

# Basel III 市場風險標準法

## 敏感性基礎法(SBM)入門說明

昀騰金融科技  
技術長  
董夢雲 博士  
[dongmy@ms5.hinet.net](mailto:dongmy@ms5.hinet.net)

# 目 錄

## 一、Basel III 新標準法架構

- (一) 風險與涉險值
- (二) 現貨的風險值
- (三) 一致性的風險衡量

## 二、SBM 下的價格變動分解

- (一) 價格變動的風險分解
- (二) 風險分類與風險組合

## 三、Delta 風險資本與現貨利率風險

- (一) 利率風險因子與 Bucket 定義
- (二) 利率風險 Delta 敏感性計算
- (三) QuantLibXL 使用說明
- (四) 公債的 Delta 風險資本計算

## 四、Curvature 風險資本與外匯選擇權風險

- (一) 匯率風險因子與 Bucket 定義
- (二) 匯率風險 Curvature 敏感性計算
- (三) QuantLibXL 使用說明
- (四) 外匯選擇權的 Curvature 風險資本計算

## 五、Vega 風險資本與外匯選擇權風險

- (一) 匯率風險 Vega 敏感性計算
- (二) 外匯選擇權的 Vega 風險資本計算

## 六、SBM 投資組合相關性風險與壓力測試

- (一) 新台幣利率風險跨時間帶彙整
- (二) 新台幣利率風險跨利率曲線彙整
- (三) 利率風險跨幣別彙整
- (四) 情境計算
- (五) 計算範例

## 七、總結

# 昀騰金融科技股份有限公司

技術長  
金融博士、證券分析師

董夢雲 Andy Dong



ID:50917111  
Line/WeChat:andydong3137  
E:andydong1209@gmail.com  
<https://github.com/andydong1209>  
M:(T)0988-065-751 (C)1508-919-2872  
10647 台北市大安區辛亥路一段 50 號 4 樓

**現職**：國立台灣大學財務金融研究所兼任教授級專家  
台灣金融研訓院 2022 年菁英講座

**經歷**：中國信託商業銀行交易室研發科主管  
凱基證券風險管理部主管兼亞洲區風險管理主管  
中華開發金控、工業銀行風險管理處處長  
永豐金控、商業銀行風險管理處處長  
永豐商業銀行結構商品開發部副總經理

**學歷**：國立台灣大學電機工程學系學士  
國立中央大學財務管理學研究所博士

**專業**：證券暨投資分析人員合格(1996)

**專長**：Basel III 交易簿市場風險資本計算、銀行簿利率風險計算  
風險管理理論與實務，資本配置與額度規劃、資產負債管理實務  
外匯與利率結構商品評價實務，股權與債權及衍生商品評價實務  
GPU 平行運算與結構商品系統開發，CUDA、OpenCL  
CPU 平行運算與 ALM 系統開發，C#/C++/C、.Net Framework、SQL  
人工智慧(Deep Learning)交易策略開發，Python、Keras、TensorFlow

# 一、Basel III 新標準法架構

## (一)風險與涉險值

### ◆ 1996 年 Basel 資本協定納入市場風險的資本要求。

- 以所謂的 Cooke ratio 來衡量監管資本的最低清償條件。
  - ✓ 分子為合格資本，Core capital、Complementary capital、Sub-supplementary capital。
  - ✓ 分母為風險加權資產，包含信用風險資本需求(CRR)與市場風險資本需求(MRR)

### ◆ 信用風險需求不包含交易簿的權益與債權部位，以及外匯與商品部位。

- CRR 的表內部位只為名目本金乘上百分比
  - ✓ CRR 的表外部位只為信用風險的當量
- 監管者喜歡銀行把部位置於銀行簿

### ◆ 市場風險需求包含交易簿的表內與表外部位。

- 需要市價重估部位。

◆ 標準法下的 MRR 將部位分為四大類別(模塊，Building Blocks)，總需求為四者相加，

- 權益
- 利率
- 外匯
- 商品

◆ 在每一類別下，MRR 為一般與個別風險需求的和。

- 這些項目各為部位淨額或總額的百分比。
- 百分比視計算方式而定。

◆ 1996 年 Basel 資本協定，另外提出方法來衡量 MRR，

- 使用內部模型衡量交易簿總淨部位，對公司產生的總損失。
  - ✓ 此總損失為 10 個交易日，99%顯著水準下，最大可能損失。
- 有定性與定量的要求，符合方可使用。

## 甲、風險值

◆ 風險值的定義：在一固定期間內，由市場逆向變動，所產生的以特定機率表達的損失。

➤ 令  $x = \text{VaR}(99\%, 10\text{days})$ ，則表示在未來 10 天，有 1% 的機率，損失會等於或超過  $x$ 。

✓  $1 - 100 \alpha \% = 99\%$ ， $\alpha = 1\%$ ，稱為顯著水準。

✓ 10 天稱為持有效期(Holding period, h-day)。

◆ 令一投資組合， $h$  天的損失為， $\Delta_h P_t = B_{ht} P_{t+h} - P_t$ ，

➤  $B_{ht}$  表在  $t$  時點， $h$  天到期折價債券的現值。

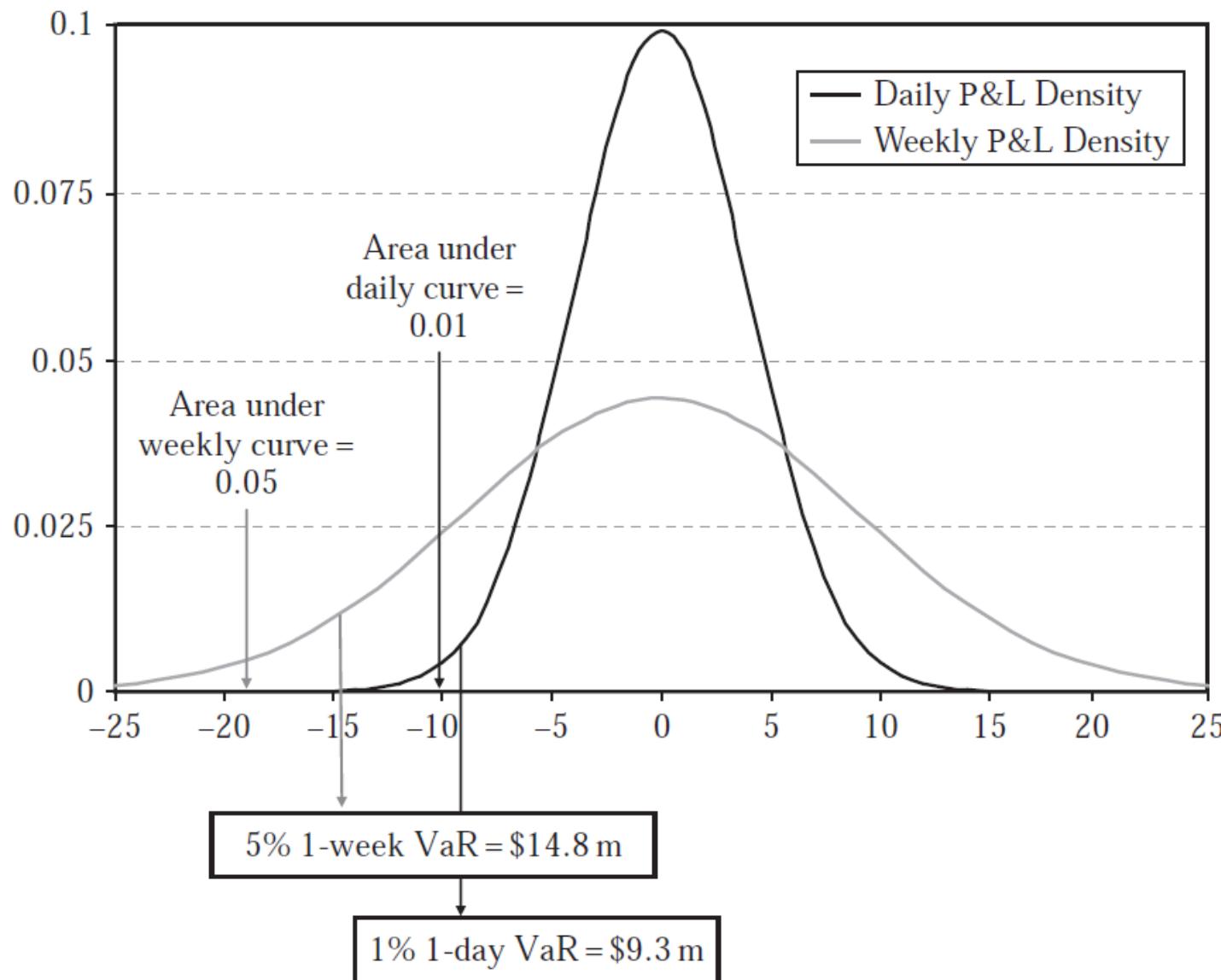
➤  $100 \alpha\%$ ， $h$ -day  $\text{VaR} ==> \text{VaR}(1-100 \alpha\%, h\text{-day}) = x$ 。

✓  $\text{Prob}(\Delta_h P_t < -x) = \alpha$ 。

➤ 可表示如下，

$$X_{ht} = \frac{B_{ht} P_{t+h} - P_t}{P_t} , \quad P(X_{ht} < x_{ht}) = \alpha$$

$$\text{VaR}_{ht,\alpha} = \begin{cases} -x_{ht,\alpha}, & \text{Return Loss} \\ -x_{ht,\alpha} P_t, & \text{Amount Loss} \end{cases}$$



## 乙、常態線性風險值公式

- ◆ 只考慮整個投資組合的 VaR，組合的 h-day 報酬為 iid 且常態分配。

$$X_{ht} = \frac{B_{ht} P_{t+h} - P_t}{P_t} \stackrel{i.i.d.}{\approx} N(\mu, \sigma^2)$$

➤ 由常態分配可知，

$$\frac{x_\alpha - \mu}{\sigma} = \Phi^{-1}(\alpha)$$

✓ 一天 VaR 為，

$$VaR_\alpha = \Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma - \mu \quad \dots \dots \dots \quad (1.1)$$

✓ 故 h-day VaR 為，

$$VaR_{h,\alpha} = \Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_h - \mu_h \quad \dots \dots \dots \quad (1.2)$$

➤ 以損失金額表示，

$$VaR_{h,\alpha} = (\Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_h - \mu_h)P_t \quad \dots \dots \dots \quad (1.3)$$

✓  $\Phi^{-1}(5\%) \approx 1.65$  ,  $\Phi^{-1}(1\%) \approx 2.33$

◆ 組合內有多個資產，每個資產報酬不同，價值增加速度不同。

➤ 令有  $k$  個資產，組合價值

$$P_t = \sum_{i=1}^k n_i p_{it}$$

➤ 令  $i$  個資產價值權數

$$w_{it} = \frac{n_i p_{it}}{P_t}$$

◆ 定義靜態 VaR，表持有期間內沒有交易，

➤ 不進行 Rebalance，權數不固定。

◆ 定義動態 VaR，表持有期間內有交易，

➤ 進行 Rebalance，權數固定。

## 丙、縮放風險值

- ◆ 如果報酬為 iid，且計算動態 VaR，則  $h$  天 VaR 值可由 1 天 VaR 求得。

$$X_{1t} \approx \frac{P_{t+1} - P_t}{P_t} \approx \ln\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right)^{i.i.d.} \approx N(\mu_1, \sigma_1^2)$$

$$\sigma_h = \sqrt{h}\sigma_1$$

$$VaR_{h,\alpha} = \Phi^{-1}(1-\alpha)\sqrt{h}\sigma_1 - h\mu_1$$

➤ 若有自我相關，且相關係數  $\rho$ ，則  $\mu_h = \sigma\mu_1$ ， $\sigma_h = \sqrt{\tilde{h}}\sigma_1$

$$\tilde{h} = h + 2\rho(1-\rho)^{-2}((h-1)(1-\rho) - \rho(1-\rho^{h-1}))$$

$$VaR_{h,\alpha} = \Phi^{-1}(1-\alpha)\sqrt{\tilde{h}}\sigma_1 - h\mu_1$$

➤ 長天期下，報酬率也會須要考慮。

## (二)現貨的涉險值

◆ 整個 VaR 的衡量是對投資組合採取風險因子應對(Risk Factor Mapping)的架構，可以分為兩部分。

- 系統 VaR(Systematic VaR)，或總風險因子 VaR(Total Risk Factor VaR)
  - ✓ 將 VaR 的計算，分解成各個不同類別風險因子的 VaR 計算，再加以合併
  - ✓ 需要考慮相關性
- 個別 VaR(Specific VaR)，或殘餘 VaR(Residual VaR)
  - ✓ 無法透過應對法捕捉到的風險。

## 甲、風險因子VaR

### ◆ 建構一個模型，將投資組合的報酬連結到其風險因子。

➤ 一個有權益現貨與指數期貨的國際權益組合，通常認為有下面風險因子，

- ✓ 主要市場現貨權益指數(SP500, FTSE100, CAC40)，標的資產
- ✓ 現貨匯率(\$/£, \$/€)，匯率轉換(表達為本幣風險)
- ✓ 主要市場股利收益率，資產收益率(進入遠期價格計算)
- ✓ 即期 LIBOR 利率，天期等同期貨，折現使用

### ◆ 在因子模型中，風險因子的係數稱之為投資組合對因子變動的敏感性(Sensitivity)。

➤ 同上例，敏感性有下，

- ✓ 對主要市場現貨權益指數的敏感性稱之為 Beta，
- ✓ 現貨匯率的敏感性為一(One)，
- ✓ 對各幣別利率與主要市場股利收益率的敏感性之為 PV01。

## ◆ 採因子法的理由：

- 簡化計算
- 績效評估，各暴險的績效(RAROC)
- 便於風管人員每日控管作業
  - ✓ 如壓力測試的執行

## ◆ 可能產生的模型風險有：

- 因子的選擇很主觀
- 敏感性估計有誤
- 可能忽略各別風險

## 乙、單因子常態線性權益VaR

- ◆ 一現貨權益投資組合，其報酬  $Y$  有單一因子  $X$ ，大盤指數，可表示為

$$Y_t = \tilde{\alpha} + \beta X_t + \varepsilon_t$$

- $\tilde{\alpha}$ ， $\beta$  為常數， $\varepsilon_t$  為殘差， $X$  為常態分配。
- 其  $h$  天， $\alpha$  水準的風險值為，

$$VaR_{h,\alpha} = \beta(\Phi^{-1}(1 - \alpha)\sigma_h - \mu_h) \quad \dots \dots \dots \quad (1.4)$$

◆ 範例：一組合投資 1MM 在 A 股，2MM 在 B 股。A 股 beta=1.2，B 股 beta=0.8。大盤指數報酬率為 5%，波動性 20% 每年。則 VaR(1%, 10-day) 為

➤ 組合淨 beta 以金額表示為

$$\beta_{\$} = \$1,000,000 \times 1.2 + \$2,000,000 \times 0.8 = \$2.8M$$

✓ 10 日報酬率為

$$\mu_{10D} = 0.05 \times \frac{10}{250} = 0.2\%$$

✓ 10 日波動性為

$$\sigma_{10D} = 0.2 \times \sqrt{\frac{10}{250}} = \frac{0.2}{5} = 4\%$$

➤ VaR(1%, 10-day) 為

$$Equity\_VaR(1\%, 10D) = \$2,800,000 \times (2.32635 \times 4\% - 0.2\%) = \$254,951$$

<<Case\_1\_1\_EQVaR>>

## 丙、常態線性利率VaR

- ◆ 一個利率相關的投資組合，如債券、放款、交換交易等，可以視為一組現金流量的組合。
  - 使用現金流量映射法，可將所有的現金流量，映射到特定時點的現金流量上。
  - 所有債權工具皆可視為零息債券（Zero Coupon Bond, Zeros）之組合。
  - 可將零息債券視為“基本證券（Primitive Security）”做為分析的對象，由其求得息票債券的相對性質。
- ◆ 以 3 年息票債券價格  $B_3$  為例，每年債息為  $C$ ，面值為  $F$ 。
  - 一年、二年、三年之零息債券價格分別為  $Z_1$ ， $Z_2$ ， $Z_3$ ，則我們有下面價格之線性關係  
$$B_3 = C \times Z_1 + C \times Z_2 + (C + F) \times Z_3$$
  - DV01 之線性關係亦可維持

$$\frac{\partial B_3}{\partial r} = C \times \frac{\partial Z_1}{\partial r} + C \times \frac{\partial Z_2}{\partial r} + (C + F) \times \frac{\partial Z_3}{\partial r}$$

## ◆ 變異數之關係則為：

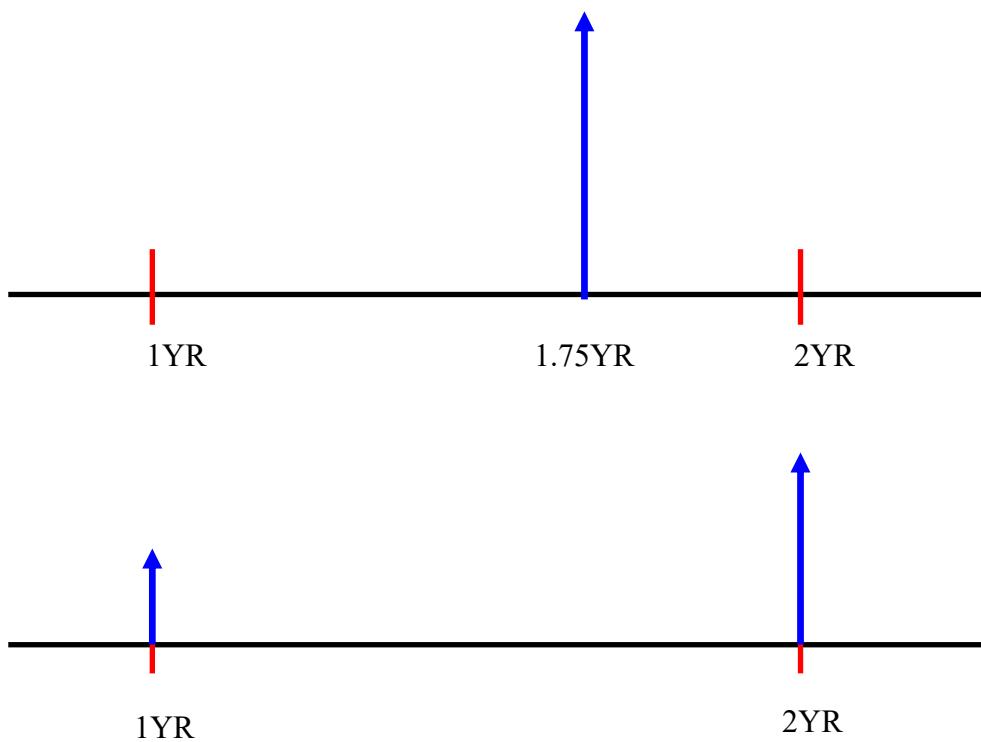
$$\begin{aligned}Var(B_3) &= Var(C \times Z_1 + C \times Z_2 + (C + F) \times Z_3) = C^2 \times Var(Z_1) + C^2 \times Var(Z_2) + (C + F)^2 \times Var(Z_3) \\&+ 2C^2 Cov(Z_1, Z_2) + 2C \times (C + F) Cov(Z_1, Z_3) + 2C \times (C + F) Cov(Z_2, Z_3)\end{aligned}$$

- 非線性不理想，但尚可運作

$$Var(B_3) = C^2 \times \sigma_1^2 + C^2 \times \sigma_2^2 + (C + F)^2 \times \sigma_3^2 + 2C^2 \rho_{12} \sigma_1 \sigma_2 + 2C \times (C + F) \rho_{13} \sigma_1 \sigma_3 + 2C \times (C + F) \rho_{23} \sigma_2 \sigma_3$$

## ◆ 一旦有完整各天期的零息債券，所有息票債券的問題皆可解決。

- 我們可以只估計 ON, 1 MN, 2MN, 3MN, 6MN, 9MN, 1YR, 2YR, 3YR, 5YR, 7YR, 10YR, 15YR, 20YR, 30YR 之共變異數矩陣，及其 VaR 值。
- 因此，落於其他時點之現金流量須拆解到上述時點之上。
  - ✓ 1.75 年之現金流量可拆解到 1YR 與 2YR 之上。
  - ✓ 拆解方式可用線性分配或非線性分配，J.P. Morgan 採非線性分配。
  - ✓ 線性分配拆解使用簡單分點定理即可。



<<Case\_1\_2\_CF>>

◆ J. P. Morgan 之非線性分配關係，需滿足下面的條件。

- 拆解後之現金流量， $CF_1(CF^*x)$  &  $CF_2(CF^*(1-x))$ ，與拆解前之現金流量， $CF$ ，符號相同。
- 拆解後之現金流量合， $CF_1 + CF_2$ ，與拆解前之現金流量， $CF$ ，相同。
- 拆解後之現金流量波動性和， $Vol(CF_1 + CF_2)$ ，與拆解前之現金流量波動性， $Vol(CF)$ ，相同。

◆ 原  $CF$  之波動性  $\sigma$  可由  $CF_1$  與  $CF_2$  之波動性  $\sigma_1$ ， $\sigma_2$  內插求得。

- $CF$  分配到  $CF_1$  之比率為  $x$ ， $CF$  分配到  $CF_2$  之比率為  $1-x$ 。
  - ✓ 只有一個根為合理數值( $0 \leq x \leq 1$ )。

$$Vol(CF) = Vol(CF_1 + CF_2)$$

$$\sigma^2 = x^2\sigma_1^2 + (1-x)^2\sigma_2^2 + 2x(1-x)\rho\sigma_1\sigma_2$$

$$(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2)x^2 + 2(-\sigma_2^2 + \rho\sigma_1\sigma_2)x + (\sigma_2^2 - \sigma^2) = 0$$

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

◆ 令組合總現金流量  $CF$ ，為各特定時點現金流量和，

$$CF = \sum_{i=1}^n CF_i$$

➤ 則組合價值  $PV$ ，為各現金流量之現值合，

$$PV = \sum_{i=1}^n PV_i$$

➤ 則組合價值變動  $\Delta PV$ ，為各現金流量之價值變動合，

$$\Delta PV = \sum_{i=1}^n \Delta PV_i$$

◆ 定義  $PV01$  為即期利率曲線上漲 1bp，現金流量價格變動量。

➤ 各現金流量之價值變動，可以  $PV01$  近似。

$$\Delta PV_i = PV01_i \times \Delta R_i$$

✓  $\Delta R_i$  表利率變動 bp 數。

## ◆ 矩陣表示

$$\Delta PV \approx -\theta \times \Delta r^T$$

$$\theta = (\text{PV01}_1, \dots, \text{PV01}_n)$$

$$\Delta r = (\Delta R_1, \dots, \Delta R_n)$$

## ◆ 組合涉險值表示為，

$$VaR_\alpha = \Phi^{-1}(1-\alpha) \sqrt{\theta \cdot \Omega \cdot \theta^T} - \theta \cdot \mu$$

- 其中， $\Omega$  表  $\Delta r$  的共變異數矩陣。 $\mu$  表期望值向量。
- $VaR(\alpha\%, h\text{-day})$  可表示為

$$VaR_{h,\alpha} = \Phi^{-1}(1-\alpha) \sqrt{\theta \cdot \Omega_h \cdot \theta^T} \quad \dots \dots \dots \quad (1.5)$$

✓  $\mu$  期望值太小省略。

◆ 範例：一債券組合現金流量映射到一年、兩年頂點，其 PV01 分別為 \$50 與 \$75。若未來 10 天兩頂點利率變動之期望值為 0，相關性 0.9，年標準差分別為 100bp 與 80bp。

➤ 共變異數矩陣為

$$\Omega = \begin{bmatrix} 100^2 & 0.9 \times 100 \times 80 \\ 0.9 \times 100 \times 80 & 80^2 \end{bmatrix}$$

➤ 10 天共變異數矩陣為

$$\Omega_{10D} = \frac{10}{250} \begin{bmatrix} 100^2 & 0.9 \times 100 \times 80 \\ 0.9 \times 100 \times 80 & 80^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 400 & 288 \\ 288 & 400 \end{bmatrix}$$

➤ VaR(1%, 10-day)

$$\theta \cdot \Omega_{10D} \cdot \theta' = [50 \quad 75] \begin{bmatrix} 400 & 288 \\ 288 & 400 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 50 \\ 75 \end{bmatrix} = 4,600,000$$

$$\sqrt{\theta \cdot \Omega_{10D} \cdot \theta'} = \$2,144.76$$

$$VaR(1\%, 10D) = 2.32635 \times \$2,144.76 = \$4,989$$

**<<Case\_1\_3\_CFVaR>>**

### (三)一致性的風險衡量

◆ Artzner et al.指出，一個一致性的風險衡量應該符合四項性質，

➤ 單調性(Monotonicity)：

$$P_1(w_i) \succ P_2(w_i), \quad \forall w_i \Rightarrow RM(P_1) < RM(P_2)$$

✓  $P_k$  : Portfolio k ,  $w_i$  : Future state i 。

✓  $\succ$  : Better than , Left B.T. Right 。

✓ RM : Risk Measure 。

➤ 遷移不變性(Translation Invariance)：

✓ 如果投資組合內加入 K 比率數量的現金，則其風險應等 K 比率減少。

➤ 同質性(Homogeneity)：

✓ 如果投資組合相對成分比例不變，總量  $\lambda$  倍增減，則風險也等  $\lambda$  倍增減。

➤ 次加性(Subadditivity)：

$$RM(P_1 + P_2) \leq RM(P_1) + RM(P_2)$$

◆ VaR 滿足前三個條件，但不滿足次加性。

◆ 定義 Expected Shortfall(ES)為條件尾端預期，為超過  $VaR_\alpha$  損失的期望值。

➤ ES 滿足四個條件，為一致性的風險衡量。

➤ Basel III 的 VaR 法採用此風險衡量方式。

◆ 在常態分配假設下，95%的顯著水準，最大損失為 $-1.65\sigma$ 。

➤ 然而，有 5%的機率損失超過 $-1.65\sigma$ 。

✓ 這 5%機率的超量損失的平均值為 $-2.06271\sigma$ 。

➤  $VaR(95\%) \Rightarrow -1.65\sigma$ ， $ES(95\%) \Rightarrow -2.06271\sigma$ 。

✓ 差額為  $0.41715\sigma$ 。

➤ 參考 QuantLibXL，Gaussian 物件， $qlGaussianAverageShortfall(-1.65, 0, 1,) = 0.41715$ 。

✓  $qlGaussianShortfall(-1.65, 0, 1,) = 4.95\%$ 。

<<Case\_1\_4\_EL>>

Case\_1\_4\_EL.xlsx - Microsoft Excel

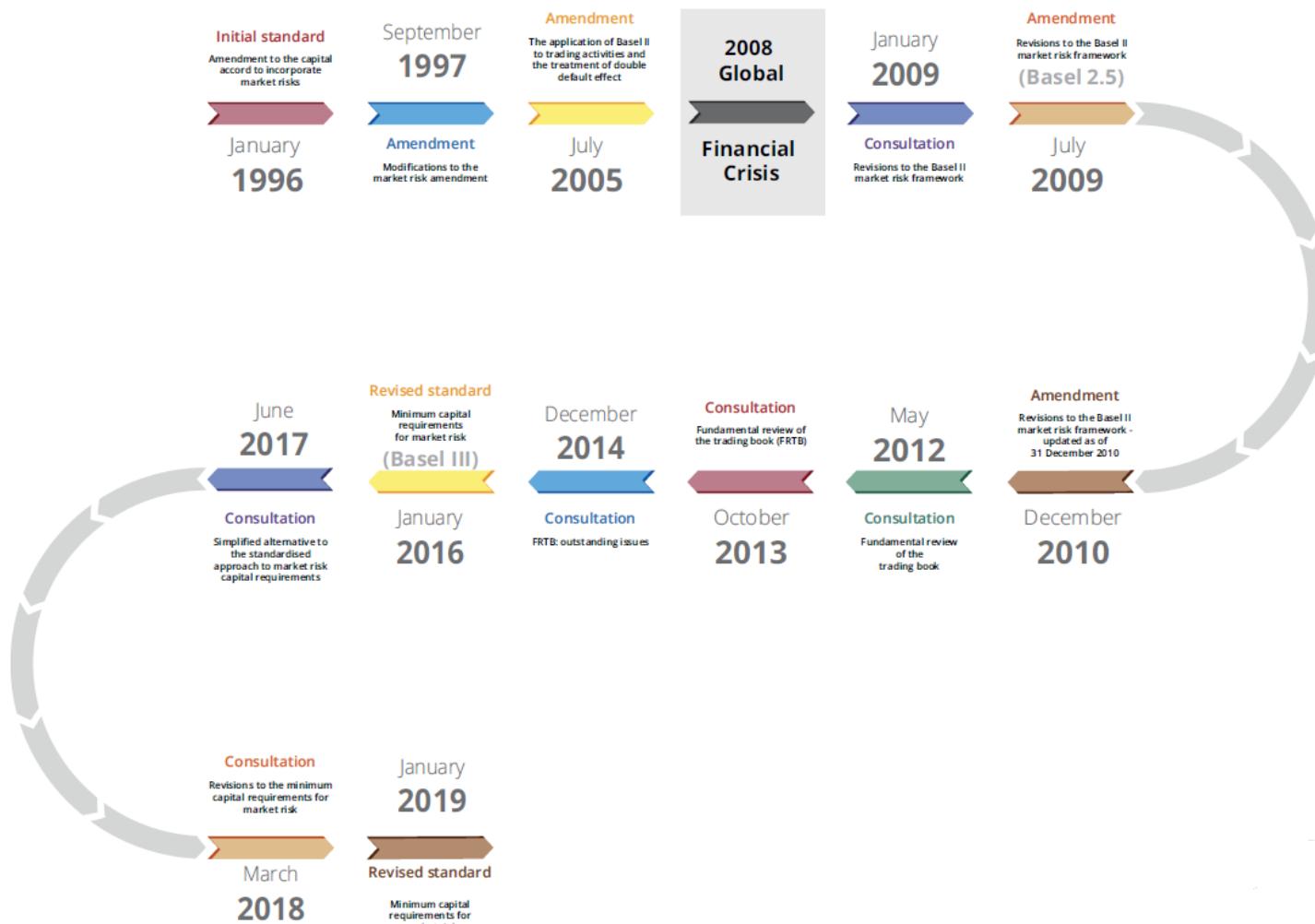
The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Case\_1\_4\_EL.xlsx". The formula bar displays the formula `=qlGaussianExpectedShortfall(G15,G16,G17,G18)`. The spreadsheet contains four rows of data, each representing a different type of shortfall calculation:

	A	B	C	D	E	F	G	H
13								
14		<b>GaussianShortfall</b>	<b>4.95%</b>			<b>GaussianExpectedShortfall</b>	<b>2.062713</b>	
15	double	Target	-1.6500		double	Target	95.00%	
16	double	Mean	0		double	Mean	0	
17	double	StdDev	1		double	StdDev	1	
18	any	Trigger			any	Trigger		
19								
20		<b>GaussianAverageShortfall</b>	<b>0.417150</b>					
21	double	Target	-1.6500					
22	double	Mean	0					
23	double	StdDev	1					
24	any	Trigger						
25								
26								
27								
28								
29								
30								

The formula bar also shows the formula `=qlGaussianExpectedShortfall(G15,G16,G17,G18)`.

## (四)市場風險資本計提的演進

### A history of minimum capital requirements for market risk



Basel II

Basel III

內部  
模型法

內部  
模型法

標準法

標準法

簡易  
標準法

- 1. 使用條件預期損失(ES, Expected Shortfall)，取代原先特定損失(VaR, Value at Risk)
- 2. 可以以 Desk 為適用範圍選擇
- 3. 需核可，方可採用

- 1. 採用 VaR 邏輯的價值變動分解
- 2. 需計算 Delta、Vega、Gamma 的數量
- 3. 價值的估計需與評價邏輯一致
- 4. 參數與模型的選用，需合乎評價邏輯
- 5. 包含信用違約損失
- 6. 考慮組合部位(ABS, CDO)的風險
- 7. 可以以 Desk 為適用範圍選擇

- 1. 類似原先標準法
- 2. 需核可，方可採用

## ◆ 修改的市場風險架構主要特徵

Key features of the revised market risk framework				
Current Basel 2.5 framework (amended in 2010)	Boundary between the banking book and trading book	Use and validation of banks' internal models	Risk measurement under the internal models approach	Risk measurement under the standardised approach
Standard (issued in 2016)	Assignment to the trading book primarily relies on the bank's intent to trade an instrument  <i>Issue: weak definition provides opportunity for banks to move instruments across the trading book-banking book boundary in pursuit of lower capital requirements</i>	Model approval/removal determined on a bank-wide basis  <i>Issue: model approval processes poorly positioned to deny/remove approval for trading desks that are deemed inappropriate for model use</i>	Capital requirements primarily determined using value-at-risk (VaR) models  <i>Issue: insufficient measurement of tail risks and liquidity risk of trading portfolios; permits unrestrained diversification benefits</i>	Risk measurement based on an exposure-by-exposure building block approach  <i>Issue: outdated calibration and insufficiently risk-sensitive to serve as a credible complement and fall back to the internal models approach</i>
Revised standard (issued in 2019)	Robust boundary to clearly specify appropriate contents of the trading book and restrict arbitrary reassignment	Model approval/removal determined at the trading desk level; separate, more stringent capital requirements for risks not appropriate for modelling ("non-modellable risk factors" or NMRFs)	Expected shortfall measure replacing VaR; separate NMRF capital requirement; fall back to the standardised approach for trading desks that fail model approval assessments	Risk-sensitive measurement primarily based on the loss a bank could suffer (ie sensitivities) under a defined stress scenario
	Further specification of regulatory book assignment requirements with better articulated precedence and clarification for certain exposures	New test metrics to discern poorly performing models; improved criteria for the identification of NMRFs	Adjustment to capital requirements to address cliff effects and calibration issues for trading desks and risks that fall short of processes to assess modellability	Refined measurement method for FX risk, options and index instruments; recalibrated risk weights for general interest rate risk and FX risk

## 二、SBM 下的價格變動分解

### (一) 價格變動的風險分解

◆ 在標準法下，將風險資本分為三大模塊，

- 使用敏感性基礎法資本(Sensitivity-based method, SBM)捕捉系統性的市場風險。下分三項風險，各別都需考慮相關性彙整。三者合併，直接相加。
  - ✓ Delta 風險資本：反映 Delta 風險因子
  - ✓ Vega 風險資本：反映 Vega 風險因子
  - ✓ Curvature 風險資本：反映 Gamma 風險因子
- 使用違約風險資本(Default risk capital, DRC)捕捉系統性的信用風險。
  - ✓ 交易簿的部位，有違約的可能性。
- 使用殘差風險附加資本(Residual Risk Add-on, RRAO)來捕捉殘餘的市場風險。

◆ 衍生性金融商品其價格受到標的資產價格所影響，其風險來源即為標的資產。

- 以選擇權為例，買權價格  $C$  為標的資產價格  $S$ 、波動性  $\sigma$  與時間  $t$  的函數

$$C = f(S, \sigma, t) \quad \dots \quad (2.1)$$

- ✓ 買權價格  $C$  可視為因變數，標的資產價格  $S$ 、波動性  $\sigma$  與時間  $t$  可視為自變數。

- 風險因子為標的資產價格  $S$ 、波動性  $\sigma$ 。

- ✓ 實務上波動性  $\sigma$  是一個期限結構，不是一個定值。

- ✓ 因此，波動性風險因子是各個時點的  $\sigma_t$ 。

◆ 針對利率產品，S 就是利率水準。

- 此時，就不是一個利率大小，而是一條利率曲線。
  - Basel 以 10 個利率點來代表整條利率曲線的風險。

◆ 衍生商品價格的變動，可分解成自變數變動分量的相加。

- 根據 Ito's Lemma ,

$$dC = \frac{\partial C}{\partial S} dS + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} (dS)^2 + \frac{\partial C}{\partial \sigma} d\sigma + \frac{\partial C}{\partial t} dt \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

- 右式第一項可視為對選擇權價格變動的一階近似項，其中係數稱之為 Delta ,

$$\Delta = \left[ \frac{\partial C}{\partial S} \right]$$

- 第二項可視為對選擇權價格變動的二階近似項，其中係數稱之為 Gamma , Basel 稱為 Curvature 。

- 第三項為對選擇權價格因波動性變動產生的變化，其中係數稱之為 Vega ,

$$\Gamma = \left[ \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \right], V = \left[ \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right]$$

◆ 根據定義，現貨的 Delta = 1 。

◆ 所有交易部位都要計算 Delta Risk，有下述條件者，要計算 Vega 與 Curvature Risk。

- 任何具有權利性質的工具，
- 任何有嵌入式提前支付權利的工具，
- 工具的現金流量無法表示為標的資產名目本金的線性函數，
- 針對有 Delta 風險的工具，可能需要計算其曲度風險，這些工具不限於前三項。
  - ✓ 銀行可能有其管理具權利性質的非線性工具與其他工具的傳統，也可以將沒有權利性質的工具一併併入曲度風險的計算。
    - 處理須一致性。
    - 曲度風險需實施於所有 SBM 計算的工具上。

◆ 每個月要計算，申報監理機關。(MAR20.2)

## (二)風險分類與風險組合

- ◆ 敏感性基礎法的標準法，將部位的市場風險分為七大類別(模塊，Building Blocks)，
  - 一般利率風險
  - 信用價差風險(CSR)：非證券化
  - 信用價差風險：證券化(無相關交易組合, non-CTP)
  - 信用價差風險：證券化(有相關交易組合, CTP)
  - 權益風險
  - 外匯風險
  - 商品風險
- ◆ 類別彙整合併時，直接相加。

◆ 每一大類別的風險，可以將相似的風險因子集合成一個 Bucket，

- 一個外匯幣別為一個 Bucket。
- 一個幣別的利率風險為一個 Bucket。
  - ✓ 0.25 年內  $[0, 0.25]$  的利率為一個 Time Bucket，0.25 年到 0.5 年  $[0.25, 0.5]$  的利率為另一個 Time Bucket。
- 新興市場電信股票為一個 Bucket，先進市場電信股票為另一個 Bucket。
- 投資級的主權信用與多邊開發銀行信用為一個 Bucket，投資級的科技與電信公司信用為另一個 Bucket。
- 貴金屬(金、銀)為一個 Bucket，非貴金屬(銅、鋁、鐵)為另一個 Bucket。

## ◆ 權益風險 Bucket 分類表

Buckets for delta sensitivities to equity risk

Table 9

Bucket number	Market cap	Economy	Sector
1	Large	Emerging market economy	Consumer goods and services, transportation and storage, administrative and support service activities, healthcare, utilities
2			Telecommunications, industrials
3			Basic materials, energy, agriculture, manufacturing, mining and quarrying
4			Financials including government-backed financials, real estate activities, technology
5		Advanced economy	Consumer goods and services, transportation and storage, administrative and support service activities, healthcare, utilities
6			Telecommunications, industrials
7			Basic materials, energy, agriculture, manufacturing, mining and quarrying
8			Financials including government-backed financials, real estate activities, technology
9	Small	Emerging market economy	All sectors described under bucket numbers 1, 2, 3 and 4
10		Advanced economy	All sectors described under bucket numbers 5, 6, 7 and 8
11			Other sector <sup>[20]</sup>
12			Large market cap, advanced economy equity indices (non-sector specific)
13			Other equity indices (non-sector specific)

## ◆ 信用價差風險 Bucket 分類表

Buckets for delta CSR non-securitisations

Table 3

Bucket number	Credit quality	Sector
1	Investment grade (IG)	Sovereigns including central banks, multilateral development banks
2		Local government, government-backed non-financials, education, public administration
3		Financials including government-backed financials
4		Basic materials, energy, industrials, agriculture, manufacturing, mining and quarrying
5		Consumer goods and services, transportation and storage, administrative and support service activities
6		Technology, telecommunications
7		Health care, utilities, professional and technical activities
8		Covered bonds <sup>[15]</sup>
9	High yield (HY) & non-rated (NR)	Sovereigns including central banks, multilateral development banks
10		Local government, government-backed non-financials, education, public administration
11		Financials including government-backed financials
12		Basic materials, energy, industrials, agriculture, manufacturing, mining and quarrying
13		Consumer goods and services, transportation and storage, administrative and support service activities
14		Technology, telecommunications
15		Health care, utilities, professional and technical activities
16		Other sector <sup>[16]</sup>
17	IG indices	
18	HY indices	

## ◆ 商品風險 Bucket 分類表

Delta commodity buckets and risk weights

Table 11

Bucket number	Commodity bucket	Examples of commodities allocated to each commodity bucket (non-exhaustive)	Risk weight
1	Energy - solid combustibles	Coal, charcoal, wood pellets, uranium	30%
2	Energy - liquid combustibles	Light-sweet crude oil; heavy crude oil; West Texas Intermediate (WTI) crude; Brent crude; etc (ie various types of crude oil) Bioethanol; biodiesel; etc (ie various biofuels) Propane; ethane; gasoline; methanol; butane; etc (ie various petrochemicals) Jet fuel; kerosene; gasoil; fuel oil; naphtha; heating oil; diesel etc (ie various refined fuels)	35%
3	Energy - electricity and carbon trading	Spot electricity; day-ahead electricity; peak electricity; off-peak electricity (ie various electricity types) Certified emissions reductions; in-delivery month EU allowance; Regional Greenhouse Gas Initiative CO2 allowance; renewable energy certificates; etc (ie various carbon trading emissions)	60%
4	Freight	Capesize; Panamax; Handysize; Supramax (ie various types of dry-bulk route) Suezmax; Aframax; very large crude carriers (ie various liquid-bulk/gas shipping route)	80%

5	Metals – non-precious	Aluminium; copper; lead; nickel; tin; zinc (ie various base metals) Steel billet; steel wire; steel coil; steel scrap; steel rebar; iron ore; tungsten; vanadium; titanium; tantalum (ie steel raw materials) Cobalt; manganese; molybdenum (ie various minor metals)	40%
6	Gaseous combustibles	Natural gas; liquefied natural gas	45%
7	Precious metals (including gold)	Gold; silver; platinum; palladium	20%
8	Grains and oilseed	Corn; wheat; soybean seed; soybean oil; soybean meal; oats; palm oil; canola; barley; rapeseed seed; rapeseed oil; rapeseed meal; red bean; sorghum; coconut oil; olive oil; peanut oil; sunflower oil; rice	35%
9	Livestock and dairy	Live cattle; feeder cattle; hog; poultry; lamb; fish; shrimp; milk; whey; eggs; butter; cheese	25%
10	Softs and other agriculturals	Cocoa; arabica coffee; robusta coffee; tea; citrus juice; orange juice; potatoes; sugar; cotton; wool; lumber; pulp; rubber	35%
11	Other commodity	Potash; fertilizer; phosphate rocks (ie various industrial materials) Rare earths; terephthalic acid; flat glass	50%

- ◆ Buckets 內(Intra-Bucket)與 Buckets 間(Inter-Buckets)的風險彙整，要考慮相關性。
  - Basel 文件有公式，很複雜。
- ◆ 相關性彙整要考慮不同的情境(壓力測試)。
  - 正向、中立、負向。
    - ✓ 取其大者為市場風險資本需求。
  - 將市場風險資本需求乘上 12.5，為市場風險資產數量。

## ◆ 一般利率風險，Delta Risk，Bucket 內相關性係數表

Delta GIRR correlations ( $\rho_{kl}$ ) within the same bucket, with different tenor and same curve

Table 2

	0.25 year	0.5 year	1 year	2 year	3 year	5 year	10 year	15 year	20 year	30 year
0.25 year	100.0%	97.0%	91.4%	81.1%	71.9%	56.6%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
0.5 year	97.0%	100.0%	97.0%	91.4%	86.1%	76.3%	56.6%	41.9%	40.0%	40.0%
1 year	91.4%	97.0%	100.0%	97.0%	94.2%	88.7%	76.3%	65.7%	56.6%	41.9%
2 year	81.1%	91.4%	97.0%	100.0%	98.5%	95.6%	88.7%	82.3%	76.3%	65.7%
3 year	71.9%	86.1%	94.2%	98.5%	100.0%	98.0%	93.2%	88.7%	84.4%	76.3%
5 year	56.6%	76.3%	88.7%	95.6%	98.0%	100.0%	97.0%	94.2%	91.4%	86.1%
10 year	40.0%	56.6%	76.3%	88.7%	93.2%	97.0%	100.0%	98.5%	97.0%	94.2%
15 year	40.0%	41.9%	65.7%	82.3%	88.7%	94.2%	98.5%	100.0%	99.0%	97.0%
20 year	40.0%	40.0%	56.6%	76.3%	84.4%	91.4%	97.0%	99.0%	100.0%	98.5%
30 year	40.0%	40.0%	41.9%	65.7%	76.3%	86.1%	94.2%	97.0%	98.5%	100.0%

## ◆ 一般利率風險，Delta Risk，Bucket 間相關性設為 50%。

Basel III Trading Book Standard Approach (SBA) Capital Requirement				
2021/12/31				
Risk Class	Delta_Capital	Vega_Capital	Curvature_Capital	Class Total
GIRR	XXX	XXX	XXX	XXX
CSR	XXX	XXX	XXX	XXX
CSR(non-CTP)	XXX	XXX	XXX	XXX
CSR(CTP)	XXX	XXX	XXX	XXX
Equity Risk	XXX	XXX	XXX	XXX
Commodity Risk	XXX	XXX	XXX	XXX
FX Risk	XXX	XXX	XXX	XXX
Total Capital Requirements				XXX
Multiplier				12.5
Total Risk-weighted Assets				XXX



# Basel III 市場風險標準法

## 敏感性基礎法(SBM)入門說明

昀騰金融科技

技術長

董夢雲 博士

[dongmy@ms5.hinet.net](mailto:dongmy@ms5.hinet.net)

### 三、Delta 風險資本與現貨利率風險

#### (一)利率風險因子與 Bucket 定義

◆ 一般利率風險(GIRR)的 Delta 風險因子有兩個維度，

- 利率敏感性工具計價的每一個幣別的無風險利率收益曲線。
  - ✓ 可能有多條利率曲線，T-Bond、Swap、Inflation、Basis。
- 下面期限：0.25 年、0.5 年、1 年、2 年、3 年、5 年、10 年、15 年、20 年、30 年。
  - ✓ 不能使用銀行內部的期限分類，一定要依此期限。(MAR21.8, Footnotes[3], FAQ2)

◆ 在債券部位的利率風險計算上，傳統都有考慮 Duration 與 Convexity 這兩個效果。

- Duration 是利率一次微分的效果，相當於 Delta 的效果。
  - ✓ 在這次的課程提到。
- Convexity 是利率二次微分的效果，相當於 Curvature(Gamma)的效果。
  - ✓ 依 Basel 文意，是需要考慮的。(MRR 21.2(4))
  - ✓ 本次課程沒提，在進階班課程會說明，與衍生工具的處理一併談論。

- ◆ 所有利率敏感商品都須計算一般利率風險(GIRR)的風險資本，
  - 有信用風險者，需另外計算信用價差風險(CSR)的風險資本(MAR21.8, FAQ5.)。
  - 衍生商品，FX Options、FX Forwards 也有 GIRR。
- ◆ 將風險因子應對到上面特定期限時，應使用線性內插的方式(MAR21.8(6)footnotes[3])。
  - 或是採用與銀行的獨立風險控制單位，呈報給資深管理層市場風險與損益狀況，所用的邏輯最一致的方法。(MAR21.8, Footnotes[3], FAQ2)
- ◆ 每一幣別無風險利率收益曲線，需以交易簿中持有的最低信用風險的貨幣市場工具來建構。
  - 例如，隔夜指數交換(Overnight index swap, OIS)。
  - 另外選擇，無風險利率收益曲線應該根據銀行用來評價其部位的市場隱含的交換曲線，
    - ✓ 例如，銀行同業提供利率(Interbank offered rate, BOR)交換曲線。
    - ✓ 此處的無風險利率，是以銀行角度來看，相對無風險。

◆ 如果市場隱含的交換曲線資料不足，可以使用主權債券推導。

➤ 此時，主權債的敏感性不能豁免於 CSR 的資本計提，計算需要考慮信用價差風險。

◆ 在建構每一幣別的無風險利率收益曲線時，OIS 與 BOR 曲線應被視為不同曲線。

➤ 可以有多條曲線。

➤ 3-M & 6M BOR 曲線，應被視為不同曲線。

➤ 境內與境外曲線，應被視為不同曲線。

◆ 每一幣別 GIRR 的 Delta 風險因子，應該包含一個市場隱含的水平通膨利率曲線。

➤ 通膨工具需考慮此因子的風險敏感性，Flat Curve。

➤ Delta 計算不用考慮期限問題，Vega 計算只需考慮選擇權的期限問題。

◆ 跨幣別基差風險因子需適當考慮。

- 澳幣基礎銀行的 JPY/USD 跨幣別基差交換，對 JPY/USD 基差有敏感性，而非 JPY/EUR 基差有敏感性。
- Delta 計算不用考慮期限問題，
- Vega 計算只需考慮選擇權的期限問題。

◆ 在SBM資本計提中，所有市場價值的計算方式，都需要採取與銀行的獨立風險控制單位，  
呈報給資深管理層市場風險與損益狀況，使用的邏輯最一致的方法。(MAR21.17)

- 亦即，市場上採用的評價計算標準原則，不能隨意簡化。
- 在上述原則下，敏感性的實作方式，可以配合調整。

◆ 結構商品部位也應依評價原則，計算其相關的敏感性。

- 模型與參數不能隨意選用。
- 銀行須建置計算能力，以進行資本需求計算。

## ◆ 依 Basel 規定，此計算系統的功能，相當於銀行使用的交易室系統。

➤ 全面評價所有的交易部位。

- ✓ 要能考慮風險相關性，進行交易組合風險的計算。
- ✓ 甚至能進行壓力情境的計算。

➤ 非常大的運算量

- ✓ 幸運的是，一個月計算一次。
- ✓ 應該要使用超級電腦計算，或是需要使用 GPU/FPGA 來協同計算。

➤ 盡早施工進行

- ✓ 國內軟體業者很難提供，
- ✓ 國外軟體廠商應該無法支援本地銀行，
- ✓ 眇騰金融科技有提供建置服務。

## 甲、Bucket定義

### ◆ 每一個幣別有各自的 Delta GIRR Bucket，

- 每一幣別的所有風險因子，視為同一個 Bucket。
- 風險權數如下表，

Delta GIRR buckets and risk weights

Table 1

Tenor	0.25 year	0.5 year	1 year	2 year	3 year
Risk weight	1.7%	1.7%	1.6%	1.3%	1.2%
Tenor	5 year	10 year	15 year	20 year	30 year
Risk weight (percentage points)	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%	1.1%

### ◆ 通膨風險也是 GIRR 風險因子，

- 每一幣別有一個市場隱含的通膨平坦曲線(flat curve of market-implied inflation rate)，沒有期限結構。
- ✓ 風險權數都是 1.6%。

◆ 跨幣別基差風險也是 GIRR 風險因子，

- 跨幣別基差風險為各幣別相對於 USD 或 EUR。
  - ✓ 一個澳幣申報銀行，交易 JPY/USD 換匯基差交換(cross-currency basis swap)交易，則具有 JPY/USD 基差的敏感性，而非 JPY/EUR 基差的敏感性。
- 風險權數都是 1.6%。

◆ Basel 委員會指明的幣別，可以將上述權數除以根號 2， $\sqrt{2}$ 。(MRR 21.44)

- EUR、USD、GBP、AUD、JPY、SEK、CAD，以及
- 銀行申報的母國貨幣(TWD)。

## (二)Delta 敏感性計算

◆ GIRR 的敏感性(Delta)定義就是萬倍的 PV01，

➤ PV01 表無風險收益曲線上，期限  $t$  的利率， $r_t$  上升 1bp，價值( $V_i$ )的變動量，除以 0.0001，

$$s_{k,r_t} = \frac{V_i(r_t + 0.0001, cs_t) - V_i(r_t, cs_t)}{0.0001} \quad (3.1)$$

- ✓ 其中， $r_t$  表無風險收益曲線期限  $t$  的利率。
  - ✓  $cs_t$  表期限  $t$  的信用價差。
  - ✓  $V_i$  為  $i$  工具的市場價值。

➤ (3.1)式中的利率選擇，需與評價原則一致，一般情況使用即期利率，Spot Rate(Zero Rate)。

✓ 不能隨便簡化使用 Coupon Rate。

◆ Delta 風險敏感性乘上風險權數(Risk Weight)，求得加權敏感性(Weighted Sensitivity)。

$$\mathbf{WS}_k = R\mathbf{W}_k \cdot s_k$$

➤ 風險權數代表經過校正的，反映(99%，10)天可能的變動範圍。

## 甲、Intra-Bucket內的彙整

◆ 對於 Bucket b 的加權風險敏感性， $K_b$ ，計算如下，

$$K_b = \sqrt{\max\left(0, \sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{k \neq l} \rho_{kl} WS_k WS_l\right)}$$

➤ 相當於要求的風險資本數量。

➤  $\rho_{kl}$  係數公式，

$$\max\left[\exp\left(-\theta \frac{|T_k - T_l|}{\min(T_k, T_l)}\right), 40\%\right]$$

✓  $T_k$  與  $T_l$  分別為  $WS_k$  與  $WS_l$  的期限。

✓  $\theta$  設為 0.03。

➤ 相同 Bucket(同幣別)，不同期限且不同曲線， $\rho_{kl}$  設定為上表值乘上 99.90%。

◆ Bucket 內的  $\rho_{kl}$  設定如下表，

Delta GIRR correlations ( $\rho_{kl}$ ) within the same bucket, with different tenor and same curve

Table 2

	0.25 year	0.5 year	1 year	2 year	3 year	5 year	10 year	15 year	20 year	30 year
0.25 year	100.0%	97.0%	91.4%	81.1%	71.9%	56.6%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
0.5 year	97.0%	100.0%	97.0%	91.4%	86.1%	76.3%	56.6%	41.9%	40.0%	40.0%
1 year	91.4%	97.0%	100.0%	97.0%	94.2%	88.7%	76.3%	65.7%	56.6%	41.9%
2 year	81.1%	91.4%	97.0%	100.0%	98.5%	95.6%	88.7%	82.3%	76.3%	65.7%
3 year	71.9%	86.1%	94.2%	98.5%	100.0%	98.0%	93.2%	88.7%	84.4%	76.3%
5 year	56.6%	76.3%	88.7%	95.6%	98.0%	100.0%	97.0%	94.2%	91.4%	86.1%
10 year	40.0%	56.6%	76.3%	88.7%	93.2%	97.0%	100.0%	98.5%	97.0%	94.2%
15 year	40.0%	41.9%	65.7%	82.3%	88.7%	94.2%	98.5%	100.0%	99.0%	97.0%
20 year	40.0%	40.0%	56.6%	76.3%	84.4%	91.4%	97.0%	99.0%	100.0%	98.5%
30 year	40.0%	40.0%	41.9%	65.7%	76.3%	86.1%	94.2%	97.0%	98.5%	100.0%

➤ 相同 Bucket(同幣別)，同期限但不同曲線， $\rho_{kl}$  設定為 99.90%。(MRR 21.47)

- ◆ 通膨的加權敏感性與相關收益曲線一定期限加權敏感性的相關係數為 40%。
- ◆ 跨幣別基差的加權敏感性與下述加權敏感性的相關係數為 0%。
  - 相關收益曲線一定期限的加權敏感性，
  - 通膨曲線，
  - 另一跨幣別基差曲線。

## (三)QuantLibXL 使用說明

### 甲、計算工具QuantLibXL介紹

◆ 使用 QuantLibXL 作為計算工具，物件導向的增益集。

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window with the following details:

- Title Bar:** 檔案 (F) | 編輯 (E) | 檢視 (V) | 歷史 (S) | 書籤 (B) | 工具 (I) | 說明 (H)
- Address Bar:** QuantLibXL: QuantLibXL < https://www.quantlib.org/quantlibxl/
- Content Area:**
  - QuantLibXL Sidebar:** Version 1.16.0, Home, Download, Compile, History, License, People, FAQ, Functional Documentation, Manual, Functions, Categories, Enumerations, Framework.
  - QuantLib Logo:** QuantLib XL
  - Section: Overview**

QuantLibXL exports the functionality of the QuantLib C++ analytics library to Microsoft Excel.

The project comprises

    - A compiled Excel Addin (an XLL)
    - End user documentation
    - Example workbooks

The addin implements 1,114 functions in support of market data and pricing for a variety of instruments including bonds, options, swaps, swaptions, and caps/floors.
  - QuantLib Download XL:** Version 1.16 - 16MB
  - Excel Worksheet Preview:** SWAPTION

	A	B	D	G	I	J	K
1	SWAPTION						
2	Notional	1,000,000.00					
3	Option Tenor	ZY					
4	European Exercise Date	Mon, 21-Dec-2009					
5	Swap Tenor	5Y					
6	Settlement Type	Physical					
23	Discounting Yield Curve	EuriborYCSM					
24			Payer	Receiver	Straddle	Collar	
26	Strike	4.5989%	4.5989%				
30	Volatility TS	EURSwaptionVol	EURSwaptionVol				
31	Volatility Spread	0.0000%	0.0000%				
32	Spreaded Swaption Vol	obj_01270#0002	obj_01263#0002				
33	Swaption ID	obj_0126f#0003	obj_0126d#0003				
34							

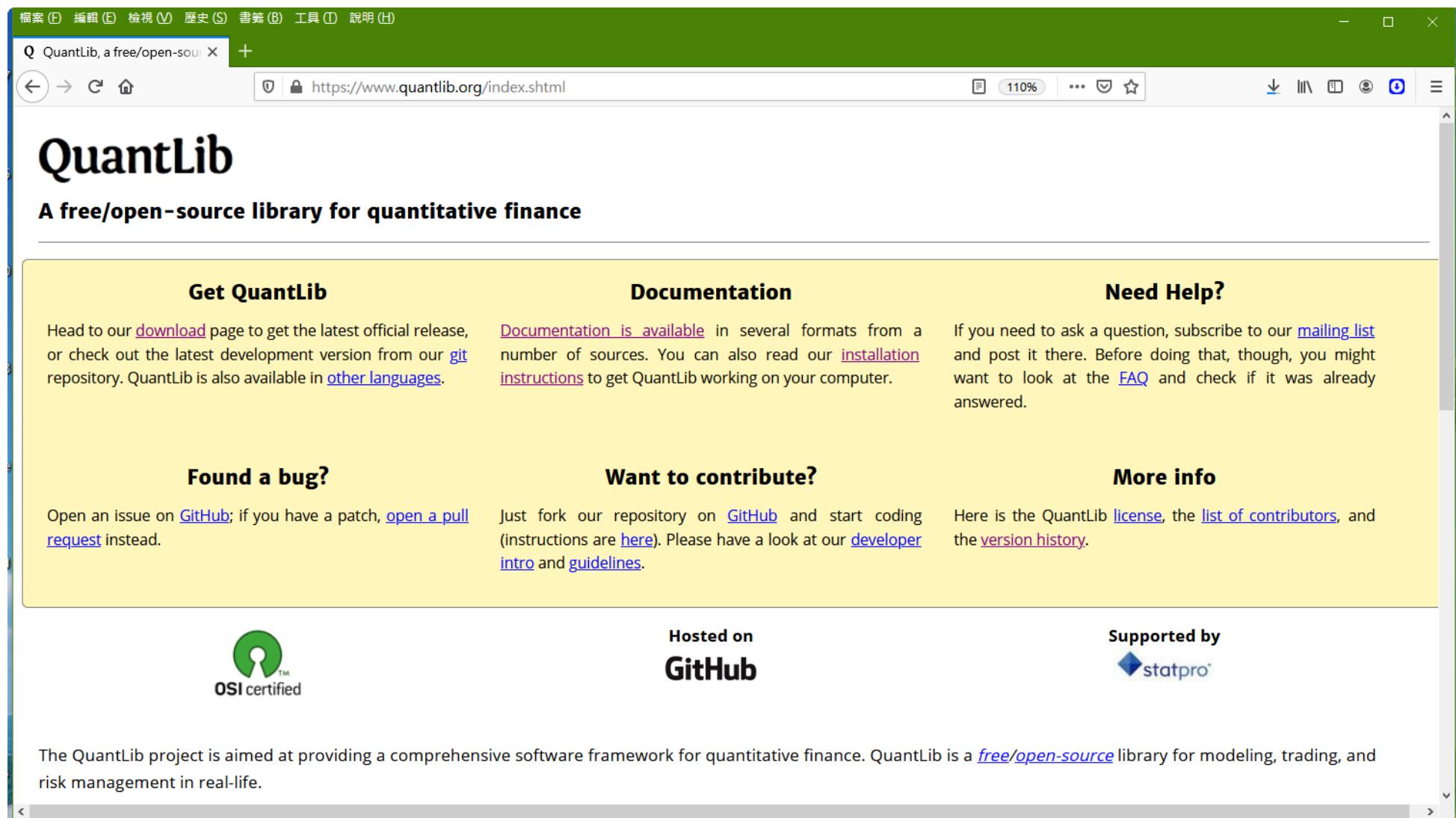
◆ QuantLib 是由一群在 Cabota Banca Intesa 利率衍生商品交易台，工作的數量分析專家們，於西元 2000 年時所開創的一個開源財務金融程式庫專案。

- 目前這些專家們已經成立了一家公司，該公司之前稱之為 RiskMap，現在則命名為 StatPro Italia。
  - ✓ 不少學術界發表的論文，以 QuantLib 進行計算或以之作為對照。
  - ✓ 2019 年 StatPro 被 Confluence 以兩億美金收購。
- 德國工業銀行(IKB Deutsche Industriebank AG, <https://www.ikb.de/>)積極贊助其活動，並使用 QuantLib 作為中台模型驗證工具。
  - ✓ 國內多家大型銀行交易室的財工人員，也有在使用。

◆ QuantLib 目前最新的版本是 1.22(2021/4/15)版。除了 C++語言之外，其他語言的 QuantLib 專案也陸續成立運作，

- 使用 Python 語言的 QuantLib-Python，<https://www.quantlib.org/install/windows-python.shtml>。
- 使用 C#語言的 QLNet，<http://sourceforge.net/projects/qlnet/>。
- 可配合 Excel 使用的增益集，本專案的子專案 QuantLibXL，<http://quantlib.org/quantlibxl/>。
  - ✓ 本次計算使用 QuantLibXL 1.16 版。

## ◆ QuantLib 主網站。



The screenshot shows a web browser window displaying the QuantLib homepage. The title bar reads "QuantLib, a free/open-source library for quantitative finance". The address bar shows the URL <https://www.quantlib.org/index.shtml>. The page content includes sections for "Get QuantLib", "Documentation", "Need Help?", "Found a bug?", "Want to contribute?", and "More info". It also features logos for OSI certification, GitHub hosting, and support from statpro.

**QuantLib**  
A free/open-source library for quantitative finance

**Get QuantLib**  
Head to our [download](#) page to get the latest official release, or check out the latest development version from our [git](#) repository. QuantLib is also available in [other languages](#).

**Documentation**  
[Documentation is available](#) in several formats from a number of sources. You can also read our [installation instructions](#) to get QuantLib working on your computer.

**Need Help?**  
If you need to ask a question, subscribe to our [mailing list](#) and post it there. Before doing that, though, you might want to look at the [FAQ](#) and check if it was already answered.

**Found a bug?**  
Open an issue on [GitHub](#); if you have a patch, [open a pull request](#) instead.

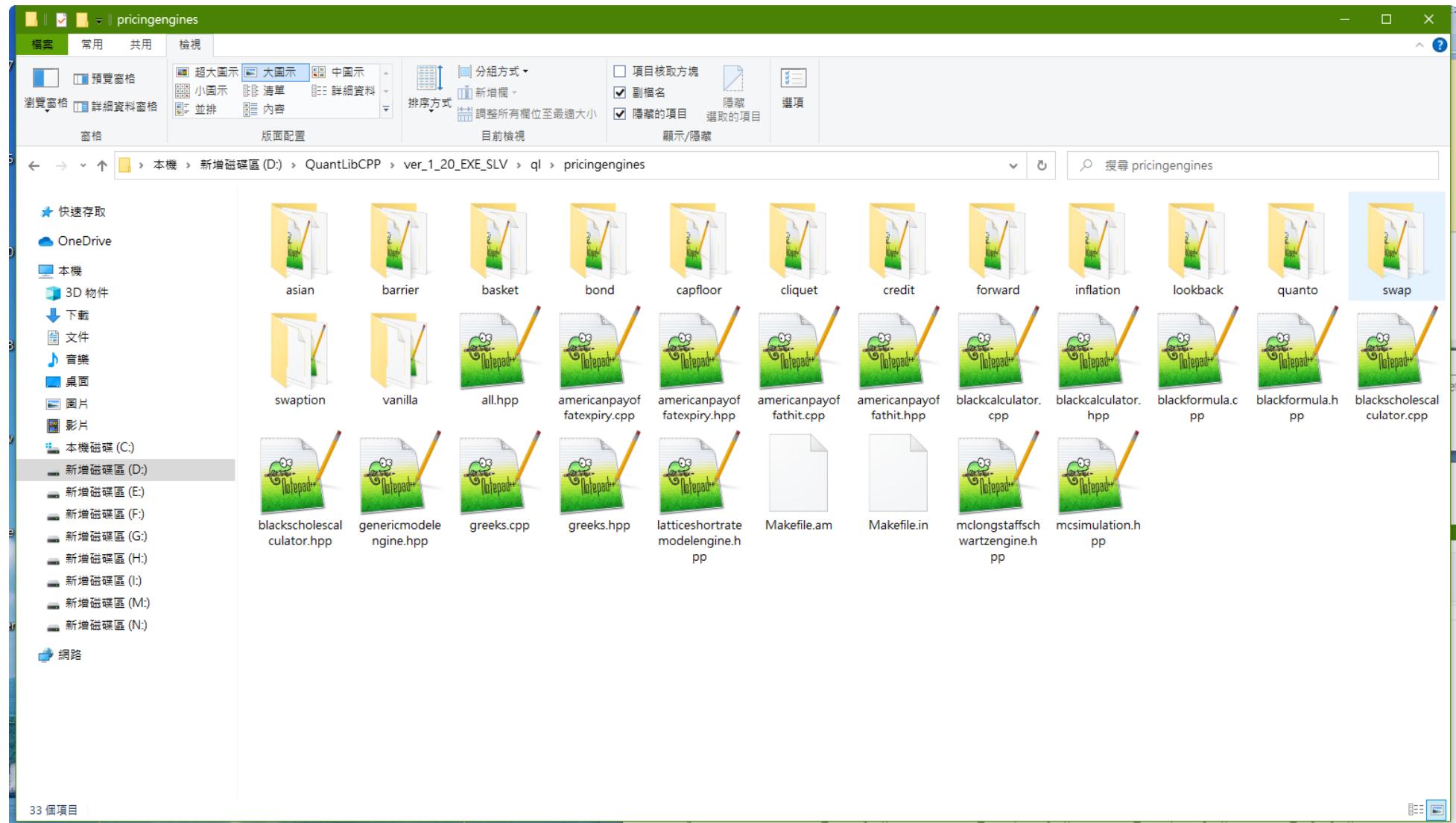
**Want to contribute?**  
Just fork our repository on [GitHub](#) and start coding (instructions are [here](#)). Please have a look at our [developer intro](#) and [guidelines](#).

**More info**  
Here is the QuantLib [license](#), the [list of contributors](#), and the [version history](#).

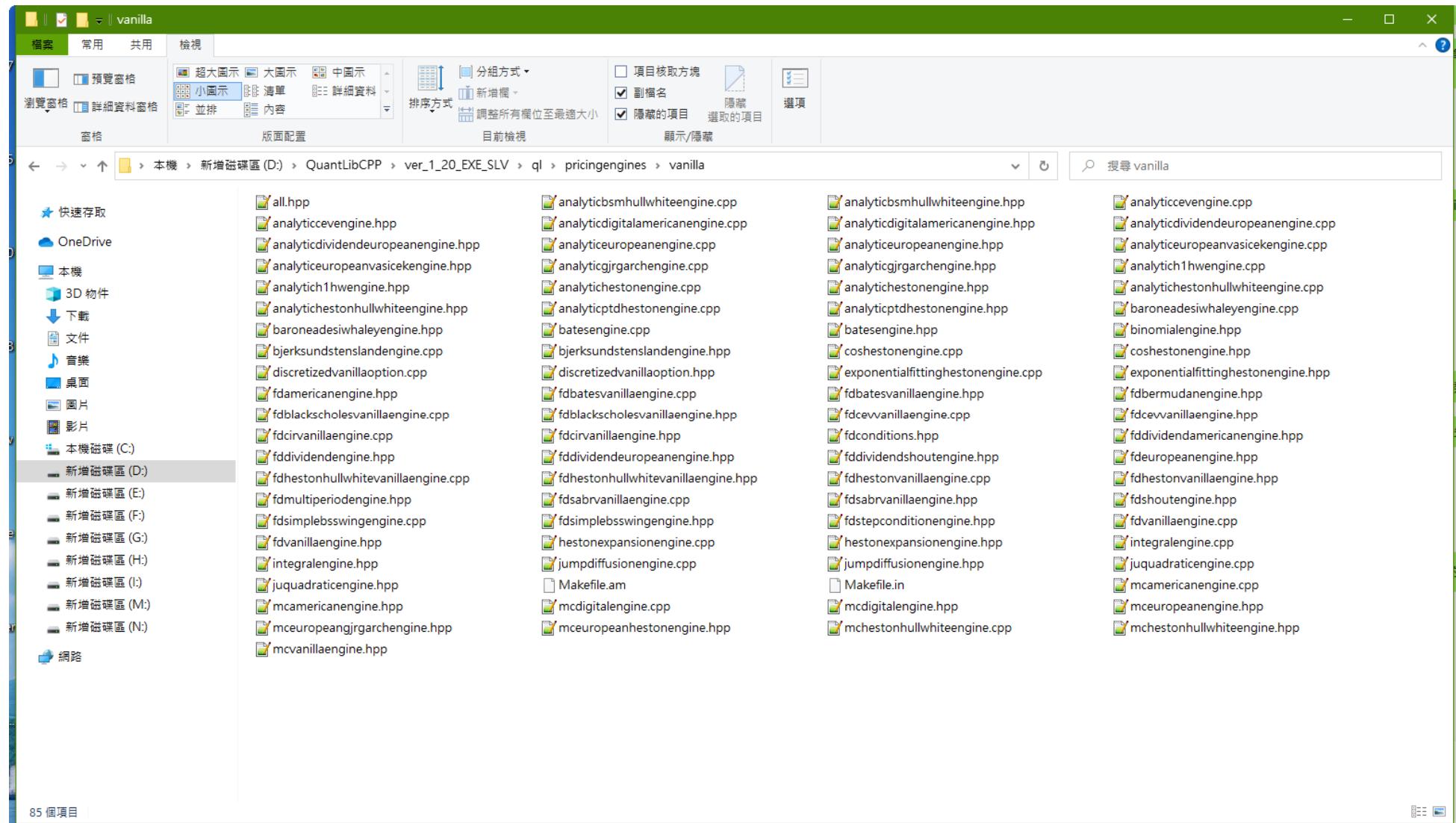
 Hosted on GitHub Supported by statpro

The QuantLib project is aimed at providing a comprehensive software framework for quantitative finance. QuantLib is a [free/open-source](#) library for modeling, trading, and risk management in real-life.

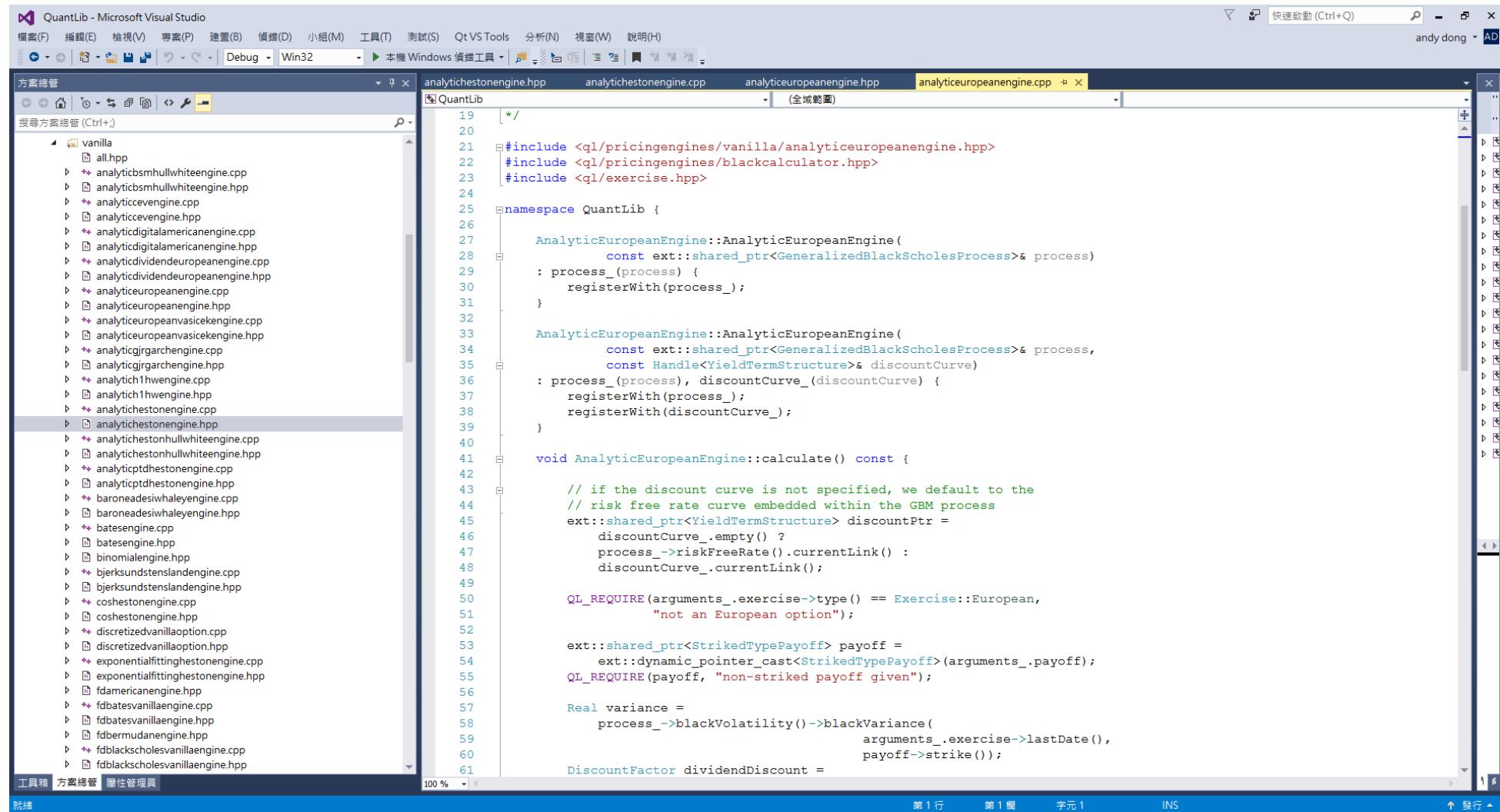
➤ 各類產品評價引擎接有。



➤ 解析解、樹狀模型、有限差分法、蒙地卡羅模擬法，各類模型皆有。



➤ 原始碼有提供，足以驗證了解，下面 Black-Scholes 解析解模型。



The screenshot shows the Microsoft Visual Studio interface with the QuantLib project open. The left pane displays the Solution Explorer with a tree view of files under the 'vanilla' folder, including various engine implementations like 'analytichestonestrongengine.cpp'. The right pane shows the code editor with the file 'analyticEuropeanengine.cpp' open. The code is written in C++ and defines the 'AnalyticEuropeanEngine' class, which implements the 'AnalyticEuropeanEngine' interface. It uses the 'GeneralizedBlackScholesProcess' and 'YieldTermStructure' to calculate option prices. The code includes several 'QL\_REQUIRE' statements to ensure input validity.

```
19  /*
20
21  #include <ql/pricingengines/vanilla/analyticeuropeanengine.hpp>
22  #include <ql/pricingengines/blackcalculator.hpp>
23  #include <ql/exercise.hpp>
24
25  namespace QuantLib {
26
27      AnalyticEuropeanEngine::AnalyticEuropeanEngine(
28          const ext::shared_ptr<GeneralizedBlackScholesProcess>& process)
29      : process_(process) {
30          registerWith(process_);
31      }
32
33      AnalyticEuropeanEngine::AnalyticEuropeanEngine(
34          const ext::shared_ptr<GeneralizedBlackScholesProcess>& process,
35          const Handle<YieldTermStructure>& discountCurve)
36      : process_(process), discountCurve_(discountCurve) {
37          registerWith(process_);
38          registerWith(discountCurve_);
39      }
40
41      void AnalyticEuropeanEngine::calculate() const {
42
43          // if the discount curve is not specified, we default to the
44          // risk free rate curve embedded within the GBM process
45          ext::shared_ptr<YieldTermStructure> discountPtr =
46              discountCurve_.empty() ?
47                  process_->riskFreeRate().currentLink() :
48                  discountCurve_.currentLink();
49
50          QL_REQUIRE(arguments_.exercise->type() == Exercise::European,
51                     "not an European option");
52
53          ext::shared_ptr<StrikedTypePayoff> payoff =
54              ext::dynamic_pointer_cast<StrikedTypePayoff>(arguments_.payoff);
55          QL_REQUIRE(payoff, "non-striken payoff given");
56
57          Real variance =
58              process_->blackVolatility()->blackVariance(
59                  arguments_.exercise->lastDate(),
60                  payoff->strike());
61
62          DiscountFactor dividendDiscount =
```

➤ 模型參考文件有提供，方便學習了解，下面 Heston 解析解模型。

The screenshot shows the Microsoft Visual Studio interface with the QuantLib project open. The Solution Explorer on the left lists various files including vanilla, all.hpp, and multiple analytic and fd engines. The code editor on the right displays the analytichestonengine.cpp file, which contains C++ code for an AnalyticHestonEngine. The code includes comments referencing Steven L. Heston's 1993 paper, A. Sepp's work on jump diffusion, R. Lord and C. Kahl's rotation count algorithm, H. Albrecher et al.'s Little Heston Trap, J. Gatheral's Volatility Surface book, F. Le Floc'h's Fourier Integration and Stochastic Volatility Calibration paper, L. Andersen and V. Piterbarg's Interest Rate Modeling book, and a section on testing the engine's correctness by reproducing literature results and comparing them with Black pricing. The code also defines the AnalyticHestonEngine class, which inherits from GenericModelEngine<HestonModel>.

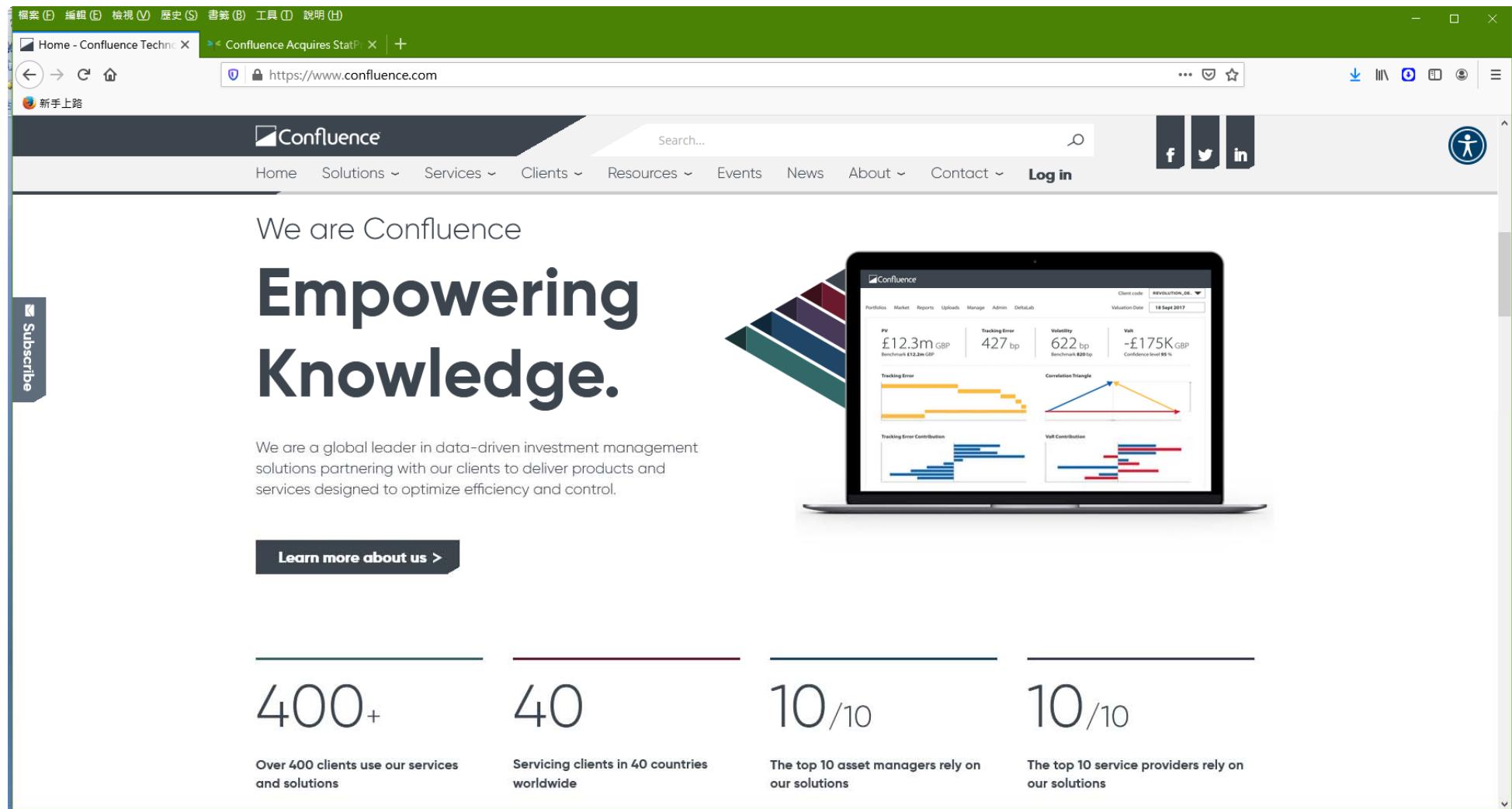
```
52 // *! References:
53
54 Heston, Steven L., 1993. A Closed-Form Solution for Options
55 with Stochastic Volatility with Applications to Bond and
56 Currency Options. The review of Financial Studies, Volume 6,
57 Issue 2, 327-343.
58
59 A. Sepp, Pricing European-Style Options under Jump Diffusion
60 Processes with Stochastic Volatility: Applications of Fourier
61 Transform (<http://math.ut.ee/~spartak/papers/stochjumpvols.pdf>)
62
63 R. Lord and C. Kahl, Why the rotation count algorithm works,
64 http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\_id=921335
65
66 H. Albrecher, P. Mayer, W. Schoutens and J. Tistaert,
67 The Little Heston Trap, http://www.schoutens.be/HestonTrap.pdf
68
69 J. Gatheral, The Volatility Surface: A Practitioner's Guide,
70 Wiley Finance
71
72 F. Le Floc'h, Fourier Integration and Stochastic Volatility
73 Calibration,
74 https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\_id=2362968
75
76 L. Andersen, and V. Piterbarg, 2010,
77 Interest Rate Modeling, Volume I: Foundations and Vanilla Models,
78 Atlantic Financial Press London.
79
80 \ingroup vanillaengines
81
82 // test the correctness of the returned value is tested by
83 // reproducing results available in web/literature
84 // and comparison with Black pricing.
85
86 */
87 class AnalyticHestonEngine
88     : public GenericModelEngine<HestonModel,
89                             VanillaOption::arguments,
90                             VanillaOption::results> {
91
92     public:
93         class Integration;
94         enum ComplexLogFormula {
95             // Gatheral form of characteristic function w/o control variate
96         };
97
98 }
```

## ◆ Confluence 併購 statpro，QuantLib 程式庫的品質受到市場的認同。

The screenshot shows a Firefox browser window with the following details:

- Address Bar:** https://www.globenewswire.com/news-release/2019/10/29/1936857/0/en/Confluence-Acquires-StatPro-Global-Portfolio-Analytics-Solution-and-Data-Provider.html
- Page Content:**
  - Logo:** Confluence logo (blue square with white mountain icon) and text "CONFLUENCE".
  - Title:** Confluence Acquires StatPro, Global Portfolio Analytics Solution and Data Provider
  - Text:** Acquisition provides global expansion opportunity, broader range of solutions and advancement of Unity® Performance into the cloud
  - Date:** October 29, 2019 06:33 ET | Source: Confluence
  - Share Buttons:** f (Facebook), t (Twitter), in (LinkedIn), m (Email), ... (More)
  - Text (Bottom):** Pittsburgh, PA and London, Oct. 29, 2019 (GLOBE NEWSWIRE) -- Confluence Technologies, a global leader in investment data management automation for regulatory, financial and investor reporting, announced today that it has acquired StatPro Group plc (StatPro), a highly respected global provider of cloud-based portfolio analytics, asset data services and data management tools for the global asset management industry and asset management service providers.
  - Text (Bottom):** Confluence has acquired the entire issued and to be issued ordinary share capital of StatPro in an all-cash offer of approximately £161.1 million (over \$207 million USD). The transaction brings together two highly complementary businesses to create a leading supplier of front, middle and back-office solutions to asset managers and administrators.
  - Page Footer:** https://www.globenewswire.com/fr/news-release/2019/10/29/1936857/0/en/Confluence-Acquires-StatPro-Global-Portfolio-Analytics-Solution-and-Data-Provider.html

## ◆ Confluence 使用 QuantLib 提供金融計算服務給全球主要金融機構。



The screenshot shows the Confluence website homepage. At the top, there's a navigation bar with links for Home, Solutions, Services, Clients, Resources, Events, News, About, Contact, and Log in. Below the navigation is a search bar and social media links for Facebook, Twitter, and LinkedIn. A large banner on the left features the text "We are Confluence" and "Empowering Knowledge." with a stylized graphic of stacked bars. To the right of the banner is a laptop displaying a financial dashboard with metrics like PV, Tracking Error, and Correlation Triangle. Below the banner, there are four key statistics: "400+", "40", "10/10", and "10/10". Each statistic has a corresponding descriptive sentence below it.

We are Confluence

# Empowering Knowledge.

We are a global leader in data-driven investment management solutions partnering with our clients to deliver products and services designed to optimize efficiency and control.

[Learn more about us >](#)

400+

Over 400 clients use our services and solutions

40

Servicing clients in 40 countries worldwide

10/10

The top 10 asset managers rely on our solutions

10/10

The top 10 service providers rely on our solutions

➤ Confluence 的客戶涵蓋各大主要金融機構。

The screenshot shows the homepage of the Confluence website. At the top, there is a green header bar with various menu options in Chinese. Below this is a white header bar with the Confluence logo, a search bar, and social media links for Facebook, Twitter, and LinkedIn. The main content area features a large banner with the text "What we are doing" and "Latest News". On the left side, there is a "Subscribe" button. The page displays three news articles with corresponding images:

- Confluence and J.P. Morgan Expand Partnership, Integrating Additional Asset Coverage into Delta Risk and Performance Platform**  
Pittsburgh, PA, April 4, 2021 – Confluence Technologies, Inc. ("Confluence"), a global technology solutions provider delivering innovative products to the worldwide money management industry...
- Futuregrowth Asset Management Expands Strategic Relationship with Confluence**  
Pittsburgh, PA, April 20, 2021 – Confluence Technologies, Inc. ("Confluence"), a global technology solutions provider that helps the investment management industry solve complex investment da...
- Confluence Reaches Agreement in Principle to Acquire Fundpeak, Global Provider of Fund Portals and Factsheets**  
Pittsburgh, PA, April 15, 2021 – Confluence Technologies, a global technology solutions provider helping the investment management industry solve complex investment data challenges, today announc...

Each news item has a "Read More >" link at the bottom.

## 乙、QuantLibXL安裝與使用

- ◆ 參考 QuantLibXL 簡易操作手冊。

## (四)公債的 Delta 風險資本計算

### 甲、T-Bond的GIRR Delta敏感性計算範例

- ◆ 評價日 2020/9/30, 30 年期台幣 T-Bond[A09105], 發行日 2020/5/12, 到期日 2050/5/12 , 票面利率 0.75% 。

<<T\_1\_GIRR\_TBond\_Delta>>

## ◆ 由櫃買中心取得 2020/9/30 公債即期利率曲線。

The screenshot shows a web browser displaying the Taipei Exchange's bond market information page. The URL is [https://www.tpex.org.tw/web/bond/tradeinfo/govbond/GovBondDaily\\_02.php?l=zh-tw](https://www.tpex.org.tw/web/bond/tradeinfo/govbond/GovBondDaily_02.php?l=zh-tw). The page title is "債券市場資訊". The main navigation menu includes "發行資料"、"交易資訊"、"市場公告"、"業務服務"、"法規查詢"、"認識債券"、"經登錄外國債券專區" and "公開資訊觀測站". Below the menu, there are links for "債券市場資訊"、"交易資訊"、"公債與公司債統計報表" and "日統計". A secondary navigation bar at the top of the content area includes "等值成交系統行情表"、"營業處所行情表"、"殖利率曲線" (highlighted in yellow)、"公平價格" and "指標公債持券狀況". The main content area displays a table for the "殖利率曲線" (Yield Curve) for September 30, 2020. The table lists dates from September 24 to 30, 2020, with corresponding download links for each day's yield curve data in XLS format. At the top right of the content area, there are dropdown menus for "109年" (Year), "9月" (Month), and "公債殖利率曲線" (Government Bond Yield Curve). The bottom right corner of the page contains the text "均騰金融科技-董夢雲 dongmy@ms5.hinet.net 24".

資料日期	公債殖利率曲線 檔案下載
109/09/30	<a href="#">下載XLS</a>
109/09/29	<a href="#">下載XLS</a>
109/09/28	<a href="#">下載XLS</a>
109/09/25	<a href="#">下載XLS</a>
109/09/24	<a href="#">下載XLS</a>

## ◆ 使用 Svensson Model 的即期利率曲線資料，挑選 10 個利率點，來建立評價曲線。

S26

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2			<b>Evaluation Date</b>	2020/9/30													
3			<b>SetEvaluationDate</b>	TRUE													
4																	
5	<b>Months</b>	<b>Date</b>	<b>Cubic-S</b>	<b>Spot Rate</b>	<b>Svensson</b>	<b>Spot Rate</b>	<b>Cubic DF</b>	<b>Svensson DF</b>									
6	0	2020/9/30					1.0000000	1.0000000									
7	1	2020/10/30	0.1942%		0.1907%	0.99984041	0.99984328										
8	3	2020/12/30	0.1859%		0.1876%	0.99953674	0.99953250										
9	6	2021/3/30	0.1769%		0.1827%	0.99912354	0.99909483										
10	12	2021/9/30	0.1581%		0.1739%	0.99842150	0.99826402										
11	18	2022/3/30	0.1412%		0.1675%	0.99789152	0.99749961										
12	24	2022/9/30	0.1403%		0.1639%	0.99719989	0.99673004										
13	30	2023/3/30	0.1568%		0.1633%	0.99609714	0.99595382										
14	36	2023/9/30	0.1748%		0.1650%	0.99474742	0.99506629										
15	42	2024/3/30	0.1841%		0.1688%	0.99358560	0.99411667										
16	48	2024/9/30	0.1856%		0.1741%	0.99260528	0.99306147										
17	54	2025/3/30	0.1861%		0.1805%	0.99167071	0.99192011										
18	60	2025/9/30	0.1901%		0.1875%	0.99054381	0.99067242										
19	66	2026/3/30	0.2003%		0.1949%	0.98905757	0.98935071										
20	72	2026/9/30	0.2160%		0.2025%	0.98713158	0.98793017										
21	78	2027/3/30	0.2311%		0.2100%	0.98511095	0.98645969										
22	84	2027/9/30	0.2410%		0.2173%	0.98328497	0.98491450										
23	90	2028/3/30	0.2420%		0.2243%	0.98203200	0.98333371										
24	96	2028/9/30	0.2339%		0.2311%	0.98147086	0.98169038										
25	102	2029/3/30	0.2228%		0.2375%	0.98125788	0.98003518										
26	108	2029/9/30	0.2144%		0.2435%	0.98089773	0.97833641										
27	114	2030/3/30	0.2132%		0.2492%	0.97996800	0.97662946										
28	120	2030/9/30	0.2209%		0.2544%	0.97816420	0.97489879										
29	126	2031/3/30	0.2343%		0.2594%	0.97572360	0.97316145										
30	132	2031/9/30	0.2499%		0.2640%	0.97290544	0.97140075										
31	138	2032/3/30	0.2651%		0.2683%	0.97000210	0.96964603										
32	144	2032/9/30	0.2779%		0.2724%	0.96722459	0.96786185										
33	150	2033/3/30	0.2881%		0.2761%	0.96466678	0.96611126										
34	156	2033/9/30	0.2962%		0.2796%	0.96225731	0.96433144										
35	162	2034/3/30	0.3025%		0.2829%	0.96003238	0.96256933										
36	168	2034/9/30	0.3072%		0.2860%	0.95794273	0.96078336										

MarketData Sensitivity DeltaCapital

◆ 使用 QuantLibXL 物件，建立債券評價計算引擎，算出初始價格，1,122,187.38。

## ◆ 逐步移動 10 個即期利率點，增量 1b.p.，計算新價格與敏感性。

- 例如，10 年期利率上升 1b.p.，新價格為  $1,122,150.84$ ， $dV = 122150.84 - 1122187.38 = -36.5360$ 。
- 敏感性  $s = dv / 0.0001 = -365,359.95$ ，權數為 1.1%，台幣除以根號 2。
- 加權敏感性  $RW = s * RW / 2^{0.5} = -2,841.83$ 。

截圖顯示 Microsoft Excel 窗口，工作表名稱為 T\_1\_GIRR\_TBond\_Delta.xlsx。工作表內容如下：

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2			Evaluation Date	2020/9/30						
3			SetEvaluationDate	TRUE	dr	0.01%		TWD	$RW/2^{0.5}*s$	
4										
5	MNs	Date	DiscountFunc	ZeroRate	V1	dV	s	RW	WS	
6	0	2020/9/30	1.000000	0.1907%	1,122,187.38					
7	3	2020/12/30	0.999533	0.1876%	1,122,187.38	0.0000	0.00	1.700%	0.00	
8	6	2021/3/30	0.999095	0.1826%	1,122,187.03	-0.3523	-3,523.11	1.700%	-42.35	
9	12	2021/9/30	0.998264	0.1737%	1,122,186.81	-0.5737	-5,736.97	1.600%	-64.91	
10	24	2022/9/30	0.996730	0.1638%	1,122,185.88	-1.4947	-14,946.71	1.300%	-137.40	
11	36	2023/9/30	0.995066	0.1649%	1,122,183.65	-3.7307	-37,306.82	1.200%	-316.56	
12	60	2025/9/30	0.990672	0.1873%	1,122,171.82	-15.5573	-155,573.35	1.100%	-1,210.08	
13	120	2030/9/30	0.974899	0.2541%	1,122,150.84	-36.5360	-365,359.95	1.100%	-2,841.83	
14	180	2035/9/30	0.957255	0.2911%	1,122,133.53	-53.8479	-538,479.24	1.100%	-4,188.39	
15	240	2040/9/30	0.939689	0.3108%	1,121,969.88	-217.5013	-2,175,012.51	1.100%	-16,917.63	
16	360	2050/9/30	0.905535	0.3306%	1,119,513.48	-2,673.9024	-26,739,023.65	1.100%	-207,980.79	

◆ 10 個時間帶的相關係數表。

	stress	1									
	theta	0.03									
	0.25	0.5	1	2	3	5	10	15	20	30	
0.25	100.0%	97.0%	91.4%	81.1%	71.9%	56.6%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	
0.5	97.0%	100.0%	97.0%	91.4%	86.1%	76.3%	56.6%	41.9%	40.0%	40.0%	
1	91.4%	97.0%	100.0%	97.0%	94.2%	88.7%	76.3%	65.7%	56.6%	41.9%	
2	81.1%	91.4%	97.0%	100.0%	98.5%	95.6%	88.7%	82.3%	76.3%	65.7%	
3	71.9%	86.1%	94.2%	98.5%	100.0%	98.0%	93.2%	88.7%	84.4%	76.3%	
5	56.6%	76.3%	88.7%	95.6%	98.0%	100.0%	97.0%	94.2%	91.4%	86.1%	
10	40.0%	56.6%	76.3%	88.7%	93.2%	97.0%	100.0%	98.5%	97.0%	94.2%	
15	40.0%	41.9%	65.7%	82.3%	88.7%	94.2%	98.5%	100.0%	99.0%	97.0%	
20	40.0%	40.0%	56.6%	76.3%	84.4%	91.4%	97.0%	99.0%	100.0%	98.5%	
30	40.0%	40.0%	41.9%	65.7%	76.3%	86.1%	94.2%	97.0%	98.5%	100.0%	

<b>0</b>	<b>-42</b>	<b>-65</b>	<b>-137</b>	<b>-317</b>	<b>-1,210</b>	<b>-2,842</b>	<b>-4,188</b>	<b>-16,918</b>	<b>-207,981</b>
----------	------------	------------	-------------	-------------	---------------	---------------	---------------	----------------	-----------------

	0.25	0.5	1	2	3	5	10	15	20	30	
<b>0.25</b>	100.0%	97.0%	91.4%	81.1%	71.9%	56.6%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	<b>0</b>
<b>0.5</b>	97.0%	100.0%	97.0%	91.4%	86.1%	76.3%	56.6%	41.9%	40.0%	40.0%	<b>-42</b>
<b>1</b>	91.4%	97.0%	100.0%	97.0%	94.2%	88.7%	76.3%	65.7%	56.6%	41.9%	<b>-65</b>
<b>2</b>	81.1%	91.4%	97.0%	100.0%	98.5%	95.6%	88.7%	82.3%	76.3%	65.7%	<b>-137</b>
<b>3</b>	71.9%	86.1%	94.2%	98.5%	100.0%	98.0%	93.2%	88.7%	84.4%	76.3%	<b>-317</b>
<b>5</b>	56.6%	76.3%	88.7%	95.6%	98.0%	100.0%	97.0%	94.2%	91.4%	86.1%	<b>-1,210</b>
<b>10</b>	40.0%	56.6%	76.3%	88.7%	93.2%	97.0%	100.0%	98.5%	97.0%	94.2%	<b>-2,842</b>
<b>15</b>	40.0%	41.9%	65.7%	82.3%	88.7%	94.2%	98.5%	100.0%	99.0%	97.0%	<b>-4,188</b>
<b>20</b>	40.0%	40.0%	56.6%	76.3%	84.4%	91.4%	97.0%	99.0%	100.0%	98.5%	<b>-16,918</b>
<b>30</b>	40.0%	40.0%	41.9%	65.7%	76.3%	86.1%	94.2%	97.0%	98.5%	100.0%	<b>-207,981</b>
	-93895	-94748	-103233	-157242	-181141	-202916	-220919	-227165	-230238	-232805	
										Kb^2	5.4229E+10
										Kb	232,870

## 四、Curvature 風險資本與外匯選擇權風險

### (一)FX 風險因子與 Bucket 定義

- ◆ 匯率的 Delta 風險因子為工具的計價貨幣與報告貨幣(reporting currency)間的匯率。
  - 美元計價股票、美元計價黃金等，都有外匯風險。
  - ✓ 都有 USD/TWD 的匯率風險因子。
- ◆ 如果交易參考到一對非報告貨幣的匯率，FX 的 Delta 風險因子包含下面兩項間的匯率，
  - 報告貨幣，
  - 工具的計價貨幣，與工具參考到的貨幣。
    - ✓ 一個美元計價的 USD/JPY 外匯選擇權，風險因子為 USD/JPY(USD/TWD & JPY/TWD)、USD/TWD。
    - ✓ Bucket 為 USD/TWD。
- ◆ 監理機關可以改變相對報告貨幣的風險，為相對基礎貨幣(base currency)的風險。
  - 增加一項報告貨幣與基礎貨幣的匯率風險。

## 甲、Bucket定義

◆ FX Bucket 指每一個匯率，此匯率為工具的計價貨幣與報告貨幣的匯率。

➤ 一筆 Long **USD/JPY** 交易，以美元計價。

- ✓ 可以看成是 Long **USD/TWD**，Short **JPY/TWD** 的合成，此兩筆都是台幣計價。
- ✓ 兩個 Risk Factor，歸屬於兩個 Bucket **USD/TWD**、**JPY/TWD**。

## (二)Delta 公式與 Bucket 定義

### 甲、Delta

- ◆ 在匯率風險中，Delta 定義為，

$$s_k = \frac{V_i(1.01FX_k) - V_i(FX_k)}{0.01} \quad \dots \dots \dots \quad (4.1)$$

- Delta 為  $FX_k$  上漲 1%， $V_i$  的金額變動量(MAR 21.24(3), p40)。

- ✓ 令  $k$  表一個商品，  $FX_k$  表此匯率的價格，
  - ✓  $V_i$  為金融工具  $i$  的價格，

- ◆ 現貨的 Delta Sensitivity 就是現貨部位價值。

- Delta 可視為約當現貨風險的部位價值。

- ◆ Delta 敏感性乘上風險權數(Risk Weight)，求得加權敏感性(Weighted Sensitivity)。

$$WS_k = RW_k \cdot s_k \quad \dots \dots \dots \quad (4.2)$$

◆ 風險權數 RW 皆為 15%。

- 特定匯率，風險權數可以除以根號 2， $15\% / \sqrt{2} = 10.61\%$ 。
  - ✓ 如 USD/EUR、USD/JPY、USD/GBP、USD/AUD、...、USD/BRL，等 Basel 委員會指定匯率。
  - ✓ 第一階交叉匯率，如 EUR/AUD。

◆ 可以將風險權數視為傳統 99%顯著水準 10 天下，最大可能的損失變動量。

- 99%下的 Delta 風險資本。

◆ Vega Risk 的 Bucket 定義與 Delta Risk 相同。

- 外匯風險中，一個匯率就是一個 Bucket。

## 乙、Delta Risk Bucket內的彙整

- ◆ 同一個 Bucket 內的各個風險因子，比此應有較高的相關性。

- 新興市場電信股票間的相關性，高於與他類 Bucket 內的股票。
- Basel 文件有交代相關係數的計算。

- ◆ 對於 Bucket b 的加權風險敏感性， $K_b$ ，計算如下，

$$K_b = \sqrt{\max\left(0, \sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{k \neq l} \rho_{kl} WS_k WS_l\right)}$$

- 根據 Basel 文件(MAR 21.78(2)(a), p57)，大型新興市場電信股票間的相關性為 15%。

### (三)Curvature 公式

# 甲、Curvature

◆ Curvature Risk 主要是反映工具價值對風險因子變化，產生的非線性效果，

➤ 令  $V_i$  表選擇權價格， $S_k$  為標的 FX 價格，

$$CVR_k = [V_i(S_k \pm dS_k) - V_i(S_k)] - [RW_k^{\text{Curvature}} \times s_{ik}], \quad dS_k = 0.15 \times S_k$$

$$CVR_k = dV_i(S_k) - \left[ \frac{\partial V_i}{\partial S_k} \right] dS_k, \quad dS_k = 0.15 \times S_k$$

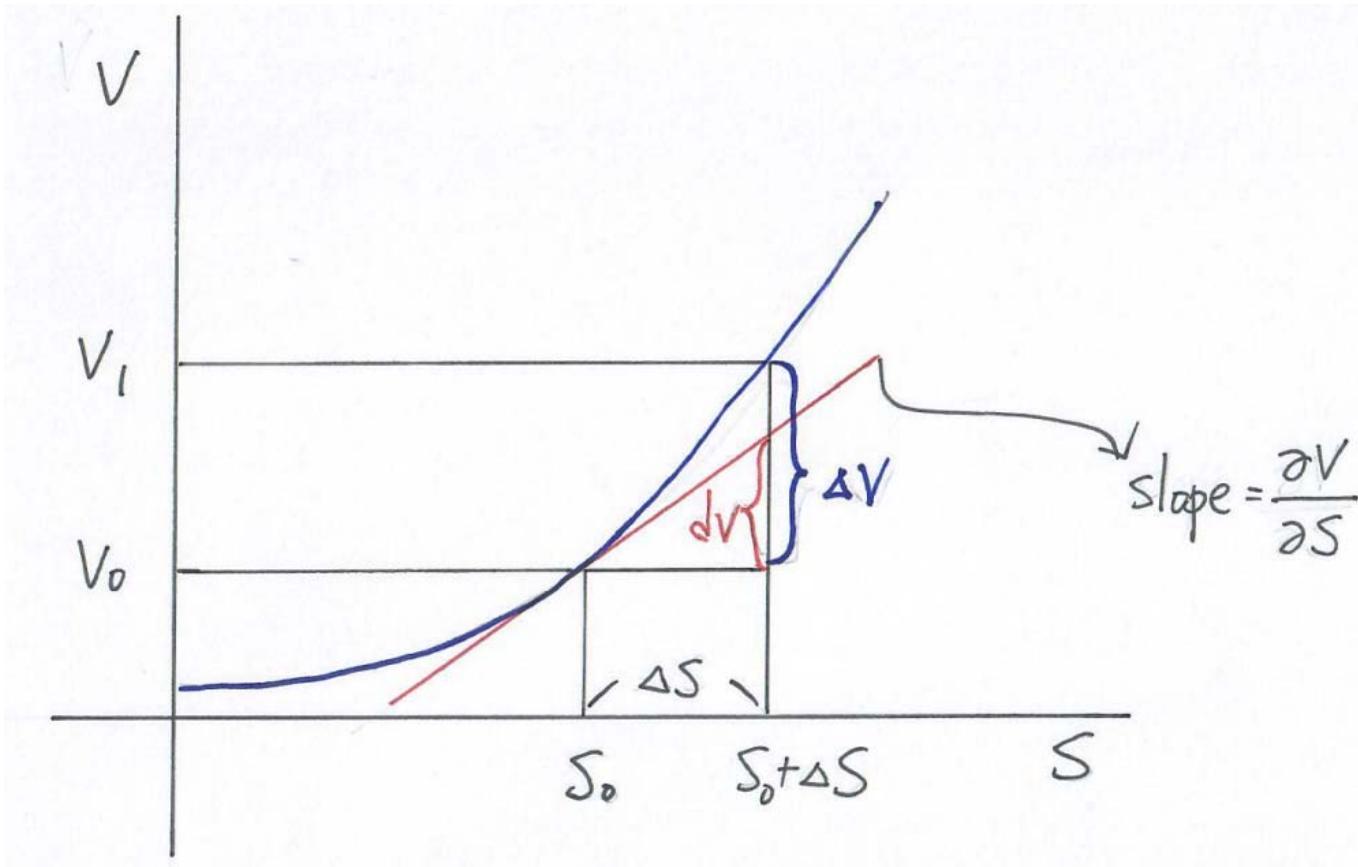
- ✓ 計算時，假設波動性  $\sigma$  為定值不變。
  - ✓  $RW^{Curvature}$  等於 Delta 的風險權數。(MAR21.98, p63)

◆ 上、下震盪，計算 Curvature Risk 資本需求，

$$CVR_k^+ = -\sum_i \left\{ V_i \left( x_k^{RW(Curvature)^+} \right) - V_i(x_k) - RW_k^{Curvature} \times s_{ik} \right\} \quad (4.3)$$

$$CVR_k^- = -\sum_i \left\{ V_i \left( x_k^{RW(Curvature)^-} \right) - V_i(x_k) + RW_k^{Curvature} \times s_{ik} \right\}$$

- ◆ 使用 Curvature 來補捉資產價格變動的非線性效果。



$$\text{CVR} = \Delta V - dV , \quad dV = \frac{\partial V}{\partial S} \times \Delta S$$

## 乙、Curvature Risk Bucket內的彙整

- ◆ 使用 Bucket 對應的相關係數，彙整 Bucket 資本需求。

➤ 對於 Bucket b 的加權風險敏感性， $K_b$ ，計算如下，

$$K_b = \max(K_b^+, K_b^-)$$

✓ 相同則取 Up。

$$K_b^+ = \sqrt{\max\left(0, \sum_k \max(CVR_k^+, 0)^2 + \sum_{l \neq k} \sum_k \rho_{kl} CVR_k^+ CVR_l^+ \psi(CVR_k^+, CVR_l^+)\right)} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$K_b^- = \sqrt{\max\left(0, \sum_k \max(CVR_k^-, 0)^2 + \sum_{l \neq k} \sum_k \rho_{kl} CVR_k^- CVR_l^- \psi(CVR_k^-, CVR_l^-)\right)}$$

$$\psi(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{otherwise} \\ 0, & x < 0, y < 0 \end{cases}$$

- 根據 Basel 文件(MAR 21.78(2)(a), p57)，大型新興市場電信股票間的相關性為 15%。
- Intra-Bucket Curvature 的相關性為 Delta 計算相關性的平方， $15\% * 15\% = 2.25\%$ 。

### (三)QuantLibXL 使用說明

- ◆ 參考 QuantLibXL 簡易操作手冊。

## (四)外匯選擇權的 Curvature 風險資本計算

### 甲、Option的FX Delta敏感性計算範例

- ◆ 評價日 2020/9/30，買入 12/31 到期的歐式美元買權，賣出 12/31 到期的歐式美元賣權，執行價格皆為 29.0。

- Long 選擇權 Call， $K=29.0$ ， $9/30$ ， $S_t=28.990$ 。
- Short 選擇權 Put， $K=29.0$ ， $9/30$ ， $S_t=28.990$ 。

$$C - P = S - Ke^{-rT}$$

<<T\_5\_FXR\_Option\_Delta>>

- ◆ 首先，由遠期匯率報價，與美元即期利率，使用利率平價關係(IRR)，反推台幣隱含的即期利率。

$$A \times \left(1 + r_d \times \frac{Act}{365}\right) = \frac{A}{S} \left(1 + r_f \times \frac{Act}{360}\right) \times F$$

$$\frac{F}{S} = \frac{\left(1 + r_d \times \frac{Act}{365}\right)}{\left(1 + r_f \times \frac{Act}{360}\right)} = \frac{DF_f}{DF_d}$$

$$DF_d = \frac{DF_f}{\frac{F}{S}}$$

$$\left(1 + r_d \times \frac{Act}{365}\right) = \frac{1}{DF_d} = \frac{F}{S} \frac{1}{DF_f}$$

$$r_d = \left(\frac{F}{S} \frac{1}{DF_f} - 1\right) \frac{365}{Act}$$

T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx - Microsoft Excel

The screenshot shows an Excel spreadsheet with several data tables:

- Evaluation Date:** 2020/9/30
- SetEvaluationDate:** TRUE
- CCY FX:**

USD	28.990
EUR	34.060
- USD Libor:**

Date	Rate	DF
2020/9/30	1.00000	
2020/12/30	0.23388%	0.999409153
2021/3/30	0.25975%	0.998695738
2021/9/30	0.36013%	0.996361966
- TWD Swap Points:**

Date	FX	F/S	DF	Rate
2020/9/30	28.99000	1.000000000	1.000000000	
2020/12/30	28.65356	0.98839472	1.01114376	0.10583%
2021/3/30	28.30165	0.97625566	1.02298586	-0.03582%
2021/9/30	27.86888	0.96132720	1.03644416	-0.18324%

## ◆ 利用台幣與美元利率，建構台幣與美元即期利率曲線。

T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx - Microsoft Excel

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx". The interface includes a ribbon bar with tabs like "常用" (Home), "插入" (Insert), "版面配置" (Layout), etc., and various toolbars for formatting and data manipulation.

**USD Discount Curve Data:**

Date	DiscountFunc	ZeroRate
2020/9/30	1.000000	0.23388%
2020/12/30	0.99941	0.25975%
2021/3/30	0.99870	0.36013%
2021/9/30	0.99636	

**USD Discount Curve Configuration:**

DiscountCurve	USDDFCurve#0001
ObjectId	USDDFCurve
RateDates	C6:C9
DF	D6:D9
DayCounter	A/360
Permanent	FALSE
Trigger	
Overwrite	TRUE

**TWD Discount Curve Data:**

Date	DiscountFunc	ZeroRate
2020/9/30	1.000000	0.10583%
2020/12/30	0.99974	-0.03582%
2021/3/30	1.00018	-0.18324%
2021/9/30	1.00184	

**TWD Discount Curve Configuration:**

DiscountCurve	TWDDFCurve#0001
ObjectId	TWDDFCurve
RateDates	C16:C19
DF	D16:D19
DayCounter	A/365F
Permanent	FALSE
Trigger	
Overwrite	TRUE

## ◆ 使用市場波動性報價，建構波動性曲面。

T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx - Microsoft Excel

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx". The table structure is as follows:

	Dates	Strikes	0.5Y	1Y		GeneralizedBSPProcess	BSPProcess#0001
20	2021/3/30	27	6.50%	7.00%	string	ObjectId	BSPProcess
21	2021/9/30	28	6.00%	6.50%	string	BlackVolID	VolSurface#0001
22		29	5.50%	6.00%	double	Underlying	28.9900
23		30	6.00%	6.50%	string	DayCounter	A/365F
24		31	6.50%	7.00%	long	SettlementDate	2020/9/30
25					double	RiskFreeRate	0.1027%
26					double	DividendYield	0.2344%
27					bool	Permanent	FALSE
28			BlackVarianceSurface	VolSurface#0001	any	Trigger	TRUE
29	string long string vec<long> vec<double> vec<vec<double>>	ObjectId SettlementDate Calendar Dates Strikes Volatilities DayCounter Permanent Trigger Overwrite	VolSurface 2020/9/30 Null B33:B34 C33:C37 D33:E37 A/365F FALSE TRUE	bool	bool	Overwrite	TRUE
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

Below the main table, there is a row for the "PricingEngine" and "Engine#0001" configuration:

	PricingEngine	Engine#0001
	ObjectId	Engine
	Engineld	AE
	ProcessId	BSPProcess#0001
	Permanent	FALSE
	Trigger	TRUE
	Overwrite	

## ◆ 產生選擇權相關物件。

T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx - Microsoft Excel

The screenshot shows an Excel spreadsheet with four distinct sections, each containing a table of parameters for generating financial objects. The sections are:

- EuropeanExercise** (Row 3): Contains parameters like ObjectId (EuroExer#0001), ExpiryDate (2020/12/31), and Permanent (FALSE).
- StrikedTypePayoff** (Row 10, Left): Contains parameters like ObjectId (CallPayoff#0001), PayoffID (Vanilla), OptionType (Call), Strike (29), and Permanent (FALSE).
- StrikedTypePayoff** (Row 10, Right): Contains parameters like ObjectId (PutPayoff#0001), PayoffID (Vanilla), OptionType (Put), Strike (29), and Permanent (FALSE).
- EuropeanOption** (Row 20): Contains parameters like ObjectId (CallOption#0001), PayoffID (CallPayoff#0001), Exerciseld (EuroExer#0001), Permanent (FALSE), and Permanent (TRUE).

The Excel interface includes a ribbon bar at the top with tabs like '常用' (Home), '插入' (Insert), '版面配置' (Layout), '公式' (Formulas), '資料' (Data), '校閱' (Review), '檢視' (View), '開發人員' (Developer), '負載測試' (Load Testing), 'Acrobat', '小組' (Team), and 'Wind'. The status bar at the bottom shows 'MarketData', 'Sensitivity', 'Delta 2', and '就緒' (Ready). The zoom level is set to 130%.

## ◆ 進行評價

T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx - Microsoft Excel

	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
27									
28			<b>SetPricingEngine</b>	<b>TRUE</b>			<b>SetPricingEngine</b>	<b>TRUE</b>	
29	<b>string</b>		<b>InstrumentId</b>	<b>CallOption#0001</b>			<b>InstrumentId</b>	<b>PutOption#0001</b>	
30	<b>double</b>		<b>Engineld</b>	<b>Engine#0001</b>			<b>Engineld</b>	<b>Engine#0001</b>	
31	<b>any</b>		<b>Trigger</b>	<b>2</b>			<b>Trigger</b>	<b>2</b>	
32									
33			<b>InstrumentNPV</b>	<b>0.3095</b>			<b>InstrumentNPV</b>	<b>0.3292</b>	
34	<b>string</b>		<b>InstrumentId</b>	<b>CallOption#0001</b>			<b>InstrumentId</b>	<b>PutOption#0001</b>	
35	<b>any</b>		<b>Trigger</b>	<b>2</b>			<b>Trigger</b>	<b>2</b>	
36									
37			<b>Range</b>	<b>FXRateRange#0002</b>					
38	<b>String</b>		<b>FXRateRange</b>						
39	<b>Range</b>		<b>I24</b>						
40	<b>Permanent</b>		<b>FALSE</b>						
41	<b>Trigger</b>								
42	<b>Overwrite</b>		<b>TRUE</b>						
43									
44									
45									
46									
47									

◆ 移動標的匯率價格 1%，重新計算價格，並計算敏感性。

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx - Microsoft Excel". The data is organized into two main sections: "Call" and "Put".

**Call Options Data:**

	V	dv	sk	RW	WS
Call	28.9900	0.3095			
Long	29.2799	0.4738	0.1643	16.4290	15% 2.4643
	33.3385	4.3263	4.0168		
	24.6415	0.0000	-0.3095		

**Put Options Data:**

	V	dv	sk	RW	WS
Put	28.9900	-0.3292			
Short	29.2799	-0.2037	0.1254	12.5439	15% 1.8816
	33.3385	0.0000	0.3292		
	24.6415	-4.3655	-4.0364		

## 乙、Option的FX Curvature敏感性計算範例

◆ 大幅(15%)上、下變動匯率，計算價格變動。

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "T\_5\_FXR\_Opt\_Delta.xlsx". The data is organized into several tables:

- Call Options (Row 4):**

	V	dv	sk	RW	WS
Call	28.9900	0.3095			
Long	29.2799	0.4738	0.1643	16.4290	15%
	33.3385	4.3263	4.0168		
	24.6415	0.0000	-0.3095		
- Put Options (Row 10):**

	V	dv	sk	RW	WS
Put	28.9900	-0.3292			
Short	29.2799	-0.2037	0.1254	12.5439	15%
	33.3385	0.0000	0.3292		
	24.6415	-4.3655	-4.0364		
- Long Call, Short Put (Row 16):**

S	V0	V1	dv	RW	sk	CVR
33.3385	Call	0.3095	4.3263	4.02	0.15	16.4290
	Put	-0.3292	0.0000	0.33	0.15	12.5439
					CVR+	0.0000
24.6415	Call	0.3095	0.0000	-0.31	0.15	16.4290
	Put	-0.3292	-4.3655	-4.04	0.15	12.5439
					CVR-	0.0000

# Basel III 市場風險標準法

## 敏感性基礎法(SBM)入門說明

昀騰金融科技

技術長

董夢雲 博士

[dongmy@ms5.hinet.net](mailto:dongmy@ms5.hinet.net)

# 五、Vega 風險資本與外匯選擇權風險

## (一)匯率風險 Vega 敏感性計算

◆ FX 的 Vega Risk 的風險因子，為標的匯率之選擇權的隱含波動性，以到期日為其維度。

➤ 需要映射到，0.5 年、1 年、3 年、5 年、10 年。

◆ Vega 定義為，

$$vega = \frac{\partial V_i}{\partial \sigma_i} \quad \dots \dots \dots \quad (5.1)$$

✓ 金融工具  $i$  的價格為  $V_i$ ， $\sigma_i$  為其隱含波動性。

➤ 在外匯風險中，令第  $k$  個風險因子的 Vega 敏感性為，

$$s_k = vega \times implied\_volatility \quad \dots \dots \dots \quad (5.2)$$

◆ Vega 風險量乘上風險權數(Risk Weight)，求得加權敏感性(Weighted Sensitivity)。

$$WS_k = RW_k \cdot s_k \quad \dots \dots \dots \quad (5.3)$$

## ◆ Vega Risk 的風險權數表，

Regulatory liquidity horizon,  $LH_{risk\ class}$  and risk weights per risk class

Table 13

Risk class	$LH_{risk\ class}$	Risk weights
GIRR	60	100%
CSR non-securitisations	120	100%
CSR securitisations (CTP)	120	100%
CSR securitisations (non-CTP)	120	100%
Equity (large cap and indices)	20	77.78%
Equity (small cap and other sector)	60	100%
Commodity	120	100%
FX	40	100%

➤ FX 的 Vega 風險權數為 100%。

$$RW_k = \min \left[ RW_\sigma \cdot \frac{\sqrt{LH_{risk\_class}}}{\sqrt{10}}, 100\% \right]$$

$$RW_\sigma = 55\%$$

## ◆ Intra-Bucket 相關性(non-GIRR)：

$$\rho_{kl} = \min[\rho_{kl}^{(Delta)} \cdot \rho_{kl}^{(option\_maturity)}, 1]$$

➤  $\rho_{kl}^{(Delta)}$  :Delta Risk 中，風險因子 k 與 l 的相關性。

✓ 例如，權益選擇權 X 有 Vega 風險因子 k，權益選擇權 Y 有 Vega 風險因子 l，則  $\rho_{kl}^{(Delta)}$  便是適用於 X 與 Y 的 Delta 相關性。

$$\rho_{kl}^{(option\_maturity)} = \exp\left(-\alpha \frac{|T_k - T_l|}{\min[T_k, T_l]}\right)$$

✓  $\alpha = 1\%$

✓  $T_k$  表選擇權到期時間，從敏感性  $VR_k$  起算，以年為單位。

## (二)外匯選擇權的 Vega 風險資本計算

- ◆ 評價日 2020/9/30，買入 2021/6/30 到期的歐式美元買權，執行價格皆為 29.0。
  - Long 選擇權 Call， $K=29.0$ ， $9/30$ ， $S_t=28.990$ 。

<<T\_9\_FXR\_Option\_Vega>>

T\_9\_FXR\_Opt\_Vega.xlsx - Microsoft Excel

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "T\_9\_FXR\_Opt\_Vega.xlsx". The ribbon menu is visible at the top, showing tabs for 常用 (Home), 插入 (Insert), 版面配置 (Layout), 公式 (Formulas), 資料 (Data), 校閱 (Review), 檢視 (View), 開發人員 (Developer), 負載測試 (Load Test), Acrobat, 小組 (Group), and Wind. The Home tab is selected.

The main content of the spreadsheet is a table with the following data:

	I	J	K	L	M	N
3		Dates	Strikes	0.5Y	1Y	
4		2021/3/30	27	5.50%	6.00%	
5		2021/9/30	28	5.50%	6.00%	
6			29	5.50%	6.00%	
7			30	5.50%	6.00%	
8			31	5.50%	6.00%	
9						
10		NPA		1,000,000		
11		dsig		0.01%		
12		P0	0.5304	0.5307	0.5310	
13		V0	530,358.24	530,669.62	531,042.96	
14		vega		3,113,746.38	6,847,225.68	
15		Implied Vol		5.8421%	5.8459%	
16		sk		181,908.79	400,279.65	
17		RW		100.00%	100.00%	
18		WS		181,908.79	400,279.65	

The formula bar at the top shows "d\_sig" and "0.01%". The status bar at the bottom shows "Sensitivity" and "就緒" (Ready).

## ◆ Vega Risk Capital ◦

		alpha	1%	
		0.5	1.0	
181,908.79	400,279.65	1.00	0.9900	181,908.79
		0.9900	1.00	400,279.65
		578,205.59	580,378.41	
			Kb^2	337494349271
			Kb	580,943

## 六、SBM 投資組合相關性風險與壓力測試

### (一)新台幣利率風險跨時間帶(Intra-Bucket)彙整

◆ 對於 Bucket b 的加權風險敏感性， $K_b$ ，計算如下，

$$K_b = \sqrt{\max\left(0, \sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{k \neq l} \rho_{kl} WS_k WS_l\right)}$$

➤  $\rho_{kl}$  係數公式，

$$\max\left[\exp\left(-\theta \frac{|T_k - T_l|}{\min(T_k, T_l)}\right), 40\%\right]$$

✓  $T_k$  與  $T_l$  分別為  $WS_k$  與  $WS_l$  的期限。

✓  $\theta$  設為 0.03。

➤ 相同 Bucket(同幣別)，不同期限且不同曲線， $\rho_{kl}$  設定為上表值乘上 99.90%。

- ◆ 相同 Bucket(同幣別)，同期限但不同曲線， $\rho_{kl}$  設定為 99.90%。(MRR 21.47)
- ◆ Bucket 內的  $\rho_{kl}$  設定如下表，

Delta GIRR correlations ( $\rho_{kl}$ ) within the same bucket, with different tenor and same curve

Table 2

	0.25 year	0.5 year	1 year	2 year	3 year	5 year	10 year	15 year	20 year	30 year
0.25 year	100.0%	97.0%	91.4%	81.1%	71.9%	56.6%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
0.5 year	97.0%	100.0%	97.0%	91.4%	86.1%	76.3%	56.6%	41.9%	40.0%	40.0%
1 year	91.4%	97.0%	100.0%	97.0%	94.2%	88.7%	76.3%	65.7%	56.6%	41.9%
2 year	81.1%	91.4%	97.0%	100.0%	98.5%	95.6%	88.7%	82.3%	76.3%	65.7%
3 year	71.9%	86.1%	94.2%	98.5%	100.0%	98.0%	93.2%	88.7%	84.4%	76.3%
5 year	56.6%	76.3%	88.7%	95.6%	98.0%	100.0%	97.0%	94.2%	91.4%	86.1%
10 year	40.0%	56.6%	76.3%	88.7%	93.2%	97.0%	100.0%	98.5%	97.0%	94.2%
15 year	40.0%	41.9%	65.7%	82.3%	88.7%	94.2%	98.5%	100.0%	99.0%	97.0%
20 year	40.0%	40.0%	56.6%	76.3%	84.4%	91.4%	97.0%	99.0%	100.0%	98.5%
30 year	40.0%	40.0%	41.9%	65.7%	76.3%	86.1%	94.2%	97.0%	98.5%	100.0%

- ◆ 通膨的加權敏感性與相關收益曲線一定期限加權敏感性的相關係數為 40%。
- ◆ 跨幣別基差的加權敏感性與下述加權敏感性的相關係數為 0%。
  - 相關收益曲線一定期限的加權敏感性，
  - 通膨曲線，
  - 另一跨幣別基差曲線。

## (二)新台幣利率風險跨利率曲線(Inter-Curves)彙整

◆ 一個 Bucket(同幣別)內，可能有多條曲線。

➤ Risk Free Curve

- ✓ SONIA Curve , 3M BOR Curve , 6M BOR Curve
- ✓ TBond Curve
- ✓ FX Swap Point Implied Curve

➤ Inflation Flat Curve

➤ Cross-Currency Flat Curve

- ✓ JPY/USD Basis
- ✓ JPY/EUR Basis
- ✓ GBP/USD Basis
- ✓ AUD/USD Basis

➤ TWD 應該至少有三條曲線。

- ✓ TBond Spot Curve
- ✓ 3M BA-Swap Curve
- ✓ FX Swap Point Implied Curve

## ◆ TWD 兩條 Curves 的計算說明。

$$\begin{bmatrix} S_{0.25}^{TB} \\ S_{0.5}^{TB} \\ S_1^{TB} \\ \dots \\ S_{20}^{TB} \\ S_{30}^{TB} \\ S_{0.25}^{SW} \\ S_{0.5}^{SW} \\ S_1^{SW} \\ \dots \\ S_{20}^{SW} \\ S_{30}^{SW} \end{bmatrix}^{Trans} \bullet \begin{bmatrix} \rho_{0.25,0.25} & \rho_{0.25,0.5} & \rho_{0.25,1} & \dots & \rho_{0.25,20} & \rho_{0.25,30} & \rho_{0.25,0.25} \cdot \rho_{TB,SW} & \dots & \dots & \dots & \dots & \rho_{0.25,30} \cdot \rho_{TB,SW} \\ \rho_{0.5,0.25} & & & & & \rho_{0.5,30} & \rho_{0.5,0.25} \cdot \rho_{TB,SW} & & & & & \rho_{0.5,30} \cdot \rho_{TB,SW} \\ \rho_{1,0.25} & & & & & \rho_{1,30} & \rho_{1,0.25} \cdot \rho_{TB,SW} & & & & & \rho_{1,30} \cdot \rho_{TB,SW} \\ \dots & & & & & \dots & \dots & & & & & \dots \\ \rho_{20,0.25} & & & & & \rho_{20,30} & \rho_{20,0.25} \cdot \rho_{TB,SW} & & & & & \rho_{20,30} \cdot \rho_{TB,SW} \\ \rho_{30,0.25} & \rho_{30,0.5} & \rho_{30,1} & \dots & \rho_{30,20} & \rho_{30,30} & \rho_{30,0.25} \cdot \rho_{TB,SW} & \dots & \dots & \dots & \dots & \rho_{30,30} \cdot \rho_{TB,SW} \\ \rho_{0.25,0.25} \cdot \rho_{SW,TB} & \dots & \dots & \dots & \dots & \rho_{0.25,30} \cdot \rho_{SW,TB} & \rho_{0.25,0.25} & \dots & \dots & \dots & \dots & \rho_{0.25,30} \\ \dots & & & & & \dots & \rho_{0.5,0.25} & & & & & \rho_{0.5,30} \\ \dots & & & & & \dots & \rho_{1,0.25} & & & & & \rho_{1,30} \\ \dots & & & & & \dots & \dots & & & & & \dots \\ \dots & & & & & \dots & \rho_{20,0.25} & & & & & \rho_{20,30} \\ \rho_{30,0.25} \cdot \rho_{SW,TB} & \dots & \dots & \dots & \dots & \rho_{30,30} \cdot \rho_{SW,TB} & \rho_{30,0.25} & \dots & \dots & \dots & \dots & \rho_{30,30} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} S_{0.25}^{TB} \\ S_{0.5}^{TB} \\ S_1^{TB} \\ \dots \\ S_{20}^{TB} \\ S_{30}^{TB} \\ S_{0.25}^{SW} \\ S_{0.5}^{SW} \\ S_1^{SW} \\ \dots \\ S_{20}^{SW} \\ S_{30}^{SW} \end{bmatrix}$$

## ◆ TWD 應該要有三條曲線

- TBond Curve
- BA-SWAP Curve
- FX Swap Points Implied Curve

### (三)利率風險跨幣別(Inter-Bucket)彙整

◆ 首先，計算 Bucket b 的  $S_b$  與 Bucket c 的  $S_c$  如下，

$$S_b = \sum_k SW_k, \quad S_c = \sum_k SW_k$$

➤ 如果  $S_b$  與  $S_c$  的值，會造成下面式子負值，則改變計算公式。

$$\text{if } \sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{b \neq c} \gamma_{bc} S_b S_c < 0,$$

$$S_b = \max \left[ \min \left( \sum_k WS_k, \quad K_b \right), \quad -K_b \right]$$

$$S_c = \max \left[ \min \left( \sum_k WS_k, \quad K_c \right), \quad -K_c \right]$$

◆ Delta 風險資本可計算如下，

$$\text{Delta} = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} S_b S_c}$$

- ◆ 不同 Buckets(亦即，不同幣別)，彙整 GIRR Delta 風險部位時，參數  $\gamma_{bc}$  設定為 50%。
  - 在 Curvature 風險的使用上，相關性為參數  $\gamma_{bc}$  的平方， $50\% \times 50\% = 25\%$ 。
- ◆ 應該至少會有 USD、EUR、JPY、CNY、TWD
  - 每個 CCY 至少 2 條，3 條合理
  - 估計要有 15 條 Curves

## (四)情境計算

◆ 上面的計算要分三種情境計算(MAR 21.6, p28) ,

- 情境一，正常相關：如前述。
- 情境二，高度相關： $\rho_{kl}$  與  $\gamma_{bc}$  皆乘上 1.25，但最大為 100%。
- 情境三，低度相關： $\rho_{kl}$  與  $\gamma_{bc}$  修正如下，

$$\rho_{kl}^{low} = \max(2 \times \rho_{kl} - 100\%, 75\% \times \rho_{kl})$$

$$\gamma_{bc}^{low} = \max(2 \times \gamma_{bc} - 100\%, 75\% \times \gamma_{bc})$$

◆ 每個情境計算 Delta 風險資本、Vega 風險資本、Curvature 風險資本。

- 將三者直接相加，取其大者，為其總資本需求。
- 可以直接用於全交易簿部位。
- 亦可於 Trading Desk 的範圍，各 Desk 計算。

## (五)計算範例

<<T\_1\_GIRR\_TBond\_Delta>>

<<T\_10\_GIRR\_TBond\_BA\_Delta>>

- ◆ 計算日：2020/9/30，市場利率(Zero Rates)如下。

	Evaluation Date	2020/9/30	
	SetEvaluationDate	TRUE	
MNs	Date	DiscountFunc	ZeroRate
0	2020/9/30	1.000000	0.1907%
3	2020/12/30	0.999533	0.1876%
6	2021/3/30	0.999095	0.1826%
12	2021/9/30	0.998264	0.1737%
24	2022/9/30	0.996730	0.1638%
36	2023/9/30	0.995066	0.1649%
60	2025/9/30	0.990672	0.1873%
120	2030/9/30	0.974899	0.2541%
180	2035/9/30	0.957255	0.2911%
240	2040/9/30	0.939689	0.3108%
360	2050/9/30	0.905535	0.3306%

◆ 部位現金流量如下表，

	Schedule	Sch#0001
string	ObjectId	Sch
long	EffectiveDate	2020/5/12
long	TerminationDate	2050/5/12
string	Tenor	1Y
string	Calendar	Null
string	Convention	F
string	TermDateConv	F
string	GenRule	Forward
bool	EndOfMonth	FALSE
long	FirstDate	
long	NextToLastDate	
bool	Permanent	FALSE
any	Trigger	
bool	Overwrite	TRUE

	FixedRateBond	FixedBond1#0001
string	ObjectID	FixedBond1
string	Description	Issue_Test
string	Currency	TWD
long	SettlementDays	0
double	FaceAmount	1,000,000
string	ScheduleID	Sch#0001
double	Coupons	0.750%
string	DayCounter	A/365F
string	PaymentBDC	Following
double	Redemption	100
long	IssueDate	2020/5/12
string	PaymentCalendar	Null
bool	Permanent	FALSE
any	Trigger	
bool	Overwrite	TRUE

- ◆ 步驟一：建立 Term Structure Curve
- ◆ 步驟二：建立 Leg 物件，做為評價基礎
- ◆ 步驟三：使用 LegNPV()方法，計算 Value
- ◆ 步驟四：逐點移動利率，計算各期敏感性  $WS_k, WS_l$
- ◆ 步驟五：產生敏感性矩陣，計算  $K_b, S_b$
- ◆ 步驟六：改變情境壓力，計算不同  $K_b, S_b$
- ◆ 步驟七：模擬產生不同 Bucket(幣別)情境， $K_b, K_c, S_b, S_c$
- ◆ 步驟八：產生敏感性矩陣，計算 Delta Capital、Risk Asset

V1	dV	s	RW	WS
1,122,187.38				
1,122,187.38	0.0000	0.00	1.700%	0.00
1,122,187.03	-0.3523	-3,523.11	1.700%	-42.35
1,122,186.81	-0.5737	-5,736.97	1.600%	-64.91
1,122,185.88	-1.4947	-14,946.71	1.300%	-137.40
1,122,183.65	-3.7307	-37,306.82	1.200%	-316.56
1,122,171.82	-15.5573	-155,573.35	1.100%	-1,210.08
1,122,150.84	-36.5360	-365,359.95	1.100%	-2,841.83
1,122,133.53	-53.8479	-538,479.24	1.100%	-4,188.39
1,121,969.88	-217.5013	-2,175,012.51	1.100%	-16,917.63
1,119,513.48	-2,673.9024	-26,739,023.65	1.100%	-207,980.79

## ◆ Intra-Bucket , Intra-Curve

										stress	1											
										theta	0.03											
										0.25	0.5	1	2	3	5	10	15	20	30			
0	-42	-65	-137	-317	-1,210	-2,842	-4,188	-16,918	-207,981	0.25	100.0%	97.0%	91.4%	81.1%	71.9%	56.6%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	0	
										0.5	97.0%	100.0%	97.0%	91.4%	86.1%	76.3%	56.6%	41.9%	40.0%	40.0%	-42	
										1	91.4%	97.0%	100.0%	97.0%	94.2%	88.7%	76.3%	65.7%	56.6%	41.9%	-65	
										2	81.1%	91.4%	97.0%	100.0%	98.5%	95.6%	88.7%	82.3%	76.3%	65.7%	-137	
										3	71.9%	86.1%	94.2%	98.5%	100.0%	98.0%	93.2%	88.7%	84.4%	76.3%	-317	
										5	56.6%	76.3%	88.7%	95.6%	98.0%	100.0%	97.0%	94.2%	91.4%	86.1%	-1,210	
										10	40.0%	56.6%	76.3%	88.7%	93.2%	97.0%	100.0%	98.5%	97.0%	94.2%	-2,842	
										15	40.0%	41.9%	65.7%	82.3%	88.7%	94.2%	98.5%	100.0%	99.0%	97.0%	-4,188	
										20	40.0%	40.0%	56.6%	76.3%	84.4%	91.4%	97.0%	99.0%	100.0%	98.5%	-16,918	
										30	40.0%	40.0%	41.9%	65.7%	76.3%	86.1%	94.2%	97.0%	98.5%	100.0%	-207,981	
											-93895	-94748	-103233	-157242	-181141	-202916	-220919	-227165	-230238	-232805		
																			Kb^2	5.4229E+10		
																			Kb	232,870		

										stress	1.25												
										theta	0.03												
										0.25	0.5	1	2	3	5	10	15	20	30				
0	-42	-65	-137	-317	-1,210	-2,842	-4,188	-16,918	-207,981	0.25	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	89.9%	70.7%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	0		
										0.5	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	95.4%	70.7%	52.4%	50.0%	50.0%	-42		
										1	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	95.4%	82.1%	70.7%	52.4%	-65		
										2	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	95.4%	82.1%	-137		
										3	89.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-317		
										5	70.7%	95.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-1,210		
										10	50.0%	70.7%	95.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-2,842		
										15	50.0%	52.4%	82.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-4,188		
										20	50.0%	50.0%	70.7%	95.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-16,918		
										30	50.0%	50.0%	52.4%	82.1%	95.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-207,981		
											-117349	-118367	-128800	-195761	-224179	-233698	-233685	-233668	-233653	-233609			
																				Kb^2	5.4576E+10		
																				Kb+	233,615		

										stress	0.75												
										theta	0.03												
										0.25	0.5	1	2	3	5	10	15	20	30				
0	-42	-65	-137	-317	-1,210	-2,842	-4,188	-16,918	-207,981	0.25	100.0%	94.1%	82.8%	62.1%	53.9%	42.4%	30.0%	30.0%	30.0%	30.0%	0		
										0.5	94.1%	100.0%	94.1%	82.8%	72.1%	57.3%	42.4%	31.4%	30.0%	30.0%	-42		
										1	82.8%	94.1%	100.0%	94.1%	88.4%	77.4%	57.3%	49.3%	42.4%	31.4%	-65		
										2	62.1%	82.8%	94.1%	100.0%	97.0%	91.2%	77.4%	64.6%	57.3%	49.3%	-137		
										3	53.9%	72.1%	88.4%	97.0%	100.0%	96.0%	86.5%	77.4%	68.7%	57.3%	-317		
										5	42.4%	57.3%	77.4%	91.2%	96.0%	100.0%	94.1%	88.4%	82.8%	72.1%	-1,210		
										10	30.0%	42.4%	57.3%	77.4%	86.5%	94.1%	100.0%	97.0%	94.1%	88.4%	-2,842		
										15	30.0%	31.4%	49.3%	64.6%	77.4%	88.4%	97.0%	100.0%	98.0%	94.1%	-4,188		
										20	30.0%	30.0%	42.4%	57.3%	68.7%	82.8%	94.1%	98.0%	100.0%	97.0%	-16,918		
										30	30.0%	30.0%	31.4%	49.3%	57.3%	72.1%	88.4%	94.1%	97.0%	100.0%	-207,981		
										-70441	-71129	-77667	-118723	-138103	-172134	-208154	-220662	-226823	-232001				
																				Kb^2	5.3881E+10		
																				Kb-	232,123		

## ◆ Intra-Bucket , Inter-Curve

### ➤ BA 部位 WS

V1	dV	s	RW	WS
997,041.77	0.0000	0.00	0.000%	
997,041.77	0.0000	0.00	1.700%	0.00
996,992.46	-49.3105	-493,104.83	1.700%	-5,927.52
997,038.63	-3.1354	-31,354.21	1.600%	-354.73
997,041.77	0.0000	0.00	1.300%	0.00
997,041.77	0.0000	0.00	1.200%	0.00
997,041.77	0.0000	0.00	1.100%	0.00
997,041.77	0.0000	0.00	1.100%	0.00
997,041.77	0.0000	0.00	1.100%	0.00
997,041.77	0.0000	0.00	1.100%	0.00

0	-42.351	-64.906	-137.4	-316.56	-1210.1	-2841.8	-4188.4	-16918	-207981	0	-5927.5	-354.73	0	0	0	0	0	0	0	0
---	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---	---------	---------	---	---	---	---	---	---	---	---

Rho_Bond_Swap	99.90%																			
1.0000	0.9704	0.9139	0.8106	0.7189	0.5655	0.4000	0.4000	0.4000	0.9990	0.9695	0.9130	0.8098	0.7182	0.5650	0.3996	0.3996	0.3996	0.3996	0	
0.9704	1.0000	0.9704	0.9139	0.8607	0.7634	0.5655	0.4190	0.4000	0.4000	0.9695	0.9990	0.9695	0.9130	0.8598	0.7626	0.5650	0.4185	0.3996	0.3996	
0.9139	0.9704	1.0000	0.9704	0.9418	0.8869	0.7634	0.6570	0.5655	0.4190	0.9130	0.9695	0.9990	0.9695	0.9408	0.8860	0.7626	0.6564	0.5650	0.4185	-64.906
0.8106	0.9139	0.9704	1.0000	0.9851	0.9560	0.8869	0.8228	0.7634	0.6570	0.8098	0.9130	0.9695	0.9990	0.9841	0.9550	0.8860	0.8220	0.7626	0.6564	-137.4
0.7189	0.8607	0.9418	0.9851	1.0000	0.9802	0.9324	0.8869	0.8437	0.7634	0.7182	0.8598	0.9408	0.9841	0.9990	0.9792	0.9315	0.8860	0.8428	0.7626	-316.56
0.5655	0.7634	0.8869	0.9560	0.9802	1.0000	0.9704	0.9418	0.9139	0.8607	0.5650	0.7626	0.8860	0.9550	0.9792	0.9990	0.9695	0.9408	0.9130	0.8598	-1210.1
0.4000	0.5655	0.7634	0.8869	0.9324	0.9704	1.0000	0.9851	0.9704	0.9418	0.3996	0.5650	0.7626	0.8860	0.9315	0.9695	0.9990	0.9841	0.9695	0.9408	-2841.8
0.4000	0.4190	0.6570	0.8228	0.8869	0.9418	0.9851	1.0000	0.9900	0.9704	0.3996	0.4185	0.6564	0.8220	0.8860	0.9408	0.9841	0.9990	0.9891	0.9695	-4188.4
0.4000	0.4000	0.5655	0.7634	0.8437	0.9139	0.9704	0.9900	1.0000	0.9851	0.3996	0.3996	0.5650	0.7626	0.8428	0.9130	0.9695	0.9891	0.9990	0.9841	-16918
0.4000	0.4000	0.4190	0.6570	0.7634	0.8607	0.9418	0.9704	0.9851	1.0000	0.3996	0.3996	0.4185	0.6564	0.7626	0.8598	0.9408	0.9695	0.9841	0.9990	-207981
0.9990	0.9695	0.9130	0.8098	0.7182	0.5650	0.3996	0.3996	0.3996	1.0000	0.9704	0.9139	0.8106	0.7189	0.5655	0.4000	0.4000	0.4000	0.4000	0	
0.9695	0.9990	0.9695	0.9130	0.8598	0.7626	0.5650	0.4185	0.3996	0.3996	0.9704	1.0000	0.9704	0.9139	0.8607	0.7634	0.5655	0.4190	0.4000	0.4000	-5927.5
0.9130	0.9695	0.9990	0.9695	0.9408	0.8860	0.7626	0.6564	0.5650	0.4185	0.9139	0.9704	1.0000	0.9704	0.9418	0.8869	0.7634	0.6570	0.5655	0.4190	-354.73
0.8098	0.9130	0.9695	0.9990	0.9841	0.9550	0.8860	0.8220	0.7626	0.6564	0.8106	0.9139	0.9704	1.0000	0.9851	0.9560	0.8869	0.8228	0.7634	0.6570	0
0.7182	0.8598	0.9408	0.9841	0.9990	0.9792	0.9315	0.8860	0.8428	0.7626	0.7189	0.8607	0.9418	0.9851	1.0000	0.9802	0.9324	0.8869	0.8437	0.7634	0
0.5650	0.7626	0.8860	0.9550	0.9792	0.9990	0.9695	0.9408	0.9130	0.8598	0.5655	0.7634	0.8869	0.9560	0.9802	1.0000	0.9704	0.9418	0.9139	0.8607	0
0.3996	0.5650	0.7626	0.8860	0.9315	0.9695	0.9990	0.9841	0.9695	0.9408	0.4000	0.5655	0.7634	0.8869	0.9324	0.9704	1.0000	0.9851	0.9704	0.9418	0
0.3996	0.4185	0.6564	0.8220	0.8860	0.9408	0.9841	0.9990	0.9891	0.9695	0.4000	0.4190	0.6570	0.8228	0.8869	0.9418	0.9851	1.0000	0.9900	0.9704	0
0.3996	0.3996	0.5650	0.7626	0.8428	0.9130	0.9695	0.9891	0.9990	0.9841	0.4000	0.4000	0.5655	0.7634	0.8437	0.9139	0.9704	0.9900	1.0000	0.9851	0
0.3996	0.3996	0.4185	0.6564	0.7626	0.8598	0.9408	0.9695	0.9841	0.9990	0.4000	0.4000	0.4190	0.6570	0.7634	0.8607	0.9418	0.9704	0.9851	1.0000	0

## ◆ Inter-Bucket , 虛擬部位

	TWD	USD	JPY
SB	-6,282	-1,885	-628
Kb	6,272	1,882	627
Kb+	6,282	1,885	628
Kb-	6,262	1,879	626

			rbc	50%			
			corr	50%			
				TWD	USD	JPY	
-233,700	-70,110	-23,370	TWD	0	50%	50%	-233,700
			USD	50%	0	50%	-70,110
			JPY	50%	50%	0	-23,370
				-46739.99	-128535	-151905	
							23,484,732,461
232,870	69,861	23,287	TWD	1	0	0	232,870
			USD	0	1	0	69,861
			JPY	0	0	1	23,287
				232,870	69,861	23,287	
							59,651,394,470
							83,136,126,931
					Delta		288,333
					Risk Assets		3,604,167

		Delta	RA
Stress	1	288,333.36	3,604,167.01
	1.25	298,340.93	3,729,261.62
	0.75	277,965.72	3,474,571.55
		Delta Capital	Risk Asset
		298,341	3,729,262

## 七、總結

◆ Basel III 的標準法是一個以價格敏感性為基礎的全新計算方法。

- 每筆交易都需要計算 MTM、Delta、Vega、Curvature。
  - ✓ 銀行銷售的結構商品也需計算。
- 需要對模型評價有全面性的了解。
  - ✓ 需要進行大量的模型計算。

◆ QuantLib 程式庫對金融計算有完善的支援。

- 各類金融商品皆有建置計算模組，2000 多個 C++ 檔案。
- 利率產品：固定債、浮動債、FRA、IRS、Caps/Floors、Swaptions、CMS Swaps。
- 匯率產品：Forwards、FXS、CCS、Options。
  - ✓ Exotic Options : Digital、KI/KO、Double Barrier、Asian、Lookback、Cliquet、Quanto、Basket。
- 通膨產品：CPI 債券、CPI Swaps、CPI IRO。
- 信用產品：CDS。
- OIS、SOFR、SONIA 等 LIBOR 退場的對應指標。

◆ QuantLibXL 試算表功能，適用於少量交易與驗證的計算使用。

- QuantLibXL 可以搭配 VBA 程式設計，增加自動化的程度，適用於一定數量的交易使用。

◆ QuantLib-Python 可以搭配 Python 程式設計。

- Python 語言容易使用，是新一代交易室使用的整合工具。

◆ QuantLib C#/C++ 程式庫適用於大型計算系統的開發使用。

- 對於大型銀行可以使用 QuantLib 的姊妹作品，Kooderive，GPU 版的 C++ 程式庫。
  - ✓ 使用 NVidia GPU + CUDA 開發工具，達到超高速運算的要求。

◆ 針對非標準化的複雜結構商品，可以使用 QuantLib C++/C# 自行建置。

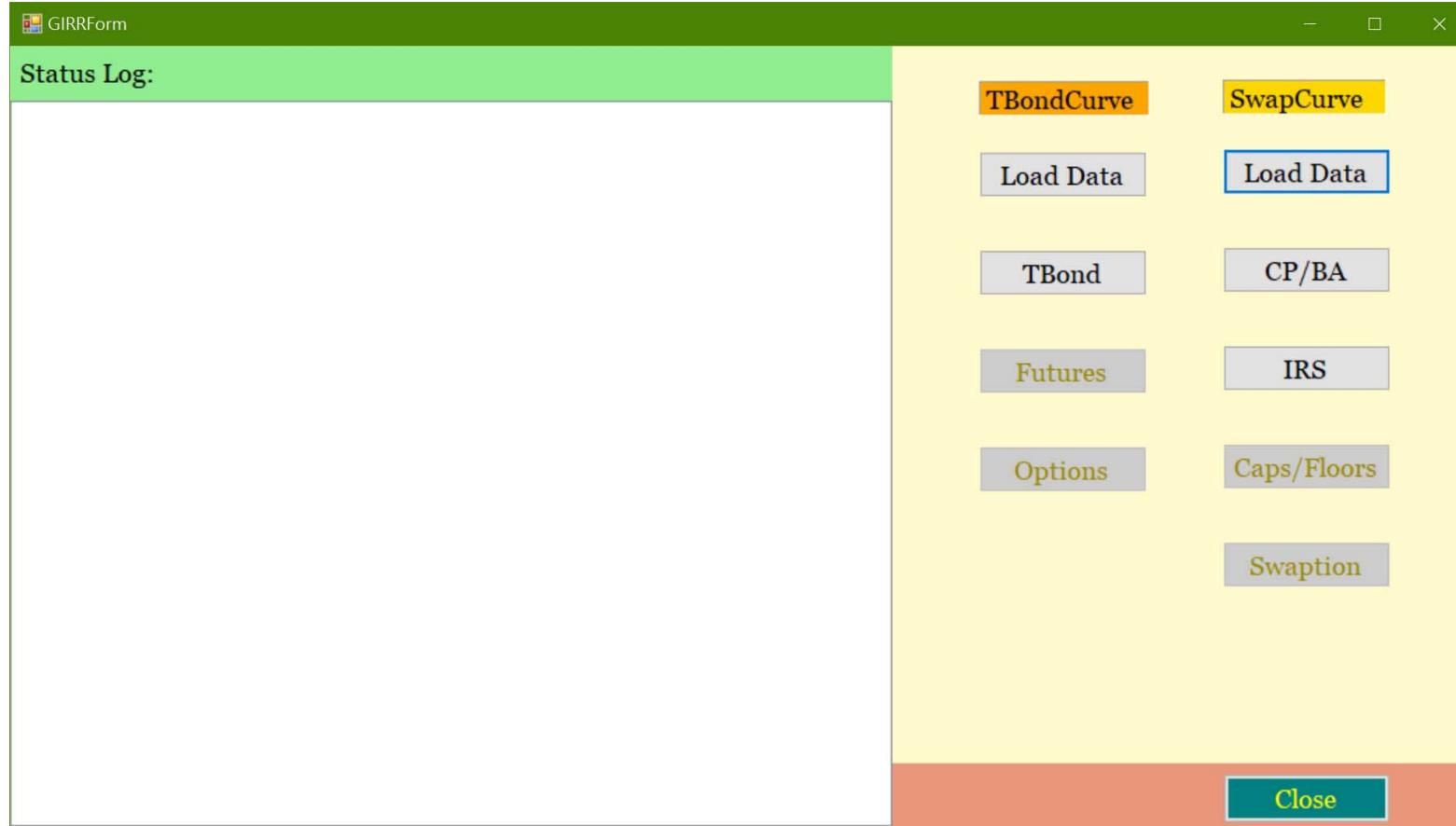
- 如 Zero Callable、Callable IRS、CMS Spreads Callable、CMS Range Accrual Callable 等，本公司有自建評價模組。
- 可以滿足 Basel III FRTB 標準法計算的要求，產生相關的敏感性輸出。
- 可以匯入本公司的計算器，產生完整的 Basel III 風險資本計算報告。

◆ 本公司使用 QuantLib 程式庫，自行開發的 FRTB 計算器。

- 可以計算 GIRR、FXR、CSR、EQR 等風險類別。
- 可配合銀行需求，增加風險類別與產品種類。



- ◆ GIRR 涵蓋 TBond、CP/BA、IRS、Caps/Floors、Swaption 等產品。
  - 可以產出各產品部位的 Weighted Sensitivity，匯出合併計算 Delta、Curvature、Vega 風險資本。





◆ FXR 涵蓋 FX/Fwd、FX Swaps、FX Options、CCS 等產品。

➤ 可以產出各產品部位的 Weighted Sensitivity，匯出合併計算 Delta、Curvature、Vega 風險資本。



◆ 研訓院有使用 Python 計算 SBM 的實作課程，

- 涵蓋 12 種銀行常做的利率、匯率產品。
- 使用 QuantLib 的 Python 套件，QuantLibXL 的姊妹產品。
- Python 語言易學易用。
- 搭配 Excel 當作部位資料的存取裝備。



## Basel III 市場風險標準法試算實作班-使用 Python 與 QuantLib 套件

### 舉辦目的

國際清算銀行的巴塞爾銀行監督管理委員會於 2019 年 1 月公布新版的市場風險資本計提的新規範，對於交易簿的市場風險，採用新的敏感性基礎法(Sensitivity Based Method, SBM)來衡量風險。在 SBM 的計算架構下，每一筆的交易除了 MTM 外，還需要計算 Delta、Curvature 與 Vega 等敏感性。另外，在 Basel III 下，市場風險因子的總類也擴大了範疇，信用價差風險因子也被納入。這些變化對於銀行的資本計算構成相當的挑戰。

台灣的銀行業在監理機關的指導下，也將施行新的 Basel III 規範，如何克服此一挑戰，成為銀行實務上的眼前難題。本課程將以 Python 這個容易上手的開發工具，搭配強大的開源套件 QuantLib，以 2021/6/30 的實際市場資料，實作台灣銀行業最常承作的 10 項產品的風險資本計算。包含 NCD、CP/BA、公債、FRN、IRS 等利率產品，與 FX Spot、Forward、MM Swaps、FX Options、CCS 等外匯產品。

課程除解說 SBM 的計算邏輯外，也說明各產品的 MTM、Delta、Curvature 與 Vega 的實作方法，並使用 Python + QuantLib 開發出計算的程式碼。課程將以 Excel 作為部位資料的儲存工具，通過 Python 程式來完成銀行實際部位的市場風險資本計算。

本課程結合財務理論知識與講師實際開發 Python 系統的經驗，依據新標準要求提供一套實務運作可行的程式碼，期望使學員在充分了解 SBM 的要求之外，能於銀行內實際解決工作之要求。

### 課程特色

- (一) 本課程講師從事財務技術工作 20 年以上的資歷，曾在銀行內部帶領研發團隊，開發結構商品交易與風險控管系統，另外也曾在證券公司內，開發過全公司使用的 VaR 風管系統。
- (二) 本課程採電腦實機操作教學，一人一機，使用 Python 作為程式開發語言，搭配 QuantLib 開源套件作為開發的工具。課程範例使用的 Python 程式可攜回使用。學員應具備基本的程式開發的能力。



### 課程日期

基礎班：111 年 4 月 8、11、15 日，週一五，9:30-16:20(12:20)，共 15 小時。

利率商品班：111 年 4 月 18、22、25、29 日，週一五，9:30-16:20，共 24 小時。

匯率商品班：111 年 5 月 6、9、13、16 日，週一五，9:30-16:20，共 24 小時。

### 課程地點

台北市中正區南海路 3 號 4 樓芬恩特

### 課程等級

涵蓋基礎與進階課程

### 講座介紹

#### 董夢雲 講座

現 職：台灣金融研訓院 2021 菁英講座、台灣大學財金所兼任教授、昀騰科  
技技術長

經 歷：永豐銀行結構商品開發部副總經理、永豐金控風管處處長、中華開發  
金控風管處處長、凱基證券亞洲區風險管理主管、中信銀交易室研發  
科主管

專 長：風險管理理論與實務、財務工程、結構型商品設計與避險、系統開發、  
GPU 程式設計、CUDA、OpenCL、C#、C++/C、SQL、QuantLib

### 參加對象

- (一) 各金融機構（含金控、銀行、保險等）風險相關部門之主管及市場風險管理人員；
- (二) 各金融機構（含金控、銀行、保險等）資訊人員、財工人員、模型風險管理人員  
及稽核人員；
- (三) 限金融同業人員參加。

### 課程費用 (提供講義、程式與膳食)

【基礎班】每人每課程新台幣 15,000 元整

【利率商品班】每人每課程新台幣 25,000 元整

【外匯商品班】每人每課程新台幣 25,000 元整

※點數優惠：以愛學習點數報名，每課程享 9 折點數優惠。

※套餐優惠：同時報名【利率商品班】+【外匯商品班】者，享 8.5 折優惠。同時報名  
【基礎班】+【利率商品班】+【外匯商品班】者，享 8 折優惠

課程內容 ※本院保留變更本課程內容與講座之權利，相關異動以正式課表為準。



**【基礎班-15hrs】**

課程名稱	課程綱要	時數
Basel III 市場風險標準法說明	1. Basel III 市場風險的定義 2. 敏感性基礎法計算邏輯 3. 相關性的處理	3
Python 開發環境與 Excel 檔案讀寫套件：openpyxl	1. Anaconda 介紹與安裝 2. Jupyter Notebook 使用說明 3. Python 基本資料結構與語法 4. 讀取 Excel 檔案 5. 寫入 Excel 檔案 6. 其他功能	3
QuantLib 套件基本財務功能介紹	1. QuantLib 套件安裝與使用 2. 日期物件類別介紹 3. 基礎物件類別介紹 4. 利率期限結構物件類別介紹 5. 利率指標物件類別介紹 6. 波動性期限結構物件類別介紹	9

**【利率商品班-24hrs】**

課程名稱	課程綱要	時數
NCD/CP/BA 一般利率風險與信用價差風險敏感性計算	1. CashFlow 物件類別介紹 2. Leg 物件類別介紹 3. NCD/CP/BA 的 MTM 4. NCD/CP/BA 的 GIRR Delta 敏感性計算 5. NCD/CP/BA 的 CSR Delta 敏感性計算 6. NCD/CP/BA 的 GIRR Curvature 敏感性計算 7. NCD/CP/BA 的 CSR Curvature 敏感性計算	6
公債一般利率風險與信用價差風險敏感性計算	1. Coupon 物件類別介紹 2. FixedRateBond 物件類別介紹 3. 評價引擎與 Instrument 物件類別介紹 4. 公債的 MTM 5. 公債的 GIRR 與 CSR Delta 敏感性計算 6. 公債的 GIRR 與 CSRCurvature 敏感性計算	6
FRN 一般利率風險與信用價差風險敏感性計算	1. FloatingRateBond 物件類別介紹 2. FRN 的 MTM 3. FRN 的 GIRR 與 CSR Delta 敏感性計算 4. FRN 的 GIRR 與 CSR Curvature 敏感性計算	3
利率交換一般利率風險與信用價差風險敏感性計算	1. VanillaSwap 物件類別介紹 2. Swap 物件與評價引擎類別介紹 3. RateHelper 物件類別介紹 4. 建構 Swap Curve 5. Swap 的 GIRR Delta 敏感性計算 6. Swap 的 GIRR Curvature 敏感性計算	6



GIRR 與 CSR 組內與組間風險合併計算	1. 組內與組間相關性的合併 2. 不同利率曲線的合併 3. 相關性情境組的計算 4. Delta 與 Curvature 風險資本的計算	3
------------------------	--	---

**【匯率商品班-24hrs】**

課程名稱	課程綱要	時數
FX Spot 與 FX Forward 一般利率風險與外匯風險敏感性計算	1. 使用 QuantLib 開發 FX Forward 契約物件 2. FX Forward 的 FX Delta 敏感性計算 3. FX Forward 的 GIRR Delta 敏感性計算 4. FX Forward 的 GIRR Curvature 敏感性計算	6
MM Swap 一般利率風險與外匯風險敏感性計算	1. 使用 QuantLib 開發 MM Swap 契約物件 2. MM Swap 的 FXR Delta 敏感性計算 3. MM Swap 的 GIRR Delta 敏感性計算 4. MM Swap 的 GIRR Curvature 敏感性計算	3
FX Option 一般利率風險與外匯風險敏感性計算	1. Exercise、Payoff 物件 2. Option 物件 3. Processes 物件 4. PricingEngine 物件 5. FX Option 的 FXR Delta 與 Curvature 敏感性計算 6. FX Option 的 FXR Vega 敏感性計算 7. FX Option 的 GIRR Delta 與 Curvature 敏感性計算	8
CCS 一般利率風險與外匯風險敏感性計算	1. 使用 QuantLib 開發 CCS 契約物件 2. CCS 的 FXR Delta 敏感性計算 3. CCS 的 GIRR Delta 敏感性計算 4. CCS 的 GIRR Curvature 敏感性計算	4
FXR 組內與組間風險合併計算	1. 組內與組間相關性的合併 2. 不同利率曲線的合併 3. 相關性情境組的計算 4. Delta 與 Curvature 風險資本的計算	3

**報名方式**

自即日起至開課前二週，可依據下列方式報名，本院將於開班前寄發上課通知函。

- (一) 網路報名：請詳本院網站 (<http://www.tabf.org.tw/Training/>)；
- (二) E-mail 請由本院網站下載報名表並填妥後 e-mail 至 ([regosd@mail.tabf.org.tw](mailto:regosd@mail.tabf.org.tw))；
- (三) 傳真：請填妥報名單（格式如附，若不敷使用，請自行影印）後，電傳（Fax：  
02-23639111~2）。

◆ 本公司有一個 QuantLib 的學習社群，會討論 QuantLib 使用的相關議題。

➤ <https://www.facebook.com/groups/421949278879071>。

The screenshot shows a Firefox browser window with the following details:

- Address Bar:** https://www.facebook.com/groups/421949278879071/?multi\_permalinks=475696903504308&notif\_id=1623336532581467&notif\_t=feedback\_reaction\_generic&ref=...
- Toolbar:** Includes standard browser icons like back, forward, search, and tabs.
- Facebook Sidebar:** On the left, there's a sidebar for managing the group:
  - QuantLib-昀騰學習園地** (Public Group)
  - 首頁**
  - 管理員工具**
    - 管理員小幫手 (0 個動作、0 項條件)
    - 待審貼文
    - 排定發佈的貼文
    - 活動紀錄
    - 社團規則
    - 遭成員檢舉的內容
    - 審核提醒
    - 社團品質
- Content Area:** Displays the Facebook group page for "QuantLib-昀騰學習園地".
  - Group Name:** QuantLib-昀騰學習園地
  - Members:** 409 位成員
  - Navigation Tabs:** 關於, 討論 (highlighted), 主題, 活動, 影音內容, 成員
  - Post Area:** Shows a placeholder for a new post: "建立公開貼文....."
  - Right Sidebar:** Includes sections for "Get QuantLib", "Documentation", and "Need Help?".

