

算数文章問題の学習を支援する スマートスピーカーのスキル開発

吉田 裕行^{1,a)} 中村 晃輔² 松尾 洋幸³ 日熊 隆則⁴ 岡本 牧子⁴ 宮田 龍太¹

概要: 本研究では数学の理解が不十分な中学生が苦手としやすい濃度や割合といった文章題で具体的にどの計算過程でつまづいているか特定するため、スマートスピーカーの対話型音声認識機能を応用し、中学生の算数文章題学習を支援する機能(スキル)を開発する。具体的には、生徒が特定の分野の問題を解けない場合、問題を細分化して質問することで、どの計算過程まで理解できているのか確認する機能をスマートスピーカーに実装する。

YOSHIDA HIROYUKI^{1,a)} NAKAMURA KOSUKE² MATSUO HIROYUKI³ HINOKUMA TAKANORI⁴
OKAMOTO MAKIKO⁴ MIYATA RYOTA¹

1. はじめに

沖縄県は、全国学力・学習状況調査における中学校数学の成績が常に下位に位置している。この問題解決のために、日熊らは沖縄市立美東中学校にて、志望者を対象に数学の補習を行っている。彼らはその補習を通して、数学の苦手な中学生は小学校の算数も満足にできていないことを発見した。そこで中村ら [1] は、算数を基礎からゲーム形式で学べるアプリケーションを開発し、日熊らの補習に導入した。その結果、数学の苦手な中学生の大半は濃度や割合といった文章題が解けないことが明らかとなった。しかし、このアプリでは生徒の苦手分野は特定できたものの、解けなかった問題の具体的な計算過程のどの段階でつまづいているかまでは特定できなかった。

そこで本研究では、スマートスピーカーの対話型音声認識機能を応用し、中学生の算数文章題学習を支援する機能(スキル)を開発する。具体的には、生徒が特定の分野の問題を解けない場合、問題を細分化して質問することで、ど

の計算過程まで理解できているのか確認する機能をスマートスピーカーに実装する。この機能により、生徒が誤答した理由がたまたま計算ミスか、問題文で問われていることを理解していないからか、あるいは解き方を十分理解していないからかがある程度推定できると期待される。また、生徒に解法を定着させるために問題に正解した場合でも解き方を問う機能も実装した。

2. 方法

2.1 スキル開発環境

本研究で開発するスキルを実装するスマートスピーカー(実機)には Amazon Echo Plus(図 1) を、音声認識には Alexa Voice Service(AVS) を、スキル開発環境には Alexa Skills Kit(ASK) を用いた(これらの詳細は [2] 参照)。

また、出題から解答の正誤判定、質問の細分化までの一連のプログラムは Python で記述した。

2.2 文章題の出題形式

本研究では下記の 4 単元を文章題として出題した。選定理由は、先行研究 [1] で美東中学校に開発アプリケーションを 2 年間導入した結果、これらの算数単元がとくに正答率が低かったからである：

- (1) 割合
- (2) 濃度
- (3) 概数
- (4) 比例

¹ 琉球大学 工学部
Faculty of Engineering, University of the Ryukyus
² 琉球大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus
³ 琉球大学大学院 教育学研究科
Graduate School of Education, University of the Ryukyus
⁴ 琉球大学 教育学部
Faculty of Education, University of the Ryukyus
a) e155178@eve.u-ryukyu.ac.jp

これらの単元の出題例を表 1 に示す。これらの問題は [3] を参考に作成した。各問題は数値のリストを事前に作成し、その中からランダムで出題されるようにプログラムを組んだ。

問題の出題形式の木構造を図 2 に示す。まず、ある単元の文章題がスピーカーから出題され、生徒が解答を述べると AVS により音声認識され、正誤判定が実行される。解答が正しい場合、スピーカーは生徒に解法を問い、生徒の解説を音声認識し、記録する。ただし実装の簡略化のため、この解法の是非は判定しない。一方、解答に誤りがある場合は、解答に必要な計算要素を順に問い、対する生徒の解答の正誤判定を行う。これにより、どの段階まで計算できるか把握する。例えば図 2 の食塩水に溶けた塩の濃度を問う文章題の場合、先行研究 [1] で生徒の誤答を調査したところ、すでに塩が溶けている 200 g になっている食塩水を水と勘違いして 30 g 余分に加算した 230 g として計算した解答が多くみられたため、次の質問では誤答した場合の濃度の計算に必要な食塩水全体の重さを問い、問題文を誤って解釈していないか確認している。

上記の一連のアルゴリズムの疑似コードを図 3 に示す。図 2 の条件分岐（解答の正誤判定）は Python 部分の if-else 文で実現し、木構造は条件分岐処理を関数化し、Alexa 部分の while 文で子ノードへの遷移を実現した。

ただし、概数の問題は上から 3 桁目を四捨五入するよう設定しており、出題される数値はリストからランダムで選択されるため、選択された数値を 2 で割った余りが 0 ならば「切り下げる」、1 ならば「切り上げる」という言葉に反応する仕様で開発した。

さらに図 4 の疑似コードのように、4 つの単元を連続して出題するスキルも開発した。

3. 成果

スマートスピーカーが各単元の問題を出題したときの ASK テストシミュレータ結果について以下に述べる。図 5 は割合の問題、図 6 は濃度の問題、図 7 は概数の問題、図 8 は比例の問題である。また、問題に正解した場合を (a) に、不正解の場合の (b) に示す。これらより、想定していた機能の実現を確認できた。

研究会当日は実機を用いたデモンストレーション、あるいは動画について実際のスマートスピーカーとのやり取りを披露する予定である。

また図 9 にのように、4 連続出題を意図した通り実現できたことを確認した。

4. まとめ

本研究では算数の文章題を出題し、それに対する生徒の解答の正誤判定を行い、正解した場合はその解法を問うことで知識の定着化を図り、不正解の場合は解答に至るため

に必要な各計算過程について問うことで生徒が本当につまづいている箇所を特定するスキルをスマートスピーカーに実装した。

今後は、日熊らの補習に参加する中学生らに開発したスキルを実装したスマートスピーカーを使用してもらい、実データの収集を行う予定である。そして、収集した実データをもとに数学に苦手意識を持つ中学生が文章題における計算過程のどの段階で間違えやすいのか統計をとり、彼らの数学力の向上に繋がる情報を提供していきたい。



図 1 本研究で使用する Amazon Echo Plus [2]

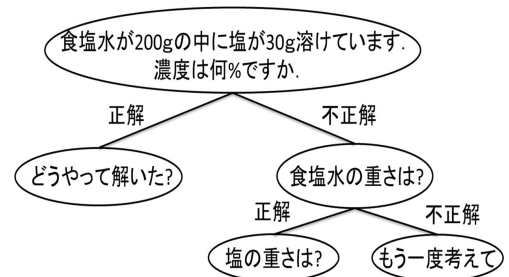


図 2 文章題 (濃度) の出題形式の例

表 1 文章題の出題例

単元	例題
割合	1 クラス 30 人のクラスに男子が 15 人いる。男子の割合はどれくらいか。
濃度	150 g の食塩水に塩が 20 g 溶けている。食塩水の濃度は何%か。
概数	438665 を上から 2 ケタの概数にせよ。
比例	水槽に毎分 2 入る水道がある。5 分後には何になるか。

参考文献

- [1] Nakamura K, et al. (2018) *Winter Workshop on Mechanism of Brain and Mind 2018*, P1-1.
- [2] <https://www.amazon.co.jp/Amazon-Echo-Plus>.
- [3] 小河勝 (2010) 小河式プリント中学数学基礎篇 改訂新版 (未来を切り開く学力シリーズ). 文藝春秋.

「問題文」

```
while (n==0):  
    回答待ち  
    if 回答==xパーセント  
        n=関数A(x)  
    elif 回答==食塩水はyグラム  
        n=関数B(y)  
    elif 回答==塩はzグラム  
        n=関数C(z)  
    elif 回答==解き方は  
        n=関数D()
```

```
関数A(引数①)  
if 引数①==食塩水の濃度(正解):  
    「どうやって解きましたか。」  
else:  
    「不正解です。まず食塩水の重さはどうなりますか。」  
    return 0  
関数B(引数②)  
if 引数②==食塩水の重さ(正解):  
    「そうですね。では塩の重さはどうなりますか。」  
else:  
    「もう一度考えてみましょう。」  
    return 0  
関数C(引数③)  
if 引数③==塩の重さ(正解):  
    「では、食塩水の重さと一緒に計算してみましょう。」  
else:  
    「もう一度考えてみてください。」  
    return 0
```

10

(b) Python 部分

(a) Alexa 部分

図 3 濃度単元出題プログラムの疑似コード。
関数 D の「解き方」を説明した場合、1 を返して終了する。

```
m=0  
「濃度」  
関数D()  
if m==0 :  
    「第2問・・・」  
    return 0  
elif m==1:  
    「第3問・・・」  
    return 0  
elif m==2:  
    「第4問・・・」  
    return 0  
elif m==3:  
    「終了だよ」  
    return 1  
m+=1
```

図 4 4 単元の連続出題プログラムの疑似コード

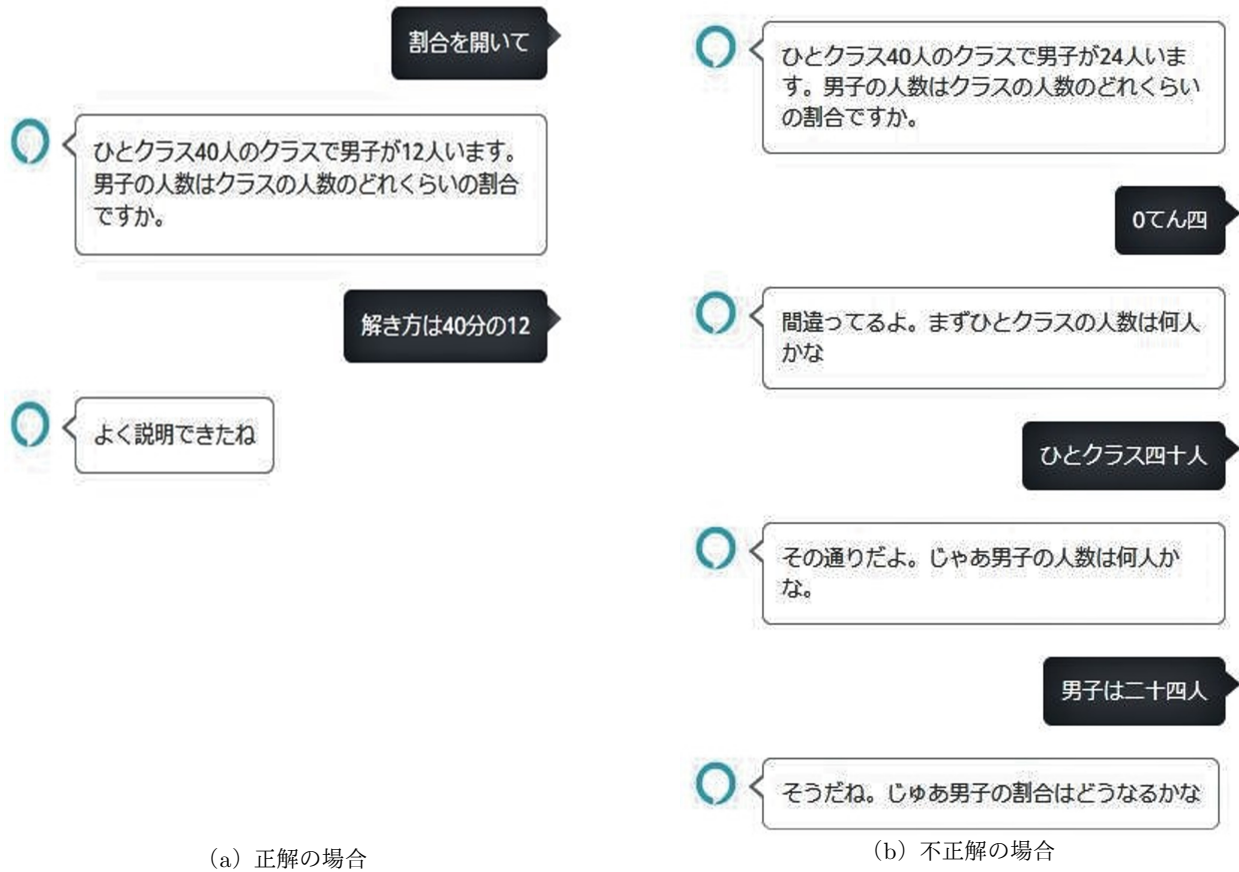
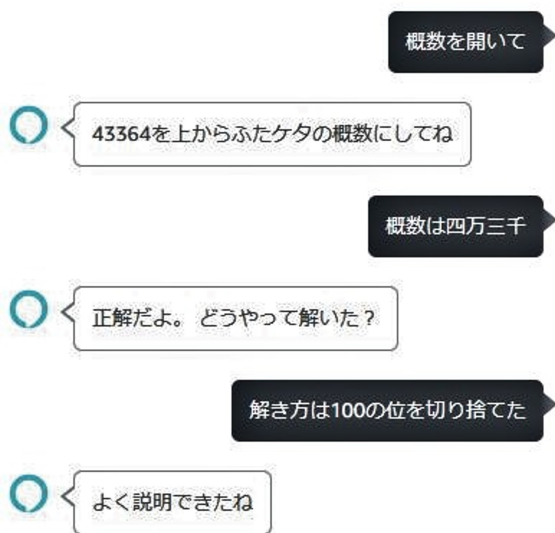


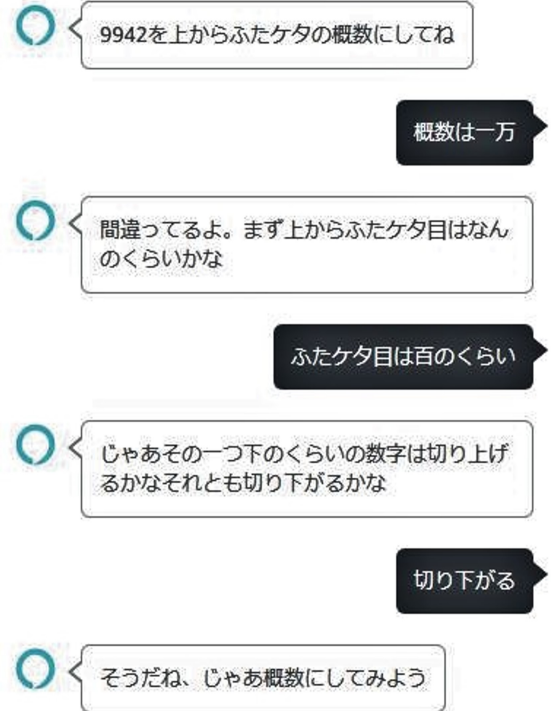
図 5 割合の出題テストシミュレータ結果



図 6 濃度の出題テストシミュレータ結果

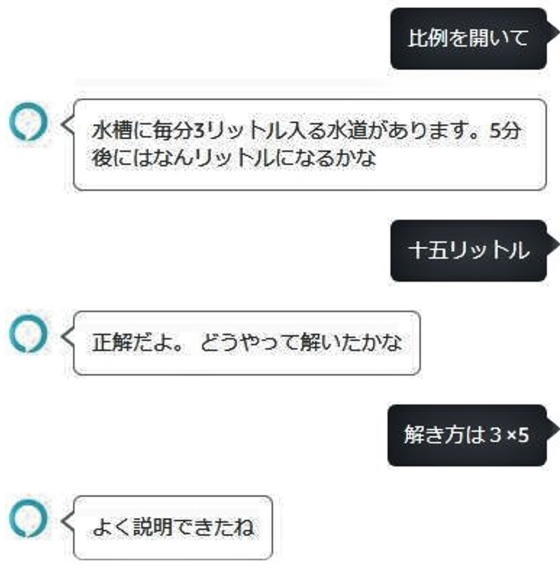


(a) 正解の場合

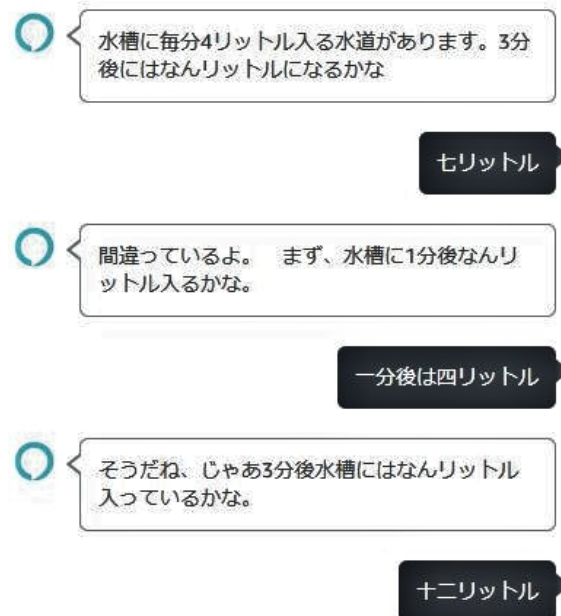


(b) 不正解の場合

図 7 概数の出題テストシミュレータ結果



(a) 正解の場合



(b) 不正解の場合

図 8 比例の出題テストシミュレータ結果



図 9 4 単元の連続出題のテストシミュレータ結果