

オブジェクトのめり込みを利用した違和感 CAPTCHA の提案 A Proposal of CAPTCHA using Strangeness in Merged Objects

藤田 真浩*
Masahiro Fujita

池谷 勇樹*
Yuki Ikeya

可児 潤也*
Junya Kani

西垣 正勝*
Masakatsu Nishigaki

あらまし 近年, Web サービス提供サイト等で利用されている CAPTCHA は脆弱性が指摘されており, 人間の「より高度な認知処理」を利用した新たな CAPTCHA が求められている. 人間の高度な認知処理を利用した CAPTCHA は現在までにもいくつか提案されているが, それらの CAPTCHA には自動生成が困難であるという課題が残されている. そこで本稿では, (i)人間のより高度な認知能力を利用する, (ii)出題の自動生成が容易である, という二つの要件を満たす CAPTCHA として, 人間が常識から外れたものに対して違和感を覚える能力を利用した「非現実画像 CAPTCHA」の提案を行う. 非現実画像 CAPTCHA では, ランダムに選んだ二つの 3 次元オブジェクトをめり込ませることで非現実なオブジェクトを生成する. そして, 複数の通常の 3 次元オブジェクトの中に, 一体の非現実オブジェクトを配置した一枚の画像を CAPTCHA 画像として出題する. 非現実オブジェクトはユーザの常識から逸脱した形をしており, 人間であれば常識から外れたものに対して「違和感を覚える」ため, そのオブジェクトを発見することは容易である. 提案方式の CAPTCHA 画像は, 3 次元コンピュータグラフィック技術を利用して, コンピュータによる自動生成が可能である. 非現実画像 CAPTCHA を実装し, 基礎実験とアンケート調査を行った結果, 高い正答率と利便性が確認され, 提案方式の有用性が示唆された.

キーワード CAPTCHA, 違和感, 自動生成, 3 次元コンピュータグラフィック

1 はじめに

自動プログラム (マルウェア) によって, メールアカウントの不正取得やブログへのスパムコメント書き込みといった Web サービス提供サイトに対する DoS (Denial of Service, サービス不能) 攻撃が定期的に行われている. このような攻撃を防ぐためにはマルウェアによる Web サービスの不正利用と, 人間による正規のサービス利用とを識別する技術が必要不可欠である. この要求を実現する技術の一つである CAPTCHA は, 人間には容易に解答できるがコンピュータには判別が困難である問題をユーザに出題することで, 正解できたユーザを人間だと判定する技術である.

現在, 多くの Web サービス提供サイトでは文字画像判読型の CAPTCHA (図 1) [1]や動物画像の判別を用いた Asirra (図 2) [2]など, 画像を利用した CAPTCHA がマルウェアの攻撃を防ぐ典型的な手法として広く採用

されている. しかし, これらの CAPTCHA は OCR (自動文字読取) や機械学習の機能を備えたマルウェアによって破ることが可能であると指摘されているため[3][4], 人間のより高度な認知能力を利用した画像 CAPTCHA が求められており, いくつかの研究が進められている[5][6]. しかし, これらの既存研究には, 出題画像の自動生成, 出題画像の解読耐性, 利便性などに関して課題が残っており, 著者らの知る限り, 全ての課題を解決する理想的な CAPTCHA は未だ提案されていない.

著者らも人間がもつ高度な認知能力の中の一つである「違和感を覚える」能力に着目し, 違和感を利用した CAPTCHA を提案してきた[7][8]. 人間は, 自分の経験や常識と少しでも異なるような場面に遭遇すると, 「しっくりこない」または「気持ちが悪い」といった感情を, 違和感として覚える. より豊富な経験を積み積むほど, 違和感を覚える能力は研ぎ澄まされ, 非常に些細な違いにも気付くことができるようになると考えられている. すなわち, 「違和感を覚える」ことは, 人間の高度な認知メカニズムであり, 機械による模倣は非常に困難であると期待される. よって「違和感」を用いることで, 人間

* 静岡大学大学院情報学研究科, 静岡県浜松市中区城北 3-5-1, Graduate school of Informatics, Shizuoka University, 3-5-1, Johoku, Naka, Hamamatsu, Shizuoka Japan

Type the characters you see in the picture below.



図 1. 文字判読型 CAPTCHA の認証画面例



図 2. Asirra の認証画面例

には判別できるが機械には判別がほぼ不可能である問題を作成することができる。しかし、文献[7][8]の方式においても、出題の自動生成が困難であるという課題は解決できずに残っていた。

そこで本稿では、(i)人間のより高度な認知能力を利用する、(ii)出題の自動生成が容易である、という二つの要件を満たす CAPTCHA として、「非現実画像 CAPTCHA」の提案を行う。非現実画像 CAPTCHA では、ランダムに選んだ二つの 3 次元オブジェクトをめり込ませることで非現実なオブジェクトを生成する。そして、複数の通常の 3 次元オブジェクトの中に、一体の非現実オブジェクトを配置した一枚の画像を CAPTCHA 画像として出題する。非現実オブジェクトはユーザの常識から逸脱した形をしており、人間であれば常識から外れたものに対して「違和感を覚える」ため、そのオブジェクトを発見することは容易である。提案方式の出題画像は、3 次元コンピュータグラフィック技術を利用して、コンピュータによる自動生成が可能である。

以下、2 章では関連研究として筆者らが過去に提案した違和感 CAPTCHA[7][8]について紹介する。3 章で提案方式について説明し、4 章にて基礎実験の結果を報告する。5 章で提案方式についての考察を行い、6 章で本稿のまとめと今後の課題を述べる。

2 違和感 CAPTCHA に関する関連研究

本節では、人間のより高度な認知処理の一つである「違和感」を利用した CAPTCHA の既存方式を紹介するとともに、それらの課題を指摘する。

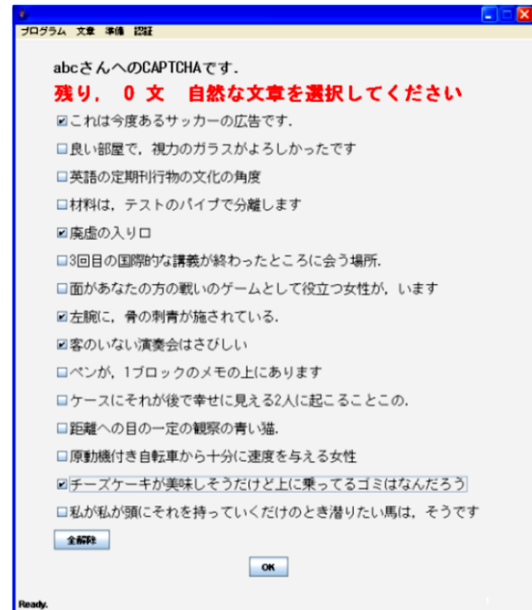


図 3. SS-CAPTCHA の認証画面例

2.1 SS-CAPTCHA

SS-CAPTCHA[8]は、ユーザに、人間が作成した自然な文章と機械翻訳により生成された文章とを複数提示し、自然な文章を選択することができた訪問者を人間と判定する CAPTCHA である (図 3)。機械翻訳技術は急速な進歩を遂げてきたが、他言語の文章を機械翻訳にかけて生成した日本語は、日本人にとっては依然として違和感を覚える場合があり、自然な文章を自動的に作り出すことは非常に難しい技術である。これは、機械にとって自然言語を完全に解釈することが非常に困難であるということと同意である。一方、人間であれば、違和感のある不自然な母国語文章を容易に見つけることが可能である。

SS-CAPTCHA の問題を自動生成するためには多くの自然な文章が必要であるが、自然な文章を効率よく集めることは難しい。インターネット上には人間が作成した文章が無数に存在しているが、マルウェアも、Web 検索によって当該文章が見つければ自然な文章であると判定できてしまう。このように、SS-CAPTCHA は自然な文章の収集という点で課題があり、この点が出題の自動生成を困難にしている。マルコフ連鎖による合成文書の不自然さを用いた CAPTCHA[9]においても、自然文の自動生成の課題は残されている。

2.2 4 コマ漫画 CAPTCHA

4 コマ漫画 CAPTCHA [7]は、人間の「違和感を判別する能力」および「ユーモアを解する能力」に着目した CAPTCHA である。4 コマ漫画の各コマをランダムに並べ替えて表示し、正しい順序を答えることができたユーザを人間として判定する (図 4)。人間は 4 コマ漫画の起承転結の崩れを違和感として認識し、ユーモアを理解した上で 4 コマ漫画を違和感のない、正しい起承転結の



図 4. 4 コマ漫画 CAPTCHA の認証画面例

(出展：左から1番目の図：文献[10]の p.25 の 4 コマ漫画の 1 コマ目，2 番目の図：同，p.25 の 4 コマ目，3 番目の図：同，p.25 の 3 コマ目，4 番目の図：同，p.25 の 2 コマ目)

順番に再構築することができる。しかし、起承転結を備えた 4 コマ漫画の自動生成が難しいという課題がある。

3 非現実画像 CAPTCHA

本節では筆者らが提案する「非現実画像 CAPTCHA」におけるコンセプトと自動生成の手順について述べる。

3.1 コンセプト

違和感とは、人間がもつ常識からの逸脱によって生まれるものであると考えられる。しかし、人間が感じる「常識的な画像」を自動的に作り出すことは困難である。そこで、本提案方式では違和感のある画像を自動生成するために 3 次元コンピュータグラフィック技術を利用する。近年、3 次元オブジェクトを利用したサービスは急激に増加しており、将来的には大量の 3 次元オブジェクトが世の中に出回ることが予想される。これらの 3 次元オブジェクトは、動物や車のように「現実中存在する有形物」を示していることが多く、オブジェクトそのものが人間の感じる「常識」自身を表しているといってもいいだろう。

そこで、著者らは、既存の 3 次元オブジェクトを適切に加工することで、人間の常識から逸脱した「非現実なオブジェクト」を生成する方法を提案する。加工の方法には種々のアプローチが考えられるが、本稿では、まず、ランダムに選んだ二つの 3 次元オブジェクトどうしを組み合わせることで新しいオブジェクトを生成する。たとえば、犬のオブジェクトに猫のオブジェクトがめりこんでいけば、犬と猫が結合された非現実なオブジェクトが生成される。そして、複数の通常の 3 次元オブジェクトの中に、一体の非現実なオブジェクトを配置した一枚の画像を CAPTCHA として出題する。人間であれば、常識から逸脱した非現実オブジェクトに対して「違和感を覚える」ため、通常のオブジェクトの中に紛れる非現実オブジェクトを発見することは容易である。

前述したとおり、3 次元オブジェクトは将来的に大量に生産されることが予想される。本手法であれば、任意の通常オブジェクトから非現実なオブジェクトを無数に、かつ容易に自動生成することが可能であるため、

CAPTCHA の出題画像の自動生成の問題も解決される。

3.2 手順

非現実画像 CAPTCHA の作成手順を以下に示す。なお、システムには通常の 3 次元オブジェクトのモデルが大量に登録されていることを前提とする。1 枚の出題画像中に含まれるオブジェクトの個数 N はセキュリティパラメータである。

- ① システムは、3 次元オブジェクトのモデル $N-1$ 体をランダムに選ぶ。
- ② システムは、各モデルに対して、アフィン変換を施すことによってスケールの変更と回転を行う。
- ③ システムは、②の $N-1$ 体のモデルをそれぞれが重ならないように三次元空間平面 α 上に配置する。
- ④ システムは、3 次元オブジェクトのモデル 1 体をランダムに選ぶ。
- ⑤ システムは、④のモデルに対しても、②と同様に、アフィン変換を施すことによってスケールの変更と回転を行う。
- ⑥ システムは、③で設置した $N-1$ 体のモデルの中から、ランダムに 1 体のモデルを選択する。
- ⑦ システムは、⑥のモデルと⑤のモデルの一部が重なるように (⑥のモデルと⑤のモデルがお互いにめり込むように)、⑤のモデルを三次元空間平面 α 上に配置する。
- ⑧ システムは、三次元空間平面 α 上の 3 次元オブジェクト群を二次元画像へ投影することによって、CAPTCHA の出題画像を生成する。
- ⑨ システムは、⑧の出題画像をユーザに提示する。
- ⑩ ユーザは、出題画像中の違和感を覚える部分、すなわち、2 体のオブジェクトがめりこんでいる部分をクリックする。
- ⑪ システムは、正答できたユーザを人間、正答できなかったユーザをマルウェアとして判別する。

本手順で生成した非現実画像 CAPTCHA の出題画像の例 ($N=8$) を図 5 に示す。図 5 では、画面右下に犬と

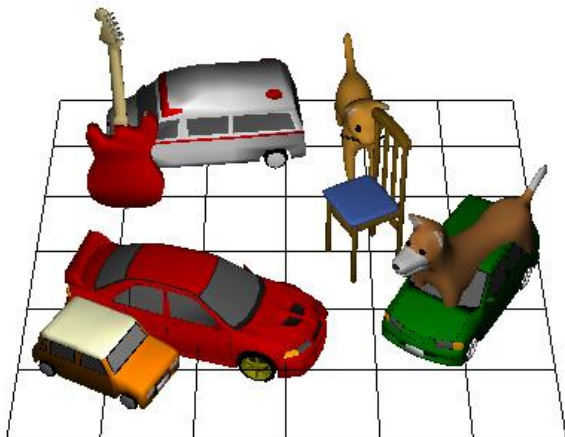


図 5. 非現実画像 CAPTCHA の認証画面例

車がめりこんだ非現実なオブジェクトが配置されている、このようなオブジェクトは、人間の常識から逸脱しているため、人間であれば違和感を覚え、発見することができる。一方、機械にとっては発見することが困難であると推測される。

4 基礎実験

本節では 3 節で示した手順にしたがって、非現実 CAPTCHA のプロトタイプシステムを実装し、基礎実験を行った結果を示す。

4.1 目的

ユーザ（人間）が非現実画像 CAPTCHA に正答することが可能であることを確認する。また、実験後に被験者に対してアンケート調査を行い、非現実画像 CAPTCHA の有用性について調査する。

4.2 実験条件

被験者は情報セキュリティ系の研究室に所属する学生 7 名である。CAPTCHA 画像中のオブジェクト数 N は 25 体（通常のオブジェクト 24 体のうちのいずれか 1 体に、25 体目の通常オブジェクトがめり込むことによって、非現実なオブジェクトが 1 体生成されている）に設定した。各被験者は、3 回行う実験本番の前に、各被験者が十分と思えるまでの回数の練習を行った。練習の 3 次元オブジェクトと本番の 3 次元オブジェクトはすべて異なるものを用いた。なお、用意した 3 次元オブジェクトの総数の関係上、本実験では一つの画像中に同じ 3 次元オブジェクトが複数含まれることがある。練習および本番における各被験者の各回の問題は毎回自動生成を行っており、それぞれ違う CAPTCHA 画像が出題される。

被験者には、提示された CAPTCHA 画像中から「めりこんでいるオブジェクト」をクリックするように指示をした。被験者が、めりこんでいるオブジェクトまたはめり込まれているオブジェクトのどこか一部分でもクリックした場合に正解と判定する。

表 1. 実験結果

	正答率	平均所要時間[秒]
ユーザ 1	3/3	3.4
ユーザ 2	3/3	4.6
ユーザ 3	2/3	12.2
ユーザ 4	3/3	5.2
ユーザ 5	3/3	4.5
ユーザ 6	3/3	2.7
ユーザ 7	2/3	7.5
平均	90.5%	5.7

今回の実験では、各本番問題に対して、出題画像、被験者の回答の正否、回答にかかった所要時間、クリックした位置を記録した。また、実験終了後に被験者にアンケートに回答してもらった。アンケートの質問項目を以下に示す。質問①、③、⑤は 1~5 点の点数で回答してもらった。

- ① 簡単にとけたか（簡単なら 5）
- ② 質問①で 2 や 1 を選択した場合、その理由は何か
- ③ 面倒だと感じたか（面倒でないなら 5）
- ④ 質問③で 2 や 1 を選択した場合、その理由は何か
- ⑤ 面白いと感じたか（面白いなら 5）
- ⑥ 質問⑤で 5 や 4 を選択した場合、その理由は何か
- ⑦ 何問までならば続けて解いてもよいと思うか。また、その理由は何か。
- ⑧ 実際の Web サービス利用の場面で CAPTCHA を解くことが要求された場合、文字判読型 CAPTCHA と非現実画像 CAPTCHA のいずれかを選ぶことができたらどちらを選ぶか。また、その理由は何か。

4.3 実験結果

4.3.1. 正答率と所要時間

ユーザごとに正答率と平均所要時間をまとめた結果を表 1 に示す。表中の「平均所要時間」は本番における 1 問当たりの回答の所要時間の平均（3 問の所要時間の総和を問題数の 3 で割った値）である。

表 1 より、非現実画像 CAPTCHA の正答率は全ユーザの平均で 90.5%（全ユーザ 7 名×3 回=21 回の試行を行ったうち、正当が 19 回、失敗が 2 回）である。

本実験でユーザが失敗した 2 枚の画像について、実験後に検証を行った。ユーザ 3 の間違った出題画像には明らかにめりこんでいる不自然な部分があり、画像に問題はなかったため、被験者の見落としてある可能性が高い。ユーザ 3 に再度その画像を提示して確認をとったところ、ユーザ 3 本人からも見落としたようだとの返答を得ている。一方で、ユーザ 7 の間違った出題画像では、めり込み合っている二つのオブジェクトがほぼ同じ大きさや色を持っており、非現実オブジェクトの同定が困難であった。ユーザ 7 がクリックした座標は、非現実オブジェク

トから大きく離れており、正解オブジェクトを発見することができなかったユーザ7は、やむを得ず、適当なオブジェクトをクリックして誤答となったことが推測された。今後、オブジェクトの色や大きさからオブジェクト間の類似度を求め、類似度が高いオブジェクトどうしはめり込ませないなどの工夫が必要であると思われる。

表1より、非現実 CAPTCHA の回答に要する平均所要時間は1問当たり約5.7秒である。一般的な文字判読型 CAPTCHA の平均所要時間は10秒程度であるため[11]、非現実画像 CAPTCHA は短い時間で解ける CAPTCHA であるといえる。ただし、回答の所要時間は、出題画像中の3次元オブジェクトの数Nや出題画像の難易度（たとえば、非現実オブジェクトの位置や大きさ）に依存すると考えられる。今後はその点についても調査していく必要がある。

4.3.2. 利便性

被験者から得られたアンケートをまとめた結果を表2に示す。

質問①「簡単にとけたか（簡単なら5）」については、4と回答したユーザが最も多く、平均値は4.0となった。難しい（2や1）と回答したユーザには質問②で理由を書いてもらった。その結果、「めり込み方によっては非常に判別し難い」と理由で難しいという結果がユーザ7から得られた。これは、4.3.1節ですでに論じたとおり、回答が困難な画像が出題されたことが原因であると推測される。

質問③「面倒だと感じたか（面倒でないなら5）」については、4と回答したユーザが最も多く、平均値は4.0となっている。面倒（2や1）だと感じたユーザには質問④で理由を書いてもらう形式にしたが、面倒だと感じたユーザはいなかった。

質問⑤「面白いと感じたか（面白いなら5）」については、4と回答したユーザが最も多く、平均値は3.6となっている。面白い（5や4）と回答したユーザには質問⑥で理由を書いてもらった。その結果、「クイズのようで面白かった」「めり込んでいるか被っている（重なっている）だけかを判断するところが面白かった」などといったコメントが得られた。提案手法は、攻撃耐性の向上や自動生成の実現という目標に重きを置いた手法であるが、今回の基礎実験の結果から、提案方式にはエンターテイメント性の向上にも一定の効果があることが示唆された。CAPTCHA を解くことは、正規ユーザ（人間）にとって本来不要（わざわざ自分が人間であることを証明しなければいけない）な作業である。提案方式によって CAPTCHA のエンターテイメント性が高まれば、ユーザも楽しんで CAPTCHA に取り組むことができるようになるため、ユーザの利便性の向上にも寄与するものと期待される。

質問⑦「何問までならば続けて解いてもよいと思うか。また、その理由は何か。」については、すべてのユーザが3と答えた。理由としては、「今回の実験では3問だった

表2. アンケート結果

	① 簡単さ	③ 面倒のなさ	⑤ 面白さ	⑦ 回数	⑧ どちらを選ぶか
ユーザ1	5	3	4	3	非現実画像
ユーザ2	4	4	4	3	非現実画像
ユーザ3	4	5	4	3	非現実画像
ユーザ4	4	4	2	3	非現実画像
ユーザ5	5	5	2	3	文字判読型
ユーザ6	4	4	5	3	非現実画像
ユーザ7	2	3	4	3	非現実画像
平均	4.0	4.0	3.6	3.0	

が、これより増えると面倒に感じると思ったため」「実験で解いた問題数程度であれば、そこまで労力を要しなかったため」「3問程度であれば労力を感ぜなかったため」などといった理由が得られた。実験の問題数（3問）がユーザにとって適切な総数だったという可能性が示唆される一方で、実験の問題数に強く依存している可能性もある。これらについては今後、問題数を変更して実験を繰り返すことで検証していきたい。

質問⑧「文字判読型 CAPTCHA と非現実画像 CAPTCHA のいずれかを選ぶことができたならどちらを選ぶか。また、その理由は何か。」については、文字判読型 CAPTCHA が1名、非現実画像 CAPTCHA が6名であった。非現実画像 CAPTCHA と答えたユーザのコメントとしては、「時間がかからない」「すぐ解ける」「手間がかからない」といった、回答所要時間の短縮を理由としたユーザが多く見られた。また、「クリックするだけで楽」「マウス操作だけで良いのがうれしい」といった、操作性を理由として挙げたユーザも多かった。一方で、文字判読型 CAPTCHA を選択したユーザ（1名）の理由は、「難しさ的には大差がないとしたなら文字 CAPTCHA を選ぶだろう」という理由であった。このコメントからは、十分な理由が把握できないが、文字型 CAPTCHA は現在、多くの Web サービス提供ページで使用されているため、使い慣れているという理由が一因であると推測する。

5 考察

5.1 攻撃耐性

5.1.1. 非現実オブジェクトの検出

非現実画像 CAPTCHA に対する攻撃としては、画像解析によって出題画像中のオブジェクトすべてを抽出し、その中から複数のオブジェクトから生成されているオブジェクトを見つけるという手法が考えられる。すなわち、機械はオブジェクトが「常識的なもの」かどうかは分か



図 6. 花と鉢のオブジェクト

らないが、オブジェクトどうしの「めり込み」を検出しようと試みる攻撃である。しかし筆者らは、次の二点の理由からこの攻撃は困難であると考えている。

第一に、出題画像中には、2体のオブジェクトの位置の前後関係によって、めり込んではいないが重なっているオブジェクトも存在し得る（たとえば、図5中の右上に配置されている「椅子」と「猫」）。人間は空間認識能力が優れているため、重なっているオブジェクトとめり込んでいるオブジェクトを区別できる。しかし、機械にとっては、めり込んでいるか／重なっているかの判別は困難であると推測される。

第二に、3次元オブジェクトの中には複数の物体から構成されるオブジェクトがある（たとえば、図6は「花」と「鉢」から成る一つのオブジェクトである）。今後、画像解析技術が進み、機械が複数の物体から構成されるオブジェクトを一つ一つの物体に分解できたとしても、機械にとって、それが常識に基づいた構成であるか、常識から外れた構成であるかを区別することは困難であると推測される。

5.1.2. 総当たり攻撃

提案方式は、現時点においては、総当たり攻撃に対して課題を残している。マルウェアが画像解析によって出題画像中からすべてのオブジェクトを抽出できれば、マルウェアは、抽出したオブジェクトの総数 $N-1$ （オブジェクトの総数は N 体であるが、その内の2体はお互いにめり込んでいるため、機械には1体に見える）に対して、 $1/(N-1)$ の確率で正答することができる。以下に、この問題に対策するための改善案を二つ述べる。

一つ目の案として、出題画像中のオブジェクト数 N をある程度大きな値にするという方法が考えられる。しかし、オブジェクト数の増加によって正規ユーザにとってのディストラクタが増えるため、回答時間が増加して利便性が低下することが予想される。したがって、オブジェクト数を増やす場合には、非現実オブジェクトを見つけやすくするなどの工夫が必要となる。

二つ目の案として、提案方式を合成オブジェクトの分離問題に発展させて、($N-1$ 体のオブジェクトの中に含まれる非現実オブジェクトを識別した上で) 複数の3次元オブジェクトの中から当該非現実オブジェクトの生成に

使われた3次元オブジェクト2体を選択する形式にするという手法が考えられる。人間であれば、非現実なオブジェクトを見た際に、どのオブジェクトとどのオブジェクトがめり込むことによってその非現実オブジェクトが生成されたのかを見極めることが可能である。一方で、機械が非現実オブジェクトの元になっている2体のオブジェクトを同定することは困難であると推測される。 M 種類の通常オブジェクトの中から非現実オブジェクトの生成に使われた2体のオブジェクトを選択してもらうという形式にした場合、総当たり数は、 $1/M C_2$ の確率となる。($N-1$ 体の中から1体の非現実オブジェクトを選ぶ際の総当たり数を考慮すると、方式全体の総当たり数は $1/((N-1) \times M C_2)$ となる。) 一方で、正規ユーザに対しては、非現実オブジェクトの認識の上に、その組成を分解して、生成に使われたオブジェクトを選択するというメンタルタスクが加わることになるため、回答時間の増加が予想される。この方法がユーザにとってどの程度の負荷であるかは検討していく必要がある。

5.2 自動生成

2節で示したとおり、既存の違和感CAPTCHAには、出題画像の自動生成が困難であるという問題があった。非現実画像CAPTCHAでは、4.2節に示した手順のとおり、3次元コンピュータグラフィックス技術を利用して毎回新しい出題画像を容易に生成することが可能であり、出題画像の完全な自動生成を実現している。多数の3次元オブジェクトのモデルをシステムに登録しておき、使用するオブジェクト、オブジェクトのスケール・回転の大きさといったパラメータを変更することによって、出題画像を無数に生成することが可能である。

6 まとめと今後の課題

本稿では、人間が常識から逸脱したものに対して違和感を覚える能力を利用した「非現実画像CAPTCHA」の提案を行った。人間のより高度な認知能力を利用しているため機械に対する高い攻撃耐性を有し、かつ、出題画像の自動生成が容易である点が、提案方式の特長である。非現実画像CAPTCHAのプロトタイプシステムの実装を行い、基礎実験を行った。基礎実験では被験者7名に非現実画像CAPTCHAを解いてもらい、平均正答率が90.5%、1問当たりの平均所要時間が5.7秒であるという結果が得られた。また、アンケートで利便性を調査した結果、良好な結果が得られた。これらより、提案手法の有用性が示唆された。

今後は、使用する3次元オブジェクトの種類、出題画像中に含まれるオブジェクトの総数、出題数といった条件を変えながら評価実験を繰り返し、提案方式の可用性についてより深く調査していく。また、画像解析や機械学習を利用した攻撃など、総当たり攻撃以外の攻撃に対する耐性についても評価を進めていきたい。

謝辞

本稿で使用した 3 次元モデルは「メタセコ素材! (<http://sakura.hippy.jp/meta/>)」で公開されている素材を利用させていただきました。ここで、作者の方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Unlocking Google's Gmail CAPTCHA, <<http://www.gmailhelp.com/2009/10/unlocking-gogles-gmail-captcha/>>, 2013.12.09 閲覧.
- [2] ASIRRA - Microsoft Research, <<http://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/asirra/>>, 2013.12.09 閲覧.
- [3] J.Yan, A.S.E.Ahmad, "Breaking Visual CAPTCHAs with Naïve Pattern Recognition Algorithms," 2007 Computer Security Applications Conference, pp.279-291, 2007.
- [4] P.Golle, "Machine Learning Attacks, Against the ASIRRA CAPTCHA," 2008 ACM CSS, pp. 535-542, 2008.
- [5] K Chellapilla, K Larson, P Simard, M Czerwinski, "Computers beat humans at single character recognition in reading-based Human Interaction," Proofs(HIPs), 2nd Conference on Email and Anti-Spam (CEAS), 2005.
- [6] YUNiTi.com - Social Networking At Its Best, <<http://www.yuniti.com/>>, 2013 .12.09 閲覧.
- [7] 鈴木徳一郎, 山本匠, 西垣正勝, "4 コマ漫画 CAPTCHA の提案," 2009 年暗号と情報セキュリティシンポジウム予稿集 (CD-ROM), 2009.
- [8] Takumi Yamamoto, J.D.Tygar, Masakatsu Nishigaki, "CAPTCHA Using Strangeness in Machine Translation," Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Information, Networking and Applications 2010, pp.430-437 , 2010.
- [9] 鴨志田芳典, 菊池浩明, "マルコフ連鎖による合成文章の不自然さを用いた CAPTCHA の提案と安全性評価," 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 9, pp. 2156-2166, 2013.
- [10] 植田まさし, 「新コボちゃん 8」, 芳文社, 2006.
- [11] 上原章敬, 鈴木徳一郎, 山本匠, 西垣正勝, "4 コマ漫画 CAPTCHA の検討," 第 52 回コンピュータセキュリティ合同研究発表会予稿集 (CD-ROM), 2011.