

画像認証システムによる本人認証 (2) : 画像の種類及び再認のテスト反復効果

宮代こずゑ[†] 原田悦子[†] 高橋知世^{††} 北神慎司^{††} 須藤智^{†††}

問題点が浮き彫りになりつつあるパスワード認証に代わるものとして、近年、画像を用いた画像認証システムが提案されてきている。これは従来の本人認証システムと比較して要求される認知的負荷が低く、現代社会において要求される「人にやさしい本人認証」の可能性を持つものである。しかし、実用化に当たり、使用される画像種類による違いや、認証という反復テストの効果やダミー画像の反復呈示の影響に関して検討する必要がある。そこで本研究では、実験参加者が持参した自伝的記憶画 (autobiographical picture; AB 画像) 及び実験者が用意した画像の中から参加者が選んだ自己選択記憶画像 (self-selected picture; SS 画像) という 2 種類の画像を使用し、長期の再認実験を実施した。3 週間毎に 2 回の再認を実施した結果、AB 画像のほうが SS 画像と比べ再認成績が高かったが、いずれも 3 週間の遅延にもかかわらず再認 2 回目の方が再認成績は向上しており、テスト効果が示唆された。加えて、以前に見たダミー画像を再使用することにより再認成績が低下することが示された。

Picture-authentication System (2): Can users pick their own pictures correctly?

KOZUE MIYASHIRO[†] ETSUKO T. HARADA[†]
TOMOYO TAKAHASHI^{††} SHINJI KITAGAMI^{††} SATORU SUTO^{†††}

Because of the problems lately highlighted in password authentication, the picture-authentication system (using pictures of individuals for identification) has been suggested. This system requires low cognitive load compared with conventional person authentication systems and has potential for introducing the “the human-friendly authentication,” required in the modern society. However, some issues that arise in constructing a safe and easy-to-use picture-authentication system are yet to be resolved. For example, effects of repetition on recognition tests, i. e., use of the same pictures repeatedly as dummies, and differences between autobiographical and non-personal pictures. Long-term recognition experiments were conducted using two types of pictures: autobiographical (AB, those brought by the participants) and self-selected (SS, those chosen from a given set of pictures by the participants). Results of two recognition tests (three or six-week delay from learning) showed that when AB was used, recognition performance was slightly higher and confidence rates were much better than when SS was used. In the second test, both AB and SS showed large improvements in performance. However, recognition performance decreased when the same dummies from previous tests were used compared to when the new dummies were used.

1. はじめに

急速に情報化が進展しつつある現代社会において、各種のサービスを受けるため、ユーザが端末を用いて情報ネットワークにアクセスする過程は日常的な事象となり、多くの一般ユーザが本人認証のためのパスワードや暗証番号を数多く所有している。2011 年に実施された調査によれば、1 人のユーザが ID とパスワードを入力してアクセスする平均ウェブサイト数は 19.4 個である一方で、ユーザが覚えていられる ID・パスワードの組は平均でわずか 3.1 個である (野村総合研究所, 2012)。パスワードのセキュリティを高める為にサービスごとに異なるパスワードを用いることが推奨されているが、これはユーザの認知システムにとって過大な負荷となっているのである。同じく推奨されているパスワードの伸長、複雑化及び定期的な変更に関しても

結果としてパスワードのメモ書きや使いまわしを助長し、却って安全性低下の一因を作り出していると言える。認証手段にはパスワード等を用いる記憶照合の他に本人の身体的特徴 (指紋や静脈) を用いる生体照合や、IC カード等を用いる所有物照合も存在する。しかし後者の 2 つは意識が明確でない状態においても使用可能であるという危険性を併せ持っているため、記憶照合と組み合わせる補助手段として利用すべきであるという主張がなされており (鶴野ら, 2010)、結局、問題の解決には至っていない。

2. 画像認証システム

2.1 新しい形の本人認証

前述の問題を解決するため、近年、新しい本人認証システムである「画像認証システム」が提案されてきている。これは本人が事前に登録した画像を再認することにより認証を行うシステムである。一般に、再認課題は再生課題よりも容易であり、加齢による成績低下も受けにくい (Schonfield and Robertson, 1966)。また、画像のほうが言葉よりも覚えられる量が多く (Shepard, 1967) 覚えていられ

[†] 筑波大学
University of Tsukuba
^{††} 名古屋大学
Nagoya University
^{†††} 静岡大学
Shizuoka University

る時間も長い (Nelson, Metzler and Reed, 1974) ということが報告されている (画像優位性効果; pictorial superiority effect). さらに, 記憶研究において自己選択効果 (self-choice effect) という現象が知られている. これは, 複数の学習項目の候補の中から被験者が自分で学習したい項目を自由に選択できる自己選択の場合の方が, 他者により指示された学習項目を強制選択するよりも, その記憶成績が高くなる現象のことである. 自己選択効果は Perlmutter, Monty and Kimble (1972) が初めて実験によって示して以来, 様々な条件下で検討が行われてきており (レビューとして, 渡邊, 2011) 画像材料 (線画) を記名項目とした再認においても生起することが確認されている (高橋, 1993).

つまり, 認知心理学的知見からすると, 画像認証システムを利用する際に要求される認知的負荷は, 従来の本人認証と比べて低いのである.

2.2 検討すべき問題

しかしながら, これまでの画像再認に関する基礎的研究では明らかにされてこなかった問題がいくつか存在する. 一つには, 認証に使用される画像の種類による再認成績の相違に関する問題が挙げられる. Norman (2004) は「個人的な写真の力は, 見る人をそれにまつわる出来事のあった時へと運んでくれるその力にある」と述べている. 認証用に登録する画像が本人のエピソード記憶を惹起する自伝的記憶画像 (AB 画像; autobiographical picture) であれば, そうした画像は認証用データとして意図的に記憶することを必要としないために, さらに負荷を低減できると考えられる. それに対し, 任意性の高い画像を選択して登録する自己選択記憶画像 (SS 画像; self-selected picture) を用いた場合にはどの程度の負荷の減少がもたらされるかに関しても, 比較検討する必要がある. また認証システムは通常の記憶実験と異なり複数回にわたって記憶のテストが行われる. そうした影響の検討も不可欠であり, さらに複数テスト間のダミー画像の反復提示の影響に関しても未検討のままである.

2.3 本研究の目的

高度に情報化した高齢化社会において誰もが平等にサービスを受けられるようにするためには, 誰にとっても使いやすい認証システムの構築が必要である. また, 2011年3月11日に発生した東日本大震災から学び, 例えば大規模災害時において保険証を紛失した場合でも医療機関において全額を負担する必要がなくなるよう, どんな状況においても使いやすい本人認証システムを作ることが課題となっている. 前項で述べたとおり, 画像認証はこの「人にやさしい本人認証システム」の可能性を持つものであるが, 実用化に際して検討されるべき点もある. そこで本研究では, 実験参加者が持参した AB 画像及び実験者が用意した画像セットの中から参加者が選んだ SS 画像という 2 種類の画像を使用し, 3 週間の遅延をおいた再認実験を 2 回に渡っ

て実施する.

3. 実験

3.1 方法

3.1.1 実験参加者

本実験には, 大学生及び大学院生 21 名 (男性 7 名, 女性 14 名, 平均年齢 19.67 歳 \pm 2.15) が参加した.

3.1.2 実験計画

独立変数は, 「画像の種類 (AB 画像/SS 画像)」, 「再認の回数 (1 回目/2 回目)」, 「2 回目の再認におけるダミー画像が 1 回目と同じかどうか (同じ/違う)」, 「SS 画像におけるダミー画像が, 学習段階で見たものかどうか (見た/見ていない)」であり, 従属変数は正再認率 (学習段階において参加者自身が登録した画像を 1 回目の回答で正しく選択できた割合, チャンスレベルは 0.25), 確信度 (6 段階評定: 自信がない (1) ~ 自信がある (6)), 反応時間であった.

3.1.3 実験装置と材料

装置はタッチパネル型パーソナルコンピュータを使用した. AB 画像は実験参加者が持参した画像 (24 枚) を使用し, その際のダミー画像には名古屋大学にて収集した画像 (715 枚) を用いた. SS 画像としてはフリー画像素材ウェブサイト (<http://pro.foto.ne.jp/>) から入手した画像 (276 枚) を使用した. AB 画像については, 研究参加者自身が Picasa 3 (Google フリーソフト) を使用して登録時に画像編集 (トリミング) を行った. 再認時のすべての画像は 144x144 ピクセルの大きさに提示された.

3.1.4 手続き

すべての実験は個別あるいは 3 名までの小グループで実施された. 実験は, 学習段階, 再認 1 回目, 再認 2 回目の 3 段階に分けられて実施された (図 1).

(1) 学習段階

PC 上で画像の登録作業を行った. AB 画像として, 参加者が持参した画像 24 枚を参加者自身が正方形にトリミン

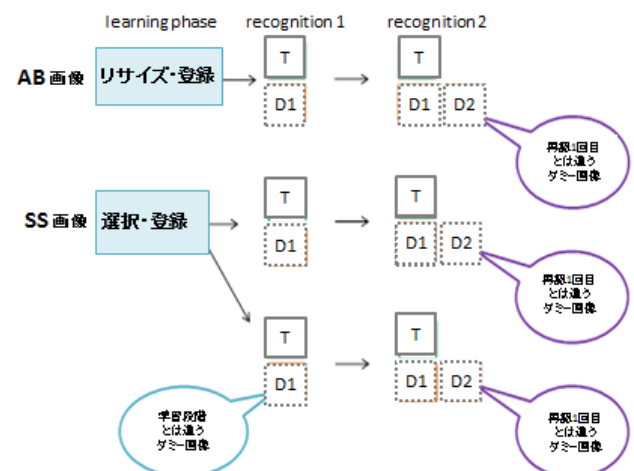


図 1 画像認証実験の構成

Figure 1 Design of the picture-authentication experiment.



図 2a AB 画像の例 図 2b SS 画像の例
Figure 2a Example of a AB picture.
Figure 2b Example of a SS picture.



図 3 1 登録画像と 3 ダミー画像の AB 画像セット例
Figure 3 Example of a recognition test (AB picture set): a registered picture and three dummy pictures.

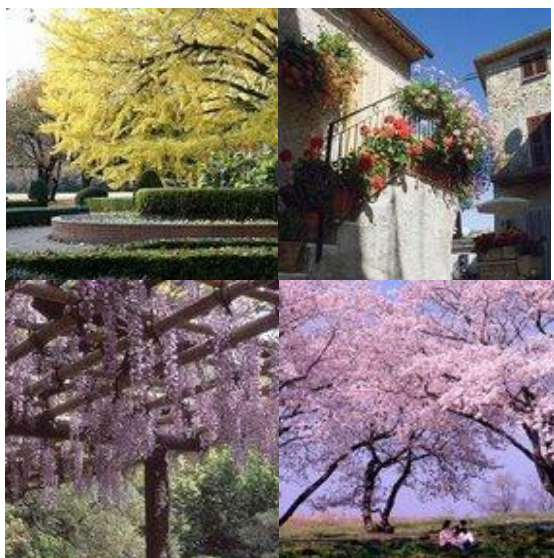


図 4 1 登録画像と 3 ダミー画像の SS 画像セット例
Figure 4 Example of a recognition test (SS picture set): a registered picture and three dummy pictures.

グならびにリサイズして登録した (図 2a). また SS 画像として、候補の画像 72 枚の中から、24 枚を選択して登録した (図 2b). 参加者には「3 週間後にまた来て頂き、実際にシステムを使ってみた使用感などについてお話を伺います」と教示し、学習段階は終了となった。

学習段階からおよそ 3 週間後に実施された。事前に登録画像 1 枚に対して 3 枚のダミー画像がマッチングされており、その 4 枚の画像セットが 1 試行ごとに提示された (図 3, 図 4).

(2) 再認 1 回目 (Rcg1)

再認課題は強制選択法であった。PC 画面上に注視点が 1000ms 提示された後、4 枚の画像セットが呈示され、その中から学習段階に参加者自身が登録した画像 1 枚を選択させた。また、回答毎にその確信度 ((1) 自信がない ~ (6) 自信がある) を 6 段階で判断させた。誤答の場合は正答するまで同じ試行を、最大 4 回まで繰り返し、その都度確信度を判断させた。練習 2 試行の後、AB 画像ならびに SS 画像各 24 試行がランダムな順に実施された。SS 画像は、さらに、「学習時に提示されたが登録画像として選択されなかった画像」がダミー画像として提示される試行と、「学習段階では提示されなかったダミー画像が用いられる試行」とに分割されていた。

(3) 再認 2 回目 (Rcg2)

再認 1 回目から 3 週間後 (学習から約 6 週間後) に実施された。AB 画像、SS 画像各 24 試行の内、半数は Rcg-1 のときと同じダミー画像が提示され (Rcg2-S)、残りの半数は異なるダミー画像と共に提示された (Rcg2-D)。それ以外の手続きは再認 1 回目と同様であった。

4. 結果と考察

4.1 正再認率

4.1.1 再認条件 × 画像の種類分析

再認条件 (Rcg1/Rcg2-S/Rcg2-D) と画像の種類 (AB/SS) を独立変数、正再認率を従属変数とした二要因参加者内分散分析を実施した。各水準における正再認率を図 5 に示す。結果、画像の種類の主効果が認められ ($F(1,20)=9.199$, $MSe=.001$, $p=.007$)、全体的に AB 画像の正再認率の方が SS 画像と比較して高いことが明らかになった。また、再認条件の主効果が 5% 水準で有意 ($F(2,40)=5.158$, $MSe=.007$, $p=.010$) であったため多重比較を実施した。結果、Rcg1 と Rcg2-D の間差が 1% 水準で有意 ($p=.005$) であった。このことから、Rcg1 と Rcg2-D の間には 3 週間の遅延がおかれていたにもかかわらず Rcg2-D の方が正再認率は向上していることがわかる。一般には、再認成績は時間の経過に伴い低下するが、本研究では「正解するまで同じ試行を反復する」というパラダイムをとっていたためか、あるいはテストすることにより学習が強められ忘却が低減される「テスト効果 (testing effect : レビューとして、Roediger &

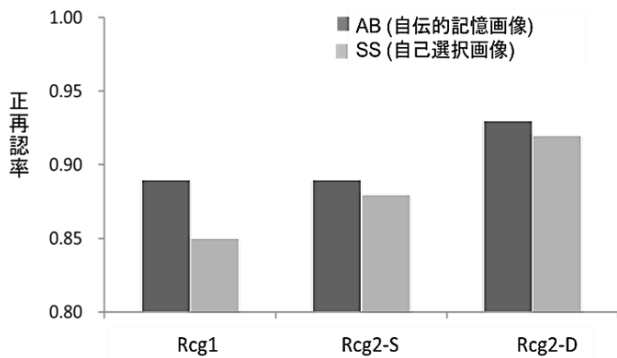


図 5 再認条件及び画像種類による正再認率の差. 再認条件「Rcg1」, 「Rcg2-S」, 「Rcg2-D」はそれぞれ「再認 1 回目」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目と同じダミー画像が提示された試行」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目とは違うダミー画像が提示された試行」を表す.

Figure 5 Mean of the correct recognition rate by recognition condition and the picture. Recognition condition "Rcg1", "Rcg2-S" and "Rcg2-D" mean "first recognition", "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition" and "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition".

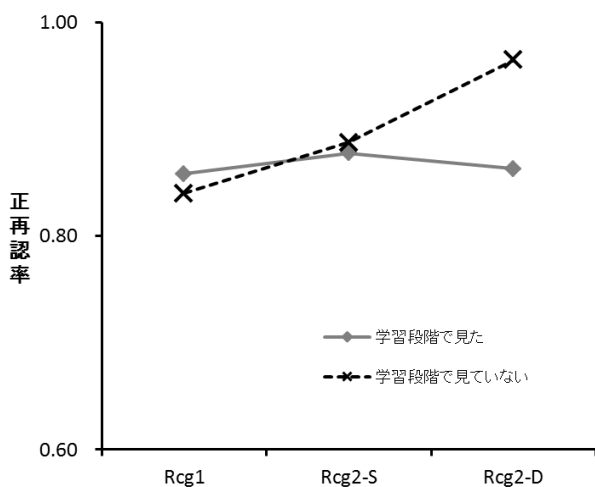


図 6 SS 画像に関して, 再認条件, 及びダミー画像の学習段階での提示の有無による正再認率の差. 再認条件「Rcg1」, 「Rcg2-S」, 「Rcg2-D」はそれぞれ「再認 1 回目」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目と同じダミー画像が提示された試行」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目とは違うダミー画像が提示された試行」を表す.

Figure 6 Means of the correct recognition rate by recognition condition and dummy picture condition in SS picture. Recognition condition "Rcg1", "Rcg2-S" and "Rcg2-D" mean "first recognition", "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition" and "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition".

Karpicke, 2006)」によるものか, 記憶の増強が生じたと考えられる.

しかし, Rcg2-S と Rcg2-D の間の差が有意傾向 ($p=.099$) であり, Rcg1 と Rcg2-S の間に差はなかった ($p=1.000$) ことから, 以前の再認課題で提示されたダミー画像を再使用することにより正再認率が低下する傾向があることが示された. 但し, 頻繁に生じる本人認証においては常に新奇なダミー画像を用いるということはセキュリティ面に問題が発生する可能性があるため, この結果を直接的に認証システム構築に活かすには様々な考慮・工夫が必要であろう.

4.1.2 SS 画像におけるダミー項目の出自の比較 (正再認率)

SS 画像について, 再認条件とダミー画像の学習段階での提示の有無の 2 要因参加者内分散分析を実施した. 各水準における正再認率を図 6 に示す. 結果, 交互作用に有意傾向 ($F(2,40)=2.685, MSe=.015, p=.080$) が認められた. 単純主効果検定の結果, 学習段階において提示されなかったダミー画像における再認条件の単純主効果が 1%水準で有意 ($F(2,40)=9.575, MSe=.009, p<.001$) であり, 多重比較の結果が「Rc1」と「Rc2-D」の間の差が 1%水準で有意 ($p=.002$), 「Rc2-S」と「Rc2-D」の間の差が 5%水準で有意 ($p=.019$) であったことから, 学習段階での提示が無いダミー画像が再認 2 回目で初めて提示された時には, 再認がより容易に行えることが示された.

4.2 確信度

4.2.1 再認条件×画像の種類分析

再認条件 (Rcg1/Rcg2-S/Rcg2-D) と画像の種類 (AB/SS) を独立変数, 確信度を従属変数とした二要因参加者内分散分析を実施した. 各水準における確信度を図 7 に示す. 確信度に関しても一貫して, AB 画像の方が SS 画像よりも確信度が高かった ($F(1,20)=9.215, MSe=.498, p=.007$). 参加者は AB 画像を提示された時に, SS 画像と比較して, より「自分が覚えていることをわかっている」というメタ認知を持つことがわかる.

4.3 反応時間

4.3.1 再認条件×画像の種類分析

再認条件 (Rcg1/Rcg2-S/Rcg2-D) と画像の種類 (AB/SS) を独立変数, 反応時間を従属変数とした 2 要因参加者内分散分析を実施した. 各水準における反応時間を図 8 に示す. 再認課題における第 1 反応時の RT (正答時のみ) に関して, 再認条件の主効果は 1%水準で有意 ($F(240)=24.786, MSe=.006, p=.000$) であった. 多重比較を実施したところ, Rcg1 と Rcg2-S の差及び Rcg1 と Rc2-D の差が 1%水準で有意 ($p<.001; Rc1>Rc2-S$) であったことから, 再認 2 回目の方が 1 回目より素早く回答出来るようになっていることが確認された. AB 画像と SS 画像の主効果は有意ではなく ($F(1,20)=.053, MSe=.002, p=.820$), 交互作用もみられなかった.

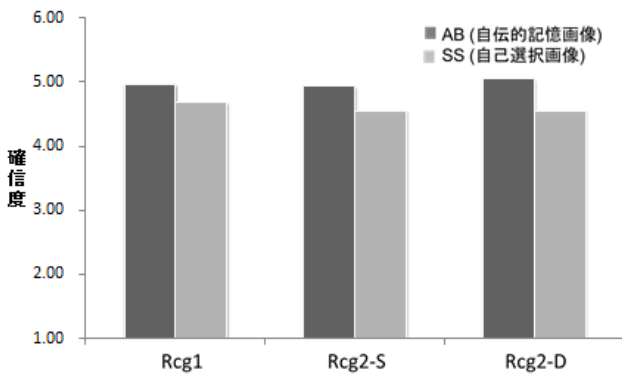


図 7 再認条件及び画像種類による確信度の差. 再認条件「Rcg1」, 「Rcg2-S」, 「Rcg2-D」はそれぞれ「再認 1 回目」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目と同じダミー画像が提示された試行」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目とは違うダミー画像が提示された試行」を表す.

Figure 7 Differences in the confidence judgments by recognition condition and the picture. Recognition condition "Rcg1", "Rcg2-S" and "Rcg2-D" mean "first recognition", "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition" and "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition".

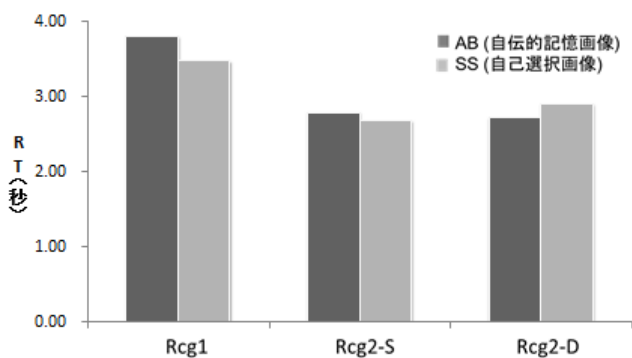


図 8 再認条件及び画像種類別による反応時間の差. 再認条件「Rcg1」, 「Rcg2-S」, 「Rcg2-D」はそれぞれ「再認 1 回目」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目と同じダミー画像が提示された試行」, 「再認 2 回目において, 再認 1 回目とは違うダミー画像が提示された試行」を表す.

Figure 8 Means of the reaction time by recognition condition and the picture. Recognition condition "Rcg1", "Rcg2-S" and "Rcg2-D" mean "first recognition", "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition" and "The trials that the dummy pictures same as first recognition were shown in second recognition".

4.4 総合考察

本研究により, 従来の記憶研究では考慮されてこなかった画像認証に関わる諸問題について明らかにすることが出

来た. まず正再認率と確信度において AB 画像のほうが SS 画像よりも高いことが示された. しかし SS 画像においても依然として高い水準の正再認率が確認され, 画像優位性効果, ならびに自己選択効果が示されたものといえる. 但し, 本研究は大学生を参加者としたものであり, この結果のみから SS 画像を本人認証に使用しても問題ないと結論付けるのは性急であるように思われる. 現在既に流通している画像認証システムの中には SS 画像のみを用いているものも存在するが, 今後さらに高齢者を対象にした研究を実施し, 画像の種類による再認成績の差を比較検討することが, 人にやさしい認証システムの構築にあたって当面の課題であろう. また本研究では「画像」の「再認」を扱ったが, 同じパラダイムにおいて「単語」を用いた実験を実施し, 本研究の結果と直接比較することで, 本人認証における画像を認証に用いることの優位性に関してより詳細に検討されるものと考えられる.

また, 本研究においては反復してテストを行うことにより記憶を保持する効果が示唆された. 再認におけるテスト効果に関しては諸研究あるが (例えば Jacoby, Wahlheim and Coane, 2010), 本人認証という観点では, 結果のフィードバックを伴うテスト反復であることから, 今後より詳しく検証されるべき問題である. また, 高橋ら (2012) によって示唆された画像のカテゴリによる記憶成績の変動についても検討が望まれる. また, 本人認証という観点だけではなく, 記憶研究という観点からも, 本研究で得られた知見は非常に興味深いものであり, 更なる研究が望まれる.

5. おわりに

スマートフォンやアンドロイド携帯, タブレット型 PC の普及に伴い, アプリなどのサービスの多様化が急速に進んでいる現代において, 人にやさしい本人認証システムを考えていくことは, 火急の課題と言えよう. 本研究における知見が, その一助となれば幸いである.

参考文献

- 1) Jacoby, L. L., Wahlheim, N. C., & Coane, H. J.: Test-Enhanced Learning of Natural Concepts: Effects on Recognition Memory, Classification, and Metacognition., *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol.36, No.6, pp.1441-1451 (2010).
- 2) Nelson, T. O., Metzler, J., & Reed, D. A.: Role of details in the long-term recognition of pictures and verbal descriptions, *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 102, No.1, pp.184-186 (1974).
- 3) 野村総合研究所: 利用者登録する商品・サービスを選別する傾向が強まった生活者と顧客情報の鮮度維持を望む事業者: 生活者と事業者を対象とした ID に関する実態調査, ニュースリリース, <http://www.nri.co.jp/news/2012/120208.html> (2012 年 2 月 8 日)
- 4) Norman, D. A. *Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things*, Basic Books, New York (2004). (邦訳「エモーショナル・デザイン—微笑を誘うモノたちのために」, 岡本明, 安村通見, 伊賀 聡一郎, 上野晶子翻訳, 新曜社)
- 5) Perlmutter, C. L, Monty, A. R., & Kimble, A. G.: Effect of choice

on paired-associate learning, *Journal of Experimental Psychology*, Vol.91, No.1, pp.47-53 (1971).

6) Roediger, H. L., & Karpicke, J. D.: The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice, *Perspectives on Psychological Science*, Vol. 1, No. 3, pp. 181–210 (2006).

7) Schonfield, D., & Robertson, B. A.: Memory storage and aging, *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, Vol. 20, No. 2, pp. 228-236, (1966).

8) Shepard, R. N.: Recognition memory for words, sentences and pictures. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, Vol.6, No.1, pp.156-163 (1967).

9) 高橋雅延: 再認記憶における自己選択効果と学習材料の有意味度, *京都橘女子大学研究紀要*, Vol.20, pp.130-140(1993)

10) 高橋知世, 北神慎司, 宮代こずゑ, 原田悦子, 須藤智: 画像認証システムによる本人認証(1): 登録画像の選択に影響を及ぼす要因の検討, 第84回GN・第3回SPT合同研究発表会。(2012年5月 千葉工業大学)

11) 鶴野幸一郎, 加藤美治, 久保田達三, 榊野隆平: 電子本人認証の課題と提言, *日本セキュリティマネジメント学会第24回全国大会研究報告書*. (2010年6月26日 専修大学)

12) 渡邊兼行: 自己選択効果研究における課題と展望, *仙台白百合女子大学紀要*, Vol.15, pp.73-87 (2011).