

ペット型ロボットを想定した知識処理利用の雑談型自由対話システム An Open-ended Dialog System with Knowledge Processing Mechanism for Intelligent Pet Robots

高柳 俊祐^{*1} 中山 敬太^{*2} 石川 勉^{*2}
Shunsuke Takayanagi Keita Nakayama Tsutomu Ishikawa

^{*1} 拓殖大学 工学研究科 情報工学専攻 ^{*2} 拓殖大学 工学部 情報工学科
Takushoku University Graduate School of Electronic Informathin Engineering Takushoku University Department of Computer Science

We are developing an open-ended dialog system with inference mechanism, which is intended to be applied to Pet Robots. User's utterances are translated to the extended predicate logic formulas that we have proposed as a knowledge representation scheme for Japanese sentences. This system can intellectually respond to user's utterances through inference process using these knowledge and other semantic processing. It can also acquire common knowledge from utterances with specific patterns and make use of the knowledge for the responses. That is, this system can become wiser as you use it.

1. はじめに

現在の対話システムはチケット予約等の分野を限定したものがほとんどであり、分野を限定しないシステムの研究例は少ない[1]。人工無能(会話ボット:chatterbot)と呼ばれる対話システムもあるが、それらは原理的には Eliza 型であり、ほとんど知識処理を行っていない。

我々は、知的なペット型ロボットを想定した雑談型自由対話システムの開発を進めている。本システムは、知識を扱えかつ話題を限定しないシステムであり、ユーザの発話を述語知識に変換し、それを用いて推論処理等を行い対話する。具体的な推論処理としては、将来の高齢化社会を意識した備忘録機能という形態で具現化されている。また、特定の発話から常識知識を獲得し、それを用いた連想的応答や発想的応答を可能としている。さらに、この常識知識はその応答に対するユーザの発話を基に精練される。すなわち、本システムは使えば使うほど賢くなる成長型システムと言える。これら知的処理に加え、癒しの要素を加味するため吉凶相槌機能やスクリプト的対話機能も持たせている。

本報告では、我々が目指す対話システムのレベル、現在のシステムでの知識表現と推論法、具体的な対話機能およびその実現法について述べる。

2. 目標とする対話システムと現状

2.1 目標とする対話システムのレベル

知識利用と理解の深さという視点から対話システムのレベル付けを行った(表 1)。我々は、発話文自体に陽に含まれている文意を理解できるレベル(レベル3)の実現を目指している。ここで報告する対話システムはレベル2程度と言える。

2.2 現在の対話システムの概要

システムの全体構成を図 1 に示す。実現している対話システムの機能は以下の通りである。なお、これら機能の詳細については 4 章で述べる。

(1) 質問応答機能

ユーザの発話を述語知識(事実知識)に変換し、あらかじめ用意してある問題知識や常識知識を用い質問に回答する。日常生活においてよく忘れがちな時間や場所に関する質問に答える備忘録機能[2]や、職業選択のコンサルティングシステム(デモ用)として実現している。

(2) 常識知識獲得・利用機能

何気ない発話から常識知識を獲得し、それを利用して応答する。さらに、その後の発話から例外知識を獲得し、常識知識を精練・利用する[3,4]。

(3) 吉凶判断機能

発話に吉凶情報が含まれるとき、その種類や程度を判別し、その内容にふさわしい相槌を返す。

(4) スクリプト対話機能

特定の話題に関する発話がされたとき、あらかじめ想定しておいたシナリオにそって対話を進める。

(5) 定型応答機能

挨拶には挨拶で返事するなどの決まり文句的な応答を行う。

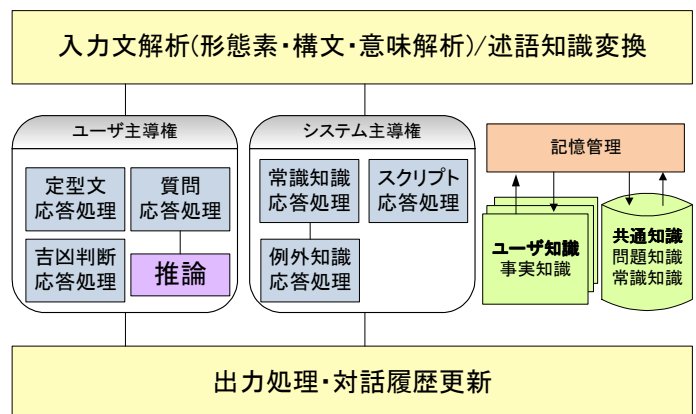


図 1 対話システムの全体構成

表 1 対話システムのレベル付

レベル	理解度	対話例	必要な機能・知識	関連技術	応用例
5	意図理解 (深層)	明日の会議に出席しますか？ 重要な会議だけにすることにしています [文に表されていない意図を理解(皮肉を理解)]	価値観・判断基準 常識知識(情緒)	語用論(Griceの理論, 関連性理論)	万能ロボット(完璧な人間の代行)
4	意図理解 (表層)	重役達と至急相談したい どの会議室を予約しましょうか？ [文に表された情報から意図を推測(気がきく)]	常識知識(因果) メタ推論(プラン推論)	プランニングモデル メタファ	電子秘書 相談相手
3	意味理解	昨日、子どもが包丁で手を切りました けがの程度はいかがですか？ [文中の語彙の意味を理解(曖昧表現に対処)]	語彙・概念知識 高次推論(時間・様相, 常識)	語彙概念構造・生成語彙 単一化文法(LFG・HPSG) 多義性(状況意味論)	店員代行 窓口業務代行
2	知識利用	AIは医者, Bは病人です。AIはBを治すか？ 治します [文の情報を知識化して推論(文字通りの理解)]	問題知識 照応解析(対象の特定) 基本的推論(1階述語論理)	談話表示論(DRT) オントロジ 電子化辞書	コンサルティングシステム 電子ペット
1	暗記	今日学校をさぼりましたね？ ごめんなさい [記憶した文をもとに回答(BIIZA型)]	形態素・構文解析 曖昧照合		玩具

3. 現システムでの知識表現と推論法

3.1 本システムでの知識表現

本システムでは、1つの文は1つの素式で表現される[5]。素式は、述語に様相子、引数部にラベルを付加した以下のような述語式 L とする。

$$L = sP(r_1: t_1, r_2: t_2, \dots, r_n: t_n)$$

ここで s は様相子、 P は述語部、 r_i はラベル、 t_i は引数である。様相子 s は、文の様相を表す記号であり、否定(!)、過去(*)等である。述語部 P は、その文の述部を構成する単語(動詞、形容詞、名詞のいずれか)とする。引数 t_i は基本的には、その文の述部と関連する概念(名詞)である。ラベル r_i は述部により異なり、動詞の場合は agt (主格), obj (対象格), plc (場所格)等の深層格(主に EDR 辞書[6]で用いられるラベルを想定)を、形容詞や名詞の場合は sbj (主格), inst (対象格)のような新たに設定したラベルを用いる。

例えば、“太郎はカレーを食べた”という文は、以下のように表される。

*食べる $v(\text{agt: 太郎}, \text{obj: カレー})$

3.2 推論の基本的な考え方

推論には概略推論法[7]ARSK を用いている。ARSK は、基本的には欠落知識を類似する知識で補い、概略的な解を得る推論法である。具体的には、以下のように知識ベース K だけでは結論 G を証明できないとき、 K 内の知識に類似する知識の集合 K_s を加えて、 G を得る推論法である。

$$K \not\models G$$

$$K \cup K_s \vdash G$$

$$K_s = \{k_i \mid \exists k \in K, k \approx_{w_i} k_i\}$$

ここで“ $\approx_{w_i}$ ”は、その左辺と右辺が推論のステップ i における状況 V_i において類似することを意味する(ただし、本システムではこの状況は考慮していない)。

ARSK における具体的な推論処理は図 2 のような導出処理である。ただし、 A と A' の意味的な類似度が閾値以上の場合のみ導出節を生成する。推論結果の信頼度はこの類似度を積算した値としている。この信頼度が閾値以下になると推論を停止させる。また、素式全体の類似度は述語部間、引数部間の類似度の最小値としている。なお、これら各部を構成する単語間の類似度はこれまで開発してきた概念ベース[8]を用いて算出している。

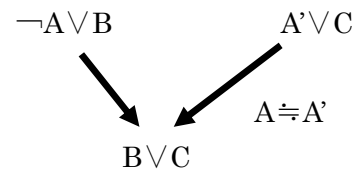


図 2 ARSK における導出処理

4. 実現機能と対話例

4.1 質問応答機能

ユーザの発話と問題解決知識を用いて推論を行い、質問へ回答する機能である。これは前章で述べた推論法により実現され、yes/no 型の質問と what, who, when, where の質問に答える。現在、この機能としては、備忘録機能とコンサルティング機能がある。

(1) 備忘録機能

我々は日常生活において、事象が発生した時期や場所、物の状態等について忘れがちである。例えば、機械が故障してそれが保証期間内であるか否か知りたいということはよく起こる。そこで、よく忘れがちな時間・場所だけでなく物の移動や状態の変化に関する質問にも答えられる備忘録機能を持たせた。

前者の機能は、以前の発話から獲得した知識を用いて回答するが、時間に関する質問では対象となる事象の発生日や発話日が問題となる。従って、ここではユーザの発話を述語形式に変換するとともに、以下の例のようにタイムタグを付加しておく。

例) *買う($\text{tme: 先週}, \text{agt: 私}, \text{obj: テレビ}$) < 20010/12/10

*貰う($\text{agt: 私}, \text{obj: カメラ}$) < 2011/1/16

最初の例のように事象の発生日が知識中に現れているときはその情報とタイムタグから実際の事象の発生日(この例では 12/3)を計算する。また、後の例のように知識中にその情報がないときはタイムタグの日付を事象発生日とみなしている。

また、後者の機能は、前節で述べた質問応答の枠組みに物事に関する因果知識(問題解決知識として利用)を加えることにより実現した。具体的には、“買ったなら持っている”、“売ったなら持っていない”等の物の移動や状態の変化に関する因果知識(約 300 個)を以下の例のように述語形式で用意し実現した。

例) *買う(agt:x,obj:y)→持つ(agt:x,obj:y)
 *売る(agt:x,obj:y)→!持つ(agt:x,obj:y)
 *しまう(agt:x,plc:y,obj:z)→存在する(obj:z,plc:y)

ここで問題となる矛盾する結論への対応は以下のように行っている。例えば、以下のような知識が獲得されているとする。

例) *買う(agt:私,obj:テレビ) < 2010/10/15
 *売る(agt:私,obj:テレビ) < 2011/3/7

ここで、「私はテレビを持っていますか」と質問すると、問題解決知識から“テレビを持っている”という結論と“テレビを持っていない”という矛盾した結論が出る。本来この種の問題は時制推論によるべきであるが、ここでは 1 階述語論理の枠組みの中で対処した。具体的には、推論で解が得られたとき、その質問文の否定形(論理的な否定ではなく、述語に“!”を付加した形)の述語知識を作成し、再度推論を行う。否定形での推論でも解が得られた場合、矛盾知識が含まれていることになる。この場合、双方の推論結果を導くために用いた知識に付加されているタイムタグを比較し、より新しいタイムタグが付加されている知識の方を用い、それに対応した回答をする。上記の例では、“*売る(agt:私,obj:テレビ)”が新しいので、この知識を利用して“いいえ、あなたはテレビを売りました”と回答する。

(2) コンサルティング機能

デモ用として約 150 個の問題解決知識を用意し、職業選択に関するコンサルティングシステムとしても動作可能としている(図 3)。

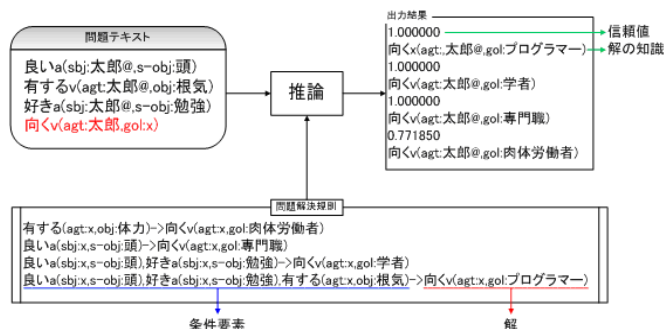


図 3 コンサルティングシステム

4.2 常識知識獲得・利用機能

何気ない会話の中には常識として利用できる知識が無意識に発話されることがある。本機能は、この常識として利用できる知識を自然な対話から獲得して、またこの知識を対話で利用また精練をする機能である。例えば、“「太郎は金持ちだ」「太郎は社長だからね」”等の発話で、一般的には“ α は B だよ” α は A だからね”のような表現である。これらは“対象の特性や性質を表す文”や“一般的な因果を表す文”でよく見かけられる。ここでは、これらを“ $A(x) \rightarrow B(x)$ ”という形式で常識知識として獲得し、さらに対話や質問応答の中で利用する。具体的には、例えば対話では意味的に前件部に一致する発話があるとき後件部を連想し、それを自然言語文に変換し確認文として発話応答する。それに対するユーザの返答は、肯定か否定であり、否定の場合には“どうして?”等の返答をして、それに対する応答文を例外知識として獲得し、常識知識の精練を行う。

以下その詳細を述べる。

(1) 常識知識獲得

常識知識獲得の対象とする発話は以下の 2 パターンである。

パターン 1)

発話 1: α は A だ $\dots A(\alpha)$

発話 2: R , α は B (だ) $\dots B(\alpha)$

パターン 2)

発話 1: α は B (だ) $\dots B(\alpha)$

発話 2: α は A だからね $\dots A(\alpha)$

ここで、 α は固有名詞、 A は一般名詞、 B は特性や性質を表す名詞、 R は「だから」「それゆえ」「従って」「なので」等の理由を表す接続詞である。ただし、常識知識として不適切な知識を除くため A と B の語を限定している。基本的には、 A は具体物を表す語(ただし、人称を表す名詞は除く)、 B は名詞の場合は抽象物を表す語、形容詞・形容動詞の場合は感情を表す語以外の語とした。これらのチェックは日本語語彙体系[9]、IPAL 辞書[10]をそれぞれ用いて行っている。

獲得の手順は、それぞれの発話を述語形式に変換し、次に固有名詞 α を変数 x に置き換え、両述語を含意記号で結合する。これにより、“ $A(x) \rightarrow B(x)$ ”という形式で基本となる常識知識として獲得される。

(2) 連想的発話と常識知識の精練

(1)で獲得した知識を用いて、ユーザが意味的に前件部に一致する文“ $A(\alpha)$ ”を発話したとき、後件部“ $B(\alpha)$ ”を連想し、それを自然言語文に変換し確認文として発話応答する。さらに、それに対するユーザの返答は肯定か否定であり、否定の場合は「どうして?」等の返答をする。その返答に対する応答文を例外知識“ $C(\alpha)$ ”として獲得して、“ $A(x) \wedge \neg C(x) \rightarrow B(x)$ ”と常識知識の精練を行う。

(3) 推定発話

(1)で獲得した知識を用いて、ユーザが意味的に後件部と一致する文“ $B(\alpha)$ ”を発話されたとき、“ $A(\alpha)$ ”を推定し、それを自然言語文に変換して発話する。この発話は“ α は A か何かなの?”という問いかけ形式とする。この発話に対するユーザの返答も肯定か否定であり、否定の場合は「じゃあ、(α は)何なの?」と理由を問いかけ、それに対する応答“ $C(\alpha)$ ”を利用して、“ $C(x) \rightarrow B(x)$ ”という新たな常識知識を獲得する。当然その知識は再び利用可能である。

4.3 吉凶判断機能

ユーザの発話に対して吉凶を判断し、それに見合った相槌を打つ“癒し的”な機能である。本機能は、約 2000 のパターンからなる吉凶判断データベースを用いて実現される。このパターンは、基本的には述語部と引数の組であり、引数は日本語語彙体系のカテゴリレベルで登録されている。これにより、類似した語からなる広範囲の発話文に対応可能となる。ただし、1つのカテゴリの中の語がすべて吉凶を表していない場合もあるため、引数を単語レベルで登録したパターンもある。この場合はそれに意味的に類似する単語のときも応答させている。さらに、述語部だけで吉凶が判断できる場合もあり(「結婚する」、「負ける」等)、述語部だけのパターンも含まれている。

述語式に変換された発話文は、上記パターンと照合され、一致した場合、発話文に見合った吉凶相槌が行われる。

4.4 スクリプト対話機能

話の流れが予想できる特定の話題に着目し、定型的な質問およびそれに対する予測される応答の流れをスクリプトファイルとして用意しこれを用いて対話を行う。これにより、コンピュータ側に会話の主導権を持たせ、自然な対話を演出し面白い対話を可能としている。この対話はユーザの発話に応じて応答が変

化をする分岐型としている。なお、スクリプトファイルは特定の書式に従って記述することにより、容易に追加可能としている。

4.5 対話例

本システムで実現している対話を図 4 に示す。

[質問応答機能]

i) 備忘録機能

会話日 2010/8/14
USER: 私は押し入れにテレビをしまった
USER: 昨日、私は本を買いました
USER: 私はカメラを買いました

会話日 2011/3/2
USER: 私は何処にテレビをしまったか
COM: あなたは押し入れにテレビをしまいました
USER: 私はいつ、本を買いましたか?
COM: 2010年8月13日です
USER: 私はカメラを友だちに譲りました

会話日 2011/3/6
USER: 私はカメラを持っていますか
COM: いいえ、あなたはカメラを友だちに譲りました

ii) コンサルティング機能

USER: 私は車が好きです
COM: ほおー
USER: 私はよくスピード違反をします
COM: ふうん
USER: あと、私は度胸があります
COM: へえー
USER: 私は何に向いているかな?
COM: レーサーに向いていると思うよ

[吉凶判断機能]

USER: 選挙に当選しました
COM: それは凄いですね

USER: 今年、私は結婚しました
COM: おめでどう
本当に幸せそうな顔してるよ

USER: 先週、私は宝くじにあたりました
COM: ラッキーですね

USER: 私は騙されました
COM: 許せないね! 警察に連絡だ

USER: 私は猫にかまれました
COM: 痛そう、それはついてないね

[常識知識獲得・利用機能]

i) 常識知識獲得

USER: 花子はタレントです
COM: すごいですね
USER: だから、花子は綺麗です
COM: ナルホド

ii) 連想的発話と常識知識の精練、またその利

USER: 良子もタレントです
COM: じゃあ、良子さんも綺麗なんだね
USER: いや、綺麗じゃないよ
COM: どうして?
USER: お笑い系だからね
COM: ふーん

USER: 秋子はタレントです
COM: じゃあ、秋子さんは綺麗なんだね
USER: いいえ
COM: じゃあ、秋子さんはお笑い系なんだね
USER: はい
COM: そうなんだ

iii) 推定発話

USER: 陽子は綺麗です
COM: 陽子はタレントか何か?
USER: 違うよ
COM: じゃあ何なの?
USER: 陽子はモデルです
COM: ナルホド

[スクリプト対話機能]

USER: 昨日、映画を見たよ
COM: 楽しかったですか?
USER: うん
COM: 良かったですね。どんな作品ですか?
USER: ホラーです
COM: それは面白そうですね。お勧めですか?
USER: もちろんだよ
COM: いいですね。どこで上映していますか?
USER: 小坪でやってたよ
COM: そうなんですか。是非行ってみたいです

図 4 対話例

以下に備忘録機能と常識知識獲得・利用機能の例について簡単に説明する。

前者については諸機能を説明するため 3 日分の発話を示している。最初の 2 日分の発話は場所や時間に関する質問に答えられることを示している。最後の発話は以前の 2 日分の発話から矛盾した結論が得られても正しい方を選択できることを示している。

また、後者の対話例では知識の獲得から利用、精練の流れを示している。i) の対話から常識知識が獲得される。具体的には、“タレントならば綺麗である”という知識が獲得される。ii) はこれを利用した発話と、それに対する応答から常識知識の精練する例である。これにより、“タレントかつお笑い系でなければ綺麗である”と知識が精練される。また次の対話ではこの精練された知識を利用している。iii) は推定発話とそれに対する応答からの知識獲得の例である。ここでは“モデルならば綺麗である”という新たな常識知識も獲得される。

5. まとめ

ペット型ロボットを想定した知識処理利用の雑談型自由対話システムについて述べた。現在実現している機能としては、概略推論法(ARSK)を用いた質問応答機能、対話を通して日常忘れがちな事象に回答する備忘録機能、対話から常識知識を獲得してそれを利用・精練する常識知識獲得・利用機能、発話の吉凶を判断し応答する相槌機能、特定の話題を想定したスクリプト対話機能等がある。

参考文献

- [1] 柴田雅博, 富浦洋一, 西口智美: 雑談自由対話を実現するための WWW 上の文書からの妥当な候補文選択手法, 人工知能学会論文誌. Vol.24, No.6, pp507-519 (2009)
- [2] 中山敬太, 石川勉: 備忘録機能を有する雑談型の自由対話システム, 情報処理学会第 73 回全国大会 IS-4 (2011)
- [3] 高柳俊祐, 石川勉: 雑談型自由対話システムにおける常識知識の獲得・精練・利用法, 情報処理学会設立 50 周年(第 72 回)全国大会 6X-3(2010)
- [4] 高柳俊祐, 久野由隆, 石川勉: 演繹・帰納・発想のメカニズムを利用した雑談型の自由対話システム, FIT2010 F-017(2010)
- [5] 上條敦史, 石川勉: 日常語をベースとした拡張型述語論理への自然言語文の自動変換法, AI2009-50(2010-02) pp47-52 (2010)
- [6] EDR 電子化辞書: EDR 電子化辞書 第 1.5 版, 日本電子化辞書研究所(1996)
- [7] グュン ベト ハー, 石川勉, 阿部昭典: 知識の類似性を利用した概略推論法, 電子情報通信学会論文誌 D- I Vol.J84-D- I No.4 pp.389-400(2001)
- [8] 川島貴広, 石川勉: 言葉の意味の類似性判断に関するシソーラスと概念ベースの性能評価, 人工知能学会論文誌. Vol.20, No.5, pp326-336(2005)
- [9] 池原, 宮崎, 白井, 横尾, 中岩, 小倉, 大山, 林: 日本語語彙体系, 岩波書店(1997)
- [10] IPAL 辞書: 情報処理振興事業協会(1998)