

# 基於架構產品之可執行模式研究

## Research for executable models based on DoDAF products

鍾健雄\*、田孟峰\*\*、謝應言\*\*

\*中華技術學院資工系

\*\*中山科學研究院

\*jschung@cc.chit.edu.tw

### 摘要

複雜系統建構挑戰每一位系統工程師，作戰為一複雜系統工程，其中包括目標偵測、指揮管制、決策分析、武器打擊、戰場管理、...等不同面向問題，由各種系統組成，牽涉資訊流、命令流、物流、人力流等運作，堪稱為系統中系統(systems of systems)。面對複雜軍事系統，必須要有一套系統化的方法對此一複雜作戰系統做詳細描述。美國國防部架構設計規範(DoDAF)為一適當工具，用以剖析複雜的作戰系統。然而，DoDAF 架構產品多以靜態觀點分析而得，缺乏對系統動態運作之評估能力。經由 DoDAF 方法所分析出的結果應能支援系統動態模式建立，此一模型稱之為可執行模式，可藉由模擬實驗探討系統行為及效能。有鑑於此，本文之重點置於探討可執行模型概念及將靜態架構產品轉化為可執行模型的方法研究。

### 一、前言

作戰為一複雜系統工程，其中包括目標偵測、指揮管制、決策分析、武器打擊、戰場管理、...等不同面向問題，由各種系統組成，牽涉資訊流、命令流、物流、人力流等運作，堪稱為系統中系統(systems of systems)。以海軍防空作戰系統為例，組成包括海上艦艇(又可概分為旗艦與屬艦)、艦隊作戰中心、岸置雷達站、情蒐單位(如空中預警機、衛星)...等。作戰期程可分為目標情蒐、資料鏈結、接戰指派決策、戰損評估等四大階段。其中，目標情蒐(Target Acquisition)包括長程偵蒐、早期預警、及艦艇偵測，目標偵測作為橫貫整個作戰期程，不斷地提供目標偵測資料。目標追蹤(Tracking)，即目標追描資料(Track) 建立，追描資料來源包含遠端資訊(如情蒐單位或友軍所提供的目標資料)及本艦偵測資料。追描流程牽涉目標識別、資訊融合、資訊傳播等重要作為。防空作戰中資訊交換與傳遞依賴戰術網路通信與先進之資料鏈結技術。作戰艦艇，必須為一個具有偵蒐、指管及攻擊能力，可以獨自進行作戰的單位，經防空作戰任務編組，由旗艦統一指揮防空任務遂行，掌管各艦資源，指揮各艦情報蒐集及指派對敵接戰。面對複雜的海軍防空作戰，不論是現有系統的功能改進或未來系統開發設計，必須借助系統化方法對複雜作戰系統做詳細描述。美國國防部架構設計規範(DoDAF)為一適當工具，用以剖析複雜作戰系統。

DoDAF 發展，源於美國國防企業(Defense Enterprise)中各軍種建立之「煙囪式」C4ISR 系統

互相無法溝通，期望藉由一個標準化系統描述方法，來對「既有系統」(as-is)或「將要開發系統」(to-be)進行系統分析，以統一大眾對所望系統(Systems of Interest)的認知，藉以執行系統架構間比較與整合，達成異質系統間互通性(Interoperability)。DoDAF 以作戰、系統、技術標準等三個觀點，提出一些標準建模工具，系統化地描述所望系統[1]。研究中發現，以作戰觀點考慮系統，並以標準模型方法呈現(如 IDEF、UML...)，確能以作戰導向建立系統。美軍已廣泛地運用 DoDAF 與軍事系統開發，運用分析結果，做為需求單位與系統發展單位間的溝通平台。國軍亦認知此一方法論之重要性，各軍種亦開始投入 DoDAF 教育訓練，以 DoDAF 之分析結果做為系統建置重要參考。

然而，DoDAF 架構產品多以靜態觀點分析而得，缺乏對系統動態運作之評估能力。依系統架構學(System Architecturing)的觀點，架構分析除包含功能架構(Functional Architecture)、實體架構(Physical Architecture)、運作組織(Organization)，尚需針對系統動態模式(Dynamic Models)進行分析，以確保系統能符合作戰需求(Operational Requirements)，執行任務。經由 DoDAF 方法所分析出的結果應能支援系統動態模式建立，此一模型稱之為可執行模式，並可藉由模擬實驗探討系統行為及效能。

有鑑於此，本文之重點置於探討可執行模型概念及將靜態架構產品轉化為可執行模型的技術研究。本文將以 DoDAF 所分析出架構產品為基礎，整合離散事件模擬理論，探討以物件導向為基礎之流程趨動(Process Oriented)作戰動態模型之建立。作戰活動流程化分析為建構可執行模組過程中關鍵步驟，本文將詳細探討以作戰活動圖為基礎之流程化分析過程，並分析作戰活動流程中作業活動及執行活動所需資源，以做為直接轉化為流程導向之離散事件模型之依據。經由研究成果，期以協助國軍提升以 DoDAF 為基礎的架構分析能力。

### 二、相關研究

複雜系統的建構挑戰每一位系統工程師，複雜系統肇因於系統不確定性、未知性、互相衝突的需求、或社會與政治性的影響。這些系統複雜性實際地表現於系統元件、工作流程、系統能力、系統節點、及作業組織。系統建置成功與否，取決於系統複雜性及系統執行效能。為能成功建構系統，系統

工程及系統架構學因應而生，系統工程的目的是在於有方法、有步驟、有效率地完成系統開發、安裝、運作、維護、及汰換，而系統架構學則是有系統地分析及描述系統特性，定義系統範圍，並能溝通不同系統接觸者。故在系統架構下，系統工程及系統架構屬不同觀點，卻能整合一起，相輔相成，目標即是建構符合使用者所需，達成系統功能。

企業架構方法論植基於系統架構學，以不同觀點來描述系統，如作業觀點、系統觀點、及技術標準觀點。資訊為現代化系統主要特徵，資訊系統提供資訊服務，以儲存、處理、傳遞資料為核心。基本上，當架構一個系統時，可以由系統功能(Functional)、系統運作(Operational)、及實作技術(Technical)等三個面向來考量。系統架構化的終極目標則是期望建立一個可執行架構(Executable Architecture)，可用於分析系統行為(Behavior Analysis)、評估系統效能(Performance Evaluation)、及成本分析(Cost Analysis)。

企業架構模型及流程請參考圖 1。企業架構建模啟始於任務(Mission)授領，以達成任為導向，產生作業構想，依據作業構想分析與實作概念，建立系統能力、實體裝備、及作業組織等需求。其中將系統功能分解，產生功能架構(Functional Architecture)，包括資料字典、流程模型、資料模型、規則模型，另實體裝備及作業組織亦演化成實體架構(Physical Architecture)及組織模型(Organization Model)。同時，亦觀察系統動態行為，建立動態模型(Dynamic Model)。最後整合上述相關模型建立可執行模型(executable model)，可用於系統規畫設計初期支援系統效能、行為、成本分析。

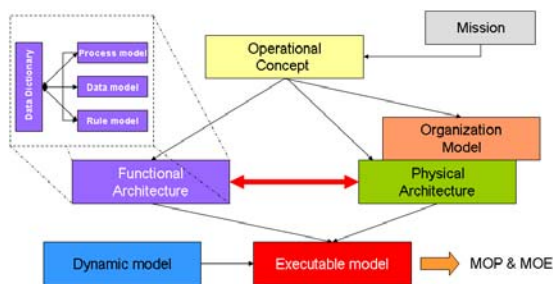


圖 1 企業架構模型

針對企業架構所需模型，有二種塑模方法可用於描述各種模型，分別為結構化塑模分析(Structured Analysis)及物件導向塑模分析(Object Orientation)。在結構化塑模中，運用 IDEF0 進行流程及活動塑模，運用 IDEF1X(相似於 ER 圖)進行資料塑模，運用決策樹(表)、結構化英文、數學邏輯進行規則塑模，運用狀態轉移圖進行系統動態塑模。另一方面，在物件導向塑模中，則運用使用者案例、物件類別圖、活動圖、狀態圖、部屬圖...等進行系統塑模。

有關融合軍事應用於系統架構發展流程，根據 A. H. Levis 曾明確指出系統架構發展必須經過分

析、整合、評估等三個階段[2]。其中分析階段的工作，依據架構內容的定義進行架構分析，將一般作戰上的概念敘述轉換成相關的產品集，透過這些產品所呈現的資訊，可完整描述執行作戰任務時的概況，及系統運作時的相關特性。整合階段將運用產品集中靜態模型資訊及技術架構觀點的輔助，經過整合及分析後，做為建構可執行模式的依據。評估階段將產品集內與時間相關的動態模組納入，實作可供模擬的可執行模式，用來驗證此作戰架構或系統執行時相關的效益。另由 A. AbuSharekh 所提出的架構發展過程[3]，明確描述架構流程從任務起始，到作戰概念的產生，依據作戰概念執行架構設計，產出兩項設計產品。一為原本架構工具所定義的靜態架構產品，這些產品從作戰的觀點上可用來檢驗作戰單位間執行任務時的狀況，從系統的觀點上則可用來驗證系統內部互相作用的能力、資料流傳遞的狀況與資訊的確保。另一為所建構的可執行模式，可執行模式經過與原始架構設計時的特性驗證，進行錯誤的修正，以確認可執行模式代表系統元件的真實性呈現。驗證完成的可執行模組可在特定的測試平臺上執行，獲得的結果與作戰概念的需求效能比較，已進行架構評估的工作。經過修正及驗證後，獲得最後符合要求的系統架構產品。根據上述二位學者論述，我們彙整系統架構發展流程，如圖 2。

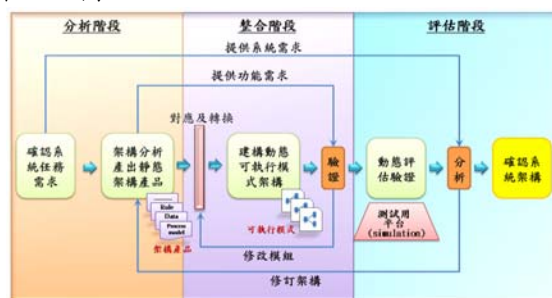


圖 2 系統架構發展流程

圖 2 清楚描述系統架構分析時的運作過程。可執行模式所扮演的角色為可用來執行系統驗證的模組，透過特定的平台執行，可輔助系統進行相關的議題研究。建構方式為透過架構後分析產品所提供的資訊，經過對應與轉換後獲得。

本文採用美國國防部架構規範(DoDAF) 分析與描述相關軍事系統，DoDAF 架構規範定義架構發展、描述、及整合的規範產品，可據以執行跨組織間的比較及關聯，完整呈現系統的功能，提供描述作戰活動與商業流程的指導。DoDAF 架構規範是由三個觀點(View)所組成，分別為作戰觀點(OV, Operation View)、系統觀點(SV, System View)、與技術標準觀點(TV, Technology Standard View)，共計產生 26 項產品。作戰觀點是由作戰人員的角度描述一項作戰任務，包括作戰參與人員、組織結構、活動流程、使用裝備、訊息交換等。系統觀點則是以輔助作戰人員執行任務為出發點，進行相關系統設備的分析，包括各項軟硬體、裝備介面、傳

遞資料格式、系統功能分析等。技術標準觀點描述此系統發展過程內所支援的技術標準[4]。三項觀點間有密切的關係。作戰觀點提供的資訊，可協助系統觀點得知將要進行哪些事情，由誰去做，以及需要交換哪些資訊；而系統觀點提供的資訊，可讓作戰觀點得知執行活動時需要哪些系統提供的服務才得以完成，亦可告知技術觀點系統能力的需求；技術觀點則提供技術的標準以掌控系統能力的實現[5]。

有關架構塑模，本文採用整合性定義方法論(IDEF)做為塑模工具，IDEF 以結構化方式清楚及實用地呈現系統分析，可協助系統分析人員針對複雜的系統運作過程，進行有效率的分解與獲得內部原件特性。針對以 IDEF 表示呈現系統分析的方式，學者 T. Perera 先生提出以 IDEF 為基礎的方法論輔助系統收集相關資料[6]。其中方法內容提到以 IDEF0 進行系統分析前的初步瞭解，建構系統功能模組；以 IDEF1X 表示系統特性資料結構與關連，以瞭解系統內部所需使用的資料關係。IDEF0 主要針對系統活動，提供階層性分解，此種呈現方式對於建構作戰任務活動分析，可獲得相當清楚表示。IDEF0 除可協助進行系統功能模組的分解，亦利於模擬驗證時模組的定義。學者 Rensburg 先生指出[7]，透過 IDEF0 階層化系統運作流程的表示，可做為模擬驗證時建構功能模組的參考。

進行架構分析時，雖知架構規範產品與輔助架構呈現的表示方式，但對於架構分析進行流程仍缺乏可用的理論輔助。在 DoDAF 架構規範中也僅定義各架構產品所描述的資訊為何，對於架構的過程則說明為架構設計師彈性的運用，並未加以定義。本文以 Steven Ring 先生提出的以活動為基礎的方法(ABM)[8]為架構分析流程，ABM 以作戰時所執行的相關任務活動為分析時的重點，透過執行任務活動的需求面，分析出作戰觀點上組織架構、作戰節點、資訊傳遞內容等資料，以及系統觀點中支援做活動的系統功能律定、系統與介面定義、資料流內容等，進行相關架構產品的開發。

從系統架構發展流程來說，架構分析產出的整合架構資料可呈現出系統運作過程中的相關特徵，可對系統做初步的瞭解與分析。然而這些架構分析資料皆屬靜態呈現，仍缺乏系統動態特性描述。相關動態性議題難以透過整合架構所提供的資料獲得，需藉由可執行模式建構，透過模擬動態運作，獲得系統運作時邏輯上與行為上的錯誤，並利於展示架構下系統的能力[2]。

從字面解釋，可執行模式因可用來執行的。就其意義與重要性，AbuSharekh 學者曾指出：「一個資訊架構內的可執行模式，能利用架構分析系統動態行為，找出靜態產品中不容易發現的邏輯及行為上的錯誤，並且向顧客或使用者展示此架構下系統可以達到的能力。[3]」，而 Steven Ring 曾表示，可執行模式可明確表示事件發生的順序性與一致性、在何種狀態下資訊會被使用與產生、及處理者

的分配與資源的使用[9]。綜合上述學者的說明，凡系統經過架構分析設計後，均須驗證獲得該架構下系統運作執行的狀況，以找出效能或運作流程邏輯上的缺失進行改進，使得系統更趨於完善。

對於軍事系統架構分析來說，使用 DoDAF 進行架構分析時，無法獲得作戰觀點下有關效能資訊以及系統驗證與確認(V&V)[10]。然透過可執行模式的建構，對於作戰任務活動流程進行分析，則可彌補 DoDAF 在作戰觀點上無法進行動態驗證的缺失。本研究即參考此概念進行相關可執行模式建構的探討。

有關可執行模式建構方法，Steven Ring 等曾提出在 DoDAF 架構分析下，可執行模式的建模技術可使用下列四種[9]：

1. Colored Petri-Net (CPN)；
2. 可執行統一建模語言(Executable UML)；
3. 離散事件模擬(Discrete Event)；
4. 商業流程管理標記法/商業流程執行語言(BPMN/BPEL)；

以 Colored Petri-Net 作為 DoDAF 架構下可執行模式，學者 AbuSharekh 先生曾指出[3]，以地面作戰中心指揮攔截機進行空中威脅反制為場景進行 DoDAF 架構分析，並提出以 CPN 建構可執行模式的步驟與方法，實際將所開發的空中攔截場景進行可執行模式的轉換並實際執行，透過輸入參數的變化改變任務流程執行的狀況，用以探討在不同的接戰策略下，造成完成任務所需時間的差異。

有關 Executable UML 的應用，美國物件管理聯盟(OMG, Object Management Group)在軟體架構開發概念上，提出以 MDA(Model Driven Architecture)為基礎，期以高階建模語言的方式，直接呈現系統的內容。MDA 所採用的建模工具以 Executable UML 為主要發展方向，而在 DoDAF 的應用開發上，則為 UPDM(UML Profile for DoDAF/MODAF)做為 DoDAF 架構開發時建構可執行模式之用[11]。Executable UML 將系統圖像化並以 UML 定義成三種模組：領域圖(Domain Chart)、類別圖(Class Diagram)與狀態轉換圖(Statechart Diagram)，並定義執行的語義建構可執行的模組用以驗證系統動態資訊。

BPMN 是一種用來建構商業流程與網路服務流程的新標準，使用 UML 的方式提供建構商業流程時的一些方便性。BPEL 為一種以 XML(Extensible Markup Language)為基礎的中間語言(meta-language)，用來建構成 XML 格式的商業流程模組。由於 BPEL 並無圖像化的表示方法，可利用 BPMN 的特性協助 BPEL 圖像化的呈現系統資訊。至於在 DoDAF 的應用上，Telelogy 公司曾提到 BPMN 與 DoDAF 架構產品之間的對應方法[12]。其中針對 DoDAF 架構產品有關系統動態行為描述的產品、資訊結構化的產品與活動流程模組的產品，作模組轉換的說明，以利於 DoDAF 架構使用 BPMN 的方式建構可執行模式之用。

本研究將著重以離散事件模型概念建構可執行模式。探討軍事任務場景的特性是由複雜的活動流程所組成，事件的發生驅使任務活動的運作，符合離散事件的特性，因此採用以離散事件模擬的方式建構可執行模式，探討系統的動態作為。

### 三、可執行模式分析

本研究以離散事件模擬的角度進行系統內任務活動的分析，藉由活動流程化的方法將複雜的任務運作過程分解，作為建構可執行模式時的參考。而建模時所需要的資訊輸入，則由架構產品經過適當的對應後獲得，並藉由資料收集樣板來輔助資訊

的收集與管理，供建模使用。本節將分別探討建構可執行模式時，作戰活動流程化分析、從架構產品獲得所需要的資訊轉換、以及資料收集樣板的運用。

### 流程導向系統模擬

本研究以離散事件模擬的概念建構可執行模式，針對 DoDAF 架構資訊與建構離散事件模擬原件進行對應，研究結果顯示建構可執行模式所需資訊，大部分可經由架構資訊或與使用者的溝通獲得。建構可執行模組的資料來源綜整如表 1 所述。

表 1 建構可執行模組的資料來源

離散事件組成元件	可參考的架構產品資訊		需要額外獲得的資訊與說明
	DoDAF 產品	IDEF 產品	
實體	OV-7、OV-3	IDEF1X	為活動運作時輸入與輸出的資訊，必須確認必要的屬性資料及與其他資訊的關係。
活動與事件	OV-5、OV-6a、OV-6b、OV-2	IDEF0、IDEF3	除透過架構產品獲得運作流程的關係及邏輯外，活動運作時是否需要資源及處理時的延遲時間資料，均須額外的補強提供。而功能或處理資訊相似的模組，可參考 OV-2 的表示，將活動歸類以方便建模及架構的呈現。另外事件與活動的對應、發生時間點的指定，及影響系統狀態轉變的情況，均需要澄清。
資源	OV-1		因無特定的架構產品說明，僅能由作戰概念中獲得。另外各活動的限制條件，也必須額外的透過使用者獲得資訊。
全域變數			針對模擬場景中共通或特定的資訊，建立變數使用。
隨機變數產生器			此項為模擬軟體中提供。
排程	OV-1		依據場景需求，建立特殊事件的發生狀況及時間點程式，僅能由作戰概念中獲得，無特定的架構產品提供。
系統狀態變數	OV-6b	IDEF3	定義特定的系統狀態變數表示之。
統計資料收集者	OV-7	IDEF1X	從使用者處或經由觀察的方式，收集架構內需要統計分析的參數資料，供建模時使用。無特定的架構產品提供。

以上研究分析顯示從 DoDAF 架構產品獲得建構可執行模式資料確實可行。執行過程必須針對目的於相關架構產品中找尋資料，以求獲得正確的資料。

透過架構產品與離散事件模擬元件的對應分析，發現架構產品所提供的資訊，有關時間的資料較為缺乏，例如作戰活動運作持續的時間、作戰流程週期性的行為、傳遞資訊的時間差、要求特定時間完成的項目等，較難於架構產品中獲得。架構產品無法提供完全可執行模式資訊。

### 作戰活動流程化分析

複雜的作戰任務，由數個至數百以上的作戰活動流程組成，透過活動流程彼此間的運作與牽制及資源分配，完成作戰任務遂行。Steven Ring 在其

研究中認為[9]，流程化分析所呈現的訊息，主要描述下列事情：

1. 作戰節點某組織中單位(角色)執行作戰活動的過程及其事件發生的順序。
2. 該角色藉使用資源(系統)，處理輸入的資訊並產生輸出的資訊，完成該項活動。

作戰活動所呈現的動態資訊，可藉由可執行模式所組成的可執行架構 (Executable Architecture)，透過動態分析驗證獲得。根據 Steven Ring 的研究，可執行架構運作分為流程觀點與資源觀點，作戰活動流程的進行將受限於資源分派，甚至產生運用規則。透過此兩種觀點中所分析出的作戰活動流程與使用資源情況，即可展現系統執行時的動態特徵。目前並未有特定的架構規範予以律定可執行架構所需流程與資源觀點相關資訊的獲



得，因此仍須透過系統架構分析後的架構產品提供建模相關的資訊，經過整理後才可建構完善之可執行模式，供系統動態驗證。架構分析產品轉換可執行架構示意圖如圖 3 所示。

一項作戰任務包含數個作戰活動，並以特定的執行順序或規則完成。而作戰活動可能包含數個次作戰活動在內，也以特定的執行順序或規則完成該項作戰活動。因此針對作戰任務，應可將其分解成

數條串連作戰活動，如此流程化分析作戰任務的工作，將可利於建構可執行架構之用。

流程導向建模(Process Oriented Modeling)是離散事件模擬的特性，透過系統運作流程化以及隨機事件的驅動，可充分描述系統運作過程。本文以 OV-5 作戰活動流程圖作為作戰活動流程化分析參考，分析概念如圖 4 所示。

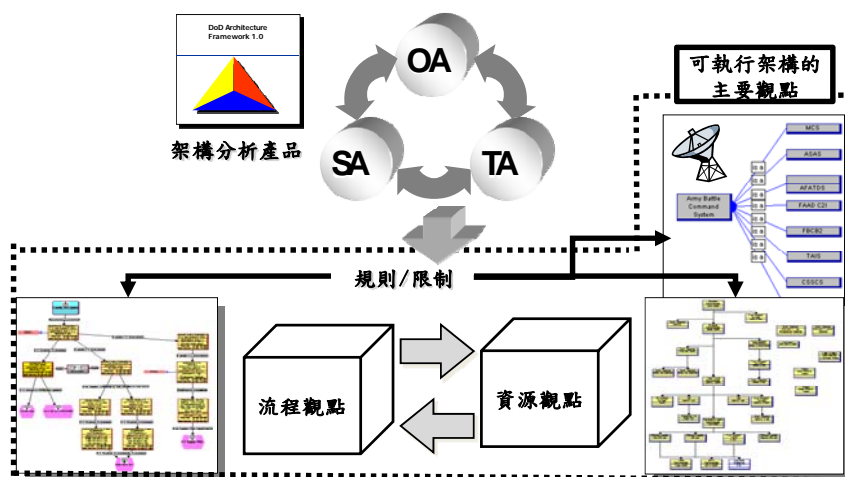


圖 3 架構分析產品轉換可執行架構示意圖[9]

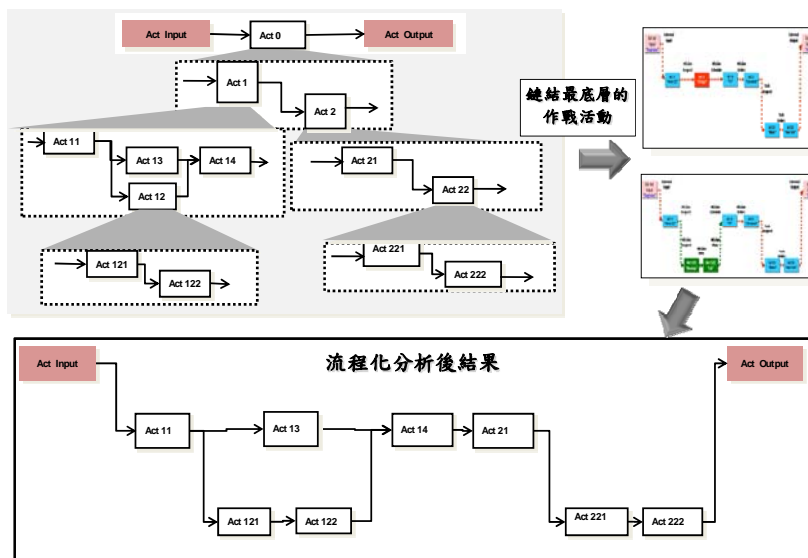


圖 4 作戰活動流程化分析示意圖[9]

流程化分析是以作戰活動流程圖(OV-5)作戰活動為基礎，分析作戰活動是否有下一層子活動存在，可將以樹狀圖的方式呈現 OV-5 中的所有作戰活動。從第一個作戰活動的輸入端開始，針對每一個最底層的作戰活動(Leaf Activity)，將各活動間的輸入與輸出關係做鏈結，若輸出端分散至兩個作戰活動方塊，則歸納為二條活動流程。以此方式分析，則一個作戰任務活動圖可能會拉出數條作戰活動流程。如圖 4 所示，原 OV-5 作戰活動即可分析出由兩條樹個作戰活動所組成的作戰流程。由此可

知，一個最底層的作戰活動才是執行整項任務流程中的關鍵，透過各活動執行時輸入與輸出間的鏈結，完成作戰活動流程化分析的工作

在研究活動流程化分析中遭遇具迴圈特性之問題，如圖 5 所示。圖 5 之左圖中作戰活動 B 傳送資訊 BC 到作戰活動 C，作戰活動 C 除傳送資訊 CD 到作戰活動 D 外，另亦傳送資訊 CB 到作戰活動 B 作為作戰活動 B 的控制資訊，因此在作戰活動 B 與作戰活動 C 之間產生迴圈特性。若依照流程化分析的概念，則圖 5 之左圖中作戰活動流程可

分析成「A→B→C→D」及「A→B→C→B→C→D」等兩種表示，此種表示法無法明確呈現作戰活動流程中迴圈特性。為解決作戰活動所呈現迴圈問題，可將此活動迴圈視為一個大作戰活動，此一作戰活動執行內容為數個作戰活動執行迴圈的部分，故可以大作戰活動分析出輸入與輸出的資訊內容，並與其他外部作戰活動鏈結，進行流程化分析。使用方框表示迴圈活動，將具迴圈特性的作戰活動依序寫入方框內，方框外部則表示此迴圈中的輸入與輸出資訊，完成流程化分析呈現，如圖 5 之右圖所示。另方框內的作戰活動迴圈擺放順序與方框的輸入與輸出資訊有關。方框輸入資訊表示輸入迴圈中的第一個作戰活動，方框的輸出資訊表示從迴圈中最後一個作戰活動，若方框外的輸入輸出資訊非方框內部的第一個或最後一個作戰活動所接收或傳送，則另以箭頭表示，如圖 6 所示。藉由此種表示法，可表示並進行複雜流程化分析的工作。

出資訊，完成流程化分析呈現，如圖 5 之右圖所示。另方框內的作戰活動迴圈擺放順序與方框的輸入與輸出資訊有關。方框輸入資訊表示輸入迴圈中的第一個作戰活動，方框的輸出資訊表示從迴圈中最後一個作戰活動，若方框外的輸入輸出資訊非方框內部的第一個或最後一個作戰活動所接收或傳送，則另以箭頭表示，如圖 6 所示。藉由此種表示法，可表示並進行複雜流程化分析的工作。

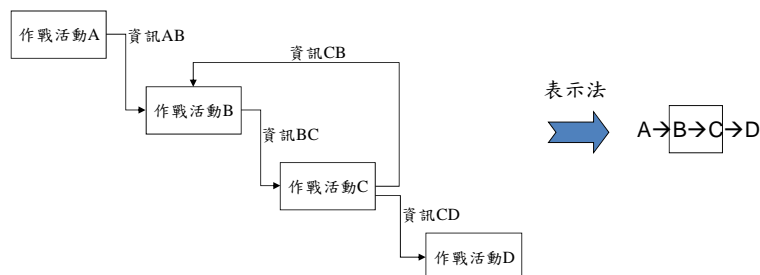


圖 5 流程分析之迴圈現象

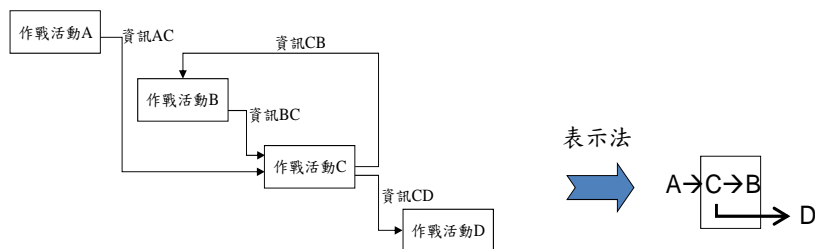


圖 6 活動流程迴圈表示法輸入輸出資訊示意圖

表 2 活動流程樣板欄位

示意圖	時間序	活動名稱	活動編號	From 活動	容 Input 資訊內	容 Input 資訊內	容 Input 資訊內	To 活動	容 Output 資訊內	容 Output 資訊內	處理時間	週期性	資源或限制
-----	-----	------	------	---------	----------------	----------------	----------------	-------	-----------------	-----------------	------	-----	-------

表 3 活動流程樣板欄位

示意圖	時間序	活動名稱	活動編號	From 活動	容 Input 資訊內	容 Input 資訊內	容 Input 資訊內	To 活動	容 Output 資訊內	容 Output 資訊內	處理時間	週期性	資源或限制
-----	-----	------	------	---------	----------------	----------------	----------------	-------	-----------------	-----------------	------	-----	-------

### 資料收集樣板分析

可執行模式資料收集另一個問題為無法有效地整理所收集到的資料。本文將以 Joongyeon Lee 提出的架構範本概念，從建構離散事件模擬及作戰活動流程化執行的角度，制定合宜的資料收集樣板，輔助整理所收集到的資料，此一方法將根據可執行模式特性量身訂做欄位元表格內容，以符合建構時的需求。

依據 DoDAF 產品作戰觀點的概念，OV-5 表

示執行系統任務時的活動流程，有其順序性，OV-6a 則表示為了完成一項活動，其內部處理資訊的順序以及其規則。由於這兩種特性關聯性高，且對於重視流程及規則的模擬來說，均為非常重要的資訊，因此在建立可執行模式時，必須以此兩種特性做階層式的資料收集，並做對應關係，始能完整收集可執行模式關於動態執行方面的資料。因此，本研究根據可執行模式執行時的流程化與規則特性，設計「活動流程樣板」與「條件規則樣板」等

兩種可執行模式資料收集樣板。

活動流程樣板主要目的是收集關於每一個作戰活動其執行時的相關特性，包括從哪一個活動獲得資訊輸入、產出的資訊送到哪一個作戰活動、輸入/輸出的資訊為何、完成活動所需的時間、週期性、所消耗的資源等等。如表 2 所示。

活動流程樣板主要獲得系統運作流程的資訊。以 DoDAF 產品中的 OV-5 作戰活動模式圖為主，建構其中每個活動資訊的樣板資料。從 IDEF0 表示法所提供的資訊，可以獲得樣板中時間序、活動名稱、活動編號、來源活動名稱、輸入資訊內容及組成、輸出活動名稱、輸出資訊內容及組成等資訊。然而，由於 IDEF0 表示活動流程的方式，並未清楚說明每個活動執行時所需的時間、週期性、以及相關執行時的限制條件，而這些資訊對於瞭解系統動態流程隨著時間發展的狀況是必須的，為系統運作需求的表現。這些數據可透過與使用者溝通的方式，獲得需要的資訊。

條件規則樣板主要目的為收集作戰活動內處理資訊的規則。前述在進行 OV-5 作戰活動流程化的過程中，有時會遇到某個作戰活動在輸出資訊時，會傳送資訊到兩個不同的作戰活動，條件規則樣板即在協助呈現此種作戰活動處理資訊輸出輸入的規則，包括輸出輸入/輸出資訊項目、輸出條件定義、控制的條件、延遲時間、耗損資源等等。如表 3 所示。

條件規則樣板並非每個作戰活動均需要建立，若該項作戰活動在流程分析上無特別的資訊流方向，或建構該作戰活動成為可執行模式所需要的資料，則不須建立該活動的條件規則樣板。條件規則樣板主要收集關於條件式的規則。從 DoDAF 產品中的 OV-6a 作戰活動規則圖中，可得到活動內部行為單元的規則性。透過 OV-6a 呈現的資訊，可精確得知該項活動中資訊處理上的規則或邏輯判

斷，在建構可執行模式時可充分利用。若所提供的 OV-6a 產品並未詳述某項作戰活動執行過程中的規則，亦或是架構作業的過程中並未產生 OV-6a 產品，則在進行作戰活動流程化分析時，必須找出流程中資訊傳遞非單進單出的作戰活動，額外收集該項作戰活動相關的規則資料，填入條件規則樣板內。另外，未在架構產品上呈現的資訊，例如判斷時間以及所需或所限制的資源表示，亦可透過使用者的需求填入。

建立可執行模式資料收集樣板之優點為(1)可依照需求彈性製作樣板資料收集欄位，(2)可建立架構產品中不完整的資料收集欄位，以符合建構可執行模式時的需求。例如時間相關的參數，及(3)可協助整理與呈現所收集的資料，供建構可執行模式之用。

#### 四、可執行模式建構分析與實作

經由作戰活動的流程化分析及針對各作戰活動之架構產品資料收集，再利用特定流程化離散事件建模軟體(如 Arena®)，以執行活動的角度搭配所收集到的建模資訊，建構可執行模式供模擬執行，以獲得動態行為與相關統計議題的結果。本研究以海軍艦隊防空作戰為場景，以 DoDAF 描述作戰架構，利用所提出之方法進行作戰活動流程化分析，依據分析結果結合離散事件模擬理論，運用 Arena® 模擬工具建構防空作戰之指管作業模擬，有關可執行模型之建構概念，如圖 7 所示。以 DoDAF 作戰活動架構分析結果(OV-5)，並依作戰活動流程分析，考量複雜作業流程及迴圈分析，可獲得動態模擬場景下之作戰活動執行狀況，如圖 8 所示。同時，依據流程化分析結果及執行作戰活動之單位與作戰節點，可產生以節點為參考的作戰活動執行流程圖，如圖 9。

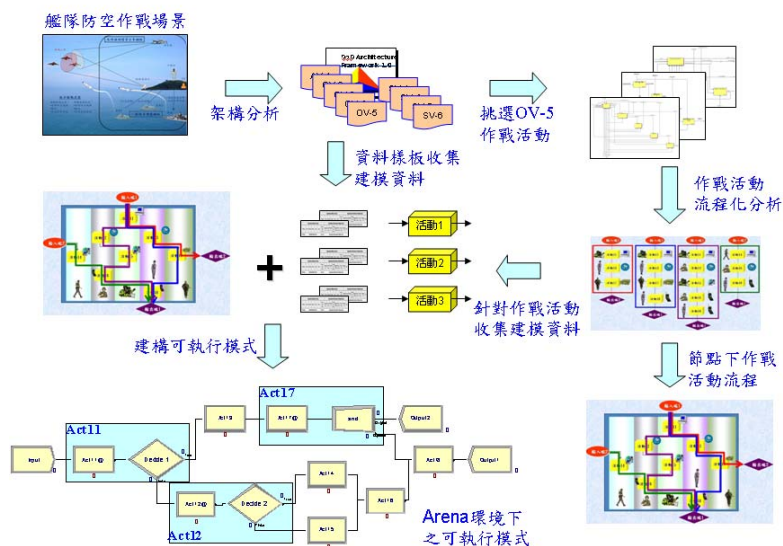


圖 7 以 Arena 建構可執行模式示意圖

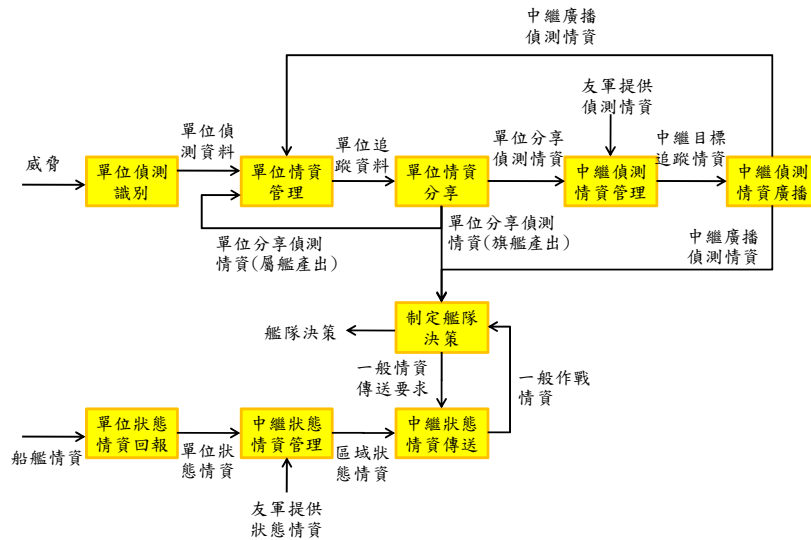


圖 8 動態模擬場景下之作戰活動執行狀況

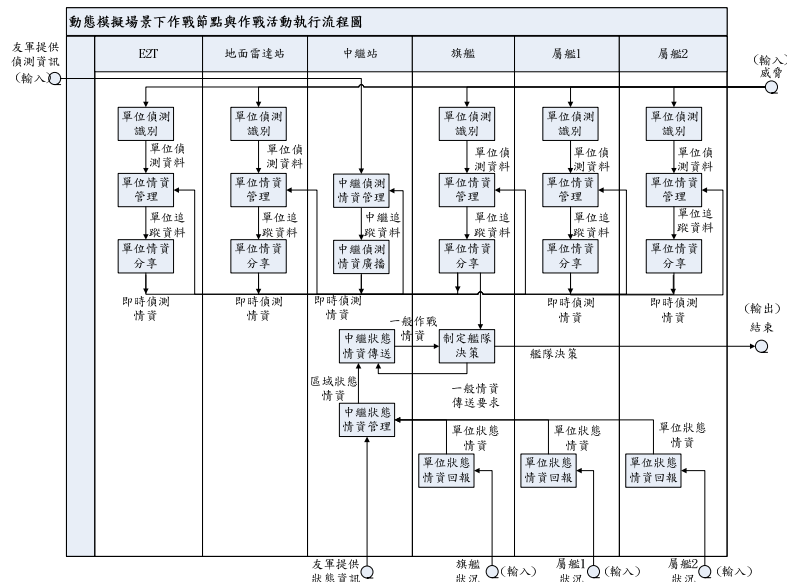


圖 9 作戰節點與作戰活動執行流程圖

由圖 9 可知,根據動態模擬場景分析出的作戰活動流程具有一定的順序性及複雜性,為了瞭解此場景下動態運作時的狀況,可利用可執行模式的模擬執行獲得系統運作狀況的呈現。建構可執行模式前必須先針對每一個作戰活動,利用資料收集樣板的輔助進行資料收集的工作,資料收集樣板分為活動流程樣板與條件規則樣板。每個作戰活動均必須建立活動流程樣板,以呈現每個作戰活動的特性。而對於非單一資訊輸入或輸出之作戰活動,則必須額外建立條件規則樣板,以呈現多條資訊流輸入輸出作戰活動時的規則。

### 五、結論

DoDAF 提出一套清楚的描述方式,詳細地導引描述複雜的軍事作戰系統,以作戰、系統、技術標準三個觀點對一個系統建立完整且一致的描

述,藉由架構分析產品對系統做全面的瞭解,並藉以溝通作戰人員及系統開發者觀念。架構設計使我們能夠在系統建構初期對系統架構有深入瞭解,並藉由架構分析產品建立有效溝通平台。同時,運用可執行模型,藉助動態模擬技術,可以在系統建構初期評估系統效能,藉以檢視系統架構完備性,支援系統設計工作。

本文研究可執行模型的概念及建構方法,並以假設之海軍艦隊防空作戰場景驗證。具體成果如下;

1. 結合以活動為基礎之架構分析方法論(ABM)及整合性定義方法論(IDEF),建立一套整合方法步驟,使以 DoDAF 為基礎的架構分析易於執行且具邏輯性。
2. 以海上艦隊防空作戰為假設場景,進行架構



產品開發，架構分析過程遵照架構規範的定義進行整合性架構的產出，以 ABM 及 IDEF 表示方法清楚地呈現架構產品。

3. 探討可執行模式應用與理論基礎，以離散事件模擬為基礎理論，探討藉由 DoDAF 架構規範所產生的靜態分析產品，分析系統動態行為模式，收集所需的模擬參數，探轉化成模擬系統所需的可執行模組。
4. 實作作戰活動流程化分析，為建構可執行模組過程中關鍵步驟，產生的作戰活動流程包含作業活動及執行活動所需資源，因此可直接轉化為流程導向之離散事件模型。
5. 可執行模式之資料收集樣板設計與應用，本研究以建構離散事件模擬以及作戰活動流程化執行的角度，制定合宜的資料收集樣板，輔助整理所收集到的資料。

期盼本文有助於引導正確使用 DoDAF 架構規範，有效應用架構分析產品，支援建構軍事作戰系統，使 DoDAF 成為建軍備戰有用工具。

#### 參考文獻

- [1] "DoD Architecture Framework Version 1.0 Volume I: Definitions and Guidelines." vol. 1, U. S. DoD, Ed., 2004.
- [2] L. W. W. Alexander H. Levis "C4ISR architectures : I. Developing a process for C4ISR Architecture design," *Systems engineering* vol. 3, 2000.
- [3] S. K. Ashraf AbuSharekh, Abbas K. Zaidi, Alexander H. Levis, "Modeling Time in DoDAF Compliant Executable Architectures," *System Architectures Laboratory* 2007.
- [4] "DoD Architecture Framework Version 1.5 Volume I: Definitions and Guidelines," DoD, Ed., 2007.
- [5] "DoD Architecture Framework Version 1.0 Volume II: Product Descriptions." vol. 2, U. S. DoD, Ed., 2004, p. 254.
- [6] T. Perera, Liyanage Kapila "IDEF based methodology for rapid data collection," *Integrated Manufacturing Systems*, 2001.
- [7] A. v. Rensburg, Nico Zwemstra, "Implementing IDEF Techniques as Simulation Modelling Specifications," *Computers ind. Engng*, vol. 29, 1995.
- [8] S. J. Ring, Nicholson, D., Thilenius, J., and Harris, S., "An Activity-Based Methodology for Development and Analysis of Integrated DoD Architectures," *Command and Control Research and Technology Symposium*, 2004.
- [9] J. V. Dennis Wisnosky, Steven Ring, "The Road to Executable Architectures," November, 2004.
- [10] S. Mittal, "Extending DoDAF to Allow Integrated DEVS-Based Modeling and Simulation," *JDMS*, vol. 3, p. 29, April 2006 2006.
- [11] 陳嘉惠, "運用 DoDAF 與 UML 進行防空指揮管制系統分析與設計," in *資訊科學研究所*. vol. 碩士 桃園大溪: 國防大學中正理工學院, 2007.
- [12] A. Gibson, "Mapping BPMN to DoDAF," *Telelogic White Paper*, 2005.