

# 農用履帶車輛自動導引控制之研究<sup>1</sup>

陳令錫<sup>2</sup>、林聖泉<sup>3</sup>

## 摘 要

本研究完成履帶式自走載具及PC-based控制系統之裝設及導引性能試驗，履帶載具為後輪驅動式，履帶底盤由橡膠履帶、齒輪式變速箱及6馬力汽油引擎所構成；PC-based控制系統採用LabVIEW軟體開發圖控程式，擷取GPS接收儀及方位角感測器訊號，控制主離合器及轉向離合器之動力離合。載具導引控制程式擷取履帶載具之位置及方位角，計算目標點之距離與方位角，依照方位角誤差值及距離導引載具行進，當載具到達目標點附近且符合距離差在1 m以內，停止載具前進，完成二點間的導引定位控制。試驗結果顯示，應用差分修正定位訊號，其定位誤差小於1 m，車體在起點時無論朝向任何方向，控制系統均能判斷方位角誤差方向，正確控制車體轉向，朝目標點前進。方位角感測器CXM543裝設高度對雜訊干擾之影響較大，裝在車體上層底板100 cm高度處，可以減少干擾。CXM543方位角感測器於車體行進間之方位角誤差值為16°，穩定性比TCM2的30°為佳，有效改善導引控制系統的輸入訊號品質。無差分修正之GPS定位訊號之誤差達3 m以上，不適合用於車體導引控制，車體導引定位控制之定位訊號若為穩定的差分修正或更高精度之RTK相位載波定位訊號，更能夠有效地導引控制載具。

**關鍵字：**自動導引履帶載具、差分全球衛星定位系統、方位角感測器

## 前 言

目前農業生產追求高產量及高品質的農產品，生產過程投入大量化學肥料及農藥，衍生的地力衰退和環境污染問題，已受世人重視，精準農業<sup>(4)</sup>範疇中的變率施用及定點施用技術具有解決上述問題的潛力，而自走載具是其基本發展平臺。履帶式載具具有大的接觸面積和小的接地壓力之特性，適合行走在鬆軟的田地上，理論上，履帶式車輛可以視為車輪直徑無限大的車輛，當車輪以穩定的打滑率前進時，與輪胎接觸的土壤之水平方向的形變會沿著車輪與地面接觸面由前而後漸增，增加車輪的直徑會改善打滑性能，因此履帶式車輛具備較輪式車輛良好的行走性能，適合於田間作業<sup>(6)</sup>。Desrial<sup>(11)</sup>亦指出，履帶式機具在非道路環境有較佳的行走性能(trafficability)，但是其轉彎性能(turning performance)仍是須考慮的問題。轉

<sup>1</sup>臺中區農業改良場研究報告第 0554 號。

<sup>2</sup>臺中區農業改良場助理研究員。

<sup>3</sup>國立中興大學農機系教授。

彎運動阻力產生的原因包括由履帶與土壤接觸面積及沈陷邊履帶(sunk track)造成的土壤平推阻力(soil bulldozing resistance)等所產生的摩擦力，使用圓形履帶肋條以及轉向時調整制動邊履帶(braked track)接地長度是改善轉向性能的有效方法。

Boll<sup>(8)</sup>等人表示羅盤大約在四千年前由中國人發明，其反應出地球磁場，可視為第一個磁力感測器，應用自然磁力做為定向工具。並指出磁力感測的基本原理為磁電流效應(Galvanomagnetic effects)。盛等人<sup>(5)</sup>表示方位角感測器是以地球磁場作為方位基準的磁場型感測器，但由於地球磁場強度很微弱，方位角感測器很容易受到外界磁場干擾產生誤差，因此在使用上需依據方位角感測器所提供的校正程序進行校正，以抵補週遭磁場影響所造成的誤差。曾<sup>(7)</sup>研製採果用自動行走車，利用方位角感測器和伺服馬達之編碼器導引自走車，以超音波感測器偵測障礙物。在導航測試實驗中，使車體航向與目標成一直線，然後前進，在此過程中，電腦持續推算車體之座標以及航向，並和方位角感測器所偵測到的實際航向做比對，判斷後再進行修正。陳與林<sup>(3)</sup>應用TCM2-50電子羅盤導引農用履帶車輛，結果顯示電子羅盤會受車體、電氣控制系統及汽油引擎之電磁雜訊干擾，當裝設在高度140 cm以上時，所受干擾最小。另外，也運用慣性量測儀IMU400CA檢測車體方位角，該量測儀於車體行進過程中所量測之方位角呈線性，量測之穩定性較高，適合作為履帶車導引之用。

全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)<sup>(4,12)</sup>係由美國國防部所發展，共有24顆GPS衛星在地球上空約20200 km高度處運行，無論任何地方皆可24小時全天候定位，單頻定位精確度約15 m，差分定位精度可達mm程度。Rintanen等人<sup>(14)</sup>開發非道路行走載具(off-road vehicle)自走導航系統，應用即時動態GPS定位系統及光纖陀螺儀構成自走導航功能，該設備即時定位精度可達±2 cm。載具方向訊號由光纖陀螺儀提供，配合GPS量測資料可補償運動中陀螺儀的漂移誤差(drift)。Cho等人<sup>(10)</sup>開發六輪油壓驅動噴藥車，以DGPS、GIS、編碼器及陀螺感測器(gyrosensor)作為訊號感測元件，後二者構成所謂的位置推算導引系統(Dead Reckoning Navigation System)，DGPS由二部GPS接收器透過無線數據機傳輸差分訊息，定位精度小於2 cm。史<sup>(1)</sup>指出GPS為測量、導航等定位工作的重要工具，GPS系統所用之座標系統WGS84，在臺灣已成為除了TWD67外的一個重要座標系統。

陳等人<sup>(2)</sup>完成農用履帶車輛PC-Based控制系統之軟硬體架構開發研究，採用PC-Based控制系統及LabVIEW軟體開發圖控程式，可以擷取編碼器及方位角感測器等輸入訊號及輸出電動缸致動訊號，履帶車能夠依照設定參數自走前進及轉彎。本研究主要以陳與林<sup>(2)</sup>所完成之農用履帶車輛PC-based控制系統之架構為基礎，進一步導入DGPS系統的定位訊號，整合PC-based控制系統，設計訊號擷取、座標轉換及定點導引控制程式，並實驗導引效果。

## 實驗設備與方法

### 一、實驗設備

#### (一)載具

本研究以履帶式行走機構為主體，6 PS四行程汽油引擎為行走動力，利用個人電

腦發展邏輯控制法則，透過I/O訊號介面卡組成感測及控制驅動信號，藉由驅動致動元件使得履帶前進及轉向，達到控制行走路徑的目的。

履帶行走機構由二條寬10 cm履帶及底盤構成，動力傳導路徑為汽油引擎出力軸帶動皮帶輪，經三角皮帶(主離合器)將動力傳至變速箱入力軸，變速箱之變速檔位分為前進高、低速及倒檔，變速後之動力經由左右轉向離合器傳至履帶驅動輪，驅動履帶運轉，完成行走機構動力傳輸功能。

## (二)感測元件

- 1.方位角感測器：Crossbow Technology, Inc.出品<sup>(9)</sup>，型號為 CXM543，可提供方位訊號，作為行進方向判斷之依據，其水平精確度為  $\pm 1.5^\circ$ 。
  - 2.GPS定位訊號接收器：Trimble Navigation Limited出品<sup>(15)</sup>，型號為AgGPS132，取樣更新率1或10 Hz，差分定位精度在1 m以內。
- 上述感測訊號採RS-232C通訊協定傳輸數位訊號將擷取的資料傳輸至電腦中。
- 3.編碼器：Koyo出品，型號為TRD-J360-RZ，檢測履帶驅動輪的旋轉角度及速度。

## (三)致動元件

致動元件為IMD3系列電動缸，工作電壓DC 24 V、伸縮行程約50 mm、減速比為1/10及1/5、出力240 N及120 N，用來操作引擎主離合器及左右轉向離合器之離合。

## (四)控制系統

控制系統以PENTIUM III 450Mz工業級電腦為主體，數位類比訊號輸出入卡及RS-232c串列埠等輸出入介面卡，從外部輸入感測訊號，再經由控制邏輯運算後輸出控制訊號，驅動電動缸產生致動作用，操縱車輛前進及轉向。控制項目包括左轉離合器、右轉離合器、主離合器等之離合觸發。控制程式係利用National Instrument 公司<sup>(13)</sup>的LabVIEW Ver.5.1圖控軟體撰寫。

## 二、實驗方法

實驗方法分為基本性能試驗及行走導引性能試驗，基本性能試驗主要為掌握履帶車輛及控制元件之基本性能所進行的試驗；行走導引性能試驗則為測試履帶車輛導引軌跡所進行的試驗。

### (一)方位角感測器定向試驗

於室外車身中心線下方地面，相距5 m釘二支鋼釘，用細塑膠繩連成一線段，於此線段上每80 cm距離作一記號，共5個位置。試驗時方位角感測器長邊靠近塑膠繩，取得與此線段一致的方向，利用電腦擷取方位角感測器之方位角訊號，針對5個位置分別讀取100筆數據，分析平均值及標準差，試驗結果作為履帶車輛當時的機身方向、架設方位角感測器鋁桿的定向標的及方位角感測器受雜訊干擾試驗之基準方向。

### (二)方位角感測器耐雜訊干擾試驗

履帶原型機的車臺上層底板裝設一支承載方位角感測器的垂直鋁桿，長約120 cm，鋁桿上裝設水平木板，方位角感測器安裝於木板上，方向與地面之定向線段方向相同。

從試驗車臺的上層底板算起每隔20 cm高度劃一刻度線，因為個人電腦及控制箱佔用約50 cm高度空間，故試驗時由60 cm高度開始，分別量測60 cm、80 cm、100 cm及120 cm高度之方位角變化資料，試驗條件分為(1)引擎不啟動開啓控制箱電源、(2)引擎不啟動並且關閉控制器電源、(3)引擎啟動在油門1位置開啓控制箱電源等三處理，每一高度收集100筆的試驗資料，分析影響程度。

### (三)定位導引控制試驗

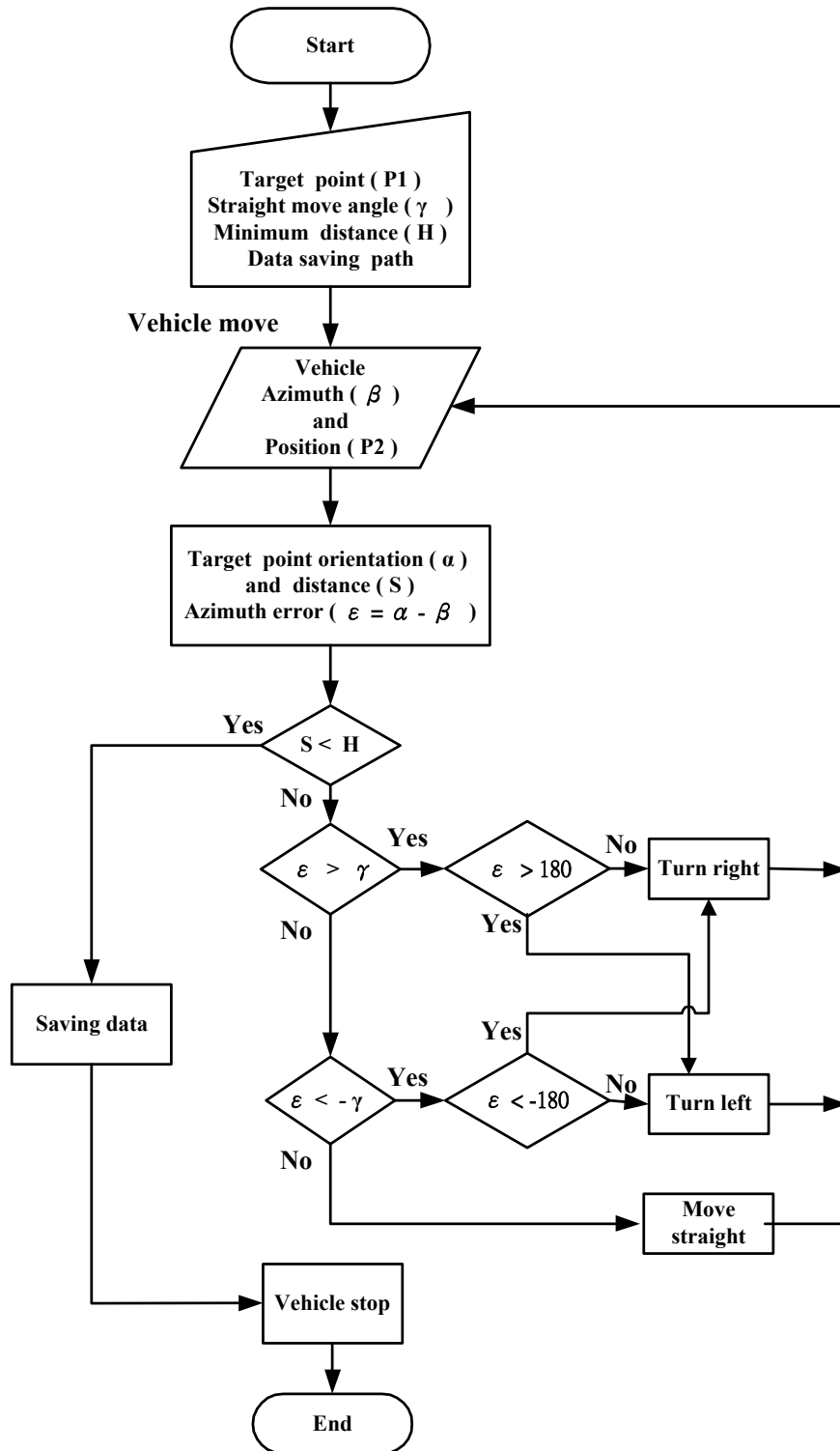
GPS定位訊號接收器輸出格式為世界大地座標系統WGS84的訊號，訊號內容為ASCII型式字串，利用其中的\$GGA定位訊號內容，解析出時間、經度、緯度、定位方式、衛星數目、HDOP、高度等資料，其中經緯度每秒代表約28 m至30 m長度，此解析度不適用於車輛導引定位控制，因此需要轉換成臺灣慣用的臺灣二度分帶橫麥卡脫座標，此座標系統為臺灣測量三角網及基本圖之測製投影方法<sup>(1)</sup>，單位為公尺，其以東經121°為中央子午線，座標原點在中央子午線與赤道交點橫座標西移250,000 m。不計小數點以下位數，X橫座標有6位數字，Y縱座標有7位數字。

LabVIEW軟體具有與Matlab軟體連結的功能，因此藉由Matlab軟體將經緯度轉換成臺灣二度分帶橫麥卡脫座標，座標轉換公式參考交通大學史天元教授<sup>(1)</sup>發表資料而來。座標轉換程式EN2XY.vi寫成副程式形式，呼叫由Matlab軟體所撰寫的數值運算程序，執行座標轉換，得出臺灣二度分帶橫麥卡脫座標。轉換結果利用本場之精密點資料比對，確實獲得正確的轉換座標，顯示轉換程序正確無誤。

衛星定位訊號擷取程式GPStandis.vi呼叫EN2XY.vi，以獲得車體位置的臺灣二度分帶橫麥卡脫座標數值，並與目標點座標計算出目標點向量，此向量包括方位角及二點間距離。GPStandis.vi程式再由主程式AgcarGps543-1.vi呼叫，執行履帶車自動導引到目標點之控制實驗。

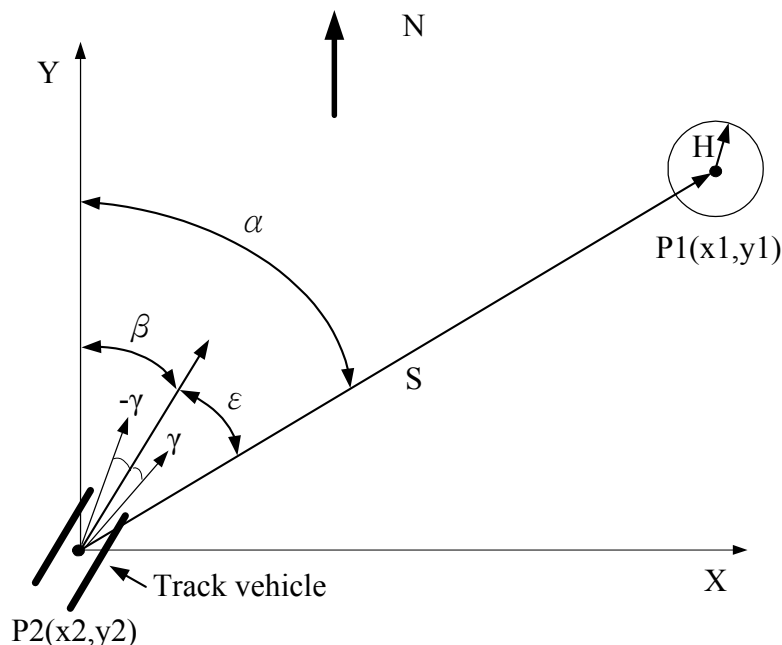
車體導引控制程式AgcarGps543-1.vi整合GPS訊號及方位角感測器訊號，其控制流程圖如圖一，導引示意圖如圖二所示，圖中顯示參數意義及相互間之相關性。首先設定目標點座標( $P_1$ )、GPS及CXM543之串列埠、試驗資料存檔路徑、直行角度範圍( $\gamma$ )及靠近目標點最小距離(H)等基本參數後，執行程式擷取車體座標( $P_2$ )及方位角( $\beta$ )，自動算出車體與目標點連線向量的方位角( $\alpha$ )及距離(S)，根據距離及方位角誤差值，導引車體朝目標點前進。方位角感測器的方位角以地球正磁北為零度，向右(東)旋轉時呈增量變化，感測範圍為 $0^\circ \leq \beta \leq 359.9^\circ$ 。方位角誤差 $\varepsilon$ 為 $\alpha$ 減 $\beta$ 之差值，當 $\varepsilon$ 為正值表示目標點在右側，須作右轉動作；當 $\varepsilon$ 為負值表示目標點在左側，須作左轉動作。若誤差值在直行角度範圍( $\gamma$ )，則車體直行不轉向。當車體距目標點距離S小於H時，車體停止。

試驗時引擎保持固定轉速，變速箱排入低速檔，啟動主離合器讓動力傳抵履帶，車體即可前進。由於履帶車輛轉向控制由左右兩側轉向離合器之離合及其離合的時間所決定，當須向左修正時，切斷左側驅動輪動力並施以剎車，同一時間右側履帶保持動力連結，車身便向左轉，而左轉的修正量在定速下即可由左轉離合器動力切離的時間所決定，時間愈長，轉向角度愈大，修正量就愈大。



圖一、控制流程圖。

Fig. 1. Flowchart of control system.



圖二、導引控制示意圖。

Fig. 2. Notation of parameters for track vehicle guidance.

## 結果與討論

### 一、方位角感測器定向試驗

將長約5 m塑膠繩兩端固定拉緊，方位角感測器長邊靠近塑膠繩，取得與此線段一致的方向，執行圖控程式543Compass2.vi擷取方位角感測器之方位角訊號，針對塑膠繩上不同的5個位置分別取100筆數據，統計此線段方位角平均值為 $90.83^\circ$ ，標準差為 $0.02^\circ$ ，誤差範圍 $0.13^\circ$ ，方位角記為 $90.83^\circ \pm 0.02^\circ$ 。

### 二、方位角感測器耐雜訊干擾試驗

方位角感測器耐雜訊干擾之試驗資料分析結果如表一所示，表中顯示四種高度之試驗結果，60 cm及80 cm高度之平均方位角與定向試驗之方位角 $90.83^\circ$ 比較，誤差為 $3.01^\circ$ 及 $1.38^\circ$ ，三種處理均顯示有大的訊號干擾情形。100 cm及120 cm高度之誤差為 $0.06^\circ$ 及 $0.52^\circ$ ，顯示干擾較輕微。因此，引擎運轉及控制器電源對方位角感測器造成之雜訊干擾不如高度的影響顯著。觀察表中標準差各欄數值均小於 $0.4^\circ$ ，顯示該感測器之精密性優異，準確性則受雜訊干擾所影響。

本項試驗以電腦擷取試驗數據，故電源轉換器及螢幕須為開啓狀態，其電磁輻射可能是干擾來源。

根據上述試驗結果，電腦、控制系統、鐵製車架、變壓器及汽油引擎等對方位角感測器有干擾現象，調高方位角感測器裝設高度在100 cm高度處，可以減少干擾。

另外試驗CXM543方位角感測器於車體行進間之方位角誤差值為 $16^\circ$ ，另一型TCM2方位角感測器<sup>(3)</sup>於車體行進間之方位角誤差值高達 $30^\circ$ ，CXM543之訊號穩定性比TCM2為佳，對導引控制系統的輸入訊號品質有改善效果。

表一、CXM543 方位角感測器耐雜訊干擾試驗結果

Table 1. Noise interference at different heights for CXM543

Treatments	60 cm		80 cm		100 cm		120 cm	
	Average	Stdev.	Average	Stdev.	Average	Stdev.	Average	Stdev.
Engine + Power on	93.70	0.19	91.86	0.14	90.64	0.11	90.17	0.16
Power on	94.10	0.03	92.26	0.36	90.96	0.06	90.46	0.13
Power off	93.73	0.13	92.52	0.03	91.06	0.09	90.30	0.18
Average	93.84		92.21		90.89		90.31	

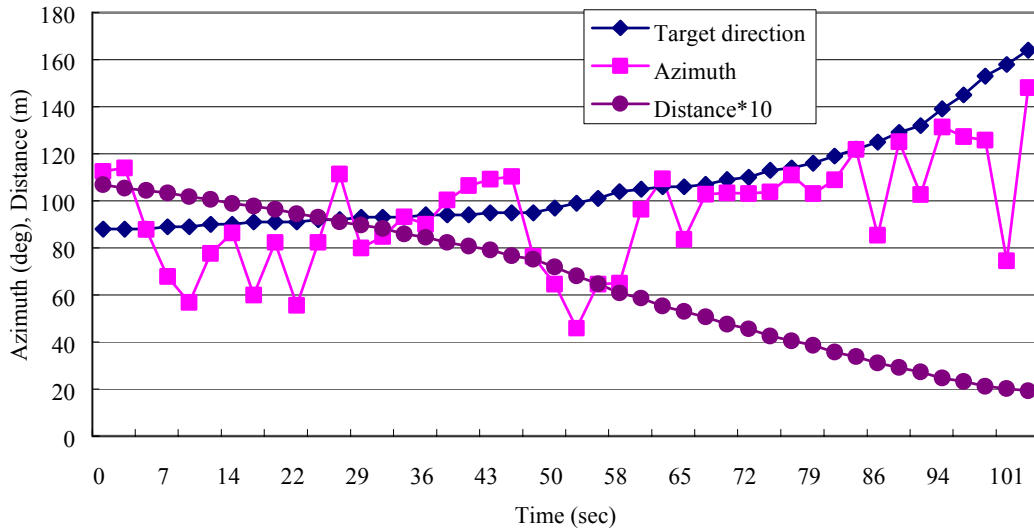
### 三、定位導引控制試驗

本試驗之控制程式，AgrcarGps543-1.vi圖控程式，經由RS-232串列埠擷取CXM543方位角感測器及GPS定位訊號接收器之ASCII訊號，定位訊號格式為WGS84經緯度格式，藉由Matlab軟體撰寫轉換程式，輸出臺灣二度分帶橫麥卡脫座標，定位解析度比經緯度為佳。

GPS定位訊號接收器Trimble AgGPS132，具有接收Beacon差分訊號功能，分別進行關閉與開啓差分訊號之定位導引控制實驗，比較差分訊號對車體定位導引之影響。其中開啓差分訊號之定位導引控制實驗部分，分為車體朝向目標點及背向目標點之導引控制，試驗AgrcarGps543-1.vi圖控程式對於不同起始方位角的導引控制性能。試驗時引擎保持最低轉速，變速箱排入低速檔，前進速率約 $14.7 \text{ m/min}$ 。

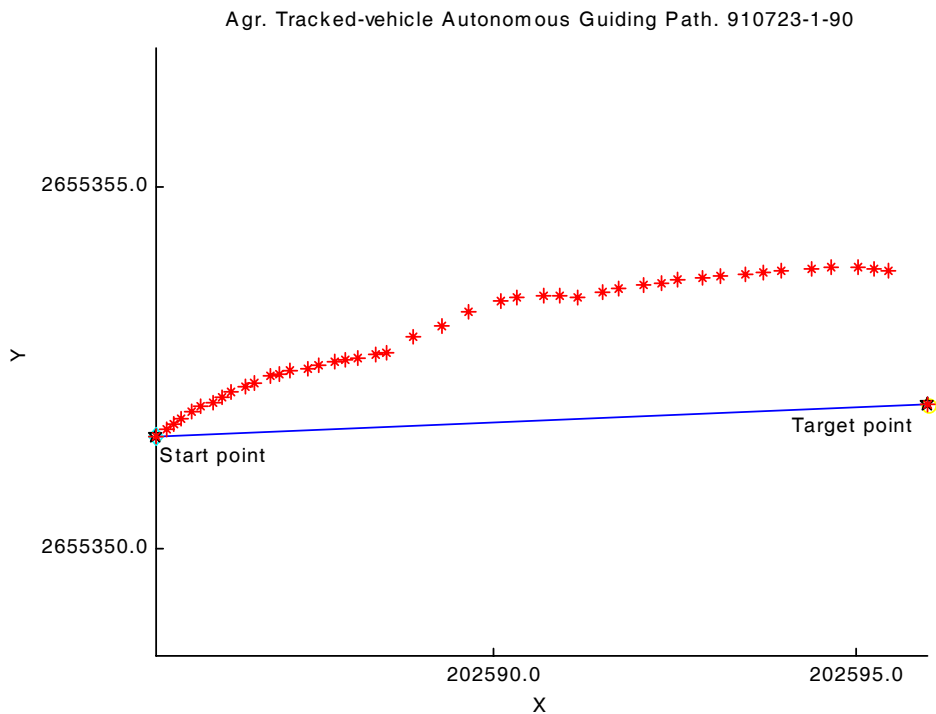
#### (一)關閉差分訊號之定位導引控制

接收不到Beacon差分訊號狀況下，關閉AgGPS132接收儀之差分訊號功能，純粹擷取天空中四顆衛星以上的定位訊號，起點P2座標(202585,2655351)，車體之起始方位角 $112^\circ$ ，目標點P1座標(202596,2655352)，二點連線之方位角為 $88^\circ$ ，距離S為 $10.7 \text{ m}$ ，轉向時間 $T_t$ 為 $2.2 \text{ sec}$ ，直行角度範圍 $\gamma$ 為 $10^\circ$ ，接近目標點停止距離H為 $2 \text{ m}$ 之條件下進行導引試驗，圖三為試驗中各時段的車體方位角、目標方位角及兩者間距離的變化情形。66 sec之前轉向頻繁，車體方位角訊號呈現不穩定狀態，不過仍足以導引車體朝目標點前進，66 sec後 $\alpha$ 大於 $\beta$ ，目標點保持在車體右前方，顯示後段右轉之轉向修正量不足，至100 sec時車體停止在目標點西北方( $\alpha = 165^\circ$ )。圖四為車體導引定位控制軌跡路徑圖，圖中顯示試驗過程中車體一直在目標連線之左側，控制決策為右轉，但是右轉修正量不足，其間更有左轉情形，應為錯誤方位訊號造成。50 sec之後，目標方位角逐漸增大，與路徑圖中車體一直在目標連線左側之結果相同。100 sec時S為 $1.93 \text{ m}$ ，抵達預定終點。無差分定位訊號之誤差為 $3 \text{ m}$ 以上，車體及目標點座標均有明顯偏移情形，導致車體可能撞上試驗場旁邊的樹木或車輛，因此無差分修正之定位訊號不適合用於車體導引控制。



圖三、車體起始方位角 112°，各時段之方位角及距離變化圖。

Fig. 3. Azimuth of vehicle, target direction and distance varied with time, the initial azimuth is 112°.



圖四、車體起始方位角 112°之定位導引軌跡圖。

Fig. 4. Positioning trajectory of vehicle when initial azimuth is 112°.

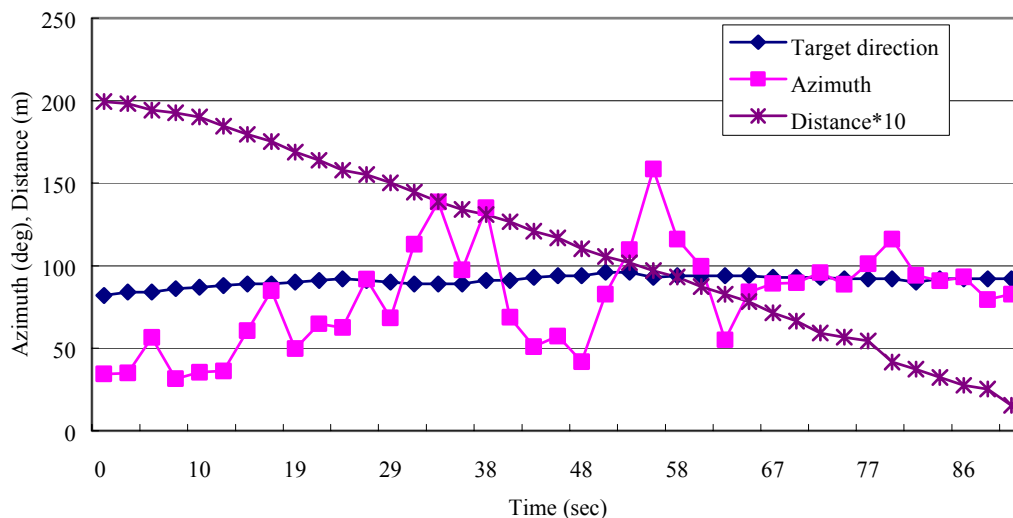
## (二)使用差分訊號之定位導引控制：車體朝向目標點

擷取Beacon差分衛星定位訊號，起點P2座標(202579,2655350)，車體之起始方位角 $34^\circ$ ，目標點P1座標 (202599,2655353)，二點連線之方位角為 $82^\circ$ ，距離S為19.95 m，轉向時間 $T_t$ 為2.3 sec，直行角度範圍 $\gamma$ 為 $10^\circ$ ，接近目標點停止距離H為2 m之條件下，導引試驗結果如圖五及圖六，前26 sec車體持續右轉修正，將車體轉向朝目標點方向，26 sec至67 sec，轉向變化較大，剛開始 $\beta$ 大於 $\alpha$ ，車體左轉修正，36 sec時 $\beta$ 小於 $\alpha$ ，車體右轉修正，62 sec時S減為7 m，之後車體方位角與目標點方向相同，直行前進，91 sec時S縮為1.5 m，小於設定的靠近目標點最小距離 2 m，車體停止行進。

## (三)使用差分訊號之定位導引控制：車體背向目標點

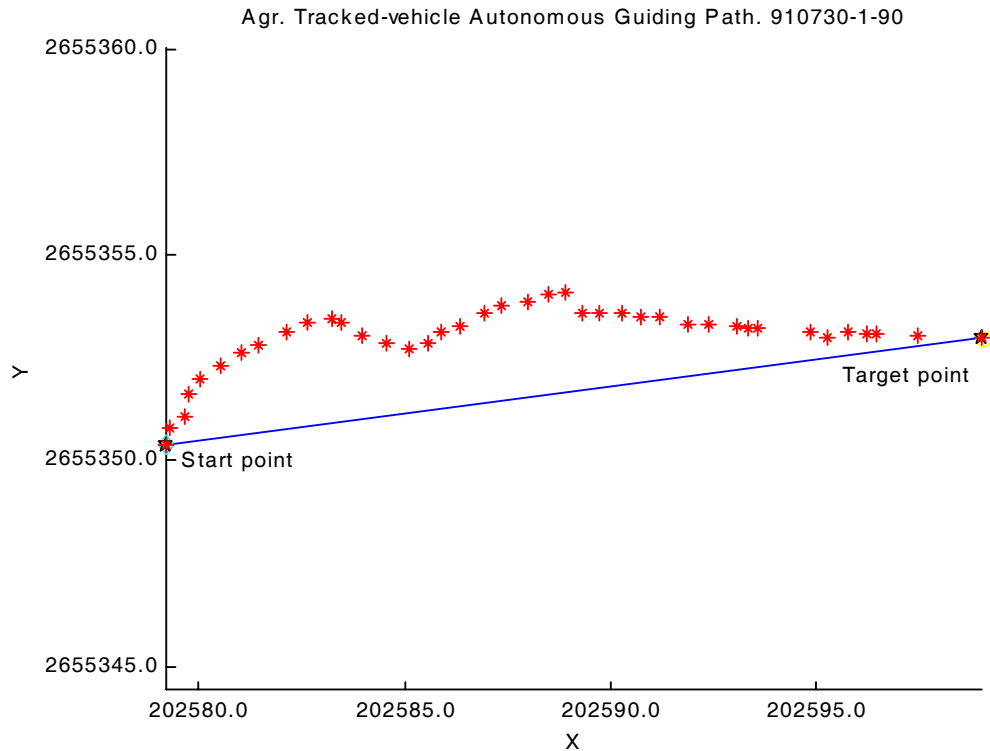
1. 起始方位角 $94^\circ$ 與二點連線之方位角為 $271^\circ$ ：

擷取Beacon差分衛星定位訊號，起點P2座標 (202598,2655353)，車體之起始方位角 $94^\circ$ ，目標點P1座標 (202579,2655353)，二點連線之方位角為 $271^\circ$ ，距離S為19.4 m，車體背向目標點，轉向時間 $T_t$ 為2.3 sec，直行角度範圍 $\gamma$ 為 $10^\circ$ ，接近目標點停止距離H為2 m之條件下，導引試驗之結果如圖七及圖八，圖中24 sec之前，車體持續右轉修正，將車體轉向朝目標點方向，26 sec之後車體導向朝目標點方向，32 sec時 $\beta$ 大於 $\alpha$ ，車體左轉修正，48 sec時朝方位角250 方向右轉修正前進，約60 sec時車體方位角與目標方位角吻合，直行前進，115 sec時S縮為1.6 m，小於設定的靠近目標點最小距離 2 m，車體停止行進。



圖五、車體起始方位角 $34^\circ$ ，各時段之方位角及距離變化圖。

Fig. 5. Azimuth of vehicle, target direction and distance varied with time, the initial azimuth is  $34^\circ$ .



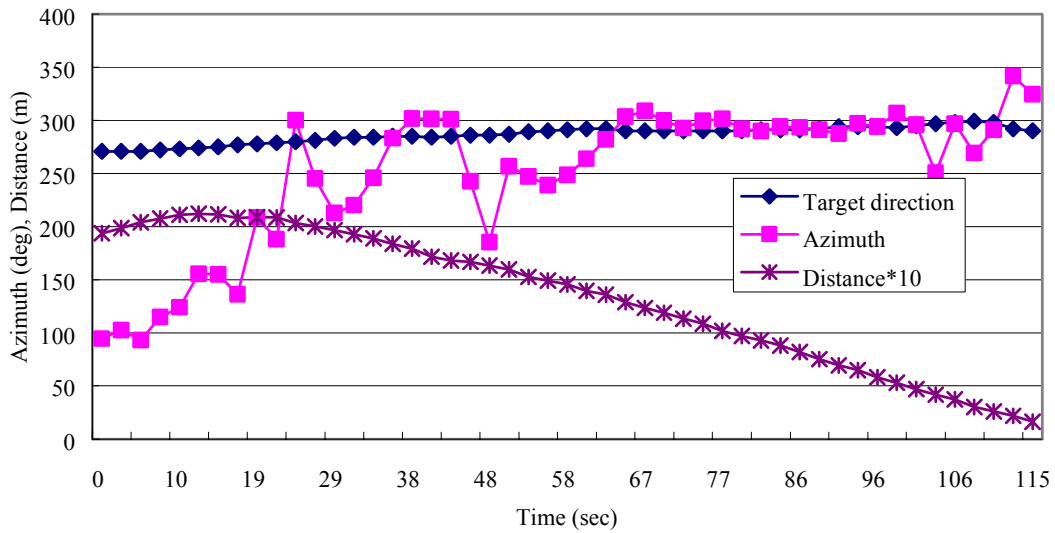
圖六、車體起始方位角  $34^\circ$  之定位導引軌跡圖。

Fig. 6. Positioning trajectory of vehicle when initial azimuth is  $34^\circ$ .

## 2. 起始方位角 $278^\circ$ ，二點連線之方位角為 $88^\circ$ ：

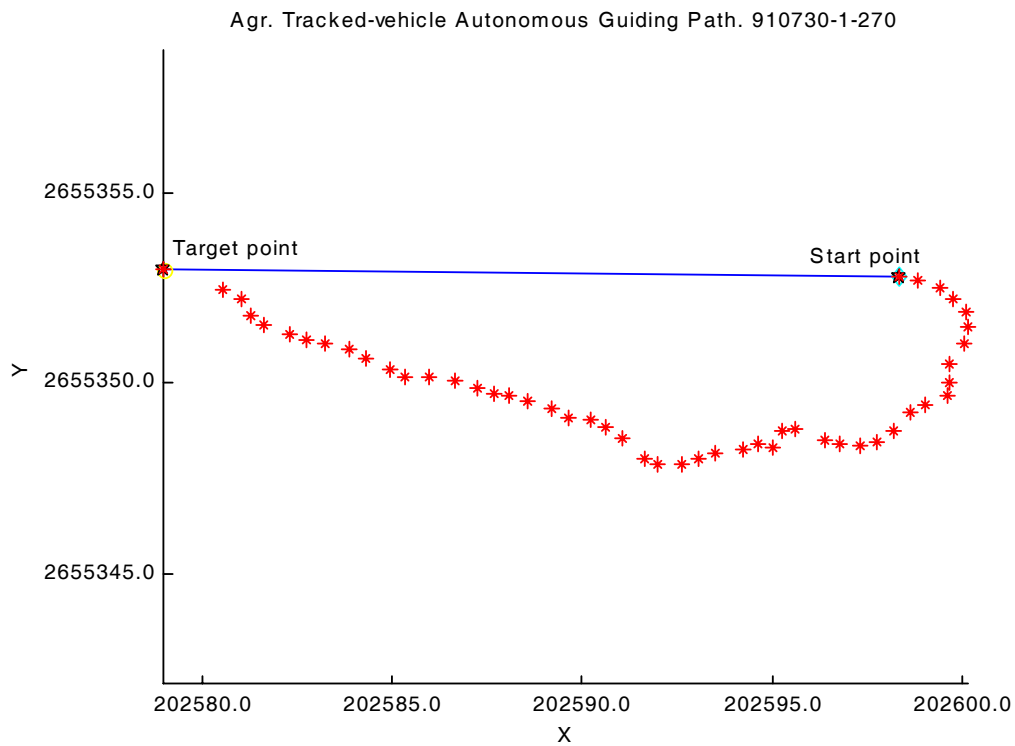
擷取Beacon差分衛星定位訊號，起點P2座標(202580,2655352)，車體之起始方位角  $278^\circ$ ，目標點P1座標 (202599,2655353)，二點連線之方位角為  $88^\circ$ ，距離S為18.9 m，車體背向目標點，轉向時間 $T_t$ 為2.3 sec，直行角度範圍  $\gamma$  為  $10^\circ$ ，接近目標點停止距離H為1 m之條件下，導引試驗結果如圖九及圖十，前24 sec車體持續左轉修正，車體轉向朝目標點方向，此時S為18 m，調轉車體過程中S稍微增大，之後車體方位角與目標點方向一致，直行修正前進，106 sec時S縮為0.86 m，小於設定的靠近目標點最小距離1 m，車體停止行進。圖中增加兩條轉向操作之變化線段，表示不同時段之轉向操作情形，其中直行的時段很短，大多為左右轉，顯示方位角感測器擷取的訊號很少處於直行角度範圍，或直行操作時，方位角感測器擷取的訊號已經超出直行角度範圍。此種方位角變化過大的情形，可藉由減少車體振動或換裝耐振性較佳的感測器加以改善。

本研究之控制系統採用固定轉向時間 $T_t$ ，當方位角誤差量不同時，給予相同轉向輸出，但是每次轉向結果不盡相同，原因有地面條件不均一及轉向離合器切斷或接合動力的時機不一所致。試驗之軌跡圖顯示適當的轉向時間可以導引車體抵達目標點。



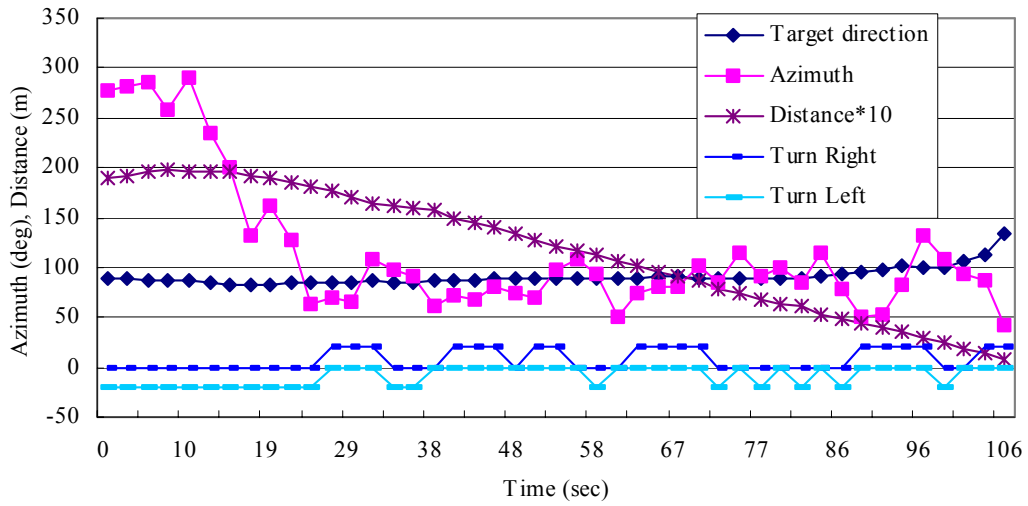
圖七、車體起始方位角 94°，各時段之方位角及距離變化圖。

Fig. 7. Azimuth of vehicle, target direction and distance varied with time, the initial azimuth is 94°.



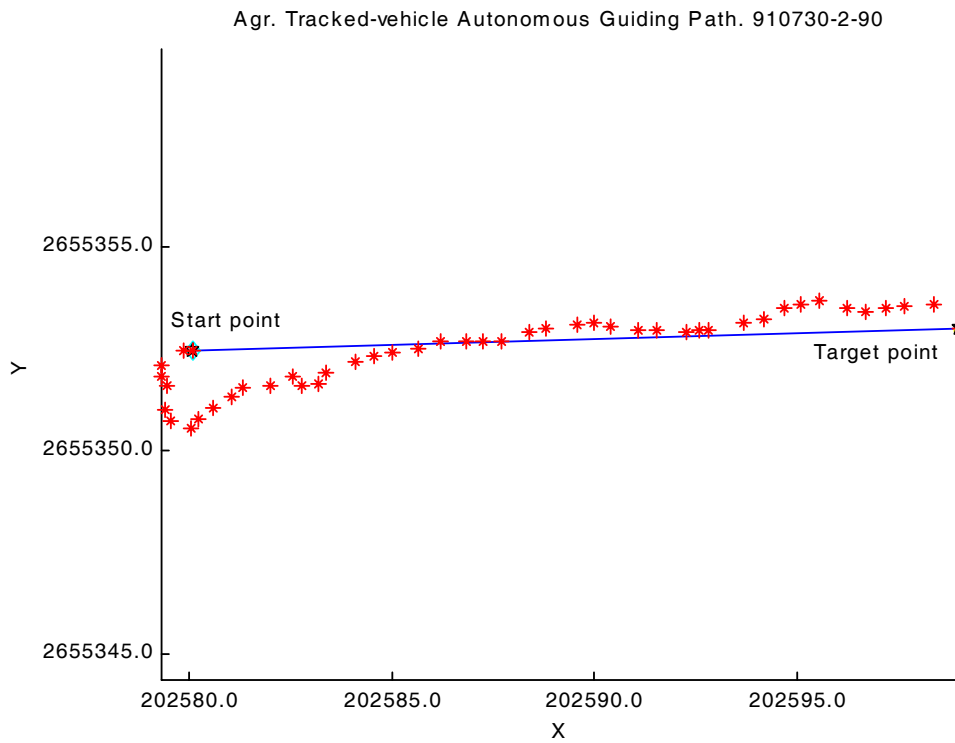
圖八、車體起始方位角 94°之定位導引軌跡圖。

Fig. 8. Positioning trajectory of vehicle when initial azimuth is 94°.



圖九、車體起始方位角 278°，各時段之方位角、距離及轉向操作變化圖。

Fig. 9. Azimuth of vehicle, target direction, distance and turning actuation varied with time, the initial azimuth is 278°.



圖十、車體起始方位角 278°之定位導引軌跡圖

Fig. 10. Positioning trajectory of vehicle when initial azimuth is 278°

## 結 論

方位角感測器定向試驗之標準差為 $0.02^\circ$ ，誤差範圍 $0.13^\circ$ ，靜態無干擾之量測準確度良好。方位角感測器耐雜訊干擾試驗顯示，引擎運轉及控制器電源對方位角感測器造成之雜訊干擾不如高度的影響顯著，方位角感測器裝設高度在100 cm高度處，可以減少干擾。該感測器之精密度優異，準確度則受雜訊干擾所影響。

CXM543方位角感測器於車體行進間之方位角誤差值為 $16^\circ$ ，穩定性比TCM2的 $30^\circ$ 為佳，有效改善導引控制系統的輸入訊號品質。

應用差分修正之GPS定位訊號，定位誤差小於1 m，無差分修正之定位訊號誤差達3 m以上，導引效果不佳。Beacon差分訊號有時會有斷訊現象產生，造成GPS接收器無訊號輸出，或持續輸出斷訊前最後一筆定位座標，此種訊號不穩定現象，嚴重影響試驗之進行。需要導入位置推算導引系統<sup>(10,14)</sup>改善之，補充斷訊期間之位移訊息。因此車體導引定位控制必須為穩定的差分修正或更高精度之RTK<sup>(14)</sup>(Real Time Kinetic) 相位載波<sup>(10)</sup>(carry phase)定位訊號，輸出準確的定位訊號，較能夠有效地導引載具。

本研究已達成履帶式自走載具雛型機試製及建立導引定位控制系統之基本功能，足以自動導引履帶載具到達目標點。控制系統擷取GPS衛星訊號及方位角感測器訊號，算出車體座標、目標點方位角及目標點與車體間的距離，據以判斷轉向動作，及是否抵達目標點，若距離S小於設定值，表示車體已到達目標點，完成二點間的導引定位控制。車體在起點位置時，無論朝向任何方向，控制系統均能判斷方位角誤差方向，正確控制車體轉向，朝目標點前進。

未來，綜合各種輸入條件，結合模糊控制或類神經網路等控制法則，輸出適當的車體轉向時間，為進一步提昇導引控制效果的方法之一。精確的田間定位資料建立後，定位座標點數資料增多，應用本研究之控制導引技術，逐筆比對定位資料，循序導引車體行進，故本研究之控制技術可應用於連續多點定位座標之導引控制。

## 誌 謝

本研究承蒙財團法人中正農業科技社會公益基金會90-中基-農-1補助計劃經費，俾使研究工作得以順利進行，謹致謝忱。

## 參考文獻

1. 史天元 2000 橫麥卡脫(TM)座標與經緯度轉換 地籍測量 19(2):1-9。
2. 陳令錫、林聖泉 2000 農用履帶車輛PC-based控制系統之開發研究 臺中區農業改良場研究彙報 68:31-41。
3. 陳令錫、林聖泉 2001 方位感測器於農用履帶車輛導引之應用 臺中區農業改良場研究彙報 73:31-41。
4. 陳俊明主編 2001 精準農業 p.151-155 國立中興大學農學院農業自動化中心編印。

5. 盛中德、莊士良、李春壽 1999 電子羅盤與自動導引車之應用 農業機械學刊 8(1):39-48。
6. 馮丁樹譯 1987 小農制之農業機械化 p.135-148 徐氏基金會出版。
7. 曾如參 1999 採果用自動行走車之研製 p.46-79 國立中興大學農業機械工程學研究所碩士論文。
8. Boll, R. and K. J. Overshott. 1989. Magnetic Sensors. p.2-96. *In*: V. Göpel, J. Hesse and J. N. Zemel (eds.). Sensors – A Comprehensive Survey. Volumn 5. VCH Publishers Inc., New York, NY, USA.
9. Crossbow Technology Inc. 2001. Cxm543 User's Manual. High Speed Orientation Sensor. Rev. 1.1 USA.
10. Cho, S. I., J. Y. Lee and Y. S. Park. 1990. Autonomous Speed Sprayer Using DGPS, Gyrosensor and GIS. ASAE Annual International Meeting, paper no. 991046. Toronto, Canada.
11. Desrial, N. Ito. 1999. Theoretical Model for the Estimation of Turning Motion Resistance for the Tracked Vehicle. J. JSAM. 61(6):169-178.
12. Iwasaki, K., Y. Miyabe and K. Ikehara. 1997. Development of Navigation System for Farm Tractors Using the DGPS. Proceedings of International Symposium on Agricultural Mechanization and Automation. p.161-166. Chinese Institute of Agricultural Machinery, Taipei, Taiwan.
13. National Instruments Co. 1998. LabVIEW User Manual. USA.
14. Rintanen, K., H. Makela, K. Koskinen, J. Puputti, M. Sampo and M. Ojala. 1996. Development of an autonomous navigation system for an outdoor vehicle. Control Eng. Practice. 4:499-505.
15. Trimble Navigation Limited. 1999. AgGPS 124/132 Operation Manual. Rev. B. USA.

# Automatic Guidance of Agricultural Track Vehicle<sup>1</sup>

Ling-Hsi Chen<sup>2</sup> and Tshen-Chan Lin<sup>3</sup>

## ABSTRACT

The study of a track vehicle with the PC-based control system was conducted. This vehicle consists of a chassis, two sprockets, two rubber tracks, a transmission and a six-hp gasoline engine. The power is transmitted by rear-wheel sprockets. The software of the PC-based control system was coded in LabVIEW graphical programming language. The system detected the signals from the GPS receiver and the CXM543 orientation sensor. According to the data of position and orientation, the system actuates the clutches and guides the vehicle to the target point. It will stop when the distance from the target point is less than one meter. The results showed that this prototype vehicle could reach target point and stop thereafter, whatever the azimuth of vehicle at start position. The orientation sensor can reduce noise interference while it is fixed at 100 cm height. The azimuth error of CXM543 is 16°, when vehicle is moving. Its stability is better than TCM2's 30°. This design can improve the performance of control system. The positioning error of GPS with differential is less than 1 m, and the positioning error of GPS without differential is greater than 3 m. The latter is not practical in autonomous vehicle guidance. Therefore, the steady DGPS or higher RTK with carry phase receiver should be used to guide autonomous vehicle effectively.

**Key words:** autonomous track vehicle, DGPS, orientation sensor.

---

<sup>1</sup> Contribution No. 0554 from Taichung DAIS.

<sup>2</sup> Assistant Engineer of Taichung DAIS.

<sup>3</sup> Professor of National Chung Hsing University.