

國立臺灣大學社會科學院經濟學系



碩士論文

Department of Economics

College of Social Sciences

National Taiwan University

Master Thesis

三分球出手對投籃犯規影響

Three Point Shot Effect on Shooting Foul

蔡承恩

Cheng-En Tsai

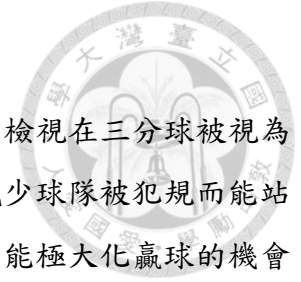
指導教授：林明仁 博士

Advisor: Ming-Jen Lin, Ph.D.

中華民國 111 年 8 月

August, 2022

中文摘要



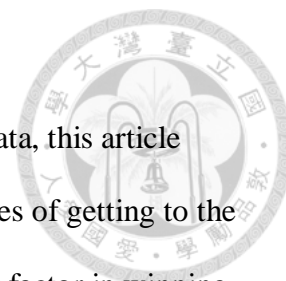
本文以 National Basketball Association (NBA) 的半場統計資料，檢視在三分球被視為贏得比賽或總冠軍重要因子的時代，過多的三分球出手是否會反而減少球隊被犯規而能站上罰球線的機會。如何適當地進行出手選擇的分配，關係到球隊是否能極大化贏球的機會。

在籃球這項運動中，扣除特殊的技術犯規，又分成投籃犯規(shooting foul)和非投籃犯規(personal foul)。由於非投籃犯規造成的原因，並不直接和球員的出手選擇相關，並非我們關注的主要變數。因此，本文主要估計三分球出手比例對投籃犯規的影響，且主客場球隊是否有差異。

我們發現，使用 OLS 估計的結果，顯示三分球出手比例對於投籃犯規的確有顯著的負向關係，無論為主場球隊或客場球隊。為了解決內生性的問題，我們也嘗試使用工具變數法進行估計。使用前幾場比賽的三分球命中率當作本場比賽的三分球出手比例的工具變數。估計結果顯示，整體而言，客場球隊的三分球出手比例對於投籃犯規有顯著的負向關係，且估計的係數大於 OLS 的結果。此外，上下半場和不同的球隊有不同的顯著效果。

關鍵詞：運動經濟學、NBA、三分球、投籃犯規、工具變數

英文摘要



Using National Basketball Association (NBA) half time aggregated data, this article examines whether too many three-point shots would reduce a team's chances of getting to the free-throw line after being fouled in an era when three-pointers are a major factor in winning games or championships. The proper allocation of shot attempts has a lot to do with maximizing a team's chances of winning.

In the sport of basketball, except for special technical fouls, there are two types of fouls, shooting foul and personal foul. Since the cause of non-shooting foul is not directly related to the player's shot selection, it is not the main variable we are concerned about. Therefore, in this paper, we estimate the effect of the percentage of 3-point shots on shooting fouls and whether there is a difference between home and away teams.

We found that the results using OLS estimation showed that the percentage of 3-point shots made did have a significant negative relationship with shooting fouls, both for home and visiting teams. To address the endogeneity issue, we also attempted to estimate using the instrumental variable method. The percentage of 3-pointers made in the previous games was used as an instrumental variable for the percentage of 3-pointers made in the current game. The estimated results show that overall, the percentage of 3-pointers made by the visiting team has a significant negative relationship with shooting fouls, and the estimated coefficient is larger than the OLS results. In addition, there were different significant effects in the first and second halves and by team.

Key words: sport economics, NBA, three point shot, shooting foul, instrumental variable

目錄



中文摘要	i
英文摘要	ii
1. 前言與研究背景	1
1.1 前言	1
1.2 動機與背景	1
2. 文獻回顧	4
3. 資料與實證方法	6
3.1 資料	6
3.2 實證方法	7
4. 實證結果	9
4.1 三分球出手對投籃犯規影響的 OLS 分析結果	9
4.2 三分球出手對投籃犯規影響的 IV (工具變數) 分析結果	9
5. 穩固性檢查	15
6. 延伸與結論	17
參考文獻	19
附錄	21

表目錄



表一.....	7
表二.....	10
表三.....	11
表四.....	11
表五.....	12
表六.....	13
表七.....	13
表八.....	14
表九.....	16
表十.....	16
表十一.....	21
表十二.....	21
表十三.....	22

圖目錄

圖一：歷年常規賽主客場三分球出手比例..... 3





1. 前言與研究背景

1.1 前言

人們在做行為、決策時，時常面臨利益的取捨，如何得出一個平衡點，並極大化自身利益是一門重要的學問。決策時間可以很短也可以很長，像是廠商決定發行新品上市，可能會規劃好幾個月；運動場上的決策時間則短很多，籃球員時常要在幾秒內就決定出手或傳球，哪個選擇能極大化場上的優勢，這也提供了絕佳的機會來研究決策行為的利益取捨。

National Basketball Association (NBA)，為籃球的最高殿堂，匯聚了各國最頂尖的籃球員，每個球員都有各自擅長的能力與在球隊中扮演的角色。球賽能帶來的商業利益非常龐大，舉凡球賽的轉播權利金、電視廣告、門票、週邊商品等，都是球團或聯賽能分到的利潤。因此，每場比賽對於球隊都非常重要，影響到各項商業利益，以及球隊的戰績，而戰績又影響著球隊是否能進入季後賽、進入季後賽的排名。排名較前面的球隊在季後賽會享有多一場主場的比賽。比賽中不只比拚球員的實力，教練之間也在鬥智，看誰的戰術安排更能發揮球隊成員的優勢。每個球隊教練喜歡使用的戰術都各有優劣，也造就了在場上不同的球風。戰術的安排在季後賽尤其重要，輸球的一方往往在下一場比賽就會採用不同的戰術試圖扳回一城，就像一場有趣的賽局遊戲，沒有一個戰術是無法被破解而能一直被球隊每場比賽採用的。

1.2 動機與背景

在 90 年代的 NBA，各球隊想贏得總冠軍或是選擇一個建隊基石，都會需要一個強而有力的中鋒，也稱為「大中鋒時代」。許多好手如：David Robinson、Hakeem Olajuwon、Shaquille O'Neal 等，都是當時能主宰比賽的明星中鋒。他們可以抓籃板，進攻端可以用低位腳步在禁區肆虐，防守端又可以封阻對手的上籃，對於比賽有絕對的影響力。除此之外，當時非中鋒的其他位置，也都有良好的中距離投射能力，最著名的就是籃球之神 Michael Jordan。在大中鋒時代之後，沒有明星中鋒的各球隊開始想對應的方法，於是就開始投外線三分球，而這股趨勢從 2012 年之後開始急遽攀升¹，各球隊也開始重視外線射手的配置。

¹ 歷年三分球出手比例見圖一

過去，各隊強調禁區的主宰力和中距離投射的穩定性。然而，在現今這個大三分時代，各球隊都越來越強調三分球的重要性，不僅要求命中率，也要求出手比例。由於三分球的出手，若以聯盟平均 35% 的三分球命中率來算，中距離²的出手選擇(40%)，以期望值的觀點計算，效益就遠低於三分球。基於這個原因，各球隊開始增加三分球出手，並且降低中距離的出手。許多三分好手開始在場上發揮影響力，由 Stephen Curry 帶隊的金州勇士隊更在 2015 年拿下 NBA 總冠軍，證明了擅長三分球的球隊是可以拿下一座總冠軍的。

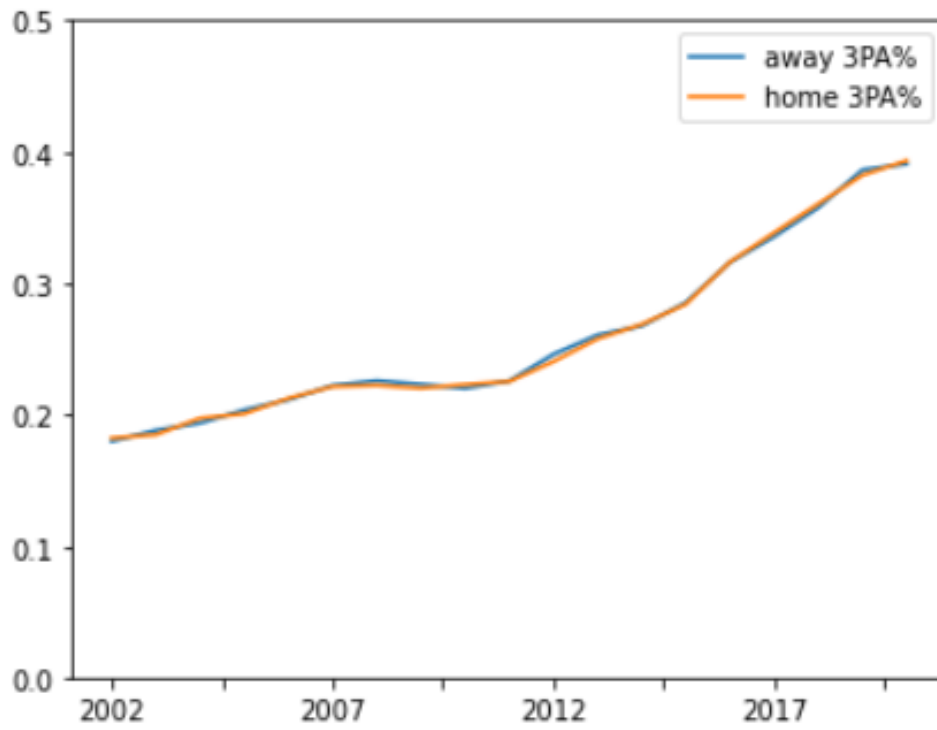
然而，基於期望值的觀點一直無限增加三分球的出手未必是好的選擇。畢竟，籃球場上的進攻和防守都是互相影響的，若一支球隊只投三分球，那對手就很好防守，只需要往外圍去防守，封堵三分球的出手機會。此外，三分球的出手因為身體接觸較少，不容易被吹判犯規。犯規的吹判是主場球隊的重要優勢來源之一，在文獻中也多次得到印證³。因此，主場球隊應該如何取捨三分球的出手和其他出手選擇來極大化自身利益，就是很重要的課題。犯規在記錄版上又有分成三種，personal foul、shooting foul、technical foul。其中，shooting foul 是出手時的犯規，又稱為「投籃犯規」，會因為出手方式的選擇而影響，三分球出手得到犯規的機會相對較小。Personal foul 是非投籃出手的犯規，像是抄截或進攻犯規；technical foul 則是技術犯規，當球員對裁判比不雅手勢時，較有可能被吹判。本文試圖量化三分球出手比例的增加如何影響投籃犯規的次數，並且這種現象在不同的球隊或主客場球隊有什麼不一樣的影響。

本文的架構如下：第二章為文獻回顧，針對文獻中提及的主場優勢因子進行討論，像是賽程、觀眾、裁判；第三章為資料與實證方法，描述資料來源、處理流程和使用的計量方法；第四章為實證結果，討論使用最小平方法（OLS）和兩階段最小平方法（2SLS）的實證結果，以及各種不同情況的討論；第五章為穩固性討論，使用不同的工具變數進行穩固性測試；第六章則為延伸與結論。

² 中距離的出手定義為距離籃框 10 英尺到三分線的距離

³ Chang et al (2021) 研究指出客場球隊相較主場球隊有較多的犯規次數

圖一：歷年常規賽主客場三分球出手比例



2. 文獻回顧

在文獻中有提及關於主場優勢是否存在和如何影響球賽的結果，其中犯規所造成的罰球在主客場的差異是最廣為討論的。主場優勢的定義是主場球隊在主客場賽制均衡的賽程中，贏得超過一半以上的球賽 (Courneya & Carron, 1991)。Stefani (2008) 發現主場優勢在高強度的比賽中像是季後賽或冠軍賽更為明顯，相較例行賽。事實上，在籃球賽場上，比賽中主客場球隊的各種數據平均上的明顯差異都能用來說明主場優勢的存在，例如：罰球數的差異、籃板上的差異、命中率上的差異。造成主場優勢存在的原因文獻上討論的主要有三種，分別是賽程、觀眾、裁判。賽程方面，Steenland, K., & Deddens, J. A. (1997) 發現球賽間的時間格時間長短會影響球隊的表現，而賽程上的安排會導致客場球隊得到比較少的休息而在比賽中有較差的表現。入場觀眾方面，得到的結論並非一致，Epting et al. (2011) 發現主場球隊有支持的觀眾能夠讓主場球員放鬆緊張感和降低壓力；然而，Taylor et al. (2010) 指出支持的觀眾會增加主場球員的壓力，Böheim et al. (2019) 分析觀眾人數對於球員罰球命中率的影響，發現主場球員的命中率會因為觀眾人數的增加而下降，反而說明了主場的劣勢。

裁判吹判有利於主場球隊也是優勢的重要來源。可想而知，當主場裁判吹判主場球員犯規時，會受到主場球迷的噓聲；相反地，吹判客場球員犯規時，會得到球迷的鼓舞和支持，這種球迷造成的場邊噪音會增加比賽的張力和比賽的觀賞性，但同時也讓裁判在這樣的壓力下更容易做出偏誤的吹判，而間接地讓主場球隊受益。此外，另一個可能造成裁判偏袒主場球隊的原因是裁判的心理因素，因為在主場球館，心理上自然地認可自己為主場球隊的一分子。Downward & Jones (2007) 指出裁判在足球賽中會傾向於討好觀眾而做出有利於主場球隊的吹判，尤其隨著球迷數量增加更是如此。Dohmen (2008) 發現在足球賽中，裁判更傾向增加補時的時間，當主場球隊是落後的一方時，同時也在給予罰球機會上有利於主場球隊。此外，當支持主場的球迷增加以及球迷離裁判的距離更近時，對於判決有更大的影響力。Nevill et al (2002) 進行了實驗，單獨看球迷的聲音對於判決的影響，發現比較安靜的球迷，裁判對於主場球隊的犯規判決少了 15.5%，說明球迷的聲音會造成裁判的壓力，而傾向順從群眾的意向做出偏誤的判決。

儘管許多文獻都對主場優勢進行了研究，但很少有文獻微觀地針對主場優勢在比賽中是如何隨時間改變，大多聚焦在賽後整場比賽的統計數據。Jones (2007) 用 NBA 每一節的得分狀況和領先情況來分析，發現主場優勢有三分之二累積在第一節，並在之後每一節以些微的幅度上升。這結果和預期的主場優勢理論相違背，理論顯示當球迷越積極替主場球隊加油時，主場優勢應該越明顯。不過，這個結果顯示主場優勢隨著比賽的進行，對比賽有不同的影響，而非一個固定線性的影響。Ribeiro et al (2016) 估計主場和客場時，球隊在比賽中的得分速度有顯著的不同，並且隨著球季時間主場優勢在下降且各球隊也有不同的主場優勢。Harris & Roebber (2019) 是少數有針對出手選擇如何影響主場優勢進行探討的文獻，發現出手越多兩分球和罰球的球隊有較大的主場優勢，但並沒有說明其中的原因。本文嘗試估計三分球的出手如何影響球隊得到的投籃犯規數量的因果關係，是否過多的三分出手反而會減少球隊得到的投籃犯規數，影響主場球隊在罰球方面的優勢下降，因而影響主場優勢。

本文為第一篇針對出手選擇如何影響犯規進行討論的文章以及在主客場球隊上的不同效果，同時，也探討其中可能的內生性問題，並使用前幾場比賽三分球命中率作為工具變數。期望能帶給球隊在戰術選擇上不同的思考，也在運動經濟學的文獻中，加入出手選擇的討論和對內生性問題有所貢獻。

3. 資料與實證方法



3.1 資料

本文使用 BIGDATABALL 的 play-by-play 數據，從 2002-03 到 2020-21 總共 19 個賽季的資料，將資料來源進行加總統計成上下半場的數據。BIGDATABALL 是一個可靠的體育數據網站，主要抓取 Basketball-Reference.com 上的資料並結構化。NBA 總共有 30 支球隊，每支球隊正常賽季要比賽 82 場例行賽，除了 2019-2020 和 2020-21 賽季因為 COVID-19 影響，比賽場數少於 82 場。原始資料中分上下半場共有 97,114 筆紀錄，在移除一些遺失值，以及因為新增前幾場比賽的三分球命中率欄位後產生的空缺值後，剩下 91,792 筆紀錄。表一為數據的敘述統計資料，數據皆為球賽半場的統計結果，並分成上下半場和主客場統計。其中，投籃犯規欄位改為投籃被犯規，因為該球隊的出手選擇會影響該隊得到的投籃犯規，也就是投籃被犯規的次數。除了 play-by-play 數據，另外加入半場明星球員數量和半場起始分差，因為是否為明星球員會影響犯規的判決，明星球員的出手可能會較容易得到犯規的吹判⁴，明星球員的定義為該球員當球季是否有入選為明星賽先發或替補球員。起始分差的部分則是不同的起始分差也會影響裁判在判決上的公正性，根據 Pedowitz (2008) 的裁判報告，教練以及球員是有權對裁判進行評價的。由此可知，裁判偏袒落後的一方是有利可圖的。落後的一方會因為裁判的偏袒而得利，有機會將比分追近，會因此給予正面的評價，而領先的一方，因為分數上的領先，少數幾個偏誤的判決只要分數上仍然能維持領先，相較之下負面評價不會蓋過落後方的正面評價。基於上述的原因，我們將半場的起始分差納入模型當中，以控制裁判可能的偏誤行為。其他可能的共變因子，我們將會使用工具變數進行處理。從表一可以看到，主場球隊的投籃被犯規數略高於客場球隊，符合我們的預期，這也是文獻中主場優勢的來源之一。裁判傾向偏袒主場球隊，而做出有利於主場球隊的判決，主場球員的出手較容易得到犯規，而類似的行為在客場球員身上較不容易得到吹判；此外，主場球隊可能會有更多尋求裁判哨音的出手選擇或進攻方式，因而得到較多犯規而站上罰球線的機會。表一中，主場球隊的三分球命中率略高於客場球隊，這也符合預期，因為主場球員可能對於場地、籃框較為熟悉，因此有較好的表現

⁴ Caudill et al (2014) 研究指出明星球員在第四節每分鐘多得到 0.32 次的罰球出手。

和命中率；也有可能是主場的球迷支持讓球員更有信心地出手。上半場的投籃被犯規數略低於下半場，可能原因為下半場的比賽競爭較為激烈，因此肢體碰撞也較多，裁判的犯規吹判也因而增加。最後，上半場的三分球命中率略高於下半場，也符合我們預期，因為下半場兩隊競爭激烈的關係，防守也較積極且緊迫，加上球員體力下滑，造成命中率些微下降。

表 一

敘述統計

	主場球隊	客場球隊	上半場	下半場
	平均(標準差)	平均(標準差)	平均(標準差)	平均(標準差)
投籃被犯規	4.9631(2.1307)	4.7847(2.0890)	4.6101(2.0046)	5.1376(2.1824)
三分球命中率	0.3568(0.1660)	0.3489(0.1640)	0.3573(0.1707)	0.3484(0.1591)
三分球出手比率	0.2613(0.1103)	0.2618(0.1107)	0.2439(0.1080)	0.2792(0.1102)
起始分差	0.8637(7.3852)	-0.8624(7.3862)	0(0)	0.0008(10.5153)
球星數量	0.8045(0.8509)	0.7954(0.8491)	0.8033(0.8511)	0.7966(0.8490)

3.2 實證方法

儘管本文前面有提及三分球的出手如何影響投籃出手的被犯規數；然而，其中的相關性都有可能受到其他共變因或干擾因子的影響，而造成係數的高估或低估。戰績表現較好的球隊，其隊上可能有較多球星，而其擅長投三分球也擅長製造犯規，可能造成三分球的出手和投籃被犯規數同時上升，因而高估了其效果。投籃被犯規數高的球隊，可能傾向更多製造對手犯規而減少三分球的出手，如此一來就有倒果為因的疑慮。為了上述的問題，需要使用隨機的外生變數「前一場比賽的三分球命中率」來估計三分球出手比例對投籃被犯規數的影響。這個假說為前一場比賽三分球命中率越高的球隊，在下一場比賽會傾向出手更多的三分球，來自於對自己的信心。此外，前一場三分球命中率並不直接影響這場比賽得到的投籃犯規數。當然，某些球隊的特性造成其三分命中率較高，且投籃被犯規數也

較高。不過，在納入球隊和賽季變數為控制變數後，前一場三分球命中率可視為完全的外生隨機變數。

本文採用計量經濟中的工具變數法來推論三分球出手比例對於球隊得到的投籃犯規次數的影響。分析架構和後續的穩固性檢查，主要來自 Boheim et al (2019)的文章，差別在於分析的題目不同，前者推論入場觀眾人數對於罰球命中率的影響。本文會先分析平均效果，再將資料根據球隊的特性或上下半場等特性，做進一步的異質性分析。

本文使用該隊前一場、兩場和三場比賽的整場三分球命中率當作工具變數，因此總共有三個工具變數，並且移除半場都沒有出手三分球的紀錄。

主要迴歸式如下：

$$Y_i = \alpha + X_i\beta + \gamma(3PA\%)_i + \varepsilon_i , \quad (1)$$

Y_i 為目標變數，該半場得到的投籃被犯規數。 X_i 為控制變數，包含賽季、球隊虛擬變數、半場球星數量和起始分差， $(3PA\%)_i$ 為半場三分球出手比例， ε_i 為迴歸式誤差項。

工具變數第一階段：

$$(3PA\%)_{i,t} = \theta_0 + \theta_1 Z_{i,t-1} + \theta_2 Z_{i,t-2} + \theta_3 Z_{i,t-3} + X_i\delta + \mu_i , \quad (2)$$

$Z_{i,t-1}$ 、 $Z_{i,t-2}$ 、 $Z_{i,t-3}$ 為上述定義的三個工具變數， μ_i 為迴歸式誤差項。

為了解決球賽間相關不獨立的問題，同一支球隊的不同比賽是彼此相關的，沒有考慮到這點會造成估計的標準誤偏誤，而影響到係數的顯著性。因此，本文後續的估計結果表包含 OLS、工具變數的主要迴歸式和第一階段皆對球隊進行集群 (cluster) 的穩固性處理。

4. 實證結果



4.1 三分球出手對投籃犯規影響的 OLS 分析結果

表二的第一欄和第三欄為方程式(2)的主場和客場使用 OLS 的估計結果。可以看到我們關心的主要變數三分球出手比例係數為負的，並且具有統計上的顯著性，代表無論主場還是客場，三分球出手比例和投籃被犯規次數都是具有顯著的負相關。同時，我們控制半場的球星數量、該半場的起始分差以及球隊和球季虛擬變數，在 3.1 節有說明控制這些變數的原因。主場為半場 10ppt 的出手比例增加會減少 0.08 次的投籃被犯規數。客場為半場 10ppt 的出手比例增加會減少 0.07 次的投籃被犯規數。OLS 的估計結果可能有遺漏變數的問題而造成係數的高估或低估，在控制了球隊虛擬變數後，三分球比例的變動可能來自於對手的防守策略，擅長防守三分球的球隊可能是比較擅長防守的球隊，因而不容易做出犯規的動作，造成三分球出手比例和投籃犯規數同時下降，造成係數被高估；也有可能是球隊中擅長三分球的球員受傷，而減少了三分球的出手，增加高個子的禁區球員上場時間，而不擅長投籃的高個子會讓對手增加對其投籃犯規的意願，因為罰球命中率較低，造成三分球出手比例下降和投籃犯規數上升，造成係數被低估。因為上述提及的原因，單純使用 OLS 做係數的估計會有偏誤的情形。

4.2 三分球出手對投籃犯規影響的 IV (工具變數)分析結果

表二的第二欄和第四欄為使用工具變數的估計結果。可以發現係數絕對值大小較 OLS 的估計結果大許多，可能原因為工具變數法所估計到的是局部的因果關係，是第一階段高度相關的群體的局部效果。由此可知，第一階段高度相關的球隊是三分球出手比例變化較大的球隊，受到前場比賽的手感影響而調整出手選擇的球隊；相反地，一些穩定大量出手三分球的球隊或是捨棄三分球出手的球隊則不在此範圍內。在 4.1 節也有提及 OLS 估計可能的高估或低估原因，造成估計結果和工具變數的結果有落差。此外，可以看到三分球出手比例係數也是負的，客場具有統計顯著性，主場則沒有發現顯著的影響。可能原因為客場球隊出手較不容易獲得裁判犯規的吹判，因而透過減少三分球的出手，增加禁區或中距離的攻擊會顯著地增加被犯規次數；相反地，主場球隊可能在三分線的出手也會得到犯規，因此不同出手選擇之間得到犯規的機會沒有很大的差距造成抵換關係。主場為半

場 10ppt 的出手比例增加會減少 0.26 次的投籃被犯規數。客場為半場 10ppt 的出手比例增加會減少 0.42 次的投籃被犯規數。我們的工具變數第一階段是高度相關的，符合 Staiger and Stock (1997) 提出 Weak IV 的 F-stat 大於 10 的標準。第一階段的結果符合我們對於前幾場三分球命中率和這場比賽三分球出手比例高度相關的期待。表三為第一階段的估計結果，可以看到工具變數當中，越前面的場次和本場比賽的三分球出手比例關聯性越小，且係數都是正的符合我們前面的假說。前幾場比賽三分球越準的球隊，可能因為球隊中三分球好手的手感較好，傾向在本場比賽也出手較多三分球，且這個關聯性會隨著和本場比賽間隔的時間越久而遞減。

表 二

三分球出手對投籃犯規影響估計結果

投籃犯規	主場球隊		客場球隊	
	OLS	IV	OLS	IV
三分球出手比例	-0.8322*** (0.2013)	-2.6182 (1.8032)	-0.7103*** (0.1905)	-4.2165** (1.9851)
球星數量	0.0898*** (0.0447)	0.1062** (0.0448)	0.0393*** (0.0378)	0.0793* (0.0440)
起始分差	-0.0184*** (0.0016)	-0.0181*** (0.0016)	-0.0302*** (0.0020)	-0.0311*** (0.0022)
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes
F-stat		41.6		23.8
N	43,614	43,614	43,642	43,642

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

表 三

三分球出手對投籃犯規影響(第一階段)

三分球出手比例	主場球隊	客場球隊
前一場三分球命中率	0.0393*** (0.0039)	0.0387*** (0.0051)
前二場三分球命中率	0.0313*** (0.0040)	0.0309*** (0.0048)
前三場三分球命中率	0.0261*** (0.0061)	0.0239*** (0.0040)
球星數量	yes	yes
起始分差	yes	yes
球隊虛擬變數	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes
F-stat	41.6	23.8
N	43,614	43,642

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

表 四

工具變數 — 上下半場

投籃犯規	主場球隊		客場球隊	
	上半場	下半場	上半場	下半場
三分球出手比例	-2.8617 (1.9437)	-2.1241 (2.5365)	-4.7204 (2.8765)	-3.8142** (1.9026)
球星數量	0.1199** (0.0513)	0.1046** (0.0454)	0.0960* (0.0492)	0.0543 (0.0519)
起始分差	0 (omitted)	-0.0228*** (0.0016)	0 (omitted)	-0.0254*** (0.0014)
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes
F-stat	36	19.9	16	25.7
N	21,803	21,811	21,819	21,823

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

表 五



工具變數 — 上下半場(第一階段)				
三分球出手比例	主場球隊		客場球隊	
	上半場	下半場	上半場	下半場
前一場三分球命中率	0.0490*** (0.0051)	0.0299*** (0.0043)	0.0382*** (0.0062)	0.0392*** (0.0054)
前二場三分球命中率	0.0369*** (0.0048)	0.0260*** (0.0049)	0.0294*** (0.0062)	0.0323*** (0.0058)
前三場三分球命中率	0.0263*** (0.0060)	0.0260*** (0.0076)	0.0259*** (0.0046)	0.0216*** (0.0052)
球星數量	yes	yes	yes	yes
起始分差	yes	yes	yes	yes
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes
F-stat	36	19.9	16	25.7
N	21,803	21,811	21,819	21,823

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

本文進一步使用工具變數分析，三分球出手比例減少投籃被犯規次數的現象在上半場和下半場是否有不同的現象。分析結果如表四所示，在客場的球隊，下半場有顯著的效果。上半場為 10ppt 的出手比例增加會減少 0.47 次的投籃被犯規數，下半場為 10ppt 的出手比例增加會減少 0.38 次的投籃被犯規數。原因可能為下半場裁判吹罰較多犯規，因而下半場在客場球隊體力下滑，三分球命中率下滑的情況，採取更多切入上籃或中距離選擇，以得到犯規而罰球的機會。此外，表四中，我們發現在主場三分球出手比例對投籃犯規就沒有顯著的效果，也和表二的結果相呼應，客場相較主場有較顯著的效果。由表五的第一階段估計結果，可以看到前幾場比賽的三分球命中率和本場比賽的三分球出手數為正相關且隨時間間隔遞減，符合我們的預期結果。

表六



	主場球隊			客場球隊		
	前10隊	中間10隊	後10隊	前10隊	中間10隊	後10隊
投籃犯規						
三分球出手比例	5.4572 (5.6056)	-4.9483 (4.1356)	-3.5632 (3.7196)	-11.0528*** (4.0364)	-10.0410* (5.8634)	1.0381 (3.8005)
球星數量	0.0909** (0.0437)	0.1061 (0.0678)	0.0908 (0.0734)	0.1101** (0.0494)	0.0822 (0.0594)	0.0121 (0.0631)
起始分差	-0.0147*** (0.0033)	-0.0202*** (0.0026)	-0.0222*** (0.0031)	-0.0284*** (0.0025)	-0.0333*** (0.0035)	-0.0331*** (0.0038)
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes	yes	yes
F-stat	8.7	8.8	19.3	3.7	13.7	16.4
N	14,586	14,588	14,440	14,619	14,607	14,416

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

表七

	主場球隊			客場球隊		
	前10隊	中間10隊	後10隊	前10隊	中間10隊	後10隊
三分球出手比例						
前一場三分球命中率	0.0189*** (0.0048)	0.0314*** (0.0076)	0.0300*** (0.0067)	0.0299*** (0.0101)	0.0307*** (0.0059)	0.0233*** (0.0044)
前二場三分球命中率	0.0165** (0.0067)	0.0264*** (0.0072)	0.0195*** (0.0038)	0.0235*** (0.0082)	0.0132** (0.0070)	0.0182*** (0.0047)
前三場三分球命中率	0.0163** (0.0072)	0.0089 (0.0058)	0.0230*** (0.0061)	0.0112 (0.0079)	0.0185*** (0.0059)	0.0077* (0.0044)
球星數量	yes	yes	yes	yes	yes	yes
起始分差	yes	yes	yes	yes	yes	yes
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes	yes	yes
F-stat	8.7	8.8	19.3	3.7	13.7	16.4
N	14,586	14,588	14,440	14,619	14,607	14,416

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

除了將資料分成上下半場分析以外，我們參考 Boheim et al (2019) 的分析，進一步將球隊按照三分球出手比例分成出手比例高、中、低三組，再分別對它們進行估計。出手比例高的球隊為該球季三分球出手比例位在前三分之一的球隊，出手比例低的球隊為該球季三分球出手比例位在後三分之一的球隊，其他則為三分球出手比例中的球隊。分析結果如表六所呈現的，客場球隊在三分球出手比例前三分之一和中間三分之一的球隊有顯著的負

向效果，但前三分之一的球隊不具有足夠的一階相關（F-stat > 10），是 Weak IV。可能原因為三分球出手比例本來就比較高和低的球隊，其每場比賽的三分球出手比例變化不大，出手比例高的球隊可能隊上三分球射手比較多，因此固定每一場比賽都出手較高比例的三分球；反之，出手比例低的球隊可能隊上以中鋒、前鋒為主，因此固定每一場比賽都出手較低比例的三分球，而沒有足夠的變異性造成強力的一階相關或是顯著影響。出手比例中的客場球隊則為半場 10ppt 的出手比例增加會減少 1 次的投籃被犯規數。主場球隊則沒有發現顯著的影響，和前面的結論一致。由表七的第一階段估計結果，可以看到前幾場比賽的三分球命中率和本場比賽的三分球出手數為正相關且隨時間間隔遞減，符合我們的預期結果。

表 八

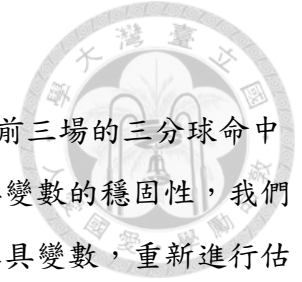
	工具變數 — 強隊和弱隊			
	主場球隊		客場球隊	
	強隊	弱隊	強隊	弱隊
投籃犯規				
三分球出手比例	-1.1391 (2.7178)	-3.0882 (2.4004)	-4.1917 (2.8911)	-4.7515* (2.5574)
球星數量	0.1062* (0.0561)	0.1160 (0.0778)	0.0780 (0.0485)	0.0758 (0.0704)
起始分差	-0.0090*** (0.0018)	-0.0307*** (0.0027)	-0.0252*** (0.0020)	-0.0389*** (0.0030)
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes
F-stat	9.9	31.6	11.4	15.7
N	23,363	20,251	23,409	20,233

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

最後，我們再將球隊分成該球季有進季後賽的強隊和沒有進季後賽的弱隊，分別使用工具變數法進行估計。可以看到結果如表八所示。在弱隊的客場有顯著的效果，大約為半場 10ppt 的出手比例增加會減少 0.48 次的投籃被犯規次數。可能原因為弱隊較依賴三分球的命中率決定比賽勝負，也就是隊上戰術可變化性較低，三分球表現好的時候就大量出手，反之則減少出手，因此三分球出手比例的變化性較高。強隊則是將三分球出手視為眾多選擇中的一種，配合執行的戰術，每場比賽出手的三分球數較固定。主場球隊一樣沒有顯著效果，和前面的結論一致。

5. 穩固性檢查



在 3.2 節，我們使用連續的工具變數，也就是前一場、前兩場和前三場的三分球命中率，納入到模型中進行兩階段的最小平方法估計。為了測試這些工具變數的穩固性，我們嘗試加入主客場虛擬變數和前一場、前兩場、前三場的交叉項當作工具變數，重新進行估計。前一場比賽為主場或客場可能會對這場比賽的三分球出手比例有不同影響，前一場比賽若為主場且有好的三分球表現，這場比賽在客場可能因為場地不熟悉而減少三分球出手，儘管球隊三分球手感很好；反之，前一場比賽若在客場，這場比賽也在客場，可能會延續上一場的戰術而維持或增加三分球出手的比例。

加入的工具變數定義如下：

$$Home_{t-1} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \text{ 前一場比賽是否在主場,}$$

$$Home_{t-2} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \text{ 前兩場比賽是否在主場,}$$

$$Home_{t-3} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \text{ 前三場比賽是否在主場,}$$

$$Z_{i,t-1} * Home_{t-1}, \text{ 前一場三分球命中率和是否在主場的交叉項,}$$

$$Z_{i,t-2} * Home_{t-2}, \text{ 前兩場三分球命中率和是否在主場的交叉項,}$$

$$Z_{i,t-3} * Home_{t-3}, \text{ 前三場三分球命中率和是否在主場的交叉項}$$

附錄一到三為加入新的工具變數重新進行估計的結果。可以看到結果和使用單純連續的工具變數大致一致，除了三分球出手比例的估計係數有大小上的差異；不過，客場仍然較主場顯著，上半場仍然較下半場顯著。透過比較不同工具變數的估計結果，我們有足夠信心認為這個工具變數符合穩固的外生性條件。

表 九



三分球出手比例對近框出手比例影響估計結果

	主場球隊	客場球隊
近框出手比例	IV	IV
三分球出手比例	-0.4315*** (0.0894)	-0.4318*** (0.1005)
球星數量	-0.0054* (0.0031)	-0.0044* (0.0440)
起始分差	-0.0008*** (0.0001)	-0.0009*** (0.0001)
球隊虛擬變數	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes
F-stat	41.6	23.8
N	43,614	43,642
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		資料來源：本研究整理

表 十

三分球出手比例對中距離出手比例影響估計結果

	主場球隊	客場球隊
中距離出手比例	IV	IV
三分球出手比例	-0.5685*** (0.0894)	-0.5682*** (0.1005)
球星數量	0.0054* (0.0031)	0.0044* (0.0023)
起始分差	0.0008*** (0.0001)	0.0009*** (0.0001)
球隊虛擬變數	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes
F-stat	41.6	23.8
N	43,614	43,642
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		資料來源：本研究整理

6. 延伸與結論



6.1 經濟顯著性和延伸

根據第 4 節的分析結果，可以看到整體而言客場為 10ppt 的出手比例增加會顯著減少 0.42 次的投籃被犯規次數。這樣的影響感覺很小，不過考量到客場平均一場比賽也不過 4.8 次投籃犯規，這樣的影響在關鍵賽事中是有足夠影響力的。接著，我們再細分球賽成上下半場，客場球隊在上半場為 10ppt 的出手比例增加會減少 0.47 次的投籃被犯規次數，下半場為 10ppt 的出手比例增加會顯著減少 0.38 次的投籃被犯規次數，客場球隊可以利用在下半場體力下滑、三分球命中率降低的時候，增加其他出手選擇的比例以獲取更多犯規而罰球的機會。出手比例高的客場球隊為 10ppt 的出手比例增加會減少 1.1 次的投籃被犯規次數，出手比例中的客場球隊則為 10ppt 的出手比例增加會減少 1 次的投籃被犯規次數。最後，我們將球隊分成有進入季後賽的強隊和沒有進入季後賽的弱隊，得到在弱隊的客場有顯著的效果，10ppt 的出手比例增加會減少 0.48 次的投籃被犯規次數。

由上述的結論，我們不禁好奇，球隊如果增加三分球的出手比例，什麼出手選擇被犧牲掉了。由表九和表十可以看到，增加 10ppt 的三分球出手比例，會減少 4.3ppt 的近框投籃出手比例以及 5.7ppt 的中距離投籃出手比例⁵。這現象可以解釋為球員對其三分球的出手較有信心時，可能會較少出手中距離，因為中距離是期望值最低的選擇，而部分犧牲掉近框投籃的機會，但因為近框投籃身體的碰撞機會較高，裁判較容易吹判犯規，因此不是主要被犧牲掉的出手選擇。

6.2 總結

本文主要使用 OLS 和工具變數法跑二階最小平方迴歸模型，二階最小平方迴歸模型結果顯示在客場球隊有顯著的因果關係，三分球出手比例顯著地影響投籃犯規數，此結果表示球隊在主客場對於出手可以有不同的選擇和戰術搭配，客場球隊可以適度地選擇三分球以外的出手來獲取更多罰球機會。二階最小平方迴歸模型和 OLS 的估計結果在係數的絕對值上有滿大的差異，OLS 估計的係數明顯小許多，顯示二階最小平方迴歸模型估計

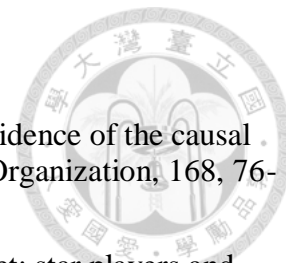
⁵ 近框投籃為距離籃框 0 到 10 英尺的出手選擇，中距離投籃則為距離籃框 10 英尺到三分線的出手選擇

到的可能為局部效果。因此，我們進一步把資料切分成上下半場後，發現客場球隊在下半場有顯著的因果關係，此結果也符合我們預期，下半場是球賽競爭較激烈的時候，也是出手選擇更為重要，關鍵性地影響球隊的利益。最後，我們根據三分球出手比例和強弱隊來分組，發現出手比例適中的球隊和弱隊有顯著的效果，顯示工具變數法所估計到的效果為特定群組的局部效果。

本文使用的數據為常規賽季的資料，沒有使用季後賽的資料，主要原因是季後賽的資料筆數不夠大，使用工具變數不足以產生夠強的第一階段相關性。此外，本文主要以一場球賽為單位進行估計，之後的研究可以嘗試使用一場球賽中球員個人的數據進行估計，資料筆數會較多，也許足夠產生夠強的第一階段相關性。季後賽的每一場比賽重要性都遠高於常規賽，因此它也更具有研究的價值。

雖然本文分析的是籃球場上的出手選擇，但結果可以延伸到其他種球類運動，進而讓教練思考不同策略當中的利益取捨，不會一味地追求其他球隊或現今最流行、最成功的方式，而找到符合自己球隊的最佳戰術。

參考文獻



- Böheim, R., Grübl, D., & Lackner, M. (2019). Choking under pressure—Evidence of the causal effect of audience size on performance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 168, 76-93.
- Caudill, S. B., Mixon JR, F. G., & Wallace, S. (2014). Life on the red carpet: star players and referee bias in the national basketball association. *International Journal of the Economics of Business*, 21(2), 245-253.
- Chang, W., Ran, M., & Smith, G. (2021). The Impacts of Home-Court Advantage in the NBA.
- Courneya, K. S., & Carron, A. V. (1992). The home advantage in sport competitions: a literature review. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 14(1).
- Dohmen, Thomas J. “ ” *Economic Inquiry* 46, no. 3 (September 2008): 411-424.
- Downward, Paul, Marc Jones “Effects of crowd size on referee decisions: Analysis of the FA Cup.” *Journal of Sports Sciences* 25, no. 14 (December 2007): 1541-1545.
- Epting, K.L., Riggs, K.N., Knowles, J.D., Hanky, J.J., 2011. Cheers vs. jeers: effects of audience feedback on individual athletic performance. *North Am. J. Psychol.* 13, 299–312.
- Harris, A. R., & Roebber, P. J. (2019). NBA team home advantage: Identifying key factors using an artificial neural network. *PloS one*, 14(7), e0220630.
- Jones, M. B. (2007). Home advantage in the NBA as a game-long process. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 3(4).
- Kleibergen, F., & Paap, R. (2006). Generalized reduced rank tests using the singular value decomposition. *Journal of econometrics*, 133(1), 97-126.
- Leota, J., Hoffman, D., Mascaro, L., Czeisler, M. É., Nash, K., Drummond, S., ... & Facer-Childs, E. (2021). Home is where the hustle is: The influence of crowds on effort and home advantage in the National Basketball Association. Available at SSRN 3898283.
- Nevill, Alan M, Nigel J Balmer, and A Mark Williams. “The Influence of Crowd Noise and Experience Upon Refereeing Decisions in Football” *Psychology of Sport and Exercise* 3, no. 4 (October 2002): 261-72
- Pedowitz, L. B. (2008). Report to the board of governors of the National Basketball Association. Wachtell, Lipton, Rosen & Katz.
- Ribeiro, H. V., Mukherjee, S., & Zeng, X. H. T. (2016). The advantage of playing home in NBA: Microscopic, team-specific and evolving features. *PloS one*, 11(3), e0152440.
- Stefani, R. (2008). Measurement and interpretation of home advantage. *Statistical thinking in sports*, 203-216.
- Steenland, K., & Deddens, J. A. (1997). Effect of travel and rest on performance of professional basketball players. *Sleep*, 20(5), 366-369.

Taylor, S.E., Seeman, T.E., Eisenberger, N.I., Kozanian, T.A., Moore, A.N., Moons, W.G., 2010. Effects of a supportive or an unsupportive audience on biological and psychological responses to stress. *J. Pers. Soc. Psychol.* 98 (1), 47.



附錄

表 十一



三分球出手對投籃犯規影響估計結果(兩個IV)

投籃犯規	主場球隊		客場球隊	
	IV(無交乘)	IV(有交乘)	IV(無交乘)	IV(有交乘)
三分球出手比例	-2.6182 (1.8032)	-2.7536 (1.8116)	-4.2165** (1.9851)	-4.2162** (1.9833)
球星數量	0.1062** (0.0448)	0.1075** (0.0445)	0.0793* (0.0440)	0.0793* (0.0439)
起始分差	-0.0181*** (0.0016)	-0.0181*** (0.0016)	-0.0311*** (0.0022)	-0.0311*** (0.0021)
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes
F-stat	41.6	25.3	23.8	10.3
N	43,614	43,614	43,642	43,642

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

表 十二

工具變數(有交乘) — 上下半場

投籃犯規	主場球隊		客場球隊	
	上半場	下半場	上半場	下半場
三分球出手比例	-3.3820* (1.9432)	-1.7533 (2.4297)	-2.8363 (2.6186)	-3.5661* (1.9258)
球星數量	0.1255** (0.0510)	0.1015** (0.0449)	0.0763 (0.0492)	0.0514 (0.0524)
起始分差	0 (omitted)	-0.0228*** (0.0015)	0 (omitted)	-0.0254*** (0.0014)
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes
F-stat	16.9	9.5	7.5	10.4
N	21,803	21,811	21,819	21,823

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理

表 十三



工具變數(有交乘) — 三分出手次數多和少的球隊

	主場球隊			客場球隊		
	前10隊	中間10隊	後10隊	前10隊	中間10隊	後10隊
投籃犯規	4.4966	-2.1869	-4.4293	-7.8238**	-10.3103*	-1.2272
三分球出手比例	(5.4426)	(4.6393)	(3.8011)	(3.5737)	(5.5306)	(3.7523)
球星數量	0.0909**	0.1078	0.0923	0.1035**	0.083	0.0227
	(0.0434)	(0.0691)	(0.0730)	(0.0436)	(0.0583)	(0.0631)
起始分差	-0.0146***	-0.0202***	-0.0223***	-0.0281***	-0.0335***	-0.0344***
	(0.0032)	(0.0025)	(0.0032)	(0.0022)	(0.0034)	(0.0039)
球隊虛擬變數	yes	yes	yes	yes	yes	yes
球季虛擬變數	yes	yes	yes	yes	yes	yes
F-stat	5.2	5.2	9.2	3.4	6.9	11.4
N	14,586	14,588	14,440	14,619	14,607	14,416

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

資料來源：本研究整理