



## モバイル端末向けの動的CAPTCHAの改良

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2021-11-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 本田, 佳鈴, 椎谷, 茜音, 岡崎, 直宣, 山場, 久昭, 油田, 健太郎, Honda, Karin, Shiiya, Akane メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10458/00010287">http://hdl.handle.net/10458/00010287</a>

# モバイル端末向けの動的 CAPTCHA の改良

本田 佳鈴<sup>a)</sup>・椎谷 茜音<sup>b)</sup>・岡崎 直宣<sup>c)</sup>・山場 久昭<sup>d)</sup>・油田 健太郎<sup>e)</sup>

## Improvements in a Dynamic CAPTCHA for Mobile Devices

Karin HONDA, Akane SHIYA, Naonobu OKAZAKI, Hisaaki YAMABA, Kentaro ABURADA

### Abstract

In recent years, fraudulent activities such as acquiring a large number of accounts using an automatic program called a bot for Web services have become a problem. To prevent such problems, a Turing test method called CAPTCHA was developed to distinguish between humans and bots. In this research, we focused on the problem that the conventional CAPTCHA method does not fit well with mobile devices and impairs user convenience and improved the easy-to-use dynamic CAPTCHA suitable for mobile devices and examined its practicality. In order to compare the previous study [2] [3] with the improved CAPTCHA, a control experiment was conducted on a mobile device. As a result of the experiment, it was found that the success rate of human beings on the mobile device of CAPTCHA-A is relatively high, and the success rate of CAPTCHA-B is low. It was found that the required time needs to be improved for stabilization. As a result of conducting a questionnaire survey using SUS, the proposed CAPTCHA-A and CAPTCHA-B could not exceed the average score, but CAPTCHA-A was able to exceed the SUS evaluation value of CAPTCHA-3. As a future task, it is necessary to improve the system so that it can be used by many people. In addition, we must verify the attacks by bots.

**Keywords:** CAPTCHA, Mobile device, Game CAPTCHA, Usability

### 1. はじめに

近年、Web サービスに対してボットと呼ばれる自動プログラムを用いてアカウントの大量取得を行うなどの不正行為が問題となっている。このような問題を防止するために CAPTCHA と呼ばれる人間とボットを識別するチューリングテストによる判別手法が開発された。また、スマートフォンなどのモバイルデバイスが登場し、Web サービスにアクセスするためによく利用されている。既存の CAPTCHA 方式の多くはモバイルデバイスにうまく適合できず、Web サイトの登録フォームなどのコンバージョン率の低下の原因となっている。そのため、モバイルデバイスで利用しやすい CAPTCHA の設計が必要である。

本論文では、モバイルデバイスでの利便性を保った文献 [3] の CAPTCHA (以下、CAPTCHA-3) の改良と検討を行う。CAPTCHA-3 は動的な CAPTCHA であり、ランダムかつ連続的に移動するオブジェクトを複数個用意している。その中からユーザが最初に選んだもの 1 つを追跡対象とし、一定時間以上指で追跡できるか否かで人間か機械かを判別する。提案手法 1 の CAPTCHA (以下、CAPTCHA-A) は、オブジェクトそれぞれの大きさをランダムに設定し、大きさが変化するように変更した。変化の度合いとオブジェクトの軌跡から人

間は認識できると考える。提案手法 2 の CAPTCHA (以下、CAPTCHA-B) は、オブジェクトが移動するときにほかのオブジェクトと重なりにくいように変更した。オブジェクトの重なりが少なくなることで人間が認識しやすいと考える。

### 2. 先行研究

#### 2.1 リレーアタック耐性と BOT 耐性の両立を目指したインタラクティブな動画 CAPTCHA

先行研究において、立田らは、ランダムに位置を変える複数のオブジェクト (以降、妨害オブジェクトとする) の中から、連続的に移動するオブジェクト (以降、移動オブジェクトとする) をマウスカーソルで一定時間以上追跡する動画型の CAPTCHA [1] を提案した。(以下、CAPTCHA-1)

立田らの CAPTCHA 方式では、妨害オブジェクトの視覚的特徴 (色、形、大きさ) が移動オブジェクトと全く同じであるため、ボットが CAPTCHA を突破しようとする場合、フレーム画像を解析しようとしても、視覚的特徴が同じオブジェクトが複数個所に存在しているように見え、移動オブジェクトを検出することは困難であった。人間の場合、連続して見ることによって移動オブジェクトを見つけることは容易であるため、CAPTCHA として成立する。

#### 2.2 モバイルデバイスの利用に適した CAPTCHA 方式の検討

この CAPTCHA 方式 [2] は、前述の CAPTCHA-1 をモバイルデバイスでの利用に適した形に変更している (図 1) (以下、CAPTCHA-2)。主な変更点としては、タッチパネル上で

<sup>a)</sup>工学専攻機械・情報系コース大学院生

<sup>b)</sup>情報システム工学科学部生

<sup>c)</sup>情報システム工学教授

<sup>d)</sup>情報システム工学助教

<sup>e)</sup>情報システム工学准教授



図 1. モバイルデバイスの利用に適した CAPTCHA[2]



図 2. モバイル端末向けの動的 CAPTCHA[3]

指を滑らせる仕様にした点と、画面をオブジェクト表示領域と操作領域の上下2つに分割している点である。これは、移動オブジェクトを直接指で追跡する方式にした場合、指に隠れて移動オブジェクトが見えなくなるなどの問題を避けるためである。操作領域に指を置くことで、オブジェクト表示領域の連動した位置に追跡用サークルを表示する。追跡用サークル内に移動オブジェクトを入れ続けることができるか否かでユーザが人間か機械かを判断する。提案されていた論文では、ボット耐性を保持しているかを検証しておらず、セキュリティは保証されていない。1つしかない移動オブジェクトの位置を特定された場合、ボットに追跡される可能性がある。上記の2つの CAPTCHA 方式は、どちらも妨害オブジェクトが短時間に点滅しているように見え、光過敏性発作を引き起こす可能性がある。ユーザビリティの観点から変更の必要があると考える。

## 2.3 モバイル端末向けの動的 CAPTCHA の検討と追跡技術を用いたボット耐性の検証

この CAPTCHA 方式 [3] は、前述の CAPTCHA-2 に変更を加え、ボット耐性の検証を行っている (図 2) (以下、CAPTCHA-3)。主な変更点は、オブジェクトの表示である。前述の CAPTCHA-2 の妨害オブジェクトを消去し、色、形、大きさが同じ移動オブジェクトを複数用意している。これにより、光過敏性発作をなくすることができる。また、オブジェクトそれぞれに色の透明度と透明度の変化の割合をランダムに設定している。オブジェクトの透明度を時間ごとに変化させることで物体追跡技術などを用いたボットへの体制を持たせている。

CAPTCHA-3 は、追跡開始までの時間にばらつきがあり、追跡対象を定めるまでに個人差がある。また移動オブジェクトが重なった場合、人間が移動オブジェクトを見失いやすく追跡が困難になる可能性がある。さらに、動体視力が低い人や高齢者、色覚異常の人には追跡が難しいため、透明度の最低値やオブジェクトの移動速度を調節する必要がある。これらの問題をふまえて、多くの人が使いやすいように変更する必要があると考える。

## 3. 提案手法

本研究では、モバイルデバイスでの利便性を保つ CAPTCHA-3 の改良を目的とする。2章で述べたように、CAPTCHA-3 は、移動オブジェクトが重なった場合、人間がオブジェクトを見失いやすく追跡することが困難になる可能性がある。そのため、多くの人間が使いやすいように変更する必要がある。モバイルデバイスでの利便性を保つために、先行研究の操作領域部分は変更せず、表示するオブジェクトを変更する。

### 3.1 提案する CAPTCHA 方式

提案する CAPTCHA 方式の一つ目 (以下、CAPTCHA-A) は、CAPTCHA-3 のオブジェクトの大きさをそれぞれランダムに設定し、変化するように変更した。オブジェクトの大きさがそれぞれ違うことで、オブジェクトが重なった場合でも人間が追跡しやすいと考える。

提案する CAPTCHA 方式の二つ目 (以下、CAPTCHA-B) は、CAPTCHA-3 のオブジェクトが重なりにくいように変更した。それぞれのオブジェクトの距離を測り、一定の距離を超えた場合は移動ルートを変更する。オブジェクトが重なりにくくなることで、人間が追跡しやすいと考える。

また、提案する二つの CAPTCHA では、オブジェクトの移動速度は先行研究の CAPTCHA-2、CAPTCHA-3 より少し遅く設定した。

複数のオブジェクトから、ユーザが最初に選んだもの1つを追跡対象とし、一定時間以上追跡できるか否かで人間か機械かを判別する。

### 3.2 認証手順

提案する CAPTCHA の認証手順を図 4 に示す。CAPTCHA のプログラムが動作を始めると、初期画面 (図 4(a)) が表示される。画面中のボタン「I'm not a robot」をタップすると、追跡開始画面 (同図-(b)) に移行し、移動オブジェクトが複数個表示される。この段階で、モバイルデバイスの画面では、オブジェクトの表示領域と指での操作領域の2つに上下で分けられている。“touchzone”と表示されている操作領域に指を置くと、オブジェクトの表示領域に追跡用のサークルが出現する。ユーザは touchzone 内で指をスライドさせ、その追跡用サークルを動かし、移動オブジェクトを追うことで、追跡中の状態とする。追跡中の判断基準は、移動オブジェクトの円の中心座標が、追跡用サークルの円内に入っているか否かである。追跡対象が入っていれば、追跡中とみなし、入っていなければ、追跡中でない状態とみなす。

どれか1つ、任意のオブジェクトの円の中心座標が追跡用サークルの円内に合計で1秒以上入ることで、システムは追跡対象を認識する。追跡対象を認識してから10秒計測し、その間に何秒、追跡中となっていたか (以下、追跡成功時間とする。) を人間か機械かの判断基準とする。この追跡成功時間が、設定した閾値よりも長ければ人間、短ければ機械と判断する。

### 3.3 モバイルデバイスでの利便性

オブジェクトの追跡は、タッチパネル上で指を滑らせる動作で実現可能である。文献 [4] における、モバイルデバイスで

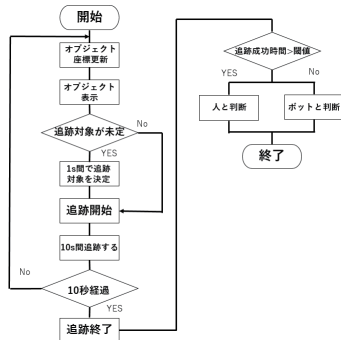


図 3. 提案手法のフローチャート



図 4. 提案する CAPTCHA の構成

の CAPTCHA の推奨設計によると、CAPTCHA の解答方式がタップやスワイプなどに依存するよう設計する必要がある。」としている。提案 CAPTCHA は、文献 [4] のガイドラインを満たす、また、CAPTCHA-3 のオブジェクトの移動速度を調節したことで、動体視力が低い人や高齢者でも追跡しやすいようにしている。

### 3.4 提案手法のセキュリティについて

提案手法の CAPTCHA-A では、色、形は同じ移動オブジェクトを複数用意し、それぞれが色の透明度と大きさを変えながら、交差しながらランダムに動く形式を実装している。そのため、攻撃者がフレーム画像を取得し解析しようとしても、各フレーム画像は、透明度と大きさ以外の視覚的特徴が同じオブジェクトが複数存在するようにしか見えず、透明度と大きさを変えながら交差する移動オブジェクトを追跡することは困難であると考え。提案手法の CAPTCHA-B では、色、形、大きさは同じ移動オブジェクトを複数用意し、それぞれが色の透明度を変えながら、交差しにくいようにランダムに動くという形式を実装している。そのため、攻撃者がフレーム画像を取得し解析しようとしても、各フレーム画像は、透明度以外の視覚的特徴が同じオブジェクトが複数存在しているようにしか見えず、移動オブジェクトを追跡することは困難であると考え。

## 4. 実験と考察

提案 CAPTCHA の有用性について実験を行い、ユーザビリティ評価を調査する。

### 4.1 実験目的

3 章で、提案した CAPTCHA 方式が、ユーザ（人間）による解答が可能なのか確認する。また、実験参加者に対して、

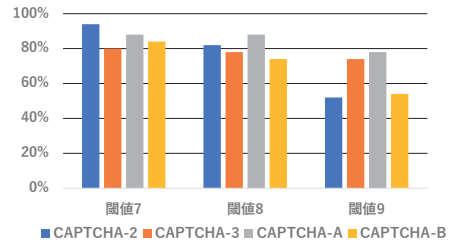


図 5. 成功率 (オブジェクト 5 個)

アンケート調査を行い、提案手法の有用性について検証する。

### 4.2 実験方法

実験は、10 名 (20 代 8 名、50 代 2 名) に参加してもらった。実験参加者には、各自が所有しているモバイルデバイス (iPhone8, iPhone10, iPhone11, iPhone12, Android Pixel 3a) を利用して、提案 CAPTCHA を 5 回ずつ解いてもらい、追跡成功時間と所要時間 (追跡開始までの時間) の計測を行った。また、先行研究の CAPTCHA2, CAPTCHA-3 と比較を行うため、同様に 5 回ずつ解いてもらった。CAPTCHA-3 と CAPTCHA-A, CAPTCHA-B は、オブジェクトの数を 5 個にした場合と、10 個にした場合を解いてもらった。実験後、それぞれの CAPTCHA について、ユーザビリティに関するアンケートを記入してもらう。

### 4.3 実験結果と考察

#### 4.3.1 成功率

成功率は、各実験を 5 回ずつ行ったうち、追跡成功時間が閾値以上になった回数の割合である。適切な閾値を調査するために閾値を 7~9 秒に設定して比較を行った。図 5 と図 6 に各 CAPTCHA の成功率の結果を示す。図 5 は CAPTCHA-3 と CAPTCHA-A, CAPTCHA-B のオブジェクトの数を 5 個にした時の成功率を、図 6 はオブジェクトの数を 10 個にした時の成功率をまとめている。

オブジェクトの数が 5 個の場合、閾値 7 ではすべての CAPTCHA の成功率が 8 割以上で、閾値 8 では 7 割以上であり変化はない。しかし閾値 9 になると CAPTCHA-2 と CAPTCHA-B の成功率は 5 割ほどになり、急激に低下している。閾値 9 での CAPTCHA-2 と CAPTCHA-B の実用は難しいと考える。CAPTCHA-A は CAPTCHA-3 よりも成功率が高いため、十分実用性があると考え。

オブジェクトの数が 10 個の場合、オブジェクトの数が 5 個の時と比べると全体的に成功率が下がっている。閾値 7、8 をみると CAPTCHA-2, CAPTCHA-3, CAPTCHA-A, CAPTCHA-B の順で成功率が低下している。閾値 9 とした時の成功率は、オブジェクト数を 5 個と 10 個にした時ともに、CAPTCHA-A の成功率がほかの CAPTCHA よりも高い。閾値 9 とした場合は CAPTCHA-A が実用的だと考える。

#### 4.3.2 追跡開始までの時間

所要時間は、実験参加者が CAPTCHA を開始してから終了するまで掛かった時間のことである。先行研究の CAPTCHA と提案手法は、追跡の計測時間は同じ 10 秒であるため、所要時間から 10 秒引いた追跡開始までの時間を比較する。各

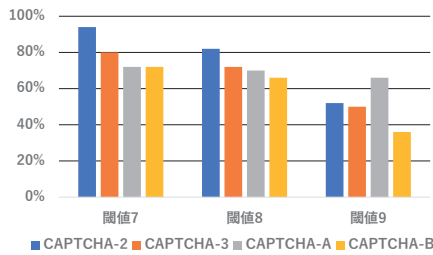


図 6. 成功率 (オブジェクト 10 個)

表 1. 追跡開始までの時間 (秒)

	平均	最大	最小
CAPTCHA-2	1.61	5.09	0.79
CAPTCHA-3 (5 個)	2.98	9.00	1.79
CAPTCHA-3 (10 個)	2.93	11.00	1.79
CAPTCHA-A (5 個)	2.59	15.20	1.79
CAPTCHA-A (10 個)	2.62	8.49	1.69
CAPTCHA-B (5 個)	2.89	10.90	1.79
CAPTCHA-B (10 個)	3.16	7.49	1.59

CAPTCHA の追跡開始までの時間を、表 1 にまとめた。

平均時間を見ると、CAPTCHA-2 が 1.61 で一番短いことがわかる。ほかの CAPTCHA は 2 秒台で、CAPTCHA-B (オブジェクト 10 個) は 3 秒を超えている。CAPTCHA-2 以外の CAPTCHA は追跡する物体を選んでから追跡をしなければならぬため、選ぶのに時間がかかる。CAPTCHA-A は CAPTCHA-3 よりも平均時間が短いため、実用性があると考える。

最小時間を見ると、CAPTCHA-2 が 0.79 で一番短く、ほかの CAPTCHA は 1 秒台であり変化はない。最大時間を見ると、CAPTCHA-A (オブジェクト 5 個) が 15.20 で一番長かかっている。CAPTCHA-2 以外の CAPTCHA では 10 秒以上かかることがあることがわかる。CAPTCHA-3、CAPTCHA-A、CAPTCHA-B は追跡開始までの時間にばらつきがあるため、改善する必要がある。

#### 4.4 ユーザビリティに関するアンケート調査

実験参加者には本実験の後に、System Usability Scale (以下 SUS) [5] によるアンケートを回答してもらった。このアンケート結果に基づいて、提案手法の実用性を確認する。SUS は、ユーザビリティの評価のために多く利用されている 10 項目の質問票であり、奇数項目がポジティブな質問、偶数項目がネガティブな質問となっている。評価する回答番号は、1 (強く反対する) から 5 (強く賛成する) の 5 評価から成り立っている。SUS の評価値は、奇数項目に関しては回答番号から 1 を引く、偶数項目に関しては 5 から回答番号を引いた後、すべての項目を足し合わせた合計値を 2.5 倍した値である。本実験で得られた SUS の得点が、SUS の平均点数である 68 点以上なら、最低限のユーザビリティが確保できたと考えられる。アンケートの結果から得られた SUS の平均点を表 2 にまとめた。

SUS 評価値は CAPTCHA-2 が 67.25 で一番高く、CAPTCHA-B が 61.75 で一番低いことがわかる。CAPTCHA-A は 65.50 で CAPTCHA-2 の値に近かった。し

表 2. SUS の平均点

	全員	20 代	50 代
CAPTCHA-2	67.3	73.4	42.5
CAPTCHA-3	63.0	68.8	40.0
CAPTCHA-A	65.5	71.9	40.0
CAPTCHA-B	61.8	67.2	40.0

かし SUS の平均点数 68 点には、どの CAPTCHA もとどかなかった。先行研究 [2][3] での調査では SUS の値が高かったが、本研究での SUS の値は低かった。これは、実験対象者の年齢構成が関係すると考える。実験対象者が先行研究 [2][3] では宮崎大学工学部生だったのに対して、今回の研究では 10 名のうち宮崎大学工学部生は 5 名で、年代は 20 代が 8 名、50 代が 2 名であった。年代別の SUS の平均点をみると、20 代は CAPTCHA-2、CAPTCHA-3、CAPTCHA-A が SUS の平均点数 68 点を上回っていることがわかる。しかし、50 代はどの CAPTCHA も 40 点ほどで SUS の平均点数 68 点より大きく下回る。

ユーザからの意見として、「オブジェクトが重なったとき、どれを追っているかわからなくなる」、「色が薄くなった時見失いやすい」、「オブジェクトの数が多くなった時見失いやすい」、「色が濃くなった時は追跡がやりやすい」、「CAPTCHA-A はオブジェクトが大きくなる時は見やすく使いやすい」、「CAPTCHA-B で、オブジェクトがぶつかったときに、はねるように移動スピードが急に速くなるため追跡が困難である」、「オブジェクトが下に行ったときカーソルを合わせづらい」、「若い人はできるだろうけど年をとった人は難しい」という意見があった。これについては透明度の調節、CAPTCHA-A での大きさの調節、CAPTCHA-B でのオブジェクトのスムーズな動きの設定、オブジェクトの表示画面やタッチ操作画面の調節、お年寄りでも使いやすいような提案をする必要があると考える。

#### 5. まとめ

本研究では、従来の CAPTCHA 方式はモバイルデバイスにうまく適合できず、ユーザの利便性を損なう問題に着目し、モバイルデバイスに適する使いやすい動的な CAPTCHA の改良をし、実用性について検討を行った。先行研究 [2][3] と改良 CAPTCHA を比較するために、モバイルデバイスでの対照実験を行った。実験の結果、CAPTCHA-A のモバイルデバイスでの人間の成功率は比較的高く、CAPTCHA-B の成功率は低いことがわかった。所要時間については安定化のために改善する必要があることがわかった。SUS を用いたアンケート調査を行った結果、提案した CAPTCHA-A、CAPTCHA-B は平均スコアを超えることができなかったが、CAPTCHA-A は CAPTCHA-3 の SUS 評価値を上回ることができた。今後の課題として、多くの人間が使いやすいようにシステムを改善する必要がある。また、ボットによる攻撃について検証していかなければならない。

## 参考文献

- 1) 立田 怜平, 山場 久昭, 油田 健太郎, 朴美娘, 岡崎 直宣: リレーアタックに耐性を持つインタラクティブな動画 CAPTCHA 方式の検討, 情報処理学会研究報告, Vol.2017-SPT-24, No.11, pp.1-6, 2017.
- 2) 富田 旋, 初 蕾, 山場 久昭, 油田 健太郎, 岡崎 直宣: モバイルデバイスの利用に適した CAPTCHA 方式の検討, 宮崎大学工学部紀要 (47), pp.279-283, 07, 2018.
- 3) 藤 竜成, 水田 陸, 山場 久昭, 油田 健太郎, 岡崎 直宣: モバイル端末向けの動的 CAPTCHA の検討と追跡技術を用いたボット耐性の検証, 宮崎大学工学部紀要 (48), pp.257-262, 07, 2019.
- 4) N.Jiang, H.Dogan and F.Tian: Designing Mobile Friendly CAPTCHAs: An Exploratory Study, Proceedings of British HCI 2017, doi:10.14236/ewic/HCI2017.92, 2017.
- 5) The System Usability Scale (SUS) available from <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>, (2021/02/02 閲覧).