水稻精準農業體系
稻作產量分佈圖自動偵測系統－應變式穀流感測器最佳安裝位置研究
175-186, 2003

稻作產量分佈圖自動偵測系統－應變式穀流感測器最佳安裝位置研究

黃國祥[*1]、盧福明[2]、蔡致榮[1]、梁連勝[1]、張福祥[3]、林連雄[4]、林達德[2]

[1]行政院農業委員會農業試驗所農工組

[2]國立臺灣大學生物產業機電工程學系

[3]國立岡山農工職校生物機電科

[4]國立宜蘭大學生物機電學系

E-mail: hangoshan@wufeng.tari.gov.tw

摘　　要 ---------- 176

一、前　言 ---------- 176

二、文獻探討---------- 177

三、試驗設備---------- 178

四、方法簡述---------- 180

五、結果與討論---------- 181

六、結　語 ---------- 184

七、引用文獻---------- 185

ABSTRACT ---------- 186

稻作產量分佈圖自動偵測系統－應變式穀流感測器最佳安裝位置研究

黃國祥[*1]、盧福明[2]、蔡致榮[1]、梁連勝[1]、張福祥[3]、林連雄[4]、林達德[2]
[1]行政院農業委員會農業試驗所農工組
[2]國立臺灣大學生物產業機電工程學系
[3]國立岡山農工職校生物機電科
[4]國立宜蘭大學生物機電學系
E-mail: hangoshan@wufeng.tari.gov.tw

摘要

本研究主要目的在於測試應變式穀流感測器應用於東方式水稻聯合收穫機之最佳安裝位置。試驗使用之穀流感測器及相關組件爲 Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統，並以日本 YANMAR GC85 型聯合收穫機脫穀處理系統之正廠零件組裝穀流感測試驗架。測試用稻穀經由螺旋輸送機送進穀流感測試驗架內之淨穀揚穀螺旋機，沿淨穀揚穀螺旋機出口之切線方向訂定座標 x、y、z 軸以便定位衝擊板安裝點。預備試驗結果指出較佳穀流感測器衝擊板安裝點，再藉由安裝位置三因子反應曲面試驗設計之實驗結果，找出最佳監測穩定度之衝擊板安裝區間。

關鍵詞：水稻聯合收穫機、穀流感測器、產量監測器。

一、前言

定點產量即時監測與圖化技術只是龐大的精準農業體系中的一項工作，但卻是精準農業決策系統的重要依據。作業決策者不但要以前期作物產量分佈爲決策參考，更須以當期變率作業後之產量分佈狀態驗證其決策的正確性。

以往提及水稻田的產量，只能得知一整塊田區的總產量，但是如果要將田地區分爲數平方公尺一個區塊，列出每一區塊個別的產量，則需耗費許多人力與時間，非一般農民所樂意採用。若在聯合收穫機上裝設 GPS 與穀物流量和水分感測器，可連續紀錄單位時間內所收割稻穀重量、含水率與收穫機地理座標資料。將以上三項資料進一步整理之後即可應用軟體繪出水稻田區產量分佈圖 (Yield Map)，然而其重要的前提在於量測系統必須降低感測誤差以產生準確的數據。

台灣地區水稻的耕作方式早已走向高度的機械化，收割時皆以日本進口之水稻聯合收穫機作業，然而目前尚無合適並且經過驗證確實準確的產量即時監測組件可供運用。目前已商品化之產量監測器大多應用於泛用型西洋式大型聯合收穫機，台灣使用之東方

式水稻聯合收穫機機械尺寸、結構、淨穀揚穀螺旋機出口之穀流分佈皆與泛用型聯合收穫機不同。已商品化之產量監測器若直接修改安裝於東方式水稻聯合收穫機，雖然 GPS 系統與水分感測器之安裝及訊號讀取可直接套用，然而穀流感測器之安裝位置是否影響監測值的準確則須加以討論。本研究主要目的即在於探討穀流感測器應用於東方式水稻聯合收穫機之最佳安裝位置。

二、文獻探討

於田間收穫穀物，其單位面積產量可以下式計算(Reitz and Kutzbach, 1996)。而穀流率量測的精確度嚴重影響單位面積產量值的精確度。

$$Y_G(t)=\frac{m_G(t)}{V(t)\times W_c(t)}\times(1-U_G(t)) \qquad (1)$$

式中

$Y_G(t)$ ：該地理位置的單位面積產量，kg/m^2
$m_G(t)$ ：穀流率，kg / sec
V(t) ：收割機速度，m / sec
Wc(t) ：收割寬度，m
$U_G(t)$ ：含水率，%

Kormann *et al.*(1998)指出產量監測系統的組成包括：定位 GPS 感測器、穀物水份感測器、監測主控器控制/顯示、穀流感測器、收穫機速度感測器等配備，產量監測組件區分爲體積流式與質量流式。

就體積流式穀流感測器而言，穀流係以體積標示並按比重轉換成質量流，穀物體積量測方式可分爲開放式與封閉式體積流兩種。開放式體積流量測以 CLAAS Quanti meter II 與 RDS Ceres 2 爲代表，係於淨穀揚升器入流側上方以光柵(Light Barrier)運作，由揚升器翼板運送之穀物阻斷光束，依照暗相長度與校正函數，翼板所承載穀物之高度(亦即體積)因此而得以計算。封閉式體積流量測以 Claydon Yield-O-Meter (Shelbourne Reynolds Engineering 公司)爲代表，其係安裝於淨穀揚升器穀物輸出端，當穀粒進入淨穀筒後累積於產量感測器之翼輪(paddle wheel)上，一直等到穀粒位準達電容定位感測器所設定之位置時，控制電磁閥以驅動油壓馬達並轉動翼輪之繼電器才被啓動，藉由翼輪轉動數計算穀流體積。

質量流式穀流感測器，通常倚賴輻射量測與力/衝量量測方式，Data Vision Flow Control 產量監測系統(Massey Fergouson 公司)係採用輻射量測原理，當淨穀揚升器送出之穀物通過介於弱輻射源與輻射接收器間之區域時，輻射線被穀物吸收，而其吸收程度則對應量測區域之穀物重量，質量流依據揚升器速度推導穀流速度加以計算。Ag Leader 公司的 Yield Monitor 2000 產量監測系統使用力/衝量量測原理，其感測器由承裝於力量感測器之擋板與力量感測器所組成，當穀物撞擊擋板時，垂直之彎曲桿所傳導的力量以應變規加以感測。由於此衝量係質量與速度之乘積，因此配合揚升器之穀流速度即可計算質量流。Micro-Trak 公司之 Grain-Trak 產量監測系統也使用力/衝量量測原理，惟係以四支量測指(Measuring Finger)取代擋板。John Deere 公司之 GreenStar 系統則以電位計彈簧組之位移量量測力/衝量，其半圓型沖擊板係安裝於彈簧元件上，依據虎克定律彈簧變形量取決於所附加之力量，因此，電位計之位移量可被轉換成衝量與質量流。

以上所述各式穀流感測器皆爲應用於斗升機系統之聯合收穫機，而且各穀流感測器製作廠商已將穀流感測器製成可直接安裝之套件，安裝位置已確定，然而相較於東方式水稻聯合收穫機，淨穀揚穀螺旋機穀物排出型態與斗升機者不同。穀流感測器安裝位置

無相關文獻探討。

在日本方面，Shoji *et al.*(2002)採用荷重元(Load Cell)爲量測主體，並於收穫機機身另加裝加速規，作爲振動校正。Fujimoto et al.(2002)研製輕小型荷重元之量測裝置，因爲荷重元質量小可以不必慮振動因素，此兩篇論文亦無提及安裝位置如何確定。

國內於精準農業作物產量分佈圖監測系統研究過程中，對於產量分佈圖與含水率分佈圖，與實測值之間仍存有差異(盧，2000)，產量監測器之準確度尚待進一步校正改善。

三、試驗設備

(一)穀流調配設備

參照 YANMAR GC 85 型水稻聯合收穫機規格表，配合國內目前田間產量，可以預估所需穀流率範圍進而設計穀流調配設備相關規格，本設備由儲穀桶、電動機、變頻器、減速機構和水平螺旋輸送器(螺直徑 127mm、螺旋軸直徑 42mm、螺距 125mm)所組成，在馬達定速情況下可以調配出均勻穀量之穀流；改變不同轉速則可以模擬不同的穀流率。爲適應各種產量，應用變頻器控制螺旋輸送機轉速，電動機頻率與穀流率關係如圖 1 所示。

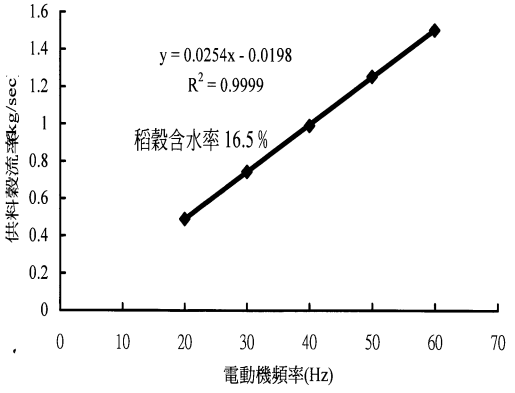


圖 1. 電動機頻率與供料穀流率關係圖。

(二)穀流感測試驗架

將聯合收穫機之脫穀處理單元和淨穀揚穀螺旋機等部品零件，組合安裝於立體框架內，並裝設穀流分散板將穀流平均散開以模擬田間收穫時之眞實情況。在淨穀揚穀螺旋機之稻穀排出口處附近安裝穀流感測器，其詳細配置如圖 2 所示。淨穀揚穀螺旋機之轉速則依據收穫機配速而訂定。

1.儲穀桶　　2.電動機暨減速機構
3.螺旋輸送機　　4.分散板
5.脫穀處理單元　　6.淨穀排出口
7.產量監測器安裝位置　　8.含水率檢知器

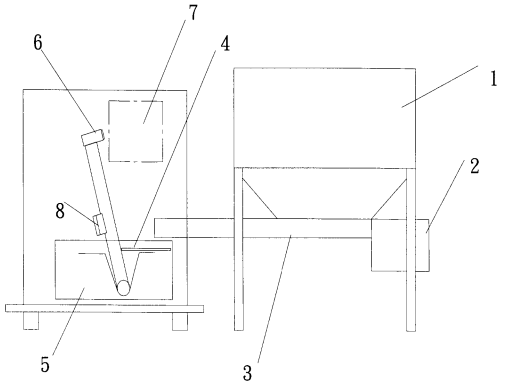


圖 2. 穀流調配設備暨產量監測器配置示意圖。

(三)重量量測設備

應用導流板將產量監測器感測過之稻穀導引到儲穀箱。導流板傾斜度 45 度，大於稻穀與鋼板安息角，所以稻穀可順利流下至儲穀箱。並使用電子式地磅量測重量累積數據，電子式地磅可秤重至 1000 公斤，精度爲 0.2 公斤，地磅檯面距地高 25 公分。其詳細配置如圖 3 所示。

1.穀流感測器　　2.導流板
3.儲穀箱　　4.電子秤

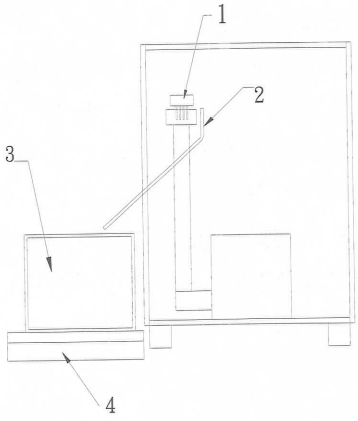


圖 3. 穀流重量量測設備示意圖。

(四)隔離振動桁架

將測試架之揚穀螺旋機啓動之後，選定監測器之振動校正按鈕，監測器將自動進行 60 秒之振動校正，隨後顯示出校正值 C1。實際操作結果指出，校正值 C1 並不可信，產量監測器在無穀流情況下，監測器之重量讀數卻不斷增加，將 C1 值手動調整至最高值 200 仍不能完全排除淨穀揚穀螺旋機空轉造成重量讀數不斷增加之現象。所以另行設計隔離振動桁架，跨越於穀流感測試驗架之上。將穀流感測器裝設於桁架，進行自動振動校正試驗，顯示出校正值 C1=20，且排除淨穀揚穀螺旋機空轉時重量讀數不斷增加之現象，顯示已達隔離振動之效果。圖 4 爲隔離振動桁架與穀流感測試驗架之實體圖。

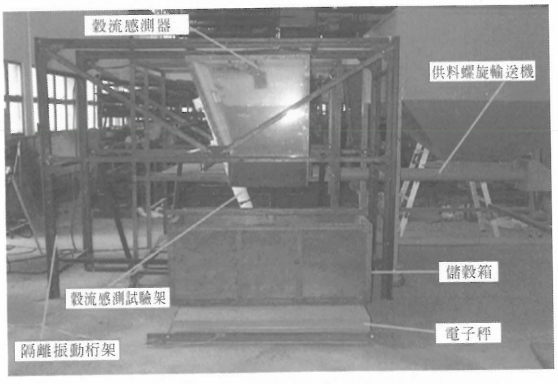


圖 4. 隔離振動源之桁架與測試架實體圖。

(五)產量監測器系統

圖 5 爲 Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統，包括：

I. 產量監測主控器，掌管資料之蒐集、儲存、處理。

II. GPS 接收器。

III. 各式感應器，包含穀流感測器、穀物水分溫度感測器、斗升機速度、收割啓動／暫停開關、車輛速度等感測器及電源供應裝置連接線。

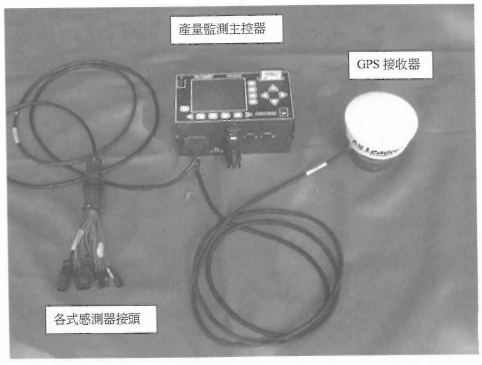


圖 5. Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統。

Ag Leader PF-3000 型產量監測器主控器面板，在其顯示幕可以顯示各項設定及監測數值及產量圖。本研究之重點在於觀測量測值與眞實重量之差異，所以試驗時，將監測重量值、穀物含水率值和斗升機速度值顯示於顯示幕之上。穀物含水率值可設爲自動感測或直接設定爲定值，實驗時每批稻穀於試驗完成後即整批倒入穀流調配設備之儲穀桶內充分混合，所以將穀物含水率設爲定值。

試驗時，必需提供收穫機行進速度訊號及斗升機轉速訊號，否則系統無法運作。此處之斗升機爲泛用型西洋式大型聯合收穫機之揚穀配備，所以此數值對應爲淨穀揚穀螺旋機轉速，爲提供行進速度訊號及斗升機轉速訊號，乃製作一個由變頻器驅動之 3 相馬達來帶動內含磁鐵之圓盤，藉由磁性感應器提供虛擬轉速訊號。

(六)穀流感測器改裝

Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統之穀流感測器，原設計爲安裝於泛用型聯合收穫機上使用，各相關螺絲孔位置不適合安裝於本研究所製造之穀流感測試驗架上，所以改裝感測器連接板，並且以兩端各有螺紋之 3 支圓鐵桿安裝於隔離振動桁架上，此種方式可以容易修改衝擊板與排料口相對位置，由於水稻聯合收穫機之淨穀揚穀螺旋機與垂直面成 18 度傾斜，爲維持 Ag Leader 原設計衝擊板與垂直面成 6° 傾斜之狀態。所以再進行第二次改裝(圖 6)。改裝後穀流方向與衝擊板之角度關係如圖 7 所示。

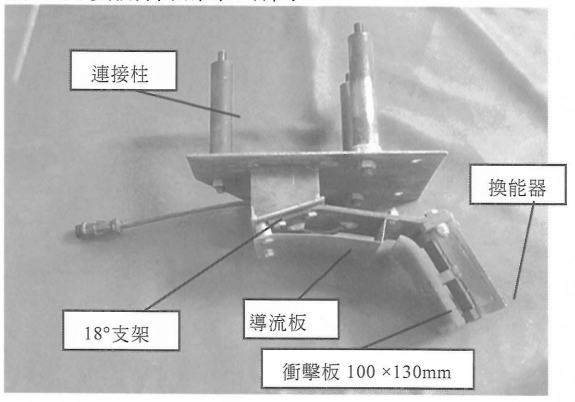


圖 6.穀流感測器結構第二次改裝。

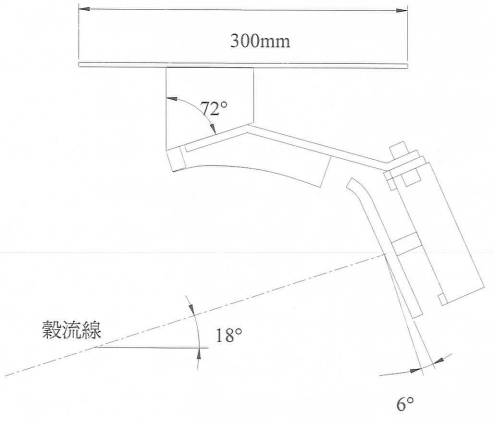


圖 7. 穀流方向與衝擊板之角度關係。

(七)攝影記錄裝置

使用 SONY video Hi8 攝錄影機拍攝實驗數據，再以 MPEG 影像擷取卡，將所拍攝畫面轉換爲 640X480 高解析影像資料，進而使用一般 DVD 播放軟體，慢速重播影像資料，暫停畫面來記錄相關數據。

四、方法簡述

(一)預備試驗

預備試驗的目的在於熟練產量監測器系統之使用方法並且對於穀流感測器性能作初步瞭解。依據穀流分佈分析所得之結果選定數個不同位置安裝穀流感測器，以固定的供料穀流率探討那個位置具有較小的監測誤差。監測誤差之定義如下：

監測誤差(%) = ((監測值－實重) ÷實重) ×100 % (2)

穀流分佈之分析結果決定穀流感測器，應裝設於稻穀排出口切線方向，因此沿此方向訂定座標 x(前後)、y(左右)、z(上下)軸，距離單位爲公釐(mm)，以便定位衝擊板中心點與出料口之相關位置，圖 8 爲穀流測試時安裝衝擊板位置之座標原點及座標方向。

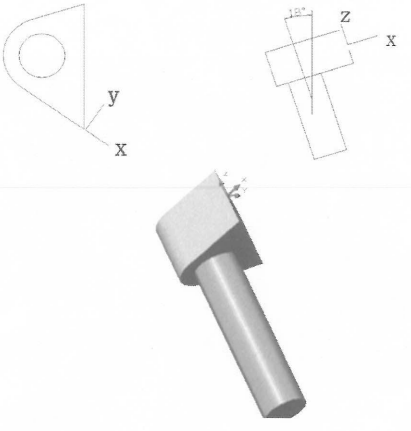


圖 8. 穀流測試時安裝衝擊板位置之座標定義。

(二)三因子反應曲面法

預備試驗結果僅能提供較佳的衝擊板安裝點。爲了比較各安裝位置之監測精確度，依據衝擊板與淨穀揚穀螺旋機稻穀排出口之相關位置，以所定的座標 x、y、z 軸位置爲三個因子，若採用複因子試驗設計方法，x、y、z 軸各選定三個變級，則必須進行 3^3 個安裝位置測試，而且每個位置重複 6 次，則需進行 162 次試驗。若採用反應曲面法(Response Surface Methods，RMS)，X_1(x 軸)、X_2(y 軸)、X_3(z 軸)爲三個因子，依中心複合設計(Central Composite Design，CCD)，其變數領域如圖 9 所示。每個因子必需有五位準以滿足此設計之要求，其標準化之碼值(Coded Values)分別爲-1.682、-1、0、1 與 1.682，爲以最少位置因子組合有效獲得各參數對穀流感測精確度之影響。依據預備試驗所判斷的最佳位置爲(0,0,0)中心點，安裝衝擊板於圖上所示 15 個位置，每個位置重複 6 次測試，共進行 90 次試驗。所以反應曲面法與複因子試驗設計相較可大爲減少試驗次數，以及更換穀流感測器位置所必需耗費的機械加工製造工作。

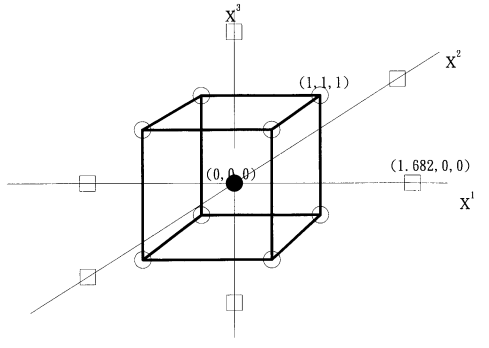


圖 9. 三因子反應曲面法中心複合設計變數領域。

反應曲面法試驗所得數據，則使用統計軟體 STATGRAPHICS 進行逐步回歸(Stepwise Regression)程序以選取最佳二階多項反應曲面方程式，並以 MATLAB 軟體繪製方程式圖形，隨後依據此反應曲面方程式探討三因子之最適值。

五、結果與討論

(一)預備試驗結果

任何產量監測器系統於裝設之初或應用於不同作物時，皆需先進行監測誤差校正，監測誤差定義如式(2)所示。依據 PF-3000 使用手冊所示的校正方法，進行至少三次的實際量測，之後以選單選擇鍵進入校正模式之重量校正選項，以便輸入實測眞實值。按下校正鍵後，讓監測主控器自動校正重量，並改變監測主控器內之校正係數 C2~C11 值。

進行預備實驗時依此方法進行校正工作，但是發現僅能自動校正一次，除非將監測主控器有關產量之記錄資料全部刪除，否則無法再進行自動校正，與說明書所言：任何時候皆能校正，有所不同。探究其原因可能爲監測誤差過大造成系統無法校正。

爲何需設定這些校正係數應屬於 PF-3000 製造公司未公開之技術資料，但是可以確定的是：當監測值讀數小於或大於眞實重量時可以將眞實重量與監測值比值乘以 C11 值得到新的 C11 值，輸入新的 C11 值之後會使監測值更接近於眞實重量。

在了解 C11 值特性後，隨即進行衝擊板安裝於座標 (200,30,0) 、(200,60,0) 、(200,0,0) 、(300,30,0) 、(300,60,0) 、(200, 0,0) 等六個位置之比較試驗。穀流衝擊監測器 1-2 分鐘後記錄量測監測值與實際重量值(實重)。爲減少監測誤差每個位置進行三次 C11 值校正；於安裝穀流感測器於新位置時進行第一次校正試驗，依據眞實重量與監測值比

值乘以當時的 C11 值而得到新的 C11 值，再進行第二次校正試驗。校正 C11 值之後，監測值會較爲接近眞實重量(實重)，因爲再改變一次 C11 值，將可獲致更佳的校正係數，因此再做第三次校正試驗，以便再次改變 C11 值，最後以此 C11 值爲該試驗位置的校正係數，第三次校正試驗結果做爲重複 6 次之正式試驗中的第一個數值，其餘 5 次試驗即不再改變 C11 值。校正監測值計算公式如下：

$$\text{校正監測值} = \frac{\text{平均實重}}{\text{平均監測值}} \times \text{監測值} \quad (3)$$

監測值經過校正處理後，誤差之平均值即趨近於零，但是誤差分佈狀況則不同，圖 10 顯示各位置校正監測值誤差分佈狀況，其中以位置(200,30,0)之校正監測值誤差分佈最集中，顯示此位置之校正監測值差異性較小。

二、三因子反應曲面法試驗結果

依據預備試驗結果進行三因子反應曲面法中心複合設計，每個因子必需有五位準以滿足此設計之要求，其標準化之碼值(Coded Values)分別爲-1.682、-1、0、1 與 1.682。座標(x_0, y_0, z_0)=(200, 30, 0)應是測試中心點，但由於穀流感測器尺寸較大，若以預備試驗監測值差異性最小的位置(200, 30, 0)爲測試中心點，其對應之 x 軸分別位於 115.9、150、200、250、284.1 公釐處，由於太接近淨穀揚穀螺旋機排出口，無法安裝穀流感測器，因此改變中心爲(x_0, y_0, z_0)=(250, 30, 0)，其對應之 x 軸將分別位於 168.6、200、250、300、334.1 公釐處，y 軸將分別位於-20.46、0、30、60、80.46 公釐處，z 軸將分別位於-40、-23.8、0、23.8、40 公釐處。依據中心複合設計之各個測試點進行試驗，供料電動機設定頻率爲 40Hz，稻穀含水率 16.5 %，實際穀流率約爲 1.0 kg/sec。

試驗時 C11 值的調整方法與預備試驗時不同，於預備試驗時，發現在不同安裝位置，測誤差值分佈廣，每次試驗皆須調整 C11 值，極爲浪費時間，而且沒有統一的比較標準。因此進行三因子反應曲面法試驗時，將 C11 值固定設爲產量監測器系統所定的最大值 15000。並以攝錄影方式，在每一位置進行 6 次實驗。每次試驗至少進行 60 秒，由於前 20 秒螺旋輸送機供料尚未穩定，所以讀取錄影資料時只取第 25 秒至 55 秒之 30 秒來判讀監測值及電子秤所增加的重量。監測值與實重之差異性以監測係數表示之，如(4)式所示:

$$\text{監測係數} = \frac{\text{30秒內內監測}}{\text{30秒內內實}} \quad (4)$$

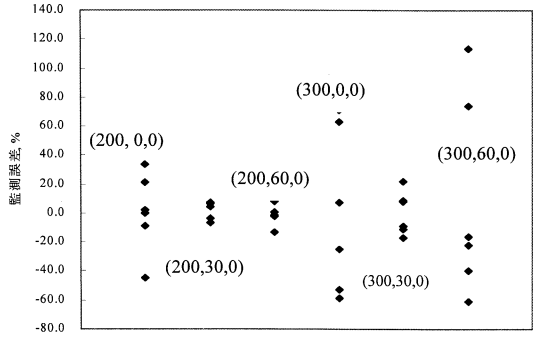


圖 10. 衝擊板安裝於不同位置之校正監測誤差值分佈情形。

並定義眞實穀流率爲電子秤所量到的單位時間重量，如(5)式所示:

$$\text{眞實穀流率} = \frac{\text{30秒內內量測實}}{\text{30秒}} \quad (5)$$

在各位置進行 6 次試驗所得之監測係數

之 CV 值(變異係數)可用來比較各位置監測值穩定度，CV 值之定義如(6)式所示:

CV=(標準偏差÷平均值)×100％ (6)

每一試驗組合之試驗結果如表 1 所示，在 15 個位置各進行 6 次試驗，總共 90 次試驗數據。因限於篇幅並未羅列，有興趣者可參考黃(2003)之附錄五。將表 1 數據輸入統計軟體 STATGRAPHICS 進行逐步迴歸以選取 C11 值及 CV 值的最佳配湊二階多項反應曲面方程式。

C11 值最佳配湊二階多項反應曲面方程式：

$$C11=73329.61Y^2-84838.93Y+11360.47 \quad (7)$$

$R^2 = 0.6795$ ($P<0.0004$)

雖然由實驗數據可以看出 x 軸距離(參數 X)對於 C11 值亦有影響，然而 y 軸的影響至爲巨大，所以迴歸分析所得迴歸式只有參數 Y。以 MATLAB 軟體繪製方程式圖形(圖 11)顯示在 Y_0 至 Y_1 區間，亦即 y=30 公釐至 y=60 公釐處 C11 值較低，使得穀流感測時有較佳衝擊效應。所以可以確定穀流感測器之衝擊板中心點，若太偏離揚穀螺旋排出口切線方向，由於衝擊力減弱，穀流感測訊號微弱需要乘以更大倍數才能校正數值。

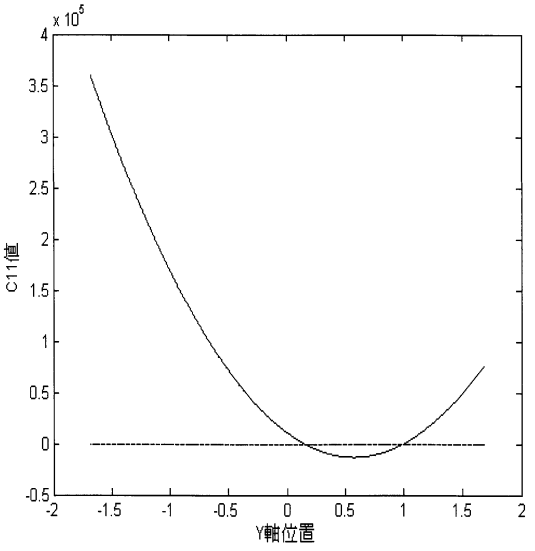


圖 11. 安裝衝擊板之 Y 軸位置與 C11 值之關係。

表 1. 三因子反應曲面法試驗結果(單位 mm)。

實驗組合	x	y	z	C11 計算值	CV(％)
1	200(-1)	0(-1)	-24(-1)	140032	41.28
2	200(-1)	0(-1)	24 (1)	44300	38.10
3	200(-1)	60(1)	-24 (-1)	13009	27.03
4	200(-1)	60(1)	24 (1)	7376	8.13
5	300(1)	0(-1)	-24 (-1)	297809	80.76
6	300(1)	0(-1)	24 (1)	61371	41.25
7	300(1)	60(1)	-24 (-1)	71903	61.19
8	300(1)	60(1)	24 (1)	10855	6.63
9	168(-1.682)	30(0)	0(0)	7439	6.18
10	334(1.682)	30(0)	0(0)	20749	26.61
11	250(0)	-21(-1.682)	0(0)	437824	93.76
12	250(0)	80 (1.682)	0(0)	10724	12.76
13	250(0)	30(0)	-40(-1.682)	29893	35.96
14	250(0)	30(0)	40(1.682)	9744	9.49
15	250(0)	30(0)	0(0)	8933	7.71

CV 值最佳配湊二階多項反應曲面方程式如下：

$$CV=13.2509Y^2-17.1810Y-11.7630\ Z$$
$$-9XZ+8.0276X+21.0577$$
$$R^2=0.8293\ (P<0.0004) \qquad (8)$$

C11 值分析結果指出 Y 因子在 Y_0 至 Y_1 區間爲最佳，所以將 Y 定爲 0 代入(7)式而得到新的二階多項反應曲面方程式如下：

$$CV = -11.7630\ Z-9\ X\ Z+8.0276\ X$$
$$+21.0577$$
$$R^2=0.8293\ (P<0.0004) \qquad (9)$$

以 MATLAB 軟體繪製(9)式之曲面圖和等高線圖如圖 12 和 13 所示。CV 值在($X_{1.682}$, $Z_{-1.682}$)位置最大，且向著($X_{-1.682}$, $Z_{1.682}$)方向陡降。位置($X_{1.682}$, $Z_{-1.682}$)距離淨穀揚穀螺旋機排出口最遠，而且衝擊板中心點在 x-y 平面下方，造成 CV 值高的原因，係穀流未能直接衝擊於衝擊板所引起，因爲穀粒能到達遠處者多爲速度高的穀粒，速度低的穀粒則以拋物線方式落下，因此衝擊力較小。另外由於衝擊板位置過低，穀流導流板位置亦低，造成穀粒先衝擊於穀流導流板再衝擊於衝擊板，所以監測 CV 值較高。衝擊板沿 x 軸靠近淨穀揚穀螺旋機排出口時，穀流較集中所以監測係數之 CV 值就能降低。

等高線圖指出，若安裝穀流感測器於 X_{-1} 至 $X_{1.682}$ 位置，則應將衝擊板裝置於較高的位置；若安裝穀流感測器於 $X_{-1.6821}$ 至 X_{-1} 位置，則 Z(高度)的選擇較爲寬廣。

綜合以上討論，爲得最佳監測穩定度以及最佳衝擊效應，(x,y,z)=(168.6,30,0)應是最佳選擇，然而安裝於此位置時須將穀流感測器尺寸再加以縮小。本次實驗能安裝於此位置時，穀流感測器外緣超出揚穀螺旋排出口邊緣甚多，若安裝於的水稻聯合收穫機內，則有空間不足之慮。

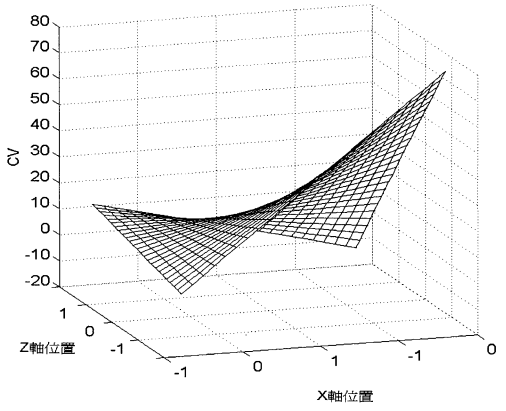


圖 12. 在 Y_0 情況下不同 X，Z 位置之 CV 反應曲面。

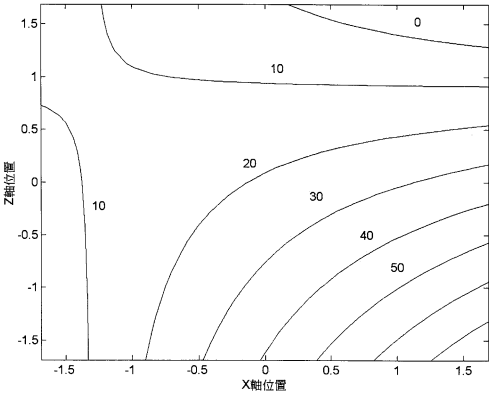


圖 13. 在 Y_0 情況下不同 X，Z 位置之 CV 值等高線圖。

六、結語

由衝擊板安裝位置三因子反應曲面法試驗結果顯示；衝擊板中心點應裝設於淨穀揚穀螺旋機排料口切線方向且左移 30~60mm。衝擊板越接近淨穀揚穀螺旋機排料口位置，

監測穩定度越佳。本研究所使用之產量監測系統，其原設計爲適用於泛用型聯合收穫機之系統，安裝套用於東方式水稻聯合收穫機，受限於尺寸無法更接近於淨穀揚穀螺旋機排料口，而且只能垂直放置。若可開發較小型尺寸穀流感測器，則可以更接近於淨穀揚穀螺旋機排料口，而且安裝位置亦不侷限於垂直方向。

七、引用文獻

黃國祥。2003。應變式穀流感測器應用於東方式水稻聯合收穫機之研究。碩士論文。國立台灣大學生物產業機電工程學研究所。

盧福明。2000。精準農業體系之農機研發趨勢。p.105-110。水稻精準農業(耕)體系之研究。楊純明、林俊義，主編。行政院農業委員會農業試驗所，臺中縣。

Fujimoto, K., K. Shoji, T. Kawamura and H. Horio. 2002. Development of yield sensors for head feeding jidatsu combines. p.409~413. *In*: Proceedings of International Symposium on Automation and Mechatronics of Agricultural and Bioproduction Systems. National Chiayi University, Taiwan.

Kormann, G., H. Auernhammer and M. Demmel. 1998. Testing stand for yield measurement systems in combine harvesters. ASAE Paper No. 98-3102 ASAE. St. Joseph, MI.

Reitz, P. and H. D. Kutzbach. 1996. Investigations on a particular yield mapping system for combin harvesters. Computers and Electronics in Agriculture 14: 137-150.

Shoji, K., T. Kawamura and H. Horio. 2002. Impact-based grain yield sensor with compensation for vibration and drift. J. JSAM 64(5):108-115.

Development of Automatic Agricultural Machinery for Precision Agriculture – Optimal Location of a Strain-type Grain Flow Measuring System Installed on an Oriental Rice Combine

G. S. Hwang[1], F. M. Lu[2], J. R. Tsay[1], L. S. Liang[1], F. S. Chang[3], L. H. Lin[4] and T. T. Lin[2]
[1]Division of Agricultural Engineering, Agricultural Research Institute), COH, Taichung, Taiwan, ROC
[2]Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC
[3]National Kang-San Agricultural & Industrial Vocational, Kaohsiung, Taiwan, ROC
[4]Department of Biomechatronic Engineering, National Ilan University, I-Lan, Taiwan, ROC
E-mail:hangoshan@wufeng.tari.gov.tw

ABSTRACT

The objective of this study was to study the performance of the strain type grain flow sensor mounted on an oriental rice combine. The grain flow sensor and its integrated parts of the Ag Leader PF-3000 yield monitor were evaluated in this study. A genuine holding tank of Japanese YANMAR GC85 rice combine was adopted to build a testing stand. An incline screw conveyor received paddy from a horizontal screw conveyor. The grain flow pattern at the outlet of the incline screw conveyor indicated that the impact plate should be placed in the tangential direction of the grain flow path. A three-factor response surface methodology was adopted to study resolution and stability of the system for yield monitoring.

Key words: Rice combine, Grain flow sensor, Yield monitor.