

描画機能を有する Web アプリの教材化に関する研究

A study on teaching materials for Web applications with drawing functions

白石 正人

河野 雄太

野方 健治

Masato SHIRAISHI

Yuta KAWANO

Kenji NOGATA

技術教育研究ユニット

みやま市立瀬高中学校

技術教育研究ユニット

(令和5年9月4日受付, 令和5年12月22日受理)

抄 録

中学校技術・家庭科技術分野に新たに追加された「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」については, ネットワークを利用することや双方向性のあるコンテンツを対象とする等の制約が多く, そのプログラミング題材を設定することが困難になっている。本研究では, 中学生にも構想可能なプログラミング題材として小学生向けの学習教材を想定し, 小学校図画工作科で利用可能なお絵描きソフトを Web アプリのプログラミング題材として設定した。jQuery およびその画像ライブラリであるjCanvas を利用し, サンプルプログラムに機能拡張することで小学生が利用可能なレベルの機能を備えたお絵描き用 Web アプリを検討した。まず, Web アプリとして利用可能なレベルを構想し, それに機能を追加するという題材を設定し, 具体的なプログラムとして実現した。

キーワード: お絵描き, プログラミング題材, 双方向性のあるコンテンツ, jQuery

1. 緒言

中学校技術・家庭科技術分野に新たに追加された「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミング」(以下, 双方向コンテンツのプログラミングと略す。)では, ネットワークを利用することや使用者の操作による双方向性があること, コンテンツをプログラミングの対象にすることなど, 様々な制約があるとともに, 生徒自身が問題を見出し, 課題を設定し, プログラミングによって解決する必要がある。中学校学習指導要領解説¹⁾には, この題材として2つの事例が提案されている。その一つは, 「学校紹介の Web ページに Q&A 方式のクイズ」であり, 二つ目は, 「互いにコメントなどを送受信できる簡易なチャット」であった。先の制約や生徒のスキルに配慮すれば, これ以外の題材を設定することがかなり困難である。しかも, 生徒が問題を見出して課題を設定するためには, 問題を見出せるべき体験を経なければ, 課題を設定することも難しいと考えた。これらの理由から小学校の教材開発をこのプログラミング題材として注目

している。

一方, 文部科学省では 2025 年を目途に児童・生徒に一人一台のタブレット型端末を配布する GIGA スクール構想の工程表²⁾を示した。ここで想定されている3種類のタブレット型端末は, それぞれ OS が異なり, Chrome Book や iPad については, それぞれに対応したアプリケーションソフトしか動作しない。したがって, これらの端末すべてで動作可能なものとしては Web アプリしか存在しない。

白石ら³⁾は, 小学校算数科を対象とした 100 マス計算用 Web アプリを開発した。さらに, 音声認識と合成機能を用いた英会話教材用 Web アプリ⁴⁾も開発し評価した。加えて作文支援^{5,6)}を含む, これらの Web アプリ^{7,8)}は, いずれも小学校の教材として利用可能な Web アプリであるとともに, 先に述べた双方向コンテンツのプログラミング題材となり得るコンテンツであり, 中学生が問題を見出して課題を設定することが可能である題材であると考えられる。

今回, 小学校図画工作科の「表現」の学習が感

性や創造力の向上に繋がっていることに着目し、そこにコンピュータや情報通信ネットワークの特性をうまく利用することで学習効果の向上が期待できると考えた。小学校学習指導要領 第7節 図画工作⁹⁾では、A表現の「第3学年及び第4学年においては、形の感じ、色の感じ、それらの組合せによる感じ、色の明るさなどを捉えること。」とある。また、内容の取り扱いでは、「コンピュータ、カメラなどの情報機器を利用することについては、表現や鑑賞の活動で使う用具の一つとして扱う」とあり、用具の一つとして扱うこととされている。したがって、造形遊び（絵を描く）の前段において、形や色を容易に変更したり、組み合わせを変えたり、色の明るさを変えることに長けているコンピュータの活用が望ましいと考えた。

Windows パソコンには、標準で「ペイント」と呼ぶアプリが存在し、マウスで描画することができる。また、Web アプリとしては「Chrome Canvas」を始めとして様々なお絵描き用 Web アプリが提供されている¹⁰⁾。ただし、タブレット型端末での利用を想定したものはまだまだ少ない。

タブレット型端末での利用を想定し、小学生向けでなおかつ、中学校でのプログラミング題材としてソースコードが公開されているようなものはないことと、小学生向けの教材として利用可能な機能を有し、中学校におけるプログラミング題材として基本的なものから生徒自身が課題を設定して機能追加できるようなモジュール化した教材は存在しないようである。

ここでは、jQuery¹¹⁾の画像処理ライブラリ *iCanvas*¹²⁾を開発した Caleb Evans が *iCanvas* のサンプルプログラムとしてお絵描き用 Web アプリ *Painter*¹³⁾ (図1参照) がソースコードとともに提供されていることに注目した。

ただし、この *Painter* は保存や読み込み等の基本的な機能は備えておらず、また図形も長方形と楕円のみといった最低限の描画機能のみであった。本研究では、前述の課題に対応するために、この *Painter* をベースとして小学生向けに Web ページデザインを刷新し、絵の保存・再開する機能を導入するなどの機能追加を行って、プログラムを全面的に見直して再構築した。また、前述の小学校学習指導要領にある「形の感じ、色の感じ」を実現するために、三角形や星形のような新たな図形の追加や図形の回転機能とともに配色を追加するといった絵の表現を広げるような改善・改良も加えた。

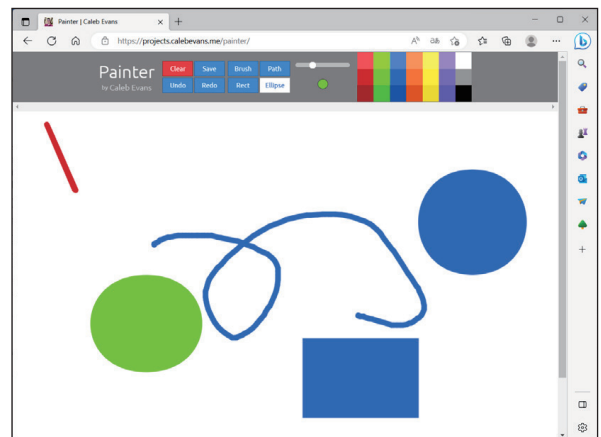


図1 Painter の画面

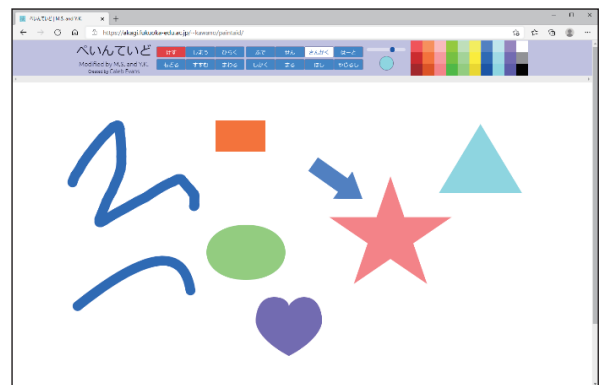


図2 試作した Web アプリの画面

2. 試作した Web アプリ

試作した Web アプリ (図2参照) については、機能的には Caleb Evans が開発した *Painter* を踏襲しているが、プログラムそのものを全面的に見直して作り直した。以下に、その特徴や改善点を列挙する。

- (1) 小学生向け Web ページデザインの刷新
- (2) 絵の保存・再開機能
- (3) 三角形・星形・ハート形・矢印を描く機能
- (4) 図形の回転機能
- (5) 配色 (色見本) の追加
- (6) タブレット型端末での利用

Web アプリのファイル構成を上表1に表す。初めに、*index.html* ファイルによって、CSS ファイルである *global.css* の設定にしたがって、フォントサイズやレイアウトを設定するとともに、Web ページ中に色見本やボタンなどの各要素を配置し、メインプログラムである *global.js* によってボタンの機能や色の設定を行う。このメインプログラムの処理概要を図3に示す。

描画するエリアである *canvas* のサイズは、

表1 Web アプリのファイル構成

項目	ファイル名
HTML ファイル	index.html
CSS ファイル	global.css
	globall.css
	modal.css
	ubuntufont.css
jQuery ファイル	global.js
	triangle.js
	star.js
	heart.js
	arrow.js
	rotate.js

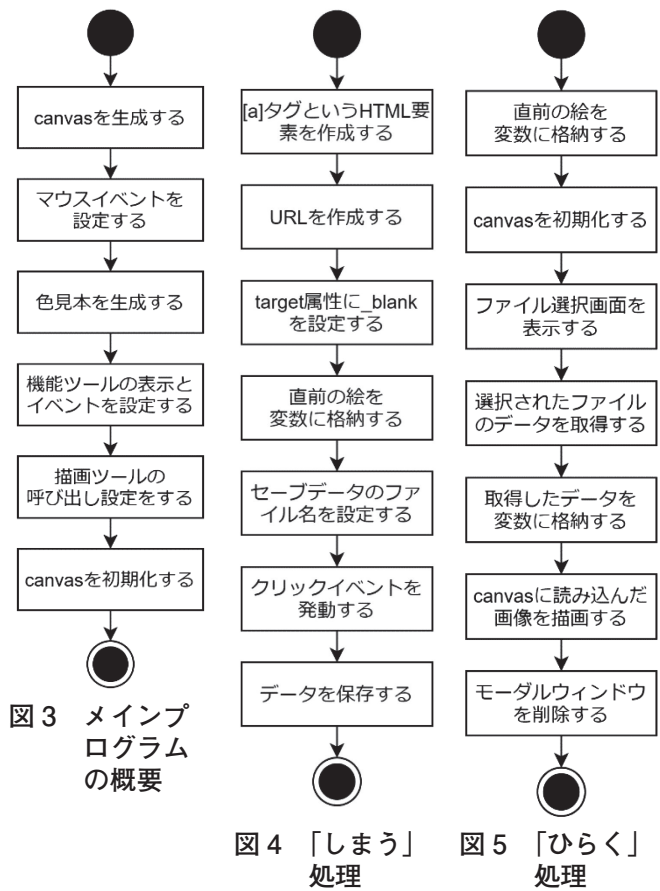
Web ページの画面サイズを取得し設定している。この設定によって、Web ページのサイズに関係なく canvas が Web ページの画面全体に表示されるようにプログラムを見直した。

次に改善した機能ツールについて順次説明する。まず、Painter では実装されていなかった絵の保存と再開機能について説明する。「しまう」ボタン機能では図4のように、アンカータグである「a」タグという HTML 要素を作成し保存する URL を作成する。その後 target 属性の設定を行い、ファイル名を予め決めておきクリックイベントの発生と同時に絵の保存を行うように設定している。この時の保存データのファイル名は予め 'savedata.png' と設定しており、Microsoft Edge (以下、ME と略す。) では、保存データの操作選択で保存することで操作が完了となり、ME 以外のブラウザではそのままデータが保存される仕様となっている。

「ひらく」ボタン機能では図5に示すように、まず直前まで描かれていた絵を変数に格納して canvas を初期化する。その後、ファイル選択画面を表示し再開するファイルデータを選択・取得し canvas 上に表示することで、作成途中の絵の再開が出来る機能となっている。この時の動作に関しては、ブラウザによる操作の違いはないことが確認できている。

描画ツールの呼び出し関数生成では、どの描画ツールも基本構造は同様のため、今回は「さんかく」ボタンの機能を例に以下のプログラムで示す。この global.js ファイルでは基本的に描画機能のプログラムを行っておらず、図6の通り、別のファイルで作成した機能を呼び出し実行するという仕様である。

次に、試作したプログラムとして新たに図形描画機能を4つ追加した。追加した図形は、三角



```

    $.triangle.on('click', function() {
        paintaid.last.src =
            paintaid.$canvas[0].toDataURL('image/png');
        paintaid.$canvas.triangleTool(paintaid);
    });
    
```

図6 さんかくボタンのプログラム

形、星形、ハート形、矢印形である。これらの図形の描画方法は予め実装されていた四角形と楕円形の描画方法を踏襲し生徒たちが扱いやすいように制作している。また、プログラムも四角形を参考にそれぞれの図形の頂点を相対位置で算出し、幅やサイズを自由に変更できるように開発した。プログラムの基本構造を統一することで、今後このプログラムをモジュール化し中学生に向けて授業実践する際に基礎・応用といった形で実践することを想定している。

ここでは、開発した図形の中で根幹をなすプログラムとして「さんかく」のプログラムを例に挙げる。「さんかく」ボタン機能のプログラムと概要フローは図7の通りである。まず、直前まで描かれていた絵を変数に格納する。その後、描画を

```
function makeTriangle() {
  $canvas.drawLine({
    fillStyle: paintaid.color,
    x1: Math.abs(center), y1: centerY,
    x2: triX, y2: triY,
    x3: evX, y3: evY,
    closed: true
  });
}
...
var dcx = eventX + startX;
center = dcx / 2;
evX = Math.abs(eventX);
evY = Math.abs(eventY);
center = startY;
```

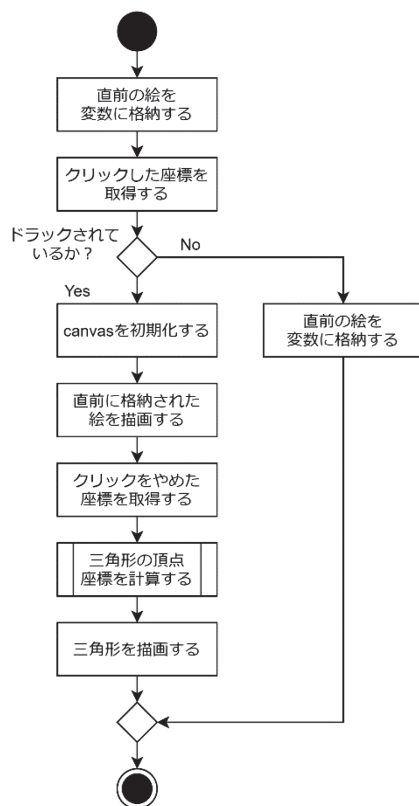


図7 「さんかく」処理

開始するための開始点の座標を取得する。この時、ドラッグされているか判定し、ドラッグされていない場合は再度 canvas 上の絵を変数に格納し動作が終了となる。ドラッグされている場合は、一度 canvas を初期化し格納されている最新の絵を canvas 上に描画する。次に、ドラッグ終了点の座標を取得し開始点の座標との差異を計算し三角形を描画するようプログラムした。頂点座標の算出方法は上記のようにプログラムしており、ドラッグの開始点と終了点の2つの点から算出できる仕様となっている。

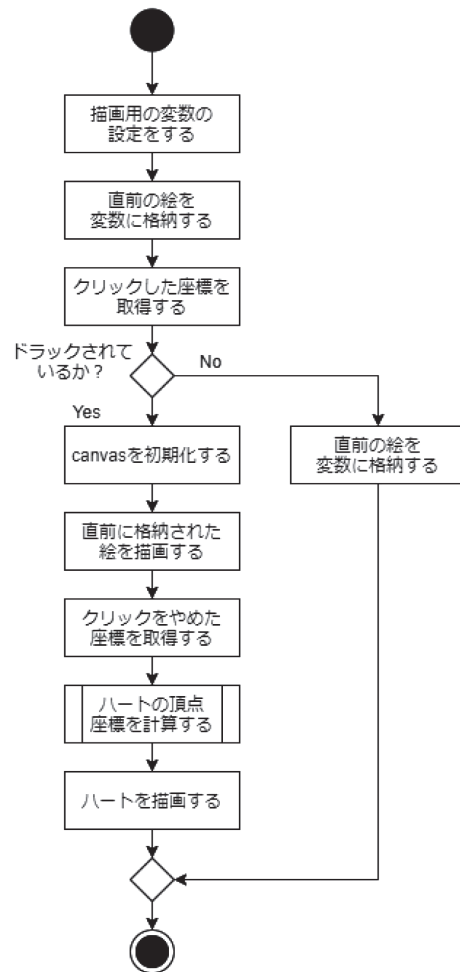


図8 「はーと」処理

「はーと」描画では、jCanvas の機能を拡張し、ハート形を描くためのメソッドを作成する。次に、ハートの描画を始めるために開始点をクリックすると直前まで描かれていた絵が保存される。その後、クリックした座標が取得される。この時ドラッグされているか判定があり、ドラッグされていない場合は直前までの絵を保存して操作が終了となる。一方、ドラッグされている場合は一度 canvas を初期化し、直前に保存された最新の絵を描画しハートの描画を行う。

この「はーと」描画機能も他の描画機能同様に、ドラッグの開始点と終了点の座標の差異を計算し、描画を行っている。「はーと」描画処理のみ特殊な曲線を使用するため、jCanvas の機能の1つである extend メソッドを使用しハート形を描画するための基本機能を自ら作成している。図8に「はーと」処理の概要フローを示す。

最後に、図形を回転させる機能の概要フローを図9に示す。この「まわる」ボタン機能はそれぞ

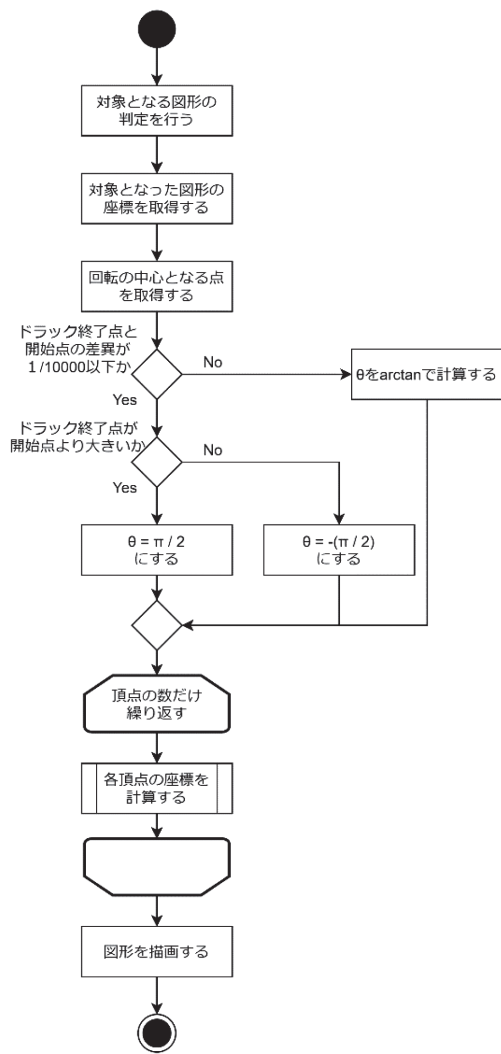


図9 「まわる」処理

れの図形によってプログラムの違いはあるが基本構造は変わらないため、今回は基本構造で作成されている三角形を対象としたプログラムについて説明する。この機能では、図10のように、まず、対象となる図形の判定を行い、対象となる図形の頂点座標を取得する。続いて、マウスをクリックした地点の座標を開始点とする。この時、同時に図形の回転の中心となる座標も一緒に取得する。次に $\theta = 0$ を防ぐための判定を行い、その後ドラッグの終了点が開始点より大きいかという判定を行う。この判定によって θ の正負を判定し、各頂点の座標の計算を行う。次に、図形を回転させるために回転軸となる座標を取得する。その後、図形を回転させるために必要な角度の計算を行い、各頂点の回転後の座標を算出していく。最後に算出された座標を基に図形の再描画を行う。

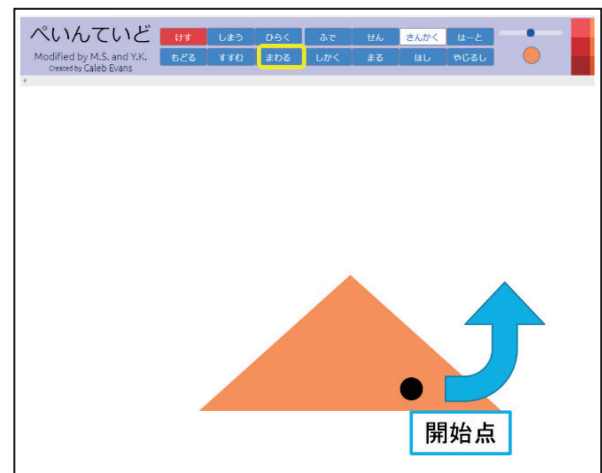


図10 「まわる」処理の操作画面



図11 写真上に描画した絵

3. 考察

今回、サンプルプログラムとして提供されている Painter をベースにし、小学校図画工作科として必要な最低限の機能を実装した。タブレット型端末での操作について本 Web アプリの正常な動作を確認した。Painter ではボタン等がすべて英語表記となっていたため、小学生向けのひらがなベースの日本語表記にした。このことで、小学生でも利用可能となった。

次に、絵の保存・再開機能について考察する。Painter では、保存や開くといった基本機能の実装は行っていなかった。今回の開発で絵の保存・再開機能を実装したため、中断しても継続して作品を作り続けることができるようになった。また、再開機能ではファイルとして保存してある写真や画像といったものまで利用することが出来るため、例えば「ぬり絵」の枠線画像を呼び込み、その内部を好きな色でぬりつぶすことができる。

図11は、写真を読み込み、その上に図形を描画した絵を描いたものである。形の追加については、今回、星形やハート型等を追加した。この追加方法については、座標による描画機能を用いており、中学生が課題として設定した場合に、プロ

グラム追加によって、実現可能な用途がたつたと考える。このような機能追加により、図画工作科の教具としての「形と色の感じ」に適したものとなったと考察する。

4. 結言

本研究では、新たな図形や機能の追加及び Web ページデザインの刷新をした Web アプリを試作し、本来であれば試行調査まで行いたかったが新型コロナウイルス感染症のため実施できなかったものの、研究室での簡単な調査を実施するに留めた。この調査で得られた意見として、タブレットの場合、指と線が重なり線の描画が難しいといった意見や、図形の描画を始める開始点がわかりにくく意図した図形を描くことが難しい時がある、写真を使って絵を描けるため様々な作品を作ることが出来そうといった意見があった。

今後の課題としては、まず、「まわる」ボタン機能をすべての図形に対応させることが挙げられる。これは、「はーと」ボタン機能のみ図形の特性上 extend メソッドを使うしかなく、これによって座標の取得方法がほかの図形とは異なることが原因と考えられる。そのため、ハート形を別の計算方法で描画するなどの改善点が考えられる。

さらに、スマートフォンへ対応できるよう改良すること、タブレットでの操作時に指と絵が重ならないような使い勝手の向上について検討することなど改善・改良すべき余地は沢山ある。これらの改良に加えて、実際の学校現場での授業実践、データベースへ対応することで教員の管理機能の強化や完成した作品を鑑賞するための機能などについても検討しなければならない。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 技術・家庭編，開隆堂出版，(2018)
- 2) 文部科学省：GIGA スクール構想の実現へ，<https://www.mext.go.jp/content/20200625->

[mxt_syoto01-000003278_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf)

- 3) 白石正人，神野正宗，田平龍雅，藤金敏希：プログラミング題材を想定した 100 マス計算用 Web アプリの開発，日本産業技術教育学会九州支部論文集，第 27 巻，pp.11-18，(2019)
- 4) 白石正人，村尾一樹：音声認識と合成機能を用いた英会話教材用 Web アプリの開発と評価，日本産業技術教育学会九州支部論文集，第 28 巻，pp.17-23，(2020)
- 5) 白石正人，瀬尾佳良，水門博一，石橋直：小学生の作文支援用 Web アプリケーションソフトウェア「作文君」を用いた授業実践，日本産業技術教育学会九州支部論文集，第 26 巻，pp.67-73，(2018)
- 6) 白石正人，水門博一，石橋直：小学生用作文支援 Web アプリケーションソフトウェア「作文君」のための管理システムの開発，第 26 巻，pp.1-6，(2018)
- 7) 白石正人，井本慎太郎，水門博一，石橋直：手書き入力を想定した文章入力練習用 Web アプリケーションソフトウェア，日本産業技術教育学会九州支部論文集，第 26 巻，pp.7-13，(2018)
- 8) 水門博一，石橋直，白石正人：ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングに対応したプログラミング題材の研究，日本産業技術教育学会九州支部論文集，第 26 巻，pp.21-27，(2018)
- 9) 文部科学省：小学校学習指導要領 - 平成 29 年 3 月，東洋館出版社，(2018)
- 10) Google: Chrome Canvas, <https://canvas.apps.chrome/>, (2018)
- 11) John Resig: jQuery, <https://jquery.com/>, (2006)
- 12) Caleb Evans: jCanvas, <https://projects.calebevans.me/jcanvas/>
- 13) Caleb Evans: Painter, <https://projects.calebevans.me/painter/>