

認知心理学的記憶調査に基づく記憶支援システムの構築

苑田 翔吾^{†1} 浅井 洋樹^{†1†2} 山名 早人^{†3†4}

^{†1} 早稲田大学 基幹理工学研究科 〒169-8555 東京都新宿大久保 3-4-1

^{†2} 早稲田大学 メディアネットワークセンター 〒169-8050 東京都新宿区戸塚町 1-104

^{†3} 早稲田大学 理工学術院 〒169-8555 東京都新宿大久保 3-4-1

^{†4} 国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2

E-mail: {s_sonoda,asai,yamana}@yama.info.waseda.ac.jp

あらまし 物事を記憶するという行為は、私たちが社会で生きる上で必要不可欠な行為である。近年、タブレット端末が教育現場へ導入され始めたこともあり、タブレット端末における効率の良い記憶支援システムの設計が必要とされる。そこで、本研究では、まず学習者の主観的な記憶度と客観的な記憶度に関する調査を行った。そして、タブレット端末上で取得可能なオンライン手書きデータに着目し、オンライン手書きデータから記憶の定着具合を客観的に推定することで、記憶支援を行うシステムを提案する。本システムでは、将来忘れることのない記憶を定着記憶、近い将来忘れる可能性がある記憶を未定着記憶とし、学習した事象をいずれかに分類する。被験者実験の結果、未定着記憶の事象を精度約 100%、再現率約 95%で分類可能である結果が得られた。本システムを利用することによって未定着記憶を効率よく学習することが可能となり、記憶学習の効率向上へとつながる可能性が示された。

キーワード タブレット端末、手書き、HCI、記憶

1. はじめに

物事を記憶するという行為は、子供から大人まで、誰もが必要に迫られ経験する行為である。従って、記憶にかける時間をいかに短くできるかという課題は、限られた時間を生きる私たちにとって重要な課題の一つである。近年では、小・中・高等学校などの教育機関で手書き入力可能な手書き入力端末と記憶支援アプリケーションが採用され始め、生徒の意欲・関心の向上やテスト結果の向上など、数々の実績を上げている[1]。本稿では、教育機関への手書き入力端末普及の流れを汲み、手書き入力端末に入力された手書きデータから記憶の定着具合を推定することを目指す。また、推定結果から記憶支援を行うシステムを構築する。

既存の記憶支援アプリケーションによる記憶度の計測方法はユーザテスト、アンケートの二種類に大別される[2]。ユーザテストでは、記憶したい事象を問題と解答として分け、ユーザは問題から解答を推測し、正しい解答を入力することができるかをテストする。ユーザテストはユーザに対して解答の入力を要求することにより、ユーザの記憶を正確に計測することができる。しかし、解答可能か不可能かの2値の分類となるため、偶然思い出すことができても正解した事象に関しては、次回同様の問題が出題された時、正しく解答できない可能性が高い。従って、完全に覚えている事象と偶然思い出した事象に関しての評価が同一であることが問題点として挙げられる。

一方、アンケートでは、ユーザが記憶したい事象についてどの程度記憶できているかを、段階別の選択肢を用意し選ばせることによって、段階別に記憶度を評

価することができる。アンケートは主観的な方法であり、必ずしも正確な記憶度が計測できるわけではないが、自己申告の記憶度と実際の記憶度には強い相関があることが知られている[3]。しかし、アンケートは自己評価の記憶度を別途入力する必要があるため、ユーザの負担が増大する。

このように、記憶の計測方法は一長一短であり、ユーザの記憶度を計測する有効な手段は確立されていない。記憶度は既存のアプリケーションに組み込まれている通り、学習度の指標や問題を推薦する指標に適用することができる他、教師へのフィードバックや問題集作成者へのフィードバックなどにも応用できる。そこで、本稿では、新しい記憶度の計測手法として、オンライン手書きデータを用いた記憶度の計測手法を提案する。また、認知心理学的記憶調査を通して、記憶度を有効に活用した記憶支援システムを構築する。

著者らは先行研究として、漢字の書き取り問題におけるオンライン手書きデータの特徴量と記憶度の関係性の調査[4]を行った。その結果、書き始めるまでの時間や消去ストロークモードへの遷移状況など、いくつかの特徴量が記憶度に関係すると結論付けた。さらに、著者らは問題の難易度とオンライン手書きデータ特徴量の関係性の調査[5]を行った。調査結果から、問題の難易度によって、同レベルの記憶度でもオンライン手書きデータの特徴量が異なるといった知見を得られた。

ここで、先行研究で述べた記憶度の定義は、学習者が問題を解答した直後に選ぶ主観的な記憶度であった。しかし、学習者が同レベルの記憶度としながら、オンライン手書きデータ特徴量が問題の難易度によって異

なることから、学習者が選ぶ主観的な記憶度と後日問題に正答できたかで決定される客観的な記憶度に差異がある可能性が高い。

そこで、本稿ではまず学習者の主観的な記憶度と客観的な記憶度の関連性に関する調査を行う。その後、先行研究と本調査結果から、「正解したが、また学習すべき」問題を抽出する手法と、手法を用いた記憶支援システムを提案する。本提案システムによって、従来の記憶テストの手軽さで、認知心理学的記憶調査に基づく段階別評価を行うことが可能となる。

2. 主観的な記憶度と客観的な記憶度の関連性に関する調査

2.1. 実験の目的

学習者が選択する主観的な記憶度と客観的な記憶度の関連性を調査する。主観的な記憶度とは、学習者が問題を解答した直後に自ら決定する記憶度である。また、客観的な記憶度とは、以前解答した問題と同様の問題を後日出題し、その問題に正答できたかどうかで定義される。実験の結果から、「正解したが、また学習すべき」問題を抽出する手法を考察する。

2.2. 実験環境

オンライン手書きデータの収集には、ソニー社のタブレット端末である VAI0 Duo 11¹を使用した。より実用的なシステムを目指すため、実験に用いるアプリケーションは Microsoft 社の Windows 8 ストアアプリで開発を行った。

被験者に漢字の書き取り問題を出題し、解答をタブレット端末上に書かせる。その後、出題した漢字に対する記憶度を3つの選択肢の中から選択させる。このときに被験者が選択した記憶度とタブレット端末上に書いたオンライン手書きデータ特徴量が調査の対象である。

オンライン手書きデータ収集のフローチャートを図1に示す。また、起動時のアプリケーションのスクリーンショットを図2に示す。問題に対する解答が表示され、被験者が記憶度を選択している時のアプリケーションのスクリーンショットを図3に示した。

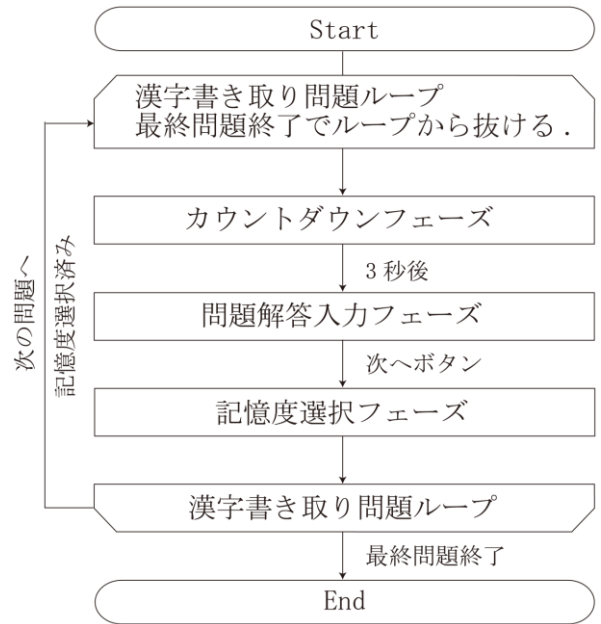


図1 オンライン手書きデータ収集のフローチャート



図2 アプリケーション起動時の画面



図3 記憶度選択時の画面

図1で示した通り、実験用アプリケーションは以下の3つのフェーズを持つ。

1. カウントダウンフェーズ
2. 解答入力フェーズ
3. 記憶度選択フェーズ

これらのフェーズについて順に説明していく。

(1) カウントダウンフェーズ

カウントダウンフェーズは問題が出題される前に

¹ VAI0 Duo 11 | “VAIO” | ソニー,
“<http://www.sony.jp/vaio/products/VD21/>”, 2014.01.06
アクセス。

3秒間のカウントダウンを行って、プレイヤーに問題を解答する準備時間を与えるフェーズである。問題が出題される3秒前からカウントダウンが始まり、0秒になると、問題が表示される。カウントダウンにより、前フェーズでボタンを押した直後に問題が表示されることがなくなるため、被験者は次の問題への準備時間を十分に確保することができる。

(2) 問題解答入力フェーズ

問題解答入力フェーズは、問題が画面に表示され、被験者が問題に対する解答を入力するフェーズである。解答を入力し終えたら、画面右下の次へボタンを押すことによって、次のフェーズへ遷移することができる。また、問題に対する解答が全くわからなかった場合、何も記入せずに次へボタンを押させ、次のフェーズへ遷移するように求めた。解答を入力するための時間制限は設定せず、消去ストロークモードに遷移してペンで線をなぞることでストロークを消すことができ、何度も書き直すことができる。なお、ストロークモードと消去ストロークモードの遷移は、図2画面左中央のペンアイコンと消しゴムアイコンを押すことで、各々遷移することができる。また、図2画面中央右のCボタン（クリアボタン）を押すと、全てのストロークを消すことができる。

(3) 記憶度選択フェーズ

記憶度選択フェーズは問題と解答が表示された状態で記憶度を選択・決定するフェーズである。図3の画面右の3つのボタンから合致する記憶度合いのボタンを押すことで決定され、次のフェーズへ遷移する。

また、本実験では、次のフェーズあるいは問題に遷移した後に、ひとつ前のフェーズあるいはひとつ前の問題に戻る事が許されていない。

2.2.1. 記憶度の選択肢

被験者は以下の選択肢から問題に対する記憶度に合致するものを選択する。

- 正解：もう覚えた！
- 正解：また学習したい！
- 不正解：間違えてしまった。

選択肢は問題に対する解答が正解であったかあるいは不正解であったかによって2つに大別され、正解した問題に関しては、記憶度に応じてさらに「もう覚えた！」と「また学習したい！」の2つに分けられる。

2.3. 実験方法

筆者と研究室が同室である情報理工学を専攻している大学生男性6名に実験を依頼した。

2.1項で述べた目的を達成するために、同様の問題を1週間後に解答させ、記憶度選択の変化を調査する。

以下の手順に従って実験を行った。

1. チュートリアル

2. 難しい漢字の書き取り問題（2級）の確認
3. 難しい漢字の書き取り問題（2級）の解答1回目
1週間後

4. 難しい漢字の書き取り問題（2級）の解答2回目
以上の手順について順に説明する。なお、括弧内の級は、財団法人日本漢字能力検定協会²が主催する日本漢字能力検定（以下、漢字検定と表記）の漢字難易度レベルを示している。漢字検定において、級は10級から1級まで存在する。各々の級で出題される漢字が異なり、級の番号が少なくなればなるほど難易度が上がり、難易度が上がれば上がるほど、難しい漢字が出題される。漢字検定2級は高校卒業・大学・一般程度と位置付けられており、多くの被験者にとって難しい漢字書き取り問題であると言える。

(1) チュートリアル

被験者が、実験に用いるタブレット端末の使い方と漢字の解答システムの操作方法を十分に理解できるように、実験のチュートリアルを用意した。チュートリアルにより、全ての被験者が実験の環境を理解した上で、以降の問題を解答することが可能となる。

(2) 難しい漢字の書き取り問題（2級）の確認

本実験で被験者に解答させた難しい漢字の書き取り問題は50問である。まず、これらの問題を被験者に3分間見せ、記憶させた。

(3) 難しい漢字の書き取り問題（2級）の解答1回目

2.2項で述べた実験環境の下、被験者に難しい漢字の書き取り問題を50問解答させた。このとき被験者には2.2項の(3)記憶度選択フェーズで述べた3つの記憶度を選択させた。

(4) 難しい漢字の書き取り問題（2級）の解答2回目

上記の実験を行った1週間後、同様の問題で再度実験を行った。

2.4. オンライン手書きデータ特徴量

著者らの先行研究[4]では、以下に示す13つのオンライン手書きデータ特徴量と記憶度の関係性を調査した。

- ストロークの時間に関する特徴量
 - 書き始めるまでの時間
 - ストロークの時間間隔の総和
- ストロークの筆圧に関する特徴量
 - ストロークの最高筆圧
 - ストロークの最低筆圧
 - ストロークの平均筆圧
 - ストロークの筆圧の標準偏差
- ストロークの移動平均速度に関する特徴量

²財団法人日本漢字能力検定協会,
“<http://www.kanken.or.jp>”, 2014.01.08 アクセス。

- ストロークの最高移動平均速度
- ストロークの最低移動平均速度
- ストロークの平均移動平均速度
- ストロークの移動平均速度の標準偏差
- 消去ストロークモードに関する特徴量
 - 消去したストロークの本数
 - 消去ストロークモードに遷移した回数
 - 消去ストロークモードに遷移していた時間

調査の結果、ストロークの時間に関する特徴量と消去ストロークモードに関する特徴量において、記憶度の差異による有意差が見られた。

本稿では、以上の先行研究を基に、オンライン手書きデータ特徴量として、ストロークの時間とストロークの消去に関する特徴量を以下のように定義した。

- ストロークの時間に関する特徴量
 - 書き始めるまでの時間
 - ストロークの時間間隔の最大値
- 消去ストロークモードに関する特徴量
 - 消去ストロークモードに遷移した回数

2.5. 実験結果

被験者の選択肢の変化を 2 つの観点から考察する。

2.5.1 では、1 回目「もう大丈夫！」と選択した問題に関する考察を、2.5.2 では、1 回目「また学習したい！」と選択した問題に関する考察を行う。

2.5.1. 1 回目「もう大丈夫！」と選択した問題

「もう大丈夫！」という選択肢は、被験者が将来忘れることがないと考えた問題である。従って、1 回目に「もう大丈夫！」を選択した問題に関して、2 回目でも同様の問題に対して「もう大丈夫！」と選択すると考えられる。

1 回目「もう大丈夫！」と回答した問題数と、その内 2 回目「間違えてしまった。」に変わった問題数の関係を表 1 に示す。

表 1 1 回目「もう大丈夫！」と選択した問題における選択肢の変化

被験者	1 回目「もう大丈夫！」と回答した問題数(A)	A の内、2 回目「間違えてしまった。」問題数(B)	割合(B/A)
A	33	11	0.333
B	20	1	0.050
C	30	8	0.267
D	21	2	0.095
E	9	0	0
F	22	6	0.273

表 1 より 6 人中 5 人において、1 回目「もう大丈夫！」と選択した問題が、2 回目では「間違えてしまった。」に変化することが確認できた。また、被験者 6 人の平均の割合は 0.170 となった。

以上の結果から、学習者がある問題に対して「もう大丈夫！」あるいは「また学習したい！」か、すなわ

ち、将来忘れることのない問題かあるいは近い将来忘れる可能性がある問題かを判断することは難しいと言える。

2.5.2. 1 回目「また学習したい！」と選択した問題

被験者が 1 回目で「また学習したい！」と選択した問題のうち、2 回目では「間違えてしまった。」に変化した問題がどの程度あるかを考察した。この調査により、「また学習したい！」問題を発見する意義を明らかにする。

1 回目「また学習したい！」と回答した問題数と、その内 2 回目「間違えてしまった。」に変わった問題数の関係を表 2 に示す。

表 2 1 回目「また学習したい！」と選択した問題における選択肢の変化

被験者	1 回目「また学習したい！」と回答した問題数(A)	A の内、2 回目「間違えてしまった。」問題数(B)	割合(B/A)
A	3	2	0.667
B	13	5	0.385
C	1	0	0
D	13	3	0.231
E	14	3	0.214
F	8	3	0.375

表 2 より 6 人中 5 人において、1 回目「また学習したい！」と選択した問題が、2 回目では「間違えてしまった。」に変化することが確認できた。また、被験者 6 人の平均の割合は 0.312 となった。

表 1 と表 2 より、1 回目「もう大丈夫！」と選択した問題が 2 回目では「間違えてしまった。」に変化した割合よりも、1 回目「また学習したい！」と選択した問題が 2 回目では「間違えてしまった。」に変化した割合の方が大きいことがわかる。従って、「また学習したい！」問題は、「間違えてしまった。」に変化する可能性が高い、すなわち将来忘れてしまう可能性が高いため、「また学習したい！」問題を発見することは有意義であると言える。

3. 提案システム

2.5.1 の結果において、被験者が 1 回目では「もう大丈夫！」と選択した問題が、2 回目では「もう大丈夫！」と選択されない問題が存在した。以上のことから、被験者が任意の問題に対して、「もう大丈夫！」であるかどうかを主観的に判断することは難しいと考えられる。

そこで、客観的に「もう大丈夫！」と考えられる問題と「また学習したい！」問題、両者のオンライン手書きデータ特徴量を収集する。そして、両者のオンライン手書きデータ特徴量をシステムにおいて学習することによって、未知のオンライン手書きデータに対して、客観的に「もう大丈夫！」であるか、あるいは「また学習したい！（また学習すべき!）」であるかどうかを分類するシステムを提案する。

3.1. 定着記憶と未定着記憶

本稿では客観的に「もう大丈夫！」と考えられる記憶状態を、記憶が定着している状態として、定着記憶と呼ぶ。また、「また学習したい！（また学習すべき！）」とする記憶状態を、記憶が定着していない状態として、未定着記憶と呼ぶ。すなわち、本稿では被験者が解答した問題が、定着記憶あるいは未定着記憶のどちらの状態にあるかを分類するシステムを提案する。

3.2. 実験の目的

定着記憶と未定着記憶のオンライン手書きデータを収集する。収集したオンライン手書きデータをシステムに機械学習させることで、定着記憶あるいは未定着記憶を分類するシステムを提案する。このとき、システムの評価は交差検定した際の精度と再現率の値で行う。機械学習手法には2値分類教師あり学習手法である Support Vector Machine(以下 SVM と表記)を用いた。なお、SVM のプログラムは R の e1071³パッケージを使用した。

3.3. 実験の方法

専攻が多様な大学生男性 9 名、女性 8 名の被験者に実験を依頼した。

3.2 項で述べた目的を達成するために、易しい漢字書き取り問題と難しい漢字書き取り問題を出題する。易しい漢字書き取り問題は定着記憶のオンライン手書きデータを収集するために、難しい漢字書き取り問題は未定着記憶のオンライン手書きデータを収集するために行う。

以下の手順に従って実験を行った。

1. チュートリアル
 2. 易しい漢字の書き取り問題（8 級）解答
 3. 難しい漢字の書き取り問題（2 級~5 級）の解答
- 以上の手順と評価方法である交差検定について順に説明する。なお、括弧内は漢字検定のレベルを示している。

(1) チュートリアル

2.3 項と同様に、全ての被験者が実験の環境を理解した上で、以降の問題を解答することを狙った。

(2) 易しい漢字の書き取り問題の解答

2.2 項で述べた実験環境の下、被験者に易しい漢字の書き取り問題を 10 問解答させた。このとき被験者には 2.2.1 項で述べた 3 つの記憶度を選択させた。ただし、易しい漢字の書き取り問題に関しては「もう大丈夫！」という記憶度が選択されることが望ましい。

本項で得られた「もう大丈夫！」なオンライン手書

きデータを定着記憶のオンライン手書きデータとして扱う。

(3) 難しい漢字の書き取り問題の解答

2.2 項で述べた実験環境の下、被験者に難しい漢字の書き取り問題を 100 問解答させた。出題する問題は日本漢字能力検定 級別漢字表（10~2 級）⁴を基に作成した。難しい順に以下の級を用いた。

- 漢字検定 2 級（高校卒業・大学・一般程度）
- 漢字検定準 2 級（高校在学程度）
- 漢字検定 3 級（中学校卒業程度）
- 漢字検定 5 級（小学校 6 年生修了程度）

以上 4 つの級の漢字を被験者の漢字書き取りレベルに合わせて出題した。一つ前の問題が正答・誤答かを確認し、正答だった場合は一つ上の級へ、誤答だった場合は一つ下の級へと、1 問ずつ難易度を上下させた。なお、漢字検定準 2 級の問題の難易度から実験を開始した。

本項で得られた「また学習したい！」オンライン手書きデータを未定着記憶のオンライン手書きデータとして扱う。

3.3.1. 外れ値の除外

各被験者の 3.3 項(2)で得られた定着記憶のオンライン手書きデータに関して、外れ値の除外を行った。各特徴量において、平均から標準偏差×2 離れていた場合を外れ値として定義し、3.3.2 の交差検定では用いないこととした。

3.3.2. 交差検定

3.3 項(2)で得られた定着記憶のオンライン手書きデータと 3.3 項(3)で得られた未定着記憶のオンライン手書きデータに対して、被験者ごとに Leave-One-Out の交差検定を行う。Leave-One-Out とは、得られたデータセットの中から 1 つをテストデータとして抜き出し、それ以外の全てを学習データとして学習を行う手法である。全てのデータが 1 回ずつテストデータとなるように繰り返して行う。

ここでは、未定着記憶のオンライン手書きデータを抽出する精度と再現率をシステムの評価とする。

ただし、機械学習器の SVM に学習させるオンライン手書きデータは平均 0、分散 1 となるように予め正規化をおこなった。また、SVM のカーネルは RBF カーネルを使用し、SVM のパラメータはグリッドサーチによって、その都度最適化した。

3.4. オンライン手書きデータ特徴量

オンライン手書きデータ特徴量は、先行研究を参考

³Package 'e1071', <http://cran.r-project.org/web/packages/e1071/e1071.pdf>, 2014.01.10. アクセス

⁴日本漢字能力検定 級別漢字表（10~2 級），
“http://www.kanken.or.jp/kanken/outline/data/outline_degree_national_list.pdf”，2014.01.06 アクセス。

に、以下の特徴量を用いた。

- ストロークの時間に関する特徴量
 - ・ 書き始めるまでの時間
 - ・ ストロークの時間間隔の最大値
- 消去ストロークモードに関する特徴量
 - ・ 消去ストロークモードに遷移した回数

順に詳しく述べる。

(1) 書き始めるまでの時間

問題が出題され、被験者が1文字目を書くまでに要した時間を書き始めるまでの時間と定義した。

(2) ストロークの時間間隔の最大値

ストロークモードにおいて、タブレット端末からペンを離してから、再びペンをタブレット端末につけるまでの時間をストロークの時間間隔と呼ぶ。以上のストロークの時間間隔の最大値をオンライン手書きデータ特徴量として用いた。

(3) 消去ストロークモードに遷移した回数

消しゴムアイコンを押して消去ストロークモードに遷移した回数と、クリアボタンを押してストロークを全消去した回数の合計値を、オンライン手書きデータ特徴量として用いた。

3.5. 実験結果

まずは、被験者が「また学習したい!」と選択した回数とシステムが「また学習したい!」と予測した回数、被験者が「また学習したい!」と選択かつシステムが「また学習したい!」と予測した回数を表3に示す。

表3 未定着記憶における被験者の記憶度選択とシステムの予測の関係

被験者	A かつ B(A ∩ B)	「また学習したい!」と被験者が選択した問題数(A)	「また学習したい!」とシステムが予測した問題数(B)
A	8	9	8
B	10	10	10
C	11	11	11
D	5	6	5
E	4	4	4
F	22	24	22
G	17	18	17
H	12	13	12
I	7	7	7
J	3	3	3
K	5	5	5
L	8	9	8

ただし、17人中5人は「また学習したい!」と解答した問題数が2問以下だったので、実験結果から除外した。従って、被験者12名の結果を示す。

次に、から算出できる未定着記憶におけるシステムの精度と再現率を表4に示す。

12人の被験者の未定着記憶におけるシステムの平均精度は100%、平均再現率は95.0%となり、システムの性能を表すF値は97.4%となった。すなわち、本シ

表4 未定着記憶におけるシステムの精度と再現率

被験者	精度 (A ∩ B/B)	再現率 (A ∩ B/A)
A	100%	88.9%
B	100%	100%
C	100%	100%
D	100%	83.3%
E	100%	100%
F	100%	91.7%
G	100%	94.4%
H	100%	92.3%
I	100%	100%
J	100%	100%
K	100%	100%
L	100%	88.9%

ステムを用いれば、客観的な記憶度に基づく定着記憶と未定着記憶の分類が精度約100%、再現率約95%で可能である。

また、被験者Aの正規化後の書き始めるまでの時間と正規化後のストロークの時間間隔関連性を示すグラフを図4に示す。

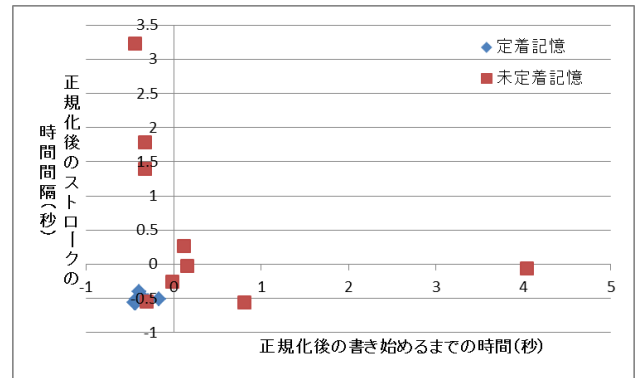


図4 被験者Aの正規化後のオンライン手書きデータ特徴量

表4から被験者Aは未定着記憶の精度は100%だったものの、再現率は100%ではなかった。この要因を調査するために図4を参照すると、定着記憶のデータの集合の中に、未定着記憶のデータが存在することがわかる。図4のような場合、システムが未定着記憶を全て発見することが困難となるため、再現率が下がってしまったと考えられる。

4. 提案システムを実装した漢字記憶支援システム

3節で得られた結果を基に、作成した漢字記憶支援システムの全体像を図5に示す。

システムが「もう大丈夫!」と「また学習したい!」、すなわち定着記憶と未定着記憶を判定するためには、事前準備として易しい漢字問題と難しい漢字問題を解く必要がある。易しい漢字問題からは定着記憶のオンライン手書きデータ特徴量として、難しい漢字問題からは未定着記憶のオンライン手書きデータ特徴量として、各々データ収集を行う。数問の定着記憶と未定着

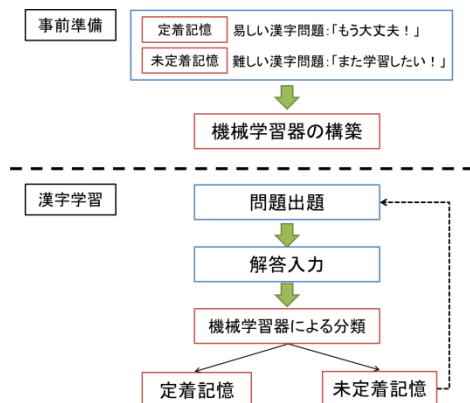


図 5 記憶支援システムの全体像

記憶のデータを収集し終わると、双方のデータを学習することで機械学習器を構築することができる。

システムが学習し終わると、学習者は単に問題を解答するだけで、システムが定着記憶あるいは未定着記憶かを自動判定するようになる。

テストモードのフローチャートを図 6 に示す。通常モードのフローチャートである図 1 オンライン手書きデータ収集のフローチャートと比較すると、テストモードではカウントダウンフェーズと記憶度選択フェーズが消去され、新たに正答かどうか、定着記憶かどうかを判定するフェーズが追加されたことがわかる。

正答かどうかの判定には、1 画書くごとに学習者が書いた文字に対して文字認識を行い、文字の認識の結果を確率が高い順に 5 つ出力する。それら 5 つの文字認識結果と問題の解答が等しい場合、正答としている。文字認識には Windows API の InkManager クラス⁵の GetRecognizer メソッドを用いた。

システムが定着記憶であると予測した場合の正解画面を図 7 に、未定着記憶であると予測した場合の正解画面を図 8 に示す。図 7 と図 8 に示した通り、定着記憶の場合は”はなまる”を、未定着記憶の場合は単に”まる”を表示する。

また、システムが定着記憶と予測したが、被験者が未定着記憶と分類したい場合を想定し、解答表示後、学習者が漢字を未定着記憶に分類できるようにシステムを作成した。学習者の主観的な記憶度がある程度有効であることは 2.5 項の実験で明らかとなっている。

このように、提案したアルゴリズム及び作成したアプリケーションによって、定着記憶あるいは未定着記憶を分類することが可能である。未定着記憶の問題を多く出題することで、学習者の記憶効率を向上させる

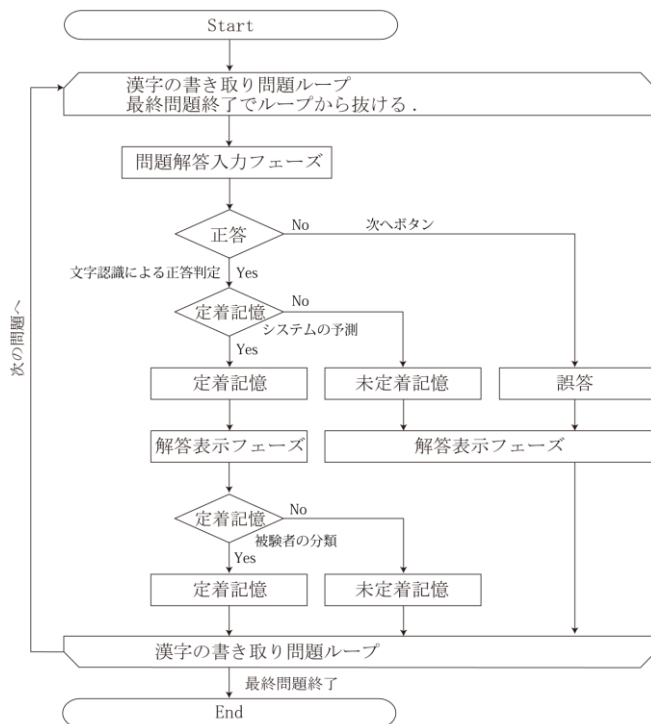


図 6 テストモードのフローチャート



図 7 システムが定着記憶と予測した正解画面



図 8 システムが未定着記憶と予測した正解画面
ことが期待できる。

5. まとめ

本稿では、まず 1 週間後の記憶度から客観的な記憶度を算出することで、学習者の主観的な記憶度と客観的な記憶度に関する認知心理学的調査を行った。その

⁵ InkManager Class

(Windows):[http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/windows/apps/windows.ui.input.inking.inkmanager,\(2014.01.10アクセス\)](http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/windows/apps/windows.ui.input.inking.inkmanager,(2014.01.10アクセス))

後，将来忘れることのない記憶を定着記憶，近い将来忘れる可能性がある記憶を未定着記憶と定義し，両者を分類するシステムを提案した．システムを交差検定で評価した結果，未定着記憶について精度約 100%，再現率約 95%で分類することができた．

従来のシステムでは学習者に記憶度を選択させていた．しかし，学習者が主観で定着記憶と分類した問題を 1 週間後，同様に再度出題したところ，その内の約 17%が不正解となることがわかった．そこで，学習者だけではなく，システムが定着記憶あるいは未定着記憶を分類することを提案した．

今後の課題として，記憶支援アプリケーションを実際に学習者に使用させ，どの程度学習効率が向上するかを調査したい．

参 考 文 献

- [1] 文部科学省「教育の情報化に関する手引き」について，
“http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1259413.htm”，2013.12.19 アクセス．
- [2] やればできる！THE マイクロステップ技術で覚える英単語，
http://www.d3p.co.jp/s_ds/s_ds_019.html，2013.1.8 アクセス．
- [3] 山本浩司，寺澤孝文，“任天堂 DS を用いた長期的な英単語学習の効果の検証”，2011 年度日本認知科学会第 28 回大会，2011．
- [4] 苑田翔吾，浅井洋樹，山名早人，“オンライン手書きデータによる記憶度推定システムの構築”，第 4 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム，C8-4，2012．
- [5] 苑田翔吾，浅井洋樹，山名早人，“学習者の記憶の度合とオンライン手書きデータの関係性の調査”，第 5 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム，D2-6，2013．