

P-9-179

第四章 研究結果

第一節 抽樣設計與抽樣權重

抽樣(sampling)是由目標母群(target populations)中選取基本單位為樣本，並且認為能透過樣本選取進行目標母群特徵之推估。透過許多抽樣方法選取之樣本仍需依賴著母群特徵與調查研究的問題，因此，抽樣設計的選擇程序將以能避免偏誤產生與考慮在有效資源內達到最佳的精準度為主。然而，不論選擇哪一種抽樣設計仍然會有偏誤的產生，例如：假設使用非隨機(non-random)的方法進行抽樣，代表這個選擇是有意識地或無意識地受到人為的影響；或是假設抽樣架構(sampling frame)的選擇沒有足夠覆蓋整個母群、不夠完整或準確等。

抽樣權重被定義為樣本被抽取機率的倒數，而在調查研究中，受試樣本的抽取是透過不同組群進行選取，使得每位受試樣本被抽取之機率不同，因此，必須加上抽樣權重(sampling weights)，以正確地推估目標母群(Martin & Kelly, 1996)。一般而言，若調查研究使用簡單隨機抽樣進行受試樣本之選取，則由於每位受試樣本被選取的機率相同，因此，每位被抽取的受試樣本抽樣權重值也會相同，且樣本權重總和為目標母群的個數。也就是說，若使用簡單隨機抽樣進行樣本之抽樣，則不需考慮到抽樣權重的問題。然而，在調查研究或大型測驗中卻很難使用簡單隨機抽樣的方法，主要原因包含(OECD, 2005)：

1. 花費太高

由於大型測驗的受試樣本是由學校母群中所抽取，若使用簡單隨機抽樣則受試者相當可能分布在許多不同學校之中，因此，必須花費相當多的費用。

2. 不實際

除了費用太高以外，對於行政業務來說，必須聯絡與接觸相當多的學校，使得這樣的抽樣方法對於施測進行相當不實際。

3. 對於欲比較之變項，無法進行連結比較

若使用簡單隨機抽樣，以統計的觀點來看，對於學生、學校、班級、老師等變數將無法進行有效的連結比較。由於在抽樣的過程中，學生或學校有可能只抽取到一個或少數幾個樣本，這樣的樣本數無法進行較穩定的統計推論。

綜合上述，可知簡單隨機抽樣方法很難使用於教育測量之中。因此，本研究探討國外大型測驗（NAEP、PISA、TIMSS）的抽樣架構，檢視 TASA 現行的抽樣架構是否需要修正，以建議未來 TASA 將使用的抽樣設計。此外，大型測驗通常是透過多階段的抽樣方法抽取受試樣本，此方法將使得抽取之受試樣本並非在相同情況下被抽取，即受試樣本被抽取之機率不相等，因此，必須搭配使用正確的抽樣權重，才能正確地推論目標母群。以下將分別針對 NAEP、PISA、TIMSS、TASA 抽樣設計進行探討、介紹如何計算抽樣權重、抽樣變異估計方法、現行 TASA 抽樣設計的限制、以及提出適合 TASA 採用之抽樣設計。

壹、NAEP、PISA、TIMSS、TASA 抽樣設計介紹

一、NAEP (Allen, Donoghue, & Schoeps, 2001)

NAEP全國抽樣設計是使用多階段抽樣設計(multistage probability sample)，主要分為四個階段。第一階段是以郡 (county) 為抽樣單位、第二階段是以學校為抽樣單位、第三階段為考科與樣本類型的分配、第四階段為受試學生的選取與考科類型的分配 (如圖4-1-1所示)。

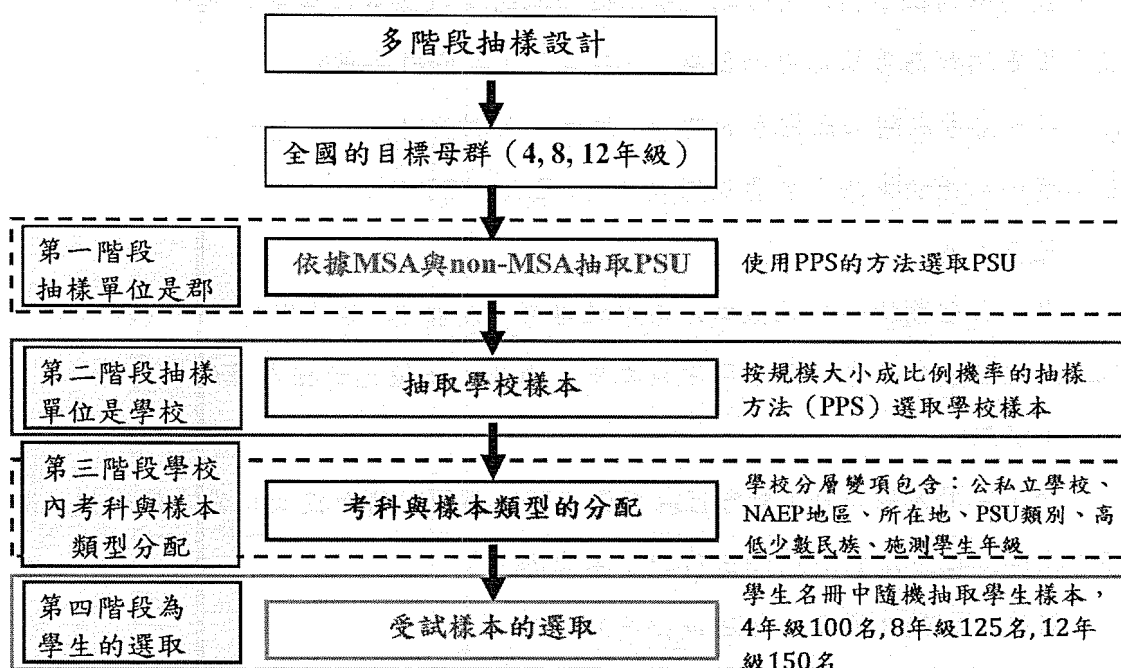


圖 4-1-1 NAEP 抽樣架構

本研究以 NAEP 1998 技術報告內容進行介紹，NAEP 目標母群為公私立學校四年級、八年級、十二年級入學的學生 (小學與中學)，施測樣本亦包含黑人與西班牙人的學生，以及殘障 (students with disabilities, SD) 與英文能力不佳的

學生 (limited English proficient, LEP) 的學生 (僅閱讀測驗)。預計抽測樣本如表 4-1-1 所示，可以發現考科施測人數的比例不同，例如：4 年級寫作/公民 26000 人 (佔 72%)；公民特別趨勢 2000 人 (佔 6%)；閱讀 8000 人 (佔 22%)，使得 NAEP 進行受試者考科分配時，即按照此比例進行分配。

表 4-1-1 NAEP 預計抽測學生數

Subject		Target Sample Size
Total		132,600
Grade 4	Civics	6,000
	Civics Special Trend	2,000
	Reading	8,000
	25-Minute Writing	20,000
<i>Grade 4 Total</i>		36,000
Grade 8	Civics	8,000
	Civics Special Trend	2,000
	Reading	11,000
	25-Minute Writing	20,000
	50-Minute Writing	6,000
<i>Grade 8 Total</i>		47,000
Grade 12	Civics	8,000
	Civics Special Trend	2,000
	Reading	13,000
	25-Minute Writing	20,000
	50-Minute Writing	6,000
<i>Grade 12 Total</i>		49,000

表 4-1-2 4 年級閱讀評量等化設計 (PBIB 設計)

題本序號	區塊位置	區塊位置	題本序號	區塊位置	區塊位置
1	R4	R3	9	R7	R8
2	R3	R5	10	R8	R6
3	R5	R9	11	R6	R7
4	R9	R4	12	R10	R8
5	R4	R5	13	R7	R4
6	R3	R9	14	R8	R3
7	R6	R10	15	R5	R6
8	R10	R7	16	R9	R10

此外，每年級考科抽樣人數的設定，是由各考科試題區塊大約要有 2000 位受試者進行施測所推估。例如：表 4-1-2 為 4 年級閱讀評量使用的等化設計，此設計由 16 個測驗題本 (1~16) 與 8 個試題區塊 (R3~R10) 組合而成，每個測驗題本包含 2 個試題區塊。試題區塊至少會有四種組合 (8/2)，因此，為了符合每個試題區塊大約要有 2000 位受試者進行施測之條件，NAEP 預計閱讀應抽取知樣本數為 8000 人。

NAEP 1998 實際抽測樣本為：94 個主要抽樣單位 (primary sampling units, PSU), 4 年級共 733 間參與學校、8 年級共 761 間參與學校、12 年級共 608 間參與學校，4 年級共 36104 名學生參與施測、8 年級共 48797 名學生參與施測、12 年級共 48588 名學生參與施測，總計 133489 名學生。接著，分別介紹 NAEP 各階段抽樣方式。

第一階段 (抽取 PSU)

共 1027 個 PSUs, 其中 PSU 是由一個綜合都會統計區 (consolidated metropolitan statistical area, CMSA)、都會統計區 (metropolitan statistical area, MSA)、新英格蘭統計區 (New England County metropolitan area, NECMA)、郡、或美國鄰近郡的群體 (阿拉斯加州、夏威夷、哥倫比亞地區) 等所構成。總計有 290 個是 MSAs 與 737 個為 non-MSAs。PSUs 進行抽樣後再依據 NAEP 地區 (東北部、東南部、中部、西部) 進行分類，而每個地區包含 1/4 的人口，如圖 4-1-2 所示。

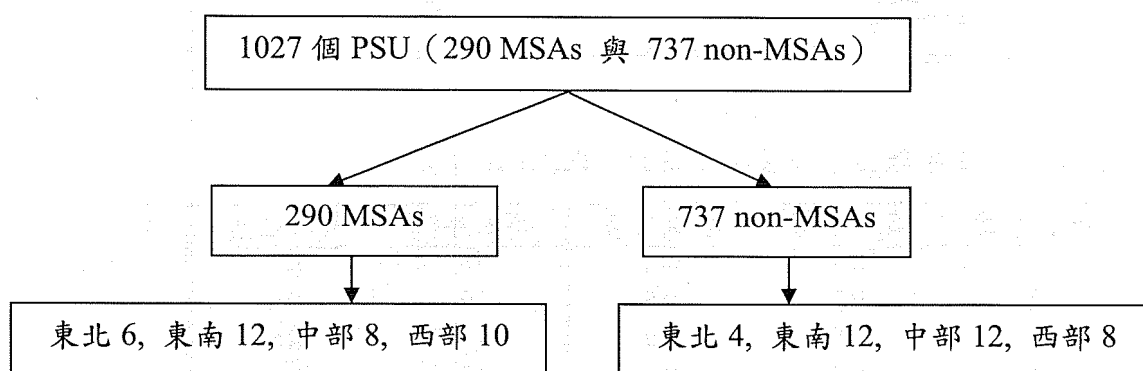


圖 4-1-2 非必定抽樣之 PSU 分類

實際抽測 94 個 PSUs：22 個為必定會被抽取的 PSUs (這些 PSUs 有較多的受試樣本，使得學校與學生能提供近似最佳解與符合成本效益的功能)，而剩下非必定抽取之 72 個 PSUs，則預計抽取 36 個 MSAs 與 36 個 non-MSAs 的 PSUs。其中，36 個 MSAs 與 36 個 non-MSAs 的 PSUs 皆依據該層級內的 PSU 個數，且透過按規模大小成比例機率的抽樣方法 (probabilities proportional to size, PPS) 進行抽樣，如表 4-1-3 所示。

表 4-1-3 NAEP 地區 PSU 分類

Region	Number of Strata for MSA PSUs	Number of Strata for Non-MSA PSUs	Total
Northeast	6	4	10
Southeast	12	12	24
Central	8	12	20
West	10	8	18
Total	36	36	72

第二階段（抽取學校樣本）：

施測學校是由每個PSU內的學校資料進行挑選，學校資料是透過列表架構與領域架構兩個來源所取得，其中，列表架構是根據幾個協會、州等提供的一些學校列表；領域架構則是補足不在列表架構之中的學校（上述這些學校名冊所指的是私立學校部分）。此外，公立、BIA、以及DoDEA等學校列表，則是由量化教育資料（Quality Education Data, QED）所提供。

各年級抽測學校透過PPS進行樣本學校之抽取，學校分層的變項主要包含：NAEP地區、公私立（private/public）分類、所在地（type of location）、高低少數民族（high/low minority）分類、PSU層級、以及施測學生年級等。分類順序是依據公私立學校、必然或非必然的PSU。其中，高少數民族指的是黑人與西班牙人，且在美國中小學，殘障學生（students with disabilities, SD）和英文能力不佳的學生（students of limited English proficiency, LEP）約占學生總數的10%，這兩類學生也會被選入NAEP的受試樣本中，各年級抽取學校數如表4-1-4所示。

表 4-1-4 各年級抽取學校數

Grade	Region	MSA	MSA	Non-MSA	Total
		Certainty	Noncertainty	Noncertainty	
		PSU	PSU	PSU	
4	Northeast	125	54	17	196
	Southeast	27	105	61	193
	Central	78	80	59	217
	West	145	88	50	283
	Total	375	327	187	889
8	Northeast	142	60	18	220
	Southeast	29	110	70	209
	Central	90	84	62	236
	West	148	95	49	292
	Total	409	349	199	957
12	Northeast	122	45	19	186
	Southeast	29	101	79	209
	Central	68	59	55	182
	West	139	84	52	275
	Total	358	289	205	852

其中，實際參與的學校數＝原始抽測學校數 - 超出範圍或倒閉的學校數 - 沒有適合受試學生的學校數 - 地區拒絕的學校數 - 學校拒絕的學校數 + 取代的學校。

表 4-1-5 各年級實際參與的學校數

	Grade 4	Grade 8	Grade 12	Total	Public ⁷	Nonpublic ⁸
Total Original Sample	889	957	852	2,698	1,581	1,117
Out-of-Range or Closed	54	79	103	236	29	207
No Eligibles Enrolled	7	7	4	18	0	18
State Tested All Students	1	0	0	1	1	0
District Refused	52	50	50	152	151	1
School Refused	104	118	135	357	162	195
Cooperating	671	703	560	1,934	1,238	696
Cooperation Rate Before Substitution [†]	81%	81%	75%	79%	80%	78%
(1996)	86%	83%	79%	83%	85%	80%
(1994)	86%	86%	79%	83%	82%	85%
(1992)	86%	85%	81%	84%	86%	82%
Cooperating Replacement for Refusals	62	58	48	168	109	59
Total Cooperating Schools	733	761	608	2,102	1,347	755
Cooperation Rate After Substitution	89%	87%	82%	86%	87%	85%
Total Students Assessed	36,104	48,797	48,588	133,489	110,825	22,664

表 4-1-6 NAEP 學校類別

	Grade 4	Grade 8	Grade 12
Region			
Northeast	161	170	123
Southeast	174	175	167
Central	173	187	121
West	225	229	197
School Type			
Public	473	427	446
Private	93	114	82
Catholic	28	33	19
BIA	138	186	59
DODEA	1	0	2
Size and Type of Community			
Rural	157	166	113
Disadvantaged Urban	148	141	108
Advantaged Urban	192	209	153
Big City	49	54	45
Fringe	9	10	8
Medium City	80	76	77
Small Place	98	105	104
Number of Enrolled Students			
10-250	194	192	101
251-500	245	194	105
501-1000	208	209	106
1,001-2,000	28	91	158
2,000+	1	7	78

其中，學校分類包含：地區、學校類型（公立、私立、天主教、BIA、DoDEA）、社群類型與大小、入學學生數。

第三階段（考科與樣本類型的分配）

考科類型：NAEP 1998 考科類型包含 writing/civics, civics special trend, and reading，其中，writing/civics 考科 4 年級施測 25 分鐘的寫作與 25 分鐘的公民；8 與 12 年級施測 25 分鐘的寫作、50 分鐘的寫作、以及 50 分鐘的公民。因此，4 年級包含 4 個考科類型、8 與 12 年級包含 5 個考科類型。

樣本類型：NAEP 除了一般受試者外，樣本類型還分為 S2 與 S3。其中，S2 指對於 SD 與 LEP 學生沒有提供特別的協助；S3 指對於 SD 與 LEP 學生有提供特別的協助（例如：延長考試時間等）。

考科分配：以 4 年級為例，每個施測學校依據符合的施測學生數(如表 4-1-7)，分配一些考科，而考科的分配是重複以下的次序：R, W, W, W, R, W, W, W, R, W, W, W, R, W, W, C, W, W。其中，W 為寫作/公民、R 為閱讀、C 為公民特別趨勢。

表 4-1-7 施測學校考科數分配

Estimated Number of Grade-Eligible Students	Number of Sessions Allocated
1 – 25	1
26 – 50	2
51 – 75	3
76 or More	4

舉例來說：若學校施測樣本數是 78 人，由表 4-1-7 可知該校應分配 3 個施測考科數。因此，學生數高於 26 人，則一定能分配施測到寫作/公民考科 (W)；學生數高於 76 人，則幾乎能分配施測到閱讀考科 (R)。此外，這個次序包含 13 個 W、4 個 R 與 1 個 C，依據此方式能擔保考科 W 分配 72% 的施測學生數、考科 R 分配 22% 的施測學生數、考科 C 分配 6% 的施測學生數。

第四階段（受試學生選取）

NAEP 1998 每一間抽測學校最多抽取之受試者為：4 年級 100 名、8 年級 125 名、12 年級 150 名。受試學生之抽取是跟據抽樣學校準備的學生名冊進行抽樣，學生透過系統抽樣的方法，分配施測之考科類型。若學校學生數大於欲抽樣之樣本數，則隨機抽取各年級欲抽樣最多之樣本數；反之，學校學生數小於欲抽樣之樣本數，則全部學生皆參與施測。

二、PISA (OECD, 2005; OECD, 2006)

PISA使用二階段分層抽樣設計 (two-stage stratified sample)，第一階段是以學校為抽樣單位；第二階段是以學生為抽樣單位，針對該抽樣學校進行完全隨機抽樣。主要抽樣步驟為：定義各國的母群體、建立抽樣架構、確認各抽樣層級、學校樣本的分配、學校樣本的挑選（如圖4-1-3所示）。

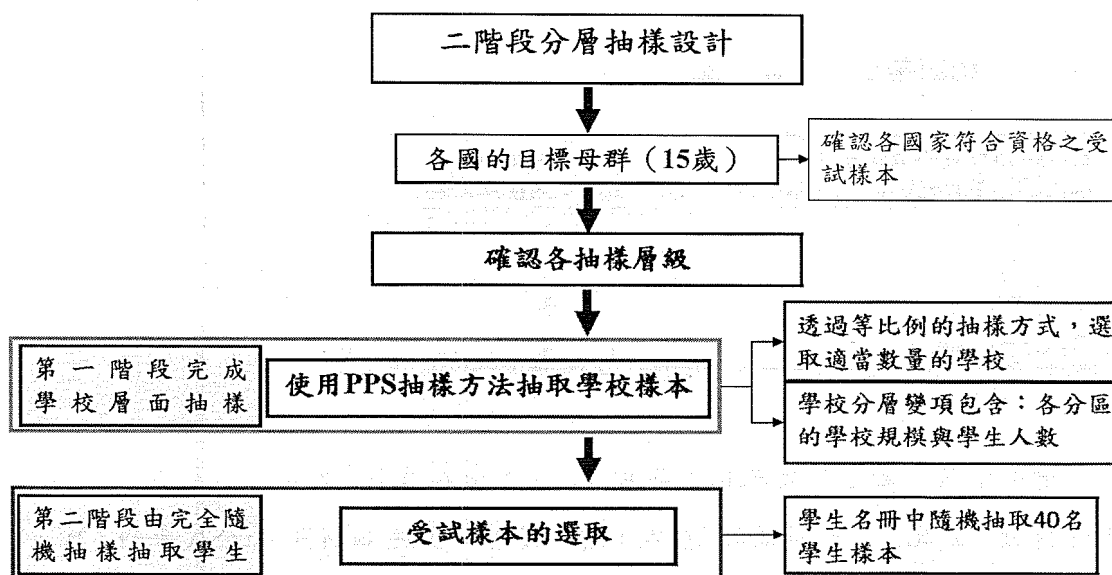


圖 4-1-3 PISA 抽樣架構

本研究以 PISA 2006 技術報告為例，PISA 目標母群為在所有參與施測國家中十五歲的學生(大部分學生的分布為七年級或是更高年級的學生)。舉例來說，PISA 2006 對台灣進行施測，依據教育部統計處的資料顯示，臺灣地區符合 PISA 2006 受測資格的全國滿十五歲的人口數為三十三萬四千三百九十一人，排除豁免測試的學生（如華僑學校、美國學校、啟智學校等），以及沒有在學（就業或補習）的學生，再經由 PISA 的 ACER 與 Westat 二個組織確認，審查無誤後臺灣評量中心即依符合資格之學校分區及分學制列出符合資格之學生。PISA 抽樣設計在大部分的國家為二階段的分層抽樣，第一階段完成學校層面的抽樣，總體來說，該階段是使用 PPS 的抽樣方法；第二階段是以完全隨機抽樣為原則。此外，有兩個國家使用三階段的抽樣設計，以地理區域為第一階段的抽樣，使用 PPS 抽樣方法；第二階段為抽樣學校，則依據所選取的地理區域抽取；第三階段則以學生為抽樣單位。接著，分別介紹 PISA 各階段抽樣方式。

第一階段（受測學校的選取）

評量中心除了必須備齊各校十五歲的受測學生數之外，也需同時呈報PISA各校相關資料，例如學校代號、網址、佔地面積、全校人數、電話等。抽樣專責單位嚴審確認資料無誤後，再配合各分區學校之學校規模、學生人數，分層抽樣代表受測的學校。其中，學校依據學校名冊並透過PPS的抽樣方式抽取出適當數量的學校。

第二階段（受測學生的選取）

首先，進行各校符合受測資格之學生名單收集，在確認各校所回傳之學生資料無誤後，即將相關資料匯入 Keyquest 資料管理系統進行取樣。其中，此系統需輸入以下六項資料：(1) 國家代碼、(2) 施測語言、(3) 就讀類科、(4) 職業代碼、(5) 學校資料、(6) 符合受測學生資料。以上六項資料鍵入後，資料庫將作自動確認，將欄位重設整理，並選抽出每校需受測的四十名學生，這些學生來自不同的班級。其中，學生是由已確認的學生名冊中，以隨機抽樣方式選出大約 40 位學生進行施測，並於施測 3 天前發放學生追蹤表（the student tracking form, STF）給參與施測之學生。

三、TIMSS（Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan, Arora, & Erberber, 2005）

在國際教育成就調查委員會（International Association for the Evaluation of Educational Achievement, IEA）主辦的國際測驗中，TIMSS 目標母群是指各國提供的母群體。TIMSS 2003 樣本是由兩個目標母群中挑選，各國可以自由參加其中一個群體，或者是兩個都參加。目標母群包含四年級在籍的學生（大部分年齡為 9 歲）與八年級在籍的學生（大部分年齡為 13 歲）。TIMSS 使用二階段分層之集群抽樣設計（two stage stratified cluster sample design），第一階段進行學校樣本的分層抽樣，第二階段則根據抽樣學校進行施測班級的抽樣。因此，TIMSS 抽樣權重的計算根據三個程序選擇不同的機率，這三個程序包括學校、班級、以及班級內的抽樣（如圖 4-1-4）。

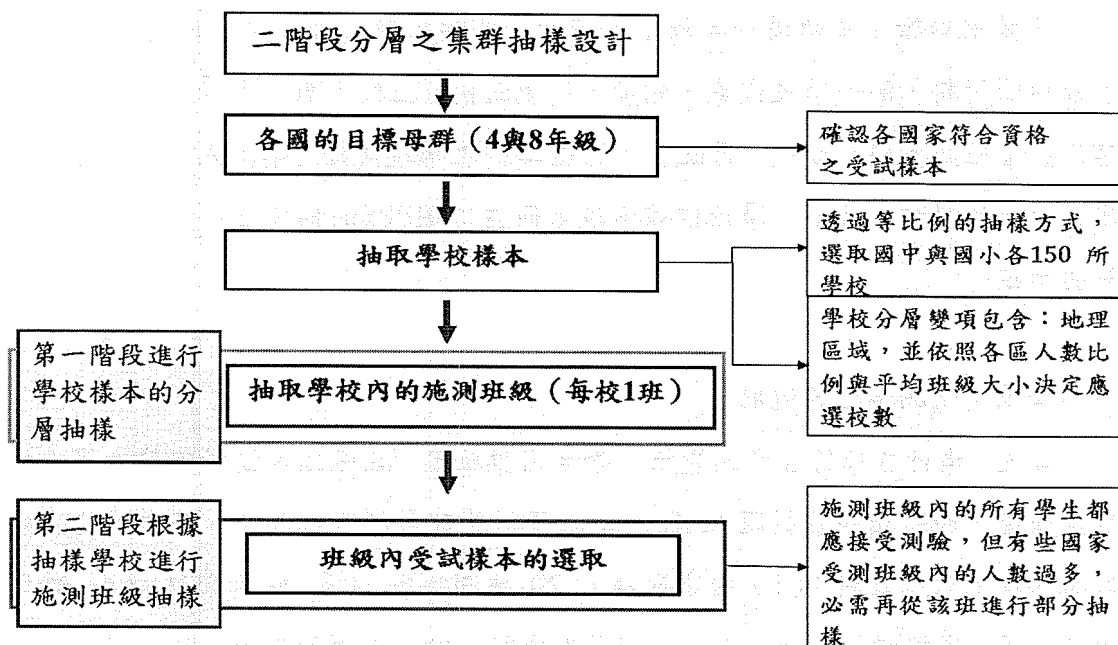


圖 4-1-4 TIMSS 抽樣架構

TIMSS 2003 使用二階段分層之集群抽樣設計，第一階段是使用 PPS 的原則抽取國中與國小各 150 所學校（4 年級與 8 年級），使得能將學校層次與班級層次的平均估計之 95% 信賴區間控制在標準差的 16% 以內（張郁雯，2008）。舉例來說，TIMSS 2003 在台灣施測時，首先將學校依據地理區域分成北、中、南、東四區，依照各區人數比例與各區平均班級大小決定各區應選校數，同時指定兩個遞補學校，以便當選取的學校拒絕加入研究時依序遞補。第二階段則由被抽到的學校中隨機抽取一個班級（Martin, Mullis, & Chrostowski, 2004）。

TIMSS 2003 總計 4 年級抽取 4661 人，8 年級抽取 5379 人。TIMSS 考慮此抽樣特性，分析時使用 TIMSS 2003 資料庫中所提供的樣本加權變項中的 house weight 對樣本進行加權計算。依照 TIMSS 2003 使用手冊的建議，因為每位學生的抽樣權值已知，進行分析時必須加權才能估計得到正確的母群估計值，使用 house weight 的優點為確保適當加權，但又將樣本數固定在實際抽樣人數，避免因為加權使得人數激增，影響統計顯著性考驗之正確性（Martin, 2005；張郁雯，2008）。接著，分別介紹 TIMSS 各階段抽樣方式。

TIMSS 第一階抽樣單位是學校，第二階抽樣單位是受測學校內的班級，第三階抽樣單位是受測班級內的學生，基本上被抽到的受測班級內的所有學生都應接受測驗，但是有些國家的受測班級內的人數過多，必需再從該班進行部分抽樣，以亂數隨機選取適當的人數參加測驗。所以本階段的抽樣並不是每一個國家都需要使用。此外，為了抽樣的精確度考量，各年級抽樣人數，原則上每個參與國個年級至少需有150間學校及至少4500位學生參加施測，若不達此要求的國家，在國際報告中會分開處理（譚克平，2009）。

四、TASA

TASA 2005 對國民小學六年級學生，統一進行國語、英語、數學三科之成就評量，TASA 2007 起施測對象增加為小四、小六、國二、高中二、高職二之學生，科目涵蓋國語文、英語文、數學、自然、社會領域（不含小四社會、2009 起不含小四英語）五科。此外，TASA 施測樣本不包含特殊學生，特殊學生則包括在家教育與 12 類障礙類別，其中，12 類障礙類別包括：智能障礙、視覺障礙、聽覺障礙、語言障礙、肢體障礙、身體病弱、嚴重情障、學習障礙、多重障礙、自閉症、發展遲緩及其他顯著障礙。且因臺灣各縣市人口多寡各異，為充分顯現教改後臺灣學生學習成就實際情形，且確保 TASA 所抽取之樣本具有全國代表性，因此，採二階段隨機抽樣設計（國中小部份）。第一階段採分層叢集隨機抽樣，根據縣市、人口密度、班級數等三個變項進行分層。第二階段則根據所抽取到之樣本學校，對每一層以學生個人為單位，進行簡單隨機抽樣。在高中職部分則採全國學校普測，學生部份進行抽測，以比例進行運算（如圖 4-1-5）。

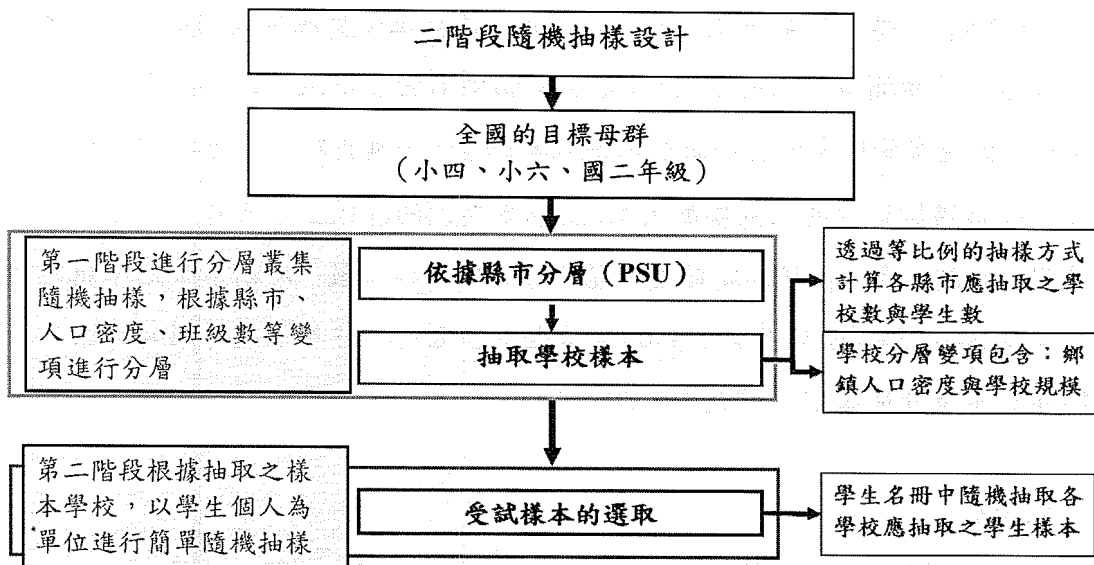


圖 4-1-5 TASA 抽樣架構

TASA 分層設計主要分為二個步驟，分別說明如下：

第一階段（分層隨機抽樣，計算應抽取樣本學校數與學生數）

計算出各縣市所應抽取之樣本學校與人數，分別說明如下：

- (1) 抽樣學校數：確認預計抽樣學校數。
- (2) 抽樣學生數：根據各縣市各年級學生占全國當年級學生總數之百分比，計算各縣市應抽樣之學生數，此外，若每科不足 200 名受試者之縣市需補足縣市樣本。

第二階段（簡單隨機抽樣，進行學校分層設計）

TASA 分層隨機抽樣，根據縣市、人口密度、學校規模三個變項進行分層，其中縣市依照行政區分為 25 個縣市；人口密度則以全縣人口平均數為基準，將鄉鎮（市、區）依照人口密度分為 4 群；至於學校規模則以 24 班以下及 25 班以上為基準，分為 2 群，因此，整個抽樣成為一個 $25 \times 4 \times 2$ 之分層設計。

五、綜合討論與建議

綜合上述，可知大型測驗主要皆是透過多階段的抽樣方法抽取受試樣本，主要分成兩個階段，包含受試學校與受試學生的選取。因此，本研究主要目的是藉由探討大型測驗的抽樣架構，以檢視 TASA 的抽樣設計。表 4-1-8 整理上述大型測驗之抽樣設計，由於 TASA 抽樣設計的具體建議內容較多，因此，將整理成第五部分統一說明。

表 4-1-8 大型測驗之抽樣設計

NAEP	PISA	TIMSS	TASA
多階段分層抽樣設計，主要分為四個階段：第一階段抽樣單位是郡、第二階段抽樣單位是學校、第三階段抽樣為學校考科類型與樣本類型的分配、第四階段為學生選取與考科類型的分配。	二階段分層抽樣的抽樣設計：第一階段完成學校層面的抽樣；第二階段為完全隨機抽樣。	二階段分層之集群抽樣設計：第一階段進行學校樣本的分層抽樣、第二階段則根據抽樣學校進行施測班級的抽樣。	二階段隨機抽樣設計(國中小部份)，第一階段進行分層叢集隨機抽樣；第二階段根據抽取之樣本學校，以學生個人為單位，進行簡單隨機抽樣。

貳、抽樣權重

一、抽樣權重之計算

以下透過簡單的例子，介紹抽樣權重之計算。舉例來說，有10間學校，每間學校有40位學生（共400位學生），假設將抽取4間學校，且被抽取之學校將選10位受試者。因此，學校 i 被選取的機率為： $P_{1_i} = \frac{n_{sc}}{N_{sc}} = 0.4$ ，其中， n_{sc} 為預計抽取之學校數， N_{sc} 為所有的學校數；被抽取之學校內，學生 j 被選取的機率為：

$P_{2_{ij}} = \frac{n_i}{N_i} = 0.25$ ，其中， N_i 為學校 i 中之學生數； n_i 為學校 i 中之抽樣學生數。

這指在每個被抽取之樣本學校中，每位學生有0.25的機率被選取；學生 j 於學校 i 中的最終機率為： $P_{ij} = P_{1_i} P_{2_{ij}}$ ，在這個例子中， $P_{ij} = 0.1$ 。接著，定義 w_{1_i} 為學校權重； $w_{2_{ij}}$ 為學校內權重；以及 w_{ij} 為學校最終的權重總合，算式如下：

$w_{1_i} = \frac{1}{P_{1_i}} = \frac{1}{0.4} = 2.5$ ； $w_{2_{ij}} = \frac{1}{P_{2_{ij}}} = \frac{1}{0.25} = 4$ ； $w_{ij} = \frac{1}{P_{ij}} = \frac{1}{0.1} = 10$ 。由表4-1-9

可知，學校權重的總和會等於學校的總數；最後權重的總和會等於母群體的人數。然而，在實際上每間學校的人數並不相同，城市地區的學生人數相對於農村地區多。若學校的選取採用簡單隨機抽樣，則學校被選取的機率將沒有改變。但在被選取的學校內，學生被選取的機率則取決於學校人數的大小（表4-1-10）。

表 4-1-9 學校、學校內、最後機率與相對應之權重（各學校的學生數相同）

School label	School size N_i	School prob. p_{1j}	School weight w_{1j}	Within-school prob. p_{2j}	Within-school weight w_{2j}	Final student prob. p_{ij}	Final student weight w_{ij}	Sum of final weights $n_i w_{ij}$
1	40							
2	40	0.4	2.5	0.25	4	0.1	10	100
3	40							
4	40							
5	40	0.4	2.5	0.25	4	0.1	10	100
6	40							
7	40	0.4	2.5	0.25	4	0.1	10	100
8	40							
9	40							
10	40	0.4	2.5	0.25	4	0.1	10	100
Total			10					400

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.23

表 4-1-10 學校、學校內、最後機率與相對應之權重（各學校的學生數不同）

School label	School size	School prob.	School weight	Within-school prob.	Within-school weight	Final student prob.	Final student weight	Sum of final weights
1	10							
2	15	0.4	2.5	0.66	1.5	0.27	3.75	37.5
3	20							
4	25							
5	30	0.4	2.5	0.33	3	0.13	7.5	75
6	35							
7	40	0.4	2.5	0.25	4	0.1	10	100
8	45							
9	80							
10	100	0.4	2.5	0.1	10	0.04	25	250
Total	400		10					462.5

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.24

若使用簡單隨機抽樣於不同人數大小的學校中，所有學校將有相同的被選取機率，因此，學校權重總和會等於學校總個數。然而，學生最終的權重總和不一定等於母群體的人數，且學生最終的權重在不同的學校之中也不相同。這個變異將減少所有母群體參數估計的信度。表4-1-11與表4-1-12呈現不同的情形，由此可知學生最終的權重總和與期望值400有相當大的差異，而學校權重總和仍等於學校總個數。

表 4-1-11 學校、學校內、最後機率與相對應之權重（選擇小樣本之學校）

School label	School size	School prob.	School weight	Within-school prob.	Within-school weight	Final student prob.	Final student weight	Sum of final weight
1	10	0.4	2.5	1	1	0.4	4	40
2	15	0.4	2.5	0.66	1.5	0.27	3.75	37.5
3	20	0.4	2.5	0.5	2	0.2	5	50
4	25	0.4	2.5	0.4	2.5	0.16	6.25	62.5
Total			10					190

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.25

表 4-1-12 學校、學校內、最後機率與相對應之權重（選擇大樣本之學校）

School label	School size	School prob.	School weight	Within-school prob.	Within-school weight	Final student prob.	Final student weight	Sum of final weight
7	40	0.4	2.5	0.250	4	0.10	10.00	100.0
8	45	0.4	2.5	0.222	4.5	0.88	11.25	112.5
9	80	0.4	2.5	0.125	8	0.05	20.00	200.0
10	100	0.4	2.5	0.100	10	0.04	25.00	250.0
Total			10					662.5

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.25

許多國際的教育測量重視受試樣本多於學校樣本；然而，由簡單隨機抽樣進行學校樣本選取之抽樣設計是不適當的，因為它將低估或高估母群體的個數，而增加抽樣變異（sampling variability）。PISA 為了避免這些缺點，學校的選取是透過PPS 的抽樣方法，受試者人數多的學校相對於受試者人數少的學校有較高的被選取機率，但學生於受試者人數多的學校相對於受試者人數少的學校有較低的被選取機率。

因此，依據式子 $P_{1_i} = \frac{N_i \times n_{sc}}{N}$ ，可計算學校9被選取的機率為

$$P_{1_9} = \frac{N_9 \times n_{sc}}{N} = \frac{80 \times 4}{400} = 0.8；學生於學校9被選取的機率為$$

$$P_{2_{9j}} = \frac{n_{9j}}{N_9} = \frac{10}{80} = 0.125；學生最終權重為 $P_{9j} = 0.8 \times 0.125 = 0.1$ 。$$

由表4-1-13可知這樣的設計不會增加抽樣變異，且最後權重的總和會等於母群體的人數，但學校權重總和並沒有等於學校總個數（若選取學校人數最多的4間學校，學校權重總和為6.97；若選取學校人數最少的4間學校，學校權重總和為25.67）；然而，這並不會是教育測量的主要問題，主要感興趣的仍是學生樣本。為了使這個差異能達到最小（學校個數與學校權重總和），學校的選取將透過系統化的程序。

系統化程序首先將學校依人數多少排序，抽樣區間是依據母群體人數與抽樣學校數的比值， $Int = \frac{N}{n_{sc}} = \frac{400}{4} = 100$ 。由均勻分布[0, 1]中隨機選取一個數字，假設選取為0.752，將此數字乘上抽樣區間（ $0.752 \times 100 = 75.2$ ）。則第75.2位受試者所在的學校將被選取，且接下來選取之學校是第75.2位受試者後每間隔100位受試者其所在的學校將被選取，如表4-1-14所示。

表 4-1-13 學校、學校內、最後機率與相對應之權重於 PPS 抽樣方法

School label	School size	School prob.	School weight	Within-school prob.	Within-school weight	Final student prob.	Final student weight	Sum of final weight
1	10							
2	15							
3	20	0.2	1.00	0.500	2.0	0.1	10	100
4	25							
5	30							
6	35							
7	40	0.4	2.50	0.250	4.0	0.1	10	100
8	45							
9	80	0.8	1.25	0.125	8.0	0.1	10	100
10	100	1	1.00	0.100	10.0	0.1	10	100
Total	400		9.75					400

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.26

表 4-1-14 以 PPS 抽樣進行樣本學校之選擇

School label	School size	From student number	To student number	Part of the sample
1	10	1	10	No
2	15	11	25	No
3	20	26	45	No
4	25	46	70	No
5	30	71	100	Yes
6	35	101	135	No
7	40	136	175	No
8	45	176	220	Yes
9	80	221	300	Yes
10	100	301	400	Yes

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.27

二、綜合討論與建議

由上述可知若使用兩階段抽樣設計，即可以擔保所有受試樣本有相同被選取的機率，也就代表所有受試樣本有相同的抽樣權重。然而，若是如此為何大型測驗仍然需要計算抽樣權重呢？PISA 2003資料分析手冊中指出（OECD，2005），由於實際施測時有超取樣或取樣不足、抽測樣本與實際樣本不同、以及學校與學生無作答反應權重調整等的情況發生，使得大型測驗仍然需要計算抽樣權重。因此，有關TASA抽樣設計權重之計算，以及建議如何調整TASA抽設權重，也將整理成第五部分統一說明。

參、抽樣變異估計方法

全國性或國際性的測量在進行收集資料時，通常會使用抽樣來代替普查。某些特定的母群可能包含幾千個甚至上百萬個樣本，且他們不一定有相同的母群統計估計值。且每一個母群統計的估計值會有一個關聯的不確定性或是誤差風險，而抽樣變異相當於測量這個不確定性。因此，此部分將探討如何使用複製權重（replicate weights）於一個複雜的抽樣設計中，以估計母群的抽樣變異。

一般而言，兩階段抽樣設計有三種複製（replication）方法類別來估計抽樣變異，包含：Jackknife方法（分為有階層的抽樣與沒有階層的抽樣）、平衡重複方法（balanced repeated replication, BRR）、以及Bootstrap方法。由於TIMSS與NEAP使用Jackknife方法估計抽樣變異，而PISA使用修正BRR的方法估計抽樣變異，因此，以下僅介紹這幾種抽樣變異估計方法。

一、Jackknife方法

若假設抽取PSUs使用簡單隨機抽樣且沒有使用任何層級變數的情況下，則使用Jackknife方法獲得的平均抽樣變異會等同於使用簡單隨機抽樣進行兩階段抽樣設計的抽樣變異，如下式：

$$\sigma_{(\bar{\mu})}^2 = \frac{\sigma_{between_PSU}^2}{n_{PSU}} + \frac{\sigma_{within_PSU}^2}{n_{PSU} n_{within}}$$

因此，假設有10間抽樣學校，且每個學校內的學生是由簡單隨機抽樣所獲得，則Jackknife方法在這一個沒有層級的兩階段抽樣設計中，由10個replicates產生9間學校。在系統方法中，每個學校僅去除一次。

表 4-1-15 Jackknife 方法使用於無階層之兩階段抽樣設計

Replicate	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
School 1	0.00	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
School 2	1.11	0.00	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
School 3	1.11	1.11	0.00	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
School 4	1.11	1.11	1.11	0.00	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
School 5	1.11	1.11	1.11	1.11	0.00	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
School 6	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.00	1.11	1.11	1.11	1.11
School 7	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.00	1.11	1.11	1.11
School 8	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.00	1.11	1.11
School 9	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.00	1.11
School 10	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	0.00

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.47

在第一個複製 (R1) 中，學校1是被移除，且其他學校的權重被調整為1.1 ($\frac{G}{G-1} = \frac{10}{9}$)。這個調整因素被應用在，當學校複製權重與學校內的複製權重被結合成學生複製權重時；在第二個複製中，學校2是被移除，且其他的學校被調整成相同的權重...依此類推。因此，replicate估計值的抽樣變異，如下：

$$\sigma_{(\hat{\theta})}^2 = \frac{(G-1)}{G} \sum_{i=1}^G (\hat{\theta}_{(i)} - \hat{\theta})^2$$

然而，在有層級的兩階段抽樣設計下，Jackknife的方法會使抽樣變異減少，且將導致一個系統高估的抽樣變異。因此，必須透過PPS的抽樣方法與系統程序進行受試學校的挑選，以及定義層級變數等實施步驟。舉例來說，假設母群的列表學校分成兩個部份：農村學校與城市學校，且在這兩個層級學校依據學生大小排序。在每個層級內，10間學校透過系統程序與比例的抽樣方法進行挑選。因此，在有層級的兩階段抽樣設計下，Jackknife的方法是在每個層級內依照學校被挑選的次序，進行有系統地配對樣本學校。因此，學校將與其他相似的學校配對。

表 4-1-16 Jackknife 方法使用於階層之兩階段抽樣設計

Pseudo-stratum	School	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	4	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	5	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
3	6	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
4	7	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	8	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
5	9	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
5	10	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
6	11	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
6	12	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
7	13	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
7	14	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
8	15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
8	16	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
9	17	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
9	18	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
10	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
10	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.48

表4-1-16呈現如何產生複製，學校1~10為農村學校，學校11~20為城市學校。在每個層級裡都有5個學校配對。Jackknife的方法產生許多replicates，在這個例子中，產生10個replicates，對於每個replicate樣本，隨機選擇一間學校將它移除，並給剩餘的那間學校兩倍的權重。在第一個複製（R1）中，學校2是被移除且學校1有2倍的權重（pseudo-stratum 1）；在第二個複製中，學校3是被移除且學校4有2倍的權重（pseudo-stratum 2），依此類推。而抽樣變異，如下式：

$$\sigma_{(\hat{\theta})}^2 = \sum_{i=1}^G (\hat{\theta}_{(i)} - \hat{\theta})^2$$

二、BRR方法

Jackknife方法在每一個複製的樣本中僅移除一個學校，BRR的方法是在每一個虛擬層級（pseudo-stratum）內隨機選擇一間學校，並將它的權重設為0，且針對剩餘的學校給定加倍的權重。此方法導致一大堆可能的複製，平衡的複製樣本產生是依據阿達馬矩陣（Hadamard matrices），這是為了避免冗長的計算，而複製的次數是大於或等於pseudo-strata數量的最小4的倍數。在這個例子中，共有10個pseudo-strata，因此，需產生12個複製。則抽樣變異，如下式：

$$\sigma_{(\hat{\theta})}^2 = \frac{1}{G} \sum_{i=1}^G (\hat{\theta}_{(i)} - \hat{\theta})^2$$

表 4-1-17 BRR 複製方法

Pseudo-stratum	School	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R 10	R 11	R 12
1	1	2	0	0	2	0	0	0	2	2	2	0	2
1	2	0	2	2	0	2	2	2	0	0	0	2	0
2	3	2	2	0	0	2	0	0	0	2	2	2	0
2	4	0	0	2	2	0	2	2	2	0	0	0	2
3	5	2	0	2	0	0	2	0	0	0	2	2	2
3	6	0	2	0	2	2	0	2	2	2	0	0	0
4	7	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	2	2
4	8	0	0	2	0	2	2	0	2	2	2	0	0
5	9	2	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	2
5	10	0	0	0	2	0	2	2	0	2	2	2	0
6	11	2	2	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0
6	12	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2	2	2
7	13	2	0	2	2	2	0	2	0	0	2	0	0
7	14	0	2	0	0	0	2	0	2	2	0	2	2
8	15	2	0	0	2	2	2	0	2	0	0	2	0
8	16	0	2	2	0	0	0	2	0	2	2	0	2
9	17	2	0	0	0	2	2	2	0	2	0	0	2
9	18	0	2	2	2	0	0	0	2	0	2	2	0
10	19	2	2	0	0	0	2	2	2	0	2	0	0
10	20	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0	2	2

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.49

這個複製的方法，每個複製樣本只使用一半有效的觀察值。然而，這樣大量的減少樣本可能會造成極端子群統計估計的問題。此外，一些剩餘的觀察值可能是比較小的（甚至等於0），則對於特定複製樣本母群參數估計是不可能的。

為了克服這個不利的條件，Fay 發展一個不同的BRR方法，代替原本的權重0與2。Fay 建議權重依據一個緊縮的係數k（介於0~1），而第二個膨漲的係數則為2減去k。例如：假設緊縮係數k為0.6，則膨漲權重係數為1.4（Judkins, 1990）。PISA使用Fay 的方法，且將k設為0.5，如表3.13所示。則抽樣變異，如下式：

$$\sigma_{(\hat{\theta})}^2 = \frac{1}{G(1-k)^2} \sum_{i=1}^G (\hat{\theta}_{(i)} - \tilde{\theta})^2$$

表 4-1-18 Fay 複製方法

Pseudo-stratum	School	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R 10	R 11	R 12
1	1	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5
1	2	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5
2	3	1.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5
2	4	0.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5
3	5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5
3	6	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5
4	7	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5
4	8	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5
5	9	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5
5	10	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5
6	11	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5
6	12	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5
7	13	1.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5
7	14	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5	1.5
8	15	1.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5
8	16	0.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5	1.5
9	17	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5
9	18	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5	0.5
10	19	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5
10	20	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1.5

資料來源：PISA 2003 Data Analysis Manual, p.50

在PISA中，決定產生80個複製樣本與80個複製權重，因此，計算如下：

$$\sigma_{(\hat{\theta})}^2 = \frac{1}{G(1-k)^2} \sum_{i=1}^G (\hat{\theta}_{(i)} - \hat{\theta})^2 = \frac{1}{80(1-0.5)^2} \sum_{i=1}^{80} (\hat{\theta}_{(i)} - \hat{\theta})^2 = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{80} (\hat{\theta}_{(i)} - \hat{\theta})^2$$

三、綜合討論與建議

教育研究與許多特別國際性研究學生樣本的抽取，通常使用兩階段抽樣設計，先選取學校的樣本，再由每個選取的學校中隨機選取班級或學生。而在相同學校中學生被選取不能視為獨立的觀測值，因為學生在相同的學校通常比學生在不同的學校有較多的共同特徵，例如：他們提供相同的學校資源，可能是相同的老師，以及教授相同的課程等。因此，不同學校中學生的差異有可能是比較大的，例如：可以預期抽取一個職業學校（vocational school）的學生樣本與一個一般學校（academic school）的學生樣本會比抽取兩個一般學校的學生樣本有較多的變異。因此，兩階段抽樣設計的抽樣變異與第一階段抽樣單位（PSU）的差異呈直接比例。所以TIMSS與NAEP皆使用有階層抽樣的Jackknife方法估計抽樣變異，PISA則使用Fay的方法估計抽樣變異，由於Fay的方法能減少樣本可能會造成極端子群統計估計的問題，因此，本研究亦建議使用Fay的方法估計TASA的抽樣變異。

肆、現行 TASA 抽樣設計的缺點

TASA使用二階段分層隨機抽樣設計，根據縣市、人口密度、學校規模三個變項進行分層，其中，縣市依照行政區分為25個縣市；人口密度以全縣人口平均數為基準，將鄉鎮（市、區）依照人口密度分為4群；學校規模則以24班以下及25班以上為基準，分為2群。本研究藉由國外大型測驗（NAEP、PISA、TIMSS）抽樣設計之探討，認為TASA的抽樣設計將產生以下幾個問題：

1. TASA 進行鄉鎮人口密度之分層，人口密度等級依據縣市各自的人口密度與縣市內各鄉鎮市人口密度進行分類，並畫分成四個等級。若以台北縣與宜蘭縣為例（表 4-1-19 與表 4-1-20）：台北縣總人口數為 3736677 人，總面積為 2052.5667 平方公里，因此，每平方公里之人口密度約為 1820 ($3736677/2052.5667$)。接著，計算台北縣各鄉鎮市人口密度，台北縣共計 29 個鄉鎮市，根據各鄉鎮市之人口數與面積數，可計算得各鄉鎮市之人口密度。其中，人口密度高於 1820 的鄉鎮市分為 1 與 2 層級，人口密度低於 1820 的鄉鎮市分為 3 與 4 層級；宜蘭縣總人口數為 461586 人，總面積為 2143.63 平方公里，因此，每平方公里之人口密度約為 215，則人口密度高於 215 的鄉鎮市分為 1 與 2 層級，人口密度低於 215 的鄉鎮市分為 3 與 4 層級。因此，可知這樣的層級分類在各縣市間並無意義，例如：宜蘭縣層級 1 的鄉鎮市地區人口密度對應到的是台北縣層級 2 與層級 3 的鄉鎮市地區。

表 4-1-19 宜蘭縣各鄉鎮市人口密度分層

地區	面積	人口	密度	城鄉組別
羅東鎮	11.34	73,629	6,490	1
宜蘭市	29.41	94,606	3,217	1
五結鄉	38.87	37,702	970	1
壯圍鄉	38.48	25,878	673	1
冬山鄉	79.86	50,907	637	1
蘇澳鎮	89.02	43,895	493	2
礁溪鄉	101.43	36,625	361	2
頭城鎮	100.89	32,188	319	2
員山鄉	111.91	32,711	292	2
三星鄉	144.22	21,712	151	3
大同鄉	657.54	5,812	9	4
南澳鄉	740.65	5,921	8	4
總計	2,143.63	461,586	215	

2. 現行 TASA 抽樣設計使用非隨機的抽樣方法，依據預計抽取之學校數與學生

數進行等比例的計算，分別計算各縣市應施測之學校數與學生數。然而，此抽樣方式學生被抽取之機率並不相同，不應該假設受試學生有相同之抽樣權重，且學校的選取未使用 PPS 的抽樣方式進行抽樣，使得學生最終權重值將受影響（有高估或低估的情況發生）。

表 4-1-20 台北縣各鄉鎮市人口密度分層

地區	面積	人口	密度	城鄉組別
永和市	5.71	235,059	41,139	1
蘆洲市	7.44	185,796	24,989	1
三重市	16.32	383,959	23,531	1
板橋市	23.14	542,319	23,439	1
中和市	20.14	408,989	20,303	1
新莊市	19.74	389,074	19,712	1
土城市	29.56	236,345	7,996	2
樹林市	33.13	160,762	4,853	2
鶯歌鎮	21.12	84,443	3,997	2
泰山鄉	19.16	69,741	3,640	2
汐止市	71.24	176,130	2,473	2
新店市	120.23	287,472	2,391	2
五股鄉	34.86	75,609	2,169	2
淡水鎮	70.66	128,087	1,813	3
林口鄉	54.15	58,777	1,085	3
深坑鄉	20.58	21,412	1,040	3
八里鄉	39.49	31,989	810	3
瑞芳鎮	70.73	44,397	628	3
三峽鎮	191.45	88,764	464	3
金山鄉	49.21	21,972	446	3
三芝鄉	65.99	23,566	357	3
萬里鄉	63.38	19,805	312	4
石門鄉	51.26	11,626	227	4
貢寮鄉	99.97	14,255	143	4
平溪鄉	71.34	6,313	88	4
雙溪鄉	146.25	10,371	71	4
石碇鄉	144.35	7,782	54	4
坪林鄉	170.84	6,735	39	4
烏來鄉	321.13	5,128	16	4
總計	2,052.57	3,736,677	1,820.49	

若以 TASA 2007 為例，國小四年級學生預計抽取 450 間樣本學校，經由等比例推算可知宜蘭縣需抽取 13 所樣本學校（24 班以下抽取 10 所樣本學校，25 班以上抽取 3 所樣本學校），以及需抽取 307 位受試學生（24 班以下抽取 113 位受試學生，25 班以上抽取 194 位受試學生）。因此，若以宜蘭縣 25 班以上抽取之受試者為例，則學生最終權重如下表。由表 4-1-21 可知，若使用 TASA 抽樣設計計算學生抽樣權重，會使得受試者最終權重遠小於母群體總數。

表 4-1-21 宜蘭縣 25 班以上學校抽樣權重計算

學校	學校人數	學校抽取機率	學校權重	學校內學生被抽取率	學校內學生的權重	最終學生被抽取機率	最終學生權重	最終權重總和
1	163							
2	177							
3	107	0.158	6.333	0.421	2.378	0.066	15.044	676.960
4	125							
5	144							
6	168							
7	311							
8	261							
9	314							
10	253	0.158	6.333	0.423	2.364	0.067	14.962	1600.982
11	311							
12	361							
13	385							
14	133							
15	162							
16	206							
17	191							
18	159							
19	174	0.158	6.333	0.241	4.143	0.038	26.262	1102.999
total	4105							3380.940

伍、TASA 抽樣設計建議方案

為因應現行 TASA 抽樣設計的缺點，本研究召開兩次諮詢會議探討 TASA 抽樣設計。與會者認為自 2005 年起施測至今，在抽樣學校行政作業上能克服以個人為抽樣單位，且由實徵資料分析若以個人為抽樣單位，學生最終權重能推論至母群體的學生；若以班級為抽樣單位，學生最終權重將受班級人數所影響（會有高估或低估的情況發生）。因此，在諮詢委員建議下，本研究提出之 TASA 抽樣設計建議方案將以個人為抽樣單位進行抽樣。

本研究將提出兩種 TASA 抽樣設計建議方案，在方案一中，建議 TASA 抽樣設計應刪除鄉鎮人口密度層級，並參考 NAEP 抽樣架構 (Allen, Donoghue, & Schoeps, 2001)，在抽取樣本學校後，先進行考科的分配，且樣本學校之選取是透過 PPS 的抽樣方法 (詳見圖 4-1-6)。此外，為了因應 2010 年 12 月 25 日起台灣行政規劃區域重新劃分，方案二建議將抽樣的 PSU 區分為五都 5 都 (台北市、新北市、台中市、台南市、高雄市)、4 個地理區 (北部、中部、南部、東部)、以及離島 (澎湖、金門、馬祖)，詳見圖 4-1-7。

一、TASA 抽樣設計建議方案一

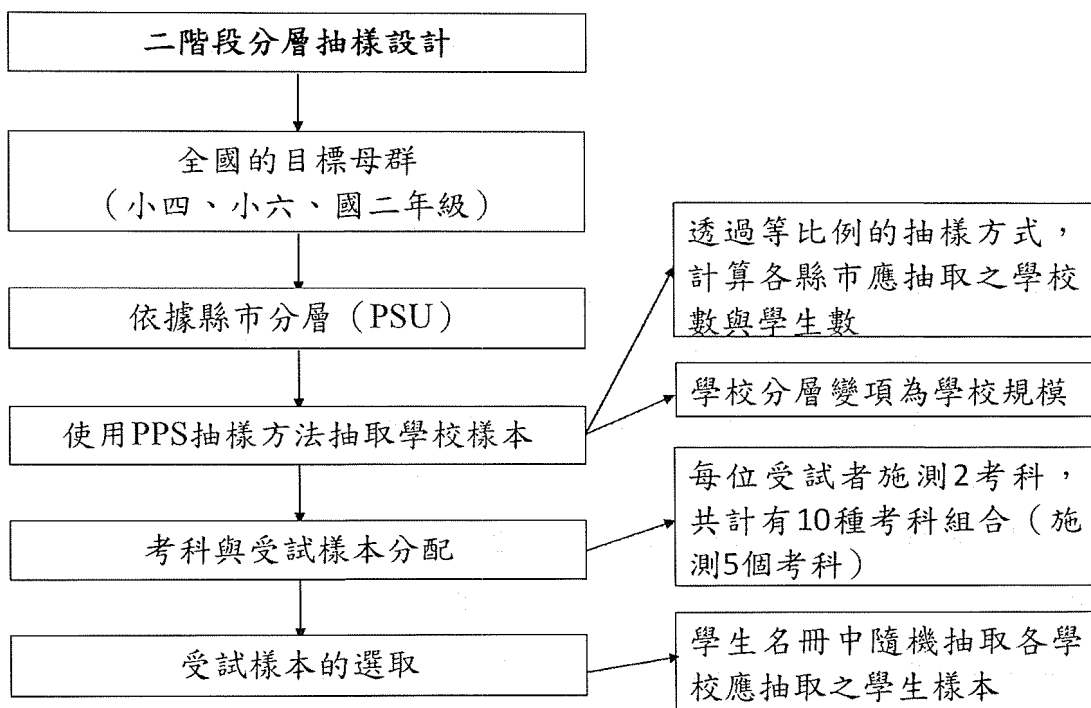


圖 4-1-6 方案一的抽樣架構

本研究建議 TASA 使用二階段分層抽樣設計 (國中與國小的部分)，第一階段為分層叢集隨機抽樣，根據縣市與班級數兩個變項進行分層；第二階段再根據所抽取的樣本學校，以學生個人為抽樣單位進行簡單隨機抽樣。茲將本計畫建議之抽樣程序描述如下：

1. 選取樣本學校

TASA 抽樣選取樣本學校分成兩階段，第一階段先抽取主要抽樣單位(PSU)，第二階段再抽取學校樣本，分別說明如下（參考 NAEP 抽樣方式）：

- (1) TASA 定義 25 個縣市的行政區皆為必然抽取之 PSU，然而，PSU 內所需抽取之受試樣本是依據各縣市所占學生數之比例。
- (2) 施測學校數是由每個 PSU 內所提供的學校資料進行挑選，各年級抽測學校數是透過規模大小所占學生數之比例進行抽樣（probabilities proportional to assigned measures of size），學校依據學校規模進行分層，以學校班級總數 24 班以下與 25 班以上為基準，分為 2 群。接著，透過按規模大小成比例機率的抽樣方法（probabilities proportional to size, PPS）進行施測學校之抽樣（參考 PISA 抽樣方式）。

2. 考科與受試樣本分配

TASA 國小四年級受試者必須施測國語文、數學科、自然科等三科考科；國小六年級、國中二年級、高中二年級及高職二年級受試者必須施測國語文、英語文、數學科、自然科、社會科等五科考科，為考量受試者施測時間過長，造成疲勞等因素，每名受測學生自該年級應施測之考科中抽測二考科。因此，國小四年級包含 3 種考科組合，分別為：國數（V1）、國自（V2）、數自（V3）；其他年級包含 10 種考科組合，分別為：國英（T1）、國數（T2）、國自（T3）、國社（T4）、英數（T5）、英自（T6）、英社（T7）、數自（T8）、數社（T9）、自社（T10），為使各考科能有足夠且相同數量的受試者參與施測，抽樣架構擬加入考科分配。

考科分配：以國小六年級為例，每個施測學校依據符合的施測學生數（如表 4-1-18），分配一些考科，而考科的分配是重複以下的次序：T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10。舉例來說：若學校施測樣本有 48 人，則此樣本學校將分配到 2 個考科組合數；若學校施測樣本有 28 人，則此樣本學校將分配到 1 個考科組合數。因此，若樣本學校 1 施測樣本有 60 人、樣本學校 2 施測樣本有 53 人、樣本學校 3 施測樣本有 29 人，則樣本學校 1 施測考科組合 T1 與 T2、樣本學校 2 施測考科組合 T3 與 T4、樣本學校 3 施測考科組合 T5。

表 4-1-22 施測學校考科數分配

樣本學校內被選取之施測學生數	分配考科組合之個數
1-30	1
31-60	2

3. 選取受試樣本

TASA 每一間抽測學校最多抽取之受試者為60名，受試學生依據抽樣學校提供之學生名冊進行抽樣，受試樣本是採用簡單隨機抽樣進行選取。若學校學生數大於欲抽樣之樣本數，則隨機抽取各年級欲抽樣最多之樣本數；反之，學校學生數小於欲抽樣之樣本數，則全部學生皆參與施測。

4. 抽樣程序（以 TASA 2007 國中二年級為例）

TASA 預計各學科抽取7500位受試者，共抽取18750名受試者，依據教育部統計處提供的資料，2006年國中實際學校數為918間，其中，25班以上的學校有465間（50.65%），24班以下的學校有453間（49.35%），且班級數低於2班的學校共57間學校（6.21%）。因此，假設每間樣本學校隨機抽取60位受試樣本（2班），則須抽取313間樣本學校（ $18750 / 60 = 312.5$ ）。接著依據班級數低於2班學校之比例，計算多抽取之學校數（ $313 * 0.0621 = 19.44$ ）。是故，設定抽取學校數為350間。

由於推論至全國受試樣本之權重程序較為複雜，因此，目前本研究先以宜蘭縣為例，進行新抽樣方式權重之計算，抽樣程序如下：

- (1) 依據各縣市學生數所占之比例，計算各縣市應抽取之學校數，例如：臺北縣應抽取57所學校、宜蘭縣應抽取8所學校，依此類推。
- (2) 依據各學校規模所占學生數之比例，計算應抽取之學校數。
- (3) 透過PPS取樣方法抽取各縣市之樣本學校。
- (4) 由樣本學校之學生名冊或班級名冊隨機抽取樣本學生或班級。

表 4-1-23 各縣市應抽取學校數

地區	學生數	百分比	學校數	地區	學生數	百分比	學校數
臺北縣	52483	16.42%	57	臺東縣	3158	0.99%	3
宜蘭縣	7047	2.20%	8	花蓮縣	4972	1.56%	5
桃園縣	29025	9.08%	32	澎湖縣	1096	0.34%	1
新竹縣	6959	2.18%	8	基隆市	5798	1.81%	6
苗栗縣	7722	2.42%	8	新竹市	5677	1.78%	6
臺中縣	25384	7.94%	28	臺中市	16215	5.07%	18
彰化縣	17938	5.61%	20	嘉義市	4758	1.49%	5
南投縣	7344	2.30%	8	臺南市	12278	3.84%	13
雲林縣	8948	2.80%	10	台北市	33347	10.43%	37
嘉義縣	5747	1.80%	6	高雄市	21328	6.67%	23
臺南縣	14181	4.44%	16	金門縣	694	0.22%	1
高雄縣	15549	4.86%	17	連江縣	89	0.03%	0
屏東縣	11929	3.73%	13	總計	319666	100.00%	350

表 4-1-24 不同學校大小規模應抽取學校數

縣市	24 班以下	百分比	學校數	25 班以上	百分比	學校數
宜蘭縣	2356	33.43%	3	4691	66.57%	5

表 4-1-25 抽取施測學校（宜蘭縣 24 班以下）

學校編號 <i>i</i>	學校名稱	人口數	所佔比例	累積
1	縣立大同國中	17	0.007	0.007
2	縣立榮源國中	47	0.020	0.027
3	縣立南安國中	58	0.025	0.052
4	縣立南澳高中國中部	75	0.032	0.084
5	縣立興中國中	76	0.032	0.116
6	縣立利澤國中	113	0.048	0.164
7	縣立順安國中	134	0.057	0.221
8	縣立吳沙國中	134	0.057	0.278
9	私立中道高中國中部	138	0.059	0.336
10	縣立五結國中	146	0.062	0.398
11	縣立三星國中	165	0.070	0.468
12	縣立冬山國中	176	0.075	0.543
13	縣立蘇澳國中	193	0.082	0.625
14	縣立員山國中	243	0.103	0.728
15	縣立文化國中	274	0.116	0.844
16	私立慧燈高中國中部	367	0.156	1
total		2356		

上表目標母群為 2356 人，先求出區間間隔 $\frac{2356}{3} = 786$ ，透過系統抽樣抽取 3 所學校。首先，從間隔中 1, 2, …, 786 抽出一個數字（作為起點），假設抽到 13 ($\frac{13}{2356} = 0.0055$)，因此，所抽取之 3 所學校分別為 0.0055, 0.3388, 0.6721 相對應的學校 ($C_{ik} = 1, \frac{C_{ik}}{n} = \frac{1}{3} = 0.3333$)，即學校編號 1, 10, 14 (縣立大同國中、縣立五結國中、縣立員山國中)。

表 4-1-26 抽取施測學校 (宜蘭縣 25 班以上)

學校編號 <i>i</i>	學校名稱	人口數	所佔比例	累積
1	縣立礁溪國中	304	0.065	0.065
2	縣立壯圍國中	328	0.070	0.135
3	縣立宜蘭國中	343	0.073	0.208
4	縣立頭城國中	393	0.084	0.292
5	縣立東光國中	416	0.089	0.380
6	縣立中華國中	419	0.089	0.470
7	縣立國華國中	617	0.132	0.601
8	縣立羅東國中	845	0.180	0.781
9	縣立復興國中	1026	0.219	1
total		4691		

上表目標母群為 4691 人，先求出區間間隔 $\frac{4691}{5} = 939$ ，透過系統抽樣抽取 5 所學校。首先，從間隔中 1, 2, …, 939 抽出一個數字（作為起點），假設抽到 933 ($\frac{933}{4691} = 0.1989$)，因此，所抽取之 5 所學校分別為 0.1989, 0.3989, 0.5989, 0.7989, 0.9989 相對應的學校 ($C_{ik} = 1, \frac{C_{ik}}{n} = \frac{1}{5} = 0.2$)，即學校編號 3, 6, 7, 8, 9 (縣立宜蘭國中、縣立中華國中、縣立國華國中、縣立羅東國中、縣立復興國中)。

表 4-1-27 計算抽樣權重 (宜蘭縣 24 班以下，施測樣本 60 人)

學校	學校人數	學校抽取機率	學校權重	學校內學生被抽取機率	學校內學生的權重	最終學生被抽取機率	最終學生權重	最終權重總和
1	17	0.022	46.196	1	1	0.022	46.196	785.333
2	146	0.186	5.379	0.411	2.433	0.076	13.089	785.333
3	243	0.309	3.232	0.247	4.050	0.076	13.089	785.333

Total	2356
-------	------

其中，學校被選取的機率： $P_{1_i} = \frac{N_i \times n_{sc}}{N}$ ，

$$P_{1_1} = \frac{17 \times 3}{2356} = 0.022, P_{1_2} = \frac{146 \times 3}{2356}, P_{1_3} = \frac{243 \times 3}{2356}$$

學校內學生被抽取機率： $\frac{17}{17}, \frac{60}{146}, \frac{60}{243}$

最終學生被抽取機率： $0.075 \times 1 = 0.075$

表 4-1-28 計算抽樣權重 (宜蘭縣 25 班以上，施測樣本 60 人)

學校	學校人數	學校抽取機率	學校權重	學校內學生被抽取機率	學校內學生的權重	最終學生被抽取機率	最終學生權重	最終權重總和
1	343	0.366	2.735	0.175	5.717	0.064	15.637	938.2
2	419	0.447	2.239	0.143	6.983	0.064	15.637	938.2
3	617	0.658	1.521	0.097	10.283	0.064	15.637	938.2
4	845	0.901	1.110	0.071	14.083	0.064	15.637	938.2
5	1026	1.094	0.914	0.058	17.100	0.064	15.637	938.2
Total								4691

二、TASA 抽樣設計建議方案二 (以五都為抽樣單位進行抽樣)

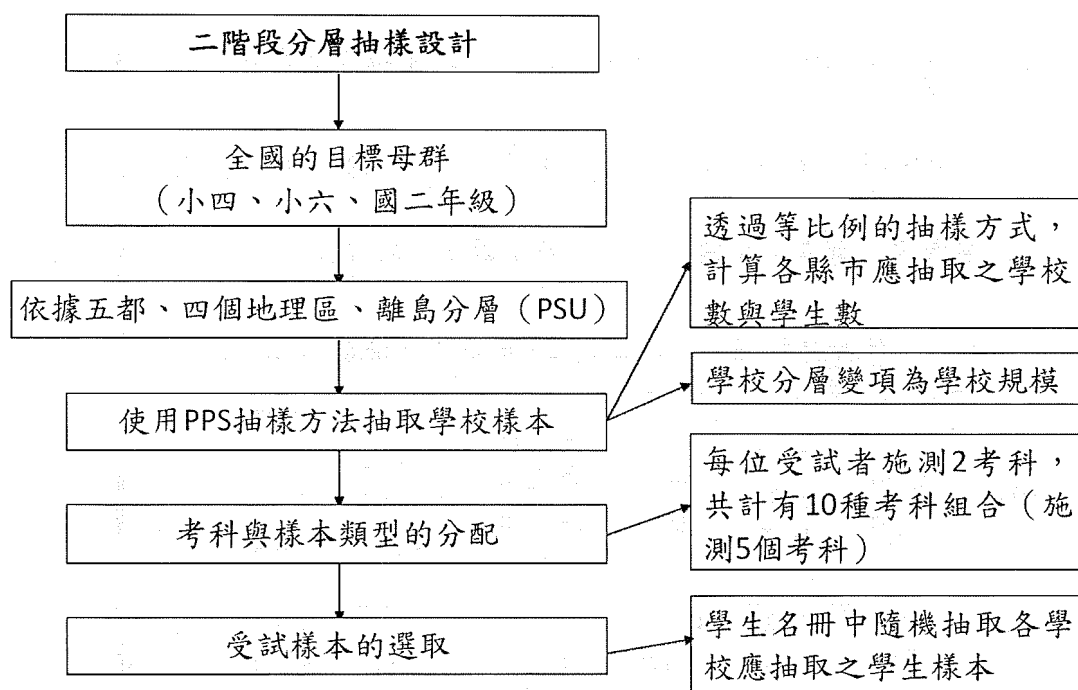


圖 4-1-7 方案二的抽樣架構

由於 2010 年台灣行政地區將有所改變，且為了進行縣市或地區性受試樣本成就表現之比較，方案二依據五都、四個地理區、離島地區定義 PSU，建議抽樣程序如下：

1. 選取樣本學校

TASA 抽樣選取樣本學校分成兩階段，第一階段先抽取 PSU，第二階段再抽取學校樣本，分別說明如下（參考 NAEP 抽樣方式）：

- (1) TASA 依據 5 都（台北市、新北市、台中市、台南市、高雄市）、4 個地理區（北部、中部、南部、東部）、以及離島（澎湖、金門、馬祖）定義為必然抽取之 PSU（共 10 個 PSU）。然而，PSU 內所需抽取之受試樣本是依據所占學生數之比例。其中，北部：基隆市、桃園縣、新竹市、新竹縣；中部：苗栗縣、南投縣、彰化縣、雲林縣；南部：嘉義縣、嘉義市、屏東縣；東部：宜蘭縣、花蓮縣、台東縣；離島：澎湖縣、金門縣、連江縣。
- (2) 施測學校是由每個 PSU 內所提供的學校資料進行挑選，使用 PPS 的抽樣方法。

2. 選取受試樣本

TASA 每一間抽測學校最多抽取之受試者為 60 名，受試學生依據抽樣學校提供之學生名冊進行抽樣，受試樣本是採用簡單隨機抽樣進行選取。若學校學生數大於欲抽樣之樣本數，則隨機抽取各年級欲抽樣最多之樣本數；反之，學校學生數小於欲抽樣之樣本數，則全部學生皆參與施測。

3. 抽樣程序 (以 TASA 2007 國中二年級為例)

表 4-1-29 計算各 PSU 應抽取之學校數

地區	學生數	百分比	學校數
台北市	33347	10.43%	36
新北市	52483	16.42%	57
台中市	41599	13.01%	46
台南市	26459	8.28%	29
高雄市	36877	11.54%	40
北部地區	47459	14.85%	52
中部地區	41952	13.12%	46
南部地區	22434	7.02%	25
東部地區	15177	4.75%	17
離島地區	1879	0.59%	2
總計	319666	100.00%	350