

超音波測位システム開発のための測位誤差シミュレーション Positioning Error Simulation for Ultrasound Positioning System

須永 光† 羽田 昂史†
Hikaru Sunaga Takashi Hada

田中 博† 五百蔵 重典†
Hiroshi Tanaka Shigenori Ioroi

1. まえがき

超音波を用いた短距離の距離計測は、電波を用いた方法に比べて、高精度であり、電波免許が要らないなどの利点がある^[1]。そこで、我々は超音波による距離計測による、屋内向けの測位システムを開発中である。受信部と送信部の間が非同期な方式で、誤差 10cm 以内での測位が可能なが示している^[2]。この研究結果から、距離測定の誤差が測位精度へ与える影響を明らかにする必要があると認識した。同様に、取り付け位置誤差、取り付け位置、および受信部の個数が測位精度へ与える影響も明らかにする必要がある。そこで、本研究では、様々な条件の変化が測位精度にどのように影響を与えるかなどをシミュレーションによって明らかにし、超音波による測位システムの開発に役立つデータを集める。

2. システムイメージと測位方法

研究対象としている広域屋内位置情報取得システムの適用イメージの一例を図 2.1 に示す。超音波の受信部を天井等の周辺環境に設置し、人や移動体に取り付けた超音波発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としては、Cricket^[3]、Active Bat^[4]がよく知られているが、前者の送信部は電波および超音波を送信し、受信部は両者を受信する。そして、その受信時間差から距離を求めている。後者は、電波を用いて時刻を同期させ、超音波の伝搬時間から距離を求めている。我々の提案システムは、電波を用いずに超音波のみで位置を算出し、電波の送受信回路を用いない送受非同期の構成を特徴とし、システムとしての簡易化をねらっている。

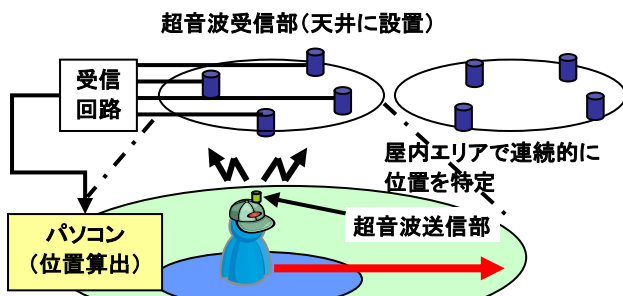


図 2.1 システムイメージ図

3. 測位誤差要因とその影響

3.1 節では、測距の誤差の影響について述べる。3.2 節以降では、様々な誤差要因が与える測位の誤差について調べる。測位に用いる受信部の取り付け位置および送信部の位置として、[2]の実験で設定した位置を基本とする(表 3-1)。ここで「天井」は、超音波の実用的な指向性を考慮した設置位置であり、「キューブ」は、3.3 節で述

べる受信部の取り付け位置の影響を評価するために設定した値である。

表 3-1 受信部の取り付け位置

	天井	キューブ
受信部 1	(-420, -190, 1170)	(2000, 0, 0)
受信部 2	(-670, 450, 1375)	(0, 2000, 0)
受信部 3	(420, 190, 1060)	(0, 0, 2000)
受信部 4	(670, -450, 1270)	(2000, 2000, 2000)
送信部	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)

3.1. 測距誤差の影響

超音波による距離測定(以下、測距)の誤差の範囲について考察する。[2]の実験で、ほぼ正規分布の形で計測結果が変動し、標準偏差として 2mm 程度の測距誤差が生じることが分かった。そこで測距誤差が与える測位誤差への影響を考察するために、測距誤差が各受信部において、真値の距離に対して -2mm から 2mm の範囲で誤差があると仮定する。この誤差範囲を 11 分割した値を、各受信部から出力させ、全ての組み合わせを出力する。その各組み合わせの測距距離から測位計算し、正確な位置からの距離のずれを度数分布で表す。この実験を同様に -4mm から 4mm、-6mm から 6mm および -8mm から 8mm の場合でも求める。結果を図 3.1 に示す。

測距誤差が 2mm という小さな値でも、測位誤差の平均は 30.5mm となり、測距誤差が測位誤差を拡大することが分かる。また、測距誤差が 2, 4, 6, 8mm と増えるごとに、測位誤差の平均、標準偏差および最大値が線形に大きくなっていることが分かる。測距誤差が 6mm のとき、測位誤差の平均と標準偏差の和が 100mm 程度である。そのため、10cm 程度の測位精度が欲しい場合、測距誤差を 6mm 程度以下にしないといけないことが分かる。

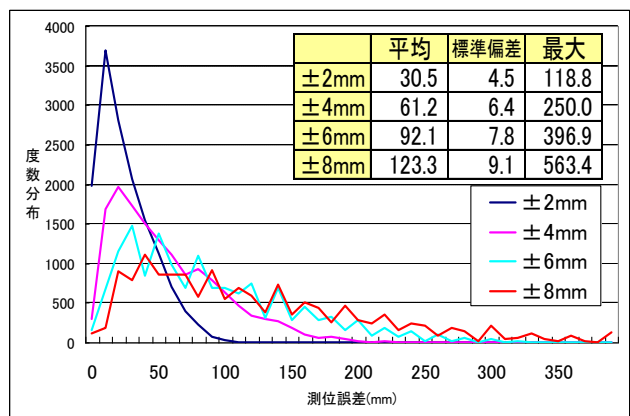


図 3.1 測距誤差が与える測位誤差

3.2. 受信部取り付け位置誤差の影響

受信部の取り付け位置誤差における影響を考察する。受信部の取り付け位置誤差をシミュレートするために、

† 神奈川工科大学 情報学部 情報工学科

受信部がXYZ座標それぞれで、-2, 0, 2mmずれると仮定する。これらの組み合わせなので、1個の受信部に対して27 (3³)通り存在し、合計3³*4通り存在する。各受信部との組み合わせを調べ、測位誤差を度数分布に表す。また-3, 0, 3mmおよび-4, 0, 4mmの場合についても調べる。その結果を図3.2に示す。

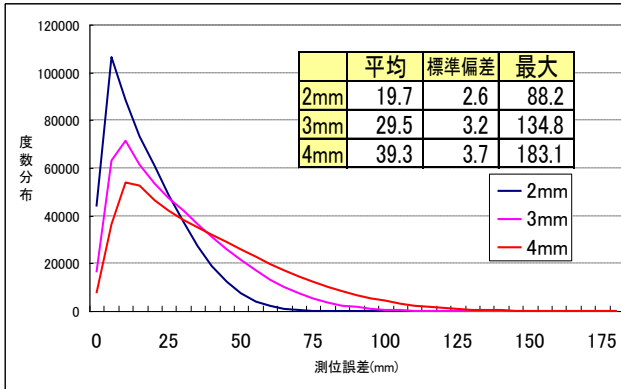


図 3.2 取り付け位置誤差が与える測位誤差

機器の正確な位置への取り付けは、難しい作業である。しかし、取り付け誤差が与える測位誤差の影響は、測距誤差が与える測位誤差に比べて、小さいことが分かった。

3.3. 受信部取り付け位置の影響

受信部を取り付ける位置によって、測位の精度が影響を受けることが知られている(GDOP^[3])。実際に実験に用いた受信部の取り付け位置(天井)と、キューブの各頂点に受信部を配置した場合(キューブ)とで、測距誤差の測位誤差に与える影響を考察する。その結果を図3.3に示す。

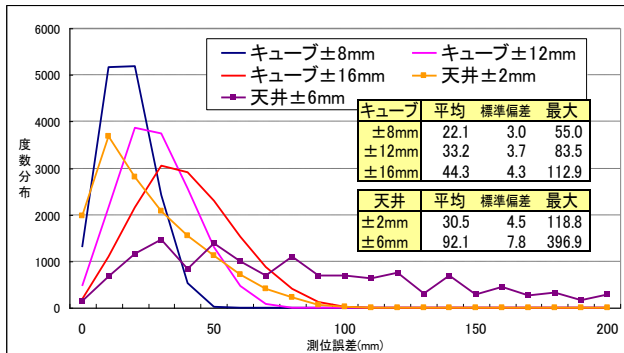


図 3.3 受信部の取り付け位置による測位誤差の変化

キューブで測距誤差が最大 8mm の場合と、天井で測距誤差が最大 2mm の場合とでは、キューブの方が高い精度が得られている。また、キューブで測距誤差を 12mm, 16mm と大きくしたとき、誤差平均および最大値は悪くなっていくが、誤差の標準偏差はそれほど大きくならないことが分かる。受信部を理想的に配置すると、測距誤差が大きくても、測位誤差への影響を小さく抑えることができると思われる。

3.4. 受信部の個数の影響

受信部の追加による、測位誤差の改善効果を考察する。実験として、表 3-1の天井の通りに 4 個配置した場合と、

これに (670, 670, 1000)の位置に受信部を追加した場合と、別の設置位置として(0, 0, 1000)に追加した場合について考察する。3.1 節の「測距誤差が最大 8mm」のときと同じ条件でそれぞれ計算する。その結果を図 3.4に示す。

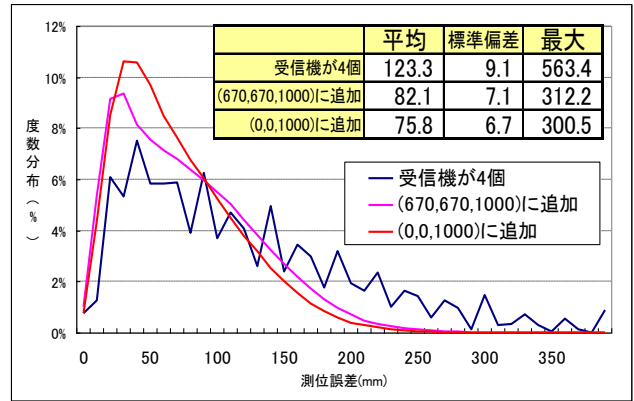


図 3.4 受信部を 5 個にした場合の測位誤差

受信部を追加することで、測位誤差の平均、標準偏差および最大値のどれも小さくできるが、著者らが期待したほどの飛躍的な改善は実現できないことが分かった。

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、測位誤差となる原因を洗い出し、その影響をシミュレーションによって定量的に明らかにした。測距誤差が測位誤差に大きく影響を与えることが確認できたが、この誤差については受信部の取り付け位置を工夫することで改善できることが明らかになった。また受信部の数は測位誤差を小さくするには有効であるが、著者らが期待したほどの効果は出ないことが分かった。

今回のシミュレーション結果や作成したソフトウェアは、実際のアプリケーションから要求される精度要求に応じて、それを満たすような測位誤差、受信部の取り付け誤差やその設置位置などを明確にするための強力なツールになると考えている。また今後、測位範囲拡大に必要な受信部同士の同期がずれた場合の影響などをシミュレーションによって明らかにしていく必要がある。

<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] 五百蔵 重典, 加藤 敦, 山田 達矢, 羽田 昂史, 田中 博, 超音波センサを用いた屋内位置検出方式の構成と基本実験評価, 4G-4, 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」DICOM2009 (2009).
- [3] 坂井 丈泰, GPS のための実用プログラミング, 東京電機大学出版局, pp. 132-134.
- [4] 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.
- [5] 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 (MobiCom 2001), pp.1- 14, Rome, Italy, July 16- 21 2001.