特集 1

職業訓練教材コンクール

# ●『g生労働大臣買入選 SS無線通信方式による遠隔監視・計測制御装置 ― 遠測くん ―

四国ポリテクカレッジ 山口 修 (四国職業能力開発大学校) 5

# 1. はじめに

私たちの身の回りでは無線通信の技術を利用した システムが急速に普及している。このため無線通信 は大変重要視され,あらゆる現場で無線通信を使っ た作業が行われている。無線通信を利用したもので 遠隔監視・計測制御システムがある。これは気象観 測,工場での製品の監視などに使われている。

学生の訓練でも無線通信分野の教材が重要視され, 対象の訓練科目で取り入れられてはいるが, 座学中 心であり実習に対する教材の準備が課題であった。

本稿では,訓練教材として開発した操作説明書を 中心に製作した装置とシステムの概要も含めて報告 する。

## 2. 教材の概要

本教材は、遠隔監視・計測制御装置とSS無線通信 方式により、アナログ計測値,記録値,監視状態の 表示およびデジタル入力状態の表示,デジタル出力 の指示を行うもので、システムの構成に基づき効果 的に訓練を進めるための操作説明書である。

訓練では,操作説明書をもとに結線や実験を体験 することで,「情報通信システム」などの訓練科目に おける無線通信方式およびデジタル・アナログ計測 制御方法やデータ通信方法についての仕組みと予備 知識をつかむことができる。また,生産設備の維持 管理が擬似的に体験できる教材でもある。

## 3. 教材の工夫と期待できる効果

操作手順や操作方法に限らず、システム構成の確 認や結線等も行えるなど興味を持たせるようにした。

また,評価版のソフトウェアでは,特別に端末機, アナログ入力装置,デジタル出力装置,デジタル入 力装置などを準備しなくても擬似的に体験操作がで きる。さらに,計測のみでなく積算や時間等を考慮 した常数計算や結果分析,計測データを一元管理す ることの重要性が理解できる。

#### 4. システムの概要

本システムは,監視・計測制御装置の端末機およ びSS無線通信方式により,アナログ計測値,記録値, 監視状態の表示,デジタル入力状態の表示,デジタ ル出力の指示を行う。

図1と図2にシステムの構成と実習例を示す。

ここでは、無線機を受信側としてパソコンに取り 付け、送信側として信号処理端末機(端末機)に取り

#### 遠隔監視・計測・制御システム 構成図



技能と技術



図2 実習例

付ける。端末機にはデジタル出力装置(ファン),デ ジタル入力装置(スイッチ入力),アナログ出力装置 (温度・湿度・照度センサ)を取り付けることにした。

また、Visual Basicのプログラムを用いて端末機と の通信によってアナログ計測値,記録値,監視状態 の表示およびデジタル出力の表示と受信した結果を 表示するようにした。さらに,計測したデータの傾 向をわかりやすくするためにExcel VBAにより傾向 分析のグラフを表示させるようにした。

操作する端末機の外形とブロックダイヤグラムを 図3と図4に示す。

端末機とアナログ入力(温度・湿度・光センサ)



図3 端末機のブロックダイヤグラム



装置,デジタル出力(ファン駆動)装置,デジタル 入力(接点スイッチ入力)装置との結線および各装 置における結線の様子を図5と図6に示す。

各種センサの仕様を図7に示す。

各種センサからの信号処理機能については,



図5 端末機との結線図



図6 アナログ入力・デジタル入出力装置の結線図

#### アナログ信号センサー部 解説書



図7 各種センサの仕様

・アナログ信号

約0.2秒程度で4CHの信号を数値化し,データ は最新の6個分の移動平均をデータとして持つよ うにしている。また,そのデータを監視設定値と 比較し,その結果を超えていれば異常としてL ED異常を表示する。

・デジタル入力信号

入力端子からのONまたはOFF信号を常に監 視,変化があればそのCH番号を記憶する。また, そのCH番号に相当するLEDを点灯表示する。パ ソコン側からのチェックに対して変更のたびに, そのデータをパソコンへ返す。

・デジタル出力信号

パソコンからの信号により端末機内部ソフトウ ェアおよびハードウェアの動きで指示された端子 より出力信号を出す。また、それぞれCH番号に 相当するLEDを点灯表示する。

とし, 各信号部の機能については,

・アナログ信号部

疑似信号として温度, 湿度, 明るさをそれぞれセ ンサを用いて電圧信号に変換, その信号をそれぞ れ決められたCH番号に相当する端子へ入力する。 ・デジタル入力信号部

接点信号をトグルスイッチにて疑似信号を作 り、それぞれCH番号に相当するスイッチをONま たはOFFさせることで動作する。

・デジタル出力信号部

パソコンからの出力信号指示でその番号に相当 するリレーが駆動する。そのうち1点はリレー接 点によりファンモータをONまたはOFFできる。 とした。

#### 5. 無線機の活用

無線機については、図8に示す双方向タイプのスペクトラム拡散(Spread Spectrum:SS)通信方式のデータ通信モデムを検討した。



図8 無線データ通信モデム

SS無線機は,通常の狭帯域変調方式とは異なり, 変調信号のスペクトラム成分を広範な周波数に拡げ ている。主な特長として,

- ·屋内環境半径60m,屋外環境半径300m
- ・最大伝送速度38.4kbps
- ・スペクトラム拡散通信方式
- ・リピータ機能内蔵
- ・同一エリア内で12回線の通信が可能
- ・N:M等通信形態に対応
- などをあげることができる。

有線に比べて距離範囲が大きくなりコストの面か ら見ても安くなっている。このため、今後はますま

技能と技術

す普及すると思われる。

# 6.実験方法と評価

実験は教材運用の利便性を考え校内とした。また, 計測については午前9時から約11時間にわたって行った。さらに,計測値の分析により評価方法を検討した。

#### 6.1 計測の方法

図9のように本校の応用棟屋上に無線機(送信側), 温度・湿度・照度センサ,ファン,スイッチ入力を 取りつけた端末機を設置し,約65m離れた共同実験 棟4階の実習室では,無線機(受信側)を取りつけ たパソコンで2分間隔にて温度,湿度,照度のデー タを受信するようにした。

登録画面で計測上下限値の温度を-61~161,湿度 を0~100,照度を0~600とした。これらの条件のも と実験を実施した結果,端末機,センサ,ファン, スイッチ入力の動作とも正常な動作が確認できた。 本システムの設置・計測例を図10に示す。



図9 実験の概略



図10 実験の様子

一方,アナログ入力,デジタル入力・出力の実験 では,検査成績書(表1)を作成した。照度データ については,電圧に対する照度値をグラフ上にプロ ット(図11)することで理論に近い特性が確認でき た。しかし,本評価方法はアルゴリズムの検証範囲 であるため教材としては採用しなかった。

## 6.2 計測上の課題

計測では無線機を設置する場所が重要になってく る。計測データの送受信では受信機と送信機の間に 建物などの障害物があり,通信が途切れてうまくい かないことがあった。これには,無線機との間に障

				検杏成緯	書				
JOB N	0 0	0000	1					担当	
製品名称	ž	東隔緊	視装置						
形式									
製造番号									
検査日時		11/	<b>5</b>						
<u>アナログ</u>									
?????????	??		?????????	??	?????????	??????????			
入力 (V)	表	示	入力 (V)	表示	入力 (V)	表示	入力 (V)	表示	
0	0.0	00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	
0.5	0.4	49	0.5	0.49	0.5	0.49	0.5	0.49	
1.0	0.9	99	1.0	0.99	1.0	0.99	1.0	0.99	
1.5	1.4	49	1.5	1.49	1.5	1.49	1.5	1.49	
2.0	2.0	00	2.0	1.99	2.0	2.00	2.0	2.00	
2.5	2.	50	2.5	2.49	2.5	2.50	2.5	2.50	
3.0	3.0	00	3.0	3.00	3.0	3.00	3.0	3.00	
3.5	3.	50	3.5	3.50	3.5	3.50	3.5	3.50	
4.0	4.0	00	4.0	4.00	4.0	4.00	4.0	4.00	
4.5	4.	50	4.5	4.50	4.5	4.50	4.5	4.50	
5.0	5.0	00	5.0	5.00	5.0	5.00	5.0	5.00	
<u>デジタル入</u>	<u>,</u>								
СН	判	定	СН	判定	СН	判定	СН	判定	
1	良	Į	3	良	5	良	7	良	
2	良	Į	4	良	6	良	8	良	
<u>デジタル出</u>	力								
СН	判	定	СН	判定	СН	判定	СН	判定	
1	良	<u> </u>	3	良					
2	良	Į	4	良					
測定条件									
センタ	一設定	トフセ	2ット 0						
	2	スパン	/ 5						
	ļ	AD Z	を換定数 C	000H/	′0 F F F H				
እ	7	アナロ	1グ 雷圧発	牛器にて雷	圧入力				
出力:	: デジタル 端子台にてテスターで測定								

#### 表1 検査成績書





害物がないように場所を選び設置することが必要で ある。対策として、図12のように無線機と無線機の 間に中継機能付無線機を設置することで障害を少な くできる。

## 7.操作手順と操作方法

操作説明書における操作手順と操作方法の一例を 以下に示す。

#### 7.1 端末機の構成

端末機の構成を図13に示します。各操作部の機能 は次のとおりです。

1:アナログ監視表示用LED

アナログ信号が上下限設定値を超えたときに点 灯する。(4点)

2:アナログ内部信号用多回転型ボリューム(2点)

3:デジタル入力表示用LED

デジタル入力信号接点信号がONしたときに点灯



する。(8点)

4:デジタル内部入力スイッチ(8点)

5:デジタル出力表示用LED

センターからデジタル出力信号をONしたときに 点灯する。(4点)

- 6:内部/外部切り替えスイッチ
- 7:デジタル外部出力用端子台(6P4点)
- 8:デジタル外部入力用端子台(12P8点)

9:アナログ外部入力用端子台(8P4点)

#### 7.2 監視諸条件の設定と実行・停止

システムを起動すると、図14に示す画面が最初に 表示されます。

ここでは、各種登録、計測・記録の実行、停止を 行います。システム起動時は、計測・記録は「停止」 状態です。この状態は、「実行ステータス」欄に表示 されます。設定、保存したデータは terminfo.dat の 名称でファイルに保存されます。

(1) 設定変更手順

- (a) 所要の項目を選択し、入力します。名称、計測範囲、監視範囲、単位の場合、
- ・マウスで変更したい欄を選びます。
- ・所要の名称,数値等を入力します。名称・単位は
  英数字,漢字が使えます。数値は半角数字で入力してください。

計測範囲の場合,

・計測範囲コンボボックスをクリックします。

2010-013	別・制御システム			
	き 録 [2		実行	保存 停止
	- アナログ Ch 名称	計測上限 計測下限	監視上限 監視下限	単位
	1 温度	100.0	80.0 -50.0	
	2 圧力	200.0 -200.0	160.0 -100.0	Pa デジタル
	3 電圧	300.0 -200.0	250.0 -100.0	mV
	4 質量	400.0 -100.0	350.0 -80.0	Ke 記錄值
	- デジタル		-制 御	
	Ch 名称	Ch 名称	Ch 名称	201 201
	1 入力1	5 入力5	1 出力1	
	2 入力2	6 入力6 7 入力6 7 入力7 7 入 7 入力7 7 入力7 7 入力7 7 入 7 入 7 入力7 7 入力7 7 入力7 7 入力7 7 入 7 入 7 入 7 入 7 入 7 入 7 入 7 入 7 入 7	2 出力2	
48 1	7 A 入力4	8 入力B	3 出力3	立林
			4 10000	
メッセー:	9			
Г	番号 メッセー:	2		
	1			œ 認
-	2			
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		1205	
	進信ステータス		美自	ステーヌス 特正

図14 起動・実行・停止画面

1分~6分の選択範囲の中から所要の時間を選ん
 でクリックします。

(b) 「保存/停止」ボタンをクリックします。

(c) 下記の確認メッセージが表示されます。「OK」
 をクリックするとハードディスクにファイルとして保存され,監視上下限データは端末機に伝送されます。



図15 設定データ登録確認画面

(2) 計測・記録の実行

「実行」ボタンをクリックすると,計測・記録が 開始されます。実行中は,「実行ステータス」欄に 「実行」という表示が赤色でフリッカーします。



図16 実行ステータス画面

(3) 計測・記録の停止

計測・記録の実行中に、「保存/停止」ボタンをク リックすると、下記の確認メッセージが表示されま す。「OK」をクリックすると計測・記録を停止し、 記録ファイルをもとにExcelファイルを作成します。 Excelファイル名は,yyyymmddnn.xlsで作成されます。





## 7.3 デジタル入力の状態表示

デジタル接点のONまたはOFF状態を表示します。 ONは赤で,OFFは青で表示します。



図18 デジタル入力状態表示画面

(1) コマンドボタン

アナログ	計測値表示画面に移行します。
記録値	記録値画面に移行します。
制御	制御画面に移行します。
登録	登録画面に移行します。
終了	プログラムを終了します。

## 7.4 アナログ計測値の表示と印刷

図19のようにアナログ4チャンネルの計測値を表示します。計測値の記録は「登録」画面で設定した 計測間隔で行われます。

ファイルは実行単位でハードディスクに保存され ます。保存されるフォルダは,プログラムの入った フォルダの中の ¥data というフォルダです。

ファイル名は日付に2桁の連番(00-99)を付加し て作成します。例えば1999年12月02日の場合,最初 に作られるファイルは"1999120201.xls"となります。 記録値を表示させるファイルは直接テキストボック スに入力するかまたは矢印で選択します。

矢印で選択する場合は,連番順に表示します。記 録データがない日付を入力した場合は,「ファイルが ありません」と注意メッセージが表示されます。

当日のデータを表示させている場合,記録データ のファイルが更新されても,表示データは自動的に は更新されません。この場合は,日付+番号を再入 力してください。

(1) コマンドボタン

アナログ 計測値表示画面に移行します。

デジタル デジタル状態表示画面に移行します。

記錄値表示	2000	年  02 月  18	日 - 2 番	< <b>→</b>		1	menu —
計測時刻	CH1 C	CH2 %	CH3 Lx	CH4		印刷	7+0
0850	6.7	33.0	446.4	0.0	^		
08:55	7.0	32.4	446.7	0.0	E I		
09:00	6.4	34.6	446.2	0.0			
09:05	9.5	27.4	448.4	0.0		グラフ	7:74
09:10	10.4	25.9	448.6	0.0		111	111
09:15	10.4	23.2	448.6	0.0			
09:20	11.8	23.7	449.4	0.0			
09.25	7.8	27.8	446.6	0.0			
09:30	11.3	24.2	448.8	0.0			記録1
09.35	10.9	26.4	448.4	0.0			
09.40	7.6	33.1	446.4	0.0			
09.45	9.9	26.4	447.9	0.0			
09:50	11.3	24.7	448.6	0.0			2 월 월
09.55	9.6	27.8	447.5	0.0			
10:00	10.5	25.9	448.2	0.0			
10:05	10.6	25.3	448.1	0.0	~		

図19 アナログ計測値表示画面

- 制御 制御画面に移行します。
- 登録 登録画面に移行します。
- 印刷 表示中の記録値データを印刷(表2)し ます。
- 終了 プログラムを終了します。

	*計測デー	タ記録値*	2002/02/18-02
時 刻	温度	湿度	照度
	°C	%	Lx
8:50	6.7	33	446.4
8:55	7	32.4	446.7
9:00	6.4	34.6	446.2
9:05	9.5	27.4	448.4
9:10	10.4	25.9	448.6
9:15	10.4	23.2	448.6
9:20	11.8	23.7	449.4
9:25	7.8	27.8	446.6
9:30	11.3	24.2	448.8
9:35	10.9	26.4	448.4
9:40	7.6	33.1	446.4
9:45	9.9	26.4	447.9
9:50	11.3	24.7	448.6
9:55	9.6	27.8	447.5
10:00	10.5	25.9	448.2
10:05	10.6	25.3	448.1

表2 アナログ計測値の印刷

## 7.5 計測データの傾向分析

得られたデータの傾向をよりわかりやすくするた めに, グラフを作成することができます。

図19に示す記録値表示画面のグラフボタンをクリ ックすると図20のExcelシートが表示されます。

グラフ作成のフォームを表示させるには,画面上の **グラフ作成ホーム表示**のボタンをクリックします。 すると,図21の画面が表示されます。

グラフを作成するには、フォーム上で年、月、日、 連番の欄にグラフを作成したい日付+連番を入力し ます。実験で得られたデータをもとにグラフを作成

Morosoft Exter - B133	
③ ア・バルシ 編集の 表示() 挿入り 書式() ツールの データの カンドワ紛 ヘルプジ	1012
□ 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	
MSP3997 H11 - B Z U E E I II 22 % , 24 /24 保保 - · · · · · · ·	
[4] / ^ / Diseason 에 양상 이 Ar () = 범죄 () → 0 (2024는 집 옷은 영 이 온 다 다 온 바 크 이 대 면 문 코 : A 의 조 (	
[법] 말 (f () () 하 나 # = ??? [2], [28(0880)·G (5 * H) H (?) · < < O (2 · 2 · 2 · 2 · 2 · 3 = = = = = = ).	
12 * =	
A B C D E F G H I J K L M	- 2
	-
2 2	-
5	
6	
7	
8	-
9	
	-
12	
13	
14	
15	
16	-
12	-
	-
20	
21	
22	
23	
24	
	-
20 W Shart (Shart / Shart / Shart /	INT O

図20 グラフ作成起動画面

表示させたい日のデータを	書いてください	
2000 年 02 月	18 🛛 🖓	- 番
グラフ		表示
●単体のグラフ ● 複数の2	ブラフ	
セルの値の選択		
RB EC ED EE	グラフ	

図21 グラフ作成画面

した例を次に示します。

例えば,2000年2月18日に2回データを記録した とします。2回目に記録されたデータを分析したい 場合は,連番の番号として2を入力します。

入力後, 表示 ボタンをクリックすると図22のよう にシート上に計測データを自動表示します。次に, 1つだけのグラフを作成するには 単体のグラフ を, 2つ以上のグラフを作成するには 複数のグラフ のボ タンを指定します。

さらに、どのグラフを作成するかを決めます。温 度のグラフを作成するにはBを選び、湿度のグラフ を作成するにはCを選び、照度のグラフを作成する にはDを選びます。

最後に<u>グラフ</u>ボタンをクリックすると,図23のようにシート上へ目的のグラフを自動表示します。

#### 7.6 アナログ入力装置

(1) 信号処理端末機の機能(アナログ入力信号部) 約0.2秒程度で4CHの信号を数値化します。また, そのデータを監視設定値と比較し,その結果超えて

いれば異常としてLED異常を表示します。

🔀 Mic	prosoft Excel -	- 2000021802	.xls										_6×
127	19イル(E) 靏	NE(E) 表示(V	) 挿入(0) 書:	式(2) ツール(	D データ(D) ウィンドウ&	10 ヘルプ(19)							_1 <i>6</i>  ×
D o	2 B A	OR.	3 v 🙆 E	Fr. 24 6	MS P15	19 <b>9 -</b> 11	• B .	7 U 🗏	E 900 900	图 窗 %	1 28 48	<b>疟疟</b> 田・	ð · A · .
183	EL PL	Re											
1:0:	10 000 1 10	400 444											
	AI	-	-	0		6	0		T		14		
		B	01- 5ET	0.1*	E 00000 (00 (10 00	P	G	н		J	ĸ		
2		-	1417 - > 8C3	FK111 ···	2000/02/18=02					-			
3	85 51	温度	涅度	昭度							-		
4	時分	30	96	L Y									
5	850	6.7	33.0	446.4	0.0	<b>グラフ作16</b> 度							×
6	8.55	7.0	32.4	446.7	0.0			_	_	_	_		
7	9:00	6.4	34.6	446.2	0.0	表示さ	せたい	日のデ	-95:	書いてくた	-さい		
8	9:05	9.5	27.4	448.4	0.0								
9	9:10	10.4	25.9	448.6	0.0								
10	9:15	10.4	23.2	448.6	0.0								
11	9:20	11.8	23.7	449.4	0.0	0000	-	0.0				-	
12	9:25	7.8	27.8	446.6	0.0	2000	年	02	月	18	02	番	
13	9.30	11.3	24.2	448.8	0.0								
14	9.35	10.9	26.4	448.4	0.0								
15	9:40	7.6	33.1	446.4	0.0	「「グラフ	7					表示	
16	9:45	9.9	26.4	447.9	0.0							- ac	
17	9.50	11.3	24.7	448.6	0.0								
18	9.55	9.6	27.8	447.5	0.0								
19	10:00	10.5	25.9	448.2	0.0	- 「単体	のクラこ	7 9 7	複数のク	フラフ			
20	10.05	10.6	25.3	448.1	0.0								
21	10:10	10.8	23.4	448.4	0.0		n /++ m	DR LM					
22	10.15	9.7	24.5	447.5	0.0	セルの	0100:	選択					
23	1020	10.4	25.0	447.9	0.0								
24	1025	10.7	22.1	448.2	0.0	- пв	E C	E D	ΠE	グラフ	7		
25	1030	12.3	22.2	449.4	0.0	_							
20	10.35	10.1	23.6	448.1	0.0								
21	10:40	11.2	22.5	448.9	0.0								
28	1095	10.1	23.3	440.4	0.0	-							
29	1050	9.4	23.7	448.4	0.0	-				-	-	-	
30	10.55	8.5	20.9	400.1	0.0								
44	N Sheet	1/											
DE:	の調整(12)・	ゆ 🍈 オー	トシェイブの・	$\backslash \land \Box$	○ 🖾 🛍 🔍	3 · 2 · A ·	= = = =	= ∎ @	1.				
372	作											NUM	
調ス	9-F 🔊 🤋	2015	9 <b>9</b> 8 4	228	<u>] (3</u> )192	ブロー メッセージ	1. 新聞	HRI- 1	6)81.xla	20000	2 30	1013/0%	思想 21.24

図22 計測データ表示画面



図23 傾向分析表示画面

(2) 温度・湿度・照度センサの機能(アナログ出力信号部)

疑似信号として温度,湿度,照度をそれぞれのセンサを用いて電圧信号に変換します。また,その信号をそれぞれのCH番号に相当するLEDに点灯表示します。記録画面で計測上下限値を入力するとき,センサの機能にある範囲を指定しなければ温度計等で測った正確な値が得られません。

#### 7.7 デジタル出力装置

(1) 信号処理端末機の機能 (デジタル出力信号部)

パソコンからの信号により指示された出力信号を 出します。また、その信号をそれぞれのCH番号に相 当するLEDに点灯表示します。

(2) ファン装置の機能(デジタル入力信号部) パソコンからの出力信号の指示でその番号に相当



図24 アナログ入力装置



図25 デジタル出力装置

するリレーが駆動します。その内1点をリレー接点 によりファン運転用のモータをONまたはOFFできる ようにしています。

## 8. おわりに

無線機により離れたところから監視・計測制御と 計測データの傾向分析が行え,有用性のある教材が 開発できた。

訓練では操作説明書をもとに結線や実験を体験す ることで,無線通信方式およびデジタル・アナログ 計測制御方法やデータ通信方法についての仕組みと 予備知識をつかむことができる。

今後は訓練科目への適用拡大を行うことで,これ まで以上の成果を期待したい。

#### 〈参考文献〉

- 山内雪路:『スペクトラム拡散通信 次世代高性能通 信に向けて』,東京電機大学出版, p112-119, 1998.
- 『スペクトラム拡散通信方式』, http://www4.nikkeibp.co.jp/CSG/wordindex/spectrum.htm