

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年6月15日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21760189

研究課題名（和文）ロボットによるイベント認識のための概念構造の自立的構造化

研究課題名（英文）Autonomous Achievement of Concept Structure for Event Recognition by a Robot

研究代表者

湧田 雄基 (WAKUDA YUKI)

東京大学・大学院情報学環・特任助教

研究者番号：00377847

研究成果の概要（和文）：

本研究の目標は、人間が持つ解釈因果関係を含む動的事象（イベント）に対する柔軟な解釈能力や状況説明能力をロボット上で実現することであり、そのために必要となる概念構造をロボットにより自立的に獲得・構造化するためのシステムを構築することを目的とする。我々はこれまでに、ロボットが観測した実世界のイベントを解釈するための概念構造“Cognitive Ontology（認知オントロジ）”を提案してきた。本研究では、この概念構造を外部の補助なく自立的に獲得可能なシステム構築のために、以下の実現を研究課題として分け、研究を進めた。

- 1) 色/幾何パターン/3次元構造/動き軌道の認識を高速かつ安定に実行する機能
- 2) 相互作用の予測に基づき因果関係を構成する注意対象を選択/更新する技術
- 3) リアルタイムで観測しながら、概念構造を自動的に抽出・獲得する機能
- 4) ロボットの相互作用への参加と Cognitive Ontology の能動的な確認機能

研究成果の概要（英文）：

The target of the present study is to achieve a flexible interpretation ability and the briefing ability to the dynamic event which is including the causality on the robot. A concrete purpose of this study is to acquire and to structurize the conceptual structure independently by the robot.

We have proposed the conceptual structure "Cognitive Ontology" to interpret the event of the real world that the robot observed. In this research project, we divide our research target into the following four research topics:

- 1) Realization of a function to execute recognition of color, geometry pattern, structure, and movement orbit in rapid way.
- 2) Achievement of technology that robot can selects and renews a target object of attention for composes causal relation based on forecast of objects' interaction.
- 3) The function automatically to extract and to acquire conceptual structure while in real time observing it.
- 4) Active acknowledgement function of Cognitive Ontology based on interaction between the robot and an observed objects or events.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,200,000	4,600,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：概念獲得，オントロジ，シーンアナリシス，コンテキストウェア，因果律獲得

1. 研究開始当初の背景

申請者が H20 年度までに提案してきた **Cognitive Ontology** は、ロボットが実環境のイベントを認識するための知識表現のひとつであり、ロボットがイベントの観測と認識を行う際の注意を向ける位置や大きさまたは対象物間の関係等を与える概念構造である。このオントロジは、**Entity**(または **node** と呼ばれる)と **Relation**(または **link**)で構成され、それぞれをロボットが実環境を観測する際の観測対象物と、実環境におけるそれらの観測対象物間の関係(幾何，時間，包含関係)に対応付ける。さらにここにロボットの注意機構を導入することで、**Cognitive Ontology** は注意の対象・注意の遷移先を示す概念ネットワークとして機能し、注意対象を切り替えながらダイナミックにイベントを認識・記述する機能を提供する。**Cognitive Ontology** を用いたイベント記述手法は、その新規性と発展性が学会発表などで評価されている(文献:wakuda.DARS2008, wakuda.SICE2008)。類似研究では ATR の岩橋の成果が近く、岩橋の例では、物体操作の空間軌道を学習することにより、軌道情報と動詞とを紐付け学習するフレームワークを提案しており、京大 尾形らは、シーンおよび相互作用の予測に関する研究を行っている。しかしながら、シーン解釈の肝とも言える注意対象物のスケールを変更したり注意対象物を選択しなおしたりしながらイベントの解釈を動的に行うといった試みや、自立的に抽象的概念から新規概念構造を獲得するといった試みは、これまでに十分に研究されていなかった。

また、申請者は、**Cognitive Ontology** を用いたイベント記述について、ロボットにとっての3種類の主観的な注意機構(現在の注意対象，無意識的注意対象，イベント解釈のための注意対象)を導入した。こうして注意対象として選択された観測対象物を、イベント記述の要素(S, V, O)として代入することによ

り、イベント記述の可能性を実験的に実証した。しかし、これまでの研究成果では、**Cognitive Ontology** は設計者が予め定義したものであることが大きな問題となっており、このオントロジを自立的に学習・構築するためには、リアルタイムでの注意選択，相互作用予測，連続稼働を通じた学習が必要であるなど、超えなければならない技術的な課題があった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、前節で述べた研究背景および研究課題に関して、以下の目標を達成することである。

(研究課題1)色，幾何パターン，3次元構造，動き軌道認識を高速・安定に実行する機能の実現。

(研究課題2)相互作用の予測に基づき，3つの注意対象を選択し更新する技術の構築。

(研究課題3)リアルタイムで観測しながら，概念構造を自動的に抽出・獲得する機能の実現。

(研究課題4)ロボットの相互作用への参加と **Cognitive Ontology** の能動的な確認機能の実現。

3. 研究の方法

前節の研究目的の実現のために実施した研究方法は以下の通りである。

まず、イベントを観測するためのセンシングシステムの構築として、オートフォーカス型のビデオカメラおよびマイクロフォンセンサを用いたセンシングハードウェアシステム(センサ系ロボット)を構築した。このシステムで取得される処理を行うソフトウェアを合わせて開発し、研究課題1~3の研究を行った。

次に、環境との相互作用を行うため、上記のセンサ系ロボットにアクチュエータを搭載することで、観測角度を変更したり、観測

対象に対して、ロボットハンドで外乱を入力できるハードウェアシステムを構築した。構築したシステムを用い、研究課題4の研究推進および評価を行った。

4. 研究成果

平成21年度では、ロボットにより観測される映像に対して、OpenCVライブラリを用いて映像観測と画像処理を行う環境を構築し、観測された映像中の人および物を個体番号を付与しトラッキングするシステムを構築した。トラッキングの際にトラッキング対象物の移動先と干渉の予測を行うことで、因果関係をRDF形式で記述しデータとして登録するまでの一連のシステムとして構築した。

獲得する知識であるCognitive Ontologyは、シーン解釈に基づいた知識獲得に適すよう定義した (Table1~3)。

Table 1 Definition of the *Entity* and the *Realtion*.

Sign	Definition
ENT	Entity: Major instance of phenomenon description which exists as a spatiotemporal Entity in cognitive ontology
REL	Relation: Relation between Entities which is defined as a relative parameter between ENT. REL gives relative relationship in cognitive ontology to connected ENT even if the ENT is undefined.

Table 2 Definition of the *Entity* for observation to scene interpretation.

Sign	Definition
ENT.hash	Hash value of ENT
ENT.name	Code of ENT
ENT.center	Center position of ENT
ENT. ξ_{center}	Uncertainty of ENT.center
ENT.posture	Posture which its Entity can be observed by a robot
ENT. $\xi_{posture}$	Uncertainty value of ENT.posture
ENT.scale	Relative scale of Entity which is normalized by the size of robot. The dimension of scale is depend on the modality dimension of a robot
ENT. ξ_{scale}	Uncertainty value of ENT.scale
ENT.property	Observed sensor pattern of ENT by a robot
ENT.port	Connection port from ENT to other Entities

Table 3 Definition of the *Relation* for observation to scene interpretation.

Sign	Definition
REL.hash	Hash value of REL
REL.name	Name of REL
REL.property	Variety of REL
REL.direction	Direction of REL
REL. $\xi_{direction}$	Uncertainty index of REL.direction
REL.scale	Scale of between connected two ENT by this REL, for example, geometrical distance or time scale.
REL. ξ_{scale}	Uncertainty index of REL.scale

平成22年度では、研究課題3~4について取り組んだ。昨年度までに構築した成果によって、入力映像中に動的に設定される注意対象を **Entity** として抽出し、タイムスタンプ付きのデータベースとして登録する。抽出された **Entity** 毎の出現頻度に応じて因果関係を算出する。以上により、因果関係を含む構造化された **Entity** データベースを得る。上記(4)の成果では、構築した **Entity** データベースを元に、アクチュエータを搭載したロボットにより、「撮影地点の変更」および「撮像中の **Entity** に対する外乱入力」を行った際の **Entity** の変化を観察することで、因果律の更新を行う機構を構築した。

以上の成果から、映像観察および実環境イベントへの相互作用参加に基づいた概念構造の自立的構築を行う基礎的な機構構築を達成した。システムの基本構成を Figure 1に示す。

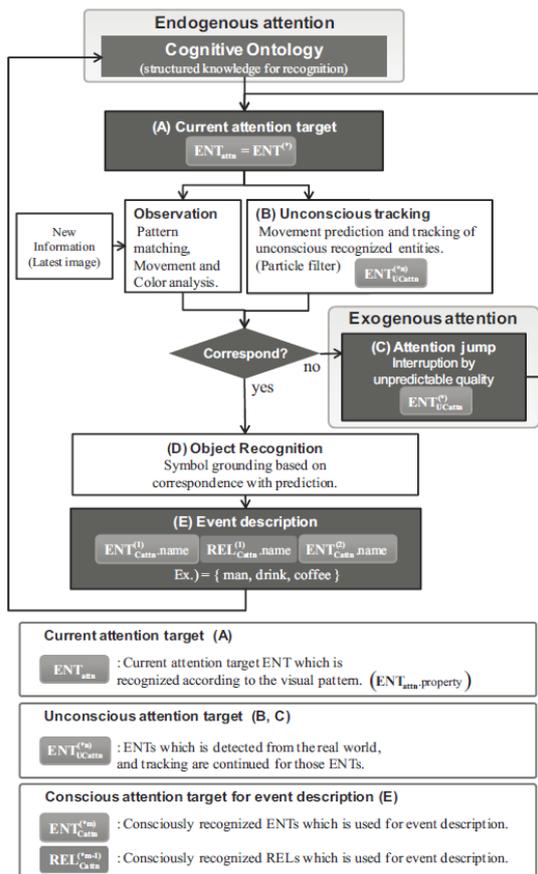


Figure 1 Developed system construction

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 2 件)

- [1] Yuki Wakuda, Kosuke Sekiyama, and Toshio Fukuda, "Cognitive Ontology: A Concept Structure for Dynamic Event Interpretation and Description from Visual Scene," in Distributed Autonomous Robotic Systems 8: Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 123-134.
- [2] Yuki Wakuda, Kosuke Sekiyama, and Toshio Fukuda, "Dynamic Event Interpretation and Description from Movie Scene Based on Cognitive Ontology for Recognition by a Robot," International Journal of Robotics and Automation, vol. 24, pp. 263-279, 2009.

〔学会発表〕 (計 0 件)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
 ホームページ等
 なし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

湧田 雄基 (WAKUDA YUKI)

東京大学・大学院情報学環・特任助教

研究者番号：00377847

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし