

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫一：兩輪自走車之機構設計與實作(I)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-032-004-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：淡江大學機械與機電工程學系

計畫主持人：楊智旭

計畫參與人員：蔡慶豐

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 7 月 7 日

中文摘要

本分項計畫是著重在兩輪自走車的機構設計與實作，從設計到實作，來建立本土化技術，兩輪自走車包括平衡系統的設計與製作，驅動元件的評估與選用，輪胎選用與傳動設計及機電整合設計與製作，使其功能操作能達到簡易化，人性化之目的。

兩輪自走車之設計，首先將從電腦輔助機構設計著手，建立兩輪自走車模型，並且配合有限元素分析 (Finite Element Analysis) 軟體以求解結構及機械元件之應力，應變及位移等工程問題，以提供對機械元件尺寸與外型之最佳化，朝向最優化設計概念，以提高自走車承載能力，最後再以動態分析軟體模擬自走車之運動狀態，以分析模擬之結果來進行兩輪自走車機構雛形之零組件加工、組裝和測試。

本分項之特色與重點為研發一可自主平衡之兩輪自走車的車身機構及元件，並配合人工智慧的應用，使兩輪自走車在已知的環境中能維持平衡，進而在上下坡面或崎嶇的道路上行走，也能保持平衡，以達到無人控制之自主運動能力為目的。未來將延伸到商業價值較大之人員承載或行走輔助功能，以提高商業化價值。而在計畫進行中更將密切配合其他分項計畫之研究進度與成果，進行設計改善與驗證。

關鍵詞：兩輪自走車、機構設計、有限元素分析、機電整合

英文摘要

The objective of this research is to design and produce a two-wheeled transporter for human beings. The research work includes the mechanical components design and manufacturing, structure analysis and simulation choosing of electrical motor, driver, and battery, and electromechanical system integration. The goal of this project is to develop a user-friendly and easily operational transporter.

The computer aided-design (CAD) software package (Solid work, ProE) will be used to design the 3D prototype of initial concept of this transporter. Then, the FEM software package (ANSYS) will be used to analysis the strain and stress of the mechanical components and entire structure. Then, the results of FEM will be applied to make the optimal design of the transporter in order to increase the loading capability in the future work. After that, the dynamic simulation software package (ADAMS) will be used to simulate the dynamic behavior of this prototype product. Finally, all the components and parts are integrated together to make this transporter work.

The major part of this research is to develop a self-balanced two-wheeled transporter for human beings. It can be used on the flat road, up-hill or down hill road. The result of this research will be extended to commercial application in the near future. We will cooperate with the other sub-projects during the research processing to make sure the final goal of the entire project will be integrated successfully.

Keyword: Two wheels car, manufacture design, Finite Element Analysis, machine electricity integration

前言

智慧型兩輪自走車的發展，首先成為眾所矚目的焦點就是美國的科學家卡門所製作設計的賽格威(Segway)(圖一)，這台兩輪自走車能夠達到承載平衡、前進、轉彎、及上下坡，無疑是兩輪自走車研究的先驅。本計畫之重點為研發可自行維持平衡之自走車元件及控制模組，希望能設計出可以在任何崎嶇的路面維持平衡，且於上下坡路面行走，也能維持平衡的自走車，進而延伸用到商業價值較大之人員承載或行走輔助功能，以提高商業化價值。



圖一、賽格威(Sagway)

研究目的

本研究的目的是研發一部多功能兩輪自走車，從設計到完成實作，來建立本土化技術，兩輪自走車包括平衡系統的設計與製作，驅動元件的評估與選用，輪胎選用與傳動設計及機電整合設計及製作，使其功能操作達到簡易化，人性化之目的。

兩輪自走車之設計，將先從電腦輔助機構設計著手，瞭解機構作動特性與控制時序，進而從事實體兩輪自走車車身的設計。並將配合人工智慧的應用，使兩輪自走車在已知的環境中能夠維持平衡，進而在非平坦或崎嶇的道路上也能維持平衡，達到無人控制之自主運動能力。

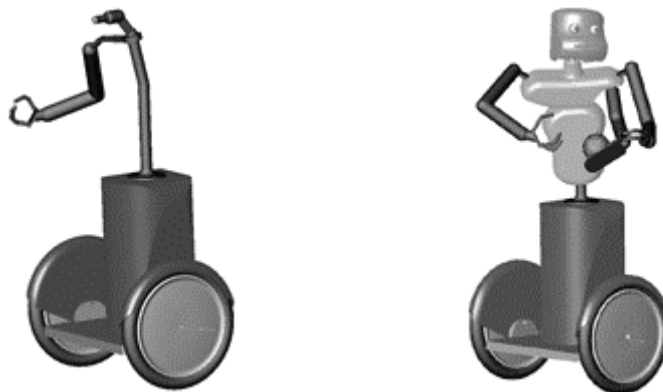
本計畫最關鍵的技術，就是車身機構裝置的設計，如要設計車身機構，必須先了解其運動的模式、行動方式，才能配合兩輪自走車的行為模式來設計車身機構，再來就是車身零組件的配置，例如陀螺儀感測器、電源電池及驅動馬達的位置，都必須經過計算後得到最佳的位置，得以有效的利用空間，讓兩輪自走車能夠達到最優化、輕量化的設計目標。

文獻探討

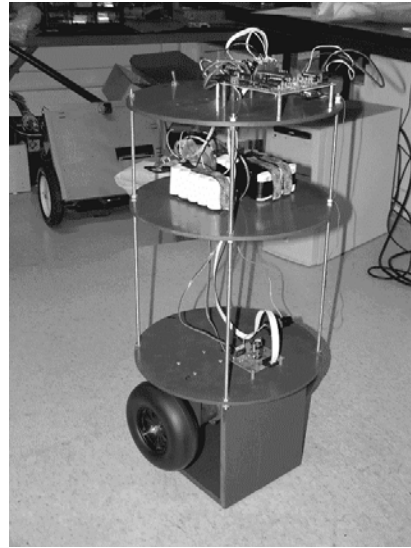
智慧型兩輪自走車的發展，首先成為焦點就是美國的科學家卡門所製作設計的賽格威 (Segway)，這台兩輪自走車能夠達到承載平衡、前進、轉彎、及上下坡，無疑是兩輪自走車研究的先驅。在經過美國時代雜誌(Times)報導後，吸引更多研究團隊投注心力於其後續發展上，包括有麻省理工學院研究製作，名為Cardea的機器人，其特徵是具有機器人上半身與二輪平衡自走車下半身的機構設計，以及南加州大學、卡奈基美侖大學都已投入相關研究之中，並有不同的應用研究成果；在國內的中國時報，就有篇幅報導，各國研究團體相關於賽格威的不同應用與開發。但兩輪自走車的商業之路並不順遂，原因在於其本身高價格的特性，讓一般消費者望之卻步，而本研究的目標就在於使兩輪自走車的機構朝向輕量化、最優化設計，不但可以減少空車重量、增加負載能力與節省電源消耗，並可以降低製作成本，創造商機。近年來各研發團隊於兩輪自走車的設計機構成果，圖二為兩輪自走車模型，在平衡狀態下，其車身的機構圖，此兩輪自走車具備有前進、後退、轉彎等功能，並可以於一般路面上行駛，對於斜坡與崎嶇道路都可以在平衡狀態下行進，為一部功能齊全的兩輪自走車；圖三為使用模擬軟體繪製，具有上半身機器人的示意圖，可進行多功能的操作，如取物、開門等動作；圖四的兩輪自走車為使用分層結構製作，把平衡控制器與馬達驅動器分屬不同層面的機構設計方式。



圖二、nBot Balancing Robot



圖三、Humanoid Robotics



圖四、Balancing Robot Project

研究方法

(1) 蒐集兩輪自走車之相關資料及訂定規格：

本階段著重於兩輪自走車機構設計之相關文獻及專利資料的蒐集。包括自走車模型的機構圖，平衡元件陀螺儀的規格型式，還有驅動馬達的最大動力輸出，輪胎大小的選用及行駛動力源(電池)的選擇，而最重要的是，外觀機構的設計。此步驟關係著往後所設計製作出來的兩輪自走車雛型，能否達到穩定平衡行走的要求，因此，蒐集各種多樣的資訊乃是此階段的重點。

(2) 自走車機構設計：

自走車的機構朝向輕量化、最優化設計，目的在於降低空車重量，增加負載能力，以節省電源消耗；在機構設計時，使用電腦輔助設計軟體(CAD)，如 Solid work、ProE，將零組件以 2D 繪圖的方法表示，標示其設計規格及尺寸標註，再將整體的零組件組合機構圖以 3D 的模式表現出來，利用完成之兩輪自走車設計圖，開始著手實現其機構組裝。兩輪自走車的主體是由車身、直流伺服馬達及左右兩個輪子所構成。車身裝有陀螺儀，透過陀螺儀量測車身所傾斜的角度及角速度，而在陀螺儀的感測方面，在設計車身機構時，必須要考慮到陀螺儀及驅動馬達放置的位置，因為車身機構的重心位置對陀螺儀訊號的感測有很大的影響，如果車身機構重心高則車體的搖晃才不會過於激烈，會比較容易控制，驅動馬達固定在車身下方，負責帶動輪胎使車身前進後退，而馬達及動力電源的擺放位置則會使得車身機構的重心降低，若任意的增加車體重量使重心提高，會造成馬達轉矩不夠，所以在車體機構的位置設置及車身材料的選用上，採用輕量材質，以減輕車身重量為目的，並同時達到感測與驅動的最佳效能。

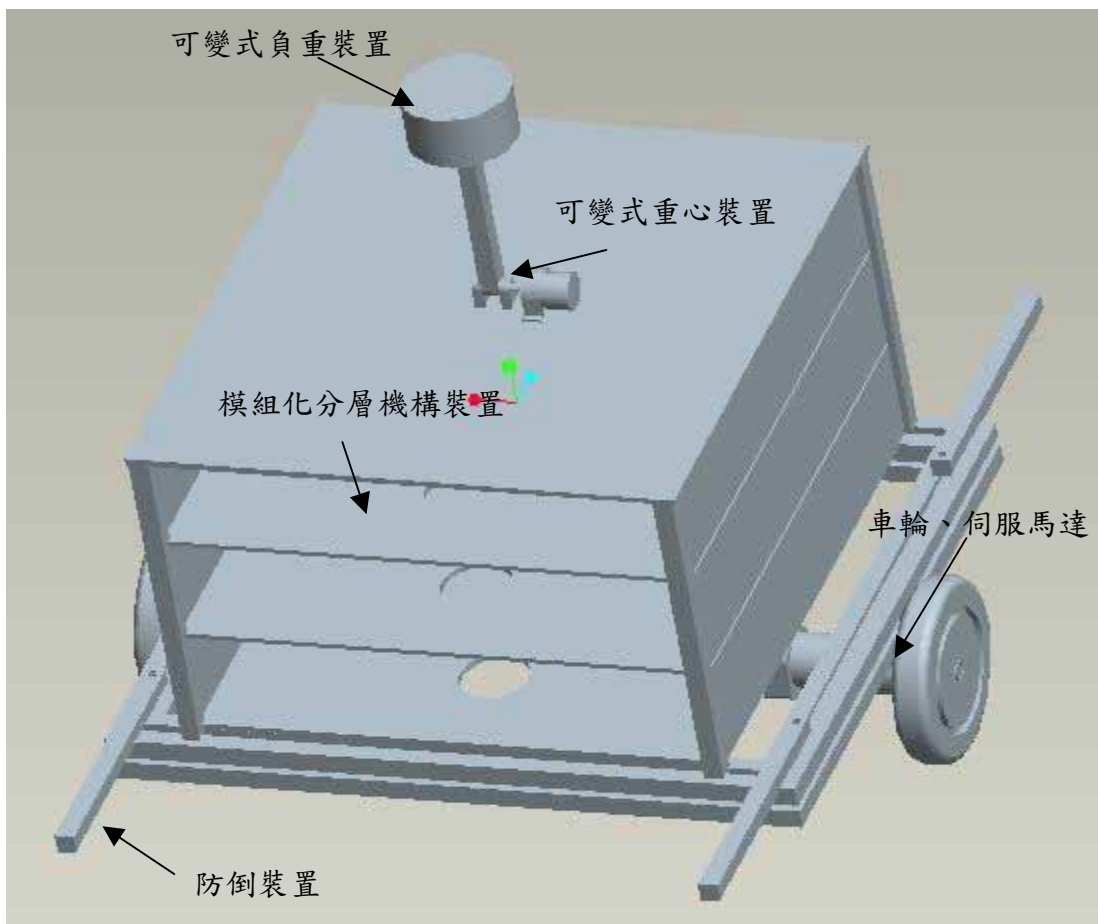
(3)兩輪自走車實體製作，使其達到平衡、前進、後退、轉彎之功能：

本階段將兩輪自走車所用到的硬體及其架構組裝整合起來，讓自走車能夠於實際的路面上行駛，並完成平衡、前進、退後、轉彎之功能。兩輪自走車的機構組件，主要是由平衡裝置、馬達驅動，及控制器設計三個部分所構成。平衡感測裝置主要是由陀螺儀及傾斜計所組裝的平衡裝置，在機構設計上，將陀螺儀等感測元件設置於最佳位置，使感測信號的變動能夠立即偵測到，而馬達驅動部份，則由兩個組裝於車身下的直流馬達軸心與左、右兩邊輪子相連接所構成，左、右兩輪子的前進與後退來維持車身部份的平衡，所以在馬達及輪胎的選用，必須要有足夠的驅動能力使得自走車做到前進、後退、轉彎、平衡。控制器部份，在取到的陀螺儀訊號與編碼器的訊號做處理後下達控制訊號給馬達驅動，送出脈波訊號來控制馬達的轉速快慢及正反轉。在此階段中，機構設計上所考量的是，由於自走車必須行駛於不同情況的路面上，所以在車身零組件的選用上，就必須做出相對應的改變，例如，自走車於斜坡路段行駛時，馬達驅動的能力必須要大，才能帶動車身前進；在轉彎的情況下，要達到小迴轉半徑的目標，則車身的機構材質就必須要輕量化；輪胎的選用上也是重點，如果選擇寬輪胎，其優點是抓地力強、克服路面障礙的性能佳，但缺點是速度慢、必須消耗較多的動力電源，如果選擇細輪胎，則優點是行駛速度快，但缺點是容易受道路面障礙的影響，使得車身搖晃嚴重。所以為了適應實際道路上可能發生的情況，在機構的調整就要做出相對應的改變。

結果與討論

目前已將兩輪自走車雛形機構設計完成(圖五)，圖五中各主要功能說明如下：

- (a) 可變式負重裝置：負載的重量及位置高度，可根據整體車體機構需要而更換，以模擬未來兩輪自走車載人時的情況。
- (b) 可變式重心裝置：設計一顆小馬達來控制前述之負重裝置的前傾(或後傾)角度，以改變車體重心位置，進而控制自走車的前進(或後退)的運動情形，此裝置的功能是為了模擬未來人員站立在兩輪自走車上，以身體前傾(或後傾)角度來改變整體重心角度去控制自走車的運動情形。
- (c) 模組化分層機構裝置：可任意變更各層之高度，或增減各層之機構規劃，使車體內部空間的配置較具彈性，在雛形車階段，也能提供其他子計劃研究時，所需的配置空間規劃，如控制板，感測器，電池等。
- (d) 防倒裝置：當雛形車建構完成後的整合測試時，為了避免實驗中發生錯誤動作或其他原因所造成的「當機」或「碰撞」，特別設計防倒裝置以保護車上的零組件。
- (e) 其他：車輪、伺服馬達。



參考文獻

- [1] <http://www.segway.com/>
- [2] “新發明的輪子”，美國時代雜誌，中文解讀版，2002年1月 P60-68
- [3] “Segway robot opens doors”，TRN，2003,Nov.
- [4] 商業路不順，賽格威上戰場，<<中國時報>>，民國九二年十二月三日，
第 14 版.
- [5] <http://www.tedlarsen.com/>
- [6] <http://www.geology.smu.edu/~dpa-www/robo/nbot/>
- [7] <http://www.ai.mit.edu/projects/cardea/index.shtml>
- [8] 王禎祥，碩士論文，“兩輪自我平衡機器人之前後行走控制”，國立中央大學電機所，2003年六月，(王文俊教授指導).
- [9] 鄭鈞元，碩士論文，“兩輪自我平衡機器人之平衡控制”，國立中央大

學電機所，2003 年六月。（王文俊教授指導）。

[10]蔡倫橋，碩士論文，“DSP 主控之兩輪機器人平衡與兩輪同步控制”，

國立中央大學電機所，2004 年六月。（王文俊教授指導）。

[11]王培霖，碩士論文，“DSP 主控之兩輪機器人之行動控制”，國立中央大

學電機所，2004 年六月。（王文俊教授指導）。

計畫成果自評

本計畫之特色與重點為研發可自行維持平衡之自走車元件及控制模組，希望能設計出可以在任何崎嶇的路面維持平衡，且於上下坡路面行走，也能維持平衡的自走車，進而延伸到商業價值較大之人員承載或行走輔助功能，以提高商業化價值。在計畫進行中，將密切配合其他分項計畫之研究進度，進行設計改善與驗證。

智慧型兩輪車是具互動式之電傳機器人系統的一種，其最主要的優點有節省人力、操控容易、可增加工作效率，在本研究之實際及虛擬實境的角色動態操作上，將提供很大的運動發展空間，操作者不僅可以靠視覺、聽覺的刺激，更可藉由有限空間下操作此平台，增強操作者無限的方向感覺性，如此可增加實際智慧型兩輪車的操作性能。

未來的研究計劃重點在於將先前完成的兩輪車雛形改良為可乘載不同重量，及改變重心位置的機構設計，使其在不同的負重下，仍然可以保持平衡，並保有原設計所能達到的功能。所使用的研究方法為車身機構的改變，使其能有改變重量的架構及乘載物品的能力，將其在可乘載重量方面大幅提昇。本研究的最終目標為載人，所以穩定度很重要，因此未來針對不同載重做測試為重點，希望兩輪自走車即使是在各種不同的重量下運動時，都能達到穩定平衡。