

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年6月14日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011年度～2012年度

課題番号：23760216

研究課題名（和文） クラウドソーシングが育てる高速な実環境対話型概念獲得

研究課題名（英文） Crowdsourcing-based quick and interactive concept structure building for robots

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、ロボットによる実環境シーン認識の能力を高度化することである。本研究では、このための具体的な研究課題として、我々の既存研究内容である「ロボットによる実環境イベント認識のための概念構造 (Cognitive Ontology, 以降 CO とする。)」を効率的に構築することとした。本研究では、この概念構造構築操作において、ロボットの外部にある情報源を参照するクラウドソーシング (Crowdsourcing) 型の機械学習を活用した設計/実装を行い、一般的な教示学習に比べて効率良く CO の構築を実現することを狙った。以上のシステムアーキテクチャの設計/構築および実験的評価を行うことで、本研究実施による成果を得た。

研究成果の概要（英文）：

This study aims to achieve the visual-scene interpretation function for a real environment by a robot autonomously, particularly to efficiently optimize conceptual clustering in a concept structure building problem for real environmental event recognition. We used the crowdsource through the internet as a teaching information source of machine learning. We aim to design a part of this machine learning using the crowdsourcing approach and construct the conceptual structure of real environmental event interpretation more efficiently compared with that constructed using other general learning approaches. The achievement of this study is to design and construct the above-mentioned system, and conduct the experiment based on the constructed system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学

キーワード：情報機器・知能機械システム

1. 研究開始当初の背景

研究開発当初以前に、我々が提案した Cognitive Ontology (以降 CO と表記) は、ロボットが実環境のシーン (以降事象と記述する) を認識するための概念構造である。CO では、ロボットが事象の観測と認識を行う際の注意を向ける対象位置や大きさ、対象物間の関係を取り扱うことができる。

我々の先行研究では、ロボットによる自立的な概念獲得に関する研究を実施しており、これを CO の自動的な構築として帰着させ、ロボットによる概念獲得に係る課題を明らかにした。

ロボットの観測系は、人間が有する観測系とは異なることから、ロボットによるボトムアップ的な概念獲得のみに頼れば、実用的でない概念構造が構築されてしまう。従って、実用的な概念構造構築のために、教師有り学習をどのように取り入れていくか、といったことが問題と考えられた。その際に、概念獲得手法自体の最適化のため、手法の評価等を行うためには、ロボットによる教示～学習を通じた膨大な実験を要するといったことが課題であった。概念獲得の手法の評価のためには、実際にロボットに学習をさせながらの実験の試行錯誤が必要であり、実用的な概念獲得手法に関する学術的評価は十分になされていなかった。特に、CO が扱う、認知主体の能動的注意に基づく自立的な概念獲得や、概念構造化における概念スケールや因果律の表現に関する研究について、膨大な学習を経て実用的な概念構造を獲得させるといったアプローチは行われていなかった。

(Figure 1)

そうした中、ICT の普及・発展と共に、地球上の不特定多数の人に様々な電子化された仕事をアウトソーシングすることが可能なクラウドソーシング(Crowdsourcing)技術が実現され利用できるようになった。クラウドソーシングでは、細かな、しかし人の判断を必要とする膨大な作業をインターネットを介し地球上の任意の人に依頼し処理することが可能となる。

以上のことから、教師有り学習を要する CO 獲得をクラウドソーシングを用いて実現するといった狙いが、本研究開始当初の背景及びモチベーションである。

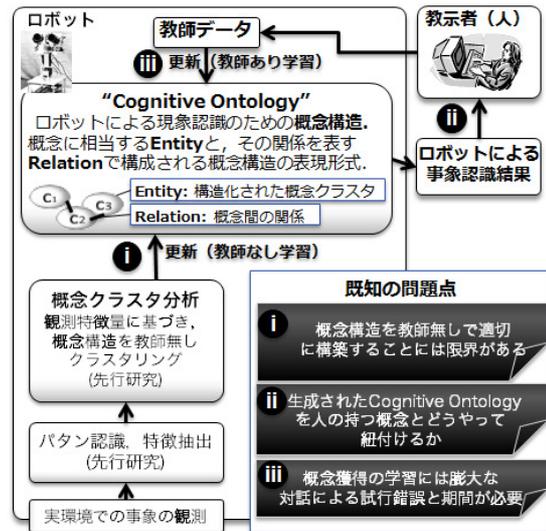


Figure 1 研究の背景と対象とする課題

2. 研究の目的

本研究では、ロボットの概念獲得のための学習処理に、クラウドソーシングを活用し、外部のリソースを取り入れることで、ロボットの自立的な概念獲得を実現することを目標としている。また、機械学習に必要な情報を統計的に凝集しながら構築した概念に単語等のタグ情報を紐付けることで、実用的なデータベースを構築し、前述の課題解決に資することを目標とする。

本研究で用いる CO では、概念及び概念間の関係を表現することができるほか、ロボットによる事象認識の際の内因的・外因的注意機構と注意スケールの表現形式を与えている。この CO を用い、外部からの教示を含む学習を回すことで、ロボットの内部ダイナミクスによる自発的な「疑念→確認→納得→概念更新」の一連の流れを得て、対話型の自立的な概念構造化ループが構成できる。

本研究の目的は、まず、この概念構造獲得に関するシステムを構築することである。構築したシステムによって、実環境から取得したデータに基づいた機械学習の実験及び評価が可能となる。この実験によって、ロボットの外部を情報源とする機械学習を実現し、ロボットの自立的な概念獲得に関する知見を得ることを目指す。

また、本研究の成果は、実用的なロボットの概念構造を構築しようとする挑戦である一方で、概念獲得の試行錯誤の中で高速かつ統計的に学習が収束可能な概念獲得アルゴリズムに関する評価と設計指針を得ることができ、認知科学との対比による知見獲得にも期待する。

3. 研究の方法

前述の研究提案の実現に向け、本研究では次の4つの研究課題に分け、研究を進めた。

- 課題1 CO構築尤度計算手法の設計
- 課題2 クラウドソーシング
インタフェースの構築
- 課題3 COの再構造化
- 課題4 クラウドソーシング型機械学習
による概念獲得アルゴリズム設計

上記課題1～3に関して、クラウドソーシングに基づくCO構築のアーキテクチャの設計を行った。構造の概要は、Figure 2に示す通りである。また、その設計に基づき、ロボットと連携し動作させ、実環境を対象とした実験を行うため、システムの実装を行った。

実装したシステムを用いて、課題4に関する実験を行った。その実験結果から、提案システムの評価を行うと共に、クラウドソーシング型機械学習のシステムの評価及び効率の良い設計パラメータの探索を行った。

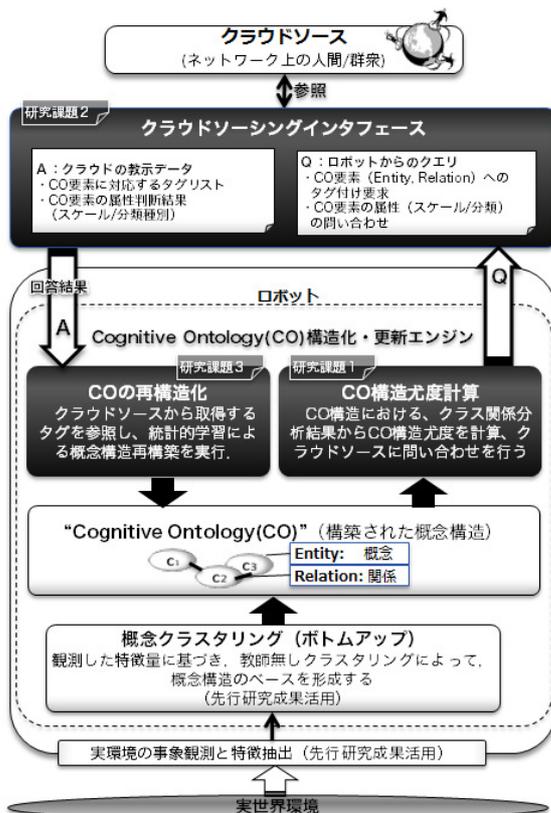


Figure 2 構築した概念構造獲得アーキテクチャ

4. 研究成果

まず、CO構築の構築を行うシステムについて設計及び実装を行った。

ロボットは車輪で動作する台車型ロボットを構築し、システム評価及び後述の実験等に用いた。台車上にパンチルトズーム動作が可能なカメラを搭載した。このロボットによって取得可能なセンサ情報として、このカメラの動画像を用いた。

画像認識の処理については、OpenCVを用いた観測映像中の人/物をラベリング及びトラッキング処理を実装した。取得した動画像中の物情報に対し、前処理をとして、対象物のSift, SURFならびに、対象物の大きさ(スケール)に関する評価値を算出し、特徴量に変換することでパターン認識の入力データとした。

パターン認識におけるクラスタリング処理にはSVMを用い、SVMカーネルにはRBFを用いた。なお、本システムを用いた実験では、SVMのガンマ、コスト等のパラメータをグリッドサーチにより適切な値の探索を行っている。

上記クラスタリング処理で判別したクラスによって、CO要素であるEntityを表現した。また、クラス間関係を多次元ベクトルとし、CO要素のRelationを表現した。CO構造化に関する処理の設計及び初期の評価は、Mathworks社製MATLAB上にて行った。

次に、クラウドソーシングインタフェースサーバの構築を行った。クラウドソーシングプラットフォームとして最も利用者の多いAmazon Mechanical Turkは、本研究実施期間においては、国内からの利用に制限があることから、自前のサーバをベースとして、ロボットから、外部リソースへの問い合わせが可能なサーバ構築を行った。それに合わせ、機械学習もサーバ上で行うよう、オープンソースのライブラリApache Mahoutを用い、外部への問い合わせ及び取得されたデータによるオンライン学習を行うよう実装を行った。

以上で構築したサーバにより、ロボットから見て、外部となる操作者がネットワークを介してアクセスし、ロボット教示用のデータを登録できる構成とした。

以上のシステムによって得られる教示データでは、CO要素(Entity, Relation)に単語ベースのタグが付与されるが、ここで得られるタグを数値に変換したデータを学習用のラベルとし、学習処理を実行可能とした。

最後に、カメラを搭載した台車型ロボットを用いた実験を行った。

実験では、ロボットの自己位置、姿勢(向いている方角)、行動(移動中/停止中/旋回中)に加え、動画像特徴量を学習用の入力データとし、サーバに登録されるタグを教示データとした学習を実行し、学習性能の評価を

行った。

本実験結果から、外部リソースによる学習を取り入れた学習では、ロボットが有するセンサ情報によるボトムアップ型の学習システムに対して高速な学習が可能であることが示唆された。また、構築される CO 構造については、人の主観的な評価によりマッチした構造が得られることが確認された。

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 0 件)

〔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。