

## 超音波を用いた屋内測位システムにおける測位誤差要因とその評価 Positioning Error Factors and their Evaluation for Indoor Positioning System by Ultrasonic Wave

須永 光<sup>†</sup> 羽田 昂史<sup>†</sup> 秋山 征己<sup>‡</sup> 五百蔵 重典<sup>‡</sup> 田中 博<sup>‡</sup>  
Hikaru Sunaga<sup>†</sup> Takashi Hada<sup>†</sup> Masaki Akiyama<sup>‡</sup> Shigenori Iroji<sup>‡</sup> Hiroshi Tanaka<sup>‡</sup>

### 1. はじめに

測位手段として、屋外ではGPSが精度、カバーエリアの観点から広く利用されているが、屋内の測位手段は現在確立されていない<sup>1)</sup>。そこで我々は、屋内測位手段として、超音波による測位システムの開発を行っている<sup>2)</sup>。超音波を用いた測位の利点として、屋内環境におけるマルチパスの影響が問題となる電波を用いた方法と比べて、高精度であることや、電波法の制約を受けないことがある。しかし、測距誤差や受信部の取り付け位置誤差など測位精度に影響を与えるものが存在する。本報告では、これらの測位精度に影響を与える要因が組み合わさった時の測位誤差をシミュレーションによって定量的に明らかにし、実際に測位実験を行ったものと比較し評価した結果を述べる。

### 2. システム適用イメージと測位手段

本システムの適用イメージを図1に示す。超音波受信センサを天井に取り付け、人や移動体に取り付けた超音波送信部からの信号を受けることにより、位置を算出する。超音波を用いた測位システムは、Active Bat<sup>3)</sup>、Criket<sup>4)</sup>やZPS<sup>5)</sup>などがあるが、これらは電波を用いて送信部と受信部の同期を確保し、測距情報を得ている。我々のシステムは、電波を用いず超音波のみで位置算出を行うため、システムの簡易化を可能としている。

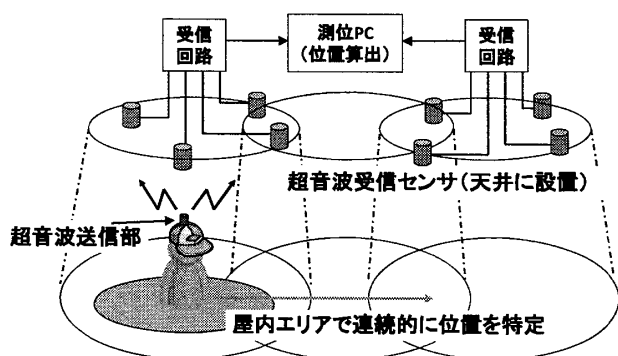


図1 システム適用イメージ

### 3. 測位誤差要因とその影響

3.1節では、タイマカウント誤差が測位精度に与える影響のシミュレーション、3.2節では、受信センサの取り付け位置誤差が測位精度に与える影響のシミュレーションを行う。また3.3節ではこれらの誤差要因が組み合わさった時の測

位誤差のシミュレーションを行い、実際に測位を行った結果と比較を行う。シミュレーションでの受信センサの取り付け位置は実験で設定した位置を使用する。取り付け位置を表1に示す。

表1 各センサの取り付け位置

	取り付け位置(mm)
受信センサ0	(0,0,1343)
受信センサ1	(-500,500,1443)
受信センサ2	(500,500,1393)
受信センサ3	(500,-500,1443)
受信センサ4	(-500,-500,1393)
送信部	(0,0,50)

### 3.1 タイマカウント誤差の影響

タイマカウント誤差とは、超音波の伝搬時間の計測誤差であり、ここでは各受信センサを1mずつ離れたときそれぞれの受信センサが超音波を受信したときのカウントを計測した。ここで1カウントは0.32 $\mu$ secである。2mから1m間の平均は76 $\mu$ sec、標準偏差17 $\mu$ secであり、これが超音波伝搬計測誤差となる。また距離が遠くなるにつれて超音波受信強度が低下するため標準偏差が大きくなる。そこでタイマカウント誤差が測位誤差精度に与える影響を考察するため、平均が-135 $\mu$ secから135 $\mu$ sec、標準偏差が平均の1/4.5の範囲でタイマカウント誤差が生じると仮定したときの結果を図2に示す。グラフ中の点は測位誤差の平均値、上下の線は測位誤差の標準偏差を示す。タイマカウント誤差が大きくなるにつれて標準偏差が比例して大きくなること、x, y軸に比べてz軸に大きくばらつくことがわかる。

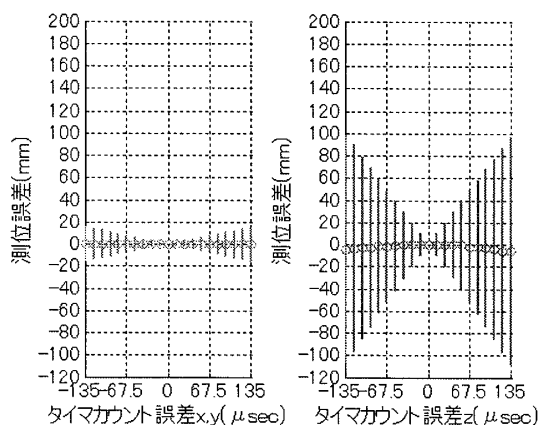


図2 タイマカウント誤差の影響

<sup>†</sup> 神奈川工科大学 大学院 情報工学専攻  
Kanagawa Institute of Technology, Information & Computer Sciences  
<sup>‡</sup> 神奈川工科大学 情報工学科  
Kanagawa Institute of Technology, Department of Information & Computer Sciences

3.2 取り付け位置誤差の影響

-10mm から 10mm の範囲で受信センサの取り付け位置誤差が生じると仮定した結果を図 3 に示す。タイマカウント誤差と同様に比例して測位誤差が大きくなるが、タイマカウント誤差と比べてその値は小さくなっている。

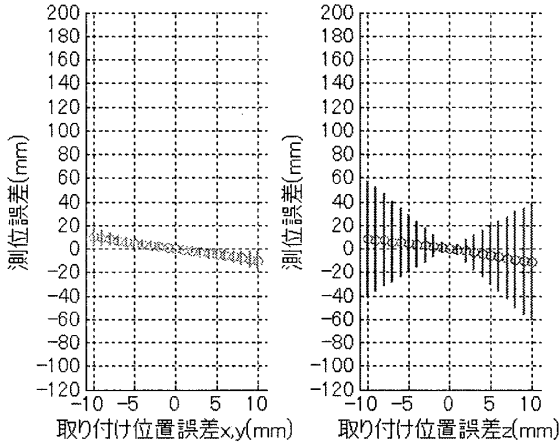


図 3 取り付け位置誤差の影響

3.3 実測結果との比較

超音波受信センサをシミュレーション(表 1)と同じ位置に配置し測位実験を行った実験状況を図 4 に示す。所定の位置に送信部を設置した時の測位誤差平均とその標準偏差を表 2 に示す。



図 4 測位実験状況

表 2 測位誤差実験結果

送信部位置	x		y		z	
	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$	$\mu$	$\sigma$
(0,0,50)	-8.7	5.2	-4.6	4.6	178.3	21.2
(250,0,50)	-5.9	5.3	-8.1	5.4	177.8	21.3
(0,250,50)	-6.6	4.4	-3.2	4.9	183.9	17.2
(250,250,50)	-2.3	6.7	-5.9	6.0	170.4	30.2

$\mu$  : 平均  $\sigma$  : 標準偏差 (単位 : mm)

実測結果とシミュレーションの比較を図 5 に示す。タイマカウント誤差は、3.1 節の実験結果から伝搬時間計測誤差平均  $76 \mu \text{ sec}$ 、標準偏差  $17 \mu \text{ sec}$ 、取り付け位置誤差が -10 から 10mm で生じると仮定してシミュレーションを行った。グラフ中の実験結果は測位誤差の標準偏差を表す。取り付け位置誤差とは関係なく測位結果の平均値からの標準偏差を表示している。

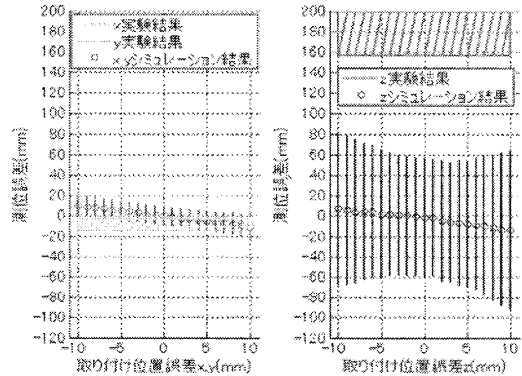


図 5 実測結果との比較

x, y 軸に関する測位結果は、シミュレーションと実験で求めた結果がほぼ等しくなるが、z 軸に関してはシミュレーションでは、0 を中心に±方向に対象に誤差が出ているのに対して、実験では誤差のばらつきは小さくなるが 180mm 程度の定常的な誤差が生じている。これらのことから x, y 軸の誤差要因はシミュレーションで想定したものとはほぼ断定できるが、z 軸の誤差は別の要因があると思われる。

4. まとめ

本報告では超音波を用いた測位システムを実現する上で測位誤差となる要素が組み合わさった時の測位誤差への影響をシミュレーションによって明らかにした。シミュレーション結果と実際の測位結果を比較すると、x, y 軸は同じ傾向を示しているが z 軸はシミュレーションと実験結果の一致が得られなかった。z 軸の測位誤差原因の解明が今後の課題である。

提案構成では z 軸方向の精度確保に課題が残るが、xy 面内での測位精度は確保されており、屋内ナビゲーションや人、搬送車両などの位置管理に十分適用可能であることを確認した。

参考文献

[1] 別所 正博, 小林 真輔, 越塚 登, 坂村 健, “ユビキタスコンピューティングと屋内環境の位置認識”, 電子情報通信学会誌, Vol. 92, No. 4, pp. 249-255 (2009).

[2] 須永 光, 羽田 昂史, 秋山 征己, 五百蔵 重典, 田中 博, “超音波を用いた屋内測位における広域化の検討と実験評価”, 6E-1, 情報処理学会, 「マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム」 DICOMO2010 発表予定.

[3] A. Ward, A. Jones and A. Hopper, “A New Location Technique for the Active Office,” IEEE Personal Communications, Vol.4, No.5, pp.42-47, October 1997.

[4] N. Priyantha, A. Miu, H. Balakrishnan and S. Teller, “The Cricket Compass for Context-aware Mobile Applications,” Proceedings of the 7th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom2001), pp. 1-14, Rome, Italy, July, 16-21, 2001.

[5] 古河機械金属株式会社  
< [http://www.furukawakk.jp/products/ZPS\\_1.html](http://www.furukawakk.jp/products/ZPS_1.html) >.