

無線センサネットワーク用超音波計測システムに関する研究

評価技術課 佐々木克浩、材料技術課 塚本吉俊^{*1}、機械電子研究所 浅田峯夫、金森直希

1. 緒言

住居者の見守りや快適な室内空間の制御などを目的に、ネットワーク化された複数のセンサによる空間状態の認識に関する研究が行われている。その認識のために必要な情報として住居者の動きや温度などが挙げられる。人の動きのモニタリングに関しては、昨年度の本研究で超音波センサを用いた一事例を示した¹⁾。温度計測については、従来の温度センサを用いた場合、設置した個所の測定となるため、空間の温度を把握するには内部に複数のセンサを設置する必要がある。これに対し、超音波センサは、空間の外側から内部の平均温度を高い応答性で測定でき²⁾、さらにセンサを複数にすることで温度分布を計測できる。以上のことから、無線センサネットワークに超音波センサを導入し、温度と人の動き(距離変化)の計測を状況に応じて使い分けることができれば、空間状態を認識するツールの一つとして有効と考えられる。

そこで本研究では、超音波センサと無線通信を用いた遠隔モニタリングシステムを構築し、温度と距離を自動的に切り替えて計測することを検討した。

2. システム構成

本研究で検討するシステム概念図を図1に示す。超音波センサモジュール(SEEED STUDIO製, SEN136B5B)により反射法により超音波を送受波し、伝搬時間に対応した時間幅を持つパルスを出力する。超音波センサの駆動制御と伝搬時間の測定はマイコン(Arduino)により行う。超音波センサと反射体間の距離 d と伝搬時間を用いて超音波の音速を求める。湿度センサ(Sparkfun製, HIH-4030)により湿度を測定し、湿度補正された音速から温度を算出する(文献2参照)。さらに、温度と距離を自動的に切り替えて計測するため、伝搬時間が閾値より短い場合は、一回前の測定温度を用いて音速を算出し、伝搬時間との積から反射体までの距離を算出する。また、リアルタイムクロックモジュール(Sparkfun製, DS1307)を用いて測定時刻の情報を取得する。時刻と温度または距離の情報は、2個の無線モジュール(XBee Series1: Digi International)により通信を行うことで、パソコンに取り込まれる。そのデータの表示とマイコンの制御は、Microsoft Excel VBA(シリアル通信にEasyCommを利用)により行う³⁾。マイコンとExcel VBAのプログラムの作成などを行い、構築したシステムの外観を図2に示す。

3. 空間温度計測実験

はじめに、本システムの温度計測の性能を評価した。恒温室(ESPEC製, TBL-9TABAI)において、壁を反射

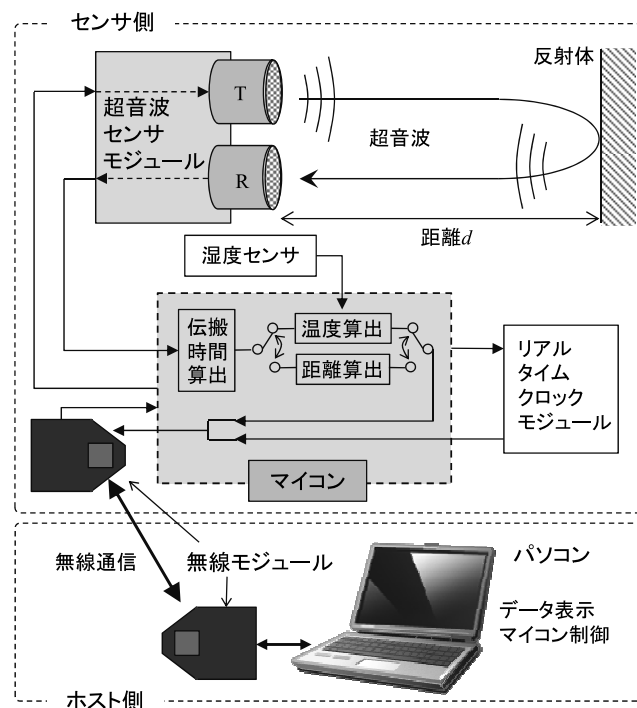


図1 システムの概念図

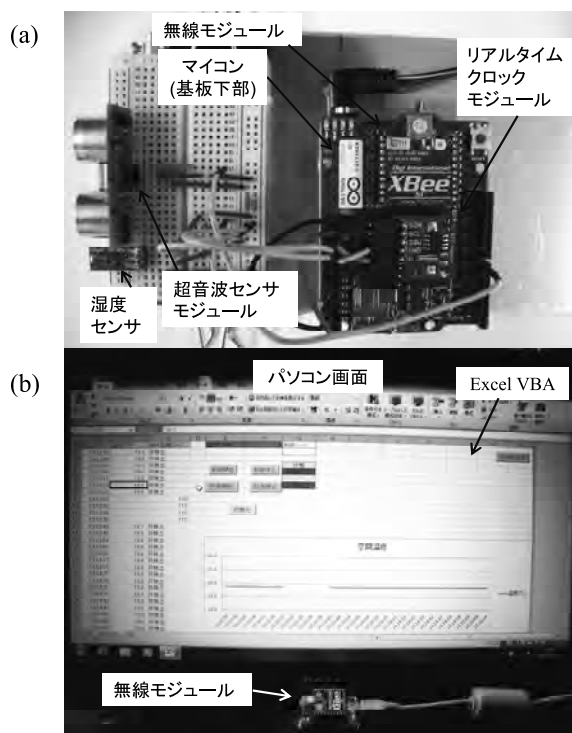


図2 試作したシステムの外観
(a) センサ側、(b) ホスト側

*1 現 評価技術課

体として距離 $d=2.3\text{m}$ に設定し、超音波を送受波した。測定精度向上のため、測定した伝搬時間をマイコンにおいて 30 回平均し温度を算出した。このときの測定間隔は、計算時間などを含め 3~4 秒程度であった。超音波の伝搬経路に平行に熱電対 (林電工社製 T 型クラス 1) を 3 本設置した。最初に室温 10°C 付近においてシステムの校正を行った (手順は文献 2) 参照) 後、 $10^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$ の範囲を 5°C 間隔で変化させ、各温度を計測した。各温度における超音波による 10 回の測定の平均値 T_u と熱電対による測定平均値 T_t を求め、まとめた結果を図 3(a) および (b) に示す。図 3(b) より、 $T_u - T_t$ は 0.5°C 以下、10 回の測定における最大値と最小値の差は 1°C 以下であり、これらの差は室内での温度モニタの応用においては許容範囲と考える。測定精度の向上が必要な場合は伝搬時間の平均回数を増加させる対策が考えられるが、根本的な改善のためには 25°C 以上の温度で測定値のばらつきが大きくなっている要因を明確にする必要がある。なお、計測中に無線通信が正常に行われない場合があったため、プログラムの改良などによる通信の安定性確保も課題である。

4. 空間温度と人の検知の自動切り替えモニタリング

次に、温度と距離の自動切り替え計測に関して検討した。伝搬時間の閾値は 12.4ms とし、この時の原理的な測定距離の上限は 2.1m 程度となる。室温 20°C 付近で、図 4(a) の測定配置において、超音波センサから距離 L だけ離れた人が超音波センサの前で 20 秒程度静止して通過した ($d=2.3\text{m}$)。このような動作について距離 L を変えて計測した結果例を図 4(b) に示す。同図より、 20°C 付近の空間温度を計測できており (図中の白丸)、かつ自動で人を 20 秒程度検知 (図中の黒丸) できている。また、 L の変化に応じた距離変化も測定できている。人の通過前後で測定距離が長くなる場合があるのは、伝搬時間が長い斜め方向からの反射波を受波したためと考えられる。

5. おわりに

超音波センサと無線通信を用いて、空間温度と移動体

キーワード：超音波センサ、マイコン、空間温度、無線モジュール、移動体

Ultrasonic Measurement System for Wireless Sensor Network

Katsuhiro SASAKI, Yoshitoshi TSUKAMOTO, Mineo ASADA and Naoki KANAMORI

Remote monitoring of spatial temperature with noncontact was achieved with the system which was constructed using ultrasonic sensors, a microcontroller and radio modules for wireless sensor network. Furthermore, switching of spatial temperature monitoring and human detection using our system was automatically controlled.

までの距離を自動で切り替えて遠隔モニタリング可能なシステムを構築した。本システムは、例えばヒートショック対策として、各部屋に設置のセンサによりそれらの温度差を把握し、部屋間における人の安全な移動を同一のセンサでモニタする応用が考えられる。このような安心・安全に向けた生活空間の状態認識センサとしての応用が期待され、また空調制御と統合することで省エネや快適空間の制御に繋がる可能性が考えられる。

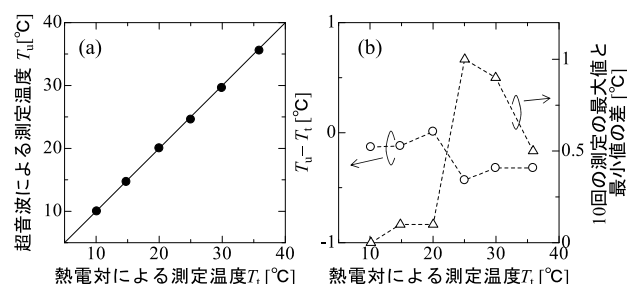


図 3 空間温度の計測結果

(a) 温度、(b) 温度差

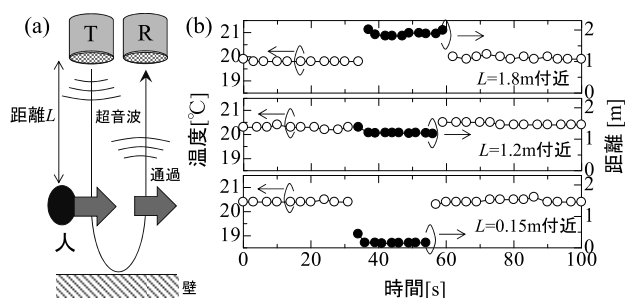


図 4 空間温度と人の検知の自動切り替えモニタリング

(a) 測定配置図、(b) 計測結果の一例

参考文献

- 1) 佐々木 他, 富山県工業技術センター研究報告, 26 (2012) 49.
- 2) 佐々木 他, 平成 20 年度若い研究者を育てる会研究発表会研究論文集, 22 (2009) 9.
- 3) 櫻木, Excel を用いた計測制御入門, 電気書院 (2010)