

地震波可聴化エデュテインメントの制作および 気象研究所の夏季広報イベントにおける実践活用 Developing the Sonification Edutainment of Seismic Waves and

its Practical Use at an Annual Summer Public Relations Event at the Meteorological Research Institute

林 豊¹・高山 博之²
Yutaka HAYASHI¹ and Hiroyuki TAKAYAMA¹

(Received January 11, 2008; Accepted May 8, 2008)

1 はじめに

気象研究所では、学校の夏休み期間中の一日に、「お天気フェアつくば」と題した広報イベントを毎年実施している。敷地を隣接している高層気象台および気象測器検定試験センターと三官署（以下、つくば三官署）で共催し、各官署の観測・研究施設の公開、天気図講習会、ビデオ上映のほか、各部課室が企画しブースを設けて運営する実験・体験型のアトラクションが主なコンテンツである（気象研究所, 2005~2007）。

「お天気フェアつくば」の 2004~2007 年の来場者数はそれぞれ約 1,150 人, 1,319 人, 1,843 人, 2,066 人であった（気象研究所, 2005~2007）。気象庁の各地気象台・測候所等が実施している一連の夏季広報イベントの中でも、かなり来場者が多い部類だろう。このため、「お天気フェアつくば」は、つくば三官署の業務内容の情報発信のためのみならず、気象・水象・地象に係る知識を広く普及させる上でも重要な機会だといえる。

「お天気フェアつくば」の典型的な来場者は、初めてあるいは二回目の参加で、つくば市内か隣の土浦市から車で来る小学生と母親のグループである。実行委員会の集計では、2007 年は「つくばちびっ子博士」関係で来場する小中学生だけで、全来場者のうちの約半数に当たる 1,051 名に達した。つまり、上述のような来場者の特徴が、つくば市教育委員会等が小中学生を対象に 1999 年以降の毎夏に実施している市内の研究施設・博物館等のスタンプラリー「つくばちびっ子博士」の見学施設に、つくば三官署のいずれもが指定されていることと、深く関係していることを示している。

気象研究所地震火山研究部は、2004 年以降毎年「お

天気フェアつくば」に、地震波を音響化して聞かせるアトラクションを出展している。しかし、2004~2006 年の来場者アンケートでは、「不真面目である」、「周囲の雑音で音が聞き取れない」、「スタッフの対応が悪い」など、その内容や運営に対して、不満や問題点を指摘する記述が見られた。また、「お天気フェアつくば」全般についても、「混雑して参加できないアトラクションが多い」、「子供向けの説明がない」、「対象年齢を明確にしてほしい」という意見が目立ち、これらは改善すべき課題である。

著者らはより適切な普及・広報効果が期待できるよう、地震波を音響化するアトラクションの全面的な再構築を手がけた。保守性と移植性を考え、プレゼンテーションソフトウェアのスライドショーとアニメーション機能を用いて、パーソナルコンピュータ（以下、PC）で動作する地震波可聴化エデュテインメント「地震の音を聞いてみよう！」を制作した。これを、2007 年 8 月 2 日（水）の「お天気フェア 2007 つくば」において活用し、来場者から好評を得ることができた。

本稿では、著者らが制作した「地震の音を聞いてみよう！」の内容と、「お天気フェア 2007 つくば」での実践活用事例を紹介する。

2 地震波の可聴化

地震波を音として聞かせるアイデア自体は目新しいものではなく、可聴化した地震波を聞くことができるホームページもある（例えば、U. S. Geological Survey, 1999；応用地質株式会社, 2000）。可聴化の原理は、これらと同じである。

^{1,2} 気象研究所地震火山研究部, Seismological and Volcanological Research Department, Meteorological Research Institute

² 現所属, 地震火山部地震津波監視課, Earthquake and Tsunami Observations Division, Seismological and Volcanological Department

2.1 データ

気象庁の地震・火山観測網で観測された様々な種類の地震波形データを用いた。また、空振計の波形も一例用いた (表 1)。

表 1 「地震の音を聞いてみよう！」のために音声データを作成した地震等の一覧。

<p>内陸地殻内の地震</p> <ul style="list-style-type: none"> ○1995 年 阪神・淡路大震災 ・2000 年 鳥取県西部地震 ◎2007 年 新潟県中越沖地震 ・1998 年 岩手山麓の雫石の地震 <p>プレート境界などの地震</p> <ul style="list-style-type: none"> ○1994 年 北海道東方沖地震 ◎1994 年 三陸はるか沖地震 ・2002 年 ウラジオストック付近の深い地震 <p>火山性の地震など</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2000 年 有珠山噴火直前の地震 ・2000 年 三宅島の噴火当日の地震 ◎2000 年 三宅島の噴火翌日の地震 ・1995 年 桜島の B 型地震 ◎1995 年 桜島の C 型地震 ・浅間山の BH 型地震 ・浅間山の BL 型地震 ・浅間山の BC 型地震 ・浅間山の T 型地震 ・浅間山の火山性微動 ・阿蘇山の火山性微動 ・諏訪之瀬島の噴火による空気振動

「お天気フェア 2007 つくば」で用いた音は、中学生以上・大人用は○と◎、子供用は◎で示したもの。

2.2 原理と手法

地震計で記録された地震波形を空気圧の変化に見立てて、音のデジタル波形を合成し、これを早送りすることで、地震波を音に変換できる。早送りする理由は、通常観測される地震・微動の卓越周期である数分の一から数十 Hz では、低音すぎて人の耳では聞こえないためである。空振計の波形は空気圧の変化そのものであるが、観測対象の卓越周期が低くて聞こえないので、これも早送りする。

具体的には、次の手順で処理した。

(1) 地震観測波形、空振観測波形の時系列デジタル値からなる ASCII ファイルを準備。

例えば、win フォーマット (ト部・東田, 1992) の波形であれば dwin コマンドを活用するなどして、ASCII ファイルに変換すればよい。用いた地震観測データには、変位・速度・加速度の波形が混在していた。

(2) 整形した ASCII ファイルを WAVE 形式の音声ファイルに変換。

時系列数値データを WAVE 形式の音声ファイルに変換するためのユーティリティプログラムは、無償利用可能なものが複数公開されているので、それらを併用した。変換のためのパラメータなどは、次のように、聞きやすい音になるように調整した。

a) 地震観測波形は、水平 2 成分の一方を左スピーカー、もう一方を右スピーカーのチャンネル用のデータとして用いた。空振観測波形は、一成分のみなので、モノラル音にした。

b) 10~1000 倍の範囲で色々と試して、聞き取りやすい音になる早送り倍率を探した。

c) 音量は、波形毎に聞きやすい大きさに調整した。

(3) 波形のサンプリングレートに早送り倍率をかけた周波数が、人の可聴域の高音部に当たる場合は、ノイズの原因になることがある。聞き苦しい場合は、デジタルフィルターで高音域を除去した。

地震波形は地面の動きを変位、速度あるいは加速度として捉えたものであり、大気中を伝わる粗密波に見立てることは物理的には意味をなさない。しかし、音の高低・強弱・音色の変化によって、地震波形の時間的変化や、複数の地震波で特徴が異なることを、感じて楽しんでもらえる素材を作ることが目的なので、物理的な厳密さや正確さはあえて犠牲にしている。

3 エデュテインメントの制作

2 節のとおり作成した音声ファイルに加えて、原波形を煤書き記象に似せたグラフ、解説文などを素材として用いて、PC で動作するエデュテインメントを制作した。広報イベントで不特定多数の来場者が楽しみながら、地震のメカニズムの多様性 (易しく言えば、地震には大きい小さい以外の観点でも個性があること) を、体感してもらうことが目標である。

3.1 要求される仕様

「お天気フェアつくば」での活用を想定し、この広

報イベントの特徴から、次の制約の範囲で制作することとした。

- (1) 来場者の感想・意見を踏まえて、不都合な点を容易に修正できること。
 - (2) 「お天気フェアつくば」以外の広報イベントにも活用しやすいよう、用途に応じたアレンジが容易であること。
 - (3) グループ（特に児童とその保護者）で同時に楽しめること。
 - (4) 利用者の過半を占める小学生以下にとって使いやすいこと。
 - (5) 同時に出展するアトラクションに迷惑をかける音を発しないこと。
 - (6) 小学生でも大人でも飽きない程度の分量、メニュー項目であること。
- 以上を全て満たした上で、
- (7) 一日に千名の体験者（前年の「お天気フェア 2006 つくば」と同数の来場者があって、その半数が体験するという仮定）に対応するため、回転を早くすることが必要である。

3.2 仕様の実現方法

3.1 節の仕様を満たすための方法は、以下のとおりとした。[]内の番号は、対応する 3.1 節の項目を示す。

・広く普及しているプレゼンテーションソフトウェア Microsoft PowerPoint 2003 で、スライドショーとアニメーション機能を使ってエデュテインメントを制作し、また、体験者が、画面を見て自分で操作できるようにした（図 1）。 [1, 2]

・スタッフを対象にした管理・説明用画面を設け、起動時に一回限り開くようにした（図 1a）。 [2]

・大人・中学生用と子ども用の二種類のメニューを体験者が選択できる仕組みとした（図 1b）。子ども用は、漢字を未修得の小学生でも、スタッフの手を借りずに操作可能なように、表示されるほぼ全ての漢字に振り仮名をつけた（図 1f,g）。 [3, 4]

・音をスピーカーで鳴らす代わりに、二人同時にヘッドホンで同じ音を聞く方法にした。 [3, 5]

・バラエティに富む音を選んだ（表 1）。大人・中学生以上用のメニューに登録するのは、内陸地殻内地震、プレート境界型地震、火山性地震を各 2 種の計 6 種（図 1c）。子ども用のメニューには、内陸地殻内地震、プレート境界型地震各 1 種、火山性地震 2 種の計 4 種とし

た（図 1f）。 [6, 7]

・メニューに登録された全部の音を聞くと、一グループ体験時間は、中学生・大人用メニューで約 90 秒、子ども用メニューで約 45 秒になるように制作した（図 1c,f）。これは、平均 1 分でグループが交代し、一グループ 2 人、稼働率が 70%として、イベントを開催する 10～16 時の 6 時間に約 500 人が体験できるように調整したものである。つまり、二組の装置で「お天気フェアつくば」の来場者に対応するとした設計である。 [7]

3.3 「地震の音を聞いてみよう！」

制作した地震波可聴化エデュテインメント「地震の音を聞いてみよう！」は、本誌添付の CD-ROM に収録されている。ただし、「お天気フェア 2007 つくば」で活用したものと全く同じではなく、終了後に変更を加えた部分がある。変更点は、大人・中学生以上用と子ども用の二種類のメニューのうち的一方を、スタッフがあらかじめ選択するモードを追加したことである。

音声や画像のデータを分離せず、一つのプレゼンテーションファイルにまとめた。起動するには、Microsoft PowerPoint 2003 または Microsoft PowerPoint Viewer 2003（あるいはこれらの上位互換バージョン）をインストール済みの PC で、拡張子が ppt のファイルを開いてスライドショーを実行するだけでよい。

「地震の音を聞いてみよう！」は、マクロや実行モジュールを作らず、スライドショーとアニメーション機能だけで、インタラクティブな操作を実現している。つまり、各ボタンに、音声ファイルを再生する、アニメーションを実行する、別のスライドに移動する、といった機能を持たせ、それらを組み合わせただけである。従って、制作者以外が変更を加えることは非常に容易である。

4 お天気フェアでの実践活用

気象研究所地震火山研究部では、平成 19 年 8 月 2 日（水）の「お天気フェア 2007 つくば」に、4 つの出し物を同時に展示・運営した。このうち、「地震の音を聞いてみよう！」の展示方法や運営状況を以下にまとめる。

4.1 展示方法

「地震の音を聞いてみよう！」は、5.9m×5.9m の会議室の約 1/3 を利用した。部屋の残りの部分は、「お

(a) **地震の音を聞いてみよう!**

スタッフ用の準備&メニュー画面です

・「地震の音を聞いてみよう!」は低音を再生するため、PC内蔵のスピーカーからは聞き取れない場合があります。外部スピーカーまたはヘッドホンのご利用を推奨します。

・安全のため、まず最初に、サンプル音を使って音量の調整をしてください。

・「地震の音を聞いてみよう!」はPowerPointのスライドショーとアニメーションの機能を使います。どちらかの「はじめる」ボタンを押すと、再びこの画面に戻ることはできません。ただし、ESCキーを押すとスライドショーが終了してしまいます。イベント用には、キーボードを隠す、タッチパネルPCを使うなど、ESCキーの誤打を防止する処置を施した上で、どちらかの「はじめる」を押してください。

はじめる(パターンA1: 夏季広報行事向け通常モード)
大人用(内陸、海溝、火山)の6種の音、こども用(4種の音)を選択可

はじめる(パターンA2: 夏季広報行事向け多客モード)
大人用(6種の音、説明音)、こども用(4種の音)、スタッフが一方に固定

はじめる(パターンB: 浅間火山の音特集)
浅間山の火山性地震・噴動を基にした特集、大人用メニューのみ

音を探る(パターンC: アークアイズ)
作成した地震の音の全リスト、メニューを編成する際には、この中から音を探してください。

音量の調整
(システムによっては見えません)

サンプル音

リリースノート
制作者からのお知らせなど

気象研究所 地震火山研究部 2007年8月制作 11月修正

(b) **地震の音を聞いてみよう!**

大人・中学生以上 **こども**

どちらかを、えらんでください

きしょうけんきゅうしょ の じしんかざんけんきゅうぶ が つくりました。
制作: 気象研究所 地震火山研究部

(c) **「地震の音」実験室**

早送り再生する地震データを選んでください。

1995年 阪神・淡路大震災 (震源から近い順に12の観測点)
2007年 新潟県中越沖地震 (長岡・輪島などでの観測データ)
1994年 北海道東方沖地震 (山梨県での観測データ)
1994年 三陸はるか沖地震 (東京での観測データ)
桜島が活発になる北の地震(1995年) (火山近くの観測点)
三宅島の噴火翌日の地震(2000年) (火山近くの観測点)

ここに、再生中の地震の説明と、地震計で記録された波形が表示されます。

説明を読む **終了**

(d) **「地震の音」実験室**

再生中

1995年 阪神・淡路大震災 (震源から近い順に12の観測点)

(説明) 阪神・淡路大震災
1995年兵庫県南部地震の強い揺れです。最初は神戸海洋気象台での記録、その後、震源から近い順に並べています。
次第に、音が2回に分かれて聞こえてくるようになります。速くの観測点ほど、縦波(P波)と横波(S波)が到着する時間差が長くなり、この二つが区別して聞こえるようになるためです。

1995年 阪神・淡路大震災

(e) **本当は、「地震の音」なんて聞こえないよ!**

音の説明です

説明文中の「解説」のボタンを押すと、はれるんが詳しく説明します。

地震による地面の揺れは、耳で聞こえる音に比べると、はるかに周期が長い(周波数が低い)ため、人間は地震による地面の揺れを音として聞き取ることができません。

「地震の音を聞いてみよう!」は、地震計で実際に記録されたいろいろな地震の揺れを電気信号に変換して、10~1000倍の早送り再生する実験です。そうすると、聞こえないはずの地震の音が聞こえるようになります。

様々な地震を集めましたので、聞き比べてください。地震の揺れにも個性があることに、気がつくことでしょう。

音を聞く **終了**

(f) **「地震の音」実験室**

聞きたい「地震の音」を選んでください。

1. 新潟県沖での地震 (2007年)
2. 東北地方の東の海での地震 (1994年)
3. 鹿児島県の桜島火山の地震 (活発になるきざし)
4. 伊豆諸島の三宅島火山の地震 (噴火した次の日)

おわり

(g) **「地震の音」実験室**

音が終わるまで、待ってください。

3. 鹿児島県の桜島火山の地震 (活発になるきざし)

図 1 「地震の音を聞いてみよう!」を起動中の画面のハードコピー。

- (a) スタッフを対象とした管理・説明用画面。
- (b) 体験者が大人・中学生以上用かこども用かを選択する画面。
- (c) 大人・中学生以上用のメニュー。
- (d) 大人・中学生以上用で音を再生中の画面の例。
- (e) 音の説明(大人・中学生以上用で、(c)から「説明を読む」を選択した時のみ見ることができる)
- (f) こども用のメニュー。
- (g) こども用で音を再生中の画面の例。

天気カード」というアトラクションが利用した。装置の準備は次の通りとした。「地震の音を聞いてみよう！」の基本モード(大人・中学生以上用メニューか、こども用かを体験者が選択できるモード)を動作させた PC の音声出力端子から、音声信号分岐コネクタを経由して二式のヘッドホンに接続する。このような装置を二組準備する。つまり PC 二式(ディスプレイとマウス含む)、分岐コネクタ 2 個、ヘッドホン 4 個を使う。

ディスプレイとマウス、ヘッドホンを長机に置き、来場者が画面を見ながら自由に操作できるようにした。PC を二式用意したので、同時に体験できるのは最大 2 グループ 4 名までである。



図 2 「お天気フェア 2007 つくば」に出展した「地震の音を聞いてみよう！」を操作する来場者。

椅子に座っている三人は、それぞれヘッドホンを装着して、「地震の音を聞いてみよう！」のこども用メニューで操作して音を聞いている。左に立っている者は説明員。長机に置かれた左右の各 PC にはヘッドホンが 2 式ずつ接続されており、二人まで同時に同じ音が聞こえるようになっている。このグループは、三人組で、左の PC では子供が一人でマウスを操作している。なお、中央の張り紙には、クイズラリー(本文 4.2, 4.3 節)の問題が記されている。

4.2 来場者への対応

「地震の音を聞いてみよう！」のアトラクションには、専属の説明員一名を常駐させて対応した。地震の専門知識を要する説明を要求されることは稀だが、地震火山研究部が運営を分担し、同研究部の職員が交代で説明員を担当した。「お天気フェア 2007 つくば」には、

例年通り親子連れの来場者が多く、「地震の音を聞いてみよう！」にも、一台の PC に親子二人で同時に音を聞く姿がよく見られた(図 2)。

展示した装置は、イベント中に大きな動作不良を生じることはなかったが、混雑時に待ち行列が発生した。担当説明員が機転を利かせて、メニューに挙げられた全ての地震の音を聞かせず、一部分を聞いた後に交代してもらえよう、来場者に協力を求めた。この対応が適切であり、混乱や不満を生じることもなかった。

混雑の原因は、来場者が「お天気フェア 2006 つくば」よりも多く、著者らの想定を大幅に超えるものだったことにある。さらに、クイズラリーの人气が高く、この出し物でプレゼントをもらうには、「地震の音を聞いてみよう！」を体験しなければ答えが分からない問題に正解する必要があったことも、多くの来場者を引きつける要因になったかもしれない。

4.3 体験者の反応

「お天気フェア 2007 つくば」の来場者アンケート(全来場者に対する回答率 12%)では、面白かった企画はどれかと問う複数回答可の設問に対して、回答者の 22%が「地震の音を聞いてみよう！」を選択した(全ての出し物約 20 件のうち 4 番目に多い)。アンケートの設問は、アトラクションの出来具合、完成度や満足度を測定しているのではなく、むしろ、どれだけ多くの方が参加し、かつ印象に残ったかを反映した指標と解釈すべきものと考えられる。

なお、この設問に対して「地震の音を聞いてみよう！」よりも多い回答を集めた出し物は、

- ・「クイズラリー」(全会場内各地)の 46%
- ・高層気象台が企画した「南極の氷」の展示(向かいの部屋)の 46%
- ・気候研究部が中心になって運営した生誕地・日の気象観測値を印字したカードをプレゼントする「お天気カード」(同じ部屋)の 29%

の三つである。これらは、いずれも、数名の受付員・説明員を常駐させたり、プレゼントを用意したりと、「地震の音を聞いてみよう！」に比べると、多くの人手と経費をかけたアトラクションである。

4.4 実践活用のまとめ

「お天気フェア 2007 つくば」において、エデュテイ

ンメント「地震の音を聞いてみよう！」のメニュー等の調整と、アトラクションの展示方法自体は良好だったと考えられる。しかし、アトラクション設計の前提条件の設定が不適切だったといえる。より多くの来場者が体験できるように、メニューに登録する音の数を減らすか、展示する装置を増やしておくべきであった。

「地震の音を聞いてみよう！」は、出展のための経費は軽微で済んだ。必要な物品のうちヘッドホンと分岐コネクタのみが、地震波を音響化するアトラクションのために 2004 年以降に調達した物品である。PC などそれ以外の物品は、本来業務で使用している備品を広報イベントの時間帯だけ転用することで対応できた。また、機器の操作も来場者自身でできる場合が多いので、常駐する説明員が 1 人だけであっても運営に問題は生じなかった。

以上のように、著者らが制作した地震波可聴化エデュテインメント「地震の音を聞いてみよう！」を用いて、「お天気フェア 2007 つくば」に、小さな経費と少ない人手で、多くの人に参加できる面白い体験型アトラクションを提供することができた。多数の来場者が見込まれる広報イベントに対して、効率よく対処できるツールが制作できたといえる。ただし、約一分間音を聞くだけの体験による、地震のメカニズムの多様性を感じてもらう啓発効果の有無については、その測定を試みてはいない。

5 今後の課題

エデュテインメント「地震の音を聞いてみよう！」を保守性と移植性の高いものとして制作したことは、全国各地の気象官署における夏季広報事業などのイベントで、各イベントに合ったアレンジで広く活用されてこそ、真価を発揮すると、著者らは考えている。

実際に利用するには、メニューに含める地震音の数を変えるための変更、利用するメニューをどれにするか（大人・中学生以上用を使うか、こども用を使うか、両者を選択できるようにするか、また、あるいは別のメニューを作るかなど）、用意する PC とヘッドホンの仕様（PC 一式につきヘッドホンを 1 台にするか、2 台以上にするかなど）の調整が必要である。調整は、単純で容易な作業である。難しいのは、単位時間あたりの参加者数予想（特にピーク時）、典型的な参加者像（イベント参加者にグループが多いか一人が多いか、親子連れが多いか、子供だけのグループが多いかなど）、

参加者の交代に要する時間、などを適切に見積もることにある。つまり、広報イベントに対する正しいイメージを持つことと、適切な方法によるアンケート分析等を通じてその後の活動に反映させることが重要である。

謝辞

地震波可聴化エデュテインメントの初版は「お天気フェア 2004 つくば」向けに、濱田信生地震火山研究部長（当時）が中心になって開発されました。

本稿で紹介した「地震の音を聞いてみよう！」の制作にあたって、地震火山研究部の各位には、デバッグ作業の一環として、試用し、時には思いもよらぬ不規則な使い方から不具合を発見していただきました。

林文氏には、歌うなまの挿し絵を描いていただきました。

「お天気フェア 2007 つくば」での実践活用にあたって、実行委員会の皆様には、展示方法の工夫に協力していただきました。地震火山研究部の各位には、運営上の問題点を抽出するとともに、今後の改善策についてご助言をいただきました。

査読者の中村浩二氏、編集者の石垣祐三氏からは、本稿の改善に役立つ貴重なご意見をいただきました。

末筆ながら、以上の関係者の皆様に感謝します。

文献

- ト部 卓・東田信也(1992):win—微小地震観測網波形験則支援のためのワークステーション・プログラム(強化版), 日本地震学会講演予稿集, 1992, no.2, 331.
- 応用地質株式会社(2000):地震を「聞いて」みよう!, <http://www.oyo.co.jp/service/taisyou/jisin/oto/oto00.html>.
- 気象研究所(2005):気象研究所年報(平成 16 年度), pp.215-217.
- 気象研究所(2006):気象研究所年報(平成 17 年度), pp.159-161.
- 気象研究所(2007):気象研究所年報(平成 18 年度), pp.205-207.
- U.S. Geological Survey (1999): Listening to Earthquakes. <http://earthquake.usgs.gov/learning/listen/>. (last modified in 2008)