

# 視覚障害者向け画像からのメニュー読み上げシステム

生産システム工学専攻 砂崎 由樹

## A Menu Reading System from Images for Blind Person

Yuuki Susaki

Advanced Course of Production System Engineering, Toba National College of Maritime Technology

### Abstract

I developed the Restaurant Menu Reading System for Blind Person. This system is convenient to know name of menu and its price. This system is composed with a laptop PC, Network Camera and a command input device. At first, the system extracts character areas automatically, and characters are recognized by offline-character recognition application. Next, the menu item database of the layered structure is composed from captured menu image. Then, a menu item database is created automatically by using offline character recognition. The database items are name of menu and its price. The system announces the menu items by voice synthesizer. The user is able to select the candidate item by using [Enter] or [Cancel] button on the control interface board in the system. This operation is very easy for the blind. In this paper, we describe about character recognition processing using decision by majority and improvement of character recognition accuracy. And I discuss an experiment result about selection time of hierarchy menu.

**Keywords:** Blind Person, Character Recognition, Text to Speech

### 1. はじめに

厚生労働省の平成 13 年度の調査によると視覚障害者の数は約 30 万人であると報告されている。これから訪れる超高齢化社会においては、白内障や糖尿病などの疾病や交通事故による中途失明者の占める割合はますます増加することが予想される。

近年の IT 化に伴う情報機器の普及はとどまるところを知らず、高齢者や障害者などの情報弱者にとってデジタルデバイドはますます深刻になりつつある。その格差を埋めるべく多くの障害者向け情報機器が開発されている。視覚障害者を例にとってみると、パーソナルコンピュータの利用に関しては、スクリーンリーダーと呼ばれる画面読み上げ装置を利用することにより、ホームページの閲覧や電子メールの送受信が可能となっている。ただし、情報入力手段としてはフルキーボードが主流であるため、比較的若い視覚障害者であれば訓練により利用可能であるが、高齢の方の利用は難しいのが実情である。

視覚障害者であっても自立して生活したいというのは重要な要望であり、携帯電話の GPS 機能と音声出力機能を利用したヒューマンナビゲーションシステムなども開発されつつある [1]。しかし、GPS の測位により屋外での位置はつかめたとしても、建物の構内や店内での情報取得には根本的に無理がある。

近年、情景画像中から文字列を抽出する研究が盛んに行われている。例えば、対象画像として、自動車のナンバープレートや街中の看板、標識、また伝票や書

籍などがあげられる。このような研究は、旅行先での自動翻訳システム[2]や図書館の自動データベース化[3]などのニーズがあり、これからさらに研究されていくことで、有効な技術基盤になることが期待されている。抽出精度は年々向上しているため、次に注目すべきは抽出された文字領域に含まれる文字列をいかに高精度に認識するかに移りつつある。

情景画像中の文字情報を読み上げることができれば、視覚障害者にとって必要な情報が得られる可能性が広まるため、もちろん視覚障害者向けのシステム用技術としても注目されており、バスの行き先読み上げシステム[4]などが発表されている。この文字情報読み上げシステムと上述の GPS によるヒューマンナビゲーションシステムを組み合わせることで、視覚障害者の単独外出を支援するシステムが構築できると考えている。

本研究では、視覚障害者向けの情景画像中の文字情報読み上げシステムの実用化の第一歩としてレストランのメニュー読み上げを行うシステムの開発を目標としている。本稿では、投票制を利用した文字認識処理による文字認識精度の向上実験、システムの基本設計、メニューデータベースの作成およびメニュー選択に関する実験を行った。

### 2. メニュー読み上げシステムの概要

まず、レストランにおけるメニュー読み上げを行うにあたり、対象の店舗の形態を大きく「定食屋」系と

「居酒屋」系の2つに分けて考える。「定食屋」系とは、1人が1品注文する場合を主に想定している店舗形態であり、「居酒屋」系とは、人数で複数の品物を注文する形態であると定義する。「定食屋」系の店舗では、食べ物や飲み物の注文は、一度で済むことが多いのに対して、「居酒屋」系の店舗では、食べ物や飲み物を複数回にわたって注文するという特徴がある。つまり「定食屋」系の店舗では、視覚障害者であってもメニューの内容を一度店員に聞けばよいので比較的質問しやすいが、「居酒屋」系の店では、メニューが多岐にわたる上に、注文するたびに質問することになる。そこで、自動的にメニューを読み上げる本システムの利用により、食事をしながら次に何を注文しようかとメニューを調べる楽しみも得ることができる。つまり、本システムは「居酒屋」系の店舗を対象としたときに有効に機能すると考える。

本システムの構成要素は、ノート型パソコンなどの小型携帯端末、ネットワークカメラ、コンピュータへの情報入力を行うハンドコントローラである。

動作の概要を図1と以下に示す。

1. ユーザが読み上げさせたいメニューをカメラの前に広げ、ハンドコントローラの Capture ボタンを押して画像を撮影する
2. 文字領域抽出処理によりメニュー画像から文字領域を抽出する
3. 切り分けられた文字領域に対して文字認識処理を行う
4. 文字認識結果から階層構造のメニューデータベースを作成する
5. システムはユーザに対して音声で順次選択を促す
6. ハンドコントローラを使用してメニュー選択を行い、ユーザ自身が店員に注文する

メニューを本システムにより調べることで、その店にあるメニューがわかることはもちろん、値段やメニュー上に掲載されている説明に関する情報を得ることができる。

### 3. 投票性を用いた文字認識処理

#### 3.1. 市販の OCR を用いた文字認識

本稿では、市販の AspriseOCR[5]を用いて文字認識実験を行った。AspriseOCRは、LAB Asprise!社が開発したOCRソフトウェアであり、Javaプログラムから呼び出し可能である。入力する画像データに対して文字認識を行い、候補文字を1文字出力する。認識対象文字は英語のアルファベット大文字・小文字、記号、

数字である。入力する画像データは図2に示すようなICDAR2003 Text Locating Competition[6]で用いられた情景画像から切り出された、変形やノイズ、つぶれ、かすれなどの劣化画像が多数含まれる文字画像(6185枚)である。

まず、予備実験としてICDAR2003 Text Locating Competition用の文字画像に前処理をかけず、画像データをそのまま入力した。その結果、文字認識率は約20%となり、このままでは認識率が低く十分な文字認識ができないことが確認できた。

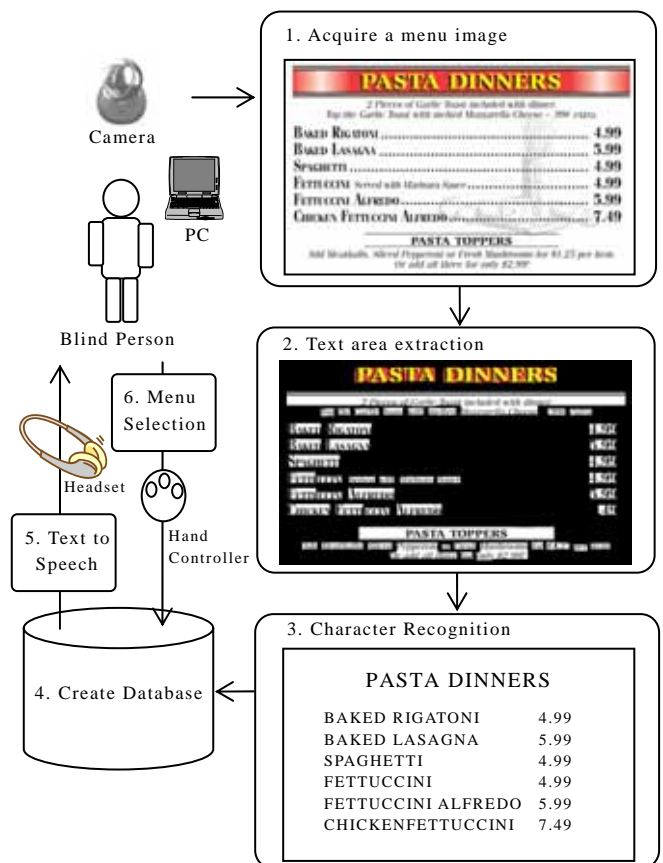


図1 システム概要図



図2 ICDAR2003 Text Locating Competitionの画像例

#### 3.2. 複数の認識処理系による投票制について

近年、文字認識手法において、複数の認識処理系を組み合わせることで高精度に認識を行う多数決法の有効性が確認されている[7][8]。

図3に、今回提案する投票制の概要を示す。最初に、

文字画像データが入力として与えられる。その画像に対して認識処理を行う前に、複数の画像処理手法を組み合わせた前処理を行うことにより、いくつかの文字画像が生成される。これら別々の前処理を施された画像に対して文字認識処理を行うと、同じ文字画像にもかかわらず別の認識結果を得る可能性がある。つまり、元の画像をそのまま認識処理した場合に正しい結果が得られなかった場合であっても、適切な前処理を行うことにより正しく認識される場合がある。ただし、前処理に関してはどの手法の組み合わせが適切かは元の画像によって違うため、今回は図3のような前処理の組み合わせを利用した認識系を構築した。

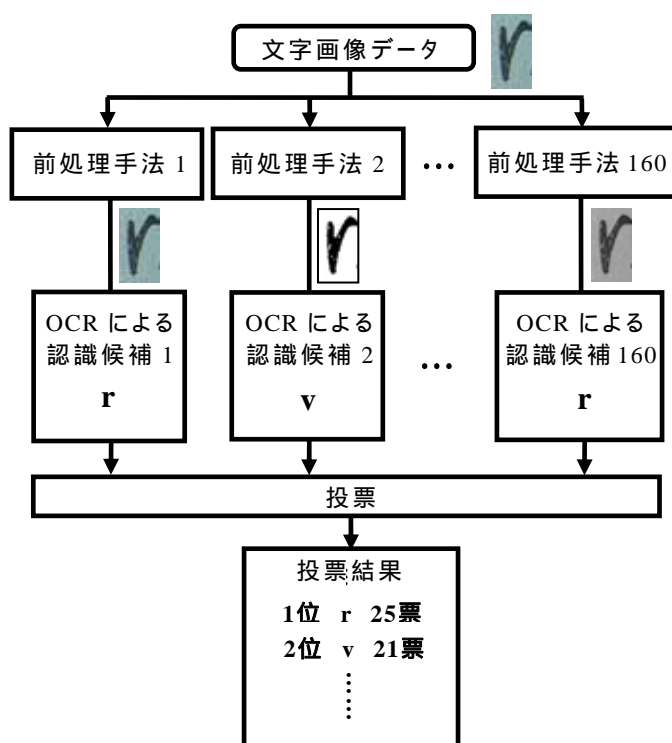


図3 前処理の違いを利用した投票制による文字認識

初期画像として用意する画像は次の5つとした。それらは、「原画像(カラー画像)」、「グレースケール画像」、「レッドグレー画像(RGBの赤要素のみの画像)」、「グリーングレー画像(RGBの緑要素のみの画像)」、「ブルーグレー画像(RGBの青要素のみの画像)」である。

上記で述べた5つの画像を初期画像として、それぞれ次に示す5種類の前処理を組み合わせる。5種類の前処理とは「2値化」、「ノイズ除去(メディアンフィルタ)」、「階調反転」、「ガンマ補正」、「モルフォロジ演算によるトップハット処理」である。これら5つの前処理の組み合わせ数は $2^5 = 32$ 通りとなる。つまり、5つの初期画像それぞれに対して、32通りの

すべての組み合わせの前処理を施すことにする。これにより、 $5(初期画像数) \times 32(前処理の組み合わせの数) = 160$ 通りの画像が生成されることとなる(表1)。

表1 画像に施す前処理(を適用)

		ノイズ除去	階調反転	ガンマ補正	トップハット	2値化	
原画像	手法1	-	-	-	-	-	
	手法2		-	-	-	-	
	手法3	-		-	-	-	
	手法4			-	-	-	
	...						
	手法30		-				
	手法31	-					
	手法32						
	グレー	手法33	-	-	-	-	-
		手法34		-	-	-	-
		手法35	-		-	-	-
	フルグレー	手法158		-			
		手法159	-				
		手法160					

今回、前処理の違いを利用した投票制による文字認識処理系(図3)を用いて文字認識処理実験を行った。3.1節で述べたとおり、AspriseOCRは1つの画像に対して1つの候補文字を出力するので、この投票制を利用した認識処理系の投票総数は160票となる。最終的には、認識候補の数が多い順に上位10候補を出力する。

### 3.3. 複数の前処理手法を組み合わせた具体例

AspriseOCRは、文字が背景に比べて明るいという特性がある。つまり白地に黒の文字を認識するように作られている。ところが入力画像には暗い背景上に明るい文字が書いてある画像もたくさん含まれる。そこで、提案した前処理の組み合わせによって適切な画像が生成される例を図4と図5に示す。

図4(a)に階調反転処理をかけた画像が図4(b)である。文字が背景に比べて明るいので、階調反転処理によって文字の色合いを暗くする(図4(b))。原画像では正解文字として認識できなかったが、この処理により正しく「r」として認識可能となった。

また、図5(a)にレッドグレー処理、2値化処理を順番にかけた画像が図5(c)である。図5(a)の背景には赤い斑点があり、文字が認識できない。よって、赤い斑点を消すためレッドグレー処理を行う(図5(b))。その後、2値化処理を行い(図5(c))、背景と文字とを分けることで「E」として認識可能となる。

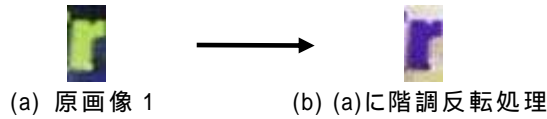


図 4 原画像 1 と前処理画像例

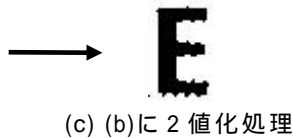
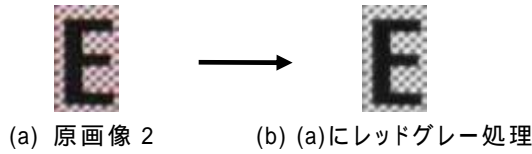


図 5 原画像 2 と前処理画像例

### 3.4. 投票制による文字認識実験結果

投票制による文字認識実験の結果が図 6 である。グラフの横軸は順位、縦軸は認識率を表している。1 位の認識率は 25% だが、2 位、3 位と累積するごとに認識率が上がっていった。1 位単独では認識精度が低いものの、2 位まで見るだけでも認識精度を 43% まで引き上げることができた。最終的に、10 位まで累積結果で認識率は 60% 程度に上がることが確認できた。AspriseOCR ではひとつの候補文字しか得ることができなかったが、投票制の利用によって複数の候補文字を得ることが可能になり、前後の文字例の関係から正解候補を抽出する誤り訂正手法 [9] の導入も可能となる。

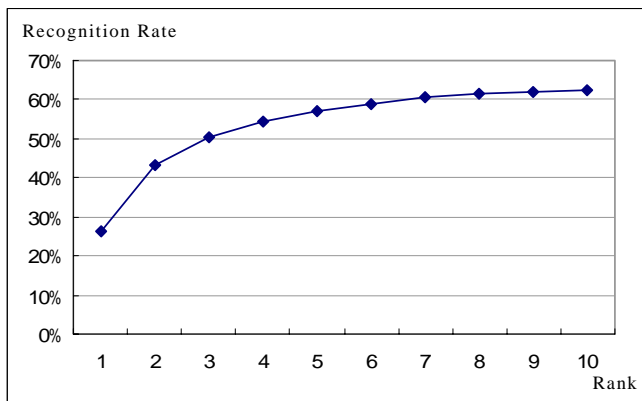


図 6 投票制による文字認識処理の結果

## 4. 選択実験によるメニュー構造の検討

### 4.1. メニュー階層構造の検討

次に、ユーザに対するメニューデータの提示・選択法に関する説明を行う。多くのメニューは、「うどん」、「丼」、「定食」などに分類されている上で「きつねうどん 400 円」「肉うどん 600 円」というメニュー項目などが記載されている。しかし、分類項目は店によ

って違う。特に最近、新規開店する店舗では、「一品料理」の分類項目に対して「すぐに出る料理」といった表記をしたり、メニュー自体を「昔ながらの屋台ラーメン」といった具合に、消費者の心をつかむようなキャッチフレーズ入りにしたりとするメニューが多く見られるようになってきた。メニューの名前に関しては視覚障害者にとってもただ「ラーメン」と読み上げられるよりも「昔ながらの屋台ラーメン」といった名前のほうが楽しめると思うが、それらの分類項目があまりに奇抜なものであると、はじめの段階でどこに希望のメニューがあるのか想像しにくくなると考えられる。そこで、一般的な店舗の典型的な分類項目を整理し、そのテンプレートのどこに該当のメニューを振り分けるかを自動的に決定するメニューデータベース作成機能の実装を目指す。つまり「麺類」、「丼もの」、「定食」などの分類項目は我々が事前に検討し、店で販売している具体的なメニューを分類項目に自動的に当てはめてしまうという仕組みにする。つまり、メニューは図 7 のような階層構造で表現されることとなる。

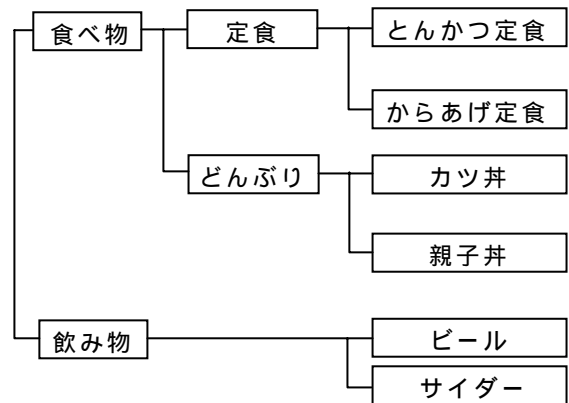


図 7 定食屋のメニュー構造の例

### 4.2. メニュー選択方式

メニュー選択方式として、「Yes/No」選択方式と「Joypad」選択方式の 2 つを比較検討することとした。

「Yes/No」選択方式とは、今回開発したハンドコントローラ (図 8) にある「Y (Yes)」と「N (No)」のボタンによってメニューを選択していく方式である。「Y」ボタンは「決定」を意味し、次の階層に進む場合や最終的なメニュー決定に利用される。「N」ボタンは「次に進む」ことを意味し、同階層の別項目の選択に利用する。「Yes/No」選択方式では、現在の階層のカテゴリを全て読み終えないと前の階層に戻ることができなくなっている。

「Joypad」選択方式とは、市販の Joypad を用いてメニューを選択していく方式である。Joypad の十字キーの上キーと下キーにそれぞれ「Up」と「Down」キー、ボタン 2 つに「Decision」と「Back」ボタンを割り振

っており、これらのキーとボタンを使って被験者が選択していく。「Up」キーは「前のカテゴリに戻る」、「Down」キーは「次のカテゴリに進む」ことをそれぞれ意味し、同階層の別項目の選択に利用する。「Decision」ボタンは「決定」、「Back」ボタンは「前の階層に戻る」ことをそれぞれ意味し、各階層の移動や最終的なメニュー決定に利用される。「Joypad」選択方式では、現在の階層のカテゴリを全て読み終えなくとも「Back」ボタンを押すことによって、いつでも前の階層に戻ることができる。



図 8 ハンドコントローラ

### 4.3. 居酒屋におけるメニュー階層構造の検討

居酒屋における、メニュー分類の階層構造の作成については人それぞれで違う。そこで、どのような階層構造をテンプレートとして作成すれば、目的のメニューが探しやすくなるかを20代男性6人に考えてもらった。結果、大別として「素材」か「調理方法」でメニューを分類するという階層構造が多かった。その2つの階層構造の一部を表2と表3に掲載する。

表2のメニュー階層構造は、第1階層で料理に用いられる素材を選択し、第2階層でその細目を選んだあとにメニューにたどり着く構造である。表3のメニュー階層構造は、第2階層で調理方法を選択し、第3階層で素材を選択しメニューにたどり着く構造である。素材か調理方法で分類するかの違い以外に、表3には、第1階層で食べ物と飲み物に分ける、飲み物のアルコール項目をさらに細かく分けるといった特徴がある。

表2と表3のメニュー階層構造を用いてメニュー選択の予備実験を行った。実験で利用したメニューは、インターネット上で取得した居酒屋のメニュー画像に掲載されているものとした。店舗数は6店舗、画像数は24枚である。図9にメニュー画像の一例を示す。掲載されているメニューを表2と表3の階層構造に割り振り、メニューを分類する。被験者は、読み上げられる音声のみを頼りに「Yes/No」選択方式でメニュー選択を行い、選択するまでの時間を測定する。

予備実験の結果、素材と調理方法でメニューを選択する方法において大きな差異は見られなかった。しかし、飲み物の選択に関しては表3の階層構造の方が早くメニューを選択できることがわかった。第1階層で食べ物と飲み物に分けることで、飲み物の選択が早くなることがわかった。

予備実験の結果を踏まえて、表2と表3のメニュー階層構造の改変を行った。改変したメニュー階層構造の一部を表4と表5に掲載する。表2のメニュー構造を改変したものが表4であり、表3のメニュー構造を改変したものが表5である。改変の内容は、階層やカテゴリの追加と削除である。表4、表5の双方に共通する項目として、第1階層で食べ物と飲み物に分けることや、アルコールの項目をさらに細かく分けることを特徴としている。居酒屋で注文する場合は、飲み物のみを追加注文することが多いことが考えられるため、第1階層で食べ物と飲み物に分けることすばやく飲み物の選択に移ることが可能となる。



図 9 メニュー画像の例 [10]

表 2 素材で分類する階層構造 1

階層 1	階層 2	メニュー例
肉	焼き鳥	とりみ
	牛肉	牛ステーキ
	とり肉	手羽先
海鮮	魚	ほっけ
	貝	浅利バター
	いか	いか造り
	海老	エビチリ
野菜	-	野菜炒め
卵	-	だし巻き
米	-	お茶漬け
麵	-	ざるそば
飲み物	アルコール	清酒黄桜
	ソフトドリンク	コーラ
デザート	-	ケーキ

表 3 調理方法で分類する階層構造 2

階層 1	階層 2	階層 3	メニュー例
食べ物	お食事	ご飯	お茶漬け
		麺類	ざるそば
	焼き物	焼き鳥	とりみ
		肉	牛ステーキ
		海鮮	ししゃも
		野菜	ししとう
		揚げ物	串カツ
	揚げ物	天ぷら	いも天
		唐揚げ	鶏唐揚げ
		煮物	肉
	煮物	海鮮	カキの佃煮
		野菜	キャベツ煮
		炒め物	肉
	炒め物	野菜	野菜炒め
山菜		きのこ炒め	
一品		-	冷奴
サラダ	-	ツナサラダ	
デザート	-	ケーキ	
飲み物	日本酒	-	清酒黄桜
	焼酎	-	芋焼酎
	ビール	-	生ビール
	カクテル	-	ユキグニ
	サワー	-	梅サワー
	ソフトドリンク	-	コーラ

表 5 調理方法で分類する階層構造 2

階層 1	階層 2	階層 3	メニュー例
食べ物	焼き物	肉	牛ステーキ
		海鮮	あゆ塩焼
		野菜	ししとう
		山菜	しいたけ
		その他	卵焼き
	煮物	肉	もつ煮
		海鮮	カキの佃煮
		野菜	キャベツ煮
		その他	豆腐の煮物
	揚げ物	肉	鶏唐揚げ
		海鮮	わかさぎ
		その他	揚げちくわ
	炒め物	肉	豚キムチ
		野菜	野菜炒め
山菜		きのこ炒め	
和え物	野菜	マリネ	
サラダ	-	ツナサラダ	
ご飯物・麺物	-	お茶漬け	
その他	-	冷奴	
飲み物	アルコール	日本酒	清酒黄桜
		焼酎	芋焼酎
		ビール	生ビール
		カクテル	ユキグニ
		サワー	梅サワー
	ソフトドリンク	-	コーラ
デザート	-	ケーキ	

表 4 素材で分類する階層構造 2

階層 1	階層 2	階層 3	メニュー例
食べ物	肉	牛	牛ステーキ
		とり	手羽先
		豚	豚とろ
		その他	馬刺
	海鮮	魚	ほっけ
		貝	浅利バター
		いか	いか造り
		海老	エビチリ
		海藻	もずく酢
	その他	刺身盛り	
	野菜	-	野菜炒め
	山菜	-	きのこ炒め
	米	-	お茶漬け
麺	-	ざるそば	
その他	-	冷奴	
飲み物	アルコール	日本酒	清酒黄桜
		焼酎	芋焼酎
		ビール	生ビール
		カクテル	ユキグニ
		サワー	梅サワー
ソフトドリンク	-	コーラ	
デザート	-	ケーキ	

#### 4.4. 居酒屋におけるメニュー選択実験

表 2 から表 5 の 4 つのメニュー構造を用いてメニュー選択実験を行った。実験の被験者は 20 代男性 6 人である。この実験で利用するメニューは、予備実験のときよりも店舗数を 4 増やした 10 店舗、画像数は 35 枚である。予備実験と同様に、10 店舗のメニューを表 2 から表 5 に示したメニュー階層構造に割り振りメニューを分類する。本実験では、「Yes/No」選択方式と「Joypad」選択方式の 2 つを使用し、選択方式の検討も行った。結果として、10 (店舗数) × 4 (階層構造の数) × 2 (選択方式の数) = 80 通りのパターンができる。被験者は、読み上げられる音声のみを頼りに、それぞれの店舗でランダムに選定されたメニューを選択するまでの時間を測定する。この実験により、どのメニュー構造が利用者にとって直感的に分かりやすいかの評価になる。

#### 4.5. メニュー選択実験結果

表 6 と表 7 に実験結果を示す。表 6 は各階層構造の実験結果を、表 7 は各被験者の実験結果をそれぞれまとめたものである。

表 6 の実験結果を見てみると、「Joypad」選択方式よ

りも「Yes/No」選択方式でメニューを選択した方が、平均を取ると早くメニューを選択できることがわかる。しかし、「Joypad」選択方式の標準偏差が高い傾向にあることや、何人かの被験者が「Yes/No」選択方式と同等かそれ以上の早さでメニュー選択を行えているという結果から、人によってJoypadの扱いやすさに違いがあることがわかる。今回、「Joypad」選択方式では時間がかかってしまった被験者は、Joypadの操作に慣れることでどちらも変わらない結果が出せるようになることがわかった。

表7の結果を見てみると、階層構造の改変前と改変後では、改変後のほとんどの結果でメニュー選択時間を短縮させることができた。素材で分類する階層構造の「Joypad」選択方式では、逆に時間がかかってしまっているが、これはJoypadの操作の慣れに原因があると考えられる。また、素材と調理方法の2つのメニュー階層構造を比べると、素材で分類するメニュー階層構造の方が、素早く目的のメニューを選択することができた。ただし、メニューによっては調理方法から選択した方が早く選択できるケースもあることから、今後はこの2つの階層構造を併用することが望ましいと考えている。

表6 被験者ごとの選択実験結果[s]

	Yes/No	Joypad
被験者 A	24.4	60.3
被験者 B	29.6	28.5
被験者 C	35.2	38.3
被験者 D	26.9	49.8
被験者 E	33.3	26.3
被験者 F	25.0	26.1
平均	29.1	38.2
標準偏差	4.1	12.9

表7 構造ごとの選択実験結果[s]

	Yes/No	Joypad
素材改変前(表2)	28.7	33.7
素材改変後(表4)	25.5	45.5
調理方法改変前(表3)	36.6	43.4
調理方法改変後(表5)	33.8	35.8

## 5. まとめ

本稿では、文字情報読み上げシステムの実用化の第一歩として、投票制を利用した文字認識処理による文字認識精度の向上実験と居酒屋でのメニュー選択方法に関する検討と実験を行った。

文字認識精度を向上させるため、グレースケール変換、2値化、ノイズ除去(メディアンフィルタ)、階調変換、ガンマ補正、モルフォロジ演算によるトップハットの6つを組み合わせ、前処理の違いを利用した

投票制による文字認識処理系を利用し実験を行った。文字画像をそのままOCRに入力したときには20%程度の認識率だったが、前処理の違いを利用した投票制による文字認識では、10位までの認識率で60%程度まで上がることが確認された。

メニューデータベースの作成にあたり、居酒屋におけるメニューの階層構造に関する考察も行った。結果として、調理方法より素材でメニューを選ぶ方が、メニュー選択に時間がかからないことがわかった。しかし、調理方法から選択した方が早く選択できる場合もあるため、2つの階層構造の併用が望ましいと考える。選択方式については、「Yes/No」選択方式が「Joypad」選択方式よりも早くメニュー選択ができるという結果が出たが、Joypadの操作に慣れることで「Yes/No」選択方式と変わらない結果が出せるようになることがわかった。

今後は、食べたいものが決まっている場合には、キーワードから検索するような機能などを付け加えていく必要性を感じている。

本システムを応用していくことにより、レストランに限らず空間内の文字情報を視覚障害者に伝えることが可能となり、自立支援につながると期待している。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、本校講師の江崎修央先生、および本校学生の梶原修平氏、野田圭一氏、小林義明氏、井田健吾氏、中西航氏には、選択実験やプログラム作成において多大なご支援とご指導をいただいた。ここに感謝の意を表する。

## 参考文献

- [1] 星野, 正井, “音声を用いた歩行者ナビゲーションシステム”, 東芝レビュー Vol.59, No.4, PP36-39, (2004)
- [2] J. Yang, J. Gao, Y. Zhang, X. Chen and A. Waibel, “An Automatic Sign Recognition and Translation System”, Proceedings of the Workshop on Perceptive User Interfaces (PUI'01), pp. 1-8, (2001)
- [3] 長尾, “書棚画像からの書籍の背文字領域抽出に関する研究”, テレビジョン学会技術報告 Vol.15, No.42(IPCV91 13-18/AIPS91 24-29), Page27-32, (1991)
- [4] Kentaro Iwatsuka, Kazuhiko Yamamoto and Kunihito Kato, “A Proposal on the Destination Recognition Method of a Bus using a Guide Dog System”, Proc. of the 10th International Conference on Virtual System and Multimedia (VSMM2004), pp.786-789, (2004)
- [5] 「LAB Asprise!」, <http://asprise.com/>
- [6] S.M. Lucas, A. Panaretos, L. Sosa, A. Tang, S. Wong, R. Young, “ICDAR 2003 Robust Reading Competitions”, Proc. of the ICDAR, 2003, pp. 682-687(2003)

- [7] 西村, 小林, 丸山, 中野, “多方向特徴抽出 HMM と Bagging による多数決を利用した文字認識”, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J82-D-II, No.9, pp.1429-1434(1999-09)
- [8] 江崎, 清田, 亀井, 滝沢, 山本, “視覚障害者用オンライン日本語入力システムにおける文字認識精度の改善”, 日本 ME 学会論文誌, 生体医工学, Vol.40, No.4, pp.28-36(2003-04)
- [9] 秋山, 中川, “オンライン手書き文字日本語認識のための線形処理時間伸縮マッチングアルゴリズム”, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J81- D-II, No.2, pp.651-659(1998-04)
- [10] 「村さ来ホームページ」,  
<http://www.murasaki-net.co.jp/>