

枝打ロボットのための切断機動作計画アルゴリズム -実環境に向けた評価と改良-

佐々木 淳一[†] 新井 義和[†] 曾我 正和^{††}

[†] 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ^{††} 岩手県立大学 地域連携研究センター

1 はじめに

現在、地球温暖化防止のための取り組みが世界規模で進められている。特に森林は二酸化炭素吸収源として注目されており、国内においても、農林水産省が「地球温暖化防止森林吸収源 10 年対策」[1] を策定し、その対策を進めている。加えて森林には、地球環境保全、国土の保全などの多面的機能についても期待が寄せられている。しかし近年の国内では、整備の行き届いていない森林が増加している。その原因として、林業従事者の離職・高齢化が進み、森林整備のための労働力不足を誘発していることが挙げられる。

作業の自動化によって労働力不足を補うための一つの方向性として、枝打ち機械が開発・販売されている。既存の枝打ち機械では、大型の切断機が移動プラットフォームに搭載され、樹幹に沿いながら螺旋昇降を行うことにより、網羅的に枝を切断する。しかし、幹の湾曲が原因で切断機が幹に食い込む問題が生じていた。これに対し、著者らは樹木の損傷の軽減を目指して小さな切断機を搭載した枝打ロボットを開発している。切断機の小型化にともなって切断可能領域が縮小するため、樹木に着生した個々の枝を検出し、その位置を認識した上で能動的に切断するよう、切断機の動作計画を立案する必要がある。特に本研究では、センサの死角のため検出できない枝が存在する範囲を明らかにするとともに、それらを切断するための切断機動作計画アルゴリズム [2] の改良を目指す。

2 枝打ロボットの概要

枝打ロボットのシステム構成を図 1 に示す。

枝認識システムでは、各種センサから得られた情報を基に枝マップ構築システムによって枝の位置を表すマップを構築する [3]。このマップに基づいて、切断機の軌道から一定以上の距離に近づいた枝に対して切断機が搭載された切断ユニットを能動的に動作させ、その枝を切断する。

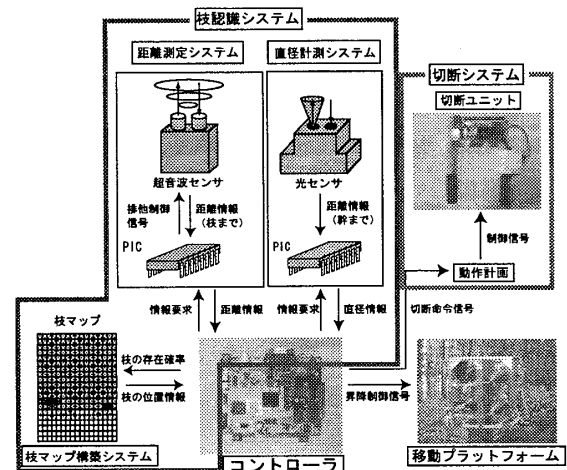


図 1: システム構成

このロボットでは、幹の根元付近に移動プラットフォームを設置し、上昇とともに鉛直上向きにセンシングすることによって枝の位置を推定する。したがって、切断機動作計画アルゴリズムでは、下の枝の上部に隠れているため遠隔から検出できない枝も切断するようその軌道を計画しなければならない。これに対して、図 2 のように切断機にタッチセンサを取り付け、遠隔から検出できない枝を接触を通して検出できるようにする。

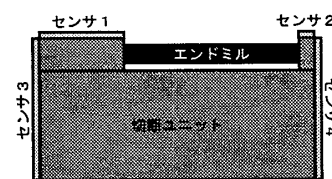


図 2: 切断ユニット上のタッチセンサの配置

3 切断機動作計画アルゴリズムの改良

本研究では、遠隔から検出されて枝マップに登録された枝を「認識枝」、認識枝の上部に位置するため遠隔から検出できない枝を「隠れ枝」と定義する。

認識枝の上部の枝が認識枝から離れていれば、認識枝を切断後に超音波センサによって検出されるのでその枝は認識枝となる。しかし、認識枝の上部近辺に存在する枝は認識枝を切断してからでは検出が難しい。このとき、枝が残るとプラットフォームが上昇する際の障害となる。したがって、検出が困難な隠れ枝の範

Motion Planning Algorithm of Cutting Mechanism for Pruning Robot -Evaluation and Improvement for Real Environment-

[†] Junichi SASAKI, Yoshikazu ARAI

^{††} Masakazu SOGA

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University (†)

Iwate Prefectural University, Regional Cooperative Research Center (††)

囲を明らかにし、その範囲の枝をも切断する必要がある。

3.1 隠れ枝の範囲計測実験

隠れ枝の範囲を明らかにするために、シミュレータを用いて計測実験を行った。

実験では、2本の枝を、1本目の枝はセンサによってその位置が認識できる位置に配置し、2本目の枝は検出できないことを想定して、1本目の枝の上部に一定間隔で位置をずらしながら配置した。

その結果、図3に示すように、1本目の認識枝から鉛直上向きに引いた直線を基準として左右に幹の直径 D に応じて変化する領域が隠れ枝の範囲として見出された。4通りの幹の太さを想定したシミュレーション実験によって得られた左側の幅 W_L と右側の幅 W_R を図4に示し、それぞれ次式で近似する。

$$W_L = 130.67D^3 - 109.2D^2 + 30.773D - 2.825$$

$$W_R = 42.667D^3 - 36.4D^2 + 10.453D - 0.931$$

隠れ枝の範囲の高さ H は切断機の最高到達高さから切断機の軌道に対する認識枝の高さを差し引いた値となり、直径 D に応じて変化する。

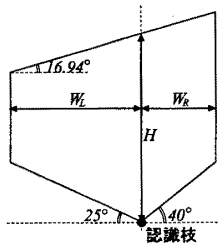


図3: 隠れ枝の範囲

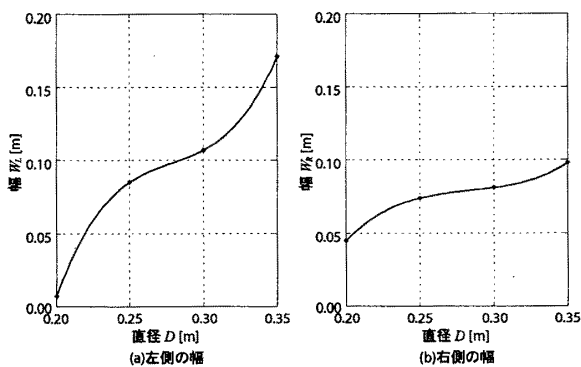


図4: 隠れ枝の幅

3.2 切断戦略

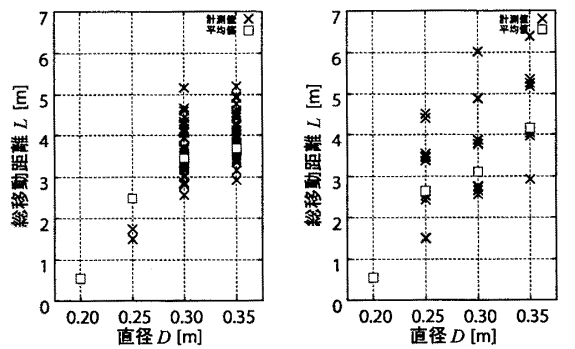
認識枝を切断した後に、図3で示した範囲の隠れ枝を切断する。ただし、遠隔からはそれらの枝の場所を特定不能なため、上記の範囲をくまなく場当たりに切断することを考える。このとき、隠れ枝の範囲の左端から上向きに切断を開始し、順次右に移動しながら

上向きへの切断を繰り返す。右端に到達したら対象となっていた枝の切断動作を終了とする。動作中にタッチセンサに接触した枝に対しては次の2種類の戦略に基づいて切断を試みる。

1. 接触した枝を切断し、接触する前の位置に戻る。
2. 接触した枝を避け、次の切断機上昇時にその枝を切断する。

3.3 シミュレータによる評価

上記の2種類の切断方法について、どちらが隠れ枝の範囲をくまなく移動した際の総移動距離が短いかを比較した。このとき、枝の配置密度を密、疎、中間の3種類に設定し、それぞれの状況において比較した。比較した中で一番差の大きかった密の場合の結果を図5に示す。



(a)接触したら切りに行く(手法1) (b)接触したら避ける(手法2)

図5: 総移動距離の比較

手法2. では、枝にセンサが接触してそれを避けた先でも別の枝にセンサが接触する場合があることが確認された。そのため総移動距離が長くなる傾向がある。これに対し、手法1. では比較的安定した移動距離で切断可能である。

4 おわりに

本研究では、検出できない枝の範囲測定とその範囲を切断するための切断機動作計画アルゴリズムの改良を行った。今後は実環境における評価実験と枝認識システムとの統合が課題である。

参考文献

- [1] 農林水産省：“地球温暖化防止森林吸収源10ヵ年対策”，2002.
- [2] 千葉正弘，新井義和，曾我正和：“枝打ちロボットのための切断機構の動作計画アルゴリズム”，ロボティクス・メカトロニクス講演会2006講演論文集，2P1-D31，2006.
- [3] 横山卓郎，熊谷和也，新井義和，曾我正和：“枝打ちロボットのための枝マップ構築システムの性能評価”，ロボティクス・メカトロニクス講演会2006講演論文集，2P1-C40，2006.