中華民國第55屆中小學科學展覽會作品說明書

國小組 數學科

最佳(鄉土)教材獎

080417

稻田中插秧與收割機運轉路徑之數學探討 -找出有效的行走路徑

學校名稱:國立臺東大學附屬實驗國民小學

作者:

小五 蔡尚佑

小五 陳思羽

小五 陳妍廷

小五 陳家楷

小四 周彦寬

小四李 欣

指導老師:

黄竹君

吳美慧

關鍵詞:減碳、運轉路徑

摘要

臺東縣占地面積 351525 公頃,農產耕地面積為 47681 公頃,稻作是本縣重要的農產品,種植面積約占 12000 公頃,前三大生產稻米鄉鎮市區為:關山鎮、池上鄉與臺東市。配合本校稻米種植課程,在觀察農業從業人員操作插秧、收割機具的行走路徑後,發現插秧與收割機具的行走路徑的不盡相同,因此想探討是受到哪些因素影響。

本研究以臺東市的稻田為研究場域,透過訪問農業從業人員、實際觀察與模擬後,分析在稻田內使用收割機、插秧機的行走路徑上的關係,找出影響行走路徑的因素,依據研究結果進行討論與提出建議。

壹、研究動機

『地球發燒了』是近年不斷被提出的警告,如何透過節能減碳行動,改善嚴峻的環境問題,其實是可從每個人自身行動做起。譬如:臺東縣因農田面積大,多數借助農耕機械,無論是整地、插秧或是收割,常可見到耕耘機行走於農田裡;如何讓農業機械運作最有效能,降低碳排放量,就是我們可以做的一件事。由於臺東市區的農田以種植稻米最多,我們想到或許可以透過了解在稻田進行插秧、收割的機具中所行駛的路線,找到最高效益的機具行駛路徑,一方面提高農業從業人員插秧、收割的效率,另一方面也能降低二氧化碳的排放量,為地球的環境保護盡一份力。

貳、研究目的

- 一、探究稻田在不同形狀相同面積之下,插秧機與收割機的行走路徑。
- 二、探究稻田在不同面積相同形狀之下,插秧機與收割機的行走路徑。
- 三、彙整農業從業人員在插秧與收割的共通經驗,歸納出行走路徑的共通性。
- 四、歸納農耕機具在插秧和收割時,各自最大的減碳效益的行駛路徑。

參、研究問題

- 一、分析稻田在不同形狀、相同面積時,插秧與收割的行走路徑為何?
- 二、分析稻田在不同面積、相同形狀下,插秧與收割的行走路徑為何?
- 三、不同栽種經驗年數值的農業從業人員,在插秧和收割的共同點為何?
- 四、找出農耕機具在插秧與收割時行走路徑的最大減碳效益?

肆、文獻分析

一、經驗值中累積的智慧是否值得研究?

我們翻閱文獻資料發現,關於農耕機具在農田間行走路徑的研究非常少,這讓人很沮喪。請教了東區農改場的稻米博士丁研究員,得到的說明是「農耕機具行走路徑是經驗值的傳授,沒有人特別去研究,都是有經驗的農業從業人員將經驗教給新手,新手再從操作中累積自己的經驗」,但可以試著去探究!丁老師給予的鼓勵,讓我們思考『經驗值』應該具有價值,只是必須更辛苦進行研究與彙整。

二、經驗智慧值的數據如何量化研究?

經驗是智慧的累積,但如何將智慧數據化?是我們想要努力的方向。既然沒有文獻資料,因此訪問農業從業人員,成為研究的重要資訊的來源,我們將經驗值分為兩類,一是具備人工插秧與機械器具插秧經驗值的農業從業者,另一類為具備機械器具插秧經驗值的農業從業者。我們總共訪問了三位個案,稻田栽種經驗分別為15-50年工作經驗,透過訪問分析他們的經驗值,作為後續研究的參考依據。

農人	王先生	張先生	李先生
年資	15	25	50
工作內容	協助業主插秧、	協助業主插秧、	從年輕時代就開始耕作,還
	收割與整地	收割與整地、並	未有機器以前,插秧與收割
		培育秧苗供應他	都是自己徒手完成,現在是
		人使用、數屆冠	地主,收割與插秧會請專門
		軍米得主。	收割、插秧的人來協助。

三、國外研究文獻

臺灣耕種面積小,在進行收割與插秧時雖是使用機器多於人力,但是對於行 駛路徑的相關研究幾乎沒有,而在耕地面積較大或以玉米、馬鈴薯為主要栽種產 物的國家(例如美國、中國…等),機械耕作是農業主要的方式,所以如何設定行 駛路徑及路線檢測算法的研究就顯得特別重要,在查閱的資料中找到導航方式、 有些也採用感應器的導航進行,這些都讓我們感到不可思議,但目前在臺灣還未 出現農田作業機器人的方式。

伍、研究背景分析

我們想探究農業從業者在收割與插秧時操作機具的行走路徑,因此針對個案 插秧與收割的經驗設計相關問題來訪問,希望能從個案的經驗值中得到結果,訪 問的結果整理如下:

一、農業從業者、農地與農耕機具的背景探究

1.我們查閱資料發現,在臺灣擁有 0.1 公頃以上的農田或林地的人認定為農業從業人員,可以申請農保和其他與農人相關的福利。於是我們以 0.1 公頃為基本量進行單位換算,計算出 0.1 公頃等於 1000 平方公尺,以我們最常使用的綜合球場面積進行對照,經過丈量計算發現學校綜合球場長 30.26 公尺,寬 17.3 公尺面積為 523.50 平方公尺,約是 0.1 公頃的一半,因此,經過討論以兩塊綜合球場的面積進行農田機具行走路徑探究的參考基準。

2.插秧過程秧苗間的行距大小,關係到後續秧苗成長過程的照顧問題,秧苗 栽種的整齊與否,關係到插秧工作者的風評(秧插工作者多為農田主人所聘用), 這些因素會影響插秧工作者使用農具機械的謹慎度,如同訪問者王先生陳述"插 不好會給人唸.唸到臭頭"秧苗照顧的便利性與稻田農作產量有密切的關係,加 上機具操作的風評會影響後續工作量的多寡,使得農耕機具在田間操作尤其是轉 營過程必須謹慎以對。 3.為了驗證農耕機具行走路徑的長短,我們在網路上購買了模型收割機進行 模擬實驗;收割機為1:47比例縮小模型。經過詢問訪查後,發現農耕機具分為: 整地耕耘機、插秧機、收割機;車體最大為整地機,其次是收割機,最小的是插 秧機;插秧機具:可分為步行式插秧機、乘坐式插秧機;插秧機一次所插的秧苗 數有:6、8、12排的差異,機具大小也會有差異。因為無法購買到縮小版插秧 機,仍以收割機,進行模擬測試。

二、插秧與收割農耕機具的行走路徑互有影響

插秧與收割的行走路徑相似,只是順序相反;插秧時部分農業從業者會由稻田中央開始插秧,稻田外圍最後才插秧;但也有部分農業從業者會選擇外圍先插秧,外圍插秧的順序有多種方式(如圖1:紅色部分為起步路線),因為插秧需考量因苗間的整齊度(關係後續施肥與除草),可以選擇的路徑較少;而收割部分,農耕機具會在外圍先收2-4圈左右,再開始收內部的稻穗,如果稻田的面積太大,收割的方式一樣會先在外圍先收2-4圈,再把剩下的部分分成一半,然後來回收割(如圖2),可以選擇的路徑形式較插秧多。

三、稻田的形狀不影響農耕機具的行走路徑

不同形狀的田(長方形、梯形、三角形)收割與插秧的方式差異不大。插秧也是中間先插,外圍最後再插;但稻田旁的物件,包含:住宅、大型遮蔽物…等會影響插秧、收割的行走路線。而收割則是先收外圍 2-3 圈,再從裡層來回收割,但一樣要先決定從何處下稻田,斜坡的位置和斜度會影響下田的位置選擇。

四、農耕機具在稻田間的轉彎次數是重要的影響因素

機具行走的路線會選擇需要轉彎數較少的邊開始,以節省時間。以圖3為例, 寬邊路線的轉彎數較長邊路線的轉彎數多,需要耗費較多的時間,為了較節省時間,所以通常農耕機具操作者,會選擇轉彎數少、省時的方式行走。

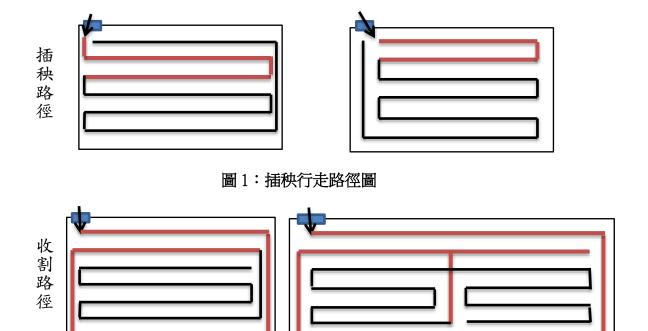


圖 2: 收割行走路徑圖

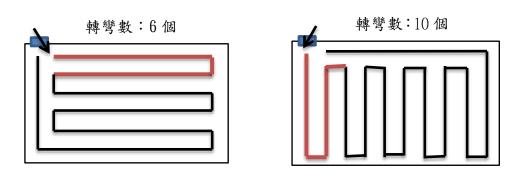


圖 3: 行走路徑比較圖

五、方便業主後續稻田管理是農耕機具行走路徑的參考要素之一

灑肥料的方式,以及地勢的高低會影響插秧的路徑,在耕耘機具完成插秧工作後,業主必須入田進行施肥除草的工作,至今施肥和除草都屬於人力工作階段,因此業主入田工作會踩著稻秧左右間隔處灑肥料,秧苗的左右間距約30公分,前後間距約15公分左右(如圖4),踩著左右間隔處業主才不會踏到秧苗,另外,地勢的高低也會影響農人選擇哪處下田,而通常會選較低的地方踏入稻田,因此灑肥料的方便性和稻田要下去的斜坡會和插秧的方向有關係,而且插秧的方式會決定後面收割的方式。

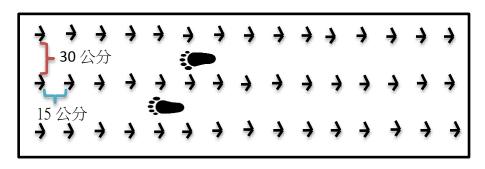


圖 4: 秧苗間距圖

六、稻田地理位置也是農耕機具行走路徑的參考要素之一

臺東位在臺灣的東南部,地廣人稀,除了花東縱谷有山脈的屏障之外,冬季 易受東北季風的影響,稻田插秧方向最好是北南向插秧(如圖 5),因為東北風到 臺東後會變成偏北風,風吹過稻田較不容易殘留病菌,但如果是東西插秧,前後 的間隔距離較窄,風會帶一些病菌,往南吹後因間隔距離較小,吹拂過後細菌容 易附著在秧苗上,稻田的病蟲害也會比較多,後續業主就要花比較多的錢和時間 於病蟲害防治。秧苗的間隔距離,左右的間隔是30公分,前後距離會依業主本 身的經驗和田地的大小來選擇要多寬的距離,通常距離會是10-15公分。

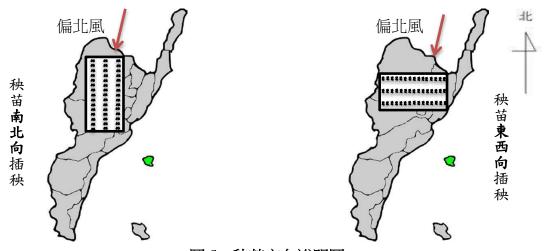


圖 5: 秧苗方向說明圖

七、農耕機具是耕種的重要選擇以利降低人力成本

業主會選擇使用農耕機具進行收割、插秧等工作,其目的是讓農耕機具在農田中進行最大效益值的插秧或收割。機械插秧通常會增加秧苗成本費用,但仍低於人力成本費,因此,除非是稻田中無法收割或插秧的地方,否則一律會使用農耕機具進行,以降低人力成本。

八、其他發現

上述均為三位個案的經驗分享,但仍有個別差異存在,稻田離主要交通要道的遠近,個別稻田與路面的高低落差,都會影響農耕機具下田的方便性,進而影響農業從業人員操作機具的路徑選擇。由於稻田地勢高低不同,有的稻田會做一個小斜坡,方便耕耘機具進入田間工作,而每一塊稻田,農耕機具下田去的地點都不太一樣,如果稻田設有斜坡就可以從那裡下去,而且斜坡位在稻田的哪個位置,這個斜坡位置也會影響農耕機具操作者對收割、插秧要行走路線的判斷。

陸、研究設備及器材

為了解決我們的探究問題,找出農業從業者,在插秧過程中農耕機具的行走 路徑值是否具有共同性?我們針對研究問題進行科學探究。

一、研究工具:皮尺、收割機模型車、錄音筆、壁報紙、相機



柒、研究過程與方法

一、研究過程

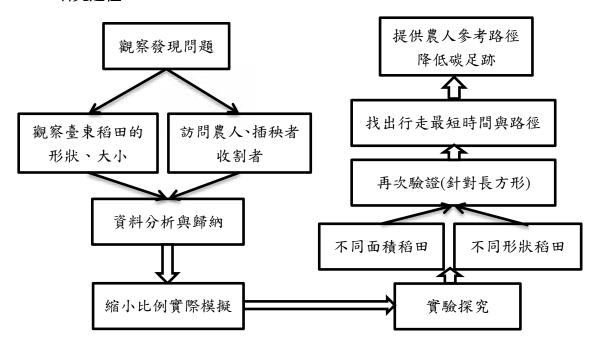


圖7:研究流程圖

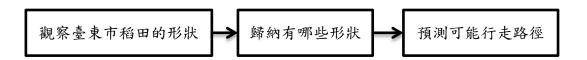
二、研究方法

本研究共分為四個部分進行,一是實際觀察臺東市的稻田形狀,找出共同性。 二是訪問個案,彙整不同耕種年數及耕種方式的農業從業者經驗值。三是進行實際模擬測試,找出農耕機具行走路徑數值,針對實際模擬的狀況進行分析與歸納, 四是針對模擬後的數據討論,並再次使用不同研究方法(方格紙)進行驗證。

在研究方法中,我們使用了兩種方法,目的是使研究結果更準確,也希望透過更精確的方式,找到最靠近的實際數據。

(一)實際觀察稻田

我們實際走訪了幾個鄰近學校的稻田,包含臺東縣東海國中前、中華路一段 道路兩旁的稻田,以及中華路的田間小巷…等,在實際觀察後,畫下看到的稻田, 然後再歸納所看到的稻田形狀多是屬於哪幾種,接著針對稻田插秧、收割可能行 走的路徑做預測。彙整我們所觀察到的稻田形狀,發現臺東市區近郊多數為長方 形、正方形、梯形,我們將之歸類為四邊形;部分為三角形或是五邊形,但數量不多。我們選取四邊形的長方形、梯形、及三角形的稻田進行比較分析。



(二)訪問個案

經過預測之後,我們想實際了解農業從業者,在插秧與收割時農耕機具的行 走路徑,受哪些因素影響?所考量的問題是否有先後順序?我們訪問了個案王先 生、張先生,以及李先生,其中訪問張先生和王先生時,同時實際到現場參與插 秧,看到了實際進行插秧的情況,以下為受訪者的資料。

	王先生	張先生	李先生
年資	15	25	50
工作內容	協助業者插秧、	協助業者插秧、	從年輕時代就開始耕作,還
	收割與整地	收割與整地、並	未有機器以前,插秧與收割
		培育秧苗供應他	都是自己徒手完成,現在是
		人使用、數屆冠	地主,收割與插秧會請專門
		軍米得主。	收割、插秧的人來協助。

(三)縮小比例實際模擬測試

針對實際觀察到不同形狀的稻田及訪問的結果,我們以縮小稻田的比例來進行探究,因此根據觀察,我們以學校二塊綜合球場的面積進行探究,並將一塊綜合球場的面積加入探討,比較在不同面積的稻田中,路徑有無差異。配合模型車縮小1:47的比例,將稻田的面積以同樣比例縮小進行模擬實測。另外為求方便計算,稻田面積取概數到百位數,將模型車實際進行行走路徑,模擬後計算行走長度進行比較並找出其他發現。

1. 模型車與土地面積的換算

	項目	長	寬	高	面積	概數
1	收割機模型車 (1:47的縮小版)	82mm	34mm	36mm	-	-
2	綜合球場實際大小	30.26m	17.3m	-	523.498m ²	-
3	縮小後的綜合球場大小 (1個)	64.6cm	36.8cm	-	2369cm ²	2400cm ²
4	縮小後的綜合球場大小 (2個)	-	-	-	4738cm ²	4700cm ²

2. 在相同面積下,畫出不同形狀的稻田

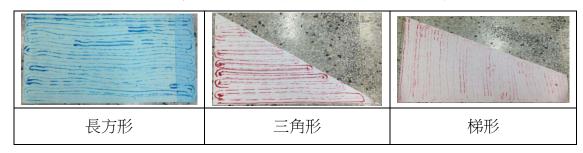
根據實際走訪觀察後,發現臺東縣的稻田是長方形及四邊形較多,但越靠近田間小路,因為道路的緣故,則會有三角形的形狀出現,而四邊形部份因稻田的形狀與梯形類似,因而選擇梯形作為探討,以下研究部分將針對長方形、梯形、三角形三種形狀進行討論,另外,因考量計算方便,稻田的長、寬數據部分,取整數且最靠近面積大小的數字進行探討,以下為各圖形的面積。

項目	形狀	面積	長、寬
1	長方形	4700	50×94
2	長方形	4700	60×78
3	長方形	4700	70×67
4	長方形	4700	80×59
5	梯形	4700	(60+74) 70/2
6	梯形	4700	(70+48) 80/2
7	梯形	4700	(80+24) 90/2
8	三角形	4700	70(高)x134/2
9	三角形	4700	80(高)x134/2
10	三角形	4700	90(高)x134/2
11	長方形	2400	60x40
12	長方形	2400	70x35
13	長方形	2400	80×30
14	梯形	2400	(20+30) 80/2

15	梯形	2400	(34. 5+24. 5) 70/2
16	梯形	2400	(31. 5+21. 5) 90/2
17	三角形	2400	60x80/2
18	三角形	2400	70×69/2
19	三角形	2400	90x53/2

3.測量步驟

根據實際模擬的測量步驟做說明如下,首先繪出模擬的稻田面積,面積分成: 4700cm²和 2400cm²(兩塊綜合球場及一塊綜合球場面積)並在 2 種不同的面積下畫 出長方形、三角形、梯形等稻田圖形。接著使用模型車實際模擬機器會行走的路 徑,為留下痕跡,我們使用廣告顏料來做記號,再量出模型車行走路徑長度。



- (一) 分別繪出面積 4700cm²和 2400cm²長方形、三角形、梯形的稻田圖形。
- (二) 在模擬的稻田面積上以染料畫出使用模型車行走的路徑圖。
- (三) 使用棉線丈量出行走路徑的距離並以皮尺計算長度。
- (四) 針對不同的形狀的行走的路徑長度、面積、轉彎數進行分析比較。

4.測量過程







觀察臺東縣市區稻田形狀

畫下臺東縣市區的稻田形狀



(四) 再次驗證(方格紙)

針對模擬後的數據,我們發現各形狀在相同面積之下,行走路徑長有些誤差,可能是不同人在使用縮小版收割機行走時,行走路徑相距的寬度會有些微不同, 以致影響總路徑長及轉彎數,因此我們決定使用方格紙畫下長方形、梯形、三角 形的面積,一格走一公分的計算方式,計算行走路徑長度及轉彎數,並且針對不同的行走方式進行討論。

1. 不同的行走方式

以下不同的行走路徑,是根據實際觀察及訪問農人後整理出來的五種行走方式,插秧有兩種行走路徑可供選擇,主要會採長邊行走方式。收割的行走路徑則有較多的選擇,收割除了走長邊之外,則會有以下幾種情況(如圖所示),其中農夫大部分採走長邊和回字型的方式進行,若土地面積較大時會採兩個回字型(走長邊)的方式行走。

◎ 收割行走路線

走長邊	走寬邊	回字型	兩個回字型 (走寬邊)	兩個回字型 (走長邊)
插秧路線	插秧路線	©	©	©
收割路線	收割路線	收割路線	收割路線	收割路線

2. 以方格紙模擬

我們以長方形為主要探討圖形,畫下長方形不同面積的圖形後,實際模擬五種不同行走路徑以及計算轉彎數,並探討不同面積時的差異,我們也修正了轉彎的計算方式(例如: C 的方式轉彎,算兩個彎)。

經過多次的繪製,以走長邊的公式為例,我們先縮小長、寬的實際長度,繪 製縮小版的圖形並觀察其轉彎數,在繪製了好幾個圖形後,我們發現走長邊的轉 彎數,皆是以寬邊長度減1乘以2的數,數字的規律性讓我們從當中發現公式, 並再次進行驗證,而其他四種行走方式也是以同樣方法找出規律性再推算公式, 以下為各行走方式的轉彎數計算與行走路徑計算。

(1) 轉彎數計算公式

1-1 走長邊轉彎數:(寬邊-1) × 2

1-2 走寬邊轉彎數:(長邊-1) x 2

1-3 走回字型轉彎數:寬邊 × 2-2

1-4 走二回字型轉彎數(走寬邊):長邊 × 2

1-5 走二回字型轉彎數(走長邊):(寬邊-1) × 2

(2) 行走路徑計算方式

因走一格以一公分計算,所以走長邊、寬邊及回字型的行走路徑皆是此形狀的面積,只有兩個回字型的行走方式會多重複走一格,所以兩個回字型的行走路徑為面積加1。

2-1 走長邊、寬邊、回字型路徑:長 x 寬

2-2 兩個回字型路徑:長 x 寬 + 1

◎ 實驗過程



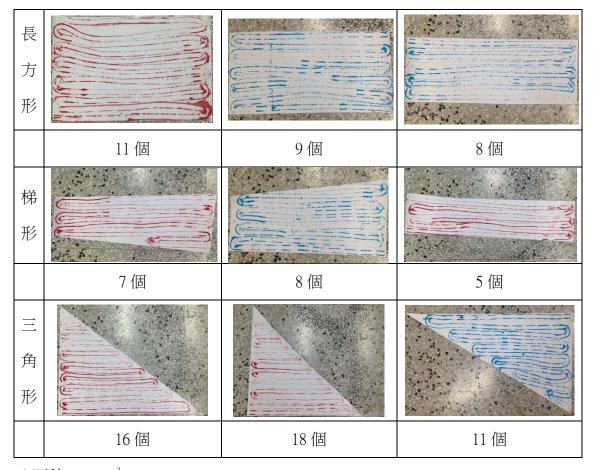
捌、研究結果

一、分析稻田在不同形狀、相同面積時,插秧與收割的行走路徑為何? 以下將針對轉彎數及行走路徑長,分別說明之。

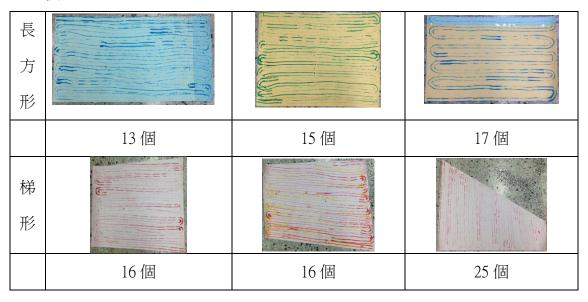
(一) 行走的轉彎數

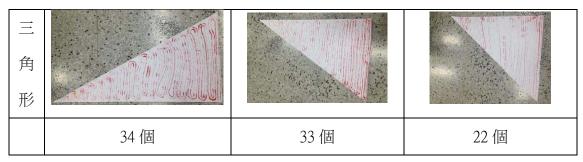
以模型車實際模擬後計算轉彎數,此部分的轉彎數計算方式以に算一個彎。

1.面積 2400cm²



2.面積 4700cm²



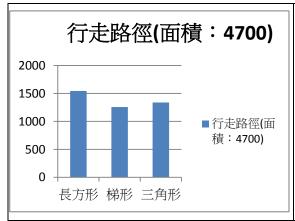


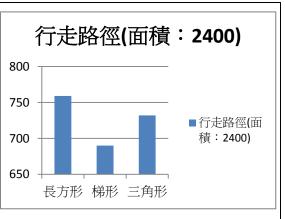
根據研究結果顯示,在相同面積、不同形狀之下的稻田,我們發現三角形的轉彎數在 4700cm²和 2400cm²的面積中都是最多的,而在面積 4700cm²之下,轉彎數第二多的是梯形,最少的是長方形;但在面積 2400cm²之下,梯形的轉彎數最少,長方形第二多。另外,我們也發現面積越小的轉彎數越少。

(二) 行走路徑長度

下圖為稻田在相同面積、不同形狀之下的平均行走路徑長度,我們發現在面積 4700cm²下梯形的行走路徑是 1257cm,三角形的行走路徑是 1339cm,長方形的行走路徑是 1545cm,而面積 2400cm²下,梯形的行走路徑是 480cm,三角形的行走路徑是 661cm,長方形的行走路徑是 759cm,皆是梯形的行走路徑為最短,其次是三角形,而長方形的行走路徑最長,以下為統計數據圖表。

◎ 下圖表為縮小比例實際模擬後的行走路徑長





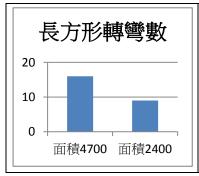
二、分析稻田在不同面積、相同形狀下,插秧與收割的行走路徑為何?

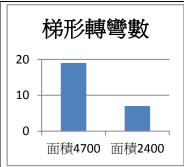
在不同面積、相同形狀之下,我們分成兩部分進行說明,分別是行走的轉彎 數,以及選擇長邊、寬邊行走所需的轉彎數量。

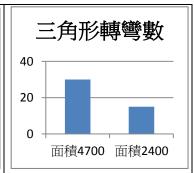
(一) 縮小比例實際模擬研究結果

1. 行走的轉彎數

在不同面積、相同形狀下所行走的轉彎數,根據實驗的結果長方形在面積 4700cm²下轉彎數是 16 個,面積 2400cm²的轉彎數是 9 個;梯形在面積 4700cm²下轉彎數是 19 個,面積 2400cm²的轉彎數是 7 個;三角形在面積 4700cm²下轉彎數是 30 個,面積 2400cm²的轉彎數是 15 個,而我們發現形狀相同面積越小的稻田轉彎數會越少,以下為研究的測量數據。







2. 寬邊與長邊的轉彎數

在相同形狀、相同面積之下,路徑選擇長邊行走的轉彎數較少,選擇寬邊的轉彎數較多。

形狀	長、寬	面積	長邊轉彎數	寬邊轉彎數
長方形	50x94		13 個	27 個
長方形	60x78	4700cm²	15 個	21 個
長方形	80x59		17 個	24 個

(二) 再驗證研究結果

經過討論,我們發現若以方格紙為稻田,稻田在相同形狀中,面積相同的行走路徑會一樣,和我們第一種的研究方法結果(使用縮小版模擬後的數據)有所出入,因此我們決定使用方格紙(第二種研究方法)再次進行計算並驗證,並針對長方形部分,增加了五種不同的行走方式,轉彎數的部分也重新修正基準計算方式(例如: 口的方式轉彎,算兩個彎),探討長方形不同面積(1200cm²、2400cm²、4800cm²、7200cm²)的轉彎數和行走路徑,以下為實驗後的結果。

◎ 長方形的轉彎數

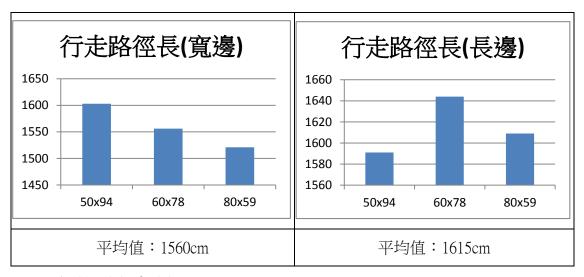
形	面積				轉彎	數	
狀	(cm ²)	公式	走長邊	走寬邊	回字型	二回字型 (走寬邊)	二回字型 (走長邊)
		60x20	36	118	36	120	38
	1200	30x40	58	78	58	80	58
		120x10	18	238	18	240	238
		60x40	78	118	78	120	78
長	2400	70x35	68	138	68	140	68
方		80x30	58	158	58	160	58
		50x96	98	190	98	192	98
形	4800	60x80	118	158	118	160	118
		100x48	94	198	94	200	198
		80x90	158	178	158	180	158
	7200	60x120	118	238	118	240	118
		100x72	142	198	142	200	142

由以上數據中可以發現,和縮小比例實際模擬後的轉彎數結果相同,長方形部分皆是農耕機具走長邊的轉彎數最少,且增加不同方式的行走路徑(走法不同)探究後,我們發現走長邊及回字型的轉彎數相同,是五種行走路徑當中轉彎數比較少的,其中二回字型(走寬邊)的轉彎數是最多的。

(三) 寬邊與長邊的行走路徑

1. 縮小比例實際模擬研究結果

在長方形的稻田中,在面積 50x94、60x78、80x59 走寬邊的行走路徑分別是 1603cm、1556cm、1521cm,平均行走路徑長為 1560cm;而走長邊的行走路徑分 別是 1591cm、1644cm、1609cm,平均行走路徑長為 1615cm,我們發現走長邊的 行走路徑較長,寬邊的行走路徑較短,以下為研究的測量數值。



2. 再次驗證的行走路徑長

為使研究結果更精確,我們以方格紙為實驗工具,繪製長方形不同面積大小的圖形並計算,以下為長方形在不同面積中不同走法的行走路徑。

πA	行走路 南積					Ī.	
形	面積	公式	十日7月	十分2自		二回字型	二回字型
狀	(cm ²)		走長邊	走寬邊	回字型	(走寬邊)	(走長邊)
		60x20	1200	1200	1200	1201	1201
	1200	30x40	1200	1200	1200	1201	1201
		120x10	1200	1200	1200	1201	1201
		60x40	2400	2400	2400	2401	2401
長	2400	70x35	2400	2400	2400	2401	2401
方		80x30	2400	2400	2400	2401	2401
		50x96	4800	4800	4800	4801	4801
形	4800	60x80	4800	4800	4800	4801	4801
		100x48	4800	4800	4800	4801	4801
		80x90	7200	7200	7200	7201	7201
	7200	60x120	7200	7200	7200	7201	7201
		100x72	7200	7200	7200	7201	7201

根據以上兩種研究方法的結果,我們發現在縮小比例實際模擬的數據上誤差 較大,可能是不同的人操作實驗,行走路徑的寬度不一,造成路徑長度不同,且 測量時雖然每個路徑長都測量三次以上,但還是無法避免人工測量上的誤差,因此,第二次實驗採以方格紙繪製進行,從研究結果中可以看出只有二回字型(走長邊、寬邊)的路徑會多出一公分,其餘走法在相同面積下路徑長一樣。

三、不同栽種經驗年數值的農業從業人員,在插秧和收割的共同點為何?

根據訪問農人的內容與實際模擬的研究結果,彙整資料做分點說明:

- (一) 插秧與收割農耕機具的行走路徑選擇受多重因素影響
- 個人經驗的累積:師傅的教導、師傅的經驗值、個人的操作經驗多寡、個人經驗值的美好與否都是參考因素。
- 2. 稻田地理環境條件:依據訪問與研究結果顯示,我們發現農業從業者在進行插秧或收割時,農耕機具的行走路徑,會考慮稻田位置南北的方向之外(前面研究背景有提及臺東縣會採南北向插秧是因較不易滋生病蟲害),也會考慮田地的形狀、地勢高低、稻田周圍遮蔽物、農地業主後續稻田管理的便利性…等,不同栽種經驗年數值的農業從業者,雖會考慮南北向的插秧方向,但最主要的還是會選擇稻田較直的長邊為行走路徑,這與我們實驗操作以長邊為行走路徑的轉彎數較少有所呼應。
- (二) 農耕機具在稻田間的轉彎次數,會影響不同栽種經驗年數值農業從業者的 選擇

彙整訪談資料發現,考量稻田無法調整的地理條件後,操作者對於農耕機具 在稻田中的轉彎次數相當在意,下田前考量機具行走的路線,三位訪談者均有提 及會選擇轉彎數較少的路徑為起點,這與我們模擬實驗不同面積、相同形狀之下 長邊轉彎數少於寬邊相呼應。這可能與選擇較直且長邊開始經驗值有關,而寬邊 的轉彎數較多,需要耗費的時間較多,長邊因為轉彎數少,較節省時間,所以通 常農人會選擇轉彎數少且較省時的方式行走。

(三)不同栽種經驗年數值農業從業者對插秧與收割的行走路徑均作整體考量 透過訪問我們了解到插秧與收割的行走路徑其實差不多,只是順序上有所 差異。插秧會選擇田裡面先插,外圍最後,而收割則是外圍先收,裡面最後才收, 有時田地若很大,收割時會從稻田中間先切出一條路徑,將稻田剖一半再收割, 行駛路徑才不至太長,另外,收割可以選擇的路線又較插秧時多,但不論栽種經 驗年數值長或短,將插秧與收割作整體考量是智慧的累積,目的都在提高效率。 (四)節省人力成本是不同栽種經驗年數值農業從業者的共同選擇

現今插秧多使用插秧機具來進行,機器大小不同,一次可以插秧的秧苗數量(株)也有所差異,而且農耕機具體積越大,同時可以進行數量越多的插秧苗數,而我們實際觀察的插秧機屬於中型的機具,一次可以進行八排的秧苗插秧工作,不論機具的體積大小為何,以農耕機具代替人力進行插秧或收割的工作,即使是多花費秧苗或農耕機具的效能,都是不同栽種經驗值的農業從業人員願意付出的代價。李先生今年70多歲,在訪談中提及年輕時,稻田插秧沒有插秧機器這麼方便,當時需要很多人力一起幫忙,人力插秧必須下田兩腳踩在泥土裡,身體倒退往後進行插秧,而秧苗間的距離則是以目測為主,左右間隔距離大約是兩腳張開的長度(大約30公分),前後秧苗的距離大約是2個拳頭寬,有的會再長一點,依據前面插秧的距離,後面的人再繼續往後插秧,有時需要插上半天的時間,現在有機器取代節省了更多的時間。

四、找出農耕機具在插秧與收割時行駛路徑的最大減碳效益?

依據訪談內容以及實際的模擬情況,我們發現在進行稻田插秧與收割時,師傅的教導、師傅的經驗值、個人的操作經驗多寡、個人經驗值的美好與否,都是影響決定的重要參考,但農耕機具操作的時間效能、農耕機具的油耗量多寡,從訪問的資料中找不到相關的連結,在降低成本的考量下,對於提高農耕機具的工作效能,還不屬於操作農耕器具時的考量範圍,彙整我們的研究資料歸納如下發現,供農機具操作者在田間操作農耕機具的路徑參考。

(一)無論插秧或收割農耕機具在長方形稻田轉彎數最少、其次是梯形、最多的是 三角形(此為縮小比例實際模擬後的數據)。

- (二)任何一種形狀的稻田,農耕機具在田間行走的路徑一樣長,但農耕機具轉彎 數越多,行走的時間會越多。
- (三)以長方形稻田為例,農耕機具在稻田行走長邊的轉彎數少,行走寬邊的轉彎數多,無論長邊或短邊行走路徑相同。
- (四) 插秧可以選擇的行走路線較收割少,收割時在五種不同的走法中,以走長邊和回字型的轉彎數最少,若要考慮時間效能與油耗量的多寡,此兩種行徑方式可以提供農業從業者參考。
- (五) 三角形的稻田面積,在農耕機具行走的轉彎數和行走路徑都是最大數值。未來如何克服?礙於時間因素無法繼續探究,找出最佳建議路徑,後續可以深入探究,找出三角形或畸零地的稻田插秧收割碳足跡最適官路徑。

玖、結論與討論

一、分析稻田在不同形狀相同面積之下,插秧與收割的行走路徑為何?

以下為縮小比例實際模擬後的數據,再次驗證部分沒有探討到不同形狀相同 面積的情況:

(一) 行走的轉彎數

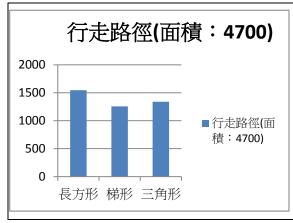
從統計的結果中,我們發現三角形的稻田轉彎數較多,推究可能原因是因為三角形越往內,面積會越來越窄,當面積越往內縮的情況下,遇到斜邊就要轉彎,因此轉彎數多,下圖是面積 2400cm²與 4700cm²的實際模擬情況數據,我們可以看到三角的轉彎數是最多的。

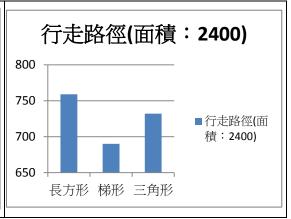
	形狀	長、寬	面積	轉彎數	平均轉彎數
1	長方形	50x94		13 個	
2	長方形	60x78		15 個	16 個
3	長方形	70x67		19 個	10 1四
4	長方形	80x59	4700cm ²	17 個	
5	梯形	(60+74) 70/2	47000111	16 個	
6	梯形	(70+48) 80/2		16 個	19 個
7	梯形	(80+24) 90/2		25 個	
8	三角形	70(高)x134/2		34 個	30 個

9	三角形	80(高)x134/2		33 個	
10	三角形	90(高)x134/2		22 個	
11	長方形	60x40		11 個	
12	長方形	70x35		9 個	9個
13	長方形	80x30		8 個	
14	梯形	(20+30) 80/2		7 個	
15	梯形	(34. 5+24. 5) 70/2	2400cm ²	8 個	6個
16	梯形	(31. 5+21. 5) 90/2		5 個	
17	三角形	60x80/2		16 個	
18	三角形	70x69/2		18 個	<u>15 個</u>
19	三角形	90x53/2		11 個	

(二) 農耕機具行走路徑長度

農耕機具行走路徑的長短與時間效能具有關聯性,路徑長時間多,在稻田間的碳足跡數值相對增加。以第一種模擬方式算出長邊行走機具運轉路徑較短邊行走路徑長,但長邊轉彎數少(經過再次驗證發現誤差存在),相對農耕機具在稻田中因轉彎數少運轉時間縮短,減碳效果須更深入探究計算才能比較出優劣勢。





二、分析稻田在不同面積相同形狀之下,插秧與收割的行走路徑為何?

(一)不同面積相同形狀行走的轉彎數

根據再次驗證的結果,不同面積大小的長方形,面積越大轉彎數越多,而在不同行走路徑下,以走長邊及回字型的轉彎數最少。這樣的發現與分析農人經驗會選擇轉彎數少的行走路徑不謀而合。

(二)行走寬邊與長邊的轉彎數各有不同

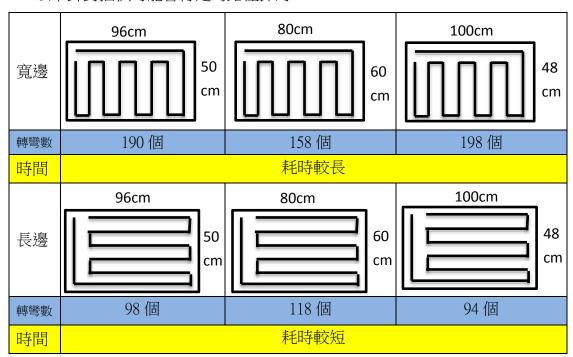
依據訪問時所提到的,在相同形狀之下,為節省時間會選擇從長邊行走的方

式插秧或收割,因為走長邊的轉彎數較少,所耗費的時間相對較少,若走寬邊的話轉彎數多,且根據我們的實驗結果,以長方形稻田為例,我們發現走寬邊的轉彎數的確較多,依據訪問農人的訪談內容中,我們了解到農業從業人員會很在意機具行駛的轉彎數,而經過實際觀察,插秧時進行轉彎的確會花比較多時間,因為會擔心轉彎時把機具附近的秧苗壓壞了,所以轉彎時也會特別注意和小心,速度也會跟著變慢了,因此耗費時間相對的也較長,轉彎耗費時間長相對能源的消耗就會增多,以下為實際觀察插秧的情況和整理的圖表。



◎ 整理後的圖表

以下針對插秧可能會行走的路徑探討。



- 三、不同栽種經驗年數值的農業從業人員,在插秧和收割的共同點為何?
- (一)插秧與收割農耕機具的行走路徑選擇受多重因素影響。
 - 1.個人經驗的累積:師傅傳授的經驗值、個人經驗的美好與否、操作經驗的

多寡是都是參考數值。

- 2.稻田地理環境條件:稻田位置南北的方向、田地的形狀、地勢高低、稻田 周圍遮蔽物、農業從業人員後續稻田管理的便利性等。
- (二)農耕機具在稻田間的轉彎次數會影響不同栽種經驗年數值者的選擇。
- (三)不同栽種經驗年數值者對插秧與收割的行走路徑均作整體考量。
- (四)節省人力成本是不同栽種經驗年數值者的共同選擇。

四、找出農耕機具在插秧與收割時行走路徑的最大減碳效益?

如何在最短時間內「將稻子完全收割或在最短時間內完成插秧」是每一位農業從業者在意的焦點。針對研究結果發現,不同形狀、不同面積的稻田,農耕機具從長或寬邊為起點的轉彎數會有差異,如果要找到插秧與收割最佳減碳路徑,可以提供轉彎數的計算公式,讓農業從業者依據耕作田地的形狀、田地長寬面積進行計算,藉由控制農耕機具行駛的速度達到減碳成效。我們在探究過程中發現,農業從業者的選擇來自於經驗值,扣除地理條件、天候因素等無法調整的因素外,透過公式找出農耕機具轉彎數,計算出行走路徑長度,有助於農耕機具在燃料採購的成本管控,進一步可以做為時間成本的管控依據,間接可以達到節能減碳的目的,本實驗的探究結果,希望提供農業從業者在操作時做為參考,但若能夠更進一步協助農業從業者,以科學的數據找到農業從業者行駛插秧與收割的最大減碳效益或行走路徑,又能夠在最短的時間內完成,我想對農業從業人員應該會有很大的助益。

(1) 轉彎數計算公式

- 1-1 走長邊轉彎數:(寬邊-1) × 2
- 1-2 走寬邊轉彎數:(長邊-1) × 2
- 1-3 走回字型轉彎數:寬邊 × 2-2
- 1-4 走二回字型轉彎數(走寬邊): 長邊 × 2
- 1-5 走二回字型轉彎數(走長邊):(寬邊-1) x 2

- (2) 行走路徑計算方式
 - 2-1 走長邊、寬邊、回字型路徑:長 x 寬
 - 2-2 兩個回字型路徑:長 x 寬 + 1

拾、建議

- 一、蒐集不同栽種者的經驗值,將其累積的經驗智慧以科學的方式探究分析,讓 經驗智慧可以傳承是可以努力的方向。
- 三、為不同形狀的稻田(三角形或五邊形)找到適宜的農耕機具減碳運轉路徑,是未來可以進一步探究的議題。
- 四、以模擬車測量出的轉彎數及路徑長度,透過農耕機具的實作驗證是可以進一步規劃研究目標。
- 五、以長方形的稻田為例,根據研究結果以走長邊及回字型路線的轉彎數最少,可透過本研究所提供的計算方式,算出以長邊或寬邊作為起始點的轉彎數和路徑長度,可供插秧、收割時農業從業人員操作參考,選擇此兩種方式行走 為最佳路徑。

拾壹、參考文獻

- 一、臺東縣農地資源規劃資訊網。取自:http://140.127.11.122/taitung/p2/p2 1.html
- 二、臺灣產品碳足跡資訊網。取自:
 http://cfp.epa.gov.tw/carbon/ezCFM/Function/PlatformInfo/FLConcept/FLFootI
 ntroduction.aspx
- 三、李景彬、陳兵旗、劉陽、查濤(2013)。採棉機視覺導航路線圖像檢測方法。 農業工程學報。29(11)。11-19。
- 四、韓旭、陳兵旗(2013)。基於圖像處理的插秧機器人行走路線的識別。取自:中國科技論文在線 http://www.paper.edu.cn
- 五、丁啟朔、丁為民、楊偉(2013)。耕地細碎化條件的機械化特徵—小型收割機 的田間作業行為調查。*浙江農業學報。25*(6)。1397-1403。

附件一

訪問問題(初擬)

- 1.收割和插秧的機器一樣嗎?
- 2.收割和插秧的機器行走路徑會一樣嗎?如果不一樣差異在哪裡?
- 3.不同面積大小的田或不同形狀的田會影響駕駛員入田的判斷嗎?
- 4.機器要入田前駕駛員會依據那些條件(因素)來決定從哪裡開始?
- 5.這裡有三種不同形狀的田(四邊形、三角形、梯形),各有不同的人口,依您的 經驗你會如何走?
- 6.收割的最終目的是將稻子完全割除,你會選擇使用最多的機器,還是最少的人力?為什麼?
- 7.依您的經驗怎麼樣才能創造插秧或收割的最大效益?
- 8.在駕駛機器的經驗中,最難忘的是什麼?
- 9.在駕駛機器的經驗中,最開心的是什麼?

【評語】080417

從家鄉在地環境出發,嘗試透過數字探究,體現節能減碳的環保行動,深具應用價值。其探究過程除能借助數學邏輯思考,同時亦能培養尊重智慧經驗的精神,以及訪談觀察與模擬的科學過程技能。理性與感性兼具,值得肯定。