

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 月 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、Solvespace 和 Onshape 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: 偏微分方程 (PDE)、有限元素分析 (PEM)、CoppeliaSim、Ansys、Solid Edge

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, Solvespace, and Onshape 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: partial differential equation (PDE), finite element analysis (FEM), CoppeliaSim, Ansys, Solid Edge.

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，擬定了我們小組有限元素法研究和學習方向，開會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 前言	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的及方法	2
1.3 專題說明.....	3
1.4 文獻探討.....	3
第二章 簡介	1
2.1 研究流程.....	1
2.2 研究環境.....	1
參考文獻	1
附錄	3
作者簡介	5

圖 目 錄

圖 1.1 虛擬四足機器人	1
圖 1.2 研究架構	2
圖 1 足端軌跡(直線)	4
圖 2 足端軌跡(橢圓)	4
圖 3 足端軌跡(圓形)	4
圖 4 足端軌跡(弧線)	4
圖 5 足端軌跡(不規則)	4

表 目 錄

表 1 文字編輯軟體比較表	3
-------------------------	---

第一章 前言

1.1 研究動機

材料分析軟體的應用在機械領域愈來愈廣泛，能夠將繪製零件進行分析，但卻鮮少人知道分析是怎麼進行的，所以我們對四足機器人套用有限元素法，在其身上觀察有限元素法是如何計算出受力情況。

本專題研究方向將由四足機器人(圖 1.1)作為載體，目的將有限元素分析的公式套入其中計算，進行有限元素分析，利用偏微分方程解出受力情況，才能對零件進行挖空處理，達到輕量化的目的，透過此過程從了解到運動模擬和有限元素法分析等。

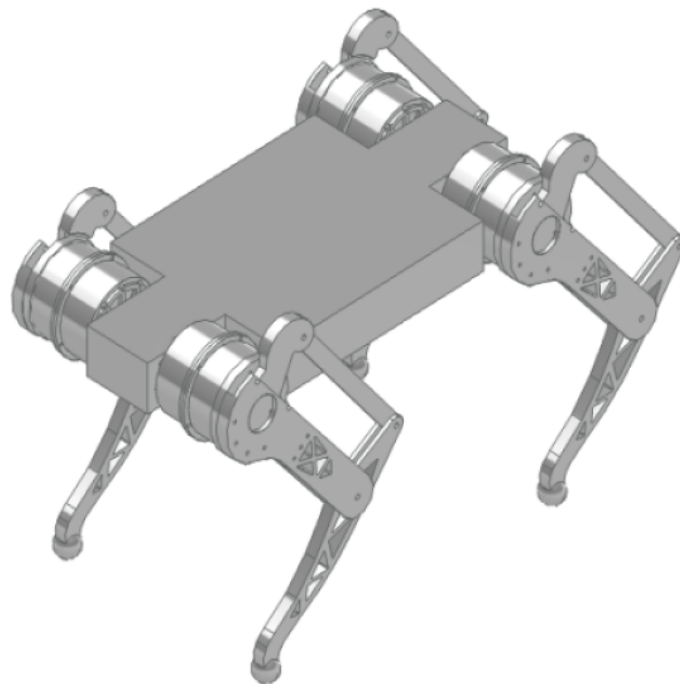


圖 1.1: 虛擬四足機器人

1.2 研究目的及方法

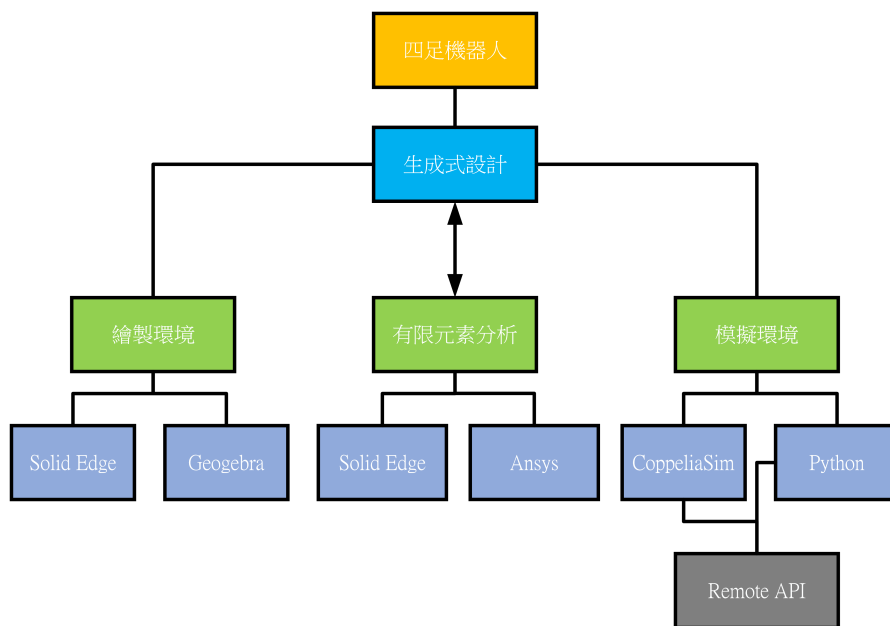


圖 1.2: 研究架構

本專題研究分為幾部分，其一繪製模型，進行路徑模擬，計算運動軌跡並調整設計，其二將模型導入虛擬環境進行運動模擬，找出運動姿態，其三為進行生成式設計，優化零件。

參考的四足機器人模型，將其利用繪製出模型並進行路徑分析，找出運動軌跡並用此調整連桿參數及推導運動學公式。

建立 CoppeliaSim 模擬環境，導入 3D 圖檔並組立進行結合，透過 Python 語言控制各步行機構作動及旋轉角度，以求得各零件最大受力情況，並結合 Remote API 對四足機器人進行遠端控制。

進行有限元素分析，透過上述過程即可得出受力狀況及 3D 模型，利用有限元素分析得知零件受力狀況，將可對其進行生成式設計，對零件非必要部分做挖空處理，減輕零件重量。

1.3 專題說明

此專題主要研究有限元素法在四足機器人上的應用，模型部分參考了四足機器人 [9] 及 Goegebra 路徑模擬，繪製出硬體架構，將其視為剛體代入 CoppeliaSim，由此可得知機器人在機構為剛體狀態下的受力情況。

對零件做有限元素分析，此狀態下的零件為柔性狀態會因為受力不同有變形情況，產生許多變量，像是位移、速度、加速度等，因此使用偏微分方程 (PDE) 對零件計算，進行離散化、代數方程導入、求解等步驟，此種方法稱為有限元素法。

比較兩軟體分析結果，進行生成式設計，進行四足機器人步行機構的輕量化處理，減輕零件重量並同時保有強度。

1.4 文獻探討

有限元素分析在設計領域運用得相當廣泛，在現今開發或製作幾乎成為必要的分析之一，對開發者而言，可以免去相當多的成本浪費，節省許多設計及修改時間，將目標模型直接進行分析得出受力情況，這些功能用來進行設計修正，也透過近來的 AI 機器學習的發展，誕生了生成式設計，給定參數就能利用 AI 迭代運算生成模型，不再受限於設計者的想像力。

近年來圍著機器人技術的發展，步行機器人的應用領域越來越廣，在軍用及工業等領域都可看見其身影，加上機械臂或其他工具，就可以勝任許多工作，漸漸替代傳統人力進行各式任務，進行高危或負重工作，因此我們將兩種結合，因為四足機器人在開發過程中通常會進行有限元素分析，主要用來做輕量化並找出最大負荷力，去除些許體積，在保有其性能的同時降低最多的能源消耗。

第二章 簡介

本專題係藉由鋼球平衡台設計，探討其一，透過 ODOO 和 GitHub 進行協同設計管理、製造執行系統及其整合功能。其二，使用 Geogebra、Solvespace 與 Onshape 設計機構，導入 CoppeliaSim 並使用 Python 進行 PID 控制模擬，再使用自行維護之 3D 列印機製作鋼球平衡台之所需零件，以達成虛實整合之目標。其三，根據 ODOO 及 Github 之分析結果，探討協同作業之工作模式。

2.1 研究流程

材料分析軟體的應用在機械領域愈來愈廣泛，能夠將繪製零件進行分析，但卻鮮少人知道分析是怎麼進行的，所以我們對四足機器人套用有限元素法，在其身上觀察有限元素法是如何計算出受力情況。

2.2 研究環境

材料分析軟體的應用在機械領域愈來愈廣泛，能夠將繪製零件進行分析，但卻鮮少人知道分析是怎麼進行的，所以我們對四足機器人套用有限元素法，在其身上觀察有限元素法是如何計算出受力情況。

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。

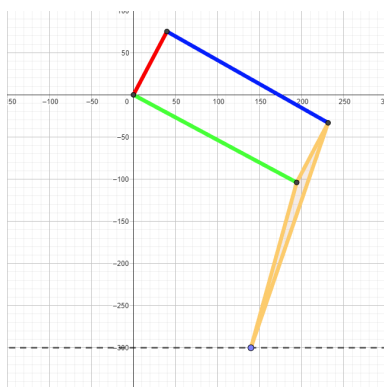


圖 1: 足端軌跡 (直線)

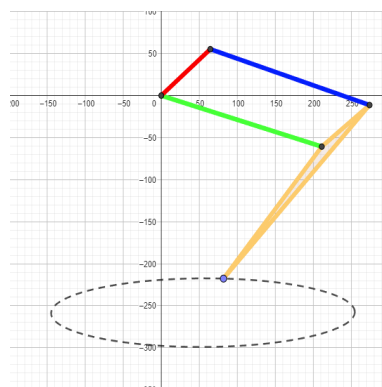


圖 2: 足端軌跡 (橢圓)

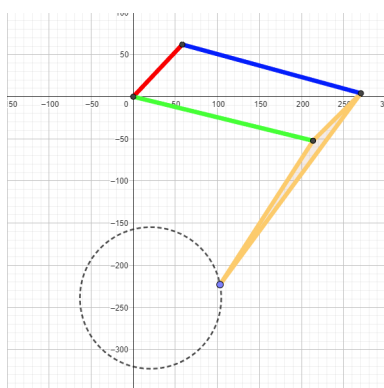


圖 3: 足端軌跡 (圓形)

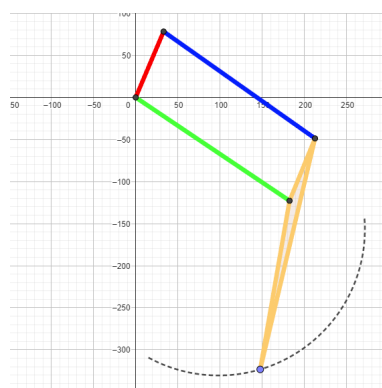


圖 4: 足端軌跡 (弧線)

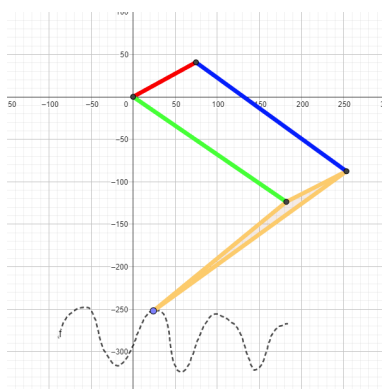


圖 5: 足端軌跡 (不規則)

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：國立彰化師範大學附屬高級工業職業學校
機電科



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：國立秀水高級工業職業學校
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：新北市立新莊高級中學



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：國立秀水高級工業職業學校
製圖科

【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

一

十

三

級