

從 Basel III 銀行簿利率風險預見 銀行整體風險管理之走向

From Basel III IRRBB to Foresee the ERM of Bank

桃園 中央大學 2019/6/13

昀騰金融科技

技術長

董夢雲 博士

dongmy@ms5.hinet.net

目 錄

- 一、前言
- 二、銀行資產負債表與風險管理全貌
- 三、傳統利率風險衡量的方式
- 四、現代利率風險衡量的方式
- 五、系統架構與特色
- 六、報表產出
- 七、無到期日存款模型介紹
- 八、提前還款模型介紹
- 九、NSFR & LCR
- 十、Basel III & IRRBB
- 十一、QuantLib 程式庫

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

學經歷

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
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

專業

證券暨投資分析人員合格(1996)
台灣金融研訓院 2019 年菁英講座

專長

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、前言

◆ 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。

◆ 如何落實 IRRBB 的要求，對於銀行而言，有其高度的挑戰性。

- 分享講師之前在銀行界內部自行開發 ALM 系統的經驗。
- 該系統可以計算銀行簿的盈餘(NII)與經濟價值(EV)，以及模擬利率變動下的 ΔNII 與 ΔEVE 。
- 該系統內建多因子遠期利率隨機過程(Libor Market Model)的模擬產生器，可以進行銀行簿利率風險模擬的分析計算。
- 該系統建置了分析客戶行為選擇權的量化模型，包括不動產放款提前還款模型以及活期存款提領模型。

二、銀行資產負債表與風險管理全貌

(一)銀行的資產負債表

資金用途				資金來源			
項目	利率	均量	比重	項目	利率	均量	比重
Cash/ 存放同業 存放央行 拆放同業 應收/付遠匯款				同業拆放/RP 應收/付遠匯款			
買入有價證券 央行 NCD 票券 債券 放款 短期 中長期 Factoring				存款 活期 定期			
長投 固定資產 其他				金融債 其他 資本&公積			

◆ 如何衡量與管理整體部位的風險？

➤ Basel 的風險管理架構觀點

- ✓ 市場風險
- ✓ 信用風險
- ✓ 作業風險
- ✓ 流動性風險

(二)銀行的簿別分類

◆ 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。

◆ 34 號公報、IFRS 與市價重估的趨勢

- 針對金融資產 34 號公報採用五類分類，公平價值(Fair Value)、備供出售(Available for Sale)、持有至到期(Hold to Maturity)、攤銷後成本衡量、成本衡量。
- IFRS 採用兩類分類，公允價值衡量、攤銷後成本衡量。
 - ✓ 固定收益資產與金融債使用公允價值衡量。
 - ✓ 放款與存款傾向使用攤銷後成本衡量。
- 市場潮流為盡可能使用公允價值衡量來評估所有資產與負債項目。

(三)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。

三、傳統利率風險衡量的方式

(一)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。

(二)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。

◆ Duration 公式假設利率期限結構為平行移動，此與市場實際情況不符。

- 資產、負債表上的改變並不容易，Immunization 的執行並不容易。
- 資產、負債中有許多非債券型的利率衍生商品，無法定義 Duration。
- 實務上使用有限制，較無法成為避險操作的根據。

四、現代利率風險衡量的方式

(一)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。

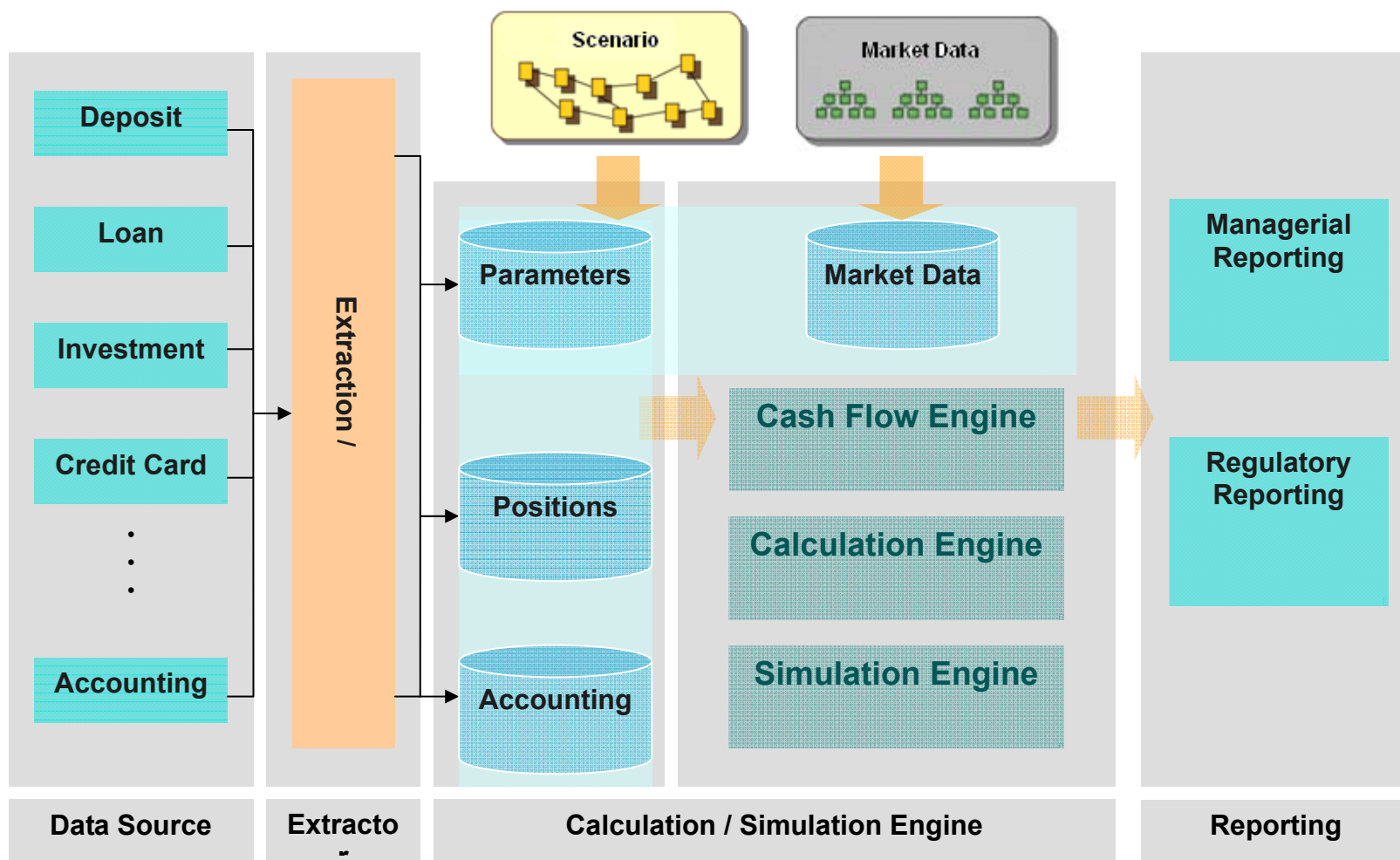
	0~1M	1M~3M	3M~6M	6M~12M	12M~24M
DV01	-2,000	1,000	-3,000	5,000	10,000
$\Delta R(\text{bp})$	-50	-40	-25	-25	-12.5
PL	100,000	-40,000	75,000	-125,000	-125,000
Total PL	-115,000				

◆ 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。

五、系統架構與特色

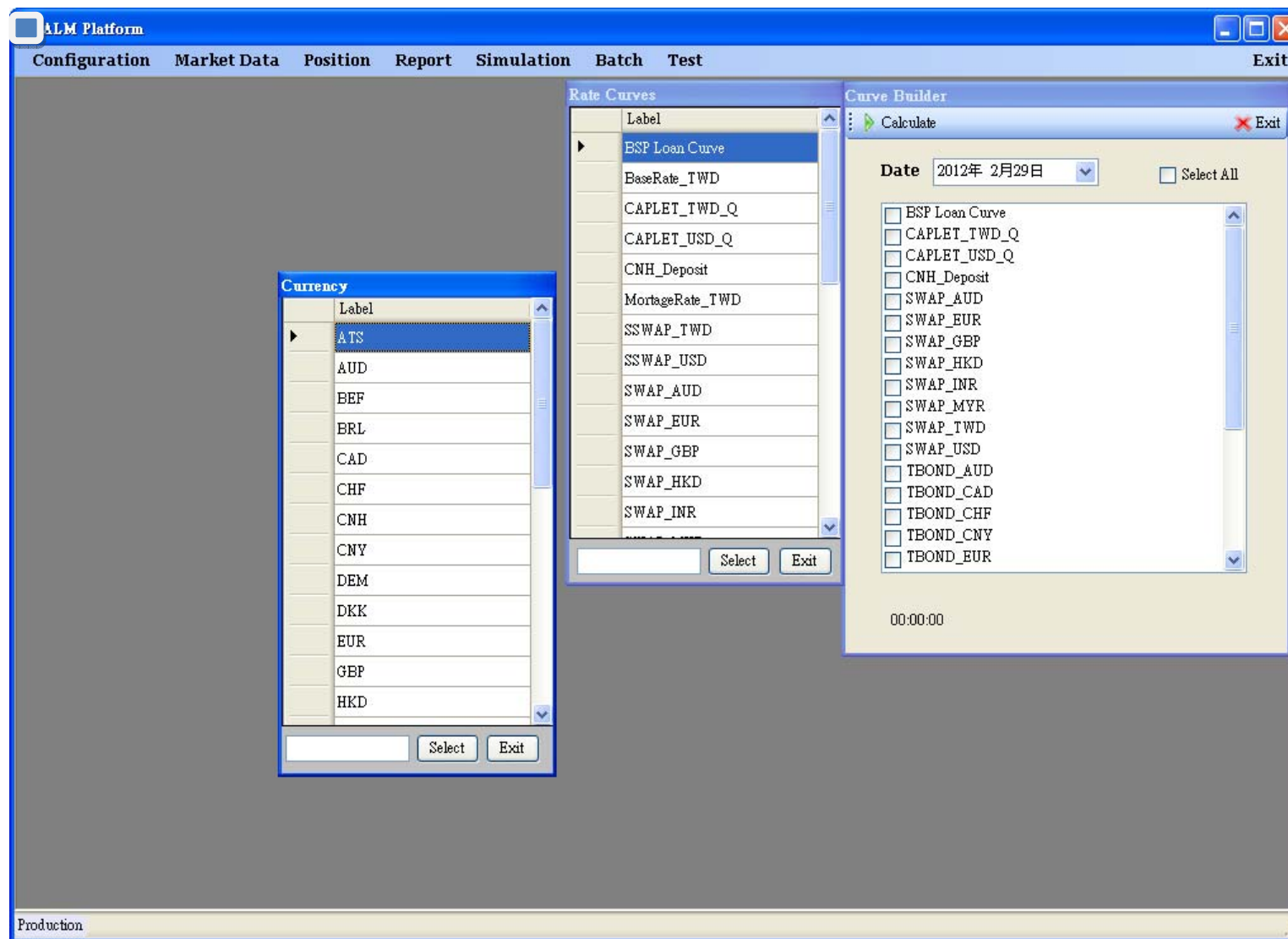
(一)系統架構



◆ 開發平台

- Windows .Net Platform , Visual C#
- QuantLib Library in C#
- MS SQL Server

◆ Market Data 畫面



◆ Position 畫面

ALM Platform

Configuration Market Data Position Report Simulation Batch Test Exit

Position Summary

View Exit

Product: GeneralMortgage_FIX

Description: 個金房貸業務一般房貸固定利率

Currency: TWD

1 / 9

InstrumentID	PositionName
LN_192453	PLN_100016
LN_192453	PLN_100016
LN_139773	PLN_100167
LN_61278	PLN_100777
LN_82521	PLN_100892
LN_84587	PLN_101140
LN_68237	PLN_101294
LN_81546	PLN_101319
LN_192828	PLN_101379
LN_121192	PLN_101522
LN_121192	PLN_101522
LN_83505	PLN_101568
LN_86010	PLN_101573
LN_83670	PLN_10215
LN_61916	PLN_102475
LN_65421	PLN_102515
LN_85670	PLN_10258
LN_85730	PLN_102729

Product Generator

Label	Description
GeneralMortgage_FIX	個金房貸業務一般房貸固定利率
GeneralMortgage_FLT	個金房貸業務一般房貸浮動利率
GrantMortgage_FIX	個金房貸業務政策性房貸固定利...
GrantMortgage_FLT	個金房貸業務政策性房貸浮動利...
RevolvingMortgage_FIX	個金房貸業務理財型房貸固定利...
RevolvingMortgage_FLT	個金房貸業務理財型房貸浮動利...
PostDepositMortgage_FIX	個金房貸業務郵匯局轉存款房貸...
PostDepositMortgage_FLT	個金房貸業務郵匯局轉存款房貸...
LandLoan_FIX	個金土地融資固定利率
LandLoan_FLT	個金土地融資浮動利率
CarLoan_FIX	個金汽車貸款固定利率
CarLoan_FLT	個金汽車貸款浮動利率
SecurityLoan_FIX	個金其他貸款有價證券貸款固定...
SecurityLoan_FLT	個金其他貸款有價證券貸款浮動...
PledgeLoanCD_FIX	個金其他貸款存單質借固定利率
PledgeLoanCD_FLT	個金其他貸款存單質借浮動利率
CustodySecurityLoan_FIX	個金其他貸款集保有價券固定利...

Select Exit

Production

◆ 銀行簿所有資產類別，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

(二)系統特色

- ◆ 提高報表產生自動化程度
- ◆ 提供管理階層盈餘觀點及經濟價值(Economic Value)觀點利率風險分析資訊
- ◆ 考慮無到期日存款之行為(Behaviorization)分析
- ◆ 考慮放款之提前還款(Prepayment)行為分析
- ◆ 提供模擬分析工具(Monte Carlo Simulation)

◆ 採用更細緻之衡量風險方法

- 時間帶可再細分，不受法報格式限制
- 產品項目可展開至細項(ex：放款→企金、個金→房貸、車貸、信貸、其他)
- 提高現金流量之完整性，不僅考慮本金，也考慮利息
- 除 Risk-free Yield Curve 外，並依據金控信用評等，建構 9 條不同利率加碼之 Yield Curve，可針對存放款作市價重估
 - ✓ 首先利用 Risk-free Yield Curve 求算出 Risk-free Spot Rate Curve
 - ✓ 利用台灣經濟新報(TEJ)與 S&P 所提供各評等的違約機率，轉換為信用風險貼水
 - ✓ 金控內部評等與 TEJ 和 S&P 做一對應關係，在計算各產品的信用風險貼水時，台幣可參考 TEJ；外幣可參考 S&P
 - ✓ 在求算各信用等級的即期利率期限結構，可加入各產品信用風險貼水，以利評價

六、報表產出

(一)法定報表

◆ 利率風險

- AI.230 利率敏感性資產負債分析表---新台幣
- AI.235 利率敏感性資產負債分析表---美金(OBU+DBU)

◆ 流動性風險

- AI.240 新台幣到期日期限結構分析表
- AI.245 美金到期日期限結構分析表(OBU+DBU)

◆ 利率風險

➤ AI.230 利率敏感性資產負債分析表---新台幣

利率敏感性資產負債分析表---新台幣（34號公報）

民國

■■■■■

單位：新台幣千元

項目 代號	項 目	1-90天(含) A	91-180天(含) B	181天-1年(含) C	1年以上 D	合計 T
1000	資產					945,806,563
1100	利率敏感性資產	758,463,611	15,364,111	57,396,924	48,940,880	880,165,526
1110	存、拆放銀行同業	8,817,324	-	23,104,803	-	31,922,127
1120	有價證券	191,688,158	11,841,528	32,789,240	17,246,119	253,565,045
1130	放款	555,943,526	3,422,058	1,499,538	16,178,019	577,043,141
1190	其他	2,014,603	100,525	3,343	15,516,742	17,635,213
1200	無息資產					65,641,037
2000	負債					877,926,775
2100	利率敏感性負債	404,777,370	359,223,954	58,211,814	18,497,341	840,710,479
2110	存款	345,081,469	354,201,096	58,211,814	3,076,173	760,570,552
2120	借入款(含中華郵政轉存款)	34,138,538	3,000,000	-	15,000,000	52,138,538
2190	其他	25,557,363	2,022,858	-	421,168	28,001,389
2200	無息負債					37,216,296
3000	淨值					67,879,788

➤ AI.235 利率敏感性資產負債分析表---美金(OBU+DBU)

利率敏感性資產負債分析表---美金（34號公報）

民國

單位：美金千元

項目 代號	項 目	1-90天(含) A	91-180天(含) B	181天-1年(含) C	1年以上 D	合計 T
1000	資產					5,893,680
1100	利率敏感性資產	3,141,407	73,765	19,993	8,429	3,243,594
1110	存、拆放銀行同業	104,061	-	-	-	104,061
1120	有價證券	36,746	560	19,993	5,393	62,692
1130	放款	2,567,628	48,181	-	3,036	2,618,845
1190	其他	432,972	25,024	-	-	457,996
1200	無息資產					2,650,086
2000	負債					5,850,576
2100	利率敏感性負債	1,628,231	1,588,742	129,330	411	3,346,714
2110	存款	683,831	1,564,818	129,330	411	2,378,390
2120	借入款(含中華郵政轉存款)	761,500	5,000	-	-	766,500
2190	其他	182,900	18,924	-	-	201,824
2200	無息負債					2,503,862
3000	淨值					43,105

◆ 流動性風險

➤ AI.240 新台幣到期日期限結構分析表

新台幣到期日期限結構分析表

民國

單位：新台幣千元

項目代號	項目	0-10天 A	11-30天 B	31-90天 C	91-180天 D	181天-1年 E	超過1年 F	合計 T
1000	一、主要到期資金流入合計	149,421,091	102,019,753	170,531,382	47,142,001	72,969,627	517,722,609	1,059,806,463
1100	現金及存放銀行同業	29,565,871	1,446,736	4,166,637	3,269,036	4,439,546	8,683,699	51,571,525
1200	拆放銀行同業及透支	8,441,000	0	2,000	0	0	0	8,443,000
1300	有價證券投資	79,476,895	45,191,973	73,587,364	6,434,529	32,526,495	19,367,861	256,585,117
1400	附買回債（票）券投資	947,837	0	0	0	0	0	947,837
1500	放款（含催收款項）	5,171,101	26,091,923	37,737,673	21,231,685	21,282,955	467,421,285	578,936,622
1600	應收利息及收益	404,885	381,801	199,542	67,203	110,549	24,197	1,188,177
1700	固定資產	0	0	0	0	0	8,632,987	8,632,987
1900	其他到期資金流入項目	25,413,502	28,907,320	54,838,166	16,139,548	14,610,082	13,592,580	153,501,198
2000	二、主要到期資金流出合計	84,811,396	78,194,713	197,590,976	138,572,828	186,842,437	390,361,854	1,076,374,204
2100	同業拆放、透支及存款（含台灣郵政轉存款）	15,601,770	8,939	243,330	1,996,578	13,559,027	0	31,409,644
2200	活期性存款	5,597,150	6,840,961	6,219,056	6,219,056	6,219,056	279,857,507	310,952,786
2300	定期性存款	31,016,106	41,350,622	132,573,913	102,674,326	141,664,649	9,401,283	458,680,899
2400	附買回債（票）券負債	1,740,133	1,419,585	174,485	0	0	0	3,334,203
2500	借入款	0	0	515,653	3,515,244	0	26,508,255	30,539,152
2600	應付利息	122,561	279,862	308,448	293,674	310,618	26,987	1,342,150
2700	約定融資額度	259,564	519,129	1,557,387	2,336,080	4,672,161	2,654,037	11,998,358
2800	淨值	0	0	0	0	0	67,879,788	67,879,788
2900	其他到期資金流出項目	30,474,112	27,775,615	55,998,704	21,537,870	20,416,926	4,033,997	160,237,224
3000	三、期限缺口	64,609,695	23,825,040	-27,059,594	-91,430,827	-113,872,810	127,360,755	-16,567,741
4000	銀行新台幣資產合計							945,806,563
4100	銀行新台幣資產之5%金額							47,290,328

➤ AI.245 美金到期日期限結構分析表(OBU+DBU)

美金期限結構分析表（總行、國內分支機構及國際金融業務分行）

民國

單位：美金千元

項目代號	項目	0-30天 A	31-90天 B	91-180天 C	181天-1年 D	超過1年 E	合計 T
1000	一、主要到期資金流入合計	3,574,971	2,726,060	1,176,137	713,301	2,409,334	10,599,803
1100	現金及存放銀行同業	78,922	0	0	0	0	78,922
1200	拆放銀行同業及透支	35,000	0	0	0	0	35,000
1300	有價證券投資	28,380	4,997	997	23,048	150,474	207,896
1400	附買回債（票）券投資	0	0	0	0	0	0
1500	放款(含權收款項)	840,580	651,168	370,695	41,770	748,763	2,652,976
1600	應收利息及收益	2,082	2,848	713	4	115	5,762
1700	固定資產	0	0	0	0	0	0
1900	其他到期資金流入項目	2,590,007	2,067,047	803,732	648,479	1,509,982	7,619,247
2000	二、主要到期資金流出合計	3,999,740	2,672,668	825,174	699,108	2,273,999	10,470,689
2100	同業拆放、透支及存款	671,500	90,000	5,000	0	0	766,500
2200	活期性存款	218,420	160,174	131,052	72,806	873,684	1,456,136
2300	定期性存款	342,604	341,227	108,682	129,330	411	922,254
2400	附買回債（票）券負債	0	0	0	0	0	0
2500	借入款	0	0	0	0	0	0
2600	應付利息	733	376	140	94	1	1,344
2700	約定融資額度	0	12,319	12,272	506	65,827	90,924
2800	淨值	0	0	0	0	0	0
2900	其他到期資金流出項目	2,766,483	2,068,572	568,028	496,372	1,334,076	7,233,531
3000	三、期距缺口	-424,769	53,392	350,963	14,193	135,335	129,114

(二)管理性報表

◆ NII 相關

- Repricing Gap
- NII Impact

◆ Liquidity 相關

- Liquidity Report

◆ Economic Value 相關

- Cash Flow Maturity Gap
- DV01
- Economic Value(Present Value)
- Duration

◆ NII 相關

➤ Repricing Gap :

$$GAP = RSA - RSL$$

- ✓ 以會計帳面價值和銀行簿為基礎，並假設資產、負債均持有至到期日，RSA 與 RSL 的缺口或比率
- ✓ 利率敏感性資產(RSA)：在一定天期內，因利率變動會被重新訂價的資產總和
- ✓ 利率敏感性負債(RSL)：在一定天期內，因利率變動會被重新訂價的負債總和
- ✓ 重訂價缺口(GAP)：利率敏感性資產(RSA)與利率敏感性負債(RSL)之差額

➤ Repricing Gap Report

單位：新台幣千元

項目	1M	...	6M	...	1Y	...	>15Y	總數
存拆放銀行同業	8,417,414		0		23,104,803		0	31,922,127
放款	517,181,182		212,746		1,491,790		5,981,473	577,043,141
有價證券投資	77,801,045		4,601,260		32,289,240		200,402	206,498,244
衍生性商品	3,600,000		500,000		0		0	6,000,000
其他資產	209,802		2,638		3,343		0	16,687,376
資產端總現金流量	607,209,443		5,316,645		56,889,176		6,181,875	838,150,887
銀行同業存拆放	34,565,052		0		0		0	34,743,846
金融債	11,000,000		0		0		0	30,000,000
活期存款	0		99,623,585		0		0	301,889,653
定期存款	257,984,879		17,889,886		57,858,183		0	458,680,899
衍生性商品	1,400,000		0		0		0	5,000,000
其他負債	2,590,142		0		0		0	15,300,575
負債端總現金流量	307,540,073		117,513,471		57,858,183		0	845,614,973
期間重定價缺口	299,669,370		-112,196,826		-969,007		6,181,875	-7,464,086
累積期間重訂價缺口	299,669,370		-33,881,416		-34,850,423		-7,464,086	-7,464,086
(累計)RSA/RSL	1.970		0.960		0.960		0.990	0.990

- NII Impact：從會計盈餘的觀點，計算利率變動對淨利息收益的影響

$$\Delta NII = GAP \times \Delta R = (RSA - RSL) \times \Delta R$$

- ✓ 舉例說明：假設一年內的重訂價缺口為+1,000 萬元，當利率上升 0.25%，淨利息收益將增加約 25,000 元

$$\Delta NII = GAP \times \Delta R = 10,000,000 \times 0.0025 = 25,000$$

➤ NII Impact Report

單位：新台幣千元

項目 幣別：新台幣	時間帶					總利息收入 (費用)變化
	1M	..	6M	...	12M	
存拆放銀行同業	8,417,414		0		0	38,129
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
放款	517,181,182		212,746		131,450	1,330,716
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
有價證券投資	77,801,045		4,601,260		1,500,000	366,683
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
衍生性商品	3,600,000		500,000		0	10,335
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
其他資產	209,802		2,638		0	2,560
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
資產端總利息所得						1,748,423
銀行同業存拆放	34,565,052		0		0	83,485
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
金融債	11,000,000		0		0	33,896
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
活期存款	0		99,623,585		0	475,580
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
定期存款	257,984,879		17,889,886		8,515,750	926,054
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
衍生性商品	1,400,000		0		0	3,366
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
其他負債	2,590,142		0		0	31,212
利率變化(%)	0.25		0.25		0.25	
負債端總利息費用						1,553,593
淨利息收益影響數						194,831

◆ Liquidity 相關

- Liquidity Gap：以會計資產負債表之帳面價值為基礎
 - ✓ 僅包含表內項目
 - ✓ 自編表基準日至會計科目細目預計到期日，來決定擺放天期
 - ✓ 與 AI.240 相同，只包含名目本金與下一次應計利息

➤ Liquidity Report

單位：新台幣千元

項目(新台幣)	...	6M	1Y	2Y	5Y	10Y	>10Y	Total
資金流入(來源)								
現金及存放銀行同業		0	4,439,546	8,683,699	0	0	0	51,571,525
拆放銀行同業及透支		0	0	0	0	0	0	8,443,000
有價證券投資		4,603,116	32,526,495	1,093,943	14,211,025	3,816,752	246,142	256,585,117
附賣回債票券投資		0	0	0	0	0	0	947,837
放款		6,364,518	21,021,174	33,520,630	54,033,289	62,727,016	317,140,350	578,936,622
應收利息及收益		18,506	110,550	24,197	0	0	0	1,188,178
固定資產		0	0	8,632,987	0	0	0	8,632,987
衍生性商品		5,844,835	14,033,783	666,082	0	0	0	130,203,633
其他到期資金流入項目		2,638	573,313	12,926,498	0	0	0	23,297,565
資金流入- 合計		16,833,614	72,704,861	65,548,036	68,244,314	66,543,767	317,386,492	1,059,806,462
資金流出(使用)								
同業拆放、透支及存款 (含郵匯局轉存款)		246,988	13,559,027	0	0	0	0	31,409,644
活期性存款		2,487,622	6,219,056	9,328,584	27,985,751	46,642,918	195,900,255	310,952,786
定期性存款		35,930,170	140,738,007	7,489,793	1,911,489	0	0	458,680,899
附買回債票券負債		0	0	0	0	0	0	3,334,203
借入款		0	0	508,256	12,200,000	13,800,000	0	30,539,152
應付利息		59,403	308,689	22,717	4,270	0	0	1,341,286
約定融資額度		0	4,672,160	2,654,037	0	0	0	11,998,358
衍生性商品		9,983,238	18,292,296	635,900	0	0	0	131,903,389
淨值		0	0	0	0	0	67,879,788	67,879,788
其他到期資金流出項目		14,907	2,068,378	3,398,094	0	0	0	28,334,700
資金流出合計		48,722,328	185,857,614	24,037,380	42,101,510	60,442,918	263,780,043	1,076,374,205
期距缺口		-31,888,714	-113,152,753	41,510,656	26,142,805	6,100,849	53,606,449	-16,567,741
累計期距缺口		-30,775,748	-143,928,501	-102,417,845	-76,275,040	-70,174,190	-16,567,741	-16,567,741

◆ Economic Value 相關

➤ Cash Flow Maturity Gap：依據財務理論及不同契約條件推算未來現金流量

- ✓ 僅考慮銀行簿與利率敏感相關的資產與負債
- ✓ 不僅考慮名目本金與下次應計利息，更考慮到各契約到期日前所有現金流量
- ✓ 放款方面，同時考慮到不同本金攤還方式與每期可能的提前還款情形
- ✓ 在活期存款方面，同時設算未來每期可能的存款流失情形

➤ Cash Flow Maturity Gap Report

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：當利率變動 1bp 下，金融工具價格的變動量

$$DV01 = V' - V$$

V' ：利率上升 1bp，金融工具的價格

V ：利率不變下，金融工具的價格

✓ 舉例說明：假設某金融工具目前的 MTM 為 100 萬，當利率上升 1bp 下，價格變為 99.9 萬，則金融工具的 DV01 為 -0.1 萬

$$DV01 = V' - V = 99.9\text{萬} - 100\text{萬} = -0.1\text{萬}$$

➤ DV01 Report

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 Report：給定不同利率情境下，資產與負債經濟價值的變化

單位：新台幣千元

項目 (幣別：新台幣)	-200 bp	-100 bp	-50 bp	-25bp	Base	25bp	50 bp	100 bp	200 bp
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：資產與負債價值受利率影響的敏感程度

✓ 淨值存續期間(D_E)計算公式：

$$D_E = \frac{D_A \times A - D_L \times L}{A - L}$$

✓ 公式推算：

$$\frac{\Delta E}{E} = - \left[\frac{D_A \times A - D_L \times L}{A - L} \right] \times \frac{\Delta R}{1 + R} = -D_E \times \frac{\Delta R}{1 + R}$$

✓ 求算出 D_E 後，可算出當利率變動時，對淨值的影響程度

➤ Portfolio Duration Report

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	

✓ 以本行 D_E 為-14.46，當利率上漲 25bps，權益價值增加百分比為 3.62%

$$\frac{\Delta E}{E} = -D_E \times \Delta R = -(-14.46) \times 0.0025 = 3.62\%$$

七、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： $\beta_1 < 0, \beta_2 > 0, \beta_3 > 0$

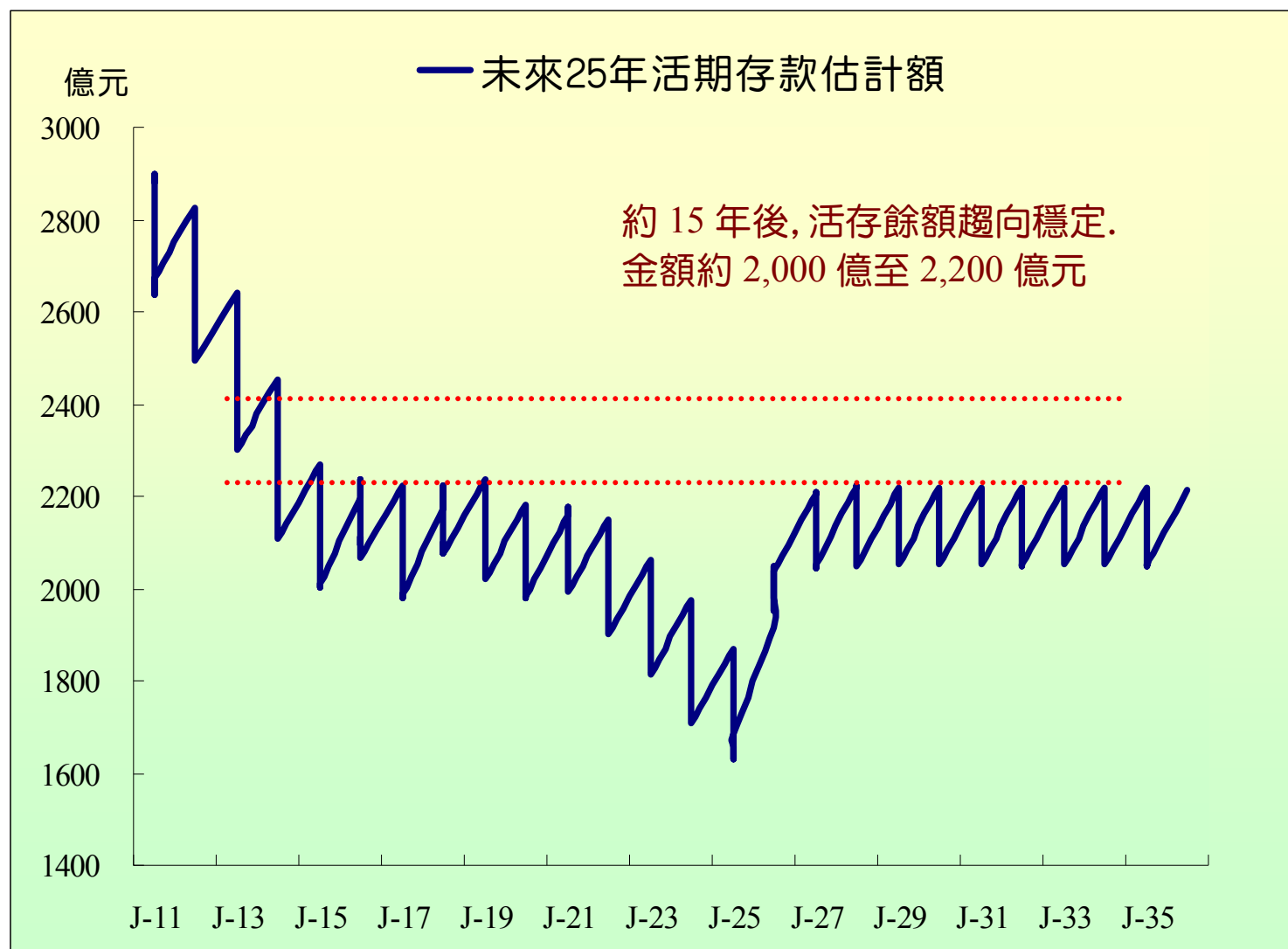
◆ 實際計算運用

- 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



八、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

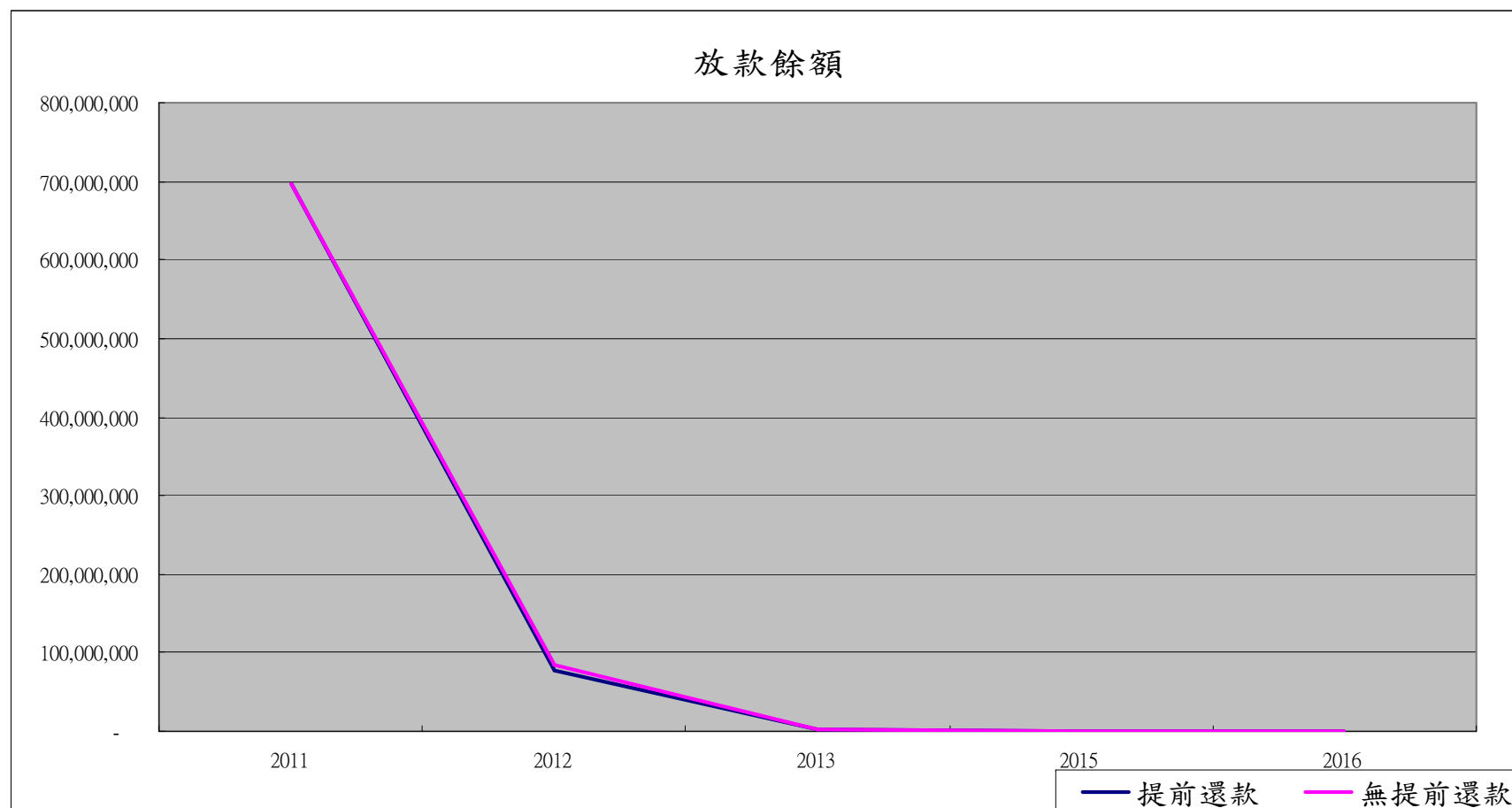
- 針對 $\beta_1 \sim \beta_6$ 進行估計(非線性最適化)

◆ 實際計算應用

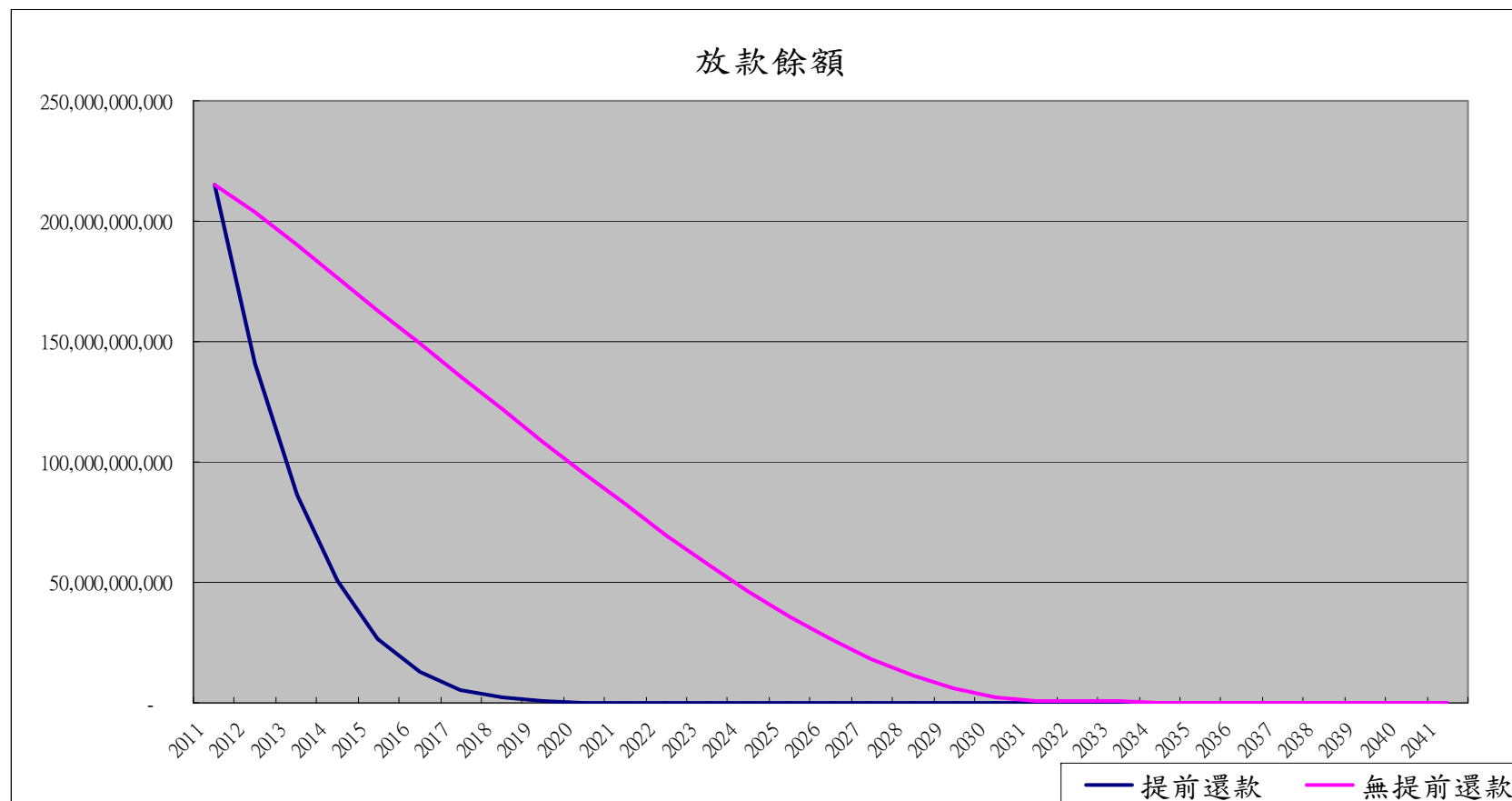
- 利用歷史資料估算模型參數
- 每期計算現金流量時，帶入變數資料如下：
 - ✓ 初貸日期、貸款期數、客戶目前貸款利率及當下外部房(信、車)貸利率以計算提前還款率
- 當期本金在扣除正常還款金額及提前還款金額，剩餘本金再納入下期利息計算
- 最後將各期現金流量折現求算放款現值

◆ 參數估計結果

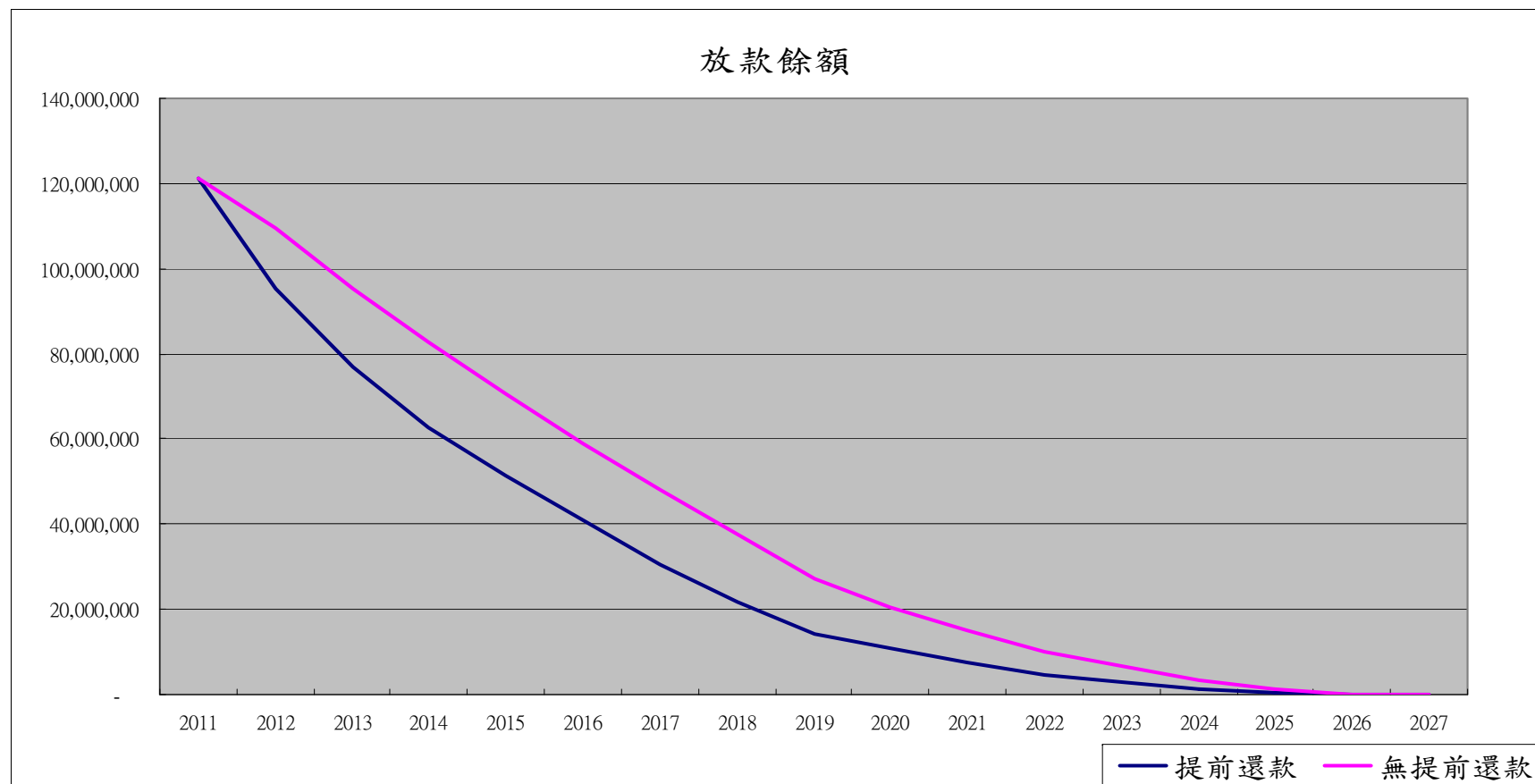
- 不同還本方式下，提前還款有無之圖形比較
- 房貸-到期還本



➤ 房貸-本息均攤



➤ 房貸-本金均攤



九、LCR & NSFR

(一) LCR(Liquidity Coverage Ratio)

◆ 為強化銀行短期流動性復原能力，銀行應確保持有足夠未受限制之合格高品質流動性資產，以因應壓力情境下 30 天內之淨現金流出。

◆ 計算方法：

$$\text{流動性覆蓋比率} = \frac{\text{合格高品質流動性資產總額}}{\text{未來 30 個日曆日內之淨現金流出總額}} \times 100\%$$

◆ 流動性覆蓋率（LCR）建立在傳統的流動性“覆蓋率”方法基礎之上，該方法在銀行內部被用來評估偶發流動性事件可能導致的風險暴露。

- 該壓力情景下的資金累計淨流出量應該按照未來 30 天計算。流動性覆蓋率的標準是不低於 100%（即高流動性資產至少應該等於估算的資金淨流出量）。
- 各家銀行應該持續滿足這一要求，並持有無變現障礙和高流動性資產儲備，用來抵禦可能發生的嚴重流動性壓力。
- 銀行和監管機構也要注意任何潛在的 30 天期限錯配情況，並確保有足夠的流動性資產來填補這一個月當中的資金缺口。

(二) NSFR(Net Stable Fund Ratio)

◆ 為促進銀行業機構的資產和業務融資更趨中、長期化。

- 根據銀行在一個年度內資產和業務的流動性特徵設定可接受的最低穩定資金量，作為一個強制執行的最低要求。
- 流動性覆蓋率指標的一個補充，鼓勵銀行通過結構調整減少短期融資的期限錯配、增加長期穩定資金來源，提高監管措施的有效性。

◆ 計算方法：

$$\text{淨穩定資金比率} = \frac{\text{可用的穩定資金}}{\text{業務所需的穩定資金}} \times 100\%$$

◆ NSFR 方法是建立在傳統的“淨流動性資產”和“資本金”計算方法之上的，這些傳統方法為國際銀行機構、銀行分析師和評級機構所廣泛使用。

- NSFR 並不局限於傳統方法，將傳統公式所忽略的表外資產潛在的流動性風險，以及用短期資金為長期資產融資等期限錯配的情況，都納入了考慮範圍。
 - ✓ 一種流動性風險的綜合計量方法，可以識別當前市場面臨的困難，包括在流動性不足的市場環境下正在進行之中的交易及證券化行為導致的融資需求。
- 在計算有穩定融資需求的資產總量時，應將所有缺乏流動性的資產和證券囊括在內，
 - ✓ 不管其在會計處理上的分類如何（無論其為交易類資產，還是可供出售資產或持有到期資產），也不管其交易及證券化行為何時完成。
- 實際上，有多少交易資產需要穩定資金來源，不是根據設定的執行週期，而是根據所持資產頭寸的流動性特徵來計算的。
 - ✓ 至少還有一部分穩定資金來源，要被用於滿足部分表外業務或突發事件潛在的流動性需求。

十、Basel III & IRRBB

◆ 銀行簿利率風險（以下簡稱 IRRBB）是巴塞爾資本架構第二支柱（監理審查程序）的一部分，需遵循委員會於 2004 年發佈之「利率風險管理與監理原則」（以下簡稱「利率風險原則」）指引。

➤ 此利率風險原則列出委員會對銀行在辨識、衡量、監督和控制 IRRBB，以及相關監理的期望。

◆ 依 FSB 的 TLAC 條款清單第 15 節所述：

➤ 為因應市場與監理實務的改變，委員會決定更新初版利率風險原則，本文件涵蓋委員會期許銀行用以衡量、管理、監督和控制該風險之原則與方法的更新版本。

➤ 這些更新的原則是 2015 年諮詢的主題，當時委員會提出了 IRRBB 監管處理的兩個選項：

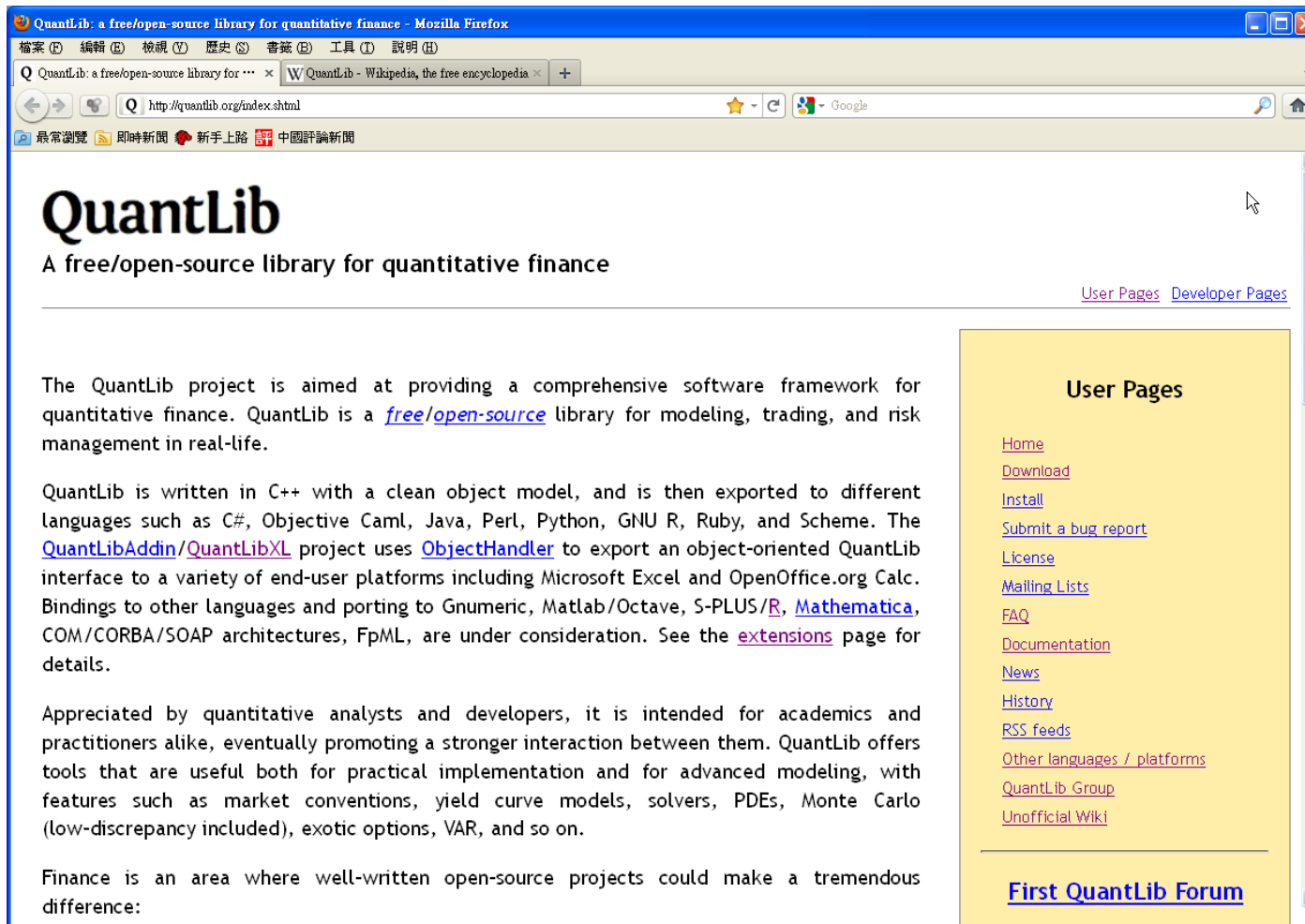
- ✓ 標準化的第一支柱（最低資本要求）方法論和強化的第二支柱方法論（包括第三支柱的要素-市場紀律），
- ✓ 委員會注意到業界對第一支柱標準法對 IRRBB 可行性的回饋意見，特別是制定 IRRBB 標準化措施所涉及的複雜性，該標準化衡量方式需準確且具風險敏感性，以反映制定法定資本要求的意涵。

◆ 在強化第二支柱下，對原則的主要更新如下：

- 對銀行 IRRBB 管理程序的期望提供了更佳的指引，尤其是發展衡量 IRRBB 時所運用的震盪和壓力情境（原則 4）、衡量 IRRBB 時銀行應該考量的關鍵行為和模型假設（原則 5），以及銀行 IRRBB 所使用的內部衡量系統（IMS）及模型之內部驗證程序（原則 6）。
- 原則 8 的揭露要求已經更新，以提高 IRRBB 衡量和管理的一致性、透明度及可比性。
- 除其他要求外，銀行必須揭露利率震盪對其權益經濟價值（ ΔEVE ）和淨利息收入（ ΔNII ）變化的影響，這是根據一系列規定的利率震盪情境計算出來的。
- 原則 11 更新監理審查程序，以闡明監理機關在評估銀行 IRRBB 暴險程度和管理應考量的因素。監理機關亦可要求司法管轄區內的銀行遵循 IRRBB 的標準化架構（例如，若發現銀行的 IMS 沒有充分反映 IRRBB）。標準化架構已更新以強化其反映風險的能力。
- 依據原則 12，監理機關必須發布定義為狀況異常銀行的標準。對於「狀況異常銀行」的定義門檻亦被緊縮，監理機關採用的狀況異常/重要性檢測至少應包括在一系列規定的利率震盪情境下，銀行的 ΔEVE 與其第一類資本 15% 作比較。監理機關可採用自己的具體措施實施額外的狀況異常/重要性測試。

十一、QuantLib 程式庫

(一) QuantLib 程式庫的由來



◆ QuantLib 是一個開放源碼軟體程式庫(Open-Source Software Library)。

- 其開發目的在提供對金融工具評價和相關主題有興趣的軟體開發人員，適合的開發工具。
- 可在 QuantLib 的網站上，www.quantlib.org，了解其專案的相關內容。
 - ✓ QuantLib 是以 C++ 語言開發的程式庫，但被轉寫成其他不同的語言。
 - ✓ 包括 C#、Objective Caml、Java、Perl、Python、GNU R、Ruby 與 Scheme。
- 在 QuantLibAddin/QuantLibXL 專案中，將 QuantLib 的程式庫包裝成 Excel 可以使用的增益集
 - ✓ 一般的財務人員也可透過 Excel 的使用，分享 QuantLib 專案的成果。

◆ QuantLib 的歷史

- 由一群在 Cabota Banca Intesa 的利率衍生商品交易台(Interest Rate Derivative Desk)工作的數量分析專家們，於西元 2000 年時所開創的一個財務金融程式庫開發專案。
 - ✓ 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。QuantLib 專案目前是由 Luigi Ballabio 與 Ferdinando Ametrano 兩位專家所領導。
 - ✓ QuantLib 所提供的工具，不論對實務上的實作或是進階的建模，都是相當有用的。目前最新的版本是 1.1 版。
- 除了 C++ 語言之外，其他語言的 QuantLib 專案也陸續成立運作，
 - ✓ 例如使用 C# 語言的 QLNet，<http://sourceforge.net/projects/qlnet/>
 - ✓ 使用 R 語言的 RQuantLib，<http://dirk.eddelbuettel.com/code/rquantlib.html>
 - ✓ 使用 Java 語言的 JQuantLib，<http://www.jquantlib.org>
 - ✓ 以及可配合 Excel 使用的增益集，本專案的子專案 QuantLibXL

◆ QuantLib 各版本的演進與推出時間

Version	Release date	Notes
0.1.1	Nov 21, 2000	
0.2.0	Sep 18, 2001	
0.3.4	Nov 21, 2003.	
0.3.7	Jul 23, 2004.	此版之後 QuantLib 需要 Boost 程式庫。
0.4.0	Feb 20, 2007.	版本的大幅更動，目的在加快收斂到 1.0 版。
0.8.0	May 30, 2007.	
0.9.0	Dec 24, 2007.	
0.9.9	Nov 2009.	
1.0.0	Feb 24, 2010	
1.0.1	Sep 17, 2010	
1.1.0	May 23, 2011	

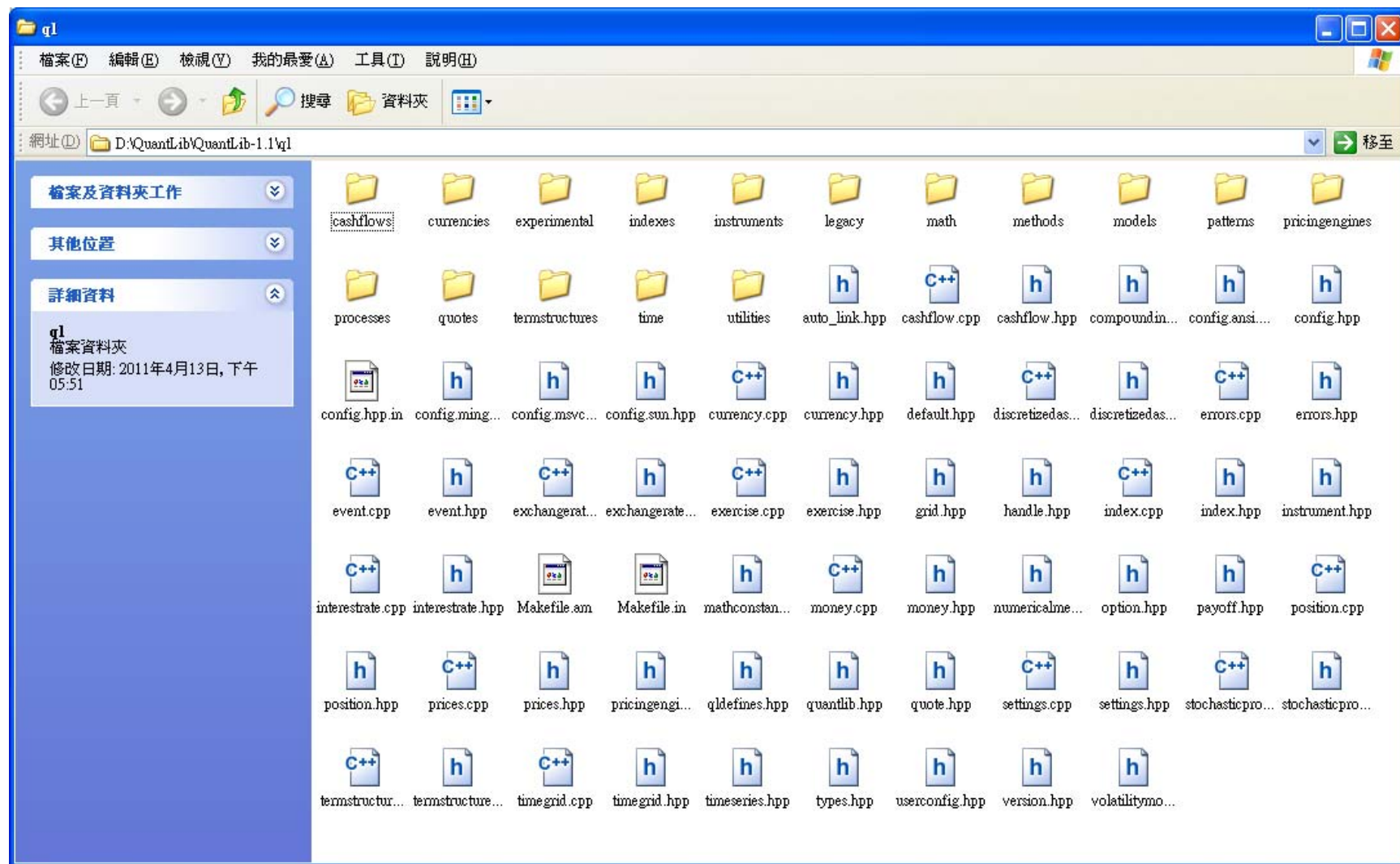
(二)QuantLib程式庫的內容

◆ QuantLib 程式庫內容豐富，包含的檔案上千個，可以概分 15 類模組，如下所示。

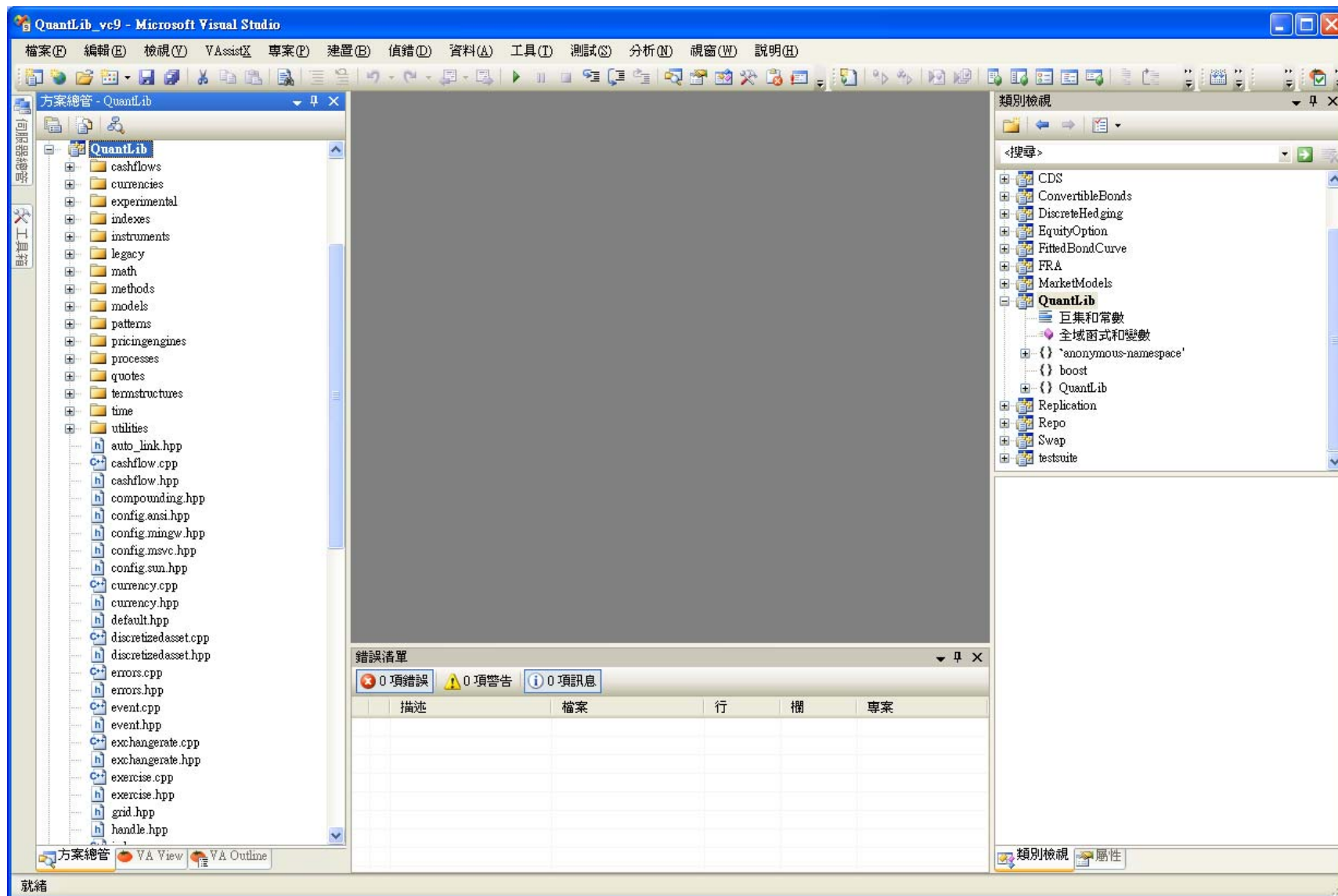
- Numeric types：主要在定義各類資料的資料型別，例如，利率(Rate)、利差(Spread)、波動性(Volatility)是實數(Real)。
- Currencies and FX rates：包括 66 種貨幣類別以及相關匯率轉換計算與管理的物件。
- Date and time calculations：包括 37 種不同國家/地區日曆類別、7 種不同計息方式類別以及相關日期計算的物件。
- Pricing engines：九大類評價引擎，包括 Asian option、Barrier option、Basket option、Cap/Floor、Cliquet option、Forward option、Quanto option、Swaption、Vanilla option 等。每一類都有解析解、二元樹、有限差分法與蒙地卡羅模擬的實作類別。
- Finite-differences framework：三大類有限差分法的實作類別。
- Short-rate modelling framework：包括單因子模型，Vasicek、CIR、Hull-White、Black-Karasinski、Extended CIR 等模型。雙因子模型的 G2 模型。

- Financial instruments：40 多種的金融工具，含 Swap、Vanilla Option、Exotic Option、Stock、Forward、Cap、Floor、Color、Bond、Future、Callable Bond 以及相對應的 Quanto 產品、Inflation Bond。
- Lattice methods：一維與二維的二元樹和三元樹模型。
- Math tools：包括分配、積分、相關性、內差、矩陣、最適化、亂數、求解、統計等九類數學工具。
- Monte Carlo framework：單變數與多變數的歐式與美式模擬方法物件。
- Design patterns：Singleton、Observer/Observable、Lazy Object、Composite、Curiously Recurring Template、Acyclic Visitor 樣式。
- Stochastic processes：幾何布朗運動、隨機波動模型、Square Root Process、Ornstein Uhlenbeck Process、Hull White Process、G2 Process。
- Term structures：包括利率、波動性、信用與通膨的期限結構物件。
- Models：分別包括 Equity Model、Short Rate Model、Volatility Model 中使用的相關模型，以及針對 Libor/Swap Market Model 涉及的金融工具與模擬方法的相關物件上百個，。
- QuantLib macros：一些數值極限與除錯所需的 Macros。

◆ 安裝後的目錄內容



◆ QuantLib 專案的大致輪廓



◆ C# Example Code

```
class EquityOption
{
    static void Main(string[] args)
    {
        DateTime timer = DateTime.Now;

        // set up dates
        Calendar calendar = new TARGET();
        Date todaysDate = new Date(15, Month.May, 1998);
        Date settlementDate = new Date(17, Month.May, 1998);
        Settings.setEvaluationDate(todaysDate);

        // our options
        Option.Type type = Option.Type.Put;
        double underlying = 36;
        double strike = 40;
        double dividendYield = 0.00;
        double riskFreeRate = 0.06;
        double volatility = 0.20;
        Date maturity = new Date(17, Month.May, 1999);
        DayCounter dayCounter = new Actual365Fixed();
        Console.WriteLine("Option type = " + type);
        Console.WriteLine("Maturity = " + maturity);
    }
}
```

```

Console.WriteLine("Underlying price = " + underlying);
Console.WriteLine("Strike = " + strike);
Console.WriteLine("Risk-free interest rate = {0:0.000000%}", riskFreeRate);
Console.WriteLine("Dividend yield = {0:0.000000%}", dividendYield);
Console.WriteLine("Volatility = {0:0.000000%}", volatility);
Console.WriteLine("\n");
string method;
Console.WriteLine("\n");

// write column headings
int[] widths = new int[] { 35, 14, 14, 14 };
Console.Write("{0,-" + widths[0] + "}", "Method");
Console.Write("{0,-" + widths[1] + "}", "European");
Console.Write("{0,-" + widths[2] + "}", "Bermudan");
Console.WriteLine("{0,-" + widths[3] + "}", "American");
List<Date> exerciseDates = new List<Date>(); ;
for (int i = 1; i <= 4; i++)
    exerciseDates.Add(settlementDate + new Period(3 * i, TimeUnit.Months));
Exercise europeanExercise = new EuropeanExercise(maturity);
Exercise bermudanExercise = new BermudanExercise(exerciseDates);
Exercise americanExercise = new AmericanExercise(settlementDate, maturity);
Handle<Quote> underlyingH = new Handle<Quote>(new SimpleQuote(underlying));

```

```

// bootstrap the yield/dividend/vol curves
var flatTermStructure = new Handle<YieldTermStructure>(new FlatForward(settlementDate, riskFreeRate, dayCounter));
var flatDividendTS = new Handle<YieldTermStructure>(new FlatForward(settlementDate, dividendYield, dayCounter));
var flatVolTS = new Handle<BlackVolTermStructure>(new BlackConstantVol(settlementDate, calendar, volatility, dayCounter));
StrikedTypePayoff payoff = new PlainVanillaPayoff(type, strike);
var bsmProcess = new BlackScholesMertonProcess(underlyingH, flatDividendTS, flatTermStructure, flatVolTS);

// options
VanillaOption europeanOption = new VanillaOption(payoff, europeanExercise);
VanillaOption bermudanOption = new VanillaOption(payoff, bermudanExercise);
VanillaOption americanOption = new VanillaOption(payoff, americanExercise);

// Analytic formulas:
method = "Jarrow-Rudd Tree";
europeanOption.setPricingEngine(new BinomialVanillaEngine<JarrowRudd>(bsmProcess, 12));
Console.WriteLine("{0,-" + widths[0] + "}", method);
Console.WriteLine("{0,-" + widths[1] + ":0.000000}", europeanOption.NPV());
Console.WriteLine("{0,-" + widths[2] + "}", "N/A");
Console.WriteLine("{0,-" + widths[3] + "}\n\n", "N/A");

// Black-Scholes for European
method = "Black-Scholes";
europeanOption.setPricingEngine(new AnalyticEuropeanEngine(bsmProcess));
Console.WriteLine("{0,-" + widths[0] + "}", method);

```

```

Console.Write("{0,-" + widths[1] + ":0.000000}", europeanOption.NPV());
Console.Write("{0,-" + widths[2] + "}", "N/A");
Console.WriteLine("{0,-" + widths[3] + "}", "N/A");

// Barone-Adesi and Whaley approximation for American
method = "Barone-Adesi/Whaley";
americanOption.setPricingEngine(new BaroneAdesiWhaleyApproximationEngine(bsmProcess));
Console.Write("{0,-" + widths[0] + "}", method);
Console.Write("{0,-" + widths[1] + "}", "N/A");
Console.Write("{0,-" + widths[2] + "}", "N/A");
Console.WriteLine("{0,-" + widths[3] + ":0.000000}", americanOption.NPV());

// Bjerk Sund and Stensland approximation for American
method = "Bjerk Sund/Stensland";
americanOption.setPricingEngine(new Bjerk SundStenslandApproximationEngine(bsmProcess));
Console.Write("{0,-" + widths[0] + "}", method);
Console.Write("{0,-" + widths[1] + "}", "N/A");
Console.Write("{0,-" + widths[2] + "}", "N/A");
Console.WriteLine("{0,-" + widths[3] + ":0.000000}", americanOption.NPV());
}
}

```