

南華大學管理科學研究所碩士論文

A THESIS FOR THE DEGREE OF MASTER OF BUSINESS ADMINISTRATION

GRADUATE INSTITUTE OF MANAGEMENT SCIENCES

NANHUA UNIVERSITY

戰機使用時數與修護維持費關係之研究

A RESEARCH ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PLAN FLIGHT

HOURS WITH THE MAINTENANCE



指導教授：褚麗絹 博士

ADVISOR : LI-CHUAN CHU Ph.D

研究生：葉招麟

GRADUATE STUDENT : CHAN-LIN YEH

中 華 民 國 九 十 六 年 六 月

南 華 大 學

管理科學研究所

碩 士 學 位 論 文

戰機使用時數與修護維持費關係之研究

研究生： 李 紹 麟

經考試合格特此證明

口試委員： 侯 鳳 如

褚 震 淵

李 心 平

指導教授： 褚 震 淵

所 長： 李 心 平

口試日期：中華民國 九十六 年 六 月 十 五 日

誌謝

【不經一番寒澈骨，焉得梅花撲鼻香】

提起筆，想著該如何寫下心中的感覺，一時間竟不知該如何下筆，有太多的感受，多到不知從何說起。兩年研究所生涯，對我而言意義非凡，是再次的自我挑戰和肯定。雖然上班及上課如此煎熬的日子真的很累，但這很累的兩年更充實了我人生的旅程。隨著論文的完成，兩年的學生生涯，將成為回憶中的一部分，但我知道這將是充實且甜美的回憶。

若碩士論文是一個結果，則它完成的過程中，具足了很多的因緣。而要感恩的人，實在太多了；首先，感謝恩師褚麗絹教授二年來費心指導，其知見與修養，是難遭難遇之經師、人師，師恩浩蕩，永誌難忘。

論文口試期間，幸蒙所長藍俊雄教授與高雄空中大學侯鳳雄教授，鼎力斧正，使論文更臻完善，衷心感謝。在學習過程及論文進度審查期間，感謝所上助理施美淑小姐對各項學務提供了寶貴的意見，在此一併致謝。兩年的研究所歷程，感謝曾教導我的各位師長，您們的無私指導讓我有著收穫甚豐的兩年，謝謝您們。在學習的另一大收穫，是能結識一群同甘共苦的眾家兄弟姐妹，由於同學身分複雜，各有不同領域專才，但同時必須扮演著人妻、人夫、人母、人父、人子等多重角色，學習過程倍感辛勞，但相信有更多親人能分享甜美的成果。在此感謝您們的包容與激勵，讓我的學習更多彩且重拾青春，這段美的回憶將永駐你我的心中。

最後，衷心感謝生育與教養的父母，特別是愛妻惠菁在人生路途及求學過程中的陪伴與無悔付出，並悉心照顧愛子子源與子銓的成長，讓我能無後顧之憂在課業上專心研究，並順利地完成碩士學位。在此獻上一份真誠的感謝，給我生命中的每一個人，若少了上述的各位，我的論文將無法完成，再次的謝謝您們！僅將本論文獻給您們，以聊表心中萬分的謝意。

葉招麟 謹誌

2007 夏 于 南華學慧

南華大學管理科學研究所九十五學年度第二學期碩士論文摘要

論文題目：戰機使用時數與修護維持費關係之研究

研 究 生：葉招麟

指導教授：褚麗絹 博士

論文摘要內容：

國軍高科技裝備日益增加、後勤維修壓力同步上揚的情況下，與裝備妥善率高度相關的修護維持費用反因年度預算編列有所限制，恐難避免妥善率和訓練能量下滑的問題。是故在有限國防資源下，如何節省裝備之使用成本，來增加修護維持成本，確為當前重要的課題。

本研究期藉由可深入分析系統結構之系統動態學方法論，以軍用飛機維修系統為對象，探討戰機使用時數與修護維持費之因果關係結構。模擬結果發現：(1) 在修護維持費用短缺情形下，易造成維修積壓量的增加；因為預算短缺相對使得器材實際獲得比例的降低，造成可用備份件不足而影響維修率。(2) 當國防預算資源受限以致無法適度支援戰機維修需求費用時，調降飛行時數的政策可降低備份件之消耗，且可節省器材購置費用，期作為決策管理單位於編列修護維持費合理預算之參考。

關鍵詞：資源分配、維修政策、系統動態學

Title of Thesis : A Research on the Relationship between The Plan of Flight Hours with The Maintenance Cost.

Name of Institute : Graduate Institute of Management Sciences, Nanhua University

Graduate Date : June 2007

Degree Conferred : M.B.A.

Name of Student : Chan-LinYeh

Advisor : Li-Chuan Chu Ph.D.

Abstract

Under the circumstance of high-tech weapons and logistic supportability pressure increasing, the maintenance budget which is related to mission capability (MC) constrained by the annual Defense Budget can not avoid the issue of MC and training decreasing. With the limited nation defense resources, saving the cost of equipment operation to gain maintenance budget is the important task.

The report used the method of analysis structure of System Dynamics to research the relation between the aircraft operation plan and the cost of maintenance for the aircraft maintenance system. The result of experience shows as below:

1. The shortage of operation budget will accumulate the maintenance burden.
2. Decreasing flying-hours spares consumption can save procurement budget.

When budget constraint can not support aircraft maintenance, it is expected as reasonable budget reference for the budgeting.

Keywords: Resource Distribution, Maintenance Policy, System Dynamics

目 錄

誌謝	.....	i
中文摘要	.....	ii
英文摘要	.....	iii
目錄	.....	iv
表目錄	.....	vi
圖目錄	.....	vii
第一章	緒論.....	1
1.1	研究背景與動機.....	1
1.2	研究目的.....	2
1.3	研究流程.....	3
1.4	研究範圍與限制.....	5
第二章	文獻探討.....	6
2.1	國防預算之分配與運用.....	7
2.1.1	後勤預算之微觀預估.....	7
2.1.2	後勤預算之宏觀預估.....	7
2.1.3	國防預算規模之探討.....	7
2.2	現行之維修政策.....	10
2.2.1	飛機維修制度.....	11
2.2.2	飛機定期檢修需求之說明.....	12
2.2.3	備份件預估.....	13
2.3	系統動態學內涵及研究觀點.....	14
2.3.1	系統動態學內涵.....	14
2.3.2	系統動態學研究觀點.....	15
第三章	研究方法.....	18
3.1	模式概念說明.....	18
3.2	定性因果環路圖之建構.....	19
3.2.1	國防預算基本因果環路圖.....	20
3.2.2	各類戰機使用時數與修護維持費之環路性質.....	21
3.3	模式建構.....	24

3.3.1	戰機維修與器材備份件之結構關係.....	25
3.3.2	待維修機數結構關係.....	26
3.3.3	進廠檢修中飛機數結構關係.....	26
3.4	系統動態模式圖	30
3.5	模式模擬.....	33
3.5.1	調整預算對修護系統影響分析.....	33
3.5.2	調整飛行時數對修護系統影響分析.....	40
3.6	模式測試.....	44
3.6.1	結構確認測試.....	44
3.6.2	數據一致性測試.....	44
3.6.3	範圍與適當性測試.....	45
第四章	研究結果.....	46
4.1	調整年度預算編列對戰機修護之政策分析.....	46
4.2	調整戰機使用時數之政策分析.....	49
第五章	結論與建議.....	53
5.1	研究結論.....	53
5.2	建議.....	54
5.2	後續研究建議.....	55
參考文獻	.....	56
附錄一	模式方程式.....	62
附錄二	模式變數說明.....	65

表 目 錄

表 3.1	國防資源與戰機維修關聯性結構模式之變數表.....	31
-------	---------------------------	----

圖目錄

圖 1.1	研究流程.....	4
圖 3.1	國防預算基本因果環路圖.....	20
圖 3.2	年度預算需求之因果環路圖.....	21
圖 3.3	維修機數之因果環路圖.....	22
圖 3.4	戰機飛行時數之因果環路圖.....	23
圖 3.5	戰機使用時數與修護維持費之因果環路圖.....	25
圖 3.6	戰機使用時數影響修護維持費關係系統動態模式.....	25
圖 3.7	可修飛機數對器材支援率影響 - 圖表函數.....	27
圖 3.8	可用備份件對年度預算影響 - 圖表函數.....	28
圖 3.9	實際飛行時數對故障率影響 - 圖表函數.....	28
圖 3.10	待修機數對實際飛行時數影響 - 圖表函數.....	29
圖 3.11	待維修機數對故障檢修時間影響 - 圖表函數.....	29
圖 3.12	可用備份件對器材籌補時間影響 - 圖表函數.....	30
圖 3.13	以飛行時數 7000 實際獲得比例 0.7 基模.....	34
圖 3.14	降低實際獲得比例 0.6 對可用備份件之影響.....	34
圖 3.15	降低實際獲得比例 0.5 對可用備份件之影響.....	35
圖 3.16	調高實際獲得比例 0.8 對可用備份件之影響.....	35
圖 3.17	降低實際獲得比例 0.6 對可修護飛機數之影響.....	36
圖 3.18	降低實際獲得比例 0.5 對可修護飛機數之影響.....	36
圖 3.19	調高實際獲得比例對可修護飛機數之影響.....	37
圖 3.20	降低實際獲得比例對器材支援率之影響.....	38
圖 3.21	降低實際獲得比例對完成修護出廠飛機之影響.....	38
圖 3.22	降低預實際獲得比例對進廠檢修中飛機數之影響.....	39
圖 3.23	調高實際獲得比例對器材支援率之影響.....	39
圖 3.24	調高實際獲得比例對完成修護出廠飛機數量之影響.....	40
圖 3.25	調高實際獲得比例對進廠檢修中飛機數量之影響.....	40
圖 3.26	降低飛行時數 1000 對可用備份件之影響.....	41
圖 3.27	降低飛行時數 1000 對可修護機數之影響.....	42
圖 3.28	降低飛行時數 1000 對器材支援率之影響.....	42

圖 3.29	降低飛行時數 1000 對進廠檢修中飛機數之影響.....	43
圖 3.30	降低飛行時數 1000 對完成修護出廠機數之影響.....	43
圖 4.1	降低戰機維修費用對器材備份件影響.....	47
圖 4.2	降低戰機維修費用對維修器材支援影響	47
圖 4.3	降低戰機維修費用對檢修飛機影響.....	48
圖 4.4	降低戰機維修費用對妥善機數之影響.....	48
圖 4.5	各戰機維修費用比例對檢修飛機之影響	49
圖 4.6	降低戰機飛行時數對器材備份件之影響	50
圖 4.7	降低戰機維修費用對進廠檢修飛機之影響	51
圖 4.8	降低戰機飛行時數對人員負荷之影響.....	51
圖 4.9	降低戰機飛行時數對器材消耗量之影響	52

第一章 緒論

不論在開發中或開發國家任何武器裝備獲得，均佔國防預算主要部分，然而為使裝備能正常運作，往往需要龐大的維修成本。近年來受到全球經濟環境衝擊，進而造成我國國防預算編列逐年遞減，且進一步發現國防預算中關於「軍事投資」的支出仍居高不下，而「作業維持費」相對偏低，長久以往將恐對國軍高科技裝備的妥善率造成一定程度之衝擊，值得相關單位重視並慎思因應對策。

軍事投資的預算缺口可以使用特別預算，藉迴避年度預算之相關限制予以填補，但相較之下，作業維持費卻無法比照辦理。因此，在國軍高科技裝備日益增加、後勤維修壓力同步上揚的情況下，與裝備妥善率高度相關的作業維持費用卻因年度預算編列之限制，無法同步增加，勢難避免妥善率和訓練能量下滑的問題。是故，如何在有限國防資源情況下，節省裝備之使用成本，並增加作業維持成本，確為當前重要的課題。

本章共分四節，分別為第一節研究背景與動機、第二節研究目的、第三節研究流程、第四節研究範圍及限制，其內容詳述如下。

1.1 研究背景與動機

面對二十一世紀各國國防的軍事戰力競賽，擁有戰機數量之多寡、性能與其武器的精良與否，即為影響其國家軍事力量之重要因素。軍事用途之飛機，其系統設計以任務功能為導向，往往於大動作、高速度及較為複雜的環境中操作，並以滿足作戰任務及訓練需求為目標，因此對飛機結構、系統檢修及零組件定期更換與材質疲勞、銹蝕管制更為嚴謹，相對在備料和維修就必須有龐大的費用，才能維持戰機的妥善情形。故在有限維

修資源的情況下，如何確保戰機裝備系統妥善符合作戰任務之需求，俾使維修資源發揮最佳效益，此一問題值得進一步探究。

我國國防工業發展受主客觀因素影響，戰機零附件及器材大多仰賴美、法等國之軍售，或由其他國外採購途徑獲得，特別在國防預算日益緊縮的今天，戰機的維持預算極為有限，然而備份件採購項量之多寡攸關國軍武器裝備的妥善率，如何有效調整有限資源維持戰機最適當的妥善情況，以符合作戰及訓練需求，此亦為本研究之主要的研究動機。

1.2 研究目的

目前我國國防武器的操作均以戰備、訓練等任務特性訂定裝備使用時數為基礎，規劃籌補年度所需器材修製與備料作業，本研究以戰機飛訓需求(時數)與維修器材耗用之關係對後勤維持費影響為研究主軸，以系統動態學(System Dynamics)建構模型，以探討戰機操作使用時數因素導致維修時間循環增加而降低妥善率，影響後勤作業維持費用變動行為之因果關係結構，分析透過戰機使用率的降低以減少維修器材耗用成本，是否有助於維持最適當的妥善情況，以符合作戰及訓練需求，並作為後續計畫單位於修護資源運作與維修能籌擬定政策之參考依據。

因此，本研究之研究目的可歸納如下：

1. 利用系統動態學(System Dynamics)建模觀點，建構以後勤維持費之成本效益因果關係結構，瞭解適度降低操作時數所增加資源運用投資在後勤維持費發揮其應有之效益。
2. 藉由系統動態學因果關係結構，瞭解是否由於後勤維持費預算額度短缺限制，無法籌購適量備份件而造成檢修飛機延滯妥善，產生維修積壓量大幅增加，進一步導致裝備使用率降低而影響整體戰力，期作為

決策管理單位建立對後續編列修護維持預算合理之比例之參考。

1.3 研究流程

本研究之流程始於研究動機，依循研究目的發展出研究架構整個研究。本研究的內容共分五章，分述如下：

第一章為緒論，主要在於闡述本研究之研究背景與動機、研究目的、研究流程及研究範圍與限制。

第二章為文獻探討，回顧和本研究相關的理論及文獻來加以說明，以界定戰機使用時數與修護維持費關係性質與範圍，確定戰機維修系統與修護維持費關係，進而據以形成觀念性架構。

第三章為研究設計，包括了以下四個部分：模式概念說明、模式建構系統動力學模式圖及模式測試。

第四章為研究結果，根據建模因果關係結構分析後所得的結果。

第五章為結論與建議，為本研究的之結果做出結論，同時對後續研究者提出建議。

本研究的流程，如圖 1.1 所示。

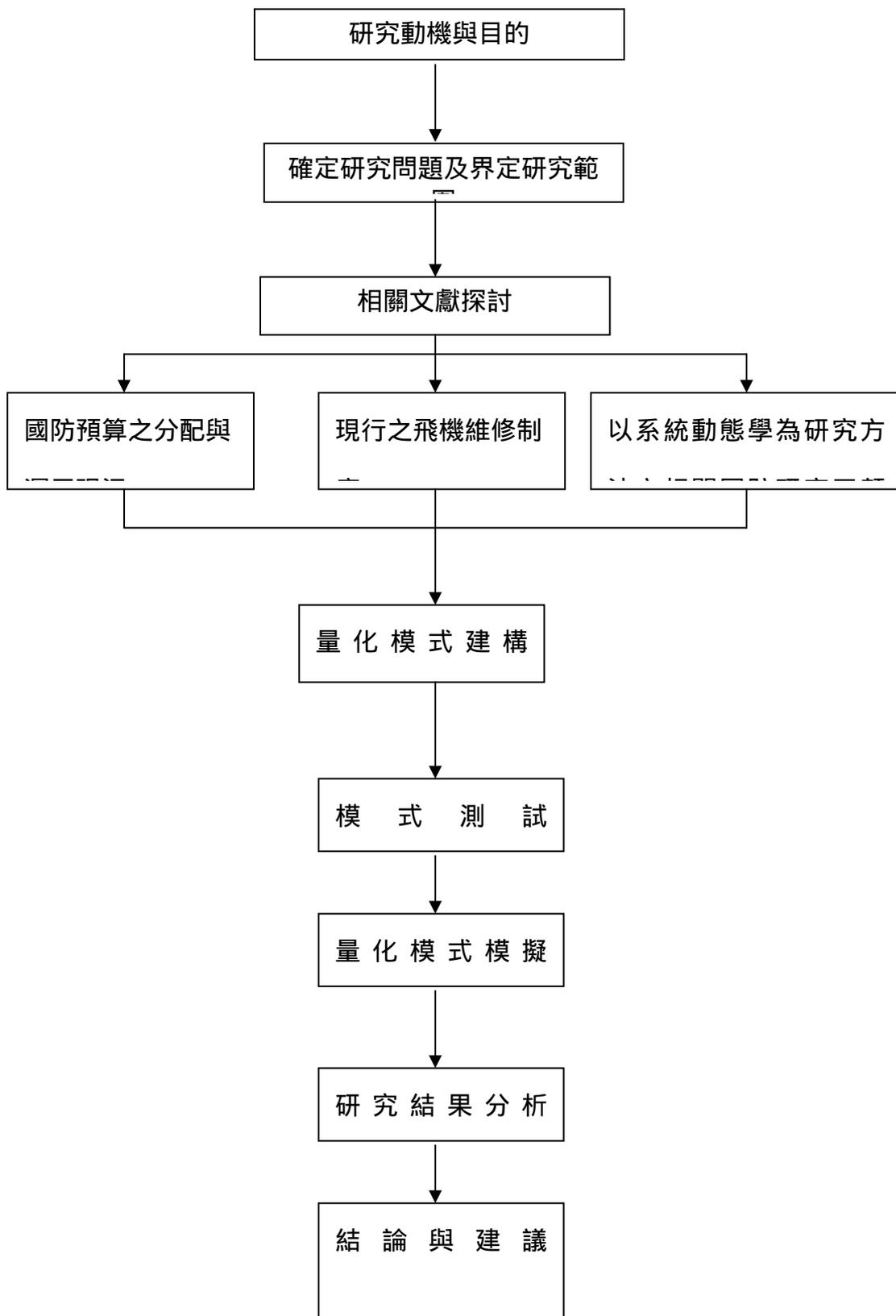


圖 1.1 研究流程圖

1.4 研究範圍及限制

本研究之範圍以我空軍戰機修護與國防資源關係為對象，自文獻探討與研究架構之建立、均力求客觀、嚴謹，但限於一些外在因素之影響，仍有幾項研究上的限制，包括如下：

1. 國防事務議題攸關軍事機密，其所涉及的資料經常具有機敏性，進而影響研究資料蒐集與使用，因此，本研究模式中若干參數值均使用假設數值，如現有機數、單機修護備份件、備份件單價及實際獲得比例等輔助變數。
2. 影響戰機修護動態因素涵蓋的層面理應相當廣泛，受限文獻的支持及為了簡化分析模型，本研究僅考量國防預算作業維持費與戰機修維護情況，而維修人員薪資費用與維修人員數量，則未納入本研究之模式。

第二章 文獻探討

本研究旨在探討戰機飛行時數與修護維持費用之因果關係，藉由可深入分析系統結構之系統動態學方法論，來剖析當前我國防戰機維修實務上所面臨之窒礙問題。因此，本章的文獻探討內仍主要針對我國國防預算之分配與運用、戰機維修與國防資源運用發展實務上所面臨之問題及系統動態學內涵與研究觀點，以及國內外相關研究等部分進行說明。

2.1 國防預算之分配與運用

國防機構是一個鉅大的經濟個體，也是整個國家經濟體系中的一個子系統。然而於國防預算資源有限情況下，是否能有效利用獲得預算來維持後勤維修作業，將直接影響到建軍備戰。依據「國軍計畫預算制度」運作下，將國防預算區分為「軍事維持預算」及「軍事投資預算」二大類，其中「軍事維持預算」尚包括「人員維持」及「作業維持」。軍事投資費主要應用在武器裝備購製、軍事設施及工程、國防科技研發及非營業循環基金等方面；人員維持費所支應的主要項目有軍事人員薪資、保險撫恤、軍眷維持等；而作業維持費即所謂的後勤預算，其支應範圍概為軍事行政、政治作戰、情報工作、作戰訓練、動員、補給修護、勤務支援、軍事教育等項。從國防預算的「軍事維持預算」來看，人員維持費多屬法定給與，變動彈性相當有限，因此，當總預算不變的情形下軍事投資與作業維持費會有互相排擠的情況，過高的作業維持費勢必將減少軍事投資比例，而過低的作業維持費，則無法建立長效性的各項裝備、補給、保修、運輸等整備工作。現行國防預算編製之作業方式可分為兩種程序，一是預算額度採由上而下之分配作業，即從宏觀的角度對

國軍財力進行指導；另一是預算書表採由下而上的彙編（審）作業，即從微觀的角度對各預算編製單位之預算進行彙總與審核。同樣地，作業維持費（後勤預算）佔國防預算之合理比例，亦可從微觀與宏觀兩種不同角度推估，茲分述如下：

2.1.1 後勤預算之微觀推估

作業維持費支應範圍概為裝備零附件、修費、油料、彈藥、設備維護及其他（含一般補給品、運輸、庫儲補給、後勤綜合勤務）等項。所謂微觀推估，即各項作業維持費係由各軍種依年度需求逐級彙整，進一步推估而得。在推估之前，各項作業維持費應先建立合理之推估模式，以求其結果之精確。例如：推估裝備零附件之需求時，可考慮各武器裝備的已使用年限，建立合理的消耗標準，同時依據合理之存量基準，推估年度需求預算。

2.1.2 後勤預算之宏觀推估

一般而言，作業維持費之多寡受軍事投資費高低所影響，亦即作業維持費與軍事投資費之間存有一函數關係。而作業維持費宏觀推估，即以作業維持費與軍事投資費之函數關係，推估作業維持費總額或其佔國防預算之比例。

2.1.3 國防預算規模之探討

對於國防預算規模大小，除了國防部（民96）於96年國防報告書明確指出，維持國防預算額度在國民生產毛額（GNP）3% 為適度外，在學術界也有相當多元的研究成果，以下將作簡要說明。

張寶光（民77）採封閉式系統概念構建國防預算分配動態模式，視國防部門實際獲得之年度預算為一待分配常數，而將影響國防預算額度之因素，歸入環境因素（環境因素包括經濟趨勢、國民生產毛額或立法院對國防預算的刪減等）暫不處理，並以民國63年至77年各經費類別之實際資料作為構建模式的參數，進而預測民國78年至87年各類別之預算額度，同時測試相關政策的變動可能對未來分配的程度如何造成影響。

汪學太（民80）採系統動態學方法，經由分析影響軍事研發預算規模之系統與環境因素，佐以歷史資料，構建系統動態模式，再以此動態模式試驗各種管理政策，以得知各管理政策對軍事研發預算規模之影響。研究結果發現，合理之技術成長率、產出高效率之武器技術及掌握正確敵情資訊，均會使軍事研發預算比例在合理範圍內呈一穩定值。

葉金成（民81）則建構一個評選國防預算規劃策略的架構，運用架構以辨認預算規劃情境、分析預算規劃策略，評選適用於不同情境的規劃策略，指出我國適宜採行的國防預算規劃策略，以增進我國國防預算規劃的效能與效率。

李蕭傳（民82）依據系統與環境互動的觀點，考量系統的環境因素，規劃一個國家可能選擇的戰略型態、戰略目標和預算分配政策，並以系統動態學為方法論，分析不同戰略型態的因果關係結構，構建國防預算分配之動態模式，以瞭解於不同的戰略型態下，必須考慮那些因素、需採何種預算分配政策，才能有效達成其戰略目標。

鄧瀛培（民89）運用系統動態學，就國家經濟發展情況、民意支持度、友邦軍售與軍援額度及我國經濟發展邁入轉型期，財政支出大

幅擴張所造成的影響等與國防預算相關的因素進行探討。從而建構以威脅程度、國防整備、國家財力與國際支援等四個次系統的因果環路，所形成的國防預算規劃策略系統。並藉以分析在不同策略導向（供給、需求、供需平衡）規劃下的國防額度，及其對國家、國防、兩岸均勢等部門的影響。研究發現：由於政治力的引導，中共存在的威脅被刻意忽略，所以儘管國家經濟年年成長，政府總預算年年擴大，但國防預算實質成長卻有限，國防實力的積累愈緩慢。

葉金成、張寶光（民82）為求理論觀念之落實及可操作化，進一步以適合我國的環境，即「干擾 - 反應」情境，以系統動態學為觀念的操作方法，擬出我國預算規模之規劃策略及模式。

楊承亮（民87）利用計量方法，考量軍事、經濟、心理、政治等層面相關因素，建構一個國防預算額度估測模式，用以估測我國國防預算應有額度，以作為決策單位之參考。

劉立倫、費吳琛、潘俊興（民88）藉由國防預算規模資料之長期行為特性，採ARIMA 之時間數列方法以構建國防預算估測模式。

陳貴強（民88）運用Box-Jenkins ARIMA Model 透過賦稅收入、GDP、中央政府總預算為投入變數進行估測國防預算。

楊忠城、張寶光（民89）運用內生經濟成長理論，配合我國歷年之國防支出資料，探討於經濟負擔能力足夠的前提下，國防支出規模的適足性與否及其對經濟成長影響之議題，並使用Johansen 的共整合方法進行實證分析，以檢定每人所得成長率與國防支出規模的長期關係，實證結果也顯示，增加國防支出規模將有助於經濟成長。

孫克難（民88）研究發現台灣地區的國防支出對經濟成長於統計上並無顯著影響存在。換句話說，國防支出對經濟成長沒有明顯的拖

累或助長作用，國防支出不影響投資率或經濟成長率，但非國防支出卻有助於投資率的提升。因此，為進一步紓解國防支出對其他政府支出項目所產生的排擠效用，以及基於政府財政赤字控制的考慮，故建議可持續降低國防支出的比重。

吳慶璋（民88）指出，在國防預算萎縮情況下，預算排擠將更形嚴重，極不利於新一代兵力的維持，為此國防預算獲得有待合理化，方能建立堅強的防衛能力，以確保國家安全。但李允傑（民89）於引用監察院報告指出，目前國軍人事腫脹，正是需要大力再精減預算、內部組織再造的時後，如果這些問題不解決，反而要求大幅擴增預算，甚至主張國防預算下限法制化，將可能成為國防改革的阻力。

2.2現行之維修政策

Pham(1996)假設系統修理後即恢復到完好如新的狀態(as good as new)稱為完全修理(Perfect Repair),而對修理後之系統回覆至故障前之功能(as bad as old),即小修理之維護政策則稱不完全修理(Imperfect Repair)。所謂預防性置換，即指系統在未故障前予以調整或更換。最早提出此概念的是1939年Lotka為路燈燈泡更換的論點,1956年Weiss延續預防性置換的論點而首先提出年齡置換策略。而小修理的概念最早是1960年Barlow and Hunter提出,此後即不斷有學者對此兩論點探討,終使維護策略更趨於完備。

維護政策概分如下：

一、故障後才維護(Corrective Maintenance)：

系統一直連續操作，元件發生故障失效後才進行修理。其為系統

簡單，元件價格便宜且容易取得。

二、預防性維護(Preventive Maintenance)：

為維持系統一定的性能標準，所採取的各種避免或預防故障之行動與作為，如年齡置換、區間置換、定期更換、一定小修次數後預防維護。

- (一) 年齡置換(Age Replacement)：系統操作經過某階段使用壽命，達到系統最大壽命極限，就採取置換政策，未超過則進行小修理。
- (二) 集群置換(Block Replacement)：在固定的週期 t 、 $2t$ $(n-1)t$ 、 nt 進行置換，而不管其中部份元件是否仍可用。
- (三) 定期置換(Periodic Replacement)：在固定的週期 t 、 $2t$ $(n-1)t$ 、 nt 進行單一元件之預防性置換，而若週期時間內發生失效，則進行小修理(Minimal Repair)
- (四) 一定小修次數後預防維護：系統操作初期皆採小修理維護，而經過某一定小修次數後則採預防置換方式

以上所探討之文獻，有純粹求取小修失效之次數、有求取置換前的最佳小修次數、有求取最佳置換時程等，其考量的層面不同，就有不同的影響因素及不同的成本模式。而有關小修理成本的文獻，有假設為固定值，有假設為隨小修理次數增加而增加，有假設為隨壽期時間增加而增加，亦有假設為隨機改變值，但其最終目的均在求得全壽期內之最小成本。

2.2.1 飛機修護制度

維修(Maintenance)是機隊運作一項相當重要的工作，為確保機隊正常運作，機隊中的飛機免不了要進廠執行維修，而維修的種類可分為矯

正性維修及預防性維修二類（劉定國、秦惠環，民88），其中矯正性維修(Corrective Maintenance)也稱為不定期維修(Unschedule Maintenance)，主要的維修項目有：修理、更換等，目的在使系統或裝備回復其功能；而預防性維修(Preventive Maintenance)，又稱之為定期維修(Schedule Maintenance)，其主要之目的在增加系統或裝備於操作期間正常操作之機率，所以當一架飛機有定期維修需求時，並不代表該架飛機故障，而是為因應政府法規之要求，或系統、裝備設計廠商於生產、設計時之評估需求而執行，如：系統定期檢測、保養、機件潤滑、零附件更換、性能回復等相關檢查、調整工作等。

2.2.2 飛機定期檢修需求之說明

飛機就如同汽車一般，在經過一定時間的使用後，就必須進廠執行定期檢修、保養，所不同的是，當汽車故障時，它可能只會停在路上，無法發揮原有運輸的功能，但是當飛機在空中故障時，它卻無法停留在空中，它將會在強大地心引力的吸引下墜落地面，所受到生命財產威脅的，將不僅僅只是機上的成員，就連地面上的無辜民眾或房舍，都有可能遭受損害，這也就是為什麼，飛機的各項定期檢修工作必須要百分之百的被嚴格要求一定要執行的原因。

一般來說，軍用戰鬥機在每累積飛行一定時數（歷時檢修），或一定天數後（歷日檢修）都需執行定期檢修，但這並不代表該架飛機故障，而是為因應後續之飛行安全需求而執行，如：系統定期檢測、保養、機件潤滑、零附件更換、性能回復等相關檢查、調整工作。

定期檢修需求通常可以區分為以下三類：

- (1) 歷時檢修：航空器在設計製造完成後，通常會執行所謂的加速測試 (Acceleration Test)，就是使用一架真實的飛機執行不間斷地操作，

藉以快速累積操作鐘點，藉由操作過程所蒐集之各項數據、資料來評估飛機上各個零組件或系統之可靠度，並進一步訂定一個或數個針對不同系統執行之定期檢查需求時距及執行項目；

- (2) 歷日檢修：另外一種有別於歷時檢修之定期檢修為歷日檢修，顧名思義，歷日檢修即是當飛機、系統或其組成件在每經歷一定天數後所需執行定期檢修，稱之為歷日檢修（查），通常是針對重要之系統，如：逃生系統、氧氣系統或零附件，如：爆材所設置，與歷時檢查不同的是，歷時檢查只有當飛機系統有操作時才累積操作時數，當操作時數屆點，才有檢修需求，而歷日檢查是即使飛機不操作，只要限制的天數一到，該機或該系統都要從事檢修，以確保其系統操作性能。
- (3) 其它：如起降次數或操作循環值等，這類定期檢修需求之計算因子，通常受飛機操作之影響而有不同之累積值，而且累積值又多不與飛行時間或者歷日天數有一定關係

2.2.3 備份件預估

備份件為用來支援系統、裝備維護所需之零附件，備份件不足將造成系統失效後停機待料，影響正常運轉。備份件過多則造成資金之積壓浪費。但系統研發階段、初始服勤階段並無零附件之消耗紀錄，故學理上發展之眾多模型大部份均以預估為基準。

備份件之目的，希望以預先獲得的方式、在一定之時程下滿足修護政策所需的品、項、量。長久以來，國軍常利用系統購置費用之某個百分比，或以過去的經驗來預估備份件的數量，而未考量裝備使用壽期間各階段不同失效率、不同維修週期的需求值(劉冠群，民 89

年)。因而常造成零件因預估不足，以致發生停機待料的情況；或是因預估過多、存貨過多，造成資金之積壓。

2.3 系統動態學內涵及研究觀點

系統動態學關注真實世界「多個變數、多環路、高階、非線性」等之間交互影響所形成的動態性複雜。系統動態學界一直以來，進行了許多產業與企業系統的研究（Forrester, 1961; Lyneis, 1980; Morecroft, 1985; Richardson, 1991），藉以瞭解隱藏在複雜結構中的連貫行為型態（Coherent Pattern）；Forrester（1961）更認為系統動態學不只是瞭解動態系統、以及為其建模的一般理論與方法，而也是藉由某些能學得教訓的方式，進而能從對一個情況所做的研究，用以瞭解和應用在其他情況上。

2.3.1 系統動態學的內涵

系統動態學是由麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology, M.I.T.)的 Jay W. Forrester 教授，於 1956 年在企業系統的管理工作上應用資訊回饋概念，所發展出的一種電腦模擬模型，主要是用來探討動態性的複雜問題。人類決策行為並非完全理性，有限理性的決策模式往往影響決策品質，有鑑於此，系統動態模式係以宏觀的角度，對系統整體結構及其所涵蓋的各變數間之關係加以詳細描述，並透過電腦的高速資料處理能力，計算出系統中各個變數在一段時間過程中的細微變動量。系統動態學的提出，對於人類瞭解周遭事物能力的改善，具有相當顯著的功效（韓釗，2002）。

系統動態學所探討的系統是指具有回饋迴路的封閉系統，系統動態行為的產生導因於系統的迴路結構，並由回饋迴路的運作與系統行為力

量的移轉，造成系統行為的動態變化。而系統任何動態行為的變化皆來自於封閉回饋迴路所形成的結構，這是一種互為因果的封閉系統；且當時間持續的進行，系統動態模式所展現出來的系統行為，即是由其所處的封閉回饋迴路結構，以時間的推移所運作產生的，而不是來自外界的因素影響。因此，因果關聯性研究可以說是系統動態學的基礎（陶在樸，2000）。

構成系統動態模式結構的主要元件，包含下列幾項：

1. 積量(Level)：系統內累積流量的變數，積量為一累積值，有些文獻中稱之為存量(Stock)。
2. 率量(Rate)：單位時間內流入或流出積量的流量。
3. 輔助變數(Auxiliary)：用以協助描述率量與積量間關係的變數。

此外，Sterman(2000)特別強調建模的程序應該是反覆式的(Iterative)，建模的過程本身就是個回饋程序，而不只是一串線性的步驟。建模者從最初認知的問題和目的開始進行，然後在建模的過程中不斷從中學習，對於問題的定義及政策的內涵可能會有新的認知，於是再回饋於模式中對先前所認知的狀況重新檢討，再作修正，如此反覆再繼續進行下去。在整個建模循環的過程中，任一步驟有新的發現時，都可以回至其他的任一步驟（Sterman，2000）。

最後，系統動態模式必須能清晰明確地顯示系統中各變數間的因果關係及其理論假設，供人檢視批評。再者，為了滿足電腦運算要求，模式中各個參數必須予以量化，以期在模擬過程中能夠反覆演算，進一步驗證系統行為於不同假設、不同政策下所產生的差異（韓釗，2000）。

2.3.2 系統動態學之研究觀點

本研究提出國防資源與戰機修護系統之關聯性問題，並採用系統動態學為方法論，來探討國防預算的短缺對戰機維修所造成的衝擊，進而提出檢討建議，以作為擬定維修策略參考，此屬產業分析、組織策略與作業流程管理等研究範疇，而系統動態學自發展以來已成功應用於前述研究領域(Ford & Sterman, 1998; Maier, 1998; Lyneis, 1999; Sice et al., 2000; Milling, 2002, Hilmola et al., 2003)。

以系統動態學作為方法論研究國防問題的相關研究，早在 80 年代，國外學者 Coyle (1981)就曾以故事描述方式結合系統動態學方法論，建構第三次世界大戰虛擬動態模式；迄今，已有許多研究成功應用系統動態學探討國防領域之相關問題 (Coyle, 1981; Coyle, 1987; Coyle, 1992; Coyle, 1996; Coyle et al., 1999; Adamides, 2004)，如 Coyle et al. (1987)探討指揮與管制之動態行為對於作戰任務之影響；Coyle et al. (1992)研究如何以最佳化的國防預算規劃代替限制預算支用；Coyle et al. (1999)討論武器系統全壽期成本與武器作戰載具採購對國防事務之影響；Adamides et al. (2004)等人探究戰機相關維護保養作為，對於後續戰機採購之影響等，且應用系統動態學研究國防議題則已被證實是有效益與效率(Coyle et al., 1999)。

雖然系統動態學已應用於國防相關領域的研究，然而對於本研究所欲探討之資源運用與戰機修護關聯性問題，國外相關文獻則少有研究論述可供借鏡與引用。至於國內學者探討我國戰機修護關聯性議題之相關研究，則散見於國內外各功能領域的文獻中 (孔祥舉，民 90；譚俊彥，民 91；郭壽齡，民 92；唐裕輝，民 92；鄭梅峰，民 92；Shephard et al., 1988；Fisher, 1989)。

此外，上述研究多從維修階層來探討戰機修護於特定妥善條件下，系

統備份件之需求數量對妥善率造成的影響，顯示此類研究係屬細節性的複雜探索，即努力剖析備份件、維修人力、維修階層之細節因素，缺乏從系統結構的觀點來尋求解決策略，這與系統動態學探討方向及目的有所不同。系統動態學強調於模式建構前必須周詳地考量，系統內各種可能的影響因素及相互關係，當完成模式建構後應以各項模擬值進行模式之模擬測試，期能以整體系統概念來探究所欲瞭解的現象與解決的問題外，並以因果關係模式來說明整體系統動態性的複雜行為。

然而對於本研究所欲探討主題，即結合外在環境因素與內部組織作業制度對於國家發展相關國防事務政策之影響，國外相關文獻則較少研究論述可供借鏡與引用。

第三章 研究設計

研究設計是在引導研究者對所研究主題進行蒐集、觀察、分析與解釋的過程，所以它可以視為研究者為取得解決問題所需資訊的方法及程序的計畫書，其過程包括以下事項的決定：研究什麼問題？相關的資料為何？要蒐集什麼資料？如何來分析結果等，其目的在避免蒐集的資料無法回答要研究的問題，並使研究者能順利完成研究，使問題獲得適當的解決。

3.1 模式概念說明

近年來，國軍有效突破國際政治環境之掣肘及各種外交困境，陸續完成新一代兵力戰機、艦艇、武器裝備之更新成軍服勤，除新增強勁戰力外，並適時汰換高壽期裝備、妥善率已遞減之老舊軍備武器，成為現代化之國軍。除能讓國軍戰力的提升有積極正面效應外，亦能給予全國人民有耳目一新，並在台海詭變局勢中給予安定保證。當此新舊武器裝備交替之際，為有效提供完整的支援後勤服務，空軍雖然做了相當大幅的投資，然囿於國防財力的緊絀，投資的幅度並未能完全滿足後勤維修維持之需求，但必須確定的是，一定要能達到戰機高妥善率的目標，以滿足各項戰演訓任務。現階段國內武器系統的種類、程式、規格複雜不一，後勤維修相當困難，因此，在有限的預算額度內建立整體後勤的支援與維修能量規劃，即為當前之重要任務。

另影響我國國防預算資源運用與戰機維修主要問題特性為：

一、備份件是指用來因應武器系統維修時所更換的零附件，缺少備份件

將使武器系統的維修工作無法有效執行，但籌補過多的備份件也會造成驚人的資金囤積、預算浪費，及庫儲管理的問題，尤其現代化武器裝備日趨精密複雜，不但價格昂貴，其零附件之成本也相對增高，因此有效估算備份件，方能符合經濟效益。

二、於研發、初始服勤階段，武器系統並無零附件之耗用紀錄，備份件的計算係以預估方式獲得，國軍於編列預算時往往以裝備價格的一定比率做為備份件預估的數量，但因各類武器系統之失效率與壽期都不相同，所以無法準確預估備份件之需求狀況。目前雖已發展出以統計學及可靠度理論結合的方法來計算備份件的數量，但此種模式需要決定機率水準，而如何評估正確合理的機率值，實為困難所在。

三、國軍以往大都以經驗數值或預算分配比率做為估算的依據，經常若不是低估備份件數量而影響系統妥善率，就是高估而造成器材超量浪費。在國防預算日益緊縮的今天，武器裝備的維持預算極為有限，而備份件採購項量的多寡乃攸關國軍武器裝備之妥善率，如何能維持高妥善率來滿足作戰需求，又能精確預估備份件需求數量，是非常值得探討的課題。

本研究則基於上述的系統思考及問題分析，建構系統動態學模式，是項模式包含戰機故障修護制度與備份件需求等流程，並將影響我國戰機妥善情況如我國戰機飛行時數政策排擠修護備份件耗用在購置資源有限等納入建模考量，詳細模式內涵將於後續章節陳述。

3.2 定性因果環路圖之建構

戰機器材備份件的採購項量之多寡關係著國軍戰機裝備的妥善率，

特別在國防預算日益緊縮的今天，戰機的維持預算極為有限。本研究即在設定國防預算配置作業維持費前提下，將在「飛行時數」及「修護維持費」等二類分類，並整合為一完整之因果環路圖，來表達以戰機飛行時數提列器材備份件需求的情形，以及觀察其所反映之功能。

3.2.1 國防預算基本因果環路圖

在自我維持型態國防系統的特性下，國防系統所關注的國防問題是軍事能力是否達到系統所訂之目標(葉金成、馬君梅，民 84)。當系統提升其目標，必擴大軍事能力差距；若要縮小差距，有二個途徑：其一是增加國防預算額度；其次是調整各項預算配置額度，如圖 3.1。然而由於政府的整體性施政逐次推展，國防預算成長空間極為有限，因此，如何將有限的預算資源適當配置，益顯其重要性。

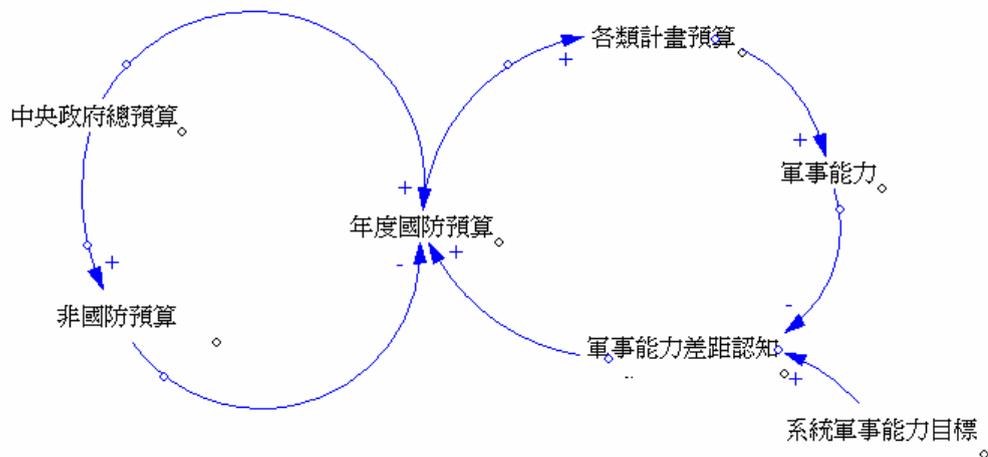


圖 3.1 國防預算基本因果環路圖

資料來源：游黃盛(民 91)，國防預算資源分配之研究-系統動態學之應用，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。

3.2.2 各類戰機使用時數與修護維持費之環路性質

本研究將戰機修護系統區分為年度預算、備份件、維修機數及戰機使用時數等四項，茲將戰機使用時數與修護維持費因果關係分述如后。

一、年度預算需求與備份件之負性因果回饋環路

依據國軍武器裝備器材籌補原則，首先是滿足維持戰機妥善之器材備份件，而年度預算需求係由備份件籌購項量的多寡來決定，即年度規劃採購量調整時，相對戰機維持費實際獲得比例提高，所以實際可用備份件則呈正性調整；當可用備份件存量增加時，年度預算需求因存量基準採購項量減少，而降低預算支出，其關係呈負向影響。如圖 3.2。

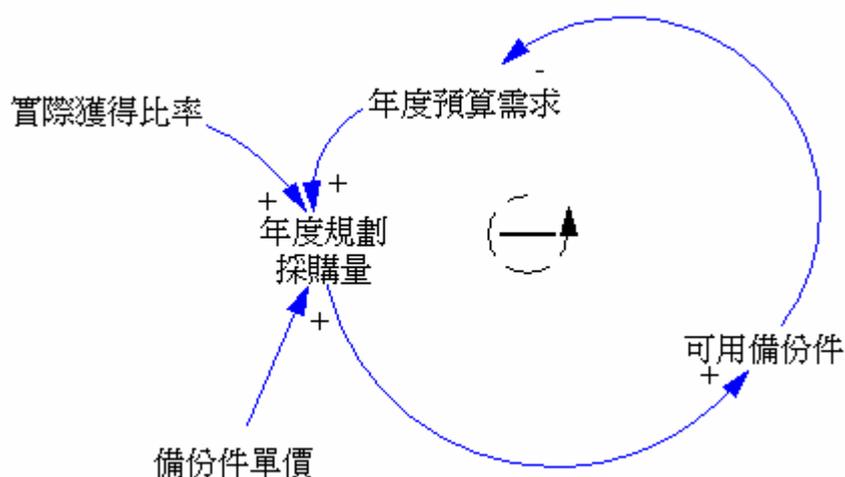


圖 3.2 年度預算需求之因果環路圖

二、可用備份件與維修機數之正性因果回饋環路

後勤補給保修主要用於武器裝備之維護，當投入較高之後勤補給保修經費時，將提高裝備之妥善率，故可修護飛機數量決定於可用備份件存量充裕條件，其關係呈正向影響。維修是為滿足維持戰機妥善，維修能力提升表示器材支援率增加，所以完成修護出廠飛機數也相對增加，

呈正向關係；當年度的器材用項量增多時，即為戰機的妥善機數增加，所以備份件與器材消耗量彼此關係呈正向影響。如圖 3.3。

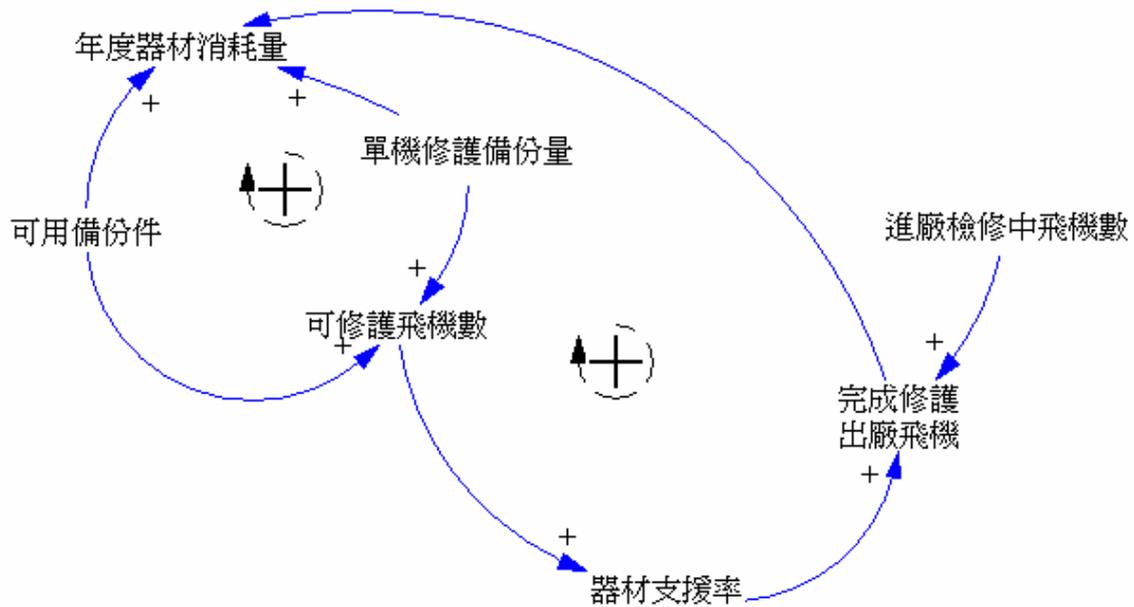


圖 3.3 維修機數之因果環路圖

三、戰機飛行時數與維修機數之正性因果回饋環路

依據戰機修護原則，首先是滿足戰機現有機數下之故障進廠修護機數，而故障進廠修護機數則由故障率決定，即現有機數調整時，故障進廠修護機數則相對呈正向調整；當戰機故障產生檢修行動下之器材籌補時間及故障檢修時間增加時，將促使影響維修準備作業人力負荷增加，其關係呈正向影響。實際飛行時數除受飛行時數正向調整之影響，亦受待維修機數多寡之影響，若待維修機數過多時，則降低戰機實際飛行時數，因此彼此關係為負向影響。如圖 3.4。

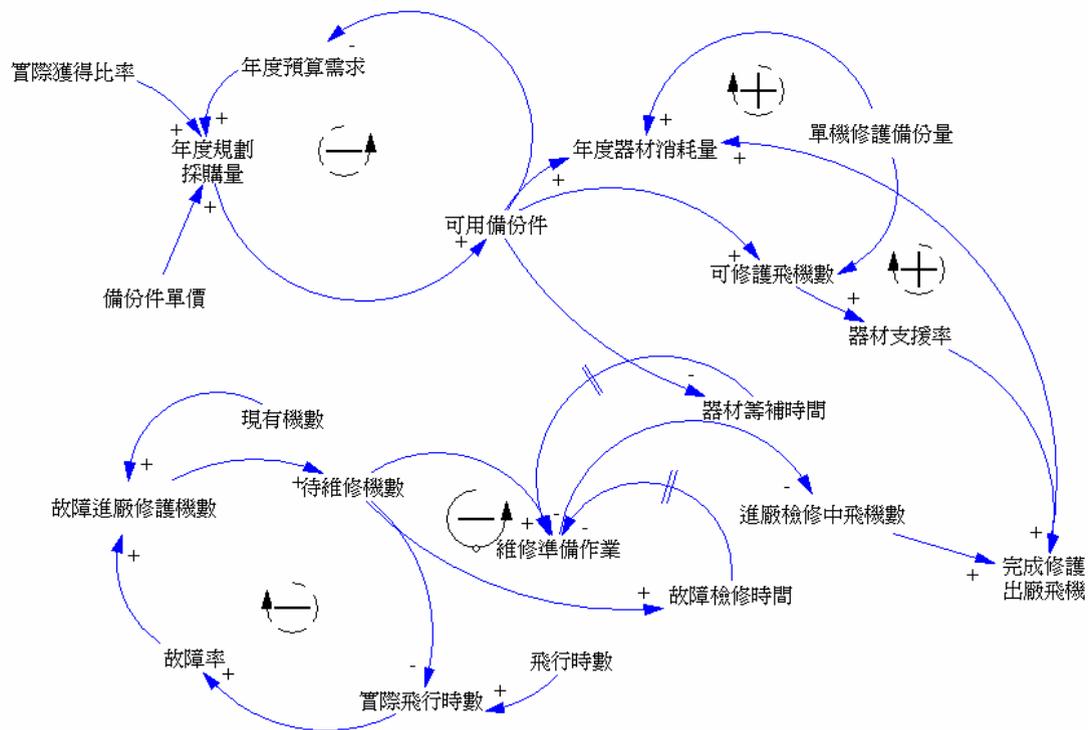


圖 3.5 戰機使用時數與修護維持費之因果環路圖

3.3 模式建構

模式(Model)乃是根據研究目的以某種特定觀點來簡化與概化真實世界，並非鉅細靡遺的包含真實世界的所有面向與細節。為了建構我國空軍戰機時數規劃與修護維持費的因果關係結構，本研究以上述相關文獻對戰機修護系統與國防資源等關聯性之分析為基礎，抽取關鍵性的變數來建構系統動態模式，且是項模式係採用系統動態學建模軟體 Vensim (Ventana Systems, Inc., 2004)建構而成，如圖 3.6 所示，藉以說明在國防資源無法滿足戰機基本維修情況，以及不重視國防武器維持等因素的交互影響下，妥善率如何影響戰機使用之系統動態行為變化。

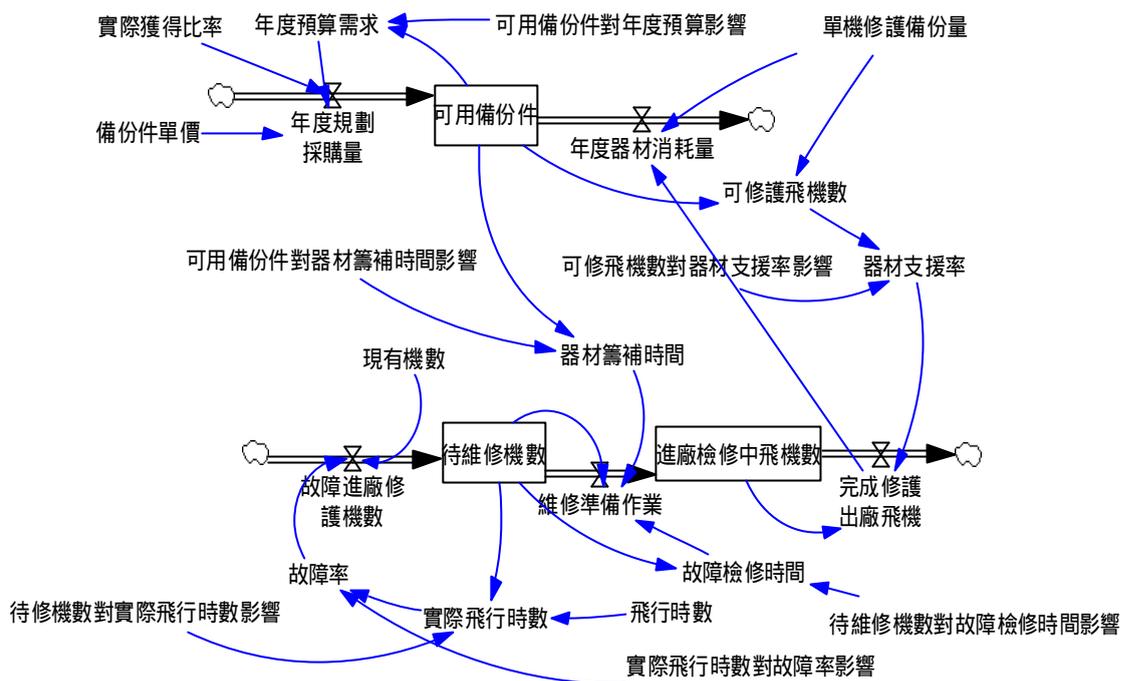


圖 3.6 戰機使用時數影響修護維持費關係系統動態模式

本研究模式係依問題特性描述及實務經驗，應用系統動態學方法建立而成，可進一步探討國防資源與戰機維修的因果關係，重要內涵說明如下：

3.3.1 戰機維修與器材備份件之結構關係

綜上述章節討論重點發現，任何武器裝備維修所需器材備用件數量多寡，直接影響裝備維修的支援能力，因此，本研究先以「可修護飛機數」除以「單機修護備份量」輔助變數，亦即先期獲得可用備份件耗用情況，輔以圖 3.7「可修飛機數對器材支原率影響」函數關係求得「器材支援率」輔助變數值，表示器材備份件數量對戰機完成修護出廠數量之影響，而「單機修護備份量」係代表最初戰機維修所需備份件數量，為一假設值；同樣地，為呈現國防預算中器材購置費用多寡將影響修護備份件的籌補情況，本研究以「年度預算需求」除以「備份件單價」輔助

變數後，在輔以圖 3.8「可用備份件對年度預算影響」函數關係求得「年度預算需求」輔助變數值。

3.3.2 待維修機數之結構關係

是項系統結構係以「待維修機數」積量與「故障進廠修護機數」與「維修準備作業」等率量所組成。而「待維修機數」積量係由「故障進廠修護機數」率量流入，並由「維修準備作業」率量流出。其中「故障進廠修護機數」率量值係由「現有機數」與「故障率」等輔助變數相乘得到。因此以「實際飛行時數」乘以「故障率」輔助變數，亦即獲得預劃之故障進廠修護機數，輔以圖 3.9「實際飛行時數對故障率影響」函數關係求得「故障進廠修護機數」率量值，表示實際飛行時數對故障進廠修護機數之影響，而飛行時數代表最初戰機年度預劃之飛行使用時數，為一假設值；同樣地，為呈現待維修機數將影響實際飛行時數情況，本研究以「故障進廠修護機數」乘以「現有機數」輔助變數後，輔以圖 3.10「待維修機數對實際飛行時數影響」函數求得「實際飛行時數」輔助變數值。

3.3.3 進廠檢修中飛機數之結構關係

是項系統結構係以「進廠檢修中飛機數」積量與「維修準備作業」與「完成修護出廠飛機數」等率量所組成。而「進廠檢修中飛機數」積量係由「維修準備作業」率量流入，並由「完成修護出廠飛機數」率量流出。其中「維修準備作業」率量值係由「待維修機數」與「器材籌補時間」及「故障檢修時間」等輔助變數取其中最大值相除得到。因此「待維修機數」乘以「故障檢修時間」輔助變數，亦即獲得維修準備作業，

輔以圖 3.11「待維修機數對故障檢修時間影響」函數關係，求得維修準備作業時間的最低維修時間；同樣地，為呈現在維修準備作業中可用備份件對器材籌補時間影響，本研究以「可用備份件」乘以「器材籌補時間」輔助變數後，輔以圖 3.12「可用備份件對器材籌補時間影響」函數，求得維修準備作業器材籌補量。

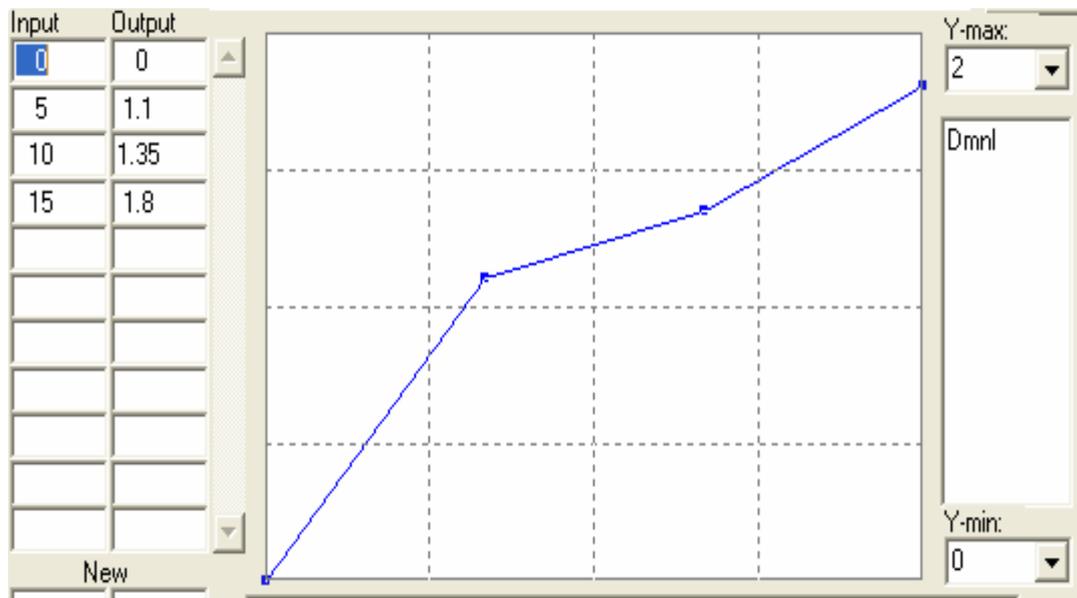


圖 3.7 可修飛機數對器材支援率之影響 - 圖表函數



圖 3.8 可用備份件對年度預算之影響 - 圖表函數

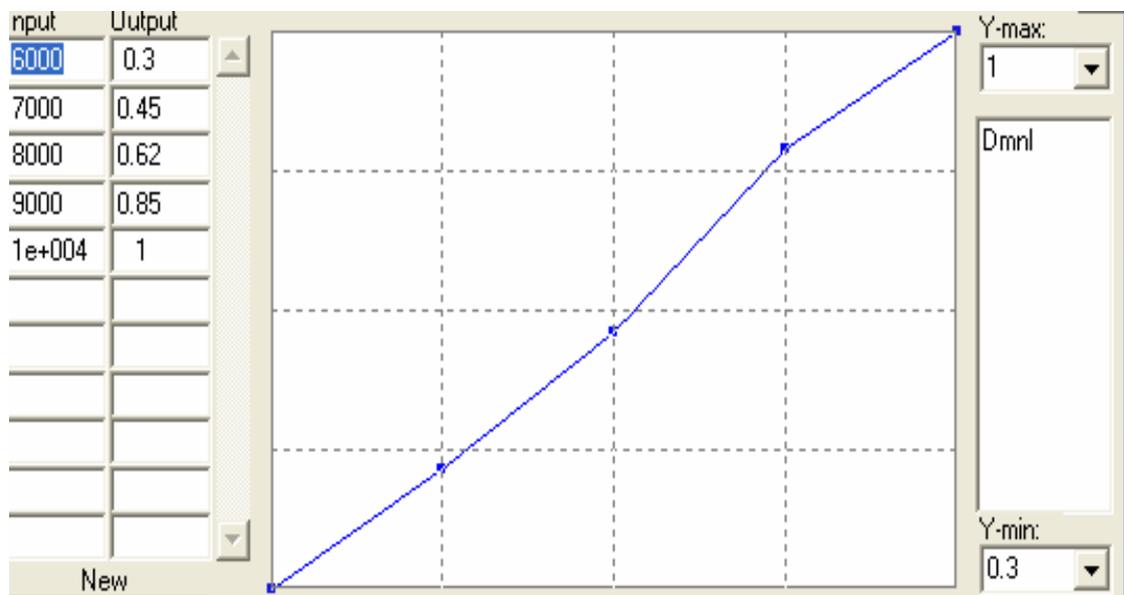


圖 3.9 實際飛行時數對故障率之影響 - 圖表函數

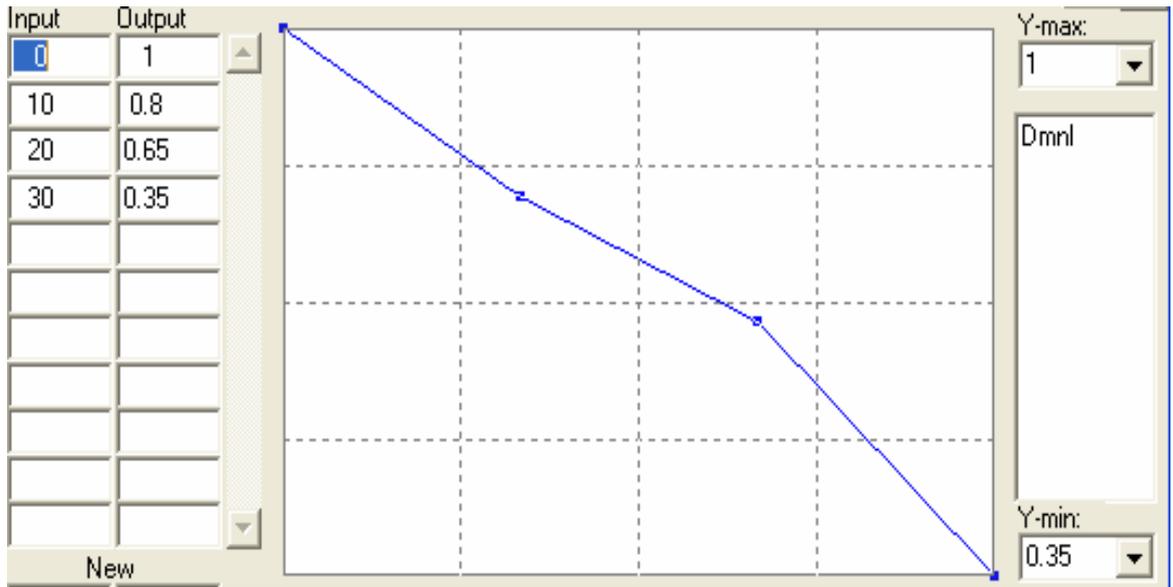


圖 3.10 待修機數對實際飛行時數之影響 - 圖表函數

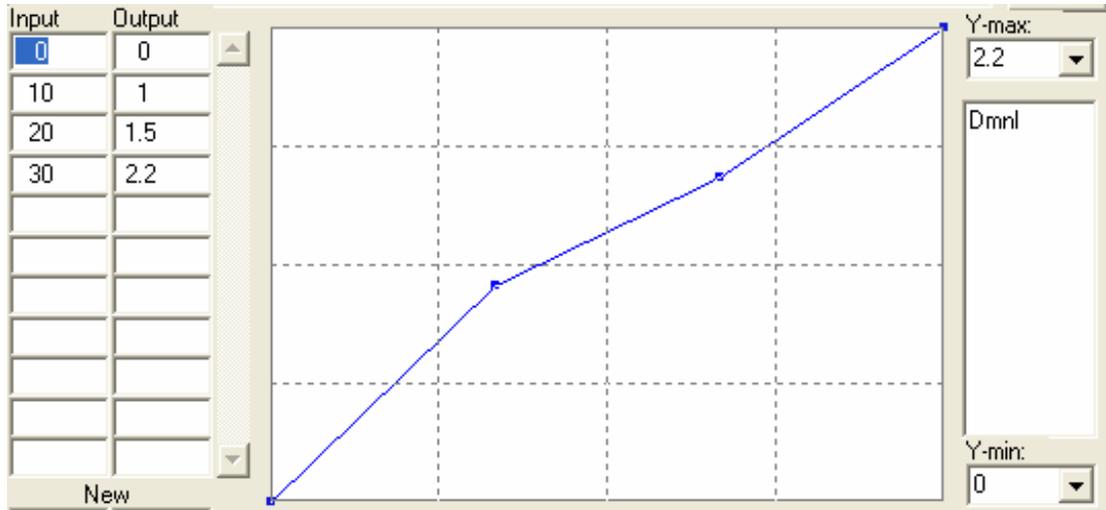


圖 3.11 待維修機數對故障檢修時間之影響 - 圖表函數

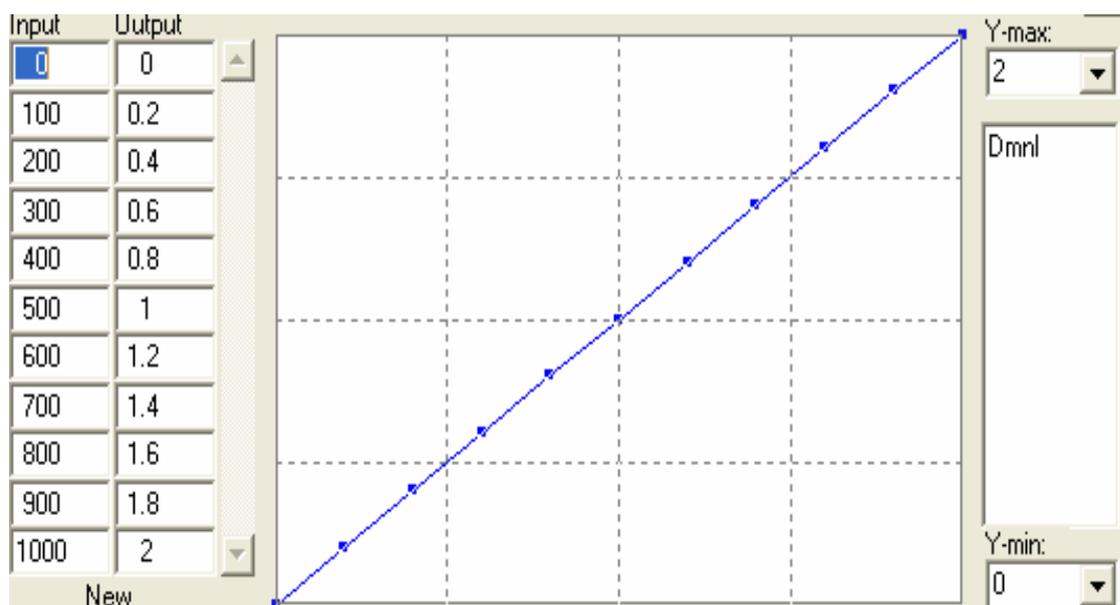


圖 3.12 可用備份件對器材籌補時間之影響 - 圖表函數

3.4 系統動態學模式圖

本研究模式即依據上述對國防資源與戰機修護等問題之探討，整合有限國防資源對戰機維護影響、維修積壓量變化與器材籌補等動態結構及流程，包括「可用備份件」、「進廠檢修中飛機數」及「待維修機數」等三個積量變數(Level Variable)，「故障進廠修護機數」、「維修準備作業」、「完成修護出廠機數」、「年度規劃採購量」及「年度器材消耗量」等五個率量變數(Rate Variable)，「實際飛行時數」、「故障率」、「器材支援率」、「器材籌補時間」、「故障檢修時間」、「可修護飛機數」、「單機修護備份量」、「備份件單價」、「實際獲得比例」及「年度預算需求」等十個輔助變數(Auxiliary Variable)，二個常數及六個圖表函數。表 3.1 則為國防資源與戰機維修關聯性結構之系統動態學模式變數說明。

整體而言，本研究欲瞭解有限國防預算對戰機維修系統所造成的影響，亦即預算無法滿足採購維修備份件的情況造成器材支援降低，是否

影響修護出廠機數，換言之，維持費用的短缺是否會造成維修積壓量的增加。因此，觀察預算的短缺相對使得器材實際獲得比例降低，造成可用備份件不足而影響器材支援率。然而，現行國軍戰機備份件的籌購基準均依飛訓需求（飛行時數）完成修製計畫及備料作業制訂年度器材需求，也因此本研究以「預算實際獲得比例」及「飛行時數」等輔助變數做為實驗的操控變數，進而觀察各以預算實際獲得比例與飛訓需求（飛行時數）為籌補修護器材備份件基準對戰機維修系統之影響情況。

表 3.1 國防資源與戰機維修關聯性結構模式之變數表

變數名稱	變數類型	單位	初始值/參數值
可用備份件	積量	件	"年度規劃採購量" - "年度器材消耗量"
待維修機數	積量	架	"故障進廠修護機數" - "維 x 修準備作業"
進廠檢修中飛機數	積量	架	"維修準備作業" - "完成修護出廠飛機"
故障進廠修護機數	率量	架	"現有機數"*故障率
維修準備作業	率量	架/每月	待維修機數/MAX(故障檢修時間, 器材籌補時間)
完成修護出廠機數	率量	架	器材支援率*進廠檢修中飛機數
年度規劃採購量	率量	件	"年度預算需求"*實際獲得比率/備份件單價
年度器材消耗量	率量	架	"完成修護出廠飛機"*"單機修護備份量"
實際飛行時數	輔助變數	小時	飛行時數*待修機數對實際飛行時數影響(待維修機數)
故障率	輔助變數	Dmnl	0.2*實際飛行時數對故障率影響(實際飛行時數)
故障檢修時間	輔助變數	每月	2*待維修機數對故障檢修時間影響(待維修機數)

表 3.1 國防資源與戰機維修關聯性結構模式之變數表 (續)

變數名稱	變數類型	單位	初始值/參數值
器材籌補時間	輔助變數	每月	1*可用備份件對器材籌補時間影響(可用備份件)
器材支援率	輔助變數	Dmnl	0.3*可修飛機數對器材支援率影響("可修護飛機數")
可修護飛機數	輔助變數	架	可用備份件/"單機修護備份量"
單機修護備份量	輔助變數	件	10 (假設)
備份件單價	輔助變數	元	1000 (假設)
實際獲得比例	輔助變數	Dmnl	0.7
年度預算需求	輔助變數	元	11000*"可用備份件對年度預算影響"(可用備份件)
現有機數	常數	架	60 (假設)
飛行時數	常數	小時	6000
可修飛機數對器材支援率影響	圖表函數	Dmnl	圖 3.7
可用備份件對年度預算影響	圖表函數	Dmnl	圖 3.8
實際飛行時數對故障率影響	圖表函數	Dmnl	圖 3.9
待修機數對實際飛行時數影響	圖表函數	Dmnl	圖 3.10
待維修機數對故障檢修時間影響	圖表函數	Dmnl	圖 3.11
可用備份件對器材籌補時間影響	圖表函數	Dmnl	圖 3.12

3.5 模式模擬

本模式建構的目標是「探討戰機飛訓需求(時數)與維修器材耗用關係對後勤維持費影響，降低戰機使用率而達到減少維修器材耗用成本，是否有助於維持最適當的妥善情況以符合作戰及訓練需求，藉以研擬理想預算比例建議」。因此，我們將以預算獲得比例及飛行時數變動為觀察指標，於各模擬分析中釐清上述所需政策。

3.5.1 調整預算對修護系統影響分析

觀察預算對修護系統影響我們將以飛行時數 7000 小時為觀測值，對調整預算獲得比例情況對包括「可用備份件」、「進廠檢修中飛機數」及「待維修機數」三個積量變數，「維修準備作業」及「完成修護出廠機數」二個率量變數，「器材支援率」及「可修護飛機數」等二個輔助變數逐一分析趨勢。

本研究當以飛行時數 7000 小時及獲得預算比例在整年度修護維持費 0.7 為標準基模，如圖 3.13。當模擬降低預算獲得比例達 0.6 時，可發現檢修所需備用件隨著時間遞減，已開始出現可用備份件不足現象，如圖 3.14。若降低預算獲得比例達到整年度修護維持費 0.5 時，在 3 月至 8 月間可用備份件不足現象更加明顯，如圖 3.15。因此，調高預算獲得比例達 0.8 時，維修需求可用備份件已可滿足整年度飛行訓練，如圖 3.16。

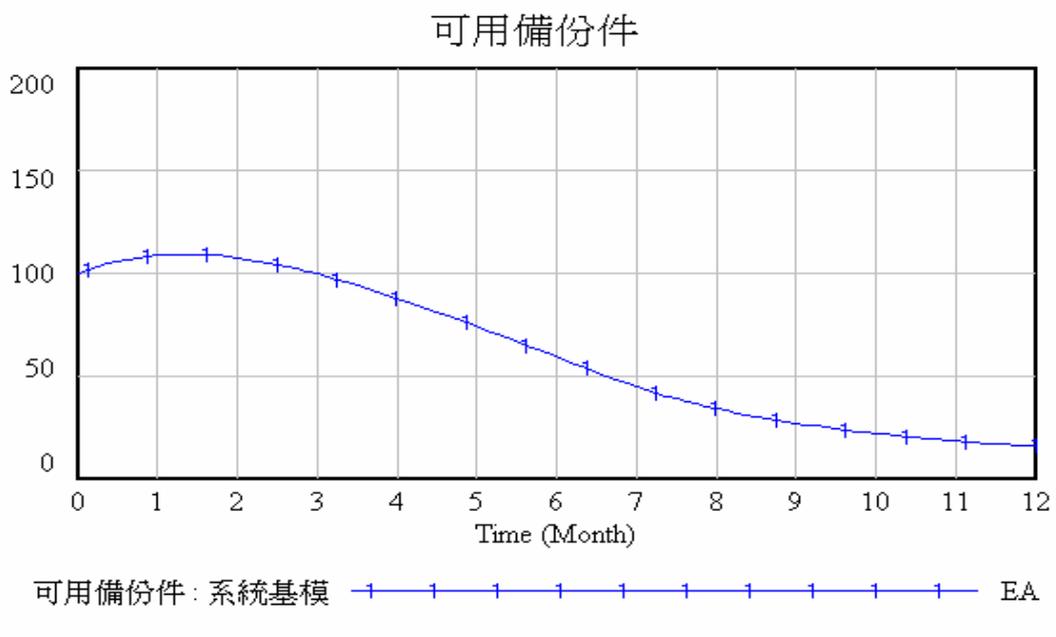


圖 3.13 以飛行時數 7000 實際獲得比例 0.7 基模

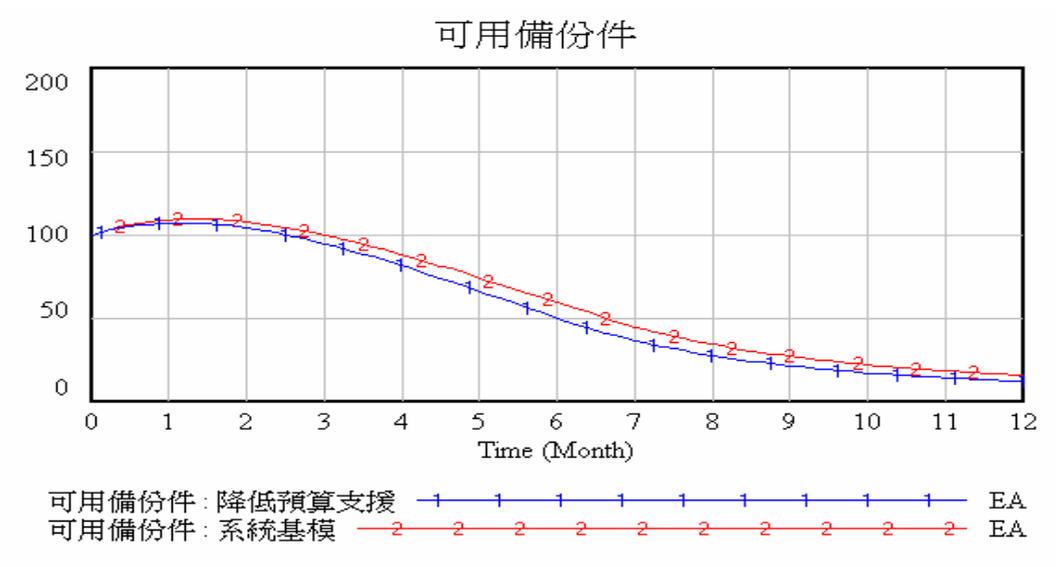


圖 3.14 降低實際獲得比例 0.6 對可用備份件之影響

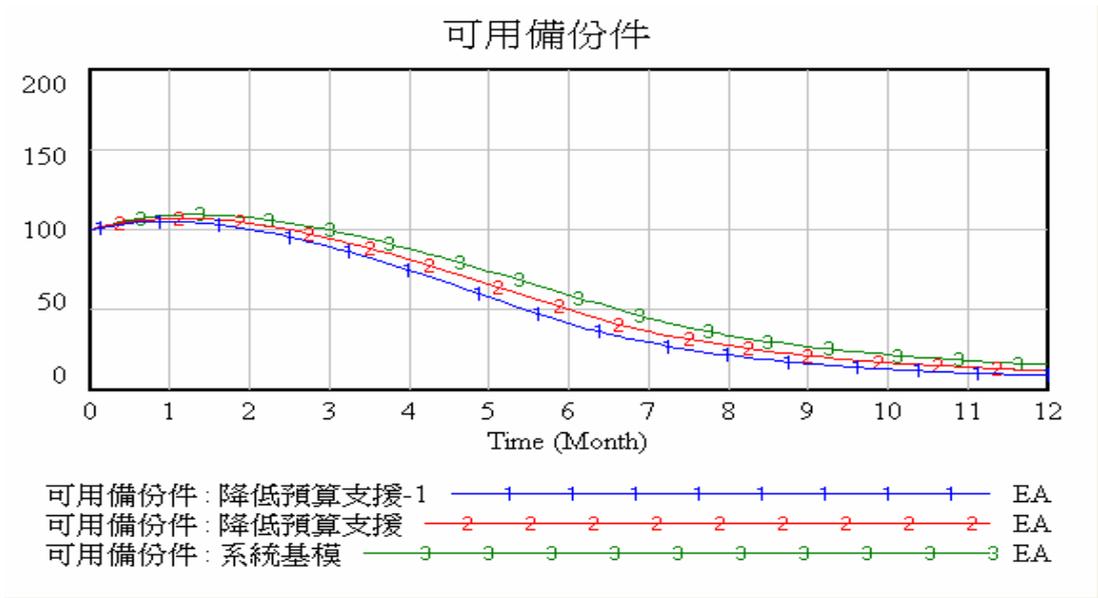


圖 3.15 降低實際獲得比例 0.5 對可用備份件之影響

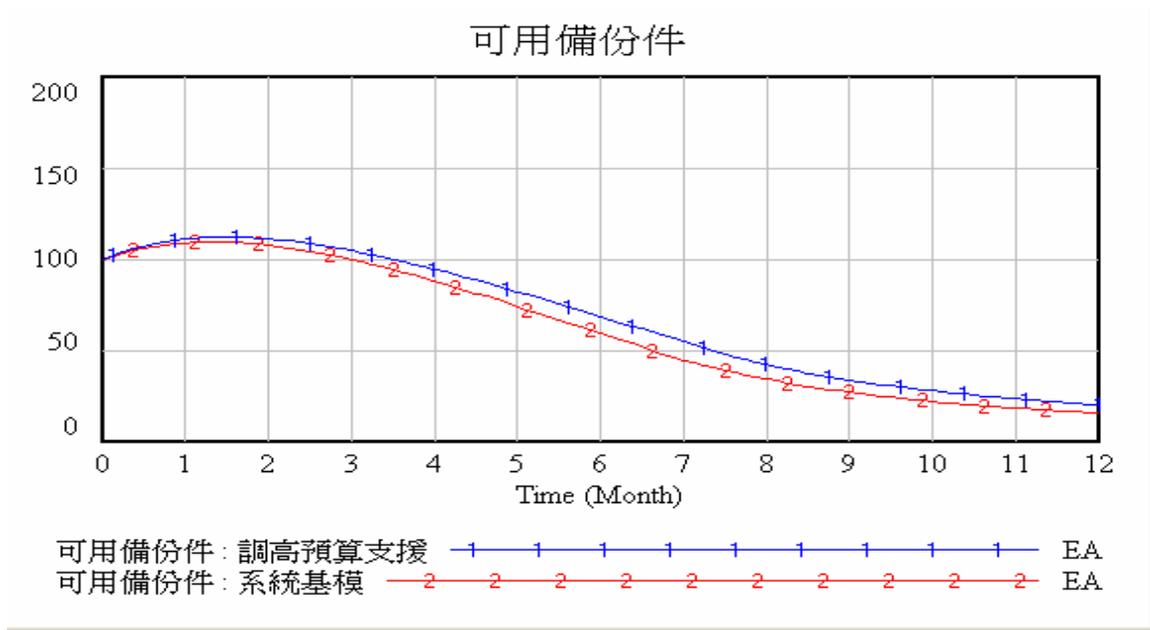


圖 3.16 調高實際獲得比例 0.8 對可用備份件之影響

當模擬降低預算獲得比例達 0.6 時，可發現因備份件不足而對支援戰機修護機數已開始降低，如圖 3.17。若降低預算達到獲得比例整年度修護維持費 0.5 時，在 3 月至 8 月間因可用備份件減少的因素，支援可修護

機數更加明顯不足，如圖 3.18。然而，當調高預算獲得比例達 0.8 時，維修需求可用備份件已可滿足可修護飛機數，如圖 3.19。

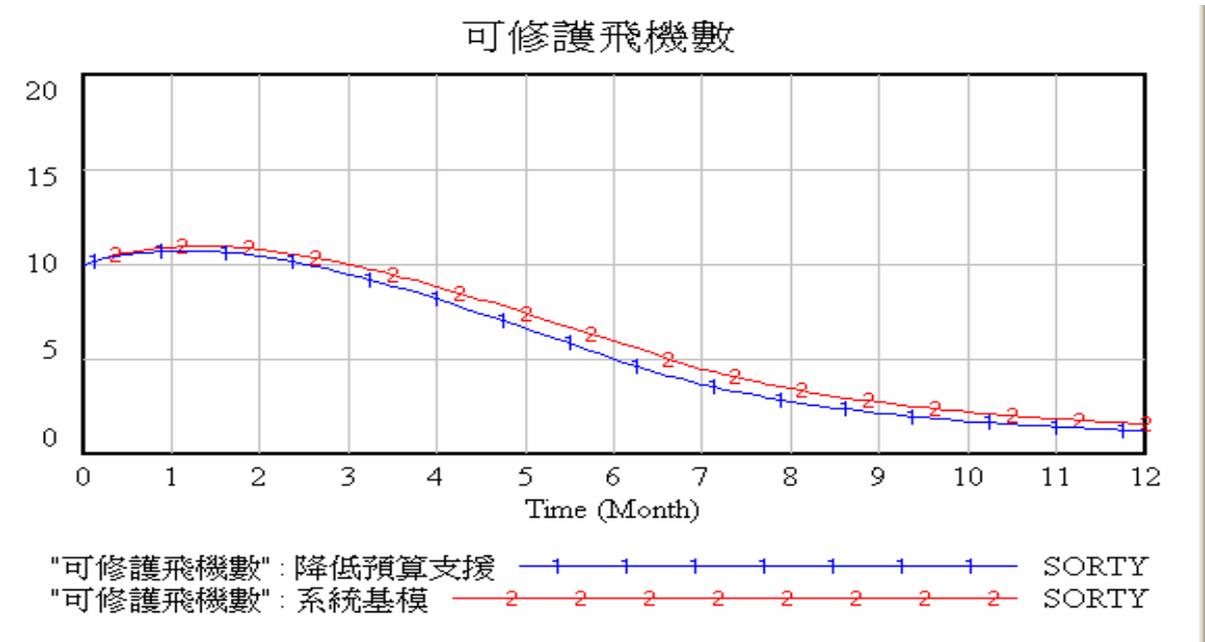


圖 3.17 降低實際獲得比例 0.6 對可修護飛機數之影響

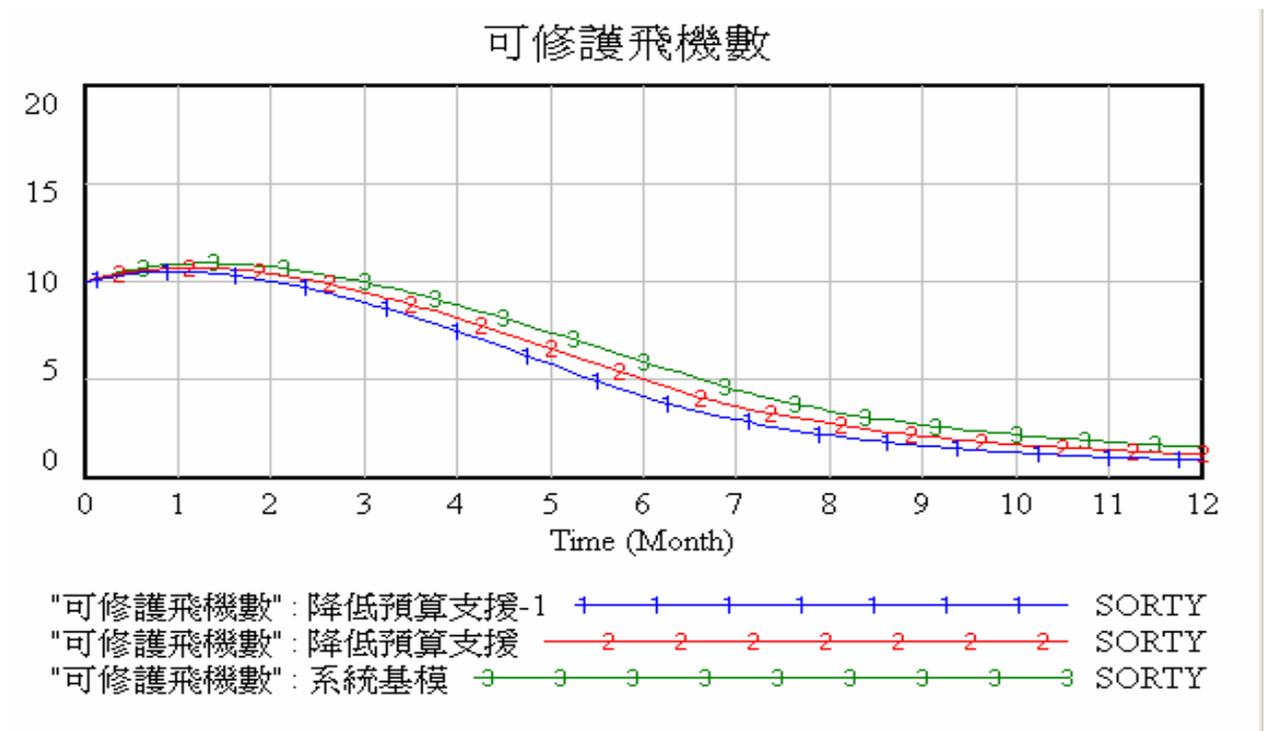


圖 3.18 降低實際獲得比例 0.5 對可修護飛機數之影響

進行裝備保養，將會對例行飛訓任務產生排擠，無法達到飛行訓練之需求。為觀察飛行時數對修護系統所造成影響，我們以飛行時數 7000 小時為觀測值，對調整飛行時數情況對包括「可用備份件」及「進廠檢修中飛機數」二個積量變數，「完成修護出廠機數」一個率量變數，「器材支援率」及「可修護飛機數」等二個輔助變數逐一分析趨勢。

本研究為瞭解當受限國防預算無法達到需求時，適度降低飛行時數是否對整個維修系統影響程度為何，因此，模擬以飛行時數 7000 小時及獲得預算比例在整年度修護維持費 0.7 為標準基模。當模擬降低飛行時數 1000 小時預算獲得比例達 0.7 時，備份件數量存量明顯增加，如圖 3.26。當模擬飛行時數降低 1000 小時，因備份件存量充裕而對支援戰機修護機數提高支援，如圖 3.27。所以，相對在器材支援上能充分支援戰機之檢修，如圖 3.28。

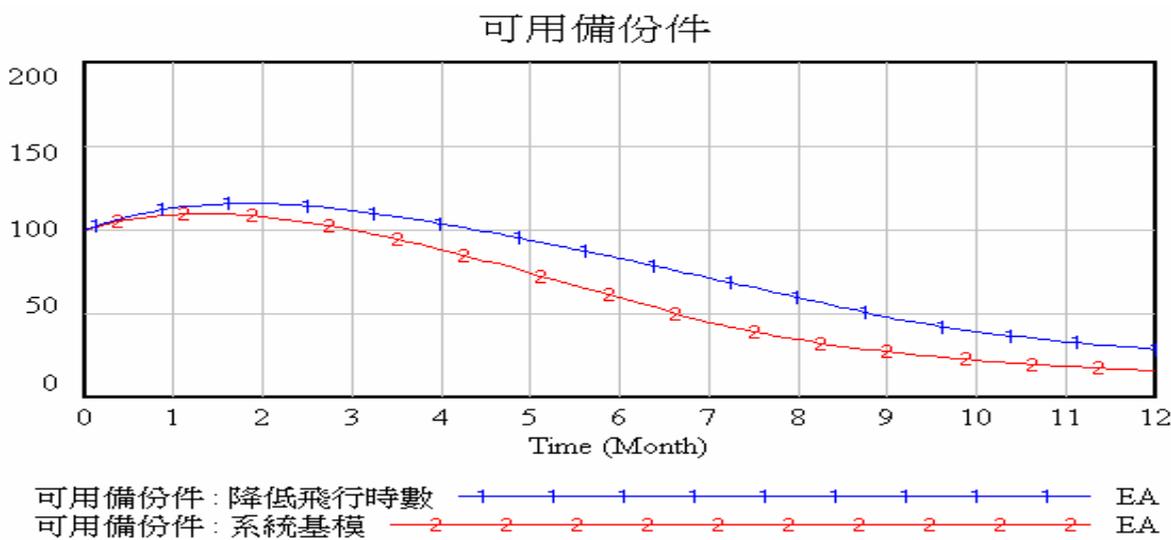


圖 3.26 降低飛行時數 1000 對可用備份件之影響

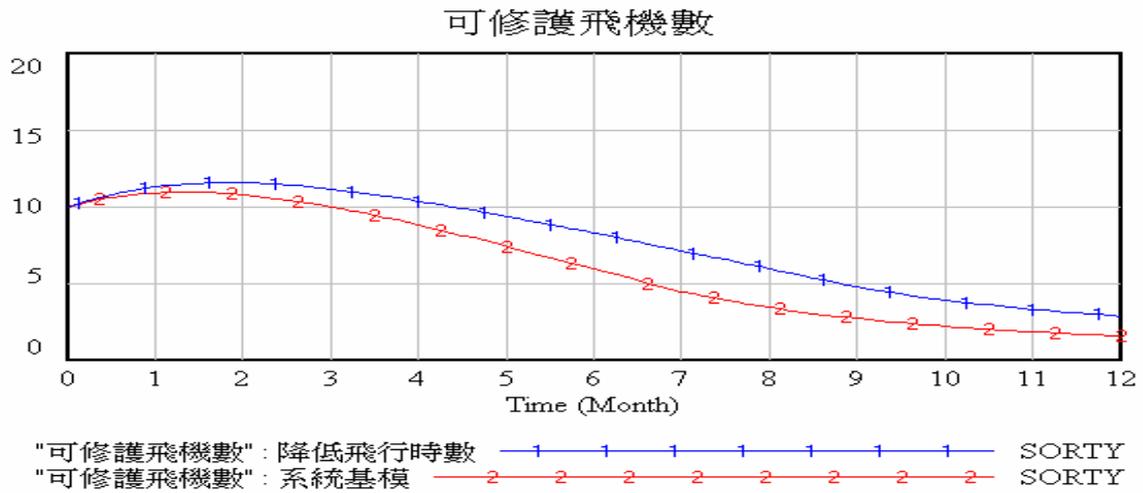


圖 3.27 降低飛行時數 1000 對可修護機數之影響

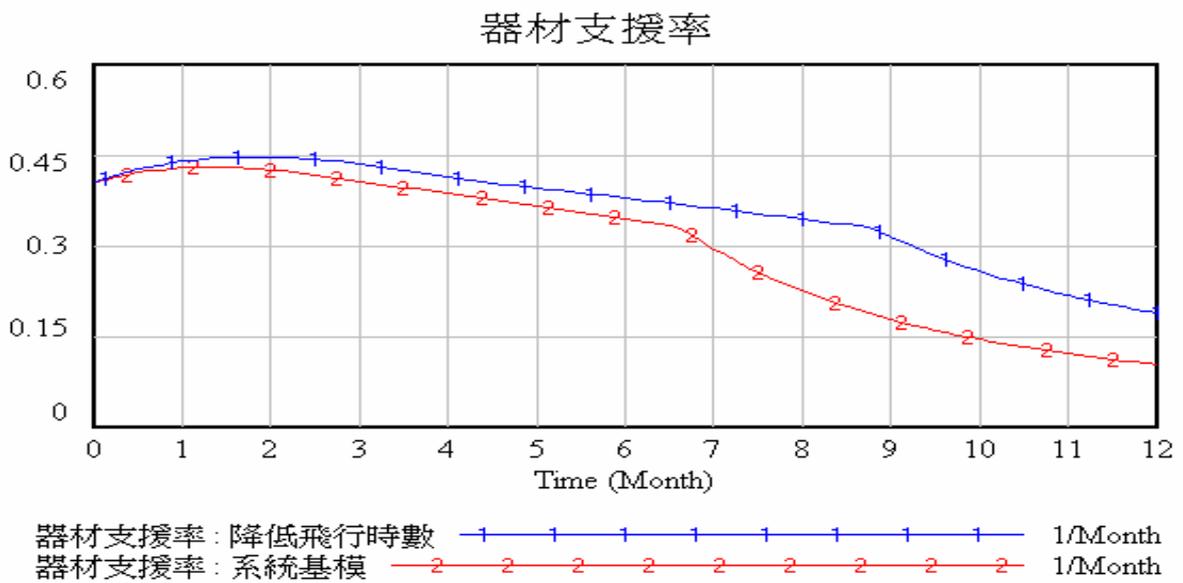


圖 3.28 降低飛行時數 1000 對器材支援率之影響

當器材支援率達到修護需求時，此時在廠檢修中飛機數隨著時間改變而減少，如圖 3.29。因此，完成修護出廠飛機機數也相對增快，如圖 3.30。

3.6 模式測試

當模式完成建構後，則必須判定模式是否具有效度(Validity)，也就是要對模式進行測試的工作；唯有通過效度判定的模式，才可作為分析處理問題的工具。

本研究的動態模式測試，將參照 Forrester & Senge(1980)所提出的測試程序，選擇適於本模式之方法來進行，以確保其具有相當之信度及效度，測試程序包含三個步驟：結構確認測試、單位一致性測試，以及範圍與適當性測試。

3.6.1 結構確認之測試

所謂結構確認測試(Test of Model Structure)乃是直接比較所建構的模式結構，與模式所代表的真實系統結構是否在概念上相符合。而執行此項測試的方法有檢驗因果環路圖、流 ? 圖、與模式方程式等。一般系統動態學模式的建構，除建模者本身的專業知識基礎外，另宜參考有經驗人士之建議，使研究模式更接近現實運作情況。本研究模式之建構，除以國防相關研究理論為基礎，亦向多位具有戰機修護之實務經驗人士請益，並與其充分討論，期使本研究模式更貼近現實運作情況。

3.6.2 數據一致性之測試

數據一致性測試(Test of Dimensional Consistency)的用意在於避免任意的變數範圍(Scaling Parameters)設定，使得模式中各變數於真實世界皆具有意義。本研究中除飛行時間以小時代表外，餘變數則皆以架次或元表示，就是要避免單位轉換上的混淆。

3.6.3 範圍與適當性之測試

模式的範圍必須包括使研究目的能夠實現的結構關係。本研究目的係探討國防資源對戰機修護間影響之關聯性，模式的維修動態流程則是由二階修護模式所組成，包含「進廠維修機數」影響之「待維修機數」及「年度規劃採購量」改變之「可用備份件」。其他非本研究著重範疇之項目，如人員維修成熟度及器材平均失效率等，則不納入模式之中，以求模式範圍的適當性。

第四章 研究結果

本模式在通過結構確認、數據一致性測試及範圍與適當性等模式測試後，根據所建構系統動態模式模擬維持裝備妥善能有效提升戰力需有充裕國防預算投入，本章將就前一章的模擬提出下列政策分析，即調整年度預算編列政策對戰機修護及調整戰機使用時數之影響分析。

4.1調整年度預算編列政策之可行性分析

陳水扁總統於民國 94 年 8 月 4 日聽取行政院「95 年度中央政府總預算案」報告後，指示國防預算應逐年增加編列來加強國防實力，然而若無法相對增加高度影響裝備妥善率的作業維持費用，則此一政策所帶來的效益將十分有限。國軍以戰鬥為主，支持戰力所需裝備維持的重要性，國防各級主事者均明瞭，然現行預算的執行卻受限於當前經濟影響及政府資源運用手法，挪用作業維持費相關經費的情況經常發生，致使國軍裝備武器無法獲得適切的預算比例維持，於是各項維修積壓量因器材欠缺而增加。

本小節即以上述背景與維修制度現況為基礎，進行模擬分析。圖 4.1 顯示，預算獲得比例的降低，將使得備份件未能適時採購，而造成可用備份件存量逐漸減少。

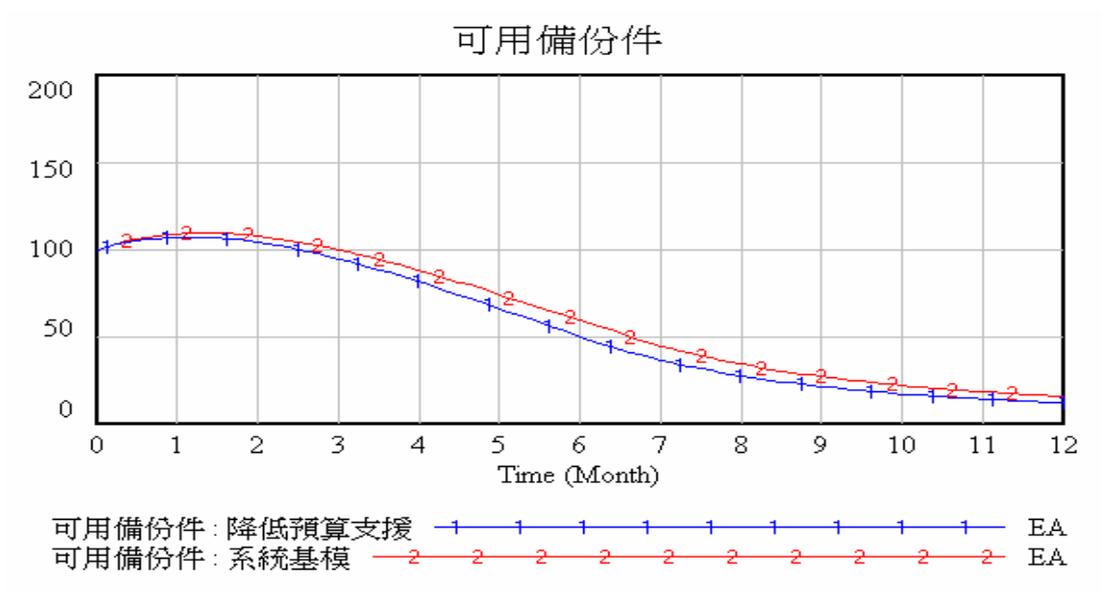


圖 4.1 降低戰機維修費用對器材備份件件數之影響

為觀察因備份不足而肇致檢修機數增加，並進一步造成維修積壓量增加的趨勢，模擬分析「降低預算獲得比例影響器材支援率之變化情形」，如圖 4.2 所示。

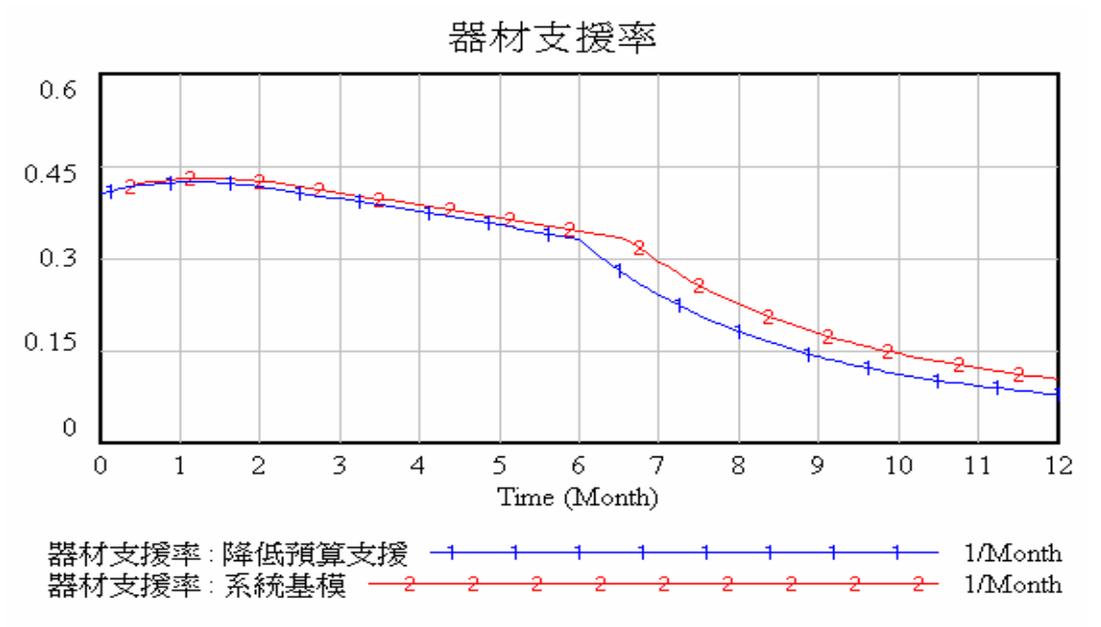


圖 4.2 降低戰機維修費用對維修器材率之影響

因此，就上述各項模擬分析，當國防預算資源限制無法適度支援戰機維修，並假設戰機部頒妥善率須維持全機隊 75%時，尋求合理的維修預算比例，俾利各項戰演訓任務之支援，模擬結果如圖 4.5。

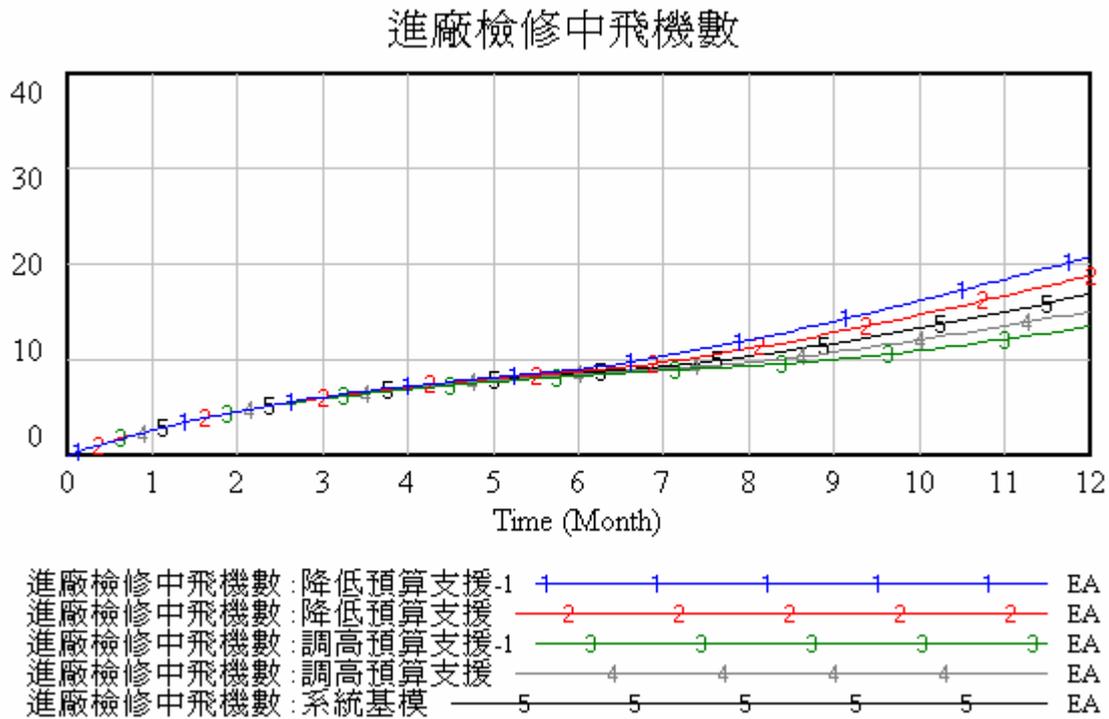


圖 4.5 各戰機維修費用比例對檢修飛機機數之影響

圖 4.5 模擬結果顯示，戰機無法適度獲得修護維持費預算影響妥善力及維修積壓力趨勢，亦即在國防資源的限制條件下，為維持戰機基本妥善率 75% 目標，其年度採購備份件需求預算獲得比例於 0.8 才能維持運作。

4.2 調整戰機使用時數之可行性政策分析

戰機能維持系統應有之妥善率，充足的料件支應是不可或缺的要件

因此，就上述各項模擬分析，當國防預算資源限制下無法適度支援戰機維修，假設在訂定以任務目標為導向的戰機年度飛訓需求時，降低飛行時數後所產生器材消耗量情況，模擬結果如圖 4.9。

圖 4.9 模擬結果顯示，降低年度飛行時數 1000 小時影響器材消耗量得趨勢，亦即在考量國防資源限制條件下減少飛行時數 1000 小時，比對器材消耗情況調高預算支援情況可達預算獲得比例 0.2 所購置器材費用效益。

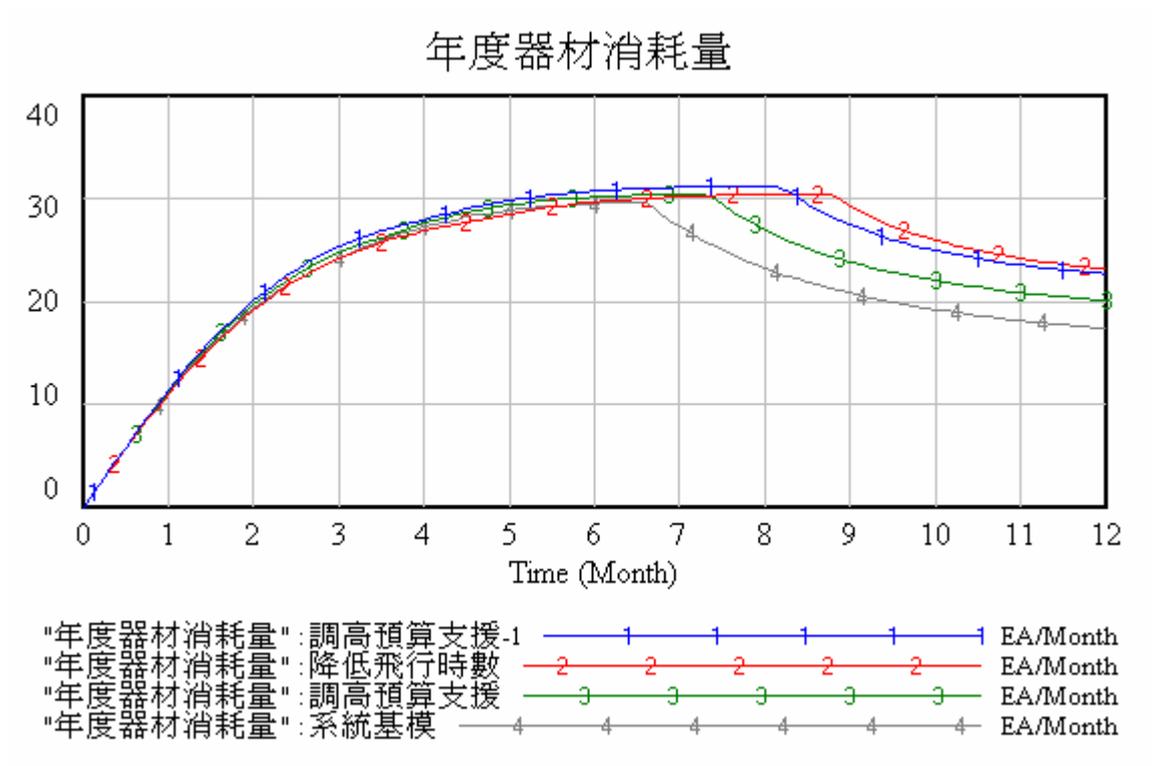


圖 4.9 降低戰機飛行時數對器材消耗量之影響

第五章 結論與建議

本研究的主要目的，在於戰機飛訓需求（時數）與維修器材耗用之關係對後勤維持費影響，探討目前我國國防武器操作均以戰備、訓練等任務特性訂定裝備使用時數為基礎來規劃籌補所需器材及編列維持費用預算制度，藉由裝備運作負荷影響後勤維持費用的差異。希望能提供實證上發現，給予決策者在預算政策上的考量，以對其在後續編列修護維持費預算合理比例有所貢獻。本章將對本研究的各項發現，提出綜合性結論，並針對維修機制後續研究，提出適當的建議。

5.1 研究結論

要能維持系統應有之妥善率，充足的料件支應是不可或缺的要件之一。然而，國軍每年根據下級單位提報的需求，編列預算進行各項武器系統零附件的採購，雖然可滿足料件的補給率，但不見得就能使裝備達到應有的妥善率，反而可能因下級單位未依實際狀況提出需求，使得倉庫裡始終堆滿一些用不到的料件，造成資源浪費。

根據上述的模式建構與模擬實驗結果發現，當預算獲得比例期望降低時，對全機隊運作影響甚鉅，較易因器材籌購不足而造成修護率下降，產生維修積壓的現象，當整個機隊的待件機數過多時，以現行我國戰機使用均以訓練及戰演等任務導向為主，因無法全面讓各裝備適當分配使用，勢必造成機隊在任務運作安排及指派規劃管制上出現無法達到目標的問題。經模擬實驗籌補備份件存量的寬裕度，比較現行依據作戰部門的戰訓需求時數為備料基礎考量作業程序，預算獲得比例將影響備份件的後續採購項量，所以設立穩定維修預算比例，來支付必要的維修工作

是有其重要性，經模擬顯示維持戰機基本妥善75%目標時，針對其年度採購備份件需求預算獲得比例於0.8才能維持運作。

另外，本研究觀察飛行時數影響備份件存量關係，因降低飛行時數使故障發生情況相對減少，而使器材消耗減低，相對使備份件增加，代表修護支援能力的器材支援率提升，使在進廠檢修中飛機數相對因器材籌補存量提高而能順利出廠，並減少維修人員在故障檢修及器材獲補時間等待時間，減輕人員負荷量。因此模擬結果顯示，降低年度飛行時數1000小時影響器材消耗量趨勢，比對器材消耗情況增加預算獲得比例0.2所購置器材費用效益。

5.2 建議

適當之國防投資可為鞏固國家安全，國防投資之額度取決於政府整體施政目標與國家面臨安全威脅之強弱程度，軍力的維持是政治民主與經濟繁榮的最有力保障，鑑此，就上述論點提出建議如后：

- 一、備份件需求預估一直是我國國防戰機維修作業中重要的課題，尤其希望能滿足現行依據作戰部門戰訓需求時數為備料基礎考量，預算獲得比例將影響備份件的後續採購項量，所以設立穩定維修預算比例，來支付必要的維修工作是有其重要性。
- 二、建立穩定器材備份件之標準存量，縮短器材籌購期程，雖透過本研究分析器材備份件初期尚可滿足飛訓需求，但此時備份件項量係為舊有存量，若未能適時適度補充，將恐造成妥善機數減少而影響飛訓任務之遂行。
- 三、強化派飛管制作業，係機隊運作中極為重要之項目，機隊為發揮其應有戰力效益，均設定其最佳器材維修屆更時距，故機隊管理者必

須透過飛行資料記錄與分析，適當的監控戰機飛行時數情況，以決定各架飛機的飛行時數使用多寡，並適時釋出檢修行動，確保飛行安全。

5.3 後續研究建議

文中所建構之動態模擬模式係以戰機飛行時數與修護維持費為主軸，因此後續之研究可依此邏輯對模式中相關參數，進行更精確的蒐整，使有限的國防預算資源發揮最大效益。

參考文獻

一、中文部分

1. 史從政（民 94），由供應鏈觀點探討聯合後勤補保模式之研究，國防中正理工學院兵器系統工程所碩士論文。
2. 孔祥舉（民 89），以壽期成本及妥善率分析最家維修階層之研究 - 以戰機起落架系為例，國防中正理工學院兵器系統工程所碩士論文。
3. 王榮明（民 80），國防支出與非國防支出之間抵換關係之研究，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
4. 伍光華（民 93），由供應鏈觀點建構國防研製單位存貨模式之研究，國防中正理工學院兵器系統工程所碩士論文。
5. 汪學太（民 80），軍事研究發展預算動態模式之構建與管理政策分析，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
6. 李允傑（民 89），國防預算規模之分析：新制度論的觀點，第三屆國軍軍事社會科學學術研討會論文集，378-400頁。
7. 李蕭傳（民 82），不同戰略型態之國防預算分配政策，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
8. 林志宏（民 95），考慮多重定期檢修限制之機隊運用指派最佳化模式建構探討 - 以軍用飛機為例，國立東華大學企業管理研究所碩士論文。
9. 郭壽齡（民 91），應用非完美維修模式估算武器系統備份件數量之研究，國防中正理工學院兵器系統工程所碩士論文。
10. 唐裕輝（民 92），多維修後勤層級與多系統設備層級之備用件存量個案研究 - 以軌道業為例，台北科技大學工業工程與管理碩士論文。
11. 孫惠民（民 94），飛機派飛與修護之模式建立探討 - 以戰轟機為例，

- 國立東華大學企業管理研究所碩士論文。
12. 黃種明(民93)，禁忌搜尋法在維修政策與備份件預估之探討，國防管理學院後勤管理研究所碩士論文。
 13. 游黃盛(民91)，國防預算資源分配之研究 - 系統動態學之應用，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
 14. 葉金成(民81)，國防預算的規劃策略 - 策略之適用情境及評選，交通大學管理科學研究所博士論文。
 15. 葉金成、張寶光(民82)，在『干擾 - 反應』環境下國防預算規模之規劃策略和模式，國防管理學院學報，第14卷第2期，37-51頁。
 16. 國防部(民95)，國防報告書，國防部。
 17. 梁蜀東(民80)，國防預算規模之決定，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
 18. 陳貴強(民88)，國防財務規劃之研究 - 時間數列預測模式與財務決策支援系統得建立，國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
 19. 吳慶璋(民88)，國防預算下限法制化對國家安全影響之研究，跨世紀國家安全與軍事戰略學術研討會論文集334-354頁。
 20. 陶在樸(民89)，系統動態學 - 直擊第五項修練，台北：五南圖書。
 21. 楊承亮(民87)，國防預算額度估測解析性模式，第六屆國防管理學術暨實務研討會論文集，523-542頁。
 22. 劉立倫、費吳琛、潘俊興(民88)，以時間數列移轉函數預測國防預算之研究，國防管理學報，第20卷第1期，15-29頁。
 23. 楊忠城、張寶光(民89)，從內生經濟成長理論觀察我國國防支出規模之適足性，國防管理學報，第21卷第2期，22-33頁。

24. 鄭梅峰(民 93) , 以妥善率為基礎之初次備份件存貨策略研究 - 國軍某武器系統之模擬分析 , 國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
25. 鄧瀛培 (民89) , 我國國防預算規劃策略之研究 - 系統動態學之應用 , 國防管理學院資源管理研究所碩士論文。
26. 盧家斌(民92) , 遺傳演算法在維修政策與備份件預估之探討 , 國防管理學院後勤管理研究所碩士論文。
27. 韓釗(民 91) , 系統動力學 - 探索動態複雜之鑰 , 初版 , 台北 : 華泰文化。
28. 譚俊彥(民 90) , 武器系統妥善率之研究 - 以火砲系統為例 , 元智大學工程與管理學系碩士論文。

二、英文部分

1. Adamides, E. D., Stamboulis, Y. A. and Varelis, A. G. (2004) ,“ Model-based Assessment of Military Aircraft Engine Maintenance Systems,” Journal of the Operational Research Society, 55, pp. 957-967.
2. Coyle, R. G. (1981) ,“ The Dynamics of The Third World War,” Journal of the Operational Research Society, 32, pp. 755-765.
3. Coyle, R. G. (1987) ,“ A Model for Assessing The Work-processing Capacity of Military Command and Control Systems,” European Journal of the Operational Research, 28, pp. 27-43.
4. Coyle, R. G. (1992),“ The Optimization of Defense Expenditure,” European Journal of the Operational Research, 56, pp. 304-318.
5. Coyle, R. G. (1996),“ System Dynamics Applied to Defense Analysis: A Literature Survey,” Defense Analysis, 12, pp. 141-160.
6. Coyle, J. M., Exelby, D. and Holt, J. (1999) ,“ System Dynamics in Defence Analysis: Some Case Studies,” Journal of the Operational Research Society, 50, pp. 372-382.
- 7 Department of Defense U.S.A. (2003), The Defense Acquisition System, DoD 5000.1.
8. Forrester, J. W. and Senge, P. M . (1980), Test for Building Confidence in System Dynamics Models, in A. Legasto et al. (eds), TIMS Studies in the Management Sciences (System Dynamics), North-Holland, The Netherlands.
9. Ford, D. N., and Sterman, J. D. (1998) ,“ Dynamic Modeling of Product Development Processes,” System Dynamic Review, 14(1), pp. 31-68.
10. Hillmola, O. P., Helo, P., and Ojala, L. (2003) ,“ The Value of Product Development Lead Time in Software Startup,” System Dynamic Review

- 19(1), pp. 75-82.
11. Jan, T. S., and Jan, C. G. (2000) ,“ Development of Weapon Systems in Developing Countries: Case Study of Long Range Strategies in Taiwan,” Journal of the Operational Research Society, 51, pp. 1041-1050.
 12. Jan, C. G. (2003) ,“ Policies for Developing Defense Technology in Newly Industrialized Countries,” Technology in Society, 25, pp. 351-368.
 13. Jan, C. G. (2004) ,“ Understanding Defense Technology Management Using System Dynamics”. Industry Forum, Systems Approach Special Issue. 6 (5), pp. 95-115.
 14. Jan, C. G. (2005) ,“ Defense Technology in Society: Lessons from Large Arms Importers”, Technology in Society, 27, pp. 181-197.
 15. Lyneis, J. M.(1999),“ System Dynamics for Business Strategy: A Phased Approach”, System Dynamic Review, 15 (1), pp. 37-40.
 16. Maani, K. E. and Maharaj, V. (2004) ,“ Links between systems thinking and Complex Decision Making,” System Dynamic Review, 20 (1), pp. 21-48.
 17. Maier, F. H. (1998) ,“ New Product Diffusion Models in Innovation Management-A System Dynamics Perspective,” System Dynamic Review, 14 (4), pp. 285-308.
 18. Milling, P. M., (2002) “Understanding and Managing Innovation Process”, System Dynamic Review, 18 (1), pp. 73-86.
 19. Senge, P. M. (1990), The Fifth Discipline, Currency Doubleday, New York, USA.
 20. Sice, P., Mosekilde, E., Moscardini, A., Lawler, K. and French, I. (2000) ,“ Using System Dynamics to Analyze Interactions in Duopoly Competition”, System Dynamic Review, 16 (2), pp. 113-133.
 21. Sterman, J. D. (2000), Business Dynamics- Systems Thinking and Modeling for a Complex World, Chicago, IL: Irwin McGraw-Hill.

22. Stockholm International Peace Research Institute (1997), SIPRI Yearbook 1997, Armaments, Disarmament and International Security, OXFORD University Press.
23. Yin Y. K. (1994), Case Study Research: Design and Methods, 2nd ed. London: Sage Pub.

附錄一：本研究之模式方程式

1. 可用備份件 = INTEG(年度規劃採購量 - 年度器材消耗量 , 100)

UNITS : EA

2. 待維修機數 = INTEG(故障進廠修護機數 - 維修準備作業 , 5)

UNITS : EA

3. 進廠檢修中飛機數 = INTEG(維修準備作業 - 完成修護出廠飛機 , 0)

UNITS : EA

4. 年度規劃採購量 = 年度預算需求 * 實際獲得比例/備份件單價

UNITS : EA/MONTH

5. 年度器材消耗量 = 完成修護出廠飛機 * 單機修護備份量

UNITS : EA/MONTH

6. 故障進廠修護機數 = 現有機數 * 故障率

UNITS : EA/MONTH

7. 維修準備作業 = 待維修機數/MAX(故障檢修時間 , 器材籌補時間)

UNITS : EA/MONTH

8. 完成修護出廠飛機 = 器材支援率 * 進廠檢修中飛機

UNITS : EA/MONTH

9. 實際獲得比例 = 0.5

UNITS : DMNL

10. 年度預算需求 = 11000 * 可用備份件

UNITS : DOLLARS

11. 可用備份件對年度預算影響 { (0 , 0.95) - (500 , 2) } , (0 , 2) , (100 , 1.8) , (200 , 1.55) , (300 , 1.13) , (400 , 1) , (500 , 0.95)

UNITS : DMNL

12. 單機修護備份量 = 10
UNITS : EA
13. 備份件單價 = 1000
UNITS : DOLLARS
14. 可修護飛機數 = 可用備份件/單機修護備份量
UNITS : EA
15. 可用備份件對器材籌補時間影響 { (0 , 0) - (1000 , 2) } , (0 , 0) ,
(100 , 0.2) , (200 , 0.4) , (300 , 0.6) , (400 , 0.8) , (500 , 1) , (600 ,
1.2) , (700 , 1.4) , (800 , 1.6) , (900 , 1.6) , (1000 , 2))
UNITS : DMNL
16. 可修飛機數對器材支援率影響 { (0 , 0) - (15 , 2) } , (0 , 0) , (5 , 1.1) ,
(10 , 1.35) , (15 , 1.8))
UNITS : DMNL
17. 器材支援率 = 0.3 * 可修護飛機數
UNITS : 1/MONTH
18. 現有機數 = 60
UNITS : EA
19. 器材籌補時間 = 1 * 可用備份件
UNITS : MONTH
20. 故障率 = 0.2 * 實際飛行時數
UNITS : 1/MONTH
21. 故障檢修時間 = 2 * 待維修機數
UNITS : MONTH
22. 待維修機數對實際飛行時數影響 { (0 , 0.35) - (30 , 1) } , (0 , 1) , (10 ,

0.8) , (20 , 0.65) , (30 , 0.35))

UNITS : DMNL

23. 實際飛行時數 = 飛行時數 * 待維修機數

UNITS : MONTH

24. 飛行時數 = 6000

UNITS : MONTH

25. 待維修機數對故障檢修時間影響 { (0 , 0) - (30 , 2.2) } , (0 , 0) , (10 , 1) , (20 , 1.5) , (30 , 2.2))

UNITS : DMNL

26. 實際飛行時數對故障率影響 { (6000 , 0.3) - (10000 , 1) } , (6000 , 0.3) , (7000 , 0.45) , (8000 , 0.62) , (9000 , 0.85) , (10000 , 1))

UNITS : DMNL

附錄二：本研究之模式變數說明

變數名稱	說明
可用備份件	係為用來支援系統、裝備維護所需之零附件
待維修機數	係戰機操作已產生故障等待進廠維修機數
進廠檢修中飛機數	係戰機故障已進廠執行維修中機數
故障進廠修護機數	係戰機操作使用產生故障不妥善機數
維修準備作業	執行戰機修理及器材支援修護所需時間
完成修護出廠機數	係戰機依據修護政策完成修護行動妥善機數
年度規劃採購量	以年度飛行時數依據規劃採購器材需求項量
年度器材消耗量	年度可用備份件支援戰機維修所耗器材項量
實際飛行時數	現有妥善戰機實際飛行時數
故障率	戰機操作使用中發生裝備失效機率值
故障檢修時間	人員對戰機維修所需時間
器材籌補時間	戰機維修作業器材料件獲補時間
器材支援率	代表器材於修護支援能力的效益
可修護飛機數	現有可用備份件可支援戰機維修機數
單機修護備份量	係代表最初戰機維修所需備份件數量
備份件單價	器材價格
實際獲得比例	實際器材購置預算與獲得預算乘數比例
年度預算需求	年度器材購置費用
現有機數	在系統動態中戰機總數
飛行時數	係最初戰機年度預劃飛行使用時數，為一假設值。
可修飛機數對器材支援率影	可修飛機數與器材支援間數值變化的對應形態

響	
可用備份件對年度預算影響	可用備份件與年度預算間數值變化的對應形態
實際飛行時數對故障率影響	實際飛行時數與故障率間數值變化的對應形態
待維修機數對實際飛行時數 影響	待維修機數與實際飛行時數間數值變化的對應形態
待維修機數對故障檢修時間 影響	待維修機數與故障檢修時間數值變化的對應形態
可用備份件對器材籌補時間 影響	可用備份件與器材籌補時間數值變化的對應形態