分析 NBA 各隊伍是否存在主場優勢

組員: 顏語 吳琲昕 陳奕杰 張晁維 陳梓霆

壹、緒論

平常就有在關注 NBA 的例行賽事，最近衛冕軍金州勇士隊於客場苦吞十連敗，卻在其主場贏得八連勝。大眾普遍認為在實力相當的情況下，主場的隊伍會有更高的機率取勝，勇士隊在本季例行賽中，如此懸殊的差距讓我們感到非常詫異，並好奇是否真的是因為主場優勢，才使勇士隊拿下勝利。

主場優勢的定義為，在有主客場的比賽中，主場勝率超過五成的現象，並主要受到群眾、旅行、熟悉度和規則影響。(Courneya amp; Carron, 1992) 我們將在此報告中客觀探討 NBA 主場優勢的存在與否，並且進一步量化主場及其相關因素（如：對比賽場地的熟悉度、觀眾的呼聲、裁判判決的公平性、罰球數）在比賽得分上所造成的影響，判斷真正影響主場優勢的因素為何。

貳、文獻回顧

2.1 觀眾呼聲

a. Enrique Alonso曾針對疫情對歐洲職籃主客場隊伍勝率做實證研究，使用Wilcoxon和Mann-Whitney U測試，透過疫情前和疫情比賽之間的主場勝率差，來識別主場優勢，並指出實力較差的隊伍更受主場優勢的影響。
b. Kai Fischer和Justus Haucap將上座率作為主場優勢的關鍵要素，於2019至2020年期間，德國足球聯賽曾出現沒有觀眾的「ghost games」，並發現一級聯賽的主場優勢確實減少，而二、三級則沒有變化，因此判定，對於經常出現低上座率的隊伍而言，較不受主場優勢的變化影響。

2.2 裁判判決的公平性

a. 利用裁判判決數據的資料：https://www.oddsshark.com/nba/referee-handicapping-statistics
主要會使用到’ Home Wins’, ‘Home Losses’, ‘Away Wins’, ‘Away Losses’, ‘Home Fouls’, and ‘Away Fouls’ 這幾筆變數資料，分析此變數實際影響比賽的程度。

2.3 主場優勢

a. Austin R. Harris在"NBA team home advantage: Identifying key factors using an artificial neural network"的研究方法指出定義主場優勢有多種方式，對於頻率較高的資料，point differential為有效的方式；對頻率較低的資料，win share為有效的方式。最常見的定義為

$$Home\ Advantage := \frac{Home\ Wins}{Total\ Games\ Played}$$

然而其缺點為當分母較小時，可能因分子差值波動而過於敏感。因此他提出了下列等式

$$Home\ Advantage := \left(\frac{Home\ Wins - Away\ Wins}{Total\ Games\ Played}\right)$$

參、研究資料與方法

3.1 研究期間及資料選擇

本研究採用針對NBA的30支球隊作為研究對象，研究的樣本期間為2013至2022年，近10年之panel data。我們將分析各年度例行賽球隊主場勝率與各項比賽數據的線性回歸關係，另外再加入上座率（觀賽人數/座位數）等變數，以此觀察對主場勝率的影響。此外，由於裁判對於比賽的影響重大，因此透過主隊的罰球數作為判罰次數的代理變數，判斷裁判的判決是否也會影響主場優勢的形成。

我們將建立模型並觀察 (1) 觀眾的影響（上座率） (2) 裁判判決經驗（罰球數）這兩個因素是否會對球隊表現，也就是主場勝率造成影響，以此，將在3.2節描述此模型的設計以及變數。

3.2 模型設計：

a. 各變數代號與對應之定義：

變數代號	變數定義
PTS	得分差

WL_HOME	主場是否獲勝(虛擬變數)
TEAM	隊伍(虛擬變數)
ATTENDENCE	觀眾人數
DISTANCE	客場、主場球隊各自主場館距離
ALT_DIFF	客場、主場球隊各自主場館海拔差
ACROSS	是否跨越時區(虛擬變數)
FG_PC	整體命中率差
FT_PCT	罰球命中率差
AST	助攻數差
REB	籃板數差
OP_AWAY_WIN	對手球隊之客場勝率
FTA	罰球次數
AVG.PTS	平均得分差
AVG.WL_HOME	主場獲勝率
AVG.ATTENDENCE	平均觀眾人數
AVG.DISTANCE	平均客場、主場球隊各自主場館距離
AVG.ALT_DIFF	平均客場、主場球隊各自主場館海拔差
AVG.OP_AWAY_WIN	平均對手球對於客場勝率
AVG.FTA	平均罰球次數
AVG.FG_PCT	平均整體命中率差
AVG.FT_PCT	平均罰球命中率差
AVG.AST	平均助攻數差
AVG.REB	平均籃板數差

b. 隊伍代號

ATL	亞特蘭大老鷹
BKN	布魯克林籃網
BOS	波士頓塞爾蒂克
CHA	夏洛特黃蜂
CHI	芝加哥公牛
CLE	克里夫蘭騎士
DAL	達拉斯獨行俠
DEN	丹佛金塊
DET	底特律活塞
GSW	金洲勇士
HOU	休士頓火箭
IND	印第安那溜馬
LAC	洛杉磯快艇
LAL	洛杉磯湖人
MEM	曼斐斯公熊
MIA	邁阿密熱火
MIL	密爾瓦基公鹿
MIN	明尼蘇打灰狼
NOP	紐澳良鵜鶘
NYK	紐約尼克
OKC	奧克拉荷馬雷霆
ORL	奧蘭多魔術
PHI	費城76人

PHX	鳳凰城太陽
POR	波特蘭拓荒者
SAC	沙加緬度國王
SAS	聖安東尼奧馬刺
TOR	多倫多暴龍
UTA	猶他爵士
WAS	華盛頓巫師

系列一：NBA各隊主場優勢

模型型式: LSDV model

變數足標: i: 不同比賽場次; t: 不同季度

變數分類:

基礎變數	各隊所對應之虛擬變數
地理相關變數	觀眾人數、客場主場球隊各自主場館距離、客場、主場球隊各自主場館海拔差、是否跨越時區(虛擬變數)
比賽參數	整體命中率差、罰球命中率差、助攻數差、籃板數差、對手球隊之客場勝率、罰球次數

模型一: 以各隊伍之虛擬變數分析得分差

$$PTS_{it} = \beta_0 + \beta_i(Team_i) + \varepsilon_{it}$$

模型二: 以各隊伍之虛擬變數分析勝率

$$wl\_home_{it} = \beta_0 + \beta_i(Team_i) + \varepsilon_{it}$$

模型三: 以各隊伍之虛擬變數與顯著之地理相關變數分析得分差

$$PTS_{it} = \beta_0 + \beta_1(attendence_{it}) + \beta_i(Team_i) + \varepsilon_{it}$$

模型四: 以各隊伍之虛擬變數與顯著之地理相關變數分析勝率

$$wl\_home_{it} = \beta_0 + \beta_1(attendence_{it}) + \beta_2(distance_{it}) + \beta_i(Team_i) + \varepsilon_{it}$$

模型五: 以各隊伍之虛擬變數與顯著之比賽相關變數分析得分差

$$PTS_{it} = \beta_0 + \beta_1(fg\_pct_{it}) + \beta_2(ft\_pct_{it}) + \beta_3(ast_{it}) + \beta_4(reb) + \beta_5(fta_{it}) + \beta_6(op\_away\_win_{it}) + \beta_7(attendence_{it}) + \beta_8(fta_{it} * attendence) + \beta_i(team_i) + \varepsilon_{it}$$

模型六: 以各隊伍之虛擬變數與顯著之比賽相關變數分析勝率

$$wl\_home_{it} = \beta_0 + \beta_1(fg\_pct_{it}) + \beta_2(ft\_pct_{it}) + \beta_3(ast_{it}) + \beta_4(reb) + \beta_5(fta_{it}) + \beta_6(op\_away\_win_{it}) + \beta_i(team_i) + \varepsilon_{it}$$

系列二：平均主場優勢：將各個隊伍的比賽表現取季平均，觀察不同季度下的表現

模型型式: Fixed-Effect model, Random Effect model

變數足標: i: 不同隊伍; t: 不同季度

模型七: 以地理相關變數、比賽相關變數均值分析平均得分差 (Fixed-Effect model)

$$\overline{pts_{it}} = \beta_{0_i} + \beta_1\left(\overline{fgpct_{it}}\right) + \beta_2\left(\overline{ftpct_{it}}\right) + \beta_3\left(\overline{ast_{it}}\right) + \beta_4\left(\overline{reb}\right) + \beta_5\left(\overline{Attendence_{it}}\right) + \beta_6\left(\overline{Distance_{it}}\right) + \beta_7\left(\overline{Alt\_diff_{it}}\right) + \beta_8\left(\overline{Op\_away\_win_{it}}\right) + \beta_9\left(\overline{Fta_{it}}\right) + \varepsilon_{it}$$

模型八: 以地理相關變數、比賽相關變數均值分析平均勝率 (Fixed-Effect model)

$$\overline{wl\_home_{it}} = \beta_{0_i} + \beta_1\left(\overline{fgpct_{it}}\right) + \beta_2\left(\overline{ftpct_{it}}\right) + \beta_3\left(\overline{ast_{it}}\right) + \beta_4\left(\overline{reb}\right) + \beta_5\left(\overline{Attendence_{it}}\right) + \beta_6\left(\overline{Distance_{it}}\right) + \beta_7\left(\overline{Alt\_diff_{it}}\right) + \beta_8\left(\overline{Op\_away\_win_{it}}\right) + \beta_9\left(\overline{Fta_{it}}\right) + \varepsilon_{it}$$

模型九: 以地理相關變數、比賽相關變數均值分析平均得分差 (Random Effect model)

$$\overline{pts_{it}} = \beta_{0_i} + \beta_1(\overline{fgpct_{it}}) + \beta_2(\overline{ftpct_{it}}) + \beta_3(\overline{ast_{it}}) + \beta_4(\overline{reb}) + \beta_5(\overline{Attendence_{it}}) + \beta_6(\overline{Distance_{it}}) + \beta_7(\overline{Alt\_diff_{it}}) + \beta_8(\overline{Op\_away\_win_{it}}) + \beta_9(\overline{Fta_{it}}) + \varepsilon_{it}$$

模型十: 以地理相關變數、比賽相關變數均值分析平均勝率 (Random Effect model)

$$\overline{wl\_home_{it}} = \beta_{0_i} + \beta_1(\overline{fgpct_{it}}) + \beta_2(\overline{ftpct_{it}}) + \beta_3(\overline{ast_{it}}) + \beta_4(\overline{reb}) + \beta_5(\overline{Attendence_{it}}) + \beta_6(\overline{Distance_{it}}) + \beta_7(\overline{Alt\_diff_{it}}) + \beta_8(\overline{Op\_away\_win_{it}}) + \beta_9(\overline{Fta_{it}}) + \varepsilon_{it}$$

肆、實證研究

以下均使用95%顯著性作為假設檢定之依據。以下數據及Forward Selection過程詳見 https://drive.google.com/drive/folders/1YWW2QEX_rGS5o5HlpO4rOmkDRo5MXQHq?usp=sharing

系列一: base group 為 ALT。

模型一:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	2.6646	1.1361 – 4.1930	0.001

team abbreviation home [BKN]	-2.9193	-5.0774 – -0.7612	0.008
team abbreviation home [BOS]	1.5053	-0.6529 – 3.6634	0.172
team abbreviation home [CHA]	-1.2013	-3.3680 – 0.9654	0.277
team abbreviation home [CHI]	-2.1804	-4.3419 – -0.0189	0.048
team abbreviation home [CLE]	-1.4539	-3.6120 – 0.7042	0.187
team abbreviation home [DAL]	0.5698	-1.5849 – 2.7246	0.604
team abbreviation home [DEN]	0.4765	-1.6799 – 2.6329	0.665
team abbreviation home [DET]	-2.6677	-4.8310 – -0.5045	0.016
team abbreviation home [GSW]	5.9335	3.7720 – 8.0951	<0.001
team abbreviation home [HOU]	0.2757	-1.8824 – 2.4338	0.802
team abbreviation home [IND]	1.4046	-0.7535 – 3.5627	0.202
team abbreviation home [LAC]	4.4078	2.2497 – 6.5659	<0.001

team abbreviation home [LAL]	-3.7434	-5.9032 – -1.5836	0.001
team abbreviation home [MEM]	0.1191	-2.0373 – 2.2756	0.914
team abbreviation home [MIA]	1.1090	-1.0491 – 3.2671	0.314
team abbreviation home [MIL]	1.2660	-0.8938 – 3.4259	0.251
team abbreviation home [MIN]	-3.0531	-5.2180 – -0.8881	0.006
team abbreviation home [NOP]	-1.6363	-3.7944 – 0.5219	0.137
team abbreviation home [NYK]	-5.2931	-7.4564 – -3.1299	<0.001
team abbreviation home [OKC]	0.3856	-1.7708 – 2.5420	0.726
team abbreviation home [ORL]	-5.3964	-7.5562 – -3.2366	<0.001
team abbreviation home [PHI]	-2.8633	-5.0231 – -0.7035	0.009
team abbreviation home [PHX]	-0.9075	-3.0606 – 1.2455	0.409
team abbreviation home [POR]	1.1593	-0.9988 – 3.3175	0.292

team abbreviation home [SAC]	-4.2860	-6.4458 – -2.1262	<0.001
team abbreviation home [SAS]	3.2943	1.1328 – 5.4558	0.003
team abbreviation home [TOR]	2.9361	0.7780 – 5.0942	0.008
team abbreviation home [UTA]	2.9916	0.8318 – 5.1514	0.007
team abbreviation home [WAS]	-0.7369	-2.8950 – 1.4212	0.503
Observations	9519		
R2 / R2 adjusted	0.037 / 0.034		

BKN	NYK
CHI	ORL
DET	PHI
GSW	SAC
LAC	SAS
LAL	TOR
MIN	UTA

(表格中為參數具顯著性之隊伍代號)

模型二:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	0.6076	0.5537 – 0.6615	<0.001
team abbreviation home [BKN]	-0.0887	-0.1648 – -0.0127	0.022
team abbreviation home [BOS]	0.0150	-0.0610 – 0.0911	0.698
team abbreviation home [CHA]	-0.0613	-0.1376 – 0.0151	0.116
team abbreviation home [CHI]	-0.0696	-0.1458 – 0.0065	0.073
team abbreviation home [CLE]	-0.0541	-0.1302 – 0.0219	0.163
team abbreviation home [DAL]	-0.0107	-0.0867 – 0.0652	0.782
team abbreviation home [DEN]	-0.0151	-0.0911 – 0.0609	0.697

team abbreviation home [DET]	-0.1378	-0.2140 – -0.0615	<0.001
team abbreviation home [GSW]	0.1361	0.0599 – 0.2122	<0.001
team abbreviation home [HOU]	-0.0070	-0.0830 – 0.0691	0.858
team abbreviation home [IND]	0.0088	-0.0673 – 0.0848	0.821
team abbreviation home [LAC]	0.1031	0.0270 – 0.1791	0.008
team abbreviation home [LAL]	-0.1533	-0.2294 – -0.0772	<0.001
team abbreviation home [MEM]	0.0100	-0.0660 – 0.0859	0.797
team abbreviation home [MIA]	0.0245	-0.0516 – 0.1005	0.528
team abbreviation home [MIL]	0.0075	-0.0686 – 0.0837	0.846
team abbreviation home [MIN]	-0.1649	-0.2412 – -0.0886	<0.001
team abbreviation home [NOP]	-0.0950	-0.1711 – -0.0190	0.014
team abbreviation home [NYK]	-0.2012	-0.2775 – -0.1250	<0.001

team abbreviation home [OKC]	0.0037	-0.0723 – 0.0797	0.924
team abbreviation home [ORL]	-0.1754	-0.2515 – -0.0993	<0.001
team abbreviation home [PHI]	-0.0997	-0.1758 – -0.0236	0.010
team abbreviation home [PHX]	-0.0936	-0.1694 – -0.0177	0.016
team abbreviation home [POR]	0.0402	-0.0358 – 0.1163	0.300
team abbreviation home [SAC]	-0.1596	-0.2358 – -0.0835	<0.001
team abbreviation home [SAS]	0.0791	0.0029 – 0.1553	0.042
team abbreviation home [TOR]	0.0559	-0.0201 – 0.1320	0.149
team abbreviation home [UTA]	0.0296	-0.0465 – 0.1057	0.445
team abbreviation home [WAS]	-0.0384	-0.1145 – 0.0376	0.322
Observations	9519		
R^2 / R^2 adjusted	0.029 / 0.026		

BKN	NYK

DET	ORL
GSW	PHI
LAC	PHX
LAL	SAC
MIN	SAS
NOP	-

(表格中為參數具顯著性之隊伍代號)

模型三:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*

(Intercept)	1.0053	-0.6540 – 2.6647	0.235
team abbreviation home [BKN]	-2.8843	-5.0398 – -0.7289	0.009
team abbreviation home [BOS]	1.3234	-0.8332 – 3.4800	0.229
team abbreviation home [CHA]	-1.2463	-3.4104 – 0.9177	0.259
team abbreviation home [CHI]	-2.6704	-4.8377 – -0.5031	0.016
team abbreviation home [CLE]	-1.7611	-3.9198 – 0.3977	0.110
team abbreviation home [DAL]	0.1768	-1.9808 – 2.3343	0.872
team abbreviation home [DEN]	0.4868	-1.6669 – 2.6405	0.658
team abbreviation home [DET]	-2.6162	-4.7768 – -0.4557	0.018
team abbreviation home [GSW]	5.6884	3.5274 – 7.8493	<0.001
team abbreviation home [HOU]	0.1543	-2.0016 – 2.3102	0.888
team abbreviation home [IND]	1.4147	-0.7407 – 3.5700	0.198

team abbreviation home [LAC]	4.1890	2.0319 – 6.3461	<0.001
team abbreviation home [LAL]	-4.0046	-6.1641 – -1.8450	<0.001
team abbreviation home [MEM]	0.1463	-2.0074 – 2.3001	0.894
team abbreviation home [MIA]	0.8019	-1.3569 – 2.9606	0.467
team abbreviation home [MIL]	1.3079	-0.8492 – 3.4651	0.235
team abbreviation home [MIN]	-2.9006	-5.0636 – -0.7376	0.009
team abbreviation home [NOP]	-1.6357	-3.7911 – 0.5197	0.137
team abbreviation home [NYK]	-5.6116	-7.7757 – -3.4475	<0.001
team abbreviation home [OKC]	0.3066	-1.8474 – 2.4605	0.780
team abbreviation home [ORL]	-5.4737	-7.6310 – -3.3164	<0.001
team abbreviation home [PHI]	-2.9176	-5.0748 – -0.7604	0.008
team abbreviation home [PHX]	-0.9046	-3.0550 – 1.2458	0.410

team abbreviation home [POR]	0.9435	-1.2136 – 3.1005	0.391
team abbreviation home [SAC]	-4.2867	-6.4437 – -2.1296	<0.001
team abbreviation home [SAS]	3.1561	0.9966 – 5.3155	0.004
team abbreviation home [TOR]	2.7532	0.5966 – 4.9097	0.012
team abbreviation home [UTA]	2.7376	0.5782 – 4.8970	0.013
team abbreviation home [WAS]	-0.7745	-2.9299 – 1.3810	0.481
attendence	0.0001	0.0001 – 0.0002	<0.001
Observations	9519		
R2 / R2 adjusted	0.040 / 0.037		

BKN	NYK
CHI	ORL
DET	PHI
GSW	SAC
LAC	SAS
LAL	TOR
MIN	UTA

(表格中為參數具顯著性之隊伍代號)

模型四:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	0.5824	0.5221 – 0.6426	<0.001
team abbreviation home [BKN]	-0.0848	-0.1608 – -0.0088	0.029
team abbreviation home [BOS]	0.0164	-0.0598 – 0.0926	0.673
team abbreviation home [CHA]	-0.0623	-0.1386 – 0.0140	0.109
team abbreviation home [CHI]	-0.0836	-0.1600 – -0.0072	0.032

team abbreviation home [CLE]	-0.0629	-0.1390 – 0.0132	0.105
team abbreviation home [DAL]	-0.0195	-0.0955 – 0.0566	0.616
team abbreviation home [DEN]	-0.0112	-0.0872 – 0.0648	0.772
team abbreviation home [DET]	-0.1378	-0.2139 – -0.0616	<0.001
team abbreviation home [GSW]	0.1432	0.0662 – 0.2202	<0.001
team abbreviation home [HOU]	-0.0076	-0.0836 – 0.0684	0.845
team abbreviation home [IND]	0.0070	-0.0690 – 0.0830	0.857
team abbreviation home [LAC]	0.1084	0.0318 – 0.1849	0.006
team abbreviation home [LAL]	-0.1489	-0.2256 – -0.0722	<0.001
team abbreviation home [MEM]	0.0111	-0.0648 – 0.0870	0.774
team abbreviation home [MIA]	0.0267	-0.0498 – 0.1033	0.494
team abbreviation home [MIL]	0.0077	-0.0683 – 0.0838	0.842

team abbreviation home [MIN]	-0.1513	-0.2280 – -0.0746	<0.001
team abbreviation home [NOP]	-0.0924	-0.1684 – -0.0164	0.017
team abbreviation home [NYK]	-0.2066	-0.2830 – -0.1303	<0.001
team abbreviation home [OKC]	0.0022	-0.0737 – 0.0781	0.954
team abbreviation home [ORL]	-0.1731	-0.2493 – -0.0970	<0.001
team abbreviation home [PHI]	-0.0990	-0.1750 – -0.0229	0.011
team abbreviation home [PHX]	-0.0863	-0.1624 – -0.0103	0.026
team abbreviation home [POR]	0.0499	-0.0272 – 0.1270	0.205
team abbreviation home [SAC]	-0.1566	-0.2327 – -0.0805	<0.001
team abbreviation home [SAS]	0.0879	0.0111 – 0.1647	0.025
team abbreviation home [TOR]	0.0558	-0.0203 – 0.1319	0.151
team abbreviation home [UTA]	0.0296	-0.0467 – 0.1059	0.447

team abbreviation home [WAS]	-0.0384	-0.1144 – 0.0376	0.322
attendence	0.0000	0.0000 – 0.0000	<0.001
distance	-0.0000	-0.0000 – -0.0000	0.019
Observations	9519		
R2 / R2 adjusted	0.031 / 0.028		

BKN	NOP
CHI	NYK
DET	ORL
GSW	PHI
LAC	PHX
LAL	SAC
MIN	SAS

(表格中為參數具顯著性之隊伍代號)

模型五:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	3.1886	2.2532 – 4.1240	<0.001
team abbreviation home [BKN]	-2.0586	-3.1243 – -0.9929	<0.001
team abbreviation home [BOS]	1.0774	0.0099 – 2.1449	0.048
team abbreviation home [CHA]	0.5021	-0.5688 – 1.5729	0.358
team abbreviation home [CHI]	-0.5929	-1.6670 – 0.4811	0.279
team abbreviation home [CLE]	0.0957	-0.9742 – 1.1657	0.861
team abbreviation home [DAL]	2.1749	1.1079 – 3.2418	<0.001
team abbreviation home [DEN]	0.1045	-0.9629 – 1.1720	0.848
team abbreviation home [DET]	1.4041	0.3318 – 2.4765	0.010

team abbreviation home [GSW]	0.5360	-0.5361 – 1.6081	0.327
team abbreviation home [HOU]	3.0664	1.9982 – 4.1347	<0.001
team abbreviation home [IND]	-0.1873	-1.2536 – 0.8790	0.731
team abbreviation home [LAC]	1.6964	0.6288 – 2.7640	0.002
team abbreviation home [LAL]	-0.2259	-1.2958 – 0.8441	0.679
team abbreviation home [MEM]	-0.0841	-1.1497 – 0.9816	0.877
team abbreviation home [MIA]	-0.6187	-1.6865 – 0.4491	0.256
team abbreviation home [MIL]	-0.2917	-1.3595 – 0.7762	0.592
team abbreviation home [MIN]	-0.5309	-1.6024 – 0.5405	0.331
team abbreviation home [NOP]	-0.8379	-1.9049 – 0.2291	0.124
team abbreviation home [NYK]	-1.0780	-2.1518 – -0.0041	0.049
team abbreviation home [OKC]	-0.0370	-1.1050 – 1.0309	0.946

team abbreviation home [ORL]	-1.5573	-2.6254 – -0.4891	0.004
team abbreviation home [PHI]	-0.5854	-1.6528 – 0.4821	0.282
team abbreviation home [PHX]	-0.0573	-1.1219 – 1.0073	0.916
team abbreviation home [POR]	1.5435	0.4751 – 2.6119	0.005
team abbreviation home [SAC]	-1.4560	-2.5240 – -0.3880	0.008
team abbreviation home [SAS]	-0.1428	-1.2113 – 0.9257	0.793
team abbreviation home [TOR]	3.0483	1.9798 – 4.1167	<0.001
team abbreviation home [UTA]	0.3390	-0.7319 – 1.4100	0.535
team abbreviation home [WAS]	-0.7311	-1.7969 – 0.3348	0.179
fg pct	103.0645	100.7251 – 105.4038	<0.001
ft pct	15.3789	14.4081 – 16.3497	<0.001
ast	0.5461	0.5197 – 0.5726	<0.001
reb	0.3043	0.2878 – 0.3208	<0.001

op away win	-7.8501	-8.8720 – -6.8281	<0.001
fta	0.2112	0.1705 – 0.2518	<0.001
attendence	0.0000	-0.0000 – 0.0000	0.274
fta × attendence	0.0000	0.0000 – 0.0000	0.034
Observations	9519		
R2 / R2 adjusted	0.766 / 0.765		

BKN	NYK
BOS	ORL
DAL	POR
DET	SAC
HOU	TOR
LAC	-

(表格中為參數具顯著性之隊伍代號)

模型六:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	0.6836	0.6408 – 0.7263	<0.001

team abbreviation home [BKN]	-0.0644	-0.1165 – -0.0122	0.016
team abbreviation home [BOS]	0.0219	-0.0303 – 0.0741	0.411
team abbreviation home [CHA]	-0.0246	-0.0770 – 0.0278	0.358
team abbreviation home [CHI]	-0.0152	-0.0675 – 0.0371	0.569
team abbreviation home [CLE]	-0.0129	-0.0651 – 0.0394	0.630
team abbreviation home [DAL]	0.0363	-0.0158 – 0.0884	0.172
team abbreviation home [DEN]	-0.0095	-0.0617 – 0.0427	0.721
team abbreviation home [DET]	-0.0197	-0.0722 – 0.0328	0.462
team abbreviation home [GSW]	0.0085	-0.0439 – 0.0609	0.751
team abbreviation home [HOU]	0.0534	0.0011 – 0.1057	0.045
team abbreviation home [IND]	-0.0297	-0.0819 – 0.0225	0.264
team abbreviation home [LAC]	0.0209	-0.0313 – 0.0731	0.433

team abbreviation home [LAL]	-0.0519	-0.1042 – 0.0004	0.052
team abbreviation home [MEM]	0.0160	-0.0362 – 0.0681	0.548
team abbreviation home [MIA]	-0.0254	-0.0775 – 0.0268	0.341
team abbreviation home [MIL]	-0.0391	-0.0914 – 0.0132	0.142
team abbreviation home [MIN]	-0.0997	-0.1522 – -0.0473	<0.001
team abbreviation home [NOP]	-0.0666	-0.1188 – -0.0144	0.012
team abbreviation home [NYK]	-0.0657	-0.1182 – -0.0133	0.014
team abbreviation home [OKC]	-0.0076	-0.0599 – 0.0446	0.775
team abbreviation home [ORL]	-0.0545	-0.1067 – -0.0022	0.041
team abbreviation home [PHI]	-0.0259	-0.0782 – 0.0263	0.331
team abbreviation home [PHX]	-0.0478	-0.0999 – 0.0043	0.072
team abbreviation home [POR]	0.0623	0.0101 – 0.1146	0.019

team abbreviation home [SAC]	-0.0799	-0.1322 – -0.0277	0.003
team abbreviation home [SAS]	-0.0173	-0.0696 – 0.0350	0.517
team abbreviation home [TOR]	0.0545	0.0023 – 0.1068	0.041
team abbreviation home [UTA]	-0.0455	-0.0979 – 0.0069	0.089
team abbreviation home [WAS]	-0.0286	-0.0807 – 0.0236	0.283
fg pct	3.1339	3.0194 – 3.2484	<0.001
ft pct	0.4791	0.4316 – 0.5266	<0.001
ast	0.0133	0.0120 – 0.0146	<0.001
reb	0.0070	0.0062 – 0.0078	<0.001
op away win	-0.3706	-0.4206 – -0.3206	<0.001
fta	0.0128	0.0120 – 0.0136	<0.001
Observations	9519		
R^2 / R^2 adjusted	0.544 / 0.542		

BKN	ORL
HOU	POR

MIN	SAC
NOP	TOR
NYK	-

(表格中為參數具顯著性之隊伍代號)

系列二:

模型七:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
ave fg pct	137.3240	117.5961 – 157.0520	<0.001
ave ft pct	17.5840	9.6050 – 25.5631	<0.001
ave ast	0.3495	0.1527 – 0.5463	0.001
ave reb	0.3398	0.2190 – 0.4606	<0.001
ave attendance thousands	0.0064	-0.0492 – 0.0619	0.822

ave distance thousands	3.0794	-2.4248 – 8.5836	0.271
ave alt diff	-0.0019	-0.0099 – 0.0062	0.649
ave fta	0.1881	0.0602 – 0.3160	0.004
ave op away win	-13.7848	-28.2603 – 0.6907	0.062
Observations	240		
R2 / R2 adjusted	0.844 / 0.815		

由上表可見，在Fixed-Effect model 下，與地理相關的變數與對手球隊於客場勝率對平均得分無關。

模型八:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
ave fg pct	4.8268	4.1447 – 5.5088	<0.001

ave ft pct	0.7878	0.5119 – 1.0636	<0.001
ave ast	0.0071	0.0003 – 0.0139	0.041
ave reb	0.0066	0.0025 – 0.0108	0.002
ave attendance thousands	-0.0011	-0.0030 – 0.0008	0.258
ave alt diff	-0.0001	-0.0003 – 0.0002	0.617
ave distance thousands	0.0929	-0.0974 – 0.2832	0.337
ave fta	0.0066	0.0022 – 0.0110	0.004
ave op away win	-0.7070	-1.2075 – -0.2066	0.006
Observations	240		
R^2 / R^2 adjusted	0.820 / 0.785		

由上表可見，在Fixed-Effect model 下，與地理相關的變數對平均得分無關。

模型九:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	4.7619	-1.8006 – 11.3244	0.154
ave fg pct	137.0278	119.0783 – 154.9774	<0.001
ave ft pct	18.0984	10.4415 – 25.7553	<0.001
ave ast	0.3404	0.1623 – 0.5185	<0.001
ave reb	0.3280	0.2150 – 0.4410	<0.001
ave attendance thousands	0.0075	-0.0462 – 0.0612	0.783
ave distance thousands	0.3174	-0.8260 – 1.4608	0.585
ave alt diff	-0.0001	-0.0007 – 0.0005	0.726
ave fta	0.2307	0.1137 – 0.3477	<0.001
ave op away win	-12.6774	-26.8027 – 1.4480	0.078
Observations	240		
R^2 / R^2 adjusted	0.839 / 0.833		

由上表可見，在Random Effect model 下，與地理相關的變數與對手球隊於客場勝率對勝率無關。除截距項外，顯著的變數均與Fixed-Effect model下相同。

模型十:

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	0.8050	0.5813 – 1.0288	<0.001
ave fg pct	4.7999	4.1889 – 5.4109	<0.001
ave ft pct	0.8075	0.5447 – 1.0704	<0.001
ave ast	0.0064	0.0004 – 0.0125	0.037
ave reb	0.0066	0.0028 – 0.0105	0.001
ave attendance thousands	-0.0010	-0.0028 – 0.0009	0.312
ave alt diff	-0.0000	-0.0000 – 0.0000	0.323
ave distance thousands	-0.0027	-0.0376 – 0.0322	0.880
ave fta	0.0081	0.0041 – 0.0120	<0.001
ave op away win	-0.6691	-1.1565 – -0.1818	0.007

Observations	240
R2 / R2 adjusted	0.817 / 0.809

由上表可見，在Random Effect model 下，與地理相關的變數對勝率無關。顯著的變數均與Fixed-Effect model下相同。

Hausman test:

a. 模型七與模型九:

```
        Hausman Test

data:  full_model1
chisq = 6.3547, df = 9, p-value = 0.704
alternative hypothesis: one model is inconsistent
```

檢定結果為拒絕H0，故應採用Random Effect model，即模型七。

b. 模型八與模型十:

```
        Hausman Test

data:  full_model2
chisq = 7.8623, df = 9, p-value = 0.5481
alternative hypothesis: one model is inconsistent
```

檢定結果為拒絕H0，故應採用Random Effect model，即採用模型八。

伍、總結

a. 系列一:

(i) 主場優勢確實存在於部分隊伍，且根據變數種類而有所不同。

(ii) 以分差或勝率而言，除隊伍外，觀眾數、罰球數差與對手球隊之客場勝率亦產生顯著影響。觀眾數的多寡可能會影響球員的心理，使主場球員打出更好的表現，同時也帶給客場球員壓力，讓客隊打得比較不好。罰球數代表裁判的判罰更偏袒主場隊伍，而造成裁判不公的原因可能是主場群眾對於裁判的心理壓力，這是一種從眾行為的心理，也就是人們的行為會不自覺受團體的影響。

(iii) 其中對手球隊客場勝率係數於系列一中的模型均為負值，亦即在客隊較強的情況下，對主場優勢不利。

b. 系列二:

(i) 在「平均主場優勢」模型中，地理條件的均不顯著，與LSDV模型的結論不同，而在各項地理條件中，海拔高度又比距離因素對主場優勢的影響更不顯著一些，p-value較大。
在將各主場隊伍的變數取季平均之後，比賽場地在地理條件的差異對主場優勢的貢獻變得不明顯，我們推測是由於將變數取季平均的同時，模型的自由度降低，才導致此結果，若將比賽的季度拉長，能更準確的觀察出具體地理位置在平均模型中的表現。

(ii) 就Hausman test的結果而言，應採用Random Effect model。

陸、參考資料

1. Impact of COVID-19 Pandemic on HOME Advantage in Different European Professional Basketball Leagues
https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/00315125211072483

2. 教育部運動大辭典: 主場優勢(home advantage)
https://sportspedia.perdc.ntnu.edu.tw/content.php?wid=468

3. Kai Fischer, Justus Haucap(Sep,2020), Does Crowd Support Drive the Home Advantage in Professional Soccer? Evidence from German Ghost Games during the COVID-19 Pandemic, CESifo *Working Paper No. 8549*
NBA team home advantage: Identifying key factors using an artificial neural network - PMC

4. 美國職業籃球主客場攻守數據表現差異之研究－以底特律活塞隊為例。洪鵬惠(2010)
https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22098DYU01121121%22.&searchmode=basic#XXX