋的越正確，他未來的表現就會跟著提升。因此，動態決策中的學習就是決策者逐漸改善其所能解釋回饋的過程。然而，若人們的學習完全是根據在系統中的經驗與獲得的回饋而來，則每一次練習的學習都是局部、漸近的，而且所發展出來的知識將很難超越經驗範圍太遠。

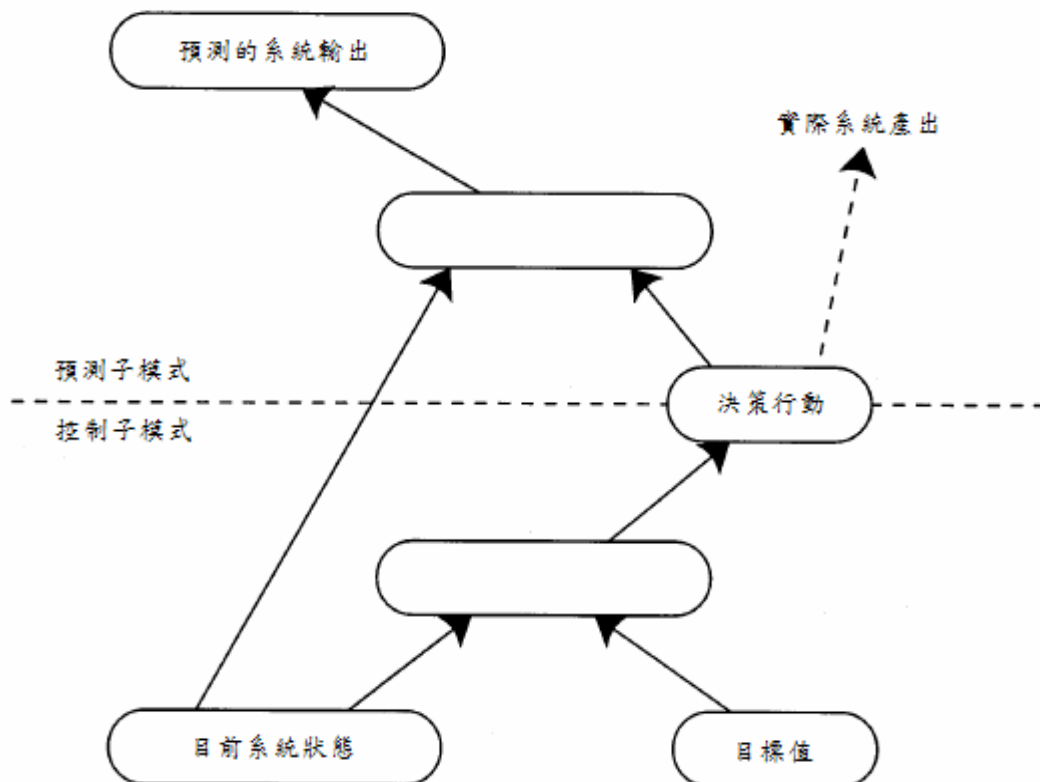


圖 1 控制理論之結構示意圖

(資料來源：F. P., Gibson, M., Fichman & D. C., Plaut, (1997). Learning in Dynamic Decision Tasks: Computational Model and Empirical Evidence, *ORGANIZATIONAL BEHAVIOR AND HUMAN DECISION PROCESSES*, 71(1), p.8)

Gibson(1997)為了驗證人們在動態決策中的學習主要是來自於決策經驗的累積而進行了一個研究，其實驗的材料是管理製糖工廠(Sugar Production Factory 簡稱SPF，在過去的研究中被廣泛的用來研究動態系統的決策行為)。受試者的作業是管理工廠中的作業員數量，使工廠中糖的生產量可以盡量維持在目標值，目標值有兩種，分別是3000與5000。實驗中，採用雙目標值的目的是為了使決策者能累積較豐富的決策經驗，受試者總共要接受600個回合(每天200回合)的訓練，每隔10回合系統都會被重新初始化(初始值為隨機數值)並且隨機指派300與5000其中一個目標值。訓練結束後，受試者要依序回答10個用來測試其控制子模式正確度的問題(問題中提供一個系統狀態與一個目標值，受試者要輸入可達成此目標的數值)、18個用來測試其預測子模式正確度的問題(問題中提供一個系統狀態與一個輸入值，受試者要說出系統的輸出值)與40回合用來測試其學習是否可以遷移的測驗題(與原始作業相同但目標值換成4000或9000)。這三種問題都分成與先前的決策經驗較相近或是與先前的決策經驗相去較遠的問題情境。實驗結果發現，人們的決策績效與變異程度都顯著的隨練習而改善；而且不論是在控制或是預測的問題上，當問題情境與練習時的決策情境較為相似時，受試者們的表現都顯著好過與練習時的決策情境不相似的問題。此結果顯示，動態環境中學習是局部、漸進的。但是當Gibson隨後利用類神經網路模擬此一控制與預測的理論架構並與人們的決策行為相比時發現，類神經網路模型的績效與學習都較人們差，即使在控制、預測與遷移三種問題的回答上也是如此，這顯示人們不只是單純靠回饋來學習。

對於上述現象合理的解釋之一是，人類的決策者較類神經的模型擁有更多的背景知識。Stanley(1989)為了探討人們在動態決策過程中知識狀態的改變，以作

業的背景故事、受試者是否被要求對新手進行指導語兩個自變項進行實驗。他使用製糖工廠與人際關係管理兩種不同的背景故事(決策作業的完全相同)。一半的受試者被要求在每 10 次決策之後假設自己是老師，要說出如何給新手管理這個系統的建議。結果發現在人際關係管理情境下，人們的達成目標的程度顯著的較製糖工廠情境好，而被要求給予新手建議的一組受試者的表現顯著較控制組好。在分析所收集的口語資料後發現，受試者對人際關係管理的系統變化提出較多合理解釋，但在製糖工廠的情境下則相對的較少，甚至有受試者表示無法理解系統是如何運行的。由於一般而言，人們對人際關係的問題擁有較多的經驗與知識，這個研究的結果顯示，可發現人們對於系統提出解釋的能力與其擁有的領域知識有關。換言之，人們是否擁有足以解釋系統變化的知識將左右其在動態決策作業中所能獲得的學習。

結論

雖然各理論強調的重點不同，但一致認為人們在進行動態決策時須對所處系統建立一心智模型，此心智模型是人在認識外在特定真實系統的過程中所產生的一種內在的知識表徵方式。根據決策者所擁有的知識與他在系統中累積的經驗，此模型會逐漸被修正以正確描述外在真實系統。在對模式修正的過程中，人們對該真實系統的理解與預測的正確程度會增加，進一步讓決策者懂得根據目標規劃所應採取的行動。換句話說，人們在動態系統中可隨經驗的累積表現出學習，但此學習並不完美，尤其是在工作複雜度高的場合更是如此，本研究的目的即在探討人在動態系統決策中影響學習的幾個因素。

動態決策情境中影響學習的因素

由於動態的決策情境是以時間軸為線索，在不同時點上情境中的各事件的表

象不相同，這些事件間可能彼此相關、互為因果，也可能毫無關聯。決策者在整個決策作業進行的過程中始終都在對情境中變項間可能的關係進行推論，並根據推論的結果評估方案以下決策，以求趨近目標。因此每一次的決策行為都可視為相當於一次試誤(trial & error)的經驗，決策者會試圖由這些經驗中去組織、確立變項間真正的關係，以建立一個可能達成目標的通用法則，稱為情境模式。本研究認為決策者在動態系統中，心智模式的建立與修正為一歸納推理的歷程，其中包含對情境的假設性認識，以及透過行為去產生系統變化，以測試自己對系統的假設性認識是否正確，若不正確則修正自己原先的認識，並再度以實際的行為測試系統的變化為何，根據此觀點本研究提出三個可能會影響學習的因素，分別是：長期資訊的輔助、自我回饋、決策與決策間的時間間隔(休息)。

長期資訊的輔助。在動態決策的情境中，回饋是決策者據以推論變項間正確關係的資訊來源，所謂回饋是來自於系統或人們本身有助於整合、分析與理解目前系統狀態的資訊。當決策者採取某個決策行為而改變了系統的狀態，此一改變後的系統狀態稱為「結果回饋」。結果回饋對決策者的作用有二：第一、根據結果回饋推論決策系統中各個變項間真正的因果關係，第二、根據結果回饋決策者可評估系統的目前狀態並規劃下一個可行的決策方案。然而，要能正確評估系統的狀態必須對系統中各變項間的關係有足夠的理解，換句話說，決策者在動態決策作業中的決策品質能夠提升，是因為透過結果的回饋而逐漸發現系統真正的法則。法則發現的研究中，回饋的立即性是不可或缺的(如，Maddox, Ashby, & Bohil, 2003)，尤其在法則較為複雜時，立即的回饋更是扮演了非常重要的角色。過去動態決策的研究也發現，回饋延遲會對人們的決策績效有相當負面的結果(Sengupta & Abdel- Hanid ,1993)。另一方面，有關決策輔助的研究(如，Atkins,

2002 ; Lerch & Harter, 2001)指出，提供結果之外的資訊(如，系統變化趨勢圖)有助於改善人們在動態決策作業中的決策表現。然而，過去研究對於結果回饋並沒有統一、清楚的定義，許多研究所提供的回饋包含了決策結果之外的資訊(如，Atkins, 2002，提供受試者決策結果對時間的關係圖作為結果回饋)，而延遲回饋也不單純是人們接受回饋的時間往後延，還同時包含系統的長期資訊，使得立即提供結果回饋與資訊輔助的效果間混淆不清。假若人們在動態決策環境中的學習包含了法則發現的歷程，則可推論在有立即結果回饋時，提供系統長期變化的資訊(如，平均數、標準差、系統變化圖)做為回饋將會是影響決策者學習的因素之一。

自我回饋的程度。動態決策中的自我回饋，是指決策者發現依據其所建立的心智模型對於系統的預測時，所得結果與真實的系統反應間存在差異，而產生的一連串嘗試去解釋這些差異，並試圖降低自己的預測的不正確性的認知歷程，此自己的預測與系統的反應間的差異的訊息，可以促使人們發現目前自己對於變項間關係的假設錯誤所在。自我回饋可由外界提供刺激或是由決策者透過反省、檢討等過程產生。例如：Škraba(2003)的研究中在受試者進行決策後，會得知另一位進行相同作業的受試者所有的決策及其決策結果，另外，也會得知所有受試者決策結果的平均值，此回饋可使受試者有個相對的比較標準，讓他們有更多的資訊來比較自己的決策表現與他人或母群體間的差異。在 Stanley (1989)的研究中則是透過要求受試者假裝自己是老師提出給予新手建議的方式促使受試者比較、解釋自己所形成的情境模式與真實系統表現間的差異。這兩個實驗結果都發現受試者的決策績效較沒有回饋時好，然而他們並沒有探討自我回饋是如何影響決策者對於決策情境的學習，因此，本研究推論動態決策情境中的決策者若能對

系統進行假設測試(Hypothesis testing)，並嘗試對當初的假設與真實狀況間出現差異的成因作解釋時，將有助於決策者對情境的正確理解。

決策的時間間隔(休息)。在真實的環境中，短期間進行大量類似決策的情形並不常見。有些情況下，決策的結果必須等待一段時間後才會顯現，此時決策者通常會有一段較為充裕的時間觀察、整合、分析與理解決策前後的環境變化。學習理論中也指出，學習的效果是在練習作業停止的一段時間後才到達高峰，而且密集學習的效果往往不如分散式的學習(Bourne & Archer, 1956)。然而在動態決策研究的作業設計中，受試者常常要在 1~2 個小時之內進行兩百次左右同質異形的決策(如，Gibson, 2000)，雖然這是考慮到動態決策情境中人們的學習有賴大量重複的練習才能掌握情境中的動態決策要件，但是在如此密集的練習中，人們不但沒有時間進行資訊間的整合與分析，而且密集練習的作業設計也與真實環境不全然相似，可能造成其研究結果低估了人們在動態決策作業中的學習能力。因此，本研究推論在動態決策的過程中，如加入了適當的休息空檔以暫時解除人們的認知負荷，將會有助於人們決策品質的提升。

總結

對於動態的決策環境，過去的研究多集中於探討系統複雜度對人們績效的影響以及如何提供較好的決策輔助，然而，研究結果大都發現人們的表現並不如預期。另一方面，研究也發現隨著經驗累積人們的決策績效會逐漸提升，這表示經過重複練習後人們可以獲得學習，本研究認為人們在動態決策中的學習是一個歸納推論的歷程，因此想進一步檢視在歸納推理的過程中構成學習並發現情境模式的條件。從學習理論來看，學習的效果需要時間來發酵，因此本研究認為提供休息可能對學習會產生正面的影響。另一方面，而在法則發現的研究中回饋立即性

是發現法則的重要條件，而動態決策研究中對結果的立即回饋若無法進行整合不同時間點中不同的決策與其所得後果，將不易建立起一橫跨時間軸的情境模式，在資訊整合的演算與結果呈現上，本研究預測提供長期資訊的輔助將會改善人們的決策表現。當人們在發現法則時，建立假設並加以測試，再根據測試的結果解釋並修正自己的假設是一連串自我回饋的認知活動，因此本研究將檢視自我回饋是否會對人們在動態決策中的學習產生影響。



第三章 方法

受試者

本研究為 2(有資訊輔助、無資訊輔助) × 2(有自我回饋、無自我回饋) × 2(有休息、無休息)受試者間實驗設計， $2 \times 2 \times 2$ 的實驗情境中受試者共 164 人，刪除無效的資料後餘 143 筆有效樣本。受試者為年紀在 18~33 歲之間新竹交通大學、清華大學的大學生與研究所學生。

動態決策作業

本研究所使用的動態決策作業修改自 Moxnes(2003)的麋鹿牧場管理系統，決策者所面臨的為一電腦模擬的麋鹿牧場管理系統，在本作業中受試者將扮演的牧場管理者的工作。在這個牧場中最重要的因素是麋鹿與牧草，麋鹿是牧場主要的經濟來源，因此決策者的目標是盡可能飼養最多的麋鹿。然而，牧草是麋鹿冬天的食物來源，飼養過多的麋鹿會造成牧草耗竭，過少則會使牧草過盛造成浪費。在這個系統中受試者被允許自由操弄牧群的大小，但是牧草的量只能由自然生長增加，無法以人工方式干涉。受試者的工作是透過改變牧群的大小以找出牧草長度與所飼養的麋鹿數量間的最佳平衡點，因此決策者的目標必須轉換為「在牧草不會耗盡的前提下」盡量飼養最多的麋鹿。

此牧場管理系統中系統動態的主要來源是牧草的長度(單位：mm)，其狀態會因為生長與消耗而改變(如圖 2)。本系統是以年為單位來呈現系統狀態的變化，每一年年初(時間點 t)的牧草長度(L_t ；單位：mm)會影響此年度的牧草生長量(G_t ；單位：mm/year)，每年的牧草銷耗量則受到該年所飼養的麋鹿數量(N_t ；單位：頭)與每年每隻麋鹿所消耗的牧草長度(h ；單位：mm/year)所影響。

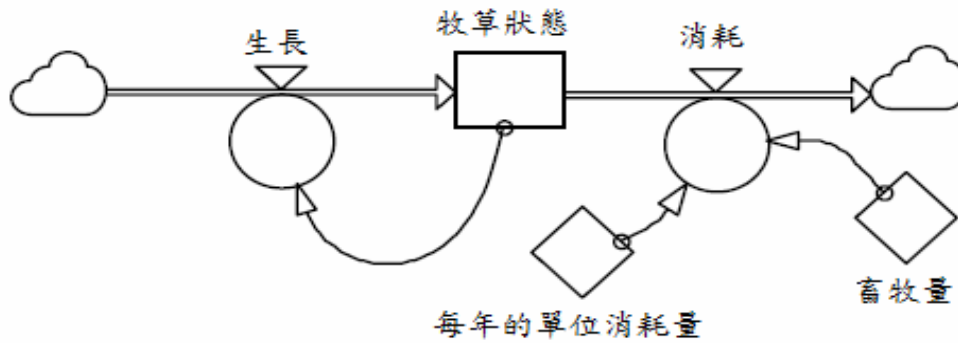


圖 2 決策作業之變項關係圖

(資料來源：E., Moxnes, (2003), Misperceptions of basic dynamics: the case of renewable resource management. *System Dynamics Review* 20(2), p.141)

每年年末所剩餘的牧草長度(即下年年初(t+1)的牧草長度， L_{t+1})可用下面的方程式來計算：

$$L_{t+1} = L_t + G_t - hN_t \quad (\text{公式 1})$$

其中 h 為每年每隻麋鹿所消耗的牧草長度。在本實驗中 h 設定為固定值(0.004 mm/year)，所飼養的麋鹿數量(N_t)則是由受試者控制。而每年的牧草生長量(G_t)為該年年初牧草長度的函數(L_t)，如圖 3 所示，以數學函式表示為：

$$G_t = G_{\max} \times \left(1 - \left(\frac{L_t - L_{ideal}}{L_{ideal}} \right)^2 \right) \quad (\text{公式 2})$$

G_{\max} 表示本系統中牧草年生長量的最大值， L_{ideal} 表示與該最大年生長量相對應的牧草長度。本研究中將這兩個數值設定為：當牧草為理想長度 30 mm 時，牧草會有最大年生長量 5 mm/year。如果牧草長度為 0mm 表示牧草被鹿群消耗殆盡，牧場將會停止運作，作業也就提早結束。另一方面，如果牧草的長度過長(60mm)則土地無法供給足夠的養分，牧草也會停止生長，不同的是，只要接下去可以飼養更多的牧群，將使牧草的長度降低，不會造成系統停止。

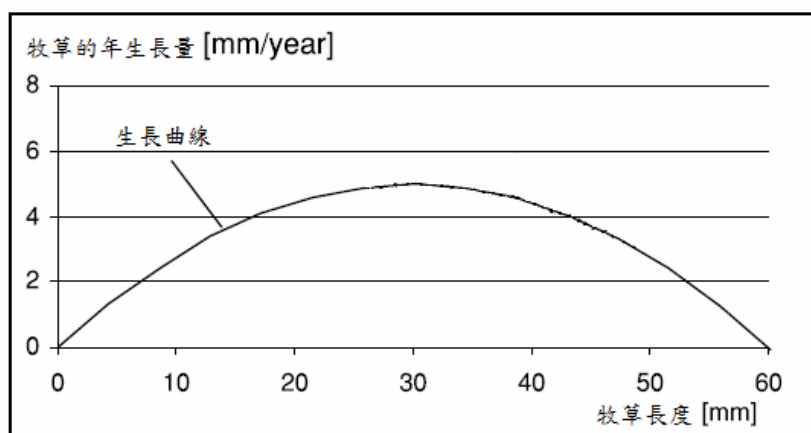


圖 3 牧草長度與年生長量之關係圖

(資料來源：E., Moxnes, (2003), Misperceptions of basic dynamics: the case of renewable resource management. *System Dynamics Review* 20(2), p.141)

在開始進行此決策作業前，實驗者會給予受試者足以推導出(公式 1)的文字性敘述，但不會告知牧草長度與牧草年生長量的關係(公式 2)。受試者以每年一次進行決策，而 20 年的決策稱為一回合，每一回合的系統會被重新初始化。麋鹿的初始值是從 500~3000 的數字中隨機決定，地衣長度的初始值則是從 0~60 的數字中隨機決定，這些數字被建立成 20 種不同的初始情境(附錄四)，平均分配給八種不同實驗處理下的受試者。受試者總共會進行 10 回合的決策作業，即總共會有 $20 \times 10 = 200$ 次的動態決策經驗。

最佳決策

根據上述的系統設定，可計算出牧群的最大可能飼養數量為 $N_{\max} = G_{\max}/h = 1250$ (頭)，超過這個數字牧草的消耗會大於生長，最後將會導致牧草耗盡，低於此數字則牧草的生長會大於消耗，將使牧草過長而停止成長，而造成不必要的浪費。根據所設定的初始條件，最佳的策略(附錄五)可分為兩類：

初始地衣長度大於理想地衣長度時：在此初始條件下，最佳的策略為第一年

時輸入會使第 2 年地衣長度為 30mm 的牧群數量，第 2 年之後隨即將牧群數量維持在 1250 隻，此時地衣的長度會保持在 30 mm。

初始地衣長度小於理想地衣長度時：在此初始條件下，最佳的策略為剛開始數年不飼養任何麋鹿，直到地衣長度逼近 30mm，再用一年的時間將地衣長度微調至 30mm，之後隨即將牧群數量維持在 1250 隻，此時地衣的長度會保持在 30 mm。

自變項的操弄

本實驗的所操弄的自變項有三個，分別為：長期資訊的輔助、決策與決策間的休息、自我回饋的程度。其操作化的方式如下：

長期資訊的輔助

分為有資訊輔助組與無資訊輔助組。有資訊輔助組的受試者在每回合決策作業後系統會提供受試者該回合 20 次決策的整體資訊，包含：1.該回合每年的牧群量與地衣長度。2.該回合牧群數量之平均數與標準差。3.該回合地衣長度之平均數與標準差。4.該回合牧群量與時間的折線圖表示。5.該回合地衣長度與時間的折線圖表示。其中第一項資訊會一直呈現在畫面上，第二至第五項則是由受試者決定是否需要觀看這些資訊，受試者將有 60 秒的時間可以觀看這些資訊(附錄三)。受試者由第 4、5 項的折線圖可推知，牧群量與地衣長度間的對應關係

無資訊輔助組的受試者，在每回合決策作業之後會進行 60 秒的拼圖作業，以控制兩種實驗處理下受試者所花費的時間是相約的。

決策與決策間的休息時間

分為有休息組與沒有休息組。有休息組的受試者每進行一回合(20 次)的動態決策作業後，有 1 分鐘的休息時間。沒有休息組的受試者每進行一回合(20 次)

的決策後，將進行 1 分鐘的拼圖作業，以確保在這段時間中受試者的認知系統不是處於無所事事的狀態。

自我回饋的程度：

分為有自我回饋組與無自我回饋組。有自我回饋組的受試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 分鐘的為限，要求受試者進行下列工作：1.回顧並解釋前一回合的決策過程與心得；2.要求受試者解釋在該期開始前所做的預測與系統的實際反應間的差異是由何種原因造成；3.說明自己這一回合決策所欲採取的策略與所預期的系統反應。

無自我回饋組的受試者在實驗的過程中，實驗者不會要求受試者進行任何預測—解釋的動作，為了使兩組受試者進行實驗的時間盡可能相同，無自我回饋組的受試者在每期的決策作業完成後，實驗者會要求受試者進行 1.5 分鐘(自我回饋組被給予兩分鐘進行自我回饋，然而不是所有的受試者都會用完兩分鐘，此處的 1.5 分鐘是係由前測的受試者進行自我回饋的時間估計得來)的拼圖作業，以平衡兩種不同實驗處理下的實驗所花費的時間。

依變項的評量方式

本研究的依變項是受試者在牧場經營的動態決策作業中的決策品質，在本研究中由兩個向度來定義決策品質，分別是牧場作業之結束時間點與受試者的決策偏離最佳決策的程度。其評量的方式分述如下：

結束時間點

受試者進行牧場管理作業時，可能發生因為飼養過多的麋鹿使地衣消耗殆盡而使作業提早結束。若受試者在第 t 年時因為錯誤的決策使作業提早結束，則我們會將該受試者第 t 年輸入的資料刪除，並以 t 作為結束時間的評量。若受試者

完整進行完 20 次的決策，則結束時間以 20 計算。

偏離最佳決策程度的計算方式

由於本研究所採用的牧場管理作業屬於雙目標作業，不論受試者的決策比最佳決策高或低，都是屬於偏離目標的決策行為，因此我們評量的方法是將最佳決策與受試者在動態決策作業中之輸入(牧群數量)值、輸出(地衣長度)值分別相減後取絕對值相加，並將輸出值乘上一權數，使輸入與輸出間每單位變動量對偏離量的影響是相似的。偏離最佳決策程度的計算方式如下式：

$$D_t = |N_t - (N_{ideal})_t| + \frac{1250}{30} |L_t - (L_{ideal})_t| \quad (\text{公式 3})$$

D_t = 第 t 次決策時偏離最佳策略的程度。 N_t = 第 t 次決策時，受試輸入的牧群數量。 L_t = 第 t 次決策時，受試者面對的地衣長度。 $(N_{ideal})_t$ = 第 t 次決策時的最佳牧群量。 $(L_{ideal})_t$ = 第 t 次決策時最佳的地衣長度。

當以決策點偏離最佳策略程度估計實驗處理的效果時，由於每回合最後兩次決策時受試者因為知道時間將結束，其決策行為的變異極大，因此予以刪除。每一回合的 1 ~ 18 次決策點再分成 6 個階段，以觀察每回合中的短期學習。

問題資料的判斷與刪除

問題資料的產生在於受試者在進行牧場管理作業的過程中，沒有依照作業說明來進行作業，或是有太多錯誤行為使得練習次數較其他受試者減少很多，這會造成受試者學習的機會大幅減少，在估計資料的遺漏值時也會產生困難，為了避免在分析資料時有問題的資料會影響結果，本研究中將具有下列特徵的受試者資料予以刪除：

1. 規則一：受試者對作業目的有誤解或因故未將實驗做完。

2. 規則二：受試者在第一回合與第二回合時，皆在第 18 次決策點前即因決策錯誤而提早結束動態決策作業。刪除此類受試者的原因是在第一與第二回合時受試者的行為變異很大，遺漏的資料無法有適當的估計值。
 3. 規則三：受試者連續三回合皆在第 18 次決策前提早結束。由於連續三回合都有遺漏值，使得遺漏的資料無法由其在前後回合中的表現予以適當估計值。
- 根據這三個規則，164 個受試者中，有 3 人符合規則一、有 4 人符合規則二、有 14 人符合規則三，經刪除後剩餘的有效樣本為 143 人。

被刪除的 14 人在八個實驗情境中的分布為：有資訊輔助、有自我回饋、有休息組 1 人；有資訊輔助、有自我回饋、無休息組 4 人；有資訊輔助、無自我回饋、有休息組 4 人；有資訊輔助、無自我回饋、無休息組 2 人；無資訊輔助、有自我回饋、有休息組 4 人；無資訊輔助、有自我回饋、無休息組 5 人；無資訊輔助、無自我回饋、有休息組 0 人；無資訊輔助、無自我回饋、無休息組 1 人。

估計遺漏值的方法

由於受試者在進行牧場管理作業時可能因為錯誤的決策使作業提早結束，為了避免此情形使資料中包含過多的遺漏值而造成自由度的損失，我們將對遺漏值進行估計。對遺漏值進行估計值時，為了考量受試者在每一回合作業中可能的學習，從受試者在遺漏值的前一回合與後一回合的資料來推估是比較適合的方式，但根據此方式來補上遺漏估計值時，若遺漏值連續發生在三回合中，則遺漏值的估計將會非常困難，此情形下將刪除此受試者的資料不予分析。本研究中，遺漏值將根據以下三個規則來估計：

1. 第 2~9 回合估計遺漏值的方法：設遺漏值為受試者在第 t 回合第 i 年的資料，則其估計值為其在前一回合($t-1$)第 i 年與下一回合($t+1$)第 i 年的平均值。

2. 第 10 回合估計遺漏值的方法一(資料呈穩定狀態)：若此回合受試者的資料已呈穩定狀態，則估計值為該遺漏值前五次決策之平均數。

3. 第 10 回合估計遺漏值的方法二(無穩定狀態)：若此回合的資料未呈現穩定狀態，由於第 9 回合與第 10 回合的績效間並沒有明顯的差異，因此若遺漏值為第 10 回合第 i 年的資料，則以第 9 回合第 i 年的資料作為估計值。

在 143 筆有效的受試者資料中，有 39 位受試者需要進行遺漏值的估計，總共估計了 56 回合的資料。這 39 位受試者在八個實驗情境中的分布為：有資訊輔助、有自我回饋、有休息組 6 人；有資訊輔助、有自我回饋、無休息組 4 人；有資訊輔助、無自我回饋、有休息組 6 人；有資訊輔助、無自我回饋、無休息組 4 人；無資訊輔助、有自我回饋、有休息組 3 人；無資訊輔助、有自我回饋、無休息組 6 人；無資訊輔助、無自我回饋、有休息組 3 人；無資訊輔助、無自我回饋、無休息組 7 人。

估計後各組的有效樣本數為：有資訊輔助、有自我回饋、有休息組 20 人；有資訊輔助、有自我回饋、無休息組 17 人；有資訊輔助、無自我回饋、有休息組 16 人；有資訊輔助、無自我回饋、無休息組 19 人；無資訊輔助、有自我回饋、有休息組 17 人；無資訊輔助、有自我回饋、無休息組 15 人；無資訊輔助、無自我回饋、有休息組 20 人；無資訊輔助、無自我回饋、無休息組 19 人。

實驗程序

本研究以個別實驗的方式進行，決策作業是在個人電腦上進行。實驗共分三個階段，依序是說明與練習階段、實際作業階段、回答問題階段。

說明與練習階段。實驗者給予受試者作業說明(附錄一)、實驗流程(圖四)、電腦介面與操作(附錄二)，接著實驗者會解答受試者關於實驗程序上的疑

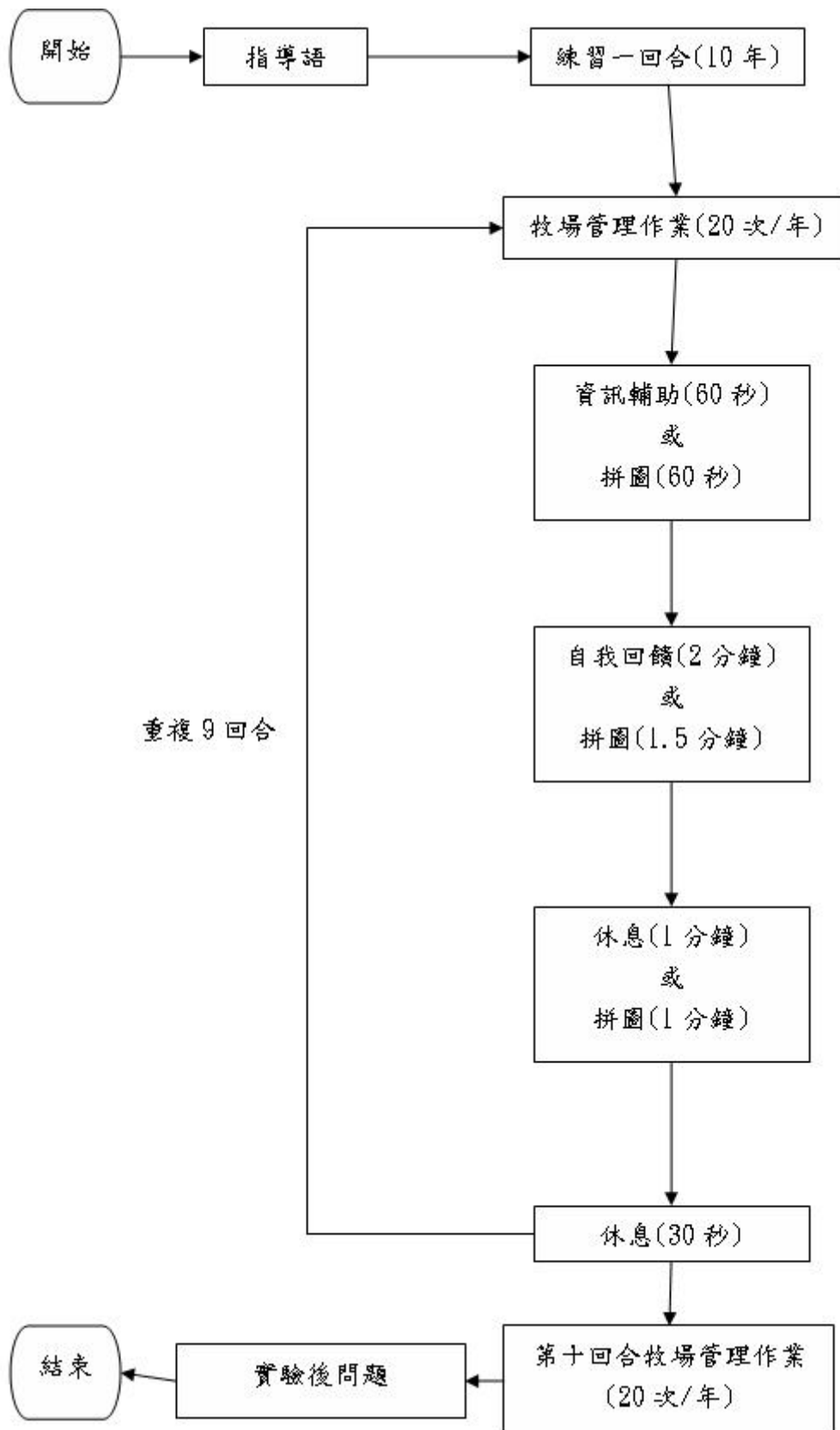


圖 4 實驗流程圖

問，之後受試者從事一回合(10年)牧場管理作業的練習。

實際作業階段。受試者被隨機分配至 2(有資訊輔助、沒有資訊輔助) × 2(有自我回饋、沒有自我回饋) × 2(有休息、無休息) 八種不同的動態決策情境之中，從事 10 回合，每回合 20 年的牧場管理作業，實驗程序敘述如下：

決策作業。當受試者在個人電腦前就坐完畢，實驗者會將電腦螢幕打開，此時電腦螢幕中央會顯示「請按下 Enter 開始實驗」(稱為開始畫面)，受試者按下【Enter】按鈕後決策作業隨即開始。首先，螢幕上會顯示出目前正在進行第幾回合、本回合進行到第幾年以及目前牧場中的麋鹿數量與牧草長度的資訊，受試者有 10 秒的時間可以觀看這些資訊。10 秒之後此螢幕消失，並顯示出「請輸入欲飼養的鹿隻數：」，此時受試者必須儘快(時間限制為 10 秒)以數字鍵輸入想要飼養的麋鹿數量並按下【Enter】鍵輸入此數字，超過 10 秒未按下【Enter】鍵則電腦自動輸入目前系統的麋鹿數量。受試者按下【Enter】鍵後，接著畫面上將會顯示出牧場中新的麋鹿數量與牧草長度的結果回饋(顯示 10 秒)。進行此「決策—觀看結果回饋」的過程構成一年的決策循環，受試者重複此決策循環 20 年。

牧場管理作業結束後，接著是三個實驗變項的操弄，為了使各組受試者在整個實驗過程中所花費的時間相約，因此沒有接受實驗處理的受試者將在同樣的時間中進行拼圖作業，為了讓拼圖作業可以連貫進行，無資訊輔助、有自我回饋、無休息組的受試者將會連續進行 2 分鐘的拼圖作業。

資訊輔助的操弄。第 20 個循環結束後，資訊輔助系統會呈現在畫面上，受試者有 60 秒的時間可以觀看此畫面，畫面中所呈現的資訊有：1.該回合每年的牧群量與地衣長度。2.該回合 20 年間受試者所輸入之牧群數量之平均數與標準差。3.該回合 20 年間地衣長度之平均數與標準差。4.該回合 20 年間牧群量與時

間的折線圖。5.該回合 20 年間地衣長度與時間的折線圖。其中第一項資訊會一直呈現在畫面上，第二至第五項則是由受試者決定是否需要打開視窗以觀看這些資訊。受試者可利用【1 ~ 4】數字鍵來打開自己所欲查看的視窗。此輔助系統的畫面結束後螢幕上會顯示「本期結束，請聽從實驗者的指示」的字樣。沒有接受資訊輔助的受試者，在這段時間則會要求從事 108 片的拼圖作業。此過程稱為一回合牧場管理作業，流程如下：開始畫面→系統初始狀態→20 次決策循環→輔助資訊呈現畫面→結束畫面。

自我回饋的操弄。當前一回合牧場管理作業的結束畫面出現後，實驗者會請受試者利用 2 分鐘的時間進行自我回饋的活動，自我回饋是以回答 3 個有關牧場管理作業的問題來操弄：

- 1.請說明您在上一期的牧場管理的過程中是如何決定鹿隻的數量？有何心得？
- 2.請說明您在上次一開始對系統所做的預測與實際所得後果間是否有差異？
- 3.下回合的牧場管理中，你會如何決定鹿隻的數量？你認為根據這個方式會獲得什麼結果。

沒有被要求從事自我回饋的受試者此段時間為從事 1.5 分鐘的拼圖作業，使用 1.5 分鐘是由於前測中受試者進行自我回饋時，很少人將 2 分鐘的時間用完，大部分的人所花費的時間平均約 1.5 分鐘左右。

休息。當受試者回答完問題後，有休息情境的受試者會有 1 分鐘的休息時間，在沒有休息情境的受試者則在這段時間從事拼圖作業。接下去在下一回合開始前，所有受試者會有 30 秒的休息時間，休息結束後，實驗者會告知受試者下一期的牧場管理作業即將開始，請做好準備並按下【Enter】鍵開始進行新一回合的牧場管理作業。流程如下：前一期決策作業結束→自我回饋的 3 個問題→休

息(1.5 分鐘)→下一期的決策作業開始。

回答問題階段。當受試者進行完最後一期的決策作業後，要回答下列問題，目的是為了測量受試者對於決策情境的掌握程度。

1. 你認為經營牧場時理想的牧群數量、地衣長度為何？為什麼？
2. 如果接下來要面對一個新的牧場，你會如何進行最佳化？會使用什麼策略？
3. 從接管一個牧場到完成最佳化，你認為大概需要幾年的時間？
4. 整個作業的過程中，你最關心的因素為何？為什麼？
5. 你認為影響地衣成長的關鍵因素為何？為什麼？
6. 你認為兩個作業目標間(最大化牧群數量、最大化地衣長度)有衝突嗎？如果有，你如何處理？如果沒有，為什麼？
7. 經過兩百次的練習後，請根據你的經驗給將要進行牧場管理作業的新手建議。
8. 有沒有其他心得或是想說的話？

接著實驗即結束。整個過程中，受試者在決策時所有的輸入與輸出由電腦紀錄，回答自我回饋的 3 個問題、問題回答階段時的口語資料則以錄音的方式記錄。

受試者在實驗過程中共要進行 10 回合的牧場管理作業，每個決策循環耗時 20 秒，初始系統狀態呈現時間 10 秒、輔助資訊畫面 60 秒，因此一回合決策作業最多需耗時 7 分 50 秒，10 回合共需耗時 1 小時 9 分 20 秒。除了決策作業的時間外，進行自我回饋的時間 2 分鐘、休息時間 1.5 分鐘、回答問題階段 5 分鐘，整個實驗的過程估計會在 1 小時 47 分鐘內完成。實驗流程圖請見圖 4。

第四章 結果

本研究目的在探討資訊輔助、自我回饋、休息三個變項對人們在動態決策作業中的決策績效的影響。研究中的動態決策作業為牧場管理。作業主要是由麋鹿與地衣兩個元素構成，地衣每年都會根據現存的長度而有不同的成長量，麋鹿則以地衣作為度冬的糧食，作業的目的是利用 20 年的時間儘快將麋鹿與地衣同時保持在可永續經營的最大數量。每年的年初受試者輸入當年欲飼養的牧群數量，年末則能看到本年度的地衣殘存量。164 個大學生被隨機安排在 2(有資訊輔助、無資訊輔助) × 2(有自我回饋、無資訊輔助) × 2(有休息、無休息) 的 8 個不同情境下，每人都進行一個回合 20 次共 10 回合的牧場管理作業。實驗結果共有 143 筆有效資料。

在比較資訊輔助、自我回饋、休息三個變項對動態決策績效的效果前，我們先檢定各組受試者在接受實驗操弄前(第一回合)在動態決策作業績效上的差異，以確定各組的受試者在開始時的條件是相似的。

第一回合的決策表現

結束時間點。受試者在第一回合結束的時間點(表 1)以 2(資訊輔助) × 2(自我回饋) × 2(休息時間) 的變異數分析進行統計檢定，結果(表 2)發現三個實驗處理的主效果與其交互作用均未到達顯著水準。此結果表示，各組受試者在未接受實驗處理前，在此動態決策作業上的表現水準是相似的。

偏離最佳策略程度。第一回合決策偏離最佳策略的程度(表 3)以 2(資訊輔助) × 2(自我回饋) × 2(休息) × 6(階段) 的重複量數變異數分析，其中組間變項為資訊輔助、自我回饋、休息，組內變項為階段，結果(表 4)，發現僅階段有顯著的主效果，資訊輔助、自我回饋、休息的主效果則未達顯著水準。階段 × 資

表 1 第一回合結束時間點之平均數與標準差

	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
M	17.16	19.00	19.87	18.82	17.32	18.06	16.06	18.05
SD	1.15	1.12	1.30	1.22	1.15	1.25	1.22	1.12

表 2 第一回合結束時間點之變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1.00	63.57	63.57	2.53
自我回饋(S)	1.00	3.53	3.53	0.14
休息(R)	1.00	27.67	27.67	1.10
A × S	1.00	31.97	31.97	1.27
A × R	1.00	8.32	8.32	0.33
S × R	1.00	5.96	5.96	0.24
A × S × R	1.00	37.73	37.73	1.50
誤差	135.00	3397.66	25.17	

表 3 第一回合偏離最佳策略程度之平均數與標準差

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
1								
M	1644.05	1680.32	2038.47	2015.26	1904.37	2245.27	1719.11	1989.51
SD	212.66	260.46	241.14	225.56	232.96	232.96	206.99	225.56
2								
M	930.14	965.32	1283.08	1101.36	1013.60	1393.74	975.82	1175.27
SD	120.81	147.96	136.99	128.14	132.34	132.34	117.59	128.14
3								
M	976.87	1064.19	1045.93	979.48	891.01	1212.05	1093.28	1262.32
SD	134.81	165.11	152.86	142.99	147.68	147.68	131.22	142.99
4								
M	1058.33	1207.80	1043.21	1024.59	977.45	1163.97	1036.99	1273.18
SD	133.54	163.55	151.42	141.64	146.29	146.29	129.98	141.64
5								
M	1137.29	1198.76	1068.05	1163.57	890.59	1108.04	1106.07	1324.79
SD	147.74	180.94	167.52	156.70	161.84	161.84	143.80	156.70
6								
M	1154.00	1203.54	1210.71	1257.64	944.17	1172.78	1105.09	1419.56
SD	156.66	191.87	177.63	166.16	171.61	171.61	152.48	166.16

表 4 第一回合偏離最佳策略程度之變異數分析¹表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1.00	286169.05	286169.05	0.19
自我回饋(S)	1.00	792800.81	792800.81	0.53
休息(R)	1.00	3597943.26	3597943.26	2.38
A × S	1.00	63825.69	63825.69	0.04
A × R	1.00	2526774.21	2526774.21	1.68
S × R	1.00	221955.48	221955.48	0.15
A × S × R	1.00	28856.00	28856.00	0.02
誤差 1	117.00	176548807.38	1508964.17	
階段(T)	2.09	64656845.02	30893442.72	61.54 **
T × A	2.09	728338.66	348004.74	0.69
T × S	2.09	301794.38	144199.23	0.29
T × R	2.09	57800.32	27617.35	0.06
T × A × S	2.09	4747277.00	2268278.48	4.52 *
T × A × R	2.09	289126.65	138146.51	0.28
T × S × R	2.09	335639.62	160370.70	0.32
T × A × S × R	2.09	81941.42	39152.12	0.08
誤差 2	244.87	122913665.90	501956.53	

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

¹ 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。

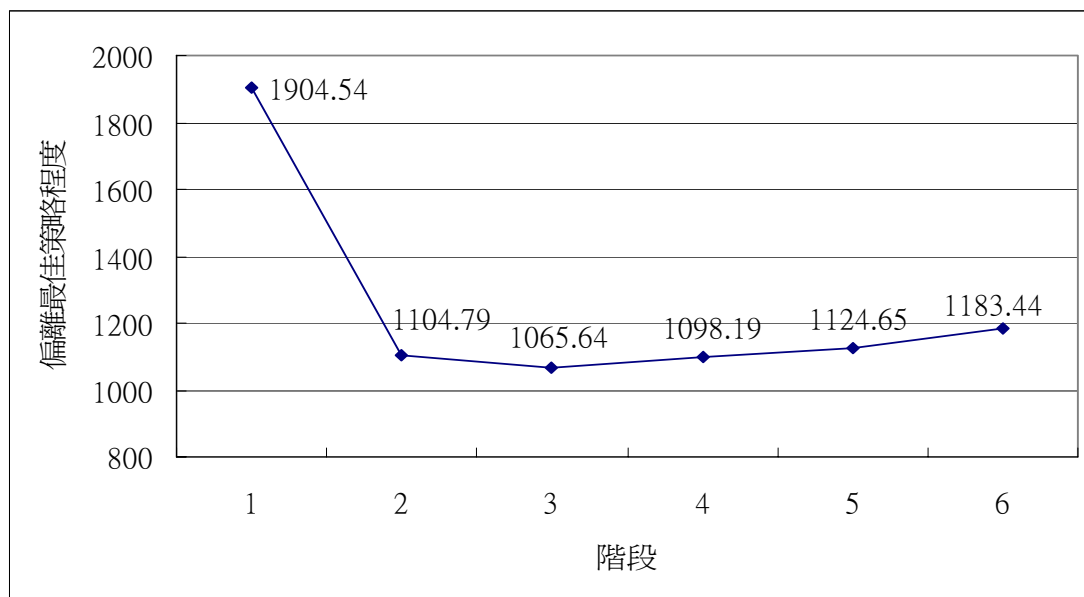


圖 5 第一回合偏離最佳策略程度之學習曲線

訊輔助 × 自我回饋呈現顯著的交互作用，其他主效果間的交互作用則不顯著。

階段的主效果上，第一階段的決策偏離最佳決策的量($M = 1904.54, SD = 81.43$)顯著的較其他階段高，第六階段的偏離量($M = 1183.43, SD = 59.98$)也顯著較第三($M = 1065.64, SD = 59.62$)、第四($M = 1098.19, SD = 51.13$)兩個階段高，但與第二($M = 1104.79, SD = 46.26$)、第五($M = 1124.65, SD = 56.57$)階段沒有差異，中間的四個階段彼此間則無顯著差異。整體觀之，在第一回合 20 次決策中，受試者已經表現出學習的現象。由第 1 階段到第 5 階段偏離最佳策略的程度持續在下降，最後第 6 階段的偏離程度雖又提高，但仍較第 1 階段低(圖 5)。

階段 × 資訊輔助 × 自我回饋間的交互作用雖顯著，但當將各階段分開來進行簡單主效果檢定後，發現各階段的資訊輔助與自我回饋的主效果與交互作用均無顯著差異，顯示交互作用的效果主要是來自階段，而非 2(資訊輔助) × 2(自我回饋) × 2(休息)實驗處理所形成的八組受試者間在第一回合時的起始決策表現有差異。

由於第 1 回合各實驗情境中受試者的決策表現相同，且第一回合的資料並沒有三個實驗變項的實驗處理效果，下面檢定資訊輔助、自我回饋、休息三個變項對受試者的決策偏離最佳決策程度的影響時，是採用第 2 到第 10 回合的資料進行分析。

十回合之結束時間點分析

整個十回合的牧場作業結束時間點分析(表 5)是以 2(資訊輔助) × 2(自我回饋) × 2(休息) × 10(練習)的重複量數變異數分析(組間變項為資訊輔助、自我回饋、休息，組內變項為練習)進行統計檢定，結果(表 6)發現練習有顯著的主效果，資訊輔助、自我回饋、休息的主效果則未達顯著水準。所有自變項間的交互作用均未達顯著水準。

練習的主效果經事後比較後發現，在第 1 回合中，受試者的牧場經營時間最短($M = 18.04, SD = 0.42$)，明顯低於其他回合。其餘各回合的平均數由大到小依序為，第 4 回合($M = 19.61, SD = 0.15$)，第 10 回合($M = 19.58, SD = 0.16$)，第 6 回合($M = 19.58, SD = 0.20$)，第 9 回合($M = 19.56, SD = 0.18$)，第 7 回合($M = 19.51, SD = 0.18$)，第 8 回合($M = 19.28, SD = 0.26$)，第 3 回合($M = 19.20, SD = 0.28$)，第 5 回合($M = 19.20, SD = 0.28$)，第 2 回合($M = 19.03, SD = 0.29$)。整體而言，隨著經驗的累積，牧場經營的結束時間平均數逐漸上升而標準差逐漸下降，表示牧場因不良決策而提早結束的情形逐漸減少。

由各回合中提早結束牧場作業的人數來看，第 1 回合時，143 個受試者中有 32 人 (22.38%) 提早結束作業，到了第 2 回合提早結束作業的人數下降到 18 人 (12.59%)，隨後的 8 個回合提早結束的人數都在 11 (7.69%) 到 14 (9.79%) 之間，

表 5 十回合結束時間點之平均數與標準差

回合	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
1 M	18.05	16.06	18.06	17.32	18.82	19.87	19.00	17.16
SD	1.12	1.22	1.25	1.15	1.22	1.30	1.12	1.15
2 M	19.35	19.06	18.06	19.79	17.35	18.73	20.00	19.90
SD	0.76	0.83	0.85	0.78	0.83	0.88	0.76	0.78
3 M	19.05	19.94	18.44	18.26	20.00	18.00	20.00	19.90
SD	0.74	0.81	0.83	0.76	0.81	0.86	0.74	0.76
4 M	19.75	19.94	18.69	20.00	20.00	19.00	19.75	19.84
SD	0.41	0.44	0.45	0.42	0.44	0.47	0.41	0.42
5 M	18.35	19.94	20.00	18.32	19.06	19.40	19.30	19.21
SD	0.76	0.82	0.84	0.77	0.82	0.87	0.76	0.77
6 M	18.35	19.82	20.00	20.00	20.00	19.87	19.45	19.16
SD	0.52	0.57	0.58	0.54	0.57	0.60	0.52	0.54
7 M	19.95	19.88	17.50	19.95	18.94	19.87	20.00	20.00
SD	0.48	0.52	0.54	0.49	0.52	0.55	0.48	0.49
8 M	19.25	19.94	20.00	20.00	18.88	17.33	19.95	18.84
SD	0.70	0.76	0.78	0.72	0.76	0.81	0.70	0.72
9 M	19.40	18.77	19.94	19.11	20.00	19.60	20.00	19.68
SD	0.49	0.53	0.54	0.50	0.53	0.56	0.49	0.50
10 M	19.95	19.12	19.81	19.58	20.00	19.00	19.95	19.26
SD	0.43	0.47	0.49	0.45	0.47	0.50	0.43	0.45

表 6 十回合結束時間點變異數分析¹表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1.00	11.91	11.91	0.94
自我回饋(S)	1.00	6.73	6.73	0.53
休息(R)	1.00	3.55	3.55	0.28
A × S	1.00	13.21	13.21	1.04
A × R	1.00	20.73	20.73	1.64
S × R	1.00	0.35	0.35	0.03
A × S × R	1.00	1.80	1.80	0.14
誤差 1	135.00	1708.93	12.66	
練習(P)	5.82	288.38	49.51	3.68 **
P × A	5.82	116.72	20.04	1.49
P × S	5.82	52.81	9.07	0.68
P × R	5.82	107.93	18.53	1.38
P × A × S	5.82	162.99	27.98	2.08
P × A × R	5.82	57.94	9.95	0.74
P × S × R	5.82	62.46	10.72	0.80
P × A × S × R	5.82	133.56	22.93	1.71
誤差 2	786.29	10566.67	13.44	

** $p < 0.01$

¹ 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。

可看出人們從第 1 回合的經驗中所得到的學習最大，後面的 9 個回合則學習趨向高原期。

主效果方面。有資訊輔助($M = 19.35, SD = 0.13$)與沒有資訊輔助($M = 19.17, SD = 0.13$)沒有差異。有自我回饋($M = 19.33, SD = 0.13$)與沒有自我回饋($M = 19.19, SD = 0.14$)間的差異也很小。有休息($M = 19.21, SD = 0.14$)與無休息($M = 19.31, SD = 0.13$)間的差異也很小。這顯示牧場經營的結束時間點並不是一個衡量動態決策作業績效的靈敏指標。接下來我們將從受試者的決策偏離最佳決策的程度探討資訊輔助、自我回饋、休息三個變項對動態決策作業表現的影響。

第 2 ~ 10 回合偏離最佳策略程度之分析

受試者在實驗中共練習 10 回合的牧場管理作業，我們以第 2 ~ 10 回合的資料估計受試者決策品質的變化。並將受試者在每回合第 1 ~ 18 次決策的表現被進一步分為 6 個不同階段，以估計決策品質在每一回合內的變化。由於資料中含有遺漏值，下面分別就刪除遺漏值後的資料與補上遺漏估計值兩種不同的方式進行分析。

刪除遺漏值。受試者之決策偏離最佳策略的程度(附錄六)是以 2(資訊輔助) × 2(自我回饋) × 2(休息) × 10(練習) × 6(階段)的重複量數變異數分析(組間變項為資訊輔助、自我回饋、休息，組內變項為練習、階段)進行統計檢定，結果(表 7)發現回合、階段有顯著的主效果，資訊輔助、自我回饋、休息的主效果則未達顯著水準。此外，階段 × 自我回饋、階段 × 回合的交互作用顯著，階段 × 休息的交互作用則為接近顯著水準($p < 0.09$)，其他交互作用則未達顯著水準。刪除遺漏值後總樣本數為 106 筆，有資訊輔助、有自我回饋、有休息組的樣本為 13

表 7 後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1.00	200721.64	200721.64	0.05
自我回饋(S)	1.00	12407598.69	12407598.69	3.10
休息(R)	1.00	11053986.79	11053986.79	2.76
A × S	1.00	144463.09	144463.09	0.04
A × R	1.00	201801.53	201801.53	0.05
S × R	1.00	22773.02	22773.02	0.01
A × S × R	1.00	1234328.52	1234328.52	0.31
誤差 1	98.00	392159514.91	4001627.70	
回合(P)	6.29	44480126.20	7073514.64	5.57 **
P × A	6.29	7810821.06	1242126.81	0.98
P × S	6.29	3313327.28	526906.53	0.42
P × R	6.29	3114387.14	495269.80	0.39
P × A × S	6.29	10343947.06	1644960.73	1.30
P × A × R	6.29	3294721.46	523947.72	0.41
P × S × R	6.29	3035461.92	482718.60	0.38
P × A × S × R	6.29	4240026.02	674276.10	0.53
誤差 2	616.25	782095035.08	1269120.03	

(接下頁)

表 7 後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之變異數分析¹表(續)

變異來源	df	SS	MS	F
階段(T)	2.48	391782733.98	158070739.92	336.47 **
T × A	2.48	1566622.47	632077.81	1.35
T × S	2.48	7311198.51	2949814.93	6.28 **
T × R	2.48	2659515.22	1073022.12	2.28 +
T × A × S	2.48	886265.65	357577.44	0.76
T × A × R	2.48	399394.01	161141.62	0.34
T × S × R	2.48	633358.63	255538.23	0.54
T × A × S × R	2.48	1256591.42	506991.04	1.08
誤差 3	242.90	114111704.92	469797.08	
P × T	10.45	18835528.77	1801713.07	2.59 **
P × T × A	10.45	5862057.52	560735.29	0.81
P × T × S	10.45	3539320.09	338553.77	0.49
P × T × R	10.45	3901577.31	373205.50	0.54
P × T × A × S	10.45	9384034.25	897630.08	1.29
P × T × A × R	10.45	8779750.91	839827.34	1.21
P × T × S × R	10.45	3977428.16	380461.01	0.55
P × T × A × S × R	10.45	6326855.62	605195.57	0.87
誤差 4	1024.52	712733356.78	695678.89	

+ 0.05 < p < 0.1 * p < 0.05 ** p < 0.01

¹ 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。

筆；有資訊輔助、有自我回饋、無休息組的樣本為 14 筆；有資訊輔助、無自我回饋、有休息組的樣本為 11 筆；有資訊輔助、無自我回饋、無休息組的樣本為 15 筆；無資訊輔助、有自我回饋、有休息組的樣本為 14 筆；無資訊輔助、有自我回饋、無休息組的樣本為 9 筆；無資訊輔助、無自我回饋、有休息組的樣本為 17 筆；無資訊輔助、無自我回饋、無休息組的樣本為 13 筆。

練習的主效果。由圖 6 可以看出第 2~10 回合的平均偏離最佳決策的程度的平均值由大到小依序為，第 5 回合($M = 1054.40, SD = 47.33$) > 第 2 回合($M = 1121.84, SD = 46.38$) > 第 3 回合($M = 1111.48, SD = 51.53$) > 第 8 回合($M = 1053.13, SD = 44.45$) > 第 6 回合($M = 1050.23, SD = 42.32$) > 第 4 回合($M = 994.96, SD = 43.02$) > 第 7 回合($M = 940.01, SD = 50.35$) > 第 10 回合($M = 905.35, SD = 44.43$) > 第 9 回合($M = 903.17, SD = 48.01$)。其中，第 5 回合的決策偏離最佳決策的程度最高，第 2 回合的其次，第 9 回合的偏離程度則最低。顯示練習的效果有上下擺動的情形，但受試者的表現

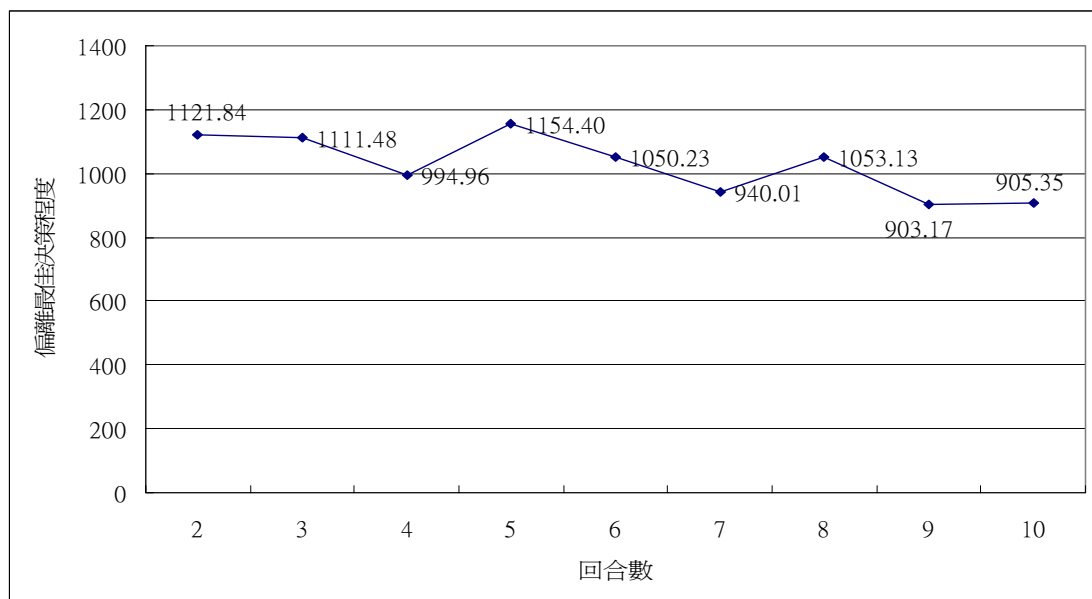


圖 6 後九回合刪除遺漏值後之長期學習曲線

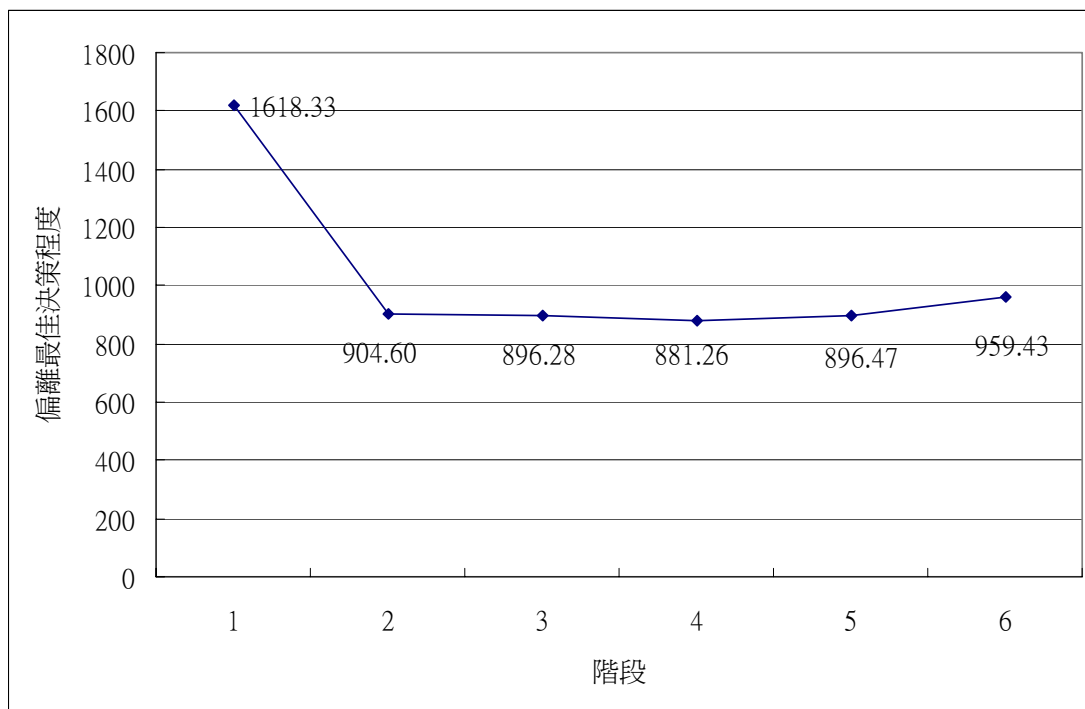


圖 7 後九回合刪除遺漏值後之短期學習曲線

由第 2 回合到第 10 回合偏離最佳策略的程度是逐漸下降的。整體而言，若以第 6 回合當做中間點，第 2 回合與第 6 回合決策偏離最佳決策程度的下降量為 181.83 較第 6 回合與第 10 回合的下降量 34.66 為大，亦即，到了第 7 回合後學習進入高原期，由練習而得到的學習趨緩。

階段的主效果。由圖 7 顯示每一回合的第 1 階段偏離最佳決策的程度是最高的($M = 1618.33, SD = 26.39$)，到第 3($M = 896.28, SD = 27.14$)、5($M = 896.47, SD = 34.34$)階段時受試者的決策偏離最佳決策的程度最低，第 2($M = 904.60, SD = 25.41$)、4($M = 881.26, SD = 31.48$)、6($M = 959.43, SD = 36.73$)階段則居中，但中間的 4 者彼此差異不顯著。整體觀之，受試者不僅在 2~10 回合中表現出決策品質隨練習而下降的現象，在每一回合中的六個階段，也有同樣的學習曲線。從第 1 階段到第 2 階段偏離最佳策略的程度大幅下降，中間的四個階段則維持較平穩的表現，但到了最後第 6 階段時偏離最佳策略的

程度又往上升但仍顯著低於第一階段。

階段 × 回合的交互作用。由圖 8 顯示，第 2 回合第 1 階段偏離最佳策略的程度是最大的，第 9 回合第 4 階段偏離最佳策略的程度是最小的(表 8)。第 1 階段受試者的決策偏離最佳決策的程度在任一回合都明顯高於其餘五階段，而且第 1 階段的學習曲線的變異程度較其餘五階段大。各階段從第 2 回合到第 10 回合偏離最佳決策的程度整體上都是逐漸下降的。比較特殊的是第 3 回合時第 1 階段受試者的策略偏離最佳策略的程度比第 2 回合第 1 階段低，出現練習的學習效果。但在後面五個階段則是第 2 回合有表現的較好，出現與練習所預期的效果相反的現象。原因可能是受試者在第 3 回合時只對系統仍然沒有足夠的了解，對於最佳解也還在摸索的階段，因此在回合初真實系統狀態與理想狀態間的差距較大時，他們的決策可以較為正確的趨近目標，但是在系統狀態已較接近理想狀態時，受試者持續嘗試去尋找最佳解的認知活動反而令系統的狀態偏離最佳解。

值得注意的是，在實驗作業的設計上，若要使每回合開始時系統的初始狀態快速的趨近理想狀態，受試者勢必要對飼養的麋鹿數量做較大幅度的調整，若受試者偏離最佳決策程度若隨練習而降低，表示受試者在決策作業上學會加大調整麋鹿數量的幅度。將每一階段的第 2 回合與第 10 回合時的平均偏離程度相減，以估計受試者在整個作業結束後所獲得的學習並繪製學習曲線，如圖 9。結果發現第 1 階段的學習最大，從第 2 階段到第 5 階段學習慢慢減少，最後第 6 階段則有稍微回升的現象，這顯示由於受試者的決策與最佳決策的差異主要是來自第 1 階段，表示人們在第 1 階段時調整牧群的幅度依然不夠。第 2 到第 5 階段整體學習量的下降趨緩，且未接近 0，顯示經 10 回合練習後，人們雖學會如何調整系統到他們想要的狀態，卻尚未發現最佳解，僅是將系統狀態維持在非最佳狀態。

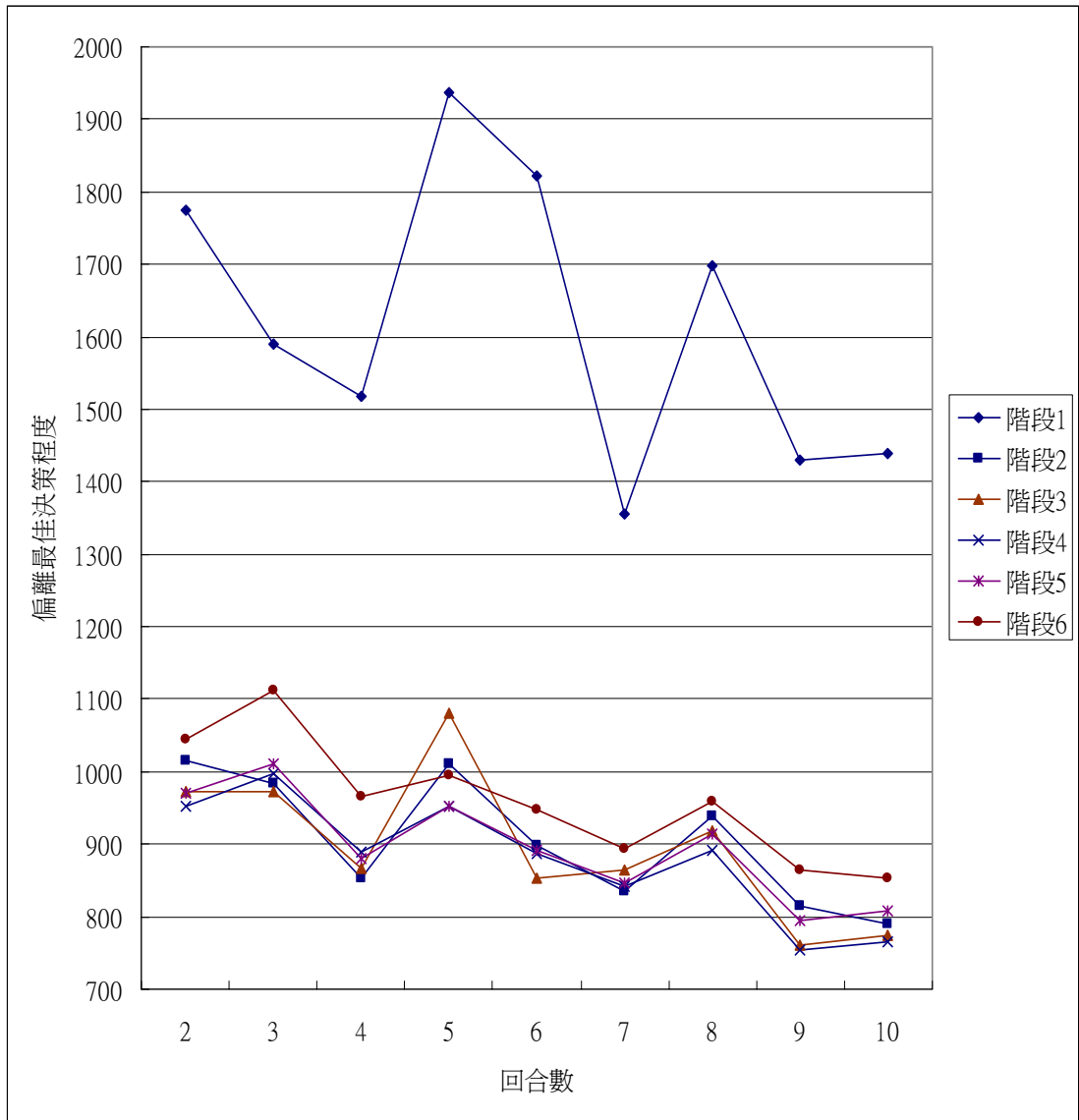


圖 8 後九回合刪除遺漏值後之回合 × 階段交互作用圖

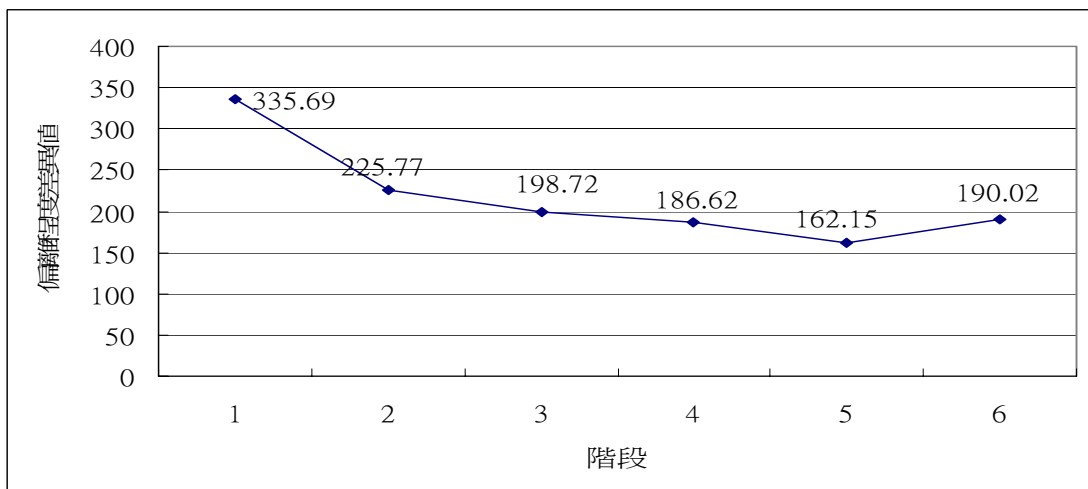


圖 9 後九回合刪除遺漏值後各階段經過 2~10 回合之整體學習曲線

表 8 後九回合刪除遺漏值後每回合各階段之平均數與變異數

回合	階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5	階段 6
2 M	1774.607	1015.461	973.621	952.911	970.669	1043.763
SD	86.349	50.762	50.961	53.901	51.761	61.231
3 M	1589.287	984.563	973.548	998.147	1010.355	1112.966
SD	85.094	49.486	59.185	62.779	60.702	69.114
4 M	1518.674	852.587	865.982	888.289	879.412	964.794
SD	86.033	43.147	49.474	51.882	51.625	57.548
5 M	1936.058	1010.014	1080.632	953.186	951.683	994.812
SD	107.897	45.144	60.26	53.923	60.075	58.005
6 M	1822.285	899.188	853.51	886.047	892.241	948.081
SD	85.435	40.931	43.063	50.03	52.558	54.952
7 M	1356.451	836.014	865.137	841.643	846.553	894.234
SD	90.101	49.418	54.97	54.969	57.731	57.606
8 M	1698.532	939.141	917.458	891.252	913.296	959.092
SD	91.801	43.579	49.822	52.119	54.92	55.61
9 M	1430.129	814.696	761.702	753.562	795.497	863.405
SD	81.598	46.448	48.358	52.346	55.439	57.439
10 M	1438.913	789.694	774.905	766.296	808.524	853.739
SD	80.292	52.284	47.347	48.622	52.759	56.451

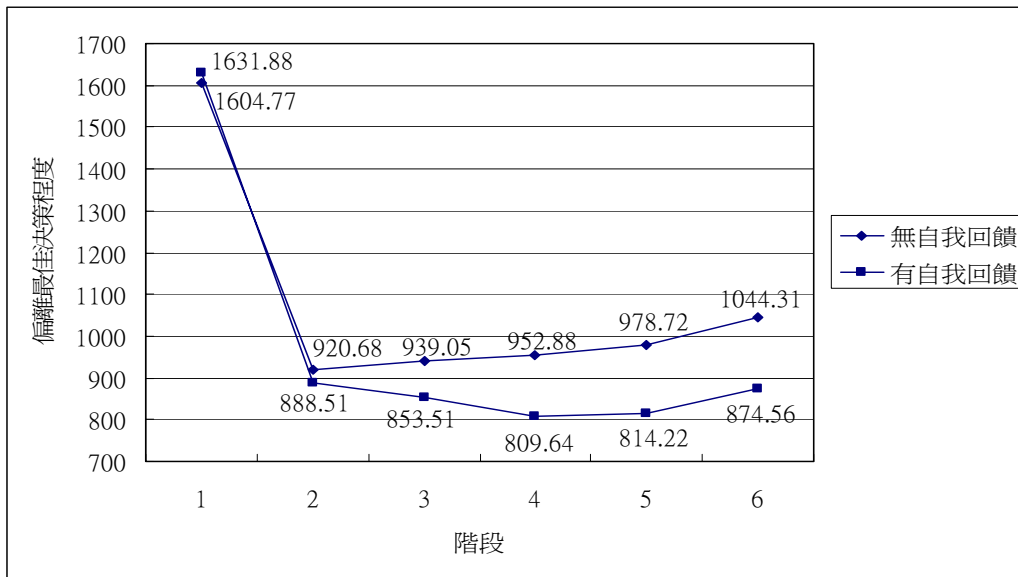


圖 10 後九回合刪除遺漏值後階段 × 自我回饋之交互作用圖

階段 × 自我回饋的交互作用。由圖 10 看來主要是隨著階段的練習自我回饋會逐漸產生效果，從交互作用圖上看來，自我回饋在前面兩個階段幾乎沒有效果，但到了第 4、5、6 階段自我回饋實驗處理的差異逐漸顯現出來。對階段與自我回饋進行簡單主效果檢定後(附錄七)，發現自我回饋的效果在第 4($F(1, 112) = 4.07, p = 0.05$)、5($F(1, 108) = 6.89, p = 0.01$)、6($F(1, 104) = 6.52, p = 0.01$)階段中有自我回饋組的受試者較沒有自我回饋組的受試者明顯有較低的決策偏離程度，前三階段的自我回饋則沒有顯著的效果。由平均數(附錄七)來看，自我回饋的效果越到後面的階段所造成的學習效果越大。

另外，不論有無自我回饋，受試者第 1 到第 2 階段決策偏離程度都呈下降、第 5 到第 6 階段決策偏離程度都呈上升，但有自我回饋組的受試者在中間四個階段偏離最佳決策的程度越來越低，而無自我回饋組的受試者在中間四個階段偏離最佳決策的程度則越來越高。由此看來，自我回饋的效果主要是改善人們短期的學習，使人們在短期內持續進步，若缺乏自我回饋則短期的學習效果是遞減的，此結果與本研究之假設相符。然而，自我回饋的效果不會在每一回合初馬上產

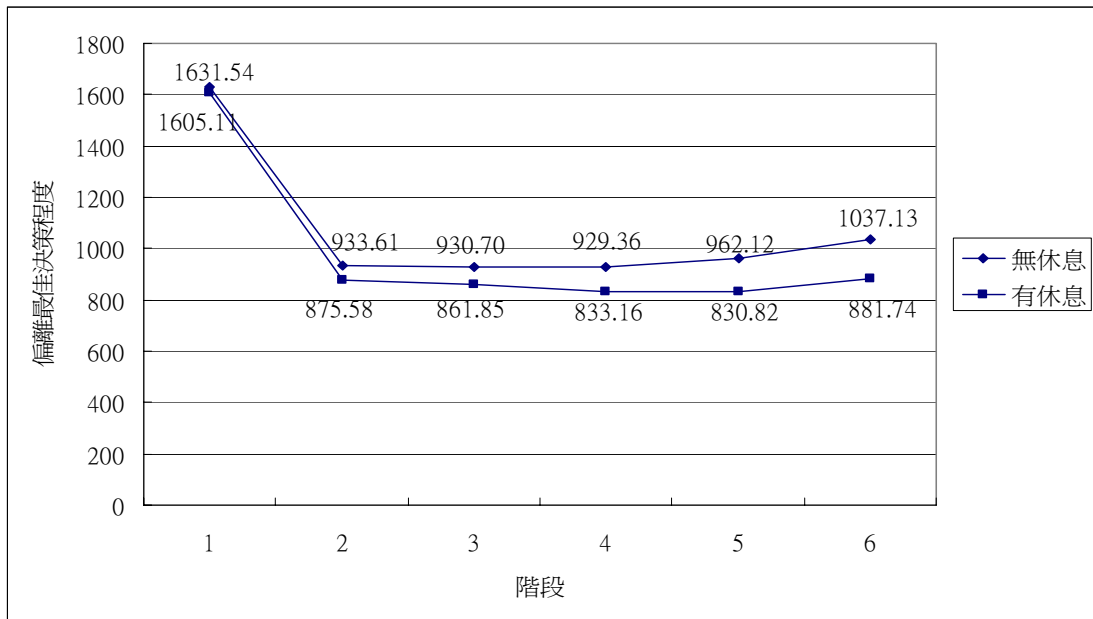


圖 11 後九回合刪除遺漏值後階段 × 休息之交互作用圖

生，可能是自我回饋的作用在指導受試者應該往什麼方向尋找系統的最佳狀態，受試者需要利用前三階段的練習將系統逐步調整到他們較能掌握的狀態。

階段 × 休息的交互作用僅接近顯著水準，從圖 11 來看，休息在短期學習的效果與自我回饋是相似的。有休息的受試者在每個階段決策偏離最佳決策的程度都比沒有休息的受試者低，而且越到後面的階段差異越大。經過簡單主效果(附錄八)的測試後，發現只有在第 6 階段休息對學習的效果才達顯著水準($F(1,104) = 4.64, p < 0.05$)。此結果表示，休息的確有助於讓人的學習可以較持久，此結果與本研究之假設相符。

補上遺漏值的估計值。受試者之決策偏離最佳策略程度經補入 34 位受試者的遺漏估計值後(附錄九)以 2(資訊輔助) × 2(自我回饋) × 2(休息時間) × 10(練習) × 6(階段)重複量數變異數分析結果與刪除遺漏值後的分析結果(表 9)相似。回合、階段有顯著的主效果，資訊輔助、自我回饋、休息時間的主效果未達顯著水準。交互作用上，階段 × 自我回饋、階段 × 回合間的交互作用顯著，與刪除遺

表 9 後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1.00	8586505.72	8586505.72	1.94
自我回饋(S)	1.00	1976103.00	1976103.00	0.45
休息(R)	1.00	7784702.92	7784702.92	1.76
A × S	1.00	1614002.14	1614002.14	0.37
A × R	1.00	17107955.30	17107955.30	3.87 *
S × R	1.00	787387.27	787387.27	0.18
A × S × R	1.00	16022960.76	16022960.76	3.62 +
誤差 1	135.00	597023161.52	4422393.79	
回合(P)	6.46	51057105.09	7909123.63	6.14 **
P × A	6.46	9030550.25	1398899.10	1.09
P × S	6.46	5548019.93	859429.37	0.67
P × R	6.46	5028097.03	778889.46	0.61
P × A × S	6.46	10815562.56	1675410.72	1.30
P × A × R	6.46	5261444.62	815036.73	0.63
P × S × R	6.46	886979.63	137399.71	0.11
P × A × S × R	6.46	3171655.95	491312.99	0.38
誤差 2	871.49	1121823762.00	1287250.42	

(接下頁)

表 9 後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之變異數分析¹表(續)

變異來源	df	SS	MS	F
階段(T)	2.41	543941344.62	225463233.67	456.03 **
T × A	2.41	2007556.54	832130.51	1.68
T × S	2.41	4101749.71	1700171.83	3.44 **
T × R	2.41	1902014.66	788383.49	1.60
T × A × S	2.41	492420.18	204107.76	0.41
T × A × R	2.41	3295549.70	1366002.60	2.76 *
T × S × R	2.41	784200.76	325050.56	0.66
T × A × S × R	2.41	514581.14	213293.45	0.43
誤差 3	325.69	161024312.10	494403.28	
P × T	11.45	21468609.66	1874419.31	2.95 **
P × T × A	11.45	4111213.16	358949.06	0.57
P × T × S	11.45	4929655.31	430407.06	0.68
P × T × R	11.45	3804218.90	332145.47	0.52
P × T × A × S	11.45	4601119.74	401722.69	0.63
P × T × A × R	11.45	6539444.71	570957.39	0.90
P × T × S × R	11.45	4783619.52	417656.71	0.66
P × T × A × S × R	11.45	6678965.92	583138.96	0.92
誤差 4	1546.22	981046912.92	634481.31	

+ 0.05 < p < 0.1 * p < 0.05 ** p < 0.01

¹ 由於未符合變異數同質性假設，因此採用 Greenhouse-Geisser 之統計檢定。

漏值所得的結果相似。比較特殊的是，資訊輔助 × 休息的交互作用顯著，階段 × 資訊輔助 × 休息的三次交互作用亦顯著，資訊輔助 × 自我回饋 × 休息的交互作用為接近顯著水準($p = 0.06$)，其他交互作用則未達顯著水準。補上遺漏值的估計值後總樣本數為 143 筆，有資訊輔助、有自我回饋、有休息組的樣本為 20 筆；有資訊輔助、有自我回饋、無休息組的樣本為 17 筆；有資訊輔助、無自我回饋、有休息組的樣本為 16 筆；有資訊輔助、無自我回饋、無休息組的樣本為 19 筆；無資訊輔助、有自我回饋、有休息組的樣本為 17 筆；無資訊輔助、有自我回饋、無休息組的樣本為 15 筆；無資訊輔助、無自我回饋、有休息組的樣本為 20 筆；無資訊輔助、無自我回饋、無休息組的樣本為 19 筆。

練習的主效果。第 2~10 回合決策偏離最佳決策的平均值依序為第 5 回合 ($M = 1181.28, SD = 42.37$) > 第 2 回合 ($M = 1163.70, SD = 41.65$) > 第 3 回合 ($M = 1098.75, SD = 43.99$) > 第 6 回合 ($M = 1083.36, SD = 36.42$) > 第 8 回合 ($M = 1064.99, SD = 37.93$) > 第 4 回合 ($M = 1017.53, SD = 38.95$) > 第 7 回合 ($M = 995.12, SD = 43.94$) > 第 10 回合 ($M = 973.63, SD = 41.62$) > 第 9 回合 ($M = 921.137, SD = 39.74$)，其中，第 5 回合偏離最佳決策的程度最高，第 2 回合其次，第 9 回合偏離最佳決策的程度最低。由圖 12 可看出練習的效果有上下擺動的情形，但受試者的表現由第 2 回合到第 10 回合偏離最佳策略的程度是逐漸下降的。第 7 回合後學習進入高原期，偏離最佳策略程度的下降趨緩。此現象與刪除遺漏值的狀況相似，均顯示透過經驗的累積，人們在動態決策作業情境中有學習的現象。

階段的主效果。第 1~6 階段的決策偏離最佳決策的平均值依序為，第 1 階段 ($M = 1649.61, SD = 23.06$) > 第 6 階段 ($M = 985.35, SD = 31.53$) > 第

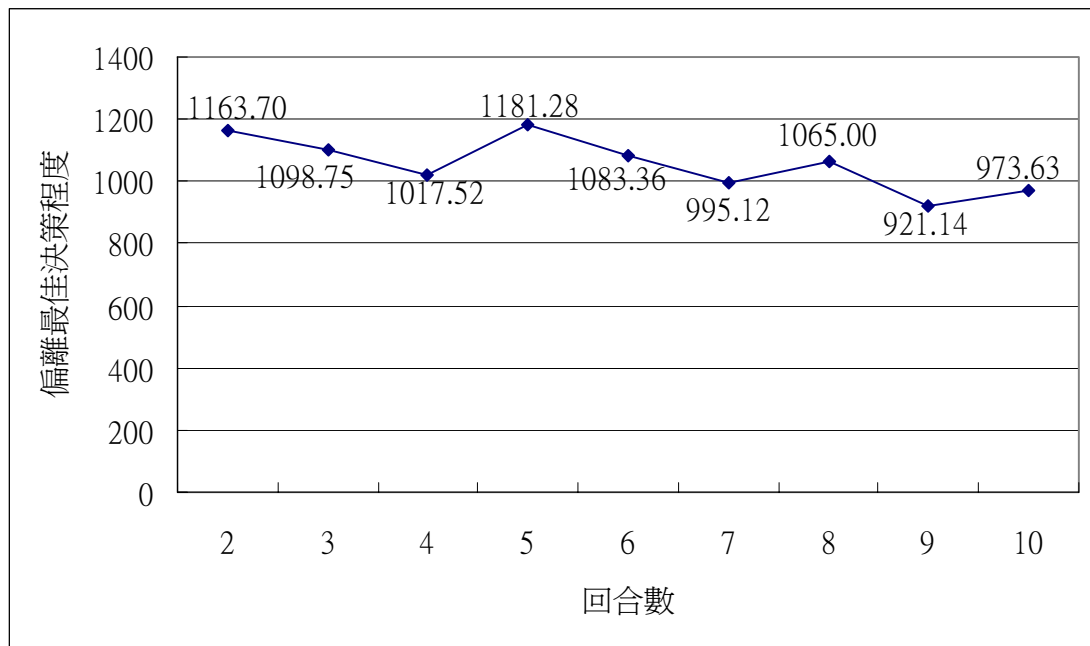


圖 12 後九回合補上遺漏估計值後之長期學習曲線

2 階段($M = 937.81, SD = 23.45$) > 第 5 階段($M = 928.57, SD = 29.99$) > 第 3 階段($M = 921.03, SD = 25.09$) > 第 4 階段($M = 910.64, SD = 28.31$)，其中第 1 階段偏離最佳策略的程度最高，第 3、5 階段時受試者的決策偏離最佳決策的程度最低。整體觀之，受試者不僅在十回合中表現出決策品質隨練習而下降的現象，在每一回合中的六個階段，也有同樣的學習曲線。從第 1 階段到第 2 階段偏離最佳策略的程度大幅下降，中間的四個階段則維持較平穩的表現，但到了最後第 6 階段時偏離最佳決策的程度又往上升(圖 13)。此結果與刪除遺漏值後所得結果非常相似，均顯示出人們有短期學期的現象。

階段 × 回合的交互作用。圖 14 顯示第 5 回合第 1 階段偏離最佳決策的程度最高，第 2 回合第 1 階段偏離最佳決策的程度次高，而第 10 回合第 4 階段偏離最佳決策的程度最低 (表 10)。第 1 階段受試者的決策偏離最佳決策的程度在任一回合都明顯高於其餘五階段，且第 1 階段在第 2 ~ 第 10 回合時學習的變異

表 10 後九回合補上遺漏估計值每回合各階段之平均數與變異數

回合	階段 1	階段 2	階段 3	階段 4	階段 5	階段 6
2 M	1878.093	1071.889	993.898	964.642	999.252	1074.441
SD	74.657	48.507	46.445	46.896	46.196	56.241
3 M	1591.06	991.978	953.023	984.829	1000.82	1070.787
SD	71.175	43.49	50.019	53.569	51.279	57.403
4 M	1530.554	871.799	895.035	915.342	911.301	981.107
SD	70.902	38.515	44.831	47.563	46.656	49.261
5 M	1923.967	1045.718	1118.603	995.349	979.031	1025.011
SD	88.192	40.028	53.777	48.956	52.121	51.074
6 M	1836.699	939.842	903.286	913.752	915.202	991.373
SD	67.99	36.195	39.914	44.491	44.974	46.964
7 M	1470.3	866.843	901.367	883.188	895.317	953.707
SD	77.168	42.448	48.093	49.277	50.798	51.025
8 M	1656.443	960.776	904.464	939.063	943.883	985.345
SD	76.996	42.062	41.964	48.281	46.443	47.105
9 M	1433.839	829.651	790.651	775.01	832.576	865.097
SD	68.629	40.515	42.137	43.931	48.024	48.186
10 M	1525.514	861.788	828.953	824.565	879.716	921.261
SD	70.491	45.722	44.298	46.575	49.755	50.476

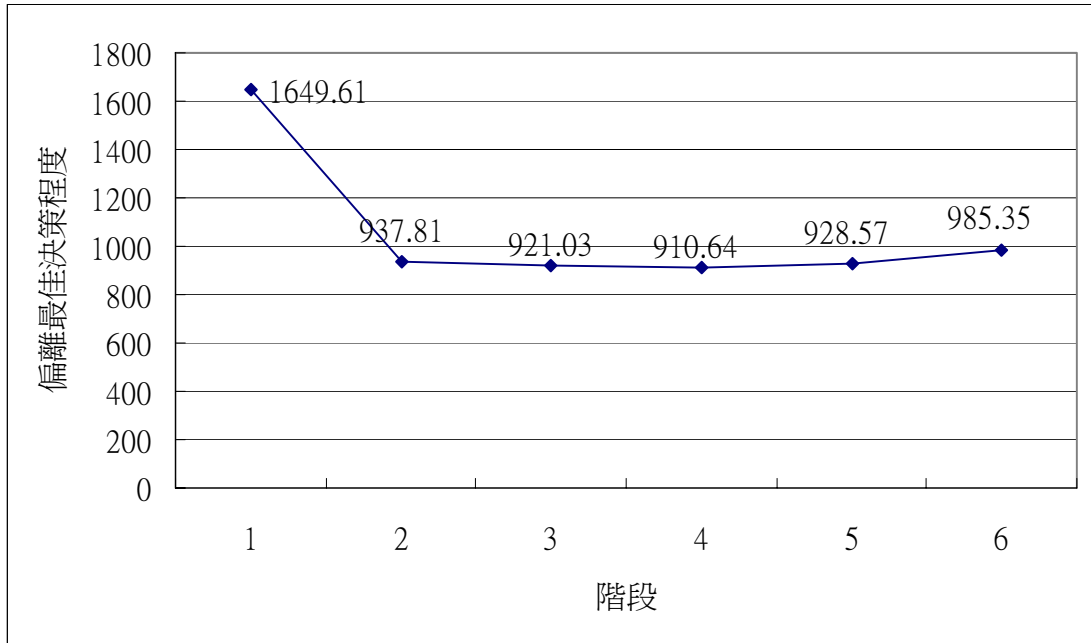


圖 13 後九回合補上遺漏估計值之短期學習曲線

程度較其餘五階段明顯。各階段整體上都是逐漸下降的，反應出練習的學習效果。

若將每一階段的第 2 回合與第 10 回合的偏離程度相減來估計受試者在整個作業結束後所獲得的學習($d_1 = 352.58, d_2 = 210.10, d_3 = 164.95, d_4 = 140.08, d_5 = 119.54, d_6 = 153.18$)並繪製學習曲線(圖 15)，可發現第 1 階段的學習是最大的，從第 2 階段到第 5 階段學習慢慢減少，最後第 6 階段的表現則有稍微退步的現象。大體上，刪除遺漏值後的資料與補上遺漏值的估計值所得結果是一致的，但是補上遺漏估計值的話受試者的話，決策偏離最佳決策的程度可看到較明顯的下降。經過 10 回合的練習後，受試者們在各階段偏離最佳策略的程度都下降了，反應出短期學習累積成長期學習的現象。

階段 × 自我回饋的交互作用。圖 16 顯示，隨著階段的進行，自我回饋會逐漸產生效果。由圖 16 上看來，自我回饋在前面三個階段幾乎沒有效果，到了第 4、5、6 階段有自我回饋組與無自我回饋組的差異才越來越明顯，自我回饋組的

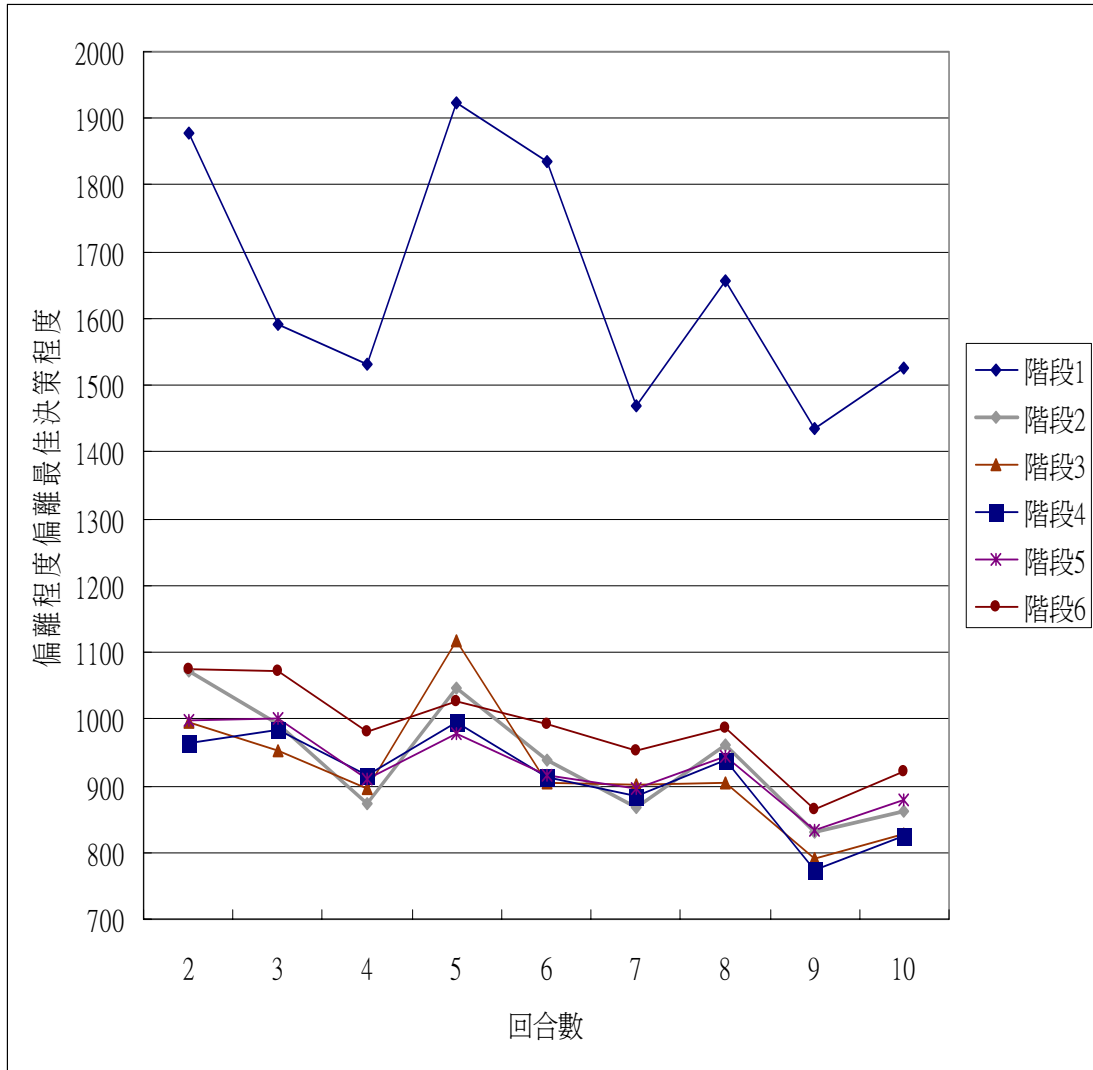


圖 14 後九回合補上遺漏估計值之回合 × 階段交互作用圖

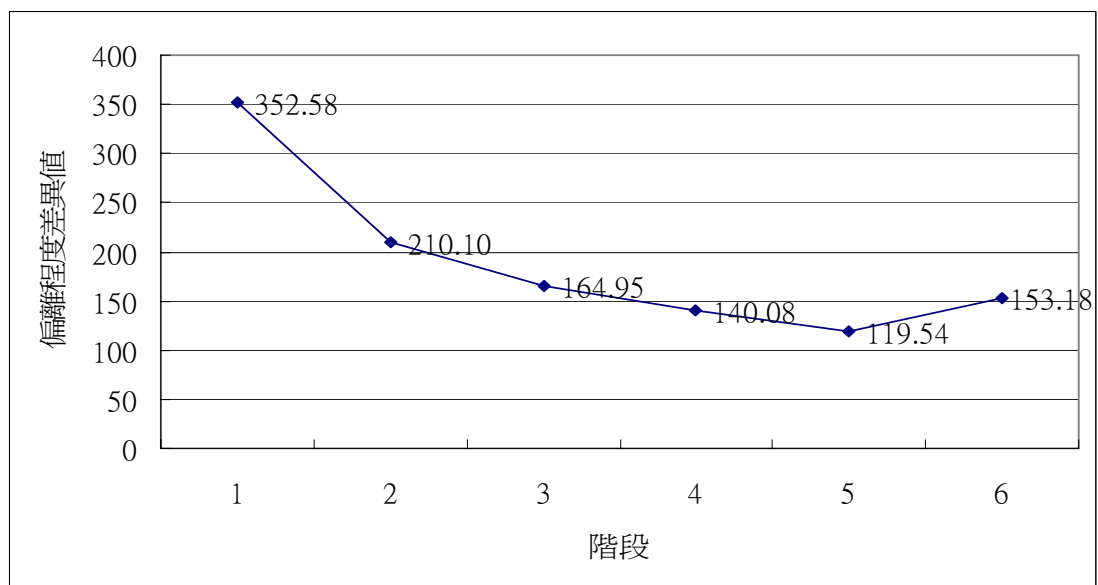


圖 15 後九回合補上遺漏估計值後各階段經過 2~10 回合之整體學習曲線

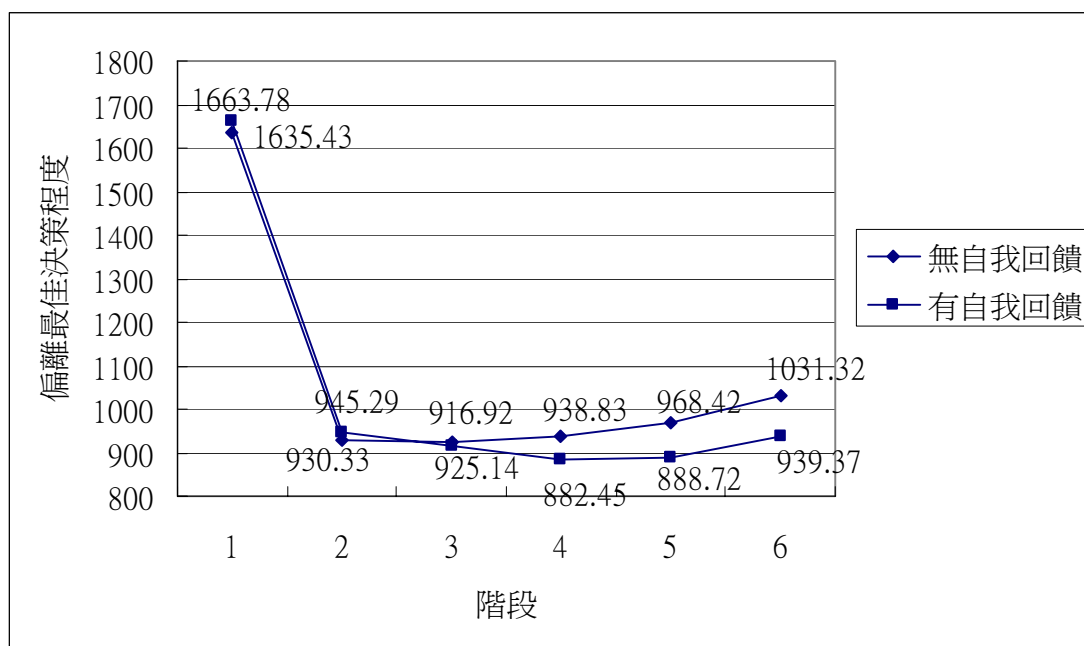


圖 16 後九回合補上遺漏估計值後階段 × 自我回饋之交互作用圖

受試者有較低的偏離程度，但進行簡單主效果(附錄十)的檢定並未到達顯著水準。此結果與刪除遺漏值時所得的結果相似，顯示自我回饋確實能夠改善人們在動態決策作業中的短期學習，與本研究的假設相符。

資訊輔助 × 休息交互作用。圖 17 顯示，無資訊輔助、無休息組($M = 1168.23, SD = 49.42$)偏離最佳決策的程度最高，有資訊輔助、無休息組($M = 1006.59, SD = 47.77$)與無資訊輔助、有休息組($M = 1009.80, SD = 47.20$)偏離最佳決策的程度則最低，有資訊輔助、有休息一組的決策表現($M = 1037.38, SD = 47.99$)則比此二組稍佳，但差異不顯著。當將資訊輔助固定，對休息進行簡單主效果檢定之後發現，無資訊輔助的情形下，休息的效果接近顯著水準($p = 0.06$)；有資訊輔助的情形下，休息的效果則不顯著。從平均數來看，無資訊輔助的情況下，休息會使人們偏離最佳決策的程度降低，此結果與本研究的假設相符。在有資訊輔助的情況下，休息沒有效果，則與假設不符。但有資訊輔助的兩

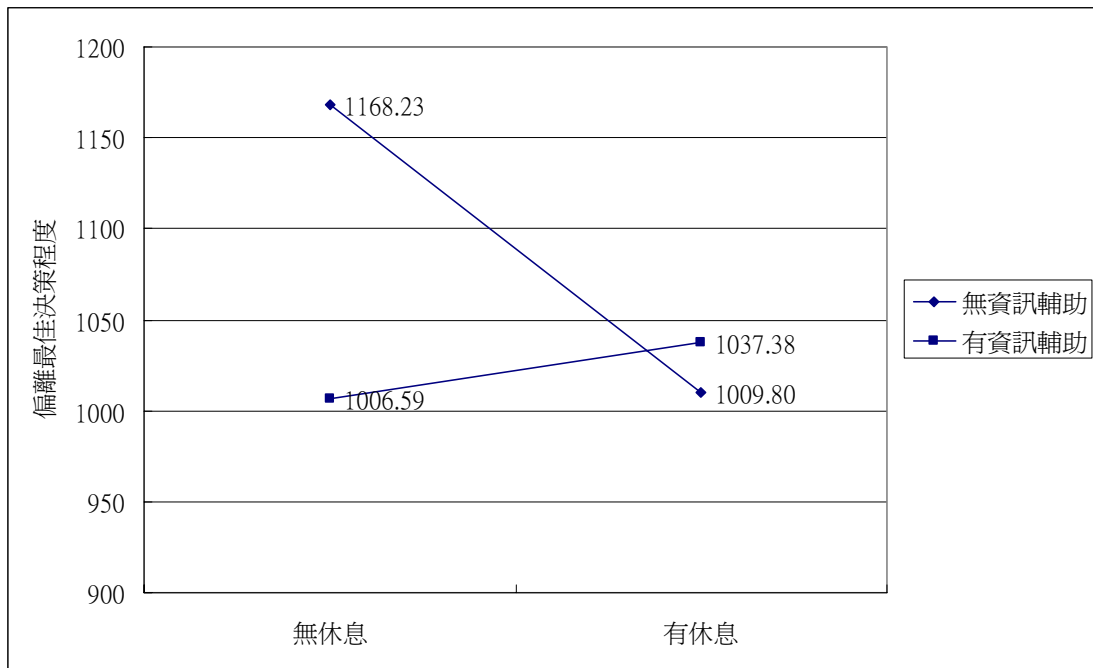


圖 17 後九回合補上遺漏估計值後資訊輔助 × 休息之交互作用圖

組偏離最佳決策程度的平均數都比控制組(無資訊輔助、無休息組)低，此結果則與本研究的假設相同。本研究假設資訊輔助與休息都可以改善受試者的決策表現，若兩者同時作用則應可獲得更大的好處。由此部分的分析可以看出，休息對學習是有效果的，但資訊輔助並沒有加大休息的效果。

資訊輔助 × 自我回饋 × 休息的交互作用。此交互作用僅接近顯著水準($p < 0.06$)，由圖 18 可看出，當固定自我回饋，對資訊輔助與休息進行簡單主效果的檢定(附錄十一)後發現，在無自我回饋的條件下，資訊輔助與休息沒有任何的效果；在有自我回饋的條件下，則資訊輔助 × 休息有顯著的交互作用($F(1, 65) = 7.34, p = 0.01$)。進一步檢定後發現有自我回饋、無資訊輔助的條件下，休息有顯著的效果($F(1, 30) = 5.71, p = 0.02$)；有自我回饋、有資訊輔助的條件下，休息沒有效果。此結果顯示，人們在無自我回饋的條件下，無論資訊輔助或是休息都無法進一步改善人們在動態決策作業中的決策表現。亦即，資訊輔助 ×

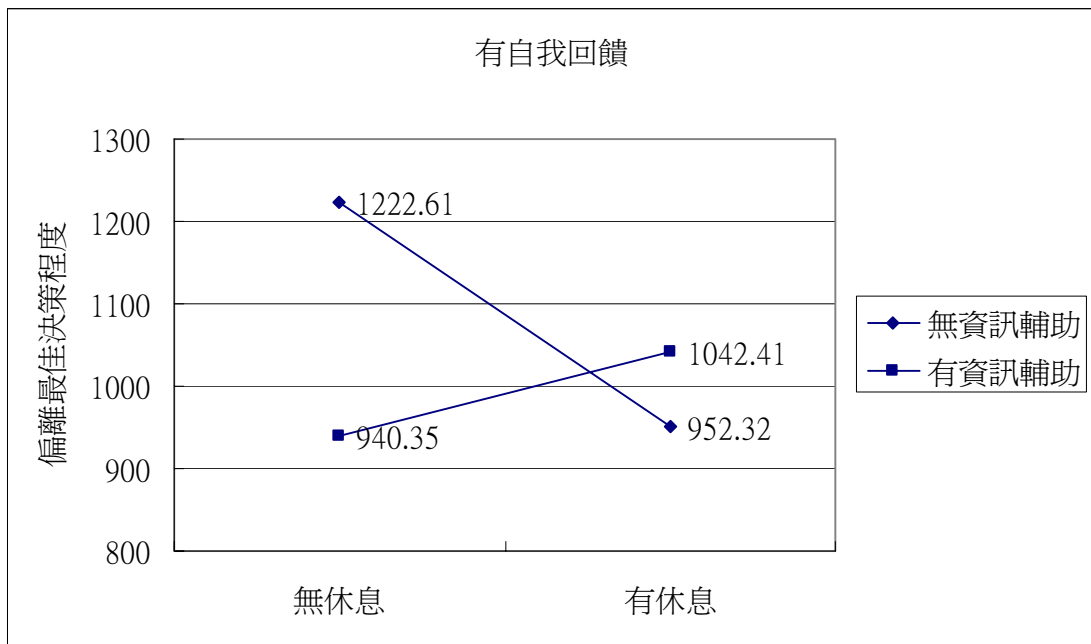
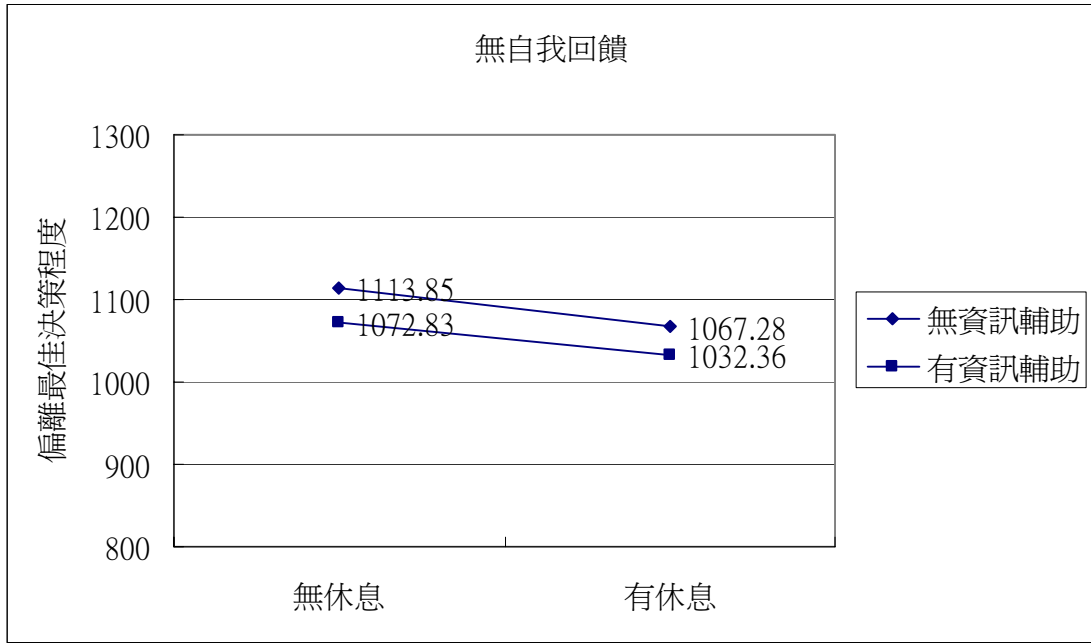


圖 18 後九回合估計遺漏值後資訊輔助 × 自我回饋 × 休息之交互作用圖

休息的效果主要是來自有自我回饋的條件下，且自我回饋要能配合資訊輔助與休息，才可以有效改善人們在動態決策作業中的決策表現。

從圖 18 來看，有自我回饋組、無資訊輔助、無休息組($M = 1222.61, SD = 73.89$)的受試者偏離最佳策略的程度最高，顯示只有自我回饋的要求，可能會使人們在動態決策作業中的決策表現受到干擾，此結果與本研究的假設相違背。與控制組($M = 1113.849, SD = 65.653$)相比，除了只有自我回饋組外，其他六組都可改善人們的決策表現，但在有自我回饋、有資訊輔助、無休息($M = 940.35, SD = 69.41$)或有自我回饋、無資訊輔助、有休息($M = 952.32, SD = 69.41$)兩種條件下，受試者的決策最接近最佳決策。此現象表示自我回饋若能佐以資訊輔助或休息都能有效改善人們在動態決策中的學習，但若如果單獨只有自我回饋反而可能對學習產生干擾。

階段 × 資訊輔助 × 休息的交互作用。從圖 19 看來，無資訊輔助、無休息組的受試者在各階段偏離最佳策略的程度都是最高的，其餘三種實驗處理組合(無資訊輔助、有休息；有資訊輔助、無休息；有資訊輔助、有休息)間受試者的表現差異不大。對各階段進行簡單主效果的檢定後，發現有資訊輔助時，休息效果在任一階段都不顯著；無資訊輔助時，第 5 階段($F(1, 69) = 5.03, p < 0.05$)、第 6 階段($F(1, 69) = 7.05, p = 0.01$)休息的主效果顯著，第 1 ~ 4 階段則無顯著效果。由此結果來看，休息的效果在無資訊輔助時才會出現，而且是在休息之後的一段時間才會較明顯的對人們在動態決策作業中的決策表現有所助益，這可能是因為沒有休息的受試者，在進入任一回合的作業一段時間後即會因為疲倦而使得練習的效果無法產生。

整體而言，由受試者在 2~10 回合中偏離最佳策略程度來推估人們在動態決

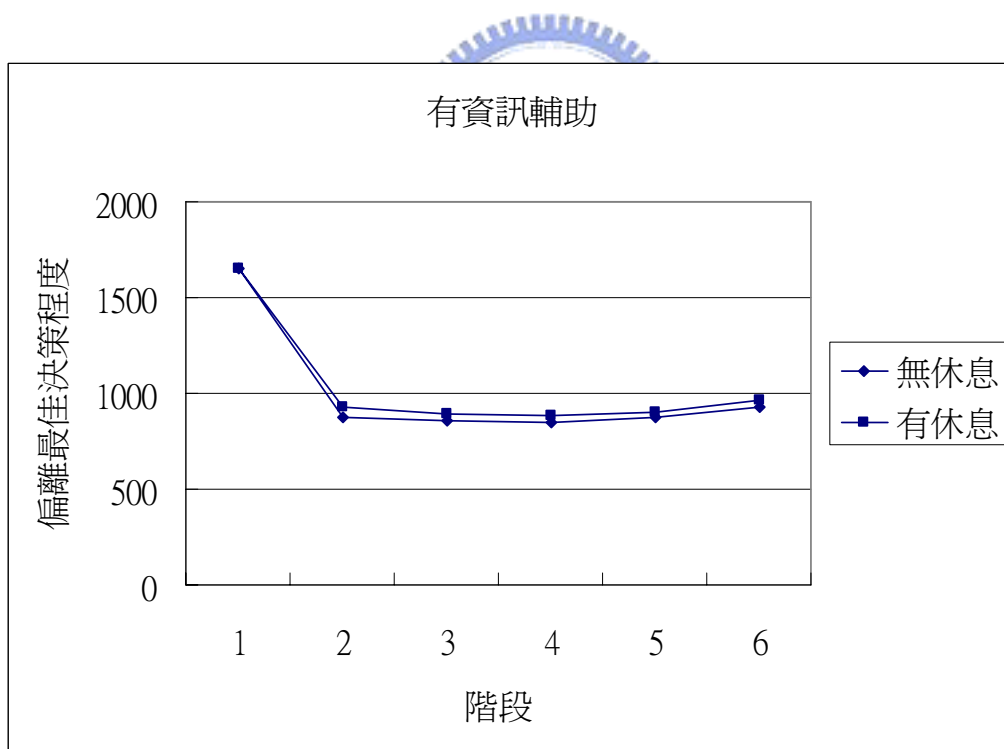
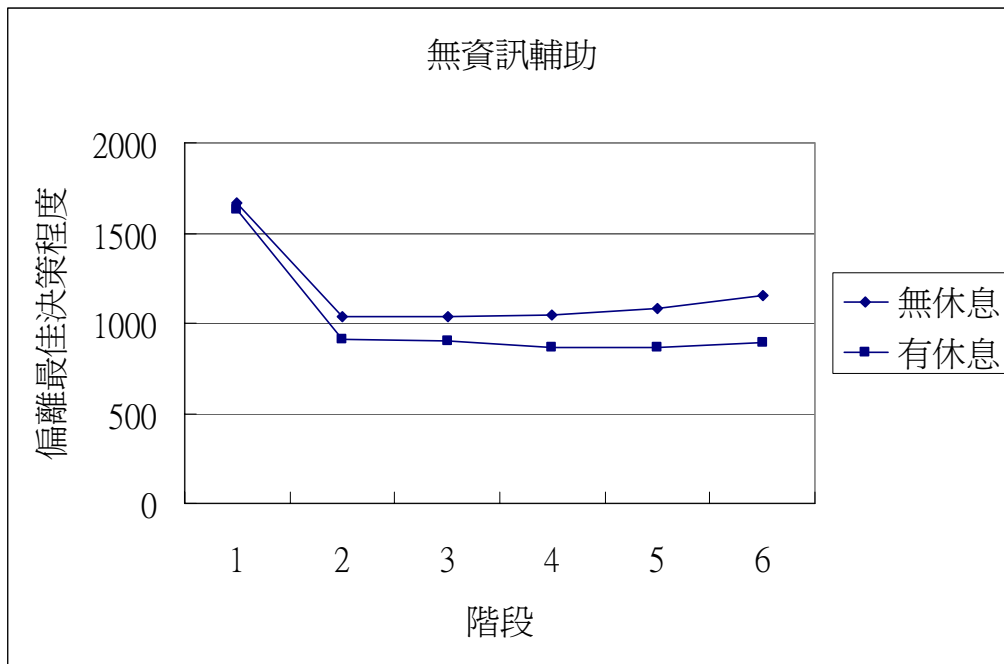


圖 19 後九回合補上遺漏估計值後階段 × 資訊輔助 × 休息之交互作用圖

策作業中決策品質的變化，資料分析結果顯示出：1. 隨著經驗的累積，不論從

長期或短期的角度來看，人們的決策品質都會因練習而有所改善。2. 在短期的情形下，人們的學習在最初階段最大。3. 自我回饋與休息均會影響短期學習，但其效果並非立即產生，而是需要一段時間後才能看到決策品質的改善。4. 相較於控制組，資訊輔助亦會改善短期的學習，但其效果並不明顯，而且其效果可以用休息來取代。5. 從長期的整體學習而言，在很短且作業密集的動態決策作業情境中，只有自我回饋的要求會對動態決策的學習產生干擾，然而，自我回饋需能輔以資訊輔助或休息，才能導致產生長期的決策品質的改善。6. 休息的效果與資訊輔助的效果可互取代，但並不能相加。



第五章 結論與討論

本研究目的是探討資訊輔助、自我回饋、休息三個可能影響學習的條件是否可以改善人們在動態決策作業中的決策績效。研究中，164 名受試者被平均安排到 2(有資訊輔助、無資訊輔助) × 2(有自我回饋、無資訊輔助) × 2(有休息、無休息)八種不同的實驗情境中進行每回合 20 年共 10 回合的動態決策作業。受試者的決策品質是以進行決策作業時的結束時間點、每次決策時偏離最佳決策的程度估計。結果發現大量重覆練習可改善人們的動態決策表現，但仍然無法達到最佳決策一樣好。三個可能影響學習的條件中，自我回饋、休息會持續改善人們在短期學習時的決策表現，與本研究的假設相同，但是提供人們情境中長期的整合性資訊時，對短期學習不產生影響，且就長期的學習而言，其效果與休息有互為消長的現象，此與本研究的假設不符。就長期學習而言，本研究亦發現若人們能一再進行自我回饋，再輔以休息或者其行為對系統所造成的影響的整合性資訊，則其動態決策的表現亦會有長期而持續的進步。

以結束時間點估計受試者的決策品質時，發現主要的學習來自第一回合的經驗，第一回合到第二回合因決策錯誤而提早結束的人由 22.38% 下降至 12.59%，而第二回合到第三回合則只下降 2.80%，顯示人們在作業中因地衣消耗殆盡而提早結束的情形在經過僅 20 次決策的練習後就大幅減少，在後面八個回合中，提早結束的情形都只佔總人數的 10% 以下。過去動態決策的研究中，發現人們在動態決策作業中會有對回饋的錯誤知覺的現象(Sterman, 1989)，此現象是指人們會忽略或無視非常明顯的回饋，即使他們知道那些回饋的重要性。本研究中，受試者因忽略地衣長度過短而使牧場提早結束的情形，在第一回合之後就大幅減少，表示人們錯誤知覺的狀況並不嚴重，可能的原因是，本研究所採用的作

業為雙目標作業，作業進行中人們所看到的牧群數量、地衣長度都與作業目標直接相關，並無隱晦不顯的其他因素，因此人們較能意識到自己在牧群上的決策將對地衣造成影響而對牧草的結果回饋較重視。然而，以結束時間點來估計人們的決策品質會因為天花板效應的關係而看不出在第二回合後，實驗處理所產生的效果。

本研究嘗試從歸納推理的角度來解釋人們在動態決策作業中決策表現的變化，不是單純只以最終的或整個的績效進行評。若我們以決策者的決策偏離最佳決策的程度來估計人們的決策表現後發現，經過 200 次練習後，人們雖無法表現的與最佳策略一樣好，但決策表現已大有改善。更進一步從長期角度觀察人們的學習，可發現整體上人們的表現慢慢變好，到第 7 回合之後，學習進入高原期，再進步的可能性變得相當有限，此現象一方面顯示人可經由練習去掌握情境中變項間的相依關係，但一方面此心理的情境模式仍偏離實際的情境模式，且人們經由經驗再修正其原先的心智模型時似乎有其限制。

一個有趣的現象是，實驗中，人們在第 5 回合時偏離最佳策略的程度突然回升，可能的原因是經過前四回合的練習後，人們會嘗試使用新的策略，或為了測試環境中各因素間的規則而策略性的不理會作業目標，因而引起偏離最佳決策程度上升。此現象似乎意味著當人們逐漸熟悉所處的作業環境後，會嘗試性的尋找達成目標的新可能，然而，這樣的行為並不會持續很長的時間，且對於隨後的學習似乎並未造成太大的幫助。

當我們把每個回合的第 1 ~ 18 次決策均分為 6 個不同的階段以觀察人們在短期內決策偏離最佳決策的程度時，發現人們在各回合中，第一階段的決策表現明顯較其他回合差，第二階段時決策表現大幅上升，中間三個階段的表現比較穩

定，到了最後一階段決策表現又輕微滑落。在過去的研究中發現人們在動態決策情境下是使用定錨與調整的方式在進行決策(如，Stanley, 1989; Moxnes 2003)，亦即決策的最初人們會決定一個初始值，然後在往後的每次決策時以此值作為錨點進行上下微調來反應動態環境中的狀態變化，使環境的狀態逐漸趨向目標。本研究使用的牧場管理作業中，最佳決策是在經營的前幾年要大幅度調動牧場中的牧群數量，使地衣快速生長以趨近最佳值。從第一階段人們的偏離程度居高不下的狀況可以推論，人們可能是使用了定錨與調整的策略來進行作業，因而在每一新的回合的初始階段時，對牧群的調整幅度不夠而形成此現象。

從長期與短期兩種角度來觀察人們在動態決策作業中的學習也可發現，長期學習與短期學習會互相影響。在每一回合中，短期學習的第一階段，人們偏離最佳決策的程度雖然居高不下，但是與其他回合比較，經過 20 次的練習後，人們在下一回合所獲得的學習是持續的，每回合的最佳決策是在一開始時對牧群作大幅度的調整，使之達到牧群與地衣共生的狀態，接下去再維持此均衡狀態。由受試者在每一回合一開始時偏離最佳決策較大，但隨之即較接近最佳狀態並以小幅度的方式微調每一年的牧群判斷，人們會在練習的過程中學會加大調整牧群數量的幅度，不再只會以微調方式進行作業。易言之，人們在作業過程中所使用的策略因為重覆大量的練習而產生變化，我們可以推論在動態決策的情境下，大量重覆的練習，可讓人們學會修正自己的策略來適應外在的真實系統。

每回合中後四階段的最佳決策，是將牧場穩定的維持在最佳狀態，由受試者在這些階段與最佳決策的差距可判斷他們找到的解與最佳解間的差距。研究中發現，雖然受試者們的表現與最佳決策間仍有差距，但經 10 回合的練習，第 9 回合後四階段偏離最佳決策的程度明顯降低了，表示人們的心智模型隨練習而越來

越接近真實的系統。根據 Endsley(1995)所提出的情境覺察理論，人們的內在情境模型分為知覺、理解、規劃三個階段，本研究中人們所要知覺的線索很少，因此沒有知覺階段的問題。人們的決策表現在短期學習最後四個階段的進步，可代表人們所認知到的系統最佳狀態逐漸逼近最佳解，也就是說人們的情境模式中對於系統的理解增加了。短期學習中第一階段的學習普遍較差，顯示人們在每一回中面臨新的情境時，傾向以先前的經驗為依據作微幅調整，說明了人們由先前的經驗中雖對該情境的模式有所掌握，但對如何達成作業目標的計畫則尚趨向保守。

過去研究發現，當使用外在刺激提供決策者回饋時，可改善人們在動態決策作業時的決策績效。本研究則採用自我回饋問題的方式，使決策者在進行動態決策作業時主動比較且嘗試解釋自己內在的心智模型與外在真實環境間的差異。本研究發現自我回饋可以改善人們短期與長期的學習。就短期學習而言，在每一回合的六個階段中，第 1、第 2 階段時自我回饋幾乎沒有任何的效果，而是要到第 4、5、6 階段才能觀察到自我回饋對動態決策的助益。若把第 1 階段的決策績效視為受試者所使用的策略與最佳決策間的差距，表示自我回饋無法立即幫助決策者發展出更好的策略以改善決策績效。自我回饋後期的效果主要在每一回合一一段時間的練習之後才出現，顯示在動態決策作業中的決策表現，若缺乏自我回饋則人們由情境中的學習的現象將隨練習/時間而下降。由此推論，自我回饋的活動有助於將受試者的認知活動維持在一探索系統的狀態，因而產生額外的學習。

若從情境覺察的角度來解釋，自我回饋提示的作用在促使人們比較內在的情境模式與外在真實環境間的差異，進而改善人們對於環境的掌握與理解。本研究的確發現人們短期學習中的進步。但另一方面，對環境的理解增加了，理應進一

步提高規劃階段的覺察程度使人們更有效的達成目標，但是本研究中，每一回合的第一階段中人們卻沒有因為自我回饋而使加速他們擺脫依據上一回合的經驗微調的策略。可能解釋為自我回饋的效果是非立即的，且由自我回饋中去產生一全盤性的情境理解及策略變化，重複練習本身並不夠，而需要大量的練習並輔以休息，或長期的整合性資訊。亦即從強化理解階段到對規劃階段必須有更多經驗與後果回饋，本實驗中九次的自我回饋與其間 180 次的練習對情境的掌握可能尚不足夠。

就休息的作用而言，根據學習理論，分散練習的效果較集中練習為佳，即使每 20 次的決策後只多 1 分鐘的休息時間，對短期學習的中、後期表現也會有良性的影響。休息一段時間後學習的效果，是必須等待一段時間後才會產生，顯示出只有休息才能讓人在學習上走更長遠的路。過去的研究(如，Gibson, 1997)在沒有休息且大量重覆的作業方式下探討動態決策時，會低估人們在此情境中的決策表現及進步的可能性。

自我回饋與休息在短期學習方面所得的結果非常相似，這兩種因素都有助於情境模式的發現，也的確可以改善人們在動態決策作業中的決策表現，表示以促進學習的方式提供人們更好的學習條件可以在改善人們短期及長期的決策的表現。Škraba(2003)曾使用提供母群體的資料的方式促使決策者比較其他人與自己的表現來促發動態系統中的學習，他不單純只操弄了回饋，還同時提供受試者額外的長期、大量的資訊。本研究發現雖然單獨只有自我回饋的話會干擾學習，顯示自我回饋的活動會消耗認知資源，自我回饋需要受試者對決策經驗做意識上的處理，此動作需要花費認知資源與時間，而本研究提供給受試者自我回饋的時間不夠充裕，因此若能配合資訊輔助的使用，提供有關系統的長期、整合的資訊，

節省人們整合資料的時間與可能犯的錯誤，則對人們在動態決策作業中的決策表現將非常有幫助。換句話說，資訊輔助使得人們在進行自我回饋在尋找、歸納系統規則的認知負荷降低了。

整體而言，本研究的結果指出自我回饋對於人們在動態環境中的短期及長期學習效果扮演很重要的角色，若人們在動態決策作業中缺乏自我回饋，則無論是資訊輔助或是更多的休息都無法改善人們在動態決策情境中的長期學習。在長期而密集的決策作業中，認知的負荷會超越個人的能力，此時若能提供決策者短暫的休息或整合性的資訊，將有助於人們由經驗中學習去掌控情境的可能性。同理，在長期而密集的決策作業中，自我回饋的認知活動將會產生認知負荷，若不輔以資訊輔助或休息，則無法使人們的決策表現產生長期的學習效果。

過去研究的結果中，往往發現人們進行了 400 到 600 次的練習後依然有學習的現象，本研究的受試者則只練習了 200 次似乎稍嫌不足，資訊輔助、自我回饋與休息的效果在更多的練習後可能會產生更大或截然不同的效果。此有待未來的研究加以探討。

本研究所採用的作業為牧場管理作業，然而過去的研究中發現，僅背景故事不同就會對人們的決策表現造成影響，因此本研究中三種變項的效果，在不同的背景故事中效果是否具有普遍性是另一個可以探討的問題。

最後，本研究中資訊輔助的效果不明顯，這可能是因為本研究中的資訊輔助系統設計需要多主動的尋求(打開藏有資訊的視窗)才能看到資訊，研究中，受試者在資訊輔助的畫面時進行了哪些活動，在本研究中並無法解答。實驗中我們觀察到許多受試者會要求超過自己需要的資訊，但卻沒有花費時間來觀看(如，打開資訊視窗後卻很快的關閉資訊輔助系統)。未來的資訊輔助的改善方式是修改

資訊輔助畫面的設計方式，使資訊可以自動的被人們接收與解讀。

本研究用電腦模擬的方式來進行動態決策作業，與實際的決策環境不同，再者，研究中受試者要在短短三分鐘內做 20 次決策，此速度遠遠快於真實情境。決策者在這樣的情境中的反應是否與真實情境中相同，需要進一步去驗證。

另外，受試者在實驗中所接受到的資訊都是完全正確的，但在真實情境中所有資訊都具有不確定性，決策者在決策的過程中必須考慮到資訊是錯誤的可能性，這個差異也可能對人們的決策行為造成影響。而受試者在實驗中能否把自己當成真正的利害關係人也可能對決策行為造成影響。

最後，本實驗所採用的作業是很容易的，然而過去的研究指出作業複雜度是影響人們決策表現的因素之一，在較為困難的作業環境中，自我回饋、資訊輔助與休息的效果是否與本研究的發現相同，還有待未來的研究去驗證。



參考文獻

- Atkins, W.B. P., Wood E. R., & Rutgers, P. J. (2002). The effects of feedback format on dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 88, 587–604.
- Barron, G., & Erev, I. (2003). Small feedback-based decisions and their limited correspondence to description-based decisions. *Journal of Behavioral Decision Making*, 16, 215–233.
- Brehmer, B. (1990). Strategies in real-time, dynamic decision making. *R. M. Hogarth, ed. Insights in Decision Making*, 262–279.
- Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica*, 81, 211–241.
- Brehmer, B. (1995). Feedback delays in complex dynamic decision tasks. *In P. A. Frensch, & J. Funke (Eds.), Complex problem solving: The European perspective*, 103–130. New Jersey: Erlbaum.
- Diehl, E., & Serman, J. D. (1995). Effects of feedback complexity on dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 62, 198–215.
- Edwards, W. (1962). Dynamic decision theory and probabilistic information processing. *Human Factors*, 4, 59–73.
- Endsley, M. R. (1995). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37 (1), 32–64.
- Gibson, F. P., M. Fichman, D. C. Plaut. (1997). Learning in dynamic decision tasks: Computational model and empirical evidence. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 71 (1), 1–35.

- Gibson, P. F. (2000). Feedback delays: how can decision makers learn not to buy a new car every time the garage is empty? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 83, No. 1, 141–166.
- HOGARTH, R. M., Mckenzie, C. R. M., Gibbs, B. J., Marquis M. A. (1991). Learning from feedback - exactingness and incentives. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, 17 (4), 734-752.
- Hsiao, N & Richardson, GP. 1999. In search of theories of dynamic decision making: a literature review. *In Systems Thinking for the Next Millennium: Proceedings of the 17th International Conference of the System Dynamics Society, Cavana RY et al. (eds).*
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263–291.
- Lerch, F. J., D. J. Ballou, D. E. Harter. (2001). Cognitive support for real-time dynamic decision making. *Information Systems Research*, Vol. 12, No. 1, 63–82.
- Maddox, W.T., Ashby, F.G., Bohil C.J. (2003) Delayed feedback effects on rule-based and information-integration category learning. *Journal of Experimental Psychology-Learning Memory and Cognition*, 29(4), 650-662.
- Moxnes, E. (2003). Misperceptions of basic dynamics: the case of renewable resource management. *System Dynamics Review*, Vol. 20, No. 2, 139–162.
- Rouwette, A. J. A. E., Großler A. & Vennix, A. J. M. (2004). Exploring Influencing Factors on Rationality: A literature review of dynamic decision-making studies in system dynamics. *Systems Research and Behavioral Science*, 21, 351–370.
- Sengupta, K., & Abdel-Hamid, T. K. (1993). Alternative conceptions of feedback in dynamic decision environments: An experimental investigation. *Management Science*, 39, 411–428.

Škraba, A., Kljajic, M. & Leskovar, R. (2003). Group exploration of system dynamics models—is there a place for a feedback loop in the decision process? *System Dynamic Review*, Vol. 19, NO. 3, 243-263

Stanley, W. B., Mathews, R. C., Buss, R. R., & Kotler-Cope, S. (1989). Insight without awareness: On the interaction of verbalization, instruction, and practice in a simulated process control task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 553–577.

Sterman, J. D. (1989a). Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Science*, 35, 321–339.

Sterman, J. D. (1989b). Misperceptions of feedback in dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 43, 301–335.



附錄一 實驗指導語

(有資訊輔助、有自我回饋、有休息組)

本實驗中你將會進行兩種作業。第一個作業是請你從事牧場管理的工作，請假設你受僱於某麋鹿牧場的經營者，你的責任是為牧場訂定最佳的永續經營策略(所謂的永續經營即是從非常長期的角度追求最大獲利)，此牧場以銷售麋鹿的肉作為經濟來源，根據牧場主人過去的經驗，若牧場中每年飼養的牧群數量越多，則每年可供販售的成鹿將會越多，牧場的收益也就愈大，因此你經營管理的重點是如何盡量飼養更多的麋鹿。

牧場的主人告訴你，在夏天時，牧場中有草皮與其他植物可供牧群食用，但是冬天來臨時，牧群的食物來源是叫做「地衣」的植物，此植物是一種有限的資源。地衣是一種生長在地面上，介於真菌類與藻類之間的植物。地衣在夏季會持續的生長，但是到了冬天生長就會停止，而其生長時會不斷在舊有的地衣上面長出新地衣，因此只要測量平均的地衣厚度，就能得知麋鹿有多少食物可以過冬。每年的冬天，麋鹿必須依賴這些地衣生存下去，如果地衣被麋鹿吃光，地衣將會無法恢復生長，牧場也會無法繼續經營。根據經驗，1000 頭的麋鹿每年大約會消耗掉 4 毫米(mm)的地衣。

當地衣很少時，每年能夠生長出來的新地衣就會很少，可能無法供給足夠過冬的糧食也可能會造成麋鹿將地衣吃光而使地衣滅絕。相反的，地衣過度繁殖而超過土壤的負荷量時，雖然新的地衣還是會持續生長，但是下面的老地衣會有腐爛的現象，兩者互相平衡的結果是地衣的長度只會保持不變，不會無限制的成長。在這兩個極端的狀況之間，你知道地衣每年的成長會有某個最佳的值。

由於受到地衣的限制，無限制的增加牧群量雖然在短期間內可以獲得很大的利潤，但是會導致冬季時地衣的消耗過大而造成地衣滅絕，牧場也就無法經營下去；反過來看，若過度抑制牧群數量的結果，一方面將使牧場的收益減少，另一方面也會使地衣腐爛造成資源的浪費。在資源與利潤的考量下，牧場主人希望你在「在最短的時間內找到可永續經營的最大牧群數量」，如此一來只要你維持此設定的牧群量，即可確保長期的利益是最大的。

但是，由於地衣是有限的天然資源，因此你的國家對於各牧場的地衣保護狀

況相當關切，如果能夠保存較多的地衣，對於牧場的聲譽非常有幫助，因此牧場主人希望你在完成第一個目標的同時也要做到「使地衣長度盡量的長」。

牧場主人與的契約是，給你 20 年的時間經營此牧場，並且將每年利潤的 10% 分給你，因此在 20 年期間，你的工作之一是要控制當年牧場中所飼養的牧群數量。本實驗中，不需要考慮變動的成本，也不需要考慮麋鹿的交配率、損失率、年齡結構與每年有多少比例的成鹿被販售，記住！只要飼養越多的麋鹿，牧場的獲利就會越大。

你共要進行 10 回合、每回合 20 年的牧場經營作業，每回合開始時你都是面對一個新的牧場。每回合的牧場經營作業結束後，你要從事拼圖作業，你的工作是在限制的時間內儘可能完成拼圖，作業所使用的是 108 片的拼圖，完成度是用有多少片拼圖組合在一起來計算，當你完成一組拼圖後會有另外一組讓你繼續作業。如果你不習慣拼圖作業，我們建議你可以從邊框的部份開始。

(請實驗者說明作業流程圖。)



(有資訊輔助、有自我回饋、無休息組)、(有資訊輔助、無自我回饋、有休息組)、
(有資訊輔助、無自我回饋、無休息組)、(無資訊輔助、有自我回饋、有休息組)、
(無資訊輔助、有自我回饋、無休息組)、(無資訊輔助、無自我回饋、有休息組)、
(無資訊輔助、無自我回饋、無休息組)

在這個實驗中，你要從事牧場管理的工作請假設你受僱於某麋鹿牧場的經營者，你的責任是為牧場訂定最佳的永續經營策略(所謂的永續經營即是從非常長期的角度追求最大獲利)，此牧場以銷售麋鹿的肉作為經濟來源，根據牧場主人過去的經驗，若牧場中每年飼養的牧群數量越多，則每年可供販售的成鹿將會越多，牧場的收益也就愈大，因此你經營管理的重點是如何盡量飼養更多的麋鹿。

牧場的主人告訴你，在夏天時，牧場中有草皮與其他植物可供牧群食用，但是冬天來臨時，牧群的食物來源是叫做「地衣」的植物，此植物是一種有限的資源。地衣是一種生長在地面上，介於真菌類與藻類之間的植物。地衣在夏季會持續的生長，但是到了冬天生長就會停止，而其生長時會不斷在舊有的地衣上面長出新地衣，因此只要測量平均的地衣厚度，就能得知麋鹿有多少食物可以過冬。每年的冬天，麋鹿必須依賴這些地衣生存下去，如果地衣被麋鹿吃光，地衣將會無法恢復生長，牧場也會無法繼續經營。根據經驗，1000 頭的麋鹿每年大約會消耗掉 4 毫米(mm)的地衣。

當地衣很少時，每年能夠生長出來的新地衣就會很少，可能無法供給足夠過冬的糧食也可能會造成麋鹿將地衣吃光而使地衣滅絕。相反的，地衣過度繁殖而超過土壤的負荷量時，雖然新的地衣還是會持續生長，但是下面的老地衣會有腐爛的現象，兩者互相平衡的結果是地衣的長度只會保持不變，不會無限制的成長。在這兩個極端的狀況之間，你知道地衣每年的成長會有某個最佳的值。

由於受到地衣的限制，無限制的增加牧群量雖然在短期間內可以獲得很大的利潤，但是會導致冬季時地衣的消耗過大而造成地衣滅絕，牧場也就無法經營下去；反過來看，若過度抑制牧群數量的結果，一方面將使牧場的收益減少，另一方面也會使地衣腐爛造成資源的浪費。在資源與利潤的考量下，牧場主人希望你在「在最短的時間內找到可永續經營的最大牧群數量」，如此一來只要你維持此設定的牧群量，即可確保長期的利益是最大的。

但是，由於地衣是有限的天然資源，因此你的國家對於各牧場的地衣保護狀況相當關切，如果能夠保存較多的地衣，對於牧場的聲譽非常有幫助，因此牧場

主人希望你在完成第一個目標的同時也要做到「使地衣長度盡量的長」。

牧場主人與的契約是，給你 20 年的時間經營此牧場，並且將每年利潤的 10% 分給你，因此在 20 年期間，你的工作之一是要控制當年牧場中所飼養的牧群數量。本實驗中，不需要考慮變動的成本，也不需要考慮麋鹿的交配率、損失率、年齡結構與每年有多少比例的成鹿被販售，記住！只要飼養越多的麋鹿，牧場的獲利就會越大。

你共要進行 10 回合、每回合 20 年的牧場經營作業，每回合開始時你都是面對一個新的牧場，當你完成一回合的牧場管理作業後請停下來聽從實驗者的指示。(請實驗者說明作業流程圖。)



附錄二 牧場經營作業操作介面實例

1. 開始畫面



2. 觀看資訊



3. 輸入決策

第1回合
第2年

請輸入欲飼養的

鹿隻數

Timer
您還有2秒

4. 結果回饋畫面

第1回合
第3年

鹿隻為 隻

地衣為 mm

Timer
您還有0秒

5. 資訊輔助系統(資訊視窗未開啟時)

資料

年項目	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
牧群數	1033	1033	1000	1300	2000	2000	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
牧草長	55.2	55.9	56.7	56.3	55.1	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

Timer
55秒

請輸入 1 ~ 4 的數字來呈現出你所觀察的資訊。(欲結束觀看此資訊請輸入 -)

1. 牧群數量的平均數與變異數
2. 牧草長度的平均數與變異數
3. 牧群數量對時間的關係圖
4. 牧草長度對時間的關係圖

6. 資訊輔助系統(資訊視窗開啟時)

資料

年項目	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
牧群數	1033	1033	1000	1300	2000	2000	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
牧草長	55.2	55.9	56.7	56.3	55.1	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

Timer
34秒

請輸入 1 ~ 4 的數字來呈現出你所觀察的資訊。(欲結束觀看此資訊請輸入 -)

1. 牧群數量的平均數與變異數
平均數：1304.150
變異數：249.045
2. 牧草長度的平均數與變異數
平均數：31.100
變異數：5.516
3. 牧群數量對時間的關係圖
4. 牧草長度對時間的關係圖

附錄三 牧場管理作業系統初始值

回合	初始條件 1		初始條件 2		初始條件 3		初始條件 4		初始條件 5	
	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)
1	1743	15.6	1755	9.8	1580	20.5	1400	15.6	1011	35.2
2	1828	9.8	1033	35.2	909	20.3	1199	19.1	2759	20.3
3	376	57.7	1660	38.3	989	19.1	1444	38.3	2061	53.2
4	681	47.7	1038	15.6	2700	53.2	1795	35.2	2827	38.3
5	1453	53.2	2559	57.7	2921	9.8	2413	20.3	762	9.8
6	671	20.5	2129	19.1	2535	57.7	1636	47.7	2269	47.7
7	2302	35.2	2121	20.5	1307	47.7	1040	53.2	514	19.1
8	1215	20.3	378	53.2	891	38.3	1003	20.5	1974	57.7
9	2804	38.3	2057	20.3	2758	35.2	1725	57.7	651	15.6
10	1520	19.1	1947	47.7	963	15.6	1070	9.8	1487	20.5

回合	初始條件 6		初始條件 7		初始條件 8		初始條件 9		初始條件 10	
	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)
1	1311	20.5	927	53.2	1356	47.7	2210	35.2	1950	38.3
2	2141	53.2	325	20.3	2557	53.2	836	47.7	1709	47.7
3	955	38.3	1165	9.8	2796	20.3	896	9.8	1815	35.2
4	933	35.2	2809	35.2	2961	15.6	2075	53.2	994	20.3
5	1094	47.7	731	57.7	1674	57.7	680	57.7	595	15.6
6	1561	57.7	799	15.6	2139	38.3	1215	15.6	1875	20.5
7	597	20.3	2618	20.5	336	9.8	2726	20.3	999	9.8
8	834	9.8	1964	19.1	1079	19.1	575	19.1	2176	53.2
9	1843	15.6	1378	47.7	421	35.2	1371	20.5	2243	57.7
10	463	19.1	1427	38.3	1451	20.5	2595	38.3	1209	19.1

回合	初始條件 11		初始條件 12		初始條件 13		初始條件 14		初始條件 15	
	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)
1	1688	53.2	578	57.7	791	53.2	526	9.8	1739	47.7
2	2284	20.5	2174	53.2	2729	47.7	531	57.7	2139	15.6
3	3000	9.8	990	38.3	577	15.6	2959	19.1	1351	9.8
4	1306	15.6	1729	15.6	1753	20.3	1279	20.5	470	20.5
5	403	57.7	1450	9.8	1720	35.2	425	35.2	2283	20.3
6	1903	19.1	1714	47.7	2786	20.5	1461	15.6	442	38.3
7	1797	38.3	1534	35.2	1289	57.7	1825	20.3	1859	57.7
8	1477	47.7	2401	19.1	2383	9.8	2906	38.3	1467	53.2
9	1271	35.2	2669	20.5	640	19.1	335	47.7	1173	19.1
10	1064	20.3	709	20.3	2315	38.3	2116	53.2	1721	35.2

回合	初始條件 16		初始條件 17		初始條件 18		初始條件 19		初始條件 20	
	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)
1	315	20.5	655	20.5	2254	20.3	1839	35.2	2532	20.3
2	1626	9.8	2752	47.7	1847	53.2	1413	20.3	1150	38.3
3	2084	38.3	1697	53.2	2974	20.5	994	53.2	2842	19.1
4	2609	57.7	1320	38.3	2504	47.7	816	15.6	1490	20.5
5	1762	35.2	2268	20.3	2397	19.1	1885	9.8	918	53.2
6	1863	47.7	986	9.8	2113	15.6	1695	57.7	2958	47.7
7	1655	20.3	2410	15.6	895	35.2	300	20.5	2774	35.2
8	823	19.1	1306	19.1	1570	9.8	2084	38.3	494	57.7
9	2004	15.6	1523	35.2	2042	38.3	1805	19.1	1322	9.8
10	1859	53.2	2759	57.7	1481	57.7	1481	47.7	1665	15.6

附錄四 各初始條件的最佳決策

初始 地衣 年數	15.6		9.8		57.7		47.7		53.2	
	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)	牧群 (頭)	地衣長 (mm)
1	0	19.4	0	12.5	7109	30.0	5239	30.0	6302	30.0
2	0	23.8	0	15.8	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
3	0	28.6	0	19.7	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
4	900	30.0	0	24.1	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
5	1250	30.0	0	28.9	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
6	1250	30.0	983	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
7	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
8	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
9	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
10	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
11	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
12	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
13	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
14	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
15	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
16	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
17	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
18	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
19	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0
20	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0

初始地衣		20.5		35.2		20.3		38.3		19.1	
決策點	牧群	地衣長	牧群	地衣長	牧群	地衣長	牧群	地衣長	牧群	地衣長	
	(頭)	(mm)	(頭)	(mm)	(頭)	(mm)	(頭)	(mm)	(頭)	(mm)	
1	0	25.0	2512	30.0	0	24.8	3229	30.0	0	23.4	
2	0	29.9	1250	30.0	0	29.6	1250	30.0	0	28.2	
3	1214	30.0	1250	30.0	1155	30.0	1250	30.0	795	30.0	
4	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
5	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
6	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
7	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
8	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
9	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
10	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
11	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
12	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
13	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
14	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
15	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
16	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
17	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
18	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
19	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	
20	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	1250	30.0	

附錄五 第一回合各階段之變異數分析

第一回合偏離最佳決策程度之變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
第一階段				
資訊輔助(A)	1	713799.97	713799.97	0.76
自我回饋(S)	1	19897.08	19897.08	0.02
休息(R)	1	1179669.03	1179669.03	1.26
A × S	1	1302017.37	1302017.37	1.39
A × R	1	960139.55	960139.55	1.03
S × R	1	468508.62	468508.62	0.50
A × S × R	1	496.69	496.69	0.00
誤差 1	135	126056964.23	933755.29	
第二階段				
資訊輔助(A)	1	33184.51	33184.51	0.08
自我回饋(S)	1	41394.74	41394.74	0.10
休息(R)	1	869899.44	869899.44	2.14
A × S	1	1187730.03	1187730.03	2.92
A × R	1	338894.45	338894.45	0.83
S × R	1	210677.44	210677.44	0.52
A × S × R	1	267016.27	267016.27	0.66
誤差 2	125	50789313.12	406314.51	
第三階段				
資訊輔助(A)	1	269574.26	269574.26	0.75
自我回饋(S)	1	32843.73	32843.73	0.09
休息(R)	1	380247.08	380247.08	1.05
A × S	1	12971.79	12971.79	0.04
A × R	1	126067.54	126067.54	0.35
S × R	1	100953.15	100953.15	0.28
A × S × R	1	95455.03	95455.03	0.26
誤差 3	123	44491783.10	361721.81	

第一回合偏離最佳決策程度之變異數分析表(續)

變異來源	df	SS	MS	F
第四階段				
資訊輔助(A)	1	38726.57	38726.57	0.11
自我回饋(S)	1	3426.36	3426.36	0.01
休息(R)	1	363897.98	363897.98	1.05
A × S	1	12870.59	12870.59	0.04
A × R	1	82970.69	82970.69	0.24
S × R	1	7776.54	7776.54	0.02
A × S × R	1	128519.96	128519.96	0.37
誤差 4	122	42237087.83	346205.64	
第五階段				
資訊輔助(A)	1	190693.78	190693.78	0.47
自我回饋(S)	1	179743.40	179743.40	0.44
休息(R)	1	749063.90	749063.90	1.83
A × S	1	618411.09	618411.09	1.51
A × R	1	126668.03	126668.03	0.31
S × R	1	37546.29	37546.29	0.09
A × S × R	1	38936.29	38936.29	0.10
誤差 5	119	48665661.21	408955.14	
第六階段				
資訊輔助(A)	1	65146.89	65146.89	0.15
自我回饋(S)	1	515743.76	515743.76	1.17
休息(R)	1	784630.04	784630.04	1.78
A × S	1	169088.28	169088.28	0.38
A × R	1	382646.47	382646.47	0.87
S × R	1	13291.91	13291.91	0.03
A × S × R	1	15015.94	15015.94	0.03
誤差 6	117	51685447.52	441755.96	

附錄六 刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差

後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差

階段		有資訊輔助				無資訊輔助			
		有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
		有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 2									
1	M	1875.08	2481.99	1706.10	1781.17	1719.94	1040.12	1854.39	1738.07
	SD	242.50	233.68	263.62	225.75	233.68	291.45	212.06	242.50
2	M	943.56	1296.21	964.54	1086.34	933.91	794.88	880.18	1224.07
	SD	142.56	137.37	154.98	132.71	137.37	171.33	124.66	142.56
3	M	904.01	1119.31	870.10	1099.04	843.84	974.73	878.46	1099.49
	SD	143.12	137.91	155.58	133.23	137.91	172.00	125.15	143.12
4	M	854.95	1010.85	888.59	1083.90	747.71	1049.28	929.22	1058.77
	SD	151.37	145.87	164.56	140.92	145.87	181.93	132.37	151.37
5	M	932.64	962.59	898.62	1311.38	764.95	1090.20	837.18	967.80
	SD	145.36	140.08	158.03	135.33	140.08	174.71	127.12	145.36
6	M	907.82	798.93	1154.04	1494.55	805.02	1217.07	940.58	1032.11
	SD	171.96	165.70	186.94	160.08	165.70	206.67	150.37	171.96
回合 3									
1	M	1845.94	1555.63	1739.13	1556.77	1441.75	1643.94	1512.93	1418.20
	SD	238.97	230.28	259.79	222.47	230.28	287.21	208.98	238.97
2	M	1000.68	912.71	1021.18	1073.95	929.96	971.86	1026.65	939.51
	SD	138.97	133.92	151.08	129.38	133.92	167.03	121.53	138.97
3	M	975.89	815.06	1015.14	1110.12	820.14	966.72	1017.27	1068.04
	SD	166.21	160.17	180.69	154.73	160.17	199.76	145.35	166.21
4	M	994.03	786.85	1056.26	1169.25	909.21	950.00	1015.01	1104.56
	SD	176.30	169.89	191.66	164.13	169.89	211.89	154.17	176.30
5	M	950.97	783.34	988.74	1167.66	776.78	1032.70	1063.41	1319.23
	SD	170.47	164.27	185.32	158.70	164.27	204.88	149.07	170.47

後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 1)

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 3								
6 M	978.91	954.06	948.20	1257.37	1034.26	1294.18	1088.63	1348.10
SD	194.10	187.03	211.00	180.69	187.03	233.27	169.73	194.10
回合 4								
1 M	1693.94	1531.26	1296.19	1556.13	1379.60	1766.67	1307.06	1618.55
SD	241.61	232.82	262.66	224.93	232.82	290.38	211.28	241.61
2 M	740.09	893.30	817.00	779.08	785.64	872.36	940.36	992.88
SD	121.17	116.76	131.73	112.81	116.76	145.63	105.96	121.17
3 M	657.39	960.54	764.88	799.43	886.86	911.28	944.55	1002.94
SD	138.94	133.89	151.05	129.35	133.89	166.99	121.50	138.94
4 M	631.15	958.16	751.03	942.62	1019.55	816.50	910.26	1077.05
SD	145.70	140.40	158.40	135.64	140.40	175.11	127.41	145.70
5 M	571.42	930.10	739.70	1050.99	892.20	829.82	915.29	1105.78
SD	144.98	139.71	157.61	134.97	139.71	174.25	126.78	144.98
6 M	754.26	946.38	851.56	1202.59	919.27	891.54	922.76	1230.01
SD	161.62	155.74	175.69	150.46	155.74	194.24	141.33	161.62
回合 5								
1 M	1733.24	1885.43	1743.53	2266.03	1967.99	1725.06	1933.90	2233.29
SD	303.01	291.99	329.41	282.09	291.99	364.17	264.98	303.01
2 M	1104.08	923.52	1002.65	1003.66	762.09	851.35	1072.09	1360.66
SD	126.78	122.17	137.83	118.03	122.17	152.37	110.87	126.78
3 M	1068.39	1099.57	1047.48	1053.20	891.96	866.19	1319.82	1298.45
SD	169.23	163.08	183.97	157.55	163.08	203.39	147.99	169.23

後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 2)

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 5								
4 M	956.03	1051.61	887.88	1051.43	735.84	682.77	1079.86	1180.06
SD	151.44	145.93	164.63	140.98	145.93	182.00	132.43	151.44
5 M	931.55	1005.90	1001.60	1026.14	716.75	712.39	1105.45	1113.70
SD	168.71	162.57	183.41	157.06	162.57	202.76	147.53	168.71
6 M	1025.56	1084.47	1037.98	1075.71	740.64	799.96	1049.82	1144.35
SD	162.90	156.97	177.09	151.65	156.97	195.78	142.45	162.90
回合 6								
1 M	1824.37	1880.65	1864.55	1969.09	1714.85	2069.13	1644.70	1610.94
SD	239.93	231.20	260.83	223.36	231.20	288.36	209.81	239.93
2 M	899.68	930.34	802.24	796.96	802.76	1094.32	932.60	934.61
SD	114.95	110.77	124.96	107.01	110.77	138.15	100.52	114.95
3 M	656.44	836.30	721.61	900.56	802.94	1025.81	962.65	921.77
SD	120.94	116.54	131.47	112.58	116.54	145.35	105.76	120.94
4 M	642.58	824.55	847.35	951.43	756.97	1073.68	976.91	1014.90
SD	140.50	135.39	152.74	130.80	135.39	168.86	122.87	140.50
5 M	678.54	824.96	751.24	1003.66	764.18	1065.17	942.46	1107.73
SD	147.60	142.23	160.46	137.41	142.23	177.40	129.07	147.60
6 M	894.15	892.93	725.13	1125.14	750.73	1069.18	1018.72	1108.68
SD	154.32	148.71	167.77	143.67	148.71	185.48	134.95	154.32
回合 7								
1 M	1298.56	1281.10	1355.28	1418.78	1118.92	1680.83	1481.51	1216.63
SD	253.03	243.83	275.08	235.56	243.83	304.11	221.27	253.03

後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 3)

		有資訊輔助				無資訊輔助			
		有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
階段		有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 7									
2	M	780.84	799.40	855.59	792.53	834.36	931.85	794.23	899.32
	SD	138.78	133.73	150.87	129.20	133.73	166.80	121.36	138.78
3	M	715.93	733.32	983.66	958.84	881.66	931.77	882.14	833.79
	SD	154.38	148.76	167.82	143.72	148.76	185.54	135.00	154.38
4	M	708.58	674.15	1002.31	1020.47	645.18	982.29	799.92	900.25
	SD	154.37	148.76	167.82	143.71	148.76	185.53	134.99	154.37
5	M	751.99	686.71	1007.36	1044.68	594.54	1016.46	821.66	849.02
	SD	162.13	156.23	176.25	150.93	156.23	194.86	141.78	162.13
6	M	844.25	624.65	1049.07	1086.18	613.69	1147.19	832.66	956.17
	SD	161.78	155.89	175.87	150.61	155.89	194.43	141.47	161.78
回合 8									
1	M	1717.39	1604.80	1790.95	1830.19	1941.57	1458.02	1636.14	1609.18
	SD	257.81	248.43	280.27	240.01	248.43	309.85	225.45	257.81
2	M	956.70	954.84	983.33	917.65	815.53	929.55	894.43	1061.09
	SD	122.39	117.93	133.05	113.94	117.93	147.09	107.02	122.39
3	M	937.25	865.39	1016.19	943.76	677.28	988.82	969.31	941.67
	SD	139.92	134.83	152.11	130.26	134.83	168.16	122.35	139.92
4	M	834.37	793.34	1037.57	1053.30	635.47	826.56	940.03	1009.38
	SD	146.37	141.04	159.12	136.26	141.04	175.91	128.00	146.37
5	M	871.44	845.26	1016.57	1070.53	728.13	791.67	906.69	1076.09
	SD	154.23	148.62	167.67	143.58	148.62	185.37	134.87	154.23

後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 4)

		有資訊輔助				無資訊輔助			
		有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
階段		有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 8									
6	M	1012.75	867.30	1014.87	1197.45	743.41	726.95	924.43	1185.57
	SD	156.17	150.49	169.78	145.39	150.49	187.70	136.57	156.17
回合 9									
1	M	1574.93	1131.28	1410.31	1396.70	1431.51	1595.75	1473.58	1426.98
	SD	229.16	220.82	249.12	213.33	220.82	275.41	200.39	229.16
2	M	762.01	835.12	721.96	959.59	869.17	850.97	750.96	767.78
	SD	130.44	125.70	141.81	121.44	125.70	156.77	114.07	130.44
3	M	724.11	718.25	740.67	908.74	692.55	790.34	770.54	748.41
	SD	135.81	130.87	147.64	126.43	130.87	163.22	118.76	135.81
4	M	652.24	667.95	744.63	949.16	631.39	835.43	825.64	722.04
	SD	147.01	141.66	159.81	136.85	141.66	176.68	128.55	147.01
5	M	560.64	677.02	745.64	1005.67	770.08	960.57	857.51	786.85
	SD	155.69	150.03	169.26	144.94	150.03	187.12	136.15	155.69
6	M	658.49	758.42	817.79	1117.28	732.69	974.29	889.22	959.07
	SD	161.31	155.44	175.36	150.17	155.44	193.87	141.06	161.31
回合 10									
1	M	1506.52	1587.82	1362.01	1300.73	1500.60	1541.63	1385.15	1326.85
	SD	225.49	217.29	245.13	209.92	217.29	271.00	197.18	225.49
2	M	530.27	778.05	783.31	759.48	1034.40	880.01	791.87	760.16
	SD	146.83	141.49	159.62	136.69	141.49	176.47	128.40	146.83
3	M	510.98	722.37	876.82	757.89	819.68	933.23	778.12	800.14
	SD	132.97	128.13	144.55	123.79	128.13	159.81	116.28	132.97

後九回合刪除遺漏值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 5)

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 10								
M	500.86	633.92	856.06	822.36	778.74	894.37	810.27	833.78
SD	136.55	131.58	148.44	127.12	131.58	164.11	119.41	136.55
M	493.18	589.30	906.72	837.38	775.99	981.82	877.77	1006.03
SD	148.17	142.78	161.07	137.94	142.78	178.07	129.57	148.17
M	547.27	653.71	928.70	1022.25	731.40	1088.30	853.83	1004.45
SD	158.54	152.77	172.35	147.59	152.77	190.54	138.64	158.54



附錄七 刪除遺漏值後階段 × 自我回饋之簡單主效果檢定

各階段自我回饋之平均數與標準差

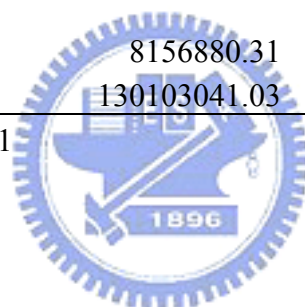
階段	有自我回饋	無自我回饋
1		
M	1669.319	1639.166
SD	33.181	32.041
2		
M	928.164	939.473
SD	35.07	32.738
3		
M	882.645	952.629
SD	39.078	35.673
4		
M	838.715	966.378
SD	46.678	42.749
5		
M	817.904	993.083
SD	48.863	45.429
6		
M	860.245	1045.477
SD	52.726	49.821

階段 × 自我回饋之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
第一階段				
自我回饋(S)	1	292176.25	292176.25	0.43
誤差 1	141	96404617.63	683720.69	
第二階段				
自我回饋(S)	1	37521.07	37521.07	0.06
誤差 2	129	87102588.58	675213.87	
第三階段				
自我回饋(S)	1	1322375.23	1322375.23	1.75
誤差 3	119	89954896.53	755923.50	
第四階段				
自我回饋(S)	1	4148217.34	4148217.34	4.07 *
誤差 4	112	114207374.38	1019708.70	
第五階段				
自我回饋(S)	1	7555074.43	7555074.43	6.89 **
誤差 5	108	118356426.29	1095892.84	
第六階段				
自我回饋(S)	1	8156880.31	8156880.31	6.52 **
誤差 6	104	130103041.03	1250990.78	

* $p < 0.05$

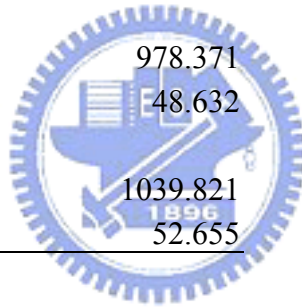
** $p < 0.01$



附錄八 刪除遺漏值後階段 × 休息之簡單主效果檢定

各階段休息之平均數與標準差

階段	有自我回饋	無自我回饋
1		
M	1648.608	1659.193
SD	32.083	33.225
2		
M	922.148	946.451
SD	33.689	33.947
3		
M	886.035	957.37
SD	36.794	37.717
4		
M	850.299	968.057
SD	44.313	45.097
5		
M	850.024	978.371
SD	46.895	48.632
6		
M	882.328	1039.821
SD	50.705	52.655



階段 × 休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	36003.04	36003.04	0.05
誤差 1	141	96660790.84	685537.52	
第二階段				
休息(R)	1	174076.15	174076.15	0.26
誤差 2	129	86966033.49	674155.30	
第三階段				
休息(R)	1	1384519.96	1384519.96	1.83
誤差 3	119	89892751.80	755401.28	
第四階段				
休息(R)	1	3555781.29	3555781.29	3.47
誤差 4	112	114799810.44	1024998.31	
第五階段				
休息(R)	1	4071701.43	4071701.43	3.61
誤差 5	108	121839799.29	1128146.29	
第六階段				
休息(R)	1	5907343.98	5907343.98	4.64 *
誤差 6	104	132352577.35	1272620.94	

* $p < 0.05$

附錄九 補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差

後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差

階段	有資訊輔助				無資訊輔助				
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋		
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	
回合 2									
1	M	1885.86	2245.33	1915.40	1727.48	1807.29	1988.88	1812.20	1642.31
	SD	198.63	215.44	222.07	203.79	215.44	198.63	203.79	229.35
2	M	978.58	1160.92	1106.10	1065.37	1054.90	922.33	1188.29	1098.61
	SD	129.06	139.98	144.29	132.41	139.98	129.06	132.41	149.02
3	M	975.09	1015.12	808.90	1081.81	851.83	913.30	1122.17	1182.98
	SD	123.57	134.03	138.15	126.78	134.03	123.57	126.78	142.69
4	M	899.95	957.53	819.62	1051.42	745.10	959.57	1079.27	1204.69
	SD	124.77	135.33	139.49	128.01	135.33	124.77	128.01	144.07
5	M	1006.48	947.42	894.40	1246.97	745.26	908.63	1009.66	1235.22
	SD	122.91	133.31	137.41	126.10	133.31	122.91	126.10	141.92
6	M	1139.15	826.42	1063.78	1407.88	789.03	977.20	1106.27	1285.82
	SD	149.63	162.30	167.29	153.52	162.30	149.63	153.52	172.78
回合 3									
1	M	1683.62	1428.40	1676.18	1558.59	1438.08	1625.38	1454.98	1863.25
	SD	189.36	205.39	211.71	194.28	205.39	189.36	194.28	218.66
2	M	946.84	828.29	955.15	986.34	887.48	1080.12	964.35	1287.26
	SD	115.71	125.50	129.36	118.71	125.50	115.71	118.71	133.61
3	M	947.28	735.05	925.88	994.99	792.48	1061.68	976.70	1190.13
	SD	133.08	144.34	148.78	136.53	144.34	133.08	136.53	153.66
4	M	1058.18	714.66	969.18	1003.22	857.05	1042.63	1034.13	1199.58
	SD	142.52	154.59	159.35	146.23	154.59	142.52	146.23	164.57
5	M	987.06	739.85	967.14	1003.86	729.88	1099.39	1224.36	1255.02
	SD	136.43	147.98	152.53	139.97	147.98	136.43	139.97	157.54

後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 1)

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 3								
6 M	963.00	873.05	909.47	1085.17	960.19	1115.97	1316.50	1342.94
SD	152.72	165.65	170.75	156.69	165.65	152.72	156.69	176.35
回合 4								
1 M	1712.01	1494.56	1373.60	1565.51	1342.10	1523.72	1568.00	1664.94
SD	188.64	204.61	210.90	193.54	204.61	188.64	193.54	217.82
2 M	924.25	805.42	773.43	704.31	758.31	987.34	1009.72	1011.63
SD	102.47	111.14	114.56	105.13	111.14	102.47	105.13	118.32
3 M	871.18	860.42	742.39	685.94	850.75	988.79	1018.90	1141.90
SD	119.28	129.37	133.35	122.37	129.37	119.28	122.37	137.73
4 M	832.11	856.31	728.76	800.10	957.41	940.97	1051.52	1155.56
SD	126.54	137.26	141.48	129.83	137.26	126.54	129.83	146.12
5 M	743.69	820.94	737.18	889.93	852.39	947.74	1131.05	1167.50
SD	124.13	134.64	138.78	127.36	134.64	124.13	127.36	143.33
6 M	857.39	848.99	851.97	1007.71	885.90	937.39	1236.43	1223.09
SD	131.06	142.15	146.53	134.46	142.15	131.06	134.46	151.33
回合 5								
1 M	1926.37	1825.61	1875.56	2125.60	1890.06	1988.47	2091.37	1668.70
SD	234.64	254.50	262.33	240.73	254.50	234.64	240.73	270.94
2 M	1041.06	900.17	1024.55	973.96	783.93	1124.39	1376.29	1141.39
SD	106.50	115.51	119.07	109.26	115.51	106.50	109.26	122.97
3 M	1129.83	1053.11	1037.47	949.52	927.58	1297.41	1269.46	1284.45
SD	143.08	155.19	159.96	146.79	155.19	143.08	146.79	165.21

後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 2)

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 5								
4 M	983.27	1011.09	923.38	939.57	792.68	1076.93	1142.53	1093.35
SD	130.25	141.28	145.62	133.63	141.28	130.25	133.63	150.40
5 M	983.51	969.76	986.13	893.92	788.46	1097.58	1097.45	1015.43
SD	138.67	150.41	155.04	142.27	150.41	138.67	142.27	160.12
6 M	1028.91	1060.21	930.37	953.32	845.08	1049.59	1171.73	1160.89
SD	135.89	147.39	151.92	139.42	147.39	135.89	139.42	156.91
回合 6								
1 M	1792.83	1921.37	1736.91	1994.94	1724.17	1814.95	1614.52	2093.90
SD	180.89	196.20	202.24	185.59	196.20	180.89	185.59	208.87
2 M	1039.98	861.24	839.41	816.59	852.67	968.69	898.55	1241.61
SD	96.30	104.45	107.67	98.80	104.45	96.30	98.80	111.20
3 M	816.01	789.68	804.69	915.82	892.30	983.33	882.80	1141.66
SD	106.19	115.18	118.73	108.95	115.18	106.19	108.95	122.62
4 M	769.95	778.04	900.35	954.14	872.36	980.91	953.68	1100.58
SD	118.37	128.39	132.34	121.45	128.39	118.37	121.45	136.68
5 M	822.48	778.87	860.92	970.90	877.76	943.94	1012.13	1054.61
SD	119.65	129.78	133.78	122.76	129.78	119.65	122.76	138.17
6 M	953.84	836.89	908.26	1091.32	897.91	1016.86	1090.94	1134.97
SD	124.95	135.53	139.70	128.20	135.53	124.95	128.20	144.28
回合 7								
1 M	1519.69	1355.41	1470.98	1546.32	1384.56	1487.20	1288.23	1710.01
SD	205.31	222.69	229.54	210.64	222.69	205.31	210.64	237.07

後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 3)

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 7								
2 M	1046.05	743.75	895.49	775.84	864.71	776.63	881.33	950.96
SD	112.93	122.49	126.26	115.87	122.49	112.93	115.87	130.40
3 M	1015.80	671.73	1066.90	905.64	892.01	823.36	828.55	1006.93
SD	127.95	138.79	143.06	131.28	138.79	127.95	131.28	147.75
4 M	1033.73	622.52	1080.20	930.36	707.04	762.36	877.15	1052.15
SD	131.10	142.20	146.58	134.51	142.20	131.10	134.51	151.39
5 M	1023.81	627.06	1147.31	941.03	685.88	786.95	837.67	1112.84
SD	135.15	146.59	151.10	138.66	146.59	135.15	138.66	156.06
6 M	1093.52	569.82	1234.03	970.09	765.33	815.32	1025.87	1155.68
SD	135.75	147.25	151.78	139.28	147.25	135.75	139.28	156.76
回合 8								
1 M	1613.79	1614.85	1606.22	1759.56	1810.65	1677.99	1602.71	1565.77
SD	204.85	222.19	229.03	210.17	222.19	204.85	210.17	236.54
2 M	1028.31	871.63	971.11	890.15	802.30	1014.71	1033.76	1074.24
SD	111.91	121.38	125.12	114.82	121.38	111.91	114.82	129.22
3 M	956.88	771.17	989.35	895.43	687.55	985.94	940.44	1008.95
SD	111.65	121.10	124.83	114.55	121.10	111.65	114.55	128.92
4 M	884.96	705.07	1129.26	970.91	657.59	945.77	1179.96	1038.99
SD	128.45	139.33	143.61	131.79	139.33	128.45	131.79	148.32
5 M	923.24	751.53	1154.57	977.99	740.15	930.48	1151.20	921.91
SD	123.56	134.02	138.15	126.77	134.02	123.56	126.77	142.68

後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 4)

		有資訊輔助				無資訊輔助			
		有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
階段		有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
第 8 回合									
6	M	1069.65	765.98	1141.25	1073.62	746.61	967.22	1252.49	865.94
	SD	125.33	135.93	140.12	128.58	135.93	125.33	128.58	144.71
回合 9									
1	M	1488.15	1181.80	1426.61	1544.54	1414.56	1410.53	1356.81	1647.71
	SD	182.59	198.05	204.14	187.33	198.05	182.59	187.33	210.84
2	M	793.76	789.14	803.67	945.53	820.43	739.69	749.47	995.52
	SD	107.79	116.92	120.51	110.59	116.92	107.79	110.59	124.47
3	M	789.37	681.27	728.30	896.64	702.84	799.88	798.63	928.29
	SD	112.11	121.60	125.34	115.02	121.60	112.11	115.02	129.45
4	M	692.38	638.48	729.34	870.28	658.92	846.99	814.92	948.77
	SD	116.88	126.77	130.68	119.92	126.77	116.88	119.92	134.96
5	M	706.82	650.59	723.63	958.33	762.72	861.81	897.93	1098.78
	SD	127.77	138.59	142.85	131.09	138.59	127.77	131.09	147.54
6	M	792.71	687.43	799.92	997.56	718.17	863.81	976.12	1085.07
	SD	128.20	139.05	143.33	131.53	139.05	128.20	131.53	148.03
回合 10									
1	M	1542.80	1548.75	1423.22	1358.29	1534.43	1484.86	1399.26	1912.51
	SD	187.54	203.42	209.68	192.42	203.42	187.54	192.42	216.56
2	M	702.67	837.03	809.74	775.24	1067.82	884.40	779.72	1037.69
	SD	121.65	131.94	136.00	124.81	131.94	121.65	124.81	140.46
3	M	740.82	750.14	805.02	783.96	896.76	806.73	788.40	1059.79
	SD	117.86	127.83	131.77	120.92	127.83	117.86	120.92	136.09

後九回合補上遺漏估計值後偏離最佳決策程度之平均數與標準差(續 5)

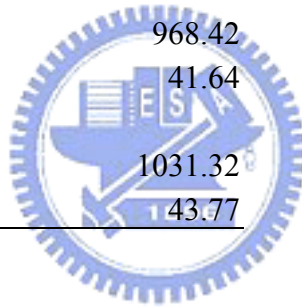
		有資訊輔助				無資訊輔助			
		有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
階段		有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
回合 10									
4	M	695.66	676.48	792.20	840.41	891.93	848.30	827.49	1024.07
	SD	123.92	134.40	138.54	127.13	134.40	123.92	127.13	143.08
5	M	692.48	636.96	860.66	866.79	893.21	895.81	947.60	1244.23
	SD	132.38	143.58	148.00	135.81	143.58	132.38	135.81	152.85
6	M	743.13	685.61	911.74	1012.21	868.70	852.06	1006.21	1290.43
	SD	134.29	145.66	150.15	137.78	145.66	134.29	137.78	155.07



附錄十 補上遺漏估計值後階段 × 自我回饋之簡單主效果

階段 × 自我回饋之平均數與標準差

階段	有自我回饋	無自我回饋
1		
M	1663.78	1635.43
SD	33.21	32.02
2		
M	945.29	930.33
SD	33.77	32.55
3		
M	916.92	925.14
SD	36.13	34.83
4		
M	882.45	938.83
SD	40.76	39.29
5		
M	888.72	968.42
SD	43.19	41.64
6		
M	939.373	1031.32
SD	45.40	43.77



階段 × 自我回饋之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
第一階段				
自我回饋(S)	1	206088.55	206088.55	0.31
誤差 1	141	94920780.17	673197.02	
第二階段				
自我回饋(S)	1	29532.34	29532.34	0.04
誤差 2	141	100277750.64	711189.72	
第三階段				
自我回饋(S)	1	83341.94	83341.94	0.10
誤差 3	141	116603793.58	826977.26	
第四階段				
自我回饋(S)	1	1336622.44	1336622.44	1.28
誤差 4	141	147552822.10	1046473.92	
第五階段				
自我回饋(S)	1	2509986.57	2509986.57	2.12
誤差 5	141	167091111.86	1185043.35	
第六階段				
自我回饋(S)	1	3158595.10	3158595.10	2.38
誤差 6	141	186839149.50	1325100.35	



附錄十一 補上遺漏估計值後資訊輔助 × 休息之簡單主效果檢定

資訊輔助 × 休息之平均數與標準差

	有資訊輔助	無資訊輔助
有休息		
M	1037.38	1009.80
SD	47.99	47.20
無休息		
M	1006.59	1168.23
SD	47.77	49.42

無資訊輔助時休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	20781177.70	20781177.70	3.72 ⁺
誤差	69	385173809.28	5582229.12	

+ 0.05 < p < 0.1



有資訊輔助時休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	744124.546	744124.546	0.224
誤差	70	232313650.4	3318766.434	

附錄十二 遺漏值估計後資訊輔助、自我回饋、休息之簡單主效果

自我回饋 × 資訊輔助 × 休息之平均數與標準差

階段	有資訊輔助				無資訊輔助			
	有自我回饋		無自我回饋		有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息	有休息	無休息
M	1042.41	940.35	1032.36	1072.83	952.32	1222.61	1067.28	1113.85
SD	63.99	69.41	71.54	65.65	69.41	73.89	63.99	65.65

無自我回饋時，資訊輔助與休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1	1429882.79	1429882.79	0.32
休息(R)	1	1879038.79	1879038.79	0.42
A × R	1	9223.08	9223.08	0.01
誤差	70	313993372.42	4485619.61	

有自我回饋時，資訊輔助與休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1	8511371.27	8511371.27	1.96
休息(R)	1	6523034.39	6523034.39	1.50
A × R	1	31952256.21	31952256.21	7.34 *
誤差	65	283029789.10	4354304.45	

* $p < 0.05$

無資訊輔助、有自我回饋時，休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	31438396.25	31438396.25	5.706 *
誤差	30	165299547.2	5509984.907	

* $p < 0.05$

有資訊輔助、有自我回饋時，休息之簡單主效果變異數分析表

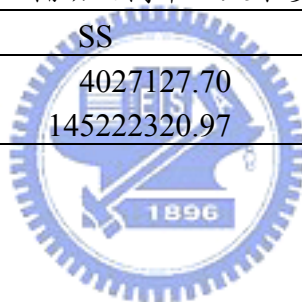
變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	5168310.86	5168310.86	1.54
誤差	35	117730241.87	3363721.20	

無休息、有自我回饋時，資訊輔助之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1	34284314.90	34284314.90	7.46 **
誤差	30	137807468.13	4593582.27	

有休息、有自我回饋時，資訊輔助之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
資訊輔助(A)	1	4027127.70	4027127.70	0.97
誤差	35	145222320.97	4149209.17	



附錄十三 遺漏值估計後階段、資訊輔助、休息之簡單主效果

階段 × 自我回饋之平均數與標準差

階段	有自我回饋		無自我回饋	
	有休息	無休息	有休息	無休息
1				
M	1648.32	1655.38	1630.44	1664.29
SD	46.02	45.81	45.26	47.39
2				
M	926.68	873.94	910.60	1040.02
SD	46.80	46.58	46.03	48.19
3				
M	897.29	857.64	897.47	1031.73
SD	50.07	49.84	49.25	51.56
4				
M	884.58	851.14	863.58	1043.24
SD	56.49	56.22	55.55	58.17
5				
M	901.19	870.70	863.78	1078.59
SD	59.86	59.58	58.87	61.64
6				
M	966.23	930.74	892.91	1151.52
SD	62.92	62.63	61.88	64.79

無資訊輔助時，第一階段的休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	67402.57	67402.57	0.08
誤差	69	60782213.94	880901.65	

無資訊輔助時，第二階段的休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	2312865.45	2312865.45	2.77
誤差	69	57524437.92	833687.51	

無資訊輔助時，第三階段的休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	2310955.67	2310955.67	2.40
誤差	69	66462614.10	963226.29	

無資訊輔助時，第四階段的休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	4520241.79	4520241.79	3.65 ⁺
誤差	69	85447448.11	1238368.81	

+ 0.05 < p < 0.1

無資訊輔助時，第五階段的休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	6591569.31	6591569.31	5.03 [*]
誤差	69	90410704.60	1310300.07	

* p < 0.05

無資訊輔助時，第六階段的休息之簡單主效果變異數分析表

變異來源	df	SS	MS	F
休息(R)	1	10063052.65	10063052.65	7.05 ^{**}
誤差	69	98539748.26	1428112.29	

** p < 0.01