

以機率加權期望效用(RDEU)模型 評價限制型股票混和員工認股權薪酬

Evaluation of Restricted Stock mixed Employee Stock Option Compensation
using the Probability-Weighted Expected Utility model (RDEU)

指導教授：戴天時

學生：陳品勳

目錄

01

限制型股票和員工認股權簡介

02

文獻回顧

03

研究方法

04

研究結果

05

結論

01 限制型股票和員工選擇權簡介

公司發薪水方式

限制型股票：

優：
有機會賺取更高報酬(變相加薪)
公司倒閉前都是價內

劣：
承擔股價的波動性
閉鎖期後才有流動性
RS課徵累進所得稅&資本利得稅

員工認股權：

優：
有機會賺取更高報酬(變相加薪)
QSO課徵資本利得稅

劣：
承擔股價的波動性(可能價值為0)
閉鎖期後才有流動性
NQSO課徵累進所得稅&資本利得稅

現金：

優：
固定金額，直接領取，流動性高

劣：
課徵累進所得稅

獎金：

達到某些績效可獲得的獎勵
由於獎金沒有固定的形式
我們暫不考慮這項部分



定義

「限制型股票」

但他在會計的歸屬上並非特別股

限制型股票(Restricted Stock, RS) 是一種類似特別股的股票，他擁有一段閉鎖期，在這段時間內，持有人無法對它進行交易，而閉鎖期後，它會被認列成普通股。

並且從授予日起，限制型股票就會有股息收益。

「員工認股選擇權」

員工認股選擇權(Employee Stock Option, ESO) 是標的物為公司股票的美式買權，但相較普通美式買權，他多了兩個限制：

1. 閉鎖期(vesting period)內無法履約
2. 員工不能放空此買權與公司股票

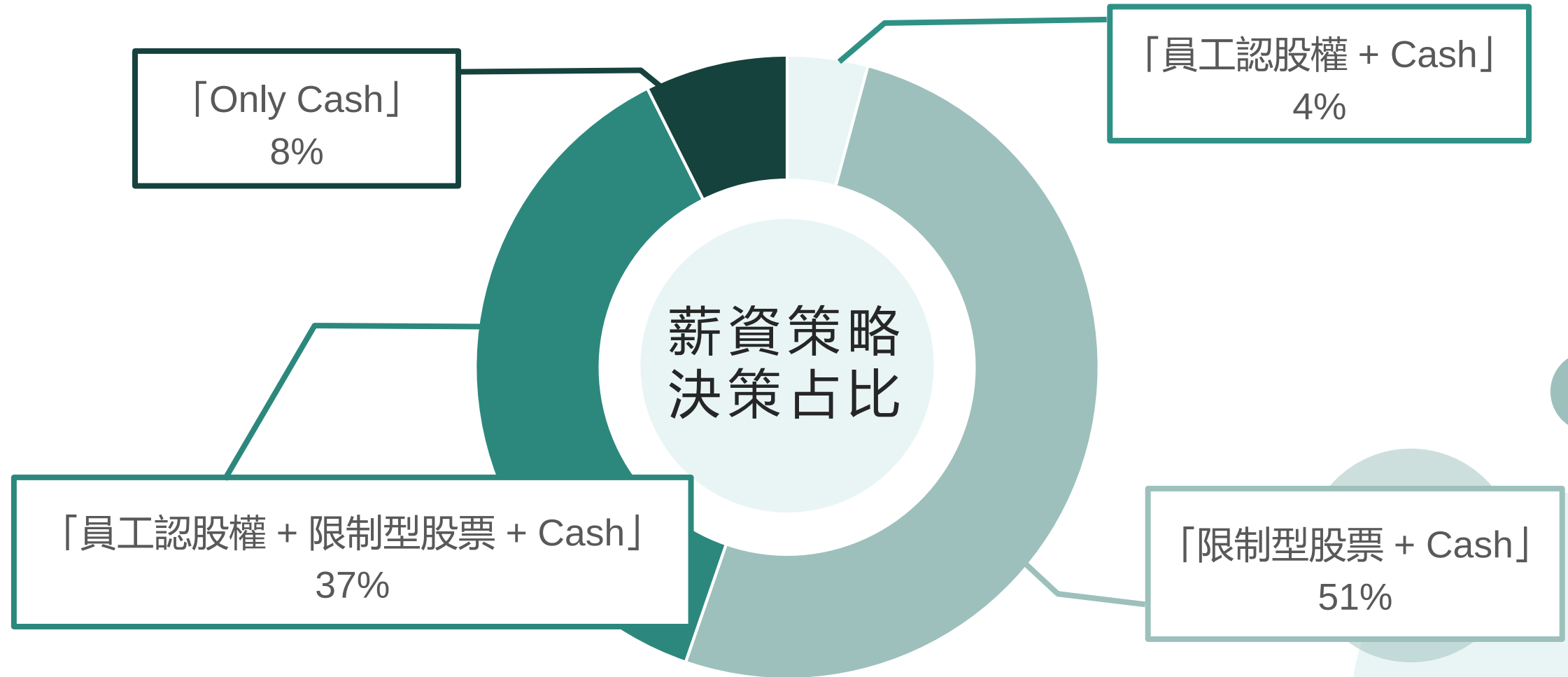
因為這些特殊性質使得我們無法用傳統的Black-Scholes模型去進行評價

各類薪資策略決策占比

WRDS / Compustat – Capital IQ / Compustat / Execucomp

Year : 2017

Total : 1581 CEOs



稅制

我們會討論兩種稅對限制型股票和員工認股選擇權的影響，分別為：

「資本利得稅」

這裡指普通股

自**獲得**股票起，到股票**售出**時，中間的差額須課資本利得稅。

- 由於限制型股票在閉鎖期後尚可交易，所以其閉鎖期結束才會作為獲得股票的時間點
 - 限制型股票適用Section83(b)特例情形

Section83(b)：

員工可在限制型股票的授予日起 30 天內，申請以他支付的金額和當時的股票公允價值差額，提前繳納所得稅。

「累進所得稅」

- 限制型股票 → 兩種繳納時間
 - 授予日(30天內辦理) ~section83(b)
 - 閉鎖期結束 ~section83(a) (默認情形)
 - 授予日與閉鎖到期日股價差額
- 員工認股選擇權 → 兩種類型
 - 限制員工：不須繳納
 - 非限制員工：需繳
 - 履約時股價與履約價之差額

By Knoll(2006)

市場上主要發行

限制型股票

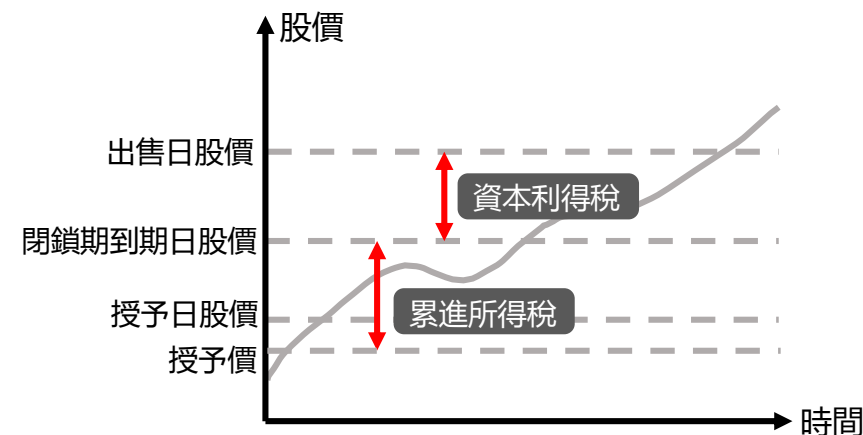
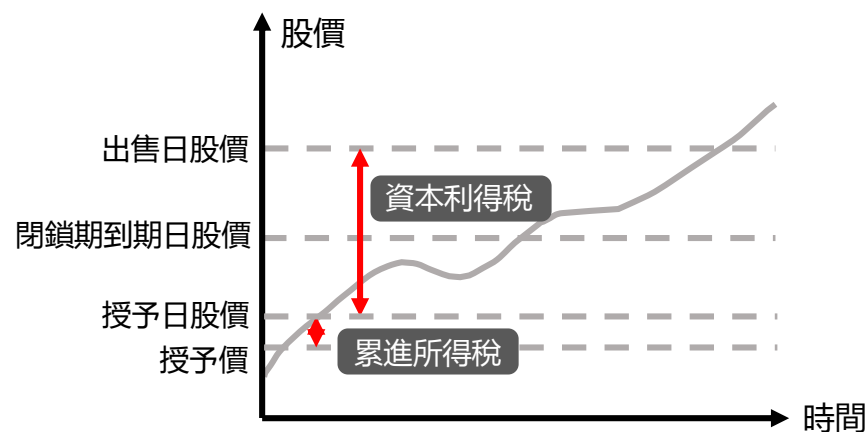


特點

若授予價與授予日股價相等，
累進所得稅為零。

無須承擔因公司倒閉，而收
不回此預繳所得稅的風險。

示意圖



員工認股權

員工認股權
Stock Option

By Oyer(2005)

市場上主要發行

依美國聯邦稅法

限制員工認股權
(Qualified Stock Option, QSO)

非限制員工認股權
(Non-qualified Stock Option, NQSO)

發行對象

公司內部員工

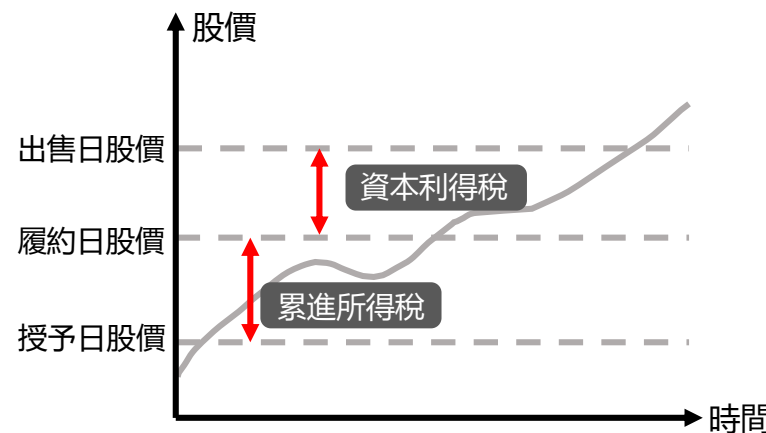
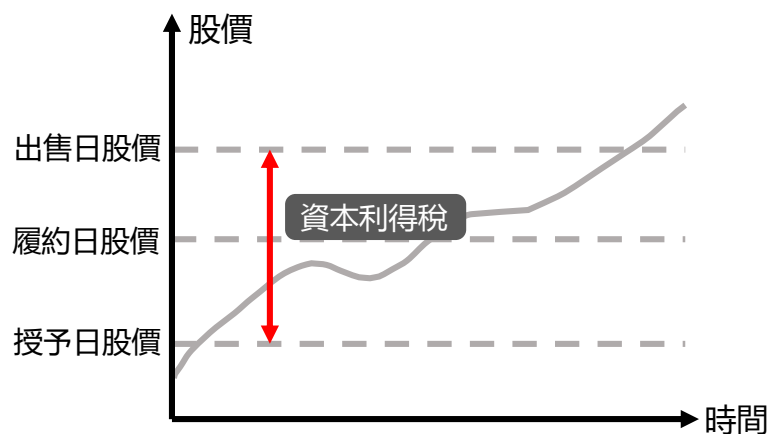
公司內部員工、董事、顧問、律師等
與公司有關人士

特點

取得與履約，皆無稅

無稅負優惠
員工履約時對公司產生稅頓效果

示意圖



02 文獻回顧

文獻：

The section 83(b) election for restricted stock: A joint tax perspective

作者：Michael S. Knoll*

年份：2006

將 section 83(b) 視為一個長度為 30 天且發行日為RSU授予日的價外美式買權，考慮美國的公司稅率為 35%，個人所得稅率固定為 35%，資本利得稅固定為 15% 下。

作者發現若這項選擇要對員工是有價值的，行使 section 83(b) 當日股價至少需要高過授予日股價 50%，員工才會願意行使此權利，這意味著對於波動度不高的公司，這項選擇幾乎沒有價值。

儘管如此，作者補充，對於兩類人而言，仍舊會喜歡這項權利

1. 資產龐大希望分散風險並願意長期持有該公司股票投資人
2. 在稅法保護下無須繳納資本利得稅的慈善團體等單位。

本文假設員工獲得股票會立即賣出
⇒ 使用 section 83(a)

文獻：

Stock options, restricted stock, salary, or bonus?

Managing CEO compensation to maximize organizational performance.

作者：Steve Lovett [a,*](#), Abdul A. Rasheed [b](#), Wanrong Hou [c](#)

年份：2022

限制型股票 & 員工認股權

均可解決

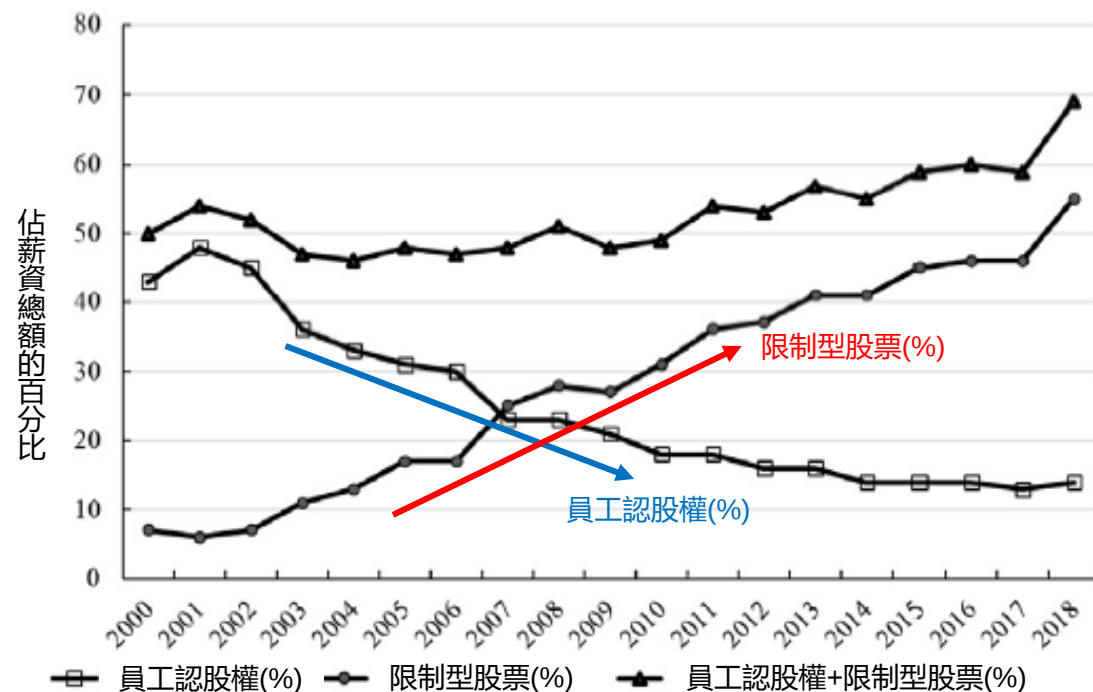
代理人問題

偷懶

短視近利

風險趨避

限制型股票的薪資占比逐年上升，並超越了員工認股權



文獻：

Stock options, restricted stock, salary, or bonus?
Managing CEO compensation to maximize organizational performance.

作者： Steve Lovett [a,*](#), Abdul A. Rasheed [b](#), Wanrong Hou [c](#)

年份：2022

閉鎖期

限制型股票 → 平均 4 年

員工認股權 → 平均 2 年

稀釋效果時間點

限制型股票 → 閉鎖期到期日

員工認股權 → 履約日

	價值型公司 Stable firms	成長型公司 Growth firm
限制型股票	較適合 	
員工認股權		較適合 

文獻：

The Valuation Differences Between
Stock Option and Restricted Stock Grants for US Firms

作者： JAMES H. IRVING, WAYNE R. LANDSMAN AND BRADLEY P. LINDSEY

年份：2011

限制型股票通常不是最好的薪資組合，
員工認股權往往更具激勵效果。

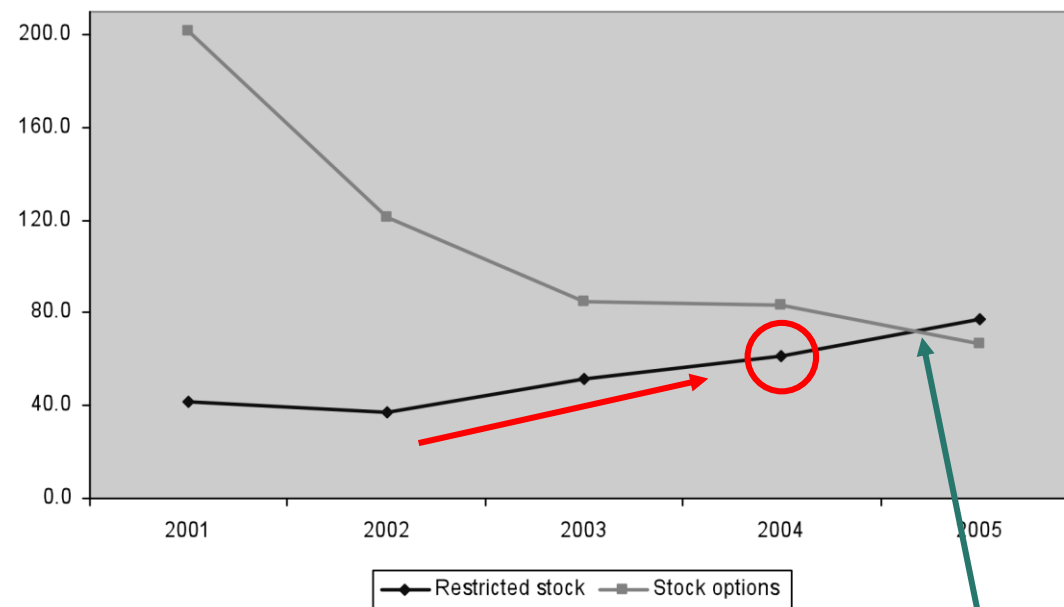
該篇論文的文章回顧：Lambert_and_Larcker(2004)

限制型股票的發行增多，有一部分的原因，
是因為 FAS 123R 的發布，
導致員工選擇權在會計認列上成本上升。

Brown(2007), Carter(2007) 亦有提及FAS 123R 的發布導致了ESO占比的下降，Aboody(2008)則認為原因是2003年的股息稅率降低，使得員工所得稅上認股權佔了劣勢。

Figure 1

Average Annual Value Granted, S&P 500 Firms, 2001–2005



發行的限制型股票總價值在 2005年 超越員工認股權的總價值。

FAS 123R 會計認列的費用差異

這裡我們的 RSU 皆以 section83(a) 考慮

RSU 前後相同

FAS 123R 前	發行日(依 內涵價值 認列成本)	閉鎖期	履約日/到期日
ESO	確定發行成本：0 元 (平價發行)	每一年： $\frac{0}{T_{vest,ESO}}$ 元	$(S - X)^+$
RSU	確定發行成本： S_0 元	每一年： $\frac{S_0}{T_{vest,RSU}}$ 元	$(S - S_0)^+$
FAS 123R 後	發行日(依 公允價值 認列成本)	閉鎖期	履約日/到期日
ESO	確定發行成本： BS_{ESO} 元 (平價發行) Black-Scholes model 計算之選擇權價格	每一年： $\frac{BS_{ESO}}{T_{vest,ESO}}$ 元	$(S - X - BS_{ESO})^+$
RSU	確定發行成本： S_0 元	每一年： $\frac{S_0}{T_{vest,RSU}}$ 元	$(S - S_0)^+$

費用會直接影響稅盾，當期稅盾計算公式為

$$TB = Cost \times \tau_{corp}$$

其中 τ_{corp} 為公司稅稅率。

由於公司是以發行新股方式來交付員工履約獲得的股票，員工履約並不會因此減損公司價值，FAS 123R 應增加公司發行 ESO 的意願，故**我們認為ESO價值佔比的下降另有原因。**

平均 ESO、RSU 閉鎖與到期日

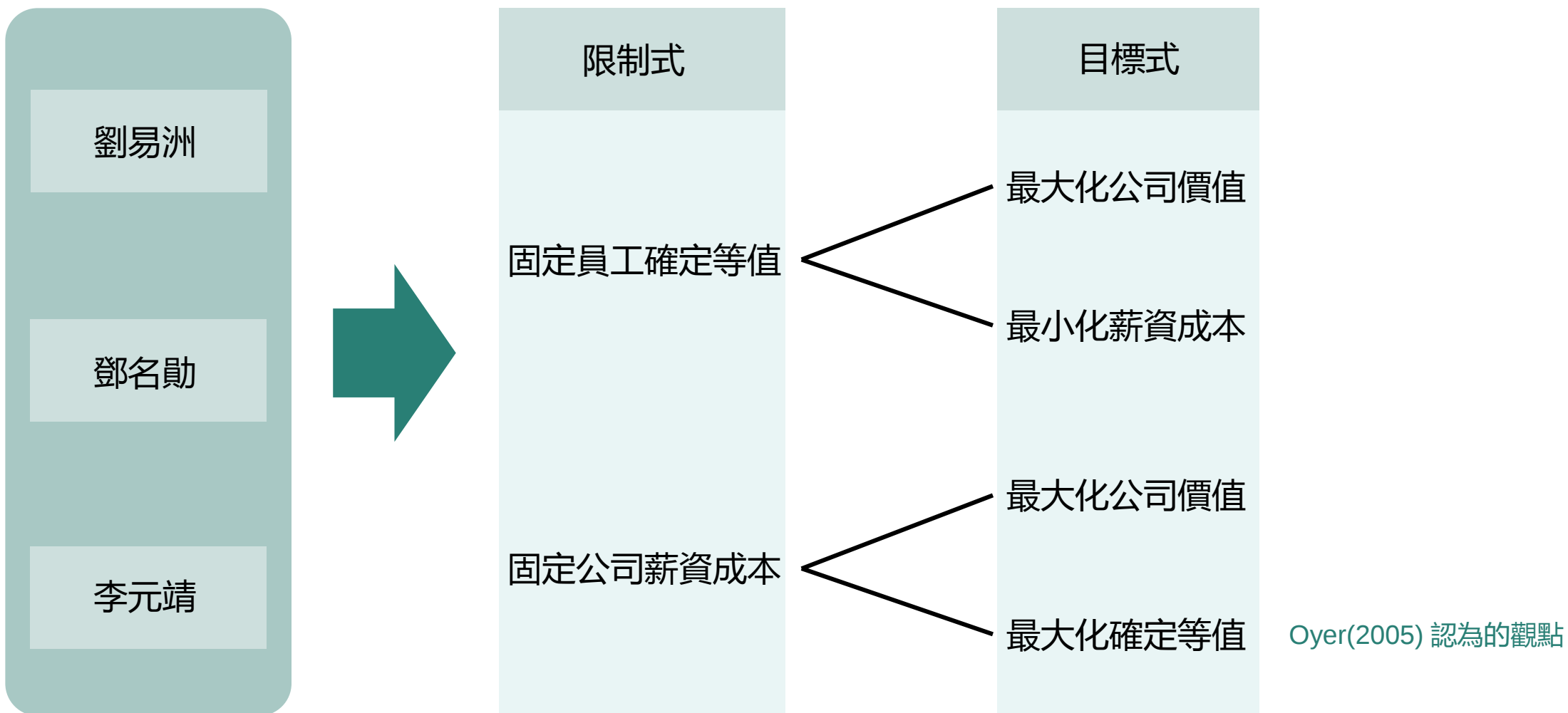
在ESO價值佔比下降、RSU價值佔比上升的時間點附近，以下兩篇文獻我們觀察到另一個現象。

				Vesting		Maturity	
	dataset			median	average	median	average
Bahaji (2018)	1983-2006	NYSE, NASDAQ	ESO	2	1.8	10	9.9
Steve Lovett (2022)	2001-2018	S&P 500	ESO		2		5
			RSU		4		

本文參考以上文獻，採取的設定為：

較前期的時間 (1983-2006) : RSU vesting = 4 y, ESO vesting = 2 y, ESO maturity = 10y
較後期的時間 (2001-2018) : RSU vesting = 4 y, ESO vesting = 2 y, ESO maturity = 5y

文獻	架構	效用函數	放寬條件	是否討論 部分履約	員工 稅制	公司 稅制(盾)	是否討論 薪資/財富	結果
The Intertemporal Exercise and Valuation of Employee Options Jain et al. 2004	建構 股價 樹來評價	$U(w) = e^{-\beta t} w^\gamma,$ $0 < \gamma < 1,$ $0 < \beta < 1$	履約後馬上售出股票	是	是 (僅資本利得稅)	無	否	- 公司成本 > 員工角度價值 - 風險趨避的員工傾向提前履約
使用實證及森林評價結構推論高階認股權的發行策略 劉易洲 2021	建構 資產 樹之森林結構進行評價，考慮 1. 注資效果 2. 股權稀釋效果 3. 信用風險	$U(w) = e^{-\beta t} w^\gamma,$ $0 < \gamma < 1,$ $0 < \beta < 1$	履約後馬上售出股票	是	是 (討論到資本利得稅與累進所得稅率)	有	是 (討論薪資和 ESO 的組合)	排序效果 ：員工越樂觀會越偏好包含 ESO 的薪資組合；較不樂觀且風險趨避的員工會偏好全現金薪水
使用等級相依期望效用模型與資產森林結構推論實證之員工認股權發行決策 鄧名勛 2021	建構 資產 樹之森林結構進行評價，考慮 1. 注資效果 2. 股權稀釋效果 3. 信用風險 員工履約決策中加入機率加權函數 (Probability weighting function) 的調整，稱為 RDEU	$U(w) = e^{-\beta t} w^\gamma,$ $0 < \gamma < 1,$ $0 < \beta < 1$	履約後馬上售出股票	是	是 (討論到資本利得稅與累進所得稅率)	有	是 (討論薪資和 ESO 的組合)	- 機率加權程度愈低，公司發行 ESO 的成本愈高 履約邊界：RDEU 高於 EU
以累積展望理論評價員工認股選擇權 李元靖 2022	建構 資產 樹之森林結構進行評價，考慮 1. 注資效果 2. 股權稀釋效果 3. 信用風險 員工依照累積展望理論進行履約決策	$U(w - RP) = \begin{cases} (w - RP)^\eta, & w \geq RP \\ -\lambda(RP - w)^\eta, & w < RP, \end{cases}$ $\lambda \geq 1,$ $0 < \eta \leq 1$	履約後馬上售出股票	是	是 (討論到資本利得稅與累進所得稅率)	有	是 (討論薪資和 ESO 的組合)	- 員工財富上升，ESO 成本下降 - 無出現部分履約



最適 薪資組合 配置	限制式	目標式	ESO存在的 合理性	#NQSO > #QSO Oyer and Schaefer (2005)	$\sigma \uparrow, N \uparrow$ (Spalt 2013)	CEO拿接近 零現金薪酬 組合	部分履約 離到期日越近，會 履約較多的選擇權 Huddart and Lang(1996)	樂觀的CEO領到 較少Option (張) Otto(2014)	樂觀的CEO 領到較少 Option (占比) Otto(2014)
劉易洲 (2021) EU	固定薪資 組合成本	極大化公司 資產價值	O	O	-	O (NQSO)	O	O	X
鄧名勛 (2021) RDEU	固定員工 感受度	極大化公司 資產價值	O	O	O (除了 $\gamma = 0.9$)	γ 、 σ 較大時	O	γ 較大時	γ 較大時
李元靖 (2022) CPT	固定員工 感受度	極大化公司 資產價值	O	O	X	O (δ 較小時)	X	O	O

03 研究方法

波動度設定與調整

RDEU 模型

評價模型—森林結構

模型設定

基本設定：

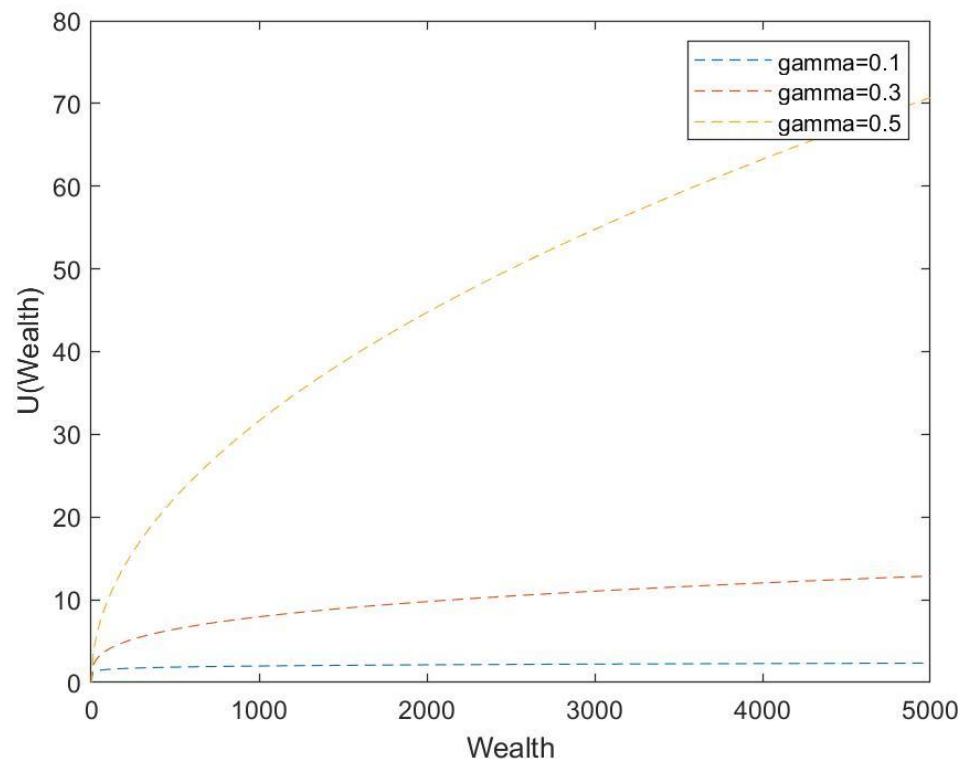
1. 採用三元樹模型，建構資產樹
2. 員工能選擇履約 0%、50%、100% 的認股權(3層樹的森林結構)
3. 假設員工依照**效用最大化**的方式進行履約決策
並用風險中立的森林結構計算公司成本

$$U(w) = e^{-\beta \times t} w^\gamma, \quad 0 < \gamma \leq 1, \quad 0 < \beta < 1$$

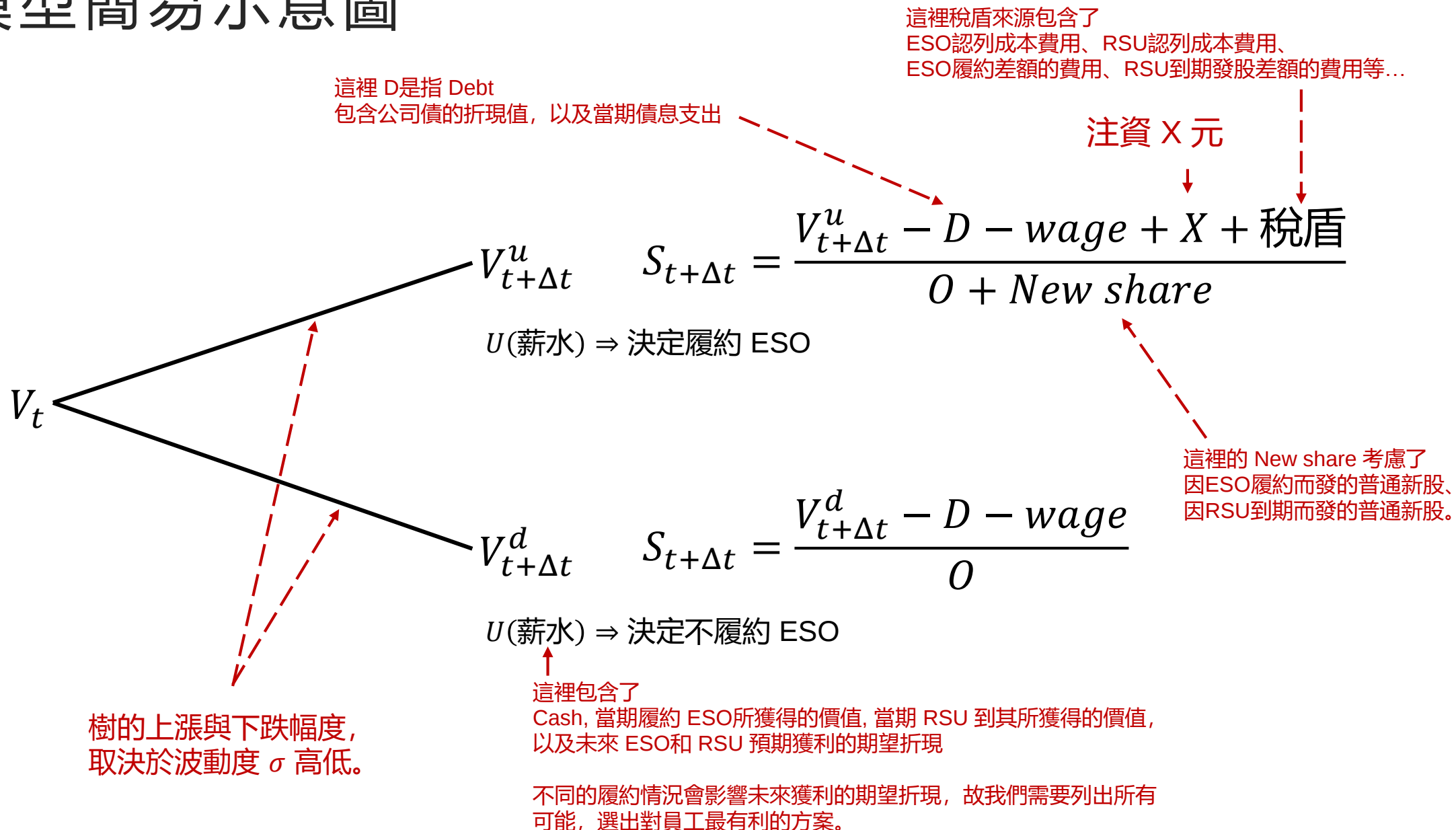
w 為所得, β 為折現率, γ 為風險趨避係數

γ 接近 0 表示越風險趨避

γ 接近 1 表示風險越中立



模型簡易示意圖



波動度設定與調整

文獻中的波動度

全美資產波動度

數值(annual)	波動來源類型	資料時間	文獻	補充
Mean : 0.4082 Median : 0.3446	Equity Volatility from monthly return	Sep. 1988 - Feb. 2013	Correia, M., Kang, J., & Richardson, S.(2018)	All the constituents of (i) Barclays U.S. Corporate Investment Grade Index and (ii) Barclays U.S. High Yield Index. Data exclude financial firms Mean Leverage: 0.6348 Median Leverage: 0.6691
Mean : 0.0886 Median : 0.0581	Debt Volatility from monthly return			

Mean Firm volatility = $0.4082 \times (1 - 0.6348) + 0.0886 \times 0.6348 = \underline{0.2053}$

模型論文使用的波動度

數值(annual)	波動類型	資料時間	文獻	補充
模型範圍 0.2-0.8	Firm Volatility	1992-2005	Spalt (2013)	Broad based stock option plans should exist in companies with high volatility, but not in companies with low volatility. In the benchmark specification, the cutoff level is at about 40%
模型範圍 0.2-0.8	Firm Volatility		Sun and Widdicks (2016)	According to Bettis et al. (2005)

波動度設定與調整

文獻中的波動度

有發行ESO的股價波動度

股價波動度大致落在 0.3 - 0.5 的範圍區間

數值(annual)	波動來源類型	資料時間	文獻	補充
Median : 0.32-0.55	Stock volatility from daily return, one year period to exercise month	1985-1995	Huddart and Lang (1996)	Divided into 8 groups based on industries, each group exhibits different levels of volatility
Mean : 0.3	Stock volatility from annual return	1991-2000	Hall & Murphy(2002)	The mean (median) annual volatility of Fortune 1000 companies between 1991 and 2000 was equal to 31.8 percent.
Median:0.3861	Stock volatility from daily return, three years period to exercise month	1996-2002	Bettis, Bizjak, and Lemmon (2005)	
0.24-0.79	Stock volatility from daily return, one year period to exercise day	1995-2005	Armstrong, Jagolinzer,	Working Paper
Mean : 0.36 Median : 0.32	Stock volatility from weekly return, one year period to exercise day			s, each group
Mean : 0.3159 Median : 0.2993	Stock volatility from annual return			08 crisis period.
Mean : 0.34	Stock volatility from daily return, 66 days before grant day			s 0.29. des information
Mean : 0.45	Stock volatility from annual return	1996-2005	Otto (2014)	about gender and age in the data.

結合上述，本文擴大觀察到的股價波動度，取用 0.1 – 0.8 作為數值模型測試的區間。

波動度設定與調整

波動度 — 根據薪資組合調整

Williams(2017) 認為公司的波動度應與公司發放的薪酬組合有關，在其論文的 Table 4 Panel C 中

$$VOL = -3.7141 + 0.0122 \times RISO - 0.6320 \times LEV + 0.0282 \times TOBINSQ + u$$

其中 VOL 為公司資產波動度，RISO 為 Risk incentive of CEO stock option holding 的縮寫，LEV 為公司的槓桿比率，TOBINSQ 為公司的Tobin's Q

$$RISO = \frac{ESO_{value}}{RSU_{value} + Salary_{value}}$$

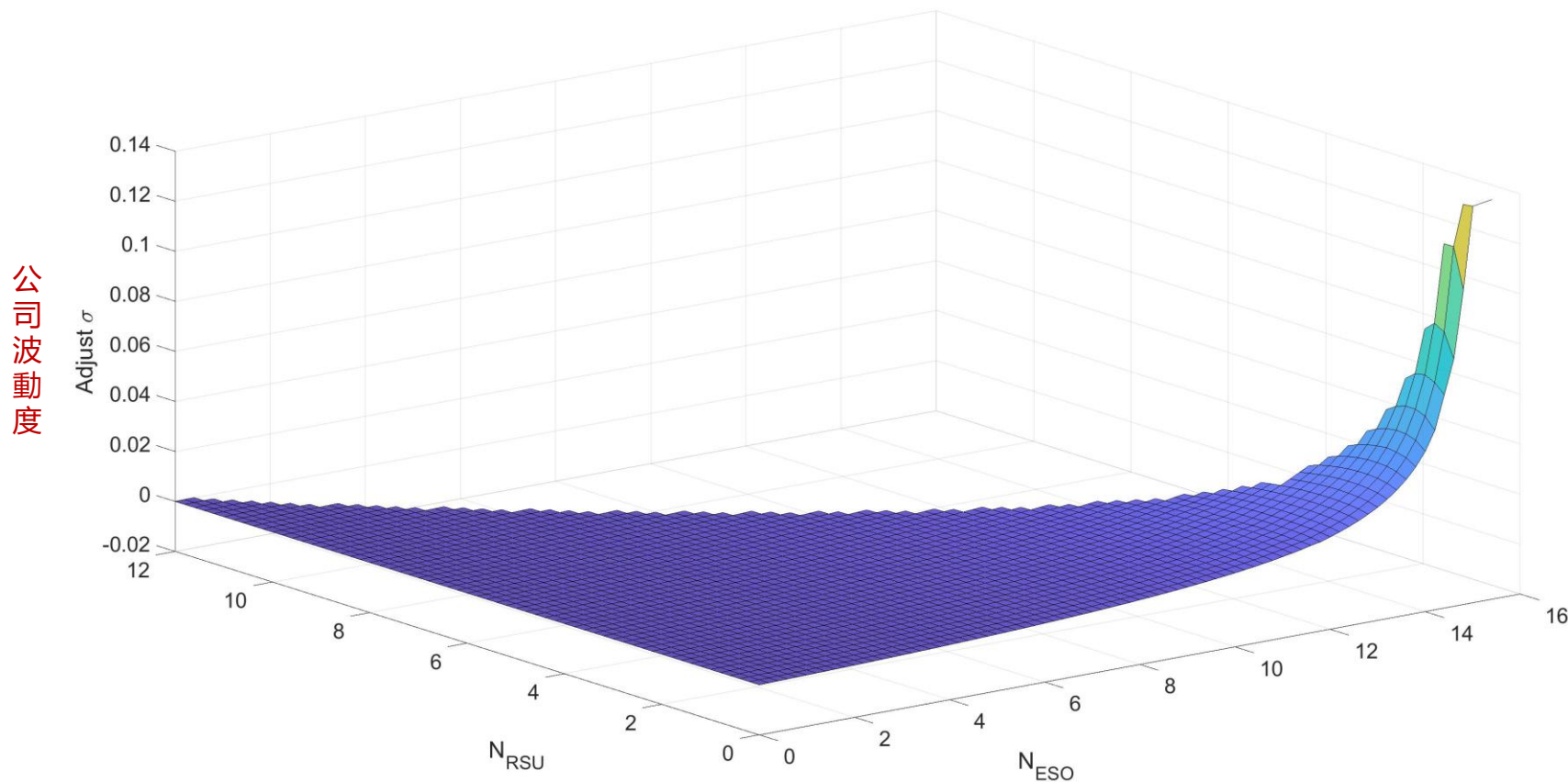
$$TOBINSQ = \frac{MVE + PS + Debt}{Total\ asset}$$

$$LEV = \frac{Debt_{long_term} + Div_{preferred}}{Debt_{long_term} + Stock_{preferred} + Stock_{common}}$$

波動度設定與調整

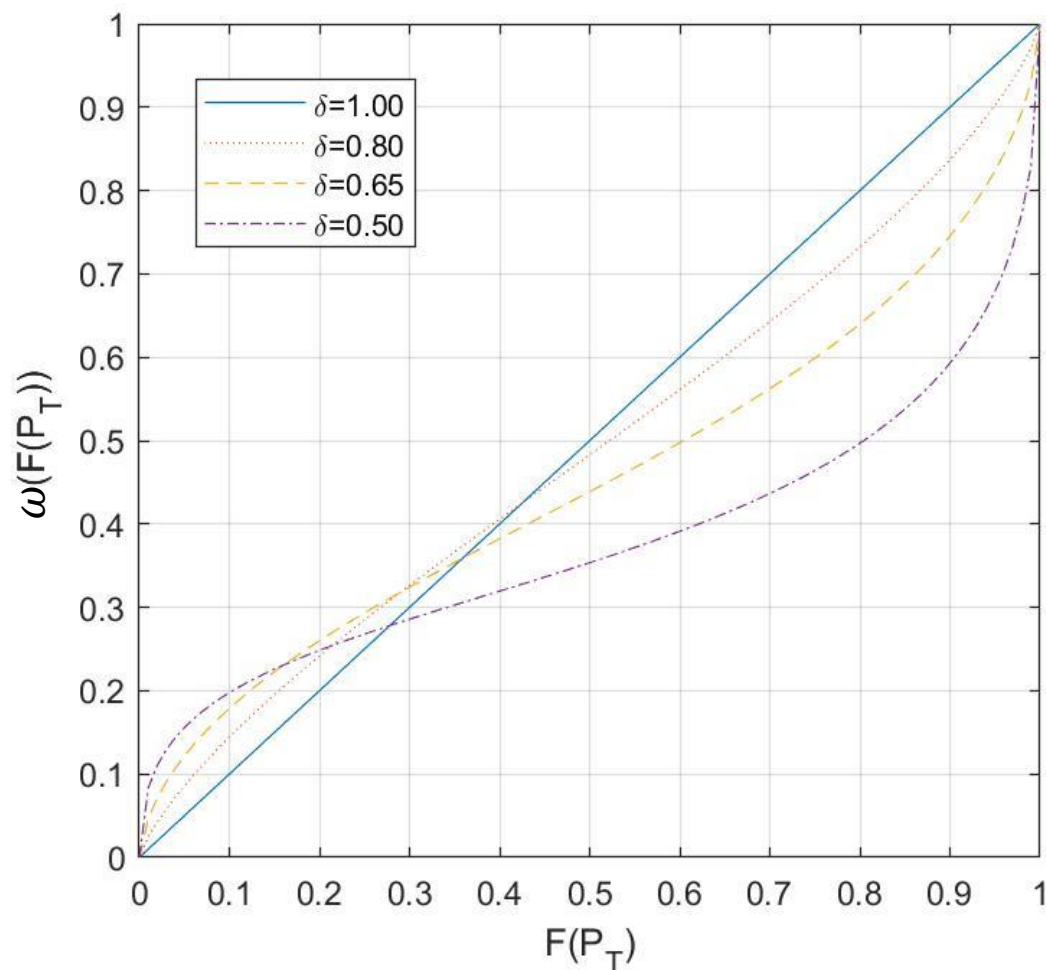
波動度 — 根據薪資組合調整

設定 Fix CE, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$, $\sigma = 0.3$



RDEU模型

機率加權



$$\omega(F(w)) = \frac{F(w)^\delta}{\left[F(w)^\delta + (1 - F(w))^\delta\right]^{\frac{1}{\delta}}}$$

For event $\{a < X \leq b\}$

原始的機率：

$$P(a < X \leq b) = F(b) - F(a)$$

加權後的機率：

$$\tilde{P}(a < X \leq b) = \omega(F(b)) - \omega(F(a))$$

RDEU模型

Rank-Dependent Expected Utility

效用函數：

$$U(w) = e^{-\beta \times t} w^\gamma, \quad 0 < \gamma \leq 1, \quad 0 < \beta < 1$$

期望效用模型：

$$Expected\ Utility = \sum_{i=1}^n U(w_i) p(w_i)$$

RDEU模型：

$$RDEU = \sum_{i=1}^n U(w_i) \tilde{p}(w_i)$$

$$\omega(F(w)) = \frac{F(w)^\delta}{\left[F(w)^\delta + (1 - F(w))^\delta\right]^{\frac{1}{\delta}}}$$

For event $\{a < X \leq b\}$

原始的機率：

$$P(a < X \leq b) = F(b) - F(a)$$

加權後的機率：

$$\tilde{P}(a < X \leq b) = \omega(F(b)) - \omega(F(a))$$

評價模型—森林結構

為何採用森林結構模型？

稀釋效果：

- 限制型股票 → 閉鎖期到期時，限制型股票會被認列為普通新股，使得在外流通股數上升，在股本不變下，整體股價下跌。
- 員工認股權 → 員工履約時，公司會以發行新股方式授予股票，使得在外流通股數上升，在股本不變下，整體股價下跌。

注資效果：

- 限制型股票 → 限制型股票不會對公司產生額外的現金流，故無注資效果。
- 員工認股權 → 員工履約時，會向公司支付對應張數的履約價，此時每一張被履約得 ESO，都相當於對公司做履約價的注資，使得公司股本增加。

公司資本結構改變

需要不同的資產樹(森林結構)

評價模型—森林結構

森林結構的計算

觀看A1點即可了解森林結構的計算方式：

1. 全部履約

$$\text{效用為 } U(A_1'') = (w + ESO_{\text{payoff}, 100\%})^\gamma + \exp(-\beta \times t) \mathbb{E}[U(A_2''), U(A_3''), U(A_4'')]$$

這裡只寫 ESO 的 payoff 是因為 RSU 並不會造成結構改變，避免混淆故不在此顯示

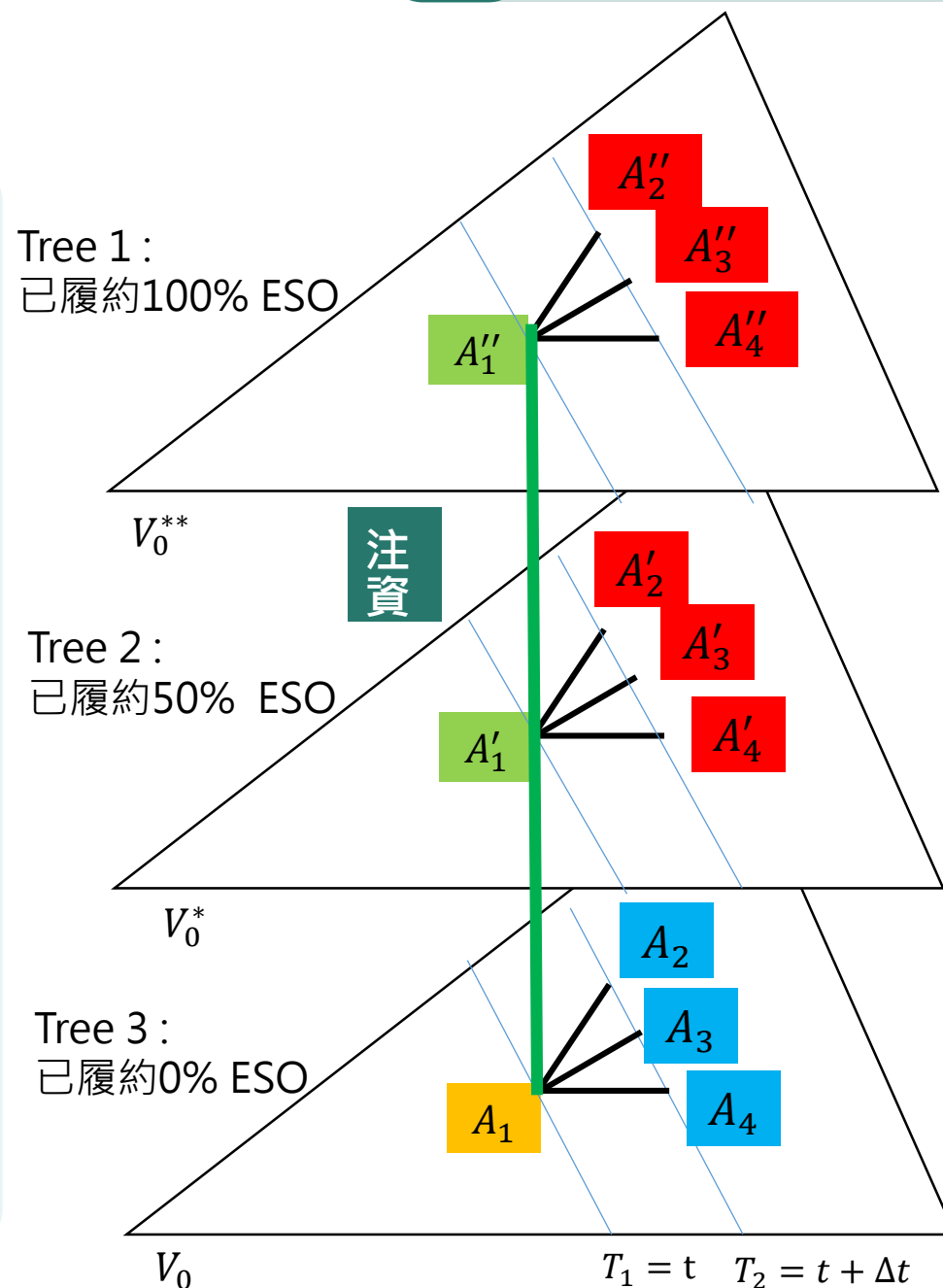
2. 履約50%

$$\text{效用為 } U(A_1') = (w + ESO_{\text{payoff}, 50\%})^\gamma + \exp(-\beta \times t) \mathbb{E}[U(A_2'), U(A_3'), U(A_4')]$$

3. 不履約

$$\text{效用為 } U(A_1) = w^\gamma + \exp(-\beta \times t) \mathbb{E}[U(A_2), U(A_3), U(A_4)]$$

※效用較大的策略 ($\max(U(A_1), U(A_1'), U(A_1''))$) 即為員工選擇。



04 研究結果

敏感性分析

最適薪資組合配置

薪酬組合的價值占比分析

發行張數間隔

發行張數間隔

因為本文假設期初公司在外流通股數為 1000 股，即每股為千分之一的權益價值。

而 ESO 與 RSU 的標的物皆為一股，每一張 ESO 與 RSU 的價值皆到數百萬的級別，發行的誤差自然很大。

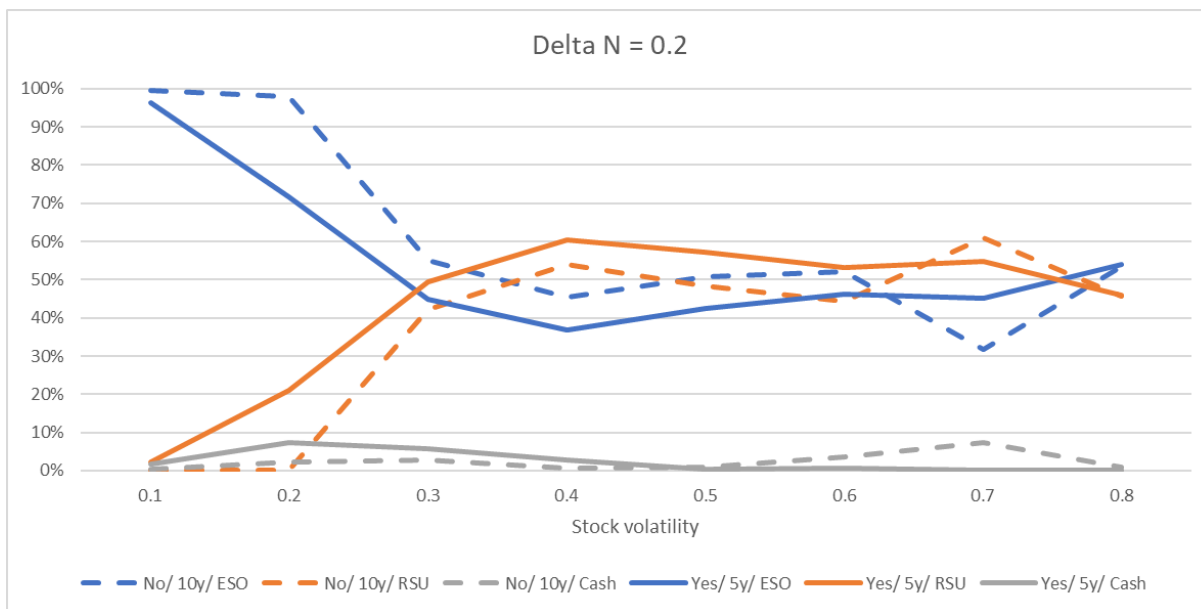
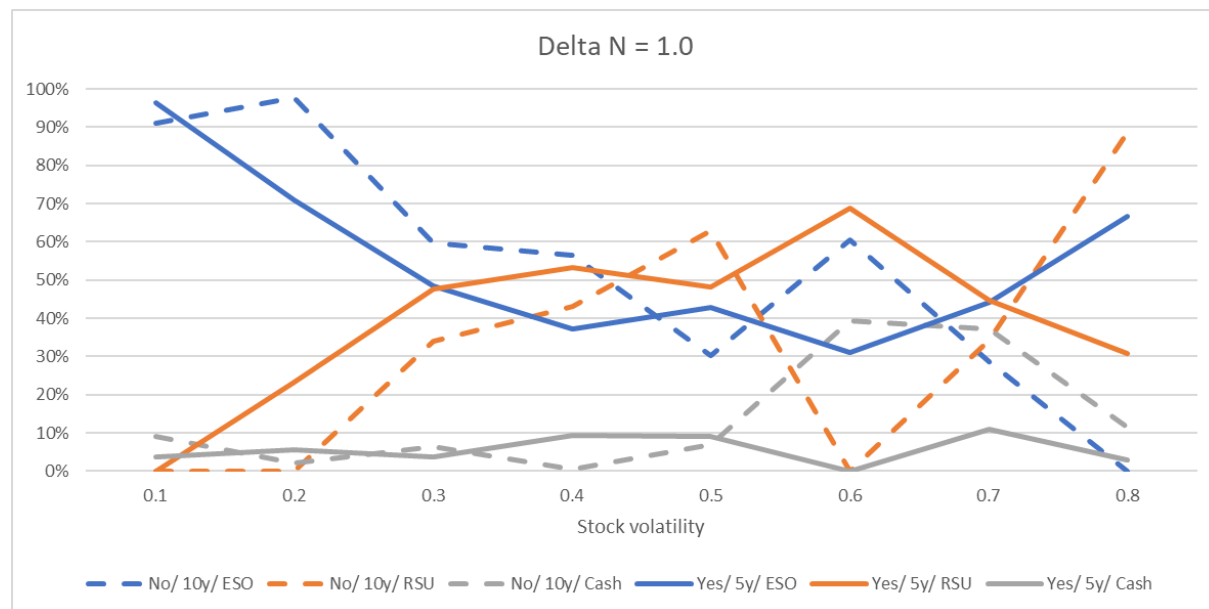
接下來的實驗我們皆設定
發行張數間隔為 0.2 張

於是這裡將發行張數進行切割，從發行張數間隔為 1 張，細切至發行張數間隔為 0.2 張，

可以清楚的看見當我們的張數間格到 0.2 張時，發行的策略變的平滑很多，ESO 下降與 RSU 上升的現象也變得清晰可見。

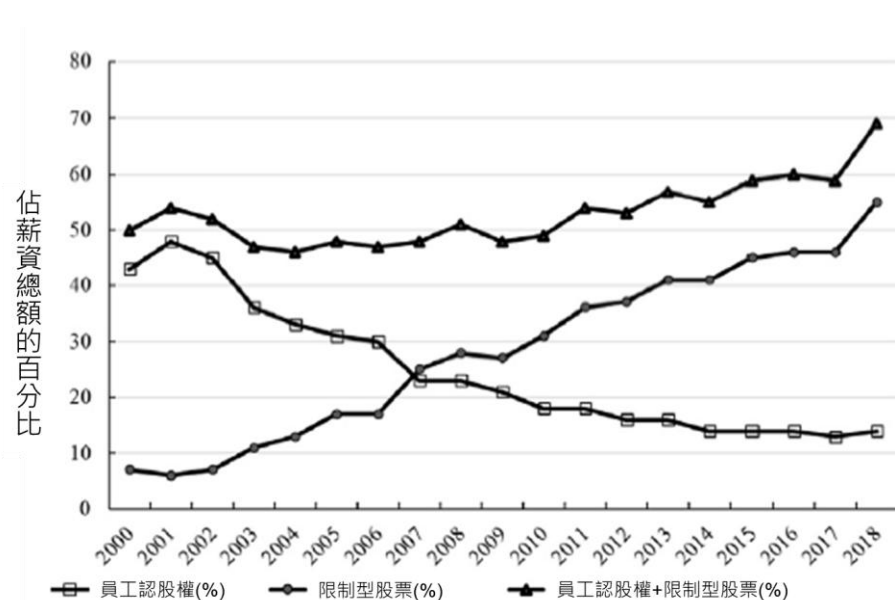
值得注意的是在波動度較高的情況，每張 ESO 的價值變動很大，可能需要更細的間隔才足以降低他的誤差。

我們的模型同時考慮兩種
商品的發行，故切細 N 倍
所需的運算時間為 N^2 倍

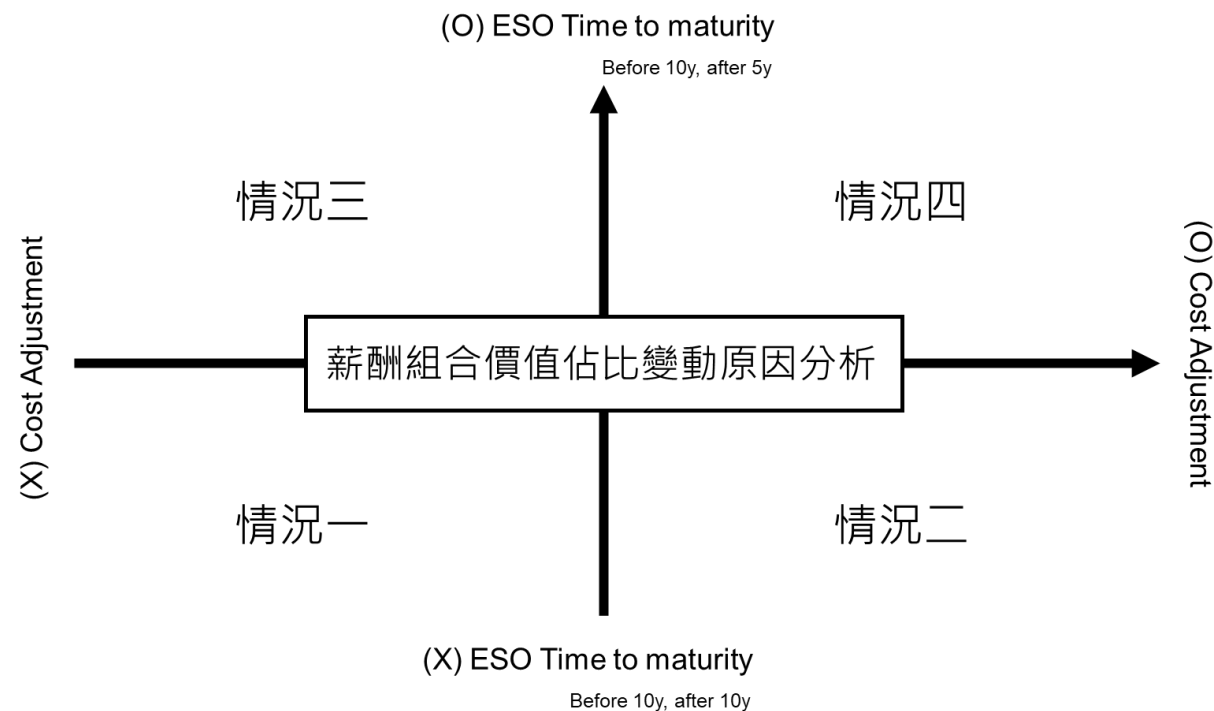


薪資組合的價值佔比變動分析

1. 「Cost adjustment」：在 2004 年發布 FAS 123R 前，ESO 不會因為發行而認列成本費用，費用只會在員工履約時產生；發布後 ESO 需以發行日的公允價值認列成本費用，在閉鎖期結束前分攤，而未來若員工履約的價值超過此公允價值，則需在履約日補認列超過的部分。
2. 「Change of maturity」：根據Bahaji (2018) 與Lovett et al. (2022) 的統計結果，在 1983-2006 年的 ESO 平均到期日長度為 10 年；在 2000-2018 年的 ESO 平均到期日長度降為 5 年。



↑ 引用於 Lovett et al. (2022) figure 1



薪資組合的價值佔比變動分析

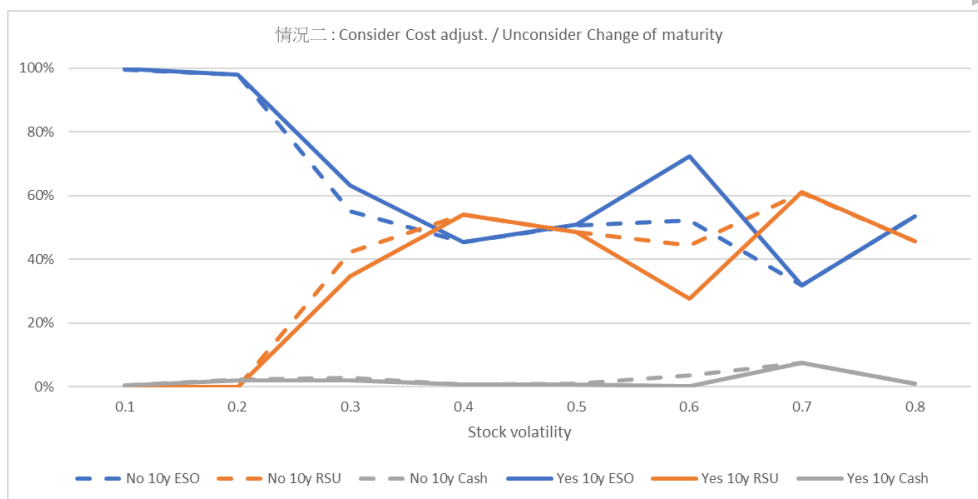
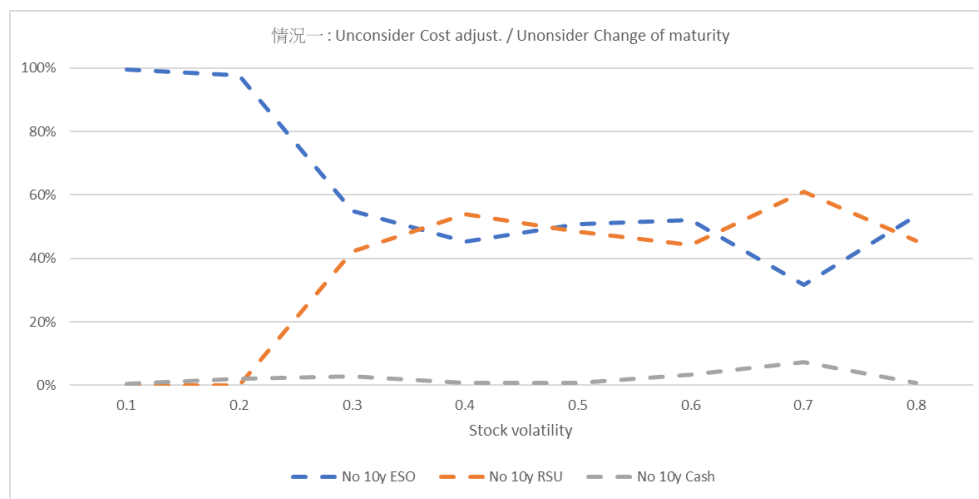
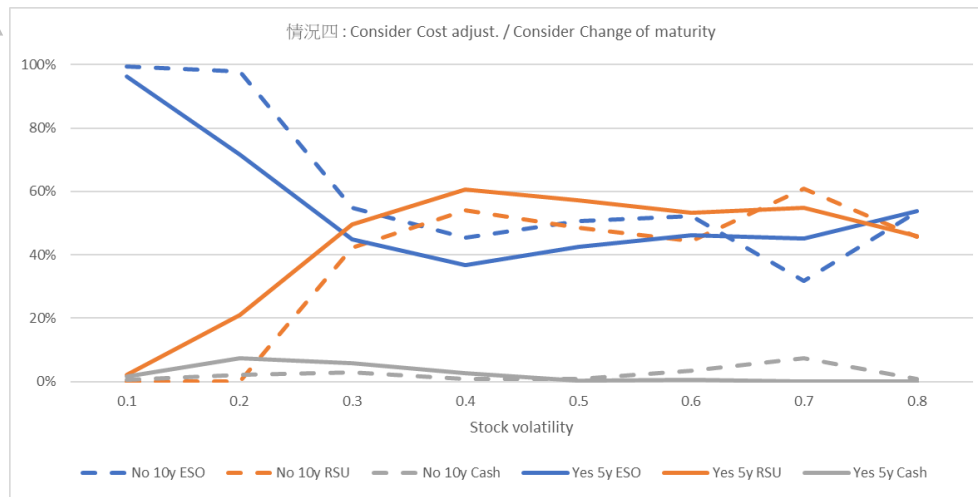
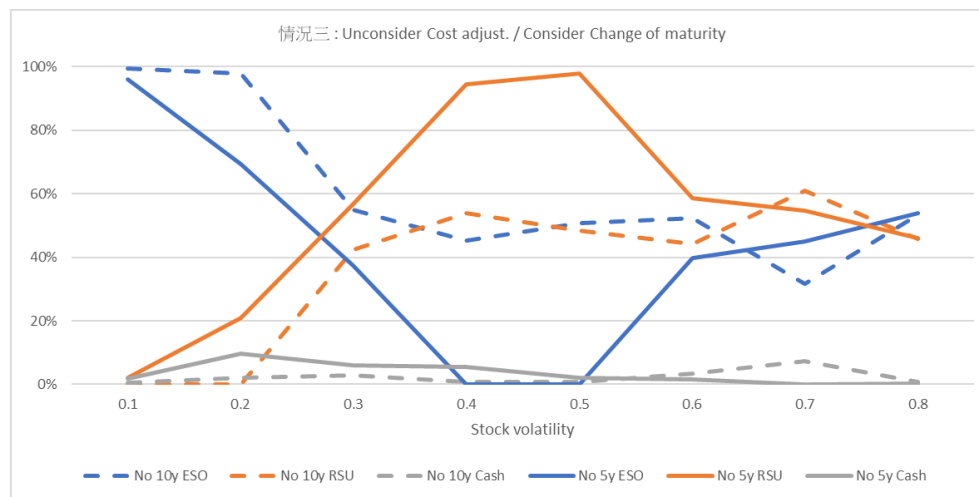
以下數據的發行間隔為 $\Delta N = 0.2$

Fix CE, Max Firm value, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$

(O) Change of ESO maturity

(X) Cost Adjustment

(O) Cost Adjustment



(X) Change of ESO maturity

最適薪酬組合配置

單一激勵型薪酬 vs. 混和激勵型薪酬

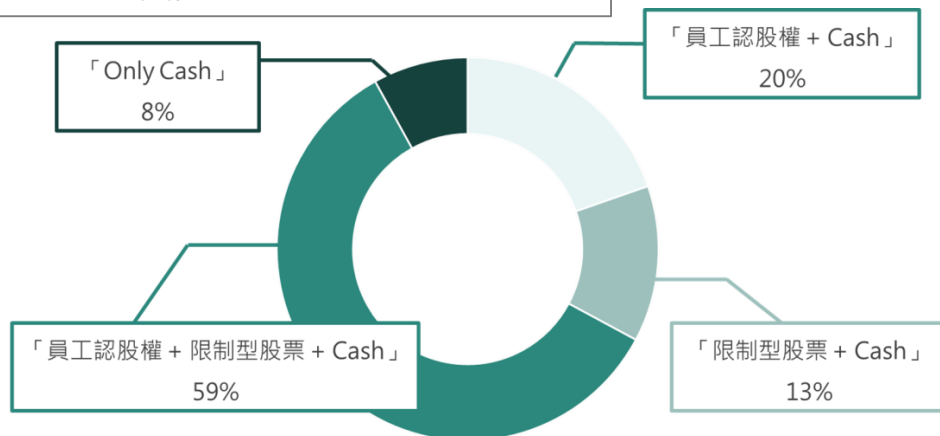
實證的資料能看見很多公司會選擇發行單一激勵型薪酬 (「ESO + Cash」 or 「RSU + Cash」), 而且從2006年至2017年, 選擇發行單一激勵型薪酬的公司比例也有上升的趨勢, 可能的原因

1. 此為最佳發行策略
2. 組成較為單純、管理成本低

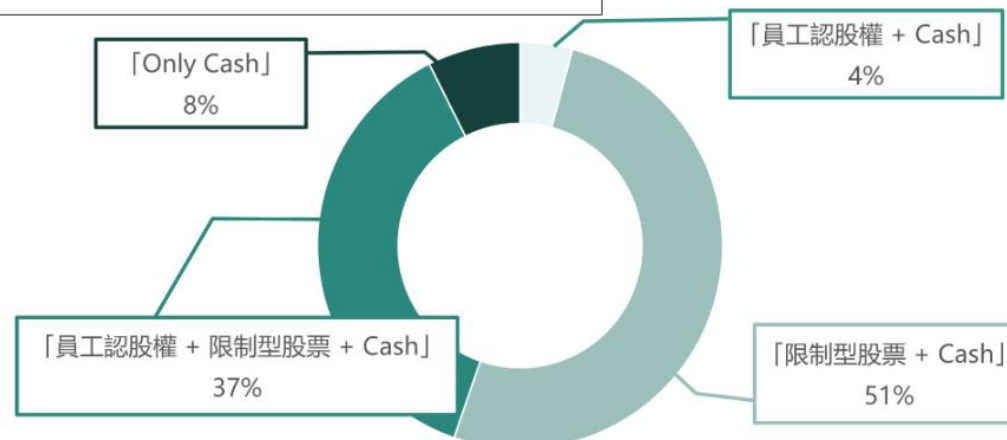
⇒ 可能的原因很多, 我們不深究原因。

但若公司決議要發行單一型的薪酬 (擇一發行), 那他的選擇就很重要了。

從 ExecuComp 資料庫 2006 年共 2500 家公司的高階管理人員, 職等為 CEO 的薪酬資料



從 ExecuComp 資料庫 2017 年共 2500 家公司的高階管理人員, 職等為 CEO 的薪酬資料



最適薪酬組合配置

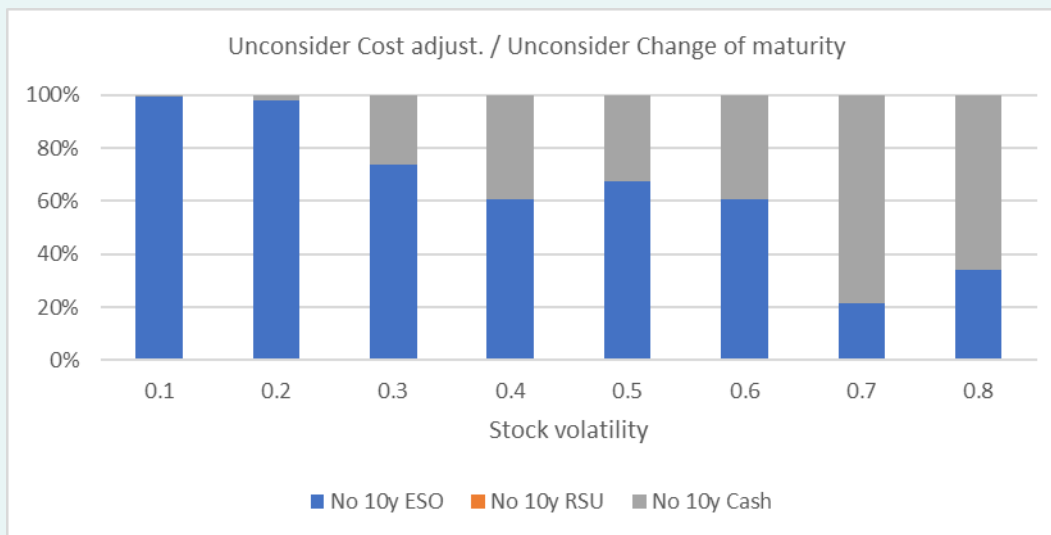
單一激勵型薪酬

不過結合混和激勵型薪酬的觀察，若只考慮ESO到期日下降，會讓ESO減少至遠低於市場占比，故我

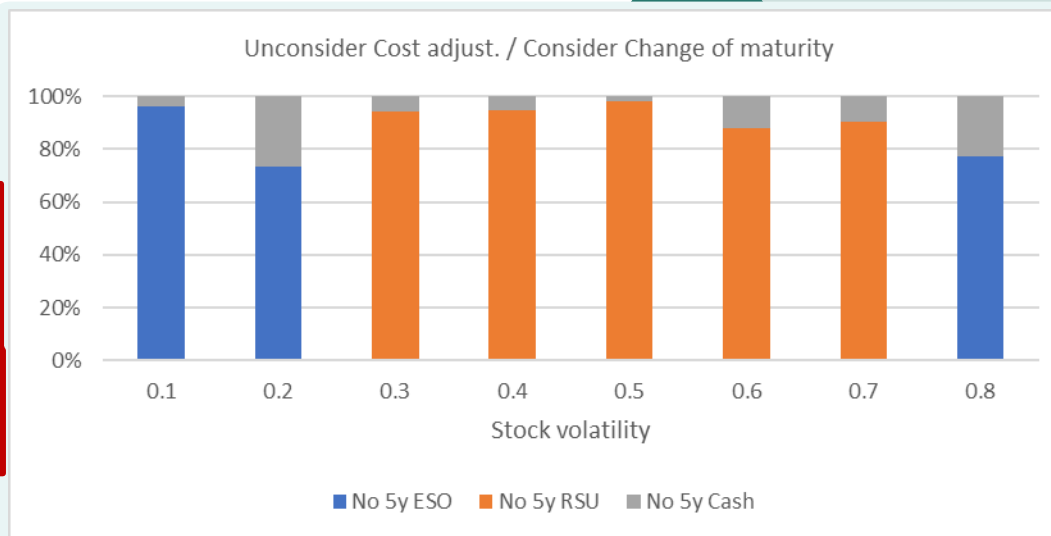
→ 對於選擇發行

沒有考慮 FAS 123R 變動，公司轉發行RSU為主，與實證相符。

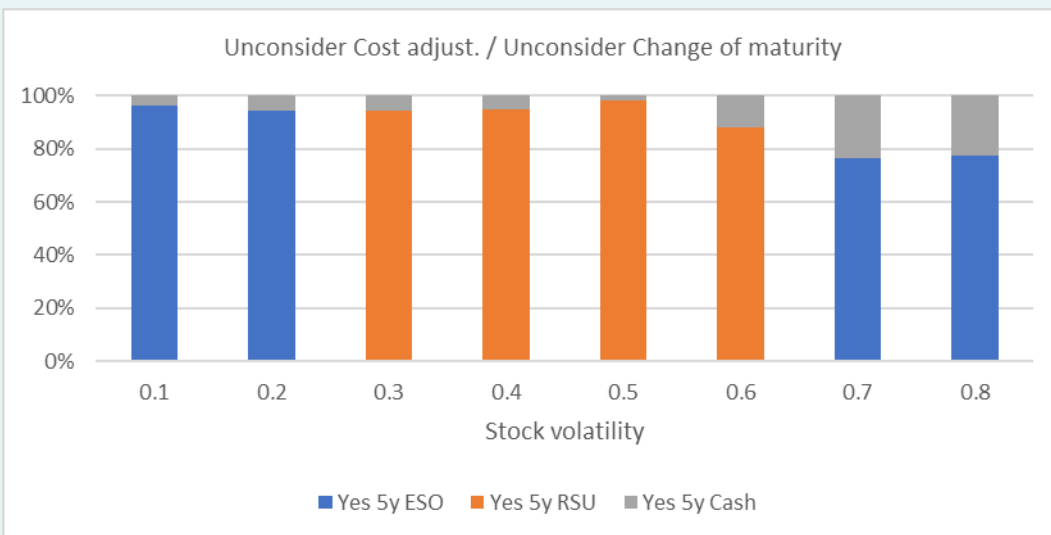
單一激勵型薪酬



FAS 123R 的費用調整前 & ESO 到期日為 10 年



FAS 123R 的費用調整前 & ESO 到期日為 5 年



FAS 123R 的費用調整後 & ESO 到期日為 5 年

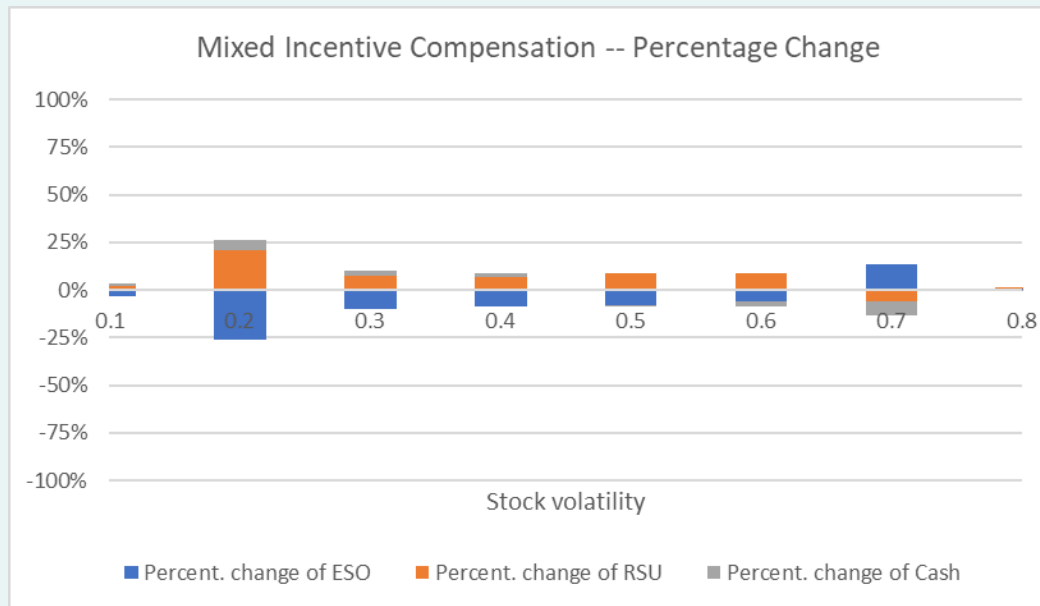
最適薪酬組合配置

單一激勵型薪酬 vs. 混和激勵型薪酬

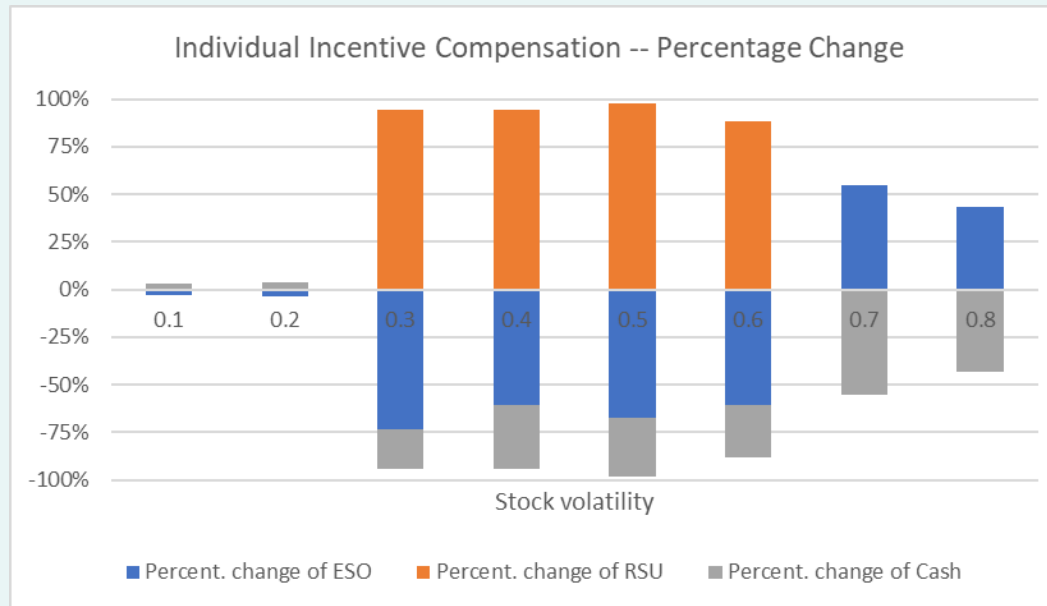
以下數據的發行間隔為 $\Delta N = 0.2$

Fix CE, Max Firm value, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$

- 限制型股票的優勢集中在 0.3-0.6 的波動度居多，各篇論文討論的平均波動度也都約落在 0.3-0.5 間。
- 選擇發行混和激勵型薪酬的公司，雖然同樣減少ESO增加RSU，幅度卻沒有單一激勵型薪酬時這麼大。



混和：各股價波動度下，薪酬價值佔比的變動



單一：各股價波動度下，薪酬價值佔比的變動

最適薪酬組合配置

單一激勵型薪酬 vs. 混和激勵型薪酬

以 2006 年 與 2017 年市場中的薪資決策占比來看

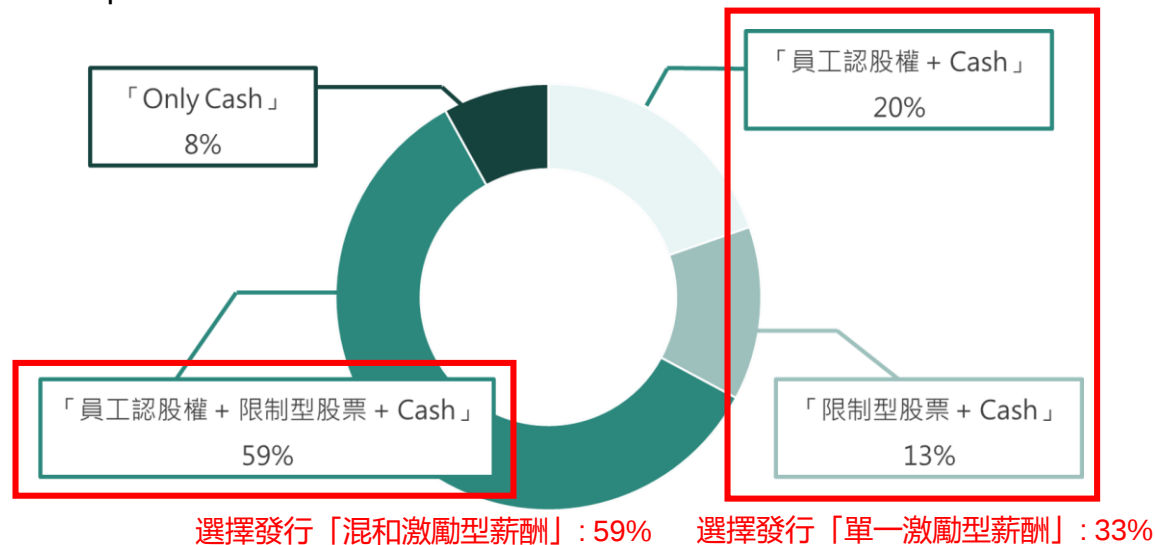
市場中的混和薪酬策略中的 ESO 價值將下降 0~25%，而 RSU 價值將上升 0~25%

市場中的單一薪酬策略中的 ESO 價值將下降近 50%，而 RSU 價值將上升 80-100%

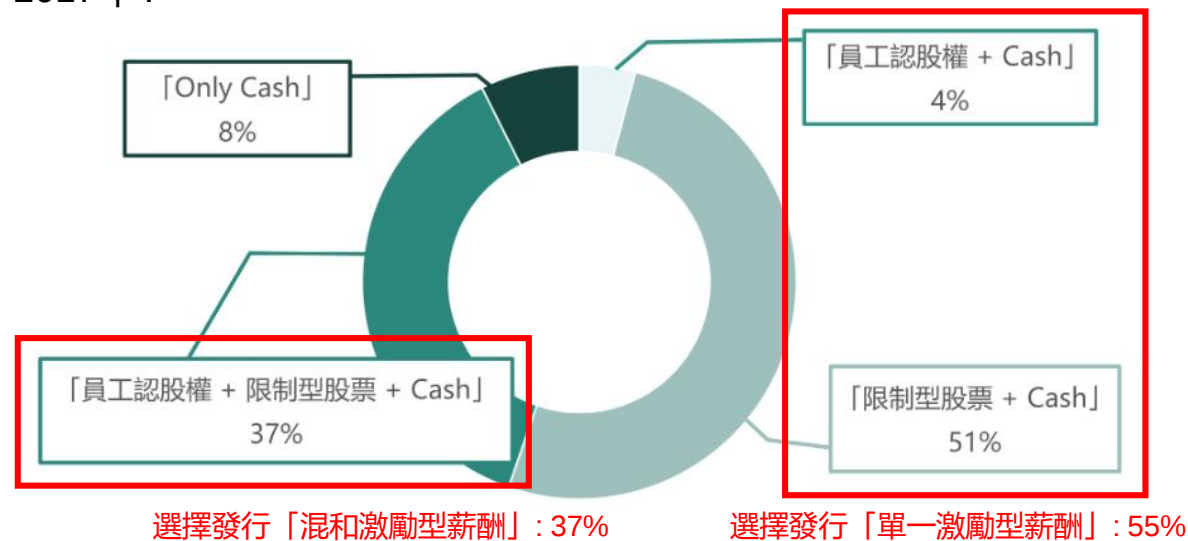
不過因為不同公司的薪資總額並不相同，這裡沒辦法直接計算，但仍能明顯看到趨勢。

→ 也許影響市場薪酬策略的最大因素，是單一激勵型薪酬公司的決策。

2006年：



2017年：



敏感性分析

為使本文的分析結果貼近實證情形，因此參數設定接參照 ESO 與 RSU 的實證或理論研究文獻之設定

1. 期初公司資產價值 ($V_0 = 9,910,000,000$, Otto (2014) Table3 的平均數)
2. 債券票面價值 ($D = V_0 \times 0.18$, 0.18 為 Otto (2014) Table3 的中的槓桿比例平均數)
3. 票面利率 ($c = 0.078$, 2000 年 10-Year High Quality Market (HQM) Corporate BondSpot Rate 的平均值)
4. 公司價值波動度 ($\sigma = 0.3$, Hall and Murphy (2002) 2000 年的樣本平均)。破產成本比例 ($\rho = 0.4296$, Hamilton, Ou, Kim, and Cantor (2007) 中 AA 等級債券的 constant recovery rate 為 57.04%)
5. 無風險利率 ($r_f = 0.06$, Hall and Murphy (2002) 2000 年的樣本平均)
6. 公司所得稅 ($\tau_{corp} = 0.21$, 美國公司所得稅率)
7. 真實世界折現率 ($\mu = 0.125$, Hall and Murphy (2002) 的樣本平均數)
8. 員工風險趨避係數 ($\gamma = 0.88$, Sun and Widdicks (2016) 中的風險趨避係數)
9. 員工年薪 ($wage = 670,000$, Otto (2014) Table2 的平均數)
10. 股利 ($Div = 99,1402$, 此為每一股的股利, 股利設定仿照票面利率, 以 2000 年 S&P500 的 dividend yield 估計, 約為 1.22%, 依照本文設定每股為 equity 的 0.1% 計算)
11. 在外流通股數 ($O = 1,000$, 可看成每股占總股權千分之一)
12. 債券到期日 ($T = 10$ 年, Hall and Murphy (2002) 的設定)

13. 在1983-2006 認股權平均到期日 ($T_{ESO} = 10$ 年, 見Bahaji (2018))
14. 在2000-2018 認股權平均到期日 ($T_{ESO} = 5$ 年, 見Lovett et al. (2022) 平均)
15. 認股權閉鎖日 ($T_{v,ESO} = 2$ 年, Lovett et al. (2022) 平均)
16. 限制型股票閉鎖日 ($T_{v,RSU} = 4$ 年, Lovett et al. (2022) 平均)
17. 認股權張數 $N = 7$ (Otto (2014) Table2 的每年 CEO 獲得認股權價值的平均數為 3,087,000, 換算到本文 10 年的認股權折現價值總額應為 22,720,589, 而本文在其他設定皆固定下, 10 年總認股權張數為 7 張 (每張認股權換一股) 時認股權價值最接近此值, 且遠小於 Huddart and Lang (1996) Table2 所提到的實證資料中: 認股權占公司流通在外股數的最大值為 32.4%, 7 張只占 0.7% 屬於合理範圍)
18. 一年內有 4 個可履約時間點 (本模型設定一年切四期, 每一期都可以履約)
19. 本文選用的效用函數為

$$U(\omega) = \omega^\gamma \times e^{-\beta t}$$

其中 γ 為員工的風險趨避係數 ($0 < \gamma < 1$), 當 γ 值越大時越風險中立, 反之越風險趨避 (這裡使用 $\gamma = 0.88$, 參考Sun and Widdicks (2016) 設定)。

20. 機率加權參數 $\delta = 0.69$ (Sun and Widdicks (2016) 設定)
21. 模型計算出來的數據皆用過 MM 理論驗證:

$$V_0 + TB_0 - BC_0 = D_0 + E_0 + ESO_0 + RSU_0 + Salary + Dividend$$

(V_0 為期初公司資產價值, 其他價值皆是用資產樹模型透過倒推法求出期初的期望值, $ESO_0 + RSU_0 + Salary + Dividend$ 反映薪資結構)。

敏感性分析

使用波動度調整的必要性

以下數據的發行間隔為 $\Delta N = 0.2$

Fix CE, Max Firm value, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$

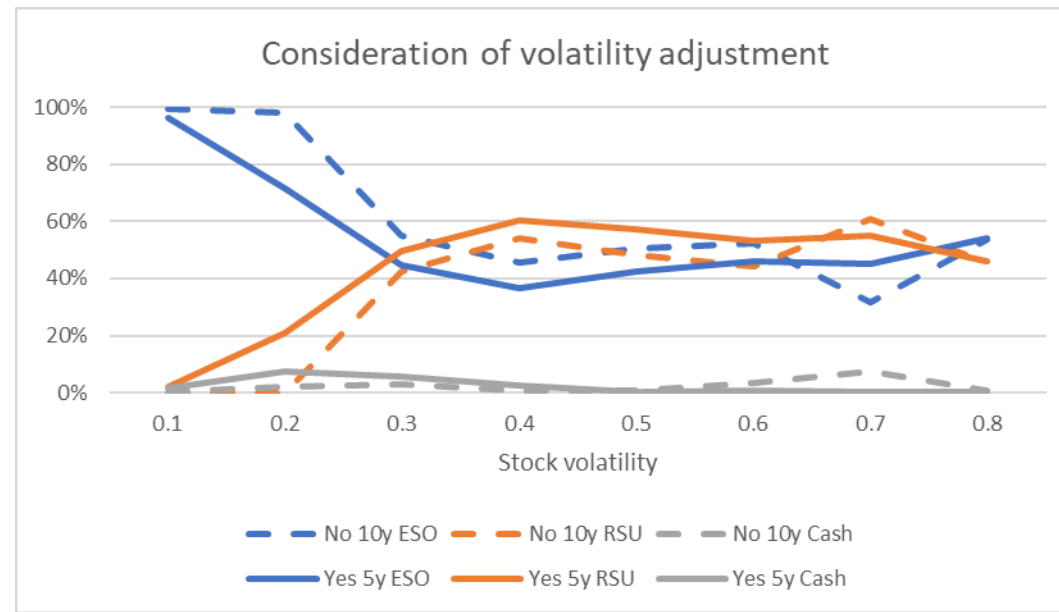
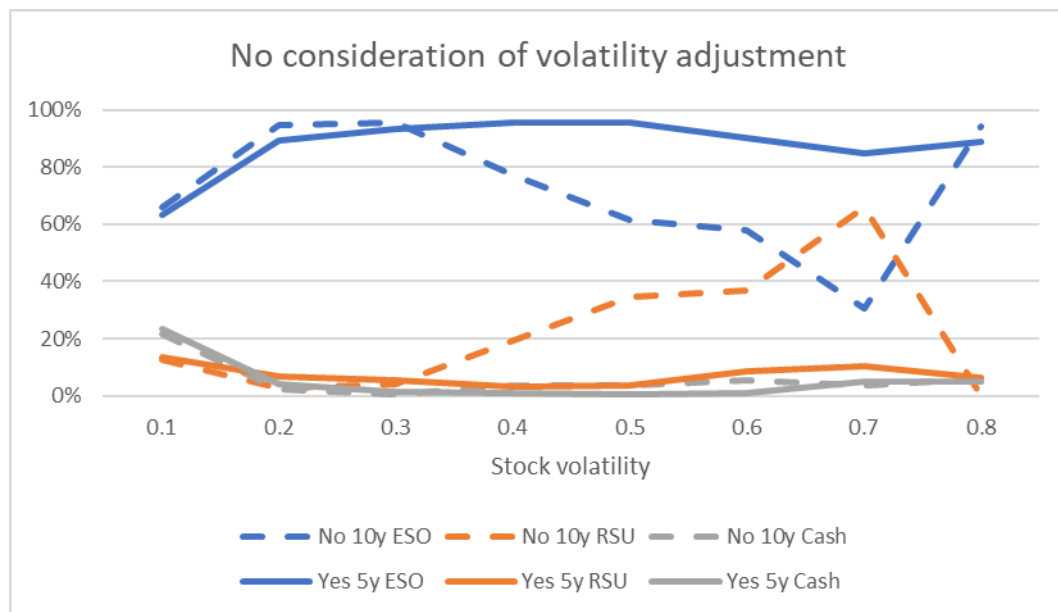
波動度調整參考 Williams(2006) 的 Table4 Panel C

$$\sigma_{after} = \sigma_{before} + 0.0122 \times \Delta RISO$$

其中

$$\Delta RISO = \frac{ESO_{value}}{RSU_{value} + Salary_{value}} - \frac{0}{0 + Salary_{value, All\ cash\ case}} = \frac{ESO_{value}}{RSU_{value} + Salary_{value}}$$

納入波動度調整後，可以使得ESO價值占比下降、RSU的價值占比提升，反映出市場發行RSU的現象。



敏感性分析

使用波動度調整的必要性

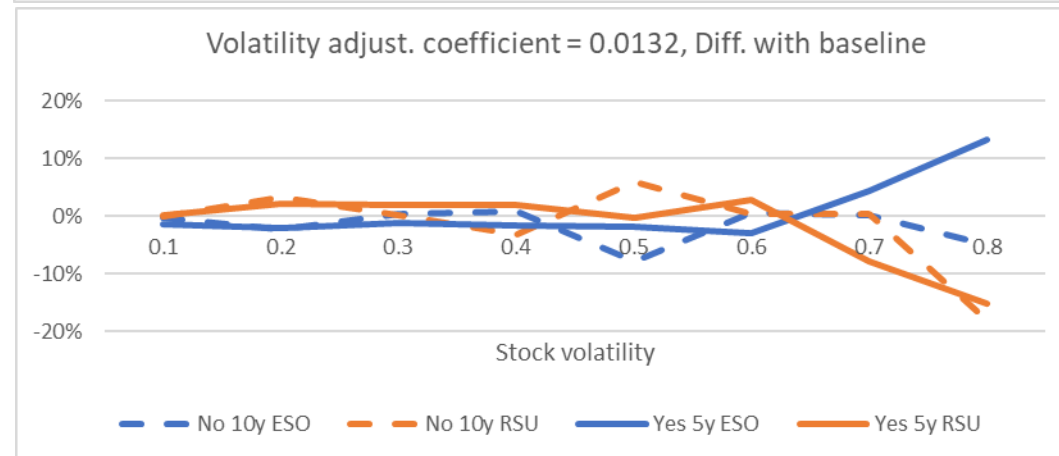
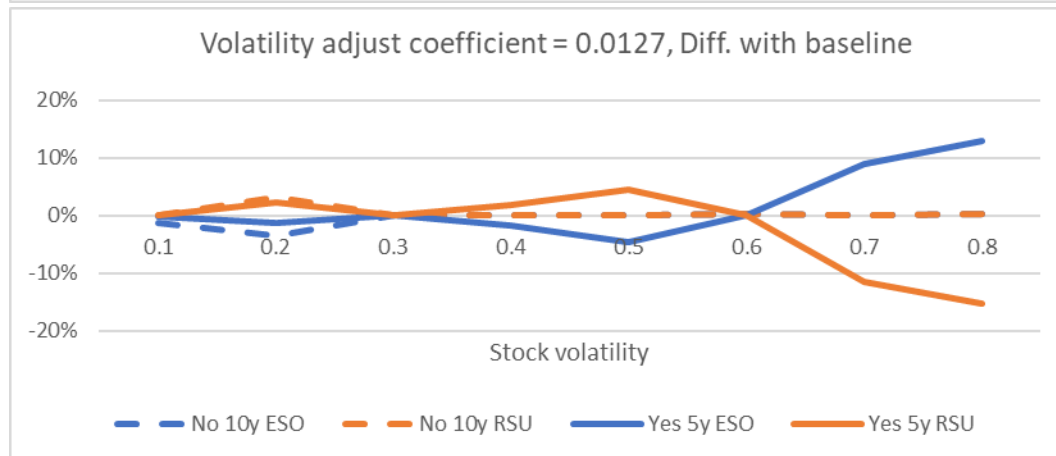
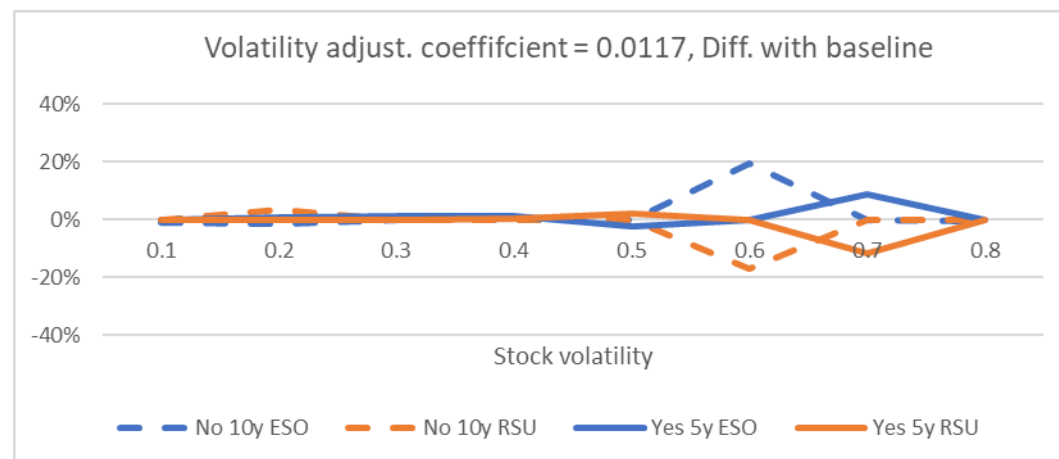
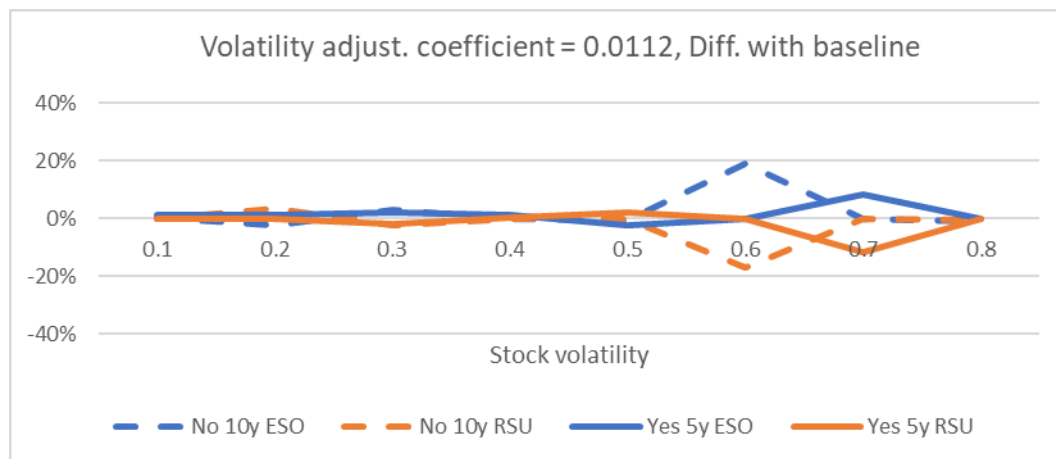
調整波動度調整的係數

$$\sigma_{after} = \sigma_{before} + 0.0122 \times \Delta RISO$$

設定係數 0.0122 為基準線，向上及向下調整 0.0005, 0.0010 $\rightarrow$ 0.0112、0.0117、0.0127、0.0132，並將「個別最適薪酬占比」減去「基準線的最適薪酬占比」，比較其差距。

以下數據的發行間隔為 $\Delta N = 0.2$

Fix CE, Max Firm value, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$



敏感性分析

限制型股票的閉鎖期調整

以下數據的發行間隔為 $\Delta N = 0.2$

Fix CE, Max Firm value, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$

FAS 123R Cost adjust	ESO maturity	Comp.	$\sigma = 0.1$	$\sigma = 0.2$	$\sigma = 0.3$	$\sigma = 0.4$	$\sigma = 0.5$	$\sigma = 0.6$	$\sigma = 0.7$	$\sigma = 0.8$
$T_{RSU} = 4.00$										
No	10y	ESO	100%	98%	55%	45%	51%	52%	32%	53%
		RSU	0%	0%	42%	54%	48%	44%	61%	46%
		Cash	0%	2%	3%	1%	1%	3%	7%	1%
Yes	5y	ESO	96%	72%	45%	37%	42%	46%	45%	54%
		RSU	2%	21%	50%	60%	57%	53%	55%	46%
		Cash	2%	7%	6%	3%	0%	1%	0%	0%
$T_{RSU} = 4.25$										
No	10y	ESO	100%	98%	56%	47%	44%	54%	33%	50%
		RSU	0%	0%	40%	51%	55%	46%	64%	28%
		Cash	0%	2%	4%	2%	1%	1%	2%	22%
Yes	5y	ESO	96%	71%	47%	37%	39%	44%	51%	62%
		RSU	2%	21%	48%	61%	60%	54%	48%	37%
		Cash	2%	8%	5%	1%	1%	2%	0%	1%

敏感性分析

限制型股票的閉鎖期調整

以下數據的發行間隔為 $\Delta N = 0.2$

Fix CE, Max Firm value, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$

FAS 123R Cost adjust	ESO maturity	Comp.	$\sigma = 0.1$	$\sigma = 0.2$	$\sigma = 0.3$	$\sigma = 0.4$	$\sigma = 0.5$	$\sigma = 0.6$	$\sigma = 0.7$	$\sigma = 0.8$
$T_{RSU} = 4.50$										
No	10y	ESO	100%	98%	57%	47%	45%	55%	34%	53%
		RSU	0%	0%	40%	52%	52%	39%	58%	30%
		Cash	0%	2%	3%	1%	3%	7%	8%	17%
Yes	5y	ESO	96%	73%	47%	38%	38%	46%	48%	52%
		RSU	2%	19%	46%	60%	61%	51%	49%	48%
		Cash	2%	8%	6%	2%	1%	3%	3%	0%
$T_{RSU} = 4.75$										
No	10y	ESO	100%	98%	58%	48%	46%	56%	36%	56%
		RSU	0%	0%	37%	49%	53%	40%	61%	32%
		Cash	0%	2%	5%	2%	1%	4%	3%	12%
Yes	5y	ESO	96%	72%	47%	35%	0%	43%	45%	37%
		RSU	0%	19%	46%	62%	98%	55%	53%	63%
		Cash	4%	10%	6%	2%	2%	2%	2%	0%
$T_{RSU} = 5.00$										
No	10y	ESO	100%	98%	58%	45%	47%	58%	36%	60%
		RSU	0%	0%	38%	52%	49%	41%	52%	34%
		Cash	0%	2%	4%	3%	4%	1%	11%	6%
Yes	5y	ESO	96%	94%	45%	37%	34%	37%	0%	0%
		RSU	0%	0%	48%	61%	65%	62%	96%	95%
		Cash	4%	6%	6%	2%	1%	0%	4%	5%

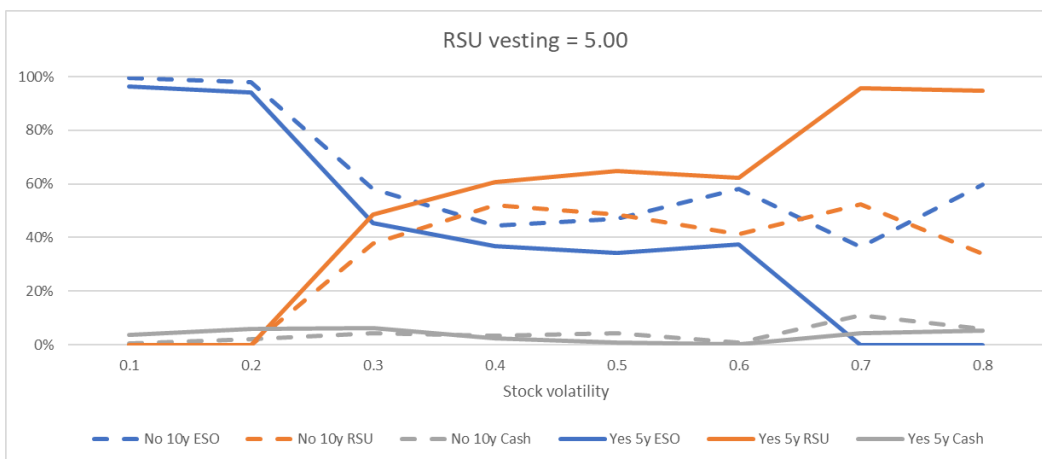
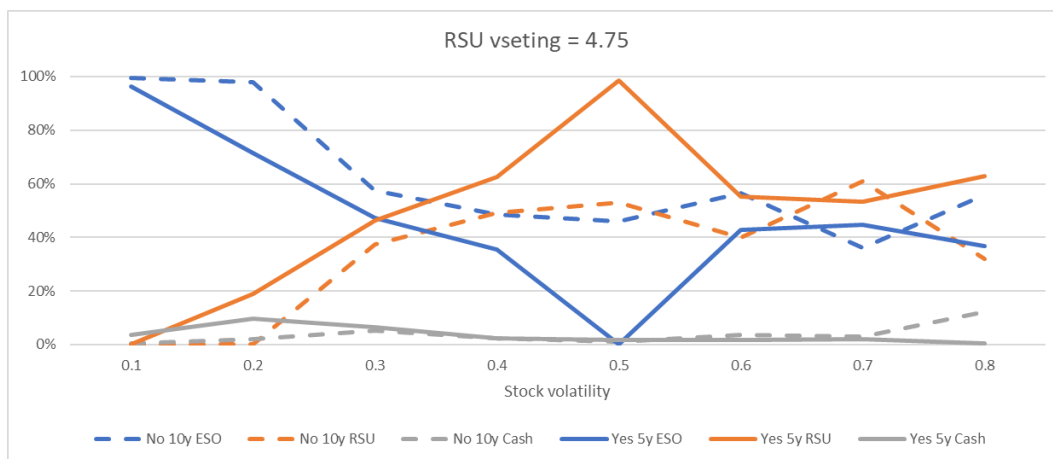
敏感性分析

限制型股票的閉鎖期調整

以下數據的發行間隔為 $\Delta N = 0.2$

Fix CE, Max Firm value, $\gamma = 0.88$, $\delta = 0.69$

當RSU閉鎖期靠近5年，對ESO到期日為5年(實線)影響較大，可能的原因是員工在近5年時獲得大量財富，導致對處置ESO決策影響很大。



最適薪酬組合配置

固定員工確定等值

最大化公司價值

<

$\gamma = 0.88, \delta = 0.69$ & $\gamma = 1.00, \delta = 0.69$
 $\gamma = 0.88, \delta = 1.00$ & $\gamma = 1.00, \delta = 1.00$

最小化薪資成本

<

$\gamma = 0.88, \delta = 1.00$ & $\gamma = 1.00, \delta = 0.69$
 $\gamma = 1.00, \delta = 1.00$ & $\gamma = 1.00, \delta = 1.00$

固定公司薪資成本

最大化公司價值

<

$\gamma = 0.88, \delta = 0.69$ & $\gamma = 1.00, \delta = 0.69$
 $\gamma = 1.00, \delta = 0.69$ & $\gamma = 1.00, \delta = 1.00$

最大化確定等值

<

$\gamma = 0.88, \delta = 1.00$ & $\gamma = 1.00, \delta = 0.69$
 $\gamma = 1.00, \delta = 1.00$ & $\gamma = 1.00, \delta = 1.00$

Next

最適薪酬組合配置

固定員工確定等值，最大化公司資產價值

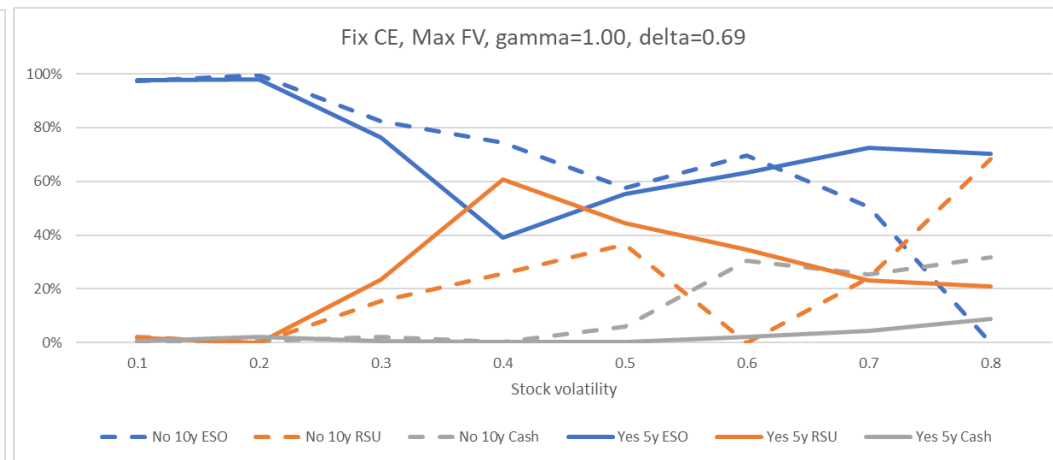
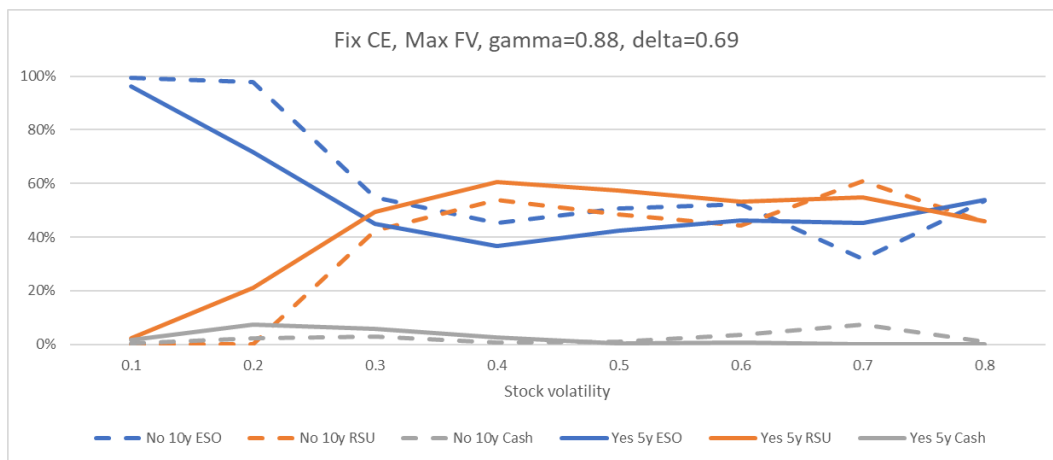
以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

有風險趨避 + 有主觀機率調整：

考慮 FAS 123R 會計變動的差異及 ESO 到期日下降前後，
可以看見出 ESO 價值占比↓、RSU 價值占比↑的現象。符合實證現象!

無風險趨避 + 有主觀機率調整：

可以看見出 ESO 價值占比↓、RSU 價值占比↑的現象，
但即便 ESO 價值占比下降，公司仍主要發行 ESO 為主。不合實證現象!



最適薪酬組合配置

固定員工確定等值	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$	Next
			$\gamma = 0.88,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$	
	最小化薪資成本	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$	
			$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$	
固定公司薪資成本	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$	
			$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$	
	最大化確定等值	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$	
			$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$	

最適薪酬組合配置

固定員工確定等值，最大化公司資產價值

以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

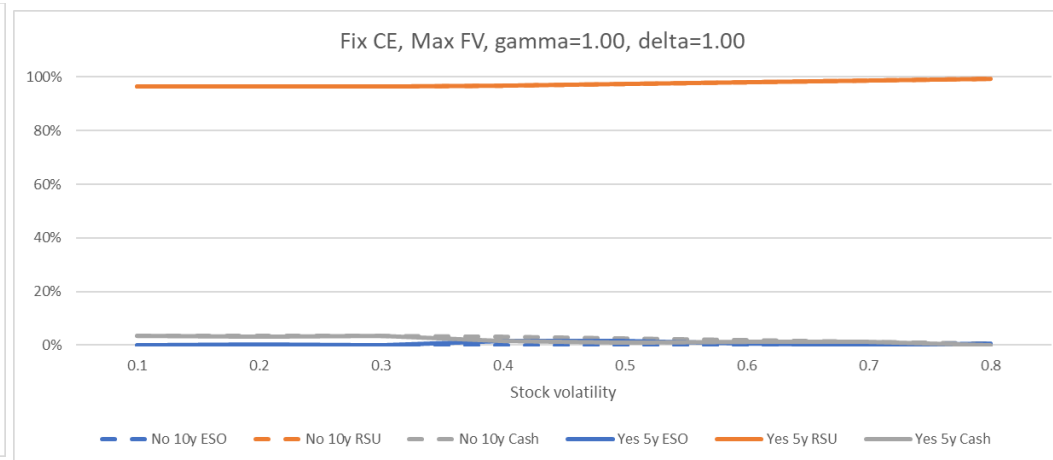
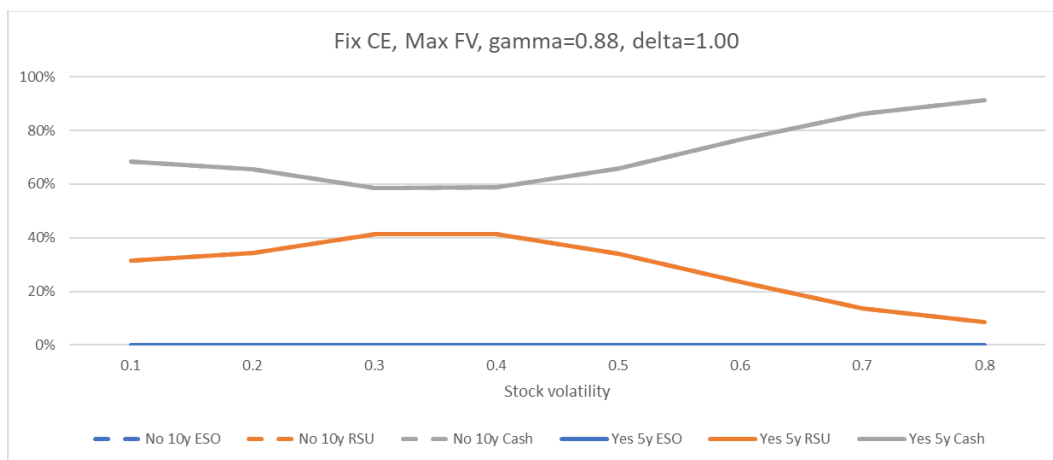
有風險趨避 + 無主觀機率調整：

考慮 FAS 123R 會計變動的差異及 ESO 到期日下降前後，公司發行占比皆無明顯差異，並傾向發行 RSU + Cash 的組合。

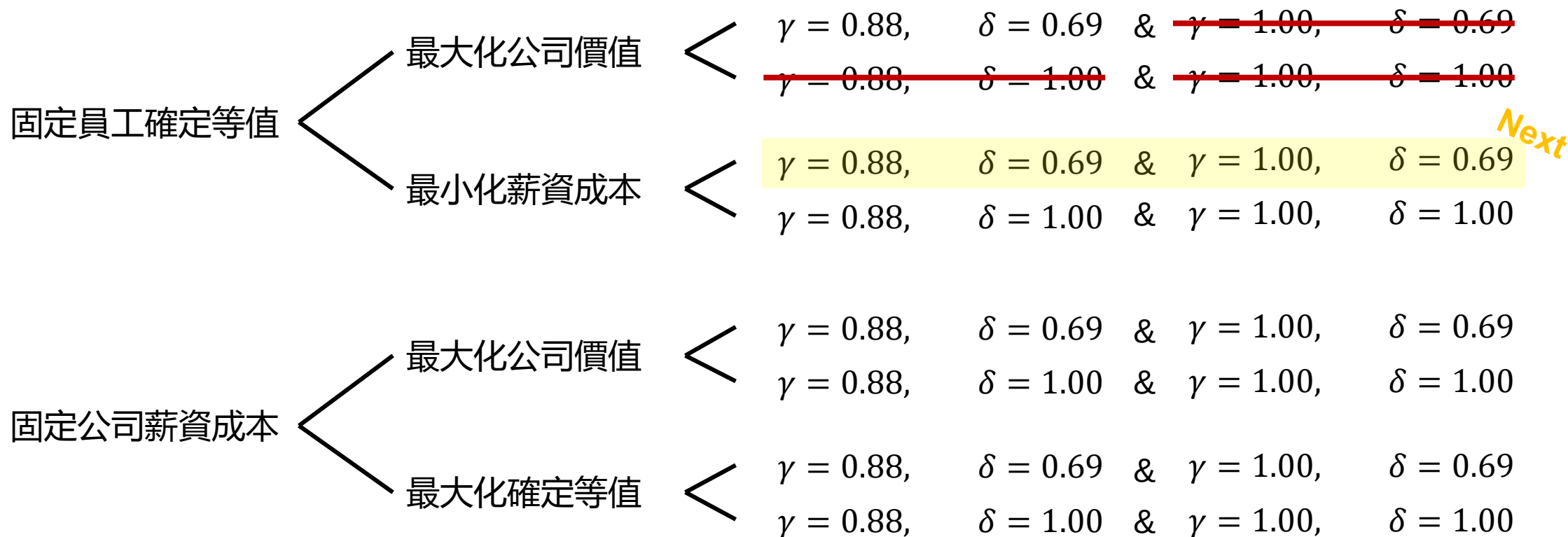
無風險趨避 + 無主觀機率調整：

考慮 FAS 123R 會計變動的差異及 ESO 到期日下降前後，公司發行占比皆無明顯差異。並傾向發行近全 RSU 的組合。

皆無法反映出 ESO 價值占比↓、RSU 價值占比↑的現象。 **不符合實證現象!**



最適薪酬組合配置



最適薪酬組合配置

固定員工確定等值，最小化公司薪資成本

以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

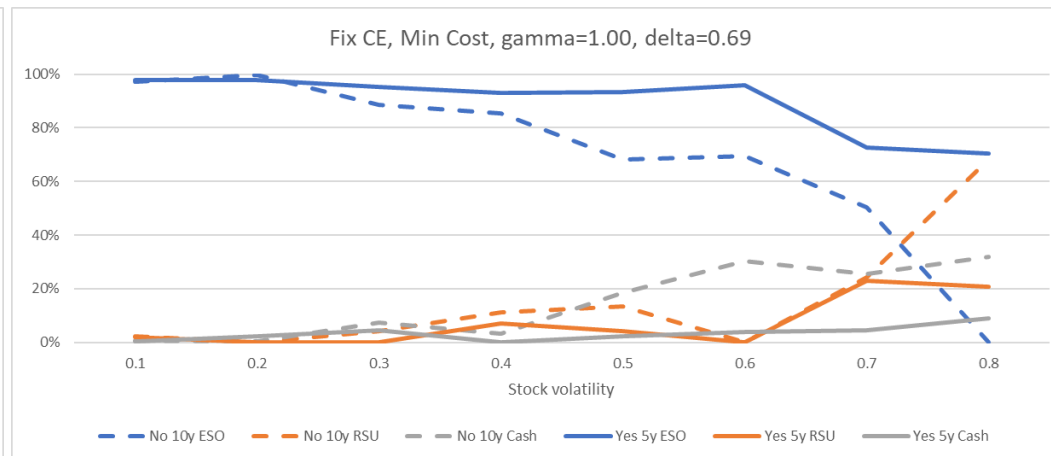
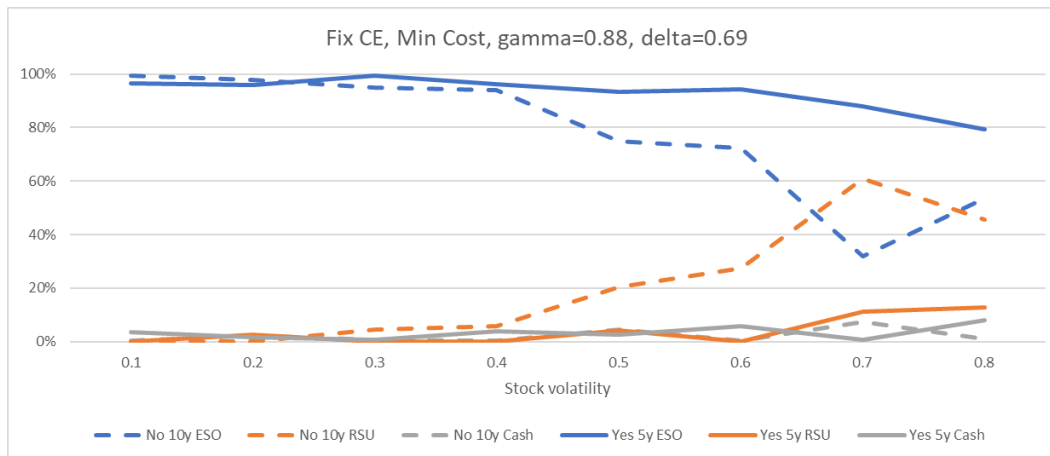
有風險趨避 + 有主觀機率調整：

考慮FAS 123R會計變動的差異及ESO到期日下降前後，公司幾乎都傾向發行較多ESO的組合。

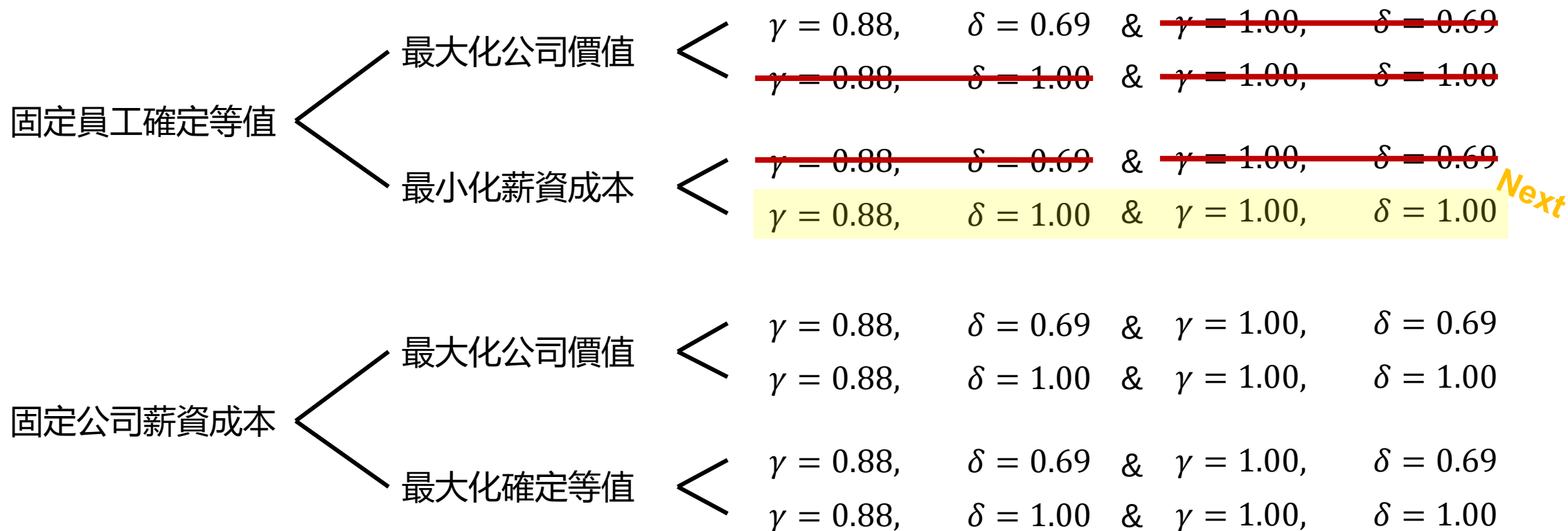
無風險趨避 + 有主觀機率調整：

考慮FAS 123R會計變動的差異及ESO到期日下降前後，公司幾乎都傾向發行較多ESO的組合。

皆無法反映出 ESO 價值占比↓、RSU 價值占比↑的現象。 **不符合實證現象!**



最適薪酬組合配置



最適薪酬組合配置

固定員工確定等值，最小化公司薪資成本

以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

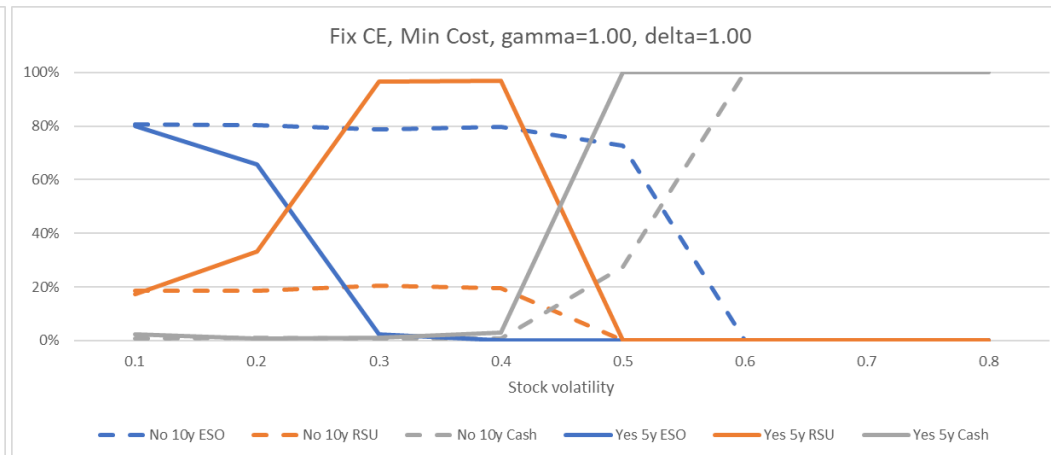
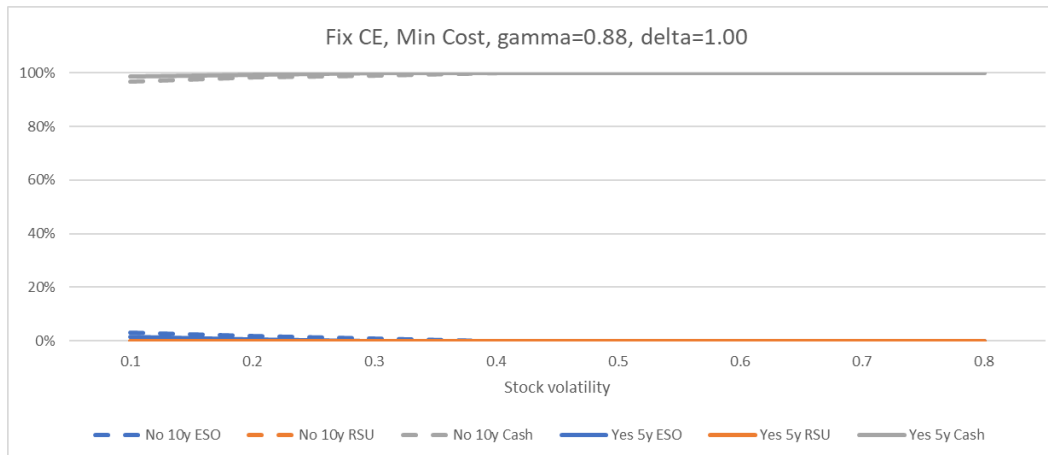
有風險趨避 + 無主觀機率調整：

考慮FAS 123R會計變動的差異及ESO到期日下降前後，公司幾乎都傾向發行全現金的組合。

無風險趨避 + 無主觀機率調整：

難以觀察到明顯趨勢。

皆無法反映出 ESO 價值占比↓、RSU 價值占比↑的現象。 **不符合實證現象!**



最適薪酬組合配置

固定員工確定等值	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$
	最小化薪資成本	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$
固定公司薪資成本	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$
	最大化確定等值	<	$\gamma = 0.88,$	$\delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88,$	$\delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00,$	$\delta = 1.00$

Next

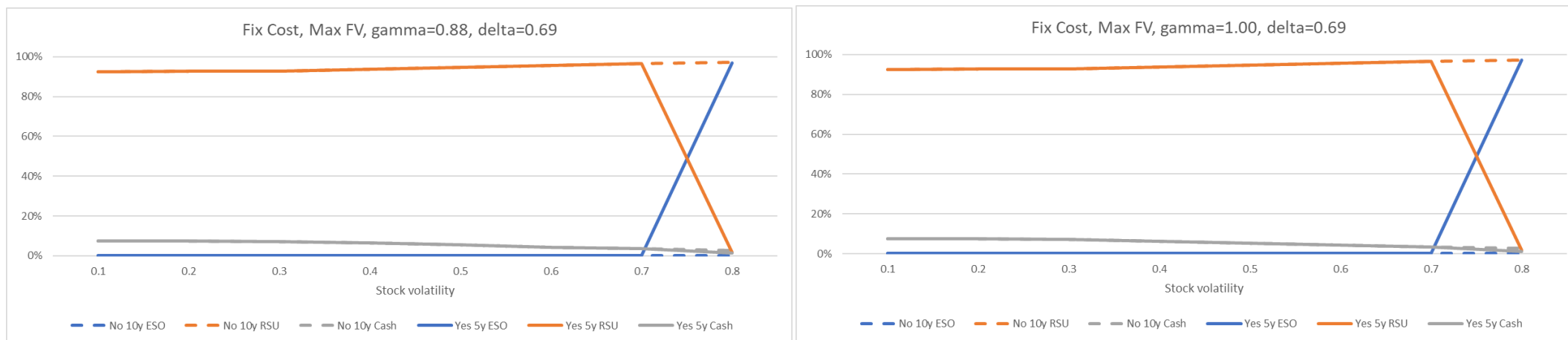
最適薪酬組合配置

固定公司薪資成本，最大化公司資產價值

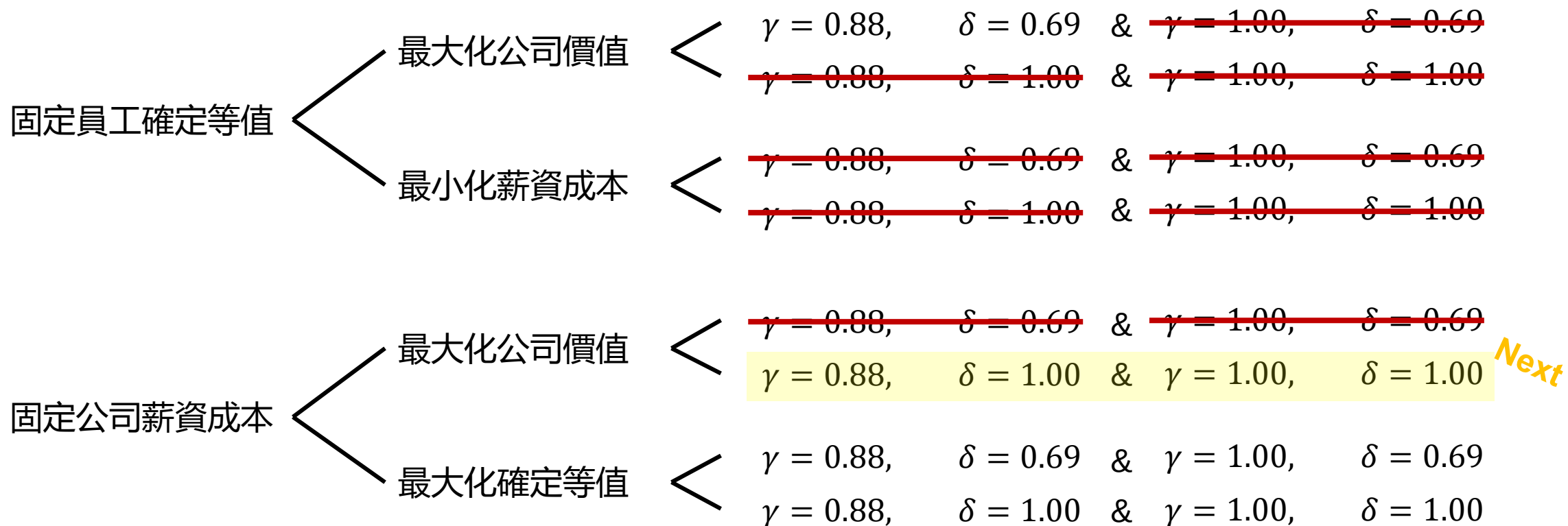
以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

考慮FAS 123R會計變動的差異及ESO到期日下降前後，公司幾乎都傾向發行全RSU的組合。

皆無法反映 ESO價值占比↓、RSU價值占比↑的現象。 **不符合實證現象!**



最適薪酬組合配置



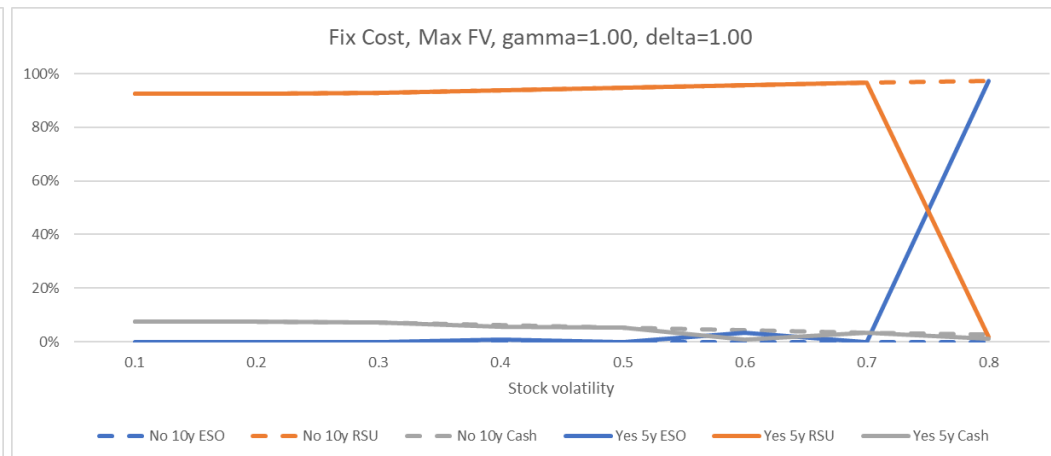
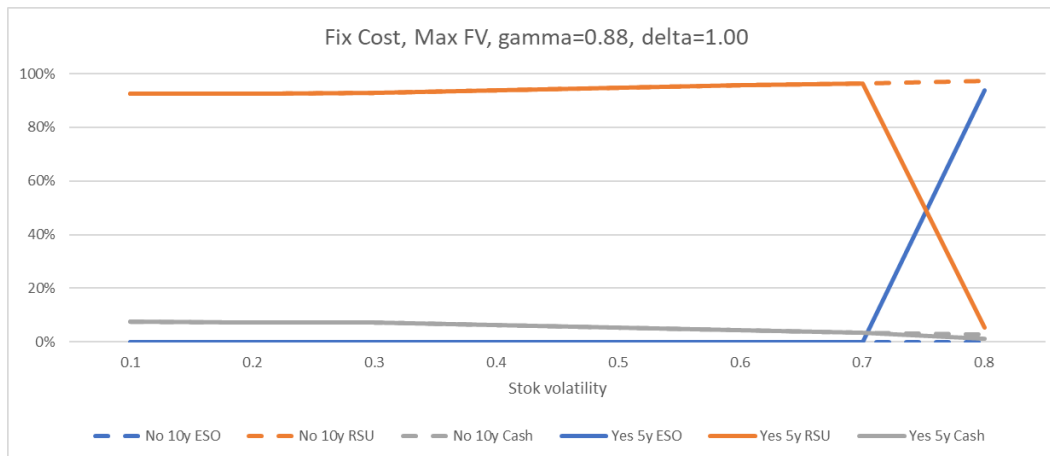
最適薪酬組合配置

固定公司薪資成本，最大化公司資產價值

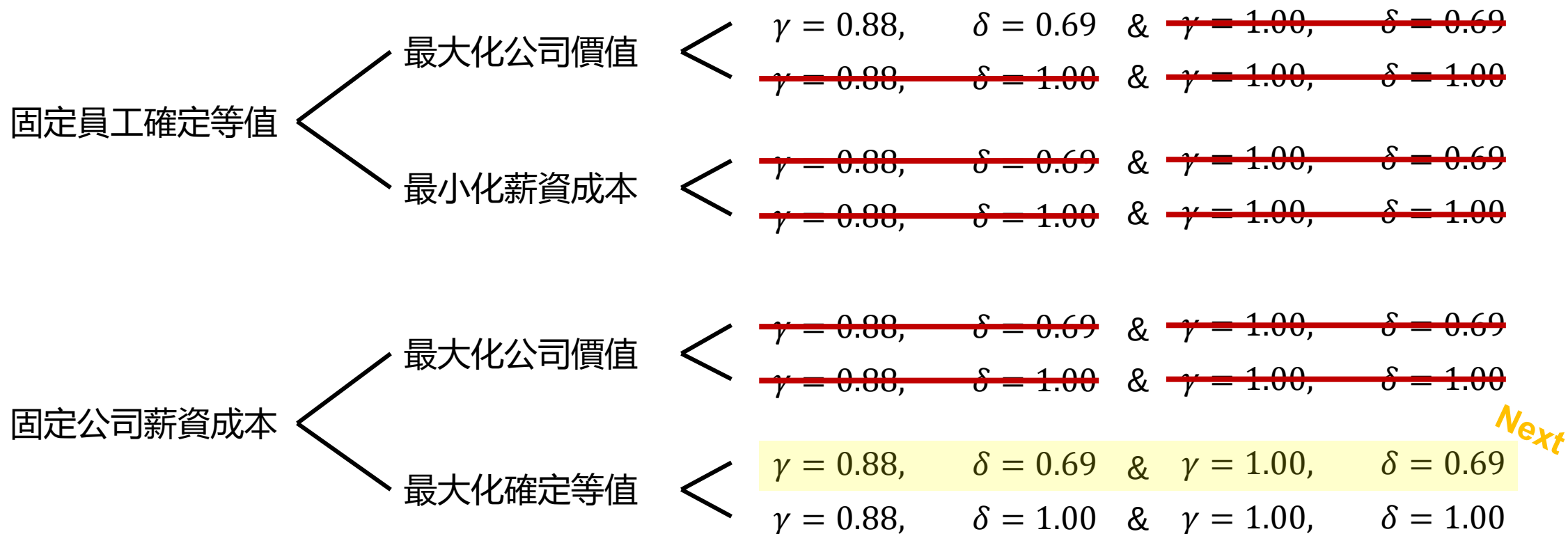
以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

考慮FAS 123R會計變動的差異及ESO到期日下降前後，公司幾乎都傾向發行全RSU的組合。

皆無法反映 ESO價值占比↓、RSU價值占比↑ 的現象。 **不符合實證現象!**



最適薪酬組合配置



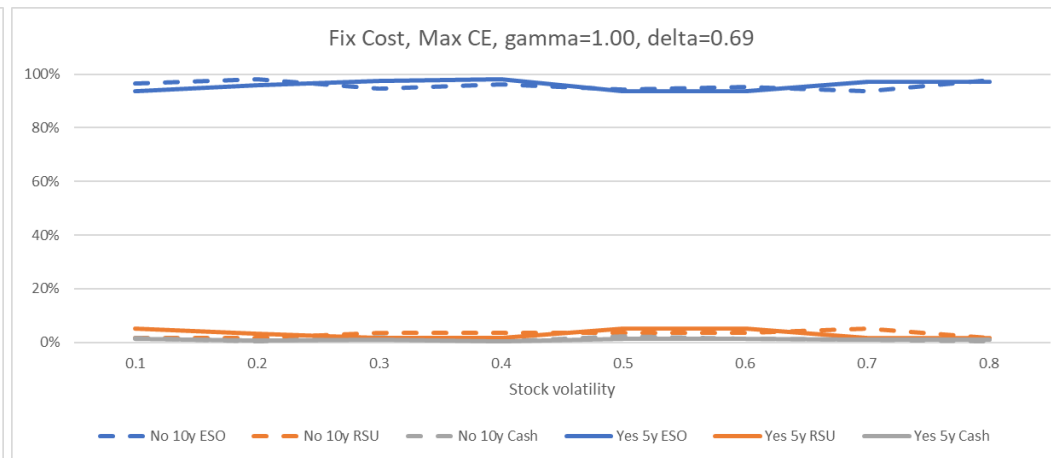
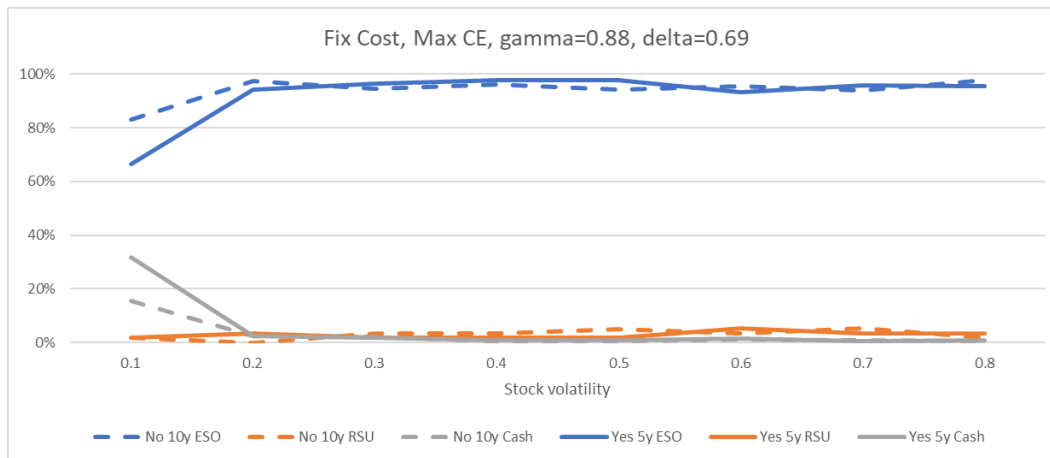
最適薪酬組合配置

固定公司薪資成本，最大化員工確定等值

以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

考慮FAS 123R會計變動的差異及ESO到期日下降前後，公司皆傾向發行全ESO的組合。

皆無法反映 ESO價值占比↓、RSU價值占比↑ 的現象。 **不符合實證現象!**



最適薪酬組合配置

固定員工確定等值	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$
	最小化薪資成本	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$
固定公司薪資成本	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$
	最大化確定等值	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$

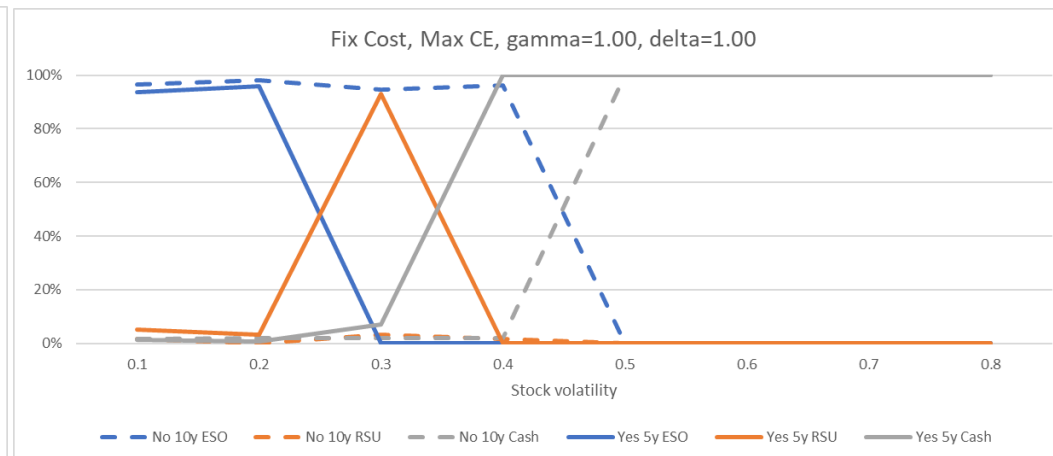
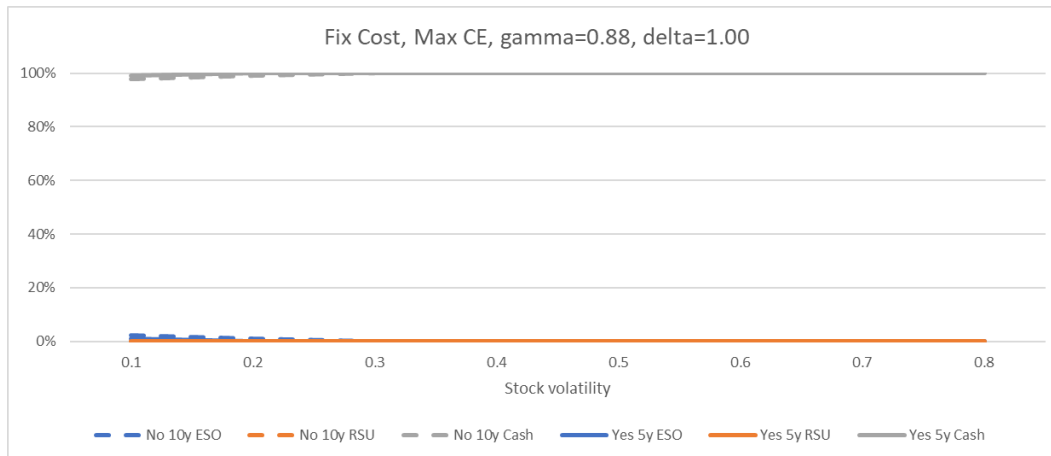
Next

最適薪酬組合配置

固定公司薪資成本，最大化員工確定等值

以下數據的張數間隔皆為 $\Delta N = 0.2$

皆無法反映 ESO價值占比↓、RSU價值占比↑的現象。 不符合實證現象!



最適薪酬組合配置

固定員工確定等值	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$
	最小化薪資成本	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$
固定公司薪資成本	最大化公司價值	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$
	最大化確定等值	<	$\gamma = 0.88, \quad \delta = 0.69$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 0.69$
			$\gamma = 0.88, \quad \delta = 1.00$	&	$\gamma = 1.00, \quad \delta = 1.00$

05 結 論



結論

- 本文基於鄧名勛(2021)、李元靖(2022)的資產樹森林結構與機率加權模型，商品方面加入了限制型股票(Restricted Stock)、實證現象方面加入了會計制度變化與ESO到期日下降，並以「極大化員工確定等值」決定最適履約比例。
- 加入 Lovett(2022) 提到的 CEO 會因為薪酬組合不同，進行不同決策，進而影響公司波動度。並驗證了此項調整的重要性。 # 調整方式參考 Williams(2017) 對波動度與薪酬組合的回歸結果。
- 分別討論了「單一激勵型薪酬」與「混和激勵行薪酬」下的公司發行決策。
- 本文分析了 Irving(2011)、 Lovett(2022) 觀察到的 ESO 價值占比下降、RSU 價值占比上升原因。
- 並討論了造成 ESO、RSU 價值變動劇烈的主要原因。

The background features several overlapping teal circles of various sizes. A large, light teal circle is on the left side. A smaller, darker teal circle is in the top left corner. In the bottom right corner, there are three overlapping circles: a medium-sized one, a larger one behind it, and a small one to the right.

End