



Title	Adaptive and Efficient Searching Behavior in Simple Mobile Robot Based on Biological Fluctuation
Author(s)	Surya, Girinatha Nurzaman
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/58358">https://hdl.handle.net/11094/58358</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	スーリヤ ギリナタ ヌルザマン Surya Girinatha Nurzaman
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24557 号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	Adaptive and Efficient Searching Behavior in Simple Mobile Robot Based on Biological Fluctuation (生体ゆらぎを応用した単純な移動ロボットの適応的かつ効率的な探索行動)
論文審査委員	(主査) 教授 石黒 浩 (副査) 教授 浅田 稔 教授 菅沼 克昭 教授 中谷 彰宏 教授 平田 勝弘 教授 南埜 宜俊 教授 安田 秀幸 准教授 中西 英之 准教授 萩原 幸司 准教授 吉矢 真人 准教授 杉原 知道 講師 宮坂 史和

### 論文内容の要旨

**Keywords:** “Yuragi” (biological fluctuation), noise utilizing, searching behavior, adaptive, efficient, simple mobile robot

**Background:** Mobile sensor nodes, micro mobile robots, as well as swarm robots that are simple, yet able to perform adaptive and efficient behavior is desirable. Interestingly, even very simple biological creatures like bacteria are shown to perform an adaptive and efficient searching behavior, such as the “Levy walk”: an energy efficient random walk for sparse targets. Recent researches suggest that noise in the creatures’ internal mechanism might have an important role. Actually, unlike the common view of human engineered system, noise is found to be utilized in various stages from molecules to brains in life sciences.

**Aim and hypotheses:** The aim is to realize a simple mathematical framework that enables simple mobile robot to search adaptively and efficiently under various environment conditions. Our focus of interest is the role of noise, i.e., the “biological fluctuation” framework, or “Yuragi” in Japanese language. We hypothesize that the utilization of noise through “Yuragi”, a simple noise utilizing framework based on Langevin equation, realizes an adaptive and efficient searching behavior.

**Conducted research and results:** We designed a novel noise based searching behavior, that is effective with and without sensing the gradient information, implementable in simple mobile robot with single sensor, even single degree of freedom, as long as the robot is able to properly utilize real noise from the environment to change direction randomly. Based on “Yuragi”, our approach is to do a combination between bacterial chemotaxis and Levy walk, each is more effective for a condition of with/without gradient, to control the moving forward movement. While showing a quick, effective switching between the two searching behaviors, the approach requires man made mathematical procedure to create a Levy noise, and specialized for searching gradient

sources.

We therefore built another model, with novel perspective of bacteria movement, which purely utilizes a natural Gaussian noise in its internal mechanism. Although it can also be used for searching gradient sources, we show the versatility of the approach by using different setting of patchy target distribution commonly happen in searching scenario. The result shows our simple robot emerges an adaptive switching behavior between Levy walk and a more common random walk, a Brownian walk, once entering the patches. This behavior is able to increase the search efficiency, defined as targets found versus traveled distance, as compared to performing Levy or Brownian walk alone.

### 論文審査の結果の要旨

本論文は単純な構造を持つ移動ロボットが様々な環境で適応的に振る舞い、効率的な探索を行う事を実現する単純な数学的なフレームワークを提案するもので、複雑で高機能な構造を持たせることが困難なシンプルな移動センサノードやマイクロ移動ロボットの制御への適用可能なメカニズムを提供する。本論文のもっとも重要な点は“生体ゆらぎ”のフレームワークに基づく探索において、ゆらぎを生じさせるノイズの役割を明らかにしたことである。

論文においては3つの側面から前述のフレームワークについて議論されている。最初のパートでは、最も単純な生物であるバクテリアの走化性における勾配の探索において、ノイズがいかに重要な役割を果たすかを生体ゆらぎの観点から説明している。この議論を元に次のパートでは、スパースに分布するターゲットに対する効率的なランダムウォークである Levy walk と生体ゆらぎのフレームワークを組み合わせられる事を示した。この組み合わせられ手法により生成された振る舞いは勾配が存在する場合でも、存在しない場合でも効率良く探索できる事を示した。さらに、最後のパートでは自然界に存在するノイズとして一般的なガウスノイズだけを用いたバクテリアの運動に対する新たなモデルを提案している。このモデルは勾配が存在する場合にも効果のある探索法でもありながら、大域的でスパースに分布する目標を効率的に探索する Levy walk と通常の局所的なランダムウォークであるブラウン運動を適応的に切り替えることで様々な環境にも適応的に振る舞う事ができる。すなわち、局所的に目標の分布が変わる場合、たとえばパッチ状に目標が分布した場合にも適切な振る舞いを選択し、効率的な探索を行う。

実問題への適用はなされていないが、どのように生物が複雑で常に変化する環境において生き延び、効率的に振る舞うのかを工学的な観点から解き明かしている。よって、本論文は大阪大学大学院工学研究科知能機能創成工学専攻の博士論文として価値のあるものであると認める。