

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：32660

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22650210

研究課題名（和文） eテストでの筆記行動データを用いた個人認証・非常行動検出システムの開発研究

研究課題名（英文） A Model for Authenticating Examinees and Detecting Abnormal Behavior during e-Testing

研究代表者

赤倉 貴子 (AKAKURA TAKAKO)

東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：80212398

研究成果の概要（和文）：時間的空間的に自由に受験できるeテストシステムにおいて、受験している時間中、逐次受験者認証ができる方法を開発した。本研究では、テストでは常に解答を記入する動作があることに着目し、コンピュータタブレットを用いて解答を記入することにした。そして、ダイナミックに取得できる筆圧、xy座標、方位角、仰角などの筆記データを組み合わせ、個人認証できるモデルを提案した。さらに、それらの筆記データは、通常に解答したときと模範解答を見て解答したときで、個人内で差が生じることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：E-tests can be freely taken regardless of time or place. I have developed a method for authenticating the examinee while the test is being taken. This study focuses on the fact that many test formats involve writing out answers. A tablet computer is therefore employed for inputting written answers. The proposed model authenticates the examinee by combining dynamic writing data such as pen pressure, xy coordinates, angle of writing direction, and ascending vertical angle. Furthermore, the writing data are able to reveal differences between the time taken to answer as usual and the time taken to answer by looking up a model answer.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900,000	0	900,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	450,000	2,850,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、教育工学

キーワード：遠隔教育、eテスト

## 1. 研究開始当初の背景

(1) わが国は急速に少子高齢化が進み、人口減少社会に突入した。こうした状況に対し、大学経営においては、18歳人口の減少と大学の定員割れなど、負の側面から議論されることが多い。しかし、人口減少社会は、これまでのライフコースを変換させはするけれど

も、ライフコースのスケジューリングに自己の意思や選択が反映する程度は高まっているとも言える。敷かれたレールに乗り、会社の発展は自分自身の利益と考えて（それが事実でもあった）、会社一辺倒で働いてきた高度成長期世代の時代は終わりつつある。若い世代では、自己や家庭を重視し、転職や離職

も積極的にを行う人が増えている。そのための資格の取得や自己啓発につとめる人が増えているのも近年の特徴である。このように、考えると、大学は18歳を受け入れるだけではなく、社会人の能力開発支援や再教育実施の役割も果たすべきである。

(2) 研究代表者の経験上、社会人学生は、学習の目的意識が明確で、補講・復習システムの要望が強い。そのため、研究代表者は非同期型 e-Learning System を開発・運用してきた。このシステムは各種機能によって、双方向性を持たせているが、公平性確保のため、テストは同時間同一試験場で実施している。しかし、社会人の学びやすさの立場からは、テストにおいても空間的・時間的自由度の確保が必要である。

(3) テストをネットワーク上で行う研究は、e-Test 研究として、内外で様々な研究が行われている。しかし、その多くは項目応答理論の応用などに代表される学習者の能力を適切に測定するためのテスト項目・出題方法の研究、得点や回答所要時間・回答履歴データの分析であり、学習者の個人認証については、ID や PWD (パスワード) 入力程度である。正式に単位・学位を認定するためには、学習者間の公平性を確保した厳密な個人認証が必要であり、ID+PWD 方式は不十分である。高等教育機関が社会人のための再教育機関としての役割も担うためには、時間的・空間的自由度の高い e-Learning System は必須であると考えられるが、単位認定のためのテストはその公平性の確保という観点から、同一場所に集合して実施されることが多い。しかし、社会人の学びやすさの立場からは、テストにおいても空間的・時間的自由度の確保が必要であると考えられる。

## 2. 研究の目的

1. の背景をふまえて、本研究では、時間的・空間的に自由に受験できるインターネット上の非同期型テストシステム (e-Test システム) において公平性が確保できる、以下の方法を開発することを目的とした。

(1) 「個人認証法」: ある受験者が受験したとき、その受験者本人であることを同定する方法の開発

(2) 「非定常行動検出方法」: ある受験者が受験したとき、その受験者本人の通常とは異なる行動を検出する方法の開発

## 3. 研究の方法

(1) e-Test System における個人認証の動向を調査し、e-Test System の個人認証に必要な機能を整理する。

(2) 予め採取 (実用化時には履修登録時に採取) した参照用筆記データと e-Test での解答筆記データを比較するための文字照合モデ

ルを開発する。

(3) 一文字一文字の解答筆記データの照合モデルだけでなく、テスト全体に対する解答行動を評価するための時系列の参照データ (問題と問題の間の時間など) を採取し、e-Test 受験時のデータと比較するための行動照合モデル、すなわち非定常行動検出モデルを開発する。

## 4. 研究成果

(1) 高等教育機関で e-Test を利用する場合の課題を整理した (5. の学会発表⑤、その他の HP に発表)。

(2) e テストにおける個人認証法の開発:

一般的によく使われる ID とパスワード (PWD) による認証では、試験中に人が入れ替わり、「なりすまし」を行うことが容易である。あるいは、ID と PWD そのものを他人に教えてしまえば、最初からなりすましが可能である。また、試験時間が 60 分として、その 60 分全てを監視することを目的とするならば、ID と PWD のような方法では、試験時に何度もそれらの入力を求めることとなり、本来の受験の障害となってしまう。したがって、試験における個人認証は、

① 受験者の通常の受験行為以外の操作を求めない

② 受験時間中の全ての時間で認証が可能である

が条件となる。①②を考えると、バイオメトリクスが有効であると考えられるが、虹彩を初めとする「目」に関する情報は、画面を見ているとき (問題を読んでいるとき)、手書きしているとき、などで複雑に変化し、受験者に無理な姿勢を強制することになりかねない。また、指紋などは、その指紋を採取するために、試験時間の全てで、指をどこかに載せておく、などの不自然な動作を要求することになる。そこで、著者らは、受験者の手書き解答に手書き文字認証を応用することを考えた。試験では常に答案に解答を記入しているという状況に照らし、タブレットで解答を記入することとし、記入された文字が本人のものかどうかを判定 (予測) することで、なりすましが行われているかどうかを判断する方法である (図 1)。

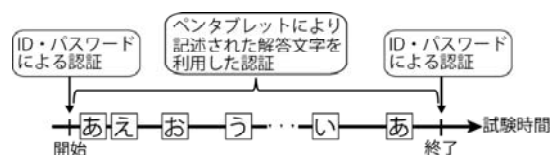


図 1 e テストにおける受験者認証法

このような認証は、あらかじめ手書き文字デ

ータを登録しておいて、その登録データと受験時に入力したデータを比較することによって行う。

### 動的情報と静的情報

手書き文字による認証には、静的情報を利用した認証と動的情報を利用した認証がある。静的情報とは、いわゆる「筆跡」などの形態情報であり、小切手の署名認証や筆跡鑑定に利用されている。これに対して、動的情報とは、**図2**に示すように、ペンタブレットより取得することができる  $x$  座標、 $y$  座標、筆圧、ペンの仰角や方位角などの筆記運動の情報である。字を書いている時間全てで取得できるデータであり、逐次データ、時系列データとして分析できる。

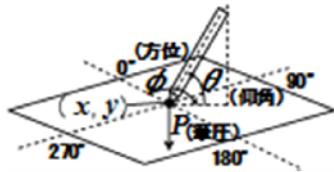


図2 ペンタブレットから得られる動的情報

本研究課題に着手する契機となった以前の科研課題（2007～2009：萌芽研究 No.19650245）の研究成果として、静的情報と動的情報を組合せて認証する方法を提案したが（菊池伸一、古田壮宏、赤倉貴子、e-Test における受験者認証のための筆圧局所円弧パターン法の提案、日本教育工学会論文誌、Vol.33、No.4、2010-03、pp.383-392）、本研究課題では、動的情報を組合せる方法によって認証することにした。これは、本研究課題では、非定常行動を検出することも目的としているため、ダイナミックに変化する値が適当であると考えたためである。

個人認証法開発の主たる成果は、以下の2つである。

①多肢選択式試験における「動的情報」の利用：ペンタブレットを用いて、ひらがな1文字「あ」～「お」の中から正しい選択肢を1つ選択して記入する問題。動的情報はあらかじめ「あ」～「お」の文字を記入してもらってデータを登録しておく。そして、テスト受験時に記入された文字データと照合して、その類似度で本人かどうかを判定する。文字を1画目、2画目と字画ごとに分けて、解答として書かれたひらがな1文字のうち、本人の特徴がよく表れている字画とそうでない字画に異なる重みをつけ、総和をとることで、筆記情報全体の距離を計算する。認証には  $xy$  座標、筆圧  $P$ 、仰角  $\theta$ 、方位  $\phi$  から(1)式により計算される傾き  $V$  の3種類の情報を利用する。署名照合の研究では本人認証に DP(Dynamic Programming)マッチングが用いられることが多い。DP マッチングは動的計

$$V = \begin{pmatrix} \cos\theta \sin\phi \\ -\cos\theta \cos\phi \\ \sin\theta \end{pmatrix} \quad (1)$$

画法を利用して2つの系列パターンの類似度を表す距離を計算する方法であり、距離は署名同士が似ているほど小さくなるので、任意の閾値を定め、距離が閾値以下なら署名者は「本人」、距離が閾値を超えれば「なりすまし」と判定する。事前に登録した登録データとテスト解答時に入力するデータをそれぞれ  $R$ 、 $Q$  とする。 $R$ 、 $Q$  は(2)、(3)のような時系列情報である。

$$R = r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_I \quad (2)$$

$$Q = q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_J \quad (3)$$

$r_i$  と  $q_j$  は各動的情報のあるサンプリング間隔で取得したときの  $i$  番目、 $j$  番目の値である。 $r_i$ 、 $q_j$  にはある時点における筆圧（スカラー量）や  $xy$  座標（ベクトル）が対応し、 $I$  と  $J$  は**図3**におけるサンプリング点の総数に該当することになる。ここでは DP マッチングによる距離計算の手順は省略する（5. の雑誌論文④に詳細を示した）。

ここで、一般に署名認証では複数文字や漢字が用いられるのに対し、「あ」～「お」などのひらがなは文字としての特徴が少ないので、認証精度を高めるために筆記情報の中で本人と他者をよりよく区別する特徴を高く評価し、あまり差が出ていない特徴は低く評価して距離を計算する方法が望ましい。テストの解答の場合、解答は楷書で書かれているため各種の動的情報は筆圧の情報をもとに容易に字画ごとに分割できる。そこで個人の特徴を評価するために文字を字画ごとに分け、字画ごとに個別に計算した距離に「重みづけ」を行い、加算したものを動的情報間の距離とすることにした。

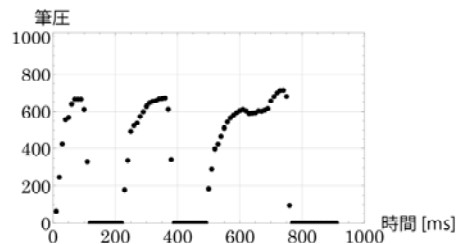


図3 筆圧プロット例

**図4**は文字「あ」の筆圧情報を字画に分割し、字画ごとの比較対象を示したものである。DP マッチングを動的情報全体ではなく、1画目、2画目というように字画ごとに適用し、各々につき距離を計算する。その結果を用い(4)式のように字画ごとに異なる重みを付け、足し合わせることで筆記情報全体の距離を

計算する。ここで  $f$  は動的情報の種類を表す。 $S$  は総字画数、 $w_{fs}$  は字画  $s$  の重み、 $D_{fs}$  は DP マッチングにより字画  $s$  間で計算され

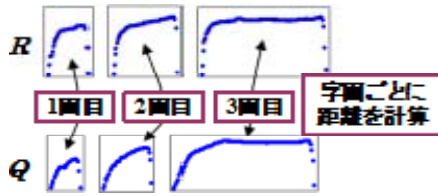


図4 字画ごとの距離

$$D_f = \sum_{s=1}^S w_{fs} D_{fs} \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^S w_{fs} = 1, \quad w_{fs} > 0 \quad (5)$$

た距離を表す。 $w_{fs}$  の具体的定め方等の詳細は文献に譲るが、筆圧( $D_p$ )、 $xy$  座標( $D_{xy}$ )、傾き( $D_v$ )の特徴についても同様に  $w_{fs}$  を求め、距離を計算する。次にこれら3つの距離を組み合わせた複合距離として線形和  $D_{xyPV}$  を(6)式のように定義し、この距離を用いて本人判定を行う。

$$D_{xyPV} = \alpha D_{xy} + \beta D_p + (1 - \alpha - \beta) D_v \quad (6)$$

$$0 < \alpha < 1, \quad 0 < \beta < 1 - \alpha \quad (7)$$

ここで  $\alpha$ 、 $\beta$  は任意定数であり、決定の方法は  $w_{fs}$  を求めるときと同様である。このように、事前登録データとテスト解答時データの距離を DP マッチングで求め、その値が事前に設定した閾値以下であれば受験者は本人、そうでなければなりすましと判定する。

②少数の文字登録に字画分割を適用して、異なる文字の認証を可能にした認証法(動的情報の利用)：①の方法は、あらかじめ決められた文字を登録する必要があるため、多肢選択式試験に限られる。しかし、記述式問題など、日本語を使ったテストでは、登録データが少なくても認証できる方法が理想的である。そこで、異なる漢字を使って認証を行うために、サブストローク分割を行って、漢字を画に分け、分割したデータの距離を計算する。

図5に示すように、文字を分割する。

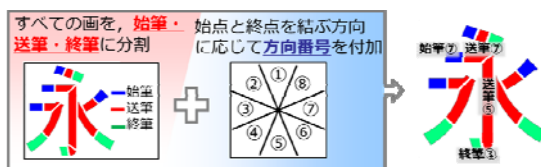


図5 字画分割

文字を事前に登録する過程は、①と同じで

あるが、登録データは少なくとも、各種の漢字にあてはめることができる。認証の流れを図6に示す。類似度計算や閾値の考え方は、①と同じである。詳細は、5. 学会発表④に示した。

その他、オペレーションズリサーチ(OR)手法を使った認証(5. 雑誌論文③)、筆記時の受験者の行動的特徴も加味する方法(5. 雑誌論文②)なども本研究課題の成果として報告した。

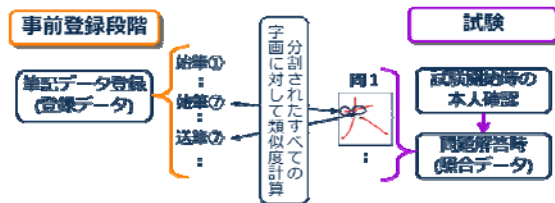


図6 字画分割を利用した個人認証

(3) 非定常行動検出モデル：

非定常行動については、個人内の筆記データ(図2に示したペンタブレットから得られる動的データ)が、自分で考えて解答したとき、模範解答を写したとき、あるいは聴覚的に解答を教えてもらいながら解答したときで、差があるかどうかを検討した。方法は、(2)の②に示した方法と同様、字画分割を行って、違いを検討した結果、筆圧において、終筆の一部の方向で大きな差が認められたほか、傾きにおいても差が認められた。詳細は、5. 雑誌論文①、学会発表①②③に示した。

以上に示したように、個人認証法については、いくつかの方法を提案し、ある程度の精度が得られたことから、今後、モデルに修正を加えることによって、実用に供することができると考えている。また、非定常行動の検出モデルについては、未だ、モデルを提案するには至っていないが、個人内で差が出る筆記データが特定できつつあることから、今後、モデルとして提案するべく、研究を継続していく予定である。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

① Takehiro Furuta、Takako Akakura、A MATHEMATICAL PROGRAMMING MODEL FOR AUTHENTICATION OF EXAMINEE DURING E-TESTING、査読有、Proceedings of 7th International Technology, Education and Development Conference, 2013、pp.47-51

② 金森春樹、古田壮宏、東本崇仁、赤倉貴子、



文字形状および筆記時の行動的特徴を利用した受験者認証法の検討、査読無、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.112、No.104、2012、pp.29-34

- ③ 古田壮宏、米谷雄介、赤倉貴子、Earth Mover's Distance を利用した多肢選択式 e-Test のための筆記認証法の検討、査読無、情報処理学会研究報告、2011-MPS-82 巻、No.8、2011、pp.1-6
- ④ 米谷雄介、松本守、古田壮宏、赤倉貴子、多肢選択式 e テストのための DP マッチングを利用した受験者認証法の提案、査読有、日本教育工学会論文誌、Vol. 34、Suppl.、2010、pp.53-56

[学会発表] (計 5 件)

- ① 吉村優、古田壮宏、東本崇仁、赤倉貴子、e-Test における非定常な解答行動による筆記データの特徴分析、2013 年電子情報通信学会総合大会講演論文集 (情報システム 1) , 2013-03-20、pp.192
- ② Takehiro Furuta、Takako Akakura、A MATHEMATICAL PROGRAMMING MODEL FOR AUTHENTICATION OF EXAMINEE DURING E-TESTING、7th International Technology, Education and Development Conference、Spain、2013-03-05
- ③ 吉村優、古田壮宏、東本崇仁、赤倉貴子、ペンタブレットを利用したテスト解答時における非定常行動の基礎分析、日本教育工学会第 28 回全国大会講演論文集、2012-09-16、pp291-292
- ④ 吉村優、富岡佑麻、古田壮宏、赤倉貴子、少数の漢字登録に字画分割を適用した個人認証法、2012 年電子情報通信学会総合大会情報システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション予稿集、2012-03-21、pp.144
- ⑤ 赤倉貴子、高等教育機関で利用する e-Test System の課題、日本教育工学会第 26 回大会講演論文集、2010-09-20、pp.709-710

[図書] (計 1 件)

- ① 赤倉貴子、他、ミネルヴァ書房、教育工学における学習評価、2012、pp.69-91

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)  
○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

赤倉貴子、これからの高等教育機関と e-Test、学校情報セキュリティお役立ち Web「今日もワンステップ!」、2011、[http://school-security.jp/column/2011/12/e-test.ph](http://school-security.jp/column/2011/12/e-test.php)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

赤倉 貴子 (AKAKURA TAKAKO)  
東京理科大学・工学部・教授  
研究者番号：80212398

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

古田 壮宏 (FURUTA TAKEHIRO)  
奈良教育大学・教育学部・准教授  
研究者番号：60453825