

研究論文

多人数遠隔会話のための音像定位分散の効果

野口 康人¹ 叶 璟¹ 成合 智子² 井上 智雄³

受付日 2015年7月15日, 採録日 2015年11月30日

概要: ビデオ会議システム等による遠隔コミュニケーションの普及にもかかわらず, その音声環境は現在でもモノラルまたは 2ch ステレオ程度であることが多い. しかし, 多人数が遠隔から参加する場合に, 複数の参加者の音声如同一スピーカを用いて再生されると聞き取りにくいと考えられる. 本研究では多人数会話における発話音像の定位を数箇所に分散させることの効果について非母語条件も含めて実験的に検討した. 同時発話時に認識できる単語数を測定したところ, 母語, 非母語にかかわらず定位を分散させた方が聞き取りの成績がよく主観的にも効果的であること, 少なくとも 1 名の話は聞き取れると期待できる同時話者人数の限界が 2 名から 3 名に向上することが分かった. 非母語によるコミュニケーションを含む遠隔会話において, 音像定位分散の活用可能性を示すことができた.

キーワード: 音像定位, 遠隔会話, 多人数, 分散的聴取

Effects of Distributed Auditory Localization for Multi-participant Remote Conversation

YASUHITO NOGUCHI¹ KEI YOU¹ TOMOKO NARIAI² TOMOO INOUE³

Received: July 15, 2015, Accepted: November 30, 2015

Abstract: It is often the case that audio is more important than video in remote conversation. Yet most existing remote conversation systems still have simple audio units such as monaural or 2ch stereo output. This is different from face-to-face conversation where different voices come from different locations. Distributed location of multiple voices is considered to make the listening easier but has not been investigated enough. We studied the effects of distributed auditory localization of multiple voices in different locations and in different languages. As a result, it was found that distributed localization is effective in recognizing multiple voices regardless of the languages in both objective and subjective measures.

Keywords: auditory localization, remote conversation, multi-participant, divided listening

1. はじめに

インターネットや携帯電話の急速な普及とブロードバンド化を背景に, 音声会議システムやテレビ会議システムが複数のメーカーによって開発, 流通されており, 一般家庭

においても日常的に利用できる環境が整えられつつある. また, 遠隔会話システムの発展により, オフショア開発の実践も広がりを見せ, 海外にいるチームメンバーと一緒にデジタルコンテンツを協同開発するような場面も珍しくない. このような遠隔会話システムが活用されている分野は遠隔会議や遠隔教育, 遠隔医療等多岐にわたり, 同時に複数人が参加する遠隔協調作業環境の需要は今後ますます増大することが見込まれる. しかし, 現在の多くの遠隔会話システムでは, 会話の相手が複数人であっても, 音声出力するスピーカは 1 つであり, 同一方向から聴こえてくるような設計であることが多い. 対面会話では話者のいる位置からその音声が聴こえるのであり, 遠隔会話においても話

¹ 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
Graduate School of Library, Information and Media Studies,
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

² 常磐短期大学キャリア教養学科
Department of Career Development and Liberal Arts,
Tokiwa Junior College, Mito, Ibaraki 310-8585, Japan

³ 筑波大学図書館情報メディア系
Faculty of Library, Information and Media Science, Univer-
sity of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

者ごとの音声が届く方向を分離させた方が個々の音声の聞き取りやすさに良い影響を与える可能性がある。

相手の映像を映す位置を分散し、それぞれの方向から音声が届くように工夫されたテレビ会議システムは1990年代から研究されている [1], [2], [3] が、これらのシステムでは相手の人数分だけマイクやスピーカ等の音声機器を用意する必要がある。一方、仮想現実感を用いた会議システムでは主に相手の姿の見せ方に着眼が置かれているものの、仮想世界内での相手との位置関係を反映したシステムにおいては、相手と一定距離内に近づいたときに音声が聞こえるように制御したり [4], [5]、相手との距離に応じて音声の音量の大きさを制御したり [6] したうえで、ヘッドホンを用いて相手の音声を提示しており、遠隔会話システムでは音声の制御も重要な要素の1つとされている。

音像定位をどのように実現するかは古くから検討されており、特に、左右耳における音声の強度差（両耳間強度差：Interaural Intensity difference：IID）と左右耳に到達する時間差（両耳間時間差：Interaural Time Difference：ITD）が重要な要素として多数の研究がなされている [7]。本研究では、遠隔地にいる複数人の相手との会話の分かりやすさを向上させるため、IID と ITD を制御することにより、遠隔地にいる参加者の音声を個々に定位させることの有効性について実験的に検討する。

また、近年のビジネスのグローバル化にともない、母語が異なる者同士のコミュニケーションの必要性も高まっている。日本語を非母語とする留学生も多く存在しており、非母語話者の発話内容を正確に聞き取れるようコミュニケーション支援することは意義がある。したがって、母語のほか、非母語で音声提示される場合についても検討する。

以下、2章で関連研究について述べ、3章にて実験内容、4章で実験結果について述べる。5章は検討、6章がまとめである。

2. 関連研究

2.1 複数音声の聞き取り

複数の同時音声の中から個々の音声を聞き取る現象については、20世紀中ごろから多く研究されている [8]。この現象の要因を解明するために、呈示音声の刺激の強さや音声どうしの重なり具合による違い、声の高さやノイズが聞き取りやすさに与える影響等を明らかにしようとする実験が行われてきた。一般に、話者が競合する場合には、音声の重なる時間が長いほど、目的とする音声を聞き取りづらくなる [9] が、目的話者と競合話者が空間的に離れている場合には両耳受聴に基づく現象により、目的話者の音声を選択的に聴取することが容易になる（カクテルパーティ効果 [10]）。この聞き取り時の単語理解度が向上する要因として、音圧の違い [11], [12]、音声の周波数スペクトルの違い [13]、複数音声の重なり具合 [14], [15]、各音声刺激の空

間的配置の関係 [16]、音声刺激の呈示手法 [17], [18]、空間における音の反響度合い [19], [20]、聴取者の注意の分散度合い [21]、聴取者の聴力の正常さ [22]、話し手の性差 [23] 等様々なものが実験的に検討されている。

2.2 複数音声の空間的分離の効果

複数の音声の空間的配置を分離させることの効果について着目した研究は数多くあり、呈示手法も様々である。まず単純に複数の音声を分離する方法として、複数のスピーカを用いて空間的に分離して配置して出力するもの [24], [25], [26] がある。しかしながら、複数のスピーカを用いて参加者ごとの音声出力位置を分離させるような遠隔会話システムは、設備を用意することの負担が大きい。また、バイノーラル録音方式を用いて3次元空間の音場をそのまま録音し呈示するもの [27] がある。バイノーラル録音方式においては人間の頭部の音響効果を再現するダミーヘッド・マイクロフォン等を利用して録音する必要がある。複数人の音声を分離して定位させるだけであれば IID と ITD のみの制御で、より手軽に実現できる。一方、本研究でも用いる IID や ITD を含む頭部伝達関数（Head-Related Transfer Function：HRTF）を使用して音声刺激を空間的に分離して呈示するものがある。これらはダイオティック再生する際に仮想的に空間的情報を付与し、呈示しようとするものである。しかしながら、これらの実験では、目的話者の音声に対する競合刺激として雑音を用いられていたり [28], [29]、まったく同じ話し手の音声が競合刺激として用いられていたりする [30]。現実的に起こりうる、競合話者が存在する遠隔会話の場面を想定して実験条件の設定を行う必要がある。

2.3 分散的聴取

音声分離知覚の研究の多くに共通する点として、目的話者の音声を定義する情報をあらかじめ知っているという点がある。たとえば、目的話者の音声呈示される空間的な位置をあらかじめ知っているもの [24], [25]、目的話者の音声のみに含まれるキーワードをあらかじめ知っているもの [23], [24]、目的話者の音声の音質をあらかじめ知っているもの [16], [28] 等である。このような、目的話者の音声を定義する情報をあらかじめ知っており、その音声を選択的に聴取する選択的聴取（selective listening）に対して、事前に聞き取る対象の音声を特定せず、同時に複数の音声を網羅的に聞き取ろうとする分散的聴取（divided listening）がある。現実的な状況では、聴取者は複数の声のうち聞き取りたいものの特徴をあらかじめ知っていると限らない。むしろ聞き取る対象を特定せずに複数の音声を聞き取ったうえで必要な情報を取捨選択したい場合もある。本研究では目的となる音声を設定せず、複数の音声を同時に聴いた場合にどの程度網羅的に聞き取れるかについて検討する。

2.3.1 同時話者 3 名以上の分散的聴取

分散的聴取課題について実験を行っている先行研究 [12], [21], [31] では、同時に呈示される音声の話者人数が 2 名の場合において、2 つの音源を空間配置的に分離させることが有効であることが報告されている。別の先行研究 [32], [33] では、話者が 3 名以上の場合について検討しているが、柏野らは、同時呈示された複数音声から認識できる話者人数を検証し、川島らは、先行聴取させた複数音声に、その後に表示する音声が含まれていたかを検証しており、きちんと内容まで聞き取れていたかについては検討していない。本研究は、遠隔会議において 3 人以上の話者が同時発話することを想定し、3 人以上の分散的聴取実験における音像定位分散の効果について検討する。遠隔会議を想定した一般的な設備環境を設定し、複数音声の同時呈示から、いくつの単語の内容を正しく聞き取ることができたかを検討する。

2.3.2 録音呈示手法

前述の 3 名以上の分散的聴取における分離知覚限界を明らかにしようとする研究 [32], [33] の実験では、単純に複数の音声を合成して再生を行っており、複数音声を個別に音像定位をした場合にどの程度聞き取れるようになるかについては検討されていない。一方、2 つの音源を空間配置的に分離させることが分散的聴取において有効であることを報告している研究 [12], [21], [31] では KEMAR ダミーヘッド・マイクロフォンを用いて空間的に分離させた音像を使用している。これに対して本研究ではそのような特殊な機器を用いることなく、一般的な設備環境を想定する。すなわち、本研究では 2~5 名の話者の音声を、IID と ITD の制御によって分離して定位させた場合の聞き取りやすさへの影響について実験的に検討する。

2.3.3 対象言語

分散的聴取に関する多くの先行研究では、聴取者にとっての母語のみを用いて実験を行っている [12], [21], [31], [32], [33]。これに対し本研究では、留学生のように非母語を用いてコミュニケーションを行う必要がある人を対象に、非母語を用いた場合の実験条件を設定し、使用する言語の種類が聞き取りやすさに影響するかどうかについて検討する。

3. 実験

3.1 実験目的

本実験では、多人数同時発話に対して音声を分散して定位することでそれぞれの発言内容が聞き取りやすくなるか否かを明らかにする。具体的には、単一マイクで録音した複数の音声を被験者が自分の感覚に合わせて定位した場合、実際にそれらの音声を正しく聞き取れるかについて検討する。また、本研究では非母語話者の音声聴取についても検討する。母語と比べて非母語の方が被験者の語彙が少ないため正答率への影響が想定されるが、どのように影響

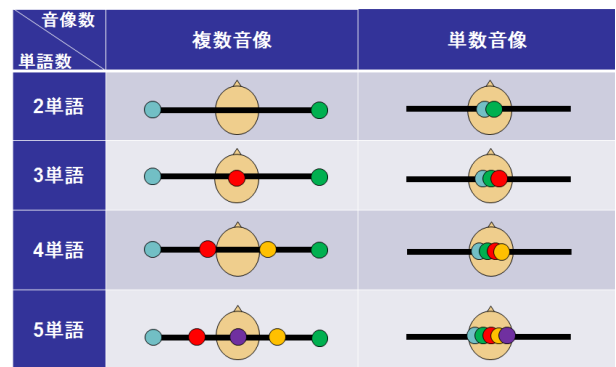


図 1 実験条件

Fig. 1 Experiment pattern.

するかについて調べる。

3.2 被験者

被験者は聴力が正常な中国人の成人 20 名（女性 14 名、男性 6 名）である。被験者は全員、日本国際教育支援協会と国際交流基金の主催する日本語能力試験において N2 レベル以上であり、日常的な場面で使われる日本語の理解に加え、より幅広い場面で使われる日本語をある程度理解することができる。在日平均年数は約 1 年であり、平均年齢は 23.0 歳（標準偏差：1.7）である。

3.3 実験条件

本実験では同時に再生する単語数を、中国語は 2, 3, 4, 5 語の 4 条件、日本語は 2, 3, 4 語の 3 条件を用意した。さらに音像定位の効果を測るため、用いる単語数に応じて複数の音像を均等に分散させて定位する複数音像条件と、用いる単語数にかかわらず、すべての音像を分散させずに中央に定位する単数音像条件を用意した。図 1 に実験条件を示す。線分上に示す小さな丸は音像の定位位置を示している。本研究では音像を仮想的に分散させることの効果を検討することが目的であるため、必ずしも 3 次元的に音像を分離させる必要はなく、左右方向の 1 次元的な分離のみを扱う。

3.4 実験環境

図 2 に実験時の被験者の様子を示す。実験を行った空間の A 特性重み付きの騒音レベルは 31.9 dB であった。事前に単語聴取実験用に開発したソフトウェアの入ったパーソナルコンピュータおよびキーボード、マウス、密閉型のヘッドホン（JVC 社の HA-XS10X）を用意した。ソフトウェア構築環境として、OS は Windows 7、数値計算言語には MathWorks 社の MATLAB 7.0 [34] を使用した。

3.5 実験用ソフトウェア

図 3 に音像定位のパラメータ設定時の画面を示す。被



図 2 実験時の被験者の様子
Fig. 2 Actual scene of the experiment.

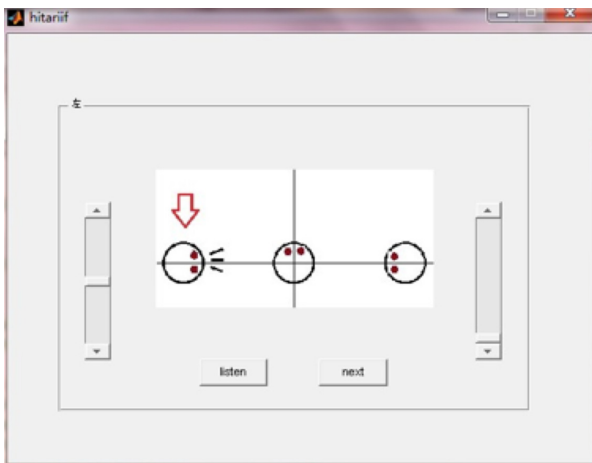


図 3 音像定位用パラメータ設定時の画面
Fig. 3 The interface of for setting up the individual audio parameters.

験者は図 3 中の左側のスライダを調整することで、IID バランス（左：右）を 0：10～10：0 の整数 11 段階で設定できる。また、右側のスライダを調整することで、ITD を 0 ms～約 5 ms の範囲でおよそ 0.05 ms 刻みの 100 段階で設定できる。右のスライダを一番上まで引き上げると約 5 ms となり、一番下まで引き下げると 0 ms となる。図 3 は被験者に提示される初期画面であり、IID バランスは 5：5、ITD は 0 ms であることを示す。

3.5.1 IID の制御

左右方向に音像定位する場合、各ユーザ固有の IID バランス（音像側耳：反対側耳=B：10-B）に従って音声ファイルの波形データのピークレベルを制御することで、1 単語の左右耳のレベルを調整する。具体的には、音像側耳の波形ピークを基準ピーク P とし、反対側耳への波形ピークを P に対して $(10-B)/B$ 倍にする。IID バランス B は 0～

10 の間の実数である。中央に音像定位する場合は、IID バランス B を中央値である 5 とし、左右とも波形ピークは P となる。4 単語条件、5 単語条件において、左と中央の間または右と中央の間に定位する場合は、音像側耳への波形ピークを P に対して $(B+5)/2$ 倍 ($=B'$) にし、反対側耳への波形ピークを P に対して $(10-B')/B'$ 倍にする。

なお、左右それぞれの波形ピークの二乗平均平方根である RMS 値を用い、レベル L_p [dB] を求めることができる。

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{RMS}{P_{min}} \quad (1)$$

P_{min} は 20×10^{-6} [Pa] であり、健康な人間の最小可聴音圧である。以上のように、音声ファイルの波形ピークに差を生じさせることで、呈示音声のレベルを制御する。

3.5.2 ITD の制御

ITD の代表的なモデルとして、Kuhn の計算式および Woodworth と Schlosberg の計算式がある [35], [36]。これらではそれぞれ人の頭部の大きさを変数の 1 つとして組み込んで計算式を提示している。さらに、3D 化の効果を高めるために ITD を大きめに設定した音声システムもある [37]。このように、頭部の中心から左右耳の延長線上に音像を定位する場合の適切な ITD の値については諸説あり、1 つの値に定めることはできない。頭部の大きさや音の聴こえ方は個人差もあるため、本ソフトウェアでは各被験者が自身の感覚に合わせて設定できるようにした。

各ユーザ固有の ITD 値は 0～5 の間の実数である。実際に右または左耳が先行させることのできる時間差 (ITD') はサンプリング周波数 f_s [kHz] に依存するため、設定された ITD 値に下記の式を適用し、近似した遅延時間を求める。

$$ITD' = \frac{[ITD \times f_s + 0.5]}{f_s} \quad (2)$$

実験では、音像の反対側耳への再生タイミングを ITD' [ms] 遅らせて再生する。

3.6 音声刺激

被験者にとって親密度が高い単語となるように、中国語の単語リストは被験者らが学習済みである中国の高校の語学の教科書 [38] から、日本語の単語リストは、単語理解度が高いとされる親密度 7.0～5.5 の単語理解度リスト（全 1,095 語） [39] から選定した。使用した中国語の単語リストを付録に示す。中国語の音声ファイルは母語を中国語とする男性留学生 5 名の音声を録音した計 250 語を使用した。日本語の音声ファイルは、日本語 NHK アクセント辞典 [40] の付録である男性アナウンサー 4 名の音声を録音した計 130 語を使用した。音声ファイルは、サンプリング周波数が 44.1 kHz の 16 bit リニア PCM 形式である。音声ファイルの波形ピークを揃えたうえで使用した。

使用する中国語、日本語の単語は 4 モーラである。日本

語の単語理解度リストにある単語が4モーラであるため、これに従い、中国語は4モーラ数である四字熟語を採用した。ただし、実験前に被験者にはモーラ数を教示してはいたないため、モーラ数の点で先読みができたとは考えにくい。モーラ数をランダムにして呈示する場合は試行数が増加するため、被験者の負担を考慮し、モーラ数を統一して実験を実施した。

3.7 実験手順

被験者は機器の操作方法について説明を受け、事前準備、単語聴取実験の順に取り組んだ。事前準備では音像定位用パラメータの設定およびパーソナルコンピュータのボリュームの調整を実施した。続いて単語聴取実験において、日本語の2~4単語実験をランダムな順番で実施し、続いて中国語の2~5単語実験をランダムな順番で実施した。

3.7.1 事前準備

事前準備では、実験にて音像定位するにあたって必要となるIIDおよびITD用のパラメータ値を被験者ごとに決定するため、被験者自身に設定させる。被験者は画面中央の図(図3中の図は最も左側から聴こえるように設定することを指示している)に従い、左右のスライダを上下に調節しながら設定を行う。被験者には2つのスライダがどのような意味を持つかについては知らせず、「画面中の矢印が指す方向、つまり最も左方向または最も右方向から聴こえるように自由に調整してください」とのみ伝えた。画面中の「listen」ボタンを押すと、その時点での2つのスライダに対応したパラメータ値を用いてIID、ITDを制御し、音声が出力される。何度でも「listen」ボタンを押下することができ、聴こえ方を確認しながらパラメータ値を設定することができる。被験者は、左方向の設定を終えたら「next」ボタンを押下し、右方向の音像定位設定に移行する。このように定位方向を変えながら、被験者は左右それぞれ3回ずつ交互に設定を行った。この3回の設定結果の平均値を、単語聴取実験時の音像定位のIID、ITDの制御に用いた。実験開始後はこのパラメータ値を変更することはできない。なお、被験者には事前準備時に、音声聴き取りやすくなるようパーソナルコンピュータのボリューム設定を調節することを許可した。ただし、実験開始後は、ボリューム設定を変更しないように指示した。

3.7.2 単語聴取実験

単語聴取実験では被験者に複数の音声を同時に呈示し、聴き取れた単語を入力フォームに記述させ、その回答ログを取得した。各言語、各単語数の実験について、複数音像条件、単数音像条件を5回ずつ連続して実施した。複数音像条件を先に実施する被験者の人数と単数音像条件を先に実施する被験者の人数を同一にすることでカウンターバランスをとった。条件が切り替わる際には、合図として画面に「attention!!」の文字列を表示した。被験者にはあらか



図4 2単語実験時の画面

Fig. 4 The interface of two-word experiment.

じめ合図が表示された前後で聴こえ方が変わることのみ教示しておいた。実験では、音声ファイルは「listen」ボタンを押下したタイミングの一度のみ再生することができる。被験者は聴き取れた単語を入力フォームに入力した。図4に2単語実験の場合の入力フォーム画面を示す。単語数が増えるに従い、「a, b」と示されている単語入力欄も「a, b, c」, 「a, b, c, d」と増える。被験者に呈示される音声ファイルは、ソフトウェアが「どの話者のどの単語か」を試行ごとにランダムに選定する。ただし、同一話者の音声複数同時に呈示されることのないように制御した。さらに、3単語複数音像条件であれば、つねに3名の話者による音声呈示があり、1回目に左に定位された話者の音声は2回目には中央に定位される等、定位位置固定による聴き取りやすさへの影響が生じないようにした。また、同一被験者に同一の音声ファイルが2度以上用いられることのないように制御した。

3.8 データの取得

事前準備時には、被験者ごとに設定されたIIDおよびITD用パラメータ値を、単語聴取実験では試行ごとの回答ログを得た。実験条件ごとに回答ログと正答データを照会することで、各試行の正答率を求めた。

3.9 質問紙調査方法

質問紙調査では、事前準備時の音像定位の操作性、使用した単語の難易度、再生速度、音像の分散状況による聴こえ方の違いに関する印象、音像の分散状況の差による聴こえやすさへの影響について調査した。質問項目は計8項目で構成し、回答は「1:まったく当てはまらない」、「2:当てはまらない」、「3:あまり当てはまらない」、「4:どちらでもない」、「5:やや当てはまる」、「6:当てはまる」、「7:よく当てはまる」の7段階のリッカート尺度で行い、それぞれ1~7点を対応付けた。質問項目は、Q1「左右の音像

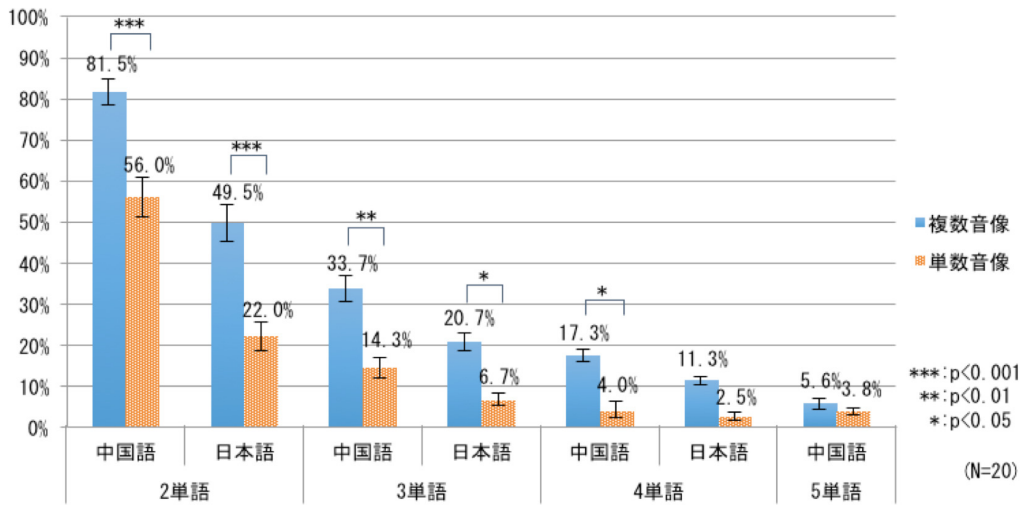


図 5 平均正答率

Fig. 5 The rate of correct answers.

定位の設定が難しかった], Q2「単語が難しかった」, Q3「再生速度が速かった」, Q4「合図の画面前後で聞こえ方が違った」, Q5「2語の場合, 合図を表示する前の音声の方が聞きやすい」, Q6「3語の場合, 合図を表示する前の音声の方が聞きやすい」, Q7「4語の場合, 合図を表示する前の音声の方が聞きやすい」, Q8「5語の場合, 合図を表示する前の音声の方が聞きやすい」である. Q1~Q7を日本語実験後, Q2~Q8を中国語実験後にそれぞれ実施した. Q1は音像定位パラメータ設定時の操作性に関する質問であるため, 先に実施した日本語実験後のみ, Q8は5単語実験に関する質問であるため, 中国語実験後のみ実施した.

3.10 単語認知率調査

単語聴取実験とは異なるタイミングで, 事後調査として, 単語聴取実験で使用した単語の単語認知率について質問紙調査を行った. 本調査対象の中国人 20名は全員が日本語能力試験 N2 レベル以上であり, 単語聴取実験における被験者らと同様である. 質問紙には, 単語聴取実験で使用した単語すべてについて, それぞれ「知っている/知らない」の2択で回答させた.

4. 実験結果

4.1 音像定位用パラメータ

事前準備時の, 左右方向の音像定位については被験者1名に対し3回ずつ実施し, 20名の被験者で60サンプルを得た. その結果, 左方向の音像定位のパラメータの平均値は, IID バランスが 8.8:1.2 (左:右, 標準偏差 (以下, SD と表す): 0.9), ITD (右耳への音声出力時刻から左耳への音声出力時刻を引いた時間) が 1.3 ms (SD: 1.5) であった. 同様に, 右方向の音像定位のパラメータの平均値は, IID バランスが 1.3:8.7 (左:右, SD: 1.0), ITD (左耳への音声出力時刻から右耳への音声出力時刻を引いた時間)

が 2.1 ms (SD: 1.8) であった.

4.2 単語聴取実験における正答率

図 5 に平均正答率を示す. エラーバーは標準誤差を示す. 図中ではすべての単語を正確に入力できた場合を正答率 100%とする. たとえば, 2単語実験の場合, 2問中2問正解で 100%, 2問中1問正解であれば 50%, 1問も正解できなければ 0%となる. 各言語, 各単語数実験の複数音像条件と単数音像条件の結果を Wilcoxon の符号付順位検定を用いて比較した. この結果, 中国語 5単語実験, 日本語 4単語実験を除くすべての実験について, 複数音像条件の方が単数音像条件よりも有意に正答率が高かった (中国語: 2単語 $Z = -3.582$, $p = 0.0003$, 3単語 $Z = -3.002$, $p = 0.003$, 4単語 $Z = -2.227$, $p = 0.026$, 5単語 $Z = -0.954$, $p = 0.340$, 日本語: 2単語 $Z = -3.744$, $p = 0.0002$, 3単語 $Z = -2.42$, $p = 0.015$, 4単語 $Z = -1.386$, $p = 0.166$). また, 中国語, 日本語の両言語実験それぞれについて, 単語数が多くなればなるほど正答率が低下することが分かった.

4.3 質問紙調査結果

質問紙調査の結果について, 図 6 に質問項目ごとの平均得点を示す. エラーバーは標準誤差を示す. 質問項目 Q5~Q8 は, 被験者が複数音像条件と単数音像条件のどちらを先に聴いたかによって回答の意味合いが反対となるため, 先に単数音像条件を受けた被験者の回答を反転項目として取り扱い, 集計した. よって Q5~Q8 の結果は, 複数音像条件の方が単数音像条件よりも聞きやすいと感じたかどうかの結果を示しているといえる.

図 6 の結果から, 事前準備時の音像定位の操作性, 使用した単語の難易度, 再生速度に関する Q1~Q3 の平均得点は「どちらでもない」という回答である 4点の前後1点以内の数値であり, 難しすぎず簡単すぎず, 早すぎず遅すぎ

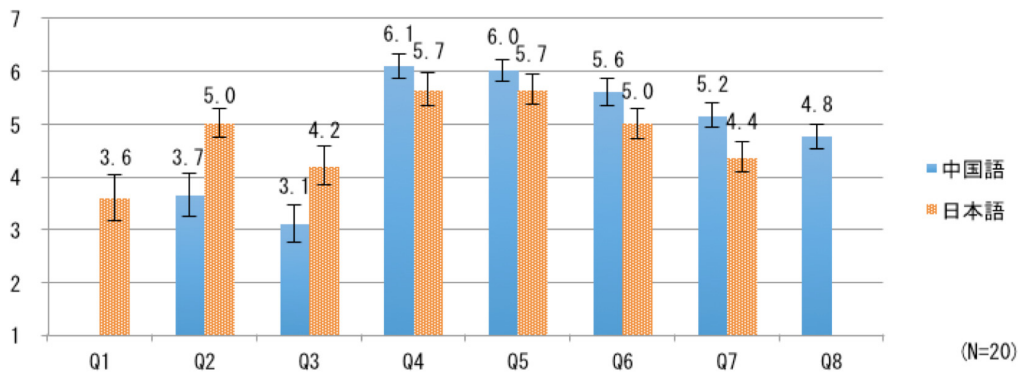


図 6 質問項目ごとの平均得点

Fig. 6 The average point of questionnaire.

ず適度であったといえる。Q4の音像の分散状況による聴こえ方の違いに関する印象については、中国語での実験時に6.1、日本語での実験時に5.7という高得点であり、印象的であったと考えられる。また、Q5~Q8について、複数音像条件の方が単数音像条件よりも聴きやすいかどうかについて、両言語において「どちらでもない」という回答の4点を上回る結果となった。このことは、被験者が使用する言語や同時に発声される単語数にかかわらず、複数音像の方が単数音像よりも聴きやすいと感じることを示唆している。

4.4 単語認知率調査結果

調査の結果、中国語の単語に対する認知率は89.8% (SD:5.4)であり、日本語の単語の認知率は65.8% (SD:13.7)であった。つまり、中国語の認知率に対して日本語の認知率の比率はおよそ7割強であった。単語をもともと知っていたかどうかの語彙の差が単語聴き取りの正答率に影響を与えると考えられる。ただし、単語数や音像の分散程度が同条件の言語間の正答率を比較すると、いずれも日本語の正答率が中国語の正答率の7割を下回ることから、語彙の差以外にも単語聴取の正答率に影響を与える要因が存在することが推察される。

5. 検討

5.1 単語聴取実験における正答率

5.1.1 音像分散の有効性

中国語5単語実験、日本語4単語実験を除くすべての実験について、複数音像条件の方が単数音像条件よりも正答率が高かった。特に、より聴き分けがしやすいと考えられる少単語数実験においてその差は顕著であった。中国語の結果の方が日本語の結果よりも総じて正答率が高いのは、被験者の母語が中国語であったためだと考えられる。一方、中国語では5単語、日本語では4単語実験において両条件の正答率に差が認められなかった。母語では4単語まで、非母語では3単語までにおいて、音像を分離して定位

することの有効性を示すことができた。

5.1.2 先行研究の結果との比較

複数音像を空間配置的に分離させることが分散的聴取における聴き取りに有効であることは先行研究でも言及されている [12], [21], [31]。これらの研究では KEMAR ダミーヘッド・マイクロフォンを用い、空間的に分離した2つの音像を同時に聴いた場合について検討している。本研究においては2単語実験における複数音像条件と単数音像条件の正答率の比較に相当する。本研究においては IID, ITD を用いた音像定位で複数の音像を分離させており、手法のうえで違いはあるものの、音像の定位を分離させることの有効性については同様の結果が得られた。Best らは音声刺激の定位の分離角度をより広げた方が聴き取りの正答率が高まることを報告している [31]。本実験においては2単語実験が最も大きく分離されており、5単語実験が最も小さく分離されている。本実験における単語数が多くなればなるほど正答率が低くなっているという結果は、各音像の分離程度の大きさが関係している可能性がある。

話者が3名以上の分散的聴取に関しては、柏野らが複数話者により同時発声された単語を呈示し、被験者に話者人数を回答させる実験を行っている。その結果、課題の正答率は、話者が2名時にはほぼ100%であるのに対し、3名以降急速に低下し、話者が3名の場合に、話者人数が3名であると正しく回答できた割合はたかだか2割であると報告している [32]。川島らは同時複数音声再生の後に、その中から無作為に選択する単独音声呈示し、複数音声の中に単独音声が含まれていたかどうかを選択させる方法で分散的聴取における知覚限界を探った。その結果、分離知覚に関わる認知的処理効率の限界（注意の限界）が話者数2名程度であることを推測している [33]。柏野らは同時話者の人数について回答を求め、川島らは複数音声の中に特定の単独音声が含まれていたかどうかの2肢強制選択で回答を求めているため、同時に再生される複数話者音声の声質を聴き分けて回答しているのか、呈示された単語の意味内容まで理解して回答できているかまでは判断できない。こ

れに対し、本研究では呈示された単語を一字一句正しく記述できるかを正答の基準にしているため、被験者が正確に聴き取ることができたといえる音声の数について検討できる。これら関連研究の実験における音声の呈示は本実験での単数音像条件に当たり、母語での正答率の結果は2単語の場合に56.0%、3単語では14.3%、4単語では4.0%、5単語では3.8%と3単語以上の場合に正答率は大きく低下した。関連研究における実験ではそれぞれ、話者数と特定音声の有無の判定であるので評価対象が本研究とは異なっているが、同時話者数が増加するにつれて単語の認識率が低下するという傾向は一致した。

中井らは遠隔協調作業環境を想定し、画面に映った3名の話者が同時に発声した別々の単語のうち、あらかじめ指定された話者の単語を選択的に聴き取らせるという実験を行っている。この結果、バイノーラル録音再生方式による単語理解度が、3人の音声を別々に1chマイクで録音したものを合成し、仮想的にモノフォニック再生した場合、ダイオティック再生した場合それぞれよりも高いことを報告している [41]。本研究ではバイノーラル録音再生方式ではなく、IID、ITDによる定位を用いているが、音像を分散して定位させた場合の単語理解度の有効性を示している点は一致している。ただし、本研究では3点定位だけでなく、2点から5点まで評価し、理解度の変化を検討することで音像定位の適当な分散数を得ている。

5.1.3 聴取が期待できる話者人数

図5から、母語を用いた場合の複数音像条件の正答率は、2単語で81.5%、3単語で33.7%、4単語で17.3%、5単語で5.6%であった。同時話者数によって正答率の意味合いは異なり、聴き取れた話者数が1名の場合は2単語実験では50%、3単語事件では33.3%、4単語実験では25%、5単語実験では20%となる。つまり、2単語実験での正答率が75%を超えているということは、同時話者数が2名の場合において、聴き取れた話者数が2名であったケースの方が1名であったケースよりも多いといえる。同様に、同時話者数が3名の場合、聴き取れた話者数はおよそ1名であったといえる。同時話者数が4名の場合には、聴き取れた話者数が1名であったケースの方が0名であったケースよりも多いといえ、同時話者数が5名の場合には、聴き取れた話者数が1名であったケースの方が0名であったケースよりも少ないといえる。一方、単数音像条件では2単語で56.0%、3単語で14.3%、4単語で4.0%、5単語で3.8%であった。すなわち、同時話者数が2名の場合、聴き取れた話者数がおよそ1名であり、同時話者数が3名の場合、聴き取れた話者数が1名であったケースの方が0名であったケースよりも少ないといえる。また、同時話者数が4または5名の場合には正答率は大きく低下し、多くのケースで1名も聴き取れなかったことが分かる。以上のことから、音像を複数に分散させることによって、特に2~4

名が同時に発話する場面において聴き取ることのできる話者の人数が増加することが分かった。また、単数音像条件では話者1名の発話内容も聴き取れていないケースが半数以上を占めるのが同時話者3名以上の場合であると推察されるが、複数音像条件では同時話者4名の場合においても話者1名の発話内容が聴き取れているケースがまったく聴き取れていないケースよりも多いと考えられる。複数音像の定位を分散させることにより、少なくとも1名の話は聴き取れると期待できる同時話者人数は2名から3名に向上したといえる。

5.2 質問紙調査結果

図6から、主観的評価においても複数音像を分離させることが聴きやすさに効果的であることが示唆された。また、2語の場合の音像を分散させることの印象を問うQ5では、中国語実験で6.0、日本語実験で5.7という高得点であるのに対し、3語の場合を示すQ6ではそれぞれ5.6、5.0、4語の場合を示すQ7ではそれぞれ5.2、4.4とその得点が低下している。同時話者の人数が多くなるに従って、複数音像の分散の効果の印象も弱まる傾向にあるといえる。

その一方で、中国語、日本語の結果を比較したところ、質問項目Q2「単語が難しかった」について日本語の結果の方が高得点であった。被験者は中国人であるため、非母語の日本語を用いた実験の方が母語の中国語を用いた実験よりも、使用した単語を難しいと感じていたと推察される。また、中国語実験と日本語実験で再生速度は同一にしていたが、Q3「再生速度が速かった」の結果から、再生速度の感じ方に差が生じていたように見て取れる。これは、使用する言語による聴き取り能力の差に起因するものと考えられる。また、複数音像を分散して定位させることの効果を問う質問項目について、2単語の場合に関するQ5では両言語間でさほど差がないことに対し、3単語の場合に関するQ6、4単語の場合に関するQ7では中国語の結果の方がより高得点である傾向にあった。2単語よりも3単語、さらに3単語よりも4単語実験において被験者は中国語実験の方が日本語実験よりも音像を分散させることの効果をより強く感じるということが示唆された。以上より、聴き取りやすい条件よりも多少聴き取りにくい条件において、非母語を用いた場合に比べて母語を用いた場合の主観的評価に、音像定位の分散がより効果的であったと推測される。

6. まとめ

本研究では、音声の定位を分離することが、複数音声の聴き分けに効果的かどうか明らかでないため、実験のためのソフトウェアを実装したうえで検討した。この結果、複数の音声を個々に定位し複数位置から聴こえるように同時再生した場合は、個々に定位せず同時に再生した場合に比べ、同時に聴き取れる話者の人数が増大することが分かっ

た。また、複数音像の定位を分散させることにより、少なくとも1名の話者を聞き取れると期待できる同時話者人数が2名から3名に向上することが分かった。一方、質問紙による主観的な評価でも、複数の音声は個々に定位することが「聴きやすさ」に大きく影響し、より聴きやすいという印象を与えることが示唆された。また、これらの知見は母語、非母語にかかわらず有効であることが分かった。以上より、非母語によるコミュニケーションを含む遠隔会話において、IID, ITD を用いた音像定位分散の活用可能性を示すことができた。本実験では遠隔会議支援の基礎的な知見を得るために単語の聞き取りの正答率について検討した。今後の課題として文脈の意味理解に焦点を当て、より実際の会話に近い状況での効果についても検討する必要がある。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金 26330218 の支援による。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] Sellen, A.J.: Speech patterns in video-mediated conversations, *Proc. ACM CHI '92*, pp.49–59 (1992).
- [2] Okada, K., Maeda, F., Ichikawa, Y., and Matsushita, Y.: Multiparty videoconferencing at virtual social distance: MAJIC design, *Proc. ACM CSCW'94*, pp.385–393 (1994).
- [3] 井上智雄, 岡田謙一, 松下 温: 空間設計による対面会議と遠隔会議の融合: テレビ会議システム HERMES, 電子情報通信学会論文誌 D-II, 情報・システム II-情報処理, Vol.J80-D-2, No.9, pp.2482–2492 (1997).
- [4] Benford, S. and Fahlén, L.: A Spatial Model of Interaction in Large Virtual Environments, *Proc. 3rd European Conference on CSCW (ECSCW' 93)*, pp.109–124 (1993).
- [5] Greenhalgh, C. and Benford, S.: MASSIVE: A collaborative virtual environment for teleconferencing, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol.2, No.3, pp.239–261 (1995).
- [6] 田尻哲男, 島村和典: サイバースペースにおける通信サービスの一提案, 情報文化学会誌, Vol.3, No.1, pp.76–80 (1996).
- [7] 黒住幸一, 大串健吾: 音響信号の両耳間相関関数に基づく音像定位の予測モデル, 日本音響学会誌, Vol.44, No.10, pp.726–734 (1988).
- [8] Cherry, E.C.: Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.25, pp.975–979 (1953).
- [9] Miller, G.A.: The masking of speech, *Psychol. Bull.*, Vol.44, pp.105–129 (1947).
- [10] Bronkhorst, A.W.: The cocktail party phenomenon: A review of research on speech intelligibility in multiple-talker conditions, *Acustica*, Vol.86, pp.117–128 (2000).
- [11] Egan, J.P., Carterette, E.C. and Thwing, E.J.: Some factors affecting multi-channel listening, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.26, pp.774–782 (1954).
- [12] Ihlefeld, A. and Shinn-Cunningham, B.G.: Spatial release from energetic and informational masking in a divided speech identification task, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.123, pp.4380–4392 (2008).
- [13] Festen, J.M. and Plomp, R.: Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.88, No.4, pp.1725–1736 (1990).
- [14] Webster, J.C. and Thompson, P.O.: Responding to both of two overlapping messages, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.26, pp.396–402 (1954).
- [15] Carhart, R., Tillman, T.W. and Greetis, E.S.: Perceptual masking in multiple sound backgrounds, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.45, pp.694–703 (1969).
- [16] Begault, D.R. and Erbe, T.: Multichannel spatial auditory display for speech communication, *J. Audio Eng. Soc.*, Vol.42, pp.819–823 (1994).
- [17] Drullman, R. and Bronkhorst, A.W.: Multichannel speech intelligibility and talker recognition using monaural, binaural, and three-dimensional auditory presentation, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.107, No.4, pp.2224–2235 (2000).
- [18] MacKeith, N.W. and Coles, R.R.A.: Binaural advantages in hearing of speech, *The Journal of Laryngology & Otology*, Vol.85, No.03, pp.213–232 (1971).
- [19] Moncur, J.P. and Dirks, D.: Binaural and monaural speech intelligibility in reverberation, *J. Speech Hear Res.*, Vol.10, No.2, pp.186–195 (1967).
- [20] Nábělek, A.K. and Pickett, J.M.: Reception of consonants in a classroom as affected by monaural and binaural listening, noise, reverberation, and hearing aids, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.56, pp.628–639 (1974).
- [21] Shinn-Cunningham, B.G. and Ihlefeld, A.: Selective and divided attention: Extracting information from simultaneous sound sources, *Proc. 10th International Conference on Auditory Display (ICAD)* (2004).
- [22] Duquesnoy, A.J.: Effect of a single interfering noise or speech source upon the binaural sentence intelligibility of aged persons, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.74, No.3, pp.739–743 (1983).
- [23] Brungart, D.S., Simpson, B.D., Ericson, M.A. and Scott, K.R.: Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.110, pp.2527–2538 (2001).
- [24] Freyman, R.L., Balakrishnan, U. and Helher, K.S.: Spatial release from informational masking in speech recognition, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.109, pp.2112–2122 (2001).
- [25] Freyman, R.L., Balakrishnan, U. and Helher, K.S.: Effect of number of masking talkers and auditory priming on informational masking in speech recognition, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.115, pp.2246–2256 (2004).
- [26] Arbogast, T.L., Mason, C.R. and Kidd, G. Jr.: The effect of spatial separation on informational and energetic masking of speech, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.112, pp.2086–2098 (2002).
- [27] Yost, W.A., Dye, R.H. and Sheft, S.: A simulated 'cocktail party' with up to three sound sources, *Percept. Psychophys.*, Vol.58, pp.1026–1036 (1996).
- [28] Peissig, J. and Kollmeier, B.: Directivity of binaural noise reduction in spatial multiple noise-source arrangements for normal and impaired listeners, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.101, pp.1660–1670 (1997).
- [29] Bronkhorst, A.W. and Plomp, R.: Effect of multiple speechlike maskers on binaural speech recognition in normal and impaired hearing, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.92, No.6, pp.3132–3139 (1992).
- [30] Hawley, M.L., Litovsky, R.Y. and Colburn, H.S.: Speech intelligibility and localization in a multi-source environment, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.105, pp.3436–3448

(1999).

[31] Best, V., Gallun, F.J., Ihlefeld, A. and Shinn-Cunningham, B.G.: The influence of spatial separation divided listening, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol.120, No.3, pp.1506-1516 (2006).

[32] 柏野牧夫, 平原達也: 一度に何人の声を聞き分けられるか?, 音講論集, pp.467-468 (1996).

[33] 川島尊之, 佐藤隆夫: 同時複数音声の分散的聴取における知覚限界, 日本音響学会誌, No.65, Vol.1, pp.3-14 (2008).

[34] MathWorks: MATLAB 数値計算言語, 入手先 (<http://www.mathworks.co.jp/products/matlab/>) (参照 2015-07-15).

[35] Kuhn, G.F.: Physical Acoustics and Measurements Pertaining to Directional Hearing, *Directional Hearing*, pp.3-25 (1987).

[36] Kling, J.W. and Riggs, L.A.: *Woodworth & Schlosberg's Experimental Psychology*, Holt, Rinehart and Winston (1971).

[37] Hardman, V. and Iken, M.: Enhanced Reality Audio in Interactive Networked Environments, *Proc. Framework for Interactive Virtual Environments*, pp.55-66 (1996).

[38] 民教育出版社中学語文室: 人教版全日制普通高中教材第一冊, 人民教育出版社 (2002).

[39] 東北大学電気通信研究所: 単語理解度試験用単語リスト, 入手先 (<http://www.ais.riec.tohoku.ac.jp/lab/wordlist/index-j.html>) (参照 2015-07-15).

[40] NHK 放送文化研究所: NHK 日本語発音アクセント辞典新版, 日本放送出版協会 (1998).

[41] 中貝順一, 小澤賢司: 音の再生方式と高能率符号化が競合話者存在下での単語理解度におよぼす影響, 電子情報通信学会論文誌 A, 基礎・境界, Vol.J88-A, No.9, pp.1026-1034 (2005).

081) 大放厥词 082) 入不敷出 083) 摇摇欲坠 084) 横七竖八 085) 息息相关 086) 小家碧玉 087) 遍体鳞伤 088) 沸反盈天 089) 皮开肉绽 090) 永垂不朽 091) 坚忍不拔 092) 卓有成效 093) 喜出望外 094) 杀人如麻 095) 祸起萧墙 096) 同年而语 097) 深谋远虑 098) 囊括四海 099) 追亡逐北 100) 杜鹃啼血 101) 斩木揭竿 102) 云集响应 103) 席卷天下 104) 千呼万唤 105) 窃窃私语 106) 珠盘玉落 107) 整衣敛容 108) 弃甲曳兵 109) 司马青衫 110) 门前冷落 111) 暮去朝来 112) 秋月春风 113) 磨牙吮血 114) 地崩山摧 115) 胆战心惊 116) 吞吞吐吐 117) 谨小慎微 118) 寄人篱下 119) 休戚与共 120) 空头支票 121) 容有底止 122) 终南捷径 123) 杯盘狼藉 124) 遗世独立 125) 少长咸集 126) 天下归心 127) 杨柳依依 128) 载笑载言 129) 二三其德 130) 长歌当哭 131) 盛筵难再 132) 陆海潘江 133) 一夫当关 134) 饿殍遍野 135) 卧薪尝胆 136) 望洋兴叹 137) 贻笑大方 138) 秦晋之好 139) 顺风而呼 140) 追亡逐北 141) 欣欣向荣 142) 勾心斗角 143) 今是昨非 144) 自寻烦恼 145) 晓风残月 146) 穷困潦倒 147) 人生如梦 148) 食不下咽 149) 乍暖还寒 150) 江山如画 151) 鱼目混珠 152) 良莠不齐 153) 天马行空 154) 信笔涂鸦 155) 文不加点 156) 信手拈来 157) 淋漓尽致 158) 绘声绘色 159) 短小精悍 160) 洋洋洒洒 161) 玲珑剔透 162) 巧夺天工 163) 精益求精 164) 登堂入室 165) 相敬如宾 166) 破镜重圆 167) 碧海青天 168) 长此以往 169) 无独有偶 170) 在劫难逃 171) 不一而足 172) 首鼠两端 173) 一概而论 174) 壁垒分明 175) 总角之交 176) 一言九鼎 177) 刮目相看 178) 胸无城府 179) 八面玲珑 180) 炙手可热 181) 克勤克俭 182) 老气横秋 183) 器宇轩昂 184) 从善如流 185) 崭露头角 186) 浑身解数 187) 大而化之 188) 津津乐道 189) 分道扬镳 190) 不学无术 191) 明珠暗投 192) 方兴未艾 193) 寿终正寝 194) 蒸蒸日上 195) 推波助澜 196) 粗枝大叶 197) 绞尽心机 198) 不情之请 199) 抛砖引玉 200) 荼毒生灵 201) 峥嵘岁月 202) 风华正茂 203) 挥斥方遒 204) 百舸争流 205) 天伦叙乐 206) 危在旦夕 207) 从谏如流 208) 洞若观火 209) 以退为进 210) 化险为夷 211) 发上指冠 212) 无可奈何 213) 秋毫之声 214) 劳苦功高 215) 约法三章 216) 目不忍视 217) 步履稳健 218) 博闻强记 219) 屏息以待 220) 世人瞩目 221) 婆婆起舞 222) 引人注目 223) 发人深思 224) 耸入云天 225) 扭转乾坤 226) 信誓旦旦 227) 夙兴夜寐 228) 九死不悔 229) 瞻前顾后 230) 楚楚可怜 231) 坚如磐石 232) 去日苦多 233) 群贤毕至 234) 曲水流觞 235) 情随事迁 236) 放浪形骸 237) 沧海一粟 238) 正襟危坐 239) 不绝如缕 240) 余音袅袅 241) 责无旁贷 242) 骇人听闻 243) 义愤填膺 244) 安之若素 245) 心急如焚 246) 无济于事 247) 不言而喻 248) 休戚相关 249) 豁然开朗 250) 浅尝辄止

付 録

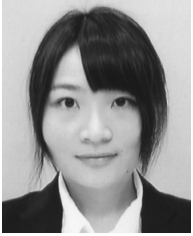
A.1 使用した中国語リスト

001) 游刃有余 002) 熟能生巧 003) 锱铢必较 004) 不即不离 005) 深恶痛绝 006) 信口开河 007) 张冠李戴 008) 走投无路 009) 流毒无穷 010) 心有余悸 011) 才高八斗 012) 学富五车 013) 咬文嚼字 014) 人命危浅 015) 皇天后土 016) 结草衔环 017) 乌鸟私情 018) 朝不谋夕 019) 气息奄奄 020) 日薄西山 021) 形影相吊 022) 孤苦伶仃 023) 扶摇直上 024) 不近人情 025) 鹏程万里 026) 高山流水 027) 投笔从戎 028) 一介书生 029) 穷且益坚 030) 老当益壮 031) 萍水相逢 032) 兴尽悲来 033) 天高地迥 034) 响遏行云 035) 云销雨霁 036) 腾蛟起凤 037) 高朋满座 038) 冯唐易老 039) 胜友如云 040) 人杰地灵 041) 物华天宝 042) 正大光明 043) 理所当然 044) 平心静气 045) 兴高采烈 046) 没精打采 047) 逼上梁山 048) 忍无可忍 049) 雷霆万钧 050) 来龙去脉 051) 庸人自扰 052) 耳熟能详 053) 天伦之乐 054) 兢兢业业 055) 迎刃而解 056) 扬眉吐气 057) 不屑一顾 058) 自得其乐 059) 袖手旁观 060) 虚无缥缈 061) 置之不理 062) 充耳不闻 063) 艰苦卓绝 064) 各抒己见 065) 东隅已逝 066) 老当益壮 067) 命途多舛 068) 天杰地灵 069) 奋不顾身 070) 慢条斯理 071) 兴高采烈 072) 忐忑不安 073) 惻隐之心 074) 白头偕老 075) 遮天蔽日 076) 无忧无虑 077) 筋疲力尽 078) 不可思议 079) 一帆风顺 080) 语焉不详



野口 康人 (学生会員)

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士後期課程在学中。グループウェアの研究に従事。本会山下記念研究賞受賞。



叶 環

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士前期課程在学中。グループウェアの研究に従事。



成合 智子

常磐短期大学キャリア教養学科助教。博士(情報学)。専門は音声情報処理。筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士後期課程修了。



井上 智雄 (正会員)

筑波大学図書館情報メディア系教授。博士(工学)。専門はCSCW, HCI, 教育工学。情報処理学会論文賞, 同学会活動貢献賞, 同山下記念研究賞, 他多数受賞。情報処理学会論文誌編集主査, 情報処理学会論文誌: デジ

タルコンテンツ編集幹事, 情報処理学会グループウェアとネットワーク研究会幹事, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会幹事, ACM CSCW Papers Associate Chair, IEEE TC CSCWD 委員, APSCE SIG CUMTEL 委員等歴任。『アイデア発想法と協同作業支援』(共立出版), 『Communication and Collaboration Support Systems』(IOS Press) 等執筆。本会シニア会員。