



視覚的形式知を利用した3DCG画像CAPTCHAの研究

著者	藤田 真浩
発行年	2017-12
出版者	静岡大学
URL	http://doi.org/10.14945/00025241

(課程博士・様式7) (Doctoral qualification by coursework, Form 7)

学位論文要旨

Abstract of Doctoral Thesis

専攻：情報科学

氏名：藤田真浩

Course :

Name :

論文題目：視覚的形式知を利用した 3DCG 画像 CAPTCHA の研究

Title of Thesis :

論文要旨：

Abstract :

CAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart) は、人間には正解容易であるが、機械には正解困難である問題をユーザへ出題し、正解できたユーザを人間、正解できなかったユーザを機械だと判定するセキュリティ技術である。現在、多くの Web サービス提供サイトにおいては、文字列判読型の CAPTCHA、動物画像の判別を用いた Asirra、3次元の同一物体の認識を用いた YUNiTi CAPTCHA といった、素材の姿形全体に関わる「視覚的形式知」を利用した CAPTCHA が広く採用されている。しかし、これら CAPTCHA は、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。これら CAPTCHA に代わる、機械がより正解困難、かつ、人間に正解容易な CAPTCHA が必要とされている。ただし、CAPTCHA には、人間が正解容易、機械が正解困難であると同時に、「問題の自動生成が容易である」という要求も存在する。

以上の背景より、機械に正解困難、人間に正解容易、かつ、問題の自動生成が容易な、視覚的形式知を利用した新たな CAPTCHA を追求することが本論文の目的である。はじめに、現在までに提案されている視覚的形式知を利用した CAPTCHA とその問題点を指摘する。そのうえで、現在までに提案されている視覚的形式知を利用した CAPTCHA は、「文字列を素材とした形式」「2次元画像を素材とした形式」「3次元モデル (3D モデル) を素材とした形式 (3DCG 画像 CAPTCHA)」のように、素材のモダリティによって3つの分類が可能であり、それぞれの基本形態は、文字列判読型 CAPTCHA、Asirra、YUNiTi CAPTCHA であることを説明する。その後、各基本形態を発展させていく指針として「より精確な視覚的形式知を利用する」「視覚的形式知からの逸脱を利用する」という2つの指針があることを示す。

本論文では、加工が容易である、利用できる次元数が多いといった、3Dモデルのメリットに着目し、3DCG画像CAPTCHAに注目する。3DCG画像CAPTCHAを「より精確な

視覚的形式知を利用する」「視覚的形式知からの逸脱を利用する」という 2 つの指針でそれぞれ発展させる。3DCG 画像 CAPTCHA の基本形態は、前述のとおり、YUNiTi CAPTCHA である。3D モデルの姿形全体に関わる視覚的形式知が利用されている。しかし、YUNiTi CAPTCHA は、類似画像選択攻撃や 3D モデル認識攻撃によって突破される恐れがある。

この課題を解決する 3DCG 画像 CAPTCHA として、より精確な視覚的形式知を利用した「Sketcha」が既に提案されている。Sketcha では、単にモデルの姿形全体だけでなく、そのモデルの「上方向」という知識も利用されている。しかし、すべての 3D モデルに対して「どちらが上か」という情報を付与しなければならないため、問題の自動生成に関して課題があった。さらに、90 度回転であるため、1 問あたりの総当たり数が非常に小さい（4 通り）という課題があった。

また、視覚的形式知からの逸脱を利用した 3DCG 画像 CAPTCHA については、筆者が知る限り、現在まで提案がなされていない。視覚的形式知からの逸脱を認識するためには、その CAPTCHA で利用されている（姿形に関わる）視覚的形式知のすべてを獲得する必要があるため、より精確な視覚的形式知を利用した形式より難しい CAPTCHA を実現できるはずである。すなわち、視覚的形式知からの逸脱を利用した 3DCG 画像 CAPTCHA を提案・追求することは、機械の進化に対抗するために非常に重要な研究課題であると考えられる。

そこで、人間に正解容易、機械に正解困難、かつ、問題の自動生成が容易な 3DCG 画像 CAPTCHA を追求するために、上記の課題を解決する二つの CAPTCHA を提案する。

①より精確な視覚的形式知を利用した 3DCG 画像 CAPTCHA 「Locimetric 型 YUNiTi CAPTCHA」

Locimetric 型（単一の 3D モデルの中の特定部位を選択する方式）の出題形式を採用した形式である。「モデルの姿形全体」に関する視覚的形式知だけでなく、「モデルの部位」というより精確な視覚的形式知を利用した方式である。

②視覚的形式知からの逸脱を利用した 3DCG 画像 CAPTCHA 「非現実画像 CAPTCHA」

3D モデルデータベースから任意に選んだ 2 体の 3D モデルをめり込み合わせることで、人間が今まで「見たことがないであろう（視覚的形式知から逸脱した）形状の」非現実モデルを生成する。そして、複数の通常の 3D モデルの中に、一体の非現実モデルを配置した一枚の画像を CAPTCHA 画像として出題する。画像中の非現実モデルを選択できたユーザを人間として判定する。

これら提案した CAPTCHA が、既存の CAPTCHA と比較して、人間に正解容易、機械に正解困難、かつ、問題の自動生成が容易であることを示す。さらに、以上 2 つの方式を提案・実装・評価した後、2 方式を統括した議論を行う。本議論を通じて、「提案方式の更なる安全性評価手法」「実用化に向けた課題」等を明らかにする。