

【原著】

## 文字認知障害者のための2次元コード方式の リスニングテストシステムの開発

藤芳 衛・大澤彰子 (大学入試センター), 小山田寛史・葉師寺駿介 (電気通信大学), 青松利明 (筑波大学附属視覚特別支援学校), 澤崎陽彦 (都立小平高等学校), 藤芳明生 (茨城大学)

見えない2次元コードを活用してリスニングテストシステムを開発した。評価実験の結果、従来の点字問題及び通常文字または拡大文字問題に加えて、見えない2次元コードを活用して開発した2種類の音声問題、すなわち、文字と音声のマルチモーダル問題と文書構造表音声問題を使用すれば、中途失明者、重度の弱視者及び読字障害の発達障害者はもとより、文字認知に障害を有するすべての受験者のセンター試験等のリスニングテストが可能となることを見出された。更に、2次元コード方式のリスニングテストシステムの開発は、従来のパワーテスト方式だけでなく、スピードテスト方式のリスニングテストの開発を可能とする。

### 1 はじめに

2006年に発表された見えない2次元コードに着目し、音声による能動的読書が可能な新しい2種類の音声問題を開発している。2009年から中途失明者、特に重度の弱視者及び重度の読字障害の発達障害者（以下「読字障害者」と略記）の大学入試センター試験（以下「センター試験」と略記）の受験を可能とするため文書構造表音声問題を開発している (Fujiyoshi et al., 2010; 藤芳他, 2010)。また、2010年から重度の弱視者及び読字障害者の受験を可能にするため文字と音声のマルチモーダル問題（以下「マルチモーダル問題」と略記）を開発している (藤芳他, 2011, 2012; Fujiyoshi et al., 2012)。図1に文書構造表音声問題の受験風景を、図2にマルチモーダル問題の受験風景を示す。

音声問題の実用化に当たってリスニングテストの実施方法が課題となる。センター試験は2006年度から英語リスニングテストを実施している (独立行政法人大学入試センター, 2012a; 内田他, 2006)。一般にリスニングテストは、問題音声を一定回数聴取した後に設問を読んだり聞いたりして解答してもらい、聴解能力を測定する試験である。

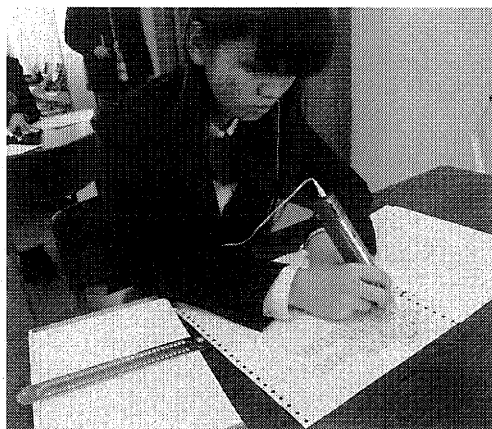


図1 文書構造表音声問題の受験風景

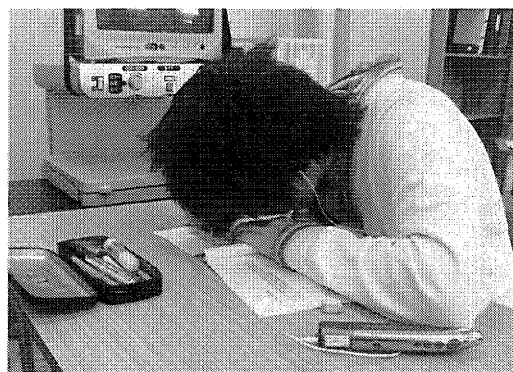


図2 マルチモーダル問題の受験風景

現在、障害を有する受験者に対するセンター試験の英語リスニングテストは、連続方式

と音止め方式で実施されている（独立行政法人大学入試センター，2012b）。ただし、重度の聴覚障害を有する受験者には、リスニングテストの免除措置が講じられている。

連続方式は、試験時間内にすべての問題が、センター側の時間配分で順次出題される。しかし、センター側で前もって、出来る限り時間配分を適正化しようとしても、各人が設問を読む時間や解答を書く時間には個人差があるため、各人が試験時間を有効に使用できるリスニングテストの開発が求められる。

一方、音止め方式は、受験者の指示に従って、監督者がCDプレイヤーを操作して問題音声を流す方式である。受験者のペースで問題を解いていくことが可能となる。しかし、受験者1人にCDプレイヤーを操作する監督者が1人ずつ付かねばならず、今後、読字障害者等の受験者が増加した場合には、実施が困難となる恐れがある。

特に、問題冊子を読むために音声の使用を必要とする文字認知障害を有する受験者には、現行のセンター試験の英語リスニングテストを実施することは困難である。連続方式の場合、問題冊子を読んでいる音声と自動的に再生される問題音声重なってしまい、いわゆるクロストークが発生して、問題音声を正確に聞き取ることが困難となる恐れがある。また、音止め方式の場合も、人には左右のどちらかの耳が聞き取りやすいという聞き耳がある。このため、問題音声と設問の音声を、イヤフォンを差し替えて聞くことは、非常に困難である。

本研究は、文字認知障害を有するすべての受験者のリスニングテストを可能にするため、2次元コード方式のリスニングテストシステムを開発した。このシステムは、マルチモーダル問題と文書構造表音声問題に使用するデジタルオーディオプレイヤー（グリッドマーク（株））に内蔵されている制御プログラムを書き換えることにより、開発が可能となった。

本システムは、ただ単に問題冊子を音声で読む必要がある文字認知障害を有する受験者のリスニングテストを可能にするだけでなく、従来の点字問題冊子や拡大文字問題冊子を使用する視覚障害者等のリスニングテストの改善にも寄与する。

更に、従来のパワーテスト方式のリスニングテストの実施だけでなく、スピードテスト方式の新しいリスニングテストの設計が可能となる。

本稿は、第2節で2次元コード方式のリスニングテストシステムの概要を紹介する。第3節はその評価実験である。第4節は結論である。

## 2 2次元コード方式のリスニングテストシステム

### 2.1 リスニングシステムの概要

見えない2次元コード方式のリスニングテストシステムは、2次元コードを活用して開発した新しい2種類の音声問題、すなわちマルチモーダル問題及び文書構造表音声問題に使用するデジタルオーディオプレイヤーに内蔵された制御プログラムを書き換えることにより実現した。

この2次元コード方式のリスニングテストシステムは、65,536個の2次元コードの内から3種類のコード、すなわち解除コード・キーコード・通常コードにそれぞれ異なる機能を持たせることにより実現した。コード読み取りから音声再生までの流れを図3に示す。

電源が投入時、キーコード  $k_1 \sim k_n$  に対応した音声再生は禁止に設定され、コード読み取り待ち状態となる。

3種類のコードが読み取られると、それぞれのコード処理の流れに分岐する。

通常コードが読み取られると、そのコードに対応した音声再生される。マルチモーダル問題冊子は、段落や文、下線部や数式等、問題の文書構造にそくして領域が区画され、

各区画に通常コードが一面に重ねて印刷されている。デジタルオーディオプレイヤーの先端のコードスキャナで問題冊子をタッチすると、通常コードが読み取られ、そのコードに対応

した音声再生される。このため、重度の弱視者及び読字障害者は、文字と音声の2つのモダリティ特性を活用して、問題冊子を能動的に自由に読むことが可能となる。

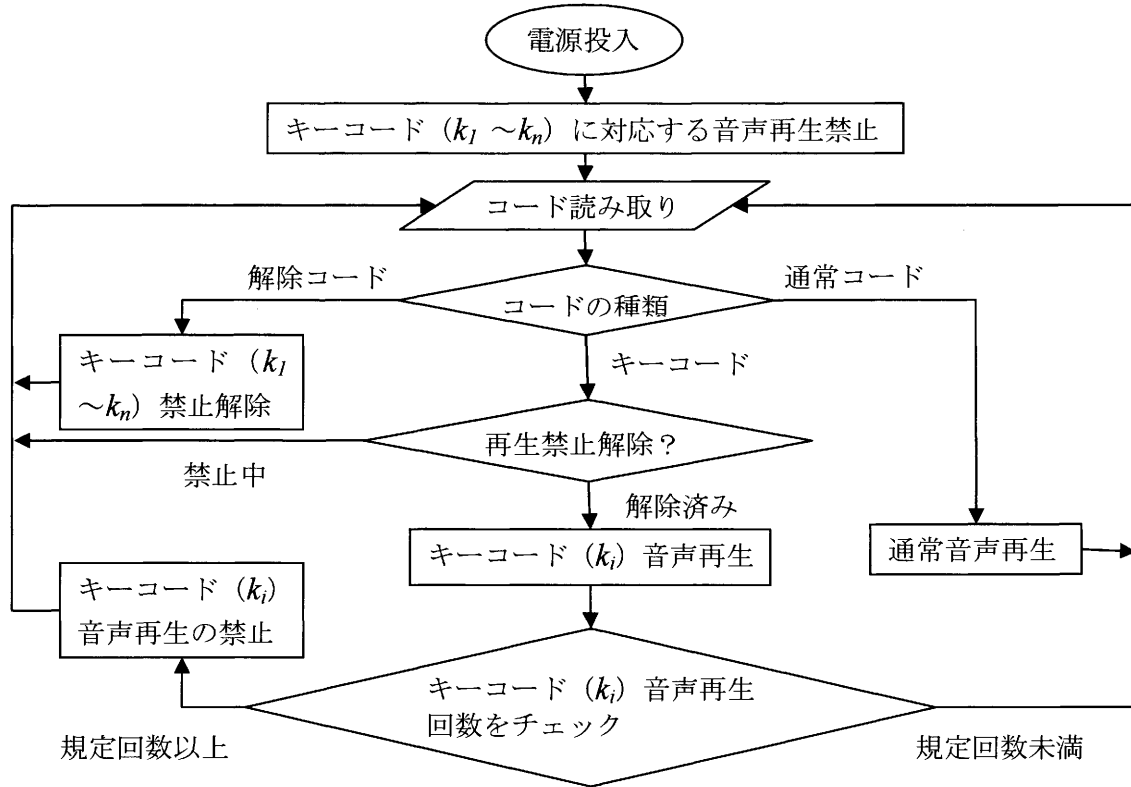


図3 リスニングテストシステムのコード読み取りから音声再生までの流れ

一方、文書構造表音声問題冊子は、問題の文書構造だけが通常文字の記号または点字の記号で表記され、2次元コードが重ねて印刷されている。このため、中途失明者、特に重度の弱視者及び重度の読字障害者も、文書構造表音声問題冊子をタッチして問題を音声で能動的に自由に読むことが可能となる。

キーコード  $k_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) が読み取られると、音声再生が、禁止されているか解除されているかがチェックされる。解除されているときのみ、そのキーコードに対応した問題音声再生される。音声再生後、再生回数が規定回数に達していれば、そのコードの音声再生は禁止に設定され、コード読み取り待ちに戻る。

解除コードは、キーコードに対応した問題

音声の再生回数を管理するために使用される。電源投入時、オーディオプレイヤーは、キーコードの音声再生が禁止に設定されている。しかし、試験監督者がオーディオプレイヤーに電源を入れ、解除コードを1度タッチしてから受験者に手渡せば、キーコード  $k_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) が読み取られると、そのコードに対応した問題音声再生される。

オーディオプレイヤー前面の4つの押しボタンを押すと、通常コードの音声再生時には、音声の停止・再生、音量の調節、話速度の調節が可能である。一方、キーコード音声の再生時には、音量等の調節は出来ないように設計されている。

## 2.2 リスニングシステムの特徴

このリスニングテストシステムは、次の6つの特徴を有している。

### (1) セキュリティ管理が容易

解除コードをタッチしてキーコードの再生禁止を解除しない限り、問題音声は再生されないため、解除コードを管理すれば、問題流出を防ぐことが可能となる。また、たとえ受験者が電源を一旦切って入れ直し、問題音声を規定回数を超えて再生しようとしても解除コードをタッチしない限り不可能である。

### (2) 問題冊子とオーディオプレイヤーで実施が可能

リスニングテスト問題冊子に問題音声のコード欄を設け、その上にキーコードをそれぞれ重ねて印刷しておけば、2次元コードスキャナ内蔵のオーディオプレイヤー1本でリスニングテストの実施が可能となる。

また、点字問題冊子または拡大文字問題冊子に問題音声のコード欄を設ければ、点字受験者も弱視受験者も2次元コード方式のリスニングテストの受験が可能となる。

### (3) 障害受験者に対するセンター試験の英語リスニングテストの改善

センター試験では、連続方式と音止め方式で実施されている。連続方式は、マルチモーダル問題及び文書構造表音声問題の受験者には、問題音声と選択肢等を読む音声との間に、どうしてもクロストークが発生するため、出題が困難である。また、音止め方式は、受験者1人に監督者が1人ずつつかねばならず、希望者が増えた場合、実施が困難となる。しかし、2次元コード方式のリスニングテストシステムは、すべての受験者が時計を見ながら自律的に試験時間を有効に配分しながら受験が可能となる。

### (4) オーサリングシステムの開発

CSVファイルに必要事項を記入すれば、アセンブラ言語のオーディオプレイヤーの制御プログラムが生成されるオーサリングシステム

を開発した。

例えば、問題音声の再生回数や再生順序等を、任意に設定可能である。また、トラブルが発生したときに、トラブルが発生した問題から、解答を再開することも可能である。

### (5) スピードテスト方式のリスニングテストの開発

センター試験の英語リスニングテスト等は、出題問題数の内何問に正答したかを問うパワーテスト方式である。しかし、このシステムを使用すれば、一定の試験時間内に何問正答したか、あるいは一定の問題数を解答するのに要した時間を問うスピードテスト方式のリスニングテストを設計することが可能となる。

### (6) 小規模または中規模の、低コストのリスニングテストシステムとして最適

2次元コード方式のリスニングテストシステムは、デジタルオーディオプレイヤーも1本3千円程度と低価格である。問題冊子とオーディオプレイヤーを人数分準備すれば、場所を選ばずリスニングテストの実施が可能となる。

## 3 評価実験

### 3.1 実験目的

2次元コード方式のリスニングテストシステムの開発により、中途失明者、重度の弱視者及び読字障害者はもとより、文字認知に障害を有するすべての受験者のリスニングテストが可能となることを明らかにする。

### 3.2 実験方法

実験計画は、繰り返しのある3×3のグレコラテン方格法である。表1に実験計画のイメージを示す。

被験者グループの要因は、各被験者群とも3グループである。点字被験者群は1グループ6名ずつの計18名の点字使用の視覚障害高校生である。弱視被験者群は、1グループ3名ずつの計9名の弱視高校生である。健常被験者群は1グループ9名ずつの計27名の

健常高校生である。

テストメディアの要因は、各被験者群とも3種類である。点字被験者群は、点字問題(A)、肉声の文書構造表音声問題(B)、合成音声の文書構造表音声問題(C)である。弱視被験者群は、拡大文字問題(A)、合成音声のマルチモーダル問題(B)、合成音声の文書構造表音声問題(C)である。健常被験者群は、通常文字問題(A)、肉声の文書構造表音声問題(B)、合成音声の文書構造表音声問題(C)である。

弱視被験者群に対する拡大文字問題冊子及びマルチモーダル問題冊子の文字サイズと冊子の大きさは、10.5ポイントA4、14ポイントA4、18ポイントA4、28ポイントA3の4種類のうちから、被験者に最適なものを選択してもらった。文書構造表音声問題冊子は20ポイントB4である。

問題冊子及び2次元コードの印刷は、ソフトウェアグリッドレイアウト及びLEDプリンタC830(沖データ(株))を使用した。また、点字問題冊子及び点字の文書構造表冊子の印刷は、触読図作成システムBplot(Fujiyoshi et al., 2008)及び点字プリンタプロッタESA721(JTR(株))を使用した。

音声の再生には2次元コードスキャナ内蔵のデジタルオーディオプレイヤーのスピーキングペン(グリッドマーク(株))を使用した。リスニングテストの開始前の説明及び問題(対話文と質問)はすべて肉声である。話速度は一定である。

一方、マルチモーダル問題及び文書構造表音声問題の開始前の説明及び問題以外の音声は肉声または合成音声である。音声の再生話速度は、音程を変えることなく、通常話速度の0.75倍速、1倍速、1.5倍速、2倍速、2.5倍速の5段階に、任意に切り替え可能である。

問題の要因は、高校入試用英語リスニングテスト問題1問ずつの3セットである。

実験手続きは、試験時間を制限しない作業

制限法である。次の(1)~(8)の順序で実施した。

- (1) 各セットの問題とも、監督者は被験者に説明カードと問題音声カード及び問題冊子を手渡す。
- (2) 監督者は、オーディオプレイヤーに電源を入れ、解除コードをタッチして、説明カードと問題音声カードの2つのキーコードの音声再生を解除してから、被験者に手渡す。
- (3) 被験者は、ストップウォッチを見ながら、解答用紙に解答開始時刻を記入する。点字被験者については、監督者が替わって記入する。
- (4) 被験者は、説明カードをオーディオプレイヤーでタッチして解答の前の説明を1回聞く。
- (5) 問題冊子の選択肢を2度読んでもらう。点字問題冊子及び2種類の音声問題冊子を読みながら問題音声を聞くことは困難である。問題音声を聞く前に、選択肢を2度読んでもらった。
- (6) 問題音声カードをタッチして、対話文及び質問を聞く。
- (7) 問題冊子を読んで解答を書いてもらう。
- (8) ストップウォッチを見ながら解答用紙に解答終了時刻を記入してもらう。点字被験者については監督者が替わって記入する。

### 3.3 実験結果

#### (1) 正解率

被験者群別、テストメディア別問題数は、各々1問であるので、正答数を被験者数で割って正解率を求め、表2に示す。弱視被験者群の文書構造表音声問題の正解率が56%と低いけれども、他のテストメディアの正解率は、78%~100%と非常に高かった。

被験者群別に得点の分散分析を行った結果、3被験者群とも、被験者グループ、テストメディア、問題、出題順序の4要因に有意な主効果は、一つの例外を除き認められなかった。例外は、弱視被験者群のテストメディアの要因に有意な主効果が認められた。シッフエの多重比較の結果、文書構造表音声問題の正解

率が、拡大文字問題よりも有意に低かったためであった。弱視被験者群は、被験者数が9名とごく少ないため、原因は不明である。

表2 被験者群別、テストメディア別正解率

		平均値	標準偏差
点字被験者群	点字	0.83	0.3834
	肉声構造表	0.94	0.2357
	合成構造表	0.78	0.4277
弱視被験者群	文書構造表	0.56	0.527
	マルチモーダル	0.89	0.3333
	拡大文字	1.00	0.000
健常被験者群	肉声構造表	0.78	0.4236
	通常文字	0.93	0.2669
	合成構造表	0.85	0.3620

なお、本論文では検定の有意水準はすべて5%とした。

マン・ホイットニーの検定の結果、点字被験者群の点字問題、弱視被験者群の拡大文字問題、健常被験者群の通常文字問題の正解率間にすべて有意差は認められず、3被験者群の英語リスニングテストの学習到達度は、ほぼ同程度と推定される。

また、健常被験者群と障害被験者群のテストメディアの得点間にも有意差は認められず、本リスニングテストシステムは、5種類のどのテストメディアでもリスニング能力の測定が可能となることを見出された。

(2) 解答所要時間

解答所要時間に対する4要因の及ぼす効果を検討するため、被験者群別に分散分析とシッフェの多重比較を行った。

テストメディアの要因の主効果は、点字被験者群は有意でなかった。しかし、他の弱視被験者群及び健常被験者群は有意であった。

被験者グループの要因の主効果は、3被験者群ともすべて有意であった。

問題の要因の主効果は、弱視被験者群及び健常被験者群は有意であった。点字被験者群は有意ではなかった。しかし、多重比較の結果、3被験者群とも、セット3、セット2、セ

ット1の順に解答所要時間が長かった。

出題順序の要因の主効果は、弱視被験者群及び健常被験者群は有意であった。点字被験者群は有意ではなかった。しかし、多重比較の結果、3被験者群とも、1番目、2番目、3番目と出題順序が後になるにつれて解答所要時間が短くなり、順序効果が認められた。

次に、解答所要時間の分布を、テストメディア間で比較するため、テストメディア別解答所要時間の分布の箱ひげ図及びシッフェの多重比較結果を図4に示す。「検定結果」の欄の線で結ばれたテストメディア間には有意差が無いことを示す。

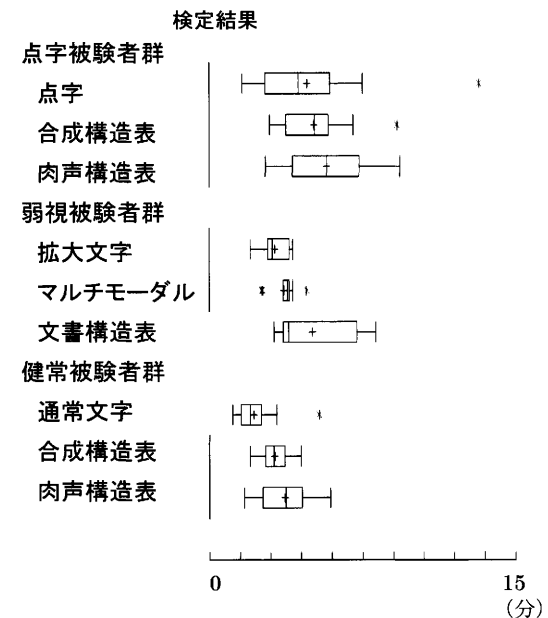


図4 テストメディア別解答所要時間の分布の箱ひげ図

点字被験者群の解答所要時間は、点字問題が他の2つの文書構造表音声問題よりも若干短いけれども、有意ではなかった。しかし、弱視被験者群の拡大文字問題とマルチモーダル問題は、文書構造表音声問題よりも有意に短かった。同様に、健常被験者群の通常文字問題は、他の2つの文書構造表音声問題よりも有意に短かった。

マン・ホイットニーの検定の結果、テストメディア別解答所要時間を被験者群間で比較

すると、テストメディアは3つに大別される。健常被験者群の通常文字問題は、点字被験者群の点字問題及び弱視被験者群の拡大文字問題とマルチモーダル問題よりも有意に短い。しかし、点字問題と拡大文字問題またはマルチモーダル問題間には、有意差は認められない。一方、通常文字問題、点字問題、拡大文字問題、マルチモーダル問題の解答所要時間は、肉声または合成音声の文書構造表音声問題よりも概ね有意に短いことが認められた。

### (3) 試験時間延長率の推定

点字被験者群と弱視被験者群のテストメディア別解答所要時間の下ヒンジ、中央値、上ヒンジを健常被験者群の通常文字問題の解答所要時間の下ヒンジ、中央値、上ヒンジでそれぞれ割って試験時間延長率の推定値を求め表3に示す。

表3 被験者群別、テストメディア別試験時間延長率の推定値

被験者群	テストメディア	倍率		
		下ヒンジ	中央値	上ヒンジ
点字被験者群	点字問題	1.65	2.21	2.18
	合成構造表	2.42	2.61	2.12
	肉声構造表	2.58	2.89	2.68
弱視被験者群	拡大文字問題	1.85	1.55	1.43
	マルチモーダル	2.34	1.94	1.42
	文書構造表	2.34	1.95	2.62

中央値からの試験時間延長率の推定値は、点字被験者群は点字問題が2.2倍、文書構造表音声問題が2.6倍ないし2.9倍であった。同様に、弱視被験者群は、拡大文字問題が1.6倍、マルチモーダル問題が1.9倍、文書構造表音声問題が2.0倍であった。

### 3.4 考察

評価実験の結果、本リスニングテストシステムは、5種類のどのテストメディアによっても、リスニング能力の測定が可能となることが見出された。被験者群の英語リスニングテストの学習到達度が同程度の場合、試験時

間を制限しない条件下では、障害被験者群の点字問題、拡大文字問題、マルチモーダル問題、文書構造表音声問題の英語リスニングテストの正解率は、健常被験者群の通常文字問題と同程度であり有意差も認められなかった。

試験時間延長率を適正化すれば、障害受験者も健常受験者と公平に、英語リスニングテストを受験することが可能となる。確かに、健常被験者群の通常文字問題の解答所要時間は有意に短い。しかし、障害受験者に対する公平な試験時間延長率を推定すれば (Fujiyoshi and Fujiyoshi, 2003)、公平かつ適切なリスニングテストの実施が可能となる。たとえ試験時間延長率が2倍を超える場合も、問題出題量を適正化すれば公平な試験は可能である。

### 4 結論

見えない2次元コード方式のリスニングテストシステムの開発は、従来の点字問題及び通常文字または拡大文字問題に加えて、見えない2次元コードを活用して開発した、マルチモーダル問題と文書構造表音声問題 (Fujiyoshi et al., 2010, 2012; 藤芳他 2011, 2012) を使用して、文字認知に障害を有するすべての受験者の、センター試験等の英語リスニングテストを可能にするものであった。従来、受験を断念せざるを得なかった中途失明者、特に重度の弱視者及び重度の読字障害者の、英語リスニングテストの受験を可能にするものであった。

自律的に時間配分をして解答することができる2次元コード方式のリスニングテストの開発は、従来のパワーテスト方式とは異なり、一定の試験時間内に何問正答するかを問うスピードテスト方式のリスニングテストの設計を可能にする。更に、問題音声の再生話速度も、被験者が任意に調整可能にすることもできるため、新たなスピードテスト方式のリスニングテストを開発することが可能となる。

2次元コードスキャナ内蔵のデジタルオーディオプレイヤーは、1台3千円程度と低価格であり、小規模または中規模の低コストのリスニングテストシステムとして適している。

現在、2次元コード方式のリスニングテストの実施を容易にするため、リスニングテストのオーサリングシステムを開発している。また、デジタルオーディオプレイヤーの使い勝手をより向上させるため、改良を進めている。

なお、本システムは、「リスニングテストに用いられる文書情報再生システム及び当該文書情報再生システムに用いられる問題用紙」として平成24年7月4日に特許出願をした(特願2012-150841)。

#### 謝辞

本研究は平成23~25年度科学研究費補助金基盤研究(B)23300313によって行った研究の一部である。

#### 参考文献

独立行政法人大学入試センター(2012a). リスニング, 「大学入試センター試験受験案内」, 37-43.

独立行政法人大学入試センター(2012b). 英語リスニングにおける試験時間の延長方式, 「大学入試センター受験案内別冊」, 14-15.

Fujiyoshi, M. and Fujiyoshi, A. (2003). "Estimating testing time extension ratios for students with disabilities from item cumulative curves", *New Developments in Psychometrics: Proceedings of the International Meeting of the Psychometric Society IMPS 2001*, 265-272.

Fujiyoshi, M., Fujiyoshi A., Otake, N., Yamaguchi, K. (2008). "The Development of a Universal Design Tactile Graphics Production System

BPLOT2", *ICCHP 2008, LNCS 5105, Springer-Verlag*: 938-945.

藤芳 衛・藤芳明生・青松利明 (2010). 重度の読字障害者及び中途失明者の受験を可能にする文書構造表方式の音声問題の開発, 「大学入試研究ジャーナル」, 20, 131-138.

Fujiyoshi, M., Fujiyoshi, A., Aomatsu T. (2010). "New Testing Method for the Dyslexic and the Newly Blind with a Digital Audio Player and Document Structure Diagrams", in *K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2010, Part I, LNCS 6179, Springer-Verlag*: 116-123.

藤芳 衛・南谷和範・藤芳明生・青松利明・澤崎陽彦 (2011). 読字障害者および重度の弱視者のための文字と音声のマルチモーダル問題の開発, 「大学入試研究ジャーナル」, 21, 181-190.

Fujiyoshi, M., Fujiyoshi, A., Oosawa A., Aomatsu, T., Sawazaki, H., (2012). "Development of Two Types of New Auditory Testing Media with Paper Booklets and Digital Audio Players for the Active Reading of Test-takers with Print Disabilities", in *K. Miesenberger et al. (Eds.): ICCHP 2012, Part I, LNCS 7382*, 111-118.

藤芳 衛・南谷和範・大澤彰子・小山田寛史・薬師寺駿介・新井佑弥・清水厚介・青松利明・澤崎陽彦・藤堂栄子・森田聡子 (2012). 鉛筆を音声 IC プレイヤに置き換えた紙筆テスト感覚の2種類の音声問題の評価, 「大学入試研究ジャーナル」, 22, 199-208.

内田照久・大津起夫・石塚智一 (2006). 英語リスニング・施行テストの実施経過と受聴機器選定のためのアンケート調査結果, 「大学入試センター研究紀要」, 35, 1-18.