

平成 2 1 年度 ( 2 0 0 9 年度)

信州大学大学院工学系研究科修士学位論文

専攻名 情 報 工 学 専 攻

学籍番号 0 4 T A 5 2 7 H

氏 名 大 滝 英 徳

## 1 緒言

### 1.1 はじめに

軍事用に開発されたとされるインターネットは、接続が難しく接続料金が高価な時代は研究機関や大学などでしか利用されなかったが、近年、P Cの低価格化、接続料金の低価格化に伴い爆発的に普及し、総務省の情報通信統計データベースによれば、平成9年末で利用者数は1,155万人、人口普及率は9.2%であったのに対し、平成20年度末には利用者数が9,091万人、人口普及率が75.3%と4人に3人がインターネットを利用するようになった。

普及当初は情報検索が主であったインターネットであるが、最近ではネットショッピング、飛行機等のチケット予約、I Pフォン等あらゆる方面でインターネットが利用されてきている。

また、インターネット回線を利用し外出先から家電製品をコントロールするなど様々な分野で使われてきている。

## 1. 2 研究の動機

日本では核家族化が進み、高齢者のみで居住する形態が急増している。

従来のように二世帯、三世帯同居であっても日中は若年層が働きに行くため、家にいるのは高齢者のみ、場合によっては介護の必要な人が一人である場合も想定される。

最近では家電製品の多機能化が進み、その便利さ故に多くの高齢者の方々には使い辛いものも少なくない。これがテレビであれば視聴できなくとも支障はないが、夏季にエアコンを使えない場合は熱中症になるなど命にかかわることにもなりかねない。

元気な高齢者であれば涼しいところに出かければ問題ないと思われるが、あまり動けない高齢者が一人である場合などは外出先からでも家の温度管理ができると家族としても安心である。

そこで日中、外出先でも携帯電話等で家の温度制御をする方法に研究を行うことにした。

研究開始当初は携帯電話からエアコンを制御することを検討したが、高齢者の中にはエアコンの冷気が嫌いな年配者が結構多く、加えてエアコンからは外部に廃熱が排出されるので他の方法について模索していたところ、東京都で気温を下げるために一斉に「打ち水」を実施したとのニュースを目にし、ITを利用した「打ち水」装置を作成しようと考えた。



出典元：打ち水大作戦WEBサイトより

## 2 関連研究

関連の研究としては、山本鉄男氏（学籍番号 03TA606H）の「PICNICを用いたホームオートメーションシステムの電子メール制御について」がある。

### 3 打ち水とは（温度を下げるメカニズム）

#### 3.1 顕熱と潜熱

物質は、原子や分子で構成されている。水は化学記号のとおり水素と酸素から成り立っている。

固体である氷は通常6方晶系の氷結晶であり、各分子はお互いに引力で引き合っており、また、各分子は運動（熱振動）を行っている。このときの分子の運動は、温度に比例して絶対零度（0 K）では動きが全てなくなり停止し熱はなくなる。

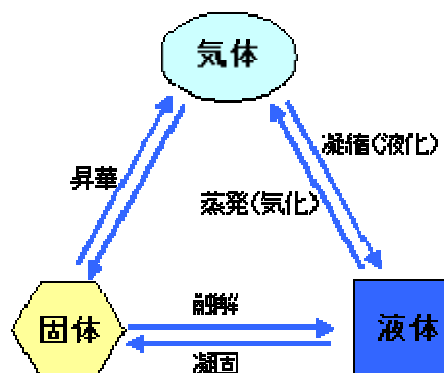
氷が溶けて水になると分子構造は全く変わり、氷結晶のような明瞭な規則性はなくなり、動きの自由度が大きくなる。更に温度が上昇して蒸発して水蒸気になると水分子の運動は一層激しくなり空気中に飛び出して拡散していく。

すなわち「温度」とは、物質の分子等の運動エネルギーを表す尺度であり、ひいては物質の保有する熱量を表している。このような熱を「顕熱」という。また「氷が溶けるとき」、「水が沸騰・蒸発するとき」のように、熱が加えられても温度変化が生じない熱を「潜熱」という。潜熱は氷から水、水から蒸気のように、相変化に伴って生ずる熱であり、物質を構成している分子等を結合している引力（ポテンシャルエネルギー）に基づくものである

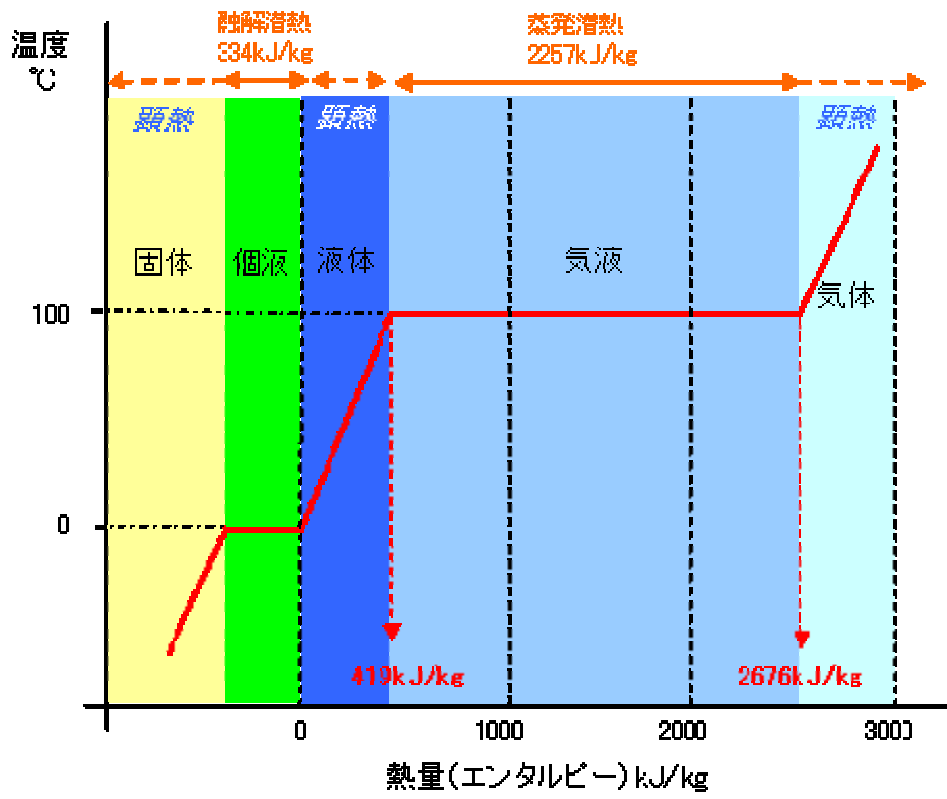
#### 3.2 蒸発潜熱

液体（水）に熱エネルギーが加えられると液体の分子は更に激しく運動を始め、液体表面から飛び出してしまう。空気中に飛び出した分子は拡散し、他の空気分子と混合する。この時、「蒸発のための潜熱」が必要である。水の場合、標準大気圧ではこの「蒸発潜熱」は、およそ  $2257 \text{ kJ/k g}$ （約  $540 \text{ kcal/k g}$ ）である。

「打ち水」は、この潜熱を利用することにより周囲の温度を奪うものである。



### 水の温度による状態変化



(出典元:「水のプログラム」Webサイトより)

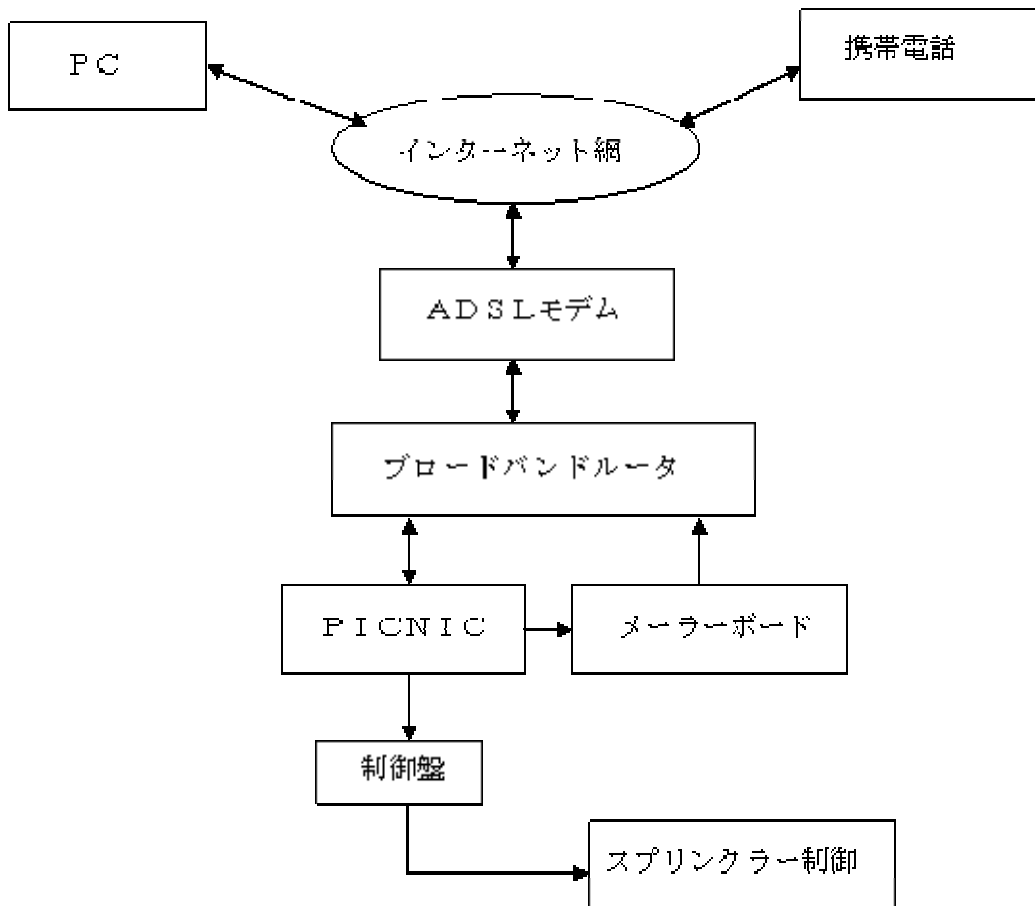
#### 4 システムの概要

ADSL等でインターネットに常時接続し、外出先より携帯電話又はパソコンから「打ち水」を行うスプリンクラーを制御できるシステムを構築する。

自宅のADSLモデムにはブロードバンドルーターを介してPICNICをLAN接続し、携帯電話の画面からPICNICに接続した電磁弁をON/OFFすることによりスプリンクラーの制御を行う。

また、ブロードバンドルーターにはメーラーボードを接続し、PICNICで室温をモニターにある一定以上の温度になった時、メーラーボードに信号を送り携帯電話にメールを送信するようにした。

システムの概要図は下記のとおりである。



システム概要図

## 5 システムを構成する機器

### 5.1 PICNIC

携帯電話から機器を遠隔操作するためには、インターネットと接続でき尚且つI/Oポートを制御できる環境を整える必要がある。一般的にはパソコンとADSLなどが必要であるが、本研究ではパソコンではなく、安価な装置を使用することにした。入手できる装置としては、実習で使用したPICNICのほか日本Lantronix社製のXPortがあるが、今回の研究では価格が安価であり入手が容易であることからトライステート社製のPICNICを採用することにした。

#### 5.1.1 PICNIC Ver 2の概要

PICNICはPICマイコン(PIC16F877)を利用したEthernetに接続するI/Oボードで、周辺機器接続用のインターフェースを用意し、パラレルI/Oをネットワーク経由で制御するようなアプリケーションプログラムを用意することで、機器の電源制御やセンサー情報の収集など多様なシステムが構築可能な機器である。

ネットワーク経由でのパラレルI/Oの制御、監視はPICマイコンのファームウェア上に実装された簡易HTTPサーバーによって対応するため、クライアント側はプログラミングが不要であり、機種やOSを選ばない。

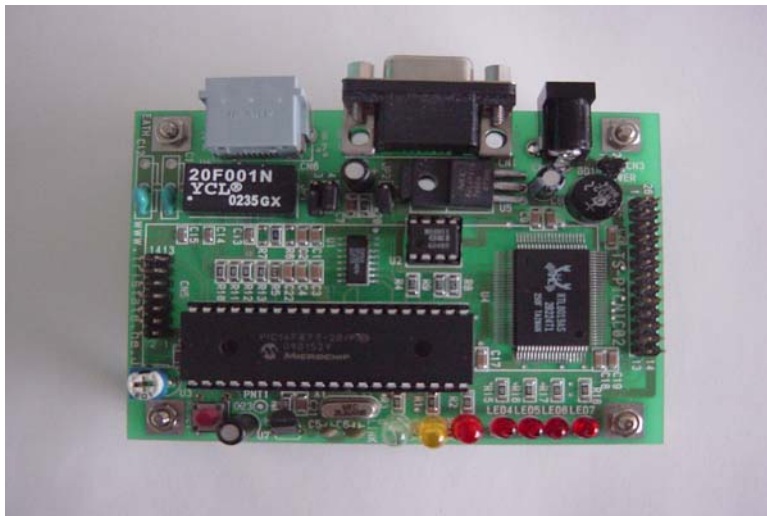
PICNICの仕様は下記のとおりである。

PICNICの仕様

項目	仕様
通信方式	Ethernet (10BASE-T)
アクセス方式	CSMA/CD
コントローラー	RTL8029AS
CPU	PIC16F877-20/P
内臓インターフェース	アナログ入力5チャンネル、デジタル出力4ビット、デジタル入力4ビット、シリアル通信1チャンネル
アナログ入力分解能	10ビット (入力範囲: 0~5V)
組み込みプロトコル	ARP、DHCP、UDP、TCP、HTTPなど
最大コネクション数	5



通信バッファ	16Kバイト
LED表示	I/Oポート4チャンネル分およびEthernetのTX、RX、LINK
シリアル通信	EIA-574、最大115.2kbps、フロー制御なし
オプション	16×2行の液晶表示モジュール
電源	+8V、100mA



PICNIC本体

```

コマンドプロンプト
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\H.00TAKI>ping 192.168.1.200

Pinging 192.168.1.200 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time=2ms TTL=255
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 192.168.1.200: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.1.200:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

C:\Documents and Settings\H.00TAKI>

```

PICNICにPINGを通したところ

## 5. 1. 2 P I C N I Cのプログラム

P I C N I Cのプログラムはファームウェアで使用されているアセンブリ言語を使用することとし、ファームウェアのバージョンはI T技術演習で使用した1.2.0.4を基本とした。

プログラムのうち簡易H T T Pサーバーの部分は携帯の画面に合うように適宜プログラムを変更した。

携帯用に残したボタンと用途は次のとおりとした。

R B 5 予備 (一定の温度でH i g hになるように設定)

R B 6 スプリンクラーON-OFF用

R B 7 予備

R E L O R D

また、P I C N I Cの場合、H T T P P O R Tは「8080」に設定されているが、現在使用しているS O F T B A N K携帯では接続できないため、「80」に変更した。

追加した機能は以下のとおりである。

- ・P B 1外部端子をON/OFFすることにより在宅/留守モードを切り替えるようにし、留守モードにしたときはR B 4の外部端子をH i g hとしてメーラーボードに信号を送る。
- ・P I C N I C内蔵の温度センサーが、室温が上昇し28度を超えたとき、R B 5をH i g hにしてメーラーボードに信号を送る。

## 5. 2 メーラーボード

パソコンを使用することなくメールを送付することができる機器として、安価で入手することが容易なP I C N I Cと同じトライステート社で制作しているメーラーボードを使用することにした。

### 5. 2. 1 メーラーボードの概要

指定したメールアドレスへ簡単な固定した件名と本文のEメールを送信するボードで、常時接続状態のインターネットとプロバイダー契約したアドレスがあればLANに接続するだけでパソコンなしで使用することが可能である。

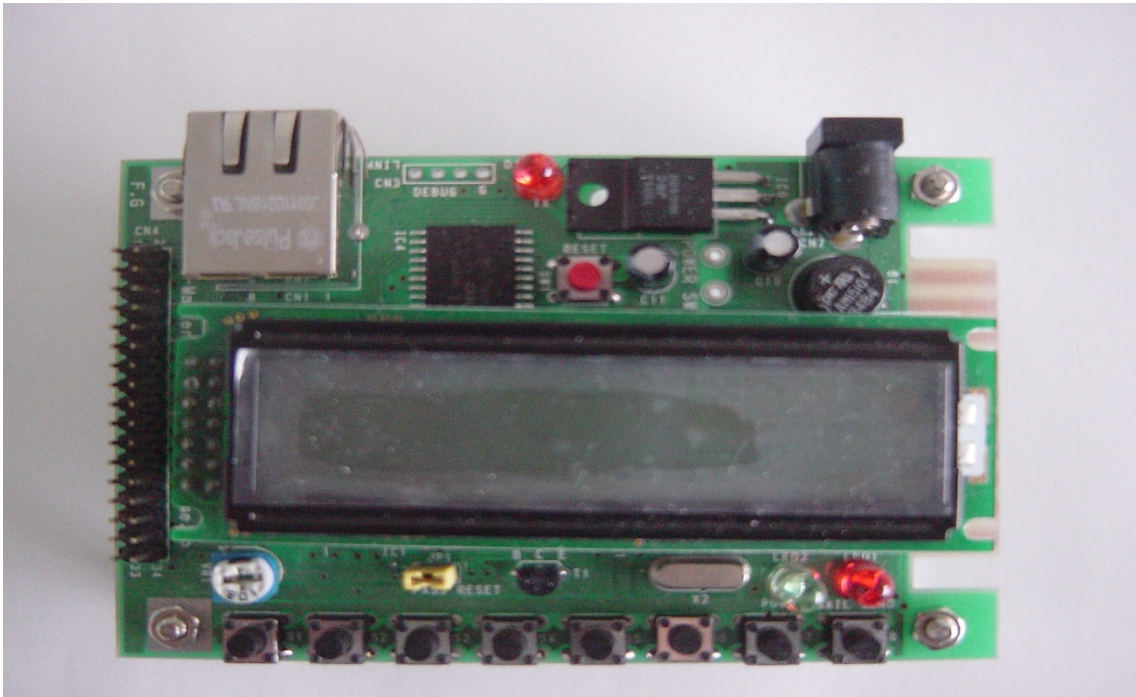
送信のタイミングは16のトリガタイミング(デジタル8ch、アナログ8ch)で送信が可能であり、chごとに送信先メールアドレスを選択できる。

同報送信も可能でToに加えCcに4件、最大5か所まで同時送信が可能である。

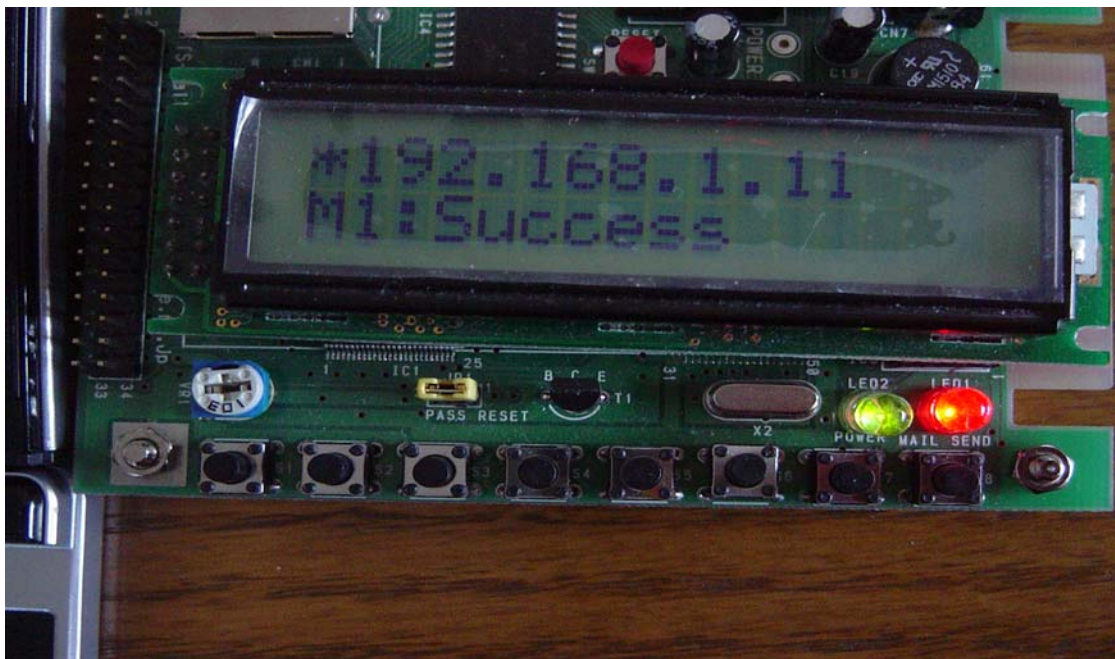
メーラーボードの仕様及び設定は下記のとおりである。

メーラーボードの仕様

通信方式	E t h e r n e t 1 0 B a s e T	
アクセス方式	C S M A / C D	
コントローラー	R T L - 8 0 1 9 A S	
コントロール CPU	P I C 1 6 F 8 7 7 2 0 M H z	
I/F	アナログ	入力4ch+温度センサ用1ch 入力範囲0～5V 分解能10ビット 温度センサ測定範囲：0～100℃
	デジタル	出力4ch、入力4ch
	シリアル	入出力1ch
内蔵プロトコル	a r p . j p , u d p , t c p , h t t p , i c o m , d h c p	
通信バッファ	約16kバイト	
電源電圧	約8V以上	



メーカーボード本体



メーカーボードの動作確認

#### 5. 2. 2. 1 ポートの設定

メーカーボードに登録する送信元のメールアドレスは一般に広く使用されているYAHOO JAPANのものを使うことにした。

送信先のメールアドレスは現在使用しているSOFT BANKのものを

登録した。

登録するSMTP、POPサーバー名とポート番号は、YAHOO JAPANのWebサイトなどで検索した結果、

SMTP : 586

POP3 :

であることが判明したので、これらを登録した。

送付するメールにはメッセージとともにPICNIC用に取得したURLを記述し、携帯電話でメールを受信した際、PICNICへのアクセスを容易にした。

#### 5. 2. 2. 2 認証の設定

メーラーボードでは

- POP before SMTP
- PLAIN
- LOGIN
- CRAM-MD5

の4種類の認証方式が設定できるようになっている。

SMTPはもともと認証を持たない単純な仕様であったため、無差別広告メールの攻撃を受け、これに対抗するため、「POP before SMTP」と呼ばれる認証方式が確立された。

POP before SMTPでは、メールを受信する際に使われるPOP3の認証を利用し認証が行われたIPアドレスから時間を限定してSMTPによるメールの送信を許可するという仕組みである。一定時間の経過後には認証が消失してしまうため、再びPOP3でアクセスして認証作業を行わなければならない。

しかし、POP before SMTPは既に普及しているサーバーやクライアントで認証を実現できるというメリットがあるが、あくまでもPOP3の認証元のホストを保証するものであり、SMTPのやりとりそのものが正規なものであるかは保証しない。SMTP Authenticationが各ソフトウェアに実装されて普及するまでの「つなぎ」的な技術といえる。

S M T P A u t h e n t i c a t i o nではサーバーとクライアントの双方が対応していなければならないものの、メール受信の際にS M T Pサーバーとユーザとの間でユーザアカウントとパスワードの認証を行い、認証された場合のみメールの送信を許可する。

S M T P A u t h e n t i c a t i o nの種類は次のとおりである。

- C R A M - M D 5

M D 5を使用してチャレンジ-レスポンス認証を行い、パスワードそのものは暗号化された状態でも送信しない。

- L O G I N

L O G I Nコマンドを使用し、パスワードは暗号化して送信される。

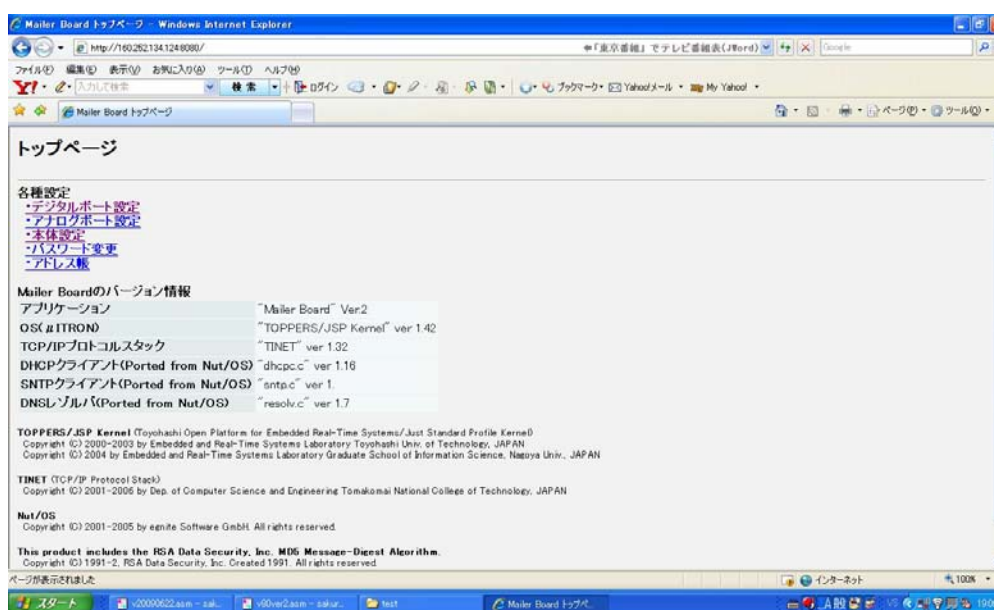
- P L A I N

この方法でもごく簡単な暗号化を行なってパスワードを送信する。

Y A H O O J A P A Nの場合、ネットで検索してもどの認証方式を採用しているのか明らかになっていないため、メーカーボードで実通試験を行ったところ、P L A I NとL O G I Nはメール送信が可能であったが、P O P b e f o r e S M T Pは送信不可能であった。

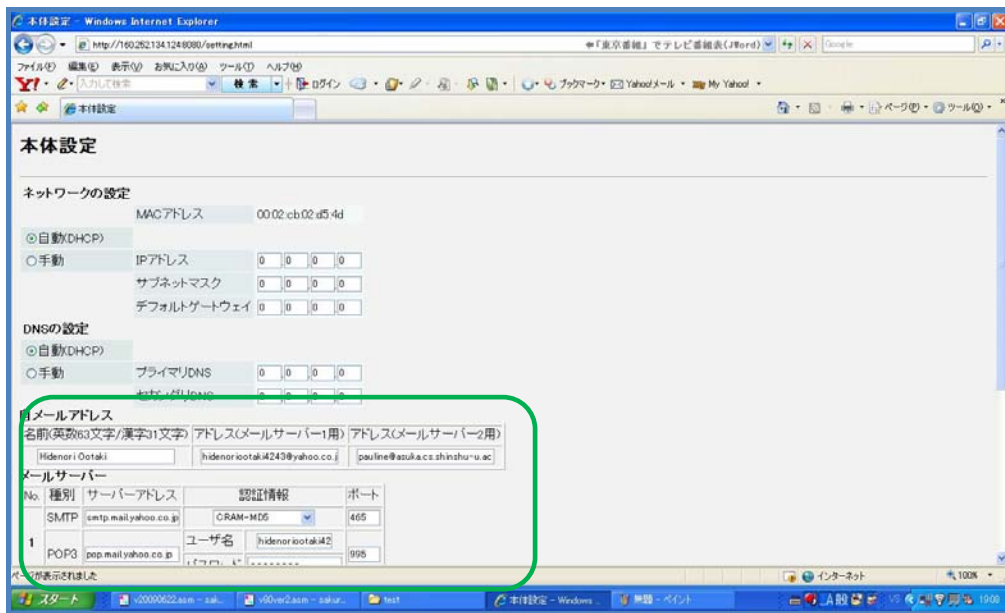
## 5. 2. 2. 3 設定手順

### 1 DHCPで取得したIPアドレスでメーカーボードにアクセスした状態





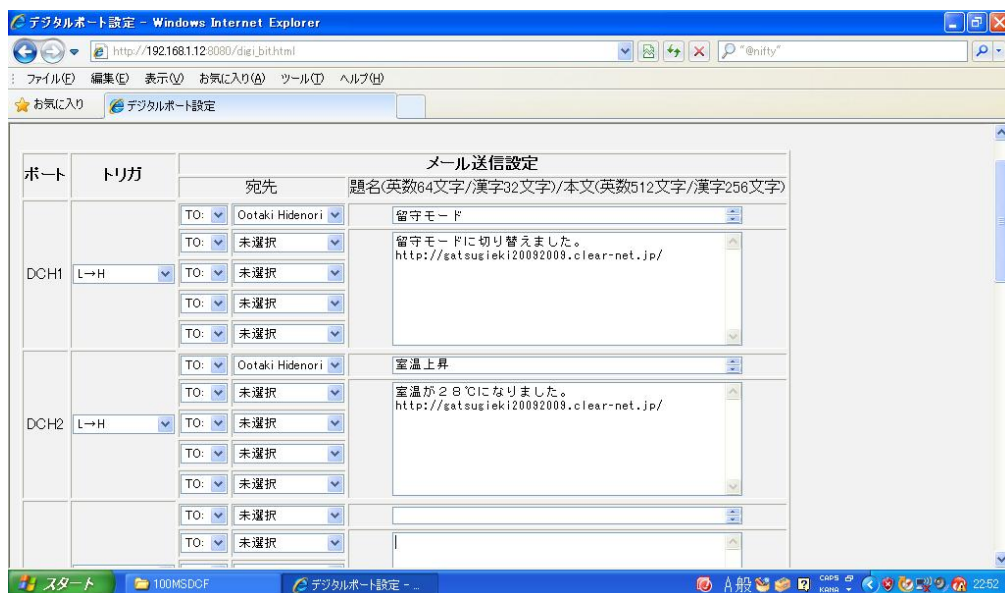
## 2 自メールアドレス、メールサーバーの設定



### 5. 2. 2. 4 メッセージの設定

メーラーボードにはデジタル8ch、アナログ8chのチャンネルを有しており、それぞれ宛先、送信文が設定できるようになっている。

ここではPICNICのRB4、RB5に対応させたデジタルポートDCH1、DCH2に送信先のメールアドレスと送信文を設定した。



### 5. 3 ADSL

インターネットに接続するためのプロバイダーはYAHOO JAPANの12Mを使うことにした。



ADSLモデム本体



## 5. 4 ブロードバンドルーター

### 5. 4. 1 ダイナミックDNS及びルーターの選定

外部からインターネット網を利用してP I C N I Cに接続するため、ダイナミックDNSを利用することにした。

ダイナミックDNSとは、インターネットの接続時に各プロバイダーからIPアドレスが割り当てられるが、このIPアドレスは数字の羅列で覚えにくく、また、再接続のタイミングやプロバイダーの都合により変更されることがあるため、一定ではない。

この接続のたびに变化するIPアドレスと、登録したホストネームを自動的に結びつける技術がダイナミックDNS (Dynamic Domain Name System) である。

DNSを利用するためには、DNSサービスに加入するとともに、DNS機能を有したブロードバンドルーターが必要である。

本研究では、DNS機能を搭載しているLogitec社製の「LAN-BR」を採用した。

同社の製品ユーザーに対し無償で提供しているダイナミックDNSサービス「クリアネットサービス」を利用できるため、このサービスを利用しホストネームを登録した。

ブロードバンドルーターの仕様及び設定は下記のとおりである。

#### WAN/LAN部の仕様

規格	IEEE 802.3u (10BASE-TX) IEEE 802.3 (10BASE-T)
データ転送速度	100Mbps (100BASE-TX 最大) 10Mbps (10BASE-T 最大)

#### ルータ、そのほか一般仕様

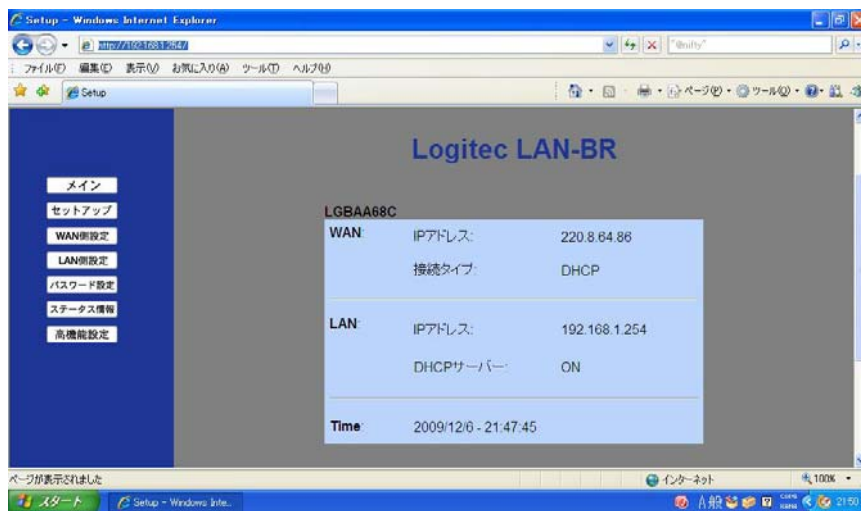
ルーティング対応プログラム	TCP/IP
インターネット接続方式	PPPoE認証方式、IPアドレス自動取得 接続、IPアドレス固定接続
その他の機能	仮想サーバ、ダイナミックDNS など
消費電力	3W



ブロードバンドルーター本体

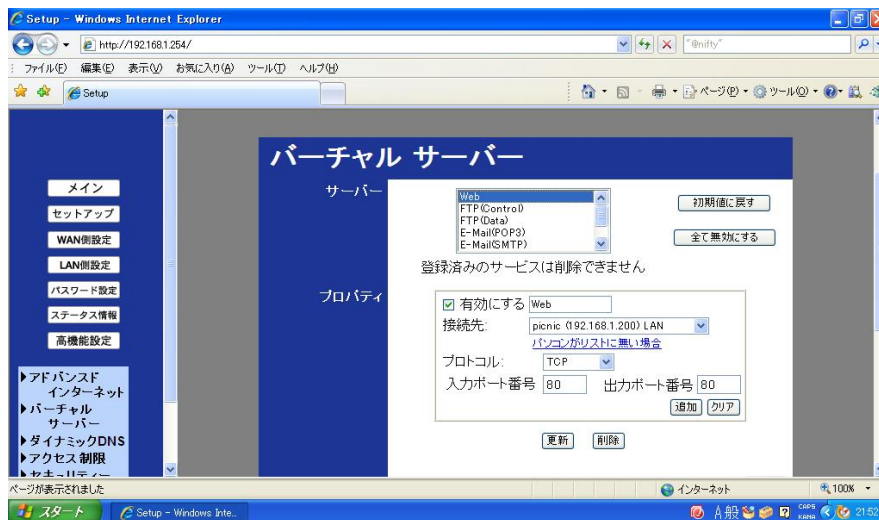
## 5. 4. 2 ブロードバンドルーターの設定

### 1 指定されたIPアドレスによりメイン画面を表示した状態



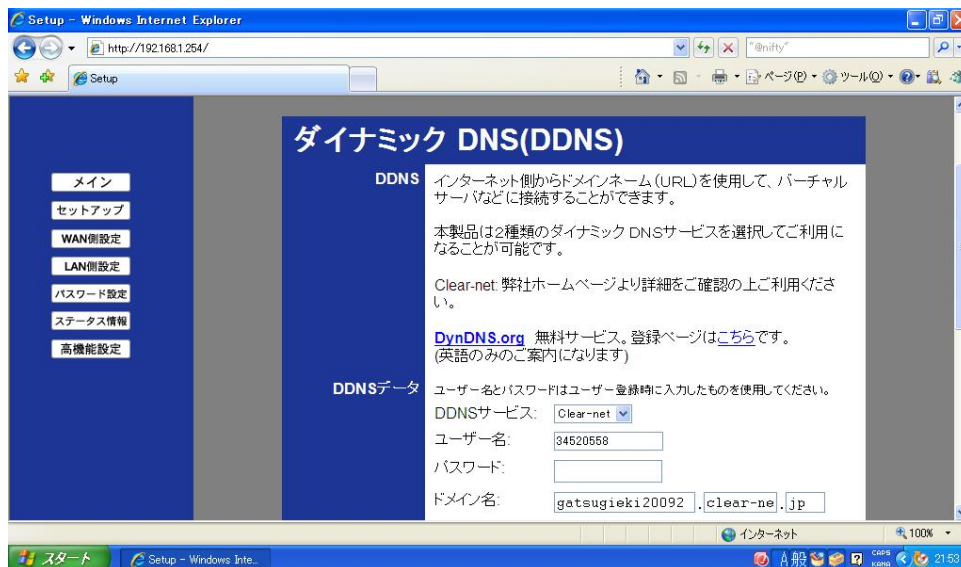
### 2 高機能設定のバーチャルサーバーの設定

「バーチャルサーバー機能」にP I C N I CのIPアドレス(192.168.1200)を登録する。



### 3 ダイナミックDNSの設定

ダイナミックDNSを設定することにより、インターネット側（WAN側）からドメイン名を指定してバーチャルサーバー側（LAN側）に接続したP I C N I Cにアクセスすることが可能となる。



## 5. 5 リレー制御盤の作成

### 5. 5. 1 リレー駆動回路

P I C N I C の I / O ポートからの信号により、エミッタ接地したトランジスタ (NPN型) を ON・OFF させてリレーを駆動させ、AC 1 0 0 V を制御するためのものである。

今回制御する対象は電磁弁 (消費電力 8 W 以下) とコンセント (P I C N I C 用) であるので小電力でことは足りるが、今後、比較的容量の大きい負荷を接続することを考慮し、制御電圧が P I C N I C から供給できる DC 5 V で作動するオムロン社製のパワーリレー G 5 C A - 1 A - E DC 5 を採用することにした。

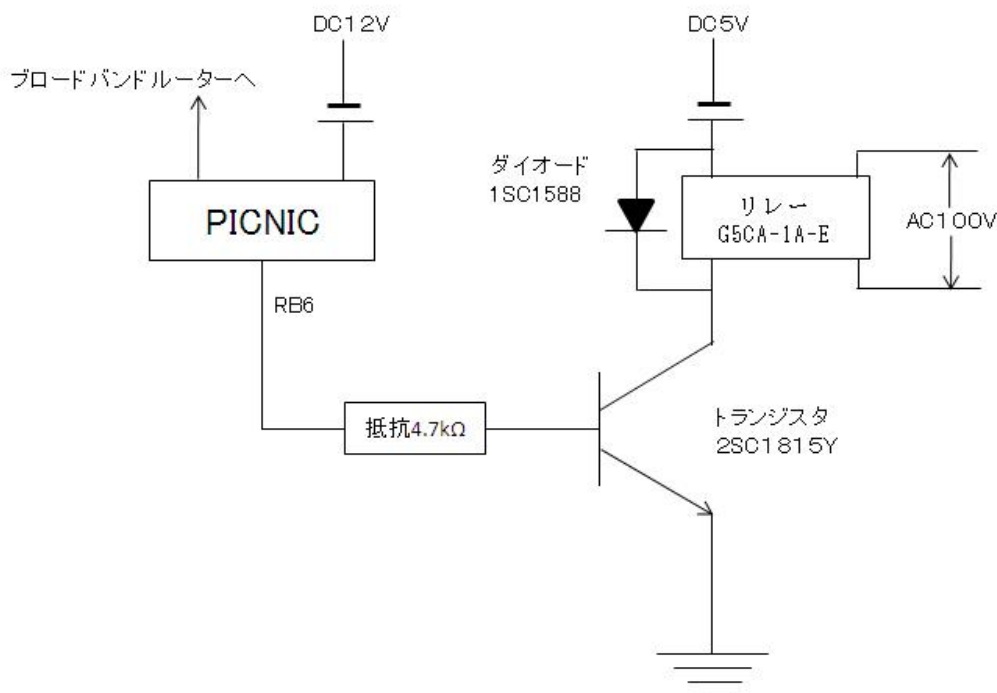
トランジスタは東芝製の 2 S C 1 8 1 5 Y を使用した。

リレー制御コイルの抵抗は 1 2 5  $\Omega$ 、トランジスタの  $h f e = 1 2 0 \sim 2 4 0$  である。トランジスタの飽和ベース電流は最大でも 0. 3 3 mA

よって、ベースには 1 5  $\Omega$  以下の抵抗を付ければ飽和するので、4. 7 k  $\Omega$  の抵抗を付けた。

また、リレーを OFF した瞬間発生するサージ電圧からコイルを保護するためダイオードをコイルと並列に接続した。

リレー制御盤の回路図は下記のとおりである。



## 5. 6 電磁弁

水道水を制御するための電磁弁はホームセンター等では販売しておらず、また、ネットで検索するとかなり高額なものがほとんどであった。

東京秋葉原の電気店で適当な価格の電磁弁(CDK製J240-140)を見つけ、これを使用することにした。

電磁弁の仕様は下記のとおりである。

定格電圧	100V
消費電力	8W以下
使用圧力範囲	0.03～0.78MPa
使用流体	上水



電磁弁本体 (横)



電磁弁本体 (上)

## 5・7 スプリンクラー

農業用の本格的なものは高価であり適当なものを探していたところ、工学部近くのWATAHANでアステージ社製のスプリンクラー2種類を見つけ購入した。





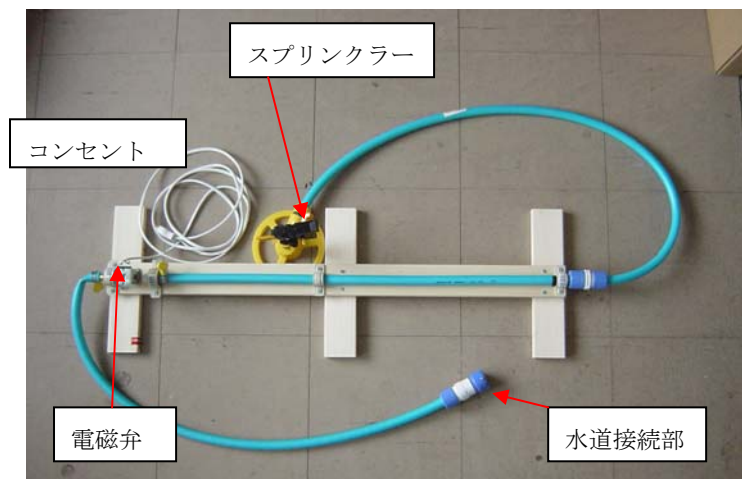
## 6 「打ち水」装置の作成

### 6.1 「打ち水」装置の構成

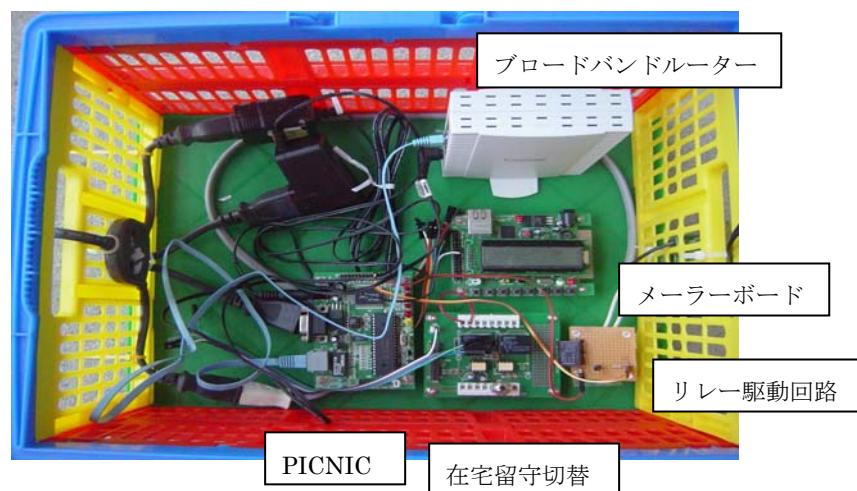
装置は電磁弁とスプリンクラー、それらを接続するホース、コンセントから成る「打ち水部」とルーター、PICNIC、メーラーボード、リレー制御盤からなる「制御部」に分けて作成した。

「打ち水部」については部材に取り付けるとともに、接続ホースが容易に取り付けられるように各種継手を取り付けた。

また、「制御部」は機器をボックスに収めてパッケージ化し持ち運びが容易にできるようにした。



「打ち水部」

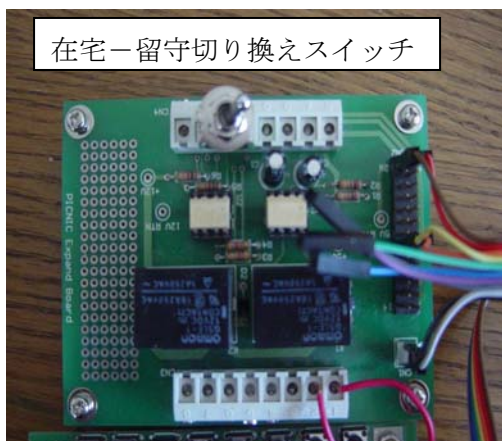


「制御部」

## 6. 2 動作確認

### 6. 2. 1 メールの送信確認

先ず、「制御部」に取り付けたスイッチを留守側に切り替えたところ、メーカーボードから携帯あて留守モードになったことを知らせるメールが送信された。



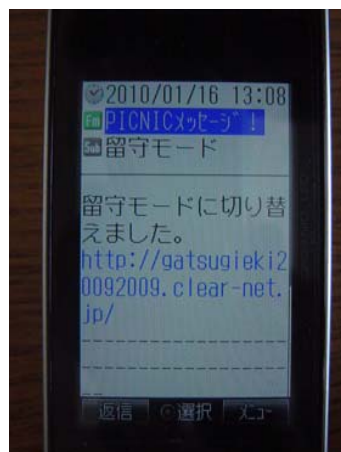
在宅-留守切り換えスイッチ  
実習で使用したボードを使用



在宅から留守への切り替えたところ  
メーカーボードからメール送信



留守モードを知らせるメール (1)

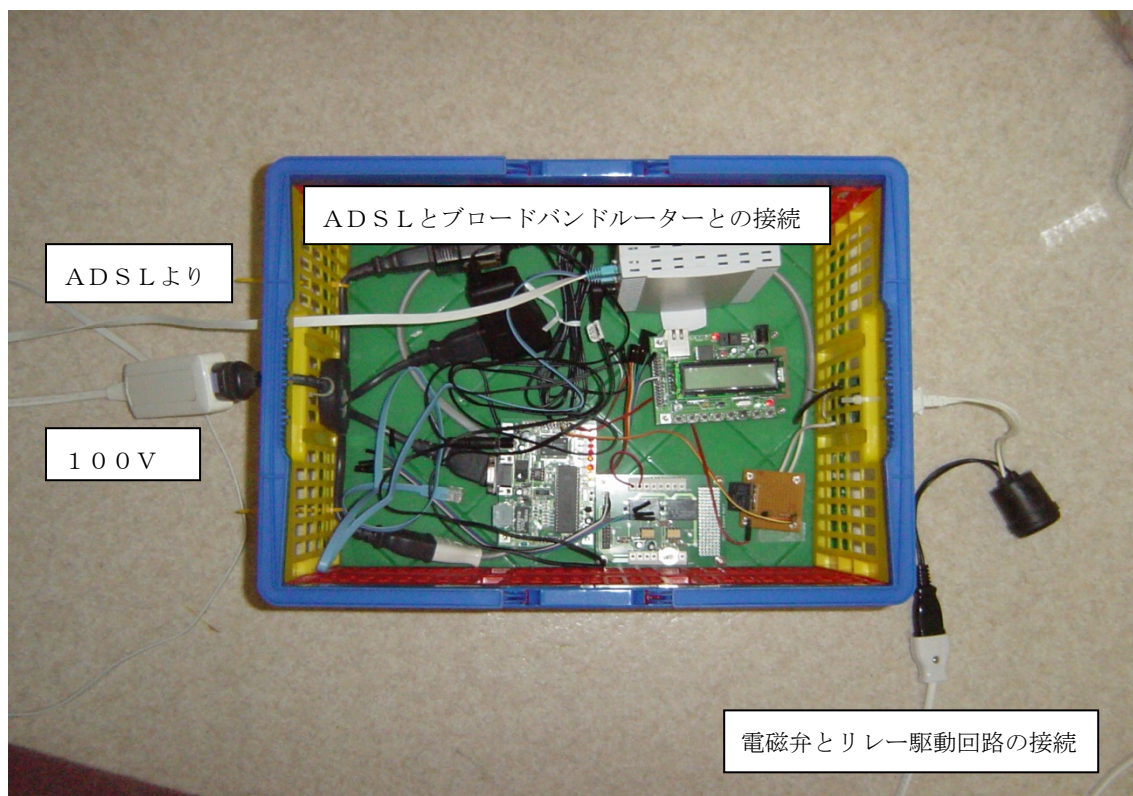


留守モードを知らせるメール (2)



### 6. 2. 2 「打ち水部」と「制御部」の動作確認

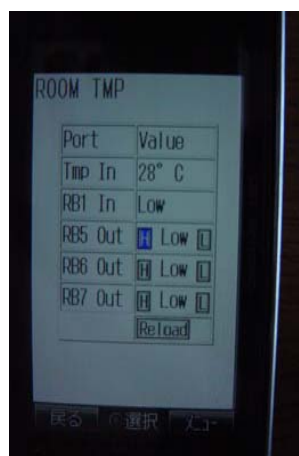
最初に「制御部」に100ボルトを印加するとともに、ブロードバンドルーターをADSLモデムに接続したうえで、コンセントに白熱灯を取り付け、携帯に登録したURLを打ち込んで表示されたPICNICの画面からポート(RB6)を操作したところ白熱灯が点灯するのを確認した。



制御部との接続状況



URLの打ち込み



携帯に表示されたPICNICの画面

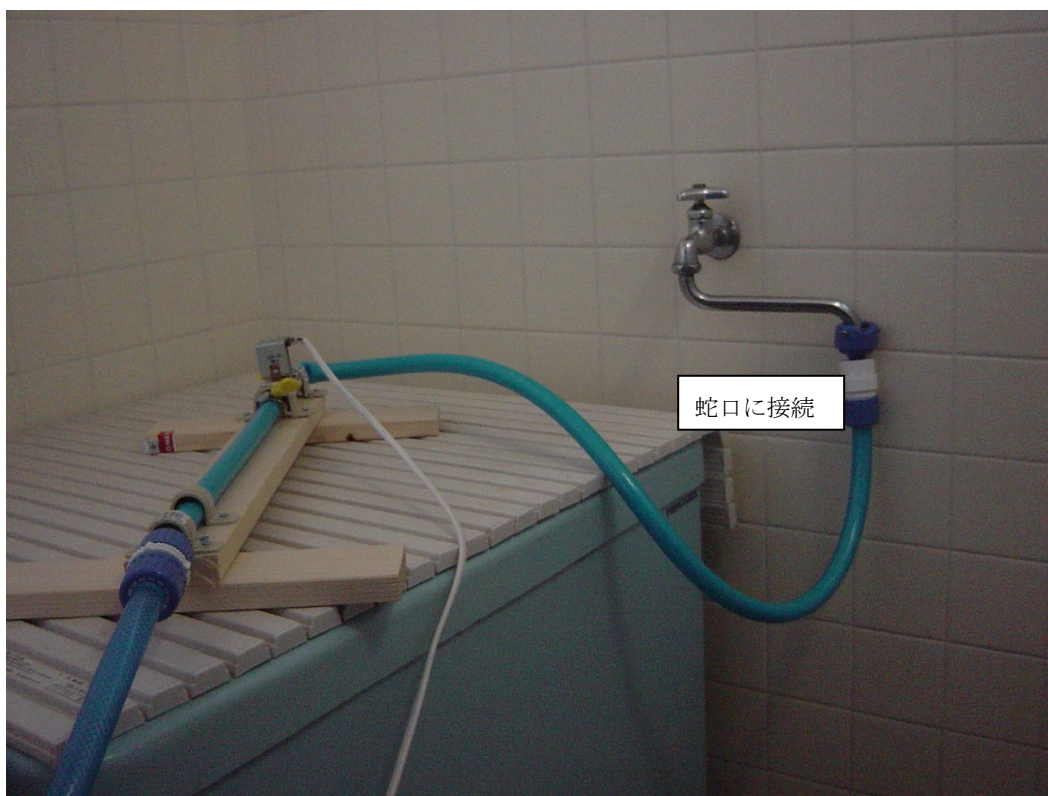


携帯の画面からポートの操作



白熱灯が点灯した状態

次に白熱灯に代わりに「打ち水部」を「制御部」のコンセントに接続するとともに、ホースを水道蛇口に接続し、携帯画面に表示されたPICNICの画面からポート(RB6)を操作したところ、スプリンクラーから散水するのが確認できた。



「打ち水」部の接続状況





スプリンクラーの接続状況



スプリンクラーからの散水状況

## 7 スプリンクラーの設置場所

### 7.1 設置場所の検討

スプリンクラーを設置する場所としては、家屋内で一番熱の影響を受ける場所が好ましい。

家屋の温度が高くなるのは、家屋を構成している物質に照射された太陽光が熱に変わり、熱の物理的性質により熱が伝わってくることによるものと考えられる。

一般的な家屋を考えた場合、最も太陽光の照射を受け、その熱を家屋に伝達する役目を果たしているのは「屋根」であることは容易に想像できる。

### 7.2 夏季における屋根の温度

実際に夏季における屋根表面の温度は計測していないため、日本屋根経済新聞社発行の「屋根の物理学」を参考にした。

同書によれば、全天日射量＝ $19.10 \text{ MJ} / \text{m}^2 \cdot \text{day}$ （概ね快晴）で、外気温が午前10時前に30度を超え、午後2時過ぎにその日の最高温度約36度まで上昇し、その後下降に転じ、午後7時ころに30度を下回る夏季の日の粘土瓦の最高表面温度測定例は瓦の種類によって違うが概ね52～68度であり、外気温と比較してかなり高くなっていることが分かった。

### 7.3 室内の温度が上昇するメカニズム

太陽光により屋根の温度が上昇すると屋根裏、室内に熱が伝達するとともに、一旦、温度の上昇した建築材料等から放射熱を出し続けることになる。

特に屋根材が熱容量の大きい材料の場合、長時間にわたり放射熱を出し続けることになる。

よって、夏季の晴天時においては家屋に散水することにより屋根から室内に伝達する熱及び放射する熱を減少させることができると考えられる。

## 8 今後の課題

本研究ではインターネットに接続するにも係わらずセキュリティに配慮しなかったが、実際に使用する場合にはパスワードをかけるなどセキュリティ面を強化する必要がある。

今回は散水を確認する方法については述べていないが、最も確実な方法としてはWebカメラを設置して確認する方法が考えられる。

その場合、ブロードバンドルーターの項目で述べたようにダイナミックDNSを利用することにより容易に設置できると考えられる。

今回はスプリンクラー一本を使用し、メールを送付するタイミングを室温が28度としたが、実際にはスプリンクラーを複数本設置し、スプリンクラー一本では室温の上昇をおさえきれない場合は複数本稼働させ、室温がある一定値より低下した場合は通知メールを送るなどの改良が必要である。

また、今回は水道水を使用した。本来「打ち水」においては水道水を使用することはご法度になっているので、実際は屋根に貯水タンクを設置し、ここに雨水などを貯めておき、それを使用するのが「打ち水」の作法にかなっている。

電磁弁より大電力になるがポンプを制御することにより不要になった水を利用することができるようになると思われる。

その他、今回研究した装置と、太陽電池、充放電コントローラー、インバーター、無線LAN、webカメラを組み合わせることにより、自宅から電波の届く範囲であれば、仕事先から花壇や島に散水するシステムを構築することも可能と思われる。

また、冬季間はスプリンクラーを適当なノズルに変更し、設定温度を変えることにより、降雪時、外出先から玄関や車庫前の融雪装置として用いることができると思われる。



充放電コントローラー本体  
モーニングスター社製



インバーター本体  
セルスター工業製

## 参考文献及びURL

### 参考文献

- (1) 屋根の物理学  
日本屋根経済新聞社発行 宮野 明彦 著
- (2) やさしいPICマイコン電子工作  
秀和システム発行 高橋 隆雄 著
- (3) 電子工作のためのPIC16F活用ガイドブック  
技術評論社発行 後閑 哲也 著
- (4) ガーデニングとホーム・セキュリティの電子工作入門  
CQ出版社発行 神埼 康宏 中尾 司 共著

### 参考URL

- (1) 打ち水大作戦  
<http://www.uchimizu.jp/>
- (2) 水のプログラム  
<http://www.geocities.jp/>

## 謝辞

信州大学大学院工学研究科Pauline Naomi Kawamoto 先生には、学習及び論文についてご指導いただいた。

Kawamoto先生の熱心な指導がなければ、この研究を遂げることはできなかったであろう。先生に深く感謝する。

その他SUGSI の設立及び運営に関わっている先生方・事務局職員の方には、学習及び研究の貴重な機会をいただいた。

これらの方にお礼を申し上げます。