

# Basel III 下高速運算的需求

## HPC Application under Basel III

2023/3/23 金融高速運算研討會

昀騰金融科技

技術長

董夢雲 博士

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

# 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



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 2023 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

# Part III 市場風險資本的敏感性基礎法

## SBM of Market Risk Capital

# 大綱

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 一、Basel III的市場風險資本.....      | 5  |
| 二、VaR與敏感性基礎法(SBM) .....      | 11 |
| 三、債券一般利率風險Delta風險資本.....     | 25 |
| 四、債券一般利率風險Curvature風險資本..... | 33 |
| 五、權利性質工具一般利率風險Vega風險資本.....  | 39 |
| 六、高運算量的需求.....               | 43 |

# 一、Basel III 的市場風險資本

## (一)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

## (二)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(IRRBB, Interest Rate Risk in the Banking Book)

#### ➤ 市場風險

- ✓ 新標準法提出
- ✓ 更新內部模型法

#### ➤ 信用風險

- ✓ 標準法修訂
- ✓ CVA 修訂

### (三)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

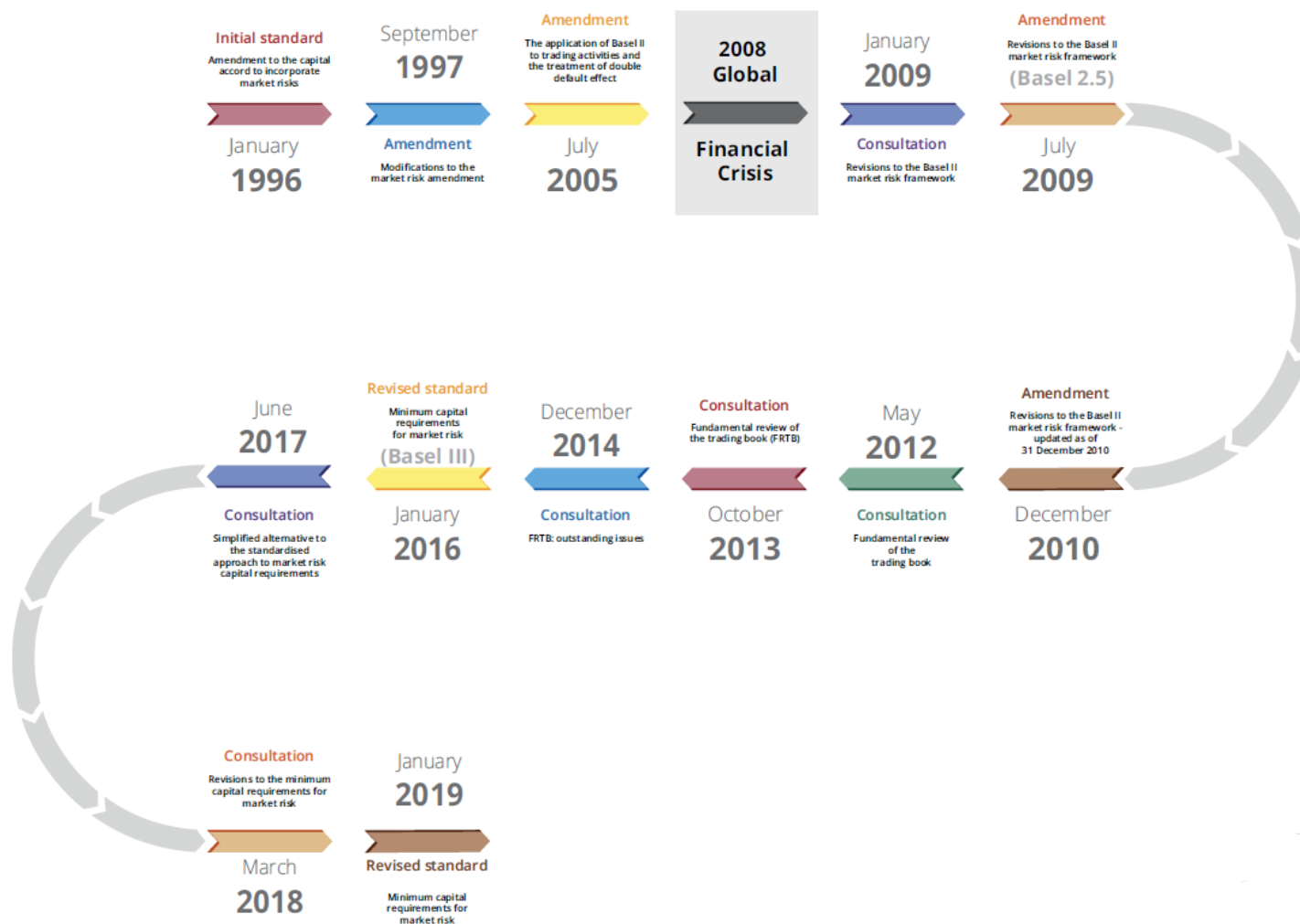


## ◆ 市場風險資本計算改進

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

## ◆ 市場風險資本計提的演進

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



## 二、VaR 與敏感性基礎法(SBM)

### (一)VaR基礎概念

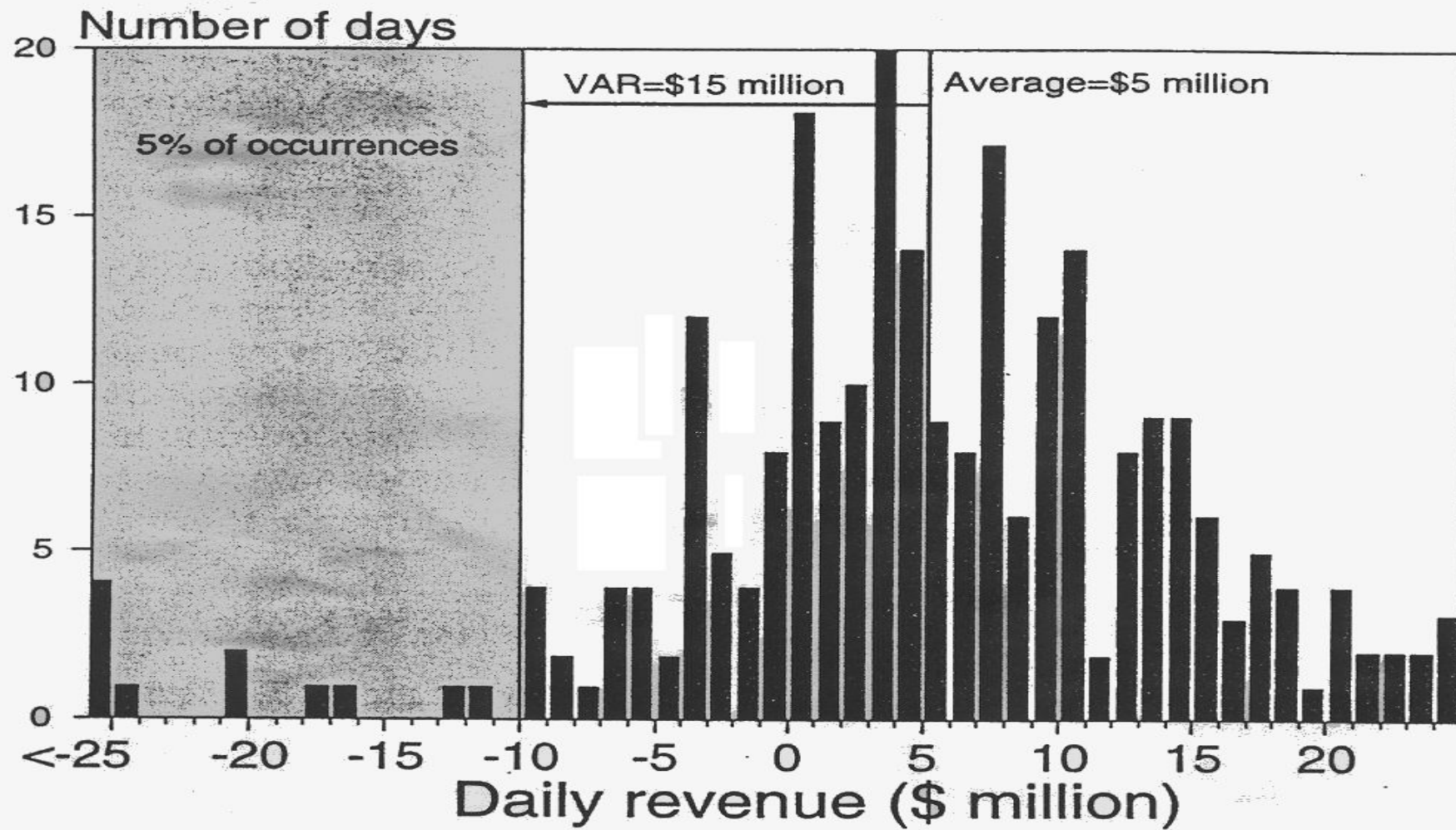
#### ◆市場風險的可能分配

- 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)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 $-1.65\sigma$

➤ 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 $-2.06271\sigma$

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

✓ 差額為  $0.41715\sigma$ 。

|                                                   |        |                          |         |   |        |                           |        |   |
|---------------------------------------------------|--------|--------------------------|---------|---|--------|---------------------------|--------|---|
| 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 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        |         |   |        | GaussianExpectedShortfall |        |   |
| 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 |         |   |        |                           |        |   |
| 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)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

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

- ✓ 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

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

### ➤ 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

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

## ◆ 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)

## (四)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 <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                       |                                                                                                        |



| 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         |

## 三、債券 GIRR Delta 風險資本

### (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

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

- ✓ 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)

$$WS_k = RW_k \cdot s_k$$

- 風險權數代表經過校正的，反映(99%，10)天可能的變動範圍

### (三)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

$$K_b = \sqrt{\max\left(0, \sum_k WS_k^2 + \sum_k \sum_{k \neq l} \rho_{kl} WS_k WS_l\right)} \dots\dots\dots(3.2)$$

➤ 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)

## 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

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

$$S_b = \max \left[ \min \left( \sum_k WS_k, K_b \right), -K_b \right] \dots\dots\dots (3.3)$$

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

◆ Delta 風險資本可計算如下，

$$\text{Delta} = \sqrt{\sum_b K_b^2 + \sum_b \sum_{c \neq b} \gamma_{bc} S_b S_c} \dots\dots\dots(3.4)$$

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



## (四)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： $\rho_{kl}$  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

$$\rho_{kl}^{low} = \max(2 \times \rho_{kl} - 100\%, \quad 75\% \times \rho_{kl}) \dots\dots\dots(3.5)$$

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

### ◆ 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)]

## 四、債券 GIRR Curvature 風險資本

### (一)Curvature 的定義

◆ 以利率選擇權為例，敏感性是選擇權真實價值的變動，減去以 Delta 估計的價值變動量

- 這時整條利率曲線平行移動，一個固定的大量變動
- 在 GIRR 中，0.25 年有最高的數值 1.7%

◆ 數學上表示為

- 令  $V_i$  表選擇權價格， $r_k$  為標的利率水準

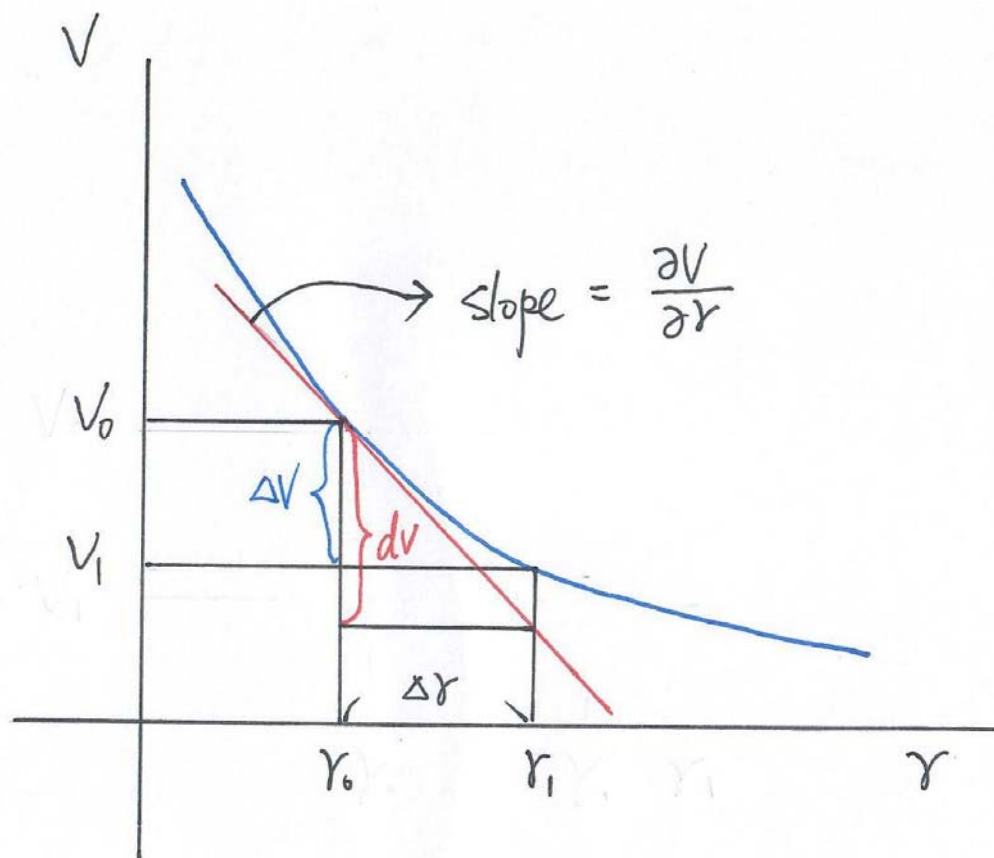
$$CVR_k = V_i(r_k \pm dr_k) - V_i(r_k) - RW_k^{\text{Curvature}} \times s_{ik}, \quad dr_k = 0.017$$

$$CVR_k = dV_i(r_k) - \left[ \frac{\partial V_i}{\partial r_k} \right] dr_k, \quad dr_k = 0.017 \dots\dots\dots(4.1)$$

- ✓ 計算時，假設波動性  $\sigma$  為定值不變
- ✓  $RW^{\text{Curvature}}$  等於各天期中，最高 Delta 風險權數的值。(MAR21.99, p63)

◆ 使用 Curvature 來補捉資產價格變動的非線性效果。

- Bond 的 Long 部位，Curvature 為負值。



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

◆ 上、下震盪，計算 Curvature Risk 資本需求

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

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

## (二)風險因子彙整

### 甲、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

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

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

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

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

- Intra-Bucket Curvature 的相關性為 Delta 計算相關性的平方

## 乙、Buckets間的彙整

### ◆ 不同 Bucket 間的風險彙整，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 $S_b$ 如下

- 如果前面選擇向上震盪

$$S_b = \sum_k \text{CVR}_k^+$$

- 如果前面選擇向下震盪

$$S_b = \sum_k \text{CVR}_k^-$$

### ◆ 其次，如下定義 $\psi$

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

◆ Curvature 風險資本可計算如下

$$\text{Curvature\_Risk} = \sqrt{\max\left(0, \sum_b K_b^2 + \sum_{b \neq c} \sum_b \gamma_{bc} S_b S_c \psi(S_b, S_c)\right)}$$

➤ Inter-Bucket Curvature 的相關性為 Delta 計算相關性的平方。

◆ 與 Delta Risk 一樣，需分三類情境計算，取其大者為資本需求

## 五、權利性質工具 GIRR Vega 風險資本

### (一)Vega 的定義

◆ GIRR 的 Vega Risk 的風險因子，是標的物為 GIRR 敏感之選擇權的隱含波動性，有兩個維度

- 選擇權到期日：需要映射到，0.5 年、1 年、3 年、5 年、10 年
- 選擇權標的資產在選擇權到期後剩餘期間：需要映射到，0.5 年、1 年、3 年、5 年、10 年

◆ Vega 定義

$$vega = \frac{\partial V_i}{\partial \sigma_i}$$

✓ 金融工具 i 的價格為  $V_i$ ， $\sigma_i$  為其隱含波動性。此處的波動性變動量可用 0.0001。(Explanatory note, page 19.)

- 在一般利率風險中，令第 k 個風險因子的 Vega 敏感性為

$$s_k = vega \times implied\_volatility \dots\dots\dots(5.1)$$

◆ Vega Risk 的 Bucket 定義與 Delta Risk 相同



## ◆ 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%         |          |

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

✓  $RW_\sigma = 55\%$  ,  $risk\_class$  : Table\_13

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

$$WS_k = RW_k \cdot s_k$$

## (二)風險因子彙整

### ◆ Intra-Bucket 相關性：

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

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

✓  $\alpha = 1\%$

✓  $T_k$  表選擇權到期時間，從 Vega 敏感性  $VR_k$  計算起算，以年為單位

✓ 選擇權的到期時間映對到，半年、一年、三年、五年與十年

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

✓  $\alpha = 1\%$

✓  $T_k^U$  表選擇權標的物的到期時間，從 Vega 敏感性  $VR_k$  計算起算，以年為單位

✓ 選擇權標的物的到期時間映對到，半年、一年、三年、五年與十年

## ◆ Inter-Bucket 相關性

- 不同 Buckets，彙整 Vega 風險部位時，參數  $\gamma_{bc}$  設定同 Delta 風險部位，為 50%

## ◆ 與 Delta Risk 一樣，需分三類情境計算，取其大者為資本需求

## 六、高運算量的需求

### ◆ 一筆利率選擇權的產品需要計算 35 個敏感性

- 十個利率風險因子，Delta 算 10 次
- Curvature 上升算 10 次，Curvature 下降算 10 次
- 五個波動性風險因子，Vega 要算 5 次

### ◆ 對於交易業務積極的銀行，部位數量龐大

- 可以預見需要高性能的運算

### ◆ 根據規範，TMU 的理財產品或承銷業務的部位應該歸於交易簿

- 這類產品通常沒有簡單的解析解或數值解
  - ✓ 以模擬法為主的評價方法
- 這類 Fee Income 為主的業務，需要提早因應

# Basel III 下高速運算的需求

## HPC Application under Basel III

2023/3/23 金融高速運算研討會

昀騰金融科技

技術長

董夢雲 博士

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

# Part IV 銀行簿利率風險管理

## Interest Rate Risk in the Banking Book

# 大綱

|                  |    |
|------------------|----|
| 一、IRRBB概要.....   | 3  |
| 二、銀行簿的風險管理.....  | 5  |
| 三、現金流量的分解.....   | 12 |
| 四、客戶的行為選擇權.....  | 15 |
| 五、情境分析與動態模擬..... | 24 |

# 一、IRRBB 概要

◆ 國際清算銀行的巴塞爾銀行監督管理委員會於 2016 年 4 月公布新版的銀行簿利率風險 (IRRBB)標準的新規範，其中，對於利率風險管理的要求有許多重大的改變

- 銀行需同時以盈餘與經濟價值這兩個風險指標來表達風險胃納量
- 這些指標需要在各種適當範圍的利率震盪及壓力情境下來衡量
- 客戶行為選擇權對於銀行存、放款等產品契約現金流量的改變，必須加以謹慎考慮

◆ IRRBB 標準的這些要求，與 IFRS 的改變在脈絡上是一致的

- 以現值基礎來評估銀行的價值與風險，是一體兩面的事情
- 金融資產價值評估的正確性，首要之處在於現金流量的掌握
- 使用行為財務學與大數據的分析，來合理評具客戶行為權利的存、放款的現金流量實質落點，是正確計算資產價值與風險的基礎



◆ 交易簿：為交易目的持有之部位，是指意圖短期持有以供出售，或是意圖從實際或預期之短期價格波動中獲利或鎖定套利利潤

- 如自營部位、代客買賣(如撮合成交之經紀業務)與創造市場交易所產生之部位
- 就持有目的而言，可列屬交易簿之部位可歸納如下
  - ✓ 1.意圖從實際或預期買賣價差中賺取利潤所持有之部位
  - ✓ 2.意圖於從其他價格或利率變動中獲取利潤所持有之部位
  - ✓ 3.因從事經紀、自營業務所持有之部位
  - ✓ 4.為抵銷交易簿上另一資產部位或投資組合之全部或大部分風險，而持有之部位
  - ✓ 5.所有可逕自於預定投資額度內從事交易之部位
- 以上部位並須在交易方面不受任何契約條款限制，或者可完全進行風險規避

◆ 銀行簿：不屬交易簿之部位者，列為銀行簿之部位

## 二、銀行簿的風險管理

### ◆ 銀行的風險管理架構

#### ➤ 交易簿的管理

- ✓ 以市場風險涉險值(Market Risk Value at Risk, MVaR)的方法計算交易部位的風險

#### ➤ 銀行簿的管理

- ✓ 以信用風險涉險值(Credit Risk Value at Risk, CVaR)的方法計算放款與投資部位的風險

#### ➤ 存放利率與流動性的管理

- ✓ 以 ALM 系統來控管流動性與利率缺口(Interest Rate Gape)的風險
- ✓ 利率缺口起源於存、放款不同期限所致

## (一)傳統利率風險衡量的方式

### ◆ 流量的觀點—利息收入的影響

#### ➤ 利率變動對存款與放款的利息皆有影響

- ✓ 定義利率敏感性資產(RSA)為一定天期內(一年)會重設其利率之資產。
- ✓ 定義利率敏感性負債(RSL)為一定天期內(一年)會重設其利率之負債。
- ✓ 定義重定價缺口(GAP)為如下，

$$GAP = RSA - RSL$$

#### ➤ 從會計盈餘的觀點，計算利率變動對利息收入的影響

- ✓ 淨利息收入(NII)因利率變動的影響可表示如下，

$$\Delta NII = GAP \times \Delta R$$

- ✓ 若一年內的  $GAP = 1$  億，則 0.25% 的利率變動，對 NII 的影響為 25 萬。

$$100,000,000 \times 0.0025 = 250,000$$

#### ➤ 只考慮一年內利息盈收的效果，一年以上沒有考慮

- ✓ 價值的變動沒有反應出來。

## ◆ 存量的觀點—價格的影響

### ➤ 利率的變動對所有固定收益證券的價值都有影響

- ✓ 以放款為例，放款利息的影響不是只有一年內的效果
- ✓ NII 的計算只考慮了一年內的現金流量效果
- ✓ 一年以上的 Cash Flow 與利率改變的 Discount Effect 並沒有考慮到
- ✓ IFRS 9 要求對銀行簿市價重估

### ➤ 若要正確評估其效果，需由價值的變動著手

- ✓ 公司價值可表示如下

$$E = A - L$$

- ✓ 將資產與負債視為固定收益證券，利用 Duration 公式如下

$$\frac{\Delta P}{P} = -MD \times \Delta R$$

- ✓ 一 MD = 10 年的債券，目前價格為 1,000，利率變動 25b.p. 下，價格變動量為

$$\Delta P = -1,000 \times 10 \times 0.0025 = 25$$

◆ 公司因利率變動而產生的價值變動，可表示如下

$$\Delta E = \Delta A - \Delta L = (-A \times MD_A \times \Delta R) - (-L \times MD_L \times \Delta R)$$

$$= -E \times \left( \frac{A}{E} \times MD_A - \frac{L}{E} \times MD_L \right) \times \Delta R$$

$$= -E \times MD_E \times \Delta R, \quad MD_E = \frac{A}{E} \times MD_A - \frac{L}{E} \times MD_L$$

- 一但求得資產 Duration， $MD_A$ ，與負債 Duration， $MD_L$ ，便可求得權益之 Duration Gap， $MD_E$
- 我們便可求得公司價值因利率變動而產生的影響

◆ 利率風險中立下的情況

- 當  $MD_E = 0$  時，公司為利率風險中立
- 此時的所採行的交易策略為免疫(Immunization)策略

## (二)現代利率風險衡量的方式

### ◆ 流量的觀點—時間帶的價格變動

- 利率敏感性工具，其現金流量為利率之函數
  - ✓ 此現金流量是有時間屬性的，可能為 0~1M，1M~3M，3M~6M，6M~12M
  - ✓ 現金流量的價值需以當時之利率折現之
- 以一個面值 100 元之 5 個月零息債為例，現金流量落於 3M~6M 之時間帶， $CF_0 = 100$ 
  - ✓ 以目前之利率將  $CF_0$  折現，求得其目前價值得  $DV_0$
  - ✓ 若利率上漲 1b.p.，其現金流量成為  $CF_1$ 。此例中  $CF_1 = CF_0$ ，但並不必然如此，例如 FRA
  - ✓ 以改變後之利率將  $CF_1$  折現，求得其目前價值得  $DV_1$

◆ 定義  $DV01 = DV_1 - DV_0$ ，表 1b.p.利率變動下，金融工具價格的變動量

- 若 1M~3M 時間帶中的 DV01 為 100 萬，則若此時間帶中利率下跌 25b.p.，損益變動約為

$$PL = DV01 \times \Delta R = 1,000,000 \times 0.0025 = 2,500$$

- 允許利率期限結構非平行移動，分段考量損益變化，再加總合併估計總損益

◆ 一個 DV01 缺口的示範

|                       | 0~1M     | 1M~3M   | 3M~6M  | 6M~12M   | 12M~24M  |
|-----------------------|----------|---------|--------|----------|----------|
| DV01                  | -2,000   | 1,000   | -3,000 | 5,000    | 10,000   |
| $\Delta R(\text{bp})$ | -50      | -40     | -25    | -25      | -12.5    |
| PL                    | 100,000  | -40,000 | 75,000 | -125,000 | -125,000 |
| Total PL              | -115,000 |         |        |          |          |

## ◆ 對於任一時間帶中的利率風險，可單獨分離出來

- ✓ 任何利率敏感工具，皆可計算 DV01
- ✓ DV01 為線性的風險衡量
- ✓ 利於避險操作

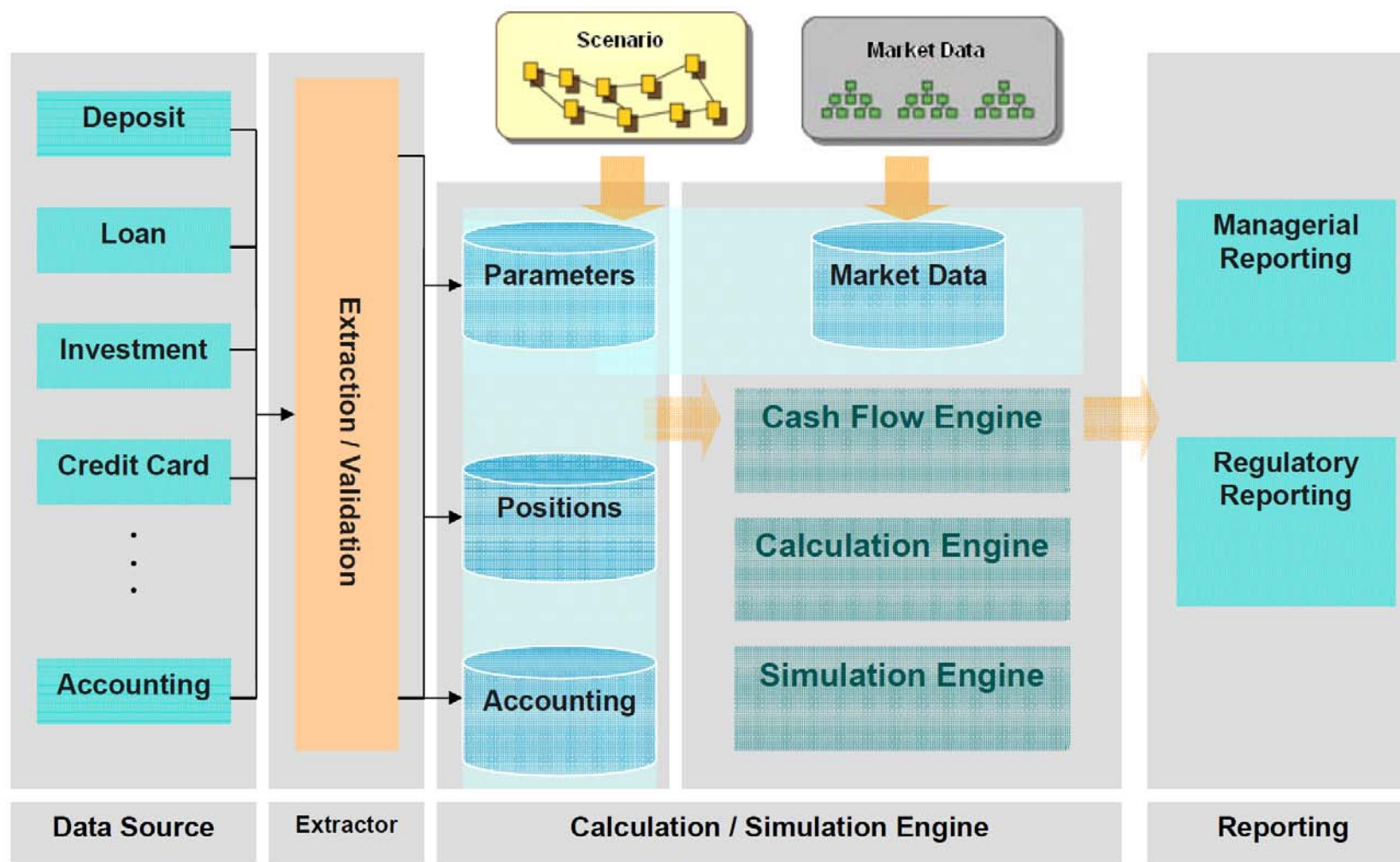


## 三、現金流量的分解

◆ 銀行簿的業務繁雜，產品總類很多，需要逐一處理

- 一、一般放款
- 二、定期存款/定期儲蓄存款
- 三、活期存款
- 四、信用卡放款
- 五、應收帳款承購
- 六、催收
- 七、透支
- 八、資產交換
- 九、遠期外匯、換匯交易
- 十、固定收益
- 十一、利率交換
- 十二、換匯換利

## ◆ 系統架構



◆ 大型的商業銀行，會有 100 萬筆交易契約需要分析

- 5 年期 IRS，每季支付，有  $5 * 4 * 2 = 40$  筆現金流量
- 20 年期房貸，每季支付，有  $20 * 4 = 80$  筆現金流量

◆ 在 IRRBB 中，要求將所有現金流量分解到 19 個時間帶

Table 1. The maturity schedule with 19 time buckets for notional repricing cash flows repricing at  $t^{CF}$ .  
The number in brackets is the time bucket's midpoint

|                   | Time bucket intervals (M: months; Y: years) |                                     |                                    |                                    |                                    |                                   |                                    |                                    |
|-------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Short-term rates  | Overnight<br>(0.0028Y)                      | $0/N < t^{CF} \leq 1M$<br>(0.0417Y) | $1M < t^{CF} \leq 3M$<br>(0.1667Y) | $3M < t^{CF} \leq 6M$<br>(0.375Y)  | $6M < t^{CF} \leq 9M$<br>(0.625Y)  | $9M < t^{CF} \leq 1Y$<br>(0.875Y) | $1Y < t^{CF} \leq 1.5Y$<br>(1.25Y) | $1.5Y < t^{CF} \leq 2Y$<br>(1.75Y) |
| Medium-term rates | $2Y < t^{CF} \leq 3Y$ (2.5Y)                | $3Y < t^{CF} \leq 4Y$ (3.5Y)        | $4Y < t^{CF} \leq 5Y$ (4.5Y)       | $5Y < t^{CF} \leq 6Y$ (5.5Y)       | $6Y < t^{CF} \leq 7Y$ (6.5Y)       |                                   |                                    |                                    |
| Long-term rates   | $7Y < t^{CF} \leq 8Y$ (7.5Y)                | $8Y < t^{CF} \leq 9Y$ (8.5Y)        | $9Y < t^{CF} \leq 10Y$<br>(9.5Y)   | $10Y < t^{CF} \leq 15Y$<br>(12.5Y) | $15Y < t^{CF} \leq 20Y$<br>(17.5Y) | $t^{CF} > 20Y$<br>(25Y)           |                                    |                                    |

## 四、客戶的行為選擇權

### ◆ 銀行簿上的產品，客戶往往有執行上的權力

- 放款可提前清償
  - ✓ 房貸尤其明顯
  - ✓ 商業放款也會
- 存款也有一些行為特性
  - ✓ 活存可隨時提領
  - ✓ 定存也會提前解約

### ◆ 造成實際的現金流量與預期有很大差異

- 流動性風險
- 利率風險

## (一)無到期日存款模型介紹

◆ 估計存戶每期提領後，帳上所剩餘的金額

◆ 使用模型：OAS Model (Option-Adjusted Spread Model)

$$W_t = \beta_0 + \beta_1 Avg3mCP_{over6M} + \beta_2 5yIRS_{t-2} + \beta_3 I(quarter_t) + \varepsilon_t$$

✓  $W_t$ ：第  $t$  期存款餘額

✓  $Avg3mCP_{over6M}$ ：過去 6 個月 3M CP rate 平均值

✓  $5yIRS_{t-2}$ ：前 2 個月 5Y Swap rate

✓  $I(quarter_t)$ ：指標函數， $I(quarter_t) = \begin{cases} 1 & quarter_t = Q1 \\ 0 & others \end{cases}$

➤ 針對  $\beta_1 \sim \beta_3$  進行估計(線性迴歸估計)

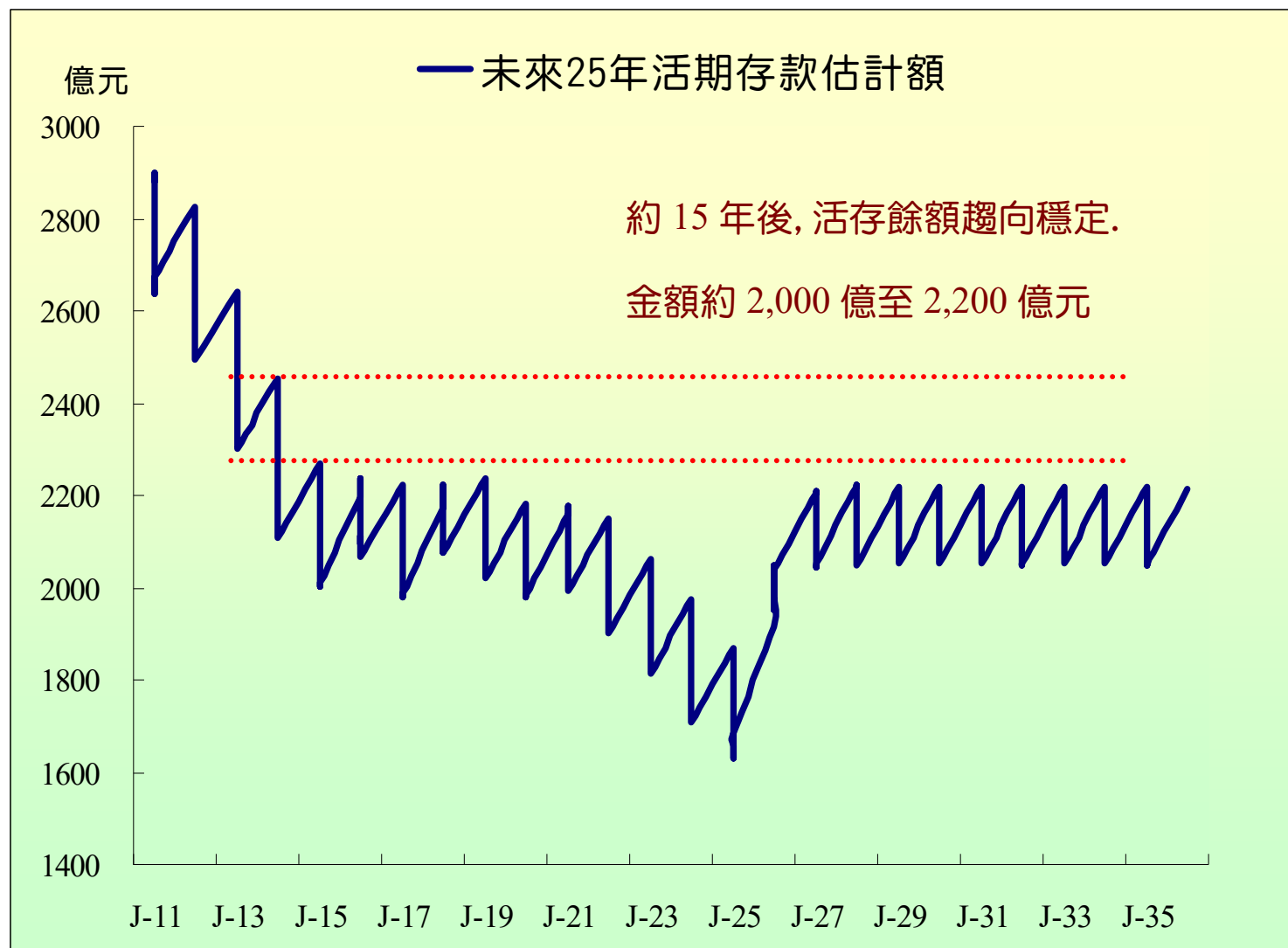
✓ 估計結果如下： $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 > 0$

## ◆ 實際計算運用

### ➤ 用於非定存類的存款(含支存、一般存款、儲蓄存款)

- ✓ 利用歷史資料估算參數模型
- ✓ 直接利用模型估計未來各期之活期存款餘額，與上期的差額即是本期流出的存款金額

## ◆ 參數估計結果



## (二)提前還款模型介紹

- ◆ 使用 OTS(Office of Thrift Supervision) Model，利用各期實際餘額及依原始契約條件繳款的餘額，計算提前還本率， $CPR_t$ 。

$$CPR_t = seasoning_t \times seasonality_t \times refi_t$$

- $seasoning_t$ ：趨勢因子

$$seasoning_t = \begin{cases} 1/30 + (29/30) \times t/30 & , t \leq 30 \\ 1 & , t > 30 \end{cases}$$

- ✓  $t$ ：該筆放款目前期數

- $seasonality_t$ ：季節性因子

$$seasonality_t = 1 + \beta_1 \times \sin \left\{ \beta_2 \times \left[ \frac{month + t - 3}{3} \right] - 1 \right\}$$

- ✓  $month$ ：發生月份(此處指初貸日期)



➤  $refi_t$  : 再融資刺激因子

$$refi_t = \beta_3 + \beta_4 \times \arctan \left\{ \beta_5 \times \left[ \beta_6 - \frac{c}{m_{t-3}} \right] \right\}$$

✓  $m_{t-3}$  : 外部利率(前 3 期)

✓  $c$  : 該筆放款目前適用利率

➤ 針對  $\beta_1 \sim \beta_6$  進行估計(非線性最適化)

## ◆ 實際計算應用

➤ 利用歷史資料估算模型參數

➤ 每期計算現金流量時，帶入變數資料如下：

✓ 初貸日期、貸款期數、客戶目前貸款利率及當下外部房(信、車)貸利率以計算提前還款率

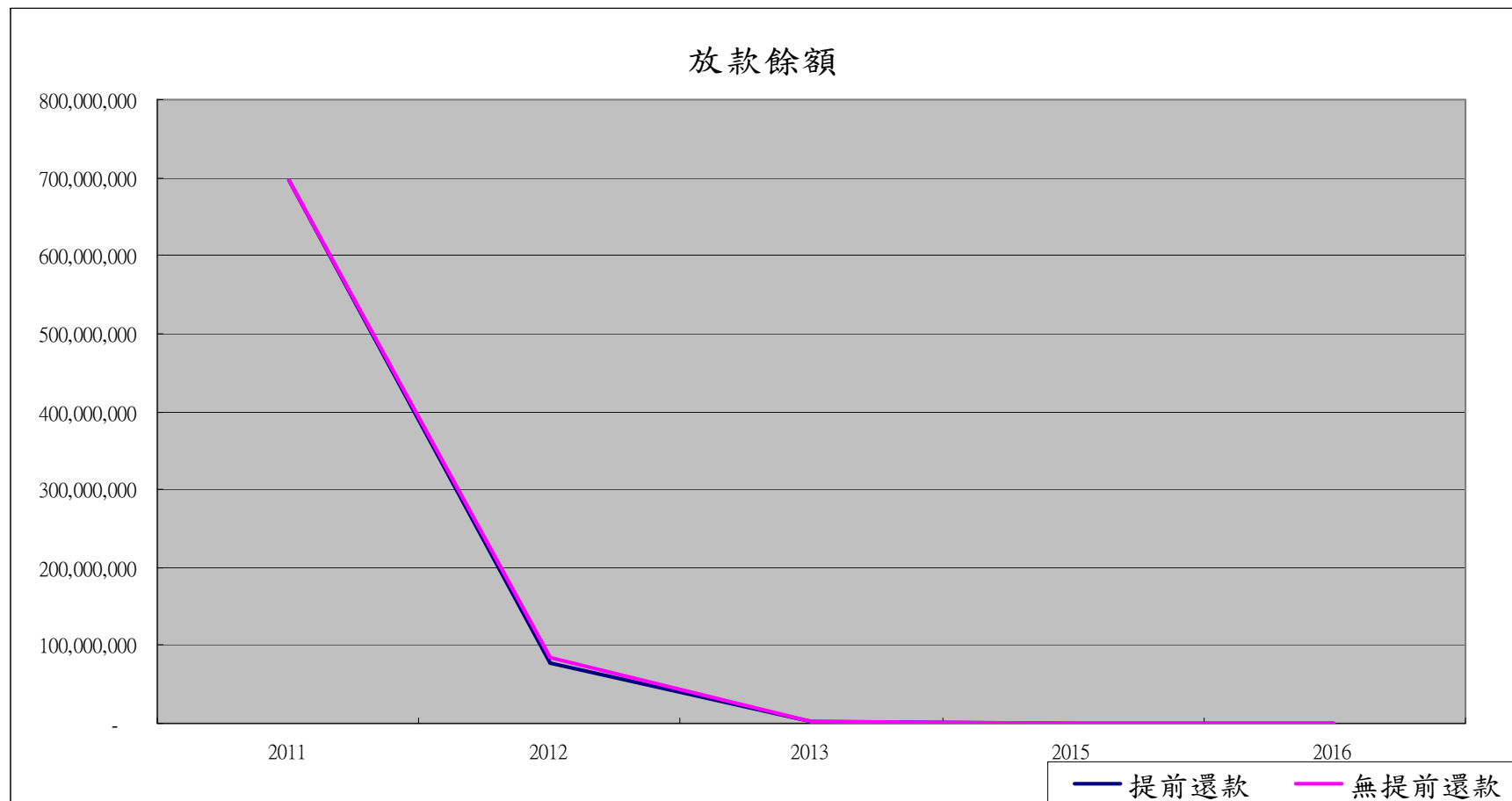
➤ 當期本金在扣除正常還款金額及提前還款金額，剩餘本金再納入下期利息計算

➤ 最後將各期現金流量折現求算放款現值

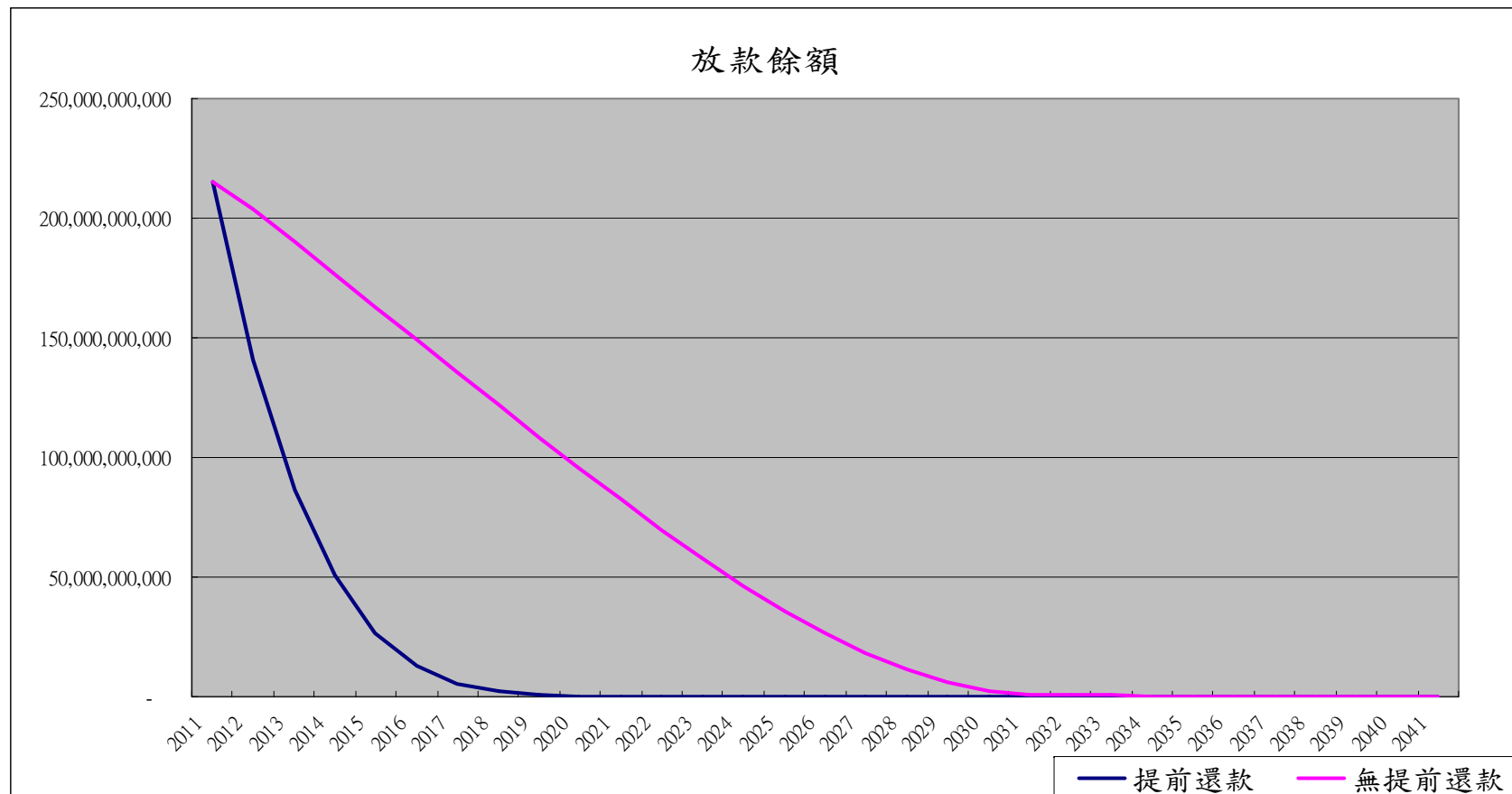
## ◆ 參數估計結果

➤ 不同還本方式下，提前還款有無之圖形比較

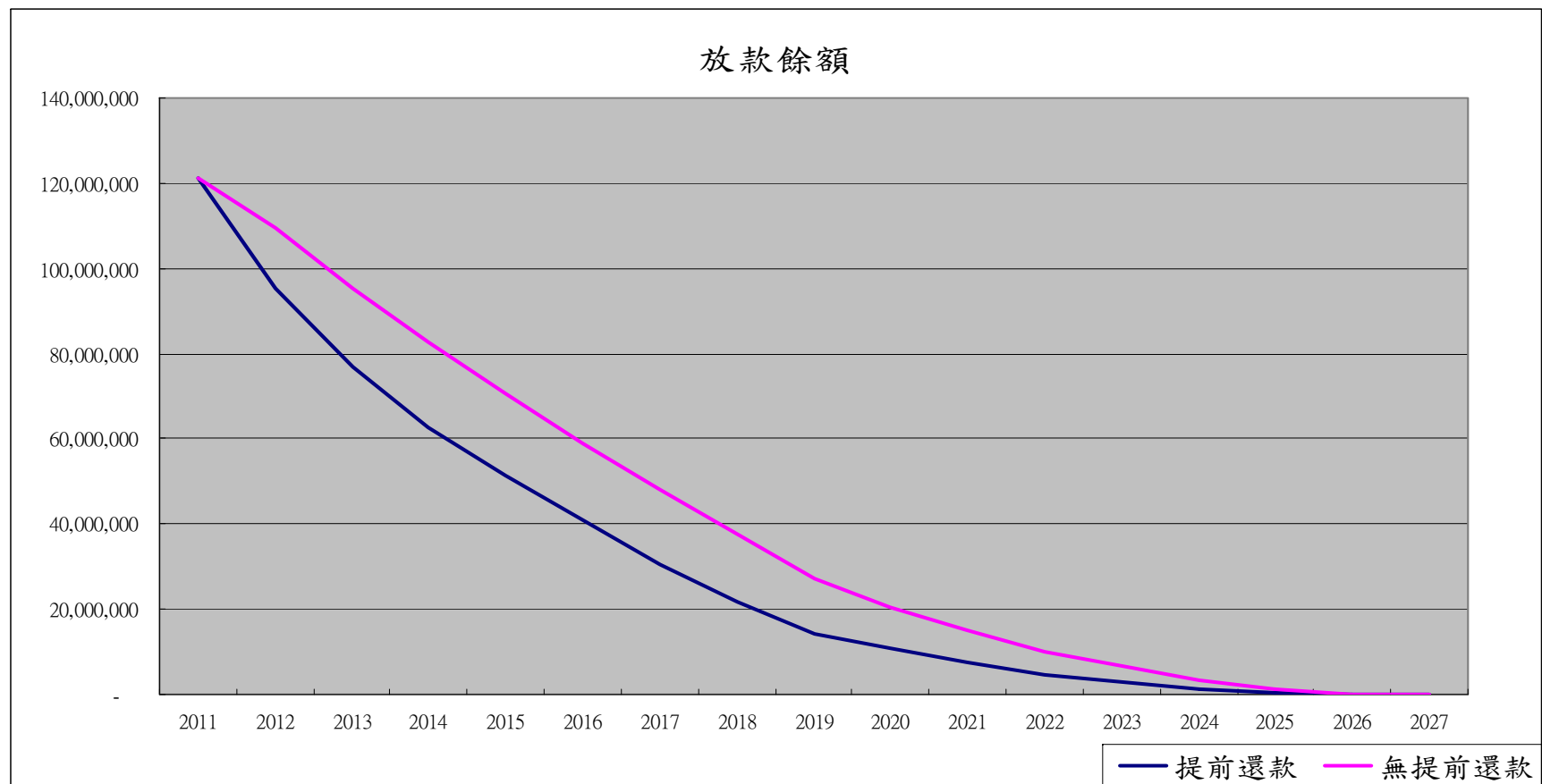
✓ 房貸-到期還本



✓ 房貸-本息均攤



✓ 房貸-本金均攤



# 五、情境分析與動態模擬

## (一)情境分析

- ◆ 由現金流開始分析
- ◆ Market Value
- ◆ DV01
- ◆  $\Delta$ EVE

## ◆ Cash Flow Gap

單位：新台幣千元

| 項目       | 1M          | ... | 6M          | ... | 1Y          | ... | >15Y         | 總數          |
|----------|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|--------------|-------------|
| 存拆放銀行同業  | 11,385,256  |     | 0           |     | 4,439,546   |     | 0            | 31,946,176  |
| 放款       | 46,179,347  |     | 14,178,344  |     | 59,042,762  |     | 15,711,126   | 617,025,556 |
| 有價證券投資   | 61,359,197  |     | 4,668,113   |     | 32,902,479  |     | 217,888      | 209,225,047 |
| 衍生性商品    | 8,751       |     | 0           |     | 34,084      |     | 0            | 1,238,229   |
| 其他資產     | 3,885,295   |     | 497,911     |     | 1,514,684   |     | 447,585      | 29,657,435  |
| 資產端總現金流量 | 122,817,845 |     | 19,344,369  |     | 97,933,555  |     | 16,376,598   | 889,092,443 |
| 銀行同業存拆放  | 15,613,772  |     | 248,443     |     | 13,683,634  |     | 0            | 31,547,636  |
| 金融債      | 44,059      |     | 501,971     |     | 250,718     |     | 0            | 32,888,104  |
| 活期存款     | 22,146,963  |     | 1,326,640   |     | 724,043     |     | 172,431,814  | 316,762,343 |
| 定期存款     | 74,484,150  |     | 36,268,981  |     | 142,111,210 |     | 0            | 465,176,551 |
| 衍生性商品    | 2,034       |     | 0           |     | 32,190      |     | 0            | 206,383     |
| 其他負債     | 5,662,108   |     | 0           |     | 0           |     | 0            | 18,415,558  |
| 負債端總現金流量 | 117,953,086 |     | 38,346,035  |     | 156,801,795 |     | 172,431,814  | 864,996,575 |
| 期間缺口     | 4,864,759   |     | -19,001,667 |     | -58,868,240 |     | -156,055,216 | 24,095,869  |
| 累積期間缺口   | 4,864,759   |     | -37,337,873 |     | -96,206,113 |     | 24,095,869   | 24,095,869  |

## ◆ DV01 Gap

單位：新台幣元

| 項目 (幣別：新台幣) | 1M       | ... | 6M       | ... | 1Y         | ... | >15Y        | 各項目之 DV01    |
|-------------|----------|-----|----------|-----|------------|-----|-------------|--------------|
| 存拆放銀行同業     | -19,483  |     | 0        |     | -330,176   |     | 0           | -1,400,942   |
| 放款          | -220,572 |     | -205,188 |     | -2,582,557 |     | -18,113,868 | -167,686,771 |
| 有價證券投資      | -190,039 |     | -218,224 |     | -2,481,019 |     | -285,101    | -11,720,969  |
| 衍生性商品       | -48      |     | 0        |     | 176,402    |     | 0           | -435,981     |
| 其他資產        | -27,711  |     | -22,321  |     | -106,012   |     | -601,626    | -2,274,369   |
| 資產端總和       | -457,853 |     | -445,733 |     | -5,323,362 |     | -19,000,595 | -183,519,032 |
| 銀行同業存拆放     | 15,822   |     | 1,186    |     | 68,777     |     | 0           | 99,300       |
| 金融債         | 586      |     | 1,821    |     | -442,394   |     | 0           | 8,380,775    |
| 活期存款        | 169,809  |     | 36,606   |     | -101,144   |     | 218,329,230 | 262,173,294  |
| 定期存款        | 276,535  |     | 873,877  |     | 6,154,279  |     | 0           | 9,390,483    |
| 衍生性商品       | 11       |     | 0        |     | -68,377    |     | 0           | 1,086,366    |
| 其他負債        | 21,667   |     | 0        |     | 0          |     | 0           | 299,156      |
| 負債端總和       | 484,430  |     | 913,490  |     | 5,611,141  |     | 218,329,230 | 281,429,373  |
| 每一期間之 DV01  | 26,578   |     | 467,757  |     | 287,779    |     | 199,328,635 | 97,910,341   |

## ◆ Economic Value Change

單位：新台幣千元

| 項目              | -200 bp      | -100 bp      | -50 bp       | -25bp        | Base         | 25bp         | 50 bp        | 100 bp       | 200 bp       |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| (幣別：新台幣)        |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| 存拆放銀行同業         | 32,103,128   | 31,963,034   | 31,892,987   | 31,857,963   | 31,822,939   | 31,787,916   | 31,752,892   | 31,682,845   | 31,542,751   |
| 放款              | 619,533,383  | 602,763,169  | 594,378,062  | 590,185,509  | 585,992,955  | 581,800,402  | 577,607,848  | 569,222,741  | 552,452,527  |
| 有價證券投資          | 210,145,050  | 208,972,953  | 208,386,905  | 208,093,881  | 207,800,856  | 207,507,832  | 207,214,808  | 206,628,759  | 205,456,662  |
| 衍生性商品           | 1,319,417    | 1,275,819    | 1,254,020    | 1,243,121    | 1,232,221    | 1,221,321    | 1,210,422    | 1,188,623    | 1,145,025    |
| 其他資產            | 30,025,141   | 29,797,616   | 29,683,854   | 29,626,973   | 29,570,091   | 29,513,210   | 29,456,329   | 29,342,566   | 29,115,041   |
| 資產端現值           | 893,126,120  | 874,772,592  | 865,595,827  | 861,007,445  | 856,419,063  | 851,830,681  | 847,242,299  | 838,065,535  | 819,712,006  |
| 銀行同業存拆放         | -31,489,891  | -31,479,961  | -31,474,996  | -31,472,514  | -31,470,031  | -31,467,549  | -31,465,066  | -31,460,101  | -31,450,171  |
| 金融債             | -32,587,146  | -31,749,069  | -31,330,030  | -31,120,510  | -30,910,991  | -30,701,472  | -30,491,952  | -30,072,914  | -29,234,836  |
| 活期存款            | -294,423,150 | -268,205,821 | -255,097,156 | -248,542,824 | -241,988,491 | -235,434,159 | -228,879,827 | -215,771,162 | -189,553,832 |
| 定期存款            | -465,650,873 | -464,711,823 | -464,242,298 | -464,007,536 | -463,772,774 | -463,538,011 | -463,303,249 | -462,833,724 | -461,894,675 |
| 衍生性商品           | -420,321     | -311,684     | -257,366     | -230,207     | -203,048     | -175,889     | -148,730     | -94,411      | 14,225       |
| 其他負債            | -18,454,580  | -18,424,665  | -18,409,707  | -18,402,228  | -18,394,749  | -18,387,270  | -18,379,791  | -18,364,833  | -18,334,918  |
| 負債端現值           | -843,025,961 | -814,883,023 | -800,811,553 | -793,775,819 | -786,740,084 | -779,704,349 | -772,668,615 | -758,597,145 | -730,454,207 |
| 資產端現值-<br>負債端現值 | 50,100,159   | 59,889,569   | 64,784,274   | 67,231,627   | 69,678,979   | 72,126,332   | 74,573,684   | 79,468,389   | 89,257,800   |



## ◆ Duration Gap

| 項目       | 現值          | 修正後存續期間(年)          |
|----------|-------------|---------------------|
| (幣別：新台幣) | (單位：千元)     | (Modified Duration) |
| 存拆放銀行同業  | 31,822,939  | 0.44                |
| 放款       | 585,992,955 | 2.81                |
| 有價證券投資   | 207,800,856 | 0.56                |
| 衍生性商品    | 1,232,221   | 0.46                |
| 其他資產     | 29,570,091  | 0.77                |
| 資產端總和    | 856,419,063 | 2.10                |
| 銀行同業存拆放  | 31,470,031  | 0.03                |
| 金融債      | 30,910,991  | 2.71                |
| 活期存款     | 241,988,491 | 10.84               |
| 定期存款     | 463,772,774 | 0.20                |
| 衍生性商品    | 203,048     | 2.37                |
| 其他負債     | 18,394,749  | 0.16                |
| 負債端總和    | 786,740,084 | 3.57                |
| 淨值存續期間   | -14.46      |                     |

## (二)動態利率模擬

### ◆ 單因子 Hull-White Model

- 簡單易做

### ◆ 雙因子 G2++ Model

### ◆ 多因子 Lognormal Forward Rate Model

- 能準確描繪利率的未來變化

### (三)GPU 使用優勢

#### ◆ 大量的契約要進行現金流的拆解

- 可以使用 CPU 的平行運算來加速進行

#### ◆ 在 IRRBB 的分析中，是以各天期的現金流量為操作對向

- 本質上就是針對一個很長的 Vector 進行運算
- 30 年期共有  $30 * 365 + 7 = 10,957$  個天期

#### ◆ 使用 GPU 可以明顯加速 Vector & Matrix 的運算

- 相似且獨立的操作，適合平行處理

◆ 昀騰科技網站，<https://www.facebook.com/groups/421949278879071>

The screenshot shows a web browser window displaying a Facebook group page. The browser's address bar shows the URL <https://www.facebook.com/groups/421949278879071>. The Facebook page header includes the group name 'QuantLib-昀騰學習園地' and indicates it is a public group with 1,148 members. Navigation tabs for '瀏覽' (Browse) and '管理' (Manage) are visible. The left sidebar contains links to '社群首頁' (Group Home), '總覽' (Overview), '管理員工具' (Admin Tools), '社群聊天室' (Group Chat Room), and '管理員小幫手' (Admin Assistant). The main content area features a post titled 'QuantLib-Python installation on Windows' by Luigi Ballabio, which includes prerequisites and installation instructions. Below the post, there is a section titled 'QuantLib-昀騰學習園地' with a '+ 邀請' (Invite) button. At the bottom, there is a search bar and a '+ 建立聊天室' (Create Chat Room) button.