

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

佳作

082811

體感遊戲應用於左右橫向運動訓練之評估

學校名稱：宜蘭縣宜蘭市光復國民小學

作者： 小六 許蔓妮 小六 林馥萱 小六 曹予凡 小六 薛宜捷	指導老師： 江宜秦 陳珮蓁
---	---------------------

關鍵詞：體感遊戲、橫向運動、加速度

摘要

「教育部108年施政計劃」文中提及了期望能夠培養學生健康規律的運動習慣並提升學生體適能的知能水準，這促使我們對運動體感遊戲與體適能關係的研究產生了興趣。我們設計了以Kinect體感器為主的橫向體感遊戲(正常型與AI型)，並以一年級到六年級國小學生為研究對象。經由程式修正與實驗探討，我們發現了球速與橫向移動加速度的線性關係，亦即學生橫向運動的加速度值越大，則學生在橫向體感遊戲中可以挑戰的球速越快；反之，加速度值越小，則可以挑戰的球速越慢。本研究有助於評估與建立低年級到高年級國小學生在橫向運動的體適能標準，並藉由體感遊戲系統來加強訓練學生的體適能，甚至進一步選拔出優秀運動能力的學生成為各項體育運動的菁英選手。

壹、研究動機

五年級下學期上到「肌肉、骨骼、關節和運動」時，老師引領我們從文字描述中探討動物運動的基本原理。動物在做各種動作時，都會牽動到肌肉、骨骼和關節(骨骼和骨骼連接的部位)。例如：低頭時，前側肌肉會收縮，後側肌肉會舒張；頭後仰時，後側肌肉收縮，前側肌肉舒張。比較複雜的動作，例如：投籃、游泳、跑步等，則需要多處的骨骼、肌肉和關節共同合作完成。

經過多方討論與設計體感遊戲，我們希望能結合體感動作及爆發力條件，將體感遊戲應用於左右橫向運動訓練之評估。此外，讓運動者可以了解自己橫向運動的極限，在運動安全範圍內，能夠進行適當的橫向運動，甚至經由此體感遊戲的加強訓練，而能進一步提升自身的橫向運動能力。

貳、研究目的

在本研究中，我們將橫向運動遊戲化，利用kinect感應運動像果來評估從低年級到高年級國小學生的橫向運動能力，期望能找出與橫向運動息息相關的影響參數，並藉由影響參數的推論來進行適當且安全的橫向運動。另外，除了正常型體感遊戲的設計與實驗，我們也設計了AI型體感遊戲。當受測者體驗正常橫向體感遊戲時，接球會比較規律容易，適合一般規律習慣的體適能運動，並從而瞭解小學生在橫向運動的體適能範圍與標準。而在經過著手修改程式與進行體感實驗的AI型運動體感遊戲中，我們增加了AI棒子來與受測者控制的棒子來對打，當球碰到遊戲畫面中的AI棒子時，會呈現不規律的 45° ~ 90° 反彈，受測者

接球會比較沒有規律且困難度大為增加，可用來提供更專業的橫向運動訓練，逐步提升受測者在橫向運動方面的水準與能力。

參、研究設備及器材

一、Kinect感測器(圖1)：Kinect一次可擷取三種東西，分別是彩色影像、3D深度影像、以及聲音訊號。首先是Kinect機身上有3顆鏡頭，中間的鏡頭是一般常見的RGB彩色攝影機，左右兩邊鏡頭則分別為紅外線發射器和紅外線CMOS攝影機所構成的3D深度感應器，Kinect主要就是靠3D深度感應器偵測玩家的動作。



圖1 Kinect感測器

二、電腦主機：安裝Windows 7系統與Scratch軟體以及自寫的左右橫向移動體感遊戲程式(圖2)



圖2 左右橫向移動的體感遊戲程式

三、收集加速度資料的手機：此手機安裝有左右橫向加速度感應系統的AccelView APP(圖3)，此APP可提供加速度資料分析(圖4，加速度是速度向量對於時間的變化率，描述速度的方向和大小變化的快慢。)

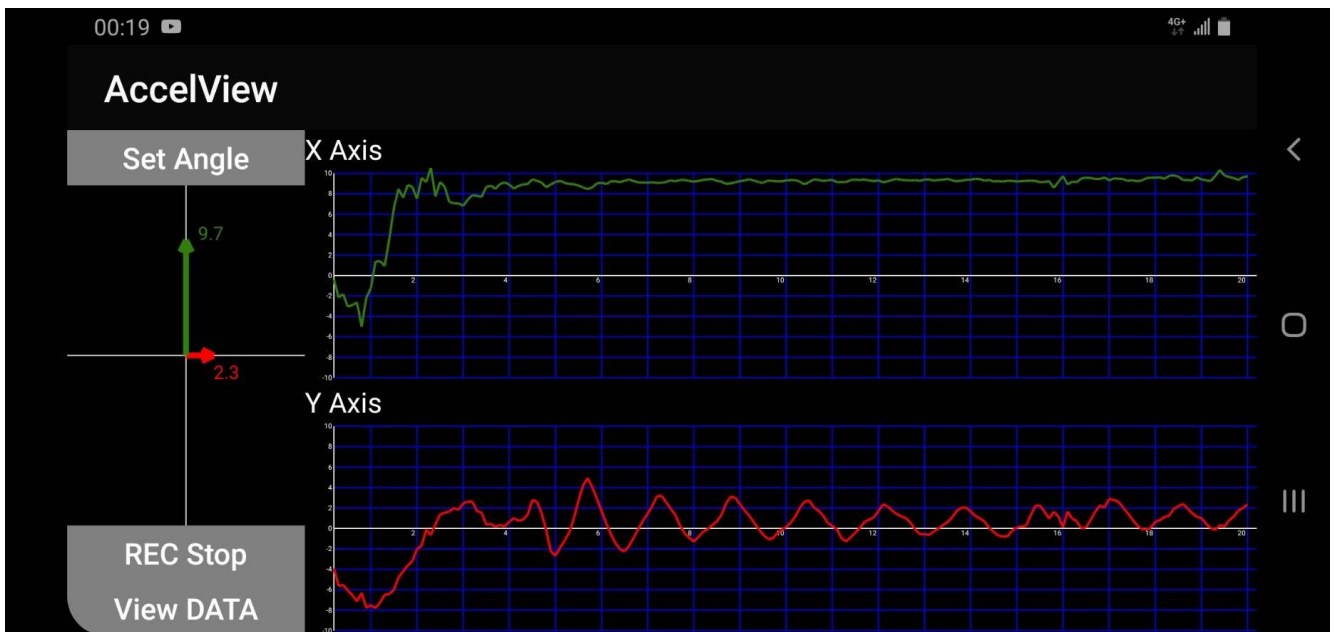


圖3 手機安裝有左右橫向加速度感應系統的AccelView APP(Y軸為左右橫向運動的加速度資料)

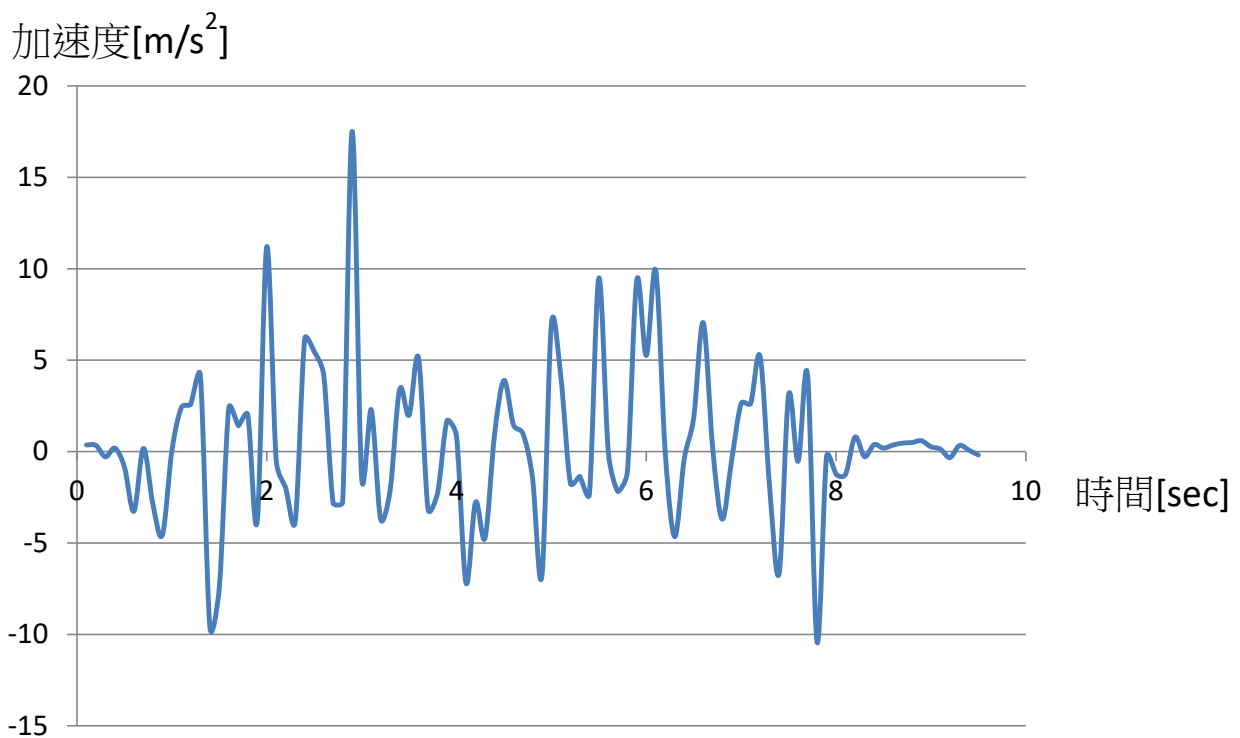


圖4 經由AccelView APP量測得到的橫向運動的加速度資料

四、測試人員：橫向運動體感遊戲由國小一年級到六年級學生來進行相關實驗與分析(圖5與圖6)。

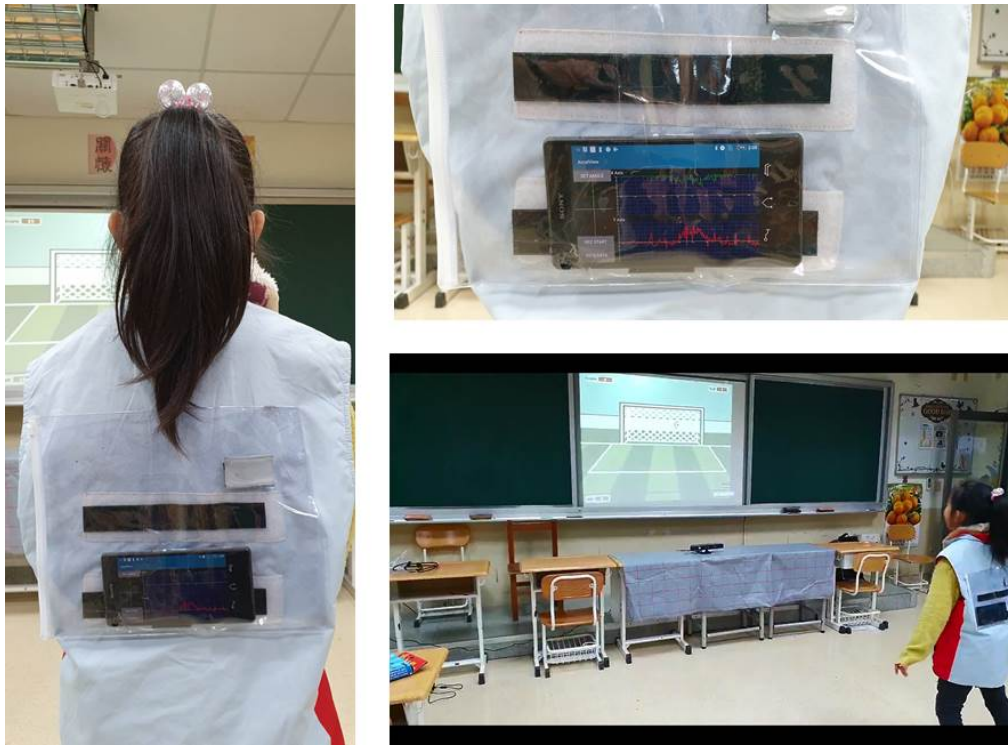


圖5 小學生進行橫向運動體感遊戲(一)



圖6 小學生進行橫向運動體感遊戲(二)

肆、研究過程與方法

一、研究架構圖

橫向運動研究架構如圖7所示，Kinect感測器連接到Scratch的橫向移動體感程式，當Kinect體感器偵測到受測者進行左右橫向移動時(偵測受測者的右手)，Scratch程式中的玩家棒子也會跟隨受測者左右移動來接球。另外，當受測者穿上運動背心，並將有加速度量測APP的手機固定置於運動背心後面。受測者在體感遊戲的感測範圍(4公尺)內進行橫向運動，從左到右後，再從右到左，總共4趟16公尺，手機內的加速度量測APP即可擷取受測者在橫向運動的加速度數值，其中包括了最大加速度。本研究架構主要有長短棒與球速量測實驗，橫向運動加速度量測實驗與正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗，之後可經由實驗結果來了解受測者橫向運動加速度值與體感遊戲中球速的關係。

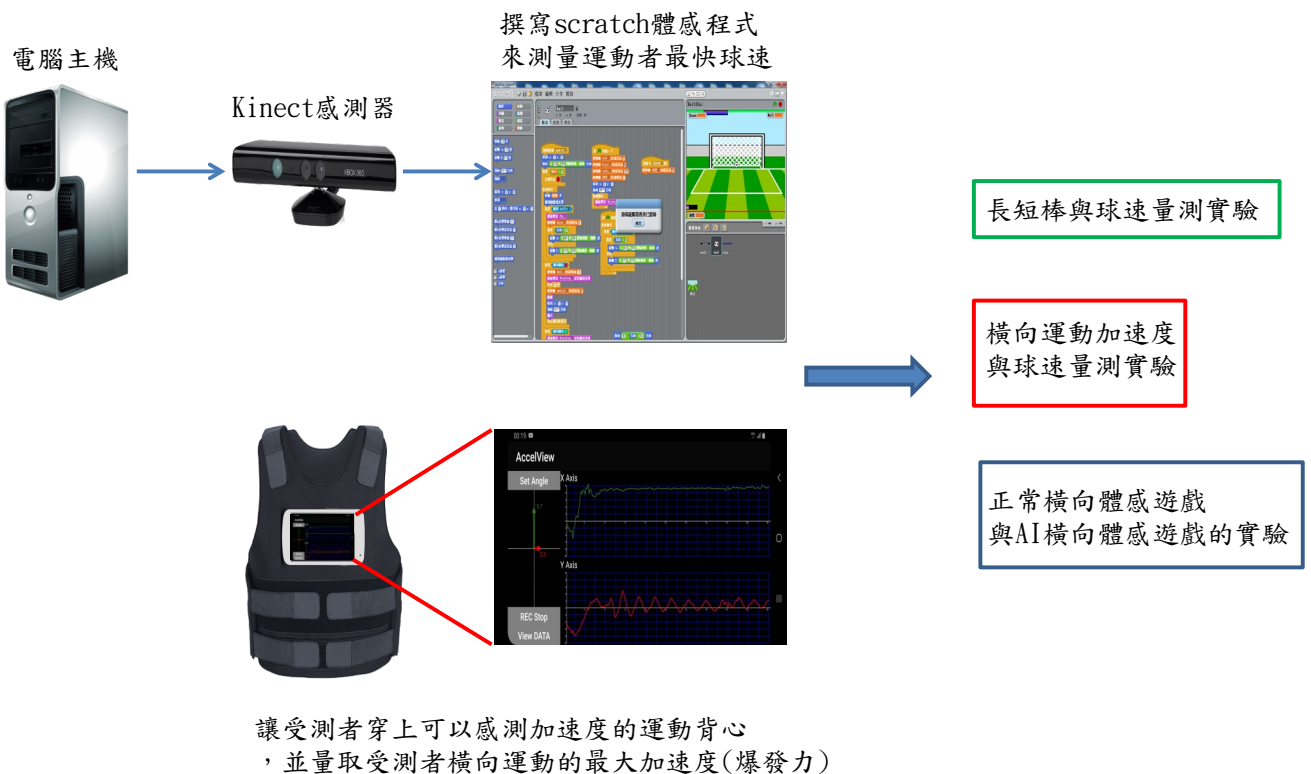


圖7 橫向運動實驗架構圖

二、確立研究方向：

(1)長短棒與球速量測實驗

運動體感遊戲的畫面如圖8所示，Kinect感測器與受測者的距離約為2.5~3公尺，而受測者的橫向運動距離約為3~3.5公尺。體感遊戲的棒子長短會直接影響到實驗數據，棒子太短，實驗者比較難以接到球；棒子過長，實驗者非常容易接到球，會導致實驗無意義。在實驗中，我們設計了可以調整6種棒子長度的程式，棒子長度分別為47 pixels ~ 186 pixels。透過長短棒與球速量測實驗，可以先行找出適合進行體感遊戲的棒子長度，以便繼續後面的體感實驗。

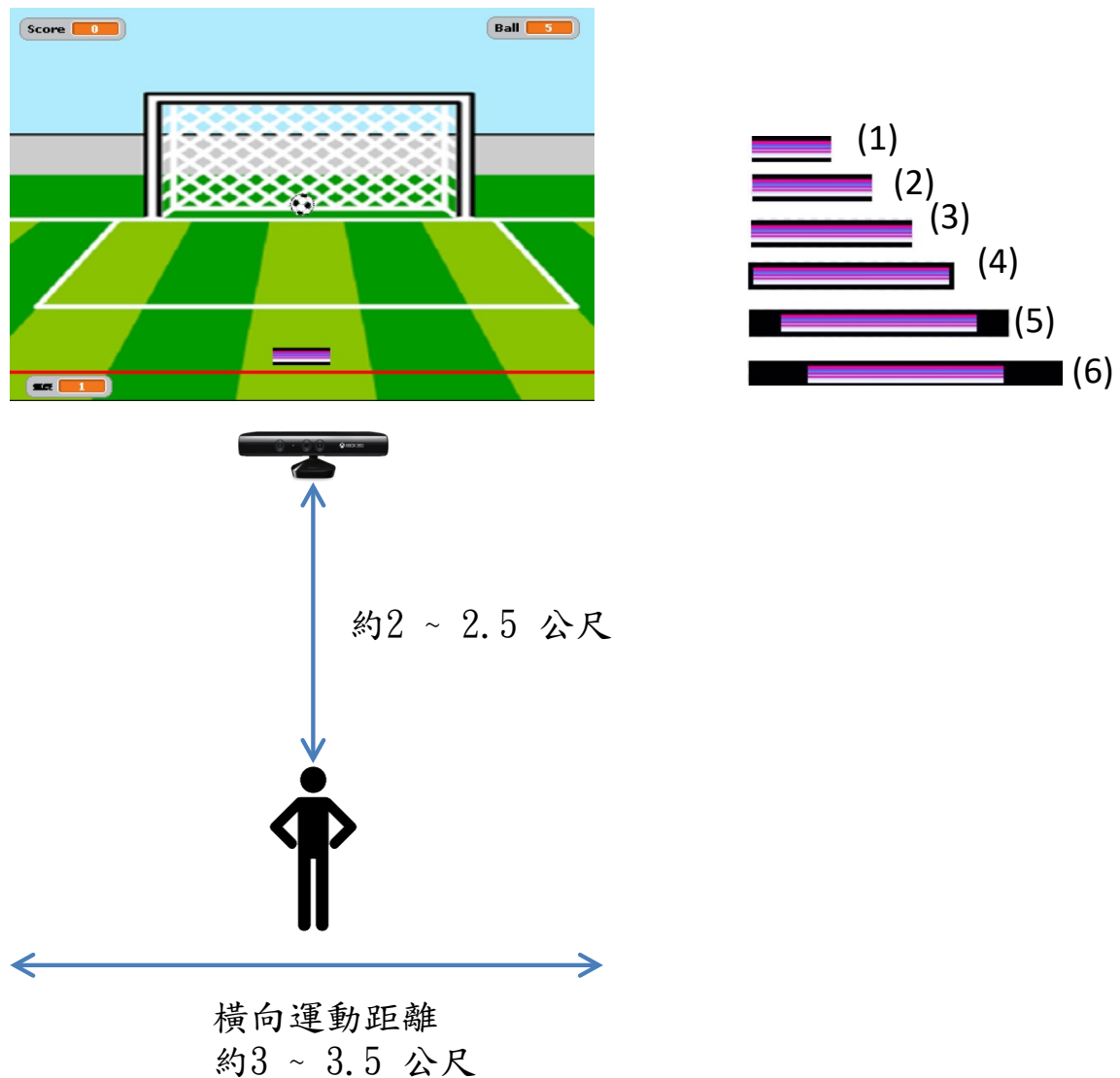


圖8 長短棒與球速量測實驗，棒子長度：(1) 47 pixels (2) 71 pixels (3) 96 pixels (4) 122 pixels (5) 154 pixels (6) 186 pixels

(2) 橫向運動加速度與球速量測實驗

橫向運動加速度的量測與身體爆發力有直接的關係(加速度測量例子如圖9與圖10，縱軸為加速度，橫軸為時間，每0.1秒量測一次加速度值)，肌肉爆發力強的身體，其橫向運動加速度的數值會比較大；反之，肌肉爆發力弱的身體，其橫向運動加速度的數值會比較小。在實驗中，我們可以找出每個受測者本身的橫向加速度值與球速值，並針對其最高球速與橫向加速度的數值來評估兩者的關係。

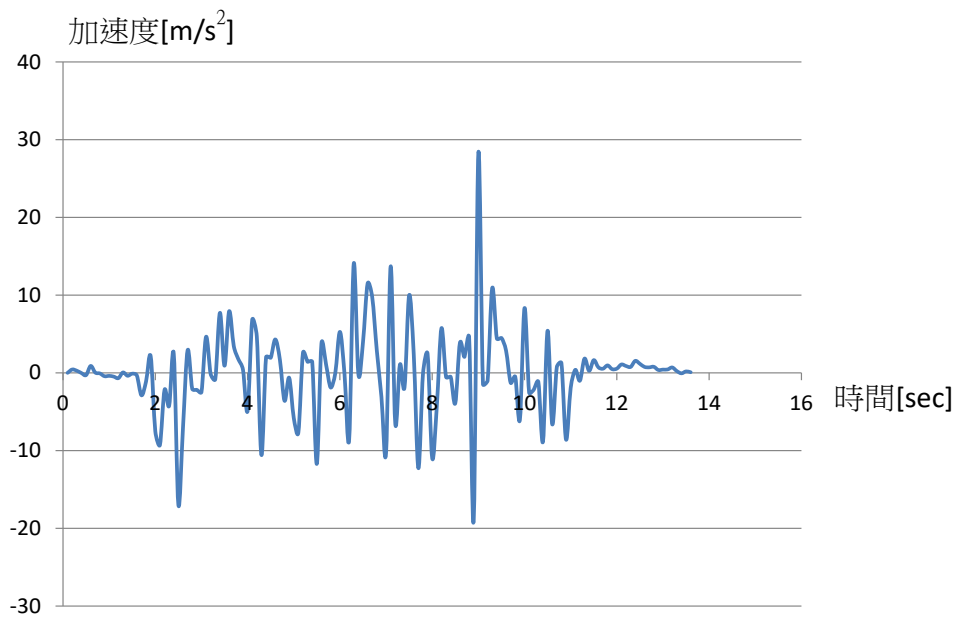


圖9 橫向運動加速度的量測(一)

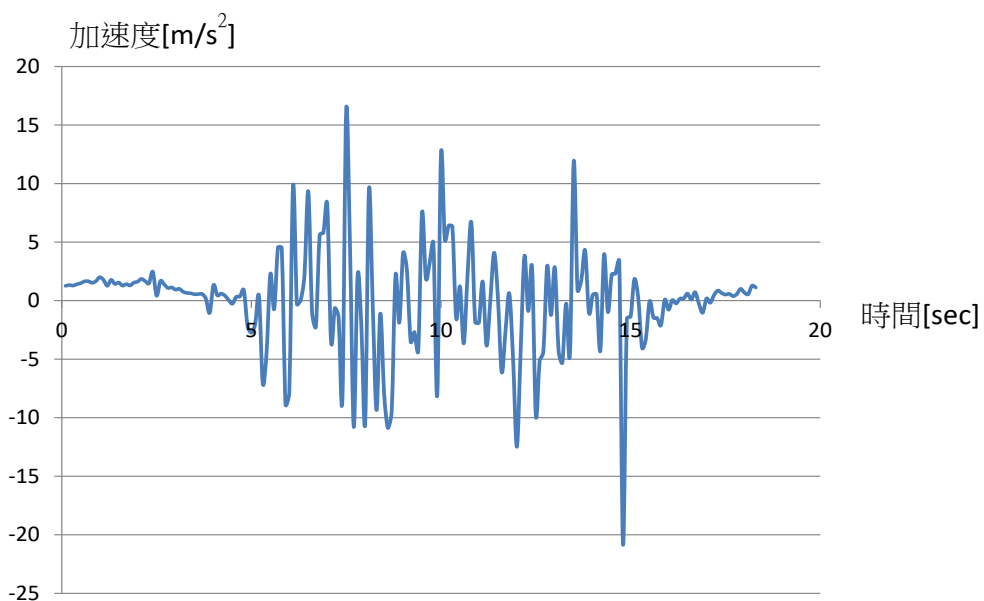


圖10 橫向運動加速度的量測(二)

(3)正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗

在正常體感遊戲中，當球碰到遊戲畫面中的三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現規律的反彈，也就是當受測者體驗正常橫向體感遊戲時，接球會比較規律容易。時間一久，受測者會對於體感遊戲出現規律性疲乏而失去興趣。因此，為了引起受測者的注意與提高遊戲興趣，我們著手進行程式的修改與實驗，增設了AI運動體感遊戲來提高困難度與挑戰性，也就是在體感遊戲中增加了AI棒子(118 pixels)來與受測者控制的棒子(122 pixels)對打。

伍、研究結果與討論

一、長短棒與球速量測實驗

(一) 想法

在橫向運動的體感遊戲中(圖8)，我們想了解受測者的球速是否會受到棒子長短(棒子長度為47 pixels ~ 186 pixels)的影響。

(二) 結果

受測者的球速判別的程序如下：

- (1)先評估受測者年齡、身高、體重後選擇較符合的球速。
- (2)受測者進行橫向運動，每次量測以接到三球為準，若無法接到三球，則調降球速；若可以接到三球，則調升球速。經過調降或調升球速後，我們將以受測者可以接到三球的最高球速為最高球速。舉例來說，若有小學三年級男生來進行量測實驗，我們預先評估他的球速約在9，但在進行橫向運動時，該男生無法順利接完三球(重複實驗三次)，於是便將球速降為7，經過實驗後，該男生可以順利接下三球(重複實驗三次)，於是我們再將球速提升為8後，該男生也可以順利接下三球(重複實驗三次)，該男生在橫向運動的最高球速就是8。

在長短棒與球速量測實驗中(圖8，受測者棒子長度122 pixels)，我們進行了一年級到六年級等24位國小學生的橫向運動實驗，結果如表1所示。

(三) 發現

根據實驗結果，我們發現棒子長度與球速有正向比例的關係。棒子越短，可以測試的

球速越低；棒子越長，可以測試的球速越高。表2為整理表1所得到的不同棒長與其平均球速，依據表2資料所呈現的資料轉換成圖11來分析。

(四) 討論

由實驗結果得知，棒子太短，實驗者比較難以接到球；棒子過長，實驗者非常容易接到球，會導致實驗無意義。在棒子長度為47 pixels ~ 186 pixels的實驗中，可以得到5.916666667~11.91666667的球速數值，若評估橫向運動的合適性，亦即不會太過簡單或太過困難，我們會建議受測者在橫向運動遊戲的棒子是採用122 pixels。

表1 在不同棒長47 pixels ~ 186 pixels的條件下，24名受測小學生所量得的球速

號碼	棒子長度	球速	棒子長度	球速	棒子長度	球速	棒子長度	球速	棒子長度	球速	棒子長度	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(Kg)
1	47 pixels	2	71 pixels	4	96 pixels	5	122pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	8	男	一	123.5	23.6
2	47 pixels	2	71 pixels	3	96 pixels	4	122pixels	5	154 pixels	6	186 pixels	8	男	一	116.9	20.8
3	47 pixels	2	71 pixels	3	96 pixels	4	122pixels	5	154 pixels	6	186 pixels	7	女	一	115.8	20.2
4	47 pixels	3	71 pixels	4	96 pixels	5	122pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	9	女	一	118.2	22.2
5	47 pixels	3	71 pixels	5	96 pixels	6	122pixels	7	154 pixels	8	186 pixels	10	男	二	128.8	26.9
6	47 pixels	3	71 pixels	4	96 pixels	5	122pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	9	男	二	129.3	27.5
7	47 pixels	3	71 pixels	4	96 pixels	5	122pixels	6	154 pixels	8	186 pixels	9	女	二	125.5	24.3
8	47 pixels	2	71 pixels	4	96 pixels	5	122pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	10	女	二	125.8	24.9
9	47 pixels	5	71 pixels	6	96 pixels	7	122pixels	8	154 pixels	9	186 pixels	11	男	三	130.5	28.8
10	47 pixels	4	71 pixels	5	96 pixels	6	122pixels	7	154 pixels	8	186 pixels	9	女	三	133.7	35.6
11	47 pixels	5	71 pixels	6	96 pixels	7	122pixels	8	154 pixels	9	186 pixels	10	男	三	128.5	27.2
12	47 pixels	4	71 pixels	5	96 pixels	6	122pixels	7	154 pixels	8	186 pixels	10	女	三	130.5	30.7
13	47 pixels	6	71 pixels	7	96 pixels	8	122pixels	9	154 pixels	10	186 pixels	12	男	四	140.2	41.5
14	47 pixels	6	71 pixels	7	96 pixels	8	122pixels	9	154 pixels	10	186 pixels	11	女	四	131.6	29.5
15	47 pixels	7	71 pixels	8	96 pixels	9	122pixels	10	154 pixels	11	186 pixels	13	男	四	139.2	39.7
16	47 pixels	7	71 pixels	9	96 pixels	10	122pixels	11	154 pixels	12	186 pixels	13	女	四	139.6	34.7
17	47 pixels	9	71 pixels	10	96 pixels	12	122pixels	13	154 pixels	14	186 pixels	15	男	五	141.2	42.3
18	47 pixels	10	71 pixels	11	96 pixels	12	122pixels	13	154 pixels	15	186 pixels	16	男	五	143.5	35.1
19	47 pixels	9	71 pixels	10	96 pixels	11	122pixels	12	154 pixels	14	186 pixels	15	女	五	147.2	45.6
20	47 pixels	10	71 pixels	11	96 pixels	12	122pixels	13	154 pixels	14	186 pixels	15	女	五	146.4	46.2
21	47 pixels	12	71 pixels	13	96 pixels	14	122pixels	15	154 pixels	16	186 pixels	18	男	六	148.7	40.8
22	47 pixels	10	71 pixels	12	96 pixels	13	122pixels	14	154 pixels	16	186 pixels	17	男	六	153.8	47.1
23	47 pixels	9	71 pixels	11	96 pixels	12	122pixels	13	154 pixels	14	186 pixels	15	女	六	152.7	45.3
24	47 pixels	9	71 pixels	10	96 pixels	12	122pixels	14	154 pixels	15	186 pixels	16	女	六	153.3	48.2

表2 在不同棒長47 pixels ~ 186 pixels的條件下，國小一年級到六年級學生量測到的平均球速

棒長(pixels)	球速
47	5.916666667
71	7.166666667
96	8.25
122	9.291666667
154	10.45833333
186	11.91666667

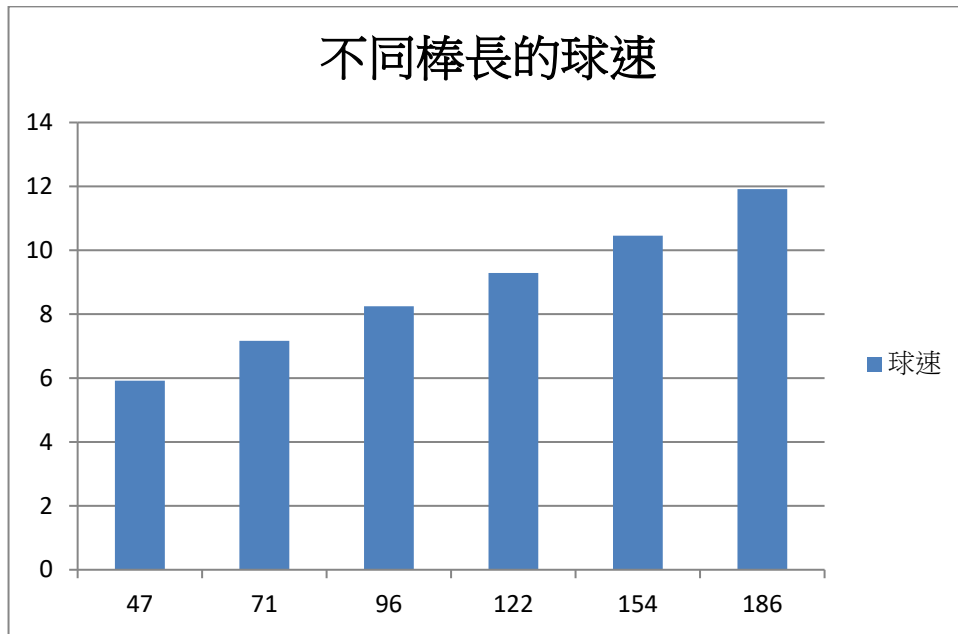


圖11 在不同棒長47 pixels ~ 186 pixels的條件下，國小一年級到六年級學生量測到的平均球速，棒子越長，平均球速越高，棒子越短，平均球速越低

二、橫向運動加速度與球速量測實驗

(一) 想法

在橫向運動的體感遊戲中，有些人可以很容易接到球，達到高球速；而有些人要接高速球卻很吃力，只能勉強接到較低球速。這種現象讓我們想更進一步了解受測者球速的高低主要是受到什麼因素的影響。體感遊戲的橫向運動模式讓人聯想到短跑選手的特性，舉例來說，在A選手領先B選手五十公尺的條件下同時起跑，但B選手卻逐漸的逼近A選手的距離，甚至超越A選手，這種運動現象就是爆發力的表現，也就是加速度。為了印證加速度(爆發力)的想法，我們針對受測者的橫向移動加速度與球速等數值來進行評估。

(二) 結果

受測者的橫向加速度判別與球速量測的程序如下：

1.橫向加速度量測：

- (1)受測者穿上運動背心。
- (2)將有加速度量測APP的手機固定置於運動背心後面。
- (3)受測者在體感遊戲的感測範圍(4公尺)內進行橫向運動，從左到右後，再從右到左，總共4趟16公尺，手機內的加速度量測APP即可擷取受測者在橫向運動的加速度數值，其中包括了最大加速度。

2.受測者球速判別：

受測者的球速判別的程序如下：

- (1)先評估受測者年齡、身高、體重後選擇較符合的球速。
- (2)受測者進行橫向運動，每次量測以接到三球為準，若無法接到三球，則調降球速；若可以接到三球，則調升球速。經過調降或調升球速後，我們將以受測者可以接到三球的最高球速為最高球速。舉例來說，若有小學三年級男生來進行量測實驗，我們預先評估他的球速約在9，但在進行橫向運動時，該男生無法順利接完三球(重複實驗三次)，於是便將球速降為7，經過實驗後，該男生可以順利接下三球(重複實驗三次)，於是我們再將球速提升為8後，該男生也可以順利接下三球(重複實驗三次)，該男生在橫向運動的最高球速就是8。

受限於體感遊戲的感測範圍，在4公尺的橫向移動範圍內(棒子長度122 pixels)，我們搭配手機APP來量測受測者在左右橫向運動的爆發力，亦即加速度，圖12為四位小學生在4公尺移動範圍內所做的橫向運動加速度測量(紅色圓圈為受測者進行橫向移動時的最大加速度)。在本實驗中(圖8，受測者棒子長度122 pixels)，總共有從一年級到六年級的140名小學生參與實驗，我們會量測140名受測者的加速度與球速來進行分析工作。

經由一連串的實驗量測與程式修正，一年級學生(男生11人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係如表3所示，平均加速度是 $12.47466667 \text{ m/s}^2$ ，平均球速是5.714285714；二年級學生(男生11人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係如表4所示，平均加速度是 $14.73290476 \text{ m/s}^2$ ，平均球速是6.238095238；三年級學生(男生17人，女生16人)的球速與橫向運動加速度的關係如表5所示，平均加速度是 16.268 m/s^2 ，平均球速是6.96969697；四年級學生(男生14人，女生11人)的球速與橫向運動加速度的關係如表6所示，平均加速度是 21.6998 m/s^2 ，平均球速是10.04；五年級學生(男生10人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係如表7所示，平均加速度是 30.18945 m/s^2 ，平均球速是13.3；六年級學生(男生10人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係如表8所示，平均加速度是 33.3479 m/s^2 ，平均球速是13.9；

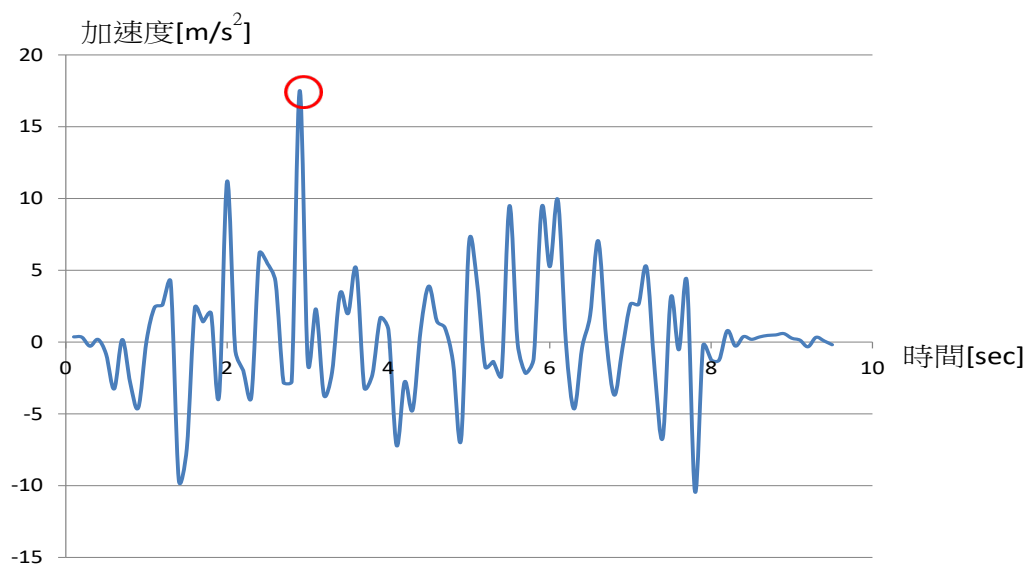
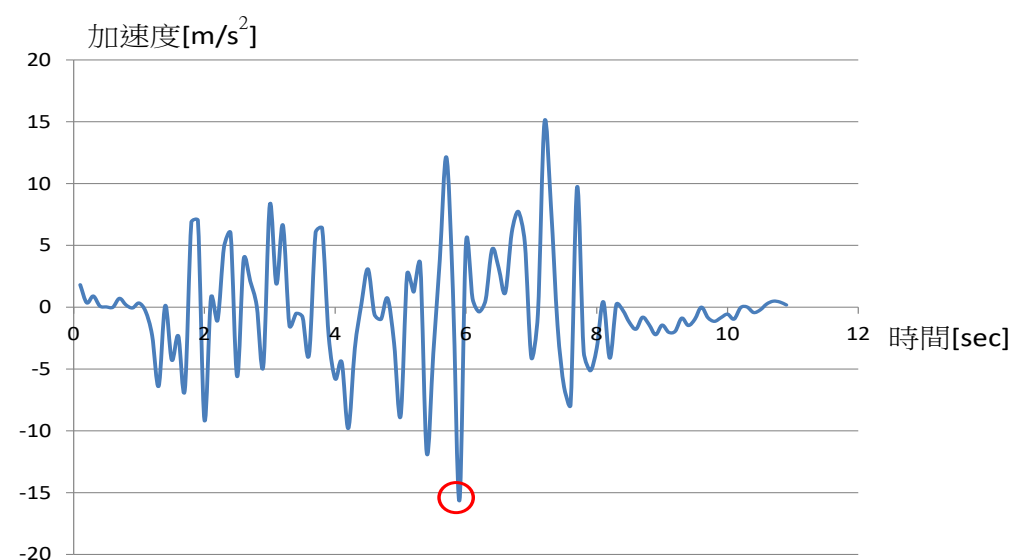
(三) 發現

全部年級的平均加速度如圖13，平均加速度值由一年級($12.47466667 \text{ m/s}^2$)往六年級(33.3479 m/s^2)逐漸增加；全部年級的平均球速如圖14，平均球速值也是由一年級(5.714285714)往六年級(13.9)逐漸增加。總計從一年級到六年級，全部140筆小學生的橫向移動實驗中，球

速與最大橫向移動加速度的線性關係為 $y=0.4151x+0.4521$ ($R^2=0.952$)，如圖15所示。

(四) 討論

在運動體感遊戲的實驗資料中，我們整理出球速與橫向移動加速度的線性關係。全部年級的平均加速度值由低年級往高年級逐漸增加，年級越高，運動力越強，爆發力也越強，所得到的平均加速度值越大；同樣地，全部年級的平均球速值也是由低年級往高年級逐漸增加，年級越高，運動力越強，爆發力也越強，所得到的平均球速值越大。在體感遊戲中，我們可以建立橫向運動的體適能標準，低年級(一二年級)的運動球速約在5~7之間，中年級(三四年級)的運動球速約在7~12，高年級(五六年級)的運動球速約在12~16之間。



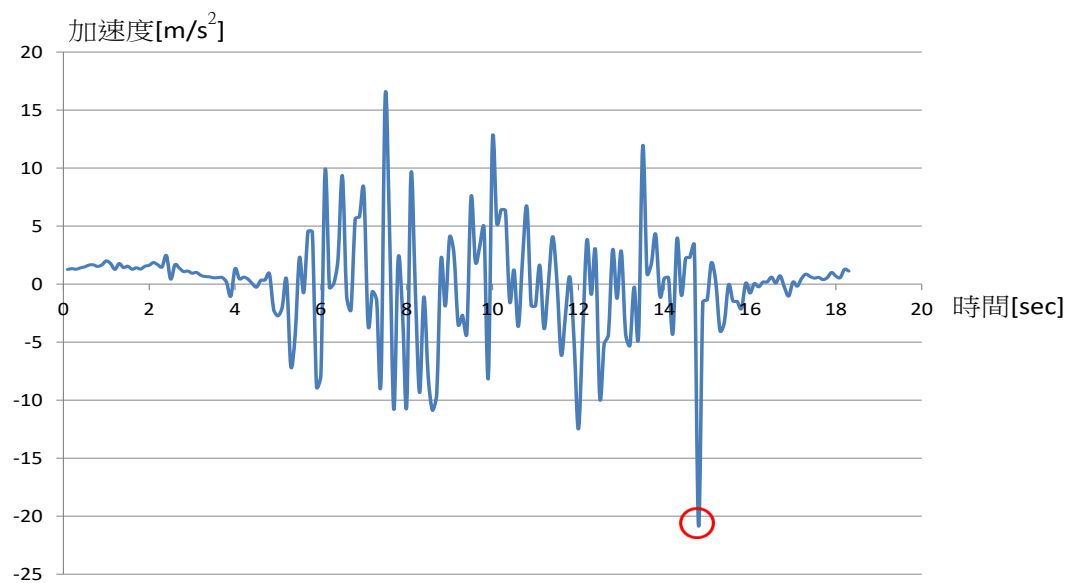
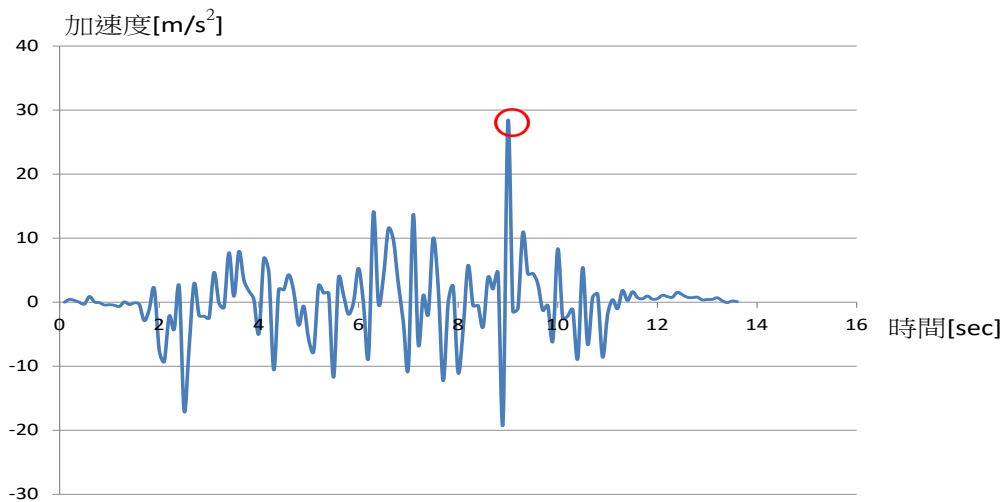


圖12 四位小學生在4公尺移動範圍內所做的橫向運動加速度測量(紅色圓圈為受測者進行橫向移動時的最大加速度)

表3 一年級學生(男生11人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係，平均加速度是12.47466667 m/s^2 ，平均球速是5.714285714

加速度(爆發力)	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
11.552	5	男	一	117.9	22.3
11.625	5	男	一	118.2	22.3
13.541	6	男	一	123.5	23.6
10.998	5	男	一	116.9	20.8
11.577	5	男	一	119.3	22.5
12.023	7	男	一	120.4	22.9
11.332	5	女	一	117.3	21.5
12.541	5	女	一	122.4	23.1
10.685	5	女	一	115.8	20.2

加速度(爆發力)	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
13.372	6	女	一	118.2	22.2
11.892	5	女	一	120.6	22.5
15.329	7	男	一	126.2	26.3
13.433	6	男	一	123.5	23.6
11.692	5	男	一	118.1	21.3
16.167	7	男	一	127.3	26.7
13.755	6	男	一	120.6	22.5
11.527	5	女	一	116.5	20.2
13.458	7	女	一	120.8	22.3
10.824	7	女	一	116.4	20.1
13.662	6	女	一	117.9	21.6
10.983	5	女	一	119.3	22.2

表4 二年級學生(男生11人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係，平均加速度是 $14.73290476 \text{ m/s}^2$ ，平均球速是 6.238095238

加速度(爆發力)	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
13.887	6	男	二	126.1	27.3
16.542	8	男	二	126.3	27.6
14.022	6	男	二	125.8	26.4
11.732	5	男	二	124.5	24.3
17.257	7	男	二	128.8	26.9
13.858	6	男	二	129.3	27.5
13.457	6	女	二	125.5	24.3
14.122	6	女	二	125.8	24.9
17.205	7	女	二	126.8	25.6
12.889	5	女	二	124.7	24.1
17.662	7	女	二	129.5	26.5
16.988	7	男	二	126.7	26.8
14.633	7	男	二	125.3	26.1
12.336	5	男	二	125.5	25.2
15.257	6	男	二	127.6	26.2
17.358	7	男	二	130.3	27.9
14.258	6	女	二	127.5	26.3
13.562	6	女	二	125.8	26.9
16.213	7	女	二	128.8	27.1
12.539	5	女	二	123.8	24.6
13.614	6	女	二	130.4	27.3

表5 三年級學生(男生17人，女生16人)的球速與橫向運動加速度的關係，平均加速度是16.268 m/s²，平均球速是6.969697

加速度(爆發力)	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
15.402	7	男	三	128.6	29.2
15.64	7	男	三	129.4	28.9
16.38	7	男	三	127.5	28.3
15.54	7	女	三	133.7	35.6
18.534	8	男	三	130.5	28.8
14.94	7	男	三	128.3	29.4
15.32	7	男	三	131.1	31.3
17.038	7	男	三	130.5	29.2
16.382	7	男	三	129.8	29.8
15.546	7	男	三	132.3	30.1
18.534	8	男	三	128.5	27.2
19.572	7	男	三	133.5	29.4
14.647	6	男	三	130.3	33.9
15.321	6	女	三	131.5	29.8
16.284	7	女	三	132.3	30.1
15.667	7	女	三	134.7	32.2
14.783	6	女	三	133.5	29.4
14.438	6	女	三	130.3	28.9
18.983	8	男	三	135.6	29.8
16.346	7	男	三	133.2	30.3
19.032	8	男	三	134.7	32.5
18.577	8	男	三	133.5	31.2
15.345	7	男	三	131.5	31.4
15.448	7	女	三	130.5	30.7
16.284	7	女	三	132.3	29.2
15.667	8	女	三	135.7	31.5
14.783	6	女	三	132.5	29.6
14.438	6	女	三	136.3	29.8
16.024	7	女	三	133.8	30.2
15.013	6	女	三	134.7	29.2
16.488	7	女	三	136.8	31.3
15.112	6	女	三	131.5	32.3
19.336	8	女	三	137.7	30.8

表6 四年級學生(男生14人，女生11人)的球速與橫向運動加速度的關係，平均加速度是21.6998 m/s²，平均球速是10.04

加速度(爆發力)	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
17.514	8	女	四	130.7	29.2
20.893	9	女	四	132.5	30.1
20.912	9	男	四	140.2	41.5
21.548	11	男	四	139.8	42.3
23.137	12	男	四	138.7	41.8
20.572	9	女	四	131.6	29.5
21.882	9	女	四	132.4	30.4
22.698	11	男	四	140.1	42.7
25.175	12	男	四	141.3	43.2
19.336	8	女	四	130.3	28.2
21.582	9	女	四	132.5	30.7
20.982	9	男	四	133.7	31.4
23.755	11	男	四	139.7	41.6
25.52	12	男	四	142.8	42.3
19.602	8	男	四	134.5	35.6
20.721	12	男	四	136.7	33.4
23.545	11	男	四	139.7	40.5
19.602	8	男	四	138.5	36.6
21.242	10	男	四	139.2	39.7
23.785	12	男	四	140.2	38.4
20.382	9	女	四	136.7	32.7
20.721	9	女	四	138.3	34.5
23.545	11	女	四	139.6	34.7
22.602	12	女	四	140.3	35.1
21.242	10	女	四	141.2	36.3

表7 五年級學生(男生10人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係，平均加速度是 30.18945 m/s^2 ，平均球速是13.3

加速度(爆發力)	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
28.254	13	男	五	141.2	42.3
27.354	13	男	五	143.5	35.1
30.086	14	男	五	139.8	35.1
28.114	13	男	五	140.6	36.2
33.124	14	女	五	143.7	43.2
29.553	12	女	五	147.2	45.6
30.157	13	女	五	146.4	46.2
28.655	13	男	五	143.5	39.3
29.342	15	男	五	142.8	41.3
31.184	13	男	五	139.8	35.1
28.114	13	男	五	140.7	38.3
30.633	13	男	五	145.8	37.1
32.554	14	男	五	147.3	40.2
30.326	13	女	五	146	41.6
33.558	14	女	五	147.7	43.4
34.665	14	女	五	148.2	45.7
28.157	13	女	五	150.4	45.8
31.546	14	女	五	145.7	40.5
30.731	13	女	五	144.2	39.6
27.682	12	女	五	148.4	43.2

表8 六年級學生(男生10人，女生10人)的球速與橫向運動加速度的關係，平均加速度是33.3479 m/s^2 ，平均球速是13.9

加速度(爆發力)	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
40.689	16	男	六	152.6	48.7
36.688	15	女	六	148.2	40.2
40.311	16	男	六	154.6	49.7
30.552	13	男	六	149	42.3
37.162	15	男	六	153.3	45.2
34.548	15	男	六	148.7	40.8
33.611	14	男	六	153.8	47.1
27.854	12	男	六	147.3	48.2
36.548	15	男	六	151.7	44.8
30.527	13	男	六	153.8	46.7
37.854	15	男	六	147.6	47.5
31.688	14	女	六	144.2	42.2
32.311	13	女	六	148.6	43.7
31.667	13	女	六	152.7	45.3
33.162	14	女	六	153.3	48.2
28.335	12	女	六	150.6	40.8
32.673	14	女	六	151.9	48.3
30.666	13	女	六	147.3	48.2
29.227	13	女	六	146.7	41.9
30.885	13	女	六	155.8	46.8

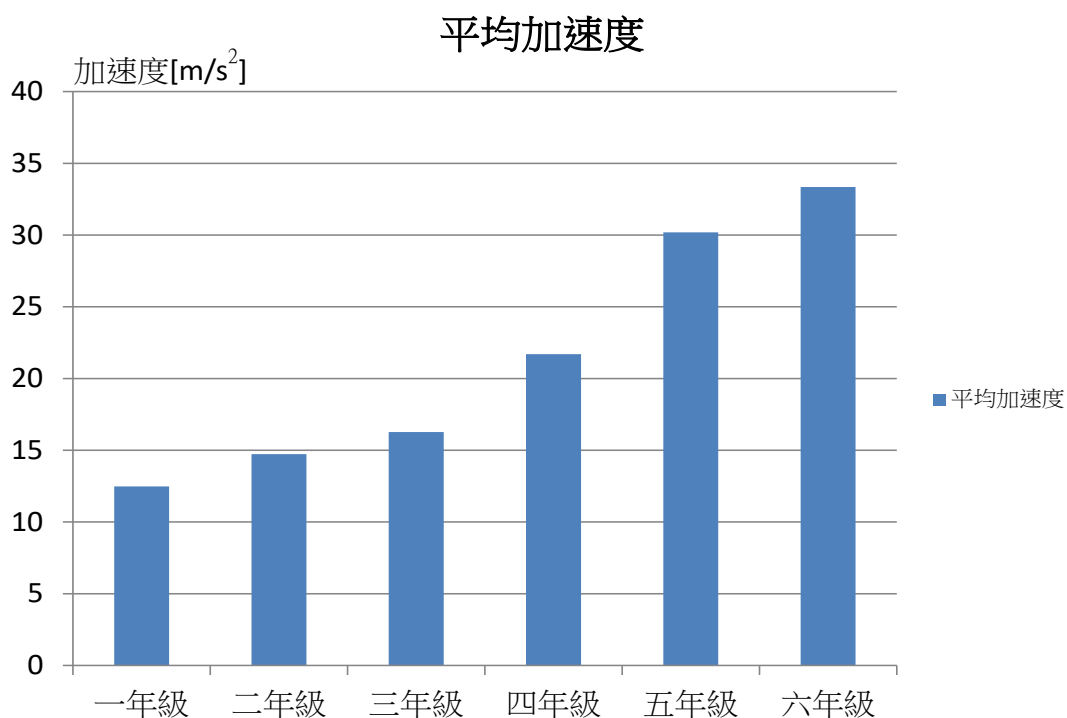


圖13 全部年級的平均加速度

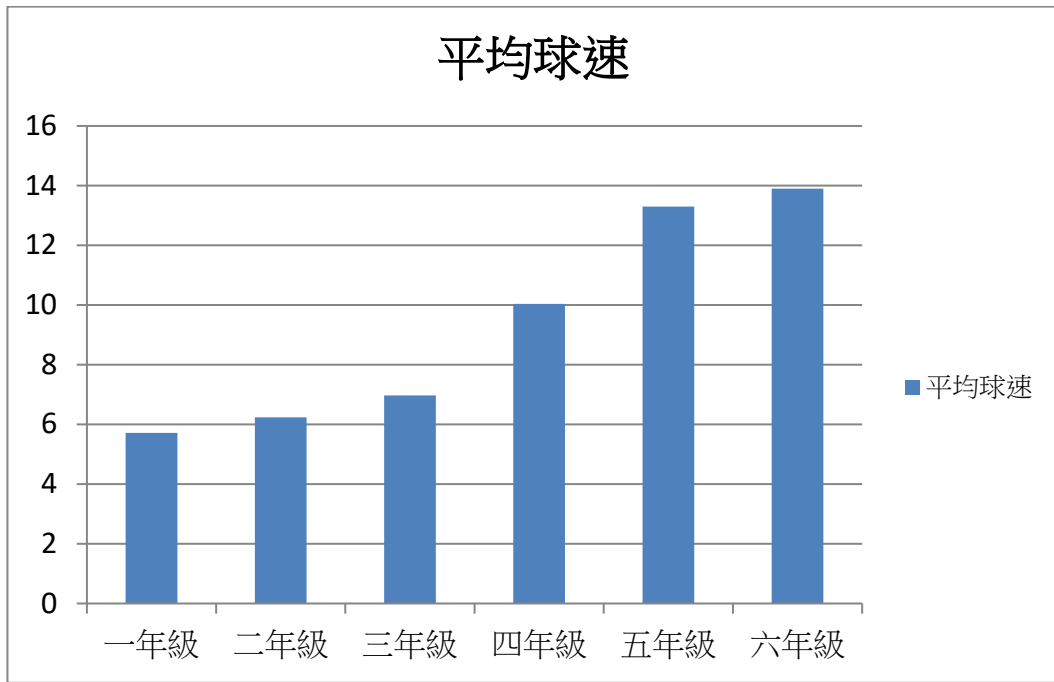


圖14 全部年級的平均球速

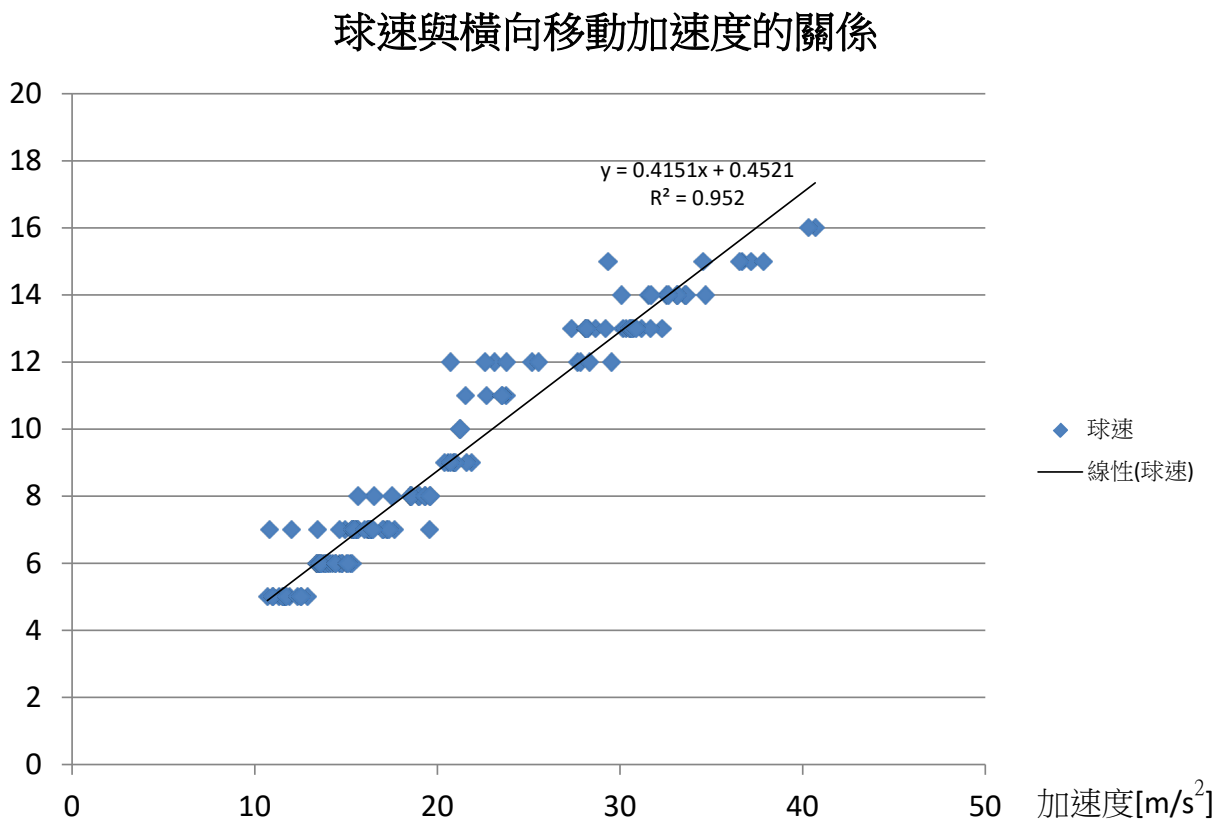


圖15 一年級到六年級總共140筆小學生的橫向移動實驗中，球速與最大橫向移動加速度的線性關係為 $y=0.4151x+0.4521$ ($R^2=0.952$)

三、正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗

(一) 想法

正常體感遊戲的程式如圖16所示，當球碰到遊戲畫面中的三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現規律的 90° 反彈(垂直反彈)，如圖17所示。當受測者體驗正常橫向體感遊戲時，接球會比較規律容易，久而久之，受測者會由原本對運動體感遊戲的新鮮感轉為規律的習慣，甚至對於體感遊戲出現疲乏而失去興趣。因此，為了引起受測者的注意與提高遊戲興趣，我們著手進行程式的修改與實驗，增設了AI運動體感遊戲來提高挑戰性，也就是在體感遊戲中增加了AI棒子(118 pixels)來與受測者控制的棒子(122 pixels)對打。AI橫向運動體感遊戲的程式如圖18所示，AI棒子在剛開始與受測者控制的棒子對打時，前幾次(3~4次)會因速度無法跟上球速而落敗，但每次落敗後，AI棒子會自行學習調整棒子速度到跟上球速為止；另外，當球碰到遊戲畫面中的AI棒子時，會呈現不規律的 45° ~ 90° 反彈，如圖19所示，當受測者體驗AI橫向體感遊戲時，接球會比較沒有規律且困難度大幅增加。

(二) 結果

受測者的橫向加速度量測與球速判別的程序如下：

1. 橫向加速度判別：

- (1) 受測者穿上運動背心。
- (2) 將有加速度量測APP的手機固定置於運動背心後面。
- (3) 受測者在體感遊戲的感測範圍(4公尺)內進行橫向運動，從左到右後，再從右到左，總共4趟16公尺，手機內的加速度量測APP即可擷取受測者在橫向運動的加速度數值，其中包括了最大加速度。。

2. 受測者的球速判別的程序如下：

- (1) 先評估受測者年齡、身高、體重後選擇較符合的球速。
- (2) 受測者進行橫向運動，每次量測以接到三球為準，若無法接到三球，則調降球速；若可以接到三球，則調升球速。經過調降或調升球速後，我們將以受測者可以接到三球的最高球速為最高球速。舉例來說，若有小學三年級男生來進行量測實驗，我們預先評估他的球速約在9，但在進行橫向運動時，該男生無法順利接完三球(重複實驗三次)，於是便將球速降為7，經過實驗後，該

男生可以順利接下三球(重複實驗三次)，於是我們再將球速提升為8後，該男生也可以順利接下三球(重複實驗三次)，該男生在橫向運動的最高球速就是8。

在正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗中(Kinect感測器與受測者的距離約為2.5~3公尺，而受測者的橫向運動距離約為3~3.5公尺)，一年級到六年級共48名學生參加實驗，結果如圖20所示，參與AI體感遊戲同學的球速會比在正常體感遊戲的球速降低1~4個球速。一年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的球速與AI體感遊戲的球速關係如表9所示，正常體感遊戲的平均球速是5.5，AI體感遊戲的平均球速是3.75；二年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的球速與AI體感遊戲的球速關係如表10所示，正常體感遊戲的平均球速是6.375，AI體感遊戲的平均球速是4.625；三年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的球速與AI體感遊戲的球速關係如表11所示，正常體感遊戲的平均球速是7.125，AI體感遊戲的平均球速是5.125；四年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的球速與AI體感遊戲的球速關係如表12所示，正常體感遊戲的平均球速是10.5，AI體感遊戲的平均球速是8.375；五年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的球速與AI體感遊戲的球速關係如表13所示，正常體感遊戲的平均球速是13.25，AI體感遊戲的平均球速是10.75；六年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的球速與AI體感遊戲的球速關係如表14所示，正常體感遊戲的平均球速是13.625，AI體感遊戲的平均球速是10.875。

(三) 發現

由結果顯示，全部年級在AI體感遊戲的平均球速是低於正常體感遊戲的平均球速。從全年級所量測到的正常平均球速與AI平均球速如圖20所示，正常平均球速與AI平均球速從一年級到六年級的差異為1.75~2.75。而五年級(球速差異2.5)與六年級(球速差異2.75)相較於中低年級的球速差異更大，則顯示了在AI體感遊戲中能接到高速球的困難度是較大的。

(四) 討論

在正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗中，一年級到六年級共48名學生參加實驗，結果顯示，參與AI體感遊戲同學的球速會比在正常體感遊戲的球速降低1~4個球速。全部年級共48名學生在正常體感遊戲的平均球速是13.625，而在AI體感遊戲的平均球速是11.125。由結果來看，全部年級在AI體感遊戲的平均球速值是低於正常體感遊戲的平均球速值，也符合AI體感遊戲的高困難度模式。我們也嘗試增加AI橫向體感遊戲的困難度，亦即當球碰到遊戲畫面中的AI棒子時，會呈現不規律的 15° ~ 90° 反彈，如圖21所示。當球碰到遊戲畫面中的AI棒子時，會呈現更大範圍且不規律的 15° ~ 90° 反彈，受測員的橫向移動範圍變大會造成體力大

量消耗，並不適用於一般人。在安全範圍的考量下，這種AI橫向體感遊戲可以提供給專業的運動選手或體育競賽選手進行特別訓練來進一步提升橫向移動的實力。



圖16 正常體感遊戲的程式

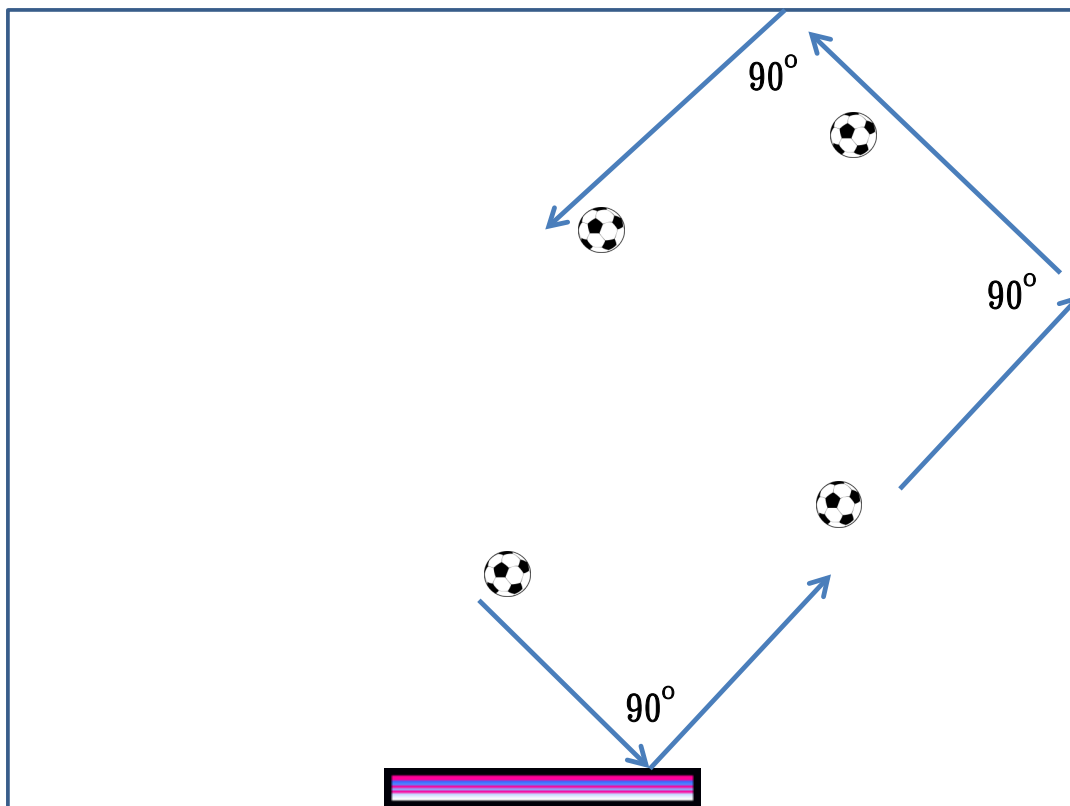


圖17 當球碰到遊戲畫面中的三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現規律的90°反彈（垂直反彈）

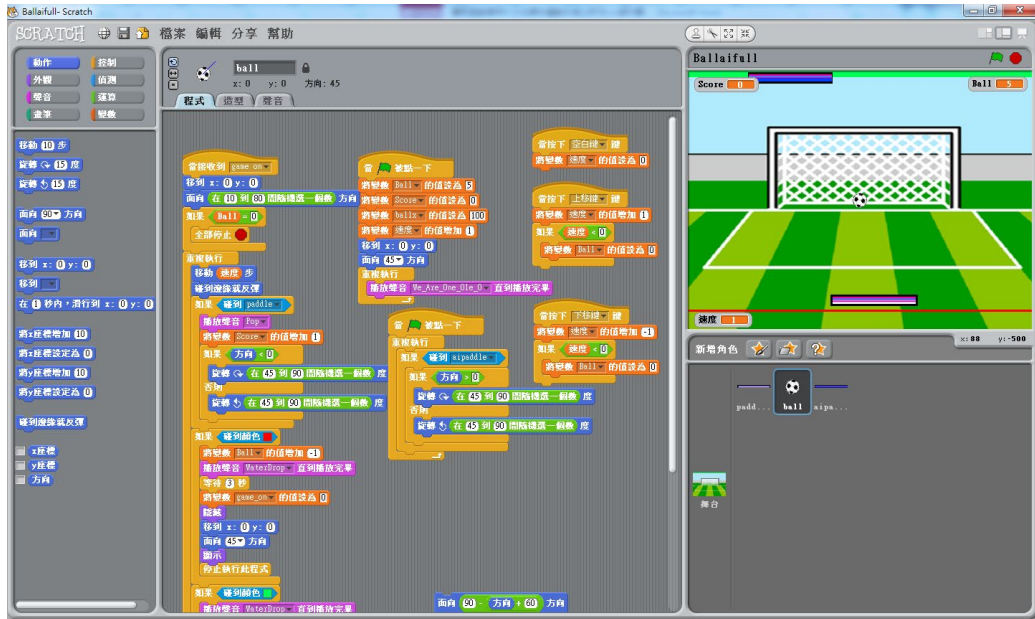


圖18 AI橫向體感遊戲的程式

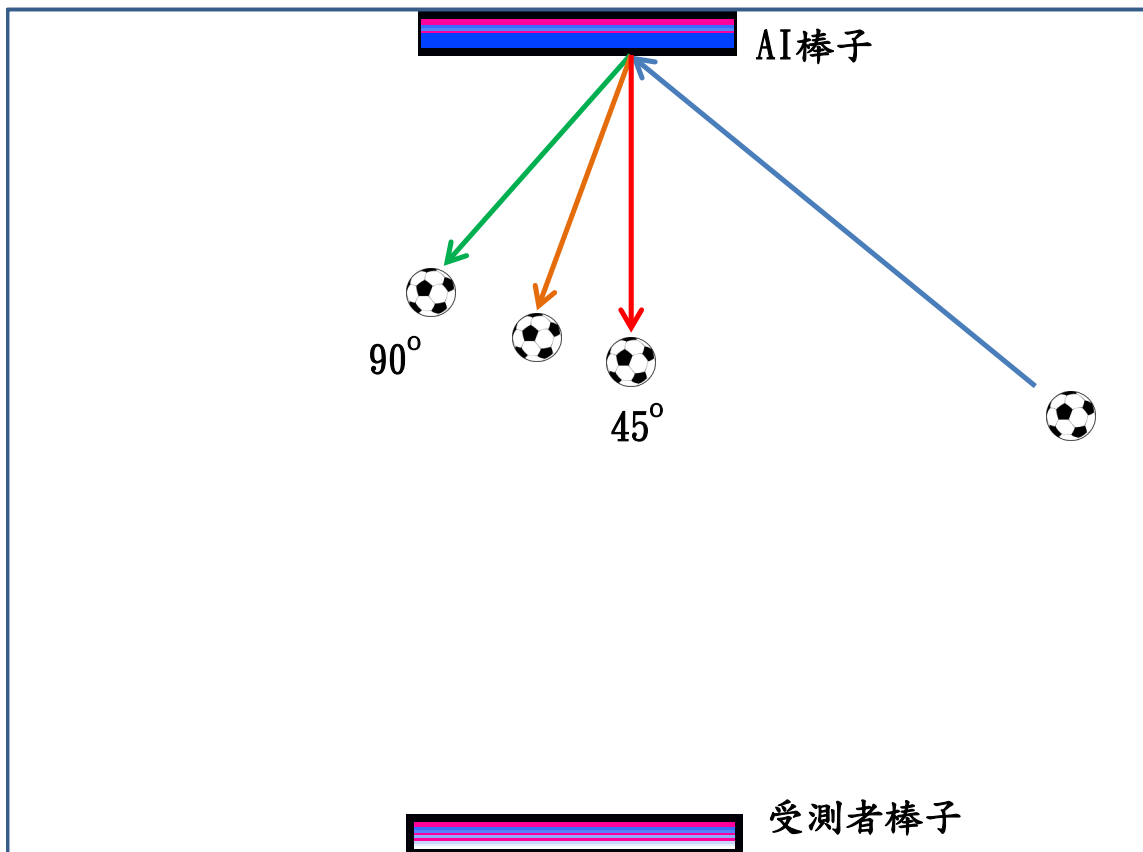


圖19 當球碰到遊戲畫面中的AI棒子或受測者控制的棒子時，會呈現不規律的45°~90°反彈

表9 一年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的平均球速是5.5，AI體感遊戲的平均球速是3.75

球速(正常)	球速(AI)	性別	年級	身高(cm)	體重(Kg)
6	5	男	一	123.5	23.6
5	4	男	一	116.9	20.8
5	4	女	一	115.8	20.2
6	4	女	一	118.2	22.2
5	3	男	一	119.3	22.5
7	4	男	一	120.4	22.9
5	3	女	一	117.3	21.5
5	3	女	一	122.4	23.1

表10 二年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的平均球速是6.375，AI體感遊戲的平均球速是4.625

球速(正常)	球速(AI)	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
7	5	男	二	128.8	26.9
6	5	男	二	129.3	27.5
6	5	女	二	125.5	24.3
6	5	女	二	125.8	24.9
7	4	女	二	126.8	25.6
5	3	女	二	124.7	24.1
7	5	男	二	126.7	26.8
7	5	男	二	125.3	26.1

表11 三年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的平均球速是7.125，AI體感遊戲的平均球速是5.125

球速(正常)	球速(AI)	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
8	6	男	三	130.5	28.8
7	5	女	三	133.7	35.6
8	6	男	三	128.5	27.2
7	6	女	三	130.5	30.7
7	5	男	三	133.5	29.4
6	4	男	三	130.3	33.9
7	4	女	三	132.3	30.1
7	5	女	三	134.7	32.2

表12 四年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的平均球速是10.5，AI體感遊戲的平均球速是8.375

球速(正常)	球速(AI)	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
9	7	男	四	140.2	41.5
9	8	女	四	131.6	29.5
10	8	男	四	139.2	39.7
11	10	女	四	139.6	34.7
12	9	男	四	136.7	33.4
11	8	男	四	139.7	40.5
12	9	女	四	140.3	35.1
10	8	女	四	141.2	36.3

表13 五年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的平均球速是13.25，AI體感遊戲的平均球速是10.75

球速(正常)	球速(AI)	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
13	11	男	五	141.2	42.3
13	11	男	五	143.5	35.1
12	10	女	五	147.2	45.6
13	12	女	五	146.4	46.2
15	11	男	五	142.8	41.3
13	10	男	五	139.8	35.1
14	10	女	五	148.2	45.7
13	11	女	五	150.4	45.8

表14 六年級學生(男生4人，女生4人)在正常體感遊戲的平均球速是13.625，AI體感遊戲的平均球速是10.875

球速(正常)	球速(AI)	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)
15	13	男	六	148.7	40.8
14	12	男	六	153.8	47.1
13	10	女	六	152.7	45.3
14	12	女	六	153.3	48.2
12	9	男	六	147.3	48.2
15	11	男	六	151.7	44.8
12	10	女	六	150.6	40.8
14	10	女	六	151.9	48.3

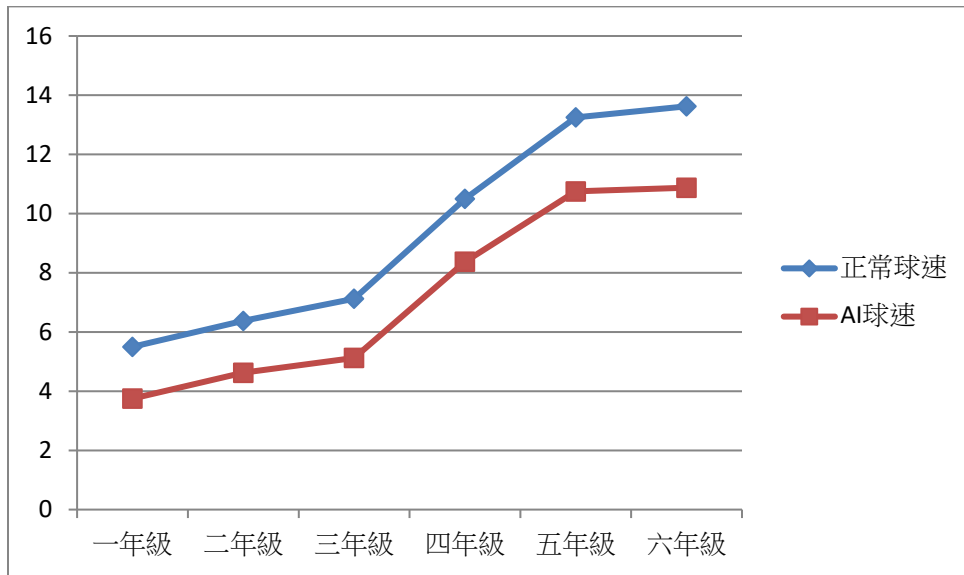


圖20 全年級所量測到的正常平均球速與AI平均球速

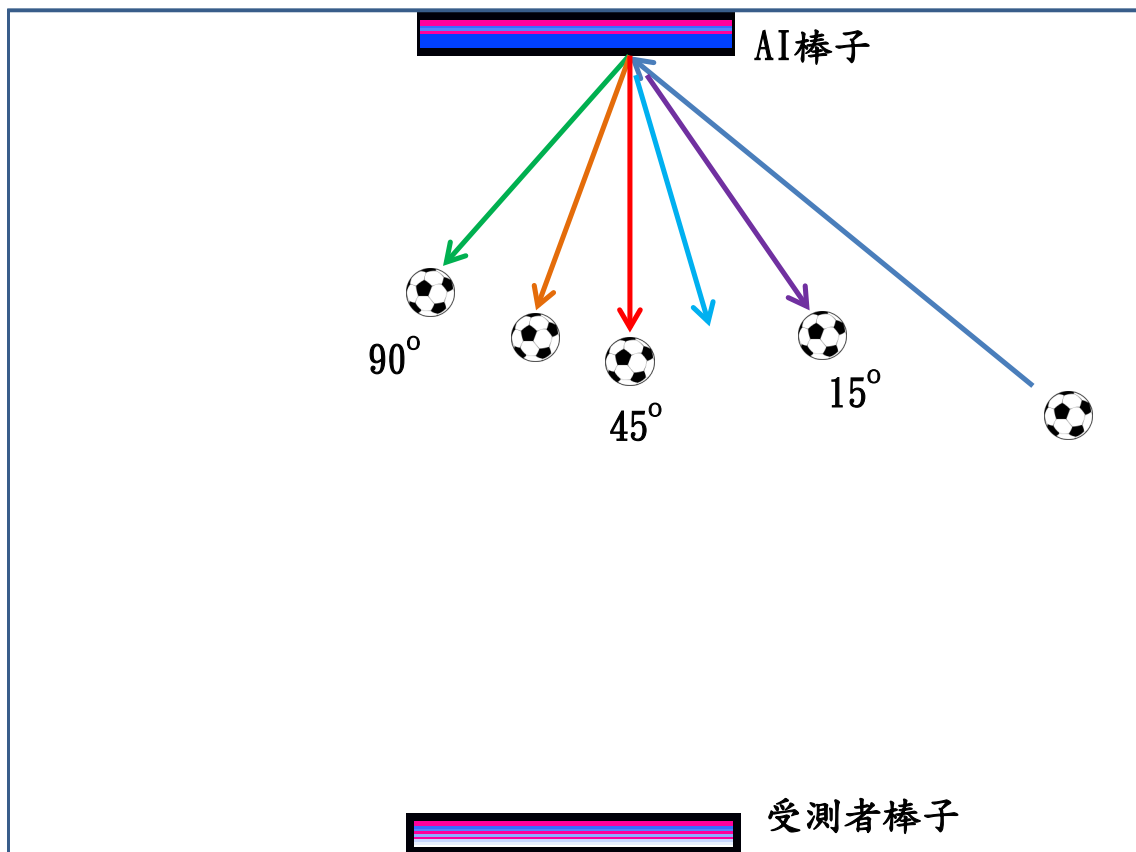


圖21 當球碰到遊戲畫面中的AI棒子或受測者控制的棒子時，會呈現不規律的 15° ~ 90° 反彈

陸、結論

綜合上述實驗結果及討論，我們得到下列結論：

- 一、體感遊戲的棒子長短會直接影響到實驗數據。在棒子長度為47 pixels ~ 186 pixels的實驗中，可以得到5.916666667~11.91666667的球速數值，若評估橫向運動的合適性，亦即不會太過簡單或困難，我們會建議在橫向運動遊戲的棒子是採用122 pixels。然而，若未來對象更換為年紀更小的幼兒或是移動緩慢的老年人實驗者，則可以採用較長的棒子如154 pixels或186 pixels來進行實驗。若是未來想用於專業運動選手的橫向運動評估，則可以選擇較短棒子如47 pixels或71 pixels來進行橫向運動遊戲。
- 二、在橫向運動加速度量測實驗中，我們發現球速與橫向移動加速度的線性關係。全部年級的平均加速度值由一年級(12.47466667 m/s^2)往六年級(33.3479 m/s^2)逐漸增加，年級越高，所得到的平均加速度值越大；全部年級的平均球速值也是由一年級(5.714285714)往六年級(13.9)逐漸增加，年級越高，所得到的平均球速值也越大；。總計從一年級到六年級，全部140筆小學生的橫向移動實驗中，可以建立球速與最大橫向移動加速度的線性關係。在本研究中，我們可以建立橫向運動的體適能標準，低年級(一二年級)的運動球速約在5~7之間，中年級(三四年級)的運動球速約在7~12，高年級(五六年級)的運動球速約在12~16之間。在安全運動範圍內，未來也可以針對幼兒或老年人來設計合適的橫向運動體感遊戲，例如以增加手臂長度的感測來輔助雙腳橫向移動，減少幼兒或老年人在橫向運動時的雙腳負擔。
- 三、在正常體感遊戲中，當球碰到遊戲畫面中的三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現規律的 90° 反彈(垂直反彈)，所以當受測者體驗正常橫向體感遊戲時，接球會比較規律容易。而在AI橫向體感遊戲中，當球碰到遊戲畫面中的三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現不規律的 15° ~ 90° 反彈，所以當受測者體驗AI橫向體感遊戲時，接球會比較沒有規律且更為困難。實驗結果證實了AI橫向體感遊戲可應用於體能較佳選手的橫向運動訓練或是提供給體育選手在橫向運動的專業訓練，遊戲中的AI棒子就像一名可自我學習與適應的專業的運動選手，剛開始無法跟上受測者球速，但經過自我學習與調整後即可適應遊戲的球速，並擊出讓測試者難以招架的方向，可用來提供更專業的橫向運動訓練。

柒、參考資料

- (1) 教育部108年施政計劃(推展全民健康運動及提升國際競技實力)
- (2) 教育部108課綱—AI新興科技篇 <https://youtu.be/Lx7PkiyxURw>
- (3) 國小自然與生活科技 第六冊 第三單元「動物的運動~動物的形體、肌肉、骨骼」
- (4) 國小自然與生活科技 第八冊 第一單元「力與運動~力的測量」

【評語】 082811

利用 Kinect 體感器、Scratch 軟體，並測量國小一到六年級學生橫向運動時的加速度與球速的關係，設計出正常型及 AI 型體感遊戲，期望進行體適能訓練及標準評估，具實用性。建議可增加受試者樣本分析，探討受試者的特質對加速度與球速之間的關係及探討平均值之外之因素影響。

摘要

「教育部108年施政計劃」文中提及了期望能夠培養學生健康規律的運動習慣並提升學生體適能的知能水準，這促使我們對運動體感遊戲與體適能關係的研究產生了興趣。我們設計了以Kinect體感器為主的橫向體感遊戲(正常型與AI型)，並以一年級到六年級國小學生為研究對象。經由程式修正與實驗探討，我們發現了球速與橫向移動加速度的線性關係，亦即學生橫向運動的加速度值越大，則學生在橫向體感遊戲中可以挑戰的球速越快；反之，加速度值越小，則可以挑戰的球速越慢。本研究有助於評估與建立低年級到高年級國小學生在橫向運動的體適能標準，並藉由體感遊戲系統來加強訓練學生的體適能，甚至進一步選拔出優秀運動能力的學生成為各項體育運動的菁英選手。

壹、研究動機

五年級上到「肌肉、骨骼、關節和運動」時，老師引領我們從文字描述中探討動物運動的基本原理。動物在做各種動作時，都會牽動到肌肉、骨骼和關節。經過多方討論與設計體感遊戲，我們希望能結合體感動作及爆發力條件，將體感遊戲應用於左右橫向運動訓練之評估。此外，讓運動者可以了解自己橫向運動的極限，在運動安全範圍內，能夠進行適當的橫向運動，甚至經由此體感遊戲的加強訓練，而能進一步提升自身的橫向運動能力。

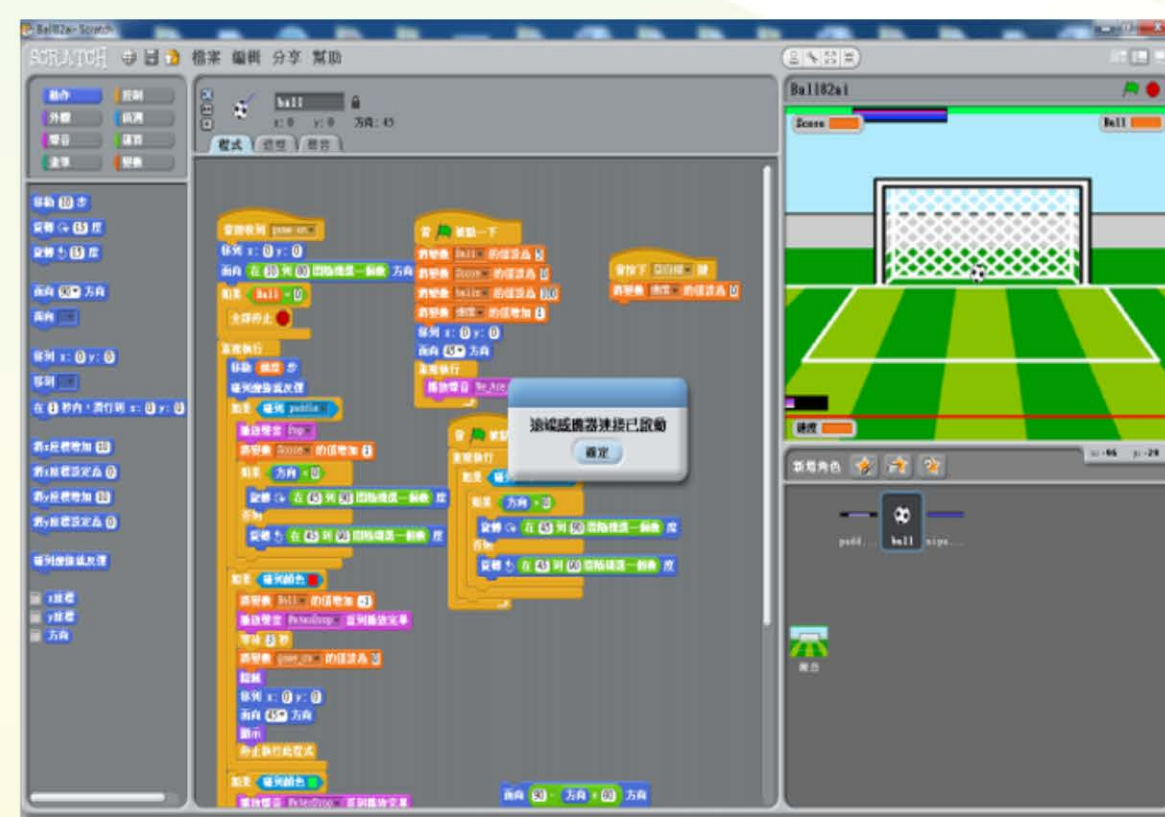
貳、研究目的

在本研究中，我們將橫向運動遊戲化，利用kinect感應運動像果來評估從低年級到高年級國小學生的橫向運動能力，期望能找出與橫向運動息息相關的影響參數，並藉由影響參數的推論來進行適當且安全的橫向運動。另外，除了正常型體感遊戲的設計與實驗，我們也設計了AI型體感遊戲。當受測者體驗正常橫向體感遊戲時，接球會比較規律容易，適合一般規律習慣的體適能運動，從而瞭解小學生在橫向運動的體適能範圍與標準。而在經過著手修改程式與進行體感實驗的AI型運動體感遊戲中，我們增加了AI棒子來與受測者控制的棒子來對打，當球碰到遊戲畫面中的AI棒子時，會呈現不規律的45~90度反彈，受測者接球會比較沒有規律且困難度大為增加，可用來提供更專業的橫向運動訓練，逐步提升受測者在橫向運動方面的水準與能力。

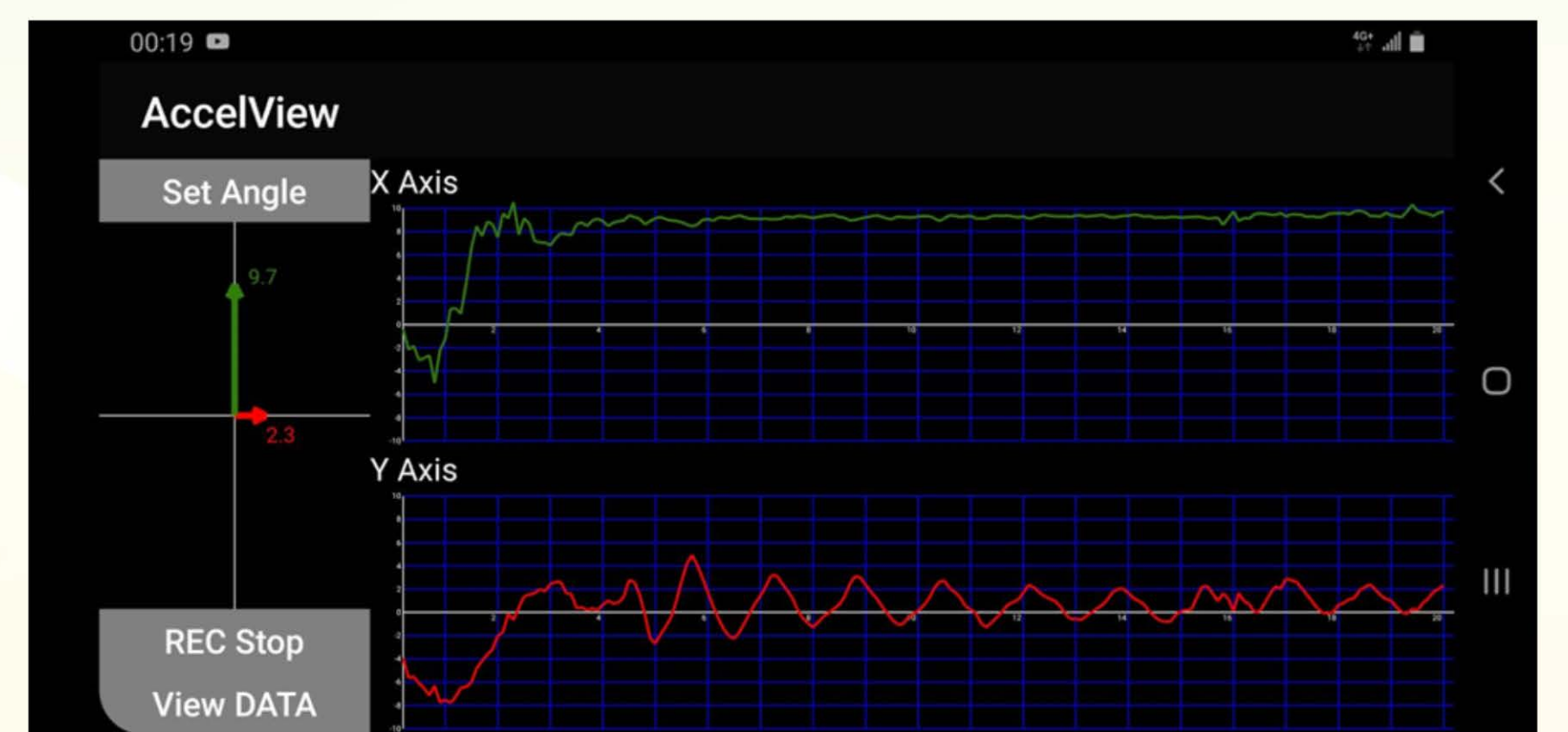
參、研究設備及器材



Kinect感測器：利用3D深度感應器偵測玩家的動作(圖一)



電腦主機：安裝Windows 7系統與Scratch軟體以及左右橫向移動體感遊戲程式



手機：安裝有AccelView APP，可提供加速度資料分析

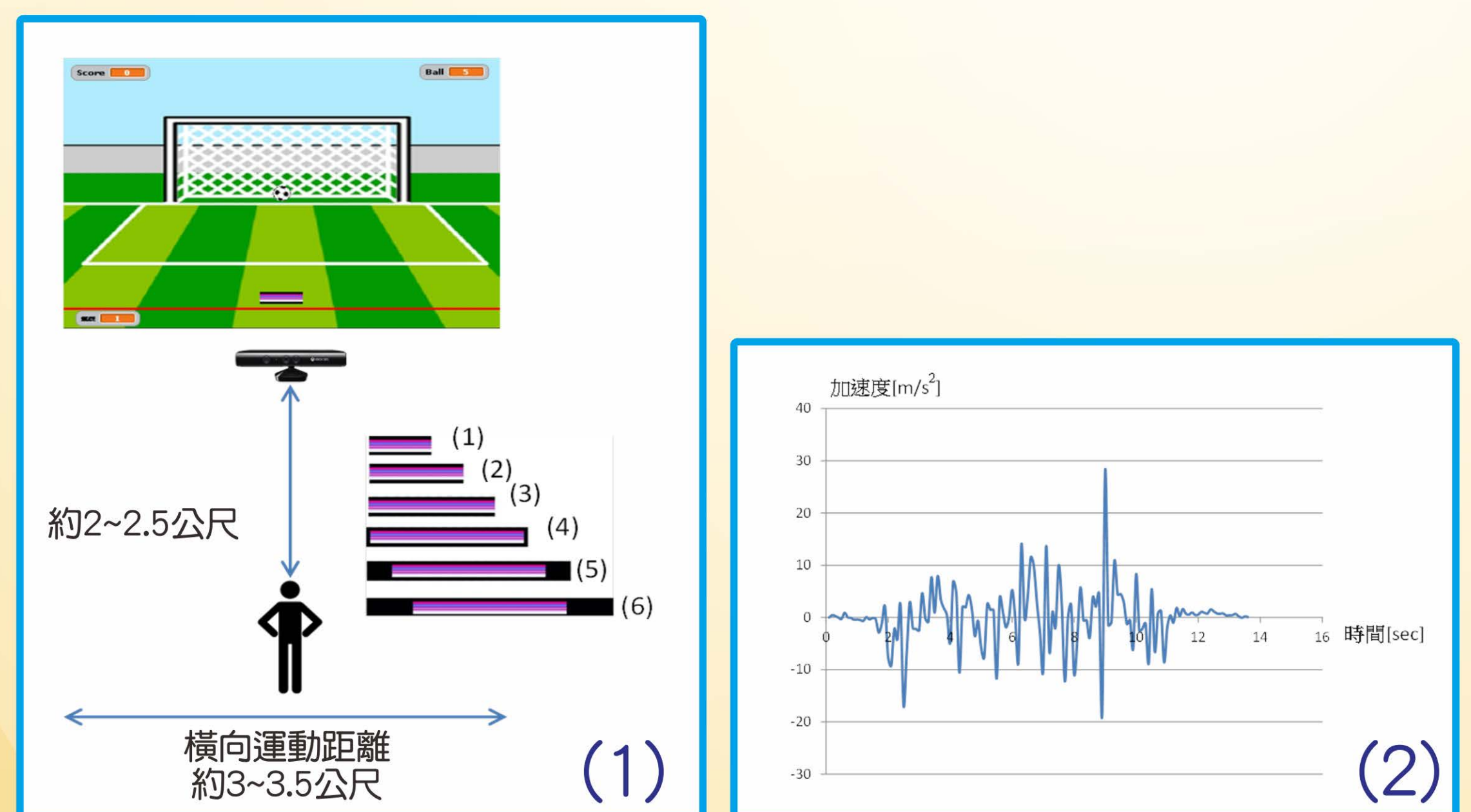
肆、研究過程或方法

一、研究架構圖



二、確立研究方向：

- (1)長短棒與球速量測實驗
- (2)橫向運動加速度與球速量測實驗



(3)正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗

在正常體感遊戲中，當球碰到遊戲畫面中的三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現規律的反彈，為了引起受測者的注意與提高遊戲興趣，我們著手進行程式的修改與實驗，增設了AI運動體感遊戲來提高困難度與挑戰性。

長短棒與球速量測實驗

橫向運動加速度與球速量測實驗

正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗

伍、研究結果與討論

一、長短棒與球速量測實驗

在長短棒與球速量測實驗中，我們進行了一年級到六年級等24位國小學生的橫向運動實驗，結果如表1所示。

號碼	棒子長度	球速	棒子長度	球速	棒子長度	球速	棒子長度	球速	棒子長度	球速	性別	年級	身高(cm)	體重(kg)		
1	47 pixels	2	71 pixels	4	96 pixels	5	122 pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	8	男	一	123.5	23.6
2	47 pixels	2	71 pixels	3	96 pixels	4	122 pixels	5	154 pixels	6	186 pixels	8	男	一	116.9	20.8
3	47 pixels	2	71 pixels	3	96 pixels	4	122 pixels	5	154 pixels	6	186 pixels	7	女	一	115.8	20.2
4	47 pixels	3	71 pixels	4	96 pixels	5	122 pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	9	女	一	118.2	22.2
5	47 pixels	3	71 pixels	5	96 pixels	6	122 pixels	7	154 pixels	8	186 pixels	10	男	二	128.8	26.9
6	47 pixels	3	71 pixels	4	96 pixels	5	122 pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	9	男	二	129.3	27.5
7	47 pixels	3	71 pixels	4	96 pixels	5	122 pixels	6	154 pixels	8	186 pixels	9	女	二	125.5	24.3
8	47 pixels	2	71 pixels	4	96 pixels	5	122 pixels	6	154 pixels	7	186 pixels	10	女	二	125.8	24.9
9	47 pixels	5	71 pixels	6	96 pixels	7	122 pixels	8	154 pixels	9	186 pixels	11	男	三	130.5	28.8
10	47 pixels	4	71 pixels	5	96 pixels	6	122 pixels	7	154 pixels	8	186 pixels	9	女	三	133.7	35.6
11	47 pixels	5	71 pixels	6	96 pixels	7	122 pixels	8	154 pixels	9	186 pixels	10	男	三	128.5	27.2
12	47 pixels	4	71 pixels	5	96 pixels	6	122 pixels	7	154 pixels	8	186 pixels	10	女	三	130.5	30.7
13	47 pixels	6	71 pixels	7	96 pixels	8	122 pixels	9	154 pixels	10	186 pixels	12	男	四	140.2	41.5
14	47 pixels	6	71 pixels	7	96 pixels	8	122 pixels	9	154 pixels	10	186 pixels	11	女	四	131.6	29.5
15	47 pixels	7	71 pixels	8	96 pixels	9	122 pixels	10	154 pixels	11	186 pixels	13	男	四	139.2	39.7
16	47 pixels	7	71 pixels	8	96 pixels	9	122 pixels	10	154 pixels	11	186 pixels	13	女	四	139.6	34.7
17	47 pixels	9	71 pixels	10	96 pixels	11	122 pixels	12	154 pixels	13	186 pixels	15	男	五	141.2	42.3
18	47 pixels	10	71 pixels	11	96 pixels	12	122 pixels	13	154 pixels	14	186 pixels	16	男	五	143.5	35.1
19	47 pixels	9	71 pixels	10	96 pixels	11	122 pixels	12	154 pixels	13	186 pixels	15	女	五	147.2	45.6
20	47 pixels	10	71 pixels	11	96 pixels	12	122 pixels	13	154 pixels	14	186 pixels	15	女	五	146.4	46.2
21	47 pixels	12	71 pixels	13	96 pixels	14	122 pixels	15	154 pixels	16	186 pixels	18	男	六	148.7	40.8
22	47 pixels	10	71 pixels	11	96 pixels	12	122 pixels	13	154 pixels	14	186 pixels	17	男	六	153.8	47.1
23	47 pixels	9	71 pixels	10	96 pixels	11	122 pixels	12	154 pixels	13	186 pixels	15	女	六	152.7	45.3
24	47 pixels	8	71 pixels	9	96 pixels	10	122 pixels	11	154 pixels	12	186 pixels	16	女	六	153.3	48.2

棒長(pixels)	球速
47	5.916
71	7.166
96	8.25
122	9.291
154	10.458
186	11.916

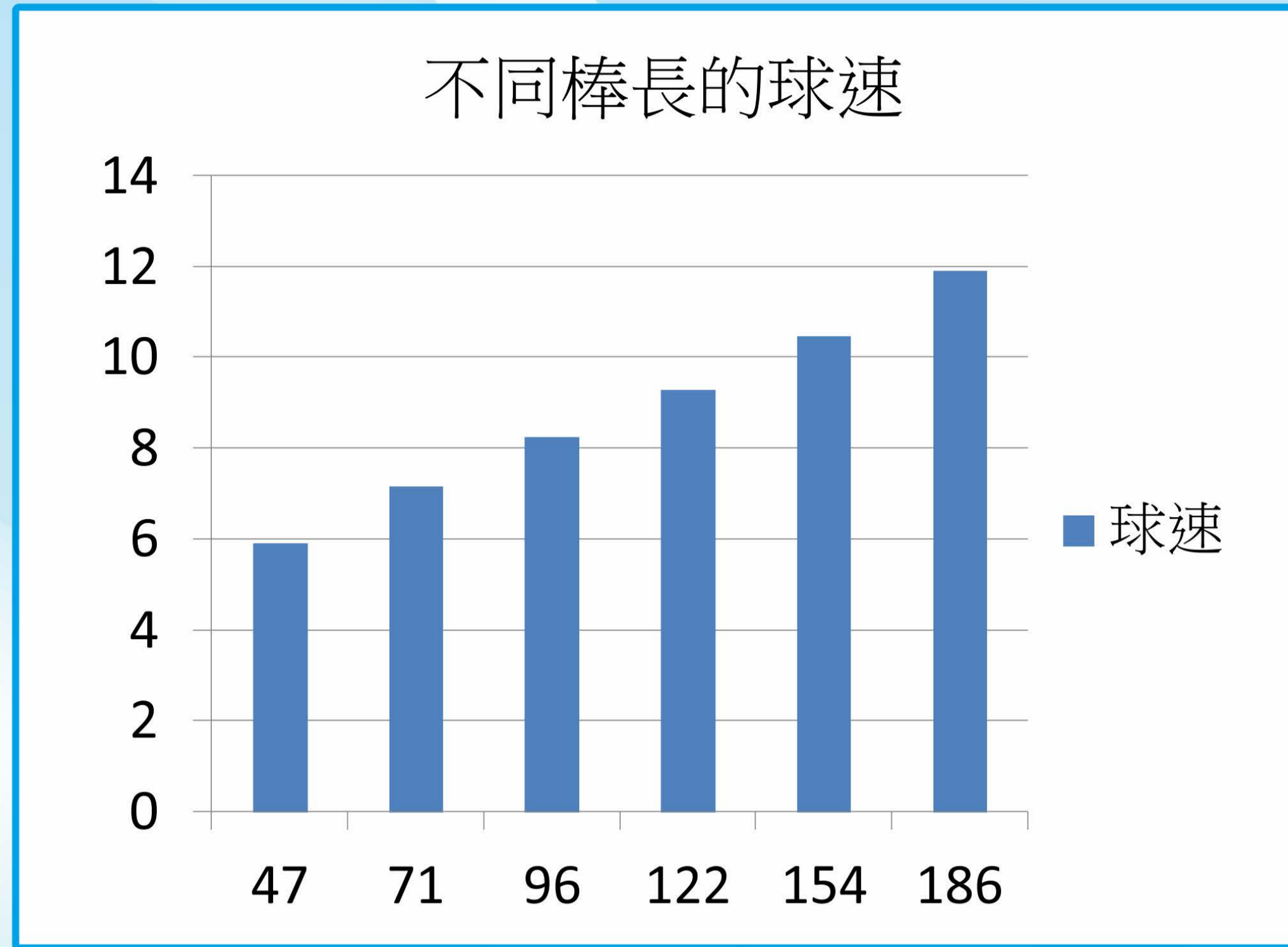


表1 在不同棒長47 pixels ~ 186 pixels的條件下，24名受測小學生所量得的球速

表2 一年級到六年級學生量測到的平均球速

圖11 國小一年級到六年級學生量測到的平均球速，棒子越長，平均球速越高，棒子越短，平均球速越低

• 發現與討論:

據實驗結果，我們發現棒子長度與球速有正向比例的關係，棒子越短，可以測試的球速越低；棒子越長，可以測試的球速越高。若評估橫向運動的合適性，我們會建議受測者在橫向運動遊戲的棒子是採用122 pixels。

二、橫向運動加速度與球速量測實驗

受限於體感遊戲的感測範圍，在4公尺的橫向移動範圍內(棒子長度122 pixels)，我們搭配手機APP來量測受測者在左右橫向運動的爆發力，亦即加速度，總共有一到六年級的140名小學生參與實驗，我們量測140名受測者的加速度與球速來進行分析工作。

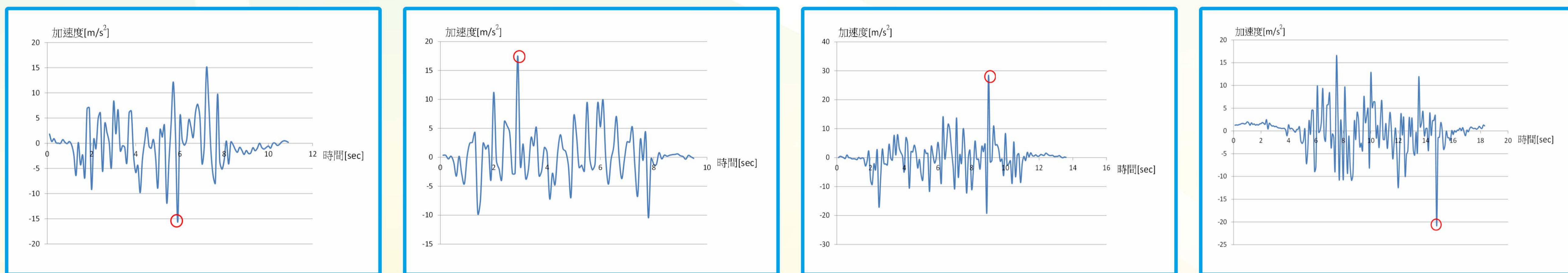


圖12 四位小學生在4公尺移動範圍內所做的橫向運動加速度測量(紅色圓圈為受測者進行橫向移動時的最大加速度)

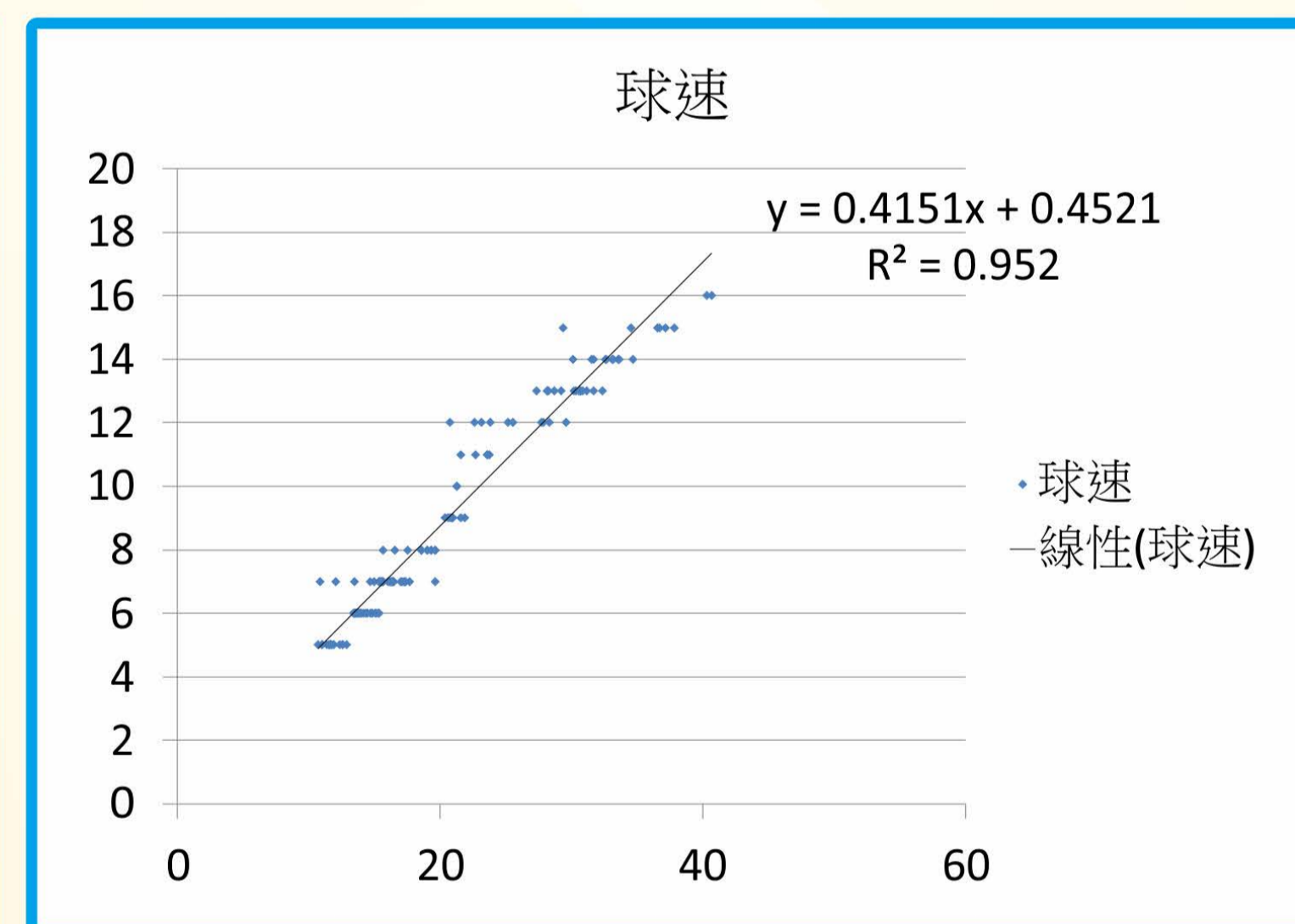
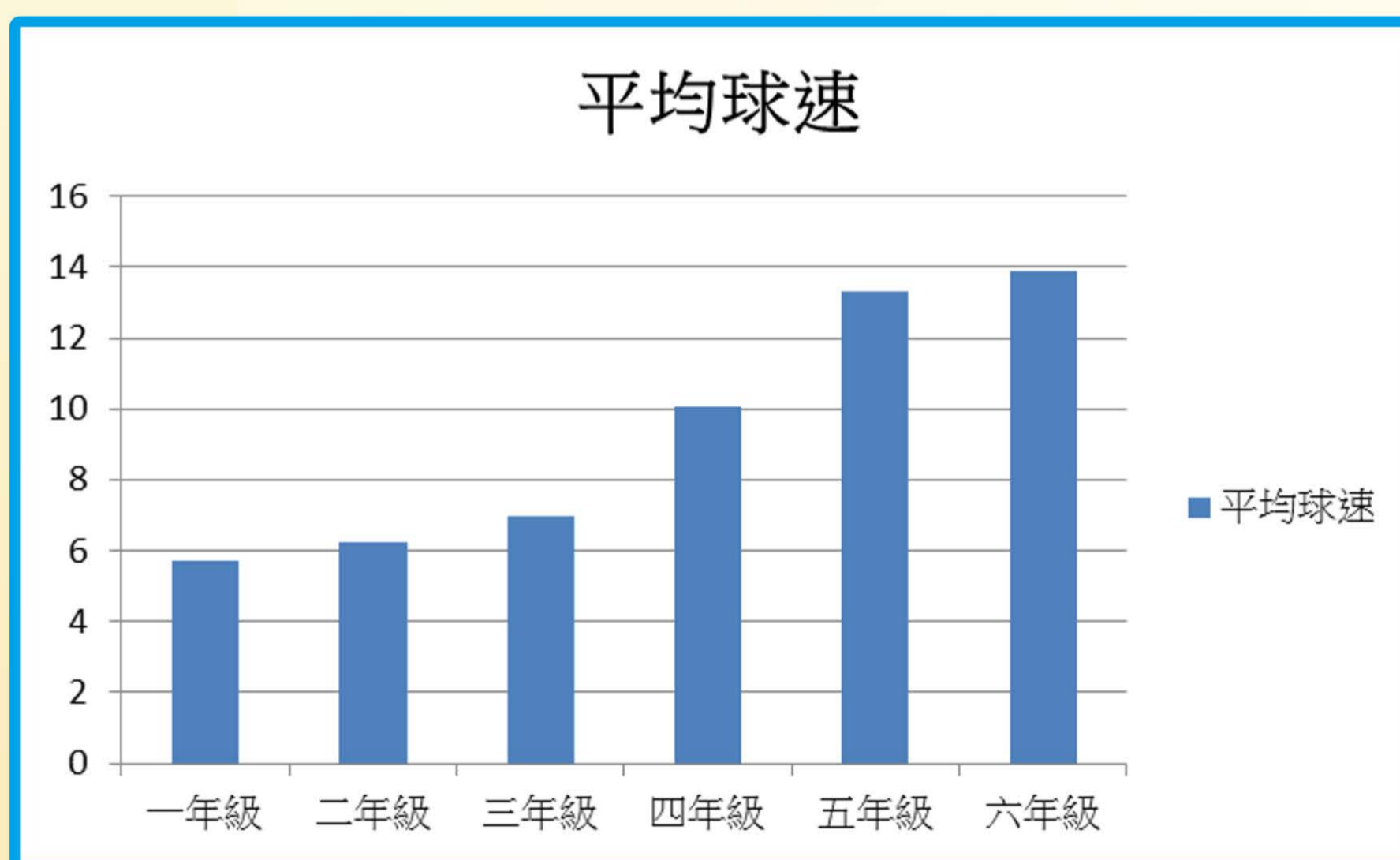
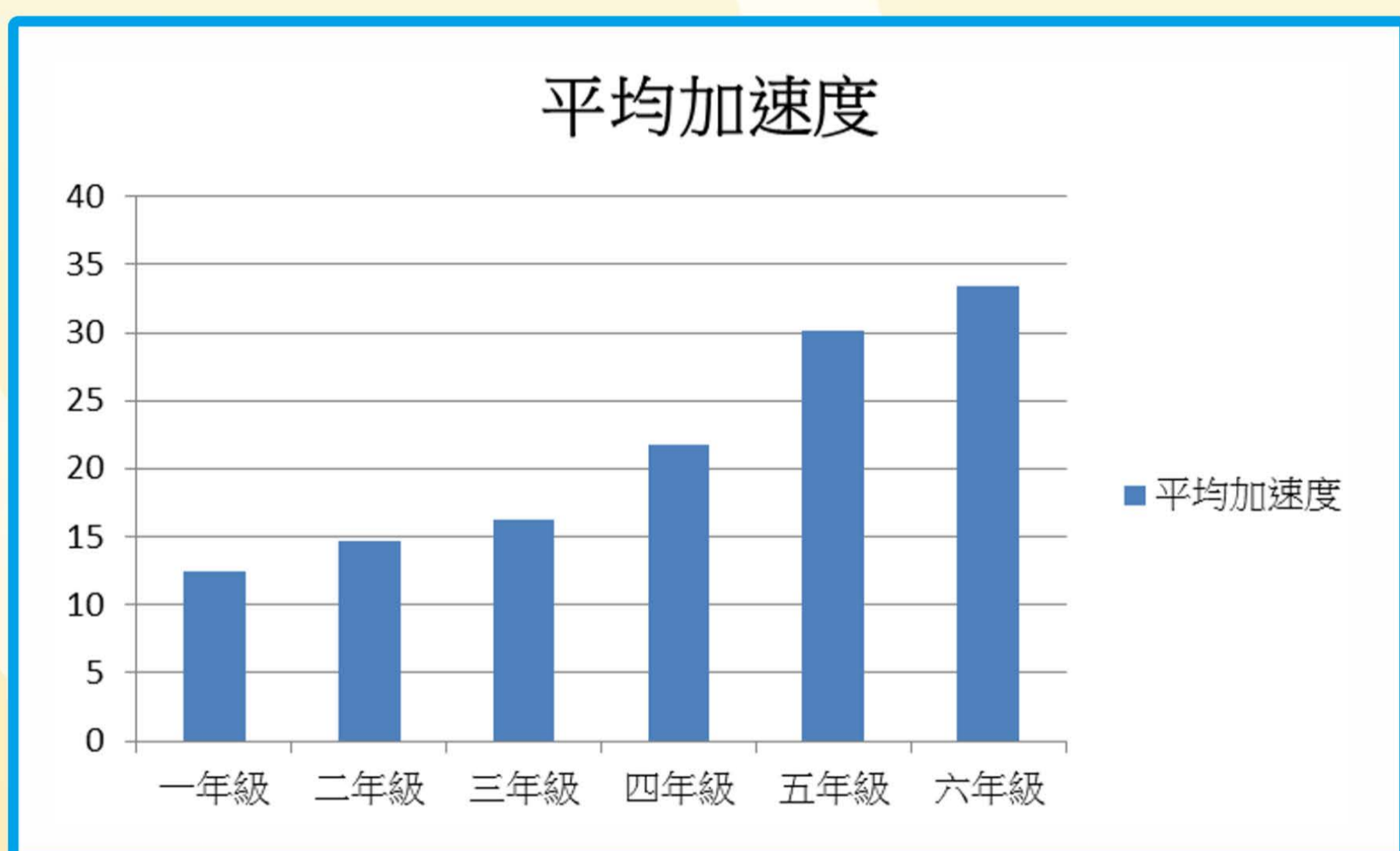


圖13 全部年級的平均加速度

圖14 全部年級的平均球速

圖15 一年級到六年級總共140筆的橫向移動實驗中，球速與最大橫向移動加速度的線性關係為 $y=0.4151x+0.4521$ ($R^2=0.952$)

• 發現與討論:

全部年級的平均加速度如圖13，平均加速度值由一年級(12.47 m/s²)往六年級(33.35 m/s²)逐漸增加；全部年級的平均球速如圖14，平均球速值也是由一年級(5.916)往六年級(11.916)逐漸增加。年級越高，運動力越強，爆發力也越強，所得到的平均球速值、平均加速度越大。總計從一到六年級，全部140筆小學生的橫向移動實驗中，球速與最大橫向移動加速度的線性關係為 $y=0.4151x+0.4521$ ($R^2=0.952$)，如圖15所示。在體感遊戲中，我們可以建立橫向運動的體適能標準，低年級的運動球速約在5~7之間，中年級的運動球速約在7~12，高年級的運動球速約在12~16之間。

三、正常橫向體感遊戲與AI橫向體感遊戲的實驗

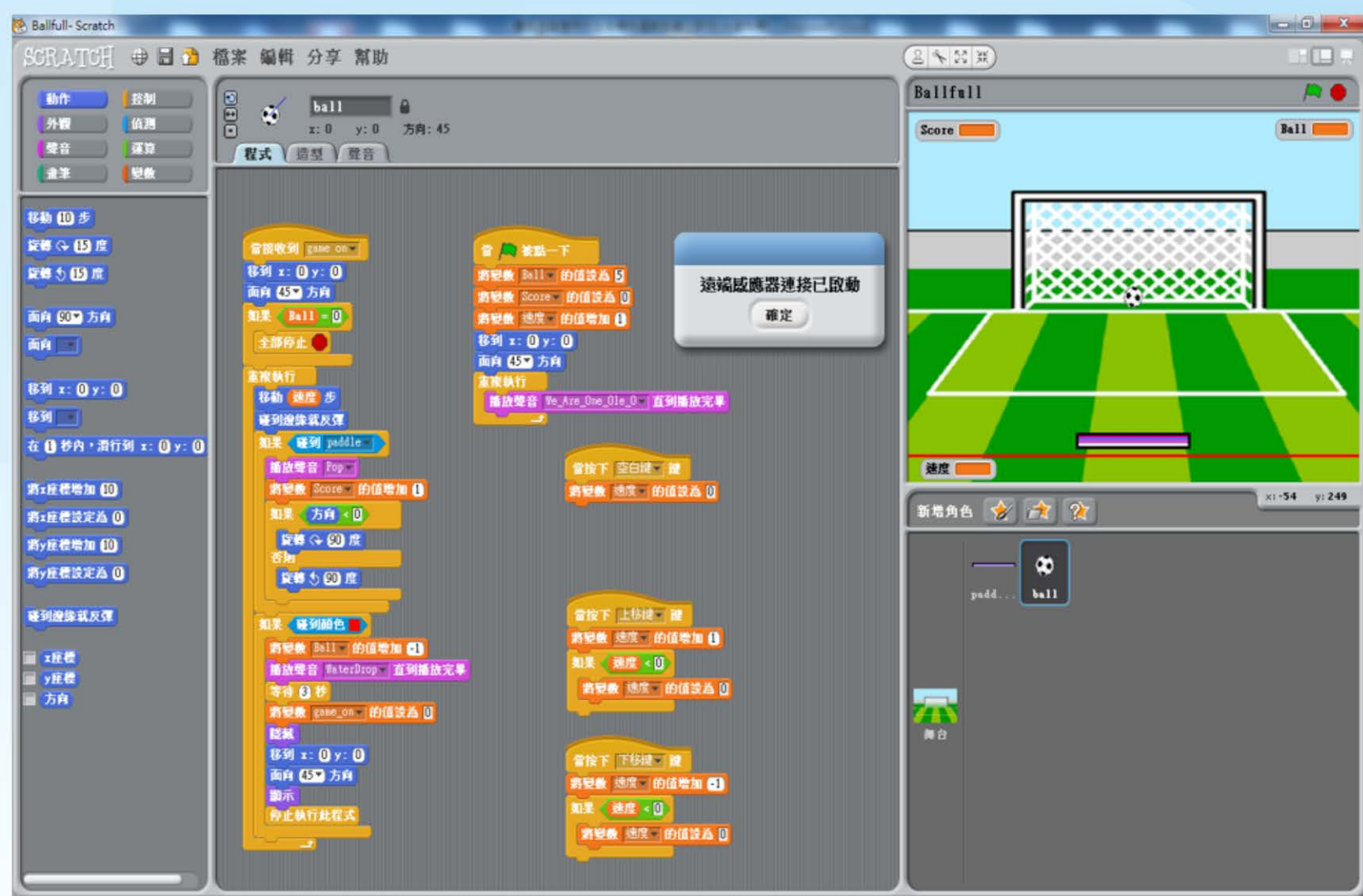


圖16 正常體感遊戲的程式

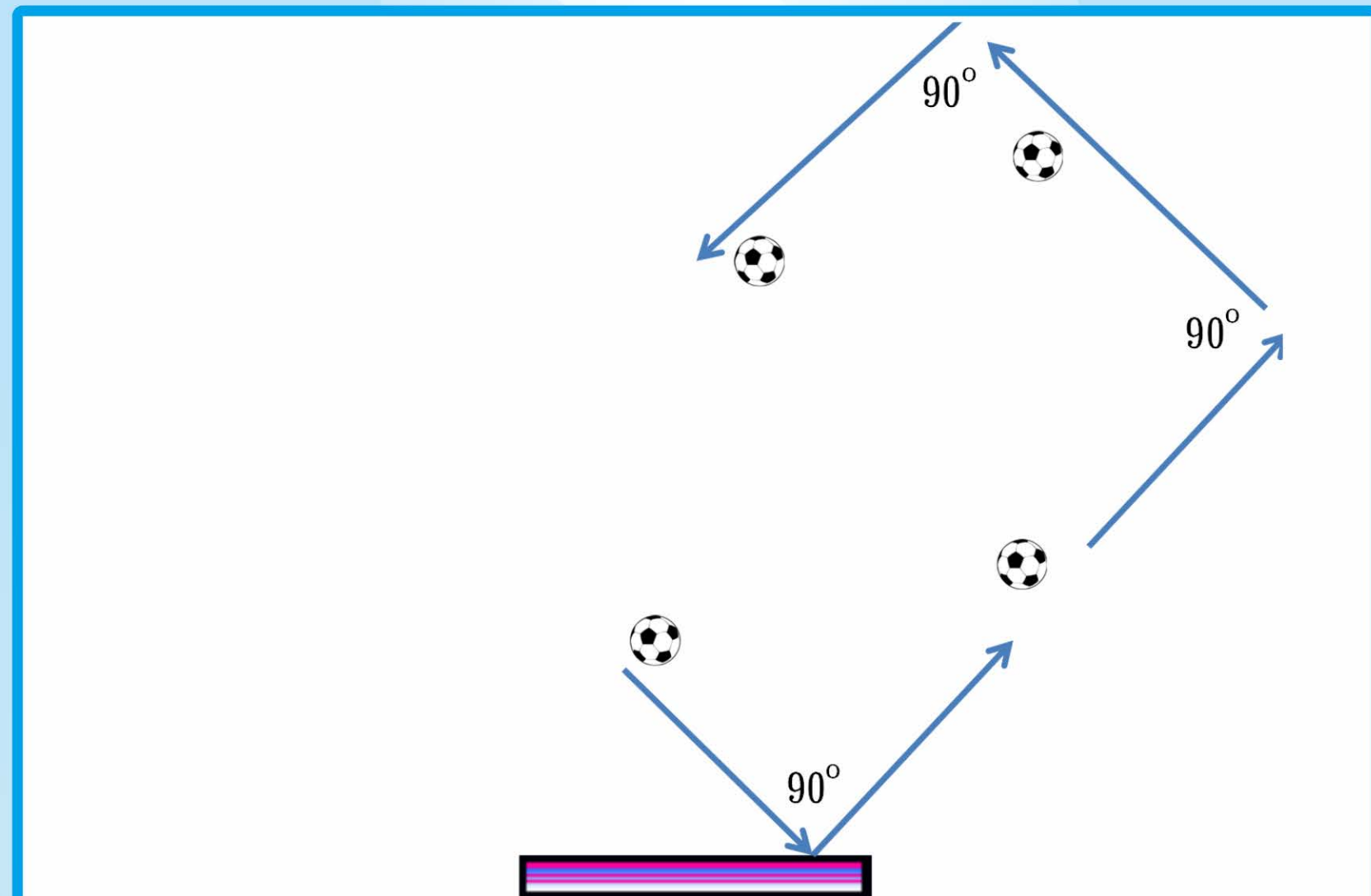


圖17 當球碰到三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現規律的90度反彈(垂直反彈)

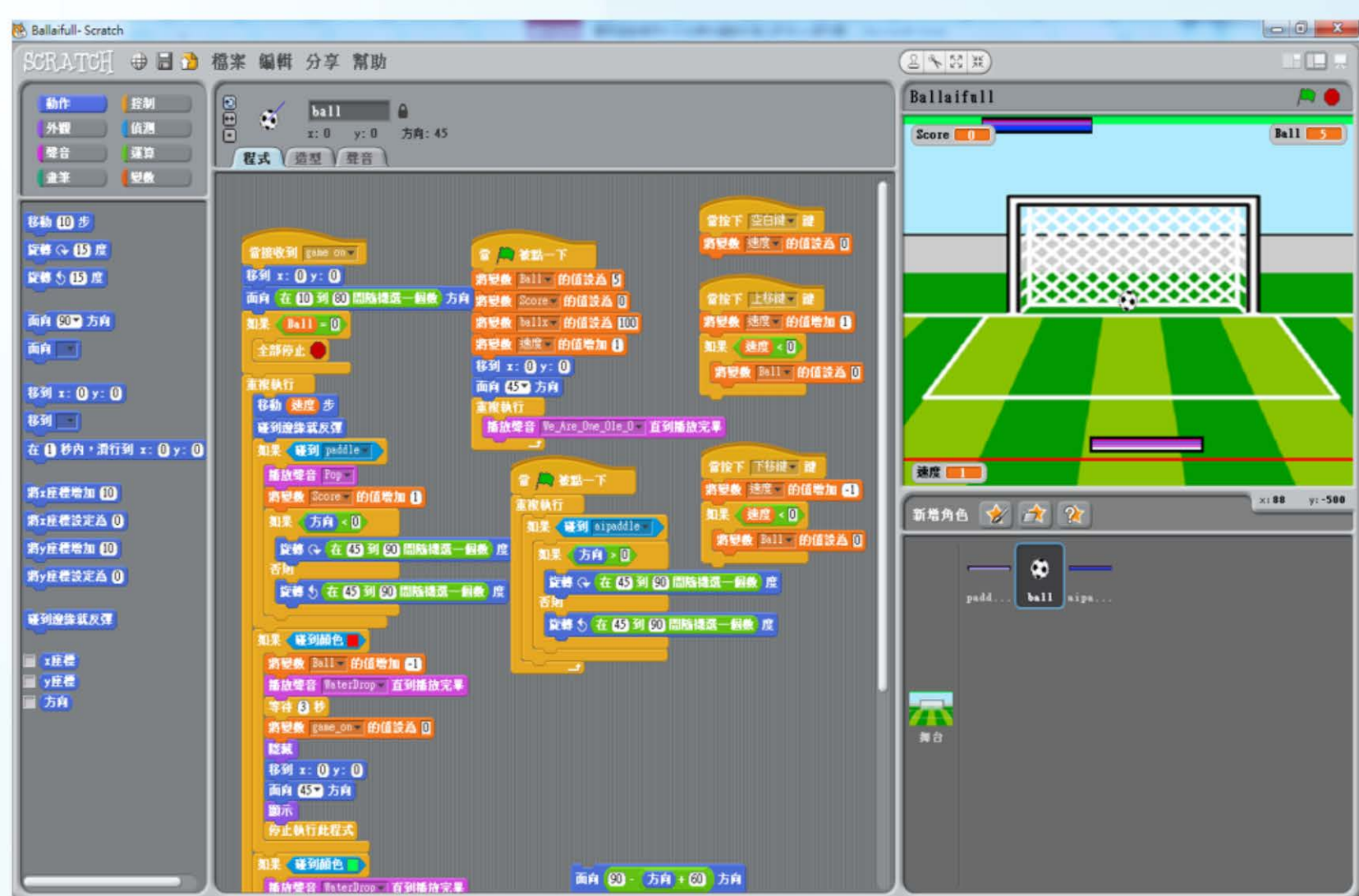


圖18 AI橫向體感遊戲的程式

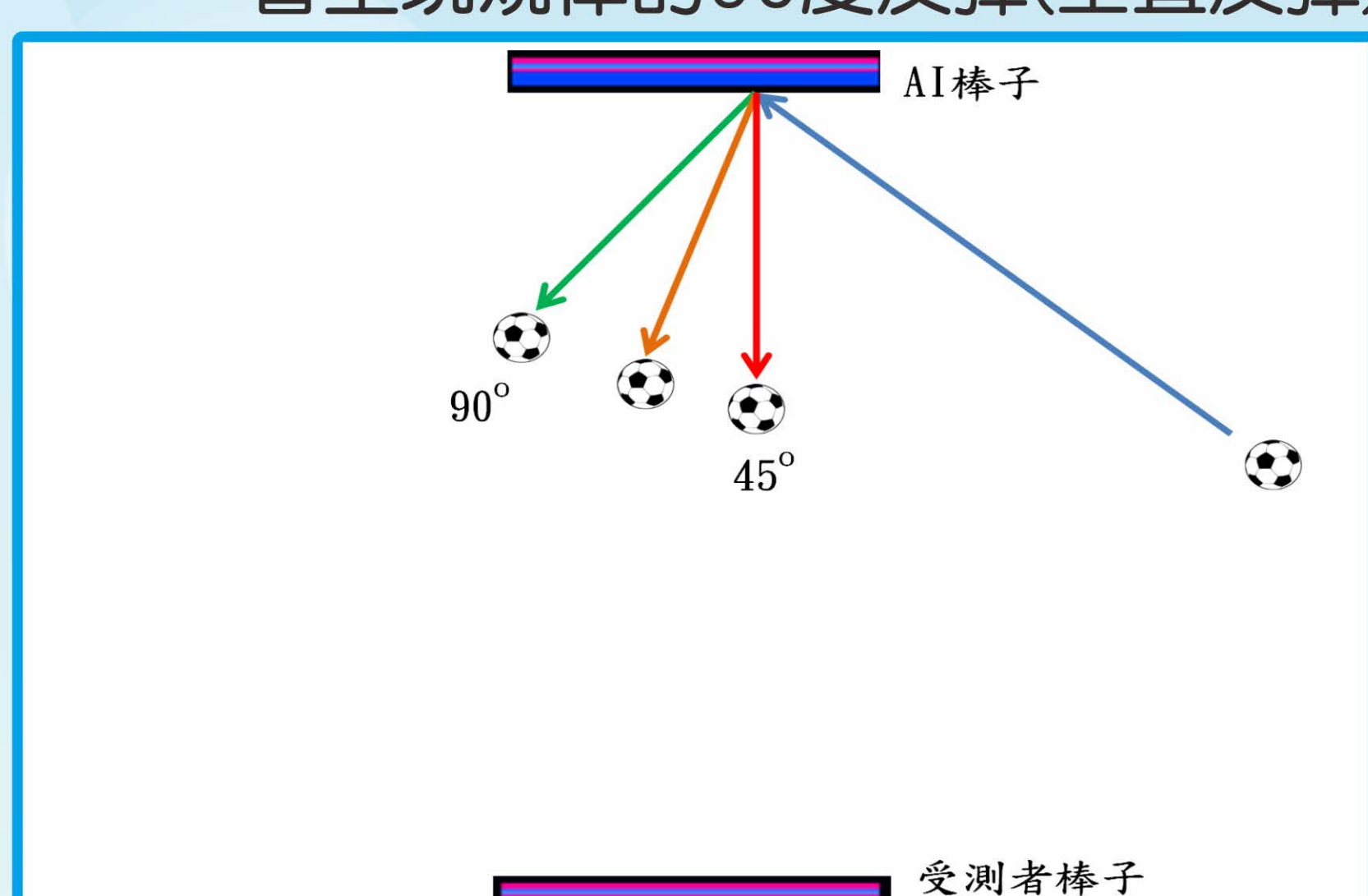


圖19 當球碰到AI棒子或受測者控制的棒子時，會呈現不規律的45~90度反彈

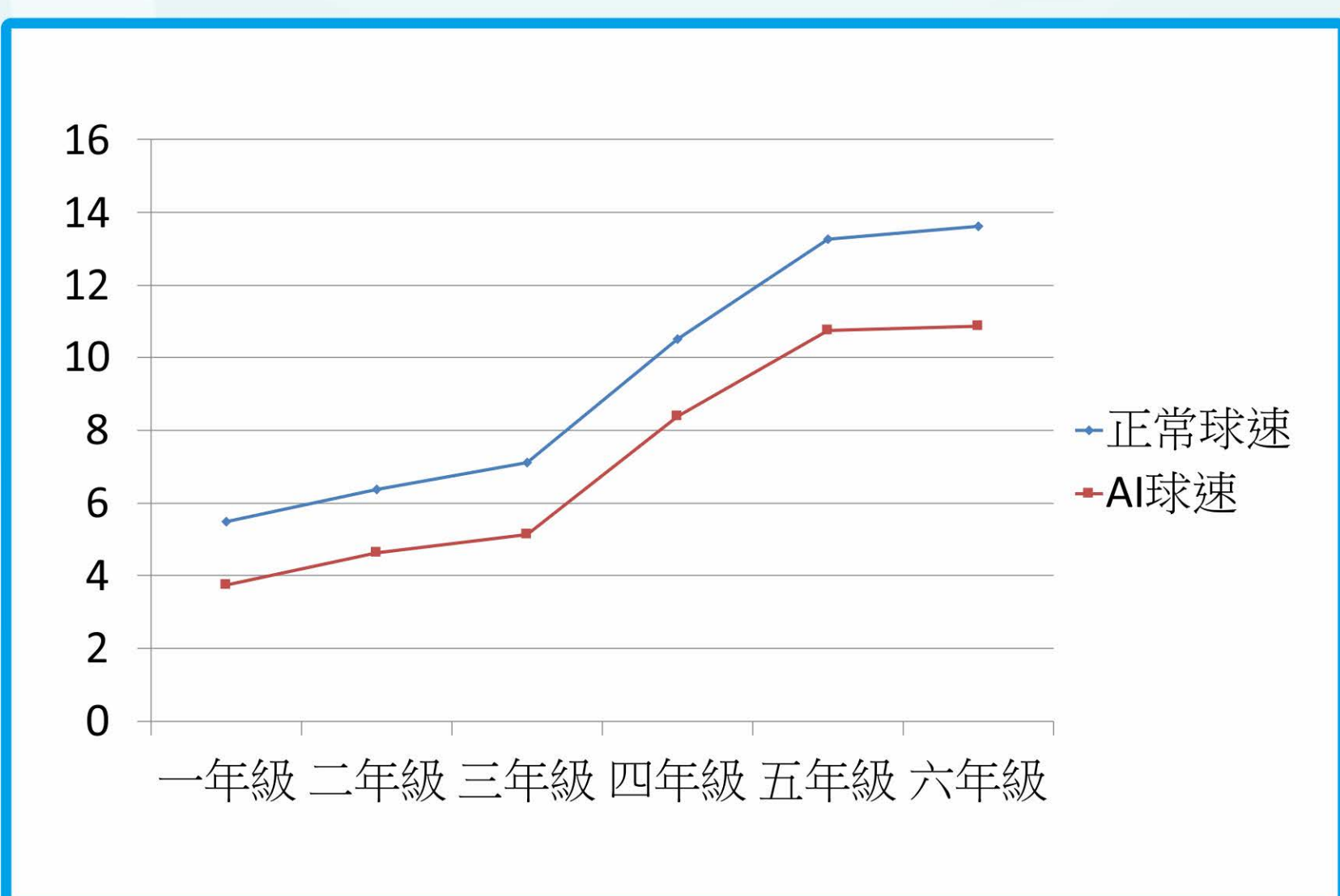


圖20 全年級所量測到的正常平均球速與AI平均球速

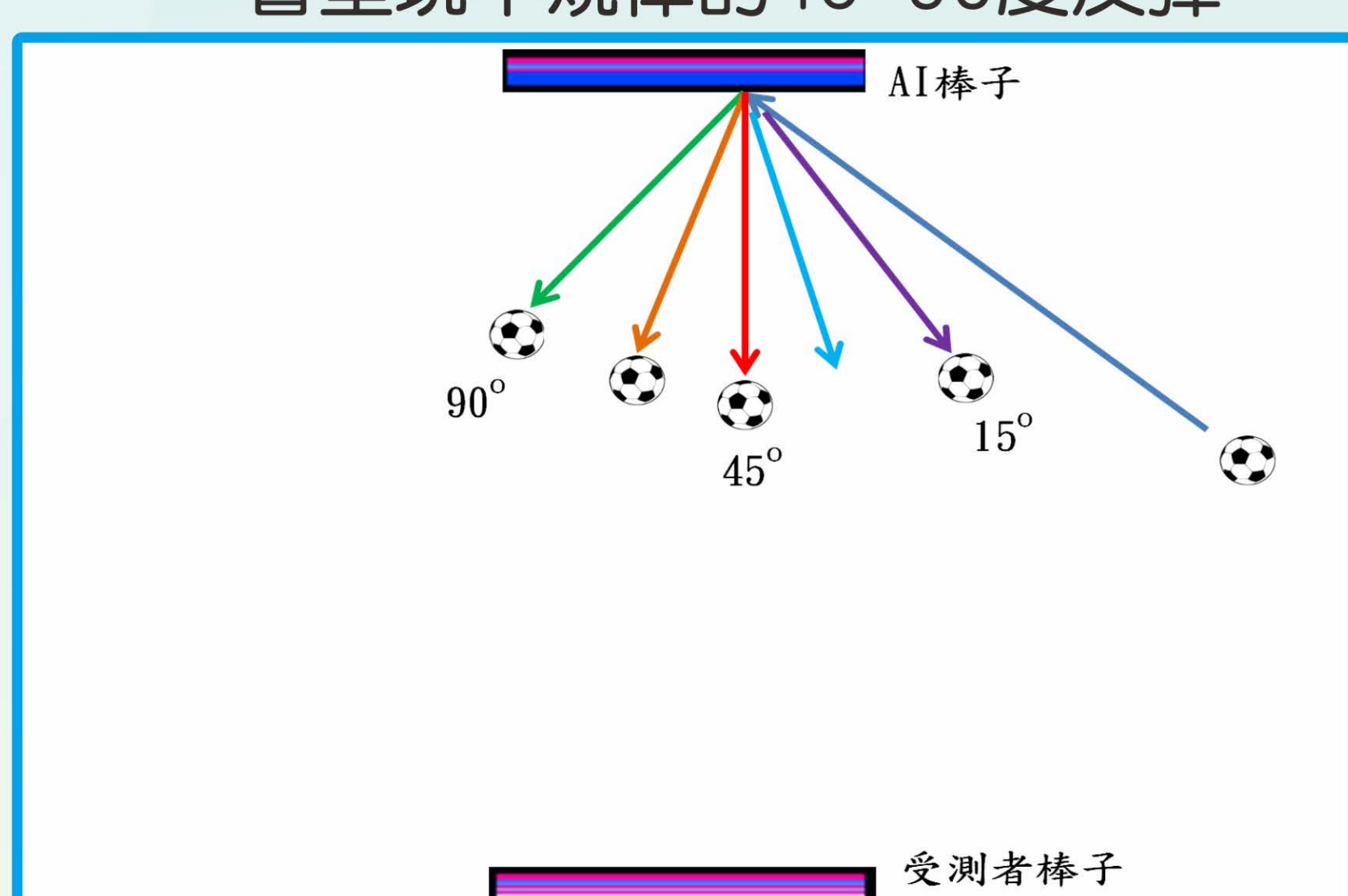


圖21 當球碰到遊戲畫面中的AI棒子或受測者控制的棒子時，會呈現不規律的15~90度反彈

• 發現與討論:

由結果顯示，全部年級在AI體感遊戲的平均球速是低於正常體感遊戲的平均球速，顯示了在AI體感遊戲中能接到高速球的困難度是較大的；我們也嘗試增加AI橫向體感遊戲的困難度，當球呈現更大範圍且不規律的15~90度反彈，受測員的橫向移動範圍變大會造成體力大量消耗，並不適用於一般人，在安全範圍的考量下，建議此模式提供給專業的運動選手或體育競賽選手進行特別訓練來進一步提升橫向移動的實力。

陸、結論

綜合上述實驗結果及討論，我們得到下列結論

- 一、體感遊戲的棒子長短會直接影響到實驗數據。在棒子長度為47 pixels ~ 186 pixels的實驗中，可以得到5.92~11.92的球速數值，若評估橫向運動的合適性，我們建議在橫向運動遊戲的棒子是採用122 pixels。未來，若對象更換為幼兒或是老年人，則可以採用較長的棒子如154 pixels或186 pixels，若是想用於專業運動選手的橫向運動評估，則可以選擇較短棒子如47 pixels或71 pixels。
- 二、在橫向運動加速度量測實驗中，我們發現球速與橫向移動加速度的線性關係。全部年級的平均加速度值由一年級(12.47 m/s²)往六年級(33.35 m/s²)逐漸增加，平均球速值也是由一年級(5.71)往六年級(13.9)逐漸增加，年級越高，所得到的平均加速度值、平均球速值也越大；總計全部140筆小學生的橫向移動實驗中，可以建立球速與最大橫向移動加速度的線性關係。在本研究中，我們可以建立橫向運動的體適能標準，低年級的運動球速約在5~7之間，中年級的運動球速約在7~12，高年級的運動球速約在12~16之間。在安全運動範圍內，未來也可以針對幼兒或老年人來設計合適的橫向運動體感遊戲，例如以增加手臂長度的感測來輔助雙腳橫向移動，減少幼兒或老年人在橫向運動時的雙腳負擔。
- 三、在正常體感遊戲中，當球碰到三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現規律的90度反彈(垂直反彈)，所以當受測者體驗正常橫向體感遊戲時，接球會比較規律容易。而在AI橫向體感遊戲中，當球碰到遊戲三面牆壁或受測者控制的棒子時，會呈現不規律的45~90度反彈，所以當受測者體驗AI橫向體感遊戲時，接球會比較沒有規律且更為困難。實驗結果證實了AI橫向體感遊戲可應用於體能較佳選手或是提供給體育選手在橫向運動的專業訓練，遊戲中的AI棒子就像一名可自我學習與適應的專業的運動選手，剛開始無法跟上受測者球速，但經過自我學習與調整後即可適應遊戲的球速，並擊出讓測試者難以招架的方向，可用來提供更專業的橫向運動訓練。