中華民國一〇八年四月・第四十六卷第二期

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

April
2019

ISSN 0253- 3804

NT$350

Volume 46, No. 2

社團法人
中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

CECAR8
圓滿成功

特別報導

工程管理

專案管理
導入BIM之應用

自駕車輛

專輯

－石門水庫及其集水區整治計畫重要成果－

新建中庄調整池

電廠防淤功能改善

增設分層取水工

水庫為穩定供水必要設施，因此既有水庫永續經營為首要任務，將在符合環境保護、經濟發展及社會正義等面向，朝永續發展之願景前進。

生態多樣性維護

多元化水源

土地管理

汙染削減策略

水庫與集水區
居民安全保障

永續石門

維持庫容

公眾參與

區域水資源
調配

－石門水庫永續藍圖－

經濟部水利署北區水資源局 廣告

夢想和幸福 零距離的接軌

台灣世曦工程顧問股份有限公司

土木水利

社團法人中國土木水利工程學會會刊

發 行 人：王炤烈

出 版 人：社團法人中國土木水利工程學會

主任委員：劉格非（國立臺灣大學土木學系教授、編輯出版委員會主任委員兼總編輯）

定　　價：每本新台幣350元、每年六期共新台幣1,800元（航郵另計）

繳　　費：郵政劃撥 00030678號　社團法人中國土木水利工程學會

會　　址：10055台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電　　話：(02) 2392-6325　　傳　　真：(02) 2396-4260

網　　址：http://www.ciche.org.tw

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司

地　　址：22161新北市汐止區中興路98號4樓之1

電　　話：(02) 2221-3160

社團法人中國土木水利工程學會第二十三屆理監事（依姓氏筆劃排序）

理 事 長：王炤烈

常務理事：陳伸賢　楊偉甫　歐來成　歐善惠

理　　事：朱　旭　余信遠　吳瑞賢　宋裕祺　沈景鵬　林　呈　林其璋
胡宣德　胡湘麟　高宗正　張荻薇　許泰文　陳彥伯　黃兆龍
廖學瑞　劉沈榮　劉恒昌　謝啟萬

常務監事：呂良正

監　　事：李元唐　李建中　周功台　陳清泉　楊永斌　薛春明

土木水利半月集

先進工程
- 混凝土工程
- 鋼結構
- 運輸工程
- 鋪面工程
- 資訊工程
- 工程管理
- 非破壞檢測
- 先進工程

永續發展
- 永續發展
- 國土發展
- 水資源工程
- 大地工程
- 海洋工程
- 環境工程
- 景觀工程
- 綠營建工程
- 能源工程
- 天然災害防治工程
- 工程美化
- 營建材料再生利用

國際兩岸
- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習
- 工程教育
- 終身學習
- 土木史
- 工程教育認證
- 大學教育
- 技專院校
- 學生活動

學會活動
- 學會選舉
- 學術活動
- 土水法規
- 介紹新會員
- 專業服務
- 學會評獎
- 學會財務
- 年會籌備
- 會務發展
- 會士審查
- 公共關係［工程倫理］

出版活動
- 中國土木水利工程學刊
- 土木水利雙月刊

分　會
- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

中國土木水利工程學會任務

1. 研究土木水利工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

中國土木水利工程學會和您一起成長！

中華郵政北台字第518號　執照登記為雜誌　行政院新聞局出版事業登記証　局版臺誌字第0248號

土木水利 雙月刊 第四十六卷 第二期

目錄

特別報導

CECAR8 圓滿成功 台灣 ～ 讚啦！ 3

「自駕車輛」專輯 （客座主編：張學孔教授／編輯助理：陳宏彰）

專輯序言：自駕車輛 張學孔／陳宏彰 10

國際車輛自動駕駛技術發展 李 綱 11

我國自駕車發展芻議 張佳雯／吳榮煌／馮道亨／樂楚全／洪 店／許健智／蕭輔沛／劉淑卿／蔡諄昶／翁瑞蓬／曾蕙如／胡鈞祥 18

國產自駕巴士實測經驗與展望 張學孔／沈大維／龔家駒／洪翊軒 26

水滴智慧城自駕巴士試營運規劃及展望 馮輝昇／林俊甫／邱詩純／陳昱辰 33

智慧車輛實證平台之規劃 沈大維／劉宜鑫／陳彥仲／蔡欣芸／龔家駒 39

自動駕駛中型巴士感知系統之發展 蔣村杰／粘為博／林修宇／楊宗賢 43

高精地圖製作與交通運輸商業應用趨勢 鄭錦桐／車文韜／岡田泰征／廖玲琬 51

物聯網與車聯網發展 — 大同世界科技之經驗與展望 陳鴻裕／成力庚 59

發展自動駕駛運具之衝擊影響評估 張學孔／陳雅雯／周寬也／于立安 66

工程專案管理

公共住宅導入 BIM 於專案管理之應用 — 以「臺北市內湖區瑞光公共住宅」為例 趙紹錚／范承志／邱水碧／江秉修／黃寶翰／江炳祈 73

學會資訊看板

108.2.16 混凝土委員會大會及春酒 25

108.3.17 澳門建造商會參訪桃園機場工地 42

108.3.21 繁華似錦 — 土木與人研討會 50

108.4.13 如何演繹人生 — 魅力口才課程 50

廣告特搜

台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 夢想和幸福 零距離的接軌 封面

中華工程股份有限公司 — 工程解決方案 最佳合作夥伴 封底

經濟部水利署北區水資源局 — 石門水庫及其集水區 整治計畫重要成果 封面裡

台北市政府捷運工程局 — 帶動都市再生與發展 打造經濟共榮圈 封底裡

經濟部水利署北區水資源局 — 水庫再造、風華重現 穩定供水、永續經營 86

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0001

亞洲土木工程聯盟 (ACECC) 及 CECAR

亞洲土木工程聯盟 (ACECC，The Asian Civil Engineering Coordinating Council) 為亞洲地區土木工程學協會之聯盟，創設於 1999 年 9 月 27 日，由中國土木水利工程學會 (CICHE)、美國土木工程師協會 (ASCE)、日本土木工程師協會 (JSCE)、韓國土木工程師協會 (KSCE)、及菲律賓土木工程師學會 (PICE) 等五個會員創立，至 2019 年計有 14 個國家之學協會加入會員，總人數超過 65 萬人。

亞洲土木工程聯盟大會 (CECAR，The Civil Engineering Conference in the Asian Region) 每三年舉辦一次，由亞洲土木工程聯盟 (ACECC) 會員國輪流舉辦。2019 年為第八屆 (CECAR8)，於 2019 年 4 月 16 至 19 日假日本東京舉行，此為土木工程亞洲地區最盛大之聚會。

2019 年
ACCECC 20 周年
影片介紹

ACECC 13 + 1 個會員國

- American Society of Civil Engineers (ASCE) 美國
- Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering (CICHE) 台灣
- Engineers Australia (EA) 澳洲
- Indonesian Society of Civil and Structural Engineers (HAKI) 印尼
- The Institution of Civil Engineers, India (ICE(I)) 印度
- The Institution of Engineers, Bangladesh (IEB) 孟加拉
- The Institution of Engineers, Pakistan (IEP) 巴基斯坦
- Japan Society of Civil Engineers (JSCE) 日本
- Korean Society of Civil Engineers (KSCE) 韓國
- Mongolian Association of Civil Engineers (MACE) 蒙古
- Nepal Engineers' Association (NEA) 尼泊爾
- Philippine Institute of Civil Engineers (PICE) 菲律賓
- Vietnam Federation of Civil Engineering Association (VFCEA) 越南
- 2019.4.15 的 36ECM 中已通過「緬甸工程學會聯盟」加入成為第十四個會員。

About CECAR8

日期：April 16-19, 2019、地點：日本東京池袋大都會飯店、總註冊人數：701 人、論文投稿：242 篇、分組論壇：48 組、Plenary Speeches：3 場、展覽廠商：48 家。

統計各國論文：日本 (123)，台灣 (25)，韓國 (17)，美國 (15)，印度 (10)，菲律賓 (9)，越南 (6)，泰國 (5)，大陸 (4)，澳洲 (3)，新加坡 (3)，香港 (3)，孟加拉 (3) 及其他等，共 242 篇論文，台灣論文數居冠。

台灣與會代表一共 39 位，除了主辦國日本以外，台灣是最大代表團。

CECAR8
美麗的大會手冊

4/16 開幕式

開幕典禮中 亞洲土木工程聯盟 十四位理事長合影

ACECC Tokyo Declaration 2019 (東京宣言)

ACECC 認為「ACECC 東京宣言 2019」包括以下 16 項倡議，以確定未來的基本活動和政策，並將透過各種活動，如亞洲地區土木工程會議 (CECAR)，技術委員會和其他，來實現 ACECC 分享知識和利用知識管理的目標，廣泛傳播 ACECC 自社會取得的成果，並為實現安全，可靠和可持續的社會作出貢獻。

應對亞洲面臨的挑戰的倡議

(1) 災害防備、對策、預防和緩解有關的倡議

(2) 與城市，人口增長和交通問題有關的倡議

(3) 與環境問題有關的倡議

(4) 與人類健康有關的倡議

(5) 與氣候變化問題有關的倡議

(6) 與水問題有關的倡議

(7) 建立、維護和開發高質量的可永續和彈性基礎設施的活動

土木工程和技術轉讓的人力資源開發

(8) 土木工程專業的多樣性

(9) 教育和人力資源開發以及遵守道德標準

(10) 技術開發，轉讓和標準化

與其他領域和相關組織的合作

(11) 與國際組織的合作

(12) 整合跨學科合作和知識

傳播土木工程在社會中的角色和貢獻

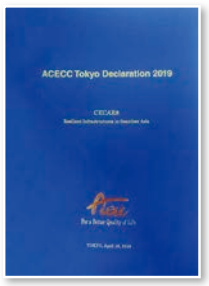
(13) 傳播土木工程在社會中的角色和貢獻的活動

ACECC 的運作

(14) 工業，政府和學術界決策者參加 ACECC 活動

(15) 提高 ACECC 活動的效率

(16) ACECC 東京宣言 2019 的履行和後續行動



十三國理事長共同簽署「東京宣言」

4/17 頒獎典禮

臺灣之光！

第八屆亞洲土木工程聯盟大會 CECAR8 經由土水學會 CICHE 推薦，台灣榮獲兩項大獎！

個人成就獎

李建中教授

優良工程獎

臺灣桃園國際機場
聯外捷運系統建設計畫

台灣代表團合影

台灣一級棒

當天晚宴舉杯恭喜台灣得獎 Cheers～～

4/16-18 大會議程

大會演講

Plenary Session 1

Global Vision of the 22nd Century -The Roles of Asia in the 21st Century-

Mr. Jitsuro Terashima, Chairman, Japan Research Institute, President, Tama University

Plenary Session 2

Engineering the Future

Ms. Robin A. Kemper, ASCE President

Plenary Session 3

Building Resilient Airports in Asia

Mr. Benoit Rulleau, Corporate Executive VP and Chief Technical Officer, Kansai Airports

分組議程

台灣 25 篇論文在 4/16-18 各組議程一一發表，表現優異，獲得諸多迴響。

- Advanced Concept and Implementation of Seismic Design Methods for Resilience Against Intense Earthquake
- Application of ICRT/AI in Civil Engineering
- Applications of Geosynthetics for Various Civil Engineering Disciplines
- Bridge Design
- Civil Engineering Heritage: Preservation, Reuse and Social Significance
- Climate Change Adaptation Measures in Water-related Issues
- Coastal Erosionin Asian Countries -Monitoring, Evaluation and Prediction Techniques Foward Coastal Protection and Adaptation Strategies-
- Comparative Study of Quality Infrastructure in Europe, the United States and Asia and Civil Engineer’ s Contribution
- Concrete Materials and Pavement
- Construction Engineering and Management
- Developing a More Relevant Program for Civil Engineering Education
- Development of Quality Port Infrastructure Through the Establishment of the National Technical Regulations and Standards
- Development of the Northern Sea Route and Its Future Tasks
- Enhancing Citizens’ Understanding on Importance of Intrastructure Based on Infrastructure Health Report
- Environmental Systems and Engineering
- Environmentally Sound Management of Construction and

CICHE 代表團員

王炤烈理事長

王夫人

胡湘麟局長

李建中教授

李夫人

江文山教授

林呈教授

吳宗翰

吳國華副處長

宋裕祺教授

張陸滿教授

張鈺輝副秘書長

曹鼎志組長

郭仕樸

王華弘博士

陳伸賢執行長

陳柏華教授

陳毅輝

黃薇穎

周柏儀

詹宏義副理

廖文正教授

蔡欣仰

蔣　榮

陳介程

王瀛恭

陳文凱經理

彭子軒

謝尚賢教授

林軒宇

張學孔教授

鄧挺發

黃世偉

鄭書恒資協

謝啟萬教授

謝正倫教授

柯欽彬

盧韋勳

柯武德教授

Motsa Thabo

Demolition Waste (CDW): Challenges and Opportunities in Asian Countries

- Experiences and Challenges in Construction and Management of Underground Infrastructures
- How to Utilize Big Data for Transportation Planning and Management
- Hydrology, Hydraulic, and Coastal Engineering
- ICRT/AI in Civil Engineering & Construction Safety
- INFRA BIM
- Infrastructure Development and Economic Growth
- Infrastructure Planning and Management
- Innovative Construction Technologies and Management in Infrastructure Projects
- Integrated Risk Management for Sediment Related Disasters
- Introduction of Users' Viewpoints in Post Appraisal of ODA Infrastructure Project
- ITS-based Solutions for Urban Transportation in Asia Pacific Countries
- Monitoring & Large-Scale Tests in Geotechnical & Construction Engineering
- Monitoring & Large-Scale Tests in Geotechnical & Construction Engineering
- Productivity Improvements in the Field of Construction by ICT
- Quality and Resilient Infrastructure in Asia: How Can Investment Gap Be Bridged?
- Recent Water-Related Natural Disasters in Asian Region
- Role of Civil Engineering in Mitigation of Climate Change
- Structural Members
- Study of Failure for Young Civil Engineers
- Sustainable and Eco-friendly Concrete by Effective Application of Local Mineral Admixtures
- The Keys of Success in Promoting Regional Revitalization
- Transdisciplinary Approach for Disaster Risk Reduction by Scientific Knowledge-based Decision-Making -Four Years of Activity of TC21 and Statement from the Members for Future DRR-
- Transforming Civil Engineering Education and Practice to Achieve the United Nations Sustainable Development Goals
- Water and Disasters -Toward Building Resilient Society under Climate Change-
- Wave and Tide Observation and Analysis
- Women in Civil Engineering
- Wood Utilization in Civil Engineering

4/18 閉幕式

主辦單位向全體與會者致謝

Prof. Kusakabe, Chair of ACECC

Dr. Horikoshi, Secretary General of ACECC

Prof. Kobayashi, JSCE President

Mr. Kayano, LoC Chair of CECAR8

2022 年 CECAR9 由印度接辦

4/19 工程參訪

4/19 工程參訪 – Railway Infrastructure

4/19 工程參訪 – Resconstruction from Great East Japan EQ.

由八十多歲 Hayakawa 教授
講解信濃川歷史

4/19 工程參訪 – 新潟信濃川分洪道工程

場邊花絮

到日本第一晚 王理事長設宴款待全體團員

日本國際航業株式會社代表取締役會長吳文繡女士（前排右三）宴請得獎單位

開幕前的室內樂演奏是由日本的土木工程師們擔綱

國內、國外、老中青三代交流熱絡

重大慶典前的酒樽敲擊儀式（鏡开かかみひらき）

會場展覽 VR 體驗

日本傳統舞獅為大家祈福

CICHE 三位國際先鋒 —
張陸滿主委、謝啟萬主委、王理事長

衷心感謝

謝謝所有團員們熱心協助提供資訊，除了在會中幫忙拍照，還分享吃喝玩樂，賞櫻、看富士山等，大家的熱情參與讓這趟旅程豐富且溫馨，令人難忘！

特別感謝中興公司彭子軒博士的專業攝影為大家留下美好的一刻。

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0002

自駕車輛 專輯序言

專輯客座主編 張學孔／國立臺灣大學土木工程學系 教授、先進公共運輸研究中心 主任

編輯助理 陳宏彰／國立臺灣大學土木工程學系博士班 研究生

隨著自動駕駛、電動化與物聯網技術的整合發展，運輸載具與服務將有巨大轉變。以往道路橋梁、運輸路網及停車場的公共建設，總是趕不上汽車擁有的快速成長，卻帶來交通安全、道路擁擠、能源消耗與環境污染問題。國際自駕運具的發展是由提升道路交通安全開始，企盼自駕與車聯網的應用，能夠降低人因影響而提升交通安全，並能經由自駕車輛的高效特性與共享服務而大幅提升運輸能量與服務品質，朝向永續運輸與智慧宜居城市的目標邁進。

我國政府為鼓勵無人載具科技之研究發展與應用，已於 2018 年 11 月 30 日通過「無人載具科技創新實驗條例」，經濟部、交通部以及內政部刻正進行各項施行細則與審議機制的研訂，以建構完善、安全、創新的實驗環境，並確保自駕車輛在專用或混合車流環境中的安全性，期能引導我國自駕載具相關技術的升級與產業發展。

本專輯特別邀請產、政、學、研界提出自駕車輛發展在各層面的進展與對未來的觀察，除了對於國內外自動駕駛技術的現況進行回顧，並藉由中央、地方政府與產業的合作計畫初步成果，說明我國發展自駕車輛的潛力，期能創造出有利感測、AI、車體製造及資通訊產業的發展環境。此外，高精地圖是數位國家的基礎建設，是車聯網、自動駕駛和基礎設施管理等商業服務的重要關鍵，本專輯亦邀請專家團隊針對自駕車輛的高精地圖、測試園區開發以及相關案例等進行分析，並對臺灣發展自駕車輛的策略進行探討。

期盼本專輯對於自駕車輛的國內外發展趨勢、核心技術、試行案例以及未來衝擊分析，能夠引發更多的後續研究與規劃，同時能夠提供政府相關機構思索如何迎接自動駕駛車輛的時代，如何進行商業佈局，以及如何在基礎設施、產業發展以及運營模式預做準備。

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0003

國際車輛自動駕駛技術發展

International Vehicle Automatic Driving Technology Development

李　綱 Kang Li／國立臺灣大學機械工程學系 副教授、行政院科技計畫首席評議專家室 領域專家

車輛自動駕駛技術的發展由來已久，最早可追溯至 1950 年代美國通用汽車公司研發的火鳥 1 號及火鳥 2 號原型車，經過半個多世紀之後，自動駕駛車的發展熱潮已擴及世界各地，並帶動各種與無人車相關之創新服務模式及應用科技的發展。臺灣在資通訊科技領域的研發實力在全球占有一席之地，臺灣的電子業此刻亦面臨產業轉型與升級的嚴峻考驗，當前正逢全球自駕車、智慧車電產業之興起，臺灣自然無法自外於這一波浪潮之外。然而，臺灣發展自駕車產業的機會在哪裡？究竟是發展整車還是次系統？這一直是許多人關切的議題。本文首先介紹國際自駕車技術發展的歷史及現況，期能有助於更準確地預測未來的發展趨勢，最後根據臺灣產業的特性與國際車輛產業供應鏈角度，提出臺灣發展自駕車關鍵技術的展望與策略性建議。

Abstract

It has been a long history to develop vehicle automated driving technology. The earliest development record can be traced back to the U.S. General Motors' Firebird No. 1 and No. 1 in 1950's. After a half century passed, the autonomous vehicle development boom has been widespread worldwide and drives all kinds of innovative service models related to unmanned vehicles and the development of application technology. Taiwan's R&D strength in the field of information & communication technology has a global footprint, but Taiwan's electronics industry is currently facing a severe challenge of industrial transformation and upgrading. At present, the rise of the global self-driving and smart car industry, Taiwan naturally cannot be outside this wave. However, what is Taiwan's opportunity of developing the self-driving car industry? Is it the development of a complete self-driving car or sub-systems? This has been the topic that many people in Taiwan are concerned about. This article first introduces the history and current status of international self-driving car technology development in order to more accurately predict the development trends in the future. Finally, based on the characteristics of Taiwan's industry and the perspective of global supply chain of the automotive industry, this article puts forward the prospects and strategic suggestions for developing key technologies for self-driving cars in Taiwan.

前言

自動駕駛車無疑是近年來全球最受矚目的話題之一，也是最被看好具備龐大商機潛力的 21 世紀新興科技領域。國人最熟悉的自動駕駛車莫過於 Google 自駕車（現在改稱為 Waymo 自駕車）。然而，Google 並非全球最早正式投入自駕車技術研發的公司，美國通用汽車公司早在第二次大戰結束後即開始從事相關技術開發。Google 自駕車累積總里程數在 2 年前已突破百萬公里，且迄今尚未傳出重大的車禍傷亡事故，在全球的自駕車技術研發佔有龍頭的地位。但是即便以 Google 這樣規模的軟體公司投入自駕車研發超過十年以上，亦尚未能完全克服自駕車上路的所有技術挑戰。此外，發展出一套可永續運行的商業模式也是 Google 及其他發展自駕車軟體技術為主的公司所需解決的問題。

自駕車的議題近二 ~ 三年開始在臺灣受到重視，臺灣的電子業界也把發展智慧車／自駕車產業視為後智慧手機時代可能的新藍海，政府、研究單位與民間公司紛紛投入自駕車相關技術的開發；然而，以臺灣有限的資源、人才、技術及市場，要想在競爭激烈的國際自駕車產業競賽當中脫穎而出，應當先擬定一套適合臺灣的自駕車產業發展戰略，尤其臺灣並不像是先進的歐美日國家有強大的車輛產業為後盾，而車輛產業又是高度講求垂直整合的產業，只發展所謂自駕車的人工智慧（Artificial Intelligence, AI）技術卻沒有完善的車輛平台技術，將無法真正推動臺灣發展成國際級的自駕車技術輸出大國。因此，如何讓政府及民間的資源可以更有效地整合及運用，以發揮最大的綜效，並且透過國際合作，引進國際車輛底盤 x-by-wire 次系統一階（tier-one）廠的技術，將是臺灣發展自駕車產業能否成功的關鍵。

本文首先就國際自駕車技術發展的歷史做介紹，並進一步針對國際自駕車技術的分級與發展現況、臺大機械系的自駕車技術研發與未來展望等主題作探討，最後針對臺灣的產業特性與國際車輛產業的生態，提出臺灣發展自駕車產業的策略性建議。

自動駕駛技術發展歷史

車輛自動駕駛（autopilot）技術的概念可以說是源自於航空界，早在 1912 年美國的 Sperry 公司即開發了飛機的自動駕駛系統，並且於 1914 年於法國巴黎舉辦的飛行安全競賽中展示，最早的車輛自動駕駛系統設計概念則是在 1925 年的一篇通訊雜誌文章[1] 中被提出：「自動駕駛車是透過無線通訊進行遠端控制」，這與目前國際上自動駕駛車的發展趨勢也不謀而合，也就是自主駕駛車（autonomous vehicles）需要車聯網（connected vehicles）技術的支持。雖然車輛自動駕駛技術的概念早在 1925 年就已經被提出，但是一直要到 1950 年代，才由美國通用汽車公司（General Motors, G.M.）真正開始投入資源進行自動駕駛概念車（火鳥 1 號與火鳥 2 號）的開發，並且於 1958 年與通訊公司 RCA 合作開發了可在高速公路上自動駕駛的火鳥 2 號原型車，原本該款車預定於 1975 年開始量產，但是最後並未付諸實行。

爾後自動駕駛車的研究在美國並未停歇，美國在 1980 年代掀起了另一波自動駕駛車的研究風潮，並獲得美國聯邦政府與國會的大筆經費支持。1986 年美國卡內基大學展示了一輛使用電腦視覺技術為主的自動駕駛車，雖然該車的自動駕駛能力很有限，但是也引發了通用汽車公司的合作興趣。同時期除了卡內基大學以外，加州大學柏克萊分校（UC-Berkeley）則是在加州政府的支持下進行自動駕駛高速公路系統（Automatic Highway System, AHS）的研發，UC-Berkeley 並成立了專責的研究機構— California Partner for Advanced Transit & Highway Program（簡稱 California PATH），PATH 至今仍是加州大學柏克萊分校研究自動駕駛與智慧運輸最重要的機構之一。1980 年代加州交通部在美國聯邦政府的支持下投入大筆研究經費於自動駕駛車與 AHS 的研發，主要的目的是希望透過車輛自動化技術解決加州日趨嚴重的高速公路阻塞問題，藉由車間無線通訊與自動跟車、車隊（platoon）控制技術，的確可在不影響安全性的前提下縮小跟車距離，讓高速公路上的車輛可以類似車隊或火車運行的方式提高公路的運輸流量。此技術在 1980 年末開始於美國加州的高速公路上進行實車的展示，包括多部由美國通用汽車所組成的自動駕駛轎車車隊，以及由多輛巴士所組成的巴士車隊於高速公路上進行時速 100 公里以上的動態展示。

此後，UC-Berkeley PATH 在加州交通部的支持下持續進行了十多年的各類車輛自動化技術應用研究，如自動駕駛鏟雪車、自動駕駛噴雪車與自動駕駛公車等。當時 UC-Berkeley 的 AHS 主要是憑藉磁導引定位技術使自動駕駛車輛，能夠達成精準側向定位的能力，此項定位技術需要在地面埋入磁鐵，並在車頭前方底盤處安裝磁性感測器。此外，縱向的車間距控制除了利用雷達感測器，還透過車間無線通訊取得（最）前車的即時加／減速資訊，以確保車隊內每輛車的跟車安全性（string stability）不會因為任何一輛前方車輛的速度改變，導致後方車輛的速度變動逐步擴大，甚至造成後方車輛反應不及而引發連環大車禍。值得一提的是，目前國際上許多研究機構與民間公司（如 Volvo truck）正研發使用車間無線通訊技術之偕同式適應性巡航控制系統（Cooperative Adaptive Cruise Control, CACC），以使大貨車、聯結車可在高速公路上達成自動跟車並以車隊

方式自動駕駛，基本上都參考過去 UC-Berkeley PATH 研發的車輛形成車隊（platooning）控制方法，以確保車隊的 string stability 不會被意外突發狀況所破壞，進而導致連環車禍的悲劇。車輛磁導引定位技術穩定可靠，而且價格便宜是主要優點，此項技術已被廣泛運用於自動駕駛高爾夫球車、工廠無人搬運車。2014 年日本東京大學成立的自動駕駛巴士技術團隊 — Advanced Smart Mobility，採用類似的車輛定位技術，此外 2013 ~ 2014 年 UC-Berkeley PATH 也用這套磁感應定位技術結合 GPS 定位技術開發自動駕駛巴士（兩截式鏈接型巴士），用在奧勒岡州尤金市載客的兩截式鏈接型公車上，這輛自動駕駛巴士的速度可達時速 45 英哩，在為期一年的商業載客運行當中沒有發生任何交通事故，這是頗值得稱許的，也值得臺灣發展自動駕駛巴士運輸服務借鏡，此一巴士自動化技術可視為「無軌化輕軌」概念的具體實現，亦可視為公車捷運系統（Bus Rapid Transport, BRT）系統的自動化進階版。

國際車輛自動駕駛研究在 80、90 年代經過十多年的發展，大多是與高速公路自動化有關，這類自動化車輛不論是大型的巴士與特種車輛如鏟雪車，或者是中小型的轎車，都必須要能達成中、高車速（時速 60 ~ 100 公里）的運行，故這時期自動駕駛車的技術研發重點是以 vehicle dynamics 與控制技術為主，而不是目前盛行的自駕車 AI 技術。2004、2005 年美國軍方的研究機構 - DARPA Program 連續 2 年舉辦全國性的「極度排戰自駕車比賽」（Grand Challenge）又重新帶動一波自駕車研發的風潮，並且讓自駕車技術的研究進入另一個時代，也就是大量使用人工智慧技術的自駕車。2004 年的 Grand Challenge 因為沒有任何一隊成功完賽，因此 DARPA 隔年又再舉辦一次比賽，該年的冠軍隊伍是史丹佛大學的 Stanley car，也就是後來 Google car 的前身，值得一提的是原本看好可以奪得冠軍的隊伍並不是史丹佛大學的團隊，而是卡內基美隆大學的自駕車，十多年後卡內基美隆大學團隊的成員才真正找出失去奪冠機會的原因是引擎動力系統故障。Google car 團隊的靈魂人物 Prof. Thrun 後來成為美國有史以來最年輕的國家工程學院院士，雖然 Google car 團隊在自駕車的相關技術研發持續保有領先地位，特別是在一般市區中、低速運行的中、小型自駕車所需要的人工智慧技術，包含自主定位、感知與決策；不過，Google 的自駕車技術商用化歷程則是一波三折，從一開始寄望的發展出後裝市場（after market）的自駕車產品，改成發展出 Google 專屬的無方向盤、無煞車及油門踏板的輕巧型自主駕駛車 self-driving pods，繼而近 2 年又改變策略與車廠合作，專攻無人駕駛行動車服務（autonomous mobility service），這應該也是體認到造車與電子產品兩者間是有非常大的差異，必須術業有專攻，特別是車輛製造商所必須擔負的產品可靠度、安全性責任（liability），若不是與專業的車廠合作，恐怕無法真正大量生產可以上路且耐用、安全、可靠的自駕車。此外，Google 自駕車系統依賴其車頂的高解析度三維光學雷達（LiDAR），以提供其自主定位系統演算法必要的環境感知資訊，由於目前這類機械式旋轉的三維光學雷達量產技術仍未成熟，價格仍十分高昂，可靠度與耐用度尚未達車規等級（IP69），處理龐大的光學雷達點雲（point cloud）感測資訊亦需要耗費極大的電腦運算資源，因此未來幾年 Google 自駕車技術的商業化成功與否仍有待觀察。不可否認的是 Google 自駕車隊仍是目前世界上累積自動駕駛總里程數最高，且持續增加最迅速的公司，其他競爭者約落後 5 ~ 10 年以上，Google 自駕車隊花了約十年時間於 2016 年達到百萬公里的自動駕駛總里程數，爾後因為技術的快速進步，約只需要半年的時間就可以達到百萬公里的總里程數。

自動駕駛技術分級與國際發展現況

目前國際上對於自動駕駛車的分級主要是依照國際自動機工程師學會（Society of Automotive Engineers, SAE）的標準（SAE-J3016），這套標準將車輛的自動化程度分成 0 ~ 5 共六級（如圖 1）。目前市售的乘用車大多已具備第一級（Level-1）的先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance System, ADAS），少數高檔的豪華轎車則已具備第二級（Level-2）部分自動駕駛（partial automation）能力，這類系統基本上已可在交通狀況較單純的情況下如高速公路上達成自動駕駛。系統正常運作下，駕駛者不須控制方向盤、煞車與油門，但是仍必須集中精神注意行車狀況，以便隨時能夠主動接手車輛的控制權，國內自主品牌汽車納

智傑（Luxgen）背後的車電技術研發公司 - 華創車電公司於三年多前即開始與臺灣大學（智慧載具與機電整合實驗室）及國外的顧問合作開發 Level-2 plus 自動駕駛系統（華創 AutoPilot 系統），並於 2015 年底至 2016 年開始進行中、高速（時速 60 ~ 120 公里）的實車道路測試與展示 [2,3]，比 Tesla2016 年 10 月在美國發表的 Level-2 自動駕駛系統（AutoPilot）毫不遜色，只是這套自動駕駛系統當時並沒有在國內正式對外曝光。

自動化程度第三級與第二級的自動駕駛車最大的差別在於前者必須達到能夠讓駕駛者不需要「主動」介入車輛的操控，僅需要在自動駕駛系統要求下「被動 」接手車輛的操控，這意味著第三級自動駕駛系統必須要有能力做到讓駕駛人真正放心系統可把關行車的安全性，在自駕系統要求下才接手車輛的操控；理想上這是有可能達成的境界，但是實際上卻是有很大的困難，尤其是駕駛者在長時間放鬆之下，要在緊急狀況下被動由系統告知接手車輛的控制，很難確保駕駛者能夠百分之百順利接手車輛的控制，而且人在緊急狀況下是否會完全信賴自動駕駛系統的決策與處理能力，而不會發生爭奪車輛主控權的問題，這些都是需要再更深入進行研究的課題，也是 Level-3 自動駕駛系統最難克服的技術挑戰，因此，目前尚未有任何商用化的 Level-3 自動駕駛系統

第四級（Level-4）與第五級（Level-5）自動駕駛系統的界線較模糊，基本上第四級的自動駕駛系統已可在一般正常情況下完全由電腦操控車子，而不需要駕駛者或是操作員介入車輛的控制，所以這一等級的自動駕駛車可以不需要有駕駛座的設計，第五級的自動駕駛車則是必須在所有狀況下達成自動駕駛，包含惡劣的天候與複雜的交通狀況下，目前國際上自動駕駛系統成熟度最高的 Waymo 自駕車已經開始在美國某些地區進行完全沒有駕駛者在車上的自動駕駛載客測試，顯然地，Waymo 自駕車目前的商業化策略是跳過 Level-2、Level-3，直接發展 Level-4 無人駕駛接駁服務的商業模式，緊追在後的還有 Uber、百度等公司。除了以中、小型車輛發展自動駕駛接駁服務，另外有些新興的自駕車科技公司則是發展無人駕駛中、小型巴士，提供固定路線、小區域最先／最後一哩路的自動駕駛接駁服務，這類自動駕駛巴士的車速都很低（時速大多低於 30 km）。這些所謂 Level-4 無人駕駛巴士的自動化技術成熟度仍有待進一步實證檢驗，目前看來只能算是有條件的 Level-4 自動駕駛程度，亦即只能在固定、封閉的場域達成 Level-4 自動駕駛，在類似臺北市汽機車混流的複雜交通狀況下，這類準 Level-4 的無人駕駛巴士要上路恐怕將寸步難行，要安全通過十字路口並且遵守交通號誌也仍是需要克服的技術難點，即便是最先進的 Waymo 自駕車在交通不複雜的地區行駛，目前在通過十字路口或是在路口轉彎時也經常發生失誤或是反應不夠敏銳的情況，這也是臺灣發展自駕車技術值得投入研究的課題之一。

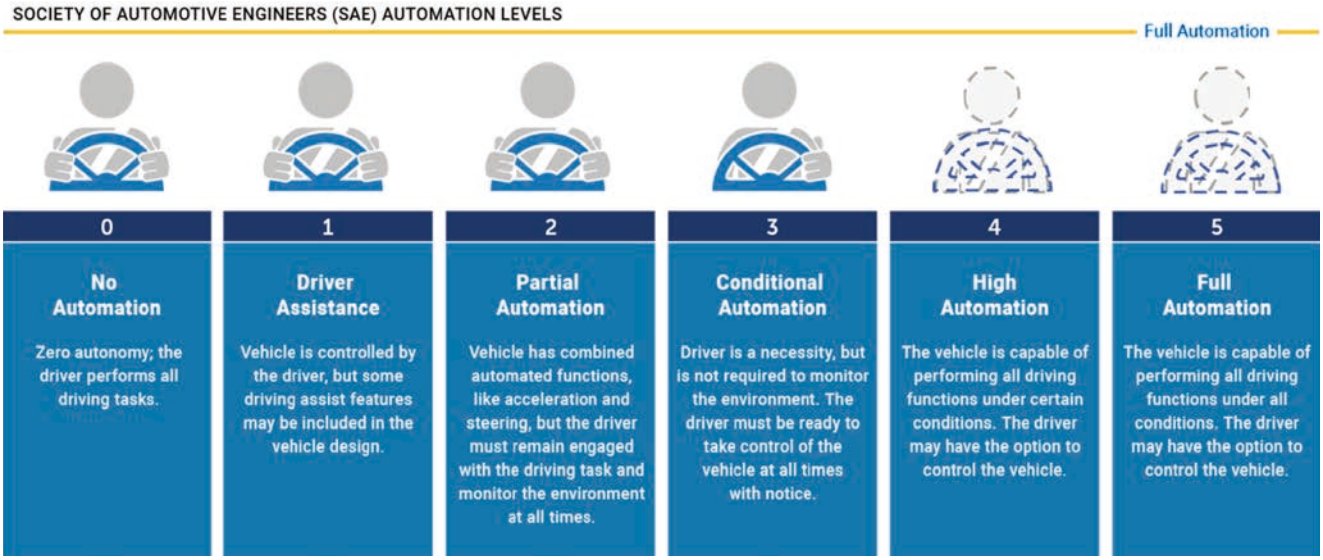


圖 1　國際自動機工程師學會定訂的車輛自動化程度分級標準（J3016）

臺灣大學自動駕車技術研究

車輛的自動駕駛系統依照各次系統的功能可分為幾大部分：定位與感知、決策與控制系統，其中「控制系統」包含底盤電子控制轉向（steer-by-wire）、電子控制煞車（brake-by-wire）與電子控制動力次系統（throttle-by-wire），統稱「drive-by-wire 次系統」或是「x-by-wire 次系統」。感知次系統大多會運用感測器融合（sensor fusion）技術將相機、毫米波雷達、超音波雷達、光學雷達、慣性感測器、全球衛星定位系統（GPS）等多種感測器所提供的資訊進行整合，以達成自主定位、周遭環境障礙物及道路標線、標誌及號誌的偵測與辨識，甚至對於周遭動態障礙物的追蹤與意圖分析等。在自主定位方面除了需要運用前述多種感測器資訊，亦需要使用高精度電子地圖（HD Map），自駕車使用的高精度電子地圖，除須包含導航演算法所需的地理資訊（GIS）圖資，亦會包含影像或光學雷達（簡稱光達／LiDAR）定位所需的道路及環境特徵圖資，例如使用光達繪製出周遭環境的點雲地圖（cloud map）。常見的自駕車定位技術為 LiDAR-based Simultaneous Localization and Mapping（SLAM）技術，以及結合 GPS、慣性感測器、電子地圖與影像融合之定位技術，這兩大類定位技術各有其優缺點，感測器的硬體成本落差也很大，定位技術的選擇主要仍須考量不同等級自動駕駛系統的性能需求、成本和可靠度要求。以 Waymo 自動駕駛車為例，其所選用的三維光達（64 線束）造價高昂，單具的價格即可達七萬美金，使用這類三維光達開發自動駕駛系統的另一個負擔是需要極大的運算能力，方能處理龐大的雷射感知器資料。作者過去在自主定位技術的研發 [4-6] 以後者為主，且已取得多項發明專利，主要是考量我們所開發的自動駕駛系統必須符合高速自動駕駛之需求，定位演算法必須適於高速運算，而且採用的感測器必須符合車規要求，價格也不宜過高。此外，從系統的可靠度與安全性觀點而言，我們所開發的自主定位系統包含了冗余（redundancy）設計的概念，並且善用電子地圖將其視為虛擬感測器，與視覺感測器及／或二維光達整合，透過資料融合技術開發高可靠度、高性價比的圖資融合車輛即時定位系統。

在自駕車的決策次系統部分，依照前述自動化程度的差別會有不同的功能需求，其主要的工作內容在於根據感知次系統所提供的定位與環境資訊，進行車輛運動路線規畫在內的車輛動規劃（motion planning）以及車輛行為的決策（behavior decision），並對於車內／外的狀況做出適當的反應決策，包含緊急狀況的處置。自駕車的感知與決策次系統和目前大家所泛稱的人工智慧 AI 技術習習相關，外界一般以為自動駕駛技術的核心只有人工智慧這部分，卻忽略自動駕駛車的精準操控與安全性確保仍有賴於一套完善的控制系統架構設計，此控制系統必須能精確掌控底盤的轉向、煞車及動力系統輸出，以使車輛的車身動態穩定性、煞車安全性及舒適性符合要求，在控制學理上這是屬於多輸入多輸出（multi-input multi-output, MIMO）的系統，MIMO 控制系統的強健性是必須要透過一套嚴謹的學理分析才能獲得確保，完全以 AI 技術訓練出來的控制邏輯如何確保系統的強健性（robust stability and robust performance）仍需要進一步的研究，特別是高度動態的自動駕駛車輛，例如中高速自駕車與大型自駕車輛必須要注意此一與安全性相關的課題。此外，高速自動駕駛車的車輛控制系統亦需要較高的系統更新頻率（例：100 ~ 200Hz），此頻率往往高於 AI 感知與決策模組，例如：影像辨識模組、SLAM 定位模組的更新頻率。若是以人體的運作機制做比喻，人的大腦就好比自駕車的感知與決策次系統，透過人體的視覺、聽覺與記憶 (地圖) 等感知功能進行運動控制的決策，人的小腦、延腦及中樞神經就好比自駕車的核心控制單元，所負責的是器官與四肢的運作及協調，這部分未必是完全在大腦有意識控制之下而進行的，例如人體四肢的協調性與平衡能力。

我們的研究團隊在過去幾年已陸續開發了下列三種自動駕駛車輛的技術：

1. 低速自動駕駛遊園車：由電動高爾夫球車改裝，可在校園內的封閉場域進行固定路線的自動駕駛，其自動駕駛等級約在 Level-2。（展示影片連結 [7]）
2. 中高速自動輔助駕駛系統 : 與國內華創車電公司合作

開發針對高速公路及快速道路上使用的 Level-2 plus AutoPilot 系統，其主要是使用相機進行道路標線的偵測與追蹤，進而控制方向盤以達成自動車道追隨控制之目的，並進一步整合適應性巡航控制（ACC）技術，以便在前方車輛減速時能夠自動保持安全車距。（展示影片 [8]）

3. 中低速自主駕駛電動中型巴士 : 與國內研究法人（工研院）、新創公司艾歐圖科技（iAuto）及明志科大合作。（展示影片 [9]）

值得一提的是，臺大與明志科大合作育成的自駕車技術新創公司 iAuto 2018 年報名參加杜拜官方 Roads and Transport Authority（RTA）舉行的 World Challenge for Self-Driving Transport 已經進入前三名 [10]，2019 年將前往杜拜進行總決賽。

圖 2　杜拜 RTA 公告 2019 年自駕運輸挑戰之決賽名單

未來展望

自動駕駛車要真正能夠上路進入你我的日常生活中，首先要解決的是安全疑慮的問題，目前國際上還沒有一套完整嚴謹的方法可以百分之百確認自動駕駛車的安全性，也沒有一套客觀公正的測試方法可以檢驗自動駕駛車的自動化程度（automation level），僅憑系統開發者自己定義。現階段國際上較常見的評估方式是以實車測試所累積的行車總里程數與系統脫離（disengage）次數比例做為自駕車系統成熟度之量化指標，但是這項指標仍然無法完全確保自駕車上路的安全性以及系統的功能安全性（functional safety）與可靠度，自駕車行車總里程數高也未能真正代表安全性，仍需要視其行車場域的交通及路況複雜度與環境天候惡劣程度。此外，自駕車的 AI 感知與決策軟體開發需要蒐集當地的行車資料，才能較接近當地的國情文化，不同國家、地域的用路人開車習慣不同，遵守交通規則的程度也不一。因此，即便 Waymo 自駕車已經累積百萬公里以上的自動駕駛里程數，也未必能夠在類似臺灣和東南亞國家交通壅擠、繁忙且巷道狹小的市區道路運行。

為了研究上述有關自駕車系統的測試驗證技術課題，臺灣大學的團隊已開始在臺大先進動力研發中心 [11] 既有的電動動力系統 X-in-the-Loop（XiL）模擬驗證測試平台基礎上，進一步整合底盤電子控制（x-by-wire）次系統的測試平台，目標為建立高擬真度的自駕車實虛混合模擬驗證平台，未來希望利用此一平台測試驗證技術才有辦法針對自駕車各別次系統的功能性安全（functional safety）、可靠度與性能進行完整的測試分析，這套 XiL 平台驗證技術對於臺灣產業界日後進入全球自駕車次系統供應鏈將會有很大的助益。

結語

車輛的電動化、自動化與共享是未來路面交通運輸的發展趨勢，目前國際上普遍認為要達到 Level-4、Level-5 自動駕駛的程度仍需要十年以上的時間，在有限的封閉場域或者是固定路線達到 Level-4 自動駕駛技術上是比較容易達成的。臺灣的資通訊產業雖然發達，但是系統整合的能力較欠缺，特別是發展自駕車所需的車輛系統工程經驗較薄弱，電動化底盤 x-by-wire 次系統的供應鏈亦尚不完整，車輛的系統整合仰賴 tier-one 公司的技術與研發資源導入，才能夠真正進行供應鏈的垂直整合，這恐怕是臺灣發展自駕車系統最迫切需要透過國際合作獲得的外部資源。

此外，自動駕駛車要能夠安全上路亦需要仰賴完善的道路周邊輔助設施，特別是車聯網無線通訊技術，例如推動中的 5G 通訊及 WAVE/DSRC V2X 通訊技術，臺灣有機會透過先導運行方案計畫的推動，針對不同場域類型的自動駕駛接駁及運輸服務模式，進行道路周邊系統及車輛核心控制系統的設計、開發與功能驗證測試，但是前提仍是需要具備車輛核心控制系統軟體的自主研發設計能力。再者，目前的自動駕駛晶片大多是以 GPU 結合 CPU 所組成，這類平台的架構尚未標準化，不僅太過耗電且價格高昂，硬體若要採用冗余設計將會造成更大的成本負擔，因而勢必要從 ASIC 下手。臺灣的 IC 設計與製造技術基礎雄厚，發展自駕車 AI 晶片技術是未來可行的一條路，但是仍需要軟硬體整合的技術作支撐，否則將淪為代工生產晶片的角色而已，無法真正掌握自駕車「系統」開發的地位。

總之，臺灣要成功發展自駕車產業必須要集合跨領域的技術與人才，發揮「打群架」的精神，創造自駕車產業發展的生態系統（eco-system），將自駕車產業鏈的上中下游技術開發進行完整佈局及整合，若能作到這一點，臺灣發展自駕車產業才比較有機會在激烈的國際競爭當中勝出。

參考文獻

1. https://www.youtube.com/watch?v=KEk4sXUsjj8&list=PLFydzOll01GBsGtgDRo5RV54XQoNdxSXC&index=15
2. https://youtu.be/9ylFE8Dlo1Q
3. B.-C. Luan, I.-H. Lee, H.-S. Tan, K. Li, D. Yuan, and F.-C. Chou(2016), Design and Field Testing of a Lane Following Control System with a Camera Based on T&C Driver Model, SAE Technical Paper 2016-01-0117.
4. 李綱（2016），基於電子地圖、全球導航衛星系統及車輛動態偵測技術之車道辨識方法，中華民國發明專利 I522258。
5. 李綱、吳柏富、林舜友、顏家鈺（2018），載具即時精準定位系統，中華民國發明專利（I635302）。
6. 吳柏富（2016），以高精度電子地圖與運動模型為基礎之動態定位估測策略研究，國立臺灣大學碩士論文。
7. https://www.youtube.com/watch?v=NwSCmsL9EMQ&t=206s
8. https://youtu.be/3FqU5zSCoyg
9. https://youtu.be/xUXv4aKFpnE
10. https://www.businesswire.com/news/home/20181028005023/en/
11. http://aprdc.ntu.edu.tw/

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0004

我國自駕車發展芻議

Development and Operational Concepts on Autonomous-Vehicles in Taiwan

張佳雯 Chia-Wen Chang／台灣世曦智慧系統部 正工程師
吳榮煌 Ronald Wu／台灣世曦機電事業群督導 副總經理
馮道亨 Tao-Heng Feng／台灣世曦智慧系統部 協理
樂楚全 Tsu-Chuan Yueh／台灣世曦智慧系統部 主任工程師
洪　店 Tien Hung／台灣世曦智慧系統部 正工程師
許健智 Chien-Chih Hsu／國家地震工程研究中心 副主任
蕭輔沛 Fu-Pei Hsiao／國家地震工程研究中心 研究員
劉淑卿 Shu-Chin Liu／國家地震工程研究中心 專案佐理研究員
蔡諄昶 Chun-Chung Tsai／國家地震工程研究中心 專案佐理研究員
翁瑞蓬 Jui-Peng Weng／車輛研究測試中心行政服務處行政部 經理
曾蕙如 Huei-Ru Tseng／工業技術研究院資訊與通訊研究所 副經理
胡鈞祥 Jing-Shyang Hwu／工業技術研究院資訊與通訊研究所 副經理

當今自駕車為熱門議題，各方角色無不熱衷於此。本文期從全面格局審視自駕車之發展，包括政府管理面、技術產業面、自駕車營運業者等各方需求。本研究團隊採取回顧過往、檢視當下、展望未來進行探討，由我國自駕車發展歷程、我國首座封閉式自駕車試驗場建置與測試情境、我國自駕車後續試驗場域興建與營運構思，及重大課題擇要闡述。

Abstract

Autonomous-vehicles are the most popular topics today, and the roles of all parties are keen on them. The topic is about the demand of autonomous-vehicles from a comprehensive pattern, including government, technology, industry, operators and so on. This article takes the review past, examines the present, and looks forward to the future. From the development of autonomous-vehicles in Taiwan, the establishment and test scenarios of the first closed autonomous-vehicles test field, the operational concepts of the follow-up issues of autonomous-vehicles, and the discussion of major issues, this article makes a summary. However, it is hoped that this paper will serve as a pioneer in this field and bring better works to the autonomous-vehicles research.

前言

如果說「智慧手機改變了人類的生活型態」，那麼下一步的發展則是「自駕車將徹底顛覆社會的運行風貌」。試想，一般工作日，上班時不用擔心叫不到車，下班時不用繞行尋找停車位；休假日，只要選定旅遊

景點，就能任君暢遊。是時，汽車已不需人為操控，而是無人駕駛的行動載具。這是何等高效率，既安全又舒適的旅運情境！

然而，要如何達到「全自動無人駕駛的境界」？如何確保乘客及周遭事物的安全？如何開發高端的科技產品與引進新的科技應用？如何階段性地修訂及調整當下的交通工程與基礎設施？一連串的課題均需逐一克服，絕非只靠單一元素，如新科技，即可解決。

整體而言，自駕車的新紀元將面臨人、車、路、物、站、域等各面向的嶄新需求與技術挑戰。跨域的解決方案及漸次的循序推展，乃必然形成及缺一不可的基礎要件。據此，本文將回顧過往我國自駕車發展歷程、檢視我國首座封閉式自駕車試驗場建置與測試情境，並著眼於未來，探討我國自駕車後續試驗場域興建與營運構思，並就重大發展課題進行探討。

我國自駕車發展歷程簡介

論及「自駕車」，一般人都會以較狹隘的標的「不需人為操作的先進特殊車輛」去看待它。實則，自駕車的終極核心價值，在於以無人載具建構一個嶄新的交通運輸體系，藉此提升人類「行的安全」。因自駕車涉及的範疇非常廣泛，舉凡 ITS（智慧運輸系統）強調的「人、車、路」，加上 IoT（物聯網）萬物聯網的「物與站」，以及脫離智慧城市範圍、欠缺資通信及道路標誌標線輔助的「域」等六大面向，均包含其中，且需面面俱到，方能進入實質的自駕車新紀元。本章內容將分成智慧運輸系統、先進駕駛輔助系統，及自動駕駛系統等三個小節，概述我國在自駕車領域的發展歷程。

智慧運輸系統 (Intelligent Transportation Systems, ITS)

我國交通部運輸研究所經多年精心鑽研，擬訂了我國智慧型運輸系統發展的五大重點，包括：先進交通管理系統（ATMS）、先進用路人資訊系統（ATIS）、先進公共運輸系統（APTS）、商車營運系統（CVOS）、及先進車輛控制及監視系統（AVCSS），詳如圖 1 所示，並由交通部於 1997 年公布實施。自此，奠定了我國交通運輸朝智慧化發展的基盤。其中，先進車輛控制及監視系統（AVCSS）所探討的科技與應用範圍，係透過各類感測、策略、控制等輔助設施，以提高駕駛者注意力、避開衝突、及提供一些駕駛輔助功能等，如縱向防撞、側向防撞、路口防撞、視覺改善、自動停車等等。由於此領域涉及車用電子及設備的多樣需求，進而帶動我國先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems, ADAS）相關產業後續的蓬勃發展，內容將於後續說明。

其後，我國交通部為反應實際使用者服務項目的內涵，於 2001 年發布「臺灣地區智慧型運輸系統綱要

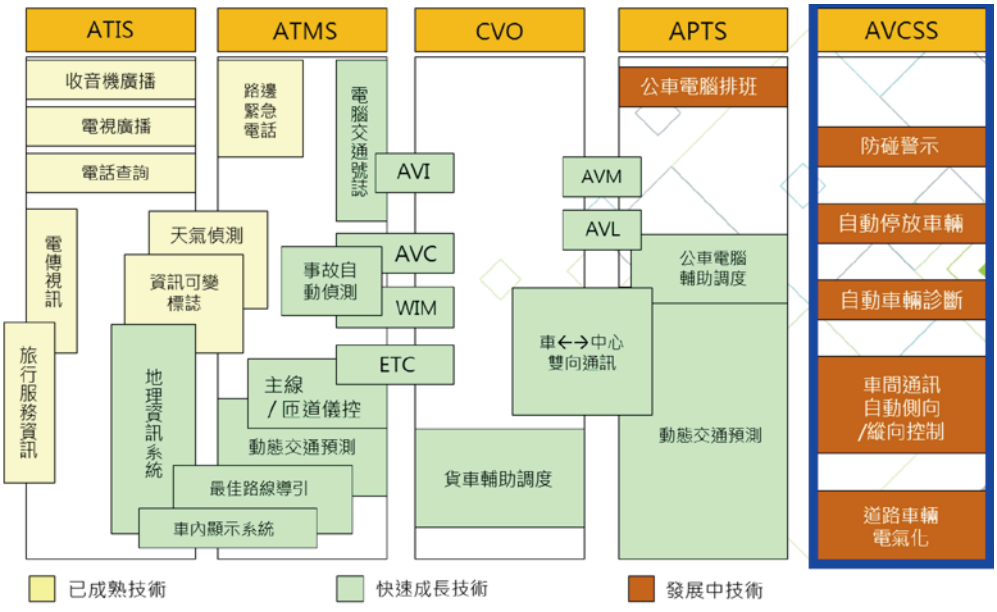


圖 1　我國五大智慧型運輸系統發展重點一覽表，資料來源 [1]

計畫」，明確地將「ITS」由原來的「智慧型交通運輸系統（Intelligent Transportation System）」擴充涵義為「智慧型運輸服務（Intelligent Transportation Service）」。並將前述五大智慧型運輸系統，調整為七大重點服務領域，包含：先進交通管理服務（ATMS）、先進用路人資訊服務（ATIS）、先進公共運輸服務（APTS）、商車營運服務（CVOS）、電子收付費服務（EPS）、緊急救援管理服務（EMS）及先進車輛控制及安全服務（AVCSS）。從此，智慧交通運輸發展正式提升為國家級發展策略之一。

為因應交通與社會發展需求，2004 年交通部更進一步頒布臺灣地區智慧型運輸系統綱要計畫（更新版），續予擴充另 2 項服務領域，分別是弱勢使用者保護服務（VIPS）及資訊管理服務（IMS），共提出九大應用服務與其服務項目。歷經 15 年的努力，我國在 ITS 的發展與成就，已獲得國際肯定，這點可從近年來智慧型運輸系統協會國際大會（ITS World Congress）將傑出企業獎、地方政府獎、及個人終身成就獎等代表最高榮譽的獎項，頒發給我國，可為印證。綜此，我國在人、車、路的智慧型運輸系統服務領域已建構相當完善的基礎。

先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)

如前所述，為應智慧型運輸服務的市場需求，加之各類感測技術及資通信技術的快速演進，近十幾年來，全球各主要車廠及其供應鏈，均積極投入先進駕駛輔助系統（Advanced Driver Assistance Systems, ADAS）的研究發展。此等智慧車輛的輔助技術，亦舖成未來無人自動駕駛車輛所需先進技術的進階過程。

整體而言，ADAS 乃將車輛的運轉狀況與車外環境變化等相關資訊進行分析、歸納，並將有關之訊息提供給駕駛人做判斷及應變的參考。如預先警告可能發生的危險狀況，讓駕駛人提早採取因應措施，避免交通意外發生。ADAS 可概分如下 9 個主要功能子系統，包括盲點偵測系統（Blind Spot Detection System）、後方碰撞警示系統（Rear Crash Collision Warning System）、偏離車道警示系統（Lane Departure Warning System）、緩解撞擊煞車系統（Collision Mitigation System）、適路性車燈系統（Adaptive Front-lighting System）、夜視系統（Night Vision System）、主動車距控制巡航系統（Adaptive Cruise Control System）、碰撞預防系統（Pre Crash System）、及停車輔助系統（Parking Aid System）等系統功能。

我國 ADAS 供應鏈相當完整，車輛與組件、車用電子、半導體及資通訊軟硬體等廠商一脈串起，在發展自駕感測、決策與控制上已有初步根基。依據車輛中心產業發展處分析，目前我國最需補強的技術缺口，主要是感測器開發與感知融合系統單晶片（SoC）、車輛定位與高精圖資、5G 傳輸以及 AI 決策控制等，內容請參閱圖 2。另外，自駕整車平台領域也有廠商已投入相關技術發展，有利於上中下游的串聯整合，如華創車電、車王電及宏碁等。

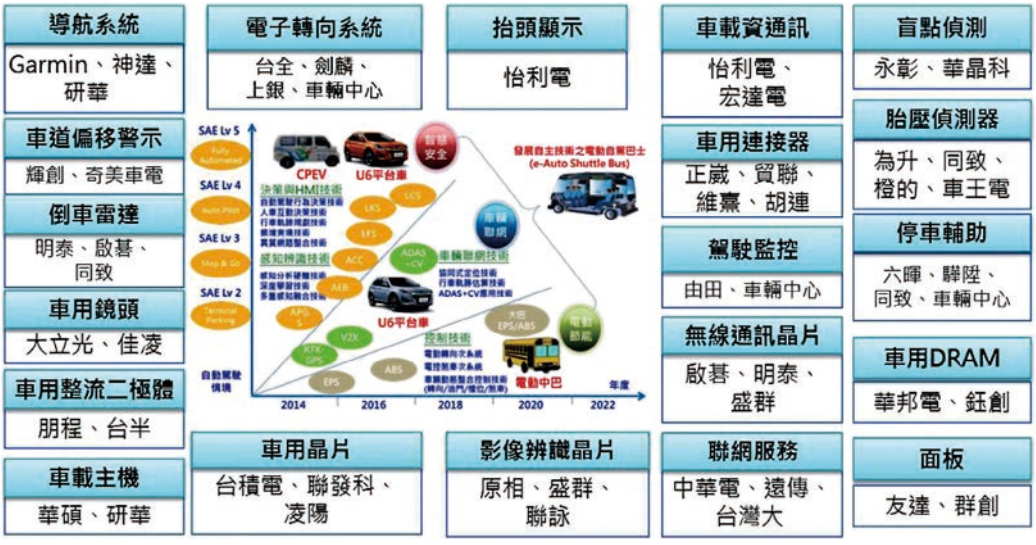


圖 2　我國 ADAS 供應鏈示意圖，資料來源 [2]

自動駕駛系統 (Autonomous Driving Systems, ADS)

如果自駕車以車輛自動運行的能力分類，依據美國汽車工業學會（SAE）的定義，係以車輛於行駛期間，對週遭環境的偵測與介入控制的深度做分野，並將之分為 Level 0 ~ Level 5 等六個不同的自動化程度，如圖 3 所示。

但如果以機電系統功能的屬性觀之，則自駕車可介分為聯網車（Connected Vehicle, CV）、自動車（Automated Vehicle, AV）、及電動車（Electrified Vehicle, EV）等三大類。我國產、官、學、研各界，藉由過往在資通信及自動駕駛輔助系統的深厚技術底蘊，已全面展開相關的研究與發展。政府相關單位，如行政院及其轄下之科技部、經濟部、交通部、及內政部等中央部會，亦本於職能分工，全力衝刺，期能創造我國另一個跨時代的新興產業。此外，自 2017 年起，臺灣許多地方政府，亦爭相引進國外自駕小巴，進行試運行體驗；使國人逐漸了解自駕小巴的特性與優點，更引起全國各界開始重視自駕車的相關議題。

為推動我國自駕產業的技術升級，帶動並形成我國車用電子、半導體及資通訊軟硬體、車輛與零組件等產業聚落，興建完善的自駕車性能檢測及實車試驗場域，確有其必要性。有鑑於此，全臺首座封閉式自駕車試驗場域乃應運而生，相關細節於下節說明。

我國首座封閉式自駕車試驗場域簡介

配合政府前瞻基礎建設計畫所建置的我國首座自駕車試驗場域，係座落於臺南沙崙智慧綠能科學城內。考量自駕車行車安全性與功能展示需求，試驗場域採封閉式，試驗場域路況情境種類分為市區道路、郊區道路及特殊路況，共有 13 種路況情境，可測試或展示自駕車之主要功能。為提供進場使用之廠商進行車輛整備，及方便參觀者能俯視場域試驗，故於場域內建置行控中心，且將車輛整備間納入行控中心整體建築，試驗場域全區配置如圖 4 所示。

於封閉場域進行自駕車測試或示範時，需有車輛、行人、自行車等目標物及其控制系統，用以模擬自駕車於外界行車時道路上之情況，測試或展示自駕車能否避免碰撞等事故發生，亦需有高精度衛星定位

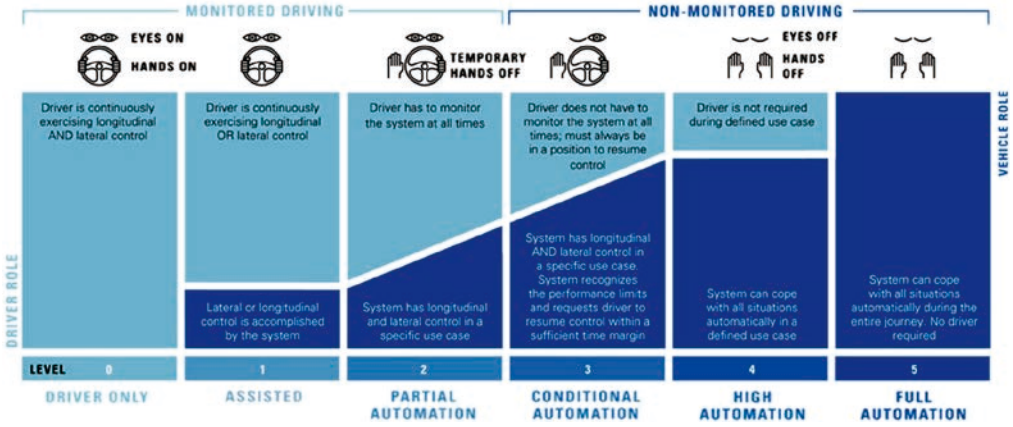


圖 3　美國汽車工業學會（SAE）定義的自駕車分類，資料來源 [3]

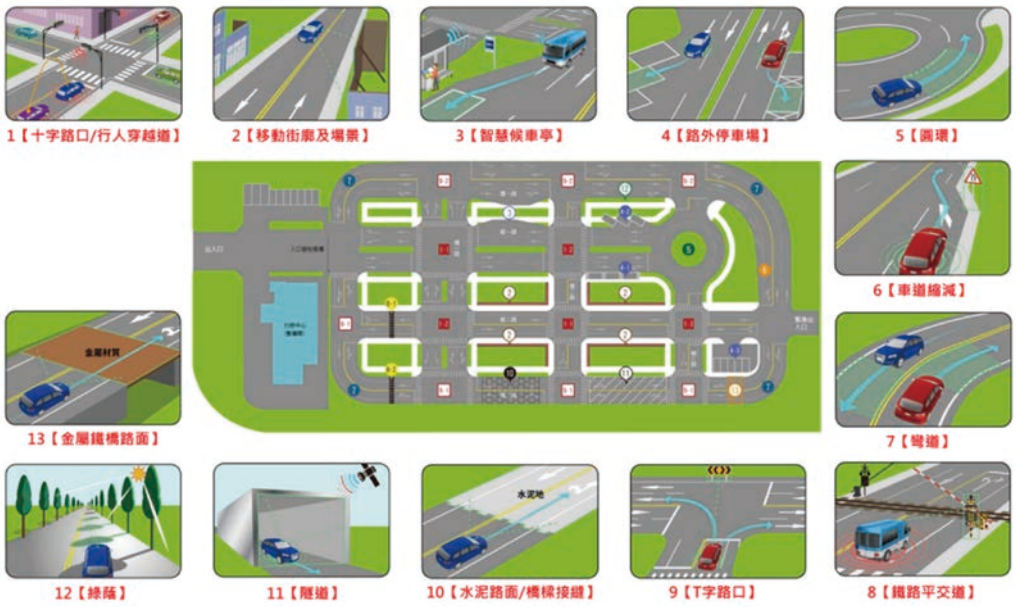


圖 4　沙崙自駕車試驗場域全區配置示意，資料來源 [4]

系統，用以蒐集自駕車於場域內運行之車輛動態資訊、以及在遭遇上述目標物時之時間點、位置、速度等車輛反應之資訊。此外，配合試驗場域之路側設備及車載設備之即時監控需求，建構後台整合管理系統置於行控中心之行控室與資訊機房。

場域功能及定位

國際上自駕車示驗場域規劃，概分為如圖 5 四類營運型態。就其功能及定位而言，考量本試驗場域面積約 2 公頃及加、減速等道路特性，對於展示與測試的車輛種類與車速均需加以限制。本試驗場域係規劃適用中型巴士以下的車種，且時速為 30 公里以下之低速測試與展示運行。

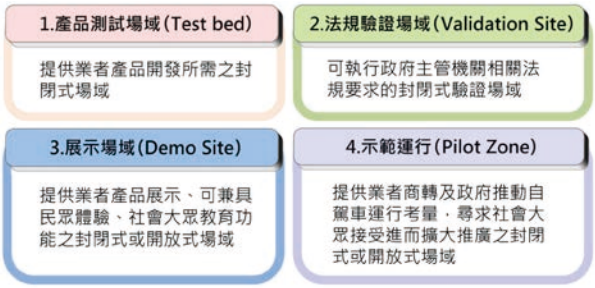


圖 5　自駕車試驗場域四類營運型態，資料來源 [5]

場域路況情境說明

本場域的路況情境係參考美國 M-city 自駕車試驗場域，並綜合國內法人研發單位、自駕車相關設備、系統與整車開發業者之需求，以及考量我國本土路況特色等多重因子所規劃的成果；概分為市區道路、郊區道路及特殊路況等三種主要類別。市區道路的路況情境，計有十字路口 / 行人穿越道、移動街廓及場景、圓環及路外停車場；郊區道路的路況情境，計有 T 字路口、彎道及車道縮減；特殊路況的情境，則包含隧道、鐵路平交道、智慧停車亭、金屬鐵橋、綠蔭及水泥路面 / 橋梁接縫等。有關本場域與美國 M-city 自駕車試驗場域情境比較，綜整如表 1 所示。

表 1　我國沙崙與美國 M-city 兩自駕車試驗場域主要情境比較表

種類	重要性	路況情境	功能測試	Mcity	沙崙
市區路況複雜具有號誌停車情境	1	十字路口號誌偵測	交通號誌偵測能力、行駛路徑規劃	●	●
	2	行人穿越道	標誌與斑馬線偵測	●	●
	3	機／慢車道	混流環境障礙物識別	—	●
	4	移動場景	市區建築物、人行道、路燈／電線桿、電器箱、公車候車亭等	●	●
	5	歐式圓環（3 出入口），雙向雙線道	圓環障礙物感測、行駛路徑規劃	●	●
	6	美式圓環（4 出入口），雙向雙線道	圓環障礙物感測、行駛路徑規劃	●	—
	7	停車格	路邊平行停車、斜角停車格	●	●
市區情境數量				6	6
郊區路況單純缺少號誌特殊道路	1	十字路口，僅停止標誌	十字路口、左轉車道與左轉行駛和停等標誌，右轉時遇到之機／慢車道	●	—
	2	三叉／T 字路口與彎道，僅停止標誌	斜交路口匯入、彎道來車障礙物感測、停等標誌	●	●
	3	多叉路與彎道，僅停止標誌	斜交路口匯入、彎道來車障礙物感測、安全島、停等標誌對感測系統影響	●	—
郊區情境數量				3	1
高速速度落差大	1	高速公路／快速道路，直線 2,000 m	模擬高速公路／快速道路加速條件下對於環境路況障礙物偵測能力	—	—
	2	高速公路／快速道路，直線 300 m	模擬高速公路／快速道路加速條件下，對於環境路況障礙物偵測能力	●	—
高速情境數量				1	0
特殊路況道路品質差訊號干擾多	1	隧道／地下道	模擬 GPS 訊號遮蔽與光線變化情境	●	●
	2	鐵路平交道，無柵欄	交通號誌偵測能力	—	●
	3	鐵路平交道，有柵欄	交通號誌偵測能力	●	●
	4	平面金屬鐵橋	金屬鐵橋對感測系統影響	●	—
	5	樹蔭／高架橋（坡度）	模擬 GPS 訊號與光線變化情境以及高架坡度對感測系統影響	●（無高架橋）	●
	6	柏油路面／泥地路面／磚瓦路面	環境路況偵測能力	●	●
	7	開放測試區	緩衝區	●	●
特殊路況數量				6	6
總計				16	13

資料來源 [5]

行控中心（含整備間）

本場域之基地因位於臺南沙崙智慧綠能科學城的範圍內，依其都市設計準則規定，各建築物應符合銀級以上綠建築及銀級以上智慧建築。因此，本場域之行控中心整體規劃設計均以綠建築及智慧建築為依歸。本場域之行控中心為兩層樓之鋼構造建築物，一樓空間主要作為接待區及車輛整備間，車輛整備間內有小型車及中巴整備間供人員修整或測試使用；二樓空間主要作為會議簡報室、行控室、資訊機房等；樓梯外牆採玻璃帷幕，其玻璃採用太陽能節能玻璃（Heat Insulation Solar Glass, HISG）。行控室面向自駕車測試場域，設置有對外之大型玻璃窗，供參觀者俯視場域試驗情景。

我國後續自駕車試驗場域興建與營運構思

綜整國內外文獻以及本計畫團隊研究初步成果，本節簡要說明有關我國自駕車試驗場域之興建與營運，宜分成下列四個階段，逐步推展，並慎重考量各階段相關運作需求與作業內容，方能竟其功。

- **階段一：興建模擬測試實驗室（Simulation Test Bed）**

1. 依據美國 MCity 相關研究指出，模擬測試階段約占自駕車整體製程九成以上的工作量，其重要性可見一斑。模擬測試最主要的內容，乃測試自駕車對於各類不確定因子，如天候變化、突發事件等周遭環境瞬間變遷的判斷與反應能力。測試作業係透過隨機擷取資料庫內預設情境、交叉組合產出大量特殊狀態，再藉由模擬分析軟體的運作，以測試該自駕車的應變能力。故此，自駕車於正式上路前，皆應在實驗室內，接受足夠小時數或足夠里程數之模擬運行與情境測試。待相關軟、硬體經確認安全無慮後，方可進行下一階段封閉式測試場域的實體測試。
2. 故此，我國未來發展自駕車的首要工作，就是落實本階段各類主要測試項目，如自駕車軟、硬體的正常運行能力、失誤防護機制等。就軟、硬體正常運行能力而言，對於靜態的道路型態，如各式交流道、直角轉彎、起伏路、過限寬門／收費門架、通過學區等，及動態的行車狀況，如超車、倒車入庫、躲避散落物、避讓應急車輛、機車與行人安全防護等，均須模擬測試。倘以整車運行能力模擬測試而言，則偵測、策略與控制的整合性、可靠性與耐久性等測試，至為重要。在失誤防護機制的測試方面，舉凡機械故障、緊急情況的自動應變處理，以及人工介入後之可操作性等，均須審慎測試並納入紀錄，做為日後處理依據。

- **階段二：封閉式測試場域（Closed Test Bed）**

本階段乃「自駕車實體檢測」的首站，除對於自駕車硬體方面作實測外，亦對前階段模擬測試成果進行實車檢測。考量人、車、路的安全性，本階段係於封閉的場域內進行相關測試工作。根據我國產業特性，建議本階段可分如下兩個層級辦理：

1. 首先，以沙崙自駕車試驗場域為主。

   依據低速測試及展示運行之需求，規劃特定情境，提供產品與設施的功能展示及運行能力。此外，本場域亦可兼具提供一般民眾體驗或教育的輔助功能。
2. 其次，進階至彰濱車測中心試驗場域。

   依據臺灣各種交通路況條件及測試情境需求，利用車輛研究測試中心 (ARTC) 試車場現有及後續擴充之測試道路，規劃及建置模擬城市、郊區及高速公路等型態之道路、標誌、標線、交通號誌等相關設施，以利執行關鍵系統功能，如高速、晨昏時刻、惡劣天候、特殊環境等之實車測試。

- **階段三：半開放式試驗場域（Semi-Open Test Field）**

由於我國道路上汽機車混雜行駛為特色，考量人車安全，建議自駕車於完成「封閉式測試場域」測試後，宜於「半開放式試驗場域」進行充分的運行測試，再進入「開放式試驗場域」辦理相關測試。有關「半開放式試驗場域」的作業內容，初步建議如下：

1. 建議以園區、校區、或社區內的半開放式場域，提供接駁服務為主。此類場域便於隨時更新高精密圖資，且地形與道路配置相對單純。再者，此類場域多有「每小時 30 公里速限以下（甚或更低速）」的限制，較易讓搭乘者、行人以及其他車輛使用者熟悉與自駕車共處的環境。

   以美國 Auro Robotics 公司於加州 Santa Clara University 進行自駕車測試運行為例，該校學生可利用手機應用程式呼叫校園自駕車，即可享受接駁服務，對於行動不便的學生，特別有幫助。Auro Robotics 公司表示擬將此類自駕車接駁服務推廣至渡假村、老人社區、機場及大型企業大樓。
2. 在半開放式場域進行運行測試，需要預先編排好行駛路線，累積並紀錄高精度地圖圖資，並進行電腦模擬修正等作業，方可做為接駁運行的依據。在運行過程中，肯定會碰到不少突發狀況，如園區內鳥

禽動物的出沒等，此等情境都會影響自駕車的實際運行；故半開放式場域的運行測試，對於自駕車突發事件的示警與功能微調，具有相當重要的地位。

- **階段四：開放式試驗場域 (Open Test Field)**

待完成前三階段自駕車功能試驗，且相關法規 (如車輛監理制度、保險理賠等) 及道路工程與標誌標線配合調整後，即可進行本階段自駕車「開放式試驗場域」的試驗作業。本階段除更完整測試先前試驗未曾發現「死角課題」的終極功能外，如何與大眾運輸服務相結合，是重要試驗項目，茲簡述如下：

1. 自駕車除作為私人運具外，另可應用於都會區大眾運輸的延伸服務，有效促進大眾運輸使用率。如結合自駕車接駁服務，可解決用路者第一哩路與最後一哩路的交通課題，強化大眾運輸路網的服務範圍，可提高使用者的可及程度，進而提升環境舒適度與生活品質。
2. 相較前述都會區大眾運輸的延伸服務，偏鄉運輸則有更為顯著之需求。依據人口空間分布趨勢，人口持續朝都會地區集中，而偏遠低密度人口分布地區，年輕人口持續外流，致高齡人口比例持續升高，其居住條件更顯弱勢。基於完善社會福利，自駕車不失為解決偏鄉地區交通運輸（尤其是提供高齡者出行所需運具）的優質工具之一。

我國發展自駕車重大課題探討

自駕車關鍵技術包羅萬象，更面臨應用於感知、決策、控制等各階段極速作業所需巨量資料的移動、交換、儲存、處理、分析等挑戰，舉凡當下眾所周知的雲端運算（Cloud Computing）、邊際運算（Edge Computing）、巨量數據科學（Big Data Science）、人工智慧（Artificial Intelligence, AI）、高精密圖資（High Definition Map）、車聯網服務鏈結（IoV Service Chain）等新科技均屬之。

如前所述，自駕車涉及的範疇廣、層面多、界面雜，跨界整合與異業結合是必然趨勢與必要作為。以下謹就我國發展自駕車所面臨的主要挑戰與重大課題，概分成政策與法規、科技與產業、交通與服務等三個主要部分，逐一說明。

政策與法規

我國政府對於發展自駕車新興產業，係由行政院科技會報統籌推動，且已擬訂「無人載具產業發展綱要計畫（108-111）」，分由科技部負責自駕車沙崙測試場域營運管理及後續發展、次系統關鍵技術之前瞻研發；經濟部負責智慧決策與整合控制核心關鍵技術之研發；內政部負責自駕車用高精度地圖（HD Map）之整備與測製；交通部則負責修定或新增車輛監理和安全之相關法規，如自動駕駛車輛申請道路測試作業規定、及財團法人車輛安全審驗中心提出修正道路交通安全規則等項目。

檢視前述新訂規章與辦法，僅提及部分測試規則，其它與自駕車運行之相關重大課題，如路權優先順序、肇事權責歸屬等，尚未制訂規範。此外，有關目前頒行的道路工程及設施規範、車路雙向通訊格式及內容，均應通盤檢視、修訂，甚或新增相關規範，以符實際需求。

科技與產業

就科技言，如何將現有先進駕駛輔助系統（ADAS）的感測、決策、控制等基礎功能，結合高精度地圖及 AI 運算等新技術，以實現自動駕駛系統（ADS）所需系統功能需求？似乎是我國發展 ADS 產業的當務之急。以終端感測為例，如何將多屬性的元件及模組（如感光鏡頭、攝影機、影像處理晶片、數位訊號處理晶片、毫米波雷達、光達等），與 ADAS（如車道偏移、前方防撞、倒車輔助、主動安全診斷等）系統設備相連結，並發展出高端、價廉、且可滿足自動駕駛車輛感知、決策與控制之需，是首要面對課題。

就產業言，其實也是科技研發的延續議題，綜觀我國目前 ADAS 相關產業的量能，最需補強的技術缺口，主要是感測器開發與感知融合系統單晶片（SoC）、車輛定位與高精圖資、5G 傳輸、及 AI 決策控制等事宜；各項技術看似獨立，實際上是環環相扣。尤有甚者，因我國當前缺少較大型汽車製造商，除了提升國內（ADAS）設備的生產實力外，如何配合並滿足全球主要汽車業者發展 ADS 的需求？乃業者與政府需共同努力的重大課題。

交通與服務

自駕車除了提供無需人為駕駛的個人載具運行功能外，倘由交通整體路網績效考量，自駕車可接續補強第一哩路與最後一哩路的公共運輸服務，對於弱勢者之可及性、舒適性、隱私保障可發揮更顯著的成效。故建議政府可優先將自駕車列為強化與公共運輸系統整合服務 MaaS（Mobility as a Service）之高效手段。

倘自駕車與公共運輸系統間之整合與分工得以順利運作，並展現 MaaS 的成效時，自駕車甚當可順勢強化競爭力及擴大市場。而未來的自駕車營運業者，將需考量相關技術支援、運輸服務定義及鎖定客群、運行路線及收費機制、行銷策略及異業結盟、補貼來源、財務及投資計畫等事項。至於現有的客運業者，勢將面臨全新的挑戰，如人力及車輛調度方式、維護成本與財務結構的改變、後續營運的收益等議題。綜合言之，自駕車的入世，勢將掀起一陣滔天浪潮，各相關公共運輸營運業者，應就永續經營所需面對的全新課題，構思解決方案。

結語

在自駕車發展過程當中，政府應扮演引導角色，必須兼顧科技成熟、產業發展、法規支持、場域適用、服務整合五大內涵，一旦缺少其中一個環節，我國自駕車推動進展就會裹足不前。

本計畫團隊經由研究歷程重新定義自駕車服務價值，其代表的不僅只是科技發展、不僅只是一項運輸工具，而是可用以紓解交通壅堵程度、串連既有運輸服務、重新配置運輸資源、以及改變我們的社會生活型態的轉折點。

自駕車載體提供一個可發展的大平台，既可提供學術研究之用，更可輔導國內現有 ADAS 相關廠商測試與驗證，有助於國內廠商走向國際市場。本篇文章旨在拋磚引玉，期各界力量促進自駕車核心價值實現，為人民與社會福祉貢獻心力。

參考文獻

1. 交通部（2001），臺灣地區智慧型運輸系統綱要計畫。
2. 陳敬典（2018），自動駕駛車發展現況與未來趨勢，2018 車輛研測專刊。
3. J. Gerry Purdy, The age of self-driving vehicles is upon us, RCR Wireless, 2016.
4. 劉淑卿、蕭輔沛、蔡諄昶、許健智、吳榮煌、馮道亨、陳冠華、張家旗、翁瑞蓬、葉重宇、張俊毅、曾蕙如、胡鈞祥（2018），自駕車試驗場域建置工程，中華民國第 14 屆結構工程及第 4 屆地震工程研討會。
5. 李玉忠（2017），自駕車關鍵技術發展規劃，TARC 臺灣車輛研發聯盟。
6. Tom Witsenboer (2018), Project Engineer, TASS International, Homologation of Automated Vehicles in the digital Age.
7. U.Steininger, H.P. Schoner, M.Schiementz (2015), Requirements to tools for assessment and validation of assited and automated driving systems, 7. Tagung Fahrerassistenz, Munchen.
8. 陳淑萍（2017），當 Edge Computing 碰到 AI 火花會在哪裡？，國立臺灣大學計算機及資訊網路中心。

108.2.16 混凝土委員會大會及春酒

本學會混凝土委員會具有多項特點，專業強，能整合，有公信力，歷史久，且不斷傳承，為我國混凝土領域長期無私投入，樹立專業楷模，功不可沒！

委員會將於 108 年初，出版 401 新規範，並辦理說明會。在發表前夕，秘書處推動為本委員會之歷史沿革做整理，將安排訪問幾位資深前輩，集結委員們的協助，期能將混凝土委員會的紀錄保存下來。

108.2.16 歐昱辰主委在新年第一次會議後特別設宴感謝委員們的付出與辛勞

108.3.8 胡銘煌委員、王承順委員探訪盧衍棋教授，盧老師精神愉快、身體硬朗。

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0005

國產自駕巴士實測經驗與展望

The trial experience and future prospect of autonomous bus made in Taiwan

張學孔 S.K. Jason Chang／國立臺灣大學土木工程學系 教授
沈大維 Da-Wei Shen／臺灣智慧駕駛股份有限公司 執行長
龔家駒 Chia-Chu Kung／國立臺灣大學土木工程學系 學士
洪翊軒 Yi-Hsuan Hung／國立臺灣師範大學車輛與能源工程學程 主任

傳統駕駛運具的發展已逐漸面臨嚴峻的考驗，再加上人工智慧越趨成熟，自動駕駛車輛的技術發展儼然成為各國的首要目標。本文首先針對國內外自動駕駛系統發展進行初步分析，彙整各區域或單位發展案例進行比較與分析，並回顧國外自動駕駛相關法令現況，以作為桃園市推動自動駕駛系統試運行計畫之重要參考。桃園農博自駕車試營運計畫之目標為驗證自動駕駛技術之可行性，與在地產業結合帶動上下游供應鏈，確保計畫成果之可複製性。透過目標的達成，突顯出臺灣發展自動駕駛車輛的潛力與優勢。實現計畫的同時，技術的突破與創新更點燃了臺灣發展自動駕駛車輛的希望。未來在政府與民間的協力合作之下，臺灣的自動駕駛技術及產業必定能在國際佔有一席之地。

Abstract

With the assistance of advanced artificial intelligence, technology development of autonomous vehicles has become the most important goal for many countries. TURING DRIVE conducted an analysis on overseas development of self-driving system, collected successful cases for further comparison and analysis, and reviewed the current regulations related to autonomous vehicles. These are indispensable references for Taoyuan City to push forward the trial operation plan of autonomous bus. The objectives of the plan are verifying the feasibility of self-driving technology, activating the supply chain by connecting with local industries, and ensuring the duplicability of the plan's results. Through the achievements of the objectives, the potential advantages to develop the technique of autonomous vehicles in Taiwan can be highlighted. The breakthroughs and innovations of technology even light up the hope for Taiwan. In the future, with the cooperation of the government and the private sector, the autonomous driving technology and the corresponding industries in Taiwan will surely play a vital role in the world.

前言

自動駕駛車輛發展緣由，主要是運輸的發展逐漸面臨嚴峻的考驗，包含安全與效率的挑戰、有限的能源、移動汙染源對環境的衝擊、因應人口結構的改變等，均使得駕駛運具受到很大的衝擊。再者，隨著軟硬體技術革命與創新，萬物聯網逐漸普及、電腦運算能力的急速擴大，再加上大數據無所不在、人工智慧逐步崛起，帶來了發展自動駕駛的技術基礎與能力。

自動駕駛車輛技術分類，可參考美國國家公路交通安全局（National Highway Traffic Safety Administration，NHTSA）與美國汽車工程師學會（Society of Automotive Engineers，SAE）所進行的技術分類方式，分為 Level 0 至 Level 5。下表針對各技術分類，包含轉向操作、行駛

表 1　自動駕駛系統技術等級分類

技術分類	NHTSA 分級	SEA 分級	技術等級名稱	轉向操作 / 加減速	行駛環境監控	動態駕駛任務應對	系統能力駕駛模式
輔助駕駛	0	0	無自動化	人	人	人	N/A
輔助駕駛	1	1	輔助駕駛	人＋系統	人	人	部分支援
輔助駕駛	2	2	部分自動化	系統	人	人	部分支援
自動駕駛	3	3	有條件自動化	系統	系統	人	部分支援
自動駕駛	4	4	高度自動化	系統	系統	系統	大部分支援
無人駕駛	4	5	完全自動化	系統	系統	系統	全部支援

環境監控、動態駕駛任務應對、系統能力駕駛模式等來進行分類。完全無人駕駛（Level 5）是指完全自動化，均由系統進行全部支援。

國內外自動駕駛系統發展回顧

臺灣智慧駕駛團隊彙整國內外案例、各種自動駕駛車輛之載客容量、最高時速、行駛里程、測試時速、上市時間等資訊如表 2，其中更進一步標註是否有實際道路測試案例以及在亞洲道路環境測試之實績。

目前交通部正研議「自動駕駛車輛申請道路測試規定」，未來臺灣智慧駕駛團隊，亦將進一步從所蒐集之國內外案例中，探討各國對於自動駕駛車輛的法規環境，做為我國研擬相關交通及車輛法規之參考，並提出自動駕駛電動車穿越平面混合車流道路路口之操作技術建議方案。

桃園農博自駕車試營運計畫之經驗

計畫緣起

為推動國內都市早日邁向智慧城市，提升公共運輸服務品質，並評估自動駕駛車產業未來發展之可能性，桃園市將引進「自動駕駛電動車」於封閉場域試營運，以評估該系統適合之運行場域及營運條件，及在營運場域與商業發展上面臨之問題與因應方案。

計畫目標

依據自動駕駛電動車特性研擬選址及相關設施設置準則，挑選本計畫試運行場域並經桃園市政府同意後，於封閉場域內規劃至少 1 條路線、至少 1 輛自動駕駛電動車進行至少 40 天、每天至少 6 小時試運行作業，並於 107 年 11 月底前完成試運行作業。

表 2　國內外自動駕駛車輛比較表

車型	容量（人）	最高時速（km/h）	單次充電里程	實際道路測試實例	測試時速（km/h）	亞洲道路測試	成熟度	預估正式上市時間
Proterra Project	-	-	-	無	-	無	低	-
Local Motors – Olli	12	40	58 km	有	19	無	中	2019
Navya – ARMA	15	45	5 ~ 13 hr	多例	25	有	高	2018
Easymile – EZ10	12	40	14 hr	多例	20	有	高	2017
Benz – Future Bus	-	70	-	一例	70	無	低	-
TRL – GATEway	3	25	-	一例	16	無	中	2019
Postautos – SmartShuttle	11	45	130 km	一例	20	無	高	2018
SBB – Olli	10	40	58 km	一例	-	無	中	2020
DeNA – Robot Shuttle	12	40	14 hr	一例	10	有	高	2020
Hyundai Project	12	-	-	一例	30	有	低	2019
NTU – ARMA	15	45	130 km	一例	25	有	高	2020
ST Kinetics Project	40	60	30 ~ 50 km	無	-	有	低	2020

本計畫之三個首要目標為驗證自動駕駛技術之可行性、與在地產業結合帶動上下游供應鏈、確保計畫成果之可複製性。

- **驗證自動駕駛技術之可行性**

本計畫首要任務係驗證自動駕駛技術可行性。自動駕駛電動車運作基本原理係經由感測環境資訊（Sensor），透過車聯網通訊（Connectivity），再由人工智慧運算形成決策（decision），再進行車輛元件的控制。

圖 1　自動駕駛電動車整體運作機制

- **與在地產業結合帶動上下游供應鏈**

有鑑於國內具有豐富的汽車製造及電動車製造產業，本計畫特地與位於桃園的本土電動車製造廠商 - 創奕能源公司合作，共同開發無人駕駛電動車。創奕能源創立於 2011 年，專注在動力及儲能材料、元件、系統等專業領域，是具備電動車整合系統及電池模組開發的國內廠商。本計畫試辦運行的車型為 4.8 公尺的低速觀光電動車，未來並將與創奕公司長期合作，於該公司開發之 6.6 公尺小型巴士、8 公尺中型巴士以及 12 公尺大型巴士上陸續測試自駕系統，希望藉此技術合作策略打造國產之自動駕駛電動車，亦希望藉由此計畫為開端，陸續引入感測設備等其他國內廠商進入供應鏈，帶動整體產業發展。

- **確保計畫成果之可複製性**

本團隊認為計畫成果應落實相關技術規格及政策之建議，讓成果得以複製到不同的車型及場域。故本計畫將特別重視自動駕駛系統與創奕能源電動車界接之過程，形成標準作業程序，以利後續應用於不同車型上。此外，本計畫其中一項重要產出，係形成一自動駕駛車測試場域選址及設置規格準則，以利桃園後續試辦，或其他縣市試辦之參考。而本計畫亦將透過國內外案例分析務實檢討國內的道路交通與車輛相關法規，釐清自動駕駛車輛欲上路的法規限制及相關必要配套作為。

試運行區域路線規劃及選定

本計畫提出試運行場域評估準則，作為本案自動駕駛系統試運行場地擇定之依據。將考量場地安全性、易達性、容量及吸引民眾之程度，說明如下：

1. 封閉之場域：應為路外封閉場域，以避免混合車流干擾，維持試運行之順暢。
2. 電力設施：配合電動車充電設施之電力需求，現場需能提供足夠容量之電力基礎設施。
3. 公共運輸可及性與足夠的停車位：為使試乘民眾方便到達活動現場，會場應有便利的公共運輸及足夠的停車位。
4. 試運行路線長度與行駛時間：為了讓更多民眾能參與試乘，試運行路線往返之行駛時間不宜過長，以增加試運行之班次數。
5. 場地吸引力：活動場地本身即具有吸引力，例如知名觀光景點或大型活動會場，以吸引更多民眾共襄盛舉。
6. 媒體行銷力：與其他亮點活動之宣傳搭配，以獲得加乘的宣傳效果。

綜合上述評估準則，本計畫以桃園農業博覽會會場為試運行場域。107 年農業博覽會活動期間為 4 月 4 日到 5 月 13 日，共計 40 日；活動地點位於新屋區東興路二段與省道台 15 線路口，活動期間有完善的交維與接駁車計畫；本計畫採用之車輛，其電源為一般家用規格，並無特殊限制；試運行路線規劃如下圖所示，繞行一圈長度約為 800 公尺。

圖 2　試運行路線規劃

營運成果

本計畫於農博期間總共試運行 40 天，每日試運行時間為上午 9 ~ 12 時、下午 2 ~ 5 時，每日試運行 6 小時。試運行期間現場工作人員之上班時間為每日 08:30 ~ 17:30，並於 107 年 5 月 14 日上午配合金品獎評審試乘增開班次。試運行期間累積搭乘人次共 4,031 人，累積載客班次 667 趟。

圖 3　民眾搭乘踴躍

圖 4　累積載客人數統計

圖 5　各級貴賓試乘體驗

桃園農博自駕車試營運之技術成果

自動駕駛系統及車輛感測設備

本計畫使用之自駕系統架構如下所示。首先，最基層控制架構係使用 LiDAR 模組掃描周圍環境建立三維點雲圖，應用同步定位與地圖構建（Simultaneous localization and mapping, SLAM）技術在運動過程中通過重複觀測地圖特徵 (例如：道路邊緣、路邊停車、路樹等) 定位自身位置和姿態，進一步結合航點追蹤（waypoint tracking）規劃路徑及追點，達到基本的運行。接著結合車上多元感測元件，如攝影機（HD camera）、雷達（sonic sensor）、光達（LiDAR）等進行環境感知，融合不同感測器資料特性偵測障礙物、行人、自行車者、車輛、交通標誌標線、號誌等重要環境資訊，並依據環境感知結果進行車輛動態規劃之決策，包含：避障、煞車、變換車道、停等等各種車輛控制決策，最後再將決策結果透過 CAN BUS 傳輸至行車電腦（VCU）控制動力、制動、轉向等元件。而高清地圖（HD map）則可在前述路徑規劃及環境感知過程中提供更精準的道路資訊，提高決策運算效率，甚而達到預判道路資訊的輔助功能。

電動車規格及感測器

本計畫採用創奕能源製造的 8-11 人座 4.6 公尺電動小巴作為載體，全車可線傳操控（Drive by Wire），油門、煞車、轉向等皆可透過行車電腦（VCU）透過訊號控制。車輛滿載時最大速率為 28 公里 / 小時，爬坡力超過 20%，續航力超過 100 公里，充電時間約為 10 ~ 12 小時。車輛規格及配置感測器如圖 7 所示。

本計畫使用車輛大部分元件皆由國內廠商供應，整車附加價值率達 70%，參與之團隊彙整如圖 8 所示。

自駕車車上端 AI 運算平台

本計畫車上端 AI 運算平台為 NVIDIA PX2（表 5 與表 6），所搭載 Linux 作業系統如 Vibrant Linux、QNX 均為國際車廠所使用之車用作業系統，而 DRIVE PX2 的 GPU 為目前世界上主流的 AI 應用所使用的訓練運算裝置。另外，NVIDIA 提供的 CUDA

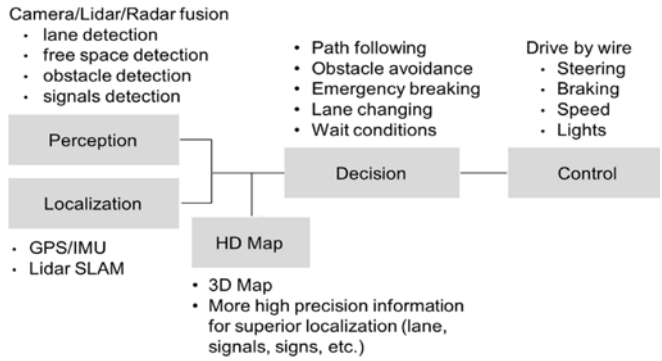


圖 6　自駕系統架構圖

圖 8　自動駕駛小巴附加價值率

圖 7　低速觀光電動車

表 3　車輛規格

項目	內容
長 × 寬 × 高	4,800 × 1,500 × 1,965 mm
座位數	8 ~ 11
軸距	2,580 mm
空重	1,200 kg
極速（滿載）	40 km/h
爬坡力（滿載）	20%
馬達	7.5 kw 72v
CAN bus	2.0B
電池容量	14 kwh
續航力	≥ 100 km
煞車系統	電子控制、液壓傳感、真空輔助
方向機	電子控制、舵角感知器

表 4　自駕車輛傳感器規格

名稱	數量	型號	規格	功能
GMSL Camera-A	3	Whetron 016 hd camera	120 FOV, 1280 × 800 resolution, yuv format	主要圖像辨識（前方及車側道路資訊）
GMSL Camera-B	1	Whetron 016 hd camera	60 FOV, 1280 × 800 resolution, yuv format	輔助圖像辨識（前方）
Electronically Scanning Radar	12	Whetron 24 GHz millimeter wave radar	range 1-25-50 meter	目標物、障礙物偵測
Touch screen	2	-	10”IPS Touch panel	車內設備操作與設定
Integration Computing System	1	NVIDIA DRIVE PX2	Auto Cruise ADAS develop platform, Denvor Core*2, Arm 64 core*2, nvidia pascal cuda core* 256	核心運算處理器
GPS/INS SYSTEM	1	XSENS MTI-G710	NMEA 0183 format, GNSS/INS/IMU Horizontal position：1.0 m Vertical position：2.0 m Velocity accuracy：0.05 m/s	定位與導航
HD-Lidar 16 Element Sensor	1	Velodyne VLP-16	16 bins, 300,000 point/s, 360° Horizontal FOV, ± 15° Vertical FOV	目標物、障礙物偵測 搭配 HD map 更精準判斷場景提供導航

套件為各式高效能運算使用 AI 中深度學習 Deep Learning 的（AI）基礎架構。因此 DRIVE PX2 的整個系統均是現行 AI 技術的基礎，而且符合車規的可靠度及信賴度，且具有高度相容性，可以與所有自駕車需要的傳感器溝通合作，如 GMSL camera、ethernet camera、USB camera、pointgrey camera、符合 NEMA 規範之所有 uart 介面 GPS、IMU、Lidar、Radar、或任何使用 CAN、TCP/IP、USB 通訊協定的裝置等，以及相容百度 Apollo 開放式自動駕駛平台、ROS 開源機器人作業系統等平台，故採用 NVIDIA PX2 為自駕車的運算核心，可擁有國際車廠認可的可靠度、信賴度及相容性。

表 5　NVIDIA PX2 細部系統規格

類型	項目	規格
Soft Ware	Linux based OS	Linux V5L
	DL Frameworks	Caffe, TensorFlow, pyTorche
	DL Accelerators	TensorRT
	GPGPU	CUDA
	Graphics	OpenGL
Hard Ware	System on Chip	Tegra
	DL Accelerators Chip	iGPU/dGPU

表 6　NVIDIA PX2 相容性

項目	開放性與相容性
採用車廠	VOLVO、Benz、Audi、VAG 集團、TOYOTA 豐田集團、TESLA
相容平台	百度 Apollo 開放式自動駕駛平台、ROS 開源機器人作業系統
硬體介面	3 × 4 共 12 個符合車規之 GMSL 攝影鏡頭介面、兩組 socket CAN（Control Area Network）
網路介面	一組 1Gbps 之乙太網路、兩組 10G 高速 TCP/IP 網路介面
支援感測器	GMSL camera、ethernet camera、USB camera、pointgrey camera、符合 NEMA 規範之所有 uart 介面 GPS、IMU、LiDAR、Radar、或任何使用 CAN、TCP/IP、USB 通訊協定的裝置

自駕巴士新創公司孕育與展望

本團隊為延續農業博覽會自駕車試駕活動之成果，於農博專案結束後進一步整合團隊各成員資源，於 2018 年 5 月成立新創公司 — 臺灣智慧駕駛股份有限公司（Turing Drive Inc.），英文名稱 Turing 發想自人工智慧宗師艾倫．圖靈（Alan Turing）。臺灣智駕團隊掌握自動駕駛三大關鍵技術：感知融合、深度學習、車輛線性控制（圖 9），為國內少數具有運用深度學習建立人工智慧網絡模型實績之公司。

圖 9　自駕車三大要素

公司定位為自動駕駛系統開發及整合應用，結合股東創奕能源之電動載具開發 Level 4 自駕巴士，並提供整體解決方案。商業模式包括整車自駕巴士服務、自動輔助駕駛模組以及自駕載具應用方案，如圖 10 所示。

新一代 Level 4 自駕小巴係延續桃園農博專案車輛持續開發，目標應用於封閉園區，包括：遊樂園、機場航廈、學校、醫院等。車輛規格及感測器配置如圖 11 所示。

圖 10　商業模式

圖 11　自駕小型巴士

圖 12　自駕中型巴士

而結合創奕能源開發之 Level 4 自駕中型巴士則以符合交通部車輛安全審驗規範進行設計，目標可以合法領牌運行於開放區域，做為最後一哩路接駁使用，如圖 12 所示。

本次發展 Level 4 自駕巴士過程中衍生功能導向之輔助駕駛次系統（圖 13），可進一步應用於一般大客車之安全輔助系統。隨著交通部對於大客車安全議題日益重視，最新「車輛安全檢測基準」更明示 2019 年起新型式及所有型式大型車須裝設相關安全輔助系統，2020 年起更要求所有使用中大客車須具備相關安全視野輔助系統，自動輔助駕駛系統之市場需求後勢可期。

圖 13　自動駕駛安全輔助系統

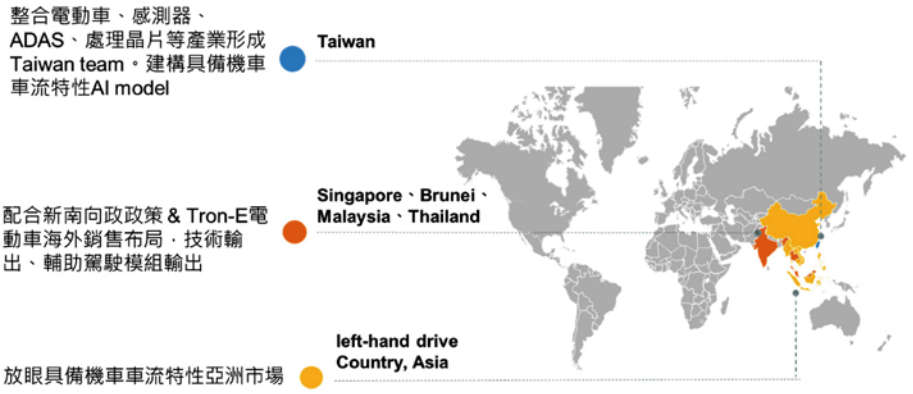


圖 14　臺灣自動駕駛技術在全球的發展

自動駕駛技術的發展趨勢飛快，自駕車普及化也成為全世界各國家勢在必行趨勢。我國具備電動車產業基礎，又擁有自駕車重要車電關鍵零組件產業，加上我國豐沛軟體資訊開發人才，儼然已具備發展自動駕駛技術的優勢。而桃園農博自駕車試營運計畫的成功經驗，更顯示我國推動自動駕駛技術的有利條件，不論是在軟體系統、感測器、車輛設計、圖資技術，皆已足夠與國外並駕齊驅。

未來臺灣在自動駕駛技術的發展，應持續透過政府推動的各項計畫來改善與進步，累積技術能量與經驗，建構具備機車特性自駕 AI 模型，進一步與車廠配套輸出或是以功能模組輸出，相信在中央與地方政府，以及軟硬體、交通運輸等民間業者能攜手通力合作之下，帶動整個產業的蓬勃發展，進而成為世界自動駕駛技術發展首屈一指的國家，如圖 14 所示。

參考文獻

1. 張學孔、孫瑀、沈大維等（2018），「智慧運輸發展建設計畫」之「桃園市自動駕駛系統試運行計畫委託服務案，結案成果報告書，桃園市政府經發局。
2. 孫瑀、黃振聲、王偉兆、沈大維等（2018），智慧樂園自駕接駁車計畫，簽約計畫書，計畫管理單位：財團法人資訊工業策進會。

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0006

水湳智慧城 自駕巴士 試營運規劃及展望

Trail Operation Planning and Prospect of Self-Driving Bus in Shuinan Smart City

馮輝昇 Hui Sheng Feng／前臺中市政府交通局 副局長、現任交通部臺灣鐵路管理局 副局長
林俊甫 Chun Fu Lin／鼎漢國際工程顧問公司 協理
邱詩純 Shih Chen Chiu／鼎漢國際工程顧問公司 經理
陳昱辰 Yu Chen Chen／鼎漢國際工程顧問公司 規劃師

自駕車的開發到運行並非單一產業可獨自完成之工作，如在車體的打造上橫跨了感測器產業、車體製造產業及資通訊產業，以達到軟硬體整合之目標；另為使自駕車順利運行，更需要營運管理、交通規劃及公部門等單位的支持。臺中鄰近中部科學園區，區內有多家車用電子、半導體、精密機械及通訊廠商，具備著強大的自駕車研發能量，同時在智慧交通管理上，臺中市政府交通局亦已作好準備，TOPIS 智慧交通管理平台可進行交通資訊之傳輸與整合。自 2017 年起，臺中市政府交通局整合在地產業及顧問團隊，並於 2018 年，由豐榮客運主導，爭取亞洲．矽谷計畫智慧城市補助，整合臺中自駕產業鏈，打造首輛臺灣自主改裝之自駕巴士；同時臺中市政府獲得交通部科顧室補助，冀可藉由水湳智慧城作為媒介，透過水湳試運行計畫建立臺灣自駕車發展之標竿。

Abstract

The development and operation of self-driving vehicles is not a single industry that can be done by itself. For example, in order to achieve the goal of software and hardware integration, we need to assemble the companies of vehicle, sensors and communication industry. And in order to make the self-driving vehicle run smoothly, it needs the support of operation management, transportation planning and government. Taichung is adjacent to the Central Science Park. Many automotive electronics, semiconductors, precision machinery and communication manufacturers in the region make Taichung have strong energy of self-driving research and development. At the same time, in the intelligent traffic management, the Taichung City Transportation Bureau is also ready. TOPIS smart traffic management platform can transmit and integrate traffic information. In 2017, the Transportation Bureau of Taichung City Government integrated the local industries and consultants, and in 2018 the team led by Green Transit Company Limited was striving for the grant of Smart City Project from Asia Silicon Valley Development Agency (ASVDA) and built the first self-driving bus which is modified in Taiwan. At the same time, the Taichung City government received the subsidy from Office of Science and Technology Advisor, MOTC in order to establish the leading example for developing self-driving vehicles.

前言

目前國際在智慧交通領域上，自駕車可謂是其中之主流，無論是傳統車廠，如 Toyota、Volkswagen、BMW、Ford 及 Benz，或是如 Apple、Uber、Google 及百度等科技公司皆投入大量資源進行自駕車的開發。然而自駕車的開發包含了感測、車輛控制、資通訊及地

理圖資等系統，並非以一已之力可完成的目標，因此國外於自駕車開發多如 Google 與 Ford 合作開發，以跨界合作、異業聯盟之方式進行，整合各廠商之長處，各司其職以達成自駕車上路營運之目標。除自駕車廠商積極的研發技術能力外，各國以美國為首之學術單位及政府機構為達成自駕車上路之目的，打造自駕車測試場域 M-City 計畫，在亞洲包含日本的 J-Town、韓國的 K-City 以及新加坡的 CETRAN 計畫，以提供在地自駕車廠商測試及訓練之環境，並提供學術單位進行技術研究使用。

依據國際情勢，各國為整合此龐大的產業聯盟，多以車廠為主導，尋找策略夥伴的方式進行，政府配合修正法令，並提供場域進行測試研究，那麼臺灣呢？目前在自駕車產業的發展上，臺灣的機會及角色將會在哪？

綜觀目前之國際潮流皆著重於車體的性能開發，而駕駛輔助決策平台尚未發展成熟，若臺灣能研發出高效、低耗符合車規之平台，便能於全球自駕車領域脫穎而出。同時臺灣在晶片設計、車用電子及軟硬體開發上，具有完整的產業供應鏈，技術能量強大更是臺灣發展自駕車強大的利基。

在臺中針對自駕車之發展已作好準備，資料平台部分交通局已建立了 TOPIS 智慧交通管理系統，依據路側設備所蒐集之資訊，可提供視覺化統計資料供決策者分析，此外亦具備智慧化區域協控系統，針對未來自駕車發展可提供完整之道路交通資訊予自駕車；另一方面中部科學園區之 ICT 產業鏈已形成，可提供自駕車研發所需之能量。

水湳智慧城之優勢與契機

目前臺中市具備著許多優勢，包含智慧交通系統、ICT 產業鏈及整體大眾運輸發展，以支持著自駕車之開發及運行。

先進 TOPIS 智慧交通系統

臺中市已建立完善之智慧交通系統，可用以進行交通預測及分析，並將交通資源作更有效率的分配，未來引進自駕巴士，可整合自駕巴士管理及監控系統，打造更加智慧先進的交通服務系統。

在地 ICT 產業優勢

緊鄰中部科學園區，區內有多家車用電子、半導體、精密機械及通訊廠商，若完成產業鏈整合，將具備強大的自駕車研發能量。

公共運輸發展優勢

臺中市近年來之公車運量成長率為全國第一，配合捷運及臺鐵等軌道建設將打造更完善之公共運輸路網，若未來配合自駕車系統運行，更能持續刺激公共運輸使用之成長。

為促進臺灣自駕產業發展，臺中市政府掌握目前發展之優勢，以水湳智慧城作為媒介促成以營運廠商豐榮客運主導，理立、星瑞林、車王電子、華德動能以及工業技術研究院進行車體開發，台數科、緯創、銓鼎科技及國家高速網路中心建置雲端資訊平台，並由鼎漢工程顧問公司負責交通規劃之完整自駕車團隊，進行整體水湳自駕車運行計畫，圖 1 顯示自駕車試運行的技術團隊。

圖 1　水湳智慧承自駕車試運行團隊組成

水滴智慧交通科技力之展現

水滴智慧城自駕車測試場域的規劃目標，不僅作為自駕巴士的測試場域，而是希望建立一套自駕車運行之場域、車輛、中控平台等整合式解決方案，意即除車體的開發測試外，將結合車體與路側設施之車聯網系統及車輛行控中心管理系統，並在此進行 POC 階段測試，預計未來第二階段進行 POS 及 POB 之驗證，打造臺灣自駕車試運行之典範。

車輛系統

目前於水滴測試場域中，包含以豐榮客運主導之 G-BUS 以及工研院研發之 M-BUS 兩套車輛系統於此場域中進行測試。

豐榮客運 G-BUS

臺灣在車體改裝能力在國際上首屈一指，G-Bus 是臺灣首度在系統上把一般實際運行的柴油公車直接改裝成自駕車，由豐榮客運提供車體（如圖 2），車輛控制平台 Motion Control Platform（MCP）由星瑞林與理立系統所開發，透過車輛動力分析及數位控制器設計，整合了車輛的縱向及橫向控制，藉此進行 G-Bus 的運動控制。

工研院 M-BUS

M-Bus 是由工研院、車王電、華德動能、臺灣大學共同合作，為臺灣首部國產化的自駕車（如圖 3），M-Bus 搭載工研院自主研發的自動駕駛感知次系統 Surrounding Sensing Subsystem（S3），為國內首套針對自動駕駛需求所研發之環週感知次系統，整合感測與通訊元件，具備深度學習影像辨視、三維光達感測、多重感知融合、即時事件推理、即時建圖與定位、感知次系統驗證等關鍵核心技術，並針對臺灣與亞洲特殊道路環境設計，收集大規模影像訓練資料庫。

圖 2　豐榮客運 G-BUS

車側連網

在自駕車的未來，不僅車輛需智慧，對於路側的設備更須提供強大的支援，無論資料的蒐集、發布，事件的偵測、路口的安全以及道路交通的最佳化，皆需具備良好的智慧化交通系統。

路側設施建置

於水滴試運行計畫中，由臺數科負責無線通訊網路及區域光纖內網的基礎設施建置，以達到自駕車與中心資料交換低延遲之目標，同時臺數科亦建置 TOP 影像檢索系統，透過 CCTV 辨識自駕車，當車輛通過路口時自動記錄影像，以確保路口交通安全，圖 4 表示其整體架構與元件。

圖 3　工研院 M-BUS

圖 4　智慧交通系統建置規劃

智慧路口建置（如圖 5）

工研院於水滴中科路／敦化路口亦進行智慧安全路口之實證測試，其中建立四項情境進行測試：

- **自駕車優先號誌**

  當自駕巴士即將進入路口時，可判斷目前剩餘綠燈秒數，若秒數不足以讓自駕巴士通過路口時，將自動延長綠燈秒數使自駕巴士能夠順利通過路口。

- **自駕車接近警示**

  當在自駕車即將要通過路口時，路口 LED 電子看板會提供自駕車接近訊息，提醒敦化路方向來車注意。

- **左轉輔助安全警示**

  敦化路雙向有車輛等待左轉，當西往東方向外側有車輛直行，東往西之待轉車輛可透過 CMS 獲得左轉危險警示。

- **路口盲點／行人偵測**

  當自駕巴士即將進入路口，透過車載設備及車聯網技術提前掌握路口其他方向之來車及行人，能有效使自駕巴士於路口減速、煞停，以避免事故發生。

圖 5　智慧路口實證情境規劃

場域規劃（如圖 6）

為確保試運行期間之交通安全，由臺中市政府交通局指導，豐榮客運執行試運行計畫之路線、營運及交通管制規劃，試運行過程預計設定 3 處停靠站，並透過交維管制控管一般車輛禁止進入中科路，提供自駕巴士安全的運行環境。

圖 6　水湳試運行場域規劃

行控中心（如圖 7）

緯創公司與國家高速網路臺中中心合作建置伺服器 , 儲存設備及私有雲端虛擬主機系統 , 以提供自駕巴士控制平台之運行環境。此平台系統將蒐集以下資料：

1. 車對地及車對雲通訊品質及使用狀態
2. 車載感測元件相關訊息或事件記錄
3. 車載平台之攝影系統
4. 特定路口之攝影系統
5. 車載機電系統訊息
6. 特定路口路側號誌即時狀態

透過此平台計畫蒐集自駕巴士行車資訊以監控自駕巴士之運行狀態 , 其統計資料亦可作為調整自駕參數依據及人工智慧訓練之資料庫，以加強自駕巴士之環境學習認知能力提升自駕安全。

此外由銓鼎科技設計之預約 APP（如圖 8），將運用於本次試運行計畫中，試運行計畫之行控中心可整合其預約 APP 系統，提供試運行搭乘民眾體驗預約，此 APP 亦為視障者特別設計，於試運行期間將提供視障者更佳的搭乘體驗。

圖 7　行控中心規劃示意圖

圖 8　搭乘預約 APP 規劃

虛擬場域

自駕巴士的研發，不僅只需考慮車體的建造、路側設施的建置，同時需要交通相關的規劃及分析，才可使自駕巴士熟悉臺灣的交通環境。鼎漢國際工程顧問透過深耕臺灣多年之交通分析經驗，將許多交通資料整合成臺灣特有的交通參數資料庫，為了使自駕巴士在開放場域上路前，能夠使自駕巴士控制邏輯先了解臺灣的交通環境，鼎漢公司利用交通微觀模擬軟體建立虛擬場域（如圖 9），透過 MIL 的技術使自駕巴士可於虛擬環境中先行訓練臺灣的車流，尤其是對於機車的反應，快速累積自駕巴士的學習經驗，加速自駕車的發展進程。

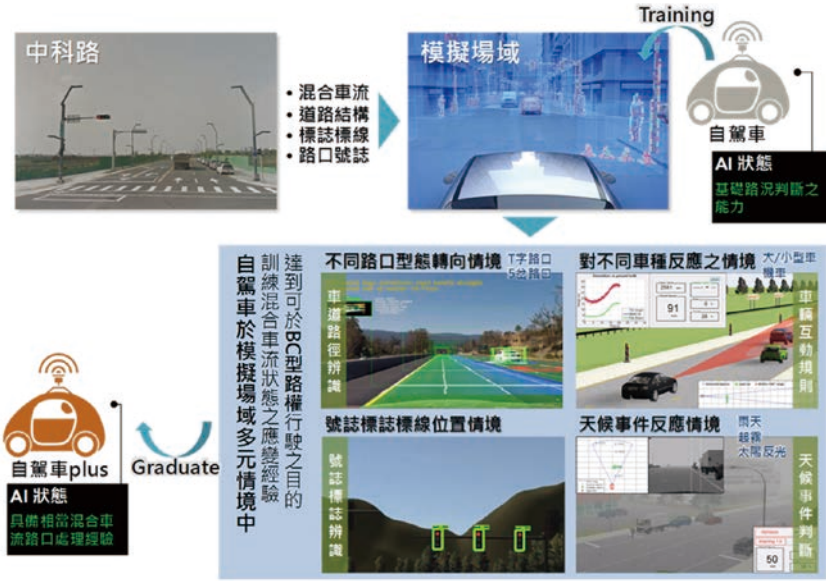


圖 9　虛擬場域功能示意圖

未來展望

目前水滴場域正處於 POC 階段，著重於實地驗證，主要在限定場域內短程固定路徑之運輸為主，希望藉由本計畫組成臺灣自駕車的產業聯盟，藉由營運、車廠、系統、資通訊以及交通規劃等多面相團隊組成，與此階段找尋自駕巴士自路側、規劃至營運之整套解決方案。

未來將以在水滴智慧城中穩定營運維目標，在 POC 階段完成系統的測試，於 POS 階段將鼓勵民眾使用自駕巴士系統，並完成相關的基礎設施規劃及建置，未來發展至具有能夠辨識與處理大部分駕駛情境能力之人工智慧系統，改善交通狀況。

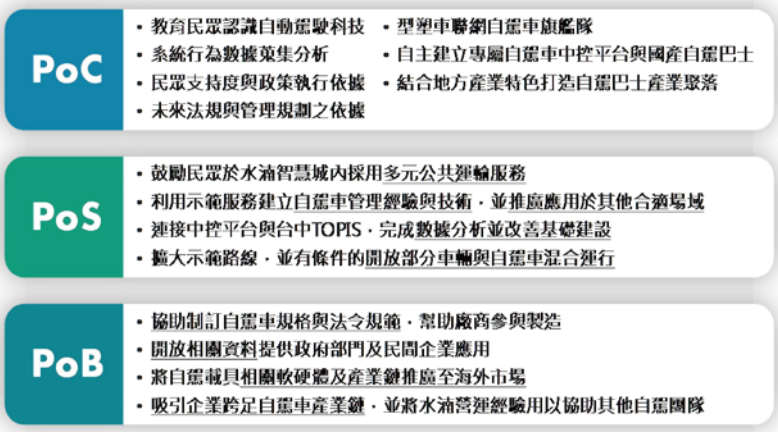


圖 10　水滴智慧城自駕巴士預期展望

同時，針對國內大部分縣市皆僅止於小規模場域驗證，本計畫提案更將豐榮車隊營運商納入，未來更可隨著政府法規的通過與規範，及實際測試牌照的發放，並配合豐榮汽車現有營運版圖規劃，將中、彰、投等納入現有營運區域試營運，實現海外經驗輸出的目標，整體發展及預期目標綜整如圖 10 所示。

結語

自駕車的發展，臺灣的角色應善用國內的技術研發能量，以及規劃設計、資通訊技術能力進行發展，並以大眾運輸的角度切入，以自駕巴士為主要策略發展方向，以達到第一哩及最後一哩路接駁與需求反應運輸服務 (DRTS) 之目標。

在水滴試運行計畫中，為求達到以上目標，藉由水滴作為媒介整合了營運、系統、資通訊及交通規劃等產業，同時臺中市政府交通局提供場域協助，從旁指導，組成政府及產業界之自駕巴士試運行聯盟，其團隊除自駕車系統改裝之技術發展外，並整合場域的路側設備情境測試、智慧交通系統、資料分析之行控中心平台建置以及虛擬場域之訓練規劃，組成一自駕車完整解決方案，未來在水滴場域 POC 至 POS 階段實證結束後，可將整套系統輸出，配合新南向政策擴散場域，打造臺灣的自駕巴士試運行之新典範。

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0007

智慧車輛實證平台之規劃

Autonomous Vehicle Simulation and Testing Platform

沈大維 Da-Wei Shen／臺灣智慧駕駛股份有限公司 執行長
劉宜鑫 Stephen Liu／全徽道安科技股份有限公司 經理
陳彥仲 Yen-Chung Chen／臺灣智慧駕駛股份有限公司 工程師
蔡欣芸 Shin-Yun Tsai／臺灣智慧駕駛股份有限公司 規劃師
龔家駒 Chia-Chu Kung／國立臺灣大學土木工程學系 學士

本團隊規劃建置智慧車輛實證平台，提供車聯網、自駕車、物聯網、資訊安全等新創業者進駐測試與驗證。並建置軟體系統模擬自駕車感測設備，打造道路測試情境供實車測試驗證，邀請新創團隊進駐研發，提供完善的新創輔導與創投媒合，藉以推升我國車輛相關產業實力，成為連結國際大廠與創新中心之門戶。

Abstract

We devised a dedicated AV platform that is occupied by R&D teams and startups for testing and validating products of connected vehicle (CV), autonomous vehicle (AV), internet of things (IoT), and cyber security. This platform will feature a simulator for sensors and a testing ground built with various road conditions. Startup and innovative teams are invited to move in and access training and consultation by veteran entrepreneurs. As the window to incubators around the globe, the platform will connect venture capitals and Tier-1 car companies worldwide. It is also expected to bring together and help upgrade automakers and automotive parts manufacturers in Taiwan.

緣起與目標

近年有越來越多的汽車大廠、科技品牌、甚至新創團隊紛紛投入龐大之能量於自動駕駛車輛與週邊產業研發，可見自駕車已成為目前全球最勢不可擋的議題。各界推波助瀾下，自駕車發展日益成熟，改變人們對汽車應用之看法—交通工具不再只是被定義於「運送」的框架中，而是會逐漸融入生活、娛樂與休閒等面向，逐步開啟智慧汽車應用之大門。

目前國內自駕車相關產業並無一領頭羊，各產業資訊與技術尚無法共享，導致發展趨勢緩慢，民眾亦無管道了解此領域資訊。為使國內相關產業快速接軌此國際趨勢、推動國內自駕車產業發展、提升公共運輸服務系統質量、早日邁向智慧城市目標，故建置一智慧車輛實證平台，作為自駕車營運、驗證測試以及作為輔導新創之媒介。本文即簡述智慧車輛實證平台之建置規劃。

現況分析

智慧車輛發展涵蓋眾多層面，以目前國內已提供之場域測試服務現況，尚缺乏融合輔導媒介之測試場域，供國內相關業者交流技術、精進產品。本平台在執行前，先掌握要提升國內智慧車輛發展所需之基底服務為何，以規劃出符合時勢需求之實證平台。本團隊整理之現況問題如下簡述：

場域設備

自駕車之研發涵蓋不同之設備研發，但要靠同一間廠商完整研發出所有感測設備，其門檻對於新創團隊而言是難以跨越的高牆，因此，為吸引更多新創團隊可進入自駕車研發領域共同努力，勢必須協助降低跨入此領域之門檻，提供可進行實際測試之完整場域環境，以及可搭配測試之相關設備，讓不同需求之新創團隊可達到完整的測試目標，此為自駕車發展需努力的第一項基底。

測試驗證

達成上述第一個基底後，因應新創團隊需要長時間之測試，並分析每次測試數據以進行調整，故需協助收集各項感測設備之數據，並製成歷程紀錄供新創團隊參考利用，加速了解數據差異，協助縮短研發時程，此為第二項基底。

輔導認證

此外，新創團隊在進入自駕車領域研發前，勢必會像無頭蒼蠅般四處碰壁找不到方向，故需協助提供業師輔導與後續關懷機制，帶領新創團隊一步步了解過程中的各項風險與創業評估等，協助其邁出最艱難的第一步，此為第三項基底。

企業媒合

最後，須把自駕車領域之各項產業資訊透明化，推動產業間之相互交流與經驗分享，進而協助企業媒合共同發展，集合各產業之能力以提供市場競爭能力，此為第四項基底。

戶外自駕車場域建置

本平台師法美國密西根大學 Mcity 測試場域 — 全球首座專為自駕車測試驗證建置的場域。Mcity 設立的目的，即為在尖端駕駛技術上路前，提供一安全、受控制的環境中測試。Mcity 占地 32 英畝，半數作為道路和交通設施，建置可多樣化的複雜道路情境，包括二線、三線、四線道路及路口、號誌、人行道、模擬建物、路燈、障礙物等（如圖 1、圖 2）。

本團隊於戶外場域的規劃，考量了國內常見的市區、郊區和特殊路況與鋪面材質，以及參考臺南沙崙綠能城自駕車測試情境示意圖（如圖 3），規劃多種市區、郊區、特殊道路情境（如表 1），以便自駕車實際

圖 1　Mcity 場域實景
（資料來源：https://mcity.umich.edu/）

模擬道路狀況，包含號誌十字路口、行人穿越道、圓環、公車停靠區、號誌 T 字路口、彎道、雙向鐵路平交道、車道縮減等。雙向車道路寬設計為 7 公尺、圓環中島半徑為 5 公尺、圓環雙向路寬為 7 公尺。停車空間設計有中巴用停車位，一般汽車停車位，一般機車停車、身障汽機車停車位。整場域依各式道路及路口設計需要，搭配設置相應的路側設施，包含柱立式標誌、輔柱立式、號誌桿、平交道閃光警示器與遮斷器等。

此外，將於自駕車行經全線，包含號誌化十字路口，建置槍型攝影機與最新技術「Edge AI（人工智慧邊緣運算）」影像辨識套件、號誌控制器、工業級 4G 路由器等先進儀器的路側感測系統，供裝載了 OBU 車機系統的自駕車接受人、車、路、號誌資訊，用以訓練自駕車對各式情境的判斷、決策與控制能力，同時作為混合車流情境的模擬與測試場域。

圖 2　Mcity 戶外場域設計圖
（資料來源：https://mcity.umich.edu/）

表 1　戶外實測場域規劃之測試項目

種類	自駕車測試需要之道路情境	
市區道路	1	號誌化十字路口／行人穿越道
	2	圓環（3 處以上出入口）
	3	戶外停車場（格）
郊區道路	4	T 型路口
	5	彎道
	6	車道縮減
特殊路況	7	鐵路平交道
	8	公車彎

車輛測試驗證規劃

整車測試

自駕車廠商整車測試類型之廠商，可選擇在實際場地測試前，是否進行車用模擬器測試驗證，若選擇進行車用模擬器測試，則由營運單位之協力廠商進行自駕車參數付費量測，後續根據量測之自駕車參數導入模擬器設定，以進行驗證。

感測器、感測器次系統測試

分為兩種模式，第一種為公開型模式，其指廠商自有自駕車運算系統，本平台將提供車用模擬器之 API 或是接口，廠商可透過接口接受資料，以進行車用模擬器驗證，基於本平台的驗證場地精神，故此模式不另收費。而第二種為付費型模式，其指廠商未建置自駕車運

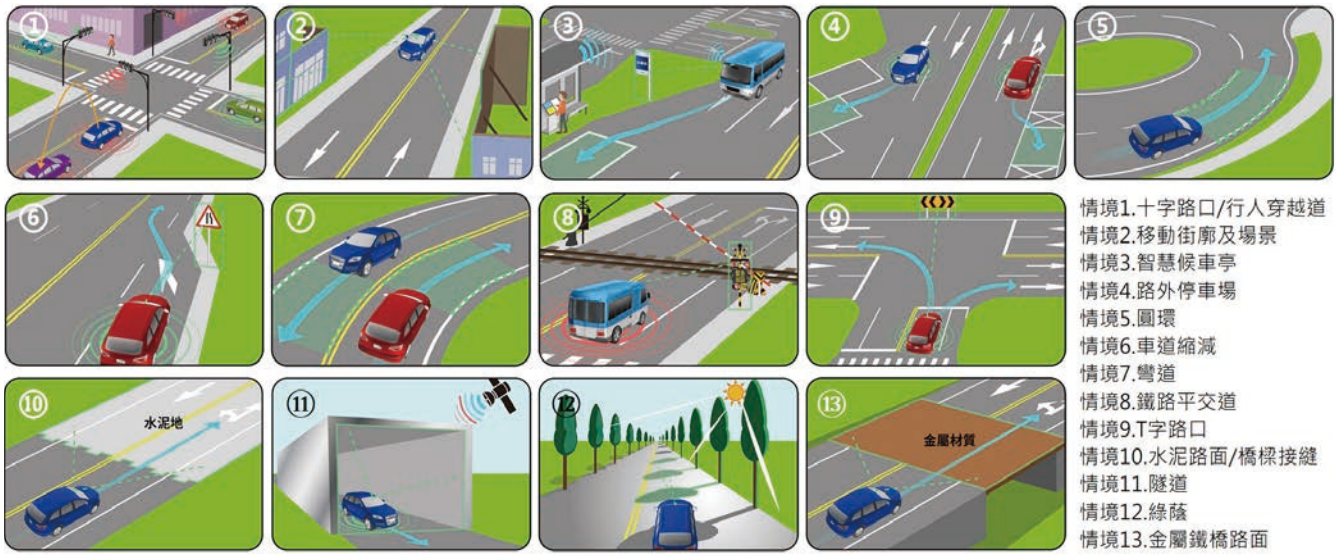


圖 3　臺南沙崙綠能城自駕車測試情境示意圖
（資料來源：臺灣智駕測試實驗室）

算平台，故各模擬器需進行自駕車運算平台（Integration Computing System（PX2））相容性付費檢測，通過後完成串接，始能進行車用模擬器測試驗證。

車輛零組件測試

線性控制器為與自動駕駛技術較相關之車輛零組件，故本平台零組件之測試以線性控制器為主。由廠商提出線性控制器之規格及功能說明，由營運單位之協力廠商進行線性控制功能測試，測試功能包含加減速、最大轉向、煞車避障、煞車距離等。線性控制功能測試完畢後，通過之廠商可選擇是否進行車用模擬器測試，若進行車用模擬器測試，則與前述付費型模擬器檢測流程相同，待進行自駕車運算平台相容性付費檢測，通過後完成串接，始能進行車用模擬器測試驗證。

車用模擬器測試驗證

車用模擬器測試中，將檢測自駕車輛、感測設備或線性控制之功能是否如廠商規格所述，例如行人偵測、車道偏移或前方防碰撞。車用模擬器測試，除本平台場域之道路情境外，另亦會包含較多元道路情境。模擬器測試驗證通過後，即可進行本場域之實車測試，若未通過，仍會提供測試報告，包含測試項目及測試情形。

實際場地測試驗證

廠商之車輛、人員及相關設備進場測試，包含市區道路之號誌化十字路口／行人穿越道、圓環（3 處以上出入口）、路外停車場（格）；郊區道路之 T 型路口、彎道、車道縮減；特殊路況之鐵路平交道及公車彎等。

本平台依據各情境複雜度設計不同等級測試路線。初級版路線有市區道路、郊區道路內之單一項目直線路線情境；高級版路線有市區道路、郊區道路或特殊路況之多項目複合情境；最後則為完整版，即完成所有情境測試之版本。

產業發展願景與展望

我國現致力發展資訊安全、物聯網、智慧工廠與運輸相關產業，本團隊希冀藉此平台聚合物聯網及智慧車輛產業的力量，持續支持國內業者強化研發、生產、營運等能力。本平台將成為自駕車創新、投資、新創團隊輔導、產業發展之平台，打造國內智慧城市的示範場域。

透過此智慧車輛實證平台，將可媒合國際業者及在地製造業者，連結新創團隊與國內外加速器或創投，創造我國向國際車廠提案機會，完善我國自駕車相關生態系，帶動技術提升與產業發展。

臺灣現況已有台南沙崙戶外測試場域，以及刻正興建中之虎頭山創新園區，透過結合國內外各產學合作平台，期望國內外相關研發團隊與新創公司進駐，多加利用豐沛的資源與連結，成就物聯網與智慧車輛產業發展的新猷。

參考文獻

1. 財團法人車輛研究測試中心（2018），「國際自駕車測試標準趨勢與場域介紹」2018 年車輛中心電子報。
2. 財團法人車輛研究測試中心（2019），「國際自動駕駛測試 場域介紹」2019 年 1 月車輛中心電子報。
3. 財團法人資訊工業策進會（2018），「臺灣自駕車測試驗證場域推動現況分析」產業研究報告。
4. 勤崴國際科技、全徽道安科技、臺灣智慧駕駛（2018），「桃園市虎頭山智慧車輛實證平台建置與營運計畫」服務建議書。

108.3.17 澳門建造商會參訪桃園機場工地

108.3.17 王理事長親自帶隊與青年委員會謝彥安主委一起接待澳門建造商會參訪桃園機場工地

社團法人中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING
www.ciche.org.tw
下載入會申請書

誠邀您加入本學會會員

會員可享多項優惠 …

e-mail: service@ciche.org.tw
電話：(02) 2392-6325　傳真：(02) 2396-4260

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0008

自動駕駛中型巴士感知系統之發展

Development of Sensing System for Automated Driving Bus

蔣村杰 Tsun-Chieh Chiang／工研院資通所車載資通訊與控制系統組 組長
粘為博 Wei-Po Nien／工研院資通所車載資通訊與控制系統組 工程師
林修宇 Hsiu-Yu Lin／工研院資通所車載資通訊與控制系統組 副工程師
楊宗賢 Chung-Hsien Yang／工研院資通所車載資通訊與控制系統組 工程師

近年來自動駕駛成為在國際上的研發主流，建立自主自動駕駛感知系統的相關技術，成為我國延續資通訊產業優勢的機會。本文距焦於介紹感知系統相關技術，包含物件偵測技術、物件辨識技術、多感測器融合技術、物件追蹤與物件路徑預測，並透過經濟部計畫打造國內首部自主研發之自動駕駛巴士，將這些技術落實及驗證，以建立本土自動駕駛研發的能量，期能將這些研發成果擴散到我國相關資通訊產業，創造新興產業商機。

Abstract

In recent years, autonomous driving has been a mainstream in research and development around the world. The autonomous driving perception system technology is an opportunity for Taiwan to continue its advantages in the communications industry. This article will focus on the introduction of sensing system related technologies, including object detection technology, object recognition technology, multi-sensor fusion technology, object tracking and object path prediction. We built the first self-developed self-driving bus in Taiwan through the Ministry of Economic Affairs' subsidy program. This article is to present the implement and validation of these technologies. It establishes the foundation of local RD arm and spreads technology results to Taiwan's related communications industry. Moreover, it creates business opportunities in emerging industries.

前言

國際上發展自動駕駛技術是目前的主流趨勢，全球有高達 30 家公司投入無人駕駛車研發的行列，除了傳統汽車大廠投入研發之外，矽谷為主的 Apple、Google、Tesla、Uber 也紛紛加入研發自動駕駛車的戰局。國外無人接駁車系統積極搶攻國內自動駕駛場域市場，已擴展到數個主要的都市。然而目前國內自動駕駛系統的自主研發仍在起步階段。自駕車技術發展主要可歸納為：感知、規劃以及控制三大類：

1. 感知（Perception）：是自動駕駛系統從周遭環境收集資訊，並抽取相關知識的能力，可分為環境感知及定位。環境感知係指評估且儲存環境資訊的過程，包括障礙物位置、路標偵測 / 標記等；定位係指自駕車能判斷處於環境中相關位置的能力。
2. 規劃（Planning）：為達到終極目標作決策的過程，例如引領車輛從出發地到目的地路途中避開障礙物，且能規劃出最適路徑。
3. 控制（Control）：執行已規劃方案的能力，是將規劃轉化為行動的過程，主要目的在於透過提供指令給硬體（致動器），驅動原先規劃的行動。

圖 1 是自駕車的軟硬體架構，包含各式感應器及各類軟體、物件偵測技術、物件辨識技術、多感測器融合技術、物件追蹤與物件路徑預測等，最後再將結果送至決策與控制端，使得自動駕駛車能順利運行。

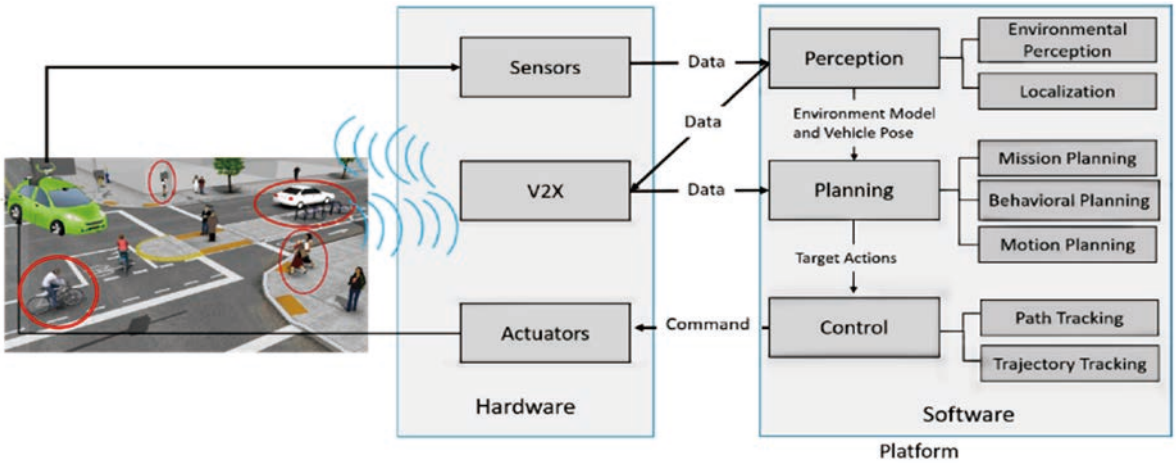


圖 1　自駕車的軟硬體架構

自駕車的感測器

針對應用於自駕車所需在距離偵測的感測器上，常見的有光學光達（light detection and ranging, LiDAR）、電磁波雷達（Radar）、影像相機（Camera）與超音波（Ultrasound），依照感測器的特性，將放置於車上不同位置，最常見的感測器擺放位置與感測距離如圖 2 所示，以下將分別介紹其優缺點，並做為適用於自駕車上的感測器選擇依據。

1. 光達（LiDAR）是一種主動式光學感測器，透過雷射光束撞擊至待測點後反射回感測器之光束飛行時間，可計算獲得與等待測試物之相對距離，並依照連續多個距離資料的多寡，換算為 2D 或 3D 之物理座標，雷射光束常見的有紫外光、可見光以及紅外光，其中以波長 600 ~ 1,000 nm 最為普遍應用，目前市面上較常見的有 2D 與 3D 感測器產品，其中 3D 又依雷射光束的數量分為 8、16、32、64 Beam，並同時進行環周 360 度高頻掃描，為目前自動駕駛常使用的解決方案，其它常見的光達產品，還有 LeddarTech 的固態區域式偵測光達、Quanergy 與 Velodyne 的 360 度多 Beam 掃描光達、Bosch 的部分空間掃描 3D 光達、Lumina 的單 beam 往復式區域空間掃描光達等，然而這些產品目前在感測資訊安全上還需完整的防駭驗證，以避免遭到惡意性的偽造光學攻擊。
2. 雷達（Radar）是一種主動式電磁波感測器，透過電磁波撞擊至等待測試點後反射回感測器之電磁波飛行時間，可計算獲得與等待測試物之相對距離，並視連續多個距離資料的多寡可換算為 2D 或 3D 之物理座標，優勢在於穿透性與抗干擾力強，能在全天候使用，缺點則是檢測解析度低，常見的車用 Radar 工作頻率在 24 GHz、77 GH、79 GHz 三種頻率附近，24 GHz 多用於中距離偵測，可應用於車側盲點偵測（Blind Spot Detection, BSD），77 GHz 以上多用於遠距離偵測，常

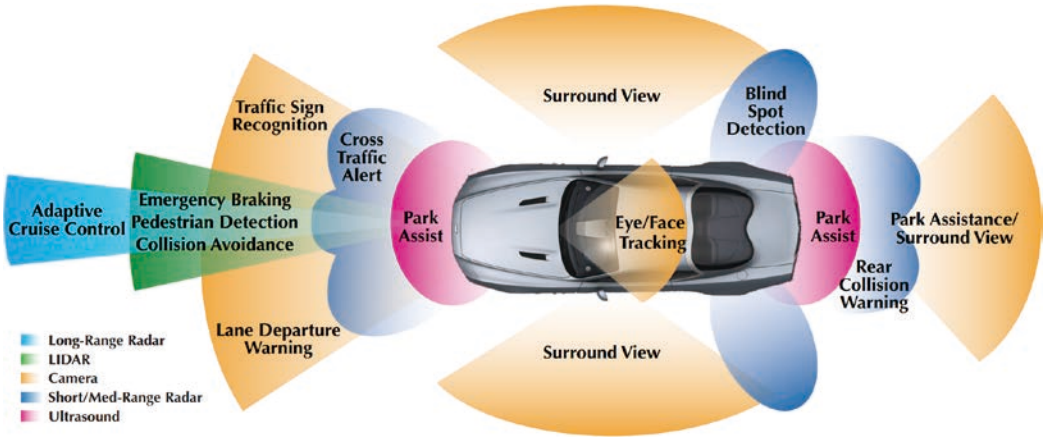


圖 2　各種感測器之應用定位

見的應用有適應性巡航控制（Adaptive Cruise Control, ACC）與前方碰撞警示（Forward Collision Warning, FCW），而普遍在國際間所制定的產品標準為 77 GHz 以上，因為此種頻率比較能增加雷達的檢測解析度。

3. 攝影機（Camera）的原理跟構造與人眼非常相似，是一種被動式光源感測器，由透鏡、光圈、濾鏡、影像感測器等元件組成。透鏡控制焦距與視角，濾鏡控制通過的光源種類，光圈控制光線進入的程度，影像感測器則負責最後的感光成像，依照不同等級之產品，四種元件會有不同的控制能力，然而成本上也隨響應時間而有所提升，其優點在於具有高的 RGB 解析度，缺點則是受光影與環境影響大，並且較難取得準確之距離資訊以供車控端使用。
4. 超音波（Ultrasound）是一種主動式聲波感測器，透過聲波撞擊至等待測試點後，反射回感測器之聲波飛行時間，可計算獲得與等待測試物之相對距離，然而超音波擴散的物理特性導致取樣點較大、解析度較低，常應用於停車輔助系統的三角測量。

針對不同感測資訊需求，如感測器與等待測試物的距離遠近、相對移動關係，以及等待測試物種類的分類程度、移動速度、未來軌跡、語義分析（semantic analysis），加上感測時的環境，如雨滴、霧霾、塵埃，需善用不同感測器之優勢來達到自動駕駛的基本需求，若需執行全盤考量的偵測，也可進行多種感測資訊的融合（sensor fusion），達到各種感測器相輔相成之功效，四種感測器在各種偵測需求條件下大致上的優劣比較如表 1 所示，比較條件為假設四種感測器皆裝設在同一台車輛前方位置上，並且僅使用單顆感測器，以及使用非學習方式演算法進行計算，感測器以市面上較易取得產品為主。

表 1　各種感測器之優缺點比較

感測器種類	LiDAR	Radar	Camera	Ultrasound
物件分類能力	Fair	Poor	Good	Poor
物件障礙偵測	Fair	Good	Poor	Good
物件輪廓偵測	Good	Poor	Good	Fair
最遠距離估測	Good	Good	Fair	Poor
車道線追蹤	Poor	Poor	Good	Poor
偵測範圍	Good	Fair	Fair	Poor
惡劣天氣下之偵測能力	Fair	Good	Poor	Fair
惡劣光源下之偵測功能	Good	Good	Poor	Good

自駕車的感知系統

本章節將對目前應用於國內首部自駕中巴上之感知系統做介紹。圖 3 為應用於自駕中巴上之感知系統架構圖，主要分為物件辨識、感測融合及針對物件追蹤與預測等三大部分。在物件感知模組中，我們使用公認最準確與即時的影像與光達互相搭配，相輔相成，互相補足個別感測器的缺點。目前攝影機的缺點是在夜間的亮度與天氣而造成的攝影機沒辦法捕捉到夠遠的景色。而光達雖然目前能夠不受天候及亮度影像，但是缺點是太遠的地方接收到的資訊太少，而沒有辦法順利偵測到物體。綜合以上兩點，我們提出了增進感知系統準確性的感測器融合技術，透過結合攝影機與光達的優點，為自駕車提供一副準確、即時與可靠的眼睛，不僅能夠看得夠遠還能不受天候、亮度的影響。最後，自駕車之所以能夠擁有自動駕駛的能力，靠的就是物件追蹤與預測的技術來達成。透過追蹤物件的歷史軌跡，並準確預測在道路上每一台車未來可能的行駛路徑，來判斷可行駛區域，以達到在路上自動駕駛的目標。

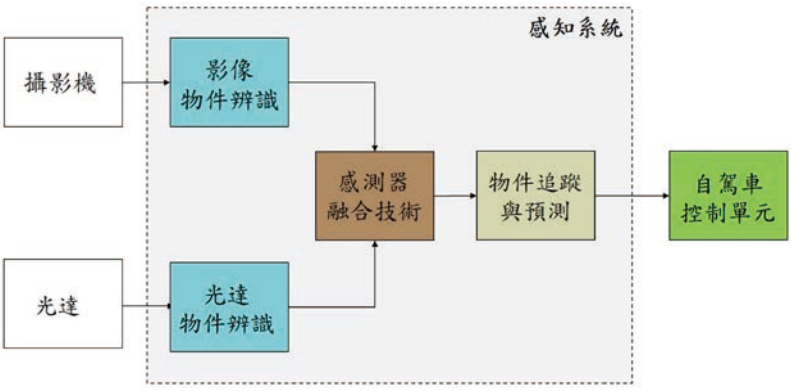


圖 3　系統架構圖

感知系統的研究是針對物件偵測、物件輪廓偵測、最遠距離估測、偵測範圍與抗天候與光影之必要關注項目，選擇採用光達感測器來實現距離偵測與估算，然而在只有前方一顆光達的情況下，針對自駕車之路徑演算法設計會有兩側死角的產生，例如當車輛兩側有其它車輛竄出，且瞬間切入到自駕車的前方，將導致自駕車本身演算法瞬間採取即時全力煞車，進而讓車輛產生嚴重頓挫感後才恢復速度，且會有碰撞風險存在，因此本研究會安裝多顆光達感測器，進行多顆光達感測器的資料融合，實現環周無死角之偵測，當有車輛在自駕車兩側時，提前採取放慢車速之策略，並且當車輛切入自駕車前方時，可以配合 TTC（Time-to-Collision）來取消 AEB（Autonomous Emergency Braking）作動，多顆光達感測器之全景圖如圖 4 所示。

接下來將針對上述提到三大部分來做更詳細的說明。

物件辨識 — 感知系統的基礎

物件辨識可利用兩種感測器來達成，光學雷達及高速攝影機，其運作分述如下：

• 光學雷達

全景光達點雲資料會依據所使用的光達感測器數量與品牌型號而有所不同，本研究使用多顆光達感測器所產生出來的點雲約為 100,000 點／ Frame，而應用在自駕車上通常需注意兩大指標，準確度與更新率 FPS。在初步取得全景光達點雲後，首先會進行關鍵物之特徵點雲擷取，如行人、機車、汽車等具移動能力之關鍵物，並將非關鍵物體之點雲濾除，如地面、人行道，而在此過程之演算法設計上，需配合所使用之硬體平台，一般使用 CPU 或 GPU 進行運算，然而因本研究之點雲量極大，並且在應用上強調更新率，因此採用 GPU 方式進行大量平行化運算，兩者之差異如圖 5 所示。

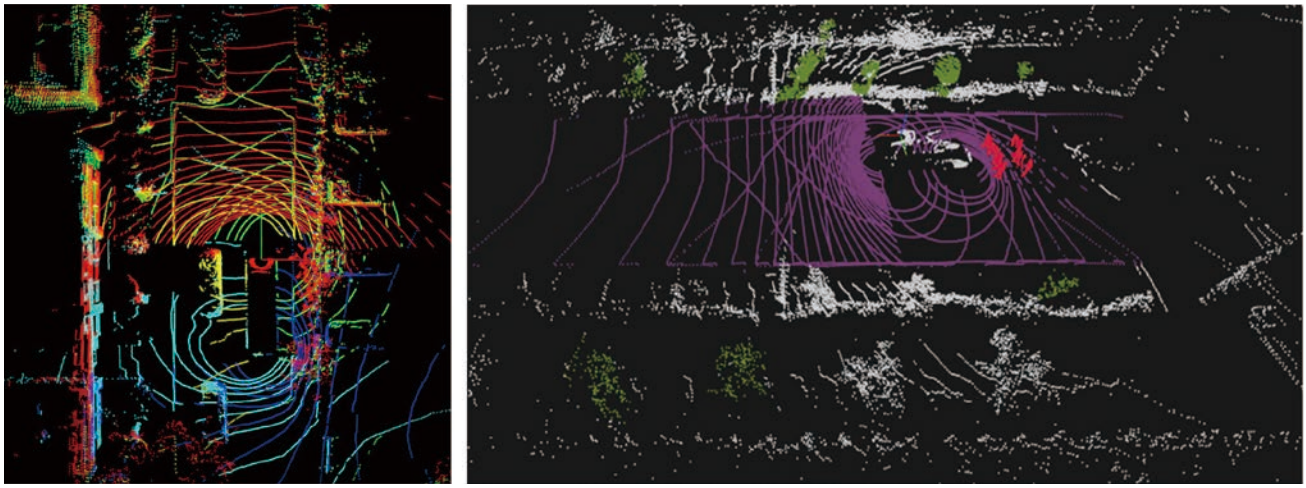


圖 4　環周光達感測器，俯視（左）與側視（右）

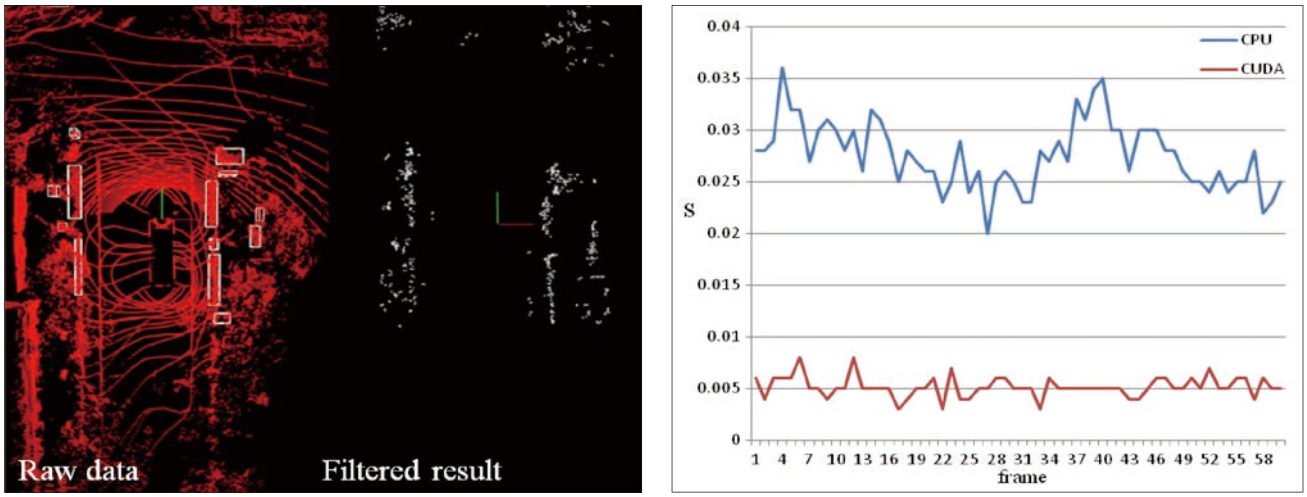


圖 5　資料處理前與處理後比較（左）與 CPU 與 GPU 之 FPS 比較（右）

非關鍵物體之點雲濾除，一般來說會直接針對所有點雲進行處理，然而雖使用 GPU 可以達到約 10 倍的加速，但還是可以經由簡易的空間切割方式，達到更快速的點雲處理，本研究將整體空間短暫切割為上下兩個部分，辨識出非關鍵物件後，再將關鍵物件合併回去，可進一步提升處理速度，如圖 6 所示。

取得關鍵物之特徵點雲後，接著再利用 GPU 進行平行化之分群處理，並加入自行設計之物體特徵演算法，依據點雲分散密度進行物件偵測，接著再將多個時間點的物件偵測蒐集起來追蹤物件資訊，最後維持在 10 FPS 以上辨識出前方障礙物件，並輸出給控制端使用，如圖 7 所示。

• 高速攝影機

近年來在機器學習、深度學習領域演算法日新月異，拜急遽發展之賜，在原本準確率無法滿足人類需求的物件辨識領域上，有了突破性的進展，也使得人類離自動駕駛的目標又向前邁進了一大步。有別於一般的物件辨識，在自駕車的物件辨識中遭逢了許多困難與挑戰。其中為了自駕車的安全性，各個角度都須備有攝影機以涵蓋各個視角，以確保每個角落均受監控。此外，除了能夠需在不同的天候、早晚情境下應用，也需因地制宜，對不同的地區所出現各種不同的車子、道路標誌做不同類型的物件辨識。為了訓練物件辨識模型能符合自駕車應用，我們需針對相機影像、資料集蒐集與深度模型訓練等三大要素進一步的分析與探討。

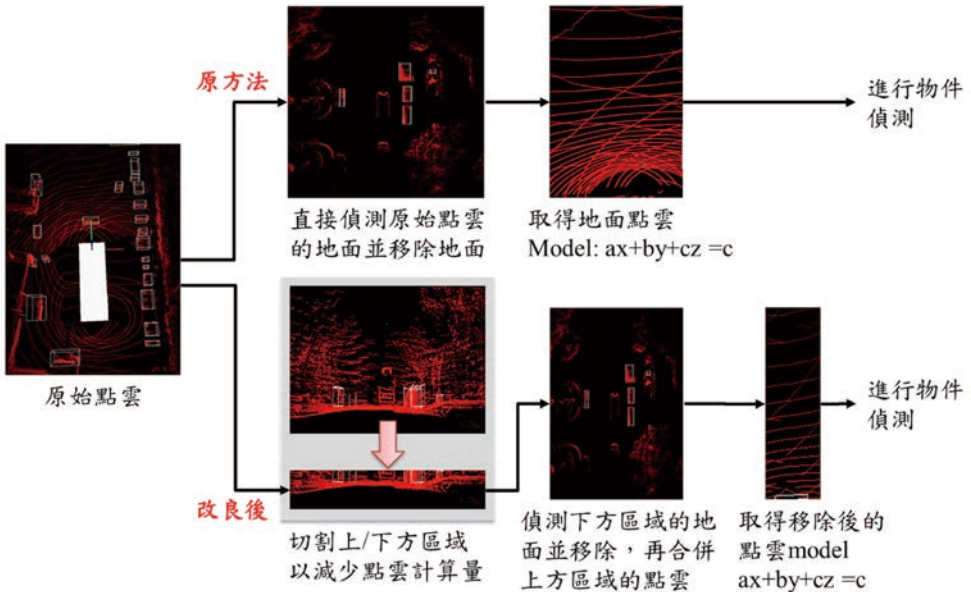


圖 6　資料處理前與處理後比較（左）與 CPU 與 GPU 之 FPS 比較（右）

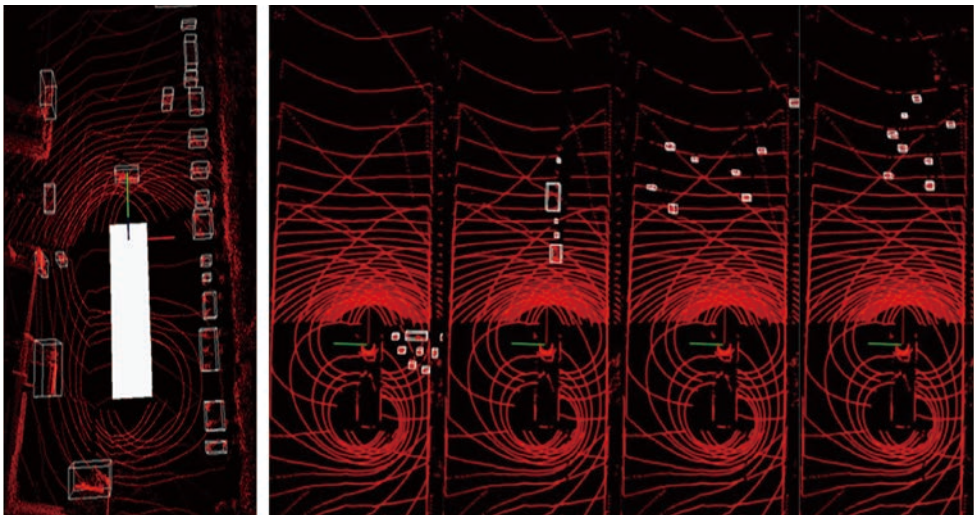


圖 7　光達車輛（左）與行人（右）偵測

相機如同自駕車的眼睛，然而，如何配置攝影機以達到環周無偵測死角？確實為一大課題，且過多的攝影機又會造成運算資源上的耗損。經過不斷的嘗試與驗證，我們使用共九顆攝影機，前方使用 4 顆，為了有足夠的可視距離讓自駕車於高速行駛中提早辨識遠方物件，進而防範任何有可能會發生的情境。而側方及後方的攝影機，為了防止自駕大型車在轉彎時，容易造成的內輪差引發的危險，因此在側方及後方攝影機，彼此都有些微的 overlap，以確保任何角度均無遺漏，避免發生危險之可能，詳細配置與影像如圖 8 與圖 9 所示。

在機器學習領域，好的模型固然重要，但更重要的是資料集的品質與數量。想要建立符合應用的神經網路模型，如同教導一個機器人要學習人類的特定行為模式，需訂定出目標，篩選出符合應用的模型架構，基於好的學習策略與大量的資料集，一步一步的學習到最符合目標的結果。比方說自駕車須於夜晚、雨天甚至濃霧中運行，因此訓練資料集中就必須有這樣的資料，不然很有可能會因為沒有學習過的情境進而造成危險。而在數量的部分，因為深度學習近年的異軍突起，模型的深度逐漸增加，為了達到更好的準確率，需要的資料集數量也相對的需要增加。可以說是資料集的好壞決定整個系統的成敗。

圖 8　自駕車環周影像

在深度學習模型的部分，我們經過許多嘗試與改進，使用了一些方法來使我們模型可以準確的偵測與辨識物體。我們用卷積神經網路（Convolutional Neural Network, CNN）作為模型基底，並加入 inception model 方法 [1] 來避免模型太深時，容易造成梯度爆炸（Gradient exploding）與梯度消失（Gradient vanishing）的問題，並根據現有資料量將模型配置成 53 層的深度結構。另外，原本僅能分成單一類的 softmax，換成能夠同一物件分成數類別的 binary cross-entropy。舉例來說，休旅車在原先的模型內，有時會辨識成車子或是貨車，故採上述作法以提升準確率。我們也加入 Feature Pyramid Networks 的概念 [2]，不僅在最後一層才進行偵測與辨識，而且在模型淺層時就先辨識與偵測，故無論物體的形狀大小，均可被偵測到。最後，我們在模型中增加一乘一的卷積層，用來分享各個 feature maps 間的資訊，讓透過 filter 萃取後的資訊，可在同一層內互相結合形成更複雜的 feature maps。

即使運用深度學習模型演算法的優點，若沒有適當且足夠的資料集，那麼學深度習的效果依然有限。自駕車需學習辨識出道路上所有可能出現的物件，包括交通號誌、四輪車、二輪車、行人等，所蒐集的資料集物件類別數過多，且包含不同尺寸的物件，同時模型還要能對抗各種天氣型態，如雨天、過曝等情形。然而我們通常很難在短時間蒐集大量資料，並透過人工方式標註 Ground truth 供模型使用。所以在訓練過程中，我們預先使用傳統影像處理濾除雜訊，透過 Data augmentation、Color shift、Random crop 等技術，達到擴充資料集與抗光影變化。接著使用 open data 蒐集較廣泛類型的資料集，讓訓練模型能辨識大部分的物件，再依照當地不同場景的資料集，進一步分析與訓練，使得我們的模型具有高精準度的效果。

圖 9　自駕車前方相機物件偵測

感測器融合技術 — 感知系統的高準確性

我們利用物件偵測與辨識的 2 種感測器，以相機能夠拍攝到遠的物體，且可準確辨識類別的優點，及光達不受天氣、亮度影響的優點，相輔相成，讓自駕車可以全天候的運行，避免發生危險。為了結合兩種維度不同的感測器資訊，我們提出異質感測器融合技術（Sensor Fusion），目的是將兩個不同維度的資訊投射在同一維度上，讓物件追蹤與偵測模組能夠準確預測。

異質感測器融合技術（Sensor Fusion）整合所有高精度的感測數據，以更加準確的感知自駕車環周的環境，相對於單一感測器的限制，感測器融合技術可以做出更好、更安全的車輛控制的指令。本方法透過將圖片上擁有的二維影像資訊，包含物件二維位置、物件類別都投影到三維上，與光達同一個維度之下。此方法不僅可以讓原本三維上透過光達偵測的物件都有透過二維影像來的類別，還能補足光達或相機沒偵測到的物體。

在整個自駕車系統架構內，感測端如同人類的五官，網羅附近所有的可見訊息，將這些遠近的訊息融合後，再交由運算決策系統 — 大腦，最後由如同人類四肢的車控系統執行大腦命令，當自駕車的大腦、五官、四肢可以協調合作，即可落實安全駕駛。

物件追蹤與預測 — 感知系統的預測

在經過物件辨識與異質感知器的融合之後，與人類行為相似，透過各個感官接收到環境資訊，經由大腦融合這些訊號進而做出決策，而物件追蹤與預測就是在自駕車中扮演決策的重要角色。如果行駛在道路上，能夠可以精準的感知及預測環周的物件，未來有可能會經過的地方或是會做出怎樣的駕駛行為，必定可以減少事故的發生。為發展軌跡預測演算法讓系統可即時識別出環周物件，經由環周物件之歷史軌跡資訊進行分析，提供該物件之預測軌跡資訊，以下將針對軌跡路徑預測演算法進行說明。

• 物件追蹤

為了達到精準物件路徑預測的目的，需要一個精準的物件追蹤來判斷連續時間的物體是否為同一個物體，並持續記錄物體軌跡。透過物件偵測及異質感測器融合後，將所有環周物件資訊投影到三維座標上。因此，透過上述兩模組之結果，每樣物體共有以下參數：：X 軸物件中心、Y 軸物件中心、物件寬度、物件高度、物件類別、物件為此類別之信心程度、物件立體座標（共八點）。物件追蹤會把各個物體加上一個參數，並命名為偵測編號（Identity）。如果物體在時間 t-1 時與時間 t 時為同一物體，則把偵測編號設為同樣的編號，以代表兩個物體為相同物體。圖 10 為環周物件追蹤的結果。

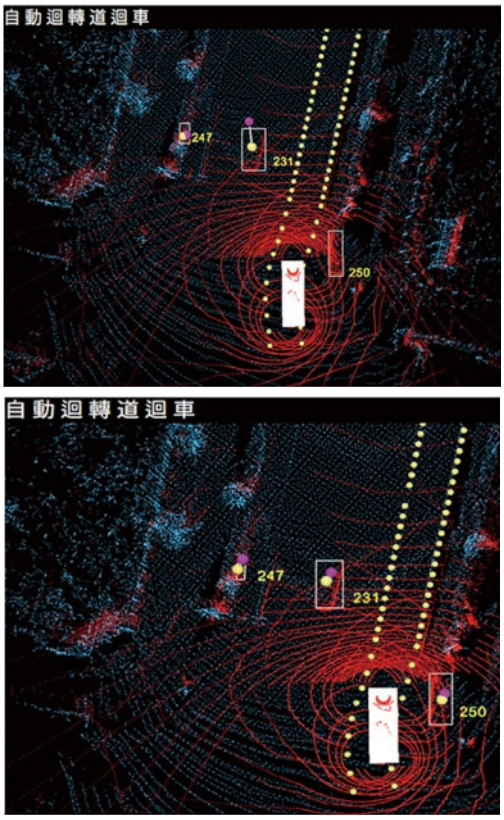


圖 10 環周物件追蹤

在物件追蹤演算法的部分，首先我們取得物體在三維上的立體座標，並根據物體所在象限判斷目前該根據哪部分的特徵進行追蹤。並將 t 與 t-1 中所有物體彼此的距離做成一個表格。在產生這樣的表格後，假設產生的表格為一個 x 乘 y 的表格，我們先搜尋表格內的最小值，稱做 D_{min}，若 D_{min} 的位置在（X_{dmin}, Y_{dmin}），將物體在 t-1 時的 identity 放到物體在 t 時的 identity 中，即視兩個物體分別在 t-1 與 t 時為同個物體，與此同時，將（X_{dmin}, 0）到（X_{dmin}, y）與（0, Y_{dmin}）到（x, Y_{dmin}）中所有距離設為無限大，換句話說，t-1 中已經給出去的編號接下來不能再做使用，且 t 中已有編號者不能再被判斷成其他編號。反覆執行幾次後即完成物件追蹤。

在自駕車決策中，物件追蹤是不可或缺的一環，唯有透過追蹤知道物件過去的軌跡，才能預測物件可能行進的方向及速度，讓自駕車能夠及早準備，避免危險的發生。

● 軌跡路徑預測

環周物件軌跡預測演算法系由前端影像和光達等感知設備，針對每個環周物件做物件路徑追蹤，根據每個環周物件所得到的歷史軌跡，透過曲線擬合運算方式，求出方程式的參數。根據上述演算機制，導入自駕車 ROS 系統進行實車測試。

進行功能實測過程中，發現環周物件路徑預測演算法在判斷上，可能因各感測器座標系定義不同，而導致預測判斷失準之現象，例如：靜態物件被辨識成移動中物件，或是動態物件受自駕車自身移動狀況影響（包括位置、速度與轉向角）。故以設計一座標轉換演算機制為目標，將相對座標轉換至絕對座標（大地座標），以提升判斷精準度。

未來發展

自動駕駛電動巴士的發展已掀起另一波自駕浪潮，全球不少城市已經利用自動接駁小巴進行接駁服務。因國內地狹人稠，對於最後一哩的自動接駁的需求極高，我國應基於資通訊產業既有優勢，結合自主軟體與整合技術，加速切入自動駕駛在感知、控制與決策次系統所需技術，才能在此波熱潮中迎頭趕上，並串聯國內車輛產業打造自有無人接駁系統用於特定場域，提供民眾有感服務，並帶動車電、零組件產業，與營運業者，聯結國際大廠，以臺灣汽車零組件廠已建立之國際汽車產業鏈管道，以價格優勢和品質保證，擴大臺灣在產業鏈之地位及市場佔有率。

放眼國際，自動駕駛取代傳統駕駛模式，將為必然發展之趨勢，相關自動駕駛法規必須與時俱進，以穩健不躁進方式進行階段性調整修訂，以維持其時效與前瞻性。行政院會於 2018 年 5 月通過「無人載具科技創新實驗條例」草案，立法院同年 11 月 30 日正式完成立法，交通部亦同步修正道路交通安全規則第 20 條，制定「自動駕駛車輛申請道路測試作業要點」，郵電司亦已公告創新實驗頻譜之實驗場域，將 5,850 ~ 5,925 MHz 在特定實驗區域提供車聯網技術研發測試，後續如何讓自動駕駛從研發、測試到應用各個環節規範在法律框架內，積極穩妥地推動自動駕駛車輛的健全發展，將是我國立法機構與行政部門跨域合作的一大課題。

參考文獻

1. Kaiming He, et al., (2016) “Deep residual learning for image recognition.” Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
2. Tsung-Yi Lin, et al. (2017), “Feature Pyramid Networks for Object Detection.”CVPR. Vol. 1. No. 2.

108.3.21 繁華似華 — 土木與人研討會

當天請到黃鍔院士、陳嘉正主席、張盈智總經理、張志德主席精彩演講

108.4.13 如何演繹人生 — 魅力口才課程

有近八十位年輕人參加，現場氣氛熱絡

一個凝聚產官學土木專業知識的團體
一個土木人務必加入的專業學術團體
一個國際土木組織最認同的代表團體
一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體

http://www.ciche.org.tw
下載入會申請表

歡迎加入學會

中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260
e-mail: service@ciche.org.tw

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0009

高精地圖製作與交通運輸商業應用趨勢

HD Map Production and Transportation Business Application Trends

鄭錦桐 Chin-Tung Cheng／興創知能公司 總經理
車文韜 Wentao Che／興創知能公司 技術總監、日本國際航業公司感知發展部 部長
岡田泰征 Yasuyuki Okada／興創知能公司技術研發部 副部長、日本國際航業公司海外總部 海外顧問GIS組
廖玲琬 Ling-Wan Liao／興創知能公司 專案經理

道路高精地圖（High Definition map）可以視為數位國家基礎建設，是未來推動車聯網、自動駕駛，以及相關交通運輸產業等商業應用服務之重要關鍵圖資之一。本文介紹日本與歐美各國於高精地圖技術發展與交通運輸應用之產業政策，並說明高精地圖製作之關鍵設備與品質管理注意事項。日本政府於智慧交通的戰略，已成功組織「動態地圖平台」DMP（Dynamic Map Platform）推動公私協力合作，促進高精地圖之商業加值應用商機，同時也解決日本人口勞動力不足、老年化與少子化的交通運輸產業服務問題，亦可強化防災避難道路決策、降低交通壅塞與事故，及節能減碳等社會問題，以實現交通行動服務（MaaS）之發展目標。

Abstract

High definition map (HD Map) has become the significant digital national infrastructure, and serves as the important geographic information system to promote Internet of Vehicle, autopilot and other related business applications in transportation industry. In this article, the development of HD Map technology, the essential facilities to generate HD Map, the quality control and management as well as the industry policies in Japanese, European and American are introduced. In business applications, the smart transportation strategy in Japan, for instance, Dynamic Map Platform (DMP) has been successfully initiated to bring the joint effort of public and private sectors for the value-added HD Map business applications. These applications can also help the society tackle the problems in present transportation industry caused by manpower shortage, aging society, and sub-replacement fertility; also improve the disaster prevention road planning, reduce the traffic accidents, save energy, reduce carbon emission, and realize Mobility-as-a-Service (MaaS) society.

前言

高精地圖定義與自動駕駛車發展關係

自動駕駛的高精度地圖，可稱為高精地圖 HD Map（High Definition Map）或高度自動駕駛地圖 HAD Map（Highly Automated Driving Map）。目前較常用的名稱為高精地圖（HD Map）。高精地圖內容屬於三維向量格式，相較於二維道路導航地圖，三維高精地圖精度要求更高，內容圖徵存放道路交通號誌、道路邊界、縱斷面與橫斷面坡度與道路面標注物件，以及道路自動駕駛控制需要的各項屬性，而格式必須可輕易被機器讀取。另外，高精地圖分為靜態與動態圖資，靜態

高精地圖必須與外界動態交通資訊圖資整合，才能正確反饋於自動輔助駕駛系統。由於車載電腦計算能力有限，故圖資複雜度得降低，以利各項駕駛動作決策能更快速正確定位，並確保更安全、舒適、節能的操控車體行為，透過各項感知器即時接收與上傳外界之動態交通資訊圖資，未來可實現車聯網系統架構，並提供線上與線下，雲端自動更新圖資的機制。

近年來，自動駕駛車系統儼然成為世界各國經濟增長戰略領域之一，已引起跨領域產業的關注，而三維高精度的高精地圖則為實現自動駕駛車不可或缺的重要圖資。2014 年 6 月起，日本政府的智慧交通系統（ITS）戰略列出「安全駕駛輔助系統與自動駕駛系統」和「交通數據的利用率」兩項目標，作為國際產業戰略政策，邀請產官學研共同規劃未來智慧交通目標，並且每年修訂之。美國國家公路交通安全管理局（NHTSA）（2013）已將自動駕駛車依據自動化程度分為五級，其中自動化程度與高精地圖靜態與動態資訊及車體控制系統有高度相關性。

國際自駕車相關組織包含有：Navigation Data Standards（NDS）、Advanced Driver Assistant Systems Interface Specifications（ADASIS）、OpenDRIVE, SIP Automated Driving for Universal Service（SIP-adus）。而高精地圖國際標準，主要由歐盟的導航數據標準 NDS 制定，歐盟各國中，德國參與 NDS 特別積極。NDS 協會是由汽車製造商，零件供應商，地圖數據供應商，汽車導航與應用供應商等構成聯合組成，其目標是共同擬定標準化汽車導航系統的數據庫格式。

高精地圖之國際導航地圖廠商佈局

在現有二維的汽車導航地圖中，車線等資訊已不足以滿足自動駕駛之要求。更加詳細、精確，且包括多樣道路圖徵與屬性的三維高精地圖商用領域中，歐美有大型導航公司如 HERE（荷蘭）和 TomTom（荷蘭）、Waymo（美國），日本則有 Increment P 和 Zenrin 等。他們與各國導航，製圖和測繪公司合作，購買或製作各國的三維高精地圖，推銷至各國的車輛製造廠商或相關用戶。大型導航公司與世界各國的合作夥伴之間，將會有更多的合縱連橫與合作，這將進一步促進和加速自動駕駛技術的普及與提升。

在歐洲，歐盟委員會率先採取措施來實現其協力合作，實現車聯網和自動駕駛（Cooperative, Connected and Automated Mobility, CCAM）的目的。歐盟各成員國也都推出了獨自的成功案例和項目。美國交通部已於 2017 年 9 月發布自動駕駛系統 “A Vision for Safety 2.0” 的新聯邦指南，各州都在製定與自動駕駛相關的政策框架。在此背景下，主要的導航和自動駕駛公司，正在加速開發三維高精地圖數據的步伐。目前汽車導航業之國際廠商，已經參與國際各地高精地圖製作與促進區域合作，其策略布局都是以高速公路高精地圖製作優先，並且與各汽車大廠公司聯盟合作。

各國高精地圖與自動駕駛車發展計畫

臺灣自動駕駛車產業相關政策

2018 年 11 月 30 日立法院三讀通過「無人載具科技創新實驗條例」，是參考監理沙盒精神，促進無人載具可以有合理、安全的封閉場域進行測試；在實驗期間，經濟部將公告實驗內容、期間、範圍及排除適用法律等資訊，申請業者可以不受到現行交通部頒布之「公路法」、「道路交通管理處罰條例」及其相關法規等處罰。臺灣在法規、資金、人才、基礎建設等面向均已完成整備，此創新實驗條例有助於發展我國自動駕駛車產業鏈。甚至生產與空間資訊測繪有關的高精地圖，也是重要的產業關鍵技術環節。交通部於「智慧運輸系統發展建設計畫」中規劃經費邀請各地方政府申請「自動駕駛車輛示範計畫」，目前在臺南沙崙、桃園虎頭山、臺中水湳園區、桃園青埔機場捷運 A17 站等地，都是封閉示範場域。

另外，三維地理資訊（3D GIS）發展的需求日增。依據 2017 年 5 月市場研究公司 P&S Market Research 的報告，全球地理資訊產業（GIS industry）將以複合年均增長率 10.1％的速度持續成長。我國國家發展委員會為加速三維地理資訊發展，參考國際三維地理資訊之發展情勢，於 2017 年底已委託專業團隊進行整體規劃，探討議題包括，三維地理資訊發展需求、技術、標準及本土產業帶動，目前由內政部地政司主責，正在制定我國之高精地圖之三維地理圖資標準，並與經濟工業局配合，推動各項高精地圖於自動駕駛車產業之加值應用。

日本發展自動駕駛車的政策權責單位

內閣秘書處 IT 綜合戰略辦公室（2018）公布日本研究自動駕駛相關政府行政機構，以及負責的重要政策重點（彙整如表 1 所示）。日本政府與私人企業已經開始向國際標準化組織（ISO）提出規範提案，以促進各項動態測繪系統的標準化。日本自動駕駛系統的研究和開發，由內閣府啟動跨部門的經濟戰略，推動創新促進計畫（SIP：Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program），其中子計畫中 SIP-adus：（SIP-adus: Innovation of Automated Driving for Universal Services）（http://www.sip-adus.go.jp/）亦參與了由歐洲和美國的參與者領導的行業標準化 Open Auto Drive 論壇，並促進與導航數據標準（NDS）的合作。

由表 1 顯示，日本自動駕駛車的日本自動駕駛車跨部會發展的合作分工，政策重點涉及保險與社會接受度、勞動力不足、交通法、汽車產業發展與資通訊產業，甚至是社會福利中，偏鄉與老人弱勢人口的自動車接送服務。另外，目前日本於自動駕駛車市場商轉的服務實現時程方面，2025 年於高速公路上，日本將全面實施貨運車車隊與日本私人轎車自動駕駛程度至 4 級；而特定封閉場域的自動駕駛車試驗，將於 2020 年東京奧運，提供短距離的載送客服務，預計已可以達到第 4 級。

歐美國家發展自動駕駛車的政策

表 2 彙整美國、英國與德國近期的自動駕駛車相關促進產業推動的法案，未來產官學研將更為密切的合作，道路交通相關法規皆是各國列為優先鬆綁的重點，並設立實驗場域提供研發。後續我國仍需要關注歐美的產業發展於法規鬆綁方面，以及製作高精地圖的規格特色等議題。

高精地圖與自動駕駛車之關鍵技術

日本內閣府啟動跨部門的自動駕駛車經濟戰略，正由一跨部會組織「日本 SIP-adus」推動跨產官學研單位合作，負責推廣自動駕駛車的技術與拓展商業合作，SIP-adus 強調高精地圖與自動駕駛車的商業運轉，必須要法規鬆綁與政府各部會合作才能克服各項人力、物力、資金等整合問題，日本以政府帶領各界推進自動駕駛技術的研發和應用項目（內閣官房 IT 總合戰略室[1]）。如今，自動駕駛車技術發展已成為許多國家經濟戰略層面下的重點布局領域，而日本的 SIP-adus 促進各方整合創意，發展新技術應用，成為許多國家政府、組織機構借鑒的成功案例。SIP-adus 設定以下五個重要高精地圖與自動駕駛車的研究發展課題，包括：動態地圖、資訊安全、人機界面、減少行人事故、下一代智慧軌道快運系統。

表 1　日本自動駕駛車的主要權責部門與負責推動政策重點

日本行政機構	負責政策重點
經濟產業省、基礎設施和運輸部	審查自動駕駛商業發展 澄清責任關係，包括保險／審查社會可接受性
國土資源部、基礎設施和運輸部	制定自動駕駛車輛的安全標準 關於道路運輸車輛法相關問題的討論 山區老年人接駁服務研究
國家警察局	審查與「道路交通法」相關的問題
公共管理部	通信方法（5G）及其應用研究，通訊標準與規範

表 2　西方其他主要國家之自動駕駛車相關政策推動現況

國家	摘要
美國	2017 年 9 月 6 日該法案通過聯邦法律「自駕車法」，代表美國眾議院 NHTSA（交通運輸部國家公路交通安全管理局）於 2018 年 10 月宣布自動駕駛指南。
英國	2018 年 7 月通過「自動駕駛和電動汽車法」
德國	2016 年 1 月開始「PEGASUS 項目」，產業界、學術界和政府之間的合作，安全評估框架的審查 2017 年 6 月通過「道路交通法」修訂提案，相當於自動化 3 級的實際載具上路將被接受。

針對 SIP-adus 的動態地圖推動議題方面，將動態數據隨時間變化的資訊整合於高精度三維地圖。可作為自我估計位置與行進路線識別的補充訊息。三菱、Zenrin 已主導產業整合一些導航地圖商、車廠，共同成立動態交通地圖公司（Dynamic Map Planning, DMP），與日本 SIP-adus 合作，共同制定高精地圖（靜態地圖）與動態地圖之收集、整合、處理、使用等問題。靜態與動態之資訊定義彙整如下。表 3 則羅列高精地圖與動態地圖的地理空間相關資訊內容。

高精地圖製作與精度要求

高精地圖的製作可以分為兩大類資料採集方法，一為全新調查方法，包括：空中測量、移動測繪系統（Mobile Mapping System，MMS）、現地調查；二為使用現有資源萃取相關資訊。目前公認最普遍且有效率的方法為 MMS。

三維高精地圖產製流程

1. 利用 MMS 中的光達（LiDAR）採集點雲，利用環景或立體影像相機拍攝 360 度影像數據是目前世界各國通常採用的手段。
2. 使用高端專用的後程處理軟體，綜合加工及處理全球定位系統（Global Positioning System, GPS）、定位定向系統（Position and Orientation System, POS）、慣性測量單元（Inertial Measurement Unit, IMU）及地面控制點的各類數據。根據日本的經驗，隧道及海底隧道中，山區道路及城市高大建築物之間或是部分高架道路的下層路面上，GPS 信號或無、或弱、或不適宜、或不允許設置地面控制點，在此類場域很難確保平面 20 公分與三維 30 公分之絕對精度，由此，相對精度之要求尤為重要。
3. 使用高端商用三維 CAD 軟體及特製專用軟體，從 LiDAR 點雲和環景影像中以自動或手動方式，抽取高精地圖所需三維點、線、面的圖形數據，按照高精地圖的高品質要求加工和處理上述圖形數據。
4. 使用高端商用 GIS 軟體加工點、線、面圖形數據，自動或手動追加各自所需的專有屬性，比如區間速度設限，單行道限制，左轉和右轉及禁止轉向限制等，各國道路法規的專有屬性。臺灣環境道路有公車專用道、腳踏車專用道、機車專用道、機車待轉區、路邊停車格等物件。
5. 使用高端商用 GIS 軟體，對上述點、線、面圖形數據進行拓撲構造化處理，必須滿足不同客戶對拓撲構造的特殊需求。
6. 高精地圖的品質評估，建立質量評估方法（100％檢驗或抽樣檢驗）。
7. 利用專有工具和程式進行數據格式變換，按照客戶的要求輸出高精地圖最終產品。

通常會將高精地圖向量數據保存於固定經緯度（WGS84）的投影坐標下的 GIS 資料庫中，通過精確的投影變換和數位控制及格式變換，以利滿足與應付不同客戶對於高精地圖的各項嚴格需求。目前臺灣道路的高精地圖格式正由內政部地政司規劃中，尚未公布確認之臺灣高精地圖格式。近日發展自動駕駛軟體公司 Apex.AI、Tier IV 和開源協作組織 Linaro 96Boards 共同宣布，2018 年成立 Autoware 基金會，致力於發展和資助日本自動駕駛開源協作軟體 Autoware，國內研發自動駕駛車之團隊優先採用 Autoware 定義的高精地圖的開放格式，來發展封閉場域的自動駕駛車技術。

表 3　構成高精地圖與動態地圖的地理空間資訊內涵（來源：SIP 自動駕駛系統）

地理空間資訊的類型		資訊內容介紹
動態地圖（自動駕駛 / 安全駕駛支持）	動態訊息（更新速度＜1 秒鐘）	周邊車輛、行人訊息、信號訊息、包括 V2V、V2P、交通燈等
	半動態訊息（更新速度＜1 分鐘）	事故訊息、擁堵訊息、交通管制訊息、道路施工訊息、區部區域天氣訊息
	準靜態訊息（更新速度＜1 小時）	交通管制時間表、道路施工進度訊息、廣域天氣預報訊息等
	靜態訊息（高精度 3D 地圖訊息：HD ma）（更新速度＜1 個月）	路面訊息、車道訊息、道路三維資料結構
基本數據	3D 高精地圖基礎數據	LiDAR 點雲資訊、圖像訊息、運行軌跡

高精地圖產製設備要求

雖然 MMS 車輛萃取資料可進行初步做為道路特徵識別與萃取之基礎。但是畢竟基於電腦視覺的半自動化萃取，萃取的並無法 100% 自動化，可能自動化辨識錯誤，也有可能是某些標注誤解。所以最後一步還是要有工作人員進行最終確認並標注。

按照日本的測量法（作業規定準則），高精地圖要有相當於 1/500 比例尺地圖的精度。日本國土地理院 1/500 比例尺地圖的精度要求為：水平與垂直方向精度 25 公分，為確保該精度，一般要求 MMS 數據的相對精度應維持在 5 公分以內。相對精度要求比絕對精度重要，因為許多地下或遮蔽空間無法有 GPS 訊號。以日本國際航業株式會社作業規範為例：使用的 MMS 如圖 1 所示。搭載的感知器：2 台高密度 LiDAR，1 台環景相機，3 台前方立體影像用相機，1 台後方路面專用高精相機，高精度測量級用 GPS、IMU 與 DMI（Distance Measuring Instrument）輔助記錄行車的距離。

高精地圖圖徵與屬性

二維導航地圖提供的是一段車道的長度和相關路程的大概路況。而三維高精地圖分為靜態與動態交通狀況，其圖資更新頻率（圖 2 所示），例如：交通號誌、路標、橫向與縱向的傾斜度、車道上的各項標誌圖徵，還有車道線所處的位置，高精地圖中連某個交通燈的位置都有高精度的 GPS 資料標注。

自動駕駛控制系統（包括各項軟體與硬體），必須先進行封閉場域之多次測試，除了確認高精地圖圖徵與屬性可以成功通過測試之外，另外也需要自動駕駛車模擬軟體先行各種駕駛景況之測試，歷經場景識別、路徑規劃及車輛控制的步驟。一般而言，完成一個自動駕駛控制系統，必須要大部分 99% 時間在模擬軟體中進行測試，只有 1% 在封閉場域進行測試。而模擬軟體中是希望能測試出真實自動駕駛車系統於道路中的缺失，例如：夜間行駛、雨天駕駛、路中障礙物、調撥車道等，非常惡劣的道路狀況，必須啟動的汽車自動駕駛控制系統轉換為半自動或警戒。圖 3 為三維向量高精地圖產製成果圖徵展示，包括各項交通號誌與道路車道與邊界。表 4 條列高精地圖與自動駕駛行車動作的道路假設情境，主要包括：車輛行駛位置、車輛行走控制、停車進停車位或緊急停車區。

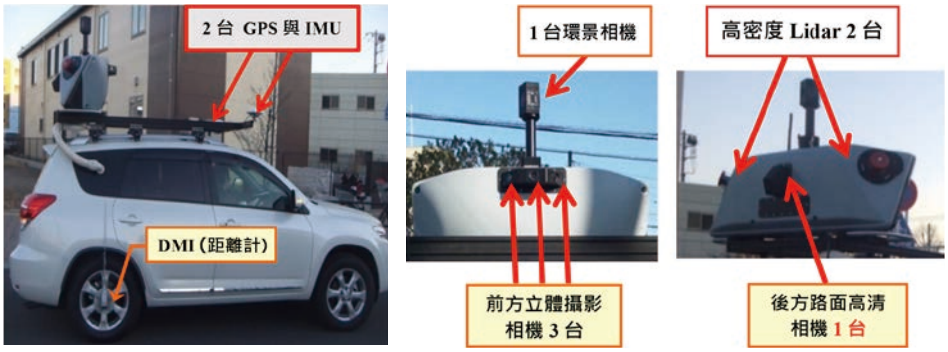
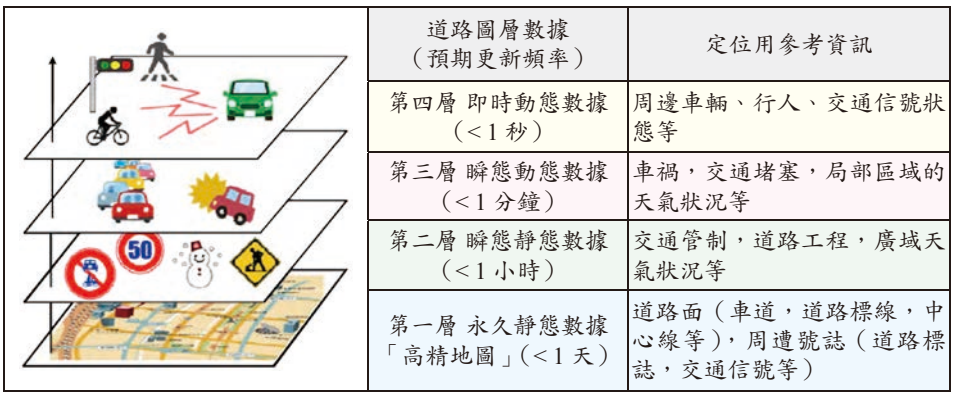


圖 1　MMS（Mobile Mapping System）車設備（以日本國際航業設備為例）



道路圖層數據（預期更新頻率）	定位用參考資訊
第四層 即時動態數據（＜1 秒）	周邊車輛、行人、交通信號狀態等
第三層 瞬態動態數據（＜1 分鐘）	車禍，交通堵塞，局部區域的天氣狀況等
第二層 瞬態靜態數據（＜1 小時）	交通管制，道路工程，廣域天氣狀況等
第一層 永久靜態數據「高精地圖」（＜1 天）	道路面（車道，道路標線，中心線等），周遭號誌（道路標誌，交通信號等）

圖 2　自動駕駛車的圖資分為靜態高精地圖與動態交通狀況的圖資更新頻率

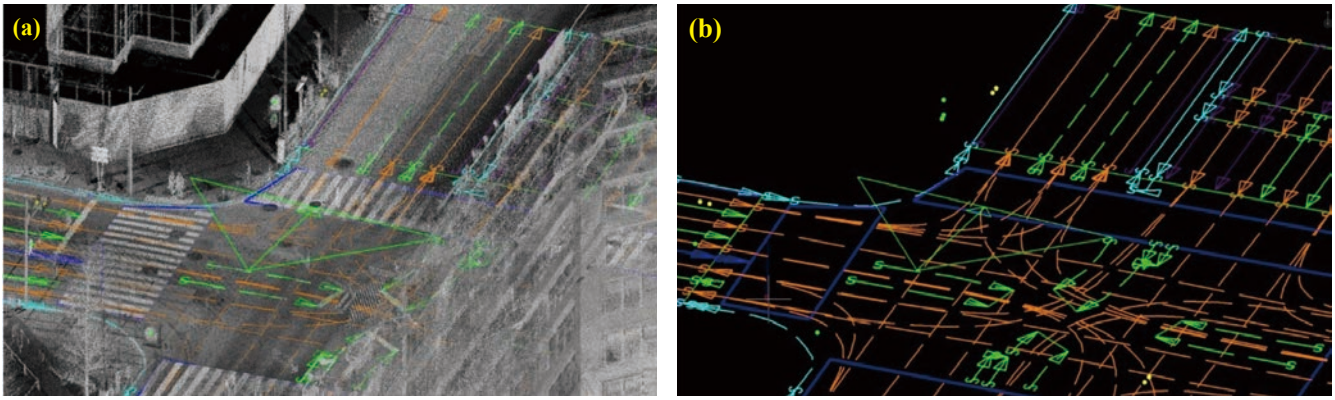


圖 3　高精地圖的 3D CAD 畫面顯展示：(a) 含有高密度 LiDAR 點雲資料加上萃取的向量高精地圖；(b) 萃取出的高精地圖向量資訊，包括地表各項交通號誌（點）、道路線與路面圖徵。

表 4　條列各圖層中應該包含的自動駕駛行車動作的道路假設情境（共三種情境）

一般道路假設情境（高速公路除外）			描述
1	估計車輛行駛的位置		確定位置和車道
2-1	行走控制	直行於一車道內	考慮周圍環境，保持行駛於同一車道
2-2		切換至一主要車道	辨識出停止線並調整時機，切換進主要車道
2-3		從慢車道切換至超車道	辨識出超車道，考慮周圍環境，調整移動到超車道的時機
2-4		從超車道切換至慢車道	辨識出慢車道，考慮周圍環境，調整移動到慢車道的時機
2-5		經過十字路口時直行	辨識出直行車道，判斷靠近交叉路口，並選擇通過十字路口後的車道
2-6		經過十字路口時左轉	辨識出可左轉車道，判斷靠近交叉路口，接著判斷左轉並選擇左轉後車道
2-7		經過十字路口時右轉	辨識出可右轉車道，判斷靠近交叉路口，接著判斷右轉並選擇右轉後車道
2-8		避開障礙物	辨識出障礙物，判斷避免撞到障礙物的方法，接著停止行駛或避開障礙物
3	停車進停車位或緊急停車區		找一個停車位並安全停車

高精地圖品質控制要求

如前所述，高精地圖圖徵物件的精度要求相當於 1/500 比例尺地圖的精度，既是水平與垂直方向的精度各為 25 公分以內。前提是有足夠且滿足絕對精度要求的地面控制點，一般 MMS 具有較高 IMU 精度高者，可以降低地面控制點間距，反之，則必須加強。在控制點不足或是 GPS 信號皆無的場域，圖徵物件之間的相對精度尤為重要，一般也要求其在水平與垂直方向上具有 25 公分以內的相對精度，儘管客戶要求不一，在此場域的絕對精度通常也要求保持在幾公尺乃至一公尺之內。高精地圖圖徵物件的品質管理要求一般由導航廠商和客戶的汽車廠商協商後制定，車線、區間線、邊界線等各類圖徵各有其嚴格的定義和抽取基準及執行規範。表 5 為高精地圖品質要求標準範例，培訓合格的品質管理要員對高精地圖製作至關重要，此為高精地圖製作廠商初期最具高挑戰的瓶頸之所在。

表 5　高精地圖的數據品質要求標準

地圖的品質要求項目		一致性標準（暫定）
1	完整性	錯誤率：0%
2	邏輯一致性	錯誤率：0%
3-1	絕對的位置精度	SD：25 cm （地圖比例 1/500）
3-2	相對位置精度	SD：15 cm （根據車廂線的標準寬度）
4	時間準確性	錯誤率：0%
5	主題準確性	錯誤率：0%

高精地圖的商業服務趨勢

日本 DMP 公私合作創商機

實現道路的自動駕駛車必須建立基本高精地圖的數據與具備動態交通地圖的基礎數建設投資。但構建動態地圖為基礎的高精度三維地圖需要巨大的成本，故於

2017 年 6 月商業化的ダイナミックマップ基盤株式会社（Dynamic Map Platform Co., Ltd.）（以下稱 DMP）成立，是由電機、重工業、地圖測繪公司和汽車製造商共同投資構成的企業，DMP 公司乃獲得日本政府、三菱集團以及各大車廠投資的新興公司，其在高精地圖有非常完善的研發能量，積極佈局與海外地圖公司的合作，目前已配備精度 25 公分相當的高精地圖製作能力的合作團隊，並取得數十家以上的日系車廠認證使用。DMP 主要在日本全國汽車專用道路上創建，維護和提供高精度三維地圖基礎數據和動態地圖合作，大家共同制定商業用途的地圖標準。日本所有高速公路約 30,000 公里的高精度 3D 高精地圖計畫已於 2018 年全數完成，此即為數位國家基礎建設的重要數據庫。

日本自動駕駛車技術解決社會問題

日本在設定產業發展過程中仍期望可以透過新 ICT 科技解決真正的日本社會問題，三個優先項目如表 6 所示，旨在研發與推廣自動駕駛系統。DMP 公司已成功建立日本三萬多公里高速公路的三維高精地圖資料庫。同時 DMP 成功也代表政府與企業合資成立三維高精地圖數據公司，可以促進公私協力推動智慧交通的大數據分享，創造資料經濟。高精地圖之加值利用商機，除了自動駕駛車發展，並可以提供交通行動服務（MaaS）商機（陳敦基等人[2]），解決日本人口勞動力不足、老年化與少子化的交通運輸產業服務問題，亦可強化防災避難道路決策、降低交通壅塞與事故、以及節能減碳等社會問題。

高精地圖的商業應用

日本 DMP 維護高精地圖，其商業方式主要由地圖供應商進行創意加值處理，再給予各領域之客戶。除了自動駕駛系統之外，高精地圖還可以於行人輔助導覽、防災疏散避難規劃、旅遊指南、道路資產管理與道路資訊模型（Road Information Modeling）等應用的基礎。目前正在發展高精地圖的商業應用場景如表 7。

臺灣高精地圖發展與商業應用建議

1. 測試場域放寬道路法規標準：2018 年 11 月立法院通過「無人載具科技創新實驗條例」，有助於加速自動駕駛車於封閉場域進行測試。
2. 測繪標準制定方面：目前正由內政部地政司研擬【測繪產業高精地圖（HD Maps）製圖作業程序指引】，我國的道路駕駛環境與其他國家不同，高精地圖之圖徵與屬性必須兼顧國際規格與國內之交通場域特性而訂定。商業應用上高精地圖之相對精度比絕對精度重要，精度高則製作成本高，市場價格接受度與商品應用目標必須綜合考量。

表 6　日本要實現的社會目標和自動駕駛系統

優先項目	瞄準社會（例子）	自動操作系統即將實現
私轎車的自動駕駛系統的研究進展與商業化	增強產業競爭力 減少交通事故 減緩交通壅塞	高速公路全自動駕駛（4 級） 先進的安全駕駛支持系統（暫定名稱）
實現創新有效的物流服務，並且因應駕駛車輛的勞力短缺	因應勞動人口減少與老化化，並且相對應的創新效率提高	高速公路上的行駛（2 級或更高） 高速公路上的全自動駕駛卡車（4 級）
實現農村和老年人無人看護以及移動困難之服務	實現國家各地區的老年人和其他人都可以自由行動的社會	在全國範圍內在有限的地區，傳播無人自動操作移動服務（特別是通過自動遠程駕駛系統擴展服務）

表 7　高精地圖的加值應用場域與服務內容（SIP 自動駕駛系統評審報告）

場域	應用服務景況	假設用戶
測量基礎調查	維護／更新地形圖	測量規劃機構，如市政當局
道路管理	道路資產分類與盤點以利維護／更新	地方政府，道路管理員等
除雪工務的支援	支持除雪作業、提供有關降雪的訊息、除雪機的自動駕駛輔助	
電線桿／電線管理	通訊線路開通，電線桿安裝，故障排除服務	電信運營商
	配電工作，設施檢查工作	電力供應商

3. 高精度高解析度的資料機密等級：我國空載光達高解析度與高精度的數值地形測繪工作，其成果可達到 1 平方公尺之空間解析度，已列為資料國家機密等級資料，若高精地圖亦同樣遭列機密資料，則將不利於擴大其加值利用。
4. 三維空間資訊技術發展整合：我國為加速三維地理資訊（3D GIS）發展，刻正制訂 3D GIS 格式標準，未來三維高精地圖的成果未來不只利用於自動駕駛車之道路導航，其產製過程中的 360 度環景照片立體對，與高解析度雷射光達測繪原始資料，亦可再結合建築資訊系統 (Building Information, BIM) 與道路資產養護管理的道路資訊系統（Road Information Modeling, RIM）之應用，成為智慧城市中重要的數位國家基礎建設數據之一。
5. 汽車保險之爭議：近期自動駕駛車車禍事件，美國國家公路交通安全管理局（NHTSA）展改調查，也開啟汽車保險自動駕駛車費率計算合理性的問題，雖然數據顯示自動駕駛事故機率仍相對較低。而由於目前保險公司承保自動駕駛車仍如同傳統車輛，並未特別考量自動駕駛的費率差異，未來保險公司與自動駕駛車公司之求償課題有待進一步研議評估。
6. 動態地圖與 5G 的發展應用：為避免自動駕駛車於路上遭遇突發狀況無法應變，靜態的高精地圖必須搭配動態的交通資訊，為能即時動態掌握行車環境資訊，道路交通號誌主動訊息傳遞至車上，車與車之間的車聯網通訊協定，5G 充滿商業應用想像空間。歐盟正推動加速 5G 應用，其中歐盟於 5G RESEARCH IN HORIZON 2020 計畫中自動駕駛車技術研發課題，值得臺灣產業界爭取適當的場域驗證計畫於國際展示實力。
7. 自動車停車技術：如何讓自動駕駛車找到停車位？靜態的高精地圖上面有停車格的圖徵與屬性，未來必須將車位之動態資訊內容與自動駕駛車上的通訊聯繫，可規劃最佳停車格之路徑，甚至於出發前已依據初期之路徑規劃，預先安排與預約停車位。
8. 高精地圖格式統一問題：目前全球仍各自有依據不同產業需求訂定出不同的高精地圖格式，然而因為高精地圖屬於向量格式，因為各國國情不同，路邊交通號誌與地面交通標誌有所不同，有其地域性以及產業需求特殊性，建議臺灣可先採用公開之格式，讓臺灣測繪產業有共同依循之標準，再依此格式量產之後，轉為其他產業或者廠商需要的圖層格式。高精地圖的圖徵與屬性格式目的是將道路上實際景觀狀況，讓圖徵能化繁為簡，以及屬性能因應操控自如。
9. 公私協力推動高精地圖之產業應用：縱觀各國之現狀，由於高精地圖的製作和販賣尚屬市場商業行為，我國可以參考日本 DMP 組織出公私協力推動商業應用的組織。各國導航公司和汽車廠商一般會參照各國的測量法規和規範（我國測繪業屬於特許行業），制定各自的執行規範和精度管理規範。期待我國未來隨著自動駕駛車輛技術的成熟和普及，能有相關的國際標準機構或組織，先統一制定國際共同標準。
10. 政府跨部會合作與資源整合：自動駕駛車發展需要跨政府部門的支持，日本政府成立 SIP-adus，可跨部會的擬定創新產業發展政策，有效加速政府與企業共同研討自動駕駛車相關系統模組的研發，讓產官學研共享人力、物力與資金，創建各項產業標準規格，高精地圖即為其中一項關鍵課題。以臺灣政府組織架構而言，內政部地政司負責高精地圖於測繪業的標準制定；交通部負責公路駕駛安全問題，智慧城市的智慧交通議題；金融監督管理委員會保險局負責汽車保險議題；國防部負責高精度地形圖之機密開放問題；科技部負責自動駕駛車技術研發；經濟部工業局輔導與補助中小企業投入電動自動駕駛車研發與測試。以上各部會都有負責部分有關自動駕駛車產業發展之相關業務，但是產業聚落要發展成功，必須需要政府在政策面、法規面、技術面、資金面的整合與支持。

參考文獻

1. 內閣官房 IT 總合戰略室（2018），ITS 自動運動を巡る最近の動向，https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dourokoutsu_wg/dai1/sankou5.pdf。
2. 陳敦基、陳其華、劉仲潔、張學孔（2018），交通行動服務（MaaS）之發展理念及營運構想，土木水利，土木水利第 45 卷，第 2 期，第 60-65 頁。

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0010

物聯網與車聯網發展 — 大同世界科技之經驗與展望

The development of the internet of things and internet of vehicles in Tatung System Technology Incorporation: experience and future prospects

陳鴻裕 Hong-yu Chen／大同世界科技公司創新研發處 處長

成力庚 Li-Keng Cheng／大同世界科技公司董事長室 董事長特助

大同世界科技股份有限公司（以下簡稱：大世科）整合與銷售世界知名電腦與通訊產品及提供產品服務近 30 年。由於協助政府及企業進行數位轉型、增進營運效能及決策分析，並提供智慧化解決方案為大世科的核心價值主張，因此早在十年前大世科就將物聯網的發展與應用設定為重要發展方向，並於 2018 年應桃園市政府的邀請，參加「虎頭山物聯網創新基地」計畫，負責該基地資訊安全物聯網平台的建置與營運。不但寫下臺灣科技產業智慧物聯網應用發展的新頁，也提升臺灣整體智慧物聯網與車聯網技術的發展。

政府與企業進行數位轉型、增進營運效能及決策品質已是必行方向，亦為科技產業投入物聯網技術發展與應用、提供智慧解決方案的發展目標。本文以大同世界科技公司與桃園市政府合作之「虎頭山物聯網創新基地」計畫為例，說明整合物聯網創新應用之平台建置及營運方向，除了提供未來自駕車模擬測試平台，亦可帶領臺灣智慧物聯網與車聯網技術的創新發展。

Abstract

To assist governments and enterprises in digital transformation, improve operational efficiency and provide intelligent solutions. TSTI has set the development and application of the internet of things (IOT) as an important direction of development as early as 10 years ago because of its core value proposition. In 2018, Public- Private- Partnership of Taoyuan city government and TSTI participated in the "Hutoushan Internet of things innovation base" project for the establishment and operation of the information security of the internet of things platform. This project will not only provide a simulation and field for autonomous vehicles and the intelligent internet of things application development in Taiwan's science and technology industry but also promote the development of the intelligent internet of things and internet of vehicles technology in Taiwan as a whole.

前言

大世科在臺灣資訊產業超過 35 年的歷史，為資訊技術整合服務的專業公司，資訊服務的系統整合即是在客戶端進行最後段的深度資訊軟硬體技術整合服務，大世科要想持續提供優質資訊技術整合的服務，就必須與時俱進，提升技術能力及服務模式，迎合每一時期的科技應用浪潮，並針對系統、儲存、資安、軟體、專業顧問等不同面向，全面配置完備的技術人才，才能爭取較大型的專案。因此，大世科早期投入物聯網與智慧物聯網的研究與發展，特別是結合大同集團聯手發展推動物聯網，聚焦大數據導向之物聯網，率先發展智慧物聯網技術，包含智慧家電、智慧製造、智慧交通與車聯網等創新技術的研究發展。並

於 2018 年應桃園市政府的邀請，參與虎頭山物聯網創新基地計畫，在虎頭山資安物聯網園區建置物聯網實證平臺及資安檢測環境，從產品方案設計到實證，提供資安檢測輔導、媒合商機及創投，加速我國物聯網應用新創成長，兼顧高品質及資安，建立完整高效可信賴的產業生態鏈。本文以下將先介紹物聯網的基本概念，而後介紹大世科的物聯網發展歷程，最後說明大世科的虎頭山資安物聯網建置規劃。

物聯網

物聯網源起與發展

國際電信聯盟（International Telecommunication Union, ITU）最早由 2005 年提出物聯網（Internet of Things, IoT）一詞，並指出在網路普及化的時代下，除人與人之間可以透過網際網路相互聯繫、人也可透過網路取得物件的資訊外，物件與物件之間也可以通過網路互相聯繫。後續研究則進一步說明物聯網是以無線射頻識別、紅外線感測器、全球定位系統的感測設備，透過網際網路連接，依據協定進行訊息交換與通訊，進而產生智慧化管理、智慧化監控與智慧化鑑別的效果 [1]。資策會 Find [2] 則認為從發展趨勢來看，物聯網的發展可分為時間（Time）、地點（Place）與物件（Thing）三維度，隨著物聯網發展的趨勢，將會有所有物件在任何時間與地點皆可相互溝通與聯繫。

而後，Yu [3] 則提出物聯網可分成三個層次，分別為 (1) 感知層（Perceived Layer）：包含資料收集的相關設備，如各類型的感應器，感知層的主要任務為辨識物件及收集各種類型的資料訊息。(2) 網路層（Network Layer）：主要功能是傳輸訊息與處理訊息，建立在移動網路和網際網路中，即傳輸和處理由感知層收集的信息。(3) 應用層（Application Layer）：通過結合社會和生活需求，而可以開發更智能的服務，如智能家庭，智能環境監測，智能醫療保健，智能庫存和產品管理等。

近年物聯網的概念正被普遍運用與討論，以物聯網家電為例，狹義而言，物聯網家電是指應用物聯網技術的家電用品；而從廣義上說，係指產品與產品能透過互聯網聯接，並通過互聯網進行控制、管理家電用品，並且家電產品本身與電網與消費者等能夠實現物物相聯，並通過人工智能的輔助，達成人們追求低碳、健康、舒適的生活方式。

大世科的物聯網發展背景與定位

大世科經營團隊累積近 30 年電腦網路技術、通訊技術及其技術整合服務經驗，客戶遍及電信、金控、製造、媒體、流通、軍政及教育研究單位。近年來更積極投入在企業私有雲技術建置、公有雲介接、雲端服務部署、客服中心、高效能運算、整合通訊、應用軟體開發等領域，結合各領域知名資訊通訊軟硬體產品，為企業客戶規劃建置資訊通訊系統架構，導入在 ERP、MES、CRM 專業顧問諮詢，提供兩岸優質售後服務，以協助企業發揮最大的營運效益。由於協助政府及企業進行數位轉型、增進營運效能及決策分析，並提供智慧化解決方案為大世科的核心價值主張，因此早在十年前大世科就將物聯網的發展與應用設定為重要發展方向。

物聯網在大世科的價值定位為 (1) 提供客戶產品創新的規劃，協助感知層的選擇及參與生態鏈合作，(2) 提供客戶服務創新的規劃及整合開發，協助客戶應用服務於雲端平台的物聯網整合開發，同時提供專業原廠的物聯網與私有雲整合的技術協作，打造物聯網方案專業整合服務的形象，協助客戶於數位轉型過程，充分將物聯網特性與其產品、服務蛻變成整體的數位化服務整合，創造產品物聯化的價值，達到增加產品銷售及客戶滿意（如圖 1）。

大世科將物聯網的生態架構分為感知（Sensing）、網路（Communication）和資通應用（Information & Analytics）。感知由各種資訊擷取、識別的感知元件所組成，具有感測及資料傳輸能力包括二維碼標籤及讀寫器、射頻識別標籤及讀寫器、雷射掃描器、攝影鏡頭、全球定位系統、各種感測器或感測器網路等主要是識別物體、採集資訊、達到感知或控制的目的網路。各類有線／無線傳輸技術，具有互相溝通及傳遞／儲存資料能力，包括：通信與互聯網的融合網路、網路管理中心、資訊中心和智慧處理中心等，將感知層獲取的資訊進行傳遞和處理資通應用個人、家庭及各類產業，實現各種應用目的物聯網與行業專業技術的深度融合，藉由資料的儲存、分析、利用，與使用者的需求結合，實現智慧化，提供更好的服務。

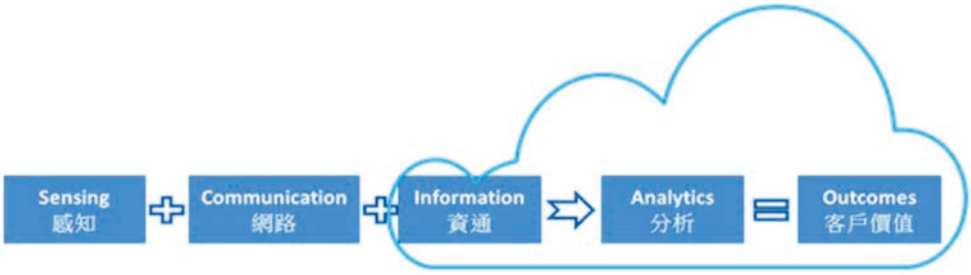


圖 1　大世科物聯網的生態架構

智慧物聯網應用

大世科結合大同集團推動物聯網策略，聚焦大數據導向之物聯網智慧家電、智慧製造與智慧交通之資訊整合服務。大同集團於物聯網技術已應用於企業節能，包含智慧商辦與智慧大樓，其中包含智慧會議室、智慧辦公室和智慧停車場等節能解決方案；以建築能源管理系統結合溫度偵測、空氣品質偵測及門禁管理系統。而大世科則聚焦於智慧物聯網應用（AIoT），智慧物聯網是人工智慧（AI）加上物聯網（IoT）的技術整合，大世科整合智慧物聯網技術、大同家電產品與微軟雲端系統，建構智慧家電網絡，此外，大世科亦將智慧物聯網技術導入工業，推動工廠智慧化，協助製造業快速加入工業 4.0 行列。

跨產業合作打造智慧物聯網

大世科協助臺灣家電品牌大廠大同公司，創全臺家電產業先例，與微軟攜手合作，將大同集團內雲端系統「大同雲」結合微軟 Microsoft Azure 國際雲服務，全面發展智慧家電應用與智慧通路服務，啟動大同智慧家電元年。大同集團將客戶資料儲存在「大同雲」，而智慧家電產品及消費資訊等則儲存在微軟建置的公有雲，讓雲服務串聯智慧家電應用、智慧通路與智慧服務。大世科則負責整合大同智慧家電的應用服務創新發展，從產品感測資料蒐集、會員平台整合及大同雲銜接微軟 Azure 服務的整體智慧物聯網架構。大世科透過整合會員資料與智慧家電後台系統，獲得消費者的完整資料，並進一步針對消費者的偏好進行分析，提供個人化情境管理，更符合使用需求的創新服務（如圖 2）。

智慧家電的創新應用

智慧物聯網在家電產品的創新應用方面，提供大同家電使用者相關的智慧家電訊息，大同智慧家電提供遠端無線遙控為基礎，進行智慧節能總管家、個人化排程管理與情境模式、家電控制等四大體驗（如圖 3）。大世科協助企業加速數位轉型，智慧家電只是大同集團物聯網藍圖的一角，大同集團在物聯網耕耘多年，包含智慧電網、智慧能源管理、智慧建築等多種不同領域，皆有所投入，希望能透過這樣的基礎，加速推動集團於物聯網應用的發展。

圖 2　大同家電、大世科與微軟合作打造智慧物聯網

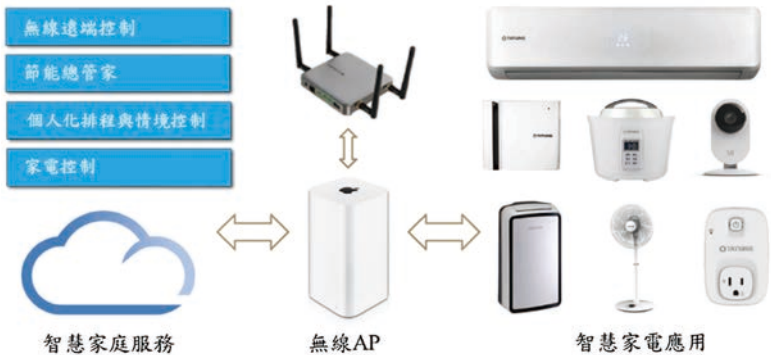


圖 3　智慧物聯網到智慧家電的應用

以下將逐項介紹大世科的智慧物聯網在智慧家電的應用：

- **遠端控制**

用戶只要下載智慧家電 APP，而連結無線網路，最後再利用行動裝置即可控制家電，包含智慧變頻空調、智慧空氣清淨機、智慧除濕機、智慧 DC 扇、智慧 AI 電鍋等（如圖 4）。

- **智慧節能總管家**

智慧節能總開關設計，出門前只要按一鍵就能將已開機家電全部關機，節約用電，並幫助用戶了解累積用電量與電費試算，即時掌握可視化之用電資訊，節電又省錢（如圖 5）。

- **個人化排程管理與情境小模式**

能依照用戶的使用需求進行智慧排程，增加便利性，更能有效節電。亦可搭配家庭或個人的使用習慣設定情境模式，如：起床模式、外出模式、返家模式、睡眠模式等，讓生活更便利舒適（如圖 6）。

- **家電控制**

智慧變頻空調、智慧空氣清淨機、智慧除濕機、智慧 DC 扇、智慧 AI 電鍋等，可依照需求增加家電與設備。如排程管理預先設定不同時段的開／關機時間、使用模式、最適溫度、最佳風速等，減少機器虛工與浪費。用電管理了解當月累積用電量與電費，並可比較上個月獲去年同期，了解用電狀況（如圖 7）。

圖 4　遠端控制介面

圖 6　排程管理與情境模式

圖 5　遠端控制介面

圖 7　家電控制

智慧製造與工業 4.0

智慧製造概述

臺灣製造面臨紅色供應鏈、供期縮短、人力短缺等因素，必須加速導入智能製造。儘管現今工業 4.0 話題正夯，儼然成為製造業界頭號顯學，但綜觀臺灣多數製造業者，產線自動化程度尚屬低落，需要倚賴人力在不同機台間搬運或投放物料的情況，仍比比皆是；此類企業意欲邁向工業 4.0，首要之務便是讓生產機台具備感知連線能力，再配合良好動線設計、流程整合，打造高度自動化的一貫化生產環境。然而如果僅做到這一步，還稱不上工業 4.0，必須進一步結合資訊數位化，輔以大數據分析應用，才有望實現智慧製造願景。

具體而言是藉由佈建大數據平台，結合 ERP 執行進階分析判斷，並將結果即時回饋至前端；比方說，倘若系統分析出物料短缺、交期延宕等潛在變化徵兆，便會透過前端儀表板發出警示燈號，並在同一時間知會採購人員緊急進料，或通知業務同仁向客戶更新交期資訊。針對此部分，大世科採用物聯網專用即時資料庫，輔以大數據機器學習（Machine Learning）系統，最後結合自行開發的全通路（Omni-channel）即時通訊系統，所建構的完整方案，協助企業應用 AI 在「設備預測維護」、「潛在故障預警」、「操作參數分析」、「運行優化建議」、「狀態異動診斷」、「性能劣化分析」、「綜合診斷報告」等方面，達到立竿見影的效果。

跨團隊合作，提供智慧製造整合服務

大世科提供智慧製造工業 4.0 的資訊整合服務，從單機的智能生產到整個工廠全自動化有明確發展藍圖，更落實先進的工業自動化技術與資通訊的緊密關聯，因此大同世界科技於智慧製造資訊整合服務，提供所有的機台設備物聯網，並持續地將設備狀態、生產訊息，以及物流資訊上傳至私有雲或公有雲，提供給製程單位進行立即分析並快速反應，進而整合到製造執行系統（Manufacturing Execution System；MES）以及企業資源規劃系統（Enterprise Resource Planning；ERP）。

由此可見，若以單機智能生產為工業 4.0 起始點，後續還需歷經整廠全自動化、資通訊系統整合等不同階段，直至最終進入大數據分析，其過程將橫跨操作技術（Operational Technology）、資訊技術（Information Technology）等不同象限，戰線相當長，放眼當今市場，能從底層製造現場監控、一路整合到上層資料採集分析的服務供應商極為稀少，長此以往，對於臺灣製造業朝向工業 4.0 升級之路，難免形成阻礙。

有鑑於此，大世科在 2014 年間積極推動打底工程，藉由購併、或援引集團內相關領域團隊多路並進，接續匯聚 PLC、BC（Block Controller）、SCADA、MES 與 ERP 顧問等從上到下整合服務能量，另搭配 OSI 公司 PI 分析軟體，乃至微軟 APS 系統或 HP Vertica 系統，建構不同面向的大數據分析實力，以貫穿工業 4.0 進化路徑當中的所有關卡，提供智慧製造資訊整合服務。透過資訊數位化，位居上層的資通訊系統與數據分析機制，即可根據訂單內容，由上向下調整生產排線、供應商交貨、生產數量，乃至估算出明確交期，確保所有生產資源皆能被有效運用，進而在有條不紊之下，靈活滿足各式各樣生產需求。

大數據分析與預測

藉由大數據收集與分析，亦有助於確保產線恆常穩定運作與提升生產效率，避免意外損壞出現。例如：工具機刀具，每加工一段時間後刀具就會磨損必須更換，此外如馬達或冷卻水泵運轉超過一年，便有必要進行檢修，以往由於缺乏感知能力，總是要等設備真的失效，才急忙找廠商搶修，礙於中途停線難免降低稼動率，衍生可觀損失；然而一旦善用物聯網技術，便可望趕在機台設備出現異狀、但還未中止運作之際，及早進行檢修保養，預先讓潛在停線損失消弭殆盡。

值此時刻，資料獲取與監控系統即扮演第一線要角，完整蒐集的電力、溫度、濕度、CO2、重力等感測資訊，再交由 PI 軟體分析各機台設備的狀態變化，可從細微的徵兆中，捕捉執行預知保養的黃金時間。以馬達使用的「設備預測維護」、「潛在故障預警」為例，收集相關操作值與感應器量測值，形成大數據後，把資料用時間切割，並且定義出正常、異常等狀態。交由機器學習，完成馬達健康 AI 模型。把現在即時資料，傳入模型，預測馬達的健康狀態。執行一段時間後，產生有更多數據，再讓 AI 模型進化學習，增強預測精準度。

車聯網

大世科代理交通及生產力 4.0 的大數據物聯網解決方案為大數據導向之物聯網智慧交通應用，聚焦於鐵道列車、捷運、救護車、消防車等車廂之行動安全影像資料精準傳輸的相關管理應用，解決行動車輛到行控中心間頻寬不足、行動車輛 CCTV 影像備份、車輛感應資料精準收集與判讀，建立即時應變監控的行控中心及大數據相關分析應用（如圖 8）。

公務車車聯網計畫

大世科以車聯網系統進行公務車使用的管理與分析，車聯網系統提供公務車使用過程的資料收集及主動維護結合，系統提供的資訊包含三部分，(1) 車輛即時資訊：車輛即時位置、行車資料即時顯示如車速、水箱溫度、電瓶電壓、引擎負載等等即時訊息。(2) 車輛使用紀錄分析：分析當日旅次，車輛使用時間及里程分析。(3) 主動維護：藉由物聯網收集產品的使用狀況、分析、利用與使用者的需求結合，讓公務車管理人員能提供主動式的維護與管理（如圖 9）。

大世科使用中之公務車共計 18 輛，本計畫使用車用之多合一感測器（OBDII + GPS + G-sensor），建立車輛追蹤管理相關系統。系統功能如下，車輛即時位置顯示與車輛遺失，消費者和商用車輛均可配備 GPS 裝置，以便警方進行跟踪和恢復。燃料短缺與車輛故障告警，通過跟踪設備監控燃油及車輛關鍵零組件，可針對燃油消耗與車輛故障產生提前的警告。此外，本系統還可以計算行車距離、將駕駛習慣紀錄分析以利於管理公務車隊。

虎頭山資安物聯網創新應用計畫

計畫背景

桃園市「虎頭山物聯網創新基地」將打造資安及自駕車實證雙平台，而未來園區將由大世科等具專業能力之團隊負責營運，以配合落實中央推動「亞洲・矽谷」計畫。桃園市政府於 107 年 10 月 30 日於南崁溪畔入口舉行「虎頭山物聯網創新基地」動土典禮，市府團隊、中央相關部會長官、各級民意代表及產學研代表進行祝禱儀式，逾 200 人蒞臨會場，共襄盛舉（如圖 10）。

計畫主要內容

大世科團隊負責園區資安物聯網實證平台建置與營運，將於資安物聯網園區建置物聯網資安檢測實驗室，提供桃園在地業者與新創團隊服務。服務內容涵蓋：物聯網產品／方案的資安檢測及輔導、物聯網實證場域與物聯網應用展示、資安人才教育訓練及資安攻防實戰演練、廠商進駐園區及新創輔導、推動在地智慧產業及產業智慧化升級、商機媒合等營運服務。

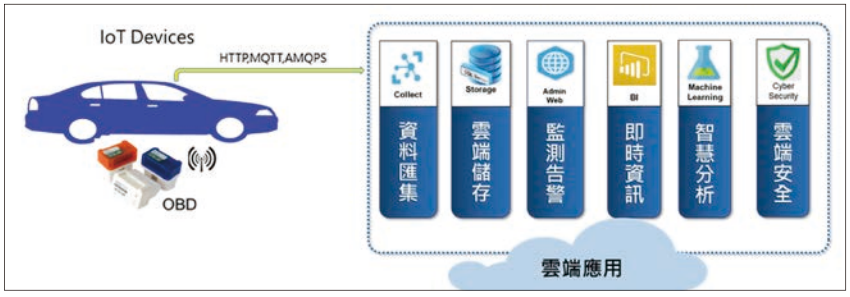


圖 8　車聯網概念圖

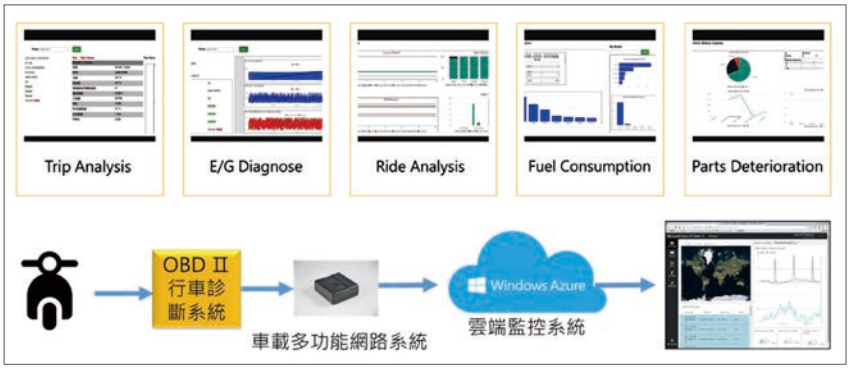


圖 9 應用案例：大世科公務車管理

圖 10　虎頭山物聯網創新基地動土儀式

大世科團隊參與推動「虎頭山物聯網創新基地」對內可提供國內物聯網創新能量，對外能成為連結矽谷等國際創新中心之門戶，並成為資安、物聯網及自駕車等產業之創新應用技術實證場域。未來將結合休閒與創新，連結物聯網產業鏈與一站式的新創輔導，吸引國內外之企業、優秀新創團隊或有意投入創新創業人士，加入園區。此外，亦透過建置資訊安全實證場域，輔導桃園在地物聯網零組件生產者，及未來應用於桃園市智慧城市之相關物聯網設備與系統商，進行資安測試驗證與強化資安能力（如圖 11）。

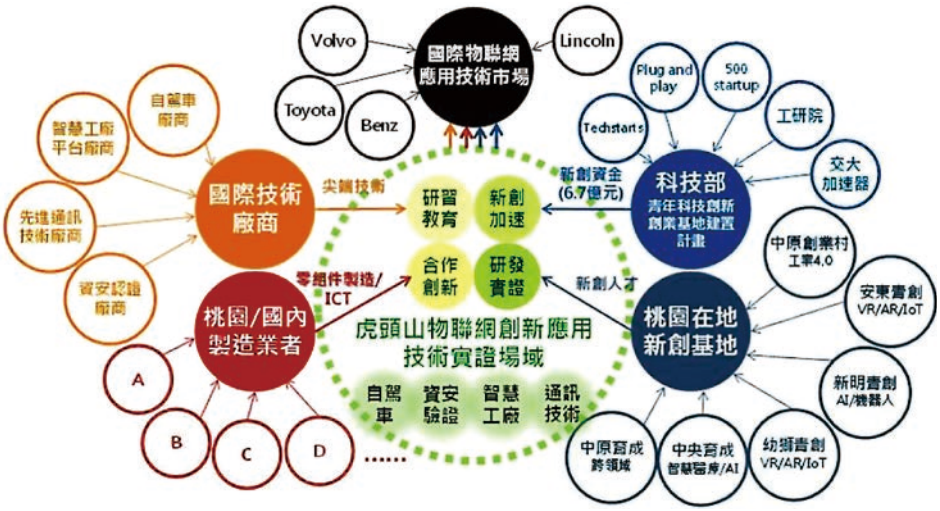


圖 11　虎頭山物聯網創新應用計畫概念圖

結語

大世科近年來更積極投入企業雲技術服務、行動商務系統服務、客服系統及資通訊整合服務，並積極投入智慧物聯網與車聯網顧問服務，以協助企業發揮最大的營運效益，為企業用戶共同打造高競爭力的資訊環境。此外，大世科亦持續研發與推動智慧製造的資訊整合服務，持續將生產機台設備狀態、生產訊息，以及物流資訊上傳至私有雲或公有雲，提供製程單位進行立即分析並快速反應，進而整合製造執行系統以及企業資源規劃系統。

而在虎頭山資安物聯網園區建置物聯網實證平臺及資安檢測環境，更是大世科不斷進行智慧物聯網技術耕耘與實戰成果的展現，大世科在物聯網實證平臺及資安檢測環境中提供業者從產品方案設計到實證，整體流程中的資安檢測輔導、媒合商機及創投導入，以加速我國物聯網應用新創成長，兼顧高品質及資安，建立完整高效可信賴的產業生態鏈。

參考文獻

1. Ming-jie Lin and Jin-guo Zang (2011), “The Application and Development of Internet of Things with its Solutions of Restrictive Factors”. In Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer (MEC), 2011 International Conference on, pp. 282-285.
2. 資策會 FIND, https://www.iii.org.tw/Press/NewsDtl.aspx?nsp_sqno=1367&fm_sqno=14
3. C. Yu (2011), “Research and Design of Logistics Management System Based on Internet of Things”, In Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC), 2011 2nd International Conference on, pp. 6314-6317.

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0011

發展自動駕駛運具之衝擊影響評估

Assessment of the Impacts and Effects of Autonomous Vehicles

張學孔 S.K. Jason Chang／國立臺灣大學土木工程學系 教授
陳雅雯 Ya-Wen Chen／國立臺灣大學先進公共運輸研究中心 執行長
周寬也 Kuan-Yeh Chou／國立臺灣大學先進公共運輸研究中心 研究助理
于立安 Li-An Yu／國立臺灣大學土木工程學系、先進公共運輸研究中心 研究助理

本文探討自動駕駛車輛在國際及國內發展之趨勢，並對臺灣引入自駕運具後，對於運輸服務、經濟產業、環境能源、都市城鄉發展，以及社會行為等面向可能帶來之衝擊影響進行初步評估，同時提出因應自駕運具發展之綜合建議。自駕運具適合做為共享運具及公共運具，其解放之時間與空間將大幅度改變產業面貌及旅運行為，對於環境將有節能減碳之正面效益。此外，未來的城鄉規劃也受到自駕運具影響，可能以自駕快速巴士（Autonomous Rapid Transit）作為公共運輸城市 TOD 發展之主幹，並且藉由釋放大量的車行與車停空間，有更多人本環境產生。自駕運具也將改變人們對於擁有汽車、出行等觀念，並能滿足偏鄉及弱勢族群之出行需求。對於自駕運具之發展，建議政府成立專責單位、整合資源、推動國際合作、檢視及編修相關法規，並優先規劃應用自駕運具於公共運輸、共享運具、城市貨運及 MaaS 整合出行服務。

Abstract

This study reviews the current progress of autonomous vehicles (AV) domestically and internationally, and discusses the potential impacts and effects on mobility, industries, environment and energy, as well as urban and rural development, and social behavior in Taiwan. Through literature review and analysis, this study then provides suggestions regarding the future operations and developments of AV. The study has shown that AV is best suited for shared vehicles and public transit in terms of sustainable mobility and livable cities. Limitations of time and space will be reduced once AV can be utilized by existing industries and businesses, which will notably change the traditional ways and create new ways of how people do business. AV is also believed to produce less emission while having higher energy efficiency, thus being beneficial for the environment. Urban planning will be affected by AV, with possible strategies of Autonomous Rapid Transit implementation in TOD. The reduced roadways and parking spaces will be leading to other usage such as public space and green environment. AV will also change people's behavior regarding car ownership and mobility, while the underprivileged and the rural residents' mobility needs can also be fulfilled by AV. Finally, it is suggested that in viewing of the AV development the government needs to form a national center of ACES, integrate development resources, initiate international collaborations, settle related regulations and laws, and systematically apply AV in public transit, shared mobility, urban freight and on demand service (MaaS).

前言

自駕運具已成為近來全球的顯學，各國政府、各大企業皆以發展自駕運具為重要目標，也朝向未來的自駕社會逐步前進。全球各地逐漸有更多自駕運具的測試，並有相關測試法規的研討。隨著人類科技的腳步加快，創新科技被廣泛採用的時程越來越短，自駕車將會以驚人的速度在全球道路上大量出現，人們也很快的將之視為平常。當人們不用親自駕駛汽車，這些空出來的時間將會如何被運用？當汽車可以自行尋找車位，或是與他人共享，都市內空出來的停車空間

將會如何規劃？當商店可以在移動的自駕運具上經營，不受地理位置束縛的店家將會如何經營生意？如此多的疑問，唯一可以確定的是，自駕運具改變的絕非只有「行」，而是會有更多不同程度、不同層面的生活影響。自駕車發展及應用將對運輸服務、經濟、社會、環境、生活等帶來更多影響與衝擊，若能提早了解其影響層面，並擬定應用策略，將有助於國家與產業及早因應自駕車帶來的挑戰與機會。

國際及國內自駕運具發展及就緒程度分析

國際上發展自駕運具之團隊主要可分為三類：汽車產業、運輸服務業者以及創新服務業者。主要因為自駕運具除了車體本身的技術之外，同時有極高的人工智慧及資通訊技術門檻，因此對於車廠及網路軟體服務業者皆有切入市場之機會。同時運輸服務業者本身借重其他兩類業者之產品服務，以營運車隊及平台之型式發展運輸服務，亦扮演發展自駕運具之重要角色。圖 1 顯示多類自駕團隊發展之情況。

政府立法方面，國際上普遍定下的相關法律皆著重於規範道路測試情形，距離自駕運具實際上路的規範還有漫漫長路要走。同時，對於測試過程中意外肇事的究責，各國多半規定由運具內的記錄器／黑盒子進行肇事責任判定，甚至有如美國完全沒有相關規定的情形。政策擬定方面，國外已有許多國家明確宣布對自駕運具之重視，投注資源並規劃自駕運具長遠之發展。根據 KPMG 在 2018 年的自駕車發展就緒程度評比，依序由荷蘭、新加坡、美國獲得前三名之肯定，如表 1 所示。

亞洲國家中，除了新加坡排名第二之外，尚有南韓、日本的排名較高，三國的基礎設施項目都獲得非常高的評價，值得臺灣借鏡學習。分析荷蘭、新加坡等國能夠獲得高評價的原因包括以下：

1. 荷蘭早於 2015 年通過自駕車於道路測試之法規，政府投資九千萬歐元進行車聯網號誌等基礎設施更新，並設立國家級研究中心，荷蘭的電動載具使用率也在全球名列前茅。
2. 新加坡已通過自駕車路測法規，民眾透過政府大力

圖 1 各類型自駕運具開發團隊及其相對優勢

表 1 KPMG 對各國政府自駕運具就緒程度進行評比

Overall rank	Country	Total score	Policy and legislation		Technology & innovation		Infrastructure		Consumer acceptance	
			Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score
1	The Netherlands	27.73	3	7.89	4	5.46	1	7.89	2	6.49
2	Singapore	26.08	1	8.49	8	4.26	2	6.72	1	6.63
3	United States	24.75	10	6.38	1	6.97	7	5.84	4	5.56
4	Sweden	24.73	8	6.83	2	6.44	6	6.04	6	5.41
5	United Kingdom	23.99	4	7.55	5	5.28	10	5.31	3	5.84
6	Germany	22.74	5	7.33	3	6.15	12	5.17	12	4.09
7	Canada	22.61	7	7.12	6	4.97	11	5.22	7	5.30
8	United Arab Emirates	20.89	6	7.26	14	2.71	5	6.12	8	4.79
9	New Zealand	20.75	2	7.92	12	3.26	16	4.14	5	5.43
10	South Korea	20.71	14	5.78	9	4.24	4	6.32	11	4.38
11	Japan	20.28	12	5.93	7	4.79	3	6.55	16	3.01
12	Austria	20.00	9	6.73	11	3.69	8	5.66	13	3.91
13	France	19.44	13	5.92	10	4.03	13	4.94	10	4.55
14	Australia	19.40	11	6.01	13	3.18	9	5.43	9	4.78
15	Spain	14.58	15	4.95	16	2.21	14	4.69	17	2.72
16	China	13.94	16	4.38	15	2.25	15	4.18	15	3.13
17	Brazil	7.17	20	0.93	18	0.86	19	1.89	14	3.49
18	Russia	7.09	17	2.58	20	0.52	20	1.64	18	2.35
19	Mexico	6.51	19	1.16	17	1.01	17	2.34	19	2.00
20	India	6.14	18	1.41	19	0.54	18	2.28	20	1.91

宣導已能熟悉此技術，並有較高的接受度。此外，新加坡政府提供具體政策，吸引多所學校與國際研發團隊合作、測試，而交通智慧運輸系統（ITS）基礎設施完備，亦是其就緒度名列前茅的原因。

3. 美國在前三名不會令人驚訝，因其具有全球最多的163 家自駕車開發業者，眾議院及參議院分別提出法案協助自駕車團隊加速開發，聯邦政府政策明確，並且已有數州開放道路測試。

若以此項評比方式對臺灣發展自駕運具準備程度進行評估，在基礎設施部分，臺灣 4G 網路與道路路網項目為佳，充換電設備較欠缺；消費者接受度項目，目前道路測試尚屬初步實施，但已有不同團隊進行數次封閉區域之測試；政策與立法部分，科技部、交通部及經濟部提出立法草案，已獲得立院在 2018 年 11 月通過，並對施行細則進行研議；而科技創新採計有包括臺灣智慧駕駛、ARTC、中華電信等團隊發展自駕運具。對比其他國家之評分，臺灣於 KPMG 提出之評比準則中排名約為第 10 至 14 名。

自駕運具對五大面向之衝擊影響文獻回顧

本研究針對自動駕駛車輛帶來之衝擊與影響，以運輸服務、經濟產業、環境能源、都市規劃與城鄉發展、社會行為等五大面向進行文獻之回顧。

• 運輸服務面之回顧

國外對於自駕運具在運輸服務層面之研究探討甚豐，其中 ITF（2018）以葡萄牙里斯本地區為例進行之模擬研究值得參考；國內洪鈞澤等人（2017）以臺南為研究對象規劃自駕運具系統，由研究發現自駕運具能夠提升運輸效率、減少現行汽車數量，適合作為共享運具及公共運具之推動，歸納如下：

1. ITF 研究模擬 8 種情境：排列自駕車共享不同比例（50%、100%）、共乘與否、公共運輸之有無等 8 種情境。
2. 樂觀情境之結果，1 輛自駕車能夠取代 10 輛小汽車，僅需現在 6% 停車空間，可釋放 20% 道路面積，減少 85% 等車時間及 37% 旅行時間。保守情境之結果，1 輛自駕車取代 1.25 輛小汽車，增加 4% 停車需求，並增加 7% 旅行時間。
3. 若要引入自駕運具，則以允許共乘之共享自駕車，搭配公共運輸，將會達到最佳的效果。
4. 洪鈞澤等人（2017）規劃「臺南運輸 4.0」未來台南都市運輸之發展，研究中設定使用智慧運輸系統以自動駕駛計程車、小巴、中巴及大巴組成公共運輸車隊，同時有自駕私有車及自駕共享車之發展情境。模擬分析結果顯示，臺南現有之 140 萬輛機車及 60 萬輛小汽車、共 200 萬輛機動車，可由 30 萬輛自駕車取代，且能釋放 280 萬個機車車位及 75 萬個汽車車位。
5. 由上述研究結果歸納自駕運具適合做為共享運具，並搭配良好的公共運輸，以 MaaS 的觀念，為個人出行提供更好的運輸服務。

• 經濟產業面之回顧

自駕運具解放時間及空間，將對各級產業帶來深遠影響，衍生全新商業模式或刺激現有產業成長，也會使部分現有產業衰退或消失。本研究彙整國際上對全新產業、成長產業、衰退產業及消失產業之研究：

1. 全新產業部分，由於自駕運具的普及，私人間交換貨物的費用將更低，開啟如 Craigslist、P2P 的新市場，將出現自駕運具客製化的新產業，同時即時收集的資料可「貨幣化」，以進行交易。
2. 成長產業部分，餐飲、零售業解除時間與空間限制，因應自駕運具的普及而成長，車內餘裕時間增加將使廣告業及媒體娛樂業成長，此外酒精飲料市場也會因自駕運具而間接獲得成長。
3. 衰退產業部分，買車的需求減少，現行車輛經銷商的業務會大幅萎縮，可能會轉型兼營自駕車長租業務。較短程的航班也會面臨衝擊而衰退，航空業受到影響。律師訴訟及保險服務業，將因自駕運具的普及而面臨衰退。
4. 面臨消失之產業可能包括汽車材料行、民間修車業、洗車美容、泊車服務以及駕訓班。因交通區位特性而發展出的產業或聚落也可能不復存在，同時購車貸款的需求大幅減少也會波及汽車融資產業。。
5. 豐田公司於 2018 年提出 e-Palette 多功能廂型自駕車之概念，由製造商提供自駕車的模板，營運者決定功能及用途，除了單純的交通目的以外，貨運、零售、商辦空間都能搭載在此自駕車系統，使車輛成為移動的第三空間，目前已經與數家業者展開合作，包括 Amazon、Pizza Hut，滴滴以及 Uber 等，並預計於 2020 年東京奧運進行示範。
6. 多元自駕運具能夠解除各級產業時間與空間的限制，賦予商業及觀光產業創新價值與應用，多元自駕運具將能大幅度改變人們的消費、飲食、物流等諸多層面，同時解除區位限制，增加潛在客群之需求。

● 環境能源面之回顧

自駕運具除本身作為電動載具的環境效益之外，也提升能源使用效率、減少總車輛數，對於環境及能源有正面影響效應。2018 年由密西根大學與福特汽車公司進行自駕車環境能源層面之產學界合作研究，提出具有公信力的影響評估：

1. SAE Level 4 自駕運具，考慮其生命週期之耗能、排放，並且計算其精密裝置所額外增加的耗能及排放，仍能比現行車輛減少 9% 的溫室氣體排放，係因自駕運具導入智慧節能駕駛（eco-driving）、聯網功能、隊列行駛等功能，減少行駛過程中的能耗碳排放。
2. 與現行小汽車相比，電動自駕運具將排放污染源從線面源變為點源，實現節能、減排的目標。
3. 自駕運具未來可能轉變為年度汰換的型式，屆時須注意淘汰車輛的回收問題；如何在不增加能源、廢棄物負擔的情況下達成 Yearly Update 將是挑戰。

● 都市及城鄉發展面之影響

未來的都市運輸型態將會由強都心運輸型態，逐漸朝向以多副都心為主，且彼此之間距離較短之低成本運輸型態，對於都市規劃帶來影響。國際上對於自駕運具造成都市蔓延或緊密的說法未有定論，部分研究認為通勤時間的解放使得人們願意居住在距離市中心更遠處，造成都市蔓延。其他研究則指出，若以公共運輸搭配共享自駕運具，則人們會往都市集中，形成緊密都市。本研究經過專家的訪談，歸納自駕運具對都市規劃及城市發展面帶來下列影響：

1. 自駕運具普及後，未來在交通運輸與土地使用規劃上會有更好地整合，使絕大部分市民的通勤、通學以及購物的路線可以即時被大數據蒐集並反饋，以最佳路徑行駛至目的地。
2. 道路的使用收費，以及良好的稅費機制能夠管制都市蔓延，讓距離以及時間的差距縮小。自駕技術的普可能改變公共運輸的使用行為，發展成 DRTS 的概念，同時使城鄉差距漸漸減少。
3. 現行的道路空間及停車需求都會降低，車行和車停的空間將被釋放。道路面積及停車面積會釋出，可增加慢行交通及綠地空間。

● 社會行為面之影響

自駕運具社會系統之任務，為滿足人們在不同起迄點間使用特定交通工具的空間移動需求，其結構包含既有的城市結構、道路系統、交通號誌與法律制度等有形與無形的既有限制與規範；出行人員則為所有為滿足此「任務」的利害關係人，如車廠、設備供應者、車主、行人、交通執法者、系統營運者、技術開發者等。新科技的採納與接受，絕非一蹴可幾，需要藉由好的使用者介面，建構各式社會支援服務，將新科技融入現有的社會系統中，克服人們對新技術的恐懼，以推廣新科技，才能如願獲得社會接受。因此，對於自駕運具在社會行為方面之影響歸納如下：

1. 共享自駕運具的普及，會使人們對於「擁有」的需求會降低，用更低的成本即能享受到更好的服務時，買車的社會象徵和觀念會逐漸淡化。
2. 未來司機的工作不會是開車而是服務乘客，如幫忙老人家上下車、提供各種扶持以及滿足就醫上的需求。復康巴士或計程車司機的角色已經不再是開車而是提供創新服務、當體貼人勞心的角色，是各種移動服務的專業工作者。
3. 自駕車的普及會讓更多個人資訊被蒐集使用，蒐集資訊的第三方應為公正第三方或是信賴的政府，能夠對於資訊使用、隱私保護之法規為社會大眾留意。

發展自駕運具之衝擊影響分析

本研究針對自動駕駛車輛導入共區分為運輸服務、經濟產業、環境與能源、都市規劃、城鄉發展、社會行為等面向進行衝擊影響評估。經過五個面向之研究分析，歸納出臺灣自駕車發展之機會與潛力。

● 運輸服務面之影響

從運輸服務面觀之，自駕運具能夠在私有、共享及公共運輸等帶來巨大的改變。當前美國與歐洲為發展自駕運具最積極的國家，國內用有眾多發展團隊打造個是自駕運具，而對比美國國內的運輸行為模式，這些自駕車大多被設計作為私有汽車使用。臺灣的土地面積相對較小，車行與車停空間較無餘裕，因此較有潛力的發展方向應為類似歐盟倡導的共享自駕運具及公共運輸系統。共享運具也是大多數國家積極發展的運輸服務，相比私人擁有的機動車輛在一天的時間中有逾九成的時間為閒置狀態，共享服務能夠減低總車輛數、降低運輸成本，並且提高運輸效率。因此，自駕運具未來將具備自行移動至需求點之特性，解決了現行共享運具需要有駕駛、找停車位的問題，將能同時降低成本、提高效率。

公共運輸方面，未來自駕運具普及之後經過適當規劃，將可作為公共運輸與及門服務之重要一環。隨著智慧聯網、5G 等技術的實現，自駕運具車隊能夠智慧排班、根據需求調整，此時車載容量亦可打造為 10、12、15 人座的自駕中小型巴士或其他不同規格的車型。另一方面，城市內仍然需要高運量的軌道運輸，配合轉乘或及門形式之自駕運具，能夠最大化運輸效率及服務品質。相對於私有及共享自駕運具，公共運輸會是初期推廣自駕運具的著力點，因而自駕巴士（Driverless Bus）已被許多國家優先推動為示範計畫。在道路環境相對單純、人口高齡化的偏鄉地區，首先以自駕運具提供公共運輸服務，將能逐漸提升自駕運具之能力，也能同時提高民眾之信任、接受程度。

自駕運具帶來的空間效益，也包括將車行與車停空間釋放。這些釋放的空間將能提供給慢行交通的用路人，才能打造宜居、人本的綠色城市。道路面積的縮小，以及路邊臨停的減少，都能夠給慢行交通的更好的體驗，同時也能鼓勵民眾以慢行交通做為最後一哩路之選項。因此，將共享服務、公共運輸、慢行交通等串聯在一起的多元整合出行服務 MaaS，則將會是未來運輸服務的最大機會。現今的交通運輸觀念，已經漸漸重視以人為本、公共運輸為骨幹，因此以 MaaS 之介面為手段，串聯各式綠色運具則為出行服務最佳之媒介。良好規劃、整合的 MaaS 服務，將可提供民眾輕鬆出行的體驗，而自駕運具也將做為無縫、及門的關鍵運具。

最後，隨著自駕運具的出現，交通安全的問題將會獲得很大的改善。交通安全不僅是關乎民眾日常的生活，更是基本人權的一部分，自駕運具將成為大幅降低風險的關鍵因素，帶給人們更好的生活。車禍的事故、傷亡也將大幅降低甚至消失，同時自駕運具與醫療救護的結合也能確保事故當事人盡快獲得良好的照護。

• 經濟產業面之影響

自駕運具在經濟產業面有非常大的揮灑空間，具備無窮潛力。由於自駕運具能夠解放時間與空間，現有的商業、零售模式皆會大幅改變。在不同的時間及空間，觸及不同的客群，自駕運具的普及將會同時帶給商家及消費者更多的商業機會，具有加成的效果。以現在的經驗可以看到，傳統的商業模式在網路技術及智慧型手機普及了以後，有了大幅度的改變。過去的消費模式，如今可以在任何時間，以網路做為媒介進行交易，催生了巨大的網路電商市場。而自駕運具具備成為下一個全新開發市場的條件，過去也已有許多科幻作品描繪過這樣的未來。

自駕運具的普及能夠形成一個嶄新的市場，衍生許多創新的服務。從人們基本的食衣住行育樂之需求出發，自駕運具能夠被運用在每一層面提供人們更好的體驗。餐飲、零售等產業將能有更多創新、創意的發揮，觀光旅遊產業也會有全新的形式和服務。除此之外車輛相關零件產業也有發展機會，以臺灣的 ICT 產業為後盾，能夠發展許多自駕運具的相關先進裝置及設備。

• 環境能源面之影響

自駕運具在環境能源面應有正面之效益，具有節能、減排的潛力。國際上對於車輛及自駕運具，皆有以電力為動力來源之共識。相比現行的燃油汽車，未來的電動載具可以將污染源由道路上的線源轉為電廠的點源。同時，未來若有更乾淨的發電技術，如再生能源或是核融合等，也能降低發電過程產生之排放及空氣污染。

當自駕運具的能源技術成熟，應也能提高能源使用效率，減少能源耗用。由自駕運具的技術特性所延伸之智慧路程規劃、隊列行駛、智慧型節能駕駛（eco-driving）等功能，更可以進一步實現節能、減排的目標。透過更智慧化的路程規劃，可以避開壅塞、行駛最適路徑；隊列行駛能夠降低能耗同時促進安全；而智慧型節能駕駛能夠更經濟、節能且舒適的行駛，這些都將因為自駕運具的普及實現。而傳統上在污染排放佔相當比例的運輸部門，也能夠降低污染粒子與溫室氣體等排放，為環境能源帶來正面效益。

另一個值得注意的現象為，未來的自駕運具是否會達到「Yearly Update」之年度汰換頻率。以智慧型手機為例，發展進程由原先耐用的款式逐漸轉變為年度更新的機種，將產品的創新及功能提升放在首位，耐用程度反為次要因素。未來若自駕運具也轉變為類似的型式，則每年度仍會有大量的車輛與零組件製造，須注意淘汰車輛及其零組件的回收問題。如何在不增加能源、廢棄物負擔的情況下達成 Yearly Update，也會是將來需要面臨的課題。

• 都市及城鄉發展面之影響

未來的居住型態應該更會向都市集中成為緊密城市（Compact City），大型的公共設施會越來越往都市集

中，商業設施與服務業大量回到舊城。緊密城市包含密集與緊鄰的發展型態、大眾運輸系統連結各都市區域、日常生活服務與工作機會以及更多的公共空間。

郊區則會出現許多田園城市，因為郊區會均質化，不再需要以汽車為主的都市設計，是以人為主的都市設計而形成交通寧靜區。因此未來郊區會傾向於變成富有以及有閒的郊區化、成為度假的地方，一般的市民還是會向緊密城市聚集。

大城市內依然會使用高運量大眾運輸，例如捷運、輕軌等滿足高運量需求以避免自駕車過多造成的壅塞現象；而中小型城市就未必需要軌道建設高運量運輸，公共運輸載具多元化發展應可滿足運輸需求。交通運輸與土地使用規劃上會有更好的整合，使所有市民的通勤、通學以及購物的路線可以即時被大數據蒐集並反饋，運用共享的自駕運具以最佳路徑提供及門服務。

此外，會出現各種不同規模的公共運輸導向 TOD 開發模式。這些 TOD 開發節點不一定是場站，可能會出現在景觀優美的地方、具有歷史價值以及商業特殊的地方。未來可能出現交通熱點，必須要走到熱點才會有自駕運具或公共運輸到達目的地。如果整合出行及需求導向式的運輸服務能夠做到，則不一定需要大型的車站，因為每一個熱點都是運輸站點。

城鄉的差距是來自距離與時間，而透過管理使城市更加緊密並管制都市蔓延，讓距離以及時間的差距縮小，已是城市發展目標。在自駕車普及時代與有效管理下，所有需求都可以被反映並透過自駕車來滿足，因此當所有人的需求被滿足時就不會產生城鄉的差距。未來自駕技術的普及改變公共運輸的使用行為，將發展成更傾向需求反應服務（DRTS）的概念，因此城鄉差距將漸漸減少。

都市地區的樣貌會因為自駕運具的普及而有很大的改變。現行的道路空間將可以被縮減，同時停車需求也減少，車行和車停的空間將被釋放。道路面積及停車面積會釋出，可以促進綠地增加，形成 Park（公園）取代 Parking（停車位）的現象。相較之下，偏鄉的道路形式及樣貌則較沒有改變。長遠觀之，因應自駕運具的普及，對於土地使用、都市規劃、都市設計以及公共設施需求等相關規範將有重大衝擊，需要進一步予以修訂。

● 社會行為面之影響

自駕運具在經過創新擴散的歷程中，需要鼓勵民眾接納新技術，也需要訂定統一的技術標準，讓各個廠商所提供的產品不會對消費者產生過大的成本負擔，資訊也可以在安全情況下予以交換，讓自駕車輛有良好的使用者接受度以利進一步推廣。同時，臺灣擁有在世界名列前茅的 ICT 產業技術，對於自駕運具的營運能夠發揮所用，也能夠將相關產品輸出國際。因此，找到臺灣在全球自駕運具產業鏈中的角色及定位，會是發展自駕運具的一大利多。

從過去到現在，擁有小汽車時常是社會地位的象徵。在自駕運具普及以後，共享服務將是運輸形式的主流，搭乘自駕車輛就如同現在的人坐公車，自駕運具像是更小的公車，成為公共運輸的一環。人們對於「擁有」的需求會降低，用更低的成本即能享受到更好的服務時，買車的社會象徵和觀念會逐漸淡化。

隨著及門服務的需求越高，自駕車就有機會滿足社會需求而大量出現。臺灣未來老化的社會可以搭配自駕車的議題一起同步探討，從高齡社會的角度來看，復康巴士以及計程車司機，他們的工作就不會是開車而是「服務」，幫忙乘客上下車、各種扶持以及就醫上的需求。復康巴士或計程車司機的角色已經不再是開車而是提供創新服務、當體貼人勞心的角色，是各種移動服務的專業工作者。

台灣發展自駕運具之策略建議

各國政府及企業對於自駕運具積極推廣開發，本研究經過文獻分析及專家訪談，針對短期及中長期發展自駕運具之相關措施與策略提出建議，期能發揮自駕運具在運輸服務、經濟產業、環境能源、都市發展與城鄉規劃，以及社會行為等面向之最大正面效益。

● 短期推廣、發展自駕運具之策略建議

1. 對於科技、交通、能源、工業等相關政府部門進行跨域整合，成立自駕車協作與發展平台，並配合國家新能源政策進行電動載具之開發、系統測試與示範運行。
2. 成立國家級的 ACES（Automated, Connected, Electric and Share）車輛與服務研究中心，對自駕車之國際最新發展、基礎設施、人因工程、行為改變、產業消長變遷、都市計畫、法規及設計準則等，持續進行質化與量化之研究調查與評估分析。
3. 以電動載具為基礎逐步推廣共享運輸及 MaaS（多元

出行整合服務），以利民眾提前養成運用新型運輸服務之習慣。

4. 排除新創運輸服務的法律與組織障礙，創造有利自駕車測試、發展以及與國際接軌的環境。
5. 規劃全國各地的試乘及展示，配合專業的技術解說及影音文宣，讓大眾及利害關係人提高對於自駕運具之接受度，有助日後順利發展。
6. 投注資源，積極發展 V2X、IoT、5G、高精度地圖、定位技術等自駕運具關鍵技術及產業，並在發展過程中充分應用上述技術以提升交通安全、營運效率與服務品質。
7. 規劃運用自駕運具為偏鄉地區及高齡弱勢族群提供需求反應式（DRTS）之共享與公共運輸服務。

● 中長期規劃應用自駕運具之策略建議

1. 將自駕運具納入國家前瞻計畫，配置合理資源發展自駕運具，運用在包括道路基礎設施、智慧型號誌、法規制定及其他自駕運具所需之財務永續機制建設。
2. 優先發展「自駕快速巴士系統（Autonomous Rapid Transit）」，以自駕公共運具作為主幹，運用共享自駕載具連接旅運需求點提供最後一哩路服務，推動公共運輸導向的發展。
3. 規劃應用自駕運具於公共運輸、共享運具、城市貨運及 MaaS 服務，大都會區搭配高運量軌道運輸，以共享自駕運具提供轉乘或及門服務，最大化運輸效率及服務品質。
4. 對於因應自駕運具出現之創新零售、餐飲及觀光業等產業及服務，投注資源扶植、推廣；對於面臨轉型之產業提供諮詢及幫助，協助其順利轉型。
5. 適切規劃自駕運具所釋放之車行與車停空間，檢視及編修都市空間規劃及都市設計準則。同時規劃未來都市管理與環境稅費之合理機制，如低碳區及運具使用之環境或擁擠稅費等，降低自駕運具對於環境及交通之負面影響。

誌謝

本文為財團法人中技社與臺大先進公共運輸研究中心共同合作之「自動駕駛車輛對臺灣運輸服務生活環境與相關產業之影響」部分研究成果，對於財團法人中技社提供資源，特此致謝。

參考文獻

1. International Transport Forum, Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic. OECD, 2015.
2. D. Fagnant and K. M. Kockelman (2014), “The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. ”Transportation Research Part C 40: 1-13.
3. D. Fagnant, K. M. Kockelman and P. Bansal (2015), “Operations of Shared Autonomous Vehicle Fleet for Austin, Texas, Market.” Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2536, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 98–106.
4. S.K. Chang, L.A. Yu and Y.W. Chen (2018), “Development of Shared Electric Vehicles in Taiwan.” Presented at the 16th ITS Asia-Pacific Forum, Fukuoka.
5. KPMG (2018), Autonomous Vehicles Readiness Index.
6. Navigant Research. Navigant Research Leaderboard: Automated Driving Vehicles. https://www.navigantresearch.com/reports/navigant-research-leaderboard-automated-driving-vehicles. Accessed September, 2018.
7. D. Silver (2018), “Waymo Has The Most Autonomous Miles, By A Lot.” https://www.forbes.com/sites/davidsilver/2018/07/26/waymo-has-the-most-autonomous-miles-by-a-lot/#33b4957f7ee5. Accessed September, 2018.
8. I. Thomson (2018), “The Register. Waymo robo-taxis to accept fares in Arizona in 2018.” http://www.theregister.co.uk/2018/05/09/self_driving_taxis_waymo/. Accessed May 20, 2018.
9. Waymo. https://waymo.com/journey/
10. Toyota. Toyota Launches New Mobility Ecosystem and Concept Vehicle at 2018 CES. https://global.toyota/en/newsroom/corporate/20546438.html. Accessed May, 2018.
11. CBInsights. 33 Industries Other Than Auto that Driverless Cars Could Turn Upside Down. https://www.cbinsights.com/research/13-industries-disrupted-driverless-cars/. Accessed December, 2018.
12. City of Helsinki. Self-driving bus on Helsinki RobobusLine goes to scheduled service. https://www.hel.fi/uutiset/en/helsinki/robobus-line-goes-to-scheduled-service. Accessed September, 2018.
13. R. Lanctot (2017), Accelerating the Future：The Economic Impact of the Emerging Passenger Economy, Strategy Analytics.
14. J. H. Gawron, G. A. Keoleian, R. D. De Kleine, T.J. Wallington, and H. C Kim (2018), Life cycle assessment of connected and automated vehicles: Sensing and computing subsystem and vehicle level effects. Environmental science & technology, 52(5), 3249-3256.
15. T. Inoue (2018), “Social Experiment in Suburban Area.” Presented at the 16th ITS Asia-Pacific Forum, Fukuoka.
16. P. J. Kiger (2015), Imagining the Driverless City, Urban Land, October 2.
17. A.C. Yang (2017)，「無人自駕巴士 EZ10 北市街頭測試驗收，下階段將從夜間到日間全線測試」, http://technews.tw/2017/08/05/taipei-city-government-phase-one-experiment-with-driverless-bus-ez10-of-easymile-complete/. Accessed September, 2018.
18. J.P. Wang (2018)，「臺灣自駕車產業關鍵一步，首輛國產自動駕駛小巴誕生」，https://www.ithome.com.tw/people/124729. Accessed September, 2018.
19. R.L. Chen (2018)，「體驗自駕車不必出國，南港車電展就能看到自駕車智慧駕駛了」，https://technews.tw/2018/04/11/you-wont-have-to-going-aboard-for-experiencing-self-driving-car-you-can-go-to-show-in-taiwan/. Accessed September, 2018.
20. 洪鈞澤等人（2017），臺南市運輸系統整體規劃 — 綜合運輸規劃，臺南市政府交通局研究專案報告書。

DOI: 10.6653/MoCICHE.201904_46(2).0012

公共住宅導入 BIM 於專案管理之應用 — 以「臺北市內湖區瑞光公共住宅」為例

趙紹錚／國立宜蘭大學土木工程學系 教授
范承志／國立宜蘭大學土木工程學系 助理教授
邱水碧／台灣世曦工程顧問股份有限公司專案管理部 協理
江秉修／台灣世曦工程顧問股份有限公司專案管理部 經理
黃寶翰／台灣世曦工程顧問股份有限公司專案管理部 副理
江炳祈／台灣世曦工程顧問股份有限公司專案管理部 正工程師
國立宜蘭大學綠色科技學程在職專班 研究生

建築物的生命週期係指建築物從規劃、設計、施工、使用及維護直到最終拆除的整個過程，在設計及施工的階段中，專案管理團隊主要工作係針對施工品質、成本、工期、安全、環境及風險進行有效的控管，並做為設計及施工單位間的溝通橋樑。本文以臺北市內湖區瑞光公共住宅為案例，應用建築資訊模型（Building Information Modeling, BIM）做為專案管理的雲端共同作業平台，探討使用 BIM 對設計及施工階段的專案管理效益。

本文彙整 BIM 作業管理架構，俾利專案順利推動。期許使業主、專案管理團隊及統包團隊達到三方面共贏成果。有關案例操作的部分，是以「臺北市內湖區瑞光公共住宅」為例，在統包制度採最有利標的操作模式，探討 BIM 專案管理應用，考量基本設計、細部設計、施工及竣工營運階段著手，以期建立有效的標準模式，提供後續業界公共住宅 BIM 應用參考案例。

前言

工程專案管理的執行過程中，最常發生界面衝突的時機多半是在施工階段，因此相關設計及施工單位間訊息傳遞的正確性顯得格外重要，為了避免產生施工界面衝突、資源浪費及進度落後等情形發生，運用 BIM 作為雲端共同作業的平台，將有助於設計與施工界面的整合[1]。從前在設計階段設計單位雖然已用 2D 圖形進行圖說的展現，但卻常因設計人員實務經驗不足，以致很難由圖面理解現場施工作業的程序及工程相關的界面衝突所在，而要借重資深工程師帶領下才能明瞭其中的細節，然而現階段藉由 BIM 的 3D 模擬，甚至加入工期的 4D 模擬，使設計人員更容易發現興建過程的界面衝突點，並設計出符合建造實況及美學的作品，另外，在施工階段設計單位與施工單位，透過 BIM 作為共同作業平台，可即時反應出施工界面衝突點，並檢討是否應該修改圖說，可減少施工錯誤的產生。

隨著電腦硬體效能的提升及工程應用軟體功能的開發，設計圖形的展現除了 3D 立體化之外，已可將圖形加入實際街景之中，展現出如圖 1 所示的成果，同時透過不同軟體的搭配，更可精準定位至興建位置，

圖 1　瑞光公宅願景圖

並將設計的建築物與周邊環境互相結合，可適時檢討興建過程中的交通動線、工程材料運距及周邊環境的限制。建築生命週期是由規劃、設計、施工、使用及維護等整合而成，在規劃及設計階段先進行圖面的模擬，將可減少許多在興建過程中的界面衝突及資源浪費，因此 BIM 儼然已成為工程界爭相投入的領域，並朝營建高科技化及自動化的方向發展，本文從專案管理的角度，以臺北市內湖區瑞光公共住宅為例，探討專案控管過程中導入 BIM 的執行成效。期望在本案例的規劃設計及現場施工過程中，以專案管理的角度著手，減少施工界面的衝突及資源的浪費。

工程概述

臺北市目前面臨人口成長趨緩、人口結構呈現高齡、少子化及老舊建物比例逐年增加、房價高漲等課題，無論高房價反映出的是臺北市居住空間的環境價值或是人為的投機炒作而致，這些複雜與長久累積的問題，在台北市政府（業主）的權責範圍內，期以多元的方式達到健全住宅市場、滿足市民居住需求及提升環境品質政策目標。公共住宅設計結合「綠建築」、「智慧社區」的理念，以綠建築為基礎，導入智慧型高科技技術、材料及產品之應用，使建築物更安全健康、便利舒適、節能減碳又環保，期許健全住宅市場、滿足市民居住需求及提升環境品質政策。

本案例為內湖區瑞光市場基地，準備新建公共住宅的委託專案管理案，工程規模如表 1 所示，總樓地板面積為 45,385.2 m^2，完成 389 戶，結構型式為 RC 結構，新建地上 14 地下 4 層，最高高度 48M，樓層規劃如圖 2 所示，1F 為出入口大廳及智慧超市、2F 為參建單位、3F 為無障礙戶及社區公設、4F 至 14F 為住宅區、RF 為屋頂花園，基地東側為公館山，南側臨中山高速公路，西側臨基隆河與堤頂大道，北臨捷運文德站與捷運港墘站，交通便利生活機能良好。該基地現況

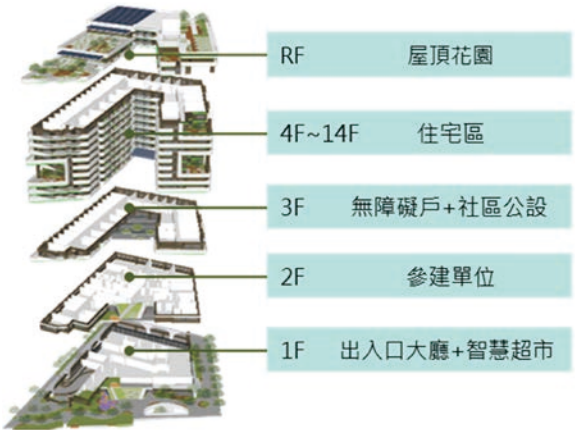


圖 2　樓層規劃圖

作為公有停車場及瑞光計程車休息站使用，土地使用分區為市場用地（公共設施用地）。基地位置如圖 3 所示，西側多為科技工業用地，東北及東南側多為住宅區及公園用地。

在設計構想的作業階段，本案例即導入 BIM 的概念，作為檢討設計構想（建築、結構、機電）的可行性，以符合未來使用之需求，避免造成各項資源之浪費；設計構想的展現如圖 4 所示，係利用意象三原素：第一個意象為流動，基地前有水塘、小溪流貫其中，將流動的意象隨著機能反映在建築形式上，每一個流動都有一個開始與結束，以綠籬為始，以院落結束，在建築立面上生生不息循環不已；第二個意象為起伏，公館山由東南向往基地降入地面，連結瑞光公園綠帶，隆起的基座，保持環境起伏的生命力；最後一個意象為框架，科學工業園區的媒體業以照相機視窗構圖框景，生活的節點以框景作為展示，生活的場景以影格相互串連，社區的場景以空中花園與公館山呼應交流。各樓層空間構想的展現如圖 5 所示，在戶外 1F 有戶外大階梯而進入 1F 住宅大廳塑造馨感受，往 2F 是社福大廳特別天花版吊飾有不一樣體會，3F 社區公設提供里民活動及開會空間，在各層住戶有挑空的交誼空間，在 14F 露台有屋頂花園提供住戶休閒場所，各公共空間並引進對鄰里芳鄰有益且必要「公共服務設施」、「社會福利設施」、「身障服務空間」、「智慧超市」、「智慧電網」，創造社區室內外空間設計及軟硬體設備皆滿足全齡層的全齡健康宅，並透過街景透視圖，展現出如圖 6 所示的結合現代化都市街景外觀。

圖 3　基地位置圖

表 1　工程規模分析

業主	臺北市政府都市發展局
專案管理暨監造	台灣世曦工程顧問股份有限公司／陳章安、宋哲賓建築師事務所
統包團隊	建國工程公司／中保科技公司／蕭力仁建築師事務所
公告招標日	106 年 3 月 27 日
決標日	106 年 5 月 12 日
統包費用	新台幣 1,655,133,418 元（智慧：3%／設計：1.6%）
開工日期	106 年 10 月 16 日
工期期限	決標日起算 1057 日曆天完工（預定 109 年 4 月 25 日竣工）
土地資訊	建蔽 49.98%，容積 43.79%，開挖 72.43%（80%_560%_90%）
總樓地板面積	45,385.2 ㎡（統包需求 45,376 ㎡），完成 389 戶
結構型式	RC 結構，新建地上 14 地下 4 層，最高高度：48M
汽 / 機車位數	汽車 244 席／機車 285 席／裝卸車 4 席（233_271_4）

圖 4　設計構想展現圖

專案管理工作項目

本案例專案管理團隊的角色定位為擔任業主『諮詢顧問』、『代理人』、『技術幕僚』及工程專案的『溝通協調者』[2]，協助業主有效率的推動工程，並做好進度、

圖 5　公共空間展現圖

圖 6　街景透視圖

成本、品質管控及各種風險預警與因應對策，透過各階段有系統整合的管理工作，以期達成縮短工期、降低成本及維持工程品質的目標。

由於業主本身已設置有工程管理科辦理本工程興建之相關業務，且具備相當優異的專業能力，專案管理團隊則輔以其人力不足之處，提供足夠的專業人力協助在工程施工過程的相關事務，相關專案管理工作項目如表 2 所列。

專案管理工作核心

綜觀整個工作項目，統包工程專案管理是本案的成功關鍵，因此工作重點在於遴選優質統包團隊，並進行有效管理，工作的核心價值為「提升工程執行效率」及「確保工程如期如質如度」。本案採用全方位的專案管理模式，團隊中具有許多執行過金質獎及金安獎經驗的成員，在設計方面

表 2　專案管理工作項目

項次	工作項目
(一)	專案管理項目
1	綜整及督導計畫執行過程的技術服務工作，於設計、施工、驗收及移交等階段性作業代理都市發展局執行品質、進度、成本之審核及管控。
2	統包招標文件製作及審查，並協助辦理招標文件公開閱覽、修正、公告及疑義處理工作，以順利徵得具能力、專業的統包團隊進場服務。
3	設計諮詢及審查，另負責督導、整合、協調、管制各專業設計作業，並提供設計專業諮詢建議及審查設計單位估驗計價作業。
4	施工及監造督導與履約管理之諮詢與審查，且督導、協助監造及統包團隊辦理估驗計價、變更設計、驗收移交等相關事宜，以利全案進度管制計畫推動。
(二)	監造管理項目
1	施工前： 提送「監造計畫書」及相關人員等資料送市府都市發展局核定，並於工程開工前提供統包團隊配合辦理。
2	施工中： (1) 就設計採用工法，監督統包團隊之設計單位對所屬施工廠商實施施工前說明會或專業教育，提昇施工廠商履約品質。 (2) 依監造計畫對統包團隊所提出相關文件進行詳細審查，並現場比對抽驗，將結果填具品質抽驗紀錄表。發現缺失，確實要求統包團隊限期改善，對重大缺失同時告知市府都市發展局，以利追蹤管制。 (3) 審核（簽證）統包施工廠商施工計畫、品質計畫、預定進度、施工網圖、施工詳圖、器材樣品、試車計畫、訓練計畫、操維手冊等及其他各種作業表單，並提供有關施工改進意見，依市府都市發展局規定之權責劃分表辦理。 (4) 監督統包團隊及協辦處理工程設計及施工疑義。 (5) 辦理工程（分段）查驗，審查材料樣品、材料檢（試）驗、重要分包商及設備製造商資格。 (6) 監督統包團隊依施工網圖之施工項目完成建材送審期程，並管制材料採購適時進場使用。
3	完工後： (1) 協助統包團隊於完工後驗收前完成送水、電、瓦斯等申接工作。 (2) 監督製作及審查統包團隊完工報告、結案資料，並完成初驗前完工查證，報請及協助市府都市發展局辦理初驗及正式驗收事宜。

採用符合本案需求的專業顧問群，且在雲端資訊平台使用已執行多案成功的 ProPM 資訊平台，同時善用 BIM 整合技術及全方位專案管理服務（Total Servise）。在統包工程過程中，由於係採邊設計邊施工的方式進行，因此更有賴於專案中各成員的相互配合，建築師的圖面設計應充份與施工現場配合，一般常見的缺點為現場已要施工而設計圖尚未完成，導致施工圖無核可依據，造成工程延宕，剛開工就要彙寫趕工計畫，所以工程進度的掌握格外重要，專案管理的角色即是明確告知工作目標，訂出施工管理工作核心，帶領團隊往前，以提升整體工程效率，專案管理作為之說明如下：

簡化管理流程

藉由專案管理團隊與業主間的不斷溝通說明，縮短文件往來的程序將有助於工程順利進行，而管理不一定要填寫表單，也不一定會留下紀錄，但訊息一定要即時讓業主知悉，業主重視實質且有效的管理來解決問題，彼此屬於合作夥伴並非對立關係，本專案執行過程的努力所回饋，就是業主信任及專案推動的成果展現，這完全歸功於業主的支持，也就是正面循環的結果。

鄰里溝通與說明

專案管理團隊在規劃階段已事先主動拜會鄰里長，並進行敦親睦鄰的工作，在設計及施工階段亦偕同統包團隊，向鄰里長溝通說明興建之進度，以取得當地鄰里長及居民的認同與諒解，藉由良性互動並配合佳節參與鄰里活動，取得雙方信任便可大大減少工程延宕之風險。

持續的工作協調

工作會議是由業主、專案管理團隊、監造單位及統包團隊共同召開，每週固定一次召會，討論事項主要為工程進度、工程品質及勞安管理；專業技術協調會議是由專案管理團隊、監造單位及統包團隊共同召開，每週固定一次召會，討論事項主要為預定提報業主討論事項，換句話說就是工作會議的會前會；工地協調會議則是由監造單位及統包團隊共同召開，採每週固定一次或臨時需要協調時召會，討論事項主要為工地施工時所面臨問題，無法處理或決定時，可依序提報專業技術協調會議或工作會議商討。

ProPM（Proactive Project Monitoring）工程執行管控追蹤系統

本案的專案管理資訊整合係採用「ProPM（Proactive Project Monitoring）工程執行管控追蹤系統，其功能介面如圖 7 所示，包括計畫行事曆、工程進度彙整、待辦事項追蹤、計畫圖文管理、計畫書送審管理、計畫大事紀要、稽催警示提醒及現地影像紀錄等功能。以此系統做為本案相關參與單位間即時資訊傳遞及視覺化遠距管理之協同工作作業平台，有效列管追蹤工務事項、推動工程進度及掌握計畫脈絡。

圖 7　ProPM 專案管理資訊系統介面及功能

營建管理資訊行動化

管理之良窳，繫之於「人」，數位化的營建管理可以提昇作業效率，並增進即時而完善的卓越服務。工程師在工地現場可透過隨身攜帶的行動裝置，利用APP輕易調閱相關圖資，或將查驗紀錄及巡檢照片等資料上傳至雲端共同作業平台，隨時達成營建管理資訊行動化的目標如圖8所示，可讓現場工程師掌握最新圖資及提供即時查驗紀錄。

專案進度管控

本案採用工程界通用，且軟體相容性較高的Microsoft Project，做為進度管理的工具，針對各項履約期程進行評估及排程，並於各階段預定作業期程及查核重點做有效的控管，規劃設計、統包招標、統包設計及統包施工等各階段預定作業期程及查核重點說明如圖9所示。

本案的計畫期程如圖10所示，劃分為十大里程碑，自106年5月13日的決標開工起，歷經都市設計審議通過、開工典禮、連續壁工程完工、建管開工備查、主體結構開工、地下結構完成、地上結構完成，直至109年4月25日的工程竣工，專案管理團隊將確保工程能如期完工。

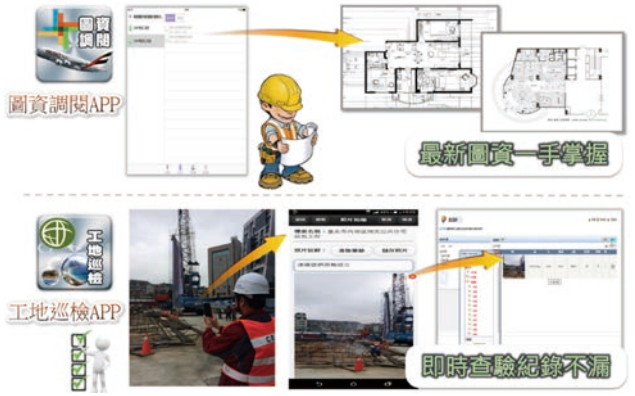


圖8 營建管理資訊行動化

圖9 各階段預定作業期程及查核重點說明

專案管理團隊於工程進度的督導作為

1. 督導統包團隊配合細部設計核定及工期展延提送修正進度網圖，以利時程管控。
2. 督導統包團隊提送預審文件，並要求送審承辦人員及監造審查人員加強溝通與討論，以縮短送審時程。
3. 督導統包團隊運用三周進度表預排之施工項目及期程管控實際施工工期及進場人數，落實管控執行工率。
4. 督導統包團隊以BIM模型溝通送審內容，縮短達成共識時間。
5. 每周召開「專業技術協調會」管制設計及施工進度，排除施工窒礙問題，並要求監造單位於「每周施工協調會議」及「每日收工會議」持續管制現場進度。
6. 督導統包團隊施工前召開施工說明會，說明施工數量、進度、施工順序，並由統包團隊品管人員說明自檢品管步驟及流程，再由監造人員說明抽驗頻率及流程，以加速施工及檢驗流程。
7. 督導統包團隊預排材料進場數量及時間，預備各項材料檢驗項目之準備工作，以縮短降低材料待驗時間。

專案管理團隊於工程施工的督導作為

1. 本案的品質管理架構如圖11所示，專案管理團隊督導並偕同監造單位採取施工前、中及完工後之分階段計畫性及系統性措施，針對統包團隊實施品質管理所須之組織架構、職掌、程序、製程與資源等予以規範，並闡明對品質稽查之程序及要求，使統包團隊能對各項事務充分瞭解，以建立完整之品質管制系統；並透過充分良好之互動溝通，方能落實執行，以確保本工程品質如式。

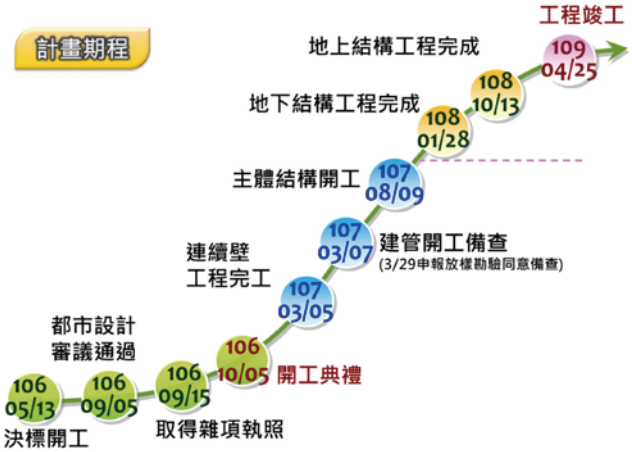


圖10 計畫期程

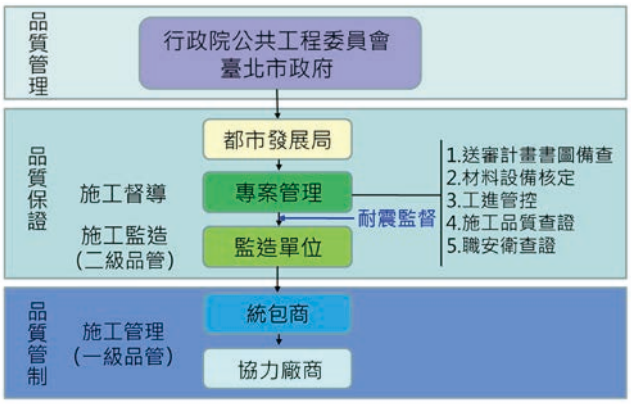


圖 11　品質管理架構

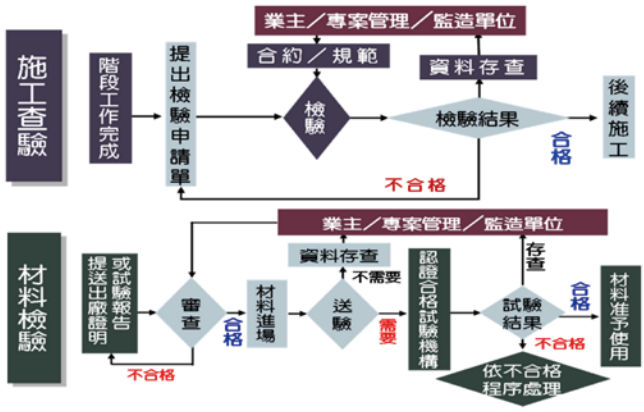


圖 12　標準化審查程序及檢驗文件

2. 依照「公共工程施工品質管理制度」規定擬定品質保證計畫，專案管理團隊督導工程落實「先審後驗」、「先驗後用」之管理機制，標準化審查程序及檢驗文件如圖 12 所示，施工時的各項檢驗作為，均留下紀錄，來落實計畫管理與品質保證，搭配專業技術團隊支援，即能如質、如量、如期圓滿達成任務。
3. 督導統包團隊施工前召開施工說明會，說明施工數量、進度、施工順序，並由統包團隊品管人員說明自檢品管步驟及流程，再由監造人員說明抽驗頻率及流程。建立品質目標共識，確立管理標準，以利施工品質管控。
4. 督導統包團隊於施工前以 BIM 模型進行檢視，以加強施工正確率及提升現場施工品質。
5. 督導統包團隊預先建置施工模型，釐清現場工作界面及確認施工品質管理標準，作為管控施工品質之依據。
6. 督導統包團隊安全衛生及環境保護自主檢查，減少安全性缺漏及環境汙染之情況發生。
7. 督導檢查工地人員出勤、品質文件紀錄、職安衛環保、施工品質執行成效，以期達成提昇品質優良之目的。

BIM 於建築生命週期導入

公共住宅導入 BIM 技術於專案管理中，藉由 BIM 模型來探討專案控管成效，在設計、施工專案管理、營運管理範疇如何有效管理施工品質、成本、工期、安全、環境、風險評估。並協助後續業主營運管理，綜上所述，本文研究目的如下：

1. 探討 BIM 在公共住宅統包工程案執行效能分析。
2. 藉由本公共住宅案例操作，由基本設計、細部設計、施工階段探討 BIM 與實際操作之應用成果。
3. 探討 BIM 專案管理流程建立有效的標準模式，提供後續業界公共住宅 BIM 應用參考案例。

BIM 專案管理範疇

本案 BIM 服務範圍為「臺北市公共住宅新建工程第 1 標（第 1-3 項內湖區瑞光市場基地）」委託專案管理（含監造）技術服務，配合工程進度分為三階段，規劃作業、統包作業及竣工三階段執行 [3]。

本團隊依據本案屬性編製「BIM 建置準則與工作執行計畫書」，界定服務期程各階段 BIM 功能，作為專案管理及統包團隊 BIM 執行依據，並於執行期間因應現況更新。BIM 建置準則與工作執行計畫書內容，以六大要項分述如下。

1. 服務範圍
2. 各階段組織架構與作業流程
3. 規劃作業階段 BIM 作業準則（含 BIM 擬應用之作業軟體與版本）
4. 統包階段 BIM 管理作業要點
5. 作業期程及交付項目（附計畫綱要進度表）
6. 提交給業主之書面報告、文件清單

BIM 作業內容及準則

BIM 作業內容與準則，適用於規劃設計、統包設計與統包施工各階段，做為統包團隊進行 BIM 作業之執行規範。並且依據「建築資訊模型（BIM）作業準則」進行 BIM 管理作業，若統包團隊對 BIM 作業有更妥善辦法與建議，可於其依約提出之「BIM 工作執行計畫書」載明，經審查轉送業主核定後實施。

BIM 建置標準為建置 BIM 模型所必須遵循的準則，BIM 作業常被安排成多人協同作業，所以必須有共同的標準，透過標準才能產出品質一致的模型。BIM 應規範之標準包含：檔案命名原則、樣版檔。依據本標準製作 BIM 模型，後續維護模型更新較為可行，即便是更換模型編輯者也可順利銜接。本案規畫所有的模型建置皆依據本案 BIM 模型建置標準（BIM Standard）來執行，確保每個人員製作模型的品質達到標準，檔案能互相連結及同步。以下概述本案 BIM 作業標準基本規範。

協同整合規範

專案中，各階段之作業涉及各專業人員之協同、模型之整合、及建築、結構、機電圖說、檔案文件之管理，本章說明協同整合之執行架構及流程。

本案作業模式運用 Revit 技術協同作業機制，達成專業分工溝通整合的目的。乃運用工具中「工作集」的機制，建立中央檔案（Central Model）及個人的本端副本，並以專案特性分配工作集，使多位使用者同時處理一個模型檔案，並能及時將成果同步回傳中央檔案中。

各專業間的模型整合採取「連結」模式，當本端副本模型資料有變更時，當日需將成果同步回各專業之中央模型（Central Model）檔案，由 BIM 設計檢核（協調）人員依據各專業設計進度不定期發佈更新資訊與相關專業設計者，再由各專業人員依據發佈版本進行更新及接續作業。

BIM 作業環境

BIM 軟體規格

本專管團隊規劃設計構想階段的 BIM 模型，採用目前市面普遍使用之 BIM 軟體，以 Autodesk Revit 軟體 2016 版本進行本案 BIM 模型建置（圖 13、14）。模型整合軟體使用同公司旗下，具審閱、整合、衝突檢討功能之 Navisworks 系列軟體如圖 15、16 所示，可減少與 Revit 模型介面銜接問題，達到最佳整合性，模型檔案並可轉匯至 BIM 軟體通用之 IFC 格式，可確保本階段模型成果提供未來統包團隊檢視，作為設計參考使用無虞。

本案使用 BIM 軟體以 Revit 2016 版為原則，但專案執行至統包階段，則開放統包團隊可自行選擇適用 BIM 軟體及版本，但檔案以能提供本專管團隊及業主進行審查作業為原則。

圖 13　BIM 模型建置工具

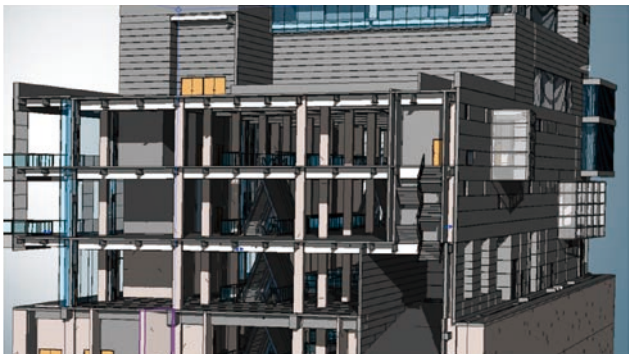


圖 14　Revit 建置模型成果示例

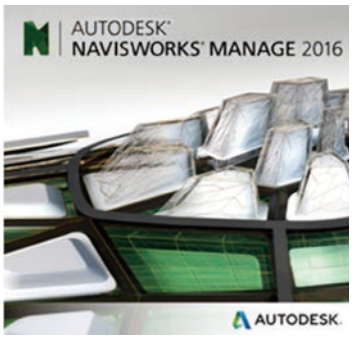


圖 15　Navisworks 模型整合工具

圖 16　Navisworks 虛擬實境漫遊示例

硬體規格

本案 BIM 作業硬體設備可符合進行 3D 設計及高運算顯示效果之配備，亦可達成本案順利執行之需求，相關規格如表 5 所述。建議執行 BIM 模型檢核、設計與圖面輸出之硬體規格等同。

表 3　硬體規格建議

型式	桌上型電腦	
規格	處理器	Intel Core i7-4770（3.4GHz）四核心
	晶片組	Intel Q87
	顯示卡	獨立 NVIDIA GeForce GTX 760 2GB 或以上
	RAM	16GB DDR3/1600 低電壓， Max 32GB（DIMM*4）
	HDD	1TB SATA
	ROM	DVD Super Multi DL 燒錄機
	裝置空間	外部 5.25 吋 *2、3.5 吋 *2、內部 3.5 吋 *2
	I/O 介面	USB2.0*6、USB3.0*2、麥克風及耳機插孔、 RJ-45 網路埠、序列埠、D-Sub（VGA）、 DVI-D
	其他	Intel 虛擬化技術（VT-x）支援 / Vpro 技術支 援 / 500W 電源供應器
	作業系統	Windows7 64 位元專業版

協同作業檔案管理

本階段 BIM 管理平台係採用 Autodesk BIM 360 建立專案群組檔案資料交換之管理平台如圖 17 所示，由本專案 BIM 協調人負責文件管理。此平台提供檔案雲端貯存、開設資料夾及設定使用者權限、線上瀏覽模型檔案進行虛擬行走、意見留言、檔案版本更新郵件通知 … 等功能，並且於平台內各使用者之使用動作（例如：上傳檔案、下載檔案）皆會留存紀錄、具有良好回溯性。

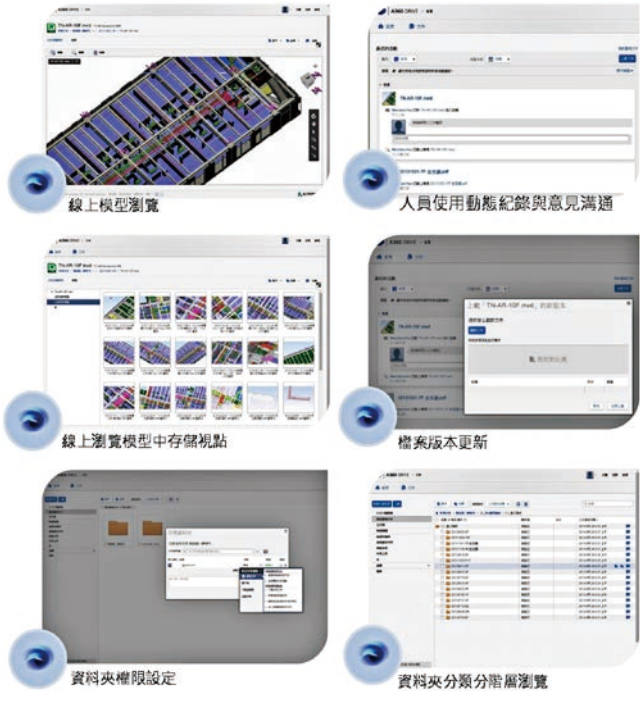


圖 17　BIM 檔案管理平台功能

可藉此平台協助團隊人員取得共同溝通模型，並執行線上審查 BIM 2D/3D 設計成果，針對交付成果依據工作階段、交付期程及資料格式及作業人員設立資料夾權限，建築師、各專業工項設計者須於設計成果審查會議前依據指定資料夾提送最新版本圖面、模型、或會議文件。

後續於統包招標文件，得開放統包團隊自行提報具專業之協作平台軟體（例如：ProjectWise），並需配合執行 BIM 計畫書之流程及時程提送 BIM 工作成果。

BIM 工具技術導入成果說明

統包設計階段

督導統包團隊設計作業須透過 BIM 進行設計作業，包含建築、結構、機電模型並依實際之外型、尺寸、位置、高程、材料、數量等進行建置工作，工作項目如下：

Green BIM 之應用

由於本案亦有綠建築指標，因此利用 Green BIM 進行綠能分析，以做為方案設計的參考依據，如圖 18 所示，進行分析的項目有最佳方案選擇、都市風環境分析與優化、建物太陽熱得量分析與優化及室外日照陰影模擬等，並於基本設計階段提送 BIM 成果分析資料。

由 3D 模型產出 2D 圖面

統包施工階段所需之各專業施工圖說須藉由模型產出，模型與圖說須有連動之關係。除受限於軟體功能且經業主核可之詳圖或示意圖，可視需要再藉由 2D 作業平圖、立面、剖面圖說補充如圖 19 至圖 21 所示。

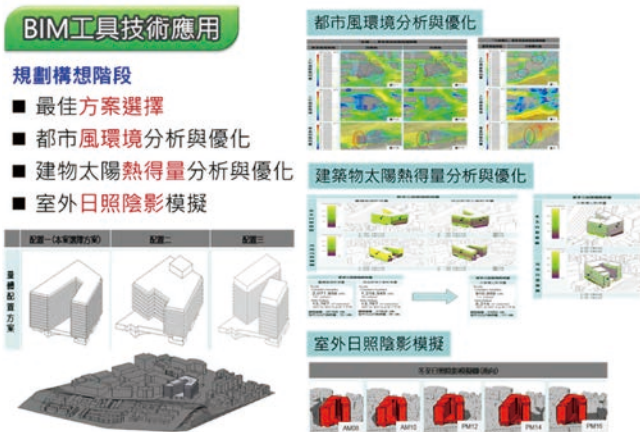


圖 18　BIM 工具技術應用

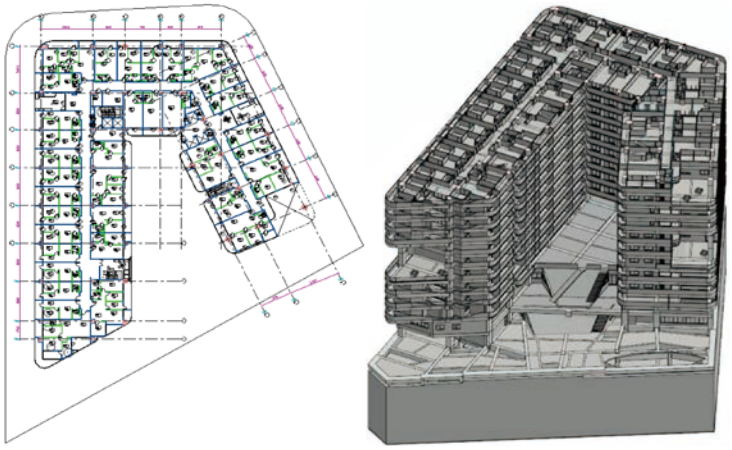


圖 19　平面圖產出

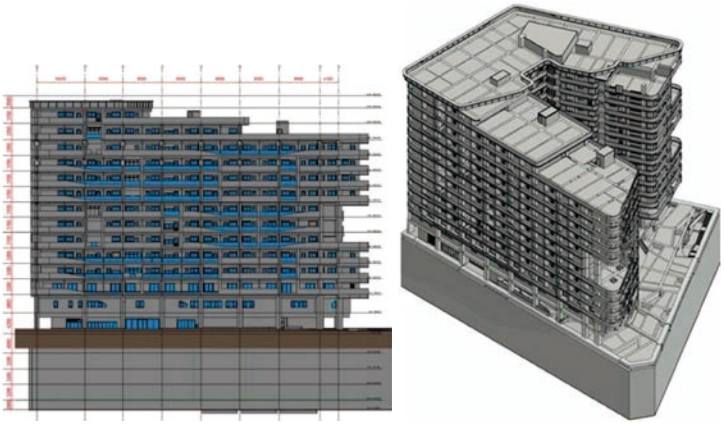


圖 20　立面圖產出

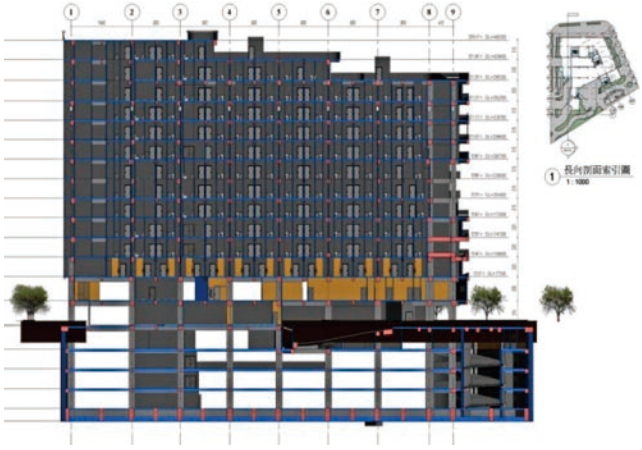


圖 21　剖面圖產出

連續壁入岩盤深度建置

連續壁深度由基地地質鑽探資料及大地技師計算分析而定，藉由 BIM 應用連續壁入岩盤深度建置如圖 22 所示，讓工地現場施工人員產生 3D 視覺化效果，利於工地整體施工管控。

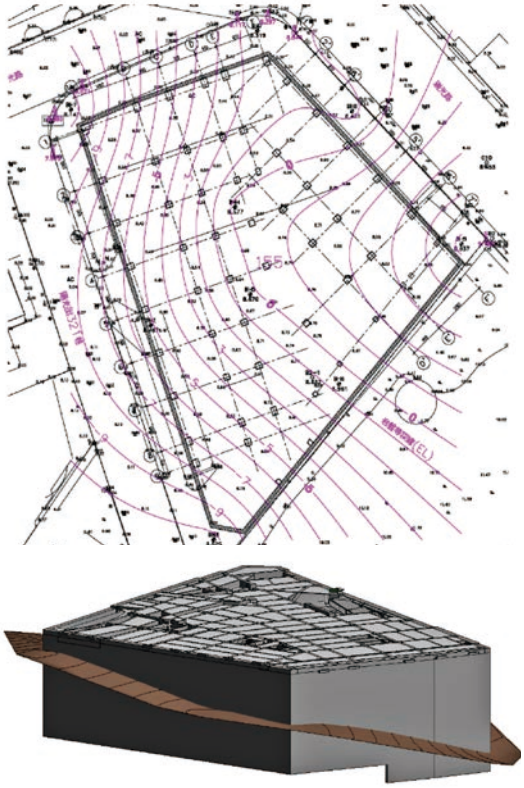


圖 22　連續壁入岩盤深度建置

統包施工階段

標準層走道淨高檢討

室內高度的舒適度大大的影響生活品質，藉由 BIM 標準層走道淨高檢討如圖 23、24 所示，將天花版內所有管線預擬全部排出，平均分配得到最佳天花版高度。

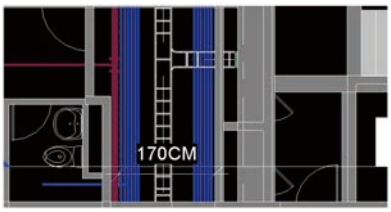


圖 23　淨高檢討平面圖

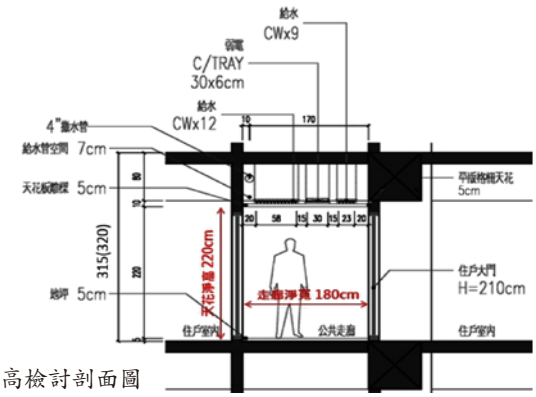


圖 24　淨高檢討剖面圖

地面一層室內樓板高程檢討

基地一層高程往往是高程變化最大，同時配合週邊環境地形相呼應，利用 BIM 地面一層室內樓板高程檢討如圖 25 所示，減少重工並節能減碳。

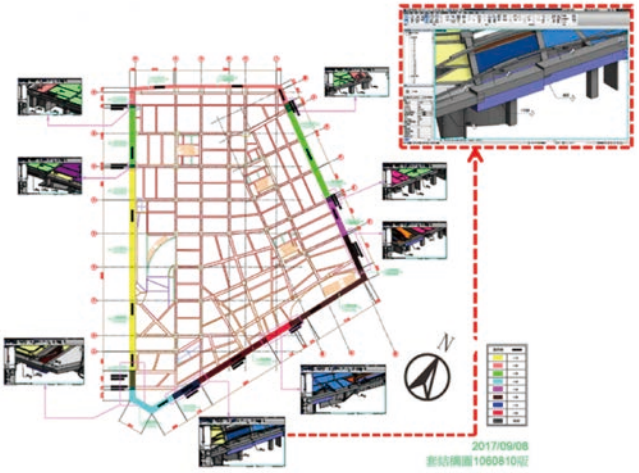


圖 25　一層室內樓板高程檢討

梁柱接頭鋼筋綁紮模擬

本案執行耐震標章設計審查，耐震委員特別提醒本工程上部結構平面呈 ㄇ 字型不規則結構，梁柱接頭鋼筋現場施工較為困難，以 BIM 工具先行模擬如圖 26 所示，減少施工衝突，同時於工地現場施作比例 1:1 鋼筋梁柱接頭樣品如圖 27 所示，讓施工人員了解品質標準，減少重工及提升整體施工品質 [4]。

衝突檢核報告

利用 BIM 衝突檢核報告如圖 28 所示，定期於專業技術會議討論管控，同時同步上線平台共同操作找出問題，於月底記錄於每月提送 BIM 月工作報告。

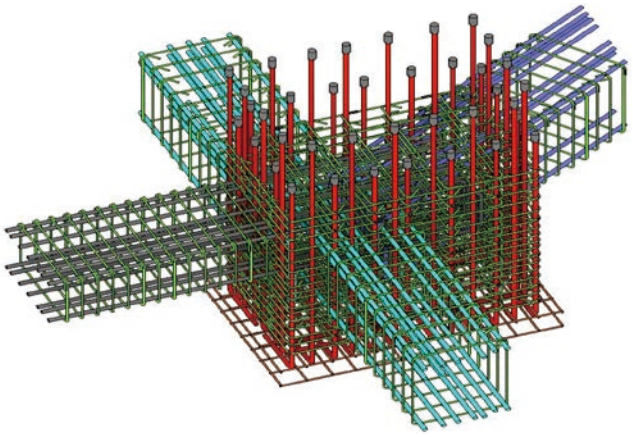


圖 26　BIM 工具梁柱接頭鋼筋綁紮模擬

圖 27　比例 1:1 鋼筋梁柱接頭樣品

Webim Sync模型圖疑表

項目	編號	問題內容	模型版次	建立日期	提出單位	提出者	RFI類型	回覆內容
1	14783	室外樓梯踏步收邊及手扶欄杆相對位置疑義	RG_20180118_01.nwd	20180217	台灣世曦	黃寶翰	建築次架構	室外樓梯目前結構高於樓版，基考慮之後防水壓層、磁磚厚度及滴水坡度，於裝修建置完成後會順平，欄杆位置會依照新圖修繪修改
2	14784	管路配置未完成且須注意包覆修飾美化	RG_20180118_01.nwd	20180217	台灣世曦	黃寶翰	機電	將於細部設計予以優化,並協調建築師於天花板細說時配合管路包覆修飾美化
3	14785	線是否未連接	RG_20180118_01.nwd	20180221	建圖	洪祥傑	建築主結構	依照新圖修正
4	14786	三樓戶外突全樑旁應為住戶陽台，非挑空裝飾欄杆	RG_20180118_01.nwd	20180221	監造事務所	羅仁均	建築次架構	依照新圖修正
5	14788	扶壁數量與03-01不符,連續壁貫入深度未依岩盤及各單元實際深度繪製	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	建置錯誤，依圖說修正
6	14789	1FL車道,採光天井之層孔都不見了	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	該圖層為輔助測量之圖層，未關閉之結果
7	14790	1F高低差收頭方式與S10-01不符	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	模型高程建置配合現地高程調整
8	14791	2FL階梯平台的B6-D4b大梁應完全接到柱子,且應為折梁與3FL相接	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	建置錯誤，依圖說修正
9	14792	CB2-A0應與5F及6F一樓為漸變斷面梁	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	建置錯誤，依圖說修正
10	14793	所有CB4-D'3及CB2-E'3及CB4-F'4皆為漸變斷面梁	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	建置錯誤，依圖說修正
11	14794	這些柱子應外包為圓柱	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	結構為方柱，待裝修層建置完成後為圓柱
12	14795	結構圖上示意這些屋突結構	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	依新圖修正
13	14796	結構圖示意這屋頂造型之構造方式	RG_20180118_01.nwd	20180224	監造事務所	羅仁均	建築主結構	依新圖修正
14	14797	五樓以下及六樓以上的柱線8/10及柱線B之牆為何不連續，似與結構圖不符，請釐清。	RG_20180118_01.nwd	20180225	台灣世曦	黃寶翰	建築主結構	白色烤漆金屬版，詳細部圖修正
15	14801	泵浦房出入口應為雙開門，以利維修	RG_20180118_01.nwd	20180228	台灣世曦	林文華	建築精裝修	依新圖修正
16	14805	門與2D平面圖不符	RG_20180118_01.nwd	20180308	台灣世曦	江明哲	建築精裝修	依新圖修正
17	14806	消防箱2D有，3D沒有	RG_20180118_01.nwd	20180308	台灣世曦	葉文賢	建築精裝修	依機電圖說修正
18	14807	3D沒有相關設備設施,是否為停車管制門檔	RG_20180118_01.nwd	20180308	台灣世曦	林鴻文	建築主結構	依機電圖說修正
19	14808	請考慮配管及維護空間	RG_20180118_01.nwd	20180308	台灣世曦	林文華	機電	已考慮最有效配管距離，目前無施工上之問題

圖 28　衝突檢核報告

界面整合疑義事項討論

要求各專業之模型須進行整合，執行介面衝突、施工可行性及空間合理性檢討，產出衝突檢核報告如圖 29 所示與設計解決方案，統包團隊須於第一次細部設計圖面審查提送時，合併提送空間自主檢查確認報告（含介面協調整合紀錄，豎向淨空（高）檢核報告），說明各專業設計協調過程及成果，確認設計之合理性 [5]。

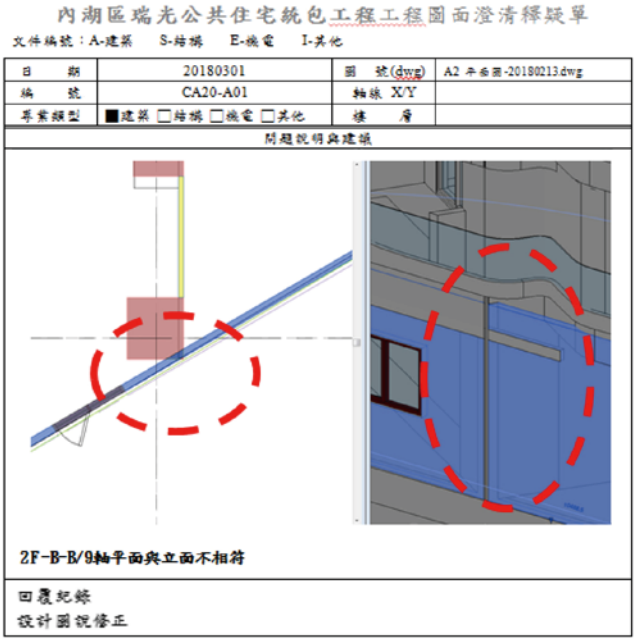


圖 29　界面整合疑義事項

BIM 協同作業平台

提供專門之場所以便進行團隊成員之 BIM 協同作業，所選用之 BIM 協同作業平台為 WEBIMSYNC，供業主、顧問公司、專業分包商於免費使用至竣工為止，各單位於此平台上進行檢討如圖 30 所示、紀錄工作，軟體功能。

圖 30　模型檢視

標註列表

本案服務規劃以 WEBIMSYNC 作為協同作業平台。統包團隊可利用各自的帳號登入雲端平台，同步更新最新的模型資訊，確保資料的正確性。在雲端平台中，專案管理者線上瀏覽模型檔案進行虛擬行走標註衝突留存紀錄如圖 31 所示，請統包團隊定期檢核並於雙週 BIM 工作協調會議回復。

圖 31　標註列表

標註意見截圖追蹤

BIM 協同作業平台，供專案管理單位在平台上進行標註如圖 32 所示，找出問題並標註位置及定期追蹤改善成果。

圖 32　標註意見截圖追蹤

基地與 BIM 模型放樣檢測

目前各樓層混凝土澆置完成隔日進行測量放樣，同時運用 BIM 檢核現場放樣位置與模型相對位置是否一致如圖 33 所示，並由監造單位複檢，並檢測是否符合圖說要求。

圖 33　BIM 模型放樣檢測圖示

結論與建議

透過本案操作歸納出前述之應用成果，提出以下幾點結論：

結論

統包工程，BIM 協助專案管理功效提昇

國內的建築工程因為其施工程序及內容保守，容易讓人誤解，整體工程價值、品質提升及管理是需要工程師一同努力，推論式品質讓民眾印象深刻，由於 BIM 可藉由前期規劃設計願景完整呈現，很容易了解未來的房子現況一目了然。

由於是新的技術與舊有工程慣例不同，BIM 工程師很難駕馭工地主任，惟有專案管理藉由定期協調開會及律定 BIM 討論方針，執行才有成效，本案是由台灣世曦公司專案管理，又適逢在公司旁所以是以指標工程方式整合運作，並以取得金質及金安獎為標竿。

統包工程合約上 BIM 預算費用需編列合理

公共工程未編列合理 BIM 預算費用，以工程界就有真實操作 BIM 及另外所謂後置 BIM 其效果及執行費用差異甚大，政府於統包招標階段考量日後 BIM 工作執行效能，建議一套公共住宅 BIM 計算標準金額（外國以獎勵容積率及履約保證金優惠），以期為後續 BIM 預算費用編列參考案例。

透過最有利標及評選機制找到信譽良好統包團隊

統包精神是一邊設計，同時一邊施工，需要優秀團隊才能展現最佳工程實績，金質獎、金安獎是必需取得並獲得肯定。

建築、結構、機電模型 3D 整合

於工程中導入 BIM 技術，可於設計階段完成多方圖說整合，尤其在機電與建築、結構的建置過程中，可以很有效地解決問題，並立刻提出改善方善，並確保大家的意見是一致的。

透過本案操作歸納出前述之應用成果，提出以下幾點建議：

建議

模型裝修建置，檢討結構體及完成面尺寸

細部設計階段進行裝修面材的建置，有助於檢討完成面尺寸是否足夠，並且確認原結構體的尺寸、形狀是否符合往後裝修面材的安裝，進而去微調設計尺寸如隔間、樓梯、車道等等 …，以利後續施工及請領使照的正確性。

線的建置，確保空間尺寸及淨高符合需求

隨著機電管線建置的越完整，越可以確認設計的完整性，如管道間尺寸及位置，機房空間的大小，天花板的淨高等等 … 都是符合規範及需求，一般來說光是建築及結構的尺寸是沒有什麼大問題，都是套繪機

電後才會浮現問題，所以將管線建置的越完整，越可以避免發生規劃及施工上的錯誤。

工程數量產出的意義

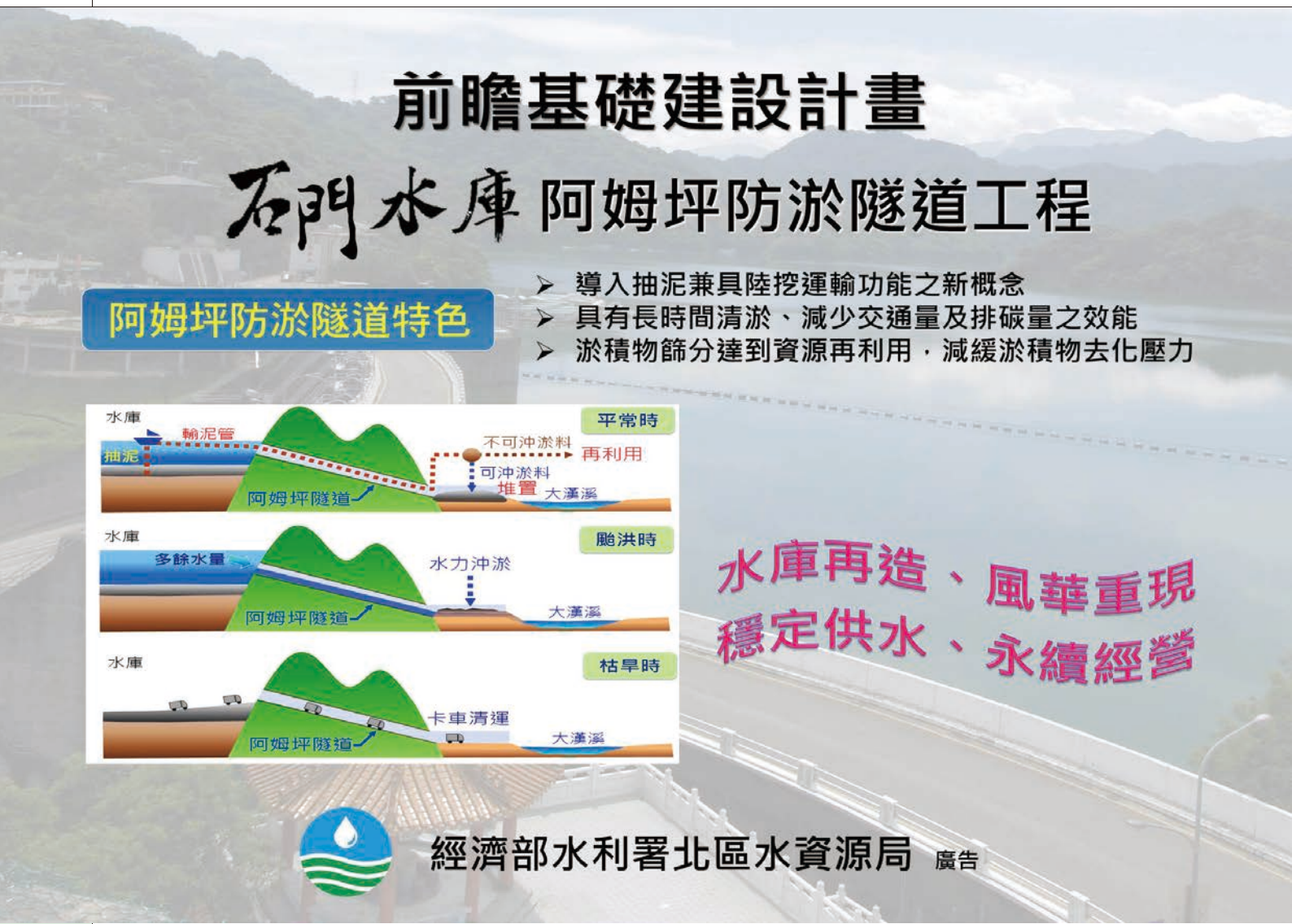
圖面越詳細，模型越正確，提供出的明細表數量就會越符合實際數量，以 BIM 模型來說，只要你有建置的物件就會有數量，因此假設圖說詳細的狀況下，數量的準確性是相當高的，這些數量不僅對於預算的檢討，施工的備料及施工時間的預估等等 … 都是相當重要的參考數據。

越是複雜越是需要 3D 呈現

模型的複雜度隨著階段會越來越高，景觀、裝修、機電、建築、結構通通整合一起後，若是用平面圖套匯只會看到一堆複雜的線條，最好的辦法就是用 3D 呈現才會一目了然，清楚地表達設計的想法，用 3D 去溝通才會省時，提高正確性。

參考文獻

1. 林星岳（2014），「建築資訊模型（BIM）於專案管理之應用 - 以新北市三重、蘆洲、淡水運動中心為例」，國立台灣科技大學建築研究所，碩士論文。
2. 行政院公共工程委員會編印，公共工程施工階段契約約定權責分工表（有委託專案管理廠商），2009。
3. 臺北市都市發展局等，「BIM 作業規範」，臺北市內湖區瑞光公共住宅（2017）。
4. 陳文雄（2014），「建築資訊模型應用於建築工程裝修整合之探討 - 以辦公大樓工程為例（背景）」，國立宜蘭大學綠色科技學程碩士在職專班，碩士論文。
5. 黃士種（2010），「建築資訊模型（BIM）之應用研究 - 以埔里工務段辦公大樓新建工程為例」，中華大學營建管理研究所，碩士論文。
6. 台灣世曦專案管理部，「BIM 專案管理在施工階段應用研發」台灣世曦工程顧問股份有限公司 105 年研發計畫成果報告（2016）。
7. 林利國（2008），營建工程品質管制，全華圖書股份有限公司。



廣告訂單

「土木水利」雙月刊
廣告價目表

（費率單位：新台幣元）

刊登位置	金額（新台幣元）	敬請勾選
封面全頁 彩色	60,000	
內頁中間跨頁 彩色	80,000	
封底全頁 彩色	50,000	
封面裏／封底裏 全頁彩色	40,000	
內頁全頁 彩色 （直式）	30,000	
內頁半頁 彩色 （橫式）	15,000	
內頁 1/4 頁 彩色 （直式）	8,000	
折扣	3 期 9 折， 4 期以上 8.5 折	

茲附上廣告式樣一則
請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致
社團法人中國土木水利工程學會

刊登月份：
○ 46.3（6月） ○ 46.4（8月） ○ 46.5（10月） ○ 46.6（12月） ○ 47.1（2月） ○ 47.2（4月） 共 次

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收掣據
請於刊登後檢據洽收

機構
商號 名稱： （請蓋公司印）

負責人：

地　址：

廣告聯絡人：

電　話：

廣告訂單聯絡：社團法人中國土木水利工程學會　電話：(02) 2392-6325　email: service@ciche.org.tw

---

98-04-43-04 郵政劃撥儲金存款單

收款帳號	0	0	0	3	0	6	7	8

金額 新台幣 (小寫)	仟萬	佰萬	拾萬	萬	仟	佰	拾	元

通訊欄（限與本次存款有關事項）

報名費
☐ 繳納 _____ 研討會
報名費 _____ 元

繳納會費
☐ 常年會員年費 1,200元
☐ 初級會員年費 300元

訂閱土木水利雙月刊，一年六期
☐ 國內・會員 新台幣 300元
☐ 國內・非會員及機關團體 新台幣 1,800元
自第___卷第___期起，___年期雙月刊____份

訂閱中國土木水利工程學刊，一年四期
☐ 國內・會員 新台幣 800元
☐ 國內・非會員及機關團體 新台幣 1,800元
☐ 國外・個人 美金 40元
☐ 國外・機關團體 美金 100元
自第___卷第___期起____年期學刊____份

收款戶名：社團法人中國土木水利工程學會

寄款人

姓名：

地址：□□□—□□

電話：

主管：

經辦局收款戳

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

◎ 寄款人請注意背面說明
◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

社團法人中國土木水利工程學會

信用卡繳納通知書

姓　　名	
會員證號碼	
身分證號碼	
卡　　別	☐ VISA ☐ MASTER CARD ☐ JCB
信用卡卡號	
信用卡簽名欄最後三碼	
信用卡有效期限	(月 / 年)
信用卡簽名	
繳費金額	

款　別 註：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費，入會費一人僅需繳交一次	**報名費** ☐ 繳納 _____ 研討會 報名費 _____ 元 **繳納會費** ☐ 常年會員年費1,200元 ☐ 初級會員年費300元 **訂閱土木水利雙月刊，一年六期** ☐ 國內・會員　新台幣300元 ☐ 國內・非會員及機關團體　新台幣1,800元 自第__卷第__期起，___年期雙月刊____份 **訂閱中國土木水利工程學刊，一年四期** ☐ 國內・會員　新台幣800元 ☐ 國內・非會員及機關團體　新台幣1,800元 ☐ 國外・個人　美金40元 ☐ 國外・機關團體　美金100元 自第__卷第__期起___年期學刊_____份
白天聯絡電話	
通信地址	

回覆請利用傳真：(02) 2396-4260 或 email：service@ciche.org.tw

回覆後請務必電話：(02) 2392-6325 確認，謝謝！

郵政劃撥存款收據注意事項

一、本收據請詳加核對並妥為保管，以便日後查考。

二、如欲查詢存款入帳詳情時，請檢附本收據及已填妥之查詢函向各連線郵局辦理。

三、本收據各項金額、數字係機器印製，如非機器列印或經塗改或無收款郵局收訖章者無效。

請　寄　款　人　注　意

一、帳號、戶名及寄款人姓名地址各欄請詳細填明，以免誤寄；抵付票據之存款，務請於交換前一天存入。

二、每筆存款至少須在新台幣十五元以上，且限填至元位為止。

三、倘金額塗改時請更換存款單重新填寫。

四、本存款單不得黏貼或附寄任何文件。

五、本存款金額業經電腦登帳後，不得申請撤回。

六、本存款單備供電腦影像處理，請以正楷工整書寫並請勿摺疊。帳戶如需自印存款單，各欄文字及規格必須與本單完全相符；如有不符，各局應婉請寄款人更換郵局印製之存款單填寫，以利處理。

七、本存款單帳號與金額欄請以阿拉伯數字書寫。

八、帳戶本人在「付款局」所在直轄市或縣(市)以外之行政區域存款，需由帳戶內扣收手續費。

交易代號：0501、0502現金存款　0503票據存款　2212劃撥票據託收

本聯由儲匯處存查 600,000 束（100 張） 94. 1. 210 × 110mm (80g/m² 模) 保管五年（拾大）

建構安全便捷的捷運系統

萬大-中和-樹林線

帶動都市再生與發展

打造經濟共榮圈

「植物園站」透視圖

捷運萬大-中和-樹林線第一期興建路段由中正紀念堂站起，全長約9.5公里，共設9座地下車站及1座機廠。

萬大-中和-樹林線

臺北捷運萬大-中和-樹林線「植物園站」

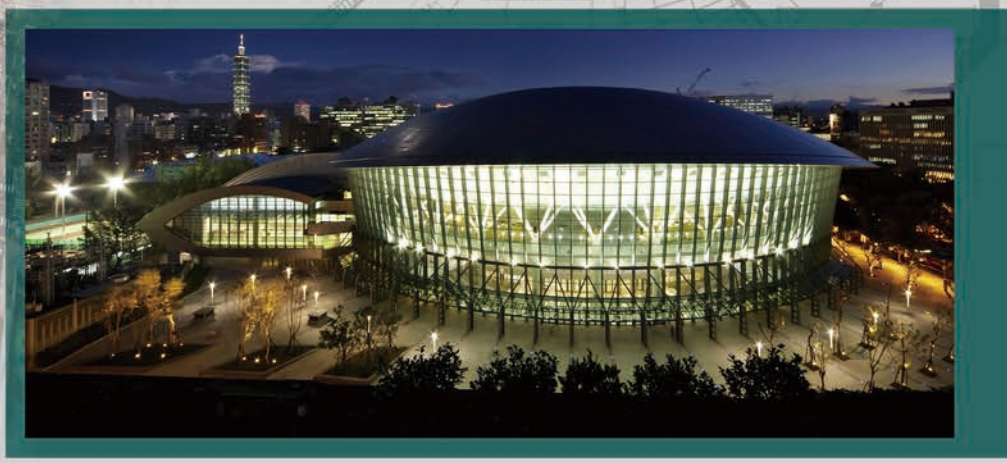
位於林業試驗所與國語實小間的南海路下方，是一座蓋在歷史遺址(植物園遺址)裡的車站，為妥善維護古蹟，保存珍貴文化資產，特將站體設計縮到最小，是臺北捷運站體規模最小的車站，並且將遺址的文化元素納入車站建築設計主題中。

臺北市政府捷運工程局
臺北市中山北路二段48巷7號
Tel: 886-2-25215550 http://www.dorts.gov.taipei

廣告

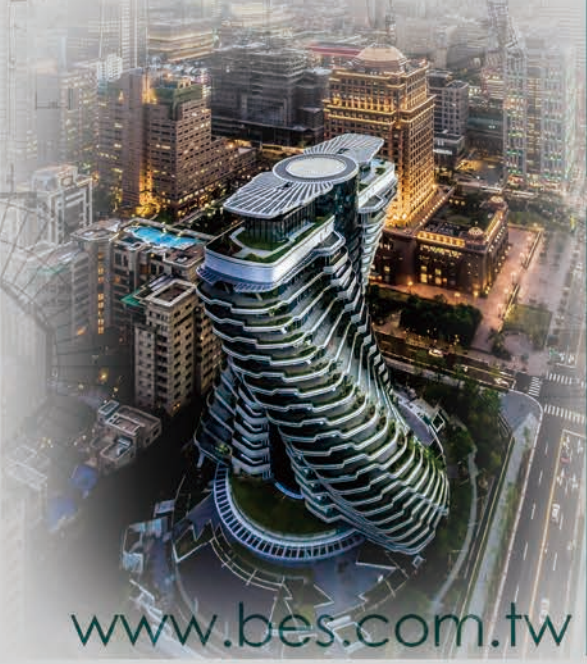
BES中華工程

SHAPING
THE FUTURE OF
CONSTRUCTION.



工程解決方案
最佳合作夥伴.

提供企業最佳的工程解決方案
絕對比你能想到的多更多.



www.bes.com.tw

專精本業，持續創新，在別人停下的地方我們繼續前進，專業施工，多元承攬，高效管理，品質卓越，配合業界首創之影音即時確認中心，更全面化導入建築資訊模型（Building Information Modeling），多樣化的優勢為業主創造最優勢服務。

多年的實務經驗更使得中華工程擁有興建大型精緻建築的專業技術，包括超高層建築、綠建築生態住宅、百貨商場、辦公大樓、工業廠辦、醫療大樓、學校、體育館，及大規模的社區開發營造等，具領先、厚實的能力，搭配BIM，運用在營建工程之規劃設計階段、施工階段、營運管理階段，避免錯誤設計、減少變更設計、縮短規劃施工程序，提供業主全週期及全方位的服務。

超過60年營造資歷，一同攜手再造未來。

BES engineering corporation
中華工程股份有限公司
台北市松山區東興路12號6樓
TEL:886-2-8787-6687

BES 優勢服務 創新價值 道義相挺 誠信負責
BES Engineering Corporation - Since 1950
6F,No.12, Dongxing Rd., Songshan Dist., Taipei 10570, Taiwan,R.O.C.
http://www.bes.com.tw