

読解補助のための視線制御型メモ帳再生機能を備えた振り返り支援システムの提案

岡本 雄太^{1,a)} 永井 孝幸^{2,b)}

概要: 学習プロセスをポートフォリオとして蓄積しておき、自身で振り返ることによって深い学習が可能になると言われている。デジタル端末を用いて記録された学習事項（以下学習メモ）を振り返る際には、学習メモ群の中から目的のメモを探索・選択・表示するという3つの手順が必要となる。ここで一連の手順に時間がかかると時間的・認知的な学習効率の低下に繋がる。特に振り返りが文章読解などの主となる活動の最中に行われる、所謂副次的な活動であった場合には学習効率の低下は顕著なものとなる。そこで本研究では、Tobii社製の視線検出型入力装置を用いて学習者の視線情報を取得し、視線情報を用いて学習メモの探索及び選択を行うことで上述の学習効率の低下を抑えるシステムの提案を行う。さらに学習メモ内容を合成音声として再生することで「学習メモの表示」を代替し、認知的な負担の低減を図る。試作したシステムを用いて文章読解タスクによる評価実験を行い、学習メモを探索する時間が低減されること、及び提案システムが文章読解の妨げにならないことを確認した。

キーワード: 視線検出, 合成音声, 振り返り, 学習メモ, 読解

Reflection support system with gaze-based playback of learning notebook

YUTA OKAMOTO^{1,a)} TAKAYUKI NAGAI^{2,b)}

Abstract: It is said that deep learning can be promoted by storing the learning process as a portfolio and reflecting on it by oneself. When reviewing the recorded learning items (hereinafter referred to as "learning memos") using a digital device, three steps are required: searching, selecting, and displaying the desired memo from a group of learning memos. If these steps take a long time, it leads to a decrease in temporal and cognitive learning efficiency, especially if the reflection is a secondary activity that takes place during the main activity such as reading a text. In this study, we propose a system that uses a gaze-detecting input device manufactured by Tobii to acquire the learner's gaze information, and uses the information to search for and select a study memo, thereby reducing the decrease in learning efficiency. In addition, we play back the contents of the study memo as a synthesized voice so that learners can focus on main activity without increasing the cognitive burden. We conducted an evaluation experiment using a prototype system in a text-reading task, and confirmed that the time spent searching for study memos is reduced and that the proposed system does not interfere with text-reading comprehension.

Keywords: Gaze detection, synthetic voice, reflection, learning memo, reading comprehension

1. 研究背景

振り返りを目的とした学習事項の記録は、従来では紙のノートや付箋、メモ用紙などアナログな手法を用いて行われていたが、近年ではペンタブレットやPC、スマートフォ

¹ 京都工芸繊維大学, 大学院工芸科学研究科情報工学専攻

² 京都工芸繊維大学, 情報工学・人間科学系, 准教授

^{a)} y-okmt20@dsi.cis.kit.ac.jp

^{b)} nagai@kit.ac.jp

ンのテキストエディタを用いて、デジタルデータとして学習事項を記録する手法が普及している。一方でデジタルメディアを利用した学習の際には、その情報量の多さや操作の手間が存在することから、紙メディアを利用した場合と比べて認知的な負荷が大きくなることが知られている。さらに、認知的な負荷が大きくなりすぎると負荷が小さい場合に比べ学習効率が相対的に低下することが示されている [1]。この問題に対し本研究では、振り返り学習の場面において自然な・直観的な動作によりデジタルメディアの操作が可能な視線検出型入力装置を用いることで、デジタル端末の操作にかかる認知的な負荷を抑えることを目指す。

また、振り返り学習を行う場面の一つとして、文章読解などの別の活動の最中に振り返り対象語句に出会い、副次的な活動として振り返りを行った後、再度元の活動である文章読解に戻るといったケースが挙げられる。こういった主教材と副教材を行き来する状況は、*split-attention effect* が生じるとされている [2]。*split-attention effect* とは、設計が不十分な教材に特有の学習効果であるとされており、学習者の理解を妨げ、学習効率を低下させる要因になる。このような学習場面での学習効率の低下を低減するための手法として主教材と副教材に異なる認知資源を割り当てることが知られている。ここでいう認知資源とは視覚・聴覚などの認知活動のための情報源のことをいい、例えば主教材である文章読解を視覚からの情報を用いて行い、副教材である振り返りを聴覚からの情報を用いて行くと学習効率の低下が抑えられることになる。

以上の知見に基づき、本研究では視線情報と合成音声による音声再生を用いて、副次的な活動として振り返りを行う際の、認知的負荷が小さくなることが見込まれる振り返り支援システムの提案を行う。振り返りに対する主要な活動として英語文章読解タスク、副次的な活動として英語語彙の振り返りを設定した評価実験を行い、学習メモを探索する時間が低減されること、及び提案システムが文章読解の妨げにならないことを確認した。

2. 関連事例

本節では、メモ帳再生システムの提案にあたって参考にした事例及び研究について述べる。

2.1 視線情報を用いた辞書引きシステム

玉宮らの研究 [3] では、教育における動機付けに注目し、学習に対する心理的負担の要因の一つである辞書引きを容易にするシステムの開発を行っている。辞書と ICT への拒否反応を低減するべく、文書閲覧中の視線情報を利用して意味が分からない単語が注視されていると辞書引きが自動で行われる。

また東中らの研究 [4] では、視線情報をもとに学習者が辞書引きを必要としているかどうかを決定木学習の手法を用

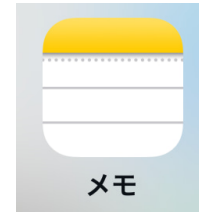


図 1 AppleNotes アイコン

いて判定し、自動で辞書引きを行うシステムの開発を行っている。

視線情報を基に単語の意味提示を行う点で本研究と類似しているが、これらの研究は ICT 機器を用いた文書閲覧中の文書上にある視線情報を利用している点や、単語の直上に注視対象語句の意味が提示される点、メモの振り返りでなく辞書引きを学習場面として設定している点で異なる。

2.2 Calm technology

Calm technology[5] は Mark D. Weiser と John Seely Brown により 1995 年に提唱された概念である。近年では多くの人が複数のデジタルデバイスを所持しているため、情報過多となり人の意識のキャパシティが不足することがある。この状況を予想した Mark D. Weiser は、ユーザへ精神的な負担を過剰に与えないテクノロジーが求められるとし、そうしたデザインが成されたテクノロジーやデザインそのものを Calm Technology と定義した。

本研究にあたり、Calm Technology の概念を参考にシステムの設計を行っている。

2.3 メモアプリケーション

iOS や Android などの携帯端末を中心に様々なメモアプリケーションが開発されている。特に reminDO[6] は、メモとして記録されたあらゆる情報を忘却曲線 [7] と間隔反復を用いて記憶に定着化させるためのアプリケーション、及びウェブサービスであり、本研究とはメモをもとに復習支援を行う点で類似しているが、復習支援の機会が異なる。

また AppleNotes[2] は、Apple 社が提供する iOS・MacOS オペレーティングシステムに標準搭載されているメモアプリケーションであり、日本のスマートフォンにおける iOS 端末のシェア率から考えると広く認知されたメモアプリケーションと言える。このため評価実験におけるメモ再生システムの比較対象として用いた。AppleNotes アプリケーションのアイコンを図 1 に、画面例を図 2 に示す。

本研究にあたり、振り返り対象となる学習メモがどのような形式で蓄積されているかという点や、ディスプレイ上におけるメモの配置方法の参考にした。

3. 視線制御型メモ帳再生システムの要件

本節では、認知的負荷が小さくなることが見込まれるシ

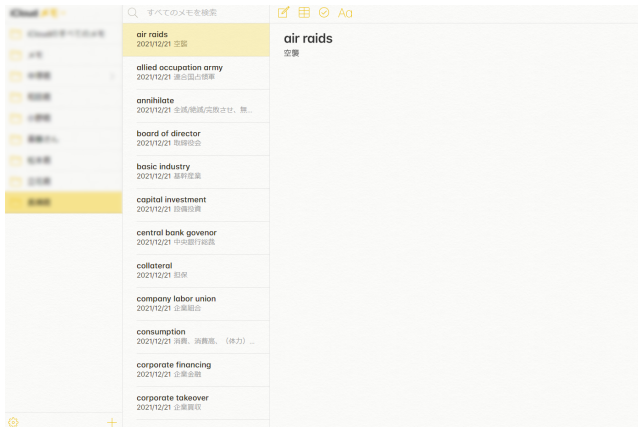


図 2 AppleNotes 画面例

システムである視線制御型メモ帳再生システムが満たすべき要件とその解決策について述べる。

要件 1: 学習メモの探索時間に関する要件

文章読解中に学習者が、振り返りが必要な語句と出会った際、語句の意味を知るために蓄積された学習メモの中から対象語句を探索する必要がある。一般的なメモシステムでは全文検索機能が搭載されているので、全文検索を行うか、メモの項目を順に確認し探索することになる。探索するための時間や手間が増えると、単位時間あたりに振り返りを行うことの出来る数が減り、認知的に文章読解の妨げになる。そのため、可能な限り早くユーザへ目的の情報を提示する工夫が必要である。

要件 2: 読解中の認知的負荷を抑えるための要件

1 節で説明したように、主要な活動と副次的な活動で使用する認知資源が競合を起こしすぎると、双方の効率が低下してしまう。そのため、効率の低下を防ぐための工夫が求められる。

要件 3: 視線入力による学習メモの選択に関する要件

提案システムでは、マウスやキーボードを用いた項目の選択を、項目を注視するという行動に置き換えることを考える。このとき選択までに必要な注視時間がユーザが想定している時間から大きく離れると違和感を生じることとなる。

要件 1～3 に対する解決策を以下に述べる

要件 1 に対する解決策

画面上には学習メモのタイトルだけを表示し、学習メモの内容は音声でフィードバックする。これにより、学習メモの内容を学習メモのタイトルと共にモニター上に表示させる必要がなくなり、より多くの学習メモをモニター上に配置することが出来るため、目的となるメモを探索する時間が小さくなることが見込まれる。音声でフィードバックするにあたり、合成音声を実タイムに生成する。生成には Microsoft Azure が提供するサービスの一つである Microsoft Azure TTS[8]



図 3 Tobii eye tracker4C

を用いる。

要件 2 に対する解決策

認知資源の競合を起こさないために、主要な活動である文章読解活動へ視覚、副次的な活動である学習メモの振り返りに聴覚を主に用いる。また提案システムの操作に視線情報を用いることで、デジタルメディアの操作にかかる認知的な負荷を低減する。視線情報の取得には Tobii 社 [9] が提供するポータブルな非装着型の視線検出型入力装置 Tobii eye tracker 4C を用いる。PC モニターの下部に取り付けることでユーザがモニター上のどこに視線を送っているか検出することが出来る。Tobii eye tracker4C の写真を図 3 に示す。

要件 3 に対する解決策

前田らの研究 [10] では、視覚探索における各項目の特徴照合にかかる時間が予測されており、予測結果が実際の値と概ね一致するとして報告されている。各項目の特徴照合にかかる時間を基準にして、学習メモの探索、及び選択を行う際に不必要な学習メモの音声再生が成されないような注視時間の設計を行う。詳しくは 4.2 節にて述べる。

4. 視線制御型メモ帳再生システムの提案

本節では 3 節で述べた解決策をふまえ、振り返り支援システムの提案を行う。

4.1 視線制御型メモ帳再生システムの概要

学習メモの振り返りを伴う文章読解の学習場面において、学習メモの振り返りに視線入力と音声フィードバックを用いた振り返り支援システムの提案、及び試作を行う。

想定する利用ユーザは、振り返り対象である学習メモをデジタルデータとして一定量蓄積している学生である。また学習メモは数学・英語などカテゴリごとにまとめられているものとする。本研究における学習メモはタイトルとメモ内容の組で構成されているものとする。英語カテゴリの学習メモ例を表 1 に示す。ユーザは紙またはデジタルデバイス上で文章読解を行いながら、PC モニターに一覧表示さ

表 1 英語カテゴリの学習メモ

メモタイトル	メモ内容
air raids	空襲
allied occupation army	連合国占領軍
appreciation	(正しい判断に基づく) 評価、感謝 (の気持ち)、(価値の) 上昇
capital investment	設備投資
collateral	担保
consumer durable	耐久消費財
convertibility	転換 (兌換) 可能であること

れる学習メモのうち何れかを視線情報により選択する。選択された学習メモの内容が音声フィードバックされ、ユーザはそれをもとに振り返り学習と文章読解を同時に進める。

4.2 視線制御型メモ帳再生システムの設計

一般的なメモシステムにおける全文検索を行わないとした場合の学習メモの探索は、以下の工程に分けられる。

- (1) 学習メモのタイトルのリストから目的のものを探索する。
- (2) 目的の学習メモを選択し学習メモの内容を表示させる。
- (3) 学習メモの内容を読み取る。

このうち (2) の工程は学習メモのタイトルと同時にその内容を表示させておくことで省略することが出来るが、一度にモニター上に配置出来るメモ項目の数が減少する。そこで学習メモの内容を音声フィードバックすることにより、(2)・(3) の工程を同時に行う。また学習メモの内容をモニター上に表示させる必要がないため、一度に表示するメモ項目の数が減少することがない。さらに 1 節で述べたように音声フィードバックを用いることによって、文章読解活動の効率が低下することを防ぐ意図も持つ。

提案システムでは、学習メモの選択を視線入力により行う。そのため、各々の学習メモを画面上に配置する際に十分な間隔を取らなければ、誤検知によるメモの選択ミスを起こす要因となる。視線検出型入力装置の技術仕様を基に、学習メモ同士の間隔を十分に取ることで誤検知によるメモの選択ミスが発生することを防ぐ。

前田らの研究 [10] によると、視覚探索における一注視あたりの時間は 0.34 秒程度と予測されている。このため学習メモを注視し始めてから音声フィードバックがおこるまでの時間は少なくとも 0.34 秒より大きな値に設定すべきである。0.34 秒には注視対象が標的であるかを認知するまでの時間も含まれるが、認知するまでの時間は個人差やユーザのコンディションが影響すると考えられるため、視覚探索における一注視あたりの時間は変動するものとして考える必要がある。また前田らの研究は漢字を対象とした探索の結果であり、英語を対象とした場合と一概に同じ結果になるとは考えられない。以上の考えから音声フィードバックを行うまでの学習メモ注視時間は少し長めの 1 秒に

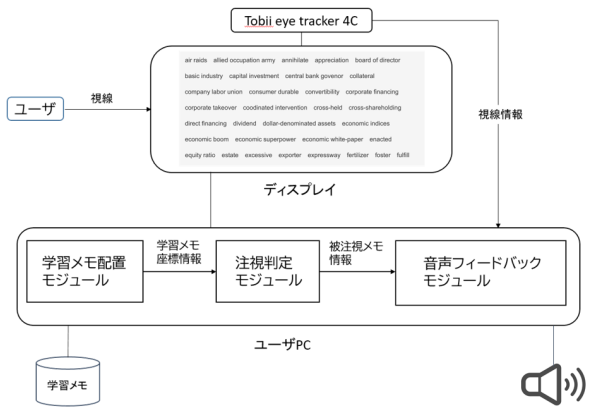


図 4 視線制御型メモ帳再生システムの全体図

設定する。

5. 視線制御型メモ帳再生システムの実装

本節では、試作した視線制御型メモ帳再生システムの実装について述べる。視線検出機能を持ったメモ帳画面の作成には、Unity Technologies 社が提供する統合開発環境を内蔵したゲームエンジンである Unity[11] を利用した。システムの全体図を図 4 に示す。学習メモが配置された画面の例を図 5 に示す。

各学習メモに文字数に応じたテキストボックスサイズを割り当て、視線検出型入力装置の検出誤差を考慮し、誤検出によるメモの選択ミスが発生しない程度の余白をとって画面上に配置する。設計方法について以下に示す。

Tobii eye tracker 4C の利用上の頭部との適性距離は最大 95cm である。また検出された視線位置の正確度については分析用途の製品でないため非公開である。ここで他の Tobii 社製品を参考にすると、被装着型の Tobii Pro の正確度は 0.3 °C であり、装着型の Tobii Pro グラスの正確度は 0.6 °C である。ここでいう正確度とは、眼球の位置と実際の注視点、Tobii が取得した注視点を結んだ三角形の鋭角にあたる角度である。本研究ではこれを基準に検出誤差を考慮して学習メモを配置する。頭部と注視点の距離を 95cm として、正確度を 0.6 °C とした場合の検出誤差は 9.9487mm 程度になる。実験に用いた PC のモニターサイズが 13.3 インチ、解像度が 1920*1080 であるため、約 65 ピクセルが 9.9487mm にあたる。よって 65 ピクセル数分の余白を持たせた長方形領域を一つの学習メモの被注視領域とする。検出誤差が考慮された長方形領域を一つの学習メモの被注視領域とする。図 5 中の左上に位置する学習メモ「air raids」を例として、被注視領域を図示したものを図 6 に示す。特定の学習メモが注視されていることを検出すると、該当する学習メモ内容をリアルタイムに音声合成する。

air raids allied occupation army annihilate appreciation board of director
basic industry capital investment central bank governor collateral
company labor union consumer durable convertibility corporate financing
corporate takeover coordinated intervention cross-held cross-shareholding
direct financing dividend dollar-denominated assets economic indices
economic boom economic superpower economic white-paper enacted
equity ratio estate excessive exporter expressway fertilizer foster fulfill

図 5 視線制御型メモ帳再生システムの画面

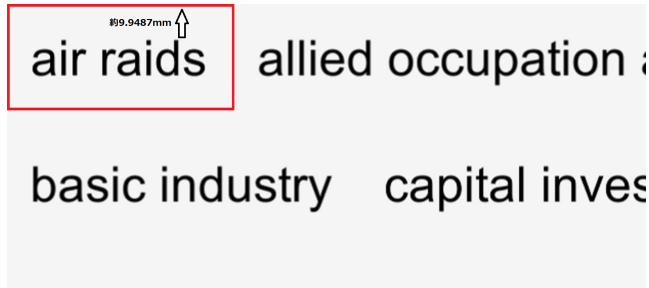


図 6 学習メモ「air raids」の被注視領域

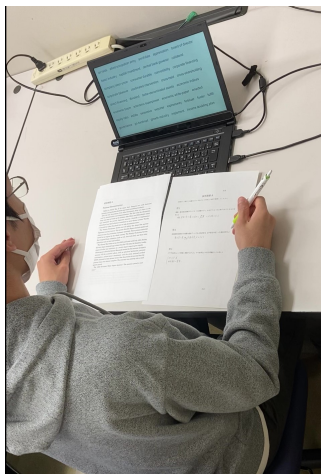


図 7 評価実験の様子

6. 視線制御型メモ帳再生システムの評価実験

本節では、試作した視線制御型メモ再生システムの評価実験について述べる。本評価実験の目的は、設計したメモ再生システムが、学習メモの探索時間を低減し、英文読解の妨げにならないかを確認することである。評価実験の様子を図 7 に示す。

6.1 評価実験の概要

試作した視線制御型メモ再生システムを用いて振り返りを行いながら英文読解の演習を行った場合と、AppleNotes を用いて同演習を行った場合の比較実験を行う。英文は 2 種類用意し、それぞれ英文 A、英文 B と呼称する。各メモシステムにて使用する学習メモは実験前アンケートによっ

て英語語彙の知識を確認しそれをもとに作成した。

本実験の実験協力者は、本学の情報工学課程もしくは情報工学専攻に所属する学生 7 名である。実験協力者のうち 4 名は英文 A の読解にメモ再生システムを用い、3 名は英文 B の読解にメモ再生システムを用いる。英文 B の読解にメモ再生システムを用いた実験協力者を実験協力者 A1、実験協力者 A2,... とし実験協力者グループ A と呼称する。英文 A の読解にメモ再生システムを用いた実験協力者を実験協力者 B1、実験協力者 B2,... とし実験協力者グループ B と呼称する。

6.2 評価実験におけるメモ再生システムの利用法

実験協力者は、英文読解を行うなかで意味理解が出来ない単語あるいは熟語に遭遇した場合、図 5 に示した画面の中から該当する語句を探索する。該当語句を 1 秒間注視すると、該当語句の意味の説明であるメモ内容が音声で再生されるので、その情報をもとに英文読解を継続する。

6.3 評価実験における AppleNotes の利用法

実験協力者は、英文読解を行うなかで意味理解が出来ない単語あるいは熟語に遭遇した場合、図 2 に示した画面の左側に位置する、学習メモリストの中から該当する語句の意味を説明する学習メモを画面スクロールを用いて探索する。学習メモはメモのタイトルと、メモ内容の冒頭 10 文字程度が一組になって表示されているので、冒頭 10 文字程度の参照で該当語句の意味理解に十分だと実験協力者が判断すれば、その情報をもとに英文読解を継続する。冒頭 10 文字程度で意味理解に不十分、もしくはメモ内容の全文を確認したいと実験協力者が判断すれば、学習メモ項目をクリックし、図 2 の画面右側に表示されるメモ内容の全文をもとに英文読解を継続する。

6.4 評価実験の結果

本実験における測定項目を表 2、表 3 に示す。表 2、表 3 における「メモ探索時間」とは、モニター上に実験協力者の視線が移されてから実験協力者が目的の学習メモを発見し視線が 1 秒滞留するまでの時間を指す。全ての実験協力者において、メモ再生システムを用いた場合の方が、より短い時間で目的の学習メモを発見していた。評価実験において、メモ帳再生システムを利用した場合の平均メモ探索時間が 5.93 秒である一方で、AppleNotes を利用した場合の平均メモ探索時間は 9.58 秒であった。メモの探索は全実験協力者の結果から計 162 回行われた。これをもとに有意水準 5% の両側検定を行うと、探索時間の平均値は AppleNotes を利用した場合に比べてメモ帳再生システムを用いた場合の方が有意に小さいことがわかった。表 4、表 5 に示したように試験時間の長短については、メモ再生システムを利用した場合と AppleNotes を利用した場合の間

表 2 メモ再生システム利用時測定項目

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	平均
参照したメモ数 (個)	32.00	11.00	8.00	14.00	7.00	12.00	2.00	12.29
平均メモ探索時間 (秒)	4.86	7.52	5.46	6.26	9.45	4.66	3.28	5.93
メモ内容の平均文字数 (個)	4.21	6.93	4.71	6.33	4.58	4.17	4.19	5.02
全体のメモ項目数 (個)	36.00	52.00	61.00	30.00	66.00	40.00	31.00	45.14

表 3 AppleNotes 利用時測定項目

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	平均
参照したメモ数 (個)	15.00	14.00	7.00	15.00	12.00	9.00	4.00	10.86
平均メモ探索時間 (秒)	6.59	9.65	11.36	11.07	11.86	9.32	7.18	9.58
メモ内容の平均文字数 (個)	4.21	6.93	4.71	6.33	4.58	4.17	4.19	5.02
全体のメモ項目数 (個)	36.00	52.00	61.00	30.00	66.00	40.00	31.00	45.14

表 4 実験協力者グループ A の試験時間

	A1	A2	A3
英文 A	23 分 45 秒	26 分 58 秒	25 分 18 秒
英文 B	30 分 00 秒	30 分 00 秒	21 分 13 秒

表 5 実験協力者グループ B の試験時間

	B1	B2	B3	B4
英文 A	20 分 58 秒	20 分 26 秒	21 分 56 秒	21 分 18 秒
英文 B	25 分 40 秒	22 分 18 秒	28 分 03 秒	20 分 26 秒

に大きな差は見られず、英文 B の試験時間の方がほとんどの実験協力者において長いという結果になった。

以下の 8 項目から成るアンケートを行った。アンケート項目の結果を図 8-図 15 に示す。

- (1) メモ帳再生システムは演習の妨げになりましたか
- (2) 意図したメモの内容が音声で流れない等の誤検知はありましたか
- (3) 画面に表示された文字の数は適切に感じましたか
- (4) 文字の大きさは適切に感じましたか
- (5) 音声フィードバックされるまでの時間は適切に感じましたか
- (6) AppleNotes を地用した場合と比べて、メモ帳再生システムを用いた場合のメモの振り返りは容易でしたか
- (7) 演習課題 A の難易度はどうでしたか
- (8) 演習課題 B の難易度はどうでしたか

アンケート項目 (1) の結果、全実験協力者がメモ帳再生システムが演習の妨げにならなかったと回答した。アンケート項目 (3), (4) の結果、画面上に配置された学習メモの数や文字サイズなどが適正だと感じた実験協力者が過半数を占めていた。メモ帳再生システムを用いた場合の方がメモの振り返りにかかるメモ探索時間が小さい一方で、アンケート項目 (6) の回答では、AppleNotes を用いた方がメモの振り返りが容易だと感じた実験協力者と、メモ帳再生システムを用いた方が振り返りが容易だと感じた実験協力者に二分される結果となった。

1-1. メモ帳再生システムは演習の妨げになりましたか？

7 件の回答



図 8 評価実験におけるアンケート項目 (1) の結果

1-3. 意図したメモの内容が音声で流れないなどの誤検知はありましたか？

7 件の回答

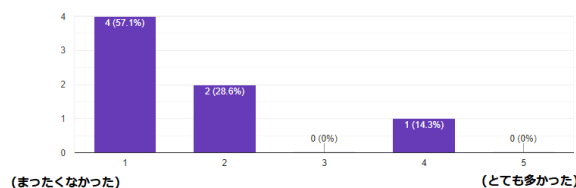


図 9 評価実験におけるアンケート項目 (2) の結果

1-4. 画面に表示された文字の数は適切に感じましたか？

7 件の回答

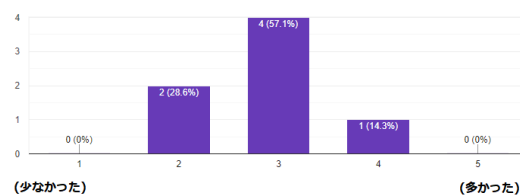


図 10 評価実験におけるアンケート項目 (3) の結果

1-5. 文字の大きさは適切に感じましたか？

7 件の回答

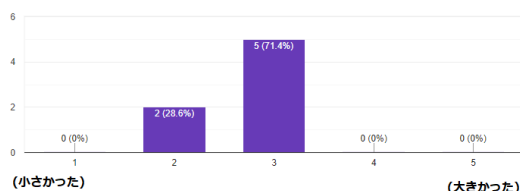


図 11 評価実験におけるアンケート項目 (4) の結果

1-6. 音声フィードバックされるまでの時間は適切に感じましたか？

7 件の回答

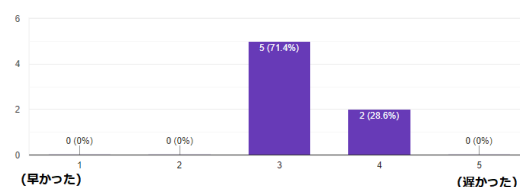


図 12 評価実験におけるアンケート項目 (5) の結果

6.5 考察

Tobii eye tracker4c の検出誤差を考慮した学習メモの配置を行っているにもかかわらず、アンケート (3) の回答では視線入力の誤りが一定数存在した。実験風景から考察

1-7. iCloudメモを利用した場合と比べて、メモ帳再生システムを用いた場合のメモの振り返りは容易でしたか？

7件の回答

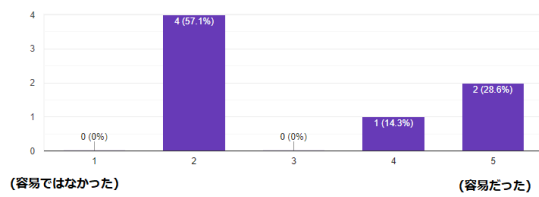


図 13 評価実験におけるアンケート項目 (6) の結果

2-1. 演習課題Aの難易度はどうでしたか？

7件の回答

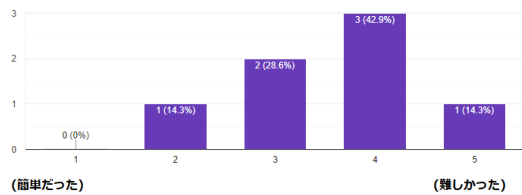


図 14 評価実験におけるアンケート項目 (7) の結果

2-1. 演習課題Bの難易度はどうでしたか？

7件の回答

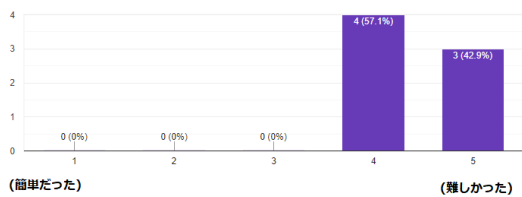


図 15 評価実験におけるアンケート項目 (8) の結果

すると、読解演習中の頭部の動きが大きい実験協力者が存在していたため、視線検出型入力装置の適性距離から外れてしまったことにより誤検知が発生してしまったと考えられる。Tobii 社は頭部装着型の視線検出型入力装置も提供しているため、そちらを利用することにより誤検知の発生の低減が可能であると考えられる。アンケート (5) から、音声フィードバックまでの注視時間は 1 秒で概ね適正だという評価が得られた。一方で少し遅いという意見も存在し、ユーザ毎に音声フィードバックまでの注視時間を調整出来る機能が必要だと考えられる。メモ帳再生システムの仕様に関する質問であるアンケート (3) から (5) の回答でメモ帳再生システムの仕様が適切でない (5 段階中 3 以外の評価) と答えた実験協力者と、AppleNotes を用いた方がメモの振り返りが容易だと感じた実験協力者の間に相関があるわけではなく、メモ帳再生システムの仕様に主な原因があるとは考えづらい。このためどちらのシステムを用いた方が振り返りが容易だと感じたかは個人差によるものが大きく、以下要因が考えられる。

メモ探索時間の差に対する感じ方

本研究における評価実験で、AppleNotes を用いた場

合と試作システムを用いた場合の振り返りにかかった総時間の差である (振り返り回数*3.5 秒) を長いと感じるか短いと感じるかにより、メモ帳再生システムと AppleNotes 用いたメモの振り返りに対する評価は変化するものと考えられる。

認知資源の競合にかかる認知的負荷

メモ内容の理解と読解活動の双方に視覚という同じ認知資源を用いることによりかかる認知的負荷は個人差により、またどの程度の認知的負荷を受けると学習効率が低下するかという閾値も個人によって異なると考えられる。このため、メモ内容の文量により認知的負荷が変化することで更に評価が変化する可能性も考えられる。

個人の優位特性

視覚や聴覚などの感覚器から取得した情報を整理、記憶、理解する能力として認知特性というものが知られている [12]。人によって、読んで理解するか、聞いて理解するかのどちらが得意かは異なり、双方の差が大きい人も存在する。被験者の認知特性のうちどれが優位であるかにより、メモ帳再生システムと AppleNotes を用いたメモの振り返りに対する評価は変化するものと考えられる。

視線入力装置への慣れや順応性

視線入力装置が日常生活で用いられていることは少なく、視線入力方式へ違和感を感じるケースが考えられる。

7. まとめと今後の課題

本研究では、文章読解場面における学習事項の振り返りを低い認知的負荷で行うことができるシステムの提案を行った。提案システムの妥当性を確かめるために、提案システムに求められる要件を踏まえた上で試作を行い、試作システムの評価実験を行った。

本研究では学習メモの振り返りを支援するシステムの提案を行ったが、学習メモを取る手法に関する提案は行っていない。振り返りに用いる想定で学習メモを取る場合とそうでない場合では学習メモの取り方にも違いが生まれると考えられる。そのため、振り返り支援の手法の提案と、学習メモを取る手法と利用場面を合わせて提案することが、より実際の振り返り支援の手法の提案に繋がる。

また、メモの項目数がカテゴリ毎に分類されていてもなお、膨大な量である場合、全文検索が最も効率のよいメモの探索方法になると考えられる。更に、メモの項目数がどの程度の量になると全文検索がよりよい探索方法になるのかについても知られていない。全文探索を行わない探索手法としては、頭文字でのメモ項目の絞り込みなどが考えられる。今回の評価実験では、英文読解時の振り返りを対象としたため英語カテゴリの学習メモのみが振り返り対象と

なった。しかし、読解対象に日本語と英語が含まれる場合や、経済・情報などの特定の学習分野に関する用語が含まれている場合、特定カテゴリの学習メモのみが振り返り対象になるわけではなく、蓄積されたあらゆる学習メモが振り返りの対象となる可能性がある。そのため読解対象に含まれる語句の情報を取得し、振り返り対象となる学習メモのみをシステムが自動で提示する機能が求められる。関連する研究として眺めるインタフェースに関する研究がある。渡邊らの研究 [13] では、眺めるインタフェースの一つとして、ユーザの負担が少ない手法で情報機器とのコミュニケーションを行うことが出来るシステムの開発を行っている。検索履歴や事前に登録したキーワードをもとに、ユーザと興味の近い情報を検索エンジンを利用して生成し画面上に表示させておくことで、日常生活の中でユーザが見つけることの出来なかった Web 上の情報に接する機会を提供する。眺めるインタフェースは、システムが自動的に情報の選択候補を提示するシステムであり、学習場面に沿った学習メモ のリストが自動的に提示されることが求められる本研究のシステムが目指すべき形であると言える。

- [13] 渡邊恵太, 安村通晃: ユビキタス環境における眺めるインタフェースの提案と実現, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 6, pp. 1984–1992 (2008).

参考文献

- [1] DeStefano, D. and LeFevre, J.-A.: Cognitive load in hypertext reading: A review., *Computers in Human Behavior*, Vol. 23, No. 3, pp. 1616–1641 (2007).
- [2] Mayer, R. E. and Moreno, R.: Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning, *Educational Psychologist*, Vol. 38, No. 1, pp. 43–52 (2003).
- [3] 玉宮義之: 利用者の視線に応じて情報を呈示する電子教材” 視線辞書引きシステム「dictionary lookup system by gaze: DLUSG」 ” の開発, 情報学研究, No. 5, pp. 105–109 (2016).
- [4] 東中竜一郎, 大野健彦: 視線に基づく文書理解度測定法とその応用, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告, Vol. 102, pp. 31–38 (2003).
- [5] Weiser, M. and Brown, J. S.: Designing calm technology, *PowerGrid Journal*, Vol. 1, No. 1, pp. 75–85 (1995).
- [6] remindO: 忘却曲線に基づいた記憶に残せるメモ/ブックマークサービス, , 入手先 (<https://remindo.co/?&locale=ja&savelocale=1>) (参照 2022-01-19).
- [7] Ebbinghaus, H.: Memory: a contribution to experimental psychology, *Indian Academy of Neurosciences*, Vol. 20, pp. 155–6 (online), DOI: 10.5214/ans.0972.7531.200408 (2013).
- [8] Microsoft: Microsoft Azure text-to-speech, , available from (<https://azure.microsoft.com/ja-jp/services/cognitive-services/text-to-speech/>) (accessed 2022-01-17).
- [9] Tobii: Tobii pro, , available from (<https://www.tobiipro.com/ja/>) (accessed 2022-01-17).
- [10] 前田佳孝, 渡部公也, 小松原明哲: 視覚探索における一注視あたりの認知処理項目数について, 人間工学, Vol. 53, No. Supplement1, pp. S152–S153 (2017).
- [11] Technologies, U.: Unity, , available from (<https://unity.com/ja>) (accessed 2022-01-17).
- [12] Smith, A.: *Accelerated Learning in the Classroom (School Effectiveness)*, Network Educational Pr Ltd (1996).