

110cbc-經 1(委託研究報告)

人口老化對貨幣政策與財政政策的長期影響

計劃主持人： 陳明郎(中央研究院經濟研究所研究員)

協同主持人： 伍弘歷(成功大學經濟系副教授)

中央銀行 委託研究

中華民國 111 年 8 月

(此報告純係作者之觀點，不應引申為本機關之意見)

中央銀行委託研究計劃
110cbc-經 1

人口老化對貨幣政策與財政政策的長期影響

受委託單位： 國立中央研究院

計劃主持人： 陳明郎 研究員(中央研究院經濟研究所研究員)

協同主持人： 伍弘歷(成功大學經濟系副教授)

研究期程： 中華民國110年8月至111年8月

研究經費： 新台幣700,000元

中央銀行 委託研究

中華民國 111 年 8 月

(此報告純係作者之觀點，不應引申為本機關之意見)

摘要

隨著醫療技術的發展、就業型態轉型及家庭觀念的改變，近年來如歐洲、日本、韓國、台灣等主要經濟體皆面臨出生率及死亡率下降的人口結構轉變，導致人口高齡化的問題日益嚴峻。鑑於國內對於人口老化影響總體經濟與政府政策的相關研究較少，本研究嘗試建構一總體經濟生命循環模型，模擬分析出生率下降、死亡率下降、出生與死亡率同步下降的人口動態下，對於國內通貨膨脹率、實質利率、總勞動力、總體產出、消費和投資變動的影響效果，並以此模擬結果為基礎，進而分析貨幣政策與財政政策變動對於各項總體變數的綜合影響。根據模型模擬結果顯示，新生人口的減少隱含人口自然增加率下降，長期對於產出、消費、有效勞動投入與投資均呈現負向影響；若產出減少幅度大於消費減少幅度，在其他條件不變下將引發通膨率上升；死亡率的下降隱含人口自然增加率上升，長期而言將提升有效勞動供給，同時提高儲蓄，使總體產出呈成長上升趨勢；當出生率與死亡率同步下降時，長期下，出生率下降的效果將會大於死亡率下降的效果，致使長期趨勢下的總體產出與消費呈現下跌走勢。此外，本研究亦分析在不同名目利率與公債支出調整下的貨幣政策及財政政策的影響；結果發現，貨幣政策與財政政策的效果僅在前期出現較顯著的影響，長期下，各項政策的效果走勢仍被人口結構變化所主導。

關鍵詞：人口結構老化、出生率、老人死亡率、生命循環模型、貨幣政策、財政效果

非技術性摘要

隨著醫療技術發展、就業型態轉型與家庭觀念的改變，近年來如歐洲、日本、韓國、台灣等主要經濟體皆面臨出生率及死亡率下降的人口結構轉變，導致人口高齡化的問題日益嚴峻。本研究嘗試建構一總體經濟生命循環模型，模擬分析出生率下降、死亡率下降、出生與死亡率同步下降的人口動態下，對於國內通貨膨脹率、實質利率、總勞動力、總體產出、消費和投資變動的影響效果，並以此模擬結果為基礎，進而分析貨幣政策與財政政策變動對於各項總體變數的綜合影響。

藉由生命週期循環模型與貨幣效用函數的設定，本文運用動態一般均衡的數值方法，以參數校準建構台灣的總體歷史資料，透過反事實推論的方法評估政策變動與人口結構變化對總體變數產生的可能影響。首先，模型在各項政策不變的條件下，分別考慮出生率下降，老年人口死亡率減少，以及出生率與死亡率同步減少三種人口結構變動的變遷動態，作為貨幣與財政策變動前的基準模型。根據模型的模擬結果顯示：(一)新生人口的減少隱含人口自然增加率下降，長期對於產出、消費、有效勞動投入與投資均呈現負向影響。若產出減少幅度大於消費減少幅度，則在貨幣與財政策不變的前提下，將使通膨率上升，實質利率下跌；(二)當人口結構中僅死亡率下降時，隱含人口自然增加率上升，長期將提升有效勞動供給，同時提高儲蓄與投資，使總體產出呈成長上升趨勢。在本模型的參數校準下，由於非勞動力人口增加，致使長期消費與儲蓄成長高於總產出，帶動通膨率上升，實質利率下跌；(三)當出生率與死亡率同比例下降時，長期而言，出生率對於人口的負向效果將主導整體的人口成長趨勢，使有效勞動、消費、總體產出與儲蓄長期呈現下跌走勢，並對通膨率與實質利率產生顯著的影響。

最後，本研究進一步在上述的基準模型下評估貨幣政策與財政策在人口老化長期趨勢的有效性。其中，貨幣政策與財政策分別以調整名目利

率與公債支出作為模型中調節市場的主要工具，並考慮不同人口結構變動下的長期效果。結果顯示：調升或調降名目利率貨幣政策的效果僅在模型初期出現顯著的效果，長期而言，各項總體變數的走勢均會被人口結構變化所主導，其中，尤以出生率下跌的影響效果最為明顯。公債支出的上升與下降對各項總體變數的排擠效應亦在模型初期(約前 7 期(一期為 3 年)，即 21 年)產生較顯著的效果，長期下各項政策的效果走勢均會受人口結構的變化影響，且出生率下降導致中長期有效勞動力的下跌，將顯著影響財政政策的主要效果。

目錄

1. 研究目的和相關文獻.....	1
1.1 研究目的.....	1
1.2 文獻回顧.....	3
2. 研究方法和模型.....	8
2.1 人口結構.....	8
2.2 家計單位.....	9
2.3 廠商.....	15
2.4 政府.....	16
2.5 均衡條件.....	19
3. 人口老化的可能影響.....	23
3.1 人口結構老化主要原因與台灣出生與死亡率走勢.....	23
3.2 模型數量分析：參數校準.....	26
3.2.1 人口.....	26
3.2.2 效用函數.....	27
3.2.3 總體生產函數.....	28
3.2.4 政府.....	28
3.2.5 年金和全民健保.....	30
3.2.6 總體時間序列.....	32
4. 模型數量分析.....	33
4.1 長期均衡.....	34
4.2 衝擊模擬分析.....	34
5. 人口結構老化的模擬結果.....	35
5.1 人口結構老化的效果.....	36
5.1.1 出生率降低的衝擊效果.....	36
5.1.2 死亡率降低的衝擊效果.....	38
5.1.3 出生率和死亡率同時降低的衝擊效果.....	41
5.2 名目利率變動下的政策效果.....	43
5.2.1 基準模型下名目利率上調的衝擊效果.....	43
5.2.1.1 出生率降低下名目利率上調的衝擊效果.....	46

5.2.1.2 死亡率降低下名目利率上調的衝擊效果.....	48
5.2.1.3 出生率與死亡率降低下名目利率上調的衝擊效果.....	50
5.2.2 基準模型下名目利率下調的效果.....	52
5.2.2.1 新生人口出生率降低下名目利率下調的衝擊效果.....	54
5.2.2.2 死亡率降低下名目利率下調的衝擊效果.....	56
5.2.2.3 出生率與死亡率降低下名目利率下調的衝擊效果.....	58
5.3 公債支出變動下的衝擊效果.....	60
5.3.1 公債增加產生的財政政策效果.....	60
5.3.1.1 出生率降低下公債增加的衝擊效果.....	62
5.3.1.2 死亡率降低下公債支出增加的衝擊效果.....	64
5.3.1.3 出生率與死亡率降低下公債增加衝擊效果.....	64
5.3.2 縮減公債支出的財政政策效果.....	67
5.3.2.1 出生率降低下公債支出縮減的衝擊效果.....	69
5.3.2.2 死亡率降低下公債支出縮減的衝擊效果.....	71
5.3.2.3 出生率與死亡率降低下公債支出縮減的衝擊效果.....	73
6. 結論和限制.....	75
參考文獻.....	81
附錄 1 模型推導.....	85
附錄 2 期中報告評論意見回覆.....	88
附錄 3 期末報告評論意見回覆.....	96

表目錄

表 1 刻劃效用函數參數之校準目標與配適結果.....	27
表 2 數值模型相關參數值.....	33

圖目錄

圖 1 台灣高齡化時程.....	2
圖 2 實質貨幣需求函數與貨幣供給示意圖.....	22
圖 3 台灣人口粗出生率與死亡率：1960-2070 年.....	24
圖 4 台灣各年齡層死亡率：1975 年與 2020 年.....	24
圖 5 台灣實質 GDP 成長率：1952-2021 年.....	28
圖 6 各年齡層特定勞動生產力 hj	29
圖 7 台灣政府支出占 GDP 比例：1974-2020 年.....	29
圖 8 全民健保自付比例：1995-2016 年.....	30
圖 9 年齡特定醫療支出占比.....	31
圖 10 台灣通貨膨脹率：1960-2020 年.....	31
圖 11 台灣貨幣供給(M1A)成長率：1989-2020 年.....	32
圖 12 新生人口出生率減少的衝擊效果.....	37
圖 13 老年人口死亡率減少的衝擊效果.....	40
圖 14 新生人口成長和人口死亡率同時減少的效果.....	42
圖 15 名目利率上調的衝擊效果.....	45
圖 16 新生人口出生率減少下名目利率上調的衝擊效果.....	47
圖 17 死亡率降低下名目利率上調的衝擊效果.....	49
圖 18 出生率減與死亡率同時減少下名目利率上調的衝擊效果.....	51
圖 19 名目利率下調的衝擊效果.....	53
圖 20 新生人口出生率降低下名目利率下調的衝擊效果.....	55
圖 21 死亡率降低下的名目利率下調的衝擊效果.....	57
圖 22 出生率與死亡率降低下名目利率下調的衝擊效果.....	59
圖 23 公債支出增加的財政政策效果.....	61
圖 24 出生率降低下公債支出增加的衝擊效果.....	63
圖 25 死亡率降低下公債支出增加的衝擊效果.....	65
圖 26 出生率與死亡率降低下公債支出增加的衝擊效果.....	66
圖 27 公債支出減少的衝擊效果.....	68

圖 28 出生率降低下公債支出縮減的衝擊效果.....	70
圖 29 死亡率降低下公債支出縮減衝擊的效果.....	72
圖 30 新生人口出生率與死亡率降低下公債支出下降的衝擊效果.....	74

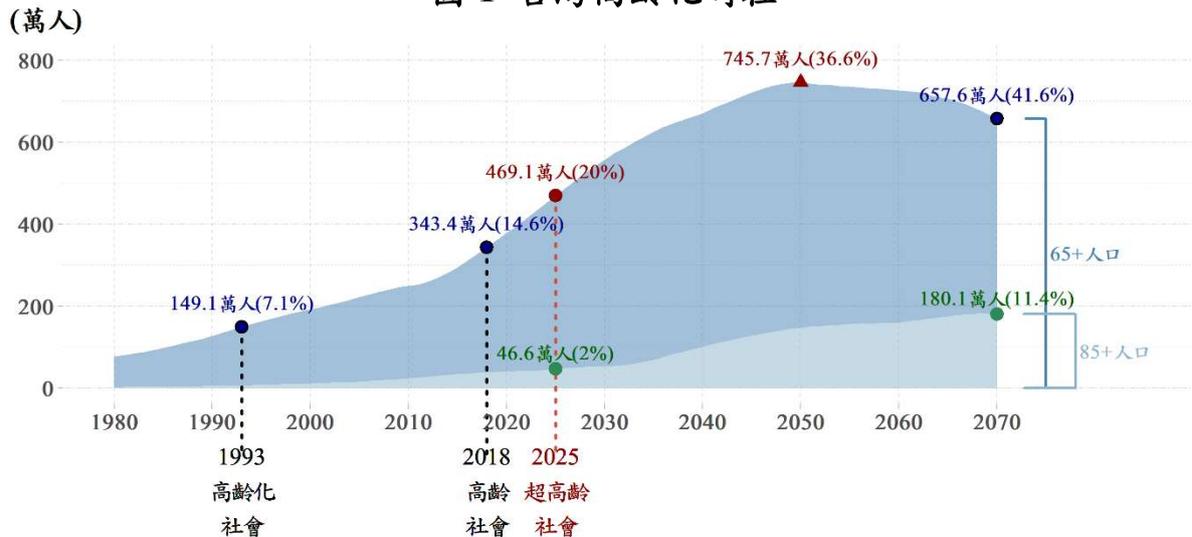
1. 研究目的和相關文獻

1.1 研究目的

隨著醫療技術發展、就業型態轉型與家庭觀念的改變，近年來如歐洲、日本、韓國、台灣等主要經濟體皆面臨出生率及死亡率同步下降人口結構轉變，導致人口高齡化問題日益嚴峻。有鑑於此，二十國集團(G20)於 2019 年 6 月 28~29 日在日本大阪召開的高峰會議中，首次將人口老化列入主要議題，並討論人口高齡化對全球經濟、金融及社會安全制度的影響，可見人口老化問題已受到各國政府的高度重視。

勞動力是生產及經濟成長所需的重要要素，人口老化除了造成勞動力的減少以致影響生產外，對於消費、儲蓄，乃至於政府施政的相關措施，如財政政策以及貨幣政策的執行效果，皆可能產生結構性的影響。根據 2018 年國發會的人口推估結果(見圖 1)，1993 年台灣 65 歲以上老人占總人口比例超過 7%，進入「高齡化社會」階段；至 2018 年邁入「高齡社會」，65 歲以上人口占總人口的比例已超過 14%，預計到 2025 年將轉為「超高齡社會」，屆時 65 歲以上人口占總人口比例將超過 20%，並預測 2050 年將超過 36%，2070 年高於 41%。由於台灣人口年齡結構快速高齡化，2020 年 85 歲以上的「超高齡人口」占 65 歲以上老人人口的比例為 10.3%，預估到 2070 年時將增為 27.4%。台灣人口結構快速老化，不僅對長期的經濟成長有所影響，對於財政平衡和貨幣政策執行的有效性帶來前所未有的挑戰。

圖 1 台灣高齡化時程



註：國際間將65歲以上人口占總人口比例達到7%、14%及20%，分別稱為「高齡化」、「高齡」及「超高齡」社會。

資料來源：國家發展委員會

為因應人口老化對總體經濟的各項變數、貨幣政策和財政政策執行效果的可能影響，近年來不少國際機構和主要經濟體的有關當局皆從事與人口老化相關的經濟研究。如國際貨幣基金會(International Monetary Fund, IMF)、亞洲開發銀行(Asian Development Bank, ADB)，以及英格蘭銀行(Bank of England)、日本銀行(Bank of Japan)和韓國央行(Bank of Korea)等國中央銀行，均曾分別分析及評估人口老化對西歐、OECD 成員國、英國、日本和韓國之實質利率、勞動力、總體產出與消費的影響。

由於過去國內未曾有學者量化評估台灣人口結構老化，對台灣之實質利率、勞動力、總體產出與消費的影響，本計畫之目的在於嘗試建立一數值動態總體經濟模型，描述台灣人口結構老化的變遷動態，並探討人口結構老化對台灣的通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、總體產出、消費與投資

變動的影響效果，進而提出政策建言，希望可以緩和人口結構老化對台灣經濟的衝擊。

1.2 文獻回顧

根據古典消費理論，家計單位在有限的生命週期下，不同年齡層下的消費、儲蓄與工作的決策並不相同。因此，若一經濟體的人口年齡結構組成發生變化，將影響總體經濟的總需求、儲蓄與有效勞動投入，進而影響經濟成長、實質利率的高低，以及政府財政的平衡。早在 30 年前，財政學者 Auerbach and Kotlikoff (1987) 已預見人口年齡結構的老化，撰書分析其對生產、工資、利率及政府財政所產生的影響。Auerbach and Kotlikoff (1987) 建立一個多期的生命循環模型(life-cycle model)，模型中個人的效用函數為跨期可分(time separable)，且只受消費和勞動供給(或休閒)的影響。作者將模型校準(calibrate)美國經濟結構以計算得出模型中的參數值，並利用該模型和參數值再模擬計算出當出生率恆常減少(a sudden and permanent bust)、出生率循環變化(即出生率先減少後增加，而後再減少(a cycle of bust, boom and bust))的衝擊發生時，對美國總體經濟的儲蓄率、工資率、利率、稅率的變化影響以及對民眾福利的影響。Auerbach and Kotlikoff (1987) 的生命循環架構，成為日後學者分析人口結構變化和人口老化對經濟衝擊影響時的主力模型(workhorse model)。

近 50 年來，西歐國家的 65 歲以上人口占總人口比例持續呈現上升趨勢，至 1980 年時已接近 15%，而至 2020 年前已有數國超過 20%，達到「超

高齡社會」的標準¹。為分析人口高齡化對西歐國家的影響，Miles (1999)參考 Auerbach and Kotlikoff (1987)的生命循環模型架構建立模型，並以數值校準分別評估英國和全體西歐國家的經濟結構，以計算得到模型中不同經濟體的參數值，並根據數值模型的參數值為基礎，評估未來老年人口比例的預期趨勢在不同情境時，對英國和西歐各國的勞動供給、工資率、利率、儲蓄的衝擊影響，分析對各種不同租稅稅率和年金結構的影響。

自 20 世紀後，日本始終是世界上老化最嚴重的國家；於 2006 年，其 65 歲以上的老年人口占總人口的比例是全球第一個超過 20% 的國家。IMF 經濟學家 Muto, Oda and Sudo (2016)曾研究日本人口老化對 1980 年之後日本經濟的衝擊影響效果。該文以 Auerbach and Kotlikoff (1987)的生命循環模型為架構，在傳統跨期可分的的效用函數特性設定下，額外考慮效用函數除了受消費和勞動供給的影響外，同時參考 Hansen and Imrohorglu (2016)的效用函數設定，將政府公債數量對個人效用的影響引入家計單位的效用函數(bond in utility)中。²作者以日本的資料校準模型中的參數值，利用模型進行模擬分析。作者指出，人口老化對日本的人均所得和財政變數皆有負向的衝擊影響，主要理由皆是因為人口老化的趨勢，使得工作人口占總人口的比例降低。

日本人口老化對全球經濟的負面衝擊也受到 ADB 的重視，其出版之

¹ 義大利、德國、法國。

² 因為日本政府在 2015 年時已累積發行超過 GDP 之 200% 的國債，但幾乎所有國債皆在日本國內發行，且發行的利率很低，比資本的報酬率還低，脫離非套利條件(no arbitrage condition)。把政府公債加進效用函數可以得出此脫離非套利條件的結果。

Yoshino and Miyamoto (2017)報告分析人口老化對經濟表現、財政和貨幣政策影響效果，惟該研究並未採用 Auerbach and Kotlikoff (1987)的 Overlapping Generation Model (OLG)架構為主力模型，而是以實質景氣循環(real business cycle)模型為主要架構。由於實質景氣循環中家計單位均可活無窮期，為了在模型中捕捉退休人口比例的結構變化，Yoshino and Miyamoto (2017)假定模型中存在兩類家計單位，其一為是工作者(working agents)，透過勞動投入獲得薪水並從事消費和儲蓄，另一種為未進入勞動市場的退休家計單位，僅利用退休金從事消費糊口的人(hand to mouth agents)。由於人們皆可活無窮期，因此該文採取退休人口占總人口比例的增加，作為人口老化的概念。此外，模型亦參考 Barro (1990)的公共支出設定，假定兩類家計單位的效用與廠商的生產技術皆受政府消費性公共支出的影響。因此，政府的財政政策將因為公共支出水準的多寡影響總體經濟的運作。在上述的基礎上，作者運用新凱因斯動態隨機一般均衡(dynamic stochastic general equilibrium，DSGE)的模式及日本的數據校準模型中的參數值，分析政府消費性支出增加的衝擊、政府生產性公共支出增加的衝擊、採寬鬆貨幣政策以降低公債利率的衝擊，以及政府變動租稅的衝擊，對經濟體系所產生的影響。研究發現，當這些衝擊發生變動時，人口愈老化的社會(以退休人口比例提高衡量)，對生產、消費、投資的負面影響比較大。

IMF 經濟學家 Honda and Miyamoto (2020)也發表有關 OECD 人口老化對財政政策影響的研究。此文以 Jordà (2005)的縮減計量估計式為架構，估

計 i 國 t 期時的政府支出衝擊 $shock_{i,t}$ 的變動對實質經濟及所得變化的影響。其中，政府支出衝擊係採用 Auerbach and Gorodnichenko (2012) 的設計方式衡量，並運用 OECD 中 7 國跨 1985 至 2017 年的不平衡追蹤資料(unbalanced panel)進行估計。為了衡量各國非預期的財政政策衝擊，作者將 i 國第 t 期政府支出 $G_{i,t}$ 占該國 $GDP_{i,t}$ 的比例，減掉 i 國第 t 期先驗政府預期支出 $G_{i,t}^E$ 占該國 $GDP_{i,t}$ 的比例，作為財政政策衝擊的代理變數，以此評估上述衝擊在不同人口結構中的影響。該研究以 65 歲以上老人人口占總人口比例作為人口結構的指標，並以約略高於超高齡社會比例的 22.7% 作為該指標的臨界值，比較政策衝擊對於總體經濟的影響。結果指出，當超過臨界值時(人口老化較嚴重的情況)，其財政激勵政策(fiscal stimulus policy)的長期效果較差。此外，該研究亦採用 Ramey and Zubairy (2018) 的架構估計財政激勵政策的景氣循環效果。文章發現，在景氣好時，人口老化與未老化的社會，景氣循環效果相似；惟在景氣衰退時，人口老化的經濟擴張效果遠不如人口未老化經濟體的擴張效果。

在全球金融危機至 2020 年疫情爆發前的十年間，先進經濟體之名目利率普遍呈現低利率的現象。若干經濟體之央行甚至將銀行轉存央行某些存款訂為負利率，達到名目零利率底限(zero lower bound of nominal interest rate)情況。由於訂定零利率底限的經濟體多出現人口老化的現象，因此不少中央銀行的經濟學家與學界開始著手探討人口老化是否對實質利率產生負向影響。美國學者 Eggertsson, Mehrotra and Robbins (2019) 曾以 Auerbach and

Kotlikoff (1987)的 OLG 架構，分析人口結構對實質利率的影響。作者以美國的資料校準模型中的參數值進行模型的模擬分析。結果發現，1970 年至 1995 年的 25 年間，由於戰後嬰兒潮造成人口紅利，在生產要素的互補下，提高了美國的實質利率；而 1995 年至 2020 年的 25 年間，戰後嬰兒潮產生的人口紅利逐漸消失，在同樣的生產技術的傳遞機制下，使美國的實質利率下降。根據該研究的預測，2020 年後的 50 年間，若其他條件不變，美國的人口結構會持續老化，到 2170 年才會達到恆定狀態水準 (steady state level)，因此美國的實質利率也會下降到恆定水準。

英格蘭銀行的 Lisack, Sajedi and Thwaites (2017)亦研究人口老化對英國實質利率的影響。該研究採用 Auerbach and Kotlikoff (1987)的 OLG 架構，在勞動供給設定為外生的假設下，校準其總體模型與英國資料相符。根據其模型分析指數值結果指出，人口結構高齡化在將對英國實質利率產生負向影響，與 Eggertsson et al. (2019)的發現一致。

近年日本銀行也針對人口老化對未來 50 年日本利率的影響進行相關研究。為了強調財政政策對於不同年齡結構的影響，Sudo and Takizuka (2018, 2020)以 Auerbach and Kotlikoff (1987)的 OLG 架構，並參考 Muto, Oda and Sudo (2016)的模型，在效用函數中引入政府公共消費支出，但未在生產函數中引入政府生產性公共支出的設定下，評估不同人口結構下的政策效果。結果發現，過去 50 年日本人口結構的老化，降低了日本的利率，但由於日本利率在模型的校準下已經偏低，因此在考量未來 50 年人口結構的老化後，

對日本實質利率的影響有限³。

2. 研究方法和模型

本研究所採用的研究方法與主要架構係以 Auerbach and Kotlikoff (1987) 的生命循環模型為基礎，模型裡的個人效用中除了受消費和勞動供給影響外，同時加入對實質貨幣的需求，並參考 Eggertsson et al. (2019) 和 Sudo and Takizuka (2020) 之架構進行分析。

2.1 人口結構

本模型假定經濟體系同時存在不同年紀的家計單位，年紀為 $j = i, i+1, \dots, J$ 。第 t 期時 j 歲的人口為 $N_{j,t}$ ，並參考 Eggertsson et al. (2019) 和 Sudo and Takizuka (2020) 的設定，民眾 i 歲開始進入市場工作⁴。假定第 t 期時的第 i 歲(工作)新生人口的成長率為 n_t ，因此前一期($t-1$ 期) 的 i 歲年紀的新生人口與本期 t 的 i 歲年紀的新生人口的關係為

$$N_{i,t} = (1 + n_t)N_{i,t-1}, \quad (1)$$

本模型假定家計單位每一期皆存在死亡的可能性，因而未能存活到下一期，並假設該死亡率為外生給定。此外，本文亦假定同一期間、同一世代的死亡機率相同，且各世代的死亡機率將隨不同期間改變。令 $S_{j-1,t-1}$ 表示 $(j-1)$ 年紀的個人存活到 j 歲年紀的機率。因此，前一期($t-1$ 期)， $(j-1)$ 歲年紀的個人存活到本期(t 期) 成為 j 歲年紀個人的關係式為

³ 韓國央行 Kwon and Kim (2020) 也曾分析韓國人口老化對實質利率的影響。文章發現，人口老化會降低韓國的實質利率。由於該研究僅提供英文摘要，全文以韓文撰寫，不懂韓文者將無法窺知其細節。

⁴ 根據 OECD 對勞動參與率之定義，勞動力人口年齡為 15-64 歲。

$$N_{j,t} = s_{j-1,t-1} N_{j-1,t-1}, \quad (2a)$$

家計單位於 J 歲生命終結，因此 J 歲存活到下期成 $(J+1)$ 歲的機率為零，即 $s_{J,t} = 0$ 。由上可知，第 t 期時， i 歲以上的總人口，為由 i 歲年紀人口加總到 J 歲年紀人口之和，亦即

$$N_t = \sum_{j=i}^J N_{j,t}, \quad (2b)$$

第 t 期時， j 歲人口占總人口的比例為

$$\phi_{j,t} = \frac{N_{j,t}}{N_t}, \quad (2c)$$

2.2 家計單位

假定勞動力人口的退休年紀 (retirement age) 為 j_R 歲，家計單位在退休前會提供勞動力工作以賺取薪資所得。在工作年齡期間，家計單位可以進行消費、儲蓄，並進入勞動市場進行工作。個人在第 t 期 j 歲年紀時工作所賺取的薪資為 $w_t l_{j,t} h_{j,t}$ ，是第 t 期的工資率 w_t ，乘上 j 年紀時所提供的勞動工時 $l_{j,t}$ ，並乘以 j 歲年紀特定的 (age-specific) 生產力 $h_{j,t}$ 。家計單位在 i 歲時進入勞動市場，工作到 j_R 歲才退休，工作年數為 $R = j_R - i + 1$ 。個人退休後不工作，以儲蓄和退休金從事消費和儲蓄，直到 J 年歲死亡時為止。在上述的設定下，本模型為一異質性跨代生命週期模型 (Heterogeneous Life-Cycle Model)，模型中的每一期均存在不同年齡的家計單位進行決策。考量到模型中愛護子女的利他動機 (altruism motive)，在一般的情形下， J 歲死亡年個人也會留給子女一些遺產 (bequest)。

令 $c_{j,t}$ 為 j 年紀家計單位在 t 期的消費， $\beta \in (0,1)$ 為折現因子 (discount

factor)，則家計單位的個人由 t 期 i 歲開始工作一直到死亡的終身效用函數 (lifetime utility) 現值，可表示為：

$$U_t = \sum_{j=i}^J [s_{t+j-i}^j \beta^{j-i} u(c_{j,t+j-i}, m_{j,t+j-i}, l_{j,t+j-i})] + s_{t+j-i}^J \beta^{J-i} v(x_{J,t+J-i}) \quad (3)$$

其中 $s_{t+j-i}^j \equiv \prod_{l=i}^j s_{l,t+l-i}$ ，為 j 歲年紀時存活的機率， $s_{i,t}=1$ 。

效用函數中， $c_{j,t}$ 為 j 歲年紀個人第 t 期時的消費， $m_{j,t}$ 為 j 歲年紀個人第 t 期持有的實質貨幣餘額 (real money balances)，為 t 期持有的名目貨幣餘額除以 t 期的一般物價 $m_{j,t} = \frac{M_{j,t}}{P_t}$ 。 $x_{J,t}$ 為個人 J 年紀死亡時留給子女的遺產。

家計單位存活期間，每期的流量預算限制式 (flow budget constraint) 設定如下：

$$(1 + \tau_t^c) c_{j,t+j-i} + k_{j+1,t+j} + [b_{j+1,t+j} - (1 + r_t^b) b_{j,t+j-i}] + \left[m_{j,t+j-i} - \frac{m_{j-1,t+j-i-1}}{1 + \pi_{t+j-i}} \right] + \gamma_{j,t+j-i} q_{j,t+j-i} = [1 + \hat{r}_t^k] k_{j,t+j-i} + \hat{w}_t l_{j,t+j-i} h_{j,t+j-i} + \tau_t + \eta_t, \quad j \leq j_R, \quad (4a)$$

$$(1 + \tau_t^c) c_{j,t+j-i} + \mathbf{1}^j k_{j+1,t+j} + [\mathbf{1}^j b_{j+1,t+j} - (1 + r_t^b) b_{j,t+j-i}] + \left[\mathbf{1}^j m_{j,t+j-i} - \frac{m_{j-1,t+j-i-1}}{1 + \pi_{t+j-i}} \right] + \gamma_{j,t+j-i} q_{j,t+j-i} + (1 - \mathbf{1}^j) x_{J,t+J-i} = (1 + \hat{r}_t^k) k_{j,t+j-i} + z_{j,t} + \tau_t + \eta_t, \quad \text{if } j > j_R, \quad (4b)$$

其中 $\hat{r}_t^k \equiv (1 - \tau_t^k) r_t^k$ ， $\hat{w}_t \equiv (1 - \tau_t^w)(1 - \tau_t^z - \tau_t^q) w_t$ ，當 $j < J$ 時， $\mathbf{1}^j = 1$ ；若 $j=J$ 時 $\mathbf{1}^j = 0$ 。

上二式中， $k_{j,t}$ 為 j 歲家計單位第 t 期期初的資本持有量， $b_{j,t} = \frac{B_{j,t}}{P_t}$ 為 j 歲年紀家計單位第 t 期期初實質債券持有量，其中 $B_{j,t}$ 為 j 歲年紀家計單位第 t 期

期初名目債券持有量， P_t 為第 t 期一般物價水準。 $\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$ 為第 t 期的通貨膨脹率， $q_{j,t}$ 為 j 歲年紀家計單位第 t 期的醫療支出， $\gamma_{j,t}$ 為 j 歲年紀計單位第 t 期的醫療費支出的自付比例， $z_{j,t}$ 為 j 歲年紀家計單位第 t 期的退休年金收入， j 歲年紀家計單位在第 t 期時的薪資為 $w_t l_{j,t} h_{j,t}$ 。 $r_{b,t}$ 為債券報酬率、 $r_{k,t}$ 為資本報酬率。 $\tau_{c,t}, \tau_{k,t}, \tau_{w,t}, \tau_{z,t}, \tau_{q,t}$ 分別為 t 期時的消費稅稅率、資本所得稅率、勞動所得稅率、退休金提繳費率及健保提繳費率。 τ_t 為 t 期時政府以稅收或發債方式移轉給家計單位的定額移轉收入 (lump-sum transfer income)。民眾於 J_R 歲年紀前透過稅後薪資收入進行消費與儲蓄，其中，稅後薪資收入為繳完勞退和健保提撥費用後，提繳所得稅產生的淨額。由於民眾在退休以後沒有薪資收入，僅能以退休金收入 $z_{j,t}$ 、定額移轉 τ_t 、偶然性收入 η_t 與工作期間儲蓄累積的財富勻支消費。其中，家計單位的儲蓄方式主要以資本、實質貨幣餘額和實質債券餘額的不同方式持有，各期財富總值為其各項資產的本利和。

家計單位在退休之後，仍可儲蓄其退休金收入與移轉，並以資本、實質貨幣餘額與實質債券餘額等不同形式的資產持有。最後，考量到跨代之間存在關心後代子女的動機，民眾在 J 歲年紀的死亡年不會新增資本、貨幣和債券，即 $k_{J+1,t+1} = 0$ ， $m_{J+1,t+1} = 0$ ， $b_{J+1,t+1} = 0$ ，但死亡當期不見得會把所有財富 $k_{J,t}$ ， $m_{J,t}$ ， $b_{J,t}$ 以消費方式用光，可能留遺產給下一代使用。

假設個人每期的效用函數具固定替代彈性(constant elasticity of substitution, CES)型式，並受到退休與否而有所不同，設定如下：

$$u(c_j, m_j, l_j) = \frac{\left(ac_j^{1-\frac{1}{\varepsilon}} + (1-a)m_j^{1-\frac{1}{\varepsilon}} \right)^{\frac{1-\frac{1}{\sigma}}{1-\frac{1}{\varepsilon}}} - 1}{1-\frac{1}{\sigma}} - \xi \frac{l_j^{1+\frac{1}{\varphi}}}{1+\frac{1}{\varphi}}, \quad \xi > 0 \text{ if } j \leq j_R;$$

$$\xi = 0 \text{ if } j > j_R, \quad (5a)$$

上式中，人們可由消費和持有實質貨幣餘額而獲得效用，其中 σ 為消費的跨期替代彈性， ε 為消費和實質貨幣餘額的同期替代彈性， a 為消費所占的比率。文獻一般設定 $\varepsilon = 1$ ，此時(5a)的消費和實質貨幣餘額關係型式退

化成 Cobb-Douglas 型式，為 $\frac{(c_j^a m_j^{1-a})^{1-\frac{1}{\sigma}} - 1}{1-\frac{1}{\sigma}}$ 。此外，當 $\sigma = 1$ 時，消費和實質貨幣餘額關係型式會變成 log 型式，效用函數此時可簡化寫為：
 $a \log(c_j) + (1 - a) \log(m_j)$ 。

(5a)式中， φ 為勞動的 Frisch 替代彈性(elasticity of substitution)，而係數 ξ 刻劃個人勞動工作時所帶來的負效用規模(scale)。由於家計單位僅在 j_R 歲以前($j \leq j_R$ 時)工作，因此會產生勞動供給的負效用，故 $\xi > 0$ ；而在 j_R 歲以後($j > j_R$ 時)，家計單位處於退休狀態，因此不會產生勞動供給的負效用，故 $\xi = 0$ 。此外，個人在年紀 J 時的死亡年期間，由於關心子女而將遺產 x_J 留給子女並帶來以下效用：

$$v(x_J) = \zeta \log x_J, \quad (5b)$$

其中參數 $\zeta > 0$ 刻劃因留遺產給子女所帶來的效用規模。

本模型假設所有家計單位並非均活到最後 J 歲才死亡，從 $(t - 1)$ 期時的 $(j-1)$ 歲年紀者存活到下期的機率只有 $s_{j-1,t-1}$ ，表示有 $(1-s_{j-1,t-1})$ 機率會偶然

死亡。但是這些偶然死亡者在第 $(t-1)$ 期時除消費外，也持有資產並且有孳息收入。為了達成市場結清條件，本研究參考多數文獻作法，假設偶然死亡者之儲蓄的稅後所得本利和，轉為非利他性的偶然性遺產，透過定額方式轉換為生存獎勵金。因此， t 期時所有 N_t 個家計單位會得到 η_t 的偶然性收入為

$$N_t \eta_t = \sum_{j=i+1}^{J+1} (1 - s_{j-1,t-1}) \{ [1 + (1 - \tau_{t-1}^k) r_{t-1}^k] k_{j-1,t-1} + (1 - \pi_t) m_{j-1,t-1} + (1 + r_{t-1}^b) b_{j-1,t-1} \} N_{j-1,t-1}, \quad (6)$$

本研究遵循既有的文獻設定，假定民眾在第 t 期 i 歲前沒有儲蓄，因此第 t 期期初其持有的資本、貨幣和債券為零，亦即 $k_{i,t} = m_{i,t} = b_{i,t} = 0$ 。

家計單位最適化的選擇條件，可以經由極大化(3)式的終身效用函數並在滿足(4a)-(4b)的預算限制式下進行計算。詳細推導過程可參見附錄 1，在不失一般性下，本文透過標準化 $i = 1$ 歲時進入勞動市場， $S^j \equiv \prod_{l=1}^j s_{l-1}$ ， $s_1=1$ ，並設定 $\beta^{j-1} \lambda_{t+j-1}$ 為 j 歲時預算限制式的 Lagrange 乘數，因此家計單位選擇 $c_{j,t}$ 、 $l_{j,t}$ 、 $m_{j,t}$ 、 $k_{j,t+1}$ 、 $b_{j,t+1}$ 及 x_j 的最適條件如下：

$$c_{j,t+j-1} : \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j-1}} = \lambda_{t+j-1}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (7a)$$

$$l_{j,t+j-1} : \xi l_{j,t+j-1}^{1/\varphi} = \lambda_{t+j-1} \hat{w}_{t+j-1} h_{j,t+j-1}, \quad j = 1, \dots, J_R \quad (7b)$$

$$m_{j,t+j-1} : \frac{1-a}{m_{j,t+j-1}} = \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j-1}} - \frac{s_j \beta a}{\hat{c}_{j,t+j}(1+\pi_{t+j-1})}, \quad j = 1, \dots, J-1 \quad (7c)$$

$$k_{j,t+j} : \quad \frac{1}{\hat{c}_{j,t+j-1}} = S_j \frac{1+\hat{r}_{t+j-1}^k}{\hat{c}_{j,t+j}}, \quad j=1,\dots,J-1 \quad (7d)$$

$$b_{j,t+j} : \quad \frac{1}{\hat{c}_{j,t+j-1}} = S_j \beta \frac{1+r_{t+j-1}^b}{\hat{c}_{j,t+j}}, \quad j=1,\dots,J-1 \quad (7e)$$

$$x_{t+J-1}^J : \quad \frac{\zeta}{x_{J,t+J-1}} = \frac{a}{\hat{c}_{J,t+J-1}}, \quad j=J \quad (7f)$$

最適條件中，(7a)式是存活期間每期消費量的最適選擇，每期最適消費量的邊際效用要等於每期預算限制的影子價格(λ_t)。(7b)式為工作期間每期的最適勞動量，每期最適工作時間的邊際負效用要等於影子價格乘以工資。(7c)式是死亡前每期最適的實質貨幣餘額量，增加本期持有實質貨幣餘額量會減少本期消費但增加下期消費，最適選擇需滿足本期實質貨幣餘額的邊際效用等於所放棄本期消費邊際效用減下期此餘額平減通貨膨脹後的消費邊際效用折現值。(7d)式是死亡前每期最適的資本(投資)的選擇量，最適條件下，增加本期資本所放棄本期消費的邊際效用將等於下期資本本利和用來消費的邊際效用折現值。(7e)式是債券的最適選擇，增加本期債券而放棄本期消費的邊際效用要等於下期債券本利和用來消費的邊際效用折現值。最後，(7f)式是留遺產的最適選擇，留遺產的邊際效用要等於減少消費的邊際效用。

將(7a)代入(7b)可得本期消費和工作取捨的條件：

$$\frac{\xi l_{j,t+j-1}^{1/\varphi}}{a/\hat{c}_{j,t+j-1}} = \hat{w}_{t+j-1} h_{j,t+j-1}, \quad j=1\dots J_R, \quad (8a)$$

因此，在一階條件下，最適消費和與勞動供給的邊際替代率(marginal rate of substitution)與本期工資相同。

本期消費和本期儲蓄(亦即下期消費)的取捨，亦即個人跨期消費間的取捨時，不管儲蓄是以資本或以債券方式持有，皆不能有所套利。因此(7d)和(7e)條件式滿足跨期消費的標準 Euler equation。由(7d)和(7e)式，可知選擇資本和債券的最適化會滿足下列的無套利條件(no arbitrage condition)：

$$\hat{r}_t^k = r_t^b, \quad (8b)$$

即稅後資本報酬率和債券報酬率要相等。

2.3 廠商

本模型假設經濟體僅有一代表性廠商從事生產，並以 Cobb-Douglas 的函數型式製造最終財。在假設要素市場為完全競爭下，第 t 期時的廠商僱用有效勞動並租用資本從事生產，以追求利潤極大。利潤極大問題可描述如下：

$$\Pi_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} - (r_t^k + \delta_t)K_t - w_t L_t, \quad (9)$$

其中生產係數 A_t 代表生產的技術效率，並假定此技術效率在第 t 期時有一外生的成長率 g_t ，因此前後兩期的技術效率有以下的成長關係：

$$A_{t+1} = (1 + g_t)A_t, \quad (10a)$$

此外， K_t 為總資本投入， L_t 為總勞動投入， α 為資本的產出份額， δ_t 為資本的折舊率。

透過一階條件求解，代表性廠商選擇 K_t 及 L_t 的最適使用量條件，將滿足各要素的邊際產出等於要素價格：

$$\alpha A_t K_t^{\alpha-1} L_t^{1-\alpha} = (r_t^k + \delta_t), \quad (10b)$$

$$(1 - \alpha) A_t K_t^\alpha L_t^{-\alpha} = w_t, \quad (10c)$$

有效勞動量和資本總使用量，由家計單位的提供量加總而來，滿足以下結清條件：

$$L_t \equiv \sum_{j=i}^{j_R} N_{j,t} l_{j,t} h_{j,t}, \quad (11a)$$

$$K_t \equiv \sum_{j=i}^J N_{j-1,t-1} k_{j,t}, \quad (11b)$$

其中(11a)式為勞動的市場結清條件：總體勞動供給由 i 歲工作到 j_R 歲年紀勞動者人數 $N_{j,t}$ 乘上各工作年齡層所提供的勞動工時 $l_{j,t}$ 與該年齡層之特定生產力 $h_{j,t}$ 後的加總，其總和恰好等於代表性廠商的有效勞動需求；資本結清條件為廠商的資本需求恰好等於市場的資本供給，其供給總額為式(11b)等號右側，為(7d)式第 t 期各年齡層之資本投資 $k_{j,t}$ 乘上上一期的人口數 $N_{j-1,t-1}$ 的加總。因此，第 t 期經濟體的總投資為

$$I_t = K_{t+1} - (1 - \delta_t) K_t, \quad (11c)$$

2.4 政府

本模型中政府扮演的角色為融通各期外生支出 G_t 及各項移轉支出(含醫療保險、退休等)，其收入來源為各種租稅收入、政府發行之貨幣餘額與新增公債發行的收入。政府第 t 期的預算限制式可描述如下：

$$\begin{aligned}
G_t + r_t^b \frac{B_t}{P_t} + \theta_{q,t} \sum_{j=i}^J N_{j,t} (1 - \gamma_{j,t}) q_{j,t} + \\
\theta_t^z \sum_{j=j^R+1}^J N_{j,t} z_{j,t} + \sum_{j=i}^J N_{j,t} \tau_t = \tau_t^c C_t + \tau_{w,t} (1 - \tau_{z,t} - \tau_{q,t}) w_t L_t \\
+ \tau_t^k r_t^k K_t + \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} + \frac{B_{t+1} - B_t}{P_t}, \quad (12a)
\end{aligned}$$

其中預算式的左邊為政府支出，第一項 G_t 為政府購買支出，第二項 $r_{B,t} \frac{B_t}{P_t}$ 為支付上期所發行公債的利息支出，第三項的 $\theta_{q,t}$ 為 t 期時醫療支出的調整比例，第四項的 θ_t^z 為 t 期時政府支出提撥退休金的比例，最後一項為政府移轉性支出。預算式的右邊為政府的各種收入，第一項為消費稅收入，第二項為扣除退休提撥 $\tau_{z,t}$ 和健保提撥 $\tau_{q,t}$ 之薪資的淨勞動所得稅收入，第三項為資本所得稅收入，第四項為實質貨幣供給後移轉給國庫的收入，最後一項為政府 t 期末新增發行公債的收入。

值得補充的是，本文假定各項稅收均以單一稅率進行課徵，因此其稅收係以各項稅收的總額為稅基乘以單一稅率。以消費稅而言，消費稅稅收為總消費乘以單一稅率 τ_t^c ，第 t 期總消費量 C_t 可寫為

$$C_t \equiv \sum_{j=i}^J N_{j,t} c_{j,t}, \quad (12b)$$

其中個人的 $c_{j,t}$ 為(5a)定義的家計單位在年齡 j 下，第 t 期的個人消費支出。

在政府支出部分中，移轉性支出包含退休年金 $z_{j,t}$ 和醫療健保 $q_{j,t}$ 兩項社會福利。由於個人年紀為 j_R 歲以前為工作階段，因此無法請領退休金。 j_R 歲

以後進入退休階段，到 J 歲死亡時為止為申請請領退休金的期間。 t 期時 j 年齡者所領到的退休金金額 $z_{j,t}$ 如下：

$$z_{j,t} = \begin{cases} 0 & j \leq j_R, \\ z_{j_R+1,t+i} & j > j_R, \quad i = 1, 2, \dots, J - j_R, \end{cases} \quad (13)$$

個人從開始請領退休金的(j_R+1)歲年紀到死亡年第 J 歲年紀的期間共有 $(J - j_R)$ 年，每年所請領的退休金額，都和第(j_R+1)歲年紀第一年剛退休時所領取的金額相同。但由於生產效率的提升率為 g_t ，每個世代領取的退休金未必相同。每一代個人的退休金為個人過去薪資所得平均值的一個比例，此比例叫做退休金的所得替代率(pension replacement ratio)。退休金額公式如下：

$$z_{j_R,t+j} = \theta_t \frac{1}{j_R - i + 1} \sum_{j=i}^{j_R} [w_{t+j} l_{j,t+j} h_{j,t+j} \prod_{j=i}^{j_R} (1 + g_{t+j-i})], \quad (14)$$

其中 θ_t 為退休金的所得替代率。上式右邊為個人由 i 歲年紀工作到 j_R 歲年紀退休前一年，總薪資所得的年平均值。所領的年退休金額，為年平均薪資所得的 θ_t 比例。

最後，政府除了透過在第 t 期期初發行名目公債餘額 B_t^S 支應預算的不足外，亦可透過提供貨幣供給勻支政府的一切支出。本研究假定政府貨幣供給的年成長率為 μ_t 。因此，貨幣供給前後期的關係如下⁵：

⁵ Taylor (1983) 認為美國聯準會貨幣政策，不採權宜(discretionary)方式而採法則(rule)方式，不採訂定貨幣數量而是採用訂定名目利率政策的方式。Taylor (1999)設定的泰勒法則(Taylor Rule)為： $i_t = i^* + \alpha_\pi(\pi_t - \pi^*) + \alpha_y(y_t - y^*)$ ， $\alpha_\pi > 1$ ， $\alpha_y > 0$ ，其中 i^* 外生潛在名目利率參數、 π^* 為外生潛在通貨膨脹率政策參數， y_t 為實際人均國民所得、 y^* 為潛在人均國民所得參數， α_π 為通貨膨脹率偏離潛在通貨膨脹時利率政策的反映係數、 α_y 為人均所得偏離潛在人均所得時利率政策的反映係數。

$$M_{t+1} = (1 + \mu_t)M_t, \quad (15)$$

費雪方程式(Fisher equation)概括了通貨膨脹情況下，實質利率和名目利率的關係如下：

$$(1 + r_t^b) = (1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}}, \quad (16)$$

其中 $\frac{P_{t+1}}{P_t} = 1 + \pi_{t+1}$ 為通貨膨脹率。

2.5 均衡條件

根據上述設定，本模型能根據古典經濟學的定義來描述市場均衡條件。

相關定義彙整如下：

定義：給定政府支出移轉政策 $\{G_t, \theta_{q,t}, q_{j,t}, \theta_{z,t}\}_{t=0}^{\infty}$ 、政府各項租稅政策

$\{\tau_{c,t}, \tau_{w,t}, \tau_{k,t}, \tau_{z,t}, \tau_{q,t}\}_{t=0}^{\infty}$ 及貨幣政策 $\{M_t\}_{t=0}^{\infty}$ 之下，若存在一組價格

向量組合 $\{P_t, w_t, r_t\}_{t=0}^{\infty}$ 滿足以下條件，則該市場即達成競爭均衡：

1. 對於任一期間 t 中的所有世代 j 的家計單位，在給定政府各項政策與預算限制式(4a)與(4b)下極大化效用(3)。
2. 代表性廠商在任一期間 t 均在要素價格組合 $\{r_t, w_t\}$ 下極大化利潤。
3. 商品市場在各期應滿足結清條件。以總體經濟的支出面觀點，商品市場滿足以下條件：

$$C_t + [K_{t+1} - (1 - \delta)K_t] + G_t = Y_t \quad (17a)$$

4. 要素市場中，代表性廠商的勞動與資本需求應等於該期間工作年齡勞動供給的總和與全年齡資本投資的總和：

$$L_t^D = L_t^S = \sum_{j=i}^{j_R} [N_{j,t} l_{j,t} h_{j,t}] \quad (17b)$$

$$K_t^D = K_t^S = \sum_{j=i}^J [N_{j,t-1} k_{j,t}] \quad (17c)$$

5. 貨幣市場均衡條件為各年齡層的實質貨幣需求加總等於實質貨幣供給：

$$M_t^S/P_t = M_t^D/P_t = \sum_{j=i}^J [N_{j,t} m_{j,t}^D] \quad (17d)$$

6. 債券市場均衡條件為債券總供給等於債券總需求：

$$B_t^S/P_t = B_t^D/P_t = \sum_{j=i}^J [N_{j,t-1} b_{j,t}] \quad (17e)$$

透過上述針對家計單位的最適選擇條件，可以初步呈現名目利率、實質貨幣需求與消費之間的關係，從而勾勒出名目利率對於總合需求與投資的影響。為了簡化說明，可以假定消費稅率 $\tau_{c,t} = 0$ ，此時對於年齡 $j < J$ 的家計單位在合併消費與貨幣的一階條件(7a)、(7c)與實質利率(7d)的關係，可以得到：

$$\frac{u_{m,t}}{u_{c,t}} = 1 - \frac{\beta u_{c,t+1}}{(1 + \pi_{t+1}) u_{c,t}} = 1 - \frac{1}{1 + i_{t+1}}$$

由於我們關心名目利率 i_{t+1} 對於第 $t + 1$ 期 c_{t+1} 與實質貨幣需求的關聯，因此透過簡單代數運算，進一步得到以下條件：

$$\begin{aligned} \frac{i_{t+1}}{1 + i_{t+1}} &= \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha}\right) \frac{c_t}{m_t} = \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha}\right) \frac{c_t}{m_t} \times \frac{\beta c_{t+1}}{\beta c_{t+1}} \times \frac{m_{t+1}}{m_{t+1}} \\ &= \beta \mu \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha}\right) \frac{c_{t+1}}{m_{t+1}} \times \frac{1}{1 - \delta + r_{t+1}} \end{aligned}$$

並透過比較靜態關係得到以下關聯，並將貨幣市場的供給與實質餘額需求繪於圖 2：

$$\frac{\partial m_{j,t}^d}{\partial i_t} < 0, \quad \frac{\partial m_{j,t}^d}{\partial c_t} > 0, \quad \frac{\partial m_{j,t}^d}{\partial r_t} < 0$$

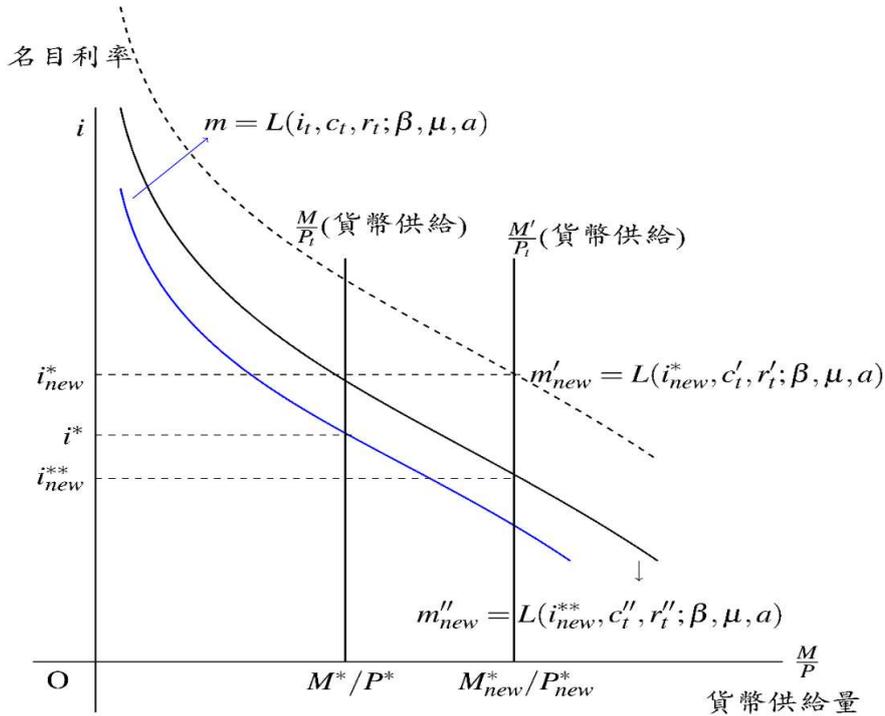
換言之，年齡 j 的家計單位實質貨幣需求可以以下函數表示：

$$m_{j,t}^d = m_j^d(i_t, c_t, r_t; \beta, \mu)$$

根據上述的關係式可以得到以下觀察：

1. 實質貨幣需求為名目利率，消費與實質利率的函數。當貨幣供給增加，在其他條件不變的情況下，貨幣需求與名目利率呈現反向關係。
2. 在部分均衡分析之下，若名目利率下降且貨幣供給與實質利率不變，則將導致消費減少 ($m_{j,t}^d$ 線左移)。此時配合費雪方程式的均衡條件，將產生名目利率下降導致通膨下降，消費減少的結果。
3. 在一般均衡分析下，由貨幣供給增加將同時對商品需求上升，進而影響名目利率的走勢。以圖 2 為例，若貨幣供給增加 (M^*/P^* 右移至 M_{new}^*/P_{new}^*)，在實質貨幣需求與消費為互補財的設定下，若消費需求由 c 上升至 c'' ，則名目利率下跌，達到傳統貨幣寬鬆激勵經濟的政策效果；若消費需求由 c 上升至漲幅較大的 c' ，則實質貨幣需求將由原先的 m 右移至 m'_{new} ，將產生名目利率上升 (i^* 上升至 i_{new}^*) 的結果。

圖 2 實質貨幣需求函數與貨幣供給示意圖



資料來源：研究團隊自行繪製

4. 由於本模型的總合實質貨幣需求是由不同年齡層家計單位的實質貨幣的加總：

$$\frac{M_t^d}{P_t} = \sum_{j=1}^J N_{j,t} m_{j,t}^d$$

受到年齡異質性的影響，各年齡層的需求 $m_{j,t}^d$ 並不相同。因此當人口結構發生改變時，也將影響總合貨幣需求的組成，從而影響貨幣政策變化的有效性。

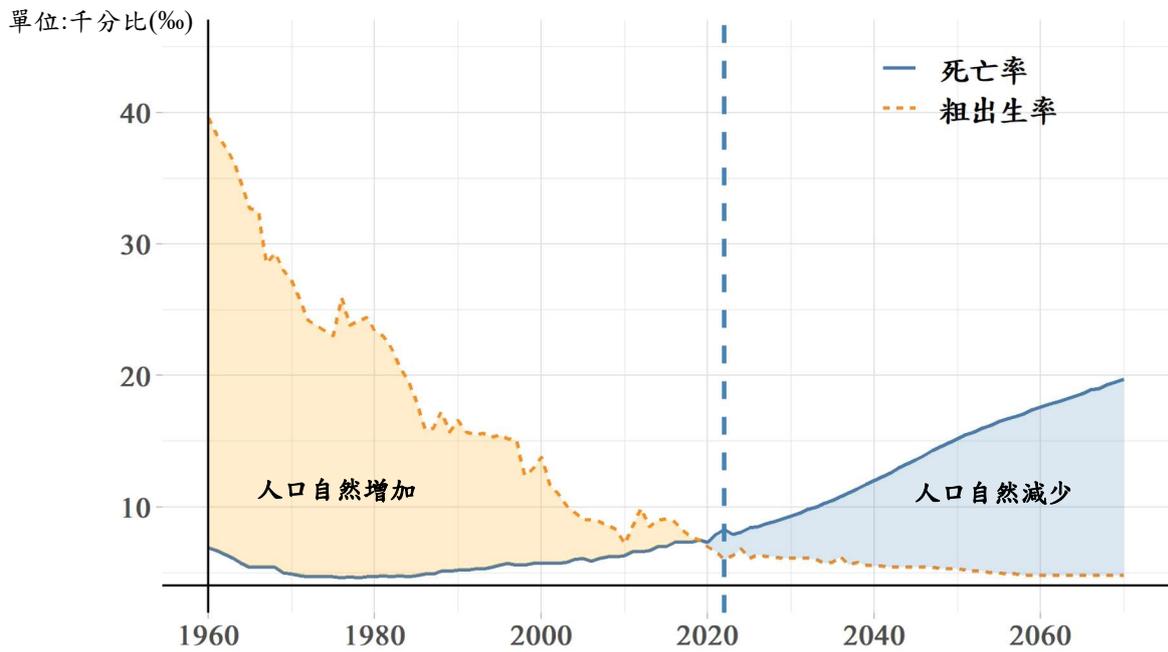
3. 人口老化的可能影響

3.1 人口結構老化主要原因與台灣出生與死亡率走勢

人口結構之所以老化，主要源自兩種成因：一為新生人口出生率的降低，二為老年人死亡率的減少。不管來自哪種因素，皆相對增加不工作的退休人口、降低勞動工作的人口，進而造成人口結構的老化。上述兩項成因的人口結構老化，皆會透過影響通貨膨脹和實質利率，進而影響有效勞動力、所得、消費和投資。根據我國國發會對全國粗出生率與死亡率的推估(圖 3)，粗出生率自 1960 年(39.6‰)起呈現下降走勢，至 2020 年降至 7‰，預估 2070 年續降至 4.8‰；另一方面，隨人口結構的高齡化，死亡率則呈現緩慢上升的趨勢，由 1960 年的 6.9‰逐步增加，預估攀升至 2070 年的 19.1‰。從上述兩者的消長關係，可發現我國人口結構自 2019 年由人口自然增加轉為自然減少，進而影響整體經濟的發展。

儘管圖 3 之死亡率呈現緩慢攀升的趨勢，不過從年齡層的角度進行分析，可發現各年齡層的死亡率呈現顯著下降的走勢。圖 4 彙整台灣 1975 及 2020 年各年齡層的死亡率。從圖 4 的走勢可知，兩段期間的死亡率均隨著年齡呈現倒 U 字型的走勢，且 2020 年各年齡層的死亡率顯著低於 1975 年。各年齡層的死亡機率即為上述模型(2a)的 $1-s_{j,t}$ ，以下將分別說明出生率與死亡率下降對經濟的可能影響。

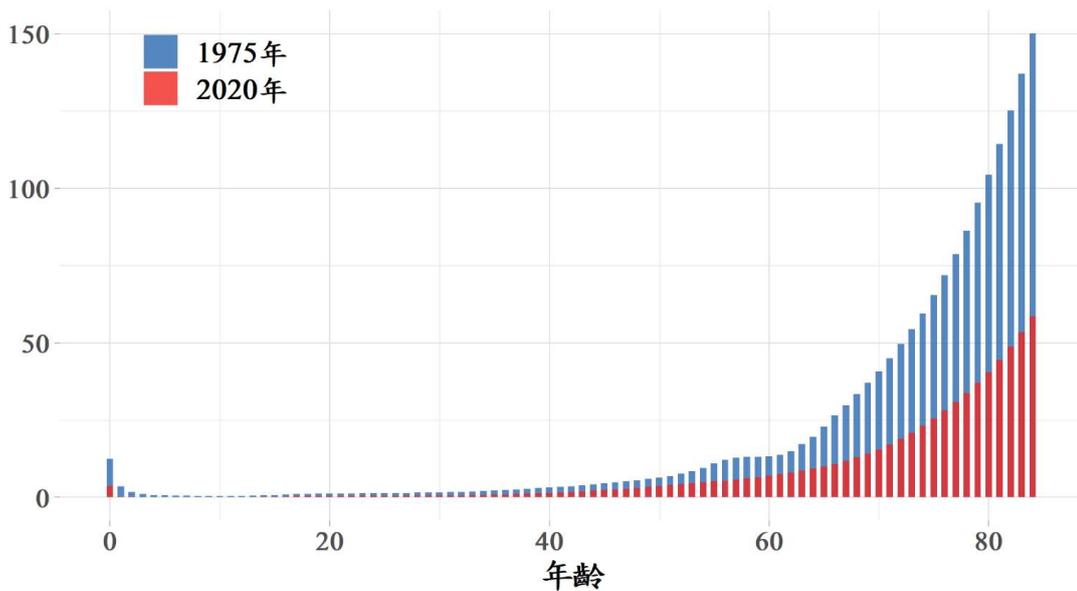
圖 3 台灣人口粗出生率與死亡率：1960-2070



註：2021 年虛線後為預估值。
資料來源：國家發展委員會

圖 4 台灣各年齡層死亡率：1975 年與 2020 年

單位:千分比(‰)



資料來源：國家發展委員會

首先，新生人口減少型的人口結構老化，會因為勞動工作與自然人口的減少而降低總體產出。若貨幣供給的成長率不變，將會出現較多貨幣追逐較少商品的情況，進而使通貨膨脹率上升；新生人口減少型的人口結構老化，也會降低實質利率。因為新生人口減少，老年人口就相對就增加。老人持有淨資產，淨資產雖可以資本、貨幣餘額和債券餘額方式持有，但相對較多的老人反映社會有相對較多的資金供給，因此利率就會有下降壓力，再扣除通貨膨脹率，實質利率就會下跌。因此，新生人口減少就會有提高通貨膨脹、降低實質利率的壓力。

其次，若人口結構老化源自各年齡層的死亡率降低，將使得退休人口相對工作人口顯著增加。對於家計單位消費、儲蓄與勞動供給等決策的影響可從理論模型中 $s_{j,t}$ 的變化描述其運作機制。在貨幣供給等其它條件不變之下，增加的退休人口將提高商品的需求，致使通貨膨脹率上升。此外，由於退休人口主要係以工作年齡時儲蓄的資本利得作為其收入來源，將會增加老年人口持有淨資產的意願。因此社會上的資金供給將會因退休人口死亡率的降低而增加，透過供給面的調整，導致實質利率在初期出現下跌的走勢。另一方面，由於資本和勞動在生產上為互補關係，資本的增加將增加總體勞動的邊際生產力，進而提升勞動需求，使總體經濟的人均勞動工時 $l_{j,t}$ 增加，帶來產出增加，使實質利率會慢慢上升，提升投資需求。

因此，不管是新生人口出生率降低或是老人死亡率降低，都會因為勞動供給下降導致產出減少，進而提高通貨膨脹率。但新生人口出生率降低，

會使實質利率下降，而老年人死亡率降低，短期雖會降低實質利率，但長期仍會提高實質利率。綜合而言，由於實質利率影響貨幣政策的基準參考利率，因此不同人口結構老化成因影響傳統貨幣政策效力也不同。本研究將透過理論模型的建構，詳細的數量分析各項管道對貨幣政策的影響。

3.2 模型數量分析：參數校準

本文在刻劃校準(calibrate)模型方面，將參考 Sudo and Takizuka (2020)的方法，在假定沒有隨機干擾的完全預期(perfect foresight)模式下，運用台灣的官方資料計算模型初始時的長期均衡值(initial steady state)。再此初始長期均衡值下，代入各種新的衝擊，以模擬模型配置中的變化。

3.2.1 人口

由於本模型涵蓋總體經濟中各部門的行為，因此在進行數值模擬的過程中，若放入過多待解變數，將造成求解過程太複雜導致收斂速度過慢，甚至出現無法收斂的狀況，使模擬分析不易得到可預期的結果。為提高模型運算效率，本研究將簡化模型設定，將期間單位調整為 3 年：家計單位於第 21 歲年紀(第 7 期)進入市場，最高活到 84 歲死亡⁶，因此 $J=28$ ，並根據 Cheng, Lin and Tanaka (2020)，設定退休年紀為 60 歲，因此 $R=20$ 。

模型中人口的參數包含出生率 $\{n_t\}$ 、存活率 $\{s_{j,t}\}$ 、和 j 歲年齡人口比例 $\{\phi_{j,t}\}$ 。我們以圖 2 台灣人口粗出生率(crude birth rate)校準推算出 $\{n_t\}$ 。

⁶ 根據國發會的死亡機率表(life table)，最高年紀為 85 歲。

表 1 刻劃效用函數參數之校準目標與配適結果

參數	值	匹配目標	資料	模型
a	0.885	持有貨幣比例	0.131	0.130
φ	0.500	勞動供給比例	0.410	0.410
β	$(0.960)^3$	折現因子	$(0.960)^3$	$(0.960)^3$
ξ	0.500	勞動負效用	0.500	0.50
ζ	13.011	利他參數	18.330	18.330

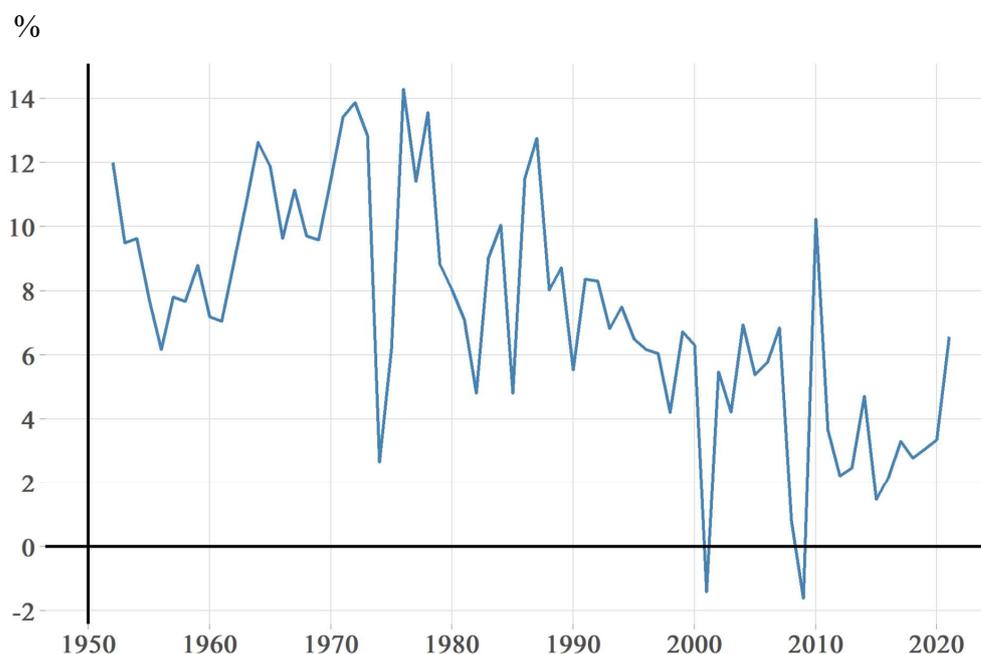
資料來源：研究團隊自行估算。

圖 4 為台灣各年齡層的死亡率，我們據此匹配出存活率 $\{s_{j,t}\}$ 。由所推算出之 $\{n_t\}$ 和 $\{s_{j,t}\}$ 就可以推算出各年齡層人口的比例 $\{\phi_{j,t}\}$ 。

3.2.2 效用函數

效用函數參數方面，本研究參考文獻設定 $\varepsilon = \sigma = 1$ 。其它待估參數包含折現因子 β 、消費偏好相對實質貨幣餘額偏好在效用比重 a 、Frisch 勞動替代彈性 φ 、勞動負效用規模(scale)參數 ξ 及利他參數 ζ 。我們參考傳統生命週期模型，假定一般折現因子 0.96，由於刻劃一期為 3 年，因此折現因子設定為 $\beta = (0.96)^3$ 。並根據連賢明等(2021)貨幣持有的占比為 0.1312，據此刻劃校準 $a = 0.8951$ 。我們設定 $\varphi = 0.5$ ，亦即勞動替代彈性為 0.5，然後再以 ξ 參數匹配台灣長期狀態時的勞動供給占比為 0.4098，而刻劃出 $\xi = 0.5$ 。最後，遵循 Hansen and Imrohorglu (2016) 和 Sudo and Takizuka (2020)，設定利他參數為 $\zeta = 18.33$ 。表 1 彙整上述模型參數的 5 個參數值及相關配適結果。

圖 5 台灣實質 GDP 成長率：1952-2021 年



資料來源：主計總處總體統計資料庫

3.2.3 總體生產函數

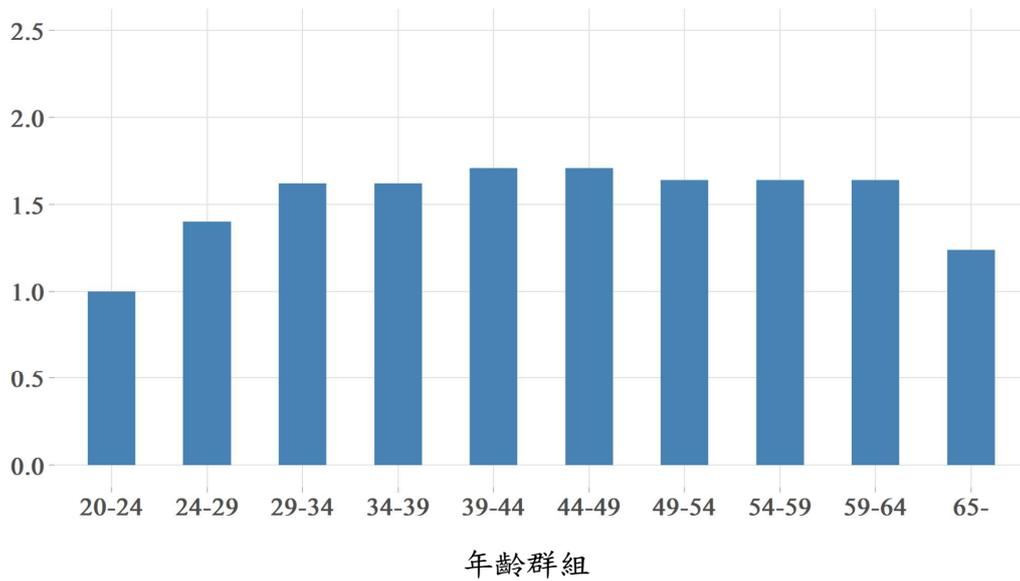
生產函數的參數包括經濟成長率 g_t ，折舊率 δ ，資本分額 α ，和 j 歲年紀特定生產力 $h_{j,t}$ 。首先，本文所採用台灣實質 GDP 成長率 g_t 的資料在圖 5。

其次，本研究遵循 Hsu and Liao (2015)的設定，採用 $\delta=4\%$ 和 $\alpha=0.544$ 。最後，以 2012 年到 2019 年間年平均工資資料，把最年輕年齡層的工資標準化為 1，得各年齡特定生產力 $h_{j,t}$ 的參數值為圖 6。

3.2.4 政府

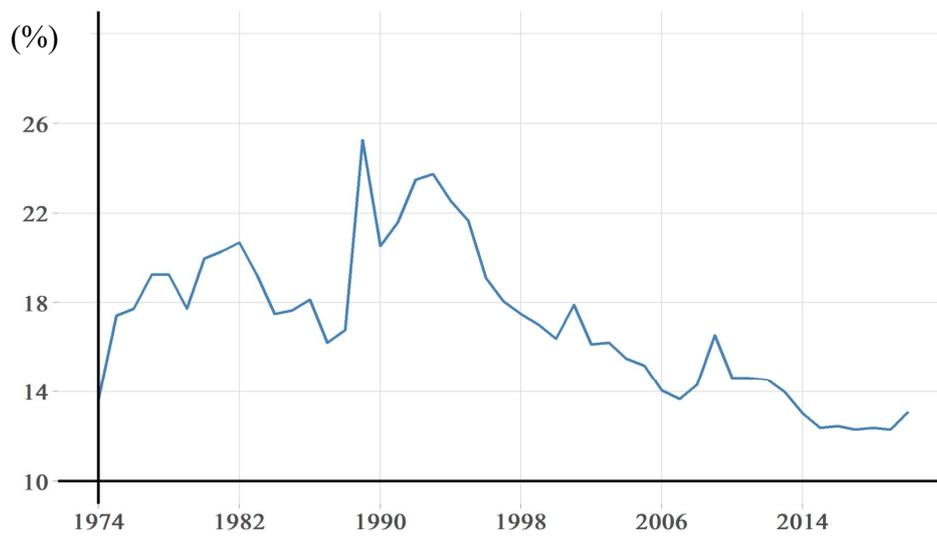
有關政府參數的資料，包含消費稅率 τ_c ，退休金提撥率 θ_t^z ，全民健保費率 $\tau_{q,t}$ ，勞動所得稅率 $\tau_{w,t}$ ，資本所得稅率 $\tau_{k,t}$ 和政府支出 G_t 。首先，遵循 Hsu and Liao (2015)，本文設定 $\tau_c=5\%$ ， $\tau_{k,t}=0$ ， $\tau_{w,t}=14.3\%$ ， $\tau_{q,t}=4.653\%$ 。其次，

圖 6 各年齡層特定勞動生產力 h_j



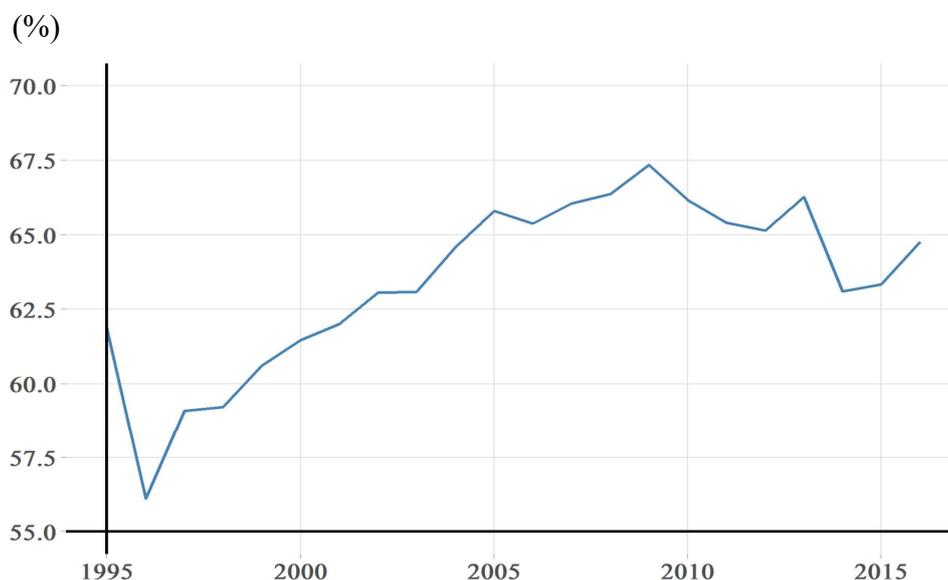
註：年齡層 20-24 之生產力標準化為 1。
資料來源：Hsu and Liao (2015)

圖 7 台灣政府支出占 GDP 比例：1974-2020 年



註：上圖支出占比不含退休金與社會福利。
資料來源：主計總處總體統計資料庫

圖 8 全民健保自付比例：1995-2016 年



資料來源：Ng and Wang (2020)

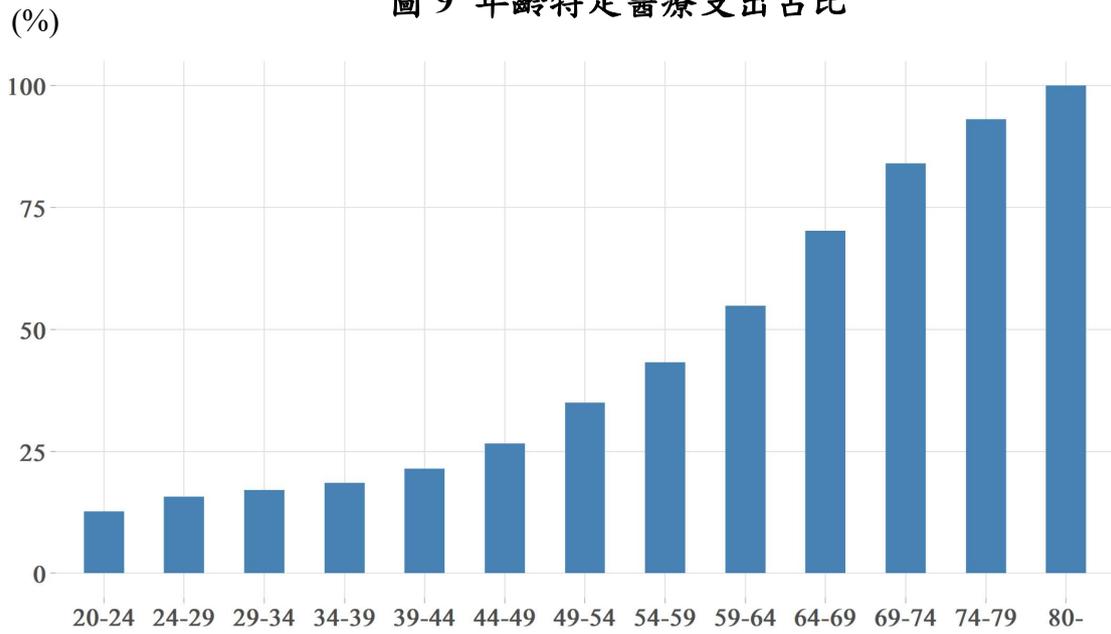
在退休金提撥部分，遵循 Cheng, Lin and Tanaka (2020)的做法，設定 $\tau_{z,t}=8.1\%$ 。圖 7 為扣除退休和社會福利支出後的政府支出占 GDP 的比重， G_t/Y_t ，由此比重可透過數值模型校準政府支出數值 G_t 。

3.2.5 年金和全民健保

年金和全民健保方面的相關參數包含所得替代率 θ_t 、全民健保醫療支出的自付額比率 γ_t ，特定年齡的醫療支出占比 $q_{j,t}$ 。由於模擬不易收斂，我們初步簡化設定移除年金管道，設定退休金所得替代率為 0。⁷另外，本文遵循 Ng and Wang (2020)設定全民健保自負比例 γ_t 的參數值為圖 8 所示，最後

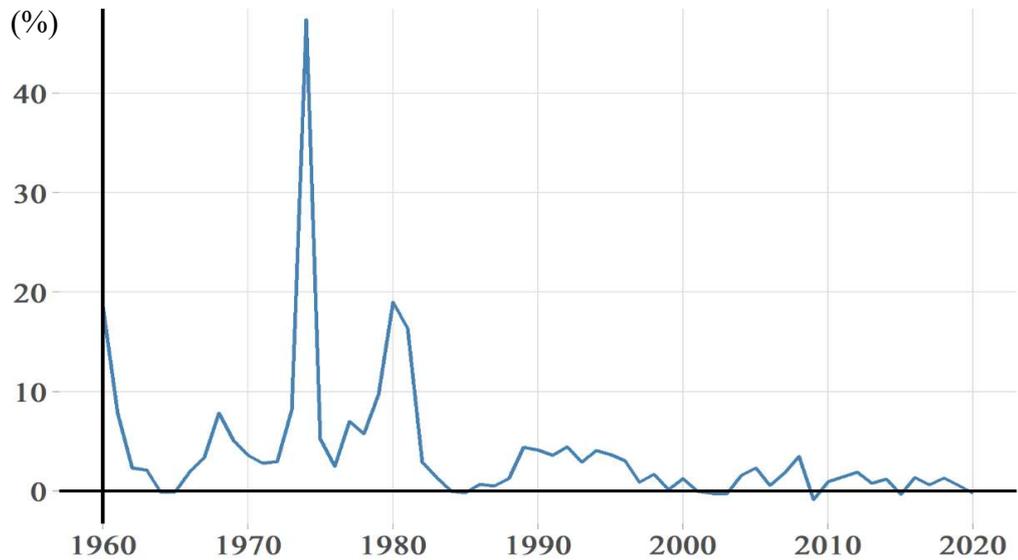
⁷ 設定大於 0 的退休金所得替代率時，因政府無最終仍無法平衡預算，模型一直無法收斂。

圖 9 年齡特定醫療支出占比



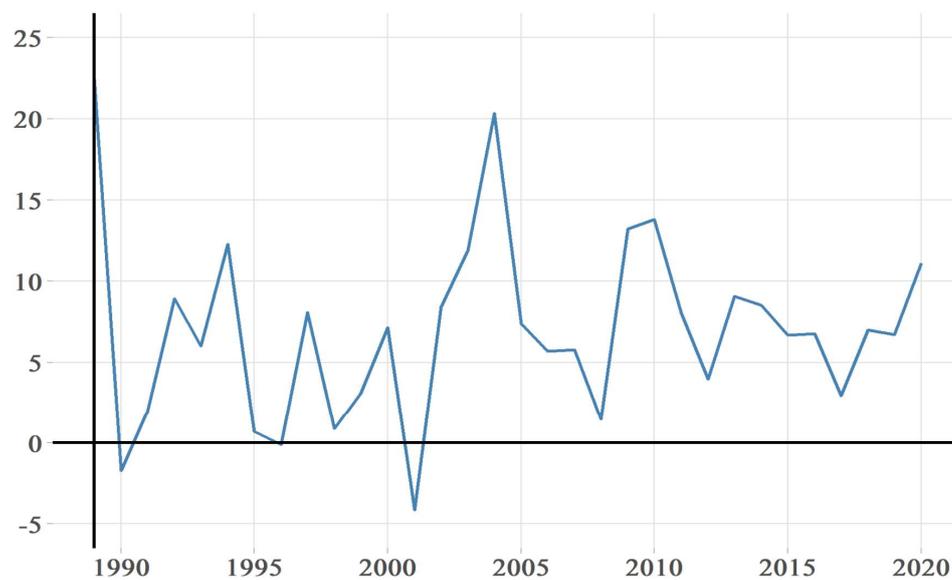
資料來源：Ng and Wang (2020)

圖 10 台灣通貨膨脹率：1960-2020 年



資料來源：主計總處總體統計資料庫

圖 11 台灣貨幣供給(M1A)成長率：1989-2020 年 (%)



資料來源：中央銀行金融統計月報

參考 Ng and Wang (2020)的設定，各年齡層下的特定醫療支出占比 $q_{j,t}$ 整理於圖 9。

3.2.6 總體時間序列

除了上述模型參數外，其他外生總體時間序列資料，如通貨膨脹率 π_t ，貨幣供給成長率 μ_t 彙整於圖 10 與圖 11。相關模型參數數值與符號彙整於表 2。

表 2 數值模型相關參數值

參數	意義	數值	參數	意義	數值
J	死亡年	13	τ^a	全民健保費率	0.04653
R	工作年數	8	τ^z	退休金提撥率	0.081
β	折現因子	$(0.96)^3$	θ	退休所得替代率	0
a	偏好中消費占比	0.8951	n_t	人口出生率	圖 3
ξ	勞動負效用規模	0.5	$s_{j,t}$	人口存活率	圖 4
φ	勞動替代彈性	0.5	g_t	經濟成長率	圖 5
ζ	利他參數	18.33	h_j	年齡特定生產力	圖 6
δ	折舊率	0.115	G_t	政府支出對 GDP 占比	圖 7
α	資本分額	0.544	γ	全民健保自負比例	圖 8
τ^c	消費稅率	0.05	$q_{j,t}$	醫療支出占比	圖 9
τ^k	資本所得稅率	0	π_t	通貨膨脹率	圖 10
τ^w	勞動所得稅率	0.143	μ_t	貨幣供給成長率	圖 11

資料來源：研究團隊自行整理

4. 模型數量分析

欲模擬分析本模型，需有起始的年齡結構和起始的年齡特有之資產持有的分配資料。由於台灣缺乏相關可信之歷史數據，因此本文遵循 Sudo and Takizuka (2020)的作法，假定模型的起始為在恆定狀態(steady state)長期均衡情境，在該均衡下建立初始不同年齡結構下的資產持有分配，並利用上述起始資料的模擬結果為基礎，考慮人口結構或政策衝擊進行模擬分析。各項總體變數會在人口結構變化或政策衝擊後，透過 2.5 節定義的均衡條件傳遞到各項總體變數之中，形成動態的傳遞效果，並在長期下達成新的

恆定狀態。透過上述的反事實分析方法，在不同的情境下分析總體變數的變遷動態(transitional dynamic)，模擬不同人口結構下的政策效果。

4.1 長期均衡

由於多數資料起始於 1975 年，受資料期間的取得限制，本研究之參數校準的初始期間僅能以 1975 年為始點，刻劃 1975 年的資料當作起始的長期均衡狀態。我們標準化長期均衡下的產出為 1 單位，據此可刻劃校準出生產函數的生產係數為 $A=1.28$ ，並據此算出起始時模型的各项長期均衡值。

4.2 衝擊模擬分析

根據上述的初始恆定狀態，本研究依次將各項資料的動態走勢放入模型，並運用先前校準之模型參數求解各期總體變數的變遷動態，直到各項變數達到新的長期均衡值為止。基準模擬(benchmark simulation)的詳細步驟說明如下：

- 為簡化模型的計算複雜度，模型一共模擬 25 期。由於一期在模型中假定為 3 年，因此資料上表示模擬 75 年。
- 基準模型採用的資料是使用圖 3 至圖 11 的資料。當模擬期間超過資料長度時，將由資料最後一期以外推法由過去資料外推未來資料。
- 在理性預期的假設下，模型中的家計單位與廠商均由 1975 年開始以完全預期(perfect foresight)的理性預期模式，選擇其生命週期的決策與生產行為。
- 根據圖 2 可知，貨幣供給與通貨膨脹只有一個自由度，二者之一為內

生決定。在基準模擬中我們匹配通貨膨脹的資料，因此貨幣供給為模型的均衡內生決定。

透過上述的基準模擬為基礎，本研究進一步採用反事實實驗(counterfactual experiments)模擬不同人口結構、不同貨幣與財政政策下對總體經濟各項變數的動態影響。

5. 人口結構老化的模擬結果

本節分析各種人口結構老化與政策衝擊的模擬效果實驗。為了拆解各項變動的影響，模型的反事實分析首先考慮政策不變下，各種人口結構變動產生的效果。根據前節說明，人口結構的老化，有兩種可能原因。一為源自新生人口出生率降低，另一源自老年人死亡率降低導致。因此本節首先分析人口出生率降低的模擬效果，其次分析老年人死亡率降低的模擬效果，最後再分析兩種同時降低的模擬效果。新生人口出生率的降低和老年人死亡率的降低方式，皆設定自 1975 年開始，人口出生率比圖 3 原出生率趨勢降低 10%，老人死亡率比圖 4 各年齡層的死亡率走勢降低 10%。以下依次說明出生率降低、死亡率降低、出生率與死亡率同步降低下各項總體變數的變遷動態。

5.1 人口結構老化的效果

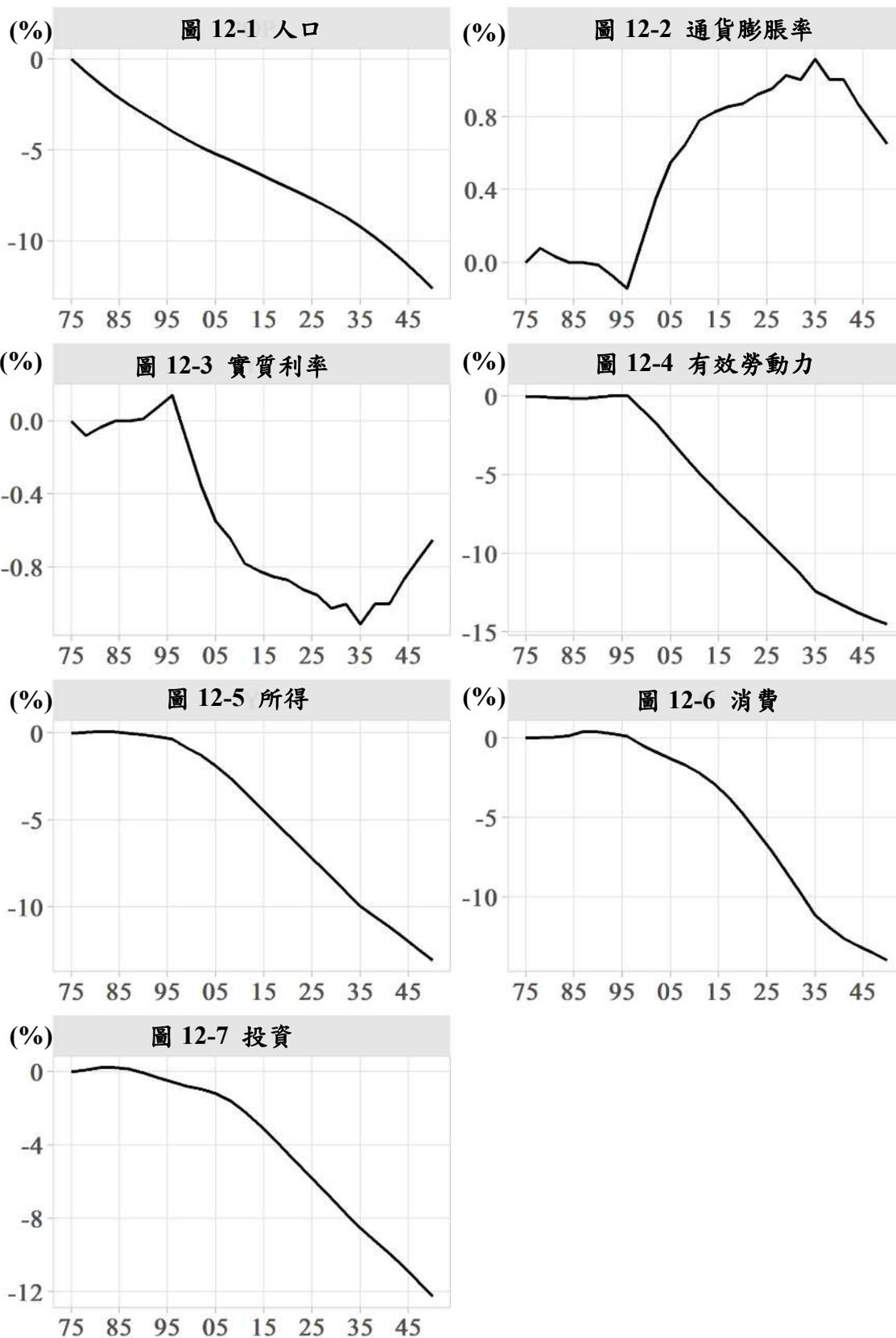
5.1.1 出生率降低的衝擊效果

本節首先分析新生人口出生率自 1975 年下降發生的模擬結果，並彙整此衝擊對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的模擬效果。為簡化模擬的計算複雜度，各項反事實分析均模擬 25 期，亦即未來 75 年的效果。結果分別列於圖 12-1 至圖 12-7。

由模擬結果可知，當新生人口出生率自 1975 年就開始減少時，總人口數也就自同年開始一路下跌，到 2050 年總人口數降超過 12%(圖 12-1)。其次，由於勞動力的減少為一長期且緩慢的走勢，因此新生人口出生率雖自 1975 年開始減少，但要到 7 期(約 21 年)後，至 1996 年才開始勞動人口才呈現顯著的下降(圖 12-4)，並在人口萎縮下使消費(圖 12-6)與產出(圖 12-5)同時降低。根據本模型參數設定的模擬結果顯示：總體產出的下降的幅度超過消費下降的幅度，因此在貨幣供給政策仍為圖 11 的外生資料下，較多貨幣追逐較少商品供給，致使未來的通貨膨脹率就會比起始均衡時高(圖 12-2)。根據模擬結果，出生率對通貨膨脹率的影響的最大幅度達 1.2%。

此外，根據費雪方程式可知，實質利率為名目利率減掉通貨膨脹率。新生人口出生率減少，表示老人相對增加。由於模型中年齡較高的家計單位為借貸市場中的供給者，以資本、實質貨幣餘額和實質債券餘額的方式持有資產。因此，青壯年人口的比例的下降，將使資本市場的需求下降，致使

圖 12 新生人口出生率減少的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

實質利率呈現下降走勢。因此，數值模擬結果中，實質利率一直到 1996 年才呈現下跌的走勢，主要即源自於新生人口出生率自 1975 年開始減少，至 1996 年才出現勞動人口顯著下降的現象。整體而言，實質利率最多降 1.1%(圖 12-4)。在通貨膨脹率最高增加達 1.2%的情況下，表示名目利率接近零利率的水準。

由上述分析可知，由於實質利率是貨幣政策中的基準參考利率標準，因此當出生率下降時，將透過有效勞動力與投資之間的生產互補性，使市場上的實質利率下降，產生人口結構老化會使實質利率下降的結果。此一發現與 Lisack, Sajedi and Thwaites (2017)、Sudo and Takizuka (2018)和 Eggertsson, Mehrotra and Robbins (2019)發現英、日、美因人口結構老化而降低實質利率結論一致。

最後，根據本研究的數值模擬結果，當出生率下降 10%時，將使有效勞動供給量走勢自 1996 年起一路下跌，到 2050 年，有效勞動力供給降低超過 15%。因此，相對於起始均衡量走勢，產出、消費和投資的走勢自 1996 年起一路下跌，到 2050 年，產出降低達 13%、消費降低達 14%、投資降低達 12%(圖 12-5 至圖 12-7)。

5.1.2 死亡率降低的衝擊效果

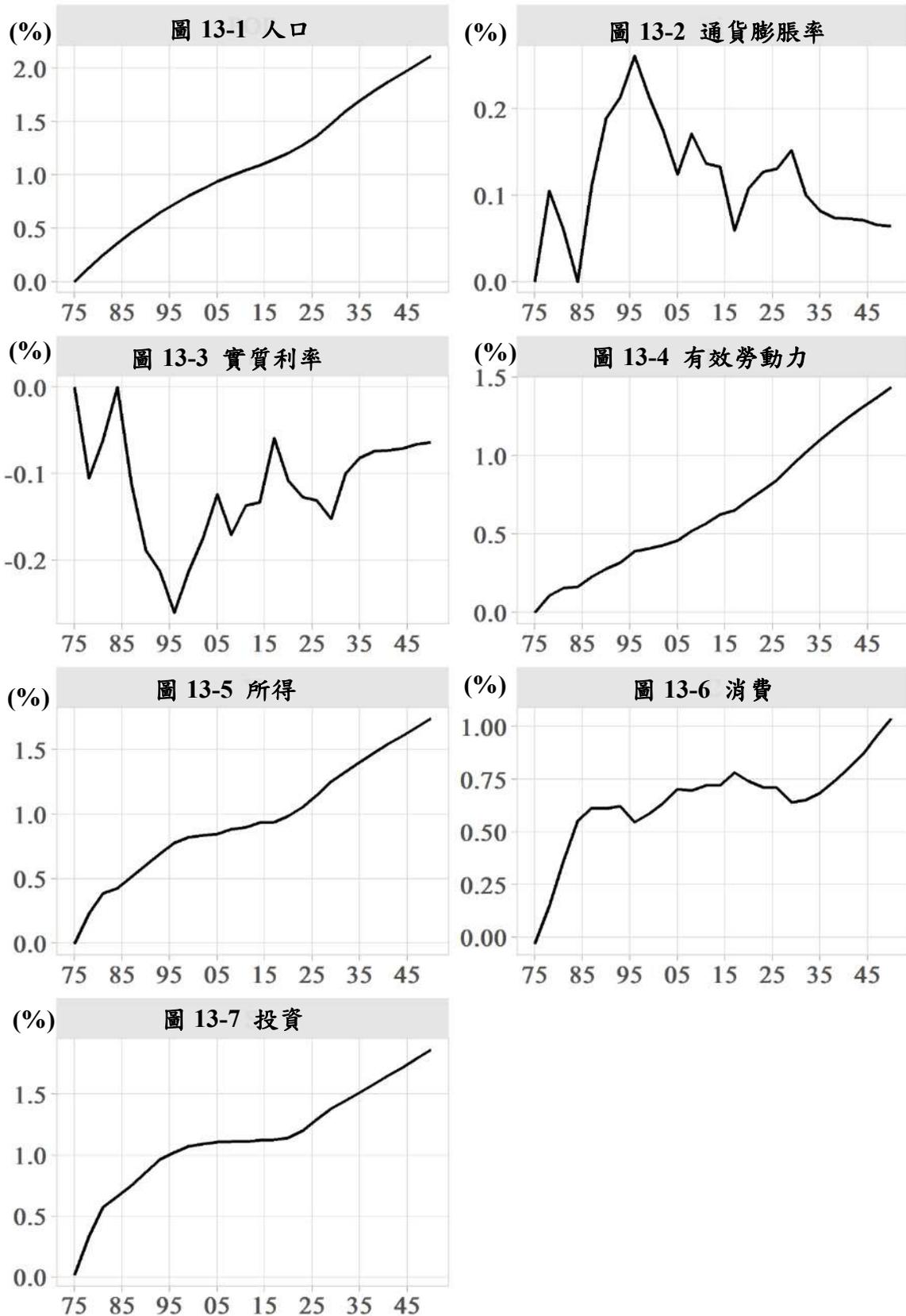
本節將模擬老年人口死亡率自 1975 年開始比原來的趨勢降低 10%時，對未來人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的模擬效果。各項變數的長期走勢分別列於圖 13-1 至圖 13-7。

當出生率不變、老年人自 1975 年開始降低死亡率 10%，表示老年人口自 1975 年開始就增加，呈現自然人口增加的狀態(圖 3 人口自然增加面積變大)。因此自 1975 年開始總人口就增加，到 2050 年總人口數增加超過 2%(圖 13-1)。在其它條件不變下，總人口增加將增加總商品需求。因此在貨幣政策不變下，通貨膨脹率自 1975 年開始就上升，惟漲幅較小，最多僅增加 0.25%(圖 13-2)。

死亡率自 1975 年降低 10%雖不影響勞動人口數，但老人人口的增加會降低勞動人口相對於總人口數之比例，亦即降低人均勞動人口數值。此外，當死亡率下降時，將提高高齡人口與工作年齡家計單位儲蓄的誘因，使資產累積上升，資本供給增加(圖 13-7)，實質利率下降(圖 13-3)。因此，實質利率自 1975 年開始下降，降幅達-0.1%後回升；之後實質利率又會持續下降，20 年後甚至降超過-0.25%，之後利率才慢慢上升，升到接近-0.05%。

由於新生人口出生率不變，工作人口 $N_{j,t}$ 維持與基準模型的數值一致。然而，由於死亡率下跌，使 1975 年起高齡人口上升帶動投資上升，資本累積上升(圖 13-7)，進而透過資本與勞動的互補性帶動薪資成長，人均勞動工時 $l_{j,t}$ 提高，帶動有效勞動需求的上升，到 2050 年有效勞動供給力增加超過 1.4%(圖 13-4)。整體而言，高齡人口死亡率下降使產出、消費和投資自 1975 年開始上升，根據模擬結果，2050 年產出增加達近 1.8%、消費增加超過 1%、投資增加也近 2%(圖 13-5 至圖 13-7)。

圖 13 老年人口死亡率減少的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比

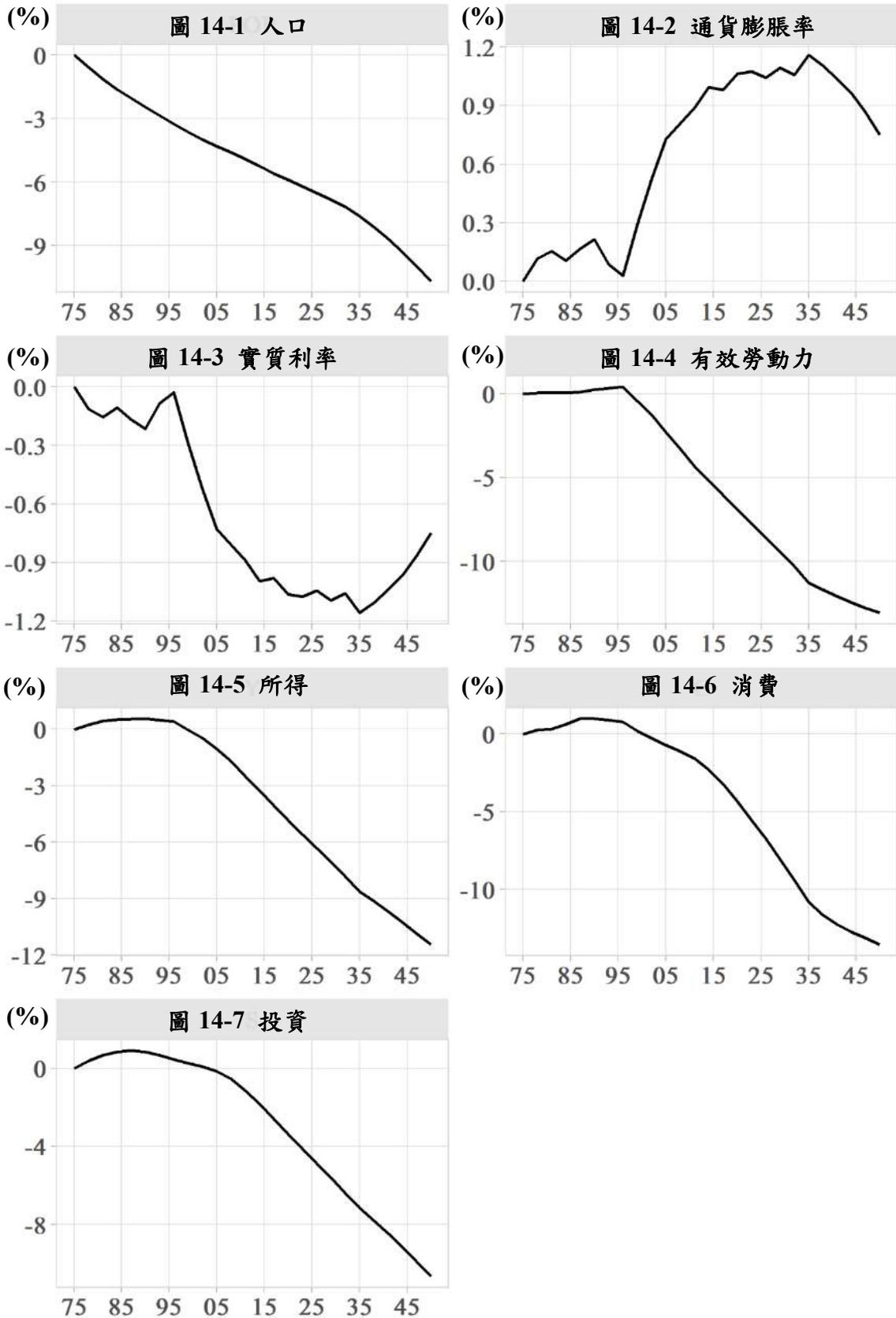
5.1.3 出生率和死亡率同時降低的衝擊效果

圖 14-1 至圖 14-7 分別彙整新生人口出生率和高齡人口死亡率自 1975 年開始下降時，對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動的模擬效果，模擬結果說明如下。

當新生人口出生率與老年人死亡率同時減 10%時，世代人口間的比例中，老年人口比例將大幅上升。此外，由於模型後期出生人口下降的趨勢會主導整體人口總數的變化，因此至 2050 年總人口數降 11%(圖 14-1)，產生與圖 12-1 類似的人口變動走勢。在人口變化的初期，由於出生率的減少不會立即對勞動市場中的有效勞動力產生影響(圖 14-4)，而高齡人口增加將使消費、投資乃至於產出在短期出現微幅上升的現象(圖 14-5 至圖 14-7)。然而當 21 年之後(1996 年)，出生率下降導致有效勞動力銳減的效果逐漸顯現，且產出下跌的幅度高於消費下跌的幅度，因此在貨幣供給維持圖 11 的趨勢下，通貨膨脹率將比起始均衡時高，影響最高幅度將近 1.2%(圖 14-2)。

對實質利率的影響方面，出生率與死亡率同時減少 10%，將改變人口結構中的借貸組成，導致整體需求減少、資本供給增加，促使實質利率下降，因此根據模擬結果，實質利率最多下降將近 1.2%(圖 14-3)。運用費雪方程式名目利率、實質利率與通膨率的關係式，能進一步得出名目利率接近零利率底限的長期趨勢。

圖 14 新生人口成長和人口死亡率同時減少的效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

整體而言，新生人口出生率的下落對整體經濟的影響較大，其效果尤其在新生人口下落的年齡群(cohort)進入勞動市場後最為顯著(本研究為 21 年後，即 1996 年)，有效勞動力的下滑將同時對產出、投資、消費產生造成顯著的負向影響；反之，死亡率下降的影響則僅在初期顯現，對於後期各項總體變數的影響較小。最後，根據數值模擬結果，出生率與死亡率同步下降時，至 2050 年產出下降達 11%、消費下降達 13%、投資下降達 11%(圖 14-5 至圖 14-7)。

5.2 名目利率變動下的政策效果

本節分析以名目利率變動的貨幣政策下，在上述不同人口結構變遷動態下的政策效果。由於當前貨幣政策的制定多以調控名目利率為主，因此本節之貨幣調整政策將以提高或降低名目利率政策的方式執行。在名目利率時間序列給定之下，本文首先分析名目利率調升 1%對總體變數的改變作為基準模型，並在該政策下，比較相同政策變動下，不同人口結構變化的模擬效果。其次，本文進一步考慮調降名目利率 1%的反事實分析，並在結合上述不同人口結構變化影響的模擬效果。

5.2.1 基準模型下名目利率上調的衝擊效果

為評估名目利率調整下的效果，本節假設政府自 1975 年期初調升名目利率 1%，但人口結構不改變下的反事實模擬，模擬期間共 25 期、即實際期間的 75 年。模型中人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、

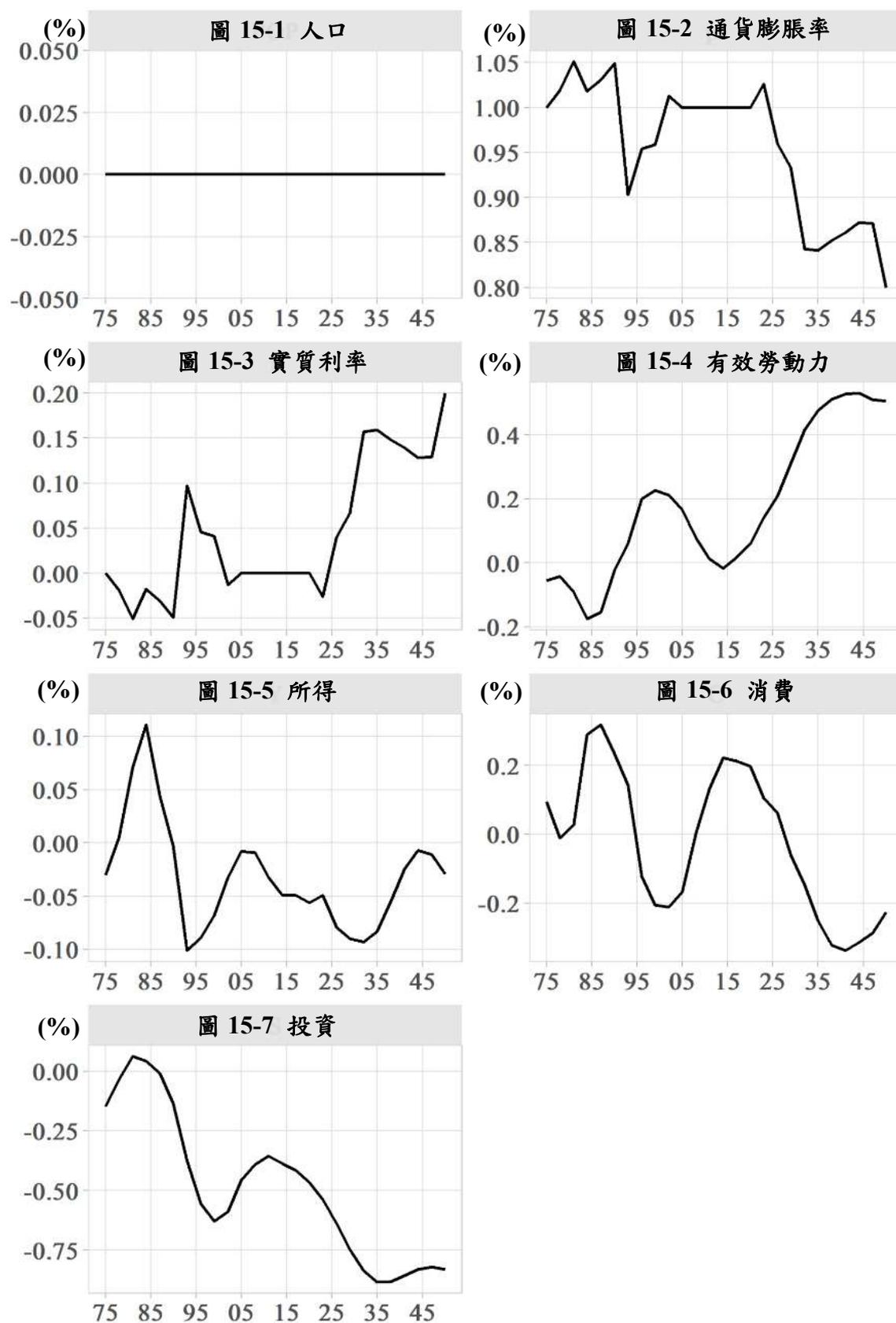
消費和投資變動走勢的模擬效果彙整於圖 15-1 至圖 15-7，相關模擬結果將分述如下。

首先由圖 15-1 可知，在人口不變動的情況下(圖 15-1)，1975 年調升名目利率 1%時，當年並不影響實質利率，通貨膨脹率則上升 1%，並隨著政策效果的減弱逐漸下跌至 0.8%(圖 15-2)；實質利率的變動則是略微下跌，並於下跌後轉為變動率 0.2%(圖 15-3)。

通貨膨脹率的上升也在短期造成實質工資稍微下降，並透過邊際替代率影響使家計單位降低勞動供給，致使有效勞動力在短時間下跌約 0.1%(圖 15-4)。由(8a)式休閒和消費的邊際替代率可知，名目利率增加使家計單位增加消費，降低勞動供給(圖 15-6、圖 15-4)。由於家計單位當期減少有效勞動，致使當期產出初期會先減少而後上升的結果(圖 15-5)。此外，名目利率的下降，由於造成當期的勞動投入減少，會透過生產技術中勞動與資本的互補性影響投資，使總體投資初期呈現先下跌後上升的走勢(圖 15-7)。

根據基礎模型的模擬結果，在其他條件不變下，名目利率上調 1%的效果對整體經濟產生的效果約於 3 期(約 10 年後，1985 年)消失，總體產出、投資與消費呈現下跌走勢(圖 15-5 至圖 15-7)，通膨成長的幅度亦從成長 1%的幅度最終下降至 0.85%(圖 15-2)。通膨的變化亦透過邊際替代的傳遞機制，使有效勞動投入上升，最終成長率約達 0.5%。

圖 15 名目利率上調的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

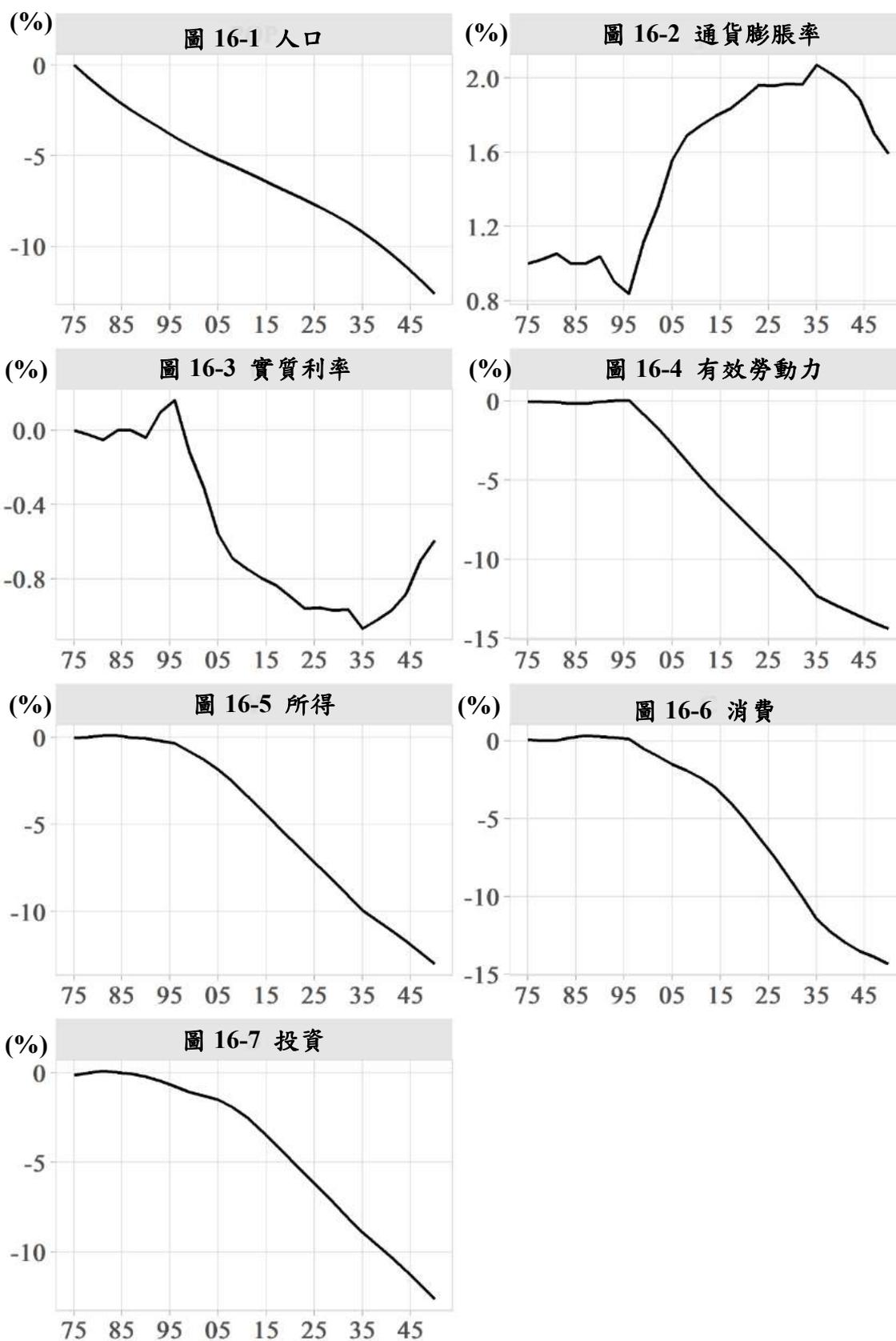
5.2.1.1 出生率降低下名目利率上調的衝擊效果

在 1975 年新生人口出生率下調 10% 的背景下，政府執行貨幣政策，上調名目利率 1% 對通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的反事實分析整理於圖 16-1 至圖 16-7。

在相同的新生人口結構變動(圖 12-1 與圖 16-1)下，根據本模型的參數設定，調升名目利率與出生率降低皆會增加通貨膨脹率，因此圖 16-2 的通貨膨脹率走勢將高於圖 15-2 與圖 12-2 的結果。在實質利率的影響方面，人口結構的變動將於 21 年(7 期)主導實質利率的走勢，貨幣政策僅於前幾期帶來較顯著的效果(圖 16-3)。

新生人口變化除了對通貨膨脹率與實質利率產生影響外，也同時對勞動投入產生顯著的負向影響。在出生率減少 10% 的顯著效果約發生在 7 期(21 年)後，約於 1996 年對有效勞動力產生負向效果，至 2050 年降超過 14%(圖 16-4)，與圖 12-4 的結果類似。有效勞動的減少亦影響其他總體變數的走勢，產出、消費和投資的走勢自 1996 年起一路下跌，到 2050 年，產出降低近 13%、消費降低達 14%、投資降低超過 12%(圖 16-5 至圖 16-7)。

圖 16 新生人口出生率減少下名目利率上調的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

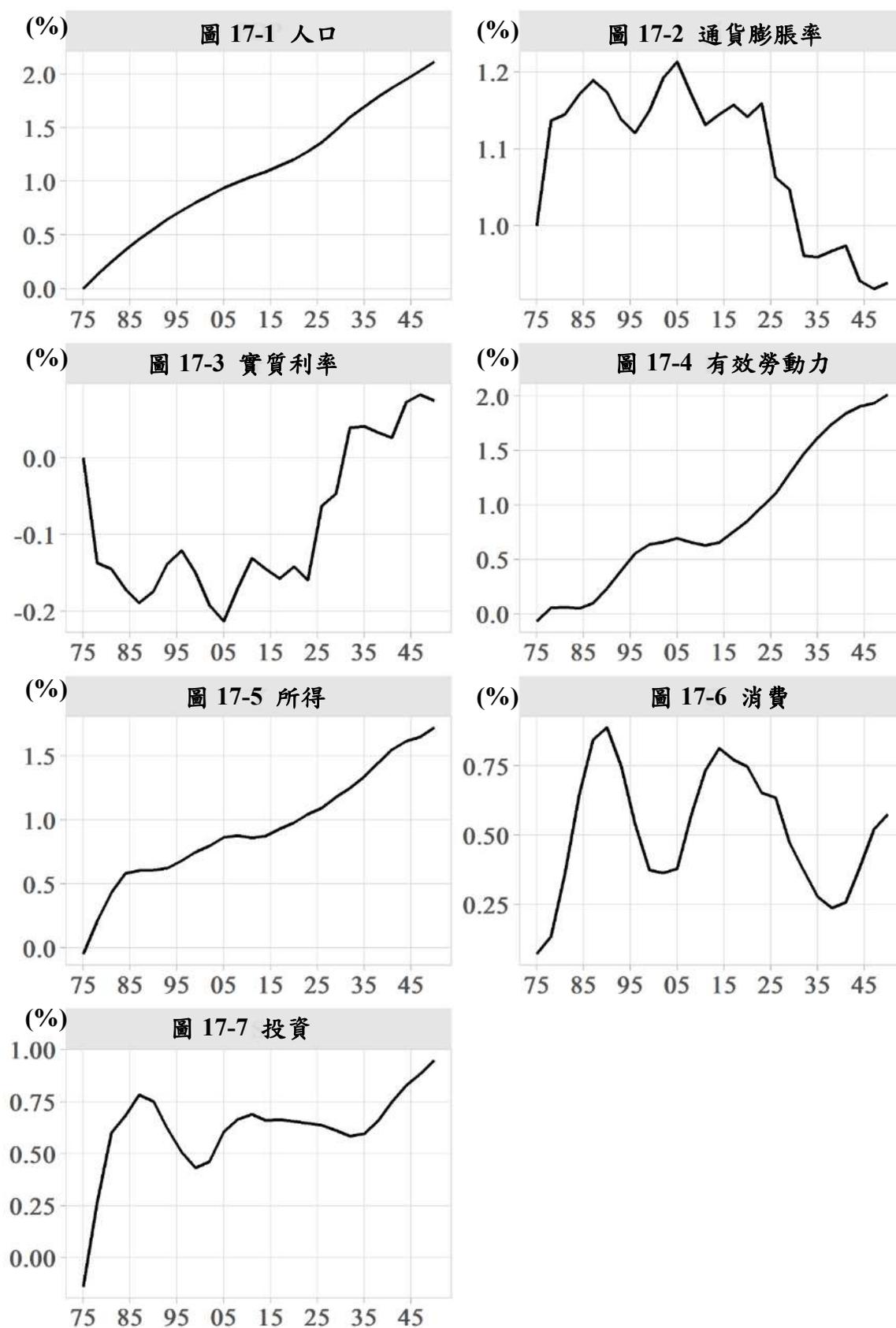
5.2.1.2 死亡率降低下名目利率上調的衝擊效果

本節考慮死亡率降低下調升名目利率的影響。與先前的反事實分析相同，本節考慮政府自 1975 年開始提高名目利率 1%，在死亡率下降的背景下，對總體各項變數的影響。相關的模擬結果整理於圖 17-1 至圖 17-7。由於本模型模擬的人口結構變化與 5.1.2 節相同，因此圖 17-1 的人口變化趨勢與圖 13-1 一致。

在本模型校準的參數下，名目利率調升與老人死亡率的降低皆增加通貨膨脹率，因此圖 17-2 的通貨膨脹率走勢會高於圖 13-2 與圖 15-2 的結果，也影響了實質利率的走勢。根據本模型模擬可知，若人口結構不變，調升名目利率 1% 將使實質利率會下降幅度 -0.05% 再上升近 0.2% (圖 15-3)；若利率政策不變，老人死亡率降低將使未來實質利率變化將下跌最多至 -0.25%，之後利率才慢慢上升，升到接近 -0.05%。因此老年人死亡率降低下的名目利率增加對實質利率的效果約為上述兩者的合併：實質利率先下跌至 -0.2% 後再回升到 0.1% (圖 17-3)。

其他實質變數的影響方面，由於長期通貨膨脹率成長增加，使實質工資下降，家計單位因此在初期會稍微降低勞動供給。另一方面，因老年人死亡率降低，市場上淨資產供給上升，資本因此增加。透過生產要素之間的互補性，資本增加提高勞動需求，使得社會上的有效勞動力自期初約略下跌後年開始上升，到 2050 年有效勞動供給率增加超過 2% (圖 17-4)。因此，

圖 17 死亡率降低下名目利率上調的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

產出、消費和投資也從 1975 年就開始一路增加，到 2050 年，產出增加達近 1.7%、消費增加近 0.6%、投資增加也近 1%(圖 17-5 至圖 17-7)。

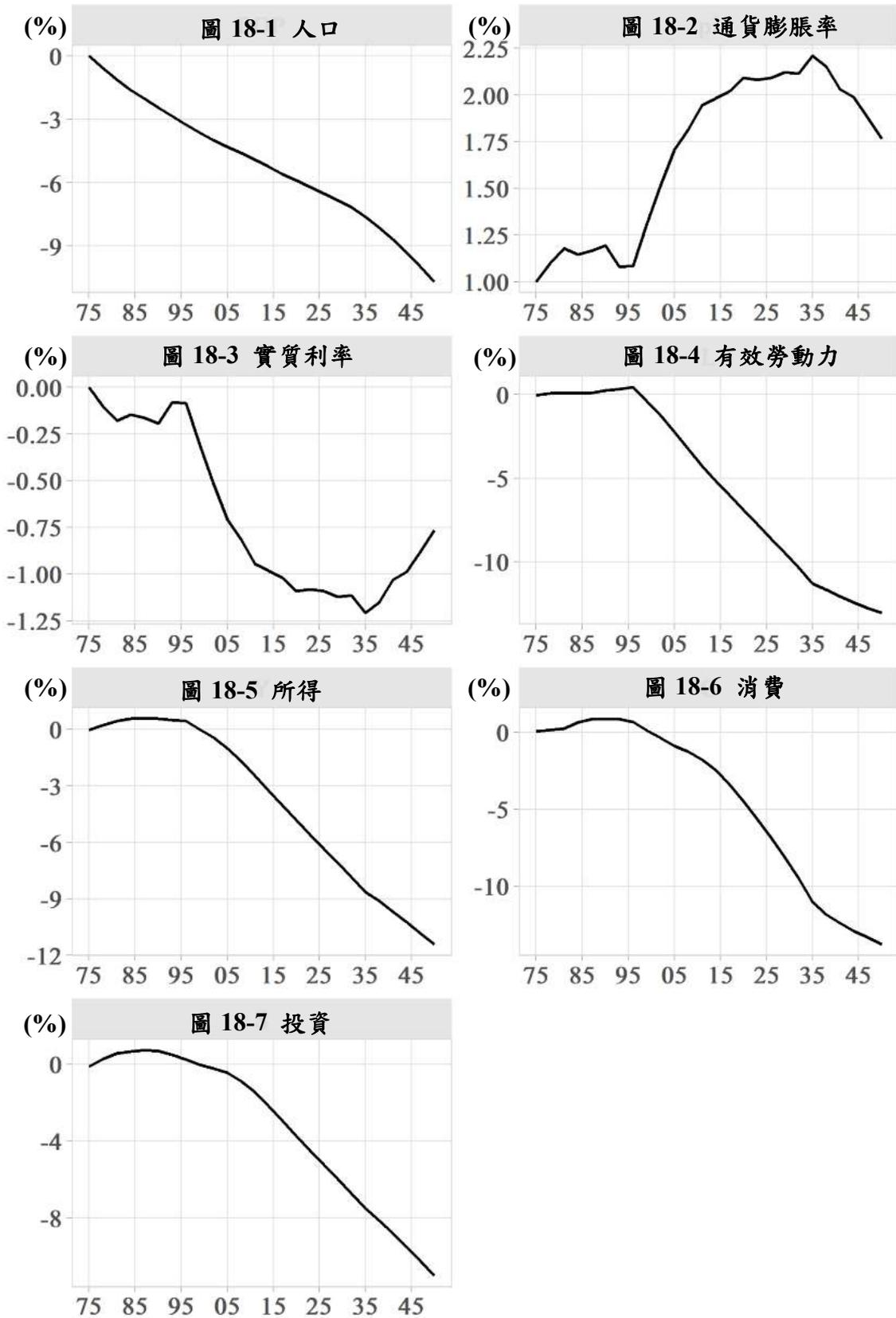
5.2.1.3 出生率與死亡率降低下名目利率上調的衝擊效果

根據先前的模擬結果，本節進一步同時考慮新生人口出生率與老年人口死亡率同時下降的背景下，考慮政府自 1975 年起調升名目利率 1%對於總體經濟的長期趨勢，模擬此一衝擊對於未來人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果，並將結果整理於圖 18-1 至圖 18-7。

本模型為出生率與死亡率同步下跌背景下，利率調升 1%的反事實分析，因此人口結構的變動與圖 14-1 相同，自 1975 年開始總人口就減少，到 2050 年總人口數降 11%；貨幣政策的綜效也大致為圖 16 與圖 17 的整合結果。

由於名目利率的上升與總人口的減少在本模型的參數校準下均增加總體經濟的通貨膨脹率，因此圖 18-2 的通貨膨脹率將高於圖 14-2；另一方面，由於老年人口死亡率的減少減緩了人口數減少的幅度，故此時的有效勞動力圖 18-4 將略高於圖 16-4；此外，受人口結構的影響，實質利率方面呈現先下跌後回升的走勢，至 2050 年實質利率年增率約達-0.77%，其中實質利率的顯著下降約於 1996 年開始發生，與有效勞動力的下降期間(1996 年)一致。其他變數也是受人口結構變動影響較大，受貨幣政策影響較小：到 2050 年，實質所得成長達到-11%、消費成長為-14%、投資成長超過-11%(圖 18-5 至圖 18-7)。

圖 18 出生率減與死亡率同時減少下名目利率上調的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

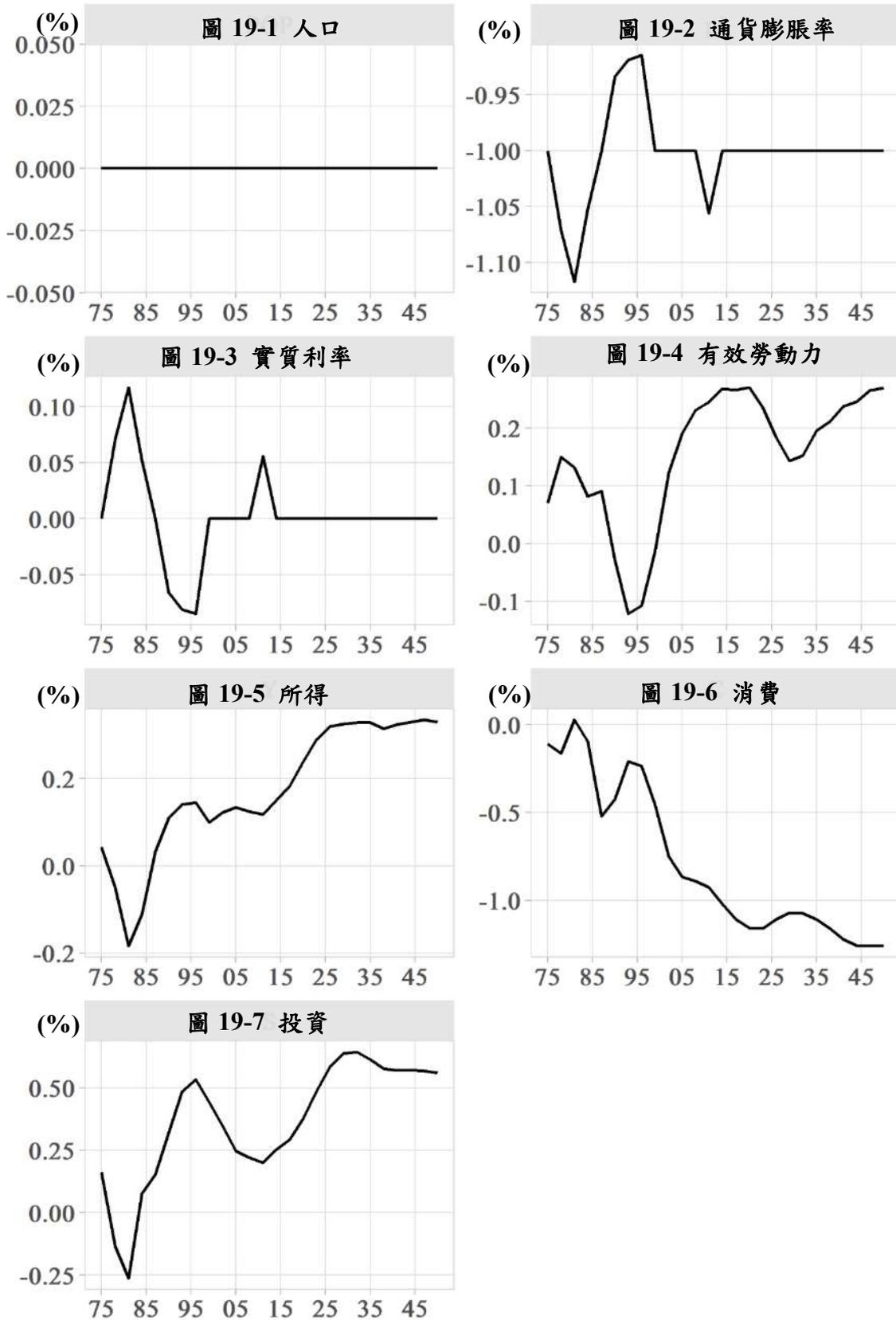
5.2.2 基準模型下名目利率下調的效果

本節考慮政府自期初名目利率下調 1% 的政策效果，並在不同人口結構的變遷動態下，量化檢視各項總體變數：人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的變遷動態。相關模擬結果分別繪於圖 19-1 至圖 19-7。

由於實質利率係由資本的邊際生產力決定且初始資本已給定，因此本模型的參數校準下，期初降低名目利率 1% 時，當期的實質利率並不受影響。此時，透過式(16)的費雪方程式可知，通貨膨脹率會下跌至 -1% 後在附近震盪(圖 19-2)，而通貨膨脹率下跌會使得未來實質利率先上升 0.1% 後下跌(圖 19-3)。

通膨的下跌也透過影響實質薪資與家計單位的邊際替代條件，影響勞動市場的有效勞動力投入。由於通膨下跌使實質工資上升，家計單位會在期初增加勞動供給，漲幅最高達 0.1%(圖 19-4)；另一方面，因實質利率的上升增加廠商資本的成本，致使投資下跌(圖 19-7)，因此儘管有效勞動增加，整體產出初期仍呈現下跌走勢(圖 19-5)；惟隨著利率政策的效果逐漸減弱，投資成長將由負轉正，進一步帶動產出上升。

圖 19 名目利率下調的衝擊效果



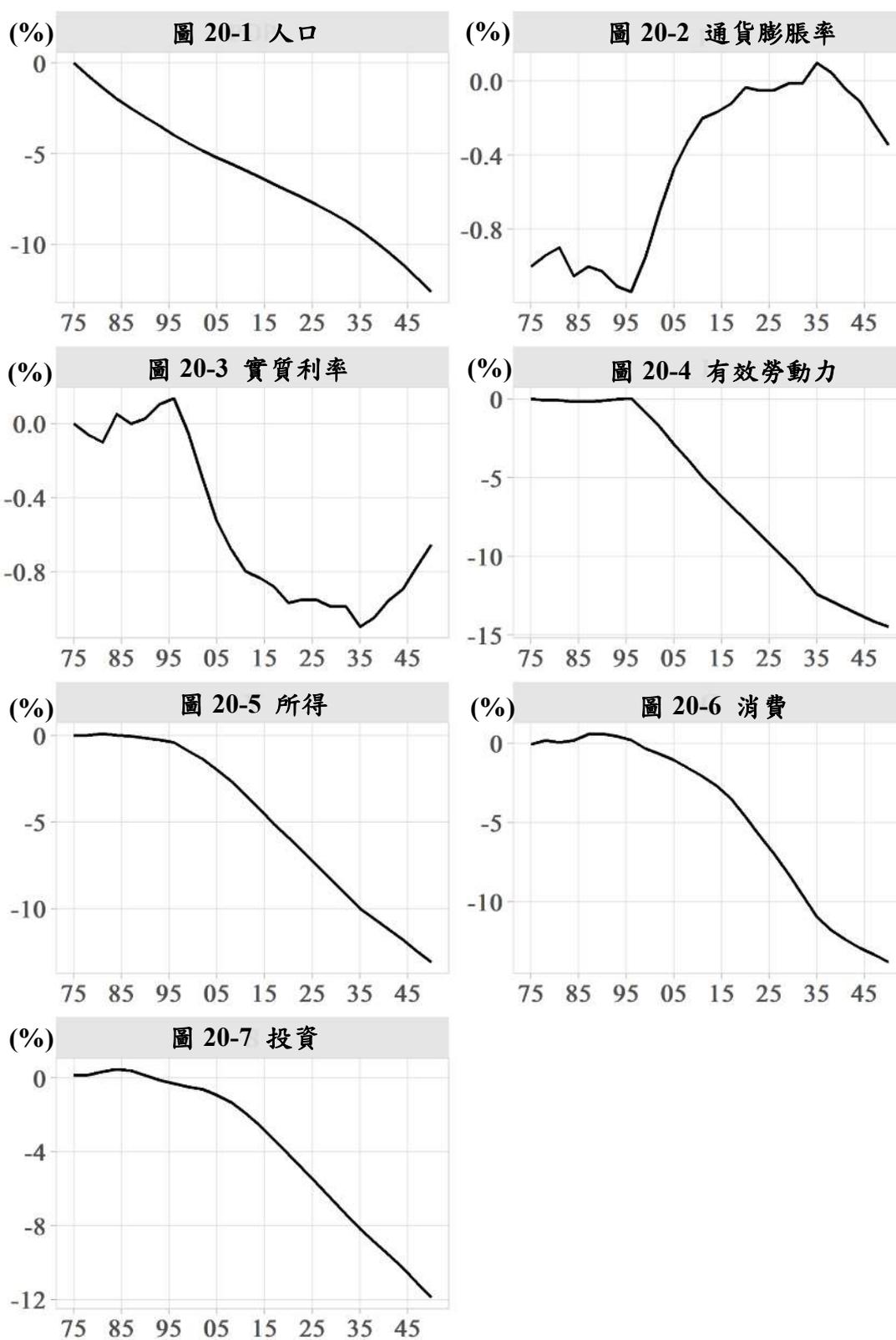
註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

5.2.2.1 新生人口出生率降低下名目利率下調的衝擊效果

本節考慮在新生人口出生率減少下，政府調降名目利率 1%對通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果。相關模擬結果分別繪於圖 20-2 至圖 20-7。由於本節模擬之人口變動與 5.1.1 節的人口結構變動相同，因此圖 20-1 的人口變動走勢 12-1 與圖 16-1 一致。

在先前的參數校準下，調降名目利率將導致通膨率下降(圖 19-2)，而新生人口的減少長期則推升通膨的效果(圖 12-2)，因此在新生人口出生率下降的背景下，調降名目利率的通膨效果大約為兩種效果的加成，故長期通膨率(圖 20-2)將高於基準模型下的通膨結果(圖 19-2)；此外，受到中期有效勞動力下降(圖 20-4)的影響，實質利率約於 7 期後呈現顯著下跌的趨勢(圖 20-3)，並影響總體經濟各項變數的變化。在新的恆定狀態下，2050 年國民所得會下跌 13%，消費會下跌 14%、投資會下跌 12%(圖 20-5 至圖 20-7)。

圖 20 新生人口出生率降低下名目利率下調的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

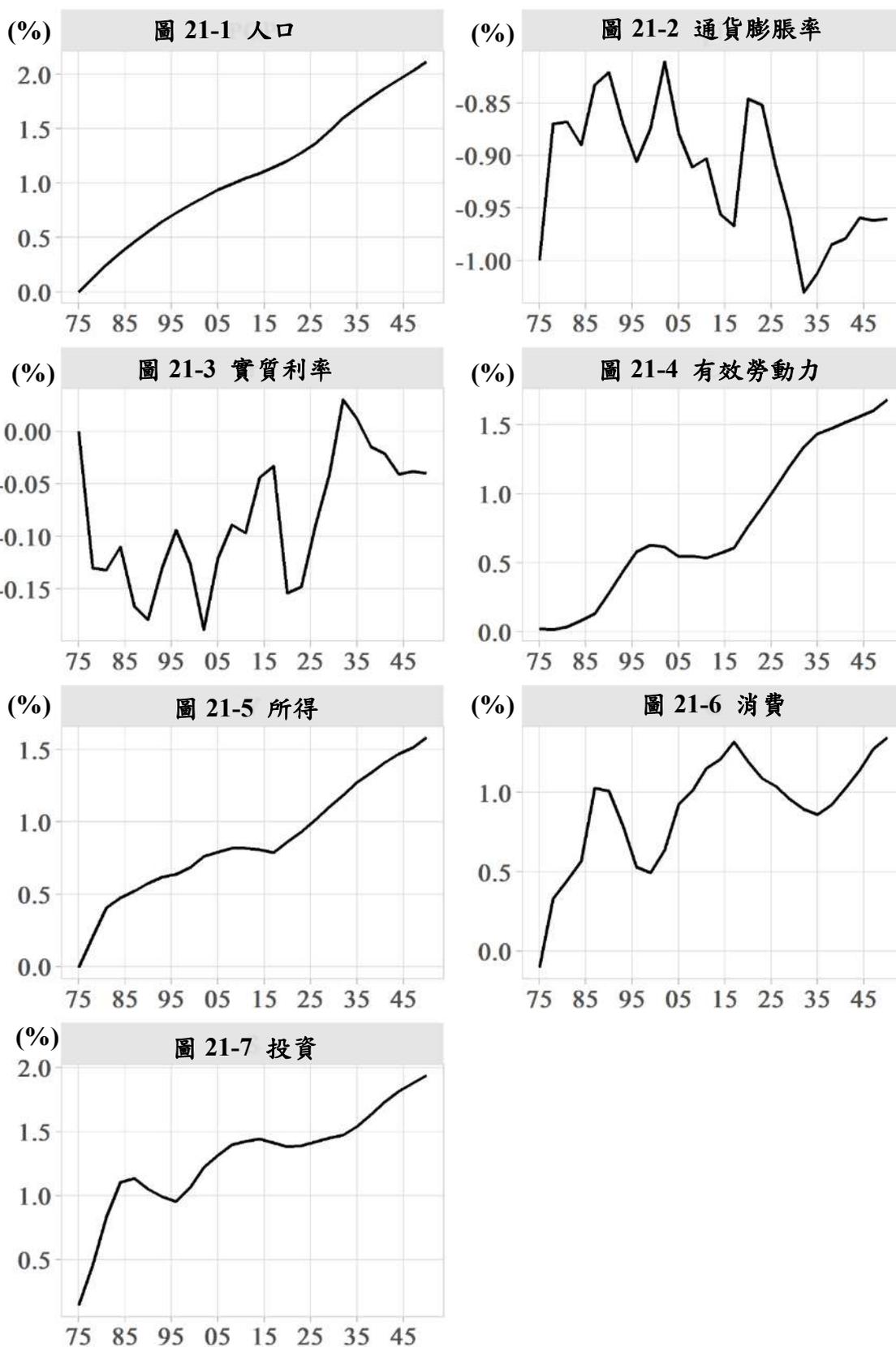
5.2.2.2 死亡率降低下名目利率下調的衝擊效果

本節考慮在老年人口死亡率降低 10% 時，名目利率下降 1% 對於通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果。相關模擬結果分別繪於圖 21-2 至圖 21-7。由於本節模擬之人口變動與 5.1.2 節的人口結構變動相同，因此圖 21-1 的人口變動走勢與圖 13-1 與圖 17-1 一致。

根據先前的參數校準，名目利率的下跌將導致通膨率下降(圖 19-2)，而死亡率的減少長期則推升通膨的效果(圖 13-2)，因此，通膨效果的效果大約為死亡率下降與先前名目利率下降兩種反事實分析效果的加成，故長期通膨率(圖 21-2)將高於基準模型下的通膨結果(圖 19-2)；此外，死亡率下跌使得長期有效勞動力上升(圖 20-4)的影響，實質利率則呈現先下跌再上升的趨勢(圖 21-3)，並影響總體經濟各項變數的變化。

在人口自然增加率提升的背景下，家計單位的有效勞動與廠商的要素需求均會提升，致使總體消費、投資、產出均會增加。在新的恆定狀態下，2050 年國民所得會增加 1.6%，消費會增加 1.4%、投資會增加近 2%(圖 21-5 至圖 21-7)。

圖 21 死亡率降低下的名目利率下調的衝擊效果



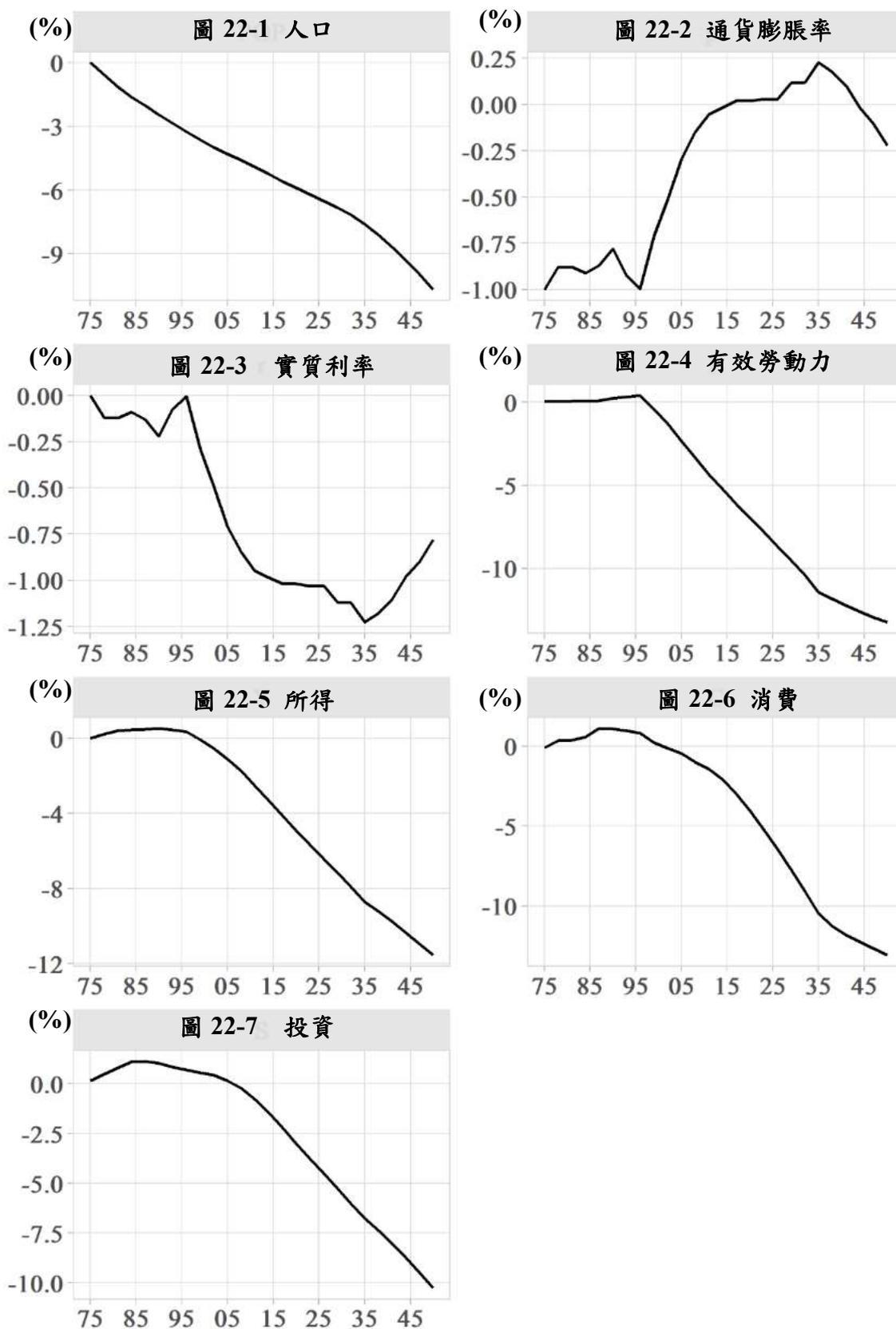
註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

5.2.2.3 出生率與死亡率降低下名目利率下調的衝擊效果

在先前的模擬結果下，本節進一步分析新生人口出生率與老年人口死亡率同時下降的背景下，分析政府自 1975 年起調降名目利率 1%對於總體經濟的長期趨勢，模擬此一衝擊對於未來人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果，並將結果整理於圖 22-1 至圖 22-7。

由於本模型為出生率與死亡率同步下跌反事實模擬與先前模擬的背景相同，因此圖 22-1 人口結構的變動與圖 14-1 相同，自 1975 年開始總人口就減少，到 2050 年總人口數降 11%。人口結構長期趨勢呈現遞減趨勢，因此通膨率在中長期後主要受人口結構的影響，其趨勢與圖 14-2 類似，惟受名目利率下降影響，圖 22-2 通膨率低於基準模型的結果；此外，受人口結構的影響，實質利率方面於 21 年(7 期)後呈現顯著下降的走勢，與有效勞動力的下降期間(1996 年)一致。其他變數主要也是受人口結構變動影響較大，受貨幣政策影響較小：到 2050 年，實質所得成長達到-12%、消費成長為-12%、投資成長超過-10%(圖 22-5 至圖 22-7)。

圖 22 出生率與死亡率降低下名目利率下調的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

5.3 公債支出變動下的衝擊效果

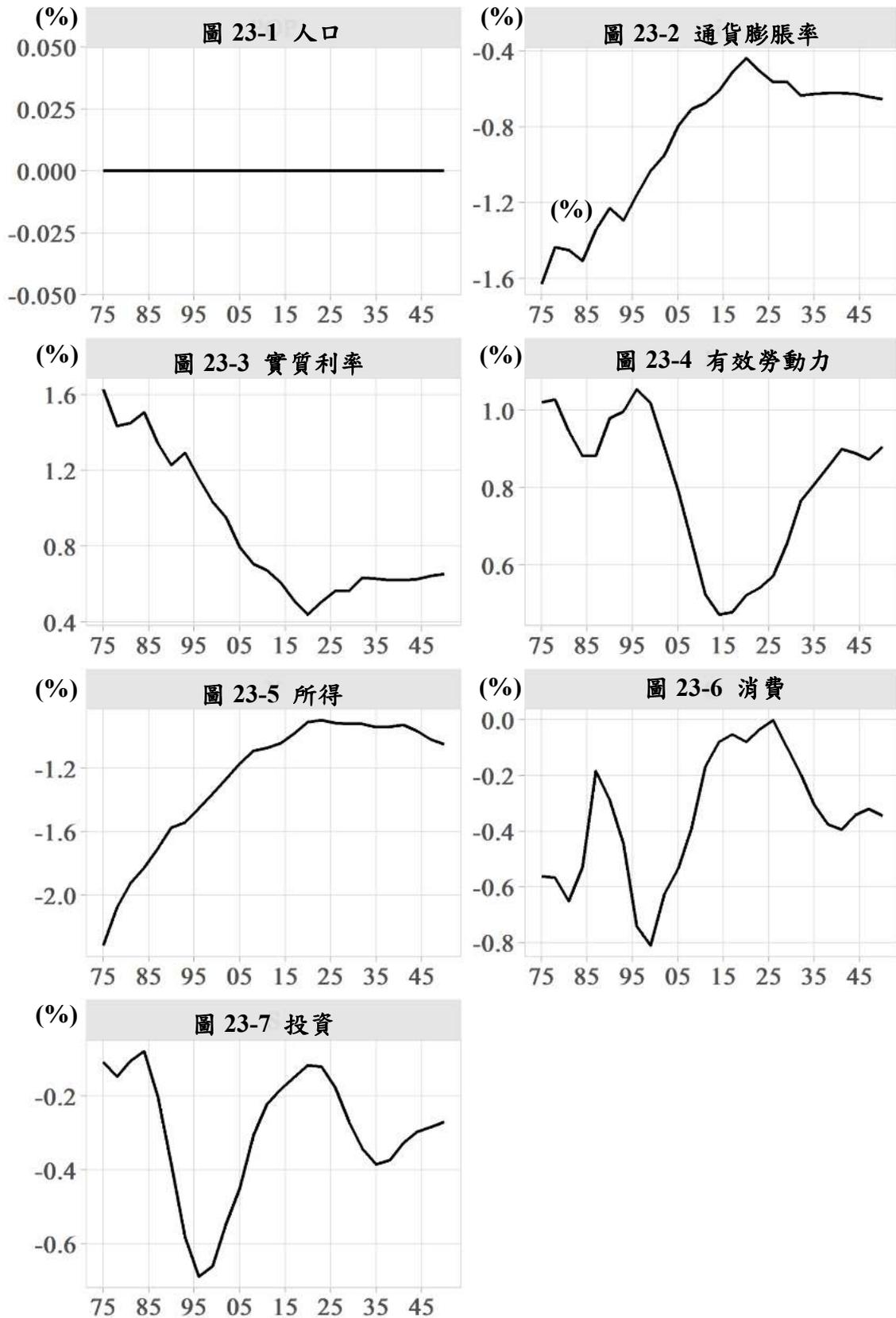
財政政策為政府進行財富重分配、融通支出、提供退休與醫療服務等公共財的主要工具。為了達成上述任務，政府除得以使用稅收、發行貨幣以外，亦可增加發行公債融通各項財政支出。為了評估不同人口結構下對於財政政策的影響，本節將以公債水準的變動為研究主軸，分析財政政策的長期走勢如何受到人口結構的影響。

5.3.1 公債增加產生的財政政策效果

假設自 1975 年開始政府每年增加公債發行以增加支出，公債增發量為起始資本的 5%。我們以此為基準模型，模擬此衝擊未來對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果。結果分別列於圖 23-1 至圖 23-7。由於在基準模型並未對人口結構進行調整，因此人口結構並未有任何改變(圖 23-1)。

受到無風險公債增加影響，家計單位的儲蓄在市場結清條件下，排擠了私部門的投資與消費，導致實質利率上升(圖 23-3)、消費減少(圖 23-6)；此外，因通貨膨脹率降低，使得實質工資提高，因此家計單位未來會提高勞動供給，使得有效勞動力提高。整體而言，公債水準上升的衝擊效果使得產出初期下跌而後緩慢回穩(圖 23-5)。

圖 23 公債支出增加的財政政策效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

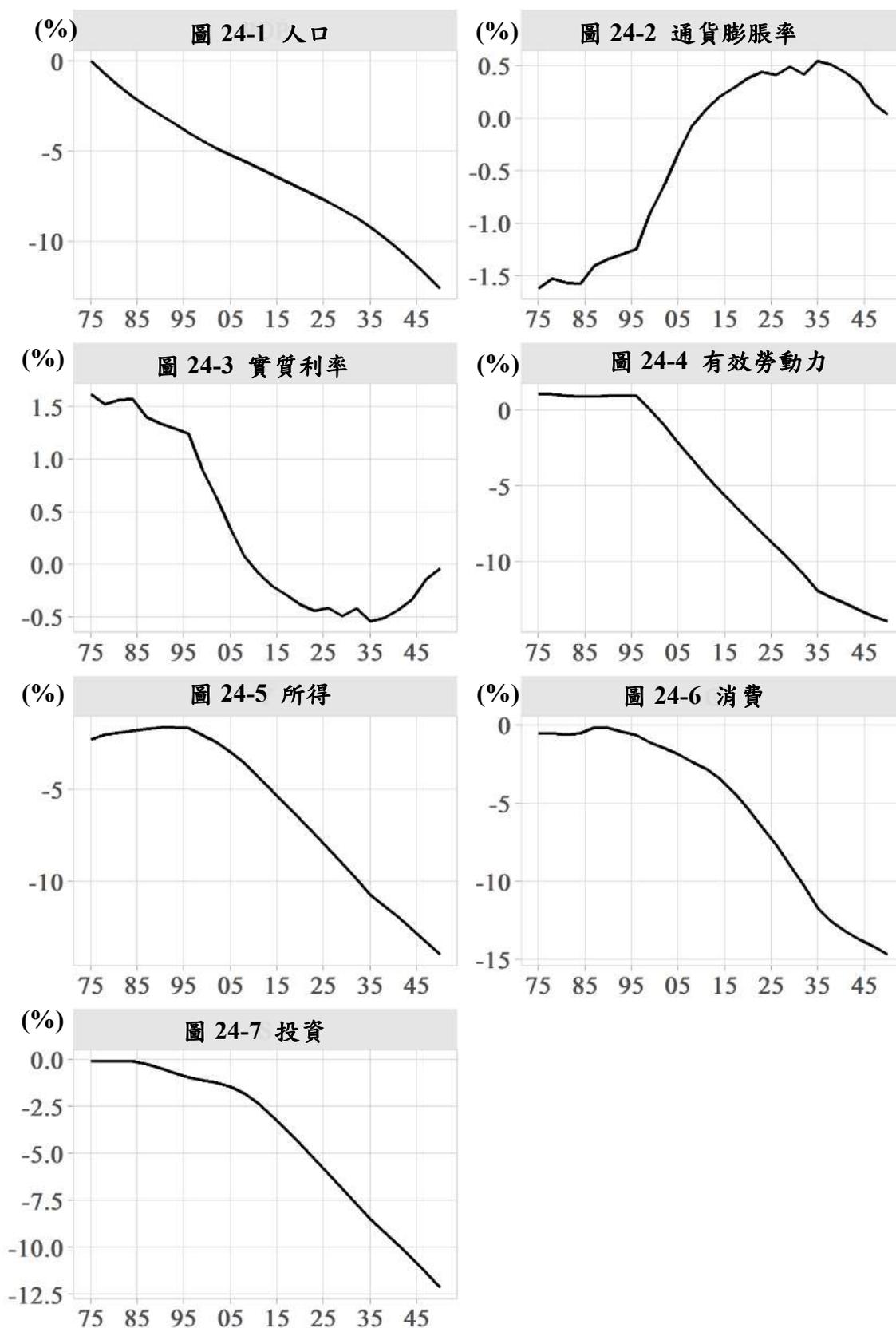
5.3.1.1 出生率降低下公債增加的衝擊效果

本節分析在新生人口出生率減少的背景下，政府自 1975 年起每年增加發行起始資本的 5% 公債以增加支出對於各項總體變數的影響。公債增加與人口減少的政策衝擊對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果分別列於圖 24-1 至圖 24-7。公債與人口結構變動的衝擊對實體經濟產生的影響約為圖 12 與圖 23 的整合結果。

受到 1975 年起的公債支出排擠效果的影響，私人消費和投資下跌(圖 24-6、圖 24-7)，實質利率上升(圖 24-3)，並降低通貨膨脹率(圖 24-2)。公債支出增加產生的排擠效應對通膨的負向效果，使初期實質工資提高，家計單位因此會提高勞動供給，使得有效勞動力初期上升增加。

上述財政政策的效果僅出現在模型模擬的初期，至 1996 年後，因人口出生率下降導致的有效勞動力驟降，影響整體變數的走勢，因此通貨膨脹率呈現先降低、後再提高的趨勢，此外，長期下的總體產出、消費和投資均受到人口影響呈現下跌走勢(圖 24-5 至圖 24-7)。

圖 24 出生率降低下公債支出增加的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

5.3.1.2 死亡率降低下公債支出增加的衝擊效果

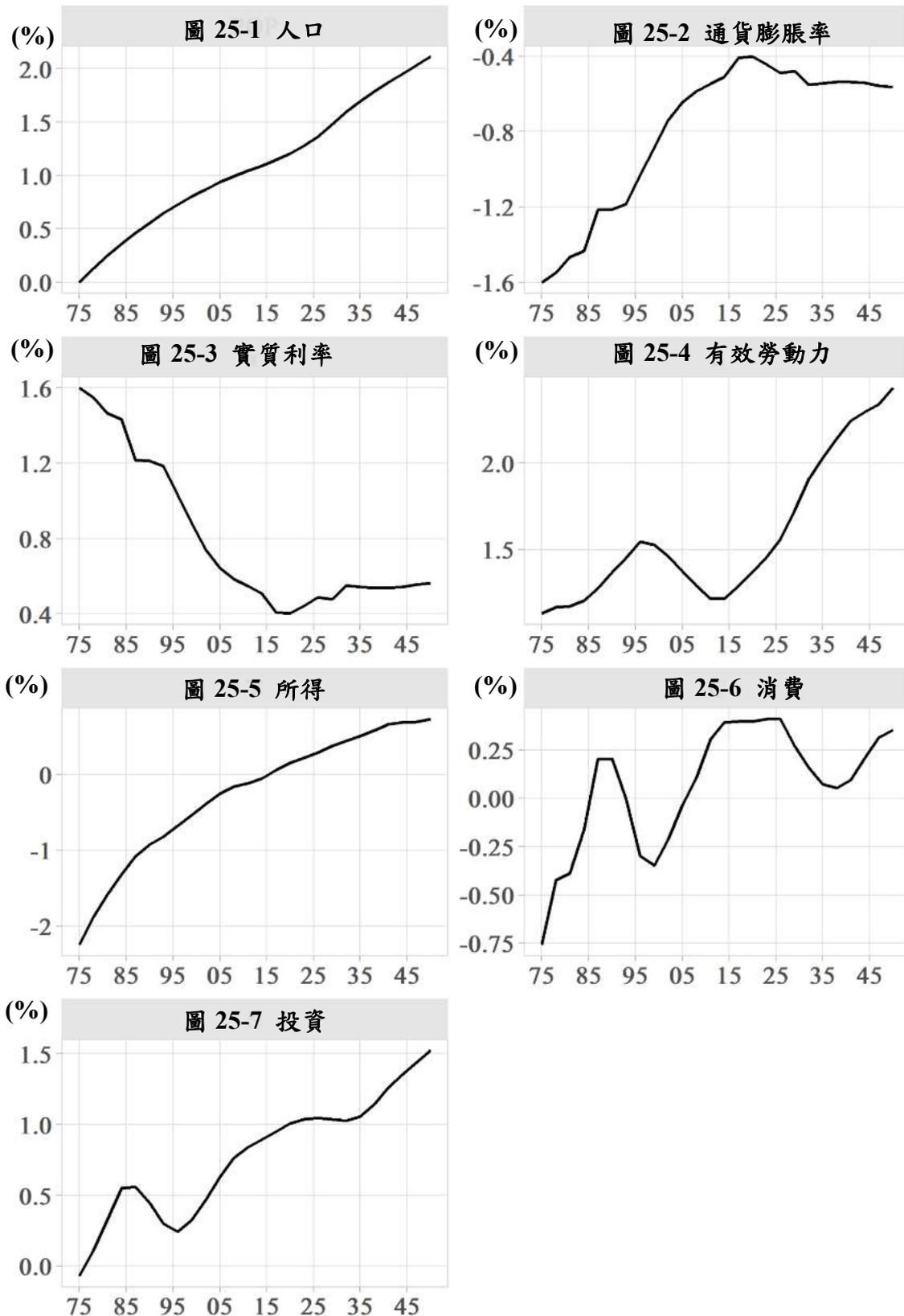
本節分析在老年人口死亡率減少的背景下，政府自 1975 年起每年增加發行起始資本 5% 的公債支出對於各項總體變數的影響。死亡率下降同時公債支出上升的政策衝擊對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果分別列於圖 25-1 至圖 25-7。公債與人口結構變動的衝擊對實體經濟產生的影響約為圖 13 與圖 23 的整合結果。

與前節的結果類似，受到 1975 年起的公債支出排擠效果的影響，私人消費和投資初期呈現下跌走勢(圖 25-6、圖 25-7)，實質利率上升(圖 25-3)，並降低通貨膨脹率(圖 25-2)。另一方面，死亡率下跌使自然人口相對上升，因此中長期仍抵銷公債增加的排擠效果，總消費上升(圖 25-6)。此外，死亡率的下降長期也提高社會上的有效勞動力(圖 25-4)，同時也增加了資本市場的投資(圖 25-7)，因此長期提升總體產出(圖 25-5)。

5.3.1.3 出生率與死亡率降低下公債增加衝擊效果

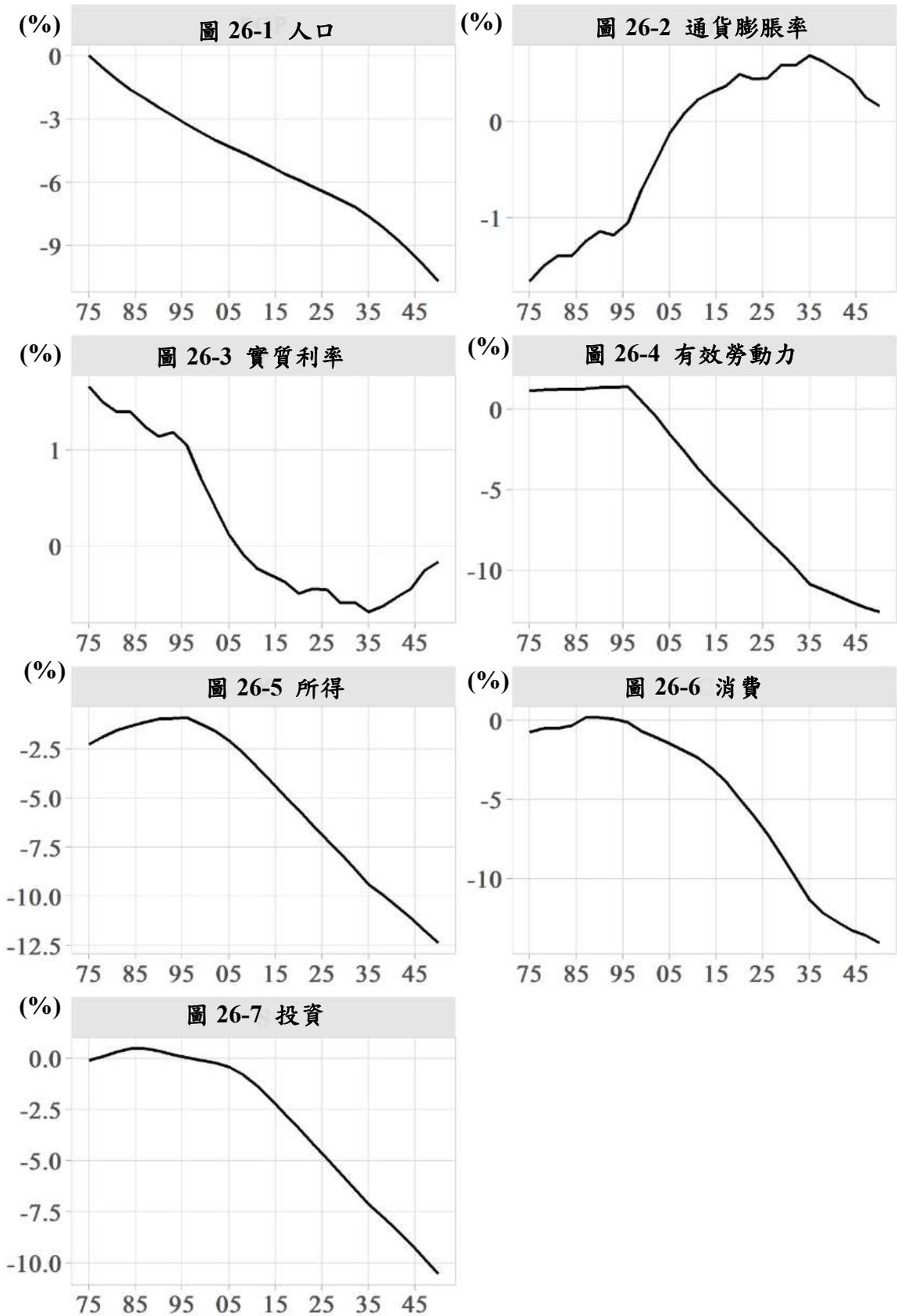
透過上述模擬結果，可以進一步分析人口結構出生與死亡率同步下降的背景下公債支出增加的衝擊效果。透過模型的反事實模擬，各項衝擊的綜合效果對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動的長期走勢彙整於圖 26-1 至圖 26-7，其長期趨勢效果大約是圖 24 與圖 25 的加成。根據上述分析可知，在長期人口結構變化下，將會顯著影響公債支出政策的有效性。

圖 25 死亡率降低下公債支出增加的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

圖 26 出生率與死亡率降低下公債支出增加的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

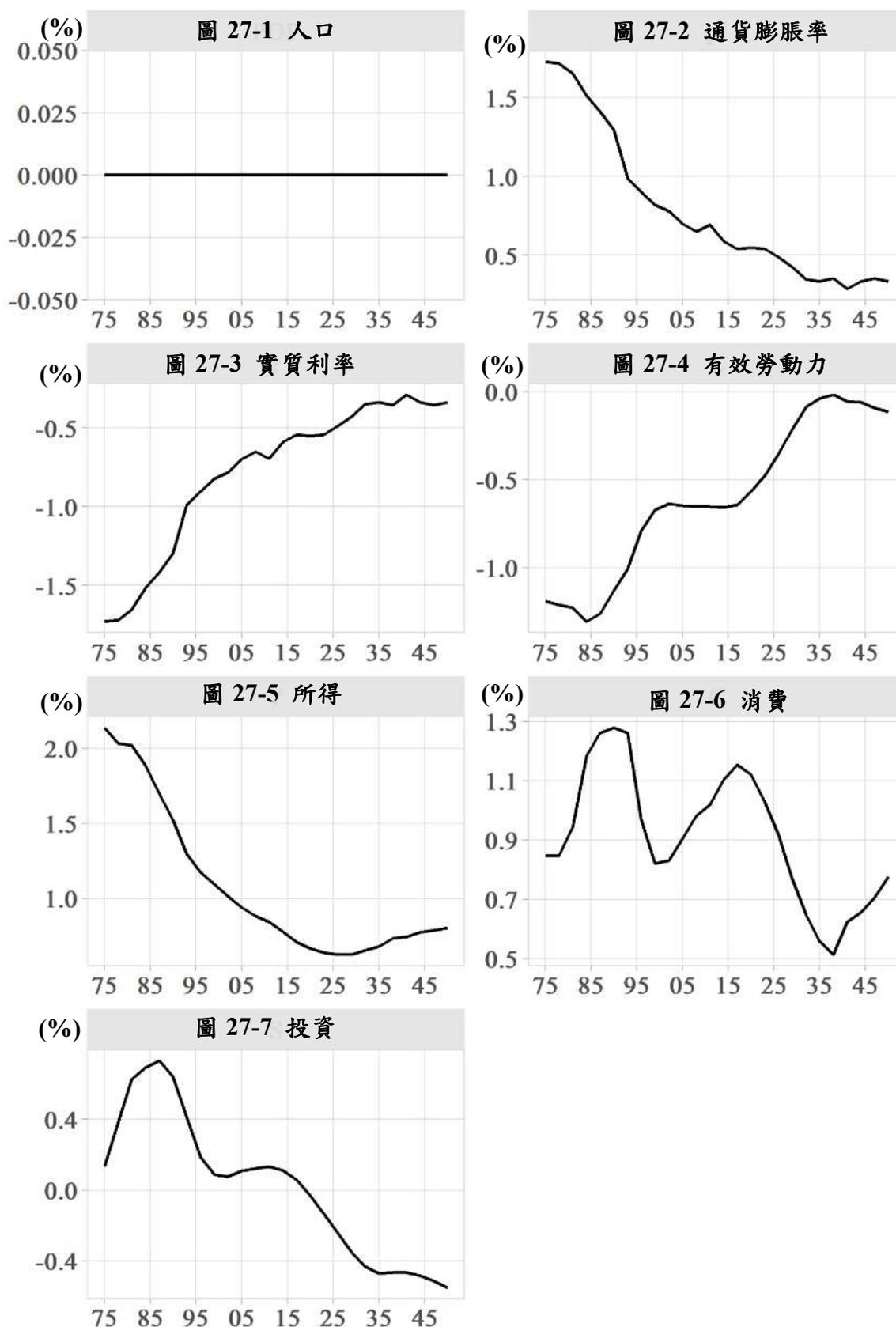
5.3.2 縮減公債支出的財政政策效果

在理解公債支出增加在不同人口結構下對於總體變數的影響後，本節假設政府減少發行起始資本的 5% 公債以縮減公債支出，以此模擬公債支出下降對於未來對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果。在基準模型下，為了強調公債減少對於總體經濟變數的效果，本節首先假設人口變動不產生任何變動(圖 27-1)。模型模擬結果彙整於圖 27-1 至圖 27-7。

由於公債支出減少，政府支出的排擠效果降低，家計單位的儲蓄將轉為購買資本，使投資需求增加，進一步使初期資本存量上升並導致實質利率下跌(圖 27-3)，同時消費增加(圖 27-6)並帶動通膨率上升(圖 27-2)。

另一方面，通貨膨脹率的上升也影響實質工資的成長，影響有效勞動的供給，使有效勞動力減少(圖 27-4)，惟影響效果隨模擬期數增加逐漸減少。儘管總體有效勞動減少，不過在總體投資增加的補償下，總體產出長期仍呈現上漲趨勢(圖 27-5)。

圖 27 公債支出減少的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

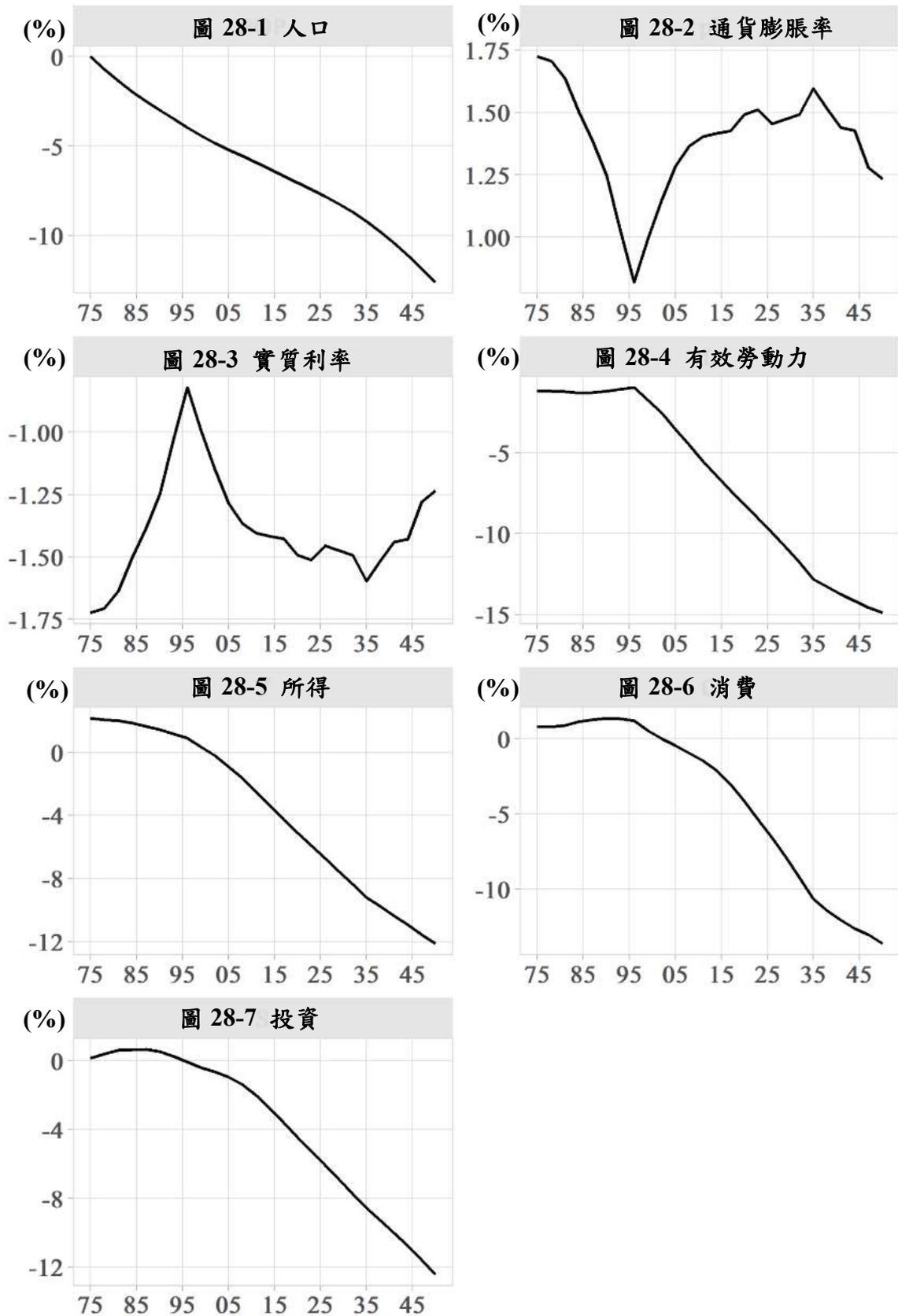
5.3.2.1 出生率降低下公債支出縮減的衝擊效果

本節分析在新生人口出生率下降的背景下，政府自 1975 年起每年減少發行起始資本的 5% 公債以縮減支出對於各項總體變數的影響。公債減少與人口減少的政策衝擊對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的結果分別列於圖 28-1 至圖 28-7。公債與人口結構變動的衝擊對實體經濟產生的影響約為圖 12 與圖 27 的整合結果。

由於 1975 年起公債支出減少，公共支出產生的排擠效果下降，因此消費與投資在期初均顯著成長(圖 28-6、圖 28-7)。此時，由於要素市場的資本供給增加，在初期勞動人口尚未大幅改變下，實質利率會因邊際報酬遞減而下降(圖 28-3)，並在要素投入增加的影響下使初期總體產出呈現成長狀態(圖 28-6)。

與先前的模擬結果相似，出生率的減少對於實體經濟產生顯著的影響約在 7 期(21 年)後發生。此時財政政策的效果逐漸被人口結構變動的影響取代，有效勞動力、消費、投資乃至於產出成長均顯著下降。根據數值模擬結果，2050 年總體產出下降超過 12%、消費下降達 14%、投資成長下降 12%(圖 28-5 至圖 28-7)。

圖 28 出生率降低下公債支出縮減的衝擊效果



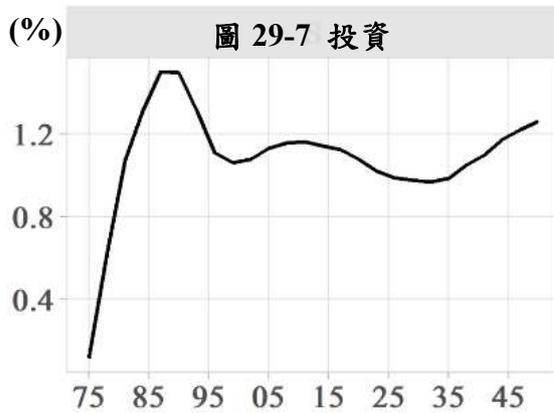
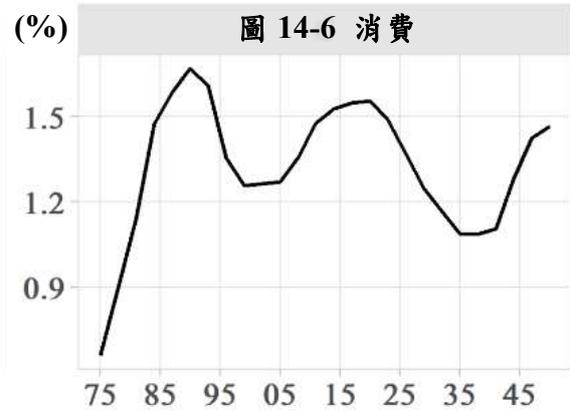
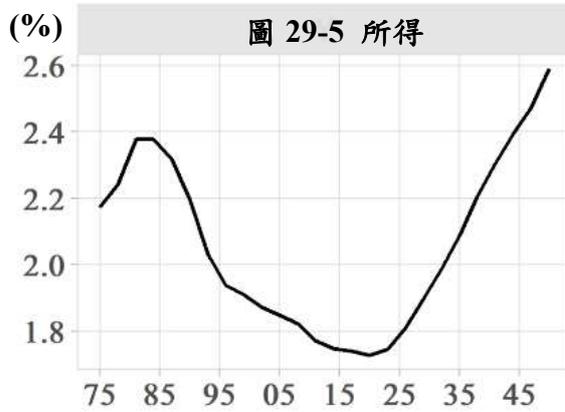
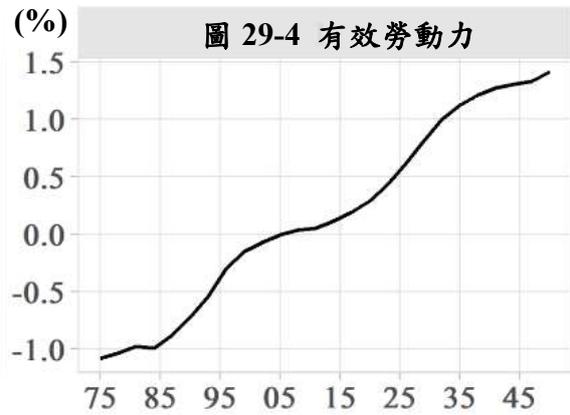
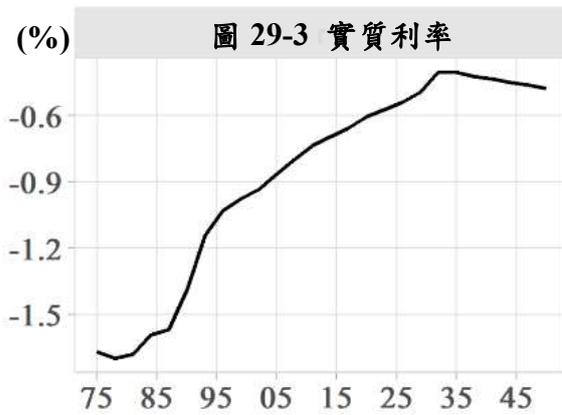
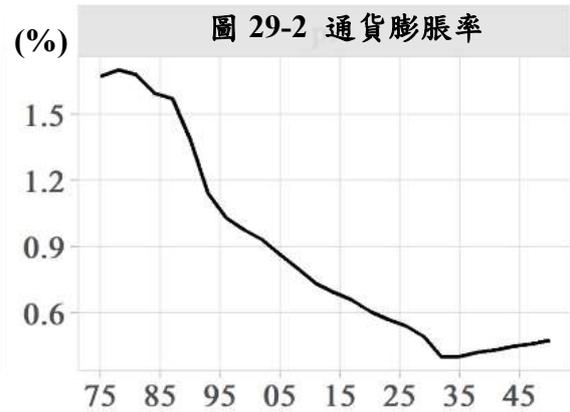
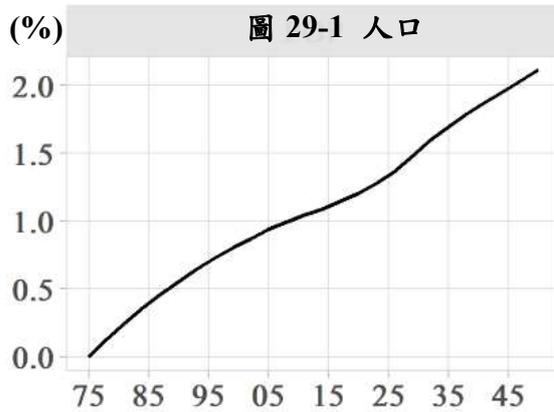
註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

5.3.2.2 死亡率降低下公債支出縮減的衝擊效果

本節分析在老年人口死亡率減少的背景下，政府自 1975 年起每年減少發行起始資本的 5% 公債支出對於各項總體變數的影響。死亡率降低下公債支出縮減的政策衝擊對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的效果分別列於圖 29-1 至圖 29-7。由於本節同時模擬死亡率與公債支出減少對總體經濟的影響，各項變數的長期趨勢約為圖 13 與圖 27 的整合結果。

各項總體變數在模擬初期主要受到 1975 年起的公債支出排擠效果下降的影響，私人消費和投資期初呈現成長走勢(圖 29-6、圖 29-7)，實質利率下降(圖 25-3)，並提升通貨膨脹率(圖 29-2)。另一方面，死亡率下跌使自然人口相對上升，因此中長期將替代公債減少的排擠效果，使總消費持續上升(圖 29-6)，並持續提高社會上的有效勞動力(圖 29-4)，在資本市場的投資穩定成長下(圖 29-7)，維持總體產出的長期成長。根據模擬結果，長期均衡下，2050 年產出、消費、投資皆增加超過 1%(圖 29-5 至圖 29-7)。

圖 29 死亡率降低下公債支出縮減衝擊的效果



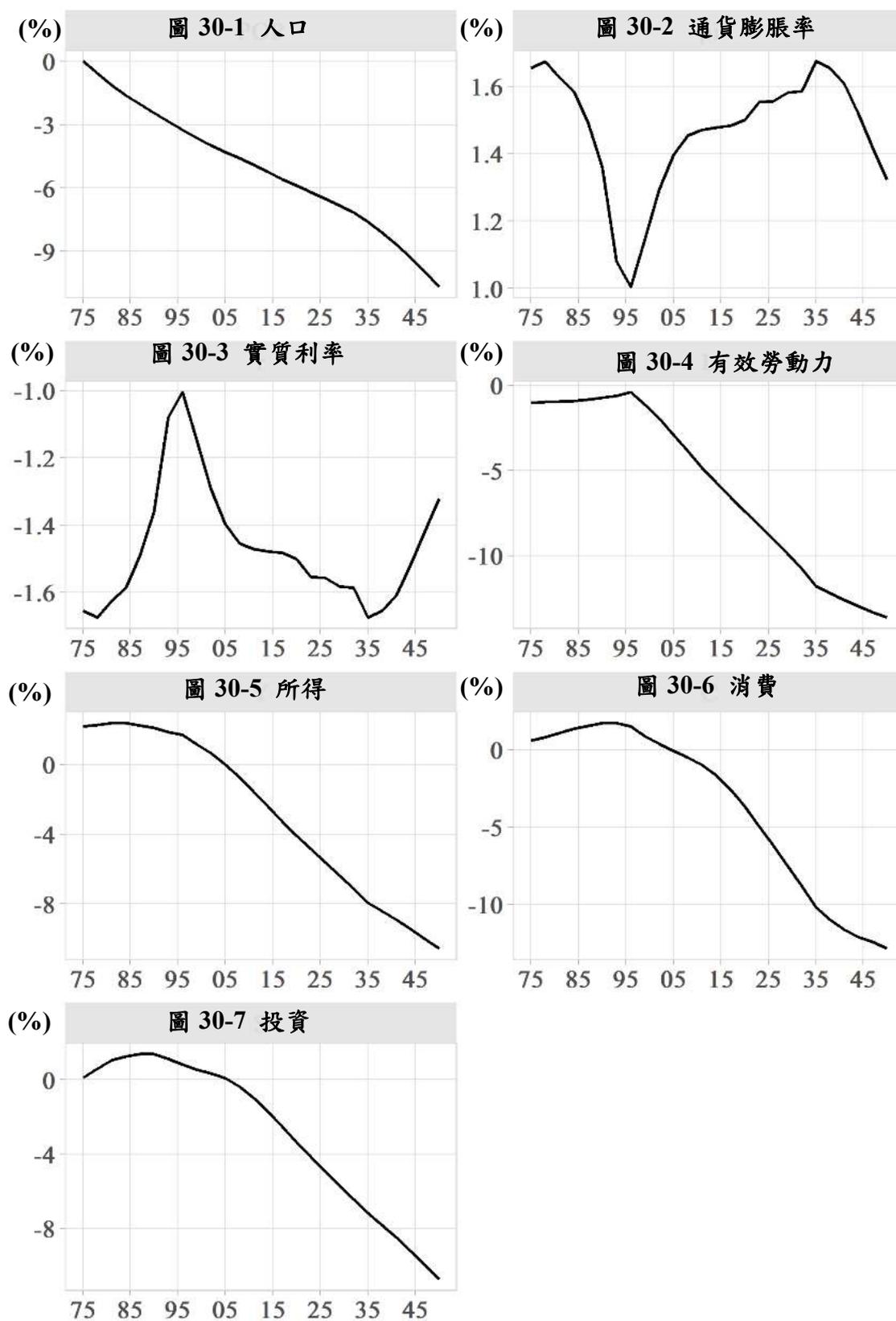
註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

5.3.2.3 出生率與死亡率降低下公債支出縮減的衝擊效果

最後，本節模擬人口結構出生與死亡率同步下降的背景下，公債支出減少的衝擊效果。各項衝擊的綜合效果對人口、通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動的長期走勢彙整於圖 30-1 至圖 30-7。由於本節同時模擬出生率、死亡率與公債支出減少對總體經濟的影響，各項變數的長期趨勢約為圖 14 與圖 27 的整合結果。

在模型的模擬初期，各項變數主要受到公債支出減少的影響。因公債支出減少，使原先政府支出產生的排擠效果降低，投資、消費均略微增加；至 7 期以後，由於出生率減少對人口的影響大於死亡率的效果，致使出生率減少的效果開始主導總體變數的走勢，有效勞動力持續下降(圖 30-4)，連帶使投資、消費、產出減少(圖 30-5 至圖 30-7)。當產出下降程度高於所得下降幅度時，將帶動通膨率的增加(圖 30-2)。長期均衡下，至 2050 年時總體產出下降超過 10%、消費下降超過 12%、投資下降超過 10%(圖 30-5 至圖 30-7)。

圖 30 新生人口出生率與死亡率降低下公債支出下降的衝擊效果



註：橫軸為年，縱軸為該變數相對於原長期均衡值變化百分比。

6. 結論和限制

隨著醫療技術發展、就業型態轉型與家庭觀念的改變，近年來如歐洲、日本、韓國、台灣等主要經濟體皆面臨出生率及死亡率的下降，促使人口結構轉變，導致人口高齡化的問題日益嚴峻。鑑於國內針對人口老化對於影響總體產出與政府各項政策的相關研究較少，本文嘗試以動態總體生命週期模型評估台灣人口結構老化，對台灣通貨膨脹率、實質利率、勞動力、總體經濟產出、消費與投資的影響。

人口結構老化的主要成因可分為以下兩類：一為新生人口出生率下降；另一為老年人口死亡率下降。本研究透過數值模型的參數校準與反事實分析，分別模擬當人口出生率自 1975 年開始比原趨勢有降低 10% 的變化衝擊、老年人口死亡率自 1975 年開始比原趨勢也降低 10% 的變化衝擊時，以及前兩項衝擊同時發生時，對未來 75 年的通貨膨脹率、實質利率、有效勞動力、所得、消費和投資變動走勢的影響效果。並利用此人口變遷動態作為基準模型，進一步評估人口變動對於貨幣政策與財政政策的長期效果。

根據基準模型的模擬結果，本文發現當出生率自 1975 年開始減少 10%，人口總數會一路下跌，75 年後總人口數會下降將超過 15%。人口結構的大幅下降將影響整體經濟的長期走勢：隨著減少的新生人口進入勞動市場，有效勞動力約自 21 年後開始下降，連帶使產出、消費和投資成長呈現長期下跌趨勢：根據模擬結果，75 年後產出下降將達 13%、投資下降達 12%、消費下降甚至達 14%。此一模擬結果亦顯示實質利率長期呈現下降走勢，

通貨膨脹率於 21 年後開始上升，最高會增加達 1.2%。實質利率於 21 年後開始下降，最多降達 1.1%。在通貨膨脹率增高達 1.2%、實質利率下降多達 1.1%的情況下，表示會有接近名目零利率底限(zero lower bound of the nominal interest rate)的現象發生。

其次，若人口結構中僅老人死亡率自 1975 年開始減少 10%，隨著整體死亡率的減少將帶動自然人口增加。根據模擬結果，75 年後總人口數將增加近 2%。由於總人口增加幅度高於有效勞動力，致使總體產出的成長低於消費增加的程度，帶動通貨膨脹率上升，初期通膨率增加最大約 0.25%；老年人口的增加亦提高了市場的資本供給使實質利率下跌，初期下跌達 0.25%後，跌幅逐漸趨緩。根據模擬結果，死亡率下降將使產出、消費和投資也自期初開始增加，75 年後產出增加達近 1.8%、消費增加超過 1%、投資增加也近 2%。

最後，當出生率和死亡率皆同時自 1975 年開始減少 10%，模擬初期的各項總體主要受死亡率減少的衝擊影響，使實質利率稍下降、通貨膨脹率、有效勞動力、產出、消費和投資均小幅上升。此外，根據模型模擬 21 年後的長期效果則主要受出生率減少的衝擊影響，人口下降將使長期有效勞動力下降超過 13%，並導致產出下降達 11%、消費下降達 13%、投資下降達 11%與實質利率下降多達 1.2%，對經濟的成長產生顯著負面影響。

運用上述人口結構變動作為基礎模型，本文進一步評估以調整名目利率的貨幣政策與公債支出的財政政策在人口結構變動下的長期影響。在本

模型的參數校準下，名目利率的調整對各項總體變數的影響僅在初期產生顯著效果，約 7 期(21 年)後人口結構的變動將主導各項總體變數的走勢。結果發現：不論是調升還是調降名目利率，長期而言貨幣政的效果策受出生率減少的效果最為顯著。在新生兒出生率減少的人口動態下，不管是調升或調降名目利率，長期而言皆會使得所得、投資和消費下跌；死亡率減少的人口老化皆會使得所得、投資和消費增加；出生率和死亡率同時減少時，由於出生率減少的效果長期而言較大，因此皆會使得所得、投資和消費下跌。

人口老化對財政政策的長期效果亦與貨幣政策的模擬結果類似，惟傳遞機制略不相同。當公債支出上升時，政策實行初期將使排擠效果提高，使私人消費、儲蓄與總體產出下降；反之，若公債支出下降，將使排擠效果減弱，進而提高消費與產出。在新生人口出生率下跌的初期，財政政策的效果主導總體變數的走勢；至 7 期銳減的新生人口進入勞動市場後，將使有效勞動力大幅下降，進而主導各項總體變數的長期走勢，使投資、消費、產出同步下跌。若人口結構變動來自於死亡率下降，則投資、消費與產出長期下將因人口增長而顯著上升，亦主導總體經濟的長期走勢。最後，出生率下降對總體經濟的效果高於死亡率下降的效果，因此當出生率和死亡率同時減少時，出生率減少的效果將主導後期的走勢，使總體產出、有效勞動力、投資和消費下跌。

由上述模擬結果可知，來自出生率下降產生的人口結構變化與死亡率

減少的人口結構老化，其影響效果完全不同。來自老人死亡率降低的人口老化對通貨膨脹率影響較小，且長期下能使人口自然增長上升，使產出、消費和投資上升；另一方面，出生率的降低長期將使人口增長趨緩，不只使有效勞動力、投資、消費與產出下跌，亦降低實質利率，影響傳統貨幣政策的執行。而且出生率低衝擊還會嚴重地減少有效勞動力，導致產出、消費和投資成長下降。因此，要如何提升人口出生率，將是政府未來長期努力的重要政策方向。

本研究有以下限制。首先，本文嘗試以台灣的所得替代率資料進行數值模擬，惟數值模型結果無法達到收斂狀態。此結果隱含以當前台灣的所得替代率，可能無法支應當前人口結構的變化趨勢，達成財政收支的平衡。為了維持模型的穩定性，本文將退休金所得替代率設定為零，移除退休支付在財政政策中扮演的角色。由於本模型忽略政府退休金支出在人口結構變化對財政政策的影響，因此當退休金所得替代率大於零時，其政策意涵可能需要適度修正。

再者，本文假設人口老化為外生，以便分析人口結構老化外生衝擊時的長期效果。然而人口老化實際上並非外生，可能與各項內生變數有關。舉例而言，老人死亡率降低主要原因，是因醫療保健進步與家計單位對於自身對於健康的「投資」有關。此外，既存不少文獻發現有許多出生率降低的因素與政府政策與家計單位的就業或教育選擇有關：一些研究認為出生率降低，是因為政府對幼兒的照護不夠(Lee and Lee, 2014)，也有部分研究

指出因對懷孕婦女的照護不夠，導致生育率下降 (e.g., Kohler, Billari and Ortega, 2002; An and Peng, 2016)，或因婦女身上有太多太重的家事工作(Kan and Hertog, 2017)。部分研究亦分析教育程度提高對於女性晚婚與生育決策的影響(Retherford, Ogawa and Matsukura, 2004)；一些研究亦討論生育數量和教育間的取捨，選擇少生、多教育子女所致(Becker 1993, Anderson and Kohler, 2013)，或因房價太高導致晚婚進而導致婦女生產率降低(Flynn, 2017)。

根據民國 110 年 1 月行政院核定的「我國少子化對策計畫(107 年至 113 年)」，該報告認為影響生育率的因素眾多，且不同國家、不同社會與經濟結構對於生育率影響的因素也不盡相同。此對策計畫指出我國生育率過低的主因如下：1.晚婚和不婚影響生育人數；2.高齡婦女生育年齡延後影響生育胎次；3.育兒成本高使得家庭負擔沉重影響生育率；4.婦女要兼顧就業與家庭影響勞動參與率與生育意願。

造成生育率降低的因素如此之多，政府對於改善生育率的因應措施也不相同。由於生育率降低的不同因素皆會使長期有效勞動力減少，進而對各項總體變數與政府採行貨幣政策、財政政策產生顯著的負向效果。評估政府對於提升生育率之相關措施及對於人口結構及總體經濟的影響，應可視為未來委辦議題的研究方向。

最後，本模型遵循 Auerbach and Kotlikoff (1987)、Eggertsson et al. (2019) 和 Sudo and Takizuka (2020) 等的設計，採用新古典式生命循環模型，模型

中的價格可自由調整。近年有不少學者認為物價的調整具有僵固性，如 Calvo (1983)、Chari, Kehoe and McGrattan (2000)，和 Bils and Klenow (2004) 等學者。欲引進物價調整僵固性，生產面除了最終財外，通常還需引進中間財部門，輪流讓不同部門的價格於不同期間調整，因此同期間價格調整有俱僵固性。Gertler (1999) 曾延伸 Yaari (1965), Blanchard (1985)、Weil (1989) 等模型設立另一種「生命循環模型」，將個人分為工作人口和退休人口，分析當退休人口比例增加的人口老化時的貨幣政策長期效果。Fujiwara and Teranishi (2008) 依照 Gertler (1999) 的主力模型架構，在該研究中加入新凱因斯模型(New Keynesian model)價格僵固性的性質，分析貨幣政策的長期效果。Yoshino and Miyamoto (2017)，曾根據 Gertler (1999) 及 Fujiwara and Teranishi (2008) 的架構，分析退休人口的比例增加時貨幣政策的長期效果。在具有物價僵固性的環境下，分析不同退休人口比例對於貨幣政策長期效果的影響，亦可視為未來委辦議題的研究方向。

參考文獻

- 行政院(110年), 我國少子女化對策計畫(107年—111年)(核定本), 1月。
- 連賢明、曾中信、楊子霆、韓幸紋、羅光達(2021), 「台灣財富分配2004-2014: 以個人財產登錄資料推估」, 《經濟論文叢刊》, 49(1): 77-130。
- An, M.Y. and I. Peng (2016). Diverging paths? A comparative look at childcare policies in Japan, South Korea and Taiwan, *Social Policy and Administration* 50(5): 540-558.
- Anderson, T. and H.-P. Kohler (2013), Education Fever and the East Asian Fertility Puzzle: A Case Study of Low Fertility in South Korea, *Asian Population Studies* 9(2), 196-215.
- Auerbach, A., and L. Kotlikoff (1987) *Dynamic Fiscal Policy*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Auerbach, A., and Y. Gorodnichenko (2012) Measuring the Output Responses to Fiscal Policy, *American Economic Journal: Economic Policy* 4(2), 1-27.
- Barro, R.J. (1990) Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth, *Journal of Political Economy* 98 (5), Part 2, S103-S125.
- Becker, G. (1993) *A Treatise on the Family*, Cambridge: Harvard University Press.
- Bils, M. and P.J. Klenow (2004) Some Evidence on the Importance of Sticky Prices, *Journal of Political Economy* 112(5), 947-985.
- Blanchard, O. (1985) Debt Deficits and Finite Lives, *Journal of Political Economy* 93, 223-247.
- Calvo, G. (1983) Staggered Prices in a Utility-maximizing Framework, *Journal of Monetary Economics* 12, 383-398.
- Chari, V.V., P.J. Kehoe and E.R. McGrattan (2000) Sticky Price Models of the

Business Cycle: Can the Contract Multiplier Solve the Persistence Problem?
Econometrica 68, 1151-79.

Cheng, Y., Lin, H. and Tanaka, A. (2020) Pension Reform in Taiwan: A Macroeconomic Analysis, *Taiwan Economic Review* 48(1): 1-30.

Eggertsson, G., N. Mehrotra and J. Robbins (2019) A Model of Secular Stagnation: Theory and Quantitative Evaluation, *American Economic Journal: Macroeconomics* 11, 1-48.

Flynn, L. (2017) Delayed and depressed: From Expensive Housing to Smaller Families, *International Journal of Housing Policy* 17(3), 374-395.

Fujiwara, I. and Y. Teranishi (2008). A Dynamic New Keynesian Life-cycle Model: Societal Aging, Demographics, and Monetary Policy. *Journal of Economic Dynamics and Control* 32 (8), 2398-2427.

Gertler, M. (1999). Government Debt and Social Security in a Life-cycle Economy. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy* 50, 61-110.

Hansen, G.D. and S. Imrohoroglu (2016) Fiscal Reform and Government Debt in Japan: A Neoclassical Perspective, *Review of Economic Dynamics* 1, 201-224.

Honda, J. and H. Miyamoto (2020) Would Population Aging Change the Output Effects of Fiscal Policy? *IMF Working Paper* WP/20/92.

Hsu, M. and P. Liu (2015) Financing National Health Insurance: The Challenge of Fast Population Aging, *Taiwan Economic Review* 43(2): 145-182.

Jordà, Ò. (2005) Estimation and Inference of Impulse Responses by Local Projections, *American Economic Review* 95(1), 161-182.

Kim, M. and O. Kwon, (2020) Impacts of Population Aging on Real Interest Rates (in Korean), Economic Analysis (Quarterly), *Economic Research Institute, Bank of Korea*, 26(1), 133-166.

Lane, P. (2019) Determinants of the Real Interest Rate, *European Central Bank*.

Lee, H.Y. and S.P. Lee (2014) Childcare Availability, Fertility and Female Labor Force Participation in Japan, *Journal of The Japanese and International Economies* 32, 71-85.

Lisack, N., R. Sajedi and G. Thwaites (2017) Demographic Trends and the Real Interest Rate. *Bank of England Working Paper*: No. 701.

Kan, M.-Y. and E. Hertog (2017) Domestic Division of Labour and Fertility Preference in China, Japan, South Korea, and Taiwan, *Demographic Research*, 557-588.

Kohler, H.-P., F.C. Billari, and J.A. Ortega (2002). The Emergence of Lowest-low Fertility in Europe During the 1990s. *Population and Development Review* 28(4): 641-680.

Miles, D. (1999) Modelling the Impact of Demographic Change Upon the Economy. *Economic Journal* 109, 1-36.

Miyamoto, H. and N. Yoshino (forthcoming) A Note on Population Aging and Effectiveness of Fiscal Policy, *Macroeconomic Dynamics*.

Muto, I., T. Oda and N. Sudo (2016) Macroeconomic Impact of Population Aging in Japan: A Perspective from an Overlapping Generations Model, *IMF Economic Review* 64(3), 408-442.

Ng, Wung Lik and Wang, Yin-Chi. (2020) Winners and Losers of Universal Health Insurance: A Macroeconomic Analysis, *B.E. Journal of Theoretical Economics* 20(1): 20180064.

Ramey, V.A., and S. Zubairy (2018) Government Spending Multipliers in Good Times and in Bad: Evidence from U.S. Historical Data, *Journal of Political Economy* 126(2), 850-901.

Retherford, R.D., N. Ogawa, and R. Matsukura (2004) Late Marriage and Less Marriage in Japan, *Population and Development Review* 27(1), 65-102.

Sudo, N. and Y. Takizuka (2018) Population Ageing and The Real Interest Rate in The Last and Next 50 Years— A Tale Told by an Overlapping Generations Model, *Bank of Japan Working Paper Series* No. 18-E-1.

Sudo, N. and Y. Takizuka (2020) Population Ageing and the Real Interest Rate in The Last and Next 50 Years: A Tale Told by an Overlapping Generations Model, *Macroeconomic Dynamics* 24, 2060-2103.

Taylor, J.B. (1993) Discretion versus Policy Rules in Practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 39(0) : 195-214.

Taylor, J. B. (1999) A Historical Analysis of Monetary Policy Rules. In *Monetary Policy Rule*, 319-41. NBER Conference Report series. Chicago: University of Chicago Press.

Weil, P. (1989). Overlapping Families of Infinitely-Lived Agents. *Journal of Public Economics*, 38 (March) : 410-21.

Yaari, M. (1965) Uncertain Lifetime, Life Insurance, and the Theory of the Consumer. *Review of Economic Studies* 32, 137-150.

Yi, K.M. and J. Zhang (2016) Real Interest Rates over the Long Run, *Economic Policy Papers of Federal Reserve Bank of Minneapolis*, 39(1), 195-214.

Yoshino, N. and H. Miyamoto (2017) Declined Effectiveness of Fiscal and monetary Policies Faced with Aging Population in Japan, *Japan and the World Economy* 42, 32-44.

附錄1 模型推導

A1. 家計單位的最適化選擇，以工作兩期、退休兩期的四期模型為例。

家計單位的終身效用函數為：

$$U = \sum_{t=1}^4 S^t \beta^{t-1} [a \log c_t + (1-a) \log m_t] - \sum_{t=1}^3 S^j \beta^{j-1} \frac{\xi_t^{\frac{\varphi+1}{\varphi}}}{\frac{\varphi+1}{\varphi}} + s^4 \beta^4 \log x_4, \quad (\text{A1})$$

其中 $S^t \equiv \prod_{l=1}^t s_1$ ， $S^1 = s_1 = 1$ 。

四期預算限制式分別為：

$$\begin{aligned} (1 + \tau_t^c) c_t + k_{t+1} + [b_{t+1} - (1 + r_t^b) b_t] + [m_t - \frac{m_{t-1}}{1 + \pi_t}] + \gamma_t q_t \\ = (1 + \hat{r}_t^k) k_t + \hat{w}_t l_t h_t + \tau_t + \eta_t \end{aligned} \quad (\text{A2a})$$

$$\begin{aligned} (1 + \tau_{t+1}^c) c_{t+1} + k_{t+2} + [b_{t+2} - (1 + r_{t+1}^b) b_{t+1}] + [m_{t+1} - \frac{m_t}{1 + \pi_{t+1}}] + \gamma_{t+1} q_{t+1} \\ = (1 + \hat{r}_{t+1}^k) k_{t+1} + \hat{w}_{t+1} l_{t+1} h_{t+1} + \tau_{t+1} + \eta_{t+1} \end{aligned} \quad (\text{A2b})$$

$$\begin{aligned} (1 + \tau_{t+2}^c) c_{t+2} + k_{t+3} + [b_{t+3} - (1 + r_{t+2}^b) b_{t+2}] + [m_{t+2} - \frac{m_{t+1}}{1 + \pi_{t+2}}] + \gamma_{t+2} q_{t+2} + \\ = (1 + \hat{r}_{t+2}^k) k_{t+2} + z_{t+2} + \tau_{t+2} + \eta_{t+2} \end{aligned} \quad (\text{A2c})$$

$$\begin{aligned} (1 + \tau_{t+3}^c) c_{t+3} + \gamma_t q_t + x_{t+3} \\ = (1 + \hat{r}_{t+3}^k) k_{t+3} + (1 + r_{t+3}^b) b_{t+3} + \frac{m_{t+2}}{1 + \pi_{t+3}} + z_{t+3} + \tau_{t+3} + \eta_{t+3}, \end{aligned} \quad (\text{A2d})$$

其中 $\hat{r}_t^k = (1 - \tau_t^k) r_t^k$, $\hat{w}_t = (1 - \tau_t^w)(1 - \tau_t^z - \tau_t^q) w_t$

令 4 期預算限制式的 Lagrange 乘數，分別為 $\beta^{t-1} \lambda_t$, $t=1,2,3,4$ 。並假設

$\hat{c}_t \equiv (1 + \tau_t^c) c_t$ ，家計單位的選擇最適的 c_t , m_t , l_t , k_t , b_t 及 x_4 ，其最適條件為：

$$c_t : \quad \frac{a}{\hat{c}_t} = \lambda_t, \quad t = 1, 2, 3, 4 \quad (\text{A3a})$$

$$l_t : \quad \xi l_t^{1/\varphi} = \lambda_t \hat{w}_t h_t, \quad t = 1, 2 \quad (\text{A3b})$$

$$m_t : \quad \frac{1-a}{m_t} = \lambda_t - s_t \beta \frac{\lambda_{t+1}}{1+\pi_{t+1}} \Rightarrow \frac{1-a}{m_t} = \frac{a}{\hat{c}_t} - s_t \beta \frac{a}{\hat{c}_{t+1}} \frac{1}{1+\pi_{t+1}}, \quad t = 1, 2, 3 \quad (\text{A3c})$$

$$k_{t+1} : \quad \lambda_t = s_j \beta \lambda_{t+1} (1 + \hat{r}_t^k) \Rightarrow \frac{a}{\hat{c}_t} = s_j \beta \frac{a}{\hat{c}_{t+1}} (1 + \hat{r}_t^k), \quad t = 1, 2, 3 \quad (\text{A3d})$$

$$b_{t+1} : \quad \lambda_t = s_j \beta \lambda_{t+1} (1 + r_t^b) \Rightarrow \frac{a}{\hat{c}_t} = s_j \beta \frac{a}{\hat{c}_{t+1}} (1 + r_t^b), \quad t=1, 2, 3, \dots \quad (\text{A3e})$$

$$x_4 : \quad \frac{3}{x_4} = \lambda_4 \Rightarrow \frac{3}{x_4} = \frac{a}{\hat{c}_4}, \quad t=4. \quad (\text{A3f})$$

A2. 家計單位 i 歲入勞動市場工作 j_R 歲退休模型的最適化選擇

標準化家計單位 $i = 1$ 歲時進入勞動市場。家計單位的終身效用函數在

(3)式為：

$$U_t = \sum_{j=1}^J [S^j \beta^{j-1} u(c_{j,t+j-1}, m_{j,t+j-1}, l_{j,t+j-1})] + S^J \beta^{J-i} v(x_{J,t+J-1}), \quad (3)$$

其中, $S^j \equiv \prod_{l=1}^j s_{l-1}$, $s_1=1$, $u(c_j, m_j, l_j)$ 和 $v(x_j)$ 的型式在(5a)-(5b)。

退休前和退休後每期的限制式分別為：

$$\begin{aligned} (1 + \tau_t^c) c_{j,t+j-1} + k_{j+1,t+j} + [b_{j+1,t+j} - (1 + r_t^b) b_{j,t+j-1}] \\ + [m_{j,t+j-1} - \frac{m_{j-1,t+j-2}}{1+\pi_{t+j-1}}] + \gamma_{j,t+j-1} q_{j,t+j-1} = [1 + \hat{r}_t^k] k_{j,t+j-1} + \\ \hat{w}_t l_{j,t+j-1} h_{j,t+j-1} + \tau_t + \eta_t, \quad \text{if } j \leq j_R \quad (4a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1 + \tau_t^c) c_{j,t+j-1} + \mathbf{1}^j k_{j+1,t+j} + [\mathbf{1}^j b_{j+1,t+j} - (1 + r_t^b) b_{j,t+j-1}] + \\ \left[\mathbf{1}^j m_{j,t+j-1} - \frac{m_{j-1,t+j-2}}{1 + \pi_{t+j-1}} \right] + \gamma_{j,t+j-1} q_{j,t+j-1} = (1 - \mathbf{1}^j) x_{J,t+J-1} (1 + \hat{r}_t^k) k_{j,t+j-1} \\ + \hat{w}_t l_{j,t+j-1} h_{j,t+j-1} + z_{j,t} + \tau_t + \eta_t, \quad \text{if } j > j_R, \quad (4b) \end{aligned}$$

其中, $\mathbf{1}^j = 1$ if $j < J$ 時; $\mathbf{1}^t = 0$ if $j = J$ 時。

令 $\beta^{j-1} \lambda_{t+j-1}$ 為 j 歲時預算限制式的 Lagrange 乘數, 家計單位選擇

$c_{j,t}$, $m_{j,t}$, $l_{j,t}$, $k_{j,t+1}$, $b_{j,t+1}$ 及 x_j 的最適條件為：

$$c_{j,t+j-1} : \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j-1}} = \lambda_{t+j-1}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (\text{A4a})$$

$$l_{j,t+j-1} : \xi l_{j,t+j-1}^{1/\varphi} = \lambda_{t+j-1} \hat{w}_{t+j-1} h_{j,t+j-1} \Rightarrow \xi l_{j,t+j-1}^{1/\varphi} = \frac{a \hat{w}_{t+j-1} h_{j,t+j-1}}{\hat{c}_{j,t+j-1}}, \quad j = 1, \dots, J_R \quad (\text{A4b})$$

$$m_{j,t+j-1} : \frac{1-a}{m_{j,t+j-1}} = \lambda_{t+j-1} - \frac{s_j \beta \lambda_{t+j}}{1+\pi_{t+j}} \\ \Rightarrow \frac{1-a}{m_{j,t+j-1}} = \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j-1}} - \frac{s_j \beta a}{\hat{c}_{j,t+j}(1+\pi_{t+j-1})}, \quad j = 1, \dots, J-1 \quad (\text{A4c})$$

$$k_{j,t+j} : \lambda_{t+j-1} = s_j \beta \lambda_{t+j} (1 + \hat{r}_{t+j-1}^k) \\ \Rightarrow \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j-1}} = s_j \beta \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j}} (1 + \hat{r}_{t+j-1}^k), \quad j = 1, \dots, J-1 \quad (\text{A4d})$$

$$b_{j,t+j} : \lambda_{t+j-1} = s_j \beta \lambda_{t+j} (1 + r_{t+j-1}^b) \\ \Rightarrow \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j-1}} = s_j \beta \frac{a}{\hat{c}_{j,t+j}} (1 + r_{t+j-1}^b), \quad j = 1, \dots, J-1 \quad (\text{A4e})$$

$$x_{t+J-1}^J : \frac{\zeta}{x_{J,t+J-1}} = \lambda_{t+J-1} \Rightarrow \frac{\zeta}{x_{J,t+J-1}} = \frac{a}{\hat{c}_{J,t+J-1}}, \quad j = J. \quad (\text{A4f})$$

附錄 2 期中報告評論意見回覆

一、行外評論人：陳教授虹如意見

- (一) 計畫題目範圍過大，需將研究目的和目標更明確化。
- (二) 根據計畫標題，人口老化視為一外生變數。根據模型設定，總要素生產率的成長率為外生給定(外生成長模型)。此計畫要研究的重要內生變數(研究目的)為何？
- (三) 根據輿論觀點，擴張性貨幣政策導致高房價，造成少子化現象。建議在模型中引入房地產市場，討論貨幣政策對房價的影響。若將生育率內生化，可一併討論貨幣政策對生育率和人口老化的影響，並討論央行在房市的因應措施(如 LTV 管制)帶來的效果。
- (四) 財政政策的部份需要確定分析的方向。序論建議補充財政政策相關文獻，如 Barro (1990) 假設公共支出可以增進生產面或是增加效用。此外，由於模型中引入健保，可考慮將死亡率內生化。例如 Chakraborty (2004) 假設政府增加公共衛生支出能降低老年人的死亡率。若模型數值求解過於困難，可考慮拿掉健保制度，改考慮其他政策(例如擴大公共建設所帶來的影響)。
- (五) 模型中設定的經濟成長為外生給定，可考慮引入人力資本以內生化經濟成長率，並討論政策變動是否帶來關於小孩的 quality-quantity trade-off。
- (六) 模型設定的選擇可再多斟酌。開放型經濟體應是更適合做為分析的模型。建議引入進口財、出口財、價格和匯率將更符合台灣的總體環境，讓央行貨幣政策與匯率變化作連結。
- (七) 此計畫模型以古典學派的總體模型為基礎，以實質面的變數來架構，因此名目面的貨幣供給變化，對實質變數的影響可能不大，是否符合台灣央行貨幣政策的制訂模式？建議在凱因斯模型的架構下，針對央

行貨幣政策不同的目標函數來做分析。

- (八) 數值分析部份，參數的設定(calibration)是以 1975 年台灣的資料做為為基準，有部份參數的設定較為不合理。例如資本稅率設定為 0，顯然過低不合理。資本所得占總所得比例為 0.544，數值可能過高。另外，貨幣供給目前是使用 M1A 的資料，可考慮改用 M2 的資料。
- (九) 計畫內容的用字需更專業精確，研究目的需要更明確，序論需做統整，且文章需要勘誤。

陳研究員明郎回應：

- (一) 將依照評論意見與研究團隊溝通，斟酌修改模型設定並將議題聚焦。
- (二) 根據本次研究計畫主題，本模型的重要內生變數為政府的財政與貨幣政策之相關變數，探討在相同的政策變數下，人口結構變化對於總體經濟的影響(如產出、消費與物價的關聯、儲蓄及實質利率等)，並進一步研究各項政策在面對人口結構改變時，應如何調整以修正原先之貨幣與財政政策，以提高整體社會福利。
- (三) 當前模型因設定上過於複雜，以致於求解過程遇到不少困難。若加入不動產作為額外的資產設定，恐進一步增加數值求解的難度。考量到計畫的時效性，可能無法放入不動產對於人口結構改變的影響。此一部份的分析可作為後續研究的方向。
- (四) 將依照評論人的意見，補充 Barro(1990)等文獻，並斟酌嘗試 Chakraborty (2004)的模型設定，於能夠數值求解可行的條件下，修正健保於模型中扮演的角色。
- (五) 受限於研究計畫的時效性，引入人力資本變數將增加模型中額外的內生變數，恐造成模型求解的困難度。此一部份應可作為後續研究的延伸方向。
- (六) 本模型主要係考慮封閉經濟體系下，人口結構如何影響財政與貨幣政策的有效性。其中，財政政策主要聚焦於租稅措施對跨代移轉及財政

平衡如何受人口轉變的影響，貨幣政策則是聚焦人口結構變化如何影響利率與物價之間的變化。本模型採用封閉體系之原因有二：

1. 在封閉經濟體系的設定之下，較能跟過去文獻的數值模擬結果做一比較。開放經濟體系的模型設定雖然更符合當前台灣的總體經濟背景，惟較難找到相關研究的討論。
 2. 本模型中的貨幣政策主要聚焦於利率措施之成效如何受人口結構之影響。如果考慮開放經濟體下的跨代總體經濟模型，亦需考慮人口結構變化對匯率政策與國際收支的影響，並評估人口結構變化對上述管道的傳遞連結，分析上將更為困難。因此在本研究中暫不考慮此設定，將做為後續研究的方向之一。
- (七) 新興凱因斯的模型中，貨幣政策的有效性主要係透過價格僵固的管道影響總體經濟的實質生產與就業，透過偏好、生產力等各層面的隨機衝擊，產生景氣循環的現象，從而強調貨幣政策調節市場波動的角色。換言之，新興凱因斯模型中的貨幣政策主要係因應總體經濟中短期的波動。根據歷史資料來看，經濟循環或金融循環最長的周期最長約十年左右，遠低於人口結構變化的影響時程。因此本模型暫不考慮新興凱因斯模型的設定。

(八) 將依照評論人意見修正校準參數與目標。

(九) 將依照評論人意見，重新校閱修正。

二、行外評論人：廖副教授珮如意見

(一) 財政政策方面

1. 全民健保保費設定：依據式(4d)，本模型假設退休後不需繳全民健保保費，但享有全民健保（亦即政府補貼一定比例之個人醫療支出）。然而，實際上全民健保並無退休人員即無須繳納保費的規定。因此，若模型內假設退休人員的全民健保保險費可完全免除，人口老化時將高估因而產生之政府財政負擔。

2. 退休金制度：模型設定沒有明確描述退休金制度為何，但觀察政府預算限制式(9)，應為隨收隨付制。然而，台灣勞保改革後之退休金分為兩部分，一部分為類似隨收隨付制的勞退金，另一部分較為類似個人退休金帳戶的提撥制度。人口老化時，前者會影響政府財政負擔，後者除非有政府相對提撥，否則並不會影響政府支出。此外，不少文獻已指出個人退休金帳戶會排擠私人儲蓄，進而與減少之勞動力交互影響，透過一般均衡效果影響利率。因此，這兩個制度在模型中或許應該分開設計，以避免高估或低估人口老化對財政政策和貨幣政策之影響。
 3. 勞動退休金的設算方式：勞動退休金計算的基礎為個人過去薪資最高五年之平均，並非模型所設計之個人過去薪資所得平均值。因個人 life-cycle income 為倒 U 型，以過去薪資所得平均值計算恐會低估政府須支付之勞退金。
- (二) 貨幣政策方面：模型設定人口老化影響貨幣政策會透過兩個管道。然而，貨幣政策方面的文獻回顧均僅著重於人口老化會透過一般均衡效果使得實質利率下降這管道，卻缺乏針對「年輕人的貨幣需求對利率彈性較大」這假設提供文獻支持，若能加入文獻或實證資料來支持此一假設，將使此貨幣彈性設定更具說服力。
- (三) 總合勞動供給的設定：式(8a)表示總合勞動供給為各年齡有效勞動供給之加總，此設定隱含年輕人和接近退休的人的有效勞動供給是互相替代的，且因為年齡特定生產力為倒 U 型，表示接近退休的人的有效勞動供給不如年輕人。然而，文獻上已有一些證據顯示年輕人和年長者在勞動市場上並非替代，而是互補的關係，若將此納入考慮，或有可能影響財政政策的效果。
- (四) 數值模擬分析部分：
1. 理論模型非常複雜，不容易校準的很理想，但校準不夠精確，會影響政策效果的分析。因此，數值模擬分析時，可拆分成僅有財政政策或僅有

貨幣政策的兩個模型。

2. 根據國發會人口推估(2020 至 2070)報告，台灣勞動占總人口比例從 1975 年上升至 2012 年後逐漸下降。建議將初始的長期均衡設定在約 2012 年前後之時間點。求解長期均衡路徑時，可利用人口推估報告的未來人口年齡結構回推未來各年齡之存活率，藉此讓長期均衡路徑上模型各期的人口年齡結構等於人口統計推估報告之人口年齡結構數列。
3. ϕ 使用勞動供給比例 0.4098 校準，宜說明勞動供給比例之定義。
4. 遺產利他參數依據 Sudo and Takizuka (2020)設定為 18.33，參數直接引用可能會造成資本存量的偏誤，進而影響貨幣政策。若沒有適當遺產資料，可考慮進行敏感性分析。

陳研究員明郎回應：

- (一) 將依照評論意見，修正全民健保保費支出設定。由於健保支出在本模型中並未對家計單位的死亡率產生影響，若數值求解過程過於複雜，將考慮移除健保保費支出的設定。此外，也依照評論意見修正，在數值計算與時間限制允許的前提下，分別考慮隨收隨付制與定額提撥退休金制度，並比較兩種退休制度下的效果。
- (二) 將依評論意見，從實證資料或相關文獻中補充實質貨幣需求的相關說明。
- (三) 若將模型中不同年齡之勞動供給視為不完全替代，則總體經濟中的生產函數可能將改為 Krusell et al(2000)年的 CES 型式，此一設定將增加整體求解上的困難。考量到本次研究計畫的時效性，本模型仍沿用 Cobb-Douglas 的生產函數型式，並假設家計單位的勞動供給為完全替代。
- (四) 數值分析說明如下：
 1. 本模型設定中，由於家計單位之偏好為 MIU 效用函數，因此無法單獨分析財政政策的效果，但會依評論意見僅考慮存在貨幣政策下的情況。

2. 將依照評論意見，嘗試修改模型校準的初始期間。
3. 本研究中的勞動供給比例指的是每位勞動者勞動工時占總時間稟賦之比例。
4. 經本研究團隊評估，在數值求解過程中加入或移除遺產之利他函數並未對整體政策意涵帶來顯著性的改變，考量到數值模型求解的計算複雜度，將移除此一部分之設定。

三、本行同仁發言與研究團隊答覆(依發言順序)

(一) 陳副總裁南光：

1. 自 2008 年金融危機以來，主要經濟體多採行擴張性貨幣政策提高市場流動性，使市場中的名目利率維持在低利率的水準，導致市場存在流動性陷阱的現象。本計畫描述之模型是否能刻畫金融危機後低利率、低物價但貨幣供給龐大的經濟環境？
2. 如同廖副教授所言，本模型的設定提及「年輕家計單位的貨幣需求彈性高於老年人的貨幣需求」，是否有實證上的支持？能否說明理論背景為何？
3. 經研處亦彙整書面評論意見，將於會後提供研究團隊參考。

(二) 俞助理研究員欣榮：

1. 在此補充關於「年輕家計單位的貨幣需求彈性高於老年人的貨幣需求」的一些看法。首先，在 MIU 效用函數的設定下，消費與貨幣的邊際替代率(MRS)恰好等於名目利率，因此可以透過此均衡條件計算各年齡層家計單位的實質貨幣需求。而名目利率的貨幣政策法則將從此管道影響實質經濟體的各项變數。
2. 另一方面，本模型中消費與貨幣在效用函數中係屬於 CES 的函數型式，使貨幣需求對名目利率的彈性，與商品需求與名目利率的彈性相關。此外根據實證文獻⁸指出：傳統生命週期模型的消費路徑呈現倒 U 字形

⁸ 詳 Attanasio, Orazio P, et al, (1999). "Humps and Bumps in Lifetime Consumption," Journal of Business & Economic Statistics, American Statistical Association, vol. 17(1), pages 22-35

，若模型的數值結果與實證資料相似，則顯示各年齡層的商品需求受名目利率的影響將有所差異。

3. 根據上述的分析，可以間接推論各年齡層的貨幣需求對名目利率的彈性並不相同。換言之，當人口年齡結構產生轉變時，會因各年齡層貨幣需求彈性的差異導致貨幣政策的有效性出現變化。

(三) 鄭副研究員漢亮：

1. P.17 的表 1 第一列所稱之「值」、「資料」與「模型」所列之數字略有差異，惟並未說明各數字的來源(設定或是校準)，以文中所稱的 ϕ 為例，先設定其為 0.5(表 1 卻無此數字)，再以參數匹配得到長期狀態的勞動供給占比 0.4098，最後刻畫出 7.5581，敘述不易使人瞭解。
2. 根據過去央行的新聞稿，台灣央行目前的貨幣政策架構是採用彈性貨幣目標制，以 M2 為中間目標，本文卻以 M1 作為貨幣政策的供給，想請問研究採用 M1 的原因。

(四) 曹副處長體仁：

1. 先前人口結構高齡化普遍被認為是近年主要經濟體中性利率 r^* 下降的主要因素，並影響貨幣政策的執行成效。本計畫中是否能夠呈現人口老化對中性利率的影響，亦或直接在模型設定兩者之間的關聯？
2. 2021 年 8 月的 Jackson Hole 的會議中，Mian et al(2021)⁹ 運用美國消費者財務調查(Survey of Consumer Finance, SCF)進行實證研究，指出各年齡層內所得分配不均與儲蓄率過高，是造成實質利率下降的原因，並質疑人口老化因素。人口老化與所得分配不均兩項因素對貨幣政策制定的準則應有不同的影響。對此，研究團隊看法為何？

研究團隊回應：

- (一) 謝謝陳副總裁的意見，本研究會嘗試透過數值校準(calibration)的方式

⁹ 詳 Mian, Atif, Ludwig Straub and Amir Sufi (2021), "What explains the decline in r^* ? Rising income inequality versus demographic shifts", Working Paper.

，捕捉金融危機後的總體經濟環境。本研究亦將嘗試搜尋相關文獻與目前台灣的相關資料，作為本研究模型設計的立論基礎。

- (二) 謝謝鄭副研究員的指正，將依照評論建議進行修改。另外採用 M1 作為模型校準的主要原因係由於使用 M2 作為參數校準結果並不理想，因此改以 M1 作為本模型中的貨幣政策代理變數。
- (三) 謝謝曹副處長的建議。目前研究尚在模型建構階段，未來將討論人口老化對中性利率的影響。不過，由於當前的模型設定僅考慮每個年齡層僅有一位代表性家計單位，因此無法分析年齡層間所得分配對中性利率的效果，此一議題可作為未來延伸的方向。

四、主席結論與裁示

- (一) 感謝陳明郎教授與伍弘歷教授在有限經費與時間下，提出詳盡且具參考性的初步研究成果；同時，感謝兩位評論人所提出的精湛意見，本次期中審查會在此圓滿結束。
- (二) 本研究已初步完成模型之設定，惟內容鋪陳與數值模擬部分請參考評論意見進行調整，並針對部分細節推論過強(如房價變動與經濟成長無關等)部分提出更多佐證說明，俾利結案報告更臻完善。
- (三) 考量本計畫不可能解決所有評論-意見所提問題，希望研究團隊在計畫期限之可行範圍內，盡量依評論意見修改報告。

附錄 3 期末報告評論意見回覆

一、行外評論人：陳教授虹如意見

- (一) 已彙整書面評論意見，將於會後提供研究團隊參考。
- (二) 本研究計畫目的是要探討人口老化對貨幣政策和財政政策的長期影響，惟當前研究成果多著重於既定的政策下，人口老化對總體經濟變數的分析，無法確切知道人口老化對貨幣政策和財政政策產生的效果。建議可分析在不同的政策下(例如：更改貨幣供給政策、消費稅，所得稅，資本稅，退休金提繳費率，健保提繳費率)，人口老化所帶給不同政策的效果，較符合計畫目的。
- (三) 在財政政策部份，本計畫考慮退休給付和健保，政府支出則用各種課稅融通方式。因模型複雜，致使數值分析時收斂不易，因此簡化假設拿掉年金管道，並設定退休金所得替代率為 0(報告第 21, 22 頁)。然而比起健保制度，人口老化對退休制度的影響更大，且此計畫中並未考慮健康財；因此建議簡化假設應該是拿掉健保制度，並納入退休金制度。
- (四) 本模型為簡化計算，將每一世代簡化假設 5 年為一期。研究團隊於第 4.1 節關於參數校準的部份，是否針對相關資料進行 5 年為一期的處理？
- (五) 計畫內容的數值分析結果，應與實證資料做比較，判斷結果和參數校準是否合理。舉例而言，本模型假設退休年齡為 60 歲，可直接校準退休年齡的資料。

研究團隊回應：

- (一) 陳研究員明郎：感謝評論人的審查意見，結案報告將針對書面意見補強說明。
- (二) 陳研究員明郎：有關數值模擬說明不足的部分，未來會針對各項政策

措施進行反事實分析(counterfactual analysis)，並於結案報告進行補充說明。

- (三) **伍副教授弘歷**：本計畫曾嘗試將當前國發會公布之退休金提存制度引入本模型中，然而根據數值模型的計算結果，財政收支會因為赤字過大而無法達到財政平衡，致使模型均衡無法收斂。因此，本計畫僅能移除退休金制度，以達到模型求解的穩定性。
- (四) **伍副教授弘歷**：本計畫中採用的多數參數已根據 5 年為一期的模型設定進行相應處理，惟資本折舊率並未經過 5 年期處理，將依評論人意見進行修正。
- (五) **陳研究員明郎**：受電腦計算能力的限制，以年為單位並校準實證資料較為困難，將盡力依照評論人意見進行修改。

二、行外評論人：廖副教授珮如意見

(一) 關於基準模型(Benchmark economy)設定：

1. 如何判斷基準模型下的模型配適結果？換言之，基準模型是否能良好的解釋已發生的歷史資料？由於未能看到基準模型主要內生變數的動態均衡路徑，建議於計畫中補充說明。
2. 基準模型之下的人口年齡結構內各變數的分配為何？是否與資料一致？另外，建議描繪消費分配與資產分配，以利判斷生命循環的分配是否符合一般認為的趨勢。
3. 資本折舊率 $\delta = 4\%$ ，是否為年折舊率？若是，則本模型一期為五年，折舊率應做轉換。

(二) 關於本計畫的反事實數值分析建議如下：

1. 建議將三個反事實實驗的結果整理成同一變數畫在同一張圖，以利比較。
2. 台灣從 1975 年到 2012 年左右，因生育年齡人數眾多，此時期均為總

人口增加階段，甚至經歷了人口紅利，與人口老化顯著不同。我們該如何解讀目前三個實驗結果？

(三) 建議可引入以下政策面反事實推論分析：

1. (貨幣政策)可考慮貨幣供給年成長率 μ_t 增加 $x\%$ ，較年輕和較老化的兩個經濟體會有何不同反應？
2. (財政政策)可假設醫療自付額 $\gamma_{j,t}$ 提高 $x\%$ ，較年輕和較老化的兩個經濟體會有何不同反應。

(四) 部分細微錯誤整理於附件檔案。

陳研究員明郎回應：

- (一) 感謝評論人提供之意見，部分基準模型之模擬結果將於結案報告中補充說明。此外，由於本計畫之模型架構已相當複雜，如再作額外基準配適結果校準，恐增加更多篇幅，將與委託單位(經研處)討論後，再決定是否在本計畫時程內加入相關內容。
- (二) 將依照評論人意見，將反事實模擬之相關圖表進行整合，並於結案報告中針對反事實結果補充說明。
- (三) 將依照評論人意見，補充額外政策變化的反事實模擬，於計畫時程內酌量加以說明。
- (四) 部分文句錯誤與遺漏部分，將於結案報告加以修正。

三、本行同仁發言與研究團隊答覆(依發言順序)

(一) 俞助理研究員欣榮：

1. 過去幾年來，日本央行及部分經濟學家指出，人口老化恐係造成日本低通膨趨勢的可能原因之一；然而，本文的模擬結果顯示，台灣人口老化反而可能使通膨率上升。想請教研究團隊台日結果差異的可能原因為何？建議內文可針對兩者的差異補充說明。

2. 模擬期間超過資料期間時，作者採用外推法將資料最後一期外推未來資料，請補充說明外推法(extrapolation)的相關步驟。
3. 本模型的設定相對複雜，建議研究團隊考慮設定一簡化模型(例如，兩期 steady state 恆定狀態下的跨代模型)，透過模型的推導闡釋人口高齡化對各項政策的影響。

(二) 繆副研究員維正：

國內不少報導指出，人口結構變動與資產價格(尤其是不動產價格)具有顯著的正向關聯，想請問研究團隊是否將資產價格的變動放入模型中考慮？

(三) 經研處吳處長懿娟：

經研處已彙整業務局及金檢處之相關書面評論意見(詳附件 5)，將於會後提供研究團隊參考。

陳研究員明郎回應：

- (一) 日本與台灣因經濟背景與相關參數的不同，可能導致不一樣的結果。本計畫主要係依據台灣之參數背景模擬人口結構下的變遷動態，引入與日本背景的相關論述或可做為未來研究的議題，相關資料亦可請經研處進行補充。
- (二) 外推法的相關步驟將於結案報告中補充說明。
- (三) 由於模型中各變數之相互影響，簡化模型未必能完整詮釋人口結構變化對貨幣與財政政策的相關效果，若計畫時程內仍餘裕，將於計畫時程內嘗試推導，並於結案報告中補充說明。
- (四) 本計畫之模型假定人口成長率為外生，並未考慮資產價格變動對人口成長率的影響。將人口成長率內生化的設定或可成為貴處未來研究的方向。

四、主席結論與裁示

感謝陳研究員與伍副教授在有限經費與時間下，提出詳盡且具參考性的研究成果；同時，感謝兩位評論人所提出的精湛意見。

- (一) 近年人口結構高齡化造成勞動人口的比率快速下降，除了對於台灣未來的生產力和競爭力都會帶來隱憂外，也對財政政策的長期平衡及貨幣政策的有效性帶來影響。從國家永續的角度來看，人口問題絕對是現在最重大的國安問題之一。
- (二) 本研究已運用異質性生命週期模型進行完整分析，惟請參考評論意見略調整報告架構，並針對部分細節推論提出更多補充說明，俾利結案報告更臻完善。
- (三) 考量本計畫不可能解決所有評論意見所提問題，希望研究團隊在計畫期限之可行範圍內，盡量依評論意見修改報告。