

インсталレーション用センサーシステム開発と評価

Development of a sensor system for Installation and evaluation

野上 文天

NOGAMI Buntan

We are influenced by various things in this world which inspire us to create something we want to express within us. (These things which influence us differ depending on the era and age we live in). Since the Industrial Revolution, our present world has been in the process of evolution of a machine and science civilization. The internet and IT technology shorten the distance on earth and we can easily convey our feelings to others as if by magic.

When I face the vastness of technology I am sometimes over whelmed with fear and resignation, yet at the same time also want to move together with this monstrous System.

I have been involved in electronics technology for over twenty years. During that period of time, I also have been spending my time working on how to express myself. I wondered where these two aspects were going to merge; then I realized myself being in a consciousness of the relationship between electronics technology (System) and self-expression. The following, therefore, is a report of an installation of System designed and developed in practice at the Tohoku University of Art and Design.

はじめに

人が何かを作り、自分の中のものを形に表現する際は、その人が生きた時代に影響を受けながら行っていく。私たちが現在生きている時代は、産業革命以来の機械、科学文明の進化の真っ只中でインターネットや、IT技術が地球上の距離を縮め、コミュニケーションツールがまるで魔法使いのように何処からでも、特定の人に思いを告げられるようになっている。このような時代を支えているデジタルテクノロジーの巨塔に恐れを抱きながらもまみれてみたいと思うし、自分がいる時代がそうならそれを受け入れるのもまた道かと思う。

エレクトロニクステクノロジーに関しては既20年を費やしてきたし、同時に自己表現にも同じくらいの時が私に与えられた。これら二つが何処で融合するかという流れを見たときにインсталレーションとシステムの係わり合いを意識している自分を発見した。以下は本学のインсталレーション演習で主にシステムを設計製作した内容である。

1. インсталレーションとシステム

インсталレーションとは本来、装置とか設置することを意味する普通名詞で、70年代以降、従来の彫刻や絵画というジャンルに組み込むことができない作品とそのその環境を、総体としての作品として提示する際に、多く用いられるようになった用語である。そして現代におけるテクノロジーの進化はエンジニアとアーティストが協力体制を築き作品制作を行う必要性をますます加速させているといえる。さらに我々の身に触れる機会が多いのがエレクトロニクス・テクノロジーであり、アーティ

ストは単一のメディアではもはや飽き足らなくなった観客に答えるべく、デジタル・テクノロジーとセンサーを駆使した表現の可能性を追い始めて久しい。

このような流れの中の作業でアーティストとその総体としての作品をつなぐ（インターフェース）手法にシステムが介在するといえる。

システムを英和辞典で引くと「制度、組織；[the ～]体制、社会秩序」とあるがここではある入力に対して秩序立てた処理後にある出力をする仕組みをシステムとし、その仕組みを主にエレクトロニクス・テクノロジーの対象として扱い、さらに秩序立てた処理はデジタル・テクノロジーとして作業していくのが今回の流れである。

それゆえここでのシステムは現在のエレクトロニクス・テクノロジーで量産化されている入手可能なできるだけ新しい電子デバイスにてその仕組みを組み立て、実際のインストールの中で具体的位置付けを明らかにしていきたい。

2. センサーについて

センサーとはあらゆる情報、エネルギーの検出装置であり、この規模が比較的、小パワーのものをいう。すなわちエレクトロニクスシステムへの入り口として外部の変化に対応した電気信号が処理される時、センサーは外部(現実世界)の変化を電気信号に変換するもの(デバイス)であり、信号の源として扱うものである。たとえば大きな太陽電池は電力を取り出す動力源であるが、小さな太陽電池は太陽光により電気信号を発生させる源であり、センサーとしての役目であるといえる。

主に物理的現象や状態として扱われる温度、湿度、圧力、物理変位量、光量、加速度、等々測定単位を持つものはそれぞれに対応したセンサーがある。以下は物理量とその変化を変換するセンサーの例で、それぞれに対しての簡単な説明である。

1 磁気センサー 磁場の強さ gauss ガウス

磁気エネルギーは目や耳で感じることは不可能だが、いろいろ物理現象を紹介すれば、間接的に感知することは可能になる。これを具体化したものが磁気センサーで、

たとえば、磁気ヘッド（録音テープの磁気検出）や磁気抵抗、ホール素子、リードスイッチなどがある。フレミングの右手、左手の法則のように磁気と電気は直接変換出来るので親しんできた現象である。さらに地磁気に対して絶対角を出力するようなインテリジェントタイプのセンサーもある。

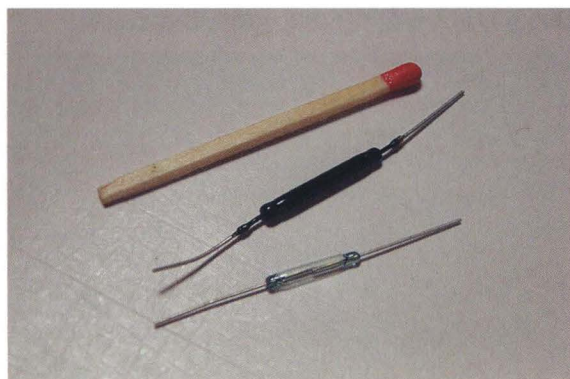


写真 1 リードスイッチ

2 光センサー 照度 lux ルクス

光センサーは光による半導体の電気的特性の変化（光導電効果、光起電力効果、光電子放出）を利用して光を検出する。インストールに手軽に使えるデバイスにCdSセルが一般的にあり、硫化カドミウムの焼結体を用いた光導電素子で照射する光量によって抵抗値が変化する。またCdSは可視光線に対し高感度で分光感度が人の目に近い特性を示す。

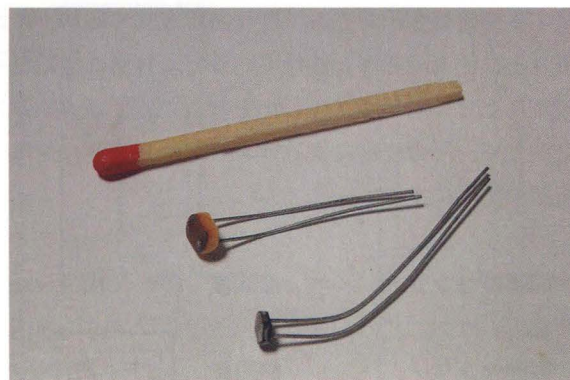


写真 2 CdSセル

3 温度センサー 温度 CK度

温度の変化を半導体や焼結体の抵抗変化にして温度を検出する。サーミスタ、熱伝対、サーモパイル等がある。サーミスタは金属酸化物を主原料に、高温で焼結して得た半導体セラミックスで熱に敏感な抵抗体の総称でこの

うち負の温度係数を有するものをサーミスタと呼ぶ。熱伝対は異なる材料の2本の金属線を接続して1つの回路(熱電対)をつくり、ふたつの接点に温度差を与えると、回路に電圧が発生するという現象がおきる、(ゼーベック効果)この現象を利用して温度を検出するものである。サーモパイルは熱型赤外線センサの一種で、熱電堆とも呼ばれており、非接触で測定可能なものである。

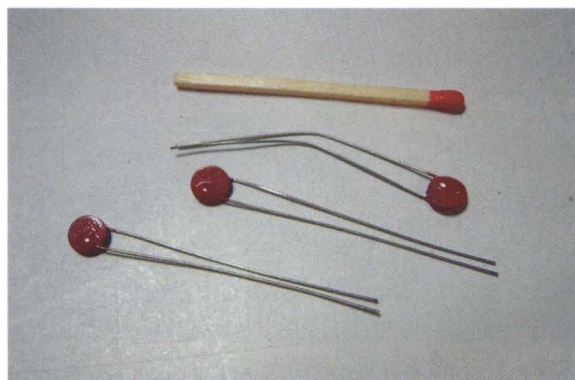


写真 3 サーマミスタ

4 圧力センサー 圧力 $\text{dyne} / \text{cm}^2$

圧力の変化を体積等の変位に変換してその変位を圧力として検出する。半導体圧力センサー、ゴム、樹脂圧力センサーやダイヤフラムタイプ圧力センサー等がある。半導体センサーは半導体の結晶に張力や圧縮が加わると電気抵抗(ピエゾ抵抗効果)が変化することを利用してシリコン基板の上にブリッジ回路を形成し、圧力により変化する抵抗値を出力として取り出す方式であり、また導電ゴムは従来絶縁体とされているゴム材料に導電材を混ぜることで導電タイプにしたものである。ゴムの弾性を生かして、圧力変化によるゴムの変位(歪み)を電気抵抗値の変化にする。

5 加速度センサー 加速度 cm / sec^2

6 振動センサー 振動数 Hzヘルツ

7 角度センサー

加速度や振動は変化を体積等の変位に変換してその変位を加速度、振動として検出する。

検出には半導体や距離の変位から静電容量タイプなどがあり、また小さな金属のボールを容器内に封じ込め電気接点として使うタイプもある。水銀スイッチはガラス

管の中に水銀と電極を封じ込めたスイッチで、傾けると電極が水銀に接触し導通してそのときの角度を検出できる。またこれらは各メーカーからデバイス単体というよりはインテリジェントシステムとしてのセンサーが開発販売されているものが多い。

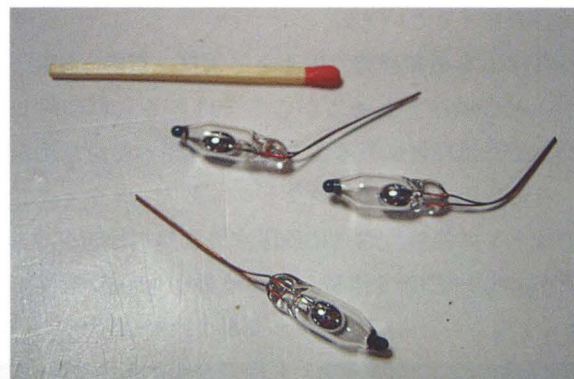


写真 4 水銀スイッチ

8 距離測定(センサー) 長さ(距離) cm

距離は目標位置までの超音波の往復時間から距離を測定する超音波タイプのセンサーや光学式と光りセンサーを組み合わせたものなどインテリジェントシステムとしてのセンサーが開発販売されている。また人の存在を検地する焦電型赤外線センサはよく知られている。これはあらゆる物体から放出される赤外線エネルギーを検出するセンサのことで接近センサーとして使われたり、フィルターを使うことで温度センサーとしても使用されている。

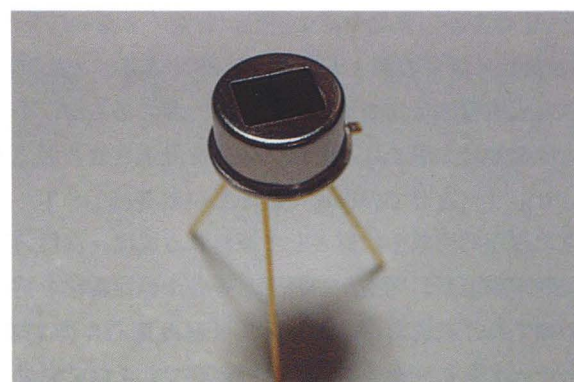


写真 5 接近センサー(しょうでん素子)

3. センサーのシステムへのインターフェース

インスレーションにおいて双方向性の入り口としてセンサーのシステムへの接続はおもに電気的な処理をされる。センサーの持つ現象の認知変化を目的とする電気信号に変換するが、それらはシステムの入力インターフェースに仕様を完全にあわせなければならない。電気信号のインターフェースとしての形態はおもに以下が用いられる。又各々の形態の中でもインターフェース仕様が規格化されているものがありその場合は使用するシステムの入力インターフェースと完全に一致させる必要がある。今回のセンサーとのインターフェース仕様は5項で詳しく述べるが主にアナログ信号による本システム専用のものである。

1 アナログ信号

電圧、 0～10V、 0～5V、 -5～+5V、
電流 0～10mA 4～20mA

アナログ信号は電圧電流ともそれほど厳格ではないが、製作されているデバイスにあわせ、また理解しやすさなどから通常使用されている範囲が上記のようにある。

2 デジタル信号

シリアル、 USB RS232C I2C
パラレル、 セントロニクス GPIB

主に知られるものであるが、それぞれのインターフェースでハード仕様として電圧、電流（内部インピーダンス）とスピード（立ち上がり特性）が、またソフト仕様としてプロトコルやハンドシェイク仕様が規格化されている。

3 インターフェースの選択

デジタルインターフェースはインテリジェントなセンサーからの入力に用いられる。たとえば距離センサーの距離データをシリアルでRS232C出力するというセンサーを使うときにはシステムの入力にはRS232Cインターフェースを用意しなければならない。また距離センサーの距離データ出力が0～5Vのアナログ電圧であるならば電圧入力用デバイスを用意し、システムでデジタルデータが必要ならDA変換デバイスを使用する。

4 その他

インテリジェントセンサーの接続はセンサー自体がその入力に対して規格の出力が出るように設計製作されているセンサー接続であるが、センサー単体をシステムに接続するときは、その形態にあわせて電気信号変換をしなければならない。例として光センサー（CdSセル）単体をシステムに接続するときは光に対するCdSセルの抵抗変化を電圧変換し目的とする光強度範囲をシステムが処理しやすい電圧範囲に変換してから入力する。例えばCdSセルの光－抵抗特性が1KΩ～50KΩでシステムの入力電圧範囲が0～5VならCdSに電流を流して電圧を発生させその電圧を入力する。さらに言うに抵抗をつないただけでは信号としての電圧は出て来ないので、抵抗に電流を流して電圧を発生させたとき電流が一定なら光により抵抗値が変化すれば電圧も変化するのでその電圧を光の変化と見なして取り込むのである。

4. 開発したシステム

データ収集部とデータ受信動作部のセットで開発し無線（FM電波）でデータの転送をおこなうシステムとした。

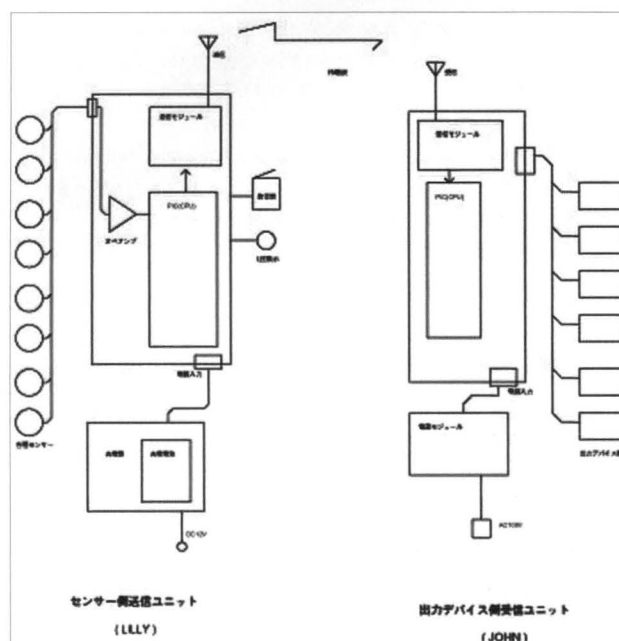


図 1 ブロック図

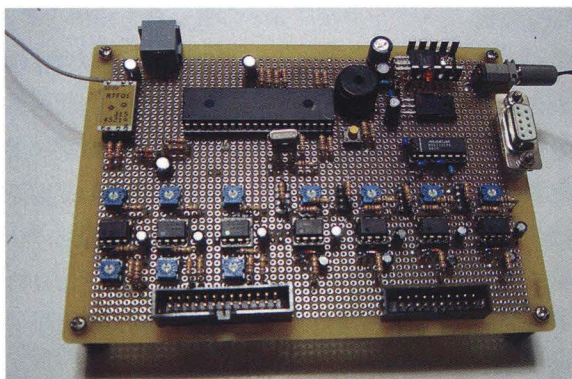


写真 6 送信部システムコントローラ

General Purpose Type Distance Measuring Sensors

General Description

SHARP's GP2D12/GP2D15 are general purpose type distance measuring sensors which consist of PSD* and infrared emitting diode and signal processing circuit. It enables to detect objects without any influence on the color of reflective objects, reflectivity, the lights of surroundings.

*PSD: Position Sensitive Detector

Features

- (1) Less influence on the color of reflective objects, reflectivity
- (2) Line-up of distance output, distance judgement type
Distance output type/analog voltage: GP2D12
Detecting distance: 10 to 80cm
Distance judgement type: GP2D15
Judgement distance: 24cm, Adjustable within the range of 10 to 80cm
- (3) External control circuit is unnecessary.
- (4) Low cost

Applications

- (1) TV's
- (2) Personal computers
- (3) Cars
- (4) Copiers

(1) センサーインターフェース部

センサーは距離センサー 5 入力、接触センサー 4 入力、スイッチ 4 入力とした。

距離センサー

光学測距方式センサーユニットで検出距離に応じた電圧を出力するアナログ出力型である。20cmで3.1V80cmで0.6V出力するのでAD入力範囲にあわせ最大効率でデータ変換するために1.6倍のゲインを持つバッファアンプで入力インターフェースしたオフセットはそのまま入力しADC後のソフト演算で処理する(図4)。

GP2D12: PSD素子測距センサー(シャープ)以下に形状、特性を示す。

Outline Dimensions

(Unit: mm)

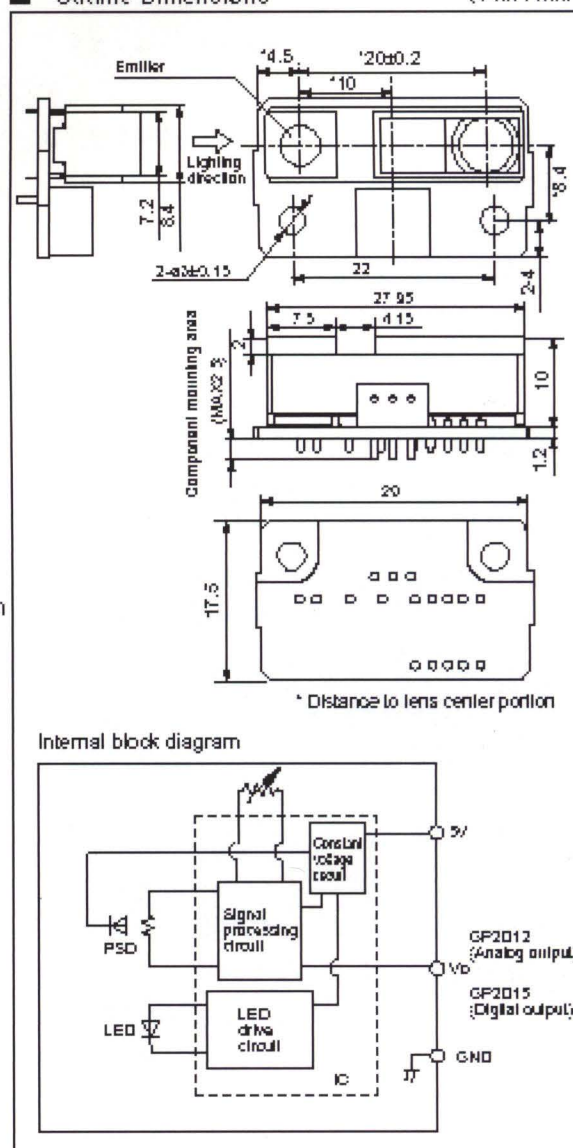


図 2 外形図

■ Specifications

GP2D12

(Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating
Supply voltage	Vcc	4.5 to 5.5V
Dissipation current	Icc	MAX. 35mA
Measuring range	L	10 to 80cm
Output type	—	Analog output
Operating temperature	Topr	-10 to +60°C

GP2D15

(Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating
Supply voltage	Vcc	4.5 to 5.5V
Dissipation current	Icc	MAX. 35mA
*Judgement distance	L	TYP. 24cm
Output type	—	Digital output
Operating temperature	Topr	-10 to +60°C

* Adjustable within the range of 10 to 80cm.<Custom products>

■ Output pattern

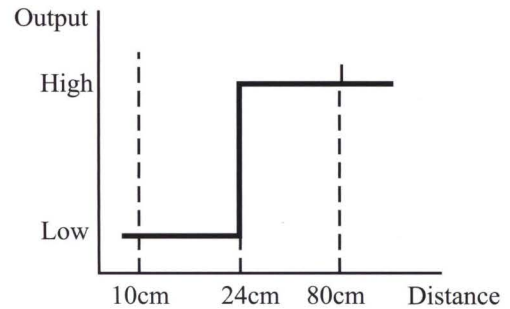
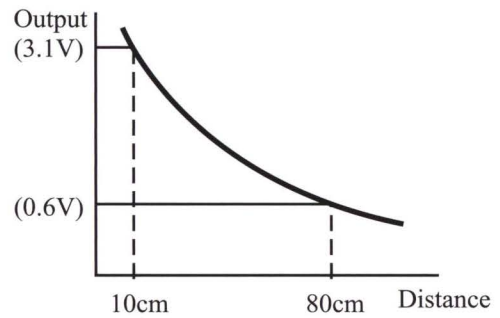
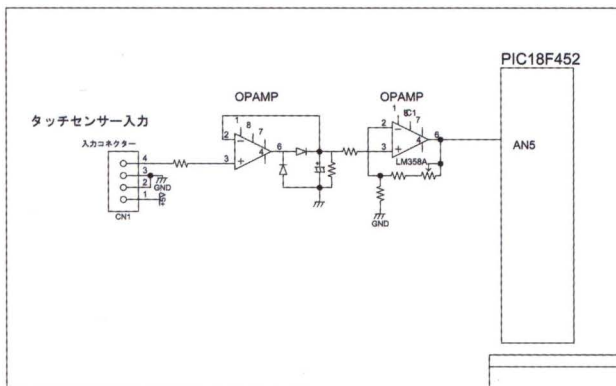
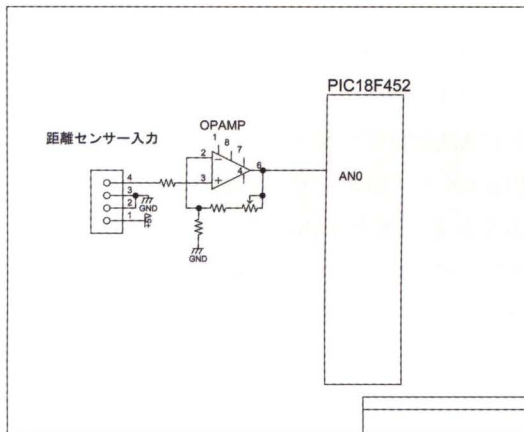


図 3 特性表



- 図 4 アナログ入力回路
- 図 5 センサー入力回路図

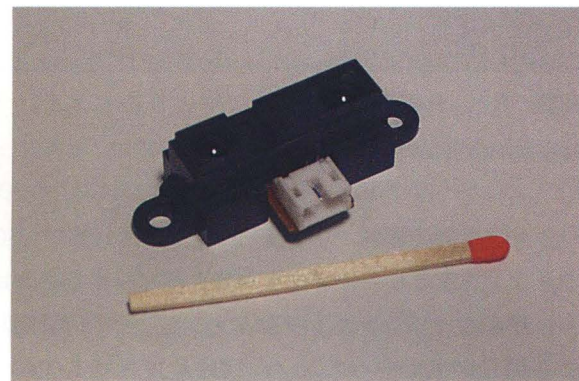


写真 7 素子測距センサー (シャープ)

接触センサー

今回のセンサーは接触強度をゲル状の伝導体で拾うことを試験的に行ってみた。接触の程度による人体誘電電位をオペアンプによるバッファ、検波とアンプ回路で0～5Vアナログ電圧を出力するセンサーシステムを製作した。接触の強度により発生する電圧を利用しやすい直流電圧に変えてから、その電圧を必要な大きさまで増幅するのがセンサーインターフェース部である (図5)。

(2) CPUチップ

センサーからのアナログ入力をデジタルデータとして取り込みデジタル処理するにはCPUチップとADCチップが必要であるが近年のチップの進化は目覚しく、周辺IOをまとめたワンチップCPUが多数開発生産され産業界やホビーレベルでも使用されている。今回のシステムには必要な機能がすべてチップ内に収まったマイクロチップ社のPIC18F452というマイコンチップを使用する。マイクロチップ社のハイエンドに属するチップで機能、容量、スピード的にも今回の仕様に十分な性能を持つ。今回のセンサーインターフェース用としてADCが8チャンネル内蔵されていて、また無線通信シリアルデータ用のUARTも内蔵されている。

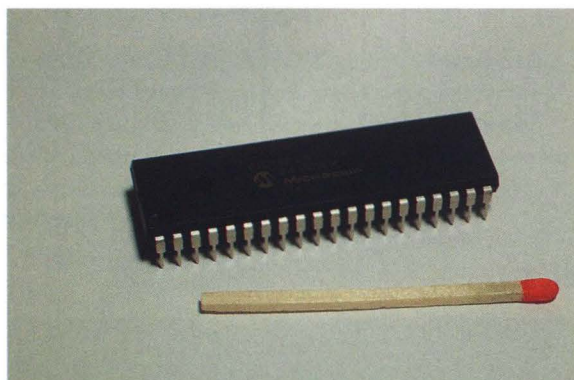


写真 8 PIC18F452

<http://www.microchip.co.jp/>

(3) ソフト開発環境

マイコンチップなのでソフト制作とデバックが必要になる。従来のマイコンチップはアセンブラー（機械語）による開発が主であったが、今回はCコンパイラを使用する。またPCとUSBで接続されるCコンパイラによるデバックも可能でプログラム（ICSP）も可能なICD-U40を使用する。以下が環境スペックである。

開発PC DELL Demention8200

Cコンパイラ PCWH CCS Inc

デバッカー ICD-U40 CCS Inc

CCS社のコンパイラはマイクロチップ社のPICチップに特化したコンパイラで少し慣れれば短時間での開発が可能となる統合環境を持つCコンパイラである。

<http://www.ccsinfo.com/Contactinfo.shtml>

ICD-U40

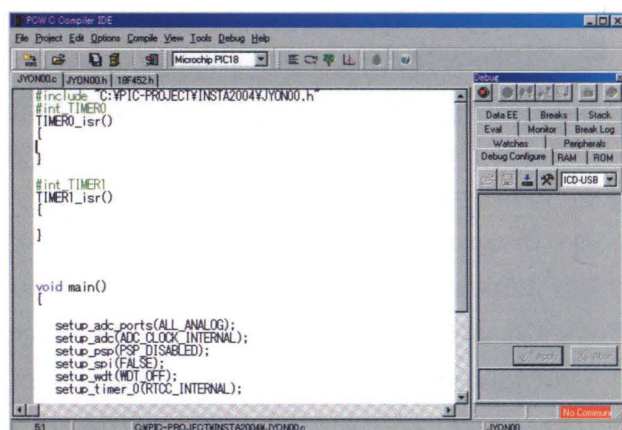


写真 9 コンパイラ画面

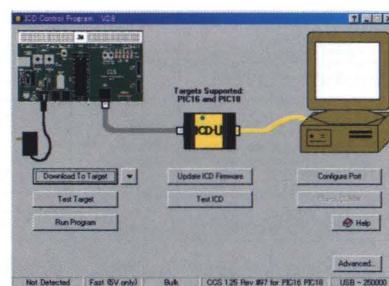


写真 10 ICD-U40 起動画面

(4) データのサンプル

送信部は距離センサー 5chと接触センサー 3chは8ビットにAD変換し合計 8CHのデータがそろろう。これら 8CHはメインのポーリング動作により～20ms毎に読み込まれる。また 4chのスイッチも同じタイミングで読まれ、各センサーに対するレベル表示として 8CHの発光ダイオードが点灯される。この点灯へのセンサーレベル値は再現性をなくす為に擬似乱数値との比較による。センサー入力は以下のデジタル値を持つことになる。

距離センサー 1	上	0～255	80cm	～	20cm
距離センサー 2	右	0～255	80cm	～	20cm
距離センサー 3	左	0～255	80cm	～	20cm
距離センサー 4	前	0～255	80cm	～	20cm
距離センサー 5	後	0～255	80cm	～	20cm
接触センサー 1	左	0～255	接触	弱	～ 強
接触センサー 2	中央	0～255	接触	弱	～ 強
接触センサー 3	右	0～255	接触	弱	～ 強
接触センサー 4	下	0～255	ウェークアップトリガー(起動)		
スイッチ入力	コントロール用(システム用)	4ビット			

(5) データの送信及び同期

データは無線モジュールFM-RTFQ1-315によりリアルタイムに送信される。データフォーマットは上記センサーデータ順にSTX、ノーマルデータ、反転データ、ETXと送られる。

送信データはSTX、データ、ETXを含めて20バイトである。送信最大速度は4800BPSであるから、20バイト送るには約33ms必要であり、1秒間に30回送信できることになり仮に通信エラーで20%がはねられるとしても24回のデータ通信が可能となる。これは受信側のリアルタイム処理が映像で可能としたら普通の動画と同じレベルの内容になることになる。またデータのエラー率が少ない環境の時は反転データを付加しないでBCC等のチェックコードのみにすればデータ量が半分になるので速度は2倍になる。またバイナリコードを用いて固定長データの送信をするため受信側ではブロックデータのトップ同期を取るため同期コードが必要になる。

同期コード

反転データが繰り返されない 10バイトの同期データ

データ内容

STX、STX、STX

センサー1、1、2、2、3、3、4、4、5、5、6、6、7、7、8、8

スイッチビットのノーマルデータ、スイッチビットの反転データ

ETX

最初がノーマルデータ、次が反転データを繰り返す。

データ通信仕様

バイナリデータ 固定長 20バイト

4800Bps 8ビット パリティ無し スタート1ビット
ストップ1ビット

(6) データの受信

受信機のほうは動作開始時に同期データを待ち次からのSTXを検出してデータを入力する。受信のデータは1バイトごとに反転しているのでそうでないデータは無線の通信エラーと見なしてそのデータは破棄する。今回のシステムは双方向ではないのでACK、NAK等によるハンドシェイクが出来なく全体の動作は放送受信やUDP/IPパケットのイメージである。逆に言うと同じチャンネルの受信機はすべてデータを共有できることに

なっている。

(7) データの変換利用

受信した距離センサー5個分のデータと、接触センサー3個分のデータはそれぞれAD変換されたリアルタイムのデジタルデータである。(0~255が人との距離と接触度を示す) センサー部からのこのデジタルデータはソフト処理をすることで出力デバイスに意味付けできる。たとえば距離センサー4(前)の位置に人が接近したらその距離に応じてランプを明暗させる場合は距離センサー4(前)の0~255のデータでランプコントロールすればよい。また単純に人が50cmの位置にきたらランプをつける場合はその位置データ以下でランプをオンするようにすればよい。またこのデータをさらに加工してMIDIのノートオンやベロシティに対応して出力すればMIDI機器にセンサーデータを渡すことが出来る。

5. インストールへの応用

今回のセンサーシステムの特徴と開発目的はセンサー部から駆動部やPCコントロール部までをワイヤレスで結びある程度のリアルタイム性を保障することである。インストールにおいてセンサーの設計、配置、信号ラインの引き回しは動力部や信号部のケーブルが混在して這わされるため、安定してシステム全体を動かすにはかなりの経験と電気的なノウハウが必要になる。システムが不安定動作になるおもな要因は入力部へのノイズの混入があり、それらはセンサーからシステムまで長いケーブルで引き回さざるを得ない環境にもよる。またコストをかけてインテリジェントなセンサーも使用できるが、自分のシステムにあったインターフェースや動作使用範囲などうまくマッチングさせるのは難しい場合もある。ここのセンサー部(送信部)は前に述べたように8個のアナログデータやほかの情報をセンサー位置から30M程度は離れたところまでリアルタイムで送れるものである。センサー部から離れたところで反応する光や音、映像などの間にはケーブルを必要とせず、自由に空間を創造できることになる。また受信部は複数台設置可能なので1台のセンサー部からのデータをそれぞれの受信部が意味を変えて動作するようにも出来る。

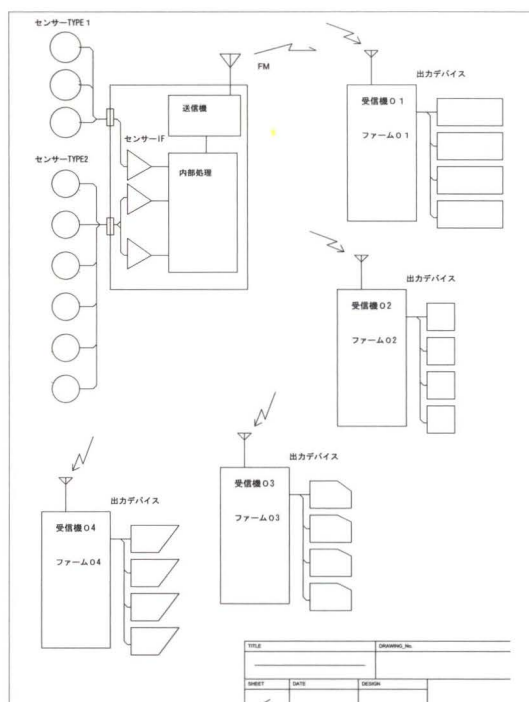


図 5 動作イメージ図

6. 今後へのシステムの可能性等

現在のコントロールソフトはC言語で記述されているがプログラムを初めて間もない人やシステムの内容に疎い人などがこの動作をカスタマイズするにはかなり敷居が高い。この敷居の高さを低くして自由に内容を設定できるようにする為のインターフェースソフトの開発を必要と感じる。ソースコードやコンパイルなど意識しなくともたとえばPCに接続するとWindowsのGUIのようなイメージで中身を変更できるPCのAPとファーム開発がシステムの可能性を広げる。また応用のところでも述べたが1対多数のシステムの構築がさらなるインストールへの広がり期待できる、そのための技術的なボトルネックは通信速度とプロトコルである。ハンドシェイクが行えないということと、8CH以上のデータがある程度の速度でリアルタイムに送ろうとすれば現状の無線システムでは困難であるということである。近年デバイス間の短距離通信をより簡単に効率よくおこなうブルートース (Bluetooth) という無線技術が開発され市場に参入した各ベンダーがしのぎを削っている。約10m以内にある機器をワイヤレスに接続する規格の一つだがこの技術今回使用したPICデバイスで使用すれば複数のシステム間でデータの共有が出来てより有効なもの

となりアーティスト側のインストール制作に於けるシステムの制限をはずすことになるだろう。もしブルートースが数年を待たずして立ち上がり周辺デバイスや、コントロールチップが生産され入手可能になれば本システムのブルートース化は十分視野に入ってくるといえる。

7. 終わりに

インストール作品が結果としてよいものであればそれを支えるシステムや、素材は途中の段階である。現時点ではシステムのみで評価で、作品そのものに対してまでは至っていないが、写真は本システムを使用したインストールの"装置—ジョン"と"装置—リリー"と会場風景等である。それらに対しての反省情報や今後の課題等の発表の機会も持ちたいと思う。また一緒に製作作業を行った映像コースの皆様やシステムPCBの制作デバックに御協力くださった各氏に謝辞としてありがたい言葉を締めくくりとして伝えたい。



写真 11 装置—ジョン



写真 12 装置—リリー



写真 13 会場風景



写真 14 製作現場

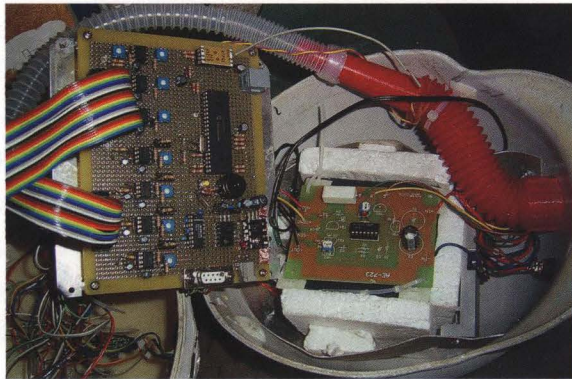


写真 15 リリー内部



写真 16 ジョンコントロール

参考URL

2004・11現在

マイクロチップ社 PICマイコンチップ

<http://www.microchip.co.jp/>

CCS INC Cコンパイラ

<http://www.ccsinfo.com/Contactinfo.shtml>

IAR Systems プルーツ

<http://www.iarsys.co.jp/bt.html>

イナバゴム 感圧導電性

<http://www.inaba-rubber.co.jp/>

シャープ 距離センサーユニット

<http://www.sharp.co.jp/products/device/lineup/opto/sensor/>

IPI RFモジュール仕様書

<http://www.ipic.co.jp/>

日本規格協会 各種規格

<http://www.jsa.or.jp/>

東北総合通信局 電波法

<http://www.ttb.go.jp/>

kitchen.Lab_ (無線センサー製品例) 16 sensors wireless

UDP interface

<http://www.la-kitchen.fr/kitchenlab/kroonde-en.html>

執筆者

野上 文天 デザイン工学部 情報デザイン学科
NOGAMI Buntan Faculty of Design/Department of Information Design

非常勤講師
Part-Time Lecturer

サンアートマン代表
CEO Sanatman Ltd