

特集 「ロボットは東大に入れるか？」

ロボットは東大に入れるか？

—国立情報学研究所「人工頭脳」プロジェクト—

Can a Robot Get into the University of Tokyo? —The Artificial Intelligence Project at the National Institute of Informatics—

新井 紀子
Noriko Arai
国立情報学研究所
National Institute of Informatics.
arai@nii.ac.jp, http://researchmap.jp/arai_noriko

松崎 拓也
Takuya Matsuzaki
(同上)
takuya-matsuzaki@nii.ac.jp, <http://researchmap.jp/mtzk>

Keywords: artificial intelligence, problem solving.

1. はじめに

本稿では、国立情報学研究所「人工頭脳プロジェクト」—ロボットは東大に入れるか？—について、その概要と背景、研究課題および期待される成果について解説する。

2. プロジェクト概要

本プロジェクトでは大学入試問題を解く計算機プログラムを開発する。目標は2016年までに大学入試センター試験で高得点を取り、2021年までに東京大学二次試験問題に対し合格レベルの得点を獲得することである。

その主眼は、総合的な知的タスクに取り組むことで、1980年代以降、細分化された形で進展し一部では行き詰りも見えている人工知能各分野の成果を再統合することにある。知的情報処理タスクを細分化し、タスクごとに定量的な性能評価指標を与えることで着実な研究の進展を図るという研究戦略は各分野で大きな成果を上げた。しかし、総合へ至る明確な見通しを必ずしももたない、分野・タスクの細分化の現状に対しては、少なくとも以下の疑問があげられる。

- 総合的な知的タスクの全体は、現在の細分化された研究分野・タスクの組合せで被覆できるのか？ 要素技術の間の「隙間」、あるいは予想もつかないところに、全く手付かずの知的情報処理課題が見逃されたまま残っているのではないか？
- 現在の細分化された要素技術は、種々の総合的な知的タスクの一部として、真に汎用に使えるのか？
- タスクを細分化することで、不自然に問題を難しくしていないか？

- あるいは逆に、要素技術を統合すること自体の技術的困難が積み残されていないか？

これらの問題を、総合的な知的タスクへの取組みを通じて明らめに出し、研究の組上に載せることは総体としての人工知能研究に対し大きな意義がある。また、この取組みを通じて、人工知能研究の究極の目的である「機械による人間の知的活動の模倣」に対する現時点での達成度を測ること、さらに、人間の知的活動の一つのプロトタイプともいえる入試問題というタスクに真剣に取り組むことで、「人間の知的活動の模倣」という問題設定自体を問い直すことがプロジェクトの大きなテーマとなる。

プロジェクトのもう一つの目的は、楽しい研究をすることにある。ボリュームのある手強いタスクに向かい合い、問題としての定式化から、実際に動くプログラムをつくるまですべて行うことは、少なからぬリスクを伴うが、実際、大変におもしろい。すでに細分化された領域で研究をスタートし、限定的なタスク/テストデータに対して工夫を積み重ねることの限界を感じている若い研究者、さらに、計算機と電話の区別も定かでない、これから研究者になる人達に、人工知能・計算機科学のおもしろさを伝えることが、プロジェクトのもう一つの目標である。

このプロジェクトは課題指向であり、上記のように10年間で東大合格レベルという目標を達成することを第一義とする。しかし、大学入試問題は十分に困難な課題であり、アドホックな解決では到底目標は達成できない。入試タスク全体を見渡し、既知の技術を延長することで解決できる部分から、いまだ言語化すらされていない新たな知的処理課題の発見・解決へと、徐々に、かつ効率的に成果を蓄積していく必要がある。また、多数の科目・多様な問題形式に対応する必要から、開発された

プログラムモジュールのプロジェクト内での再利用性を高めることは大きな研究課題となる。このため、プロジェクトの成果は入試問題タスクという枠をおのずと超え、汎用性のある技術として蓄積されていくものと考えられる。

開発する問題解答プログラムの入力、主として自然言語で記述され、図・写真・音声を含む試験問題そのものを電子化したデータである (図 1, 図 2)。センター試験問題に対しては、正解と判断された選択肢が出力となるが、二次試験問題に対しては解答形式についても問題ごとの指定を読み取り、自然言語による出力を行う。研究のターゲットは「ロボット」の頭脳部分であり、問題冊子をめくったり、筆記による記入を行うなど物理的な処理はスコープ外であるが、光学文字認識や文書画像処理など、基礎技術に関する研究者の参加も歓迎する。

自然数 $m \geq 2$ に対し、 $m-1$ 個の 2 項係数

$$mC_1, mC_2, \dots, mC_{m-1}$$

を考え、これらすべての最大公約数を d_m とする。すなわち d_m はこれらすべてを割り切る最大の自然数である。

(1) m が素数ならば、 $d_m = m$ であることを示せ。

(2) 以降は略

図 1 平成 20 年度東京大学 二次試験数学 (理系) 第 1 問

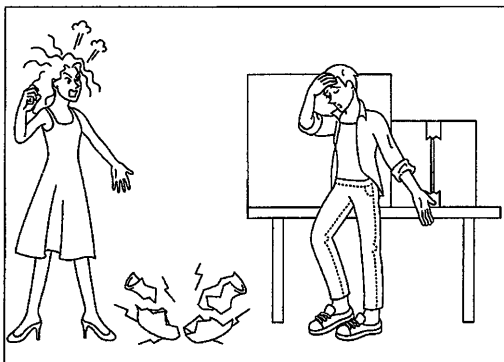
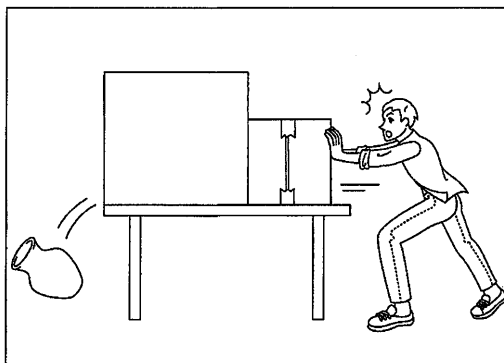


図 2 平成 20 年度東京大学 二次試験英語第 5 問 -C

本プロジェクトは国立情報学研究所の研究者を中心として進められているが、オープンな研究の場を提供することを重要な目的としており、開発されたデータ資源や

プログラムは順次公開していく予定である。また、国内外を問わず共同研究者を求めており、現在、大学・企業から約 60 人が参加している。

3. なぜ大学入試問題か？

ここまで述べたように、本プロジェクトの主眼は、認識・知的情報処理・出力生成のすべてを含む総合的なタスクを端から端まで解くことにある。このための課題としては、以下の三つの性質を兼ね備えることが必須であろう。

- 人間にとって自然で、内容・形式ともに多様な入力・出力であること
- 中心となる知的処理が多様な内容を含むこと
- 研究の進行を測る客観的な評価尺度が存在すること

初めの二つの条件は、入力や処理内容の一様性に過度に依存したアドホックな技術に陥らず、普遍性のある理論・技術を生み出すための条件である。また、客観的な評価尺度の存在は、現代的な人工知能研究の必須条件だが、クローズドテスト化を防ぐために、信頼に足る量の評価データが必要となることも意味する。

さらに、現実的な研究プログラムのための課題としては、上の条件を満たし、かつ最もやさしい課題であることが望ましい。大学入試問題は入力認識系・出力生成系にとっては総合的な技術が必要となる高度な課題であり、中心となる知的処理の内容も多岐にわたるが、その一方で、出題範囲は明確に定まっている。また、難問・ひらめきを要する問題を解く能力よりも、一定の専門知識と、受験年齢の学生がおおむね共有している一般的知識をもとに、数時間で終了する程度の推論・知識処理を行うことが要求されている。このため、大学入試問題は、計算機による知的情報処理の対象と見た場合、種々一般の知的タスクと大きな共通部分を持ち、かつ、必要となる専門知識については一定の範囲に限られている、いわば極小の総合タスクとなっているといえることができる。以下本章では、総合的な知的処理課題としての大学入試試験タスクの特徴についてさらに見ていく。

3.1 入出力の多様性と客観的な評価指標の存在

試験問題は一般に、よく推敲され読みやすい、標準的な言語で記述されている。しかし、当然ながらこれは人間が読むために書かれた、多様かつ自然な言語表現を含むテキストであり、さらに、問題には図表・イラスト・写真など非言語データも含まれる。このため、知的な認識処理の課題としては、整っているが多様な入力データである、という望ましい性質をもつ。出力に関しては、センター試験では記号選択が主だが、二次試験では自然言語による記述が中心となり、単語・句・文レベルの短い記述から完全な自由記述まで形式・内容とも多様なものが要求される。

次に、試験は元来が能力測定のためのデータであり、

かなりの程度客観的に合意できる正解が付与され、非常によくチェックされた質の高いテストデータであることが大きな特徴としてあげられる。また、計算機による解答内容とその精度を、人間による解答内容・精度と直接対照することができる点も興味深い。課題データとしてはすでに数十年分の蓄積があり、毎年新たなデータが安価に利用可能となる。これに加え、日本では一般に各大学が独自に問題を作成するため、(少なくとも人間にとって)難易度に幅のある多様なデータが入手可能だという好適な事情がある。

3.2 入試科目の概観

図3は、解答に必要な知識の質の違い(形式化が容易-難しい)と、典型的な知識の利用法(おおむね、いわゆる「暗記科目」的かどうか)の2軸に従って大学入試科目を配置したものである。図の配置はごくおおまかで主観的なものではあるが、いくつか特徴のある科目グループが存在することがわかる。

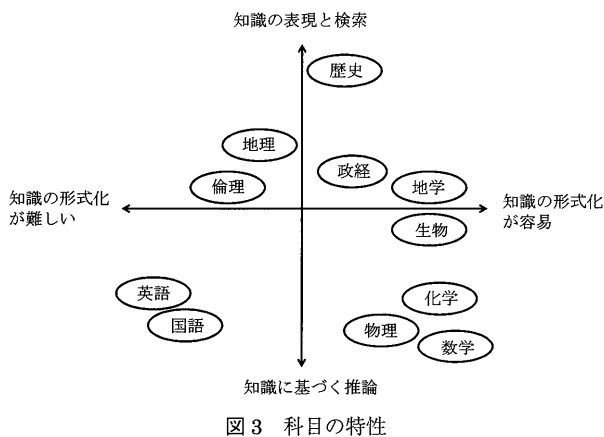


図3 科目の特性

数学・物理・化学 それぞれ特有の専門知識を必要とし、知識利用の形態は演繹的な推論が主である。

英語・国語 専門的な知識はほぼ必要とされず、言語知識と世界知識・常識に基づく、必ずしも演繹的でない多様な推論が必要とされる。

歴史 専門知識と世界知識がともに必要となるが、演繹的な推論ではなく、知識の整理、適切な知識表現と柔軟な検索が必要となる。

倫理・政経・地理、地学・生物 専門知識と常識・世界知識がともに要求され、知識利用の形態も問題ごとに推論型・検索型の両方を必要とする。

当然のことながら、これら質の異なる多数の科目に単一のシステムで対応することは現実的でない。実際にモノをつくるという工学的な側面からは、本プロジェクトの一つのポイントは、試験という場に現れる多様な知的処理をいかにうまく切り分け、それぞれを解決するモジュールをいかに効率良く蓄積し、各科目に対応した総合システムをどのように組み立てるか、という点にある。

3.3 常識の問題

人間のための学力試験問題を計算機に解かせる、という試みは、けっして本プロジェクトが初めてではなく、Bobrowによる代数の文章題解答プログラム STUDENT [Bobrow 64] といった先駆的な例を始め、関根ら [関根 05] による、小学2年生の国語の問題を解く近年の試みなど、さまざまな先例がある。しかし、これらの研究のほとんどは、単一の科目、しかも「代数の文章題」といった形で出題形式も限定したものであり、中心となる知的処理についても小学生レベルの算数など、比較的簡単なものを解く例が多い。これに対し、本プロジェクトで大学入試全体を題材とした大きな理由の一つは、古典的かつ未解決の難問である常識・世界知識による推論の問題である。

図4に、ごく一例として中学校入試の算数試験問題の一部をあげる。この例では、速さと時間の関係を数量的「開園」、「改札口」、「列」といった概念間の関係を、場面に則して理解する必要がある。このような広範な常識・世界知識を質問の意図に即して適切に用いる問題は、非常に難しいことがすでに明らかである。しかし、小学生レベルの問題では、期待される専門知識が少ない一方で、常識を用いて判断すべき事柄が科目を問わず頻出するため、すべての科目で常識の問題に正面から取り組む必要がある。現在までの人工知能による試験問題解答の試みが、対象科目・問題タイプに関し極めて限定的であったのは、この常識利用の問題に対して、プログラムや知識ベースのつくり込みによる解決が不可避であったことが主要な原因だと考えられる。

しかし、例えば高校数学における整数や解析幾何などの問題(図1)と図4の算数文章題を比べれば明らかのように、常識利用の問題という観点から見ると、大学入試問題は科目・問題タイプによっては小学生の問題に比べかなり少ない常識・世界知識で解けるようになっている。一方、英語・国語など言語系の科目では大学入試においても依然として広範な常識的知識が必要となる。例えば、図2は、与えられた4コマ続きのイラスト(図は最後の2コマ)に対し、その一続きの内容の説明として最も適切なものを選択肢から選ぶ英語の問題である。ここでは「花瓶がテーブルから落ちて壊れた」というイベントをコマの連続から認識することや、登場人物の性別や感情をイラストから読み取ることが求められており、

ある遊園地では、開園前に、すでに576人が改札口に並んでいました。開園後、改札口には、毎分、同じ数の人が同じ間隔でやってきて列に並ぶものとします。

改札口が1つだけのときは、開園からちょうど96分で列がなくなりました。また、改札口が2つのときには、開園からちょうど16分で列がなくなりました。改札口が4つのとき、開園後何分何秒で列がなくなりますか。

図4 平成23年度筑波大学付属中学校算数の入試問題

言語と常識・世界知識、さらに絵画的表現における慣習的な取決めが複合した極めて困難な課題になっている。

本プロジェクトでは、このようにバラエティに富む多数の科目・問題タイプに対して、今できること／できないことの境界を要素技術の地図の上に明確に描き出すことで、総合タスクを徐々に、しかし効率的に切り崩していくためのポイントを戦略的に見だし続けることを目指す。これによって、「まず常識をすべて実装しなければ」という思考停止に陥ることなく、常識の難問を濃淡ありで含みながら、それに留まらない、新しい知的処理タスクを見だし解決することを狙っている。

4. 研究課題

本プロジェクトにおける基本的な研究戦略は、以下のようによまとめられる。

- 現在までに蓄積された論理、統計、あるいは両者の融合によるモデリング技術・理論を最大に活用する。そのうえで、既存の技術を総合タスクの一部として使う際に明らかになる新たな課題を解決する。
- 試験問題の分析を通して、新たな知的処理サブタスクを切り出し、研究コミュニティで問題を共有し、解決する。
- 相互運用可能な形でさまざまな基礎処理モジュールを蓄積し、整理するための基盤技術を開発する。
- 相互運用基盤のうえで、問題要求に即した基礎処理の組合せを知的に制御する技術を開発する。

すでに述べたように、本プロジェクトは課題指向である。特定の理論や技術枠組みに基づき、その有効性を検証することが目的ではない。換言すれば、一つの指針は、プロジェクト内での技術・アイデアの多様性を保ち、相互に接続することを常に考慮しながら、個別の要素タスクの解決や、それらの組合せ・制御の問題について、高速に失敗と成功を積み重ねることである。これは理想論・お題目であって、それが簡単にできれば世話はない、と思われるであろうが、現在までの人工知能各分野における技術の蓄積、および広義の認知科学諸分野における理論的蓄積は、そのような振幅のある研究を効率的に行う基盤として成熟しつつあり、またそれら諸技術・理論をつなぎ合わせる技術を推進することでさらに高速な振動が可能になる、というのが我々の作業仮説である。以下、本章では上記の研究戦略にまつわる、いくつかの論点についてまとめる。

4.1 End-to-end の総合タスクに対する系統的解決

もしも、「小学校 4 年生レベルの算術文章題」といった形で課題が非常に限定されていれば、現時点で最も手取り早い解決策の一つは、いくつかの言語処理ソフトウェアや語彙データベースを貼り合わせ、想定される問題形式に対するパターンマッチを行っただけで、数量に

関する簡単な推論システムに結合することだろう。実際の問題の特性をシステム開発者がうまく捉え、要素技術を十分に使いこなせば、このような課題タイプに密着した場当たりのシステム開発でも相応の成果は出たろう。しかし、10 年で東大合格レベルに達するという目標設定のもとでは、そのような職人芸的な総合システム開発、すなわち、要素技術の結合に関する理論・技術が言語化されないまま、課題タイプごとの解答システムがバラバラに蓄積されていくシナリオには明らかな限界がある。

ここで必要なのは、まず、試験問題タスクの個々の問題に、複雑に絡まりあった形で現れている要素的な知的処理サブタスク群を解きほぐし、既知の要素技術に還元できるもの、従来の細分化された問題設定と近いがズレがあるもの、あるいは、全く新たなサブタスクとして取り組むべき課題、といった形で分析を行い、既存の要素技術と、プロジェクトで開発すべき新しい要素技術の見取り図の中へ試験問題に対応付けることである。さらに、試験問題を要素的な知的処理へと分解していく流れ自体を逆にたどり、要素システムの結合を記述するメタレベルのシステムとして言語化していくことが必要となる。このように、総合的なタスクを要素技術へと系統的に分解・再合成していく技術を進めることは、プロジェクト内での要素技術の転用可能性を最大限高めると同時に、試験問題タスクを離れたより一般的な知的総合タスクに対してもプロジェクトの成果を適用する鍵となる。

さらに、さまざまな要素技術や知識データを結合する際の技術課題として、科目ごと、問題タイプごとの入力の違いに対する認識技術の適応性 (domain/genre adaptation) など近年注目を集めている問題や、深いパイプライン構造をもつ総合システム内でのエラー伝播や探索効率の低下といった、要素的な計算システムを総合システムの一部として動かす際の本質的な問題がある。技術的な詳細と実現は今後の課題であるが、多様な話題領域に対する入力適応性の問題とパイプライン構造における計算的困難の問題は、あるいは同じ問題の両面であり、同時に解決できる可能性があることを注意しておく。これは、科目や単元、さらに問題として問われている内容など、解析対象となる入力を取り巻く環境を同定することによって、入力の話題領域・性質が明らかになれば、各処理ステップにおいて分野知識の利用による入力への適応が可能となるためである。もしも多科目・多様な問題タイプに対し、このような話題同定と分野知識の利用が一般性のある技術として確立できれば、統合タスクにおける各処理ステップのエラーの低減と、それに伴う探索の効率化が期待できる。

また、入力系から推論など中核となる知的処理、出力までを総合したシステムを対象とする本プロジェクトに特有の問題として、通常は入力・出力系とは切り離されたモジュールとして研究されている推論・探索など典型的な人工知能の問題が、はたして本当に入出力系と独立

に解けるのか、また逆に、汎用性を念頭に切り出されているはずの要素的な認識技術は、総合的な問題解決システムの一部として、真に汎用的に使いまわせるのか、といった興味深い問題がある。

さらに、現在はややマンマシンインタフェースに関する研究に偏っているとも見えるマルチモーダルな知的情報処理の研究領域に対して、言語・画像・音声など複数の入力形式を総合的に処理する解答システムの研究からは、例えば、物理の問題に典型的に見られるように、テキストから得られた状況判断や推論の結果と図を照合する、といった、従来の細分化された研究領域を乗り越える新しい問題設定が切り出せる。最後に、これら要素技術の結合自体に関する課題の先には、問題の要求に合わせ、総合システムが全体として自律的に要素モジュールを結合・制御するための技術の開発という難問がある。

4.2 多様な目的と手段, その総合

解答システムの全体的な設計に関する当座の指針は、処理タイプごとに分類された問題群に対し、それぞれに対応するソルバー、すなわちモジュール化された解法アルゴリズムを開発し、問題タイプの識別後、入力処理系が問題内容を各ソルバーの受理する問題記述言語へとマッピングする、というものである。この方針においては、ある意味で、ソルバーごとの問題記述言語系が全体として入試タスクを記述するオントロジーを陰伏的に構成していると見ることができる。この意味で、この当座の方針は、従来の知的システム開発の一つの典型であるタスク領域のオントロジー開発とそれに基づく推論系の開発、という見取り図から概念的に大きく逸脱するわけではない。

しかし、従来のオントロジーをベースとする知的システムの開発との大きな差異として、本プロジェクトでは、例えば、記述論理によるドメイン記述上での演繹的推論システム、といった形の単一のソルバーですべての問題を解決することは目指していない、という点があげられる。また、多科目の多様な問題に対し、一枚岩の明示的なオントロジーを開発することは現実的には不可能であり、オントロジーの共有によってすべての処理モジュールが協調する、という、従来の明示的なオントロジーによるモジュール結合とも異なる。強いていえば、本プロジェクト全体をカバーする記述言語は自然言語と画像であり、そのようにシステムのベースラインとなる記述言語を非常に具体的なレベルに設定することで、問題解決システムとしての間口を飛躍的に広げる試みであるといえる。

以上の帰結として、本プロジェクトでは、入出力系とソルバー群の接続が常に中心的な研究課題の一つとなる。自然言語・画像とソルバーの記述言語の間の計算的關係を明らかにしていくことは、従来のオントロジーを基礎とするシステムにおける大きな困難であったオントロジー・知識ベースの開発における知識ボトルネックの問題に対し、Web などの大規模データからの知識獲得と

いう形で解決を与えることにもつながる。Web 資源からの知識獲得に関しては、特に言語・画像処理の分野で近年大きな進展があったが、入試問題のように総合的で具体的な知識処理タスクに獲得された知識を応用し、実際に問題を解く試みはいまだ前例がないと思われる。この意味で、入試問題タスクはこれらの知識獲得手法に対する試金石ともなる。

4.3 知識と表現, 経験主義と合理主義

前項の議論は、論理・記号処理的な手法を総合システムの要素技術として用いることを否定するものではなく。現在、これらの「合理主義的」手法は人工知能研究の主流からは外れた状態となっているが、データと学習による「経験主義的」手法の発展の間も、言語や論理・知識処理に関する記号処理の立場からの取組みは着実に成果を上げており、それら先端的な成果を現実的な総合タスクの中で応用していくことは、本当に動く、格好良い人工知能システムのためには必須である。

論理を基盤とする合理主義的な理論・技術を計算機上に実装し、総合的なタスクへ応用しようという試みは、第五世代コンピュータプロジェクト (FGCS) における論理をベースとした応用システム開発の試みとも部分的に重なり合う。しかし、理論を活用するために必要となる計算能力とハードウェアの性能に大きなギャップがあった FGCS の時代に対し、現在のハードウェア上で、記号処理的手法の真の有効性を総合タスクの中で検証していくことには新しい意義がある。

また、論理をベースとする知識表現手法を、総合システム内の、統計的手法を含む種々のモジュールといかに相互運用するか、また、質の異なるタスクの間で、どう効率良く適応・再利用していくかは大きな研究課題である。さらに、全く異質なモジュールの間で相互運用・再利用が可能な知識表現系とはどのようなべきか、という工学的観点から知識表現系自体を見直し、再設計していくことも重要な研究課題の一つである。

すでに明らかなように、課題指向の本プロジェクトにおいては、「経験主義」と「合理主義」は択一的に選択する対象ではなく、統合タスク解決のための基礎的な道具を分類する尺度の一つに過ぎない。これは、個々の要素モジュールを論理ベースの手法で実現するか、あるいは統計手法を用いて実現するかの選択は性能を指標として行う、といった単純な意味にはとどまらず、試験問題タスクに複合的に現れる新たな要素問題を切り出し、解決するにあたって、個々の問題の背後にある論理的な性質を観察したうえで、現在のハードウェアおよびデータ環境の下で最も効率的に解決できる問題の切り取り・モデリングと解決を手段を選ばず行う、という工学的なアプローチを採ることを意味する。

また、統計的手法による処理は一般に頑健性が高いとされているが、その反面、残されたエラーの傾向が把握

しにくく、モデル自体の改善の糸口がつかみにくいという問題がある。これは、統計モデルは一般に膨大な数のパラメータをもち、学習結果のパラメータ集合のみからモデルの性質を言語化することがほぼ不可能なためである。この問題は、ある程度一般論としてその性質を論じられるような、タスク・データに依存しない基本的な統計的モデリング手法が出そろいつれて、特に顕著になってきているように見える。

タスク非依存の一般論でカバーできる限界を超え、タスクの真の性質に応じた処理技術の改良を着実に進めていくためには、現在の、エラーの直観的・職人芸的な分類と把握に基づく半ばランダムなモデル再設計-テストのサイクルを乗り越える必要がある。その可能性の一つとして、モデル設計者が、計算機の支援によってエラーの性質を正確かつ効率的に把握する系統的方法の確立があげられる。これは、統計モデルに「何ができないか」を言語化・論理化し、モデルの再設計へとフィードバックするプロセスの支援を計算機が行うシステムであり、多数の新たな知的処理タスクを効率的に解決する必要がある本プロジェクトで重要な基礎技術となり得る。さらに、この技術は、統合システムが自ら「何がわからないか」を言語化するという次の重要なステップへの基盤となる。

4.4 中期的な目標と長期的展望

プロジェクトの前半では、適切な粒度で部分問題を切り出し、高品質な要素技術を蓄積すること、そして、これらの要素技術のモジュラリティを維持しながら柔軟につなぎ合わせるための、相互運用性に関する技術を高めることが最初の目標となる。次の段階としては、問題要求を理解し、要素技術の組合せによってそれを解決する技術の実現が求められる。要素技術の選択・組合せ・制御を行うこのトップレベルのシステムは、初期の段階では問題テキストを処理し、適切なソルバーを選択する、といった単純な実現を想定している。しかし、多様な問題要求や解答形式の指定が現れる二次試験では、このトップレベルの制御をさらに柔軟かつ高度なものにしていくことが必要となる。

より長期的な展望としては、明示的に指定されない、いわば常識によって初めて定まる問題要求を理解し、要素技術の組合せへと分解していく高度な知的処理を目指す。例えば、二次試験の国語において頻出する

「文体をもたないニュートラルな言葉で知の平均値を示し続ける」(傍線部エ)とはどういうことか、説明せよ。(平成 20 年度東京大学国語問 1-(4)、文理共通)

という形の問題では、明示的な指示「どういうことか、説明せよ」のみから何が問われているかを識別することは困難である。適切な解答を生成するためには、引用されている傍線部と本文全体の関係をもとに、「抽象的

な表現を具体的に言い換える」、「比喩表現が指す内容を本文の言葉に即して説明する」、などさまざまな「説明」の可能性から最も適切なものを選択する必要がある。換言すれば、「どういうことか」という簡潔な指示の背後にある題意を読み取ることは、「抽象-具体」、「比喩-具体」など、いくつかの言換え図式の中から最も適切なものを選択することに帰着する。同様の例として、選択肢の中から「最も適切なものを選べ」というセンター試験で科目を問わず頻出する問題形式がある。この場合も「適切さ」の尺度を、問題文と選択肢の関係、および選択肢どうしの関係を総合して識別する必要がある。

これら、題意の識別が必要な問題に対する戦略としては、まず、引用部と本文、問題文と選択肢、あるいは選択肢どうしの間、といったさまざまなテキスト断片の間の関係を、例えば、「抽象-具体」、「内容の対立」、「観点の対立」、「含意」、「等価」といった一定の図式に帰着し、さらに、それらテキスト断片間の図式的関係がなすネットワークのもとで、最も適切な題意の読取りと、それに応じたソルバーの選択を行うという戦略が考えられる。このような、テキスト間の図式的関係がどの程度事前に枚挙でき、正しく認識できるのか、あるいは、常識に大きく依存した図式の読取りを、大量データをもとにした統計的推論でどこまで近似できるのか、という問題は、プロジェクトの目標達成においても、プロジェクト成果の一般アプリケーションへの応用においても重要な鍵となる。

さらに、「適切な答え」といった、本来は単純な定義をもたない曖昧な問いに対して、試験タスクであることの特長、すなわち客観的な評価基準が存在するという出題者-解答者間の暗黙の合意をもとに、限定的な時間・知識資源を用いて問題の要求を顕在化し、何とか解を出力する、という知的処理の在り方は、限定合理性やフレーム問題など、古典的な人工知能モデルと現実の知的処理の在り方のギャップについての本質的な問いに対する、一つの実践的な解答となり得る。

5. 期待される成果

試験タスクは限定的なメディアによる知的コミュニケーションの一つの典型であり、本プロジェクトの成果は、真に知的な処理を自然な入出力で行う次世代の計算機インタフェースの基礎となる。また、テキストや画像を総合的に処理し、複雑な要求に従ってコンパクトな出力を生成する試験問題解答システムは、Web や電子出版の形でさらに蓄積が進んでいく大規模データを総合し、人間による高度な意思決定の直接の材料として効率的に利用するための基盤技術となる。

試験問題を解くための認識と知的処理の技術は所詮タスク限定的であり、一般的な用途に広く適用できる技術は生まれにくいのではないかと、という疑問は当然あり得る

が、試験の形式に過度に適応したアドホックな技術では、10年で東大合格レベルという目標は到底達成できるものではない、というのが、これまで知的情報処理タスクとしての試験問題の分析を行ってきた我々の認識であり、特に、これまで言語化すらされていなかったさまざまな知的処理サブタスクを試験問題の中から切り出し、そのタスクを支配する論理を追求したうえで、実装手段を問わず最も有効な処理システムを実現することは、試験を超えた一般的な知的情報処理の基礎として広い応用をもつことになる。

最後に、本プロジェクトにおける課題指向の裏には、現在のハードウェア・ソフトウェア技術のもとで、計算機にできること、できないことの境界を限界まで突き詰めたい、という動機が存在することを再言しておく。計算機にはできないことの範囲を最小限に囲い込んだうえで、「何ができないか」、「どんな知識が欠けているのか」を計算機自身に語らせることは、人間-機械協調系としての知的情報処理の可能性を大きく飛躍させる技術的ブレークスルーへと直結するものでもある。

ある意味では、クラウドソーシングによる学習用注釈付きデータの作成や能動学習 (active learning) に関する研究などの形で徐々にそのような動きは始まっているともいえる。しかし、単なるデータへのラベル付け要求を超え、統合的な計算システム自身が「何がわからないか」を非エキスパートにも明確に伝える技術の確立は、現在よりもはるかに直接的で効率の良いクラウドソーシングや、汎用性のある知的処理モジュールと分野・常識依存の個別的な処理の分離を自動的に行い、後者のみを分野エキスパートが労働集約的に実現する、といった人間-機械の新しい分業の形態を可能にする。

6. ま と め

本プロジェクトのタイトル「ロボットは東大に入れるか？」が疑問符で終わっていることには二つの含意がある。

- (1) 課題指向的に、目標点数の達成をギリギリまで追うことで総合的な知的処理に関する技術の飛躍的な発展を狙う、という直接的な目標の表明
- (2) 計算機にできないことを可能な限り追い詰めることで、21世紀初頭における人間-機械協調系のあるべき姿を描き出すという目論み

また、総合的な知的処理という、ある意味では古典的な課題に今再度取り組むことには、少なくとも三つの追い風となる要因がある。

- 1980年代以降の人工知能・広義の認知科学の諸分野における理論・技術の蓄積
 - ハードウェアおよび基礎的なソフトウェア技術の進歩
 - Webなどの形での大規模な電子データの蓄積
- いずれにせよ、総合的な知的処理という大きな目標に10年という「長く、短い」スパンで本格的に取り組むことは、困難で、かつそれゆえにワクワクする課題であると我々は感じている。これに共感する新たな共同研究者の参入を切に希望する。

謝 辞

本研究を推進するにあたっては、多くの企業および機関や個人に貴重なデータなどをご提供いただいた。株式会社ベネッセコーポレーション・東京書籍株式会社・独立行政法人大学入試センター・ジェイシー教育研究所・広松芳紀氏に心より感謝申し上げる。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Bobrow 64] Bobrow, D. G.: Natural language input for a computer problem solving system, PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology (1964)
- [関根 05] 関根 聡, 齋藤真実, 岡田美江, 井佐原均: 小学2年生の問題を解く—電脳優子2年生国語—概要, 言語処理学会年次大会発表論文集 (2005)

2012年8月1日 受理

著 者 紹 介



新井 紀子

1962年生まれ。一橋大学法学部およびイリノイ大学数学科卒業。イリノイ大学大学院数学科博士課程修了。広島市立大学情報科学部助手、Fields研究所客員研究員、国立情報学研究所情報基礎研究系助教授などを経て2006年より国立情報学研究所情報社会相関研究系教授・社会共有知研究センター長、博士(理学)。専門は数理論理学および知識共有。2011年より国立情報学研究所グランドチャレンジ「人工頭脳」プロジェクトディレクターを務める。



松崎 拓也

1977年生まれ。2007年東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻博士課程修了。2007～12年、東京大学大学院情報理工学系研究科助教。2012年より国立情報学研究所社会共有知研究センター特任准教授、博士(情報理工学)。構文解析とその応用を中心とする自然言語処理・計算言語学の研究に従事。