

機関番号：32665
 研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21700219
 研究課題名 (和文) 観測条件の変化に対する恒常的な外界-状態マッピングの実現とロボットへの応用
 研究課題名 (英文) A study on mapping between external environment and internal state based on perceptual constancy and its application a robot.
 研究代表者
 郷古 学 (GOUKO MANABU)
 日本大学・工学部・助教
 研究者番号：30447560

研究成果の概要 (和文)：本研究では、観測条件の変化に対して、恒常的な外界-状態マッピングを実現する知覚メカニズムを提案し、ロボットシステムへの応用を行った。提案手法は、ロボット自身が能動的に動く際に生じるセンサ情報の変化を利用している。実移動ロボットを用いた実験の結果、提案方法は従来法に比べて頑健な識別能力を有することを示した。

研究成果の概要 (英文)：We present a state representation model based on change in sensory information. The results of experiments on a real mobile robot show the effectiveness of our method, and a comparison between our method and a conventional one shows that ours has higher performance.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：行動環境認識, 知覚の恒常性

1. 研究開始当初の背景

ロボットシステムは、センサにより外界から情報を取得し、自身の内部に外界を状態として表現する (知覚系)。そして、その状態をもとに行動指令を計算・出力する (制御系)。

実環境下では、照明条件やセンサ特性の変化、また、観測者であるロボット自身の姿勢の変化など、外界を観測する際の観測条件は常に異なる。そのため、たとえ同一の外界であっても、得られるセンサ情報は変化してしまう。

同一の外界であっても観測条件ごとに異なる状態とみなして処理を行うことは、制御

系の複雑化につながる。そのため、実環境下での使用を想定したロボットには、観測条件の変化に対して恒常的な外界-状態マッピングを実現する知覚メカニズムが必要となる。

外界と状態との対応関係を保持するためには、同一の外界からのセンサ情報が観測条件により変化する場合、それらの変化した情報が同じ状態に対応することを事前知識として保持しておく必要がある。

例えば、図1は異なる照明条件の下に同一物体が置かれた様子である。ロボットがAとBを同一状態であると知覚するためには、照



図 1：照明条件の違いと物体の知覚

明条件の違いにより異なるセンサ情報が、同じ状態に対応するという事前知識が必要となる。

しかし、あらかじめ様々な観測条件と、それによるセンサ情報の変化を想定することは不可能であり、その結果、想定可能な範囲の観測条件の変化に対してしか、外界と状態の対応関係は保たれない。

一方、人間も、まったく同じ条件下で外界を繰り返し見ることは非常に少ない。しかし、同一の外界を安定して同一であると知覚することが可能である。観測条件の変化にともなう外界からの刺激情報（センサ情報）の変化によらず、外界－状態の対応関係が保持されるこのような知覚特性は恒常性と呼ばれている。

恒常性を生み出すメカニズムに関しては、心理学や認知科学の分野において、錯視図形を用いた実験等により調べられてきた。恒常性は、外界と状態との対応関係に関する事前知識がなくても発現すると考えられている。このことは、人間には、観測条件の変化によらず、同一の外界を同一のもの（状態）と知覚可能なボトムアップ型の知覚メカニズムが存在することを示唆している。

実環境下での利用を目的とした工学システムは、観測条件の変化による影響が不可避である。そのため、このような恒常性を実現する知覚メカニズムを応用することは非常に有効である。近年、歪みや雑音に対して不変な音声モデルの実現を目的として、恒常性の概念を応用した音声認識システムなどが提案されているが、ロボットシステムへの応用研究は少ない。

そこで本研究では、観測条件が変化しても外界を同一の状態と知覚することが可能な、恒常的な外界－状態マッピングを実現する知覚メカニズムの提案を行う。

2. 研究の目的

本研究では、観測条件の変化に対して、恒常的な外界－状態マッピングを実現する知覚メカニズムの構築と、ロボットシステムへの応用を目的とする。具体的な研究項目として次の2つを設定する。

- (1) 観測条件の変化に対して頑健な状態表現の提案

(2) 状態の統合による環境モデルの自律的獲得

1)項では、まず様々な観測条件の変化によるセンサ情報への影響についてまとめ、それらの変化に対して頑健な状態表現の実現を目指す。

本研究では、異なる身体部位に複数のセンサを有するロボットを対象とする。提案する状態表現は、センサ出力値を直接用いるのではなく、微小時間の出力変化量を基礎とすることで、センサごとのオフセットの違いやドリフトに対して頑健な状態表現の実現を目指す。すべてのセンサ出力値の変化量の分布をもとに状態を定義する。続いて、実ロボットを用いた実験により、提案する状態表現が、観測条件の変化に対して、どの程度外界と状態の対応関係を保つことが可能であるか評価する。また、外界の詳細な特徴をどれだけ表現することが可能なかという、表現能力に関する評価も行う。

2)項では1)項により得られる状態表現を用いた、環境モデル（内部表現）の自律的な獲得を目指す。環境内で、ロボットに探索行動を行わせることで得られる様々な状態と、それらの状態同士の遷移（時間変化）にもとづく環境モデルの自律的な獲得を実現する。

3. 研究の方法

- (1) 観測条件の変化がセンサ情報へと与える影響について調査し、調査結果にもとづき、観測条件の変化に対して頑健な知覚手法（状態表現）を提案する。

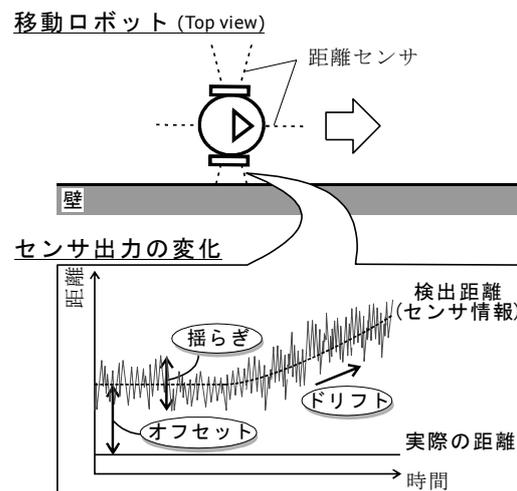


図 2：移動ロボットセンサ出力の変化

- (2) 本研究では複数の距離センサを有する移動ロボットを用いて、観測条件の変化がセンサ出力へと与える影響について考察した（図 2）。

- (3) (2)項でまとめた観測条件の変化に伴うセンサ出力の変化を考慮し、状態表現の提案を行う。本研究では、ロボット自身が微小時間動くことで得られるセンサ情報の変化量が、観測条件の変化に対して比較的頑健である(変化しにくい)点に着目し、変化量を基礎とする状態表現を提案した。
- (4) 提案した状態表現を実移動ロボットへと実装し、その性能を検証した。実験では、形状の異なる閉領域(部屋のような壁で囲まれた領域)を複数用いて、それらの形状の識別タスクを行った。実験で用いた閉領域を図3に示す。

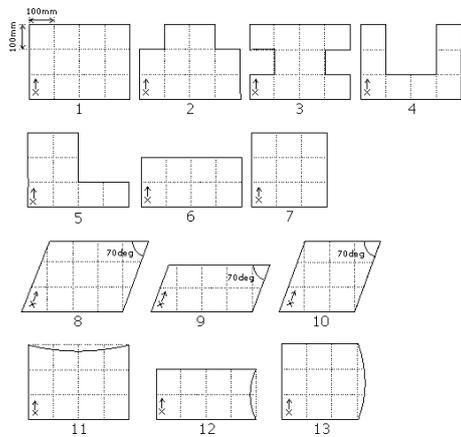


図3: 識別タスクで用いた閉領域

4. 研究成果

- (1) 実験により、提案法は従来法に比べて頑健な識別が可能であることを示した。
- (2) 図4は提案手法の二つの内部パラメータ(N および η)を変化させた時の識別率を示したものである。この図より、提案手法は閾値パラメータなどを変化させた場合も高い識別率を維持できることを確認した。

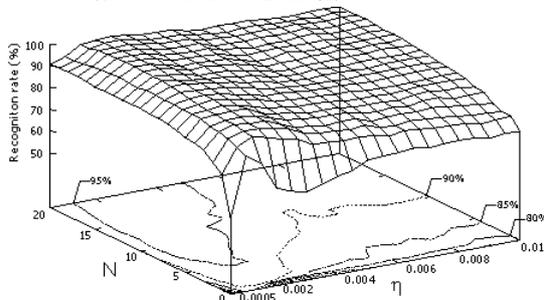


図4: パラメータの変化と識別率

- (3) 識別する閉領域を変化させて実験を行った結果、識別対象の変化に対しても、高い識別率を維持可能であることを確認した。
- (4) 提案手法は、微小時間のセンサ情報の変化を基礎としたもので、特定のセンサにのみ特化した手法ではなく、様々なセンサへの応用が期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Manabu Gouko, Koji Ito, Environmental modeling and identification based on changes in sensory information, Lecture Note Lecture Notes in Computer Science, 査読有り, vol.6260, 2010, pp.3-19.
- ② Manabu Gouko, Naoki Tomi, Tomoaki Nagano and Koji Ito, Behavior emergence model based on change in sensory information and its application to multiple tasks, International Journal of Robotics and Automation, 査読有り, vol.25, no.1, 2010, pp.57-66.
- ③ 郷古 学, 登美 直樹, 長野 智晃, 伊藤 宏司, 状態パターンの変化にもとづく行動生成モデル, 電気学会論文誌C, 査読有り, vol.129, no.9, sec. C, 2009, pp.1690-1698.
- ④ 郷古 学, 伊藤 宏司, センサ情報の変化量を利用した移動ロボットによる環境のモデル化と識別, 電子情報通信学会論文誌A, 査読有り, vol. J92-A, no.7, 209, pp.498-506.

[学会発表] (計4件)

- ① 郷古 学, 伊藤 宏司, 能動的な動きにもとづく環境のモデル化と識別, 第4回移動知シンポジウム2009, ポスター発表.
- ② Manabu Gouko, Koji Ito, Environmental modeling and identification for autonomous mobile robot, Proceedings of the 3rd International Symposium on Mobiligence 2009, pp.119-124.
- ③ Manabu Gouko, Koji Ito, Environmental modeling and identification based on changes in sensory information, Proceedings of the 2009 International Conference on Adaptive and Intelligent Systems (ICAIS 2009), pp.79-85.

- ④ Manabu Gouko, Koji Ito,
Environmental identification
based on changes in sensory
information, Proceedings of the
14th International Conference on
Advanced Robotics (ICAR2009),
pp. 1-7.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

郷古 学 (GOUKO MANABU)

日本大学・工学部・助教

研究者番号：30447560