

# Reading-Life Log への挑戦

黄瀬 浩<sup>1,a)</sup> クンツェ カイ<sup>4,b)</sup> 岩村 雅一<sup>1,c)</sup> 内田 誠一<sup>3,d)</sup> 大町 真一郎<sup>2,e)</sup> 稲見 昌彦<sup>5,f)</sup>

概要：我々は日々、文書を読むことに膨大な時間を費やし、様々な知識を獲得している。ところが、そのような我々の行為は、電子的に記録されておらず、再利用もされていない。本発表では、このような読む行為を量的・質的に記録して、人の役に立てようとする、Reading-Life Log という研究の一端を紹介する。具体的には、人の読む行為を検出する処理、読んだ量を把握する処理（万語計）、目にした単語をすべて記録し、表示する処理、英語の習熟度を判定する処理などである。これらの処理を実現するために利用したデバイスについても、可能な限り紹介したい。

## 1. はじめに

我々は毎日、読むことによって新しい情報を環境から取り込んで生活している。現代人にとって、全く文字を読まない日はほとんどないといっても過言ではない。我々が読むことに使う時間も

少なくない。このように毎日、かなりの時間を読む行動に使っているにもかかわらず、そのような我々の行動は、デジタルデータとして記録されておらず、従って利用もされていない。逆にいえば、読む行為を記録することによって、新たに提供できるサービスがあるのではないか。このような問題意識から、読む行為のログをとるという Reading-Life Log の研究を開始した [5]。

本稿では、これまでに行ってきた研究の成果を、最新のものを交えて紹介するとともに、今後の展開について議論したい。

## 2. 関連研究

我々の技術の紹介に入る前に、我々の研究に直接的な影響を与えた関連研究について述べる。

その研究は、Text2.0 と呼ばれるものである<sup>\*1</sup>。Text2.0 では、読者の視点データを利用し、読書に新しいサービスを付加する。詳しくは Web ページにあるデモビデオを参照していただくとして、ここでは、概要のみを述べる。読者は、据え置き型イトラッカつきのコンピュータスクリーンを通して、文書を読む。デモの例では「星の王子さま」という物語である。読者が読み進むにつれて、場面に応じた効果音が再生されたり、必要に応じて翻訳が現れたりする。また、読むのを中断すると、次に読み始めるときに、開始場所を教えてくれる。このようなサービスは、読者がいまだこを読んでいるのかがわかって初めて提供可能となる。

この研究事例からわかるように、人の読む行動を把握することによって、新しい情報処理が可能となってくる。

## 3. Reading-Life Log 研究の分類軸

我々の研究事例の紹介に移る。

まず、最初に読む対象について考える。図 1 に示すように、我々が読む文字は、大きく、文書に書かれたものとシーン中にあるものに分類できる。本研究では、前者を対象とした Reading-Life Log(RLL) を文書を対象とした RLL、後者を対象とした RLL をシーンを対象とした RLL と呼ぶ。

もう一つ、分類の軸がある。それは、何を解析の対象とするかである。図 2 に示すように、解析の対象は、人の行動と読まれる対象に分類できる。行動の解析では、どのよ

<sup>1</sup> 大阪府立大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University, Japan

<sup>2</sup> 東北大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Tohoku University, Japan

<sup>3</sup> 九州大学大学院システム情報科学研究科  
Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, Japan

<sup>4</sup> 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科  
Graduate School of Media Design, Keio University, Japan

<sup>5</sup> 東京大学大学院情報理工学系研究科  
Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo, Japan

a) kise@cs.osakafu-u.ac.jp

b) kai.kunze@gmail.com

c) masa@cs.osakafu-u.ac.jp

d) uchida@ait.kyushu-u.ac.jp

e) machi@ecei.tohoku.ac.jp

f) inami@inami.info

\*1 <http://text20.net>



図 1 Reading-Life Log : 読まれる対象

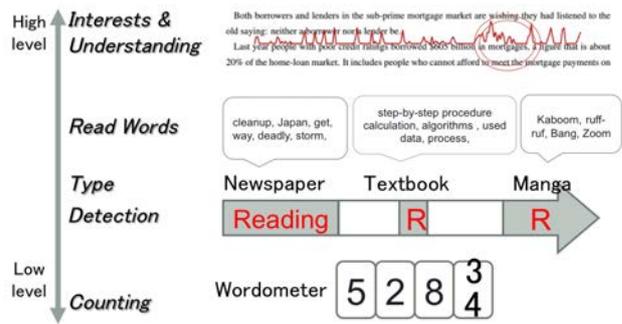


図 3 文書を対象とした RLL

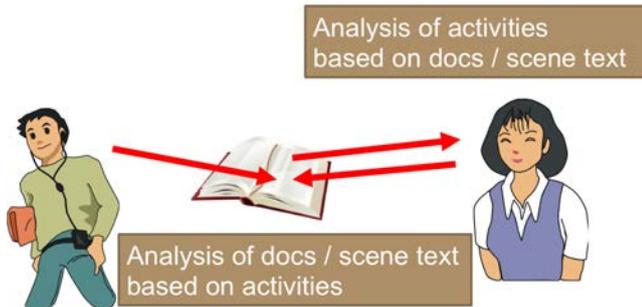


図 2 Reading-Life Log : 解析の対象

表 1 Reading-Life Log の研究分野

Analysis of	Doc RLL	Scene RLL
Activities	1	3
Documents/ Scene Text	2	4

うな対象をどのように読んだのかが解析され、情報として取り出させる。一方、読まれる対象の解析では、人がどのように読んだのかという情報を用いて、読まれる対象が解析され情報が付与される。

以上をまとめると、表 1 に示す 4 通りの研究分野があることがわかる。以下では、番号の順番に研究の概要を紹介する。

## 4. 文書を対象とした Reading-Life Log

### 4.1 実現する機能

まず図 1 の左側に示した、文書を対象とした RLL について述べる。表 1 の 1 から始める。

我々はこれまでに、読む行為の量と質を計測する試みを行ってきた。図 3 に研究テーマの一覧を示す。一番下にあるのは、最も基本的で信号レベルに近い研究であり、読む行為の量を計測するものである。具体的には、一定の期間に何語読んだのかを計測するものである。我々は、これを万語計（英語では wordometer）と読んでいる。その上は、読書行動の検出（reading detection）であり、人のアクティビティのうち、いつからいつまでが読む行為に対応するの



図 4 文書を対象とした RLL のインタフェース

かを検出するものである。その上に示されているものは、文書タイプ認識（document type recognition）である。この処理では、どのタイプの文書（教科書、新聞など）を読んでいるのかを認識する。この上にあるのが、読んだ語の記録（recording read words）である。この処理では、どの時刻にどの語を読んだのかを時系列データとして記録する。最も上位にあるのは、文書の理解度や興味の計測である。

最終的には、これらの機能を統合し、図 4 に示すような、スマートフォンやタブレットを通してユーザーに情報を提供するようなシステムとして統合される [9], [10]。

以下では、これらの処理に使うセンサについて述べた後、各々の処理の詳細について述べる。

### 4.2 センサ

上記の機能を実現するために用いたセンサについて述べる。図 5 に使用したセンサの一覧を示す。この図では、センサの価格がより高いものを左側に表示している。左から順に述べる。

最も高価なセンサは、fNIRS (functional near-infrared spectroscopy) である。このセンサでは、脳血流の酸素化ヘモグロビンの変化量を計測することができる。これによって、脳のどの部位が活動しているのかについて、時系列のデータを得ることができる。計測の様子を図 6 に示す。

次のセンサは、研究用のアイトラッカである。我々は、



図 5 使用するセンサ



図 6 fNIRS



図 7 JINS MEME

SMI 社のものを用いている．実際に使用したのは 2 タイプである．一つは上側に示しているものであり，眼鏡型のアイトラッカである．このアイトラッカには，シーンカメラが付属しており，そのカメラを通して，人が見ている映像を記録する．加えて，その映像の中で，人がどこを見ているのかについて，座標データを得ることができる．もう一つのセンサは，据え置き型のアイトラッカである．このアイトラッカはコンピュータディスプレイの下側に取り付け使用されるものである．サンプリング周波数が 250Hz と高速である点が特徴となっている．

次に図示しているのは，GoogleGlass である．これに取り付けられたシーンカメラを用いる．Emotiv 社の脳波 (EEG) 計測装置は，従来の医療用途の EEG に比べて一桁低価格のデバイスである．

これらより低価格のセンサは，我々が最も注目しているものである．その理由は価格が 5 万円以下であるため，普及する可能性を秘めていることである．

まず，JINS 社の MEME という眼鏡型デバイスについて述べる．図 7 に全体像を示す．この眼鏡は眼電位法 (EOG; Electrooculography) によって，眼球の動きなどを計測す

るものである．眼電位を計測するための電極は，眼鏡の鼻あての部分とその間にあり，左右あるいは上下の電位差を計測することで，目の左右，上下の動きを得ることができる．また，EOG に加えて，加速度計も備えており，人の頭の動きを計測できる．この眼鏡は今秋，一般に向けて発売された．

さらに低価格なデバイスとして，Tobii 社の EyeX がある．これは，ゲーム用に開発されたアイトラッカであり，通常の据え置き型アイトラッカと同様の構成となっている．価格は 1 万円前後であり，研究者向けのものの 1/100 以下の価格設定である．サンプリング周波数は研究向けのものほどは高くないが，予想以上に高精度でデータを取得することが可能である．

最後に示すのは，タブレットなどの前面についてユーザを撮影できるカメラを使ってソフトウェアでインプリメントしたアイトラッカである [20]．まだ動作が十分安定しているとはいえないものの，ともかくも，ユーザが画面のどのあたりを見ているのかの情報を取り出すことは可能となっている．

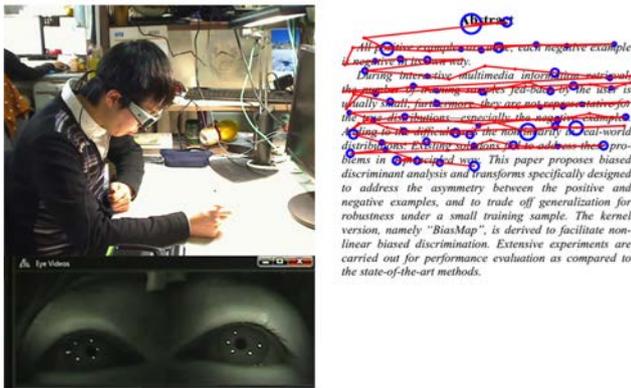


図 8 眼鏡型アイトラッカを用いた万語計

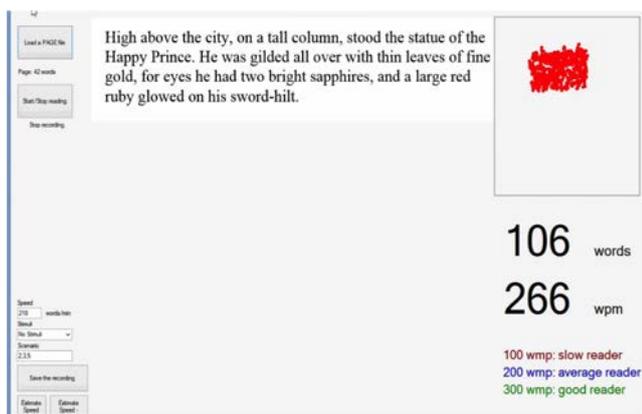


図 9 Tobii EyeX を用いた万語計

次に各々の機能について述べる。

### 4.3 万語計

万語計は知的アクティビティを計測する万歩計であり、万歩計が身体の健康を維持するのに有効であるように、万語計は知の健康を維持するのに有効ではないかと考えている。

まず SMI の眼鏡型アイトラッカを用いた万語計を紹介する。図 8 に示すように、アイトラッカを用いると、読者の視点の動きを、文書に関連付けて得ることができる。人の目の動きは、一箇所に停留する fixation と、次の fixation に向けて高速に動く saccade が交互に繰り返される形式となっている。図 8 の右に示す円は fixation、線は saccade を示す。円の大きさは fixation の持続時間を表している。我々はこのような視点のデータに加えて、どので改行したのかを判定した結果などを組み合わせて、読んだ語数を判定するシステムを作成している [21]。

同様の処理は、据え置き型のアイトラッカを用いても実現可能である。図 9 に、Tobii EyeX を用いてインプリメントされた万語計を示す [2]。この万語計は本年 10 月の CEATEC で展示され、参加者から好評を得たものである \*2。

\*2 <http://aplista.iza.ne.jp/f-iphone/248203>

このほか、前述の JINS MEME を用いた万語計も作成している [4]。アイトラッカと異なり、JINS MEME では視点を推定することはできない。そのような場合でも、読書は目の左右の動きなど、典型的な動きを伴うので、精度は低下するものの万語計を作ることができる。具体的には、通常のアイトラッカを用いた場合、万語計の誤差は 9% (標準偏差 3%) であるのに対して、JINS MEME では 20% (標準偏差 5%) という結果が得られている。まだ改良の余地はあるものの、腕につける万歩計と同程度の精度を現段階でも得ているといえる。

### 4.4 読書行動の検出

読書行動の検出とは、人のアクティビティのうち、文書を読んでいる時間帯を検出するものである。これについても様々なセンサで実現している。

最も基本的なものは、JINS MEME を用いるものである。EOG で計測される目の左右の動きと瞬きの周波数、さらには頭の動きによって、人が読んでいるのか、話しているのかを区別することが可能となっている [10]。同様の機能は Google Glass でも実現できる [14]。さらに、視線データとシーンカメラの映像を解析することによっても、読書行動の検出が可能である [8]。

### 4.5 文書タイプの認識

文書タイプの認識とは、ユーザが読んでいる文書が、どのタイプの文書であるのかを推定する処理である。読書行動の検出と組み合わせて使うと、いつ、どの種類の文書を読んでいたのかが記録できる。文書のタイプとして、ここでは、教科書、小説 (縦書き)、ファッション雑誌、新聞、まんがの 5 種類を考える。

この機能についても、複数のインプリメントがある。最も基本となるものは、視点データの解析に基づくものである。例を図 10 に示す。この例からも分かるように、文書の種類によって、視点データの分布は特徴的なものとなっており、これを利用することによって、識別が可能である [18]。

また、人が読んでいる文書の画像から特徴を取り出して、それを識別するという、より直接的な方式も考えられる [6], [15]。この処理では、人間の視線の先にある文書に対して、局所特徴を取り出し、それに基づいて BoF (Bag-of-Features) と呼ばれる表現を作成する。そしてそれを用いて文書の種類を識別する。

最後の事例は、脳波 (EEG) を用いたものである。上記の 2 つがユーザによらない識別を可能としているのに対して、EEG では、ユーザごとに機械学習を施す必要がある。例を図 11 に示す。この例からもわかるように、読む文書のタイプに応じて異なる特徴が取り出され、識別可能である。ユーザごとの学習が可能な状況では、ほぼ 100% の精

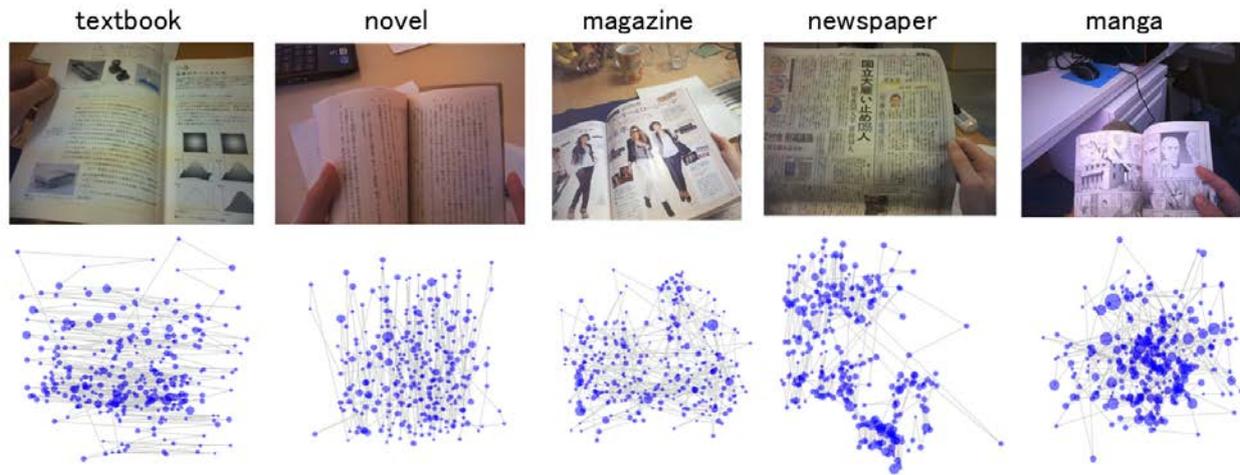


図 10 視点データを用いた文書タイプ認識

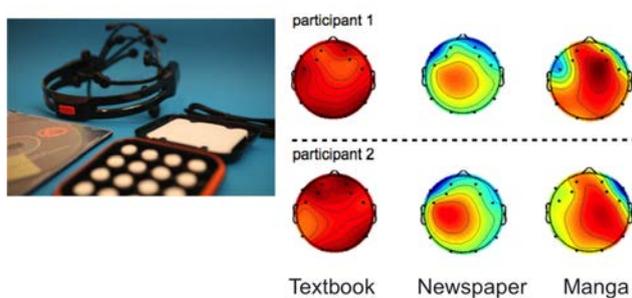


図 11 EEG を用いた文書タイプ認識

度で識別することが可能である。

#### 4.6 読んだ単語の記録

読んだ単語の記録は、アイトラッカのキャリブレーション（位置合わせのための調整処理）が正確にできているなら、難しい問題ではない。視点からどの単語を見ているのかがわかるので、それを記録すれば良い。もちろん、すべての単語を注視するわけではないので、補完処理は必要であるが、これも簡単である。

このような考えに基づいて作成した手法を図 12 に示す。この例では、眼鏡型のアイトラッカを用いて単語を記録する様子が示されている。左側にある画像が、アイトラッカのシーンカメラで撮影されたもの、中央の点が視点である。四角の画像領域を取り出して、それをデータベースと照合することによって、データベースに収められた PDF のどのどの部分と一致するのかが瞬時に判定される。その結果、同図右上に示すように、PDF の座標系での四角の領域、ならびに視点が算出される。PDF では、単語がどの座標にあるのかが分かっているので、視点の座標から見ている単語を推定できる。

上記の処理を実現するには、画像と画像を高速に照合する手法が必要である。我々は、この目的を満たすものとし

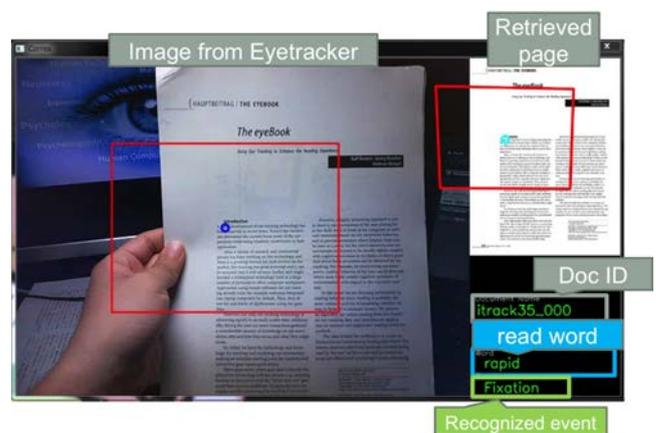


図 12 読んだ単語の記録

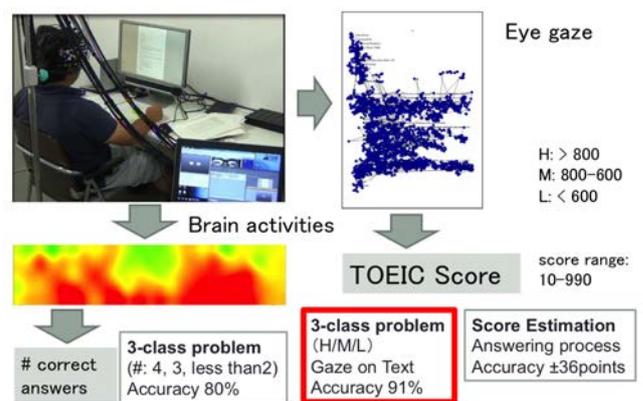


図 13 英語理解度・習熟度の推定

て、LLAH (Locally Likely Arrangement Hashing) と呼ぶ手法を提案している [23]。この手法では、並列処理を行わなくても、1 億ページのデータベースを実時間 (30ms/query 以下) で検索可能となっている。

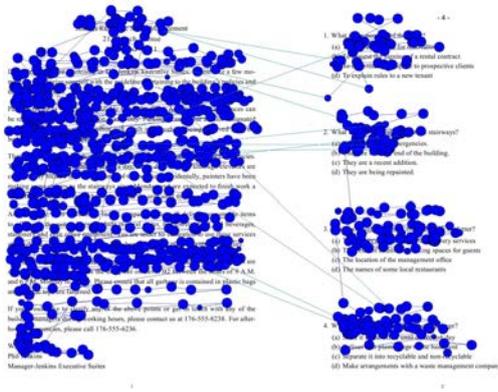


図 14 TOEIC スコアの推定

#### 4.7 英語理解度・習熟度の推定

最も高いレベルの処理として、我々は英語の理解度や習熟度を判定する手法を提案している。概要を図 13 に示す。この図には 2 種類のセンサを使った例が示されている。一つは図左側に記載のものであり、fNIRS を用いて、TOEIC の長文問題を解くプロセスを観測し、その結果から、設問を何問正しく回答できるのかを推定する処理である。本研究では、文書の理解度を、その文書に対する設問にどの程度回答できるかで定義している。したがって設問への正答数が推定できれば、理解度が推定できることになる。具体的には、4 問全問正解、3 問正解、2 問以下の正解という 3 クラスの識別問題として識別した。その結果、80% の正答率を得ることができた [7]。

図 13 の右側に示したとおり、視点データを用いた方法も試みている。こちらは理解度ではなく、英語の習熟度の推定である。具体的には、TOEIC で計測できる英語の能力を習熟度と定義して、その値を、視点データを解析して推定するものである。

ここでは 2 通りの方式を試みている。一つは、長文問題の長文部分のみの視点データを解析する方法である。この場合、TOEIC のスコアを 800 点以上、600 点以上 800 点未満、600 点未満の 3 クラスに分類し、クラスを推定するタスクとしている。その結果 91% の精度で推定が可能となっている [1]。もう一つは、長文部分だけではなく、設問部分の視点データ、ならびに長文と設問を往復する視点データなど、回答プロセスすべてを入力とするものである。こちらは TOEIC のスコアを直接推定する。その結果、±36 点の平均誤差で点数を推定することに成功している [3]。

#### 4.8 アノテーション

最後に文書を対象とした RLL で、解析対象が文書である場合の例を紹介する。具体的には、人の読書行動を、文書のアノテーションとして記録するものである。これにより、文書のどの部分がこういった読者から興味を持たれた

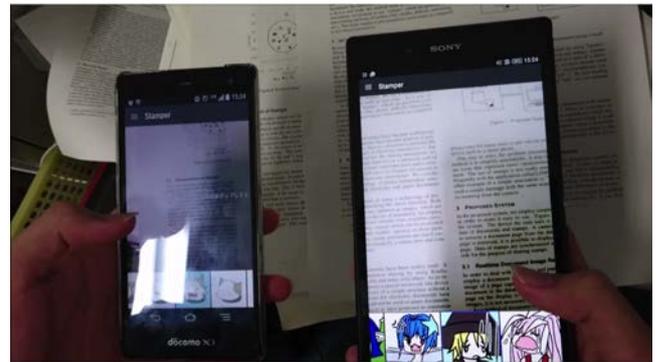


図 15 スタンプを用いた文書アノテーション

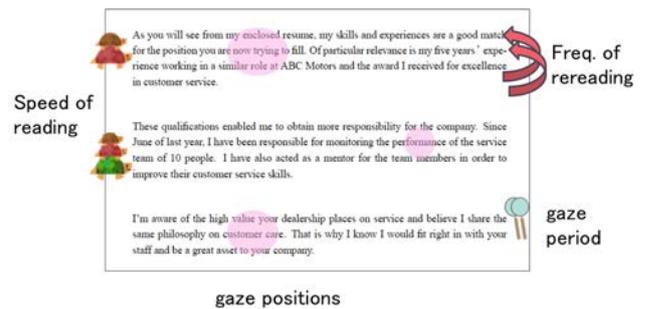


図 16 自動文書アノテーション

のか、あるいは分かりにくいと思われたのか、などのデータを蓄積することが可能となり、文書コンテンツに新たな価値が生まれる。

方式としては、手動でアノテーションをつけるもの、自動でアノテーションをつけるものの 2 種類がある。

手動でアノテーションをつける方式は以下の通りである。電子文書だけではなく、紙に印刷された文書でも、まったく同じ形式で利用可能とするため、文書画像検索を用いている。紙あるいはディスプレイされた文書を携帯電話のカメラで撮影することで、対応する PDF にアクセスし、それにアノテーションを付けることができる [16], [19] 同様の機能は GoogleGlass 上でもインプリメントされている [11]。さらに、よりアノテーションを付けやすくするため、LINE のスタンプを模した方式も実現している。図 15 に示すように、この方式では、予め決められたアノテーション（面白い、難しいなど）を、画面をタップすることによって付けることができる。

自動でアノテーションを付ける方式では、図 16 に示すように、読者の読む速度、かかった時間、読み返しの回数など、理解の困難さを反映した低レベルの特徴をアノテーションとして付ける機能を実現している [12]。

この範疇に属する他の研究としては、AR を使って読書時に語の翻訳を表示するシステムなどがある [13], [17], [22]。

### 5. シーンテキストを対象とした Reading-Life Log

次に、対象をシーンテキストに移して、RLL の技術を紹



図 17 薬剤師支援システム



図 18 薬剤師支援システムの動作

介する．文書の場合と同様，シーンテキストについても，解析対象が行動であるのかシーンテキストであるのかによって2通りに分類できる．

まず，行動を対象としたRLLの例を紹介する．図17に示すのは，薬剤師を支援するシステムである．図18に示すように，薬剤師が処方箋を指さしながら確認するとき，指先につけたカメラを用いて，記載された薬剤名を認識し，記録していく．その後，図19に示すように，実際の薬剤を取りに行くときに，指先カメラが薬剤名を認識し，リストと照合する．薬剤がリストにあれば緑のライトが点灯し，確認音が鳴る．一方，リストにない薬剤にアクセスしようとすると，赤のライトが点灯し，警告音が鳴る．

このシステムが示すことは，カメラを適切な箇所に取り付けることによって，人の動作を補助するシステムが作成可能ということである．前述の万語計と同様，本年度のCEATECでデモを公開したところ，多くの来場者に興味を持って頂き，記事にも取り上げられた<sup>\*3</sup>．

また，先の図1右側に示した例では，シーン中のテキストを認識することによって，自分自身がどこにいて何をしようとしているのかが分かる例である．この例では，本のタイトルを表す文字列が多数得られることから，ユーザが本屋にいることが推測される．

次に，シーンテキストを対象とするものを紹介する．先ほどと同様，ここではシーンテキストのアノテーションを考える．商品棚のラベルを認識することによって，その

<sup>\*3</sup> <http://aplista.iza.ne.jp/f-iphone/248203> ,  
<http://eetimes.jp/ee/articles/1510/14/news079.html>

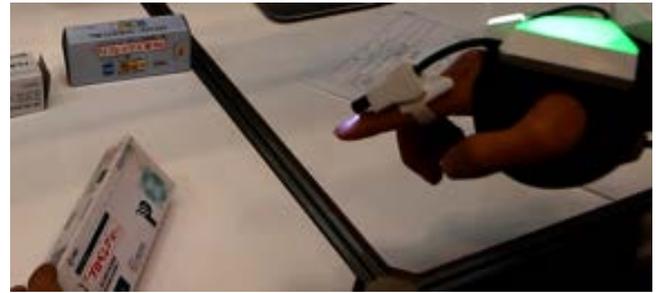


図 19 薬剤師支援システムの動作



図 20 シーンテキストを対象としたアノテーション

ラベルに自分自身の必要な情報（例えば，後で購入したいなど）を付与することが可能である．

## 6. おわりに

我々の知識は我々が読んだものから構成されている．したがって，我々の読む行為をコンピュータによって解析することができれば，我々についてより良く知ることができる．さらには，誰からどのように読まれるかを知ることによって，本などの読まれる対象についても，よりよく知ることも可能である．本稿では，このような考えから出発した，Reading-Life Log と呼ぶプロジェクトについて，研究成果の概要を紹介した．今後，我々は，この成果を，教育の補助や，障害者の補助など，人に役に立つアプリケーションとして提供していきたいと考えている．

謝辞

本研究は，JST CREST, 日本学術振興会 科研費基盤研究(A)，挑戦的萌芽研究の補助による．

## 参考文献

- [1] K. Yoshimura, Kai Kunze, K. Kise, The Eye as the Window of the Language Ability: Estimation of English Skills by Analyzing Eye Movement While Reading Documents, Proc. 13th Int'l Conf. on Document Analysis and Recognition (ICDAR2015), 5 pages (2015).
- [2] O. Augereau, K. Kise, K. Hoshika, A Proposal of a Document Image Reading-Life Log Based on Document Image Retrieval and Eyetracking, Proc. 13th Int'l Conf. on Document Analysis and Recognition (ICDAR2015), 5 pages (2015).
- [3] 藤好宏樹, 吉村和代, K. Kunze, 黄瀬浩一, 英文問題解答時の視点情報を用いた英語能力推定法, 電子情報通信学会技術研究報告 PRMU2015-10, pp.49-54 (2015).

- [4] S. Ishimaru, K. Kunze, K. Tanaka, Y. Uema, K. Kise, M. Inami, Smart Eyewear for Interaction and Activity Recognition, Proc. of 33rd Annual ACM Conf. Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.307-310 (2015).
- [5] 黄瀬浩一, 大町真一郎, 内田誠一, 岩村雅一, 文字・文書メディアの新しい利用基盤技術の開発への取組み, 電子情報通信学会誌, 98, 4, pp.311-327 (2015).
- [6] 志賀優毅, 内海ゆづ子, 岩村雅一, カイ クンツェ, 黄瀬浩一, 読書活動の自動的記録のための文書画像の識別, 電子情報通信学会論文誌 D, J97-D, 12, pp.1733-1736 (2014).
- [7] 吉村 和代, Kai Kunze, 黄瀬 浩一, fNIRS で取得した脳活性に基づく文書理解度推定法, 電子情報通信学会技術研究報告, MBE2014-65, pp.35-40 (2014).
- [8] Y. Shiga, T. Toyama, Y. Utsumi, A. Dengel, K. Kise, Daily Activity Recognition Combining Gaze Motion and Visual Features, PETMEI 2014: The 4th Int'l Workshop on Pervasive Eye Tracking and Mobile Eye-based Interaction, Proc. of 16th Int'l Conf. on Ubiquitous Computing, pp.1103-1111 (2014).
- [9] S. Ishimaru, K. Kunze, K. Kise, M. Inami, Brain Teasers Toward Wearable Computing that Engages Our Mind, Proc. of 2014 ACM Conf. on pervasive and ubiquitous computing (UbiComp2014), pp.1405-1408 (2014).
- [10] S. Ishimaru, K. Kunze, K. Tanaka, Y. Uema, K. Kise, M. Inami, Smarter Eyewear Using Commercial EOG Glasses for Activity Recognition, Proc. of 2014 ACM Conf. on pervasive and ubiquitous computing (UbiComp2014), pp.239-242 (2014).
- [11] K. Tanaka, K. Kunze, M. Iwata, K. Kise, Memory Specs An Annotation System on Google Glass using Document Image Retrieval, Proc. of 2014 ACM Conf. on pervasive and ubiquitous computing (UbiComp2014), pp.267-270 (2014).
- [12] A. Okoso, K. Kunze, K. Kise, Implicit Gaze Based Annotations to Support Second Language Learning, Proc. of 2014 ACM Conf. on pervasive and ubiquitous computing (UbiComp2014), pp. 143-146 (2014).
- [13] T. Toyama, Daniel Sonntag, A. Dengel, Takahiro Matsuda, M. Iwamura, and K. Kise, A Mixed Reality Head-Mounted Text Translation System Using Eye Gaze Input, Proc. 2014 Int'l Conf. on Intelligent User Interfaces (IUI'14) (2014).
- [14] S. Ishimaru, J. Weppner, K. Kunze, A. Bulling, K. Kise, A. Dengel, P. Lukowicz, In the Blink of an Eye — Combining Head Motion and Eye Blink Frequency for Activity Recognition with Google Glass, Proc. of 5th Augmented Human Int'l Conf., pp.150-153 (2014).
- [15] Y. Utsumi, Yuki Shiga, M. Iwamura, K. Kunze, K. Kise, Document Type Classification Toward Understanding Reading Habits, Proc. of 20th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, 3, pp.11-17 (2014).
- [16] K. Tanaka, M. Iwata, K. Kunze, M. Iwamura, K. Kise, Share Me — A Digital Annotation Sharing Service for Paper Documents with Multiple Clients Support, Proc. of 2nd Asian Conf. on Pattern Recognition (ACPR2013), pp.779-782 (2013).
- [17] T. Toyama, W. Suzuki, A. Dengel, K. Kise, User Attention Oriented Augmented Reality on Documents with Document Dependent Dynamic Overlay, Proc. IEEE Int'l Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR2013), pp. 299-300 (2013).
- [18] K. Kunze, Y. Utsumi, Y. Shiga, K. Kise, A. Bulling, I Know What You Are Reading: Recognition of Document Types Using Mobile Eye Tracking, Proc. of 17th Int'l symposium on wearable computers, pp.113-116 (2013).
- [19] K. Kunze, K. Tanaka, M. Iwamura, K. Kise, Annotate Me: Supporting Active Reading Using Real-Time Document Image Retrieval on Mobile Devices, Proc. of 2013 ACM Conf. on Pervasive and ubiquitous computing, pp.231-234 (2013).
- [20] K. Kunze, S. Ishimaru, Y. Utsumi, K. Kise, My Reading Life: Towards Utilizing Eyetracking on Unmodified Tablets and Phones, Proc. of 2013 ACM Conf. on Pervasive and ubiquitous computing, pp. 283-286 (2013).
- [21] K. Kunze, H. Kawaichi, K. Kise, K. Yoshimura, The Wordometer - Estimating the Number of Words Read Using Document Image Retrieval and Mobile Eye Tracking, Proc. 12th Int'l Conf. on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2013), pp.25-29 (2013) **best paper award**.
- [22] T. Toyama, W. Suzuki, A. Dengel, K. Kise, Wearable Reading Assist System: Augmented Reality Document Combining Document Retrieval and Eye Tracking, Proc. 12th Int'l Conf. on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2013), pp.30-34 (2013).
- [23] 中居友弘, 黄瀬浩一, 岩村雅一, 特徴点の局所的配置に基づくデジタルカメラを用いた高速文書画像検索, 電子情報通信学会論文誌 D, J89-D, 9, pp.2045-2054 (2006) 電子情報通信学会論文賞