

Web 学習システムのインタフェースとしての ヒューマノイド・ロボットとの対話開発

松浦 執*¹

Email: shum00@u-gakugei.ac.jp

*1: 東京学芸大学教育学部基礎自然科学講座

◎Key Words Web 学習システム, ヒューマノイド・ロボット, 対話

1. はじめに

インターネットを通信手段として用いた Web 学習システムは、マルチメディア・データを汎用的にやりとりでき、インターネット上の様々な学習資料にアクセスでき、学習データベースに学習を記録することができる汎用性の高いシステムである。IoT が物と物とをコンピュータによって繋ぐように、学ぼうとする人間が学びの資料とコンピュータを介してつながると言える。

Web システムを含む ICT は、ネットワーク化された情報を、言葉を用いて対話的に利用するところに特徴がある。音声による入力に対して、web ページなどを視覚的に表示すれば多くの情報を提供できる。一方近年では、音声認識による情報取得も普及した。音声での呼びかけに対して、音声による返事が返ると、より自然に感じる。また、音声での対話により話題を絞っていくことには、テキストやグラフィックを用いた多量の情報の視覚表現から関心あるものを検出することと別の意味があるのではないか。コンピュータでは、高精度ディスプレイと動的表現による高密度の情報表現が志向される。

近年、生活の場にロボットが共存するようになった。ホテルのフロントや店舗の案内に、人間の代わりにヒューマノイド・ロボットが対応する。電話機能をもったヒューマノイド・ロボットを携帯する。すなわち、複数の人間が関わる公的な場にも、ひとりの人間の個人的な場にも、人間とコミュニケーションするロボットが現れてきている。これらのヒューマノイド・ロボットは、声優の声をもち、顔認識により話す相手やその感情を認識しながら話し、話す内容と身振りを同期して高い表情表現機能をもつ。

本研究では、Web 学習システムを音声対話で利用する目的で、インターネットに接続できる Softbank Robotics 社のヒューマノイド・ロボット NAO を Web 学習システムのインタフェースとする試みを行う。

2. 学習システムとヒューマノイド・ロボット

2.1 Topic Maps をベースとした学習システム

筆者らはこれまでに、インデクシング技術である Topic Maps をベースにした学習システムを構築してきた。Topic Maps は、主題を表す Topic と、それらの関係を表す Association を用いて知識構造を表現する。具体化された topic が topic instance であり、topic instance には具体的な情報や資料が occurrence によ

て結合される。Occurrence は topic を実際の情報リソースに結びつける特別なタイプの association であると言える。本システムでは、学習のための知識の構造、学習リソースのタイプ分類、これらを表示するための web ベージデザイン、学習者へのコンテンツの推薦タイプ分類が表現されている。本学習システムでは Ontopia という Topic Maps 開発および実行環境を用いている。

各主題トピックは、それ自体を表現する短いテキストをもつ一方、その主題を表現するリソーストピックに関連付けられ、リソーストピックのインスタンスとして具体的なテキスト、シミュレーションなど各種の学習リソースに関連付けられる。この方向で考えると、主題 → 主題に関連した特定の表現タイプ → 具体的な教材、と検索される。対話タイプとしては、主題についての会話から情報リソースやドリルを引き出す指令である。

主題間は、複数のタイプの Association で結びつけられる。しかし、Association タイプの数を増やすと、同じ主題間を異種の Association で結合することも可能になったりして、非常に複雑になる。学習システムとしては、分野内関連、分野横断的関連、基礎-応用関連、is_a もしくは part_of 関連などの主題タイプに依存しない汎用的関連の使用にとどめている。主題間の関連の定義により、関連する主題に話をつなぐ対話を生成することができる。

また本システムでは、利用者を表現するアバターと、これに対応する相手となるシステム側のエージェントを画像化している。利用者のテキスト入力と、これに対する教員など学習管理側のテキスト入力は、アバターとエージェントの会話の形に表示される。

ドリルの問いと解答のように、問いに対して、正解にせよヒントにせよ、話者やその解答によらず返信が決まっているものは、汎用的な関連を定義することで対話が成り立つ。

一方、特定の正解を持たない、あるいは解答の試案が収束しにくいような問題に対する問題の場合には、学習者の解答には個別にコメントしていく必要がある。コメントすることによって学習者の内省を深めたり明らかにしたりする可能性がある。このケースには、学習者に対する問いの投げかけに対し、対話の中心となる学習者の思考の表明がある。そしてその内容に言及して学習者に内省や思考の深化、あるいはやり直しを誘引する応答がある。これは問題に対する熟考が行わ

れてはじめて形成される対話である。

2.2 NAO による Topic Map アクセス

ヒューマノイド・ロボット NAO による日本語音声認識は NAO 本体の音声認識エンジンによって行われる。音声認識の確実性を高めるためには、認識候補語をあらかじめ列挙しておく必要がある。本研究では、NAO から Wi-Fi を通じて学習システムにアクセスして、学習システムの topic map から主題トピックを認識候補語としてダウンロードさせた。

本学習システムで用いている Ontopia では、外部から URL リクエストにより topic map の各種要素を XML 形式でダウンロードする API である Topic Maps Remote Access Protocol (TMRAP) を用いた。ヒューマノイドから TMRAP により学習システムの topic map にクエリを送り、必要な topic, association, occurrence を取得させた。

3. 対話のタイプと関心のコンテナ

3.1 対話のタイプ分け

学びの場での、人間対人間、あるいは人間対物との対話には図 1 のような基本タイプが考えられる。ここでは特に、ロボットとの対話を考察していくが、学校での授業では対話する相手として、黒板や壁面に書かれたシンボル、ディスプレイに映写された像、実験器具や実験的に引き起こした現象、などを適用して考えていくことができる。

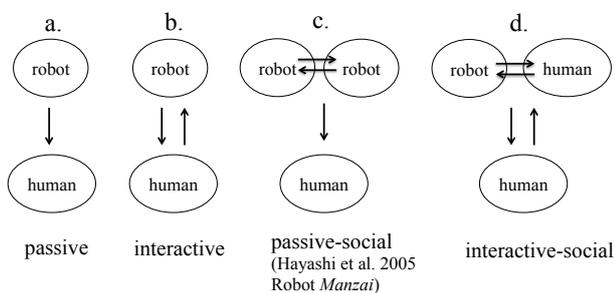


図 1. 人間とロボットのコミュニケーションの形

図 1a, b は人間とロボットの 1 対 1 またはロボット対観客の対応で、一方方向か双方向かの違いである。一方向は、人が反応しても、これに応じた反応をロボットが示さない場合を含む。しかし、人はしばしば機械に愛着を持つので、a のタイプが人に癒しやファンタジーをもたらすこともある。図 1b の場合の対話では、一方から他方への発話-応答の関係が中心となろう。

図 1c は“ロボット漫才”として Hayashi らに提唱されたもので、ロボット同士の対話を人が見聞きして楽しむ関係である⁽¹⁾。神田らはロボット同士の対話を観察することで、人のロボットに対する関係性が緩和され、ロボットに対するコミュニケーションが円滑になると報告している⁽²⁾。ギリシャ劇は合唱の中に役者の対話を入れたところから発展したと言われる。人同士の対話関係 c は、もの語りと演劇形態との区別に対応する。

図 1d は観客と演者が相互作用する関係である。教員が教卓などで何かと相互作用しながら授業をリードす

ような場合はこれに相当する。生徒とのやりとりに応じて理科の演示実験の内容や見せ方を調整しつつ授業を進めるやり方などは、これに該当する。実験器具にせよ演示装置にせよ、物体を操作しながら生徒とやりとりすることの多い理科の授業では、日常的に発生する関係である。

3.2 対話のかたち

ロボットでは発話と、音声認識による応答が可能である。図 1a-c ではこれをそのまま適用すればよい。一方図 1d の場合では、聴講者の関心を高める対話となることが望まれる。ロボットを学習システムのインタフェースと考える場合には、ロボットの判断や司令に人間が従うのではなく、人がロボットを活用して学習システムと楽しく対話することが望まれる。

ギリシャ悲劇ではアイスキュロスが俳優を 1 人から 2 人にしたことにより大きく発展したと言われる。エンターテインメントでは、19 世紀英国のミュージックホールや米国のボードビルショーに端を発した、2 人のコメディアンによる“ダブル・アクト”という芸能がある。キャラクターの違いを際立たせた“straight man”と“funny man”の組み合わせによるコメディショーである。掛け合いすることによりジョークの形を整えるものである。Straight man はジョークを立ち上げてパートナーに「餌出し」または「引き立て」の役割を担った。これにより funny man の滑稽さが際立った。ただし、話のおもしろさへの関わり方は固定的ではないという。

日本の漫才は、もと音曲の演奏と舞であったが、問答を導入することで滑稽味を増していった。そして、

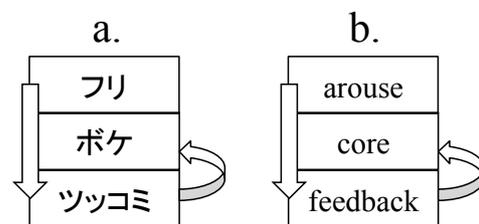


図 2a, b. a:漫才の構造と、b:漫才の構造をよりひろく適用する「関心のコンテナ」の形。

大正末期に、米国のダブル・アクトの影響を受けて、2 人の漫才師の対話だけで滑稽味を演出するしゃべり漫才が生まれたという。

安部は、おかしみを伝達する過程として「フリ」「ボケ」「ツッコミ」の 3 段階の構造を定義して考察した⁽³⁾。「フリ」はボケに先行しておかしみを伝達する表現であり、「ボケ」はおかしみの図を完成させる。さらに「ツッコミ」がボケの後続部分でおかしみの図の存在を効果的に伝達する(図 2a)。図 2a の左側の矢印は話の流れである。一方、同図のツッコミからボケへの曲線矢印は、対話を戻す意味ではなく、ツッコミにはあらためてボケの主題を振り返る機能があることを示している。「フリ」には話題提供の「スジフリ」と、話題の内容を深化する働きをもつ「前振り」の 2 種類がある。ボケにはマエフリのある「予測をはずすボケ」と、意表をつく「予測を利用しないボケ」があるという。そ

して「ツッコミ」はボケのおかしみに情報は付加せず「注意喚起するもの」と、おかしみに情報付加して「内容的に踏み込むもの」とに2大別できるといふ。

図2aの漫才の構造を用いて、真下と瀧本⁽⁴⁾は、キーワード検索して得られたwebニュースから、おかしみのある対話を自動生成し、その漫才を2体のロボットに演じさせる研究をおこなっている。

漫才の構造を用いて実際に笑いをさそう対話をつくるには、笑いのおきる要素がなければならない。安部は、一つの文脈に、全く異なる2つの対立概念が存立する構造をおかしみの構造とした⁽⁵⁾。また、桂枝雀は、笑いは主として緊張が緩和する際に出てくることを、数多くの古典落語のオチの内容を分類することを通じて見出した。おかしみの要素を、緊張が緩和する際にもたらすことで笑いが得られる⁽⁶⁾。

漫才の構造は滑稽な対話を効果的に形づくるために用いられるが、滑稽さの演出に限らず、見聞きする人に対話への関心を引き起こし、印象付けるための構造として広く用いることができるのではないか。ボケの部分は内容の中心となるが、言いたい言葉をそのままそれだけ発するのでは、聞いている側が飲み込みにくい。また、一度聞くだけで必要な理解を確立するのは難しく、繰り返し見聞きしたり、異なる側面から捉え直したりすることで印象に残りやすくなる。

図1dのinteractive-social型の人-ロボット対話に参加者との相互作用が入る場合の対話の構造を漫才の構造をもとに考えてみる。対話者が話題を提供、先導し、ロボットに発話すると、その話題のコアとなる部分をロボットが話す。対話者の話題提供は対話を引き起こす作用であり、人が学習に能動的に関わる部分を入り口とする意味がある。これらは漫才でのフリからボケへの移行に対応させられ、ここではそれぞれarouse, coreと名付ける。Arouseは話題を引き起こすとともに関心を引き上げるものでもある。

本研究ではcoreで話題の核心をロボットに話させるが、これは学習システムからの知識取得である。すなわち、ロボットの発話が興味深いものであるかどうかは、ひとえに人のフリ、arouseの効果による。

さらに、ツッコミに相当し、coreの内容に注意喚起、またはさらに踏みこむ部分をfeedbackと名付ける。Coreの主題をより明らかにする役割もある一方、知識から新たな問いへつなげる場合もある。これもロボットの発話の意味を深化させる人間の役割である。

これらarouse-core-feedbackの遷移を「関心のコンテナ」として図2bに示した。このような対話は、人と機械が1対1で思いつくまま言葉を交換するのに対して、むしろ人が、知りたいことをロボットに引き出させて、その主題についての考察の深まりや広がりなどをパッケージさせることが関心のコンテナの特徴である。

3.3 シナリオのコンテナとしてのプロット

人が先導しながらロボットに語らせ、一つの関心の場を生み出すということは、対話の外見よりも、ある文脈や意味の表出のしかたを問題にしているとも言える。対話の形ではなく、物語の展開という考え方もできよう。物語とは、ある筋によってまとめられる統一

性のある表現メディアである。物語る語り手がおり、背景となる物事の構造があつて、それを場として出来事が生起する。語りは時間や順序関係を大なり小なり反映してものであり、その内容はどの視点から語るかに依存する。

金子は多数の映画のシナリオを比較分析して、成功したシナリオには共通したパターンが存在することを明らかにした⁽⁶⁾。金子によれば、物語の基本構成であるプロットは、図3aのように「発端」「展開」「結末」で構成される。このそれぞれに何が起きるかを決めていくと物語のシナリオに到達する。発端では、いつもの生活に異変が起き、対応を決意する。展開では、苦境

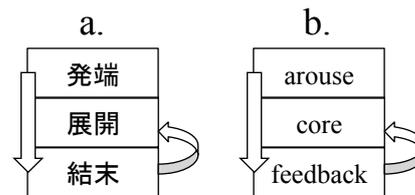


図3a, b. a:物語のプロットの構造と、b:関心のコンテナの形。

に陥り、支援をえて成長したり、視点の切り替えがあったりする。結末では、対決があり排除、満足、未来へのつながりができる。

このようなプロット構造についても、ドラマの中心となる展開部分がcoreとして存在し、それを誘導する発端部と、coreで描かれた主題、イメージ、人物像などが再確認される結末部が置かれる。図3aの結末から展開への矢印はストーリーの流れではなく、展開された主題の再確認である。語られた人物や人生が、あらためてドラマにフィードバックされて忘れがたいものにされる。金子は特に、コンテンツをもっともよく特色付け忘れがたい印象を与える要素を「リマインド」する仕組みの重要性を論じている⁽⁶⁾。

漫才と、物語のシナリオとについて、そのもっとも基本の構造の共通性を考慮し、対話を通じてひとつの関心の場を作るための鋳型として基本コンテナを考えた。鋳型を決めることによって実際の対話の構成をより意図的に進めることができる。

3.4 演習実験への適用

理科教育、科学教育では教師が実験を演示することがしばしばある。また、サイエンスショーは学びとエンターテインメントを両立するよさがある。ここでは関心のコンテナの試行的な適用例として、NHKで放送された「考えるカラス」における「考える練習」コーナーを題材にとる。この番組は科学の考え方を伝えようとするものである。特に「考える練習」コーナーでは、導入の実験の紹介、またはメインの実験の導入が行われ、結果の予想について、選択肢式のクイズの形で尋ねられる。そこで短く別の映像が入り、再び「考える練習」に戻る。選択肢を再確認してから実際に実験する。スロー再生なども加え、結果をよく観察できるようにしている。結果は意外性のあるものが多いが、実は導入でそれが意外になるよう準備されている場合が

ある。結果の答えを確認したあと、その理由を説明し
そうになって幕が閉まり「ここから先は自分で考えよ
う。これからはみんなが、考えるカラス」という決まり
文句が流れる。

実験そのものが興味をひくものばかり集められて
いるが、現象がよく印象付けられ、意外性があり、なぜ
そうなるのか、という気持ちを自然に引き出し、番組
全体への興味を高める映像になっている。このコーナ
ーは対話の観察でもなく、また物語の展開でもないが、
以下のように関心のコンテナを適用して捉えることが
可能とみられる。「考える練習」を関心のコンテナに
当てはめてみると共通的に表1のようなパターンとし
て捉えることが可能である。

表1. 「考える練習」の基本パターン

コンテナ	内容
Arouse	予備実験の演示と本実験の説明。選択肢を提示して予想を促す。
Core	本実験を行う。
Feedback	スロー再生で現象を再確認。「どうしてでしょう」「その秘密は」に引き続いて説明しかけて幕。「ここから先は、、、」の決まり文句。

Arouse コンテナでは、それ自体興味をひく実験、すぐ
にこうなりそうだと思う実験が紹介され、実験を見
たい気持ちを高ぶらせる。Core コンテナは実際の実験
だが、arouse コンテナで準備された意外性の印象が引
き立てられる。

表2. 「考える練習」の具体例

	コンテナ	内容
風船とパイプ	Arouse	パイプの両端に大小に膨らませた同じ風船をつけ、パイプ中央を弁で閉じる。弁を開くとパイプ中を空気が移動できるという手がかりの提示。弁開放にともなう大小の風船の大きさの変化について選択肢提示。
	Core	大きい風船が膨らみ、小さい風船がしぼむ現象の提示。
	Feedback	現象の確認と、なぜかという問いかけ。ヒントの部分提示。
ヘリウム風船落下	Arouse	お盆に乗せた風船はお盆とともに落下するという実験の提示。ヘリウム風船が空気中を上昇する現象の提示。ヘリウム風船をお盆に乗せて押さえ、お盆と同時に手を離すとどうなるかという問いかけ。選択肢提示。
	Core	ヘリウム風船がお盆に乗ったまま床に落下する現象の提示。
	Feedback	現象の確認と、なぜかという問いかけ。ヒントの部分提示。
2本のロウソク	Arouse	1本のロウソクを蓋をした瓶の中で燃やし、消えることを提示。瓶の中に長短2本のロウソクを灯し、蓋を閉めるとどうなるか問いかけ。選択肢提示。
	Core	長いロウソクが先に消える現象の提示。
	Feedback	現象の確認と、なぜかという問いかけ。ヒントの部分提示。

表2に「考える練習」の実際の実験例を示す。これ
らの実験で見られる現象については、それを説明する
仮説を立て、仮説を検証するための実験を考案するこ
とが理科教師養成の興味深い思考訓練になると考える。
こうした実験の映像コンテンツをロボットに検索、表
示させることが可能である。NAO の場合では、該当する
ビデオクリップをダウンロードして NAO の OS 上の web
ページ上で表示することができる。即ち、例えば、
Arouse: 空気をたくさん吹き込んだ風船と、少しだけ吹
き込んだ風船。どちらが勢い良く空気を吹き出すだろ
う？ [NAO に実験映像コンテンツをリクエスト]
Core: 実験映像の再生と、音声での結果の発表
Feedback: 実験結果の再確認や見直しと、そうなった理
由について参加者の議論の促し。
Arouse: 議論で出てくる概念について適宜取り上げ、
NAO にその概念についての説明をリクエスト。
Core: 概念について説明。例の列挙など。
Feedback: 現在の問題にその概念をどう適用できるか
議論。…
といった対話のスイッチが可能である。

4. おわりに

ヒューマノイド・ロボットを Web 学習システムのイ
ンタフェースとして、授業での対話的活動の中で活用
するために適合する、対話の基本的パターンを考察し
た。キーワードを音声認識し、Topic Maps ベースの Web
学習システムで、リモートアクセス・プロトコルの URL
クエリリクエストを用いて、学習システム上に定義し
たテキストそのほかをダウンロードし、発話または web
ページ表示させた。

参考文献

- (1) Hayashi K., et al : "Robot *Manzai* -Robots' conversation as a passive social medium", Proc. 2005 5th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pp.456-462 (2005).
- (2) 神田崇行他: "人-ロボットの対話におけるロボット同士の対話観察の効果" 電子情報通信学会論文誌, J85-D-1(7), pp.691-700 (2002).
- (3) 安倍達夫: "漫才における「フリ」「ボケ」「ツッコミ」のダイナミズム-おかしみの構造図とその展開." ことば研究会』, 人工知能学会第 2 種研究会ことば工学会資料 (2005).
- (4) 真下遼, 灘本明代. "対立語抽出に基づく Web ニュースからの漫才ロボット台本自動生成手法の提案" 第 6 回データ構造と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM Forum 2014). Vol. 8. (2014).
- (5) 桂枝雀: らくご DE 枝雀, ちくま文庫(1993).
- (6) 金子満: コンテンツを面白くするシナリオライティングの黄金則, ボーンデジタル(2008).
- (7) NHK: 考えるカラス, <http://www.nhk.or.jp/rika/karasu/>.