

紙と鉛筆による手描きを中心とした アニメーション制作のためのスキャナ特性評価

Evaluation of scanner devices for professional animation production workflow
which has hand-drawn by paper and pencil

藤倉伊織†

柿崎俊道‡

舩本和也▷

白井暁彦†

Iori FUJIKURA†, Shundo KAKIZAKI‡, Kazuya MASUMOTO▷ and Akihiko SHIRAI‡

† 神奈川工科大学 情報メディア学科 † Kanagawa Institute of Technology

‡ 聖地会議

‡ Seichi Kaigi, Pilgrimage to sacred places producer

▷ 株式会社トリガー

▷ TRIGGER Inc.

E-mail: †sengadoga@shirai.la

1 はじめに

近年、画像研究分野における研究では3Dモデルの利用やデジタルペイントによるアニメーション制作手法が多く提案される。しかしながら、現存する商用アニメーションのワークフローにおいては、紙と鉛筆による手描きを中心としたアニメーション制作ワークフロー（以下、便宜上「手描き動画」と呼ぶ）も依然として多く残っており、世界における日本産アニメーションの根強い人気の源でもある。本研究は、紙と鉛筆を用いた手描きによる作画を中心としたアニメーション制作を支援するツール開発に注目している。紙と鉛筆ならではの画像表現や、伝統と効率、革新性を両立させるワークフローについて、工学的な手法による評価を試みる。まず基礎的なデータとして、市場において入手可能なスキャナ製品を利用した特性評価に取り組む。



図 1: アメリカシアトル DigiPen 工科大学におけるアニメーションを学ぶ学生の制作風景, USB カメラによる撮影台と撮影用ソフトウェアを利用している

2 関連研究と従来ワークフローにおける課題

デジタル動画像が最終出力となった現代的な商用アニメーション制作においては、3DCG とセルシェーダーによる作画工程の3D化や、タブレット等をつかったコンピュータ内で作画を行う手法が一般化しており、ワークフローや効率化の研究が多く提案されている [1]。効率や品質が高く保たれる一方、魅力的な絵作りとは、3次元的な整合性が正しければ生み出されるという性質のものではなく、世界のショートフィルムのシーンにおいても、高く注目・評価されている作品は必ずしも3DCGに限らない。アナログ描画特有の心情表現や描線の勢いを生かした作品、エフェクト表現のように実在しない物性を扱う表現 [2] は、アート性や個性の高い作品制作として、手描き動画でなければ探求できない表現は確実に存在している。また商業制作の現場においても、企画の試作検討、コンテ作成などのプリプロセス、アニメーション制作入門者の学習など、紙と鉛筆による手描きは依然として重視される手法の一つであることは間違いない（図 1）。

アニメーション制作スタジオの手描き動画による工程においては、レイアウト（L/O）、原画、動画は紙と鉛筆を用いて作画を行う。L/Oは絵コンテからキーとなるレイアウトをL/O用紙に描画する、原画工程においては原画を原画用紙に作画、その後作画監督によりチェックされた後に、発注された動画を動画担当者が線画として作画し、動画チェックを行う。動画チェックが終わった紙原稿は、仕上げ工程に渡る。多くはスタジオ外の外注作業になっており、手作業のフラッドベッドスキャナによるスキャニング（144dpi）で電子画像化され、その後、線補正、ゴミ取り、着色（PaintMan[3]等のソフトウェア）、色検査の工程を経て、動画の素材とデータで再びスタジオに納品され、アフレコ、ポストプロセス等の最終工程となる [4, 5]。

原画は、キーフレームとなる重要な画像であり、動画担

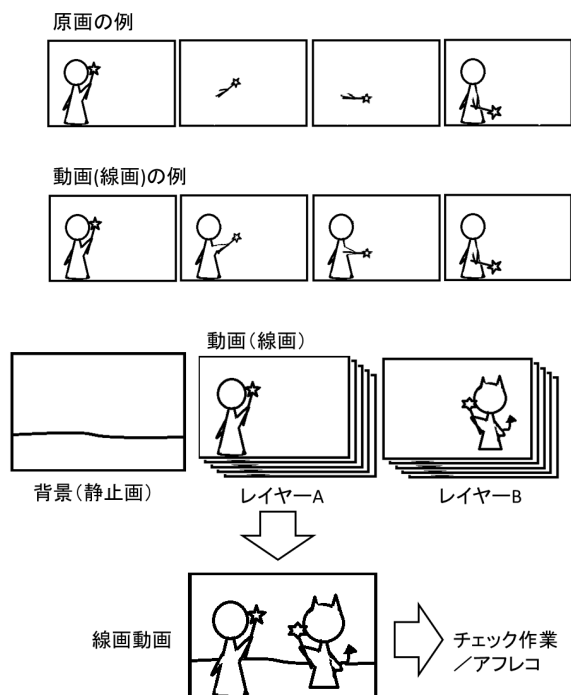


図 2: 本論文における「原画」と「動画(線画)」の定義と線画動画の生成

当者への中割(なかわり)を指示する。動画担当者は原画担当者の指示に従い、1秒当たり8枚から24枚の画像を描画する。旧来は、撮影工程において撮影台を使用して、紙に描かれた原画や動画などの線画を撮影し、トレスやデジタル彩色工程と続きスタジオによって異なる。テレビアニメーションと劇場用長編、スタジオによって多少の用語の違いはあるが、本論文ではスタジオ内で専用紙に線画で描かれた「動画」と呼ばれる紙を「動画(線画)」と、その紙をスキャンして生成した動画像ファイル、「線画動画」に注目する。線画動画は最終的な撮影工程ではなく、線画で撮影されたプレビュー映像であり、アニメ業界では「線撮」「原撮」などと呼ばれている。

主にアフレコなどの仮の状態でも本編の流れがわかる映像が必要な制作工程(イベント)で利用される。メイン工程では着色工程を経た動画ファイルが生成されるため、線画動画は最終的に置き換えられる映像であるが、テレビ放映アニメーションのような短い制作サイクルにおいて、ストーリーの全体や品質を確認する上で必要かつ重要な映像である。

線画動画の活用注目した研究は多くはないが、中島らは「アナログ画材を用いたアニメーションの作成を支援するシステム」において、アナログ画材の表現を生かすツールとワークフローを提案している[6]。A4サイズ300dpiの

画像(2480x3508ピクセル)において位置合わせや背景除去作業を短縮化する。スキャナを活用した新しい表現の探求にも繋がるが、商業制作のアニメーションにおいては、30分程度の作品で、300シーン、数千枚以上の作画を行う例もある。部品やカットを最適化・再利用するいわゆる「リミテッドアニメーション」を中心とした制作フローに浸透させるためには、現在ワークフローを尊重しつつ、速度や品質における改善を破綻なく提案する事が重要と考える。

この着眼において、関連研究として、例えばスタジオブリではTOONZ(現在はOpenToonz[7])とそれに付随するGTSというツールが内製開発されており、フラットベッドスキャナをつかいTWAIN規格の読み込みでは難しい、アニメーション制作工程に特化したスキャン環境を整備している(文献[5], p.290参照)。

GTSのようなツールが整備されている環境であったとしても、原画や動画の線画を一枚一枚手作業でスキャンして、プレビューする必要がある。一般的な事務機である複合機搭載のADF(Auto Document Feeder)が利用できれば、(1)~(3)の作業は1度のみに行えるが、事務機のADFはPPC紙に特化されていることが多く[8]、PPCの紙の厚さ(坪量64~68g/m²)に対して、薄い40g/m²程度の専用紙を使用するため、原稿詰まりを発生させる可能性がある。また原画は事務書類と異なり、描きなおすことができないという視点から、美術品同等に扱われるべきであり、破壊・汚損を含む実験手法は倫理観からも受け入れがたい。

3 理論

本研究では大量の原画や動画をスキャンする方法そのものに注目する。古くから制作の現場で用いられているフラットベッド型のスキャナは(1)画像一枚に対し読み取り面を下にしてスキャナのガラス面にセット、(2)蓋を閉めた後、(3)起動ボタンを押して読み取り終わるのを待つ、という工程をもつ。L/O、原画、動画それぞれの工程において、数百シーン、新しい絵を描く度にこれらの動作を行うことは、熟練したスタッフであったとしても、作業や思考が中断される。フラットベッドスキャナによる手作業のスキャンには、速度面、簡易さ、作業コスト軽減において限界があり、一方、PCベースで利用できる周辺機器としては、フラットベッドスキャナに加えて、シートフィード型スキャナやスタンド型スキャナなど、新たな選択肢も存在する。現存するいくつかのスキャナを定性的、定量的に評価する。

4 実験方法

実験は図4のそれぞれのスキャナSV, MG, DR, IXでサンプル{A: 方眼紙/コクヨホ-19N 70g/m², B: コンテンツ

／動画（線画），複製のため紙は普通紙）を 30 枚ずつ読み込み，以下の項目について評価する．評価項目は，(1) ピクセルの正確さ（同じものをスキャンした際にピクセルの揺らぎがどの程度起こるか），(2) 作業時間（秒），(3) 画質（1mm 罫線に対する残存 {○：くっきり見える，△：一部劣化，×：一部消失}），(4) ファイル形式（TIFF が使用できる場合は TIFF，それ以外は JPEG），(5) 設定・計測中に起きたトラブル，作業性に対する印象とした．実験に使用するスキャナは事前に必要となる設定を行い，作業速度の測定時は，紙の入れ替えとマウスクリックのみを行う実験オペレーションとした．

SV600 MG6130 DR-C125 iX500



略称	製品名	種類	会社名
SV	SV600	スタンドスキャナ	富士通
MG	MG6130	フラットベッドスキャナ	Canon
DR	DR-C125	シートフィードスキャナ	Canon
IX	iX500		富士通

図 3: 評価したスキャナデバイスと略称

	DPI	平均 ピクセル	横ピクセルの 誤差(%)	縦ピクセルの 誤差(%)	作業時間 (秒)	画質	保存形式
SV	300	3530x2471	0.03	0.04	340	×	JPEG
	600	6974x4956	0.03	0.04	343	△	
MG	300	3504x2488	0	0.01	679	○	TIFF
	600	7008x4984	0	0.06	908	○	
DRC	300	3507x2480	0	0	120	○	TIFF
	600	7015x4960	0	0	685	○	
iX	300	3504x2480	0	0	66	△	JPEG
	600	7016x4960	0	0	248	○	

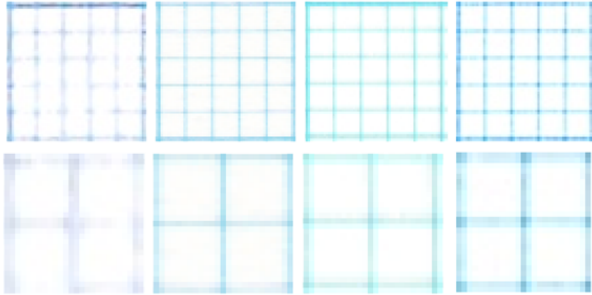
図 4: 実験結果

5 結果

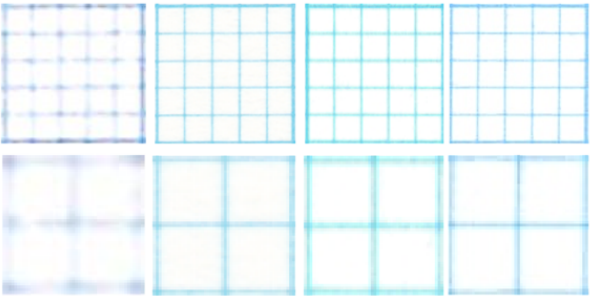
結果を図 4，図 5 で示す．スタンドスキャナである SV はスキャナが紙に直接触れる事が無く，操作自体も紙を置いてボタンを押すだけなので，安全かつ比較的早くスキャンを行うことができた．しかし，非接触であるため正確なスキャンができていたとはいえず，副罫線が途切れており，色合いも変わってしまっている（図 5）．また，スキャナが自動でサイズを検出するため決まったサイズにはならず，全体的に 5～10 ピクセルほど誤差が存在した．

フラッドベッド型 MG は他のスキャナと比べスキャンに時間がかかってしまうという点があるが，安全に高画質のスキャンを行うことができた．人の手で紙をセットするという性質上，僅かだが画像のサイズが変わってしまうことがあった．シートフィード型 DR，IX は直接スキャナが紙に触れている分，速度と画質において良好な結果が得られる一方，セットアップにおいて，超音波センサや長さ設定などの重送検知を十分にいき，遅い速度（高解像度）でスキャンしなければ，原稿詰まりが発生し得る．

300DPI



600DPI



SV MG DR IX

図 5: 方眼紙（5mm/1mm 副罫線）スキャンの比較

6 スタジオにおける評価

以上の物理評価実験結果をもとに，実用性評価として，アニメーションスタジオ TRIGGER の制作進行担当者に

ヒアリング調査を行った。

物理評価実験におけるベストは DR もしくは IX であるが、原画を痛める可能性、鉛筆描線による黒鉛粉がスキャナ内部に残る可能性、画像面は極力触らないという現場の作業倫理から、業務用途では利用できないという判断となった。

なお追試として、文具店で入手可能な「デジタルアニメーション作画用紙」（アートカラー・特殊紙 70kg）において 30 枚を試験したが、紙の状態さえ良ければ原稿詰まりは発生しなかった。仮に、シートフィード型スキャナ内部のローラが中央部を触らない構造のデバイスがあれば、検討の余地はあると考える。

フラッドベッドスキャナは、紙を痛めない、正確性は高い、従来ワークフローと同様（実際のアニメータのスキャン速度は約 5 秒／1 枚でありさらに高速という）、また黒鉛粉は残る可能性があり、本工程ではゴミ除去を行っている。最も高評価であったデバイスは SV で、作業のシンプルさによる速さ、原画を痛めないといった特徴が高く評価された。画質の劣化に対しては、プレビューとしては十分で、機能的には自動補正、自動ページめくり機能を利用できるのであればボタンを押す回数も 1 回で 1 シーンを連続でスキャンできるというプラス評価もあった。一方で、実際の原稿での評価においては、紙の平面性の維持ができない場合もあるとのことで、コンタクトガラス等を利用しない方法で平面性を維持する方法があれば望ましいとのヒアリング結果を得た。

7 考察

今回の実験で、近年、事務機・パーソナル分野で普及しているシートフィード型スキャナが画質評価上は好適な評価が出たが、画質と速度とは別に、実際の作業者の倫理、つまり非破壊、非汚損を確実にできる方法とはいえず、最終的な採用には難があることが分かった。一方で個人制作や製作スタッフ内での合意が得られれば、簡易性、速度および画質においてはシートフィード型も可能性はあり、例えば A3 読込用保護シートを使用するなど、用途や使用法を限定するなどで利用できる可能性がある。

画質面では、実際にどのスキャナがアニメーション制作の現場において適しているかを、定性的なデータに加えて、再現性のある定量的な測定を行う目的から、一般的に入手可能な方眼紙を中心に評価したが、今後、機会があれば SV を使った実際の線画原稿の画質評価やその後のワークフローに寄与するツールの提案などを行っていきたい。

彩色前の線画動画ファイルは、最終工程に現れない動画生成であり、一見不要に見えるが、実際には、全体の進行確認や、シーンのつながり、アフレコのための素材として、テレビ放映のようなサイクルの短い制作においては重要な

過程であり、この線画動画の生成を効率よく、簡易に行えることで、品質や、表現、コスト最適化に寄与できると考える。

8 おわりに

本稿では、紙と鉛筆による手描きを中心としたアニメーション制作に寄与するため、市場で入手可能なスキャナ特性の評価を画質、作業性、ワークフロー上の評価を行った。実際の業務制作における「非破壊スキャン」と「倫理観」において、アニメーション原画は美術品と同等の扱いで、画面を極力接触させない方式で画像化する必要があり、評価したスキャナ製品では SV600 のようなオーバーヘッド非接触式スキャナには今後も可能性が残る。今後、得られた知見より、手描きアニメーションに特化したツールの開発などに取り組み、よりよい制作に寄与できれば幸いである。

参考文献

- [1] 三上浩司, 安芸淳一郎, 宮徹, 金子満, “アニメーション制作におけるコンピュータ活用のためのワークフローの提案と制作技術の蓄積,” 情報処理学会, 情報処理学会論文誌, vol.49, no.8, pp.2773-2782, aug.2008.
- [2] MdN 編集部, “月刊 MdN 2015 年 11 月号／特集：エフェクト表現の物理学 爆発と液体と炎と煙と魔法と。”, vol.259, pp.20-83, Oct.2015.
- [3] CELSYS, Inc., “PaintMan.” Retas Studio., (access) May 2016, <http://www.retasstudio.net/products/paintman/>
- [4] 舩本和也, “アニメを仕事に！ トリガー一流アニメ制作進行読本,” 講談社, 星海社新書, May.2014.
- [5] 柿崎俊道, マスターピース, 今西千鶴子, 志田英邦, “Works of ゲド戦記—Digital Artwork —STUDIO GHIBLI,” ビー・エヌ・エヌ新社, 2007.
- [6] 中嶋誠, 坂本大介, 五十嵐健夫, “アナログ画材を用いたアニメーションの作成を支援するシステム,” 情報処理学会論文誌, vol.56, no.4, pp.1317-1327, Apr.2015.
- [7] OpenToonz ホームページ <https://opentoonz.github.io/>
- [8] 紙の厚さ（重さ）について, 富士ゼロックスホームページ, <https://www.fujixerox.co.jp/support/howto/paper/thickness.html>