

明新科技大學 校內專題研究計畫成果報告

大提琴機器人研發
Cello Robot

計畫類別： 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：MUST-103 機械-1

執行期間： 103 年 1 月 1 日 至 103 年 9 月 30 日

計畫主持人：黃信行

共同主持人：

計畫參與人員：邱燕玉、黎鎮鉸、黃宏偉

處理方式：公開於校網頁

執行單位：機械工程系

中 華 民 國 一〇三年九月三十日

明新科技大學校內專題成果報告 公開授權書

(提供本校辦理紙本與電子全文授權管理用)

本授權書為明新科技大學校內專題研究計畫成果報告授權人：黃信行 在明新科技大學
工 學院 機械 系所 103 年度校內專題研究計畫。

研究計畫編號：MUST-103 機械-1

研究計畫名稱：大提琴機器人研發

計畫類型：個人計畫

執行期限：103 年 1 月 1 日 至 103 年 9 月 30 日

茲同意將授權人擁有研究之上列成果報告：紙本授權全文公開陳列於本校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限；成果報告之電子檔（含摘要），本校圖書館保留以供文獻典藏使用，但可依使用權限授權於網路公開，提供讀者非營利性質之免費線上檢索、閱覽、下載或列印。

成果報告之電子檔案使用權限授權，請勾選下列一項：

- 校內外立即公開全文(含摘要)
 校內外立即公開摘要，校內立即公開全文，一年後校外公開全文
 校內外僅於公開摘要，校內立即公開全文，校外永不公開全文

授權人：黃信行 (請親筆正楷簽名)

E-Mail： hhh@must.edu.tw

中 華 民 國 一〇三 年 九 月 三十 日

中文摘要

六軸機器手臂具備靈活的操控性，適合應用於複雜的軌跡運動控制。尤其是近年來自動化系統需求逐漸增加，如何讓六軸機器手臂順利地與其他機械設備進行協同作業，已成為重要的研究主題。本研究目的在於整合六軸機器手臂與外部控制裝置，以研發適用於自動化生產的多工實時協同作業系統。為了達成目標，本研究運用工研院製作的六軸機器手臂(ITRI Robot)來發展可演奏大提琴的機器人。研究的方法在於使用ITRI Robot執行揮弓的動作，另設計一組按弦裝置以控制音階的變化。為了增加ITRI Robot使用的彈性，本研究另研發一套外部控制的模式，希望能利用通訊方法讓外部電腦與ITRI Robot連接，達成演奏大提琴的目的。

關鍵詞：六軸機器手臂、大提琴機器人

英文摘要

Abstract

The 6-axes robot has a very flexible controllability, and is useful for complicated motion control. Recently, owing to the increasing need of automation system, the cooperative operation between the 6-axes robot and the other mechanical equipment has become an important research topic. The purpose of this research is to integrate a 6-axes robot and an outside control device to build a real-time multi-process automatic cooperation system. To fulfill this goal, this research uses a 6-axes robot built by the Industrial Technology Research Institute (ITRI Robot) to develop a robotic cello player. The research method is to use the ITRI Robot to carry out the bowing movement and to design a fingering device to control the variation of the musical scales. To enhance the flexibility of the ITRI Robot, the research also develops an external control method which enables a computer to communicate with the ITRI robot to play a cello.

Key word: 6-axes robot, robotic cello player

目錄

中英文摘要	II
目錄	III
1. 前言	1
1.1. 機器手臂研究.....	1
1.2. 國內外相關研究.....	3
1.3. 研究目的.....	5
2. 研究方法	5
2.1. 大提琴演奏研究.....	5
2.2. 機構設計.....	6
3. 研究過程	8
3.1. 機構建立.....	8
3.2. 功能測試.....	9
3.3. 軌跡分析.....	10
4. 結果與討論	11
4.1. 成果說明.....	11
4.2. 問題討論.....	12
5. 結論與未來展望	13
參考文獻	13
成果自評表	15
教學成果記錄表	16

1. 前言

近年來，機器人由於具備靈活的操控性，可靠度高、速度快且可全年無休，已廣泛運用於自動化產業。例如工件組裝、取放物料、噴漆、加工等繁瑣的工作，皆可能以機器人取代人工作業。除了工業用途外，在商業、農業、水下、醫療、服務、娛樂、軍事等領域都可以發現其應用的價值。然而，機器人的單價極高，如果無法提升其運用的附加價值，或是讓其使用成本低於人工作業的成本，則無法滿足業界的實際需求。因此，如何擴展機器人的應用層次，或是能研發出與機器人協同作業的自動化裝置，即成為重要的研究議題。機器人的本體包括機身、行走機構、手臂（包含臂部、腕部、手部）、及傳動件等部分，所有的計算、分析與控制均要通過本體的運動以完成特定的任務，因此機器人本體各部分的基本結構、驅動方式、與材料的選擇將直接影響整體性能。典型的工業機器人僅實現人類手臂的部分功能，所以稱作機器手臂，本研究即著重於探討機器手臂的應用與控制。

1.1. 機器手臂研究

機器手臂的製造與控制技術結合了機械、電子、電機、資訊與控制等多項領域，是現代工業中應用最廣泛的自動化機械裝置。以結構來分類，現有工業用機器手臂可分為球座標型（Polar）、圓柱座標型（Cylindrical）、直角座標型（Cartesian）、平面關節型（SCARA）、關節座標型（Articulated）等五種不同類型[1]。如圖 1(a)所示，球座標型機器手臂通常有兩個旋轉自由度及一個直線自由度，按球座標形式動作，工作軌跡形成球面的一部分。圖 1(b)所示為一種圓柱座標型機器手臂，通常有一個旋轉自由度及兩個直線自由度，工作軌跡形成一段圓柱形工作區域。圖 1(c)所示為一種直角座標型機器手臂，包含三個直線自由度，工作空間形成一個立體方塊。圖 1(d)所示為一種平面關節型（SCARA）機器手臂，特點在於具有兩個並聯的旋轉自由度及一個垂直運動的直線自由度，特別適合於搬動與取放物件及平面式的裝配工作。圖 1(e)所示為一種關節座標型機器手臂，運動方式與人類的手臂動作較為類似，工作空間極似一個球形，操控性最為靈活。

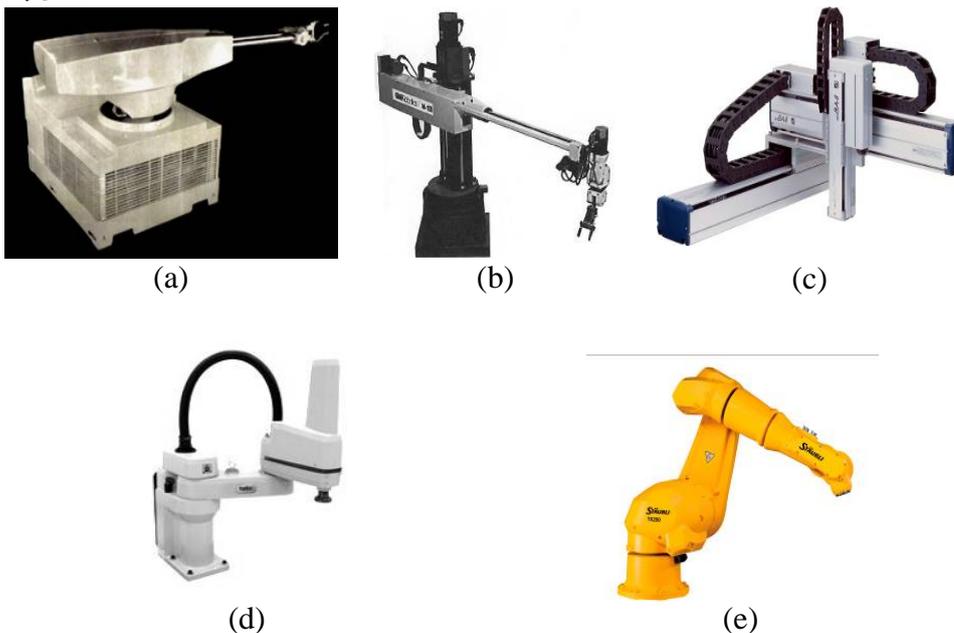


圖 1：機器手臂的類型

第一台六軸關節型機器手臂是1973年德國KUKA公司發表的FAMULUS[2]，其後技術不斷改良，手臂的運動速度、精度及重現性均有長足的進步。目前六軸關節型機器手臂已成為機器人領域中最廣泛應用的機種，甚至成為工業型機器手臂的標準型式[3]。六軸關節型機器手臂包含六個旋轉軸及其間的剛性連桿，特點在於可以做出像人類手臂一樣的靈活動作。如圖2所示，機器手臂的前三軸可用來支撐並帶動腕部（關節）和手部（包括工件或工具）在空間的運動，及改變手部的空間位置，運動型式包含伸縮、俯仰、屈伸、與回轉等四類。機器手臂的後三軸為臂部與手部之間的腕部結構，負責支承手部和控制手部擺放的姿態。3個自由度的腕關節，可以提高動作的適應性，並在空間曲面上進行連續作業。運動型式包含偏轉、俯仰、及回轉等三類。三軸垂直相交的手腕，理論上可以達到任意的姿態，但由於受到結構的限制，通常會有部分無法達到的區域。



圖 2：六軸機器手臂示意圖

機器手臂的手部也叫做末端執行器(End effector)，主要工作在於抓握工件或執行作業。手部與手腕相連處通常有機械介面，手腕部也可能會有電氣、氣壓與液壓管路接頭，方便拆卸和更換手部。手部可以像人手一樣具有手指，也可以是專用的工具，例如板金工具、焊接工具等。由於手部裝置的通用性比較差，一種裝置通常只能執行一種作業任務，因此如何快速更換手部，常常是決定自動化及彈性作業系統好壞的關鍵。典型的手部結構包括專用的工具 [4]、夾持式機構、吸附式抓取機構（真空或磁式吸盤等）[5]，及仿人類手指的多關節機構等。

本研究採用工研院研發的六軸垂直關節型機器手臂(ITRI-007 Robot)以配合計畫的執行。ITRI-007 Robot 是由六個伺服馬達所組成的，各環節每一個結合處即是一個關節點或座標系。手臂的最大運動範圍 655mm，最大負荷為 7kg，重量 49kg，最大合成速度 5865mm/sec，重現定位精度 $\pm 0.03\text{mm}$ 。表一及圖 3 所示為 ITRI-007 機器手臂的規格及動作範圍[6]。

表 1：機器手臂規格特性表

型號	ITRI-007	
動作自由度	6	
最大工作範圍	655 mm	
動作角度	J1	340(+170 ~ -170)
	J2	195(+135 ~ -60)
	J3	210(+170 ~ -40)
	J4	360(+180~-180)
	J5	200(+100 ~ -100)
	J6	360(+180 ~ -180)
最大負載	7 Kg	
合成最大速度	5865 mm/s	
重複定位精度	±0.03 mm	
機械手臂本身重量	49 kg	
電源電壓	三相 220V	

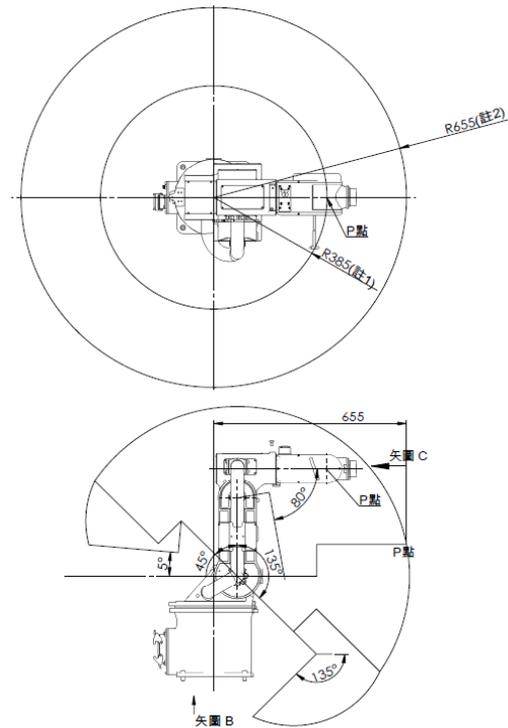


圖 3：機器手臂動作範圍

1.2. 國內外相關研究

近年來在感測、驅動、控制、設計與製造技術的進步下，機械人的製作日益精進。無論是製造環境下的工業機器人和非製造環境下的服務、娛樂及做人型機器人等，均有相當多的成果。同時，有關機械人運用於音樂方面的研究，亦有逐漸增加的趨勢。由已收集到的資料顯示，日本 Osaka Prefectural College of Technology 曾於 1999 年發表由機械人組成的小型樂團[6,7]。演奏的樂器包含電吉他、鐵琴、木琴、鍵盤及多種電子樂器。雖然該樂團使用的機械人均頗簡易，但卻能整合所有樂器，一起合奏樂曲。上海交通大學機器人研究所也製造出一位“長笛演奏家”，它採用機械手模擬人類的手指按動發音孔，並設計一個人工肺，配合氣壓控制裝置模擬吸氣與吐氣等動作，故可利用程式控制，演奏出動聽的曲目[8]。

學術界對於弦樂器的研究，可概分為如下三個方向。第一個方向乃致力於研究弦樂器的音質，並藉由振動噪音法分析琴弦的振動與琴音的頻譜，由此尋找一些影響演奏品質的參數。相關的參考資料如[9-10]。

第二個方向在於研究弦樂器的演奏技巧，尤其是著重於小提琴。其中有關左手指法的研究，可參考法國及瑞士學者在 2000 年的論文[11]。該文提出以類神經網路技術來分析小提琴演奏者的指法，並建立了一套最佳化的判斷法則，以提供演奏者進行把位變換與按指位置的參考。參考資料[12-13]為日本學者針對右手弓法提出的研究。其中，[12]以專業的提琴手演奏小提琴，並觀察其揮弓的速度、馬尾的受力、及弓與弦的接觸位置對音色的影響。[13]則進一步建立一台小提琴揮弓機構(Bowing machine)，並藉由前文建立的參數來控制弓法，實現以較為客觀的方式來探討揮弓速度、力道、接觸點、及迴轉點對音色的影響。該機構的示意圖如圖 4 所示，包含一個可控制提琴升降的機構，及一個以 AC 伺服馬達控制的揮弓機構。

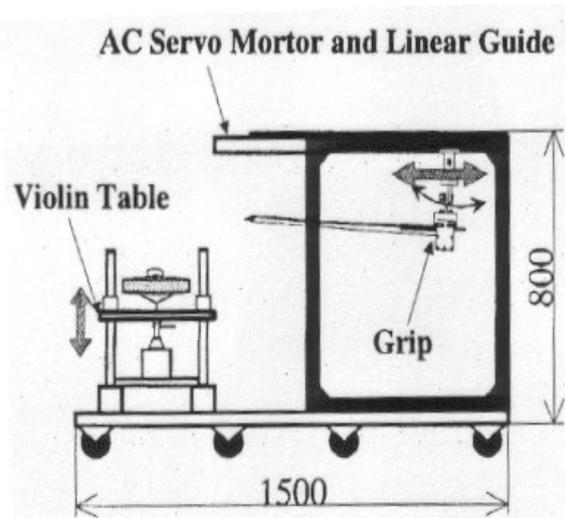


圖 4：Bowling machine



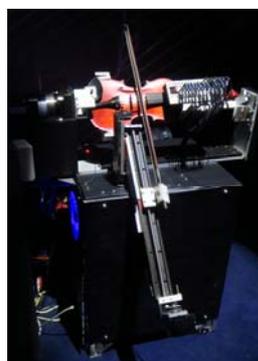
圖 5：豐田提琴手機械人

第三個研究方向著重於建立弦樂器的演奏機械人，已搜尋到的資料均屬於小提琴演奏機器人。日本豐田汽車公司於2007年12月發表的提琴手機械人[14]，身高152公分，重量56公斤，除了可以用雙足站立與走動之外，每隻機械手各擁有17個自由度，可以用右手操控小提琴的琴弓，另以左手準確地按弦，進而演奏樂曲。圖5所示為該機械人演奏的情景。本機械人雖然引起廣泛的注意，但是受到機械手指的限制，實際上僅能演奏旋律變化較為簡單的樂曲，且音色的控制能力薄弱，與人類演奏的能力差距甚大。

本計畫團隊於94年起開始研製小提琴機械人，並先後完成多部機械人的製作(圖6)。第一代機械人主要探討小提琴的演奏方法，將揮弓、換弦、與按弦等動作分類，並利用較簡單的機械構造與控制裝置組成原型的自動演奏系統。系統利用電腦控制電子與氣壓迴路，可以演奏簡易的樂曲。惟體積相當龐大，移動極為困難。第二部XY型機械人大幅改良結構外型與控制系統，採用較佳的驅動裝置，提昇了機械人的演奏能力[15]。第三部手臂型機械人則與工研院合作，整合小型的ITRI-002 Robot與我們發展的按弦系統，達到自動演奏的目的。XY型小提琴機器人研發成功後，不斷接受邀請參展，更獲得「2012第17屆全國大專校院資訊應用服務創新競賽」智慧機器人設計開發組第二名與人氣獎。



(第一代)



(XY型)



(手臂型)

圖 6：明新科大小提琴機械人

1.3. 研究目的

藉由小提琴機器人研發成果的基礎，本研究團隊持續創新發展，最終希望能建立一個機器人弦樂團。因此，本計畫除了爭取校內專題的補助外，另與工研院合作，目的在於運用工研院製作的六軸機器手臂(ITRI Robot)發展出可演奏大提琴的機器人，進而整合本團隊其他的弦樂機器人，成為全世界第一組機器人室內弦樂團。

2. 研究方法

本研究包含三個階段，包含大提琴演奏的研究、機構設計與製作、控制系統建立等。謹分述如下：

2.1. 大提琴演奏研究

大提琴是一種擦弦樂器，利用弓摩擦弦而發聲。大提琴的外型如圖7所示，琴身體積約為小提琴的兩倍，弓的長度則大致相等。因此，不同於小提琴以肩部架琴的演奏方式，大提琴必須豎立於地上，由演奏者使用兩腳夾住，並坐著演奏(如圖8所示)。大提琴的發展歷史久遠，現代的大提琴在尾端安裝有琴腳，利於支撐琴體，且可以調整高度。演奏時讓琴身仰臥約呈45°，演奏者持弓以垂直方式劃過琴弦，或作撥奏、敲奏等其他演奏方法。



圖 7：大提琴外觀



圖 8：人類演奏大提琴

大提琴一共有 4 根琴弦，由低音至高音分別為：C、G、D、A 等 4 個基本音階，每條弦的音程則為包含五度獨立的音階。以音階來分，大提琴屬於低音樂器，在提琴家族中(包括小提琴、中提琴、大提琴及低音提琴)，大提琴除可擔當獨奏外，在室內樂、弦樂團及管弦樂團中多數負責低音弦樂的部份。如圖 9 所示，大提琴的音階自低音 G 到高音 A，

包含約 23 個音階。本研究仿造提琴機器人的設計，採用陣列式氣壓缸在低音 A 到高音 E 之間設立按弦點，涵蓋的範圍可達 20 個音階，可演奏大多數的樂曲。

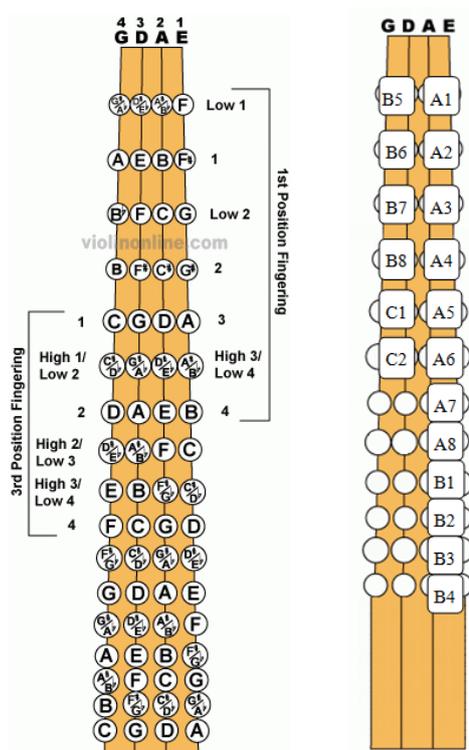


圖 91：音階

2.2. 機構設計

本研究設計了兩個機構模組，第一個模組為琴架及按弦系統，第二個模組為揮弓系統，謹說明各模組的架構與功能如下：

2.2.1. 第一模組：琴架及按弦系統

本模組的設計包含如下兩項：

- (1) 使用多個內徑為 4mm 的氣壓缸，依照大提琴的音階位置安裝於同一面板上，形成一組陣列式按弦裝置，如圖 10 所示。由於僅需控制電磁閥的 on/off 作動，故能簡化音階變化的控制。按弦單元的下方必須設計一個琴頭的支撐座，以利穩定大提琴的按弦動作。

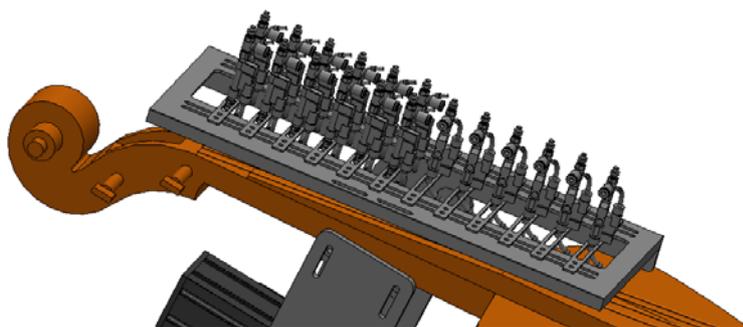


圖 10：按弦系統

- (2) 利用琴身夾具及腳墊夾持固定琴身，並可調整角度，以利配合揮弓的動作。以 90° 擺放可作為機構或大提琴的展示，以 45° 擺放則可用於演奏，如圖 11 所示。此種設計具備輕巧耐用的特點，亦可在底層設計支撐座及滾輪，便於搬運與擺放。

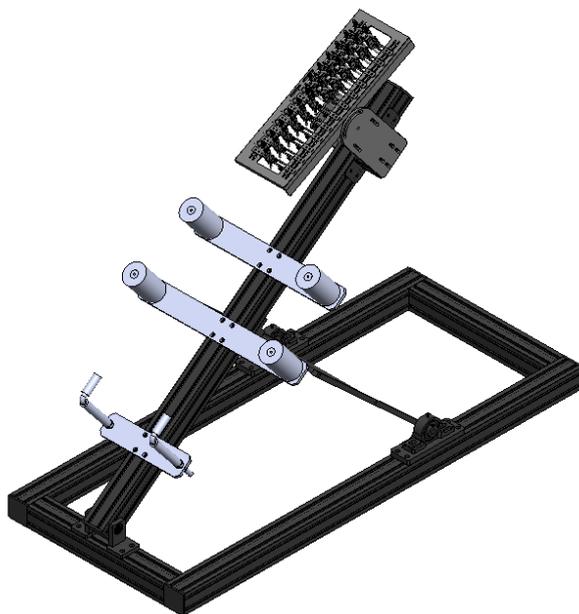


圖 11：琴架

2.2.2. 第二模組：機器人的揮弓系統

本模組的設計如圖12所示，主要功能包含如下兩項：

- (1) 採用 ITRI-007 Robot (7kg) 執行揮弓動作，同時訓練計畫參與人員學習操作與維護 ITRI Robot。
- (2) 設計具有扭力控制的夾爪機構，可以控制揮弓的力量。

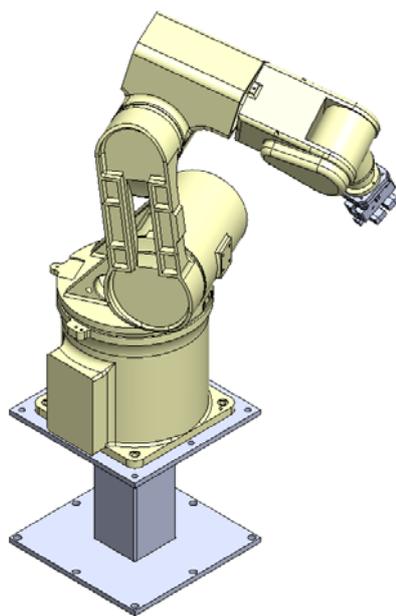


圖 12：揮弓系統

由於本研究採用六軸機械手臂執行揮弓的動作，因此必須先計算好機器人的工作範圍，以妥善安置大提琴。如圖 13 所示為本研究規劃的設備配置圖。

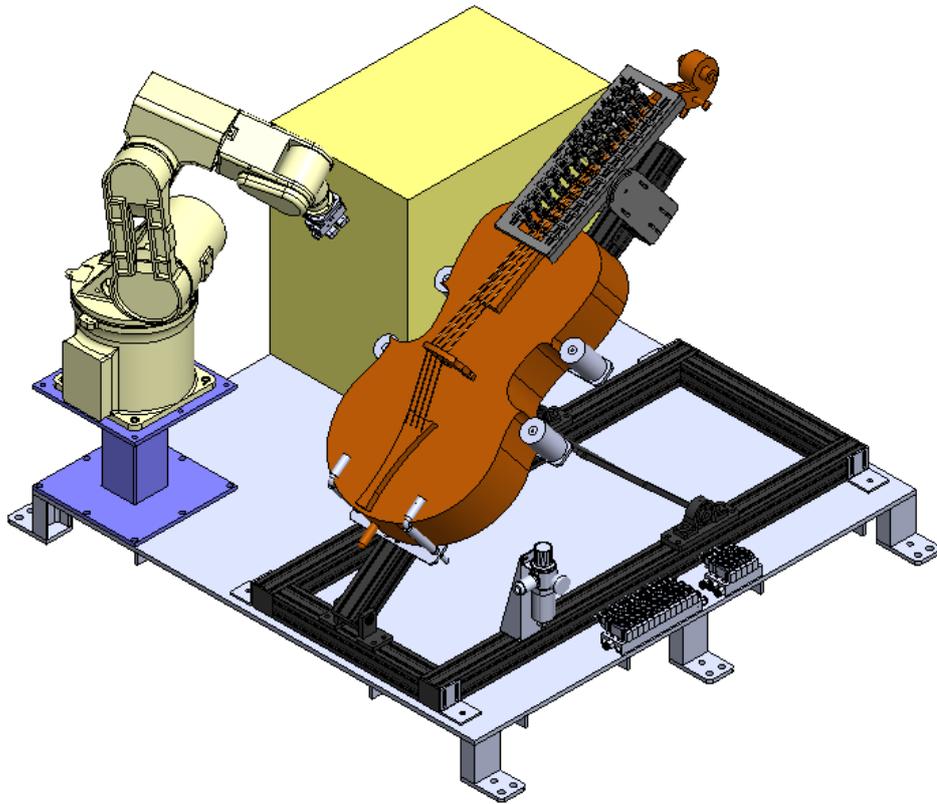


圖 13：整體構造示意圖

3. 研究過程

3.1. 機構建立

依據前節的規劃，本研究建立了大提琴的演奏系統，完成圖詳列於表 2。

表 2：大提琴演奏系統

項目名稱	圖片	功能說明
琴架		<ul style="list-style-type: none"> ● 支撐琴身與按弦系統，另設有多個夾具，可以保持琴身的穩定。 ● 可調角度，除了配合揮弓的動作外，另可做展示之用。

按弦系統		<ul style="list-style-type: none"> ● 採用陣列式氣壓缸，並設計有多個緩衝裝置，可消除振動與噪音。 ● 可依據電腦控制而按壓特定的音階。 ● 涵蓋範圍達 20 個音階，演奏曲目廣泛。
整體		<ul style="list-style-type: none"> ● 採用大型鋼板為底座，有利於穩定琴身。 ● 機器手與大提琴為較佳的配置，可在適當範圍內演奏大提琴，且不會通過奇異點。

3.2. 功能測試

完成建置大提琴演奏系統後，本研究展開一系列的功能測試。圖 14 所示為研究生手持教導器，並注意各軸動作方向是否正常。測試時可同時測量 ROBOT 的速度，以瞭解其動態效應。圖 15 所示為 I/O 的實際測試，重點在於以電錶量測 I/O 點是否正常運作。



圖 14：各軸測試

圖 15：I/O 測試

為了驗證機器人的運動控制，本研究採用如圖 16 所示的方式，在兩點之間進行重複定位精度測試。本研究預設了 2 個點〈A, B〉，讓六軸機械手臂在兩點之間高速運動，另採用高速攝影機拍攝其軌跡變化。

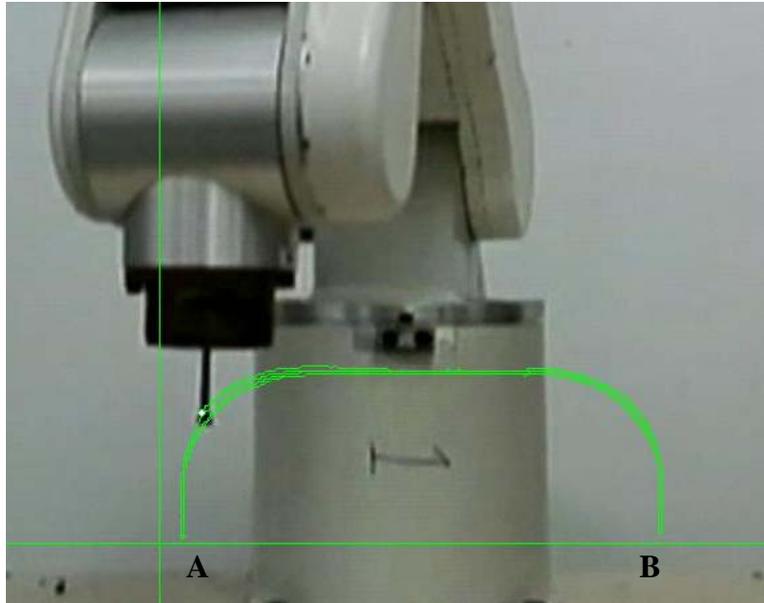


圖 16：軌跡示意圖

3.3. 軌跡分析

圖 17 所示為機器人演奏的原始軌跡。由於在換弦時必須先移到正確的角度，而移動過程中完全沒有演奏，導致破壞音樂的連貫性。因此本研究特別觀察人類的表演，如圖 18 所示，瞭解真實的揮弓動作，從而修正機器人的控制，並改以弧線連接不同角度的軌跡。修正後的軌跡如圖 19 所示，可改善不連貫的現象。

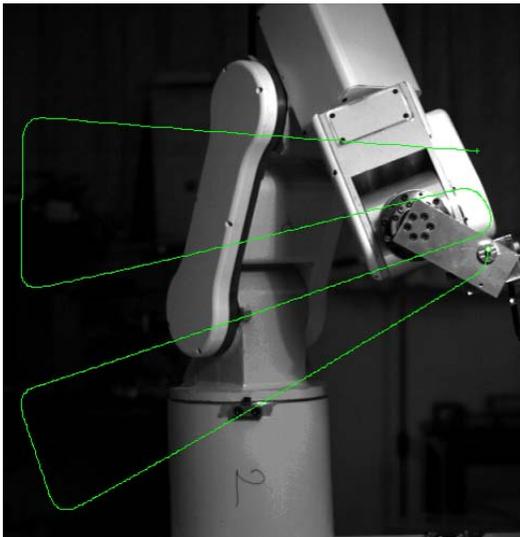


圖 17：原始軌跡

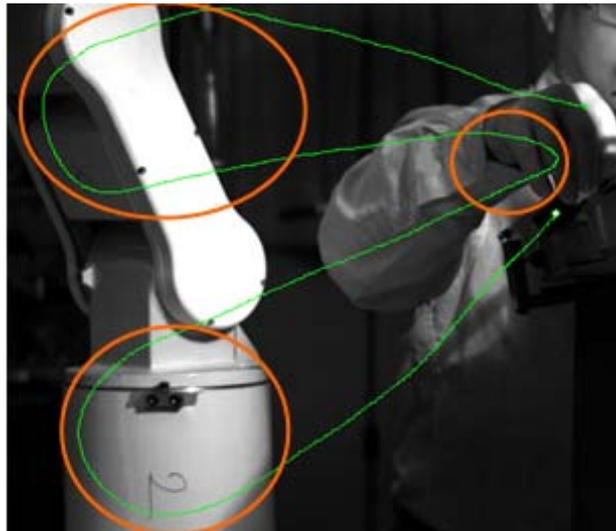


圖 18：人類演奏軌跡

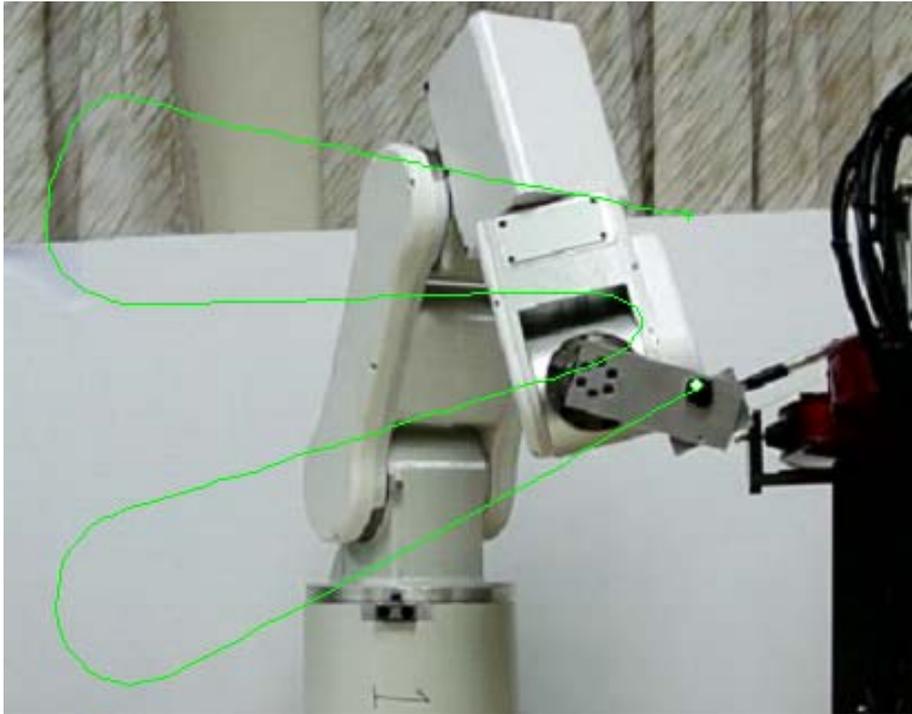


圖 19：改善後軌跡

4. 結果與討論

4.1. 成果說明

本研究成果相當豐碩，除了按照預定目標建立一組大提琴機器人，更整合本實驗已有的小提琴機器人，成為國內第一個機器人弦樂團。如圖 20 所示，本樂團包含兩組小提琴機器人及一組大提琴機器人，利用電腦同步控制，可以演奏多首知名樂曲。



圖 20：弦樂團

4.2. 問題討論

本研究過程中遇到許多繁雜的問題，針對這些問題統整出三大項問題重點，分別是音準、扭力控制、電路控制與同步。

4.2.1. 音準調整

由於弦樂器靠著擦弦振動而產生聲音，長久的振動及空氣溫度等因素都會使得弦鬆弛，而造成走音的現象。因此，演奏弦樂器前必須時常校正音準。如圖 21 及圖 22 所示，可運用調音器及轉動琴栓來調整弦的張力，以完成調音的動作。

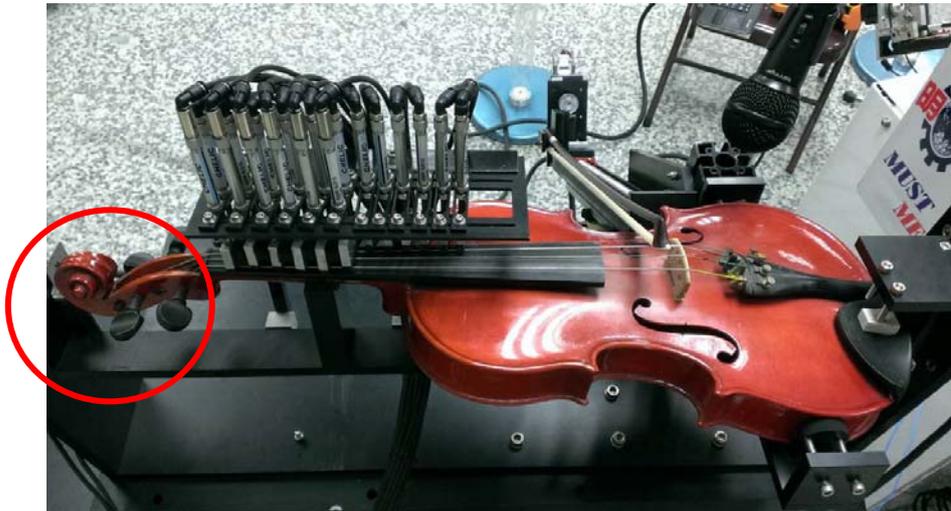


圖 21：琴栓示意圖

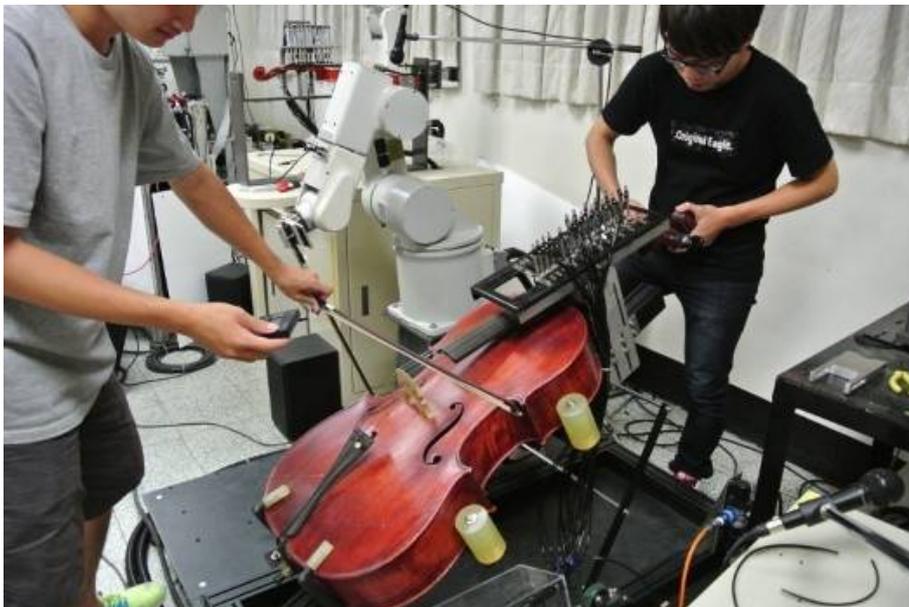


圖 22：調音過程

4.2.2. 扭力控制

要讓提琴演奏產生大小聲的變化，必須對弓施加適當的壓力。由於扭力控制需要複雜的控制與回饋裝置，在經費的考量下，我們採用如圖 23 所示的摩擦片，以被動的方法減少弓的跳動，且能達到穩定揮弓的效果。



圖 23：被動式扭力控制

5. 結論與未來展望

本研究深入探討 ITRI ROBOT，瞭解其構造、控制方法及特性，得以運用來演奏弦樂器。同時，本研究整合多年的成果，發展出全世界第一組機器人弦樂團，相當具有創新性。有鑑於六軸機械手臂目前大多運用於工業用途，使用者僅能以機械手臂的控制器來完成一些加工的需求。由於加工過程有時需要較繁瑣的教導點位與軌跡設計，藉由本研究的成果，不僅簡化這些問題，並可拓展運用到包含人文藝術等非工業領域。

本研究未來的發展方向可朝專用機器人的設計，消除過多的軸與結構，建立較小負載且相對小型化的機器人，對弦樂器的演奏將更為有利。第二個方向在於持續改進弦樂演奏機器人，建立更好網路互聯系統，強化協同控制能力，以建立由機器人組成的大型弦樂團。

參考文獻

1. 江修、黃偉峰，六軸機械臂之控制理論分析與應用，機械工業雜誌，P57~P73，2006.10
2. 網頁資料，[http://www.robots.com/robot-education.php?page=industrial history](http://www.robots.com/robot-education.php?page=industrial%20history)，2012
3. 丁純乾、陳俊皓、蕭錫鴻、曾柏昌，吊掛式六軸垂直關節型機械手臂應用於數位手工工具組裝，http://www.robotworld.org.tw/index.htm?pid=10&News_ID=5424，2011
4. 黎明技術學院，簡孟樹、王金國，六軸工業機器手臂加工，2012
5. 網頁資料，<http://www.gmb-srl.it/prodotti/en.php>，2012黃蓉芬、張振墉，“感測器市場及應用趨勢研究”，工研院量測技術中心，1998.6
6. Tadahiro, K., Shoichiro, F., Takeo, Y., Yasumasa, Y., Takashi, N., Kazuo, H., 1999, “Subject of making music performance robots and their ensemble,” 29th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Proceedings, pp.12b4-1-6

7. Shoichiro, F., Tadahiro, K., Naoki, S., Tomoharu, D., Takeo, Y., Yasuhide, M., Yasumasa, Y., Kazuo, H., 1998, "Case study on design of mechatronics systems in department of systems and control engineering", 29th International Symposium on Robots 1998(ISR98), Proceedings, pp.353-356
8. 上海交通大學機器人研究所網站，<http://www.robot.sjtu.edu.cn>
9. Giordano, N., 2002, "On hearing the shape of a vibrating string," Computing in Science & Engineering, vol. 4, pp.100-105
10. Velikic, G., Titlebaum, E.L., Bocko, M.F., 2004, "Musical note segmentation employing combined time and frequency analyses," IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Proceedings, vol.4, pp.iv-277-280
11. J. Kim, F. Cordier and N. Magnenat-Thalmann, 2000, "Neural network-based violinist's hand animation," Computer Graphics International, Proceedings, pp.37-41
12. Shibuya, K., Sugano, S., 1995, "The effect of Kansei information on human motion - basic model of Kansei and analysis of human motion in violin playing," IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, Proceedings, pp.89-94
13. Ogata, T., Shimura, A., Shibuya, K., Sugano, S., 2000, "A violin playing algorithm considering the change of phrase impression," IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, vol.2, pp.1342-1347
14. 網頁資料，<http://159.226.2.5/big5/www.kepu.net.cn/gb/technology/robot/advance/adv306.html>
15. Huang H.-H., Li W.-H., Chen Y.-J., Wen C.-C., "Automatic Violin Player", Proceedings of the 9th World Congress on Intelligent Control and Automation, 2012 (WCICA 2012), [EI]

明新科技大學 103 年度 研究計畫執行成果自評表

計畫類別： <input type="checkbox"/> 任務導向計畫 <input type="checkbox"/> 整合型計畫 <input checked="" type="checkbox"/> 個人計畫 所屬院(部)： <input checked="" type="checkbox"/> 工學院 <input type="checkbox"/> 管理學院 <input type="checkbox"/> 服務學院 <input type="checkbox"/> 通識教育部 執行系別：機械系 計畫主持人：黃信行 職稱：教授 計畫名稱：大提琴機器人研發 計畫編號：MUST-103 機械-1 計畫執行時間：103年1月1日至103年9月30日	
計畫執行成效	教學方面 1.對於改進教學成果方面之具體成效： <u>已製作完成一部原型測試系統，能自動演奏大提琴</u> 2.對於提昇學生論文/專題研究能力之具體成效： <u>碩士論文，邱燕玉，六軸機械手臂協同應用</u> 3.其他方面之具體成效： _____
	學術研究方面 1.該計畫是否有衍生出其他計畫案 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 計畫名稱： <u>多軸實時控制 PnP 開發，工研院，103.4.25-103.7.31</u> 2.該計畫是否有產生論文並發表 <input type="checkbox"/> 已發表 <input type="checkbox"/> 預定投稿/審查中 <input checked="" type="checkbox"/> 否 (1)發表期刊(研討會)名稱：_____ 3.該計畫是否有要衍生產學合作案、專利、技術移轉 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 請說明衍生項目： <u>新型專利，大提琴自動演奏裝置，M481474</u> <u>新型專利，揉音系統及提琴自動演奏裝置，M482142</u>
成果自評	預期目標：建立大提琴機器人。 執行結果：完成預期目標，且整合成功建立全國第一組機器人弦樂團。 預期目標達成率：100%
	其他具體成效： 1.

明新科技大學 101 年度校內專題研究計畫 運用於教學成果記錄表

計畫類型	<input checked="" type="checkbox"/> 個人型 <input type="checkbox"/> 整合型 <input type="checkbox"/> 任務導向型		計畫編號	MUST-103 機械-1	
計畫名稱	大提琴機器人研發				
計畫主持人資料	姓名	黃信行	職稱	教授	
	學院	工學院	系所	機械工程系	
聘用助理	系科班級	學號	姓名	聘僱起訖時間	工作內容
	機電所二甲	C01080002	邱燕玉	103 年 1 月 1 日至 103 年 7 月 31 日	文獻資料蒐集及分析 協助實驗與資料分析
	機電所一甲	C02080008	黎鎮鉸	103 年 2 月 1 日至 103 年 9 月 30 日	文獻資料蒐集及分析 協助機構設計 協助實驗與資料分析
	機電所一甲	C02080007	黃宏偉	103 年 2 月 1 日至 103 年 9 月 30 日	文獻資料蒐集及分析 協助機構設計 協助實驗與資料分析
融入課程	開課班級	課程名稱		修課人數	課程內容概述
	四技機四甲	量測技術與應用		25	量測基本原理、資料分析與運用
	四技機四甲	自動化精密機械設計實務		25	自動化案例分析
指導專題或碩士論文	指導班級	專題(論文)名稱		分組人數	專題(論文)內容概述
	機電所二甲	六軸機械手臂協同應用		1	碩士論文
指導學生參與活動或競賽	活動或競賽名稱			參與人數	活動或競賽成果概述
製作教材與教具	教材與教具名稱			教材與教具概述	
其他促進教學之成果說明	本研究成果與工研院互動密切，有益於促進學生產業實習的機會。				