

本文章已註冊DOI數位物件識別碼

► 棒球投手投變化球的原理

doi:10.6223/qcpe.2003.200609.1512

中華體育季刊, 20(3), 2006

Quarterly of Chinese Physical Education, 20(3), 2006

作者/Author：楊昌展

頁數/Page：102-108

出版日期/Publication Date：2006/09

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6223/qcpe.2003.200609.1512>



DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



棒球投手投變化球的原理

楊昌展／國立臺灣師範大學

摘 要

馬格納斯效應 (magnus effect) 是棒球投手能夠投出變化球的主要原因。它是馬格納斯 (Gustav Magnus) 在 1852 年發現的，它是指旋轉球在流動空氣中成側偏斜的現象。本研究將變化球分為兩類，一類主要是受到馬格納斯力作用的變化球；另一類則較少，且幾乎沒有。這兩種變化球，由於旋轉角度的變化，又延伸出許多的變化球。本研究共分析八種變化球。以右打者而言，作用力主要朝球上方的，為快速直球 (fast ball) 和內角上飄球 (shoot ball)；作用力主要朝球右下方的，為曲球 (curve ball) 和滑球 (slider)；作用力主要朝球左上方的，為伸卡球 (sinker)。而沒有受到馬格納斯力作用的變化球，重力的作用較為明顯，因此球以拋物線的軌跡到達本壘，此種變化球有指叉球 (fork ball)，變速球 (change up)，以及指關節球 (knuckle ball)。

關鍵詞：棒球、投手、變化球、馬格納斯效應

主要聯絡人：楊昌展 116 臺市文山區汀州路四段 88 號

Tel : (02) 29312901 轉 13 e-mail : deam013@yahoo.com.tw

壹、前 言

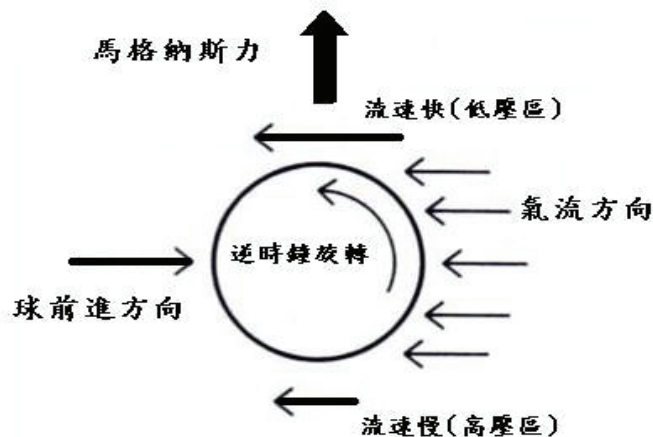
棒球是現今相當風行的運動之一，在棒球比賽中，投手的表現經常是控制整場球賽的關鍵（楊賢銘、林華韋、王琦正、中本茂樹，1999）。因此，在棒球雜誌（職業棒球）的專欄上，以及棒球相關的書籍中，常常可以看到許多關於投手球路分析的文章。這些文章通常只描述各種球路的行進路線，以及球種的特性，很少說明這些球路是如何形成的。本研究即是對棒球投手投變化球時，其產生變化的原理，以及其球路形成的原因，做一個簡單且完整的介紹。

貳、柏努利定理與馬格納斯效應

柏努利定理 (bernoulli's theorem) 是流體力學中最基本的理論基礎之一，要

了解氣流如何對球產生影響，就必須先知道此定理。柏努利定理可用一方程式： $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = K$ 來代表，此方程式為一能量方程式，也稱為柏努利方程式。因為在流場內， ρgh 值的變化與方程式中另外兩個參數值比較，其值通常很小，所以方程式通常寫成方程式： $p + \frac{1}{2}\rho v^2 = K$ 。因此，根據此方程式可知在一指定之流場內，任何速度之增加，壓力即減少，反之亦然（歐陽績，1984）。

氣流會對旋轉的球產生馬格納斯效應 (magnus effect)。馬格納斯效應為馬格納斯 (Gustav Magnus) 在 1852 年所發現，研究者以圖一來做說明，當球向右方前進，相對地，氣流則向左方流動，此時球以逆時鐘的方式做旋轉，使氣流在球的上方流速較快，在球的下方流速較慢，根據柏努利定理，氣流流速快形成一個低壓區，氣流流速慢形成一個高壓區，而高壓會迫使物體朝低壓區移動，使物體移動的力量就稱為馬格納斯力 (magnus force)。此時，旋轉球在流動空氣中成側偏斜的現象，就稱為馬格納斯效應（許樹淵，2001）。



圖一 馬格納斯效應

參考資料：許樹淵（2001）。運動生物力學。臺北市：合記。

參、各種變化球的形成

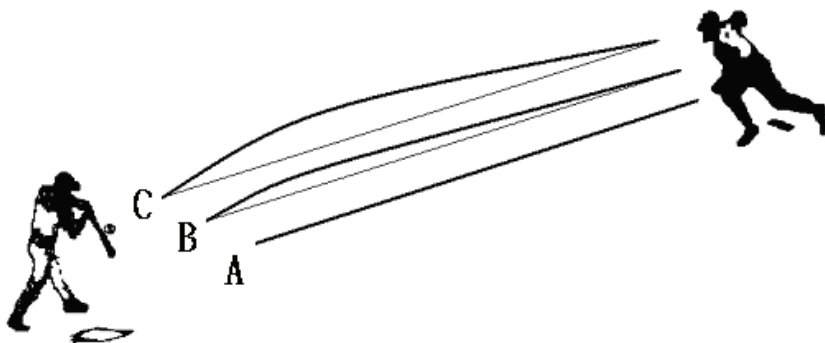
在了解馬格納斯效應之後，研究者將分析各種變化球是如何形成的。本研究將所有的變化球分為兩類，一類是主要受到馬格納斯力作用的變化球，另一類則是沒有受到馬格納斯力作用的變化球，這兩種不同的變化球，經由不同旋轉角度的變化，又延伸出許許多多的變化球。本研究皆以右手打擊者面對投手所投出的球而言，總共分析八種變化球。

一、主要受到馬格納斯力作用的變化球

主要受到馬格納斯力作用的變化球，因為球受到不同方向的馬格納斯力作用，又分為快速直球 (fast ball)、內角上飄球 (shoot ball)、曲球 (curve ball)、滑球 (slider) 和伸卡球 (sinker)。

(一) 何謂直球

在正式說明快速直球之前，研究者要釐清一個觀念。通常聽到直球這個球路時，會將它想像成圖二中，行進路徑相當筆直的 A 路線，這種情形是在沒有重力與氣流影響的狀況下，才有可能發生的。因此，在現實的狀況下，重力和氣流的影響是確實存在的。氣流除了對旋轉球會產生馬格納斯力之外，也會造成空氣阻力，根據 Alaways, Mish, and Hubbard (2001) 的研究，球旋轉的愈快，產生的馬格納斯力就愈大，旋轉速度達 35 轉/秒的球，將有 0.62 公尺的位移變化；而初速度在 36 公尺/秒至 42 公尺/秒之間的球，經過大約 0.45 秒的飛行之後，因為受空氣阻力的影響，其速度減少了初速度的 3% 至 7%。下圖中的 C 路線，就是在馬格納斯力的作用不明顯，球受到重力和空氣阻力的影響，而形成一個拋物線的行進軌跡。而 B 路線就是比較接近實際狀況的快速直球球路，還要考慮馬格納斯力的影響。

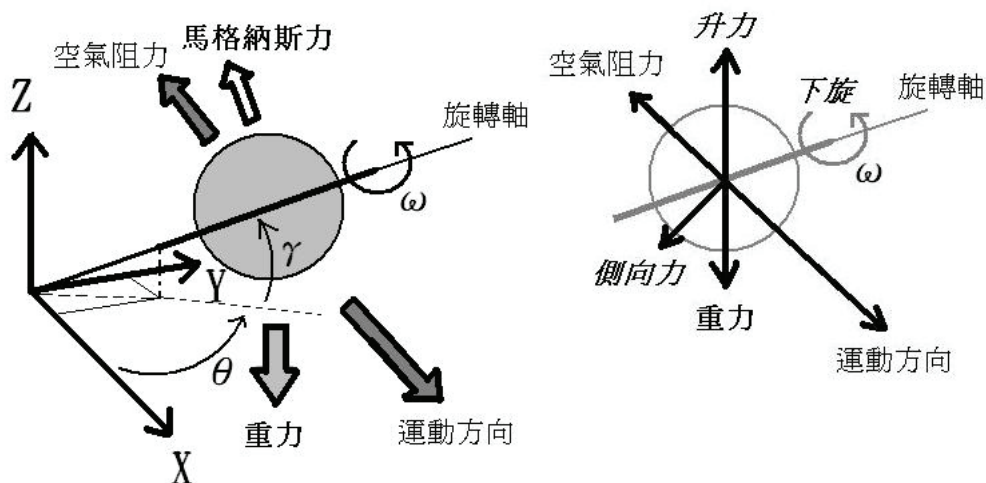


圖二 棒球飛行路線比較圖

(二) 快速直球和內角上飄球

快速直球和內角上飄球，主要都是受到向上的馬格納斯力之作用。當投手投出快速直球時，會讓球產生一個後旋 (backspin)，因而產生向上的馬格納斯力，此力會抵銷向下的重力之作用，所以球的行進路線會較接近直線。以研究者過去的想法，是認為上飄球這個球種，球到達本壘時是往上飄的。其實，這是打擊者自己認定的感覺，因為投手對打擊者先投出一個向上的馬格納斯力不明顯的球，球到達本壘時，球往下掉的距離較多，接著投手再投出一個向上的馬格納斯力作用較大的球，球往下掉的距離較少，這兩個球路一比較起來，打

擊者就會感覺第二個球「上飄」了。本研究中所提到的快速直球和內角上飄球，因為投手投球姿勢的限制，投球時會產生偏左上方的馬格納斯力，而有向左的側向力 (side force)。圖三是快速直球飛行時的受力情形，直球在飛行時相對於內角上飄球而言， γ 的角度較小，因此產生的馬格納斯力，經過分解之後，其側向力較小，而內角上飄球， γ 的角度較大，因此產生的側向力較大，造成了右手打擊者不但覺得球上飄，而且球還會往內角移動過來。



圖三 快速直球飛行時之受力情形

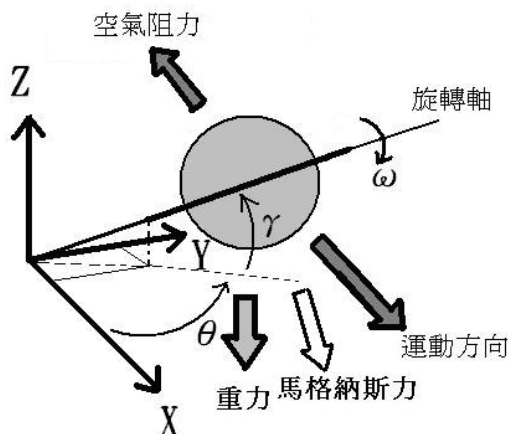
參考資料: Alaways, L. W., Mish S. P., & Hubbard, M. (2001). Identification of release conditions and aerodynamic forces in pitched-baseball trajectories. *Journal of Applied of Biomechanics*, 17(1), 64.

另外，快速直球可分為兩種，為四縫線快速直球 (four-seam fastball) 和二縫線快速直球 (two-seam fastball)。根據 Alaways and Hubbard 在 2001 年的研究，四縫線快速直球和二縫線快速直球在每秒旋轉次數增加的情形下，其升力係數 (lift coefficient) 也呈現增加的趨勢，而且四縫線快速直球的升力係數明顯地大於二縫線快速直球。也就是說四縫線快速直球與二縫線快速直球在相同的飛行條件之下，四縫線快速直球受到的升力較大，產生的球路將比較筆直。

(三) 滑球和曲球

滑球 (圖四) 和曲球會有上旋 (topspin) 的狀況，因此球會受到向右下方的馬格納斯力之作用，也就是球會向右打擊者外角移動並下墜的球種。兩者的差別在於滑球的球速較快，向右方偏移的幅度較小；而曲球的球速較慢，向右方偏移的幅度較大。球速是決定變化球受重力與氣流影響之時間長或短的重要因素。邱靖華 (2003) 藉由運用旋轉球的流體力學原理與數值方法，透過程式編寫，採取電腦分析演算的方式，發現投手的投球速度從 130 公里/小時增加至 170

公里/小時，在旋轉速度相同和旋轉軸固定的情況下，其偏移量隨速度增加而減少。最主要的原因就是球速的增加縮短了飛行的時間，使得馬格納斯力之作用的時間也縮短了，因此造成偏移量也減少的狀況。



圖四 滑球飛行時之受力情形

參考資料：Alaways, L. W., Mish S. P., & Hubbard, M. (2001). Identification of release conditions and aerodynamic force in pitched-baseball trajectories. *Journal of Applied of Biomechanics*, 17(1), 64.

(四) 伸卡球

伸卡球受到向左和向下的馬格納斯力之作用，因此它會向右打擊者的內角偏移並且下墜，是和滑球相對應的球種。臺灣所稱的伸卡球是由於「sinker」的日語發音而取名的。另外，因為「sink」在英文中有下沉的意思，所以也有人將伸卡球這種球種，稱為「沉球」(林三豐，2004)。

二、沒有受到馬格納斯力作用的變化球

沒有受到馬格納斯力作用的變化球，有指叉球 (fork ball)、變速球 (chang up) 和指關節球 (knuckle ball)。因為只受到重力的作用，因此球會以拋物線的軌跡到達本壘，就像圖二中的 C 路線。再加上球極緩慢的旋轉，球表面上突起的縫線緩慢的位置變化，使得球後方的氣流產生不同方向的阻力，影響了球行進的路線，造成了搖搖晃晃的球路出現(廖文男、林啓川、高英傑、彭國平，2003)。這些球種因為其投球時的握球法和投球方式而有不同的名稱。

(一) 指叉球

完美的指叉球會以緩慢側旋 (sidespin)，像陀螺般的旋轉方式行進。根據日本學者溝田武人、姬野龍太郎(2003)的研究，佐佐木主浩與野茂英雄兩位投手的指叉球，旋轉速度 10 轉/秒左右，造成球前進時，其後側的氣流紊亂區較大，

此紊亂的氣流影響到球，使得球有「跳動」的狀況產生。

（二）變速球

變速球因為握球法有好幾種，所以又有 OK 球、兔子球和掌心球之稱。變速球由於投法和快速直球相同，但是不同的握球法以及出手時不用手腕的力量，採取「推送」球的方式（杜福明、曾文誠，1995），讓打者從投手的投球方式去判斷球種，誤以為是快速直球，而錯失擊球時間。變速球就因為打者覺得球好像「變速」的錯覺，而有變速球的名稱。

（三）指關節球

指關節球因為球投出的瞬間以指頭將球彈出，也稱為彈指球；又其飄忽不定的球路，更稱為蝴蝶球。一個完美的指關節球，飛行中旋轉速度只有 0.28 轉/秒，而且球在剛離手時幾乎不旋轉，是中途才開始旋轉的（溝田武人、姬野龍太郎，2003），因此馬格納斯力幾乎沒有作用。

伍、結語

透過本研究的說明與分析，了解變化球產生的原理後，對於棒球球迷在欣賞投手投球時，對其投球內容將有一番不同的感受，在閱讀報章雜誌上各種球路分析時，雖然其球路的命名千奇百怪，但是透過其變化的原理，或許可以知道其命名的由來，也是一件相當有趣的事。而棒球教練在指導和訓練棒球選手時，能夠更清楚地提供給選手正面的回饋，在良好的身體控制配合之下，經過適當的練習，相信可獲得更好的運動表現，甚至喜愛棒球運動的朋友，也可以找到遵循的方法，嘗試投出變化球，以獲得更多的樂趣。

引用文獻

- 杜福明、曾文誠（1995）。*圖解投球技巧*。臺北市：野球人。
- 林三豐（2004）。伸卡球。載於鄧政敦（主編），*職業棒球*（頁 54-57）。臺北市：中華職棒事業股份有限公司。
- 邱靖華（2003）。棒球變化球之飛行分析。*興大體育*，7，88。
- 許樹淵（2001）。*運動生物力學*。臺北市：合記。
- 楊賢銘、林華韋、王琦正、中本茂樹（1999）。棒球投手投球動作之定性分析。*國立臺灣體育學院學報*，4（下），582。
- 溝田武人、姬野龍太郎（2003）。揭開魔球的秘密。載於徐玉清（主編），*牛頓*

雜誌(頁 120-125)。臺北市：牛頓。

廖文男、林啓川、高英傑、彭國平(2003)。棒球投手球路與速度分析-以 2001 年世界盃成棒賽為例。《北體學報》，11，96-97。

歐陽績(譯)(1984)。《空氣動力學》。臺北市：國立編譯館。(Clancy, L. J., 1984)

Alaways, L. W., Mish, S. P., & Hubbard, M. (2001). Identification of release conditions and aerodynamic forces in pitched-baseball trajectories. *Journal of Applied Biomechanics*, 17(1), 63-76.

Alaways, L. W., & Hubbard, M. (2001). Experimental determination of baseball spin and lift. *Journal of Sports Sciences*, 19, 349-358.

