

道路設備との無線通信による車両型ロボットの制御

2013SE117 三輪栄理子

指導教員：大石泰章

1 はじめに

私たちの生活には、無線通信機能を搭載した電子機器が無くてはならない存在となっている。例えば、携帯電話やPCなどが挙げられるが、近年、自動車業界において、車車間通信や路車（道路設備と車両）間通信のような自動車の無線通信技術を導入する動きが進んでいる。

見通しの悪い道路や十字路で交通事故を未然に防止することは、自動車技術の課題である。現在では、目視による周囲情報の取得が欠かせないが、道路設備に取り付けたセンサによって周囲情報を取得し、車両へ送信することが可能ならば、より安全な運転を実現できる。

本研究では、距離センサ（赤外線測距モジュール）で周囲情報を取得し、無線通信モジュールであるXBeeを介して、マイコンボード Arduino を搭載した車両型ロボット Zumo と無線通信することによって、自動走行させることを目指す。

本研究で用いるXBeeは、無線通信規格の1つであるZigBeeに基づいた無線モジュールである。これは、省電力、低コストに加え、マイコンボード Arduino との接続が容易であるという利点を持つ [1]。以上のことから、本研究の目的に合致すると考えられる。

2 XBee とは

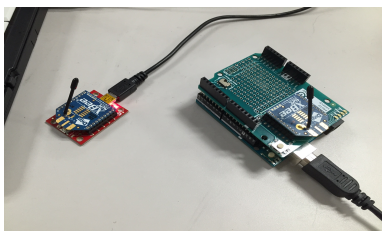


図1 XBee無線モジュール

XBeeはZigBee規格(IEEE802.15.4)に基づく無線モジュールである [2]。これを図1に示す。使用周波数は2.4GHz、最大通信範囲は120m、伝達速度は250kbpsである。XBeeには、シリーズ1とシリーズ2の主に2つのシリーズが存在する。本研究で使うシリーズ2のXBee S2Cは、従来のXBeeとは違い、ファームウェアの更新が不要な新しいシリーズである。XBeeはDigi社のフリーソフトウェア「X-CTU」を使用することで、PCからUSBケーブル経由で動作設定を行うことができる [1]。通信にはどちらかをコーディネータ（親機）、もう一方をルータ（子機）に設定する必要がある。ルータは複数あってもかまわない。

3 Arduino とは

Arduinoは、ハードウェアとソフトウェアから成立する。Arduinoのマイコンボードに「ArduinoIDE」というソフトウェアでスケッチ（プログラム）を書きこむことで、マイコンボードに取り付けたセンサなどの様々なデバイスを動かすことができる [3]。本研究では、ArduinoUNOを3つ使用する。1つは、図2のAで距離センサのデータを取得し、XBeeを介し、周囲情報を送信するコーディネータ側のスケッチを実装する。他2つは、図2のB1、B2でXBeeからデータを受信し、車両型ロボットZumoを自動走行させるルータ側のスケッチを実装する。



図2 通信回路

4 路車間通信

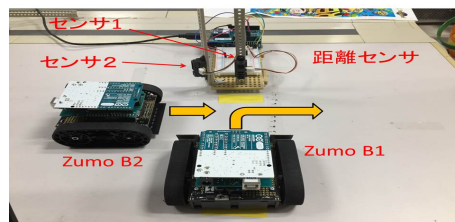


図3 実験装置と2台の車両型ロボット Zumo

図3のように道路上に設置した距離センサに直交する2つの方向から車両が接近するものとする。距離センサは2台の車両までの距離を測定し、車両の衝突を回避するように命令信号を送信する。図の手前側から近づく車両をZumo B1とし、図の左側から近づく車両をZumo B2とする。Zumo B1は道路設備によってこれ以上進めない時、右旋回する。Zumo B2はそのまま直進する。

図3のように道路設備として、高さ3cmの場所に2つの距離センサ(GP2Y0A21)を取り付けた実験装置を作成する。距離センサの取り付けは、文献 [1] を参考にした。1つのセンサは、Zumo B1との距離を測定する(センサ1とする)。もう片方のセンサは、Zumo B2との距離を測定する(センサ2とする)。

道路設備が車両に送信する命令信号は、Zumo B1 と Zumo B2 の速度によって場合分けを行った。Zumo B1 と Zumo B2 の速度を比較し、速い方の Zumo を優先させる。遅い方の Zumo は、Zumo どうしが近いときは、一時停止させ、ある程度距離があるときは、徐行させる。両方の Zumo を 20cm 以内に確認できない場合は、ともに走行させる。例えば、センサ 1 が Zumo B1 を 15cm 以内に確認し、センサ 2 も Zumo B2 を 15cm 以内に確認する。このとき、Zumo B1 の速度の方が速い場合、Zumo B1 をそのまま右旋回させ、Zumo B2 を一時停止させる命令信号をルータ側 XBee に送信する。Zumo B2 の速度の方が速い場合、Zumo B1 を一時停止させ、Zumo B2 をそのまま走行させる命令信号をルータ側 XBee に送信する。

路車間通信のプログラムにおけるセンサ 1、センサ 2 の観測結果と Zumo B1、Zumo B2 の速度と動作の関係を表 1 に記す。「近」はセンサが 15cm 以内に Zumo を感知することを示し、「遠」は 15cm から 20cm 以内に感知することを示し、「無」は 20cm 以内に感知しなかったことを示す。スペースの都合で表の一部は省略した。

表 1 センサの反応と Zumo の速度と送信する動作

ZumoA の速度の方が速い場合			
センサの反応			
1	2	ZumoA 動作	ZumoB 動作
近	近	右旋回	停止
近	遠	右旋回	徐行
遠	近	前進	停止
遠	遠	前進	徐行
遠	無	前進	前進
無	遠	前進	徐行
近	無	右旋回	前進
無	近	前進	前進
無	無	前進	前進
ZumoB の速度の方が速い場合			
センサの反応			
1	2	ZumoA 動作	ZumoB 動作
近	近	停止	前進
近	遠	停止	前進
遠	近	徐行	前進
遠	遠	徐行	前進
遠	無	徐行	前進
無	遠	前進	前進
以下省略			

5 距離センサの性能

コーディネータ側 XBee から送信された命令信号をルータ側 XBee は受信し、Zumo に実行させる。しかし、このとき、停止命令の送信が遅れ、実験装置に衝突してしまう

ことがある。その 1 つの要因として、距離センサの精度が挙げられる。センサの出力電圧に雑音が入るため、これをそのまま使用しても、適切な距離の値を得ることができない。そこでローパスフィルタを用いて、雑音の除去を行う。また、文献 [4] によると、距離センサは、距離が遠いほど出力電圧は小さく、距離が近いほど出力電圧は大きくなる。両者の関係を測定した結果を図 4 に示す。図 4 の点はその距離での出力電圧の値を 1000 回測定した値である。出力電圧と距離の関係は、ほとんど反比例だと考えられる。そこで、 x を距離 [cm]、 y を出力電圧 [V] としたとき、

$$y = \frac{a}{x+b} + c \quad (1)$$

であると仮定する。 a 、 b 、 c を求めるために、最小二乗問題を解く。matlab で計算した結果、 a 、 b 、 c は次のように決定した：

$$a = 4.69, \quad (2)$$

$$b = -0.91, \quad (3)$$

$$c = 5.17. \quad (4)$$

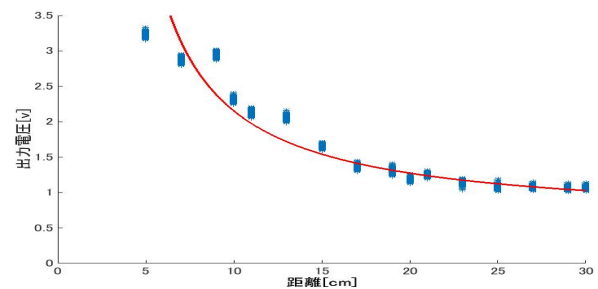


図 4 距離と出力電圧の関係

この a 、 b 、 c を用いて実験を行ったところ、2 台の Zumo は意図した通りに動作し、衝突回避ができるようになった。

6 おわりに

本研究では Arduino と XBee を連携させ、2 台の Zumo の自動走行に応用した。今後の課題としては、XBee の API モードを利用することで、送り先を指定して無駄な信号送信を防ぎ、通信速度を向上させることが挙げられる。

参考文献

- [1] 鈴木美朗志：『XBee による Arduino 無線ロボット工作』。学校法人 東京電機大学 東京電機大学出版局、東京、2016。
- [2] Robert Faludi(小林茂 監訳、水原文 訳)：『XBee で作るワイヤレスセンサーネットワーク』。オライリー・ジャパン、東京、2011。
- [3] Massimo Banzi(船田巧 訳)：『Arduino をはじめよう 第 3 版』。オライリー・ジャパン、東京、2015。
- [4] 平田光男：『Arduino と MATLAB で制御系設計をはじめよう！』。TechShare、東京、2012。