『これは映画ではないらしい』技術補遺

五島一浩

制作の経緯 〜 架空の技術史の夢想

2012 年、ある研究会で**「アニメーションの定義とは何か？」**というシンプルな問いかけがありました。**「静止画像の連続によって動きを表現する」**事が、アニメーション（と映画）の根本的な原理であるという一般認識を踏まえた上で、例えば人形劇や影絵劇はアニメーションの範疇に入るのか？　プログラムによって制御されている遊園地のロボットは？　さらにその制御がフレーム（コマ）単位だったとしたらそれはアニメーションなのか?……といったディスカッションがあったと記憶しています。

私はこの時から**「コマに依存しない動画」**は存在しうるのかを考え始めました。「画」が時間につれて変化していく様子を、如何にして記述できるのか?

「コマ」の概念に依らない（様に思える）動画像のアイデアは、いくつか考えられました。例えば…

- ベクタースキャンディスプレイを使って、何かできないだろうか?
- 遊園地のアニマトロニクスをカムなど機械的に制御する。もしくは、タイムコードベースでない制御は可能だろうか?
- ピンスクリーンの各画素の動きを、電磁石などで制御。制御信号は磁気テープにアナログ記録する。
- 光造形樹脂などを利用し、対物レンズの焦点面で連続的に樹脂を硬化、樹脂槽の深さをコントロールして「時間立体金太郎飴」を作る。再生時はそれを CT スキャン、もしくはカンナで切削するなどして断面を連続して動画像として観察する。**（動画像を立体造形物として記録する！）(Fig. 01)**
- デジタルビデオの CoDec として、**各ピクセルの輝度変化を波形として記録**する。**(Fig. 02)**

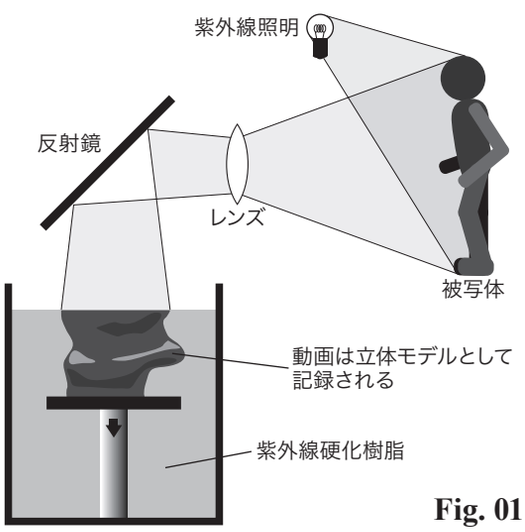

Fig. 01

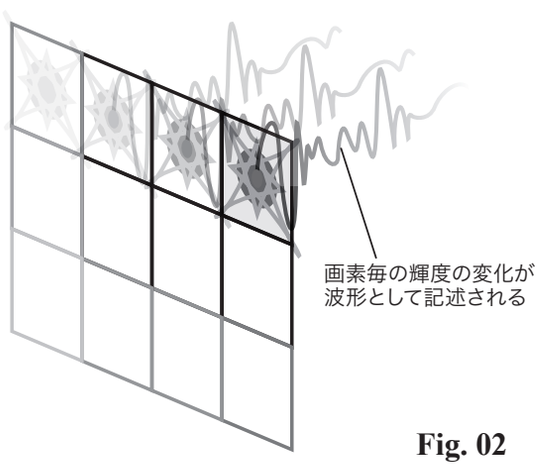

Fig. 02

最後のアイデアから**「画像を構成するピクセルと同数の波形の束」**というビジョンが思い浮かびました。ここから発想し、分解された画素の光の変化をアナログメディアに記録する（具体的には写真フィルムに記録する）……というのが本方式の基本概念です。

私は以前から、「映画」は、一定時間おきに静止画像をサンプリングするという、本質的にデジタル的な概念を持っているメディアなのだと考えていました。このデジタル性に着目して発想を展開すれば、スライス・サンプリングする次元を時間軸以外に取り、シンプルなデータ変換だけで「コマ」のない動画記録が成立するだろうという直感がありました。

本作**『これは映画ではないらしい』**は、この原理を使い、いくつかの既存のデバイス……例えば光ファイバー、大判ポジフィルム、二眼レフカメラ、精密スライダーユニット等を組み合わせ、従来の映画・動画とは全く違った新しいタイプの『動く画』を記録／再生するシステムです。当初の作品コンセプトとしては、**「コマを使わない動画」**が存在しうる事と、その取得・提示を実証したことで完了の予定でした。しかし、概念実証用の実機を制作する際、当初は予想していなかった高性能化の可能性をいくつか発見することになりました。

もとより本方式は極めてシンプルな原理で成立（所謂『映画』そのものよりはるかに単純な装置で成り立っている程です。例：間欠駆動のための複雑なリンク機構が不要）しているため、検索できる記録にないだけで、この方式が過去に発案されている可能性は高い、と思っています。しかしそれが実現せず、また普及もしなかったのは、本方式にいくつかの本質的な欠点があるからです。

まず､現在のシステムはわずか300画素程度の映像しか扱うことが出来ません。仮に記録するポジフィルムのサイズ（幅）を２倍にしても、画素数は２倍にしかならず、現在の主流である「フレームベースのデジタルカメラ」の数百万〜数千万という画素数とは比較するまでもありません。（本作ではそのローファイな特性により、独特の風合いを持つ映像を撮影することが出来ましたが…）

本方式最大の特徴である「フレームが存在しない」「フレームレートが存在せず、ファイバーの断面積とフィルム搬送速度次第でアナログ的である」といったポイントも、現代のハイスピードカメラに対してのアドバンテージにはなり得ないでしょう。

その上で、架空の技術史を夢想します。もし本方式が過去の何処かで実現していたら、果たしてどんな発展の可能性があっただろうか？ と。

今回の実機はほとんど私の手作業で制作しているため、以下に挙げるいくつかのアイデアを実現することは作業量、作業精度や部材の確保の困難さなど、様々な面から現実的であるとは言えません。しかし結果として、現在当たり前になっている「映画」システムを実現せしめている数限りない開発努力とアイデアの重さと、映画に限らずあらゆる技術や表現に秘められた思考の蓄積の豊かさと恐ろしさを、改めて実感する事になりました。

以下は、その思考実験の覚書です。

『BUNDLE VISION』高性能化アイデア

ここでは、格子状に並んだ光ファイバーで対物レンズの光を受ける「受像面」（兼、再生時の「表示画面」）を**『受光・表示ブロック』**、記録するフィルム面に接触する一列に並んだファイバー列を**『露光ヘッドブロック』**と呼ぶ。

1）光ファイバーの細密化（解像度アップ：画素数 2.5 倍）

現在の実機では、市販品として入手が容易な 0.25mm のプラスティック光ファイバーを使用している。工業用の石英ファイバーであれば、0.10mm の高精度な製品も存在し、これを使用すれば解像度は 2.5 倍になる。対物レンズの光を取り込む**『受光・表示ブロック』**（デジタルカメラのセンサー面に当たる）のファイバーの格子配列には、現在でも各画素間に数ミリの余裕が有り、こちらの密度を上げることは容易いが、**『露光ヘッドブロック』**のファイバーがフィルムに接触する部分はすでに隙間がなく、高画素化のテーマは主に**『露光ヘッドブロック』**側の密度を如何に上げるかにある。**(Fig. 03)**

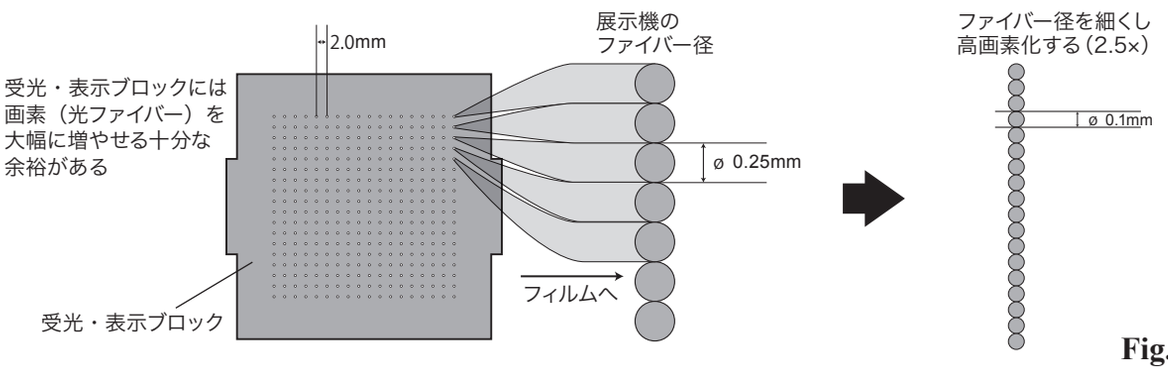

Fig. 03

2）記録フィルムの大判化（解像度アップ：画素数 2.5 倍）

現在の実機では、4×5inch のシートフィルムを長辺方向に移動させている。短辺の記録有効幅はおよそ 90mm であり、**『露光ヘッドブロック』**には 0.25mm の光ファイバーを 360 本程度並べることが出来る。このフィルムサイズと使用方向の見直しでファイバーの本数の増大（＝画素数アップ）を図る。

・長辺方向に光ファイバーを並べ、短辺方向にフィルムを送れば約 450 本（450 画素）。**(Fig. 04a)**
・8×10inch フィルムを使い、さらに長辺方向にファイバーを並べると約 900 本（900 画素）。**(Fig. 04b)**

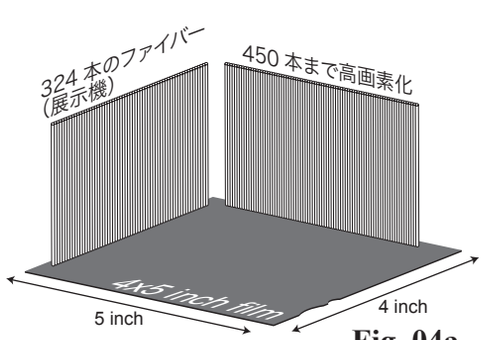

Fig. 04a

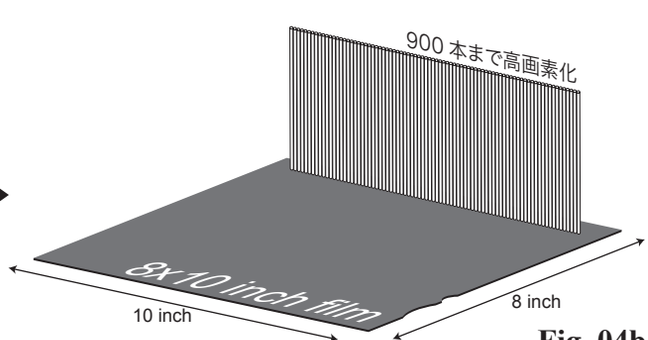

Fig. 04b

3）『露光ヘッドブロック』の複数化（解像度アップ：画素数 2 ～ n 倍）

『受光・表示ブロック』と**『露光ヘッドブロック』**を繋ぐのは柔軟な光ファイバーの集合であり、全てを一列に配列する必要はない。1 枚のシートフィルムを二分割して、**2つの『露光ヘッドブロック』**で同時に記録（&再生）すれば、記録時間は半分になるが画素数は倍増する。
さらに、**『受光・表示ブロック』**から伸びるファイバーの束はいくつにも分割できるため、複数のフィルムに複数の**『露光ヘッドブロック』**で記録すれば、ヘッドの数だけいくらでも画素数は増大する。（しかしそれに比例してシステムは大型化してしまう。）**(Fig. 05)**

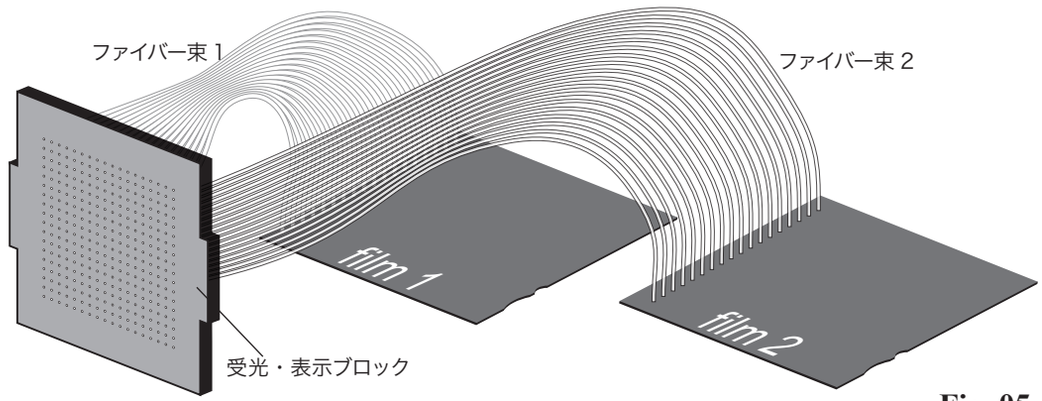

Fig. 05

4）記録信号の色分解（解像度アップ：画素数 2 倍程度？）

『受光・表示ブロック』に配列されている光ファイバー数を一気に三倍に増やし、三本一組とし、それぞれに R、G、B、のカラーフィルターをかけ、三原色に分解された三本のファイバーの光を記録フィルム上に「三色重ねて」露光する。カラーフィルムの感光層は元々光の各波長ごとに異なる粒子で構成されているため、三重に重ねて記録された信号の分離は容易だと思われる。
画素数は三倍になるが、色情報は増えないので、体感できる解像度アップは二倍程度であると予測される。フィルムの使用面積を増やさずに、高画素化が望める。**(Fig. 06)**
一部の RGB３板式ビデオカメラで使用されている「画素ずらし」に似たテクニックである。

※さらには、干渉フィルター方式 3D 映画のように、ダイクロイックプリズムを利用して周波数帯域を分割したり、偏光角度を記録できる感光材料を利用して、一ラインに複数の画素情報を重ねて記録する事も考えられる。

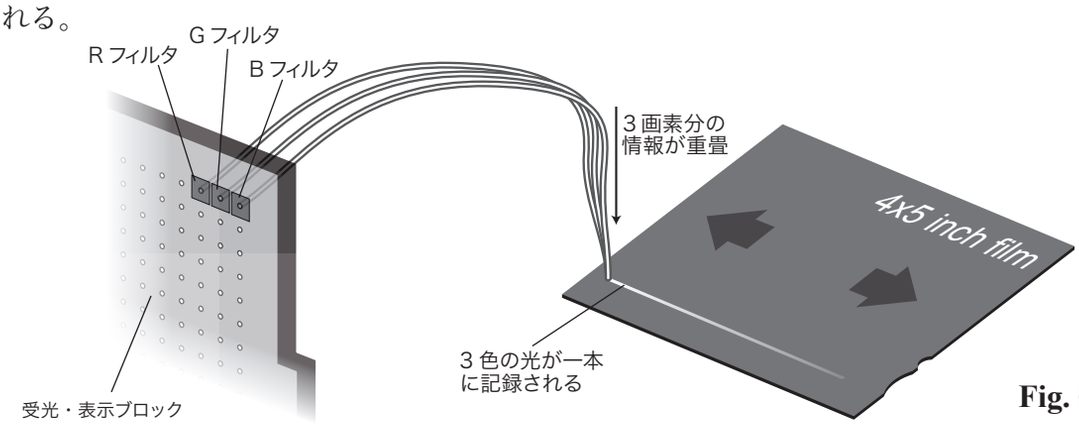

Fig. 06

5）『受光・表示ブロック』の微振動（解像度アップ：効果不明）

『受光・表示ブロック』自体を微振動させ、各画素の移動する残像を利用して体感解像度をアップさせる。例えば、各画素の間隔が 2mm であれば、『受光・表示ブロック』を半径 1mm 程度の回転運動（ブロックの水平は一定のまま）させれば、各画素に記録・表示される情報はそれまでの一点だけのものではなく、ある線を描くことが出来る。回転する画素は残像を残すため、十分に短い周期であれば情報の連続性は体感上保たれる。これにより、体感解像度を一気に数十倍に出来る可能性がある。**(Fig. 07)**

欠点としては、以下の点が挙げられる。

・記録フィルムの搬送に正確に連動して振動する必要があるため、精密な機械 or 電子的な制御が必須。
・本方式の「間欠駆動しない」という基本コンセプトに反する面があり、特長を薄めてしまう可能性がある。（画素の信号自体の連続性は保たれているが…）
・画素自体が移動するため、その移動距離に即した時間解像度が必要になる。具体的には、フィルムの搬送速度アップが必要になる可能性がある。

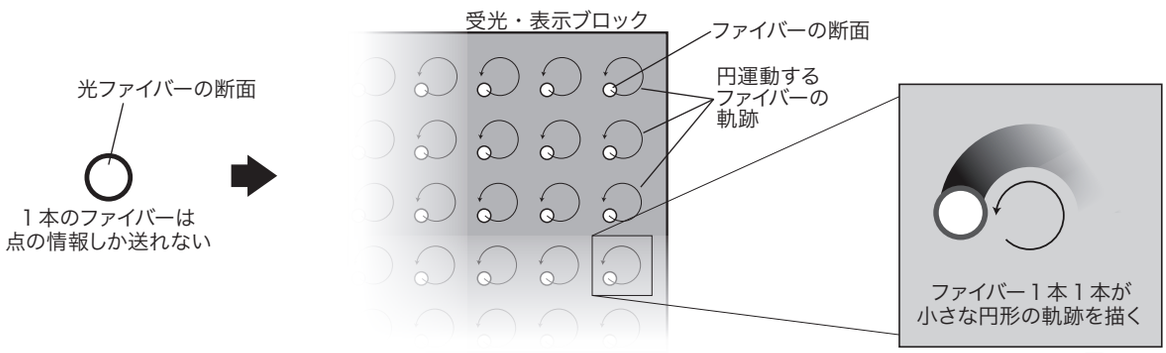

Fig. 07

6）集光レンズの実装（感度アップ：～100 倍程度？）

現在**『受光・表示ブロック』**に格子配列されている光ファイバー間には、縦横ともおよそ 2mm の余裕がある。つまり、受光面に当たった光のごく一部しかファイバーに入らず、フィルム面に送られない。（概算で受光面全体の 1%～ 0.1%程度）

デジタルカメラでの感度向上に利用されるオンチップマイクロレンズと同様、各ファイバーの前に集光レンズを並べることで、撮影感度（露光効率）を飛躍的に向上できる。

現在の機種では晴天時の屋外でしか撮影が難しいが、撮影可能領域の拡大を図れ、(1) ～ (4) の光ファイバーの精細化等による光量低下も補償できる。**(Fig. 08)**

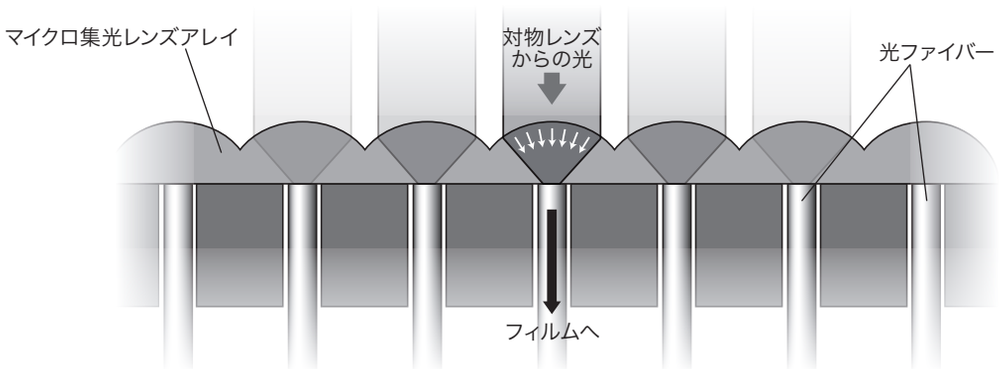

Fig. 08

7）『受光・表示ブロック』の大判化（感度アップ：～４倍程度？）

現在の実機は、4×4（ベスト版）の二眼レフを利用しており、**『受光・表示ブロック』**のサイズもこのカメラに合わせている。（6）の集光レンズの有効径は**『受光・表示ブロック』**の画素密度によって制約される。（1）～（4）の高画素化によって集光レンズの有効径は縮小するが、**『受光・表示ブロック』**自体を大きくすることでこれを確保できる。具体的には、6×6 版や、それ以上の大判カメラを利用することが考えられる。**(Fig. 09)**

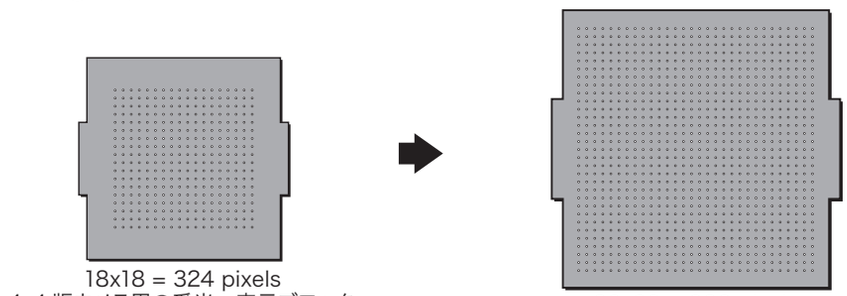

Fig. 09

8）スクリーンなどへの拡大投影の可能性

現在の実機は、5×5cm の小さなスクリーンで動画像を鑑賞している。これにはいくつか理由がある。

・全て手作業で工作しているので、**『露光ヘッドブロック』**の精度（ファイバーの間隔の均質性）が低く、記録時に使う受光システムと、再生時の表示システムを同一にしなければならない。
・ルーペで拡大表示してもよいが、元々の解像度が極小のため、拡大すると何だかわからなくなる。
・再生時の光量が不足気味である。

実は、現在の実機でも**『受光・表示ブロック』**を撮影位置（カメラレンズの後、センサー面）にセットしたまま、撮影済みフィルムに下から光を当てると、カメラの対物レンズを通して動画像をスクリーンに投影することが実証済みである。**(Fig. 10)**

しかし、最高輝度の LED を使用しても光量が圧倒的に不足し、また解像度が低いため、スクリーンに拡大投影された画が非常にわかりにくく、展示に耐えるものではなかった。しかし、画素数アップ、再生時の光源の光量の飛躍的なアップ、レンズの大口径化など全てが実現すれば、家庭で皆で鑑賞できる（初期のカラーテレビ程度？）画質を獲得できる可能性がある。

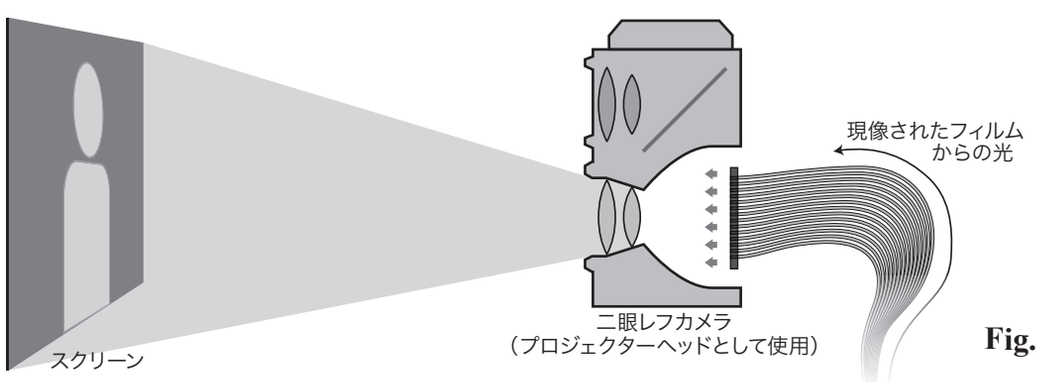

Fig. 10

9）その他の技術

　その他、インスタントフィルムを利用した即時性の獲得、専用の大判ロールフィルムを使用しての長時間記録、光学もしくは磁気トラックによるサウンド機能の追加、部材配置の効率化によるポータブル性の獲得等、既存メディアと同じように様々な技術革新が想像される

10）新しい表現の可能性

・通常の 4×5inch カメラで撮影した「普通の写真」フィルムを本機に装着し、本来と違うデコーディングをされた「抽象動画像」を鑑賞する。

・フィルム搬送速度を極端に遅くし、タイムラプス的な撮影をする。レンズの光量を絞り1枚のフィルムに何時間もの動画を記録したり……。タイムラプスと違い、スロー再生してもコマ送りにはならず、時間方向の解像度だけがぼやけていく。

・クリアフィルムに画素毎の変化をサインペンなどで直接描き、手描きの動画像を制作する。
（これは果たしてアニメーションなのだろうか !?）

© Kazuhiro GOSHIMA