

DVD 「ひのでが見た太陽」の製作

殿岡英顕, 鳩 宏道*, 下条圭美
PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ

(2008年10月31日受付; 2009年2月5日受理)

Making of the DVD “The Sun Captured by Hinode” for Public Outreach

Hideaki TONOOKA, Hiromichi GAN, Masumi SHIMOJO,
and PAONET Working Group for Public Use of Hinode Data

Abstract

Hinode Science Center of NAOJ and PAONET Working Group for Public Use of Hinode Data published two DVDs for public outreach, one is in Japanese and another is the English translation of it, named “The Sun Captured by Hinode” (「ひのでが見た太陽」), which introduces the background and the initial observations of Hinode (SOLAR-B). The remarkable point of these DVDs is that we have done the most of the processes to publish them by ourselves including scenario writing, video editing and DVD authoring. Two High Definition movies are made for the DVDs to show the excellence of the telescopes aboard Hinode. We report the making of the DVDs.

1. はじめに

大型科学プロジェクトにおいて、その科学成果を一般国民へ理解してもらい社会に還元することは、プロジェクトの活動として必須項目となっている。ひので科学プロジェクトでは、一般国民に太陽物理学の最先端を紹介し、科学成果を理解してもらうことをひとつの目標として、広報活動を展開することになった。その活動の一つとして、PAONET (公開天文台ネットワーク) 内にできた「ひのでデータ活用ワーキンググループ」(PAOひので)¹⁾との協業は、社会教育関係者へのアピールという点で特に重要となった。

一方、角度分解能の向上と視野の拡大の両方を満たすため、近年の望遠鏡では撮像素子が大型化の一途を辿っている。2006年9月23日に打ち上げられた太陽観測衛星「ひので」(SOLAR-B)²⁾には3つの望遠鏡が搭載されている。それらの望遠

鏡に付けられた撮像素子の画素数は可視光・磁場望遠鏡 (SOT) フィルターグラム (FG) では縦2048, 横4096, X線望遠鏡 (XRT) では縦横2048である。これらはフルハイビジョンの画素数 (縦1080, 横1920) を上回るものである。

パソコンの高性能化で、通常のビデオ編集は個人でも出来るようになってきた。そして、時代はハイビジョンである。すでにフルハイビジョン編集ができるソフトはそろっており、素材とシナリオさえあれば個人レベルでも高画質なハイビジョンビデオ作品ができるのである。

「ひので」による高分解能観測をあますところ無く表現するには、フルハイビジョンムービーが最適である。

2007年1月に行なわれた「第3回 SOLAR-B 講習会」では、殿岡が作成したひので SOT 観測のフルハイビジョン映像が初めて披露され、その映像には研究者の目が釘付けになった。すでにひので画像のフルハイビジョンムービー製作、上映は、現実のものとなっていた。

*平塚市博物館 (Hiratsuka City Museum)

¹⁾ http://hinode.nao.ac.jp/pao_hinode/

本論文では、ひので科学プロジェクトが PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループと共同で製作、配付した社会教育関係者向けの太陽観測衛星「ひので」紹介 DVD「ひのでが見た太陽」およびその英語版“The Sun Captured by Hinode” (図 1 参照) の製作について、紹介する。



図 1 製作した 2 つの DVD の外観:日本語版 (左), 英語版 (右)

ここでテレビの画素数について簡単に説明しておく。現在アナログ波で放映されている従来のテレビ放送の画面解像度を標準解像度 (SD: Standard Definition) と呼び、これは縦横比 3:4、構成する画素数は 720×480 (正方画素に直すと 640×480 画素) の規格 (日本の放送規格 (NTSC) の場合) である。一方、ハイビジョン (HD: High Definition) は画面の縦横比が 9:16 で従来のテレビ規格よりも画素が多い規格であるが、画面の画素数の規格としては 2 つあり、一つは走査線数 720 本、正方画素にして 1280×720 画素もの、もう一つは走査線数 1080 本、正方画素にして 1920×1080 画素のものである。後者は前者よりもより画素数が多いことから (主にテレビ販売会社の営業上の区別として) 「フルハイビジョン」 (FullHD) と呼ばれることが多い。本論文では 1920×1080 画素の画面規格として「フルハイビジョン」 (FullHD) の用語を用いる。画像サイズ

の表記の場合は慣例に従って「横画素数×縦画素数」として表記するが、「縦横比」としてその比を表記する場合は日本語の言葉の通り「縦:横」と本論文では表記することに注意されたい。

DVD の製作は図 2 の手順で行なわれた。以下、この順に従って説明する。

2. 企画

2007年 3 月に行なわれた兵庫県立西はりま天文台公園の時政とひので科学プロジェクト下条, 殿岡との打ち合せにおいて、「ひのでベストムービー DVD の作成」という形でこの企画がもちあがった。この場において、この DVD のターゲットを社会教育関係者、すなわち少しは天文のことに知識のある人向けであること、DVD ビデオを収録し 10 分程度にして施設の展示などでも上映可能なものにする、DVD-ROM に HTML の解説を入れることなどの基本が決められた。

その後の PAO ひのでメンバーとのさらなる検討の結果、この DVD の仕様は、以下のようになった。

- ・社会教育関係者 (科学館, 博物館, 公開天文台などのインタープリタ) 向けの内容。
- ・HTML による解説。
- ・ひのを紹介する 2 本のビデオ。
2 分程度のショートバージョンと 10 分程度のロングバージョン。それぞれをハイビジョン版, 標準解像度版の 2 種類 (合計 4 本) 収める。
- ・ハイビジョンムービーと HTML パートからなるデータ領域 (DVD-ROM) と、DVD プレイヤーで再生できる DVD-Video を組み合わせたハイブリッド DVD。

ショートバージョンは、立ってみるような展示でビデオを流す場合に、立ち止まってみるには 2 分程度が限度な事から考案された。2 本のビデオはそれぞれ、つかみ担当のショートバージョン、さらなる理解のためのロングバージョンと特徴が付けられた。

企画がもちあがった当時は、DVD に収録したハイビジョン画像をそのまま再生できるプレイヤーは存在せず、現在あるものであっても一部のレコーダにおいて、そのレコーダで録画作成したメディアのみを再生できるものしかない。だが、MPEG-2 形式のハイビジョンムービーファイルなら、一般的なパソコンと「ひので」打ち上げ後に発売されたソニーのプレイステーション 3 で再生

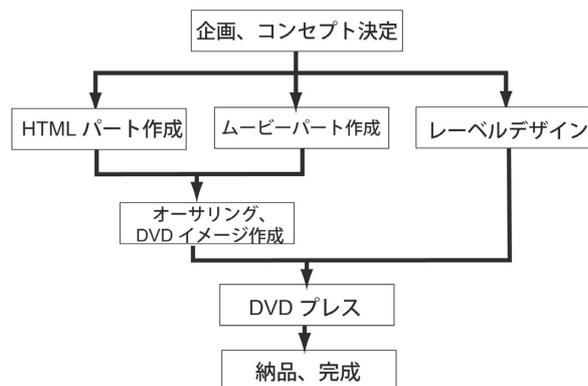


図 2 DVD 製作の流れ

可能であった。一般的なパソコンでは再生が処理性能に依存し、どのパソコンでも問題無く再生できるとは言えない。そのため、ハイビジョン版ムービーの標準再生環境となるターゲットはプレイステーション3とし、DVD-ROMのデータ領域にハイビジョン版ムービーを置くことになった。ただし、このDVDをプレイステーション3に入れるとDVD-Videoが再生されてしまうため、ハイビジョン版ムービーを別のメディアに移して、そのメディアを再生するようにしないと見られない。

DVDメディアの容量は片面1層で公称4.7GBである。一方、例えばハイビジョンで撮影できるビデオカメラ規格のHDVのビットレートは25Mbpsであり、このビットレートを参考にすれば、DVDメディアには最大で約25分のハイビジョンムービーを収録することができる。また、通常のDVD-Videoのビットレートは8Mbpsも取っておけば充分だが、同一内容のムービーをハイビジョンとDVD-Videoの2形式で収録することを考えても、最大で約18分の容量がある。どちらにせよ、DVDメディアの容量を最大限使うことになるが、十数分のムービーを収録するわれわれの用途には十分な容量である。

DVDのタイトルは「ひのでが見た太陽」に、ムービーのタイトルは、ショートバージョンについては「プロローグひので」、ロングバージョンについては「ひのでがさぐる太陽」とされ、すべて時政が命名した。

3. HTMLパート

HTMLによる太陽及びひので観測の解説をDVD-ROMに収録した。HTMLパートには、PAOひのでメンバーの方々に、ひのでで観測された現象の解説を書いてもらうことになり、分担して行なった。さらにこれに加えて、今までの人工衛星による太陽観測の歴史を紹介するページ、データの活用方法を紹介するページが厚によりまとめられた。この中には最新の太陽画像を世界のウェブサイトから取得し表示するHTMLファイルや、パワーポイントの自動再生による展示など、配布先機関でそのまま利用できるものも含まれる。ページ上部のタイトルデザインは時政によるものである。HTML全体のデザインは平塚市博物館の大竹によるものである。文面およびレイアウトのこまかな修正は殿岡が行なった。

最終的にHTMLパートの容量は750MB程になった。

Windows PCにおいて、DVDを入れると自動でHTMLパートトップページのhtml/index.htmlが起動するようにした。方法は以下をDVDトップのAutorun.infに書きこむ。

```
[autorun]
OPEN=rundll32.exe url.dll, FileProtocolHandler
html%index.html
```

図3はWindows PCでの自動再生で起動するトップページの外観である。



図3 HTMLパートの外観

4. ムービー製作

4.1 ムービー製作の概要

ムービー製作の流れを図4に示す。

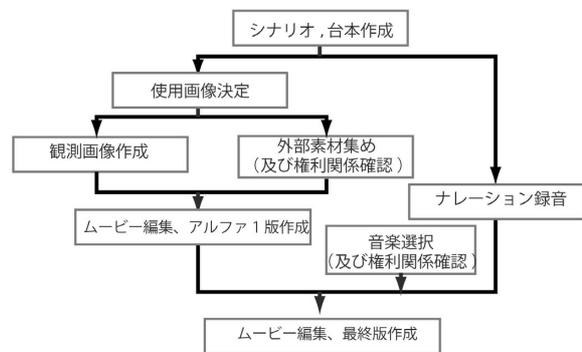


図4 ムービー製作の流れ

ムービーの製作には台本がないと始まらないため、全体のシナリオを最初に考え、そこからナレーションのセリフと時間の入った台本を作る。その台本を元に、使用する画像をリストアップし、どういう画像を作るのか、もしくは外部からもらって来るのかを決める。シナリオ、台本、編集が一人でできるなら、リストアップ時に問題が少ないが、複数で作る場合は明確にどういう素材が必要かを伝える必要がある。

外部の素材はたとえば NASA であれば教育向けの利用が可能である。それ以外でも教育向け無償配布であれば簡単な許諾で利用できるものは多い。外部の素材にはすべてクレジットを入れて利用した。自分で作成する画像があれば、観測データから作成した。

リストした画像がおおむね集まったらムービー編集をする。試作第1版（アルファ1版）は音声なしで感じを見てもらうために、ワーキンググループ内で公開した。その後、アルファ1版を元に、映像の長さや場面展開に合わせて音楽を選び、ナレーションを録音する。ナレーションの分量が見込よりも増減した場合、可能な範囲で映像の長さを調整する。その後、ナレーション、字幕などの確認を経て、最終版を出力する。

取材をベースとした一般のドキュメンタリー番組では取材後に素材を見てより効果的な構成を考えるような手順になるが、今回のムービー作成では取材が無く素材は大半が既にあるものを使うため、先に構成、シナリオ、台本を決めて後はそのとおりに編集する手順となった。

4.2 シナリオ

ムービーの全体の構成は2007年6月に行なわれた打ち合せの場で殿岡が簡単な絵コンテを書いて認識を共有しながら、出席した PAO ひのでメンバーで決めた。ベースとなる場面展開は下条と時政のアイデアが採用された。

この絵コンテを元に、ショートバージョンでは時政が、ロングバージョンでは時政と立教大学の矢治がシナリオ原案を作成した。シナリオ原案はひので科学プロジェクトウェブの Wiki に掲載し、閲覧が行なわれた。

こうしてでき上がったこのシナリオ原案は、解説文章としては一般的な長さだがナレーションとしては長く、このままではムービーの時間に収めることが出来ない。そのため、殿岡が時間入りの

台本に落とし込みながら実際のシナリオ作成を行なった。シナリオ作成に際しては、NHK の科学番組「10min.ボックス」ウェブサイト²にある放映番組台本書式を参考にして台本を作成し、その分量と時間配分を決めた。

ショートバージョンではセリフを大幅に削減することで、上映時間を2分36秒と当初案から少し増える程度に収めることができた。だが、ロングバージョンでは当初の上映時間に収めることは困難を極め、解説シナリオの追加も行なったため結局のところ16分21秒と予定の10分を大幅に超過した。さらに伝えたいことが多く台本を削減し切れなかったため、セリフの間隔を短くせざるをえず、結果として忙しく聴こえ「聞き取りづらい」という感想を頂くことになった。これは、シナリオ執筆者が映像を念頭に置いた直感的な解説まで対応し切れなかったことが原因であると考えられる。

4.3 観測画像作成

観測ムービーは時系列の画像をパラパラまんがのようにならべて表示させることで作成される。よって最初に各々の画像を作成する。

日本の一般的なテレビでは1秒間に約30枚の画像が連続表示されることで動きが表現される。これを30フレーム毎秒 (fps)³と表わし、この数をフレームレートという。言い換えると、1秒間のムービーを作るには、全て別の画像を用意すると30枚の画像が必要となる。「ひので」の観測は数分～数時間おきに1枚であり、時間で隣り合う画像の変化が大きすぎると1秒30枚は早すぎとなるため、その1/2～1/5に遅くして作成することが多い。1/2では毎秒15枚、1/5では毎秒6枚の画像が必要になる。観測ムービーを作る際にはその事象の観測画像枚数をこれらの値で割って十分な時間のムービーになるかを確認することが最初に必要となる。

ひので観測ムービーは、観測データアーカイブの FITS データから JPEG, BMP 等の一般的な画像ファイルを作成することがまず必要である。この FITS データから画像ファイルを作成するために、ひのでデータの標準的解析環境であるIDLとIDL上で構築される太陽データ解析パッケージSSW (Solar SoftWare)³を用いた。JAXA/ISASから配付されているひので観測データFITSファイルは、キャリブレーションが行なわれていない生データであるため、画像の質を良くするためにはキャリブレーションを行なうことが出来るIDL+SSWの環境が必須である。(図5)

² <http://www.nhk.or.jp/10min/>

³ 正確には29.97fps

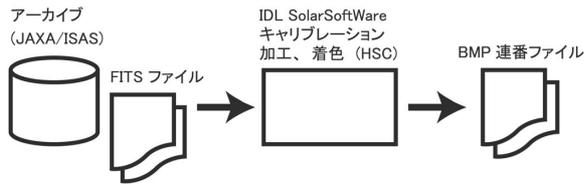


図5 観測画像ファイルの作成

IDL での作業では、太陽全面像から黒点への拡大する場面と地球の大きさを表示する際に、観測画像のスケール情報を用いて作業が出来るため、まちがいの少ない処理が出来ることもメリットの一つである。黒点のズームアップムービーでの地球の画像の挿入はこの段階で、IDL を用いて行なわれた。また、画像への着色は IDL 上で行なわれている。(図6)

画像の保存は BMP もしくは JPEG で行ない、ファイル名はベース名+連番.拡張子となるようにする。連番はムービー編集ソフトで読みこむためには必須である。

この IDL による画像作成は、国立天文台ひのでサイエンスセンター (HSC) 計算機において殿岡と下条が行なった。

4.4 ムービー編集

ムービー編集はパソコンで行なった。編集に使用したパソコンのスペックは表1の通りである。ムービーの編集にはアドビ社製の Premiere Pro 2.0 (以下プレミア) 及び After Effects 7.0 (以下アフターエフェクツ) を主に用いた。使用したソフトの一覧は表2の通りである。なお、表にあるアドビ社製ソフトは Adobe Production Studio Premium でまとめて入手した。

表1 ムービー編集パソコン

OS	WindowsXP
CPU	Intel Core2Duo E6600
メモリー	4GB (3GB 認識)
ハードディスク	320GB

表2 使用したソフトウェア

ムービー編集ソフト	AdobePremierePro 2.0
ムービー特殊効果ソフト	Adobe After Effects 7.0
DVD オーサリングソフト	TMPG DVD Author 3
DVD オーサリングソフト	Adobe Encore 2.0
ムービー変換ソフト	TMPGenc 4.0 XPress
描画ソフト	Adobe Illustrator CS2
描画ソフト	Adobe Photoshop CS2
画像表示/変換ソフト	Irfan view

(1) ムービーのパラメータ

今回の素材はそのほとんどが静止画であり、観測ムービーにおいてもフルハイビジョンサイズに近いものであったため、ムービーの設定はフルハイビジョン 1920×1080 画素プログレッシブ毎秒30フレーム (1080p30) として作成した。SOT の CCD が縦横比1:2であることを生かすため、当初からワイドフォーマットで作成することとした。

プレミアのプロジェクトではフルハイビジョンのプリセット設定がないため、カスタム設定タブを開き、以下のように設定した。なおオーディオについては変更無しである。

設定項目	設定	値備考
編集モード	デスクトップ	フレームサイズを指定する設定
タイムベース	29.97 フレーム/秒	変更無し
フレームサイズ	横1920,縦1080	カスタム指定
ピクセル縦横比	正方形ピクセル (1.0)	
フィールド	なし	プログレッシブ
時間表示形式	30fps ドロップフレーム タイムコード	変更無し
タイトルセーフエリア	横20%,縦20%変	更無し
アクションセーフエリア	横10%,縦10%変	更無し

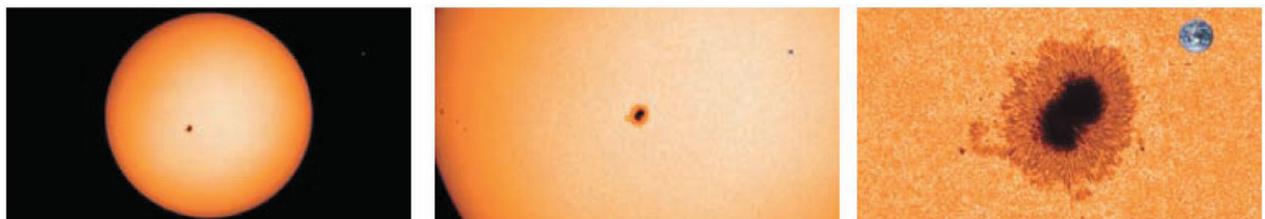


図6 IDL 作業例:拡大する太陽。太陽全面像 (SOHO MDI) とひのでSOT の位置、拡大率合わせ、拡大に合わせて大きくなる地球などをIDL プログラムで行なった。

(2) ムービー編集

ムービー編集は、基本的にプレミアで読みこんだ素材を、必要なところを切り取り長さを調節して、横軸が時間軸、縦軸に素材を重ねるタイムライン上に所定の順番でならべていく作業である。また、画像に特殊効果を加える場合にはアフターエフェクトを併用する。今回の場合、具体的には Adobe Illustrator（以下、イラストレータ）、Photoshop（以下、フォトショップ）のレイヤーを組み合わせたアニメーションと、マスクを使ったアニメーションでアフターエフェクトを用いた。くわしい作業は一般的なムービー編集と同じなので、市販の参考書（たとえば4）や5）などを参照してもらいたい。

SOT-FG での横長観測画像（縦1024,横2048 画素）のムービー上での大きさは以下のようにした。縦方向の画素数については、2の階乗となる撮像素子の画素数（1024）とフルハイビジョンの画素数（1080）が近いものの一致しない。このため、ムービーでは観測画像の上下にそれぞれ32画素分のすきまを付けてサイズを同じにし、観測画像の画素がフルハイビジョン画面で 1:1 になるようにした。横方向については観測画像の両端をそれぞれ 64 画素分切り落としとして合わせた。（図7）そのほかの観測画像もなるべく整数倍、1/整数となるようにしたが、演出上の理由でそうになっていないものもある。

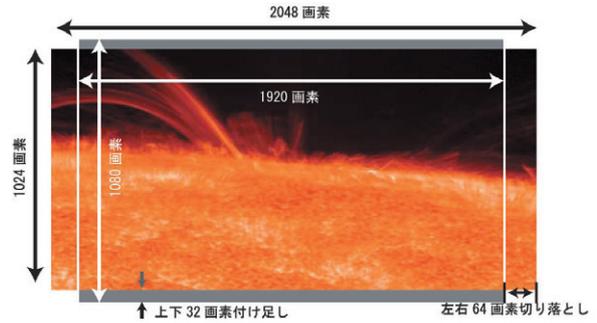


図7 観測画像サイズとハイビジョン画面サイズ

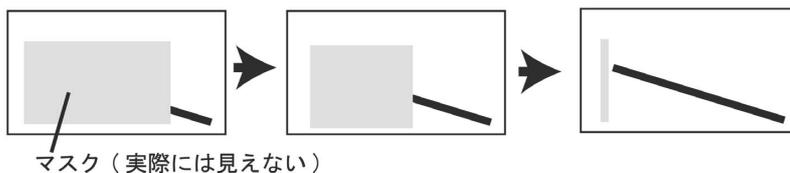
(3) 静止画のアニメーション

静止画による解説図に動きを付けて、理解してもらいやすくする試みを行なった。このような場合は解説図全体をズームしたり動かしたりするにはプレミアでも可能だが、レイヤーごとの変形、移動などはアフターエフェクトが必要である。

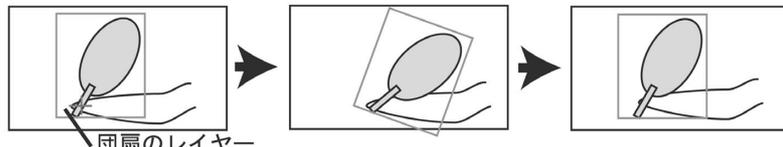
静止画をアニメーションにする場合、いくつかの方法が考えられる。（図8）

- ・解説図の一部を隠したり出したりすることで、物の進む方向や考えの順序を表現する。これはマスクを移動させることで表現できる。（図8-1）
- ・解説図のキャラクターの一部を動かすことで、その情况进行を表現する。たとえばキャラクターの持っているうちわを動かすことで「熱い」、「もっと熱い」などを表現する試みを行

1. マスクの変形によるのびる線分のアニメーション



2-1. 角度変化による団扇を扇ぐアニメーション



2-2. 2枚の画像 (A, B) による団扇を扇ぐアニメーション

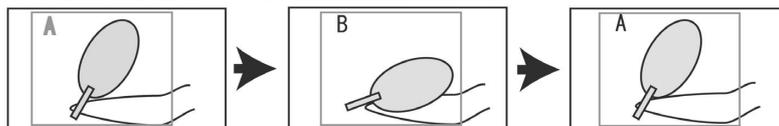


図8 解説図に動きを付ける

なった。これはうちわを別レイヤーで用意して、回転させることで表現した。(図8-2-1)応用として、幾つかの 패턴のうちわを用意してそれらを一つずつ表示して動きを表現することもできる。(図8-2-2)

解説図はイラストレータもしくはフォトショップで横長のサイズで作成し、動かす部分、マスクするものがある部分などはレイヤーを別にする。手順は以下の通りであり、イラストレータ、フォトショップ)のどちらでも変わらないが、フォトショップの場合は新規作成で「HDV, 1920×1080 (ガイド付き)」(CS2 の場合) 等を選ぶ。イラストレータの場合はプリセットが無いので、縦横比が9:16 もしくは 1:2 になるように画像サイズを作る。

1. アニメーションで動かす部分を別レイヤーにして解説図を作り、標準の形式でファイルに保存する。
2. 保存したファイルをアフターエフェクツでファイル読みこみにコンポジットを選択して読みこむ。ポンチ絵の表示時間をあらかじめ決めておき、コンポジットのデュレーションに設定しておく。コンポジットで読みこむとそれぞれのレイヤーが別々にタイムラインに読みこまれる。なお、イラストレータファイルを読みこんだ場合、タイムライン上で「連続ラスタライズ」をオンにしないと拡大したときにななめ線、曲線な

どがギザギザになる。

3. それぞれのレイヤーに対して、表示、非表示、マスクの位置、形状、レイヤーの動きなどで必要なものをタイムライン上で定義する。編集が終わったら標準の形式でファイルに保存しておく。
4. アフターエフェクツのコンポジットをドラッグ&ドロップでプレミアに読みこむ。必要であればプレミア上でその解説図に対する位置の移動と大きさの変化、ズームなどをエフェクトパネルで設定する。

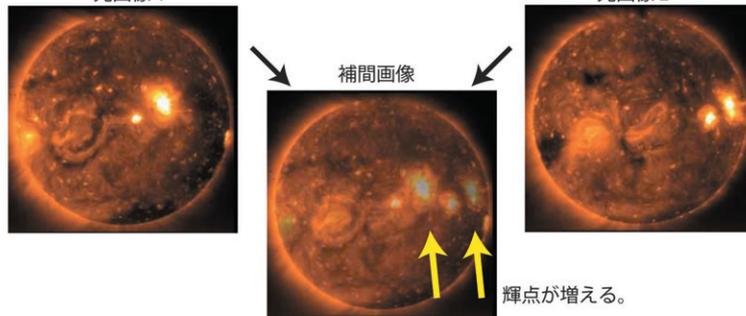
(4) コンポジットの音声の削除

アフターエフェクツで作成したコンポジットをプレミアで読みこむとき、プレミアで読みこんだコンポジットにはかならず映像と音声がいっしょになっている。今回のムービーでは画像ファイルからコンポジットを作成するため、音声はかならず無音であり邪魔なので、音声削除しておく。そのためには、プレミアのタイムラインに置いたコンポジットを右クリックして、「リンク解除」をしてから、音声部分のみを選択して削除する。

(5) フレームブレンドの弊害

プレミアではデフォルトで「フレームブレンド」が有効になっている。フレームブレンドとはムービーの時間を引きのばすときに前後の画像からそ

1. フレームブレンドで輝点が倍増するしくみ
元画像1



2. ズームアウト中に出てくるくし状ノイズ

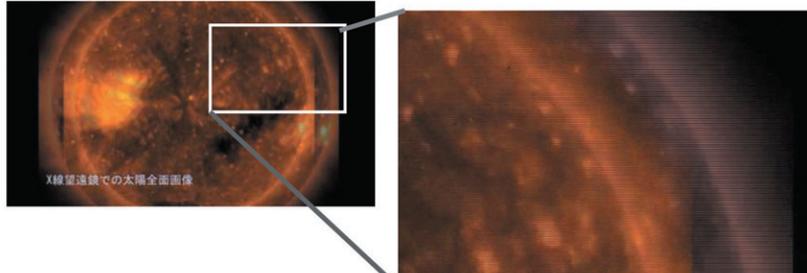


図9 フレームブレンドの弊害

の間の画像を中間画像として生成し補間するものである。これをたとえば XRT 全面画像ムービーに適用すると、撮像時間間隔が最短6時間と長く隣り合う画像でのみよう (X 線輝点、活動領域など)の移動量が多いことから、これらのもようが二重に写りその数が倍増したように見える。(図9-1)

似たようなことが XRT 全面像のズームアウト時のムービーにも起きる。徐々に小さくなる太陽に対して、横方向にくし状にその直前の大きな太陽像が重なり、丸い太陽の輪郭が見づらくなってしまう。(図9-2) これも動きを補間しようとしてソフトウェア側の失敗である。

これらはカメラ撮像ではない静止画シーケンスでのムービーに特有のものと推測でき、意図しない結果であり、フレームブレンドの効果が逆に作用している。このため、今回のビデオでは全ての画像でフレームブレンドを無効にした。フレームブレンドはタイムラインに置いたクリップを右クリックすると項目が出てくるので、チェックを外す。(図10)

(6) ムービー取りこみ後のトラブルと解決策

他所で作成された MPEG, AVI, WMV などのムービーを利用する場合、それを取りこみプレミアのタイムラインに置くようになるが、時としてそのムービーの取りこみが出来なかったり、そのムービーが原因で最終出力に失敗することがある。たいていはそのムービーのムービー形式が問題であるので、画像シーケンスに変換してから読みこむとうまくいく場合がある。その場合の回避手順としては以下がある。

1. ムービー単体をプレミアの新規シーケンスに読みこむ。

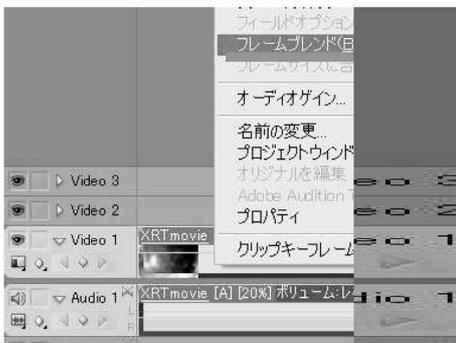


図10 フレームブレンドの設定

2. その新規シーケンスを選択した状態のまま、メニューの「ファイル」-「書きだし」で「ムービー」を選び、「bmp ファイル」を選んでから出力先ディレクトリを指定する。連番ファイルで出力される。
3. その連番画像をプレミアのシーケンスに読みこむ。

プレミアに読みこめないムービーの場合、フリーソフトのTMPGenc 無料版 (2.525)⁴ や aviutl、連番 BMP 出力プラグイン⁵、MEPG-2 VIDEO VF-API Plug-in⁶ などのフリーのムービー編集ソフトで変換する。

具体的には、TMPGenc に連番ファイル出力があるので、TMPGenc で読みこめるものはそのまま読みこみ連番ファイルに出力する。TMPGenc で読みこめないものは連番 BMP 出力プラグインを組みこんだ aviutl に読みこみ、プラグインを使って出力する。読みこむファイルが MPEG-2 の場合、aviutl に MPEG-2 VIDEO VF-API Plug-in を組みこんでから aviutl に読みこませ、同様に扱う。他にも aviutl のプラグインがサポートしているものならば、同様に連番画像にすることができる。

(7) 仮想立体表示

ビデオ中で、ひので極端紫外線撮像分光装置 EIS による複数の波長による観測結果を、対応する温度を元に、太陽大気の高さに割り当てる表示

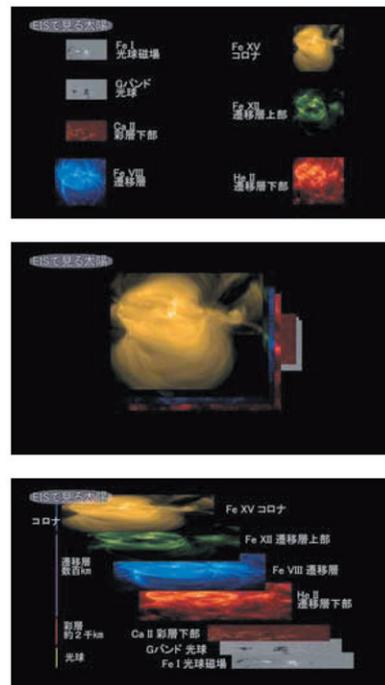


図11 仮想立体表示。太陽大気各層の画像を低い順に重ねた後、視点をななめにずらしてそれぞれの上下関係を表現する。

⁴ http://www.tmpgenc.net/ja/j_main.html
⁵ <http://spring-fragrance.mints.ne.jp/aviutl/>
⁶ aviutl 用 MPEG-2 入力プラグイン <http://www.marumo.ne.jp/mpeg2/>

を行なった。当初、アフターエフェクツの機能の一つである「3D レイヤー」を利用しようとした。これは奥行のある空間に複数の画像をレイヤー状に割りふる機能で、今回の目的に合うものに思われた。しかし、映像を作る際に、遠近感を表現するためにわざわざカメラレンズのゆがみや被写界深度を反映するように作られていた。太陽大気の層構造を表現するときにはカメラが近づく必要は考えておらず、また無限遠からの視点なのでゆがみも被写界深度も必要なかった。そのため結果的にこの機能は使わず、単にプレミアで観測画像の縦横比を変えてななめから見たように表現することにした。(図11) 結果的にこの部分の評判は良かった。

4.5 音楽

音楽は鳥が在籍する平塚市博物館でイベントを行なうインストメンタルバンドの style-3! の楽曲を使用した。当初は彼らの楽曲の権利は彼ら自身が管理している(すなわち、彼らが許可すれば自由に使える)と認識していたが、われわれが利用していたアルバム収録曲は著作権管理会社のイーライセンス社に管理を委託しているということが DVD プレス直前に判明した。だが、その時点での他の音楽への差し替えは困難なこと、ビデオへの収録に関してはイーライセンス社の権利が定義してあるが配布先での有償上映に必要な上映権に関しては扱いが無く(style-3! が権利を持ち)彼らの許諾があれば上映権はクリアできること、通常使用料はこちらが負担できない程高額になるが同社では権利者との合意があれば料率を下げる事が出来ることなどこちらにとって有利な点があることから、使用料の減額をした上でイーライセンス社への楽曲使用料の支払をすることにし、鳥の巧みな交渉により契約が行なわれた。

音楽については、ひとつの事件が参考になった。ひので DVD 発行の半年前の2007年夏に、宇宙研はやぶさチームが『祈り小惑星探査機はやぶさの物語』という音楽ビデオを PAONET 参加団体に配付した折、その音楽のビデオへの使用については許諾を受けクリアしていたが、上映権が JAS-RAC に権利があるものだったために配布先の施設の有料区画での上映が制限されたという先例があった。そのため、ひので DVD では上映権についてもクリアしておきたいという要望があったことも註記しておく。

しかしながら、使用した楽曲の著作権について全てをクリアしたわけではない。たとえば本ビデ

オグラムのネットワークでのダウンロード配信についてはイーライセンス社側に権利があるため、できないこととなった。

4.6 ナレーション

ナレーションの録音は、国立天文台三鷹キャンパス北研究棟1階にあるひので科学プロジェクト衛星運用連絡室にて行なわれた。この部屋は打ち合せにも使うタイルカーペット敷きの約48平方メートルの部屋である。ここで、ローランド社製 Edirol R-09 というマイク一体型レコーダをマイクスタンドに取りつけて録音した(図12)。

録音機材にはオーディオ用アダプタを介してパソコンにマイクを取りつけることも考えられるが、パソコンを使う場合にはパソコンの動作音(ノイズ)に対処しなければならず、また必要とする機材の数が多く準備に手間がかかること、さらにはパソコンが録音中にハングアップしたことも過去にあったため、レコーダを使うことにした。



図12 Edirol R-09

もともと反響がある部屋であるが、録音されたものではそれ程反響音が目立っていない。エアコン、換気設備は切っておく必要がある。また、防音設備もなく外のドアの開閉音、廊下を歩く足音などが容赦なく入るが、なるべく人通りの少ない時間をねらって録音を行ない、雑音が入った場合はそこから録り直すことで対処した。

ナレーションはロングバージョンについてはひので科学プロジェクトの藤由が、ショートバージョンについては殿岡が担当した。

録音したナレーションはR-09のSDメモリ中のWAVファイルになるため、そのままプレミアに読みこませ、必要な部分をカットしてサウンドトラックに貼り付けていった。無音部分をカットすることで、相対的に大きく聴こえる周囲のノイズを軽減できた。R-09はステレオマイクで、編集の都合によりナレーションもステレオのままムー

ビーに収録してある。

4.7 ムービー出力

今回のムービーでの出力の概要を図13に示した。プレミアでの出力パラメータはMPEG-2MP@HL 1920×1080 画素プログレッシブ固定ビットレート (CBR) 40Mbps で高品質中間ファイルを生成する。このままではファイルが大きすぎるので、これをDVD 収録用に TMPGenc 4.0 XPress にて、ハイビジョン版のロングバージョンではインターレース可変ビットレート (VBR) 20Mbps に、ショートバージョンではプログレッシブ VBR 25Mbps に変換した。またそれぞれ DVD-video 収録用に720×480 画素 MP@ML VBR インターレース6Mbps (もしくは8Mbps) に変換した。可変ビットレート (VBR) はすべて2パス、すなわち一度目のスキャンでビットレートの変化を調べてそれを元に2度目のスキャンで実際に変換する方法であり、固定ビットレート (CBR) は1パスである。2パスは1パスのほぼ倍の時間がかかる。プレミアで直接これらの最終ファイルに出力しないのは、以下の理由による。

- ・プレミアの MPEG-2 エンコーダの処理速度が遅く、2パス VBR ではなおさら遅く、1パスの CBR で出すのが速かったため。
- ・TMPGenc 4.0 XPress ではバッチエンコードという機能があり、入力と出力を指定して複数の変換ジョブを連続して行なうことができ、帰りがけなどにまとめて処理できるため。プレミアではひとつひとつ指定して処理しなければならない。
- ・プレミアで DVD-video 用ムービーを出力すると映像がぼやけてしまい、画質的に問題があったため。TMPGenc 4.0 XPress ではそのような問題は発生していない。

この結果、DVD-ROM 収録用のハイビジョン映像

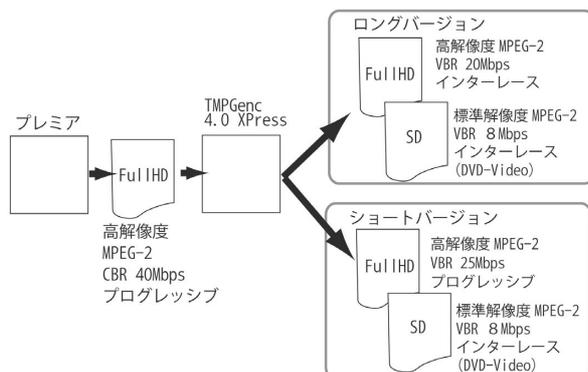


図13 ムービー出力の流れ

でロングバージョンで1.7GB、ショートバージョンで500MBになった。

5. DVD イメージ作成

DVD のプレスを発注するには、DVD のイメージファイルを作らなければならない。イメージファイルの作成には、DVD-ROM パート用のフォルダツリー構造の構築と DVD-Video として動作させるためのオーサリング作業が必要である。

5.1 TMPG DVD Author 3 によるオーサリング

でき上がった MPEG ファイルを DVD プレイヤーで見られるようにするにはファイルをしかるべき形式でフォルダに収めた上で、メニューを付けた様々な挙動を定義する。それらの作業をオーサリングと言う。

TMPG DVD Author 3 はアナログテレビ番組などを自分で録画した人が DVD を製作するときを使うようなコンシューマ向け DVD オーサリングソフトである。操作はウィザード形式で機能やメニュー構成部品を選択しながら進める。今回は作業の手間を軽減するために、この TMPG DVD Author 3 を利用してオーサリングを行なった。メニューは本編に合わせてワイド画面で作成したため、メニュー画像は手元にある画像を Irfan view にて9:16 の縦横比 (854x480 画素) にトリミングしたものを取りこんで利用した。また、チャプターはムービーを見ながら場面の変換点に付け、途中のチャプターから再生できるようにチャプターメニューも作った。このソフトは、任意のメニュー画面 (例えばスタッフリストなどのムービーでないもの) を挿入することなどの凝ったことが出来ないのが欠点であるが、短時間で非常に簡単にメニューの編集が出来ることが最大の利点である。

この DVD オーサリング作業で作成されるのは VIDEO TS と AUDIO TS という2つのフォルダである。これをこのままソフトに付属のDVD 書きこみソフトで書きこむと DVD-Video ができる。今回は DVD-ROM 部分も入ったハイブリッドDVD なので、この DVD-Video 用フォルダと DVD-ROM 用データフォルダを組み合わせ、別のソフトでイメージを作成した。

5.2 DVD イメージ製作

今回製作するのは DVD-ROM と DVD-Video の両方を含む「ハイブリッド DVD」である。このような仕様の DVD は雑誌附録などで見かけるこ

とは多いが、じつは製作するにはソフトを選ぶことが DVD イメージを作る段階で判明した。

このようなハイブリッド DVD では、VIDEO TS, AUDIO TS という DVD-Video 関連のフォルダと、その他の DVD-ROM でアクセスされるフォルダが同居しているような構成を取る。よって、これをこのまま DVD-Video のイメージとして UDF フォーマットで作成できればよいはずである。

Windows で動作するいくつかのコンシューマ版ソフトを試したところ、以下のようなトラブルがあった。

1. 作成したものが DVD プレイヤーで再生できない。(UDF フォーマットになっていない)
2. DVD-ROM パートの全てのファイルが大文字になってしまい、HTML でのファイルアクセスに支障が出る。(UDF フォーマットでのファイル名が旧来の 8.3 文字形式になっている)
3. そもそも DVD-Video のフォルダ構造を元にイメージを作成できない。(DVD-Video 専用の作成機能を使うようになっていて、ハイブリッド DVD に対応していない)

TMPG DVD author 3 の DVD イメージ作成機能を利用した試作第 1 版では上記の 2 のトラブルが発生した。

ウェブを調べたり以前に DVD を作成した人に聞いてわかったのは、

- ・高価な業務用ソフトでは問題無く作成できる。
- ・Macintosh の Toast というソフトでも問題無く作成できる。

ということであった。だが、コスト面、納期面、用意できる計算機の面でこれらは選択できなかった。

こまかな挙動を指定していろいろ出来る代わりに初心者にはとっつきにくいものがフリーソフトにはよくあるが、Linux などで動作する mkisofs もこの類に属するソフトである。調べると Fedor a8 の Live DVD 上で動く mkisofs の後継版の genisofs では、制限付きながらハイブリッド DVD が作れることが判明した。このソフトの制約としては、DVD-Video のオプションを付けると UDF 中の iso9660 情報のうち Joliet 拡張が使えなくなることがわかったが、それ以外は問題無しである。Joliet 拡張とは CD-ROM のために Microsoft が Windows 向けに作った規格で、これが使えないということは、この DVD を UDF ドライバが入っていない Windows パソコンで使ったときに長いファイル名が使えなくなる、というこ

とを意味する(ただし 31 文字までのファイル名は Joliet 拡張とは別のロングファイルネーム機能で有効である)。いまだき DVD ドライブが付いていて UDF ドライバが入っていない Windows パソコンなどありえないため、まず問題ない。また、Linux などの Unix 系 OS ではロングファイルネーム (rockridge 拡張) を有効にしてある。よって、genisofs を使うことにした。

今回実行したコマンドオプションは以下の通り。

```
% genisofs -udf -dvd-video -r -l -v "volume" -o paohinode.iso DVDTOP
```

volume にはボリューム名、DVDTOP には実際のディレクトリツリーのトップを指定する。

こうして出来た DVD イメージは DVD-R に書きこんで入稿用データとした。

6. レーベルデザイン

レーベルデザインは日原天文台の齊藤が担当した。当初、プレス費用を心配してモノクロでデザインしたが、オフセットフルカラーにしてもコスト上昇分はそれ程大きくないと判明したため、カラーになった。製作はプレス会社の指定でアドビイラストレータで行ない、入稿データはイラストレータ 8 ファイルとなった。このレーベルデザインは非常に好評である。

7. DVD プレス

DVD のプレスは株式会社ディオに発注した。入稿は一般的な DVD-R (for general) に行ない、台湾でのプレスになる。日本でのプレス、他の業者でのプレスでは DVD-R 入稿ができずに DLT 規格のテープでの入稿になる場合があるが、あいにく DLT ドライブがないため、DVD-R 入稿を受けつけてくれるこの会社になった。ケースは窓付き紙ジャケットとした。発行部数は第 1 刷 1000 部 + 第 2 刷 1000 部で合計 2000 部である。

8. 英語版 DVD

8.1 企画

日本語版 DVD 完成後の 2008 年度にひので科学プロジェクトの方針として、この DVD の英語版を作成し、全世界展開を図ることになった。英語版の作成方針として、ムービーの翻訳及びナレーションを業者に依頼し、翻訳の分量から HTML 部

分は割愛することになった。また、この英語版 DVD の発表及び配付を 9 月下旬にアメリカボルダーで開かれるひのでサイエンスミーティングで行なうこと、ならびに製作をそれまでにすることがプロジェクトとして 2008 年 6 月下旬に決定された。入稿は 9 月はじめに設定され、ほぼ 2 か月での製作になることになった。

8.2 英語版音声

英語版作成において翻訳作業はこちらでは出来ないため、当初より業者への発注を検討していたが、どの範囲で作業を依頼すべきかは検討の余地があった。

1. 翻訳のみ依頼、ナレーションは自分たちで行なう。
2. 翻訳、ナレーションを依頼。編集、音楽は自分たちで行なう。
3. 翻訳、ナレーション、音楽を依頼。編集は自分で行なう。
4. 日本語台本と映像素材を全て渡して、DVD を納品してもらう。

英語ナレーションのつがこちらにあるわけではないので、第 1 案は取れない。素材を渡して完成した DVD を納品してもらうのは楽であるが、現状でフルハイビジョンの編集作業はまだ一般的でなく高価なため、こちらの予算でするには無理があり、第 4 案も取れない。日本語版では最後に音楽に苦勞することになり、英語版でも音楽に関する制約を受けつづけるのは困難が予想された。そこで翻訳、ナレーションに加えて音楽も付けてもらうことにし、最終的に第 3 案を取るようになった。

この作業は宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部で実績のある映像製作プロダクションのロードバンドテレビ社に依頼することになった。

8.3 翻訳

日本語を英語に翻訳する作業は平坦ではなかった。その前に、翻訳とはどのようなものか考えてみたい。

翻訳は単なる文章の直訳だけでは不十分で、その背景も織り込んで適切な言葉を用い簡潔に表現しないと相手には理解できないはずである。単語に関してはその分野の専門用語というものがあり、それらをリストアップして参照すればほぼ 1 対 1 で翻訳できる。だが、文章に関して言えば、とくに専門的な話題になればその背景も把握しないと意味が伝わらない。情報が足りず背景をそれ

ほど理解していない場合、翻訳はどのようになるか、それが今回起きた事であった。

結論を言うと、翻訳家は過不足無く日本語を記事に直訳した。その単語の選択は流石にプロであると言わざるを得ず、日本語で書いてあることはひととおり英語でも書いてあるが、文章構造の違う日本語からの直訳なので、英語として容易に理解できる文章ではなかった。

そのため、とにかく難解な文章構造を避け、意味を取って簡潔にする作業を、期日も迫っているためこちらで行なった。この文章の修正にはひので科学プロジェクトの関井准教授に大変お世話になった。

翻訳家にもこの修正を受けいれてもらい、当初の期日を過ぎはしたがなんとか翻訳はでき上がった。

今回の事態は、通常の英語版コンテンツ作成時には、プロダクション側と翻訳家の間でもっと情報のやり取りがあるらしいが、今回は既にあるシナリオの翻訳から依頼したため、勝手に違いトラブルが起きた、ということらしい。

時間の割に分量の多いシナリオであったが、ネイティブの声優により若干早口な英語で録音は滞り無く行なわれた。

8.4 映像製作

映像部分については、説明の字幕、図表のキャプションの英語化と一部の解説図にアニメーションが付いた点以外は日本語版と同じである。

8.5 レーベルデザイン

英語版レーベルは好評だった日本語版を引き継ぐ形で、殿岡がデザインを担当した。

8.6 DVD イメージ作成

今回の英語版 DVD の作成では、日本語版から変更して、ソフト側での制限が少なく柔軟な Adobe Encore 2.0 (以下アンコール) を使った。

(1) アンコールによるオーサリング

アンコールはアドビが Production Studio に入れている DVD オーサリングソフトである。このソフトの特徴は、こまかいところが設定できて音声、字幕の制限も DVD の規格いっぱいまでつけることができるが、機能の割にドキュメントが貧弱で、ウィザード形式などの作業進行案内もなく、初心者にはとっつきにくいことである。

プリセットされた背景、ボタンなどもあったが、デザインが合わなかったため、フォトショップを

使い、背景とテキストによるボタンを作成した。こつをつかむのは大変だが、つかんでしまえば柔軟に変更できるのがこのソフトの利点である。

英語版ではチャプターを振ったがチャプターメニューは無しとした。その代わりに英語版台本を元にした英語字幕を付けた。字幕はテキストファイルに開始フレーム、終了フレーム、字幕内容を書きこむことで作成することができる。また、プレイリストを作成しボタンに割り当てることもアンコールでは可能であった。日本語版ではDVDのループ再生はプレイヤーの機能に依存しており、その機能の無いプレイヤーをお持ちの方からループ再生ができないと苦情が出ていた。英語版では“Play all”（全体を一回再生）と“Play all (loop)”（全体を終わり無く再生）というボタンを作り、そこにプレイリストを割り当てることで柔軟な再生が出来るようになった。

(2) アンコールでのDVD マスター作成

アンコールにはハイブリッド DVD のイメージ作成機能があった。この機能では、できたファイルシステムの文字が ISO9660 レイヤーではJoliet 拡張とロングファイルネーム機能がサポートされずに8.3 文字になる。UDF によるファイル名は元のままで実質問題ないため、この機能を利用し DVD イメージ作成及び DVD マスター作成を行なった。

8.7 DVD プレス

DVD のプレスは日本語版と同じく株式会社デ-ionにお願ひした。こちらも入稿は DVD-R で、プレスは台湾である。発行部数は2000 部である。

9. 制作期間

9.1 日本語版

2007年 3月	企画のスタート
2007年 6月28日	ショートバージョンムービーシナリオ原案完成
2007年 7月27日	ロングバージョンムービーシナリオ原案完成
2007年 8月16日	HTML (DVD-ROM) パートアルファ版DVD 送付
2007年 8月29日	ショートバージョンムービーアルファ版公開
2007年11月 1日	ロングバージョンムービーアルファ版公開
2007年11月21日	DVD 試作第 1 版送付
2008年 1月29日	DVD 試作第 2 版送付

2008年 2月 8日 DVD プレス入稿

2008年 2月22日 DVD 納品

2008年 2月29日 DVD を各機関へ発送

シナリオ原案完成以降のムービー作成期間の大半は、シナリオ削減、素材探し、観測画像作成に ついやされた。担当者はこの業務への専任ではないため、他の業務との兼ね合いで作業は進められたことも制作期間の長期化の原因の一つである。ムービーの編集自体はこまかな改変には時間がかかるが、基本の編集は数日であった。

DVD 試作第 1 版では送付後に DVD-ROM 領域のファイル名問題が起き、その解決に手間取った (5.2 章参照)。また、試作を確認してもらった段階で PAO ひのでメンバーへ送付して評価して反応が返って来るのが多忙のためか遅く、どう見積もっても 1 週間以上は必要なため、その時間が予想以上にかかった。このため、試作をこまめに作り直しそのつど評価してもらったことを予定に組みこむのは難しく、試作第 2 版は実質的に最終確認版となった。

年度内での DVD の配付を考えると、2 月上旬入稿というのはぎりぎりのところであった。

9.2 英語版

2008年 4月	企画のスタート
2008年 6月	下旬ひのでサイエンスミーティングでの配付が決定
2008年 7月10日	シナリオ翻訳発注
2008年 8月13日	英語版音声納品
2008年 8月28日	DVD 試作第 1 版送付
2008年 9月 5日	DVD プレス入稿
2008年 9月24日	DVD 納品
2008年 9月30日	ひのでサイエンスミーティングでの配付開始

英語版は制作期間が十分に取れない状況で、突貫作業に近い形で製作された。業者依頼分のシナリオの翻訳と音声納品で 1 か月、編集に半月、確認に 1 週間、トータルで実作業期間 3 か月で配付までを行なった。確認期間を長く取らなかったのが短期間での作成を可能にした。確認が十分でなく不備が生じるリスクもあったが、結果的に大きな問題が出なかったのが幸いであった。

10. 総評

日本語版DVD の配付後に、配布先を対象として活用度調査、視聴者を対象として理解度調査を行なった。この結果については 6) に詳細が掲載

されている。

今回の企画での特筆すべき点は、PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループ関係者が別々の場所の別々の組織に属していることが挙げられる。半分は関東近郊にいるが、もう半分は西日本である。近頃では、そういった遠距離での共同作業をインターネットを便利に活用して行なうのが流行であるが、巨大なハイビジョン映像データを頻繁にやりとりできる程データの転送状況は良くなく、編集ソフトを皆が持っているわけでもないため分担作業もできず、試作版の送付にも日数がかかるため確認作業に時間がかかり、実際にはこれは困難な話であった。

今回の DVD 作成の目玉の一つは、ハイビジョンムービーの配付であるが、ハイビジョンによる映像製作は、一般的に言えばまだ時期尚早であり、現状では業者に依頼するには利点に見合わない程の高価な投資であり、業者任せでは手が出せるものではない。そのため、われわれは自分たちで編集する以外の選択肢が無かった。だが、ソフトウェアのハイビジョンへのサポートが既にあったため、ムービーの作成は思ったよりも簡単にできた、というのが正直な感想である。

シナリオ作成においては、文章による解説にくらべて、映像による解説ではナレーションで扱える分量が思ったよりずっと少なくなる事がわかった。この論文もそうであるが、日頃文章で解説を書いていると、正確さを追究するあまり文章が長くなりがちである。普段、読む際の時間ということは気にしないが、たとえ数行の文章であっても読むのに数十秒から数分かかっていることに気がついていない。言葉による情報の伝達には思ったより時間がかかるため、結果として制限時間内にナレーションが収まりきれないことになる。だが映像はそれ自体に見るものを納得させる力がある。力のある映像には、正確さをある程度犠牲にしても解説はなるべく短くして、映像のもたらす迫力をあますことなく伝えることを心がけるべきである。そのためには、映像を主体とし、何を一番アピールしたいかを考えて原稿を書く必要がある。シナリオを書くといきおい文章での正確な説明に力が入ってしまうが、映像を扱うときはその映像に主題を語らせ、言葉は補助的に利用すべきであると痛感した。

英語版への翻訳においては、翻訳した英語の難解さに閉口したが、元の日本語の意味を追って行くと文章自体に空虚な修飾、難解な構造、曖昧な表現があることが見えてきた。日本語の持つ性質

と行ってしまえばそれまでだが、特にムービースナリオではシンプルな解説を心がけるべきと改めて認識した。

科学成果の解説を行なうについて、グラフはある2つの関係を理論的に説明するために使われることが多いが、一般の人はグラフを読むことに慣れていないばかりか拒否反応さえ見られる。今回の DVD 内のムービーでも2ヵ所程グラフを利用したが、それらはお世辞にもわかりやすいとは言えなかった。だが、今回ナレーションと動きを付けたグラフの組み合わせを試してみたことにより、文章とグラフの併用にくらべてよりよい理解への可能性を提案することができた。グラフをどのようにして映像でわかりやすく説明するかは今後の試行錯誤が必要な分野であり、その結果、より多くの人が科学成果を正しく理解出来るようになるものと期待している。

ハイビジョンムービーの配付が目玉の一つであることは先に述べたが、この時期にハイビジョン作品を作り公開することは時代の最先端を走ることになる。開拓者気分を味わうことができるが、そのかわり成果物のハイビジョンムービーが再生される機会は少なくなる。事実、今回作成した DVD でもハイビジョン映像を再生するには様々な障害がある。パソコンでは CPU パワーが必要となり再生できないと言う声が多く寄せられ、プレイステーション3で再生するにはハイビジョンムービーを別のメディアにコピーしなければならず、面倒な手間がかかる。再生機会を向上させるには、再生機器の普及もさることながら、メディアを入れたらそのまま再生できるようにならなければならない。そのため、ブルーレイディスクによるハイビジョンビデオ作品の配付は早期に実現したい事柄の一つである。ただし、現状のブルーレイディスクのプレスによる作成はコストが DVD にくらべて1ケタ違うため、最初は書きこみメディアによるごく少数の配付になるはずである。

11. 謝辞

この DVD の製作には PAONET ひのでデータ活用ワーキンググループの活動として平成19年度国立天文台共同研究（研究代表者:矢治健太郎）の援助を受けた。

Hinode is a Japanese mission developed and launched by ISAS/JAXA, collaborating with NAOJ as a domestic partner, NASA and STFC (UK) as international partners. Scientific operation of the

Hinode mission is conducted by the Hinode science team organized at ISAS/JAXA. This team mainly consists of scientists from institutes in the partner countries. Support for the post-launch operation is provided by JAXA and NAOJ (Japan), STFC (U.K.), NASA, ESA, and NSC (Norway).

This work was carried out at the NAOJ Hinode Science Center, which is supported by the Grant-in-Aid for Creative Scientific Research “The Basic Study of Space Weather Prediction” from MEXT, Japan (Head Investigator: K. Shibata), generous donations from Sun Microsystems, and NAOJ internal funding.

参考文献

- 1) 矢治健太郎, 時政典孝, 鈴木大輔, 中道晶香, 下井倉ともみ, PAONET ひのぞデータ活用ワーキンググループ: 「PAONETひのぞデータ活用ワーキンググループの活動」, 天文月報, **101**, 565–575 (2008).
- 2) Kosugi, T., et al.: “The Hinode (Solar-B) Mission: An Overview”, *Solar Physics*, **243**, 3–17 (2007).
- 3) Freeland, S.L. & Handy, B.N.: “Data Analysis with the SolarSoft System”, *Solar Physics*, **182**, 497–500 (1998).
- 4) 杉原正人著, 福田友美監修: 『Adobe Premiere Pro CS3 マスターブック』毎日コミュニケーション (2007).
- 5) 大河原浩一著, 福田友美監修: 『Adobe After Effects CS3 マスターブック』毎日コミュニケーション (2007).
- 6) 下井倉ともみ, 中道晶香, 殿岡英顕: 『DVD「ひのぞが見た太陽」調査及び評価』, 国立天文台報, **12**, 39–51 (2009).