

國立虎尾科技大學  
機械設計工程系暨精密機械工程科  
專題製作報告

**ODOO PLM 在協同設計上的應用 - 以鋼球平衡台設計為例**

**Application of ODOO PLM  
in collaborative design  
- taking the Design of Steel Ball  
Balancing Platform as an example**

指導教授：嚴家銘老師

班級：四設三乙

學生：陳岳樑 (41023218)

蔡弦霖 (41023248)

鄭立揚 (41023251)

謝鴻元 (41023254)

中華民國 一 一 三 年 六 月

國立虎尾科技大學  
機械設計工程系暨精密機械工程科  
學生專題製作合格認可證明

專題製作修習學生：四設三乙 41023218 陳岳樑  
四設三乙 41023248 蔡弦霖  
四設三乙 41023251 鄭立揚  
四設三乙 41023254 謝鴻元

專題製作題目：ODOO PLM 在協同設計上的應用  
-以鋼球平衡台設計為例

經評量合格，特此證明

評 審 委 員： \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

指 導 老 師： \_\_\_\_\_

系 主 任： \_\_\_\_\_

中 華 民 國      一 一 三 年 1      月      1      日

## 摘要

本研究旨在探討如何利用 ODOO PLM 進行協同設計，以提高團隊合作效率和品質。通過分析 ODOO PLM 在協同設計過程中的應用效果，並提出相關的優化建議，以改善設計流程並推動協同設計的應用。

以鋼球平衡台設計為例，我們將透過 ODOO PLM 和 GitHub 進行協同設計、管理、製造執行及整合功能。設計過程中，我們將使用 Geogebra、Onshape 和 Solidworks 等工具設計機構，並透過 CoppeliaSim 和 Python 進行 PID 控制模擬。同時，使用自行維護的 3D 列印機製作所需零件，以實現虛實整合之目標。最後根據 ODOO PLM 和 GitHub 的記錄歷程，評估協同作業的工作模式。

關鍵字: 比例-積分-微分控制器 (PID)、產品生命周期管理 (PLM)、協同 (CD)、CoppeliaSim、Github

## Abstract

This study aims to explore the utilization of ODOO PLM for collaborative design to enhance team cooperation efficiency and quality. By analyzing the application effectiveness of ODOO PLM in collaborative design processes and proposing relevant optimization suggestions, the research seeks to improve design workflows and promote the application of collaborative design.

Using the design of a steel ball balancing platform as an example, collaborative design, management, manufacturing execution, and integration functionalities will be conducted through ODOO PLM and GitHub. Throughout the design process, tools such as Geogebra, Onshape, and Solidworks will be employed to design mechanisms, with CoppeliaSim and Python utilized for PID control simulation. Additionally, required components will be fabricated using a self-maintained 3D printer to achieve the goal of virtual and real integration. Finally, based on the record history of ODOO PLM and GitHub, the collaborative operation mode will be evaluated.

**Keywords:** proportional–integral–derivative controller (PID), Product Lifecycle Management (PLM), collaborative(CD), CoppeliaSim ,Github

## 誌 謝

本專題能完成有著許多人員的幫忙，大四學長他們不吝嗇地將往年的製作經驗傳授給我們，讓我們在製作的時候少走了許多錯路，還總是貼心找出重點提醒我們可以加以描述。再來是我們的指導教授嚴家銘教授，他提供了多方面的資訊，拋出問題並給予建議，擬定了我們小組研究和學習的方向，討論也時常提出建議以及未來發展，得以順利解決遇到的技術問題，同時也給了相當程度的自由，讓小組得以有彈性去尋探索及摸索，而本專題組員也充分地付出了許多，讓專題研究能順利完成，從中獲益良多，特此感謝。

## 目 錄

摘 要.....	i
Abstract .....	ii
誌 謝.....	iii
第一章 簡介 .....	1
1.1 研究流程.....	1
1.2 研究環境介紹 .....	2
1.2.1 協同環境.....	2
1.2.2 設計環境.....	2
1.2.3 報告環境.....	3
第二章 背景與動機 .....	4
第三章 協同設計概述 .....	5
第四章 <b>ODOO PLM</b> 簡介 .....	6
第五章 <b>ODOO PLM</b> 在協同設計中的應用 .....	7
第六章 案例研究：鋼球平衡台的設計 .....	8
6.1 數學系統模型 .....	8
6.1.1 簡化與假設 .....	8
6.1.2 運動方程式 .....	8
參考文獻 .....	10
附錄 .....	12

作者簡介 .....	14
------------	----

## 圖 目 錄

圖 1.1 流程圖 . . . . .	1
圖 4.1 PLM structure . . . . .	6
圖 6.1 圖 6-2 . . . . .	9
圖 2 足端軌跡(直線) . . . . .	13
圖 3 足端軌跡(橢圓) . . . . .	13
圖 4 足端軌跡(圓形) . . . . .	13
圖 5 足端軌跡(弧線) . . . . .	13
圖 6 足端軌跡(不規則) . . . . .	13



## 表 目 錄

表 1 文字編輯軟體比較表 . . . . .	12
-------------------------	----

# 第一章 簡介

本專題係藉由鋼球平衡台設計，探討協同設計作業之工作模式。

## 1.1 研究流程

我們將藉由以下流程探討、研究、並分析協同工具在協同設計上的應用。

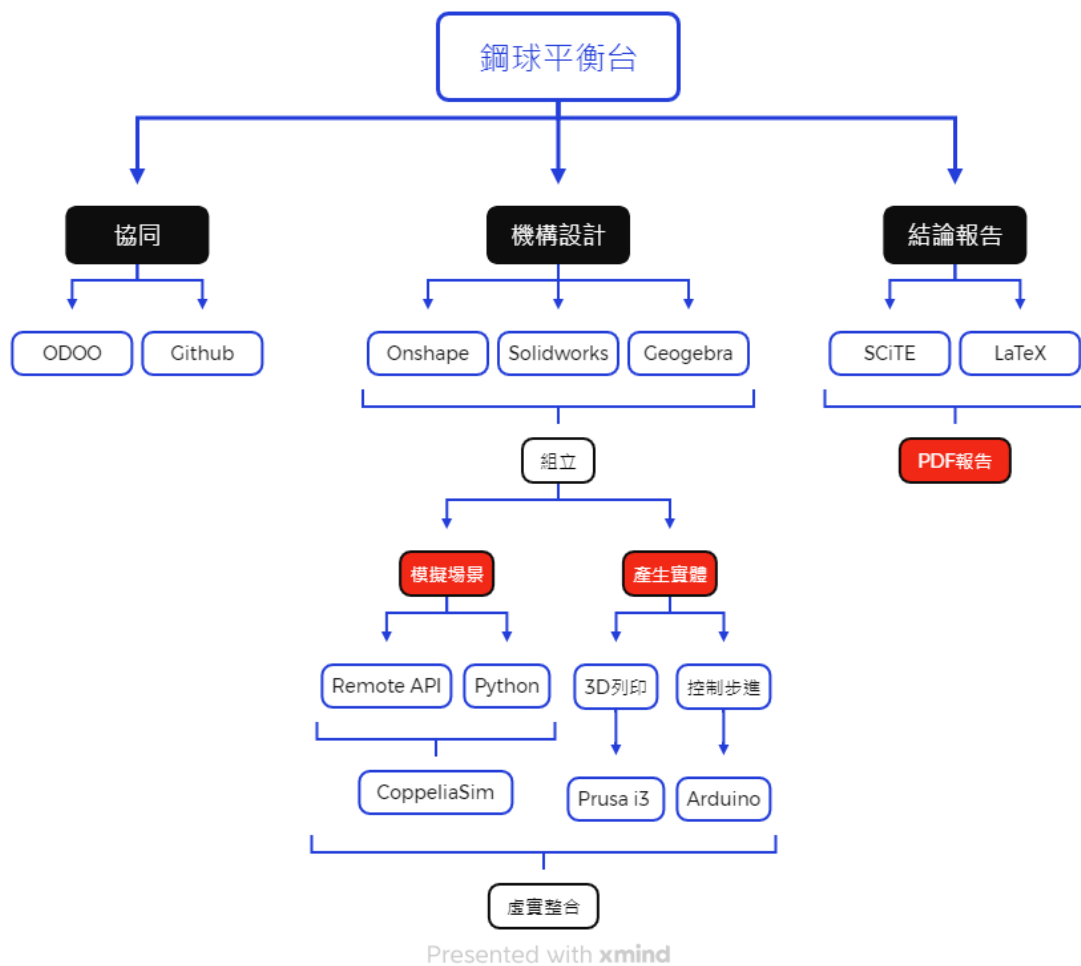


圖 1.1: 流程圖

## 1.2 研究環境介紹

### 1.2.1 協同環境

#### (一)ODOO PLM

ODOO 是一個開源的企業管理軟體，旨在幫助公司管理各種業務流程，包括銷售、庫存、會計、製造、資源規劃和人力資源等。ODOO 提供了一個集成的平台，讓用戶可以輕鬆地管理他們的業務活動。我們將在後面的章節詳細介紹其中的產品生命週期管理 (PLM) 功能。

#### (二)GitHub

GitHub 是一個基於網絡的程式碼管理和協作平台，為開發者提供了一個集中式的位置來存儲、管理和共享他們的程式碼項目。它使用 Git 版本控制系統，允許用戶追蹤文件的變更、對其進行版本控制，並輕鬆地進行協作和交流。

### 1.2.2 設計環境

#### (一)Solvespace

Solvespace 是一個開源的參數化 3D CAD（計算機輔助設計）軟體，旨在幫助用戶創建和編輯 3D 模型。它具有簡單直觀的用戶界面和豐富的功能，同時還支持多平台運行，包括 Windows、Linux 和 macOS。

#### (二)Onshape

Onshape 是一個基於雲端的三維計算機輔助設計（CAD）平台，提供了全功能的 CAD 工具，讓用戶可以通過網絡瀏覽器在任何設備上進行建模和設計。它的強大功能和靈活性使得用戶能夠輕鬆地創建複

雜的三維模型，進行裝配設計、模擬分析以及技術文件繪製等工作。同時，Onshape 的即時協作功能還允許多個用戶同時訪問和編輯同一個設計文件，從而實現更加高效的團隊合作和設計工作流程。

### (三)SolidWorks

SolidWorks 是一款由 Dassault Systèmes 開發的三維計算機輔助設計（CAD）軟體，廣泛應用於機械設計、工程設計和製造等領域，並且具有強大的建模功能，使得用戶可以快速、精確地創建複雜的三維模型，從而進行裝配設計、渲染、模擬分析等工作。

### 1.2.3 報告環境

#### LaTeX

LaTeX 是一種專業的排版系統，通常用於製作科學、技術和學術文檔，如論文、報告、書籍等。與常見的文字處理軟體，和 Microsoft Word 相比，LaTeX 以其強大的排版能力和對數學公式的支援而聞名。

## 第二章 背景與動機

專案製作過程中團隊的資訊共享至關重要，而版本控制則是協同設計的核心。我們借助 ODDO 中的產品生命週期管理功能，記錄產品製造過程中的每個步驟。如果在專案製作中出現錯誤，我們能夠快速定位問題並解決。我們希望透過實際製作一項產品，展現 ODDO PLM 在團隊協同上的應用。

製造業企業在當今競爭激烈的市場環境中面臨著各種挑戰，包括產品生命週期管理 (PLM)、協同設計和生產流程優化等。隨著全球化和數位化的發展，企業需要更有效的方法來管理產品開發過程，以滿足客戶需求並保持競爭力。

之所以選擇鋼球平衡台，是因為其結合自動控制、機構學、計算機概論、電腦輔助設計 (CAD)、電腦輔助製造 (CAM) 等課程所學知識，並且具有相當的複雜度，能夠展現團隊的專業能力和協同合作的能力。

### 第三章 協同設計概述

所謂協同設計是指為了完成某一個目標，由數多名成員戮力同心以自身的專業知識和技能，共同努力創建、開發解決複雜的問題達到協同設計的理念。協同設計強調組員集體決策、創建創新且有效的解決方案，協同產品開發能讓製造商透過網路工具即時連線，為整個企業提供存取貢獻、查看和保護產品資料的能力，讓協同合作更加安全，為企業帶來更多利益。

在這網路發達的世代，一個企業要在這充滿競爭的環境下生存，協同設計在產品開發中被已廣泛使用，協同設計可以確保最終產品滿足使用者需求且與保持一致，最重要的是能夠客製化產品以滿足客戶的需求，產品開發中，透過協同產品的幫忙有助於有效解決問題、快速原型設計。它使設計師、工程師、行銷人員和其他相關利益相關者能夠共同工作，分享他們的專業知識，並共同為創新和成功產品的開發做出貢獻。

## 第四章 ODOO PLM 簡介

Odoo 產品生命週期管理 (PLM) 模組可以幫助企業對於產品的生命週期管理：從客戶需求 → 設計開發 → 產品測試 → 大量生產 → 產品維護 → 產品停產下架，PLM 模組中可以為這個工作項目指派負責人員以及完成所需時間，負責這個項目的人員就可以對進度進行提交、修改，或是提出時間延長讓項目有更充裕的時間完成，每次項目提交都會以歷史紀錄保存，方便團隊追溯產品的修改紀錄。

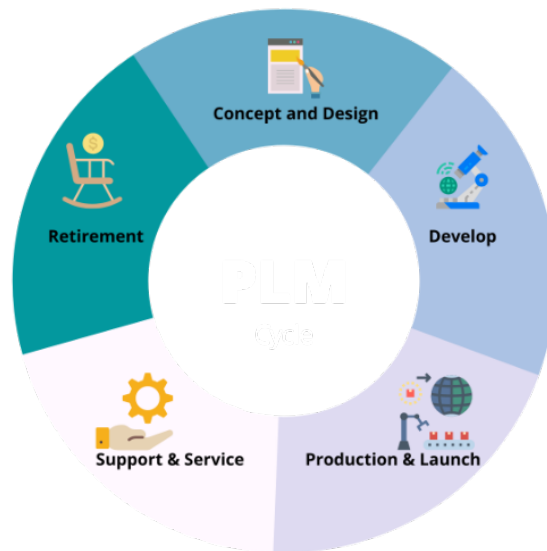


圖 4.1: PLM structure

## 第五章 **ODOO PLM** 在協同設計中的應用



## 第六章 案例研究：鋼球平衡台的設計

在鋼球平衡台中我們會用到兩種不同領域的理論，數學系統模型以牛頓力學推導運動方程式後使用拉氏轉換將時域轉變成頻域，而另外一項就是自動控制中常見的 PID 控制器。

### 6.1 數學系統模型

球體的動態是由物理定律推導出，以微分方程式來表達，我們將使用牛頓力學來得到球的運動方程式，並使用拉氏轉換解之。

#### 6.1.1 簡化與假設

為了得到球在平板上的運動方程式我們需假設球的幾何型態是完全球形且均質、球在平台上只在 XY 方向移動、球在平台上只做滾動無滑動並且不考慮摩擦力。

#### 6.1.2 運動方程式

球的絕對加速度方程式由參考書籍 [後期填入] 得到。

$$\mathbf{a}_a = \dot{\omega} \times \mathbf{r} + \omega \times (\omega \times \mathbf{r}) + 2\omega \times \mathbf{v}_{\text{rel}} + \mathbf{a}_{\text{rel}} \quad (6.1)$$

接下來我們將 (6.1) 式改寫為 (6.2)，式中  $\mathbf{e}_{k1}$  和  $\mathbf{e}_{i1}$  代表單位向量， $x_p$  代表球相對於座標系的位置， $\alpha_1$  代表平台的傾角。

$$\mathbf{a}_1 = \ddot{\alpha}_1 \mathbf{e}_{k1} \times x_p \mathbf{e}_{i1} + \dot{\alpha}_1 \mathbf{e}_{k1} \times (\dot{\alpha}_1 \mathbf{e}_{k1} \times x_p \mathbf{e}_{i1}) + 2\dot{\alpha}_1 \mathbf{e}_{k1} \times \dot{x}_p \mathbf{e}_{i1} + \ddot{x}_p \mathbf{e}_{i1} \quad (6.2)$$

將 (6.2) 經過簡化整理後得到

$$\mathbf{a}_1 = (\ddot{x}_p - x_p \dot{\alpha}_1^2) \mathbf{e}_{i1} + (x_p \ddot{\alpha}_1 + 2\dot{\alpha}_1 \dot{x}_p) \mathbf{e}_{j1} \quad (6.3)$$

在圖 6-2 的自由體圖中，從力矩的平衡可以看出球的剩餘力。

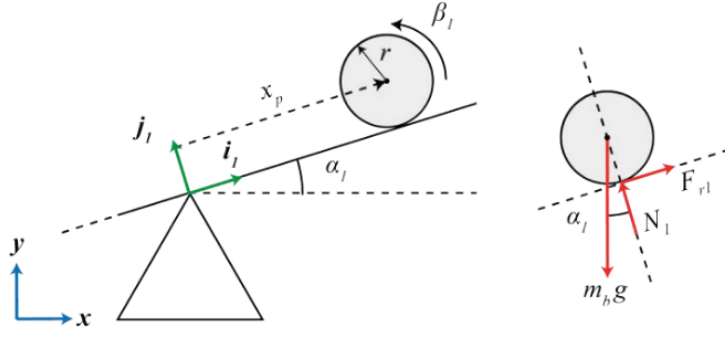


圖 6.1: 圖 6-2

$$I_b \ddot{\beta}_1 = F_{r1} r \quad (6.4)$$

(6.4)

$I_b$  是球的質量慣性矩， $\beta_1$  是球相對於其初始位置在平台中心的角度， $r$  是球的半徑， $F_r$  是來自平台對球的作用力，我們假設球在平台上並無滑動所以我們可以根據位置定義相對角度  $\beta$ 。

$$\beta_1 = -\frac{x_p}{r} \quad (6.5)$$

(6.5)

為了求解 (6.4) 中的  $F_r$ ，我們將 (6.5) 式的二次時間導數代入 (6.4) 式中得到 (6.6) 式。

$$F_r = -\frac{I_b \ddot{x}_p}{r^2} \quad (6.6)$$

(6.6)

球在平台上受到的力和平台對球施加的力之間的平衡，由 (6.3) 式中的加速度和 (6.6) 中的力導致，由此得到動態系統的運動方程式。

$$\left( \frac{I_b}{r^2} + m_b \right) \ddot{x}_p + m_b g \sin \alpha_1 - m_b x_p \dot{\alpha}_1^2 = 0 \quad (6.7)$$

(6.7)

為了做拉式轉換我們稍微整理方程式。

$$\ddot{x} = \frac{m_b r_b^2 (x_p \dot{\alpha}_1^2 - g \sin \alpha_1)}{m_b r_b^2 + I_b} \quad (6.8)$$

(6.8)

接下來我們在  $x_p=0, \alpha_1=0$  對 (6.8) 式作線性化。

$$\ddot{x} = \frac{m_b g \alpha_1 r^2}{m_b r_b^2 + I_b} \quad (6.9)$$

(6.9)

當  $\alpha_1$  出現小變動時線性化可得 (6.9) 式。接下來當我們將  $I_b$  也就是球體的質量慣性矩代入我們可以得到 (6.10)，我們可以觀察到該系統的運動方程式和該球體的半徑和質量無關。

$$\ddot{x} = \frac{5}{7} g \alpha_1 \quad (6.10)$$

(6.10)

最後我們對 (6.10) 作拉式轉換得到 (6.11)

$$s^2 X = \frac{5}{7} g A_1 \quad (6.11)$$

(6.11)

## 參 考 文 獻

- [1] <https://cn.comsol.com/multiphysics/fea-software?parent=finite-element-method-042-62-22>
- [2] <https://www.guyuehome.com/37628>
- [3] <https://hdl.handle.net/11296/b8emug>
- [4] <https://forums.autodesk.com/autodesk/attachments/autodesk/915/18197/2/一種四足步行机器人结构设计与分析.pdf>
- [5] <https://www.mdpi.com/2218-6581/12/1/28>
- [6] <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/有限元素法>
- [7] <https://wiki.mbalib.com/zh-tw/有限单元法>
- [8] <https://github.com/chaitravi-ce/Eklavya-QuadrupedMotionSimulation>
- [9] <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/9/3762>

## 附錄

### LaTeX

LaTeX 為一種程式語言，支援標準庫 (Standard Libraries) 和外部程式庫 (External Libraries)，不過與一般程式語言不同的是，它可以直接表述 Tex 排版結構，類似於 PHP 之於 HTML 的概念。但是直接撰寫 LaTeX 仍較複雜，因此可以藉由 Markdown 這種輕量的標註式語言先行完成文章，再交由 LaTeX 排版。此專題報告採用編輯軟體為 LaTeX，綜合對比 Word 編輯方法，LaTeX 較為精準正確、更改、製作公式等，以便符合規範、製作。

表 1: 文字編輯軟體比較表

	相容性	直觀性	文件排版	數學公式	微調細部
LaTeX	✓		✓	✓	✓
Word		✓			✓

- 特點:

1. 相容性：以 Word 為例會有版本差異，使用較高版本編輯的文件可能無法以較低的版本開啟，且不同作業系統也有些許差異；相比 LaTeX 可以利用不同編譯器進行編譯，且為免費軟體也可移植至可攜系統內，可以搭配 Github 協同編譯。
2. 文件排版：許多規範都會要求使用特定版型，使用文字編譯環境較能準確符合規定之版型，且能夠大範圍的自定義排定所需格式，並能不受之後更改而整體格式變形。
3. 數學公式呈現：LaTeX 可以直接利用本身多元的模組套件加入、編輯數學公式，在數學推導過程能夠快速的輸入自己需要的內容即可。
4. 細部調整：在大型論文、報告中有多項文字、圖片、表格，需要調整細部時，要在好幾頁中找尋，而 LaTeX 可以分段章節進行編譯，再進行合併處理大章節。

## 足端軌跡

利用 GeoGebra 軟體求得各種足端軌跡所需的轉軸角度。

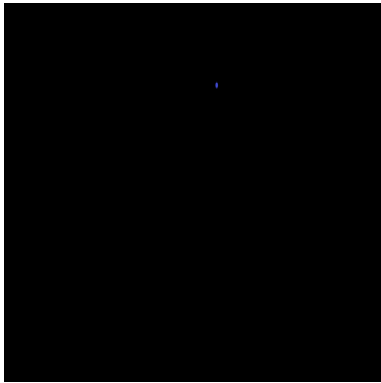


圖 2: 足端軌跡 (直線)

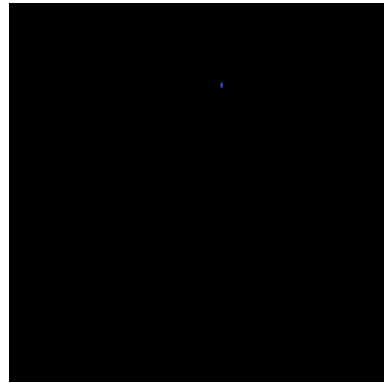


圖 3: 足端軌跡 (橢圓)

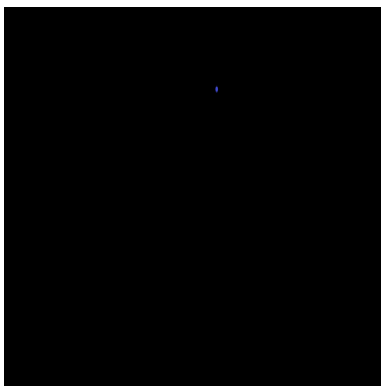


圖 4: 足端軌跡 (圓形)

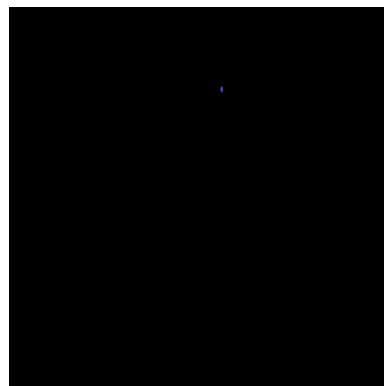


圖 5: 足端軌跡 (弧線)

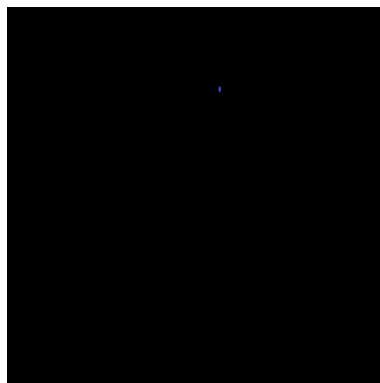
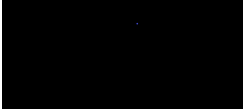
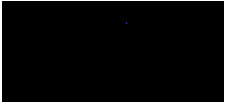
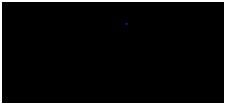


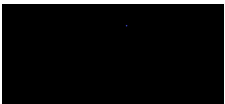
圖 6: 足端軌跡 (不規則)

## 作者簡介

 姓名：陳岳樑  
學號：41023218  
就讀學校：國立虎尾科技大學機械設計工程系  
經歷：台中市致用高級中學  
機械科

 姓名：蔡弦霖  
學號：41023248  
就讀學校：國立虎尾科技大學機械設計工程系  
經歷：國立台南高級工業職業學校  
機械科

 姓名：鄭立揚  
學號：41023251  
就讀學校：國立虎尾科技大學機械設計工程系  
經歷：台南市黎明高級中學

 姓名：謝鴻元  
學號：41023254  
就讀學校：國立虎尾科技大學機械設計工程系  
經歷：國立台北科技大學附屬桃園農工高級中等學校  
動力科

## 【05】

分類編號・112-4-CAE-3006・3004-1 有限元素法在四足機器人上的應用 一百三十三級