

結合行動裝置之輪轂馬達碳纖維車架電動輪椅開發

*謝坤庭^{1,2} 許力昇^{1,2} 徐業良^{1,2}

¹元智大學機械工程學系 ²元智大學老人福祉科技研究中心

1. 研究背景與目的

下肢障礙是高齡者常見的障礙類型之一，而行動能力(mobility)則是高齡者要能享有高品質的晚年生活，最基本的一項需求。面對下肢障礙或身體機能衰退時，常使用「行動能力輔助科技(mobility assistive technology, MAT)」，如拐杖、助行器、手動輪椅(manual wheelchair, MWC)、電動輪椅(power wheelchair, PWC)、電動代步車(scooter)等，協助提升自身的行動能力，其中輪椅是最常見、最重要的行動輔具。然而手動輪椅的操作顯著地受使用者上肢力量等身體機能的影響很大比例高齡者自行推動手動輪椅有困難，仍需要照護者協助推動(Ganesh et al., 2007; Shields, 2004)。使用電動輪椅較為方便、省力，但電動輪椅同時也有以下問題需要解決：

- (1) 輪椅操作常是短時間、短距離、與不連續的「碎動」模式操作輪椅，使用搖桿控制對許多使用者來說困難度相當高，使得電動輪椅需要的操作空間明顯較手動輪椅為大，較不適合在狹小環境中使用(Koontz et al., 2010)。此外，一般電動輪椅電池電能耗盡即難以推動。
- (2) 較諸手動輪椅，電動輪椅價格較為昂貴而難以普及，且收折不便、重量過重難以攜帶。

本研究開發之輪轂馬達電動輪椅，在短時間、短距離、與不連續的碎動操作以及電能耗盡時可用手輪操作，同時採用碳纖維管材模組化設計，重量大幅減輕。本研究以「輕鬆升級智慧型輕便輪椅」設為市場定位，期望從基本設計概念的轉變解決前述電動輪椅使用性的問題。

2. 研究方法

輪轂馬達(hub motor)將電動機、傳動系統和制動系統整合成為一體的輪轂裝置，直接安裝於輪胎鋼圈內(如圖 1 左)，常被使用於電動自行車、輪椅、代步車、高爾夫球車等。與一般電動馬達的效率 40%相比，輪轂馬達可達到 90%的高效率，且電池電源耗盡亦可暫時以手動推動，設計上不須搭載笨重之高蓄電量電池。本研究採用市售手動輪椅換裝輪轂馬達(24 吋手輪，馬達 120W-24V，最大扭力 26 Nm，最高轉速 183 r/min，如圖 1 左)，採用碳纖維管材以模組化方式設計製作輪椅車架，搭配控制器與市售電池，完成原型製作。圖 1 右所示為本研究設計製作之碳纖維車架原型，車架重量僅約 2 公斤，並設計成為能輕鬆拆裝的結構，搭配輪轂馬達手輪、電池、腳輪等，整體重量仍不超過 20 公斤，便於收折、攜帶。本研究兩項重點技術開發工作敘述如下：

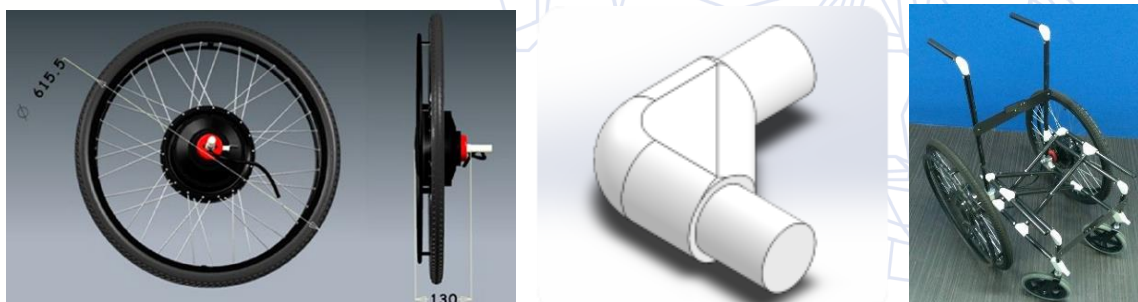


圖 1. 本研究採用輪轂馬達，並以 3D 列印接頭連結碳纖維管材設計製作輪椅車架

(1) 完成模組化碳纖維車架設計

碳纖維材料質量輕、衝擊吸收性佳，但是脆性高，無法彎折，為加工帶來許多不便，早期常以碳纖維管搭配金屬接頭組成車架，先進的碳纖維製造技術已能達到車體一體成形。本研究為探討採用碳纖維製作車架的可行性，初步設計製作完成之碳纖維車架原型（如圖 1 右），採用碳纖維管搭配 3D 印表機製作的接頭（如圖 1 中），以模組化方式設計統一規格，簡化碳纖維車架組裝零件與過程，整體組裝時間僅需約 10 分鐘，同時更提升了客製化及個人化的可能性，藉由改變部分區段碳纖維管長度，能夠讓電動輪椅更為適合使用者體型。

(2) 完成輪轂馬達電動輪椅之“Body-Cerebellar-Brain”(BCB)控制架構

本研究採用將電動輪椅各項硬體(Body)與控制器(Cerebellar)和行動裝置軟體(Brain)清楚劃分的系統架構，硬體僅透過控制器接受搖桿或軟體 App 的指令，控制器亦將硬體資訊透過藍牙傳送給行動裝置 App 作即時顯示、運算與後續通訊，亦可以利用行動裝置進行搖控。本研究採用微處理器為控制器，屬於“Cerebellar”，負責演算法處理和基本 I/O 訊號控制，同時負責馬達控制及訊號回傳；智慧型行動裝置應用軟體 App 為“Brain”，提供使用者各項功能操作輸入和資訊整合顯示。

3. 結果與討論

表 1 比較市售電動輪椅與本研究開發之輪轂馬達碳纖維車架電動輪椅基本規格，本研究採碳纖維材料製作車架，預期可以達到 20 公斤的輕量化目標；同時藉由模組化方式設計，車架部分能客製化尺寸提供使用者不同需求，而售價則是綜合材料成本以及其他成本預估為新台幣 32,000 元，低於目前最低市售價格，提供使用者新選擇。

表 1. 市售電動輪椅規格與本研究開發之電動輪椅基本規格比較

電動輪椅	市售電動輪椅	本研究之電動輪椅開發
重量(kg)	38~91	20
長×寬×高(cm)	(最小) 100×59×88	80×62×85
收折寬度(cm)	(最小) 30	33
售價 (新台幣)	(最低) 39,800	(預估) 32,000

本研究採用 BCB 控制架構，使用者可以透過行動裝置對輪椅作個人化的設定；除控制架構的創新外，更帶來未來營運模式上的發展，例如透過 Google Play，使用者能快速更新輪椅功能，增加電動輪椅的應用多樣性且延長硬體產品的生命週期。透過行動裝置成為「聯網輪椅(connected wheelchair)」，更可進一步整合如友善餐廳、無障礙空間等其他輪椅族相關商業資訊。

參考文獻

1. Ganesh, S., Hayter, A., Kim, J., Sanford, J., Sprigle, S., & Hoenig, H. (2007). Wheelchair use by veterans newly prescribed a manual wheelchair. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 88(4), 434-439.
2. Shields, M. (2004). Use of wheelchairs and other mobility support devices. *Health Reports*, 15 (3), 37-41
3. Koontz, A. M., Brindle, E. D., Kankipati, P., Feathers, D., & Cooper, R. A. (2010). Design features that affect the maneuverability of wheelchairs and scooters. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(5), 759-764.