

我國區域人口推估—— 年輪變動比法之可行性初探

國發會人力發展處 吳彥緯

壹、研究緣起

面對人口過度集中都市及城鄉發展失衡問題，行政院已於 2018 年設立「地方創生會報」，同時未來各項地方發展政策均有賴完整且精確的區域人口推估作為資料基礎。是故，國家發展委員會（以下簡稱國發會）定期以年輪組成法（cohort component method）¹ 進行全國人口推估作業，恐已無法回應各界對於區域人口推估之需求。鑒此，人口學者陳信木（2019）及余清祥（2019）建議可嘗試改以「年輪變動比（cohort change ratio, CCR）法」取代國際常見之年輪組成法²，作為我國未來區域人口推估的可能作法。

¹ 利用人口平衡公式 $P^t = P^{t-1} + B^t - D^t + M^t$ ，其中， P^t 、 B^t 、 D^t 及 M^t 則分別代表各項人口變動要素，即 t 年的人口數、出生數、死亡數及淨遷徙人數，以年齡組別移動推估出未來男、女性年底人口。

² 經資料蒐集發現，日本、韓國、歐盟、加拿大及紐西蘭等主要國家，均採用傳統主流的年輪組成法進行區域人口推估，分別詳參日本—国立社会保障・人口問題研究所（2018）。日本の地域別将来推計人口（平成 30

貳、文獻探討

一、年輪變動比法之背景與概念

Hamilton & Perry 於 1962 年提出以 CCR 作為短時間、小區域人口推估之方法，稱之為 Hamilton-Perry method 或 HP 法（余清祥，2019；陳信木，2019），主要精神在於利用人口普查所得之實際人口數據，觀察同一年輪³人數在最近二個相異時點間的變動率，並用此比值描述生育、死亡及遷徙三項因素對人口規模造成的合成效果，若以區域人口推估為例，CCR 之計算方式，即是以該地區當年某一特定年輪之人口數，除以過去某一時點該年輪之人口數，數學式表達如下：

$${}_nCCR_{x,t,i} = {}_n P_{x+k,t,i} / {}_n P_{x,t-k,i} \quad (1)$$

其中 ${}_nCCR_{x,t,i}$ 表示 i 地區 t 年 x 至 x+n 歲年齡組的年輪變動比，用以衡量 t-k 年 x-k 至 x-k+n 歲此年輪變動至 t 年 x 至 x+n 歲時的變化程度； ${}_n P_{x,t,i}$ 表示 i 地區 t 年 x 至 n 歲年齡組的人口數，即該年齡組的最新人口統計數據； ${}_n P_{x-k,t-k,i}$ 表示 i 地區 t-k 年 x-k 至 x-k+n 歲年齡組的人口數，即該年齡組次新的人口統計數據。

根據 Hamilton & Perry 的主張，同一年輪的 CCR 將投射反映在下一階段的人口變化，也就是在同一年輪之人口變動比率維持相同的假設下，將該年齡組最新統計所得之人口數乘以其 CCR，則可得到該年輪於未來時點之推估人口數，重複此方式便可完成未來人口推估，數學式表達如下，其中 ${}_n P_{x+k,t+k,i}$ 表示 i 地區同一組年輪在未來 t+k 年 x+k 至 x+k+n 歲年齡組的推估人口數：

$${}_n P_{x+k,t+k,i} = {}_n CCR_{x,i} \times {}_n P_{x,t,i} \quad (2)$$

二、年輪變動比法的優勢與限制

李香潔等人（2011）及陳政勳、余清祥（2010）運用傳統年輪組成法進行區域人口推估，結論指出推估結果易受資料品質影響，且囿於缺乏縣市層級詳細遷徙資料，操作相對複雜。陳信木（2019）、余清祥（2019）同樣指出，區域人口遷移資料品質

（2018）年推計）；韓國— Statistics Korea (2022). Population Projections for Provinces (2020~2050)；歐盟— Eurostat (2010). Regional population projections EUROPOP2008: Most EU regions face older population profile in 2030；加拿大— Statistics Canada (2022). Population Projections for Canada (2021 to 2068), Provinces and Territories (2021 to 2043)；紐西蘭— Statistics New Zealand (2021). Subnational population projections: 2018 (base)–2048。

³ 年輪 (cohort) 是重要的人口學及社會學概念 (社會學領域翻譯為「世代」)，指涉在同一個時間點 (或一段時間) 經歷某些相同的人口或生命事件的一群人，故以年輪作為分群標準是人口學中重要的分析工具。

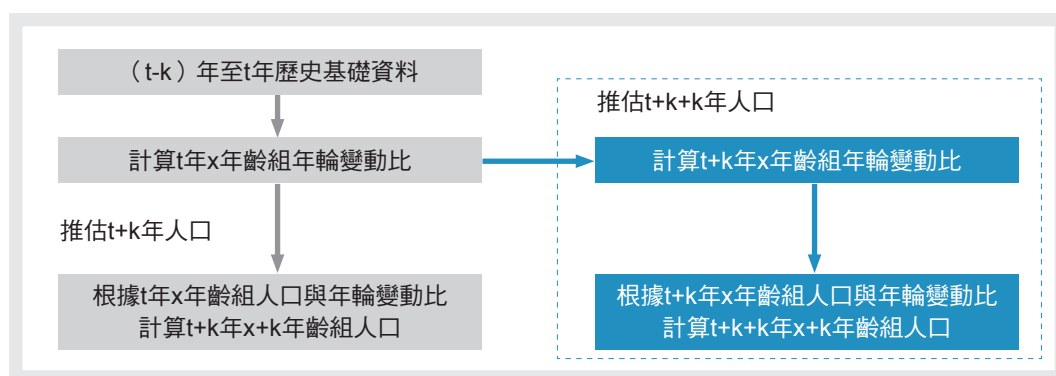
不夠詳實精確，又因人口規模較小，導致區域人口相對脆弱敏感，故難以直接套入適用全國性的年輪組成法。

相對而言，年輪變動比法只需要兩個不同時點的人口普查資料，即可用來進行不同年齡組、性別等人口特徵之推估，加上計算方法簡便，非但降低使用者技術門檻，且推估準確度並不亞於年輪組成法（Smith & Tayman, 2003；Jack Baker, et al., 2017；Swanson & Tayman, 2017；余清祥，2019；陳信木，2019；余清祥、王信忠、陳譽騰，2021）。但既有實證研究顯示，年輪變動比法於推估幼年及老年人口時有較明顯之誤差，前者主要由於生育變動因素較多，使零歲 CCR 震盪相對劇烈；後者則可能受老年人口遷移模式變化或低估存活機率影響，因此需注意 CCR 變異數不可過大，且區域人數不宜有大幅變動（余清祥，2019；陳信木，2019；余清祥、王信忠、陳譽騰，2021）。

叁、推估流程

區域人口推估之具體步驟簡要說明如下，推估架構與計算方式則分別如圖 1 及表 1 所示。

- 一、計算歷年性別區分之 5 歲年齡組年輪變動比
- 二、以線性趨勢分析法推估未來 5 歲年齡組年輪變動比
- 三、結合戶籍人口數與年輪變動比，推估各性別及年齡組別之縣市層級未來人口
- 四、與全國人口推估調整校正



資料來源：陳信木（2019）。區域人口推估方法及相關技術之研析，第 16 頁。

圖 1 年輪變動比法人口推估架構

表 1 年輪變動比法年齡組別人口推估計算方法

	(t-5) 年至 t 年年輪變動比	推估至 (t+5) 人口
一般年齡組 (5-89歲)	${}_nCCR^g_{x,t,i} = {}_n P^g_{x+5,t,i} / {}_n P^g_{x,t-5,i}$	${}_n P^g_{x+5,t+5,i} = {}_n P^g_{x,t,i} \times {}_n CCR^g_{x,t,i}$
幼年 (0-4歲)	${}_4CWR^g_{0,t,i} = {}_4 P^g_{0,t,i} / {}_{29}P^F_{15,t,i}$	${}_4 P^g_{0,t+5,i} = {}_{34}P^F_{15,t+5,i} \times {}_4CWR^g_{0,t,i}$
高齡開放年齡組 (90歲以上)	$CCR^g_{90+,t,i} = P^g_{90+,t,i} / P^g_{85+,t-5,i}$	$P^g_{90+,t+5,i} = P^g_{85+,t,i} \times CCR_{90+,t,i}$

說明： ${}_4P^g_{0,t,i}$ 係指i地區t年性別區分之0-4歲幼年人數， ${}_{34}P^F_{15,t,i}$ 係指i地區15-49歲育齡婦女人數，該比值即為婦幼比， ${}_4P^g_{0,t+5,i}$ 係指i地區未來t+5年0-4歲之性別區域人口數； $P^g_{90+,t,i}$ 係指i地區t年性別區分之90歲以上高齡人口數， $P^g_{85+,t-5,i}$ 係指i地區t-5年85歲以上人口數，亦即5年前85歲以上人口之年輪，進入當年成為90歲以上時人口數的變動率， $P^g_{90+,t+5,i}$ 係指i地區未來t+5年90歲以上之性別區域人口數。

資料來源：陳信木（2019）。區域人口推估方法及相關技術之研析，第 28 頁。

肆、以年輪變動比法建立我國區域人口推估模型

一、2012-2021年區域人口回測分析

本文運用內政部 1997-2011 年共 15 年之戶籍資料，以線性趨勢假設推估 CCR 後，回測 2012-2021 年共 10 年之性別與 5 齡組別人口數，並以平均絕對百分比誤差 (MAPE)⁴ 衡量與實際值間之差異。回測分析過程中，發現金門、連江與澎湖三縣 2012-2021 年 MAPE 分別為 20.4%、13.9% 及 6.3% 較高，可能原因在於離島近年人口變化趨勢迥異於歷史軌跡，難以過去單一趨勢加以投射，導致 CCR 波動情況明顯大於其他縣市。不過除離島縣市外，2012-2021 年各縣市 MAPE 絕大部分皆落於 4% 以內，呈現高準確度。

另以年齡組觀之，0-4 歲、5-9 歲以及 85-89 歲及 90 歲以上之 MAPE 推估誤差較高，此結果與過去文獻研究之結論相符，而其餘年齡組別的推估狀況則相對穩定且精準。此外，經由 Pearson 相關性分析，發現 MAPE 與人口規模呈現低度負相關；反之 MAPE 與 CCR 變異數呈現高度正相關，即所謂資料相依性 (data dependent) 之影響。

⁴ 本文採用多數相關文獻共同使用之平均絕對百分比誤差 (MAPE) 作為錯誤度量的標準，進而比較實際值與推估值之間的差異，數學式為： $MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - E_i}{A_i} \right| \times 100\%$ 。其中 A_i 為推估值， E_i 為實際值，或欲比較之對照組數值。由計算式可知，MAPE 越低則代表推估結果與實際值或對照組數值差異越小，表示推估結果準確度越高。另根據 Lewis (1982) 對 MAPE 數值高低給予之推估能力分級，相關分界以 0-10% 為高準確度、10-20% 為良好、20-50% 為合理，故一般而言，推估結果之 MAPE 需低於 20% 才能被稱作推估能力良好的預測模型。

二、2022-2045年區域人口推估結果

第二部分以 1997-2021 年共 25 年之歷史戶籍資料，推估 2022-2045 年共約 20 年之 5 齡組人口數，並進一步與陳信木 2020 年區塊拔靴隨機預測模擬之推估成果加以比較，推估結果發現兩者 MAPE 除連江縣達 15.6% 有高估疑慮外，其餘縣市均低於 10%，屬高精準度範圍，顯示線性趨勢假設與進階方法所得結果差異並不大。2022 及 2045 年區域人口數與高齡化指標摘要如表 2 所示，相關分析說明如下：

(一) 區域人口成長概況

據推估，全國人口數將由 2022 年 2,317.4 萬人下滑至 2045 年 2,133.8 萬人，減少 183.6 萬人或 7.9%。而全國也有 16 個縣市面臨人口負成長，其中以臺北市減少 25.2% 跌幅最高，嘉義縣及臺東縣次之，預估將減少近四分之一的人口。另一方面，桃園市推估將於未來 20 年大幅增加 50.8 萬人居冠，新竹縣則將增加 13.9 萬人次之，此外人口正成長的縣市尚包含澎湖縣、金門縣、連江縣及新竹市。

(二) 區域人口高齡化概況

據推估，全國 65 歲以上老年人口占比將由 2022 年 17.5% 上升至 2045 年 34.4%，但各縣市老化程度迥然不同，2045 年有 15 個縣市老年人口占比較全國水準高，尤以嘉義縣、基隆市、屏東縣為最；反之，連江縣、新竹縣及新竹市是人口結構相對年輕的地區。若由老年人口占比增加率觀之，老化速度相對較快之縣市以桃園市為首，臺中市及新北市次之，均屬都會型區域。

此外，全國老化指數⁵將由 2022 年 1.4 增至 2045 年 3.7，增加 1.6 倍，而各縣市老化指數變動也略有差異，2045 年有 16 個縣市老年人口占比較全國水準高，尤以金門縣明顯高於其他縣市，原因除老年人口快速增長外，與幼年人口占比預期快速下降亦有關聯；另嘉義縣次之，而該縣老年人口占比亦為 2045 年最高者，老化狀況值得特別注意。反之，新竹縣及新竹市老化指數明顯較低，是人口活力較強的區域。以老化指數增加率觀之，以金門縣、苗栗縣及嘉義縣成長最快，表示除老年人口占比增加外，幼年人口也具有較大幅的縮減，人口結構老化程度相對嚴重。

⁵ 老化指數即所謂老少比，係指 65 歲以上老年人口除以 0-14 歲幼年人口之比例，可理解為老年人口對於幼年人口之倍數，為衡量一地區人口老化程度指標之一。

表 2 2022 及 2045 年縣市別老年人口占比及老化指數推估摘要

縣市別	人口數（萬人）			老年人口占比（%）			老化指數		
	2022	2045	增加率（%）	2022	2045	增加率（%）	2022	2045	增加率（%）
全國加總	2317.4	2133.8	-7.9	17.5	34.4	96.0	1.4	3.7	155.5
臺北市	261.0	195.3	-25.2	20.4	37.1	82.5	1.5	4.1	167.9
新北市	392.0	372.2	-5.1	17.5	36.7	109.7	1.5	4.2	171.2
桃園市	229.3	280.1	22.2	14.0	30.7	118.6	1.0	2.7	171.3
臺中市	280.9	279.5	-0.5	14.9	32.0	114.4	1.1	3.1	188.6
臺南市	183.7	160.5	-12.6	17.9	35.6	98.6	1.6	4.2	170.9
高雄市	269.6	231.9	-14.0	18.4	35.5	92.7	1.7	4.0	143.7
新竹縣	56.5	70.4	24.7	13.8	24.3	75.7	0.9	1.9	107.8
苗栗縣	52.9	41.1	-22.4	18.4	36.0	96.3	1.6	5.5	246.8
彰化縣	123.0	103.9	-15.5	17.9	34.8	93.8	1.5	3.7	147.8
南投縣	46.9	36.5	-22.2	20.2	37.2	84.6	2.1	4.7	119.8
雲林縣	65.3	51.4	-21.2	20.1	37.1	84.4	2.0	5.7	185.7
嘉義縣	47.7	35.9	-24.7	21.7	41.9	92.7	2.7	9.4	242.6
屏東縣	78.0	60.0	-23.0	19.5	37.3	91.2	2.0	5.0	145.3
宜蘭縣	44.2	38.8	-12.2	18.6	35.9	92.8	1.7	4.0	135.2
花蓮縣	31.5	25.4	-19.3	19.0	35.9	89.1	1.7	4.2	142.9
臺東縣	20.7	16.0	-23.1	18.7	35.2	87.9	1.8	4.2	136.9
澎湖縣	10.6	11.9	11.8	17.8	32.9	84.6	1.8	4.5	142.0
金門縣	16.1	20.8	28.5	15.3	31.5	105.6	1.8	11.5	524.2
連江縣	1.4	2.3	64.5	13.8	23.7	72.5	1.2	2.7	115.6
基隆市	35.6	28.4	-20.1	19.5	38.4	97.0	2.0	5.5	173.3
新竹市	44.4	49.0	10.5	14.3	27.2	89.9	0.9	2.1	131.1
嘉義市	26.1	22.3	-14.4	17.5	35.7	103.9	1.3	3.8	182.2

說明：以上數據均為推估值

資料來源：本研究自行整理

伍、結論與建議

一、除離島區域與幼年、高齡族群，總體回測結果呈高準確度

由回測結果可知，絕大部分縣市推估數與實際值 MAPE 均可控制在 3% 以內，是準確度相當高的推估成果。其中，離島可能因 CCR 變異數大、人口規模小、人口發展趨勢特殊，造成結果與實際人數差異較大。此外，幼年族群或因出生震盪較大，不易以線性假設捕捉歷史經驗，導致投射推估失準；另高齡人口由於遷移情況並不明


顯，加上人口基數較少、CCR 波動幅度較大，進而影響推估準確程度。是故，後續關鍵在於如何改善戶籍資料品質、精進推估模型，以有效提升上述地區或族群之推估準確度。

二、我國各縣市區域人口成長趨勢與年齡結構變化不盡相同

就人口數來說，未來 20 年桃園市人口增加 50.8 萬居冠，反之臺北市減少 65.8 萬人最多；就高齡化而言，嘉義縣與基隆市是老化程度較嚴峻的區域，而桃園市及臺中市由於近年青壯年工作人口移入較多，未來將成為老化速度較快的區域。由此可知，各縣市人口變遷情況不盡相同，地方政府應根據各區域過去及未來特有之人口規模及人口結構變化趨勢，制定各式合宜的公共政策，以有效運用社會資源，滿足不同人口情境下的需求。

三、嘗試進行常住人口推估

本文推估結果為區域未來可能之戶籍人數，不能完全代表實際之常住人口變遷趨勢。例如臺北市因近來房價持續上漲，表面上促使戶籍人口大量移出，但卻不代表實際居住的常住人口也等幅減少；又如離島之社會福利措施大多優於本島縣市⁶，可能造成僅設有戶籍但無實際居住的幽靈人口。故當戶籍人口遷徙無法真實反映現實人口流動狀況，以戶籍人口為基礎的推估結果將背離當地實際人口發展狀況。

另考量地方對於公共設施需求、資源分配以及區域經濟發展等實質面議題，包含社會住宅、教育資源、長照醫療、交通運輸等，常住人口數據反較戶籍人口更具代表性及參考價值。是故，若以常住人口進行區域人口推估⁷，應可改善離島三縣推估誤差過大的問題，並使推估結果更貼近各縣市人口發展實際情況，為地方政府未來施政規劃帶來多元面向的參考數據。

⁶ 連江縣生育補助相對優渥，且當地民眾領有離島加給與交通優惠；金門縣民除了三節配酒外，在交通、醫療及教育上所領福利優於本島，詳參俞肇福，〈全國人口負成長 馬祖不減反增人口成長率第一〉，《自由時報》（2021 年 1 月 28 日），<https://news.itn.com.tw/news/life/breakingnews/3424835>；蔡孟穎〈戶籍設哪 CP 值最高？好福利吸進幽靈人口〉，《好房網 News》（2016 年 11 月 2 日），<https://news.housefun.com.tw/news/article/714462146039.html>。

⁷ 我國主計總處已於 2017 年針對縣市別常住人口推估方法進行評估，詳細推估方法及研究成果可參考陳艷秋、楊雅惠（2017），常住人口推計方法之研究。