

# 視覚障害者に対するウェブ認証インタフェース のアクセシビリティ評価

太田 裕也<sup>1,a)</sup> 金岡 晃<sup>2,b)</sup> 森 達哉<sup>1,c)</sup>

**概要:** 視覚障害者や高齢者は今日の情報社会における基本ツールであるパソコンやウェブの利用においてハンディキャップを抱えている。このようなハンディキャップを技術的手段によって克服するためには、アクセシビリティの確保が急務である。一方、そのようなハンディキャップを持つユーザーに対してもセキュリティを確保する必要がある。しかしながらアクセシビリティとセキュリティがどのような相関を持つかは自明ではない。本研究は特に視覚障害者に焦点をあて、アクセシビリティとセキュリティの相関に着目する。そのような視点に基づく研究は非常に数が少なく、著者らが知る限り唯一の例が2015年に米シラキュース大学の研究者らによって報告されている [4]。本研究は上記の先行研究をベースとして、異なる人種、異なる言語、異なる支援ツールにおいても同様の結論が得られるかを検証する。具体的には10名の視覚障害者と9名の健常者からなる被験者グループを構成し、ウェブサービスの認証にかかわる操作をする際の成否や成功するまでに要する時間を計測する。実験の結果とインタビューを通じた質的分析を組み合わせ、認証を必要とするウェブページを利用する際に障害者が経験する困難性や解決すべき技術的課題を明らかにする。また、先行研究になかった新規な知見として、視覚障害者の中でも異なる世代間では結果に大きな差異が存在することを示す。

**キーワード:** アクセシビリティ, 認証, 視覚障害者

## Accessibility of Website Authentication Systems for Visually Impaired Person

YUYA OTA<sup>1,a)</sup> AKIRA KANAOKA<sup>2,b)</sup> TATSUYA MORI<sup>1,c)</sup>

**Abstract:** Impaired person have many difficulties in using basic information technology tools such as personal computers and the world wide web. To overcome such obstacles, it is essential to establish information accessibility, which assists impaired person to make their experience comfortable. It is also important that we ensure security when we aim to establish accessibility. However, there have been no clear understanding on how accessibility and security are correlated, and how we control their trade-offs. Given this background, we aim to address the above questions by performing human study to both visually impaired and normal person. In particular, we focus our attention to the interface of common web services such as e-mail, banking, and shopping. Ten visually impaired subjects and nine normal subjects contributed to our experiments. Throughout experiments using real web services with their own client PC and questionnaires, we attempt to clarify the technical problems for visually impaired person. We also study how age of visually impaired person affected our study.

**Keywords:** accessibility, authentication, visually impaired person

<sup>1</sup> 早稲田大学 基幹理工学部  
School of Fundamental Science and Engineering, Waseda  
University

<sup>2</sup> 東邦大学 理学部

Faculty of Science, Toho University

a) ota@nsl.cs.waseda.ac.jp

b) akira.kanaoka@is.sci.toho-u.ac.jp

c) mori@nsl.cs.waseda.ac.jp

## 1. はじめに

視覚障害者、聴覚障害者、肢体不自由者、知覚障害者、高齢者は今日の情報社会における基本ツールであるパソコンやウェブの利用においてハンディキャップを抱えている。厚生労働省の調査 [2] では平成 18 年度時点で全国の身体障害者数は 348 万であり、その内視覚障害者数は 31 万である。視覚障害者のパソコン利用状況は「利用する」が 12.4% であり低い率にとどまっている、障害者全体の「利用する」が 16.3% に比較しても割合が低いことがみてとれる。このように視覚障害者にとってパソコンの利用には高い障壁がある。

ハンディキャップを抱えたユーザが IT 技術を利用する際の障壁をとりはらうために「情報アクセシビリティ」の確保が不可欠である。文献 [1] は情報アクセシビリティを『情報通信機器及びサービスを最も幅広い範囲の人々が、その能力、障害、制限及び文化にかかわらず利用できるようにすること』と定義している。情報アクセシビリティの普及・推進に向け標準化 [6] や民間企業のコンソーシアム [7] などが設立されており、OS ベンダーやアプリケーション開発者が自社製品にアクセシビリティを向上するための機能を実装するケースが増えている [8], [9], [10]。

障害者に対する情報アクセシビリティを確保する一方で、セキュリティ対策も考慮する必要がある。一般にセキュリティとユーザビリティはトレードオフの関係にあることが指摘されており [3]、そのような課題を克服する研究分野としてユーザブルセキュリティが着目されている。ここでユーザビリティは一般ユーザを対象とした使いやすさの概念であるのに対し、アクセシビリティは障害を持つユーザを対象とした使いやすさの概念であり、対応関係がある。したがって、アクセシビリティとセキュリティをいかに両立させるか、両者はどのように相関しているか、という問いの答えは自明ではない。

上記問いに挑んだ先駆的研究として Dosono らの研究があげられる [4]。彼らは米国の視覚障害者を対象とした被験者実験を行い、様々な認証のシナリオで視覚障害者が経験する困難性と、視覚障害者が困難に対処する方法を発見した。また、現状の認証システムの限界を明らかにし、これらの多くがウェブのアクセシビリティに関連づけられていることを示した。彼らの論文はアクセシビリティと認証の関係を系統的に調査した初の研究である。さらにこれらの知見をもとにウェブ認証におけるアクセシビリティを高めるための技術的なガイドラインを提示した。

我々が本研究に取り組む動機は Dosono らが文献 [4] で示した知見が「異なる人種」、「異なる言語」、「異なる支援ツール」において同様の結論を再現可能であることを確認することにある。国内の被験者実験を通じて得られた知見は我が国の視覚障害者のセキュリティとアクセシビリティ向

表 1 視覚障害者の被験者リスト。下線の 3 名は中高年と定義した被験者。

Table 1 List of visually impaired subjects. Underlined three subjects are defined as middle aged.

	性別	年齢	職業	状態	スクリーンリーダー
<u>P1</u>	女性	40 代	主婦	全盲	PC-talker
<u>P2</u>	女性	60 代	リタイヤ	弱視	なし
P3	男性	30 代	法人職員	全盲	PC-talker+NVDA
<u>P4</u>	男性	30 代	法人職員	全盲	NVDA
P5	男性	10 代	高校生	弱視	PC-talker
P6	男性	10 代	高校生	弱視	PC-talker+NVDA
P7	男性	10 代	高校生	全盲	PC-talker
<u>P8</u>	女性	40 代	ボランティア	弱視	PC-talker
P9	男性	20 代	教員	全盲	PC-talker
P10	女性	20 代	法人職員	全盲	NVDA

上に資することが期待される。また、**障害者を対象とした研究はその性質上、統計的推論に資するような広範かつ多数の被験者を伴う実験の実施は困難であるため、少ないサンプルに頼らざるを得ない。したがってひとつの研究から得た知見の再現性を確認することは科学的研究として重要な意義を持つ。**先行研究では被験者の大多数が 50-60 代に集中していたため、年齢層に著しい偏りがあった。本研究では幅広い年齢層の被験者を集め、世代間の違いに関する考察を行う。これにより、視覚障害に起因する困難性と年齢に起因する困難性を可能な限り切り分けることを狙いとする。

## 2. 実験方法

本章では実験に利用したデータの収集方法と実験の詳細を示す。

### 2.1 データ収集

視覚に障害を持つ被験者の募集にあたり、日本盲人会連合 [5] に協力を仰ぎ、実験への協力を希望する被験者を募った。その結果、11 名の方に賛同を頂き、その内都合がついた 10 名に対して実験を行った。被験者のデータを表 1 に示す。先行研究と比較して被験者は以下の点で異なるプロフィールを有する。年齢層は文献 [4] は 50-60 代のみであったのに対し、本研究の被験者は 10 代から 50 代に分布している。言語は文献 [4] の被験者は英語を利用しているのに対し、本研究の被験者は日本語を利用する。支援ツールとして利用するスクリーンリーダーは文献 [4] の被験者においては NanoPac 社の JAWS [11] が大多数であったのに対し、本研究の被験者においては高知システム開発社の PC-talker [12] が主流であった。また、比較対象として同様の実験を行った健常者の参加者のデータを表 2 に示す (文献 [4] ではそのような比較はない)。本研究では実際の年齢分布も加味した上で便宜上 30 代以上を中高年と定義した。視覚障害者の被験者では 5 名が中高年、残り 5 名が

表 2 健常者の被験者のリスト.

Table 2 List of healthy subjects.

	性別	年齢	職業
C1	女性	40代	主婦
C2	男性	50代	自営業
C3	男性	10代	大学生
C4	女性	20代	会社員
C5	男性	10代	大学生
C6	女性	10代	高校生
C7	男性	30代	自営業
C8	男性	20代	自営業
C9	女性	30代	主婦

青年である。健常者の被験者では4名が中高年，残り5名が青年である。表1，表2において被験者は実験実施順に並んでいる。

## 2.2 端末，ウェブサイトの認証

1つ目の実験は先行研究 [4] に倣い，端末 (PC とスマートフォン)，メールサービス，イーコマースサイト，ソーシャルネットワークサイトを利用する際の認証に関し，認証の成否と認証に要する時間を測定する。

### 端末へのログイン

被験者が普段利用しているコンピュータもしくはスマートフォンにログインする。ログインの設定をしていない場合，もしくは端末を持っていない場合は，このステップは省略する (PC を持ってないユーザはいない)。

### ウェブサービスへのログイン

本来はユーザが日頃から使っているサイトを使うのが理想的であるが，ログアウトの作業が必要となり，再度ログインすることが困難になるリスクがある。被験者に与える負担を最小限のものとするために，比較的ポピュラーであるが今回の被験者が普段使っていないサイトを利用する。具体的にはメールサービスとして Outlook，ソーシャルネットワークサイトとしてアメールバ，イーコマースサイトとして DeNA ショッピングを採用した。またアカウントの作成は別の実験で行うので，ログイン情報は事前に準備した。被験者は口頭で伝えたアカウント情報を使って各サイトにログインする。

## 2.3 アカウント管理

2つ目の実験ではアカウント管理に関する時間を計測する。具体的には新規アカウントの作成，パスワード変更，削除に要する時間を計測した。サイトとして Yahoo Japan を利用した。パスワードを変更する際の選択肢として「クレジット番号を使う」，「T カード番号を使う」，「連絡用メールアドレスに確認コードを送る」の3種類がある。今回は「連絡用メールアドレスに確認コードを送る」とし，その旨を被験者に口頭で伝えた。サイトの説明だけでは方法がわからない場合，検索エンジン等で検索することを許

表 3 端末の認証に要した時間 (視覚障害者).

Table 3 Authentication time for accessing devices (visually impaired person).

	パソコン	スマートフォン
P1	設定なし	4秒 (iPhone)
P2	設定なし	5秒 (iPhone)
P3	設定なし	6秒 (iPhone)
P4	設定なし	6秒 (Android)
P5	3秒	所持せず
P6	5秒	4秒 (Android)
P7	3秒	所持せず
P8	設定なし	記録なし (Android)
P9	設定なし	所持せず
P10	設定なし	所持せず

表 4 ウェブサービスの認証に要した時間 (視覚障害者). 被験者 P1, P2 については実験が整備できていなかったため，不実施。

Table 4 Authentication time for accessing web services (visually impaired person).

	Outlook	アメールバ	DeNA ショッピング
P1	不実施	不実施	不実施
P2	不実施	不実施	不実施
P3	330秒	失敗 (363秒)	失敗 (466秒)
P4	202秒	100秒	434秒
P5	47秒	67秒	35秒
P6	65秒	82秒	144秒
P7	84秒	43秒	367秒
P8	279秒	失敗 (62秒)	失敗 (61秒)
P9	151秒	85秒	137秒
P10	347秒	80秒	433秒

可した。

## 2.4 インタビュー

計測実験後，実験を通じて感じた困難性などをもとに以下の項目をヒアリングした。

- パソコンを使っていて不満に感じること。
- スクリーンリーダーに対して不満に感じること。
- ウェブサイトに対して不満に感じること。
- 携帯電話に対して不満に感じること。
- セキュリティに対する意識。
- 日常にあるセキュリティで困っていること。

## 3. 実験結果

本章では前章で述べた認証およびアカウント管理に関する実験の結果を示す。

### 3.1 端末，ウェブサイトの認証

視覚障害者が端末およびウェブサービスの認証にかかった時間を表3と表4に示す。端末に対する認証時間はPC，スマートフォンいずれのケース数秒で終わり，被験者にとって負担とはなっていないことがわかる。端末の認証情報は自分で設定したものであり，日頃から利用するため操

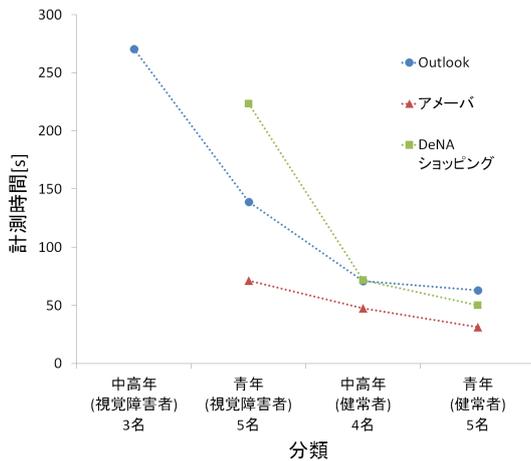


図 1 認証時間の比較.

Fig. 1 Comparison of authentication time.

表 5 アカウント管理に要した時間 (視覚障害者).

Table 5 Time required to manage accounts for visually impaired subjects.

	アカウント生成	パスワード変更	アカウント削除
P1	-	-	-
P2	失敗 (432 秒)	-	-
P3	失敗 (661 秒)	-	-
P4	432 秒	317 秒	386 秒
P5	128 秒	97 秒	100 秒
P6	420 秒	595 秒	334 秒
P7	429 秒	213 秒	410 秒
P8	失敗 (309 秒)	-	-
P9	655 秒	229 秒	436 秒 (失敗)
P10	失敗 (281 秒)	-	-

作に慣れていることが推測される。またスマートフォンは保持している被験者でロック機構を利用している割合は比較的高い一方で、PC にロックをかけている割合は低い。これは利用環境にも依存するが、携帯するスマートフォンの方が PC と比較してセキュリティ必要と考えている被験者の割合が多いことを反映していると考えられる。

ウェブサービスへの認証では、特に中高年において認証が成功しないケースが多かった (3 人による 9 回分のケース中、成功は 5 回)。また、成功した場合であっても比較的長い時間がかかることがわかる。視覚障害者と健常者の両方についてウェブサービスの認証に要した時間の平均値を世代ごとにまとめた結果を図 1 に示す。Outlook のログインまでにかかる時間の平均値は「中高年の視覚障害者」、「青年の視覚障害者」、「中高年の健常者」、「青年の健常者」の順に短い。また中高年の視覚障害者の大半がログインに失敗する一方で青年の視覚障害者は比較的良好な結果を得ていることが特筆すべき点であるこのように同じ視覚障害者であっても年齢差の要因が大きいことがわかる。

また視覚障害者、健常者に共通してサイトごとの認証時間に同様の差異があることがみてとれる。例えばアメーバは全カテゴリに共通して認証時間が低くなっているのを、

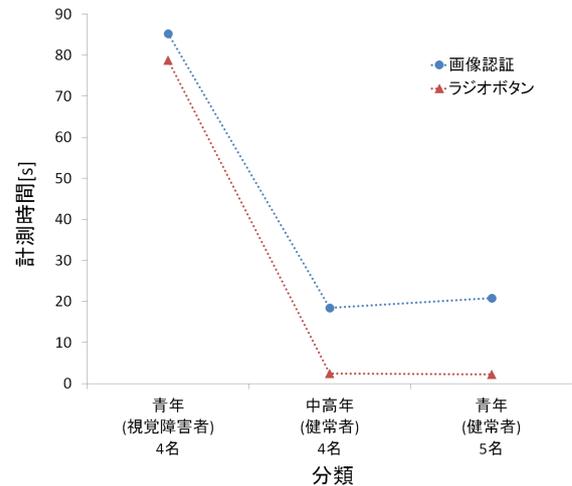


図 2 画像/音声認証とラジオボタンの選択に要した時間.

Fig. 2 Time required for image/sound authentication and selection of bullets.

良い設計がなされていることがわかる。実際アメーバの場合はトップ画面にわかりやすい認証フォームが設定されていた。

### 3.2 アカウント管理

表 5 にアカウント管理の実験結果を示す。アカウント生成に失敗した場合、それ以降の実験は行っていない。アカウント作成の成功率は中高年の視覚障害者が 25 % (今回の対象は 4 名)、青年の視覚障害者が 67 %、中高年の健常者が 75 %、青年の健常者が 100 %であった。中高年の視覚障害者はアカウント生成の時点で 4 人中 3 人が失敗したので、この層にとってのアカウント生成の難しさが伺える。青年の視覚障害者の内 1 名、中高年の健常者からも 1 名がアカウント削除で失敗した。パスワード変更で失敗した人はいなかった。

アカウント作成の内、障害者の被験者が特に苦戦していたタスクは画像/音声認証とラジオボタンによる選択であるこれらのタスクに要した平均時間を図 2 に示す。実験に用いた認証機構では全盲の視覚障害者の場合、画像認証できない場合は音声認証を選択することができる。また中高年の障害者は作業が完了しなかったため、省略している。図よりどちらも視覚障害者にとって時間がかかるタスクであるが、ラジオボタンの選択の方が視覚障害者と健常者間の差がより大きいことがみてとれる。ラジオボタン選択の困難性については後に議論する。

## 4. 障害者が経験した困難性の分析

実験を通じて被験者が経験した困難性を表 6 にまとめた。以下ではそれぞれの困難性に関して具体例を交えながら議論する。

表 6 被験者が経験した困難性.

Table 6 Difficulties experienced by the subjects.

	内容	視覚障害者	健常者
D1	認証フォームや目的の場所に辿り着くまでに時間がかかる	13 回 (8 人)	0 回
D2	認証が成功したか確信できるまでに時間がかかる	9 回 (4 人)	0 回
D3	画像/音声認証に苦戦する	1 回 (1 人)	2 回 (2 人)
D4	サイトやスクリーンリーダー、ブラウザが原因で先に進めない	9 回 (5 人)	0 回
D5	パスワードの入力に失敗する	2 回 (2 人)	1 回 (1 人)

#### 4.1 認証フォームや目的の場所の選択の困難性

認証フォームや目的の場所に辿り着くまでに時間がかかった回数は、視覚障害者で 13 回発生した。健常者に関しては、特に発生しなかった。視覚障害者が時間を要した場合「認証フォームが見つからない」ケースが最も多く、9 回起こった。DeNA ショッピングのサイトはログインの位置が分からず、戸惑う人が多かった。P6 は DeNA ショッピングのサイトに入る際にスクリーンリーダーが「ログイン」の文字を読まなかったため、別のページに移動するが、それでも見つからず苦戦していた。P4 と P10 はメニューを開くタブを探すことに苦戦していた。タブが「リンク」としか読まれないので、上からひとつひとつ開く作業を要していた。ほとんどの全盲の方が DeNA ショッピングの認証画面に辿り着くまでに苦戦しており、健常者が行った際も他のサイトよりもかかる時間が多かった。DeNA ショッピングのサイトの煩雑さがわかる。

認証画面以外では、Yahoo のアカウントのパスワードを変更する際の「ラジオボタンの選択」に時間がかかった。ラジオボタンはうまくスクリーンリーダーが読むことができず、全盲の被験者は苦戦する人が多かった。著しくアクセシビリティが欠けていると言える。

今回の実験でウェブサイトには認証に関する要素において様々なアクセシビリティの問題があるとわかった。またインタビューにおいてウェブサイトに関する不満が数多く出た。その中でも特に多かった意見は「広告や Flash\*1 が多すぎて見辛い」というものであった。例を挙げると『広告がたくさん並んでるときに何の広告と言わず、ファイル名しか言わないときが多い。(P4)』、『標準のウェブサイトには Flash が増えてわかりにくい。(P7)』などである。特にイーコマースサイトは訪問者の興味を惹くために動的なコンテンツを駆使したデザイン重視のサイトになる傾向が高い。HTML5 等の技術の普及により一昔前に比べると、ウェブサイトのコンテンツはリッチになったが、その一方で視覚障害者のアクセシビリティが損なわれているケースは少なくない。視覚障害者の観点からは『余計なことは考えずに、シンプルなデザインのものでよい。(P6)』、『Gmail

\*1 以下、実態としては Flash に加え、HTML5 等の動的なコンテンツ全般。

のサイトに簡易 HTML に変えるボタンがあるが、その簡易版のほうが好き。(P5)』という意見があげられた。

#### 4.2 認証成功確信の困難性

ログインの確信までに時間がかかった回数は、視覚障害者で 9 回発生した。健常者に関しては特に発生しなかった。健常者はログインが成功すると画面の切り替わりが一瞬でわかるので問題はないが、視覚障害者は切り替わった画面を把握するのに時間がかかる例が多かった。ログインは「ユーザ名」が聞こえたときと「ログアウト」という音声で聞こえたときに確信することが多かった。P4 は DeNA ショッピングのサイトにログインできたが、ユーザ名やログアウトの文字を探すことができず、「弾かれなかったのでおそらくログインできた」という低い確信であった。また P10 はログインに成功したが、左上に出てきた「パスワードを保存しますか？」のメッセージに惑わされてしまい、ログインをやり直した。認証成否をいかに障害者に伝えるかという観点もインタフェースの設計において重要であることが示唆された。

#### 4.3 画像/音声認証の困難性

視覚障害者が画像認証に苦戦する様子は 1 回見られた。P6 は弱視の被験者であるが、拡大鏡で文字を確認していたにも関わらず文字を見間違え、画像認証に失敗した。P3, P8, P10 画像認証は利用せずに音声認証を選択したが、音声再生するボタンが見つからない、もしくはボタンを押しても再生されないという理由で認証が失敗した。音声を再生できた人の中で、何を言っているかわからずに認証に失敗した人はいなかった。『Yahoo の音声認証はわかりやすい。(P4)』という感想があり、良好に機能する音声認証サービスが存在することがわかる。

健常者においては C1 と C8 が 1 回ずつ画像認証に失敗した。「あ」と「お」、「め」と「ぬ」等は非常にわかりづらく、健常者にとっても困難性を与える要因であった。

実験後のインタビューでは、ほとんどの被験者が画像認証や音声認証に対して良いイメージをもっていないことがわかった。『画像認証は Firefox のアドオンで解析し、機械を通り抜けることができる。セキュリティレベルとして低い。(P4)』という意見があった。また音声認証に関しても一般には聞き取りにくいという意見がいくつかあった。画像認証や音声認証にとって変わるアクセシビリティが高い新たな認証技術の開発が期待される。

#### 4.4 環境起因の困難性

アカウント管理の実験において視覚障害者がスクリーンリーダーやブラウザなどの環境が原因で先に進めないケースが 9 回発生した。健常者に関しては特に環境起因の失敗は発生しなかった。失敗は「音声認証に切り替える」や

「アカウントの削除」のボタンが押せないようなケースことがいくつかあった。単純にブラウザだけでなく、ブラウザとスクリーンリーダーやOSの相性などが原因と考えられる。これらは複合的な要因を作り出すため、民間企業によるコンソーシアムなどの場においてインターオペラビリティのテストをする等の営みを通じて解決されることを期待したい。

#### 4.5 認証情報入力の困難性

ユーザー名とパスワード入力の失敗が発生した回数は視覚障害者で2回、健常者で1回であった。P3はDeNAショッピングのログインの際にハイフンとプラスを間違えてしまい、ログインすることができなかった。P10はOutlookのログインの際にパスワードを入力している最中に何らかの誤作動が起り、別のメニューが現れてしまい、ログイン失敗となった。また健常者であるC2も一度ユーザー名の入力に失敗した。これはカンマとピリオドを間違えて入力したためである。この2つの記号は隣同士にあり、また非常に見分けが付きにくい。高齢者であるC2は間違えたのだと推測できる。スクリーンリーダーに頼らない弱視の方に限らず、目が見えにくい高齢者のためにも入力画面を大きくするなどのアクセシビリティが必要と考えられる。

スクリーンリーダーを使った環境でパスワードなどの認証情報を入力する際に(1)入力内容を音声で読み上げる実装、(2)マスクした文字(アスタリスクなど)を読み上げる実装、(3)入力内容は一切読みあげない実装がある。これらの機能の選択はトレードオフの調節を実現しており、セキュリティを優先すればアクセシビリティが損なわれ、アクセシビリティを優先すればセキュリティが損なわれる。理想的には両方を向上することが望ましい。セキュアで使いやすい認証情報入力機構の開発も今後の重要な課題である。

## 5. おわりに

被験者実験を通じ、視覚障害者がウェブサービスの認証を行う際に経験する様々な困難性を抽出した。具体的には認証フォームや目的の場所を選択する際の困難性、認証成功確信の困難性、画像/音声認証の困難性、環境起因の困難性、認証情報入力の困難性である。ウェブサービス、OS、ブラウザ、支援ツールの開発者は、これらの困難性を参考にしてアクセシビリティとセキュリティを両立する技術を開発することが望まれる。また、これらの結論は先行研究[4]で示された知見と矛盾しないことが示された、すなわち異なる人種、異なる言語、異なる支援ツールにおいても同様の結論が得られることを確認した。

先行研究[4]にはない新規の知見として、年齢層の違いが与える影響がある。青年の視覚障害者は中高年の視覚障

害者と比較して認証技術を使いこなす率がかなり高く、認証に要する時間も短い。この結果は加齢に伴う能力の減退だけではなく、育ってきた環境にも関連していると考えられる。すなわち視覚障害者に対する適切な経験の提供が結果としてアクセシビリティを高める可能性がある。

今回の研究で明確にした様々な困難性を解決する技術の研究と開発、そして企業間連携による問題解決が今後の課題である。また視覚障害者だけに限らず、聴覚障害者、肢体不自由者、知覚障害者、高齢者等すべての人に対して同様の実験を行い、アクセシビリティ向上に必要な知見を得ていくことが必要である。

**謝辞** 本研究を進めるにあたりご指導・ご助言いただいた日本盲人会連合の鈴木孝幸様、小川敏一様に感謝申し上げます。また、実験に快くご協力くださった被験者の皆様に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] 大久保翠, 米田佳代, 清水響子, 目次徹也, 柳原猛, “2010年改正 JIS 規格対応 Web アクセシビリティ完全ガイド”, 日経 BP 社 (2010).
- [2] 厚生労働省, “平成 18 年度身体障害児・者 実態調査,” <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/index.html>
- [3] K. Yee, “Aligning security and usability,” *IEEE Security & Privacy*, Vol. 2, Issue. 5, pp. 48–55, 2004.
- [4] B. Dosono, J. Hayes, and Y. Wang, “‘I’m stuck!’: A contextual inquiry of people with visual impairments in authentication”, *Proceedings of the 11th Symposium on Usable Privacy and Security* pp. 151–168, 2015.
- [5] 社会福祉団体 日本盲人会連合 <http://nichimou.org/>
- [6] Web Accessibility Initiative (WAI) <https://www.w3.org/WAI/>
- [7] 一般社団法人企業アクセシビリティ・コンソーシアム, <https://www.j-ace.net/>
- [8] Microsoft Accessibility, <https://www.microsoft.com/enable/>
- [9] Accessibility – Apple, <http://www.apple.com/accessibility/>
- [10] Google Accessibility, <https://www.google.com/accessibility/all-products-features.html>
- [11] JAWS for Windows, <http://www.nanopac.com/jaws.htm>
- [12] PC-Talker, <http://www.pctalker.net/>

#### 倫理上の配慮について

本研究では人間を対象とした実験を行っている。以下に倫理上の問題について配慮とした点を示す。被験者実験に際し、すべての被験者に対して事前に実験内容を説明し、インフォームドコンセントを得た。実験内容は被験者に対して過度な負担を与えるものでなく、また認証実験においては普段のネット利用に影響を与えないよう、被験者のアカウントとは別の新たなアカウントを使う配慮を行った。また、得られたデータは匿名化した上で分析を行った。