DOI: 10.6277/TER.2016.443.4

複合風險之趨避 — 以運動視覺作業為例

劉邦容・龔俊嘉・曾楷涵・翁明宏*

本研究以視覺實驗模擬生活中機率資訊未明確揭示下之風險情境, 以探討該情境下經濟決策者之風險態度。實驗參與者被要求從兩兩一組, 等同於單一或複合經濟樂透之選項裡選擇其偏好之組合, 而其報酬爲最終累積所得金額之固定比例。實驗結果顯示: (1) 面對具相同機率分配之單一與複合樂透, 決策者偏向趨避複合樂透, (2) 隨等值單一樂透獲最終報酬之機率提高, 其愈趨避複合樂透, (3) 決策者以不同機率權重函數衡量單一與複合樂透, 且 (4) 面對複合樂透時, 前後機率之差距與安排順序對決策者賦予複合樂透之評價, 未具顯著影響。

關鍵詞: 視覺實驗, 機率權重函數, 複合樂透轉換公理
JEL 分類代號: D80, D81

1 前言

經濟學一向以經濟樂透 (economic lottery) 來刻畫或展現人們所面臨之風險。若決策者面對數種可能發生之結果且洞悉各結果之實現機率, 但是在結果揭曉前並無法確定何項結果最終會實現, 則其所處情境彷若握有樂透彩券一般。圖 1 右側之 L2 樂透即描繪類似之風險情境; 擁有此樂透之決策

*作者分別爲國立成功大學經濟學研究所碩士、國立成功大學心理學系暨認知科學研究所助理教授、國立成功大學資訊工程學系大學生與國立成功大學經濟學系助理教授。翁明宏爲通訊作者。作者感謝國立陽明大學神經科學研究所吳仕煒博士及兩位匿名審查委員所提供之寶貴意見, 使本研究能更臻完善, 文中之所有可能疏漏, 皆因作者自身而致。作者亦由衷感激國立成功大學認知所碩士生葉丁瑞、陳秋月及經濟所碩士生彭崎軒、徐亦祕於實驗過程之協助, 以及科技部 MOST103-2420-H-006-004 之經費協助。

經濟論文叢刊 (*Taiwan Economic Review*), 44:3 (2016), 511–541。
國立台灣大學經濟學系出版

臺灣大學學術典藏資料庫

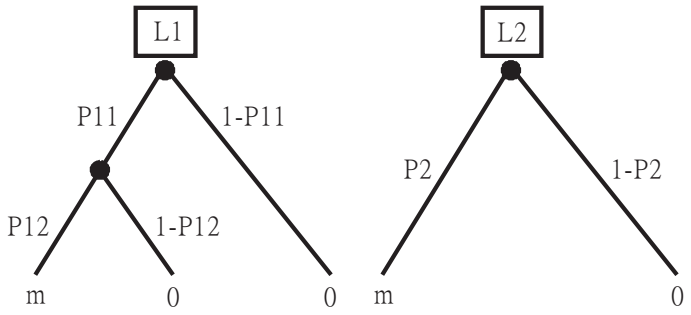


圖 1:

者可望 (以 P2 之機率) 獲得 $m 之報酬, 然而其亦面對 1-P2 之機率可能獲得$0之結果。

相較於前述之「單一經濟樂透」(simple lottery), 決策者所面對之不確定性, 亦可能是如圖 1 左側之 L1 樂透般, 形式相對較複雜之「複合經濟樂透」(compound lottery)。面臨該風險之決策者可望 (以 P11 的機率) 獲得的是另一組隱含 P12 機率能獲得 $m 報酬 (及 1-P12 機率獲得 $0) 之樂透, 而非如 L2 樂透中之確定性報酬; 易言之, 決策者於複合經濟樂透中面臨的是多階段之風險。然而, 兩種樂透雖然看似不同面貌, 但純粹的數學運算顯示, L1 樂透隱含 P11× P12 之機率能獲得 $m 之最終報酬 (另有 (1 − P11× P12) 之機率得到 $0)。故若 P2 = P11× P12, L1 與 L2 兩樂透中各種可能發生結果 ($m, $0) 其實有著相同的最終機率分配; 換句話說, 此兩樂透背後隱含相同之風險。

面對上述相同風險之單一與複合樂透, von Neumann and Morgenstern (1944) 的期望效用理論假定決策者會賦予等值之評價, 即複合樂透之轉換公理 (Reduction of Compound Lottery Axiom), 之後的學者在研究人們面對風險的態度時, 亦常運用此公理來檢視決策者面對風險的態度及其選擇之合理性。然而, 在一般生活中, 我們並不確定人們是否真以相同的態度來評價任兩種有著相同最終風險, 卻以不同樣貌展現之樂透。Kahneman and Tversky (1979) 便觀察到隔離效果 (isolation effect) 可能使人們之決策違反此公理之可能性, Segal (1990) 等學者亦據此提出修正之期望效用理論; 但文獻上卻少見針對此公理的直接檢驗。再者, 決策者在日常環境中面對

臺灣大學學術期刊資料庫

之不確定性, 往往並未有上述或一般認知或經濟實驗中所陳之明確機率資訊。在缺乏明確比較基礎下, 決策者是否仍會平等看待以不同方式展現的相同程度風險, 即爲本研究之主要探索標的。

爲模擬決策者所面對生活環境中機率資訊未能明白揭露下之不確定性, 本研究修改認知心理學文獻中之視覺實驗 (Newsome and Pare, 1988; Newsome, Britten, and Movshon, 1989) 來模擬現實中可能面臨的單一或複合樂透情況, 從而比較研究參與者對其評價是否有所差異。研究結果發現參與者在擁有相同最終機率分配之單一與複合樂透間 (如 L1 與 L2) 確實會偏好於單一樂透, 且此違反複合樂透轉換公理之偏好, 隨著參與者之最終中獎機率提高而更形顯著。

本研究亦試圖以機率權重函數模型 (probability weighting function) 來解釋偏好差異背後可能的原因。機率權重函數雖在解釋決策者的主觀機率扭曲 (Tversky and Kahneman, 1992; Wu and Gonzalez, 1996; Prelec, 1998; Gonzalez and Wu, 1999), 但文獻中卻未見任何以其來解釋決策模式違反複合樂透轉換公理之嘗試。實驗資料的檢驗結果, 傾向於參與者是以不同的機率權重函數來評估單一與複合樂透, 故對隱含相同最終風險之單一與複合樂透產生不同之評價。

相較於文獻上多數不確定經濟學之研究提供實驗參與者明確機率資訊之經濟樂透以分析其面對風險之態度與決策模式, Ellsberg (1961) 率先研究決策者在面對機率資訊未明之經濟樂透下之風險態度, 並觀察到「模糊趨避」的效應 (ambiguity aversion)。然而, 相對於該系列研究中實驗參與者對其所面臨「模糊」情境之機率資訊的全然匱乏 (或基於參考另一機率資訊明確之對比經濟樂透), 本研究參與者對其所面臨風險之機率資訊, 雖無法確定, 但仍有相對豐富之機率資訊供其判斷與比較。相較之下, 實驗參與者在動作實驗 (motor task) 中則面對了較類似與本研究之不確定性 (Seydell et al., 2008; Trommershäuser, Maloney, and Landy, 2008; Wu, Delgado, and Maloney, 2009; Wu, Delgado, and Maloney, 2011)。相關研究檢驗參與者面臨因動作未能達到百分百精確所造成的風險情境中, 其決策模式是否有違獨立性公理之假設, 或相異於其他傳統風險理論, 但他們並未對單一與複合樂透的等價與否進行檢驗。再者, 動作造成之風險與認

臺灣大學學術期刊資料庫

知上之風險, 本質上可能仍有差異。本研究透過視覺任務之訓練先內化參與者對所面臨風險之評估, 再要求其對不同風險進行認知的評價與判斷, 而無須面臨動作上之不確定性, 相對較能探索參與者純粹認知評價上之差異。

本文後續章節概述如下: 第2節說明實驗設計、過程與資料收集之詳細內容, 第3節描述主要實驗結果, 分析參與者選擇並進行主觀機率之估計, 第4節以迴歸模型探討較具解釋能力之機率權重模式, 第5節則分析實驗設計對決策者選擇複合樂透之可能影響, 而第6節爲結論。

2 實驗設計與過程

2.1 實驗目的

本實驗試圖透過模擬現實中之風險情境, 來分析決策者在評價具不同面貌之相同風險的態度與方法上是否存在著差異。於此情境中, 決策者明瞭自己所可能獲得之各種最終報償, 但對各可能事件之發生機率並未有明確之資訊, 必須綜以自身之過往經驗, 與眼前所能蒐集之訊息, 而自行加以判斷, 並進一步對看似不同之風險來進行評價與選擇。

爲模擬此經濟決策情境, 本研究以兩階段之視覺任務來進行。在第一階段中, 我們訓練參與者對所面臨不確定性環境之辨識能力, 以使其建立不同視覺任務顯示之資訊及其獲得最終報酬可能性之連結關係。在第二階段, 我們則進一步運用此關係來設計各種答對機率之視覺任務以呈現不同組合之經濟樂透, 供參與者評估與選擇其所偏好者, 以期瞭解其對不同風險的評價是否有所差異, 或檢驗是否違反傳統期望效用理論。

2.2 實驗過程

本實驗共招募23位參與者, 所有參與者年齡皆介於19–26歲之間。實驗過程分爲兩階段。在第一階段中, 參與者面對如圖2之影像, 並被告知以下訊息:「在按下空白鍵之後, 可以見到下圖白點呈現不規則移動, 雖然大部分白點皆呈現不規則移動, 但是仍然有部分白點朝著同一個方向做直線移動, 而直線移動的方向只會是上下左右四個方向中其中一個。而你要做的事情, 爲看出直線移動的方向爲上下左右四個之中的哪一個, 並在7秒鐘

臺灣大學學術期刊資料庫

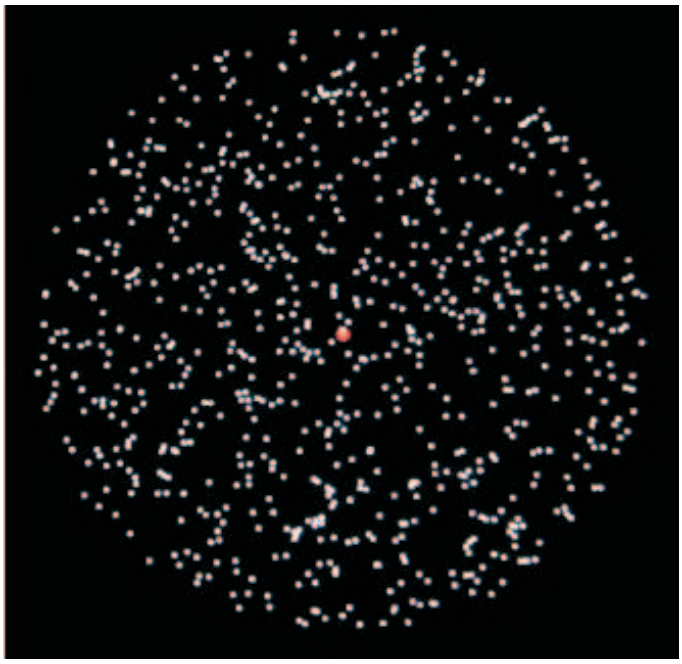


圖 2:

內回答出來」。換言之, 參與者本階段任務即爲猜測同向移動白點之行進方向; 而在參與者回答其認爲同向白點可能之移動方向後, 若其回答方向錯誤, 其將聽到「嗶」的短促警告聲, 而若其回答正確無誤, 則將直接進行下一題之回答。

在本階段的實驗中, 參與者在數題的練習後, 共進行三至四次, 每次400題的上述實驗。每題都將面對如圖 2 中由 1,000 個移動中之白點所所構成之視覺任務; 其中大部分白點會往隨機方向移動, 而少部分白點則持續朝同方向移動; 而這些同向移動點佔所有白點的比例, 我們稱之爲同向比例 (coherence ratio)。[1] 若同向比例爲 0.3, 表示 1,000 個白點中有 300 個白點是朝同方向移動; 理論上, 參與者每題皆有至少 1/4 的答對機率, 而隨著同向比例越高, 其移動趨勢對參與者而言將更明顯, 參與者也將有更高機率答對其正確移動方向。因爲參與者每題皆能得到其猜測正確與否的回

[1] 鑒於以往認知實驗之施測經驗, 我們僅考慮0 ～ 0.4之同向比例。

臺灣大學學術期刊論文

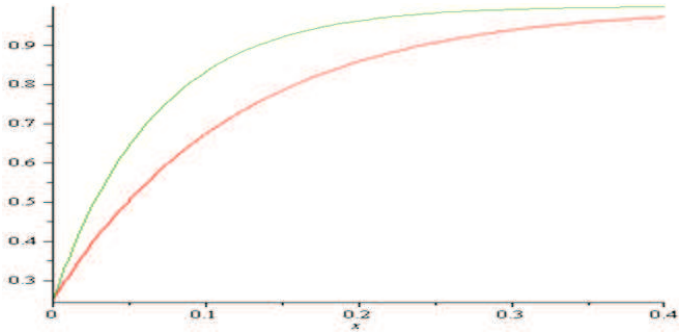


圖 3:

饋資訊, 我們假設參與者在此階段的作答後能在心裡形成其面對各種同向比例時可能猜對機率之評估。而爲貼近參與者此內心評估, 本研究蒐集各參與者在此階段之每次實驗結果, 並參照過往在視覺試驗文獻之方式 (Najemnik and Geisler, 2005), 分別以調整過之韋伯累積機率分配函數 (Weibull function)

$$y = 0.25 + 0.75\left[1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{k}\right)^{s}\right)\right], \quad 0 < x \leq 0.4,$$

來推估並建立參與者在每次實驗中所面對同向比例與其猜對機率之關係; 其中, x 爲同向比例, y 爲猜對之機率, k 與 s 則爲待估計參數, 據此讓不同之實驗參與者在同向比例與猜對機率間有相異之對應關係。圖3描述不同參與者之同向比例與其猜對機率之關係; 其中橫軸爲同向比例, 縱軸爲其在特定同向比例下猜對之機率, 而左邊參與者在各同向比例下, 皆有較高之答對機率。

由於參與者對視覺實驗之表現會明顯隨其實驗次數增加而迅速進步, 我們要求參與者在稍事練習後進行三至四次, 每次400題實驗, 並分別從中估計其每次之韋伯累積機率分配函數, 再從中挑出表現最好者爲第二階段給定每一機率所應賦與同向比例之參考, 其中多數爲第三次實驗所估得之結果。除實驗初期的兩位參與者進行了四次, 其餘參與者皆進行三次此階段之實驗, 且多數參與者第二次與第三次之估計結果間幾已無顯著差異。另外必須說明的是, 參與者在進行第一階段實驗時, 並不了解其在第一階段之表現將成爲第二階段實驗設計之參考依據。

臺灣大學學術期刊資料庫

參與者稍事休息後, 將在第二階段對兩兩一組以視覺任務展現之經濟樂透進行評估與比較。本研究假設參與者能在第一階段實驗中累積其對各種同向比例之視覺任務下其可能猜對機率之了解, 並據以評估各種同向比例之視覺任務背後所代表之風險。所以在第二階段之實驗設計上, 本研究以各參與者從第一階段估計所得如圖3中之關係來設計每個經濟樂透中欲使各參與者面對不同機率所需之同向比例。舉例來說, 如果要設計讓圖3兩位參與者面對時覺得有75%機率能獲得最終報酬之經濟樂透, 則對於猜對機率相形較高的參與者 (如圖3左方曲線), 必須要設計一個同向比例 = 0.07的視覺任務。相對於前者, 若參與者在第一階段猜對機率相對較差 (如圖3右方曲線), 則該參與者將會面對到同向比例 = 0.13的影像。換言之, 因爲不同參與者有著相異的視覺任務表現, 要讓參與者在第二階段皆面對75%中獎機率之風險情境時, 不同參與者將面對有著相異的同向比例的視覺任務, 以使其有75%之答對機會。

參與者在第二階段的任務是從365組事先隨機排序的兩兩一組的經濟樂透中選擇自己偏好的機率與報酬之組合。圖4顯示實驗中參與者可能面對之一組經濟樂透, 左右兩視覺任務下方各標示順利達成該任務可獲之最終報酬, 而參與者必須從兩者中擇其所偏好者; 其中右邊爲單一樂透, 僅具一次視覺任務, 而左邊爲複合樂透, 隱含兩種視覺任務。若參與者之選擇爲右, 則其必須進一步猜測右邊視覺任務中同向比例之移動方向以獲得其下標示之最終報酬。在參與者從第一階段內建同向比例與其猜對機率之關係之後, 假設其評估該任務之猜對機率爲 P2, 則選項右可視爲有機率 P2 得到報酬 $500之單一樂透。相對而言, 若參與者選擇等同於複合樂透之左邊選項, 則其將面對同樣最終報酬爲 $500之兩階段視覺任務; 參與者被告知必須先後連續猜對紅綠兩色影像中各自同向比例之移動方向, 才能獲得最終報酬。易言之, 若參與者經驗中評估紅色同向比例猜對機率爲 P11, 而綠色同向比例猜對機率爲 P12, 則左邊選項可視爲如圖1中 m 爲 $500之複合樂透 L1。而若 P2 = P11× P12, 理論上參與者應給予左右兩樂透相等的評價。[2]

[2]有興趣之讀者可從以下網址了解參與者實際面對之彩色影像 https://docs.google.com/document/d/10pO6NJwf0LDdGUmI1ItmQSZSh8UGIy_pcbBkgE2KS74/edit?usp=sharing。

臺灣大學學術期刊資料庫

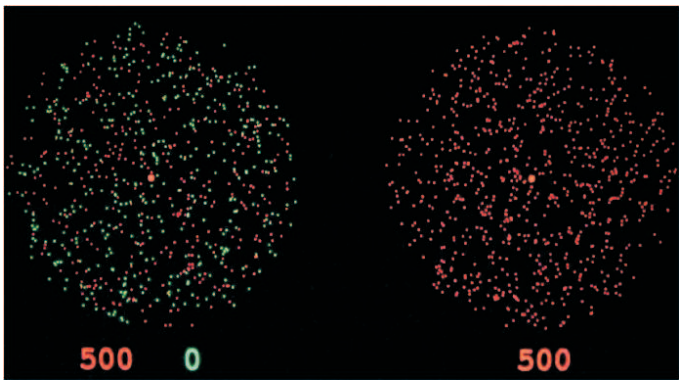


圖 4:

2.3 實驗數據設計

爲了解在機率資訊未明確揭示的情況下, 參與者是否給予單一樂透與複合樂透相同的評價, 暨分別提供足夠的數據以爲不同機率權重函數估計之依據, 我們將本階段365組樂透題目歸類爲五類情境。在第一類情境中, 參與者會面臨一邊爲單一樂透, 另一邊爲複合樂透, 而兩樂透有相同之最終報酬之組合。這部分組合之設計目的在觀察參與者在不同形式樂透間之選擇情況。在等同於單一經濟樂透的視覺任務中, 參與者在$300、$400、$500三種可能的報酬中, 將隨機面對具有0.25、0.4、0.55、0.7、0.85機率猜對其移動方向的同向比例。而爲檢驗決策者是否對等值複合樂透作相同評價, 必須將上述單一樂透之機率 (即圖1的 P2), 轉化爲等值複合樂透的機率 (如圖1的 P11 與 P12), 即 P2 = P11× P12。本研究採用以下三種方法: 1. 將 P2 開根號, 即 $P11' = P12' = \sqrt{P2}$。2. 令 P11″ (或 P12″) 爲0.95, 則 P12″ (或 P11″) 爲 P2/0.95。3. 取以上兩種方式之中間值, 即令 P12‴ (或 P11‴) 爲 (P12′ + P12″/2, 則 P11‴ (或 P12‴) 爲 P2/P12‴。每單一樂透機率對應到五組不同之複合樂透機率組合, 因此將產生25組不同單一樂透與複合樂透之選擇組合, 而報酬則依序從三種不同金額配對之; 每組重複五次, 故此情境共有125組試驗。

在第二類情境中, 參與者將面臨兩邊皆爲單一樂透之選擇情境。此爲對比於第一類情境之設計, 故有上述五組機率依序配對三種報酬; 五組各

臺灣大學學術期刊資料庫

自重複6次, 共30組。

在第三類情境中, 參與者亦將面臨兩邊皆爲單一樂透之選擇, 而此情境之設計爲提供單一樂透下機率權重函數估計之依據。前50組資料有相同之期望值, 且令 P2/P1 = m1/m2 = 1.2, P1 爲0.25與0.8間分五等分, 分別爲 [0.25、0.3875、0.525、0.6625、0.8], m2 則分別爲500、400、400、300、300, 故可以得到5組機率和報酬組合, 每組10次共50組。接下來20組資料中, 機率的分配與前面相同, 且 P2/P1 = 1.2, P1 = [0.25、0.3875、0.525、0.6625、0.8], m2 = [500、400、400、300、300], 但令 m1/m2 = [1.1、1.5、1.7、2], 以使兩邊有不同之期望值, 故有 5×4 = 20 組資料。而最後20組資料中, 金額與前50組資料相同, m1/m2 = 1.2, m2 = [500、400、400、300、300]。但是機率設計爲 P2/P1 = 1.5, P1 = [0.25、0.35、0.45、0.55、0.65], 故可以得到5組機率和報酬組合, 每組做四次, 共有 5×4 = 20 組資料。所以此類情境共有90組試驗。

第四類情境之資料設計的機率類似於第三部份, 差異在此情境中參與者將面臨兩組複合樂透, 故將上述 P1 或 P2 拆開成複合式機率。爲了不讓受試者有複合式機率相對較難或較簡單之刻板印象, 我們將 P1 (低機率) 與 P2 (高機率) 交錯拆開; 而拆開方式除了開根號, 即 P11 = P12 = $\sqrt{P1}$, 還有用 P11 = 0.95, P12 = P1/0.95, 以及 P11 = P1/0.95, P12 = 0.95三種方式, 且我們盡量把三種拆開的方式均勻分配到90組中。換言之, 我們由第三類之單一樂透情境衍生出機率和報酬相似的90組第四類複合樂透試驗。

最後一類情境之30組資料主要在干擾實驗參與者之慣性預期, 在兩邊皆爲同樣報酬之單一對複合樂透或單一對單一樂透試驗中, 我們設計讓一方有相對顯著的高獲獎機率; 尤其是讓單一對複合樂透的選擇中, 複合樂透有相對高的中獎機率, 以使參與者不致於總是覺得複合樂透是較困難的。完整之實驗數據設計可見附錄1。

3 實驗結果

3.1 複合樂透之趨避

圖5爲研究參與者在面對單一對單一樂透以及單一對複合樂透兩種組合

臺灣大學學術期刊資料庫

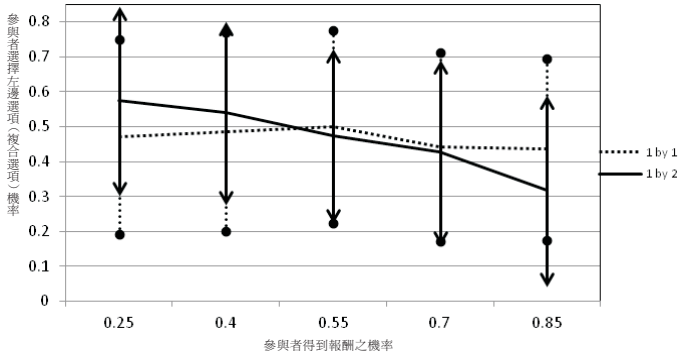


圖 5:

表 1: ANOVA (各機率下選擇左邊單一樂透之機率)

	SS	df	MS	F	Prob > F
Columns	0.0715	4	0.0179	0.24	0.9156
Error	8.2174	110	0.0747		
Total	8.2889	114			

之選擇結果 (即第一類與第二類情境)。其中, 橫軸爲參與者面對單一樂透之最終報酬機率, 而縱軸則爲參與者在所有實驗中選擇特定結果的平均比例。另外, 圖中之虛線所表示者爲參與者在兩邊皆爲相同報酬之單一樂透組合裡選擇左邊的平均比例及一倍標準差之區間。理論上, 參與者應對皆爲單一樂透的左右兩選項有相似的評價, 而實驗結果亦顯示類似的情況。

表 1 的變異數分析結果亦支持上述觀察, 即參與者面對兩邊皆爲單一樂透時, 其選擇左邊或右邊, 並未因所面對之機率不同而有顯著之差異。另一方面, 圖 5 中之實線所表示者爲參與者在一邊爲單一樂透, 一邊爲有著相同最終報酬與機率的複合樂透裡, 選擇複合樂透的平均比例及一倍標準差之區間; 理論上, 若機率資訊明確揭示, 參與者應會對單一與複合樂透有相同的評價, 所以其選擇機會應是各一半。然而, 實驗結果揭示了參與者截然不同於上述預期, 違反複合樂透轉換公理之傾向。面對有著相同最終報酬與機率的兩種樂透, 參與者較偏好於單一樂透, 而且隨著在單一樂透獲得最終報酬的機率提高, 參與者趨避複合樂透之傾向益是明顯。表 2 中變

臺灣大學學術期刊資料庫

表 2: ANOVA (各機率下選擇左邊單一樂透之機率)

	SS	df	MS	F	Prob > F
Columns	0.9426	4	0.2356	3.36	0.0123
Error	7.7141	110	0.0701		
Total	8.6566	114			

異數分析亦反應了參與者在面對單一或複合樂透之選擇時, 其選擇傾向的確會受到所面對中獎機率之顯著影響。

在機率資訊明確之情況下, 決策者可藉由機率資訊推算複合樂透隱含之最終機率分配, 進一步比較於單一樂透, 以決定孰優孰劣。然而, 若機率資訊如本實驗所模擬之現實決策環境般隱晦時, 決策者只能就不同的樂透或風險本身進行整體性與概括性的比較; 而當相同的最終機率分配, 不再能輕易被觀察到, 不同風險或樂透間所具有的差異性, 如單一樂透與複合樂透, 便在整體性的比較下相形顯著。

另一種可能的解釋是, 雖然本實驗預期參與者在頻繁的練習後對於各種樂透之機率評估得以熟稔, 但由於參與者在本實驗中所面對之複合樂透情境, 相較於單一樂透的確必須進行多一次的機率評估, 此差異除可能使其在評估前者時必須多花心思, 也使其經歷多一次的不確定性, 亦可能因複合樂透機率之相對不明確而形成另一種型態的模糊趨避, 使參與者在本實驗中相對偏好於資訊相對明確之單一樂透。不過, 受限於實驗設計, 我們並無法就此可能性在本實驗中進一步檢驗。

晚近經濟學者嘗試以機率權重函數 (probability weighting function) 來解釋決策者違反期望效用理論之選擇行爲 (Tversky and Kahneman, 1992; Wu and Gonzalez, 1996; Prelec, 1998; Gonzalez and Wu, 1999)。爲更瞭解決策者在不同樂透評估上之差異, 本研究進一步探索參與者是否以不同之主觀機率模式來衡量不同形態之風險, 並嘗試以機率權重函數及迴歸模型來分析造成此差異之可能原因。

3.2 機率權重函數

機率權重函數企圖展現決策者對所遭遇風險之主觀機率評估。Hsu et al.

臺灣大學學術期刊資料庫

(2009) 曾比較幾種常見之機率權重函數而發現 Prelec (1998) 之單一參數機率權重函數有相對較優之解釋表現, 故本研究之機率權重函數主要採用此形式。在此模型中, 決策者對客觀機率 p 之主觀評價, $w(p)$, 取決於以下之函數形式:

$$w(p) = \exp\left(-(\ln(p))^{\gamma}\right),$$

其中 $\gamma > 0$ 現決策者對客觀機率之可能扭曲型態。若 $\gamma < 1$, 則機率權重相對符合展望理論之觀察 (Tversky and Kahneman, 1992), 即低估確定性結果的可能性及高估極不可能結果之可能性; 而若 $\gamma > 1$ 則有相反之傾向; 而文獻上兩種情況都有所發現 (Camerer and Ho, 1994; Wu and Gonzalez, 1996; Gonzalez and Wu, 1999; Hsu et al., 2009; Wu, Delgado, and Maloney, 2009)。

若決策者之金錢效用函數爲 $u(m)$, 則其對有數種可能結果之經濟樂透 L 之主觀期望效用爲: (Tversky and Kahneman, 1992)

$$U(L) = \sum_{i} w\left(p_i\right) u\left(m_i\right)。$$

在面臨風險情境時, 決策者便以比較各樂透之主觀期望效用高低爲其選擇之依據。

另外, 我們亦假設實驗參與者之金錢效用函數爲常見之冪函數, 即

$$u(m) = m^{a},$$

其中 $a > 0$ 展現決策者可能之風險態度; 若 $a > 1$ 爲風險愛好, 反之則爲風險趨避。

因爲單一樂透顯現之資訊並不同於複合樂透, 故本研究考慮參與者衡量不同樂透之兩種可能性: 即其可能以相同或者相異之機率權重函數來衡量其所面對之兩種形式風險。

若參與者使用相同模式 (即以相同之參數 a 與 γ 來評估其面對之兩種形式樂透), 則其對所面臨之複合樂透 ($L1$) 與單一樂透 ($L2$) 之主觀機率

臺灣大學學術期刊資料庫

與期望效用評價如下:

$$\begin{cases} L1 = m1^{a_{12}} \times [0.25 + 0.75 \exp(-(-\ln((P11 - 0.25)/0.75))^{r_{12}})] \\ \qquad \times [0.25 + 0.75 \exp(-(-\ln((P12 - 0.25)/0.75))^{r_{12}})], \\ L2 = m2^{a_{12}} \times [0.25 + 0.75 \exp(-(-\ln((P2 - 0.25)/0.75))^{r_{12}})]。 \end{cases}$$

其中 a_{12} 及 r_{12} 爲在此情況下之風險與機率權重參數。由於受試者至少有0.25以上的機率可以猜對同向比例的移動方向, 故我們認爲機率權重值介於0.25與1之間是較合理之假設, 故本研究參考 Najemnik and Geisler (2005) 之方式對 Prelec (1998) 之機率權重函數作應有之調整。於此假設下, 決策者雖面對兩種不同型態之樂透, 但其皆以相同參數, a_{12} 及 r_{12}, 爲權重來調整客觀機率與報酬在其心目中之價值。利用參與者在第三、四類情境中選擇結果之實驗資料, 我們以最大概似法來推估每位參與者在此模式下之 a_{12} 及 r_{12}。

另一方面, 參與者亦可能以不同機率權重函數來評估複合與單一兩種不同形式之樂透。因本研究重點不在風險態度, 故假設參與者面對不同樂透有相同之風險態度參數 a_2, 但以不同之機率權重參數, r_1 及 r_2, 來分別衡量單一與複合樂透之客觀機率, 則其對兩樂透之主觀期望效用可表示爲:

$$\begin{cases} L1 = m1^{a_2} \times [0.25 + 0.75 \exp(-(-\ln((P11 - 0.25)/0.75))^{r_2})] \\ \qquad \times [0.25 + 0.75 \exp(-(-\ln((P12 - 0.25)/0.75))^{r_2})], \\ L2 = m2^{a_2} \times [0.25 + 0.75 \exp(-(-\ln((P2 - 0.25)/0.75))^{r_1})]。 \end{cases}$$

我們亦以最大概似法來估計出每位參與者之 a_2、r_1、r_2。

兩種機率權重模式之詳細估計結果可見於附錄2, 而圖6爲各參與者實驗結果所估計機率參數 r_{12}、r_1、r_2 之分布箱形圖。首先是 r_1 的分布比起 r_2 相對集中, 反應出參與者在面對單一樂透時, 有相對穩定的評價模式。值得注意的是: 與 r_{12} 中位數相比, r_1 的中位數相對較高, 而 r_2 中位數則略爲下降, 即 $r_1 > r_2$。當決策者以不同的機率參數來評量不同樂透時, r_1 是決策者賦予單一樂透的權重參數, 而 r_2 是決策者賦予複合樂透的權重參數; 較高的 r_1, 表現在主觀機率上, 是對大於0.5的客觀機率值有相對較高之評價, 而較低的 r_2, 則是對大於0.5的複合樂透之機率值有相對較低之評價。圖7顯示大部分參與者 $r_1 > r_2$ 之傾向, 此差異可能是造成參與者

臺灣大學學術期刊資料庫

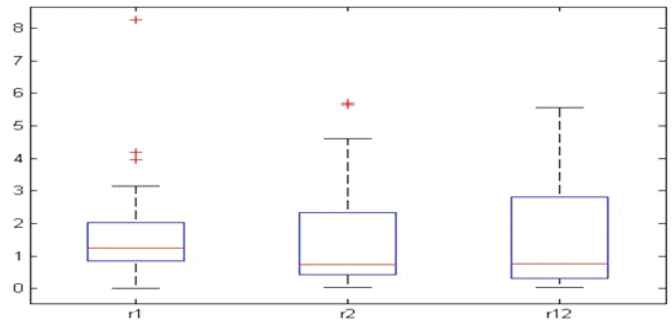


圖 6:

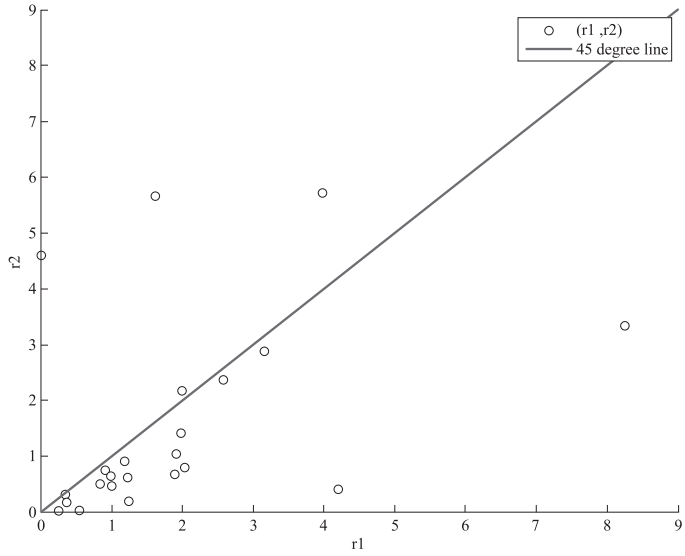


圖 7:

在面臨樂高中獎機率的選擇裡越違反複合樂透轉換公理的原因之一, 不過各種機率權重參數的差異, 並未達到足夠的統計顯著性。

爲了進一步分析不同機率權重參數解釋能力之差異性, 我們亦對個別參與者在兩種機率權重模式之估計進行概似比檢定 (LR Test), 附錄 2 之相關檢定結果顯示, 約有三分之一 (8/23) 之受試者傾向以不同之機率參數來評估複合與單一樂透。

臺灣大學學術期刊資料庫

另外, 因爲考量參與者仍可能以0至1區間之主觀機率來評價各種樂透, 我們亦以未調整之 Prelec (1998) 主觀機率權重函數模型來進行前述之估計。附錄3之相關檢定結果顯示此模型對金錢效用函數參數之估計相對較不穩定, 但大致上與前述估計結果無太顯著之差異。

4 模型分析

前一節使用第三、四類情境之實驗資料來估計每位參與者在兩種可能的風險評估模式之機率權重參數, 此節進一步使用估計所得之參數及其配適值來做樣本外預測能力之評估 (out-of-sample prediction contest), 以分析其對參與者在第一類情境125組試驗中所作選擇之解釋能力, 進而判斷參與者較可能採用之評估模式。

4.1 模型假設

在第一類情境中, 因參與者所面對之單一樂透與複合樂透皆有相同報酬, 決策者評估重點僅在其賦與各樂透之主觀機率權重是否有所差異, 而本文假設其可能有以下之評價模式:

(1) 對於複合樂透和單一樂透賦予相同的機率權重參數, 其主觀機率權重函數爲:

$$w\left(P11, r_{12}\right) = 0.25 + 0.75 \exp\left(-(-\ln((P11 - 0.25)/0.75))^{r_{12}}\right),$$
$$w\left(P12, r_{12}\right) = 0.25 + 0.75 \exp\left(-(-\ln((P12 - 0.25)/0.75))^{r_{12}}\right),$$
$$w\left(P2, r_{12}\right) = 0.25 + 0.75 \exp\left(-(-\ln((P2 - 0.25)/0.75))^{r_{12}}\right)。$$

其中 $w(P11, r_{12})$ 與 $w(P12, r_{12})$ 爲參與者對複合樂透中兩獨立機率之主觀評估, 故所評複合樂透之綜合機率權重爲 $w(P11, r_{12}) \times w(P12, r_{12})$, 而 $w(P2, r_{12})$ 則爲其對單一樂透機率之主觀評估。

(2) 對於複合樂透和單一樂透賦予不同的機率權重參數。其中, 賦予複合樂透的主觀機率權重函數爲:

$$w\left(P11, r_2\right) = 0.25 + 0.75 \exp\left(-(-\ln((P11 - 0.25)/0.75))^{r_2}\right),$$
$$w\left(P12, r_2\right) = 0.25 + 0.75 \exp\left(-(-\ln((P12 - 0.25)/0.75))^{r_2}\right),$$

臺灣大學學術期刊資料庫

表 3: 模型1之 logit 分析結果

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
Constant	−0.0085	0.0403	−0.2104	0.8334
$w(P11, r_{12}) \times w(P12, r_{12}) - w(P2, r_{12})$	5.3144	0.3392	15.6662	0.0000
McFadden R-squared	0.0761	Mean dependent var		0.4657
S.D. dependent var	0.4989	S.E. of regression		0.4728
Akaike info criterion	1.2778	Sum squared resid		642.2811
Schwarz criterion	1.2820	Log likelihood		−1,834.8700
Hannan-Quinn criter.	1.2793	Restr. log likelihood		−1,986.0430
LR statistic	302.3479	Avg. log likelihood		−0.6382
Prob (LR statistic)	0.0000	Marginal Effect		1.1400

而賦予單一樂透的主觀機率權重函數爲:

$$w\left(P2, r_2\right) = 0.25 + 0.75 \exp\left(-(-\ln((P2 - 0.25)/0.75))^{r_2}\right)。$$

此模式下所評複合樂透之綜合機率權重則爲 $w(P11, r_2) \times w(P12, r_2)$。

假設研究參與者以主觀機率權重函數來評估其面對風險, 則其選擇複合樂透之比例, 在第一種思考模式下, 必然受到 $w(P11, r_{12}) \times w(P12, r_{12}) - w(P2, r_{12})$ 之影響; 而若爲第二種模式, 則會受到 $w(P11, r_2) \times w(P12, r_2) - w(P2, r_1)$ 之影響。爲分析不同評價模式之解釋能力, 我們使用第三、四類情境資料所推估之 r_1、r_2 與 r_{12} 爲上述機率權重之參數, 從而計算參與者在第一類情境中之各模式下賦予所面對各種樂透之主觀機率權重之配適值, 隨後再以計量模型分析此機率權重配適值對參與者在第一情境裡選擇複合樂透比例之影響。

4.2 資料分析

表3爲上述模型1之解釋預測分析結果, 而表4則爲模型2; 其中被解釋變數爲參與者在第一類情境中之每次試驗是否選擇複合樂透 (選擇複合樂透計爲1, 選擇單一樂透計爲0), 而解釋變數則爲各模式下複合機率的機率

臺灣大學學術期刊資料庫

表 4: 模型2之 logit 分析結果

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
Constant	0.0933	0.0424	2.2006	0.0278
$w(P11, r_2) \times w(P12, r_2) - w(P2, r_1)$	5.6140	0.3022	18.5756	0.0000
McFadden R-squared	0.1218	Mean dependent var		0.4657
S.D. dependent var	0.4989	S.E. of regression		0.4580
Akaike info criterion	1.2147	Sum squared resid		602.6406
Schwarz criterion	1.2189	Log likelihood		−1,744.1330
Hannan-Quinn criter.	1.2162	Restr. log likelihood		−1,986.0430
LR statistic	483.8217	Avg. log likelihood		−0.6067
Prob (LR statistic)	0.0000	Marginal Effect		1.2300

權重配適值減去單一樂透的機率權重配適值 ($w(P11, r) \times w(P12, r) - w(P2, r)$)。

統計結果顯示, 兩模型中複合樂透與單一樂透間機率權重配適值的差異, 對於參與者選擇複合樂透之比例都有顯著之影響 ($p < 0.00001$), 此符合我們之預期; 若複合樂透之機率權重配適值相對高於單一樂透之機率權重配適值, 代表複合樂透之主觀期望效用將較高, 選擇複合樂透之機率必將有所提升。另外, 在兩種不同模型下, 此權重配適值差異對選擇複合樂透機率之影響, 並未有明顯差異 (5.31 vs. 5.61), 象徵其穩定的解釋能力。另外, 權重配適值之差異, 對於參與者選擇複合樂透機率之邊際影響 (marginal effect), 亦有類似之效果 (1.14 vs. 1.23); 若複合樂透相對於單一樂透之主觀機率增加0.1, 無論以任一模型評估, 其對於參與者選擇複合樂透之機率, 將有微大於0.1之提升。

此外, 若在前述模型中進一步控制參與者之個別因素所可能之影響, 我們亦得到類似之估計結果。表5的模型1a 與2a 分別在原來的模型1與模型2中加入個別參與者之解釋變數; 而模型1b 與2b 除在模型1與模型2中加入個別參與者之解釋變數, 亦使用附錄3中假設參與者主觀機率爲 (0,1) 間所估計之機率權重參數分別計算兩模型中之機率配適值差異。

表5中之解釋變數 Δw 衡量各模型中複合樂透與單一樂透配適機率值之差異; 其對於參與者選擇複合樂透之影響, 有類似於表1與2之正面顯著效果; 甚至若考量個別參與者之可能影響, 此配適機率差異對所有參與者

臺灣大學學術期刊資料庫

表 5: 控制參與者變數下各模型下機率配適差異對選擇複合樂透之影響

	模型1a		模型2a		模型1b		模型2b	
	Coef.	s.e.	Coef.	s.e.	Coef.	s.e.	Coef.	s.e.
Constant	0.00	0.18	0.17	0.18	−0.06	0.18	0.06	0.18
Δw	2.00*	0.51	3.74*	0.38	4.65*	1.38	1.79*	0.30
s2	1.17*	0.28	0.88*	0.29	1.03*	0.29	0.83*	0.29
s3	−1.64*	0.35	−1.43*	0.34	−0.86*	0.49	−1.30*	0.35
s4	−1.13*	0.31	−1.03*	0.30	−0.53	0.41	−1.09*	0.30
s5	−0.30	0.26	−0.29	0.26	0.08	0.32	−0.34	0.26
s6	−0.46	0.26	−0.83*	0.26	−0.56*	0.26	−0.71*	0.26
s7	−0.85*	0.27	−0.77*	0.27	−0.68*	0.28	−0.79*	0.27
s8	−0.25	0.26	−0.33	0.26	−0.13	0.27	−0.32	0.25
s9	3.27*	0.54	2.88*	0.54	3.12*	0.54	2.91*	0.54
s10	−1.12*	0.31	−0.88*	0.30	−0.43	0.45	−0.83*	0.32
s11	−0.12	0.27	0.14	0.27	−0.25	0.26	−0.22	0.26
s12	−0.73*	0.26	−0.58*	0.26	−0.79*	0.26	−0.68*	0.26
s13	−0.72*	0.28	−0.68*	0.27	−0.20	0.35	−0.65*	0.27
s14	0.32	0.26	0.17	0.26	0.44	0.26	0.26	0.26
s15	0.67*	0.27	0.19	0.27	0.55*	0.27	0.62*	0.27
s16	0.20	0.26	−0.08	0.26	0.03	0.26	−0.29	0.27
s17	0.01	0.28	0.18	0.27	0.74	0.44	−0.02	0.27
s18	−0.07	0.28	0.07	0.27	0.60	0.42	0.27	0.29
s19	−0.29	0.26	−0.39	0.26	−0.26	0.26	−0.40	0.25
s20	−1.97*	0.38	−1.82*	0.37	−1.31*	0.49	−1.99*	0.37
s21	−0.74*	0.29	−0.63*	0.28	−0.27	0.37	−0.72*	0.28
s22	−0.78*	0.30	−0.58*	0.29	−0.01	0.46	−0.77*	0.29
s23	−0.97*	0.29	−0.94*	0.28	−0.48	0.36	−0.99*	0.28
Log L	−1,642		−1,597.14		−1,643.75		−1,631	
LR chi2	590.62		680.34		587.14		612.63	

註: * 表示檢定之 p 值小於 0.05。

選擇複合樂透機率, 仍皆有如預期之正面影響。另一方面, 任一模型中之截距項估計值皆不顯著異於 0, 代表若配適機率差異不顯著時, 參與者或

臺灣大學學術期刊資料庫

將平等看待兩種樂透。

另外, 在不同模型的比較上, 無論是以表3、4之三種訊息準則 (Akaike、Schwarz、Hannan-Quinn) 來比較模型1、2, 或是以表5中各種模式估計之概似值來比較各模型, 模型2之解釋能力都略優於模型1; 亦即以不同機率權重模式看待複合與單一樂透, 對參與者是否選擇複合樂透有相對較強之解釋能力。

至於爲什麼在面對等價之複合樂透與單一樂透時, 會主觀上以用不同方式去賦予主觀機率呢? 有幾個可能的原因:

相較於單一樂透, 複合樂透必須多承擔一次風險, 使得複合式機率在一開始在主觀上就容易被低估; 其次是因複合樂透必須要是 $P11$、$P12$ 同時發生才能得到報酬, 故參與者在思考過程中必然是兩者一起列入考慮, 而在機率的主觀評價過程中, $P11$、$P12$ 可能相互影響與扭曲, 使得評價複合樂透的方式和單一樂透有所差異; 另外也有可能是因爲參與者面對複合樂透必須多一次的評估心力, 因而可能產生另一種型態的模糊趨避。然而, 受限於實驗設計, 我們並無法確認可能之原因。

5 複合樂透設計之影響

前文之實驗結果顯示, 決策者在比較單一樂透和複合樂透時, 會以不同方式來賦予主觀機率。爲進一步瞭解決策者在複合樂透中之評價模式是否會受實驗設計之左右, 本節試圖以變異數分析 (ANOVA) 來分別檢驗 $P11$ 和 $P12$ 的差距大小以及難易順序安排, 是否對參與者選擇複合樂透有顯著之影響。

我們首先將所有第一類情境之試驗依照 $P11$ 與 $P12$ 之差距大小分爲三組, 而圖8描述各組資料中, 參與者選擇複合樂透比例之分布情況。其中, 第一組爲 $P11 = P12$ 的情況, 即複合樂透前後風險程度相同, 第二組之 $P11$、$P12$ 相異但其差距小於0.25, 而第三組 $P11$ 和 $P12$ 的差距較爲顯著 ($|P11 - P12| > 0.25$)。

表6爲以 ANOVA 檢驗 $P11$ 與 $P12$ 的差距大小是否會影響參與者選擇之結果; 分析發現 $P11$ 與 $P12$ 的差距大小對於參與者選擇複合式機率的比例並未產生顯著影響。

臺灣大學學術期刊資料庫

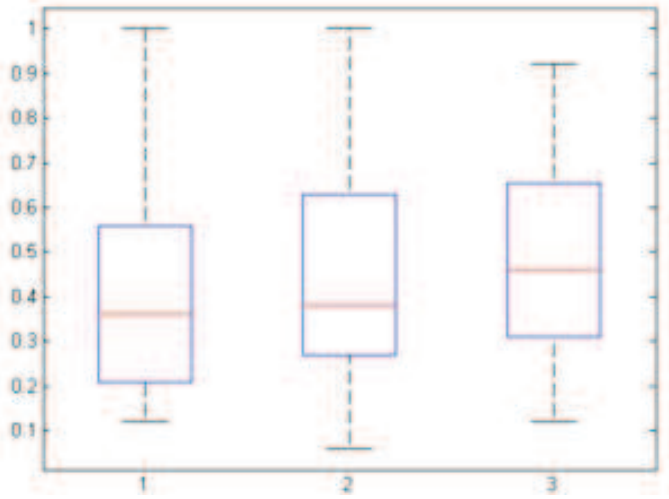


圖 8:

表 6: ANOVA ($P11$、$P12$ 機率差距)

	SS	df	MS	F	Prob > F
Columns	0.0389	2	0.0194	0.32	0.7286
Error	4.0295	66	0.0611		
Total	4.0684	68			

最後分析 $P11$ 與 $P12$ 的大小順序, 即視覺任務之難易順序是否會對參與者的選擇產生影響。我們一樣把資料分爲三組。第一組爲面對兩個機率相同的複合樂透; 第二組爲參與者先面對高機率, 再面對低機率的複合樂透, 即作答順序爲先易後難; 第三組則相反, 先面對低機率, 再面對高機率, 即作答順序爲先難後易。圖 9 描述各組中參與者選擇複合樂透之機率分布情況。

ANOVA 分析結果如表 7 所示, 顯示 $P11$ 與 $P12$ 的大小安排, 即作答順序之難易, 對於參與者選擇複合式機率的比例亦未產生顯著之影響。

臺灣大學學術期刊資料庫

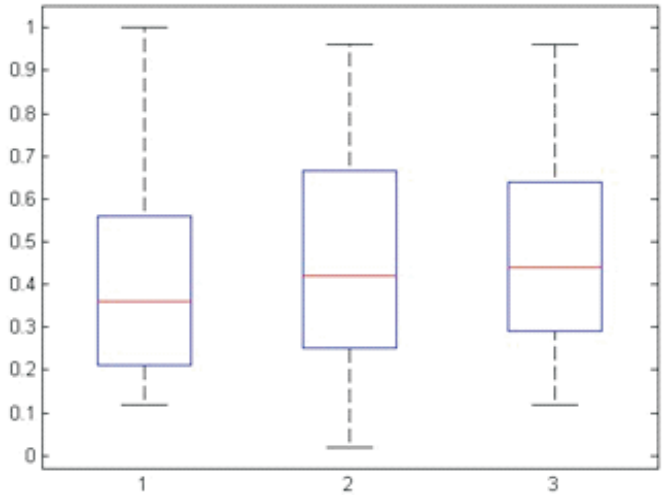


圖 9:

表 7: ANOVA (難易題目作答順序)

	SS	df	MS	F	Prob > *F*
Columns	0.0213	2	0.0107	0.17	0.8418
Error	4.0750	66	0.0617		
Total	4.0964	68			

6 結論

現實生活中之風險情境往往未能明確揭示決策者所需之機率資訊, 而有賴其透過相關資訊蒐集並判斷。在此前提下, 當一組單一樂透以另一種複合形式呈現, 即使最終機率分配維持不變, 決策者是否能會賦予等值之評價, 是值得探詢的問題。本研究嘗試以視覺實驗來模擬此現實風險環境, 並探討在面對此不確定情境下, 經濟決策者之風險態度, 是否違反前述之複合樂透轉換公理。實驗中參與者被要求從兩兩一組, 等同於單一經濟樂透或複合樂透的風險選項裡選擇自己偏好的組合。而實驗結果顯示參與者的決策行爲的確違反複合樂透轉換公理; 在面對具相同機率分配之單一與複合樂透, 其偏向趨避複合樂透之選項。另外, 此趨避傾向, 亦隨最終報酬機率

臺灣大學學術期刊資料庫

之提高而更形顯著。

傳統的期望效用理論, 奠基於獨立性公理與複合樂透轉換公理。相較於不斷有新的行爲觀察與實驗數據來質疑獨立性公理在經濟抉擇上的普遍性, 關於複合樂透轉換公理的行爲檢驗, 卻付諸闕如。可能的原因是在一般的行爲實驗裡, 若要求研究參與者在具相同報酬與最終機率分配之單一樂透與複合樂透裡抉擇, 因爲機率資訊明確揭露, 參與者或能輕易轉換複合樂透隱含之機率分配並與單一樂透比較, 故不容易觀察到違反此轉換公理之現象。因此, 本研究嘗試模糊化實驗參與者所能掌握之機率資訊, 而觀察到其相對較偏好與單一樂透之傾向。

如果參與者對機率資訊的了解程度更低, 上述複合樂透之趨避效應似乎與模糊趨避 (ambiguity aversion) 有相似之處, 但我們以爲其中仍存在差異。在本研究的樂透選擇裡, 參與者對單一與複合樂透的機率資訊掌握程度具有相似性, 其差異處在於複合樂透中多了一階段的風險, 而非如模糊趨避現象中描述的因爲對其中選項的機率資訊匱乏而產生趨避。

但這又與所謂的隔離效果 (isolation effect) 有所差異, 前者描述的是決策者面臨兩階段風險, 即複合樂透的選擇時可能有之偏好反轉情況。在相同的第一階段風險後, 決策者傾向於專注在第二階段的風險而產生趨避, 使得整體抉擇產生偏好反轉。但在本實驗複合樂透與單一樂透的選擇情境裡, 參與者面臨的是相異的第一階段樂透, 不同於上述情況有相同的第一階段風險; 而且我們也觀察到複合樂透中兩個單一樂透之難易順序及其差異並不影響參與者之決策, 此發現更支持本實驗結果是不同於隔離效果。

另外, 本研究亦是文獻上首次轉化此認知視覺實驗來模擬經濟樂透, 此種感知任務與經濟樂透之結合, 相較於動作實驗 (motor task), 更符合一般經濟決策之靜態感知模式。

最後, 本研究亦嘗試用機率權重函數模型來探索風險決策違反複合樂透轉換公理之可能原因。分析結果顯示, 用不同機率權重函數分別評估單一與複合樂透相對較能解釋實驗參與者的選擇。而若以相同機率權重函數同時評估兩種樂透, 則兩主觀機率評估差異所不能解釋參與者之選擇模式的部分, 即展現了其趨避於複合樂透之傾向。

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄 1: 實驗資料設計

$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group	$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group
0.5000	0.5000	500	0.2500	0.0000	500	1	0.9358	0.9084	500	0.8500	0.0000	500	1
0.6552	0.3816	500	0.2500	0.0000	500	1	0.9084	0.9358	300	0.8500	0.0000	300	1
0.3816	0.6552	400	0.2500	0.0000	400	1	0.9500	0.8947	400	0.8500	0.0000	400	1
0.9500	0.2632	400	0.2500	0.0000	400	1	0.8947	0.9500	400	0.8500	0.0000	400	1
0.2632	0.9500	300	0.2500	0.0000	300	1	0.5000	0.5000	500	0.2500	0.0000	500	1
0.6325	0.6325	300	0.4000	0.0000	300	1	0.6552	0.3816	500	0.2500	0.0000	500	1
0.7594	0.5268	500	0.4000	0.0000	500	1	0.3816	0.6552	400	0.2500	0.0000	400	1
0.5268	0.7594	500	0.4000	0.0000	500	1	0.9500	0.2632	400	0.2500	0.0000	400	1
0.9500	0.4211	400	0.4000	0.0000	400	1	0.2632	0.9500	300	0.2500	0.0000	300	1
0.4211	0.9500	400	0.4000	0.0000	400	1	0.6325	0.6325	500	0.4000	0.0000	500	1
0.7416	0.7416	500	0.5500	0.0000	500	1	0.7594	0.5268	500	0.4000	0.0000	500	1
0.8330	0.6603	300	0.5500	0.0000	300	1	0.5268	0.7594	400	0.4000	0.0000	400	1
0.6603	0.8330	500	0.5500	0.0000	500	1	0.9500	0.4211	300	0.4000	0.0000	300	1
0.9500	0.5790	400	0.5500	0.0000	400	1	0.4211	0.9500	400	0.4000	0.0000	400	1
0.5790	0.9500	400	0.5500	0.0000	400	1	0.7416	0.7416	300	0.5500	0.0000	300	1
0.8367	0.8367	500	0.7000	0.0000	500	1	0.8330	0.6603	500	0.5500	0.0000	500	1
0.8897	0.7868	500	0.7000	0.0000	500	1	0.6603	0.8330	500	0.5500	0.0000	500	1
0.7868	0.8897	300	0.7000	0.0000	300	1	0.9500	0.5790	400	0.5500	0.0000	400	1
0.9500	0.7368	400	0.7000	0.0000	400	1	0.5790	0.9500	400	0.5500	0.0000	400	1
0.7368	0.9500	400	0.7000	0.0000	400	1	0.8367	0.8367	500	0.7000	0.0000	500	1
0.9220	0.9220	500	0.8500	0.0000	500	1	0.8897	0.7868	300	0.7000	0.0000	300	1
0.9358	0.9084	500	0.8500	0.0000	500	1	0.7868	0.8897	500	0.7000	0.0000	500	1
0.9084	0.9358	400	0.8500	0.0000	400	1	0.9500	0.7368	400	0.7000	0.0000	400	1
0.9500	0.8947	300	0.8500	0.0000	300	1	0.7368	0.9500	400	0.7000	0.0000	400	1
0.8947	0.9500	400	0.8500	0.0000	400	1	0.9220	0.9220	500	0.8500	0.0000	500	1
0.5000	0.5000	500	0.2500	0.0000	500	1	0.9358	0.9084	500	0.8500	0.0000	500	1
0.6552	0.3816	500	0.2500	0.0000	500	1	0.9084	0.9358	300	0.8500	0.0000	300	1
0.3816	0.6552	400	0.2500	0.0000	400	1	0.9500	0.8947	400	0.8500	0.0000	400	1
0.9500	0.2632	300	0.2500	0.0000	300	1	0.8947	0.9500	400	0.8500	0.0000	400	1
0.2632	0.9500	400	0.2500	0.0000	400	1	0.5000	0.5000	500	0.2500	0.0000	500	1
0.6325	0.6325	500	0.4000	0.0000	500	1	0.6552	0.3816	500	0.2500	0.0000	500	1
0.7594	0.5268	500	0.4000	0.0000	500	1	0.3816	0.6552	400	0.2500	0.0000	400	1
0.5268	0.7594	400	0.4000	0.0000	400	1	0.9500	0.2632	400	0.2500	0.0000	400	1
0.9500	0.4211	400	0.4000	0.0000	400	1	0.2632	0.9500	300	0.2500	0.0000	300	1
0.4211	0.9500	300	0.4000	0.0000	300	1	0.6325	0.6325	300	0.4000	0.0000	300	1
0.7416	0.7416	300	0.5500	0.0000	300	1	0.7594	0.5268	500	0.4000	0.0000	500	1
0.8330	0.6603	500	0.5500	0.0000	500	1	0.5268	0.7594	500	0.4000	0.0000	500	1
0.6603	0.8330	500	0.5500	0.0000	500	1	0.9500	0.4211	400	0.4000	0.0000	400	1
0.9500	0.5790	400	0.5500	0.0000	400	1	0.4211	0.9500	400	0.4000	0.0000	400	1
0.5790	0.9500	400	0.5500	0.0000	400	1	0.7416	0.7416	500	0.5500	0.0000	500	1
0.8367	0.8367	500	0.7000	0.0000	500	1	0.8330	0.6603	500	0.5500	0.0000	500	1
0.8897	0.7868	300	0.7000	0.0000	300	1	0.6603	0.8330	400	0.5500	0.0000	400	1
0.7868	0.8897	500	0.7000	0.0000	500	1	0.9500	0.5790	300	0.5500	0.0000	300	1
0.9500	0.7368	400	0.7000	0.0000	400	1	0.5790	0.9500	400	0.5500	0.0000	400	1
0.7368	0.9500	400	0.7000	0.0000	400	1	0.8367	0.8367	500	0.7000	0.0000	500	1
0.9220	0.9220	500	0.8500	0.0000	500	1	0.8897	0.7868	300	0.7000	0.0000	300	1

續接下頁

臺灣大學學術期刊資料庫

承接上頁

$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group	$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group
0.7868	0.8897	500	0.7000	0.0000	500	1	0.5500	0.0000	400	0.5500	0.0000	400	2
0.9500	0.7368	400	0.7000	0.0000	400	1	0.5500	0.0000	300	0.5500	0.0000	300	2
0.7368	0.9500	400	0.7000	0.0000	400	1	0.5500	0.0000	500	0.5500	0.0000	500	2
0.9220	0.9220	500	0.8500	0.0000	500	1	0.5500	0.0000	400	0.5500	0.0000	400	2
0.9358	0.9084	500	0.8500	0.0000	500	1	0.5500	0.0000	300	0.5500	0.0000	300	2
0.9084	0.9358	300	0.8500	0.0000	300	1	0.7000	0.0000	500	0.7000	0.0000	500	2
0.9500	0.8947	400	0.8500	0.0000	400	1	0.7000	0.0000	400	0.7000	0.0000	400	2
0.8947	0.9500	400	0.8500	0.0000	400	1	0.7000	0.0000	300	0.7000	0.0000	300	2
0.5000	0.5000	500	0.2500	0.0000	500	1	0.7000	0.0000	500	0.7000	0.0000	500	2
0.6552	0.3816	500	0.2500	0.0000	500	1	0.7000	0.0000	400	0.7000	0.0000	400	2
0.3816	0.6552	400	0.2500	0.0000	400	1	0.7000	0.0000	300	0.7000	0.0000	300	2
0.9500	0.2632	400	0.2500	0.0000	400	1	0.8500	0.0000	500	0.8500	0.0000	500	2
0.2632	0.9500	300	0.2500	0.0000	300	1	0.8500	0.0000	400	0.8500	0.0000	400	2
0.6325	0.6325	300	0.4000	0.0000	300	1	0.8500	0.0000	300	0.8500	0.0000	300	2
0.7594	0.5268	500	0.4000	0.0000	500	1	0.8500	0.0000	500	0.8500	0.0000	500	2
0.5268	0.7594	500	0.4000	0.0000	500	1	0.8500	0.0000	400	0.8500	0.0000	400	2
0.9500	0.4211	400	0.4000	0.0000	400	1	0.8500	0.0000	300	0.8500	0.0000	300	2
0.4211	0.9500	400	0.4000	0.0000	400	1	0.2500	0.0000	600	0.3000	0.0000	500	3
0.7416	0.7416	500	0.5500	0.0000	500	1	0.3875	0.0000	480	0.4650	0.0000	400	3
0.8330	0.6603	300	0.5500	0.0000	300	1	0.5250	0.0000	480	0.6300	0.0000	400	3
0.6603	0.8330	500	0.5500	0.0000	500	1	0.6625	0.0000	360	0.7950	0.0000	300	3
0.9500	0.5790	400	0.5500	0.0000	400	1	0.8000	0.0000	360	0.9600	0.0000	300	3
0.5790	0.9500	400	0.5500	0.0000	400	1	0.3000	0.0000	500	0.2500	0.0000	600	3
0.8367	0.8367	500	0.7000	0.0000	500	1	0.4650	0.0000	400	0.3875	0.0000	480	3
0.8897	0.7868	500	0.7000	0.0000	500	1	0.6300	0.0000	400	0.5250	0.0000	480	3
0.7868	0.8897	400	0.7000	0.0000	400	1	0.7950	0.0000	300	0.6625	0.0000	360	3
0.9500	0.7368	300	0.7000	0.0000	300	1	0.9600	0.0000	300	0.8000	0.0000	360	3
0.7368	0.9500	400	0.7000	0.0000	400	1	0.2500	0.0000	600	0.3000	0.0000	500	3
0.9220	0.9220	500	0.8500	0.0000	500	1	0.3875	0.0000	480	0.4650	0.0000	400	3
0.9358	0.9084	500	0.8500	0.0000	500	1	0.5250	0.0000	480	0.6300	0.0000	400	3
0.9084	0.9358	300	0.8500	0.0000	300	1	0.6625	0.0000	360	0.7950	0.0000	300	3
0.9500	0.8947	400	0.8500	0.0000	400	1	0.8000	0.0000	360	0.9600	0.0000	300	3
0.8947	0.9500	400	0.8500	0.0000	400	1	0.3000	0.0000	500	0.2500	0.0000	600	3
0.2500	0.0000	500	0.2500	0.0000	500	2	0.4650	0.0000	400	0.3875	0.0000	480	3
0.2500	0.0000	400	0.2500	0.0000	400	2	0.6300	0.0000	400	0.5250	0.0000	480	3
0.2500	0.0000	300	0.2500	0.0000	300	2	0.7950	0.0000	300	0.6625	0.0000	360	3
0.2500	0.0000	500	0.2500	0.0000	500	2	0.9600	0.0000	300	0.8000	0.0000	360	3
0.2500	0.0000	400	0.2500	0.0000	400	2	0.2500	0.0000	600	0.3000	0.0000	500	3
0.2500	0.0000	300	0.2500	0.0000	300	2	0.3875	0.0000	480	0.4650	0.0000	400	3
0.4000	0.0000	500	0.4000	0.0000	500	2	0.5250	0.0000	480	0.6300	0.0000	400	3
0.4000	0.0000	400	0.4000	0.0000	400	2	0.6625	0.0000	360	0.7950	0.0000	300	3
0.4000	0.0000	300	0.4000	0.0000	300	2	0.8000	0.0000	360	0.9600	0.0000	300	3
0.4000	0.0000	500	0.4000	0.0000	500	2	0.3000	0.0000	500	0.2500	0.0000	600	3
0.4000	0.0000	400	0.4000	0.0000	400	2	0.4650	0.0000	400	0.3875	0.0000	480	3
0.4000	0.0000	300	0.4000	0.0000	300	2	0.6300	0.0000	400	0.5250	0.0000	480	3
0.5500	0.0000	500	0.5500	0.0000	500	2	0.7950	0.0000	300	0.6625	0.0000	360	3

續接下頁

臺灣大學學術期刊會授權

承接上頁

$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group	$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group
0.9600	0.0000	300	0.8000	0.0000	360	3	0.2500	0.0000	600	0.3750	0.0000	500	3
0.2500	0.0000	600	0.3000	0.0000	500	3	0.3500	0.0000	480	0.5250	0.0000	400	3
0.3875	0.0000	480	0.4650	0.0000	400	3	0.4500	0.0000	480	0.6750	0.0000	400	3
0.5250	0.0000	480	0.6300	0.0000	400	3	0.5500	0.0000	360	0.8250	0.0000	300	3
0.6625	0.0000	360	0.7950	0.0000	300	3	0.6500	0.0000	360	0.9750	0.0000	300	3
0.8000	0.0000	360	0.9600	0.0000	300	3	0.2500	0.0000	600	0.3900	0.0000	500	3
0.3000	0.0000	500	0.2500	0.0000	600	3	0.3500	0.0000	480	0.5300	0.0000	400	3
0.4650	0.0000	400	0.3875	0.0000	480	3	0.4500	0.0000	480	0.6700	0.0000	400	3
0.6300	0.0000	400	0.5250	0.0000	480	3	0.5500	0.0000	360	0.8100	0.0000	300	3
0.7950	0.0000	300	0.6625	0.0000	360	3	0.6500	0.0000	360	0.9500	0.0000	300	3
0.9600	0.0000	300	0.8000	0.0000	360	3	0.2500	0.0000	600	0.3900	0.0000	500	3
0.2500	0.0000	600	0.3000	0.0000	500	3	0.3500	0.0000	480	0.5300	0.0000	400	3
0.3875	0.0000	480	0.4650	0.0000	400	3	0.4500	0.0000	480	0.6700	0.0000	400	3
0.5250	0.0000	480	0.6300	0.0000	400	3	0.5500	0.0000	360	0.8100	0.0000	300	3
0.6625	0.0000	360	0.7950	0.0000	300	3	0.6500	0.0000	360	0.9500	0.0000	300	3
0.8000	0.0000	360	0.9600	0.0000	300	3	0.5000	0.5000	600	0.3000	0.0000	500	4
0.3000	0.0000	500	0.2500	0.0000	600	3	0.6225	0.6225	480	0.4650	0.0000	400	4
0.4650	0.0000	400	0.3875	0.0000	480	3	0.7246	0.7246	480	0.6300	0.0000	400	4
0.6300	0.0000	400	0.5250	0.0000	480	3	0.8139	0.8139	360	0.7950	0.0000	300	4
0.7950	0.0000	300	0.6625	0.0000	360	3	0.8944	0.8944	360	0.9600	0.0000	300	4
0.9600	0.0000	300	0.8000	0.0000	360	3	0.5477	0.5477	500	0.2500	0.0000	600	4
0.2500	0.0000	550	0.3000	0.0000	500	3	0.6819	0.6819	400	0.3875	0.0000	480	4
0.3875	0.0000	440	0.4650	0.0000	400	3	0.7937	0.7937	400	0.5250	0.0000	480	4
0.5250	0.0000	440	0.6300	0.0000	400	3	0.8916	0.8916	300	0.6625	0.0000	360	4
0.6625	0.0000	330	0.7950	0.0000	300	3	0.9798	0.9798	300	0.8000	0.0000	360	4
0.8000	0.0000	330	0.9600	0.0000	300	3	0.9500	0.2632	600	0.3000	0.0000	500	4
0.3000	0.0000	500	0.2500	0.0000	750	3	0.9500	0.4079	480	0.4650	0.0000	400	4
0.4650	0.0000	400	0.3875	0.0000	600	3	0.9500	0.5526	480	0.6300	0.0000	400	4
0.6300	0.0000	400	0.5250	0.0000	600	3	0.9500	0.6974	360	0.7950	0.0000	300	4
0.7950	0.0000	300	0.6625	0.0000	450	3	0.9500	0.8421	360	0.9600	0.0000	300	4
0.9600	0.0000	300	0.8000	0.0000	450	3	0.9500	0.3158	500	0.2500	0.0000	600	4
0.2500	0.0000	850	0.3000	0.0000	500	3	0.9500	0.4895	400	0.3875	0.0000	480	4
0.3875	0.0000	680	0.4650	0.0000	400	3	0.9500	0.6632	400	0.5250	0.0000	480	4
0.5250	0.0000	680	0.6300	0.0000	400	3	0.9500	0.8368	300	0.6625	0.0000	360	4
0.6625	0.0000	510	0.7950	0.0000	300	3	0.9798	0.9798	300	0.8000	0.0000	360	4
0.8000	0.0000	510	0.9600	0.0000	300	3	0.9500	0.2632	600	0.3000	0.0000	500	4
0.3000	0.0000	500	0.2500	0.0000	1000	3	0.9500	0.4079	480	0.4650	0.0000	400	4
0.4650	0.0000	400	0.3875	0.0000	800	3	0.9500	0.5526	480	0.6300	0.0000	400	4
0.6300	0.0000	400	0.5250	0.0000	800	3	0.9500	0.6974	360	0.7950	0.0000	300	4
0.7950	0.0000	300	0.6625	0.0000	600	3	0.9500	0.8421	360	0.9600	0.0000	300	4
0.9600	0.0000	300	0.8000	0.0000	600	3	0.9500	0.3158	500	0.2500	0.0000	600	4
0.2500	0.0000	600	0.3750	0.0000	500	3	0.9500	0.4895	400	0.3875	0.0000	480	4
0.3500	0.0000	480	0.5250	0.0000	400	3	0.9500	0.6632	400	0.5250	0.0000	480	4
0.4500	0.0000	480	0.6750	0.0000	400	3	0.9500	0.8368	300	0.6625	0.0000	360	4
0.5500	0.0000	360	0.8250	0.0000	300	3	0.9798	0.9798	300	0.8000	0.0000	360	4
0.6500	0.0000	360	0.9750	0.0000	300	3	0.2632	0.9500	600	0.3000	0.0000	500	4

續接下頁

臺灣大學學術期刊資料庫

承接上頁

$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group	$p11$	$p12$	$m11$	$p21$	$p22$	$m21$	group
0.4079	0.9500	480	0.4650	0.0000	400	4	0.8216	0.8216	400	0.4500	0.0000	480	4
0.5526	0.9500	480	0.6300	0.0000	400	4	0.9083	0.9083	300	0.5500	0.0000	360	4
0.6974	0.9500	360	0.7950	0.0000	300	4	0.9874	0.9874	300	0.6500	0.0000	360	4
0.8421	0.9500	360	0.9600	0.0000	300	4	0.5000	0.5000	600	0.3900	0.0000	500	4
0.3158	0.9500	500	0.2500	0.0000	600	4	0.5916	0.5916	480	0.5300	0.0000	400	4
0.4895	0.9500	400	0.3875	0.0000	480	4	0.6708	0.6708	480	0.6700	0.0000	400	4
0.6632	0.9500	400	0.5250	0.0000	480	4	0.7416	0.7416	360	0.8100	0.0000	300	4
0.8368	0.9500	300	0.6625	0.0000	360	4	0.8062	0.8062	360	0.9500	0.0000	300	4
0.9798	0.9798	300	0.8000	0.0000	360	4	0.6245	0.6245	500	0.2500	0.0000	600	4
0.2632	0.9500	600	0.3000	0.0000	500	4	0.7280	0.7280	400	0.3500	0.0000	480	4
0.4079	0.9500	480	0.4650	0.0000	400	4	0.8185	0.8185	400	0.4500	0.0000	480	4
0.5526	0.9500	480	0.6300	0.0000	400	4	0.9000	0.9000	300	0.5500	0.0000	360	4
0.6974	0.9500	360	0.7950	0.0000	300	4	0.9747	0.9747	300	0.6500	0.0000	360	4
0.8421	0.9500	360	0.9600	0.0000	300	4	0.3162	0.3162	500	0.2500	0.0000	500	5
0.3158	0.9500	500	0.2500	0.0000	600	4	0.6325	0.6325	400	0.2500	0.0000	400	5
0.4895	0.9500	400	0.3875	0.0000	480	4	0.7416	0.7416	300	0.2500	0.0000	300	5
0.6632	0.9500	400	0.5250	0.0000	480	4	0.8367	0.8367	200	0.2500	0.0000	200	5
0.8368	0.9500	300	0.6625	0.0000	360	4	0.3873	0.3873	500	0.3000	0.0000	500	5
0.9798	0.9798	300	0.8000	0.0000	360	4	0.6708	0.6708	400	0.3000	0.0000	400	5
0.9500	0.2632	550	0.3000	0.0000	500	4	0.7746	0.7746	300	0.3000	0.0000	300	5
0.9500	0.4079	440	0.4650	0.0000	400	4	0.8660	0.8660	200	0.3000	0.0000	200	5
0.9500	0.5526	440	0.6300	0.0000	400	4	0.3873	0.3873	500	0.4500	0.0000	500	5
0.9500	0.6974	330	0.7950	0.0000	300	4	0.5477	0.5477	400	0.4500	0.0000	400	5
0.9500	0.8421	330	0.9600	0.0000	300	4	0.7746	0.7746	300	0.4500	0.0000	300	5
0.9500	0.3158	500	0.2500	0.0000	750	4	0.8660	0.8660	200	0.4500	0.0000	200	5
0.9500	0.4895	400	0.3875	0.0000	600	4	0.5477	0.5477	500	0.6000	0.0000	500	5
0.9500	0.6632	400	0.5250	0.0000	600	4	0.6708	0.6708	400	0.6000	0.0000	400	5
0.9500	0.8368	300	0.6625	0.0000	450	4	0.8660	0.8660	300	0.6000	0.0000	300	5
0.9798	0.9798	300	0.8000	0.0000	450	4	0.9487	0.9487	200	0.6000	0.0000	200	5
0.2632	0.9500	850	0.3000	0.0000	500	4	0.5477	0.5477	500	0.7500	0.0000	500	5
0.4079	0.9500	680	0.4650	0.0000	400	4	0.6708	0.6708	400	0.7500	0.0000	400	5
0.5526	0.9500	680	0.6300	0.0000	400	4	0.7746	0.7746	300	0.7500	0.0000	300	5
0.6974	0.9500	510	0.7950	0.0000	300	4	0.9487	0.9487	200	0.7500	0.0000	200	5
0.8421	0.9500	510	0.9600	0.0000	300	4	0.2500	0.0000	500	0.4500	0.0000	500	5
0.3158	0.9500	500	0.2500	0.0000	1000	4	0.3000	0.0000	500	0.5000	0.0000	500	5
0.4895	0.9500	400	0.3875	0.0000	800	4	0.3500	0.0000	500	0.5500	0.0000	500	5
0.6632	0.9500	400	0.5250	0.0000	800	4	0.4000	0.0000	400	0.6000	0.0000	400	5
0.8368	0.9500	300	0.6625	0.0000	600	4	0.4500	0.0000	400	0.6500	0.0000	400	5
0.9798	0.9798	300	0.8000	0.0000	600	4	0.5000	0.0000	400	0.7000	0.0000	400	5
0.5000	0.5000	600	0.3750	0.0000	500	4	0.5500	0.0000	300	0.7500	0.0000	300	5
0.5916	0.5916	480	0.5250	0.0000	400	4	0.6000	0.0000	300	0.8000	0.0000	300	5
0.6708	0.6708	480	0.6750	0.0000	400	4	0.6500	0.0000	300	0.8500	0.0000	300	5
0.7416	0.7416	360	0.8250	0.0000	300	4	0.7000	0.0000	300	0.9000	0.0000	300	5
0.8062	0.8062	360	0.9750	0.0000	300	4							
0.6124	0.6124	500	0.2500	0.0000	600	4							
0.7246	0.7246	400	0.3500	0.0000	480	4							

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄2: 參數估計與概似比檢定 (主觀機率介於0.25至1)

	$-\sum$L	$a12$	$r12$	$-\sum$L	$a2$	$r1$	$r2$	LR
s1	56.26	0.62	1.51	50.92	0.68	1.91	1.05	10.68*
s2	58.47	0.94	2.13	58.44	0.93	1.99	2.17	0.05
s3	44.69	0.67	0.03	42.26	0.80	0.55	0.03	4.86*
s4	31.63	0.94	0.13	31.09	0.95	0.37	0.18	1.09
s5	59.70	0.98	0.45	59.36	0.92	0.84	0.51	0.66
s6	57.43	0.78	0.78	43.43	0.75	1.89	0.68	27.99*
s7	58.76	0.76	0.76	58.55	0.76	0.91	0.75	0.42
s8	57.16	0.47	4.47	53.87	0.23	0.00	4.60	6.58*
s9	58.91	0.87	0.28	52.13	0.82	4.20	0.41	13.58*
s10	57.97	1.57	3.12	54.83	1.34	2.03	0.80	6.27*
s11	57.37	0.81	0.41	55.67	0.77	1.00	0.48	3.40
s12	60.22	0.44	1.60	59.74	0.47	1.98	1.41	0.96
s13	60.10	0.83	4.22	58.40	0.69	1.62	5.66	3.40
s14	59.53	0.78	2.45	59.52	0.78	2.58	2.38	0.03
s15	61.03	0.52	0.95	60.78	0.52	1.19	0.92	0.51
s16	49.31	0.93	0.30	49.29	0.94	0.34	0.31	0.05
s17	59.26	0.63	4.30	58.74	0.61	8.25	3.34	1.05
s18	58.11	0.58	0.61	53.89	0.57	1.23	0.62	8.44*
s19	59.47	0.48	2.94	59.46	0.48	3.16	2.89	0.02
s20	57.10	0.49	0.07	52.49	0.56	1.25	0.21	9.22*
s21	52.93	1.01	5.57	52.82	1.03	3.98	5.72	0.22
s22	31.78	1.30	0.03	30.77	1.41	0.24	0.03	2.03
s23	58.07	0.84	0.63	56.98	0.82	0.99	0.64	2.17
average	55.01	0.79	1.64	52.76	0.78	1.85	1.56	4.51
s.e.	8.23	0.27	1.69	8.48	0.27	1.79	1.75	6.44

註: * 表示概似比檢定之 p 值小於0.05。

臺灣大學學術期刊資料庫

附錄3: 參數估計與概似比檢定 (主觀機率介於0至1)

	$-\sum$L	$a12$	$r12$	$-\sum$L	$a2$	$r1$	$r2$	LR
s1	57.95	0.68	1.25	57.36	0.71	1.41	1.21	1.18
s2	59.48	1.18	1.84	55.16	0.97	0.31	1.69	8.65*
s3	46.03	0.98	0.02	43.36	2.20	1.82	0.00	5.34*
s4	30.07	0.96	0.20	28.06	1.08	0.89	0.35	4.02*
s5	58.79	0.96	0.48	58.77	0.99	0.53	0.49	0.03
s6	56.92	0.76	0.79	51.93	0.87	1.34	0.78	10.00*
s7	59.16	0.75	0.85	59.14	0.75	0.90	0.85	0.05
s8	54.89	0.63	2.22	30.83	0.20	0.00	1.63	48.13*
s9	60.42	1.20	0.06	55.92	0.93	1.78	0.80	9.00*
s10	57.60	1.20	1.40	55.77	1.26	1.73	1.20	3.66
s11	58.53	1.05	0.37	57.38	1.03	0.96	0.47	2.31
s12	61.89	0.49	1.04	61.51	0.45	0.81	1.09	0.75
s13	58.76	0.82	1.92	58.73	0.77	1.68	1.84	0.05
s14	58.22	0.81	2.06	54.79	0.81	0.00	1.82	6.86*
s15	61.05	0.51	1.03	60.98	0.50	0.89	1.00	0.13
s16	48.77	0.99	0.35	48.67	1.02	0.47	0.38	0.21
s17	59.91	0.84	2.52	54.40	0.50	14.64	8.61	11.03*
s18	57.90	0.56	0.66	56.45	0.62	1.19	0.72	2.90
s19	57.50	0.58	2.19	51.82	0.02	0.00	1.70	11.38*
s20	57.20	0.46	0.11	53.88	2.83	3.26	0.00	6.64*
s21	58.79	2.86	1.79	50.99	1.55	0.22	1.76	15.59*
s22	28.92	1.40	0.15	28.32	1.54	0.36	0.18	1.20
s23	58.98	0.86	0.72	58.52	0.90	1.00	0.76	0.92
average	55.12	0.94	1.04	51.86	0.98	1.57	1.28	6.52
s.e.	8.83	0.49	0.80	9.90	0.61	2.95	1.70	10.12

註: * 表示概似比檢定之 p 值小於0.05。

臺灣大學學術期刊資料庫

參考文獻

Camerer, Colin F. and Teck-Hua Ho (1994), "Violations of the Betweenness Axiom and Nonlinearity in Probability," *Journal of Risk and Uncertainty*, 8, 167–196.

Ellsberg, Daniel (1961), "Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms," *Quarterly Journal of Economics*, 75, 643–669.

Gonzalez, Richard and George Wu (1999), "On the Shape of the Probability Weighting Function," *Cognitive Psychology*, 38, 129–166.

Hsu, Ming, Ian Krajbich, Chen Zhao, and Colin. F. Camerer (2009), "Neural Response to Reward Anticipation under Risk Is Nonlinear in Probabilities," *Journal of Neuroscience*, 29, 2231–2237.

Kahneman, Daniel and Amos Tversky (1979), "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk," *Econometrica*, 47, 263–291.

Najemnik, Jiri and Wilson S. Geisler (2005), "Optimal Eye Movement Strategies in Visual Search," *Nature*, 434, 387–391.

Newsome, William T., Kenneth H. Britten, and J. Anthony Movshon (1989), "Neuronal Correlates of a Perceptual Decision," *Nature*, 341, 52–54.

Newsome, William T. and Edmond B. Pare (1988), "A Selective Impairment of Motion Perception Following Lesions of the Middle Temporal Visual Area (MT)," *Journal of Neuroscience*, 8, 2201–2211.

Prelec, Drazen (1998), "The Probability Weighting Function," *Econometrica*, 66, 497–527.

Segal, Uzi (1990), "Two-Stage Lotteries without the Reduction Axiom," *Econometrica*, 58, 349–377.

Seydell, Anna, Brian C. McCann, Julia Trommershäuser, and David. C. Knill (2008), "Learning Stochastic Reward Distributions in a Speeded Pointing Task," *Journal of Neuroscience*, 28, 4356–4367.

Trommershäuser, Julia, Laurence T. Maloney, and Michael S. Landy (2008), "Decision Making, Movement Planning and Statistical Decision Theory," *Trends in Cognitive Sciences*, 12, 291–297.

Tversky, Amos and Daniel Kahneman (1992), "Advances in Prospect Theory: Cumulative Representation of Uncertainty," *Journal of Risk and Uncertainty*, 5, 297–323.

von Neumann, John and Oskar Morgenstern (1944), *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, New Jersey: Princeton Univeristy Rress.

Wu, George and Richard Gonzalez (1996), "Curvature of the Probability Weighting Function," *Management Science*, 42, 1676–1690.

臺灣大學學術期刊資料庫

Wu, Shih-Wei, Mauricio R. Delgado, and Laurence T. Maloney (2009), "Economic Decision-Making Compared with an Equivalent Motor Task," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 6088–6093.

——— (2011), "The Neural Correlates of Subjective Utility of Monetary Outcome and Probability Weight in Economic and in Motor Decision under Risk," *Journal of Neuroscience*, 31, 8822–8831.

投稿日期: 2012年11月22日, 接受日期: 2014年12月26日

臺灣大學學術期刊資料庫

Aversion to Compound Lotteries — Lessons From Experimental Results of Visual Motion Tasks

Pang-Jung Liu

Department of Economics, National Cheng Kung University

Chun-Chia Kung

Department of Psychology, National Cheng Kung University

Kai-Han Tseng

Department of Computer Science and Informaton Engineering, National Cheng Kung University

Ming-Hung Weng

Department of Economics, National Cheng Kung University

This research uses visual task experiments to mimic a realistic environment in which risky decisions are made without explicit information regarding probabilities of happening events, and to investigate how individuals make economic decisions when facing such uncertainty. During the experiment, participants choose between pairs of economic alternatives mathematically equivalent to either simple or compound lotteries. Their final payments are a fixed proportion of the cumulative money earned from all lottery choices. The results suggest: (1) decision makers are averse to compound lotteries when choosing between simple and compound lotteries of mathematically equivalent probability distributions; (2) there is a stronger aversion to compound lotteries when facing a higher overall probability of gaining a monetary reward; (3) individuals use different probability weighting functions to evaluate probabilities in compound and simple lotteries; and (4) the order of probabilities and their differences in compound lotteries do not have significant impact on individuals' choices.

Keywords: visual task, probability weighting function, reduction of compound lottery axiom

JEL classification: D80, D81

臺灣大學學術期刊資料庫