自駕船應用發展對港口影響初探

Overview the impact of autonomous ship application on harbour

運輸工程組 王怡婷

研究期間:民國 110 年 2 月至 12 月

摘要

從國際間自駕船的發展趨勢，可預見未來將有越來越多的自駕船投入，要實現自駕船運作，除提升船舶本身涉及的相關技術，還需要國內與國際相關的船舶檢驗標準與航行規範的調整，甚至涉及航行環境與設施的配合。政府在自駕船發展過程中，如何隨自駕船技術及應用發展，建立對應的制度或做法，以具備適格能力因應未來的挑戰，實為一重要課題。

本研究透過蒐集國際做法，瞭解國際組織及各國政府對於修法進程之規劃，以及在自駕船試驗上之相關作為；同時透過訪談，從航港主管機關及營運單位角度，提出政策面分析及建議。本研究建議主管機關可研析成立海事自駕法規工作小組，持續蒐集國際修法進程，並透過協助自駕船試驗和測試，做為未來修法之參考。另外港口營運單位亦應從自身所需出發，研析可利用自駕船(含各種水面無人載具)來提升服務或航行安全的應用，以及思考指定特定實驗場域或港口，透過整合業者及自有資源，逐步發展相關能力落實智慧港口目標。另外自駕船產業發展可透過跨部會合作，結合地方政府，共同執行研究或試驗計畫，以達成效。

關鍵詞：

自駕船、無人水面載具、試驗場域

自駕船應用發展對港口影響初探

Overview the impact of autonomous ship application on harbour

一、前言

自駕船有各種名稱，如自主航行船舶(Autonomous Ship)或無人水面載具(Unmanned Surface Vehicle)等，國際海事組織（IMO）已於 2019 年 101 次海事安全委員會(MSC)上，通過《海上自主駕駛船舶試航暫行指南》(Interim Guidelines for Maritime Autonomous Surface Ship (MASS) Trials)，為自駕船定名為海上自主駕駛船舶（MASS），正式宣布將展開研究並制定相關公約規範，已對解決自駕船相關法制問題和引領未來發展，帶來基礎性作用。

根據 Verified Market Research 預測，自駕船全球市場規模在 2018 年達到 58 億美元，到 2026 年將達到 97.8 億美元。又依據市調報告指出，依自駕船等級分類，未來主要仍將以等級 1 的自駕船為市場主要成長產品，占市場 9 成以上。亞洲目前是自駕船最大市場(超過全球市場 6 成)，其中以中國大陸的成長率最高，預估未來年成長率將達 10%，而歐洲市場目前雖僅有 28.4%市占率，然而是成長最快速的區域，其中挪威及英國的年成長率，估計將達 12%以上(Markets and Markets, 2020)。

看好未來大型無人船的發展與應用，歐盟早在 2012 年即提出海上無人駕駛智慧型網路導航計畫(Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks， MUNIN），此外船舶引擎供應商英國勞斯萊斯公司(Rolls-Royce, R-R)也在 2016 年提出先進自主水域貨運航行應用(AAWA)計畫，船級社如英國勞氏船級社(LR)及挪威船級社(DNV GL)，也分別在 2017 年及 2018 年公布 MASS 船級指南。

從自駕船的發展趨勢，可預見未來將有越來越多的自駕船投入，預期將對海上安全(safety)、效率(efficiency)和永續性(sustainability)帶來顛覆性的變化。而在國際相關船舶檢驗標準與航行規範尚未完備前，IMO 希望會員國透過試驗工作，為制定健全的自駕船法規框架鋪路，同時也避免因法規阻礙自駕船發展，於是在 2019 年 6 月通過了《MASS 試航暫行指南》，協助相關主管機關和利益方進行 MASS 試航。

目前許多會員國都已展開各種試驗計畫，其中挪威甚至早在 2017 年就指定全球首個自駕船試驗場域。英國海事組織(Maritime UK)也早在 2014 年即成立英國海事自主系統工作小組(MASRWG)，撰擬操作規範，在 2017

年出版第一版英國自駕船產業行為及操作指引，希望在自主航行船舶的創新發展上，不會受限於監管的不力或不確定性，同時維持英國成為自駕船在設計、製造、採用和使用的領先者。我國立法院亦於 107 年 11 月 30 日三讀通過《無人載具科技創新實驗條例》，且臺灣港務公司為營造創新科技於港口應用之試驗環境，亦訂定「臺灣港群智慧港口創新科技產業試驗場域推動要點」。

要實現自駕船運作，除提升船舶本身涉及相關技術，如自主控制及感測融合技術，還需要國內與國際相關的船舶檢驗標準與航行規範的調整，甚至涉及航行環境與設施的配合，例如港灣環境和港口設施如何因應第 4 級自駕船(具有自主能力且駕駛台上不配備船員)，能夠安全的進出港、停泊、或充電等，以擁有與整個供應鏈進行整合的能力，而政府在這過程中，如何隨自駕船技術及應用發展，建立對應的制度或做法，以具備適格能力因應未來的挑戰。

本研究透過蒐集國際做法，瞭解國際組織及各國政府對於修法進程之規劃，以及在自駕船試驗上之相關作為，同時透過國內利害關係人之訪談，最後從航港主管機關及營運單位角度，提出政策面分析及建議。本文之章節架構：第二節文獻回顧，蒐集自駕船相關定義與分級，以及在港口應用的技術發展進程；第三節蒐集國際海事組織及歐盟為制定自駕船監管法規，所進行的普遍性作為；挑選英國及挪威為案例，深入瞭解該兩國政府對自駕船發展的相關做法；第四節蒐集臺灣在自駕船發展上之相關立法及試驗情形；第五節分析自駕船發展對港口的影響面向，藉由深度訪談，蒐集相關利害關係人之想法與建議，進而歸納提出我國應有的因應作為及推動建議；第六節為結論與建議。

二、文獻回顧

2.1 自駕船定義及分級

自主載具，又分成水下(underwater)載具及水面(surface)載具。在自主水面載具部分，又分為噸位較小的無人水面載具及海上自主航行船舶(MASS)。噸位較小無人船可以用在海洋資料蒐集、環境監控、消防、運補、科學研究等民用領域，以及偵查巡邏、掃雷與佈雷、反潛等國防領域，而本研究重點討論的自駕船是指商用的海上船舶，強調適用於商船而非軍用或小型研究型船隻，讓現有載客貨的有人駕駛船舶，在透過遠端遙控(remote control)或自主駕駛(self-driving)技術與系統，使其具備無人駕駛功

能的中大型船舶。

截至目前為止，已有許多組織或學術文獻對自駕船做出分級，其中英國勞氏船級社（LR）、挪威自駕船論壇(NAFS)及 IMO 所定義之級別分述如下：

1. 英國勞氏船級社（LR）

2017 年發布《無人海運系統指令》(Code for Unmanned Marine System)，其中對於船舶自動駕駛程度，根據該社制定的 ShipRight 程序，依照其資通安全分成 6 級（Cyber Accessibility Level, AL）[1]，從 AL0 至 AL5，其中 AL0 表示完全無自動駕駛能力，AL6 表示船舶駕駛可完全自主，對自駕系統設計級別提供一致化程序如表 1，目的在滿足目前船級、監管和市場面造成安全和實務問題，提供船舶設計者、造船廠、設備製造商、船東和營運商，能更準確說明在設計和營運階段中的自主程度。

表 1 英國勞氏船級社船舶自動駕駛程度分級

自駕等級		LR 定義說明
AL0	無網路 (No access)	無連接網路
AL1	手動駕駛(Manual access)	無連接網路
AL2	循跡自駕 (Cyber access for autonomous/remote monitoring)	提供用於自駕/遠端監控的網路，但未啟用透過網路控制船舶系統（例如更改操作參數、軟件、機械設置點等）
AL3	遙控自航 (Cyber access for autonomous/remote monitoring and control (onboard permission is required, onboard override is possible)	提供用於自駕/遠端監控的網路，已啟用透過網路控制船舶系統（例如更改操作參數、軟件、機械設置點等），但須獲得船員許可。
AL4	人員優先 (Cyber access for autonomous/remote monitoring and	毋需船上船員的許可，即可啟用並可能控制船舶系統（例如

[1] Lloyd's Register Cyber Enabled Ships Autonomous Ships ShipRight procedure and Guidelines.

	control (onboard permission is not required, onboard override is possible)	更改操作參數、軟件、設定點等）。船員可以干預自主/遠程控制。
AL5	程式優先 (Cyber access for autonomous/remote monitoring and control (onboard permission is not required, onboard override is not possible)	毋需船上船員的許可，即可啟用並可能控制船舶系統（例如更改操作參數、軟件、設定點等）。船員無法干預自主/遠程控制。

資料來源：黃至德等人(2019); Lloyd's Register Cyber Enabled Ships (2017)

2. 挪威自駕船論壇(NAFS)

2017 年挪威自駕船論壇發布報告，其自主(Autonomous)程度之分級，是以船舶駕駛台上是"無人(Unmanned)"[2]或"少許人"執行操作為分級基礎(NAFS, 2017)，包括自主輔助駕駛台（Autonomy Assisted Bridge , AAB)、定期無人駕駛台（Periodically Unmanned Bridge, PUB）、定期無人船（Periodically Unmanned Ship, PUS）及連續無人駕駛船（Continuously Unmanned Ship, CUS）等 4 種。詳細定義說明如表 2。

表 2 挪威自駕船論壇船舶自動駕駛程度分級

等級	定義說明
自主輔助駕駛台（Autonomy Assisted Bridge , AAB)	連續有人駕駛台，駕駛台不間斷"有人"可立即干預正在進行的功能。 除了駕駛台上新功能的性能標準外，通常不需要任何特殊的監管措施。
定期無人駕駛台（Periodically Unmanned Bridge, PUB）	有限的時間駕駛台無船員(without crew on the bridge)，例如在公海和良好的天氣中。 但船上有其他船員，有問題時可隨時到駕駛台上操作。
定期無人船（Periodically Unmanned Ship, PUS）	在有限的時間內，船上無駕駛台船員(without bridge crew on board)，只在特定時段登船小組

[2] 無人是指在船舶駕駛台上無人執行或監督操作，但船上仍可能有船員。

	可登船控制或護送該船抵達目的地,例如入港階段。出於監管目的，這可能與下列 CUS 相同。
連續無人駕駛船（Continuously Unmanned Ship, CUS）	除特殊緊急情況外，全程船上無駕駛台船員在,代表完全沒有船員會控制駕駛台，不然即屬 PUS 類。但是船上可能仍然有人，例如乘客或維修人員。

資料來源：NAFS (2017)。

3. 國際海事組織(IMO)

IMO 在 2019 年將自主船舶定義為海上自主船舶(MASS),並依其自動化程度劃分 LV1-LV4 四個等級，如表 3。

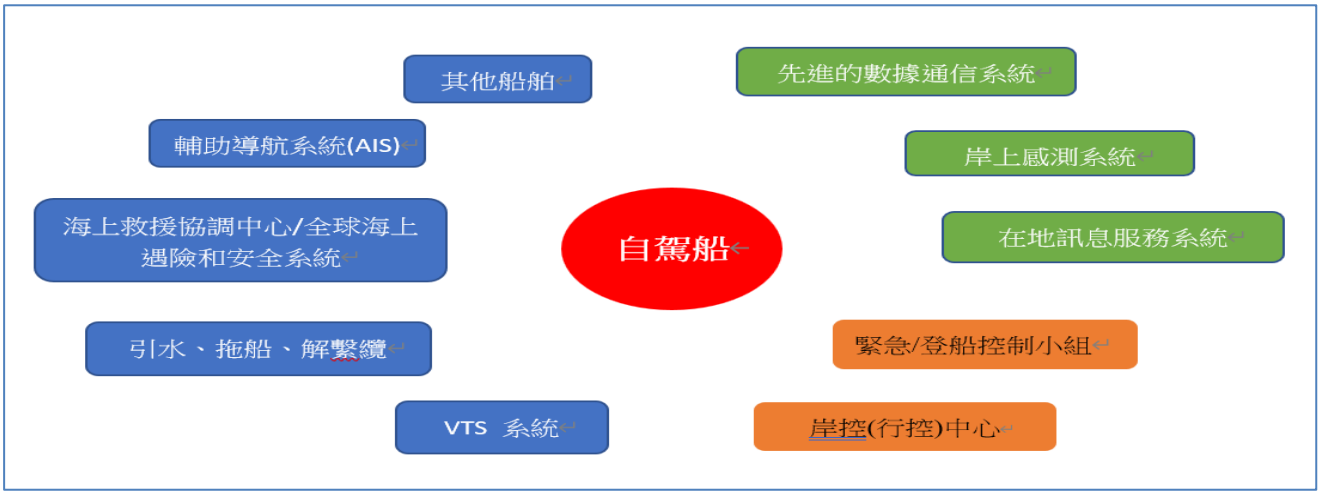
表 3 國際海事組織船舶自動駕駛程度分級

等級	操作模式	船上有無船員
LV1	具有自動化程序和決策支援的船舶。	船員在船上操作和控制船上系統和功能。即使船舶有時不受監督，但船上船員隨時準備採取控制措施。
LV2	有配屬船員的遠端控制船舶。可從另一個位置進行遠端控制和操作船舶，但船上仍有配置船員。	船上有船員可控制並操作船上系統和功能。
LV3	無配屬船員的遠端控制船舶。可從另一個位置進行遠端控制和操作船舶，船上沒有配置船員。	船上無船員。
LV4	完全自主船舶。船舶操作系統能夠自行決策及執行。	船上無船員。

資料來源：IMO (2019)；張志清(訪談資料)。

2.2 自駕船與外部實體間的關係

圖 2 中所示者為一般 MASS 及其與外部實體的關係。圖中紅框部分為自主航行系統，包括岸控中心（Shore Control Center, SCC）、登船控制小組（On-board Control Team, OCT）和緊急控制小組（Emergency Control Team, ECT）。其中**岸控中心部分**，為一定等級的自動駕駛船需配備的支援服務，當 SCC 在控制船舶時，將接管船長和其他在船上有明確職責的人員的責任。SCC 的設計概念目前有大量研究且在演化當中，一般認為 SCC 設計可同時為多艘船提供服務，以充分利用其資源，且同一艘船舶也可由不同 SCC 提供服務，包括不同時區，甚至 SCC 非得一定在岸上，例如若領航船在指揮無人船，這時候 SCC 也可是在該艘領航船上。**登船控制小組（OCT）和緊急控制小組（ECT）**是機動性的團隊，在特定時段才登船，例如船進出港口時或緊急情況，所以 OCT 僅適用於 NAFS(2017)定義下的定期無人駕駛船（PUS），船員在航行某些階段應該接管控制船舶。



資料來源：NAFS (2017)；本研究整理繪製。

圖 2 自駕船與外部實體間關係圖

圖中藍框部分則代表在一般情況下與其他實體間的資訊傳遞，包含了港口端設備或操作人員、其他船舶及系統，說明如下：

- 航標設備（Aids to Navigation, AtoN）和船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)：係輔助導航設備，為船舶提供有關航道或其他船舶即時訊息的系統。
- 海上救援協調中心（maritime rescue co-ordination centre, MRCC）及全球海上遇險與安全系統（Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS）：這些是用於船舶遇險或緊急情況時的無線電服

務。自駕船也需要使用這些服務，並且還需要對它們進行回報。

- 引水人,拖船和解纜工:作業人員須與船舶通信以提供強制性服務。
- 港口服務：港口的物流和供應服務亦須安排，包括自動繫泊系統以及充電設備。
- 船舶交通服務(VTS)： 在 VTS 的管制海域，船舶均應透過指定頻道或其他有效方法向相關 VTS 詳實提供動態資訊，以供 VTS 進行指導。
- 其他船舶：VHF 數據通信系統以及 AIS 可用於與其他經過的船舶進行通信。

圖中綠色框則代表可能提供給紅框使用的項目，包括先進智慧船舶使用的數據通信系統。進階的 AtoN 或 AIS，能夠向自駕船或先進智慧船舶發送如波浪，水流，風或其他參數的訊息。另外還包括自駕船所需的(1)岸上基礎設施，如**在地監視服務（Local Monitoring Services, LMS）**，在某些港口或交通繁忙區域的自動訊息管理系統，可主動將交通和天氣狀況的即時訊息發送給自駕船，或將自駕船活動訊息發送給該地區的其他船隻（包括休閒和漁業）；(2)**岸上感測系統（Shore Sensor System, SSS）**，用於補充或替代船用感測器，所有資訊可以匯流到 LMS 中。

2.3 港口基礎設施技術發展進程相關研究

自駕船所需的港口設備，需考慮潛在應用所需的港口基礎建設，而此港口基礎設施需求，需視”船舶技術”發展的成熟度，來予以適時滿足其應用。對應到船舶技術，港口服務所需的基礎設施包括：資訊服務、先進的岸控中心、導航輔助、自動化碼頭等。在資訊服務部分，因為對於需遠端監控或完全自主的船舶，都需具備連續或間斷式的監控，因此港口需配備能讓船舶與港口間溝通能力提升的設備，也就是改善港口的網際網路設備；此外先進的岸控中心,係用以確保對船舶的全面監控,例如其路徑規劃等,用來提供遠端控制船舶所需之服務；在導航輔助服務部分，需要的設備包括自駕拖船、繫泊系統、浮動游標、充電設備；碼頭服務部分需有半自動或全自動碼頭設備等。

Devaraju 等人(2018)蒐集當前主要自駕船應用實驗計畫，在港口的應用包括貨物運送、海上服務(例如消防及搜救)、海上監視(用以了解海上發

生的事情多為軍事用途)、海事研究(用在許多需在危險環境中進行的研究)等 4 類。其中用於貨物運送及海上服務相關的自駕船應用計畫所遭遇的困難層面，包括控制系統演繹法、情境感知系統、資料傳輸及連結、安全性、法規等。Devaraju 等人(2018)對目前港口服務自駕船所需技術的發展進程，利用技術就緒指數（Technology Readiness Level，TRL）[3]予以分級，數字愈小成熟度愈低，如表 4 所示。

表 4 港口服務自駕船所需技術發展進程

船舶種類	港口基礎設施	技術就緒指數
現有船舶	現有港口設備	9
現有船舶+感測器/靠泊輔助	導航服務(ex.雷射靠泊輔助 LDS/測距輔助 LRS)	8-9
現有船舶+先進通訊設備	通訊技術提高船-岸間的聯繫，以及自動移動浮標(ex. C-Stat.)來收傳船上訊息	近海 8-9/遠洋 7-9
遠端控制船舶(有船員，利用岸上控制中心)	岸上控制系統(R-R 的概念模型，岸控中心由 7 至 14 人組成團隊,監視和控制全球船隊。人員使用交互式智慧螢幕，語音識別系統，全視圖和無人機來監視船上和船上正在發生的事情)	7-8
遠端控制船舶+減少船員	半自動碼頭	5-7
遠端控制船舶+無人	自駕拖船(ex. Ramora 2400)、自動繫泊系統(ex. Moormaster by Cavotec)	3-5

[3] 根據美國航空暨太空總署定義可分為 9 級，第 1 級基本原理已被觀察到、第 2 級技術概念/應用方式、第 3 級關鍵技術分析和實驗/主要概念證明、第 4 級在實驗室組合/驗證、第 5 級在相關環境組合/驗證、第 6 級在相關環境操作系統/子系統、第 7 級在太空操作系統、第 8 級系統實際完成並通過試驗、第 9 級系統實際完成任務。

自主航行船舶	全自動碼頭	1-3
自主航行船舶+零排放	全自動碼頭、自動充電設備 (ex. Automatic plug-in)	1-2

資料來源: Devaraju 等人 (2018)。

三、國際自駕船發展現況

國際上對自駕船相關研究已陸續展開，歐洲部分最早是歐盟 MUNIN 計畫、芬蘭由勞斯萊斯集團執行的 AAWA 計畫、挪威船級社開發的 Revolt 等，在亞洲部分有中國大陸的觔斗雲自駕船、日本 MEGURI 2040 計畫、南韓啟動開發與自主導航和自主系統相關的關鍵技術計畫。

目前國際上已有多個國家規劃自駕船試驗場域，其中挪威是最早成立自駕船試驗場域的國家，為帶動自駕船試驗的濫觴，而在 IMO 2019 年 6 月通過了《MASS 試航暫行指南》後，許多 IMO 會員國也陸續開始進行自駕船試驗。

本研究以國際、區域及國家等三層次進行資料蒐集，蒐集對象包括 IMO、歐盟、英國及挪威，蒐集內容包括為發展自駕船所訂定的規範或指南，以及成立的組織或機構，指定的試驗場域，與研發計畫等，並進行綜整分析，歸納我國港口主管機關及港口營運單位對於自駕船可採取之作為參考。

3.1 國際海事組織(IMO)

早在 1964 年 IMO 海事安全委員會 (MSC)即曾討論自動化船舶，然而要到近幾年，由於通訊技術、數位化和機器學習領域技術大幅突破，才真正開啟實現自駕船的可能性。

要完備自駕船應用，需考慮到現有國際海洋秩序是否夠完備足以處理自主船舶操作，以及自主船舶技術能否完全履行經驗豐富的海上值班員的職責等問題，其所牽涉之法規領域相當廣泛。

3.1.1 監管範圍之界定行動 (RSE)

MSC 在 2017 年 6 月舉行的第 98 屆會議 (MSC 98)上通過，應對 MASS 進行監管範圍之界定與檢討(Regulatory Scoping Exercise, RSE)，評估 MASS 對現有國際海事安全監管框架的影響，確定應如何在 IMO 法規

中，引入能讓 MASS 操作達到安全、可靠和無害環境操作的監管規定。

隨之在 MSC 100 會議，確定了 RSE 框架，其包含兩行動，首先是審查可能會阻礙 MASS 操作或可能需要修改或澄清的公約及法規，同時成員國可自願進行 MASS 操作的初步審查和分析，協助提出合適的 RSE 框架。

預定於 MSC 102 完成的 RSE 工作，因為 COVID-19 而延遲，終於在 2021 年 5 月的第 103 屆會議上完成了監管範圍界定工作，已初步對相關的船舶安全條約進行分析，評估如何對 MASS 進行監管動作。然而由於 MASS 牽涉之法規領域相當廣泛，要完備自駕船相關的國際法規，後續仍需開展許多研析工作。

3.1.2 IMO「MASS 試航暫行指南」

考量到在完備新國際規則的同時，仍須確保監管與技術發展能同步進行，以避免監管手段阻礙技術發展，MSC 在 2019 年 6 月通過了《MASS 試航暫行指南》，此亦被視為可用來達成 RSE 的一項作法。因為透過試航工作，可為自駕船制定一個更健全且更全面的框架，也因此 IMO 鼓勵各締約國參考此指南，根據各國的實際情況，進行自駕船海上測試。

此指南制定目的是協助相關主管機關，在進行 MASS 試航時，能確保其系統和相關基礎設施安全，並且適當考慮對環境的保護。該指南為主管機關和相關利益方，從計劃、授權、航行相關的系統和基礎設施等環節，提供各項目標，整體而言主管機關須確保，試航至少應達到與 IMO 相同等級安全、安保和環保的條件下進行。

指南內容包括：風險管理、強制性符合文件、試航涉及的配員和資格、安全試航所需的基礎設施、第三方通知義務、通訊方式、試航後提交報告及訊息分享之義務、每一次試航的範圍和目標、資安風險管理等。

3.2 歐盟

3.2.1 歐盟海事安全局(EMSA)

由於自駕船涉及的領域廣泛，不同領域須交由歐盟執委會下不同部門負責，其中歐盟海事安全局(European Maritime Safety Agency, EMSA)主要向歐盟委員會和成員國提供有關海事安全、安保及船舶污染等領域的技術和業務援助，在歐盟制定自駕船的安全及安保標準上，扮演極為重要角色。

EMSA 除代表歐盟參加 MSC 會議，另於 2020 年成立了一個橫向聯繫的工作小組，為協助促進自駕船方面的相關技術，提供歐盟、工業界和

學術界的技術性討論平台。EMSA 下建置各種論壇，提供各會員國專家討論和交換意見的平台，在 2016 年新增**歐盟執委會數位化海事系統和服務治理高級別指導小組**(High Level Steering Group of the Digital Maritime Systems and Services, HLSG) ，協助專家小組制定歐盟自駕船營運指南。

3.2.2 歐盟資助執行各項研究計畫

針對自駕船可行性議題，歐盟率先於 2012 年執行 3 年期的海上無人駕駛智慧型網路先導計畫(Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks, MUNIN)，用以驗證自駕船概念，此計畫在 2015 年結束，成功驗證了自駕船技術可行性，包含具備安全可靠性與經濟可行性，並可同時兼顧對環境友善的要求(MUNIN, 2016)。

而有關自駕船的相關研究，歐盟在 MSC 宣布啟動 RSE 工作後，態度更為積極，編列大筆預算資助許多研究工作。2019 年 EMSA 委託挪威船級社進行 SAFEMASS 系列研究，目的是瞭解是自駕船可能產生的新風險，包括在不同層級的自主程度可能帶來的航行安全風險，以及其與現行監管間的差距，向歐盟成員國和歐盟委員會及 IMO 提供意見。此系列研究已於 2020 年完成，該報告包含兩大部分，第一部分針對 A3-B1 級別的自主及控制船舶，包括分析 A3-B1 級別船舶對監管的挑戰，第二部分針對 A2-B0 級別的自主及控制船舶，評估船員減少或駕駛台上無船員產生的風險。

在完成 SAFEMASS 研究後，EMSA 在 2020 年啟動一項新系列計畫，此計畫屬於功能性研究，目的在開發 MASS 操作的風險評估工具（Risk-Based Assessment Tool for MASS , RBAT MASS）。此後於 2021 年亦開始啟動對於在海上使用電池系統的相關研究，以協助制定相關指南。

另一項重要研究計畫為 2019 年正式啟動 4 年期 AUTOSHIP 計畫，歐盟提供 2,900 萬歐元預算予以支應，希望透過歐盟領先的技術供應商，建立一個更強大的歐洲產業群聚，為歐盟境內帶來更多高技術工作機會，能在短期內提供市場領先技術。由此知，AUTOSHIP 計畫是一個以市場為導向的研究項目，目的是讓歐盟的自駕技術推廣於國際市場，以提高面對現在亞洲低成本造船市場帶來的競爭。

AUTOSHIP 聯盟由來自歐盟 5 個國家中共計 10 家企業組成，例如挪威 Kongsberg 集團、法國驗船機構(BV)、蘇格蘭斯特拉斯克萊德大學等，其專業領域涵蓋自駕船發展的各種關鍵基本項目，如開發、測試、製造、環境、物流等。AUTOSHIP 計畫規劃建造及營運 2 艘船舶，還包括其所需的岸上控制和基礎設施。這 2 艘船舶完成後，將在波羅的海及歐盟間進行試航，透過測試和試驗讓自駕船可以順利進入商業營運，未來可用來提供

歐盟各國間的短程支線服務市場。而歐盟和歐洲經濟區成員國在 2020 年並頒布 MASS 試驗操作指南，咸認為廣泛的試驗和測試，是確認 MASS 能否安全和成功營運的前提和關鍵步驟。

3.2.3 歐盟「自駕船試驗操作指南」

歐盟 MASS 試驗操作指南是由歐洲執委會邀集各成員國海事當局、利益相關者、MASS 專家，以 IMO《 MASS 試航暫行指南》為基礎，於 2020 年 10 月正式發布第 1 版「歐盟自駕船試驗操作指南」（EU operational guidelines for safe, secure and sustainable trials of maritime autonomous surface ships），此後會隨著試驗和測試的經驗，以及歐盟資助相關研究的結果，進行不斷調整和改進。

如前述，該指南目的是確保能在安全、可靠且環保前提下，分別對需進行 MASS 系統測試/試驗的相關主管部門和申請人，提供協助及指導須考量的行動 ，並且指定需用以監視的系統及區域，例如船舶交管系統和船舶報告系統覆蓋區域，以下分別概述該指南中對主管部門及申請人所需考量的行動內容：

(一)主管部門需考量的行動：

- 指定測試區域：指定用於 MASS 試驗的測試區域/船舶安全區域。
- 數位工具支援：歐洲海上保安機關(EMSA)管理的數位海事服務及工具可在測試/試驗的區域及期間用來支援 MASS。 例如 Integrated Maritime Services (IMS)，該系統結合各種交通和監控系統的訊息。
- 對試航具體的規定及限制：就指定的海域、MASS 船舶的類型、試驗的持續時間、試驗類型等，規定具體的限制/建議。例如船舶本身或其任務和人員配置、自主程度、試驗次數、可在夜間或日間、季節限制、通訊方式及能力、可提供試驗的操作環境等。
- 授權測試/試驗的行政程序。
- 對試驗運行的管理、監視、通訊和控制：在航行安全，海洋環境以及人類生命或財產面臨迫在眉睫的風險的情況下，主管機關必須採取必要步驟，要求立即終止或中止行動。包括在 MASS 試驗中對 VTS 的操作要求、測試/試驗之前和期間的職責、告知申請人有關船舶周圍指定的試驗區域或安全區域、在緊急情況（沿海國的

責任）中進行干預的權力，及趁在海上進行 MASS 試驗之際，探索其自身系統和通信閘道的未來運行和技術能力，並且允許主管機關的代表在試驗期間到場並蒐集有關 MASS 行為的數據，以便為未來的 MASS 營運制定政策並在國際上協調此類政策，同時確保在指定的測試區域附近，對本國或其他船舶的影響保持在最低限度。

- 允許任何船旗在相同程序下使用試驗區域，除非有其他限制。

(二)對申請人應考慮的措施：

- 提供 MASS 的自動化/自主級別；打算用於通訊、控制和自動化的技術類型的描述；確定試驗是在可視範圍內或外的位置進行；確保無論是遠程的還是船上參與 MASS 試驗的任何人員，都應具有適當的資格和經驗；提供有效的緊急計劃；提供（已到位的）資安風險管理計劃；列出試驗時間安排；保險證明；提供海上救助計劃。

- 如果進行試驗的船舶是遠程控制的，則申請人還應具體說明如何保持對船舶的控制以及在試驗期間如何建立和行使船舶與岸控中心之間的角色和職責。

- 船舶設備規定及試驗期間的責任。

- 報告要求和訊息共享：測試計畫應邀請申請人，其他相關利益攸關方和適當主管機關召開會議。在不涉及商業敏感訊息前提下，應向主管機關提供測試報告和相關文件，以便用來評估該區域未來用途及制定 MASS 營運政策。

3.3 挪威

3.3.1 挪威自駕船論壇(NFAS)

由於挪威建設及維護公路與鐵路基礎設施的費用高，加上全年惡劣天氣，導入自駕船將貨物運送從公路運輸移轉到海上運輸具有相當大市場潛力，尤其可發展成定期自駕船航運，再加上挪威康斯伯格海事公司(Kongsberg Maritime) 為全球領先的海事科技公司，政府可藉以扶持國內發展先進船舶技術，因此挪威政府大力鼓勵自駕船舶應用，這也解釋全球第

一艘電池供電的自駕貨櫃輪-Yara Birkeland-的產地就落在挪威。

2016 年挪威海事局、海岸管理局、工業聯合會和海洋科技研究中心，共同倡議組建全球第一個自駕船論壇(Norwegian Forum for Autonomous Ships，NFAS) ，並在當年宣布在特隆赫姆峽灣(Trondheimsfjorden)設立自駕船測試區，這是全球第一個自駕船合法的測試區，這些舉動當時在國際上引起熱烈討論，隨之芬蘭、荷蘭、比利時和英國等歐洲國家，陸續在國內成立類似的自駕船論壇和測試區域，並決定在 NFAS 的基礎上，於 2017 年在挪威奧斯陸成立國際自主船舶網絡(International Network for Autonomous Ships, INAS)。此網絡是由當時希望發展自駕船的國家或地區利益組織所成立的非正式小組，截至目前成員包含英國、芬蘭、韓國、德國、美國、加拿大、丹麥、新加坡、日本、比利時、瑞典、中國、澳大利亞等共計 19 個國家和地區。

3.3.2 挪威船級社「自駕船或遠端遙控船舶指南」

船舶過去通常是由船員手動操作，無法符合現有法規的各種新操作概念，為解決自駕船或遠端遙控船舶，挪威船級社在 2018 年公布自駕船指南(**C**lass guideline: autonomous and remotely operated ships, DNV GL CG-0264) ，以提供自駕/遠端遙控船舶在功能、技術及系統上的指引。該指南涵蓋導航、船舶工程、遠程控制中心和通信，並特別強調自主航行和遠程控制概念中，對軟體和通訊系統需求的兩個關鍵領域。

該指南是基於 IMO 「批准替代方案和等效方案的指南通函(Guidelines for the approval of alternatives and equivalents as provided for in various IMO instruments, MSC.1/Circ.1455)」的基礎上制定而成。IMO 通函中定義了“替代(alternatives)方案和等效(equivalents)方案” (簡稱替代方案)的設計和審批流程。替代方案指不能直接按公約和規則的規定進行設計，而是以替代方法滿足相應規定的措施。為讓新技術應用及新船型開發提供可操作方式，挪威船級社發布自駕船指南並未具體針對自駕船舶技術訂出規範，而是為船東須採取“直接或間接提出符合現行法規替代方法的船舶功能、系統或組件”，提供技術指導和方法示例來取得船舶證書(Ørnulf Jan Rødseth 等人, 2020)。

目前國際上不僅挪威船級社，主要驗船中心亦均有制定類似指南，各指南概念中包括操作設計領域、操作概念和操作限制 ，惟前述 IMO 及 EU 的試驗指南，並無提及 MASS 的認證。此外目前挪威船級社另正針對遠端遙控中心(remote control center)制定相關參考指南。

3.3.3 挪威「執行無人或部分無人操作的自動化功能構建或安裝指南」

經檢視挪威國內對於自駕船相關規定中，除了在 2018 年挪威與芬蘭共同向 MSC 提出「MASS 試驗的臨時指南」案，以回應 MSC 99 邀請成員國和國際組織提案制定統一國際框架，並已納入 IMO 的 MASS 試驗臨時指南。另在 2020 年挪威海事局(Norwegian Maritime Authority, NMA)對船舶自動化和遠程操作的程序和材料要求，訂定「執行無人或部分無人操作的自動化功能的構建或安裝指南(Guidance in connection with the construction or installation of automated functionality aimed at performing unmanned or partially unmanned operations)」。該指南主要對 MASS 自動化和遠程操作的程序、構建、安裝和材料制定要求，內容相當精簡僅有 10 頁，目的在確保全部或部分自主運行，都應保持與常規船舶相同的安全標準。

該指南試用範圍包含所有自主級別位於挪威自主船舶論壇 (NFAS) 定義下 3 至 5 級且將從事挪威國內航行的自駕船，其技術和解決方案須經由挪威海事局進行最終評估，並批准發予證書後才可進行。指南中亦直接敘明，由於沒有專門法規可直接適用於任何船舶類型（貨船、客船、漁船等）導入無人操作或遙控的建造和營運基礎，因此為確保與傳統船舶相同的安全水平，並評估及控制自主航行產生的風險，挪威海事局亦同時採用 IMO 「批准替代方案和等效方案的指南」 (MSC. 1/Circ. 1455)，加上其他相關挪威法規[4]，提出應遵守的立法範例。

3.3.4 挪威自駕船試驗場域案例

[4] 例如挪威《船舶安全和保安法》第 3 章、《船舶建造條例》主要涵蓋挪威船舶的建造、《船舶安全和保安法》第 15 節規定了船舶安全配員的要求，以及船上值班安排足以維持船舶安全航行以及其他操作和安全程序等。

挪威認為在自駕船的發展上，技術應先於監管，基於此，自駕船試驗目的是為蒐集各種預防措施之需要，且可以透過試驗指南來制定訊息蒐集和共享之機制，從而探索未來 MASS 在國際水域的應用潛力。其在 2016 年指定特隆赫姆峽灣為合法測試區迄今，共設立 4 個試驗區，位置如圖 3 所示，以下簡述各試驗區之發展概況。



圖 3 挪威自駕船試驗場域分布

(1) 特隆赫姆峽灣(Trondheim)

特隆赫姆峽灣是挪威第三長的峽灣，全長 130 公里（81 英里），其政府、產業與研究組織於 2016 年 9 月簽署了協議後，於 2017 年 6 月開放進行自駕船技術測試，是世界上第一個自駕船試驗區。由於自主航運需結合許多種技術，包含通訊基礎設施、定位技術、先進感測器、機器學習、人工智慧和連接性（例如物聯網）等，因此目前在特隆赫姆峽灣測試場域中，有眾多研究計畫正在進行。

- SFI Autoship 計畫

挪威研究委員會（Research Council of Norway）於 2020 年 6 月 12 日宣布資助 2000 萬美元，進行為期 8 年的自主船舶計畫 SFI Autoship，其研

究重點包含三大部分，(1)技術應用部分，包括情勢感知、AI、自主控制及數位基礎設施等；(2) 新的商業模式和營運理念，以及開發具有成本效益的物流與港口解決方案，例如岸控中心(Remote Control Center, ROC)；(3)監控風險的方法和模型，及法律面向，例如無人船當船長無登船時的責任等。其底下設有 7 個工作小組，分別為自動控制系統、數位基礎設施、陸基操作中心與人員介面、安全與保險、永續、使用案例、創新與商業等，其中數位基礎設施及陸基的岸控中心與人員介面小組，牽涉到港口須具備之軟硬體能力，進一步詳述如下。

數位基礎設施工作小組主要任務在於要整合一個可以讓自駕船、控制中心及其他海上船舶之間可進行通訊的技術解決方案。而陸基的岸控中心與人員介面小組主要任務有四項：(1)開發控制中心可靠的決策支援系統；(2)開發可用於船舶及控制中心的人機界面和自動化系統，作為與傳統船舶間溝通的工具;(3)在 ROC 的研究、程序、人員配備和能力需求，研究 ROC 新"海員"所需的能力，以及操作員和自動化間的工作流程和分工：(4)驗證 ROC 在模擬器和海上的性能及可用性。此計畫目前是由挪威科技大學(NTNU) 成立海岸控制實驗室 (Shore Control Lab, SCL)[5] 負責執行。

- 挪威研究委員會資助的 MAMIME 項目

對於岸控制中心而言，海上寬頻通訊(Land-based maritime broadband communications)需要具備低延遲和高流量，才能有效且安全對自駕船進行遠端控制。 挪威研究委員會資助用以研發海上通訊環境計畫(LTE, WIFI and 5G Massive MIMO Communications in Maritime Propagation Environments, MAMIME)，目的在研究開發透過 WiFi、LTE 和 5G 束波成形(massive MIMO)技術，提出創新解決方案，來提供具有高流量、大覆蓋、低延遲和高穩定性的海上通訊解決方案，特別是陸對船和船對船通訊。

- 實際測試案例-Yara Birkeland

挪威的 Yara International 化學企業，委託挪威造船廠於 2020 年 11 月打造完成世界上第一艘自駕船 Yara Birkeland，為 120 TEU、全電動、零排放的全貨櫃輪。

Yara Birkeland 的航行將歷經三個階段。第 1 階段仍會在船上配備一

[5] 合作夥伴名單：NTNU、SINTEF Ocean、SINTEF Digital、UiO、IFE、挪威海事局、挪威海岸管理局、特隆赫姆港務局、特隆赫姆市政府、Kongsberg Gruppen、DNV GL、Telia、Massterly、Embron、Maritime Robotics、Idletechs、Equinor , G2 Ocean, Grieg Star, NCL, Gard, Torghatten, MacGregor。

名船員，由位於奧斯陸的指揮中心進行遠端監控。在第 2 階段，該船將由 Konsberg Maritime 和威廉森合資成立的全球首家自駕船船舶管理公司-Massterly -進行遠程控制，Massterly 提供自主船舶價值鏈服務，從船舶設計及檢驗證書，到控制系統、物流服務、船舶運營、保險和協助融資援助等，在 Yara Birkeland 營運中，將負責岸控中心、船舶管理和安全操作。Yara Birkeland 要到第三階段才會實現完全自主。在陸側自主靠泊部分，將配備由 MacGregor 開發的自動繫泊系統，裝載和卸載將使用電動起重機和設備完成。

2021 年 Yara 工廠所在地的新港口建設已完成，原預計於 2021 年完成港口起重機的交付和調試，並在年底前完成試驗 6 成的貨櫃裝卸量，因疫情影響，預計延至今年才可能完成。 Yara Birkeland 號的第一階段航行準備工作已在進行中，預計在未來兩年應可順利達到所預期的無人操作目標 (Fosen, 2021)。

(2) 奧勒鬆斯托峽灣(Storfjord outside Ålesund)

挪威海事局和挪威海岸管理局於 2017 年 9 月在挪威西部最北部，距離特隆赫姆約 150 英里的 Alesund Storfjord 設立第二個遠程控制和自主船舶測試區域，該區域有許多渡輪靠泊需求，適合用來測試和開發感測器技術和管理系統。

(3) 霍爾滕港(Port of Horten)

2017 年 12 月第 3 個官方試驗場域在挪威 Horten 宣布設立。此試點是由挪威東南大學 (University of South-Eastern Norway, USN) 擁有和營運，執行 AUTOSTRIP 計畫（Autonomous Systems within Transport and Industrial Processes）。

該計畫成員包括挪威東南大學、 Kongsberg Maritime、挪威船級社、挪威國防研究機構(Norwegian Defence Research Establishment, FFI)、挪威海事局、挪威海岸管理局和 Horten 市政府。該計畫可為有興趣測試者提供樣本船舶、數位平台、控制中心，如感測器、雷達和導航系統等所需資源，並協助文件申請等一整套服務。此外該測試點不僅開放給挪威業者，也可供國際組織使用，且專門指定用於挪威海事管理局和挪威海岸管理局所需的試驗案例。

除此之外，挪威東南大學與威爾船舶管理公司、 挪威船級社、挪威海事局簽署 2 項協議，第 1 份協議聚焦於開發自主航運安全管理體系（safety management system agreement），協助威爾船舶管理公司為管理及遠程控

制自駕船，開發有效的船舶管理體系。第 2 份協議是關於培養合格的自主航運適任人才培養協議(competence agreement) ，聯合就培養操作和管理自駕船、遙控船舶及岸基控制和管理人員的解決方案。

(4) 格倫蘭(Grenland)

2017 年 5 月，格倫蘭當地港口當局向挪威海岸管理局申請建立第四個自治試驗區。該地區的渡輪交通量，遠高於特隆赫姆峽灣和斯托峽灣，可提供自駕船測試於交通繁忙的環境。 此外該區域為 VTS 覆蓋範圍，可增加測試區域的實用性。該地區另還有其他重點海事工業和研究正在進行。

3.4 英國

3.4.1 英國海事自主系統工作小組(MASRWG)

英國海事協會 (Maritime UK) 是海事部門的傘狀組織 (umbrella organization)，匯集了航運、港口、服務、工程和休閒海洋產業，以促進海事部門的蓬勃發展，該協會在 2014 年成立 MASRWG，特別針對自駕船議題進行討論與研究，其出版之「英國自駕船產業行為及營運準則」，至今已更新至第 4 版，目的是希望在自主航行船舶的創新發展上，不會受限於監管的不力或不確定性，也維持其成為自駕船在設計、製造、採用和使用海上自主技術的領先者。

3.4.2 成立海事自駕法規實驗室（MARLab）/海事未來科技團隊 (Maritime Future Technology, MFT)

英國海事與海岸警衛署(Maritime and Coastguard Agency, MCA) 在 2018 年成立 MARLab (Maritime Autonomy Regulation Lab)，該實驗室可成為政府、學術界和航運業間聯繫平台，以促進 MASS 的測試和營運。其任務包括兩大部分， (1)審查並修正可能成為 MASS 測試障礙的關鍵法；以及(2)從政府的角度，蒐集相關訊息協助支援產業創新。

MARLab 編組自 2018 年 11 月至 2020 年 9 月止，之後 MCA 又成立海事未來技術團隊(Maritime Future Technologies team , MFT) ，MFT 取代 MARLab 角色，持續扮演促進 MASS 試驗和項目實施的角色，其任務除持續協助監管法規修正外，更強調於推動企業採用減排和自動化的創新技術，另外更協助企業通過適當認證，讓企業研發項目可順利下水試行。

3.4.3 成立 MASSPeople

由於 STCW 中目前並未充分規定 MASS 的操作標準，英國 MCA 於

2021 年 2 月公布，將由 MCA、全球地理數據公司 Fugro、培訓公司 Seabot XR 合作成立國際訓練標準工作小組(International Training Standards working group，執行 MASSPeople 計畫，為未來操作自駕船人員制定培訓標準。

3.4.4 英國勞氏船級社發布批准自主船舶準則

除前節所述挪威海事局 (NMA)發布批准自主船舶指南，英國勞氏驗船協會早在 2017 年 2 月公布批准自主船舶準則 Unmanned Marine Systems Code **(**LR UMS Code)，將無人駕駛系統分為 6 級。該準則目的是協助船東或運營商對無人船舶系統(UMS) 的安全設計、建造和維護能獲得認證。

3.4.5「自駕船產業行為及營運準則」

自駕船產業行為及營運準則 (Being a responsible industry- Maritime Autonomous Ship Systems (MASS) UK Industry Conduct Principles and Code of Practice)係由英國海事協會(Maritime UK)成立的英國海事自主系統工作小組(MASRWG)出版，研擬過程中邀集運輸部、國防部及 LR 船級社等參與制定。該準則包含兩部分，一為產業行為準則(code of conduct)，以建立標準化的社會責任行為規範，另一為操作準則(code of practice)，主要對象為小於 24 公尺的自主和半自主 MASS，經營較大 MASS(大於 24 公尺) 僅原則性適用，其制定目的是為確保自駕船操作仍能符合 IMO 當前法律文書（COLREGS，SOLAS，MARPOL 和 STCW）規定，所規範的範圍從操作環境、操作人員的安全及健康、各業務的授權認可組織 (Recognized Organizations, ROs)等。

本研究僅摘要操作準則(code of practice)重點部分。其準則使用對象為所有長度小於 24 公尺的 MASS，航行在英國領海和內陸水域，用於收取經濟報酬、娛樂和休閒或其他目的。

首先是對於認可機構之建議，係依據 MASS 船長分成五大類別。由於不同船舶類型及推進方法會影響管制程度，且各航行階段可能分別受到不同級別的控制(Level of Control, LoC）、速度/操縱範圍的控制，因此規定如操作、評估、部署規劃及授權等事項，均須滿足認可機構(RO)的要求，以獲得在特定區域操作的許可證，如圖 4 所示。

其有關通訊系統(Communications Systems)之內容，概述 MASS 需搭載的通信系統相關要求，對各類別訂定無線電表設備至少的要求或建議，以符合 IMO 文書和 MASS 的指揮和控制要求，如圖 5 所示。各無線電設備取決於 MASS 的能力和航行區域，其中類別 6 屬良好天氣及白天；類別 5 屬於良好天氣，距陸地 3 英里範圍內，從出發點到海洋或受保護水域的向海半徑不超過 3 英里；類別 4 為良好天氣和白天，距離避風港最遠可達 20 英里；類別 3 是距離避風港最遠 20 英里；類別 2 為距離避風港最遠 60 英里；類別 1 距離港口最遠 150 英里；類別 0 是無限制服務，

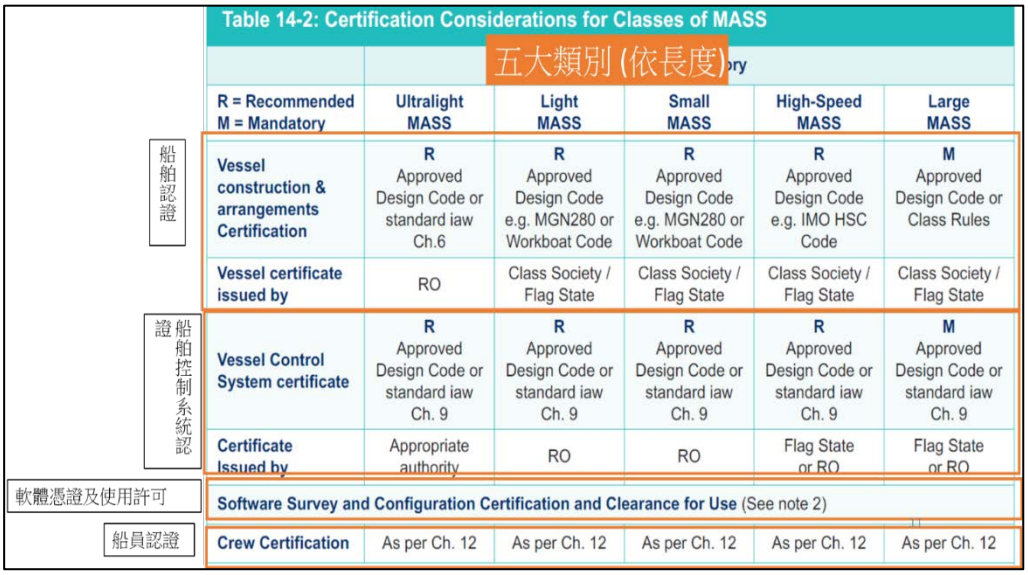


Table 14-2: Certification Considerations for Classes of MASS

五大類別 (依長度)

	R = Recommended M = Mandatory	Ultralight MASS	Light MASS	Small MASS	High-Speed MASS	Large MASS
船舶認證	Vessel construction & arrangements Certification	R Approved Design Code or standard iaw Ch.6	R Approved Design Code e.g. MGN280 or Workboat Code	R Approved Design Code e.g. MGN280 or Workboat Code	R Approved Design Code e.g. IMO HSC Code	M Approved Design Code or Class Rules
	Vessel certificate issued by	RO	Class Society / Flag State	Class Society / Flag State	Class Society / Flag State	Class Society / Flag State
船舶控制系統認證	Vessel Control System certificate	R Approved Design Code or standard iaw Ch. 9	R Approved Design Code or standard iaw Ch. 9	R Approved Design Code or standard iaw Ch. 9	R Approved Design Code or standard iaw Ch. 9	M Approved Design Code or standard iaw Ch. 9
	Certificate Issued by	Appropriate authority	RO	RO	Flag State or RO	Flag State or RO
軟體憑證及使用許可	Software Survey and Configuration Certification and Clearance for Use (See note 2)					
船員認證	Crew Certification	As per Ch. 12	As per Ch. 12	As per Ch. 12	As per Ch. 12	As per Ch. 12

資料來源：Maritime UK (2020)

圖 4 英國自駕船操作準則建議之認證需求

其有關於遠端控制中心(remote control center-operation)之內容，詳細定義遠端控制中心的「架構」、「職責」，並為其「功能」提供概要要求。該單元中定義 MASS 整個任務週期，包含階段 1 任務評估；階段 2 任務規劃；階段 3 任務執行；階段 4 船舶監控；階段 5 船舶收回(著陸)及航行後評估與分析等，詳細定義各週期所賦予的角色、需負擔的責任及界線。

Table 10-1: Telecommunication Equipment requirements for MASS				
Area Category	**6 (up to 3 nm)**	**3,4,5 (up to 20 nm)**	**2 (up to 60 nm)**	**1 (up to 150 nm)**
Satellite Communications	R	R	R	R
VHF radio installation with DSC	R	R	R	R
MF radio installation with DSC or a satellite installation	R	R	R	R
NAVTEX receiver			R	R
EPIRB			R	M
Search and Rescue locating device		R	R	M
Hand-held waterproof VHF radio (if vessel is manned)	M	M	M	M

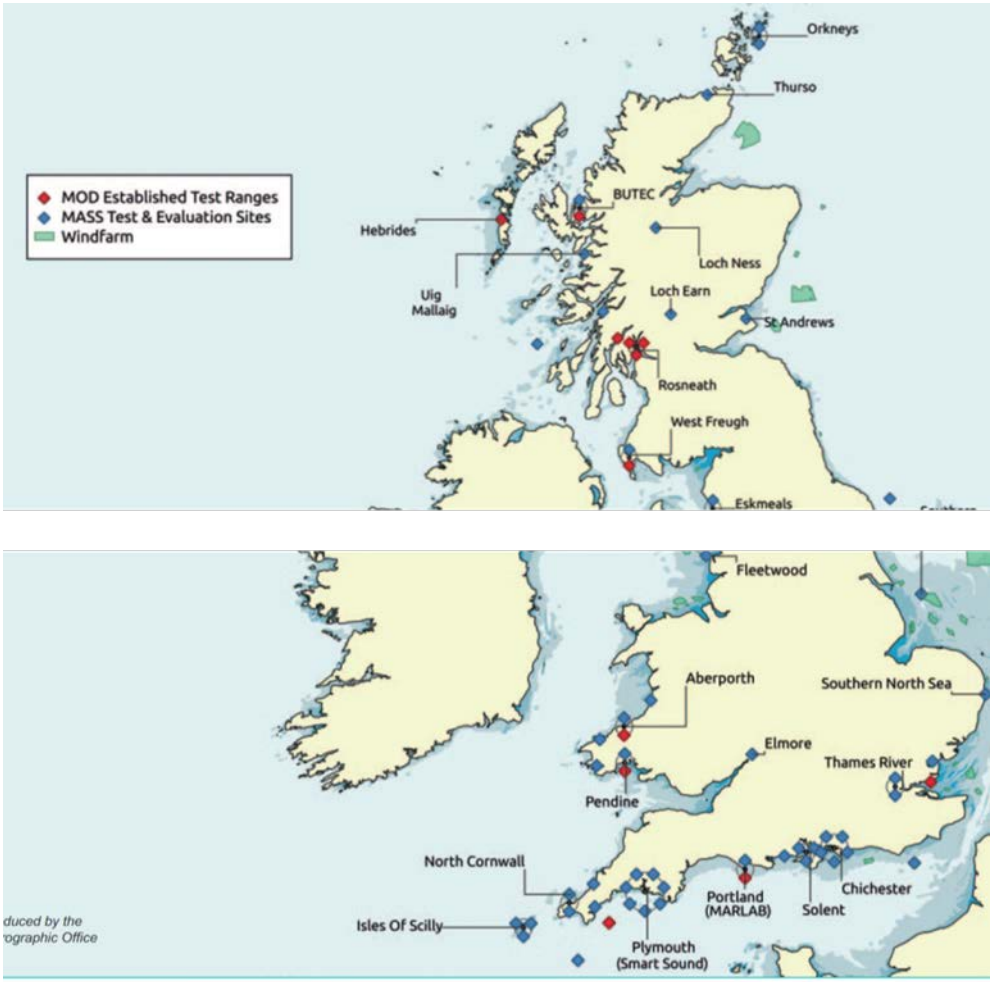
M = Minimum R = Recommended

資料來源：Maritime UK (2020)

圖 5 英國自駕船操作準則建議之通訊設備需求

3.4.6 英國自駕船試驗場域

英國有多個 MASS 試驗場域如圖 6 所示，顯示英國已經提供許多可供營運(operation)、部屬(deployment)、測試(trial)的區域選項，還有專用的測試(dedicated trial)和國防部設施，其中，測試(trial)活動是相對於操作部屬(operational deployment)而言，需要對操作員進行更詳細嚴謹的審查過程，以確保必要功能和操作需求。本計畫摘述其中兩個重要試驗點，詳述如次：



資料來源：Maritime UK (2020)。

圖 6 英國自駕船試驗場域分布

(1) 普利茅斯海峽

英國於 2019 年授權普利茅斯海峽區域作為試驗點，範圍高達近 1,000 平方公里，包括淺水到更深較危險的水域，目的是提供不同環境試驗的機會，並希望打造此試驗點成為海洋部門開發高科技產品和服務的平台。

此試驗點結合來自產業、學術界和政府的成員，組成兩大團隊，其一為海洋業務技術中心 (The Marine Business Technology Centre, MBTC)，由普利茅斯市議會(官方)主導，其他研究合作夥伴如埃克塞特大學、普利茅斯大學、普利茅斯海洋實驗室 (PML) 和海洋生物學協會 (MBA) 等加入組成。另一為未來海上自主技術 (Future Autonomous at Sea Technologies, FAST) ，由一群技術領先的工業和學術合作夥伴組成，用來提供創新的海洋自主解決方案，例如海上和水下自主系統、先進製造、智慧港口和網路安全。 FAST 基礎設施包括平台、感測器、先進的電力系統通訊網路。

上述兩團隊在普利茅斯海峽區域證執行許多創新研發計畫。其中一項重要的研發計畫為建造首個用於海洋創新的 5G 試驗台，海洋業務技術中心 (MBTC)將建構尖端通信系統，稱為 Smart Sound Connect，覆蓋了普利茅斯的整個區域，期望打造成為全球首個 5G 海洋試驗台，以提供超快速的下載速度和低延遲的 5G，支援未來各項新海洋技術，提供給符合條件的企業免費使用測試，例如節能及智慧船舶等。

(2) 波特蘭島

MARLab 在 2019 年 12 月以波特蘭港，作為數據共享平台的測試點(Portland-data sharing test site)，考量到該區域面積適中，不至於因為範圍太大，導致測試的數據集過多，而超出預算，同時因試驗期間須有海巡監管，距離太遠較不適合，而此區域由港口到達測試區的開放水域僅需一小時。

此平台是由英國 MCA 委託英國 Solis Marine(諮詢公司)與 MariTrace (船舶追蹤和全球海事情報公司)合作創建，其開發的技術將來自各港口的多個數據來源整合到一個平台，使 MASS 航行可按其所需，萃取數據。透過平台開發來整合 MCA 和其他政府組織間的資料庫，讓自駕船進行測試時，可提供測試時所需資料來源並降低不必要的成本。

數據共享平台採以線上數據共享形式，利用創建最小可行產品(minimum viable product, MVP)方式進行，透過與產業共享政府數據，來進行測試和評估，以確定對產業可產生的價值以及對監管的影響。

此計畫先進行全國性諮詢，詢問 MASS 製造商和行業利益相關者，最重要的數據類型是什麼，隨後利用 12 個月測試，提供近 20 種不同的數據集，包括即時自動識別系統訊息(AIS)、船舶到達、預計到達及港口數據；風向和風速、水深和潮汐數據的數據集，以及英國水文局提供的航海圖與相關空間數據等。

參與該項目共有 67 個利益相關者，包括 MASS 營運商、學術機構和研究機構、顧問、專家和港口當局，從測試結果顯示，自動識別系統、潮汐數據以及英國水文局和氣象局提供的數據，被認為是最有價值的。

目前此計畫由於 MCA 無法繼續提供資金，因此測試平台已於 2020 年 5 月關閉。

3.5 小結

本章蒐集 IMO、歐盟及挪威和英國的自駕船發展資料，分別包括其制定之規範或指南，正在執行的相關研究計畫，英國及挪威政府指定的測試

場域等面向，藉以分析在自駕船發展時，著重的層面與抱持的態度，如表 5 所示。整體而言，普遍都認為應透過試驗及研究計畫，以逐步達成制定完整自駕船法規的目標。

IMO 發布的 MASS 試航暫行指南強調了試驗的臨時性質，並無要求試航期間須完全遵守 IMO 各項規定，亦無提及 MASS 船級認證制度。歐盟認為廣泛的試驗和測試，是用來確定 MASS 能否安全和成功營運的前提和關鍵步驟，並透過發布 MASS 試驗操作指南，給予各會員國相關主管部門在提供試驗時需考量的所有行動，以確保試驗期間的安全性及有效性。同樣地，歐盟並無提及 MASS 船級認證等事項。

挪威及英國船級社均基於 IMO「批准替代方案和等效方案的指南通函 MSC.1/Circ.1455」的基礎，制定 MASS 船級驗證。其中挪威政府對於自駕船發展態度相當積極，不僅創立全球首個自駕船論壇及成立首個自駕船試驗區，更在指定測試場域上投入大量研發資金，由官方及業界合作進行各種實驗及研發計畫。

英國海事產業亦透過其發展歷史久遠的海事組織(Maritime UK)，積極投入自駕船發展，制定完整的產業指引。英國政府成立跨部會(運輸部及商業部)推動專責單位，研析自駕船法規，指定測試場域，並投入資金引導研發試驗計畫。

表 5 國際發展現況整理

國家/組織	規範/指南	試航相關指南	計畫	測試場域
IMO	監管範圍界定(RSE)工作	發布 MASS 試航暫行指南	--	允許 MASS 在國際水域開展試驗業務
EU	歐盟海事安全局參與 RSE 工作、協調船舶交通監測和訊息系統 (VTMIS)相關議題	發布 MASS 試驗操作指南	1. 2012 年執行 MUNIN 計畫（海上無人駕駛智慧型網路導航計畫） 2. 歐盟執委會贊助 AUTOSHIP 計畫	指定 MASS 系統試驗的監管系統及區域

挪威	1.挪威船級社「自駕船或遠端遙控船舶指南」 2.挪威海事局「執行無人或部分無人操作的自動化功能構建或安裝指南」	--	成立挪威自駕船論壇(NFAS)	共指定4個試驗區，各試驗區均由產官學研共同合作
英國	英國勞氏驗船協會(LR) UMS Code	英國自駕船產業行為及操作指引	1. 官方資助成立海事自治法規實驗室（MARLab/MFT） 2. Maritime UK 成立海事自主系統工作小組(MASRWG) 3. 執行 MASSPeople 計畫	已經提供許多可供營運、部屬、測試的區域

資料來源：本研究整理。

四、臺灣自駕船發展現況

4.1「無人載具科技創新實驗條例(沙盒實驗)」

由於近年來無人載具科技發展相當快速，但卻常遭限於法規限制，為了讓創新實驗順利進行，各國紛紛利用沙盒概念，為產學研想要做實驗者，提供一實驗環境環境。我國立法院於 2018 年 11 月 30 日三讀通過《無人載具科技創新實驗條例》，是全球第一個同時針對自駕車、無人機及自駕船建立監理沙盒的國家。臺灣不僅有汽車產業，在航太及船舶產業都具有一定規模，這項實驗條例，讓各產業界進行創新研究。此實驗條例內容包含兩精神，一為鼓勵無人載具研發應用，其次為以創新應用為目的，進行無人載具服務及營運實驗。

該計畫辦公室為單一窗口，結合法人如資策會、船舶中心等，做計畫申請及諮詢、評估計畫可行性及召開審查會議，到審查計畫之管理等。在審核過程中，申請案件須具有創新性，且最重要的是，對於現有法規無法

取得許可或核准的部分，進行暫時性排除法規(如船舶法、船員配置、電信法等)，打造友善實驗環境。此外，對於實驗後確定法規需做調整的部分，可依實驗結果及數據，進行法規調適，如此有利於監理及營運法規進行未來完整性的規劃。

「無人載具科技創新實驗條例」共分為 6 章節(計 24 條)，包括總則、申請及審查程序、實驗場域之管理及安全、創新實驗之辦理廢止及報告、法令於實驗期間排除適用、附則。其中實驗場域之管理及安全，對於通訊管理、實驗資料蒐集及留存，資料紀錄器安裝及記載，可供實驗後有資料作分析。

截至 2021 年 11 月，無人載具科技創新實驗計畫共有 11 案，其中有 9 案皆是自駕車，僅有 2 例為自主航行船舶，高雄愛河自駕船通過沙盒一、二期，屬於觀光接駁，其中與自駕船相關排除的法規，包括船舶法與船員法[6]。

本條例設定三大策略，首先是透過法科業界先期合作來發展自主關鍵技術，讓自駕關鍵技術能掌握在臺灣廠商手中；其次可結合關鍵系統供應商來籌組國家旗艦隊；最後透過結合地方政府需求，發展創新營運模式，推動無人載具產業實證落地營運運行。透過無人載具條例創新典範，來協助業者開拓新型營運模式，讓產業投入建立新型態商業服務模式。另外也希望吸引國內外業者來臺實驗，帶動國際合作。

4.2「臺灣港群智慧港口創新科技試驗場域推動要點」及「獎勵方案」

臺灣港務公司為擴大海港智慧科技應用，以推動無人載具創新實驗條例為核心，提供新創科技產業發展概念性驗證(POC)。在 2021 年 4 月公布「臺灣港群智慧港口創新科技試驗場域推動要點」，鼓勵國內外新創及科技業者於臺灣國際(內)商港進行技術的測試與驗證，試驗自駕船於內港進行運輸及港灣應用服務。測試地點包括國際商港及航港局委託代管國內商港，試驗期程自簽署試驗計畫協議書起計 180 個日曆天內為原則。

此後又推出「港口智慧創新應用及數位轉型獎勵方案」，對象為國際商港經營相關業務業者，鼓勵業者依營運業務需求，提出具智慧化、數位化、創新性的應用方案，可向港務公司申請獎勵補助，每年提撥 4 千萬預

[6] 船舶法第九十一條第二項、第九十二條、第九十三條、第九十五條、第九十七條、第九十八條規定。以及船員法第八十四條第一項第一款有關違反第七十條之一第一項規定。

算執行，每案獎勵金上限 300 萬元。

4.3 中國驗船中心

中國驗船中心於 2018 年 12 月出版「MASS 準則 (Guideline for Maritime Autonomous Surface Ship)」，提供自動駕駛船舶及遠端操控船舶，設計製造之指引與原則。此準則參考 IMO 將自駕船分為四級，包含 9 章節，包括船舶結構、穩定機制、船舶控制系統、電力系統、導航系統、推進與操控系統、消防系統及附加輔助系統等，規範船舶各方面相應的要求與應備審查文件，向 CR 申請 MASS 認證。

另外於 2020 年 2 月出版「智能船舶準則 (Guideline for Smart Ships)」，智能船舶(Smart ship)與自駕船不同，不強調無人或自主，而著重於船舶性能感測融合與運算技術，並將認證標章分為六項，包括智慧船體、智慧機械、智慧能源管理、智慧導航、智慧貨物管理、智慧平台整合等。此後為提供船公司與營運者依循授予符合準則之船舶 Cyber-s 認證標章，於 2020 年 9 月出版「船舶網路安全準則 (Guideline for Cyber Security Onboard Ship)」。

4.4 自動駕駛船舶產業聯盟

財團法人船舶暨海洋產業研發中心(以下簡稱船舶中心)執行經濟部技術處之科技專案，與財團法人工業技術研究院、國家中山科學研究院等國內研究單位跨域合作，發展自駕船所需之船舶核心控制系統、岸船遠距無線通訊系統、全場域影像辨識技術及智慧避碰系統等關鍵技術，並已於 2019 年與交通部航港局、臺灣港務股份有限公司、財團法人中國驗船中心和國內業者成立自動駕駛船舶產業聯盟。

4.5 自駕船試驗場域

4.5.1 智慧船舶自主航行與智能電控實證運行開發計畫

經濟部技術處為發展國內自駕船技術所資助的相關研究計畫，在 109 年起委託船舶中心執行 4 年期之「智慧船舶自主航行與智能電控實證運行開發計畫」，109-110 年在高雄愛河進行太陽能船自主航行實驗，運用現有的愛河『愛之船』改裝成自駕船，藉由自駕船沙盒實驗「太陽能船於高雄愛河河道自主航行實驗」，依照原有營運路線進行自駕測試。111 年擴大推

廣應用至港區水域(如高雄港/台南運河)作為測試驗證場域，以船舶中心自行設計水域清潔船，推展水域自駕船離峰時段清潔服務。

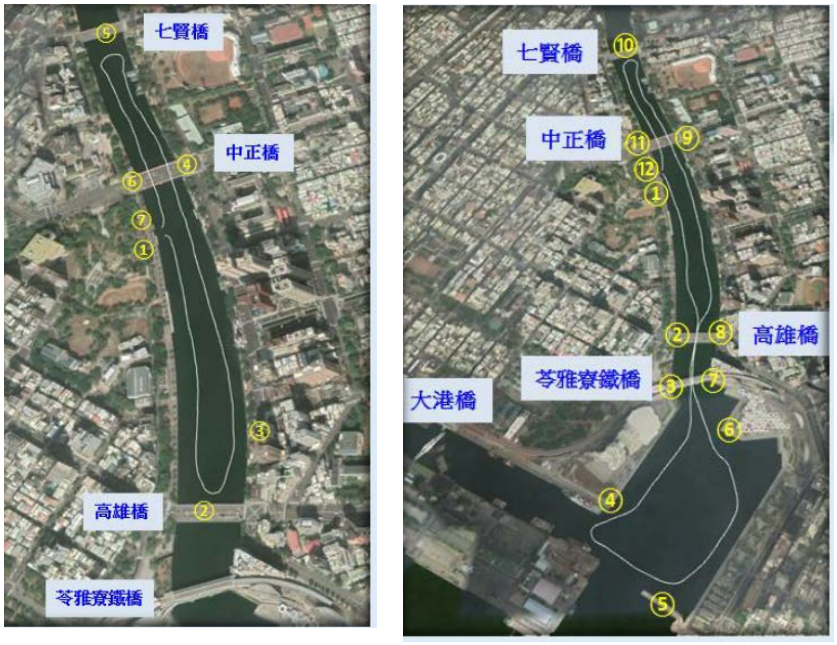
在通訊技術部分,此計畫開發建立長距離無線通訊系統,發展長距離、高傳輸率遠端無線通訊系統與高增益多天線系統技術，可提供岸上中控系統與船上影像、控制等信號傳輸連結網路，並開發全場域影像辨識技術，提供船舶航行時周遭影像及環境資訊，有助於提高航行安全的管理以及運行人力之運用。

在影像系統技術方面，為開發可提供高畫面更新率的全景影像，搭配高動態範圍影像技術與晃動影像穩定軟硬體整合技術，讓遠端操作者以及影像辨識系統，同時可獲得更佳操作體驗和辨識正確度。

4.5.2 試驗案例-高雄愛河

船舶中心與高雄市輪船股份有限公司、大鵬灣觀光遊艇股份有限公司、大舟企業股份有限公司與工研院資通所，在 109 年共同申請在高雄愛河進行自駕船的自主航行實驗，此艘測試船舶是改裝原太陽能船，測試重點為自主航行的航跡自航技術、定速自航技術、避碰技術及自動靠泊技術，還有岸邊的岸控系統、船控系統、感知系統、岸船通訊系統等功能驗證。

續於 110 年開始推動自駕船觀光服務實驗計畫，實驗位置在愛河水域及愛河灣，此次試驗的 7 艘太陽能電動船，亦是改裝高雄市輪船公司的現成船，目前仍在申請載客營運牌照中。這次測試在高雄港跟愛河構建一模擬場域,透過 100%自製多功能操船模擬機,設計各種風海流條件及夜間模式。



資料來源：船舶中心簡報(2021)。

圖 7 高雄愛河實驗場域路線圖(109 及 110 年)

兩次實驗差別在於，第一期(109)沙盒實驗中不提供載人服務，採取愛河封閉場域進行實驗，透過水上放黃色粽子做避碰實驗，而第二期(110)實驗擴大場域，從愛河進入大港橋，增加總共 7 條船的船隊，以及增加同時多船控制管理及夜間測試，如圖 7 所示。

五、自駕船發展對港口的影響

5.1 影響面向分析

為確保自駕船航行安全，已有許多文獻探討我國現有法規對自主航行船舶的適用性，以及自主航行船舶適用上可能產生的疑義，其包含船舶法中對船舶的定義及規定，另外尚有船內設施、船內應備文書等，亦包含船員法中對船員的定義，未來自駕船進展如 IMO 第 3-4 等級的自主船舶，其遠端控制中心的操作人員是否適用船員法，以及未來船員訓練及發證，還有遠端控制人員是否需有相對應的證照制度，以及船長的在船義務等。然而此等法律的變動時機需適當，目前 IMO 已發起 RSE 行動，未來我國可比照援引適用國際之共通規定，但同時在此等待期間，將會阻礙我國發展自主航行船舶，也因此挪威開放自駕船試驗場域並進行大量實驗計畫，而英國 MASRWG 撰擬公布操作規範，目的均是希望在自主航行船舶的創新

發展上，不會受限於監管的不力或不確定性，也維持其成為自駕船在設計、製造、採用與海上自主技術研發的領先者。

透過前節國際相關規範的盤點與趨勢追蹤，對於自駕船對港口影響，本計畫歸納兩探討面向：(1)法規制度面，對於現有法律修訂或制定新法之規劃，如何不與國際立法脫軌，並且如何在過渡期間，不會因為監管不力，造成安全上的疑慮，同時不受限於立法時程及不確定期間，讓自駕船發展受到阻礙；(2)能量構建面，因應技術演進，對設備及操作人員需求，探討港口營運單位隨自駕船產業發展，適時提供港口合適服務，以及是否需主動積極導入自駕船在智慧港口的應用。

5.2 專家訪談

5.2.1 訪談對象

本研究透過專家訪談，希望可以針對不同職業及特性的受訪者，進一步去深入了解受訪者針對本研究議題之想法。本次訪談對象包含產官學三類，分別從法規適用及產業發展角度，各類別選定 1 至 2 位專家學者或利害關係人進行面訪，選取之 5 位受訪者，及背景及專長如表 6 所示，其中，貨櫃航商因訪談時間無法配合，係以書面資料回應，又無人載具示範條例專案辦公室因訪談時間過短，另採其在公開場合談論資料予以補充。

表 6 訪談對象及背景表

訪談者背景	對象
辦理無人載具示範條例專案辦公室事務	無人載具示範條例專案辦公室代表
從事自駕船舶研發及申請自駕船沙盒試驗	船舶暨海洋產業研發中心代表
海事教育工作者	國立臺灣海洋大學航運管理學系代表
任職於航港局	航港局船舶組代表
任職於港務公司	港務公司企劃處代表
貨櫃航商	陽明海運企劃組代表

5.2.2 訪談主題

依據前節本計畫歸納的法規制度面及能量構建面等兩面向，採主題式分析，分別在兩大主題下研擬歸納其各次主題，以及其衡量方法，如表 7 所示。

表 7 研究主題歸納

主題	次主題	衡量
1.修訂現有法律或制定新法之規劃	1.1 監管範圍界定工作及修法時程 (航港局)	是否進行我國法規盤點並預視技術發展速度，擬定修法時程?
	1.2 確保航安與技術發展同步的監管作為 (航港局)	是否透過實驗場域機制，排除法規適用，來確保監管及技術進步同步?
2.因應技術演進，對設備及操作人員需求	2.1 導入自駕船在智慧港口應用 (港務公司)	營運單位(港務公司)是否規劃自駕船應用提升服務?
	2.2 自駕船對港埠之挑戰 (港務公司)	營運單位(港務公司)是否協助創造試驗環境來面臨未來的挑戰?
	2.3 建構培訓制度(航港局、港務公司)	是否重視智慧船舶對從業人員之影響?

5.3 訪談結果與綜合分析

本節根據專家訪談後所獲致的結果，進行綜整歸納，提出在各主題下本研究之發現，主要內容依據各項主題與次主題來分述。

主題 1 修訂現有法律或制定新法之規劃

次主題 1.1 監管範圍界定工作及修法時程：發現監管單位與業者對修法時程規劃看法不同。

航港局於 110 年委託資策會進行「海運智慧駕駛法規先期可行性分析 」計畫，對於自駕船相關法規認為**短期內尚無修法之急迫性**。然而對業者而言，認為**政府應盡早進行修法工作**，若等待國際法規通過，屆時恐無足夠時間因應準備。

次主題 1.2 確保監管與技術發展保持同步的監管作為：發現政府提出之沙盒試驗計畫，仍不符欲試驗之業者期待。

沙盒計畫雖為經濟部主導推動，當有自駕船申請沙盒試驗計畫時，仍須經由航政監理單位擔任自駕船申請沙盒試驗之審查單位。對業者而言，即使沙盒實驗作法在排除現有法規適用，但**監理機關對排除法規之安全性疑慮**，無法立即接受。另一方面，原無法規管轄之處，例如要在臺灣海峽進行無人船實驗，則無法進入沙盒實驗予以驗證。

由於**無指定的試驗地點**，需面臨進出港申請、船員人數等法規，且漁港、商港及遊艇港分屬**不同主管機關及法規**。又由於我國法規並未對自駕船確定其船舶類型，無法申請進出港許可，目前都是利用母船拖載，但對業者而言，將**提高使用成本**。

主題 2 因應技術演進，對設備及操作人員需求

次主題 2.1 導入自駕船在智慧港口應用：發現營運單位提出之試驗要點，不符欲試驗業者期待。

港務公司積極希望導入相關新技術提升港口營運，希望**透過業者主動提案在港區進行試驗**，擴大海港智慧科技應用，以推動無人載具創新實驗條例為核心，提供新創科技產業發展概念性驗證(POC)。但對於有意申請的業者而言，港務公司所提計畫吸引對象為小型學研計畫需求者，**對實際業者而言無申請誘因。**

實驗目的是希望**最終可以收取利潤(POS)**，但國內並沒有提供一個供自駕船可最終達到 POS 實驗的特別場域。建議**港務公司應先思考目前可藉由自駕船解決的營運問題**，透過業者來提出解決方案，僅需提供場地，業者實驗結果及數據可供港務公司後續使用，藉此透過雙方合作模式，往前邁進。

次主題 2.2 自駕船對港埠之挑戰：

1. 發現港口營運單位對初期設備投資態度保守。
2. 發現貨櫃航商目前對導入智能船舶仍屬觀望階段，故目前對於港口需提供那些軟硬體服務面向尚未有相關資訊。
3. 發現對於交通部是否需投入資源推動自駕船產業發展，有不同意見。

對港務口營運單位而言，由於技術發展過於迅速，**若過早投入基礎設施風險較高**，且除非同時有多位碼頭租賃業者提出需求，**彼此間可以共同分攤成本**，否則短期內不會貿然投入。

以貨櫃航商角度，初期**導入智能船舶主要是應用於船舶本身**，使其於**開放海域航行**時達成自駕、提昇設備可靠度、裝載優化、節能、船體安全評估等，由於**自駕船或智慧船所應用之功能，尚未及於自動進出港與離靠碼頭**，故目前對於港口需提供那些軟硬體服務面向尚未有相關資訊。

從海事教育專家角度，經濟部應作為領導角色負責產業發展，而非初期就讓港務公司投入建置成本，應依照現有的設施滿足業者試驗需求即可，**產業發展應交由經濟部主導**。

以業者角度，**政府應該跨部門成立團隊，共同執行計畫(Joint project)**，團隊中的每個成員，個別處理面臨的問題，提高處置效率，有成果時也可共享。

次主題 2.3 建構培訓制度：

1. 發現營運單位及航政監理單位對海事人員培訓尚無明確規劃。
2. 發現業者初步階段船員配置並未減少，但估計未來很難找到適任人才。

業者建議應進一步思考現行海員（Seafarer）的定義，未來遠端操控者或其他船舶運行所需海事人員，例如引水人等，**所需訓練可能都跟當前不同**，當前船員的訓練卻無法處理這些要求，需要一個全新的人員配置與訓練計畫。

貨櫃航商認為目前智慧船舶發展仍在初步階段，航運業目前對導入自駕船系統態度也較保守，**船員配置並未減少**。海運產業長期人力短缺，**更難找到同時了解船舶又了解資訊的人才**。

5.4 因應及推動建議

從上節可歸納出以下幾點發現，(1)監管單位與業者對修法時程規劃看法不同；(2)政府及營運單位提出之沙盒試驗計畫，仍不符欲試驗之業者期待；(3)港口營運單位對初期設備投資態度保守；(4)航商目前對導入智能船舶仍屬觀望階段；(5)對交通部是否需投入推動自駕船產業發展，仍有不同

意見；(6)政府尚無擬定相關人員培訓規劃；(7)未來很難找到適任人才。

對於我國目前發展現況，透過前節蒐集之各項國際發展資料，本研究提出幾點因應及推動建議，彙整如圖 8 所示。

首先為修法時程，由於 MASS 是一項新發展，涉及許多現有國際海事組織規範下無法解決的問題，需面臨修法或制定新法的需求，然而在國際法規尚未完備前，建議可透過成立海事自駕法規工作小組，持續關注國際修法趨勢，並進行國內法規分析，排除可能成為測試 MASS 船舶的障礙，以創建一個安全監管環境，同時協助產業創新之發展。

其次學習國際作法，指定特定試驗地點，以直接排除法規適用，不須透過個案計畫審理，並在該試驗地點投入適當資源，達到資源整合運用之優勢。

在港口營運單位部分，評估自駕船應用提升自身營運之服務，並透過試驗，以創建最小可行產品 (MVP)，提供試驗使用之軟體或硬體，例如英國在波特蘭島創建線上數據共享平台，透過與產業共享政府數據，來進行測試和評估，以確定對產業可產生的價值以及對監管的影響。

自駕船產業涉及不同部會業務，可透過成立跨部會團隊，共同執行研究或試驗計畫，如英國成立跨部會(運輸部及商業部)推動專責單位，研析自駕船法規，挪威各試驗區內的各項研究計畫均是採產官學研合作方式進行。

最後在培養相關適任人才方面，應可學習挪威政府與船舶管理公司建立合作夥伴的模式，為培養自駕船航運相關的適任人才預做準備，以因應智慧船舶對從業人員之影響。

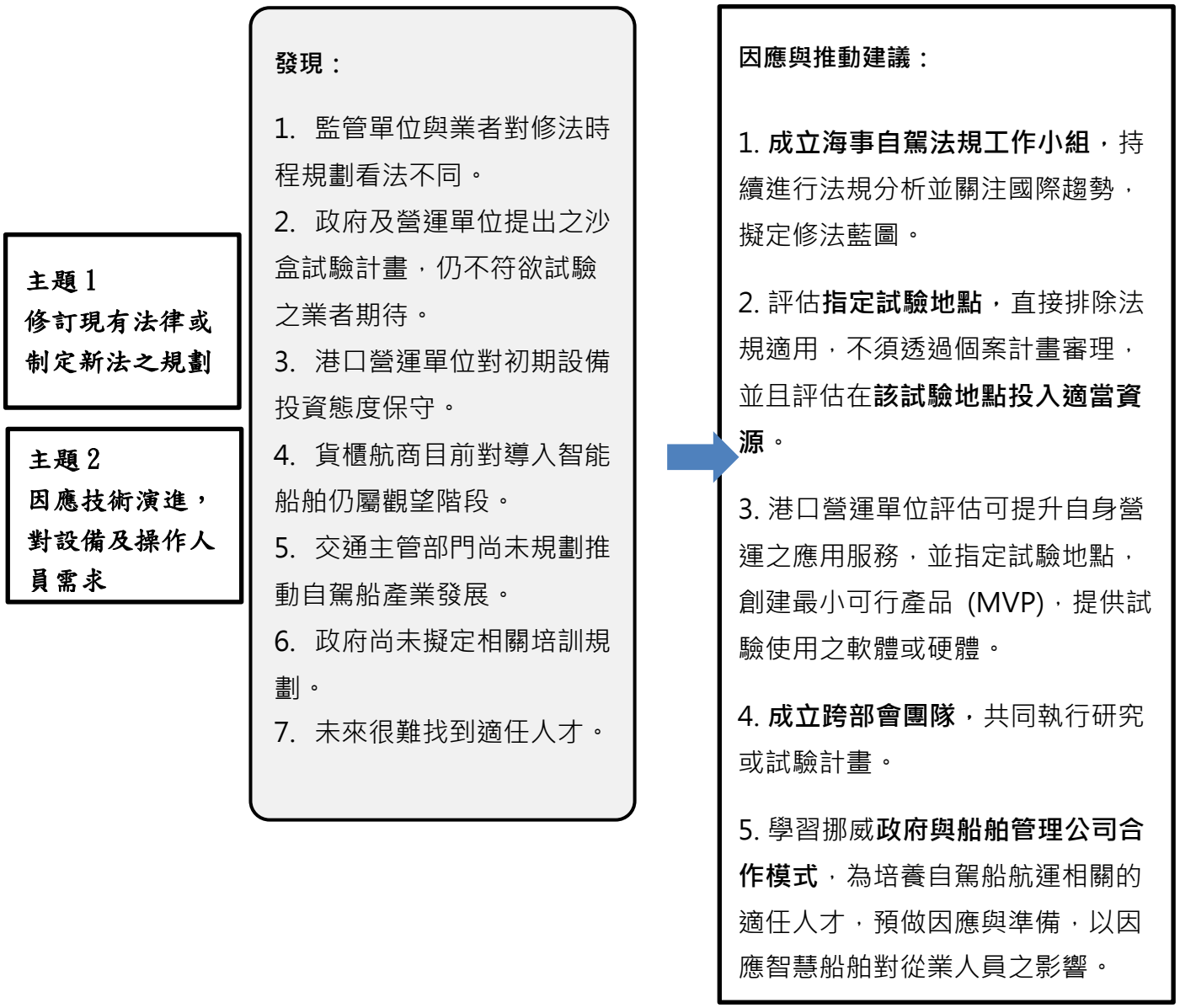


圖 8 本計畫因應與推動建議彙整

六、結論與建議

6.1 結論

國際上對自駕船相關的船舶規範與管制，目前多屬研析階段，又或透過發布各項指引或指南，引導業者申請驗證及遵循替代作法。而國際主要船級社，目前係基於 IMO 對於同等替代措施指引下，制定自駕船檢驗指南。整體而言，國際間均認同應透過廣泛的試驗和測試，為確定 MASS 能否安全和成功營運的前提和關鍵步驟，經由試驗蒐集數據，以便為未來的

MASS 營運制定政策，也可避免相關新技術發展受到法規限制。

英國與挪威政府已投入大量研發資源，積極促進自駕船之實驗，此外也積極透過與業者合作執行相關計畫。我國由於造船及周邊設備產業之權責機關為經濟部，航港主管機關對於推動智慧船舶產業，較無相關政策，例如指定獨立的實驗港口/場域，或投入港口相關設備的研發資金。

當前由於船舶搭載智慧化設備成本高，航運業者對導入智慧船的進展緩慢，連帶對原本智慧化速度就較緩慢的港口產業而言，較無意願立即投入設備升級。然而在 IMO 頒布 MASS 試驗指南後，未來在國際水域可能會有更多的試驗進行，國際各港口間將透過試驗，模擬 MASS 在國際間運輸，確認各港口系統的可相互操作性，若屆時我國無法提供相關服務，可能無法參與其中。

6.2 建議

建議航政監理機關可研析成立海事自駕法規工作小組，持續蒐集 MSC 會議中對自駕船應用發展討論進度，並透過協助自駕船試驗和測試，確定 MASS 能否在安全和成功營運的前提，做為未來修法之參考。

港口營運單位亦應從自身所需出發，研析可利用自駕船(含各種水面無人載具)來提升服務或航行安全的應用，以及思考指定特定實驗場域或港口，透過整合業者及自有資源，逐步發展相關能力，落實智慧港口。產業發展雖為經濟部主導，但仍可透過跨部會合作，結合地方政府，共同執行研究或試驗計畫，共謀發展藍圖。

本案目前僅蒐集英國及挪威兩國資料，但近年來亞洲國家如日、韓及中國大陸均已投入自駕船相關發展，後續研究可擴大蒐集相關資料。此外在自駕船業者部分，本研究僅訪談船舶中心，對自駕船發展能量尚未完整掌握，未來可從產業分析角度，調查分析國內自駕船的研製能量，以及與國際先進製程技術之落差，評估是否循無人機產業模式，投入相關資源。

參考文獻

1. 交通部航港局(2021)，「海運智慧駕駛法規先期可行性分析案」，MOTC 110-MPB11050209。
2. 經濟部技術處(2020)，「智慧船舶自主航行與智能電控實證運行開發計畫」，MOST　109-EC-17-A-23-1012。
3. 經濟部(2018)，無人載具科技創新實驗條例。
4. 臺灣港務股份有限公司(2021)， 臺灣港群智慧港口創新科技產業試驗場域推動要點。
5. 船舶暨海洋產業研發中心 (2021)，「太陽能船於高雄愛河河道自主航行實驗/高雄愛河至駁二鄰海自駕船觀光服務實驗計畫」，無人載具科技創新實驗成果分享研討會，110 年11 月。
6. Birkeland Yara(2020),Yara Birkeland status https://www.yara.com/news-and-media/press-kits/yara-birkeland-press-kit/ , Accessed 18th Oct 2020.
7. CR, Guidelines for Cyber Security Onboard Ships 2020 (2020), https://www.crclass.org/chinese/content/publications/guidelines/download/24-GD-CS-202009.pdf (last visited June 8, 2021).
8. Devaraju A., Chen L., Negenborn R.R. (2018) Autonomous Surface Vessels in Ports: Applications, Technologies and Port Infrastructures. In: Cerulli R., Raiconi A., Voß S. (eds) Computational Logistics. ICCL 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 11184. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00898-7_6.
9. European Union [EU], EU Operational Guidelines for Safe, Secure and Sustainable Trials of Maritime autonomous Surface Ships (MASS) (Oct. 2020), *available at* https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/guidelines_for_safe_mass.pdf (last visited June 8, 2021).
10. International Maritime Organization [IMO] (2019), Interim guidelines for Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) trials, MSC.1/Circ.1604.

11. Lloyd's Register (2017), Unmanned Marine System Code, https://www.lr.org/en/unmanned-code/ (last visited Oct. 26, 2021).

12. Markets and Markets (2020), Autonomous Ships Markey-Global Forecast to 2030, 30(2020).
13. MUNIN (2016), Maritime unmanned navigation through intelligence in network http://www.unmanned-ship.org/munin/ , Accessed 20th Sep 2019

14. MSC 100/WP.8. REGULATORY SCOPING EXERCISE FOR THE USE OF MARITIME UTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS). Report of the Working Group.6 December 2018.

15. MSC International Maritime Organization, 2020 Msc International Maritime Organization Status Report – Progress of the Regulatory Scoping Exercise (2020) MSC 102/5, January
16. Maritime UK (2020), Maritime Autonomous Ship Systems (MASS) UK Industry Conduct Principles and Code of Practice 2020 (V4) , https://www.maritimeuk.org/priorities/innovation/maritime-uk-autonomous-systems-regulatory-working-group/mass-uk-industry-conduct-principles-and-code-practice/ (last visited Oct. 26, 2021).
17. NAFS (2017) Norwegian forum for autonomous ships http://nfas.autonomous-ship.org/index-en.html (2019), Accessed 20th Sep 2019.
18. Peeters, G., Yayla, G., Catoor, T., Van Baelen, S., Afzal, M.R., Christofakis, C., Storms, S., Boonen, R., Slaets, P. (2020), “An Inland Shore Control Centre for Monitoring or Controlling Unmanned Inland Cargo Vessels”, Journal of Marine Science and Engineering, Vol. 8, No. 10: 758. https://dx.doi.org/10.3390/jmse8100758
19. Rødseth, Ø. J., Lien Wennersberg, L. A., & Nordahl, H. (2021). Towards approval of autonomous ship systems by their operational envelope. Journal of Marine Science and Technology, 1-10.