

骨伝導マイクと IC レコーダを用いた記憶補助装置の構築

河村竜幸, 中西英之, 石黒浩
大阪大学大学院工学研究科

立ち話での雑談や飲み会での雑談など、後で重要な内容だったと気づくことがある。しかし、重要な内容であることは気付いても、その内容を思い出すことができないことが多い。そこで本研究では、骨伝導マイクと IC レコーダを用いてユーザの発話を記録しつづける方式の記憶補助装置を構築する。本装置はユーザの声だけを記録することが可能であるため、実社会に受け入れられる可能性が高い。

A Memory Prosthesis using a Bone Conduction Microphone and an IC Voice Recorder

Tatsuyuki Kawamura, Hideyuki Nakanishi, Hiroshi Ishiguro
Graduate School of Engineering, Osaka University

In this paper we propose a memory prosthesis using a bone conduction microphone and an IC voice recorder. All persons have ever remembered that conversations occurred in informal settings are important. However, they also have found out that they could not remember them. Conventional voice recorder tends to cause privacy infringement when it is used in informal settings. On the other hand, our proposed device can record only user's own voice in any conversations. Authors believe that it would be possible for people to use this kind of device in their society because the advantage of this device is protection of privacy.

1. はじめに

本研究の目的は、毎日でも利用可能な記憶補助装置を構築すること、構築された装置で記録したログが記憶補助に役立つものであるかを確認することである。今回は特に特定の時刻・場所に限定されない日常の会話または発話を連続的に録音する装置の構築手段に着目する。

人の記憶は曖昧である。例えば、出来事の注意していない部分は記憶されない。また出来事のある部分に注意していても記憶が変容して誤った記憶が想起される。さらに、たとえ正しく記憶を保持していたとしてもその記憶が必要なタイミングで想起されてこない。これらの問題を少しでも解決するために、出来事を文字や絵により記録しておく紙と鉛筆や、映像として記録しておくビデオテープとビデオカメラという記録を補助するためのメディアと装置が発明・開発されてきた。しかし、人の記憶活動は、特定の時刻・場所に限

定されず、人は日常生活のあらゆる場面でその活動を行っている。そのため人は常にこれから生じる出来事を記録しておく価値があるかを判断する必要がある。さらには記録するという行動に移らなければ、その出来事を後のために保存しておくことは困難であった。また、人生の全てを記録するという提案は1945年からなされていたが、その時点では装置のサイズ・重量、記憶容量の連続記録時間の制約により日常生活の出来事を気軽に記録することが困難であった。

近年、計算機の小型・軽量化、また記憶媒体の大容量化、バッテリーの大容量化・高密度化が進み、人が意識せずに出来事を記録しつづけるということの現実味が帯びてきた。例えば、ある場面で記憶が想起される具体的な例を考え、その場面に特化した記憶支援に関する研究が行われている²⁻⁴⁾。また、体験をとにかくログとして全て記録し、その記録された膨大なログを検索可能なように構造化してゆくことに主眼を置く研

究も存在する⁹⁾⁷⁾。これらの研究の末、日常生活で十分に動作する記憶の補助・体験の記録を支援するシステムを実現してゆけば、上記で述べた記憶の問題を意識せず日常生活を送ることが可能になると期待できる。

音声の録音技術については IC レコーダの大容量化・小型軽量化・低価格化が急速に進んでいる。また、携帯電話・デジタルカメラ・PDA 等のモバイル機器に音声録音機能が標準で搭載されるようになってきている。このため連続音声録音を用いる記憶補助システムの研究が盛んになってきている^{8) 9)}。ここで言う連続音声録音とは、ユーザが IC レコーダ等の音声記録装置を装着し外界の音声を常時録音し続けるという意味である。連続音声録音は記憶補助システムとして重要な技術であるが、その現実においてプライバシーの保護という大きな問題が存在する。例えば会話を録音するためにはマイクが必要であるが、一般的に用いられているマイクでは他者の音声をも含めて録音されてしまう。そのため他者のプライバシーを侵害する恐れがあり、会議など特定の場面をのぞいて音声を録音する形式の記憶補助システムの存在が社会的に認められず、記憶補助システムを常時利用することは困難となる。このように、特定の時刻・場所に依存しない記憶活動の支援を実現するためには、常時利用が必須の条件となる。そこで本研究では、積極的に外界の音を抑制し、ユーザの発話だけ録音することを目的とした骨伝導マイクに注目した。

2. 連続音声録音による記憶補助

プライバシーを考慮し、ユーザの発話のみを録音する方式の連続音声録音に基づいて記憶の補助を行うことを検討する時、そもそもユーザはどのような場面で発話し、また他者と会話しているのかを知る必要がある。そこで本節では、日常生活における人間の発話・会話の場面を調査する。本調査では、発話・会話の場面を検証するため、IC レコーダを用いてユーザの日常生活の発声を録音し、その録音に基づいてどのような場面で発話・会話があったかを調査した。

被験者 1 名により、3 節で採用する骨伝導マイクと IC レコーダを用いて日常生活で発話の録音を行った。録音期間は 10 日間であった。基本的にはこの音声録音データに基づいて調査を行ったが、本調査では録音されていないが自明である発話・会話場面も調査対象とした。

発話・会話は大きくどのような場で会話が行われていたかという状況とどのようなコミュニケーション手段を用いて会話を行ったかという形態に分類できる。フォーマルな場面では、講演・講義という少数の主発話者と多数の聴衆により形成される発話・会話場面と、会議・打ち合わせという発話者と聴衆の区別の無い発話・会話の場面により区別できる。

講演・講義：図 1 に示すように、一般的に講演や講義は講演者 1 対聴衆多数により行われる。その場では、講演者の発話数は聴衆の発話数よりも圧倒的に多くなる。そのため、連続音声録音の効果は聴衆よりも、講演者の方が高いと考えられる。一方ビジネスシーン以外では、英会話学校のように少人数クラス制によって、各生徒の発言数が多くなるような場面も存在する。このような場面では、教師・生徒の発言数には大きな差は生じないと考えられる。

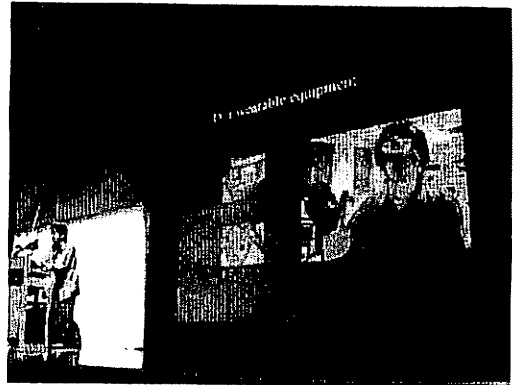


図 1：講演での発話場面



図 2：打ち合わせでの発話場面

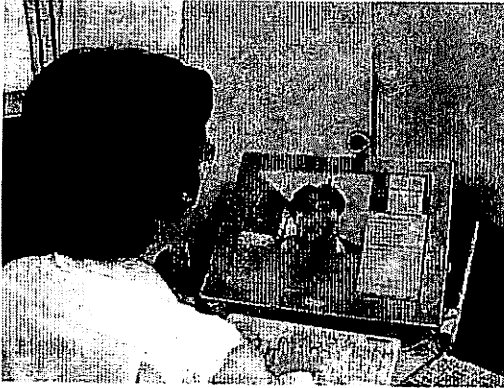


図3：デスクトップ会議システムを用いた発話場面

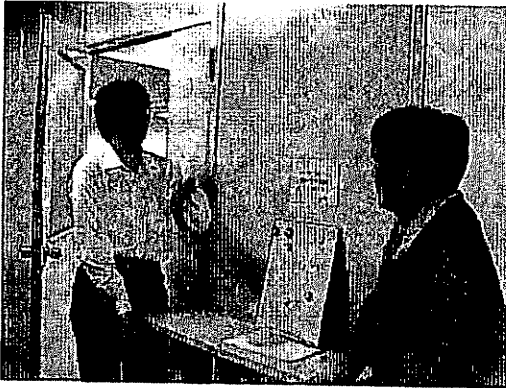


図4：立ち話の発話場面

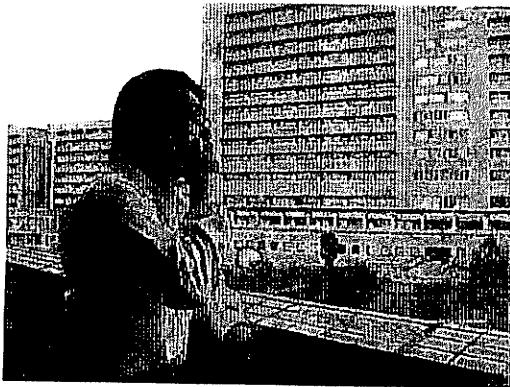


図5：電話を用いた発話場面

会議・打ち合わせ：図2に示すように、標準的な会議・打ち合わせは同一空間に2名以上の参加者が集まり行うものである。近年、ビデオ会議システムの技術が進歩し、複数遠隔地間との会議が可能とな

っている。また打ち合わせには、全員が同じ空間に集まるものと、一部の参加者が遠隔から参加するビデオ会議形式のものがある。しかし、部外者に対して秘匿性の高い場面では、ユーザ自身の発話のみを録音するとしても、個人的に連続音声録音を行うことが認められない可能性は高い。

近年では、図3に示すように、Skypeに代表されるデスクトップ会議システムの技術が進歩し、多数の参加者による会議だけでなく、少人数による遠隔会議も気軽に行えるようになっている。また英会話学校でもデスクトップ会議システムを用いた少人数によるレッスンからマンツーマン形式のレッスンが、ウェブレッスンと称して用意されている。

インフォーマルな場面では、図4に示すような立ち話を含む雑談や独り言が存在する。

立ち話などの雑談：一般的に雑談は2名以上の人が物理空間上ですれ違う場面で発生するため、特定の時刻・場所に限定されない。しかし、この突発的に発生する雑談は時として発話者に対して重要な話題へと転換してゆくことがしばしば発生する。また会話内容の重要性は会話中もしくは会話後に気付くことがあり、その時点では会話内容を録音することはできない。このように突発的に発生する雑談は、講演・講義や会議・打ち合わせのように事前に録音機器を準備し、意識的に録音状態にすることが困難となる代表的な状況である。

独り言：何かしらの作業をしている最中や、休憩中に独り言が何度か発生する。独り言は将来の作業を自身で確認するときを除いて、意識的に記憶することは困難であり、録音記録を視聴することで気が付くことがある。本調査の範囲では、この独り言に重要な情報が含まれていると判断できるものは存在しなかった。

またフォーマル/インフォーマルな場面を区別しない状況としては、電話、食事・宴会が存在する。

電話：電話には個人が所有している携帯電話や家に設置している電話、すなわち家電と呼ばれるもの、そして職場に存在する内線がある。現在いる場所

や通話相手、通話内容によって複数の電話機を区別して利用する。通話内容もまた、目的により様々であり、利用する電話によって目的を特定することは困難である。しかし、電話での会話内容には伝言の依頼や予定通知など重要な内容が含まれることが多いため、時としてその通話記録を保持することは重要である。しかし現在の電話機には音声メモの機能が搭載されているが、複数の電話機が存在すること、また共有の電話機に個人の音声メモを録音することは心理的負荷が高い。

食事・宴会：一般的には、人は一日に2回から4回程度の食事を行う。食事では他者と一緒にすることがあり、他者との食事中には高確率で会話がなされる。また宴会では飲酒により記憶能力が正常時よりも低下し、会話内容の正確な想起が困難となる場合がある。これら食事や宴会での会話も立ち話などの雑談と同様に、事前に録音機器を準備し、意識的に録音状態にすることが困難な状況である。

さらに本調査では、従来の発話場面には存在しない形態が観測された。

連続音声録音を意識した音声メモ：本調査の間にメモする道具が無い状況となり、その代用として連続音声録音を利用したという状況が存在した。連続音声録音の状態ではメモの存在を意識することなく、常にメモが可能な状況となっている。

このように、連続音声録音は従来の録音方法では支援が困難であった範囲を拡張し様々な形態の会話を録音することが可能である。本研究において、連続音声録音は、対面の会話や電話を介した会話も音声チャットの会話もシームレスに録音可能であることが重要な点である。

3. 常時利用可能な記憶補助装置

“常時利用可能”には2つの意味が含まれる。一つ目は、生活時間ずっと使い続けられるという意味である。生活時間ずっと録音し続けられる市販のICレコーダは存在しないため、適当な連続録音時間、録音容量を持つICレコーダを選定する必要がある。二つ目はプライバシーの問題に対応しているかどうかという

意味である。他者の発声や外界の音が録音記録に含まれる場合、録音可能な状況はかなり限定されることになる。そのため、外界の音をできるだけ録音しないマイクを装置の部品として選定する必要がある。

3.1 レコーダの選定

ICレコーダにはOLYMPUS社製のVoiceTrek V-50を採用した。また、ICレコーダを動作させる充電電池にはSANYO社製のeneloopを採用した。これにより1日1回の電池交換で約18時間という活動時間のほぼ全てをカバーする録音が可能となる。

運用実験に参加した実験協力者の内1名はICレコーダを2台用意し、その2台を交互に利用していた。これは、1日1回の電池交換時及び連続音声録音データのデスクトップPCへの転送時、2台のICレコーダが無ければデータ転送中に連続音声録音が行えないということが理由である。ICレコーダを多重化することで、電池交換の手間を省け、また連続音声録音時に録音されない時間を抑制することが可能となる。また、ICレコーダを交換し連続音声録音を再開することで、連続音声録音中に時間を気にせず電池切れとなったICレコーダの電池を交換し、充電作業を行うことも容易となる。

本研究では、市販されているICレコーダを選定対象とした。現在市販されているICレコーダでは生活時間全てを1回の充電で録音しつづけることは困難である。しかし近年の目覚しく連続録音時間が延びていることから、近い将来、1台のICレコーダを用いて連続音声録音を終日行うことが十分可能になると期待できる。

連続録音時間の問題を解消する可能性は高いが、ICレコーダの多重化を解消することは現時点では困難である。ICレコーダの記録容量の増大は近年目覚ましいものであるが、一生分の録音記録を1台のICレコーダに蓄積させることは実現性の面から困難であると予想される。また、たとえ一生分の連続音声録音が十分な記録容量を持つ媒体が実現したとしても、故障・紛失の可能性がある以上、ICレコーダだけに録音記録を保持する方針を検討するのは非現実的である。故にICレコーダから連続音声録音のデータを別の記録媒体へ転送する行為は必須となる。この時、毎日の終わりにデータを転送しないようなユーザを考えると、ICレコーダ内の録音記録の容量が、ある時記憶限界の容量

に達する可能性がある。今回、本研究では運用実験でこの現象を観測した。そのため、ユーザが連続音声録音データを転送する時間があるときに随時データを転送してゆけるように IC レコーダを多重化しておくことが重要である。

3.1 マイクの選定

ユーザ自身の音声のみを記録することを目的とし、マイクの選定を行った。マイクの選定に対し、環境側の音を抑制することを目的として開発されているマイクを複数個購入した。マイクの形式には首に装着するタイプのスロートマイクと耳に装着するタイプのイヤーマイクが存在する。

表1：マイクの性能比較

候補	形式	音質	外界音	装着感
A	スロート	△	×	○
B	スロート	△	×	○
C	スロート	△	×	○
D	スロート	△	○	○
E	スロート	×	◎	×
F	イヤーマイク	◎	×	×

今回は、5種類のスロートマイクと1種類のイヤーマイクを選択し、それぞれについて、記録されるユーザ発話の音質、外界の音をどれだけ拾うか、またそのマイクの装着感について主観的に評価した。

音質：音質はイヤーマイクである候補Fが最も良く、発話内容をクリアに聞くことができた。スロートマイクの候補Aから候補Dまではほぼ同じ音質であり、マイクの設置位置が多少悪くても、聞きなれるまでに時間がかかるが、聞きなれてくると会話の文脈を理解する程度までになる。マイクの設置位置が適切である場合は、慣れる必要もなく発話内容を理解することが容易であった。候補Eは首を締め付けてマイクを固定する構造となっているため、記録される音も首を絞めながら発話するものとなって、ほとんど内容を理解することは困難であった。

外界音：候補Eでは、マイクを強力に首に押し付け

るため、金属音に近い高音であるか、大声でなければ、外界の音を拾うことはなかった。候補Dもまた、候補Eには劣るが高音・大音量の条件以外では問題なくユーザの音だけを記録できた。候補Aから候補Cは、宣伝文句とは異なり、容易に外界の音を拾ってしまい、装置の要求を満たさない。また候補Eも候補Aから候補Cより外界の音を拾うことは無いが、再生された発声を視聴すると、外界の音、特に他人が何を言っているのかを理解することができた。そのため、候補Fも装置の要求を満たさない。

装着感：候補Eを除き、残るスロートマイクの装着感は良く、一日中装着することによる肉体的負担はほぼ感じられなかった。一方、候補Eでは時間経過と共に呼吸が困難となってしまい、長時間の装着は困難であった。また候補Fは、装着感に関して2点の問題が存在した。第1点目は、片耳を塞ぐという構造である。この構造により周囲の環境音を聞き取ることが困難となり、特に塞いだ方向からの音を認識しにくくなる。また、候補Fは耳の密閉度を高めることで環境音を拾いにくくしているが、密閉度を高めることで耳を傷めて長時間の装着が困難であった。

スロート型のマイクは音質が悪いため、調査当初は何を発話しているのかを録音記録から理解するのが困難であった。しかし長時間録音記録を聞くことで、発話内容を理解できるようになった。そのため最終的に装置の部品として採用したのは、Fire Fox Technologies社製のスロートマイク（候補D）であった。

4. 連続音声記録装置を用いた運用実験

本調査では、骨伝導マイクを用いて録音された連続音声録音にはどのような効果・効用があるのかを調査した。運用実験の実験協力者は2名であった。実験協力者Aによる運用期間は10日であった。また実験協力者Bによる運用期間は14日であった。

4.1 連続音声録音による発話の実態

連続音声録音で記録された発話を調査した。この連続音声録音には実験協力者の発話と明確にわかるもの以外に以下に示す音声が含まれていた。

衣擦れ音：スロート型の骨伝導マイクを採用したため、マイク近くに襟があり、マイクと襟とが接触することで衣擦れ音が録音される。しかし、衣擦れ音は単発的に発生し、また録音レベルは実験協力者の発声レベルと比べると大きくないことから、ユーザの発話と衣擦れ音の区別は可能であると考えられる。

唾液・飲食物の飲み込み音：連続音声録音で最も頻度に録音されていたのは唾液を飲み込む音であった。また、飲料水を飲み込む音も一日の内で比較的多く観測された。唾液の飲み込み音は1度に1回、飲料水の飲み込み音は1回～3回程度の音が連続するものであった。食べ物を飲み込む音が1日の内に発生する頻度は高くないが、特定の時間帯に集中して発生する。これらは人間が観測する限り同じ音として録音されているように聞こえる。そのため、飲み込み音をユーザの発話と飲み込み音の区別は可能であると考えられる。

外界音の集音を抑制することを目的として設計・製造されている骨伝導マイクであるが、条件によっては外界音が録音される場合がある。運用実験で顕著に録音された外界音は以下の2例であった。

金属音：ゴミ袋に入ったアルミ・金属缶を運ぶ時、缶同士が頻繁に接触しあい、大きな金属音を発生する。この金属音は顕著なレベルで録音される。

一部の男性・女性の声：大多数の他者の発話は録音されていないかったか、または視聴時に他者の発話を認知することはできなかった。しかし、一部の他者について発話内容を理解できるレベルで録音されているものがあつた。標準的な発話音量よりも大きい発話音量の男性1名については時折録音されることがあつた。ただし、常にその男性の発話が録音されているわけではないため、録音される条件は明らかではない。また、女性1名の発話が顕著に録音されていた。この女性は他の女性と比べ発話音量が大きいとは考えられない。これもまた、この女性の発話が他の女性の発話と比べ顕著に録音される理由は不明である。

4.2 連続音声録音の利用可能性

連続音声録音を参照した時にどのような場面が想起されやすいか、または逆に想起されにくいかを実験協力者に報告してもらった。また被験者に対して記憶補助装置を自己裁量で利用してもらったが、その運用実験の中に気になった部分についても報告してもらった。

想起されやすい場面、想起されにくい場面に関する報告は以下の通りである。比較的少人数による会話であり、その会話場面におけるお互いの立場が対等である場合、対話者の発話を参照することなく、その会話文脈を想起することは容易であった。また会話場面における立場が上位である（例えば、研究指導）場合も同様に会話文脈を想起することは容易であった。逆に、会話場面における立場が下位である（例えば、教員に対する学生）場合は会話文脈を想起することは困難であった。また多人数による打ち合わせでも、打ち合わせ全体の文脈を想起することは困難であった。これは会話場面における実験協力者の発言割合が、連続音声録音参照時の会話文脈の想起に直接影響したためであると予想される。

会話内容に対する実験協力者の態度が連続音声録音を参照する時における会話文脈の想起に強く影響を与えることがあつた。例えば、ある話題に関する会話で対話者の意見に反論することがある。そのような場面では対話者への発言が増加し、会話文脈の想起が容易になる。逆に、対話者の意見に納得するような場合は「うん」、「はい」といった発言が目立つようになり、発言者自身がある会話で肯定的な態度をとっていたという文脈を認知することは可能であるが、肯定発言自体は連続音声録音に基づく会話文脈の想起に寄与しないため、対話者の発言がどのような発言をしたのかを想起することは困難となる。このように、発言量、発言頻度だけでなく、態度による自己の発言内容の変化が会話文脈の想起に寄与する情報量に大きな影響を与えると考えられる。

4.3 連続音声録音のためのインタフェース

連続音声録音を有効活用するためには、その記録を参照するインタフェースが重要となる。そのため本節では、連続音声録音のインタフェースについて運用実験を通じて検討する。

運用実験中、実験協力者の内1名は最初 Windows Media Player を用いて連続音声録音を視聴した。また

もう1名は最初からWindows Movie Makerを用いて連続音声記録を視聴した。視聴時の両インタフェースの差異は、音声波形が可視化されているかどうかであった。また、実験協力者の内1名は運用実験中に有音声区間のみを取り出してWindows Media Playerで連続再生する視聴方式も試した。

Windows Media Player : スライドバーをずらし再生箇所を変更することで会話場面を探索することは可能である。また会話が録音されている区間ではスライドバーによる操作は不要であり、その区間を再生しつづけ視聴する、すなわち“流し聞き”をする程度の利用では問題は生じない。しかし、有音声領域の可視化はされていないため、会話場面が録音されている区間を探索する作業負荷が非常に高いという問題がある。

Windows Media Player+有音声区間 : 連続音声録音の記録をそのままWindows Media Playerで視聴する時と比較して、会話場面が録音されている区間を探索する必要が無いため、探索行為に対する作業負荷は軽減される。また総視聴時間は短縮される。しかし有音声区間のみを連続的に再生してゆくと、発話と発話の間が存在しなくなり、雰囲気としての会話場面の文脈を認知することは不可能となる。また、異なる時間帯に発声した会話が隣接し連続的に再生されるため、同じ会話場面で単に話題が遷移しただけなのか、異なる会話場面が連続して再生されたのかを理解することは困難となる。

Windows Movie Maker : Windows Movie Makerでは、音声波形を視覚的に参照しながらスライドバーを操作し、再生箇所を指定することが可能である。そのため、視覚上で不要な無音声区間を再生箇所の候補から排除することが可能となり、Windows Media Player単独での利用よりも無駄な操作が抑制される。また有音声箇所の中でも、音声信号の振幅や波の継続時間から4.1節で提示した衣擦れ音や唾液・飲食物の飲み込み音、金属音の部分と会話部分を区別することは可能であり、探索箇所は大幅に減少する。

上記3参照方式の結果を整理すると、以下の2点に

ついて言及できる。第1に、有音声区間の可視化は参照回数を削減する上で重要となる。有音声区間の中でも会話区間は1日分の連続音声記録では数回しか存在しない。そのため、会話区間を明らかにしユーザに提示することで、劇的に参照効率を向上させることが可能となる。第2に、ユーザの視聴レベルに適した音声の再生手段の切り替えが音声の視聴時間を削減する上で重要となる。視聴レベルは大きく2つに分類できる。一つ目は、録音記録中に存在する複数の会話区間でどのような内容の話題が話されていたのか、誰との会話であったのかの概要を知ることが目的である上位の視聴レベルである。二つ目は、会話区間中の発話を詳細に視聴し、会話文脈をできるだけ具体的に想起することが目的の下位の視聴レベルである。これらの視聴レベルをユーザの目的に合わせ適切に選択することで、冗長な視聴時間を抑制することが可能となる。

連続音声録音を扱った先行研究に、SpeechSkimmerが存在する¹⁰⁾。SpeechSkimmerで採用されている方法は音声プレイヤーの早送り・巻き戻しの機能を拡張したものである。無音声区間から発話や話題の切れ目を自動検出し、発話単位・話題単位で再生位置をスキップする機能が開発されている。この点でSpeechSkimmerは第2の問題を解決することを重視していることは明らかである。しかし本格的な話題単位のスキップには発話内容の解析が必要となり、無音声区間のみにもとづく動作はあまり正確ではない。発話単位のスキップは有用と思われるが、それだけでは大規模な連続音声録音の探索の効率化が不十分であることは明らかである。そのため、第2の問題の解決と同時に第1の問題の解決を図る必要がある。これについては、視聴候補となる会話区間を複数同時に可視化することで、ユーザが視覚情報に基づいて会話区間を高速に選択することを可能とし、かつユーザの操作するスライドバーの操作量を入力としてユーザの意図する視聴レベルに適した再生位置のスキップ量を動的に変更してゆく方式が考えられる。

7. おわりに

本研究では、常時利用可能な記憶補助装置の実現を目指し、骨伝導マイクとICレコーダを用いた構築を提案した。提案した装置構成では、ユーザ自身の発話を録音することが可能であり、社会に受け入れられる条件としてのプライバシーの保護に配慮していること

が特徴である。本稿では、ユーザの日常的な発話の記録を行うためのマイクの選定を行った。また短期間、実験協力者の骨伝導マイクを用いて日常生活における発話を記録し、その後発話記録を視聴してもらうことで、想定される利用場面について検討した。この試みは始まったばかりであるため、現状は装置の構成・配置を検討し、主観的に発話記録の利用可能性を調査することにとどまった。しかし、今後さらに調査を進めて十分な知見を得ることで、実社会に受け入れられる装置構成による制約下で効果的な記憶補助を得られることが可能になると期待できる。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成：ゆらぎプロジェクト」の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Bush, V.: As We May Think, *Atlantic Monthly*, Vol.76, No.1, pp.101-108 (1945).
- 2) Jebara, T., Schiele, B., Oliver, N. and Pentland, A.: DyPERS: Dynamic Personal Enhanced Reality System, *MIT Media Laboratory, Perceptual Computing Technical Report #463*, (1996).
- 3) Kawamura, T., Kono, Y. and Kidode, M.: Nice2CU: Managing a Person's Augmented Memory, *Proc. 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp.242-243 (2003).
- 4) 上岡隆宏, 河村竜幸, 河野恭之, 木戸出正継: I'm Here!物探しを効率化するウェアラブルシステム, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol.6, No.3, pp.19-30 (2004).
- 5) Kawashima, T., Nagasaki, T. and Toda, M.: Information Summary Mechanism for Episodic Recording to Support Human Activity, *Proc. International Workshop on Pattern Recognition and Understanding for Visual Information Media*, pp.49-56 (2002).
- 6) 相澤清晴, 石島健一郎, 椎名誠: ウェアラブル映像の構造化と要約: 個人の主観を考慮した要約生成の試み, *電子情報通信学会論文誌*, Vol.J86-DII, No.6, pp.807-815 (2003).
- 7) Gemmell, J., Bell, G. and Lueder, R.: MyLifeBits: a Personal Database for Everything, *Communications of the ACM*, Vol.49, Issue1, pp.88-95 (2006).
- 8) Vemuri, S., Schmandt, C., Bender, W., Tellex, S. and Lassey, B.: An Audio-Based Personal Memory Aid, *Proc. 5th International Conference on Ubiquitous Computing*, pp.400-417 (2004).
- 9) Hayes, G.R., Patel, S.N., Truong, K.N., Iashello, G., Kientz, J.A., Farmer, R. and Abowd G.D.: The Personal Audio Loop: Designing a Ubiquitous Audio-Based Memory Aid, *Proc. 6th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, pp.168-179 (2004).
- 10) Arons, B.: SpeechSkimmer: A System for Interactively Skimming Recorded Speech, *ACM Trans. on Computer-Human Interaction*, Vol.4, No.1, pp.3-38 (1997).