

# Basel III 下高速運算的需求

## HPC Application under Basel III

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。
  - ✓ 會計 34 號公報的修正，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。

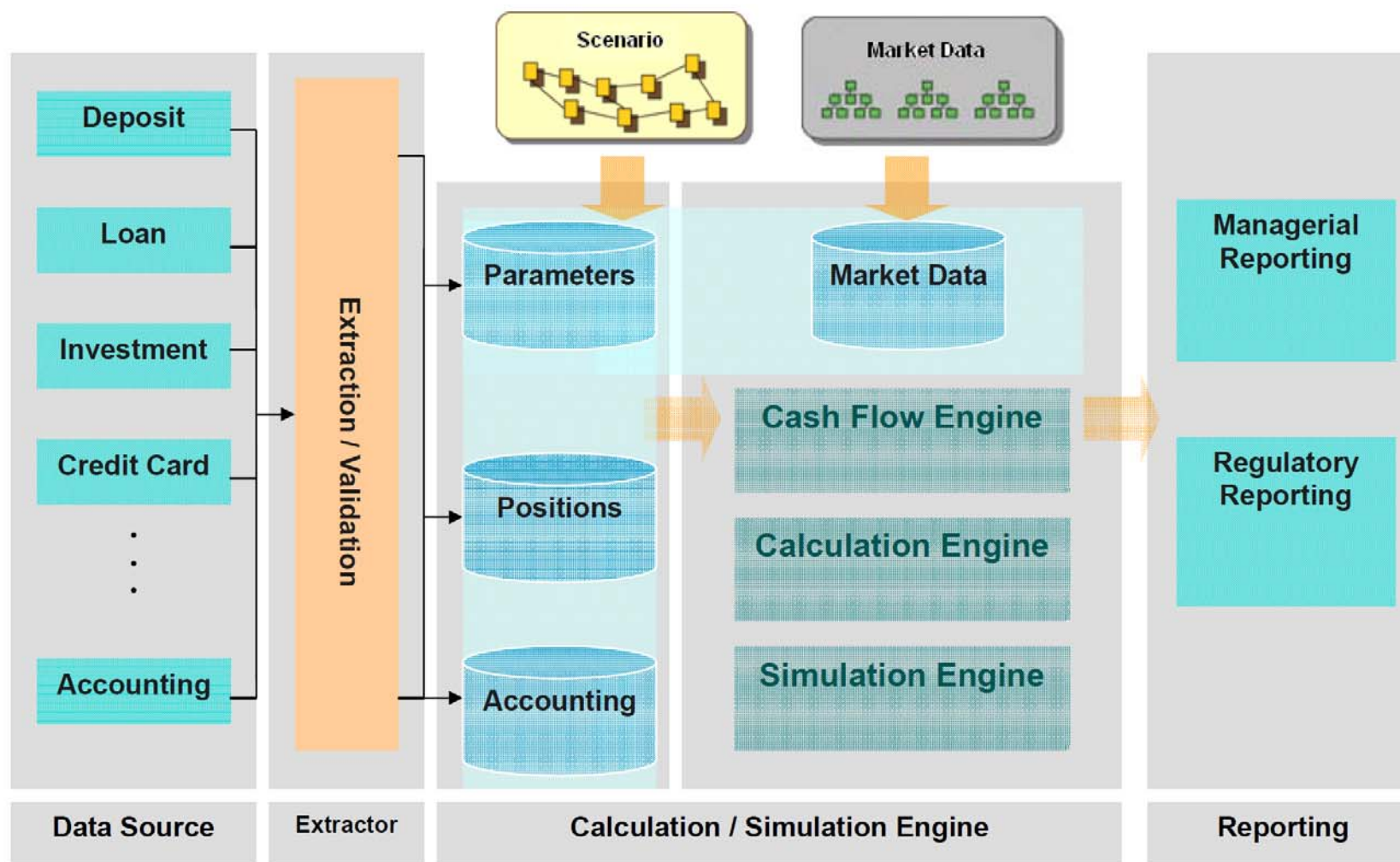
- ✓ 任何利率敏感工具，皆可計算 DV01。
- ✓ DV01 為線性的風險衡量。
- ✓ 利於避險操作。

## 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 (0.0028Y)	$0/N < t^{CF} \leq 1M$ (0.0417Y)	$1M < t^{CF} \leq 3M$ (0.1667Y)	$3M < t^{CF} \leq 6M$ (0.375Y)	$6M < t^{CF} \leq 9M$ (0.625Y)	$9M < t^{CF} \leq 1Y$ (0.875Y)	$1Y < t^{CF} \leq 1.5Y$ (1.25Y)	$1.5Y < t^{CF} \leq 2Y$ (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)	$9Y < t^{CF} \leq 10Y$ (9.5Y)	$10Y < t^{CF} \leq 15Y$ (12.5Y)	$15Y < t^{CF} \leq 20Y$ (17.5Y)	$t^{CF} > 20Y$ (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： $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 > 0$

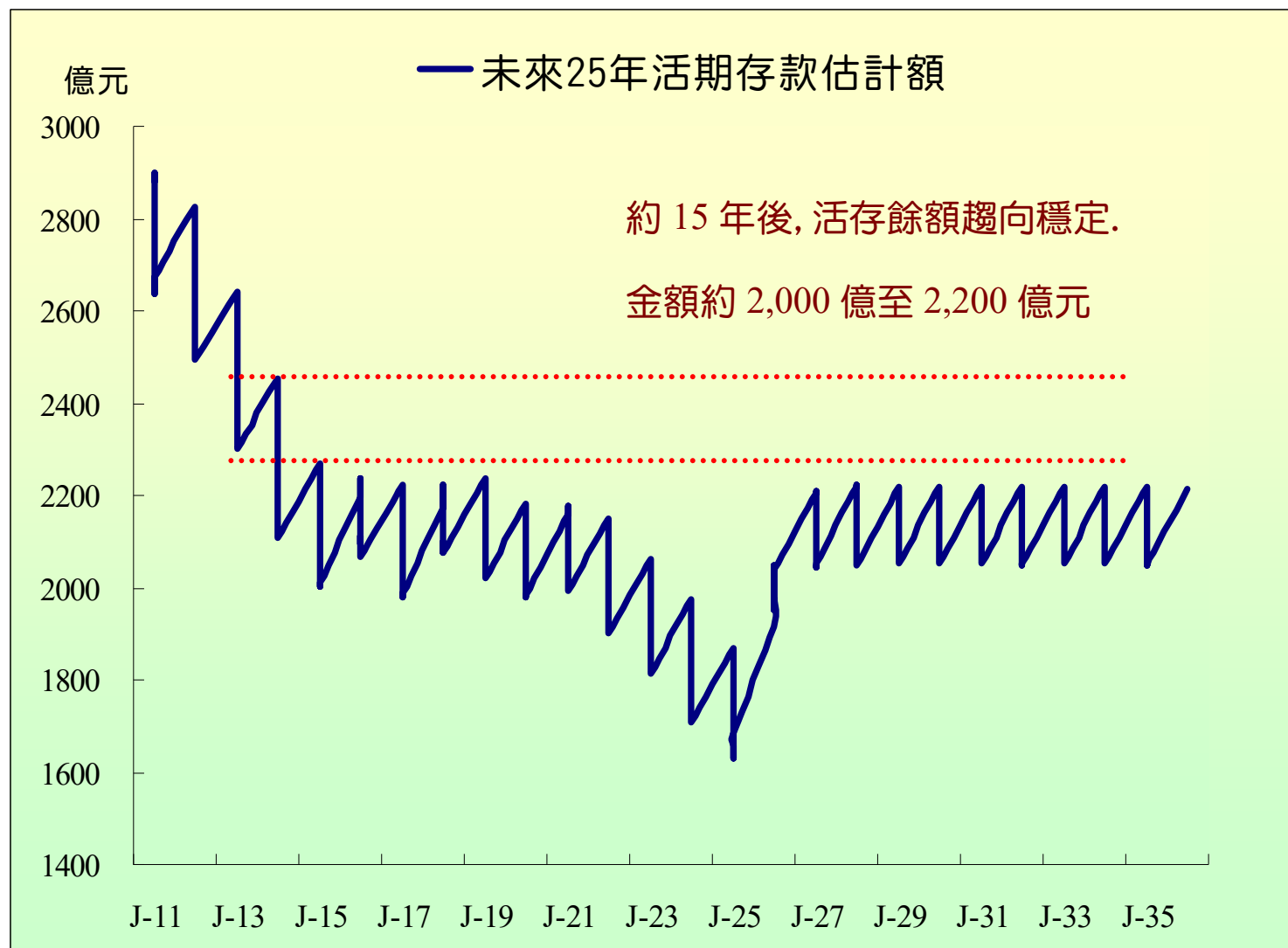
## ◆ 實際計算運用

- 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

## ◆ 參考書目

Martin M. Bardenhewer(2006).”Liquidity Risk Measurement and Management”, Chapter 10, Modeling Non-maturing Products.

## ◆ 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

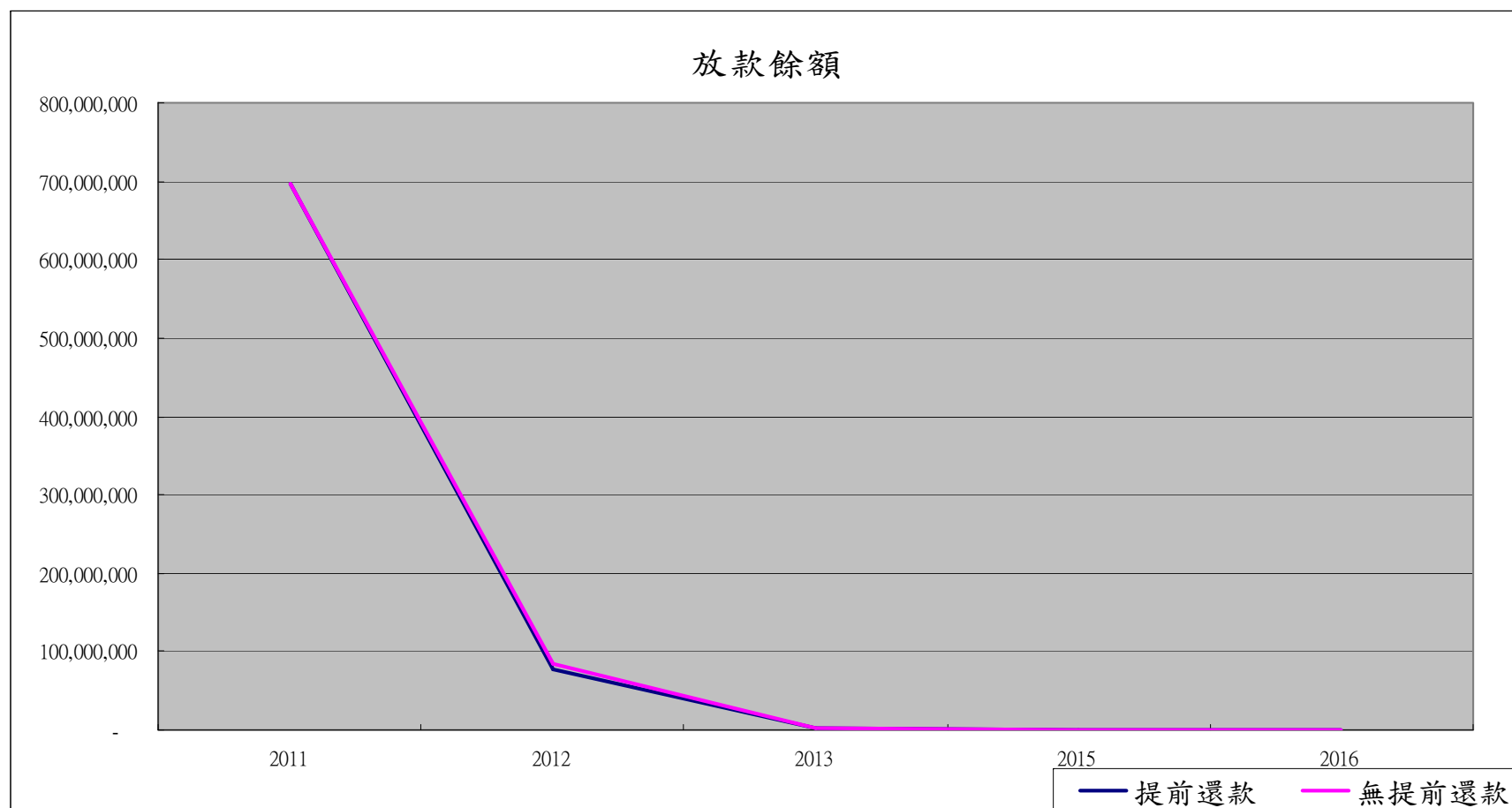
➤ 當期本金在扣除正常還款金額及提前還款金額，剩餘本金再納入下期利息計算

➤ 最後將各期現金流量折現求算放款現值

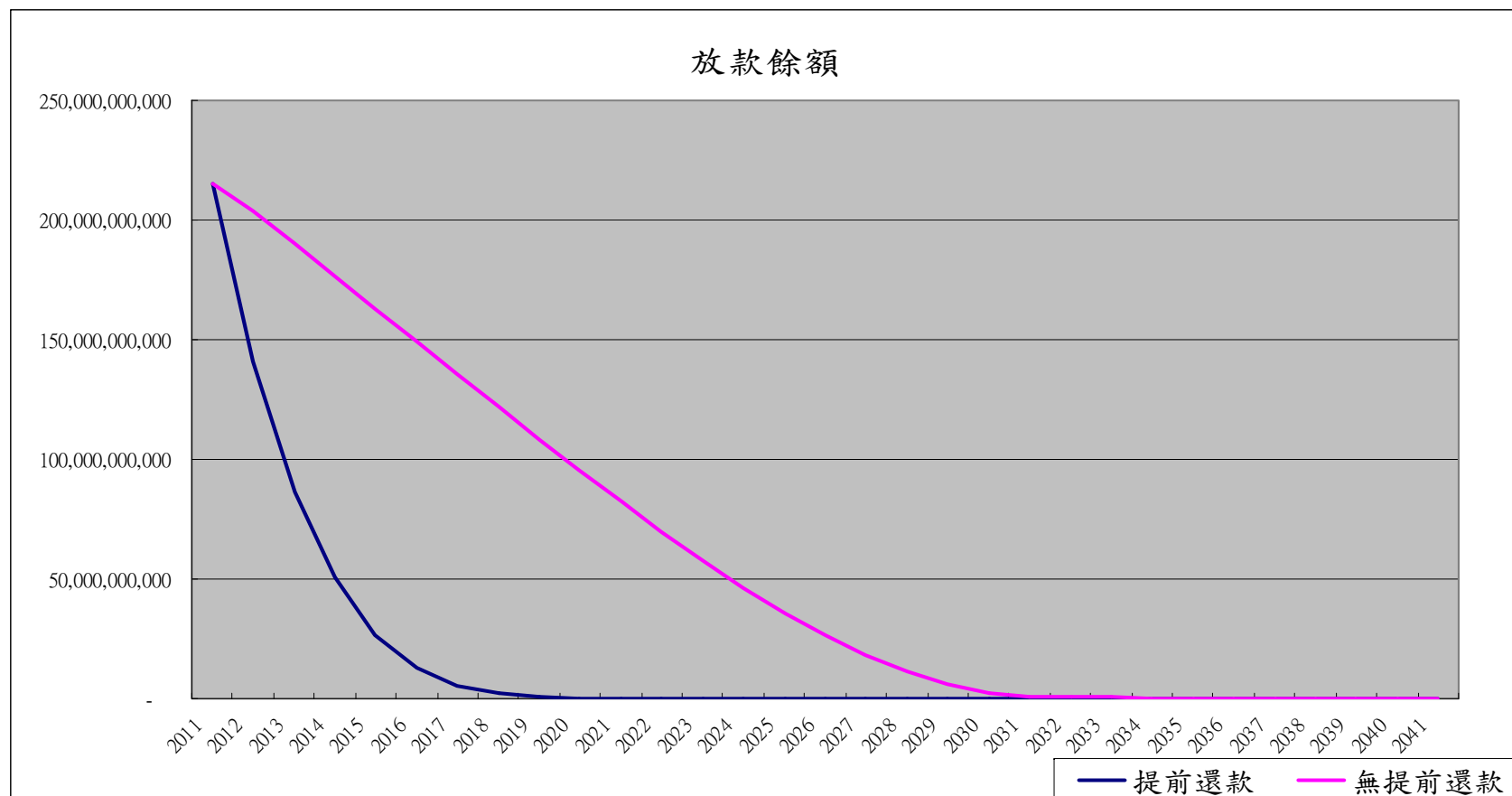
## ◆ 參數估計結果

➤ 不同還本方式下，提前還款有無之圖形比較

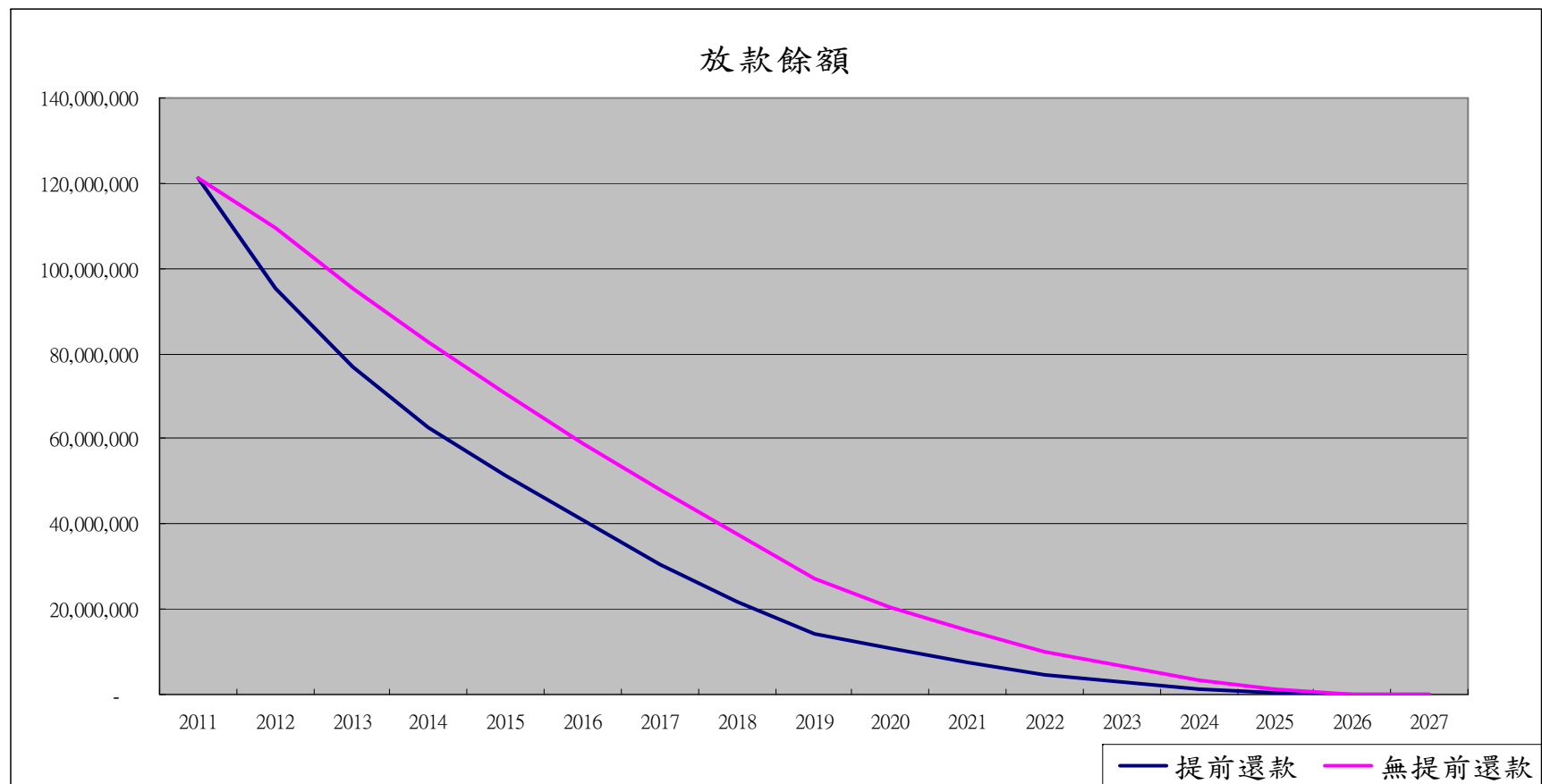
✓ 房貸-到期還本



✓ 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
- ◆ 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- 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
- ◆ 雙因子 G2++ Model
- ◆ 多因子 Lognormal Forward Rate Model

### (三)GPU 使用優勢

◆ 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. Below the header, there are tabs for '瀏覽' (Browse) and '管理' (Manage). The left sidebar contains navigation options: '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.