農業自動化研究

⊙陳加忠
農試所農工系

由於國內經濟型態之改變，農業生產已面臨勞力短缺，勞動人口高齡化與生產成本高昂之問題。在國際市場自由化之衝擊下，此問題更爲嚴重。爲提昇農產品之產品競爭力，以自動化作業生產高品質之農產品已爲農業發展之主要工作。農業自動化牽涉之問題十分廣泛，必須利用尖端之工程技術以解決，然而此類技術又受其農業環境所限制，因此國外直接引入之自動化技術與設備往往無法直接應用於國內，必須加以改良調整。此外有許多應用項目因爲亞熱帶與熱帶氣候之特殊問題，缺乏現成產品可資利用，必須自立開發。而這些改良與開發技術都需要基礎研究之配合才能達成。

農業自動化主要之組成部份有三項：農用感測器，控制設備與自動控制系統等。感測器執行控制系統的感應部份，用以協助控制系統瞭解外界之狀況。控制設備執行控制系統之命令，以達到控制目的。控制系統之作業在於接收感測器訊號，與預存程式或預定目的加以比較，判斷，發出控制命令以執行控制作業。在國內農業自動化的發展中，由於控制設備可由機械設備改良配合，此方面之技術問題較少，然而在感測器與控制系統方面，方處於起步階段，因此急需開發研究以加速自動化之進展。

以技術研發之觀點而言，農業自動化之研究應以關鍵性的技術爲主，由基礎研究之立場，應予規畫之研究主題介紹如下：

一、農業感測系統

感測器由於擔任自動化技術的知覺部份，因此成爲自動化成敗的關鍵，沒有良好且正確的感應訊號，即無法執行適切的自動控制動作。美國農工學會已將「農業感測器之開發應用」列爲四大優先研究之主要主題之一。一九九一年於美國芝加哥市舉行「二十一世紀自動化農業研討會」中，來自世界之農工研究人員亦將「感測器應用」列爲第一重點，由此可知農業感測器之開發利用已成爲農業自動化之研究主題。日本於一九九三年發表「日本農機革新技術報告書」，已將感測器之需求列出詳細項目以作爲推動農業自動化之先驅作業。

完整的感測系統包括感測元件，信號處理與信號傳遞。主要的應用有㈠環境感測與㈡品質感測，依國內農業生產的需求性

，急需進行研究主題說明如下：

㈠品質感測技術：在生產或加工過程中，能即時檢定所生產物的品質狀態。例如在穀物加工之水份量測，成熟度，精白度與綜合米質之指標建立，園產品之糖份、成熟度、內部腐敗性，空洞存在比例，病蟲害損害程度等，在畜產品中包括成份比例，牛奶之新鮮度，純度，飼料之成份等，上述之技術以非破壞性爲主，可以利用NIR，NMR，超音波與音波等原理。

㈡環境感測技術：在作物或生物的生產過程中，對其生產環境需要加以監測以爲環控之依據。國內需要研究的項目包括穀物加工之穀塵濃度，果蔬貯存的乙稀濃度與二氧化碳濃度等，設施生產中養液EC，pH，DO與各單一離子濃度。畜產需要研究之對象包括NH_3，H_2S濃度，廢水BOD，COD等監測，水產養殖之水質監測，農業生產廢棄物之監測如濁度等。

㈢生物生理感測技術：對於作物或生物之生理直接量測，以瞭解其生理狀況。例如植物的葉溫，莖幹收縮率，氣孔開閉程度等。動物的個體識別技術，重量，體溫，熱應力指數與呼吸率，懷孕狀態，疾病探查等。

㈣現地即時量測技術：爲配合永續農業之發展，使農地之化學物（包括肥料、農藥、殺草劑等）施用效率最高，農業環境之現地即時量測技術需要開發，其主要意義是不再以田區爲一均質體，而是量測其空間的分佈差異特性，其研究對象包括作物與雜草位置的判別，收穫時作物之產量，含水率，土壤水份分佈，土壤肥份分佈，有機質成份，病蟲害檢出等項目。

㈤訊號處理技術：由於感測元件所在位置與控制設備並不相同，元件之感測訊號需要放大，濾波等處理程度。兩者之間之訊號傳送在國內農業環境下有其特殊之問題。需要探討之問題包括雜訊的消除，遙距之訊號輸送，雷擊之保護，感測失效或超出量測範圍時之自我顯示，校正曲線與信號處理之配合技術等。

㈥農業感測器之關鍵技術：在感測器之關鍵技術研究項目介紹如下：㈠國內急需建立客觀之評估技術，以評估其性能是否合乎國內之環境需求。其方式包括現有工業界與醫學界所利用之設備於農業環境之適用性研究。㈡針對國內之特殊需要與市場需求量，自

立開發關鍵性感測器，例如適用高含水率穀物的水份計。㈢開發感測模組：配合監控需求以不同之感測元件共用訊號處理組件，例如含二具溫度計一具濕度計之模組或具有五項水質監測能力(水溫，EC，pH，濁度，DO)之感測模組等。

二、農業控制技術

在農業自動化工作項目中，傳統之控制系統往往利用工業控術，尤其是程序與回饋作業技術之利用。但是由於農業的多樣性與其非線性反應能力，一般工業控制之概念通常不能完全適用。因農業生產環境係由複合因素相互影響而成，需要更精確之控制技術。近年來控制技術之發展如適稱(Adaptive)控制，專家(Expert)控制，乏晰(Fuzzy)控制，最佳化(Optimize)控制等技術，人工智慧中專家系統，類神經網路等應用，複雜系統之解析控制等技術均可加以評估其於農業生產之適用性。此外由於自動化作業之處理量極大，作業失敗時造成極大之財力損失，因此控制失效之自我診斷與示警技術亦需研究。

三、控制策略(Strategy)

控制策略在控制系統中爲“軟體”的形式，擔任思考，判斷以進行決策之角色。雖然不是具體之研體設備，但是已成爲控制作業成敗的關鍵。以溫室環控爲例，自外界感測器傳送之訊號與預設目標數值之比較後，即需以控制策略軟體執行判斷，以指揮各項環控設備執行控制作業。在農業自動化之作業項目中如乾燥與倉貯作業，畜產環控，水產養殖，農作物之施肥施藥控制等作業，均需要研究其控制策略。

四、機械控制之關鍵技術

農業在機械化與自動化之過程中，有些機具因增加自動化設備而使作業更加精確，例如曳引機整地之耕深控制等。有些機具之開發必須先發展自動化技術才能研製機具，例如果蔬採收機之開發條件在於先完成果蔬成熟度判別系統。針對國內農業機械自動化作業需要配合開發的工作項目有作物識別技術，障害迴避技術，組織培養移植之定位技術，車輛自動行走與田畦迴旋技術，育苗作業中植株缺株辨識技術與栽培箱定位技術等。開發上述技術可應用影像處理，光波，音波等原理。

五、作業合理化技術

農業自動化之應用涉及各項複雜的因子，因此需要利用系統工程之原理，將生產過程加以系統化，再將此系統與環境(外在因素)各項關係與系統內各部份(元素)之間之相互關係加以量化或建立其邏輯關係之規律性，透過電腦之運算，分析，分類，判別，以合理安排系統內各元素之投入量，以最小的自然資源消耗和最合理之資本投入，以得到最佳收益。此方面的研究工作可包括以下作業：

㈠自動化體系建立

以組織培養爲例，研究各作業項目自動化之可行性與作業流程之最佳配合。此作業必須包括作業動作合理化與培養瓶內外生產環境之控制技術。

㈡系統模式之建立與結合

以溫室生產爲例，必須建立之作業模式包括溫室環境，作物成長或生物發展，病蟲害成長，大氣氣象與逆環境，結構與成本等數學模式，並能建立主程式以結合上述模式，用以量化溫室生產各影響因子之交互影響性。畜舍飼養，水產養殖等生產作業亦需要類似之研究主題。

㈢專家系統之建立

專家系統本身以電腦程式之型式存在，其目的在於利用專家知識對於特定的應用領域獲取知識。其利用過程包括以邏輯程序循序解答問題，選擇最佳方案，對作業系統執行管理。在農業上之利用則在於歸納可利用的知識、資料、探彙各種可行方案。可研究之項目包括病蟲害預警與診斷系統，作物肥份最佳配合方式，畜產環控設定值之決擇等。人工智慧等研究也可歸類於此。

㈣彈性自動化規畫

有效自動化作業必須配合多樣因素，通常利用作業研究，求得其資源最有效的分配利用，使生產計畫中生產數量，生產時間等合理化利用經營。完整之作業規畫包括：(1)空間配置、(2)設備配置、(3)物料配置、(4)勞力配置等。由於農業生產之多變性，自動化設備必需配合各產業生產需求，重新組合、分配。因此彈性自動化之研究應加以執行。此工作特別爲服務業自動化之研究重點。

農業自動化已爲國內農業生產不可或缺之技術。由於自然環境與栽培作業之相異，國外許多技術與設備於國內無法直接引入使用。有許多相關技術必須自基礎研究開始。國內自主之工業基礎中，電子與機械產業已具規模。以基礎研究所得的結果配合國內已有之工業基礎，所開發之農業自動化設備不僅可提供國內農業生產之用，對亞熱帶與熱帶國家而言，更爲可輸出之農業資材。

由於自動化的關鍵技術研究中，農業工程人員必須具備機械，環控，電子與電機等技術之外，許多研究項目必須結合作物生理，病蟲害，土壤與肥料、畜產、水產等專業人員，而作業規畫涉及成本分析亦與農經人員之研究領域相近，因此有關自動化之研究極爲適合爲一整體性計畫，結合各種專才以執行共同目標。

綜合言之，以農業自動化相關技術之基礎研究均有其重要之學術價值，尤其以上述列舉之項目爲優先重點，但在作物或產業之選擇上，應配合產業發展之優先性。如此可結合技術與產業，促使農業自動化技術早日落實。