

農業における電波利用

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	佐藤, 純一
巻/号	45巻9号
掲載ページ	p. 405-410
発行年月	1990年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



農業における電波利用

佐藤 純一

1. はじめに

我が国の農業は、世界経済の枠組の中でより効率的な生産技術が求められており、栽培管理に役立つ生産環境情報の収集手段や、省力でかつ密度の高い管理作業を支援する先端的機器が必要となってきた。

すなわち、これまで農業生産現場においては、作業者が作物・土壌・家畜等と直接接し、長年の勘といわれるノウハウで状況を掴み、施肥・防除その他諸々の作業を適正に行って生産をあげてきた。しかしながら、今後産業として足腰の強い農業経営を確立していくには、適正な規模の拡大とそれに伴う大幅な省力作業が必要となり、従来のようなスキップによる綿密な管理は限界となる。一方、近年マイクロエレクトロニクス技術の発展により、人の五感に肩替わりできるセンサ及びセンシング技術が開発されており、時には人間の能力以上の機能で適確な情報をもたらす物もある。したがって、これらの手段で生産管理作業を支援すれば、省力化の中で密度の高い管理ができよう。

この時、農業生産現場は主に広い圃場で行われ、センサからの情報をすべて有線伝達する方法は、経費面及び作業技術からも現実的でない。また、省力・快適作業のための作業機遠隔制御技術では、移動物体制御のための無線が必要となる。このように、これからの農業技術に取り入れなければならない新しい生産技術のためには、農業現場の特殊性から無線の利用が極めて効率的であり、合理的と考えられる。今日、無線通信制御機器は、電子技術の進歩により、価格や信頼性からも十分使い易くなっている。従って、電波を利用した効率的な農業技術を開発するならば、その技術は広く普及するものと考えられる。

2. 電波の概念

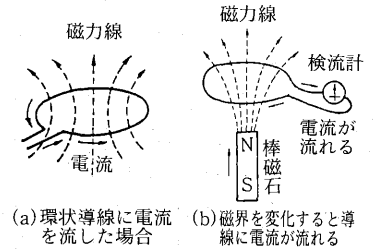
1) 電磁波

波が水面を伝わって広がっていくのを見ると、水が移動していくように見えるが、実際には水面が上下するだけで、その上下している場所が移動してゆくの

ある。液体のほか固体や気体の中を伝わる地震や音も波であり、電波も同じように空間を伝わる波である。電波は電磁波とも言われ、空間にある電界（電気力の働く場）と磁界が互いに関係し合って伝搬するエネルギーとされている。

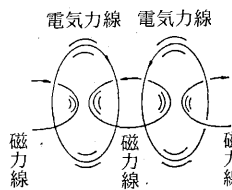
2) 電波の発生

第1図(a)のようにループにした導線に電流を流すとそこに磁界が生じ、反対に第1図(b)のように棒磁石



第1図 磁界及び電界の変化

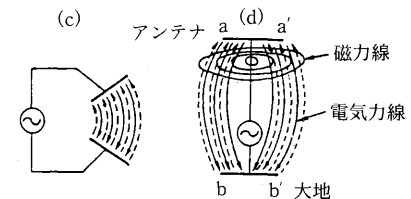
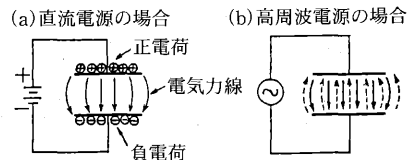
を導線の輪の中に出し入れすると導線に電流が発生する。電波(電磁波)の電界と磁界も同様の現象で、空間において磁界の変化で電界ができ、電界の変化によって磁界できる変化で、この変化を電気力線と磁力線として表すと、第2図のような



第2図 空間における磁界と電界の関係

関係で電波が伝わってゆく。従って、電気力線を空間に生じるようにしてやれば電波となって伝わってゆくのである。実際に電波を発生する方法

は、まず第3図(a)のように、二つの極板(コンデンサ)に直流電圧を加えると、両極の間



第3図 電波の発生

(第1~3図は電気通信振興会、無線工学より)

Jun-ichi SATO: Utilization of the Wireless Communication Systems on Agriculture. 農業技術 45 (9), 1990.

に一方の電界の変化すなわち電気力線が生ずる。しかし直流のため一度変化しただけで終り、電流は流れない。+-を逆にすれば反対方向の電気力線となる。そこで第3図(b)のように交流を流すと電気力線が交互に方向を変えることから、すなわち、コンデンサに交流を加えてやれば、交流はコンデンサで電気力線を作りながら流れることになる。さらに高周波電源にすると、前の電気力線が消えないうちに次の電気力線が生じ、すなわち激しい電界の変化で電気力線が空間に押し出されてゆき、それに伴って磁界も変化する、すなわち電波となる。そして極板を第3図(c)のようにすると一層電気力線が空間に出やすくなり、第3図(d)、すなわち極板の一方をアンテナとして、他の極板を大地にしてアンテナと大地の間に高周波電流を流してやれば、空間に電気力線ができて、電波が放射される。

3) 電波の波長と周波数

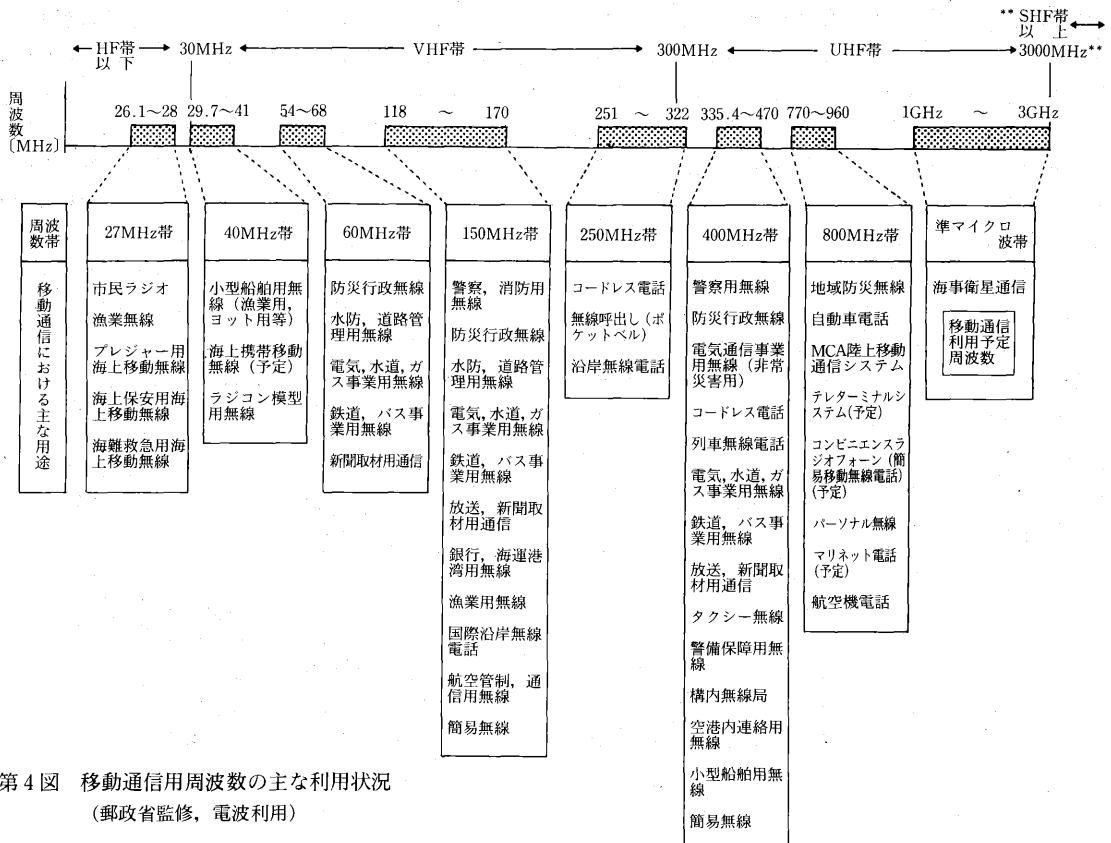
電波は電界と磁界の変化で水の波と同じように波動として伝搬してゆき、波の山から隣りの山まで1周期の長さを波長と呼ぶ。また1秒間に繰り返される振動数が周波数(Hz)である。電波の波長は数十km以上の長いものから数m、数mm、さらにマイクロメートル以

下の短いものまであり、放射熱として暖かく感ずる遠赤外線や、目に見える可視光も電波の一種である。従って、電波の伝搬速度は光の速さと同じで、秒速30万kmである。ちなみに音の速さは秒速約340m(時速1,220km)であり、電波がいかに速いかが伺えよう。

4) 電波の分類と伝わり方

電波の分類は周波数で行われており、電波法では「300万メガヘルツ以下の周波数の電磁波」と定義して、この上限すなわち3,000GHz(ギガヘルツ)が電波としての物理的発生の限界で、それ以上は遠赤外、赤外線の分野としている。

長波(30~300KHz)、中波(300KHz~3MHz)は波長が長く、主に地表に沿って伝わることから、ラジオ放送に用いられている。短波(3~30MHz)は宇宙に向かって放射されても、電離層で反射されることから地球の裏側までも伝わり、国際短波放送やアマチュア無線にも使われている。波長が10m~1cmと短い超短波(30~300MHz)、極超短波(300MHz~3GHz)の電波はある程度の建物や山は回り込むが、直進性が強く、近距離の移動体通信に適している。さらにマイクロ波(3~30GHz)及びミリ波(30~300GHz)になると光のよ



第4図 移動通信用周波数の主な利用状況 (郵政省監修、電波利用)

うに直進する性質で、反射もされやすく、短距離(数kmから約10km)の固定間通信に適するとされている。

電波は以上のように分類されるが、これが伝わり方の違いだけでなく、その情報量を伝える能力が大きく異なり、中波や短波では音声を伝える程度の情報量であるが、極超短波やマイクロ波のように周波数が高くなると大変多くの情報が伝えられるようになり、映像やデータ通信などで多重伝送ができるようになる。

3. 電波利用の現状

1) 電波の割当て

現在、我が国では郵政省が電波の監理を行っており、情報伝達量の多い27MHz帯から、300GHz帯において細かく使用分野を区別して効率的な利用ができるように規制している。そしてその区分は、使用頻度の多い分野毎にその使用に適した周波数帯が割り当てられている(第4図)。この図で使用が途切れている周波数帯があるが、そこは主に放送用であり、例えば170~251MHzの間にはTV放送の4~12チャンネルが割り当てられている。またこの図にはないが中波や短波の領域は、出力の状態によっては世界中に伝わることから、国際的な周波数の取り決めが必要となる。また、波長の短い周波数帯では、到達範囲が狭いことから、地域的に離れていたり地形によっては混信しないため、同じ電波を複数の地域で利用できるよう、使用目的に応じて利用区分を決め、各地方電気通信監理局で免許を与えられる制度になっている。

2) 無線局、無線施設の区分

電波の伝搬は周波数によって違うことはすでに述べたが、伝搬のためにはもう一つの条件がある。すなわち電波を発射する力すなわち出力によって伝わる範囲が違うことから、周波数と同時にその出力を規制している。そして、出力が大きく広く伝搬する条件においては、その無線に係る従事者の資格及び無線施設を免許制としており、一方では出力が小さく伝搬が限られる場合は規制外となっている。

4. 電波の利用方法と無線通信技術

1) 電波の利用方法

先に述べたように電波は周波数により性質が異なることから、その利用方法も一様ではない。①無線通信がごく一般的な電波利用であるが、②電波をセンサとして使う方法があり、レーダーがその代表的な方式である。その他③電子レンジのように物の加工に用いら

れる電波もある。農業面でもこれらの使い方が考えられるが、多くは①の無線通信の利用となろう。

2) 無線通信技術の発展

無線の利用はかつては有線電話に対する無線電話または放送としての利用が主であり、漁業無線のように人と人との情報交換手段として使われている。そして電波に情報を乗せる方式としては、情報を振幅の変化として送るAM変調(アナログモジュレーション)であった。その後より高い周波数帯での通信技術が発達し、周波数の変化で情報を送るFM変調(フリークエンシーモジュレーション)が確立した。

一方、コンピュータの発達により、デジタル情報処理技術が一般化し、これが通信と結びつき、例えばPCM方式(パルスコードモジュレーション)と言われ、コンピュータから出るデジタル情報をon, offのパルス信号にして、人の会話の代りにピーという音の断続で情報を伝え、受信側で再びコンピュータ処理して情報にもどす技術も開発されている。

さらに、情報を一次貯留してまとめて送るパケット通信方式により、通信時間が短縮され電波をより効率よく利用できる技術へと発展してきている。

このような無線通信技術をふまえ、これからの農業における無線の利用はコンピュータを介した情報のやりとりが主流になることは間違いないと思われる。

5. 農業における電波利用の有利性と問題点

1) 圃場には有線通信手段が無い

農業生産は主に水田や畑あるいは牧草地など広い面積を利用することから、気象情報や作物情報などを伝達するために、電柱や電線の必要な有線通信より無線による伝達が適応している。

2) 移動物体との通信

圃場作業機や将来導入されるであろう農業ロボット、あるいは放牧家畜等の移動物体との情報伝達や情報収集には無線の他に実用的な手段がない。

3) 電波の効率的な利用

現在考えられる農業現場での無線利用は、見通しのきく数枚程度の圃場か、あるいは一集落単位ぐらいの面積的な広がりであり、防災無線やアマチュア無線などに比べて大変狭い範囲での利用が主となることから、地域が離れば同一周波数の使用が可能で、電波を効率的に利用することができる。

4) 電波の活用

電波の利用は生産活動の盛んな都市において多く、

大都市では電波が過密状態になっている。それに対し、都市から離れた農業地帯では電波利用が少ないことから、混信の心配が少ないと同時に、利用されていない公共の財産である電波を活用することにもなる。

5) 電波は使いにくい

以上のように農業における電波利用にはいくつかの利点を持っているが、反面、問題点もある。

まず、無線を利用するには、無線機を操作する無線従事者になるための国家試験に合格し、無線局も規則通りの設備にして郵政大臣の免許を受けなければならないことである。一般の事業所では専任者が無線を扱うが、農業では農家自身に対応しなければならない(ただし、後で述べるように、郵政大臣の免許を必要としない小さい出力の無線局で、農業現場で利用できそうな無線局制度が新設された)。

6. 電波の利用場面及び方法

1) 生育環境情報の収集

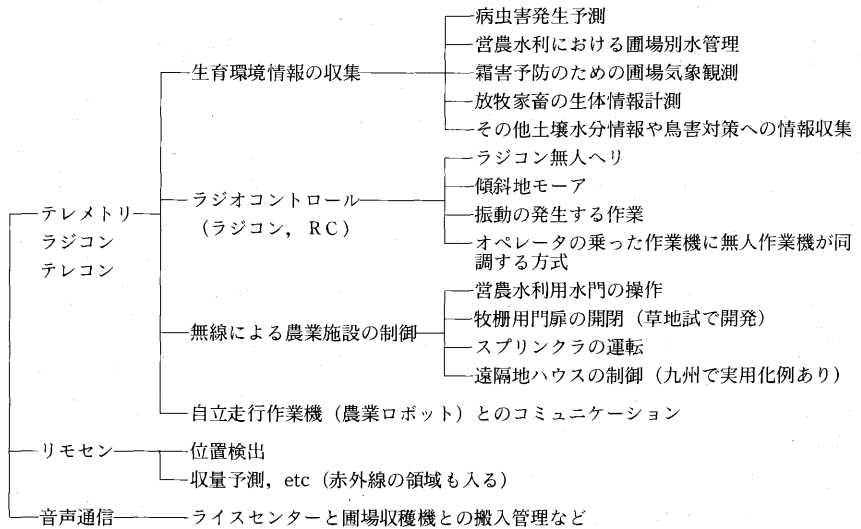
農業現場において技術の先導的役目をはたしている

篤農家は作物や環境を十分に観察し、生育過程の最も適した時期を逃さず適正な管理を行い、結果として異状気象でも失敗の少ない高品質・多収穫を実現している。この篤農家技術で特に注目すべきは、対象物(土、作物、家畜など)を非常によく観察していることである。低コスト・高品質・省力化の必要なこれからの農業において、篤農家技術は学ぶことが多い。しかし、これまでの篤農家技術の多くは、篤農家自身の行動で対象物とのスキンシップを行っており、規模拡大の進む現在の農業への対応は難しい。

そこで対象物を把握する作業を支援するため、土、作物、家畜等のセンシング技術が開発されつつある。このセンシング情報の収集には、圃場のセンサから信号を道路側まで伝える近距離伝達から、地区内各所に配置したセンサ情報を集中管理して防除計画を立てるような遠距離伝達までであるが、いずれも有線通信手段のない、水田、畑、牧草地が対象となることから無線通信が必須となろう。

すでに動物情報の収集を目的とした放牧牛の生体情報計測技術を開発する特別研究「牛テレメトリー」が草地試と畜試のグループで行われている。課題には、家畜生体計測センサの開発、各種センサ信号を整理集録し、複数家畜のデータを呼び出し方式で無線通信するテレメータシステムの開発、得られた体温や採食行動及び乗駕行動のデータから、放牧家畜の異常や採食量及び発情などを判定する技術などがあり、これに無線が利用されている。この技術の実用段階への発展としては、無線による発情牛の発見など繁殖管理を合理

第1表 農業における電波の利用場面



化する技術に結びつけられよう。生育環境情報の収集には他に第1表のような場面が考えられる。

2) ラジオコントロール(ラジコン, RC)

無線で機械を操作する方法の中で最も一般的な方法がラジコンであろう。現在は、模型用として専用周波数が割当てられており、農業用作業機をこの模型用の送信機(プロボ)を応用して遠隔操作を行う試みが数多くあり、実用化されているものもある。

ラジコン無人ヘリ: 模型のヘリコプタに農業散布装置を取付けて散布する試験が北農試畑作部で行われた頃から各地で水田防除に利用されるようになり、近年では産業用無人ヘリコプタ2機種が市販され、本格的な実用化に向かっている。模型機は機体が小さく、また操縦に大変熟練を必要としたが、産業用無人ヘリは、機体重量約50kg、積載量約20kgと大型化しており、操縦も複数のジャイロを搭載しているので、やや容易になったとされている。使用電波帯は今のところ模型用を使っている。

ラジコンモータ：ラジコンで農業機械を遠隔操作する試みはすでに田植機や不整地運搬車、芝刈機などで行われているが、すべて既製の作業機の操作部にアクチュエータを取付けて操作する方式であった。昨年大手農機メーカーから市販されたラジコンモータは、無線制御専用として開発された作業機で、ロータリ刃を腹の下に装着し、ハンドルや座席がなく、極めて低重心に作られている。従って斜面での作業や林地の下草刈りに無線利用の威力を発揮していた。この作業機はラジコン操作のほか、将来的にはコンピュータ制御で一定の区画内を自動走行させる方式への発展が容易にできるように考慮されている。

ラジコン利用の問題点としては、ヘリコプタの場合など模型と同一周波数であることから混信による危険があり、すでに専用周波数への動きが進んでいる。

また、ラジコン操作が実際の作業機に乗って操作する場合との大きな違いは、機械の振動や音の変化またはハンドルの重さなどがオペレータに伝わらないことであり、過負荷などへの対応が難しい点である。将来は作業状態が画像でモニターできたり、操作レバーが負荷に応じて重くなるようなラジコンが出現すると思われる。

ラジコン利用に適した場面を第1表に示す。

3) 農業ロボットとのコミュニケーション

機械化作業の今後の流れとしてロボット化は確実に進んでゆくと考えられ、すでにいくつかの研究成果や試作機が発表されている。これら農業ロボットの移動は、自身に備えられたセンシング装置で位置を知り自律走行するため、ラジコンのように外部から作業を直接制御する必要はない。

しかしながら農業機械は作物の生育むらなど大変負荷変動の多い作業を強いられるため、トラブルの発生には絶えず注意しなければならない。農業ロボットにおいても作用部が破損する以前に作用を停止させるような機能は当然備えられよう。このような場面で管理者が適切な処置をとるためにはロボットとのコミュニケーションが必要であり、無線による情報伝達が必須となる。

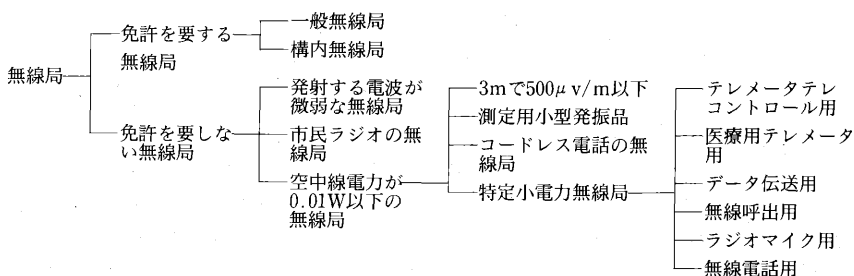
このような異常伝達は移動物体だけでなく、例えば遠隔地に分散したグリーンハウスや堆肥化施設等での

トラブル伝達にも必要となろう。

4) 無線による農業施設の制御

圃場に点在する施設、例えば水田の用排水水門、牧柵の門扉、ビニールハウス等の制御にも無線は適している。他産業では分散施設の制御には、専用回線なり、一般の電話回線を利用した制御が行われているが、農業施設では電力線はあっても電話回線までは経費面で難しい。また、圃場毎の用水弁などは電池式があり、センサによる自動開閉以外に任意の開閉操作には無線が有効である。草地試験場で開発したポータブル型自動開閉式電気牧柵門扉は、1人で持ち運びができ、どこにでも設置できる牧柵用の自動門扉で、主にタイマ

第2表 無線局の制度



制御であるが、任意の開閉もしばしば必要であり、無線機を組み込み遠隔操作を可能としている。

5) 位置検出

農業用ロボットの自律走行のための位置検出には、いろいろな手段が考えられているが、電波利用が主流となろう。電波による位置検出にはレーダー測位方式と、人工衛星を使うグローバルポジショニングシステム(GPS)が代表的である。GPSは自動車の位置を地図上に示すナビゲーターシステムとして注目されている方式で、精度が20~30cmまで向上すれば、田植えのような精度の高い作業にも利用されるようになる(まだ50cm~1mの精度)。

これらは自身の位置を知る方法であるが、管理側が相手の位置を知る方法として、放牧地の牛群の位置を知るための無線システムが種畜牧場で開発され試験が行われた。複数のアンテナにより発信位置の方角を探して位置を特定する方式であるが、立木などからの反射波による誤認が問題とされていた。

その他、センシングとして電波を使う方法にリモートセンシングがある。現在は赤外線領域での光学的技術で収量予測などに使われようとしているが、電波を使う技術も開発されよう。

7. 農業における電波利用支援施策

1) 特定小電力無線局制度

電波は空間を伝わることから公共性が高く、郵政省でその使用についての整理が行われ、電波法・電気通信事業法で規制されているため、一般の無線局は免許を得、無線従事者の資格が必要であり、農業でも広域の無線利用においては同様である。一方、これまでも免許を必要としない電波利用の枠があり、模型のラジコンやトランシーバあるいは極めて出力の微弱な電波などがある。

農業利用の場合、前者ではやや大きすぎ、後者では物足りない無線需要の場面が多い。例えば農業用ロボットとの交信、水田の水位や作物内の微気象データ収集など、見通せる程度の狭い範囲での利用が数多く考えられる。他分野でもこのような範囲で簡便に利用できる無線の要望が多いことから、郵政省は、400MHzなどに、免許の必要のない特定小電力無線局制度を設け要望に対応している。特定小電力無線局は第2表に示すように、無線電話としての音声利用の他、テレメータ用などの区分があり、各区分で多数のチャンネルが利用できる。この制度が設けられたのはつい最近のため、まだこの規格に合った無線機は少ないが、近い将来数多く市販され価格も手ごろになると予想される。出力は10mWと少ないが、水田地帯のような障害物がない所や、下から見通せる傾斜地など条件が良い所ならば時には4~5km届いた例があることから、見通しのきく圃場での利用が多い農業場面ではかなり有効と思われ、免許の必要がないことから、市販の無線機が多くなれば、かなり普及すると考えられる。

2) 産業用ラジコン制度化

模型の無人ヘリが農薬散布などにすでに各地で使われており、産業用の無人ヘリコプタも市販されるに至って、模型用電波帯の使用は混信による墜落の危険など問題があることから、産業用ラジコンとして専用電波帯が近々設定される動きとなっている。従って、自律走行のロボット化までは必要がない場面や、ロボット化が難しい場面等においてラジコン利用の需要は多く、ヘリコプタ以外にも振動のある作業や、傾斜地での危険作業などに広い用途が考えられる。また、ロボット化に比較すれば格安な装置で遠隔操縦ができることから、いろいろな作業機メーカーの対応が考えられ、専用周波数帯の設定で、農業におけるラジコン利用が一層促進されると思われる。

3) 農業用電波帯(営農無線)の必要性

以上二つの無線はいずれも免許無しで手軽に使える大きな特長があるが、通信範囲が限られている。これに対し、例えば水利組合である程度広い地域の用水路に沿って、水田の水位や水温等の情報を集める営農水利テレメータシステムのような形で無線を利用したい場合は、一般無線としての取扱いになることから免許が必要となる。他にも集落単位程度の広さで水田病害発生予測のための無線システムなどいくつも考えられ、各地で免許の申請を行った場合、営農無線として電波帯が決まっておれば、その範囲で各地域の電気通信監理局で整理が行われ円滑な対応がなされることになる。また機器を製作するメーカー側も電波が決まっていれば開発も早く、普及につながると考えられる。

従って、農業利用の側からの対応としては、先の例に示した用途のような特定小電力無線局やラジコン利用以外で、農業としてある程度広がりの中で無線を利用することによって、①農作業技術や作物栽培技術が飛躍的に向上し、②生産性も上がり、かつ③全国各地の農業地域で利用でき、さらに④その無線利用によってその地域の活性化にもなるような無線利用技術を開発することがまず必要であろう。すでにいろいろなアイデアが考えられている。次に、その技術を基にして、各地で実験事業のような形を起して、一般無線局または実験局の免許を受け、実際に農業の中に無線が役立っている実績を作る必要があると考えられる。

8. ま と め

現在の無線通信技術は一昔前の音声だけの通信に比べると大変利用場面が多い通信技術に変革してきており、無線機器の進歩もデジタル技術とうまく組合わされて今後もさらに進み、より精度が高く、より信頼のおける通信が可能になるものと考えられる。また、郵政省の施策としては特定小電力無線局や産業用ラジコン制度など農業に使いやすい無線利用の枠が設定され、それに適合した無線機器も次第に揃ってくることから、農業における無線利用の環境は整えられつつあり、積極利用を考える時期に来ていると思われる。そして、農業における無線の利用が、次世代の農業を背負う若者に魅力を与える一助にもなるものと確信する次第である。なお、執筆に当って、郵政省電気通信局電波部移動通信課岡崎技官の平成元年度総合農業推進会議資料を参考にさせて頂いた。ここに謝意を表する。

(草地試験場放牧利用部施設工学研究室長)