

英語多読学習支援のための Manga Vocabulometer の開発

大工 勇樹^{†,a} 岩田 基^{†,b} 黄瀬 浩一^{†,c}

† 大阪府立大学大学院工学研究科

a) daiku@m.cs.osakafu-u.ac.jp b) iwata@cs.osakafu-u.ac.jp c) kise@cs.osakafu-u.ac.jp

概要 本稿では、漫画英訳本を用いた多読学習を支援するためのシステムである Manga Vocabulometer の構想と開発状況について説明する。Vocabulometer は、読書時の視点情報を用いて文書の難易度や学習者の獲得した語彙を解析し、読者の言語スキルを向上させることを目的とした Web プラットフォームのアプリケーションである。我々は既にテキストベースの文書のみを対象とした Vocabulometer を開発し、公開している。本研究では新たに漫画にも対応させる。さらに、学習者の理解度に応じて語句の復習リストを作成したり、学習者の持つ語彙量に合った作品を推薦したりすれば、より効果的な多読が行える。そこで、学習者が理解できなかった箇所を推定する手法を提案し、実験によってその性能を検証した。

キーワード 漫画を用いた学習システム, 英語学習, 理解度推定, 読書行動解析, 視点情報解析

1 はじめに

日本の漫画は様々な言語に翻訳され、世界中で読み親しまれている。一方、英語に翻訳された漫画を日本人が読むことで、英語学習に活用することができる。漫画を英語学習に用いるメリットとして、日本人にとって親しみがあるため取り掛かりやすいことや、場面の状況を絵から得られるため英語でも読みやすいことが挙げられる。漫画の英訳本を用いた学習法として多読に着目する。多読は、単語や文法を考えながら日本語に訳して読むのではなく、自分のレベルに合った理解しやすい本を楽しみながら読み進めて、少しずつ読書速度や難易度を上げて読解力を高める学習法であり、英語学習に効果があるとして注目されている。多読の原則として、辞書は引かず、分からないところは飛ばして読み、興味が持てない本は中断するべきとされている [1]。確かに、語句の意味がわからない箇所について辞書を引いたり、復習のためにメモしたりすることは、読書を中断させてしまい、楽しんで読むことができなくなる。また、学習者は自らの英語能力に合った本を選択する必要があるが、学習者が自覚する英語能力と実際の英語能力に差があると、適切でない本を選択して非効率な学習をする恐れがある。そこで、学習者が読書を中断するような行為をすることなく、学習者の理解が及ばなかった箇所を特定できれば、復習リストに該当の語句を自動で追加して復習に役立てたり、あるいは復習リストに基づいて学習者の語彙量に合った作品を推薦したりするなど、多読の支援を様々な形で行える。

テキストベースの文書を対象として多読を支援するツールとして、我々は Vocabulometer を開発した [2]。

Vocabulometer とは、文書の読書時の視点情報を用いて、文書の難易度や学習者が読んだ語彙を解析することで、読者の言語スキル向上に寄与することを目的とした Web プラットフォームのアプリケーションである。ユーザが画面上のしている位置を追跡するアイトラッカを用いて、ユーザが文書中のどの単語を読んでいるかをリアルタイムで検出し、それをデータベースに蓄積することが可能である。さらに、蓄積した語彙に基づいて、それに類似した文書を推薦する機能も備えている。本研究では、この Vocabulometer を漫画にも対応させた、Manga Vocabulometer を開発して、漫画を使った英語多読学習を支援する。具体的には、学習者の理解が及ばなかった箇所を特定する機能を Manga Vocabulometer に組み込むことで、復習すべき箇所を漫画から抽出して学習者に復習させたり、新規に読む作品を推薦したりすることによって英語多読学習を支援する。

学習者の理解が及ばなかった箇所を特定するためには、漫画を読んでいるときの学習者の理解度を推定する必要がある。学習者の理解度は、視点情報と関連があるとされている。視点情報を用いて学習者の理解度を推定する研究では、アイトラッカで計測された画面上での視点の位置情報を使っている [3]。しかし、漫画を読んでいるときの理解度推定に関する研究は行われていないため、新たに調査する必要がある。

本稿では、まず開発する Manga Vocabulometer の構想について説明する。次に、学習者がひとつのページを読んでいるときにその中に理解できなかった箇所が含まれているかどうかを推定する手法を提案する。そして、提案手法の有効性を検証した実験について説明する。

2 関連研究

2.1 Vocabulometer

学習者の英語能力に応じた学習システムとして、Vocabulometer¹ という Web プラットフォームの学習システムを Augereau らは提案した [2]。このシステムでは、ディスプレイ装着型のアイトラッカを用いて学習者が文書のどの部分を読んでいるかを推定し、読んだ語句をデータベースに記録する。こうして記録された語句が多く含まれた上で未知の語句も含むような文書を、学習者に適した次に読むべき文書として推薦する。読んだ単語の推定に際して、アイトラッカによる視点検出に誤差が生じた場合、読んだ単語をリアルタイムで修正することは困難である。そこでどの単語を読んだかを視点情報から直接推定する代わりに、どの段落を読んだかを推定することで推定精度の向上を図っている。Augereau らは学習者が文書のある段落中の単語を 75% 読んだことでその段落を読んだとみなしている。その結果、読了したと推定された段落の適合率は 94%、再現率は 98% であった。

2.2 理解度推定

文書を読む際、学習者が難しく感じた単語や行などを視点情報を用いて推定する方法を大社らが提案している [3]。その中で、注視時間や読む速度、注視回数が理解度に関連していることが示されている。

3 Manga Vocabulometer

本節では、Manga Vocabulometer の構想について説明する。アプリケーションの構成は、我々が以前開発した Vocabulometer の Web プラットフォームを用いる。すなわち、学習者は Web ブラウザ上で漫画を読み、学習を行う。モニタには据置き型のアイトラッカを装着する。漫画は、1 種類の作品につき日本語の原書と英語の翻訳本を画像データとして用意する。また、漫画のメタ情報として、漫画画像の中の吹き出しとコマの領域の位置情報と、書かれている文章のテキスト形式の情報が必要となる。本システムでは、あらかじめこのような情報を得ておく必要がある。漫画のメタ情報をまとめたものとしては、Manga109 のアノテーションデータ [4] があり、その記述形式を参考にする予定である。

以降に、まず Manga Vocabulometer における読んだ単語の検出方法について説明する。次に、本システムを用いた英語多読学習支援の流れについて説明する。

3.1 読んだ単語の検出

テキストベースの文書を対象とした Vocabulometer では推定精度向上のために、学習者が文書の文字サイ

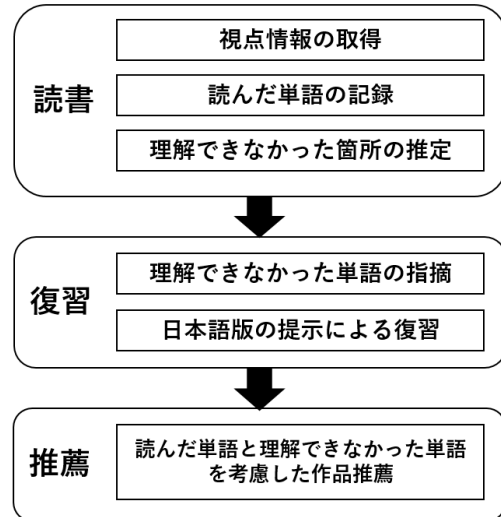


図 1 Manga Vocabulometer の概要。

ズや行間をあらかじめ指定することができる。一方、漫画は絵の中に文章が書かれているため、文字サイズや行間を変更すると、文字が吹き出しをはみ出してしまったり、絵の上に文字が被ってしまう。そのため、漫画では文字サイズや行間を容易に変更することができない。そこで、本研究では、視点情報と単語を対応づけるのではなく、どの吹き出しやコマ、ページを読んでいるかを検出することを考える。読んでいる吹き出しやコマ、ページを検出できれば、その中に書かれている英単語を知ることができる。

3.2 システムの流れ

Manga Vocabulometer の概要を図 1 に示す。以降、この流れを順を追って説明する。

3.2.1 読書

学習者は画面上に表示される英語の漫画画像を読み進める。このとき、学習者が読んでいる漫画画像上での視点位置がアイトラッカによって連続的に取得される。同時に、この視点位置が漫画画像上のどの吹き出し、コマ、ページと対応しているかを求める。記録された視点情報を基に、学習者が英文を理解しながら読んでいるかどうか、すなわち学習者の理解度を判定する。本稿では、ページ単位で学習者の理解度を推定する手法を 4 節で説明する。ページ単位で学習者の理解度を推定する場合、学習者が一つのページを読み終えるタイミングで、そのページ内に理解できなかった箇所が存在するかどうかを推定する。ページを読み終えるタイミングは、学習者がページの左下まで読んだ時点、あるいは次のページへ進んだ時点として判定する。ページを読み終えたタイミングで、学習者はそのページに含まれる英単語をすべて読んだものとし、それらの英単語をデータベースに記録する。

¹<http://vocabulometer.herokuapp.com/> (2019 年 9 月 20 日確認)

3.2.2 復習

エピソードを一つ読み終えたのち、読書の段階で理解できなかったと推定された箇所について、学習者は復習を行う。まず、システムが推定したページを提示する。学習者は、そのページの中でどの箇所が理解できなかったかを英単語レベルで指摘する。次に、指摘された箇所の日本語版を表示する。学習者はこれを見ることで、英文の意味を理解し、復習を行うことができる。指摘された英単語は理解ができなかったものとして、データベースに記録する。

3.2.3 推薦

復習の後、学習者は同じ漫画の続きを読み進めることができるが、学習者の実際の英語能力に対して英訳本の難易度に差があると、非効率的な学習をする恐れがある。そこで、本システムでは、「読書」と「復習」の段階でデータベースに記録された情報に基づいて、学習者の語彙量に適した漫画作品を推薦する。理解できない単語が多く含まれる作品は、学習者が楽しんで読むことができなくなるため、そのような単語があまり多く含まれすぎず、学習者が語彙を少しずつ獲得できるような作品を推薦する手法を検討する。

4 理解度推定手法

本節では、3.2.1 節で述べた「読書」の段階において、学習者が漫画内の英文を理解しながら読んでいるかどうか、すなわち学習者の理解度を推定する手法を提案する。推定はページ単位で行うものとする。すなわち、学習者が一つのページを読み終えるタイミングで、そのページ内に理解できなかった箇所が存在するかどうかを推定する。推定には視点情報を用いる。学習者は英文が難しいと感じると、該当の箇所を注視し続けるといった特徴的な読み方をする傾向があると考えられるため、そのような情報を持つような特徴量を視点情報から解析し、推定に利用する。

4.1 手法の流れ

手法は 2 段階で構成される。まず、アイトラッカにより取得した視点情報から特徴量を抽出する。次に、推定に有効な特徴量を選択し、分類器であるサポートベクターマシン (SVM) を用いて理解度を推定する。以降に詳細を述べる。

4.1.1 視点情報に基づく特徴量の抽出

特徴量の計算のために、まずアイトラッカから得られた視点情報を、fixation と saccade の情報に変換する。fixation とは視点がある範囲内に一定時間停留することであり、saccade は fixation 間の素早い目の動きのことを表す。fixation と saccade の情報を得るために、Buscher らの手法 [5] を用いる。得られる fixation と

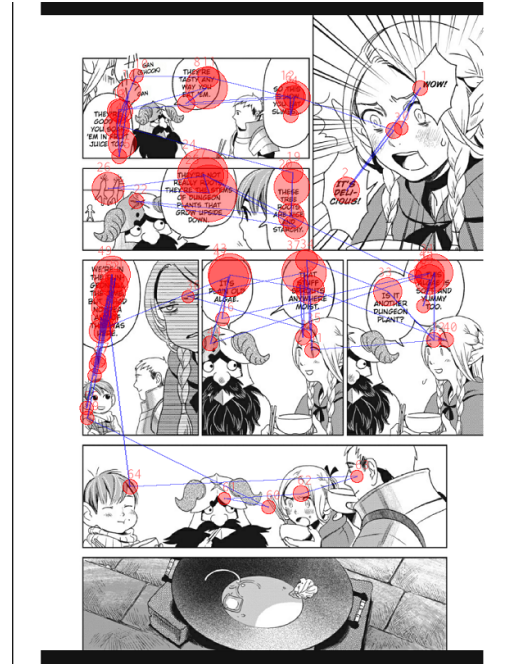


図 2 視点情報から取得した fixation (円) と saccade (円同士を結ぶ実線)。²

saccade の例を図 2 に示す。

続いて、fixation と saccade の情報から視点に関する特徴量を抽出する。表 1 に示すように、fixation の持続時間、saccade の長さ、およびアイトラッカから得られる瞳孔径の大きさに関する統計的な特徴量を計 12 個計算する。特徴量計算のウィンドウサイズは 1 つのページを読んでいる時間とする。

4.1.2 理解度の推定

人によって文書の読み方は変わるため、抽出した特徴量のうち理解度推定に寄与するものも人によって異なる。そこで、実際の理解度と相関の高い特徴量を選択し、有効な特徴量の組合せを解析的に求める。本稿では、特徴量と実際の理解度とのピアソン積率相関係数を求め、その絶対値の高い上位 k 個の特徴量を推定に利用する。最適な k の値は実験結果に基づいて求める。推定は SVM を用いて、ページ内に理解できなかった箇所が存在するかどうかを推定する。

4.2 実験

実験では、提案した理解度推定手法の有効性について検証した。

4.2.1 実験概要

実験参加者に漫画を読んでもらい、その時の視点情報を記録した。読書の様子を図 3 に示す。アイトラッカは Tobii 4C Pro、漫画の閲覧には 23 インチのモニタを用いた。画面には漫画が 1 ページずつ表示されるようにした。使用した漫画は 5 種類 (合計 40 エピソード、

²© 九井諒子『ダンジョン飯』KADOKAWA, Yen Press.

表 1 理解度推定に利用する特徴量.

特徴量の名前	詳細
PUPIL_D_{AVE, SD, MAX, MIN}	瞳孔径の大きさの { 平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値 }
FIX_D_{AVE, SD, MAX, MIN}	fixation の持続時間の { 平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値 }
SAC_L_{AVE, SD, MAX, MIN}	saccade の長さの { 平均値, 標準偏差, 最大値, 最小値 }



図 3 実験の様子.

図 4 アンケート画面.³

896 ページ) であり, なるべく含まれる語彙数やジャンルが異なるものを選択した. 参加者は男性の日本人大学生 1 名である. 参加者には, 漫画を 1 エピソード読んでもらうごとに, 理解度に関するアンケートを行ってもらった. アンケート時の画面の例を図 4 に示す. アンケートでは, 読んだエピソードの日本語原書のページを画面に表示し, 英語で読んでもらったときに理解できなかったり理解が食い違っていた箇所をマウスでチェックしてもらった. ページ内にチェックが含まれるページは 373 ページ, 含まれないページは 523 ページとなった. ページ内にチェックが含まれているかどうかを, 参加者のページに対する理解度の正解ラベルとし, 提案手法を用いてこれを推定した. 精度の検証方法として, 10 分割交差検証を行った. そして, それぞれの交差インデックスに対して, 分類されたラベルの正答率を求め, その平均を推定精度とした.

4.2.2 特徴量解析

理解度推定に有効な特徴量を解析するため, 正解ラベルと特徴量のピアソン積率相関係数を計算した. 表 2 に,

表 2 正解ラベルと特徴量のピアソン積率相関係数.

特徴量	相関係数	p 値
FIX_D_MAX	0.428	<0.001
FIX_D_SD	0.379	<0.001
SAC_L_AVE	-0.371	<0.001
FIX_D_AVE	0.360	<0.001
PUPIL_D_MIN	-0.309	<0.001
SAC_L_MIN	-0.276	<0.001
PUPIL_D_AVE	-0.242	<0.001
SAC_L_SD	-0.198	<0.001
PUPIL_D_SD	0.157	<0.001
FIX_D_MIN	-0.137	<0.001
SAC_L_MAX	0.066	0.047
PUPIL_D_MAX	-0.034	0.314

その値を絶対値が大きいものの順に示す. saccade の長さの最大値および瞳孔径の大きさの最大値以外の特徴量について $p < 0.001$ であり, 統計的に有意な相関が認められた. SVM の学習と推定は, 相関係数の絶対値の大きい上位 k 個の特徴量について, $2 \leq k \leq 12$ のそれぞれの場合について行い, 推定精度を求めた.

4.2.3 推定結果

図 5 に, 選択した特徴量に対する推定精度およびベースラインとの比較の結果を示す. 上から 1 番目の項目の majority baseline は, 正解ラベルのうち多数派のクラスの割合であり, その値は 58.4% である. 上から 2 番目の項目は, 特徴量として fixation の持続時間の最大値および標準偏差を用いたときの推定精度であり, それ以降の項目は, 記載の特徴量に加えてそれより上の項目に記載しているすべての特徴量を用いたときの推定精度を示す. 提案手法による推定精度は, 3 個の特徴量が選択されたときに最大となり, その値は 72.8% であった. このときの特徴量として, fixation の持続時間の最大値, 標準偏差, saccade の長さの平均値が選択されており, この 3 つの特徴量が推定に大きく寄与するものであることが分かる. また, このときの正解ラベルと推定結果の混同行列を図 6 に示す. ラベルは, ページ内に理解できなかった箇所が 0 : 存在しない, 1 : 存在することを示す. 本システムでは, 学習者が理解できなかった箇所をすべて推定できることが望ましい. 混同行列より, ラベル 1 の再現率は 74.3% であり, ある程度の精度で推定が行

³© 堀越耕平『戦星のバルジ』集英社.

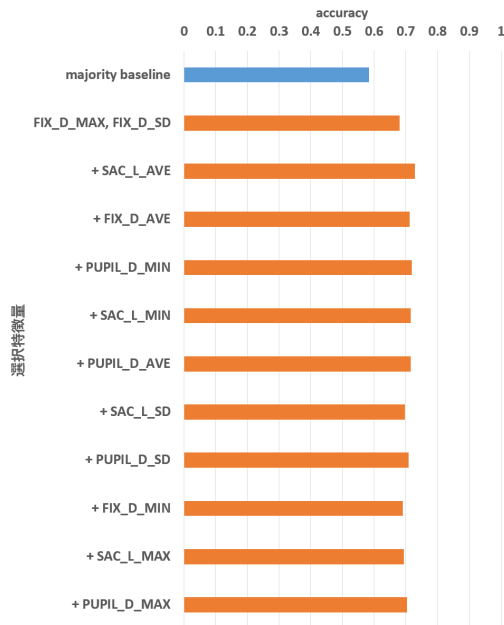


図5 選択特徴量に対する推定精度およびベースラインとの比較。

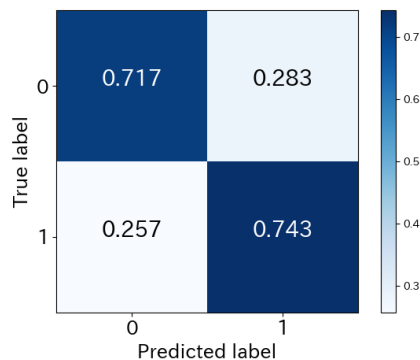


図6 正解ラベルと推定結果の混同行列。

えたことが分かる。

4.2.4 考察

最も良い推定精度が得られたときの特徴量として、fixationの持続時間の最大値、標準偏差、saccadeの長さの平均値が選択された。英文が難しいと感じる時に、該当の箇所を注視し続ける読み方の特徴が、fixationの持続時間の最大値と標準偏差に反映されていると考えられる。また、表2より、saccadeの長さの平均と、ページ内に理解できなかった箇所があることに負の相関があることがわかる。これは、該当の箇所をゆっくりと読むことにより、fixation間の距離が小さくなることに起因するものであると考えられる。

続いて、誤った推定を行った原因について考察する。図7に、ページ内に理解できなかった箇所が存在しないと誤推定されたページの例を示す。左のページでは、1コマ目の右上の吹き出しにチェックが付けられていた。しかし、文章自体があまり長くないために、fixationの

持続時間が短くなったこと、および長さの短いsaccadeが検出されなかったことが誤推定の原因であると考えられる。また、右のページでは、1コマ目の右上の吹き出しにチェックが付けられていた。しかし、その吹き出し以外の領域にあるfixationの持続時間とあまり差がなかったため、標準偏差が小さくなったことが原因であると考えられる。提案手法では、単語量が多い吹き出しを読めば、fixationの持続時間は必然的に大きくなるため、単語量の少ない吹き出しに対してfixationの持続時間を特徴量として用いると、良い推定ができないと考えられる。精度の改善方法として、ページに含まれる単語数のような文書情報を用いることを考える。fixationの持続時間を単語数で割ることで正規化すれば、1単語当たりの持続時間が求まり、精度の向上が見込めると考えられる。

5 おわりに

本稿では、学習者の理解度に応じた多読学習支援を行うシステムであるManga Vocabulometerの構想について説明した。また、理解度として、学習者がページ内に理解できなかった箇所があるかどうかを視点情報を用いて推定する手法を提案した。実験の結果、理解度の推定手法の推定精度は72.8%であった。

今後の課題として、今回の実験では1名のみを解析対象としたため、より多くの参加者で検証する必要がある。また、精度の改善のために、英単語数で正規化した特徴量を導入する。さらに、理解度推定について、本稿ではページ単位で行ったが、コマや吹き出し単位で行う手法についても検討する。

謝辞

本研究の一部は、JST CREST Grant Number JP-MJCR16E1の補助による。

参考文献

- [1] 西澤 一, 吉岡貴芳, 伊藤和晃: 英文多読による工学系学生の英語運用能力改善, 電気学会論文誌A (基礎・材料・共通部門誌), Vol. 126, No. 7, pp. 556-562 (2006).
- [2] Augereau, O., Jacquet, C., Kise, K. and Journet, N.: Vocabulometer: A Web Platform for Document and Reader Mutual Analysis, 2018 13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS), pp. 109-114 (2018).
- [3] Garain, U., Pandit, O., Augereau, O., Okoso, A. and Kise, K.: Identification of Reader Specific Difficult Words by Analyzing Eye Gaze and Document Content, 2017 14th IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Vol. 01, pp. 1346-1351 (2017).
- [4] Ogawa, T., Otsubo, A., Narita, R., Matsui, Y., Yamasaki, T. and Aizawa, K.: Object Detection for Comics using Manga109 Annotations,

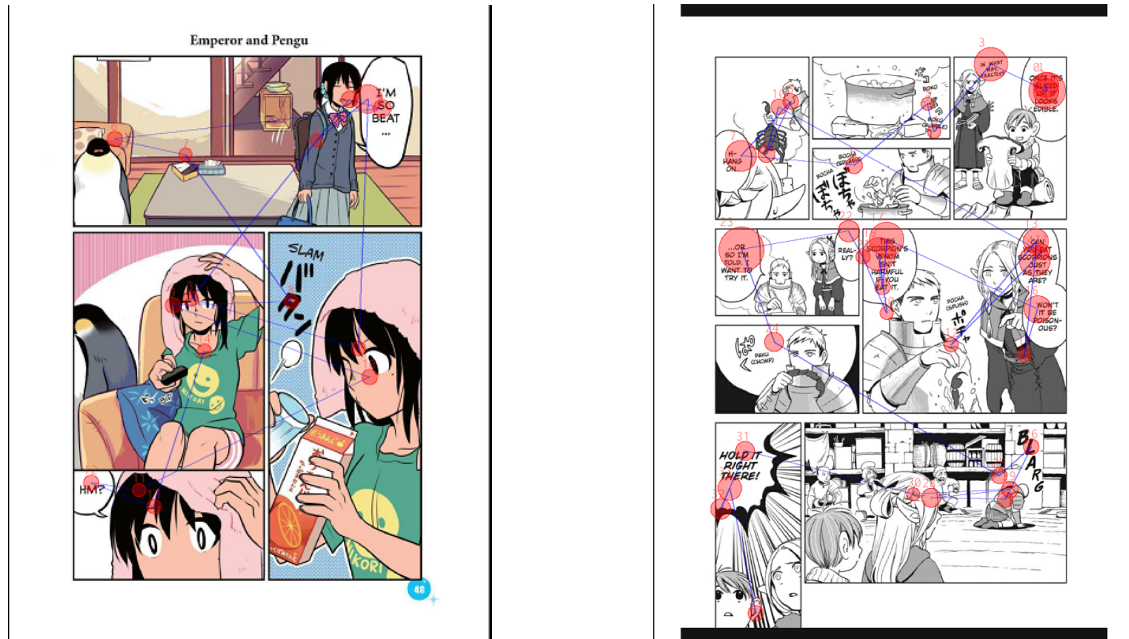


図 7 ページ内に理解できなかった箇所が存在しないと誤推定されたページの fixation と saccade.⁴

arXiv:1803.08670 [cs.CV] (2018).

- [5] Buscher, G., Dengel, A. and van Elst, L.: Eye Movements As Implicit Relevance Feedback, *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '08, pp. 2991–2996 (2008).

⁴左: © mato 『エンペラーといっしょ』集英社, VIZ Media. 右: © 九井諒子 『ダンジョン飯』KADOKAWA, Yen Press.