

物理空間と情報空間の融合

Physical Informatic Fusion

赤塚 浩太 (知的システムデザイン研究室)

Kouta AKATSUKA (Intelligent System Design Laboratory)

Abstract Previously we deal with a infomatic world are different from a physical world. So we introduce an instance of fusing these two worlds. Sensors which hook to a computer pass on information to a computer program. The program changes the infomatic world in sync with the information. Like this instance, physical infomatic fused system enables a computer system to change automatically by the environment.



図 1: システム全体

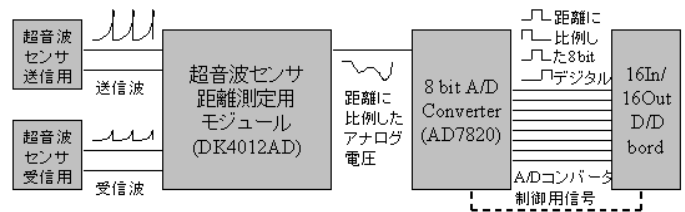


図 2: 距離センサ

1 はじめに

これまで、コンピュータの扱う情報空間と、現実世界である物理空間は、異なった空間として扱われることが多かった。そこで、これら2つの空間を融合することを目標に研究を進める。その一つの例として、物理空間の状態をセンサーなどにより把握し、それにより情報空間の状態を変化させることを行う。すなわち、コンピュータの状態が周囲の環境変化によって変化する、コンピュータの知的化を行う。

今回把握する物理空間の状態は、コンピュータの設置角度と、2台のコンピュータ間の距離である。これらをセンサーによってコンピュータに取り込み、その結果としてコンピュータ内部のプログラムで描画されたコップから水がこぼれたり、2台のコンピュータでそれぞれ実行されているプログラム間の伝達速度を変化させることを行う。

2 システム全体像

作成されるシステムの全体像は、図1のようになる。つまり、傾きを検知する傾きセンサや距離を検知する距離センサを外部機器として設置し、これらのセンサからのデータをデータ取り込み部でパソコン内で扱える情報に変換する。そして、変換された情報を元に各ソフトウェアで情報空間の操作を行う。具体的には、距離セン

サ、傾きセンサとも TTL レベル¹の出力を持つものを用意し、データ取り込み部には、パソコンに TTL レベルの信号を取り入れるための拡張ボードである D/D ボードを用いる。このボードからの入力はパソコン内の I/O ポートに反映されるため、ソフトウェアで I/O ポートを読むことで、外部のセンサの状態を把握することができる。

3 ハードウェアの詳細

ハードウェア各部の詳細はそれぞれ以下の通りである。

● 距離センサ

距離センサには、市販されているものもあるが、そのほとんどが必要以上に高精度なものや、高価・大型なもの、出力形式がパソコンに取り込むのに適していないものなど、今回のシステムに実装するには問題が多く向かないものであった。このため、電子回路を設計し自作することにした。その際、距離測定に比較的安価で制作が簡単な超音波を利用する事にした。超音波の距離によって伝搬時間が大きく異なるという性質を利用し、送信部から発信された音波が受信部まで到達する時間の差によって、距離

¹ TTLIC で扱うことのできるデジタルデータ形式で、電圧が 0V ~ 0.8V で OFF(Low)、2.2V ~ 5.0V で ON(High) を表す

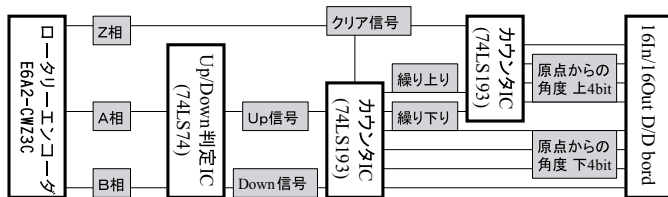


図 3: 傾きセンサ

を測定する。今回は距離測定に、送信・受信・距離算出などの IC が 1 つにまとまっていて付加回路が少なくすむ、DK-4012AD というモジュールを用いた。このモジュールからの出力は、送信部と受信部の距離に比例したおよそ 0~5V のアナログ電圧である。この出力を A/D コンバータを用いてデジタル 8bit データに変換することで、D/D ボードによってパソコンにデータを入力することができるようになり、パソコンからセンサの送受信部間の距離を把握できるようになる。ただし、若干ではあるが A/D コンバータを制御する必要²があるため、パソコンからの出力信号を A/D コンバータにつなげる必要がある。具体的には図 2 に示すような構造になる。なお A/D コンバータには、入出力が今回のシステムに適合で、周辺回路が最小限ですむアナログデバイス社の AD7820 を用いた。具体的には、入力 0~5V、出力 8bit の 1 チャンネルハーフフラッシュ型³A/D コンバータである。

● 傾きセンサ

傾きセンサにも市販されているものがあるが、数が非常に少なく、今回の用途に見合う製品がなかったため、こちらはロータリーエンコーダとおもりで代用した。ロータリーエンコーダとは、モーターのような形をしたもので軸が 1 周するにつき数十~数千のパルスが出力されるものである。これにより、ロータリーエンコーダを設置した台が傾くと、その角度の変化に応じてパルスが出力される。ただし、ロータリーエンコーダからの出力は、絶対位置ではなく相対変化であるため外部にカウンタ装置などが必要になる。具体的には図 3 のようになる。次に各部分ごとに詳しく述べる。

ー ロータリーエンコーダ

今回は、1 周 200 パルスで、A,B,Z の 3 相出力のものを選んだ。A,B 相は一定角 (1.8 度) ごとにパルスが 1 つでる。ただし、回転方向判別のため、A,B 相は位相がその回転方向に

²具体的には変換開始信号を変換時に毎回送る必要がある。

³A/D 変換の方法で、他には積分型・逐次近似型などがあるが、この型は他に比べ高速に変換できるため周辺回路が簡単に設計できる。

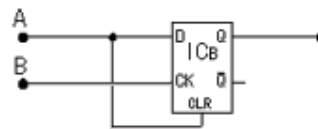


図 4: D-type FlipFlop

よって 90 度または 270 度ずれて出力される。この位相差によって右回転と左回転を判別することができる。また、Z 相は 1 周に 1 パルスのみ出力されるもので、これにより原点位置を特定できる。出力端子はオープンコレクタ形式⁴であるため、5V を印可することにより TTL レベルの出力を得ることができる。

ー 74LS74

TTLIC の 1 種で D-type のフリップフロップを 2 個内蔵した IC である。この IC に、ロータリーエンコーダの A,B 相の出力を入力することにより、右回転・左回転を判別し Up/Down の出力を得ることができる。D-type のフリップフロップは CK 端子が Low から High に変化した時の D 端子の入力が Q 端子に出力される。また CLR 端子が Low になると出力は Low となる。このため、図 4 のように、A 相を D と CLR、B 相を CK に接続すると、B 相より A 相の方が 90 度位相が早いときのみパルスが出力される。このため 2 つフリップフロップを用意すると、右回転の時は 1 つ目のフリップフロップから、左回転の時は 2 つ目のフリップフロップからパルスが出力される。

ー 74LS193

TTLIC の 1 種で 4bit バイナリカウンタである。Up/Down の入力端子を持ちそれぞれの端子から入力されたパルスの合計数を計算し 4bit で出力する。繰り上がり繰り下がり信号を出力できるため、これらを次段のカウンタに入力させることで n 個つないで、 $n \times 4$ bit のカウンタを作ることができる。今回は 2 個つないで 8bit カウンタとして使用している。また、原点位置でカウンタをリセットするため⁵、ロータリーエンコーダの Z 相からの出力をクリア端子に接続している。

⁴トランジスタのコレクタ端子が出力端子になっている形式で、規定電圧までの任意の電圧 nV を印可することで 0V/nV の on/off 信号を出力できる

⁵本来はその必要はないのだが、カウンタの読み落としがエンコーダの不良によりカウント誤差が生じることがあるため、水平位置でリセットするようにしている

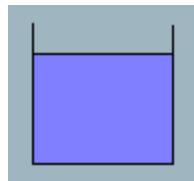


図 5: 水平な場合

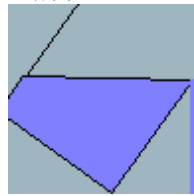


図 6: 傾けた場合

● D/D 変換ボード

D/D 変換ボード (カード) には、CONTEC 社製のボードを用いた。このボードは、入力端子の信号レベルが High ならば、I/O ポートのその端子用の bit が 1 になるというように外部の入出力端子と I/O ポートの情報を 1 対 1 に対応させるものである。これにより、センサなどの TTL レベルの情報をパソコンのソフトウェアから扱うことができる。

● 電源回路

IC やセンサを動作させるには当然電源が必要であるが、今回の D/D ボードには +5V の電源供給端子を持っていたので、その端子から直接供給することで IC とロータリーエンコーダへの電源供給は問題なく行われた。また超音波距離センサは +12V ± 2V の直流電源を必要とするが、別途 AC アダプタを購入し対応した。

4 ソフトウェア

ソフトウェアでは、I/O ポートを読み書きして、センサの状態を把握しながら、情報空間の操作を行う。

傾きセンサ用のソフトウェアでは、カウンタ IC からの出力を把握し、その値によってソフトウェア内のコップの傾きを変化させ、コップと水の状態によって水がこぼれるようにする。具体的には図 5・6 のように、センサとソフトウェアが同期しており、センサを傾けるとソフトウェア上のコップが傾き、コップ内の水がこぼれる。

距離センサ用のソフトウェアは、図 7 のような実行画面となる。どちらか一方に距離センサからの出力が入力されている。また、もう一方には TCP/IP による通信によって距離情報が送られ、両者で距離情報を共有している。ボールが各ソフトウェアの端まで到達するとボール情報が通信によって転送され、もう一方のパソコン内にボールが移る。この際、両者で共有している距離情報

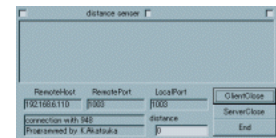
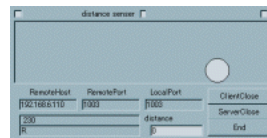


図 7: 距離センサ

により、ボールが移動する時間を変化させる。これにより、ソフトウェア間のボールの往復にかかる時間を距離によって変化させることができる。なお、先にも述べたが A/D コンバータを制御しなければならないので、そのプログラムも組み込んである。

なお、今回ソフトウェアの作成は VisualBasic で行ったが、VisualBasic では I/O ポートの読み書きが言語仕様上不可能であるため、(株)プレイン社製のフリーの DLL を組み込んで対応した。

5 まとめ

これまで、デスクトップパソコンでの模擬実験をおこなってきた結果、センサによって把握された物理空間を、ソフトウェア上の情報空間に反映させることに成功した。物理空間と情報空間を融合したシステムの一つとして、上記のシステムが実現可能であるといえる。これにより、今後はノートパソコンにこれらのシステムを実装し、同一コンピュータ内のプログラム間ではなく、距離センサを内蔵した 2 つのパソコン間で情報空間を共有し、その空間に物理空間が融合されるシステムの開発や、傾きセンサを一体化させ、パソコンを傾けるとコップではなく水面が傾くプログラムの開発を行い、パソコンに付属した外部機器による物理空間の把握ではなく、パソコン本体と一体化されたモジュールによる物理空間の把握を目指す。

参考文献

- [1] 『トランジスタ技術 SPECIAL No.66』
(CQ 出版株式会社,1999)
- [2] 趣味の電子工作によろこそ デジタル・ダイヤル
<http://www2s.biglobe.ne.jp/~se-inoue/ckt10.htm>
- [3] Windows 環境における計測教材の開発
<http://rosemary.ed.gifu-u.ac.jp/~itoh/kai/index.htm>
- [4] Cyber Work Shop
<http://www.omninet.co.jp/workshop/>