

常識知識を用いた加減乗除複合問題の意味理解

杉本 晃紀, 渡部 広一, 河岡 司
同志社大学大学院工学研究科

概念ベースやシソーラスを用いることにより, 加減乗除の四則演算を含む算数問題の意味理解を行う. 加減乗除の四則演算を含む算数問題は, 問題に直接関係のある情報のみからなる問題と, 問題に直接関係のない不要な情報を含む問題の 2 種類からなる. 前者の問題であれば, 問題から加算減算のみの演算からなる部分や乗算除算のみの演算からなる部分を抜き出し, これらに対応するシステムを使うことにより意味理解を行う. 後者の問題であれば, 問題に直接関係のある情報のみを抜き出せば, 問題に直接関係のある情報のみからなる問題, つまり前者の問題となるので, 以後の処理は前者の問題と同様となる.

Understanding problems including the arithmetic operation by using commonsense

Akinori Sugimoto, Hirokazu Watabe, Tsukasa Kawaoka
Graduate School of Engineering, Doshisha University

Understanding of the meaning of the arithmetic problems including the arithmetic operation of four rules of arithmetic is done by using the concept base and the thesaurus. There are two kinds of the arithmetic problems including the arithmetic operation of four rules of arithmetic. They are problems of consisting only of information related to problems and problems including unnecessary information not related to problems. In the case of the former problems, the part that consists of the operation of the addition subtraction and the part that consists of the operation of the multiplication division are pulled out from the problems. And understanding of the meaning of the former problems is done by using system corresponding to these. In the case of the latter problems, if only information related to the problems is pulled out, the latter problems is the same as the problems of the former.

1.はじめに

近年におけるコンピュータの発展は目覚ましいものがあり, 現在の日常生活においても, コンピュータはなくてはならないものとなってきた. また, 人間同士が日常行っているコミュニケーションを, 人間とコンピュータ間でもできるようにする事が望まれている. この実現のためには, 人間同士が日常行っているコミ

ュニケーションの仕組みをモデル化し, 人とコンピュータとのインタフェースに適用することが必要である.

そのような事が実現すれば, 親が子供に向かって「500 円渡すから, 醤油を買ってきて」と, お使いを頼むように, 人がコンピュータにお使いを頼む事ができるだろう. その他にも, 人とコンピュータでの会話もできるようにする. こ

のような事をできるようにするためには、日常会話の中に含まれる数量に関する知識と日常会話の意味理解のできるメカニズムが必要である。

本研究では、数や量に関する知識を用いて、数量に関係した自然言語の意味を理解し、判断を行う数量判断メカニズムの実現を目指す。日常会話の意味理解を行うために算数問題の意味理解システム¹⁾が提案されており、このシステムを構築するために、このシステムの一部である、加減乗除複合算数システムを提案する。

2.算数問題の意味理解システム

算数問題の意味理解システム(図 1)は数量を含む自然言語の意味理解をするシステムである。大きくは、問題をどの個別演算システムに分類すべきか判断し、分類先の個別演算システムによって、分類された問題の演算を行う。前者が加算減算問題、乗算除算問題、加減乗除複合問題、特殊問題(N進数問題、仕事算問題、流水算問題など)のいずれかであるか分類する処理である。後者は個別の判断知識を用いて、分類された問題を数式に変換し答えを導く処理であり、N進数問題、仕事算問題システム等を含んでいる。

数量を含む文を数量判断の意味理解システムに入力すると、このシステムは入力文が何の問題であるか判断し、分類する。その問題がN進数問題であれば、N進数問題システムが演算を行い、加算減算問題であれば、加算減算システムが演算を行い、加減乗除複合問題であれば、加減乗除複合算数システムが演算を行う。

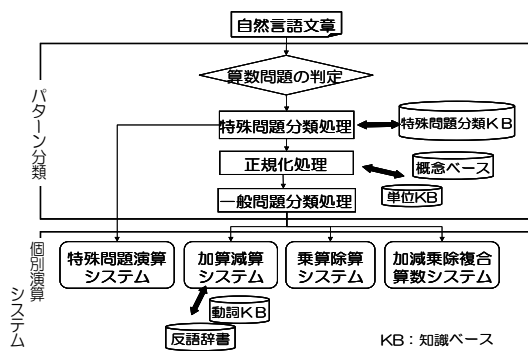


図 1 算数問題の意味理解システム

3.加減乗除複合算数システム

判断知識を用い、意味理解モデルにそって加減乗除複合問題の意味理解を行うシステムである。

3.1.加減乗除複合問題

加減乗除複合問題とは、加減乗除の四則演算を含む問題である。例を挙げると、「85 円のノート 3 冊と 70 円のノート 5 冊買いました。全部でいくらですか。」といった問題や「林檎が 5 個あります。鉛筆が 4 本あります。ノートが 5 冊あります。文具は何個ありますか。」といったように、質問文が要求している答えに関連のない情報(ここでは林檎に関する情報)を含む問題がある。この章では前者のような問題を意味理解モデルにそって、意味理解する。尚、質問文とは問題の要求するものが書かれた文章であり、条件文とは質問文以外の文章とする。

3.2.意味理解モデル

判断知識を用いて入力文を単文のみの構成に再構成し、乗算除算部分を乗算除算システムにかけ、加算減算部分を加算減算システムにかけ、この結果を加えてできた加算減算部分や乗除算部分をそれぞれに対応するシステムにかけ、入力文が要求している答えを出力する。3.1 節の例で説明すると、「1 枚 5 円の紙を 5 枚買いました。いくら払えばよいですか。」の部分に乗算除算部分に当たるので、これを乗算除算システムにかけ、このシステムの結果と残りの部分を組み合わせると、「60 円のノート買いました。25 円の紙を買いました。いくら払えばよいですか。」といった文章ができる。この文章は加算減算部分に当たるので、加算減算システムにかけ、最終的な答えである 85 円を得る事ができる。尚、加算減算部分とは加減のみの演算からなる部分、乗算除算部分とは乗除のみの演算からなる部分の事である。

3.2.1.判断知識

判断知識とは、複文を単文にするために必要な文の切れ目となる知識を集めたものである。その知識として接続詞知識ベースと並列知識ベースを作成した。

3.2.1.1.接続詞知識ベース

「友達 2 人に、15 個ずつあげたので、35 個残りました。」のような複文を単文に再構成する場合、「友達 2 人に、15 個ずつあげた」「35 個残りました」の 2 つの単文に分ける事ができる。この際、文の切れ目となった語句は「ので」である。以上、「ので」のように「接続詞」と判断される語句を集めたものを接続詞知識ベースと呼ぶ。

3.2.1.2.並列知識ベース

「60 円のノートと、1 枚 5 円の紙を 5 枚買いました」のような複文を単文に再構成する場合、「60 円のノートを買いました」「1 枚 5 円の紙を 5 枚買いました」の 2 つの単文に分ける事ができる。「ノート」と「紙」といった名詞が並列になっている文章の場合、「名詞 1+ 名詞節 2+…+名詞節 N」と分ける事ができる。さらに大きく 2 つに分ける事ができる。1 つ目は「名詞節+並列助詞+(,)+名詞節+…+動詞」であり、2 つ目は「名詞節+, +名詞節+名詞節+…+動詞」である。これらは「名詞節+動詞」とみなす事ができる。以上、これら 2 つを並列知識ベースと呼ぶ。

3.2.2.処理の流れ

以下に加減乗除複合算数システムのアルゴリズムを示す。

- (1)入力文を形態素解析ツールにより形態素解析する。
- (2)接続詞知識ベースに該当する語句を文の切れ目とし、複文を単文に再構成する。
- (3)並列知識ベースに該当する場合、複文を単文に再構成する。
- (4)加算減算部分を加算減算システムにかけ、乗算除算部分を乗算除算システムにかける。
- (5)(4)の結果を残りの文章に加え、その文章が加算減算部分であれば、加算減算システムにかけ、乗算除算部分であれば、乗算除算システムにかける。
- (6)まだ、処理をしていない文があれば、以後(4)(5)を繰り返す。

3.2.3.複文から単文へ再構成の評価

市販されている一般的な問題集から加減乗除複合問題を 104 題(269 文)を取り出し、これらを正しく複文から単文へ分ける事ができるかどうかを評価した。(図 2)

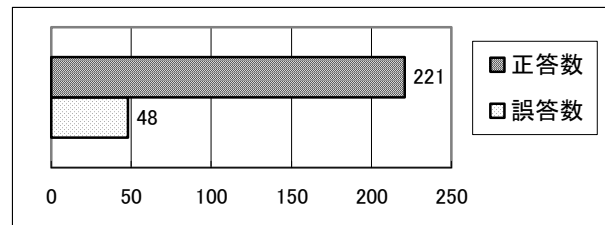


図 2 複文から単文への再構成の評価

3.2.4.改善方法

3.2.3 節の評価結果より、269 文中 41 文が誤答であるという結果となった。この誤答した 34 文は形態素解析により、「助詞-接続助詞」と判断されたものであった。これは接続詞知識ベースに「助詞-接続助詞」があるので、これに該当すると判断され、文は切れると間違った判断を行っていたからであった。誤答例を以下に示す。(図 3)

たけしさんは栗を拾って(て)きました
1000 円持って(て)いました

図 3 間違った例

図 3 の「て」が接続詞知識ベース内の語「助詞-接続助詞」と判断され、文の切れ目と間違った判断が行われた。つまり、「助詞-接続助詞」だけで文を区切る事はできないと思われる。よってより詳細な条件が必要である。そこで、以下の事を考えた。

「動詞-自立(連用形) + 助詞-接続詞 + 動詞-自立」となっている場合、文は切れないものとする。また、「動詞-自立(連用形) + 助詞-接続詞 + (動詞-非自立 or 助詞 or 助動詞)」となっている場合、文は切れるものとする。

3.3.問題点を改善した複文から単文へ再構成の評価

市販されている一般的な問題集から加減乗除複合問題を 104 題(269 文)を取り出し、これらを正しく複文から単文へ分ける事ができる

かどうかを評価した。(図4)。

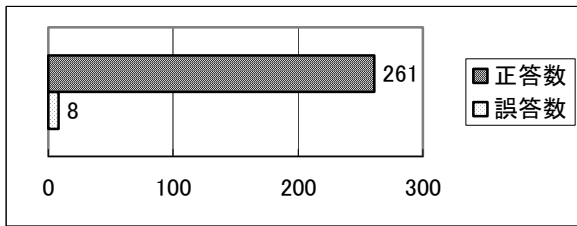


図4 問題点改善後の評価

3.2.4.節の問題点改良により、誤答数は8文となった。その内、「助詞・接続助詞」の誤答数は1文という結果になった。誤答した文は「いくら払えばよいですか」という文章であった。他の誤答した文は「あきらの組は、6人の班が5つと5人の班が1つです」「1人分が0.75mで、あと30cm残りました」であった。

3.4.全体の評価

市販されている一般的な問題集から加減乗除複合問題を104題を取り出し、問題文が要求している答えを正しく出力できたかどうかを評価した。(図5)

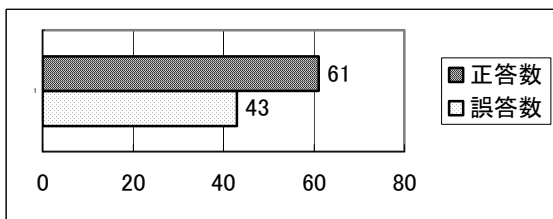


図5 全体の評価

正答率は58.7%となった。この精度の低さの原因を考察する。加算減乗除複合問題から加算減算部分と乗算除算部分に分ける際に、正しくわけなかった場合が多く、精度を下げる要因になったと思われる。この要因の1つとして、文章に分ける際に、情報が少なくなる事にあると思われる。

4.質問文に関連のない情報を含む加減乗除複合問題

3.1節での後者の問題である。本章では質問文に関連する文のみを抽出する事を目的とす

る。この目的を果たすため、各文の対象概念を特定し、概念ベースス²⁾³⁾やシソーラス⁴⁾を用いる事により、各文が質問文に関連があるかを判断する。

4.1.対象概念

文章の重要な語句は文章の「主語」「目的語」になる場合が多い。よって、「主語」「目的語」を対象概念とする。以後、条件文の対象概念を概念1、質問文の対象概念を概念2とする。また、主語、目的語はわかっているものとする。

4.2.概念ベース

概念ベースに格納される概念の定義、および概念ベースの構造を定める。概念ベースの単純な機能として、一つの入力単語に対して複数の単語を返すという機能がある。そのために、概念を次のように定義する。

[概念]: 単語に対し定義された、その単語の意味特徴をあらわす単語(属性)の集合。

例えば、単語「木」の概念は木に関連のある単語「葉」「枝」「植物」…といった属性で構成される。これに加えて、概念ベースでは概念と属性の関連の深さを表す重みが付加されている。この属性と重みの集合で一つの概念を構成している。

概念ベースKにおける一つの概念Word_iを、意味特徴をあらわす属性p_{ij}(j=1,2,...)と、概念Word_iと属性p_{ij}の重みq_{ij}の対集合で表現する。

$$\text{概念 Word}_i : \{(p_{i1}, q_{i1}), \dots, (p_{ij}, q_{ij}), \dots\}$$

この表現によって、概念ベースKを概念Word_iの行ベクトルで表す。

$$K = \begin{pmatrix} \text{Word}_1 \\ \vdots \\ \text{Word}_i \\ \vdots \\ \text{Word}_n \end{pmatrix}$$

概念ベースの論理的な構成は上記の通りである。現時点では、物理的な概念ベースの構造として管理の容易なりレーショナルDBを採

用している。概念の追加および削除が頻繁に行われることが予想されるためである。つまり、概念「木」の属性{葉, 枝, 植物, …}を, {木, 葉}, {木, 枝}, {木, 植物}, …という複数の {「概念」, 「属性」} のレコードとして管理している。

4.2.1. 概念間の関連度

概念間の関連度⁵⁾とは、2つの概念 A と概念 B の関連の強さを定量的に表現するものである。例えば、概念「自動車」と「車」の関連度は 0.721, 「自動車」と「馬」の関連度は 0.034 といったように、関連の強い概念同士の関連度は高く、関連の弱い概念同士の関連度は低い値となる。また、関連度は 0 から 1 までの値で表現されているため、関連の強い概念間の関連度ほど 1 に近く、関連の弱い概念間の関連度ほど 0 に近い値を取る。このように関連の強さを定量化できれば、概念間の関連の強弱をコンピュータが判断できるようになる。

4.3. シソーラス

シソーラスとは一般名詞を整理したもので、2700 の意味属性の上位下位・全体部分の関係が木構造で示されたものである。約 13 万語が登録されており、親子・兄弟関係を持つ語についてはその関係も記述している。

4.4. 抽出方法

3 つの方法を考えた。以下にそれらを示す。尚、関連度計算の閾値は仮に 0.14 とする。

(i) 抽出方法①

①「概念 1」と「概念 2」で関連度計算を行う。閾値を越えなければ、②の処理へ移行する。

②概念 1 と概念 2 の同義語(類義語)、概念 2 と概念 1 の同義語(類義語)とでそれぞれ関連度計算を行う。関連度が閾値を越えるものがあれば、概念 1 と概念 2 は関連があるものとする。

(注) ある「概念」の類義語や同義語は同義語辞書や類義語辞書の中から「概念」の同義語類義語を取り出し、それらと「概念」とで関連度を取り、閾値を越えたものである。以後、「概念」の同義語類義語はこの手順を行っているものとする。また、概念 1 とは条件文の各文の対

象概念であり、概念 2 とは質問文の対象概念の事である。

(ii) 抽出方法②

①「概念 1」と「概念 2」はシソーラス上で「親と子」「親と孫」等の関係になっていれば関連があるとする。また、「概念 1」の親か子と概念 2 で関連度計算を行い、「概念 2」の親や子と概念 1 で関連度計算を行い、片方でも閾値を越えた場合、関連があるとする。どの関係にも当てはまらなければ、処理②へ移行する。

②概念 1 の同義語(もしくは類義語)と概念 2 が「親と子」等の関係になっていないか、概念 2 の同義語(もしくは類義語)と概念 1 が「親と子」等の関係になっていないか調べる。また、概念 1 の同義語(もしくは類義語)と概念 2 の親もしくは子で関連度計算を行い、概念 2 の同義語(もしくは類義語)と概念 1 の親もしくは子で関連度計算を行い、片方でも閾値を越えた場合、概念 1 と概念 2 は関連があるとみなす。

(iii) 抽出方法③

「概念 1 の同義語(類義語)」や「概念 1 と同じノードに属する語」と「概念 2 と同じノードに属する語」、「概念 2 の同義語(類義語)」や「概念 2 と同じノードに属する語」と「概念 1 と同じノードに属する語」、「概念 1 と同じノードに属する語」と「概念 2 と同じノードに属する語」とでそれぞれ関連度計算を行う。関連度が閾値を越えるものがあれば、概念 1 と概念 2 は関連があるものとする。

4.5. 最適な閾値

閾値を仮に 0.14 としていたが、より精度の高いシステムを目指すために、最適な閾値の設定を述べる。X-ABC 評価を使って、概念と概念の同義語(類義語)との関連度の閾値に適切な値を割り出した方法を述べる。また、別の評価セットを通して抽出方法の適切な閾値についても述べる。

4.5.1. X-ABC 評価用データ

人が任意の概念 X(基準概念)に対して、同義・類義のように高い関連を示す概念 A, 同義や類義ではないが関連のある概念 B, 関連のな

い概念 C と判断した 4 つの概念(X-A,B,C)を 1 セットとして大量に用意した. そして, さらにそのデータに対して作成者以外の 3 人に判断してもらい, 3 人中 3 人が正しいと判断したデータのみを使用する. また, 評価用データの概念はすべて概念ベースで定義されている概念のみで構成されている.

本研究では, このように作成した合計 1780 組の評価用データ(表 1)を用いて関連度計算の精度評価を行う.

表 1 評価用データ(一部)

X	A	B	C
椅子	腰掛け	机	像
医師	医者	看護婦	山
海	海洋	塩	車
病	病気	医者	勇気
...

4.5.2.概念と概念の同義語(類義語)の閾値

X-C の関連度の内, 最大値は約 0.1 であるので, 概念と概念の同義語(類義語)との関連度の閾値を 0.1 とした.

4.5.3.各抽出方法における閾値

既存の算数問題を基にして, 不要な情報を含む加減乗除複合問題を人手で作成し, これらから質問文と関連のある文を正しく抽出できたかどうか調べた. 問題数は 100 問(1 問 10 文程度からなる)であり, 全文で 974 文から構成される. この評価セットを使って, 各抽出方法の精度評価を行った. 尚, 質問文に関係のある文を抽出できた場合と質問文に関係ない文を抽出しなかった場合を数えた結果が図 6 である.

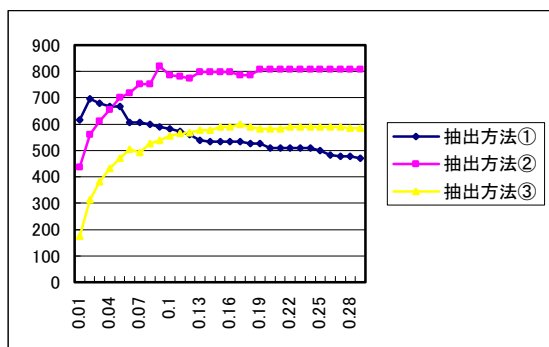


図 6 各抽出方法による評価

図 6 を見てわかるように, 抽出方法①では関連度が 0.02 の時, 正答率 71.4%となり, 抽出方法②では関連度が 0.09 の時, 正答率 84.2%となり, 抽出方法③では関連度が 0.17 の時, 正答率 61.6%となり最大値となった. よって, 各手法の閾値は正答率が最大となる関連度を閾値とする.

5.おわりに

本研究では, 加減乗除複合問題の意味理解を行う手法を提案し, システムを構築した. このシステムを組み込む事によって, 今までできなかった加減乗除複合問題に対する意味理解が可能となった.

謝辞

本研究は文部科学省からの補助を受けた同志社大学の学術フロンティア研究プロジェクトにおける研究の一環として行った.

参考文献

- 1) 稲葉栄美子, 渡部 広一, 河岡 司, “常識知識を用いた算数問題の意味理解”自然言語処理研究会
- 2) 笠原 要, 松澤 和光, 石川 勉, “国語辞書を利用した日常語の類似性判別”, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.7, pp.1272-1283, 1997.
- 3) 眞鍋 康人, 小島 一秀, 渡部 広一, 河岡 司, “概念間の関連度やシソーラスを用いた概念ベースの自動精錬法”, 同志社大学, 理工学研究報告, Vol.42, No.1, pp.9-20, 2001.
- 4) NTT コミュニケーション科学研究所監修, 「日本語語彙体系」, 岩波書店, 東京, 1997.
- 5) 渡部広一, 河岡 司 “常識的判断のための概念間の関連度評価モデル”, 自然言語処理, Vol.8, No.2, pp.39-54 , 2001.