

# 身体機能を支援する情報バリアフリー機器の開発

伊福部 達 井野 秀一

情報理工学系研究科システム情報学専攻（先端科学技術研究センター）

## 概要

「読む」「聞く」「話す」というコミュニケーションに関わる身体機能に障害のある人たちの日常生活をサポートする新しい情報バリアフリー機器をネオ・サイバネティクス的な視点を含めながら開発する。ここでは、ヒトの感覚や知覚の情報処理機能を心理物理実験などにより定量的に調べ、その知見に基づいて機器を試作し、障害当事者によるユーザ評価を行う。これらの研究過程は相互にループを描きながら進むものである。ここでの研究開発の対象は、①視覚のバリアフリーのための「触覚ジョグダイアルインタフェース」、②聴覚のバリアフリーのための「音声同時字幕システム」、そして③音声のバリアフリーのための「ハンズフリー型人工喉頭」である。

## 1 はじめに

現在、日本では、生活環境の高度情報化と人口構造の高齢化が急速に進んでいる。インターネットや携帯電話に代表される IT の普及により、日常生活が便利になったと感じる人たちが大勢いる。その一方で、次々と現れる新しいデジタル情報技術について行くことが困難なために、社会から取り残されてしまう情報弱者もいる。特に高齢者や障害者が、その立場におかれやすい。中長期的な視点で私たちの社会が IT と仲良く付き合っていくためには、デジタルデバイドを解消する情報バリアフリー技術を社会に浸透させていく必要がある。

本報告では、視覚と聴覚および音声に関する情報バリアフリー機器の研究結果について述べる。具体的には、①視覚障害がある場合でも晴眼者のように Web 情報の斜め読み操作をパソコンで素早くできるように支援する「触覚ジョグダイアル (TAJODA) インタフェース」、②中途失聴で手話通訳等によるコミュニケーションが難しい場合でも会議や授業の内容をリアルタイムで把握できるようにする「音声同時字幕システム」、③喉頭癌により声帯を失った人たちの音声機能を取り戻す人工喉頭のユーザビリティの向上を目指した「ハンズフリー人工喉頭」について報告する。

## 2 触覚ジョグダイアルインタフェース

### 2.1 設計概念

コンピュータは、音声合成 (Text-to-Speech) エンジンを搭載することで、視覚障害者の文字情報アクセスを可能にする道具に早変わりする。さらに、GUI 対応の画面読み上げソフト (スクリーンリーダ) を利用することで、視覚的効果が多くみられる Web 情報にもアクセス可能になる。しかし、晴眼者は高速な眼球運動によってパソコンの画面上での速い情報探索行動が可能であるのにもかかわらず、一方、スクリーンリーダを利用している視覚障害ユーザは一行一行を音声で確認しながら、長時間の探索作業を強いられる。そのため、視覚障害者にとってパソコンのユーザビリティは、まだまだ発展途上にある。

そこで、デジタルドキュメントに含まれる様々な情報を聴覚と触覚のマルチモーダル情報に置き換え、視覚障害ユーザが効率よく情報探索をおこなえるように支援する触覚ジョグダイアル (TAJODA: Tactile Jog Dial) インタフェースの開発を試みることにした [1]。

### 2.2 視覚障害ユーザのための最適読み上げ速度

TAJODA では、ジョグダイアルの回転操作と画面読み上げ機能をリンクさせることで、ユーザ側に音声読み上げに対する主導権をもたせる。これは、ビデオ編集作業と同様の概念である。ジョグダイアルによって視覚障害ユーザは自在に音声速度を調節して、画面内を自由に探索しながらドキュメント情報を収集できる。しかし、この音声速度をどのような範囲で調整できるようにすべきかについてはわかっていない。

そこで、視覚障害ユーザの音声聞き取りの最高速度と最適速度を定量的に調べる実験を行った。被験者は、全盲 6 名・強度弱視 1 名である。

その結果、コンピュータ使用歴が長い被験者ほど最高・最適速度が上昇する傾向があった。特に、上級ユーザの場合、一般的な TTS エンジンの読

み上げ速度である 500 [morae/min] の約 3 倍が最適速度であった (図 1)。

従って、TAJODA のジョグシャトル機能による読み上げ最高速度は、少なくとも現在のスクリーンリーダーの読み上げ設定の最高値 (1.8 倍速) を超える 3 倍速 (1500 [morae/min]) 程度を目標に確保すべきであることがわかった。

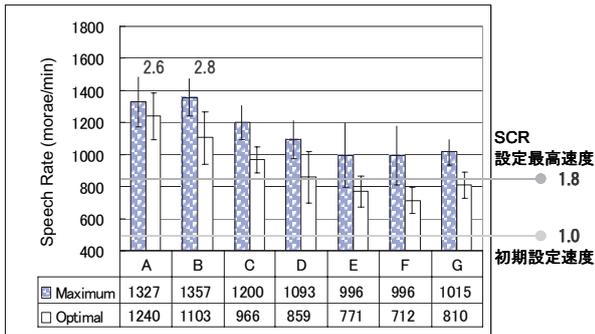


図 1 視覚障害ユーザの聞き取り可能な話速

### 2.3 リッチテキスト情報の触覚呈示

上記のように、読み上げ速度を適切に調節できるインターフェースを利用することで、視覚障害ユーザはより速くパソコン画面のドキュメント情報を収集できるようになる。しかし、この場合でも、晴眼者のリッチテキスト情報 (フォントの大きさ・色・種類) を頼りにした「斜め読み」のように、必要な情報だけを飛び飛びに効率よく収集する探索行動を取ることは依然として難しい。そこで先のジョグダイヤルに 2×16 チャンネルの振動デバイスを組み込み、リッチテキスト情報を触覚情報に変換して指先に伝達する工夫を施した。例えば、太字の場合には全てのピンを一様に振動させ、大文字の場合には指腹面を速くなぞるスイープ振動にして、括弧の開始の場合には第 1 列のピンのみを振動させる等である。

そこで、触覚にリッチテキスト情報 (全部で 7 種類) を呈示し、ジョグダイヤルで能動的に情報探索を進める TAJODA インターフェースのユーザビリティを定量的に評価する実験を行った。その結果、触覚ジョグダイヤル (TAJODA) を利用することで、スクリーンリーダーのみを利用した場合 (SCR) と比べて、約 3 倍の速さで情報検索が可能になることがわかった。

以上の実験結果に基づき開発した TAJODA イ

ンタフェースのブロック図とそれと連動する機能を備えたスクリーンリーダーソフト「Focus Talk」(製品化) を図 2 と図 3 に示す。

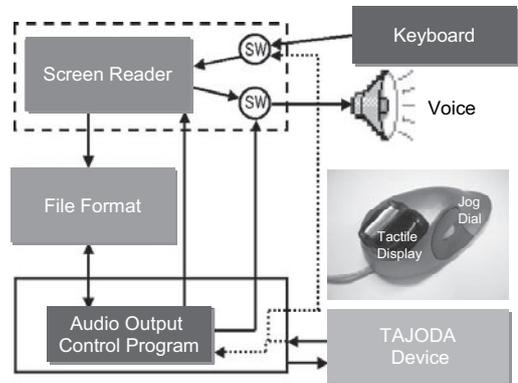


図 2 TAJODA インターフェースのブロック図

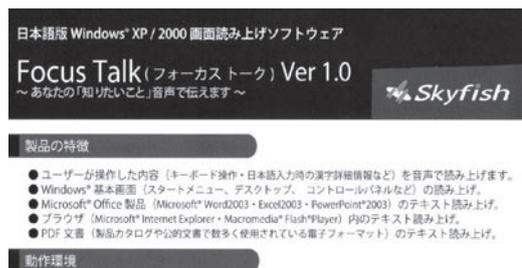


図 3 TAJODA 対応スクリーンリーダーソフト

## 3 リアルタイム音声字幕システム

### 3.1 設計概念

聴覚障害者が日常生活で困る場面は、音声が必要なコミュニケーション手段の場である。そのため、公共の場 (例えば、講演会や授業など) では手話通訳やノートテイクなどのサービスが配慮されるようになりつつある。しかし、聴覚障害者の誰もが手話を理解できるとは限らない。一方、筆談に代表される文字によるコミュニケーション支援の方法にも「時間がかかる」「内容の要約が必要である」などの問題がある。

一方、コンピュータのめざましい発達により、音声自動認識は珍しくなくなってきた。音声認識を備えたインターフェースの利点として「音声で簡単にパソコン入力ができる」「文字の処理速度が速い」などが挙げられる。しかし、未だにヒトのように話し手に関係なく音声認識することは難

しい。さらに、ヒトは、多少の誤りを含んだ曖昧な音声でも、文脈の前後関係などから意味を推測し、おかしな部分を正しい内容に置き換えて柔軟に理解することが可能である。これには、ノンバーバル情報（話し手の表情・口の動き・ジェスチャーなど）の存在が大きく関わっている。

そこで、私たちは、人間と機械（音声認識装置）の得意なところを互いに活かすという発想のもとで、聴覚障害者の情報保証のためのコミュニケーション支援システムの開発に取り組むことにした [2]。

### 3.2 システム構成

システムの構成図を図4に示す。本システムでは、講演者と音声認識装置の間に同時復唱者を配置し、講演者の話す内容をヒトが即時に復唱して音声認識装置へ入力する方式を採用した。この方法により、不特定話者音声を復唱者の特定話者音声に変換でき、音声認識の技術的なハードルも比較的軽くなる。また、国際会議にも対応できるように、英語の音声認識エンジンを組み入れ、その場合の復唱者は、日本語はアナウンサー、英語は北米英語を母語とするネイティブスピーカーとした。同時復唱者は、講演者の話す言語に応じて、講演者または同時通訳者からの音声を復唱する。このようにして、同時復唱された音声はそれぞれの音声認識装置で字幕データにリアルタイムで変換される。

実際に国際会議や国際映画祭で本システムを実運用したところ、同時復唱者を介在させた音声字幕変換による正確性は約 92%であった。また、字幕データのより一層の正確さを期す観点から、本システムと連動して誤変換の文字を外側オペレータがキーボード入力ですばやく修正インタフェースも開発した。それを利用することで、正確性は 5%ほど向上することを確認した。なお、現在までの大学講義やシンポジウムなどでの運用実績は 30 回以上になる。

### 3.3 聴覚障害ユーザのためのノンバーバル情報

現状の音声認識技術では、たとえ優秀な復唱者を介在させた特定話者認識の環境にしても、100%の認識精度を得ることは難しい。そのため、音声同時字幕システムで生成される字幕には、誤字・脱字が必ず含まれてしまう。一方、ヒトのコミュニケーションについて考えてみると、聞き手

は、話し手の音声のみから会話の内容を認識している訳でなく、顔の表情・口元の動き・ジェスチャーなどの様々なノンバーバル情報を巧みに利用しながら、総合的に内容を理解している。

そこで、字幕には誤りを含んで表示される場合があることを前提としながら、いかに話者の発信する情報を正確に聴覚障害者に伝えていくかという視点に立脚し、不完全な字幕から正しい意味を類推しやすい情報呈示方法のヒントを探る実験を行った。具体的には、①顔や口元の映像（ノンバーバル情報）の付与が、不完全な字幕（バーバル情報）の理解向上にどのくらい寄与するのか、②口の動きと字幕表示の時間的ずれは、字幕のわかりやすさにどのくらい影響するのかを調べた。

その結果、聴覚障害ユーザの場合、字幕に口元の映像情報を追加することで、字幕のみと比べて、類推による正答率が約 5%上昇することがわかった。また、字幕と顔情報の呈示タイミングは、「時差なし」「字幕先行」が「顔先行」よりもわかりやすく感じるということがわかった。

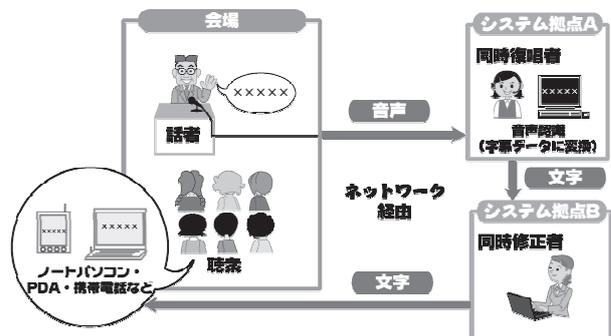


図4 リアルタイム音声字幕システム

## 4 ハンズフリー型人工喉頭

### 4.1 設計概念

電気人工喉頭は、喉頭摘出者の顎下部に振動子を押し当ててそこから発生した音源を声帯音源の代わりにする方法をとる。声を出すときにボタンを押して振動子のオン・オフを行うだけでよいことから、操作・修得が容易であり、喉頭を摘出して間もない人や食道発声法を利用できない人にとっては重要な発声手段となっている。しかし、生成される音源が一定の周波数であるために、単調・機械的・ブザー音質などと形容される不自然な音声しか発声できないという問題がある。

そこで、合成音声の自然性を向上させることを

目的として、ヒトの声を流ちょうに真似る九官鳥の発声メカニズムを調べ、呼気を利用したイントネーション制御式の電気人工喉頭「ユアトーン」を開発し、製品化した。

しかし、この人工喉頭は、音質は改善されたが、従来の人工喉頭のように手を使用するタイプのため、紙にメモしながら電話をするなどの両方の手を同時に利用する行為が難しく、ユーザビリティの観点から見て問題が残った。そこで、この問題を解決するために手を拘束しないハンズフリー型人工喉頭の開発に着手することにした [3]。

#### 4.2 システム構成

試作したハンズフリー型電気式人工喉頭の外観とシステム構成を図6に示す。本機器は、頸部に装着する薄型振動子と、振動子をオン・オフするための無線式スイッチ、そして胸ポケット等に収納可能なコントローラで構成されており、指先での操作で発声することが可能になる構成とした。

#### 4.3 発声障害ユーザのためのユーザビリティ

発声障害ユーザの実験協力を得て、開発した人工喉頭の操作テストを行った。内容は、本被験者が日頃不便を感じている電話応対と、マイクロホンで音声を拡声しながらの講演を対象とした。従来式の人工喉頭とハンズフリー型人工喉頭を用いての電話応対を図7に示す。

従来の電気式人工喉頭の場合には、左手で電気式人工喉頭を操作しながら、右手で受話器を扱い、メモ等が必要な場合には、一旦右手の受話器を置いて、ペンに持ち変える必要が生じていた。これに対し、ハンズフリー人工喉頭を使用した場合には、左手で受話器を把持し、同時に左手指に装着したスイッチによって振動子のオン・オフを行う事が可能になった。

その結果、電話中のメモ書きという従来困難であった動作を、容易に実現することができた。また、講演などでハンドマイクを利用する場合にも実用レベルでの操作性の問題は解消できた。

### 5 おわりに

新しい情報バリアフリー機器として開発している「触覚ジョグダイアルインタフェース」「リアルタイム音声字幕システム」「ハンズフリー型人工喉頭」について述べた。今後は、これらの実

用化と製品化に向けた研究開発を推進するとともに、障害のある人や高齢の人たちのコミュニケーションを円滑にサポートする情報バリアフリー機器にネオ・サイバネティクスという新しい概念を反映させながら、ユニバーサルな福祉機器づくりに発展させていきたいと考えている。

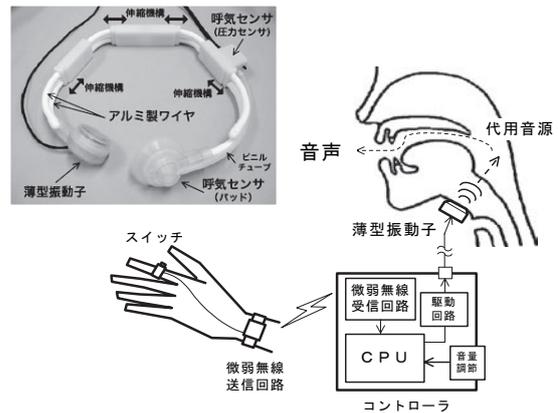


図6 ハンズフリー型人工喉頭



図7 ハンズフリー型人工喉頭の電話対応（左上は従来式人工喉頭の場合）

#### 参考文献

- [1] 浅川, 高木, 井野, 伊福部: "視覚障害者への音声提示における最適・最高速度", ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.7, No.1, pp.105-111, 2005.
- [2] 井野, 黒木, 中野, 堀, 伊福部: "聴覚障害者の情報保障を目的とした音声同時字幕システムに関する研究", 計測自動制御学会第6回SI講演会論文集, pp.779-780, 2005.
- [3] 橋場, 須貝, 泉, 井野, 伊福部: "喉頭摘出者の発声を支援するウェアラブル人工喉頭の開発", ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.7, No.4, pp.5-10, 2005.