

ruled algorithmhtbploa algorithmAlgorithm

2016 年度 卒業論文

## 植物ロボットの研究

東海大学 情報理工学部 コンピュータ応用工学科

学籍番号 3BDA2214 黒木 駿太

指導教員: 村松 聡

提出年月日: 2016 年 2 月

# 目 次

第 1 章	はじめに	6
1.1	背景	6
1.1.1	食糧事情	6
1.1.2	食料安全保障	7
1.1.3	リスクへの対応	7
1.1.4	間をとりもつ何か	8
1.2	従来研究	8
1.2.1	農業の自動化	8
1.2.2	問題点？てきな？	10
1.3	植物と動物の違い	11
1.4	研究目的	12
1.5	論文構成	12
第 2 章	植物の自律化	13
2.1	自律とは	13
2.2	動物的行動	14
2.2.1	サーバルキャットの特性	14
2.2.2	ブチハイエナ特性	15
2.2.3	捕食-被食関係	15
2.2.4	まとめ的な？	16

2.3	育成システム	16
<b>第3章</b>	<b>植物の育成要素</b>	<b>18</b>
3.1	光	19
3.2	水	19
3.3	温度	20
<b>第4章</b>	<b>ハードウェア</b>	<b>21</b>
4.1	自律移動ロボット	21
4.1.1	駆動部	22
4.1.2	モータドライバic	22
4.1.3	エンコーダ	22
4.1.4	制御コンピュータ	23
4.1.5	センサ	23
4.1.6	DC-DC コンバータ	25
4.1.7	バッテリー	25
4.2	給水ステーションシステム	25
4.2.1	筐体	25
4.2.2	タンク	26
4.2.3	ホース	26
<b>第5章</b>	<b>機能・ソフト</b>	<b>27</b>
5.1	自律移動ロボット	27
5.1.1	環境情報取得	28
5.2	状況判断	28
5.3	給水ロボット	28

5.3.1	水分供給 . . . . .	28
<b>第 6 章</b>	<b>実験</b>	<b>29</b>
6.1	自己位置推定の評価実験 . . . . .	30
6.1.1	実験方法 . . . . .	30
6.1.2	実験結果 . . . . .	30
6.2	環境情報の取得（グリットマップ）の評価実験 . . . . .	30
6.2.1	実験方法 . . . . .	30
6.2.2	実験結果 . . . . .	30
6.3	誘導、自律移動の評価実験 . . . . .	30
6.3.1	実験方法 . . . . .	30
6.3.2	実験結果 . . . . .	30
6.4	自己育成システムの評価実験 . . . . .	30
6.4.1	実験方法 . . . . .	30
6.4.2	実験結果 . . . . .	30
<b>第 7 章</b>	<b>おわりに</b>	<b>31</b>
7.1	まとめ . . . . .	31
7.2	今後 . . . . .	31
<b>第 8 章</b>	<b>真</b>	<b>32</b>
		<b>32</b>

# 図 目 次

1.1	各国の農作物の輸入額-輸出額の比較 (2012) . . . . .	7
1.2	食糧自給率の推移 . . . . .	8
1.3	先進主要各国の食糧自給率比較 . . . . .	9
1.4	農業機器の自動運転風景 . . . . .	10
1.5	コンバインの自動運転風景 . . . . .	11
3.1	植物の育成に必要な要素 . . . . .	18

# 表 目 次

# 第1章 はじめに

## 1.1 背景

生物が生存するために外部から栄養や水分を摂取することは必須である。人類においても同様に栄養の摂取、つまり食事は日常的に行っている。これはマズローの自己実現理論の最底辺に定義されているように、知能が高度に発展した人類においても栄養の摂取は生命を維持するためには必須条件である。[1]

### 1.1.1 食糧事情

食事に必要な作物は田畑で作られ、生産物は物流に乗り個人に供給されている。この物流網はグローバル化に伴い国境を跨ぎ、海外からも供給されている。Fig.1.3 に示すのは先進主要各国の農産物の輸入額を比較したものである。とりわけ日本は多額の農作物を海外より調達している。これには海外と比較し生産コストや田畑に適した土地が少ない等の問題により、多くの作物が海外より輸入されることが目立つ。[2] また、Fig.1.2 に示すのは日本の食糧自給率の推移をグラフで表したもので、過去 20 年ほどは食糧自給率が 40%程を彷徨っている。近年では 39%にまで低下しており、Fig.1.3 に示す諸外国との食糧自給率の比較においても日本の食糧自給率の低さが伺える。



### 1.1.2 食料安全保障

食料を自国で生産できない分は必然的に海外より輸入することになる。しかし、為替変動リスクによる調達コストの変動や、紛争による輸入の途絶により食料の調達に苦勞することになる。これらのリスクを低減するために日本では諸外国との親和を密としている。具体的には外国為替市場介入政府 [3]、開発援助 (ODA: Official Development Assistance) による技術提供や海賊がシーレーンに仕掛けた機雷撤去 [4] など、一見すると国際社会貢献にも伺えるがこれらは輸入物資を安定して日本に届けるための活動である。今日、日本が輸入に頼って安定した生活を行っているのはこれら外交による賜物である。

### 1.1.3 リスクへの対応

以前より前節のリスクに対する対応が注目されている。農林水産省でのリスクへの対応では、主に次の3つが主要な柱が策定されている。[5]

国内生産の増大 消費者ニーズに応じた国内農業の生産の拡大のため、農地や担い手の確保、農業の技術革新や食品産業との連携等により生産・供給体制の構築実現の取り組み。

輸入の安定化 日本は輸入相手国との良好な関係を築き、食料の安定供給の確保に資する

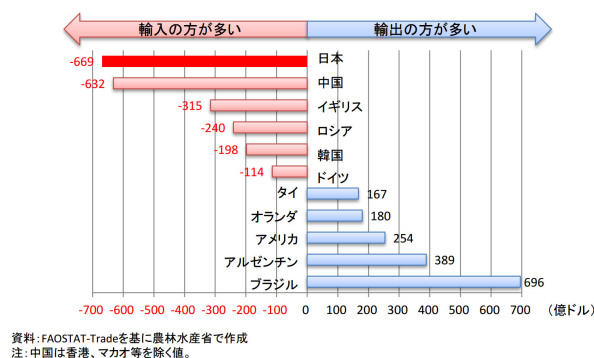


図 1.1: 各国の農作物の輸入額-輸出額の比較 (2012)

よう国際交渉を進めている。

備蓄の確保 主食である米や、供給の多くが輸入に依存している小麦や飼料穀物について、一定数量の備蓄を実施している。

政府ではこれらの項目において、国内の農業生産の増大を図ることを基軸とした政策を掲げており、食糧自給率の底上げを念頭に農業産業の拡大化を図っている。

#### 1.1.4 間をとりもつ何か

農業大切だよ、特に国内生産の増加。で、私は工学的なアプローチでこれやるよって。それを語る所。なんて書こうか。。

### 1.2 従来研究

食料生産量の増加において様々なアプローチがある。農学、生物学、化学、工学など多岐にわたる。本研究では工学的アプローチにより問題の解決を図る。

#### 1.2.1 農業の自動化

農作物の生産方法で近年注目されているのが、機械やコンピュータを使った農業の自動化である。農林水産省ではロボット技術やICT等の先端技術を活用し、超省力化や高品

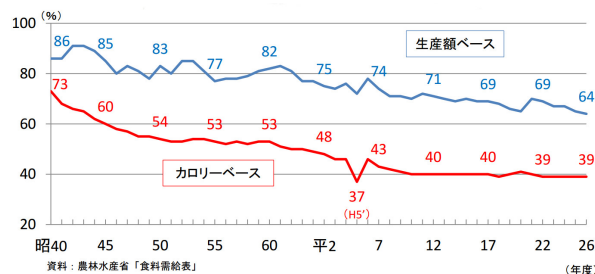


図 1.2: 食糧自給率の推移

質生産等を可能にする新たな農業である「スマート農業」を掲げており、日本の少子高齢化や人口減少等の問題を見据えたプロジェクトである。農業の自動化を政府が主体となり行うことで、これまで多くの研究が行われてきた。

農業機械の自動化

農業機械の自動化は着々と進んでおり、Fig.1.4 に示す畑田を耕すトラクターや Fig.1.5 の収穫を行うコンバインは自動で

農業の IoT 化

図を含めて、軽く説明する。

植物工場

図を含めて、軽く説明する。

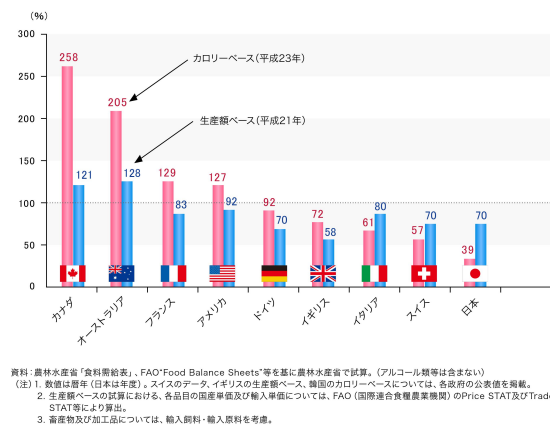


図 1.3: 先進主要各国の食糧自給率比較

### 1.2.2 問題点？てきな？

前章の研究やビジネスモデルは植物の生産性や品質の向上に寄与し、作物の話題性やブランド化による収益性の向上など商売としても前向きである。しかし、生産方法にはいくつかの問題点が存在する。

はじめに技術的な問題による問題点を上げる。1つ目に大型の生産設備を設置するにあたり、膨大な費用や時間といったコストがかかってしまう点。2つ目に現状のロボットによる自動化工場では栽培の行える品種が限られてしまい多様性に欠けてしまう。これらの問題にあたっては技術の進歩により解決に近づけるものとなっている。

次に栽培方法そのものの問題点をあげる。現在栽培されている植物の栽培方法の多くは人ないしロボットが栽培から育成、収穫を行っている。栽培環境においても屋外による自然任せな状況、もしくはハウス栽培など屋内において他者によって管理された環境内で栽培されている。つまり人間が食料としとして食べている多くの植物は、他者に依存した環境下で成長し収穫されている。これは前節で述べたように、周囲の者に依存した状況下では環境の変化に脆弱で滅亡の恐れがある。



図 1.4: 農業機器の自動運転風景

### 1.3 植物と動物の違い

（植物の進化、参考文献なし）生物は種の存続をするため進化を行ってきたとされている。植物も長い年月をかけて現在の形になっている。自身が動かずして養分と水分を摂取し、呼吸を行い生命活動を行っている。これはエネルギー効率が非常に高く、植物がこれまでの進化で獲得してきた他の生物にはない最大の特徴である。

その一方、動物は移動能力や高い知性を持ち合わせている。エネルギー効率こそ植物に劣るものの、環境に対して自ら行動を行えることや、集団行動を行うべくコミュニケーション能力を持ち合わせていることも動物の特徴である。動物の行動では適切な環境への移動や、自らの生命活動に必要となる物を取得することが可能となっており、環境への適応能力が高く、人間もまた同じ能力を持ち合わせている。植物は特定の環境下において省エネルギーに生存する一方、動物は変動する環境に対して能動的に行動を行う生存方法をとっている。

図 1.5: コンバインの自動運転風景

## 1.4 研究目的

本研究では植物において、従来獲得することのない動物的な自律した行動を行い、他者に依存しない育成システムの作製を行う。自ら行動を行うことで本来適切でない環境においても適切な環境を探しだし、養分等を自ら獲得することで植物は自己育成を行う。

## 1.5 論文構成

あとで。

## 第2章 植物の自律化

本研究における植物自律化とは、能動的に行動できる植物を意味する。元来、植物は大地に根を張り動かないことが特徴であるが、それと相反する動物の能動的な行動様式を取り入れ、他者に依存せず自律的に自己育成を行う。具体的にはセンサにより自己状態を把握し、必要に応じてロボットで移動することでこれを実現する。土壌の水分が減ると水分補給を行い、日差しが弱い場合にはより明るい場所を探すよう能動的に行動を行う。それにより、動物のように自身の状態によって自由に行動し、他者に依存することのない生命活動を実現する。

また、本研究において動物は能動的に行動を行え、対して植物は環境に対して受動的なものとした括りで説明を行う。

### 2.1 自律とは

自律という言葉の辞書で調べると次のような意味合いを持つ。

1. 他からの支配や助力を受けず、自分の行動を自分の立てた規律に従って正しく規制すること。「学問の - 性」
2. { 哲 } [ ドイツ Autonomie ] カント倫理学の中心概念。自己の欲望や他者の命令に依存せず、自らの意志で客観的な道徳法則を立ててこれに従うこと。

本研究における自律とは、外界の情報をもとに自身の頭脳で思考し、その結果に基づき行動を行うことが自律的な行動と位置づける。

余談になるが、自律と自立は厳密には異なった意味合いになる。自立という言葉を辞書で調べると次のような意味合いを持つ。

1. 他の助けや支配なしに自分一人の力だけで物事を行うこと。ひとりだち。  
独立。「親もとを離れて - する」
2. 自ら帝王の位に立つこと。「其後 - して呉王となる / 中華若木詩抄」  
自律（補説欄）・独立（補説欄）

つまり、図 0 0 のように自立は自律の部分集合であり、行動は行えるものの、自ら思考し答えに辿り着くような高度な知能は持ち合わせていない。

## 2.2 動物的行動

人類を含めた動物はこの自律的な行動を獲得し、今日に至るまで進化しつづけ生存している。動物が生命を維持するため、呼吸や排泄、栄養や水分の摂取が必要不可欠になる。動物は種の存続を行うため、他者を捕食し自身の糧にし生命活動を行い、子孫を残した後にはやがて死にゆく。これは太古からの自然なサイクルであり、地球が誕生し陸上で恐竜が活動していた数億年以上前から行われている。自然界のなかで自らの個体を維持するため、動物は様々な進化を遂げ種の存続を行っている。

今日まで動物は進化を繰り返し、その過程において自律的行動を行う知性を獲得したとされる。動物は過酷な環境に耐えうる手段を学習し、天敵となる捕食者からの逃れる術を体得した。狩りにおいて仲間と連携を図ることで成功率を向上させる動物も存在する。それら動物の特性や、他者との関係性をいくつか例をあげる。

### 2.2.1 サーバルキャットの特性

図 0 0 に示すサーバルキャットはサバンナ地方に生息するネコ科の動物である。身体的な特徴は胴体と四肢が細く、素早く走行することと高く跳ねることができる。体毛はサバ



ンナの動物に多い黄褐色に黒斑点模様で周囲に同化しやすく、獲物や天敵から身を隠しやすい特徴がある。活動範囲は広く、平原から山岳の標高 2,000m を超える場所でも姿を表す。基本的に夜行性であるが、朝夕の涼しい時間帯でも活動をしている。

狩りは単独で行い、身軽さを武器に小型動物を仕留め、稀に低空を飛行している鳥類も捕食する。単独行動は種に対し多様性をもたらし、様々な環境に対し耐性を身につけることが可能である。

しかし、時折金切り声を叫ぶこともあり、これは他の仲間とコミュニケーションを図っているとされている。完全なスタンドアロンではなく、必要に応じて仲間と連絡をとることで無駄を省いている（これは適当。ワカンネ）。

### 2.2.2 ブチハイエナ特性

図 0 0 に示すブチハイエナもサバンナ地方に生息する動物である。外見的特徴よりイヌ科に似ているが、ネコ科に近い動物とされている。また、狩りの獲物を横取りするイメージが先行しがちだが、実に 6 割以上は自らで獲得している。むしろ、百獣の王ライオンがハイエナの獲物を横取りする方が多いと報告に上がっている。

ハイエナの狩りの特徴は仲間との協力プレイで行う。知能の高い動物であり、10 頭近いコミュニティで常に行動を共にし、狩りの際にも仲間と連携を密に取り合うことで狩りを成功に導く。ハイエナの狩りの成功率は他の動物よりも高い水準にあり、これは種の存続に大きく貢献している。同種族の他のコミュニティとの喧嘩を避け、コミュニティ内も秩序が存在しひとつの社会として機能している。

### 2.2.3 捕食-被食関係

前節であげた 2 つの動物は捕食-被食関係に位置している。天敵に狩られる立場でもあり、他を捕食する立場でもある。これは常に身を危険に晒している状況にある。つまり、

安易な行動で天敵に捕食され、目的を前にして息絶えることとなる。

これらの脅威に対し動物は自律的な行動を持って対処している。例えば複数の仲間と行動を共にすることによって、個が存続する確率を高めている。また、発達した感覚器官から得た情報を元に、天敵が接近する前にこれを回避する。そのために四肢が発達した動物も多い。更には、過去の記憶を元に次の行動を予測し、自身の生存の確率を向上している。この危険察知能力の要は卓越した感覚器官を器用に使いこなすことで、周囲の環境情報が取得可能となる。

動物は自律的な行動を行うことで生存の確率が高まる。適切な判断を行うためには周囲の環境情報が必要となり、適切な感覚器官が備わっている必要がある。また、行動を実行に移すためには移動手段が必要となり、環境に合わせた適切な四肢が動物には備わっている。

#### 2.2.4 まとめ的な？

単独行動のよさ、集団行動によさ、食う食われるの立場にいるから生きるの強くなった。それらを組み合わせたら強くな？って、話をまとめて読み手を納得させる。2.2.3 と 2.3 の間をとりもつような何か、いい感じにまとめる。

### 2.3 育成システム

本研究ではこれら動物的な行動、つまり自律性を植物に付与することで、従来の植物で問題となっている他者への依存度を低減させる。しかし、現状の植物のみでは自律することは難しく、外的に機能を追加することでこれを克服する。より具体的には、環境情報が知覚し処理しやすいよう外界センサを搭載しこれをコンピュータで処理することで、仮想的に感覚器官と頭脳を有しているように振る舞うことができる。また、移動を行うために植物は移動ロボットに搭載し、これをコンピュータ制御することであたかも植物が自律性

を有し、能動的な活動を行っているよう環境に対し適当な行動を行わせる。これら自律的な育成を行うために必要となる、自己育成をシステムを本研究で作製し評価を行う。

また、本研究では育成を行うものであり、作付や収穫また繁殖は本研究では対象外とする。

## 第3章 植物の育成要素

(これをどこの章に入れるべきか) 植物の育成に必要な要素として Fig.3.1 示すように光、水、空気の3つがひとつになる。更に、健全な育成を行う為には温度、栄養の2つを適切に管理する必要がある。つまり、植物が自律的に育成するにはこれら5つの要素をモニタする必要がある。

しかし、通常空間において空気中の酸素や二酸化炭素の量は高度が変化しない限り、その濃度に変化は少ない。特に限定された空間内において、ロボットを使った実験を行うような場合は、空気の変化は少ないと思われる。また、空気中の変化を観測し適切でない場合においても、それは限定された空間内全てにおいて同じことが当てはまる。つまり、空

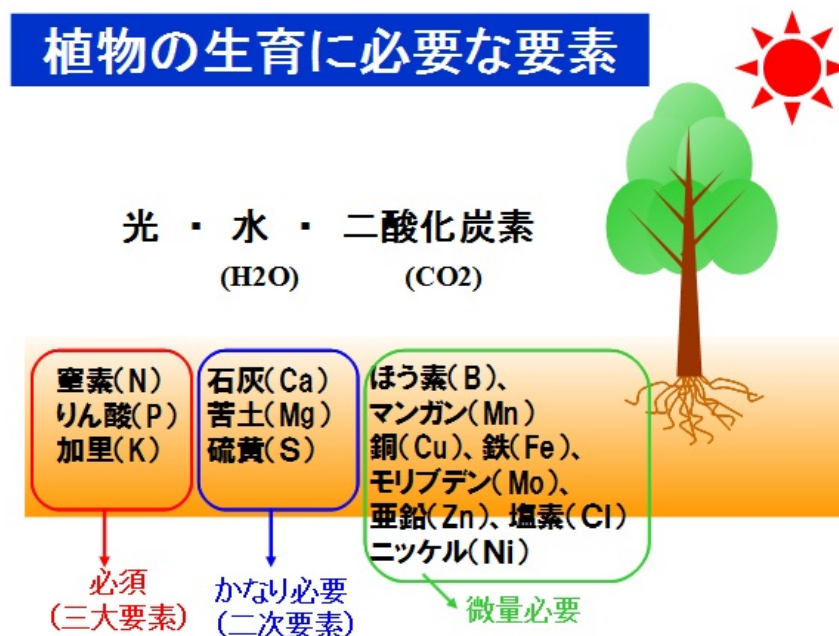


図 3.1: 植物の育成に必要な要素

気をモニタする必要はないとする。

次に、土壌の栄養素に関してはその観測が難しく、植物の生育に必要なものは10種を超え、ロボットが自身で測定することは現実的ではない。そこで土壌の栄養を鉢植え時に調整し、育成に十分な量を投与する。土壌栄養素のモニターは無視し、土壌の栄養は常に最適な状態で固定されることとなる。

よって、比較的容易な3つの要素をモニタ対象とする。

### 3.1 光

植物は動物と異なり、日の出ている日中は光合成を行い、日のない時は動物のように呼吸を行う。育成に必要な光は日光、電球、蛍光灯、LEDの放つ光で成長が確認されている。近年の研究では、赤色と青色の光を放つLEDの光が植物の育成に最も効果的と報告されている。しかし、蛍光灯でも育成には十分な効果が得られ、本実験では広く一般的な照明器具である蛍光灯の光を用いて植物を育成を行う。

そこで、本研究では光合成に必要な光を照度と捉え、必要照度をモニタする。

### 3.2 水

生物は水なしでは生命維持が困難である。これは植物も同様で、光合成の過程で水分が必要となる。水分は外部より供給を行い、一度土壌に蓄えられた後に植物に水分が行き渡るよ。

そこで、本研究では土壌に蓄えられた水分量を植物自身の水分量と捉え、これモニタする。

### 3.3 温度

温度も同様に適切な状態でないと育成を妨げる。植物の種類により適切な温度は異なり、他 2 つの要素より実験環境に大きく左右されることになる。

そこで、実験環境内で育成が可能な植物の種類の選択を行い、外気温度のモニタを行う。

## 第4章 ハードウェア

(sectionのみしか書けていない。) 前章で述べた機能を実現するため、2種類のロボットが必要になる。

1つ目は、植物を自律的に移動させる自律移動ロボットでは、プラットフォームに植物と各種センサ類を搭載する。これらをコンピュータで制御することで能動的な行動を実現する。ロボットの行動はセンサ情報を基にしており、植物にとってより良い環境へ移動を行う。これが植物の自律的な行動である。

2つ目の、植物に水分を与えるロボットは、接近した自律移動ロボットの植物に水分を与える。それは、あたかも動物が水場で水分を摂取しているかのように、能動的な行動を示すようになっている。

こらら2つのロボットを1つのシステムとし、植物自律化による自己育成システムを体现する。

### 4.1 自律移動ロボット

動物は一日中行動を行うものではなく、日中ないし夜間のどちらか一方で活動している。植物が自律的な行動を行う場合、日中行動を行う必要になる。この場合は常に動きまわる必要はなく、自律的に必要に応じた行動が求められる。動物の機能を大きく分けて考えると、物事を判断する頭脳、自他の状況を認知する感覚器官、行動を行うための四肢を有している。これら機能をロボットに置き換えることで、植物を自律的に行動させることが可能となる。

初めに頭脳として小型コンピュータを用いる。これは自律移動ロボットの要にあたる。他の要素が接続しやすいよう、低レベルなインタフェースを備え、汎用性に長けた物が必須となる。

次に感覚器官として各種センサを用いる。センサはADコンバータを通してコンピュータと接続し、逐次環境情報を取得する必要がある。

最後に四肢としてタイヤを移動機構に用いる。タイヤの場合モータとエンコーダを用いることで、移動と同時に座標の取得が可能となる。モータはコンピュータで制御され、自律的な行動が行えるようになっている。

#### 4.1.1 駆動部

対向2輪型を選んだ理由要の駆動部、計算して出したんだよ重くてもOKってのを見せる。計算の結果このトルクとか回転数が必要になったタイヤは多少の段差、室内限定ではコードを乗り越えられる的な感じで乗り切るぶっちゃけ時速は10km/h出るけど、仕方ない。適当にする。そしたら12vバッテリーで駆動できていいじゃんってのをまとめる。

#### 4.1.2 モータドライバic

このモータ動かすためにIC必要ねモータ電流値をだす。この値です。ならこれ以上容量必要ねDCならPWMで速度制御しやすいね、だからこれ後述するけど、ソフトでもPWMやりやすいね

#### 4.1.3 エンコーダ

正直パルス多い。200p/r 精度良くなら1000もあるけど、どうして200?決めてなかった。ただ、手元にあった。それだけ。んー。4低倍で800。更にギアかまして倍の1600。んーモータとタイヤ直結だからそこそこのパルス数は必要だけど、コンピュータ的に多す



ぎるのはダメだから、、、このくらい？根拠ないけど。適切なパルス数をどこかの文献から引っ張る？適切に参考文献使うか。それで解決しよう。ダメでもどうにか

#### 4.1.4 制御コンピュータ

linux が走るコンピュータ欲しかった。それはプラットフォームが云々、今後の ROS とか詳しいことは後述でさらに直接ピンが出てれば直接操作できていいね。的な。それで RPI3 が小型で低消費電力で安価だった。比較の必要はないと思う、これはみんなわかってる。（と思う。

#### 4.1.5 センサ

環境認識にセンサの搭載は必須である今回は動物のように状態を認知できることに着眼し、照度、水分、温湿度の3つのセンサを搭載した（これはもっと前の方で行ったほうがいいかも）それぞれのセンサはアナログ値で出力される。これは後述する Arduino で AD 変換され制御コンピュータに送られる。

##### 照度センサ

図 0 0 に示す。照度センサには CdS セルと固定抵抗器を用いて作成した。固定抵抗器の抵抗値 000 は実験的に算出したもので、運用環境において照度の平均的な値が出力されるよう調整を行った。回路図は図 0 0 のようになっている。アナログ値で

また、このモジュールをプラットフォーム上に3つ搭載している。これはセンサが植物の葉で日陰に入ってしまう事を考慮している。ロボットが移動を行うと光源の位置や姿勢が変化し、結果的に葉の影の位置も変わってしまう。1つのセンサでは対処しきれないため、複数箇所に設置をしている。

## 土壌水分センサ

土壌水分の計測には図 0 0 のように土に 2 本の電極を土壌に刺し、抵抗値の変化を水分量の変化として捉えている。土壌水分が多い場合は抵抗値が低くなり多くの電流が流れ、逆に水分量が少ない場合は抵抗値が高くなり電流が流れづらくなっている。この抵抗値は 2 本の電極の間隔が非常に重要なため、電極は次の図 0 0 のような音叉の形をした物を利用する。既成品を利用し間隔が固定されるため、差し替え時による抵抗値の誤差は少なくなる。

このセンサの値をコンパレータ LM393 に通して出力をしている。LM393 はオペアンプを内蔵しており、微小な変化量の土壌センサを 0V 5V のアナログ値で出力する。これを Arduino で読み取ることで水分量のモニタを行っている。

## 温湿度センサ

図 0 0 に示す温湿度センサ DHT11 はなお、湿度は本実験の環境情報として不必要なものとしているが、将来のために設置と計測を行っている。

## Arduino

これらセンサの値を AD 変換し RaspberryPi3 に送る必要がある。まず、RPi3 はアナログ入力に対応していない、そこで AD 変換が必要次に外部からの送り方は個別に GPIO でもいいが、センサ情報は同期取りたいので 1 つの機器でまとめて送る（なぜ？って聞かれたら微妙だけど）まとめて送るためには spi とか serial あるけど、今回は汎用的な Serial 通信にした。これらをまとめて搭載し、手軽にプログラミングできて、安価なのが Arduino でした。（他にもあるかもだけど）（情報量多いし、資産としても悪くないかなって、稲垣先生も納得するかもって。わかんないけど）詳しいソフトは後述する。

#### 4.1.6 DC-DC コンバータ

これらに電源を供給するものが必要になる 12V のモータと同じ電源を利用する、サイズダウンのためなのでコンバータが必要になる。そこで、コンバータの必要スペックを計算する 5 V の各機器必要電流値を表で出す。で、こんだけの電流が必要なので、余裕のあるこれにした。

#### 4.1.7 バッテリー

移動して運用するためにはバッテリーが必要となる。上記のシステムを N 時間稼働すると 0 0 0 0 AH 以上のバッテリーが必要となる。計算式なのでこれを選んだ

### 4.2 給水ステーションシステム

植物が自律的な行動を行えるようになったが、自ら水道の蛇口を捻り水分補給が行えるわけではない。そこで自律的に行動を行っている植物に対し、水分を与えるロボットが必要となる。植物が補給する水分量は限られており、小型なタンクで十分である。小型であるため置き場所を問わず、実験に適したになっている。

自律的に行動を行っている植物の接近を検知し、水分を与える場合はサーボモータを用いたバルブ機構を開閉し、植物に水分を与えている。

#### 4.2.1 筐体

植物の高さからこれにした 3 方向からの給水、横付け可能な形状軽量、サビづらい。

#### 4.2.2 タンク

1 日で必要な水の量から適当なサイズのタンク入手性より 500lm のペットボトル重すぎない。タンクの上部に穴開けて、空気入れる工夫とかも

#### 4.2.3 ホース

ホースは

## 第5章 機能・ソフト

前章で用意されたハードウェアを用いて、システムは所定の動作を行う。Fig.??にシステム概要図を示す。2つのロボットは個別に動作をしており、通信などを特に行っていない。

2つのロボットシステムを起動させると、基本的には待機状態になる。自律移動ロボットが現状に不満を抱くと、事前に用意されているデータを基に思考し、最適な環境に移動するようなシステムになっている。水分不足の場合には給水ロボットに近づき、給水ロボットはホースのバルブを開放し植物に水分を供給する。そのような動作を繰り返し行うことで、自律移動ロボットに搭載された植物があたかも、自律的に行動しているように振る舞う。

### 5.1 自律移動ロボット

自律移動ロボットは初めに実験環境情報を取得する。これは実験を行う環境内で移動を行い、座標に基づいたセンサ情報を取得し、それをLogデータとしてコンピュータ内に保存する。生成されたlogデータを管理しやすいよう図00に示すグリッド形式に変換する。当たりに作られたデータを過去の記憶として、システムが動作しているロボットは現在の状態と過去の状態を比較し、より有利に働くよう行動を行う。

### 5.1.1 環境情報取得

座標取得

センサ情報取得

センサ管理・GIS

## 5.2 状況判断

## 5.3 給水ロボット

給水ロボットは終始待機状態になる。待機状態ではホースのバルブを閉じた状態になるよう、サーボモータを固定した状態で待機している。ロボットが接近した際にはバルブを開放方向へ回し、一定時間後に再びバルブを閉じた状態に戻し、一定時間は給水を受付ないようになっている。

### 5.3.1 水分供給

## 第6章 実験

前章で用意された機能の評価実験を行う。なお、実験を行う環境は室内で行われ、床上の状態は常に理想的な状態になるよう、管理された空間内で行った。

## 6.1 自己位置推定の評価実験

### 6.1.1 実験方法

### 6.1.2 実験結果

## 6.2 環境情報の取得（グリットマップ）の評価実験

### 6.2.1 実験方法

### 6.2.2 実験結果

## 6.3 誘導、自律移動の評価実験

### 6.3.1 実験方法

### 6.3.2 実験結果

## 6.4 自己育成システムの評価実験

### 6.4.1 実験方法

### 6.4.2 実験結果



## 第7章 おわりに

### 7.1 まとめ

まとめ

### 7.2 今後

こんご

## 第8章 真

真真

## 参考文献

- [1] 岡野守也, トランスパーソナル心理学, 青土社 (2000).
- [2] 農林水産省大臣官房政策課食料安全保障室, 知ってる? 日本の食料事情 ~ 日本の食料自給率・食料自給力と食料安全保障~, 農林水産省 (2015).
- [3] 日本銀行金融市場局為替課, 日本銀行における外国為替市場介入事務の概要, 日本銀行 (2010).
- [4] みずほ情報総研株式会社, 「貿易のための援助」の評価 (第三者評価), 外務省 ODA 評価 (2011).
- [5] 東京大学大学院 (座長: 本田 正義) 他, 我が国の「食料安全保障」への新たな視座, 外務省 食料安全保障に関する研究会 (2010).
- [6] 九州大学 (代表者: 長谷川 勉) 他, “ロボットタウンの実証的研究”, 文部科学省 科学研究費助成事業, 平成 17 ~ 19 年度.
- [7] Simon Cooper and Hugh Durrant-Whyte, “A Kalman filter model for GPS navigation of land vehicles”, Proceedings of the 1994 IEEE/RSJ/GI International Conference on Intelligent Robots Systems, pp.157-163, 1994.
- [8] Margrit Betke and Leonid Gurvits, “Mobile Robot Localization Using Landmark”, IEEE Transaction on Robotics and Automation Vol.13, No.2, pp.257-261, 1997.

- [9] Brooks, R.A, “A Robust layered control system for a mobile robot”, IEEE Journal of Robotics and Automation, 2, pp.14-23,1986.
- [10] Steels, L, “Towards a theory of emergent functionality”, In J-A, Meyer and R.Wilson (eds) Simulation of Adaptive Behavior, Cambridge, MIT Press, 1991.
- [11] S.Muramatsu, D.Chugo, T.Takase, “Localization of mobile robot using local feature of image”, ICROS-SICE International joint Conference ICCAS-SICE, 2009
- [12] 村松 聡, 中後 大輔, 高瀬 國克, “画像の局所的特徴を用いた物体認識” 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 SI2008
- [13] Satoshi Muramatsu, Masataka Hirai, Masanori Sato, Yousuke Ohtani, Tetsuo Tomizawa, Shunsuke Kudoh, Takashi Suehiro, “Mobile robot localization based on a 3D extended space observation model”, Proceedings of the 2009 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 2A1-L07. 2012.