

海洋環境數據整合介面TORI OceansMAP介紹

呂宜潔^{*} 賴堅戌¹ 廖建明¹ 徐堂家¹ 吳季莊¹ 楊文榮¹ 許友貞¹

財團法人國家實驗研究院 台灣海洋科技研究中心¹

摘要

開放資料(open data)與大數據(big data)不僅是近年最熱搜的關鍵字，更成為政府民間組織積極推動的工作，期望透過跨平台間相互合作，提升資料提供者與使用者社群間協同工作能力(Interoperability)。海洋中心物理海洋平台根據歷年支援海洋科學研究、海難搜救與油污應變之經驗，有感資料整合運用不僅能提升各資料提供者的投資效益，更能有助於使用者社群之作業需求與效能，這些整合海洋數據的動機與理由，唯有透過檢索效率高且人機介面友善的海洋資料庫，來迎接我國海洋事業新頁的挑戰。

海洋中心自2015年導入美國RPS/ASA研發之OceansMAP，並導入 A) 海洋中心海氣象遙測與模擬數據； B) 來自歐盟哥白尼海洋環境監測中心(CMEMS)的衛星海面高資料； C) 來自美國NRL及NOAA的數值資訊；以及 D) NOAA的衛星海溫資料、雲圖影像和SVP漂流浮標軌跡等，數據涵蓋各種觀測與模擬所得之風、雲、海面高、波浪、潮汐、海流、溫度、鹽度與葉綠素等大氣、海洋訊息。

海洋中心所建置的TORI OceansMAP彙整多種大氣海洋資訊，並以通用的NetCDF格式提供海洋環境數據服務，提升跨平台海洋科學研究數據交換與彙整的可能性。其多元且一操作的展示與操作介面，不僅可支援海域防災、救難、海洋污染防治等海洋事務之應用，亦可符合政府、產業、學研等相關機關甚至一般民眾對海洋資訊查詢與應用之需求。目前我國建置有與TORI OceansMAP相容的海洋資訊系統的機關計有環保署、海巡署及中央氣象局等，期望未來可透過跨單位協定達成數據開放交流的目標，俾利我國海洋事務發展。

關鍵字：海洋資料庫；整合資料；NetCDF；OceansMAP

一、前言

自1998年數位地球(Digital Earth)的概念被提出(Al Gore, 2010)，各個領域陸續投入地球尺度的資料整合研究發展。在海洋數據方面，如美國整合海洋觀測系統(IOOS[®])曾在2007年批准了一個建立數據整合框架(Data Integration Framework; DIF)的三年期計畫，DIF選定了幾項海氣象災害防治項目，挑選了3個數據提供者，7個海洋變量以及4個客戶應用程序)用Web服務構建的IT平台可以滿足社區要求的信息管理需求，DIF選定了幾項海氣象災害防治項目，並衡量整合數據對若干NOAA任務目標的價值。如透過DIF獲得的經驗，反饋長期的IOOS數據管理規劃和作為(Hankin 等人，2005)。由於海洋數據管理，包含了現場觀測數據、遙感探測數據和數值模式輸出等，主要係在分散式地理資訊環境系統中產生的，這些數據具有時間頻率差異以及空間尺度等差異，因此數位地球系統的資訊整合處理往往存在許多待克服的問題，但是根據過去20年的經驗，這些數據整合對科學家和決策者俱有重要的科學價值。

台灣在現代化海洋探測亦有數十年的歷史，過去由於未設立海洋專責機構，因此海洋資料庫大致依任務屬性不同而各自發展，如科技部海洋學門資料庫即在台灣大學海洋研究所的運作下，蒐集、管

理與分析我國近30年來的研究船探測資料，交通部港研中心庫亦保存了近海和船隻航行資料，中央氣象局海象中心、經濟部水利署亦擁有大量的近岸觀測資料，此外還有成立近10年的國研院海洋中心所建置的海洋環境資料庫，綜觀而言，各單位的資料量與屬性均具相當規模。因此，張(2014)對國家級海洋資料中心建置提出應在前述資料庫基礎上，思考如何化資料為各個不同層面應用的資訊、如何化分散於一整合的資料庫架構、如何化片面為永續經營的海洋資料庫，讓國內海洋資源發揮最大的效益。

本文旨在報導海洋中心近年由物理海洋平台與資料管理組共同引進由美國應用科學諮詢公司(Applied Science Associates, Inc. 簡稱ASA)協助開發之TORI OceansMAP 海洋資訊整合系統。此系統可透過網絡展示、分析、分享和管理各類大氣與海洋數據的海洋資訊整合及應用平台。本系統是基於網路GIS平台開發，可允許用戶和團隊管理各類型時空訊息的環境資料，包含數值模式和現場觀測數據，提供使用者在平台上觀察多種資料隨時間的變化或差異，提供給許多層面的應用，同時也具有輸出成圖片、動畫與資料下載等功能。

二、海洋環境數據整合系統介紹

TORI OceansMap海洋環境數據整合系統，係由GIS圖像用戶界面、空間關係型資料庫、和網絡服務三部分組成，基於空間訊息資料庫(Spatial Database)和地理資訊系統(GIS)集成開發。開發此系統的主要目標是讓系統管理員可以通過系統界面管理、可視化、分享和分析各種大氣海洋資料、衛星資料、DRIFTER、地形資料、以及其他環境資源數據。

TORI OceansMap是為群體使用而設計的專業海洋訊息共享平台，可用於管理、展現、分享、分析模型及觀測的環境資料（如：模式、衛星、雷達、浮標、水深等）以及其它的作業化環境資料。系統具有高效資料讀取引擎，具有強勁的資料展示功能，允許不同資料圖層簡便套疊、查詢，並且具有強勁的延續性及再開發性。本系統可用於環境資料管理及發布，同時也可以用於科研、教學及決策支持等。

系統架構

本系統為瀏覽器/伺服器(BROWSER/SERVER)結構模式，此模式是WEB興起後的一種網路結構模式，WEB瀏覽器是客戶端最主要的應用軟體。這種模式統一了客戶端和伺服器端，將系統功能實現的核心部分集中到伺服器上，簡化了系統的開發、維護和使用，同時也非常容易維護及更新海洋資料。模型、資料、資料庫、事務邏輯運算等都由伺服器端完成。瀏覽器通過Web Server 與伺服器進行資料交互；而客戶端(client)則只需透過如Firefox或Internet Explorer之類的瀏覽器進行。此結構模式在維護和升級具有方式簡單、成本較低及選擇更多等優點，但是應用伺服器端運行資料負荷較重，對伺服器要求比較高。本系統選用的開發程序為.NET FRAMEWORK4基礎上的C#。

整個系統界面是基於ESRI FLEXVIEWER框架開發而成的。瀏覽器中的FLASH播放器通過加載和運行ASA開發的FLASH文件，在瀏覽器裡啟動FLEX VIEWER的應用程序。基於配置文件、FLEX VIEWER，從OCEANSMAP Server中讀取資料並加載地圖等信息，客戶端是通過操作各種WIDGETS進行各種作業邏輯，通過客戶端瀏覽器的FLEX與伺服器的服務API進行互動。

系統主要分四大部分，界面（FLEX及用戶自定義）、OCEANSMAP伺服器、資料庫及用戶環境資料（圖 1）。這四個部分可以分別安裝在不同的伺服器上，也可以安裝在同一台伺服器中。

資料庫是本系統的資料及使用者管理的核心。本系統資料庫基於成本及資料庫的優越性等考量選擇了開源資料庫POSTGRESQL，並安裝了POSTGIS外掛模組，增加了POSTGRESQL資料庫在存儲管理空間資料的能力。

FLEX使用者友善界面和SERVER的交流是透過系統提供的WEB SERVICE及REST SERVICE來實

現的。REST SERVICE用於執行地圖輸出等，而WEB SERVICE主要是用於資料的雙向傳輸等。系統由關係型資料庫POSTGRESQL來管理整個系統中的資料及關係。使用者的權限及資源的屬性由資料庫所控制，系統界面提供了基本的系統管理、設置及查看的訊息。除此之外，管理員還可以直接進入資料庫對資料進行檢視與修改。

本系統中有多種不同的WEB SERVICE可用於界面和伺服器的交流，包含GIS地圖服務、環境資料地圖服務、WMS發佈、用戶管理服務、資源管理服務、顯示管理服務。

系統管理

系統管理由多個管理模組構成，主要有使用者管理模組、環境資源管理模組及資料顯示模組。各模組僅容許授權使用者瀏覽，並依照系統設計支持多用戶同時瀏覽系統。每個使用者都歸屬於不同的群組，而對不同的資料有不同的瀏覽和處理權限。而且系統會對使用者的瀏覽做簡要的記錄，包括瀏覽登入與離開系統時間、連線使用者的IP位址等。

在系統資源管理方面，包括所有的GIS資料、環境資料及文檔資料等。為了便於管理，系統中每個資源除了其本身的屬性外，還具有擁有者屬性及分享屬性。擁有者為該資源的提交者或建立者，可對資料進行修改或刪除，而且還能把該資源分享給指定群組、使用者或收回分享。任何使用者進入系統後都能對分享資料進行瀏覽，但不能修改或刪除。

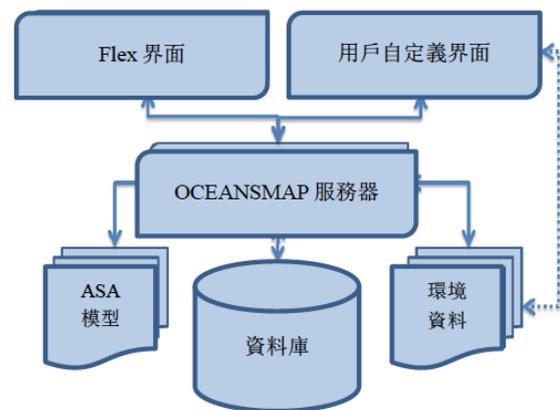


圖 1. 系統主要模組構架

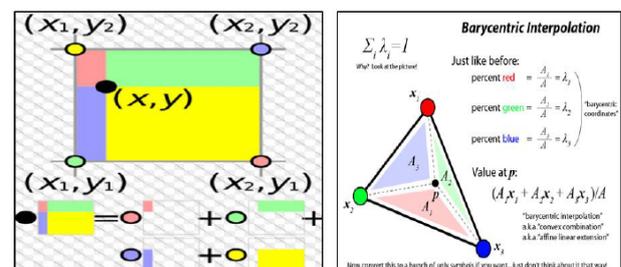


圖 2. 資料查詢時之數據內插方法示意

在顯示管理方面，主要可對地圖、標量、矢量等進行設定，並提供快速查詢以及多種進階查詢方法，如指定點位、任意水平面上之直線或曲線、線段以及任意形狀的多邊形內之統計查詢等。由於系統支援海洋大氣領域常出現的三角網格、規則網格及曲線網格，因此前述進階查詢時，可透過內插獲取資料結果，其數據內插主要係通過三角形的內插計算方法，如圖2所示。大氣海洋資料提供描述性統計資料包括有：最大值、最小值、平均值、標準差、範圍、25%、50%、75%百分位數及取樣個數等，亦可提供原始資料下載功能，供使用者進一步分析。

資料結構與檔案格式

本系統之大氣海洋環境資料主要以網絡通用資料格式(Network Common Data Format; NetCDF)來儲存，資料庫中僅儲存相關文件的屬性(METADATA)及其關係。NetCDF格式係一種可以通用的資料存取方式，資料的形狀包括單點的觀測值、時間序列、規則排列的網格、任意點資料以及人造衛星或雷達之影像檔案。NetCDF可通過各種計算機語言進行讀取。並且可以跨越平台和機器的限制。每一個NetCDF檔案包含維度(Dimensions)、變量(Variables)、屬性(Attributes)和資料(Data)本身。可以包括多維度的、具有名稱的變量，包括長短的整數、單倍與雙倍精度的實數、字符等，且每一個變量都有其自我介紹的資料，包括量度的單位、全名及意義等文字說明，在此摘要性的檔頭之後，才是真正的資料本身，公認非常適合大氣海洋資料的儲存。

NetCDF接口是一種多維的資料分佈系統，由這個接口所產生的檔案，具有多維的資料格式，當使用者需要其中的某一筆資料時，程序將不會從第一筆資料讀到你所需要的資料處，而是從NetCDF軟體直接存取那一個資料開始。如此將會大量減少模型運算時資料的存取時間，從而使資料的讀取相當快捷，適合網絡資料交換的需求。

三、海氣象資訊整合及應用

TORI OceansMAP建構之初，即對資料庫架構設定了包含資料種類多、資料格式複雜、資料維數大，同時對資料接口進行一般化的開發，以利TORI日後可以自行開發轉檔程式、添加新數據內容。此外，並以美國Rutgers大學所建置之NOAA MARACOOS子觀測系統資訊網站(<http://oceansmap.maracoos.org/>)為師，期望能提供一個友善、易操作之網路視窗介面，供使用者更容易查詢海洋大氣環境資訊。

本章節首先介紹目前TORI OceansMAP所整合之海氣象數據，包含了各種觀測、遙測與模擬所得到之風、雲、海面高、波浪、潮汐、海流、溫度、鹽度與葉綠素等重要大氣、海洋訊息，並介紹幾種透過視窗使用者介面可達成之資料整合應用。

表 1. TOPS 模式海流資料提供之範圍與解析度

格網名稱	模式範圍	空間解析度	時間解析度
N2	99E~149E 2N~41.2N	0.08度	6小時一筆
T3	117E~124.5E 18N~26.5N	0.02度	1小時一筆

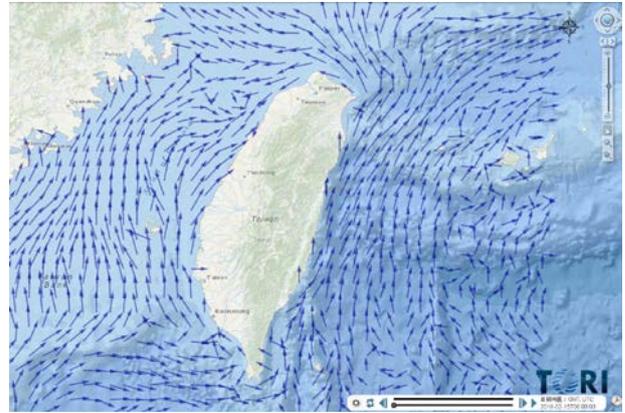


圖 3. TOPS 模式於 T3 格網之逐時海流資料圖例

海洋中心海氣象遙測與模擬數據

海洋中心海象預測數值實驗系統(Taiwan Ocean Prediction System, TOPS)，整合SWAN(Simulating Waves Nearshore)、NWW III (NOAA WaveWatch III)與 POM (Princeton Ocean Model) 模式提供之數值模式資料，可提供波浪、海溫與海流等數值模式資料。在此介面中可提供兩種空間與時間解析度之數值海流資料，如表 1與圖 3。

而環臺高頻海洋雷達系統(Taiwan Ocean Radar Observing System, TOROS)，已建置18座CODAR SseSonde集成式高頻海洋雷達。因使用不同頻率與頻寬而有觀測距離及解析度之差異，TOROS團隊依據不同的量測目的架設測站，現已有不同範圍與解析度之三種格網產品逐時產出，即10公里解析之環臺(TORO)流場、4公里解析之西南海域(FALA)流場與1公里解析之南灣區域(NAWN)等近即時資訊，觀測之有效範圍與解析度資訊整理如表 2與圖 4。

CMEMS 的衛星海面高數據

衛星資料包含來自於由歐洲委員會和歐洲太空總署聯合倡議之哥白尼計劃 (Copernicus Programme) 中提供海洋監測資訊之CMEMS (Copernicus Marine environment monitoring service)，其可提供時間解析度為 1 天之衛星資料，包含海水位高度異常值(Sea Level Anomaly, SLA)、絕對海面動力地形(Absolute Dynamic Topography, ADT)、絕對地轉流(Absolute Geostrophic Velocity, AGV)與表層葉綠素濃度(Chlorophyll concentration, CHL)。

目前導入TORI OceansMAP之資訊整理如表 3所示，而圖 5至圖 7分別呈現SLA、AGV與CHL等衛星資訊圖例。

表 2. TOROS 高頻雷達觀測海流資料提供範圍與解析度

格網名稱	格網解析度	區域	資料範圍
TORO	10 公里	環臺海域	離岸 150 公里內
FALA	4 公里	西南海域	離岸 90 公里內
KNTN	1 公里	南灣海域	離岸 20 公里內

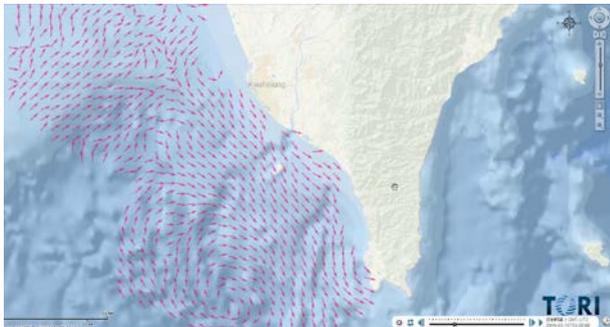
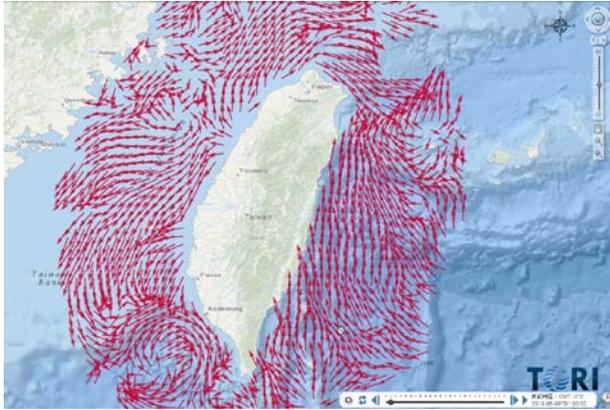


圖 4. TOROS 表面海流 TORO (上) 及 FALA (下) 圖例

美國NRL及NOAA的作業化數值資訊

採用之數值模式資料亦包含HYCOM (HYbrid Coordinates Ocean Model) 和 RTOFS (Real-Time Ocean Forecast System)。HYCOM是由美國海軍研究所 (Naval Research Laboratory, NRL)提供即時全球現報資料，因採用非固定格網，其水平解析度於赤道為 1/12 度，隨著緯度增加，最細解析度為7 公里，垂直分層為32 層，使用 Navy Coupled Ocean Data Assimilation (NCODA) 系統進行資料同化，可提供1日之海面高(SSH)、海表溫度(SST)、表層流場以及中層溫度及鹽度之現報。而RTOFS則為NOAA/NCEP (National Centers for Environmental Prediction)所運行，使用GOES AVHRR、JASON GFO、ARGOS、XBT、CTD 及現場資料進行資料同化，可提供1日現報以及120小時預報資料，預報包含海面高(SSH)、表層溫度(SST)、表層流場以及中層溫度及鹽度。目前導入TORI OceansMAP之作業化數值模式海流資訊整理如表 4，而作業化數值模式產品所提供之表面流場資訊如圖 8例所示。

表 3. CMEMS 提供之衛星遙測資料

資料名稱	格網解析度	衛星組合
SLA	0.25 度	Altika, Cryosat-2, Jason-3與 Sentinel-3A等4顆衛星
ADT		
AGV		
CHL	4.6 公里	Aqua與Suomi-NPP等2顆衛星

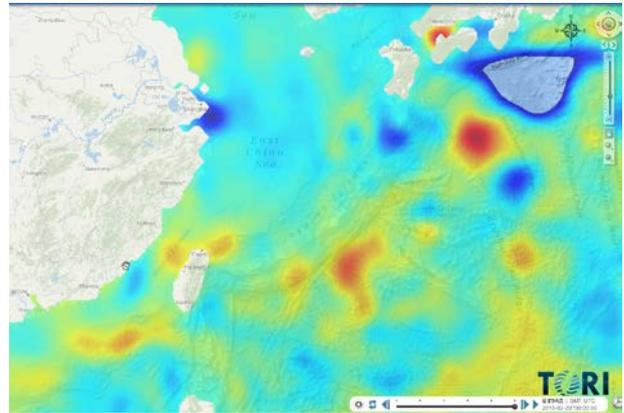


圖 5. 海水位高度異常值(SLA)之日平均圖例



圖 6. 絕對地轉流(AGV)之日平均圖例

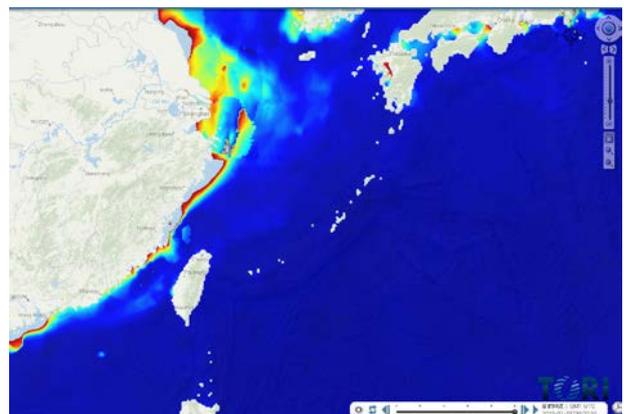


圖 7. 表層葉綠素濃度(CHL)之日平均圖例

表 4. 美國NRL及NOAA 作業化數值模式資料

資料名稱	維護單位	時間解析度	資料型態
HYCOM	NRL	每日一筆	1日現報
RTOFS	NCEP	每三小時一筆	1日現報以及120小時預報資料



圖 8. RTOFS 之每三小時一筆之表面流場圖例

NOAA的衛星海溫資料、雲圖影像以及SVP漂流浮標軌跡

來自美國國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 提供時間解析度為 1 天的海表面溫度(Sea Surface Temperature, SST)。SST資料由NOAA-19, MetOpA, MSG2, SUOMI NPP與GCOM-W1等5顆衛星提供資料，資料之空間解析度為0.05度，時間解析度為1天。

衛星雲圖影像則使用向日葵8號 (Himawari 8) 提供之紅外線雲圖，並利用影像處理去除陸地邊界後轉成NetCDF格式匯入系統，如圖 9。

漂流浮標軌跡是下載更新過去3天之SVP (Surface Velocity Program)浮標資料，利用其經緯度與時間差，換算成流速資訊，可供展示於系統上，並做為與系統中所導入之各類海流觀測或模擬資料快速比對驗證之用途。

海洋環境數據整合應用視窗介面

本系統是基於網路GIS平台開發，可允許使用者或團隊管理各類型時、空訊息的環境資料，包含數值模式和現場觀測數據，提供使用者在平台上觀察多種資料隨時間的變化或差異，有效提升使用者對關注議題之海洋環境數據的掌握與瞭解，擴展各個領域層面的可應用性。

使用者可透過視窗介面選取資料類別及選定/設定空間中之點、線及面進行統計分析，如極值、平均值、變異、分佈等。例如我們可以於介面上劃定一感興趣的區塊，如圖 10中於台灣海峽中段以黃線圍成的範圍，系統可協助計算該觀測區域內不同流場數據源之流速統計結果，如表 5所示。

表 5. 同一觀測區域內流速資料統計結果比較

資料名稱	max	min	mean	std
TOPS-T3	0.37	0.05	0.16	0.11
TOROS-TORO	0.40	0.02	0.23	0.10

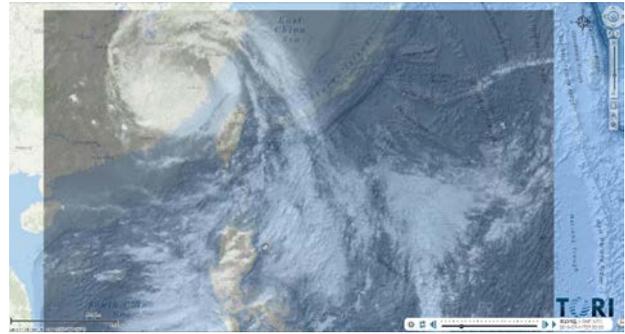


圖 9. 紅外線雲圖之即時影像

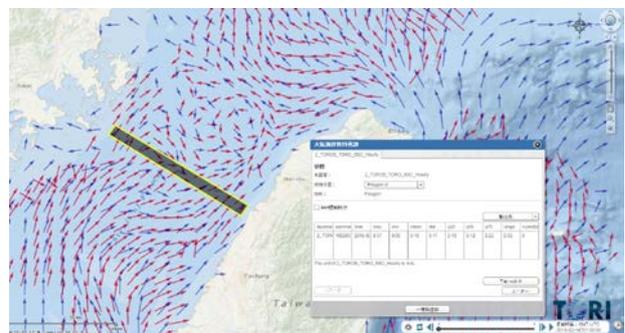


圖 10. TOPS-T3與TOROS-TORO 套疊，並計算同一觀測區域不同流場之統計結果

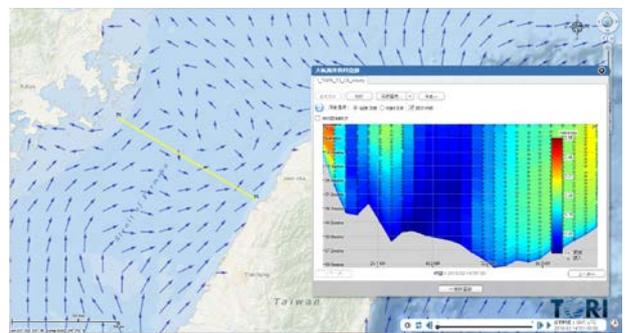


圖 11. TOPS-T3 海流資料單一時刻垂直剖面圖

此外，亦可選取任意截面，繪製通過截面之數據標量，如圖 11即為擷取自三維數值模式之水平流速垂直剖面場，給予使用者一種快速瞭解速度的垂直向分布以及空間變異的簡便工具。

TORI OceansMAP的系統架構不儘使得管理者容易維護及增刪數據資料；透過權限設定更可以授權不同的使用者族群檢視海洋環境數據、查詢統計海洋數據，即使是數據量龐大的大氣或海洋模擬資料，亦能在短短數秒內存取展示和統計分析，更能在權限許可前提下，依據使用者需求下載原始資料，以及輸出圖片、動畫等。

四、結論與未來發展

TORI基於資料整合展示的需求，在美國應用科學諮詢公司(ASA)協助下開發建立了TORI OceansMAP海洋資料整合系統。系統由GIS圖像使用者界面、空間關係型資料庫、和網路服務三部分所組成，基於空間訊息資料庫(Spatial Database)和地理資訊系統(GIS)集成開發。開發此系統的主要目標是使用戶可以通過系統界面管理、可視化、分享和分析各種來自數模、衛星、浮標、船艦或雷達等大氣海洋環境資料以及地形與其他作業化環境資源資料。系統具有高效資料讀取引擎，具有強勁的資料展示功能，允許不同資料圖層簡便疊加、查詢，並且具有強勁的延續性及再開發性。期望本系統可用於環境資料管理及發布，同時亦可用於科研、教學及決策支持等。

結論

1. 開發此系統的主要目標，係為了能提供使用者可以透過系統界面管理、可視化、分享和分析各種來自模型、衛星、浮標、船艦或雷達等大氣海洋環境資料以及地形與其他作業化環境資源資料；
2. 本系統具有高效率的資料讀取引擎，具有強勁的資料展示功能，允許不同資料圖層套疊、查詢，並且具有強勁的延續性及再開發性。本系統可用於環境資料管理及發布，同時也可以用於科研、教學工作以及海洋事務決策支持等；
3. 系統儲存大氣海洋環境資料主要係依循網路通用資料格式(Network Common Data Format; NetCDF)，符合NOAA與TORI在歷年「臺灣海洋資料工作坊」所推廣之資料格式，逐步克服資料整合的門檻；
4. 採用NetCDF格式，不僅大幅提升跨平台、跨組織間的資料交換可能性，更大量減少模型運算時資料的存取時間，從而使資料的讀取相當快捷。

未來發展

1. 本系統目前納入海洋中心物理海洋平台的數值與雷達遙測資料以及美國、歐盟之開放衛星、數值與漂流浮標數據，未來將持續納入海洋大氣環境數據，俾利中心與海洋學界研究課題發展以及我國海洋事務應變與規劃等用途；
2. 系統管理之數據具有可快速連結至國內海洋災害應變主管機關使用的分析規劃軟體之潛力，如環保署在油污應變使用之OilMap或GNOME、在化學品災害之ChemMap，以及海巡署在海難搜救之SAROPS/SARMAP，未來若能透過我國海洋事務整合議題上達成跨單位間資料交換、鏈結的協議，即可在既有的技術架構下快速達成資料介接與交換的實現，有效提升我國海洋事務應變與規劃之效率與品質；

3. 本系統在TORI投資建置之初，即設定為一過渡產品，期望能以高效能之海洋大氣資料管理、展示與應用的軟體為師，除了提升我國在海洋資訊應用的視界，更為國人自主研發跨平台整合型資訊系統提供一個標竿參考。

參考文獻

1. Hankin, Steven C, 2005: "United States National Office for Integrated and Sustained Ocean Observations, Data Management and Communications Steering Committee. Data Management and Communications Plan for Research and Operational Integrated Ocean Observing Systems: Interoperable Data Discovery, Access and Archive". National Office for Integrated and Sustained Ocean Observations.
2. Russ Rew, Glenn Davis, Steve Emmerson, Harvey Davies, Ed Hartnett, Dennis Heimbigner and Ward Fisher, 2008: "The NetCDF User's Guide", UCAR & UCP, Unidata.
3. Friis-Christensen A, Lucchi R, Lutz M, Ostla'nder N, 2009: "Service chaining architectures for applications implementing distributed geographic information processing", Int. J. Geogr. Inf. Sci. 23(5): 561-580.
4. Al Gore, 2010: "The digital Earth: understanding our planet in the 21st century", Available from: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id/46210.
5. 于嘉順、江朕榮、尤皓正, 2011: "中央氣象局三維海流預報作業模式建置及校驗分析研究(4/4)(期末報告)", 交通部中央氣象局。
6. 張翠玉, 2014: "國家級海洋資料中心之建置", 海巡署會議提案(2014.01.23)。
7. ASA and TORI, 2015: "OceansMap海洋資料整合系統技術手冊", 國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心。
8. ASA and TORI, 2015: "OceansMap海洋資料整合系統培訓手冊", 國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心。