

植基於 DODAF 的 C4ISR 架構樣式發展之研究

作者/陳慶權中校、韓孟騏副教授、劉中字博士

提要

規劃建置 C4ISR 體系是一件極複雜且昂貴之事，所面對的包含了需求不確定、技術的快速發展、組織架構的變動、以及各軍種作戰與任務性質的歧異等諸多不確定因素，各發展單位大多應用架構方法以降低此類問題的複雜性，並藉以增進共同的了解。美國國防部為解決 C4ISR 架構整合問題，發展了一套架構描述的規範，稱為國防部架構框架(DoD Architecture Framework, DoDAF)，它提供了共同的定義、共同的資料、共同的觀點以及共同的參考，讓以往分歧的 C4ISR 架構描述邁向統一。本研究依循美國國防部架構框架以聯合防空作戰架構為發展案例，設計具互通性、一致性及整合性的聯合防空指管架構產品，並擷取出蘊含經驗可重複使用的「高階作戰概念」、「作戰活動」、「階層式指管」及「作戰規則」等防空作戰指管樣式，樣式的特性具備重層截擊、觀察—導向—決策—行動循環及分層負責的特色；本論文並將作戰規則樣式推導獲得陸軍野戰防空之作戰規則，驗證了防空作戰指管樣式具有重複使用的特性。本研究藉由 DoDAF 架構提出具專家經驗且可重複使用的防空指管樣式，提高了架構的整合性與一致性，有效縮短架構開發時間，對防空指管架構的發展提供重要參考。

關鍵詞：指管通資情監偵、美國國防部架構框架、架構發展、架構樣式

Keywords：C4ISR、DoDAF、Architecture Development、Architecture Pattern

壹、前言

從國防科技先進國家的經驗得知，使用架構的方法可有效降低此類問題的複雜並能增進共同的了解¹²³⁴。在發展C4ISR架構時，因各軍種及各建置單位均有其專業領域知識，導致各單位所發展的C4ISR架構的內容和格式都不盡一致，

¹ A. Levis, and L. Wagenhals, "C4ISR Architectures I: Developing a Process for C4ISR Architecture Design," *Systems Engineering*, Vol. 3, No. 4, Fall 2000.

² L. Wagenhals, I. Shin, D. Kim, and A. Levis, "C4ISR Architectures II: Structured Analysis Approach for Architecture Design," *Systems Engineering*, Vol. 3, No. 4, Fall 2000.

³ M. Bienvenu, I. Shin, and A. Levis, "C4ISR Architectures III: An Object-Oriented Approach for Architecture Design," *Systems Engineering*, Vol. 3, No. 4, Fall 2000.

⁴ P. Prekop, G. Kingston, M. Chin, and A. McCarty, "A Review of Architecture Tools for the Australian Defence Force," Salisbury, South Australia, Defence Science and Technology Organisation: DSTO-TR-1139, 2001.

無法相互比較或評斷這些架構的整合。因此，必須在規劃之初就強制使用一個共通的、相互作業能力強的架構框架，用以發展、表達與整合軍事作戰和組織運作及流程的整合架構，確保在聯合作戰與多國聯合運作的需求條件下，架構之間可以相互比較，並建立出跨越組織的作戰與任務。

美國為解決此C4ISR架構問題，發展了一套架構描述的規範，稱為C4ISR架構框架(C4ISR Architecture Framework)⁵，它提供了共同的定義、共同的資料、共同的觀點(作戰、系統及技術觀點)以及共同的參考，讓以往分歧的C4ISR架構描述邁向統一。美國國防部於1998年對C4ISR架構規範強制性的政策指導為：“我們認為C4ISR架構規範是政策指導的關鍵要素，依據此架構2.0版指導所有正在發展的與計畫中的C4ISR相關計畫，現存的架構都要在適當的修訂循環中，依據此架構規範重新描述”。最新版本為2004年2月更新的DoDAF (DoD Architecture Framework)⁶。中共中央軍委會於2000年頒佈解放軍指揮自動化條例，強調以統一標準、統籌規劃和集中領導方式，由上至下全力推動指揮自動化建設⁷。我國國防部也於近年來針對聯合作戰、戰場整合的需求，發展新一代的C4ISR系統⁸，積極推動相關作業的架構描述。

本論文因應軍事發展潮流及現階段國防發展政策⁹，遵循美軍DoDAF架構規範的方式發展C4ISR架構，依據C4ISR體系領域內的作戰任務背景知識來建立DoDAF之應用技術，探討此領域的架構發展程序常規。除此之外，期望能夠更進一步的快速而正確的發展架構，必須先行針對C4ISR體系常用的作戰任務、流程做架構樣式的研究，將常遇到的狀況、可能的想定及良好的對應方案，發展出蘊含經驗並可重複使用的一般化架構樣式，讓非專業的發展人員方便的重覆使用，減少發展者自由創作的個別差異，縮短發展時間，以有效的發展C4ISR架構。

貳、C4ISR、DoDAF 基礎及樣式介紹

一、C4ISR 系統的流程及結構

⁵ C4ISR Architecture Working Group, *C4ISR Architecture Framework*, Version 2.0, 18 December 1997.

⁶ DoD Architecture Working Group, *DoD Architecture Framework*, Version 1.0, 9 February 2004.

⁷ Lin, C. S., Chen, G. D., Liu, C. Y., Hsu, L. C., Meng, H. H., and Chen, T. H., “The Study on the Status of PLA’s C4ISR Development,” *Proceedings of the twelfth National Conference on Science And Technology of National Defense*, Tao-Yuan, Taiwan, R.O.C., pp. 37-45, Oct. 2003.

⁸ Lin, C. S., Liu, C. Y., Hsu, L. C., Meng, H. H., Chen, T. H., and Chao, L., “The Challenge on ROCAF’s C4ISR Architecture Development,” *Proceedings of the twelfth National Conference on Science And Technology of National Defense*, Tao-Yuan, Taiwan, R.O.C., pp. 47-56, Oct. 2003.

⁹ Liu, C. Y., Meng, H. H., Lin, C. S., Hsu, L. C., Lu, Y., and Chen, T. H., “The Integration of C4ISR System and Modeling and Simulation System,” *Proceedings of the twelfth National Conference on Science And Technology of National Defense*, Tao-Yuan, Taiwan, R.O.C., pp. 9-16, Oct. 2003.

為描述C4ISR系統，參考劉中宇博士的「整合C4ISR的模式與模擬系統」中所建立C4ISR系統的流程及結構模型如圖一所示¹⁰，C4ISR系統首先要蒐集戰場情報，利用情、監、偵單元與感測器收集資訊，例如預警雷達、追蹤雷達、偵查機、衛星、網路情蒐、...等。電腦系統再將所蒐集的資訊與以往收存在資料庫中的資訊作比對、分析、識別、訂定屬性、威脅區分、...等，最後產生綜合的研判。對決策者而言，除了面對綜合的研判資訊外，還需要有電腦輔助決策支援系統，給予適當的建議及備案讓決策者選用，而且每個建議皆來自適當的模式，故可能的結果會事前的模擬或計算出來。另外，決策者下達決心，要以適當的指管命令來完成，有些決心是事先擬定的作戰計畫，而有些是由幕僚依據當時的戰場狀況與指揮官決心，即時編輯草擬的。利用包含任務規劃的C4ISR系統，以高度自動化的方式支援數位化作戰計畫編輯，再利用通資網路傳遞作戰計畫至作戰部隊，必然增快即時反應、決心下達到行動方案的時效。

圖一 C4ISR 系統的流程及架構示意圖（資料來源：劉中宇，「整合 C4ISR 的模式與模擬系統」）

架構的定義為組件、組件之間的關係、與操控其設計和演化過程中的原則及指導所共同形成的一種結構¹¹；而架構框架的定義是描述架構的一種指導，提供指導、規則以及產品敘述，用來開發和展示架構敘述，以確保對複雜系統或系統中的系統(System of Systems)能夠瞭解、比較、和整合，促使共同的認識

¹¹ C4ISR Architecture Working Group, *C4ISR Architecture Framework*, Version 2.0, 18 December 1997.

以及不同架構之間相互作業和交互操作相容性(Interoperability)¹²。

DoDAF 使用的對象為國防部所有的事務，基本目的在溝通，溝通的目的在於能夠相互了解、找出符合各系統彼此的需求。在規範之下，大家可以藉此共同合作來解決特定的問題，也就是在共同平台框架下發展出一個具全面性的架構，具有整合與可互通性，對聯合作戰及聯盟作戰產生很大的貢獻。

在 DoDAF 架構規範中定義出三種描述國防事務的觀點，作戰觀點(Operational View, OV)、系統觀點(Systematical View, SV)、技術標準觀點(Technical Standards View, TV)，以及綜合觀點(All View, AV)；其中，作戰觀點包含七個子觀點(OV-1~OV-7)，系統觀點囊括 11 個子觀點(SV-1~SV-11)，技術標準觀點具有二個子觀點(TV-1~TV-2)，綜合觀點擁有二個子觀點(AV-1~AV-2)；總共包含 22 個子觀點，如表一所示，詳細定義可參考¹³。簡要的說，作戰觀點描述指揮作戰任務中所需的任務要項(Task)和行動(Activities)、作戰單元和資訊交換需求；系統觀點描述系統提供軍事作戰及國防事務所需的相關功能，以及系統間的相互連結、內部組成；技術標準觀點描述了系統中各部分(包含系統軟硬體、通訊協定、系統資料格式等等)採用的技術標準並預判該技術未來的變化。技術觀點促成或限制了架構的設計及實作所選擇的方向並且影響了架構未來的發展和維護。藉由系統觀點系統的實體資源、性能屬性可與作戰觀點(OV)、技術標準觀點(TV)所定義的每一個標準的需求關聯在一起，達到互通性、共通作業環境的整合架構(Integrated Architecture)的基本條件。除上述三個觀點外，綜合觀點則提供架構的摘要資訊以及架構中所使用到辭彙（包含圖形與符號）定義，以便於在許多架構中，能迅速的比較和參照，並作為架構資料儲存庫設計的參考，架構的互通性即是植基於此而達成。

表一 DoDAF 架構產品（資料來源:作者依 DoDAF 文件整理）

框架產品	框架產品名稱	觀點
OV-1	高階作戰概念示意圖	作戰
OV-2	作戰節點連結圖	作戰
OV-3	作戰資訊交換表	作戰
OV-4	組織關係圖	作戰
OV-5	作戰行動模式圖	作戰
OV-6a	作戰規則模式	作戰
OV-6b	作戰狀態轉換描述	作戰
OV-6c	作戰事件追蹤描述	作戰

¹² DoD Architecture Working Group, *DoD Architecture Framework*, Version 1.0, 9 February 2004.

¹³ DoD Architecture Working Group, *DoD Architecture Framework*, Version 1.0, 9 February 2004.

OV-7	邏輯資料模式	作戰
SV-1	系統介面描述	系統
SV-2	系統通訊描述	系統
SV-3	系統與系統之對應表	系統
SV-4	系統功能描述	系統
SV-5	作戰行動與系統功能對應表	系統
SV-6	系統資料交換表	系統
SV-7	系統性能參數表	系統
SV-8	系統演進描述	系統
SV-9	系統技術預測	系統
SV-10a	系統規則模式	系統
SV-10b	系統狀態轉換描述	系統
SV-10c	系統事件追蹤描述	系統
SV-11	實體資料模式	系統
TV-1	技術標準輪廓	技術
TV-2	技術標準預測	技術
AV-1	綜觀與摘要	綜合
AV-2	整合辭典	綜合

三、樣式介紹

國防大學理工學院院長陸續博士於「由歷史演進看科學、技術與戰爭」文中指出¹⁴：人類累積經驗的方法由古代口語相傳，逐漸演進到用文字符號乃至於今天各種專門科學領域有完整的抽象符號來做為記錄經驗的工具，又說如果不能真正得到前人經驗累積所發展出來的科學、精神、方法以及相關技術，也免不了要『屢生事端』。

由此可知學習或獲得前人所「累積的經驗」並進而「將經驗以完整的抽象符號來做為記錄」的重要性，而「累積的經驗」與「抽象」的結合就是樣式。

(一)何謂樣式

依據樣式理論大師亞歷山大(Christopher Alexander)之定義¹⁵：樣式是某外在背景環境(Context)下，對特定問題(Problem)的慣用解決之道(Solution)」樣式是不斷的重複發生，而有其重複性。但重複的不是問題的本身，而是問題的本質，所以要把不同問題以相同的樣式來處理，勢必要擷取其本質，也就是『抽象』。所以研究樣式必須重視問題本質而非問題的表象。同樣的問題的背景環境及解決之道也是抽象的。

學者高煥堂認為“樣式是人們遭遇到特定問題時，大家慣用的應付方式。

¹⁴陸續，「由歷史演進看科學、技術與戰爭」，國防大學中正理工學院，桃園。

¹⁵ <http://www.cis.nctu.edu.tw/chinese/doc/research/report/PPT/pattern.ppt>。

樣式可用來解決問題，而且是有效、可靠的¹⁶。”，而所謂樣式是將問題領域核心知識抽象建模成一群概念模型(Conceptual Models)。因此，我們預期針對一個特定問題的樣式，應該可以成功及簡單地應用，此即為本論文之主要研究。

(二)樣式的好處

樣式所帶來的好處¹⁷包括：它們記錄了專家的經驗，並且讓非專家也能夠理解。如此，可對經驗不足的架構開發者彌補其專業知識與領域之不足，使開發者提早與領域接軌，進而減少開發時間，縮短開發期程。

樣式的名稱構成了一份辭彙表，幫助開發者更好的交流。每個樣式的名稱背後均代表一個樣式的特性。

幫助人們更快的理解一個系統，只要這個系統是用樣式的方式描述的。樣式的產生是經由領域模型抽象化，因此對於專案複雜度較大的系統，則可經由此加速非領域專家人員對系統的了解。

如此，如能藉由樣式的優點，提供架構開發者一個架構開發的領域模型，並藉此領域模型提供專家經驗，及相互討論使用，進而引導並提供同性質專案架構開發者正確的思維路徑，以彌補架構開發者專業領域與經驗之不足，再輔以 DoDAF 架構規範之應用，如此，除可減少開發時間，縮短開發期程並可達到架構的一致性、整合性與互通性的需求。

(三)設計樣式的主要成分

樣式之設計主要包含四個主要成分：

1.樣式名稱：代表一種解決問題的名詞，方便使用及溝通，如本研究樣式名稱即為聯合防空作戰指管架構。

2.問題描述：要解決的問題及其背景，聯合防空作戰想定設計。

3.解決方案：描述要完成這個設計的元素(Elements)；元素間的關係、元素間的責任及合作關係。節點(OV-2)、角色(OV-4)及作戰活動(OV-5)之間的關係與節點間的需求線與資訊交換。

4.效果（結論）：使用這個樣式的結果、利益及可能利弊得失。

經由本節探討了解，架構的描述從以往的各自描述，因此本研究提出樣式解決方案，希藉由樣式提供領域模型供專家討論，進而參考設計架構以符合所需，精進架構描述方法演進研究理念。

¹⁶高煥堂，“軟體樣式(Design Pattern)之應用”，物件導向雜誌，第001期，第22-29頁，1995。

¹⁷物澤，“樣式觀念知多少”，物件導向雜誌，第004期，第56-59頁，1996。

參、架構發展程序

一、一般高階的架構描述發展程序

依據 DoDAF 發展 C4ISR 相關架構描述，首先要有高階的考量，一般適用的程序有六大步驟：

(一)步驟 1：決定架構的用途、架構描述發展的目的，例如：投資決策、需求確認、武器系統獲得、相互作業的評估、或是作戰評估等等。了解架構描述的使用者所感興趣的部分及欲透視的部份為何？另外還需考量架構描述發展完後要用來從事何種形式的分析。

(二)步驟 2：決定架構描述的範圍、脈絡、環境、相關假設及欲獲取的詳細程度。其中架構描述主題的範圍考量項目包括任務、行動、組織、時段的範圍；架構脈絡是指處於何種大環境時空情境的何部分；架構環境的考慮因素則有作戰想定、特定情況、及所屬的地理區域；架構的相關假設則包含該時段的技術能力。

(三)步驟 3：決定架構的發展須要獲取哪些資料以滿足架構的目的。例如：架構中各觀點的評量方式會導致不同的架構產品、產品細節、及產品屬性資料的需求。

(四)步驟 4：決定要建立哪些架構產品，在 DoDAF 中定義有 22 種架構產品，依據不同的架構描述用途、目的，會有不同的架構產品組合來完成架構描述。

(五)步驟 5：蒐集架構資料、建立架構產品，並關聯、組合必要的架構資料使其成為架構產品的基礎。例如：OV-1 產品需要的作戰節點、需求線、作戰行動、系統節點等等架構資料單元。再此須注意的是，架構資料在各觀點之間要維持一致性，最好能使用遵循核心架構資料模式的架構資料庫工具，以方便達成共通、一致的辭彙定義。

(六)步驟 6：使用架構描述以達成目的。架構描述的本身只能夠促進目標的達成而不能給予解答，使用架構描述做分析才能獲致相關的結論。DoDAF 並未限定應用的分析，而是促使架構描述更完整、易懂、具整合性，成為後續分析的有效基礎。

二、建立架構產品發展流程

上節所述的架構描述發展程序第五步驟，蒐集架構資料建立架構產品，事實上是件複雜的工作，仍需進一步的依據三種觀點來執行分解。

(一)建立作戰觀點架構產品流程

三個觀點中首須建立作戰觀點，發展作戰觀點中各項產品的步驟如下：

1.步驟 1：建立作戰概念。描述整體運作，包括聯合、指揮、後勤服務、準

則、戰術、技術及程序，通常是屬於高階領導者的責任，經由上述的程序才能獲得足夠的資料來發展 OV-1 高階作戰概念圖。

2.步驟 2：當作戰概念已經獲得，則可經由特定的工具發展出作戰行動模型或企業流程。為利於將來的整合及運用，所訂定的“作戰行動”最好引用公認的標準或準則。建立作戰行動模型要決定與作戰行動有關的資訊需求與產出，確認作戰行動的資訊輸入、資訊輸出、控制、與支援機制，運用這些資訊來產生 OV-5 作戰行動模式。OV-5 為其他作戰觀點的產品發展的基礎，當 OV-5 建立完成後，運用原先設定的場景及事件來擷取作業規則、狀態的轉換、事件的追蹤，所獲得的資料用來產生 OV-6 作戰行動順序及時間相關之描述。OV-5 與 OV-6 兩產品發展時，需相互的反覆修正。

3.步驟 3：依據運作邏輯將作戰行動配置到作戰節點，使作戰節點內包含執行的活動，作戰節點也因此繼承該作戰行動的資訊輸入、資訊輸出、控制、與支援機制，不同節點間所執行的行動所需的資訊流也從 OV-5 中得到。在兩個不同節點間的資訊流稱為需求線(Needline)，資料需求也將顯示在 OV-2 作戰節點連結描述中。

4.步驟 4：建立邏輯資料模式。運用在 OV-5 中作戰行動之間的資料交換來建立 OV-7 邏輯資料模式。

5.步驟 5：決定資訊交換需求。OV-5 與 OV-2 描述作戰行動、作戰節點所使用的資訊，藉此描述可得知作戰節點所交換的資訊單元的來源與流向，能夠導出資訊交換需求表，資料交換的屬性將紀錄於一個矩陣式的對應表中，就是 OV-3 資訊交換對應表。

6.步驟 6：確認作戰節點內執行作戰行動的組織型態，參考 OV-1 與 OV-2 可建立組織型態，組織結構建立的關鍵在於組織間必須有關係(資訊交換)，確認組織結構後即可完成 OV-4 組織關係圖。

7.步驟 7：將組織實體單位分配到作戰節點中，此時作戰節點就是代表該實體單位，實體單位將執行該作戰節點內所指定的活動。另外，組織實體單位也要分配作戰行動的支援機制，表示該作戰行動指派給哪些組織單位執行。組織單位分配後，系統觀點將藉以建立滿足個別組織執行活動所需要的系統與通訊需求。

(二)建立系統觀點架構產品流程

一旦作戰觀點完成後系統觀點就能開始建立。系統觀點是在描述架構如何達成，主要包含那些系統元件、軟體、資料、連結需求，以及如何支援作戰程序。以下為發展系統觀點的步驟：

1.步驟 1：確認作戰節點所擁有的系統、系統功能、效能，以有效支持作戰節點執行的作戰程序，描述實體節點的位置以決定可利用的通訊資產。

2.步驟 2：對描述現況架構而言，確認系統現在的功能及子功能，將現在的系統功能關連到所支援作戰行動；對描述未來架構而言，則依據作戰行動來確認系統功能的需求，將關聯的功能與子功能分解並組合，建立系統功能之間的關聯，發展出系統功能描述(SV-4)。接下來發展作戰觀點和系統觀點之間的初步橋樑，利用 SV-4 及 OV-5，對照系統功能至所支援的作戰行動，建立作戰行動到系統功能的追蹤對應表(SV-5)。

3.步驟 3：發展實體的資料模型。依據邏輯資料模式(OV-7)來決定實體資料將如何在實體系統中實作，也就是將 OV-7 資訊轉換為實體的綱要(SV-11)，此產品必須在邏輯資料模式發展之後、在系統資料交換對應表(SV-6)發展之前完成。

4.步驟 4：利用系統功能描述、功能分解與作戰行動與系統功能追蹤對應表(SV-5)，發展系統功能相關的順序及時間描述(SV-10)及系統介面描述(SV-1)。首先決定系統的行為(SV-10)，依據 SV-4 與 SV-5 的初步發展，並回顧之前發展的作戰觀點 OV-6 產品組，找出系統元件間的資料交換，決定事件時間及順序以補獲 SV-4 中系統功能描述的效能，包括系統狀態變遷描述(SV-10b)與系統事件追蹤描述(SV-10c)以描繪系統對事件序列的反應。事件可是為輸入、交易或驅動，當事件發生事件，系統選擇的行動有組規則來做描述，這就是系統規則模式(SV-10a)。發展 SV-10 產品組需與 SV-4/SV-5 之間以反覆的方式發展，從 SV-10 產品組中可確認系統功能，成熟的 SV-4/SV-5 系統功能必須被編入 SV-10 產品組內。其次，指派系統及其介面至作戰節點內之設施，參考 OV-2 中已將組織和實體節點連結的節點，組織的官方文件組織可確認作戰節點的系統，一但在作戰節點中相關的系統被確認，了解系統功能提供該節點執行關聯的作戰行動，即可開始發展系統介面描述(SV-1)。

5.步驟 5：對應資訊交換需求至候選系統，參考作戰行動 OV-5 之間的資訊交換，作戰行動與系統功能之間的關聯，以及實體的資料模型(SV-11)，發展與系統相關並符合作戰資訊交換 OV-3 描述的資料交換需求，此種分析戰時資訊流能夠產生系統資料交換對應表(SV-6)。

6.步驟 6：系統介面描述(SV-1)發展完後，發展系統通訊描述(SV-2)。首先決定節點之間網路需要，以此資訊來定義網路、產生 SV-2。其次確認節點內系統與系統間通訊需要，將此資訊加入 SV-2。再來找尋是否有可利用的遠程通訊，將比對有此通訊需要的節點之間對應至可利用的遠程通訊，將此資訊加入 SV-2；最後發展節點內網路並連結長程通訊與網路，完成系統通訊描述 SV-2。

7.步驟 7：確認硬體、軟體效能參數，發展系統效能參數對應表(SV-7)。

8.步驟 8：系統資料交換對應表(SV-6)完成後，可從 SV-6 的系統資料交換需求組合以及 SV-1 的系統介面對應表，導出系統與系統之間的關聯，描述系統與系統間的對應表(SV-3)。

9.步驟 9：確認浮現的技術，包括硬體、軟體，可用來對作戰觀點所描述的需求提供最佳解，這些可提供詳細的資訊以產生系統技術預測(SV-9)以及技術標準預估(TV-2)。製作 SV-9 並不依賴其他系統觀點產品，但是 SV-9 通常應用於系統發展程序的後期部份，如維護、升級等等。

10.步驟 10：最後發展的產品是系統演進策略(SV-8)，這必須在技術標準輪廓(TV-1)與技術標準預估(TV-2)發展完成後，才能考慮架構內系統演進或變遷的策略。因為系統使用現存標準定義在 TV-1，TV-1 中某些技術標準淘汰或升級，何時應用未來浮現的標準皆定義在 TV-2。此外，系統演進描述還需在必須在現況及未來架構建立後再將 SV-8 做最後發展的修訂。

(三)建立技術標準架構產品流程

技術標準觀點(TV)是用來確認系統採用何種技術標準來實現，發展步驟如下：

1.步驟 1：決定應用服務領域。使用作戰行動模式(OV-5)以發展起始技術標準輪廓(TV-1)，以決定應用服務領域。將作戰行動關聯到聯合技術架構(JTA)中所載之服務領域，再針對服務領域判斷架構所使用的標準是否與 JTA 提供標準有衝突而做適當之裁適；對於不在聯合技術架構範圍的服務領域，則確認是否能適用其他來自國際標準組織的標準。當發展系統觀點產品時，也需使用系統介面(SV-1)資訊將額外的服務領域及標準也加於 TV-1。

2.步驟 2：決定領域內尚未確認的標準。比較 SV-4/SV-5 和 TV-1 服務領域的系統功能，比對何種服務領域尚未有技術標準存在，這些將被記載於技術標準預估(TV-2)。

3.步驟 3：確認浮現的標準。在服務領域內現今尚未被接受的標準，確認是否為浮現中的標準或是未來時段將出現的新標準，將其編入 TV-2 產品。有些狀況，從 SV-1 中得知，浮現的標準已被實作於某些介面中，此時也要回過來將此浮現的標準對應於 TV-1 的標準中。

4.步驟 4：使用之前發展的系統技術預估(SV-9)以確認相關的系統元件、相關的浮現中的標準、以及預於未來某時間要採用的新標準，也都應編入 TV-2 內。

三、發展整合架構

整合架構具有架構之間的整合以及觀點之間的整合兩種面像。架構之間的

整合是指架構使用共通透視與觀點框架，促使不同系統架構之間能藉由架構描述而互動及整合。觀點之間的整合是指作戰觀點、系統觀點、及技術標準觀點彼此都參考到共同相關的資料，也就是該觀點描述的資料如果也在另一觀點中描述到，則該觀點須參考到相同的資料單元。不同觀點描述相同的事物需有相同的名稱、定義與數值，如此，各觀點才能整合。

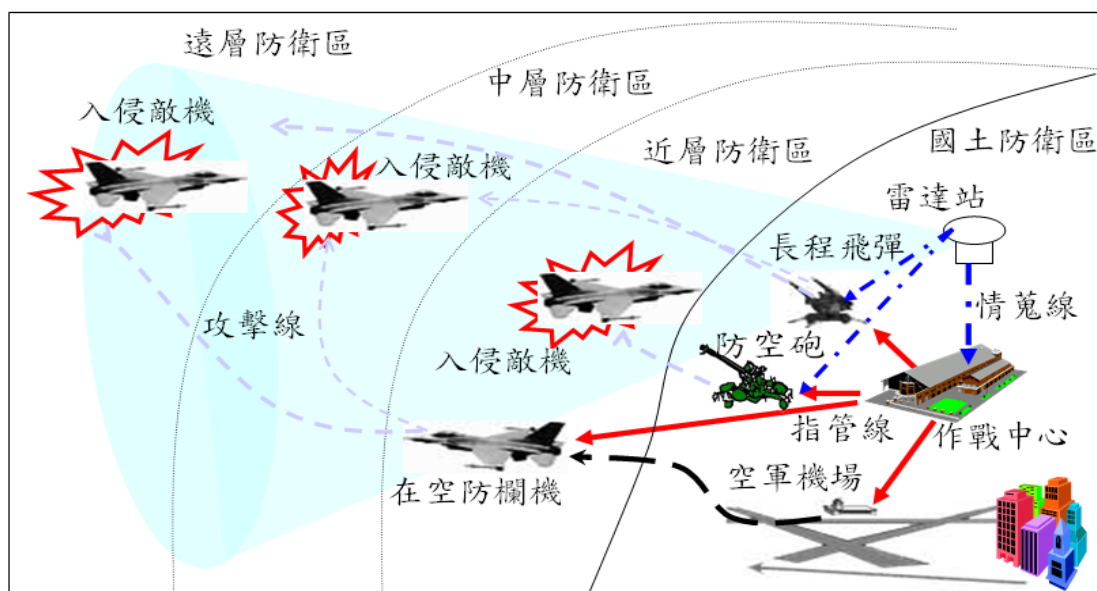
達成整合架構的方法，其核心技術為資料為中心的描述方式。具體的方法就是遵循 DoDAF 所定義的核心架構資料模式(Core Architecture Data Model, CADM)，強制架構描述須以共同的資料模式來表示與儲存，使用共同的詞彙、定義來表達架構資料，以完整觀點間的關聯性與整合。除此之外，發展架構時要注意的整合性問題包含：作戰行動是否重疊？是否為其他架構的子行動？彼此是否相依？系統、系統節點或作戰節點是否在別的架構中支援其他作業？技術標準在不同架構中是否造成衝突？

肆、發展 C4ISR 架構樣式

本論文以聯合防空作戰所需的指揮管制做學理性的探討(與任何國家兵力現況無關)，做為發展 C4ISR 架構樣式的範例。聯合防空作戰概念樣式是基於現今一般國防機構所擁有的防空作戰單元、指揮管制單元、監偵單元、以及資訊通訊技術能力而建立。空中威脅含括假想敵方的各式入侵飛機。指揮管制單元整合包含戰機、飛彈、防砲、野戰防空、艦艇防空、偵測單元、武器投射及雷達與通訊單元做聯合作戰之決策，如圖二所示。

指揮管制程序模式採用美國空軍上校鮑依所提出「觀測 (Observe)、導向 (Orient)、決策 (Decide)、行動 (Act) -OODA」循環理論¹⁸，作為指揮官參謀作業及決心下達之流程。在OODA循環理論中，「觀測」功能是以人為或科技的方法蒐集指揮官所需的作戰情資，現今多以自動化即時之監偵單元，掌握戰場敵軍動態；然後在「導向」功能中，藉由監偵單元獲得大量資料，由電腦做融合處理，再經資訊系統分析或人工分析方法，萃取出敵軍作戰型態模式，提供指揮官做威脅評估與狀況判斷，得以洞悉敵軍之意圖；接著經由指揮官的判斷或輔以自動指管、決策支援程序的「決策」過程，最後選擇行動方案、擬定作戰計畫或下達作戰行動命令，命令作戰執行單元執行作戰。執行作戰行動的成果再由監偵單元觀測獲得以作為下階段行動或修正之依據計畫。

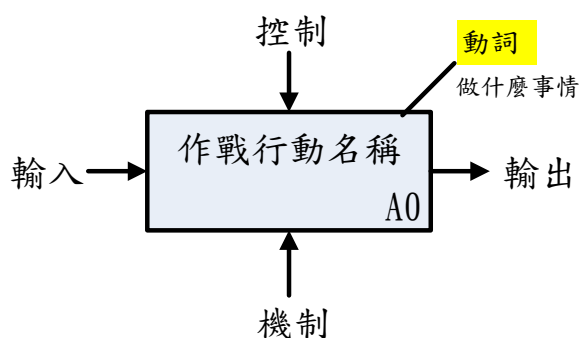
¹⁸ D. Alberts, J. Garstka, and F. Stein, Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority, 2nd Edition, CCRP publication, 2000.



圖二 聯合防空高階作戰概念示意圖（資料來源：劉中宇，「應用 DODAF 建立防空作戰樣式之研究」）

如OV-5 作戰行動模式圖主要描述完成作戰任務所要執行的程序步驟，以及各作戰行動的輸入(Inputs)及輸出(Outputs)，所有行動與其所分解的子活動必須是一個良好的形式、平衡及具有一致性，建構原則遵循FIPS 183 IDEF0 協定¹⁹，如圖三所示。為利於描述各活動之間的控制與機制，使架構產品易於瞭解，本研究仍以FIPS 183 IDEF0 協定描述架構產品。在此步驟中必須完成以下三個動作程序：

1. 建立行動模式樹狀圖。
2. 依據行動模式樹狀圖，並藉由軟體功能將樹狀圖轉換成 IDEF0 行動模式圖。
3. 建立行動模式圖間資訊輸入與輸出線（資訊交換）。



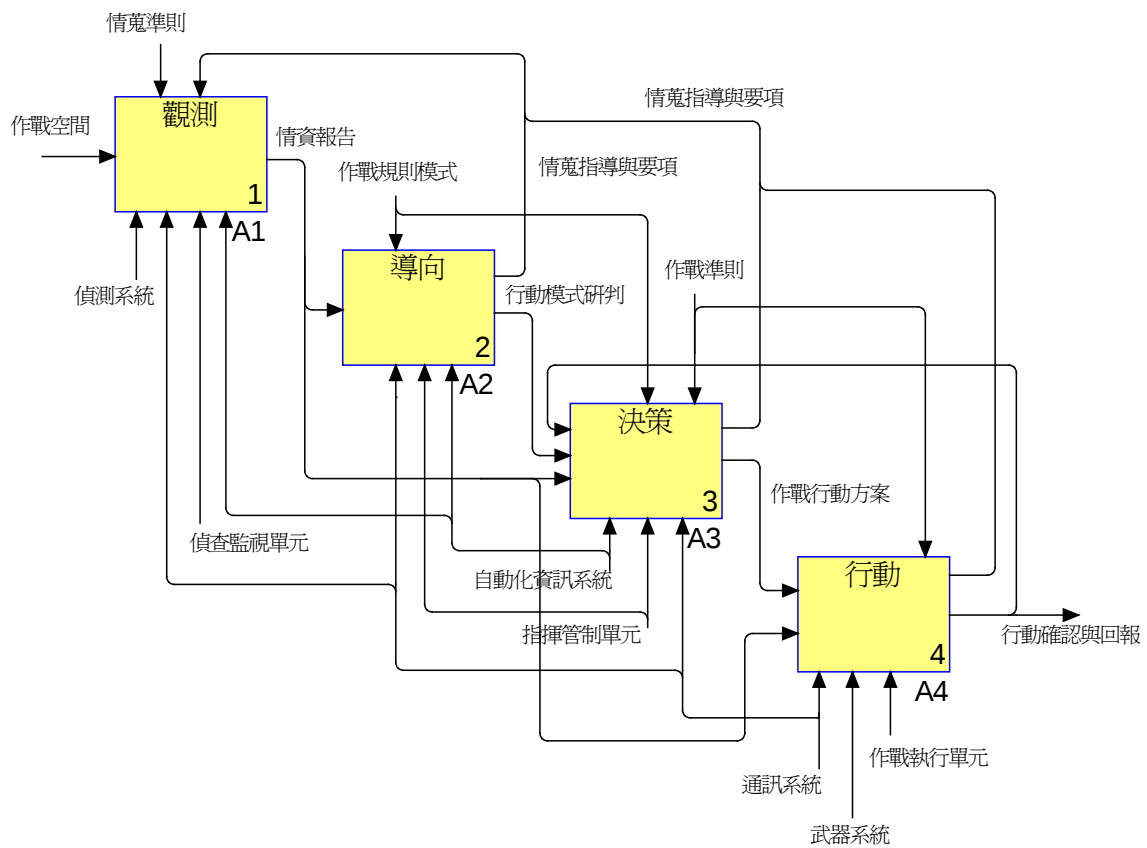
圖三 IDEF0 功能模型（資料來源：[19]）

¹⁹Ring, S. J., Nicholson, D., Thilenius, J., and Harris, S., "An Activity Based Methodology for Development and Analysis of Integrated DoD Architectures-The Art of Architecture," 2004 Command and Control Research and Technology Symposium The Power of Information Age Concepts and Technologies, pp.1-20, 2004.

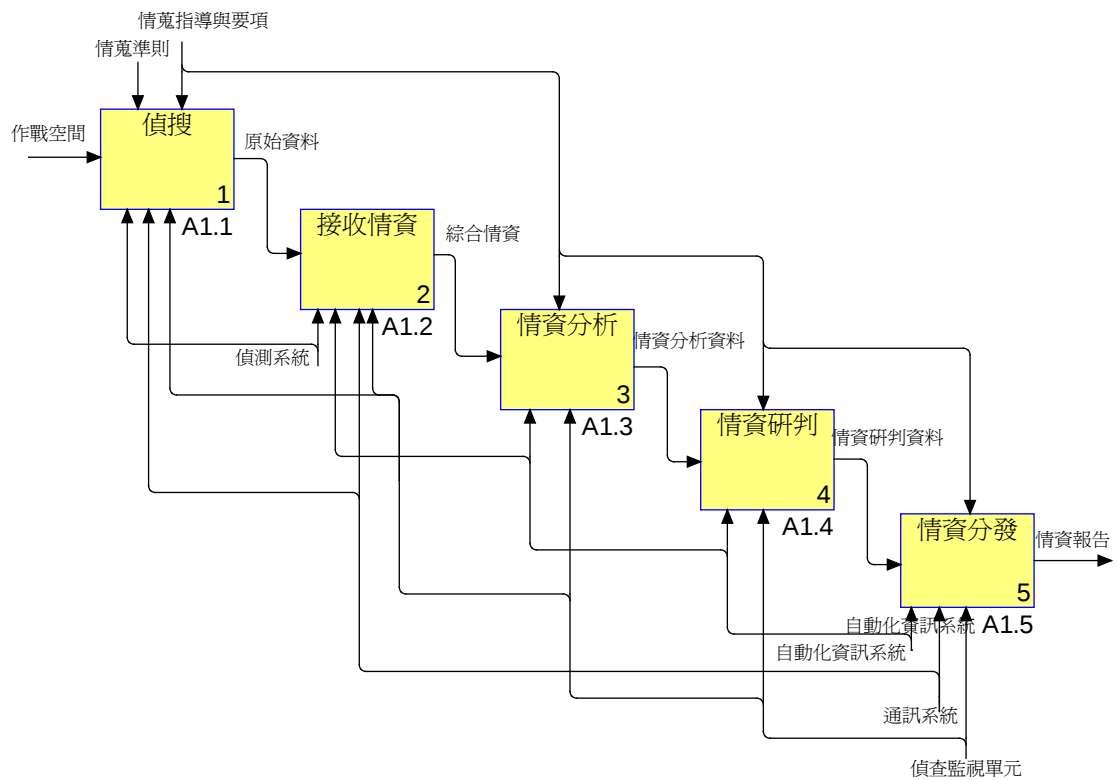
指揮管制程序模式即採用此一「觀測、導向、決策、行動」模式，並結合情報「傳遞」而成，所謂「偵測」聯合防空作戰中首須掌握空中動態，故應利用偵測系統之各種設施，搜索並監視空中活動之航具，儘早獲知其位置、數量、高度、速度及航向等，以便於判斷狀況預謀對策；「導向」是對偵測獲得的空中航跡，須利用各種方法，正確而迅速的識別敵友，並判明意圖，即時決定採取適當之接戰措施；「決策」則當判明為敵之目標時，應即選用適當之防空武器實施攔截，接敵戰鬥；「行動」係經判明形成危害之目標，應即使用防空武器攻擊，殲滅來犯之敵，對已滲入防衛地區上空之目標，尤應充分運用各型防空火力，形成火網摧毀之；而「傳遞」是適時將所獲得的防空情報或警報發放，按傳遞優先次序，迅速傳遞至三軍及民防單位。本論文即以此思維為架構基礎，利用 Popkin SA(System Architect)²⁰軟體完成指管活動圖，如圖四(a)所示。

聯合防空作戰所需的觀測程序可再分解成五個子程序，如圖四(b)所示，第一個為偵蒐子程序，由監偵單元依據情蒐準則及情蒐指導以執行監視、掃描與偵測；第二個子程序接收情資，由監偵單元藉由通訊系統蒐集來自各偵測系統之情資；第三為情資分析子程序，執行目標鑑別、定位及資料融合工作；第四為情資研判子程序，判斷情資之真偽、價值；第五個子程序為情資分發程序，對此情資有影響之系統、單元與行動節點，藉由通訊系統分享此情資。在導向程序中主要的工作項目為敵作戰模式研判及威脅評估，律訂威脅優先等級。在決策程序中可分解為行動(武器)選擇、任務賦予及命令下達三個子程序，如圖四(c)所示。行動選擇子程序是依據情資報告與敵方行動研判，再參照我軍狀況及相關作戰準則與規定，選擇適當接戰方式因應敵方行動。任務賦予子程序係將作戰任務分解為任務要項並指派給作戰管制人員執行，例如：指派某飛彈作戰長擔負某空域航跡目標監視任務。命令下達子程序則是作戰管制人員將任務要項細分為作戰行動序列，反覆的向作戰執行單元下達命令與指示，其中可能的作戰行動包括變更防空戰備狀態、責任區域指派、新的通信波道賦予、方位導引、緊急起飛、資源運補、監視目標、攔截目標、准許射擊、開放射擊、關閉射擊、任務轉移、計畫更新、要求狀態回報等等。最後一個行動程序是作戰行動的執行，由作戰執行單元接受指揮管制單元的命令與指示，持續以行動確認、狀況回報、行動執行、結果回報的循環進行。

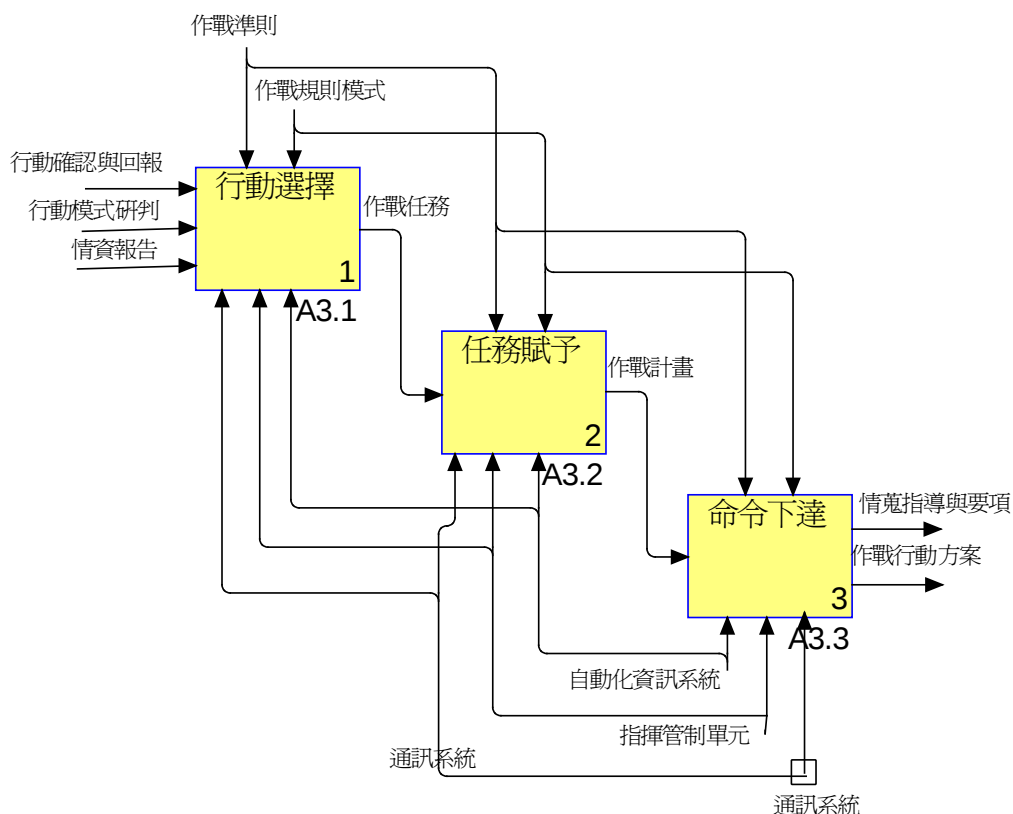
²⁰ Popkin Software & Systems, Inc.U.S.A, System Architect.



(a)



(b)



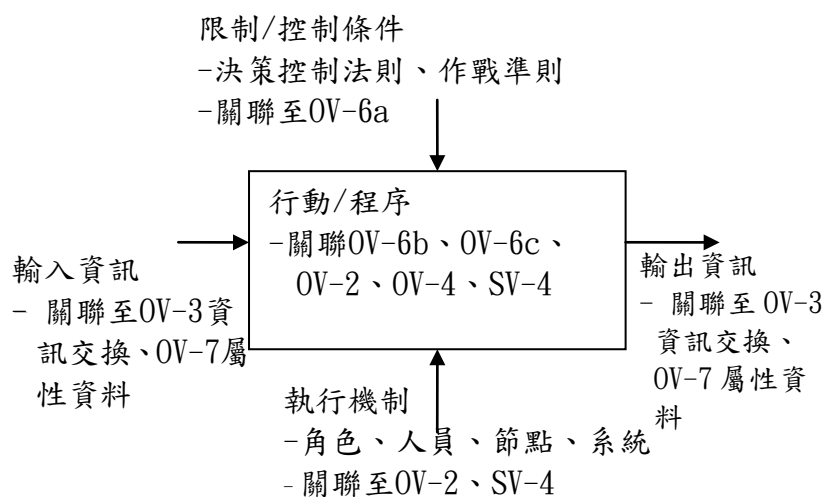
(c)

圖四 作戰行動模式（資料來源：作者繪製）

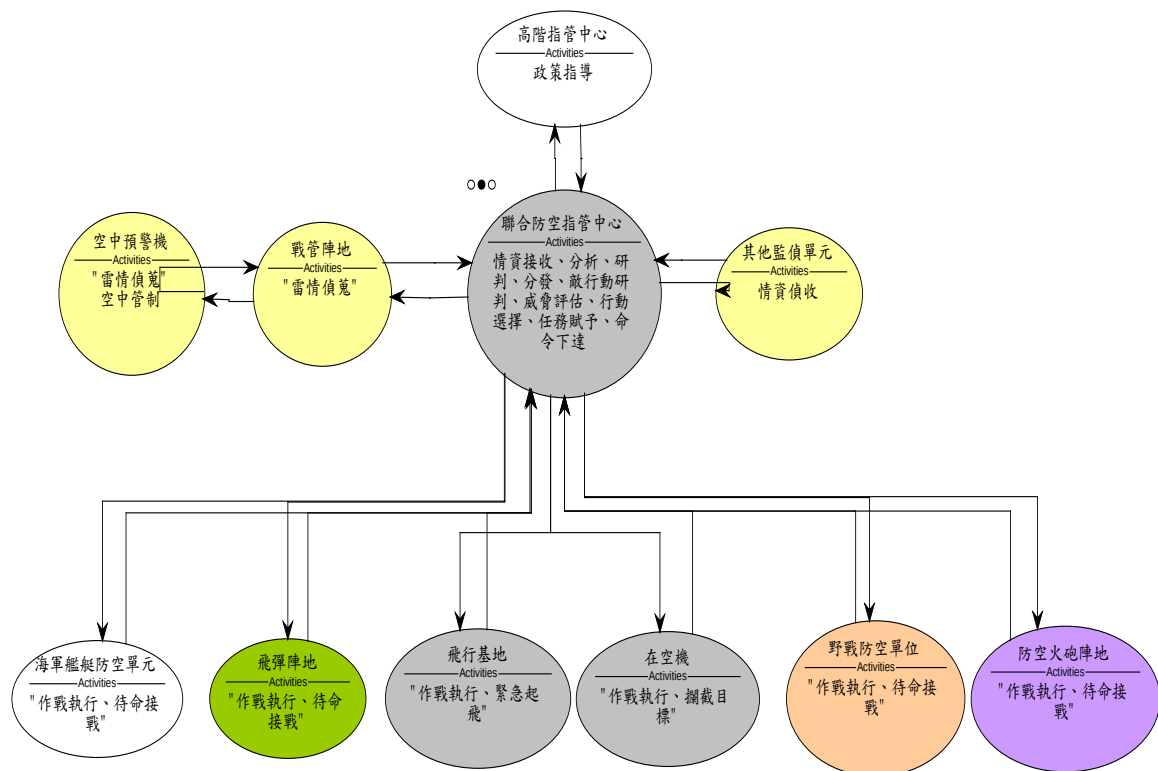
接著以陸軍野戰防空鑑別規則為驗證，陸軍野戰防空鑑別規則為當發現目標航跡事件時，首以判斷是否為上級所交付之目標，如果確為上級所交付之目標時，當目標進入我防空領域範圍即以敵我識別碼比對，因本目標為上級所交付之航跡，研判為敵機的可能性為較高，所以如果比對不符時，則逕判斷為敵機，反之，若比對相符時則先行判定為疑似友機，再於目標進入目視判別區，實施目視判別再確認，如確為友軍時則鑑定為友軍類別，否則，則鑑定為敵機；如果並非上級所交付之目標而是由本身雷達所發現之目標時，仍先以敵我識別碼實施比對，若比對結果相符先行判定為疑似友機，則仍於目視判別區，實施目視判別再確認，如確為友軍時則鑑定為友軍類別，若比對結果或目視結果為非友軍時，則視狀況是否為戰鬥戰備狀況，若是，則一律判定為敵機，否則，為求謹慎避免誤擊，則視其是否對我有敵對行為而定，若有敵對行為則判定為敵軍，否則判定為不明機。

圖為本研究所提出的鑑別規則樣式，經利用陸軍野戰防空鑑別規則套用驗證後，可發現兩者正可互相對映，因此證明研究所提樣式的可行性，陸軍野戰防空鑑別規則以本研究之樣式做推導如圖六所示。

在描述完主要的作戰行動—聯合防空作戰之後，依據作戰行動模式(OV-5)圖中方塊(代表作戰行動)的箭頭導出其他需求，方塊左右上下的箭頭依序代表該作戰行動所需的資訊輸入、資訊輸出、控制資訊及執行機制，如圖七所示。下方箭頭包括作戰執行單元、指揮管制單元、偵查監視單元以及其他相關系統(系統觀點實作不在本論文範圍內)，完成 OV-5 作戰活動圖後接著建立 OV-2 作戰節點，利用圖形方式描述作戰節點以及作戰節點之間的需求線以顯示對資訊交換的需求，作戰節點是指在同一地點執行相同作戰活動，具有相同的資訊需求。作戰節點代表人員角色、組織、組織型別或功能分組。故在 OV-2 中，這三類的節點資訊交換需求也可由所執行作戰行動的左右箭頭來確認，如圖八中所示，作戰節點可分為指揮管制節點為聯合防空指管中心，偵查監視節點包含空中預警機、戰管陣地、其他監偵單元，作戰執行節點包含海軍艦艇防空單元、防空飛彈陣地、飛行基地、在空機、野戰防空單位、防空火炮陣地。OV-4 也能依據 OV-2 與 OV-5 左右下箭頭得知參與作戰行動的資訊流以訂定組織關係。作戰規則模式(OV-6a)關聯於 OV-5 圖中的上方箭頭，是控制行動的資訊、準則，可以“如果…則…”的語法來描述規則，例如：“如果敵機在 XX 範圍，則用 YY 飛彈攔截”。



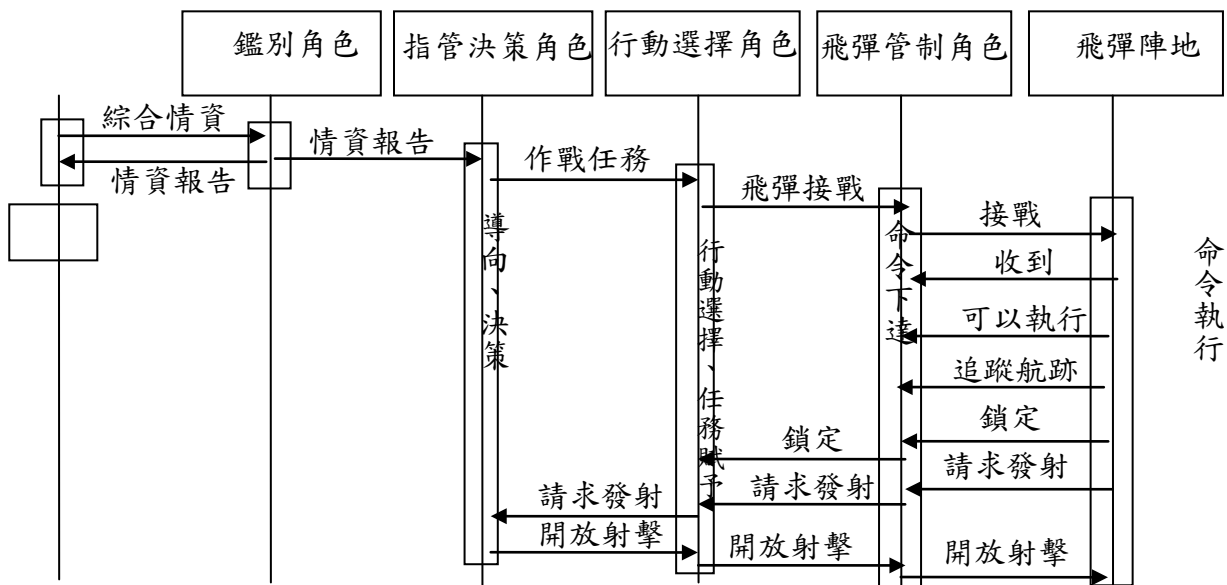
圖七 作戰行動描述與關聯（資料來源:作者依 DoDAF 文件整理）



圖八 作戰節點連結描述圖（資料來源：作者繪製）

OV-6b 與 OV-6c 是描述作戰行動如何反應一序列的事件，OV-6b 聚焦於節點內的事件反應，而 OV-6c 關注節點之間的事件序列。事件可能是節點外部產生的，如：接收到某資訊；也可能是節點內部產生的，如：某時限到期或限制條件滿足等等。當事件產生時可能還需依 OV-6a 所定之規則來採取行動。基本上，OV-6b 與 OV-6c 較可描繪出動態的模式，具有時間先後順序的觀念，圖九為以飛彈攔截敵機可能的事件序列例子，顯示監偵節點內的空情監視角色與鑑別角色、指揮管制節點內之指揮管制決策角色、行動選擇角色與飛彈作戰管制角色及作戰執行節點的飛彈陣地之間的事件序列。

在多數的用途中，OV-7 不是必要的描述產品，但是有二種情況是必要的：當系統需要相互作業，其資料語法及語意要分享以達成資訊互動時；其次，當分享的資料庫作為眾多企業流程間與系統間整合與相互作業的共通基礎時 OV-7 是必要的。因此，在強調整合的 C4ISR 架構樣式描述中也應將 OV-7 納入。OV-7 記載著必須被儲存與擷取的資料，而資料模式通常是獨立於如何的產生、顯示或使用，故產生的方式獨立於程序模式。雖然如此，仍舊可從作戰 OV-1 至 OV-6 中找出描述任務的關鍵字，確認其中要擷取、儲存、產生、處理及交換的資訊，這些通常包含資料模型應該描述的實體。此外，實際已存在的表格、檔案以及資料庫，大多是用來描述領域實體的資料，也應充分應用來完成 OV-7 產品。



圖九 作戰事件追蹤描述圖（資料來源：作者繪製）

伍、結論

有鑑於國防領域任務的複雜性以及跨組織整合的需求，本研究依循國防政策方向，選擇美國國防部推展的 DoDAF 架構規範做為發展 C4ISR 架構的基礎，探討應用領域的架構發展程序建立常規，再針對 C4ISR 體系常用的作戰任務、流程，先期作架構樣式的研究。本論文試以聯合防空作戰所需的指揮管制做學理性的探討，發展出蘊含經驗並可重複使用架構樣式，讓一般的發展人員方便重覆應用，以減少發展者自由創作的差異，並有效縮減 C4ISR 架構發展的時間，對未來 C4ISR 架構描述的相關工作，提供輔助性的參考。然本研究因著重於學術上探討及置重點於作戰架構產品的研究等限制因素下，因此在未來後續研究方向如下：

一、在實例建構方面「防空指管架構」產品多採學術探討，未能結合實務面考量，因此結合實務面分析可為爾後研究方向。

二、本研究成果未進一步加以模擬以求其可行性如何？因此加入模擬設定並進一步提出修正意見亦可作為後續努力方向。