

paralinguistic 表現を用いた聴覚障害者向け 吹き出し型字幕提示方法

紺家 裕子^{†1} 中谷 彰宏^{†2} 佐藤 至^{†2} 椎尾 一郎^{†1}

テレビ番組や映画などの映像コンテンツにおいて、聴覚障害者向け字幕付与は進んでいるが、情報保障として必須項目のみであり、エンターテインメント性のある演出効果などを含めた表記の字幕はない。健常者は字幕で文字情報として表示される発話内容以外にも、音量や話すスピード、声色など様々な情報を総合してその発話を表現したり、理解したりしており、既存の字幕ではその演出情報が欠如している。本論文では、字幕において文字情報のみでなく演出情報と一緒に表現することでエンターテインメント性のある字幕を提供することを目的とし、多くの人が親しみ、直観的に理解できるマンガ表記の文法を映像字幕に応用する方法を提案する。また、評価システムを実装し、インタビュー調査を実施した結果を述べる

Paralinguistic Caption Presentation method with Speech bubble for hearing impaired person

YUKO KONYA^{†1} AKIHIRO NAKATANI^{†2} ITARU SATO^{†2} ITIRO SIIO^{†1}

In a video content, such as TV shows and movies, captions for the hearing impaired person are proceeding. However, these captions are only mandatory fields as information support. There is no subtitle notation including directing effects for entertaining. Non-impaired persons feel and recognize scenes with synthesizing various information, for example, speaking speed, volume, and tone of voice. The existing caption is lacking directing effect information. In this paper, we describe a way to provide a caption with effect information not only text information. Many people are familiar with Manga comic grammar. We propose a caption presentation method to apply it. We implement a system of caption presentation over IPTV platform and conduct interviews.

1. はじめに

日本における聴覚障害者数は人口の約 0.22%[1]であるが、加齢によっても聞こえは悪くなる[2]。近年直面している高齢社会[3]においても字幕等の映像のバリアフリー化は求められている。字幕は外国語音声への翻訳表記や電車内などの音を出しづらい場所におけるの情報提供としても活用ができ、利用シーンが多い。情報保障としてのテレビへの字幕付与は進んでおり、2012年の調査によると地上波放送の約67%に字幕が付与されている[4]。しかし、これらの字幕は情報保障の域をでておらず、元の映像と重なるなど、健常者が見た場合に邪魔に感じており[5]、字幕付与が増えるにつれ聴覚障害者でも表示タイミングが気になるなどの要望が増えている[6]。また、表示される字幕情報はテキスト情報であり、発話文言の情報しか提示されず、音響効果や発話タイミングなど、楽しさや面白さを表現する演出効果は字幕表記から除外されている。健常者は話の内容、スピード、音量、声色など装飾情報を総合して内容を表現したり、把握したりしているが、字幕にはその情報が無い表記となっている。この音量やスピード、声色などの効果が、

発話者の表現となり、面白さや役者の味を出すものであるが、字幕利用者はそれらの情報を得ることができないため、発話者の表現をすべて理解できない。たとえば手話の場合、感情を表情や動きの大きさなどに変えて表現することができる。しかし、手話の場合は通訳者と発話者の両方を見ることになるため長時間の視聴には向かないと予想できる。テキストのみの表記に対して演出情報は話者の意図、態度、感情を表すものであり、前川ら[7]はこれをパラ言語 (Paralanguage) と定義している。パラ言語とは音声言語に含まれる言語情報以外の情報を意味し、語調、語勢、アクセント、イントネーションなどが含まれる。我々は、聴覚障害者が演出情報を字幕から得ることにより、演出効果を含めた情報を取得できる字幕を提案する。また、障害者のみで鑑賞することばかりではないため、健常者が一緒に見ても邪魔と感じない、皆が一緒に楽しめる字幕提示方法を目指とする。なお、字幕にはニュースやスポーツのようにリアルタイムに付与されるリアルタイム字幕とドラマやバラエティなど番組に合わせて事前に作りこまれている、作りこみ字幕がある。本研究では、演出情報の有無が影響を受けるであろうエンターテインメント性の高いコンテンツであるドラマやバラエティなどの作りこみ字幕をターゲットにする。

^{†1} お茶の水女子大学
Ochanomizu University.

^{†2} 株式会社 アステム
ASTEM Co., Ltd.

2. 従来技術

放送字幕など実用化されている字幕提示方法及び、先行研究について以下に述べる。

2.1 地上波放送の字幕の現状

地上デジタル放送の字幕は ARIB STD B37[8]に則り作成されている。図1に示すイメージ画像のように映像画面の下部などにオーバーレイで2行程度のエリアを設け、黒い透過の帯の上に文字の情報が表記される形式の字幕である。発話者に合わせて、色の変更や座標指定で場所をずらして表示することも可能である。



図 1 地上デジタル放送における字幕表示のイメージ図
 Figure 1 Illustrative example of caption presentation on terrestrial digital broadcasting program

実際に放送にて運用されている字幕表記の傾向を把握するため、東京で視聴できる地上デジタル放送に付与されている既存の字幕の表記方法について調査した。その結果を表1に示す。調査対象番組は、リアルタイム字幕としてニュースとスポーツ、作りこみ字幕としてドラマ、アニメ、バラエティから10作品ずつを番組表から無作為に抽出した。結果としては、リアルタイム字幕、作りこみ字幕それぞれに傾向があり、どの番組もほぼ同様の表記方法を用いていた。リアルタイム字幕は、タイムラグを短縮するために音声で文字にすることに注力しており、改行や色替えなどはあまり利用されていなかった。リアルタイム字幕と比較し、作りこみ字幕の方は文字色を変えたり、表示位置を発話者近くに寄せたり、改行位置を工夫するなど、わかりやすくする工夫がされているが、音響効果、声色の違い、掛け合いや話の結びにあたるいわゆる「落ち」となる言葉が同時に表記されるなど演出面の表現が欠如している。そのため、健常者の得ている情報と比較して、面白さの要素の一部が不足している。

表 1 地上波デジタル放送の字幕表記 (リアルタイム字幕、作りこみ字幕各 10 作品を調査)

Table 1 Caption presentation in Terrestrial digital broadcasting in Japan. Ten titles each of real-time caption and pre-prepared caption

項目	リアルタイム字幕	作りこみ字幕
1 行の文字数	最大 15 文字	最大 15 文字
文字色数	1-2 色	1-4 色
文字サイズ	一定	一定
改行	文字数	文節 長文で続く場合は「→」 表記
遅延	作業時間分遅延	ほぼ一致
タイミング	考慮なし	考慮なし
語調	考慮なし	「!」「...」「~」等で表現(一部番組)
音響効果	なし	♪, (鳥の声)等の記載(一部番組)
表示場所	中央(スーパーインポーズのテロップや発話者の顔に重なる場合あり)	中央, または左右に分け, 発話者に近づくように工夫

2.2 吹き出し型字幕

テレビ会議等の映像に情報保障として字幕付与する研究が進められている。藤井ら[9]は映像の上に画像認識にて吹き出し型の字幕を表示したものと TV 映像のように下部に帯状に表示したものを比較し、吹き出し型の方がより楽しさ、親しみやすさ、臨場感があるという評価結果を提示している。ここでの臨場感は定義されていないが、楽しさや親しみやすさなどを含め、吹き出し表示が有効であると想定できる。楠ら[10]は人形劇に吹き出し型字幕を付与して上演することで障害者と健常者が同様に楽しめること示している。日本ではマンガ文化も浸透しており、吹き出し表示が発話者方向を示していることは多くの人に認知されおり、親和性が高いといえる。また、池谷ら[11]は、画像認識を用いて、発話者の近くに字幕を表示する方法を提案している。発話者特定において、近くに字幕を表記することは有用である。しかし、上記吹き出し型字幕においても、演出効果を可視化しているものではない。

2.3 パラ言語の表記

音声をモデル化して感情とマッピングさせる方法[12]がある。これは音声データから感情要素を取り出すのに有効であるが、取り出した感情を画面上に表現する方法を検討する必要がある。音声のみでの評価ではあるが、発話者の印

象を可視化するものとして、「！」等の記号やフォントサイズを変化させることで、印象の変化を表現している研究がある[13]。記号については既存字幕でも活用されているが、フォントサイズの変化については、検討が必要である。サイズが変化することで、文字数や表示場所が影響を受けるため詳細に検討が必要である。また、音声を可視化するために、音声の共振周波数を用い、色や図形で表現する方法もある[14]。しかし、可視化された図形や色などに直観的に理解できる意味付けがないため新たな学習が必要となる。

3. 課題

聴覚障害者が映像などのコンテンツを楽しむ場合には、まず、誰が何を話しているかを理解する必要がある。既存の字幕では「何を」話しているのかは表示され、「誰が」話しているのかは役名の表示や色分けによって伝えるようになっている。「誰が」「何を」を理解したうえで、どのように話しているのか、いわゆる感情や演出という箇所がさらにコンテンツの楽しむ要素となる。しかし、これらの情報については既存の字幕では表現できていない。そのため、視聴者は表情などで想像できる範囲でしか役者の感情を理解できない。また、表示タイミングなどが一定で掛け合いのタイミングや話のオチが同時に表示されるなど面白さの要素を欠いている。上記に述べたように既存の帯型字幕では、演出などの楽しさを伝える情報が不足しており、発話者の感情や意図が伝わっていない可能性がある。

4. アプローチ

演出情報の表現方法として、マンガの文法を応用する。日本では多くの人がマンガの表現に親しみがあり、吹き出しが台詞で、その形や文字の大きさが声の大きさや気持ちの激しさなどの感情を表していることは学ばなくとも知っている。そのマンガの文法を活用して、発話者の感情や演出を字幕に表現することで、特別な学習をせずに演出効果を伝えることができる。マンガでは、吹き出しの形で感情や場所（対面なのか遠隔なのか）などを表し、文字のサイズで声の大きさを表現している。その表記ルールを用いてテレビ画面に字幕を表記する。

4.1 音声表現による演出の要素

音声言語による演出の表現の主要素は、声の大きさ（ボリューム）、高さ（声色）、間や速さ（スピード）である[15]。たとえば、多くの人に語るときは大きな声でゆっくり話し、大切なことを言う前に少し間をあけるなどの音声表現がある。また、物語であればその情景を表すために、緊迫しているときは速く低い声で話したり、怒っているときは強いかたい声で話すなど感情も声色で表現する。お笑いであれば、軽快な掛け合いやわざと間を長くおいてタイミングをずらし笑いを誘うなどの演出が行われている。

4.2 マンガの表現方法

マンガでは、会話の内容は吹き出しの中に表記され、その吹き出し口が発話者の方を向く。これにより誰の発言かを明確に示している。発話者の感情表現は吹き出しの枠の形を用いたり、文字のフォントを変えたりする。声の大きさは文字の大きさや太さなどで表現し、間は「…」等の記号や行を変えたり、コマ割りにより時間経過を表したりなどすることで表現している。高月[16]は、「文字そのものの工夫」「吹き出し（風船）の工夫」によってマンガでは感情表現を行っていることを示している。映像に付与する場合は、タイミングも重要なポイントとなるため、間合いについても考慮し、字幕表現に活用する。表2に音声表現と字幕表現のマッピングを示す。

表2 音声表現と字幕表現のマッピング


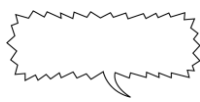


Table 2 mapping from voice expression to caption description

音声表現	字幕表記
ボリューム	文字サイズ
声色・感情	吹き出し枠の型、文字の記号、フォント
間・スピード	改行やタイミング

次に、吹き出しの形と感情表現の対応付けについて整理する。人間の感情として喜怒哀楽といわれるが、言葉に表される時には、ポジティブな喜びと楽しさの表現に差があまり出ない。そのため、怒りのような強い感情の高ぶりの場合と、哀しみのように、弱いけどネガティブな感情と、喜びや楽しさというポジティブな感情の3つのタイプに分類した。感情表現と吹き出し型の対応付けについて表3に示す。

表3 感情表現と吹き出し型のマッピング

Table 3 Mapping from emotion to bubble shape

タイプ	意味づけ	形
Normal	通常状態	
Emotional	感情の高ぶり	
Fun	楽しさ、うれしさ (ポジティブ)	
Sad	悲しさ、寂しさ (ネガティブ)	

また、映像の場合、発話者が常に画面上に存在するとは限らない。そのため、ナレーションで声のみの場合などは、吹き出しの口の向きがないタイプを表記する。映像上に

てくるが、途中で一度見えなくなる場合などは、吹き出しの口を画面外に向けるなどの表現を用いることとした。

4.3 吹き出し表示位置

映像の中には複数の人が存在する場合もあるため、吹き出しはできるだけ発話者の近くに表示するようにした。ただし、字幕用メタデータの作成の煩雑さも鑑み、図3に示すように、画面を区切り、そのエリアを指定することで位置を特定する。図3では縦横4等分で16分割している。これは映像の種類などによっても適正なサイズが異なると考える。画面上の座標指定等で場所を指定する方法もあるが、図4に示すように、ある程度顔の近くに表示されれば、どの発話者の発言かを認識できることから、画面を複数のエリアに分割する簡易な手法を用いた。



図1 エリア分割例 16分割 (4×4)

Figure 1 sample of aria division, sixteen - division (4x4)

4.4 字幕メタデータ

上記の表現を画面へ表示するために字幕メタデータを作成する。表4に字幕メタデータに記載する項目について示す。下記のほかに文字フォントなどの情報を持たせてもよいがテレビ受信機などのブラウザではフォントを多用できない場合もあるため、既存で利用できる要件のみを利用した。

表4 字幕メタデータ項目

Table 4 structure of subtitle metadata

メタデータ要素	設定概要
ID	通番
Start time	表示開始時刻
End time	表示終了時刻
Position	表示位置
Oriented	吹き出し口の向き
Font size	文字サイズ
Paralinguistic	吹き出しの形
Name	発話者名
Text	字幕テキスト

5. 実装

上記アプローチに基づき、IPTV 配信システムを利用したシ

ステムを実装した。映像受信機として IPTV 受信機、字幕表示ブラウザとして LIME ブラウザ[17]、映像配信装置として、IPTV 用 Video Server を用いた。図5にシステム構成図を示す。テレビや Set top box で映像を Video Server から受信し、字幕情報は Lime Server から取得する。字幕データについては、最初にすべてのデータを送信する方式と順次送信する方式が実施できるが、すべてのデータを取得する場合は、最初のデコード処理に時間がかかってしまう。逐次処理をする場合は、配信タイミングによって字幕と映像の遅延が発生する可能性がある。今回はタイミングが重要であることから、後者の逐次配信方式とした。

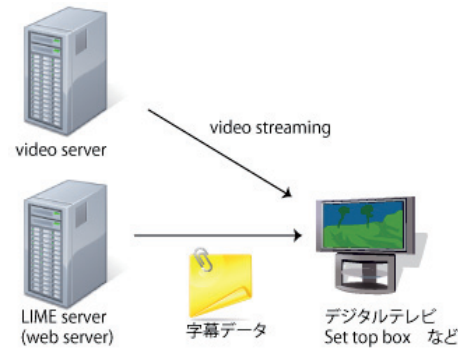


図2 システム構成図

Figure 2 System overview

字幕位置指定のための画面分割は縦、横、それぞれ4分割の16分割にした。メタデータは健常者が手動で作成し、感情部分は声のトーンや音のボリュームを考慮して指定した。メタデータは Tab-separated values (TSV) 形式を用い、表4の項目を記載した。図7のように、字幕データの表記として W3C の TTML[18]を拡張し、attribute に表4の各要素を表記してもよい。

6. 評価

前記システムを用い、吹き出し型字幕、paralinguistic 表現の有効性を確認するために、既存の帯型字幕表示方法と本システムの比較評価を行った。17名の被験者に、2種類の映像を鑑賞してもらい、インタビュー調査を実施した。被験者は20歳から60歳の男性8名、女性9名で、ろうあ者2名、難聴者1名、健常者14名である。ろうあ者の被験者は手話を母語とする方であったが、社会活動に積極参加されるなど、日本語を理解し読解力のある方であった。健常者のうち4名は手話通訳者で聴覚障害者に理解がある人であるが、ほか10名はほとんどが障害者とかかわったことがない方であった。

6.1 実施概要

表5に本評価の実施概要を図3に評価画面のスナップショットを提示する。



図 3 スクリーンショット (上段: 提案型, 下段: 既存型)
 Figure 3 Snap shots of evaluation system. (Upper: propose system, bottom: existing system)

表 5 インタビュー-評価実施概要
 Table 5 description of interview examine

実施概要	
視聴映像	シンガポール観光局 「An experience to call your own」 約3分間 英語音声 日本語字幕 進行役が一人で話す映像約2分, 多くの街中の 人にインタビューする映像約1分で構成
実施方法	3分ずつ2種類の字幕パターンで視聴した後に インタビューを実施.
字幕表記	1. 帯型字幕 (既存字幕相当) 2. 吹き出し字幕 字幕のタイミング, 改行などは手動で作成.
質問内容	Q1: それぞれの字幕表記方法について, よい点, 改善点を教えてください. Q2: 吹き出し型で表している感情表現について どう感じますか?

6.2 結果

以下にインタビューの結果を箇条書きで示す.

- 顔の近くに字幕が表示されるので, 表情と一緒にみえる点が良い
- 下部に表示される帯型字幕では, 字幕を読むか映像を見るかの一方に集中する形になってしまうため, 映像を見逃しがちである
- 一人の人がナレーションのように話しているときは吹き出しでなくてもよいが, インタビュー形式のときは吹き出しのほうがよい

- 吹き出しが映像の上に乗ることで, 背景が隠れることがあるため, 見づらい
- 画面が変わった時に, 吹き出しの場所がどこにあるのかわからないので, 一瞬探さないといけない
- もっと発話者に近いところに吹き出しをだしてほしい. かげアナの字幕なのか, 人の会話なのかわかりにくい. 例えばギターを持っている人がいた場合, 歌詞なのか, 話している内容なのかの区別はどうなるのか
- 顔が映っていないときの場所に違和感がある
- 発話者が二人になった時, 話していない発話者の顔に話している発話者の吹き出しが重なることがあるとよくない.
- すべてを吹き出しにするのではなく, しっかりと内容を伝えるものに関しては, 従来の字幕で, 会話などが飛び交う場合は, 吹き出しなど使い分けはできないか
- 吹き出しの色は, 背景色, とくに発話者の色との関係でわかりやすくしてほしい

感情表現などについては以下の通りの回答があった.

- イキイキした感じが出てよい
- 聞こえてくる感じと吹き出し形がマッチしないときがある
- 枠に意味があることはわかるが, 枠が途中で変わるとちらちらする
- 一人の人が話している途中で吹き出しが変わると違和感がある
- 見慣れているので帯型の方が落ち着いて感じるが, 感情表現はある方が楽しく感じる

7. 考察

吹き出し表記, paralinguistic 表現, 表示タイミングについて評価結果をもとに考察し, システム面については実装時の状況を踏まえて考察する.

7.1 表現方法に関する考察

吹き出しの位置は近い方が発話者を発見しやすいが, ビデオ映像の場合, 演劇等と比較しカメラワークや編集が行われていることで人の位置が頻繁に動いている. そのため, 近くに出すことで, 吹き出し位置が頻繁に移動する状況になり, 字幕表示位置がちらちら変わることで見づらくなっていた. 一方で人と吹き出しの位置が離れすぎると誰の発言かわかりづらいという意見もある. また, 背景を隠してしまうなどの意見もあったため, 配置や吹き出しの大きさ色 (半透明化など) について更なる検討が必要であることが分かった.

マンガ文法の活用については, 直観的に理解し違和感がない様子であった. 被験者に健常者が多いこともあり, 声色などは聞けば分かるため必要性は認められなかった. 一方, 拒否的な意見もないことから見慣れることなどで解消

される可能性もある。これは障害者の方も含め、見慣れているので帯型の字幕の方が見やすいという意見にもつながるといえる。今回の被験者の聴覚障害者の方は手話を母語としている人が2名おり、字幕より手話の方が読みやすいという意見もあった。手話を母語とする人など、日本語の読解力にも差があるため、引き続き聴覚障害者へヒアリングを進めたり、手話による表現との比較など更なる検証を深めたい。また、吹き出し口の形についても paralinguistic 表現の上では意味がある。マンガ表記では心の声を表記するときなどは、とがった口ではなく図4に示すような丸をつなげて口を作ることもある。この部分も感情を表すのに重要なポイントとなっている。今回はインタビュー映像であったため活用できなかったが映像の種類も増やして検討する必要があると考える。

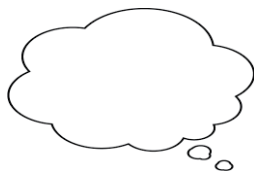


図4 吹き出し口の例 (丸型)
Figure 4 Type of round bubble tail

7.2 システム構築に関する考察

演出情報の一つにタイミングがあるが、IP伝送における同期。放送電波ではほぼ同期したものと送信できるが、別ストリームで送付する場合、同期が難しいポイントとなる。まとめて送付する方法では初期バッファが大きくなる。今後の検討課題の一つである。受信機側で制御できるタイミングもあり、吹き出し位置と映像がずれてしまっている原因にもなっていた。

8. まとめ

paralinguistic 表現を用いた字幕提示方法を提案し、システムを実装した。また、そのシステムを用いて、インタビュー調査を実施した。既存の字幕より優位性があることが分かったが、まだ改善点も多い。情報保障のための字幕表示のみでは、聴覚障害者はその演出となる装飾情報を受けとることができないため、役者の表現やそれから得られる楽しさ、面白さという点において健常者と同じ情報を得ることができない。テキスト情報として追記することも可能であるが、一度に読める分量も限られるため文字以外の paralinguistic 表現を活用することで短時間に多くの情報を提供できるようになる。多くの人が慣れ親しんでいる、マンガに用いられる文法を応用することで、新たに学習がしなくとも直観的に paralinguistic 表現を理解できると想定して、提案実装を行った。健常者による評価は賛否両論であったが、聴覚障害者を含めてさらなる検証を深めたい。本研究では、映像や演劇といった、演者が言葉で表現する

ようなコンテンツにおいて、より演技を忠実に字幕で伝えることができるようになり、字幕によるコンテンツ鑑賞に楽しさなどを提供することができるようになることで、障害者数の問題などから後回しになりがちなエンターテインメントコンテンツのバリアフリー化推進活用できると考える。今回の実装経験および評価結果を踏まえたうえでシステム面、表現面の両面から更なる工夫をしたい。

今後は、聴覚障害者へのインタビュー調査の実施や、視線の動きや背景等を考慮して効果的な場所に吹き出しを配置するためのオーサリングツールを検討したい。

参考文献

- 1) 厚生労働省, 平成18年身体障害児・者実態調査(2008), <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/index.html>, 2008
- 2) 水野 映子, “中高年層の難聴に関する現状と意識”, LifeDesign REPORT 2009年1-2月号, 2009
- 3) 平成24年版高齢社会白書, 内閣府, http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2012/zenbun/24pdf_index.html, 2012
- 4) 平成23年度の字幕放送等の実績, 総務省, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu09_02000045.html, 2011
- 5) 香取 淳子, “高齢者にとってのTV字幕の適切性に関する研究”, 県立長崎シーボルト大学国際情報学部紀要 (8), 65-79, 2007
- 6) デジタル放送時代の視聴覚障害者向け放送の充実に関する研究会, 総務省, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu05_02000022.html, May. 2012.
- 7) 前川喜久雄. “音声はパラ言語情報をいかに伝えるか” 認知科学. Vol.9. No. 1. 46-66. 2002.
- 8) 社団法人 電波産業会, STD B37 補助データパケット形式で伝送されるデジタル字幕データの構造と運用 2.4版, 2006
- 9) 藤井絢子, 南条浩輝, 吉見毅彦, “会議の情報保障を目的とした吹き出し型字幕提示方式の検討(システム)”, 情処学会研報 SLP-75, No.14, pp75-82, 2009
- 10) 楠 房子, 和田久美子, 江草遼平, 後関 政史, 足立 孝之, 溝口 博, 生田目美紀, 稲垣成哲, “インクルーシブデザインに基づいたインタラクティブな人形劇の開発と実践”, 信学論 (D), Vol.196-D No.1 pp.61-69, Jan. 2013.
- 11) 池谷友秀, 林貴宏, 尾内理紀夫, “吹き出し形式の字幕表示システム: なかじまくん” 信学技報. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎 107(130), 79-84, July, 2007
- 12) 佐藤安里, 菊池英明, 市川薫, “音声の発話者印象情報の知覚・認知モデル構築”, 信学技報, Vol.SP2011-171, pp.89-94, March, 2012.
- 13) 書き起こしへの付与を目指した音声とテキストを対象とした発話印象の分析, 西田昌史, 堀内靖雄, 黒岩眞吾, 市川薫, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.2, pp.460-468, 2009.2
- 14) 渡辺亮, 聴覚障害者のための音声映像化, 日本音響学会誌 52(12), 979-984, 1996-12-01
- 15) 飯島晶子, 毎日5分の朗読トレで身につく! 伝わる声の出し方・話し方, 日本実業出版社, 東京, 2008
- 16) 高月義照, “マンガにおける表現技法の進化 -何がマンガを文芸に成長させたのか” -東海大学紀要. 開発工学部 20, 53-75, March. 2011.
- 17) ITU-T, ITU-T Rec. H.762, "Lightweight interactive multimedia environment for IPTV services (LIME)", 2009
- 18) W3C, Timed Text Markup Language (TTML) 1.0 (Second Edition), <http://www.w3.org/TR/tafl1-dfxp/>, 2013