

原住民器具之科學探究研究：以鄒族之風笛為例

劉淑惠¹ 謝迺岳² 廖彥婷³ 涂博維⁴

^{1,3}嘉義縣立中埔國中

²國立新竹高中

⁴嘉義縣立義仁國小

(投稿日期：民國 96 年 4 月 17 日，修訂日期：96 年 8 月 15 日，接受日期：96 年 8 月 29 日)

摘要：「風笛」又稱為「竹製響片 Euvuvu」，曾是台灣原住民鄒族的信號用具及祈雨法器，是由一片竹片綁在細繩上所構成。它的構造非常簡單，但是轉動時竟然會發出聲音且竹片會有上下飛舞的現象。風笛在轉動的過程中，響片會不斷的繞繩子自轉而拍打空氣產生聲音，這是風笛發出聲音最主要的來源。又由於繩子扭力大小及方向改變，使得風笛的響度大小、音調高低隨時間有週期性變化；又因為「昇力」方向也會改變，所以響片會在「上下」不同平面公轉，也隨時間有週期性變化。

關鍵詞：原住民科學、風笛、聲學

壹、研究動機

2005 年暑假陪謝迺岳老師團隊訪談鄒族原住民時，我正在找科展的題目；結果在高雄縣桃源鄉時發現「鄒族的風笛」。它的構造很簡單，是由一片薄薄的竹片，稱之為響片（如圖 1）綁在細繩上所構成；看似平凡，甩動它時竟能發出「悠—悠—」的聲音。

「風笛」又稱為「竹製響片 Eovuvu」，曾是鄒族用來傳遞訊號的工具，透過山谷的回音，可以通知族人敵人來了，也可做為祈雨法器及趕鳥器；如今則做為童玩及一年一度的鄒族生命豈祭開幕儀式用。

但是風笛為何會發出聲音？因為族人都不知道答案，也找不到相關的研究記錄，於是成為科展的題材。



圖 1：鄒族的風笛

貳、實驗器材

爲了定量分析，使用釣魚線和冰棒棍來做實驗，利用馬達轉動風笛（如圖 2）。首先利用保麗龍等材料將實驗裝置所發出的聲音降到最小，使風笛的聲音遠大於儀器本身聲音。

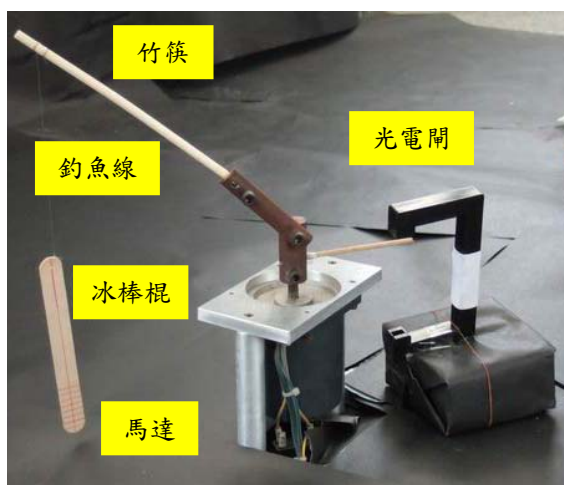


圖 2：用馬達轉動風笛的實驗裝置圖

在本實驗中使用麥克風及錄音筆錄下風笛的聲音、用數位相機及數位攝影機記錄風笛的運動情形；爲了觀察風笛運動情形，將冰棒棍兩面貼上不同顏色貼紙。

參、實驗結果與討論

一、風笛的運動現象觀察：

由圖 3(a)及 3(b)可看出響片會在「上下」不同平面公轉，此時它會不斷翻面；但有時候響片只會在同一平面轉動，此時響片並沒有翻面，如圖 3(c)。由此可知當轉動風笛，若響片繞轉軸『公轉』的同時也繞繩子『自轉』時（如圖 4），此時風笛會發出聲音，如圖 3(d)。

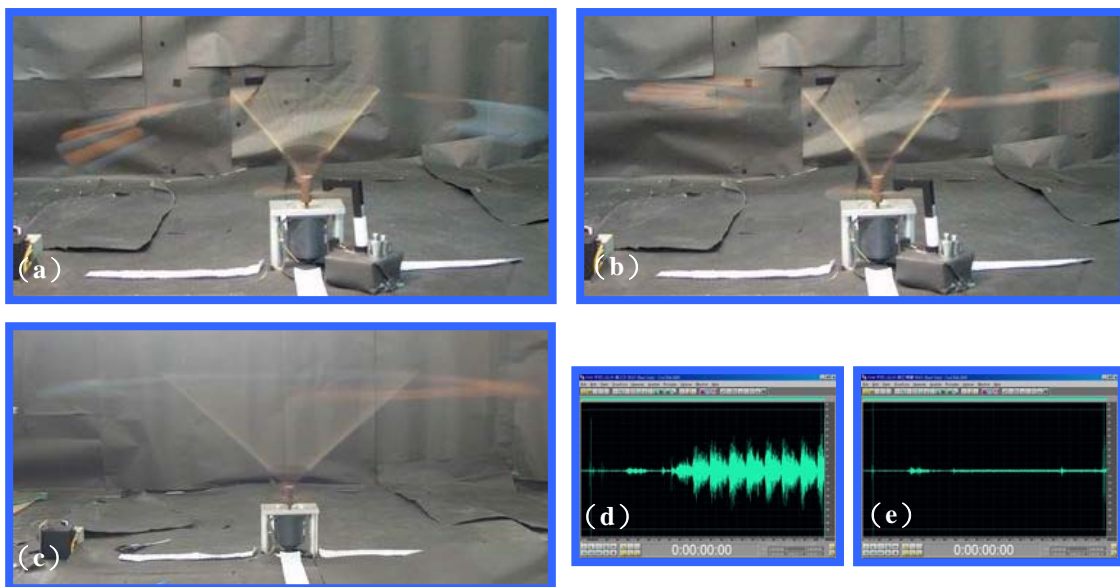


圖 3：響片在上下不同平面公轉時，它會不斷在翻面，如圖 a 及 b；此時風笛會發出週期性的聲音，如圖 d。響片不會翻面時，它只會在中間平面公轉，如圖 c；此時風笛不會發出聲音，如圖 e。

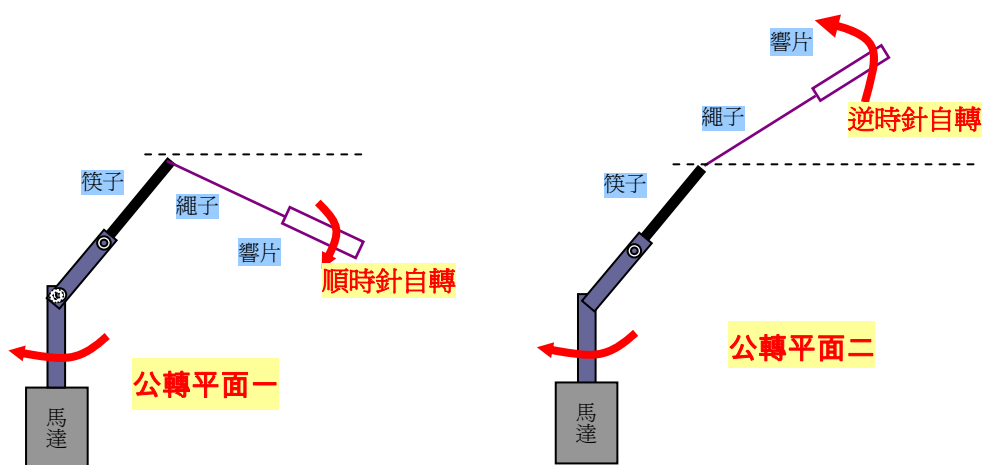


圖 4：風笛在「上下」不同平面公轉及自轉的示意圖

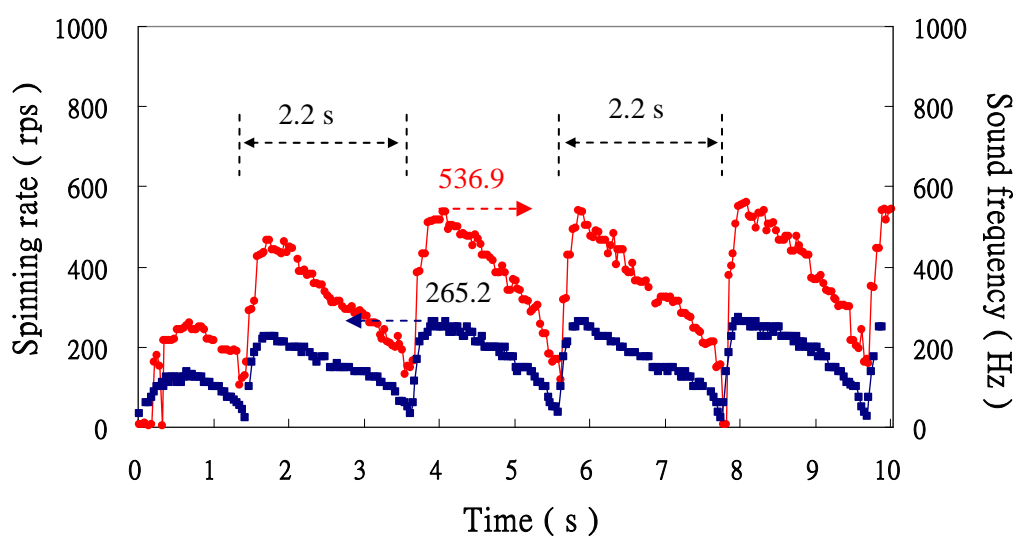


圖 5：風笛的響片自轉速率快慢和聲音頻率高低都隨時間有週期性的變化，且響片自轉速率和聲音頻率的比為 1:2。

二、探討風笛的聲音來源與特性：

為何風笛會發出聲音？由圖 5 可看出風笛的聲音頻率為響片自轉速率的兩倍，因為響片自轉一圈時會拍打空氣兩次，由此可知

風笛的聲音來源為響片自轉拍打空氣使空氣振動所造成的。實驗發現馬達轉速越快、繩長越長時，風笛的響度越大音調越高（如表 1）。

表 1：馬達轉速、繩長及繩子粗細對風笛聲音的影響

	響度	音調
馬達轉速越快	風笛響度越大	風笛的最高音調越高
繩長越長	風笛響度越大	風笛的最高音調越高
繩子粗細	影響不大	影響不大

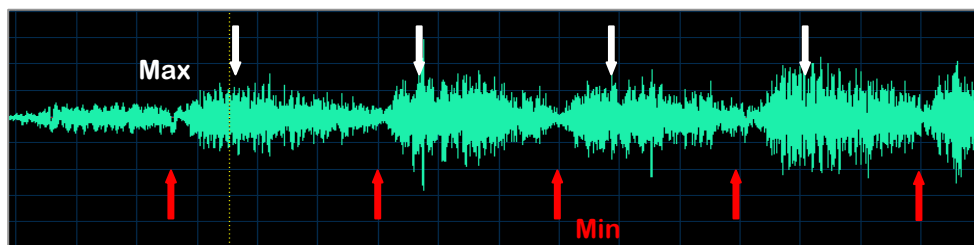


圖 6：風笛的響度大小隨時間有週期性的變化

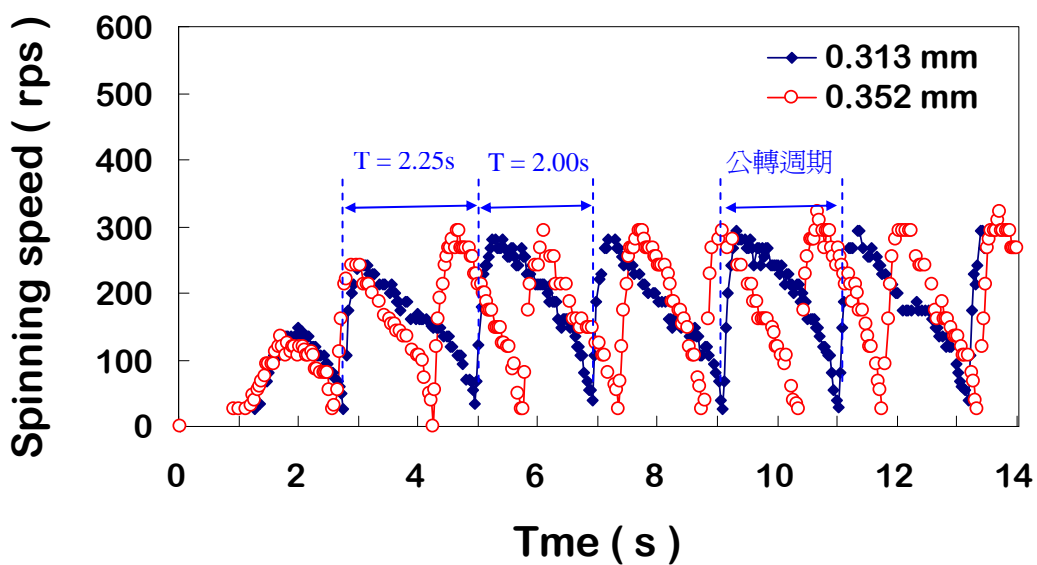
圖 7：響片在同一狀態公轉時，響片的自轉速率有週期性的變化。繩子愈細，響片在同一狀態公轉時的公轉週期 T 越長。

表 2：馬達轉速、繩長及繩子粗細對響片自轉速率及公轉週期的影響。

	響片自轉速率	在同一狀態的公轉週期
馬達轉速越快	響片最高自轉速率越快	影響不大
繩長越長		公轉週期越長，但影響不大
繩子粗細越細	影響不大	公轉週期越長

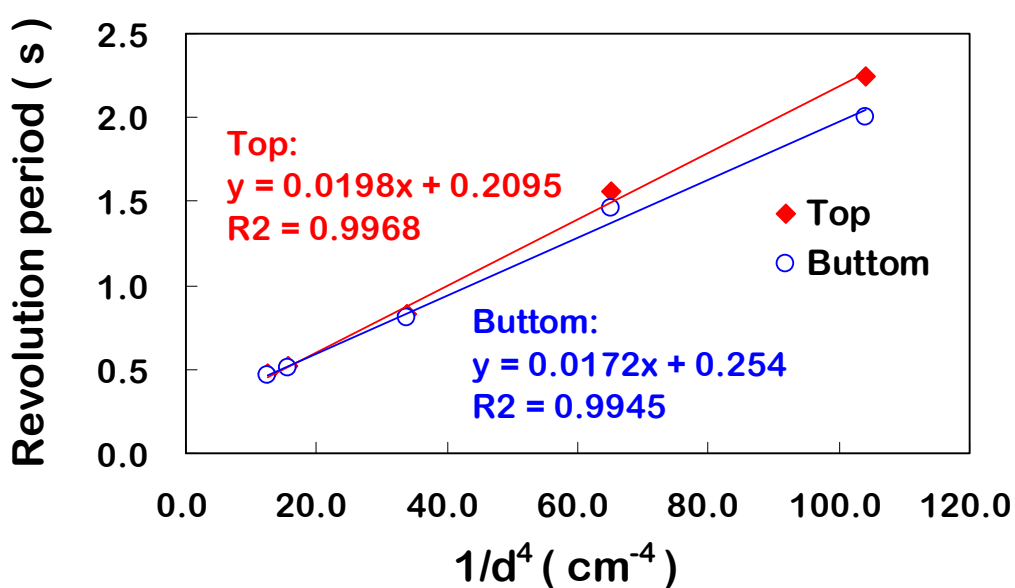


圖 8：公轉週期和繩子粗細的四次方倒數呈很好的線性關係

W：物重
 T：繩張力
 L：昇力
 F_N ：向心力

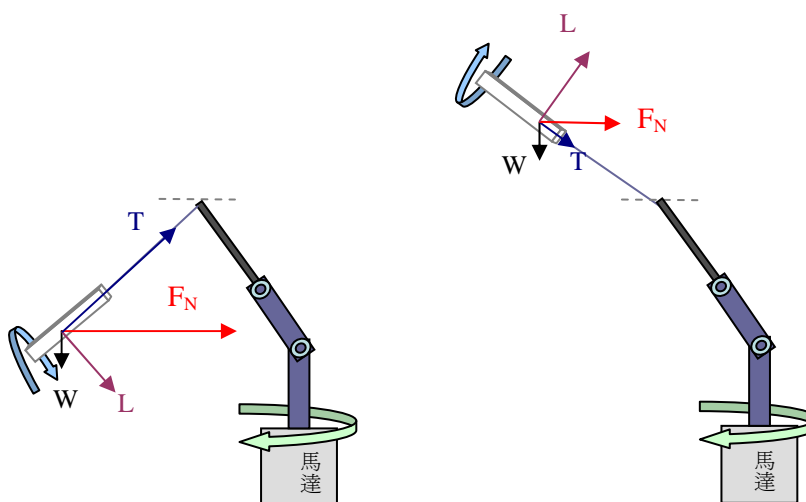


圖 9：轉動風笛時，響片受力的示意圖

三、探討風笛的運動機制：

為何風笛會在上下不同平面轉動？由圖 5 及圖 6 可看出風笛的響片自轉速率、聲音頻率及響度大小都隨時間有週期性的變化。因為響片會在同一狀態公轉數圈後，再換到另一狀態公轉。若將響片在同一狀態公轉所需要的時間稱為公轉週期 T （如圖 7）；實驗結果發現繩子粗細對公轉週期長短的影響較大（如表 2）。

根據實驗所觀察到的現象，我們認為這是繩子扭力所造成的。因為響片繞繩子自轉時，會不斷的將繩子扭轉變形而產生扭力。當繩子的扭力最大時，響片的自轉速率最慢、風笛的響度最小、音調最低。隨後響片會改變自轉方向且自轉的速率開始加快，此時風笛的響度漸大、音調漸高。當繩子沒有扭力時，響片的自轉速率最快、風笛的響度最大、音調最高；隨後響片的自轉的速率開始漸慢，風笛的響度漸小，音調漸低，直到繩子扭力最大時，風笛的響度最小、音調最低、響片又改變自轉方向；一直重複這樣的運動狀態。響片相鄰兩次改變自轉方向的時間即是公轉週期。

由圖 8 可看出風笛在同一狀態的公轉週期和繩子粗細的四次方倒數呈很好的線性關係；根據庫倫扭絲定律

$$M = \frac{\mu d^4 \theta}{l}$$

（ M 扭轉力矩， μ 扭轉係數， θ 扭轉角， d 和 l 分別為細絲的直徑和長度）

可以得知因為繩子扭力大小及方向的改變，使得風笛的響片自轉速率、聲音頻率及響度都隨時間呈週期性變化。因為響片自轉方向改變時，昇力的方向也會改變，所以響片會在「上下」不同平面公轉（如圖 9）。

肆、結論與建議

- 一、轉動風笛時，若響片會繞繩子自轉，則響片會在「上下」不同平面公轉，此時因為響片自轉時會拍打空氣而使空氣振動，所以風笛會發出聲音；若響片不會自轉，則它只會在「同一」平面公轉，此時風笛不會發出聲音。
- 二、因為繩子扭力大小及方向會改變，使得響片自轉速率快慢有週期性的變化，所以風笛的聲音大小與高低的改變也有週期性。因為響片自轉方向改變時，昇力的方向也會改變，所以響片會在「上下」不同平面公轉。
- 三、風笛的構造很簡單，但是卻利用到許多物理概念，如：聲音的產生、牛頓運動定律、圓周運動與白努力方程式等；又材料易準備、製作簡單，很適合教師教學使用。一來可提升學生的學習興趣，又可兼顧文化的欣賞與傳承，讓學生認識原住民生活中的科學智慧，可是一舉數得。
- 四、為何響片在水平面之上的公轉週期較長？繩子材質、響片形狀及重量等對風笛聲音及運動現象有何影響？仍值得我們深入探討。

參考文獻

1. 王福山、周奇 (2005)：庫侖，C.A.de 。
中國大百科。民 95 年 10 月 2 日，
取自「智慧藏百科全書網」：
<http://www.wordpedia.com/search/Content.asp?ID=44603>
2. 林坤祥、張博文、葉嘉容、陳正偉
(2005)：響螺發音頻率的探討。中華民國
第 43 屆中小學科學展覽會物理類高中組
作品說明書，未出版。
3. 達西烏拉彎·畢馬 (2003)：台灣的原住
民鄒族。臺北市：臺原。

後記

本作品榮獲：

1. 第 46 屆全國科展榮獲理化科第一名及最佳鄉
土獎。
2. 2007 年台灣國際科展榮獲物理科第二名、美國
第 58 屆國際科技展覽會正選代表。

