Dream Drill:
就寝による記憶定着効果を利用した学習アプリケーション

池田　彩*1　荒井　俊史*2　椎尾　一郎*3

Dream Drill: Learning application utilizing effect memory consolidation effect of sleep

Aya Ikeda,*1　Toshifumi Arai*2 and　Itiro Siio*3

Abstract – Some evidence indicates that sleep supports memory consolidation. Items studied before sleeps are memorized more efficiently than those not followed by sleep. Consequently, we propose a learning management system based on these findings. The system includes an alarm clock, whose alarm is set only if a user answers some questions. The user also has to answer the same questions once the clock has awakened him or her in the morning. We implemented a prototype and conducted a user study with five participants to evaluate the effectiveness of the system.

Keywords : Dream Drill, sleep, mobile learning, memory, Google App Engine

1.　はじめに

睡眠による記憶定着効果についてはこれまでにも多くの研究が為されてきた．そもそも記憶とは一般に感覚記憶，短期記憶，長期記憶の大きく３つに分けられる [1]．音や映像など最大１～２秒を記憶する感覚記憶，５～９つの情報について約２０秒間保持する短期記憶に対して，忘却しない限り死ぬまで保持されると言われているものが長期記憶である．そして長期記憶は陳述記憶・非陳述記憶の２つに分類され，学習や知識などは陳述記憶として，技術や手続き，ノウハウなどは非陳述記憶として保持される．近年の脳科学，認知科学の研究によって非陳述記憶と陳述記憶どちらにも，睡眠が記憶の定着に重要であるということを示唆する報告がある [2]．

陳述記憶の定着が睡眠により促されるという研究は多く為されているが，未だその理論を日常生活に活かしたシステムは開発されていない．睡眠という誰もが持つ無意識な時間を有効に使い記憶の定着を効果的に行えば，我々は限られた時間をより充実させることができるだろう．本システムでは就寝前の目覚まし時計のセット時と朝目覚ましの鳴動後に学習機会を提案するものである．

就寝前学習の効果を高めるために明らかにすべきことがいくつかある．

- どういった種類の学習が就寝前学習で有効か．

*1: お茶の水女子大学大学院　人間文化研究科
*2: シチズンホールディングス株式会社
*3: お茶の水女子大学大学　理学部情報科学科
*1: Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University
*2: Citizen Holdings Co., Ltd.
*3: Department of Information Sciences, Faculty of Science, Ochanomizu University

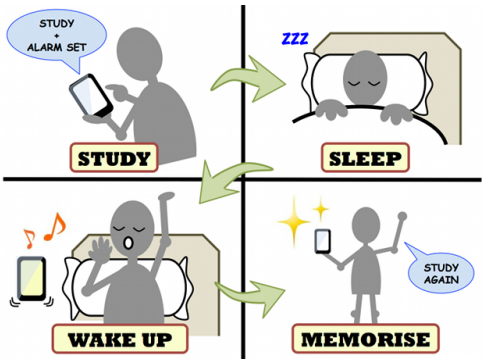

図 1　Dream Drill イメージ

- 就寝前に提示すべき情報は何か．問題のみ，問題とヒント，問題と答え等．
- インセンティブの与え方とその影響
- 学習時間と効果の関係

研究の第一段階として我々は英単語の記憶実験を５人の日本人被験者に実施し，これにより実験方法に関する知見が得られると考えている．

2.　睡眠と記憶

１７９１年に夢を見ることによって記憶定着の促進が図れるという理論 [3] が発表されて以来，睡眠と記憶の関係について数多くの研究が為されてきた．近年では脳科学や認知科学の分野から学習や記憶の再活性化における睡眠の役割の重要性が示されている [4]．

目覚まし時計と学習を組み合わせたデバイスも開発されている．TWIST のデスクトップデジタルアラームクロック [5] はアラーム設定した時刻になるとアラームと共に数式と答えが液晶部分に表示され，本体をツイストさせ正しい数式を完成させることでアラームを止めることのできる目覚まし時計である．これは起床

後に無理やり頭を働かせることでスムーズに起床できるようになるという考えに基づいている．しかしこのような従来の目覚まし時計型学習システムは，睡眠による記憶定着の効果を活かしているとは言えない．
学習支援という観点からは，これまでに様々なデバイスやアプリケーションが開発されている．たとえばMicroMandarin [6] は英語を母国語としない人向けの位置情報に基づいた語学習得支援の携帯アプリケーションで，ユーザの位置情報から場所の特徴となる英単語などを出題する形式のものである．
これまでの学習支援システム全てにおいては，いつやるべきかという規定を設けていることが少ないためにより効率的に記憶の定着が図れる就寝前の時間を有効に活用できていないものが多い．本論文では睡眠による記憶の定着促進を効果的に取り入れるために，就寝前の時間を利用したユビキタスな学習環境として新たに Dream Drill を提案する．

3. Dream Drill

本論文では就寝前学習を習慣的に行える環境としてスマートフォンアプリケーションを開発した．携帯端末には Android OS を，サーバ構築には Google App Engine を利用した．仕組みは目覚まし時計の機能を拡張し，アラームを設定する前と鳴動後に問題を出題する．問題の形態は様々な応用が考えられるが今回は英単語の和訳選択問題とした．理由は英単語を覚えたいというニーズが強いことと問題生成が容易であるためである．一つの英単語が表示され，その意味として適切なものを４つの選択肢ボタンの中から選ぶ (図 2-a)．正しいものを選択すると ”正解” と表示され，間違ったものを選択すると ”不正解” という表示と共に正しい和訳が示され，次の問題へ移行できる．問題を全て解き終えると，その回の正答数が表示され，各問題の正誤結果と解答に要した時間と共に情報がサーバへと送信される (図 2-c)．結果を送信することで初めてアラームをセットすることが出来るようになる (図 2-c)．

図 2　(a) 問題画面, (b) 結果画面, (c) 目覚まし時計画面

サーバ側ではユーザ名，出題英単語リスト，解答結果，正答率，解答に要した時間，解答日時の情報をデータベースに保持する．携帯端末側は出題開始時にサーバへアクセスし問題を受け取り，出題終了後に解答結果，正答率，解答に要した時間の情報をデータベースへ送信する．サーバはユーザ毎に出題単語群を生成し，それぞれのユーザごとに異なった問題を提供する．

4. 実験

本システムを用いて，就寝前学習に効果的な方法を探るために４日間の実験を５名に行った．出題する英単語は既知でないと思われる十分に難しい単語を使用した．記憶するためのアクションはテストのみとした．知らない単語の意味を考え，解答し，正解を見るというサイクルで記憶の定着を図る．これを起床後，昼，就寝前の３回のタイミングで行い，それぞれの結果を比較する．テストを行う時刻は，ユーザが各テスト後に次回のテスト時刻をアラーム設定する．アラーム鳴動後にテストが開始され，終了後にまた次回時刻を設定するという作業を繰り返してもらう．携帯端末を使用した今回のような学習法で，実際に記憶の定着を促せるのかを検証する．

4.1 被験者

実験に参加したのは，２０代〜５０代の男性２名女性３名．彼らは全員日本人で英語の語学力に関してはビジネスレベルが１人，日常会話レベルが３人，初心者が１人である．被験者にはＳＡＭＳＵＮＧ製の Ｎｅｘｕｓ Ｓ に本アプリケーションをインストールしたものを貸し出して実験を行った．

4.2 方法

実験では１人で４日間連続でアプリケーションを利用してもらうことにより，どのタイミングでの学習が記憶の定着に効果的であるか違いがわかるように問題の選び方を工夫をした．出題する英単語は全部で３５語．今回は準備した全５５単語のうちユーザごとにランダムに３５単語を選んだ．これらを１グループ５語ずつの７つのグループに分け EM，AE，MA，EO，MO，S1，S2 とする．一度に出題するのは，このうち３グループの１５問．４日間のどのタイミングで，どのグループが出題されるかを表１に記した．１行目は実験経過日，２列目は実験のタイミング，１列目はグループ名を表している．M は起床後，A は昼，E は就寝前を意味する．例えば２日目の就寝前のテストならばグループ EM，AE，EO の英単語が出題される．
本アプリケーションでは表１に示したように４日間で１０回のテストを受けることになる．ここで注目したいのは３日目の朝のテストまで，それぞれのグループがどういうタイミングで出題されているかというこ

表１　出題テーブル．M=朝，A ＝昼間，E ＝就寝前
１行目は実験日程，２行目は実験時間帯，１列目は単語グループの名前

	DAY1			DAY2			DAY3			DAY4		
	M	A	E	M	A	E	M	A	E	M	A	E
EM			○	○		○	○					○
AE		○	○		○	○					○	
MA	○	○		○	○					○		
EO			○			○					○	
MO				○			○					○
S1	○				○					○		○
S2	○	○					○			○	○	

とである．EM は就寝前と起床後，AE は昼と就寝前，MA は起床後と昼，EO は就寝前のみ，MO は起床後のみのタイミングで出題されている．S1 と S2 に関しては出題グループ数を同じにするために加えているので，タイミングに規則性はない．これより最終的に各回の成績をグループごとに集計すれば，どのタイミングで学習を行うことが記憶の定着に効果的か明らかになるだろう．また，４日目のそれぞれのテストでは EM～MO のグループが前回出題されたタイミングから４回分の時間をあけて出題されている．この空き時間は各回のテストの間隔を平均８時間とすると約４０時間ということになり，４日目の成績からは EM から MO で記憶した事柄が長期的に保存されているかを知ることが出来る．

4.3　仮説

我々がこの実験により得られる結果として，まず着目したいのがグループ EM とグループ AE とグループ EO の成績である．この３つのグループは就寝前に学習を行なっているため，睡眠中に記憶の定着が促され，他のグループに比べ良い成績であるはずだ．またグループ EM とグループ AE の成績を比較すれば，起床後に記憶内容を反復することによる効果の有無がわかる．さらにグループ EM とグループ EO の成績が同程度であるならばグループ EO はグループ EM の半分の労力で同じ容量を記憶できることになり，最も効率的な学習法だということが出来るだろう．

5.　結果と議論

図３に実験結果を示す．グラフ横軸は何回目の試行かを表し，縦軸は EM～MO 各問題グループ毎の正解数である．各問題グループで５問出題され，被験者は５名であるため，正解数の最高は２５である．参考までに，各問題グループの初回を基準とした際の相対スコアを図４に示す．図４でも，グラフ横軸は何回目の試行かを表す．縦軸は EM～MO 各問題グループ毎の初回正解数との差である．

どのグループも学習効果は現れていると言えるが，グループ間で差があるかどうかを検証するには，試行数

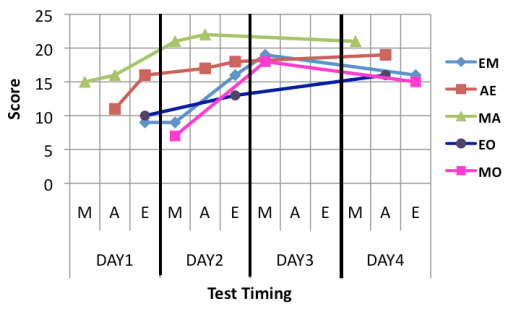

図３　実験結果

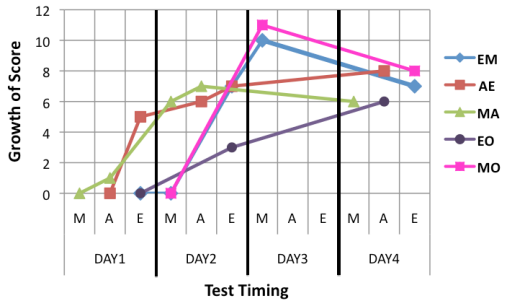

図４　得点上昇度

が少なすぎる．しかし，今後検討すべき方向を読み取る努力はしてみたい．最終結果に注目してすると．各グループともに最後のドリルの前には同じ問題を解いてから，およそ４０時間のブランクがある．多くの単語を忘れるには十分な時間である．最後のドリルと，一つ前のドリルの成績を比較すると，下がっているものと上がっているものがある．大きく下がっているのは一つ前のドリルが朝だったものである．すこし下がっているのはひとつ前のドリルが昼だったものである．上昇しているのは，一つ前のドリルが夜だったものである．これは就眠前にドリルをして得られた成果は定着しやすい，すなわち長期間の空白に耐えやすいという事を示唆するとも考えられる．もちろん偶然の可能性も考えられるが，この仮説は調べる価値があるだろう．

グループによる差を明確にするためには，”まぐれ当たり”の効果を排除する必要がある．この実験では，被験者には回答したのちに表示される正解を記憶するよう求めた．しかし，被験者が本当に答えを記憶しようとしたか，本当に記憶されたか，試してはいない．したがって，偶然に正解したのか，実際に記憶して正解したのか，区別は出来ていない．今後は，１回の試行の中で，被験者が本当に答えを記憶したことを確認できる実験もしてみたい．例えば，同じ問題を複数回繰り返して出題し，２回連続で正答するまで続ける，という方法が考えられる．

また，問題により，易しさ（選択肢の選びやすさ）に差がある可能性もあった．まったく知らない四択問題であれば，初回の正解率は 25 %程度のはずであるが，MA グループの初回正解数は１５であり，正解率は 60 %にもなっている．出題内容が適切であったかどうかも考察する必要がある．

被験者から「英単語を見ずに，日本語の選択肢だけ見て回答できるようになる」との意見があった．それでも「記憶」の実験にはなるが，役に立つとは言いがたく，被験者のモチベーションに影響を与えた可能性はある．また，選択肢が母国語であるため，選びやすさや覚えやすさに差が生じた可能性もあり得る．対応として，日本語の意味を一つ提示し，それに対応する英単語を四択にすることなどを検討する．

今回の実験は Dream Drill の効果を測る第一ステップであり，さらにデータを取ることは今後の課題としたい．

6. まとめ

長期記憶の定着を意識的に行うことは難しいが，本アプリケーションの開発によって記憶の定着という無意識に行われる機能に上手く働きかけることが出来るのではないかと考える．本論文は就寝前学習の実践的運用に向けた指針となることを目的としており，今後は研究を更に発展させて，就寝前学習を行う際の適切な分量や，提示の方法などを変化させて実験を行いたい．

また，英単語以外の他の問題でも就寝前学習の効果を計っていきたい．例えば，睡眠がある種の「ひらめき」にも重要な働きをすると示唆する報告もある [7]．就寝前学習は，単なる暗記だけでなく，様々な応用があり得ると期待している．

参考文献

[1] Squire, L. R. Memory and Brain. Oxford University Press, Oxford (1987).

[2] Ellenbogen, J. M., Hulbert, J. C., Stickgold, R., Dinges, D. F. and Thompson-Schill, S. L. Interfering with Theories of Sleep and Memory: Sleep, Declarative Memory, and Associative Interference. Current Biology vol. 16, No. 13(2006), 1290 ? 1294.

[3] Hartley, D. Observations on Man, His Frame, His Duty and His Expectations. Johnson, London (1791).

[4] Maquet. P, The role of sleep in learning and memory. Science 294 (2001), 1048?1052.

[5] Good friend Workshop TWIST Desktop Digital Alarm Clock. http://1030gfw.com/

[6] Edge, D., Searle, E., Chiu, K. Zhao, J., and Landay, J.A., MicroMandarin: Mobile Language Learning in Context. In Proc. CHI'11 (2011), 3169-3178.

[7] Wagner, U. Sleep inspires insight. Nature 427 (2004), 352-255.