

アハ体験（一発学習）の研究に適した新しい方法論を提案

<論文名>

Visual one-shot learning as an ‘anti-camouflage device’: a novel morphing paradigm

「カムフラージュを見破る装置」としての視覚的一発学習：モーフィングを用いた新しい手法

Tetsuo Ishikawa^{1,2} and Ken Mogi²

(1) 東京工業大学 大学院総合理工学研究科、(2) ソニーコンピュータサイエンス研究所

Cognitive Neurodynamics 誌オンライン電子版に掲載

<概要>

何かをひらめいた瞬間に「あっ、わかった!」と感じる体験をアハ体験と呼びます。そして、一度気がつくとその瞬間に世界の見え方が変わり、一発で学習が成立することから、一発学習とも呼ばれます。たとえば、白黒のアハピクチャー（隠し絵）が見えるようになることが例として挙げられます。従来、経験と勘に頼った手作業によるしかなかったアハピクチャー作成を、今回、モーフィング技術を用いて系統的に量産する新たな手法を開発しました。そして、曖昧な白黒二値画像から元のグレイスケール画像へと徐々に復元しながら呈示することにより、20秒程度という短時間に高い確率で気づくことができる枠組みを考案しました。この手法を用い、一発学習の持つ性質がいくつか明らかになりました。本研究では、これまで認知実験の俎上に載りにくかった一発学習という「一回性」の体験を科学的に研究する方法論を提案し、創造性の理解を進展させる可能性をより広げるものと期待されます。

<背景と詳細>

「あっ、わかった!」というアハ体験のような現象は創造性の顕れだと考えられますが、その性質を実験的に調べようとするといくつかの困難が伴います。同じ絵は同じ人に対して一度しか使えないため、たくさんの絵を用意する必要があります。しかし、アハピクチャーとして有名なダルメシアンや牛の写真などのような「良い」問題を経験と勘に頼らず作る方法は知られておらず、実験に使える統制された問題が足りませんでした。また、往々にして「良い」問題は絶妙な難しさの問題でもあるため、解けるまでの時間が長すぎて限られた時間内の正答率が低すぎるという問題もありました。数は限られますがこのような「良い」問題を回答があるまですずっと呈示し続ける方法を、静止画呈示法と呼ぶことにします。

別の手法として、脳画像法（PET や fMRI など）の実験では実験時間の制約から、分かるまで待つわけにはいかないので、手っ取り早く、問題を見せた後にすぐに答えを見せてしまうとい

う手法がよく使われます。その後にもた問題を見せると答えを強制的に学習したばかりなので、何が隠されているか先程は気づかなかったものが今度は見えることとなります。これを問題・解答交互呈示法と呼ぶことにします。当然ながら、限られた時間内にほぼ確実に答えに気づかせることができますが、自力で問題を解くという一番知りたい、創造性の関与すると思われるプロセスを省くことになり、重要な部分を調べることが出来ません。

つまり、実験中にアハ体験を観察して調べるためには、制限時間内に解けるような適度な難易度を持ったアハピクチャーを言うなれば大量生産できる方法が必要です。静止画呈示法では、認知努力によって自発的な気づき（自力で解く）を調べることができますが、時間がかかりすぎるという問題がありました。また、問題・解答交互呈示法では、ほぼ確実に学習させることはできますが、強制的に誘発された気づきであり、自発的な気づきの要素を損なうという欠点がありました。そこで静止画呈示法と問題・解答交互呈示法の良いところ取りをできるような折衷案を考えました。まず、ある物体の写ったグレイスケール画像にガウシアンフィルターをかけて輪郭をぼかし（A）、それをさらに白黒二値化して曖昧にした画像（B）を用意します。AやBも広い意味で隠し絵ではありますが、Aは簡単すぎて、Bは難しすぎるのが一般的です。ここでAとBの中間的な画像を用意すれば、適度な難易度のアハピクチャーになることが予想されます。そこで、AとBをモーフィングして連続的に変形することを考案しました（図1：右端がA、左端がB。その中間的な混合状態をそれらの間に示す）。これらをBからAへ1%刻みで0.2秒ごとに変化させ、長さ20.2秒の動画（0%から100%まで全部で101フレーム）を30種類の物体の画像に対して作成しました。

それぞれの動画に対して、何が隠されているか分かるまでの反応時間、またはモーフィングレベルを難易度の指標とすることができます。すると様々な難易度の問題が作れました（図2）。次に、分かるまでの時間が短ければ短いほど、その答えが正しいと確信するという関係性が見出されました（図3）。近年提唱されている洞察（ひらめき）の流暢性理論（ある認知処理が素早くなされるほど、確信度が上がり、より真実だと感じるという理論）が、視覚的一発学習においても成立することを示唆します。反応時間の解析には、時間切れ（打ち切り）データが存在し、平均値などが単純に計算できないことから、生存時間解析を用いました。また、答えが合っていたときにだけ、二度目に同じ問題を見たときに答えるのが早くなり（図4）、かつ確信度も上がりました。このことから、一発学習が正しく成立したかどうかは、同じ問題を二度目に見たときの反応から確認できました。この応用として、何が見えたか答えを報告してもらわなくても、反応時間の差などから正答だったか当てることができるようになるかもしれません。さらに、答えの確信度と、客観的な正答率が正の相関を示しました（図5）。答えを聞く前に、自分の答えが正しいか間違っているか分かっていることとなります。すなわち、正確にメタ認知（「自分が認知していること」を認知していること）できていたということの意味しています。

<まとめとポイント>

- 1, 新しいアハピクチャーの作成手法および提示方法を開発。アハ体験研究の可能性を広げる
- 2, それを使って、流暢性理論が視覚的一発学習において成り立つことを示唆した
- 3, 初見だけでなく、二回目に同じ絵を見たときの反応を調べることで、正しく一発学習できていたかどうか確認できた
- 4, 答えを聞く前に、自分の答えの正誤が分かる=正確にメタ認知できていることがわかった
- 5, この手法を用いて様々な難易度のアハピクチャーを作成でき、今後の研究に応用できる

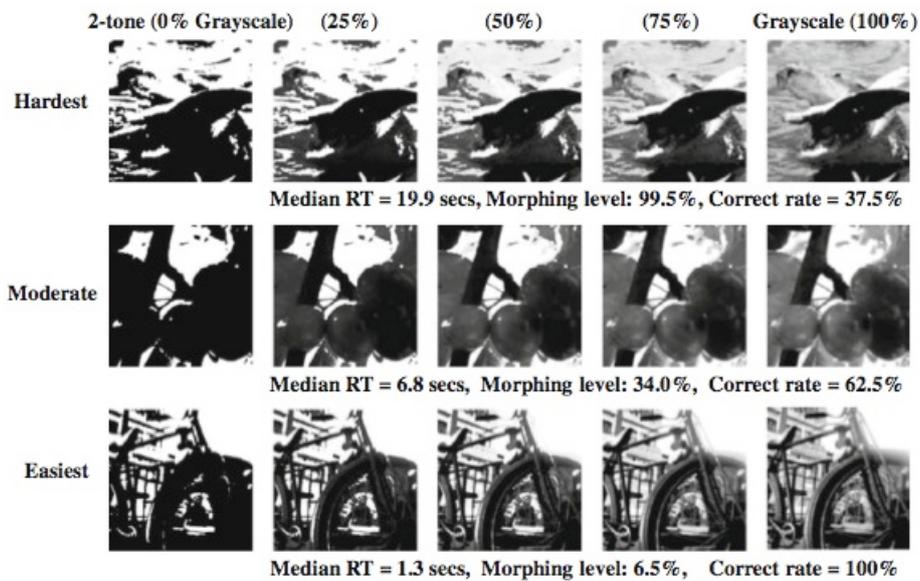


図1、モーフィングを用いて適度な難易度のアハピクチャーを作成する ※

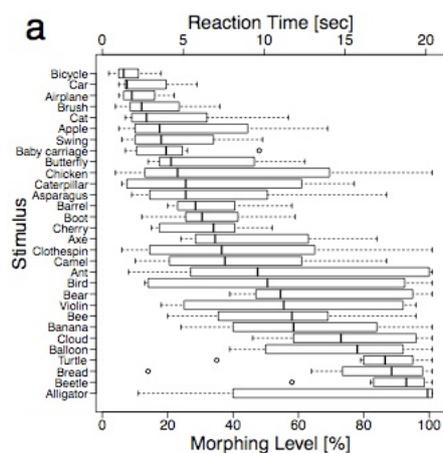


図2、30種類の刺激それぞれの難易度（モーフィングレベル／反応時間）の分布

(※ 図1の答え：上から、ワニ、サクランボ、自転車)

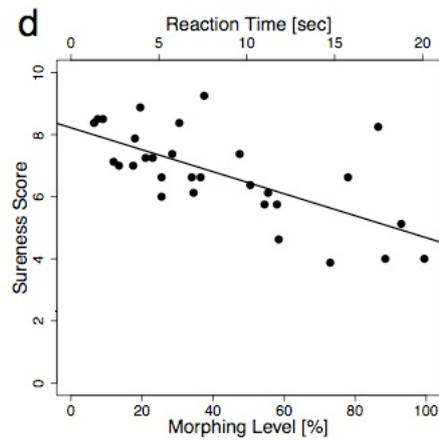


図3、流暢性理論の検証（横軸：左に行くほど流暢性高い、縦軸：上に行くほど確信度高い）

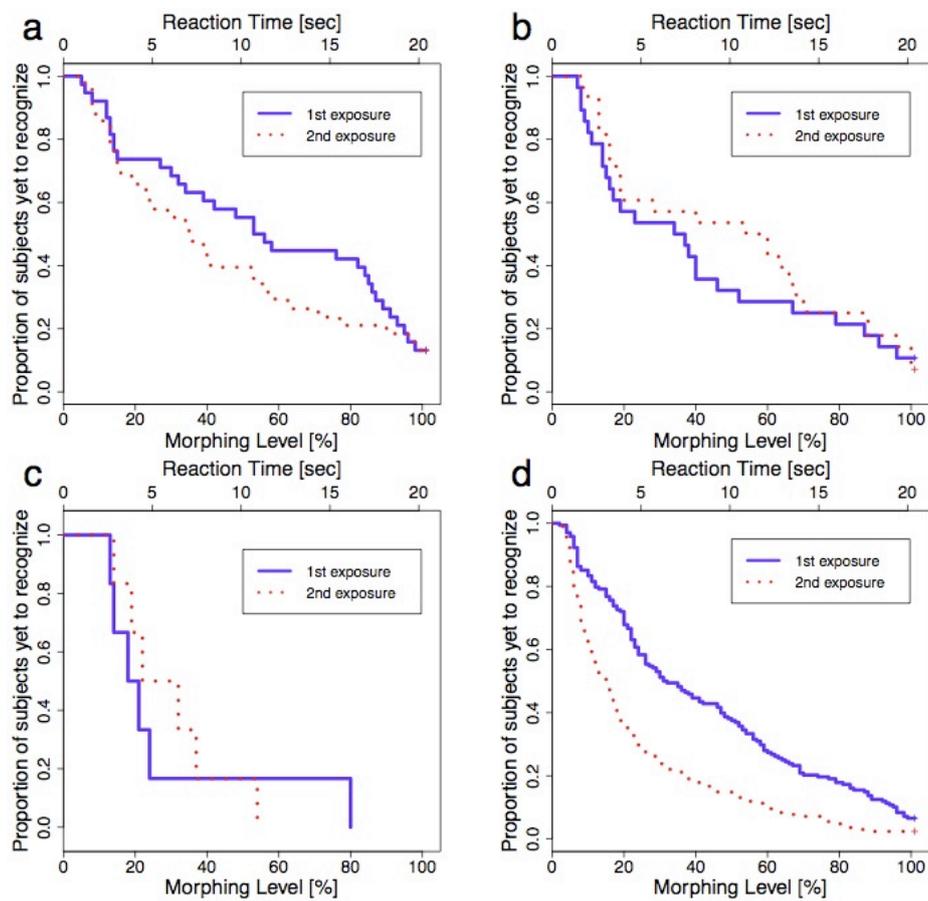


図4、横軸：モーフィングレベル／反応時間、縦軸：まだ気づいていない人の割合

1回目と2回目それぞれの回答の正誤で試行を4通りに分類して分析：

(a) 誤答・誤答、(b) 誤答・正答、(c) 正答・誤答、(d) 正答・正答

(d)の1回目と2回目ともに正答の場合のみ、2回目に1回目より正答時間が早くなっている

= 正しく一発学習して覚えていた場合にだけ、2回目以降答えに早く気づける

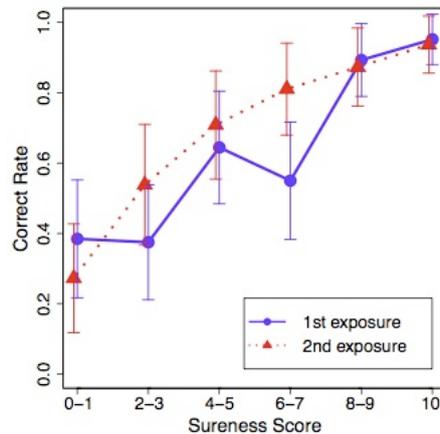


図5、横軸：確信度と縦軸：正答率の関係（1回目も2回目も正の相関）

最後に、論文タイトルにある「カムフラージュを見破る装置」というのは、神経科学者の V.S. ラマチャンドランが、ヒトも含めた動物が、部分的に遮蔽された物体（たとえば天敵など）を見つけるために主観的輪郭（例：カニツアの三角形）などを知覚するような視覚系を発達させたという説を唱えるのに導入した概念です。視覚系がさらに進化して、その延長線上にアハピクチャー知覚があると考えれば、一般化した「カムフラージュを見破る装置」として視覚的一発学習を捉えることも出来るのではないかという思いを込めました。

この成果は Springer 社の刊行する学術誌 *Cognitive Neurodynamics* に掲載される予定です。それに先駆け、オンライン電子版が 8 月 30 日付けで出版されました。

<問い合わせ先>

石川哲朗 tetsuoishikaha@gmail.com

東京工業大学 大学院博士後期課程

ソニーコンピュータサイエンス研究所 実習生

茂木健一郎 kenmogi@qualia-manifesto.com

ソニーコンピュータサイエンス研究所 シニアリサーチャー