

# 人と共同作業をする農作業支援ロボットの 実現のための基礎的研究

井上 一道\*<sup>1</sup>

Basic Study for the Realization of Agricultural Support Robot  
by Human and Robot Collaborate Work

Kazumichi INOUE

In this paper, describes a system for obtaining information of a sensor in a mobile robot efficiently and flexibly. In order to realize a robot to help the farming people, the robot is required to respond to robust to environmental change. To achieve this, in the development stage, it is required to respond flexibly to the sensor arrangement and specification changes. The proposed data transmission system using the TCP/IP protocol, were constructed in practice. Furthermore, it was confirmed that the actual sensor information can be obtained.

KEYWORDS : Mobile Robot, Sensor System, Support Robot

## 1. 緒言

近年, 屋内の公共施設や屋外遊歩道, 公道のような比較的整備が成されている環境では高精度な自己位置推定が実現されている[1]. それに対し, 農作業現場のような路面の状況が不規則に変化する場面では, 路面の凹凸やスリップ等のため, ロボットの姿勢を正確に認識することが困難になり, 自己位置推定の精度が低下することが考えられる. そのような環境においては, 複数のセンサ情報を総合的に判断することが有効であるが, 最適なセンサの選定や配置は環境に合わせた調整が必要である. 従って, そのような試行錯誤に柔軟に対応できるセンサ情報取得システムを構築することは研究開発初期段階において重要である. そこで本稿では, そのような柔軟なセンサ情報取得システムの構築を試みたので報告する.

本稿の構成を次に示す. 第2章では, 人との共同作業を行う移動ロボットにおけるセンサ情報取得システムの構成について述べる. 第3章では, 前章で述べた構成を具体化するための実装方法を事例と共に提案する. 第4章では, 提案内容の実証実験およびその結果について述べる. 第5章はまとめである.

## 2. センサ情報取得システムの構成

一般の農作業現場においては, 日照条件, 天候, 人や車等の移動体の存在などにより, 環境条件が時々刻々と激しく変化する. そのため, あらかじめ環境条件を織り込んだナビゲーション法を実装することは難しい. そのような動的環境において頑健な移動を行う方法が様々に提案されている

---

\*1 電気電子創造工学科(Dept. of Innovative Electrical and Electronic Engineering), Email: k.inoue@oyama-ct.ac.jp

(例えば文献[2]). その実現には複数のセンサを用い、環境から多様な情報を取得し、情報を総合的に判断することが求められる。しかしながら、万能な方法は現状では存在せず、最適なセンサの選定や配置数、場所は個々の環境に合わせた調整が必要である。

一般にセンサの取得情報は電気信号としてコンピュータ (以下、PC) で取得する%読み取ることができるが、その情報のフォーマットや送受信プロトコルは個々のセンサの事情により異なる。更に、リアルタイム性や計算の効率化のために複数の制御プロセスが複数並列に実行されることも多い。この時、それぞれのプロセスがセンサ毎に異なるデータ形式やプロトコルに対応する方針では、開発段階において急なセンサの仕様変更や追加といった状況に対応することが難しく、開発速度を低下させる要因にもなる。制御 PC から見たセンサの仕様の違いなどは、その下位層で吸収できれば、開発効率の向上にも貢献できる。

そこで本稿では、個々のセンサの仕様違いを吸収する層を設け、制御プロセスからは統一的なプロトコルでデータの取得ができることを設計方針として提案する。

また、移動ロボットはそれ単体で閉じた装置であるよりも、他の機械装置との情報共有や%伝達や連携ができることが望ましい。さらに、それらの機機の状態や、機器への指令を遠隔地から監視・制御できれば、より広範囲な応用の可能性が広がる。そこで一般的なインターネット回線を用いたデータ送受信が可能であることを設計方針に織り込むこととする。

以上をまとめると、設計方針として次の2点を提案する。

- 多様なセンサ仕様を吸収し、統一的なプロトコルでデータの送受信が可能であること
- インターネット回線を用いたデータの送受信が可能であること

これらの設計方針の概念を図1に示す。図1では、ロボットと外部モニタがインターネット回線を用いてデータ送受信がなされていることを示している。また、ロボット内部では、各種センサからの情報はデータロガー部に集められ、ロボット内部のデータサーバへ送られる。ロボットを制御する各種の制御モジュールは、それぞれがデータサーバへリクエストを送り、データサーバはリクエストに応じたセンサデータを制御モジュールへ配信

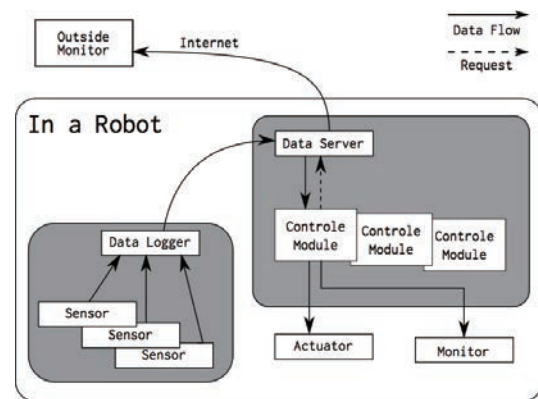


図1 Figure of Data Flow

する。データを取得した制御モジュールは、アクチュエータやモニタへ指示を出す。

統一的なプロトコルによるデータの送受信は、このデータサーバと制御モジュールのデータ送受信においてなされ、その実装にインターネットで一般に用いられる TCP/IP プロトコルを用いることで、実現する。

### 3. 実装方法

#### 3.1 実装方法

前節の設計方針を実現するためのシステムを図2に示す。ここでは用いるセンサとして、エンコーダ、ジャイロ、加速度センサ、LIDAR を挙げているが、他のセンサを用いる場合でも同様の考え方で適用可能である。

はじめに、図1におけるデータロガー部の実装について検討する。

近年ではセンサ情報を取得するためのインタフェースが多様になり、アナログ電圧、デジタル信号、I2C、TCP/IP などがある。また、センサによっては速応答性が求められるものもあり、割り込み処理等が必要な場合もある。さらに、設計方針よりデータサーバとのデータ通信には TCP/IP プロトコルによる通信が容易に実装できるものが望ましい。

以上の考察から、データロガーとして、Raspberry Pi を用い、さらに割り込み処理が必要なセンサとのインタフェースとして、Arduino Uno を用いた。

それらの実装方針を図2に示す。図2では、データロガー部の中心として、Raspberry Pi が配

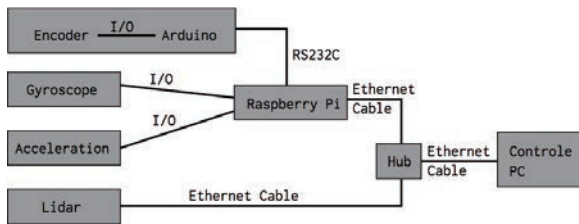


図2 Figure of Modules layout

されている。本事例では、ジャイロセンサ、加速度センサはI2Cインタフェースが実装されており、Raspberry Pi の GPIO ピンで情報取得が可能である。

エンコーダは割り込み処理が必要なため、Arduino の割り込み機能を用いて対処し、Raspberry Pi とはシリアル通信にて情報伝達を行う。また、LIDAR は TCP/IP プロトコルによるデータ送信機能が実装されているため、Raspberry Pi と Hub を介したデータ送受信を行うこととする。

制御 PC とのデータ送受信は、Hub を介して行う。次節において、そのデータ送受信に関する説明をする。

### 3.2 データ送受信

図3に、データ送受信の概念図を示す。まず、データロガー部では、各センサに対応した送受信プロセスが並列に動作する。これは、センサ数の増減や、各センサ毎に異なるエンコード処理が行われたとしても、全体の送受信タイミングが大幅に変化することが無いことを考慮したものである。

PC 側の各制御モジュールも並列して動作しており、データサーバに対して独立してリクエストを送信する。データサーバは各リクエストに応じた形式のデータを配信する。

この一連の動作を繰り返すことで、制御モジュールは最新のセンサ情報を統一的な方法で取得することができる。さらに、制御モジュール内で必要なセンサ情報が増えたとしても、リクエストを追加するだけでセンサ情報の取得が可能であり、高い拡張性を備えることができる。

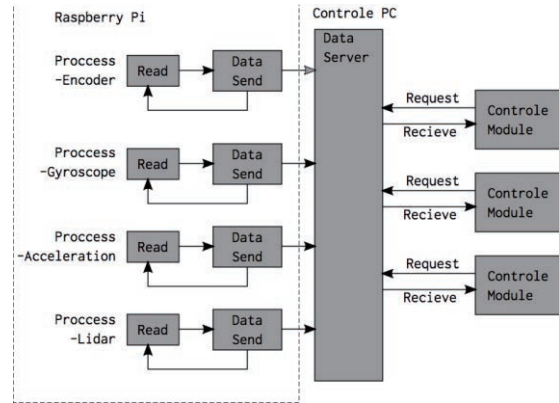


図3 Figure of process

## 4. 実験

### 4.1 実験方法

実装はモジュールすべてにおいて Python2.7 を用いた。測定はエンコーダ情報に基づいた移動距離情報の取得をベースとし、加速度センサおよび LIDAR のデータ取得を確認した。表1に実験装置の諸元、図4に実験装置の外観を示す。

実験環境は、小山高専電気電子創造工学科棟前の舗装されたアスファルト路面上および建物内の廊下とした。加速度センサについては、実験台車を 10[m]直進させ、その時のセンサ値を読み取る制御プロセスを実行させた。データ取得周期は約 0.1[sec]とした。制御プロセスは、データサーバに対し、エンコーダからの角速度および加速度センサの Z 値をリクエストすることとした。なお、車両進行方向に対して右手方向を X 軸、進行方向を Y 軸、地面と垂直上方を Z 軸とした。

LIDAR については、建物内の廊下を移動させ、周辺形状が PC 画面上に表示できるかを確認した。表示は、OpenCV ライブラリを用いて実装した。

表1 Specification

Chassis Size	L1,200, W700, H1,000	[mm]
Tyre	D400, W100	[mm]
Data Logger	Raspberry Pi 2B	Raspbian
Controle PC	FMVA0301FP	Ubuntu14.04
Encoder	E6B2-CWZ6C	Omron
Accelerometers	KXSC7-2050	Kionix

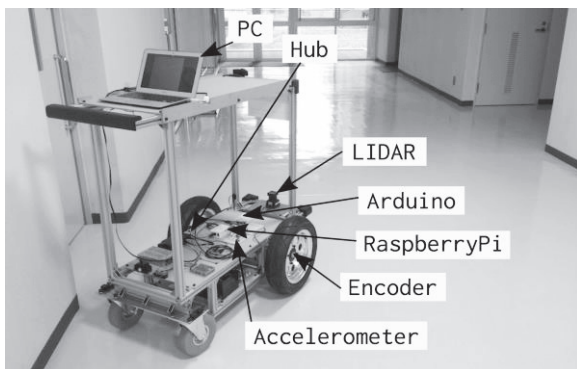
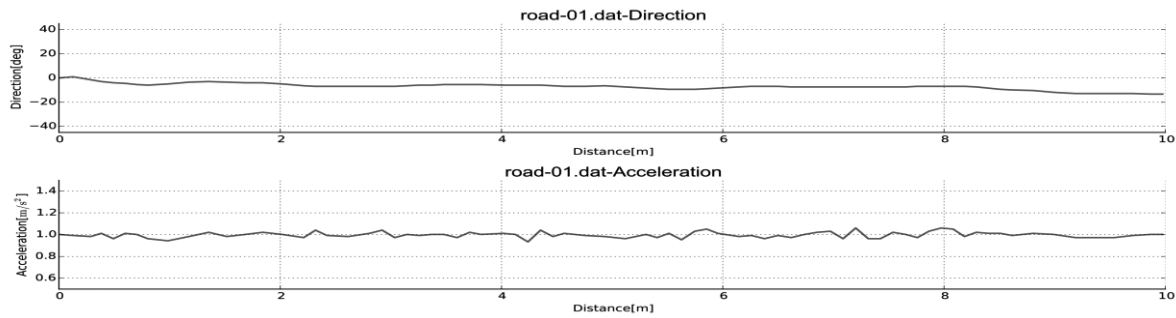


図4 Appearance of the Experimental Chassis

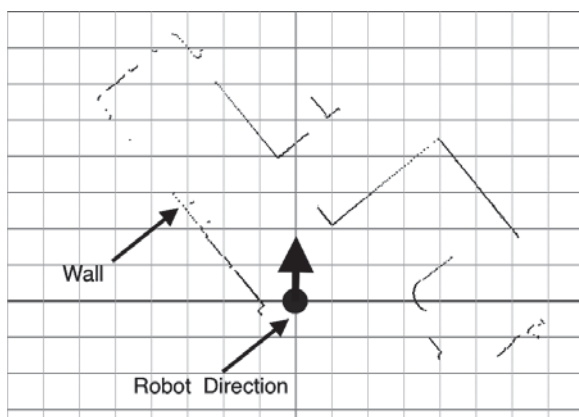


図6 Result of measurement by LIDAR

#### 4. 2 実験結果

図5に、舗装されたアスファルト路面上を10[m]移動させた状態での、移動距離に対する方位および地面と垂直方向の加速度のグラフを示す。本実験台車には、サスペンション等の機構はなく、路面の凹凸はタイヤを介して直接加速度センサに伝達する。それに伴った台車の上下振動が図から読み取れる。また、そのような凹凸路面では、わ

ずかな車輪のスリップ等が発生し、エンコーダ値の誤差が累積しやすい条件である。移動距離に従って方位が外れていくことから、その様子がうかがえる。これらの問題点は、農地等の不整地環境ではより顕著になると考えられる。それらの対処は今後の課題としたい。

図6には、図5の位置での屋内環境におけるLIDARからの環境幾何情報の取得結果を示す。図の格子は約0.8[m]間隔を示し、ロボットに搭載したLIDARの位置を図の中心としている。静止状態および移動しながらの状態でも誤作動なく環境情報が取得できていることを確認した。

## 5. 結論

人と共存して作業をする移動ロボットの実現のための基礎的研究として、様々なセンサからの情報取得を効率よく実装するためのデータ取得システムを構築し、その実現性を検証した。検証の結果、データ送受信システムは有効に動作していることが確認できた。今後は、農作業の現場において、精度の高い作業の実現に有効なシステム構築を進めることとする。

#### 参考文献

- 1) Naoki AKAI et al., Autonomous Navigation Based on Magnetic and Geometric Landmarks on Environmental Structure in Real World, Journal of Robotics and Mechatronics, 2014, Vol.26, No.2
- 2) 富沢 哲雄 他, グリッドマップのマッチングに基づく未知障害物にロバストな自己位置推定, 日本ロボット学会誌, 2012, Vol.30, No.3, pp.280-286 高専太郎: 高等専門学校制度の特色と将来性について, 日本技術教育学会誌, Vol.1, No.1, pp.21-34(2009)

【受理年月日 2015年 9月30日】