

効果的な反復学習のための学習間隔に応じた得点計算方法の検討と Android タブレットを用いた検証

谷口 岳紀¹ 岡田 信一郎¹

概要 :

心理学の分野では、間隔を空けて反復学習を行う分散学習の方が、間隔を空けない集中学習よりも学習効果が高いことが知られている。しかし、分散学習を積極的に活用する学習支援システムの例は少ない。そこで筆者らは分散学習を積極的に活用するための得点計算法を考案し、提案手法によってポイント計算を行う反復学習システムを Android アプリケーションとして実装した。また学習間隔に関わらず一定のポイントが与えられるアプリケーションも同様に実装し、両者を用いた実験を行い提案手法の検証を試みた。本稿ではそれぞれのアプリケーションによる学習の状況や効果を比較した結果を報告する。

Investigation of point calculation method for effective repetitive learning in accordance with intervals of learning and validation of the method using Android Tablet

TANIGUCHI TAKENORI¹ OKADA SHIN-ICHIROU¹

Abstract: In psychology, it is known that space repetition is more effective than massed learning. However, there are not many learning support systems which use spaced repetition effectively. Thus we propose point calculation method to apply spaced repetition actively. Additionally, we implement the repetitive learning system using proposal method as an Android application and the similar application which gives fixed point regardless of learning interval. We validate the proposal method using both applications. In this paper, We report the result of comparing the effects of both applications.

1. はじめに

心理学の分野では人間の学習方法の中に集中学習や分散学習と呼ばれるものがあることが知られている [1]。分散学習とは間隔を空けて行う反復学習であり、間隔を空けずに行う集中学習よりも、学習の効率が良いとされている。しかし、一般的に学習者は分散学習よりも集中学習を行う傾向があり、分散学習を積極的に活用する学習支援システムの例も少ない。

分散学習の考え方を利用した関連研究として、水野の研究 [2] と松浦の研究 [3] がある。水野は英単語、漢字、化学記号を学習対象とした再活性化説に基づいた短期的な分散

学習を検討している。松浦は物理学基礎教育を学習対象として、理解していない学習項目を早く学習させるために同一問題の学習回数に応じてポイントを計算している。本研究ではこれらの関連研究に対し日数単位の時間間隔を空けた分散学習を行うように促し、より長期的な学習効果を狙う。また学習項目を学習者が自由に選択できるようにすることで、学習者がどのような戦略で学習を行うのかも調査する。

そこで、筆者らは分散学習を積極的に活用するための簡易な得点計算法を考案した [4]。本稿では、この得点計算法を用いた試作アプリケーションによって、学習者がどのように学習を行い、学習結果がどのようになるのかを検証した結果を報告する。

¹ 茨城大学
Ibaraki University

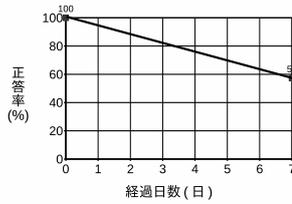


図 1 反復学習なしの場合

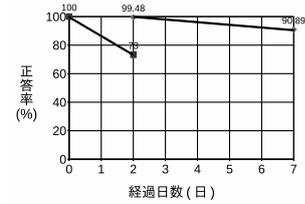


図 3 反復学習の間隔が 2 の場合

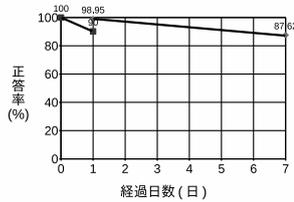


図 2 反復学習の間隔が 1 の場合

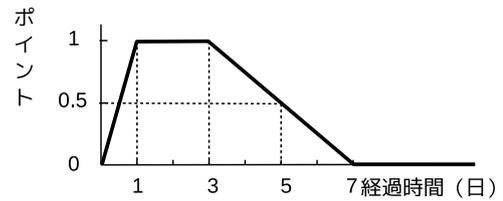


図 4 加算ポイントの変化

2. 基本的な考え

ここでは、学習項目ごとに問題を出題し、学習者が正解する度にポイント（加算ポイント）を与え、学習項目ごとに加算ポイントを合計した累積ポイントが基準値を越えた時に、その学習項目の学習を完了する反復学習システムを想定する。筆者らは、このようなシステムに対し、適切な間隔を空けて学習した時に加算ポイントを大きく与えるようにすれば、学習者は積極的に分散学習を行うようになるのではないかと考えた。

そこで筆者らは、以下の調査結果を元に、加算ポイントの計算方法を検討した。

まず、鬼澤らによる、大学生の忘却の期間に関する実験 [5] を参考にした。この実験では、一般常識の用語を憶えるような一般的な学習においては、1 日程度なら忘却率が低く、5 日程度で 50% 程度の忘却があることが示されている。

さらに筆者らは分散学習における学習間隔を調査するための実験を行った。手順としては茨城大学工学部の学生を対象に、企業の採用試験で使用されるような一般常識の問題集から抽出した 16 の用語を出題し、20 分間の学習を 2 回行う反復学習をした後の記憶率を調査した。比較対象として 40 分間の学習を 1 回とした反復学習をしない同様の実験も実施した。この実験では反復学習の間隔を 1 日の場合と 2 日の場合の 2 パターンと、反復学習をしなかった場合の 1 パターンの合計 3 パターンを行った。実験結果を図 1、図 2、図 3 に示す。その結果、学習後 1 日から 2 日間隔をあけて反復学習を行うと分散学習の効果が高いことを確認した。そこで、今回は反復の間隔が 1 日から 3 日までのときに加算ポイントが最大の 1 となるようにし、1 日目は 0 から増加、3 日経過後は 5 日後に 0.5 となるように減少する加算ポイントの変化とした。

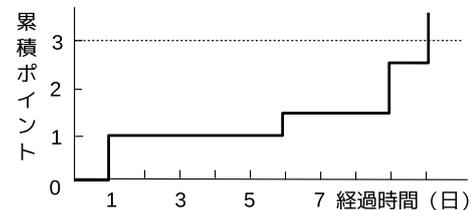


図 5 累積ポイントの例

結果となる加算ポイントの計算法を図 4 に示す。ポイントの増減は直線的であるが、これは学習者自身が学習間隔と加算ポイントの相互変換を容易にできるようにするためである。

このとき、累積ポイントは図 5 のように変化することになる。図 5 の例では経過時間 0、1、6、9、10 の時、合計で 5 回の学習を行っている。経過時間 0 から 1 の時には学習間隔が 1 日なので、図 4 より経過時間が 1 の時 1 ポイントとなっているので 1 ポイント獲得している。同様に 1 から 6 の時は 0.5 ポイント、6 から 9 は 1 ポイント、9 から 10 も 1 ポイントを獲得している。学習完了の基準値は 3 としている。

3. 試作アプリケーションの実装

前節で説明した得点計算法を学習者に提示したときに、学習者がどのように学習を行うのか、そして学習結果にどのような影響を及ぼすのかを確認するために、検証用の学習支援システムを実装した。

実装にあたり、動作環境を Android OS で動作するタブレット端末と定めた。近年、スマートフォン、タブレット端末といった携帯可能な情報機器の普及により、それらの入手は容易であり、操作法も一般に浸透している。検証用のシステムを PC に実装した場合、学習の時間も PC を操作できる時間帯に制約される。これに対し、スマートフォン、タブレット端末ならば、そのような制約を受けずに

学習を行える。OSにAndroidを選択した理由は、アプリケーションの開発環境の入手が容易であったからである。

なお、学習者へ出題された問題、学習者の解答、正誤判定結果、日時はすべて学習履歴として記録されるように実装されている。

3.1 画面構成

試作アプリケーションは、学習項目選択画面と項目学習画面から成る。図6に学習項目選択画面、図7に項目学習画面の表示例を示す。学習項目選択画面は学習者が学習可能な学習項目の一覧を表示し、学習者に選択させる役割を持つ。項目学習画面は、学習者が学習項目選択画面で選択した学習項目の学習を行う画面であり、問題や解説の表示、学習者の解答入力と正誤判定結果の表示等を行う。この2つの画面の遷移によって、次節で説明する各学習段階に対する動作を実現している。

なお、学習者の解答入力はタブレット端末の仮想キーボードからの文字入力、正誤判定は正解文字列との比較によって行っている。

3.2 3つの学習段階と試作アプリケーションの動作

試作アプリケーションによる学習全体は、学習項目決定、反復学習、最終テストの3つの段階で構成される。それぞれの段階に対する試作アプリケーションの動作を以下に説明する。

学習項目決定

この試作アプリケーションでは、25の学習項目を学習対象とする。この25項目は、試作アプリケーションに登録された全学習項目（後述の実験では200項目程度）から、各分野ごとに決められた数の項目がランダムで選ばれる。ただし、1項目ずつ確認テストを行い、既知の項目を学習対象から外す。この確認テストは学習項目選択画面の「新規問題」ボタンが学習者に押されることによって開始され、項目学習画面へ遷移する。項目学習画面では学習者に対して問題が出題され、学習者の解答が正誤判定で正解となったときには、その項目は学習対象から除外される。不正解となったときはその項目は学習対象となり、続けて解説が表示され、その項目の学習が始まる。

学習項目選択画面の「新規問題」ボタンは、学習対象の25項目すべてが決まるまで有効であり、学習者は後述の反復学習とどちらを選ぶかを自由に決めることができる。

なお、試作アプリケーションの最初の起動時は、学習対象となる学習項目がまだ1つも決まっていないため、学習項目選択画面の一覧には何も表示されず、「新規問題」ボタンしか選択できない。

反復学習

学習項目決定で学習対象となった学習項目は、学習項目選択画面に一覧表示されるようになる。この一覧にはそれ

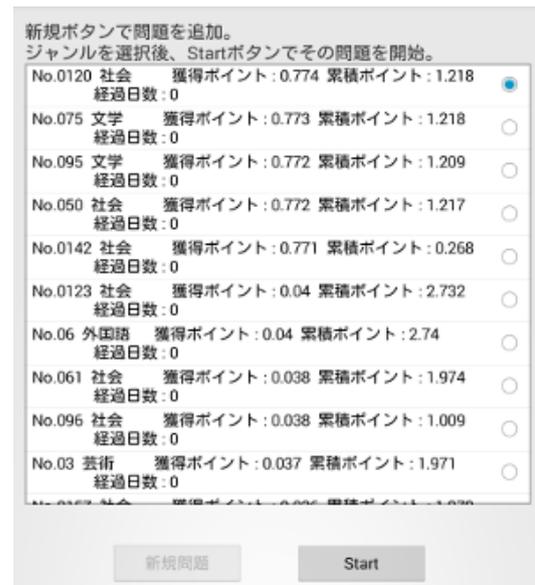


図6 学習項目選択画面

ぞれの学習項目の分野（後述の2つの分野を学習者に分かり易くしたもの）、その時点で正解した場合に獲得できる加算ポイント（提案手法により計算されるポイント）、それまでの累積ポイントが表示されている。いつ、どの学習項目を選択し、学習するかは学習者の自由である。学習者によって学習項目が選択されると、項目学習画面へ移行し、確認テストが行われる。このテストで正解した場合には、提案手法によって計算された加算ポイントが、累積ポイントへ加算される。次に正誤に関わらず、解説が表示された後、解説を読んで内容を憶えたことを確認するテストが実施され、学習項目選択画面に戻る。

最終テスト

試作アプリケーションを最初に起動してから一定の期間が経過すると、それまでの学習の成果を確認するための最終テストの段階となる。この段階に移行すると、学習項目決定、反復学習は選択できなくなる。試作アプリケーションは学習対象となったすべての学習項目の一覧を学習項目選択画面で表示し、ここから学習者が選択した学習項目に対する出題を項目学習画面で行う。1度解答された学習項目は、正誤に関わらず学習項目選択画面の一覧から消え、すべての学習項目の出題が終わると、すべての学習が終了する。

4. 実験

手法の検証をするために、提案手法によりポイント計算を行う試作アプリケーションを使用した実験を行った。また、比較対象として学習間隔に関係なく一定のポイントを与える試作アプリケーションを実装し、同様の実験を行った。前者を実験1、後者を実験2とする。



図 7 項目学習画面

4.1 実験条件

以下に実験条件を示す。学習項目の分野は項目 1 つに 2 つの種類の分野が設定されているので、それぞれを示した。

- 被験者:茨城大学の学生 10 名
- 学習機器:Nexus7(2012):Android4.4.3
- 全学習項目:企業の採用試験等で出題される一般常識用語を元に作成した問題
 - 実験 1:196 問
 - 実験 2:199 問
- 学習対象:それぞれの全学習項目の中からランダムに 25 問ずつ
- 25 問の学習項目の分野と出題数の内訳
 - 分野 1
 - * カタカナ:11 問
 - * 漢字:10 問
 - * 英語:1 問
 - * 公式:1 問
 - * 化学式:1 問
 - * 数字列:1 問
 - 分野 2
 - * 人物:10 問
 - * 地理:4 問
 - * 法律:5 問
 - * 建物:1 問

* その他:5 問

- 実験期間:14 日
 - 学習期間:7 日
 - 休憩期間:7 日

4.2 実験手順

被験者全員に試作アプリケーションがインストールされたタブレット端末を貸与し、タブレット端末を用いた学習を依頼した。被験者には、7 日の学習期間内にそれぞれのシステムで 25 項目すべての学習を完了させ、7 日間の休憩期間の後に、学習効果を確認するための最終テストを受験することを指示した。一方、学習期間内の学習をどのようなスケジュールで行うかは、被験者の自由としたが、実験 1 については、加算ポイントの性質から最終日近くにまとめて学習しても学習完了とはならないため、最初にある程度の学習を進めてから、スケジュールを考えるよう注意を与えた。

なお、すべての被験者が実験 1 と実験 2 の両方の実験を実施したが、実験の順番による影響を平均化するため、被験者 A,C,E,F,H の 5 名は実験 1、実験 2 の順に実施し、逆に被験者 B,D,G,I,J の 5 名は実験 2、実験 1 の順に実施した。

実験終了後、貸与したタブレット端末は回収し、すべての学習履歴をタブレット端末から取り出し、集計を行った。

4.3 実験結果

この節では、それぞれの実験における学習履歴の集計結果を提示する。

なお、今回の実験で使用した教材には、設問の不備により問題に正解できない学習項目が存在したため、それらの項目に関するデータは実験結果の集計から除外している。

また、試作アプリケーションは経過時間を秒単位で計算しているが、実験結果は履歴に記録された日付けで集計しているため、集計結果には 8 日目が存在する。

4.3.1 実験 1

実験 1 の学習回数、学習が完了した学習項目数、最終テストの正解数と正答率を表 1 に示す。学習回数には、設問不備の学習項目を除いたすべての学習の回数を記載した。

最終テストの結果は、学習が完了した項目に対する最終テストの正解数と正答率となっている。被験者 I,J は学習が完了した項目が 0 であるため、集計結果が存在しない。

また、図 8 にはすべての被験者の経過時間ごとの学習回数を示した。

4.3.2 実験 2

実験 2 の学習回数、学習が完了した学習項目数、最終テストの正解数と正答率を表 2 に示す。

実験 1 同様、学習回数には設問不備の学習項目を除いた

表 1 実験 1 の結果

被験者	学習回数	完了した 学習項目数	最終テスト	
			正解数	正答率
A	322	25	22	88
B	262	25	21	84
C	594	25	24	96
D	402	25	19	76
E	370	25	25	100
F	284	18	17	94
G	440	24	24	100
H	286	22	22	88
I	128	0	-	-
J	100	0	-	-
平均	318.8	19.2	-	-
平均 (I,J を除く)	370	24	21.8	90.8

表 2 実験 2 の結果

被験者	学習回数	完了した 学習項目数	最終テスト	
			正解数	正答率
A	358	23	7	30
B	320	25	15	60
C	258	25	23	92
D	330	23	12	52
E	356	25	12	48
F	265	25	4	16
G	258	25	17	68
H	330	25	16	64
I	294	23	9	39
J	246	24	9	38
平均	301.5	24.3	12.4	50.7

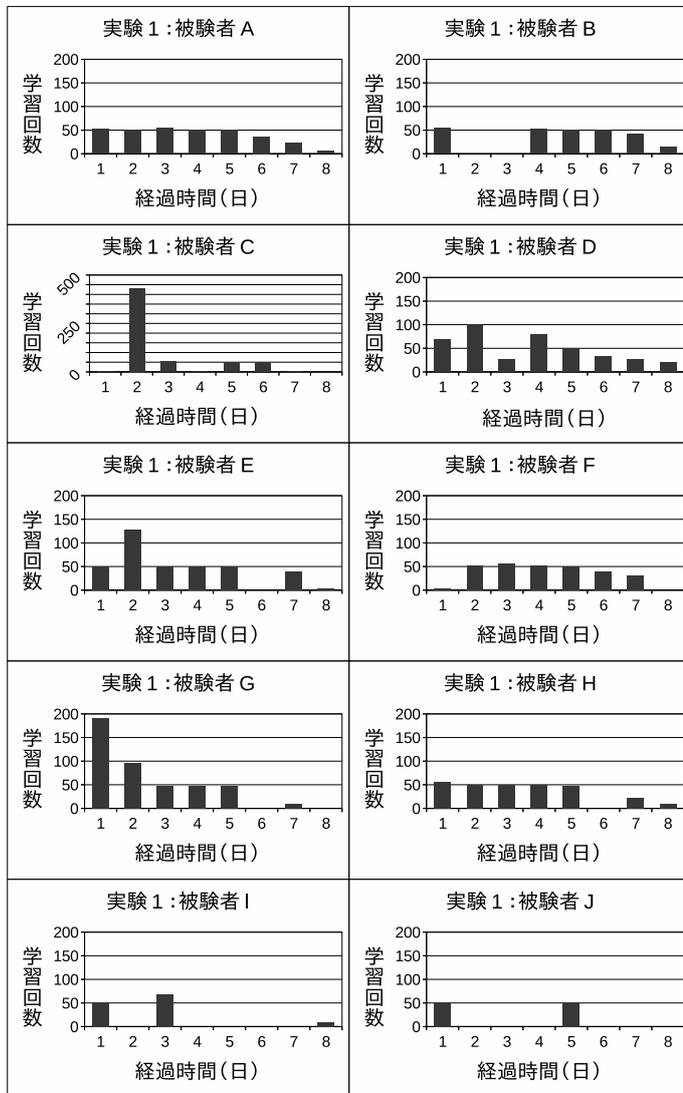


図 8 経過時間ごとの学習回数 (実験 1)

すべての学習の回数を記載し、最終テストの結果は、学習が完了した項目に対する最終テストの正解数と正答率となっている。

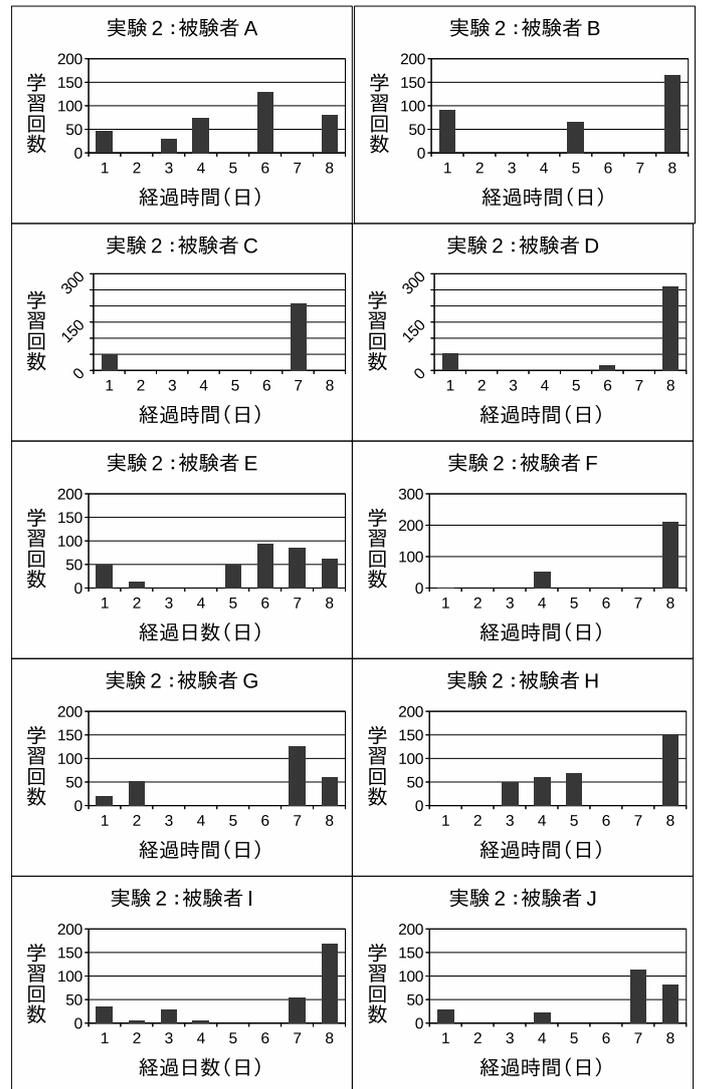


図 9 経過時間ごとの学習回数 (実験 2)

また、図 9 にはすべての被験者の経過時間ごとの学習回数を示した。

4.4 アンケート

2つの実験終了後、被験者にアンケートを行った。その

集計結果の一部を表3に示す。

表3 アンケートの結果

1. 学習期間は適切でしたか。		
(1) ポイント変化するもの	長かった	1人
	適切だった	5人
	短かった	4人
(2) ポイント一定のもの	長かった	2人
	適切だった	7人
	短かった	1人
2. 学習時間は合計でどれくらいでしたか。		
(1):ポイント変化するもの	最長	180分
	最短	40分
	平均	123分
(2):ポイント一定のもの	最長	180~240分
	最短	40分
	平均	79分
3. どちらの学習方法が学習しやすかったですか。		
ポイント変化		5人
ポイント一定		5人
4. 学習はどのようなときに、どのような場所で行いましたか。		
時間帯	昼休み	2人
	夕方	2人
	夜・深夜	2人
	空き時間	7人
場所	学校(研究室)	8人
	自宅	4人

4.5 考察

平均正答率

まず、表1、表2の平均正答率を単純に比較すると、実験1の平均正答率が90.8と実験2の50.7より高いことがわかる。このことから提案手法がより効果の高い学習を提供していると言える。

実験1(I,Jを除く)の学習回数の平均は370回、実験2の平均は301.5回である。実験1の学習回数は実験2の1.23倍となっている。アンケート結果においても、学習時間の合計の平均は「ポイント変化するもの」(実験1)の方が長い。

しかし、最終テストの平均正答率は $91/51 = 1.78$ 倍であり、提案手法による学習の方が、学習の効率は高いと言える。

アンケート結果においても、どちらの学習方法が学習しやすかったかの質問に対する回答は双方同数であり、被験者にとって提案手法による学習は過大な負担を要するものではないと考えられる。

経過日数ごとの学習回数の分布

図8および図9から、経過日数ごとの学習回数の分布の違いが確認できる。被験者A,C,E,F,Hは実験1、2の順、被験者B,D,G,I,Jは実験2、1の順で学習を行っているが、

この順番の違いによる明確な相違は確認できなかった。

実験1では、ほとんどの被験者はほぼ毎日均等に学習している。さらに一部の被験者には学習期間の前半部分で正解するまで確認テストを繰り返している様子も見られた。実験開始時に、最初にある程度の学習を進めるよう注意した影響はあるものの、後述のとおり実験2では異なる傾向となっているため、被験者が自ら判断した結果と考えられる。

一方、実験2では、多くの被験者が学習期間の終了近くに集中して学習していることが確認できる。今回の実験では実験期間終了後に確認テストを実施する旨を事前に伝えていた。よって確認テストまでの期間を短くすることで高い正答率を得ようとしたため、後半に学習が集中していると考えられる。したがって、実験1よりも学習と最終テストの間隔が短くなっているが、前述のとおり、実験1の方が正答率が高い。

4.5.1 提案手法の問題点

実験2のように、問題に正解したときに獲得できるポイントが一定ならば、極端な場合、全てのポイントを最終日に獲得しても学習は完了する。

一方、提案手法の場合、学習完了の基準ポイントを獲得するために最低限必要な期間が存在する。例えば、今回の試作、実験の場合には、学習完了となる3ポイントを獲得するために最低3日間が必要である。さらに、その間に問題に不正解する可能性を含めれば、その期間は更に長くなる。そのため、ポイント一定の場合のように、学習期間の後半の学習回数を増やすことでポイントの不足を解消することができず、学習を完了させることが難しくなっている。また、学習が完了しないことは学習期間が終了するよりも前に確定してしまうことが多い。

今回の実験1においても、被験者F、I、Jには学習が完了していない学習項目がある。図8より被験者Fは常に一定数の学習回数で、全ての学習項目を学習完了させようとしていたことが窺えるが、結果的に一部の学習項目が期間内に学習完了とならなかった。被験者I、Jは学習期間の後半にはほとんど学習していない。とくに被験者Iの場合、学習期間終了時に累積ポイントが貯まっている項目は僅か2つであり、その累積ポイントも小数点以下のポイントであった。この場合、5日経過の時点で学習が完了しないことは確定している。実際に、6日目、7日目の学習はほとんど行われていないが、たとえ学習が行われたとしても、学習が完了しないことには変わりはなく、この期間に被験者が学習を行う理由は失われている。

学習期間

今回の実験では学習すべき項目を25、学習期間を7日間と設定した。

アンケートの結果では、実験1(ポイント変化)でこの

学習期間を短いと感じている被験者が多い。提案手法はポイントを獲得するために学習間隔を空ける必要があり、今回の7日間という学習期間では高いポイント獲得の機会を数回逃してしまうと項目の学習を終わらせることが難しくなる。前述のとおり、実際にすべての学習が完了しなかった被験者もみられた。学習を確実に完了させるためには学習期間中のほとんどの日に学習を行うことになるため、実験1の学習期間を短く感じる被験者が多いと考えられる。

タブレット端末使用の利点

アンケートの結果が示すように、学習時間帯の偏りは少なく、空き時間を利用した被験者も多い。学習の場所は学校(研究室)や自宅との結果であるが、今回の被験者が全員研究室に所属している4年生、大学院生であったことの影響で研究室という回答が多い。タブレット端末を貸与したために、時間、場所による制約を受けず、研究活動の合間や夜間の自宅などさまざまな状況で学習できたと捉えることもできるが、より明確な考察を得るためには、より多くの立場の被験者による実験結果が必要と考えられる。

5. まとめ

本稿では、反復学習を効果的に行うための得点計算法の提案と、提案手法を試作アプリケーション反復学習システムによって検証した結果の報告を行った。

本稿で提案した得点計算法は、分散学習の考えを利用し、学習の間隔に応じてポイントを変化させるものである。提案手法に基づいてポイント計算を行う反復学習システムをAndroidアプリケーションとして試作、これをインストールしたタブレット端末を茨城大学の学生10名へ貸与して学習の効果を検証する実験を行った。さらに同アプリケーションのポイントを一定にしたものによる同等の実験も行ない、双方の結果の比較を行った。

検証の結果、提案手法による学習の方が、学習回数は増えるものの、それ以上の学習成果が得られることが確認された。ただし、提案手法には学習期間内に学習を完了させることが難しくなる問題点があり、実験においても一部の被験者でこの問題が起きていることが確認された。

今回の実験では被験者の数も少なく、学習項目の数、学習期間などの条件も固定である。より多くの被験者、より多くの条件下での実験によって、提案手法の効果を検証することが今後の課題である。

参考文献

- [1] Frank N. Dempster, "Distributing and Managing the Conditions of Encoding and Practice," Memory, Elizabeth Ligon Bjork, Robert A. Bjork, pp.314-344, Academic Press, 1996
- [2] 水野, "効果的な分散学習に関する認知心理学的知見のCAIへの応用: 遠隔教育用CAIへの適用とシミュレーションによる実証," 信州大学工学部紀要 83, pp.1-10, 2000.

- [3] 松浦, "分散型反復学習アドバイスを活用した e-learning による初等物理の学習促進," 論文誌 IT 活用教育方法研究, vol.8, no.1, pp.16-20, 2005.
- [4] 谷口他, "分散学習を促す簡易ポイント計算法の提案," 電子情報通信学会 2015 年総合大会講演文集, D-15-27, 2015.
- [5] 鬼澤他, "大学生の忘却時間に関する調査," 電子情報通信学会 2012 年総合大会講演論文集, D-15-4, 2012.