

琉球大学学術リポジトリ

自律型バッテリーレス太陽光発電システムの研究開発と農業用灌漑系への適用計画：
インターネット遠隔計測・制御技術を用いた自然エネルギーシステムの構築

メタデータ	<p>言語:</p> <p>出版者: 玉城史朗</p> <p>公開日: 2009-07-28</p> <p>キーワード (Ja): 無線LAN, バッテリーレス太陽光発電システム, 揚水システム, 簡易型インターネットシステム, インターネット遠隔制御, 最適灌漑システム, インバータ周波数制御, 最適システム設計</p> <p>キーワード (En): provisional Internet System, Pomp up of Irrigation, Optimal System Design, Inverter Frequency Control, Internet Supervisory Control, Wireless LAN, Battery-less Solar-Power Generator, Optimal Irrigation System</p> <p>作成者: 玉城, 史朗, 吉永, 安俊, 名嘉村, 盛和, 屋我, 実, 瀬名波, 出, Tamaki, Shiro, Yoshinaga, anshun, Nakamura, Morikazu, Yaga, Minoru, Senaha, Izuru</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属:</p>
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/11507

第2章 ITファームの構成

本研究で構築する IT ファームは、インターネット遠隔計測・制御システム (Internet Telemetry and Control System), 太陽光発電揚水システム (Photovoltaic Water Pumping System), 灌漑システム (Irrigation System for Agriculture) の3つのシステムにより構成される。IT ファームの全体図を図 2.1 に示す。本章では IT ファームを構成する各々のシステムについて詳しく説明する。

最終的には、この3つのシステムが自律的に自身の運転状況や、他のシステムの運転状況を確認・分析することによって今後の最適な運転計画を決定する。この自律分散協調系の実現こそが我々が目指す IT ファームである。

2.1 インターネット遠隔計測・制御システム

インターネット遠隔計測・制御システムはコントロールサーバを中心としたシステムであり、本研究で構築した無線 LAN ネットワークを介して太陽光発電揚水システムおよび灌漑システムを遠隔監視・制御するシステムである。

コントロールサーバではエージェントシステムを導入しており、エージェントは各々のシステムの監視やデータ収集、取得したデータのデータベース化、未来の運転計画決定などを自律的に行う。また、コントロールサーバは Web サーバとしても稼動しており、インターネット上からブラウザを用いたデータベースへのアクセス、システムの運転状況の確認や機器の遠隔制御が可能である。

2.1.1 無線 LAN の概要

無線 LAN は有線 LAN に比べて速度が遅いことや、製品の価格が高かったこと、セキュリティ機能や伝送方式の違いで製品の相互接続性がほとんど実現されなかったことなどの理由により普及には至っていないのが実状であった。

しかし、規格標準化により製品間の互換性が確保され、ユーザが様々な製品やメーカーを選択できるようになり、競争原理や市場の拡大によって製品価格の低下や革新的な新製品の開発が促進された。イーサネット並みの伝送速度を持つ実用的な規格として IEEE802.11b が策定され、現在、無線 LAN は企業や機関内などに広く普及している。

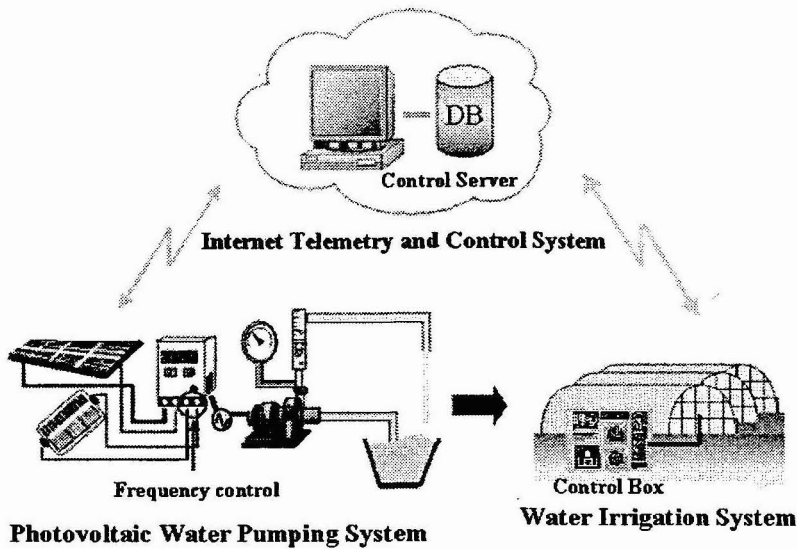


図 2.1: IT ファーム

IEEE802.11 無線 LAN 委員会における規格標準化

無線 LAN の規格の標準化作業は、IEEE（米国電気電子技術者協会）802 委員会のワーキンググループ 11（1990 年設立）により行われている。

IEEE802 委員会は、LAN などに関連した規格の標準化作業を進めている米国の組織であり、OSI 参照モデルの下位 2 層の物理層とデータリンク層に相当する部分について規格化を行っている。IEEE802 委員会で作成された標準規格は、ANSI（米国規格協会）を通して ISO（国際標準化機構）に提案され、国際標準の対象となる。IEEE802.11 は、2.4GHz（ISM 帯）を使用する無線 LAN を最初の標準化の対象とし、1997 年 6 月 26 日に IEEE802.11（2.4GHz の伝送速度 2Mbps）が発表され、国際的な無線 LAN の標準規格となった。1997 年 1 月には米国 FCC（Federal Communications Commission）が U-NII バンドとして 5GHz 帯の周波数を無線アクセス用に開放したのをきっかけに、IEEE は 5GHz 帯を使用する無線 LAN の標準化作業を 1997 年 3 月に開始し（タスクグループ a）、併せて 2.4GHz 帯の高速版（11Mbps）の標準化作業が開始された（タスクグループ b）[4]。

1999 年 11 月には IEEE802.11b が正式勧告され、2.4GHz 帯での伝送速度 11Mbps の高速な無線 LAN が実現した。IEEE802.11a は 5GHz 帯での最大伝送速度 54Mbps という高速な無線 LAN の使用を可能にした。また、2000 年 9 月には最大伝送速度 54Mbps、実行伝送速度 20Mbps 以上と高速であると共に障害物に対しても高い透過力のある IEEE802.11g の策定を開始した。IEEE802.11g は IEEE802.11a と比較して対周波数干渉能力は劣るが、周波数帯が IEEE802.11b と同じ 2.4GHz 帯を使用しているため、IEEE802.11b との高い互換性を有している。さらに、IEEE802 委員会がセキュリティー強化拡張標準として仕様策定を進めている IEEE802.11i などもある。

無線 LAN システムの国内標準規格

日本国内における無線 LAN システムの標準規格については、ARIB（電波産業界）を中心に検討が進められた。1992年12月に郵政省電気通信技術審議会の答申に基づき電波法施行規則の一部を改正する郵政省令が発令され、2.4GHz帯（中速無線 LAN, STD-33）と19GHz帯（高速無線 LAN, STD-34）の二つの周波数の利用が認められた。

免許不要のメリットがある2.4GHz帯（中速無線 LAN）は、急増するユーザの収容と海外規格との整合をはかるため、周波数拡張及び規制緩和の検討が進められた。そして、1999年10月の郵政省令によって電波法施行規則・設備規則が改定され、第二世代小電力データ通信システムとして新たな周波数帯（2400～2483.5MHz）が使用可能になった。併せて、テレコムエンジニアリングセンター（TELEC）の試験方法やARIB標準規格（STD-T66）が制定され、1999年11月から複数チャンネルで10Mbpsを超える高速伝送が可能になった。

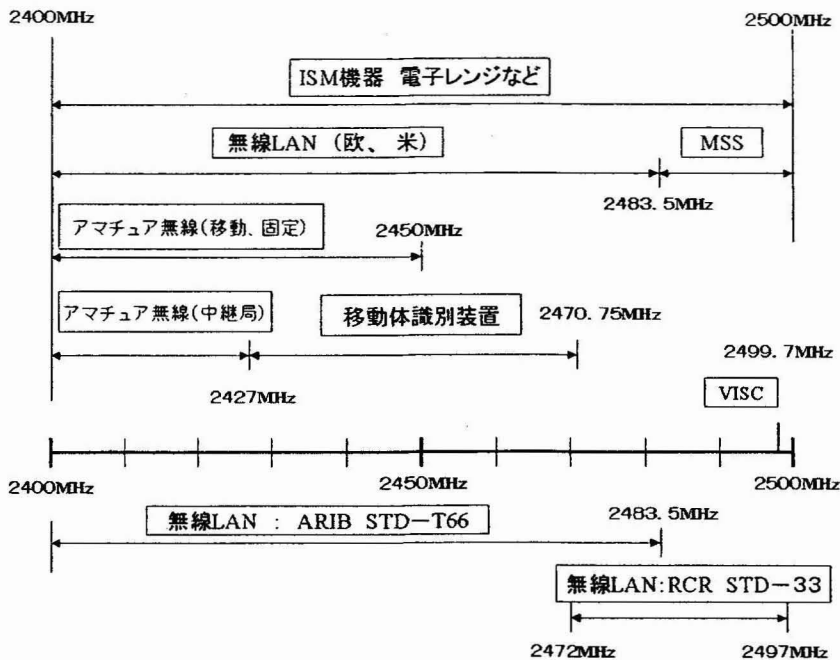
また、1999年9月に5.2GHz帯（5.15～5.25GHz）の周波数を利用するシステムについての電気通信技術審議会の答申によって、2000年3月に電波法施行規則の一部が改定され、5.2GHz帯の周波数利用が可能となった。国内における標準規格は、今後の無線技術の発展や標準化動向を考慮して、システム構成や通信プロトコルなどを規定しない柔軟なものになっている。

無線 LAN 技術

無線 LAN は有線 LAN の追加機能、または拡張機能として実装された柔軟性の高い通信システムである。無線技術を使用して空中でデータの送受信を行うため、最小限の有線接続しか必要としない。このように、無線 LAN はデータとの接続可能性と利用者の移動可能性、広い通信帯域と双方向通信という特徴を併せ持っている。無線 LAN の使用する周波数として、1.9GHz帯、2.4GHz帯、5GHz帯があるが、ここでは、本研究で利用する2.4GHz帯（ISMバンド）の仕様を中心に説明する。

ISMバンド 1.9GHz帯無線 LAN は構内無線局であり、設置時には無線局免許申請は必要とする。そのため、干渉などの障害が発生しないように考慮して免許が与えられており、原則としてユーザが特別な干渉対策をする必要はない。一方、本研究で利用する2.4GHz帯の無線 LAN はユーザの無線局免許申請が不要で、時間や場所を選ばず誰にでも使用できるが、無線 LAN 相互の干渉による通信障害の発生する可能性がある。ISMバンドの周波数の割り当てを図 2.2 に示す。2.4GHz帯はISMバンドと呼ばれ、医療用装置やアマチュア無線、電子レンジなどで使用される。これら他の機器からの電波干渉を回避するため、無線 LAN ではスペクトラム拡散という技術を使用する。

スペクトラム拡散 (SS: Spread Spectrum) 方式 スペクトラム拡散は、無線 LAN で一般的に使用されている変調方式である。元々は第二次世界大戦中に、広い周波数帯に信号を拡散させる事によって機密保護性の高い音声通信を行うための方式として、米軍で開発された技術である。この技術では、情報を伝送するのに必要な帯域幅（狭帯域）に比べ広



MSS : Mobile Satellite Service(移動衛星業務)

VICS : Vehicle Information and Communication System(道路交通情報通信システム)

ARIB STD-T66 : 小電力データ通信システムの無線局の無線設備

RCR STD-33 : 第二世代小電力データ通信システム/無線 LAN システム

図 2.2: 2.4GHz 帯の周波数の割り当て

い帯域に信号を写像して伝送し、受信側でその受信信号を元の情報帯域幅の中に逆写像することにより希望信号を復元を行う。この狭帯域信号と広帯域信号との間の写像変換が、スペクトラム拡散技術の核心である。拡散の方式が分からない場合には、信号は周囲の雑音になる。スペクトラム拡散方式ではバンド幅を広く使う設計と引き換えに、信頼性、完全性、そして安全性を取得している。つまり、大きなバンド幅を消費するが、受信機が受信したスペクトラム信号のパラメータを用いることで、感知することがより容易な信号を作成できる。現在、スペクトラム拡散方式には、直接拡散方式と周波数ホッピング方式の2種類がある。パソコンAからパソコンBへデータを送信する場合のスペクトラム拡散方式の原理を図 2.3 に示し、以下で説明する。

1. デジタルデータをある搬送周波で変調する。
2. 変調された伝送信号のスペクトラムを、拡散器で周波数拡散（横に広げる）する。この拡散器では、拡散のために送信側と受信側で事前に了解しているPN符号（擬似雑音符号）をPN符号発生器で発生させ使用する（PN符号はかなり複雑なデジタルランダム符号で、信号レベルが下がってもこのPN符号があれば元の信号を解読できる）。
3. 受信側は、送信側からのスペクトラム拡散（PN符号を含む）された信号を受信す

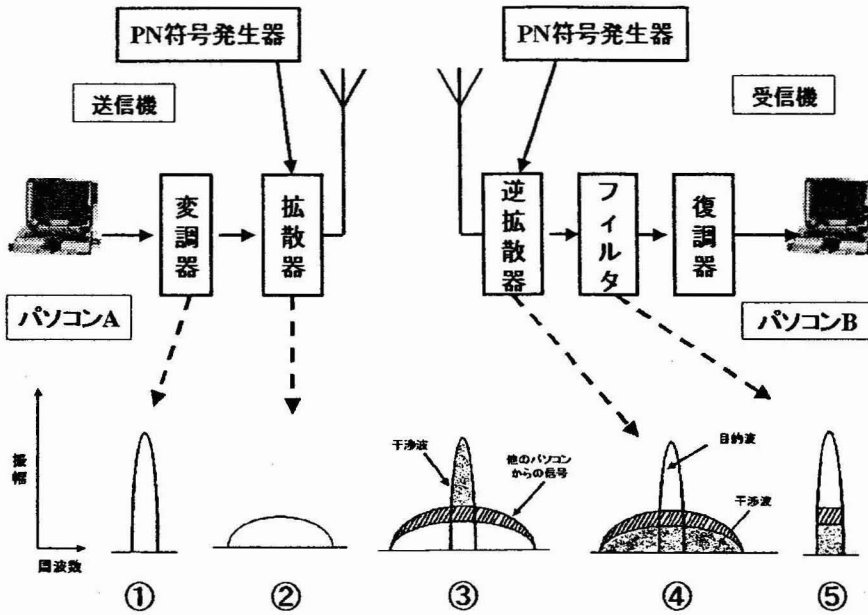


図 2.3: スペクトラム拡散方式の原理

る。外部雑音や他のパソコンの電波の存在する環境では受信電波は歪む。

4. 妨害波となる干渉波や他のパソコンからの信号はPN符号と相関がないため、逆拡散器にかけると埋もれてしまう。
5. 逆拡散された信号はフィルタにより余分な周波数帯を削除され、外部雑音は小さな成分になる。このフィルタを通過した信号を復調器にかけると、パソコンBへ渡すデータが取り出せる。

直接拡散 (DS-SS:Direct Sequence-SS) 方式 直接拡散方式は、スペクトラム拡散方式の中で最もよく知られた代表的な拡散変調方式である。この方式は、伝送する情報信号に、この信号の持つ帯域幅に比べ十分に広い帯域幅を持つ拡散符号を直接乗算することで、狭帯域信号から広帯域信号への写像の変換を行う。元の信号を復元するためには、送信側で行った拡散変調と同様の操作を行う。これを逆拡散と呼ぶ。直接拡散方式のスペクトラム拡散のデータは低出力となるため、広い帯域で発生したノイズとして認識され無視される。

周波数ホッピング (FH-SS:Frequency Hopping-SS) 方式 周波数ホッピング方式は、伝送する情報信号の搬送波周波数を、ある特定のパターンに従って時間的に切り換えることによって、時間平均として狭帯域信号を広帯域信号へと写像変換する技術である。関係のない受信者には、周波数ホッピングスペクトラム拡散は持続する衝撃雑音としか認識されない。

無線 LAN の構成要素

無線 LAN は以下の機器により構成される。

1. ネットワークアクセスカード

コンピュータと無線電波のインタフェースであり、通常 PC カードの形態である。

2. アクセスポイント

無線と有線のネットワークの間に位置し、両ネットワークの変換を行う無線変調機/受信機の働きがある。アクセスポイントは通常のイーサネットケーブルで有線ネットワークに接続し、無線端末からの電波を変換したり、無線端末との間で情報を送受信する役目を果たす。アクセスポイントの送受信エリアは限定される。屋内では 100 メートル程度で屋外ではおよそ 500 メートル程度（機器の仕様により異なる）であり、倉庫などの非常に広い場所で運用する場合には、大抵の場合、追加のアクセスポイントを導入する必要がある。アクセスポイントの設置場所の決定には電波調査が必要である。電波調査の目的は、無線端末がネットワーク接続を失うことなく、移動可能な状態に各アクセスポイントの守備範囲を重ねるように設置することである。あるアクセスポイントの守備範囲から他のアクセスポイントの守備範囲へシームレスに端末が移動可能な機能をローミング機能と呼ぶ。ローミング機能を有するアクセスポイントは、他のアクセスポイントと協調してネットワークを切断せずに、自分の守備範囲から見えなくなる可能性のある無線端末やユーザを他のアクセスポイントに切り換える（図 2.4）。つまり、移動の際に生じやすい通信切断や再設定・再接続がなく、通信しながら自由に移動ができる。

3. 拡張ポイント (リピータ)

拡張ポイントとは電波の届くエリアの問題を解決するために、中継局の役割を果たす機能を持つ。拡張ポイントはクライアントの信号をアクセスポイント、もしくは他の拡張ポイントに中継することにより、ネットワーク内の移動可能範囲を拡張する。壁などの遮蔽物により、電波が届かない場合の利用法を図 2.5 に示す。

無線 LAN の有効性

従来の有線 LAN と比較して無線 LAN には以下の優位点がある。

1. 配線作業からの解放

有線 LAN で必要であった配線が不要になるため、配線のためのダクト、スペース、フリーアクセス床などが不要となる。また、配線工事費が不要となり、ルーコン、ノイズ、クロストークなど配線に伴うトラブルの解消が期待される。

2. 端末機設置の自由度向上

端末機の設置について配線上の制約がなくなるため、どこにでも設置可能となる。また、自由に移動することも可能になる。したがって、組織替えなどに伴うオフィスレイアウトの変更に対しても柔軟な対応が可能となる。

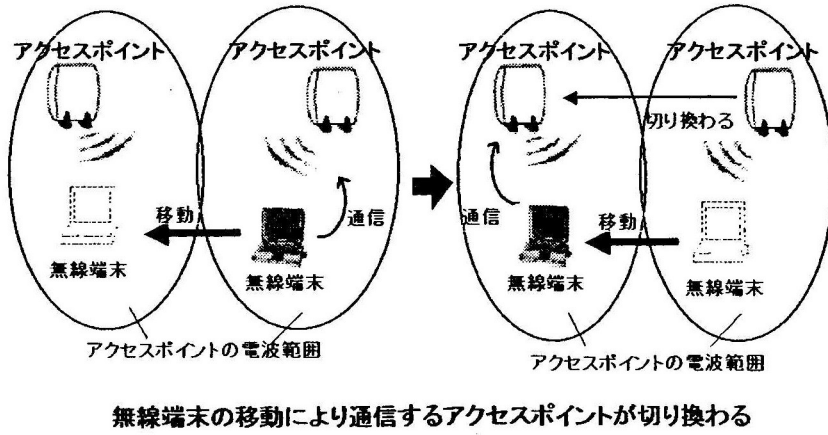


図 2.4: ローミング機能

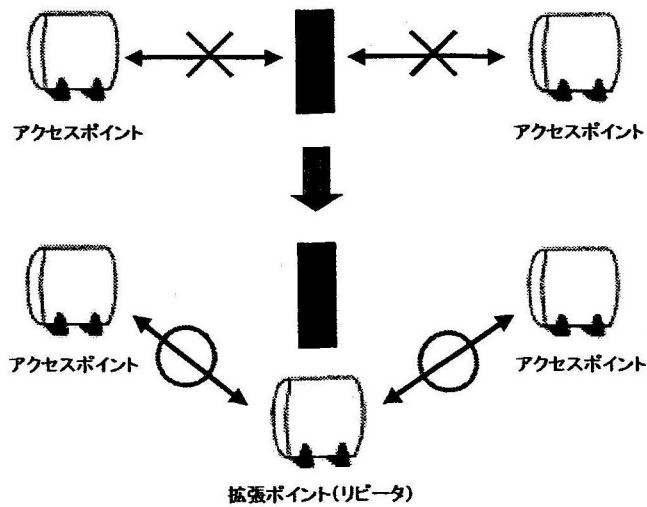


図 2.5: 拡張ポイント (リピータ) の利用法

3. 移動体の LAN への組み込みが可能

小型化が進み、携帯可能となったパソコンなどを自由に移動して使用することが可能となる。

4. 迅速な LAN の構築が可能

無線 LAN アダプタを装置に接続するだけで LAN への組み込みが可能となるので、迅速なインストールが可能であり、煩わしい配線工事が不要となる。

2.1.2 無線 LAN ネットワーク

ここでは、我々が実験環境として大学内に構築した無線 LAN ネットワークについて述べる。

我々の大学では、工学部と農場の間には距離があり、それぞれに設置してあるシステム間で既存の有線通信媒体を用いた通信路を確保することが困難であるだけでなく、導入・運用コストも多大になる。実際に IT ファームを離島や遠隔地に構築する場合、コントロールサーバを設置する管理基地局と広大な農場に分布した太陽光発電揚水システムや灌漑システムをネットワークで結ぶ場合も同様な問題が生じる。そこで、我々は有線通信路を必要としない無線 LAN ネットワークを構築した。

無線 LAN 装置と通信可能距離

ここでいう無線 LAN 装置とは、アクセスポイントに屋外アンテナを拡張した機器のことを示す。アクセスポイントには BUFFALO 製の AirStationPro(WLA-AWCG) を使用している。アクセスポイントは IEEE802.11b に準拠し、無線上で通信速度 2Mbps, 11Mbps の通信が可能である。それぞれの通信距離は表 2.1 のようになっている。通信距離は理論値であり、障害物の有無など環境に依存する。アクセスポイントに屋外アンテナを併用することにより、遠距離通信が可能となる。

屋外アンテナには同社の指向性アンテナ (WLE-HG-DYG) と無指向性アンテナ (WLE-HG-NDC) を使用している。指向性アンテナは電波を送受信する方向が固定されており、通信する相手の場所が既知の場合に用いる。指向性アンテナは通信距離が長く、主に 1 対 1 での通信に用いる。一方、無指向性アンテナは特定の向きがなく、360 度方向で電波の送受信が可能である。無指向性アンテナは指向性アンテナに比べて通信距離は劣るが、1 対多での通信が可能である。無指向性アンテナは前項の無線 LAN の構成要素で述べたり

設置場所	通信距離 (11Mbps)	通信距離 (2Mbps)
屋内	50m	115m
屋外	160m	550m

表 2.1: アクセスポイントの通信距離

アンテナ組み合わせ	通信距離 (11Mbps)	通信距離 (2Mbps)
指向性同士	1.5km	3km
指向性と無指向性	1km	2km
無指向性同士	600m	1.2km

表 2.2: アンテナの組み合わせによる通信距離

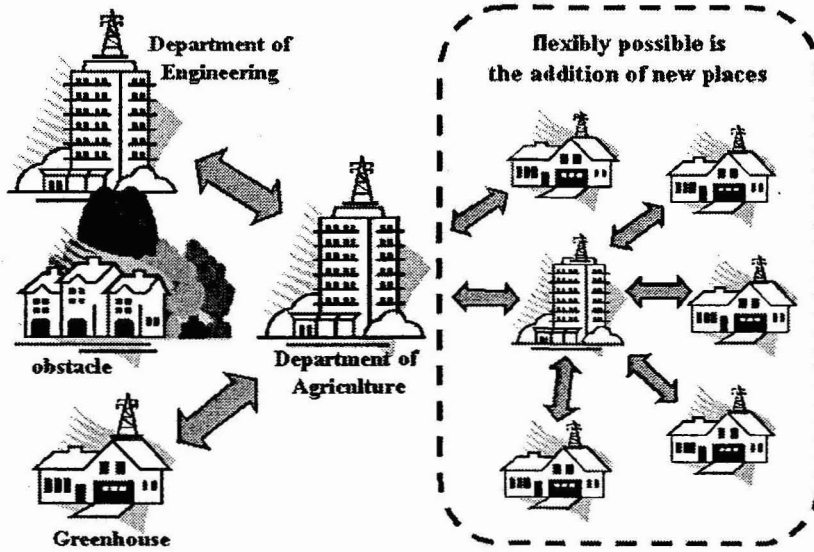


図 2.6: 無線 LAN ネットワーク

ピータ機能を有し、中継局として使用することにより拡張性の高いネットワークを構築することができる。屋外アンテナの組み合わせによる通信距離について表 2.2 に示す。アクセスポイントと同様に表の値は理論値であり、通信距離は屋外アンテナ間の見通しに依存する。また、通信距離はアクセスポイントと屋外アンテナを接続する同軸ケーブルの長さに反比例する。表 2.2 の通信距離は、指向性アンテナに 20m、無指向性アンテナに 10m の同軸ケーブルを使用した場合を想定している。なお、指向性アンテナに使用する同軸ケーブルの長さは、法律上 20m 以上と決められている。

無線 LAN ネットワークの構成

無線 LAN ネットワークは工学部、農学部、農場に設置されている無線 LAN 装置により構成される。無線 LAN ネットワークの全体図を図 2.6 に示す。

工学部と農場の間には木々や建物などの障害物があり直接無線通信を行うのは困難であるため、拡張ポイントとして農学部の中継局を設ける。工学部と農場には指向性アンテナ、農学部には無指向性アンテナが設置してある。無指向性アンテナは 1 対多の通信が可能なので、中継局を一つ設けておけば、今後、無線 LAN ネットワークを拡張する必要が

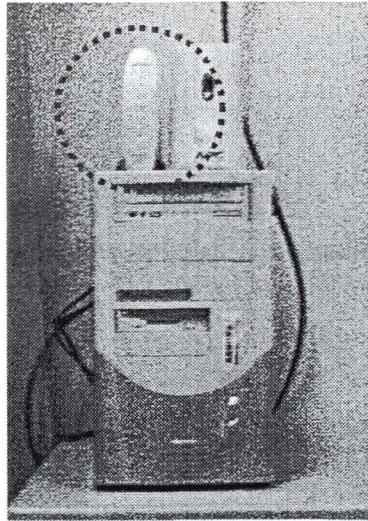


図 2.7: 工学部のアクセスポイント

生じた場合の再構築が容易になる。

工学部から農学部までの直線距離は約 200m, 農学部から農場までの直線距離は約 300m, 工学部から農場までの直線距離は約 400m となっている。構築したネットワークの無線 LAN 機器は 2.4GHz 帯を使用し、それぞれのアンテナ間は通信に影響を及ぼす障害物がないため、通信速度 11Mbps で利用可能である。

工学部に設置した無線 LAN 装置について説明する。工学部ではアクセスポイントを建物 7 階の研究室内に (図 2.7)、指向性アンテナを室外のベランダ部に設置し (図 2.8)、それぞれを 20m の同軸ケーブルで接続している。また、図 2.9 に示すように指向性アンテナは中継局となる農学部への見通しがきく場所に設置してある。

農学部を設置した無線 LAN 装置について説明する。農学部では建物の屋上にアクセスポイント (図 2.10) と無指向性アンテナ (図 2.11) を設置している。アクセスポイントは防水加工されたボックスに収められており、無指向性アンテナとは 5m の同軸ケーブルで接続している。また、図 2.12 と図 2.13 に示すように、無指向性アンテナは工学部と農場への見通しがきく場所に設置してある。

農場に設置した無線 LAN 装置について説明する。農場ではアクセスポイント (図 2.14) をビニルハウス内に、木の柱の上に指向性アンテナ (図 2.15) を設置し、それぞれを 20m の同軸ケーブルで接続している。また、図 2.16 に示すように指向性アンテナは中継局となる農学部までは見通しがきく場所に設置してある。

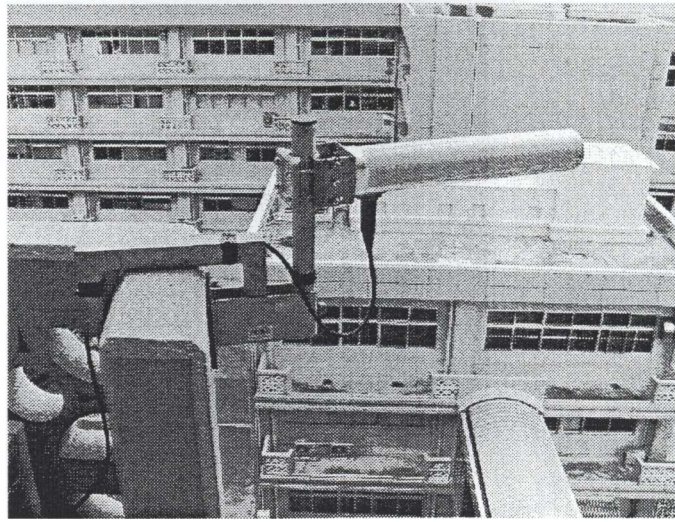


図 2.8: 工学部の指向性アンテナ



図 2.9: 工学部から農学部の無指向性アンテナへの見通し

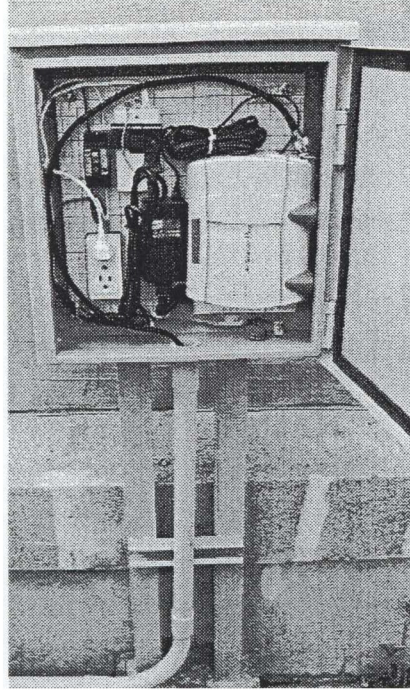


図 2.10: 農学部のアksesポイント

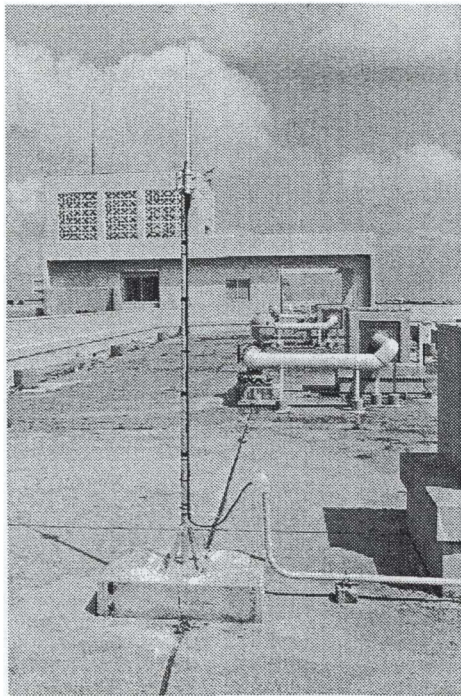


図 2.11: 農学部は無指向性アンテナ

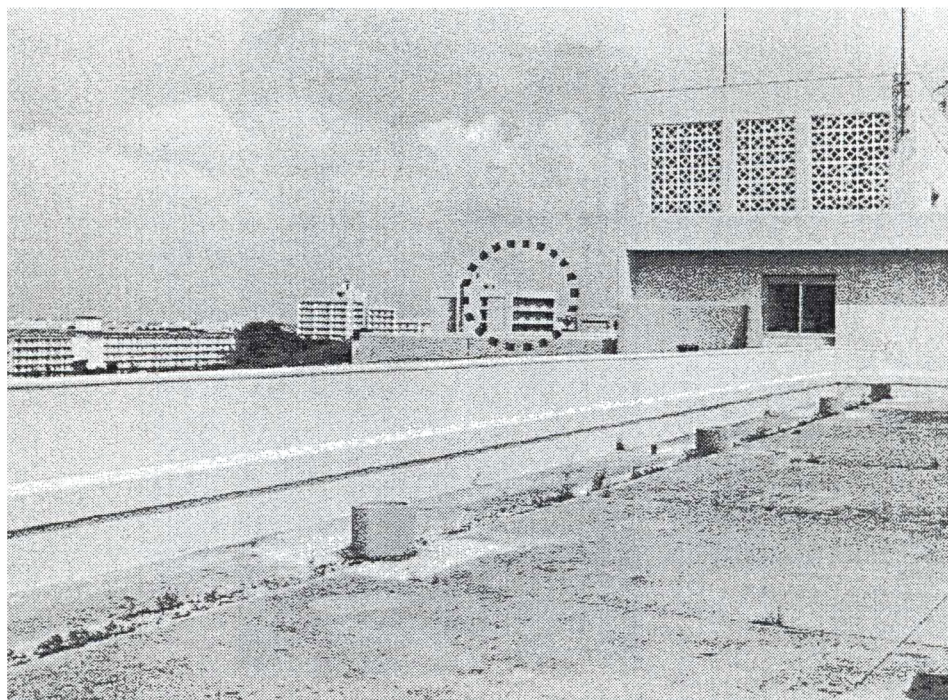


図 2.12: 農学部から工学部の指向性アンテナへの見通し

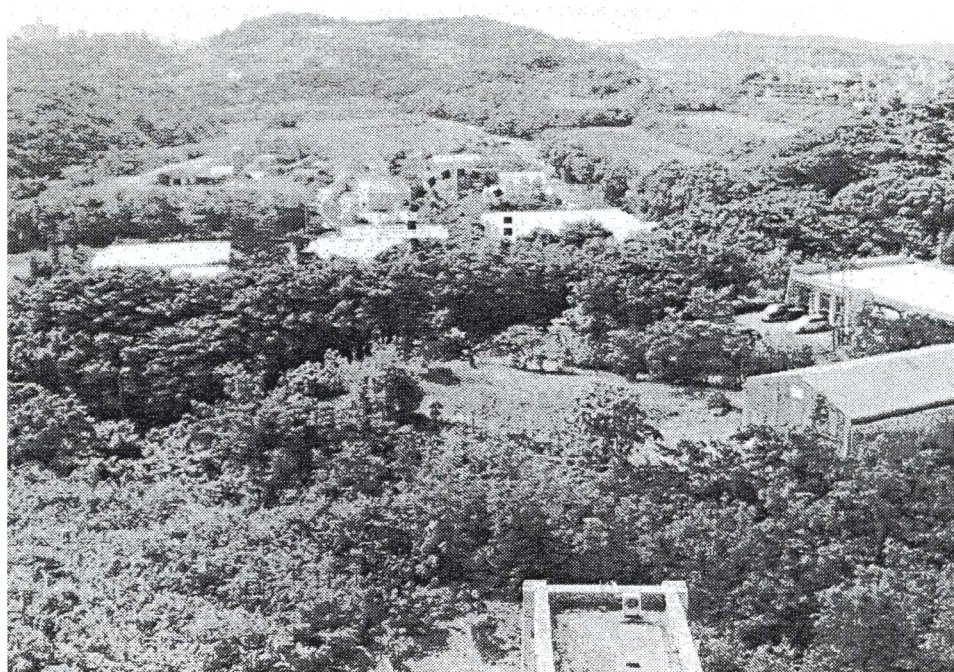


図 2.13: 農学部から農場の指向性アンテナへの見通し

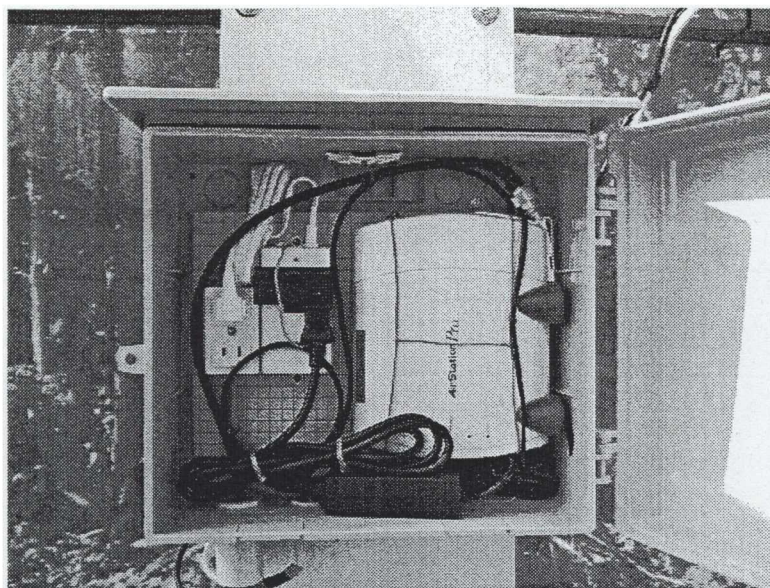


図 2.14: 農場のアクセスポイント



図 2.15: 農場の指向性アンテナ



図 2.16: 農場から農学部は無指向性アンテナへの見通し

評価と考察

本研究で構築した無線 LAN ネットワークを用いることで、農学部を中継局として工学部と農場の間での通信が可能となっている。

農場に分布した機器の通信媒体として使用するネットワークに無線 LAN の技術を導入することで、耕運機や運搬機などが出入りする畑地においても配線の損傷を考慮する必要がなく、有線でインフラを整備するのに比べて導入・運用コストを抑制できる。また、無線 LAN 装置を基地局としたネットワーク構成は拡張性に優れており、今後、システムの規模が拡大・縮小した場合でも、無線 LAN 装置を移設したり新たに追加するなど、無線 LAN ネットワークの構成を変更するだけでそれに対応できる。さらに、無線 LAN ネットワークを IT ファームに導入し、インターネットに接続することで、広大な農場に分布した機器を遠隔地から監視・制御を行うだけでなく、複数の農場のシステムを一元管理するなど、高度な農場運営を容易に実現することができる。

2.1.3 エージェントとは

英語の agent という単語には、代理人という意味や動作主という意味がある [6]。代理人とは、弁護士や税理士のように、法律や税務の専門知識を持たない人から一定の権限を委譲されて、法律行為や税務行為を代行する職業の人を指す。動作主とは、一定の意図のもとに行動して世界を変化させる主体をを意味する。エージェント研究は、この2つの概

念のそれぞれに沿ったソフトウェアシステムの研究開発の流れに、インターフェース構築の流れとネットワークプログラミングの流れが合流したものであるといえる。

動作主としてのエージェントの実現を目指した研究開発の方が長い歴史を持つ。そこでは、比較的単純な自律計算主体であるエージェントを多数用いて、一定の秩序を待つふるまいをするシステムを実現することを目指した研究が進められた。分散協調問題解決では、エージェントたちが問題解決の流れの中で状況に応じて動的に組織を形成して協調できるようにすることを目指した研究が行われてきた。マルチエージェントシステムの研究では、独立した目標を持ち、協力することもあれば競合することもあるエージェントたちから構成される分散システムの設計と分析が行われてきた。こうした流れに概念的な基礎を与えたのは、ミンスキーの「心の社会」理論である。「心の社会」理論では、心に関するさまざまな現象をエージェントと呼ばれるコンポーネントのインタラクションとして説明する試みが展開された。心は多数のエージェントから構成される系として規定される。各エージェントには時間の経過とともに変化する活性度が定義され、そのときどきの活性度の高いエージェントのふるまいのパターンがエージェント系全体、すなわち心のふるまいを特徴づける。例えば、エージェント間に競合が起きると、それに関与したエージェントは疲弊し、その活性度は低下する。このことは、心の中に葛藤があると次第に集中力が低下し、別のことに心を奪われたり思考の働きが鈍ったりすることの説明となる。「心の社会」理論それ自体は、心のいろいろな現象はこのように生じるはずだという考察に基づくモデル化であるが、エージェントシステムを開発するための1つのモデルとなった。

代理人としてのエージェントの実現を目指した取り組みは、インターネット上の情報洪水の問題を解決しようという問題意識に動機づけられたものである。エージェント技術ではユーザが情報ネットワーク上に自分の「人工代理人」を配備して、自分の手に負えない仕事を代理実行させられるようにする。

エージェントの定義の仕方についてはさまざまな議論がある。

1つの立場は、我々がよく知っている概念を使ってエージェントを定義しようという考えに基づいている。新しい概念を定義するときどの概念を使うかについては考察が必要である。自然現象を説明するには、位置・速度・力といった物理概念を用いるのが自然である。道具を説明するには、機能概念を用いるのがわかりやすい。例えば、伝統的な時計は、時刻を示した目盛版の上で、長針と短針を一定速度で回転させることによって時刻を示す機能を実現したものであるといえる。エージェントを定義するためには、物理概念や機能概念を使うのではなく心的概念を用いて、「エージェントは、その動的特性が信念・計画・意図などの語彙を用いて合理的に説明できるソフトウェアモジュールである」と定義するのがわかりやすい。つまり、この立場ではエージェントを人に例えて定義する。

もう1つの立場は、客観的に評価できる性質の組み合わせとしてエージェントを定義したほうがよいという考えに基づく。この立場によると、エージェントは次のような性質を持つソフトウェアシステムとして定義されることになる。

1. 自律性

自らの目標を達成するために、自らの意思決定原理に基づいて環境を認識し、行動する。

2. 協調性

環境内にいるほかのエージェントと共通の目標を達成するための共同作業ができる。

3. 持続性

自己概念を継続的に保持する。

4. 学習・適応能力

個々あるいは共同で、経験を通して自らの能力を高めていくことができる。

5. 代理性または間接操作

ユーザから一定の権限を委譲され、ユーザの代理としてその権限を行使する。

6. 移動性

ネットワーク上をホストからホストへ移動できる。

エージェントの研究が何を目指したものであるかという志向性に着目すれば、エージェントは、内面・外面の両方における人口システムの擬人化への志向の現れであるといえる。この立場では、「エージェントとは、内面・外面において人間を擬していて、人間のように異なる場所に自在に移動して委託された作業を行い、人間社会に参加したり、自分達の社会を自律的に構成したりする能力を持つ人工システムである」といえることができる。

2.1.4 エージェントシステム

本研究でのエージェントシステムは、エージェントが外部環境データを自律的に回収しシステム全体の状況を認識するとともに、他の処理体と協調することで、任意の目標に向けて自律的に問題解決を行う処理体であるという定義に従う。エージェントシステムは、ユーザのニーズに応じて自身や他のシステムの運転状況、コントロールサーバ上のデータベースから得た情報などを考慮し、それぞれのシステムの今後の運転計画を自律的に決定する。また、複数のエージェントを協調させるマルチエージェントシステムに拡張することで、ITファームの自律分散協調系を実装する。将来のマルチエージェントシステムでは、作物を収穫したいというユーザの要求に対して、気象情報、生育状況やユーザ側の予定などの必要情報を各データベースやWebサイトから収集し、収穫に向けた今後の育生計画を提案する。また、相場変動情報を考慮した収穫量の調整を目指し、最適な種植え・収穫時期予測を行う [3]。

エージェントによる灌漑計画決定

ここでは、エージェントシステムの一機能である灌漑計画決定の流れについて説明する。エージェントは本研究独自の灌漑計画決定アルゴリズムを基に、農場の環境データや

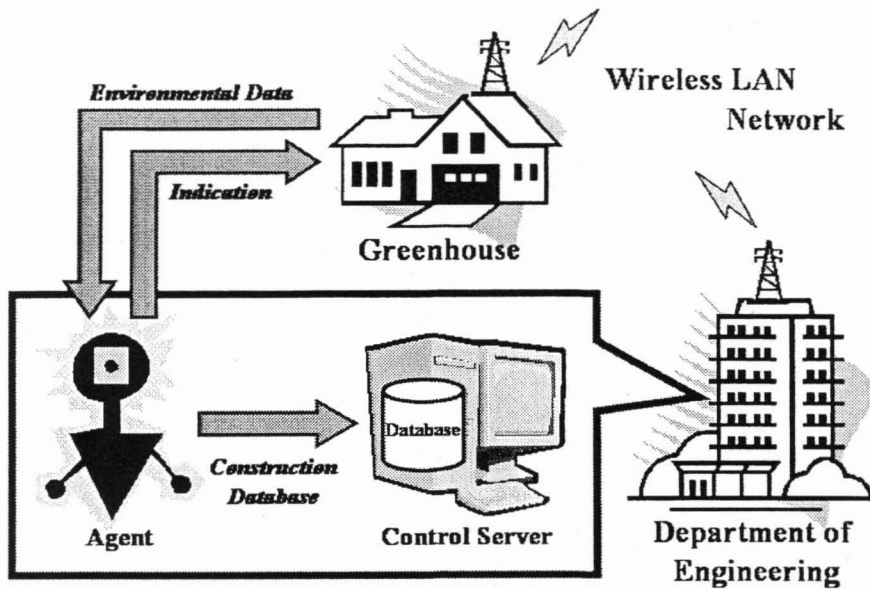


図 2.17: エージェントによる灌漑計画決定の流れ

作物の生育状況に応じた作物への最適灌水量を自律的に決定する。エージェントによる灌漑計画決定の流れを図 2.17 に示す。まず、各種センサから取得した気温、湿度、日射量や土壌水分量などの環境データは、農場に設置してあるコントロールボックスに一時蓄積される。コントロールサーバ上のエージェントは無線 LAN ネットワーク上を通してシステムの状態を監視するとともに、コントロールボックスに蓄積された環境データを回収する。エージェントは回収したデータをデータベースへと格納する。データベースは灌漑計画決定の指標として用いる。エージェントは灌漑計画決定アルゴリズムを用いてデータベース上の情報から灌漑計画を算出する。そして、灌漑計画を再びデータベースへと格納するとともにその灌漑計画を解釈し、農場のコントロールボックスに対して灌漑命令を送信する。エージェントは、この一連のプロセスをリアルタイム、かつ、自律的に実行する。

2.1.5 Web インターフェース

本研究でのマルチエージェントシステムを用いて自律分散協調系を実現した場合でも、人間が一切の判断を与えずに IT ファームのみでの農業運営が可能というわけではない。エージェントの問題解決能力ではどうしようもない想定外の事態が発生した場合に、人手によるメンテナンス等の作業が必要となる。例えば、システム内の機器の故障や天災による農作物への被害が生じる事がある。それだけではなく、農作物に害虫防止策を施したとしても、鳥や鼠などの動物に畑地を荒らされたり、盗人により農作物を盗まれる可能性がある。IT ファームではこのような異常を人間がいち早く感知できるようなインターフェースを備える必要がある。

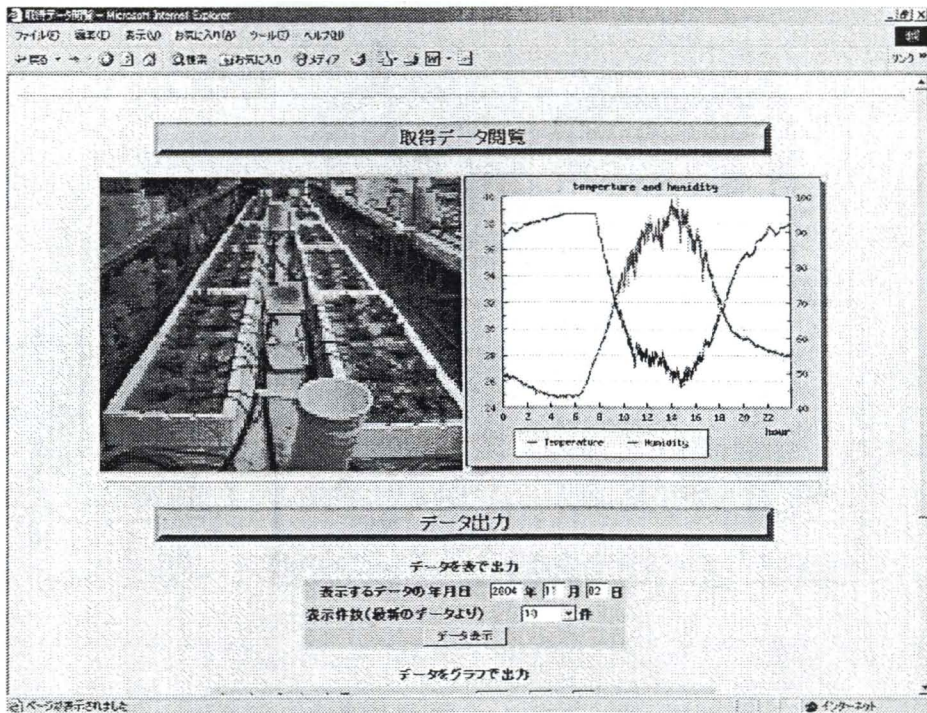


図 2.18: Web インターフェース

そこで我々は、ITファームの各々のシステムを監視する目的でWebインターフェースを作成した。Webインターフェースを用いることで、インターネット上からデータベースへのアクセスが可能である。また、農場に設置してあるネットワークカメラを通して農場内の様子を確認したり、機器の動作状態の監視や制御を行うことができる。

作成したWebインターフェースを図2.18に示す。図の左上はネットワークカメラによる画像が表示されており、ビニルハウス内の様子や作物の生育状況をWebブラウザを用いて、どこからでもリアルタイムに確認することができる。図の右上は気温と湿度の一日の推移がグラフで表示されている。図の下部のフォームではグラフで出力するデータ項目の選択、日付や時間帯の指定などのカスタマイズが可能となっている。また、データ出力ではhtml形式による表の描写やExcel形式ファイルの生成など、さまざまな出力形式に対応している。さらに、異常気象や天災など、予期せぬ事態が発生した場合にはユーザによる灌漑計画の確認・編集が可能となっている。