人工知能　言語処理　ロボット

R&D ホットコーナー ソリューション

「ロボットは東大に入れるか」における英語問題の回答手法

NTTコミュニケーション科学基礎研究所[†1]/岡山県立大学[†2]/秋田県立大学[†3]/
大阪工業大学[†4]/電気通信大学[†5]

東中 竜一郎[†1]/杉山 弘晃[†1]/磯崎 秀樹[†2]/菊井 玄一郎[†2]/
堂坂 浩二[†3]/平 博順[†4]/南 泰浩[†5]

国立情報学研究所が主催する人工知能のプロジェクト「ロボットは東大に入れるか」にNTTは共同研究機関とともに英語チームとして参画しています．2014年に受験した代々木ゼミナール全国センター模試では，全受験者の平均点を初めて超える好成績を収めることができました．英語問題は英語の知識のみを問うばかりではなく，人間が当たり前だと思っている「常識」を考慮しないと解けない問題も多くあります．ここでは，人工知能がどのように英語問題を解いているのかについて解説します．

「ロボットは東大に入れるか」における英語問題

国立情報学研究所ではグランドチャレンジとして「ロボットは東大に入れるか」というプロジェクトを立ち上げています[(1)]．このプロジェクトの目的は，東京大学の入試問題を解く人工知能（東ロボくん）をつくることによって，人工知能の限界や人間にしかできないことを明らかにするというものです．2016年までにセンター試験で高得点，2021年までに東大合格が目標とされています．

NTTは，共同研究機関である岡山県立大学，秋田県立大学，大阪工業大学，電気通信大学とともに，英語チームとして2014年から参画し，同年の代々木ゼミナール全国センター模試において，受験者の平均点である93.1点（200点満点）を超えて95点を達成しました．2013年の同模試では東ロボくんの英語の点数は52点でしたので，今回点数を大きく伸ばすことができました．

意外かもしれませんが，英語はほかの科目と比べて一番難しいといわれています．なぜかというと，英語問題は語彙，文法，イディオムなどの英語の知識があれば解けるというものではなく，常識に関する知識が必要とされるからです．例えば，人間の意図や感情，物事の因果関係などが理解できないと答えられない問題が多くあります．NTTでは，対話システムや機械翻訳などの基礎研究の中でこのような常識を扱う問題についても長年取り組んできました．今回の模試ではその研究成果をうまく活かすことができたと考えます．

東大に合格するためには，センター試験と二次試験で高得点を取る必要がありますが，二次試験は要約や和訳などの記述問題もあり難しいことから，まずは選択問題のみからなるセンター試験に取り組んでいます．センター試験の英語問題の主な構成を**図1**に示します．大問が6つほどあり，大きく分けると前

1	発音・アクセント	1A	発音
		1B	アクセント
2	文法・会話・整序	2A	文法・語法・語彙問題
		2B	会話文完成問題
		2C	語句整序完成問題
3	読解（文脈把握）	3A	未知語（句）語彙推測問題
		3B	文脈に合わない文を推測する問題
		3C	意見要旨把握問題
4	読解（情報処理）	4A	グラフ・図表問題
		4B	実用文書読解問題
5	読解（情報理解）		
6	読解（論説文）		

短文問題

長文問題

図1　センター試験の英語問題の主な構成

半が短文問題（単語や短い文章に関する問題）で，後半が長文問題（長文，イラスト，グラフ・表などに関する問題）です．

ここでは，東ロボくんがどのように英語問題に回答するかを，短文問題の回答手法を中心に解説します．残念ながら，長文問題については現状の人工知能の技術ではまだまだ難しい点が多く，回答手法として確立する段階に至っていません．これらの難しい点については，最後の節で紹介します．なお，東ロボくんは試験問題の紙を読んで，鉛筆でマークシートを塗りつぶすことはしていません．電子化された本文テキストと選択肢を入力として受け取り，正答だと思う選択肢を出力するコンピュータプログラムです．

発音・アクセント問題

発音・アクセント問題はコンピュータにとってはそれほど難しくはありません．辞書を引くことで回答できるからです．

発音に関する問題では，単語選択肢中の指定された文字の発音がほかの単語選択肢中の文字の発音と異なるものを選びます．発音問題の例を**図 2** に示します．この問題を解くために，まず音声認識・合成の研究用の発音・アクセント辞書を用いて発音・アクセントを調べます．しかし，この情報だけでは指定されたＩにどの発音が対応するのか分かりません．そこで，辞書中のすべての単語と発音のデータからどの文字とどの発音が対応関係にあるのかを統計的手法で求めます．これにより，指定する文字の発音が明らかになります．この例の場合，IGNORANTの文字Ｉが異なるのが分かりますので解くことができます．

アクセント問題は，４つの単語選択肢の中から，もっともアクセントの強いシラブル（音節）の位置がほかの選択肢と異なるものを選ぶものです．問題の例を**図 3** に示します．ここでも先ほどの辞書を用います．アルファベットは発音記号を表し，数字は０がアクセントのない母音，１がアクセントのある母音を表します．この数字からアクセントのある母音のシラブルの位置を調べることができます．その結果，MODERNが仲間はずれであると分かります．

文法・語法・語彙問題

この問題は，文中の空所にもっともふさわしいものを４つの候補の中から選ぶ問題です．例えば，以下のようなものです．

I had a severe toothache, so I made［ア］with the dentist.

① a promise,　② a reservation,

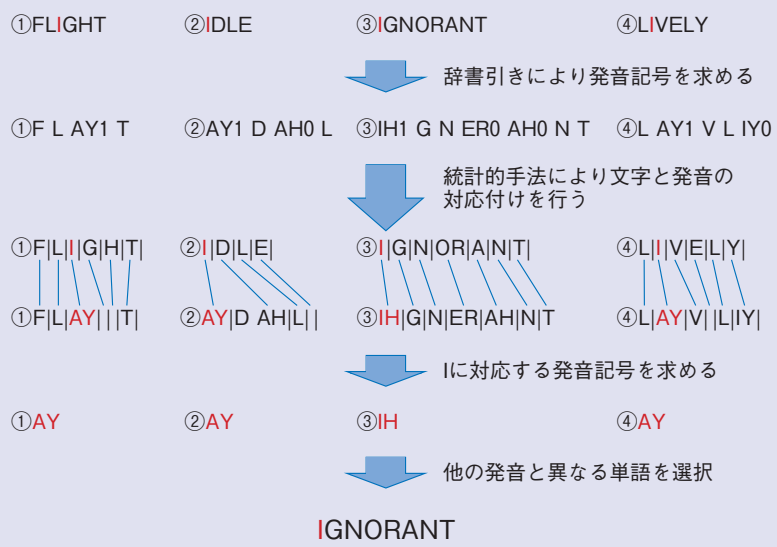

図２　対象文字の発音が異なる単語の選択

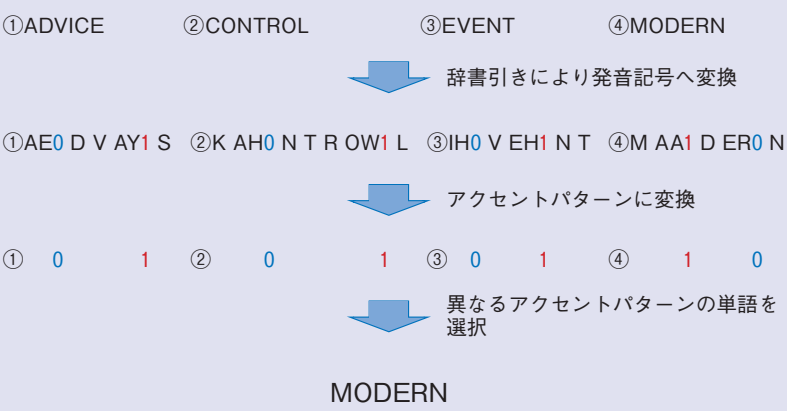

図３　アクセント位置の異なる単語の選択

③ an appointment, ④ an arrangement

この場合，［ア］にもっともふさわしい語句は③ an appointmentです．このような問題を解くため，翻訳ソフトで流暢な訳をつくるのに使われている「言語モデル」という統計的機械翻訳の技術を利用します．言語モデルは大量の文章を集めて単語の並び方について統計処理を行い，どのような表現の直後にどのような単語が現れやすいかの確率を求めたものです．空所に選択肢を入れてみて完成させた文を，この確率に基づいて採点します．そしてもっとも確率が高い文，つまり，もっともありがちな単語の並びの文となるような選択肢を選ぶことで回答します．

会話文完成問題と意見要旨把握問題

会話文完成問題は，会話文中の空所にふさわしい文を4つの選択肢から選び，会話文を完成させる問題です．以下の問題では，［イ］にふさわしい文は選択肢④です．

Parker: I hear your father is in hospital.

Brown: Yes, and he has to have an operation next week.

Parker: ［イ］Let me know if I can do anything.

Brown: Thanks a lot.

① Exactly, yes., ② No problem., ③ That's a relief., ④ That's too bad.

この問題を解くため，4つの選択肢のそれぞれの場合について，会話文の流れの自然さを推定し，もっとも自然な流れとなる選択肢を選ぶという方法を採ります．会話文の流れの自然さの推定は，人間どうしの対話データの流れに照らして，発話意図（表明，評価，質問など）の流れの自然さと感情極性（ポジティブかネガティブか）の流れの2つの観点から行います．

先ほどの会話で選択肢④を選んだ場合の発話意図と感情極性の流れを**図4**に示します．発話意図としては，一方の話者の父親の入院と手術についての表明に始まり，選択肢④ではそれに対する評価，続いて援助の申し出と感謝という自然な流れが推定されています．感情極性に関しても，入院や手術に対する感情極性と選択肢④の感情極性がともにネガティブであるという自然な流れが推定されています．このことから，選択肢④がもっとも常識的な発言として選択できます．

似たような問題に意見要旨把握問題があります．これは，複数人の議論において各発言者の意見の要旨をもっともよく表す文を4つの選択肢から選ぶ問題です．議論も会話の一種であり，会話文完成問題と同じく，議論の流れの自然さを推定し，もっとも自然な流れとなるような選択肢を選ぶことで問題を解くことができます．意見要旨把握問題では，どの選択肢も同じ発話意図でなされた発言になっていますので，感情極性の流れのみを使い，議論の流れの自然さを推定して回答します．

語句整序完成問題

語句整序完成問題とは，**図5**のような，空所を含む文に対して，与えられた数個の語句列を適切に並べ替えて，文法・意味的に正しい文を完成させる問題です．図の問題の場合，正しい並びはcomplex for me to solve withとなります（回答欄には「ウ」と「エ」に該当する語句を答えます）．このような語句整序完成問題を解くにあたり，私たちは，語句の並べ方を全通り作成して元の文にあてはめ，もっとも流暢な文ができた並びに基づいて回答します．ここで，文の流暢さの評価には，文法・語法・語彙問題でも用いた言語モデルを用います．

未知語（句）語彙推測問題

未知語（句）語彙推測問題は，文章中に現れた一般にはあまり知られていないような単語またはフレーズについて意味を推定し，与えられた選択肢の中からもっとも意味が近い単語またはフレーズを選択する問題です．以下に問題の例を示します．

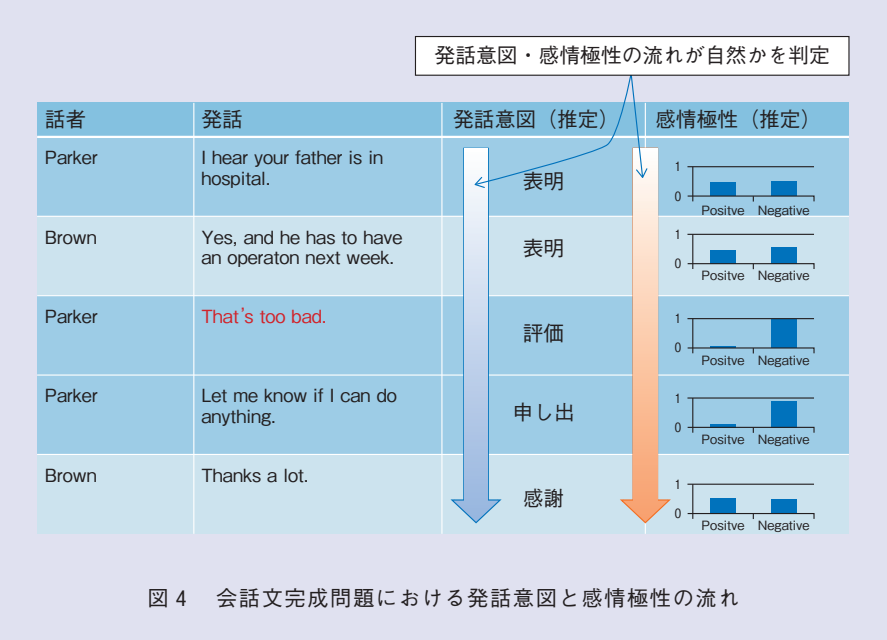

図4　会話文完成問題における発話意図と感情極性の流れ

問1　This problem is too ＿＿＿ ［ウ］ ＿＿＿ ＿＿＿ ［エ］ ＿＿＿ ease.

①complex　②for　③me
④solve　⑤to　⑥with

This problem is too {complex, for, me, solve, to, with} ease.

6！（720通り）文をすべて作成し，言語モデルにより確率を求める

順位	確率（対数）	並べ替えた文
1位	- 24.17:	This problem is too complex for me to solve with ease.
2位	- 24.66:	This problem is too complex to solve for me with ease.
3位	- 26.97:	This problem is too for me to solve complex with ease.
⋮		
720位	-40.97:	This problem is too to with for solve me complex ease.

図5　語句整序問題の解き方

George: I must get this paper finished by next Monday.

Paul: So you can't go dinner with me this weekend.

George: No, but I'll take a rain check.

Paul: Sure, how about next weekend?

未知語（句）： take a rain check

① accept your offer later, ② change my mind, ③ go with you, weather permitting, ④ refuse the invitation

この問題では，take a rain checkが未知のフレーズとして与えられ，これと同じ意味のフレーズを選択肢から選ぶことになります．この場合，take a rain checkは「延期する」の意味ですので，正解の選択肢は①となります．私たちは，この問題を解くためにword2vec[2]と呼ばれる技術とイディオム辞書を使用しました．word2vecとは，多くの文書の中で同じように使われている語句は同じような意味であると解釈することができる技術です．

私たちはword2vecを用いて未知語またはフレーズと選択肢との類似度を測り，もっとも高いスコアが得られた選択肢を正解として選びます．なお，対象の語句がイディオム辞書に記載されている場合には，いったんイディオム辞書に記載の定義文に変換した後，類似度の比較を行うことでより高い精度で回答できます．

長文問題と今後の展開

長文問題については，「含意認識」の手法を用いました．含意認識とは，2つの文章A，Bがあるとき，文章Aの内容が文章Bの内容を含んでいるかどうかを判定する処理のことです．長文問題では，長文の内容に合致した選択肢を選ぶ問題が多いため，どの選択肢の内容が長文に含まれているかを判定することが，正解を選ぶことにつながります．しかし，昨年の模試では鉛筆を転がしてランダムに選んだレベルの正答率でした．まだまだ含意認識の精度を改善していく必要があります．加えて，物語中の登場人物の心情を読み取ったり，イラストやグラフ・表を理解したり，文章の論理構造を把握したりといったことにも取り組んでいく必要があります．長文になればなるほど「行間を読む」ことの重要性が増してきます．そこには常識が潜んでおり，それに真正面から挑戦していく必要が出てきています．今後は長文問題を主眼とし，センター試験，そして，東大の二次試験に向けて研究を進めていきたいと考えています．

謝辞

本研究を推進するにあたって，模擬試験データを提供いただいた学校法人高宮学園に心より感謝申し上げます．

■参考文献

(1) 新井："ロボットは東大に入れるか，" イースト・プレス，2014.
(2) T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen, G. Corrado, and J. Dean："Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality," In Proc. of NIPS2013, Lake Tahoe, U.S.A., Dec. 2013.

（上段左から）東中　竜一郎/ 杉山　弘晃/ 磯崎　秀樹/ 菊井　玄一郎
（下段左から）堂坂　浩二/ 平　博順/ 南　泰浩

コンピュータにとって難しい英語問題にチャレンジすることで新しい研究のアイデアがたくさん浮かんできます．それらを音声対話エージェントや機械翻訳などの研究に活かし，新たなサービス創出に貢献していきます．

◆問い合わせ先
NTTコミュニケーション科学基礎研究所
協創情報研究部
TEL　046-859-2027
FAX　046-855-1054
E-mail　higashinaka.ryuichiro@lab.ntt.co.jp