

Basel III 市場風險標準法介紹

Basel III Market Risk Standardised Approach

昀騰金融科技

技術長

董夢雲 博士

dongmy@ms5.hinet.net

目 錄

一、BaseI 風險性資本管理的演進	5
(一) Basel I : The Basel Capital Accord 1988	
(二) Basel II:2004	
(三) Basel III:2010	
(四) Basel III:Final (2015-)	
(五) FRTB 與 SBM	
二、VaR 的風險管理	16
(一) VaR 基礎概念	
(二) VaR 的計算	
(三) Expected Shortfall 的計算	
三、BaseI III 敏感性基礎法	23
(一) 價格變動的風險分解	
(二) 風險分類與風險組合	

(三) 風險類別與風險因子

四、一般利率風險公債計算範例32

(一) 風險因子與 Bucket 定義

(二) Delta 計算公式

(三) T-Bond 計算範例

(四) Delta 風險彙整架構

五、結論49

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 2021 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 風險性資本管理的演進

◆G10 於 1974 年成立 CBRSP, 以回應 1973 年因布列敦森林管理的外匯體制的崩壞與 Herstaabank 的倒閉，所造成的金融市場瓦解。

➤ CBRSP 是由參與國家之央行總裁所組成，後來更名為 BCBS(巴塞爾銀行監理委員會)。

◆BCBS 目前包含 28 個國家會員，3 個觀察員，5 個國際組織。

➤ 在國際管制架構的優點與弱點下，藉由交換會員間銀行監理知識，維持與強化金融安定。

➤ 創造新的標準，以強化全球銀行監理的品質。

◆BCBS 隸屬於 GHoS 之下，

➤ GHoS 由央行首長與 BCBS 會員國的監理(非央行)首長所組成。

➤ BCBS 的決策沒有法律強制性。但是會監控全球管制的監理實務。

◆BCBS 之工作目標在使全球監理標準齊一，以最佳實務進行管理。

➤ 銀行的經營管理不因監理差異，造成不公平的競爭。

◆為防範銀行、證券與保險體系的系統性風險，三大體系有聯合交流。

➤ International Organization of Securities Commission(IOSCO)。

➤ International Association of Insurance Supervisors(IAIS)。

◆到目前為止，有三次重大的資本管理演進。

(一)Basel I：The Basel Capital Accord(1988)

◆1988 年，發布 International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards。

- 主要針對信用風險提出資本管理的標準。
- 表內與表外的資產，根據其承擔的風險大小，設定不同的權數，計算最低的資本要求 8%。

◆1996 年，發布 Amendment to The Capital Accord to Incorporate Market Risks。

- 含蓋外匯、交易的債券、權益、商品與選擇權暴險，產生之市場風險的資本要求。
- 允許銀行用內部模型，計算其市場風險資本要求。

(二)Basel II(2004)

◆三大風險資本的架構，VaR 模型的廣泛應用與差異化的管理。

➤ 信用風險

- ✓ 標準法：使用風險權數，針對部位名目本金大小進行計算
- ✓ 基礎內部法：使用 VaR 法計算，係數採官方公告
- ✓ 進階內部法：使用 VaR 法計算，自行估算係數

➤ 市場風險

- ✓ 標準法：使用風險權數，針對部位名目本金大小進行計算
- ✓ 內部模型法：使用 VaR 法計算

➤ 作業風險

- ✓ 基礎指標法：以全年之營業毛利乘上 15%權數計算，前三年正值之平均
- ✓ 標準法：分八大類業務類別，以權數對營業毛利加權計算
- ✓ 進階法：使用 VaR 法計算

◆提出三支柱的管理。

- 最低資本要求
- 監理審查
- 市場紀律

(三)Basel III(2010)

◆自 2008 次貸危機產生的金融風暴，BCBS 提出強化銀行體系規範。

➤ 流動性管理

- ✓ 槓桿比率(LR)
- ✓ 流動覆蓋比(LCR)、淨穩定資金比率(NSFR)

➤ 交易簿暴險衡量

- ✓ 引入 Stressed VaR

➤ 衍生商品信用風險

- ✓ 信用惡化 CVA 調整，保證金與擔保品的徵提
- ✓ 成立集中清算所

➤ 證券化暴險衡量

➤ 資本管理

- ✓ 普通股資本權益最低比率
- ✓ 引入應急可轉換債券(Co Co Bond)，逆景氣資本緩衝
- ✓ D-SIBs、G-SIBs

(四)Basel III(2015-)

◆2015 陸續施行各類新規範，主要變動有，

➤ 利率風險

- ✓ 銀行簿利率風險管理

➤ 市場風險

- ✓ 新標準法提出

➤ 信用風險

- ✓ 標準法修訂
- ✓ CVA 修訂

(五)FRTB與SBM

◆ 2008 年金融風暴造成許多銀行交易簿的重大損失，為了回應這一挑戰，國際清算銀行巴塞爾銀行監督管理委員會提出新的全球風險管理架構。

➤ 自 2012 年開始，巴塞爾銀行監督管理委員會啟動交易簿的基本檢視(FRTB, Fundamental Review of the Trading Book)行動。

✓ 此全面性的檢視，目的是檢討市場風險架構中內部模型法與標準法之設計與市場校正(Calibration)的不足。

➤ 巴塞爾銀行監督管理委員會於 2016 年首度提出此修正架構，並預擬於 2019 年付諸施行。

✓ 此架構設定了將部位列入交易簿的較為嚴格條件；

✓ 大幅修正內部模型法方法論，從而提出較具風險敏感的標準法方法論，敏感性基礎法(SBM, Sensitivity Based Method)。

➤ 2019 年 1 月完成修正，並擬於 2023 年 1 月起正式實施。

◆ Basel III 重要的變動

- 改變交易簿市場風險計算的邏輯，新增銀行簿利率風險的管理，皆以價值變動為基礎的風險管理。

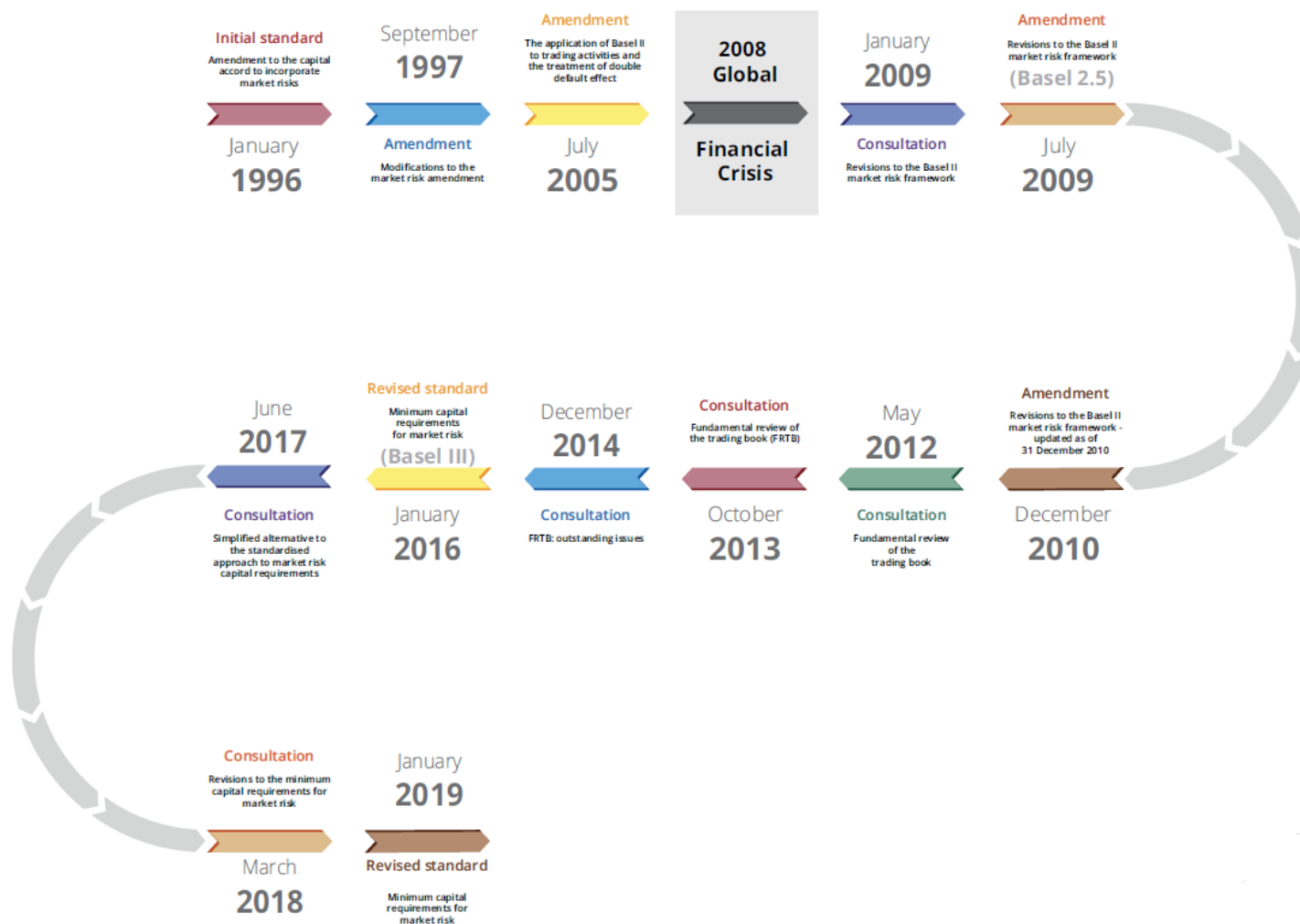


◆ 市場風險資本計算改進

Basel II	Basel III	
內部模型法	內部模型法	<ol style="list-style-type: none">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 Desk 為適用範圍選擇3.需核可，方可採用
標準法	標準法	<ol style="list-style-type: none">1.採用 VaR 邏輯的價值變動分解2.需計算 Delta、Vega、Gamma 的數值3.價值的估計需與評價邏輯一致4.包含信用違約損失5.考慮組合部位(ABS, CDO)的風險6.可以 Desk 為適用範圍選擇
標準法	簡易標準法	<ol style="list-style-type: none">1.類似原先標準法2.需核可，方可採用

◆ 市場風險資本計提的演進

A history of minimum capital requirements for market risk



二、VaR 的風險管理

(一) VaR 基礎概念

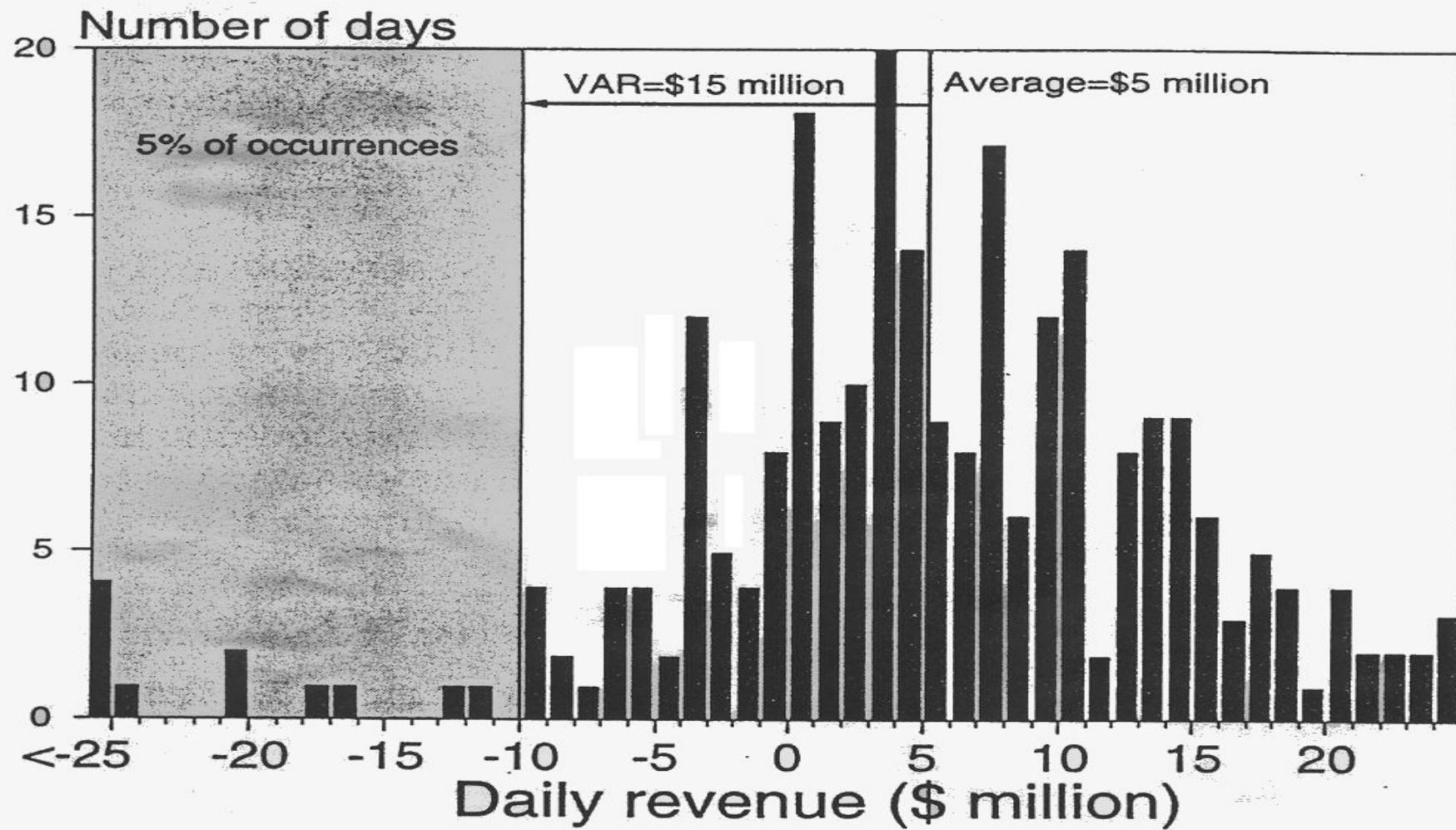
◆ 市場風險的可能分配

- 日收入之分配如下，平均數為\$5MM，5%的機率會低於\$-10MM。
 - ✓ 95%之信賴區間，一天內 Relative VaR 為\$15MM。
 - ✓ 95%之信賴區間，一天內 Absolute VaR 為\$10MM。

◆ 傳統的風險衡量方法

- Stock: Beta, Standard Deviation.
- Bond: NPA, Duration, DV01.
- FX: NPA, Delta.

Distribution of Daily Revenues



◆在常態分配之假設下，參數的估計可大幅簡化

- 95%之信賴區間， $\mu - 1.65 \sigma$
- 99%之信賴區間， $\mu - 2.33 \sigma$
- 日風險之估算假設 $\mu = 0$ 。

◆實際的資產分配為何，尚有爭議，基本上為分配尾端肥厚的情況。

- Stochastic Volatility: 波動性不為常數
- Jump Process: 巨災的發生

(二)VaR的計算

◆以投資組合中只有一種資產的最簡單情況為例，此資產可為 FX Spot : USD/TWD，或單一個股：台積電。步驟如下

- 收集每日價格資料 P_t 。
- 計算報酬率 $\ln(P_t/P_{t-1})$ 之平均數與標準差， σ 。
- 決定持有天期， ΔT ，與信心水準， α ，例如 10 天，95%。

$$\text{VaR} = \text{部位價值} \times \alpha \times \sigma \times \sqrt{\Delta T}$$

Case1.xls [相容模式] - Microsoft Excel

常用 插入 版面配置 公式 資料 校閱 檢視 開發人員 負載測試 Acrobat 小組 Wind

剪下 複製 貼上 複製格式 剪貼簿

Consolas 12 A⁺

自動換列 自訂 設定格式化的條件 格式化為表格 一般 中等 好 壞 插入 刪除 格式 儲存格 編輯

Σ 自動加總 填充 清除 排序與篩選 尋找與選取

I15 =I11*I13*I3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			S2330									
2	Day	Date	P	R	Ln[R]							
3	0	2003/6/2	56.50	-	-			Vol(1D)	1.9326%			
4	1	2003/6/3	56.00		0.9912	-0.0089						
5	2	2003/6/5	57.50		1.0268	0.0264		Trading Days/Year	250			
6	3	2003/6/6	58.50		1.0174	0.0172						
7	4	2003/6/9	59.00		1.0085	0.0085		Vol(1Y)	30.56%			
8	5	2003/6/10	57.50		0.9746	-0.0258						
9	6	2003/6/11	56.50		0.9826	-0.0175						
10	7	2003/6/12	58.50		1.0354	0.0348						
11	8	2003/6/13	57.00		0.9744	-0.0260		Position Value	1,000,000			
12	9	2003/6/16	56.00		0.9825	-0.0177						
13	10	2003/6/17	58.00		1.0357	0.0351		alpha(95%)	1.65			
14	11	2003/6/18	59.00		1.0172	0.0171						
15	12	2003/6/19	59.00		1.0000	0.0000		VaR(95%, 1D)	31,888			
16	13	2003/6/20	58.50		0.9915	-0.0085						
17	14	2003/6/23	57.50		0.9829	-0.0172		VaR(99%, 10D)	142,396			
18	15	2003/6/24	57.00		0.9913	-0.0087						
19	16	2003/6/25	57.00		1.0000	0.0000		Basle Capital	427,189			
20	17	2003/6/26	57.00		1.0000	0.0000						
21	18	2003/6/27	57.00		1.0000	0.0000						

Single Asset VaR Data

就緒 120%

(三)Expected Shortfall的計算

◆Basel III 對涉險值的計算，有新的要求。

➤ 新的計算採用 Conditional VaR，Expected Shortfall。

✓ 為超過損失門檻(95%最大損失)數額的期望值。

◆在常態分配假設下，95%的顯著水準，最大損失為 -1.65σ 。

➤ 然而，有 5%的機率損失超過 -1.65σ 。

✓ 這 5%機率的超量損失的平均值為 -2.06271σ 。

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

✓ 差額為 0.41715σ 。

Case_1_4_EL.xlsx - Microsoft Excel								
常用 插入 版面配置 公式 資料 校閱 檢視 開發人員 負載測試 Acrobat 小組 Wind								
剪下 複製 貼上 複製格式 剪貼簿 字型 對齊方式 自動換列 跨欄置中 數值 樣式 儲存格 編輯								
G14 =qlGaussianExpectedShortfall(G15,G16,G17,G18)								
	A	B	C	D	E	F	G	H
13								
14		GaussianShortfall		4.95%		GaussianExpectedShortfall		2.062713
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		GaussianAverageShortfall		0.417150				
21	double	Target	-1.6500					
22	double	Mean	0					
23	double	StdDev	1					
24	any	Trigger						
25								
26								
27								
28								
29								
30								
Sheet1 Sheet2 Sheet3 Sheet4 Sheet5								
就緒 100%								

三、Basel III 敏感性基礎法

(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 σ 與時間 t 的函數

$$C = f(S, \sigma, t) \dots\dots\dots(3.1)$$

- ✓ 買權價格 C 可視為因變數，標的資產價格 S 、波動性 σ 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 σ 。

- ✓ 實務上波動性 σ 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 σ_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，

$$dC = \frac{\partial C}{\partial S} dS + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} (dS)^2 + \frac{\partial C}{\partial \sigma} d\sigma + \frac{\partial C}{\partial t} dt \dots\dots\dots(3.2)$$

➤ 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，

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

◆ 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 ^[20]			
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 ^[15]
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 ^[16]	
17	IG indices	
18	HY indices	

Basel III Trading Book Standard Approach (SBM) 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

四、一般利率風險債券計算範例

(一)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)

◆ 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%

◆ 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計算公式

◆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，

$$s_{k,r_t} = \frac{V_i(r_t + 0.0001, cs_t) - V_i(r_t, cs_t)}{0.0001} \dots\dots\dots(4.1)$$

- ✓ 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。

- (4.1)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)。

$$WS_k = RW_k \cdot s_k$$

- 風險權數代表經過校正的，反映(99%，10)天可能的變動範圍。

(三)T-Bond的計算範例

- ◆ 使用 QuantLibXL 作為計算工具，物件導向的增益集。

The screenshot displays the QuantLibXL website interface. The left sidebar contains navigation links: Home, Download, Compile, History, License, People, FAQ, Functional Documentation, Manual, Functions, Categories, Enumerations, and Framework. The main content area features the QuantLibXL logo, version 1.16.0, and an Overview section. The Overview text states: "QuantLibXL exports the functionality of the QuantLib C++ analytics library to Microsoft Excel." It lists the project components: a compiled Excel Addin (an XLL), end user documentation, and example workbooks. A "Download" button for Version 1.16 (16MB) is visible. Below this, it mentions that the addin implements 1,114 functions for market data and pricing of various instruments. An Excel spreadsheet example is shown, titled "SWAPTION", with columns A through K. The spreadsheet contains data for a swap option, including Notional (1,000,000.00), Option Tenor (2Y), European Exercise Date (Mon, 21-Dec-2009), Swap Tenor (5Y), Settlement Type (Physical), Discounting Yield Curve (Euribor/CDM), and various volatility and spread parameters.

	A	B	D	G	I	J	K	
1		SWAPTION						
2		Notional	1,000,000.00					
3		Option Tenor	2Y					
4		European Exercise Date	Mon, 21-Dec-2009					
5		Swap Tenor	5Y					
6		Settlement Type	Physical					
23								
24		Discounting Yield Curve	Euribor/CDM					
25								
26			Payer	Receiver	Straddle	Collar		
30		Strike	4.5989%	4.5989%				
31		Volatility TS	EURSwaptionVol	EURSwaptionVol				
32		Volatility Spread	0.0000%	0.0000%				
33		Spreaded Swaption Vol	obj_01270#0002	obj_01263#0002				
34		Swaption ID	obj_0126#0003	obj_0126d#0003				

◆ 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 1.24(2021/10/19)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>。

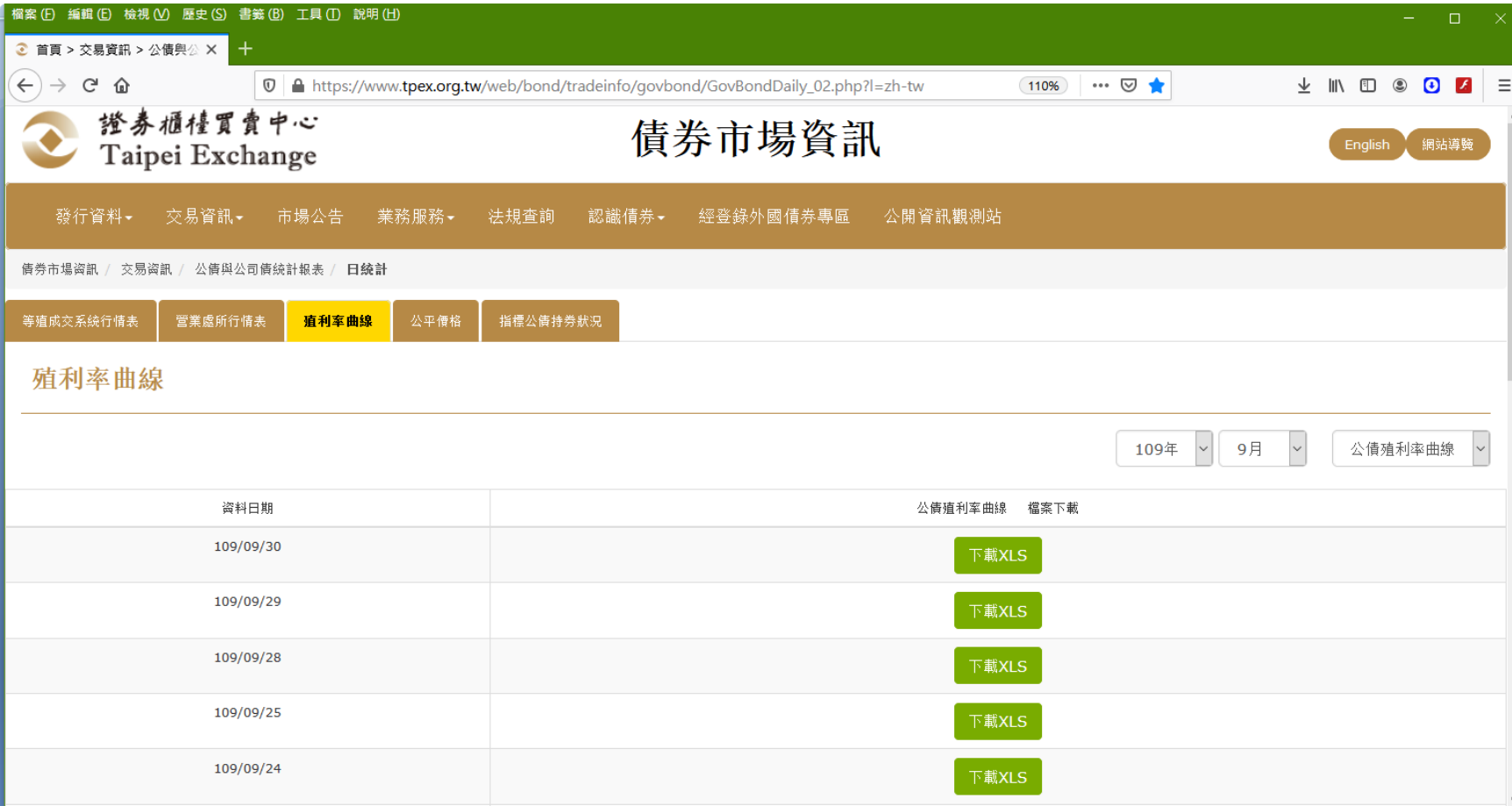
➤ 使用 C#語言的 QLNet，<http://sourceforge.net/projects/qlnet/>。

➤ 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。

◆ 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%。

➤ 由櫃買中心取得 2020/9/30 公債即期利率曲線。



債券市場資訊

殖利率曲線

109年 9月 公債殖利率曲線

資料日期	公債殖利率曲線	檔案下載
109/09/30		下載XLS
109/09/29		下載XLS
109/09/28		下載XLS
109/09/25		下載XLS
109/09/24		下載XLS

◆ 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。

<

◆ 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。

T_1_GIRR_TBond_Delta.xlsx - Microsoft Excel										
Q19										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
19										
20		ZeroCurve	ZeroCurve1#0000			FixedRateBond	FixedBond1#0000	Range	RateRange#0000	
21	string	ObjectId	ZeroCurve1		string	ObjectID	FixedBond1	String	RateRange	
22	vec<long>	RateDates	C6:C16		string	Description	Issue_Test	Range	E6:E16	
23	vec<double>	RateYields	E6:E16		string	Currency	TWD	Permanent	FALSE	
24	string	DayCounter	A/365F		long	SettlementDays	0	Trigger		
25	bool	Permanent	FALSE		double	FaceAmount	1,000,000	Overwrite	TRUE	
26	any	Trigger			double	ScheduleID	Sch#0000			
27	bool	Overwrite	TRUE		double	Coupons	0.750%	BondEngine	BondEng1#0000	
28					string	DayCounter	A/365F	ObjectId	BondEng1	
29		Schedule	Sch#0000		string	PaymentBDC	Following	YieldCurve	ZeroCurve1#0000	
30	string	ObjectId	Sch		double	Redemption	100	Permanent	FALSE	
31	long	EffectiveDate	2020/5/12		long	IssueDate	2020/5/12	Trigger		
32	long	TerminationDate	2050/5/12		string	PaymentCalendar	Null	Overwrite	TRUE	
33	string	Tenor	1Y		bool	Permanent	FALSE			
34	string	Calendar	Null		any	Trigger		SetPricingEngine	TRUE	
35	string	Convention	F		bool	Overwrite	TRUE	NPV	1,122,187.38	
36	string	TermDateConv	F							
37	string	GenRule	Forward							
38	bool	EndOfMonth	FALSE							
39	long	FirstDate								
40	long	NextToLastDate								
41	bool	Permanent	FALSE							
42	any	Trigger								
43	bool	Overwrite	TRUE							
44										

◆ 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 $RW = s * RW / 2^{0.5} = -2,841.83$ 。

T_1_GIRR_TBond_Delta.xlsx - Microsoft Excel

常用插入版面配置公式資料校閱檢視開發人員負載測試Acrobat小組Wind

貼上剪下複製複製格式剪貼簿

新細明體12A^A

B

I

U

字型對齊方式

自動換行跨欄置中

通用格式\$-%數值

設定格式化的條件格式化為表格一般4一般_0726一般_0902一般中等好壞計算方式連結的儲存格備註

儲存格編輯

E21fx

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

</

(四)Delta風險彙整架構

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，

$$K_b = \sqrt{\max\left(0, \sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{k \neq l} \rho_{kl} WS_k WS_l\right)} \dots\dots\dots(4.2)$$

➤ 相當於要求的風險資本數量。

➤ ρ_{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。

✓ θ 設為 0.03。

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

◆ Bucket 內的 ρ_{kl} 設定如下表，

Delta GIRR correlations (ρ_{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， ρ_{kl} 設定為 99.90%。(MRR 21.47)

乙、組別間的彙整

◆ 不同 Bucket 間(幣別)的風險彙整，也要考慮相關性。

➤ Basel 文件有交代相關係數的計算。

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

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

➤ 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。

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

$$S_b = \max \left[\min \left(\sum_k WS_k, K_b \right), -K_b \right] \dots \dots \dots (4.3)$$

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

◆ Delta 風險資本可計算如下，

$$\text{Delta} = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} S_b S_c} \dots\dots\dots(4.4)$$

- 根據 Basel 文件(MAR 21.50, p46)，不同幣別間，Inter-Bucket 間的相關性為 50%。

stress	1
theta	0.03

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

	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
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

丙、情境計算

◆ 上面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： ρ_{kl} 與 γ_{bc} 皆乘上 1.25，但最大為 100%。
- 情境三，低度相關： ρ_{kl} 與 γ_{bc} 修正如下，

$$\rho_{kl}^{low} = \max(2 \times \rho_{kl} - 100\%, \quad 75\% \times \rho_{kl}) \dots\dots\dots(4.5)$$

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

◆ 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。[MAR 21.7(2)(b)]

stress	1.25
theta	0.03

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

	0.25	0.5	1	2	3	5	10	15	20	30	
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%	95.4%	-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	-42	-65	-137	-317	-1,210	-2,842	-4,188	-16,918	-207,981
---	-----	-----	------	------	--------	--------	--------	---------	----------

	0.25	0.5	1	2	3	5	10	15	20	30	
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

Delta	233,615
Risk Assets	2,920,183

五、結論

◆ 對於國內銀行業而言，新的標準法充滿高度挑戰性，此次新修訂的標準法本質上就是內部模型法的簡易版。

➤ 它要求銀行必須計算每筆交易的 Delta、Gamma、Vega 等敏感性，並將各風險因子的相關性納入計算。

✓ 一筆外匯選擇權交易約要計算 70 次的市場價格(兩國利率各 30 次，匯率 3 次、波動性 5 次)。

✓ 一般利率風險中，可能有 20 個風險因子要考慮相關性(T-Bond 與 Swap Curves 各 10 個)。

➤ 高度模型化與量化的技術文件，對於負責計算的銀行業同仁來說，充分理解與付諸施行不是一件簡單的事情。

✓ 國內軟體業要提供有技術困難，IRRBB 的經驗就可看出。

✓ 國外軟體價格高昂，本土化與維護都有困難。

✓ 未來前台推出新商品，若無法計算風險資本，業務發展會受阻。

➤ 銀行自行具備計算能力，是未來發展業務的重要核心能力之一。

✓ 了解計算架構，自行彙整各產品的中間計算產出。

✓ 依照業務要求，發展出計算模組。

◆ 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。

- 相當於內部模型法的簡化版。
- 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。
- 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商品，可以使用 QuantLib 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。

◆ 相關課程，<https://web.tabf.org.tw/page/415754/>。