

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年6月26日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2017

課題番号：26560321

研究課題名（和文）ロービジョン者の紙面書字活動を支援する新奇な拡大読書器の提案と開発

研究課題名（英文）Proposal and development of a novel magnifying reading device to support the writing activity of low vision people

研究代表者

坂本 隆（Sakamoto, Takashi）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：90357111

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、拡大読書器の仕組みを根本から見直すことによって、ロービジョン者向け視覚補助装置に、革新的な進歩をもたらす新技術の開発である。本研究が着目したのは、拡大された画面を見ながら、利用者が紙に文字を書くことが困難であるという、従来方式の拡大読書器に纏わる課題である。従来方式の拡大読書器は、利用場所や方法が限定されるなど幾つかの問題があるため、その構造と機能を見直し、新奇な装置を提案することを研究課題とした。本研究では、文字画像を側方から取得することによって課題を解決可能であるとの着想に基づき、従来の拡大読書器とは異なる撮像系を有する装置試作に成功した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop a new technology that brings innovative progress to visual-aid devices for low vision people by fundamentally reviewing the structure of the magnifying reading device. This research focuses on the problem that it is difficult for users to write letters on a piece of paper while using a conventional magnifying reading device. Such magnifying reading devices have several problems that the locations of use are limited, and so on. Therefore, this research aims to review the structure and function of such conventional devices and to propose a novel one. In this research, we adopted an idea that the conventional problem can be solved by taking pictures of written characters from the side, and according to this idea, we succeeded in prototyping a novel device that has a new camera system different from the conventional one.

研究分野：人間医工学（福祉工学）、情報学（知覚情報処理）、応用物理学・工学基礎（応用光学）

キーワード：拡大読書器 ロービジョン 視覚

1. 研究開始当初の背景

(1) ロービジョン(弱視)は、全盲ではないが視機能が弱く、メガネ等で矯正することができない視覚障害を指す。日本のロービジョン者は約145万人(2009年、日本眼科医会)で、高齢化に伴い、緑内障、糖尿病、加齢黄斑変性等によるロービジョン者が増加すると予想されている。

(2) 拡大読書器は、ロービジョン者が不自由なく日常生活を送り、就労などを通じて社会参加するためには欠かせない道具である。近年、カメラ付きスマートフォンやタブレット端末を利用した簡易な拡大読書器が登場し、携帯性や汎用性から注目されているが、専用機とは異なる使い辛さが指摘されている。また『網膜投影型』のヘッドマウントディスプレイを視覚補助装置に利用する研究(志水2011、村井他2013)もなされているが、眼球運動や顔面の動きによって、被写体を安定して見ることができないとの指摘もあり、普及に至っていない。

(3) 龍谷大学の野口は、ロービジョンの経験に基づき、従来の拡大読書器の欠点を克服する『パネル式拡大読書器』(図C)を、木村と共に提案した(特開2011-139112)。当該の拡大読書器について、野口が感覚代行シンポジウムにて研究発表をした後に、本研究代表者が野口と木村にコンタクトを取り、当該提案について詳細を聴取することができた。その結果、彼らの提案する拡大読書器は、紙面と書字情報の同時取得ができず、薄膜フォトセンサーの実用化まで(少なくとも数年を要する)試作が難しい等の課題が判明した。

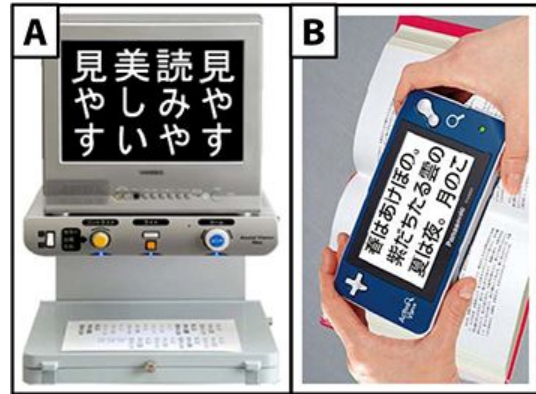
(4) 拡大読書器は、名の通り『読む』行為を支援する装置であるが、『書く』行為に着目した装置は未だ存在しない。ロービジョン者の書字支援は、社会参加実現に向けた重要課題の一つである。

2. 研究の目的

(1) 本研究の目標は、野口・木村が提案した拡大読書器(特開2011-139112)の利点(不自然な書字姿勢にならない、簡便に持ち運びができる、他)は残しつつ、実用化に時間を要する薄膜フォトセンサーは使用せずに、紙面と書字情報の同時取得が可能な視覚補助装置を提案・試作することである。

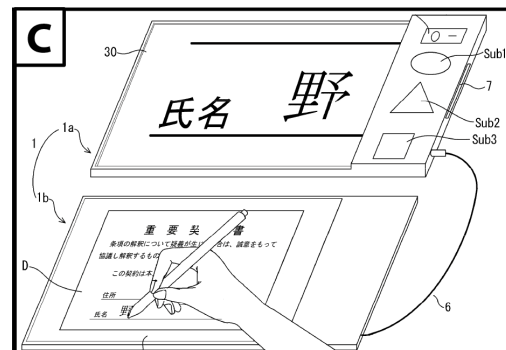
(2) 『紙面に印刷された文字』『枠線や罫線』『書字中の文字』を同時に撮影して表示するためには、既存の拡大読書器や、特開2011-139112とは全く異なる画像取得法を模索する必要がある。そこで本研究では、独自の光学系と撮像方式を試作し、これを机上など安定した場所に設置し、紙面上の文字を適切に拡大表示が可能であることを確認する。

(3) 拡大読書器は、一般に据置型(図A)か携帯型(図B)のような形態をしているが、いずれも書字作業に使用する場合、困難な状況に遭遇する。例えば据置型(図A)は、拡大画面を見る際にヘッドアップする(首を反らして見上げる)必要があり、不自然な書字姿勢を強いられる。携帯型(図B)は、装置を頻繁に移動させる必要があり、また手ぶれ等が原因で安定した画像表示ができず、装置を手で持ちながら書字すること自体が大変困難な作業である。本研究では、これらの欠点を克服する拡大読書器の構造と機能について、探索的に研究する。

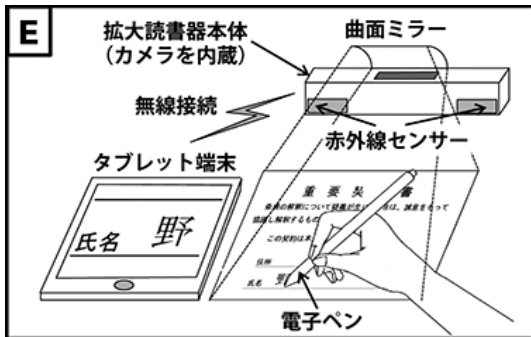
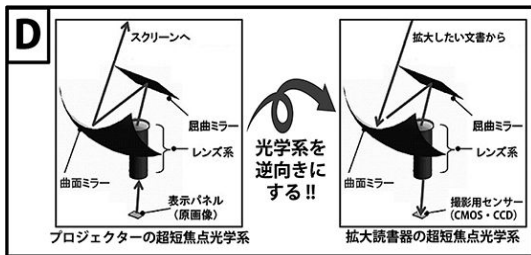


(4) 龍谷大学の野口と木村は、2-(3)で例示した拡大読書器の構造と機能を見直し、欠点を克服するパネル式拡大読書器(図C)を提案した。パネル式拡大読書器は、薄膜フォトセンサーを利用した平面構造のスクヤナを有し、文書をスキャンして液晶画面に表示する。また筆圧センサーを有し、紙に書いた文字も表示可能である。パネル式拡大読書器は従来型に比して、不自然な書字姿勢にならず、簡便に持ち運びができる等の利点を有する。しかし文書のスキャンと筆圧センサーからの入力を、同時に行うことはできず、予めスキャンした画像上に仮想的に手書き文字を表示するに留まることが予想される。

本研究では、これらの欠点を克服するため、野口と木村による拡大読書器の利点であるパネル式という特徴を有しながら、撮像系は薄膜フォトセンサーに抛らず、汎用のカメラを利用し、書字画面をリアルタイムに表示する機能を有する拡大読書器を開発する。



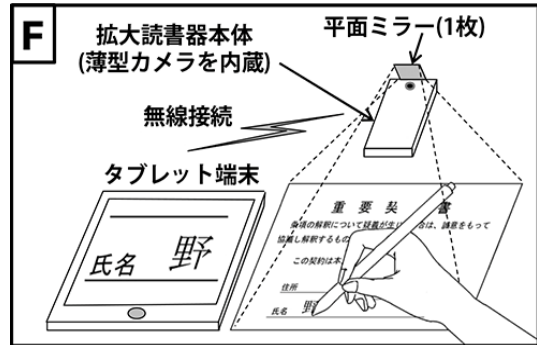
(5) 研究提案時に本研究が着目したのは、超短焦点プロジェクターの光学系(図D)である。超短焦点プロジェクターの光学系を逆向きに使えば、紙面を横方向の低い位置から撮影することが可能になり、書字中の自らの手で文字が隠れず、紙面と書いた文字を同時にリアルタイムで撮影・拡大表示が可能であり(図E)、2-(3)および2-(4)に記載した欠点を克服可能である。この研究を提案した当時、超短焦点プロジェクターの光学系は、プロジェクター以外に活用例が殆ど無く、拡大読書器にこれを適用した前例は無かった。本研究はプロジェクター等で実用化された光学系を、発想を転換して活用するアイデアを具体化することを目標とする。



### 3. 研究の方法

(1)当初構想していた拡大読書器の仕組みについて、2-(5)に概要を記したが、実際には研究提案で要求した予算金額から、かなり減額されて交付決定されたため、複雑な光学系を設計・外注したり、その光学系に基づく装置(ハードウェア)を外注により試作する計画を断念し、より簡便な仕組みで、安価に試作ができる方法を再考する必要があった。

(2)本研究では、3-(1)の問題を克服するため、曲面ミラーを複数枚利用する光学系ではなく、平面ミラーを使った単純な光学系で撮影する方式を採用した。平面ミラーを使用する場合、撮影画像は著しく歪むことが予想されたが、アフィン変換や射影変換などの画像変換によって画像を補正し、歪みのない文字画像を取得する方式を採用した。平面ミラーは1枚とし、ミラーの下に配置した薄型カメラで紙面と文字画像を取得し、この画像をタブレット端末へ送信し、拡大表示することによって、当初の構想(図E)に近い装置構成を実現する(図F)。



(3)3-(2)記載の単純光学系を使用する場合、以下の問題が発生すると予想された：

紙面の全体に対し、同時にピントを合わせることができない。

横方向から撮影した画像の、特に周辺部において非線形の歪みが生じる(カメラのレンズ性能にも依拠するが、スマートフォンなどに具備されている薄型カメラの場合、多くを期待することはできない)。

横方向から撮影するため、撮影可能な領域が扇状になり、紙面全体を撮影することができない。

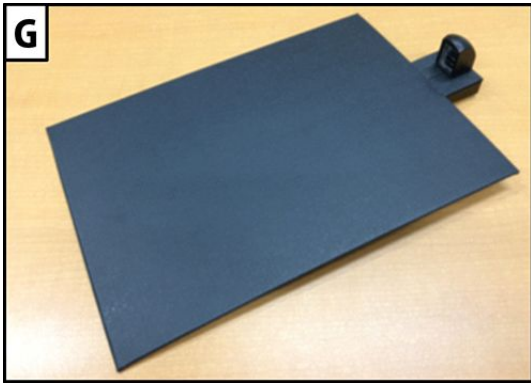
を克服するためには、1次元ラインカメラを使った2次元平面撮影時のように、紙面を上下方向へスキャンする必要がある。またスキャンの走査線を移動させる度ごとに、ピントを合わせる必要がある。カメラと紙面の位置関係が常に一定であれば、走査線の位置とフォーカスが1対1対応するため、走査線の位置によって適切なフォーカスを選択することが可能である。本研究ではこの着想に従い、の問題を解決を試みた。

を克服するためには、アフィン変換や射影変換などの数学的幾何学変換を画像に対して施し、画像に生じた歪みをソフトウェア的に取り除く方法が適していると思われる。本研究ではこの着想に従い、の問題を解決を試みた。

一方、を克服するためには、カメラ位置を誌面から遠ざけるか、より広角なカメラレンズを使用する必要がある。しかしカメラ位置を文字から遠ざけたり、より広角なカメラレンズを使用すると、解像度が悪くなり、光学的な歪みの影響も大きくなるというトレードオフが生じる。本研究では、撮影画像がたとえ扇状になったとしても、文字が読みやすければ問題ないとの立場から、カメラ位置を紙面にできるだけ近づけて、(広角レンズを使用せずに)解像度をなるべく上げることを優先した。

### 4. 研究成果

(1)試作した拡大読書器本体(カメラ含む)の写真を図Gに示す。この試作器の特徴は、側方から拡大対象となる紙面および文字を撮影する構造と、汎用のタブレット端末を活用し、ディスプレイが分離された点である。

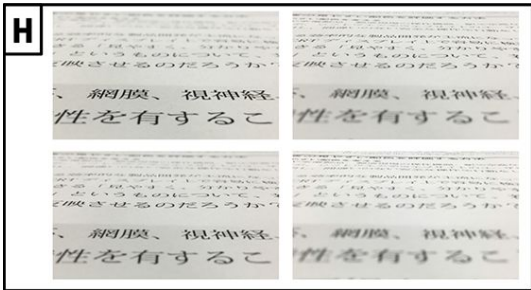


本試作機は、3-(3)- のピントに関する問題を解決するため、紙面とカメラ（及びミラー）の位置関係が常に一定になるように、撮影対象となる紙面を固定するための台座（図G写真中央の平面構造部）を有する。

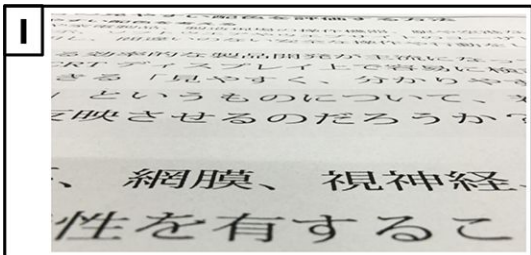
また台座上の位置に対しカメラのフォーカスが1対1対応するように、平面ミラーを台座へ固定し（図G写真右上の凸構造部）、平面ミラーが台座に対して常に一定の距離と角度を保つ構造とした。

なお撮影対象となる紙面および文字は、別途用意されたタブレット端末などを用いて拡大表示する方式としたため、本試作機にはディスプレイが備わっていない。

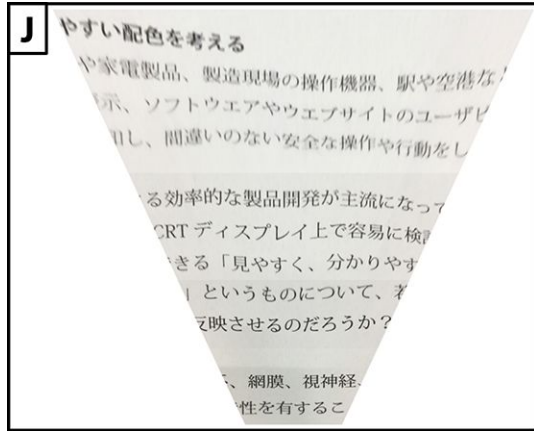
(2) 試作機を用い、様々なフォーカスで文字を撮影した例を、以下に示す（図H）。



図Hは、手前（カメラの近く）の文字にピントが合っている画像と、奥（カメラから遠く）の文字にピントが合っている画像を含んでいるが、これらの画像を合成して疑似的に被写体深度が深い（全体にピントが合っている）画像を合成する（図I）。



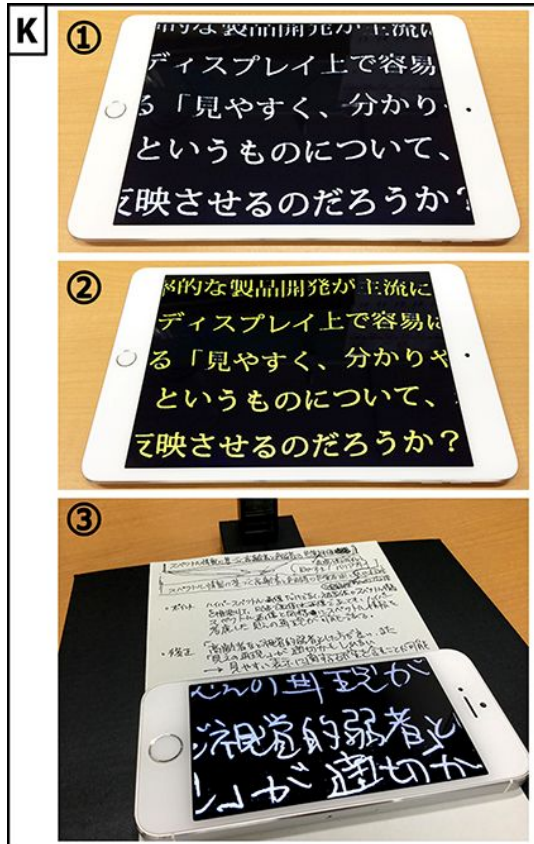
(3) さらに被写体深度が（疑似的に）深い合成画像を対象に、アフィン変換と射影変換（台形変換）を施し、紙面と文字を（疑似的に）真正面から見た画像に変換する（図J）。



図Jを見ると、カメラから遠方の文字ほどいびつに歪んでいることが分かる。これはカメラの光学系の歪みや、撮影対象となった紙面が完全な平面ではなく、微妙にうねっていることが影響している。これらの歪みを完全に取り除くためには、非線形の幾何学的画像変換が必要である。しかし計算が複雑になり、画像処理と画像表示に多くの時間を要してしまうため、本研究ではアフィン変換と射影変換（台形変換）のみに留めた。

(4) 図Jの画像に対しコントラスト強調処理を施し、さらに白黒反転、あるいは視認性向上のためにカラー処理を施し、タブレット端末で拡大表示をした例を図K に示す。

拡大表示に利用する端末は、図K のようにスマートフォンを用いることもできる（拡大読書器本体と Bluetooth 等で無線接続が可能で、画像を受信できる端末であれば良い）。



拡大読書器の利用者は、対象となる紙面上にスマートフォンなどを置いて、文字を拡大しながら書字することができる(図K )。

(5) 本研究成果について総括する。本研究が開発した拡大読書器は、未だ実用レベルにはほど遠く、特に紙面の撮影法、インタフェース、ソフトウェアに解決すべき課題が多い。紙面全体をクリアに撮影できない欠点も、試作機を利用して明らかになった。4-(3)において言及した文字が歪む問題は、紙面を側方から撮影する方式を採用する限り、原理的に除去することは難しいだろう。もし当初の予定通りに、複数の局面ミラーを使用して非線形光学系を構成して、ハードウェアに依拠する歪みを除去したとしても、紙面が少しでもうねっていると、側方から撮影した文字にそのうねりの影響が出てしまうため、別の解決法を見つけなければこの問題は解決できないだろう。このように解決すべき課題は多数残されているが、提案手法に基づく拡大読書器の限界を見極めることができた点において、本研究の成果はあったと考えている。

研究途上では、画像表示系に着目し、文字の表示方法などの研究を探索的に進めた。またラインカメラが紙面情報取得に使用できる点を鑑み、ハイパースペクトルカメラを使用することができないか、探索的に検討した。ただしこれらの成果は試作機には反映されておらず、ページ数の関係上、研究成果報告書には記載できなかった。個別に研究発表などを参照して頂ければ幸いである。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計1件)

Iwamoto Shinnosuke, Sakamoto Takashi, Nakata Toru, Kato Toshikazu, Detection System for Distinguishing Between Initial Reading and Rereading of a Digital Document by Observing Focal Point Movement, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 査読有, 596, 2017, pp.78-83  
DOI: 10.1007/978-3-319-60018-5\_8

### 〔学会発表〕(計1件)

Iwamoto Shinnosuke, Sakamoto Takashi, Nakata Toru, Kato Toshikazu, Detection System for Distinguishing Between Initial Reading and Rereading of a Digital Document by Observing Focal Point Movement, *The 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (国際学会)*, 2017

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

坂本 隆 (SAKAMOTO, Takashi)  
国立研究開発法人産業技術総合研究所・情

報・人間工学領域・主任研究員  
研究者番号: 90357111

### (2)連携研究者

加藤 俊一 (KATO, Toshikazu)  
中央大学・理工学部・教授  
研究者番号: 50297107

木村 睦 (KIMURA, Mutsumi)  
龍谷大学・理工学部・教授  
研究者番号: 60368032

野口 紳一郎 (NOGUCHI, Shinichiro)  
龍谷大学・理工学部・実習講師  
研究者番号: 40319497

### (3)研究協力者

岩本 真乃輔 (IWAMOTO, Shinnosuke)