

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 XXXXXXXX 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	5
1.1	背景	5
1.1.1	食糧事情	5
1.1.2	食料安全保障	6
1.1.3	リスクへの対応	6
1.2	従来研究	6
1.2.1	農業の自動化	7
1.2.2	問題点？てきな？	7
1.3	研究目的	8
1.4	論文構成	9
第2章	植物の自律化	10
2.1	自律とは	10
2.2	動物的行動	11
2.2.1	サーバルキャット	11
2.2.2	ブチハイエナ	12
2.2.3	捕食-被食関係	12
2.3	ロボット化	13
第3章	ハードウェア	14
3.1	自律移動ロボット	14

3.1.1	駆動部	14
3.1.2	モータドライバ ic	14
3.1.3	エンコーダ	15
3.1.4	制御コンピュータ	15
3.1.5	センサ	15
3.1.6	DC-DC コンバータ	17
3.1.7	バッテリー	17
3.2	給水ステーションシステム	17
3.2.1	筐体	17
3.2.2	タンク	17
3.2.3	ホース	18
第 4 章	植物自律化による自己育成システム	19
4.1	aaa	19
第 5 章	実験	20
5.1	自己位置推定	20
5.2	環境情報の取得（グリットマップ）	20
5.3	誘導、自律移動	20
5.4	自己育成システム	20
第 6 章	おわりに	21
6.1	まとめ	21
6.2	今後	21
第 7 章	真	22

图 目 次

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。これは図に示す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 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。図に示すのは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。また、図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、図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、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。

1. 国内生産の増大
2. 輸入の安定化
3. 備蓄の確保

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、他の2つで補う形を目標としている。

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。

農業機器の自動化

図を含めて、軽く説明する。

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。

これら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。

1.2.2 問題点？てきな？

前節の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。(参考文献ないけど)

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。

1.3 研究目的

(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な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。

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。

1.4 論文構成

あとで。

第2章 植物の自律化

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、本研究では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。自立という言葉は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。狩りに関し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。それら動物の特性をいくつか例をあげる。

2.2.1 サーバルキャット

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

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す。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きます。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。

まとめると、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。

2.3 ロボット化

植物の自律化をロボットを用いて表現する。前節で挙げたような機能を搭載したロボットに植木鉢を搭載することで、これを表現する。。センサを仮想的な感覚器官として用いて周囲の環境情報を収集し、これをコンピュータで処理し行動の判断を行う。判断の結果に基づきロボットの移動機を用いて、目的の行動を行うことが可能となり、本研究における植物の自律化をロボットを用いることで表現が可能となる。(なんて書けばいいかな?)

第3章 ハードウェア

こんな感じのシステムが必要になる。図とか？出しながら、それには移動ロボットと水やりロボットが必要ね植木鉢を載せて動くロボット必要ねこんな感じのロボットが必要ね。

3.1 自律移動ロボット

全体的な筐体とか図を見せながら軽く触れる電装系も概要の fig2 を出す。

3.1.1 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。

3.1.2 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

3.1.3 エンコーダ

正直パルス多い。200p/r 精度良くなれば 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

3.1.4 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。

3.1.5 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

照度センサには CdS セルを利用し、照度の変化により抵抗値が変化するようにになっている。回路図は以下のようにになっている。固定抵抗の 000 は実験の結果この値だと低すぎず高すぎず、できるだけ多くの変化を観測することが可能な値になっている。(って、

いう時どう書けばいいかな?) また、このモジュールを四隅に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。移動することで照明の位置が常に変化し、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00のように土に2本の電極を刺し、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にくいようになっている。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00のような音叉の形をした物を利用する。間隔が固定されるため差し替え時による誤差は少なくなる。この値をコンパレータ LM393 に通して出力をしている。

温湿度センサ

環境の温湿度を認知するためにセンサを搭載した測定範囲は日本の平均的な(参考文献、気象庁)をもとに、次のようなものが求めれた。なのでこのセンサなら温湿度センサは市販品の DHT11 を使った。設置場所は百葉箱を意識し、塩ビの中に入れた。(正直、コンピュータとかで温まっちゃうけどさ笑)

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、なので 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。わかんかいけど)詳しいソフトは後述する。

3.1.6 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。

3.1.7 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

3.2 給水ステーションシステム

存在意義の説明(これは前の章で説明かな?) 大まかな要求仕様

3.2.1 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。

3.2.2 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

3.2.3 ホース

ホースは

第4章 植物自律化による自己育成システム

問題を解決するために必要となる機能例えば自己位置推定。経路作製と誘導。自律移動的な。グリットマップでのセンサ管理。その多次元グリットマップ。水分補給機能。日を求める行動。それらのプログラムとかアルゴリズムの概要を説明すればいい感じ？

4.1 aaa

第5章 実験

5.1 自己位置推定

5.2 環境情報の取得（グリットマップ）

5.3 誘導、自律移動

5.4 自己育成システム

第6章 おわりに

6.1 まとめ

まとめ

6.2 今後

こんご

第7章 真

真真

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Margrit Betke and Leonid Gurvits, “Mobile Robot Localization UsingLandmark”, IEEE Transaction on Robotics and Automation Vol.13, No.2, pp.257-261, 1997.
- [4] Brooks, R.A, “A Robust layered control system for a mobile robot”, IEEE Journal of Robotics and Automation, 2, pp.14-23,1986.
- [5] Steels, L, “Towards aa theory of emergent functionality”, In J-A, Meyer and R.Wilson (eds) Simulation of Adaptive Beheivor, Cambridge, MIT Press, 1991.
- [6] S.Muramatsu, D.Chugo, T.Takase, “Localization of mobile robot using local feature of image”, ICROS-SICE International joint Conference ICCAS-SICE, 2009
- [7] 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
- [8] 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.