

以架構為基礎之系統整合評估方法

Architecture-based System Integration Assessment Method

唐百球

國防大學理工學院國防科學研究所

劉中字 謝明芳

Email: tang.ball@gmail.com

摘要

系統整合除了思考跨越不同系統邊界，使資訊系統能夠交換訊息之外，隨著資訊技術應用面擴展，還須釐清組織層面的整合願景、策略、能力與作業流程之合作需求。傳統系統整合概念及互操作性評估，多著重於通資技術層面，已不能滿足於愈來愈複雜龐大的系統、企業或系統組成的系統所需的規劃、設計及管理。架構通常包含多個觀點，以整合處於不同位置與環境的系統利害關係人的關切。架構描述以不同類型利害關係人的關切來多重、多層次地透視複雜的系統，來建立架構並以此表達系統。運用架構概念、原則和程序，可以幫助複雜系統各類型、各層級的利害關係人來管理系統所面臨的複雜性。本論文從系統的組成架構及模式來探究整合，將系統之間的互動模式做為整合之正規化描述，應用 DoDAF 架構框架建立系統整合架構參考模型與系統整合評估方法。本文將以模擬器的系統整合案例做整合評估分析，證明所提方法的可行性與優異性。

一、前言

為使政府機構具有更好的決策、更佳的協調和服務，能夠向民眾和企業提供更好的服務，在資訊時代，系統整合是最重要的能力指標之一。系統整合促使資訊在不同單位之間無接縫的流動，對可利用性資源增進高度延用性，並達到即時性的效果，讓系統發揮最大效益。對政府而言，資訊無接縫的流動增加政府透明度和提高究責性，使政府能夠更容易證明自己的政策方案，並讓公民更深入地了解而支持。因此，近十餘年裡，系統整合在電子化政府的議題中持續被重視[1]，在國防軍事議題中，也是長期強調的關鍵議題[2]。其實，系統整合不僅是技術層面的問題，還包括作業層面、組織層面，甚至還有策略與願景層面的考量。廣義的系統整合在概念上已擴展至系統之間的互操作性(interoperability)，其定義可參考應用最多的定義[2]：系統、單位或部隊提供服務並接受來自其他系統、單位或部隊的服務能力，使用這種交流的服務能夠使彼此更有效的運作。

評估系統間互操作性的程度和需求，隨著資訊科技的發展與系統整合需求增加而演進，不同領域都有學者提出其相對應的測量評估方法。目前的系統整合評估方法中不足之處包括：(1)許多整合的

評估，過於聚焦在技術層面(資訊/通訊系統)，未深入考慮組織整體作業層。(2)多數評估方法的評估結果讓決策者不清楚應該如何準確地解決當前系統整合問題，無法得到解決互操作性適合的方案。(3)現有的評估方法多為質化評估，提供概念性的分類卻過於一般性而顯粗略；少數量化評估受限於適用性，沒有正規化的定義，數字的意涵過於抽象，僅能確認系統某一部份或特定領域互操作性特性。

本文將從系統組成及互操作基本性質分析，提出的以架構為基礎的互操作性模型，將採用傳統的分層架構概念，將技術層級的系統整合延伸到作業層級企業架構的互操作性，互操作性評估將以架構元素互動的路徑做分析，架構元素互動是以案例實際情境場景為參考，以具體獲得具實務性、聚焦問題的整合評估。具體的案例實作將以電腦兵棋系統、戰車模擬器與聯合作戰演訓做整合架構，依據所提的評估方法，建立解決當前系統整合問題的架構方案，並提此整合架構方案的系統整合評估，提供決策者關於系統整合架構的互操作性相關資訊。

二、文獻分析

近年來有關互操作性的研究論文、報告、標準、標準化組織或政府文件中提供非常多的互操作性定義，自 1977 年以來美國國防部已發展出三十四個互操作性定義，被引用次數最多的互操作性定義為：「系統、單位或部隊提供服務並接受來自其他系統、單位或部隊的服務能力，使用這種交流的服務能夠使彼此更有效的運作」[2]。此定義已將互操作性擴展，不限於特定領域並超越技術性議題，如技術、後勤、作業等，屬可廣泛應用的一般化互操作性定義。

在其他國家的政府技術報告中，定義互操作性也有超越特定領域的趨勢。2004 年的泛歐洲互操作性框架：「互操作性是指資訊通信技術(ICT)系統及作業流程具備支援資料交換與促使資訊和知識共享的能力」[3]、2004 年歐盟公共管理網路：「互操作性是一個系統或程序透過共同標準，使用另一個系統或程序的資訊和(或)功能的能力」[4]、2005 年澳大利亞政府資訊管理辦公室：「互操作性是多個組織和資訊技術系統共同工作，以無縫、統一、高效的方式提供互相服務的能力」[5]、2007 年的紐西蘭電子化政府互操作性框架：「政府組織具備藉由使用共同標準以分享資訊和整合資訊的能力」

[6]。

1980年以前，用模型用來測量系統間的互操作性是不存在的，即便當時的通信技術是簡單的，卻也沒有一個真正的需求，來確認系統的互操作性，隨著通信系統的更新與多樣，評估系統互動程度就變得更為重要，針對不同類型系統和組織的需求，都有提出互操作性模型的測量方法，適用層級給予相對應的屬性結構以利評估，歸納整理這些現有的互操作性測量方法如表1所示[7]。

表1 現有互操作性測量方法[7]

Model	Type	Level	Structure	Notes	Year
SoIM	Comm.	System	7 levels	First to describe levels of interoperability	1980
QoIM	Non-tech.	System	7 compon.	First to attempt to take quantitative measurements	1989
LISI	IS	System	5 levels, 4 attrib.	Designed to support JCIDS, DoDAF; measures system alone as well as system pairs	1998
OIM	Non-tech.	Organiz.	5 levels, 4 attrib.	Extends LISI	1999
Stop-light	C4ISR Legacy Sys.	System	Red, Orange, Yellow, Green	Described how well a system meets requirements	2002
LCI	Tech-to-org.	Coalition	9 levels	Defines spectrum between technology and organization	2003
SoSI	SoS	Tech. Operations, Program	3 Types	Recognizes SoS require additional models	2004
NTI	Non-tech.	Multi-national	4 attrib.	Extends OIM	2004
Ford	General	General	8 mixed modes; F: 0-1	Measures system similarity for an operational process	2008

當互操作性的定義擴大後，雖然可適用的範圍增加了，但相關議題卻會發散。互操作性的元素可能是技術層面、資訊層面、語意層面、作業層面、組織層面或電子化政府層面。美軍 C4ISR 架構工作小組於 1998 年提出資訊系統互通性層級模型 (Levels of Information System Interoperability, LISI) [8]，其目的就是發展評估流程來決定系統間互操作性成熟度的層級。LISI 參考模型分層是基於各層級的複雜度，利用層級的概念提供一個用於描述作戰節點之間的資訊互操作能力，是目前被認為最適量測資訊系統以利參考和檢視的互操作模型。

Clark & Jones 於 1999 年指出 LISI 的三個缺點，強烈技術取向、太過聚焦在系統與技術相容性及未支援 C2 的更高層級[9]。他們將 LISI 模式做延伸，發展為組織的互操作性成熟度 (Organisational Interoperability Maturity Model, OIM) 模式，使其更能於聯盟作戰中找出互操作性的問題與評估互操作程度。2003 年再做修正，訂出組織互操作性的四個屬性：準備 (preparation)、理解 (understanding)、命令與協調 (command and coordination) 以及社會特質 (ethos)。OIM 模式已於澳大利亞參與的多國演習中驗證其可用性，也有多位學者對 OIM 模式做檢視與評論。

Thomas C. Ford 於 2008 年提出主張，若將 LISI 和 OIM 的模式結合使用，在特定的場景下，被作戰部隊使用於基本執行和資訊系統高層級的互操作分析，是最有價值的評估互操作性的工具[2]。即便如此，LISI 和 OIM 模型各層級的評估屬性仍過於抽象，僅能評估各系統互操作性程度，無法細分至各節點，亦無法明確指出問題原因，適切地建議改進方法。

Figay & Ghodous 於 2009 年指出，資訊通信技術愈來愈深入的支援人類活動的自動化，從支援簡單的個人重複性活動到支援團隊活動的解決方案，再到支援企業電子商務的互動，互操作性的問題牽涉愈來愈廣與複雜，須要有整體性的互操作性框架來支持企業各層面的互操作，包括 ICT、知識、語意層級的互操作，甚至貫穿各生命週期階段的概念互操作性[10]。

Wyatt, E.J. 於 2012 年認為過去 20 年，各種已經建立或公佈的互操作模型，每一種方法僅能解決領域的一小部份或是特定的某一方面的應用，在軍事系統中的系統 (System of System, SoS) 的框架中需要合作的能力，整合更多的異質系統，以便分享數據和資源，系統間必須能夠互相操作，然而這些方法經常是質化而非量化的評估，如 LISI 模型，是評估軍事系統的最佳工具，卻跟不上軍事環境的快速變革而過時，易潛存不正確的架構指標，缺乏 SoS 的作戰、結構和計畫性三個類型相關聯的互操作指標，難以適用，無法符合 DoDAF 最新的版本 [10]。

針對 Griendling, Domercant, Iacobucci 等學者開發用於 SoS 架構產生和評估的方法，稱為架構為基礎的技術評估和能力的權衡 (Architecture-based Technology Evaluation and Capability Tradeoff, ARCHITECT)，目前，ARCHITECT 的方法雖然是靈活的能夠處理更多，不僅是網路技術或通信的互操作性。但是並沒有量測互操作性量化的能力，因此合作模式結合交戰模式，稱為 ARCNET，被開發用來接續評估 SoS 的互操作性的能力，可以評估系統架構在不同層級的互操作性，以檢視合作能力的影響。ARCHITECT 方法適用於聯合作戰中，有效的測量促使作戰成功[10]。

現有的互操作性衡量模式仍以 LISI 和 OIM 模式此兩種最為常用的互操作性測量及評估模型，綜整後其分析比較如表 2 所示，詳細可參考[2]。本文將會應用架構基礎，藉由美國國防部企業架構 DoDAF 框架來描述互操作性之系統整合架構，建立評估方法，找出可用於互操作性量化指標，分類支援到各層級和評估關鍵性的方法。

表2 常用的互操作性測量及評估模型其分析比較

常用互操作性測量及評估模型分析比較		
參考模型	優點	缺點
LISI	<ul style="list-style-type: none"> 在資訊系統中易於實現程序、應用、基礎設施與資料等級別的互操作性。 明確區分符合當前能力間的技術標準。 	<ul style="list-style-type: none"> 強烈技術取向。 太過聚焦在系統與技術相容性。 未支援 C2 的更高層級。 侷限系統中資訊科技的互操作性，無法說明 SoS 效果。 缺乏 SoS 的作戰、結構和計畫性等類型相關聯的互操作指標，難以適用。
OIM	<ul style="list-style-type: none"> 延伸 LISI 模型，開發對組織的互操作性，支援指管的框架、流程和資訊管理領域。 有效地在聯合作戰中找出互操作性的問題與評估互操作程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 評估屬性過於抽象。 僅適用於資訊系統的高階層的互操作性分析。 無法對各系統各節點作評估。

三、系統整合架構

1. 系統整合概念

首先從系統的子系統和元件的組成觀點來探究整合。系統之間的互動模式即為子系統和元件間的互動模式，以此整合概念之正規化描述，做為系統整合架構之參考模型。系統可定義為欲達成一個或多個目的之相互作用元素的組合；系統可依層級與類別概略分為企業系統(Enterprise System)、人類系統(Human System)、機械系統(Mechanical System)及資訊系統(Information System)。如圖 1 所示。

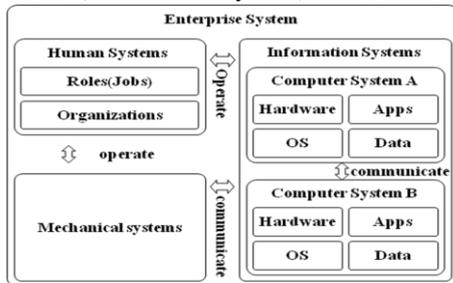


圖 1 企業、人類、機械系統與資訊系統關聯圖

所以，思考系統之間互動就必須先界定系統，也就是系統範圍與互動對象，例如：企業系統之間的互動是人類系統之間的互動還是資訊系統之間的互動？或者，需更深入分解，探究系統元素之間的互動，包括組織部門(Organization)-組織部門、人員角色(Role)-人員角色、電腦硬體(Hardware)-電腦硬體、作業系統(OS)-作業系統、應用軟體(Application)-應用軟體、資料(Data)-資料的互動。更複雜的互動，還可能是不同層級與類別的元素之間的互動，如圖 2 所示。因此，假設系統的元素有 n 個，若 A 和 B 兩個系統間的元素互動不設限，其複雜性為 n^2 。如此，很可能使一般人思考此問題時關聯太過複雜而形成概念上的混亂。

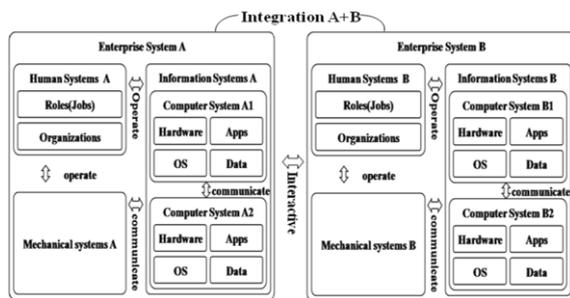
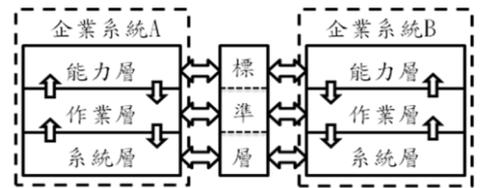


圖 2 系統之間的互動模式圖

2. 系統整合架構設計

將未設限的系統互動轉換為分層互動模式，此分層互動模式參考 DoDAF 之國防企業架構觀點，結合企業應整合分層互動概念而成，能夠管理整合的複雜性、建立方便理解的思考模式，包含一般的人造系統，可能的整合性。

分層互動模式處理任兩個企業系統的互動，首先將企業所屬的人類、資訊、機械系統之運作建立分層模式，由上至下從人相關系統到人造相關系統，分別為能力層、作業層及系統層，如圖 3 所示。



↓: 指導/需求 ↑: 支援/基礎 ↔: 傳送/接收

圖 3 系統整合模型示意圖

完成系統整合模型，上層指導(Guidance)下層並提出需求(Requirement)，下層支援(Support)上層並作為上層實現的基礎(Base)。兩個企業系統的互動則透過標準層(Standard layer)來達成同層之間資訊傳送(Transfer)和接收(Receive)的互動，包括政策、法律、行政命令、計畫、標準作業程序、國際標準、產業標準或技術標準。經由分層互動模式建立了兩個企業系統整合架構，如圖 4 所示，各層內容分述如下：

- (1)能力層(Capability layer)：包括單位的使命、願景、目標、策略、能力、子能力、發展階段的相關營運。
- (2)作業層(Operation layer)：包括單位的活動、執行者、資訊輸入與輸出、規則、組織、地點的相關作業；
- (3)系統層(System layer)：包括執行或支援活動的系統、子系統、功能、資料輸入與輸出、通訊、系統規則、模組、元件的相關運作。

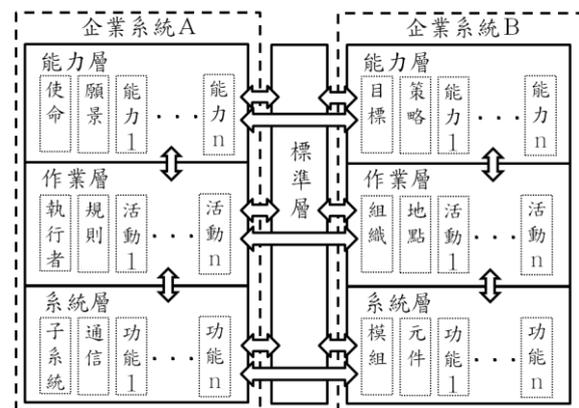


圖 4 兩個企業系統整合架構

依照此分層互動模式，假設系統的元素有 n 個，則兩個系統間的元素互動複雜性降為 $2n$ 。

其中，若以“→”代表推導與關聯，各層級可獲得：

- (1)能力層內部的關聯為：使命→願景/目標→策略→能力→子能力→發展階段。
- (2)作業層內部的關聯為：能力/子能力→活動→執行者/資訊輸入與輸出/規則/組織→地點。
- (3)系統層內部的關聯為：活動→功能→系統/子系統/模組/元件→資料輸入與輸出→系統規則→通訊。

應用企業系統整合之分層互動模式，考慮 A 與 B 兩企業系統的整合性，有三個重點需考慮：

- (1)層級：互動是哪個層級之間的互動？該層及

是否具有互動能力？

(2)路徑：欲互動的層級是直接與對應的層級互動？還是透過下一層的支援達成整合？達到整合的需求、傳送、轉換、接收、支援路徑為何？

(3)標準：欲互動的層級是否有參考標準來讓彼此理解與轉換？

3.系統整合架構評估方法

運用分層的概念做整合，企業系統 A 能力層中之能力是由作業層中之活動來支援，能力層向下指導作業層，因為有能力的需要，所以要發展作業層的活動；企業系統 A 作業層中之活動是由系統層中的功能來支援，由於作業要有這個活動所以需要系統層的功能來支援作業層的活動，相對的，作業層中提出之需求由系統層中達成。以此類推每個層級之間都是向上的支援關係與向下的需求關係。而每個層級之間內部的活動及功能等，亦可互相支援。兩個企業系統之間的互動又可分為能力層之間的互動、作業層之間的互動、系統層之間的互動，不同層級之間的互動需要加以整合。至於企業系統 A 要與企業系統 B 進行互通則有兩種方式，一為藉由系統之間彼此的轉換，二為運用技術標準層達到異質性系統進行互動的目的。

應用系統整合架構可以進行整合分析，整合架構考慮的重點是欲整合的雙方的層級及互動路徑，針對互動路徑，本文區分為內部互動、垂直互動與橫向互動的關係，再將其路徑種類以互動對象、互動描述、達成方式三個性質進行分析，如表 3 所示：

表 3 路徑分析表

路徑種類	對象	互動描述	達成方式
內部互動	能力層：不同能力(活動)之間的互動	能力(作業)層內部的能力(活動)彼此之間有先後關係、依賴關係或控制關係	能力(作業)層：書面資料或語音傳輸
	系統層：代表不同系統之間的靜態資料互動	系統層內部的功能彼此之間有資料輸入輸出的關係、資料分享的關係先後關係、依賴關係或控制關係	系統層：網路或電腦內部資料傳輸、共享或轉換
垂直互動	能力層與作業層之間的垂直互動	能力層的能力指導與需求給與作業層，作業層支援能力層	作業層的活動可明確追溯到能力層的能力
	作業層與系統層之間的垂直互動	作業層的活動應用程式的系統功能來達成，系統層功能支援作業層的活動(動態變化)	作業層的活動可明確的讓執行者使用系統內的功能(直接操作或透過網路)來達成，如所需要的資料、參數與靜態資料庫
橫向互動	企業系統A能力(作業)層與企業系統B能力(作業)層之間的橫向互動	不同企業系統間的能力(活動)直接轉換	不同企業系統間的能力(活動)藉由電腦內部直接操作進行資料鏈接及傳輸
		不同企業系統間的能力(活動)透過標準作轉換	不同企業系統間的能力(活動)透過網路達成資料轉換或傳輸
	企業系統A的系統層與企業系統B系統層之間的橫向互動	不同企業系統的異質系統(相關功能)輸入與輸出做直接轉換	不同企業系統間的異質系統(相關功能)藉由電腦內部直接操作進行資料轉換及傳輸
	不同企業系統的異質系統(相關功能)輸入與輸出藉由標準進行轉換	不同企業系統的異質系統(相關功能)抽象化進行分類與關聯，完成其所需之靜態資料與參數後進行資料傳輸	

應用上述之路徑分析表，可將互動分為三種路徑，從跨兩個層級的能力層與作業層之間互動路徑開始，增加至跨三個層級的能力層、作業層互動路

徑，亦可隨需求增加適切層級的互動路徑，以跨三個層級之例子說明作分析，如圖 5 所示。互動路徑(藍色箭頭)：由企業系統 A 的能力層能力 1→能力 2→作業層活動 2→活動 3→系統層功能 3→企業系統 B 的系統層功能 1→功能 2→作業層活動 2→活動 3→能力層功能 3。

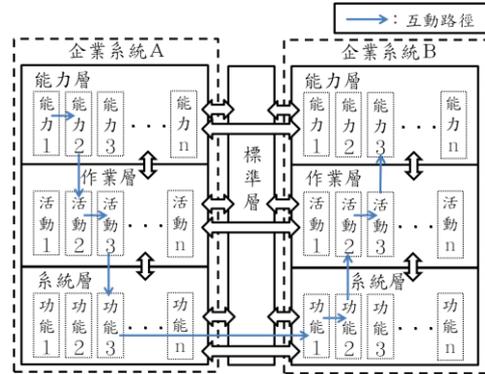


圖 5 跨三個層級的互動路徑

徑，亦可隨需求增加適切層級的互動路徑，以跨三個層級之例子說明作分析，如圖 5 所示。互動路徑(藍色箭頭)：由企業系統 A 的能力層能力 1→能力 2→作業層活動 2→活動 3→系統層功能 3→企業系統 B 的系統層功能 1→功能 2→作業層活動 2→活動 3→能力層功能 3。

完今互動路徑分析後，對應所需應用系統整合方法，綜整有系統整合經驗者量化分析，依整合困難度分類，得出評估分類表，如表 4 所示，作為本研究系統整合評估方法。

表 4 路徑分析量化評估分類表

路徑分析量化評估分類表		
困難度	整合方法	路徑互動
高(High)	<ul style="list-style-type: none"> 資料轉換 異質系統互動 	橫向互動
中(Medium)	<ul style="list-style-type: none"> 系統操作 軟體操作與作業需求結合 	垂直互動
低(Low)	<ul style="list-style-type: none"> 跨層級系統功能操作 跨層級軟體操作 	垂直互動
	<ul style="list-style-type: none"> 系統內部互動 系統功能操作 軟體操作 軟體介面操作與確認 內部組織運作 	內部互動

四、系統整合評估案例實作

1. 國軍合成化戰場模擬架構描述

合成化戰場之建構係指以先進之模式模擬整合電腦模擬、電腦兵棋系統、真實戰鬥系統與武器模擬系統，經由高階架構(HLA)標準或其他模擬相關協定與高速網路鏈結每一個體及場景編輯器，整合實兵模擬系統(Live)、虛擬模擬系統(Virtual)及建構式模擬系統(Constructive)模擬訓練資源，以建構國家層級之合成化聯合作戰訓練環境。合成化戰場元件是各單位的模擬系統，合成化戰場環境是促使各單位模擬系統整合的軟硬體平台、基礎建設、技術標準、準則、規範及相關支援系統與組織之集合，如圖 6 所示。藉由合成化戰場環境讓模式模擬與電腦兵棋系統有所依循，成為可連網整合的 L、V、C 模擬系統等三種元件，整合形成合成化戰場。

將合成化戰場相關物件戰車模擬器及聯合對抗戰術模擬系統(Joint Conflict and Tactical Simulation, JCATS)，作為系統整合實例，系統整合模型的分層互動模式將因應其需求做適度的對應

與裁修。能力層修改為部隊戰力層，作業層修改為演訓作業層，系統層分解為模式層與模擬執行層，裁修後的模式模擬系統整合架構可參考圖 7。分別以 DoDAF2.0 架構之作戰觀點中的 OV-1、OV-2、OV-5a、OV-5b 及系統觀點中的 SV-1、SV-4 等 6 個觀點加以分析。

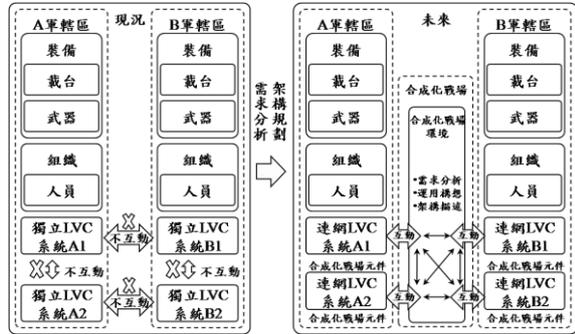


圖 6 合成化戰場系統整合現況與未來發展願景

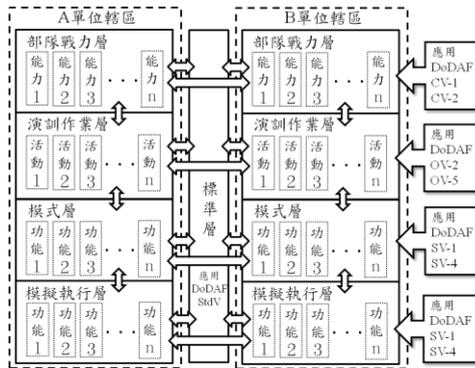


圖 7 模式模擬系統整合架構

2. 整合架構評估案例實作

製作兩軍對抗作戰想定，將戰車模擬器與 JCATS 的系統功能抽象化，依序完功能分類與關聯，聯合作戰演訓想定應用於整合架構，相關演訓單位與編組包括統裁官、計劃管制組、裁判組、系統架構組、藍軍旅指揮所、藍軍營指揮所、藍軍部隊 1、藍軍部隊 2、藍軍戰車營、紅軍部隊等單位，故將這些單位納入演訓作業層。應用合成化戰場之模式模擬系統包括 JCATS 兵棋系統與戰車模擬器，同理將這些系統及其功能納入模式建立層與模擬執行層，如圖 8 所示。

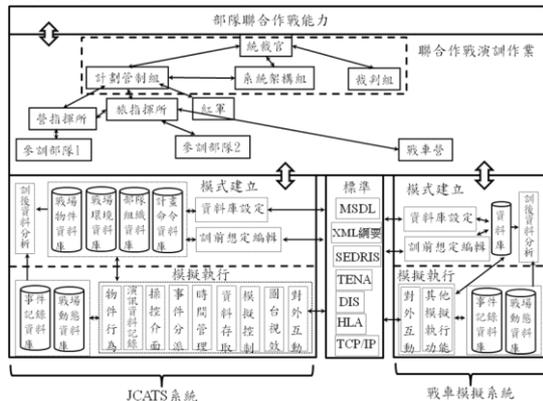


圖 8 JCATS 整合戰車模擬器支援聯合訓練架構
建立關聯並融入整合架構做描述，獲得整合

互動的路徑，分別為：

路徑 1 為想定設定(綠色單箭頭)，如圖 9 所示：統裁部→訓前想定編輯→資料庫模組→訓前想定編輯→MSDL 標準→訓前想定編輯→資料庫模組→訓前想定編輯→統裁部。

路徑 2 為演訓時互動(紫色單箭頭)，如圖 9 所示：統裁部→紅軍部隊→JCATS 模擬執行模組→HLA 標準→戰車模擬執行模組→戰車營→營指揮所→旅指揮所→統裁部。

路徑 3 為訊息傳遞(紅色雙箭頭)，如圖 9 所示：統裁部計畫制組分別與紅軍部隊、旅、營指揮所及系統控制組互動；旅、營指揮所與其所屬部隊互動。

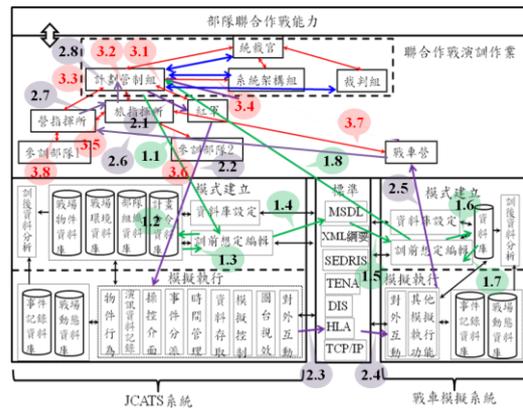


圖 9 想定設定、演訓時互動、演訓行政協調架構圖

路徑 4 為監控、操作、命令下達、訓後分析(藍色雙箭頭)，如圖 10 所示：統裁部分別與訓前想定編輯、模擬執行模組、訓後資料分析互動；旅、營指揮所與模擬執行模組互動；系統控制組與資料庫設定互動；藍、紅軍部隊、戰車營分別與模擬執行模組互動。

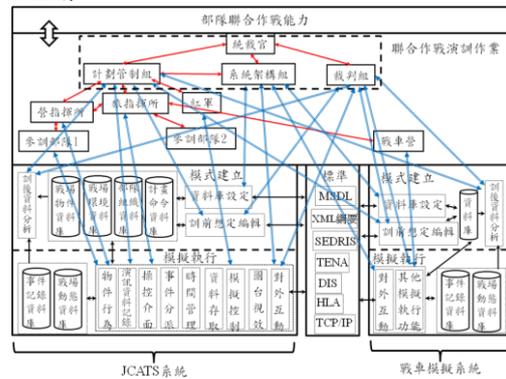


圖 10 監控、操作、命令下達、訓後分析架構圖

接著分析每一路徑，依據表 4 路徑分析量化評估，歸納適切的整合方法，分析路徑互動種類得到整合困難度評估，如表 5 路徑 1 之整合評估表、表 6 路徑 2 之整合評估表、表 7 路徑 3 之整合評估表及表 8 路徑 4 之整合評估表所示。

經上述四個路徑的整合評估分析，評估紅軍登陸作戰，藍軍協同戰車反擊之演訓，應用合成化戰場，整合 JCATS 兵棋系統與戰車模擬器的四個互動路徑，進而建立異質性系統整合架構路徑，最後完成系統整合困難度評估，整合評估結果分析表

如表 9 所示。

表 5 路徑 1 之整合評估表

想定設計-路徑1之整合評估表			
步驟	整合方法	困難度評估	說明
1.1 統戰部→訓前想定編輯	軟體操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	統戰部執行演訓前想定編輯的系統設定，已達成演訓作業層與模式層垂直互動。統戰部需有模式軟體操作之教育訓練。
1.2-1.3 訓前想定編輯→資料庫模組→訓前想定編輯	系統內部互動	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	JCATS系統內部功能。
1.4 訓前想定編輯→MSDL標準	資料轉換	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	JCATS系統想定資料轉換為MSDL格式之想定資料。
1.5 MSDL標準→訓前想定編輯	資料轉換	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	MSDL格式之想定資料轉換為戰車模擬器格式之想定資料。
1.6-1.7 訓前想定編輯→資料庫模組→訓前想定編輯	系統內部互動	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	戰車模擬器系統內部功能。
1.8 訓前想定編輯→統戰部	軟體介面操作與確認	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	統戰部執行戰車模擬器演訓前想定編輯操作與確認。 統戰部需有模式軟體操作之教育訓練。

表 6 路徑 2 之整合評估表

演訓時互動-路徑2之整合評估表			
步驟	整合方法	困難度評估	說明
2.1 統戰部→紅軍部隊	內部組織運作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	可藉由口頭、書面或語音進行溝通，統戰部提出演訓指導或狀況下達。
2.2 紅軍部隊→JCATS模擬執行模組	系統操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	紅軍JCATS系統操作人員需要透過教育訓練具備專業技能。
2.3-2.4 JCATS模擬執行模組→HLA標準→戰車模擬執行模組	異質系統互動	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	JCATS系統及戰車模擬器透過HLA的介面函式或HLA資料標準與HLA RTI互動此二系統需支援HLA標準與相同廠商的RTI；相關物件與事件資料，需依HLA標準事先定義完成。
2.5 戰車模擬執行模組→戰車營	系統操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	操作人員藉由操作戰車模擬器接獲虛擬戰場執行作戰。
2.6-2.8 戰車營→營指揮所→統戰部	內部組織運作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	戰車模擬器操作人員與營指揮所人員藉由口頭、書面或語音回報執行狀況。

表 7 演訓時互動-路徑 3 之整合評估表

訊息傳遞-路徑3之整合評估表			
步驟	整合方法	困難度評估	說明
3.1-3.8	內部組織運作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	藉由演訓編組及演訓計畫，再透過設定的通訊系統或紙本狀況下達，聯合演訓作業人員彼此之間可有效互動，達成訊息傳遞。

表 8 路徑 4 之整合評估表

監控、操作、命令下達、訓練分析-路徑4之整合評估表			
步驟	整合方法	困難度評估	說明
4.1 統戰部→訓前想定編輯	軟體操作與演訓需求結合	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	統戰部演訓科目之關鍵事件與時段轉換成系統即時監控，統戰部需有模式軟體操作之教育訓練，並能符合需求巧妙的運用。
4.2 統戰部→模擬執行模組	系統功能操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	統戰部可全程監控參訓單位即時戰況，經由設定完成的通訊系統或紙本進行狀況下達。
4.3 統戰部→訓練後分析	系統功能操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	演訓資料歸納於訓練後統戰部與所有參與學員進行訓練後之分析與檢討，以利作為未來參考本。
4.4-4.5 營指揮所→模擬執行模組	系統功能操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	營指揮所可全程監控參訓單位即時戰況，經由設定完成的通訊系統或紙本進行狀況下達。
4.6 系統控制組→資料庫設定	資料轉換	<input checked="" type="checkbox"/> 高 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	JCATS系統與戰車模擬器想定資料轉換為相同MSDL格式之資料與一致的內容。
4.7 系統控制組→模擬執行模組	系統功能操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	系統控制組可因應即時演訓需求，利用模擬執行模組功能對戰場進行監控、修正與紀錄。
4.8-4.10 營、紅軍部隊、戰車營→模擬執行模組	系統功能操作	<input type="checkbox"/> 高 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 低	參訓之操作人員藉由操作JCATS系統與戰車模擬器中之模擬執行模組接獲虛擬戰場執行演訓作戰。

五、結論

本論文從系統的組成架構及模式來探究整合，將系統之間的互動模式做為整合之正規化描述，分層架構觀點，可協助理解、澄清概念及增進溝通，有效降低系統的複雜度，建立系統整合架構參考模型與系統整合評估方法。應用 DoDAF 架構框架將系統功能進行分解及抽象化分類與關聯後，建立彼此之間共同的系統功能，以利進行異質性系統的整合。

以國軍合成化戰場模擬器的系統整合的具體案例，做整合評估分析，利用路徑分析指出各系統節點間的整合問題，進一步分析原因，提出一個新

的適用於整合架構的評估方法，全般檢視欲整合的系統，完成系統整合困難度估評，除了確認可用於互操作性量化指標，全般應用於各領域解決現有的評估方法僅能確認系統某一部份或特定領域互操作性需求。亦可以分類支援到各層級和評估關鍵性的方法，改善量化評估受限於適用性，正規化定義系統整合清楚分類，沒有過於抽象的質化說明，明確建議改進意見，提供決策者關於當前系統整合架構互操作性相關資訊，可因時制宜的得到適合解決方案。

表 9 整合評估結果分析表

整合評估結果分析表			
困難度	路徑	原因分析	建議
高	路徑1.4 路徑1.5 路徑2.3 路徑2.4 路徑4.6	需將異質性系統(JCATS系統、戰車模擬器)在支援聯合演訓作戰前，其資料庫需轉換為一致的內容與格式，互動時異質性系統需透過HLA的標準做維修。	屬整合關鍵路徑須優先克服，應用現有的轉換技術標準，統一互動標準格式及介面。
	路徑2.2 路徑2.5 路徑4.1	操作人員欠缺JCATS系統、戰車模擬器、HLA標準操作運用的專業技能。	操作人員須接受教育訓練並具備專業技能後，才有能力執行互動作業。
	路徑1.1-路徑1.3 路徑1.6-路徑1.8 路徑2.1	演訓規劃時，大多有良好的編組，並配置通訊系統或是紙本傳遞訊息，讓參訓人員彼此之間可有效的達成互動。	將現行的人工紙本或語音傳遞方式轉換為數位傳遞，提升整合效益。
	路徑2.6-路徑2.8 路徑3.1-路徑3.8 路徑4.2-路徑4.5 路徑4.7-路徑4.10		

參考文獻

- [1] United Nations Development Programme, e-Government Interoperability: Guide, Thailand, 2007.
- [2] Thomas C. Ford, John M. Colombi, Scott R. Graham, and David R. Jacques, A Survey on Interoperability Measurement, 12th ICCRTS, 2007.
- [3] IDABC, European Interoperability Framework for pan-European eGovernment Services, 2004.
- [4] European Public Administration Network (EPAN) Key Principles of Interoperability. Architecture, Ireland. European Union, 2004.
- [5] Australian Government Information Management Office, Australian Government Technical Interoperability Framework, version 2, 2005.
- [6] State Services Commission, New Zealand E-government Interoperability Framework (NZ e-GIF), version 3.2, 2007.
- [7] Elizabeth Jones Wyatt, Kelly Griendling and Dimitri N. Mavris, Addressing Interoperability in Military Systems-of-Systems Architectures, Systems Conference (SysCon), IEEE International, 19-22 March 2012.
- [8] C4ISR Architectures Working Group, Levels of Information Systems Interoperability (LISI), 1998.
- [9] Thea Clark and Richard Jones, Organizational Interoperability Maturity Model for C2, CCRT, 1999
- [10] Nicolas Figay and Parisa Ghodous, Innovative Interoperability Framework for Enterprise Applications within Virtual Enterprises, MEDES 2009, Lyon, France, 2009.