

オノマトペCAPTCHAの 開発と評価

滋野 莉子¹ 山田道洋² 山口通智² 菊池浩明¹ 坂本真樹³

¹ 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科

² 明治大学大学院先端数理科学研究科

³ 電気通信大学大学院情報理工学研究科

研究背景

CAPTCHA

(Completely Automated Public Turing Test To Tell Computers and Humans Apart:
コンピュータと人間を区別するための完全自動化された公開チューリングテスト)

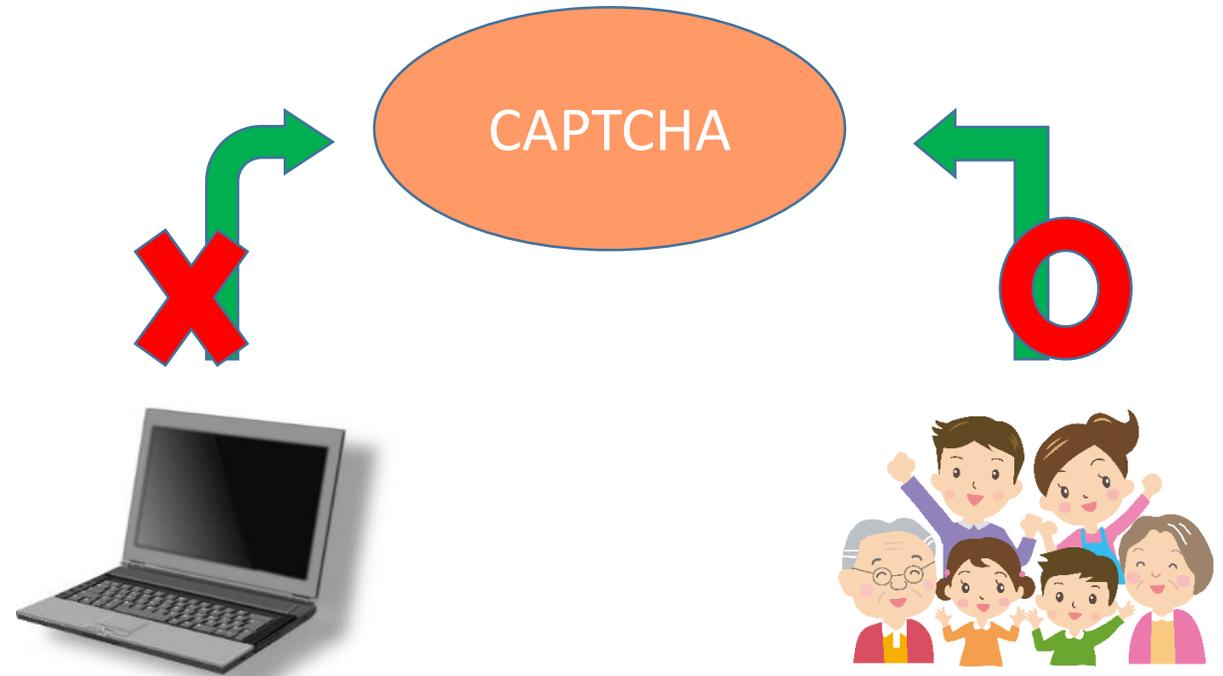
(ex)文字認証型CAPTCHA

画像に表示されている文字を入力してください。

bingoscript

CAPTCHAの必要条件

- (1)人間が容易に解ける
- (2)コンピュータに解くことができない
- (3)問題を自動生成する



オノマトペCAPTCHAの提案

オノマトペ(Onomatopoeias)

「きらきら・つるつる」などの状態をまねた擬態語

「ごろごろ・がちゃん」などものの音や声をまねた擬音語

「わんわん・げらげら」などの人間や動物の声を表す擬声語など。

一般語彙と比べ、臨場感があり繊細な表現をしている。

人間 → 普段無意識に使用している概念であり、理解が容易

機械 → 明確な規則性や解釈の原理が知られておらず困難

オノマトペを使うことで効果的な結果が得られる可能性があると考えた。

オノマトペ辞書

オノマトペ辞典の意味分類から20項目を選出し、全977語登録した。

(小野正弘: 擬音語・擬態語4500日本語オノマトペ辞典)

google翻訳による分類

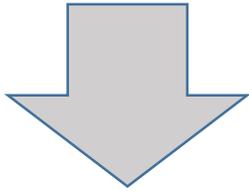
0	オノマトペの意味と正しい意味が翻訳される
1	ローマ字で翻訳される
2	違う意味で翻訳される

オノマトペ辞書

タイプ	人間予測	Google翻訳	語数
A(強)	0(易)	1,2(難)	210
B(弱)	1,2(難)	0(易)	112
C	1	1	59
その他	-	-	596

合成オノマトペ

「やわらかい」
「マイルド」
「なめらか」



ふーよっ
ふのふの
ふにーり

印象評価値の入力

<input checked="" type="checkbox"/> 明るい	<input type="checkbox"/> 暗い	<input checked="" type="checkbox"/> シンプルな	<input type="checkbox"/> 複雑な
<input checked="" type="checkbox"/> 暖かい	<input type="checkbox"/> 冷たい	<input checked="" type="checkbox"/> 好きな	<input type="checkbox"/> 嫌いな
<input checked="" type="checkbox"/> 厚い	<input type="checkbox"/> 薄い	<input checked="" type="checkbox"/> 滑る	<input type="checkbox"/> 粘つく
<input checked="" type="checkbox"/> 安心な	<input type="checkbox"/> 不安な	<input checked="" type="checkbox"/> 鋭い	<input type="checkbox"/> 鈍い
<input checked="" type="checkbox"/> 良い	<input type="checkbox"/> 悪い	<input checked="" type="checkbox"/> 静的な	<input type="checkbox"/> 動的な
<input checked="" type="checkbox"/> 印象の強い	<input type="checkbox"/> 印象の弱い	<input checked="" type="checkbox"/> 洗練された	<input type="checkbox"/> 野暮な
<input checked="" type="checkbox"/> 嬉しい	<input type="checkbox"/> 悲しい	<input checked="" type="checkbox"/> 楽しい	<input type="checkbox"/> つまらない
<input checked="" type="checkbox"/> 落ち着いた	<input type="checkbox"/> 落ち着きない	<input checked="" type="checkbox"/> 男性的な	<input type="checkbox"/> 女性的な
<input checked="" type="checkbox"/> 快適	<input type="checkbox"/> 不快	<input checked="" type="checkbox"/> 弾力のある	<input type="checkbox"/> 弾力のない
<input checked="" type="checkbox"/> かたい	<input type="checkbox"/> やわらかい	<input checked="" type="checkbox"/> つやのある	<input type="checkbox"/> つやのない
<input checked="" type="checkbox"/> 規則的な	<input type="checkbox"/> 不規則な	<input checked="" type="checkbox"/> 強い	<input type="checkbox"/> 弱い
<input checked="" type="checkbox"/> きれいな	<input type="checkbox"/> 汚い	<input checked="" type="checkbox"/> 凸凹な	<input type="checkbox"/> 平らな
<input checked="" type="checkbox"/> 現代風な	<input type="checkbox"/> 古風な	<input checked="" type="checkbox"/> なめらかな	<input type="checkbox"/> 粗い
<input checked="" type="checkbox"/> 個性的な	<input type="checkbox"/> 典型的な	<input checked="" type="checkbox"/> 激しい	<input type="checkbox"/> 穏やかな
<input checked="" type="checkbox"/> 爽やかな	<input type="checkbox"/> うっとうしい	<input checked="" type="checkbox"/> 派手な	<input type="checkbox"/> 地味な
<input checked="" type="checkbox"/> 自然な	<input type="checkbox"/> 人工的な	<input checked="" type="checkbox"/> 陽気な	<input type="checkbox"/> 陰気な
<input checked="" type="checkbox"/> 親しみのある	<input type="checkbox"/> 親しみのない	<input checked="" type="checkbox"/> 洋風な	<input type="checkbox"/> 和風な
<input checked="" type="checkbox"/> 湿った	<input type="checkbox"/> 乾燥した	<input checked="" type="checkbox"/> 洋風な	<input type="checkbox"/> 和風な
<input checked="" type="checkbox"/> シャープな	<input type="checkbox"/> マイルドな	<input checked="" type="checkbox"/> 若々しい	<input type="checkbox"/> 年老いた
<input checked="" type="checkbox"/> 重厚な	<input type="checkbox"/> 軽薄な	<input checked="" type="checkbox"/> 高級感のある	<input type="checkbox"/> 安っぽい
<input checked="" type="checkbox"/> 上品な	<input type="checkbox"/> 下品な	<input checked="" type="checkbox"/> 抵抗力のある	<input type="checkbox"/> 抵抗力のない
<input checked="" type="checkbox"/> 丈夫な	<input type="checkbox"/> 脆い		

オノマトペ生成を完了しました

生成結果

オノマトペ	類似度
ふんにゅり	0.9774095708025782
ふーよっ	0.9603386560341778
ふーにゃ	0.9565462901325436
ふにゅっ	0.9483569128559892
ふのふの	0.9477577496042444
ふにーり	0.9471513497581153
ふにゅん	0.9451145381420097
ふにょ	0.9388887063402697

(清水,坂本他:ユーザの感性的印象に適合したオノマトペを生成するシステム,2015)

提案方式(1/2)

形式1(4択問題)

意味を表す最適なオノマトペをひとつ選択する

(ex)「歩く」にあてはまるオノマトペは？

- ・ばくばく
- ・ぼそぼそ
- ・とことこ
- ・ぎゃはは

(答え)とことこ

形式2(オノマトペ選択)

オノマトペから類似のオノマトペを選択する

(ex)「ぐずぐず」と同じ意味のオノマトペは？

- ・ほくほく
- ・へらへら
- ・ほろほろ
- ・たらたら

(答え)たらたら

提案方式(2/2)

形式3(複数選択)

問題の意味にあてはまるオノマトペを全て選択する

(ex)「喜ぶ」にあてはまるオノマトペを全て選べ

- ・ばくばく
- ・うきうき
- ・ごによごによ
- ・らんらん

(答え)うきうき、らんらん

形式4(画像選択)

辞書の意味をもとに画像検索して画像に合うオノマトペを選択する

(ex)画像の意味と同じ意味のオノマトペを選べ



- ・べらべら
- ・きよろり
- ・どんちゃん
- ・るんるん

(答え)るんるん

評価実験

実験目的

実験1 出題形式による機械受入率MARと人間受入率HARの差

実験2 既存のオノマトペと合成語や認知度による精度の差

実験3 既存のCAPTCHAとオノマトペCAPTCHAの精度の比較

実験4 人間の属性による結果の差

実験方法

提案方式をPHPとSQLで実装した。2017年4月、クラウドソーシングサイトにて募集した54名と学生9名の合計63名の被験者に計84問を解いてもらいアンケートに答えてもらった。

評価方法

HAR(Human Acceptance Rate)

CAPTCHAが人間を受け入れる確率(利便性)

MAR(Machine Acceptance Rate)

CAPTCHAが機械を受け入れる確率(危険性)

精度が高いCAPTCHA → HARが高く、MARが低い

本研究では

HAR → 本実験の正解率(平均HAR)、実験結果から算出した理論値(HAR*)

MAR → ブルートフォース攻撃(MARb)、google翻訳攻撃(MARg)

実験結果

実験1 出題形式の差

形式の違いによる実験結果

形式	1	2	3	4
N	24	21	12	27
MARb	1/4	1/4	1/16	1/4
MARg	15/32	5/14	1/16	1/4
平均HAR	0.845	0.668	0.680	0.852
HAR*	0.822	-	0.704	-
標準偏差	0.			
平均解答時間(秒)	00			
最大解答時間(秒)	03			

4択と画像選択の
HARが高い

形式3の解答数によるHAR

正解数	1	2	3	4
N	3	3	3	3
HAR*	0.704	0.699	0.694	0.688
平均HAR	0.540	0.709	0.720	0.688
平均解答時間(秒)	00:07	00:07	00:07	00:08
最大解答時間(秒)				

正解を含め2択選択している
被験者が多い
→「複数選択」という言葉の
トラップ

理論値

$$p = \Pr(R = m|Q = m) = 0.911$$

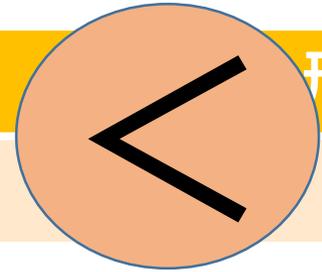
意味の正しくないオノマトペを正しくないと判断する確率

$$q = \Pr(R = w|Q = w) = 0.918$$

	p1	p2	p3	p4			
A	○	×	×	×	$P * q^3$	0.704768396	0.704768
B	○	○	×	×	$p * (1-q) * q^2$	0.062953168	0.031477
					⋮		
						理論値	0.82216

理論値

0.822



形式1の実験結果(SK抜き)

0.891

理論値と実験結果の誤差から考えられる原因は？

- ・複数問題→判別率低下
- ・4択問題→比較や消去法から正解率増加

実験結果

実験2 合成語と辞書、人間の認知度

A,B,Cによる人間受入率

問題パターン	A(最強)	B(最弱)	C(他)
N	15	9	9
平均HAR	0.831	0.757	0.858
平均解答時間(秒)	00:08	00:07	00:06

Aが高く、Bが低い→予想通り
Cが高い→予想外

オノマトペ辞書と合成オノマトペの比較

形式	辞書	合成
		SK
	平均HAR	
1	0.891	0.757
2	0.705	0.444
4	0.894	0.513
	時間	
平均	7.33	8.67

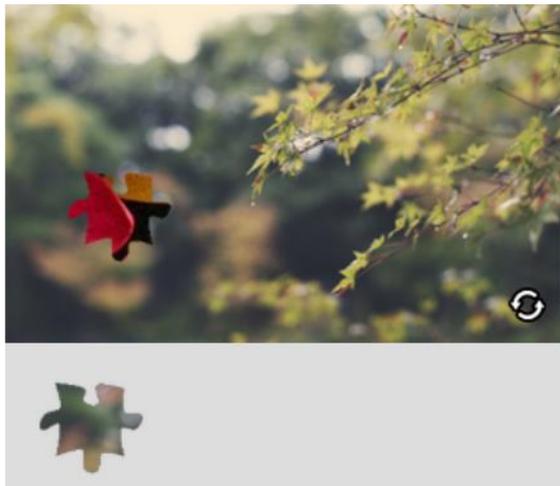
本実験では合成語のMARg=0.0(安全)
人間の受入率(HAR)が低い

実験結果

実験3 既存のCAPTCHAとの比較

パズル型CAPTCHAと画像認証型CAPTCHAを10代から70代までの200名の被験者に対し実験し、精度を比較した。

パズル型CAPTCHA



(Capy)

画像認証型CAPTCHA



(Google ReCAPTCHA)

既存のCAPTCHAとの比較結果

	平均解答時間 (秒)	標準偏差	平均 HAR(%)	標準偏差
オノマトペ	7.00	9.92	0.891	0.092
パズル	9.44	5.23	0.880	0.346
画像	18.07	11.65	0.810	0.388

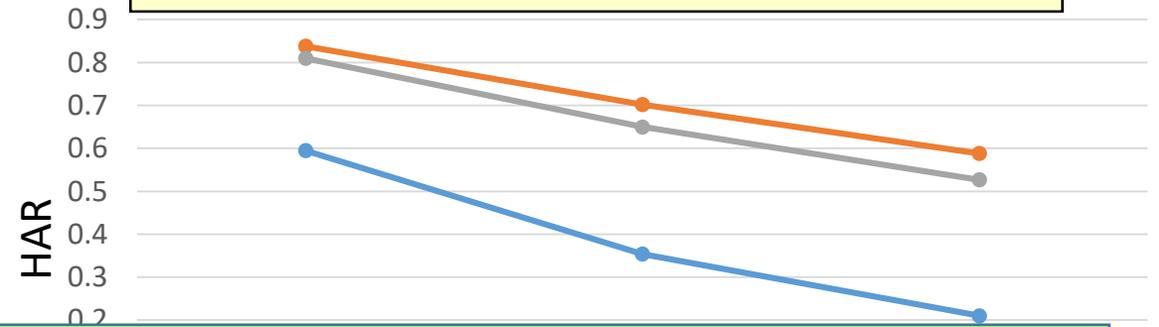
1問あたりで比べると
オノマトペCAPTCHAのHARは高く、
平均解答時間は短い！

機械による安全性

補正をした結果

	MAR b	補正後		
		問題数 x	HAR	解答時間 (秒)
オノマト ペ	1/4	4.5	0.595	31.5
パズル	1/90	1.38	0.838	13
画像	1/512	1	0.810	18.07

補正後の問題数によるHAR



補正後...

オノマトペCAPTCHAのHARは低く、
解答時間は長くなってしまふ

実験結果

実験4 被験者の属性の比較

アンケート調査

- (1)性別
- (2)年齢(10代から60代まで)
- (3)文系か理系か
- (4)この3か月で読んだ漫画の数
- (5)この3か月で読んだ本の数

アンケート結果

	N	平均正解数	平均HAR	平均解答時間
男	29	64.03	0.760	9:47
女	34	66.56	0.792	9:53
10代	8	60.88	0.725	11:27
20代	11	65.55	0.780	10:47
30代	26	66.35	0.790	9:37
40代	15	66.53	0.792	11:02
50代	2	63.00	0.750	10:50
60代	1	63.00	0.750	18:38
文系	43	65.60	0.780	10:45
理系	20	65.40	0.779	10:12
漫画 ($n \geq 10$)	22	64.27	0.765	10:44
漫画($n < 10$)	41	66.00	0.786	10:29
本($n \geq 10$)	18	65.17	0.776	10:21
本($n < 10$)	45	65.49	0.780	10:40

おわりに

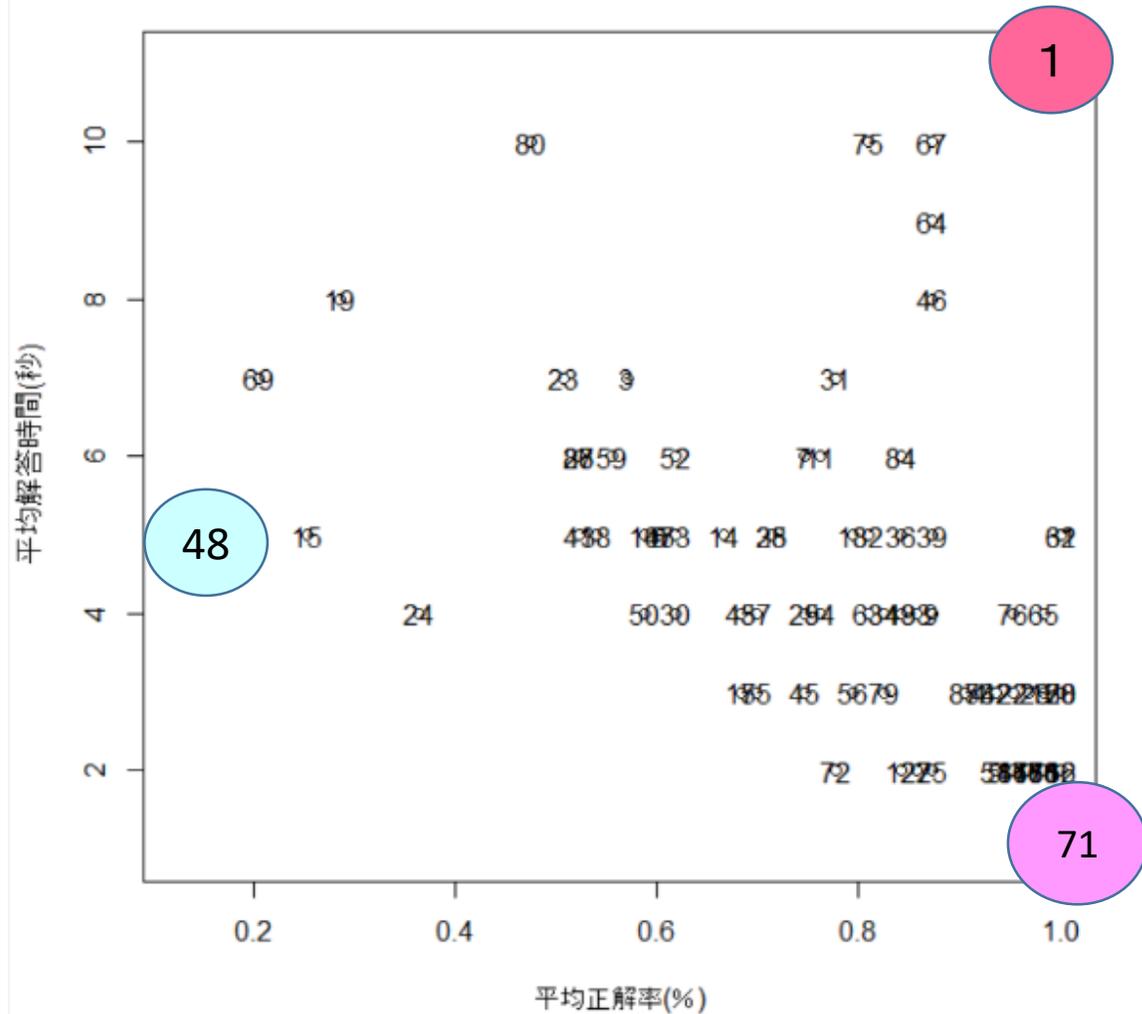
本研究で行ったこと

- ・本研究ではCAPTCHAの抱える問題を解決するために、新しい「オノマトペCAPTCHA」の提案をし、実験を行った
- ・問題を4形式行ったところ、形式1の4択問題と形式4の画像選択のHARが0.8をこえた

今後の課題

- ・今後の課題はオノマトペCAPTCHAのHARを高くして、MARを低くして、より精度の高いCAPTCHAに近づけることである。
- ・MARを低くするためには、選択肢の増加・複数選択・合成オノマトペ・画像を使用するのがよいと考えられる。

問題の散布図(補足)



1 「燃える」オノマトペを選べ(4択)
べらべら・ぎょろり・どんちゃん・るんるん
(答え)べらべら

71 画像に合うオノマトペを選べ(画像選択)



すっ・ぽーん・いけつんつん・うえんうえん
(答え)うえんうえん

48 「はやい」オノマトペ全て(複数選択)
くらり・びゅん・ぼたり・ゆらり
(答え)びゅん

問題生成のアルゴリズム(補足)

4択問題

- (1)意味 S と語 $x \in D_{S,A}$ をランダムに選ぶ.
- (2) $S \neq S1, S2, S3$ となる意味 $S1, S2, S3$ と選択肢 $y \in D_{S1,A}, z \in D_{S2,A}, w \in D_{S3,A}$ をランダムに選ぶ
- (3)意味 S とランダムな順で x, y, z, w を出題する

オノマトペ選択

- (1)意味 S と $x_0, x \in D_{S,A}$ をランダムに選び, x_0 を問題, x を正答にする
- (2)4択問題のアルゴリズムと同様
- (3)出題語 x_0 と選択肢 x, y, z, w をランダムに出題する

問題生成のアルゴリズム(補足)

複数選択

- (1)意味 S とその補集合 \bar{S} について, $1/2$ の確率で, $x \in D_{S,A}$ と, $x \in D_{\bar{S},A}$ どちらかを選ぶ
- (2) y, z, w に対しても(1)同様とする

画像選択

- (1)意味 S で検索した画像上位10枚からランダムに1枚選ぶ
- (2) $x \in D_{S,A}$ をランダムに選ぶ
- (3) $S \neq S1, S2, S3$ 選択肢 $y \in D_{S1,A}, z \in D_{S2,A}, w \in D_{S3,A}$ からランダムに選ぶ
- (4)意味 S とランダムな順で x, y, z, w で出題する

オノマトペ辞書(補足)

オノマトペの解釈容易さの調査結果

	意味	総数(人間予測)		総数(Google翻訳)	
		語数	%	語数	%
0	既知	359	37	262	27
1	未知	280	29	168	17
2	誤解	338	34	547	56
	計	977	100	977	100

オノマトペ辞書

タイプ	人間予測	Google翻訳	語数
A(最強)	0(易)	1,2(難)	210
B(最弱)	1,2(難)	0(易)	112
C	1	1	59
その他	-	-	596

オノマトペ辞書の一部

意味S	A(Ds,A)	B(Ds,B)	C(Ds,c)
燃える	めらめら	ぱちぱち	ぼっ
走る	てくてく	どたん	さっさ
笑う	うはうは	ころころ	うふっ
はやい	ぴゅん	ずんずん	さっさ