

TimeSpaceSlice: 時空間連続性を保った タイムライン表示手法

福地 健太郎^{1,a)} 楠 駿也¹

概要: 映像編集ソフトやシミュレーションソフトウェア等では、対象となる二次元映像の時系列変化を概観あるいは制御するためのタイムライン表示が広く使われるが、多くの場合対象の時間軸方向の連続性が満たされないため、その変化を見落としやすい。この解消のために、対象映像中にスキャンラインを定め、スキャンされた線分領域を時系列順に並べて表示する手法として Video slicing 法があるが、これは空間方向の連続性が満たされない。そこで Video slicing 法を拡張し、対象映像中のある幅を持った領域内でスキャンラインを時系列で移動させることで、時空間連続性を保つことを目指したタイムライン表示の手法として **TimeSpaceSlice** を開発した。様々な映像を対象に同手法を試したところ、タイムライン上に観測対象の空間情報がある程度は保ちつつ、時系列変化を提示することができた。

1. 序論

時系列データを概観したいとき、それが一次元データであれば、折れ線グラフや棒グラフのように、横軸を時系列とし、縦軸に表現したい量を示すことができる。しかし対象とするデータが空間方向に広がっている場合には困難が生じる。例えば映像閲覧ソフトウェアであれば対象データは各時点での静止画（サムネイル）であるが、これをタイムライン上に時系列に並べると大きな表示領域を占めることとなり、一方でそれらを間引いて表示すると時間軸上での連続性（時間連続性）が損われることになる。同種の問題は、シミュレーションソフトウェアにおいて、パラメータを時系列で変化させ、それに応じた対象の状態変化をやはり時系列に沿って概観したい場合にも生じる。例えばライティングシミュレーションを想定した場合、ユーザが観察したいのは照明された空間の様子であり、折れ線グラフの類では可視化はできず、かといってサムネイル表示では細かな時系列変化を見落とす可能性がある。

サムネイル表示の欠点を補う方法の一つとしては、タイムライン上にマウスポインタを置くと、その時点での静止画をポップアップ表示する手法がある（例: YouTube プレイヤー）。タイムラインに沿ってマウスポインタを滑らかに動かせば、その移動速度に応じて時系列変化を好みの速度で観測することができる。しかしこれはマウス操作を伴うものであり、状態を概観したいという目的にはやや反す

る。また短い時間間隔での変化を見るためにはマウスを細かく制御する必要が生じてしまう。

この解決を目指した手法に、Video slicing 法 [2] がある。これは対象となる映像の内にある線分領域をスキャンラインとして定め、各フレーム毎にスキャンした線分画像を時系列に並べて表示するものである。これは映像の特定箇所における、可能な限り短い時間間隔での時系列変化を概観することができる利点を保つ。例えばスキャンライン上の物体の通過や、状態変化が時系列に沿った形で観測することができる。スキャンラインを曲線状に配置することで、対象映像中の様々な箇所の変化を同時に観測することも可能である [3]。しかし同手法においては空間連続性が損われる。すなわち、スキャンライン周辺での空間的な情報の連なりがタイムライン上に保存されないため、そこに何が写っているのかを把握することは簡単ではない。特に、対象領域内に状態変化が見られない場合にその傾向が顕著である。

以上をまとめると、対象の時系列変化を概観するという目的を達成するためには、時間と空間双方での連続性、すなわち時空間連続性を向上させたタイムライン表示手法が求められている。また、概観という目的のためには、ユーザ操作の不要な手法が望ましい。

これを解決する手法として、我々は **TimeSpaceSlice** と呼ぶ手法を開発した。これは video slicing 法を拡張したもので、同法ではスキャンラインの位置は映像中で固定され、であるが故に空間連続性が損われたが、我々の手法ではこのスキャンラインを、指定された範囲内で時間経過に

¹ 明治大学

^{a)} kentaro@fukuchi.org

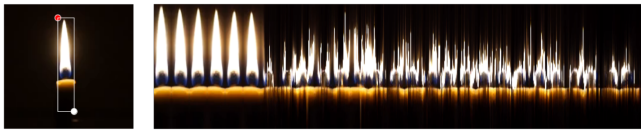


図 1 TimeSpaceSlice 法により生成されたタイムライン表示 (右). 左図で白い矩形で囲われた領域が、映像中でスキャンラインが移動する範囲.

従って移動させることにより、時空間連続性を部分的に保持すること狙っている.

提案手法をいくつかの映像に適用して実験したところ、観測対象の空間情報がある程度保った、何が写っているかは部分的に判別がつくような画像を提示しつつ、時系列変化を可能な限り短い時間間隔で提示することができた.

2. TimeSpaceSlice 法

序論に述べたように、TimeSpaceSlice 法では、まず対象映像中に領域を定め、その範囲内でスキャンラインを移動させる. その詳細を図 1 を用いて説明する.

図 1 左図が対象映像で、そこに白い矩形が示されているが、これがスキャンラインが移動する範囲である. ここでは縦が矩形領域の高さで、横が 1 ピクセル幅のスキャンラインを、図示された範囲内で左右に往復移動させる. 各フレームで 1 ピクセルずつスキャンラインを移動させつつ、ライン上の画素を左から右へと時系列で並べたのが、図 1 の右図である.

ここで例に示したのは蠟燭の燃焼の様子を撮影したもので、時折横から風を当て、炎の揺れ具合を記録した映像である. 映像の開始後しばらくは無風であったため炎に特段の動きはなかったが、タイムライン上ではその様子が、炎の形を保って並んでいるかのように表わされている. その後風が吹いて炎が動き出すと、タイムライン上の炎の形が乱れて表わされ、それによって動きがあったことが可視化されている. また、スキャンライン上の炎の高さから、おおまかに風の強さおよびその時系列変化もあわせて推測することができる.

映像の時空間の切り出し方について、提案手法と他の手法との違いを模式的に表わしたのが図 2 である. 点線の格子で示したのが映像に含まれる画素の時空間である. 文献 [1] でいう “video volume” に相当するもので、ここでは簡単のため空間の縦軸は省略している. さて、サムネイル表示においては、空間連続性を保持しているが、時間連続性は犠牲にされている. video slicing 法においては、時間連続性は保持されているが、スキャンラインに隣接する画素は省かれるため、空間連続性が損われる. 対して提案手法は、いわば時空間を斜めにスキャンするものであり、時間・空間の双方で緩やかに連続している、と捉えることができる.

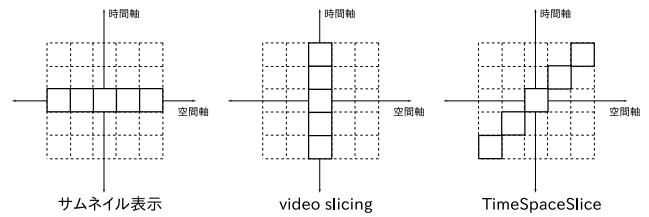


図 2 各手法の時空間の切り出し方の違い.



図 3 中華料理の調理風景を TimeSpaceSlice 表示したもの. 図右側のタイムラインは、左下から右上に向かって時間が進んでいく. 映像は、©2020 中華一筋 『【営業中】中華一筋厨房営業中を俯瞰で覗く動画』を、著作者の許可を得て使用.

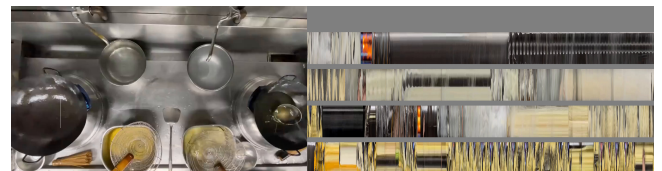


図 4 図 3 と同じ映像を video slicing 表示したもの.

3. 適用例

提案手法が有効な例として、図 3 に示したような、定点カメラからの映像が挙げられる. 映像中、ときおり調味料を振り入れたり洗浄のために鍋が静止するが、その様子がタイムラインで明瞭に確認することができ、またその時の鍋の様子をおおまかに確認することができる. 図 4 は同じ映像を video slicing 表示したものだが、鍋の静止時の表示は提案手法に比べると空間連続性を欠くため、何が写っているかすら把握が困難である.

参考文献

- [1] Fels, S. and Mase, K.: Interactive Video Cubism, *Proc. of NPIVM '99*, ACM, pp. 78–82, DOI: 10.1145/331770.331789 (1999).
- [2] Nunes, M., Greenberg, S., Carpendale, S. and Gutwin, C.: What Did I Miss? Visualizing the Past through Video Traces, *Proc. of ECSCW 2007*, Springer London, pp. 1–20, DOI: 10.1007/978-1-84800-031-5-1 (2007).
- [3] Tang, A., Greenberg, S. and Fels, S.: Exploring Video Streams Using Slit-Tear Visualizations, *Proc. AVI '08*, ACM, pp. 191–198, DOI: 10.1145/1385569.1385601 (2008).