

# 運用系統動態學探討陸航部隊維護政策對直升機妥善狀況 之研究

劉培林  
國防大學管理學院  
資源管理及決策研究所  
副教授  
liukenny54@gmail.com

劉達生  
國防大學管理學院  
資源管理及決策研究所  
助理教授  
eric.liu205@gmail.com

盧柏諺  
國防大學管理學院  
資源管理及決策研究所  
研究生  
lu711021@gmail.com

## 摘要

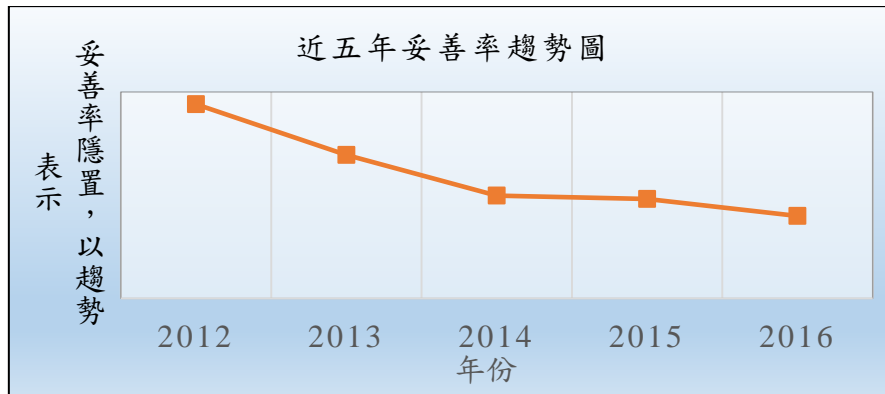
本研究以陸軍航空特戰指揮部某型現役直升機為研究對象。由於該型機服役已超過 20 年，且隨著操作時數的累積，正面臨零附件短缺及交貨期程滯延等問題，使備份件難以滿足維護作業需求，導致裝備停用甚至封存等情況發生進而影響妥善率。本研究運用系統動態學，找出關鍵變數之因果互動關係，據以建構動態分析模型，並運用此模型進行政策分析與模擬，探討不同政策（安全存量、國內維修比率）對於妥善率、封存機及工時需求比率之影響趨勢，相關研究結果與管理意涵將於文內探討。

**關鍵詞：**系統動態學、備份件、直升機、封存

## 壹、前言

我國軍事戰略原則循「防衛固守、有效嚇阻」的構想，主要採取守勢作戰，並強化地空整體作戰、特戰與後勤支援等能力，建構機動快速打擊戰力、遠距、精準、高效等武器，而陸軍航空特戰指揮部（以下簡稱陸航）轄屬單位有直升機部隊、特種作戰部隊及無人機部隊，其中直升機部隊計有AH-1W等六型二百餘架直升機，尤其直升機機動性高可配合地空整體作戰，遂行空中攻擊、偵搜與人員裝備運輸等多種任務，故國防部將陸航直升機部隊列為兵力整建重點之一。有鑒於此，陸航戰力能否有效發揮則顯得重要。

若要維持直升機部隊可恃戰力必須要有穩定的妥善率，而影響妥善率的良窳，後勤維護作業是重要關鍵因素。然而陸航多數直升機服役已超過20年，隨著操作時數的累積，故障狀況隨之增加，再加上零附件短缺及延遲交貨等因素，使備份件籌補數量難以滿足維護作業需求，常導致裝備停用與封存情形進而影響妥善率（國防部，2009）。觀察陸航某型直升機機隊近5年妥善率情況，發現有逐年下降趨勢，如圖一所示。因此，陸航直升機維護政策對於該型直升機妥善率之影響是值得探討的議題。由於妥善率屬於機敏性數據（國防部，2004），故本研究將妥善率數值隱置，圖形以趨勢表示。



圖一 近五年妥善率趨勢

影響陸航直升機妥善率面向甚多，包含備份件管理、零附件採購、預算及保修人力運用等，例如：直升機故障時需要備份件供應維護，若備份件不足將使直升機停用甚至封存，若實施封存則加重人力負荷，且零附件採購數量、獲得時程及採購預算均影響備份件能否滿足維護需求的程度。因各環節間相互影響，因果關係無法切割獨立，若要瞭解完整的相互關係，需從整體角度探究，較能看清問題全貌(Sterman, 2002)。綜觀國內不同面向研究文獻，大多僅個別由備份件管理、可修件商維及保修人力運用等單面向探討，因此，本研究以系統觀點探討陸航直升機維護系統，同時以備份件管理、可修件商維及保修人力等面向分析，對於妥善率、封存機之影響。希望透過研究，提出相對較佳之政策。

## 貳、系統動態學

系統動態學 (System Dynamics ; SD) 係由美國麻省理工學院 (M.I.T.) Jay W. Forrester教授在1956年運用回饋控制系統原理與技巧發展出來的一門學科，系統動態學是一種方法論、一種工具，更是一種概念 (謝長宏，1987)。

Forrester教授採用系統思考的哲學來定義問題(Forrester, 1961)，從宏觀角度去描述問題與研究問題的邊界，探討因果回饋環路並詮釋變數間環環相扣的因果關係，再利用資訊回饋理論建構動態流程圖 (Dynamic Flow Diagram)，來描述系統內部資訊與實體流動的基底機制 (Underlying Structure)，最後建構動態量化模式，以電腦之高速運算能力模擬系統的歷史行為，再分析各種政策之長期發展趨勢，以找出有效改善系統績效的政策(Coyle, 1996 ; Sterman, 2000)。

系統動態學運用在管理決策系統最基本與關鍵的動態控制概念，是以數學語言一階或多階導函數，呈現系統複雜問題的回饋結構、因果關係及滯延效果；而系統動態學模型的基礎正是以因果回饋圖 (Causal-Loop Diagram) 表達出系統變數間的因果關係。動態模式建模元素包含率量 (流量 ; Rate)、積量 (存量 ; Stock) 及輔助變數 (內、外生變項 ; Auxiliary) 等(陶在樸，2003)。

系統動態學已廣泛應用在各領域及武器裝備維護管理等相關議題，包括高階管理(陳美智，2009)、武器研究(詹秋貴，2000)、料件籌補(劉培林、方顯光、鍾曉玉，2013)，因此本研究採用系統動態學，並針對陸航直升機維護系統特性，建構系統動態分析模式，進行相關政策之研究。

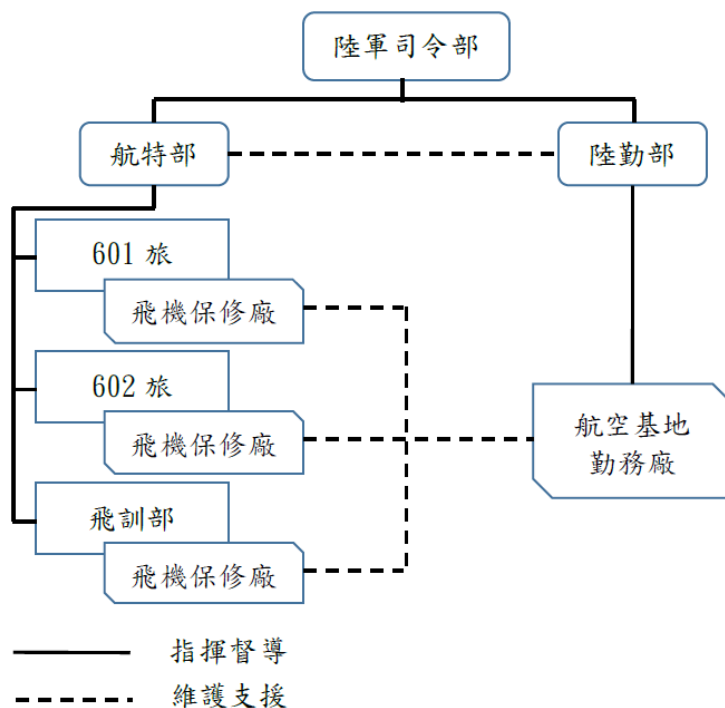
## 參、特性描述與質性模式

本研究透過陸航直升機部隊後勤維護作業之現行運作模式，以及相關文獻探討分析來增進對維護政策問題的瞭解與特性歸納。另透過研究者實務工作經驗、領域專家的研討(包括資深保修業務參謀、保修工廠資深幹部、高階補給業務主管等)及相關資料蒐集，進而找出互為因果的影響因素，使用系統動態學模擬軟體Vensim DSS建構質性因果回饋環路圖。

### 一、直升機維護體系

陸航機隊維護作業主要係支援各項任務遂行，方法是透過維護的制度與計畫，以訂定裝備維護需求、維護方式、維護的分級及責任區分，使飛機能迅速回復到妥善狀態。陸航維護階層區分單位段(Organizational Level Maintenance, O級)、野戰段(Intermediate Level Maintenance, I級)、基地段(Depot Level Maintenance, D級)三個階層，如將維護階層對照單位名稱，維護階層O級為各型機使用單位與帳籍所屬單位，簡稱機屬營；I級為飛機保修工廠；D級為航空基地勤務廠。

在陸航維護單位組織架構中(如圖二)，陸軍司令部為督導單位，負責督導航特部及陸勤部維護作業落實情況。陸勤部為後勤維護及補給相關政策與制度之策頒單位。各航空旅(飛訓部)所屬飛機保修廠與航空基地勤務廠相互維護支援(陸軍司令部, 2015)。本研究在陸航維護單位組織架構圖中主要從航特部與陸勤部層面切入，瞭解直升機維護系統中相關的維護政策。飛機保修廠與航空基地勤務廠之作業執行面為輔，瞭解飛機狀態與維護作業流程之關係。



圖二 維護制度階層劃分

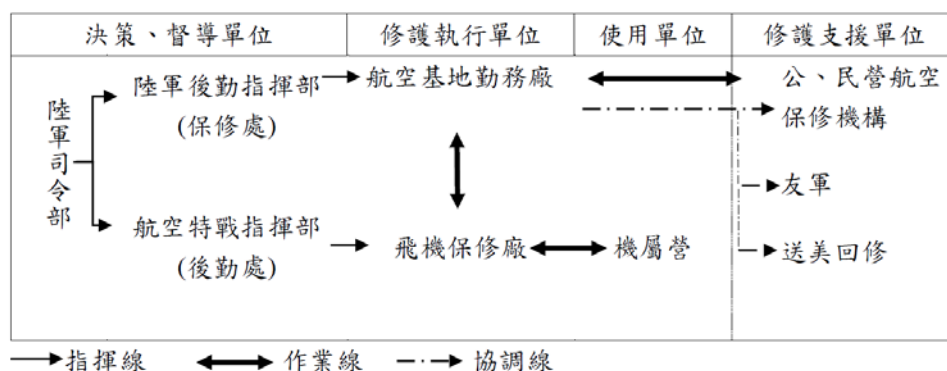
### 二、直升機維護現況

在補給體系中從事採購、生產、儲存、運輸、分配等工作，結合物流與資訊的流動，零附件由需求單位依上述的流程向上級申請，當庫存量滿足時將零附件撥補給需求單位實施維護作業。

正常維護情況下，非妥善機會於短期間內實施維護恢復為妥善機，但是當關鍵性料件（例如主旋翼葉片等）因零附件長期短缺時，或籌補時程過長而影響到飛機出廠，當長期待料使飛機停用時間大於14天，為避免各機件受腐蝕及油管內部墊片膠化等現象，故須實施封存（Storage）作業，封存期間仍需依技術手冊規範執行維護工作，以維持飛機良好防護(Department of the Army, 1992)，美國海軍航空系統指揮部（Naval Air Systems Command, 2007）技令NAVAIR 15-01-500規範有三階段封存作法，分為短期（Level I）「90天以內」、中期（Level II）「超過90天不及365天」及長期（Level III）「超過365天」等三階段。前兩階（365天以下）段對於封存環境設備投入成本較低，但封存過程中維護成本較高，且需投入較多人力；然而若要實施第三階段（365天以上）之長期封存，要考量初始設備成本以及飛機或飛機零附件的退化成本，因必須要有良好的防護設備（除濕型棚廠或除濕型罩布等設備），初期投入成本非常高，而停用過久也可能將產生無法預測的故障情形，造成額外的退化成本增加。

若零附件可以透過經濟修護方式實施維修，使其恢復可用性稱為「可修件」，因可修件具帳籍管制因素，維保單位可修件申補一律採「先領後繳」方式辦理，亦即可修件須先有獲得後始可辦理繳回再修復利用(聯勤司令部，2012)。

現今國防資源釋商政策下，將國軍不具機敏性、戰備時效低及非核心之能量，釋出由民間承接，進而提升民間研發、產製及維修軍品能力。零附件可依據可修復性代碼(Source Maintenance and Recoverability, SMR codes)得知該零附件之維修層級，通常維修作業主要由陸航所屬各修護工廠執行，若超過本軍自行維修能量以外，則轉由相關公、民營合約商、友軍或送美回修執行，有關維修作業支援系統如圖三所示。



圖三 維修作業支援系統圖

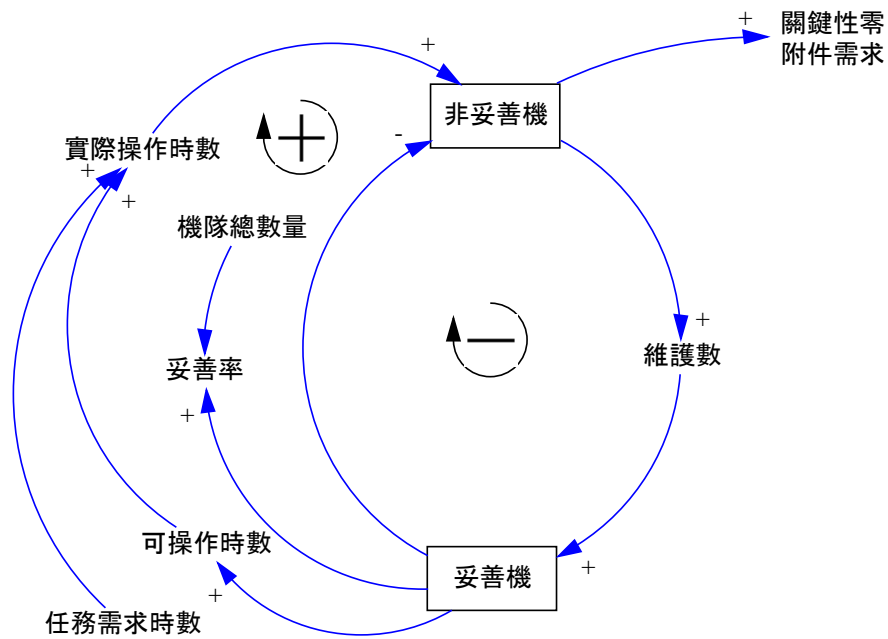
### 三、操作時數與直升機狀態之關係

從現行國軍戰備觀點及後勤支援來看，陸航直升機部隊戰力以直升機妥善率為衡量指標，妥善率受到機隊總數量與妥善機數量的影響。當陸航某型直升機配賦總數為一固定值，妥善機越高則妥善率越高。

由於主旋翼葉片為影響該型直升機妥善率之關鍵性零附件，此零附件缺料將使直升機無法執行任務。故本研究假設其餘零附件對於直升機影響較少情況下，僅著眼於主旋翼葉片此項關鍵性零附件對該型直升機妥善率之影響。

該型直升機每年的例行性訓練及任務，包括漢光演習、聯勇操演、聯興操演、精準彈藥射擊及救災支援等任務，當任務需求時數越高將使實際操作時數越高。隨著實際操作時數的累積，主旋翼葉片損壞率亦隨之提高，所發生的故障及屆期更換情形就越多，導致非妥善機越多。非妥善機越多須進廠執行維護作業，故使維護數增加，透過維護作業恢復妥善狀態增加妥善機，妥善機越高則非妥善機越少，形成一個負向的因果回饋環路。另外妥善機增加亦使可操作時數增加，進而使實際操作時數增加。此

外非妥善機越高相對地產生關鍵性零附件需求會越高。有關直升機狀態因果回饋環路圖，如圖四所示。

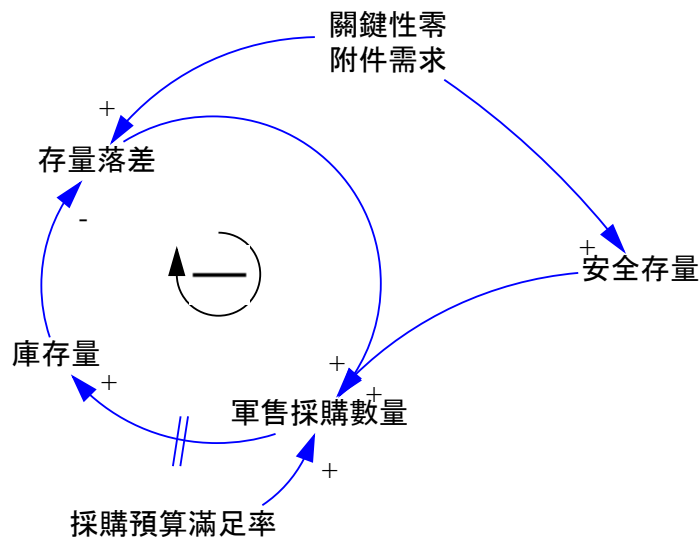


圖四 直升機狀態因果回饋環路圖

#### 四、庫存量與軍售採購數量之關係

庫存量是指用來因應武器系統維護時所需更換的零附件儲存於庫房的數量，以維持武器系統正常運作。隨著主旋翼葉片使用年限增加而屆期更換或是故障，由各航空旅保修單位向補給部門提出關鍵性零附件需求，補給部門於接獲保修單位之需求後檢討其供需狀況，若關鍵性零附件需求（作業需求）較庫存量大會產生差距，本研究定義為存量落差。在關鍵性零附件需求不變的情況下，庫存量增加會使存量落差減少；此外，在庫存量不變的情況下，關鍵性零附件需求增加會使存量落差增加。存量落差增加時為了滿足後續維護作業需求，則軍售採購數量將增加。當軍售採購數量增加，因向國外採購以及各種行政程序存在時間滯延效果，經過一段時間後才會增加庫存量，形成一個負向的因果回饋環路。

影響軍售採購數量主要包括存量落差、安全存量及採購預算滿足率。安全存量是維持補給作業運補時間內受到阻斷或需求量徒增時的最低存量，因此安全存量會依照關鍵性零附件需求與運補時間求得所需之數量，故關鍵性零附件需求越高則安全存量越高，安全存量增加後則軍售採購數量增加。採購預算滿足率本研究定義為採購預算核撥費佔採購預算需求費之比率，採購預算滿足率對軍售採購數量獲得成正向影響關係，採購預算滿足率越高則軍售採購數量越高。有關庫存量需求因果回饋環路圖，如圖五所示。



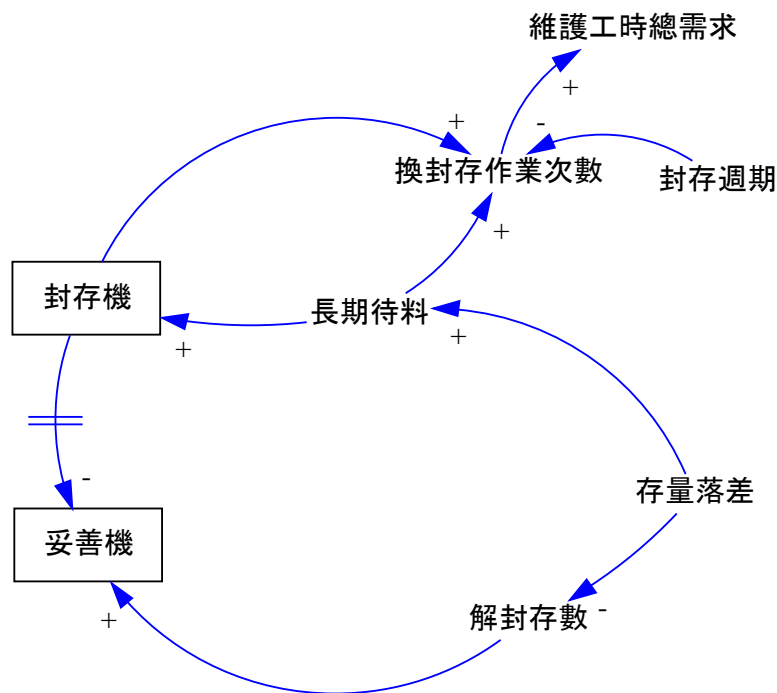
圖五 庫存量需求因果回饋環路圖

### 五、存量落差與封存之關係

由於庫存量不足時會產生存量落差，存量落差使裝備無法執行正常維護作業造成裝備停用，當停用後所需關鍵性零附件仍無法獲得，在停用超過14天時必須執行封存作業，封存機亦屬於非妥善機，為避免停機長期無法運轉導致內部鏽蝕及其他不正常損壞之作法（陸軍司令部，2015）。

當存量落差越大時，原製造商須重開生產線或其他原故造成延遲交貨，因此，長期待料問題將增加。當長期待料增加將使封存機數量增加，在直升機總數量不變的情況下封存機增加則妥善機減少，因封存機恢復妥善機時必須實施相關解封存程序，在恢復妥善機時會存在時間滯延現象。然而，料件並非可以及時獲補，所以存量落差越大則解封存數越少，解封存數越少則妥善機數量也越少。

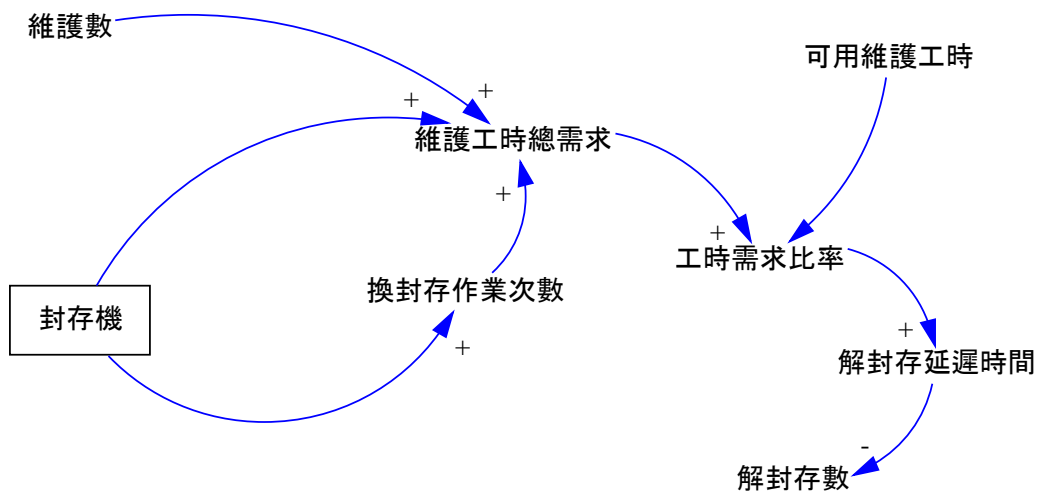
封存週期為同一架機從進入封存狀態至解封存出廠的時間，若待料時間超過規定之封存週期，則需安排另一架非妥善機與封存機執行封存替換作業，亦即讓原先封存之飛機出廠恢復妥善，由另一架非妥善機取而代之，本研究定義為換封存作業次數。當封存週期不變時，封存機數量與長期待料時間越多則換封存作業次數越多；此外，當封存機數量與長期待料時間不變時，封存週期越短則換封存作業次數越多。換封存作業次數越多因為增加相關作業程序所需工時，故維護工時總需求將增加。封存機因果影響圖，如圖六所示。



圖六 封存機因果影響圖

六、封存與保修人力之關係

封存機增加時，因必須執行相關封存作業等勤務工作，故將增加維護工時總需求。維護工時總需求與可用維護工時之比率本研究定義為工時需求比率。在可用維護工時不變的情況下，當維護工時總需求大於可用維護工時則工時需求比率將增加，表示人力供不應求，保修人員工作負荷將增加，使得解封存延遲時間增加，進而導致解封存數減少。另外換封存作業由一架非妥善機與封存機執行封存替換作業會產生諸多勤務工作，當維護數與換封存作業次數增加時，將增加維護工時總需求。維護工時因果影響圖，如圖七所示。



圖七 維護工時因果影響圖

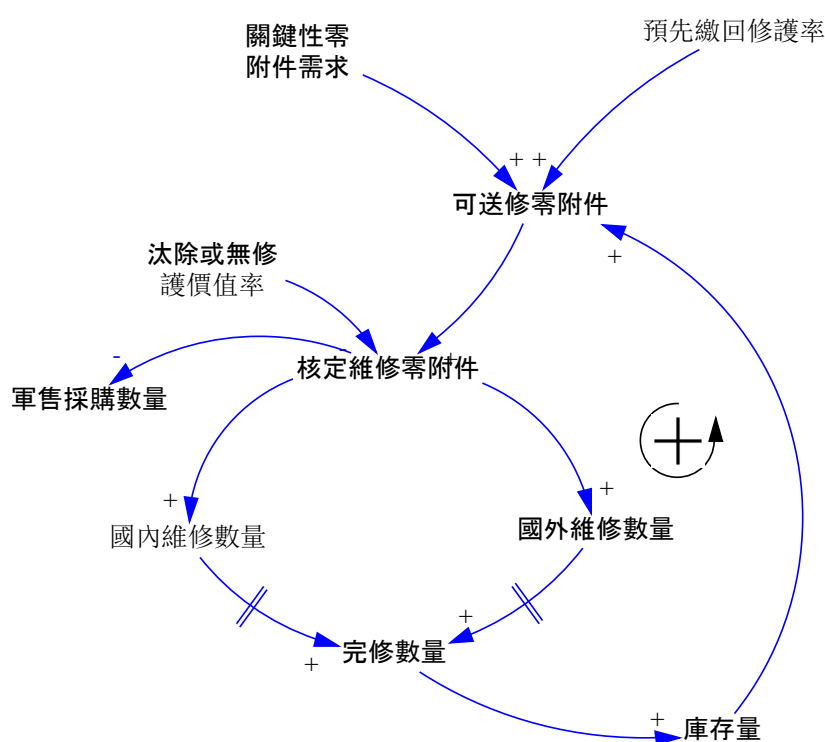
## 七、可修件再生納補與庫存量之關係

在直升機上若先將故障可修件拆除送修，有帳籍不易管制等問題產生，故可修零附件申補一律採「先領後繳」方式辦理，在正常情況下，依規定須先由庫存量撥補新（勤）品後，以一換一方式始可將故障可修件辦理繳回修護(聯勤司令部，2012)。若故障可修件過多造成妥善率不佳等因素，欲先行將故障可修件辦理繳回修護，可循指揮體系由陸勤部綜合考量後，來核准預先繳回修護之數量。本研究定義核准預先繳回修護數量佔故障可修件數量之比率為預先繳回修護率。

當關鍵性零附件需求增加時，可送修零附件亦會增加。另當關鍵性零附件需求不變時，依據先領後繳的原則，庫存量越高則可送修零附件越高；另循指揮體系核定之預先繳回修護率越高時則可送修零附件越高。

當可送修零附件越高則核定維修零附件越高。然而主旋翼葉片在本軍自修與友軍協修部分較無維修能量，故不列入探討，係以國、內外委商修為主。故核定維修零附件越高則送交國內維修數量及國外維修數量越高。無論國內維修或國外維修，須透過相關行政程序執行送修及接收作業，均產生時間滯延效果。而完成維修之零附件經過入庫檢驗無虞後增加完修數量，進而增加庫存量。

若屬於汰換件或超出成本無修護價值則鑑定後依程序報廢，此報廢零附件佔可送修零附件之比率本研究定義為汰除或無修護價值率，故汰除或無修護價值率越高將減少核定維修零附件的數量。核定維修零附件特性是已核定交修，可於一段時間修妥後補充回庫存量，當核定維修零附件越高，則須減少軍售採購數量，以節省採購費用。有關可修件再生納補與庫存量之因果回饋環路圖，如圖八所示。



圖八 可修件再生納補與庫存量之因果回饋環路圖



## 肆、量化模式

依據上一章直升機維護供需系統質性模式，運用Vensim DSS軟體建構動態流程圖（Stock and Flow Diagram），以發展量化模式，本節區分「直升機狀態流」、「庫存存量流」、「維護工時流」及「可修件再生納補流」四個主要環路，針對模式中變數實施量化處理，以下針對主要環路進行說明。

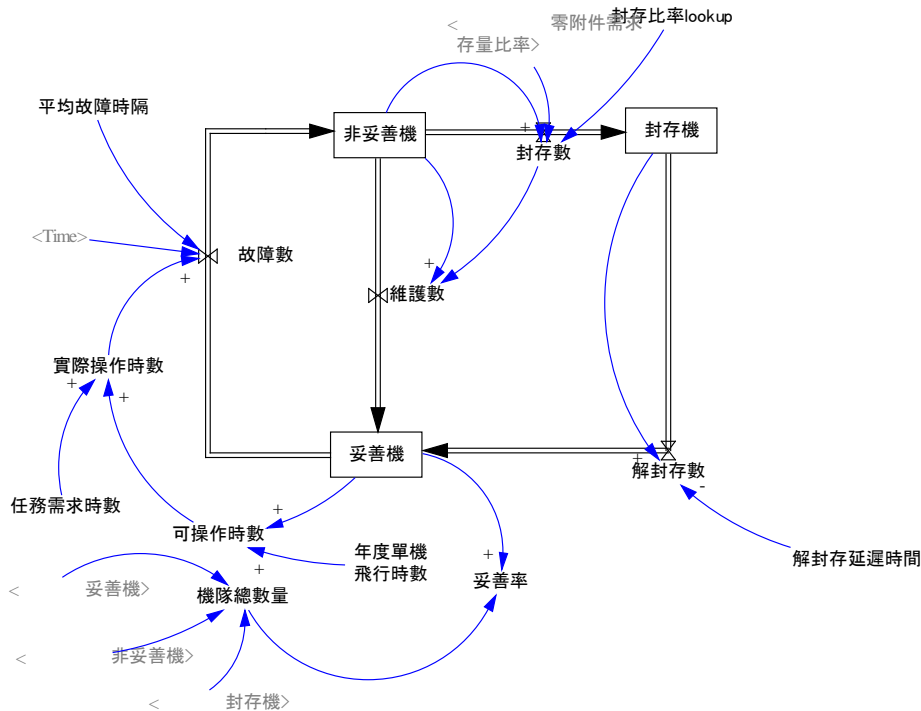
### 一、直升機狀態架構量化分析

任務需求時數為直升機在年度內執行各項任務時數加總，經與資深機隊管制參謀及訓練業務承辦參謀研討，得知某直升機每年度的例行性訓練及重大任務，包括漢光演習、聯勇操演、聯興操演、精準彈藥射擊及救災支援等任務，任務需求時數約為12000小時。可操作時數係以妥善機數量乘以年度單機飛行時數計算。

國軍該型直升機機隊總數為妥善機、非妥善機及封存機之總和，而國軍武器裝備可發揮之總體戰力係以整體妥善狀況為計算基礎。整體妥善率計算方式本研究參照國軍主要武器裝備標準妥善率作業規定的計算公式，以現有裝備妥善數除以機隊總數量之百分比。

直升機在未故障可執行任務的情況下屬於妥善機狀態，藉由歷史工單彙整後，得知任務結束後主旋翼葉片難免因震動、鏽蝕及外物撞擊等情況造成故障或因定期翻修而更換，其平均故障時隔隨著使用時間逐漸縮短。

本研究經統計2012年至2016年間有關飛機狀態資料，封存機2012年初始量約為9架機。非妥善機扣除封存數為維護數，亦即有料件可正常執行維護作業之直升機。封存機數量除以解封存延遲時間為解封存數，解封存延遲時間本研究定義為整體封存機，從進入封存狀態至解封存恢復為妥善機過程中的平均時間。有關直升機狀態動態流程圖如圖九所示。



圖九 直升機狀態動態流程圖

## 二、庫存量量化分析

參考歷史備份料件採購資料並與資深航材庫主管實施研討，得知在製作年度備料計畫時會將計畫性需求加非計畫性需求數。單機配賦數為乙架機某零件最大裝置數量，例如：主旋翼葉片有兩片，單機配賦數即設定為2。軍售採購數量為存量落差（關鍵性零附件需求數與庫存量之差）與安全存量之總和，並扣除核定維修零附件。零附件需求存量比率本研究定義為關鍵性零附件需求佔庫存量之比率，用以對封存數與解封存延遲時間做影響關係之計算。

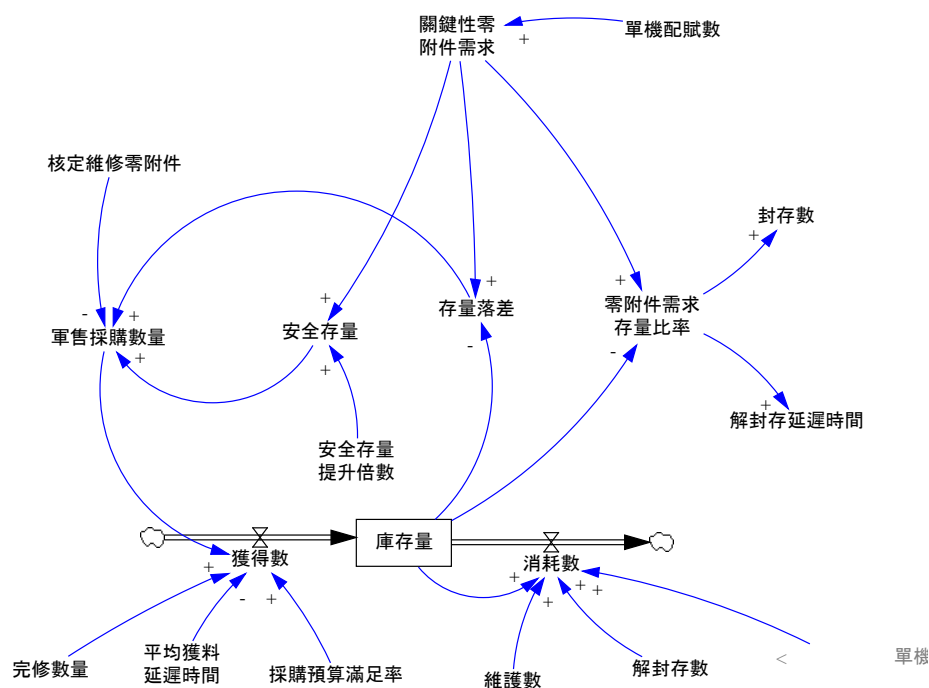
安全存量係指用以維持作業最低儲存數量，是為避免需求量徒增以及行政延遲期間之存量不足，有關安全存量之計算本研究依據陸軍航空裝備保修作業手冊中對於安全存量的計算方式進行模式設定，有關公式如（4-1）式。

$$x=(11y+10)/8 \quad (4-1)$$

其中x為安全存量，y為年平均故障數（關鍵性零附件需求），此公式是假設籌獲時間為一年的前提下所推倒得出近似公式，但因零附件獲得來源不同（軍售、國內維修及國外維修）其籌獲時間也有所不同，籌獲時間與安全存量具有正向關係（陸軍司令部，2015）。

核定維修零附件係指已送交國內、外維修，在補給系統產生待收資訊，意旨在一段時間後將再生納補回庫房增加庫存量，故軍售採購數量扣除核定維修零附件數量可得到實際採購需求數量。

獲得數為完修數量加上軍售採購數量，軍售採購數量受到採購預算滿足率影響，透過陸勤部航保科及零補科資深參謀研討得知，由於預算有限，目前主旋翼葉片採購預算滿足率約為50%。現行政策為目標年度前2年製作軍售採購需求計畫，因主旋翼葉片屬於長交期料件，交貨期平均為4年，故平均獲料延遲時間本研究設定為6年。另庫存量消耗數係由維護數加解封存數之需求數量，再乘以單機配賦數得知。有關庫存量動態流程圖如圖十所示。



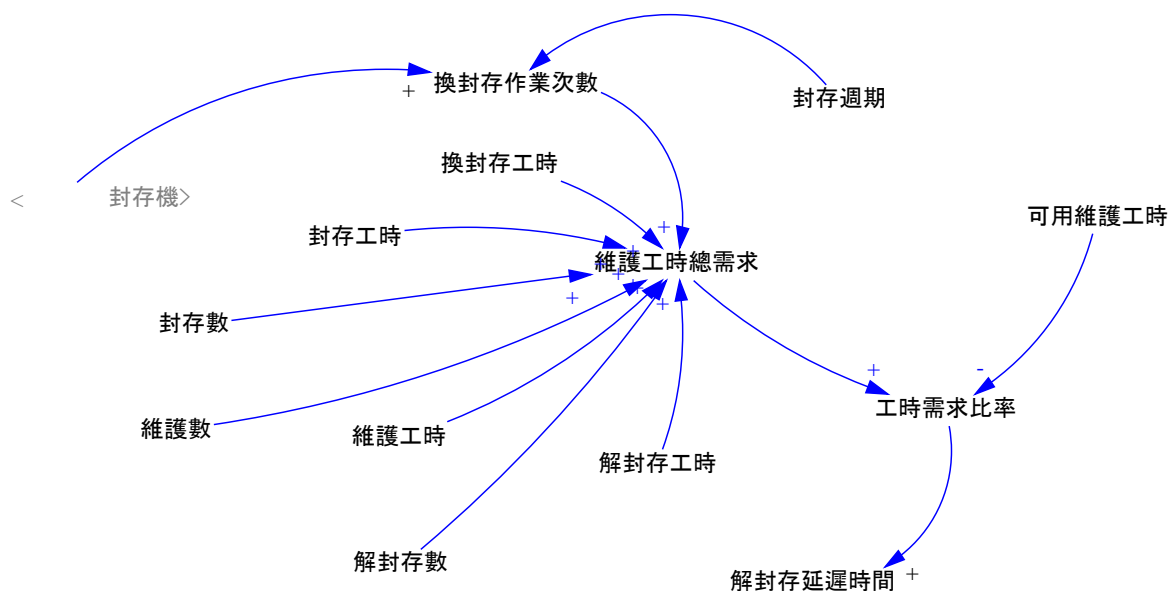
圖十 庫存量動態流程圖

### 三、維護工時之量化分析

直升機操作後所產生的故障，由保修人員執行一系列的維護作業，包含發工、補給作業、保修作業及工作前中後檢驗。在無封存機的情況下，保修人力可執行常態性保修工作。但當封存機產生後，保修人力須額外執行封存、換封存及解封存等保修勤務，經與飛保廠廠長研討後，得知每年從事該型機旋翼系統及封存作業的保修人力可用維護工時約23000小時。

維護作業可透過後勤資訊管理系統(Logistics Information Management System, LIMS)實施資訊面管理，在系統內每一項維護作業賦予一筆工令管制，可得知各項工作之工時。藉由2012年至2016年歷史資料得知，一般維護機的維護工時、封存工時、解封存工時及換封存工時。另由於現行封存政策規範同一架機不可超過1年，因此本研究將封存週期設定為1。

工時需求比率本研究定義為維護工時總需求除以可用維護工時，當工時需求比率大於1表示工時供不應求，將影響解封存延遲時間。有關維護工時動態流程圖如圖十一所示。



圖十一 維護工時動態流程圖

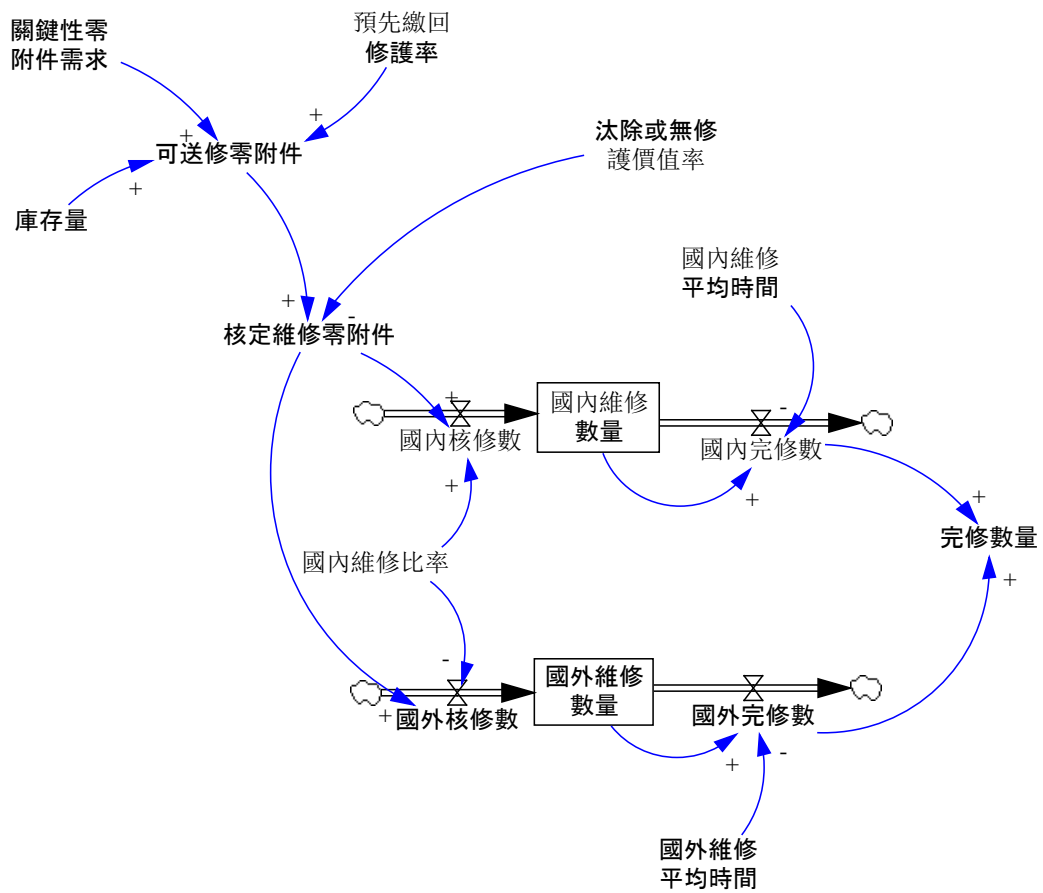
### 四、可修件再生納補之量化分析

本研究探討之可修件具有帳籍管制的因素，申補一律採「先領後繳」方式辦理。因此，依規定在新（堪）品料件獲撥前，無法將故障可修件尋補給體系辦理繳回。但可透過指揮體系由權責單位核准預先繳回數量，依據2012年至2016年飛保廠預先繳回修護歷史資料，平均值約0.54為參數設定值，關鍵性零附件需求乘以預先繳回修護率為可送修零附件數量。

可送修零附件並非全數會進廠維修，須扣除報廢件才為實際核定維修零附件數量。根據航勤廠修護工單歷史資訊得知主旋翼葉片汰除或無修護價值率約0.35。

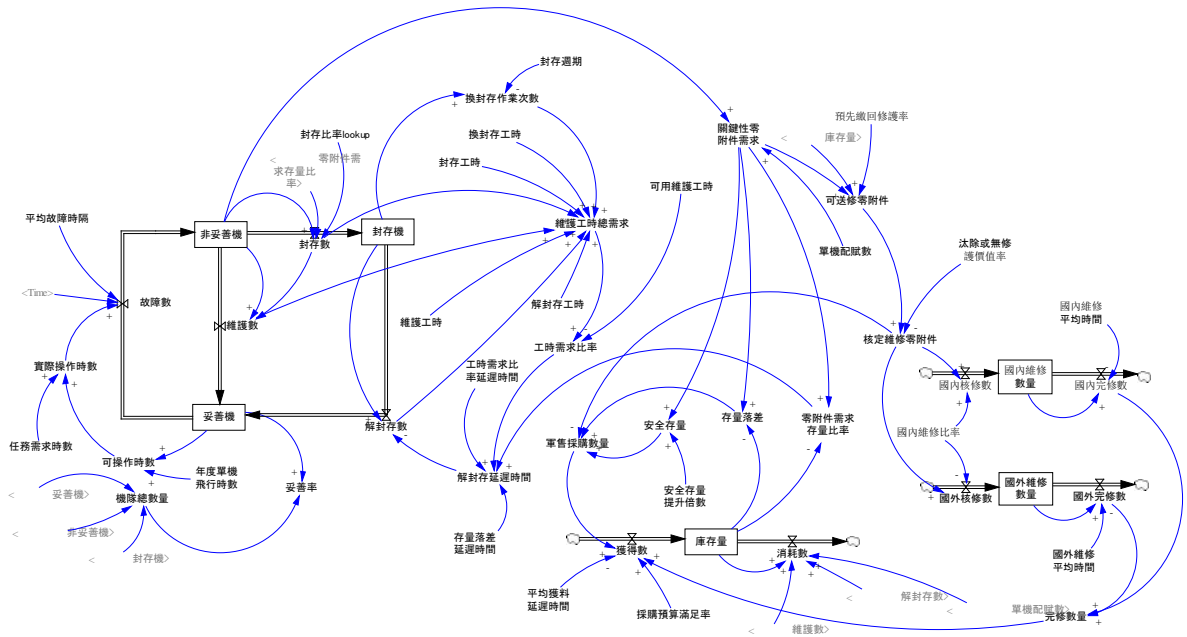
國內維修比率本研究定義為國內維修數量佔核定維修零附件數量之比率，目前主旋翼葉片國內與國外維修數量比例約為6：4，故國內維修比率設定為0.6。因送交國內合約商修無論運輸、協調及履約監督均較國外省時，國內平均維修時間約為1年，而國外維修平均時間約為3年，完修數量為國內完修數與國外完修數量之總和。有關可修件

再生納補動態流程如圖十二所示。



圖十二 可修件再生納補動態流程圖

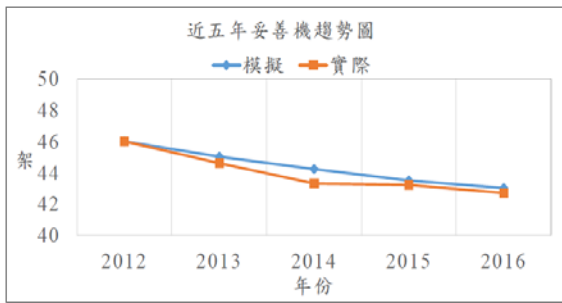
綜合上述模式及陸航直升機維護系統現況所探討出影響之環路，包含直升機狀態環路、庫存量環路、維護工時環路及可修件再生納補環路等，建構出如圖十三之動態流程圖。



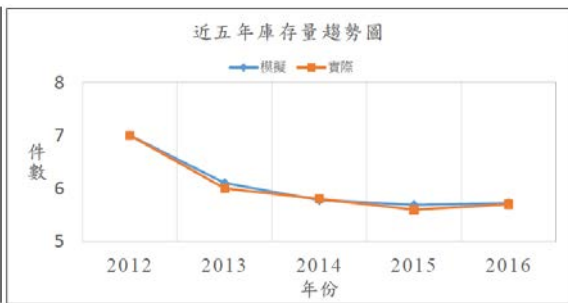
圖十三 直升機維護系統動態流程圖

### 伍、政策分析與模擬

本研究藉由電腦軟體Vensim建構量化模型進行模擬，模擬結果透過歷史資料比對及領域專家檢視，並依據Forrester與Senge (1980)及Sterman (2000)提出有關係統動態模型驗證的方法進行效度測試，主要包括結構測試(Tests of Model Structure)及行為測試(Test of Model Behavior)，在行為測試部分主要針對妥善機與庫存量歷史值變化趨勢進行測試，比較模擬結果與實際現況。妥善機分析結果如圖十四所示，其中2014年因航電執行性能提升案，妥善機數略為下降，造成該年度妥善機模擬值與實際值落差較大；庫存量分析結果如圖十五所示，實際狀況與模擬趨勢大致相符。



圖十四 妥善機實際值與模擬值比較圖



圖十五 庫存量實際值與模擬值比較圖

另藉由Lewis (1982)平均絕對值百分比誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)分析方法，針對實際值與模擬值數據之差異分析，模擬結果顯示本模型具備一定之效度。

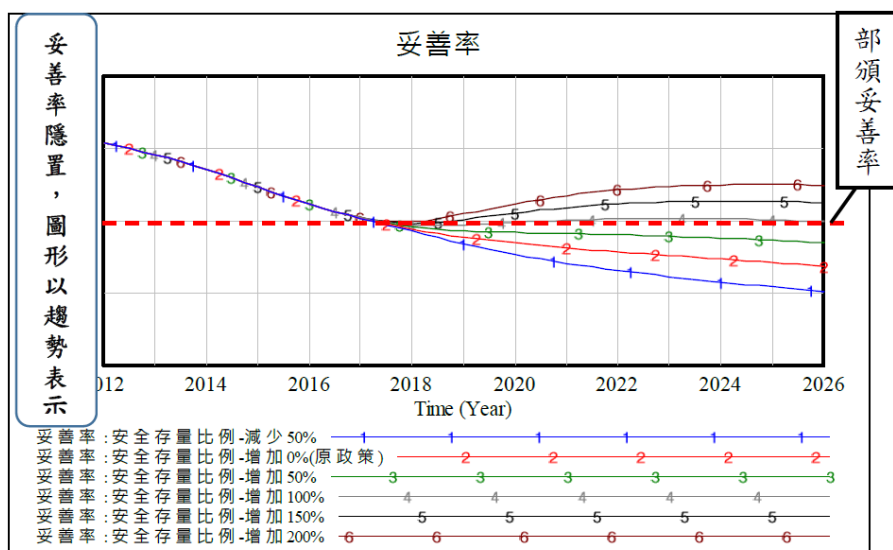
本研究政策模擬分析區分兩部分，第一部分調整安全存量提升倍數(從現行政策調降減少0.5倍，再分別增加0.5倍、1倍、1.5倍、2倍)；第二部分調整國內維修比率(從原政策 (60%) 調降至40%，再分別提升至70%、80%、90%及100%)。自西元2017年開始調整，模擬分析至西元2026年期間探討其對妥善率及封存機之影響趨勢。

## 一、安全存量調整分析

本研究探討之關鍵性零附件屬於長交期品項，因此適當的安全存量對直升機系統運作有重要的影響，針對安全存量從現行政策調降減少0.5倍，再分別增加0.5倍、1倍、1.5倍、2倍的政策情況下，來探討對妥善率及封存機之影響趨勢。

### (一) 安全存量影響妥善率之分析：

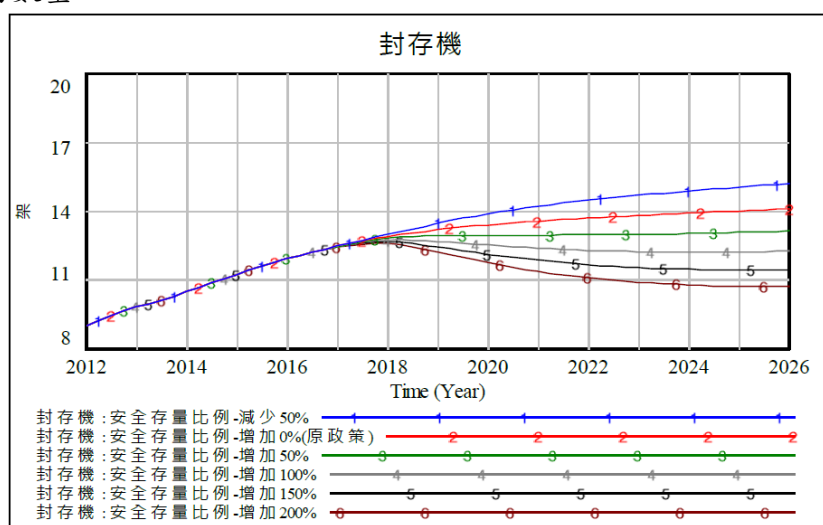
當安全存量改變後，對妥善率模擬結果如圖十六所示。由結果可看出，若維持原政策，妥善率會呈持續遞減趨勢，至2026年時，其整體妥善率較部頒妥善率（紅色虛線）低3.2%；假設安全存量減少0.5倍，到了2026年整體妥善率較部頒妥善率低4.1%；假設安全存量增加2倍，則到了2026年整體妥善率可高於部頒妥善率2.4%，有較佳的改善趨勢。



圖十六 安全存量影響妥善率模擬分析

### (二) 安全存量影響封存機之分析：

當安全存量改變後，對封存機模擬結果如圖十七所示。由結果可看出，若維持原政策，封存機會呈持續遞增趨勢，在2026年時，封存機將平均增加至14.1架機；假設安全存量減少0.5倍，到了2026年將平均增加至15.2架機；假設安全存量增加2倍，則到了2026年平均降至10.7架機，因此，針對長交期關鍵性零附件適度增加安全存量，可有效降低封存機的數量。



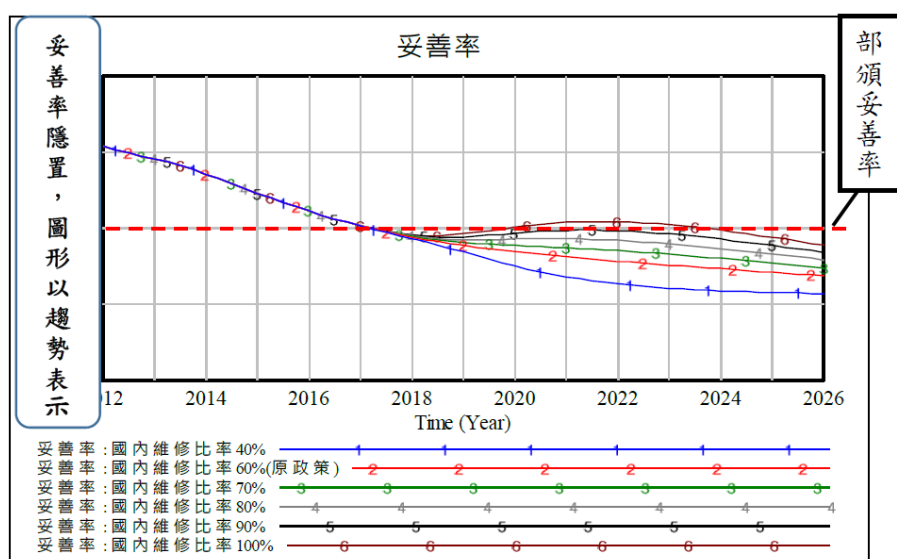
圖十七 安全存量調整對封存機模擬分析

## 二、國內維修比率調整分析

現今國防資源釋商政策下，用意為提升民間研發、產製及維修軍品能力，迅速有效支援國軍後勤保修作業，本情境為調整國內維修比率從原政策（60%）調降至40%，再分別提升至70%、80%、90%及100%的政策情況下，來探討對妥善率及封存機之影響趨勢。

### （一）國內維修比率影響妥善率之分析：

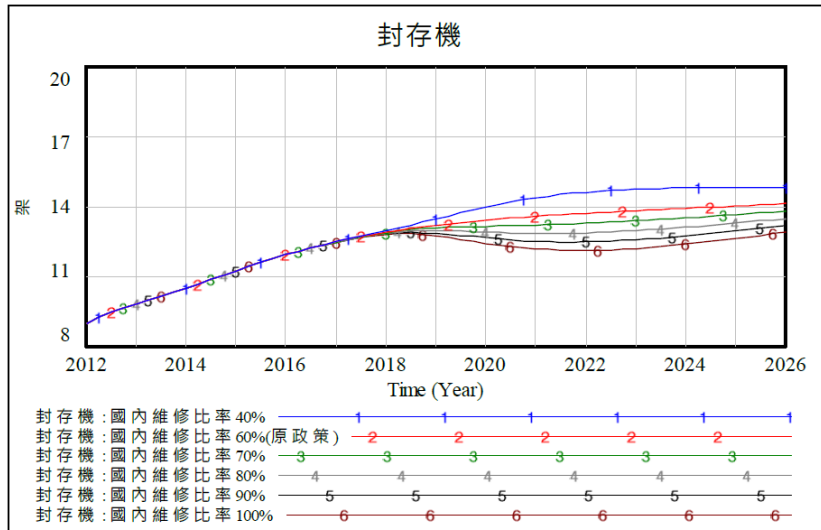
當國內維修比率改變後，對封存機模擬結果如圖十八所示。由分析結果可看出，若維持原政策（國內維修比率 60%），妥善率會呈持續遞減趨勢，至 2026 年時，其整體妥善率較部頒妥善率（紅色虛線）低 3.2%；假設國內維修比率調降至 40%，到了 2026 年整體妥善率較部頒妥善率低 4.3%；假設國內維修比率提升至 100%，可於 2022 年高於部頒妥善率，到了 2026 年整體妥善率又低於部頒妥善率 1.2%，但下降趨勢已有趨緩。



圖十八 國內維修比率調整對妥善率模擬分析

### （二）國內維修比率影響封存機之分析：

當國內維修比率改變後，對封存機模擬結果如圖十九所示。由分析結果可看出，若維持原政策（國內維修比率60%），封存機會呈持續遞增趨勢，在2026年時，封存機將平均增加至14.1架機；假設國內維修比率調降至40%，到了2026年將平均增加至14.8架機；假設國內維修比率提升至100%，則到了2026年封存機平均可降至12.9架機。



圖十九 國內維修比率調整對封存機模擬分析

### 陸、結論與建議

在政策調整分析時，就陸航直升機維護系統而言，以情境假設將所建構動態模式進行模擬，改變零附件安全存量及國內維修比率，模擬未來對妥善率及封存機數量所造成的影響。

研究結果顯示：當安全存量從原計算模式再增加2倍時，到了2026年整體妥善率可提升高於部頒妥善率2.4%，封存機平均可降至10.7架機，有較佳的改善趨勢；當國內維修比率從原政策(60%)調整至100%時，在2026年時對於整體妥善率可從低於部頒妥善率3.3%微幅提升至低於部頒妥善率1.2%，雖仍低於部頒妥善率，但亦有改善趨勢，封存機平均可降至12.9架機。因此本研究得知此兩項政策調整均有助於改善陸航直升機妥善率。

本研究以系統觀點建構陸航直升機維護系統模型，同時包含備份件管理及保修人力面等進行探討，擷取關鍵之變數建構模型進行政策分析。在機齡逐漸增加，零附件需求有增無減的情況下，首先建議可適度調整安全存量，陸航直升機部隊維護所需零附件多數來自於向美採購，交貨期較難控制，從主旋翼葉片此類長交期品項觀察到，將現行安全存量計算模式隨著交貨期程滯延做適度增加，則可改善妥善率等趨勢。其次為國內維修比率調整，雖對提升妥善率影響層度雖較少，但仍有幫助，若交修量穩定，國內廠商通常會因應部隊需求擴展維修能量，當擴展能量後對於妥善率有正向的影響。因本研究相關政策調整後，未將衍生之成本納入探討，各政策調整比例對於妥善率提升幅度亦不相同，建議政策制定管理者可依據當時可用資源及妥善率欲提升之目標，來選擇適當的調整比例。



## 柒、參考文獻

### 一、中文部份

- 國防部 (2004) , 軍事機密與國防秘密種類範圍等級劃分準則, 台北市: 國防部。
- 國防部 (2009) , 國防部 98 年度施政績效報告, 台北市: 國防部
- 陳美智 (2009) , 高階管理政策研議: 系統動力學方法論, *組織與管理*, 2 (1) , 145-196。
- 陶在樸 (2003) , 系統動態學, 台中市, 五南圖書出版有限公司。
- 陸軍司令部 (2015) , 陸軍航空裝備保修作業手冊, 桃園市: 國防部陸軍司令部。
- 詹秋貴 (2000) , 我國主要武器系統發展的政策探討, 國立交通大學經營管理研究所博士論文。
- 劉培林 (2015) , 國防管理與決策分析: 系統動態觀點, 台北市: 智知學術出版社。
- 聯勤司令部 (2012) , 陸通用裝備零附件單位及野戰補給管理作業手冊, 台北市: 國防部聯勤司令部。
- 謝長宏 (1987) , 系統動態學—理論、方法與應用 (三版) , 台北市, 中興管理顧問公司。

### 二、英文部份

- Coyle, R. G (1996), *System dynamics modeling: a practical approach*, NY: Chapman and Hall.
- Department of the Army (1992), *TM 1-1500-204-23-1, Aviation unit maintenance (AVUM) and aviation intermediate maintenance (AVIM) manual for general aircraft maintenance*, Washington, DC: Department of the U. S. Army Headquarters.
- Forrester J. W. and Senge P. M. (1980) "Tests for building confidence in system dynamics models," *TIMS Studies in the Management Sciences*, 14, 209-228.
- Forrester, J. W. (1961), *Industrial Dynamics*, Massachusetts, *MIT Press*, 33, 3306-3309.
- Lewis, C. D. (1982), *Industrial and business forecasting methods: a practical guide to exponential smoothing and curve fitting*, London: Butterworth Scientific.
- Naval Air Systems Command (2007), *Navair 15-01-500, Preservation of Naval Aircraft*. Patuxent River, MD: Naval Air Systems Command.
- Sterman, J. D. (2000), *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*, Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Sterman, J. D. (2002) "All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist," *System Dynamics Review*, 18(4), 501-531.