

音声による対話システムにおける発話の確認方法†

浮田輝彦^{††} 石川憲洋^{†††}
中川聖一^{††††} 坂井利之^{††}

文音声の機械による自動認識は重要なテーマである。本論文では、音声による対話システムを開発する際に問題となる発話の確認方法について述べる。

まず、利用者にとって自然な確認方法を調べるために、雑音のある環境下での人間同士の対話実験を行う。それにより、人が利用している発話の確認方法として、1) 再発話の要求、2) 文全体の確認、3) キーワードによる確認などがあることが示される。次に、これらの確認方法の有効性を検討するために開発したオンラインで動作する音声による会場案内システムについて述べる。その際、利用者の対象は男性1名に絞っている。

実験は65%の認識率しか持たない音声認識部を使用して、上記1)および2)の確認方法を利用することにより行った。その結果、平均2.22回の確認のための発話を利用者が行えば、98%の文の了解率を得ることが示される。また、一部キーワードを利用した方法について実験的に検討し、キーワードの利用は発話の確認方法として有望であるとの見通しが得られることを示す。

1. ま え が き

文音声の機械による自動認識は重要なテーマであり、長年研究されてきた。しかし、未解決な問題も多く、認識対象を小世界に限定した音声理解システムの形態で研究が進められている。一方、音声認識装置を実際に応用する場合、どのような機能が必要となるかについての検討は、あまり行われていない。

一方、人間にとって音声がどのような情報媒体であるかを考えると、音声は最も簡便な通信手段であり、日常生活においては、雑音の混入した環境で使用する機会が多い。さらに、方言の違いなどもあり、日常生活では聴き誤りが生じたり、再発話の要求をされることなどは、よく経験するところである。また、文字情報のように厳密に定義されない側面はあるが、発話のスピードは速く、所要エネルギーも少ないので繰り返しをさして苦痛と感ずることもない。

本論文では、不完全な能力を持つ音声認識装置を利用して、利用者との対話を継続することにより、要求さ

れた行動を実現する情報処理システムを考察する*。

特に、利用者の発話内容の確認方法に重点をおいて検討する。これは音声の場合発話自体があいまいになされる場合もあるので、会話音声理解システムが持つべき機能の1つであると言える。

音声理解システムの研究は、1970年代から米国を中心として開始され、その成果が報告されている²⁾。

しかし、在来の音声理解の研究のほとんどの場合、発話文1つずつの理解を目標とし、これだけで成功・不成功の結果を出している。すなわち、発話文の理解結果のスコアが低いとき、入力文と思われる文を、問合せ文章中に埋め込む形態で発話意図の確認を対話的に行った例は少ない。

この形態による音声による対話システムの研究は、好田ら³⁾とLevinsonら⁴⁾によって行われている。好田らは座席予約を音声によって行えるシステムを開発しているが、これは表形式の各項目単語を決めて行くタスクと言える。音声理解としては、項目ごとに区切った文節認識を行っており、連続して発話された文音声の認識ではない。またLevinsonらによる研究も、孤立単語認識を基本としており、より制限が強い。

本論文では、利用者が文を発話し、その理解の度合いに応じて、適当な音声応答をシステムが返し、対話を継続することによって、最終的に要求された情報を利用者に提供するシステムについて述べる。まず、発

† Confirmation Methods of Utterances in a Dialog System by Speech by TERUHIKO UKITA (Department of Information Science, Faculty of Engineering, Kyoto University), NORIHIRO ISHIKAWA (Yokosuka Electrical Communication Laboratory, N.T.T.), SEI-ICHI NAKAGAWA (Information Science, Faculty of Engineering, Toyohashi University of Technology) and TOSHIYUKI SAKAI (Department of Information Science, Faculty of Engineering, Kyoto University).

†† 京都大学工学部情報工学科

††† 日本電信電話公社横須賀電気通信研究所

†††† 豊橋技術科学大学工学部情報工学科

* 以後システムと呼ぶときは人間でなく機械による認識、知識活用、応答のシステムをさす。

話の確認方法について検討を加え、次にデパートにおける会場案内を例としたシステムの構成・動作について述べる。最後に、開発したシステムを利用して発話の確認方法についての有効性を検討する。

2. 発話の確認方法

対話システムには、利用者にとって不自然でない形で、会話文により、対話が行える能力が必要である。また会話文の場合、音声認識部の不完全さは避けられないので、これをカバーする必要がある。そのため、発話の形式などが問題となるが、とりわけ、発話の確認方法が重要となる。

発話の確認方法を決定するために、音声認識部の不完全さに対応して、雑音のある環境下で人間同士が会話をする時に用いる会話の方針を調べる。図1にそのための実験の構成を示す。会話の話題は、本システムのタスクでもあるデパートにおける売り場や商品の問合わせと案内である。実験参加者は2名で、それぞれ、客と案内係の役を受け持っている。加える雑音は、あらかじめ録音された計算機室の騒音で、レベルは音声の最大時において約0 dB程度のSN比になるよう設定した。

実験では、客が50回の問合わせを行い、それぞれについて案内係が応答した。50回のうち、14回は確認なしで正しい応答がなされたが、残りのものについては、1回から5回の確認のためのやりとりの後、正しい案内が行われた。確認の方法は次のように分類することができる(図2参照。確認のための対話の総数は56回で、参考のため各方法の行われた回数を示す)。

- a) 誤った応答と訂正 (2回)
- b) 再発話の要求 (19回)
- c) 文全体の確認 (5回)
- d) 正しいキーワード*による確認 (15回)
- e) キーワードの質問による確認 (8回)
- f) 誤ったキーワードによる確認 (5回)
- g) 部分単語による確認 (2回)

また、案内係がキーワードをつぶやいてから、案内応答を出し、客はそのキーワードに対し、無反応であった場合が観察された(5回)が、いずれの場合も案内は正しかった。これは、HaysとReddyが提唱した“Robust Communication⁵⁾”の“Implicit Confirmation^{**}”に対応している。

* ここでは、意味を担う名詞や動詞などをキーワードと呼ぶ。

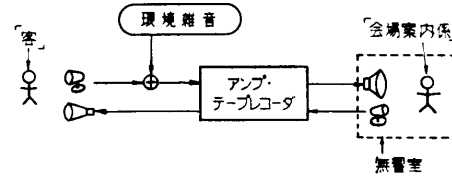


図1 雑音下での人間同士によるオンライン「会場案内」対話実験

Fig. 1 Experiment of human dialog of "guidance" with a noisy channel.

客:「婦人靴売り場はどこですか」
案内係:「婦人服売り場は…」(案内)
客:「婦人靴です」
案内係:「婦人靴売り場は…」(案内)
(a) 誤った応答と訂正

客:「水着はどこに置いてありますか」
案内係:「もう一度お願いします」
客:「水着はどこに置いてありますか」
案内係:「水着は…」(案内)
(b) 再発話要求

客:「美容室はどこですか」
案内係:「『美容室はどこですか』とおっしゃいましたか」
客:「はい」
案内係:「美容室は…」(案内)
(c) 文全体の確認

客:「写真室は何階ですか」
案内係:「写真室ですか」
客:「はい」
案内係:「写真室は…」(案内)
(d) 正しいキーワードによる確認

客:「本売り場はどこですか」
案内係:「何売り場かわかりません」
客:「本売り場です」
案内係:「本売り場は…」(案内)
(e) キーワードの質問による確認

客:「婦人服はどこで売っていますか」
案内係:「紳士服ですか」
客:「婦人服です」
案内係:「婦人服は…」(案内)
(f) 誤ったキーワードによる確認

客:「紳士服売り場は何階ですか」
案内係:「服ですか靴ですか」
客:「紳士服です」
案内係:「紳士服売り場は…」(案内)
(g) 部分単語による確認

図2 人間同士の問合わせの対話中に出現した確認方法の例(図1の実験)

Fig. 2 Examples of human confirmation methods of inquiries. (Experiment under circumstance shown in Fig. 1)

このように、雑音のある環境下で人間同士が会話する際は、聞き手が発話内容を識別できない場合があり、

** “Implicit Confirmation”とは、メッセージの確認方法で、聞き手が判らないことを明示しない限り、話し手はそのメッセージが正しく聞き手に伝達できたと考えることである(文献5) p. 5)。

確認のための応答を返すことにより、会話を継続する。この場合、聞き手の得た情報に応じて、再発話の要求、文全体の確認、キーワードの確認といった方法により、最初の要求を明確にすることが判った。

これらが、人が利用している発話の確認方法のすべてであるとは言えないが、音声理解を利用した対話システムとしては、“文全体の確認”が、理解結果の文がすでに得られているという点から最も単純な確認方法であり、自然であると考え、これを利用する。すなわち、システムを構成する上で、発話の確認方法としては、まず再発話の要求と文全体の確認に限り、これらの有効性を検討する。

3. システム構成

本音声理解システムで対象とするタスクは「デパートにおける会場案内システム」である。利用者が発話する文は、たとえば「煙草売り場はどこですか」といった質問文や、「どう行けばよいですか」といった経路案内の要求である。利用者が発話できる単語は148単語であり、売り場名・商品名・述語などから成る（ここでは、一部の文節なども認識単位として単語と呼ぶ）。単語の一部を表1に、また文の生成に関する構文規則を表2に示す。

話者は、タスクの性質上、不特定話者が好ましいが、ここでは、対話処理に必要な機能の検討という立場から、男性1名に絞ってシステムを開発した。全体の構成を図3に示す。

(a) 音声認識部

音声認識部の各構成要素に関して、文献6)に比較的詳しく述べられている。ここではその概要を述べる。表3に構成要素を示す。

解析指示部は、認識部の各要素を制御し、部分文を管理しながら、左から右への並列探索の手法により、文法的に完全な文を構成、出力する。部分文は、文解析のための中間結果であり、文法的には不完全な単語列、平均スコアなどから成る。

解析指示部は、幾つかの部分文の中から、高い平均

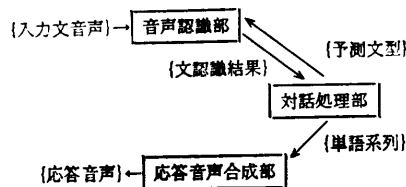


図3 機械による会場案内システムの構成

Fig. 3 System configuration for machine guide.

表1 認識部で扱う“単語”

Table 1 List of “words” manageable by the recognizer.

		[]内は単語数
商品	かつら、櫛、パイプ、ライター、お酒、...	[60]
売り場	美容室、化粧品(売り場)、プレイガイド、煙草(売り場)、...	[50]
目標物	北階段、北エレベータ、中央エレベータ、中央エスカレータ、南エスカレータ、南階段	[6]
フロア	地下2階、地下1階、1階~8階	[10]
述語	です、何階ですか、どこですか、います、近くですか、どこで売っていますか、どこに置いていますか、見たい、買いたい、どう行けばよいですか、行きたい	[11]
助詞	は、に、へ、を、の	[5]
その他	はい、いいえ、わかります、わかりません、ちがいます、売り場	[6]

表2 構文規則

Table 2 Syntactic rules.

[UT 0] ::= [B 1 a] [B 2] [B 3] [B 4 a] [B 5 a] [B 6] [B 8 a]
[UT 1] ::= [B 1] [B 2] [B 3] [B 4] [B 5] [B 6] [B 7] [B 8]
[UT 2] ::= はい いいえ ちがいます
[UT 3] ::= [P]です [B 2]
[UT 4] ::= はい いいえ わかります わかりません
[B 1] ::= [B 1 a] [B 1 b]
[B 1 a] ::= [P]はどこですか [P]は何階ですか
[B 1 b] ::= どこですか 何階ですか
[B 2] ::= [P]にいます
[B 3] ::= [P]へ行きたい
[B 4] ::= [B 4 a] [B 4 b]
[B 4 a] ::= [P]は[O]の近くですか
[B 4 b] ::= [O]の近くですか
[B 5] ::= [B 5 a] [B 5 b]
[B 5 a] ::= [G]はどこで売っていますか [G]はどこに置いていますか
[B 5 b] ::= どこで売っていますか どこに置いていますか
[B 6] ::= [G]を見たい [G]を買いたい
[B 7] ::= [F]のどこですか
[B 8] ::= [B 8 a] [B 8 b]
[B 8 a] ::= [P]へどう行けばよいですか
[B 8 b] ::= どう行けばよいですか
[P] ::= 美容室 化粧品売り場 ... (売り場)
[G] ::= かつら 櫛 パイプ ... (商品)
[F] ::= 地下2階 地下1階 ... (フロア)
[O] ::= 北階段 北エレベータ ... (目標物)

[UT 0]~[UT 4] はスタート・シンボル。[UT 0] は対話の初頭で、[UT 1]は通常の状態、[UT 2]~[UT 4]は確認の際などで用いる。

表3 音声認識部の構成要素

Table 3 Components of speech recognizer.

構成要素	備	考
音響処理部	20チャンネル・フィルタバンク	
データ圧縮部	スペクトル時系列の音響セグメントへの分割	
単語同定部	音響セグメント系列上のダイナミックプログラミング	
単語予測部	文脈自由文法による単語予測	
解析指示部	左から右への並列探索	

スコアを持つもの数個を選び、これらの部分文の次に来ることが可能な単語を、構文規則を持つ単語予測部に予測させる。続いてダイナミック・プログラミング

を利用する単語同定部に同定可能範囲を指示し、単語のマッチングスコアを計算させる。次に、高スコアの部分文が残るように、すべての部分文を再構成する。これらのステップを数個の文法的に完全な文が得られるまで繰り返す。また認識を開始するに当たって、認識部は対話処理部から、可能な文型のタイプや認識結果として認められない単語系列を受け取り、それに従って動作する。

音声認識部の能力を検討するために、会話の初頭に出現しうる 10 種の述語の文 (表 2 参照) で各種について 10 文ずつ計 100 文について認識実験を行った。これらは、たとえば「美容室はどこですか」や「煙草売り場は北階段の近くですか」などであり、1 文は平均 3.7 単語 (ここでの単語については表 1 参照) からなる。認識に際しての発話は、通常のミニコンを置いてある部屋で高品質のマイクロフォンを利用して行った。また認識途中で保持される中間結果は 50 個に、並列探索可能な部分文の数は 3 個に制限している。表 4 に結果を示す。

100 文中 65 文が正しく認識されている。誤ったものは、左から右への探索を行ったため、文頭に出現しうる単語 (会話の初頭においては商品名と売り場名の単語である) が 110 単語であり、ここでの誤りが最後まで影響しているものが多かった (この場合のタスクの静的平均分岐数は 3.3、動的平均分岐数は 7.8、である*)。一方、2 位 3 位の結果まで含めた累積認識率は 78% と比較的安定している。

一方、対話処理部では、結果に付随するスコアについて、それを信頼度として処理する必要がある。上記の認識実験で第 1 位のものについて、そのスコアに対する頻度を示したものが図 4 である。図が示すように正しい結果が得られた場合のスコアは、誤った場合より、全般的に大きい傾向がある。これは正しく認識された場合が、全単語が良好に同定される場合であるのに対し、誤る場合は、単語の同定に誤りが生じ、全体として無理な対応づけを行うためスコアが低下することに起因していると考えられる。この傾向は、対話処理部において、正しい結果のみを、誤った場合から分離して取り出せる可能性を示している。

(b) 対話処理部

対話処理部は、あいまい性の残る音声認識の結果に

* この場合、「××売り場」は一単語と考えている。動的平均分岐数の計算に幾何平均でなく、算術平均を用いるとその値は 37.1 となる。

表 4 認識実験結果

Table 4 Results of recognition experiment.

順位	スコア	正解数	累積認識率
第 1 位		65 (65%)	65 (65%)
第 2 位		12 (12%)	77 (77%)
第 3 位		1 (1%)	78 (78%)

() 内は 100 文に対する認識率

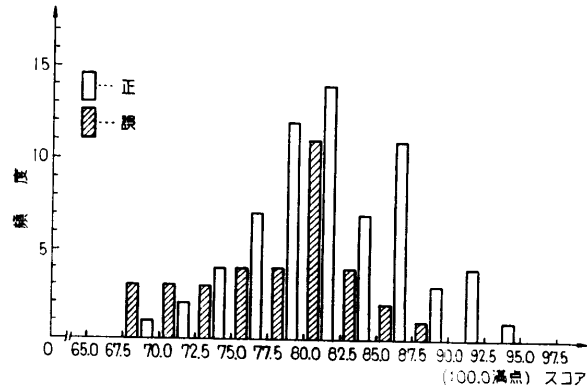


図 4 100 文の認識結果のスコアの分布

Fig. 4 Distribution of scores of 100 recognized sentences.

対処し、適当な応答用の単語列を組立て、出力する。対話処理部は、あいまい性に対処する対話制御部と、発話文の文型*に応じた処理を行う意味解釈部から構成される。ここでは、対話制御部について述べる。

経路案内の機能などを持つ意味解釈部は、文献 7) に詳しく述べられている。

対話制御部は、音声認識の結果が十分な信頼性を持たない場合に、利用者に確認をすることにより、明確化する。ここでは (a) の結果を参考にして第 2 位の候補まで取り扱うことにした。

音声認識の結果の信頼性を表わすスコアに応じて、2 種の閾値を導入する。

認識結果のうち第 1 位のスコアが閾値 TH_{reject} を超えない場合は、再度の発話を要求する。一方そのスコアが閾値 TH_{accept} 以上である場合は、その結果が正しいものと考え、意味解釈部を起動する。また、第 1 位の結果の信頼度が TH_{reject} 以上かつ TH_{accept} 未満の場合は、その結果が正しいか否かの判定は不可能であるので、システムの利用者に「……とおっしゃいましたか」という質問を出し、「はい」もしくは「いいえ」の答えにより、元の入力文を確認する。この

* 文型とは、意味を理解する場合に区別され、述語の動詞は異なってもよい。表 2 で [B1 a]~[B8 b] がそれぞれ文型に対応している。

際、利用者が発話する「はい」「いいえ」の認識は 100% 正しいと仮定している。「いいえ」の場合は、第 2 位の候補についても同様の処理を行う。認識結果の候補がすべて否定された時は、利用者に対して再発話を要求する。この時発話の確認の際に否定された結果があれば、それらが再認識されないように認識部に指示する。

認識部に対する文型の予測制限は、会話の初頭と発話の確認中、および特定の文型の意味解釈中（たとえば、「どう行けばよいですか」に対しての「どこにいますか」と質問中の場合など）に行われるが、ほかの場合は構文規則の範囲内で自由な発話が許される（表 2 参照）。

(c) 応答音声合成部

システムは、合成音声により、利用者に応答する。音声合成は、録音編集による。用意した合成ユニットは、単語や文節など（簡単のため単に単語と呼ぶ）であり、それぞれは、10 kHz サンプリング・振幅 8 ビットの PCM 波形として磁気ディスク上に蓄えられている。応答音声合成部は、対話処理部から与えられる単語系列などに従い、順次音声を合成する。

出力される合成音声の品質は、文としての自然性が欠ける面があるが、本研究の目的には十分であると考えられる。合成のために用意した単語は、認識部で取り扱う単語を含んで 165 単語である。

4. 実験と評価

システムは、MELCOM 70 (サイクルタイム 0.8 μ sec, 主記憶 32 kW) と FACOM U-200 (1.0 μ sec, 256 kB) の 2 台のミニコンを結合したものを利用して開発した。ここでは特に並列処理は行っていない。利用者: おもちゃ売り場へどう行けばよいですか。システム: 「おもちゃ売り場へどう行けばよいですか」とおっしゃいましたか。利用者: はい。システム: どこにいますか。利用者: 煙草売り場です。システム: 「かさ売り場です」とおっしゃいましたか。利用者: いいえ。システム: もう一度お願いします。利用者: 煙草売り場です。システム: 「煙草売り場です」とおっしゃいましたか。利用者: はい。システム: 南エスカレータがわかりますか。利用者: はい。システム: 南エスカレータで 7 階まで行って下さい。そこがおもちゃ売り場です。

図 5 システムを利用した会場案内の対話例

Fig. 5 Examples of dialog for guidance using the system.

表 5 確認のための発話回数

Table 5 Counts of utterances for confirmation. (実験に使用した文章総数 50 (内 1 文は削除), $T=49$)

(a) キーワードを利用しない場合

入力文 (人→システム)	回数 P	平均 P/T	
①最初の発話	49	1.00	
確認のための発話	②元の発話文	20	0.41
	③「はい」	42	0.86
	④「いいえ」	47	0.96
②+③+④	109	2.22	

(b) キーワードを利用する場合

入力文 (人→システム)	回数 P	平均 P/T	
①最初の発話	49	1.00	
確認のための発話	②元の発話文	15	0.31
	③「はい」	30	0.61
	④「いいえ」・「ちがいます」	22	0.45
	⑤キーワード (「××です」)	18	0.37
	②+③+④+⑤	85	1.73

理時間は、会話の初頭において、実時間の数十倍の処理時間が必要となっている。対話例を図 5 に示す。

システムの動作の評価のために、認識実験で用いた各種の文について 5 文ずつ、合計 50 文の要求について実験を行った (THaccept は 90.0, THreject は 70.0 に設定した)。話者の発話に対し、システムが受理するまでに必要であった確認のための利用者の発話の回数を示したものが表 5 (a) である。ただし、元の発話文の繰り返しが 5 回を超える場合の 1 文は途中で打ち切っている。残りの 49 文についてはすべて正しく確認・受理された。

言い直しに必要な回数は元の発話文が平均 0.41 回、はい・いいえが 1.82 回と比較的少ない回数で確認できた。

次に、認識率と確認のための発話回数の関係を考える。ここでは、簡単のため 3. の対話処理部で述べた方法で、THaccept = ∞ , THreject = 0 とする (必ず最低 1 回の確認を行うことになる)。正解が第 1 位の結果として得られる確率 (認識率) を p , 第 2 位以内に正解が含まれる確率を q とする。これらに対し、確認のための発話 (「はい」・「いいえ」・発話文の繰り返し) の回数 N の期待値を示したものが図 6 である。図中 \times 印で示されたものは、本システムによる実験結果である ($p=0.65$, $N=2.22$)。図によると、認識率の向上は確認のための発話回数を対数的に減少させる。したがって、発声者の負担を軽減するためには、比較的高い認識率が得られる必要がある。また、必ずしも第 1 位の認識率が高くなるとも、第 n 位までに正解が入っている累積認識率が高ければ、確認回数を減少でき

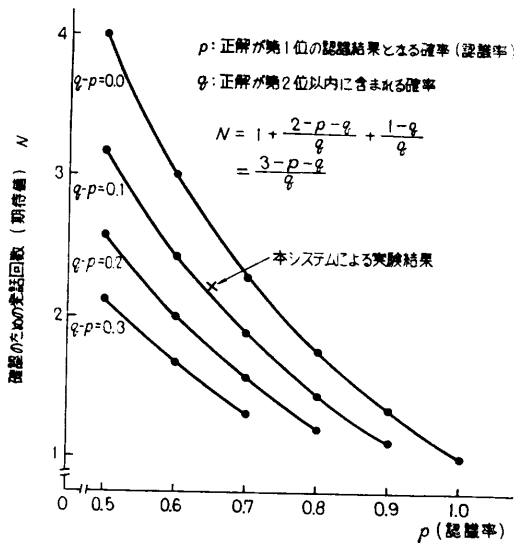


図 6 認識率と確認の回数の期待値

Fig. 6 Relation between recognition rates and counts of confirmation.

ることを示している。

一方、キーワードが利用できる場合は、確認のための発話回数が減少することが期待される。ここでは、文認識の結果を参考にして、キーワードを間接的に決定し、それを利用した場合の発話回数を調べる。すなわち、以下に具体例でも示すように対話制御部で、確認したい候補が2つあり、しかも述語の文型が同じ時、その動詞のパラメータと言える売り場名や商品名などの名詞をキーワードとする。この時、述語の動詞で示される文型は正しいと仮定している(3.で行った認識実験では売り場名や商品名などが正しく、文型が異なる形の認識結果はみられなかった)。一方、文型が異なる場合は、以前と同じ処理を行う。このキーワードが、2つの候補に対して同じ時、キーワードAに対して「Aですか」と利用者に質問し、それに対する「はい」・「いいえ」によって確認する。また異なる場合は、「Aですか、Bですか」という質問を發し、「Aです」「Bです」あるいは「違います」という回答により確認する。

たとえば、認識結果の候補が「美容室は北階段の近くですか」と「美容室は南階段の近くですか」という場合、美容室および北階段・南階段をキーワードとする。そして、まず「美容室ですか」と質問し、利用者からの返答が「いいえ」ならば再発話を要求する。また、「はい」ならば次に「北階段ですか、南階段ですか」と尋ねる。そして利用者からの返答により、元の

発話を確認する。この時、返答が「違います」の場合は、再発話を要求する。

この場合、誤ったまま確認が済んでしまう危険性があるが、キーワードを利用した確認方法の有効性を調べるために、上記と同様の実験を行った。結果を表5(b)に示す(通常部屋でオンラインで動作させたため、発話状態は表5(a)の場合と若干異なる)。以前打ち切られた文はやはり打ち切られた。確認のための発話回数は85回であり、以前より減少しており、キーワードを利用することの有効性を示している。

5. むすび

音声による対話システムに要求される、利用者の発話の確認方法について考察し、例としてデパートにおける会場案内システムを開発し、その有効性を検討した。その結果、65%の認識率を持つ音声認識部を利用して、適当な確認方法を採用することにより、利用者が平均2.22回の確認のための発話を行えば、98%の文の了解率が得られることが判った。

これらの確認方法は、1)再発話の要求、2)文全体の確認である。この結果は、不完全な能力の会話音声の認識装置を利用しても、1)および2)の確認方法を採用すれば、十分高い文の了解率が得られることを示している。

また、文認識の結果を参考にして得られるキーワードを利用する場合を検討した。その結果、キーワードを使用しない場合に比べて、確認のための発話回数が平均約0.5回減少して、システムの利用者にとって、より負担が少ない確認方法が得られた。

この結果は、対話の確認方法として上記2項目のほかに、意味理解に重要な動詞や名詞などのキーワードを利用する方法が有望であることを示している。同時に、文音声から直接精度よくキーワードを検出するアルゴリズムの必要性を示している。

参 考 文 献

- 1) 中川聖一, 坂井利之: 音声自動認識に関する情報工学的諸考察, 情報処理学会論文誌, Vol. 21, No. 5, pp. 407-417 (1980).
- 2) Lea, W.A. ed.: Trends in Speech Recognition, Prentice-Hall, New Jersey (1980).
- 3) 好田, 中津, 鹿野, 伊藤: 音声によるオンライン質問回答システム, 日本音響学会誌, Vol. 34, No. 3, pp. 194-204 (1978).
- 4) Levinson, S.E. and Shipley, K.L.: A Conversational Mode Airline Information and Reser-

- vation System Using Speech Input and Output, Conf. Rec., 1980 ICASSP, S-5. 10, pp. 203-208 (Apr. 1980).
- 5) Hays, P. and Reddy, D.R: An Anatomy of Graceful Interaction in Spoken and Written Man-Machine Communication, CMU-CS-79-144 (Sep. 1979).
- 6) 浮田, 中川, 坂井: 日本語算術文の音声認識におけるピッチパターンの利用, 信学論, Vol. 63-D, No. 11, pp. 954-961 (1980).
- 7) 石川憲洋: 音声による質問応答システムの研究, 京都大学修士論文, 昭和 55 年, または, 石川, 浮田, 中川, 坂井: 音声による質問応答システムの構成, 情報処理学会第 21 回全国大会論文集, 2H-10, p. 773 (1980).

(昭和 56 年 3 月 30 日受付)

(昭和 56 年 6 月 16 日採録)