

複数のぼけ画像を用いた通行可能路の知覚と 小型ロボットへの実装

Nishiyama, Susumu / 西山, 賛

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

64

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

5

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026367>

複数のぼけ画像を用いた通行可能路の知覚と小型ロボットへの実装

PERCEPTION OF PASSABLE PATHS USING MULTIPLE BLURRED IMAGES AND IMPLEMENTATION ON A SMALL ROBOT

西山 賛

Susumu Nishiyama

指導教員 伊藤 一之

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

Autonomous robots need to search for passable paths in order to adaptively behave in unknown environments. In previous research, a method to search for passable paths using two blurred images was proposed, focusing on the special retinal structure of the jumping spider. However, conventional methods have problems in that they require known information and misidentify a gentle slope as an obstacle. In this study, we propose a new method that improves these problems by using five blurred images. We implemented the proposed method on a small robot and conducted running experiments. We confirmed that the proposed method can evaluate the passability of a slope only based on information such as the number of points where the sign of the difference in blurring amount changes (changing points).

Key Words : *Perceiving of passability, passability of aperture, jumping spider, blurred images*

1. はじめに

ロボットが未知環境で適応的に行動するためには、障害物や崖を避けながら通行可能な道を探すタスクが重要となる。しかし、一般にこのような機能を実現するためには、環境の3次元モデルを作成するためのセンサー[1]や、カメラ映像から奥行き情報を取得するための重い画像処理[2]が必要となる。一方、自然界の生物はこれらのタスクを容易に実現することができ、その中でもハエトリグモは特殊な階層型網膜を持ち、未知環境で適応的に振る舞うことが報告されている[3-9]。従来研究では、ハエトリグモの網膜構造に着目し、2枚のぼけ画像を用いて通行可能路を探索する手法を提案し、小型ロボットを用いてその性能を検証した[5]。しかし、従来手法では、視野内の地面レベルを既知情報とすることや、坂と障害物の判断がつかないといった問題点があげられた。本研究では、既知情報を必要とせず、坂の通行可否を判断することができる手法を提案し、画像処理による検証と小型ロボットを用いた実験によりその性能を検証する。

2. 従来研究

一般に、画像中のぼけ量はカメラと被写体との距離に依存する。図1はその関係を示したものである。(a)は焦

点距離が20cmのときのぼけ量、(b)は焦点距離が60cmのときのぼけ量、(c)は(a)と(b)の差分である。図1に示すように、(c)はある点で符号が変化していることがわかる。そこで、この点を転換点と呼び、これを利用して通行可能路を知覚することを目的とした。

図2は、実際の状況下での転換点を示している。地面が平らな場合、転換点は地面上に線として現れる。一方、目の前に障害物が存在する場合には、転換点は障害物の端に現れる。

我々は、従来研究[5]において、転換点を利用して通行可能路を探索する手法を提案した。地面上に現れる転換点は常に一定であり、視野上においても一定の高さに現れ、それを地面レベルと呼ぶ。

視野上に現れる転換点が地面レベルと一致するとき、通行可能であることを意味し、転換点が地面レベルよりも高い位置に現れるとき障害物が、地面レベルよりも低い位置に現れるときに崖が存在することを意味する。提案手法を用いることで、障害物や崖を避け平坦な地面のみを選んで進むことができる。しかし、従来手法では、地面レベルという既知情報を必要とするほか、緩い勾配の坂であっても障害物や崖と誤認してしまう問題が残っていた。

本研究では、これらの問題を解決するため、3枚以上のぼけ画像を用いた新規手法を提案する。

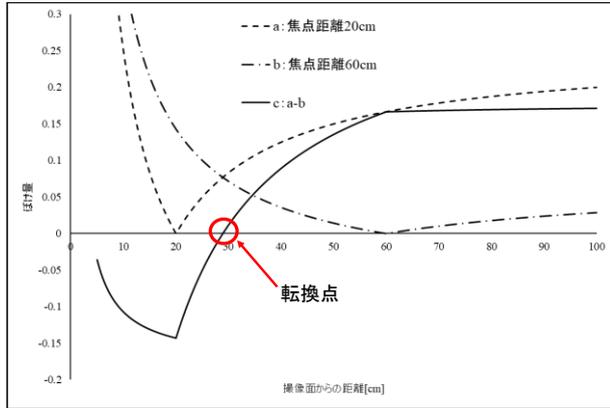


図1 撮像面からの距離とぼけ量の関係

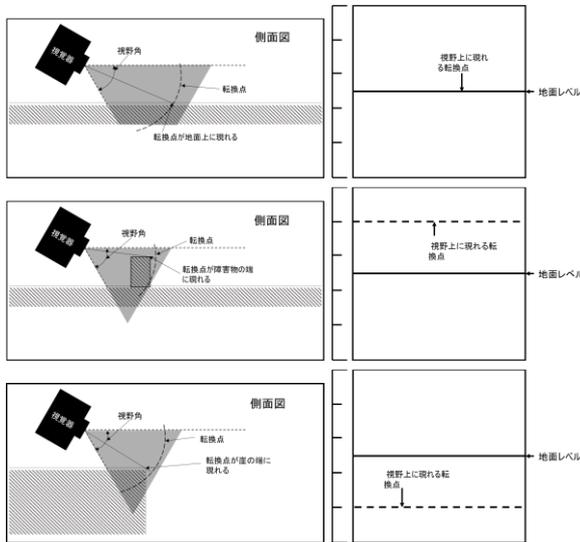


図2 視野上に現れる転換点と地面レベル

3. 提案手法

(1) 地面上の転換点

図3は、5種類の焦点距離から得られたぼけ量と撮像面からの距離の関係である。図4は、Aとその他のぼけ量を比較したものである。

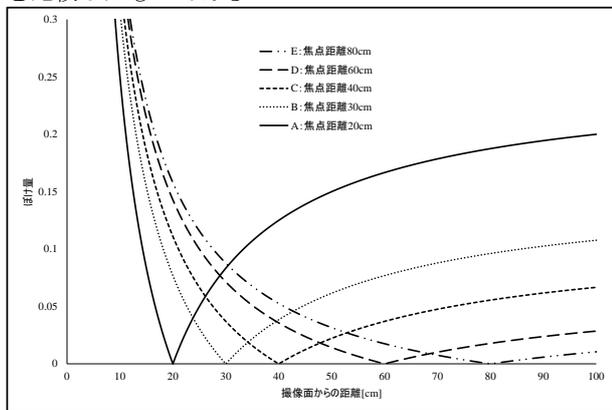


図3 5種類の焦点距離から得られたぼけ量と撮像面からの距離の関係

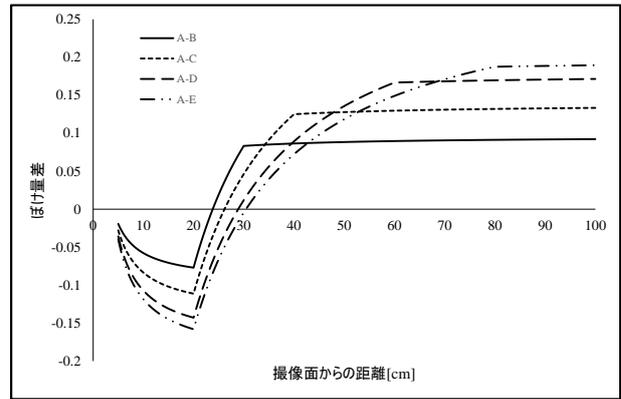


図4 フォーカス距離20cmのぼけ量との差分

図4から、比較する焦点距離によって転換点が変わることがわかる。また、図5に示すように、比較する焦点距離の違いにより転換点の位置が少しずつ移動し、カメラから地面までの距離に応じて視野内の異なる高さに転換点が現れていることが分かる。したがって、視野上を垂直方向に見た時、転換点が複数存在している場合は平坦な地面であることがわかる。

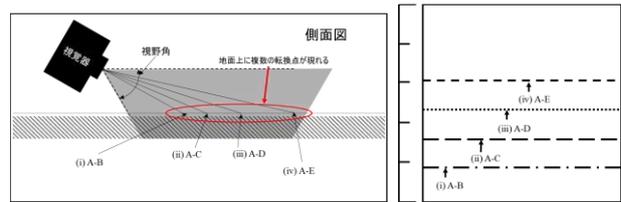


図5 視覚器の前が平坦な地面である場合の転換点

(2) 崖と障害物に現れる転換点

図6や図8のように視覚器の前方に障害物や崖がある場合、すべての転換点が障害物や崖の端に集まることがわかる。また、障害物の高さが視野角の上端より高い場合、図7のようにすべての転換点が視野の外に出てしまう。

したがって、視野上を垂直方向に見た時、転換点の数が2本未満であれば、通過不可能であることを意味する。



図6 視覚器の前方に低い障害物が存在する場合



図7 視覚器の前方に高い障害物が存在する場合

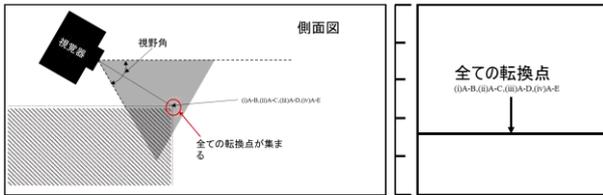


図 8 視覚器の前に崖が存在する場合

(3) 上り坂に現れる転換点

図 9 のように、視覚器に上り坂が近づいてくる場合、視野上に現れる転換点はより高い位置へとずれていく。また、図 10 のように坂の勾配が大きくなっていく場合も同様に視野上に現れる転換点はより高い位置へとずれていく。

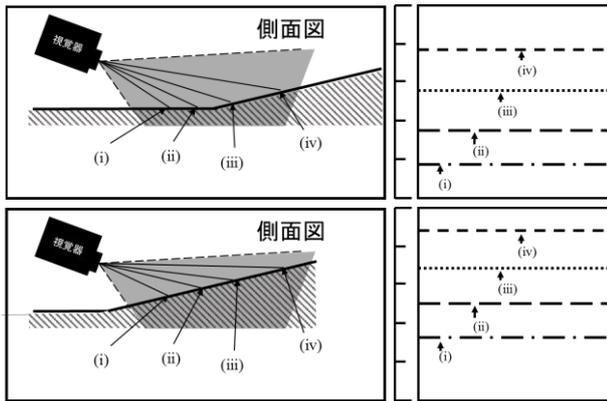


図 9 視覚器と坂の位置関係による転換点の変化

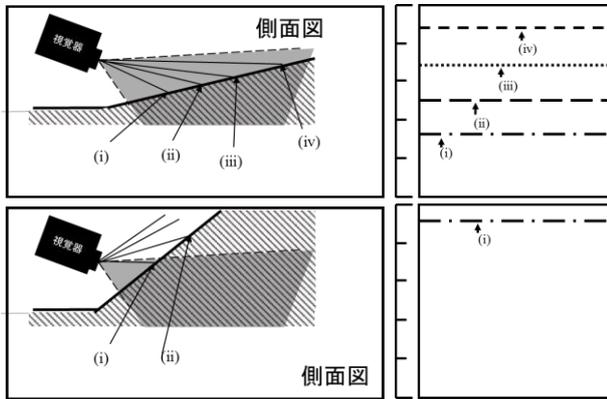


図 10 坂の勾配による転換点の変化

(4) 下り坂に現れる転換点

図 11 のように、視覚器に下り坂が近づいてくる場合、視野上に現れる転換点はより低い位置へとずれていく。また、図 12 のように坂の勾配が大きくなっていく場合も同様に視野上に現れる転換点はより低い位置へとずれていく。

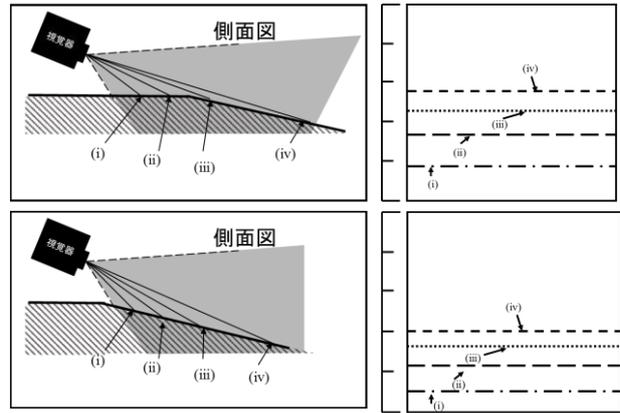


図 11 視覚器と坂の位置関係による転換点の変化

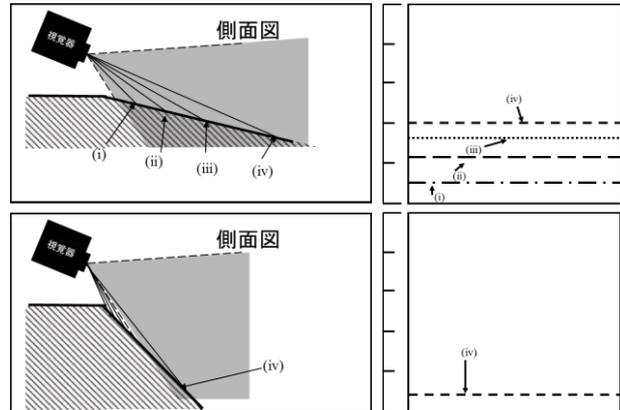


図 12 坂の勾配による転換点の変化

(5) アルゴリズム

図 13 に小型ロボットが通行可能路を探索し、移動するためのアルゴリズムを示す。提案アルゴリズムでは 5 枚のぼけ画像を取得し、4 種類の転換点を作成している。本研究では、元画像にラプラシアンフィルタを適用して画像の輝度勾配情報を取得し、それをぼけ量の指標として用いている[10-14]。また、グリッド分割した処理画像における n 列目に含まれる転換点の数を C_n とする。さらに、図 14 に示すように処理画像において左・中央・右領域を設定する。中央領域内の全ての列において C_n が 2 以上であれば直進し、そうでなければ左領域と右領域の転換点の数が多い方に旋回する。

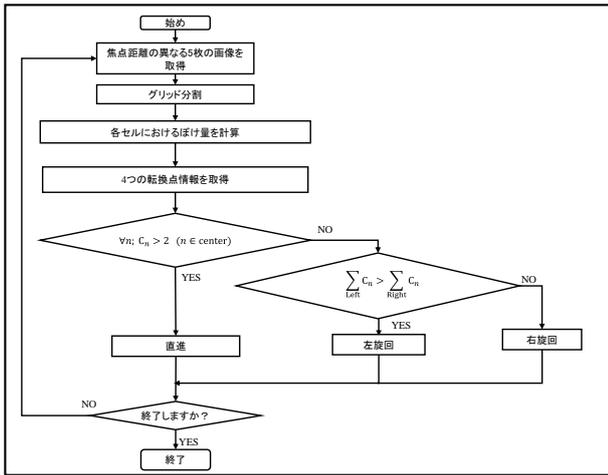


図 13 提案手法アルゴリズム

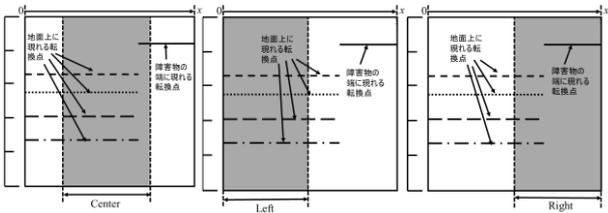


図 14 処理画像における評価領域設定

4. 実験

図 15 に本研究で使用した機体をしめす。ロボットには USB カメラと小型コンピュータ，サーボモータが搭載されており，USB カメラで撮影した画像を小型コンピュータで処理してサーボモータを制御している。

図 16 に実験環境を示す。実験環境には平坦な地面，勾配が緩い坂，急な坂，障害物，崖が存在しており，自然環境を再現して模様などのエッジを作るために，英字が印刷された紙を貼っている。

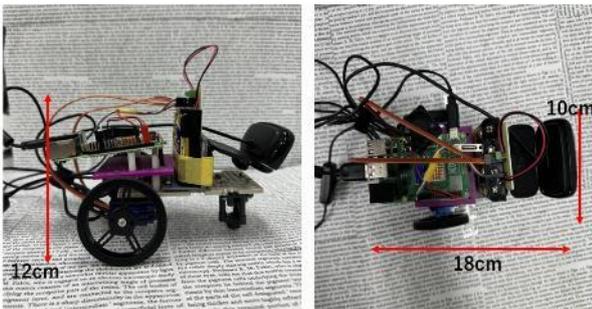


図 15 実験機体



図 16 実験環境

図 17 にロボットの走行軌跡を示す。また，図 18~20 にその時に取得された処理画像の一例を示す。図 17 より，ロボットは目の前に障害物や勾配が急な坂，崖が現れた場合それらを避けるように旋回し，目の前が平坦な地面や勾配が緩い坂である場合，そのまま直進していることが分かる。また，図 18 より，ロボットの目の前に壁が存在する場合，処理画像の右領域に転換点が 1 つ以下の部分が存在することが分かる。同様に，図 19,20 よりロボットの目の前に急な勾配の坂や崖が存在する場合，処理画像において急な勾配の坂や崖が存在している部分は転換点が 1 つ以下になっていることが分かる。

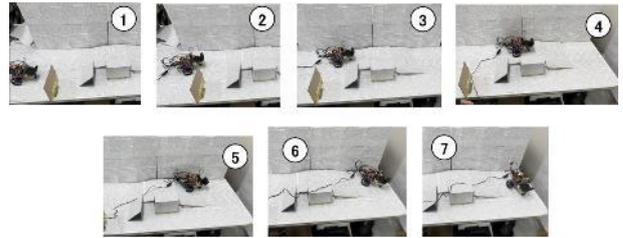


図 17 走行軌跡

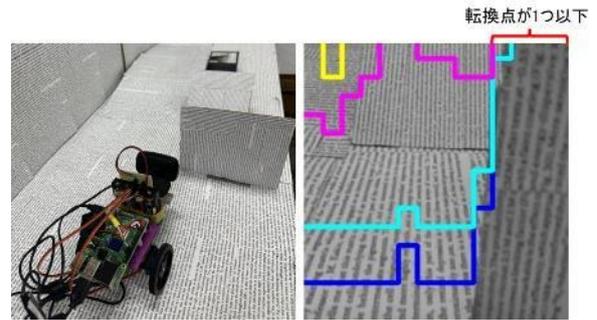


図 18 目の前に壁が存在する場合

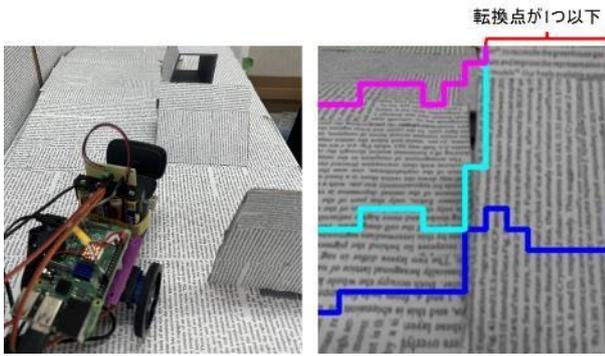


図 19 目の前に急な勾配の坂が存在する場合

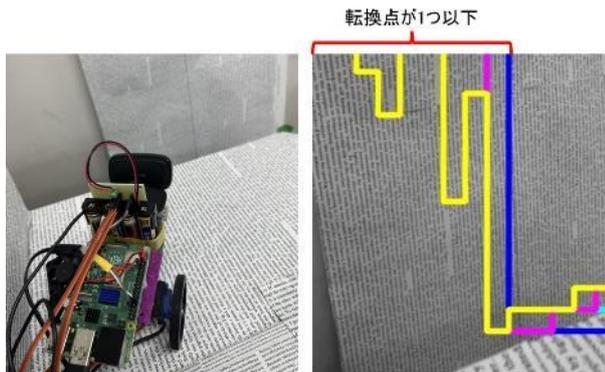


図 20 目の前に崖が存在する場合

5. 考察・結論

実験結果より、複数のぼけ画像から複数の転換点を取得することで通行可能路を直接知覚することが可能であると考える。複数の転換点を用いることで従来手法では不可能であった坂を含めた通行可能路の知覚が可能となった。また、本研究では既知情報を全く必要としないため、従来手法よりも直接知覚として有用性があると考えられる。

謝辞：最後に、本研究に際して多大なるご指導・ご協力をいただいた法政大学理工学部伊藤一之教授をはじめ、研究室の方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Radu Bogdan Rusu, " Semantic 3d object maps for everyday manipulation in human living environments," *KI-Knstliche Intelligenz* 24, 345-348(2010).
- 2) Qian Yu, Helder Araujo, Hong Wang, "A stereovision method for obstacle detection and tracking in non-flat urban environments, " *Autonomous Robots* 19, 141–157 (2005).
- 3) Tarsitano, M., "Route selection by a jumping spider (*Portia labiata*) during the locomotory phase of a detour," *Animal behaviour* 72(6), 1437-1442 (2006).
- 4) Heinze, S., "Neurobiology: Jumping spiders getting on board," *Current Biology* 24(21), 1042-1044 (2014).
- 5) Daiji Hachimine, Shogo Takano, Kazuyuki Ito, "How do jumping spiders perceive passability:

experimental verification using a small mobile robot, " *Studies in Perception and Action XV, Twentieth International Conference on Perception and Action*, 7-10 (2019).

- 6) Gibson, J. J., [The ecological approach to visual perception], Mifflin and Company, Boston, (1979).
- 7) Warren Jr, W. and Whang, S., "Visual guidance of walking through apertures: Body-scaled information for affordances," *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 13(3), 371-383 (1987).
- 8) Land, M. F., "Structure of the retinae of the principal eyes of jumping spiders (Salticidae: Dendryphantinae) in relation to visual optics," *Experimental Biology* 51(2), 443-470 (1969).
- 9) Nagata, T., Koyanagi, M., Tsukamoto, H., Saeki, S., Isono, K., Shichida, Y.,... Terakita, A., "Depth perception from image defocus in a jumping spider, " *Science* 335, 469-471 (2012).
- 10) Zhou, S., Sim, T., "Defocus map estimation from a single image," *Pattern Recognition* 44(9), 1852-1858 (2011).
- 11) J. Elder, S. Zucker, "Local scale control for edge detection and blur estimation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence* 20, 699-716 (1998).
- 12) P. Favaro, S. Soatto, "A geometric approach to shape from defocus," *IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence* 27, 406-417 (2005)
- 13) P. Favaro, S. Soatto, M. Burger, S. Osher, "Shape from defocus via diffusion," *IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence* 30, 518-531 (2008).
- 14) Yuanhao Gong, Wenming Tang, Lebin Zhou, Lantao Yu, Guoping Qiu, "Quarter laplacian filter for edge aware image processing," *2021 IEEE International Conference on Image Processing,1959-1963 (2021).*