

# 東方式水稻聯合收穫機穀流感測研究<sup>1</sup>

黃國祥<sup>2</sup> 盧福明<sup>3,5</sup> 蔡致榮<sup>2</sup> 梁連勝<sup>2</sup> 張福祥<sup>4</sup>

## 摘 要

黃國祥、盧福明、蔡致榮、梁連勝、張福祥。2006。東方式水稻聯合收穫機穀流感測研究。臺灣農業研究 55:39-52。

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性能。試驗使用之穀流感測器及相關組件為 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。依據淨穀揚穀螺旋機出口切線方向，訂定座標 x、y、z 軸並以 (200, 30, 0) 位置為衝擊板安裝點。試驗結果顯示，淨穀揚穀螺旋轉數降低 5% 時，穀流監測係數明顯下降達 17%。機架振動使得監測係數增大並略為降低監測穩定度。收穫機在田間收穫之穀流率若高於校正係數之原始設定值所對應的穀流率時，監測值會偏高，反之則反。

**關鍵詞：**水稻聯合收穫機、穀流感測器、產量監測器。

## 前 言

產量即時監測為精準農業體系中的一項重要工作，以往提及水稻田的產量，只能得知一整塊田區的總產量，但是如果將田地分為數平方公尺為一個區塊，量測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 及穀物流量與水分感測器，可連續記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，然而穀流感測器是否可得精確的反應田間實際產量則須加以討論，綜觀各式穀流感測器以質量流式穀

- 
1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告 2251 號。接受日期：95 年 2 月 14 日。
  2. 本所農工組助理研究員、研究員兼組長及研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
  3. 國立臺灣大學生物產業機電工程學系教授。臺北市。
  4. 國立岡山農工生物機電科教師。臺灣省 高雄縣。
  5. 通訊作者，電子郵件：lufuming@ntu.edu.tw；傳真機：(02)23627620

流感測器所需感測空間需求較小，較適合安裝於東方式水稻聯合收穫機較狹小之儲穀桶空間。故本研究主要目的在於探討已商品化之應變式穀流感測器應用於東方式水稻聯合收穫機之性能表現。

於田間收穫穀物，其單位面積產量可以式 (1) 計算之 (Reitz & Kutzbach 1996)。其中收割機速度、收割寬度與穀物含水率等數值之量測較為單純簡易，而穀流率量測的精確度則嚴重影響單位面積產量值的精確度。

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

式中  $Y_G(t)$ ：該地理位置的單位面積產量， $\text{kg/m}^2$ ； $m_G(t)$ ：穀流率， $\text{kg/sec}$ ； $V(t)$ ：收割機速度， $\text{m/sec}$ ； $W_c(t)$ ：收割寬度， $\text{m}$ ； $U_G(t)$ ：穀物含水率， $\%$ 。

Kormann 等人 (1998) 指出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，例如，Data Vision Flow Control 產量監測系統 (Massey Ferguson 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 產量監測系統則使用力（衝）量量測原理，由承裝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。由於此衡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力量量測力/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係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，淨穀揚螺旋機穀物排出型態與斗升機者不同，應用此類型穀流感測器準確與否尚無相關資料可查驗。

在日本方面，Shoji 等人 (2002) 於淨穀揚螺旋機排料口裝設荷重元 (Load Cell) 為量測主體，並於收穫機機身另加裝加速規，作為振動校正。Fujimoto 等人 (2002) 研製輕小型荷重元之量測裝置，因為荷重元質量小可以不必考慮振動因素。以上兩者之實驗皆量測穀流衝擊於荷重元之電壓訊號再以數值方法計算處理，在田間得到穀物重量與衝量 (impulse) 之線性迴歸決定係數  $R^2$  高達 0.996，惟實驗設備為 2 行式聯合收穫機，與現實耕作環境所使用之 5 行以上收穫機穀流量相差甚遠，且尚未見標準化與可彈性裝設之商品問世。

國內於精準農業作物產量分佈圖監測系統研究過程中，Lu 等人 (2001) 指出產量分佈圖與含水率分佈圖，與實測值之間仍存有差異，產量監測器之準確度尚待進一步校正改善。Hwnag 等人 (2003) 試驗已商品化 Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統，認為產量監測器無論裝置於何處皆可使用校正方法使監測誤差為零，然而同一安裝位置給與相同之穀流率卻產生高低差異不等之監測數值，為求得穀流衝擊板最佳安裝位置，經由三因子反應曲面法試驗，以各位置測試六重覆所得結果之 CV 值觀察分析，結果顯示衝擊板中心點應裝設於淨穀揚螺旋機排料口切線方向且左移 30~60 mm，衝擊板越接近淨穀揚螺旋機排料口位置，監測穩定度越佳。

## 材料與方法

### 穀流調配設備

為模擬田間收割時之穀流率變動範圍，配合試驗需求製作穀流調配設備乙套。本設備由儲穀桶、電動機、變頻器、減速機構與水平螺旋輸送器（螺旋直徑 127 mm、螺旋軸直徑 42 mm、螺距 125 mm）所組成，在馬達定速情況下可以調配出均勻穀量之穀流；改變不同供電頻率即能改變螺旋輸送器轉速進而可以模擬不同的穀流率。本次試驗所使用之稻穀，經由電容式稻穀水份計量測，濕基含水率平均為 16.5%，當設定穀流調配設備供電頻率在 20~60 Hz 時經由實際的量測，供穀流率範圍由 0.5 kg/sec~1.5 kg/sec，此穀流率範圍恰與實際田間收穫時相吻合。若將供電頻率與供穀流率加以迴歸分析發現其關係如式 (2) 所示，亦即當變頻器設定供電頻率於 40 Hz 時，計算而得之穀流率接近 1 kg/sec，與實測重量之誤差為±3%。

$$\begin{aligned} \text{供穀流率 (kg/sec)} &= 0.0254 \times \text{供電頻率 (Hz)} - 0.0198 \text{ (kg/sec)} \\ (R^2 &= 0.9999) \end{aligned} \quad (2)$$

### 產量監測器系統

圖 1 為 Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統，包括：(1) 產量監測主控器，掌管資料之蒐集、儲存與處理；(2) GPS 接收器；(3) 各式感應器，包含穀流感測器、穀物水分感測器、斗升機速度、收割啟動／暫停開關、車輛速度等感測器及電源供應裝置連接線。

Ag Leader PF-3000 型產量監測器主控器面板具顯示幕可以顯示各項設定、監測數值及產量圖。本研究之重點在於觀測量測值與真實重量之差異，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。穀物含水率值可設為自動感測或直接設定為定值，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為定值。

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。此處之斗升機為泛用型西洋式大型聯合收穫機之揚穀配備，所以此數值對應為淨穀揚穀螺旋機轉速，為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。

本試驗所用 Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統之穀流感測器，原設計為安裝於泛用型聯合收穫機上使用，各相關螺絲孔位置並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，以兩端各有螺紋之 3 支圓鐵桿安裝於隔離振動桁架上，並維持 Ag Leader 原設計之穀流衝擊角度，亦即衝擊板與穀流垂直面成 6° 傾斜之狀態（圖 2）。

### 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真實情況。在淨穀揚穀螺旋機之稻穀排出口附近安裝穀流感測器，其詳細配置如圖 3 所示。淨穀揚穀螺旋機之轉速則依據 YANMAR GC85 型聯合收穫機規格，以變頻器控制其轉速為田間實際作業時之轉速 928 rpm。穀流感測器之相關位置則定義其座標方向如圖 4 所示，座標單位為公釐 (mm)，座標軸原點定於淨穀揚穀螺旋機出口外緣之高度中心，X 軸為外緣切線方向，Y 軸與 X 軸垂直，XY 平面與揚穀螺旋機頂面平行，Z 軸與揚穀螺旋機軸線平行。為進行相關性能試驗，將衝擊板安裝於座標 (200, 30, 0) 位置，因為此位置監測誤差之 CV 值較小，且易於安裝穀流感測器。

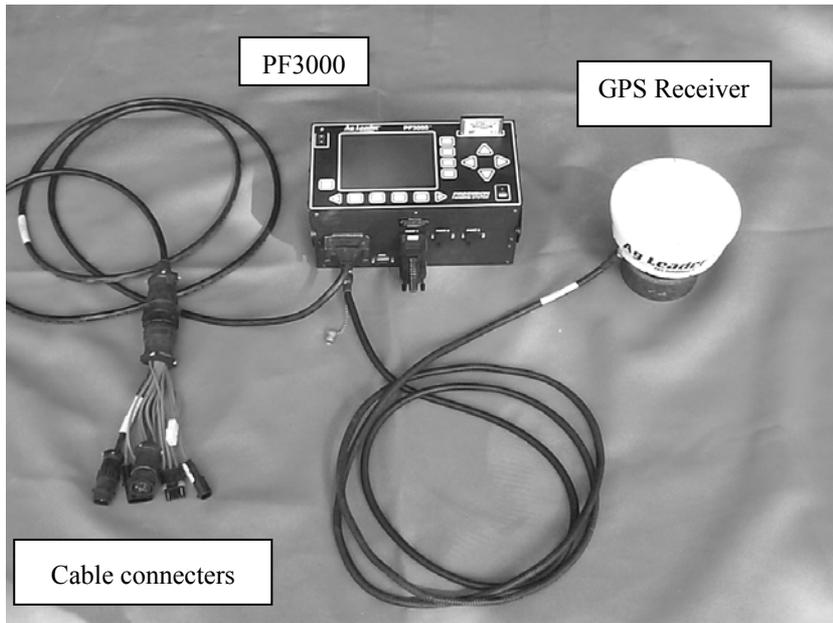


圖 1. Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統。  
Fig. 1. Yield monitor system Ag Leader PF-3000.

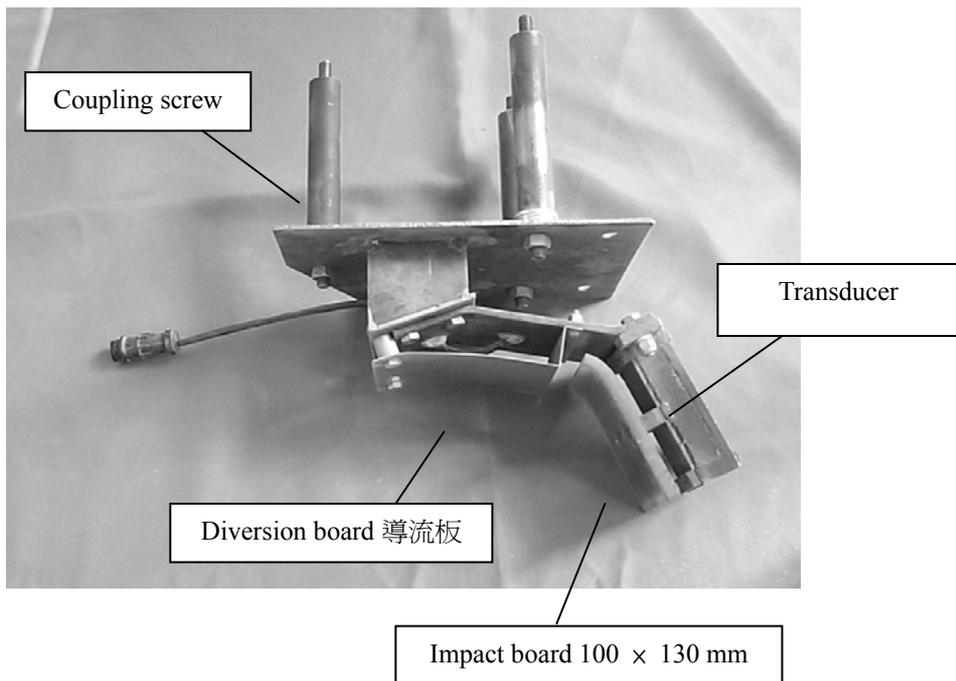
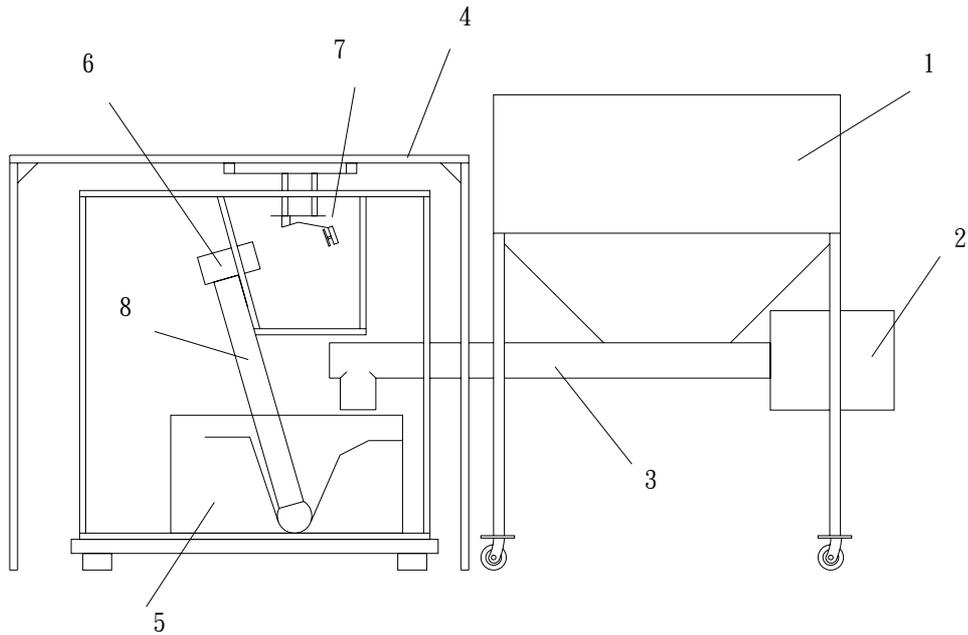


圖 2. 穀流感測器結構改裝。  
Fig. 2. Structure of the grain flow sensor after modification.



- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. Grain hopper             | 2. Motor and Reduction device |
| 3. Screw conveyor           | 4. Truss to isolate vibration |
| 5. Thrashing operation unit | 6. Grain discharge outlet     |
| 7. Grain flow sensor        | 8. Inclined screw conveyor    |

圖 3. 穀流調配設備暨產量監測器配置示意圖。

Fig. 3. Schematic diagram of grain flow adjuster and yield monitor.

### 重量量測設備

為比較 Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統所顯示讀數值與真正流經穀流感測器之稻穀真實重量值，流經穀流感測器之稻穀必須被妥善蒐集並且即時量測重量，本研究應用導流隔間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，電子式地磅可稱重至 1000 kg，精度為 0.2 kg，地磅檯面距地高 25 cm。其詳細配置如圖 5 所示。

### 攝影記錄裝置

為同時記錄 Ag Leader PF-3000 型產量監測器系統讀數值與真正流經穀流感測器之稻穀真實重量值，本研究使用 SONY video Hi8 攝錄影機拍攝實驗數據，再以 MPEG 影像擷取卡，將所拍攝畫面轉換為 640 x 480 高解析影像資料，進而使用一般 DVD 播放軟體，以慢速重播影像資料，並依需要暫停畫面來記錄每秒鐘重量數據。

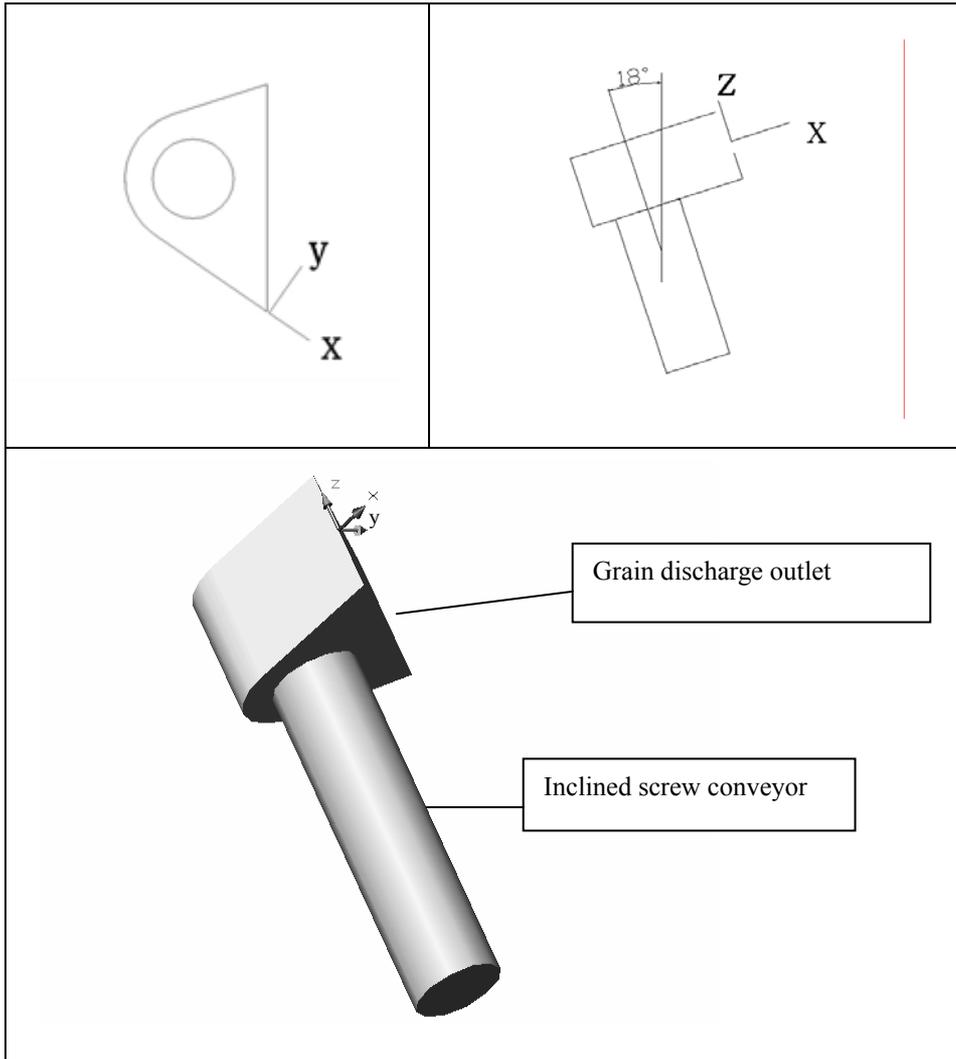
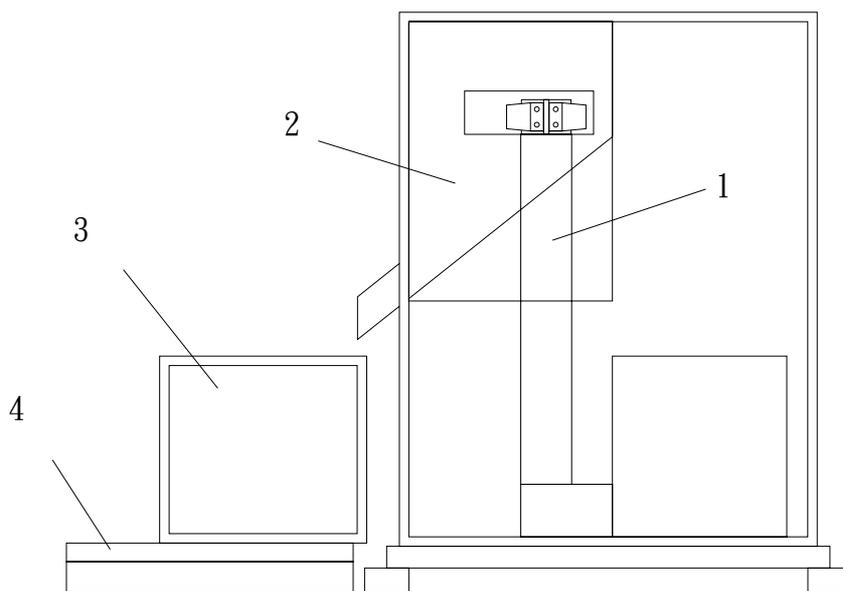


圖 4. 穀流測試時安裝衝擊板位置之座標定義。

Fig. 4. Coordinate system to define the impact board position for grain flow test.

### 監測係數 (Monitoring index)

以攝錄影方式記錄產量監測器所顯示之監測值，每次試驗至少進行 60 sec，由於前 20 sec 螺旋輸送機供料尚未穩定，所以讀取錄影資料時只取第 25 sec 至 55 sec 之 30 sec 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 (3) 式所示，



- 1. Inclined screw conveyor
- 2. Diversion space
- 3. Grain tank
- 4. Electronic scale

圖 5. 穀物重量量測設備示意圖。

Fig. 5. Schematic diagram of the grain weight measurement device.

$$\text{真實穀流率 (kg/sec)} = \frac{\text{30 秒內量測實重 (kg)}}{\text{30 秒}} \quad (3)$$

並定義真實穀流率為電子秤所量到的單位時間重量 (kg/sec)，如(4)式所示。

$$\text{真實穀流率 (kg/sec)} = \frac{\text{30 秒內量測實重 (kg)}}{\text{30 秒}} \quad (4)$$

## 結 果

### 淨穀揚穀螺旋機轉數下降試驗結果

在穀流調配設備之轉數維持不變（供電頻率 40 Hz），將淨穀揚穀螺旋機轉數以驅動馬達之變頻器變更其轉數由正常 928 rpm 與降低為 882 rpm（下降 5%）條件下分別進行試驗，監測係數平均值分別為 1.9088 與 1.5881，亦即在相同的穀流率情況下，淨穀揚穀螺旋機速度降低 5%將使監測係數降低 17%。表 1 列示淨穀揚穀螺旋機在不同轉速之監測係數，表 2 為其就不同淨穀揚穀螺旋

機轉數之變方分析表，由於 F (1,10) 在 1%的顯著水準下，其臨界值為 10.044 而計算出 F 值為 20.0533，顯然正常轉數與降低轉速之監測係數的差異性極為顯著，亦即轉速下降對監測係數有顯著影響，於開發穀流感測器時須加以注意。

### 振動與無振動試驗結果

依據 Ag Leader PF-3000 所述振動校正方法進行自動校正程序，因隔離振動桁架之隔振效果，自動產生之振動校正係數 C1 值為-20，若將穀流感測試驗架之振動以剛性連桿傳導至隔離振動桁架，於淨穀揚穀螺旋機空轉時監測器監測值不斷累加，將 C1 調整為-60 之後監測器監測值讀數才穩定，表 3 為附加振動之監測試驗結果，與表 1 無振動正常轉速監測數據比較，監測係數平均值由 1.9088 增加為 2.4915，表 4 為振動處理之變方分析表，由於 F (1,10) 在 1%的顯著水準下，其臨界值為 10.044 而計算出 F 值為 22.323，顯示其差異為極顯著，亦即振動所造成的影響於實際田間感測時須加以注意以得到較準確監測值。

表 1. 淨穀揚穀螺旋機轉速下降之監測試驗結果

Table 1. Testing results of grain monitoring without vibration at different screw conveyor speeds

NO. <sup>z</sup>	Monitoring weight (lb)	Monitoring weight (kg)	True weight (kg)	True flow rate (kg/sec)	Monitoring index
WVN 1	131	59.474	32.6	1.0867	1.8244
WVN 2	153	69.462	31.8	1.0600	2.1843
WVN 3	124	56.296	31.8	1.0600	1.7703
WVN 4	128	58.112	31.2	1.0400	1.8626
WVN 5	135	61.29	32.4	1.0800	1.8917
WVN 6	137	62.198	32.4	1.0800	1.9197
WVL 1	101	45.854	32	1.0667	1.4329
WVL 2	102	46.308	30	1.0000	1.5436
WVL 3	116	52.664	31	1.0333	1.6988
WVL 4	108	49.032	31	1.0333	1.5817
WVL 5	110	49.94	31.6	1.0533	1.5804
WVL 6	114	51.756	30.6	1.0200	1.6914

<sup>z</sup> WVN: Without vibration at normal rotation speed (928 rpm); WVL: Without vibration at lower rotation speed (882 rpm).

表 2. 不同揚穀螺旋轉速所得到的監測係數變方分析表

Table 2. ANOVA table of the monitoring index at different screw conveyor speeds

Source of variation	Degrees of freedom	SS	MS	F
Speed	1	0.308512	0.308512	20.0533 <sup>z</sup>
Error	10	0.153846	0.015385	
Total	11	0.462357		

<sup>z</sup> statistically significant at 99% confidence level [ $F_{0.01}(1,10) = 10.044$ ].

表 3. 振動監測試驗結果

Table 3. Testing results of grain monitoring with vibration at normal screw conveyor speeds

No. <sup>z</sup>	Monitoring weight (lb)	Monitoring weight (kg)	True weight (kg)	True flow rate (kg/sec)	Monitoring index
AVN 1	178	80.812	31.8	1.0600	2.5413
AVN 2	150	68.100	31.2	1.0400	2.1827
AVN 3	181	82.174	31.6	1.0533	2.6004
AVN 4	197	89.438	31.2	1.0400	2.8666
AVN 5	153	69.462	31.8	1.0600	2.1843
AVN 6	178	80.812	31.4	1.0467	2.5736

<sup>z</sup> AVN: Adding vibration at normal rotation speed.

表 4. 振動與無振動監測試驗得到的監測係數變方分析表

Table 4. ANOVA table of the monitoring index for testing with and without vibration

Source of variation	Degrees of freedom	SS	MS	F
Vibration	1	1.018482	1.018482	22.32274 <sup>z</sup>
Error	10	0.456253	0.045625	
Total	11	1.474735		

<sup>z</sup> statistically significant at 99% confidence level [ $F_{0.01}(1,10) = 10.044$ ].

表 5. 各種穀流率之監測係數

Table 5. Monitoring indexes at various grain flow rates

Screw conveyor motor frequency (Hz)	Monitoring Weight (lb)	True weight (kg)	True flow rate (kg/sec)	Monitoring index
20	27	15.6	0.5200	0.7858
20	20	14.6	0.4867	0.6219
20	29	16.2	0.5400	0.8127
20	18	15.2	0.5067	0.5376
20	10	15.0	0.5000	0.3027
20	19	15.6	0.5200	0.5529
60	318	46.8	1.5600	3.0849
60	357	47.6	1.5867	3.4050
60	352	47.8	1.5933	3.3433
60	362	48.0	1.6000	3.4239
60	395	47.4	1.5800	3.7833
60	322	47.6	1.5867	3.0712

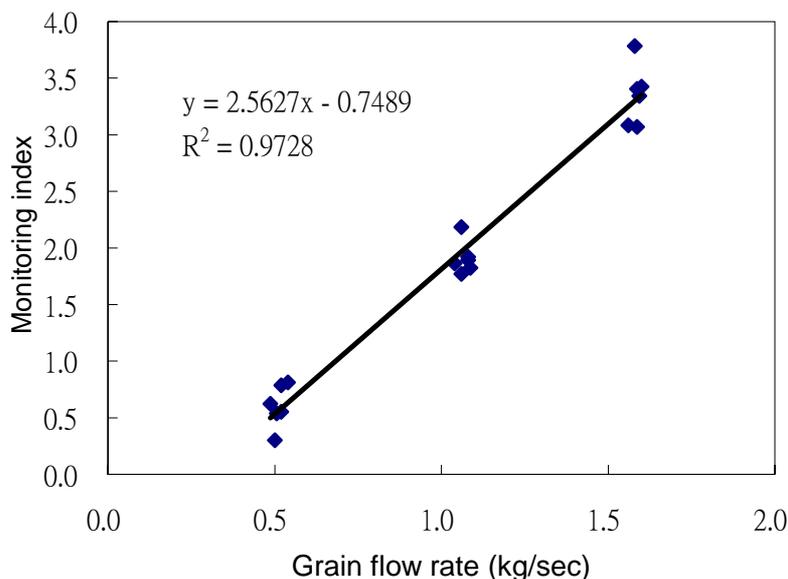


圖 6. 穀流率與監測係數之關係圖。

Fig. 6. Relationship between grain flow rate and monitoring index.

### 不同穀流率試驗結果

為探討不同穀流率測試之影響，供料電動機以 20 Hz 及 60 Hz 運轉調配出穀流率 0.5 kg/sec 和 1.5 kg/sec 之測試處理，試驗結果如表 5 所示。將表 1 之無振動正常轉速（40 Hz，穀流率 1 kg/sec）的監測係數與表 5 的監測係數與穀流率進行迴歸分析，其結果如圖 6 所示。當穀流率大於 0.7 kg/sec 時監測係數大於 1，表示監測值大於實重，亦即監測誤差會正向擴大。同理，穀流率小於 0.7 kg/sec 時監測係數小於 1 表示監測值小於實重，亦即監測誤差會負向擴大。

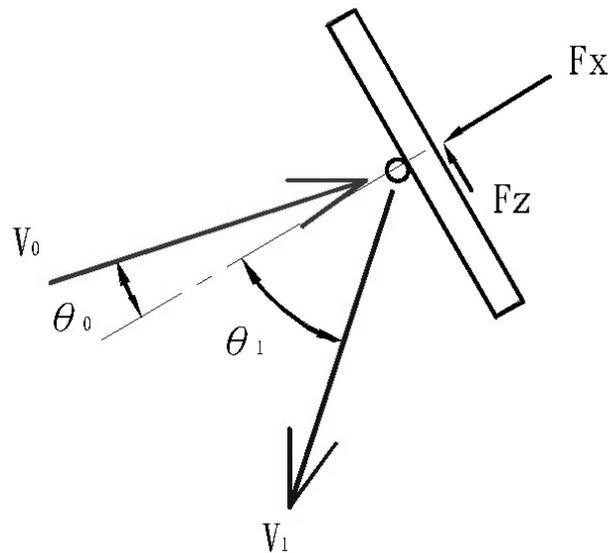
## 討 論

穀流打擊於衝擊板之現象可視為動力學中的「獲得或失去質量之系統」，亦即，系統連續吸收質點獲取質量或連續排出質點而失去質量。如圖 7 所示，圖中 $\theta_0$ 為入射角， $\theta_1$ 為反射角，穀物衝擊速度為 $V_0$ ，反彈速度為 $V_1$ ，速度方向如圖上所示；計算衝擊板X軸以及Z軸方向之反作用力為：

$$F_X = m_G(t) (V_0 \cdot \cos\theta_0 + V_1 \cdot \cos\theta_1) \quad (5)$$

$$F_Z = m_G(t) (V_0 \cdot \sin\theta_0 - V_1 \cdot \sin\theta_1) \quad (6)$$

定義式 (5) 與式 (6) 中 $F_x$ 、 $F_z$ 、 $V_0$ 與 $V_1$ 皆為純量，方向如圖上所示，作用力的大小將反應於應變式量測系統成為電壓訊號，衝擊角度 $\theta_0$ 入射角與 $\theta_1$ 反射角於進行此淨穀揚穀螺旋機轉數下降試驗之前後角度維持不變， $V_0$ 與 $V_1$ 之增加率應僅為揚穀螺旋機出口葉片轉數所增加之 5%，穀流率 $m_G(t)$ 雖然其平均值相同於供穀流率，但是在瞬間情況下卻是一種強弱穀流交替的波動衝擊，影響瞬間穀流狀態之因素包括：淨穀揚穀螺旋機轉數、穀物於淨穀揚穀螺旋機內部之充滿率、出穀口摩擦力與機械振動等。所以，正常轉數與降低轉速之監測係數的降低 17% 的原因，可能與揚穀螺旋機垂直輸送有關，因為穀流的衝擊速度雖來自於揚穀螺旋機上方的雙葉片，依據角速度轉換為稻穀的線速度之原理，揚穀螺旋速度降低 5% 衝擊速度應只降低 5%，但因為稻穀是垂直輸送，雙葉片有垂直高度而且與螺旋外管間有間隙，在揚穀螺旋機轉速比較低的情況下稻穀於揚穀螺旋機螺旋外管出口處衝得不高即被雙葉片拍打而出，過程中有大部份動能損失於雙葉片下方間隙的阻力，另外因為弱穀流的比例增加也可能使監測係數下降更低。



- $F_x$  : Reaction in x direction
- $F_z$  : Reaction in z direction
- $V_0$  : Impulsive velocity
- $V_1$  : rebounded velocity
- $\theta_0$  : Incident angle
- $\theta_1$  : Reflection angle

圖 7. 穀流衝擊於平板之自由體圖。

Fig. 7. Free body diagram of the grain flow impaction on the flat board.

振動與無振動試驗處理之差異極顯著之原因，可能為振動訊號疊加於感測訊號而造成監測係數增大。而重複 6 次振動實驗的監測係數之變異係數 CV 值 (10%) 大於無振動正常轉速時 CV 值 (7.6%)，但是兩者差異不大，因此在振動情況下 PF-3000 型產量監測器仍可透過校正方式正常讀取監測值。

於實際田間收穫時穀流率之大小與田間穀物收成之豐欠有關，實際穀流率不可能一成不變，在同樣收割速度時單位面積產量高者實際穀流率高，反之，單位面積產量低者穀流率低。於不同穀流率試驗結果顯示，穀流率的大小將使監測誤差正向擴大或負向擴大。換言之，田間稻作單位面積產量高時穀流率高造成 PF-3000 監測器系統之監測值會偏高，反之亦反，因此在實際應用 PF-3000 監測器系統時穀流率對應於監測係數之關係應加以校正以確保不同的穀流率下都會有相同的監測係數值。另於開發產量監測系統時，對於各種廠牌各機型之東方式水稻聯合收穫機皆需進行此類似之量測以決定產量監測系統之穀流率比較基準及監測係數對應於穀流率之關係，使田間實際量測時得以應用該等數據校正量測值，減少監測誤差。

## 結 論

在相同的穀流率情況下，淨穀揚穀螺旋機速度降低 5%，將使監測係數降低 17%。轉速對於監測係數之影響極為顯著。機架振動使得監測係數增大，振動對於監測係數之影響極為顯著，但監測穩定度只略為降低。穀流率與監測係數關係為線性，且為遞增關係，顯示在高穀流率時監測值大於實重；在低穀流率時，監測值小於實重。

本研究主要目的在於探討已商品化之應變式穀流感測器應用於東方式水稻聯合收穫機之性能表現，以決定是否直接可以套用或以試驗結果作為開發國產化產量監測系統之參考。試驗結果得知，直接以 Ag Leader PF-3000 產量監測系統套用於東方式水稻聯合收穫機顯然要經過額外的校正，而國內欲設計穀流感測器以應用於東方式水稻聯合收穫機，亦須考慮淨穀揚穀螺旋機速度降低所需之校正、實際於田間作業之振動問題以及不同穀流率所引起監測係數變動之問題，此三項問題於未來開發國產化產量監測器時建議以電腦軟體方式加以處理。

## 引用文獻 (Literature cited)

- 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.
- Hwang, G. S., F. M. Lu, J. R. Tsay, L. S. Liang, F. S. Chang, L. H. Lin, and T. Lin. 2003. Development of automatic agricultural machinery for precision agricultural-Optimal location of a strain-type grain flow measuring system installed on an oriental rice combine. p.175-186. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin eds.) Agric. Res. Inst. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)
- 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.

- Lu, F. M., J. R. Tsay, F. S. Chang, G. S. Hwang, L. H. Lin, and T. Lin. 2001. The rice yield mapping system. p.180-189. *in*: Knowledge and Technology for Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin eds.) Agric. Res. Inst. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)
- Reitz, P. and H. D. Kutzbach. 1996. Investigations on a particular yield mapping system for combine harvesters. *Comput. Electron. Agric.* 14: 137-150.
- Shoji, K., T. Kawamura, and H. Horio. 2002. Impact-based grain yield sensor with compensation for vibration and drift. *J. Jpn. Soc. Agric. Mach.* 64(5):108-115.

# Grain Flow Measurement for Oriental Rice Combine<sup>1</sup>

Guo-Shiang Hwang<sup>2</sup>, Fu-Ming Lu<sup>3,5</sup>, Jhy-Rong Tsay<sup>2</sup>,  
Lien-Sheng Liang<sup>2</sup> and Fu-Hsiang Chang<sup>4</sup>

## Abstract

Hwang, G. S., F. M. Lu, J. R. Tsay, L. S. Liang, and F. S. Chang. 2006. Grain flow measurement for oriental rice combine. *J. Taiwan Agric. Res.* 55:39-52.

The objective of this study was to study the performance of a strain type grain flow sensor mounted on an oriental rice combine. The grain flow sensor and its related parts of the Ag Leader PF-3000 yield monitor were evaluated in this study. A genuine threshing operation tank of Japanese YANMAR GC85 rice combine was adopted to build a testing stand. An inclined screw conveyor was utilized to receive paddy from a horizontal screw conveyor. The impact plate mounted in the tangential direction of the grain flow path at (200,30,0) position based on a defined xyz coordinate showed that when the screw conveyor speed is reduced by 5%, the monitoring index is reduced by 17%. The vibration of the test stand increased the monitoring index and decreased the stability. The monitoring index either increased or decreased when the combine harvesting rate was either higher or lower than the corresponding grain flow rate set by original flow rate calibration constant.

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

- 
1. Contribution No.2251 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: February 14, 2006.
  2. Respectively, Assistant Researcher, Senior Engineer and Director, and Senior Engineer of Agricultural Engineering Division, ARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
  3. Professor, Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
  4. Lecturer of National Kang-San Agricultural & Industrial Vocational School, Kaohsiung.
  5. Corresponding author, e-mail: lufuming@ntu.edu.tw ; FAX: (02)23627620