



學術研究論文 Academic Research Papers

1. 北投地區高齡者住宿式機構日常活動空間舒適性及二氧化碳分布之研究【楊承乾、蘇瑛敏】

Study of environmental comfort of daily activities and it's carbon dioxide distribution in the residential institutions for the elderly in Betou.
Chang-Chean Yang, Ying-Ming Su

27. 社會住宅包租代管計畫租金檢核方式之研究【葉姿妤、江穎慧】

A Study on the Rent Anomalies of Property Subletting for Social Tenants
Zih-Yu Ye, Ying-Hui Chiang

39. 外牆非破壞與破壞檢測方法之整合研究【廖硃岑、張孟修、林智捷】

Integrated Research on Non-Destruction and Destruction Detection of Exterior Walls
Chu-Tsen Liao, Meng-Hsiu Chang, Chih-Chieh Lin

53. 住宿式長照機構規劃階段之檢討項目重要性研究【楊詩弘、許文馨】

The Research on the Importance of Consider Items in the Planning Stage of Residential Long-Term Care Institutions
Shih-Hung Yang, Wen-Xin Hsu

實務應用論文 Practical Research Papers

67. 校園電表數據分析架構與需求端管理應用：以陽明交通大學為例【廖克軒、黃世昌】

A Framework for Campus Meter Data Analysis and The Application in Demand Side Management: A Case Study in NYCU
Ko-Hsuan Liao, Shyh-Chang Huang



發行人 Publisher	郭紀子 Ji-Zih Guo	台灣物業管理學會 理事長 President, Taiwan Institute of Property Management		
學報主編 Chief Editor	蘇瑛敏 Ying-Ming Su	國立臺北科技大學 建築系 National Taipei Univ. of Tech.		
編輯委員會 Editorial Committee	黃世孟 Shyh-Meng Huang	台灣物業管理學會 榮譽理事長 Taiwan Institute of Property Management	陳維東 Wei-Tong Chen	國立雲林科技大學工程科技研究所 National Yunlin Univ. of Sci. and Tech.
	李欣運 Hsin-Yun Li	國立宜蘭大學 副校長 National Ilan University	林祐正 Yu-Cheng Lin	國立臺北科技大學土木工程系 National Taipei University of Technology
	林宗嵩 Tsung-Sung Lin	華夏科技大學資產與物管管理系 Hwa Hsia University of Technology.	呂世通 Shih-Tong Lu	開南大學 國際物流與運輸管理學系 Kainan University
	杜功仁 Kung-Jen Tu	國立臺灣科技大學 建築系 National Taiwan Univ. of Sci. & Tech	黃盈樺 Ying-Hua Huang	國立雲林科技大學 營建工程系 National Yunlin Univ. of Sci. and Tech
編審會專門委員 Editorial Board	黃世孟 Shyh-Meng Huang	台灣物業管理學會 榮譽理事長 Taiwan Institute of Property Management	潘乃欣 Nai-Hsin Pan	國立雲林科技大學 營建工程系 National Yunlin Univ. of Sci. and Tech.
	江哲銘 Zhe-Ming Jiang	國立成功大學 建築系 National Cheng Kung University	鄭文彬 Win-Bin Cheng	景文科技大學 環境科技與物業管理系 Jinwen University of Sci. and Tech.
	邱英浩 Ying-Hao QIU	臺北市立大學城市發展學系 University of Taipei	蘇瑛敏 Ying-Ming Su	國立臺北科技大學 建築系 National Taipei Univ. of Tech.
	林建元 Chien-Yuan Lin	中國文化大學 環境設計學院 Chinese Culture University	孫振義 Chen-Yi Sun	國立政治大學 地政學系 National Chengchi University
	呂世通 Shih-Tong Lu	開南大學 國際物流與運輸管理學系 Kainan University	邊泰明 Tai-Ming Ben	國立政治大學 地政學系 National Chengchi University
	張智元 Chih-Yuan Chang	逢甲大學 土木工程系 Feng Chia University	金家禾 Chia-Ho Ching	國立臺北大學不動產與城鄉環境系 National Taipei University
	林祐正 Yu-Cheng Lin	國立臺北科技大學土木工程系 National Taipei Univ. of Tech.	洪鴻智 Hung-Chih Hung	國立臺北大學 不動產與城鄉環境系 National Taipei University
	荷世平 Shih-Ping Ho	國立臺灣大學 土木工程系 National Taiwan University	李欣運 Hsin-Yun Li	國立宜蘭大學 副校長 National Ilan University
	曾仁杰 Ren-Jye Dzung	國立交通大學 土木工程系 National Chiao Tung University	陳維東 Wei-Tong Chen	國立雲林科技大學工程科技研究 National Yunlin Univ. of Sci. and Tech.
	林慶元 Ching-Yuan Lin	國立臺灣科技大學建築系 National Taiwan Univ. of Sci. & Tech	林宗嵩 Tsung-Sung Lin	華夏科技大學資產與物管管理系 Hwa Hsia University of Technology.
	楊立人 Li-ren Yang	淡江大學企業管理學系 Tamkang University	曾惠斌 Hui-Ping Tserng	國立臺灣大學 土木工程學系 National Taiwan University
	杜功仁 Kung-Jen Tu	國立臺灣科技大學 建築系 National Taiwan Univ. of Sci. & Tech	黃盈樺 Ying-Hua Huang	國立雲林科技大學 營建工程系 National Yunlin Univ. of Sci. and Tech
副主編 Copy Editor	林宗嵩 Tsung-Sung Lin	華夏科技大學資產與物管管理系 Hwa Hsia University of Technology		
執行編輯 Executive Editor	陳建謀 Jiann-Mou Chen	華夏科技大學資產與物業管理系 Hwa Hsia University of Technology		
編輯助理 Editorial Assistant	張玉萍 Yu-Ping Chang	國立臺灣科技大學 營建工程系 National Taiwan Univ. of Sci. and Tech.		
期刊名稱 Title	物業管理學報 Journal of Property Management		ISSN 2076-5509	
出版期別 Issue	二〇二二年秋季號第十三卷第二期 Volume 13, Number 2, Fall 2022			
出版日期 Publication date	二〇二二年九月三十日 September 30, 2022			
出版者 Publisher	台灣物業管理學會 Taiwan Institute of Property Management (Tel) 02-2531-3162 (Fax) 02-2531-3102		104 台北市中山區南京東路一段 86 號 8 樓 801 室 Rm. 801, 8F., No. 86, Sec. 1, Nanjing E. Rd., Taipei, Taiwan, 104 E-mail: jpm@tipm.org.tw	
印刷廠 Printing	新生印務局 Newborn Printing			
期刊定價 Subscription	每期新台幣 250 元整 (不含郵資) USD \$10 per issue			
著作權 Copyright	任何轉印、轉載或翻譯，均須徵得本學會同意。 All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.			

目錄 Table of Contents

學術研究論文 Academic Research Papers

- 北投地區高齡者住宿式機構日常活動空間舒適性及二氧化碳分布之研究【楊承乾、蘇瑛敏】 1
Study of environmental comfort of daily activities and its carbon dioxide distribution in the residential institutions for the elderly in Beitou.
Chang-Chean Yang, Ying-Ming Su
- 社會住宅包租代管計畫租金檢核方式之研究【葉姿妤、江穎慧】 27
A Study on the Rent Anomalies of Property Subletting for Social Tenants
Zih-Yu Ye, Ying-Hui Chiang
- 外牆非破壞與破壞檢測方法之整合研究【廖硃岑、張孟修、林智捷】 39
Integrated Research on Non-Destruction and Destruction Detection of Exterior Walls
Chu-Tsen Liao, Meng-Hsiu Chang, Chih-Chieh Lin
- 住宿式長照機構規劃階段之檢討項目重要性研究【楊詩弘、許文馨】 53
The Research on the Importance of Consider Items in the Planning Stage of Residential Long-Term Care Institutions
Shih-Hung Yang, Wen-Xin Hsu

實務應用論文 Practical Research Papers

- 校園電表數據分析架構與需求端管理應用：以陽明交通大學為例【廖克軒、黃世昌】 67
A Framework for Campus Meter Data Analysis and The Application in Demand Side Management: A Case Study in NYCU
Ko-Hsuan Liao, Shyh-Chang Huang
- 台灣物業管理學會簡介、入會申請表；物業管理學報論文審查流程、投稿報名表 78
TIPM introduction, member registration; peer review process of JPM paper, paper submission

北投地區高齡者住宿式機構日常活動空間舒適性及二氧化碳分布之研究

Study of environmental comfort of daily activities and its carbon dioxide distribution in the residential institutions for the elderly in Beitou.

楊承乾^a、蘇瑛敏^b

Chang-Chean Yang^a, Ying-Ming Su^b

^a 國立臺北科技大學建築系暨建築與都市設計班 碩士 Master, Department of Architecture, National Taipei University of Technology

^b 國立臺北科技大學建築系教授 Professor, Department of Architecture, National Taipei University of Technology

論文資訊

論文審查紀錄：

受稿日期

2021年08月30日

審查通過日期

2022年04月15日

關鍵詞：

高齡者住宿式機構、舒適度、
二氧化碳分布

通訊作者：

蘇瑛敏

電子郵件地址：

ymsu@ntut.edu.tw

Article Info

Article history:

Received 30 Aug. 2021

Accepted 15 Apr. 2022

Keywords:

Residential institutions for the
elderly、Thermal comfort、
Carbon dioxide distribution

Corresponding author:

Ying-Ming, SU

E-mail address:

ymsu@ntut.edu.tw

摘要

據國發會最新資料推估臺灣於 2025 年高齡人口將突破總人口 20%，成為超高齡國家。相關文獻證明提升空間舒適性能促使高齡者身心靈健康，同時是提升生活幸福感的有効方法。臺灣家庭結構朝向雙薪小家庭傾向，傳統由家庭照護高齡者已無法因應高齡社會的需求，住宿式長照機構的需求勢必大幅增加。住宿式長照機構的室內空間舒適性逐漸成為關注的議題，高齡者生理敏感下降，但生理易受生活環境及自尊需求浮動。本研究以臺北市北投某住宿式機構為例，透過 Testo480 儀器進行夏秋季熱舒適和室內空氣品質實測，利用 CFD 驗證環境對住宿式機構之舒適度影響。

舒適空間主要因為日常活動空間周圍有遮蔽太陽輻射之物體且為當季迎風面或空間本身就難讓太陽輻射到達。而不舒適之活動空間則因採光良好，周圍空曠無遮蔽，同時尖峰使用人潮聚集等問題導致日常活動空間熱累積影響舒適性。人潮聚集雖影響室內部分熱上升，但相較自然環境因素影響要來的小。透過空間分流使用及高齡者衣著量減少，可有效提高室內通風效益及二氧化碳滯留外，同時改善高齡者於日常活動空間使用時有較佳的舒適性。

Abstract

According to the latest data from the National Development Council, it is estimated that the elderly population in Taiwan will exceed 20% of the total population by 2025. Relevant documents prove that improving space comfort promotes physical and mental health of the elderly. The family structure in Taiwan Province tends to be a small family with double pay, and the traditional elderly cannot meet the needs of the aging society by family care. The demand of residential long-term institutions is bound to increase greatly. Although the physiological needs of the elderly may have decreased, their mental states are vulnerable to the fluctuations of living environment and self-esteem demand. Taking a residential institution in Beitou District of Taipei as an example. The actual measurement of thermal comfort and indoor air quality in summer and autumn was carried out by Testo480, and the simulation was carried out by using CFD software. Verify the influence of environment on the comfort of residential institutions, and then provide suggestions for improvement.

The results show that the main reason for comfortable space is that there are objects shielding solar radiation around the active space, and it is difficult for solar radiation to reach the windward side of the season or the space itself. However, the uncomfortable activity space is characterized by good lighting and open surroundings. At the same time, the heat accumulation in daily activities space affects the comfort due to problems such as peak use of crowd gathering. Although crowd gathering affects the indoor heat rise, it is less affected than natural environmental factors. It can effectively improve the efficiency of indoor ventilation and the retention of pollutants by using space separately and reducing the amount of clothes.

一、前言

2018年邁入高齡社會(高齡人口佔14%)的臺灣,由於生活品質改善、醫療技術提升等,平均餘命延長,在人口老化急遽增加的同時,高齡者對機構的觀念與模式正快速改變。據國家發展委員會最新統計資料,預計2025年高齡人口將達470萬人以上。同時衛福部2017年統計,平均每3.3戶中就有一戶是高齡者,僅有高齡者居住的住宅更從10年前的33萬戶成長至今達到58萬戶,未來高齡者照顧高齡者的情況亦成為臺灣未來社會問題。衰老的過程中分為前、中、後三個階段,最初為居家照護,中段則為社區服務,後段則無可避免進入住宿型機構。衛福部統計臺灣至2024年,有90萬失能人口,若以人口之20%的機構使用率計算,就有18萬人有使用住宿式機構的需求。截至109年8月底全臺住宿機構包含老人福利機構、護理之家、榮民之家,共計1,666家,僅約11萬床。衛福部調查住宿式服務機構資源現況,現有機構之供給不足,全國佔床率僅約85.5%,推論原因包括地理位置不均、費用昂貴及現有機構之品質尚待提升。

但隨人口高齡化及家庭型態的改變及伴隨而來的疾病型態的慢性化、照護內容複雜化、照護時間長期化等趨勢下,家庭的照顧功能不如以往,對於有24小時長照需求的家庭,機構式照顧的需求逐漸增加。機構式照顧服務模式即是整合家庭、民間機構、團體及政府的力量,為高齡者提供完善的長期照顧服務措施,並補充、支持家庭照顧功能實為重要,因此長照機構的服務品質成為大眾關注的焦點。同時氣候環境直接影響著人們活動的安全性和舒適性,在城市快速發展的背景下,城市微氣候環境逐漸惡化,熱島效應、極端天氣、空氣污染等問題顯著,尤其惡劣的氣候環境對高齡者影響更為明顯。因此,營造一個符合高齡者行為特徵和特殊需求的日常活動環境便顯得格外重要。未來高齡者生活無法自理時,需入住長照機構轉換生活空間,定會期盼既安心、品質好又舒適的機構。高齡者由於體溫調節機能下降,對熱舒適的感知與青壯年不同,臺灣濕熱的氣候形態,易出現熱舒適等問題。本研究從高齡者舒適的角度,考量高齡者對活動空間有特殊需求,透過熱舒適度

的實測研究方法及室內CFD模擬技術,探討不同季節室內不同大小的活動空間、人數的多寡是否影響舒適度及二氧化碳濃度,同時進行ISO、ASHRAE、CNS15537及亞洲高齡者熱舒適標準的比較,營造讓高齡者感到舒適的活動空間。本研究採用熱舒適度PMV進行系統性評估與分析。

二、文獻整理

2-1 室內通風及環境空氣品質

舒適環境向來都是人類追求的理想型態,隨著都市快速發展,都市地區的熱島現象日益嚴重,導致如都市氣候乾燥化、日射量減少、雲量增多、霧日增加、降雨量微增、平均風速降低及空氣汙染等現象(Ma, 2018)。異常氣候不斷累積,造成都市生活環境品質下降,增加都市能源消耗等問題。污染源分佈極廣,相互影響,室外污染物同時影響室內空氣品質,而室外汙染源包括戶外汽機車、工廠排放的廢氣,因中央空調冷氣系統的外氣進氣口或濾網未定期清理而孳生的微生物等。臺灣地處亞熱帶,屬於長年潮濕高溫的氣候型態,黴菌及細菌尤其容易孳生,須更注意空調通風系統的定期維護(環保署, 2021)。從通風方式與室內環境品質之關係、改善建築物室內物理環境之研究、空氣環境相關法令規定以及通風效果之評估進行說明:

通風方式與室內環境品質之關係

根據聯合國氣候變遷委員會(2020)統計,建築相關產業消耗全球40%的能源,並排放約36%的二氧化碳,住宅類建築佔去能源消耗比例的1/3,近幾年開始永續節能等政策提倡,建築在設計上通常會利用建築周圍的自然環境促使室內外通風,用以實現建築節能,達到低碳環保目的。同時知識及生活品質的提升,大家開始注重健康生活,然而健康生活依賴於良好的空氣品質。空氣被物質所污染,即使汙染物質濃度較低,也會出現體內大量積累的情況。與室外相比,室內環境更容易造成汙染物堆積的情況。汙染物可分為氣態(CO₂、CO、VOC等)及粒子狀(粉塵等)。由於室內人員與設備

都可能是產生污染室內空氣品質的來源，受污染之空氣不排出，並同時導入乾淨外氣，室內空氣品質惡化將會影響使用者身體健康。排出受污染的室內空氣並以乾淨空氣代之稱為換氣，換氣方式可依動力之種類分為自然換氣及機械換氣，自然換氣通常利用在沒有冷暖房設備的建築物，以風力所達成之換氣方式，稱為通風。影響室內空氣品質之關鍵為通風系統，同時提出室內通風方式須滿足四項要求：健康性(以新鮮及乾淨空氣措施，供室內使用者呼吸並排除空氣內有害物質)、舒適性(維持室內適當溫濕度等)、節能性(節省機械通風換氣所消耗之能源)及安全性(如排除火災發生時之濃煙)(邱英浩，2010)，通風可分為自然通風及機械通風 2 種通風方式：

1. 自然通風(Natural ventilation)：

臺灣位處亞熱帶，屬海島型季風氣候，據中央氣象局資料統計臺灣地區氣候一年有四個月室外溫度低於室內溫度，可充分利用自然通風進行室內熱環境調節及改善室內空氣品質，可降低對於空調機械的依賴、減少能源消耗。自然通風原理為建築物內外氣壓差及溫度差產生之空氣流通，而影響自然通風效率之因素包含，建築物外風速、室內傢俱擺設、隔間、開口面積及建築座向等，而通風方式可分為：

(1)風壓通風：風壓通風是由於風遇到建築後，氣流速度減慢，氣壓升高，將一部分動壓轉化為靜壓；而建築屋頂和其他面的氣流速度加快，氣壓降低，即形成風壓差。由於氣流作用於建築表面而帶來的靜壓的升高或降低統稱為風壓。在建築結構的內外開口（門、窗、洞口及圍護結構縫隙等）處，內外兩側的風壓差促使氣流流入建築形成自然對流，建築物表面的風壓分佈由建築形體、建築圍塑空間、座落位置、周圍環境及風向的位置所決定 (劉焱, 2020)。在建築物迎風面由於氣流遇到阻礙而速度降低，一部分動壓轉化為靜壓，因此具有正風壓；在建築物背風面由於氣流從建築表面分離而提高風速而產生負壓；建築物側面的風壓可正可負，由其相對於主導風向的傾角決定(圖 1)。

(2)浮力通風：因溫度差造成熱空氣向上，冷空氣向下，強制空氣垂直對流之自然通風系統，建築物簡易的浮力通風方式是在建築物高處設立開口，利用熱氣流上升由開口處逸散後，並於低開口處帶進新鮮空氣進而達成對

流通風之功效(圖 1)。

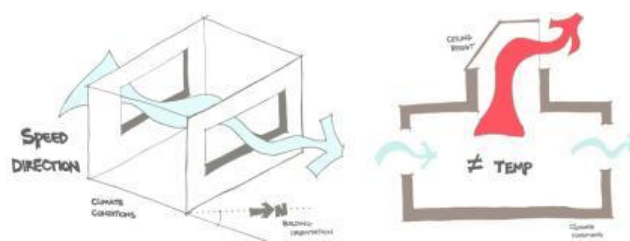


圖 1 風壓通風/浮力通風

資料來源：(N.R.M.Sakiyama, 2020)

改善建築物室內物理環境之研究

建築物的外形、配置、坐向及開口對於通風的利用是非常重要的，建築物的外形可以造成風壓，從而有效地驅使氣流流過建築物的開口部分。建築物的通風設計還有很多其他考慮因素在很多建築法規的設計指引中，通常有以下的建議：

1. 建築物的座向和所處位置

在需要將通風能力調節到最大的時候，應該為建築物選擇一個多風的位置，而且在設計建築物的座向時，應該將迎風牆設計到垂直於當地夏季時的風向。

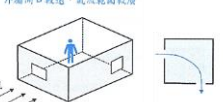
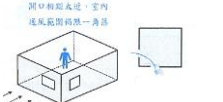


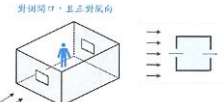
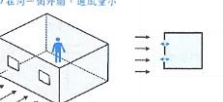
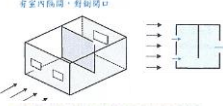
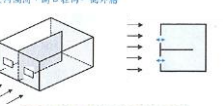
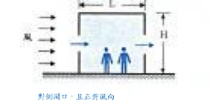
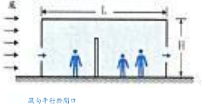
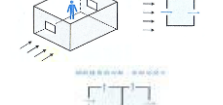

2. 建築物的形狀和尺寸

採用自然通風方式的建築物不可以設計得太深，否則很難把新鮮空氣輸送到建築物的每一個部分。

3. 開口型態

窗戶的類型和使用、開口的類型、形狀和大小、施工方法和細節、外部元素及配合城市規劃考慮。空間的開口大小、相對位置等，直接影響到風速和進風量。進風口大，則流場大；進風口小，流速雖然增加，但是流場縮小。李霞(2016)實測發現，當開口寬度為開間寬度的 1/3~2/3 時，開口大小為地板總面積的 15~25%時，通風效果最佳。針對朱佳仁(2018)建築物自然通風指引進行表格彙整，詳表 1。

表 1. 建築物自然通風簡易指引圖例

項目	通風良好	通風不佳
開口位置對貫流通風影響	 <p>外牆開口較遠，風流範圍較廣</p> <p>對側開口，貫流通風</p>	 <p>開口相距太近，室內風流範圍狹窄</p> <p>單側開口</p>
建築物風壓通風影響	 <p>對側開口，正正對風向</p>	 <p>開口在同一側外牆，通風量小</p>
雙開口風壓通風影響	 <p>有室內隔間，對側開口</p>	 <p>有室內隔間，開口在同一側外牆</p>
有室內隔間之風壓通風影響	 <p>建築物風阻比 <math>L < 4H</math>，且室內無大型傢俱</p>	 <p>風阻比 > 5H，且室內有大型傢俱阻礙風流</p>
雙開口建築物貫流通風影響	 <p>對側開口，正正對風向</p>	 <p>風向平行於開口</p>
貫流通風與風切通風影響	 <p>對側開口，正正對風向</p>	 <p>開口在同一側外牆，通風量小</p>

資料來源：朱佳仁, 2018。

2-2 住宿式機構成效與挑戰

長期照顧是項難以迴避的社會議題，政策上無論從目標、策略和方法皆須涉及到跨部門與跨專業領域，中央到地方各部門運作的良窳將直接影響到目標、策略與方法的實踐，對長期照顧服務的成敗具有絕對的影響。臺灣自 1993 年進入高齡化社會，老人照顧觀念開始改

變過去由家庭承擔照顧責任的作法，推動一系列有體系的計畫來完善老人照顧體系與服務，且以社區化及在地老化的照顧模式成為長照規劃目標並逐步完善臺灣長期照顧體系(表 2)。臺灣長期照顧體系近三十年來的發展軌跡，涵蓋服務對象與服務項目愈加完整，服務體系努力朝連續性、多元性發展，同時兼顧城鄉、性別、文化等方向逐步滾動修正，考量多層次照顧人力資源培訓與留任，滿足高度老化社會之長期照顧需求。

表 2. 臺灣長期照顧發展沿革彙整表

時程	政策方案及計畫	相關政策目標
2016	長照十年計畫 2.0	實現在地老化，提供從支持家庭、居家、社區到機構式照顧的多元連續服務，普及照顧服務體系
2015	長期照顧服務網建置長期服務法核定	內容涵蓋長照服務內容、人員管理機構受護者權益保障發展獎照服務內容、人員管理機構受護者權益保障發展獎勵措施五大要素
2007	行政院核定「長期照顧十年計畫」	以全人照顧、在地老化、多元連續服務為長期照顧服務原則，加強照顧服務的發展與普及
2000-2003	行政院核定「建構長期照顧體系先導計劃」	以「在地老化」為目標，研提長期照護體系建構策略
1998	加強老人安養服務方案	引導各部會提供獨居老人或僅與配偶同住的老人居家服務、社區式照顧，設置居家服務支援中心；推廣「在地人提供在地服務」

資料來源：本研究彙整。

2-3 高齡者環境舒適性

長期以來人們對微氣候熱舒適的研究主要依據丹麥技術大學 Fanger 教授所提出的理論及美國 ASHRAE 所制定的框架，以四項物理因素(風速、濕度、輻射熱及溫度)及兩項人為因素(人體代謝量及衣著量)，進行 PMV-PPD 之評價。由於各國家地區因地理環境位置不同，氣候環境也有所差異，因而各自形成適當地氣候環境熱舒適標準體系。目前國際上應用範圍最廣、權威的兩項標準分別是 ISO7730 和 ASHRAE55 (2017) 標準。人體熱舒適感受是主觀感受評價的過程，是人在指定的環境中受到上述 6 項影響因子的共同作用後對當前熱環境產生的感受。而高齡者其特殊的生理心理特徵與青壯年人的熱舒適感受存在差異。本章節透過探究影響高齡者熱舒適感受的各項因素。在前人的研究基礎上歸納成兩部分因素：客觀物理環境因素和人體主觀生理心理因素進行討論。

平均熱感覺指數(PMV)及熱感覺投票平均(PPD)

PMV (Predicted Mean Vote)，稱為預計平均熱感覺指數，定義為預計群體對於 7 個等級熱感覺投票的平均值(根據 7 級熱感覺投票表示熱(+3)、溫暖(+2)、較溫暖(+1)、熱中性(0)、較涼(-1)、涼(-2)、冷(-3))。PPD (Predicted Percentage Dissatisfied)，稱為預計不滿意者的百分數，PPD 指數可預計群體中感覺過暖或過涼的人之百分比。

PMV 及 PPD 測量及舒適度標準遵照 ISO7730-2005 熱環境的人類工效學，通過 PMV 和 PPD 指數及局部熱舒適度標準預測和解釋熱舒適度，PMV 指數可通過估算人體活動的代謝率及服裝的隔熱值獲得，同時還需 4 項環境參數空氣溫度、平均輻射溫度、相對空氣流速及空氣濕度。PMV 可作為室內及室外的舒適指標，故以 PMV 作為本研究熱舒適指標。完整計算公式計算如下：

$$PMV = (0.303e - 0.0036M + 0.028) \times \{M - 3.05 \times 10^{-3} \times (5733 - 6.99M - Pa) - 0.42 \times (M - 58.15) - 1.7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - Pa) - 0.0014 \times M \times (34 - ta) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_{c} \times (t_{cl} - ta)\}$$

M：基礎代謝率(w/m²)。中華民國經濟部公布臺灣取值範圍 46~232。
Pa：水的蒸氣分壓(Pa)。Pa=(相對濕度)*610.6e17.260ta/273.3+ta
f_{cl}：衣服表面積係數。中華民國經濟部公布臺灣取值範圍 0~1.25。
I_{cl}：服裝熱組(m²k/w)。中華民國經濟部公布臺灣取值範圍 0~2。
t_r：平均熱輻射溫度(°C)。中華民國經濟部公布臺灣取值範圍 10~40。
h_c：對流熱傳係數(m²k/w)。以冬季室內風速 0.15m/s、夏季室內風速 0.25m/s 計算。
ta：空氣溫度(°C)。t_{cl}：衣服表面溫度(°C)。
t_{cl} = 35.7 - 0.028 × M - I_{cl} × {3.96 × 10⁻⁸ f_{cl} × [(t_{cl} + 273)⁴ - (t_r + 273)⁴] + f_{cl} × h_c × (t_{cl} - ta)}。

臺灣熱舒適標準

ISO7730 夏季舒適範圍內之 PMV 範圍在 -0.35 ≤ PMV ≤ +0.40 之間，另外 ASHRAE 夏季舒適範圍內之 PMV 範圍在 -0.37 ≤ PMV ≤ +0.37 之間。臺灣則參考國

際標準組織 ISO7730、7243 等標準，將其熱舒適標準以 CNS15537 室內環境熱舒適度量測法，以量測所得之物理量來預測處於一般熱環境中人對熱的感覺，這些熱舒適條件式用於健康男性及女性，此標準適用室內環境的設計或對現有室內環境進行熱舒適度量測(見表 3)。

表 3. 熱環境舒適度類別

舒適度等級	PMV	PPD(%)
A	$-0.2 < PMV < +0.2$	< 6
B	$-0.5 < PMV < +0.5$	< 10
C	$-0.7 < PMV < +0.7$	< 15

資料來源：彙整自 CNS15537。

亞洲高齡者熱舒適標準

高齡者其特殊的生理特徵，對室內熱環境有更為嚴格的要求。有研究發現室內自然通風下高齡者舒適度範圍約在 $25 \pm 2^\circ\text{C}$ (佐々尚美, 2010)，佐々尚美進行高齡者舒適度探討後，發現高齡者在夏季熱舒適度為 24.3°C - 29.3°C ；且根據姜燕(2009)研究高齡者照顧機構適合高齡者夏季的 PMV 值在 $-0.73 \sim 1.74$ 之間，而照服員舒適 PMV 值在 $-0.5 \sim 1.92$ 之間。胡靜文(2019)研究，提出夏季亞熱帶濕熱地區，高齡者室外熱舒適度範圍為 22.7°C - 32.5°C (見表 4)。經舒適度文獻比較後發現高齡者接受的溫度及舒適度範圍均較健康男女要來的高(表 5)。

高齡者需求分析

邁入高齡後，身心理機能的衰退，高齡者呈現三項特徵，其一感覺功能衰退，進入老年後，人體的視覺能力和聽覺能力最先開始下降，隨後其他感官逐漸遲鈍、衰減。二為高齡者的神經系統退化，包括高齡者記憶力逐漸減弱、認知能力下降，同時伴隨精上的不穩定性。神經系統的退化容易引起安全性問題。其三為免疫力下降。高齡者適應環境變化的能力減弱，抵抗力下降。對傳染類疾病的抵抗力也減弱。因此凸顯室內具有穩定舒適的環境以及良好通風系統的重要性。上述高齡者身體各方面機能退化後免疫系統下降，顯示高齡者生理熱環境需求應有適宜的溫度區間。溫度是影響熱舒適的最直接因素，舒適的溫度區間對高齡者熱舒適十分重要。

高齡者退休後的活動範圍與工作時期相比大幅減少，活動中心也從工作單位轉變為家庭，社會交往從以同事為主變為以家人、鄰居為主，加上生理變化影響，心理需求也相應發生變化，且社會角色轉變，家人溝通的缺乏，城市鄰里關係的改變，這些因素都使得高齡者易產生孤獨感，希望得到家庭、社會的關懷和認同(魏欣桐, 2018)。而活動空間則成為高齡者獲取社會關懷和認同的場域，因此營造優質空間對高齡者身心健康具有重要意義。傳統的空間設計對環境舒適度的考慮不夠充分，一定程度上限制高齡者對活動空間的使用。因此在設計過程考慮環境舒適性和高齡者行為活動需求時，能增加活動空間舒適性，有益延長高齡者活動的時間。

表 4. 高齡者溫度設計相關文獻彙整

年份	文獻出處	作者	PMV/夏季高齡者舒適溫度
2019	濕熱地區老年人夏季室外熱舒適閾值研究	胡靜文	研究指出高齡者室外熱舒適度範圍為 22.7°C - 32.5°C
2010	高齡者の選択気温からみた心理生理反応特性	佐々 尚美	研究針對高齡者熱舒適範圍在 24.3°C - 29.3°C ，相較於一般健康男女溫度偏高。
2009	高齡者福祉施設の温熱環境が利用者に与える影響に関する研究	姜燕	研究針對老年機構進行高齡者及照服員的 PMV 舒適度進行探討，最後總結，高齡者舒適之 PMV 在 $0.73 \sim 1.74$ ，照服員舒適 PMV 值在 $-0.5 \sim 1.92$ 。

表 5. 健康男女與高齡者舒適度比較

研究對象	PMV 範圍	溫度
健康男女	$-0.35 \sim 0.40$	23°C - 25°C
高齡者	$0.73 \sim 1.74$	24.3°C - 29.3°C

資料來源：本研究彙整。

三、實地測量與數值模擬

3-1 北投地區濕熱地區微氣候概述

關於「濕熱地區」的概念，從氣候帶角度劃分可指亞熱帶和熱帶邊緣區域。臺北市北投區屬「濕熱地區」，據中央氣象局資料顯示，北投區終年溫濕度數值穩定，全年月均溫度為 10.9°C 到 21.7°C，夏季平均氣溫為 21.72°C，秋季平均氣溫為 17.04°C，受梅雨氣候影響，月均相對濕度大於 90%。夏季下午時段活動中心及地下餐廳因高齡者活動聚集，雖室內開窗但風速較低，考量高齡者使用舒適性，實測數據上發現，自然通風及機械通風情況下活動中心及地下餐廳誤差百分比分別為 -1.6% 及 -0.06%，故以機械通風數據進行實測數據蒐集，同時調查上風處北投區大屯山測站(C0AC40)近 10 年之氣象資料，夏季盛行風向多為西南西，平均風速約 4.75m/s，秋季盛行東北風，平均風速約 4.01m/s(表 6)。高齡者多數患有慢性疾病或有臥床，疾病常會因溫度、濕度等環境因素滋生，引起高齡者不舒適，本研究以北投地區某住宿式機構為例，進行濕熱地區環境舒適度探究。

3-2 實測計畫與測點佈置

本研究根據室內外空間高齡者使用率、活動空間類

型差異及微氣候條件三項原則選取測點，選點原因彙整於下表 7，獲取對應不同活動空間類型熱舒適及污染物數據，奠定後續研究基礎。據楊武泰(2008)指出，臺灣大多數地區在春、秋季可採取自然通風，夏、冬季則依時段適合自然通風，臺北地區 4-5 月及 9-11 月，合計 5 個月適合自然通風，3、6、8 及 12 月依時段適合自然通風。故夏季實測的時間分別為 2020 年 8 月 21(五)及 24(一)日，秋季測試時間分別為 2020 年 11 月 19(四)及 20(五)日。設置在住宿式機構 1 樓及地下 1 樓，共計 10 個測點開窗進行實測。本研究針對北投地區住宿式機構微氣候之風速、風向、溫濕度及污染物進行實測記錄，使用儀器包含 Testo480 多功能環境量測儀器，主要功能連接各探頭並負責存取風速、濕度、溫度、輻射熱、PMV 等數據。從每天早上 8:00-下午 16:00，每個測點停留 10 分鐘。在實測過程中，因實測儀器限制，分為 4 組進行溫濕度、風速、平均輻射溫度等數據蒐集。污染物實測時間選定分別為 2020 年 11 月 27(五)日及 11 月 28(六)日進行 VOC 測量；2021 年 3 月 1 日(一)、3 月 2 日(二)進行 PM₁₀ 及 PM_{2.5} 測量，因實測儀器及人力限制 VOC、PM₁₀ 及 PM_{2.5} 之實測時間為選定日早上 8:00 至下午 16:00，每測站進行 1 小時的數據蒐集。

表 6. 中央氣象局大屯山測站 2011 至 2020 夏秋季氣象參考數據彙整

項目	內容	夏季風花圖	秋季風花圖
測站名稱	大屯山測站		
夏/秋季平均風速(m/s)	4.75/4.01		
夏/秋季平均壓力(hPa)	889.55/894.27		
夏/秋季盛行風向(方位)	西南西/東北東		
夏/秋季平均溫度(°C)	21.72/17.04		
夏/秋季平均濕度(%)	95.33/96.10		
夏/秋季平均降雨量(mm)	280.93/428.50		

資料來源：中央氣象局大屯山氣象站數據，經本研究彙整。

表 7. 實測布點原因彙整表

實測點位	點位代碼	選點原因
大廳	A	面東方，太陽輻射熱隨時間逐步升高，且夏季時為背風面。
地下餐廳	B	地下餐廳有天井，但其照射量恐有不足，且通風量少，大型活動接舉辦於此，舒適度有待堪慮。
護理站	C1	為高齡者及照護員活動空間，此空間位於建築物中段位置，且北方有駁坎及大樹遮蔽，曬不到陽光，故探討濕度及輻射熱之關係。
辦公室	C2	為工作人員每天辦公場所，由於夏季屬背風面，缺乏良好的通風環境，亦使室內二氧化碳濃度堆積，影響照護者辦公效率及舒適度。
活動中心	C3	夏季為迎風面，且活動聚集時間多為 15:00-16:00(傳教活動)，此時段亦有西曬問題，故探討風速及輻射熱。
起居室	C4	為高齡者的起居空間但由於座向關係，有西曬問題。

資料來源：本研究彙整。

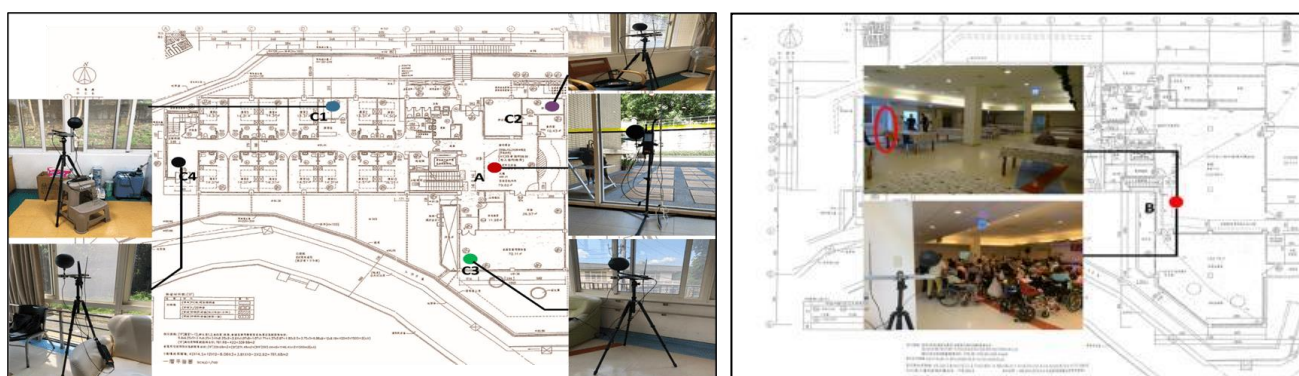


圖 2 台北市北投區某住宿式機構 1F 及 B1 測點位置圖

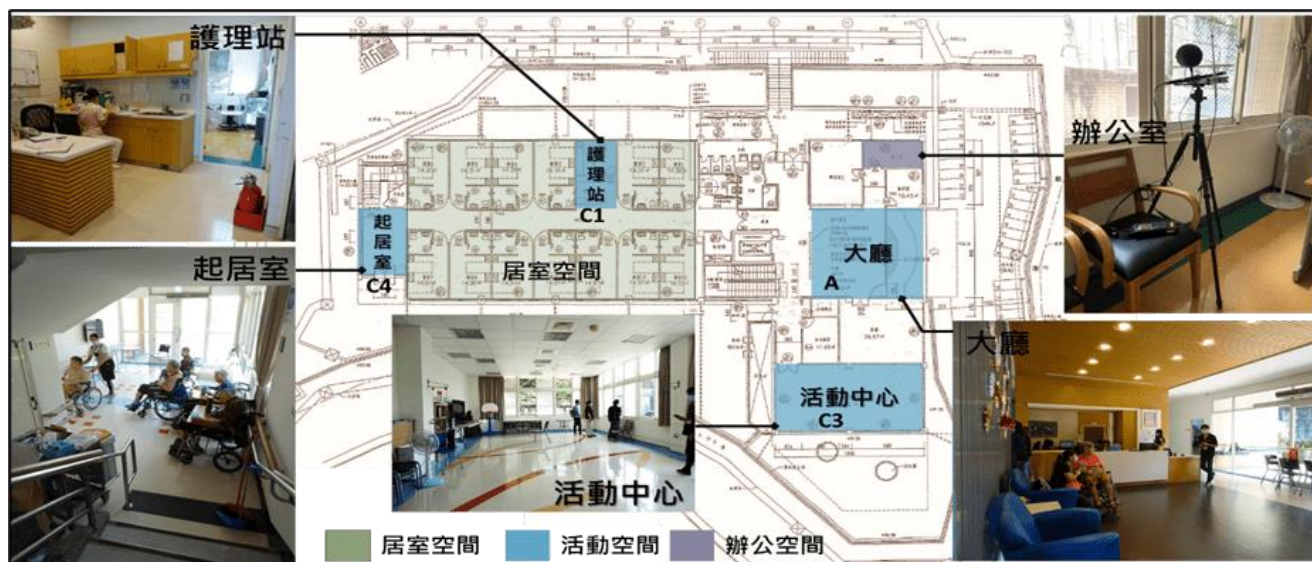


圖 3 北投區某住宿式機構高齡者居室及活動空間示意圖

資料來源：本研究彙整。

3-3 使用者需求觀測

北投住宿式機構內約占 80% 為無法自力之高齡者，10% 為臥床高齡者，5% 為可自力支援之高齡者，本研究透過事前對高齡者活動觀測作為後續室內外高齡者活動空間佈點依據。透過現場實測對高齡者的行為活動時間選擇和空間使用特徵進行行為觀察和記錄(詳表 8)。於上午 8:00—下午 17:00 時間內，每 10 分鐘實測時同時紀錄一次，進行高齡者活動分佈和人數進行註記。經過對高齡者活動聚集地、停留人數及活動形式進行記錄，綜合分析各測點熱環境狀況和室內外活動之關聯(上圖 3)。A 測點為室內大廳，由於為家屬會客等待區，同時也是接待門面處，時常會有人員經過及聚

集，且由於面東，隨時間至中午太陽直射下，探討此測點輻射熱及濕度的影響(表 9)。C1-C4 測點也均在室內，C1 為護理站，而此空間已成為不少高齡者的起居空間，停留在此看電視聊天的場所，但此護理站位處建築物中段，同時戶外有大樹遮蔽，採光較不足。C2 為照顧者的辦公空間，照顧者也需要良好的舒適度來提升工作效率，C3 為住宿式機構的大型活動空間兼復健室，三面採光同時夏季西南風屬於迎風處，C4 為此住宿式機構主要的起居空間，但會有西曬輻射熱高的問題(表 11)。此住宿式機構地下室為高齡者餐廳及大型活動空間，大型活動(如卡拉 OK)優先在此舉辦，高齡者用餐時間為每天的早上 07:00-09:00、中午 11:00-12:00 及傍晚 17:00-18:00，均零星聚集用餐(表 10)。

表 8. 北投區某住宿式機構高齡者活動實測紀錄表

項目	活動中心	大廳	護理站	起居室	地下餐廳
空間大小	72.11M ²	79.62M ²	10.88M ²	32.18M ²	210.98M ²
可容納人數	80 人	60 人	8 人	10 人	120 人
離峰使用時段	08:00-12:00	08:00-10:00	10:00-12:00、 14:00-16:00	10:00-12:00、 14:00-16:00	09:00-11:00、 13:00-16:00
離峰時段 人數統計 (夏/秋)	5 人/1 人	4 人/2 人	2 人/1 人	0 人/0 人	0 人/0 人
尖峰使用時段	14:00-16:00	10:00-11:00、 15:00-16:00	08:00-09:00、 13:00-14:00	08:00-09:00、 13:00-14:00	11:00-12:00、有舉 辦大型活動時 15:00-16:00
尖峰時段 人數統計 (夏/秋)	29 人/28 人	6 人/6 人	4 人/2 人	3 人/3 人	72 人/3 人

資料來源：本研究彙整。

表 9. 臺北市北投地區某住宿式機構大廳測點介紹

項目	A
測點位置	大廳
空間尺度	79.62M ²
空間特徵 實測參數	由於為家屬會客等待區，同時也是接待門面處，時常會有人員經過且聚集。 Ta、RH、Va、Tg、CO ₂
測點現場 照片	





資料來源：本研究彙整。

表 10. 臺北市北投區某住宿式機構地下餐廳測點介紹

項目	B
測點位置	地下餐廳
空間尺度	210.98M ²
空間特徵	有大型活動舉辦時均以地下空間為優先，地下空間雖有天井，但照射量不足。
實測參數	Ta、RH、Va、Tg、CO ₂
測點現場照片	

資料來源：本研究彙整。

表 11. 臺北市北投區某住宿式機構 C1-C4 測點介紹

項目	C1	C2	C3	C4
測點位置	護理站	辦公室	活動中心	起居室
空間尺度	10.88M ²	10.85M ²	72.11M ²	32.18M ²
空間特徵	護理站位處建築物中段，戶外有大樹遮蔽，採光不足。	照顧者辦公室，照顧者需要良好的舒適度來提升工作效率。	大型活動空間兼復健室，三面採光同時夏季西南風屬於迎風處。	主要的起居空間，但可能有西曬輻射熱高的問題。
實測參數	Ta、RH、Va、Tg、CO ₂			
測點現場照片				

資料來源：本研究彙整。

3-4 數值模擬理論及參數設定

數值模擬參數設定

本研究以 Fluent v18 及 Airpak3.0 軟件為模擬工具，簡化實際基地情況，模擬高齡者住宿式機構風、溫熱、舒適度及 CO₂ 環境情況。為能夠更符合實際情況了解室內模擬情況，先用 Fluent v18 以高齡者住宿式機構為中心，方圓 300M 進行建模，模擬室外風場，用以取

得此住宿式機構窗口表面風壓係數。由於風碰撞到物體，其向量發生改變，無法確定風的實際方向，但風吹過物體，在該物體垂直於風向的單位面積上所受到的壓力即是風壓，同時風壓差是自然通風的動力，故採用風壓係數作為進口之參數設定。透過 Fluent v18 模擬室外風場，獲取窗口平均風壓係數後，再利用 Airpak3.0 進行北投高齡者住宿式機室內通風、溫熱、舒適度及 CO₂ 環境情況。針對室外及室內模型簡化建置、風場邊界條件、網格式品質及參數設定進行本研究數值模擬概述。

1. 室外模型條件設定

本研究模型基於 110 年度測繪之數值地形圖輔以

現場測量修正，使用 Rhino 6.0 專業三維立體模型軟體製作，依據 5m 計首曲線簡化地形高層，而戶外植栽設定上暫不考慮，於後續研究探討其植栽之影響，在保證合理的模擬精確度條件及控制計算時間之研究限制下簡化模型複雜度，並輸出 .x_t 格式模型，使用 ANSYS Workbench 平台內 ICEM CFD 劃分網格及邊界條件設置後，進行數值模擬，其迭代計算設定為 3000 次，儲存間隔設定為 1000 步/次。

(1)邊界條件設定

邊界條件的設定為影響模擬結果的重要因素，由於氣流會隨表面粗糙度、高度等因素變化，為確保準確的計算結果，本研究透過 ABL 的設定，取得測站原始數據，依照測站之高度跟地表粗糙度去推測不同高度的風速變化。在邊界條件之設定以數值模型直徑及最高高度為參考，計算域的入口迎風面與數值模型中心點距離皆為 5 倍之距離，而數值模型尾流處為保持充分距離使計算結果完整，設定為 10 倍之距離，同時數值模型上方擴展為數值模型最高高度之 6 倍以模擬大氣邊界範圍，因此外流場設定為 1500M(X 軸)、1500M(Y 軸)、3000M(尾流)及 810M(Z 軸)，如圖 5。

(2)網格條件設定

使用 Fluent 或相關的 CFD 數值模擬軟體，必須將模型量體劃分為網格進行計算，網格的主要用途在於將原本空間中連續的計算區域細分為足夠小的計算單元，並以每個單元為基礎計算所有區域的流體，最終獲得整個計算域的物理量分布(胡坤、李振北，2014)。雖然從數學層面來看網格越密則精度越高，但實際應用中

過多的網格數會使計算的成本提高，且計算的精度與網格精密度兩者並非線性關係，胡坤(2017)認為良好的網格應具備四項特點：能滿足研究問題求解的需要、具有求解器能夠接受的網格品質、對於研究問題需要進而簡化網格及符合研究項目需要。

判斷網格劃分品質的優劣以維持模擬結果的高精確性，本研究在建置網格時，會以偏斜度作為評估網格品質的指標，當網格劃分偏斜度過大時，會影響收斂的速度並放大局部錯誤，偏斜度介於 0~0.25 為優秀網格，0.25~0.50 為極好網格，0.50~0.80 為好的網格，0.80~0.95 為可接受的網格，0.95~0.98 為壞網格，0.98~1.00 為不能接受的網格。其中標準網格尺寸 1.5M，放大 3 倍至 4.5 設定為粗糙網格，縮小 3 倍網格尺寸 0.5M 為最細緻尺寸，並維持網格品質為可接受範圍，相關網格資訊如下表 12。為探討網格密度的最佳品質，本研究依據戶外四處測點位置進行三種網格品質獨立性檢驗，檢驗結果彙整如下表 13。

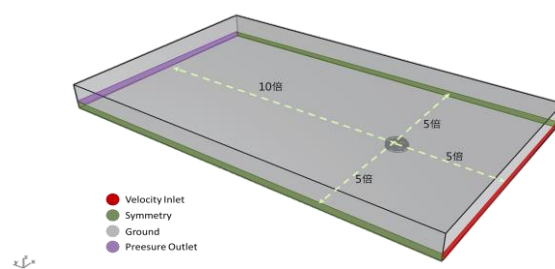
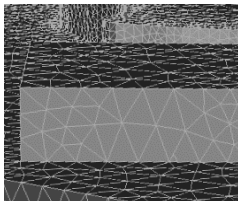
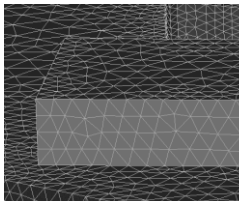
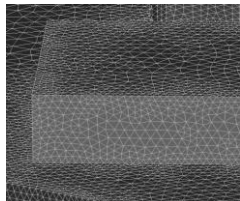


圖 5 邊界條件設定示意圖

資料來源：本研究繪製。

表 12. 網格參數比較表

網格類別	粗糙網格	標準網格	細緻網格
網格數	5,819,586	15,358,375	23,356,762
最大偏斜度	0.82969	0.84927	0.84689
網格尺寸	4.5M	1.5M	0.5M
示意圖			

資料來源：本計畫彙整。

表 13. 網格獨立性測試方案模擬結果比較表

測點	細緻網格		標準網格				粗糙網格			
	風速	風壓	風速	差異(%)	風壓	差異(%)	風速	差異(%)	風壓	差異(%)
護理站外	0.18	-8.24	0.15	-0.17	-7.45	-0.10	0.05	-0.72	-6.22	-0.25
戶外會客區	0.06	0.10	0.04	-0.33	0.07	-0.30	0.01	-0.83	-0.09	-1.90
活動中心外	0.55	0.23	0.50	-0.09	0.19	-0.17	0.02	-0.96	0.15	-0.35
起居室外	0.06	0.11	0.04	-0.33	0.12	0.09	0.01	-0.83	0.23	1.09
平均	-	-	-	-0.23%	-	-0.12%	-	-0.84%	-	-0.35%

資料來源：本研究彙整；單位：風速 m/s、風壓 Pa

2. 室內模型條件設定

(1) 邊界條件設定

本研究模型基於 110 年度測繪之數值地形圖輔以現場測量修正，同時參照 99 年住宿式機構之平配圖，使用 Airpak3.0 軟體內之物件模組。其中此住宿式機構的隔間牆使用 partition 模組，窗戶使用 opening 模組，門使用 vent 模組，室內人員用 person 模組。據徐春雯(2014)研究指出，一個人每天呼吸兩萬次以上，每天需要約 15~20m³的空氣，消耗約 0.75kg 的氧氣，呼出約 0.9kg 的二氧化碳。同時實驗證明，女性平均的呼氣速度比男性高，女性為 1.03m/s，男性為 0.58 m/s，同時對於 CFD 模擬不僅能預測通風條件下的房間內氣流分布，演示呼吸過程中的污染物擴散規律或者估計室內污染源，如顆粒物、有害氣體等對室內人體產生的危害(Mui K W, 2009)，人體參數設定上已有諸多研究，彙整下表用以進行 CFD 模擬之參數設定(詳表 14)。

本研究為探討日常活動空間高齡者經新陳代謝而出之二氧化碳濃度是否影響活動空間舒適性，但由於人體會隨年齡增長，其呼氣壓力也會有所改變。Costa(2010)針對 128 名 20 至 80 歲健康男女進行測驗研究，最後發

現高齡者女性的最大呼氣壓力範圍落在 61.30~80.22 cmH₂O，男性最大呼氣壓力範圍落在 87.67~130.00 cmH₂O。Michael S Radeos(2004)提出最大呼氣流量(PEF)的預測公式，證實呼氣流量會隨年紀增加而下降，而研究顯示 65-75 歲，168CM 之男性高齡者其 PRE：9 L/S，160CM 女性高齡者 PRE：7 L/S。Enright(1994)針對 790 名 65 歲以上健康及亞健康高齡者進行呼氣壓力測試研究，研究結果顯示高齡者在呼氣平均值為男性：174 cmH₂O/女性：116 cmH₂O。本研究在設定高齡者參數上採用蘭若文(2018)之研究呼氣速度探討 CO₂ 擴散情況，在設定上空氣中二氧化碳濃度為 0.03%，人體排出量為 4% 進行參數設定，迭代設定為 3000 次。固定傢俱物件及樓梯間用 block 模組。由於此住宿式機構高齡者 80% 為無法自立支援者，需乘坐輪椅，故新陳代謝量以靜坐(58w/m²)，作為參數設定依據。在保證合理模擬精確度條件及控制計算時間之研究限制下簡化模型複雜度(圖 6)，進行數值模擬，本研究主要的研究目的是各環境因素對此住宿式機構空間內的熱環境、風環境及高齡者二氧化碳濃度等影響的變化，此住宿式機構詳細數據如表 14。

表 14. 相關電腦數值模擬人體參數設定彙整

文獻	姿勢	u _{max} (單位)	T _{exh} (單位)	研究之污染物
蘭若文 (2018)	坐姿	0.02 m/s	69.33W/M ³	CO ₂ (排放量：0.04%)
徐春雯 (2014)	站立	呼氣速度影響較小，故假定時速度為 0m/s	32.5°C	CO ₂ (排放量：0.0079%)
Villafrauela et al. (2013)	站立	4.5 m/s	34°C	N ₂ O
Liu and Li (2012)	站立	1.5 m/s	33°C	顆粒物 1~100 μm
Gupta et al. (2011)	靜坐	4 m/s	33°C	顆粒物 0.8、5、16 μm
He et al. (2011)	靜坐	6 L/min	35°C	0.4 μm
Chen and Zhao (2010)	站立	1 m/s	34°C	顆粒物 0.1~200 μm
Richmond-Byant (2009)	站立	0.2 m/s	38.6°C	1 μm
Qian et al. (2008)	臥床	0.89 m/s	32°C	N ₂ O
樊振國(2007)	臥床	0.83 m/s	-	CO ₂ (排放量：4500ppm)
Gao and Niu (2006)	靜坐	0.2 L/s	34°C	2.5 μm
Bjørn and Nielsen (2002)	站立	3.77×10 ⁻⁴ kg/s	32°C	CO ₂

資料來源：本研究彙整。

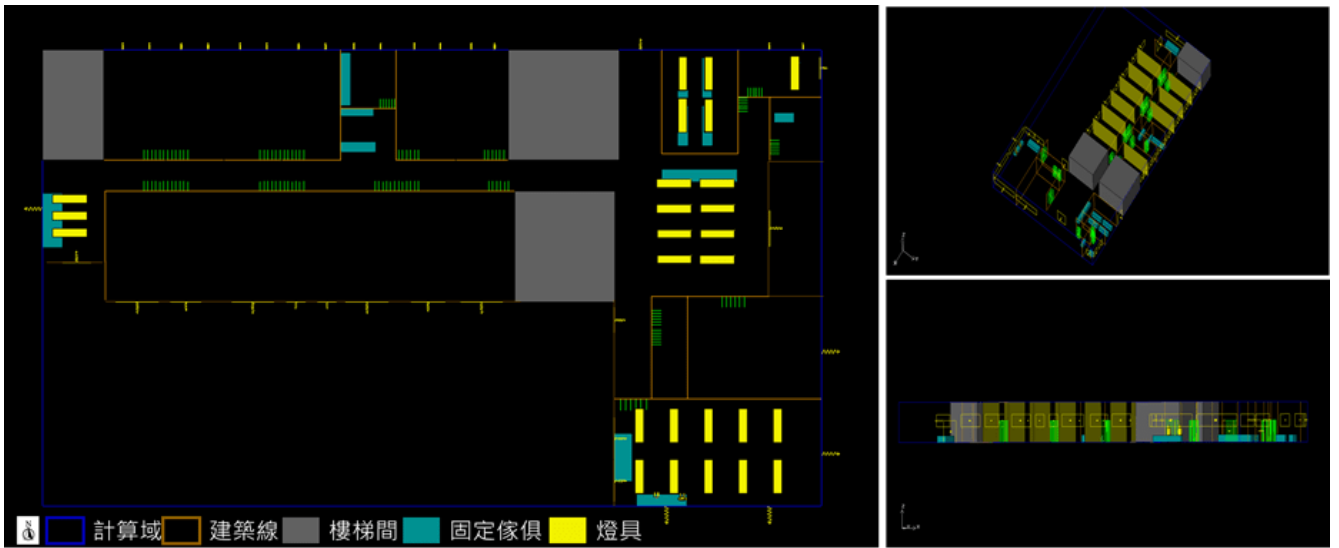


圖 6 研究範圍數值模擬模型建置

資料來源：本研究繪製。

表 15. 北投地區高齡者住宿式機構相關參數設定

項目(物件類型)	數量	尺寸	能量狀態/參數測定
窗戶(opening)	14	1.2m*1.5m	根據夏秋室外數值模擬取的 窗口平均風壓係數進行設定
	18	1.2m*1.3m	
門(vent)	19	1.0m*2.1m	絕熱
	4	1.6m*2.1m	
隔間牆(partition)	1	1.8m*2.1m	絕熱
	10	6.0m*3.5m	
沙發(block)	3	2.26m*0.98m*0.75m	絕熱
辦公桌(block)	10	1.0m*0.70m*0.74m	
護理站系統櫃(block)	1	0.50m*1.6m*3.5m	30 W/個
護理站櫃台(block)	1	0.60m*1.9m*3.5m	
大廳櫃台(block)	1	0.65m*1.9m*0.70m	1.新陳代謝量(靜坐)：58 W/1 Met 2.高齡者呼氣速度：0.02 m/s 3.高齡者呼出 CO2 含量：0.04% 4.嘴巴溫度：34℃
燈具	24	0.20m*0.15m*1.20m	
人員	4/1		-
辦公室	坐姿	1/0	
活動中心	(Max/Min)	29/1	
起居室		3/0	
住宿式機構(room)	1	27m*45m*3.5m	

資料來源：本研究彙整。

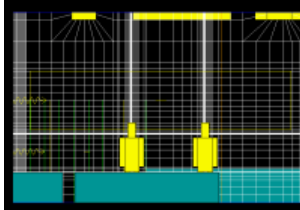
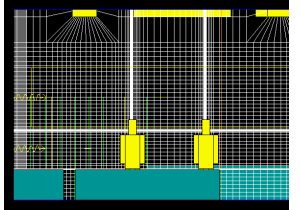
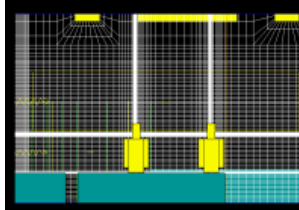
(2) 網格條件設定

根據上述的物理參數，在 Airpak 中進行辦公空間的模型建立。並對窗戶、門、這些具有風速變化的組件進行局部的網格加密處理。北投地區高齡者住宿式機構 Airpak 模型及網格的劃分情況如表 15 所示。針對不同網格數量方案模擬結果，本研究依據戶外四處測點位置

進行三種網格品質獨立性檢驗，檢驗結果詳表 16。本研究以細緻網格方案之模擬結果為比較基準，分別計算在標準網格與粗糙網格的方案中，風速與空氣溫度計算結果之差異，可發現標準及粗糙網格與細緻網格的空氣溫度都及其相近，唯獨差異分別為平均風速 0.15%與 -0.67%，粗糙網格方案風速誤差較大，考量計算精度與

時間效率情況，本研究採用標準網格進行數值模擬。

表 16. 網格參數比較表

網格類別	粗糙網格	標準網格	細緻網格
網格數	5,665,192	11,554,786	21,599,150
網格尺寸	0.15M	0.1M	0.05M
示意圖			

資料來源：本計畫彙整。

表 17. 網格獨立性測試方案模擬結果比較表

測點	細緻網格		標準網格				粗糙網格			
	風速	溫度	風速	差異(%)	溫度	差異(%)	風速	差異(%)	溫度	差異(%)
護理站	0.75	29.7	0.79	0.05	29.9	0.01	0.13	-0.83	30	0.01
辦公室	0.29	29.9	0.39	0.34	30.3	0.01	0.11	-0.62	30.4	0.02
活動中心	0.51	29.7	0.71	0.39	29.9	0.01	0.2	-0.61	29.9	0.01
起居室	0.56	29.7	0.45	-0.20	29.8	0.00	0.21	-0.63	29.7	0.00
平均	-	-	-	0.15%	-	0.01%	-	-0.67%	-	0.01%

資料來源：本研究彙整；單位：風速 m/s、空氣溫度°C

四、實地測量與數值模擬結果分析

實測數據與 CFD 模擬數據之差異進行可信度分析。

4-1 實地測量與 CFD 模擬結果驗證

夏秋季實測高度為 1.5 公尺，均採下午最高溫時段風速、熱環境(溫度及 PMV)及 CO₂ 進行差異比對。夏秋季 CFD 模擬數值則採夏秋兩季氣象數據進行模擬，獲取實測點位之數據，進行實測及模擬之驗證，數據彙整詳下表 17 及表 18。

由於實測影響因素較為複雜，模擬可針對影響變因討論，透過 2 項實驗方法(實地測量方法及 CFD 數值模擬)，透過獲取之量測數據與模擬數據進行比對，透過

表 18. 夏秋季室外行人風速之驗證結果彙整

季節	夏季			秋季		
	實測	風速(m/s) 模擬	PD 值(%)	實測	風速(m/s) 模擬	PD 值(%)
護理站外	0.31	0.35	0.13	0.15	0.18	0.20
辦公室外	0.64	0.64	0.00	0.28	0.24	-0.14
活動中心外	0.50	0.58	0.16	0.41	0.36	-0.12
起居室外	1.05	0.81	-0.23	0.32	0.38	0.19

資料來源：本研究彙整。

針對實地測量與 CFD 模擬結果驗證，綜合來看可發現，模擬值之風速均要比實測值要來的高，平均溫度在實測及模擬上較呈現一致，CO₂ 濃度均要比實測值要

來的低。夏季其活動中心之平均風速差異最大，其原因為夏季風向為西南風為迎風面，但實測地點外有喬木植栽遮擋影響，因此與模擬結果有所差異。在秋季其護理

站之 PMV 差異最大，原因為實測時地處建築物中段之護理站外有駁坎及喬木遮蔭，輻射熱不易到達，但模擬時忽略植栽等設定，故溫度上升 PMV 值有所差異。整體造成誤差原因為建立數值模擬模型時，有簡化實體建

物之幾何形狀、材料等，並將周邊環境設定為均勻且穩定之流速，故模擬與實測值間有所差異。整體顯示計算流體力學軟體模擬結果是符合其物理環境。

表 19. 夏秋季室內人行高度實地測量與 CFD 結果之驗證彙整

季節	驗證項目	護理站	辦公室	活動中心	起居室	大廳	
夏季	風速(m/s)	實測	0.26	0.16	0.11	0.19	0.16
		模擬	0.58	0.18	0.43	0.22	0.31
		PD 值(%)	1.23	0.13	2.91	0.16	0.94
	氣溫(°C)	實測	27.70	29.50	33.70	29.40	26.40
		模擬	30.00	30.20	29.70	29.70	29.90
		PD 值(%)	0.08	0.02	-0.12	0.01	0.13
	PMV	實測	1.33	2.06	2.69	1.76	1.09
		模擬	1.88	2.17	2.02	2.18	1.29
		PD 值(%)	0.41	0.05	-0.25	0.24	0.16
	CO ₂ (ppm)	實測	543.00	496.80	980.50	732.40	902.30
		模擬	290.20	319.30	267.40	334.20	310.30
		PD 值(%)	-0.47	-0.36	-0.73	-0.54	-0.66
濕度(RH%)	實測	82.7	73.8	65.5	72.8	60.3	
	模擬	85.0	67.8	60.4	67.1	65.4	
	PD 值(%)	2.78	-8.13	-7.79	-7.83	8.46	
風速(m/s)	實測	0.16	0.06	0.16	0.10	0.12	
	模擬	0.31	0.24	0.22	0.13	0.12	
	PD 值(%)	0.94	3.00	0.38	0.30	0.00	
氣溫(°C)	實測	23.00	25.00	28.50	25.40	24.60	
	模擬	25.01	26.15	25.14	25.11	25.46	
	PD 值(%)	0.09	0.05	-0.12	-0.01	0.03	
秋季	PMV	實測	0.22	0.77	0.83	0.88	0.57
		模擬	1.53	1.56	1.59	1.70	1.64
		PD 值(%)	5.95	1.03	0.92	0.93	1.88
CO ₂ (ppm)	實測	761.90	806.70	1196.40	808.70	639.00	
	模擬	334.18	280.47	319.07	334.31	283.88	
	PD 值(%)	-0.56	-0.65	-0.73	-0.59	-0.56	
濕度(RH%)	實測	79.2	74.2	70.4	75.1	59.4	
	模擬	86.4	79.2	74.2	77.0	63.9	
	PD 值(%)	9.09	6.74	5.40	2.53	7.58	

資料來源：本研究彙整。

4-2 實地測量分析

各測點 PMV 與國際熱舒適標準分析

根據室內 5 處測點進行 3 時段 PMV 的分析，可發現室內 5 處測點，其 PMV 值均大於 0，間接說明夏秋兩季室內實測範圍均沒有偏冷的環境。若以國際標準 ISO、ASHRAE、CNS 及亞洲高齡者熱舒適進行評估，夏季地下室餐廳，其三時段舒適度落在 0~1.2 之間，屬

於熱中性至稍暖範圍，平均溫度區間落在 24.54~27.00 °C。8 月 21 日當天下午 15:00-16:00 於地下餐廳有大型卡拉 OK 活動舉辦，舒適度數值略顯上升在稍暖的範圍內，但中午無人使用的時段皆符合國際熱舒適標準屬熱中性範圍，但若以 CNS15537 標準進行評估，其地下餐廳中午時段及下午時段熱舒適度則皆屬於 B 級熱中性範圍。秋季的地下餐廳舒適度範圍 0.31~1.19 之間，屬

於熱中性至稍暖範圍，平均溫度區間落在 24.54~26.94℃，其舒適度範圍均符合亞洲高齡者舒適度，於中午時段符合國際 ISO 標準，夏天情況較為符合(詳下圖 7-8)。

而在大廳的熱舒適度部分，PMV 值落在 0.98~1.23 之間，大廳的熱舒適指標均屬於稍暖範圍，但從圖上可看出其大廳 PMV 值相當穩定，早上面東，太陽輻射熱及溫度逐漸升高至中午，因此中午階段的 PMV 值均高於早上及下午的 PMV 值，下午時段因太陽不再直射其 PMV 值則又下降，大廳的平均溫度區間在 26.15~27.00℃，秋季之大廳 PMV 值早上及中午時段皆符合亞洲高齡者熱舒適範圍(PMV=0.86~1.08)，而下午時段均符合 CNS15537 的範圍(PMV=0.57~0.67)。

夏季室內 4 處測點的舒適度分析，除地處建物中段的護理站其 PMV 值在稍暖範圍，其他三處測點的 PMV 值，均在中午及下午時段呈現 PMV 值大於 2(詳下圖 6)，屬於暖範圍的情況發生。由於前述提及護理站位於此幢建築物中段位置又有駁坎及樹木遮蔭，其太陽輻射熱不易到達，護理站 3 時段 PMV 值落在 1.16~1.33 之間，以國際標準 ISO、ASHRAE 及 CNS15537 等指標進行評估，屬於稍暖範圍。平均溫度於中午時段最熱 27.9℃，根據姜燕(2009)研究高齡者照顧機構適合高齡者夏季的 PMV 值落在-0.73~1.74 之間，與佐々尚美(2010)研究針對高齡者熱舒適範圍在 24.3℃~29.3℃，下降 1.4℃，護理站使用密集時間約在早上 9 點之前，PMV 值在 9 點前落在 1.16，平均溫度在 26.51℃；秋季護理站除皆符合亞洲高齡者舒適度範圍，下午時段更在 ISO 國際標準範圍內(PMV=0.22)，高齡者於護理站是舒適的。

而夏季室內辦公室 PMV 值三時段落在 1.49~2.06，三時段平均溫度分別是 27.57℃、28.89℃及 29.55℃隨

時間遞增，由於夏季位處背風面，且建築物蓄熱，而會呈現 PMV 值及溫度持續遞增的現象，於下午時達到三時段 PMV 最高 2.06，舒適度屬於暖範圍，而此空間為照服員辦公空間，下午時段照服員使用上較不舒適(見圖 7)，而秋季辦公空間，其明顯與夏季空氣溫度有所下降，範圍落在 25.07℃~26.10℃，其下午時段的 PMV 值則無超過 2 的情況發生(見圖 8)，其舒適度符合亞洲高齡者舒適度範圍。夏季室內活動中心 PMV 值於中午階段就已達到 2.54，於下午階段更是達到 2.69(詳下表 14)，在國際標準 ISO、ASHRAE 及 CNS15537 三項標準內，皆屬暖範圍。且此 PMV 值逼近熱範圍(PMV 值=3)，由於活動中心周圍空曠無樹木遮蔭且三向開窗採光良好，且三時段平均溫度也隨時間不斷遞增，甚至在中午時段就已超過 30℃，下午時段高齡者會聚集進行社交活動，溫度更是高達 33.70℃，同時秋季中午時段 PMV 值也逼近暖範圍(PMV=2)，室內活動中心是此機構於夏秋季 PMV 值均超過國際標準 ISO、ASHRAE、CNS15537 及亞洲高齡者舒適範圍之空間。在此高齡者密集的活動中心，使用此空間會讓使用者感到不舒適(見圖 7、8)。

夏季起居室 PMV 值落在 1.65~2.18 之間，雖起居室亦會有西曬問題，但數據顯示中午最高 PMV 值在 2.18，下午時則下降至 1.76，平均溫度也是中午最高 30.37℃，下午時段的平均溫度則下降至 29.45℃，秋季起居室平均溫度為 26.48℃，PMV 值落在 0.88~1.33(見圖 6)，皆在亞洲高齡者舒適度範圍內，三時段溫度也隨時間遞減，由於起居室外，有諸多樹木遮蔭，建築物有間接性隔絕輻射熱的效果，可從活動中心及起居室兩空間上分析出，PMV 亦會受到隔熱影響而呈現高低之分。

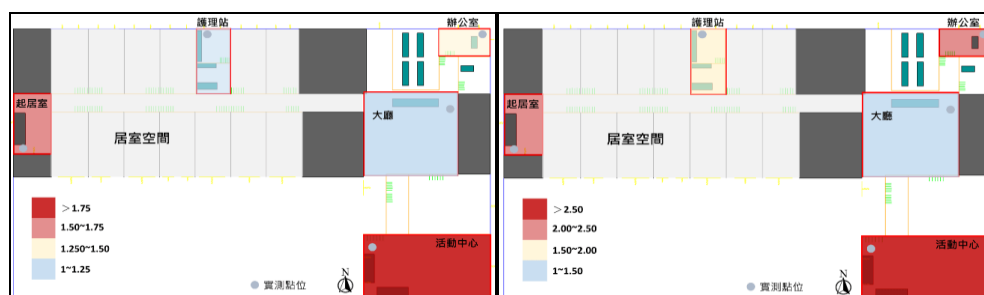


圖 7 夏季早上及下午時段室內 PMV 值分布圖

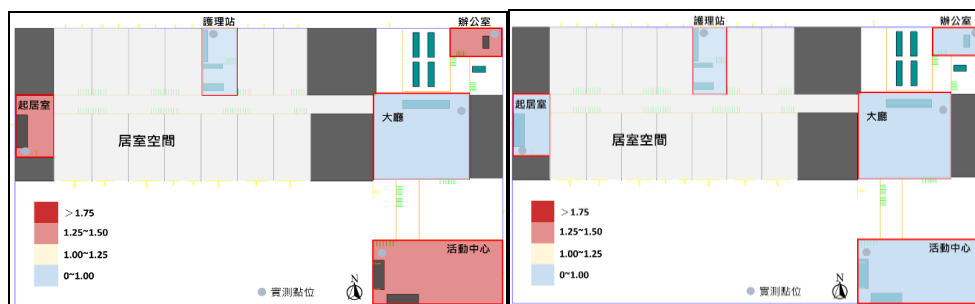


圖 8 秋季早上及下午時段室內 PMV 值分布圖

資料來源：本研究繪製。

二氧化碳濃度及使用者活動之分析

室內 5 處測點進行 3 時段 CO₂ 及風速的分析，同時考量空間尺度及時段，進行數據分析。內政部研究所 (2009) 室內環境品質診斷及改善技術指引提及室內空氣品質在 CO₂ 濃度方面，應小於 1000ppm。

從不同組別分析上來看，可發現夏秋兩季大廳的 CO₂ 在早上、中午及下午三時段呈現上升後下降又上升的趨勢，此情況是因 9 點至 11 點逐漸會有家屬至此機構進行家屬探視，下午時段 15 點至 16 點為下午時段家屬探視時間，大廳是此機構家屬等候探視之空間，屬半密閉空間，兩季節開窗量少難形成對流，其平均風速僅 0.15m/s，導致夏季 9 點的時段 CO₂ 上升至 975.20ppm。

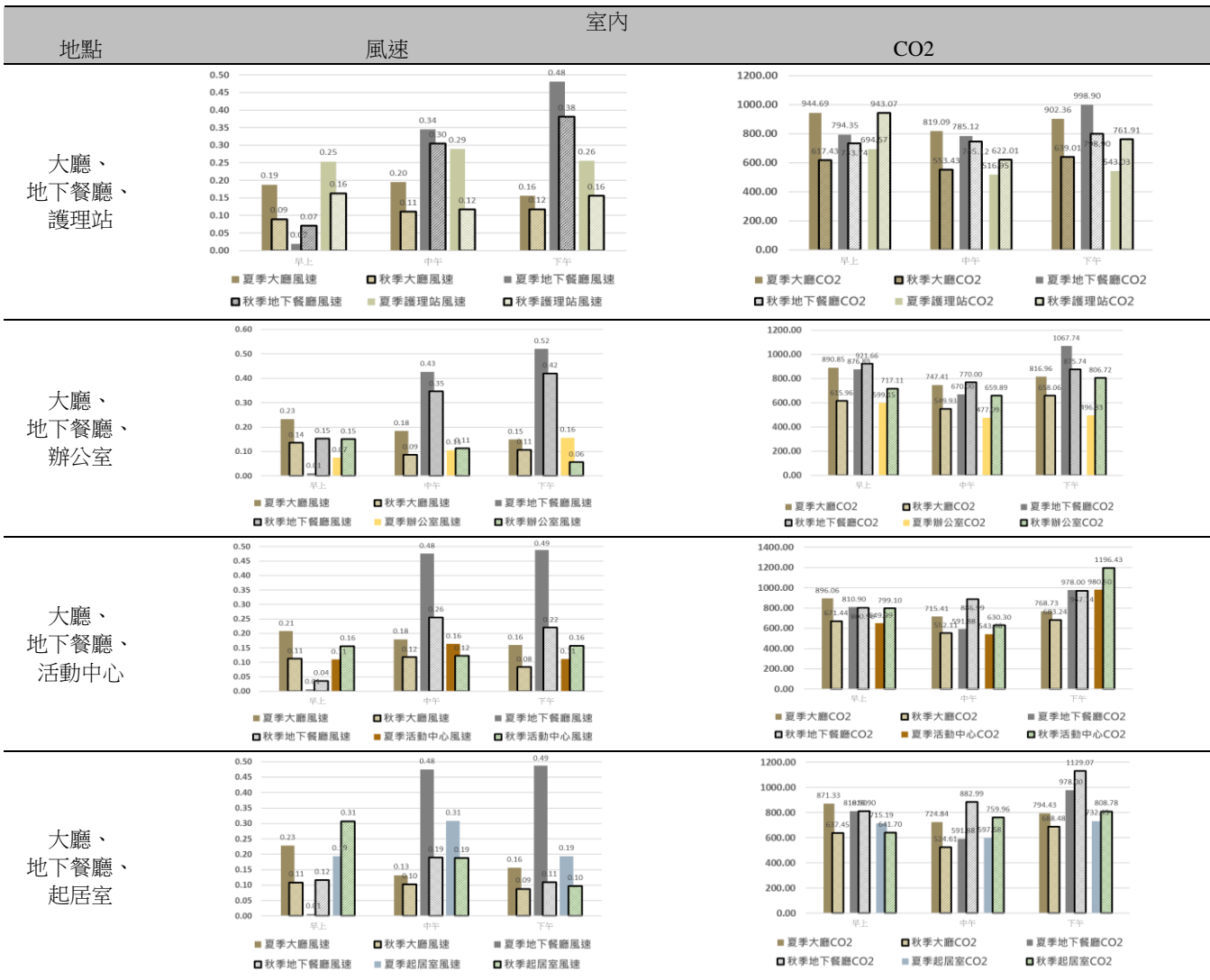
地下餐廳於中午用餐時，由於採分流方式進行用餐，因此至中午前的 CO₂ 濃度約在 670.00~876.89ppm 之間，而高齡者用餐時間越靠近 13 點用餐人數慢慢下降且離開餐廳，因此二氧化碳濃度下降至 591.88ppm。於 8 月 21 日下午時段於地下餐廳舉辦卡拉 OK 活動，高齡者、照服員及表演者共 72 人，平均風速僅 0.49m/s 導致下午時段的地下餐廳 CO₂ 濃度有超過 1,000ppm 的情形，測量結果為 978.00~1067.74ppm。而在秋季時中午前的 CO₂ 濃度約在 770.00ppm 以下，然下午時段的 CO₂ 濃度，較夏季時活動舉辦時人潮聚集要來的高，其主要原因在於，地下餐廳若無用餐及無活動演出時，皆會關閉換氣空調，此空間處於地下室，雖有天井及部分對外窗戶，但風速過低，導致氣流無法順利對流，也因

此發現夏秋兩季 CO₂ 的濃度影響，風速是改善污染物堆積的主要環境因素，而人為的聚集確實也會影響 CO₂ 的濃度高低。

夏秋季護理站的 CO₂ 濃度均呈現早上高，下午低的原因為早上時段為高齡者作為起居室聚集及護理師辦公的空間，但由於護理站空間在 10.88M² 無法容納過多的高齡者使用，因此其 CO₂ 濃度就不會像地下餐廳過多的使用及聚集，其 ppm 濃度為 694.57 及 943.07。而下午護理站的使用單純只有護理師在崗，因此其 ppm 濃度相較於早上要來的低。夏秋兩季照服員辦公空間，由於部分人員待在辦公室辦公，有部分照服員則需協助護理師巡房等外務，較少使用辦公空間，因此三時段的 CO₂ 濃度均小於 810.00ppm (見表 19)。

夏秋季活動中心則呈現早上 CO₂ 濃度低，下午高的情況，活動中心密集使用時間為下午 15 點至 16 點，時測當天下午皆有基督教傳教活動，夏季室內平均風速僅 0.11m/s，參與人數總計 29 人，秋季室內平均風速僅 0.15m/s，參與人數雖未像地下餐廳人數多，活動中心空間相較地下餐廳小，因此 CO₂ 的濃度也直逼 1,000ppm，夏秋分別為 980ppm 及 1,196ppm。夏秋季位於西側的起居室，早上時段及下午時段的 ppm 濃度最高，由於早上起居空間會有高齡者及照服員聚集於此看電視聊天。下午時段未參加活動中心舉辦之活動的高齡者會選擇在此處曬太陽聊天，中午時段 CO₂ 濃度最低是因高齡者待在居室休息睡午覺，未聚集在起居空間。

表 20. 室內風速及 CO2 濃度比較示意圖



資料來源：本研究彙整。

4-3CFD 模擬分析

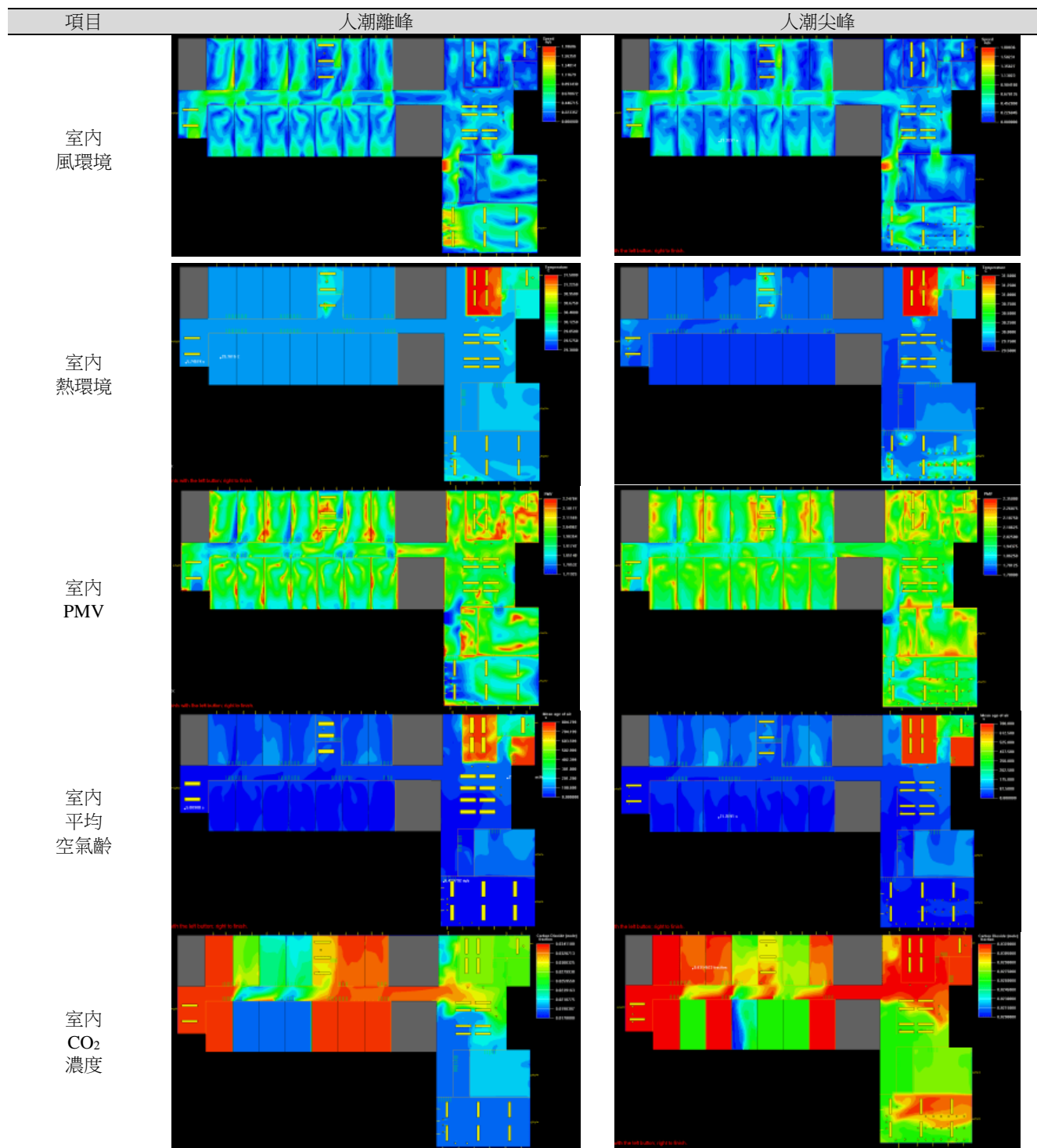
高齡住宿機構夏秋季日常活動人口尖離峰分析

1. 高齡者住宿式機構夏季日常活動人口尖離峰分析
 從夏季室內風環境模擬可發現，空間中人員的多寡會阻擋空氣的流動，當活動空間處於離峰時段，可明顯看出模擬之氣流帶狀完整，且模擬之區域風速落在 0.6-1.0m/s 之間，但當人潮處於尖峰時段，帶狀氣流受阻其區域風速值落在 0.22-0.45m/s 之間，經數值模擬後，可發現其室內風速均落在 0.20-1.35m/s。而在溫熱

環境模擬上，全區數值模擬之溫度在 29.5 至 31.5 之間，由於人體本身為熱源，於活動中心處亦可發現，在人潮聚集時，區域溫度較離峰時段高，而右上職員辦公區域較整體住宿式機構溫度顯示偏紅，估計原因為沒有開口所導致。且可發現較不通風處，其 PMV 值會上升，反之則下降，同時模擬圖上，PMV 的高低與風速及溫度較有直接關係，從平均空氣齡證實換氣率越低的地方其溫度高，反之則下降，其住宿式機構全區 PMV 值為 1.71 至 2.24 之間。CO₂ 濃度越高對室內溫度的影響較通風程度高低要來的小，但可觀察出風速越低之區域，CO₂ 濃度越高，且因夏季時盛行風向為西南風，活動中心於迎風面開窗，其室內 CO₂ 有堆積至活動中心前段的情況發

生，全區室內二氧化碳濃度為 100-300ppm 之間，夏季高齡者住宿式機構數值模擬，可發現室內最穩定之區域為護理站。而辦公區域由於未有開口，明顯發現其室內換氣率極低，導致溫度上升、汙染物堆積的情況發生(表 20、21)。

表 21. 夏季高齡者室內活動空間尖離峰時段模擬彙整



資料來源：本研究彙整。

表 22. 夏季室內各測點數值彙整

地點	模擬項目	夏季	
		離峰時段	尖峰時段
 大廳	風速(m/s)	0.40	0.31
	溫度(°C)	29.81	29.9
	PMV	1.82	1.99
	二氧化碳(ppm)	271.21	310.34
	平均空氣齡(S)	98.16	93.21
 護理站	風速(m/s)	0.46	0.58
	溫度(°C)	29.94	30
	PMV	1.85	1.88
	二氧化碳(ppm)	326.14	290.18
	平均空氣齡(S)	87.36	90.33
 辦公室	風速(m/s)	0.42	0.18
	溫度(°C)	30.01	30.2
	PMV	2.16	2.17
	二氧化碳(ppm)	274.87	319.3
	平均空氣齡(S)	257.24	288.3
 活動中心	風速(m/s)	0.52	0.43
	溫度(°C)	29.7	29.7
	PMV	1.91	2.02
	二氧化碳(ppm)	199.5	267.44
	平均空氣齡(S)	29.31	33.15
 起居室	風速(m/s)	0.31	0.22
	溫度(°C)	29.7	29.7
	PMV	2.08	2.18
	二氧化碳(ppm)	334.34	334.23
	平均空氣齡(S)	5.75	5.02

資料來源：本研究彙整。

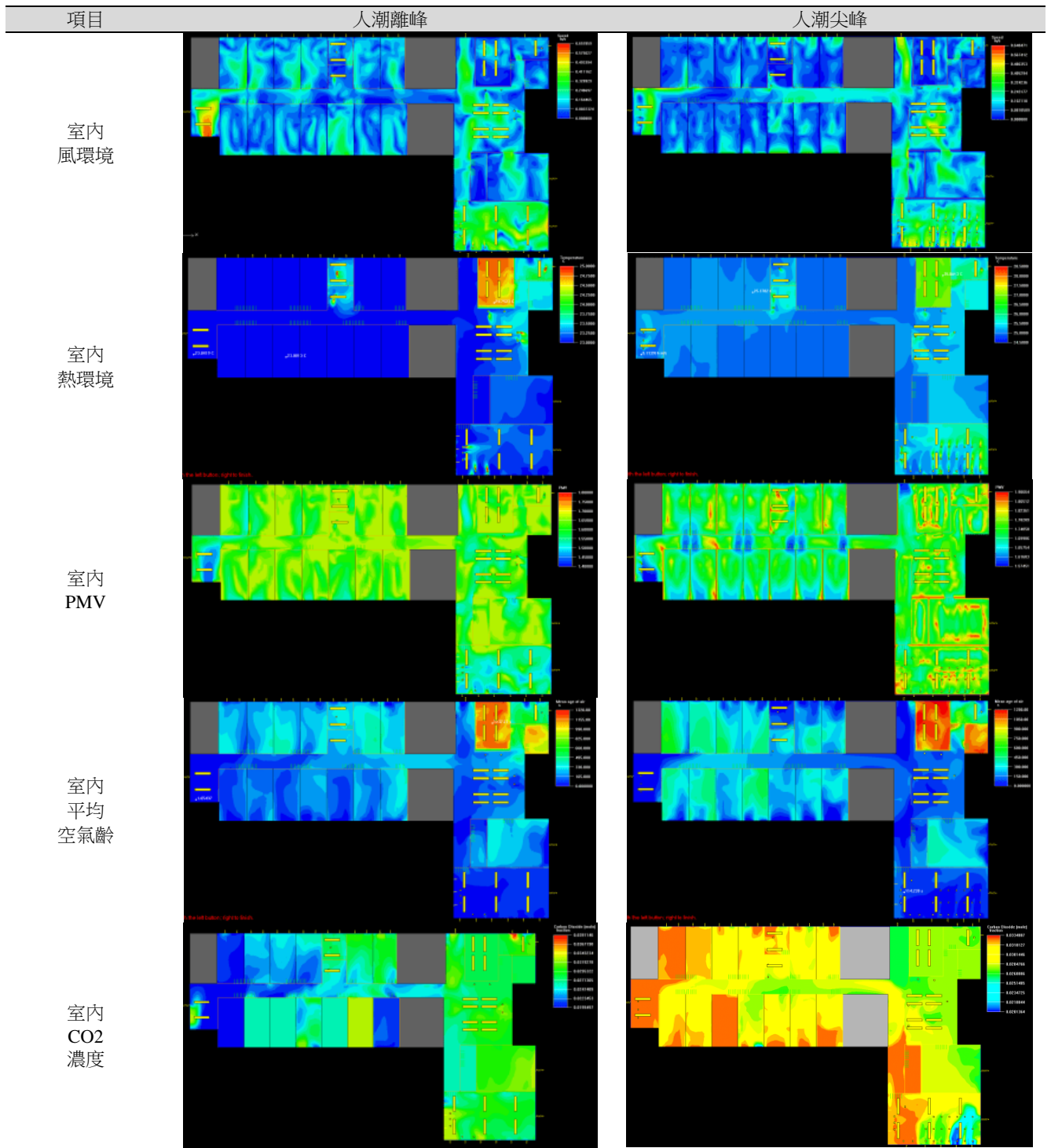
2. 高齡者住宿式機構秋季日常活動人口尖離峰分析

從秋季室內風環境模擬可發現，空間中人員的多寡會影響空氣流動，當活動空間處於離峰時段，可明顯看出模擬之區域風速落在 0.30-0.50m/s 之間，但當人潮處於尖峰時段，帶狀氣流受阻，窗邊風速在 0.45-0.50m/s，而經過人潮聚集處其區域風速值落在 0.15-0.35m/s 之間，經數值模擬後，可發現活動中心室內風速均落在 0.2-0.65m/s，相較夏季室內風速要來的低。而在溫熱環境模擬上，全區數值模擬之溫度在 24 至 28.5 之間，右上職員辦公區域與夏季時一樣情況為整體溫度最高之空間，原因為沒有開口所導致。可發現風速不高之區域，其 PMV 值會上升，反之則下降，模擬圖上 PMV

高低與風速及溫度較有直接關係，平均空氣齡證實換氣率越低的地方溫度高，反之則下降，住宿式機構全區 PMV 值為 1.50 至 1.90 之間。

CO₂ 濃度越高對室內溫度的影響較通風程度高低要來的小，但可觀察出風速越低之區域，CO₂ 濃度越高，且因秋季時盛行風向為東北東，又因迎風面有駁坎及植栽遮蔽，發現室內各區 CO₂ 較夏季濃度高，全區室內二氧化碳濃度為 200-300ppm 之間，秋季高齡者住宿式機構數值模擬，發現室內全區其舒適度均符合田辺新一(2020)提出之高齡者之熱舒適範圍。但經模擬秋季之平均風速要比夏季來的低，因此其 CO₂ 的濃度要比夏季來的高，且滯留時間增加(表 22、23)。

表 23. 秋季高齡者室內活動空間尖離峰時段模擬彙整



資料來源：本研究彙整。

表 24. 秋季室內各測點數值彙整

地點	模擬項目	秋季	
		離峰時段	尖峰時段
大廳	風速(m/s)	0.11	0.12
	溫度(°C)	23	25.46
	PMV	1.64	1.64
	二氧化碳(ppm)	291.4	283.88
	平均空氣齡(S)	262.1	197.1
護理站	風速(m/s)	0.14	0.31
	溫度(°C)	23.24	25.01
	PMV	1.63	1.53
	二氧化碳(ppm)	277.94	334.18
	平均空氣齡(S)	193.6	16.1
辦公室	風速(m/s)	0.07	0.24
	溫度(°C)	23.61	26.15
	PMV	1.7	1.56
	二氧化碳(ppm)	318.38	280.47
	平均空氣齡(S)	487.62	498.95
活動中心	風速(m/s)	0.13	0.22
	溫度(°C)	23.03	25.14
	PMV	1.63	1.59
	二氧化碳(ppm)	252.65	319.07
	平均空氣齡(S)	94.77	185.06
起居室	風速(m/s)	0.11	0.13
	溫度(°C)	23.04	25.11
	PMV	1.65	1.7
	二氧化碳(ppm)	264.91	334.31
	平均空氣齡(S)	48.9	39.5

資料來源：本研究彙整。

五、結論與建議

5-1 夏秋季不同時段高齡住宿機構活動空間舒適

性影響

1. 分析實測結果以國際標準比較室內 PMV 值及平均溫度，北投地區夏秋季住宿式機構內皆無偏冷環境。此住宿式機構於夏季最舒適空間為中午時段之地下餐廳(PMV=0.33)，秋季最舒適空間為下午時段的護理站(PMV=0.22)，皆在 ISO7730-2010 及 ASHRAE-2020 舒適區間內。夏季由於空間位於地下室，主要影響 PMV 之環境因素太陽輻射熱難以到達，秋季則由於此測點地處建築物中段，且秋季時為迎風面，戶外有駁坎及喬木遮蔽太陽輻射對於微氣候減熱有一定的效果，因此本研究將於後續進行植栽模擬之探討，以完善現階段模擬假

設之不足。

2. 在亞洲高齡者舒適度指標上，夏季中午及下午時段的辦公室、活動中心及起居室三處活動空間 PMV 均超過針對亞熱帶高齡者舒適溫度及 PMV 值，其他時段及測點皆屬亞洲高齡者熱舒適標準範圍內。秋季中午時段的活動中心屬於熱標準，其餘空間都符合亞洲高齡舒適標準。換句話說，夏天中、下午時段辦公室、活動中心及起居室及秋季中午時段的活動中心，高齡者在使用上述時段空間會較不舒適(夏季 PMV=2.69、秋季 PMV=1.89)。
3. 研究發現，空間舒適的主要原因為空間周圍有遮蔽太陽輻射之物體，或是空間本身就難讓太陽輻射到達，同時迎風面設置開口，透過通風帶走室內熱量。而不舒適之空間則會發現為採光良好，且周圍空曠、無遮蔽亦或是未設置開口，且室內外處於靜風或是背風面狀態導致對流欠佳，造成高齡者使用上有不舒適的影響。
4. 發現影響舒適度的因素，使用者聚集的影響相較環

境因素要來的少，影響住宿式機構日常活動空間舒適度的因素主要是環境因素(輻射熱、溫度、風速等)。

5-2 使用者聚集不同活動空間二氧化碳濃度影響

1. 由於機構區位並非市區中心，戶外移動污染源極少，且機構內高齡者使用活動空間採分流方式，故實測數值均在標準範圍之內。目前世界之室外 CO₂ 濃度值已超過 410ppm，與模擬數值略有差異，將於後續研究進一步探討。而從實測可發現，不同大小的活動空間，會因不同時段及人的聚集而影響 CO₂ 濃度的變化。室內均未有入使用的情況下，最低 CO₂ 濃度在辦公室，濃度為 477.09ppm。三時段皆有人為聚集使用為大廳，濃度落在 800ppm，均未超出內政部研究所(2009)室內環境品質診斷及改善技術指引規範的 1,000ppm。
2. 自然通風的模擬結果顯示室內溫度場、濃度場和速度場的狀況，透過分析發現高齡者住宿式機構夏秋季最不舒適之場所為職員辦公室，原因為此空

間並未有開口，氣流無法對流換氣時間長，故溫度及 CO₂ 濃度為整體住宿式機構最不舒適之空間。

3. 模擬結果發現，日常活動空間大小及高齡者活動空間使用率(人員聚集)影響完整氣流的流動，導致室內換氣率下降，使溫度及 CO₂ 濃度的升高與滯留。
4. 研究證實風速是主要影響污染物的因子，由於實測地下餐廳當天平均風速太小(小於 1m/s)，無法帶走滯留物。而當舉辦大型活動時，建議除採自然通風外，可以機械通風方式為輔進行室內換氣，達到二氧化碳濃度部分下降的可能性。

誌謝

本研究特別感謝中華民國科技部計畫(計畫代號 MOST 109-2221-E-027-025-)及教育部高等教育深耕計畫-特色領域研究中心計畫-新世代住商與工業節能研究中心 L7091101-19.經費補助，使研究得以順利進行。

參考文獻

1. 周明岳. 拔管掙脫鬆綁，自立支援模式遍地開花. Anke Care 創新長照. [線上] 2019 年 12 月 11 日. <https://www.ankecare.com/2019/17469>.
2. 謝明瑞. 長照保險制與長照稅收制比較分析—兼論政府的長照政策之適宜性. 臺灣競爭力論壇. [線上] 2016 年 6 月 7 日. [引用日期: 2020 年 03 月 30 日.] <https://reurl.cc/V6jppR>.
3. 賴雅淳. 雙北長照機構等 5、6 年才能入住！長照 2.0 讓你每年最多省 6 萬. Money 錢. [線上] 2019 年 11 月 1 日. <https://reurl.cc/X6DEXR>.
4. 鄭夙芬、鄭期緯、紀孟君、林思汝、侯煒鈞. 我國社區照顧關懷據點高齡服務使用者之分析研究. 福祉科技與服務管理學刊. 2016 年 5 月 20 日, 頁 315-316.
5. 衛生福利部. 衛生福利部. [線上] 2016 年. <https://www.mohw.gov.tw/mp-1.html>.
6. 長期照顧服務機構設立標準. 編輯地未知: 長期照顧司.
7. 蔡佳明. 活化閒置空間校舍做為高齡長照據點之研究. 編輯地未知: 內政部建築研究所委託研究
8. 音景與熱環境交互感知之研究. 鄭溥萱. 台中市: 無名氏, 2014. 中興大學碩士論文.
9. 趙坤鵬. 發達國家和地區社區居家整合照護模式之探索與啟示. 老齡科學研究期刊. 2018 年 7 月, 頁 33.
10. 葉士傑. 台灣第一個被動房認證項目. 欣傳媒. [線上] 2017 年 06 月 1 日. <https://solomo.xinmedia.com/archi/126336-Passivehouse>.
11. 一. 何謂德國被動式房屋 (Passivhaus/Passive House). 欣傳媒. [線上] 2015 年 06 月 24 日. <https://solomo.xinmedia.com/archi/22204-passivehouse>.
12. 行政院. 行政院政策與計劃資訊網. [線上] 2018 年 2 月 3 日. [引用日期: 2020 年 03 月 30 日.] <https://reurl.cc/Y19jxl>.
13. 經營長照產業的商業思維模式. 黃毓瑩. 2018 年, Anke Care, 頁 20-21.
14. 黃明發. 「從全球化老人照顧之發展趨勢對臺灣長期照顧之省思」. 社區發展季刊 148 期. 2014 年 12 月.
15. 應用智慧節能技術減緩我國建築部門夏季尖峰用

- 電策略研究. 陳麒任. 台北市: 無名氏, 2019. 內政部建築研究所自行研究報告.
16. 我國近零能源建築發展策略與. 陳麒任. 台北市: 無名氏, 2018. 內政部建築研究所自行研究報告.
17. 陳毓昀. 太魯閣國家公園長期生態物候. 編輯地未知: 太魯閣國家公園管理處, 2013.
18. 陳桂敏. 臺灣長期照護發展的困境與出路. 高醫醫訊月刊, . 2014 年.
19. 陳柏宗. 活化閒置空間為高齡者日間照顧據點之研究. 編輯地未知: 內政部建築研究所, 2017.
20. 陳文姿. 除溼、遮蔭做好 被動式「節能建築」也適用台灣. 環境資訊中心. [線上] 2018 年 07 月 17 日. <https://e-info.org.tw/node/212605>.
21. 風洞試驗應用於行人風場環境影響評估之研究. 郭建源. 2009.
22. 莊俐昕、黃源協. 社區照顧關懷據點成效評估: 服務提供者觀點的分. 社區發展季刊. 2013 年.
23. 敖家綱、薛翔之. 「臺灣典範企業如何推展循環經濟作法及商業模式」. 經濟前瞻 184 期. 2019 年 7 月 12 日, 頁 17-22.
24. 高齡社會中老人教育的倫理問題與對策. 台北市: 無名氏, 2004. 中華民國成人及終身教育學會.
25. 廣州市老人院室外熱環境適老化. 胡靜文. 廣州市: 無名氏, 2019. 華南理工大學.
26. 淺沼由紀. 高齡者複合設施. 東京都: 市ヶ谷出版社, 2002.
27. 洪淑惠. 台灣小型養護型長照-私人機構住宿式經營模式之探討. 高雄: 國立中山大學, 2017 年.
28. 為改善都市熱島效應之都市公園空間分布之研究-以嘉義市為例. 洪崧連. 高雄市: 無名氏, 2018. 碩士論文.
29. 邱英浩、陳智仁. 街道尺度與建築配置對室內自然通風效益之影響. 建築學報. 2019 年 6 月, 頁 76.
30. 邱英浩. 建築配置形式對戶外空間環境風場之影響. 都市與計劃. 2011 年 09 月 30 日, 頁 303-325.
31. 邱英浩、吳孟芳. 不同街道尺度對環境風場影響之研究. 都市與計劃. 2010 年 12 月 01 日, 頁 501-528.
32. 邱彥瑜、高有智. AnkeCare 創新長照. [線上] 2019 年 7 月. <https://www.ankecare.com/>.
33. 林歐桂英. [線上] 2018 年. <https://kknews.cc/zh-tw/psychology/3engzj3.html>.
34. 林惠琴. 住宿式長照斥資 50 億布建 88 區衛福部推估, 目前缺口超過 5 萬床. [線上] 自由時報, 2019 年 5 月 9 日. [引用日期: 2020 年 3 月 3 日.] <https://reurl.cc/GVZAVy>.
35. 自立支援是一場社會運動. 林金立. 2019 年, Anke Care, 頁 54.
36. 林佑璇. 在地安養! 屏東九如舊校變身日照中心。 [線上] 2016 年 9 月 8 日. [引用日期: 2020 年 3 月 3 日.] <https://news.tvbs.com.tw/life/673061>.
37. 周傳久. 高齡友善新世界. 編輯地未知: 楊曉華, 2019.
38. 卓春英、鄭淑琪. 社會福利民營化之實踐與省思—以社區照顧關懷據點之實施為例. 社會發展研究學刊. 2010 年.
39. 吳美珠. 臺北市老人長期照顧政策之研究-跨域治理觀點. 新北: 國立臺北大學, 2011 年.
40. 何育興. 公共設施閒置空間之活化及防範策略. 國土及公共治理季刊. 2019 年 9 月, 頁 82-91.
41. 朱益民. 民間參與老人住宅投資效益個案研究—以高雄市市場多目標使用(市 2)為例. 台南: 國立成功大學建築學系, 2016 年.
42. 氣候學の歴史-古代から現代まで-. 吉野正敏. 日本: 無名氏, 2007. J-STAGE.
43. 鄧大松、李玉娇. 失能老人長照服務體系構建與政策精準整合. 西北大學學報哲學社會科學版. 2017 年, 頁 55-62.
44. 台北市民政局. [線上] 2018 年. https://dah.gov.taipei/Content_List.aspx?n=0CB90AD9A3BD83CF.
45. 王仁潔、李湘雄. 老化與心理健康. 台北市: 弘智出版, 2001.
46. 中央氣象局. 溫度與濕度. [線上] 2017 年. <https://www.cwb.gov.tw/Data/knowledge/announce/observe2.pdf>.
47. じくも. 広報. [線上] 2009 年 11 月 21 日. <https://www.city.shinagawa.tokyo.jp/ct/other000014500/kouhou20091121.pdf>.
48. Vemon. The influence of the humidity of the air on

- capacity for work at high temperatures. Cambridge Epidemiology & Infection . 2009 年.
49. Activities Compendium of Physical The. The Compendium of Physical Activities. [線上] 2011 年. <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/corrected-mets>.
50. R.-L. Hwang、C.-P. Chen. Field study on behaviors and adaptation of elderly people and their thermal comfort requirements in residential environments. Indoor Air. 2010 年 6 月, 頁 244.
51. Houghton F CC P.Yaglou. Determining equal comfort lines. Journal of the American Society of Heating and Ventilating Engineers. 1923 年, 頁 165-176.
52. Die Energiebilanz des Menschen. Höpfe. 編輯地未知: University of München, 1984.
53. Positive ageing: New images for a new age. . Gergen. 2002. Ageing.
54. Fanger. Thermal Comfort. Analysis and Application in Environment Engineering. Copenhagen: Danish Technical Press. 1970 年.
55. Bou-Zeid Elie. Coherent Structures and the Dissimilarity of Turbulent Transport of Momentum and Scalars in the Unstable Atmospheric Surface Layer. 2011.
56. Curran M. Environmental life-cycle assessment. The International Journal of Life. Cycle Assessment . 1996 年, 頁 179.
57. calculator energy expenditure complete. complete energy expenditure calculator. metscalculator. [線上] 2018 年. <https://metscalculator.com/>.
58. [線上] complete energy expenditure calculator.
59. 劉癸楓. 「來去學校上課！」全臺首例校園活化為日照中心, 長者不再抗拒照護機構. [線上] 2018 年 2 月 13 日. [引用日期: 2020 年 3 月 3 日.] <https://npost.tw/archives/41304>.
60. 尚美佐々. 高齢者の選択気温からみた心理生理反応特性. 日本建築学会環境系論文集. [線上] 2010 年. https://www.jstage.jst.go.jp/article/aije/75/655/75_655_815/_article/-char/ja.
61. 7730ISO. [線上] 2005 年. <https://www.iso.org/standard/79394.html>.
62. ASHRAE. [線上] 2017 年. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>.

社會住宅包租代管計畫租金檢核方式之研究

A Study on the Rent Anomalies of Property Subletting for Social Tenants

葉姿妤^a、江穎慧^b

Zih-Yu Ye^a, Ying-Hui Chiang^b

^a 國立政治大學地政學系碩士 Master, Department of Land Economics, National Chengchi University.

^b 國立政治大學地政學系助理教授 Assistant Professor, Department of Land Economics, National Chengchi University

論文資訊

論文審查紀錄：

受稿日期

2021年12月26日

審查通過日期

2022年06月14日

關鍵詞：

社會住宅包租代管、特徵價格模型、租賃住宅市場

通訊作者：

江穎慧

電子郵件地址：
yinghui@nccu.edu.tw

摘要

2017年政府推動「社會住宅包租代管試辦計畫」，弱勢家庭能夠以低於市場的價格租屋。歷經二期計畫，相關新聞媒體和學術文章，提及該政策之市場租金可能超出市場價格，然而沒有相關研究數據進行分析。本研究利用特徵價格理論建立「獨立套房」及「整層住家」之市場租金模型，以591租屋平台之臺北市2018年1月至2020年8月成交案件作為樣本。檢核臺北市第一期計畫案例之市場租金，並運用深度訪談瞭解市場租金異常之可能原因。

實證結果顯示，異常租金案件容易受租屋面積大小、傢俱設備多寡及人為因素影響，並且異常租金案件為「包租」居多。據訪談得知，市場租金為簽約租金反推之結果，缺乏租金評估調整比率標準化，易增加異常租金案件。本研究建議增加租金模型檢核系統，納入社會住宅包租代管計畫，以減少異常租金案件。通過檢核系統對租金進行評估，協助單位主管機關即時審查案件，減少因價格不合理而引起之爭議。

Article Info

Article history:

Received 26 Dec. 2021

Accepted 24 Jun. 2022

Keywords:

Social Property Subletting for Social Tenants, Hedonic Price Model, Rental housing market

Corresponding author:

YING-HUI CHIANG

E-mail address:

yinghui@nccu.edu.tw

Abstract

In 2017, the government promoted the “Property Subletting for Social Tenants”, disadvantaged households have been able to rent housing at a price lower than the market price. News outlets and academic articles that the market rent of the policy may have exceeded the market price, but there is no relevant data for analysis. This study selects the cases of 591 rental platforms from January 2018 to August 2020 in Taipei City as the sample. To establish rent models for studios and apartments using the hedonic price theory. And to examine the market rent anomalies of the first phase of this project. We interview participants to analyze the possible causes of market rent anomalies.

The empirical results show that abnormal rent cases are easily affected by the size of rented houses, the amount of furniture and equipment, and human factors. In addition, most of the abnormal rent cases were subleasing. According to the interviews, the market rent was a back-projection of the contract rent. And the rent assessment adjustment ratio is not standardized, which is easy to increase abnormal rent cases. This study suggests that the rent review should incorporate into the rent model system to reduce rent anomalies. Through the rent model system to evaluate and identify abnormal cases, the authority can quickly review cases reducing disputes caused by unreasonable prices.

一、前言

臺灣早期住宅政策不斷提供許多獎勵措施鼓勵家戶舉債擁屋，致使民眾「住者有其屋」之社會價值觀念根深蒂固（華昌宜與賴碧瑩，2001；何友鋒與賴碧瑩，2010）。據內政部住宅價格指數統計資料，全國住宅價格自 2012 年第 3 季至 2021 年第 3 季上漲約 45%，首都臺北市住宅價格亦上漲約 33%；全國及臺北市房價負擔率皆超過合理房價負擔，尤其臺北市房價負擔能力過低，導致購屋者背上高房價或成為無殼蝸牛。內政部（2019c）在「2019 年住宅需求動向調查」提到臺北市「無自有住宅」者 348,609 戶，其居住狀況為租賃居多，居住者大多為經濟或社會弱勢戶占 49.1%。據內政部全國租金指數統計資料，全國租金自 2012 年至 2021 年上漲約 8%，致使租屋的弱勢族群，在租金連續上漲下，居住生活負擔更為沉重。

臺灣租賃市場相關文獻研究，皆提到早期政府忽略管理租賃市場產生租屋資訊不對稱及租屋歧視現象（華昌宜與賴碧瑩，2001；何友鋒與賴碧瑩，2010；呂秉怡與花敬群，2012）。內政部發布「2017 年度社會住宅包租代管試辦計畫」，政府開始重視租賃市場發展，其政策預期目標為引導民眾釋出閒置住宅於租賃市場，以低於市場租金出租並加入包租代管專業機制，保障租賃雙方權益，除了租金優惠、租賃市場資訊透明化及增加租屋存量外，政府也能減輕興建社會住宅的財政負擔，更促使弱勢者有多元化選擇，改善目前的租屋環境以及發展租賃服務產業。

但執行社會住宅包租代管計畫至今，相關負面新聞提到有業者利用弱勢戶假人頭租屋，偽造契約詐領政府補助；社會住宅包租代管之租金高於周遭相似租屋租金新聞；業者發生付不出房東租金、無返還房客押金之情形發生，租賃雙方望而卻步。張滄婷（2019）更提出第一期社會住宅包租代管可能存在評定租金不符合市價行情，有哄抬市場租金之疑慮。「2019 年住宅需求動向調查」更分析出第一期社會住宅包租代管房東與房客，皆期望「房屋租金評定公開透明化」為政策之首要配套措施（內政部，2019c）。

我國相關社會住宅包租代管之學術研究較為缺乏，目前有保險制度面（賴宛瑜，2019）、社會福利制度面

（張滄婷，2019）、房客住宅選擇特性面（楊恭豪，2020）等角度探討第一期社會住宅包租代管計畫。雖過去文獻深度訪談研究發現，評估之市場租金有哄抬價格之疑慮（張滄婷，2019），但尚未有文獻根據實際數據進行研究。本文突破過去研究限制，運用全台資訊量最大之 591 租屋平台資料建置市場租金模型，檢核臺北市第一期社會住宅包租代管租金，並找出異常租金間之共同特性，提供未來社會住宅包租代管租金評定更有效之審核參考機制。本文共分五部份，第一部份為前言，第二部份回顧社會住宅包租代管、國內外租金影響因素及異常價格檢測相關之研究，第三部份為研究設計與理論模型，第四部分為實證結果分析，最後為結論。

二、文獻回顧

2-1 社會住宅包租代管

於興辦社會住宅包租代管計畫之前，政府部門已經歷 2013 年「102 年租屋服務平臺試辦計畫」、2014 年「103 年度租屋服務平臺你租我管試辦計畫」及 2016 年「105 年度租屋服務平臺你租我管試辦」，共三期之包租代管試辦計畫之市場行為試探。雖為期四年試辦計畫媒合戶數皆不多，但有利於社會福利，且有助於整體租賃市場之租屋資訊透明化（內政部，2017a）。再加上政府配合「8 年興辦 20 萬戶」社會住宅政策，故由 2017 年「租屋服務平臺」轉型為「社會住宅包租代管」（內政部，2017a）。社會住宅包租代管辦理目的，因臺灣長期租賃市場租屋資訊不透明，加上早期政策不重視租賃市場，使租賃市場長期地下化。為保障社會經濟弱勢者及無力購屋民眾的居住權利，政府期望將閒置空屋吸引到租賃市場，並交由專業租賃業者管理與服務，使租賃雙方獲得更好的租屋品質與保障。另外，增加社會住宅量能，讓弱勢租屋者有多元居住選擇方式，健全租賃住宅市場。政府將租賃市場分成四個象限，從品質高至低分為「中高端閒置住宅」、「一般租賃市場」、「一般閒置住宅」及「弱勢租屋市場」。政府主要以一般閒置住宅為政府目標對象，將其釋出於社會住宅包租代管（內政部，2017b）。

2019 年接續推行第二期社會住宅包租代管，推行

範圍擴大到全臺直轄市、縣（市）辦理，皆執行管理 3 年，預計目標為 20,000 戶媒合案件。此外，第二期採用「雙軌模式」推動社會住宅包租代管計畫分為「縣市版」、「公會版」兩種模式。前者，如同第一期其計畫執行機關為地方政府受理單位，由全臺縣市政府招募業者辦理「縣市版」，執行目標為 15,000 戶包租代管；後者，「公會版」計畫執行機關則是「國家住宅及都市更新中心」（簡稱住都中心）與「中華民國租賃住宅服務商業同業公會全國聯合會」（簡稱全國聯合會）合手推動，執行目標為 5,000 戶包租代管。第二期公會版已取消戶籍限制條件，只需「居住事實」之證明，就能「跨區」申請進入計畫；政府補助方面，直接「專款專用」支付業者、房東及房客之金額，不再以第一、二期縣市版計畫經由業者轉交給租賃雙方政府補助金額（內政部，2019b）。

租金評定制度方面，業者在第二期縣市版依據「社會住宅包租代管出租住宅市場租金價格評定原則」，找出三家相鄰、相似或相同地區之出租住宅租金行情資料，經比較、差額轉換序位及計入權重後，估計案件之市場租金價格，再依包租打 8 折、代管打 9 折為簽約租金，至機關作為審查依據。而第二期公會版改成透過大數據分析，制定「租金水準區間表」作為業者及執行機關租金評定依據（住都中心，2020），故第二期公會版較第一期計畫具市場租金評定之依據。

2-2 租金影響因素及異常價格檢測相關研究

Rosen（1974）提出特徵價格模型理論（hedonic pricing theory）對後續研究影響深遠，不少專家學者開始使用特徵價格模型來估計不動產價格。Sirmans & Benjamin（1991）回顧影響租金因子之相關文獻，綜合對租金影響因素有「建物型態」、「區域因素」、「設施及服務」及「租戶特徵」有顯著影響。林祖嘉與林素菁（1993）也發現消費者在選擇房屋需求時，對房屋本身特質、環境品質及住宅附近公共設施之服務項目等因素皆會有所考量，但其中仍以房屋本身的特質為最主要考量因素。Lin（1993）研究臺灣住宅租金與住宅價格之間關係，發現影響住宅價格之因素皆影響住宅租金，屋齡對價格及租金都呈顯著影響，但對價格之影響遠大於租金，主要因為購屋者比租屋者更注重住宅品質，相對租屋者只需適當之品質。

李馨蘋與劉代洋（1999）分析臺灣租賃市場之租金影響因素，利用半對數及雙對數特徵價格模型作為探討方式，發現兩者研究方式得出的結果皆相近，房屋內外特徵、環境鄰里及區域交通因素皆對租金有顯著相關性。但在房廳數與租金呈現負相關，推測臺灣因土地面積小，因此在相同房屋面積需要較大的空間利用，相對房廳數的增加會減少可利用之空間，故與國外文獻得出結果相反。Vedia, Zeynep & Abdullah（2003）則探討土耳其伊斯坦堡的房屋價值和租金影響因素，發現房價跟租金皆對房屋本身特徵屬性有高度顯著性，雖外部因素如綠地的存在對房價與租金皆顯著影響，但交通便利及購物設施僅對租金有顯著影響。因租屋者較為考量生活便利性，而購屋者轎車通行者居多，較不考慮交通便利及購物設施等外在因素。曾意翔（2016）利用最小平方法及地理資訊系統探討租屋價格影響因素，發現大部分影響因素大多為房屋內部因子，最適宜放入模型之因素包含坪數、樓層、房屋類型、傢俱設備數；而外部因子主要來自交通便利影響因素，其餘因素影響皆不大。

另外，國內外相關文獻之異常價格檢測，運用特徵價格理論建立模型，估計相關住宅價格並檢測模型之預測能力。如 Hoesli, Thion & Watkins（1997）主要目的為建立公寓租金模型，提供租賃市場之房東及房客預測公寓租金價格。Ibrahim, Cheng & Eng（2005）利用特徵價格理論建立新加坡公寓市場租金模型，檢驗新加坡一家不動產公司估計建屋發展局（Housing and Development Board, HDB）公寓之租金準確性。張金鶚、花敬群、江穎慧（2012）利用電腦輔助大量估價，以特徵價格理論建立半對數多元迴歸模型為實價登錄查核模型，找出實價登錄申報價格偏離市場價格合理區間的案件。高裕政（2017）利用內政部實價登錄資料建立半對數多元迴歸模型，以 DFFITS 法判定為異常點進行分析。

綜合上述租金相關文獻及異常價格檢測相關文獻，歸納出影響租金三大因素，包含建物屬性特徵、附屬設備及區域環境因素為模型選取變數，並利用特徵價格理論建立半對數多元迴歸模型，用於後續檢核臺北市第一期社會住宅包租代管之市場租金異常現象。

三、研究設計與理論模型

3-1 資料處理說明

本文研究資料分為兩大資料庫，包含 591 租屋資料及臺北市第一期社會住宅包租代管資料。以 591 租屋平台資料建置市場租金模型，而不採用實價登錄之租金，是因為現行法規只有房東委託不動產經紀業者成交之租賃案件才需要申報，自行出租之房東並無須申報實價登錄。但租賃市場多數是由房東自行出租，實價登錄申報之租賃案件非租賃市場典型案件。且因為經過不動產經紀業者成交，房東必須支付業者一定之服務費，故實價登錄平均租金相較於 591 租屋平台之平均租金，有偏高現象。其次，政府規定社會住宅包租代管之租金評定，可於實價登錄、591 租屋平台、樂屋網或好房網等租屋平台，搜尋三家相鄰、相似或相同地區之出租住宅租金行情資料。依政府制定方式，搜尋上述租屋平臺，僅 591 租屋平台資訊量最多，考慮時間成本與資料處理，本研究乃利用網路爬蟲技術擷取 591 租屋平台。由於社會住宅包租代管之物件類型僅有整層住家與獨立套房，故選取 2018 年 1 月至 2020 年 8 月之 591 租屋平台，臺北市已出租之純住宅使用整層住家與獨立套房為建模樣本。

依據社會住宅包租代管之租屋標準進行 591 租屋資料處理原則，社會住宅包租代管之租金不含管理費、水、電、瓦斯及其他項目等費用，故 591 租屋平台已排除租金含管理費等其他費用之樣本，以利建置市場租金模型。資料初步刪除非研究對象（步驟 1~6）及離群值（步驟 7、8）之資料，再依據林秋瑾(1996)建議運用 *Diffits* 排除異常點，修正市場租金模型具較佳解釋力。詳細步驟及處理說明如下。

1. 建築型態:保留公寓、電梯大樓之樣本，刪除其餘如透天厝、平房、店面、倉庫、辦公商業大樓等建築型態。
2. 物件類型:保留獨立套房、整層住家之樣本，刪除其餘物件類型。
3. 所在樓層:刪除地下室、頂樓加蓋及整棟出租之樣本。
4. 行政區錯誤:利用地理資訊系統呈現所在位置進行樣本行政區比對，刪除所在位置與其行政區不符的樣本。
5. 隔間:刪除有隔間之樣本。

6. 水電費:刪除租金含有水費、電費之樣本。
7. 面積:依各租屋類型計算平均面積，以標準差刪除面積離群值。
8. 租金單價:依各行政區劃分標準計算租金平均單價，以標準差刪除各區的離群值。

原始爬蟲 591 租屋平台資料為 81,439 筆，再根據資料處理原則刪除 38,013 筆，最後以 43,426 筆為建置市場租金模型之樣本。

另外，本研究向臺北市政府申請提供第一期社會住宅包租代管資料進行研究，資料欄位含「成交日期」、「行政區」、「包租/代管」、「面積」、「建物類型」、「物件類型」、「市場租金」及「簽約租金」欄位。其中部分資料給予因考量《個人資料保護法》，故未能提供詳細資料，地址欄位只提供至「行政區」，但區域環境條件為影響租金重要因素，僅有行政區要檢測租金實屬不易，因此本研究結合臺北市「社會住宅包(代)租代管服務網」中的媒合成功案件，以「行政區」、「坪數」及「租金」自行交叉比對後，搜尋相同條件之租屋案件，並回填「地址」資訊。再藉由內政部「全國門牌地址定位服務」模糊比對得出座標點位，以增加區域環境特徵變數（捷運站、便利商店等變數）。由於部分樣本資料無法比對成功，仍有部份地址不精確，故後續分析區分為「粗略地址資料」及「詳細地址資料」兩種情形，以分析異常租金特性。

資料處理原則為排除比對無地址資料及租屋資料不正確，包含押金超過法定 2 個月租金、簽約租金大於市場租金等有誤資料。故原始第一期社會住宅包租代管提供資料為 956 筆，根據資料處理原則刪除 194 筆，最後可檢驗之樣本數為 762 筆。

由於臺北市第一期社會住宅包租代管資料樣本，未提供租屋設備相關欄位，但「社會住宅包租代管出租住宅市場租金價格評定表」設備比較項目與 591 租屋平台樣本設備欄位一致，故將社會住宅包租代管資料樣本以有設備及無設備二種模擬情境，分別計算有設備與無設備之估計租金據以檢核。不過 591 租屋平台樣本與社會住宅包租代管資料樣本，皆缺乏屋齡變數，未來模型仍有改進空間。

3-2 研究設計

本文採用特徵價格理論並以多元迴歸分析法，建置臺北市租金市場模型，依出租物件類型分成兩個樣本建立模型，模型 1 為獨立套房、模型 2 為整層住家，並利用平均絕對百分比誤差(MAPE) 以及命中率(Hit Rate) 作為評估模型估計精準度的標準。

平均絕對百分比誤差公式如下：

$$MAPE(\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\%$$

其中， N 為樣本筆數， y_i 為實際租金， \hat{y}_i 為估計租金。

命中率公式，先計算估計租金落於此誤差範圍內之命中次數，其公式如下：

$$y_i - y_i(\alpha) \leq \hat{y}_i \leq y_i + y_i(\alpha)$$

其中， y_i 為實際租金， \hat{y}_i 為估計租金， α 為誤差範圍。

依據過往文獻運用 MAPE 及 Hit Rate 進行大量估價模型預測檢定，如 Calhoun (2001)、Ibrahim, Cheng & Kheng(2005)、林祖嘉與馬毓駿(2007)、江穎慧(2009)、江穎慧、朱智揚與張金鶚(2019) 等文獻，MAPE 多數位於 20% 以內，在誤差範圍為正負 10% 與 20% 以內的 Hit Rate 值，大多達到 40% 及 70% 以上，表示模型有顯著較佳預測能力。

由於臺北市第一期社會住宅包租代管資料缺少建物附屬設備變數，故假設建物附屬設備有及無二種模擬情境，分別計算有設備與無設備之估計租金，以誤差範圍超過正負 10% 以外之樣本，定義為異常租金。

社會住宅包租代管計畫是首次實施的新制度，為進一步瞭解異常租金發生的可能原因，透過深度訪談此計畫之參與者(主管機關、租賃服務業及估價師)，以補充分析異常租金產生原因，訪談對象及時間如表 1 所示。其中，政策主管機關為營建署與住都中心之主管，參與政策規劃制定，對制度相關議題有深入了解；租賃服務業主管為崔媽媽蝸牛租屋與兆基管理顧問股份有限公司，兩家業者自社會住宅包租代管第一期至第三期皆參與實施，對整體政策規劃及實際實施具豐富經驗。透過訪談歸納政策主管機關及租賃服務業者對此政策看法與問題，從中了解異常租金背後因素。另外，針對市場租金模型訪談不動產估價師事務所，選取有實際評估臺北市社會住宅租金經驗者，藉此瞭解市場租金評估模型與個別估價師評估租金衡量因素的差異。

3-3 理論模型

模型建立

國內外廣泛運用特徵價格模型在不動產市場研究，因不動產市場有高度異質性且不動產價格無法分割，將組合不動產價格之特徵對不動產價格進行多元迴歸分析，即求得特徵價格係數。本文建置市場租金模型以檢核社會住宅包租代管租金。根據國內外相關租金研究，以特徵價格理論為基礎，多元迴歸模型中的最小平方法(OLS) 建立模型，皆有不錯成效。不動產價格與不動

表 1. 深度訪談對象及時間表

訪談對象	訪談單位	訪談代號	訪談時間
政策主管機關	營建署	G1	2021/4/7
	住都中心	G2	
租賃服務業主管	崔媽媽蝸牛租屋	S1	2020/8/6
		S2	
	兆基管理顧問股份有 限公司	S3	2021/4/28
社會住宅估價師	不動產估價師事務所	R1	2021/4/21

產特徵間因非線性關係會產生估計偏誤，據相關文獻估計不動產價格使用半對數模型，將應變數取對數，藉以降低變異數不齊一問題（李馨蘋與劉代洋，1999；Sirmans et al., 2005；林祖嘉與馬毓駿，2007；Zabel, 2015）。故本文市場租金模型以半對數模型進行實證分析，方程式如下：

$$L_n(Y) = \alpha + \sum \beta X + \varepsilon$$

其中 $L_n(Y)$ 為樣本之租金價格取對數， X 為租屋特徵變數， β 為特徵迴歸係數值， α 為截距項， ε 為誤差項。

變數選取

自變數分為建物特徵、建物附屬設備特徵、區域環境特徵及時間特徵，彙整於表 2 變數說明表。建物總樓層愈高則價格亦高，故預期建物總樓層對租金呈現顯著正向影響，預期符號為正（林秋瑾等，1996；李泓見等，2006）。所在樓層需增加平方變數，依據林秋瑾等人（1996）曾提出每層樓對住宅價格為先下降後上升情形發生，呈現二次曲線變化，故增加所在樓層平方變數，其預期符號為正。

建物附屬設備特徵，因增加硬體設備提高租屋品質，

亦增加租金價格，預期符號為正（蘇偉強等，2013）。區域環境特徵，除了考慮各行政區影響租金價格不同，還考慮周遭便利性對租金價格之影響，故以捷運站及便利商店為區域環境特徵。過去研究顯示住宅價格距捷運站、便利商店等設施，分別以 500 公尺（楊宗憲、蘇倬慧，2011）、100 公尺（Chiang et al., 2015），其距離範圍內之住宅價格越高，呈現顯著正向影響。

另外，曾建穎、張金鶚、花敬群（2005）發現房價與租金皆會受到本身前期市場波動顯著影響。因 591 租金成交日期資料橫跨不同年度，其時間特徵以 2018 年為基準年並設置虛擬變數，預期變數為正或負。

四、實證結果

4-1 檢核社會住宅包租代管之市場租金

由表 3 實證結果所示，模型 1 及模型 2 之 R^2 值分別為 0.58、0.66，對租金總價具有一定的解釋力，且各變數之變異數膨脹因子（VIF）值均小於 10，顯示模型無明顯共線性問題。各變數皆符合預期符號，模型 1 建物特徵中影響租金最大的變數為面積；其次影響租金為家

表 2. 變數說明表

應變數	模型	模型說明		
租金總價	模型 1	獨立套房之租金總價取對數。		
	模型 2	整層住家之租金總價取對數。		
特徵屬性	自變數	變數屬性	變數說明	預期符號
建物特徵	建物類型	虛擬變數	公寓、電梯大樓兩種類型，公寓為基準組。	+
	建物總樓層	連續變數	住宅總樓層。	+
	面積（坪）	連續變數	租賃面積之坪數。	+
	面積平方（坪）	連續變數	租賃面積之坪數平方變數。	-
	所在樓層	連續變數	租賃住宅單元位於之樓層數。	-
	所在樓層平方	連續變數	租賃住宅單元位於之樓層平方。	+
建物附屬設備特徵	家電設備	虛擬變數	皆有電視、冰箱及洗衣機之設備為 1，反之為 0。	+
	行政區	虛擬變數	臺北市 12 個行政區，萬華區基準組。	+/-
區域環境特徵	有捷運站	虛擬變數	500 公尺內有為 1，反之為 0。	+
	有便利商店	虛擬變數	100 公尺內有為 1，反之為 0。	+
時間特徵	成交年	虛擬變數	2018 年至 2020 年，2018 年為基準年。	+/-

電設備(簡稱設備),與租金呈現顯著正相關,故有無設備二種情況分析,如社會住宅包租代管物件包含設備,將較無設備之估計租金高。而模型 2 建物特徵中影響租金最大的變數為電梯大樓建物類型,與租金呈現顯著正相關;其次影響租金亦為設備變數,與模型 1 相同。

模型預測能力的 MAPE 值及 Hit-Rate 如表 4 所示,以 2020 年樣本隨機抽取 10%做為樣本外觀察值,模型 1 與 2 的樣本外觀察值分別為 351 筆、896 筆。二種模型的樣本外 MAPE 值皆在 20%以內,誤差範圍為正負 10%與 20%誤差以內的 Hit-Rate 值,皆達到 40%及 70%以上,代表本研究建置之市場租金模型符合一定之預測能力,可後續檢驗臺北市第一期社會住宅包租代管之市場租金。

將臺北市第一期社會住宅包租代管資料,依出租物件類型「獨立套房」及「整層住家」分別套入模型 1 及模型 2,估計租金大於 10%誤差範圍定義為異常租金。根據此定義異常租金筆數總共為 691 筆,進一步分別針對獨立套房及整層住家之粗略及詳細地址資料,及有無設備二種模擬情境加以分析異常租金特性。

4-2 臺北市第一期社會住宅包租代管異常租金分

析

獨立套房及整層住家之異常租金特性分析

獨立套房及整層住家之異常租金特性,詳見表 5。粗略地址之獨立套房異常租金以包租案居多,詳細地址之異常租金僅 18 筆,樣本過少不適宜分析異常租金案件共同特性。由建物類型來看,粗略地址之獨立套房異常租金以電梯大樓類型居多,詳細地址資料亦同。異常租金之空間特性皆以「中山區」居多。以面積區分,粗略地址獨立套房無設備情形,異常租金小於 10 坪比例較高;有設備情形時則出現 10-20 坪案件比例高。

估計租金低於市場租金表示此類異常租金案件有高估之問題,房客付出高於市場行情的租金;反之,估計租金高於市場租金,表示房東以低於市場行情的租金出租給房客。不論高或低之異常案件,都應該加以檢視

異常現象發生之原因。租賃市場的實際情況,獨立套房房東多數會附有設備,而第一期社會住宅包租代管之市場租金有上限 22,500 元。當獨立套房有完整之附屬設備時,此類案件房東若未調降租金,則可能會有兩份契約的問題,故對於此類估計租金高於市場租金之案件,需要特別檢視是否有此現象。整層住家異常租金特性亦是包租案居多。建物類型不論有無設備情形,皆以公寓類型居多。異常租金之空間特性不論地址詳細與否,行政區皆以「北投區」居多。面積分布主要以 20-30 坪比例最高,並未出現坪數愈大異常比例愈高的現象。

本文亦發現除了租金上限制度影響外,有無設備之估計租金大多高於市場租金,主要因為整層住家面積大,且租賃市場之屋內無設備居多,故在有設備情形時,估計租金出現高於市場租金之現象。但仍有一部分異常租金,在無設備情形有估計租金小於市場租金之現象,亦同於獨立套房情形,故臺北市第一期社會住宅包租代管之獨立套房及整層住家皆有部份案件出現市場租金高估之疑慮。

異常租金特性之深度訪談分析

據受訪者於訪談中提到社會住宅包租代管第一期及第二期業者之服務費與簽約租金有正相關,當業者評估出不符合市價行情的高市場租金亦高簽約租金,即業者可賺取到高額服務費,故第一期計畫「包租」之異常案件有租金偏高現象。

訪談得知「市場租金」實為「簽約租金」回推的價格,第一期計畫之租金評定機制無比較案例調整比例標準化設計。由業者自行先調整比較案例,再送進地方政府進行案件審核,但第一期政府人員編制不足應付案件審核,更無力實際檢核物件現場,可能造成第一期計畫之租金有多數與市價不符之異常案件。第二期計畫除了增加政府人力預算外,計畫改為縣市版及公會版之雙軌制,租金評定制度於縣市版有營建署制定之市場租金系統,供業者將三個比較案例填入系統自動評定估計租金,此制度較第一期有租金評定依據。而公會版則由住都中心發布「租金水準區間表」,業者只需符合此表租金規定,無需再收集三家比較案例估出市場租金,故第二期雙軌版本皆提高租金評定標準化及減少業者行政成本。

表 3. 市場租金模型之實證結果表

變數名稱	模型 1 (獨立套房)		模型 2 (整層住家)	
	估計係數	VIF	估計係數	VIF
常數	8.0332***	-	8.9533***	-
電梯大樓	0.1191***	1.824	0.1600***	2.152
所在樓層	-0.0109***	1.560	-0.0132***	1.635
所在樓層平方	0.0006***	-	0.0009***	-
建物總樓層	0.0142***	2.406	0.0093***	2.768
面積(坪)	0.1754***	1.183	0.0503***	1.166
面積平方(坪)	-0.0053***	-	-0.0005***	-
家電設備	0.1301***	1.041	0.1411***	1.228
有捷運站	0.0648***	1.114	0.0560***	1.219
有便利商店	0.0156***	1.112	-0.0014	1.097
士林區	0.0994***	1.585	0.1287***	2.237
大同區	0.0610***	1.902	0.1168***	1.901
大安區	0.2609***	3.058	0.2663***	3.089
中山區	0.1092***	5.967	0.1666***	4.227
中正區	0.1707***	2.196	0.1890***	2.087
內湖區	0.1240***	1.603	0.1398***	2.617
文山區	-0.0138	1.439	-0.0605***	1.766
北投區	-0.1086***	1.615	0.0027	1.804
松山區	0.2089***	2.604	0.1909***	2.366
信義區	0.2729***	2.554	0.2021***	2.815
南港區	0.0714***	1.208	0.0645***	1.646
Y2019	0.0083	2.313	0.0283***	2.261
Y2020	0.0147***	2.319	0.0140***	2.262
R ²	0.58		0.66	
樣本數	10,901		31,278	

註：***、**、*，分別代表在 1%、5%與 10%顯著水準下，該變數顯著異於零。

表 4. 模型預測精確度檢測

模型預測精確度檢測	模型 1	模型 2
樣本外之觀察值筆數	351	896
MAPE	13.86%	14.38%
Hit-Rate (APE \leq 0.1)	41.60%	44.98%
Hit-Rate (APE \leq 0.2)	78.06%	74.44%

但訪談仍發現政府部門及業者對第二期租金評定系統及先後補助機制有不同看法，政府部門認為提供租金評定系統可以讓業者更方便運算市場租金，採取後補助機制能符合市場運作；但業者認為租金評定系統雖比第一期有評估依據，但實際操作仍不易使用，需要業者自行選取比較案例，也有業者認為後補助機制，容易出現契約瑕疵現象發生。從訪談得知，政策規劃者與執行

者未來仍應持續雙向溝通與改善執行操作機制，讓計畫實際執行面與政策目標能相符合。租金評定機制可採用本研究市場租金模型設計，讓業者比較案例選取不受人為因素影響，能迅速評估出市場租金，有助於完善租金評定制度。

表 5. 獨立套房及整層住家之異常租金特性表

建物類別 粗細地址 有無設備	獨立套房				整層住家			
	粗略地址		詳細地址		粗略地址		詳細地址	
	無設備	有設備	無設備	有設備	無設備	有設備	無設備	有設備
代租	25.64%	11.36%	22.22%	44.44%	18.08%	20.82%	18.08%	20.82%
包租	43.22%	51.65%	27.78%	27.78%	45.48%	59.73%	45.48%	59.73%
公寓	2.56%	3.66%	16.67%	16.67%	47.40%	60.00%	47.40%	60.00%
電梯大樓	66.30%	59.34%	33.33%	55.56%	16.16%	20.55%	16.16%	20.55%
士林區	19.05%	5.13%	0.00%	5.56%	5.21%	8.49%	5.21%	8.49%
大同區	4.76%	6.59%	5.56%	11.11%	4.38%	3.29%	4.38%	3.29%
大安區	1.83%	1.83%	0.00%	11.11%	2.74%	3.56%	2.74%	3.56%
中山區	21.61%	28.94%	11.11%	22.22%	5.48%	6.85%	5.48%	6.85%
中正區	2.93%	4.76%	11.11%	11.11%	2.47%	3.01%	2.47%	3.01%
內湖區	2.56%	2.20%	5.56%	0.00%	4.93%	6.85%	4.93%	6.85%
文山區	2.56%	2.20%	0.00%	5.56%	6.85%	9.04%	6.85%	9.04%
北投區	7.33%	5.49%	5.56%	0.00%	11.51%	14.79%	11.51%	14.79%
松山區	1.10%	0.37%	0.00%	0.00%	2.47%	3.84%	2.47%	3.84%
信義區	0.37%	1.47%	0.00%	0.00%	3.56%	5.21%	3.56%	5.21%
南港區	0.73%	0.37%	0.00%	0.00%	2.47%	3.56%	2.47%	3.56%
萬華區	4.03%	3.66%	11.11%	5.56%	11.51%	12.05%	11.51%	12.05%
1~10 坪	37.36%	24.18%	16.67%	22.22%	2.74%	2.74%	2.74%	2.74%
10~20 坪	31.50%	38.83%	33.33%	50.00%	19.45%	23.01%	19.45%	23.01%
20~30 坪	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	28.49%	39.73%	28.49%	39.73%
30~47 坪	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.88%	15.07%	12.88%	15.07%
估租<市租	54.21%	26.37%	33.33%	16.67%	13.70%	2.47%	13.70%	2.47%
估租>市租	14.65%	36.63%	16.67%	55.56%	49.86%	78.08%	49.86%	78.08%
異常租金占比	68.86%	63.00%	50.00%	72.22%	63.56%	80.55%	63.56%	80.55%
樣本數	273		18		365		106	

註 1：樣本為臺北市第一期社會住宅包租代管資料。

註 2：估租及市租分別為估計租金、市場租金之簡稱。

五、結論

本研究目的是檢核臺北市第一期社會住宅包租代管租金，探討社會住宅包租代管之異常租金問題。在檢核租金方面，利用臺灣最大 591 租屋平台已出租之樣本，以最小平方方法之半對數模型，作為建置市場租金模型依據，檢核出第一期社會住宅包租代管之異常租金案件。實證分析加入質化訪談為輔，以瞭解異常租金案件特性與發生可能原因。本研究結論分為兩點。

1. 異常租金案件容易受設備、面積與人為因素影響

運用檢核模型分析臺北市第一期社會住宅包租代管之異常案件，依據不同行政區，比較相同建物型態、相似面積及設備條件之租屋平台市價物件，其異常租金案件為獨立套房 55%、整層住家 68%。發現獨立套房及整層住家皆有部分案件，市場租金高於或低於估計租金。據訪談得知第一期租金評定機制缺乏比較案例調整比例標準化設計，即業者比較案例選取之租金調整彈性大，故容易受人為因素影響評估租金，產生異常租金情況發生。

歸納實證分析結果，在獨立套房異常租金特性，無設備之估計租金大多低於市場租金，而有設備之估計租金則高於市場租金較多，隱含獨立套房案件是具有設備，但其設備可能不夠完善，以致估計租金無設備時過低、有設備時過高之現象。而整層住家異常租金於有無設備情形分析，皆是估計租金大於市場租金，除了隱含本模型缺乏屋齡、租賃品質之變數外，更因為整層住家面積大而屋內無設備居多，造成整層住家因面積較大，影響估計租金多高於市場租金，亦同市場租金上限影響有關。

故臺北市第一期社會住宅包租代管異常租金案件之特性，易受建物附屬設備之多寡、建物面積大小以及比較案例選取人為因素影響。

2. 建立租金評定客觀標準化機制，減少異常租金疑慮

訪談分析證實異常租金背後因素，因第一期社會住宅包租代管之租金評定機制規劃尚未健全，以致於有租屋爭議之事件發生。由於社會住宅包租代管為滾動式計畫，於 2019 年及 2021 年接續推動第二期及第三期社會住宅包租代管計畫，故第一期社會住宅包租代管相關租金評定、補助及糾紛爭議，後續政策規劃皆有改善機制出現，逐漸健全社會住宅包租代管政策。

租金評定機制於第二期縣市版提供「社會住宅包租代管出租住宅市場租金價格評定原則」給業者，做為業者評估租金時，對於比較案例挑選、調整項目及比率之調整參考依據。第二期公會版以大數據方式建立各行政區之市場租金區間，訂定「租金水準區間表」讓業者可依循操作。第三期結合第二期發展的兩種版本，但為改善第二期同縣市不同版本造成市場租金調整參考依據不同的問題，改以地區區分評定依據使用版本；六直轄市以「租金水準區間表」做為市場租金評定調整的參考準則，其餘縣市則以「社會住宅包租代管出租住宅市場租金價格評定原則」為調整依據。

租金評定機制雖在政策滾動推動下，較為健全租金評定標準化之規範，但仍維持由業者自行選取比較案例，對解決市場租金不符合市場行情之問題仍有疑慮。

本研究設計之租金模型，因缺乏屋齡及租賃品質變數仍有改進空間，但藉由此租金模型能讓業者、地方政府快速估計與審核案件之市場租金，減少估計與審核之行政成本及人為估計誤差風險。本文嘗試建立一個客觀租金模型以取代人工檢核的機制，未來若資料更加豐富且確實，則可增加模型變數改善估計租金預測效果，由訪談得知租金評定機制標準化，有助於政策推動，也能減少房東及房客爭議，建議未來應提供客觀數據模型之系統，做為社會住宅包租代管檢核市場租金評定機制的的方法。

參考文獻

1. 內政部 (2017a)。社會住宅興辦計畫。臺北市:內政部。
2. 內政部 (2017b)。106 年度社會住宅包租代管試辦計畫。臺北市:內政部。
3. 內政部 (2019a)。社會住宅包租代管第 2 期計畫。臺北市:內政部。
4. 內政部 (2019b)。國家住宅及都市更新中心辦理社會住宅包租代管第 2 期計畫。臺北市:內政部。
5. 內政部 (2019c)。「108 年住宅需求動向調查」委託專業服務案。臺北市:內政部。
6. 內政部 (2019d)。社會住宅包租代管出租住宅市場租金價格評定原則。臺北市:內政部。
7. 江穎慧 (2009)。不動產自動估價與估價師個別估

- 價之比較—以比較法之案例選取、權重調整與估值三階段差異分析。住宅學報，18 (1)，39-62。
8. 江穎慧、朱智揚、張金鶚 (2019)。預售屋大量估價模型之建立。住宅學報，28 (2)，17-36。
 9. 何友鋒、賴碧瑩 (2010)。不動產租賃服務產業發展與推動策略。內政部委託研究報告 (編號：PG9902 - 0283)。
 10. 呂秉怡、花敬群 (2012)。不動產租賃服務產業經營與管理制度規劃專業服務案總結報告書。內政部委託研究報告。
 11. 李泓見、張金鶚、花敬群 (2006)。臺北都會區不同住宅類型價差之研究。臺灣土地研究，9 (1)，63-87。
 12. 李馨蘋、劉代洋 (1999)。租賃住宅市場租金之影響因素。中華管理評論，2 (1)，1-6。
 13. 林秋瑾 (1996)。穩健性住宅租金模式之探討—異常點之分析，住宅學報 (4)，51-72。
 14. 林秋瑾、楊宗憲、張金鶚 (1996)。住宅價格指數之研究—以臺北市為例。住宅學報 (4)，1-30。
 15. 林祖嘉、林素菁 (1993)。臺灣地區環境品質與公共設施對房價與房租影響之分析。住宅學報 (1)，21-45。
 16. 林祖嘉、馬毓駿 (2007)。特徵方程式大量估價法在臺灣不動產市場之應用。住宅學報，16 (2)，1-22。
 17. 高裕政 (2017)。異常住宅價格檢測與處理之研究—以個別估價觀點分析。國立政治大學地政學系碩士論文，臺北市。
 18. 國家住宅及都市更新中心 (2020)。社會住宅包租代管租金水準區間表 (公會版專用)。臺北市：國家住宅及都市更新中心。
 19. 張金鶚、花敬群、江穎慧 (2012)。不動產交易實價登錄之研究。內政部委託研究報告 (編號：PG10104-0057)。
 20. 張滄婷 (2019)。我國社會住宅包租代管政策規劃與執行落差。國立政治大學地政學系碩士論文，臺北市。
 21. 曾建穎、張金鶚、花敬群 (2005)。不同空間、時間住宅租金與其房價關聯性之研究—臺北地區之實證現象分析。住宅學報，14 (2)，27-49。
 22. 曾意翔 (2016)。租屋價格影響分子分析—以臺灣大學週邊為例。地理資訊系統季刊，10 (3)，12-14。
 23. 華昌宜、賴碧瑩 (2001)。我國租賃住宅市場之發展與推動。住宅學報，10 (1)，67-76。
 24. 楊宗憲、蘇倬慧 (2011)。迎毗設施與鄰避設施對住宅價格影響之研究。住宅學報，20 (2)，61-80。
 25. 楊恭豪 (2020)。包租代管政策下承租戶住宅選擇特性之研究—以臺北市為例。國立政治大學地政學系碩士論文，臺北市。
 26. 賴宛瑜 (2019)。住宅租賃保險制度研究。國立中正大學法律系研究所碩士論文，嘉義縣。
 27. 蘇偉強、劉庭如、黃斐、陳奉瑤 (2013)。特徵價格法應用的差異分析。土地問題研究季刊，12 (3)，55-68。
 28. Calhoun, C. A. (2001). Property valuation methods and data in the United States. *Housing Finance International*, 16(2), 12-23.
 29. Chiang, Y.-H., Peng, T.-C., & Chang, C.-O. (2015). The nonlinear effect of convenience stores on residential property prices: A case study of Taipei, Taiwan. *Habitat International*, 46, 82-90.
 30. Hoesli, M., Thion, B., & Watkins, C. (1997). A hedonic investigation of the rental value of apartments in central Bordeaux. *Journal of Property Research*, 14(1), 15-26.
 31. Ibrahim, M. F., Cheng, F. J., & Kheng How, E. (2005). Automated valuation model an application to the public housing resale market in Singapore. *Property Management*, 23(5), 357-373.
 32. Lin, C.-C. S. (1993). The relationship between rents and prices of owner-occupied housing in Taiwan. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 6(1), 25-54.
 33. Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34-55.
 34. Sirmans, G. S., & Benjamin, J. D. (1991). Determinants of Market Rent. *The Journal of Real Estate Research*, 6(3), 357-379.
 35. Sirmans, G. S., Macpherson, D. A., & Zietz, E. N. (2005). The Composition of Hedonic Pricing Models.

Journal of Real Estate Literature, 13(1), 3-43.

36. Vedia, D., Zeynep, Ö., & Abdullah, Y. (2003). External Factors, Housing Values, and Rents: Evidence from Survey Data. *Journal of housing research*, 14(1), 83-99.
37. Zabel, J. (2015). The hedonic model and The housing cycle. *Regional Science and Urban Economics*, 54, 74-86.

外牆非破壞與破壞檢測方法之整合研究

Integrated Research on Non-Destruction and Destruction Detection of Exterior Walls

廖硃岑^a、張孟修^b、林智捷^b

Chu-Tsen Liao^a, Meng-Hsiu Chang^b, Chih-Chieh Lin^b

^a 國立臺北科技大學建築系 副教授 Associate Professor, Department of Architecture, National Taipei University of Technology

^b 國立臺北科技大學建築系建築與都市設計碩士班 碩士生 Master degree candidate, Department of Architecture, National Taipei University of Technology

論文資訊

論文審查紀錄：

受稿日期
2022 年 07 月 24 日
審查通過日期
2022 年 09 月 19 日

關鍵詞：

非破壞檢測、破壞檢測、拉拔試驗法、紅外線熱影像法、空鼓率

通訊作者：

廖硃岑
電子郵件地址：
liaoct@ntut.edu.tw

Article Info

Article history:

Received 24 Jul. 2022
Accepted 17 Sep. 2022

Keywords:

Non-destructive testing,
Destruction detection,
Pull-off testing,
infrared thermal imaging
method,
hollowing rate

Corresponding author:

Chu-Tsen Liao
E-mail address:
liaoct@ntut.edu.tw

摘要

台灣的建築物外觀常以磁磚作為外裝修材料。近幾年來外牆磁磚時常發生隆起和剝落意外，若能在磁磚剝落前，進行劣化檢測而預知危險，能減少被磁磚砸傷的傷害事件。外牆檢測方法分為非破壞檢測與破壞檢測，利用紅外線熱像儀進行非破壞檢測，能夠迅速及大範圍確認損傷狀況，因此廣為使用。一般較常使用的破壞檢測為拉拔試驗。有鑑於此，本研究設定劣化空鼓條件試體，以紅外線熱影像法和拉拔試驗兩種實驗法進行綜合分析比較。本研究目的探討（1）利用紅外線熱影像法分析空鼓與無空鼓處的磁磚溫差，評估非破壞檢驗結果（2）利用拉拔試驗法掌握黏著強度，評估破壞試驗結果（3）綜合以上 1 與 2 結果，比較分析。

磁磚試體設定打底層空鼓率為 0%、25%、50%、75%，拉拔試驗平均黏著強度依序為 4.98、2.37、1.34、1.19 kgf/cm²。黏著強度顯示空鼓率 75%和 50%接近，空鼓率 50%與 25%相較折減了 1.7 倍，可視空鼓率 50%之強度為極限強度。紅外線熱影像法以破壞前、最低劣化比例之空鼓率 25%為實驗對象。實驗結果顯示，試體加熱時間共 120 分鐘；當加熱時間到 60 分鐘時，磁磚空鼓與無空鼓的溫差曲線逐漸穩定，溫差為 4.33°C。研究結果建議外牆檢測人員使用紅外線熱影像儀進行大面積初步檢測，熱影像若擷取到溫度差為 4.33°C 以上時，可以進一步使用拉拔試驗確認黏著強度。當拉拔強度為 2.37 kgf/cm² 以下，則判定具剝落的高危險性，需要立即採取相應對策。

Abstract

Tiles was usually used as exterior decoration materials in Taiwan. If the deterioration detection can be performed before the tiles are peeled off to predict the danger, the injury incidents of being hit by the tiles can be reduced. Exterior wall detection methods are divided into non-destructive and destructive. In this study, the degraded hollowing rate were set, infrared thermal imaging method and pull-out testing were used for comprehensive analysis and comparison. The purpose of this study is to discuss (1) use infrared thermal imaging method to analyze the temperature difference and evaluate the non-destructive test results (2) use the pull-off testing method to grasp the adhesion strength and evaluate the destructive test results (3) comprehensive the results of 1 and 2 above.

When the tile deteriorating rate are 0%, 25%, 50%, 75%, the pull-off testing strength are 4.98, 2.37, 1.34, 1.19 kgf/cm². The strength of 75% and 50% is close, and the strength of 50% and 25% is reduced by 1.7 times. It can be seen that the rate of 50% is the critical value of the failure strength. Infrared thermal imaging method takes 25% cement hollowing rate as the experimental object. The results show that when the heating time reaches 60 minutes, the temperature difference curve of the tiles gradually stabilizes, and the temperature difference is 4.33°C. The results of the study suggest that if the inspectors capture the thermal image a temperature difference of more than 4.33°C, a pull-off testing can be used to confirm the adhesive strength. When the strength is 2.37 kgf/cm² or less, it is judged that there is a high risk of peeling, and corresponding measures should be taken immediately.

一、研究動機與目的

台灣建築物構造以鋼筋混凝土為主要，其外觀常以磁磚作為外裝修材料。1995 年代營建高峯期所建設的建築物屋齡已超過 25 年。以 2015 年「桃園市建築物外牆飾面剝落勘檢委辦案(104)」建築案例為例，抽樣 50 棟屋齡 20 年以上且樓層高 11 樓以上的集合住宅劣化資料做統計，發生剝落現象的磁磚佔有 26%，占比四分之一以上。老舊建築物外牆磁磚時常發生隆起和剝落意外，危及行人生命財產安全。如何管理既有高屋齡以及新建的建築物，成為當今社會重要的討論議題。若能在外牆磁磚剝落前，進行劣化檢測而預知危險，可減少傷害並保護大眾安全。

外牆檢測大致可以區分為非破壞檢測與破壞檢測，其中非破壞檢測方法包含目視法、打音法、紅外線熱影像法；破壞檢測方法包括拉拔試驗法、內視鏡檢測法等。利用紅外線熱像儀進行非破壞檢測，優點能夠快速及大範圍確認整體建築物外牆磁磚損傷狀況，因此廣為使用。缺點則容易受到天候影響檢測結果，陰雨天或是天空雲覆蓋現象皆會影響紅外線熱影像儀的判斷。另外，業界較常使用的破壞性檢測是拉拔試驗。藉由拉拔試驗可以準確得知單塊磁磚黏著劑之強度，以及鄰近範圍施工界面層之劣化程度。但是拉拔試驗不適合進行大範圍的逐點測試，而且因為試驗過程破壞了外牆，試驗後需要進行重貼磁磚之復原工程。若能將兩者整合，則可同時擁有紅外線熱像儀快速檢測整體建築物，以及拉拔試驗準確得知黏著強度的優點。因此本研究採用「非破壞檢測方法-紅外線熱影像法」以及「破壞檢測-拉拔試驗法」，以兩種實驗方式進行探討。

實驗以實尺方式進行，在試體 1 平方公尺混凝土上鋪貼二丁掛磁磚。設定磁磚背後黏著以及打底層劣化空鼓率為 0%、25%、50%、75%、100%。本研究目的探討 (1) 利用紅外線熱影像法分析空鼓與無空鼓處的磁磚溫度差，評估非破壞檢驗結果 (2) 利用拉拔試驗法掌握黏著強度，評估破壞試驗結果 (3) 綜合以上 1 與 2 結果，比較分析。期盼以上結果提供檢測人員當獲知不同溫度數據和強度時，能即時判斷磁磚背後劣化情況，決定相應對策。

二、文獻回顧

本章節整理與研究相關的文獻，依實驗方法分兩小節：第一小節紅外線熱影像法，採用空鼓劣化設定以及試體加熱相關的文獻；第二小節拉拔試驗法，採用空鼓劣化設定、拉拔試驗與相關規範的文獻，以下為詳細內容。

2-1 紅外線熱影像法

紅外線熱影像法(Infrared Thermography, IRT)可應用來檢測磁磚黏貼瑕疵以及劣化問題，使用紅外線熱影像儀(Infrared camera)接收磁磚所輻射出之紅外線射線，經儀器之感測器轉換成數位訊號，此數位訊號可供人類視覺辨識之影像圖形並且看到表面溫度熱影像圖(Infrared images)分佈情形。藉此觀察磁磚表面溫度分佈之差異而找出黏貼瑕疵以及劣化的範圍及位置。(湯永州, 2017)

檢測條件一致性

Ivan Garrido 在白色和花色外牆磁磚背面，插入軟木塞設定空鼓並注入水模擬水滲透，利用紅外線熱影像儀拍攝並擷取熱影像數據。過程中採用紅外燈加熱，因其熱強度高於太陽輻射產生的強度，以進一步出現缺陷位置。主動加熱模式雖然一般不使用於陶瓷外牆實際檢測方式，但相較於不加熱的方式具有更好的缺陷識別力。紅外線熱影像法適用於對建築外牆的第一次和快速檢查，與其他檢查技術相輔相成，可以對材料進行更深入的分析，並且節省第二種技術深入討論的時間。

林谷陶執行內政部建築研究所研究，為使實驗定性設定一致之受熱條件來進行紅外線熱影像檢測。規劃外牆磁磚使用不同黏結材料，在不同黏著時間及位置條件下，應用紅外線熱影像非破壞性技術，探討磁磚黏結系統脫層、及未脫層現象之檢測特徵分析。研究發現外牆磁磚系統，實驗室中以紅外線加熱燈箱加熱 2 分鐘後，於紅外線熱影像圖中即可觀察出預埋之脫層缺陷點位置，加熱 37~69 分鐘之間的紅外線熱影

像圖中，可觀察出與健全部位有最大溫度差。溫度最高點及之後的溫度衰減階段則無法觀察出脫層缺陷點位置。未來實際進行建築物外牆磁磚系統之非破壞性檢測時，若欲偵測脫層缺陷，最好選擇建築物早上受太陽照射之溫度上升階段。(內政部建築研究所，2011)

林谷陶以紅外線熱像技術檢測外牆磁磚系統界面缺陷之可行性，探討外牆磁磚系統缺陷產生前，是否可以使用非破壞的紅外線熱影像法技術，檢測出磁磚黏結層材料老化現象，以及缺陷產生後之所在界面位置。結果發現主動式加熱試體後，檢測外牆磁磚系統黏結層材料之黏結及影響因子部分，升溫階段之熱像圖及曲線可明顯判斷出試體預埋之模擬脫黏缺陷位置，未來降溫階段的檢測，只要獲得近似直線區域之溫度分布資料即可，大幅縮短檢測時間。(林谷陶，2014)

缺陷空鼓設定

Tomás Lourenço 在大面積單塊外牆磁磚背面，設定部分空鼓和高含水之條件，利用紅外線熱影像儀拍攝並擷取熱影像數據。研究結果顯示可以明確識別磁磚系統的劣化問題。當受測物的吸收率越高，達到的熱影像數據差異就越大。空鼓具有薄空氣層而提高對熱流的熱阻，造成熱流中的熱差異空鼓區(加熱階段溫度較高)。由於蒸發冷卻，白天含水的外牆區域會識別出較低之溫度。時段和天氣條件對儀器的使用顯得非常重要，最好在太陽入射開始時對立面進行調查(日出起後 1 小時 30 分)或冷卻時期(日落後約 1 小時後)，陰天則不適合進行實驗。

2012 年內政部建築研究所在台北市隨機以目視法與紅外線熱影像法觀察建築物外牆現況，運用實驗設計方法規劃設計製作一個縮小模型，在實驗室進行主動加熱之檢測實驗。結果顯示表面髒汙影響溫度吸收最大，缺陷厚度影響效果最大，缺陷大小次之，所處界面深淺最小。從檢測外牆磁磚缺陷結果，可確認缺陷之檢測以外牆磁磚系統受熱溫度上升階段為佳，至於檢測時間長短則須視加熱或太陽輻射強度而定。(內政部建築研究所，2012)

高大鈞討論外牆磁磚產生空鼓劣化時，和正常磁磚的溫度差。製作混凝土試體，並在試體上鋪貼射出還原二丁掛磚，磁磚背後設定不同空鼓率。使用鹵素燈加熱

試體，進行紅外線熱影像法，探討打底層出現空鼓的磁磚和無空鼓的磁磚之間的溫度差異，空鼓率的設定以 25%、50%、75% 進行討論。研究結果發現，加熱至 10 分鐘時，磁磚溫度與溫差最為穩定，空鼓率 25% 磁磚表面溫度為 37.49°C，正常與空鼓磁磚溫差為 2.01°C 時，即可判斷磁磚產生空鼓現象。(高大鈞，2021)

上述文獻回顧的實驗方式可以得知紅外線熱影像法適用於對建築外牆的第一次和快速檢查，與其他檢查技術相輔相成，可以對材料進行更深入的分析，並且節省第二種技術深入討論的時間。然而時段以及室外天氣條件對於紅外線熱像儀的結果容易產生影響，為了使實驗條件一致，而採用試體主動加熱方式，再以紅外線熱像儀量測並分析熱影像溫度的差異。外牆缺陷的試體設定，則參考文獻設定打底層缺陷比例。本實驗以鹵素燈對試體進行加熱，探討有空鼓與無空鼓處的熱影像溫度差異。

2-2 拉拔試驗法

拉拔試驗規範

拉拔試驗相關規範有「CNS12611(陶瓷面磚用接著劑)」、「ASTM C1583」以及「建築工事標準仕様書・同解説 JASS19 陶磁器質タイル張り工事」(2012 年)等。

1. CNS12611

CNS12611 的標準試驗為實驗室進行接著劑強度試驗之方法。需進行標準養護或以溫水浸漬、重複乾燥及水中浸漬、重複乾燥及濕潤、鹼水中浸漬、熱劣化、低溫硬化等方法進行養護。養護後將試體安裝在夾具或試驗儀器上，以抗拉強度 3mm/min 進行抗拉試驗，量測斷裂之最大載重並記錄斷裂狀況。本研究欲探討實尺之結果，此方法並不適用。

2. ASTM C1583

ASTM C1583 的標準試驗方式為現地或實驗室進行混凝土、混凝土修補或覆面材料強度試驗之方法。該試驗在混凝土或修補、覆面材料上進行，於表面鑽一個圓形試體，將墊片附著於混凝土試驗體，進行拉拔並記錄破壞載荷和模式。圓形鑽心的

道具鑽頭內直徑為 50mm，墊片的尺寸為直徑 50mm、厚度 25mm 之試體。用於測試混凝土時，鑽頭深度至少為 10 mm；用於混凝土修補或覆面

材料時，在以下位置至少鑽 10 mm。若採用此方式在外牆磁磚上鑽孔，恐怕直接造成磁磚與界面層破壞，因此不適用於本研究。

3. JASS19 陶瓷質磁磚拉拔標準

建築工事標準仕様書・解説 JASS19 陶瓷器質タイル張り工事規定施工後兩週使用拉拔試驗機進行拉拔試驗，確認磁磚黏著強度以及破壞狀態。外牆面積每 100m² 以下至少施作一處，或是在整面磁磚牆體三處以上位置進行檢測，數量多者為佳。拉拔試驗除確認強度達 0.4N/mm²，並同時記錄破壞狀態。圖 1 破壞位置中譯為 T (磁磚)，AT (黏著劑和磁磚界面)，A (黏著劑)，MA (打底砂漿和黏著劑界面)，M (打底砂漿)，CM (混凝土和打底砂漿界面)，C (混凝土)。本研究參考此規範進行實際牆體強度試驗並記錄破壞狀態。

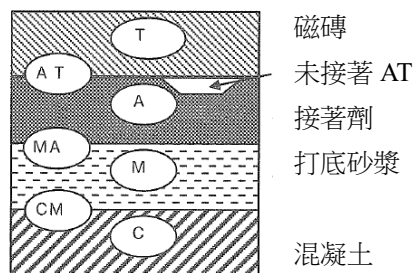


圖 1 日本 JASS19 拉拔破壞位置示意圖

表 1. 日本 JASS19 拉拔試驗破壞位置編號與說明

編號	破壞位置
T	磁磚的集中破壞
AT	黏著劑和磁磚界面破壞 (包含未接著)
A	黏著劑的集中破壞
MA	打底砂漿和黏著劑的界面破壞
M	打底砂漿的集中破壞
CM	混凝土和打底砂漿的界面破壞
C	混凝土的集中破壞

試體工法設定與拉拔強度

N.M.M. Ramos 分析 55 個現場案例研究，研究範圍包括了牆體組構、濕熱劣化和老劣化。結果顯示拉拔試驗可以作為病理學研究的決策支持方式。根據國際標準可以測量不同系統和構件的黏著強度。然而，這些標準側重於實驗室測試。現場拉拔的文獻很少，並且不容易適用於所有條件。在現場進行大量的拉拔試驗可以提高整個建築物的黏著強度分佈的可信度，進而有更穩健的決策。

洪偉修以結構體灑水以及防水層施作為變因，探討其對磁磚拉拔強度的影響。製作一組四個工法的試體，A 工區 (結構體不灑水/施作防水層)、B 工區 (結構體不灑水/不施作防水層)、C 工區 (結構體灑水/施作防水層)、D 工區 (結構體灑水/不施作防水層)。A 工區磁磚拉拔強度為 2.59 kgf/cm²、B 工區為 9.02 kgf/cm²、C 工區為 4.68 kgf/cm²、D 工區為 11.61 kgf/cm²。從實驗可證，結構體灑水與不施作防水層的工法可得到最佳的拉拔試驗強度。(洪偉修，2016)

蔡長益探討工法成本及抗拉接著強度最佳組合，研究實驗採用市場上常用黏著劑，實驗設計以衝擊式密貼工法(振動機單面黏著劑)、改良式壓貼工法(雙面黏著劑)、傳統式壓貼工法(單面黏著劑)等三種施工工法，製作 8 組實驗試體牆。研究結果顯示於結構混凝土牆灑水濕潤時，打底層砂漿中水分不至於快速被吸乾效果較好；磁磚黏貼後經過 28 天後強度佳；外牆彈性水泥防水塗抹於打底粉刷層後，強度會降低 2 成，應於結構體牆混凝土緻密性、澆置施工改善防水；牆體塗抹吸水調整材及砂漿加水泥粉強度效果佳可於高樓層替代灑水，避免高層大樓灑水用水不便之處。(蔡長益，2018)

試體空鼓設定與拉拔強度

吳柏叡探討黏著層空鼓比例和磁磚黏著強度的關係，將黏著層空鼓比例設定為 0%、25%、50%、75%。研究目的:1.結構體灑水與否在不同黏著層空鼓率下的剪力、拉拔試驗強度。2.結構體灑水與否和破壞界面層的關聯性。結構體灑水的拉拔試驗數據，完整鋪貼時為 12.77kgf/cm²，空鼓率 25%為 5.67 kgf/cm²，50%為 5.39

kgf/cm²。完整鋪貼到空鼓率 25%時拉拔強度由 12.77 下降至 5.67 kgf/cm²，強度降低至一半以下。磁磚一旦產生空鼓現象強度便急遽下降，須加以注意。拉拔強度較高的工區位於灑水工區，其破壞界面層皆破壞至打底層，由此判斷磁磚的黏著強度越高其破壞界面深度越深。(吳柏叡，2018)

謝佳鈺由實驗法探討磁磚黏著層空鼓比例與黏著強度關係。施工時結構體灑水與否及黏著層空鼓比例為實驗變因。空鼓比例的設定從 25%至 75%，間隔為 5%。研究目的為：1.磁磚施工界面遭受破壞之樣態與黏著強度之關係。2.不同空鼓比例下的拉拔與剪力強度及其破壞臨界點。3.結構體灑水與否對於拉拔與剪力試驗強度之影響。由破壞臨界點觀察拉拔試驗區間強度變化，發現拉拔試驗條件為結構體灑水時，空鼓率 50%與 55%的強度為 2.47kgf/cm² 以及 0.74 kgf/cm²，差距 3.34 倍，破壞臨界點之強度大幅度折減，推斷空鼓率 55%以上的磁磚皆已不具黏著強度。(謝佳鈺，2020)

本研究討論之實驗研究對象為實際現場之牆體，實驗室之拉拔規範 CNS12611(陶瓷面磚用接著劑)與 ASTM C1583 並不適用，因此採用日本現地拉拔規範建築工事標準仕様書・同解説 JASS19 陶磁器質タイル張り工事拉拔試驗方法。試體設計參照參考文獻，設定空鼓率為 0%、25%、50%、75%、100%，同時討論黏著強度和破壞界面層之關聯性。試體的施工序在結構體灑水，不進行防水工程，再以水泥質接著劑鋪貼磁磚。由於文獻內提及完整鋪貼到空鼓率 25%時拉拔強度由 12.77 下降至 5.67 kgf/cm²，強度降低至一半以下。紅外線熱影像法以最低劣化程度之空鼓率 25%為實驗對象。

三、實驗計畫

3-1 試體計畫

本實驗試體位於國立臺灣科技大學結構實驗室半戶外空間。試體牆面尺寸為 100cm(高)× 100cm(寬)× 25cm(厚)。磁磚計畫採用市面常見之射出還原二丁掛磁磚(5.2×24cm)，鋪貼順序為結構體、打底層、黏著層、貼磁磚、填縫。空鼓率共設定有五個條件 0%、25%、50%、75%、100%，空鼓處將打底層挖空。磁磚由上往

下鋪貼完成，每個空鼓率各貼三塊。為了避免影響實驗數據，試體邊緣保留 7cm 寬度的邊界效應範圍。為能讓拉拔試驗機精準定平，將試體平放於地面，維持水平狀態。詳見圖 2 試體磁磚計畫圖。

3-2 紅外線熱影像法

2022 年 2 月使用 FLIR E54 紅外線熱影像儀進行空鼓率 25%之紅外線熱影像法實驗。以 LD-500D 鹵素燈加熱試體，同時利用 LI-250A 照度計測各空鼓率磁磚的中心點照度是否均勻。從電腦讀取空鼓處磁磚和無空鼓處磁磚加熱前和加熱後之間的溫度差異。加熱時間共為 120 分鐘，每加熱 5 分鐘拍一張 MSX 模式照片。圖 3 和圖 6 為磁磚試體與紅外線支架平面與立面關係圖。

實驗步驟為(1)使用紅外線支架固定紅外線熱像儀位置，紅外線支架與受試體垂直，固定距離為 70cm(圖 6)。(2)拍攝空鼓率 25%未加熱的照片以及測 25%空鼓率中心點照度。(3)使用鹵素燈加熱試體，共加熱 120 分鐘，每 5 分鐘使用紅外線熱像儀拍一張照片同時記錄中心點照度。(4)實驗結束後再透過電腦軟體分析數據。

3-4 拉拔試驗法

2022 年 03 月 01 日到 2022 年 03 月 03 日進行拉拔試驗法，使用 DY-216 全自動拉拔試驗機進行空鼓率 0%、25%、50%、75%、100%拉拔試驗。拉拔試驗墊片尺寸與二丁掛磁磚相同為 5.2cm×24cm。圖 4 為磁磚試體拉拔位置圖。實驗步驟為(1)使用圓鋸機將磁磚四周之溝縫進行裁切。(2)塗抹 AB 膠於磁磚墊片，對準磁磚位置加壓貼合。(3)溝縫四周以絕緣膠帶黏貼防止水氣滲入。(4)墊片靜置 24 小時後進行拉拔試驗。拉拔試驗機進行水平校正，再做拉拔試驗直至磁磚破壞。

3-4 實驗設備

紅外線熱影像法使用儀器為 FLIR E54，儀器規格如下：畫面更新率 30Hz，靈敏度為 40mK，溫度範圍為 -20°C~120°C、0°C~650°C，精度為±2°C/±2%(圖 7)。溫濕度計，品牌為 Mayka，測量實驗當日的大氣溫度和溼度；LI-250A 照度計，品牌為 LI-COR，測各空鼓率磁磚的

中心點照度是否均勻(圖 8)；LD-500D 鹵素燈，用在加熱試體，伏特為 110V，瓦數為 500W(圖 10)。拉拔試驗法使用儀器為 Proceq DY-216 全自動拉拔試驗機，測磁磚的黏著強度及破壞狀態，拉力數值單位為 kN、拉力

範圍在 1.6 至 16kN(圖 9)。另外為了切斷試片周邊的填縫，使用 TC 4110 1.200 Watts 手持式圓鋸機，品牌為 Metabo(圖 11)。

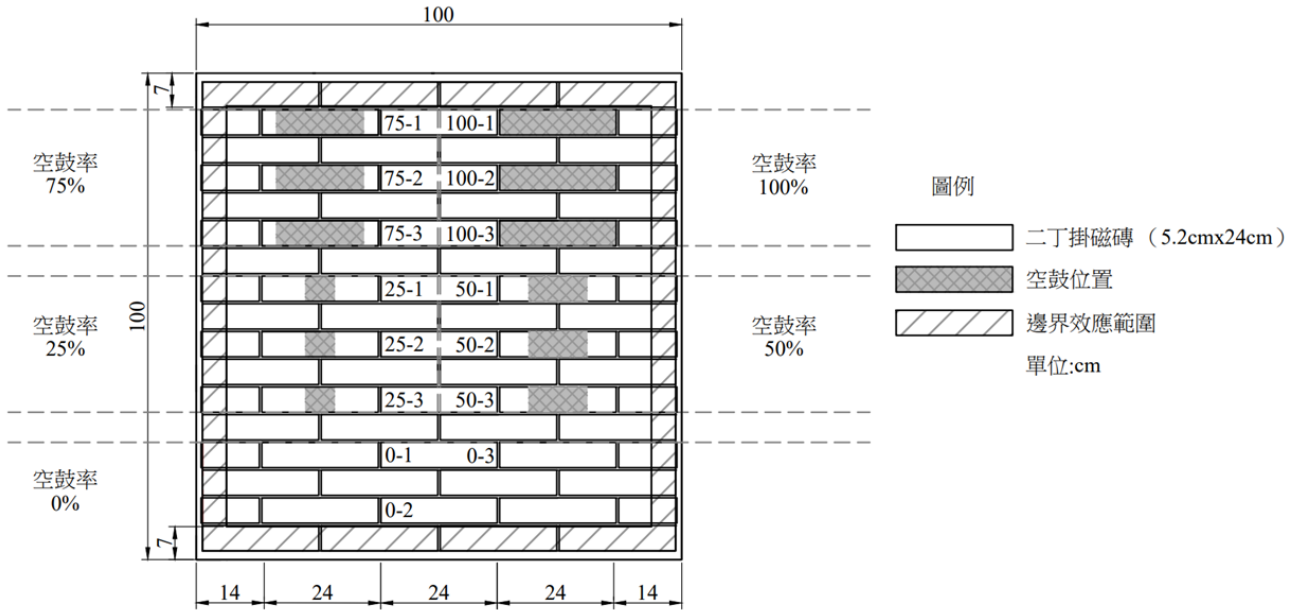


圖 2 試體磁磚計畫圖

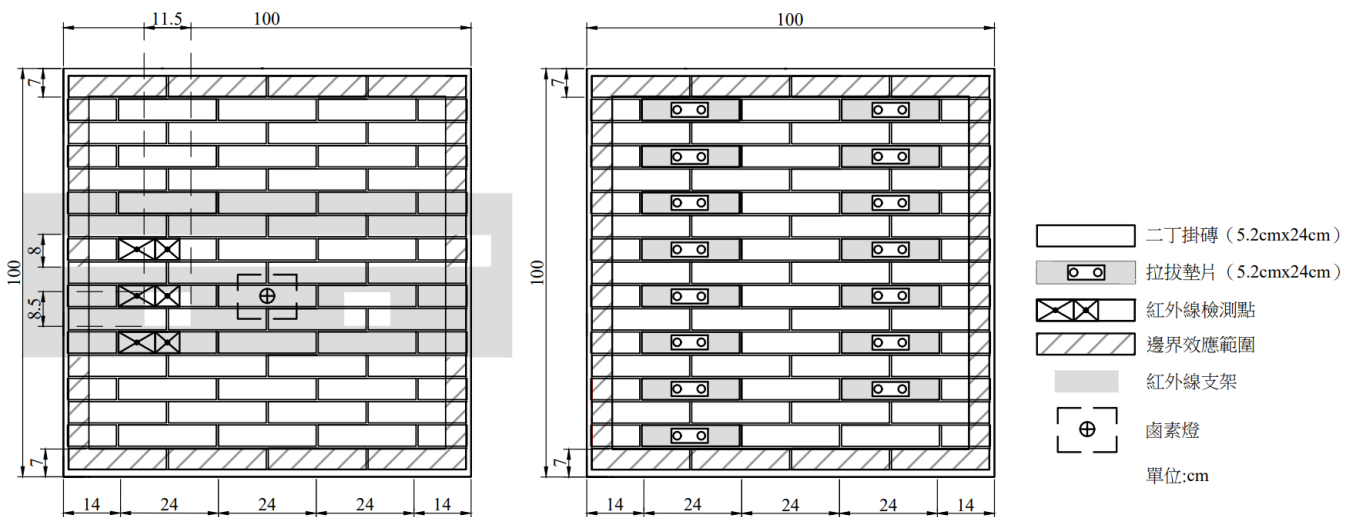


圖 3 磁磚試體與紅外線支架平面關係圖

圖 4 磁磚試體拉拔位置圖



圖 5 試體與紅外線支架照片

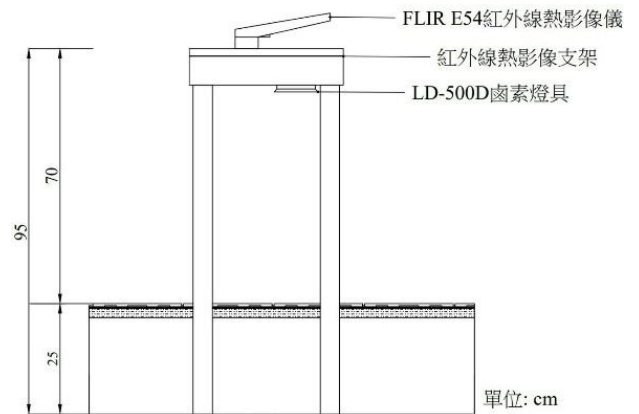


圖 6 磁磚試體與紅外線支架側向立面關係圖



圖 7 紅外線熱像儀



圖 8 LI-250A 照度計



圖 9 全自動拉拔試驗機



圖 10 LD-500D 鹵素燈

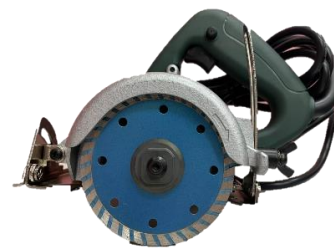


圖 11 圓鋸機

四、紅外線熱影像法與拉拔試驗數據

4-1 紅外線熱影像法-溫度差異

2022 年 2 月進行空鼓率 25%之紅外線熱影像法，

實驗時間固定為下午 15 至 17 點，平均大氣溫度 17.2 °C，平均濕度 87% RH。空鼓率 25%有三塊磁磚，以 T25 為代號表示空鼓率 25%平均溫度。表 2 為空鼓處、無空鼓處、空鼓與無空鼓溫度差的整理表。實驗結果發現加熱時間越長，磁磚溫度跟著提高；空鼓處溫度比無空鼓處溫度高，溫差也提高。

表 2. 空鼓率 25%空鼓處與無空鼓處磁磚平均溫度差與照度總表

加熱時間 分(min)	空鼓處 (°C)	無空鼓處 (°C)	平均溫差 (°C)	平均照度 (W/m ²)	加熱時間 分(min)	空鼓處 (°C)	無空鼓處 (°C)	平均溫差 (°C)	平均照度 (W/m ²)
0	15.2	14.9	0.30	1.16	65	24.9	20.5	4.40	100.57
5	19.27	17.43	1.83	103.35	70	24.83	20.43	4.40	99.85
10	21.13	18.3	2.83	99.84	75	25.07	20.77	4.30	99.37
15	22.5	19.1	3.40	99.73	80	24.93	20.6	4.33	101.34
20	22.9	19.1	3.80	101.53	85	25.17	20.83	4.33	101.05
25	23.47	19.4	4.07	99.38	90	25.13	20.73	4.40	101.83
30	23.9	19.7	4.20	97.19	95	25.13	20.77	4.37	100.66
35	24.2	19.93	4.27	99.17	100	25.1	20.8	4.30	99.42
40	24.53	20.17	4.37	99.74	105	25.4	21	4.40	98.17
45	24.83	20.3	4.53	103.15	110	25.5	21.13	4.37	100.61
50	24.73	20.23	4.50	101.56	115	25.03	20.7	4.33	100.94
55	24.7	20.27	4.43	101.33	120	25.5	21.1	4.4	101.56
60	24.8	20.47	4.33	100.58					

表 3. 空鼓率 25%空鼓處與無空鼓處磁磚平均溫度數據表

加熱時間 分(min)	25-1	25-1	25-1	25-2	25-2	25-2	25-3	25-3	25-3
	空鼓處 (°C)	無空鼓處 (°C)	溫差 (°C)	空鼓處 (°C)	無空鼓處 (°C)	溫差 (°C)	空鼓處 (°C)	無空鼓處 (°C)	溫差 (°C)
60	24.2	19.9	4.30	25.0	20.7	4.30	25.2	20.8	4.40

測量點	溫度
Sp1 空鼓	24.8°C
Sp2	21.1°C
Sp3 空鼓	25.1°C
Sp4	21.4°C
參數	
放射率	0.85
反射溫度	25°C

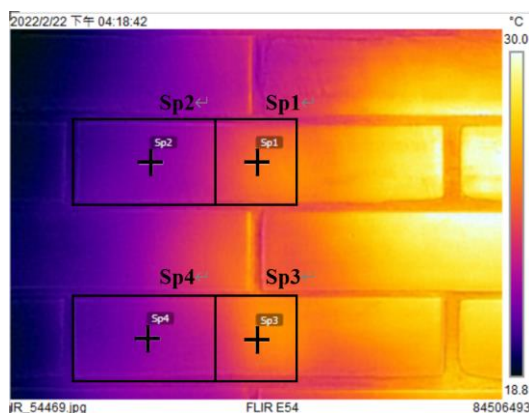


圖 12 加熱 60 分鐘 25%空鼓處與無空鼓處 FLIR Tools 熱影像圖

由表 2 數據可得知，25%空鼓處與無空鼓處會隨著加熱時間溫差變大，當加熱到 60 分鐘一定時間，溫差就會逐漸穩定。圖 12 為透過紅外線熱像儀拍攝加熱 60 分鐘空鼓率 25%的單次熱影像圖。根據表 2 加熱 60 分鐘時，25%空鼓處平均溫度為 24.8°C，無空鼓處平均溫度為 20.47°C，平均溫差為 4.33°C。表 3 為空鼓率 25%空鼓處與無空鼓處三處受測磁磚平均溫度數據表，25-1 平均溫差為 4.30°C，25-2 為 4.30°C，為 25-3 為 4.40°C。

4-2 拉拔試驗法-拉拔強度

2022 年 3 月 1 日到 2022 年 3 月 3 日共計 3 天進行拉拔試驗法。空鼓率 25%的第一塊受試體以 25-1，第二塊受試體以 25-2 代號表示，以此類推。

實驗進行時，25-3 受測磁磚未一次拉拔試驗拔起，在表 4 實驗失敗以「-」表示。每一空鼓率有 3 塊拉拔受測磁磚。實驗結果發現當空鼓率越低，則拔強度越高，

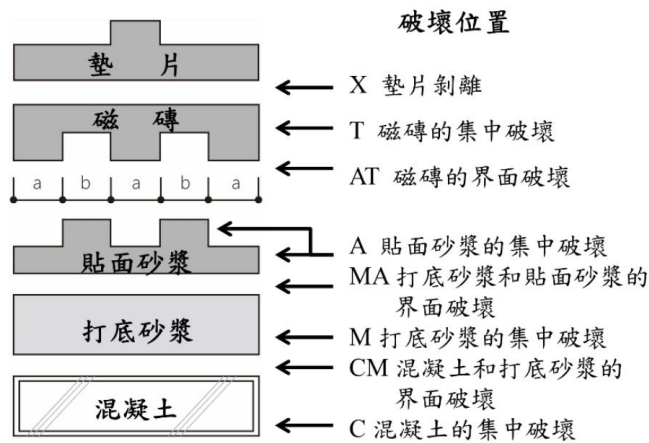


圖 13 破壞位置記號表(參考來源:廖硃岑, 2021)

表 4. 磁磚拉拔強度與破壞界面關係表 (實驗失敗以 - 表示，剔除數據以刪除線表示)

拉拔試驗 位置編號	破壞 力(kN)	墊片面積			拉拔強度 (kgf/cm ²)	破壞位置以及破壞面積比例(%)						
		W	L	cm ²		T	AT	A	MA	M	CM	
上	75-1	1.56	5.2	24	124.8		16	84				
	75-2	1.63	5.2	24	124.8			28	72			
	75-3	1.2	5.2	24	124.8		80	20				
中	50-1	1.53	5.2	24	124.8		26	74				
	50-2	1.87	5.2	24	124.8		12	88				
	50-3	1.54	5.2	24	124.8		14	86				
下	25-1	3.59	5.2	24	124.8	22		35	43			
	25-2	2.20	5.2	24	124.8		15	85				
	25-3	-	5.2	24	124.8	-	-	-	-	-	-	
下	0-1	5.43	5.2	24	124.8			7	93			
	0-2	6.76	5.2	24	124.8	16		11		73		
	0-3	2.25	5.2	24	124.8		10	90				

呈反比關係。依據臺灣營建署建築工程施工規範 09310「瓷磚(陶瓷面磚)」(內政部營建署, 2017)規定拉拔試驗強度用 kgf/cm^2 作為強度單位。本實驗所測得強度值為 kN , 需換算為 kgf/cm^2 。拉拔強度換算公式為: 拉拔強度 (kgf/cm^2) = $101.97162129779 \times$ 破壞荷重 (kN/cm^2)。拉拔墊片面積為: $5.2 \text{ cm} \times 24 \text{ cm} = 124.8 \text{ cm}^2$ 。因此本實驗拉拔強度公式為 (kgf/cm^2) = $101.97162129779 \times$ [破壞荷重 (kN) / 檢測面積 $124.8 \text{ (m}^2\text{)}]$ 。圖 13 表示破壞界面位置之記錄方式, AT 為破壞位置位於黏著劑和磁磚界面層; A 為破壞位置位於黏著層; MA 為破壞位置位於打底砂漿和黏著劑的界面層; M 為破壞位置位於打底層; CM 為破壞位置位於混凝土和打底的界面層。

表 4 可得知, 每一空鼓率各有三塊拉拔受測磁磚, 可取得三筆黏著強度數據, 並將三筆的數據平均值。空鼓率 100%者, 因為切除溝縫後磁磚即掉落, 因此無強度, 不列入表 4 紀錄。為了使實驗數據可信度提高, 拉拔試驗取得之黏著強度, 剔除過高或過低之數據再平均。本實驗共剔除一筆拉拔接著強度數據, 空鼓率 0%, 拉拔編號 0-3 的 1.84 kgf/cm^2 , 因數值遠低於另外兩筆空鼓率 0%的數值 4.44 kgf/cm^2 、 5.52 kgf/cm^2 , 因此將其剔除。拉拔試驗法, 磁磚空鼓率從 75%、50%、25%、0%, 平均強度依序為 1.19 kgf/cm^2 、 1.34 kgf/cm^2 、 2.37 kgf/cm^2 、 4.98 kgf/cm^2 。表 5 為拉拔試驗牆面與磁磚背面之照片, 以 0-1、25-1、50-1 與 75-1 為例。

五、實驗數據分析

本研究以相同試體進行非破壞試驗—紅外線熱影像法, 以及破壞試驗—拉拔試驗法, 整合兩種不同檢測數據, 其結果分別敘述於下。

(1) 利用紅外線熱影像法評估劣化磁磚溫度

紅外線熱影像法實驗時間為 2 月, 平均大氣溫度 17.2°C , 平均濕度 87% RH。由鹵素燈空鼓率 25%的磁磚區域進行加熱, 加熱時間為 120 分鐘。觀察圖 14, 加熱時間 0 至 45 分鐘, 無空鼓與有空鼓處之平均溫差曲線呈現穩定成長, 溫差從 0.3 增加至 4.53°C 。加熱時間 50 分鐘至 120 分鐘, 溫差曲線平穩。圖 15 三塊磁磚中心點平均照度曲線可見, 加熱時間 0 至 5 分鐘照度急遽上

升, 10 分鐘起曲線穩定。以加熱時間 60 分鐘為例說明, 60 分鐘時照度為 100.58 W/m^2 , 加熱 120 分鐘照度為 101.56 W/m^2 , 60 至 120 分鐘的平均照度為 100.46 W/m^2 。加熱時間 60 分鐘時, 照度數據已呈穩定, 無空鼓與有空鼓處之平均溫差為 4.33°C 。

(2) 利用拉拔試驗法評估強度

拉拔試驗法, 磁磚劣化空鼓率從 0%、25%、50%、75%, 平均強度依序為 4.98 kgf/cm^2 、 2.37 kgf/cm^2 、 1.34 kgf/cm^2 、 1.19 kgf/cm^2 (圖 16)。空鼓率 0%與 75%相較, 強度折減 4.18 倍。空鼓率 0%和 25%相較強度折減 2.10 倍; 和文獻相同, 當完整鋪貼到空鼓率 25%時拉拔強度下降至接近一半。磁磚一旦產生空鼓強度便急遽下降, 須加以注意。空鼓率 50%和 75%的強度相近; 空鼓率 25%和 50%相較強度折減 1.7 倍; 可視空鼓率 50%為破壞的極限強度。

由表 4 可得知, 空鼓編號 0-1 之破壞界面層, 有 93%位於 MA 打底砂漿和黏著劑的界面層, 表 4 的試體牆面和磁磚背面照片清楚可見 MA 層。0-2 為本次實驗強度最高(6.76 kgf/cm^2)有 73%位於 M 打底層。編號 25-1 強度為空鼓率 25%最高者, 其破壞界面層有 43%位於 MA 打底砂漿和黏著劑的界面層(表 4)。編號 75-2 強度為空鼓率 75%最高者, 其破壞界面層有 72%位於 MA 打底砂漿和黏著劑的界面層。強度較高之受試磁磚, 破壞位置有較高比例落於打底層相關位置。反之, 拉拔強度越低時, 破壞界面位於黏著層比例越高。

台灣 CNS12611 表示實驗室進行接著劑強度試驗, 進行標準養護後拉拔強度標準為 6 kgf/cm^2 。本實驗完整鋪貼之磁磚拉拔強度為 4.98 kgf/cm^2 , 低於 6 kgf/cm^2 。推斷原因之一本實驗為呈現實際之現況, 未經恆溫恆濕標準養護階段, 而將試體置於半戶外空間。原因之二實驗試體採用建築物外牆常用之二丁掛磁磚, 拉拔時因長寬比較大而出現挫曲現象。表 5 的編號 50-1 試體在破壞後, 短向兩側皆殘留於牆體, 未完全脫離試體。由於台灣目前並未針對現場外牆拉拔試驗規定應有強度, 面對實際建築物的勘檢容易產

表 5. 拉拔試驗後牆面及磁磚背面破壞照片紀錄表

位置編號	試體牆面照片	磁磚背面照片
0-1		
25-1		
50-1		
75-1		

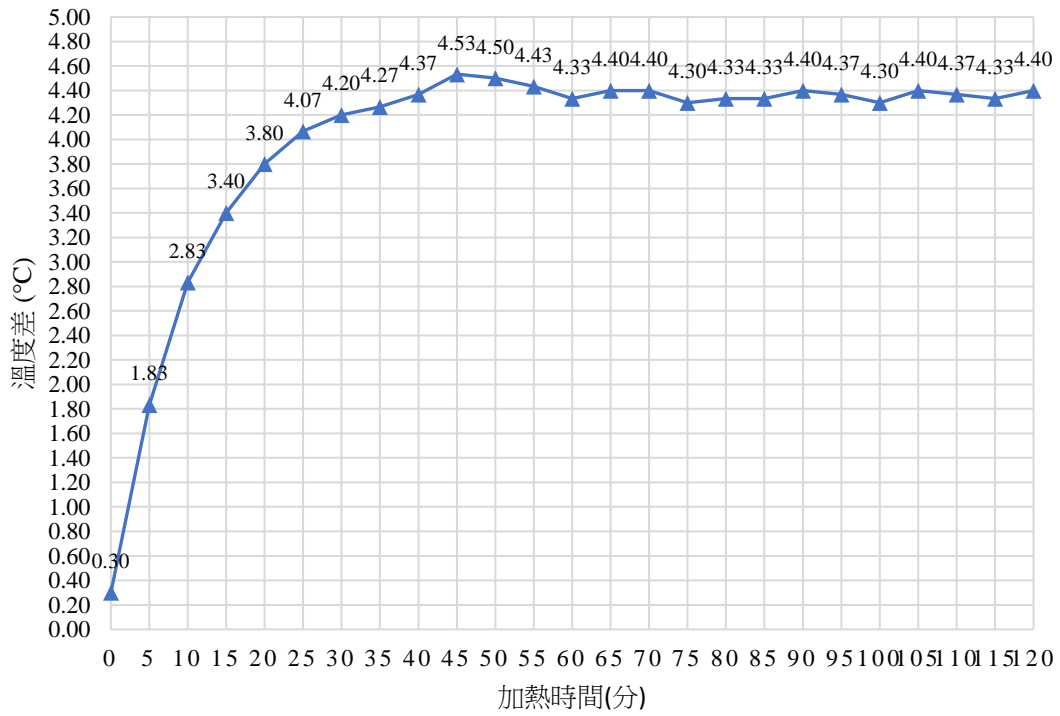


圖 14 空鼓率 25%之紅外線熱像儀溫度差趨勢圖

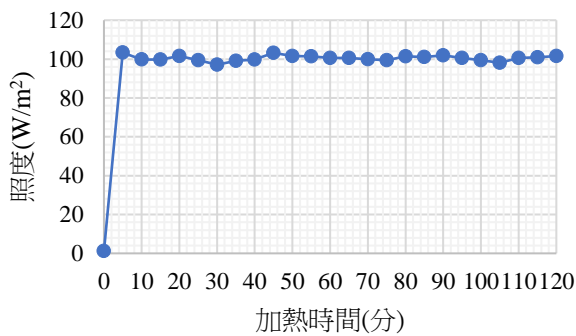


圖 15 空鼓率 25%之照度趨勢圖

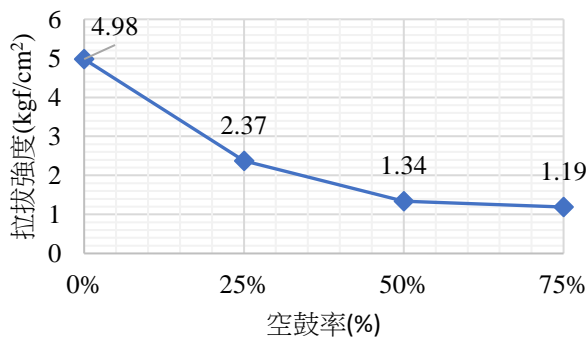


圖 16 拉拔試驗平均數據圖

生判定疑義。建議相關立法單位建立實際外牆檢測時拉拔強度標準。

(3) 綜合非破壞與破壞實驗結果

磁磚試體設定打底層空鼓率為 0%、25%、50%、75%，拉拔試驗平均黏著強度依序為 4.98、2.37、1.34、1.19 kgf/cm²。黏著強度顯示空鼓率 75%和 50%接近，空鼓率 50%與 25%相較折減了 1.7 倍，可視空鼓率 50%之拉拔強度為極限強度。磁磚背面空鼓率 50%，拉拔強度大幅折減。因此當出現空鼓率 25%的判定現象時，即具有剝落的極高潛在危險，須即時補強或是採用因應措施。對應拉拔試驗結果，紅外線熱影像法以破壞前、最低劣化比例之空鼓率 25%為實驗比較對象。空鼓率 25%之磁磚試體加熱時間共 120 分鐘；當加熱時間到 60 分鐘時，磁磚空鼓與無空鼓的溫差曲線逐漸穩定，溫差為 4.33°C。空鼓率 25%三處受測磁磚，25-1 空鼓處與無空鼓處平均溫差為

4.30°C，拉拔強度為 2.93kgf/cm²；25-2 為 4.30°C，1.80kgf/cm²；25-3 為 4.40°C，拉拔墊片脫落未成功。

勘檢外牆的第一步可先使用非破壞檢測法—紅外線熱影像法大範圍檢測磁磚，若檢測到空鼓處與無空鼓處溫差為 4.33°C，可再進一步以破壞檢測法—拉拔試驗法檢測有出現熱影像溫度差異之磁磚，拉拔強度數據為 2.37 kgf/cm²(1.80 至 2.93 kgf/cm² 之間)，即可推斷磁磚空鼓率為 25%。此時因為接近空鼓率 50%之極限強度 1.34 kgf/cm²，具有剝落的潛在危險，須即時補強或是採用因應措施。

六、結論

紅外線熱影像法的優點能夠快速及大範圍確認整體建築物外牆磁磚損傷狀況，因此業界面對外牆檢測時程壓力時廣為做為使用。但紅外線熱影像法容易受天候而影響結果，若能將其當作初步檢查後，針對熱影像溫差處搭配拉拔試驗進行第二階段詳細檢查，將有效提高檢測之準確度，因此本研究透過實驗方式進行議題研討。研究結果建議外牆檢測人員使用紅外線熱影像儀進行大面積初步檢測，若擷取到熱影像出現色差且溫度差為 4.33°C 以上時，可以進一步使用拉拔試驗確認黏著強度。當二丁掛磁磚拉拔強度為 2.37 kgf/cm² 以下，則判定具剝落的高危險性，需要立即採取相應對策。

以下為本研究之重要發現：

1. 紅外線熱影像法可以使用主動加熱裝置來改善天候影響，獲得一致性之實驗條件。加熱時間 60 分鐘時照度已趨穩定為 100.58 W/m²。
2. 紅外線熱影像法進行空鼓處與非空鼓處熱影像溫度比較，空鼓處之溫度較高。2 月冬季平均大氣溫度 17.2°C，平均濕度 87% RH 條件下，空鼓率 25%之磁磚熱影像溫差為 4.33°C。
3. 二丁掛射出還原磚進行拉拔試驗時，空鼓率 25%的受測體平均拉拔強度為 2.37 kgf/cm²。受測磁磚的破壞界面皆有較高比例位於打底水泥砂漿層。

未來研究的建議可分為以下兩點：

1. 台灣的建築物逐漸步向高屋齡，建築物劣化診斷成

為重要議題。然而目前缺乏外牆的現地拉拔試驗方法與強度標準。若有現地實際外牆案例進行數據分析，將有助於現場檢測標準建立，並補正 CNS12611 實驗室標準養護下所進行拉拔強度之方式與強度標準。

2. 射出還原磚之外尚有釉面磚等常用於外牆飾面之材料，其紅外線熱影像數據將因受測物的吸收率不同，得到不一樣的熱影像數據結果。未來可以再進行不同材質、不同深淺色系之磁磚紅外線熱影像法劣化檢測，綜合評估比較結果。

謝誌

本實驗經費由科技部提供，計畫編號：MOST 110-2625-M-011-004-。感謝國立臺灣科技大學營建工程系提供實驗場地。

參考文獻

1. 林谷陶(2011)。紅外線熱影像法於外牆磁磚表面溫度檢測特性之實驗研究。取自 https://www.abri.gov.tw/News_Content_Table.aspx?n=807&s=38873。
2. 林谷陶 (2012)。紅外線熱影像法檢測外牆磁磚剝落現象之實驗研究。取自 https://www.abri.gov.tw/News_Content_Table.aspx?n=807&s=39098。
3. 林谷陶(2014)。紅外線熱像技術檢測外牆磁磚系統界面缺陷之可行性研究。國立臺灣海洋大學材料工程研究所博士學位論文，基隆市。
4. 洪偉修(2016)。高層建築外牆磁磚打底層與防水層對黏著強度影響之研究。國立高雄大學創意設計與建築學系碩士論文，高雄市。
5. 湯永州 (2017)。紅外線熱影像技術應用於外牆磁磚檢測與風速關聯性之研究。國立高雄大學建築學系碩士論文，高雄市。
6. 吳柏勸 (2018)。外牆磁磚黏著強度與黏著層空鼓比例關聯性之研究。國立高雄大學創意設計與建築學系碩士論文，高雄市。
7. 蔡長益(2018)，外牆磁磚飾面工程成本與抗拉接著強度之研究。國立高雄第一科技大學營建工程系碩士論文，高雄市。
8. 廖硃岑、鍾政靜、陳怡妤 (2020)。打音法與紅外線熱影像法之劣化診斷技術探討-以射出還原丁掛磚為例。第 15 屆結構工程暨第 5 屆地震工程研討會，2020 年 9 月 2 日，國立高雄大學。
9. 高大鈞 (2021)。紅外線熱影像溫差與空鼓率之關聯性研究。第十四屆物業管理研究成果發表會，2021 年 6 月 19 日，國立臺北科技大學。
10. 謝佳鈺 (2020)。外牆磁磚黏著層空鼓率與黏著強度破壞臨界點之研究。國立高雄大學建築學系碩士論文，高雄市。
11. N.M.M. Ramos, M.L. Simões, J.M.P.Q. Delgado, V.P. de Freitas (2012). Reliability of the pull-off test for in situ evaluation of adhesion strength. *Construction and Building Materials* 31 (2012) 86–93. doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.12.097
12. Tomás Lourenço, Luís Matias, Paulina Faria c. (2017). Anomalies detection in adhesive wall tiling systems by infrared thermography. *Construction and Building Materials*, 148 (2017) 419–428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.052>
13. Ivan ´ Garrido a, Eva Barreira b, Ricardo M.S.F. Almeida b,c, Susana Lagüela (2022). Introduction of active thermography and automatic defect segmentation in the thermographic inspection of specimens of ceramic tiling for building façades. *Infrared Physics and Technology*, 121(2022)104012. <http://doi.org/10.1016/j.infrared.2021.104012>
14. 廖硃岑 (2021)。國立臺灣大學工綜新舊館外牆磁磚-拉拔試驗檢測成果報告書。
15. 廖硃岑 (2015)。桃園市建築物外牆飾面剝落勘檢委辦案(104)。桃園市政府委託計畫案結案報告書。
16. 經濟部標準檢驗局，中華民國國家標準 CNS12611: 2017 (陶瓷面磚用接著劑)
17. ASTM C1583. Standard Test Method for Tensile Strength of Concrete Surfaces and the Bond Strength or Tensile Strength of Concrete Repair and Overlay Materials by Direct Tension (Pull-off Method).
18. 公共工程施工綱要規範「第 09310 章鋪貼壁磚」：

2016

19. 日本建築学会，2012年，建築工事標準仕様書・同解説 JASS19 陶磁器質タイル張り工事。
20. 日本全国タイル業協会，2008年，タイル手帖。

住宿式長照機構規劃階段之檢討項目重要性研究

The Research on the Importance of Consider Items in the Planning Stage of Residential Long-Term Care Institutions

楊詩弘^a、許文馨^b

Shih-Hung Yang^a, Wen-Xin Hsu^b

^a 國立成功大學建築系 助理教授 Assistant Prof., Dept. of Architecture, National Cheng Kung University

^b 國立成功大學建築研究所 碩士 Master, Graduate School of Architecture, National Cheng Kung University

論文資訊

論文審查紀錄：

受稿日期

2022年08月02日

審查通過日期

2022年09月25日

關鍵詞：

住宿式長照機構，規劃階段，檢討事項，長期照顧服務法(長照法)，私人空間

通訊作者：

楊詩弘

電子郵件地址：

erskineuhara0326@gmail.com

Article Info

Article history:

Received 02 Aug. 2021

Accepted 25 Sep. 2022

Keywords:

Residential Long-Term Care Institution, Planning Stage, Consider Items, Long-Term Care Services Law, Private Space

Corresponding author:

Shih-Hung, Yang

E-mail address:

erskineuhara0326@gmail.com

摘要

有鑑於我國即將邁入高齡化社會，可預期的是住宿式長照機構的需求在未來將大量增加。目前政府雖鼓勵業者進行長照機構的新建與既有設施的轉型，但在相關設置標準的內容中，多僅規範主要空間如寢室、日常生活場域的最小單位面積或基本設備數量進行量化的規定，並未將營運狀況、使用者需求、使用感受等要素納入規劃階段的評估項目中。有鑑於此，本研究以台灣中部三所公辦住宿式長照機構為對象進行田調，針對具相關經驗之興辦端與使用端實施問卷，並以 Fuzzy AHP 法分析權重後，彙整其序位的平均值藉以得知各個項目的重要性。依據統計結果顯示，在「私人空間」、「公共空間」之軟硬體需求所形成的十六項因素項目中，私人硬體空間的要求性能以「寢室」為核心，重要性依序為寢室本體及附屬衛浴空間的安全性、其次為空間格局與通風採光、第三則為環境佈置之舒適性等；至於在私人空間的軟體服務方面，「巡房」與「生活照顧」呈現較前序位，發生場所皆與寢室格局息息相關，故在空間規劃階段須確實掌握前述醫療服務之內容。至於在公共空間方面，則是長照機構的緊急安全逃生規劃之完整性被視為最重要，且須考量行動弱勢特性而搭配較頻繁的防災演練，才可發揮空間的防火避難性能。

Abstract

Taiwan is about to enter a super-aged society, and it can be expected that the demand for residential long-term care institutions will increase substantially in the future. At present, although the government encourages operators to build new long-term care institutions and transform existing facilities, in the content of relevant setting standards, most of them only regulate the minimum unit area of main spaces such as bedrooms, daily life areas or the number of basic equipment for quantification. However, the operating conditions, user needs, user experience and other elements are not included in the evaluation items in the planning stage. Therefore, this study conducted a field survey of three public long-term care institutions in central Taiwan and a questionnaire survey of experienced experts. The importance of each item can be known after the results of the questionnaire are analyzed by fuzzy analytic hierarchy process.

According to the statistical results, among the sixteen items, the most important is the safety of the bedroom and the attached bathroom space, followed by the spatial pattern and ventilation and lighting, and the third is the comfort of the environment layout. As for the public space, the performance of fire escape is regarded as the most important, and more frequent disaster prevention drills must be taken into account in consideration of the vulnerable characteristics of action, so that the space can promote the safety of the space.

之參考。

一、緒論

1-1 研究動機與目的

有鑑於台灣未來將邁向超高齡化社會，政府近年提出「長照 2.0」政策，推動長期照顧服務機構質與量的強化。而有關長照機構的興辦，須符合母法「長期照顧服務法」暨其施行細則之規定流程，在辦理規劃階段獲得籌設許可後，即可進行後續之建築設計與相關執照之申請，並取得目的事業主管機關同意後始得營運。而依據「長期照顧服務機構設立許可及管理辦法」的第 6 條規定，申請住宿式長照機構之籌設許可時，應依第二款第六項之規定，提出「建築物圖示」，其中包含位置圖及百分之一比例之平面圖，標示用途說明，並以平方公尺註明各樓層、隔間之樓地板面積及總樓地板面積等。承上所述，長照機構於興辦事業計畫階段，須確立整體建築配置與空間劃設，惟長照機構經歷多次審核階段中，目前僅針對服務設施與日常活動場所，進行平均每人最小配置面積之定義，例如「寢室平均每人樓地板面積應有七平方公尺以上，至多六床」、「日常活動場所應設餐廳、交誼休閒活動所需之空間與設備，平均每人應有四平方公尺以上」等，然而有關實際使用內容與整體規劃方面，並未有詳細規範。是故，本研究透過既有設施之使用後評估手法，透過實地探訪、專家問卷等工具，針對具有規劃住宿式長照機構相關經驗與專長之產業、官方與規劃設計界等人士，以及護理師與照服員為對象，掌握住宿式長照機構於規劃階段空間檢討項目與重要性，進而明確其使用規劃需求，故研究目的如下所述：

1. 藉由文獻與相關法規彙整、現有住宿式長照機構住宿設施的田野調查結果，建構規劃階段空間檢討項目作為評估指標。
2. 針對評估指標之諸項目，分別針對各領域專家與機構使用者(護理師與照服員)施測專家問卷，並藉由模糊層級分析法彙整其結果。
3. 透過前述的田野調查與問卷結果，針對規劃過程中考量之諸項因子界定其重要性，提供未來籌設住宿式長照機構之申請者作為規劃過程檢討項目

1-2 研究範圍與限制

本研究考量現有私立住宿式長照中心可能具有營運之特殊性，個案之間的規劃模式、服務水準之區隔設定落差甚大，可能使調查結果產生極端之統計偏差，故本研究為維持統計結果合理性及均質性，現階段以「公立醫院附設之公辦式住宿式長照機構」為對象進行相關調查。另，進一步在區位與類型的設定上，本研究目前以台灣中部之三所公營醫院附屬式長期照護據點(二所位於台中、一所位於南投)為對象，作為案例調查之標的。而在專家問卷的對象方面，分別以前述三所機構的護理師與照服員，以及具有長照機構規劃與管理相關經驗之設計界、官界、產界等人士，分為兩個群組進行施測以比較其結果。

二、住宿式長照機構相關法規彙整

2-1 長照服務法與施行細則中的基本規定

2015 年 6 月 3 日經總統令公布，2017 年正式實施的「長期照顧服務法」(以下簡稱長照服務法)，係我國發展長期照護的「母法」，其共有七章 66 條，內容包括長照的服務內容、人員與機構管理、受照護者權益保障、服務發展獎勵措施等。本研究範圍「住宿式長照機構」，隸屬長照服務法第 9 條第三項所規定之「機構住宿式」，以受照顧者入住之方式，提供全時或夜間住宿等之服務；同法第 21 條亦明確界定其服務之類型，係屬於第三項「機構住宿式服務類」與第四項「綜合式服務類」的範圍。

另，長照服務法授權 8 個「子法」之法規命令，同時於 2017 年 6 月 3 日發布實施。其中，與長照空間整備有關的規定，包含「長期照顧服務法施行細則」、「長期照顧服務機構設立標準」、「長期照顧服務機構設立許可及管理辦法」、「長期照顧服務機構評鑑辦法」等。前述的施行細則中，則明確定義了公立長照機構係為政府機關或公法人(含地方自治體、部落公法人、其他公法人等)所設立之；亦清楚界定長照機構的「擴充」係指機構總樓地板面積的擴增，並非意指未增加面積下的床位加設。有關其他子法對於住宿式長

照機構的空間規定詳見下節敘述。

2-2 機構的設立標準、設立許可與評鑑機制

長期照顧服務機構設立標準

「長期照顧服務機構設立標準」係依據長照服務法第 24 條(申請要件、設立標準、負責人資格，與其設立、擴充、遷移之申請程序、審查基準及設立許可證明應記載內容等)與第 25 條(停業、歇業、復業或許可證明登載事項變更)而制定。在設立標準中的第 12 條中以附表方式，明確規定「住宿式長照機構」於服務設施、人員等類別的標準，其中在「服務設施方面」，針對總樓地板面積、寢室、衛浴設備、日常活動場所、廚房、其他等項目具體列示基本需求(詳表 1)；另，第 15 條則界定其「服務規模」以二百人為限(但經中央主管專案同意者不受此限)。

長期照顧服務機構設立許可及管理辦法

有關新的長期照顧服務機構(以下簡稱長照機構)籌設，依據長照服務法之規定，須遵照「長期照顧服務機構設立許可及管理辦法」的內容辦理。其關於規劃設計之圖說要求，以該辦法第 6 條規定申請籌設許可時，應依第二款第六項規定提出「建築物圖示」，其中包含位置圖及 1/100 比例之平面圖，標示用途說明，並以平方公尺註明各樓層、隔間之樓地板面積及總樓地板面積。另，依據同法第 9 條第一項第一款規定，自許可之日起逾三年未取得建造執照、自取得建照之日起逾三年未取得使用執照、自取得使照之日起逾一年未取得設立許可等場合，直轄縣市主管機關應廢止其長照機構之籌設許可。且依據同法第 27 條規定，長照機構經許可設立後，於三年內未開始營運者，直轄市縣市得廢止該許可。

住宿式長照機構之評鑑與品質提升獎勵機制

主管機關針對現有住宿式長照機構品質良窳的判定，係依據「長期照顧服務機構評鑑辦法」第 7 條規定，針對經營管理效能、專業照護品質、安全環境設備、個案權益保障，四個項目進行評鑑。該辦法第 9 條將評鑑結果分為合格與不合格；而按照長照服務法第 53 條第三項，明確規定「住宿式長照機構評鑑不合

格者，應限期令其改善；屆期未改善者，處新台幣六萬元以上三十萬元以下罰鍰……並得按次連續處罰，

表 1. 住宿式長照機構設立標準表(列舉服務設施類)

空間類型	定性規定	量化要求
總樓地板面積	機構本體但不含停車空間與員工宿舍	· 每床 16 m ² 以上 · 樓層應連續
寢室	格局與開口	· 人均面積 7 m ² 以上且不得超過 6 床 · 無
衛浴設備	衛浴設備床位	· 寢室不可設置在地下樓層 · 窗戶自然採光、通風與照明 · 寢室間之隔間高度與樓板密接 · 各寢室設置馬桶與洗手台 · 寢室內的床位，每個床位均應附有床頭櫃與櫥櫃 · 寢室有 2 床以上的床位時，應備具隔離視線之屏障物
門與廊道	門與廊道	· 床與床的距離不得少於 80 cm · 床尾與牆壁(床尾)間之距離不得少於 100cm · 門淨寬度應在八十公分以上
工作站	設置規定	· 至少設一扇門 · 有可供直接進入寢室，不需要經過其他寢室之走廊
每站基本設備規定	每站基本設備規定	· 每一樓層應設工作站 · 特殊情形之工作站設置設定如右欄所示
衛浴設備	照護區各樓層	· 規模達 24 床以上有設置呼吸器照護床者，應另設立工作站 · 服務數量每超過 40 床的場合，應再增設一個工作站 · 無
專區或專責提供長期臥床或植物人的場合	專區或專責提供長期臥床或植物人的場合	· 準備區、工作臺、工作車或治療車、護理紀錄存放櫃、藥品及醫療器材存放櫃及專用冰箱、簡易急救設備：氧氣、鼻管、氧氣面罩、人工氣道、抽吸設備及甦醒袋、污物(或醫療廢棄物)收集設備、緊急應變應勤裝備 · 每一樓層工作站得視服務使用者之需要，備應有喉頭鏡、氣管內管及常備急救藥品
日常生活活動場所	交流活動	· 至少設置一扇門 · 緊急呼叫系統與扶手的配置 · 衛浴設備須適用於乘坐輪椅者或臥床者 · 空間有適當照明 · 地坪有防滑措施
走廊	照顧區	· 門寬度不小於 80cm · 洗澡設備以每 10 人一套計算，不足 10 人以 10 人計算 · 洗澡設備以每 60 人一套計算，不足 10 人以 60 人計算
	生活訓練	· 人均面積 7 m ² 以上
	照顧區	· 寬度不得少於 80 cm

資料來源：長期照顧服務機構設立標準

表 2. 長照機構評鑑基準中空間規劃相關項目表

C.安全環境設備	
C1: 公共空間及寢室採光照明及通風設備情形(一般級別)	寢室 · 每間都有自然採光、自然通風 · 每間配置可調整亮度之人工光源 公共 · 一半面積達到自然採光及照明設備且通風佳無異味 空間 · 全面達到自然採光及照明且通風佳無異味
C2: 儲藏設施設置情形(一般級別)	空間 · 具有消耗性物品、個人物品、輔具、活動傢俱之儲藏空間性質 空間 · 存放床單、被褥、易燃或可燃性等物品的存放櫃及雜物之管理 公共儲藏空間，應隨時上鎖 · 儲藏室及儲存易燃或可燃性物品之房間，應建置適用之火警探測器或自動撒水頭 · 各儲存物品之空間具分類標示及擺放整齊，定期盤點並有紀錄
C3: 日常活動空間及設施設備設置情形(一般級別)	餐廳 · 設置的位置合乎方便性，其動線及設備設施可滿足需求 活動 · 設置之位置符合服務對象的使用方便性與使用需求 空間 · 活動空間具充足之設備設施，可滿足使用者交誼功能
C4: 寢室及浴廁緊急呼叫系統設置情形(一級必要)	設置 · 寢室、廁所、浴室等空間，必須於適當位置設置緊急呼叫設備 位置 · 設備 設備 · 必須確保緊急呼叫設備功能正常，落實維護管理，當有人功能 按鈴時工作人員可立刻處理反應
C5: 昇降設備設置情形(二級加強)	設置 · 二樓以上的機構，建築物內至少需要設置一部無障礙電梯，其電梯應符合「建築物無障礙設施設計規範」規定 位置 · 機廂內兩側須設有扶手 設置 · 輪椅乘坐者之操作盤、無障礙標誌、點字設施 規格 · 電梯前的輪椅迴轉空間必須在半徑 75 cm 以上 · 電梯機廂的深度不得小於 135 cm、門的淨寬不得小於 90 cm · 電梯等待空間設有點字之呼叫鈕，其前方 30 cm 處之地坪材質，必須以 30 cmx60 cm 之不同材料來處理
C6: 無障礙浴廁及洗澡設備之設置與使用情形(二級加強)	設置 · 須遵守「建築物無障礙設施設計規範」；機構若為舊有建築的場合，可申請「替代改善方案計畫」 位置 · 求救鈴至少須設置於兩處 設置 · 馬桶的設置與空間的關係、輪椅的迴轉半徑等尺度足夠，可讓自行使用輪椅者橫向移坐等 規格 · 地坪材料須止滑；空間設置扶手以利使用者變換姿勢 · 出入口無高差阻礙通行、出入口寬度與門開閉形式 · 鏡子與洗面盆的搭配設置 · 供多人使用的廁所及浴室，應備適當的門簾或隔間
C10: 疏散避難系統及等待救援空間設置(一級必要)	避難 · 防火門、出入口、走道、樓梯間，須無阻礙保持暢通 路徑 · 防火區劃防火門出入口、安全梯出入口等周圍 150 cm，於地面以標線表示範圍 · 逃生路徑為兩方向避難，其中具備一座安全梯及兩個以上避難途徑 · 設置逃生路徑之防火門，須朝往避難方向開啟，並常時保持關閉，或能與火警自動警報系統產生連動而關閉，且不需鎖鑰即可雙向開啟

設備 · 必須設置等待救援空間，並有防排煙功能之設計
需求 · 當火災發生時中央空調系統之電源開關可與火警警報系統連動而自動切斷，防止火煙蔓延

D.個案權益保障	
D6: 居家情境佈置情形(一級必要)	隱私 · 床與床之間應設置隔離視線如圍簾等隔離視線的屏障物 維護 · 監視器、攝影機等未設置於浴廁與寢室內 個人 · 可允許住戶攜帶個人物品佈置空間環境，且不影響公共安全 布置 · 全為前提 · 住戶的床位旁設置收納私人物品之床頭櫃或櫥櫃

資料來源: 住宿式長期照顧服務機構評鑑基準

情節重大者，得處一個月以上一年一下停業處分，停業期滿仍未改善者，得廢止其設立許可」。另，若受評機構經評鑑合格者，合格效期為四年，惟前一年度評鑑不合格，於當年始經評鑑合格者，其合格效期為三年；連續二年評鑑不合格，當年始經評鑑合格者，其合格效期為二年；連續三年評鑑不合格，當年始經評鑑合格者，其合格效期為一年。至於評鑑的項目則是

依據衛福部公告之「住宿式長期照顧服務機構評鑑基準」進行。該基準的內容有 ABCD 四大指標計 63 項目:A-經營管理效能(9 項)、B-專業照護品質(29 項)、C-安全環境設備(16 項)、D-個案權益保障(9 項)。63 項目中，又依服務品質的重要性，分為「一般級別項目」、「一級必要指標項目」、「二級加強指標項目」，其中，一級必要指標項目的定義係為「攸關機構及住民生命安全之指標，以及有關設立標準、相關法規及照顧品質，含設施設備及人力(資格、人數)之指標」。二級加強指標項目則是「提供住民基本照護需求、服務需求及照護措施、照護品質及預防潛在不利住民健康安全，以及新近修法對機構要求事項或配合政策宣導，而提醒機構應執行或注意事項」。機構受評鑑時，一級與二級項目若未達到標準則不得列為優等機構。在上述 63 個評鑑項目中，與空間規劃有關者係為 C1~C6、C10、D6 計 8 項(詳表 2)。其中，屬於一級必要者為 C4(寢室及浴廁緊急呼叫系統設置情形)、C10(疏散避難系統及等待救援空間設置)、D6(居家情境佈置情形)；屬於二級加強者為 C5(昇降機電梯設置情形)、C6(無障礙浴廁及洗澡設備之設置與使用情形)，由此顯示主管機關在住宿式長照機構的品質認定方面對「住戶個人隱私」與「空間安全」的高度重視。

另，為強化現有長照機構的品質以滿足市場需求，衛福部於 2020 年公布「住宿式服務機構品質提升

卓越計畫」以鼓勵業者提出申請，若可在計畫執行期

表 3. 服務機構品質提升卓越計畫之空間規劃指標表

改善公共安全指標	
訂定緊急災害應變計畫及作業程序:	對於地震、火災、水災、風災、及停電等緊急災害，訂有符合機構需求與災害屬性之緊急應變計畫與標準作業程序。同時，訂定防火及避難安全風險自主檢核計畫，落實執行並有紀錄
落實緊急災害應變演練	每年應實施相關應變演練至少兩次，包含『夜間火災情境緊急應變演練』與「複合式緊急災害應變演練」各進行一次
改善公安設施設備補助計畫之進度	參與「護理之家機構改善公共安全設施設備補助計畫」補助之機構，將一併檢視執行進度及設施設備使用情形
達到適當日常活動空間	
面積需求	依長服法設立之住宿式長照機構，日常活動空間每人面積之計算標準為開放床數乘以每床 4 m ²
機能需求	包含客廳、餐廳、多功能活動空間、休閒交誼空間、日常訓練室、活動室、休憩設施、以及其他有關活動的空間，但不含走道

資料來源: 住宿式服務機構品質提升卓越計畫

間內達成品質指標，2020 至 2023 年間公立機構每年每床獎勵 1 萬元、私立機構(含公設民營)每年每床獎勵 2 萬元，每年每機構最高獎勵上限為 100 床。有關前述的品質指標包含：一、配合主管機關填報系統資料；二、改善公共安全；三、達到適當日常活動空間；四、照顧品質提升，計四大項目。其中與空間規劃有關者為項次二與項次三，其改善基準如表 3 所示。

三、住宿式長照機構空間檢討項目調查

本研究透過兩個階段的調查，包含第一階段之住宿式長照機構現場調查與現場人員訪談，以建立基本之空間檢討構面；第二階段則是將前階段之內容彙整為專家問卷之設計架構，分別發放至規劃設計與營運管理端、以及現場之照護服務端，問卷回收後透過模糊層級分析法獲得其影響營運因素之權重。

3-1 現場調查與訪談結果彙整

本研究鎖定之三個案中，案例一位於台中市，收

容床數 190 床；案例二位於台中市，收容床數 38 床；案例三位於南投縣，收容床數 58 床；，針對其設施及所屬護理人員(每機構一位照服員與三位護理師) 作為訪談之對象。本研究於 2021 年 8 月所進行訪談，針對以下主題取得專業意見:主題一係受訪者就住宿式長照機構評鑑內容的認知程度與重要性；主題二為受訪者對於現職機構之空間設施的滿意度；主題三則是針對住宿式長照機構的興辦與空間規劃上提出空間檢討項

表 4. 調查案例現況呈現表

案例	照片與說明
案例一	 <p>浴廁洗手台旁皆設有緊急呼叫安全鈴</p>
案例二	 <p>寢室浴廁符合行動不便者使用且空間明亮並設扶手</p>
案例三	 <p>寢室浴廁符合輪椅迴轉空間並有安全扶手</p>
案例一	 <p>寢室私人休憩空間有充分個人休憩空間</p> <p>資料來源: 本研究整理</p>

目之建議；訪談採「半結構式」方式(引導式訪談)進行，意即以前述三大主題為訪綱，另亦針對其他具體建議事項等延伸項目，開放受訪者作答。

有關調查與訪談結果的彙整結果，在「評鑑內容」方面，所有受訪者皆對其四年一次受評的制度有充分的認知且肯定具有相當之重要性，而三個案例目前皆為甲等以上之優良住宿式長照機構。另，部分受訪者表示，以現今之公立或公辦民營之機構，因資源較為平均或主管機關之要求，故其具有一定均質之服務水準；然而若是民間的場合則因資金、成本等因素而形成品質落差較大之狀態，此種現象有賴評鑑的淘汰制度與獎勵提升機制的雙管齊下，才能因應今後人口結構改變下的龐大長照需求，此亦印證了目前「住宿式長期照顧服務機構評鑑基準」與「住宿式服務機構品質提升卓越計畫」存在的必要性。而在「空間設施滿意度」方面，所有的受訪者均對現職機構的空間表達高滿意度。例如在三個床數規模不同的個案，其寢室衛浴與安全設備的設置上，因為這些空間屬於行進或使用時，易產生摔倒或滑倒的較高風險場所，故業主對於防滑設施、安全扶手與緊急安全鈴等極為重視(詳表 4)。又如在近年受到重視之住戶的寢室私人環境建置為例，案例一在前期規劃階段已預先檢討留設個人寢室中的休憩空間，故整體面積較為充裕，而依據實地探訪，其住房空間不但已設置容量充足之私人收納櫃與人性化空間，亦設置有供住民於寢室中供住民或探訪家屬使用之沙發休憩角落。

至於在「興辦階段的空間規劃檢討項目」方面，受訪者一致認為，以自身在第一線從事照顧服務與空間使用上的經驗，目前在「長期照顧服務機構設立標準」的內容中，雖有針對各個空間的規格作量化之規定(如面積、尺度、數量等)，但無法十足反映現場之需求；而目前的評鑑制度與品質提升獎勵機制雖有助於既存機構的改善，但若事涉大規模之改修工程或設備更換，則會嚴重影響營運。是故，受訪者皆認為目前的設立標準可再強化硬體的需求說明與附帶考量軟體的服務內容，而非僅是數值規定。另，於興辦階段的空間規劃方面，多數受訪者亦建議可從「住戶個人使用」與「公共使用」之空間分類著手，方使性能需求不致混淆。綜合上述，本研究進一步彙整受訪者有關

私人與公共空間於軟硬體之規劃檢討項目建議如下：

私人空間主要以寢室與附屬衛浴設備為主，在基本的通風採光與安全性的確保之餘，住戶空間的家庭情境的創造、以及個人隱私須被重視；而寢室等空間的營造，須考量機構服務人員執行之業務如巡房(含藥事服務)、日常生活服務、生活管理與相關訊息發佈。

公共空間則是在滿足社交空間的數量、品質、安全性、使用彈性之餘，在規劃上須考量住戶與住戶之間的交流活動，以及與社區的連結；而在規劃過程中亦須注意住戶個案在出入機構所需之程序與辦理方式等公共事務與空間之關係。

3-2 專家問卷架構與結果彙整

本研究在第二階段進行之專家問卷，其內容設計係依據前述訪談之彙整結果，並依據「住宿式長期照顧服務機構設立標準」所規定的空間類型與定性規定，將長照機構空間規劃與服務需求分為兩種主要型態，第一為硬體設施(建築物實體空間)，其依屬性不同又區分為「私人空間」與「公共空間」；第二為軟體服務(人員服務與活動規劃)，其依發生地點不同又分為前述之私人/公共區域的服務內容。綜合上述，問卷含二大類及四個母項目，形成問卷架構之第二層因素，再依據 3-1 節訪談之結果，以規劃階段檢討項目就私人空間硬體設施(寢室採光通風、寢室佈置、衛浴安全性、寢室照明與通道)、私人空間軟體服務(巡房、日常生活服務、生活管理、訊息發佈)、公共空間設施(設施內容喜好度、收納、環境設備、安全逃生)、公共空間服務(活動安排、教育宣導、防災演練、出入管理)等構成十六個子項目，以形成第三層因素(詳表 5)。前述二、三層因素的項目與考量因子如表 6 所示。

表 5. 專家問卷架構總表

第一層因素	第二層因素項目	第三層因素項目
住宿式長照機構	私人空間之硬體設施	寢室格局與採光通風
	(寢室與衛浴設備)	寢室衛浴與安全設備
		寢室環境佈置之舒適度
公共空間之硬體設施	寢室燈光控制及通道空間	
公共空間之軟體服務	(共用活動場所)	公共設施內容與住戶喜好度
		公共收納空間與交通規劃
		公共設施之環境設備與維護

第一層因素	第二層因素項目	第三層因素項目
規劃階段空間檢討	私人空間之軟體服務 (日常生活照顧)	公共設施緊急安全逃生規劃 規劃之巡房服務適宜性 生活照顧之作息與時間安排 住宿生活公約及規範管理 簡訊、app 或設電子布告欄
	公共空間之軟體服務 (公共活動與個案管理)	休閒活動時間及安排內容 定期宣導與課程安排 防災等訓練、住民意見處理 出入機構辦理方式與進度

資料來源:本研究整理

第二層因素: 公共空間之軟體服務(公共活動與個案管理)	
考量因子: 社交等公共活動與個案管理滿意程度	
第三層因素	考量因子
休閒活動時間及安排之活動內容	依據住民行動狀況安排休閒活動、社區資源連結
定期宣導與課程安排	依據四季與節慶之活動舉辦、定期之健康教育宣導
防災等訓練、住民意見處理	緊急或危機事件風險管理、服務對象或家屬意見反應與辦理
個案出入機構之辦理方式及處理進度	門禁管制、出入院機構之管理、住戶之個案資料管理、與入住人訂立契約情形

資料來源:本研究整理

表 6. 專家問卷之第二與第三層項目表

第二層因素: 私人空間之硬體設施(寢室與衛浴設備)	
考量因子: 寢室空間與衛浴設備之使用滿意程度	
第三層因素	考量因子
寢室格局與採光通風	寢室的適當尺度、室內家俱是否影響通風採光與輪椅迴轉空間
寢室衛浴及安全設備	浴廁之緊急呼叫設備及適合行動不便者使用之空間
寢室環境佈置之舒適度	家庭化、人性化、生活化, 寢室內有個人喜好物品放置處, 提供照護生活時能維持住民之隱私性
寢室燈光控制及通道空間	室內燈光控制之可及度、出入口之門淨寬度是否便於輪椅出入
第二層因素: 公共空間之硬體設施(共用活動場所)	
考量因子: 休閒活動場所等之使用滿意程度	
第三層因素	考量因子
公共設施內容與住戶喜好度	如交誼廳、餐廳、閱覽區、會客區、復健設施等具備程度與公共設施使用率
公用收納空間與交通配置	如食物儲藏冷凍設備、備品收納儲存空間, 如提供安全之交通工具搭乘方式或停車場距離與停車數量是否充足
公共設施環境設備與維護	如污物、廢棄物處理、病媒蟲防害防治, 衛生清潔, 如污物處理室、洗衣空間、廚房或外燴空間衛生處理
公共設施緊急安全逃生規劃	建築物緊急逃生規劃、防火避難設施與設備安全、火警警報器與自動灑水設施
第二層因素: 私人空間之軟體服務(日常生活照顧)	
考量因子: 日常生活照顧滿意程度	
第三層因素	考量因子
規劃之巡房服務適宜性	合格醫師檢查住戶健康之流程、感染控制處理、藥品處方標示系統清晰度等
生活照顧之作息與時間安排	住戶之下床活動、簡易式肢體運動、感官刺激或認知功能訓練等
住宿生活公約規範及管理	院區照護作業內容、住戶日常生活公約規範、意外事件(如跌倒)之預防機制等
簡訊、app 或設電子布告欄	照護流程公告、與家屬互動機制、防疫等訊息公告方式

本研究規劃之專家問卷, 受測者主要分為兩個群組: 第一組係以三個機構之護理師與照服員, 共計 12 名為對象, 因其專業特性, 係以全日時段第一線提供居住者服務, 所以問卷的實施亦可視為一種使用後評估, 意即機構空間「使用端」的意見回饋; 第二組為曾參與住宿式長照機構之興辦與規劃的設計專業者 4 名、主管機關承辦人員 4 名、機構經營管理者 4 名, 共計 12 名為對象, 欲從「興辦端」的角度探討前述各空間規劃項目的重要性。針對兩組專家問卷的結果, 本研究以模糊層級分析法(Fuzzy AHP)分析權重值, 並比較其差異。

專家問卷於 2021 年 10 月至 12 月間實施, 兩組共計發放 24 份, 回收 24 份, 回收率 100%。而在採用 Expert Choice 2000 軟體進行問卷數據之一致性檢定(一致性指標 CI、一致性比率 CR)後, 兩組各有一份的問卷結果未通過 C 小於 0.1 而剔除(一份為長照人員、另一份為建築師), 故各組的有效問卷率皆為 91.66%。

第二層因素統計結果

有關第二層因素之問卷統計結果如表 7 所示。在其一致性檢定上, 兩組的 C.I. 值與 C.R. 值皆小於 0.1, 顯示該項目的看法在專家間意見趨於一致。而在權重值的呈現上, 兩組的結果均顯示「私人空間硬體設施」(寢室與衛浴設備)最為重要。據此顯示無論是使用端或興辦端對其具有高度共識。而權重值居次的第二層因素方面, 兩組結果呈現部份差異, 由表 7 可知對於使用端而言, 「私人空間軟體服務」的權重乃高於

「公共空間硬體設施」，與興辦端的意見相反。由此可知，從護理師/長照人員的服務範圍觀點視之，較為傾向重視空間內的日常生活照顧服務；而興辦端則是從空間規劃層面上，較為重視硬體的公共空間或設施是否達到供應充足。

第三層因素統計結果

第三層因素之問卷統計結果如表 8 所示。在其一致性檢定上，兩組在該因素意見表達之 C.I.值與 C.R.值

表 7. 專家問卷結果表(第二層因素權重排序)

第二層因素	第一組:使用端		第二組:興辦端	
	權重值	排序	權重值	排序
私人硬體空間與設施	0.47	1	0.56	1
公共硬體空間與設施	0.16	3	0.21	2
私人空間之軟體服務	0.28	2	0.13	3
公共空間之軟體服務	0.09	4	0.10	4
一致性檢定結果	C.I.=0.066, C.R.=0.073		C.I.=0.075, C.R.=0.083	

資料來源:本研究整理

皆小於 0.1，顯見其看法在專家間意見趨於一致未呈現離散。而在整體的權重值呈現上，無論是使用端或興辦端，兩組的專家皆顯示「寢室衛浴及安全設備」係為所有第三層因素項目中之最高權重者。兩組專家其次在高權重值具有高度共識者為「寢室格局與採光通風」與「寢室燈光控制及通道空間」，前者與居住空間的舒適性息息相關，後者則是牽涉居住者視覺上的空間識別能力、以及通行之便利性。

整體而言，兩組在「私人空間硬體設施」諸項目的權重結果在全體中普遍偏高，惟「寢室環境布置之舒適度」的重要性認知，兩組意見呈現局部落差，興辦端的排序為第二、使用端的排序為第六，但其均位於權重排序前段。

而在「公共空間硬體設施」方面，使用端與興辦端均表達「公共設施緊急安全逃生規劃」的權重值為

最高。位居第二、第三者，則因兩組專家因各自之專業領域與實際經驗，所呈現的排序略有不同，例如使用端認為「公用收納空間與交通配置」較「公共設施環境設備與維護」重要，但在興辦端則是相反意見，惟其權重排序之歧異並不大。

在「私人空間軟體服務」方面，兩組專家於「規劃之巡房服務適宜性」的權重最高，特別是在使用端方面針對該項目於整體排序位居第三，由此可知其對於巡房服務的重視程度。而在其他三個因素項目中，兩組專家之間，權重歧異較大者為「生活照顧之作息時間安排」，相較於興辦端所呈現之排序在全體項目中位居第十，使用端則給予高居第四之權重，此結果亦

表 8. 專家問卷結果表(第三層因素權重排序)

第二層	第三層因素項目	第一組:使用端			第二組:興辦端		
		子層權重	整體權重	排序	子層權重	整體權重	排序
私人空間硬體設施	寢室格局與採光通風	0.279	0.115	2	0.202	0.113	3
	寢室衛浴及安全設備	0.399	0.160	1	0.356	0.199	1
	寢室環境布置之舒適度	0.156	0.094	6	0.293	0.164	2
	寢室燈光控制及通道	0.166	0.101	5	0.150	0.084	5
	公共設施內容與住戶喜好度	0.205	0.033	11	0.109	0.023	13
	公用收納空間與交通配置	0.274	0.043	9	0.173	0.036	9
	公共設施環境設備與維護	0.217	0.035	10	0.222	0.046	7
	公共設施緊急安全逃生規劃	0.304	0.049	7	0.496	0.104	4
	規劃之巡房服務適宜性	0.376	0.105	3	0.366	0.048	6
	生活照顧之作息與時間安排	0.370	0.104	4	0.238	0.031	10
私人空間軟體服務	住宿生活公約規範及管理	0.157	0.044	8	0.222	0.029	11
	簡訊、app 或設置電子布告欄	0.095	0.027	13	0.174	0.022	14
公共	休閒活動時間及安排之	0.297	0.026	14	0.231	0.024	12

第二層	第三層因素 項目	第一組:使用端			第二組:興辦端		
		子層 權重	整體 權重	排 序	子層 權重	整體 權重	排 序
空間 軟體 服務	活動內容 定期宣導與 課程安排	0.225	0.021	15	0.170	0.017	16
	防災等訓 練、住民意 見處理	0.308	0.028	12	0.414	0.041	8
	個案出入機 構辦理方式 處理進度	0.170	0.015	16	0.186	0.019	15
	一致性檢定結果	私人硬體空間設施: C.I.=0.064, C.R.=0.071			私人硬體空間設施: C.I.=0.068, C.R.=0.076		
		公共硬體空間設施: C.I.=0.076, C.R.=0.084		公共硬體空間設施: C.I.=0.070, C.R.=0.078			
		私人空間軟體服務: C.I.=0.068, C.R.=0.075		私人空間軟體服務: C.I.=0.064, C.R.=0.071			
		公共空間軟體服務 C.I.=0.075, C.R.=0.083		公共空間軟體服務 C.I.=0.058, C.R.=0.064			

資料來源:本研究整理

呈現第一線護理人員對其重視的程度高於經營者或規劃設計者。

至於在「公共空間軟體服務」的層面上，使用端與興辦端對於「防災等訓練、住民意見處理」表達較高的權重值，明顯高於其他三個因素項目。

四、問卷結果分析與對策

4-1 關鍵性課題分析

本研究透過問卷調查等方式，藉由模糊層級法彙整內容如前述。由第二層因素的結果得知，無論是興辦端亦或使用端，皆認為「私人空間硬體設施」(寢室與衛浴設備)最為重要。究其原因，可能在於受測者過往的空間體驗中，針對較為老舊的設施受限於當時之舊有法規與空間限制，缺乏私人硬體設備之規劃與個人化空間且隱私性較為不足，而有所感，是故透過問卷表達私人空間的整備對於機構的滿意程度上極具重要性。而此結果可提供業者未來興辦住宿式長照機構之重要參考，在有關「私人空間硬體設施」的服務水準設定，應為規劃階段的最優先事項。例如在第三層因素中，權重高居第一的「寢室衛浴及安全設備」方面，寢室係住戶日常生活居留時間最長之場所，而衛浴屬用水空間，因如廁、沐浴等肢體動作衍生滑倒/摔

倒之風險亦較高，是故在其空間安排上須考量其防範措施始可提高滿意度與降低危害之發生；至於在「寢室格局與採光通風」上，使用端給予高居第二的重要性，此亦印證第一階段訪談時，受訪者對於舊有長照機構因面積不足堆放物品過多而影響通風採光與動線之意見。是故，在空間規劃上應考量住戶私人物品擺設之餘裕，其亦與興辦端重視之「寢室環境佈置之舒適度」、以及「寢室燈光控制及通道」有高度的相關性，因此在規劃階段建議應一併檢討。

至於在「公共空間硬體設施」方面，根據第三層因素的統計結果顯示，「公共設施緊急安全逃生規劃」無論在興辦端與使用端皆具有高度之共識，原因在於住宿式長照機構之住戶多數具有行動不便之特性，故在避難弱勢者的避難確保考量下，其權重明顯高於其他三項因素。而「公用收納空間與交通配置」與「公共設施環境設備與維護」則牽涉支援長照服務之設備設施的確保與物品進出之動線，雖屬空間檢討之必要項目，但在整體權重上屬於中後段。

有關「私人空間軟體服務」之問卷結果，在第三層因素中以「規劃之巡房服務適宜性」的權重在該項目為最高。究其原因，部分住戶可能具有多重健康狀態之不確定性或特殊疾病，故第一線工作者必須透過巡房的服務，藉由健康狀況檢視與相關病徵觀測紀錄後才可掌握各住戶之身心狀態，以避免突發情事之發生。是故，在空間規劃上如何考量巡房業務之流程以促進服務品質的提升，有其重要性。而在「生活照顧之作息時間安排」方面，兩組專家間的結果呈現較大之差異，其產生的原因，可能是對於護理師等而言，第一線人員必須協助住戶於日常生活作息的行動(例如下床活動、提供簡易被動式肢體活動、刺激感官等)，以及提供住戶清潔(含身體、寢具及衣物)、翻身拍背等服務，是故對於使用端而言，其寢室或作業空間的規劃良窳是否會影響服務品質，亦是至關重要。

另根據「公共空間軟體服務」於第三層的問卷結果，該項中最高權重為「防災等訓練、住民意見處理」，由此可知與對於相關災害的演習、住民意見有否充分告知與回應，攸關機構整體經營與運作。然從全體項目的排序觀之，除了前述「防災等訓練、住民意見處理」以外，其他項目在整體權重中呈現較低，故序位多位於後段。究其原因，可能在於這些項目並非

直接與照顧品質、居住水準有直接相關，且相較於其他項目，公共部分的軟體服務較不屬於機構之核心業務。然而，此結果並非意味著住宿式長照機構在空間規劃上可忽略這些項目之考量。

綜觀以上對於第二層與第三層的權重結果之分析，在「硬體」的層面上，可得知「私人空間設施」的諸項目序位普遍位於前段，其中又以「寢室衛浴及安全設備」序位為整體第一；而在「公共空間設施」方面，各項目整體權重雖不如私人部分，但其中的「公共設施緊急安全逃生規劃」亦顯示高權重，其餘項目的序位亦多位於中前段。由此顯示，住宿式長照機構在空間規劃階段，硬體性能掌握之重要性。倘若在該階段未確實檢討，當建物落成後因其具相對之不可逆特性，故日後因評鑑或其他需性能提升之理由需要進行硬體改善時，將造成機構營運之衝擊。是故，興辦機關於透過前期階段全面考量空間規劃以進行設計檢討，勢必不可或缺。

表 9. 專家問卷結果之各因素項目平均序位表

序位	因素項目	私人 硬體 空間	私人 軟體 服務	公共 硬體 空間	公共 軟體 服務
	寢室衛浴及安全設備	1			
	寢室格局與採光通風	2			
前 段	寢室環境布置之舒適度	3			
	規劃之巡房服務適宜性		4		
	寢室燈光控制及通道	5			
	公共設施緊急安全逃生規劃			6	
	生活照顧之作息與時間安排		7		
	公共設施環境設備與維護			8	
中 段	公用收納空間與交通配置			9	
	住宿生活公約規範及管理		10		
	防災等訓練、住民意見處理				11
	公共設施內容與住戶喜好度			12	
	休閒活動時間及安排之活動內容				13
後 段	簡訊、app 或設置電子布告欄		14		
	定期宣導與課程安排				15
	個案出入機構辦理方式處理進度				15
	序位和	11	35	35	54

資料來源:本研究整理

本研究彙整前述興辦端與使用端的專家問卷結果，分別將其第三層因素序位平均後如表 9 所示。依據序位和之加總結果，屬於第二層「私人硬體空間」的諸項目序位和為最優先、「私人軟體服務」與「公共硬體服務」之序位和相同居次、「公共軟體服務」則為最末。若將第三層因素項目所獲得之平均序位分別由前、中、後段(6、5、5)區分，可得知在硬體空間規劃方面「寢室」的諸性能與「公共設施」的安全性、軟體服務則以「巡房」被劃定為序位之前段。

4-2 規劃階段空間檢討之對策與建議

本研究綜整問卷結果，為利於未來住宿式長照機構規劃階段之空間軟硬體可同時檢討，將前述第三層因素之硬體與軟體項目以矩陣方式的檢核表(Check-List)呈現(表 10 參照)，以顯示空間規劃與服務內容的對應關係，並就其內容說明如下:有關私人空間的硬體設施方面，主要以「寢室」的安全性、舒適性、私密性為檢討對象。其基本條件，須符合「住宿式長照機構設立標準」為前提，寢室空間務必滿足基本之樓地板面積、設置位置限制、長照看護設備等規定，以及達到「住宿式長期照顧服務機構評鑑基準」之 C1(公共空間及寢室空間採光、照明及通風設備)、C4(寢室及浴廁緊急呼叫系統設置)、C6(無障礙浴廁及洗澡設備之設置與使用)、D6(居家情境佈置)為目標。而依據本研究之專家問卷結果，建議在規劃階段考量寢室的格局動線、採光通風、燈光控制、環境佈置之舒適度、浴廁等用水空間的安全性(如地坪防滑、扶手、緊急呼救設備)之同時，應注意長照機構專業人員之核心服務如「巡房」與「生活照顧」在空間規劃上是否易產生競合。以前者而言，涉及定時進行健康狀況的訪視與檢查，須迅速且明確掌握住戶的生活狀況與醫療情報(如藥品處方標示系統等)，是故，在確保住戶空間隱私與保健業務執行之間如何取得平衡，有必要在規劃階段由業主、設計者、醫療團隊取得相關共識；而在「生活照顧」方面，住戶之下床活動、簡易式肢體運動、感官刺激或認知功能訓練等，依各人之生理條件不同，需要照服員等從旁進行協助執行，故其業務內容所衍生之空間尺度，亦是在寢室規劃時不可忽略之

表 10. 長照機構規劃階段空間軟硬體需求對應檢核表

住宿式長照機構規劃階段空間軟硬體需求對應檢核表		私人空間軟體				公共空間軟體			
空間軟體服務	空間硬體設施	規劃之巡房服務適宜性	生活照顧之作息與時間安排	住宿生活公約規範及管理	簡訊 a p p 等或設置電子布告欄	休閒活動時間及安排活動內容	定期宣導與課程安排	防災等訓練、住民意見處理	個案出入機構辦理方式處理進度
		私人空間	寢室格局與採光通風	●	◎	◎	○	—	—
硬體	寢室衛浴及安全設備	●	◎	◎	○	—	—	—	—
	寢室環境佈置之舒適度	●	◎	◎	○	—	—	—	—
	寢室燈光控制及通道	●	◎	◎	○	—	—	—	—
	公共設施內容與住戶喜好度	—	—	—	—	◎	◎	—	—
公共空間	公用收納空間與交通配置	—	—	—	—	—	—	◎	◎
	公共設施環境設備與維護	—	—	—	—	—	—	◎	◎
公共設施緊急安全逃生規劃	—	—	●	○	—	●	●	●	

【備註】
 ●：優先檢討項目，硬體或軟體重要度高且直接相關，空間規劃須優先考量
 ◎：次要檢討項目，硬體與軟體直接相關，空間規劃於滿足優先項目後檢討
 ○：參考檢討項目，硬體與軟體間接相關，空間規劃於滿足次要項目後檢討
 —：無相關之項目

資料來源:本研究整理

考量項目。此外，興辦端在規劃階段亦宜預先針對營運期的「住戶生活公約規範及管理」內容進行草擬，並檢視其管理內容如何藉由空間規劃來回應，例如在空間配置的原則上，應考量生活管理之便利性與減低意外風險，避免死角空間或易滑場所的發生等。

至於在公共空間硬體設施方面，序位位於前段的為「公共設施緊急安全逃生規劃」，而該項目與建築物之防火避難性能及消防設備之服務水準息息相關。是故，於規劃階段屬於新建的場合，需遵守建築技術規則建築設計施工編第三章「建築物之防火」與第四章「防火避難設施及消防設備」有關於 F 類組的規定；而在現有「住宿式長照機構設立標準」與「住宿式長

期照顧服務機構評鑑基準」的「C.安全環境項目」中，亦以前述技術規則為依據，針對公共空間相關的寢室通道、內部裝修材料、防火區劃、等待救援空間有明確規定。另，在消防設備的設置上，長照機構的規劃須以滿足「各類場所消防安全設備設置標準」為前提。綜合以上說明，有關「公共設施緊急安全逃生規劃」之項目，由於長照機構多數使用者的行動能力特殊性，於火災等緊急事件發生時相對處於「避難弱勢」而不利逃生，是故於硬體之規定較為嚴謹明確。然而，除了佈置格局、材料設備等必要需求之外，興辦端在規劃階段應同時考量後續於「營運管理」及「災害演練」與硬體空間的關聯，例如以前者而言，設計需求應考量相關設備家具持續擴充的可能性、或是嚴格管制相關物品不得置放於走道、出入口等以免影響逃生動線；而在災害的演練上，住戶屬於行動弱勢已如前述，故日常的相關演習須落實且次數應較頻繁，以讓住戶與管理者深刻培養災時之反應能力，而規劃階段對於防災演練內容的掌握，將有助於設計者進行公共區域的配置與空間量之整備。

另，目前長照機構多以實體看板或電子布告欄等進行相關訊息的公告。然有鑑於今後通訊科技之持續發達，相關情報之公開與住戶家屬聯絡等將日益依賴網路環境。此對興辦端而言不需要於公共空間設置大量實體看板，但在規劃階段須注意空間格局的安排上是否易造成訊號之屏障，以及技術上如何克服。

五、結論與建議

目前我國住宿式長照機構的辦理程序，雖明文規定於規劃階段須確立整體建築配置與空間劃設，但在相關法規的內容中多僅規範相關空間(如寢室、日常生活空間)的最小單位面積或基本設備數量(如最小床位數)作為主管機關審查事業者的核定標準，並未針對興建營運後之實際使用狀況、使用者需求、使用感受等要素進行需求之檢討。有鑑於此，本研究以台灣中部三所公辦住宿式長照機構為對象進行田調，針對具相關經驗之興辦端與使用端實施問卷並以 Fuzzy AHP 法分析權重後彙整其序位的平均值，得知在「私人空間」、「公共空間」之軟體需求所形成的十六項因素項目中，私人硬體空間的要求性能以「寢室」為核心，重

要性依序為寢室本體及附屬衛浴空間的安全性、其次為空間格局與通風採光、第三則為環境佈置之舒適性等；公共空間硬體則是相關設施的緊急安全逃生規劃完整性被列為前序位，其他項目如公共服務空間、收納空間等序位則是多列在中後段。至於在私人空間的軟體服務方面，「巡房」與「生活照顧」呈現較前序位，發生場所皆與寢室格局息息相關；另，由問卷結果亦可知公共設施逃生避難之重要性，而公共空間軟體服務方面有必要強化相關宣導與演練。

綜合以上說明，依據長照機構「私人空間」諸項目在規劃階段的重要性皆高的結果，建議於該階段優先檢討寢室的格局與動線、通風採光、照明系統、環境佈置之舒適度、浴廁空間的安全性(如扶手、緊急呼救設備、地面防滑)；另如表 10 之檢核表所示，須同時確認寢室配置是否可滿足「巡房」與「生活照顧」等服務作業。而在「公共空間」方面，由於「緊急安全逃生規劃」被視為該類的最高序位，故與此項有關的防火區劃、裝修材料、通道與救援等待空間的尺度，均為優先檢討之項目；而同如表 10 所示，硬體檢討的同時，須考量機構居住者的行動弱勢特性，規劃有系統的防災演練計畫作為配套措施，才可提升機構整體的防火避難性能。

至於在法規與推動機制的建議方面，因應我國邁向超高齡社會所衍生之長照需求，目前的制度雖鼓勵既有老人福利機構或護理之家提升為住宿式長照機構，惟部分業者受限於空間等硬體上的限制，而無法成功轉型，例如寢室空間與採光通風不足影響整體居住安全與環境品質、或是防火避難設施與消防設備無法符合規定等。建議政府相關部門未來可持續提供輔導諮詢團隊，運用本研究之規劃階段檢討項目與重要度作為評估工具，針對舊制機構的業者進行輔導；而對於機構經營者而言，營運期間持續就服務內容與硬體持續改善，後續面對評鑑時可避免相關評鑑項目無法及格之情事。

參考文獻

學位論文

1. 謝時民(2021)。影響既有建築物變更為長照機構的

關鍵成功因素-以新北市為例。中華科技大學建築研究所碩士論文，台灣新北。

2. 許育禎(2020)。住宿式長照機構服務品質構面之研究：以人性化照顧為中心。淡江大學風險管理與保險學系保險經營碩士班學位論文，台灣新北。
3. 李淑滿(2019)。住宿式長期照顧機構面對長照 2.0 的因應策略-以高雄市私立某社福基金會為例。高苑科技大學經營管理學系碩士論文，台灣高雄。
4. 甘蕙蘭(2018)。長照機構的服務關鍵因素。國立暨南國際大學兩岸高階主管經營管理境外碩士在職學位學程碩士論文，台灣南投。
5. 柯姿婷(2015)。長期照顧機構經營策略之研究 - 以臺北市小型長期照顧機構為例。淡江大學公共行政學系在職專班碩士論文，台灣新北。
6. 王昭榮(2014)。長期照護機構經營成功因素分析-以南投縣長期照護機構為例。國立暨南國際大學管理學院碩士學程碩士論文，台灣南投。
7. 黃啟洲(2014)。長期照護產業的新興市場-日間照顧中心及居家照護中心的創新與整合策略。國立台灣大學工業工程研究所碩士論文，台灣台北。

期刊論文

1. 蘇聖文、李淑貞、張力山、羅鴻基、蔡美文(2021)。探討住宿式長期照顧機構工作人員對於機構住民的生活環境設計之意見：空間安排、設施與設備。物理治療，第 46 卷第 3 期，192 - 200。
2. 馬立德、葉俊廷、劉以慧(2017)。我國小型長期照顧機構經營困境及策略之研究。社會發展研究學刊，第 20 期，61-81。
3. 簡慧娟、莊金珠、楊雅嵐(2013)。我國長期照顧十年計畫現況與檢討。社區發展季刊，第 141 期，6-18。
4. 谷本裕香子、渡辺康(2013)。介護の効率性とプライバシーからみた特別養護老人ホーム平面計画に関する研究。日本大学生産工学部第 46 回學術講演會論文集，701-704。
5. 陳正芬(2011)。我國長期照顧政策之規劃與發展。社區發展季刊，第 133 期，197-208。
6. 楊志良(2010)。我國長期照護現況與展望。研考雙

月刊，第 277 期，86-91。

7. 山口健太郎、井上由起子(2013)。サテライト型特別養護老人ホームの運営実態と入居者への効果に関する研究。日本建築学会計画系論文集，第 649 号，559-568。
8. 石井敏(2006)。高齢者介護施設における介護スタッフの量的差異と介護様態との関わりに関する考察。日本建築学会計画系論文集，第 599 号，57-64。
9. 施麗虹(2000)。老人入住長期照顧機構行為初探—以自我決定理論析之。社區發展季刊，第 132 期，353-372。

網路資源

1. 住宿式服務機構補助網，
2. <https://1966.gov.tw/LTC/lp-4511-201.html>
3. 衛生福利部社會及家庭署官網，
<https://newrepat.sfaa.gov.tw/home/service-depart/detail/2c90e4c76633b9e0016633c5a03e24ce>
4. 長照服務發展基金社會及家庭署獎助方案網站，
5. <https://www.sfaa.gov.tw/SFAA/Pages/List.aspx?nodeid=1127>

校園電表數據分析架構與需求端管理應用：以陽明交通大學為例

A Framework for Campus Meter Data Analysis and The Application in Demand Side Management: A Case Study in NYCU

廖克軒^a、黃世昌^b

Ko-Hsuan Liao^a, Shyh-Chang Huang^b

^a 國立陽明交通大學 博士生

PhD student, National Yang Ming Chiao Tung University

^b 國立陽明交通大學 副教授

Associate Professor, National Yang Ming Chiao Tung University

論文資訊

論文審查紀錄：

受稿日期

2022年01月27日

審查通過日期

2022年06月28日

關鍵詞：

能源管理、電表數據、視覺化、負載剖析、量測與驗證

通訊作者：

廖克軒

電子郵件地址：

khiao.c@nycu.edu.tw

Article Info

Article history:

Received 27 Jan. 2022

Accepted 28 Jun. 2022

Keywords:

Energy Management, Meter Data, Visualization, Load Profile, M&V

Corresponding author:

Ko-Hsuan Liao

E-mail address:

khiao.c@nycu.edu.tw

摘要

在整個建築生命週期中會產生大量的數據，其中能源數據對於量測與驗證至關重要。電表數據分析已經成為研究能源使用行為的有力工具，透過數據探勘以及視覺化，設施管理人員可以清楚地了解問題，並且根據數據做出更好且客觀的決策。在電表數據分析領域中，大多數的研究只關注於數據探勘技術；在這項研究中，提出了一個電表數據分析架構，並將其應用於實務案例中，藉此解決技術與實務應用之間被忽視的關係。研究中使用啟發式的方式來決定分析結果的主要使用情境，同時確認了電表數據分析和需求端管理可以幫助設施管理人員減少校園的用電尖峰負載。這項研究表明了節能目標與策略對於電表數據分析有著關鍵的影響，且使用準確、即時的電表數據，才能有效協助設施管理者在能源管理中，做出高品質的決策。此外，為了要使淨零耗能建築變為可行，建築中的能源使用必須更加靈活，且建築物能源管理系統科學化量測數據與驗證，將成為支持決策的重要工具，用以幫助提升設施管理人員的決策品質，並且提高建築中的人員對於能源使用的意識。

Abstract

A considerable amount of data is generated throughout the life cycle of a building, and among them, energy data is vital for measurement and verification (M&V). Meter data analysis (MDA) has emerged as a powerful tool for studying energy use behavior, and through data mining and visualization, facility managers can clearly understand the problems and make better objective decisions based on the data. Most studies in the field of MDA have focused only on data mining techniques. In this study, a MDA framework was developed and applied to practical implementation to address a neglected relationship between techniques and use cases. The research presented here used a heuristic approach to identify the primary use cases and confirms that MDA and demand side management (DSM) can help facility managers reduce peak load on campus through M&V and the adoption of renewable energy and an energy storage system. The study implies that the goal-defining stage plays a crucial role in MDA, and the findings can contribute to a better understanding of the important role of accurate and real-time meter data for facility managers to make high-quality decisions in energy management. Furthermore, for net-zero energy buildings to be viable, energy use in buildings must be more flexible, and building energy management systems must generate data-driven strategies that help improve decision-making for facility managers and increase awareness of energy use among building occupants.

1. Introduction

In recent years, Taiwan has suffered blackouts during the heatwave and drought. More recently, there has been an increasing interest in the resilience of the building and the grid due to the increasing risk of extreme weather. Understanding the characteristics of energy use in a building can help facility managers develop demand response strategies, and accurate forecasting can benefit the environment and economy by reducing energy use, peak load, and the corresponding greenhouse gas emissions. Advanced metering infrastructure (AMI) is an important component of the energy management system and plays a key role in addressing the issue of power outages.

Several systematic reviews of Meter Data Analysis (MDA) have been carried out. By far, the most complete survey account of MDA is found in the work of Wang et al. (2018). In their review of MDA, Wang et al. identify three key application areas, load analysis, load forecasting, and load management. However, a major problem with the MDA application is how to implement energy conservation actions in a public area such as a campus. Most studies in the field of MDA have focused only on data mining techniques. This study aims to contribute to this growing area of research by exploring ways to fill the research gap on how to help campus facility managers detect and reduce campus peak energy demand. This paper has two key objectives.

1. Demonstrate a simplified descriptive MDA process to help facility managers make better decisions based on data.
2. Propose a framework for the use of MDA to increase the engagement in energy conservation on campus.

This study uses historical data from the NYCU Guangfu campus electricity meter (as shown in Figure 1) to explore the application of the meter data. Understanding the link between raw meter data and practical applications will help facility managers improve the energy efficiency of the building. The study presented here focuses specifically on

the MDA workflow and the application of the MDA results. Although a full discussion of MDA is beyond the scope of this study, this paper first gives a brief overview of the research on meter data. Then we will provide a framework for MDA and present the primary use cases.

Building-level meter data collected by AMI for billing purposes have been extensively studied by many researchers using machine learning methods for pattern recognition and load forecasting. Like the Internet of Things applications in buildings, smart meters collect a large amount of data, and these data must be stored in a common architecture before they can be used efficiently (Balaji et al., 2016). Fan et al. (2015) sorted out the various directions of applying electricity meters data and developed the analysis framework to analyze data from the massive building automation system (BAS). Yarbrough et al. (2015) used the coincidence factor and the heat map analysis tool to analyze the timing of peak demand in individual buildings. The links of load patterns have been studied extensively by Capozzoli et al. (2018). Using a holistic smart meter data analytics approach, Hu et al. (2021) demonstrated the classification of the load curve. Open-source meter data, such as Table 1, can help researchers compare various applications under the same data foundation. Overall, these studies provide mixed evidence for the usefulness of MDA.



Figure 1 Campus electricity meter

Table 1. Open-source meter data

Name	Description	References
Building Data Genome Project	Data size: 507 university’s whole building meter data; Frequency every 1 hour; Duration 1 year (2014/12 – 2015/11)	Miller and Meggers (2017)
I-BLEND	Data size: 29 university’s whole building meter data; Frequency every 1 minute; Duration 52 months	Rashid et al. (2019)
Building Data Genome Project 2	Data size: 1,636 non-residential building meter data; Frequency every 1 hour; Duration 2 years (2016 and 2017)	Miller et al. (2020)

2. Framework

So far, various methods have been developed and introduced to perform meter data analysis that can be done for descriptive or predictive purposes. A case study approach was used to allow deeper insight into the use of meter data. In this study, data management and analysis were performed using R language. The MDA data analysis workflow was based on the conceptual framework proposed by Wickham and Grolemund (2016) and can be illustrated in Figure 2.

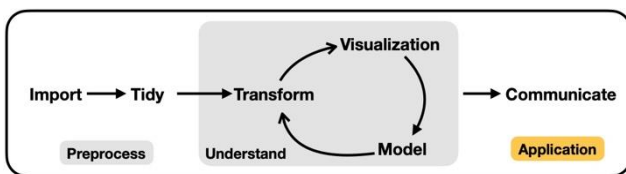


Figure 2 Data analysis workflow (Adapted from Wickham and Grolemond, 2016)

This study used three year historical data (2018~2020) from NYCU’s electricity meters to investigate campus energy usage. In terms of scale and complexity, the Guangfu campus of NYCU resembles a small community, and the total floor area is 585,378 m². The campus is spread over an area of 627,200 m² and has a daily population that exceeds 16,000 people, of which 15,000 are students. 7,000 students live on campus in NYCU housing. There are more than 52 buildings on campus, of which 18 of the department buildings and 12 dormitories are currently metered to provide aggregate energy consumption data. By default, the campus electricity data set is at a 30-second resolution, and

for this paper, we aggregated it to a 1-hour resolution as an aid to compatibility with the electricity pricing structure.

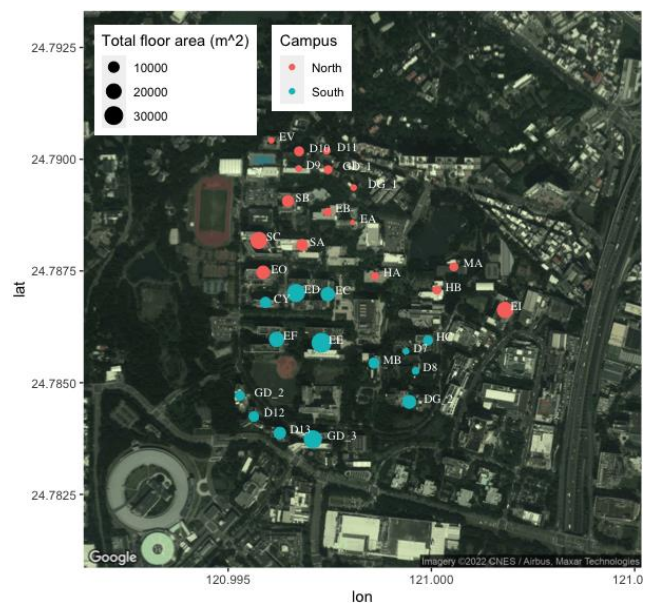


Figure 3 NYC University of Chinese Medicine (NYCU) Guangfu campus

The three main steps of exploratory data analysis (EDA) are as follows:

1. Preprocessing: To prepare raw data from different sources into a standardized format, the first step must be to import the target data into the working environment (R/Python) and load them into a data frame. The second step is tidying the data to ensure that each column is a variable and each row is an observation. The tidied meter data will be as in Table 2.

2. Modeling: The modeling process may be different depending on your data mining goal. The transformation includes zooming in on observations of interest and creating new variables from existing variables, such as calendar-based time series features; this procedure is also called feature engineering. Visualization is always the engine during EDA and knowledge discovery in the database (KDD). During inferencing and understanding, the modeling process may be repeated many times.

3. Communication: To convey and deliver the knowledge gained from data mining, which is also the result of the whole process.

Table 2. Tidied hourly meter data (kWh)

DateTime	EA	EB	EC	ED	EE
2021-06-09 06:00:00	25	31	246	310	240
2021-06-09 07:00:00	25	34	254	328	254
2021-06-09 08:00:00	34	49	268	374	314
2021-06-09 09:00:00	38	57	292	440	382
2021-06-09 10:00:00	40	65	318	468	438
2021-06-09 11:00:00	42	67	334	480	462
2021-06-09 12:00:00	43	71	334	492	514

2-1 Handling of outliers and missing values

There are several types of outliers in the meter data. Most of the time, the reason is power off caused by maintenance monitoring equipment failures. Sometimes the data can be too large or even negative, which cannot be a real value and makes it very hard to draw a graph from the data. Therefore, before performing any further data analysis, we need to identify outliers, remove outliers if necessary, and then use linear interpolation to handle the missing value in a time series. A common statistical method to handle outliers is based on threshold-based anomaly detection, and we use the boxplot method proposed by Tukey (1977) to detect outliers. The result of the boxplot method can be seen in Figure 4. If Q1 denotes the 25th percentile and Q3 denotes the 75th percentile of the remainder values, then the interquartile range is defined as $IQR = Q3 - Q1$.

Observations are labelled as outliers if they are less than $Q1 - 3 \times IQR$ or greater than $Q3 + 3 \times IQR$.

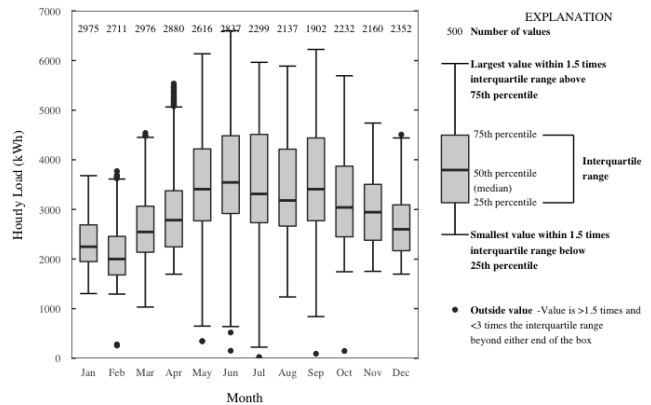


Figure 4 Boxplot and explanation of the boxplot

2-2 Check for data accuracy

Before performing any further data analysis, it is important to check the accuracy of the data. We can compare the utility bill report with the monthly collected meter data and calculate the difference ratio.

$$Difference\ Ratio = \frac{x - x_{reference}}{x_{reference}}$$

The x is the collected meter data and the $x_{reference}$ is the bill report data from the utility company. If missing data is excluded in this study, the mean difference ratio in year 2020 is 0. Another way to check the accuracy of the data is to calculate the EUI and compare within the same category group of buildings to check the reasonability.

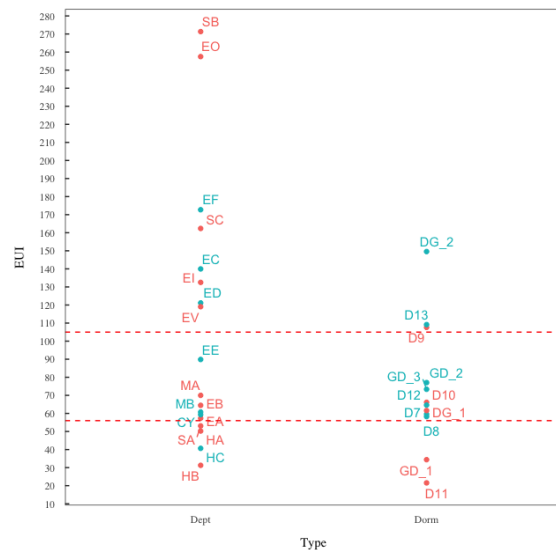


Figure 5 Energy Use Intensity (2020)

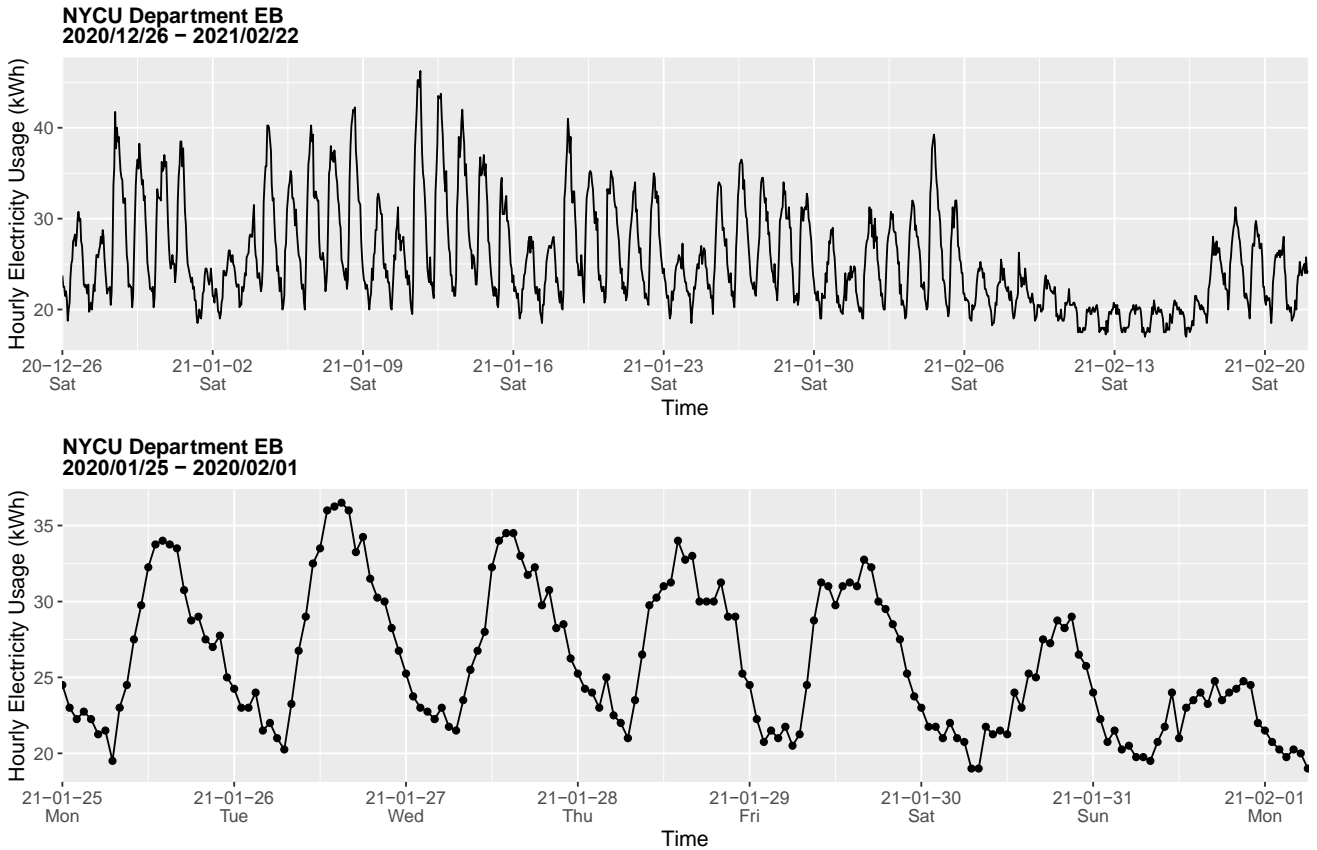


Figure 6 NYC Department EB: Tracking real-time demand

2-3 The decomposition of meter data

We can use a decomposable time series model proposed by Harvey and Peters (1990) to quantify the data. The model has three main components: trend, seasonality, and noise. They are combined in the following equation:

$$y_t = Level + Trend + Seasonality + Noise$$

The average level (Level) describes the average value of the sequence, the trend (Trend) refers to the change of the sequence from one period to another, and the seasonality describes the behavior of the short period in the sequence. Seasonality can be used throughout the sequence repeatedly. Noise is a random variable in the sequence and is often assumed to have a Gaussian distribution. The most effective way to quickly understand the time series data at hand is to visualize it. The time series pattern can be inspected through visualization, and hidden problems, such as extreme values and missing values, can be easily identified in the data. The purpose of data mining is to find useful information from

the original data. There are two main common application techniques for electricity meter data analysis:

1. Historical tracing: Use time as the horizontal axis and observation as the vertical axis to perform basic visualization of time-series data. We can determine the regularity and abnormal locations through horizontal inspection, as in Figure 6. It can be seen that the sequence has a weekly rule and that electricity consumption during the Chinese calendar and Lunar New Year is significantly lower due to national holidays.
2. Moving average: Noise reduction can be achieved through smoothing to find patterns and trends more quickly (Rong and Bailis, 2017). In Figure 7, the hourly load values for 1096 days are taken, respectively, 1 day, 7 days and 90 days with a moving average. What stands out in this figure is the general pattern of the hourly load meter data. The 24 hours and 168 hours SMA can still observe the fluctuation, and the 2160 hours SMA is very smooth.

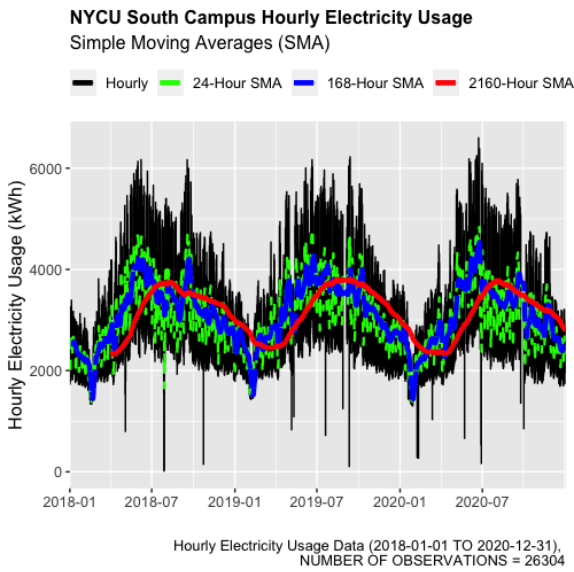


Figure 7 Smoothing method

In a time series, quantifying the correlation between itself and the values of the surrounding sequence is called autocorrelation. The model is also called an autoregressive model (AR). Traditionally, linear regression is based mainly on trend and seasonality. To predict the time series according to the law, the common expression is $y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \epsilon_t$. The calculation method of the autocorrelation function is the correlation between its own sequence and the delayed version of its own sequence. The left part of Figure 8 is the daily consumption of the EB department from 2020-11-28 and its delayed version of its own sequence. For example, EB_lag1 is its own sequence delayed by one day. In the right part of Figure 8, it can be seen that the value of Lag_1 is 0.4. Generally speaking, when the autocorrelation function of Lag_1 is positive, it means that the continuous values move in the same direction. At the same time, this is also called ‘adhesion’; in contrast, if the value of Lag_1 is negative, it means that the larger value is followed by the smaller value. In Figure 7 on the right, it can also be found that the value of Lag_7 is significantly larger than that of Lag_14, which represents the seasonal characteristics of the week in the daily data. The general autoregressive model is very similar to the linear regression model and can be written as follows:

$$y_i = c + \sum_{i=1}^p \beta_i y_{t-1} + \epsilon_t$$

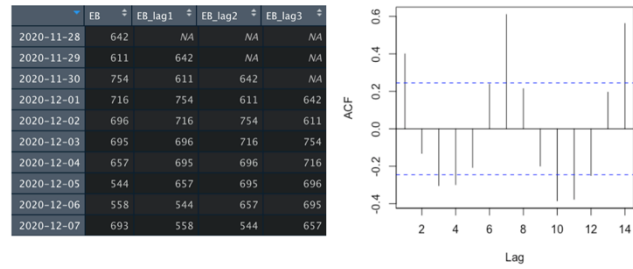


Figure 8 Time series and its lag version & Autocorrelation

2-4 Feature engineering: Important factors

Time is the most important feature in the meter data. According to Yoshino et al. (2017), there are six main factors that can influence total energy use in buildings and can be organized into two groups. The first group of factors is the technical and physical factors: the building envelope, the climate, and the building service systems. The second group consists of factors influenced by human factors, such as the operation and maintenance of the building, the activities and behavior of the inhabitants, and the quality of the indoor environment. Figure 9 shows the scatter diagram of the relationship between temperature and electricity demand. The loess regression (blue line) reveals that the temperature effect is significant.

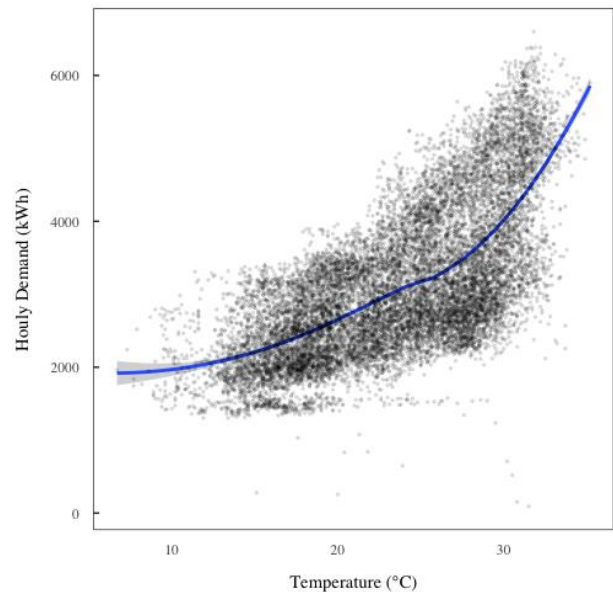


Figure 9 Electricity load (kWh) plotted against outdoor temperature (deg C)

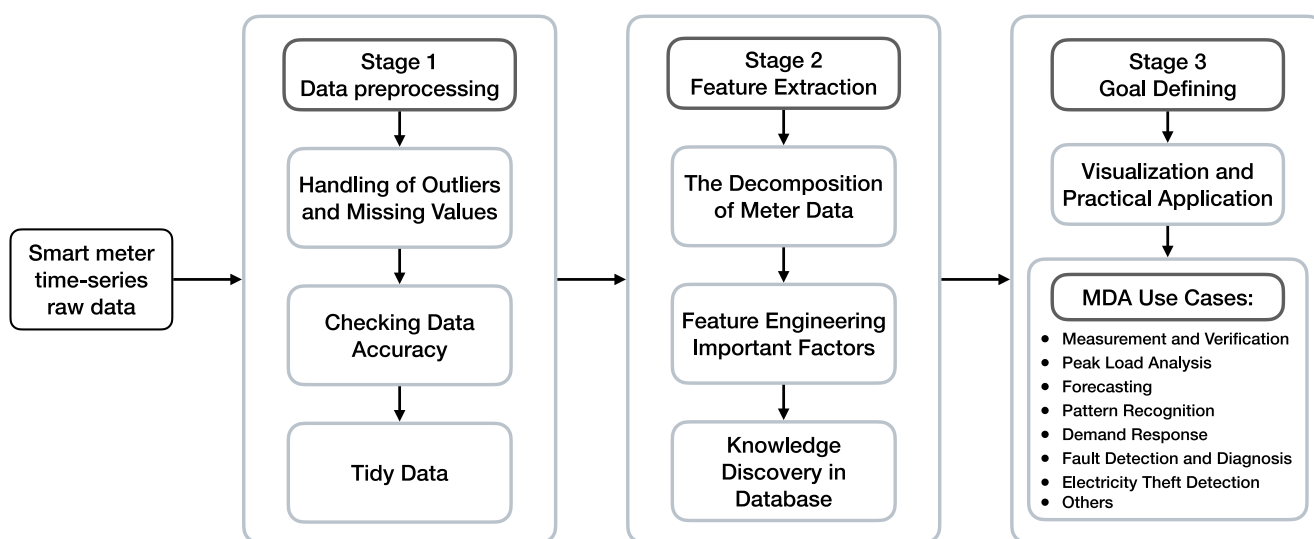


Figure 10 Flowchart of the proposed MDA framework

2-5 Overview of the proposed framework

As shown in Figure 10, the proposed framework consists of 3 stages. Stage 0 is the raw data collected by a building energy management system (BEMS), and the whole process begins when the data are imported into the MDA workflow. In stage 1, the data are preprocessed and tidied. After the outliers are detected and removed and the missing values are interpolated, the accuracy of the meter data needs to be checked by the monthly bill report before further analysis. In stage 2, the knowledge in the data can be extracted by decomposing the meter data. Level, trend, and seasonality can be used to quantify the load profile. A more interpretable model of the meter data can be developed by adding more important factors through feature engineering. In stage 3, different methods are carried out depending on the goals made by the decision makers. Primary use cases such as M&V and peak load reduction can be achieved by data visualization and follow-up analysis and implementation.

A variety of methods are used to explore the meter data. Each has its advantages and drawbacks. A case-study

approach was chosen to help understand how raw data from the information system can enable facility managers to benefit from practical application through MDA. As can be seen in Figure 11, the meter data level can be detailed to the appliance level, and large to the campus level. Different levels of data can be utilized for different purposes of M&V.

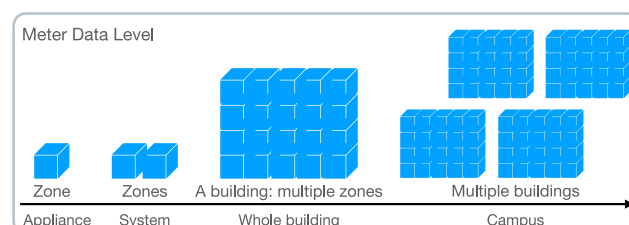


Figure 11 Meter data level

Figure 12 shows that the meter data can come from different types of buildings and sources, for example, residential, commercial, and institutional. The main advantage of using a case study approach framework is that it can demonstrate different scenarios and timing to use MDA with the help of accurate and real-time data.



Figure 12 Building spectrum: From a single building to a community

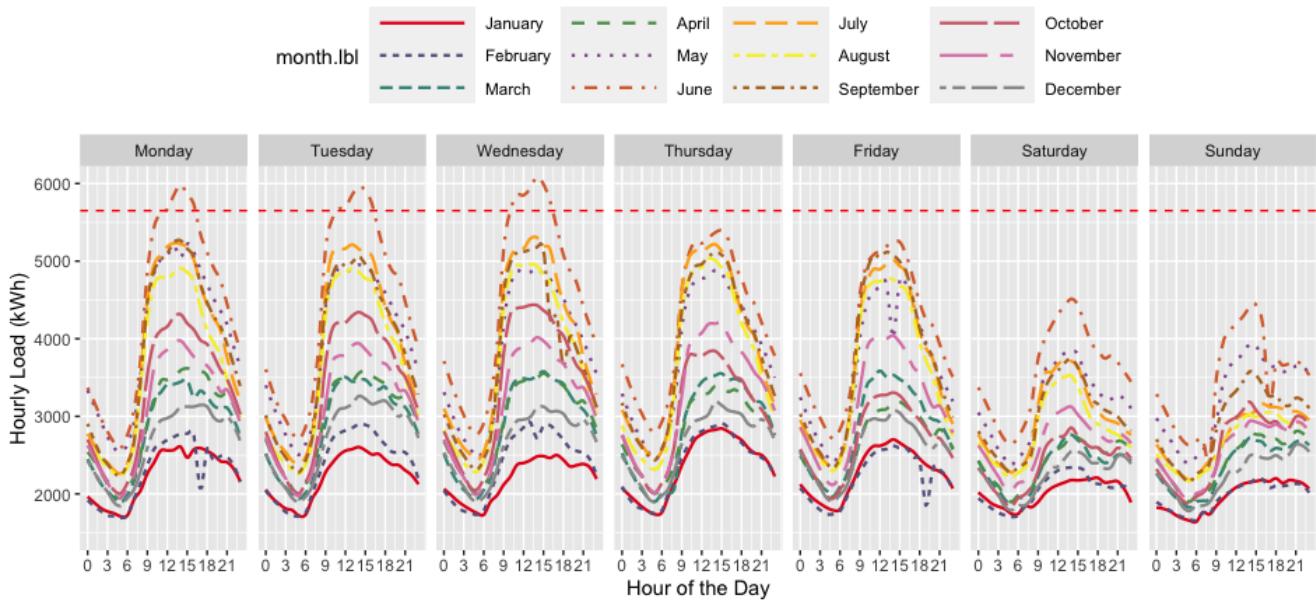


Figure 13 Peak load: Timing and quantity (The southern part of the Guangfu campus, 2020)

3. Primary use cases

This study establishes a meter data analysis framework for preparing data ready to be visualized and put into practical implementation. In peak load analysis, timing and quantity are the most important factors. As shown in Figure 13, the peak load in June was observed. Interestingly, it is apparent that the profile for June from Monday to Wednesday reported that the load is greater than the contract capacity of 5650 kW (horizontal red dashed line), and the actual value may be even higher because the load unit is in kilowatt-hours. What stands out in this figure is the suboptimal design in contract capacity and the typical load profile, which can help quantify how and when an end use consumes energy.

3-1 Use case 1: Target the highest EUI

We can easily obtain the EUI through the monthly building-level billing report and the basic floor area. After energy auditing in the SB department, the exhaust system was identified as the energy hotspot. The cost of the system upgrade was estimated to be around 10 million NT dollars. Cost-effectiveness could be determined by comparing the more efficient equipment (186.75 KW) with the baseline (non-efficient) equipment (138.75 KW). The estimated

energy savings for this retrofit project is estimated to be about 289,737 kWh / year, and the conservation rate would be 16%. Tu et al. (2010) suggested that every building on campuses should have AMI, then the actual savings can be measured and proved. Unfortunately, the meter data at that time were not accurate. As shown in Figure 14, there was an error drop before retrofit; therefore, accuracy plays an essential role in ensuring the robustness of MDA.

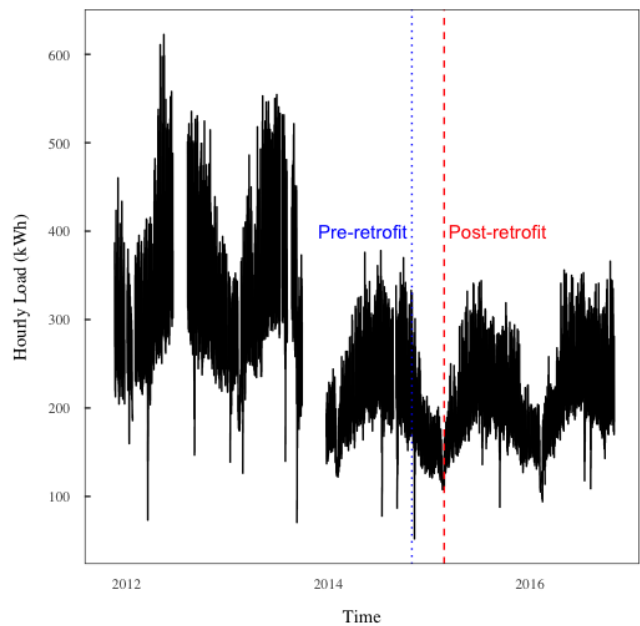


Figure 14 SB department meter data (2012-2016)

Table 3. Verification of energy conservation performance (EB department lighting retrofit)

	Pre-retrofit (baseline)	Post-retrofit
Duration	2019-11-24 ~ 2019-12-29 & 2020-03-01 ~ 2020-05-09 (Total 105 days)	2020-11-29 ~ 2021-01-03 & 2021-02-21 ~ 2021-05-01 (Total 105 days)
Energy Consumption (kWh)	91667	73730
Energy Conservation (kWh)		17937
Conservation Rate (%)		19.6%

3-2 Use case 2: Measurement & Verification

M&V is the process of measuring the relative performance of an energy efficiency investment compared to not investing (baseline). According to Residovic (2017), lighting accounts for approximately 25% of the energy consumption in a typical office building. In this study, the EB department was chosen as an example of lighting retrofit M&V and because the EB department is an academic building, we aligned the two periods of time (Pre-retrofit and Post-retrofit) by semester week instead of by calendar day. As Table 3 shows, the average conservation rate is 19.6%, and from the data shown in Figure 15, it is apparent that the Pre-retrofit line (red line) is higher than the Post-retrofit line (green dashed line). Although there is no evidence that the conservation was all due to lighting retrofit, this result is somewhat intuitive.

Interestingly, there is an opposite result shown in Figure 15 around index 1750. This result is somewhat counterintuitive, because the Post-retrofit line is higher than the Pre-retrofit line. After investigation, there are eight days (from semester week 5 to week 6) the Post-retrofit line higher than the Pre-retrofit line around index 1750. During that period of time, the first four days for the Pre-retrofit line were the Spring break; on the other hand, there are no special events for the Post-retrofit line at the same semester week. And, in the following four days, there was a cold wave strike in Taiwan in the Pre-retrofit year, on the contrary, the Post-retrofit year’s temperature was much higher ; therefore, the electricity use in this week was much higher than the year before. These results suggest that there is an association between load, events, and temperature.

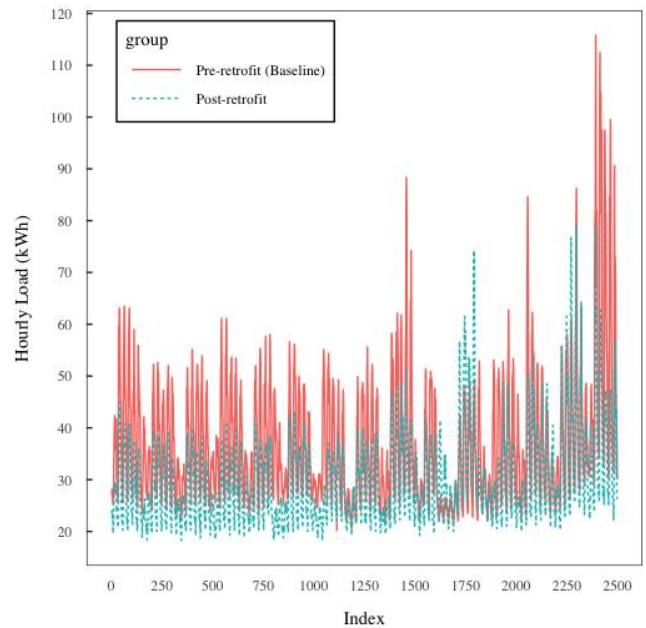


Figure 15 Lighting retrofit (before and after)

3-3 Use case 3: Dealing with peak load

To avoid exceeding the contract capacity on campus, as shown in Figure 13, this study proposed two types of mechanism. The detailed quantity of the exceeded peak load is the key indicator for decision making. The three main components of the first mechanism are listed below:

1. The value of the excess part of the peak load
2. Solar PV
3. Battery energy storage systems (BESS)

After integrating these three parts, the proposed topology of the campus microgrid is shown in Figure 16. The amount of energy stored in batteries is used when the photovoltaic system cannot cover the excess peak load, and the BESS capacity can be determined by the amount of excess peak load. The peak load on campus can be limited through the

battery and solar photovoltaic system and avoid exceeding the contract capacity, thus lowering the bill.

The second mechanism to reduce peak load is through the engagement of the occupant in a demand response program. It is valuable for facility managers to know how much demand can be expected to be curbed if a program is requested at a certain time of day and under certain temperature conditions. According to Hoyt et al. (2015), a widening of the HVAC temperature setpoint can result in HVAC savings in the range of 32% to 73% depending on climate, and HVAC generally accounts for 40% of total building energy consumption (Pérez-Lombard et al., 2008). Therefore, zone temperature adjustment is recommended for load shifting and load shedding to reduce energy use while maintaining comfort levels. If the scale is large, such as every possible zone on the campus participating, then the amount of reduction can be significant. The performance of the demand response program can also be verified and traced using real-time meter data.

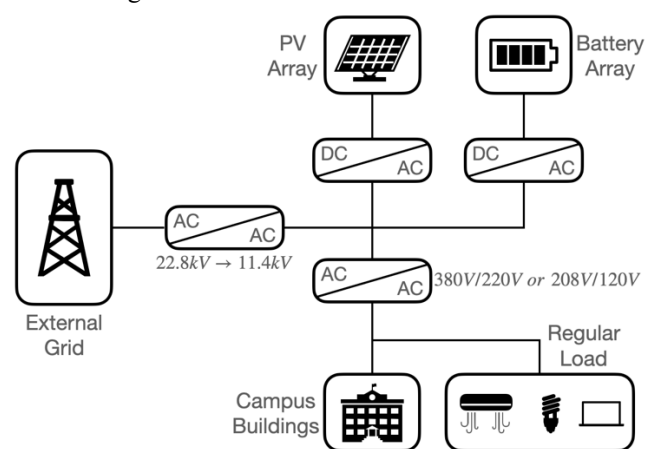


Figure 16 Topology of the campus microgrid

In summary, these results show that making energy visible may have played a vital role in raising awareness of energy consumption. Furthermore, the results also reveal that accurate meter data are the backbone of providing important insights into how MDA can help facility managers make better quality decisions.

4. Conclusions

This study has offered a framework for exploring meter data and demonstrated three use cases to help facility

managers reduce peak load and energy conservation. Although the findings should be interpreted with caution, this study has several strengths. One of the strengths of this study is that it represents a comprehensive examination of the entire MDA process. This research has provided additional evidence on the importance of accurate meter data and the benefits of the MDA process. It is, of course, too early to say whether the energy visualization is effective. However, with successive increases in demand-side management and the engagement of the occupant, energy savings can be moved further.

Although the study has successfully demonstrated that facility managers can improve the quality of decision making through meter data analysis, it has certain limitations in terms of a thorough economic analysis and financial evaluation to identify the benefits and costs of the project. Furthermore, the study did not evaluate the effectiveness of DSM activities that involve the participation of the occupant. These findings would be ideal topics for further research. Further research and experimentation on MDA and DSM are strongly recommended.

References

1. 杜功仁 (Kung-Jen Tu)、賴靜芬 (Jing-Fen Lai)、林承鴻 (Cheng-Hong Lin) (2010)。大學校園建築能源管理之策略與關鍵課題－以台灣科技大學為例。物業管理學報，1(1)，55-64 doi:10.29467/JPM.201003.0006
2. Balaji, B., Bhattacharya, A., Fierro, G., Gao, J., Gluck, J., Hong, D., ... & Whitehouse, K. (2016, November). Brick: Towards a unified metadata schema for buildings. In *Proceedings of the 3rd ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Built Environments* (pp. 41-50).
3. Capozzoli, A., Piscitelli, M. S., Brandi, S., Grassi, D., & Chicco, G. (2018). Automated load pattern learning and anomaly detection for enhancing energy management in smart buildings. *Energy*, 157, 336-352.

4. Fan, C., Xiao, F., & Yan, C. (2015). A framework for knowledge discovery in massive building automation data and its application in building diagnostics. *Automation in Construction*, 50, 81-90.
5. Harvey, A. C., & Peters, S. (1990). Estimation procedures for structural time series models. *Journal of forecasting*, 9(2), 89-108.
6. Hoyt, T., Arens, E., & Zhang, H. (2015). Extending air temperature setpoints: Simulated energy savings and design considerations for new and retrofit buildings. *Building and Environment*, 88, 89-96.
7. Hu, M., Ge, D., Telford, R., Stephen, B., & Wallom, D. C. (2021). Classification and characterization of intra-day load curves of PV and non-PV households using interpretable feature extraction and feature-based clustering. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103380.
8. Miller, C., & Meggers, F. (2017). The Building Data Genome Project: An open, public data set from non-residential building electrical meters. *Energy Procedia*, 122, 439-444.
9. Miller, C., Kathirgamanathan, A., Picchetti, B., Arjunan, P., Park, J. Y., Nagy, Z., ... & Meggers, F. (2020). the Building Data Genome Project 2, energy meter data from the ASHRAE Great Energy Predictor III competition. *Scientific data*, 7(1), 1-13.
10. Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and buildings*, 40(3), 394-398.
11. Rashid, H., Singh, P., & Singh, A. (2019). I-BLEND, a campus-scale commercial and residential buildings electrical energy dataset. *Scientific data*, 6(1), 1-12.
12. Residovic, C. (2017). The new NABERS indoor environment tool—the next frontier for Australian buildings. *Procedia Engineering*, 180, 303-310.
13. Rong, K., & Bailis, P. (2017). ASAP: prioritizing attention via time series smoothing. *arXiv preprint arXiv:1703.00983*.
14. Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis* (Vol. 2, pp. 131-160).
15. Wang, Y., Chen, Q., Hong, T., & Kang, C. (2018). Review of smart meter data analytics: Applications, methodologies, and challenges. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10(3), 3125-3148.
16. Wickham, H., & Grolemund, G. (2016). *R for data science: import, tidy, transform, visualize, and model data*. " O'Reilly Media, Inc."
17. Yarbrough, I., Sun, Q., Reeves, D. C., Hackman, K., Bennett, R., & Henshel, D. S. (2015). Visualizing building energy demand for building peak energy analysis. *Energy and Buildings*, 91, 10-15.
18. Yoshino, H., Hong, T., & Nord, N. (2017). IEA EBC annex 53: Total energy use in buildings—Analysis and evaluation methods. *Energy and Buildings*, 152, 124-136.

一、創會背景與宗旨

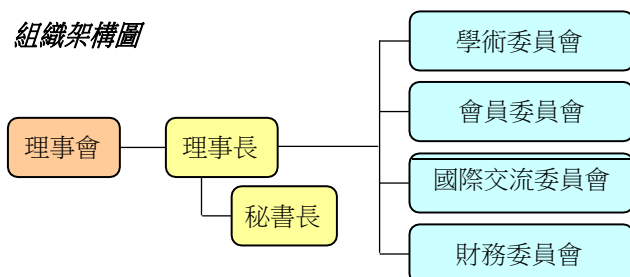
台灣物業管理學會於 2006 年 1 月 23 日成立（台內社字第 0950016503 號），2018 年法院社團法人登記；目的在於達成落實物業管理學術研究、建立法制與專業服務的社會任務，以兼顧建築硬體設施及軟體內涵的品質，提升實質環境品質與增進生活水準。我國政府相繼於 1991 年 12 月頒佈《保全業法》、1995 年 6 月頒佈《公寓大樓管理條例》，並於 2004 年 9 月召開「全國服務業發展會議」、通過《物業管理服務業發展綱領及行動方案》，加速推展建立物業管理法制，促使民間團體更蓬勃地成立物業管理相關專業團體、國外知名物業管理公司選擇進入台灣各行各業的物業管理市場、及公私立大專院校陸續設立物業管理專業相關科系所。此時代背景促成了本學會之創設。

台灣物業管理學會的創會宗旨有四：一、落實物業管理的教學、研究與發展。二、健全物業管理的法制與產業環境。三、協助物業管理業界的良好經營環境。四、進行國際交流、促進產業國際化。物業管理之服務範疇有三類：一、建築物與環境之使用維護服務（清潔、保全、消防檢修、公共安全檢查、附屬設施設備等），二、生活與商業支援服務（物業代辦及諮詢、事務管理）、物業生活服務（社區網路、照顧服務、保姆、宅配物流）、生活產品（食衣住行育樂），三、資產管理服務（不動產經營顧問、開發租賃、投資管理等）。

二、學會組織

學會會務由理監事會負責推展，其下設置理事長、秘書長與四個委員會：學術委員會、會員委員會、國際交流委員會、財務委員會。創會第一屆理事長為黃南淵先生；第二、三屆理事長為黃世孟先生；第四屆理事長為周世璋先生；第五、六屆理事長為黃世孟先生；第七、八屆理事長為杜功仁先生；第九屆（現任）理事長為郭紀子先生。

組織架構圖



三、年度活動與出版

本學會每年舉辦、參與、與召開以下各類活動：

- 研討會**：每年舉行「物業管理研究成果發表會」，提供會員發表研究成果與交流的平台（迄今已舉辦十五屆）。學會配合時勢不定期舉辦特定主題之研討會（如「台日建築物外牆磁磚診斷與更新工法」）；或與其他學會、機構共同舉辦特定主題之研討會（如與東京都物業管理機構主辦「東京都學術論文獎助與論文發表會」）。
- 記者會／座談會**：學會配合重大社會事件，不定期舉辦記者會（如 2014、2015 年物業管理十大新聞記者會）與座談會（如學會協助管委員進行公設點交之可行性座談會、課程規劃座談會、法令與證照制度座談會）。
- 國際交流**：本學會與中國「現代物業雜誌社」、英國皇家特許測量師學會（RICS）、英國特許房屋經理人協會（CIH）、日本設施管理推進協進會（JFMA）、韓國設施管理協會（KFMA）不定期舉行互訪與交流，並安排優質物業管理案例參訪。
- 專業人員培訓班**：本學會為營建署認可之培訓講習機構，2009 年起不定期開辦「公寓大廈管理服務人員培訓講習班」（事務管理人員、防火避難設施管理人員、設備安全管理人員；已開辦64期、培訓千人以上）。此外，本學會自 2016 年起開辦進階之「物業管理經理人精業培訓班」，培養稱職的物業管理案場主管人才；通過學術科專業職能考核者，獲頒檢定合格證書（已開辦七期，培訓 207 人）。
- 出版品**：本學會定期出版《物業管理學報》（2010 年春季創刊，每年二期，最新一期為第十三卷第二期）、電子報（雙周刊，2012.1 迄今）、歷年「物業管理研究成果發表會論文集」；及不定期出版專書（如「物業管理名詞彙編（2008.10）」）。
- 研究與顧問專案**：本學會接受公部門的委託（內政部營建署、建築研究所、地方政府等），執行物業管理相關專題研究計畫；並接受民間企業的委託，提供特定專案之物業管理專業顧問服務（如企業總部大樓物業管理籌備期顧問服務；建設公司、專案管理公司、建築師之物業管理前期顧問服務）。

四、學會通訊

會址：104 台北市中山區南京東路一段 86 號 801 室

電話：02-2531-3162；傳真：02-2531-3102

台灣物業管理學會 入會申請表

姓 名		身分證 或統一編號		<input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女
出生日期				
學 歷				
經 歷				
現 職				
戶籍住址				
聯絡方式	電話：			
申請人：	(簽章)	中華民國	年	月
			日	

台灣物業管理學會 年費繳費單

姓 名		性 別	<input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女
服務單位及職稱			
會員繳費	<input type="checkbox"/> 原個人會員 1000 (年費) <input type="checkbox"/> 原團體會員 10000 (年費) <input type="checkbox"/> 新加入個人會員 3000 (入會費 2000+年費 1000) <input type="checkbox"/> 新加入團體會員 16000 (入會費 6000+年費 10000) <input type="checkbox"/> 新加入學生會員 500 (入會費 0+年費 500)		
連絡電話	(Office) (Fax)	(Home) (Mobile)	
電子郵件			
通訊地址			
備 註			

銀行或郵局匯款收執聯影本黏貼處 (繳款方式)

收執聯影本黏貼處	
繳費方式	1. 請至全國各 銀行及郵局 匯款。 2. 匯款帳戶如下： 帳戶：合作金庫銀行 分行別：南京東路分行 (代碼：0410) 戶名：社團法人台灣物業管理學會 帳號：0410717097134 3. 繳款後請將收執聯影本黏貼於本表下方傳真至 台灣物業管理學會 (Fax) 02-2531-3102 對於會員事務有任何問題，歡迎隨時與本學會會務承辦人員連絡！ 學會秘書：陳婉玲小姐；聯絡方式：(Tel) 02-2531-3162 (Fax) 02-2531-3102 (E-mail) service@tipm.org.tw

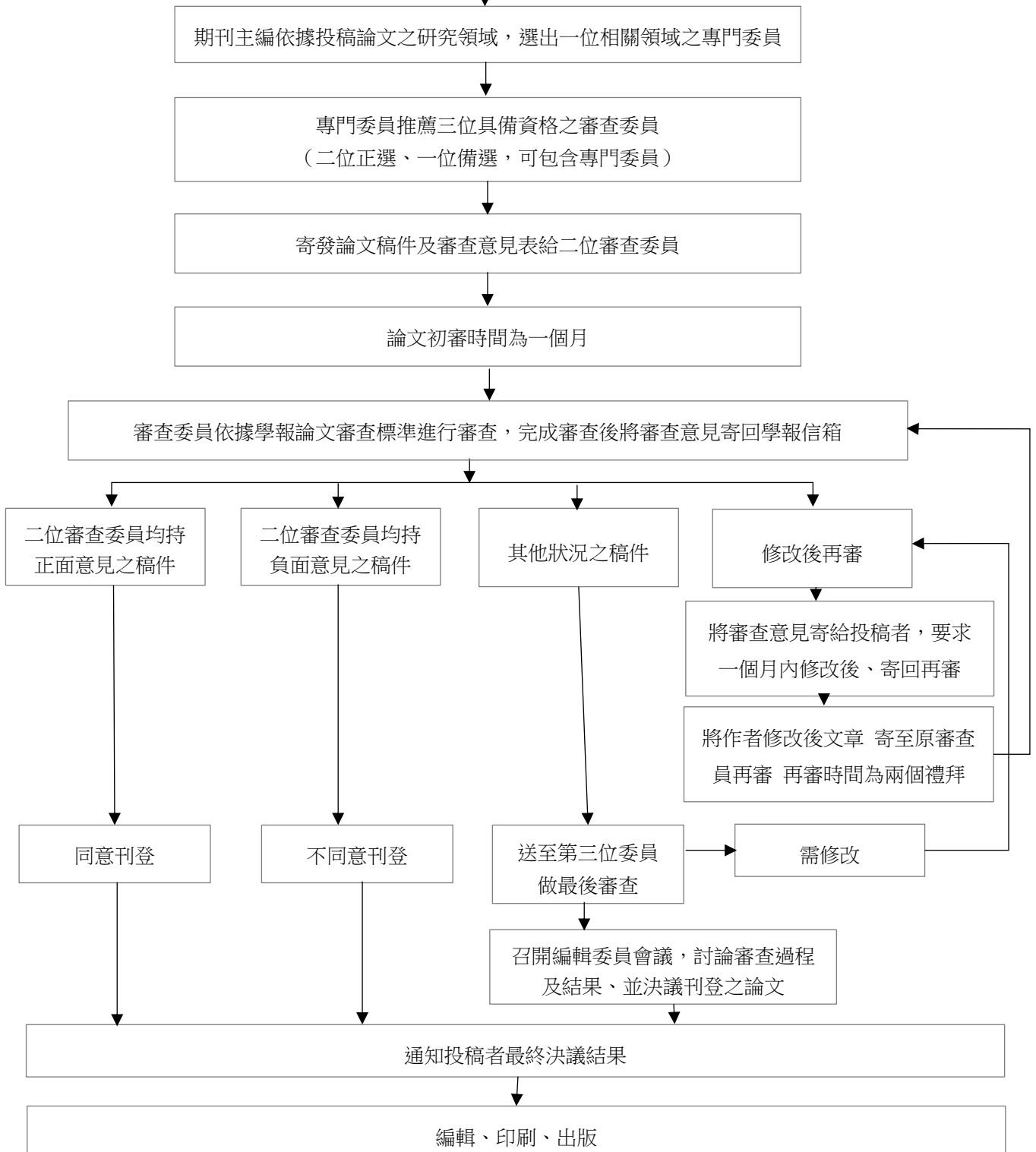
「物業管理學報」論文審稿流程

欲投稿者請至台灣物業管理學會網站 (<http://tipm.org.tw>) :

- 下載並填妥「投稿報名表」
- 下載「學報論文格式樣版」，根據相關規定進行投稿論文之版面編輯
- 將填妥之「投稿報名表」及投稿論文檔案一起寄發至 jpm@tipm.org.tw

內審作業：

檢查繳交「投稿報名表」及投稿論文檔案？投稿內容是否符合徵稿主題？中英文摘要及篇幅字數是否符合規定？全部作者是全部簽署著作權授權？論文相似度比對須低於 20%。



徵文公告

敬請踴躍投稿！

投稿步驟

1. 至 <http://tipm.org.tw/>，下載『投稿須知』、『報名表』及『論文格式樣版』。
2. 填寫『報名表』，並完成論文撰寫（應符合論文格式之相關規定）。
3. 將『報名表』及完稿之論文檔案（.doc）郵寄至 jpm@tipm.org.tw。

出版時間

一年出版兩期（每年三月、九月）

聯絡方式

主編：潘乃欣 教授

執行編輯：陳奎言 博士

編輯助理：謝之瑤 同學

E-mail: jpm@tipm.org.tw

Tel: (05)5342601

學報主旨

「物業管理」是一個新興的產業與專業，專為物業所有權人及使用者提供建築設施之經營管理與服務。「物業管理學報」之出版目標在於刊載物業管理相關之科學理論、技術、與實務；透過學術與實務研究成果之發表，希望能促進物業管理領域中創新管理理論、研究成果、理念、經驗、與知識等之傳播，並促使學術界與實務界之交流。

研究領域與議題

本期刊將刊載「學術研究」及「實務應用」等二類論文，所涵蓋之研究領域與議題如下。歡迎產官學界之專家學者投稿發表相關之研究成果。

- 土木與建築設施維運
- 智慧社區規劃與設計實務
- 不動產經營與管理
- 健康社區與建築環境品質管理
- 使用者環境需求與生活服務管理
- 能源管理與資源管理
- 物業人力資源管理與領導溝通
- 物業服務創新與品質管理
- 物業財務管理與採購實務
- 物業管理教學、考試、證照制度
- 專案管理實踐
- 物業管理相關法規
- 物業管理自動化實務
- 高齡長照議題
- 物業管理最佳實務與個案研究
- 社區長照管理
- 永續建築與實務
- 建築資訊模型於設施管理應用
- 物業防災管理
- 施工管理
- 其他

優良論文評選獎勵

「物業管理學報優良論文評選獎勵辦法」

第二條、 每年評選獎勵之論文分為最佳學術論文、優良學術論文、最佳實務論文及優良實務論文。獲獎論文頒授獎狀一幅，最佳論文及優良論文分別獎勵貳萬元、壹萬元獎金，以資鼓勵。

- 1、從 2022 年度開始實施，含春季號及秋季號。
- 2、以經審查通過且同意刊登論文為對象。
- 3、2023 年物業管理學術研討會(6 月份)前審議，在研討會上頒發。
- 4、2023 年春季號 1 月底截稿，3 月 31 日出刊。

「物業管理學報」投稿報名表

投稿者填寫欄 (本表為日後聯絡、送審、出版之依據，請以正楷詳細填寫)

投稿者填寫欄 (本表為日後聯絡、送審、出版之依據，請以正楷詳細填寫)			
論文資料			
論文名稱	中文		
	英文		
關鍵字	中文		
	英文		
作者資料	姓名	服務單位	職稱
第一作者	中文		
	英文		
第二作者	中文		
	英文		
第三作者	中文		
	英文		
(欄位不足時請自行備紙填寫)			
論文類型 (請勾選)	<input type="checkbox"/> 一、「學術研究」論文：遵循嚴謹的科學研究精神之論文；應具有原創性；內容應包含研究背景、研究目的、文獻回顧、研究方法、研究成果與發現、討論與結論、參考文獻等重點。 <input type="checkbox"/> 二、「實務應用」論文：針對物業管理實際個案之管理理念與趨勢、實務操作、方法與技術等，進行解釋或評論之論文，應具有實務應用之價值。		
研究領域 (請勾選)	<input type="checkbox"/> 土木與建築設施維運 <input type="checkbox"/> 不動產經營與管理 <input type="checkbox"/> 使用者環境需求與生活服務管理 <input type="checkbox"/> 物業人力資源管理與領導溝通技巧 <input type="checkbox"/> 物業財務管理與採購實務 <input type="checkbox"/> 專案管理實踐 <input type="checkbox"/> 物業管理自動化實務 <input type="checkbox"/> 物業管理最佳實務與個案研究 <input type="checkbox"/> 永續建築與實務 <input type="checkbox"/> 智慧社區規劃與設計實務 <input type="checkbox"/> 其他		
第一作者 聯絡方式	地址	E-Mail	
著作權	投稿著作所有列名作者皆同意其投稿之文章經物業管理學報刊登後，即同意授權本刊得再授權國家圖書館或其他資料庫業者，進行重製、透過網路提供服務、授權用戶下載、列印、瀏覽等行為。並得為符合各資料庫之需求，酌作格式之修改。		全部作者 簽名處
論文是否投稿 其它刊物	<input type="checkbox"/> 完全相同內容已投稿其他刊物 <input type="checkbox"/> 未曾投稿其他刊物		<input type="checkbox"/> 部分相同內容已投稿其他刊物
投稿手續	欲投稿者請至物業管理學報網站 (http://tipm.org.tw/CallforPapers3.html)，下載『投稿須知』、『報名表』及『論文格式樣版』。填妥「投稿報名表」後，連同投稿論文檔案 (MS Word 之 doc 檔案，格式應符合「學報論文格式樣版」之相關規定)、一起寄發至 jpm@tipm.org.tw 。		
投稿與刊登 費用	本學報暫不收取投稿論文、審查費用及論文刊登費用。		
論文評選獎勵 辦法	詳本期報名資訊：「物業管理學報優良論文評選獎勵辦法」規定		
台灣物業管理學會填寫欄 (投稿者免填)			
論文編號			受稿日期
編審會委員			審查委員

本文件針對擬投稿「物業管理學報」之論文，進行以下各種常用「樣式」之定義（MS Word 檔案格式）（內文括號採全型括號）。投稿者請遵照樣式規定、進行論文撰寫、排版。投稿者可直接「選用」本文件檔案中之既定樣式。投稿者無須自行定義以下樣式，但請勿修改既有樣式或新增樣式。

一、標題一

標題一為最主要、第一個層級的標題。主要應用在研究背景、文獻回顧、研究方法、研究成果、結論等主要標題。其樣式規定如下：

樣式名稱：標題 1

字型：華康中黑體、Arial、粗體、12 號字

段落：單行間距，與前段後段間距 0.5 列

項目符號及編號：一、二、三、四等

定位點：無

1-1 標題二

標題二為文章中第二層級之標題，作為標題一之子標題。其樣式規定如下：

樣式名稱：標題 2

字型：華康中黑體、Arial、粗體、11 號字

段落：單行間距，與前段後段間距 0.5 列

項目符號及編號：1-1、1-2；2-1、2-2 等

定位點：無

標題三

標題三為文章中第三層級之標題，作為標題二之子標題。其樣式規定如下：

樣式名稱：標題 3

字型：華康中黑體、Arial、斜體、10.5 號字

段落：單行間距，與前段後段間距 0.5 列

項目符號及編號：無需編號

定位點：無

內文

為論文中各個段落文字的主要格式。其樣式規定如

下：

樣式名稱：內文

字型：新細明體、Times New Roman、10 號

段落：單行間距、左右對齊、第一行退縮兩字元、與前段後段間距 0 列

條列式

當論文中需要以條列式來表述時使用。論文撰寫時請謹守「一種條列式」格式之原則，勿定義其它條列式格式、或出現不同層級之條列式。其樣式規定如下：

樣式名稱：number 1

字型：新細明體、Times New Roman、10 號

段落：單行間距、左右對齊、與前段後段間距 0 列

項目符號及編號：請以數字 1、2、3、4 依序排列

定位點：停駐點位置 2 字元、無縮排

參考例子如下：

1. 建築設施
2. 不動產管理
3. 物業財務管理

表 1. 路徑分析因果關係假設檢定結果

	檢定之假設	結果
H ₁	服務團隊專業勝任性 → 顧客滿意度	**
H ₂	服務執行可靠性 → 顧客滿意度	*
H ₃	服務安全性 → 顧客滿意度	ns

** 顯著水準為 0.05 下呈現顯著, * 顯著水準為 0.1 下呈現顯著, ns 於顯著水準 0.1 下不顯著

表格

文件中的表格請給予編號及標題，並將之置於表格之上方。製作表格時請以「文字方塊」方式插入內文中（表格較寬時請橫跨整頁二欄位），並請盡可能置於整頁版面的最上緣或最下緣。參考實例及樣式規定如下：

樣式名稱：表標題

字型：華康中黑體、Arial、粗體、10 號字

段落：單行間距，與前段間距 0.5 列，後段間距 0.25 列

項目符號及編號：表 1、表 2、表 3 等

定位：置中

樣式名稱：表格文字

字型：新細明體、Times New Roman、9 號

表格第一列「標題」：粗體、網底 15%灰度值

表格框線：上下框線粗 1pt，中間框線粗 1/2pt，表格僅採水平框線、不採垂直框線

表格內容位置：置中

圖像

文件中的圖像請給予編號及標題，並將之置於圖像之上方。製作圖像時請以「文字方塊」方式插入內文中（圖像較寬時請橫跨整頁二欄位），並請盡可能置於整頁版面的最上緣或最下緣。為提升印刷品質，圖像之解析度應至少為 300 dpi。參考實例及樣式規定如下：

樣式名稱：圖標題

字型：華康中黑體、Arial、粗體、10 號字

段落：單行間距，與前段間距 0.5 列、後段間距 0.75 列

項目符號及編號：圖 1、圖 2、圖 3 等

定位：置中

參考文獻

參考文獻中條列之文獻皆須為論文確實加以引用者；論文未引用者，請予以刪除。請先條列中文文獻、再條列英文文獻。中文文獻請依第一作者姓氏筆畫數、由少至多依序排列；英文文獻請依第一作者姓氏之第一個字母、由 A 至 Z 依序排列。各類文獻之撰寫格式以 APA 格式做為標準。以下為參考文獻之樣式規定、及幾種類型文獻撰寫範例。中文文獻採全型括號、外文文獻採半型括號。

樣式名稱：reference

字型：新細明體、Times New Roman、10 號字

段落：單行間距、左右對齊、與前段後段間距 0 列

項目符號及編號：請以數字 1、2、3、4 編號排列

定位點：停駐點位置 2 字元，凸排位移 2 字元

1. 中文期刊格式：作者（年份）。文章名稱。期刊名稱，卷別（期別），頁數。

例如：

杜功仁、賴靜芬、林承鴻（2010）。大學校園建築能源管理之策略與關鍵議題—以台灣科技大學為例。物業管理學報，1（1），55-64。



圖 1 台灣科技大學校園景觀及配置圖

2. 中文書籍格式：作者（年份）。書名。出版地點：出版商。
黃世孟、杜功仁、張智元、卜遠程、王順智、楊詩弘、顏世禮（2008）。物業管理名詞彙編。高雄市：麗文文化。
3. 專門及研究報告：中文報告格式（國科會研究報告，）作者（年份）。報告名稱。行政院國家科學委員會專題研究成果報告（編號：xxx-xxx）。
例如：
杜功仁（2009）。多院區醫療機構最佳整修預算分配之決策支援系統。行政院國家科學委員會專題研究成果報告（報告編號：XXX XX-XXXX-X-XX）。
4. 中文專題研討會文章格式：作者（年份）。論文名稱。研討會名稱，時間，舉行地點。
例如：
黃世孟（2009）。建築物外牆公共安全目視診斷評估方法之研究。第三屆物業管理研究成果發表會，2009年7月3日，國立台灣科技大學。
5. 中文博碩士學位論文：作者（年份）。論文名稱。○○大學○○研究所碩士或博士論文，大學地點。
例如：
林義芳（2008）。醫療機構設施管理部門之績效評估方法—馬可夫鏈模型之應用。國立台灣科技大學建築系碩士論文，台北市。
6. 網路資料：作者（年份）。論文名稱。取自網址。
台灣建築美學文化經濟協會（2012）。「台灣綠牆奇蹟 榮耀全球」發表記者會。取自
http://www.aace.com.tw/html/aesthetics/show.aspx?num=171&Page=2&bg_kind=3&sk_kind=18
7. English journal paper: Last name (Author A), A. A. (First name abbreviation), Last name (Author B), B. B., & Last name (Author C), C. C. (Year). Title of article. Title of Periodical, Volume number (Issue number), page number.
Example :
Chung, W., Hui, Y. V., & Lam, Y. M. (2006). Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings. *Applied Energy*, 83(1), 1-14.
Example :
Chen, Y., & Kamara, J. M. (2011). A framework for using mobile computing for information management on construction sites. *Automation in Construction*, 20(7), 776-788. doi: 10.1016/j.autcon.2011.01.002
8. Books : Author, A. A. (Year). Book title. Location: Publisher.
Example :
Barnard, C. I. (1971). *The functions of the executive*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
9. Technical Report : Author, A. A. (Year). Report title (Rep. No.). Location: Publisher.
Example :
Broadhurst, R. G., & Maller, R. A. (1991). *Sex offending and recidivism (Tech. Rep. No. 3)*. Nedlands, Western Australia: University of Western Australia, Crime Research Centre.
10. Conference Papers : Author, A. A. (Year, Month).

Symposium title, Place.

Example :

Keith, H. (2005). Education of electrical engineering students in sustainable building design. The 2005 world sustainable building conference, Tokyo.

11. Dissertation : Author, A. A. (Year). Dissertation title. Unpublished doctoral dissertation, University Name, Place.

Example :

Hungerford, N. L. (1986). Factors perceived by teachers and administrators as stimulative and

supportive of professional growth. Unpublished doctoral dissertation, State University of Michigan, East Lansing, Michigan.

12. Website : Author, A. A. (Year). Title. Retrieved from website.

Example :

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Retrieved from

<http://web.archive.org/web/20030812124529/www.k12reform.org/foundation/pbl/research/>

「物業管理學報優良論文評選獎勵辦法」

一一一年一月十四日第八屆第六次理監事會聯席會議通過

- 第一條、 台灣物業管理學會為鼓勵大學院校師生及物業管理產業專業人士，撰著物業管理學術及實務論文並發表於物業管理學報，特設置本優良論文評選獎勵辦法。
- 第二條、 每年評選獎勵之論文分為最佳學術論文、優良學術論文、最佳實務論文及優良實務論文。獲獎論文頒授獎狀一幅，最佳論文及優良論文分別獎勵貳萬元、壹萬元獎金，以資鼓勵。
- 第三條、 凡前一年度發表於物業管理學報之學術及實務論文，均列為本辦法推薦評選對象。
- 第四條、 本會物業管理學報編輯員會召集人召開評選會議評選論文，學報編輯委員會推舉五位委員擔任論文選評委員。得獎名單經本會理事會議通過，於會員代表大會頒授獎狀及獎金。
- 第五條、 本辦法經本會理事會議通過後實施，修正時亦同。