

微生物との実世界インタラクションに向けた インタフェース用アバタロボットの制御

尾川 順子^{†,††} 長谷川 健史^{††}
奥 寛雅^{††} 石川 正俊^{††}

Control of Avatar Robot Interface toward Real-World-Oriented Interaction with Microorganisms

NAOKO OGAWA,^{†,††} TAKESHI HASEGAWA,^{††} HIROMASA OKU^{††}
and MASATOSHI ISHIKAWA^{††}

1. はじめに

近年の計算機科学の発展は遠隔地や仮想空間内の相手との自在なインタラクションを可能にしたが、異なるスケールの世界にいる存在とのインタラクションは未だに困難である。特にマイクロ・バイオ分野の発展によりマイクロ世界とのインタラクションの必要性が高まっているにもかかわらず、マイクロ世界とのインタフェースは未だ顕微鏡のレンズをのぞき込むことが主流であり、ユーザビリティは著しく低い。

そこで本研究ではこのスケールの壁を取り払い、マイクロ世界とマクロ世界をつなぐ新しいインタフェースを提案したい。本稿ではその第一歩として、微生物との物理的な触れ合いを等価的に体験できるインタラクションシステムを提案し、微生物の運動をマクロ世界で体現するアバタロボットの制御について基礎検討を行う。

人間以外の生物とのインタラクションシステムとしては、例えば仮想空間を介して遠隔地のハムスターと遊ぶシステムなどがあるが¹⁾、ハムスターとはこのシステムがなくても触れ合うことは可能である。また培養された神経細胞や粘菌にロボットを接続した研究もあるが^{2),3)}、マイクロ世界とマクロ世界の接続が極めて間接的である。今回提案するシステムはこれまで不可能であった微生物とのインタラクションを実現する

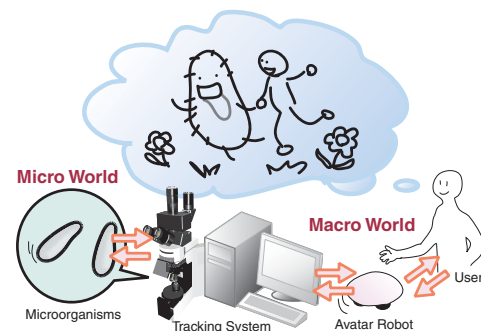


図 1 微生物とのインタラクションシステムのコンセプト。

ものであり、特に実世界志向の直感的な触れ合いを重視している。

2. 実験システム

本稿ではまずサブゴールとして、マイクロ世界からマクロ世界への働きかけの部分に注目し、微生物の運動をマクロ世界のアバタロボットに投影することを目指してプロトタイプシステムを構築した。ユーザから微生物への働きかけは本稿では扱わない。

システム概要を図 2 に示す。アバタロボットとしては、簡単のため 2 輪ローバを用いることにした。微生物とローバはマスタスレーブの関係にある。微生物トラッキング顕微鏡が取得したゾウリムシの 2 次元絶対位置を PC から出力し、ローバの車輪を動かす。

計測系には高速に遊泳する微生物を常に視野中心に捕捉しながら観察できる「微生物トラッキング顕微鏡」⁴⁾を用いた。高速ビジョン Profile Imager (浜松

[†] 日本学術振興会

^{††} 東京大学大学院情報理工学系研究科

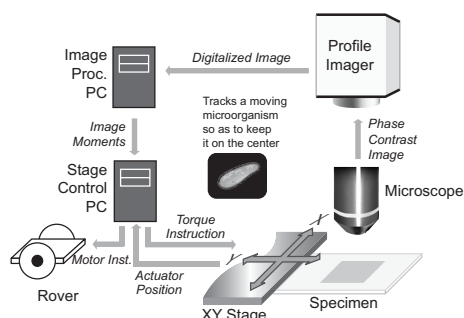


図 2 システムの概要 .

ホトニクス) が 1 kHz で撮像した画像から微生物の位置を取得し、微生物が載ったステージを動かして微生物を常に視野中心に保つ .

ローバ制御にはゾウリムシの 2 次元位置と進行方向の 3 種類の情報を用いた . 進行方向については現在姿勢から見て右に進んだか左に進んだかの 2 値とし、2 時刻前までの位置履歴から判定した .

車体としては「楽しい工作シリーズ 壁づたいねずみ」(タミヤ) を流用し、自作のドライバ回路を搭載した . 簡単のため、PC からの運動指令の送出には RS-232C を汎用アナログポートとして用い、DTR, RTS にそれぞれ右車輪, 左車輪用の制御信号を載せ、TTL レベルに変換してモータドライバに送っている .

3. 基礎実験

本システムを用いて、微生物の動きをローバに投影する実験を行った . 実験にはゾウリムシ (*Paramecium caudatum*) の 27aG3 株 (継代から 4 日目) を用いた .

ゾウリムシのトラッキングが開始されるとローバもゾウリムシと同様に動くのが観察され、数分間の連続稼働に成功した . ゾウリムシとローバの軌道の例をそれぞれ図 3 に示す . 図 3 (右) 中の白矢印は、ビデオ画像から判定したローバの向きを 1 秒ごとに示したものである (斜め上方向から撮影したものを、透視投影を仮定し真上からの見えに変換してある) . プロットからゾウリムシの円運動や後半の方向転換などをローバがよく再現できていることがわかり、マイクロ世界の微生物の運動をマクロ世界に物理的に投影する目処がたったといえる .

本システムはマイクロからマクロへのユニラテラルな動きかけにとどまってはいるが、微生物の運動を実世界で直感的に理解できるという点で、顕微鏡の狭い視野と使いにくさを解消した新しいマイクロ世界インタフェースとしての可能性が考えられる . また、まるで微生物が乗り移ったかのように動くロボットはエン

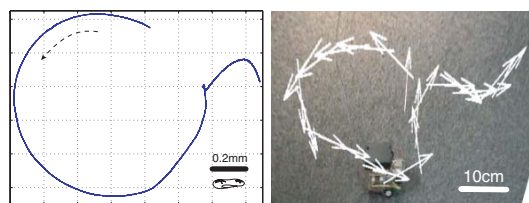


図 3 (左) ゾウリムシの軌跡 . (右) ローバの軌跡 (鉛直方向からの視点に変換したもの) .

ターテインメント作品としての側面も持ち、微生物によって駆動されるロボットとしても世界初である .

4. まとめ

本稿では微生物との物理的な触れ合いを等価的に体験できるインタラクシオンシステムの実現可能性を示した .

今後はマクロ世界からのフィードバックを微生物に返すことで完全なインタラクシオンを実装したい . 手法としてはユーザの何らかのアクションを検知し、電気刺激入力デバイス⁵⁾ などを用いて微生物に刺激を与えることを計画している . また軌道の再現性の精細化、ワイヤレス化、ユーザが触れ合いたくするようなアバタのデザインなどをさらに検討していきたい .

参考文献

- 1) Tan, R. T. K. C., Todorovic, V., Teh, J. K. S., Andrejin, G., Ping, L. S. and Cheok, A. D.: Metazoa Ludens, *ACM SIGGRAPH 2006 Sketches* (2006).
- 2) Bakkum, D.J., Shkolnik, A.C., Ben-Ary, G., Gamblen, P., DeMarse, T.B. and Potter, S.M.: Removing some 'A' from AI: Embodied Cultured Networks, *Proc.the Dagstuhl Seminar on Embodied Artificial Intelligence*, Springer, pp. 130-145 (2004).
- 3) Tsuda, S., Zauner, K.-P. and Gunji, Y.-P.: Robot control with biological cells, *Biosystems*, Vol.87, No.2-3, pp.215-223 (2007).
- 4) Oku, H., Ogawa, N., Hashimoto, K. and Ishikawa, M.: Two-Dimensional Tracking of a Motile Micro-organism Allowing High-Resolution Observation with Various Imaging Techniques, *Rev.Scientific Instruments*, Vol.76, No.3 (2005).
- 5) Ogawa, N., Oku, H., Hashimoto, K. and Ishikawa, M.: Microrobotic Visual Control of Motile Cells using High-Speed Tracking System, *IEEE Trans.Robotics*, Vol.21, No.4, pp. 704-712 (2005).