

文意や文脈の解釈問題を用いた視覚障害者向け CAPTCHA とその評価

山口通智¹⁾, 岡本 健²⁾

筑波技術大学大学院 技術科学研究科 保健科学専攻¹⁾

筑波技術大学 保健科学部 情報システム学科²⁾

要旨: CAPTCHA は、自動化されたチューリングテストの一種であり、人間とロボットの判別をする。このテストは、悪意のあるソフトウェアによる認証の自動化を妨害し、スパムメールなどの抑制に効果があるが、視覚障害者にとっては、情報アクセシビリティを阻害する要因であることが知られている。本稿では、視覚障害者にも利用可能なバリアフリーな CAPTCHA を提案する。提案方式では、問題の困難性が特定知覚に依存しない、文意や文脈の解釈問題を採用する。さらに、視覚障害者らによる各種実験をおこない、既存の音声型 CAPTCHA より、高い判別能力を持つことを示す。

キーワード: CAPTCHA, チューリングテスト, 視覚障害者支援, 文意文脈解釈問題, アクセシビリティ

1. はじめに

1.1 研究の背景

CAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart) は、対話している相手が人間か人工知能による自動プログラム (ロボット) かを判別するテストである。このテストは、現在、スパムメールや多重投票の不正防止など、多くのオンラインサービスで使用されており (表 1)、標準的な情報セキュリティ技術の 1 つとなっている。

CAPTCHA は、人間には容易に解けるが、現在のロボットでは解答が困難な AI (Artificial Intelligence) 問題を利用する [1]。その代表例は、雑音の挿入や歪曲処理が施された画像や音声の認識である。しかしながら、近年の AI 技術の発展 [2] により、多くの方式が破られている。それに対抗するため、現在では、人間にとっても解答が困難なほどに難易度が向上している。特に、音声型 CAPTCHA の難化は顕著である。画像型の方式が利用できない視覚障害者にとっては、ウェブアクセシビリティを阻害する大きな要因 [3] となっている。表 1 から、視覚障害者のため、代替手段を提供しているサービスが少ないことが分かる。

1.2 研究の目的

本研究の取り組む問題は、現在普及している CAPTCHA の多くが、特定知覚の解釈能力を必須とする AI 問題を用いるため、知覚に障害を持つ利用者にとって、

ウェブアクセシビリティにおける障壁となっている点である。本稿では、特に視覚障害者に向けた評価をおこなう。

表1 Service Appearance of CAPTCHAs

Service	Visual CAPTCHA	Audio CAPTCHA	Telephone dialogue
Microsoft	✓	✓	
Google	✓	✓	✓
Yahoo! Japan	✓	✓	
Amazon	✓	✓	✓
WordPress	✓		
Ameba Blog	✓		
F2C Blog	✓		

2. 提案方式

2.1 アイデア

本稿では、ページの制限のため、提案方式の説明を概要のみに留める。また、既存研究との比較については省略する。これらについては、参考文献 [5] を参照されたい。

本研究では、バリアフリー化を満たすため、文意や文脈を解釈する問題 (文意文脈解釈問題と称す) を用いる。文意文脈解釈問題は、文字情報として提示できれば十分なので、視覚/点字ディスプレイ、音声読み上げのいずれの手段にも対応でき、バリアフリー化が果たされる。

文意文脈解釈問題は、作問の際に素材となる文章（素材文章と称す）が必要になる。本研究では、素材文章をインターネット上から取得することで、数に制限のない作問をおこなう。このように、過去に提示された問題文が使いまわされなければ、攻撃者による解答データベースを用いた方式に耐性を持つ。

しかしながら、インターネット上の文章は公開情報であるので、攻撃者は検索により、問題に対するヒントを得られる。これではロボットが容易に解答できてしまう。

対策として、提案方式では、問題文として表示する文字列の子音を改変する。これは、方言などに見られる単語の子音の違いを指す。例えば、マ行からバ行への子音交替では、「寒い」を「さぶい」に、「灯す」を「とぼす」と改変する。漢字に対しては、仮名に開いてから処理を適用する。子音交替は、文の誤植や音声での聞き間違いに似た処理である。改変率が一定値以下ならば、人間は文意文脈を解釈して、改変前の内容を推測できることを期待している。

2.2 文意文脈解釈問題

提案する CAPTCHA システムでは、検証者（自動プログラム）と証明者（人間、またはロボット）のエンティティが存在する。検証者は、文意文脈問題を作問し、証明者に提示する。さらに、証明者からの解答を照合し、人間とロボットの判別をおこなう。

検証者が作問する文意文脈解釈問題には、共通話題識別テストとワードサラダ識別テストがある。

共通話題識別テストとは、共通する話題の文脈に現れる文を複数個、証明者に提示し、共通話題が何であるかを選択肢から解答させるテスト方式である。

ワードサラダ文識別テストとは、人間が作成した自然な文と、マルコフ連鎖に基づき生成された機械合成文とを並べて証明者に提示し、機械合成文を選ばせるテスト方式である。

3. 評価実験

3.1 被験者と実験環境

提案方式の有用性を確認するため、評価実験を実施した。被験者として、筑波技術大学保健学部所属する24名の方々にご協力を頂いた。視覚障害の程度は、全盲7人と弱視17名であり、全員が日本語を母国語とする。

実験の条件は、参考文献 [5] と同等である。すなわち、実装した作問プログラムにより、素材文章の収集と作問を事前におこない、被験者にはテキストファイル形式で提示する。作問は、テスト方式ごとに子音交替あり／なしに分けておこない、問題数は10問ずつとする。各問題の解答方式は、全て4択の択一選択方式とする。

3.2 Google 音声型 CAPTCHA

予備実験として、Google のアカウント作成の際に要求される音声型 CAPTCHA に挑戦して頂いた結果を表 2 に示す。この方式は、2013 年 10 月の改定により、難易度が若干緩和された。しかしながら、それでも 7% 程度の正答率に留まり、被験者の 79% は 10 回中 1 回も正答できない結果となった。

表2 Experiment for reCAPTCHA

Version of reCAPTCHA	Number of provers	Rate of provers who answer correctly at least 1 time	Rate of correct answer
Before Oct. 25, 2013	5	0%	0%
Latest at Nov. 2013	24	21%	7%

3.3 共通話題識別テスト

素材文章には、1209 行、109042 文字、形態素 9726 種の文章を用いた。これは、検索 API により、出題する話題に関連した文章から収集した。

問題文として提示する文章は、1 行あたり 30-60 文字の文を 5 つ用いた。子音交替をおこなう場合は、1 行あたり 2-5 箇所を対象とした。

表3 Result of Topic Detection Test

Sight	W/o consonant gradation		With consonant gradation	
	Accuracy rate	Ability as a CAPTCHA	Accuracy rate	Ability as a CAPTCHA
Totally blind	71%	86%	81%	100%
Low vision	67%	71%	60%	71%
All	69%	75%	70%	79%

表 3 に結果の要旨を示す。Accuracy Rate は、出題された 10 問中の正答率である。Ability as a CAPTCHA は、7/10 以上の正答により、「ロボットではない」と正しく判定された確率である。なお、この条件での Brute force attack の成功確率は 1% 未満である。図 1、図 2 では、FRR (本人拒否率) と FAR (他人受入率) の詳細を示す。

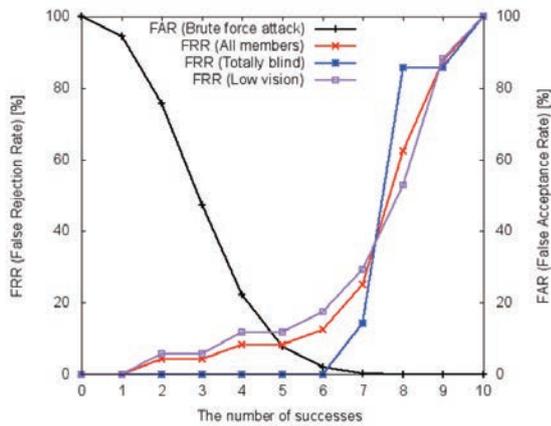


図1 FRR and FAR of Topic Detection Test without consonant gradation

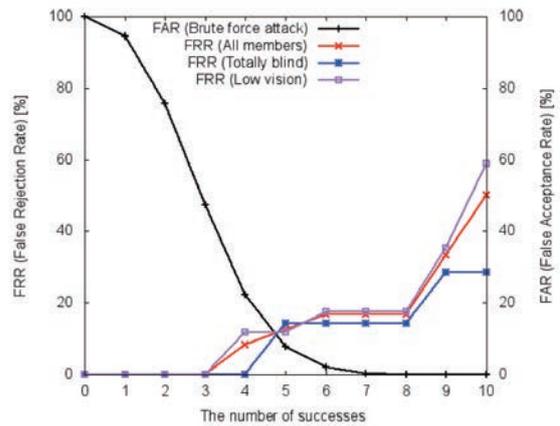


図3 FRR and FAR of Word Salad Detection Test without consonant gradation

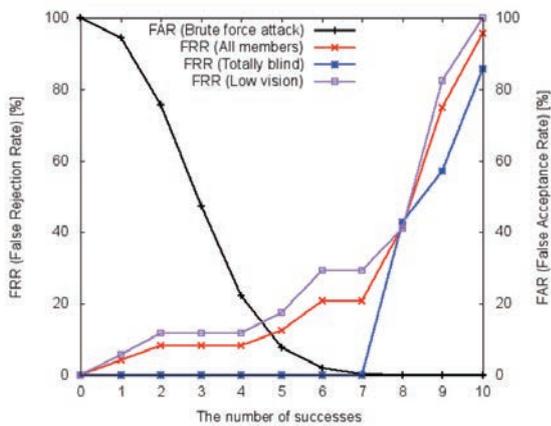


図2 FRR and FAR of Topic Detection Test with consonant gradation

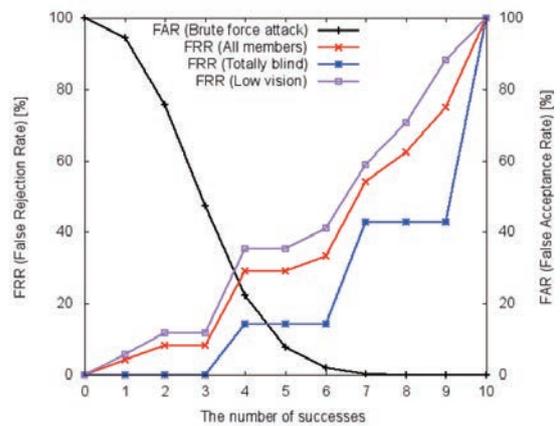


図4 FRR and FAR of Word Salad Detection Test with consonant gradation

3.4 ワードサラダ文識別テスト

素材文章には、1717 行、87260 文字、形態素 4361 種の文章を用いた。これは、青空文庫に登録されている文章の 1 つである。問題文として提示する文章は、1 行あたり 40-80 文字の文を 4 つ用いた。子音交替をおこなう場合は、1 行あたり 2-5 箇所を対象とした。

表4 Word Salad Detection Test

Sight	W/o consonant gradation		With consonant gradation	
	Accuracy rate	Ability as a CAPTCHA	Accuracy rate	Ability as a CAPTCHA
Totally blind	89%	86%	73%	57%
Low vision	78%	82%	49%	41%
All	85%	83%	60%	46%

表 4 に結果の要旨を示す。また、図 3、図 4 に FRR と FAR の詳細を示す。

4. 考察

4.1 子音交替の影響

付録に示した検定方法を使用する。被験者群の人数は 24 人なので $X = 10$ となる。実験結果から $|D|$ の値を計算すると、共通話題識別テストは $|D| = 5$ 、ワードサラダ文識別テストは $|D| = 21$ になる。したがって、共通話題識別テストは子音交替のあり/なしによる有意差はないが、ワードサラダ文識別テストでは有意差が認められた。

子音交替を自然な文に適用すると、文字置換がなされるため、不自然さが増す。ワードサラダ文識別テストでは、他のワードサラダ文との不自然さの差が縮まり、解答が難しくなると考えられる。

共通話題識別テストでは、文の大意さえ読み取ればよい。多少文が不自然になったところで、文意の解釈が困難にはならないので、子音交替の影響が少ないと考えられる。

また、この方式では、複数文から大意を占める話題を選択するので、仮に1, 2文の文意が解釈できなくとも、他の文の解釈により解けるという利点もある。

4.2 CAPTCHA としての判別能力

まず、被験者の解答パターンを、ランダム選択によるものと比較する。これらは、有意水準 5% での Mann・Whitney の U 検定において有意差が認められた。よって、今回の結果は、被験者らが適当に解答したのではなく、実験結果として評価可能である。

提案手法は、共通話題識別テストで 79%、ワードサラダ文識別テストで 46% と、いずれのテスト方式においても、現状の Google 音声型 CAPTCHA に比べて、高確率で人間をロボットではないと判別できている。この性能差は、有意水準 5% での U 検定において有意であることから、提案方式の効果が確認できた。

4.3 全盲者と弱視者の有意性

問題の正答数や CAPTCHA としての判別能力に着目すると、いずれのテスト方式も、有意水準 5% での Mann・Whitney の U 検定において、有意性は認められない。CAPTCHA としての判定能力は、7/10 の正答数をしきい値にした量子化の結果なので、有意性が表れにくいことも影響している。

一方、問題ごとに解答の傾向を調べると、全盲者と弱視者の間に、有意水準 5% での U 検定において、有意性が認められた。今回の結果からは成績の有意性までは示すことはできなかったが、全盲者と弱視者の間にある傾向の違いは統計的に示された。

理由としては、子音交替の際に、漢字を仮名に開くことの影響が考えられる。漢字を仮名に開く際の問題に、現状では必ずしも正しい読みが適用できない点がある。これは、視覚中心の被験者には、普段はなじみのない事象である。読み上げを日常的に利用している被験者は、「簡易読み」と「詳細読み」により、この事象に比較的慣れていることが、有意性が出た一因と推測される。

5. まとめ

本稿では、ウェブアクセシビリティを阻害する要因として、現状の CAPTCHA の問題点を示した。画像の解釈を必要とする特定知覚依存の方式と、その代替手段が整備されていない現状は、早急な対策が必要である。

本研究では、文意文脈解釈問題を利用することで知覚依存を解消し、豊富な分量をもつインターネット上の文章データを作問の種にすることで、問題の新規性を保つ。また、インターネット上の文章のような公開文章を安全に使用するた

め、子音交替による対処法を示した。

本稿では、視覚障害者らによる実験をおこない、提案方式の有用性を確認した。提案方式は、既存方式に比べて、高い確率で人間とロボットを判別できる。

参考文献

- [1] Luis von Ahn, Manuel Blum, Nicholas J. Hopper, and John Langford. "CAPTCHA: Using Hard AI Problems for Security", EUROCRYPT '03, volume 2656 of LNCS, pp. 294-311, Springer-Verlag, 2003.
- [2] Elie Bursztein, Matthieu Martin and John Mitchell. "Text-based CAPTCHA Strengths and Weaknesses", CCS '11, pp. 125-138, ACM, 2011.
- [3] BBC NEWS Technology. "Blind Federation criticises Captcha security test", <http://www.bbc.co.uk/news/technology-22754006>, 2013.
- [4] Eiji Hayashi, Jason Hong and Nicolas Christin. "Security Through a Different Kind of Obscurity: Evaluating Distortion in Graphical Authentication Schemes", CHI '11, pp. 2055-2064, ACM, 2011.
- [5] Michitomo Yamaguchi. "A Generating Method of Accessible Verbal Questions with Online Documents for Substitution of CAPTCHA-like Tests (Japanese)". Journal of Verbal Interface and Interaction, volume 15 of HIS' 13. Human Interface Society in Japan, 2013.

付録

子音交替の影響を調べるため、1つの被験者群で異なる2つの実験条件での有意性を検定する方法を示す。本稿では、有意水準を5%とし、次の方法を用いる。

1. 被験者 i ごとに、子音交替適用前の作問に対する正答数 A_p と、適用後の作問に対する正答数 A_a を調べる。 $A_p > A_a$ ならば $D_i = 1$, $A_p < A_a$ ならば $D_i = -1$, $A_p = A_a$ ならば $D_i = 0$ とする。 D_i について、被験者群の人数 n 人の和 D を求める。
2. 帰無仮説として、 D_i が正負ランダム、すなわち二項分布すると仮定する。
3. 二項分布に従い D_i の値を調べ、 $|D_i| \geq X$ となる確率が5%以下となる X を探す。
4. $|D_i| \geq X$ ならば、有意水準 5% を満たすので、帰無仮説を棄却する。すなわち、有意差ありと判定する。

An Evaluation of a CAPTCHA for the Visually Impaired Using Questions of Context Interpretation

YAMAGUCHI Michitomo, OKAMOTO Takeshi

Department of Technology and Sciences,
Tsukuba University of Technology

Abstract: A CAPTCHA is a kind of automated Turing test used to distinguish between humans and computers. This test blocks authentication by malicious software, prevents it from sending spam mail, and so on. It is known that visually impaired people suffer from websites that contain such program; therefore, in this study, we proposed a CAPTCHA accessible to people with visual disabilities, using context interpretations such as topic detection and word salad detection tests. We implemented our scheme and evaluated it through the performance of experiments.

Keywords: CAPTCHA, Turing test, Support for the visually impaired, Context interpretation, Accessibility