

K-086

## 超音波を利用した手書き用電子ペン Electronic Pen for Handwriting Using Ultrasound

関口英紀 浜壮一 藤井彰  
Hidenori Sekiguchi Soichi Hama Akira Fujii

### 1. はじめに

手書き入力、誰でも簡単に行える入力手段であり、今後のユビキタス時代においても、手軽に行える入力手段として有望視されている。

従来、手書き入力を行うには、タッチパネルやタブレットを使用するのが一般的であるが、専用パネルが必要であり、また、表面がツルツルして書きにくい場合がある。手書き手段としては、紙にペンで書く方法が、ひとつの完成された手段である。そこで、我々は、紙にペンで書くと同時に書いた筆跡をコンピュータに入力する手書き用電子ペンを開発した[1]。

紙に書く筆跡が電子化されるものとしては、近年、超音波を使用する方法[2]や専用のドットが印刷された紙を使用する方法[3]が開発されている。我々も、各種の方法を検討した結果、小型、低価格、高精度が期待できる方法として、空中超音波の伝搬時間からペン位置を求める方法が適当と判断し、超音波方式の電子ペンを開発した。

### 2. 測定原理

図1に測定原理を示す。ペンから赤外線パルスと超音波パルスを空中に同時に発生させる。固定配置した赤外線センサで赤外線を受信してから2個の超音波センサで超音波を受信するまでの遅延時間から、ペン位置を求めることができる。

音速に比べて光速は十分に速いため、赤外線の伝搬遅延時間を無視すると、音速を  $V$ 、赤外線受信から超音波センサ  $Ra$ 、 $Rb$  の超音波受信までの遅延時間を  $Ta$ 、 $Tb$ 、超音波発信源  $P$  と超音波センサ  $Ra$ 、 $Rb$  の距離を  $La$ 、 $Lb$  とすると、

$$La = VTa$$

$$Lb = VTb$$

であり、超音波発信源  $P$  の座標を  $(x, y)$ 、超音波センサ  $Ra$ 、 $Rb$  の座標をそれぞれ  $(0, 0)$ 、 $(W, 0)$  とすると

$$x^2 + y^2 = La^2$$

$$(x - W)^2 + y^2 = Lb^2$$

となるので  $x, y$  について解けば

$$x = \frac{(VTa)^2 - (VTb)^2 + W^2}{2W}$$

$$y = \sqrt{(VTa)^2 - x^2}$$

で、超音波発信源、すなわち、ペンの座標が求められる。これを一定間隔で連続して行くとペンの軌跡が求められる。さらに、通常は紙に筆記している時のみペン軌跡を求めれば良いため、ペン先が紙にタッチしている時のみ、パルスを発信すれば良い。

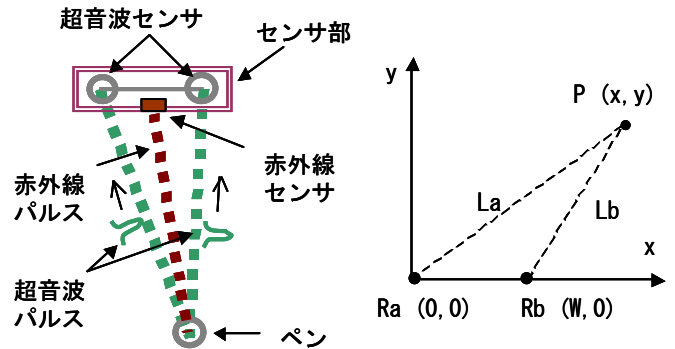


図1 測定原理図

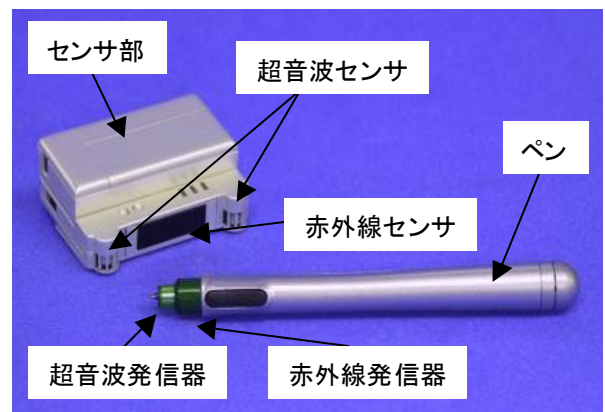


図2 電子ペン外観

### 3. 開発技術

図2に開発した専用ペンと紙に固定するセンサ部を示す。ペン先は通常のボールペン芯となっており、通常のペンと同様に紙筆記可能である。ペン先を紙にタッチするとスイッチが入り、赤外線と超音波パルスを発信する。

通常のペンは軸対称であり、軸まわりに回転することを考えると、超音波発信器と赤外線発信器は360度方向に無指向性であることが望ましい。超音波に関しては、圧電フィルムを円筒状に丸め、電圧を印可すると円筒が半径方向に収縮して超音波を発生する発信器を開発した。昇圧回路により  $\pm 300V$  程度の電圧を印可することで、80kHzの超音波が200mm距離で2Pa程度の音圧で発生する。赤外線に関しては、指向性120度の赤外線LEDを軸まわりに120度間隔で3個実装した。

センサ部は、図3に示すように、紙の左上角に固定して使用する。紙の左上角に固定する理由は以下である。

- ・紙に対して左右上下の位置が一意に決まるため紙とセンサ部の位置キャリブレーションが不要となる。
- ・上辺に固定すると左右上角付近がセンサの死角となりペン位置が求まらなくなる。

- ・右利きの人にはセンサが左上角にあるのが、右手で超音波や赤外線信号を遮断しにくい。

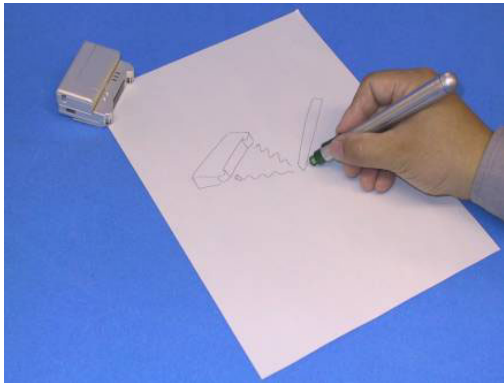


図3 電子ペンを使用している様子

超音波センサも、90度以上の指向性を得るために圧電フィルムを丸めた物を開発した。前記ペンを200mm距離に置いた時、0.3mVppの感度が得られる。赤外線センサは指向性120度の赤外線フォトダイオードを使用した。

超音波距離計では、図4のように受信した超音波信号の包絡線を求め、包絡線が適当な閾値を超えたことで超音波伝搬を検出する方法が一般的である。しかし、包絡線にすると勾配が小さいために閾値と比較する時にノイズの影響で分解能が悪くなる。そこで、包絡線を求めずに、直接、検出した超音波パルス波形を閾値と比較して伝搬時間を検出するようにした。さらに、直接波の最初の波では、振幅が小さく、分解能が不十分なため、振幅が大きくなる第三番目の波で伝搬時間を検出するようにした。これによって、従来の超音波方式よりも小型のセンサ部で高分解能を実現した。

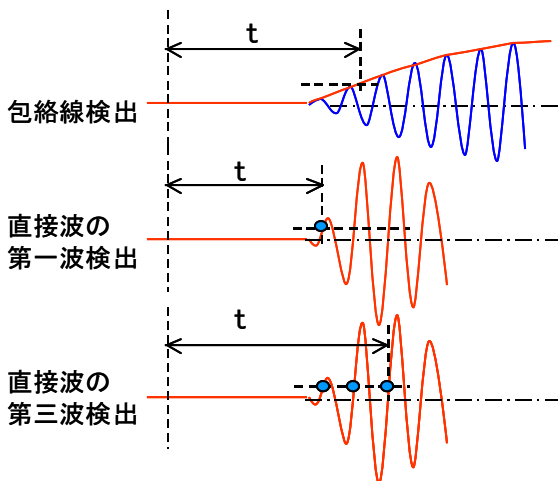


図4 超音波検出方式

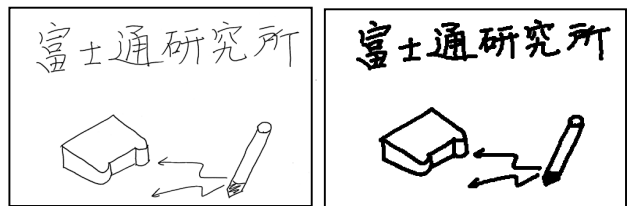
計測した伝搬時間は、リアルタイムにUSBインタフェース経由でパソコンに転送されるため、ペンで紙に筆記すると同時に筆跡を電子化できる。そこで、システムと対話しながら筆跡を電子化するようなインタラクティブな使い方が可能となる。

さらに、センサ部に、フラッシュメモリを搭載し、パソ

コンと切り離して使うことも可能である。1点あたり8byteのデータを保存しているため、1文字を平均0.9sで筆記するとすれば、64Mbitのメモリで約1200文字保存できる。A4用紙1枚あたり400文字とすれば、A4用紙で約30枚分の筆跡が保存できる。この場合は、筆跡を一度メモリに保存しておき、後でパソコンに接続してパソコンで筆跡を利用する使い方となる。これによって、例えば、パソコンを携帯せずにペンとセンサ部のみ携帯し、外出先で筆跡を保存し、事務所に戻って筆跡をパソコンに取り込むような使い方が可能となる。

#### 4. 性能

開発した電子ペンを使用して紙に筆記し、そのデータをパソコンで表示した結果を図5に示す。紙筆記内容を忠実に電子化できている。



紙筆記結果 電子データ  
図5 紙筆記結果と電子データの比較

開発したペンの性能を表1に示す。分解能は、センサ部からの距離の2乗に比例して粗くなるため、ここでは、A4紙面中心(センサ部から150mm位置)の分解能を示した。ペン電池寿命は、リチウム電池CR1/3使用時に連続約15時間である。ペンを持っていても、ペンをタッチしていなければ電池は消費しないため、ペンを持っている時間の内の10%がペンをタッチしているとすると150時間使用可能であり、1日5時間使用するとすれば、約1カ月間使用可能である。

表1 電子ペンの性能

筆記範囲	A4
分解能	0.2mm (A4中心位置)
取込み周期	100回/秒
ペン電池寿命	約1カ月(CR1/3使用)
メモリ容量	A4用紙約30枚
インタフェース	USB

#### 5. まとめ

紙に筆記すると同時に筆跡を電子化可能な超音波方式の電子ペンを開発した。この技術を用いた電子ペンを富士通グループで現在量産販売している。今後、教育、医療、金融、流通分野等で活用が期待できる。

#### 参考文献

- [1] <http://pr.fujitsu.com/jp/news/2002/03/5.html>
- [2] <http://www.pegatech.com/>
- [3] <http://www.anoto.com/>