

## Coaster: 折れ線スライダによる時空間メディアインタフェース

佐藤 隆 阿久津明人 外村佳伸

NTT ヒューマンインタフェース研究所

{takashi,akutsu,tonomura}@aether.hil.ntt.co.jp

あらまし: 近年, MPEG-4 や QuickTime など, 構造化された映像フォーマットが開発され, このような構造を生かしながら映像とインタラクションする技術がますます重要になってきた. 本論文では, 映像をはじめとする時空間メディアの直接的なインタフェースを目指して Coaster (COntinuous Access by Spatio-Temporal slidER) を提案する. Coaster は, 時空間メディアを操作するためのアンカーとして, 映像の時間的変化や映像中の物体などの軌跡を近似した折れ線型のスライダを, 時空間メディアが射影されたモニタ画面上に配置するものである. Coaster は, 時間と空間の両方を 2次元の画面上へ柔軟に, しかも映像の時間的連続性を損なわずに対応づけることができる. 本論文では, Coaster の応用例として, あたかも被写体をつかんで動かしているかのような直観的な映像の可変速 / ランダム再生法と, スプライトアニメーションを用いたインタラクティブ紙芝居を示す.

## Coaster: A New Interface for Spacio-temporal Media using Poly-line Shaped Sliders

Takashi SATOU Akihito AKUTSU Yoshinobu TONOMURA  
NTT Human Interface Laboratories

{takashi,akutsu,tonomura}@aether.hil.ntt.co.jp

**Abstract :** An environment for scripting and distributing structured video such as MPEG-4 and QuickTime has been gradually developed in recent years. Still there is not much advancement in the technology for making interactions with videos using full advantages of their scripted structures. This paper proposes 'Coaster' (COntinuous Access by Spatio-Temporal slidER) as a new video interface for direct manipulation of the video that is structured with spatio-temporal information. The interface is implemented with a poly-line shaped slider that represents temporal changes of the video and approximations of objects' loci in the video. Coaster is placed on a monitor and performs as an anchor that assists user's interaction with the spatio-temporal information. Coaster can flexibly map spatial and temporal information on the 2D display without losing temporal continuity of the video. In this paper, we will mention about applications of Coaster: an intuitive variable and random play-back of the video as if the user is grabbing and moving the object, and an interactive picture story book using sprite animation.

## 1 はじめに

映像のデジタル化にともない、映像を単に流して見るだけでなく、様々な切り口からアクセスし、映像のもつ新しい可能性を探求する研究が注目されている。中でもインタラクティブな映像操作は、教育やエンターテインメントなどの分野で重要と考えられている。

最近では、QuickTimeやMPEG-4など、構造化された映像フォーマットが開発され、背景やオブジェクトなどの映像の内容にアクセスすることが可能になってきた[1]。このような映像内容进行操作するインタフェースとして、従来は、フレーム画像中のアンカー領域や、時間軸対応のスライダがよく用いられている(図1)。

フレーム画像中のアンカー領域は、ハイパーテキスト[2]に映像を導入するときにごく自然に発想されるものであり、映像中のオブジェクトにリンクするための手段として提案された[3]。最近では、QuickTime 3のWired Spritesに代表されるように、映像中のオブジェクトにURLやスクリプトをリンクすることによって、様々なアプリケーションが展開しつつある。

また、スライダは、通常、再生画面の下に表示され、再生中のフレームの相対的な位置を表示するとともに、ランダム再生や、早送りや巻戻しなどの可変速再生のインタフェースとして機能する[4]。

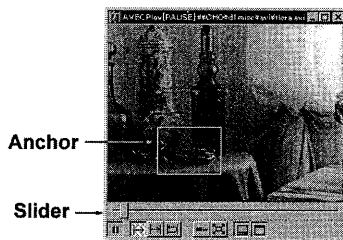


図1: アンカーとスライダ

しかしながら、このような従来のインタフェースは、映像など時空間メディアの内容操作の点で問題がある。まず、アンカー領域は、被写体との空間的な対応は良いが、映像の早送りや巻戻しなどの時間上の操作には適切ではない。つまり、アンカー領域は、クリック操作に対応し時間上のある瞬間を指定することはできるが、時間上の区間を指定することができない。

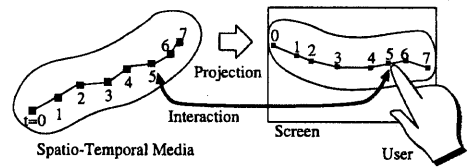


図2: Coasterの概念図: 時空間メディアと折れ線スライダ

また、スライダは、ツマミの移動量に応じてフレームを送るので連続的な時間操作ができるが、被写体との空間的な対応づけが難しい。スライダは、通常、“時間は左から右へ流れる”という過程に基づき、被写体の動きなどの映像内容とは無関係に水平に配置されている。このため、例えば、ツマミを右に動かしているのに被写体が左に動くといったように、ユーザの操作と再生される映像とが直観的に一致しないことがある。

そこで、本稿では、映像などの時空間構造に直観的な操作性をもたらす新しいインタフェースを目指して、Coaster(COntinuous Access by Spatio-Temporal slidER)を提案する。図2に示すように、Coasterは、時空間メディアと一っしょにモニタ画面上に射影された、カメラワークや物体移動などの軌跡を近似した折れ線型のスライダであり、画面上では、時空間メディアを操作するために埋め込まれた一種のアンカーのように見える。

Coasterは、表1に示すように、アンカーとスライダの長所を合わせ持ち、被写体との空間的な対応性と、時間的な連続操作性の両方を満足する。これにより、例えば、あたかも被写体をつかんで動かしているかのような、直観的な映像の再生が可能になる。

表1: アンカーと、スライダ、Coasterの比較

	アンカー	スライダ	Coaster
時間: 連続操作性	×	○	○
空間: 被写体対応性	○	×	○

以下では、2で折れ線スライダの定義と、ユーザ入力の対応づけについて論じる。3では、教育やエンターテインメントへの応用例として、映像の可変速/ランダム再生と、インタラクティブ紙芝居について述べる。最後に、まとめと今後の課題を述べる。

## 2 折れ線スライダと入力点の対応づけ法

Coaster を構成する折れ線スライダを以下のように定義する。折れ線  $L$  を、頂点  $A_i$  とその出力値  $f_i$  の組の集合  $L = \{(A_i, f_i) | i = 1, 2, \dots, N\}$  とする。折れ線上のツマミの位置を  $Q$  とし、そのときの出力値  $f$  を再生する映像のフレーム番号とする。

折れ線スライダには、次の3つの機能的要件がある。

- (1)  $Q$  に対して  $f$  を決める
- (2)  $f$  に対して  $Q$  を決める
- (3) 入力点  $P$  に対して  $Q$  を決める

(1) と (2) は、ツマミの位置と出力値の対応関係である。  $i < j$  ならば  $f_i < f_j$  という条件をつけると、  $Q$  と  $f$  を1対1対応にして (1) と (2) を同時に定義することができる。ここでは、ツマミの位置による線分の内分比を用いるのが自然であると考え、すなわち、ツマミ  $Q$  が線分  $A_i A_{i+1}$  上にあるとき、

$$\begin{pmatrix} Q \\ f \end{pmatrix} = (1-\alpha) \begin{pmatrix} A_i \\ f_i \end{pmatrix} + \alpha \begin{pmatrix} A_{i+1} \\ f_{i+1} \end{pmatrix}, 0 \leq \alpha \leq 1,$$

という制約で  $Q$  と  $f$  を対応づける。

(3) は、ユーザの入力に対してツマミをどこに位置付けるかという問題である。ユーザが常に折れ線上の点を入力するのなら、これは問題にならない。しかし、現実的には、折れ線上の点を正確にトレースするようユーザに強いるのは難しいので、ある程度の許容範囲内の入力に対してツマミを追従させる必要がある。

単純に考えると、図3のように折れ線  $A_{1,2,3}$  に対して  $P$  に最も近い点を  $Q$  とすればよいように思われる。これを最近点法と呼ぶことにする。最近点法は、直観的にわかりやすく、折れ線の近傍においては比較的良好であるが、折れ線の頂点の周辺においては、入力点  $P$  の連続的な移動に対して、対応点  $Q$  の移動が不連続になるという欠点がある。図3では、  $P$  が領域  $\alpha$  内にあるとき  $Q$  は頂点  $A_2$  で停滞し、また、  $P$  が頂角  $A_2$  の2等分線  $m$  をまたぐとき  $Q$  は折れ線上で跳躍してしまう。このため、例えば、ユーザが映像を滑らかに再生するつもりで入力点を連続的に移動しても、不連続でごちゃごちない再生結果しか得られず操作性が悪くなる。

そこで、対応の連続性を重視した2等分線法を提案する。図4のように、折れ線  $A_{1,2,3}$  について、端点は垂線  $l$ 、それ以外の頂点は頂角の2等分線  $m$  をひく。これら隣り合う垂線または2等分線の組のう

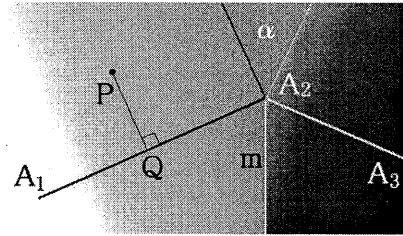


図3: 最近点法

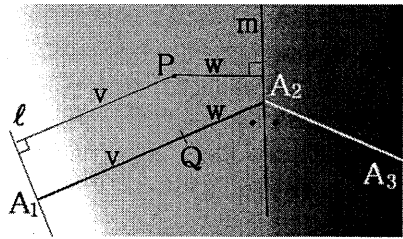


図4: 2等分線法

ち、入力点  $P$  を挟むものを選び、それぞれ、  $P$  との距離  $v, w$  を求め、線分を  $v : w$  の比に内分する点を  $Q$  とする。

入出力の対応の連続性を評価するために、折れ線の頂点の出力値を  $(f_1, f_2, f_3) = (255, 128, 0)$  とし、折れ線の周囲のすべての点について出力値を求めた。図3,4の背景の濃淡は、その場所に入力点  $P$  があるときの出力値  $f$  を表し、濃淡の変化が滑らかなほど、対応の連続性が良いことを表す。また、図5のグラフには、それぞれ、(a) 第1走査線上と (b) 最終走査線上で、入力点の X 座標を変化させた場合の出力値を示している。図からわかるように、最近点法では、頂角の外側  $\alpha$  では値が平坦になり、また、頂角の内側で2等分線  $m$  を境に急激に値が変化し、対応の不連続性が明白である。それに対し、2等分線法では、頂点付近でも滑らかに値が変化しており、最近点法よりも入出力の対応の連続性が優れていることがわかる。

## 3 Coaster の応用

現在、Coaster の実装には、C++, JAVA, Tcl/Tk のバージョンがあり、それぞれ、速度を要求されるアプリケーション作成、インターネット上のコンテンツ作成、早期プロトタイプ作成の要求に

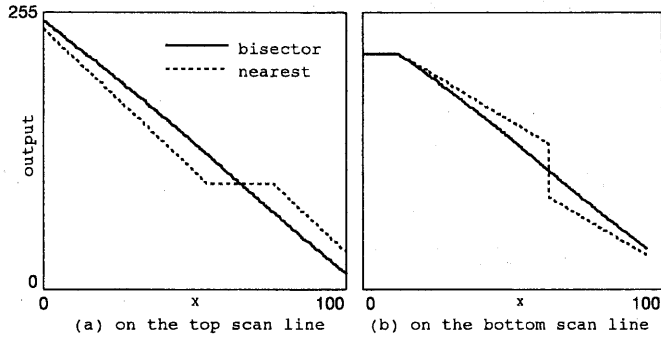


図5: 入力点と出力の関係 ((a) 第1走査線上 (b) 最終走査線上)

応えられるようにしている。いずれの実装にも折れ線の編集機能があり、データファイルの互換性がある。以下では、教育やエンターテインメントに関するCoasterの応用例を示す。

### 3.1 映像の可変速 / ランダム再生

Coasterを、ビデオパノラマ [5] に適用した例を図6に示す。stefanの第72～200フレームについて、カメラワークを推定し、フレーム画像を重ね合わせることによって、パノラマ画像を構成した。Coasterは、選手(a)とボール(b)(c)の軌跡について手作業で配置した。

図7のように、マウスなどのポインティングデバイスによってCoasterを操作すると、出力値に対応するフレーム画像をパノラマ画像上に重ねて表示する。したがって、選手やボールのCoasterを操作すれば、あたかもその選手やボールをつかんで動かしているかのように、直観的に映像を再生することができる。図7では、図6の(b)に沿って入力点(矢印)を移動しており、ボールを動かしているかのように映像を再生する。

映像の可変速 / ランダム再生におけるCoasterの利点を次にまとめる。

**時間と空間との一致:** 被写体の位置とフレーム番号が対応しているため、被写体の位置を通じて見たい場面をランダムに表示することができる。また、被写体の移動方向とスライダの移動方向が一致し、直接操作により連続的な映像再生が可能である。したがって、従来の水平なスライダーや、ジョグ / シャトルダイヤルによるインタフェースと比べて、より直観的である。

**複数の時間軸の設定:** 複数の被写体にそれぞれCoasterを割り当てると、ひとつの映像を複数の時間軸で制御できる。図6では、選手主体で再生したり、ボール主体で再生することができる。

**折れ線の編集可能性:** カメラワークや被写体の移動がない部分でも、適当な軌跡を設定することによって映像を再生できる。例えば、(a)の鉤状部分は選手が止まってボールを打つ場面であり、選手の軌跡としては本来は1点に縮退する。それを鉤状の折れ線に展開することにより、入力点を弧状に動かすようにして、ラケットを振る場面の早送りや巻戻し再生が可能になる。

映像の再生にCoasterを用いる応用例として、テニスや野球、ゴルフ、サッカーなどのスポーツ映像の他に、気象衛星写真や、監視カメラの映像のインタラクティブな再生に用いることが考えられる。

また、被写体追跡やカメラ操作推定などの動画処理を応用することによって、折れ線の自動生成も可能であろう。

### 3.2 インタラクティブ紙芝居

Directorなどの従来のマルチメディアオーサリングツールでは、アニメーションのスプライトの位置を1コマずつ設定していく。これらのオーサリングツールでは、アニメーションの単調な再生に主眼が置かれているため、見たい場面を指定するためには、スライダーやボタンなどのインタフェースを通じて、時間を操作する必要があった。つまり、時間を指定してスプライトの位置を求めるという一方

行の操作しかできなかった。そこで、Coaster をスプライトの軌跡として用いることによって、時間とスプライトの位置の間で双方向のアクセスを可能とし、インタラクティブ性を向上させることを考える。

ひとつの例として、カエルの成長を観察するインタラクティブな紙芝居を作成した(図8)。画面上で、マウスをドラッグすることによって、「卵→オタマジャクシ→カエル」という変化を見ることができる。場面には池と陸地があって、池の中では、オタマジャクシが泳ぎ、陸地ではカエルが飛び跳ねる。

スプライトは、図9に示すように、カエルの成長に応じて0～13の14段階、それぞれ、尻尾を振るなどの細かいバリエーションを3種類ずつ用意した。

また、図10に示すように、背景にあわせて複数のCoasterを張りめぐらした。更に、Coasterの頂点には[0,1400]の値を設定し、Coasterの出力値を100で割った値を、表示するスプライトの番号に対応づけている。剰余はスプライトのバリエーションの選択などに用いる。

ユーザのドラッグ操作では、Coasterのツマミの位置に対応するスプライトを表示する。クリック操作に対しては、ツマミを自動的に移動させ、Coasterの区間でアニメーションを表示する。

また、折れ線の個々の線分には、別のCoasterに切替えができるかどうかを示すフラグを設定できる。通常、複数あるCoasterのうち、ひとつがアクティブで入力フォーカスを持っている。Coasterの分岐点付近の線分のフラグをenableにしておけば、分岐点で他のCoasterに入力フォーカスを切替えることができる。

従来のインタラクティブ紙芝居では、ユーザのクリックに対応して、一連のアニメーションを再生するものが多かった。それに対し、Coasterを用いたインタラクティブ紙芝居では、従来のクリックによるアニメーション再生機能を含みながら、ドラッグによる再生の制御も可能となる。つまり、Coasterは、背景やオブジェクトに連続的な値をリンクするアンカーとして機能すると考えることができる。

今回の例では、Coasterの出力値にスプライトの番号を対応させたが、この他に、イベントやスクリプトを対応させることによって、様々な応用が可能であると考えられる。例えば、アニメーションで歴史的

事件を説明するダイナミックな年表や、インタラクティブな地図、ロールプレイングゲームなど、教育やエンターテインメントへの応用例が考えられる。

#### 4 まとめと今後の課題

時間軸を空間上に自由にマッピングして、映像をはじめとする時空間メディアを操作することができる新しいインタフェースCoasterを提案した。入力点をツマミの位置に連続的に対応づけるために、2等分線法を考案した。操作性の評価については、入力点とツマミの移動の連続性について、最近点法と比較し、2等分線法が優れていることを示した。今後は、タスクを設定した上で、操作時間や精度などによって操作性を評価するのが課題である。また、Coasterの応用例として、映像の可変速/ランダム再生と、インタラクティブ紙芝居の応用例を示した。Coasterは映像以外の時空間メディアにも有効であると期待でき、適用分野を拡大させる予定である。

#### 謝辞

インタラクティブ紙芝居の原画を描いてくださったデザイナーの澤畑由佳様に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] Y. Tonomura et al, "Structured Video Computing", IEEE Multimedia, Vol.1, No.3, pp.34-43, 1994.
- [2] J. Nielsen, "HYPER Text & HYPER Media", Academic Press Inc, 1990.
- [3] 高野他, "ハイパーメディアのためのビデオデータモデルの一考察", 情処全大7G-4, pp.4-221-222, 1993.
- [4] M. Mills et al, "A Magnifier Tool for Video Data", CHI'92, pp.93-98, 1992.
- [5] A. Akutsu and Y. Tonomura, "Video tomography: an efficient method for camerawork extraction and motion analysis", Proc. of ACM Multimedia'94, pp.349-356, 1994. (<http://www.virg-unet.ocn.ne.jp/VideoPanorama/>)

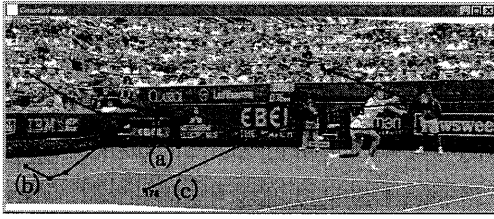


図 6: 3本のCoasterを持つビデオパノラマ

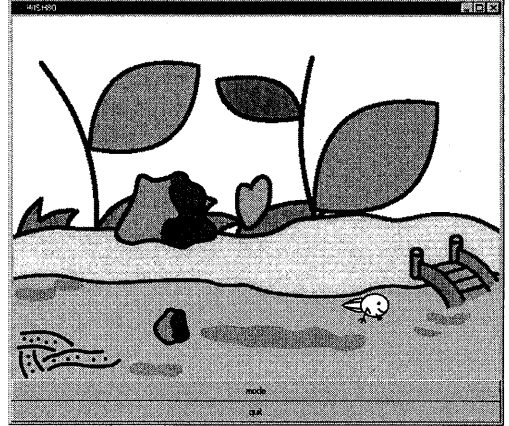


図 8: インタラクティブ紙芝居

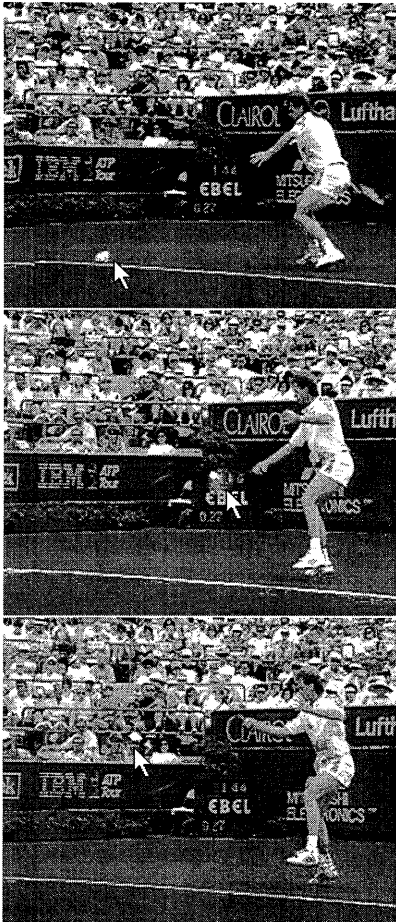


図 7: ドラッグ操作による再生



図 9: スプライト

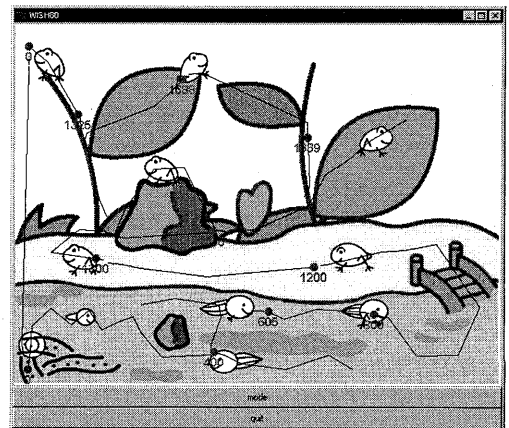


図 10: インタラクティブ紙芝居のCoaster