

自律移動ロボット実践教育カリキュラム (第2報, 包摂構造化に基づくプロジェクト型講義の学習プログラム開発)

川副 嘉彦*, 満岡 将樹**

* 埼玉工業大学工学部ヒューマン・ロボット学科

** 埼玉工業大学大学院工学研究科システム工学専攻

kawazoe@sit.ac.jp

Practical Education Curriculum for Autonomous Mobile Robot —2nd report: Project Learning Program in a Class Based on Subsumption Architecture—

Yoshihiko KAWAZOE* and Masaki MITSUOKA**

* Department of Human-Robotics, Faculty of Engineering, Saitama Institute of Technology

** Department of System Engineering, Graduate School of Engineering, Saitama Institute of Technology

Abstract

There is no robot around us in our society at the current stage if we define a robot as an autonomous machine working in the arena of offices, homes, and disaster sites, etc. outside the factories. Mechatronics, dynamics and robotics involving humans are the world of strong nonlinearity. This paper investigated the approach to the emergence of the objective behavior of an autonomous mobile robot by learning with Subsumption Architecture (SA) for breaking through the problems of the conventional robotics with SMPA (Sense- Model- Plan- Act) framework in the real world. It showed the way of learning in the real world with SA and developed into practical education curriculum as an introduction to Robotics having an intellectual and emotional appeal.

Key words: Robotics, Practical Education Curriculum, Autonomous Mobile Robot, Subsumption Architecture, High-Speed Approaching Obstacle Avoidance, Objective Behavior, Emergence

1. はじめに

様々なロボット制御法が次々と提案される一方で、長きにわたりロボット制御技術の研究やロボットの開発に携わって来た人々の多くに混乱と疑問が生じているという¹⁾。ロボット研究開発に必要な「ロボット制御の理論」とは何かが改めて問われている。

一方、ロボットの人間教育的意義については一層の関心がもたれており^{2),3)}、極論すれば、ロボットが現時点で唯一貢献できる分野は教育だけのように見える⁴⁾⁻⁶⁾。

本論文では、ロボットの定義を生体（人間・動物）に似た運動機能を持つもの、あるいは運動機能に加えて知的機能を備えているものとし、前報⁷⁾の構成論的包摂構造化の手法に基づいて、ロボット系学科のプロジェクト型授業における自律移動ロボットの学習プログラム開発に展開する。具体的実践と問題解決の経験を一般的手法に展開できる能力を養うことが目的である。

包摂構造 (SA: Subsumption Architecture) を持つ行動型ロボットは、要素行動と呼ばれる単純なモジュールを並列的に積み上げていき、次第

に能力が向上していく。上位レベルの行動が失敗しても、下位レベルの行動が実行され、致命的な失敗を防ぐ。現実世界で動くロボットが次第に能力を向上させていく形で実現できる⁷⁾。

2. 包摂構造化による自律移動ロボットの動的障害物回避挙動

図1～図3は、人間を動的障害物と認識して衝突回避、障害物回避をしながらの目的行動(赤色探索)を示す。

図1は、実験環境において動く人間の足を動的障害物として回避行動をしながら赤色探索をする走行ロボットの挙動を示す。

図2は、人間の手の動きを認識して動的障害物として回避する行動である。

図3は、実験環境の外界(実環境)において寝転がっている人間の動きを認識して動的障害物として回避行動するロボットの挙動を示す。ロボットは周囲の環境をモデル化しないでも柔軟な動きを示す。

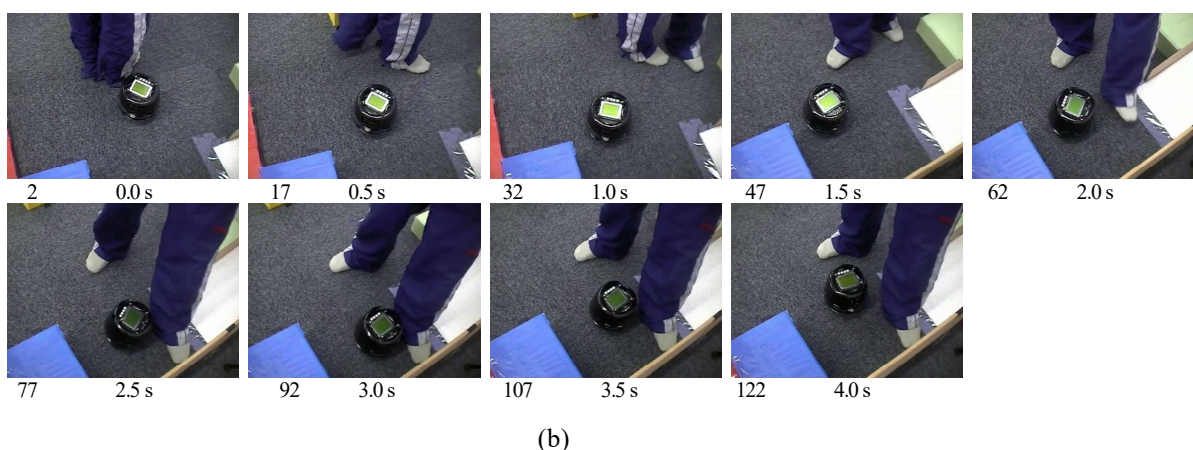
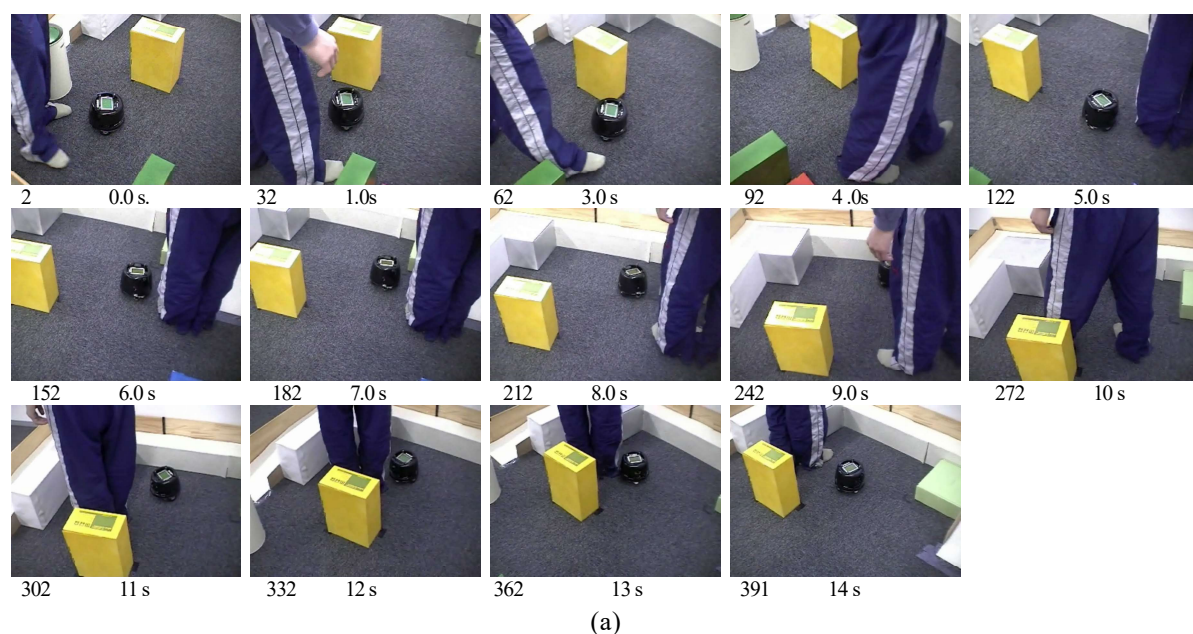


Fig.1 Robot-2003 behaviors of avoiding moving human legs as obstacles.

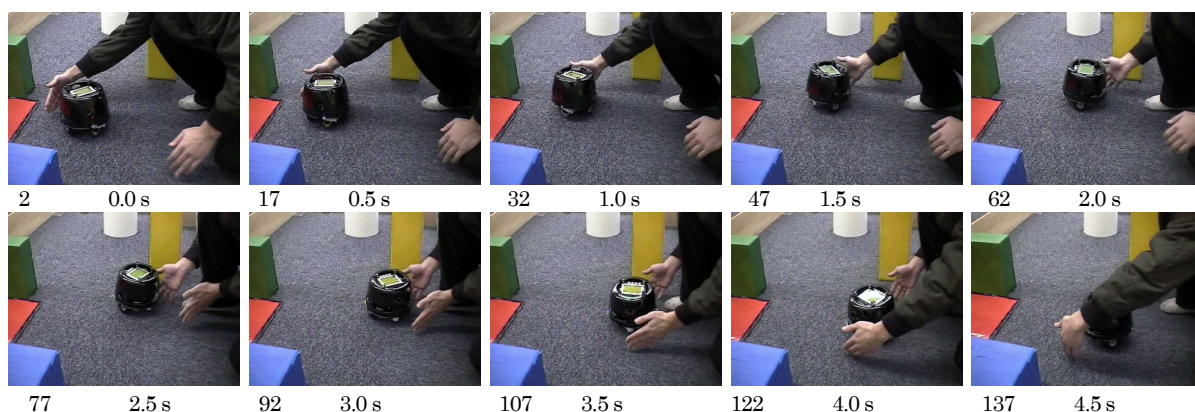
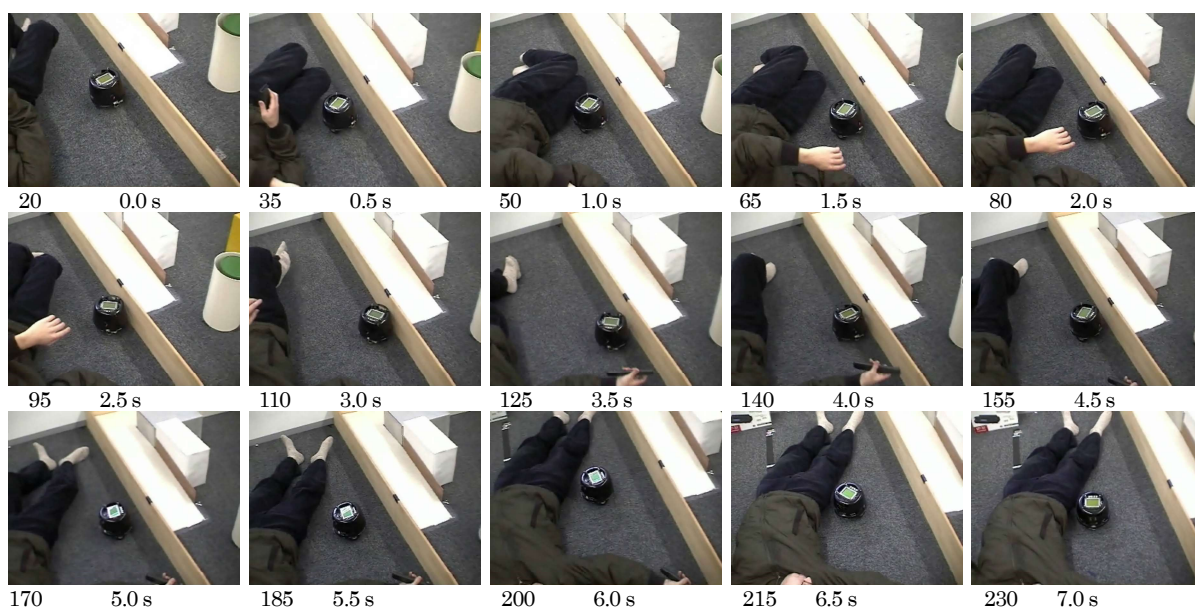
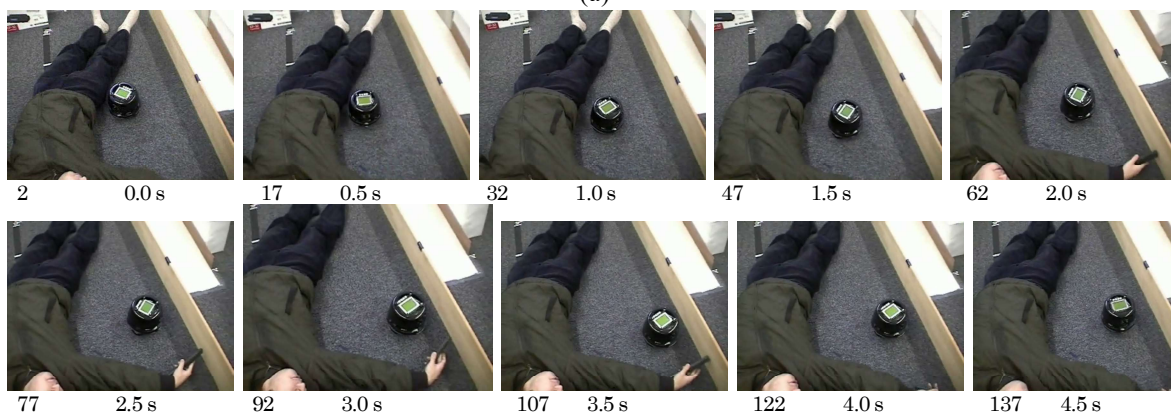


Fig.2 Robot-2003 behaviors of avoiding moving human hands as obstacles.



(a)



(b)

Fig.3 Robot-2003 behaviors of avoiding a moving human body lying down outside experimental environment.

3. 包摂構造化に基づく移動ロボットの自律行動の生成と実践・学習プログラム

大学ロボット系学科の3年次に少人数グループによるプロジェクト型講義を想定し、包摂構

造化^りをベースにした自律移動ロボットの実践・学習プログラムを開発した。各種センサの実験結果と生成した各種の動きを使って、知覚と要素行動を包摂構造化の手法によりプログラムし、移動ロボットの自律行動を実現させる。期末試験を兼ねた発表会に至るまでに試行錯誤による問題解決の経験を積む。

図 4 は、実験に用いた小形の移動ロボット e-puck と前報の Mobile robot-2004 の写真である。ロボット e-puck は、2004 年に研究および教育用の新型ツールとして、スイス連邦工科大学ローザンヌ校 (EPFL) の自律システム研究所、群知能システム研究グループ、知能システム研究所の三者共同プロジェクトとして開発されたも

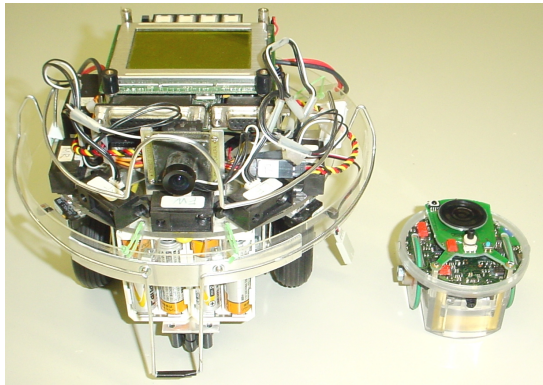


Fig.4 Mobile robot-2004 (left) and robot e-puck (right)

のである。学習プログラムには、実験とともに、3D ロボット・シミュレータ Webots(Cyberbotics 社)を併用した。

図 5 は、ブライテンベルグ・ビークルの接近・回避行動を示す。図 6 は、ロボット e-puck の平面図と赤外線 IR センサの配置である。赤外線 IR センサの IR1 と IR6 を使用して回避と接近の

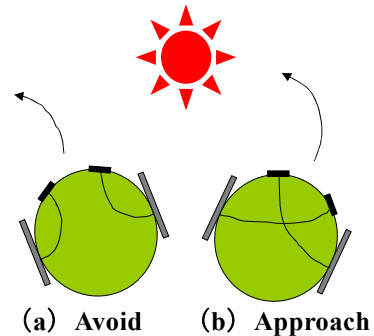


Fig.5 Approach and avoidance of Braitenberg Vehicles

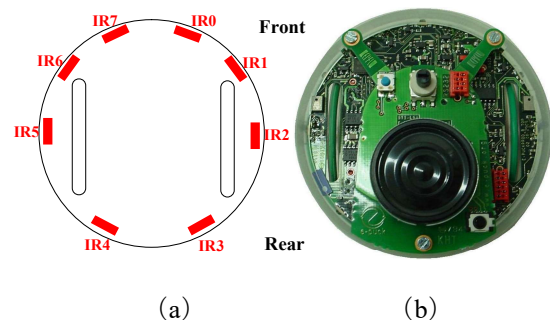


Fig.6 Robot e-puck and locations of IR sensors

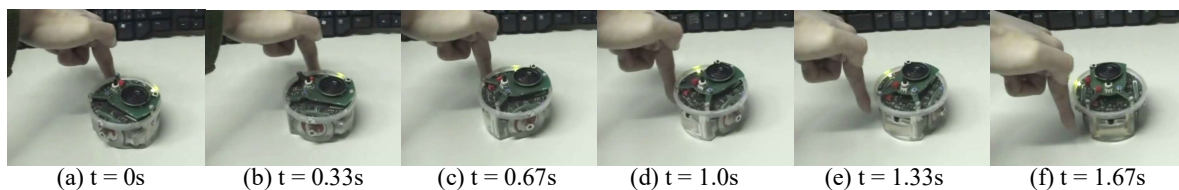


Fig.7 Obstacle avoidance behaviors of robot e-puck

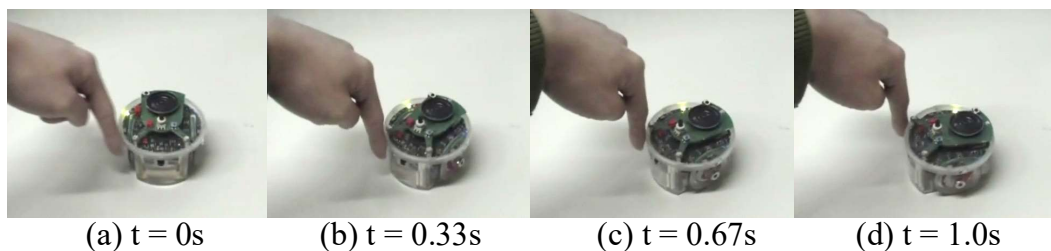


Fig.8 Approach behaviors of robot e-puck

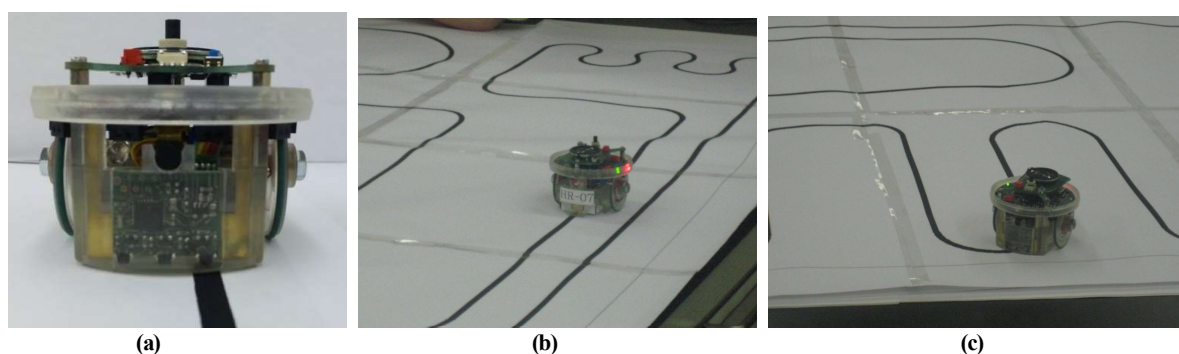


Fig9 Line trace experiment of floor sensors and the project contest scenes

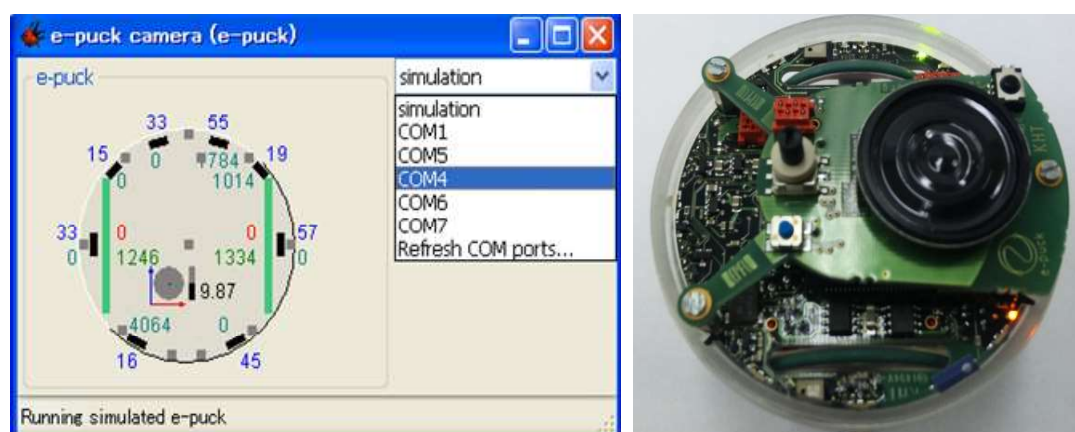


Fig.10 Robot Simulator and forwarding program to Robot

実験を試みた結果が図7および図8のコマ写真である。

4. 講義「自律移動ロボット・プロジェクト」への展開

講義「自律移動ロボット・プロジェクト」は、自律移動ロボットの動作実験を通して、プロジェクトの分析・設計・実装能力などさまざまな知的処理技法を身に付け、さらに、ロボットの知的制御という観点から構成論的に学んだことを総括し、問題解決能力を高めることを目指している。

インサーキットデバッガ MPLAB ICD2 と短距離無線通信技術 Bluetooth を使ったプログラムの実行、搭載されているセンサ類の動作をロボット e-puck モニタとハイパーターミナルを使ってチェック、ロボット・シミュレータ Webots を使って障害物回避のシミュレーション、モータ制御プログラムの書き込み動作実験、ハイパ

ーターミナルを使ったロボット e-puck の遠隔操作などを行った。

図9は、黒のラインを認識出来る床面センサの特性を測定し、その結果を使ってラインを認識させてロボットを走らせるプログラムを作成して競技を行った様子を示す。

図10は、シミュレータで作成したプログラムを実機ロボット e-puck に送り、ロボットを動かす実験を示す。図11～図13はシミュレーションと実験の様子を示す静止画である。

図11は障害物回避、図12、図13は、ラインの上の障害物を避けながらコースを走る。

図14は、自律移動ロボット・プロジェクト関連の授業風景であり、講義の準備、競技会、高校生や小学生の体験授業などを紹介している。

5. 結論

構成論的包摂構造化の手法に基づく大学ロボット系学科のプロジェクト型授業における自律

移動ロボット学習プログラムを開発・実践し、その概要を紹介した。巧みな技術の習熟をめざす過程で科学する心が生まれ、科学する心から哲学が生まれる。学習プログラムの内容の詳細は、別の機会に述べたい。

おわりに、本研究にご協力いただいた五味隆志博士（アプライド・AI・システムズ社）に感謝する。また、大学院および学部の卒業研究および TA として実験にご助力いただいた平成 20 年度・原昌彦氏、平成 21 年度・根津佑基・間中

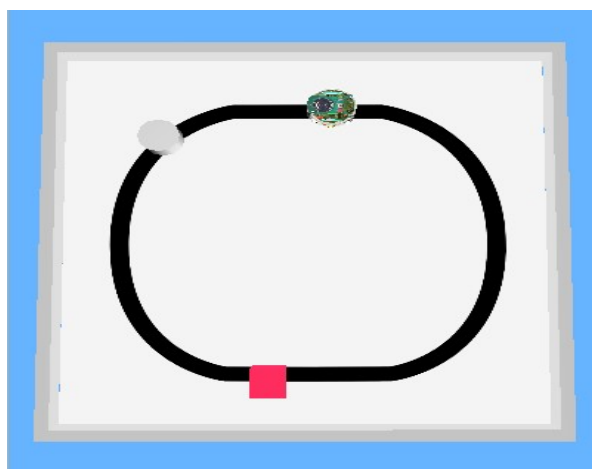


(a) Simulation



(b) Experiment

図 11. Obstacle avoidance



(a) Simulation



(b) Experiment

図 12. Line trace with obstacle avoidance



t=24.63s



t=28.97s

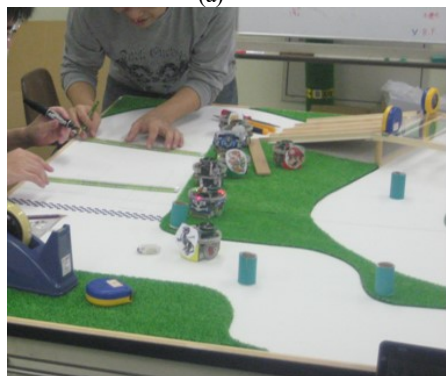


t=31.83s

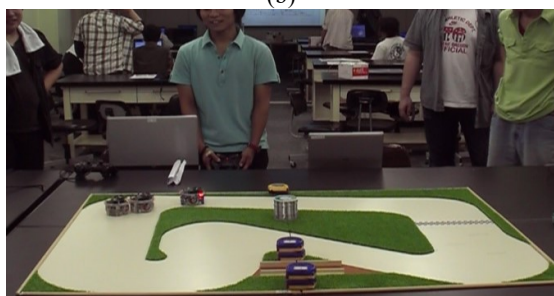
Fig.13. Experimental behavior of mobile robot during line trace with obstacle avoidance



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Fig.14 Scenes related to the educational curricula and the presentation of autonomous mobile robot.

裕宣・伊倉良明・武田幸宏・中川慎理・石川恵介ほかの諸氏に深く感謝する。

文 献

- 1) 島田明・大明準治, 「ロボット制御の理論」特集について, 日本ロボット学会誌, 27 巻 4 号, (2009), pp.369.
- 2) 森政弘, ロボコンの人間教育的意義, 日本ロボット学会誌, Vo.27, No.9, (2009), pp.964 - 966.
- 3) 森政弘, 談話: ロボット工学の開拓者, 日本ロボット学会誌, Vo.27, No.9, (2009), pp.1001 - 1004.
- 4) 川副嘉彦, 二足歩行から始める実践ロボット感動教育プログラム (第 1 報, 平衡点不安定を利用する非線形最適制御と包摂構造の展開), 第 28 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, RSJ2010AC1L3-4, pp.1-4, (2010)
- 5) 川副嘉彦, 二足歩行から始める実践ロボット感動教育プログラム (第 2 報, ロボティクス入門としての二足歩行ロボット学習プログラム), 第 28 回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, RSJ2010AC1L3-5, pp.1-4, (2010)
- 6) 川副嘉彦, 二足歩行から始める実践ロボット教育カリキュラム (第 1 報, 不安定を利用する状態遷移による非線形最適制御の展開), 埼玉工業大学工学部紀要, 第 19 号, pp.47-56, (2009)
- 7) 川副嘉彦, 自律移動ロボット実践教育カリキュラム (第 1 報, 包摂構造に基づく目的行動と高速接近障害物回避への展開), 埼玉工業大学工学部紀要, 第 20 号, (2010).