

## 地震速報服務策略研究

主辦單位：國家地震工程研究中心

執行單位：恆洋興創有限公司

113 年 11 月

## 發佈平台清單

### 1. 專案一頁式網站

平台名稱	
網址	
截圖	
說明	

# 地震速報服務策略研究

## 摘要

地震是對人類生存與發展威脅最劇烈的自然災害之一，地震速報即是在缺乏對地震有效預報之背景下，於地震發生後針對破壞性震波到達前之預先通報，以爭取快速應變所需之預警時間。地震發生時，於震源所產生之能量會以彈性波的方式向周圍傳播，與地震速報特別相關的，也就是 P 波與 S 波。所謂的地震預警或地震速報（Earthquake Early Warning, EEW），即是利用傳遞速度最快的 P 波與破壞性較高的 S 波之速度差，在偵測到 P 波後盡快的預估 S 波可能造成之震度，進而在 S 波抵達前發出警報。

臺灣常見的地震速報有三種，分別為中央氣象署地震測報中心的地震速報訊息、臺大地質系團隊與中研院地球所及台灣地震科學中心的 P 波警報器強震網以及財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心複合式地震速報服務。地震速報之應用範圍則包含了地震速報應用程式、居家安全、緊急避難用品、交通運輸業、高科技產業、災害防救團體、教育與學校安全、醫療設備、防災產業等方向。

在臺灣現今災害防救基礎上，政府機構、醫院、學校等組織皆應構建整合性之災害防救計畫，而企業與社區亦可建立自主防災計畫。自主防災計畫因應用地震速報資訊而衍生之各項產品和服務模式，即有其市場需求與發展潛力。國震中心可提供複合式地震速報資訊，由產官學研共同促進地震防災產業之發展，並依此建立組織策略、收費策略與推廣策略。使轉發商與應用設備商能獲得健全之開發環境，並期許達到智慧連動、智慧生活、智慧防災等目標。

一、地震的影響與災害

地震是對人類生存與發展威脅最劇烈的自然災害之一，也是人類文明仍未能有效預測與克服的大型自然災害之首。地震速報即是在缺乏對地震有效預報之背景下，於地震發生後針對破壞性震波到達前之預先通報，以爭取快速應變所需之預警時間。

由於臺灣與日本身處環太平洋地震帶，因此較早發展地震速報概念，進而成為全球地震速報系統建置相對完善之國家。即便如此，地震速報服務在實際應用及產業發展上仍處於混沌初開的階段，有必要就其創新應用和產業扶植，提出具邏輯性與程序性的有效策略。

本研究聚焦於臺灣地震速報的深度專題策略研究，旨在全面探討臺灣地震速報產業的發展現狀、面臨的挑戰以及未來的發展方向。以下將就地震速報服務、地震速報需求、地震速報產業策略等章節，依序進行專題描述。

二、地震速報服務

(一) 地震波之特性

地震發生時，於震源所產生之能量會以彈性波 (elastic wave) 的方式向周圍傳播，此類彈性波亦可稱為地震波 (seismic wave)。地震波可主要區分為透過地球內部傳播的兩種體波 (body wave) 以及於地球表層傳播之兩種表面波 (surface wave)，體波可分為 P 波 (primary wave) 與 S 波 (secondary wave)，而表面波主要有洛夫波 (Love wave) 與雷利波 (Rayleigh wave)，其特性可見表 1，其餘地震波不在此一一贅述[1][2]。

表1 主要地震波種類之差異

體波		表面波	
P 波	S 波	洛夫波	雷利波
速度最快，質點運動方向與波傳播方向一致	速度次之，質點運動方向與波傳播方向垂直	質點沿水平面進行與波傳播方向垂直之運動	質點於平行震波傳播之垂直面以橢圓軌跡震動

與地震速報特別相關的，也就是 P 波與 S 波。P 波之振動模式為短週期之上下振動，又稱為縱波、疏密波或壓力波，其傳遞速度為所有地震波當中最快者 (6~7km/s)；S 波之振動模式為破壞性較高的短週期之水平振動，又稱為橫波或剪力波，其傳遞速度為所有地震波當中次快者 (3.5~4km/s) [3]。

## （二）何謂地震速報？

所謂的地震預警或地震速報（Earthquake Early Warning, EEW），即是利用傳遞速度最快的 P 波與破壞性較高的 S 波之速度差，在偵測到 P 波後盡快的預估 S 波可能造成之震度，進而在 S 波抵達前發出警報[4]。關於地震速報之常見誤解，即為對地震預測與地震速報之混淆與誤用。地震預測是指在地震發生前，即能預先推估地震發生之規模、時間、地點。地震速報則是在地震發生後，才透過 P 波與 S 波之速度差，使地震資訊之通報可能在破壞性震波到達前完成，進而達到預警之目的。假若能在地震波來臨前收到地震速報並提前進行應變措施，即可能於震動來臨時避免如輕鋼架天花板、照明設備、未固定書櫃等非結構性物體掉落而造成之傷害，進而有效減少受傷的人數。

## （三）區域型地震速報與現地型地震速報

地震速報可區分為區域型地震速報與現地型地震速報[5][6][7][8]。區域型地震速報乃藉由所謂的地震監測網，於地震發生時利用距離震央較近之數個地震站資訊進行規模、距離、深度之震源參數推估，並應用快速通訊技術對破壞性震波尚未到達之區域發佈預先通報。現地型地震速報則藉由單站地震儀，於地震發生時利用所偵測到之 P 波進行 S 波之震度預估，並直接對現地發佈地震速報資訊。區域型地震速報利用震波抵達不同地震站之時間差進行定位，獲得較現地型地震速報更精確之地震速報資訊，但也因此在靠近震央之區域會產生所謂的預警盲區（blind zone）[9][10]。相對的現地型地震速報則僅需單站地震儀進行震度預估，因此能較區域型地震速報更快速的發佈地震速報，也擁有較小的預警盲區。臺灣常見的地震速報有三種，分別為中央氣象署地震測報中心的地震速報訊息、臺大地質系團隊與中研院地球所及台灣地震科學中心的 P 波警報器強震網以及財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心複合式地震速報服務。

## （四）中央氣象署地震測報中心「地震速報訊息」

目前臺灣常見之地震速報資訊來源之一，即為中央氣象署地震測報中心（簡稱中央氣象署）之地震速報訊息（<http://eeew-web.cwa.gov.tw/EW>）。地震測報中心所發佈之地震速報訊息，乃中央氣象署強震即時警報之服務，其功能名稱為區域型強震預警，所應用之地震速報技術為區域型地震速報。

中央氣象署之區域型地震速報，會利用震央附近之地震站偵測之 P 波，快速解算出地震規模、位置及深度等震源參數。此一過程需要有至少三個地震站進行震源參數推估，因此即會產生預警盲區。中央氣象署於 2022 年（時稱中央氣象

局)共發佈 118 次強震即時警報，於島內或近海之地震皆於 10-15 秒內對外發布訊息，能夠對距離震央 35-55 公里外之地區提供預警[11]。

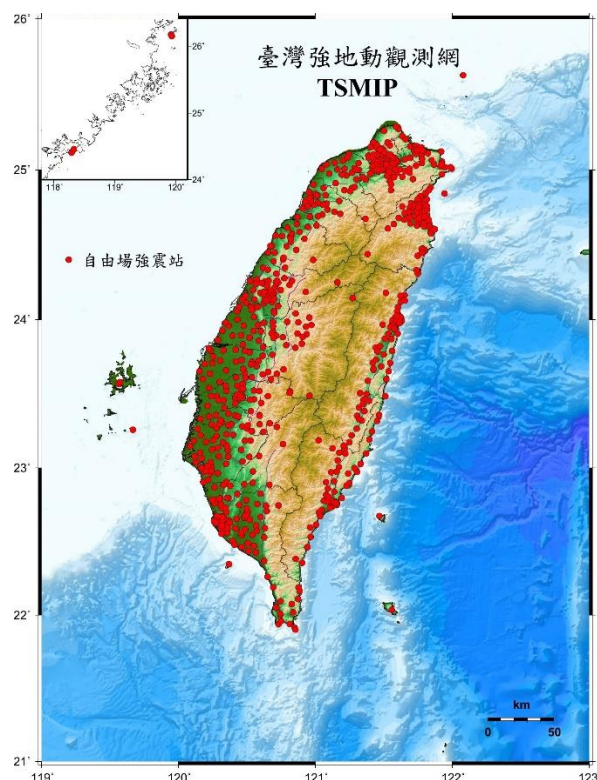


圖1 臺灣強地動觀測網的測站分布圖

來源:臺灣地震與地球物理資料管理系統，取自 <https://gdms.cwa.gov.tw>

中央氣象署至 111 年底，已將置臺灣強地動觀測網自由場強震站 (free-field strong-motion station) 總數增建至 715 站[11] (見圖 1)。在「前瞻基礎建設 2.0 - 都會區強震預警精進計畫 (110 至 114 年 8 月)」中，透過擴建井下地震觀測網及開發客製化地震預警系統作業模組，預計地震警報之發布時間可由原地震後的 10 秒縮短至 7 秒左右，而地震預警盲區大小亦可縮至 25 公里[11]。

#### (五) 臺大地質系團隊與中研院地球所及台灣地震科學中心「P 波警報器強震網」

相對於中央氣象署應用之區域型地震速報，國立台灣大學教授吳逸民研發了現地型地震速報，也就是所謂的 P 波警報器 (P-Alert) [8]。藉由使用 P 波前 3 秒之波形進行計算，大幅度降低了發布地震預警所需之時間，並結合低成本且尺寸較小之微機電(Microelectromechanical Systems, MEMS)感應器，使量產推廣成為可能 (見圖 2)。

自 2010 年起已於全台灣建立約 762 站，並於 2013 年起由臺大地質系團隊與中研院地球所及台灣地震科學中心合作，建立 P 波警報器強震網(P-Alert Strong

Motion Network)之網路資料服務系統[12]。網路服務平台以測站資訊、線上展示及資料下載內容為主，其內容可於官方網站（<https://palert.earth.sinica.edu.tw>）上直接操作。



圖2 P波感測儀示意圖

來源: pALER 網路型地震 P 波感測儀, 取 <https://www.sanlien.com.tw>

(六) 財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心「複合式地震速報服務

另一個臺灣常見之地震速報資訊來源，即為財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心（簡稱國震中心）之複合式地震速報服務。國震中心所建構之複合式地震速報服務，整合了中央氣象署地震測報中心之區域型地震速報與國震中心之現地型地震速報（<https://api.ews.org.tw>），藉此結合兩者之優點[7]。距震央 40 公里以內處於區域型地震速報預警盲區之區域可透過現地型地震速報提早預警，而距震央 40 公里以上之區域可透過區域型地震速報發布預警。在複合式地震速報服務運作之下，距震央 30 公里內可提早約 5 秒預警時間、距震央 50 公里內可提早約 8 秒預警時間、距震央 100 公里內可提早約 15 秒預警時間[13]。

國震中心之現地型地震速報，可利用現地之單站地震儀偵測到之 P 波資訊，於 1~3 秒內完成 S 波之震度預估，若預估震度超過警報門檻則會立刻發佈警報。由於僅採用單站地震儀資訊即進行地震資訊之發佈，因此難以藉由地震站間之偵測時間差進行震源定位，但在正負一級震度預估準確度可達 95%[13]。現行國震中心於全台建置有 96 套現地型地震速報系統，複合式地震速報服務會將地震速

報之資訊提供給轉發商（即應用設備商），再由轉發商進行應用設備介接。

國震中心已規劃了一系列的「地震防災服務」，包括平時整備、震前預警、震時監測，和震後診斷[14]。平時整備包含客製化地震速報、防災演練、結構安全評估，與耐震規劃；震前預警則是自動警報系統、自動化安全防護等，也連結智慧化廠房控制災害；震時監測注重地震資料蒐集；震後診斷則提供結構安全快速評估，讓民眾能確定自家住宅震後是否適合居住。國震中心並不僅是提供地震速報服務，也積極辦理地震防災教育與防震演練，因為唯有整合地震速報系統的應用與推廣，才能提供快速有效的減災服務。

### 三、地震速報應用

地震速報之主要功能為在破壞性震波抵達前，能儘早的提供預警，從而讓獲得地震速報之人員或軟硬體設備，能透過快速應變減少地震可能造成之損害。舉例來說，高科技產業可善用幾秒鐘之預警時間啟動重要設備的安全停機程序；醫療院所可運用預警時間暫停手術、保護病患；百貨商場則能及時廣播疏散顧客或就地掩護。以上這些應用都能為企業減少地震損失，並創造地震速報產業之具體經濟效益。地震速報之相關應用產品與服務，可包含但不侷限於地震速報應用程式、自動警報系統、自動化防災防護程序、災害風險識別、防災器具、緊急避難包、災害防救訓練...等。以下，將試舉數項既有與可能具有潛力之產品服務。

#### （一）地震速報應用程式

地震速報應用程式(包含手機App)常常是民眾第一個想到之地震速報應用。試舉數款現有的地震速報系統及應用程式，如 KNY 臺灣天氣-地震速報 (<https://kny.tw>)；DPIP 防災資訊整合平臺-災害天氣 (<https://expotech.dev/dpip>)、台灣地震速報 (<https://www.threads.net/@tw.earthquake>)；中央氣象署 E-地震測報 ([https://www.cwa.gov.tw/V8/C/S/eservice/app/app\\_e.html](https://www.cwa.gov.tw/V8/C/S/eservice/app/app_e.html)) ...等。另有區域性的 APP，包含臺北市行動防災 ([https://www.gov.taipei/News\\_Content.aspx?n=E913E3AE42428718&sms=5E1F5CB2AD837CAE&s=A96715627B83D676](https://www.gov.taipei/News_Content.aspx?n=E913E3AE42428718&sms=5E1F5CB2AD837CAE&s=A96715627B83D676))、新北消防行動 APP (<https://www.ntpc.gov.tw/ch/home.jsp?id=8d8934f2085670db>)、防災 E 點通 (<https://bear.emic.gov.tw/MY2>) ...等。特別一提，複合式地震速報系統有麥司奇科技 (<https://www.maxkit.com.tw>)。以上各項應用程式，都是已經上線並實際開放下載使用的地震速報工具。

#### （二）地震速報於居家安全之應用



目前已有廠商產品結合智慧家電與地震速報，達到地震時電器自動斷電、瓦斯自動遮斷...等功能[15]。不僅能提供速報通知，更能主動採取防護措施，大幅提升居家安全。另外，亦可透過智慧家庭控制中心、手機 APP 等管道，進行災害時的遠端監控與統一管理設備。

### （三）地震速報於緊急避難用品之應用



圖3 防災手電筒示意圖

J-Force グラピカ JF-ERL1W，取自 <https://www.itmedia.co.jp/>

此類的商品於日本的市場非常豐富且種類繁多，例如具地震速報功能且結合日曆、時鐘、充電器、警報器、手電筒、收音機等緊急避難所需功能之電子產品（見圖 3）；亦有結合地震速報及無線電功能之產品（見圖 4）。此類地震防災產品不僅是單純的地震警報設備，也具備緊急避難所需之功能。



圖4 防災無線電示意圖

「iMH-1000」與「iVo-300」，取自 <https://japan.cnet.com/>

#### （四）地震速報於交通運輸業之應用

於交通運輸業，地震速報相關之輔助監測、示警設備與自動化防災防護程序皆有其應用。以台灣高鐵公司為例，高速行駛中的高鐵列車能在有威脅之地震波來臨前獲得警示而將列車減速，即能減少出軌機率與維護公共安全。國營臺灣鐵路股份有限公司(舊稱交通部臺灣鐵路管理局)則與中央氣象署合作，鐵路沿線安裝警報器及多組地震儀，能提供包含強震即時警報、地震觸發通報、地震格點震度報告及有感地震報告等資訊。

#### （五）地震速報於高科技產業之應用

地震速報在高價值產業應用方面，尤其是自動化防災防護程序，在高科技製造業有晶圓廠、光罩廠、顯示玻璃廠等單位採用介接國震中心複合式或客製化現地型地震速報系統。舉例來說，曾有晶圓廠客戶提到以往若是遭遇震度較大之地震，地震後必需安排工程維修技術人員至廠房校正設備，產線復歸時間所需之 6 到 8 小時期間的停工損失甚難估計。現今有速報系統提供之先期預警後，搭配自動化防災防護程序的觸發與作動，讓高科技生產線的復歸時間能有效縮短為 15 至 30 分鐘，即可為廠商省下可觀的地震損失成本。

#### （六）地震速報於災害防救團體之應用

災害防救團體在地震災害的現場，最主要的風險之一即為必須在有餘震風險且不穩定的結構物環境中進行生命財產之救助。地震速報即為地震災害現場之防救災人員少有能對高風險結構物救助風險提出警示之工具，救助人員可根據不同的預估震度提前進行合適之快速反應措施[16]。

#### （七）地震速報於教育與學校安全的應用方向

地震速報能為校園提供提前警告，透過廣播迅速通知師生撤離至安全區域，並提供明確的避難指示，協助師生按照規定路線進行疏散。同時，自動門會立即解鎖，確保通道暢通，而逃生指引燈和緊急標示燈同步啟動，快速指引至最近的安全區域。讓接受地震速報之緊急系統覆蓋運動場、圖書館等開放空間，確保所有人員都能第一時間接收到警報訊息，有序撤離，降低混亂與風險。[17][18]

#### （八）地震速報於醫療設備安全的應用方向

在醫療環境中，特別是手術室、重症監護室等關鍵設施，地震速報可用於提前警告醫療人員。不僅限於提前警告，還可以結合設備自動化系統進行精確的保護操作，有效降低患者風險和設備損壞，提高醫院在地震情況下的應急能力。。

醫療設備如 MRI(核磁共振成像)、CT 掃描儀等高價值設備也可結合地震速報，啟動自動停機與設備保護程序，避免震動損壞。[19]

#### (九) 地震防災產業與地震速報應用方向

地震速報資訊可整合其他與地震防災產業相關之產品服務，舉例地震速報資訊可納入涵蓋結構耐震設計與規劃、耐震評估、企業風險識別、防災器具、災害潛勢客製化資訊之整合服務；同時在地震災害發生當下，則有即時自動停機、截斷及通報作業等軟硬體設備及服務、逃生警示軟硬體設備之產品；地震災害發生後，則有企業風險顧問及結構損壞評估及工程補強上的需求。上述各項服務與產品除了能個別發展外，其整合需求亦會是一重要發展方向，甚至是整合地震防災產業之重要性會優先於單項應用產品或服務之發展。

### 四、地震速報產業策略

在臺灣現今災害防救基礎上，政府機構、醫院、學校等組織皆應構建整合性之災害防救計畫，而企業與社區亦可建立自主防災計畫。從地震災害的可能模式開始研擬，災害防救計畫應涵蓋地震的減災、整備、應變及復原，提出整體有效的地震防災減損策略[20]。在完善之地震災害防救計畫下，相關事故的因應策略與解決方案，即會需要對人員與物資進行整備，進而衍生各項產品與服務模式。此類應用地震速報資訊而衍生之各項產品和服務模式，即有其市場需求與發展潛力。國震中心可提供複合式地震速報資訊，由產官學研共同促進地震防災產業之發展，使轉發商與應用設備商能獲得健全之開發環境，並期許達到智慧連動、智慧生活、智慧防災等目標。

#### (一) 組織策略

針對發展類似日本「氣象業務支援中心」的中介型組織，可供培植臺灣地震速報產業的參考模式，建議能組團親赴日本的氣象業務支援中心拜訪與學習，透過師徒制方式完整學習該中心的運作模式。首先須先確認角色與職責，國震中心的資訊源主責提供穩定精準的地震速報資訊，再由培植成立的第三方機構（名稱未定）比照日本氣象業務支援中心的功能，構建組織架構與分工後，將地震速報資訊擴散至產業、政府機關、學術機構、研究單位及一般民眾等對象。第三方機構的組織架構，參採全國性財團法人的形式運作，依據《財團法人法》設立董監事人選，由地震領域相關專業及產業人士具社會威望者遴選出任，其下業務單位可分為對接國震中心的資訊源，以及對應政府機關（B2G）、企業用戶（B2B）、學研單位（B2A）及一般民眾（B2C）等不同的業務單位，以及負責資訊設備與

傳輸系統的專業電資團隊（見圖 5）。

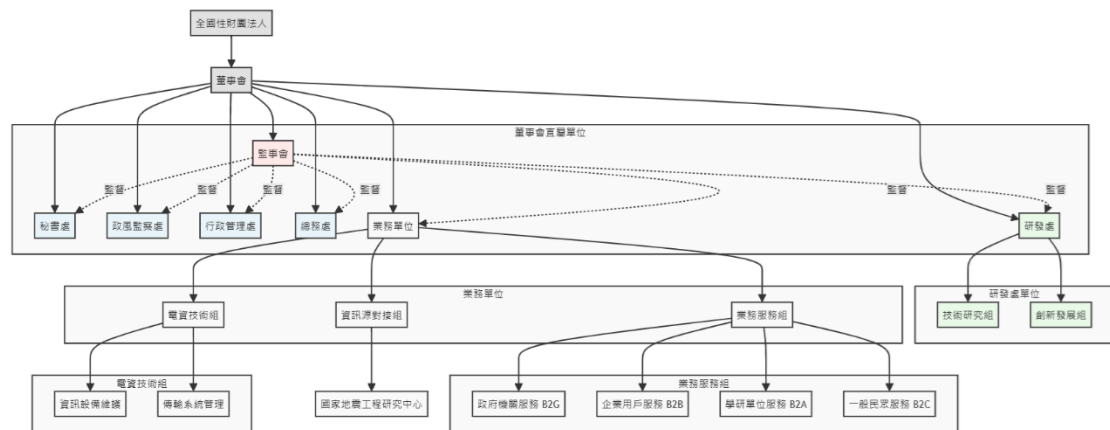


圖5 財團法人組織架構示意圖

除了自身組織架構與責任定位之外，此第三方機構亦須主導產業發展的配套策略與措施[21]，依據所累積的地震領域官產學研專業經驗，建立產業人才培育機制，同時配合官方發展產業標準與規範，積極推動產學研合作，並建立產業研發與營運模式的示範場域。為了永續營運，第三方機構的收入來源也受益於多元化，包含資料授權費用、設備租賃費用、系統維護費用、技術服務費用、教育訓練費用、資訊傳遞費用等，用以挹注機構的營運與成長，並依此帶動臺灣地震速報產業的永續發展。

## （二）地震速報之費用策略

依據日本的模式與經驗，透過成立的財團法人機構「氣象業務支援中心」（氣象業務支援センター）作為官方機構與民間氣象業者之間的橋樑，主責氣象資訊傳送，並提供全天候 24 小時持續性的資訊傳輸作業與網絡連結的監控，成為可資參酌的模式。而氣象業務支援中心的運作經費，由收取傳輸服務費用（傳輸負擔額）支應，向資訊使用者收取線上資訊傳輸費用。費用的收取項目，包含開設時負擔額、基本負擔額、資訊類別負擔額、通訊設備負擔額等。緊急地震速報開設時的負擔額為 50,000 日圓（約新臺幣 10,795 元），基本負擔額每個設備每月為 4,200 日圓（約新臺幣 907 元），依資訊別的負擔額分成電報形式和緊急地震速報兩種，其中緊急地震速報又分成預報和警報兩種，收取費用分別為 21,300 日圓（約新臺幣 4,600 元）和 19,000 日圓（約新臺幣 4,102 元）[22]。臺灣的地震應用產業因尚未具體成形，消費者也尚未建立地震速報的付費概念，因此，需先形成應用產業鏈，再透過體驗式消費，打動消費者的心[23]。而為提高使用者付費意願，先期可推出加入會員免費試用的方案，後續再逐步提供多元化的收費方案

策略，讓消費者先適應、產生依賴感後再付費。企業用戶可依據產業特性、規模大小選擇適合的服務等級，享有客製化的解決方案。一般民眾則可選擇基本版或進階版服務，基本版提供即時速報通知，進階版則加入更多增值服務，如地震風險評估、防災教育資源、保險方案等。

在費用收取的策略方面，可採取標配與選配制度，分為基礎服務包套(標配)與客製化增值服務(選配)，並能依需求彈性調整方案內容與收費價格[24]。另針對不同使用對象，可採分眾定價策略，包含政府機關方案、企業用戶方案、學研單位方案，及一般民眾方案，分別給予不同的服務內容和收費價格。

借鏡日本的模式與經驗，以及收費規準的參考，臺灣於擬定費用前，亦應先進行市場調查探索使用者與企業對地震速報之認知、需求、費用之理解與觀點，並進而與產官學研等代表進行研議，從而得以討論合適之收費模式與費用策略。

### (三) 地震速報之推廣策略

在推廣策略上，相關機構與產業廠商將針對不同對象採取差異化的行銷方式。對企業用戶強調投資報酬率與風險管理效益；對社會大眾則著重於系統的易用性與實際保護效果，以達到普及化的目的。

推廣策略方面，應採階段性推動作法[25]，先期以示範計畫試行，再現有架構與服務模式下，進一步讓產業、政府機關、學術機構、研究單位及一般民眾等能充分體驗地震速報的優勢與益處，繼而以此為基礎逐步擴大推廣的規模，讓使用者接受、信賴及依賴後，奠定正向循環生態，以建立永續經營模式。再來是規劃彈性收費制度，考量不同使用者需求並提供多元收費方案，讓使用者具有服務內容的選擇與彈性，並且定期檢討調整機制，以動態回應的方式調整服務與收費，以強化顧客忠誠度[26]。針對的地震速報的品質保證機制，應能盡速強化，如此方能推動官產學研各方的研發與創新應用，以及社會大眾的信任與採用，這包含了建立服務品質標準、定期進行績效評估、持續改善服務內容等積極主動的做法。

未來，地震速報應成為整合防災、風險評估、智慧家居的全方位服務。透過持續優化使用體驗、提供實質效益，相信能夠贏得更多使用者的支持，推動整體防災產業的永續發展。

## 五、參考資料

[1] T Lay, and TC Wallace (1995). *Modern Global Seismology*, Academic Press, San Diego, 521pp.

[2] CJ Ammon, AA Velasco, T Lay, and TC Wallace (2020). *Foundations of Modern Global*

*Seismology*, Second Edition, Academic Press, Elsevier, London, 586pp.

- [3] AM Dziewonski, and DL Anderson (1981). Preliminary reference Earth model. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 25(4): 97-356.
- [4] YM Wu, TC Shin, and YB Tsai (1998). Quick and reliable determination of magnitude for seismic early warning. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88(5):1254-1259.
- [5] H Kanamori (2005). Real-time seismology and earthquake damage mitigation. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33:195-214.
- [6] G Cremen, and C Galasso (2020). Earthquake early warning: Recent advances and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 205(5):103184.
- [7] YM Wu, H Mittal, DY Chen, TY Hsu, and PY Lin (2021). Earthquake Early Warning Systems in Taiwan: Current Status. *Journal Geological Society of India*, 97:1525-1532.
- [8] H Mittal, BM Yang, and YM Wu (2022). Progress on the earthquake early warning and shakemaps system using low-cost sensors in Taiwan. *Geoscience Letters*, 9:42.
- [9] HS Kuyuk, and RM Allen (2013). Optimal Seismic Network Density for Earthquake Early Warning: A Case Study from California. *Seismological Research Letters*, 84(6):946–954.
- [10] YM Wu, H Mittal, TC Huang, BM Yang, JC Jan, and SK Chen (2019). Performance of a low-cost earthquake early warning system (P-Alert) and shake map production during the 2018  $M_L$  6.4 Hualien, Taiwan, Earthquake. *Seismological Research Letters*, 90(1):19–29.
- [11] 交通部中央氣象局 (2023 出版)。III 地震年報。
- [12] WT Liang (2022). The Taiwan Earthquake Research Data Center (TECDC). *TEC Newsletter*, 36.
- [13] 林沛暘 (2019)。地震之島台灣，該如何用智慧科技對付災害？2024 年 11 月取自 <https://opinion.cw.com.tw/blog/profile/466/article/8517>
- [14] 孫維新 (2017)。抗震大作戰－整合地震預警與防災應用，開拓防災新產業。科技大觀園。2024 年 11 月取自 <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=0e9eae8-7c02-40ec-b964-97610598e93b>
- [15] 地震來襲當下與之後-國震中心力推地震速報與應用 (2021)。全球安防科技網。2024 年 11 月取自 <https://www.asmag.com.tw/showpost/11930.aspx>
- [16] S Auclair, P Gehl, and M Delatre (2021). Needs and opportunities for seismic early warning prior to aftershocks for search and rescue teams: An in-depth analysis of practitioners' perceptions. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 65:102545.
- [17] BR Wu, NC Hsiao, PY Lin, TY Hsu, CY Chen, SK Huang, and HW Chiang (2017). An integrated earthquake early warning system and its performance at schools in Taiwan. *Journal of Seismology*, 21:165-180.
- [18] TY Hsu, CH Kuo, HH Wang, YW Chang, PY Lin, and KL Wen (2021). The realization of an earthquake early warning system for schools and its performance during the 2019  $M_L$  6.3 Hualien (Taiwan) Earthquake. *Seismological Research Letters*, 92(1):342–351.
- [19] S Vaiciulyte, and DA Novelo-Casanova (2024). Early earthquake warning for hospital preparedness: Safeguarding vulnerable populations in Mexico city. *International Journal of*

*Disaster Risk Reduction*, 107:104510.

- [20] FEMA (2011). *Fundamentals of Emergency Management*. CreateSpace Independent Publishing Platform, Washington DC, 210pp.
- [21] FT Treinta, LF Moura, JM Almeida Prado Cestari, E Pinheiro de Lima, F Deschamps, SE Gouvea da Costa, ... & LR Leite (2020). Design and implementation factors for performance measurement in non-profit organizations: A literature review. *Frontiers in Psychology*, 11:1799.
- [22] 気象業務支援センター (2024). 気象情報オンライン提供 情報提供負担金 (2024 年 4 月現在). 2024 年 11 月取自 <https://www.jmbasc.or.jp/jp>
- [23] RR Abadi, I Nursyamsi, and AR Syamsuddin (2020). Effect of customer value and experiential marketing to customer loyalty with customer satisfaction as intervening variable (case study on gojek makassar consumers). *The Asian Journal of Technology Management*, 13(1):82-97.
- [24] JR Saura, P Palos-Sanchez, and A Blanco-González (2020). The importance of information service offerings of collaborative CRMs on decision-making in B2B marketing. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 35(3):470-482.
- [25] N Yasa, IGAK Giantari, M Setini, and PJMSL Rahmayanti (2020). The role of competitive advantage in mediating the effect of promotional strategy on marketing performance. *Management Science Letters*, 10(12):2845-2848.
- [26] PA Cakranegara, W Kurniadi, F Sampe, J Pangemanan, and M Yusuf (2022). The impact of goods product pricing strategies on consumer purchasing power: a review of the literature. *Jurnal Ekonomi*, 11(03):1115-1120.