

Web 上での協同イラストレーションシステムの 制作

神原 啓介

2006/01/12

目次

第1章 はじめに	1
1.1 研究の動機	2
1.1.1 Web で手軽に図を使いたい	2
1.1.2 図の共有による可能性	2
1.2 本研究の目的	3
1.3 本論文の構成	3
第2章 Web 上での協同イラストレーション	6
2.1 CMS	7
2.1.1 CMS の特徴	7
2.1.2 CMS の問題点	7
2.2 本研究のねらい	7
2.2.1 解決したい問題	7
2.2.2 提案する手法：Web 上での協同イラストレーション	8
2.2.3 研究の必要性	10
第3章 Willustrator の設計	11
3.1 ユースケース	12
3.1.1 シナリオ	12
3.1.2 ユースケース図	15
3.2 要求機能	16
第4章 Willustrator の実装	18
4.1 サイトの構成	19
4.1.1 トップページ	19
4.1.2 各種一覧ページ	20
4.1.3 ユーザー認証ページ	21
4.1.4 ユーザーページ	23
4.1.5 画像ページ	24
4.1.6 画像編集ページ	26
4.2 Willustrator の使い方	26
4.2.1 絵の編集	26

目 次	目 次
4.2.2 タイトルとタグ	27
4.2.3 絵の再利用	29
4.3 システム構成	30
4.3.1 利用したツール	30
4.3.2 画像の保存と変換	31
4.3.3 TypeKey	31
第 5 章 議論	32
5.1 運用経験	33
5.1.1 データ	33
5.1.2 描かれた絵の種類	33
5.1.3 絵の再利用	37
5.1.4 タグの利用	41
5.2 考察	42
5.2.1 ドローツールについて	42
5.2.2 図の作成について	43
5.2.3 再利用機能について	43
第 6 章 関連研究	44
6.1 Web 上で絵を描くツール	45
6.1.1 ペイント系のツール	45
6.1.2 文字以外の情報を編集可能な CMS	48
6.1.3 Web 上での絵の共有	50
6.1.4 アスキーアート	51
6.2 CSCW	52
6.2.1 リアルタイム共同図形作成	52
6.2.2 非リアルタイム	52
6.3 絵のつながり	52
第 7 章 今後の展望	54
7.1 将来課題	55
7.1.1 画像の著作権	55
7.1.2 ドローツールの高度化	55
7.2 今後の発展	56
7.2.1 周辺ツールとの連携による効果的な絵の利用	56
第 8 章 おわりに	58
8.1 本研究の成果	59
8.2 まとめ	59

目 次

1.1	本論文の構成	5
2.1	既存のツールと提案するシステムの位置づけ	9
3.1	再利用の流れ	14
3.2	ユースケース図	15
4.1	トップページ	19
4.2	ユーザー一覧	20
4.3	タグ一覧	21
4.4	TypeKey 認証画面	22
4.5	ユーザーページ: 画像やタグの一覧を表示	23
4.6	自分の画像ページ	24
4.7	他人の画像ページ (Copy のみ可能)	25
4.8	タグを追加する	27
4.9	タグ一覧	28
4.10	他の絵に再利用された絵: この画像を元にして作られた画像が右に表示され、それぞれ辿ることができる。	29
4.11	他の絵を再利用して作られた絵: 元になった画像が右上に表示され、辿ることができる	30
5.1	地図 (1)	34
5.2	地図 (2)	34
5.3	滑車	35
5.4	キャラクター	36
5.5	×ゲーム	37
5.6	×ゲームの続き	38
5.7	世界地図	39
5.8	世界地図に対する書き込み	40
5.9	機能要望	41
5.10	Willustrator のプロトタイプ	42
6.1	しいペインター	45

図 目 次	図 目 次
6.2 ラクガキボード	46
6.3 Wema	48
6.4 NOTA	49
6.5 Open Clip Art Library	50
6.6 アスキーアートの例	51
6.7 連画	53

表 目 次

3.1	タグとディレクトリ管理の比較	17
6.1	ペイントツールとドローツール	47

第 1 章

はじめに

概要

本章では本研究の目的と論文の構成について示す。

1.1 研究の動機

1.1.1 Web で手軽に図を使いたい

近年 Web 上でのコミュニケーションが本格化している。特に Blog や Wiki といったツールの広がりによって Web 上でのコミュニケーションはますます身近で重要なものになりつつある。ここ 1~2 年の間に「Web2.0」という言葉が使われるようになり、Web が広まり始めたころと比べ、その技術レベルや使われ方、そして社会的な位置づけなどが大きく進歩している。そのような社会的にも重要性を増している Web 上でのコミュニケーションをより豊かで便利なものにすることは、Web そして社会全体のさらなる進歩に資することになる。

ここでコミュニケーション手段のひとつとしてイラストや図について考えてみる。言葉で長々と説明するよりも簡単な絵や図を描いて説明したほうが良い場合は多い。例えば、以下のようなことを説明したいときは、言葉で説明するよりも絵や図を描いた方が、より素早くまた分かりやすい。

- ドラマの登場人物とその人間関係
- 製品ラインナップとその比較分布
- 駅から自宅までの道案内
- 外国人や小さな子供といった言語伝達が難しい人への説明

もし手元にペンと紙またはホワイトボードなどがあり、側にいる人に伝えるのであれば簡単であるが、これを Web 上で行うことはなかなか面倒である。実際に Blog や Wiki を使っている最中に「ブラウザのフォームでテキストを編集するような感覚で手軽に図も使えるようにならないものか」と考え始めたことが本研究の動機である。

1.1.2 図の共有による可能性

もし Web 上で図が描けるようになると、これまで難しかった以下のような新しい絵の描き方もできるようになると考えられる。

- 他の人の絵を再利用する。例えば他の人の作ったクリップアートの色や形を少し変えて使う。
- Wiki のように他の人が次々と絵に描き足していく。
- 再利用や再編集された絵の変化をすべて Web 上で見ることができる。誰が自分の絵を利用したのかを知ることができる。

図を手軽に扱えるようにするという利便性に加え、多くの人がある図を共有することで、新しい絵の描き方の可能性を広げることができるのではないかと考えた。本研究では以上のようなことを可能にするシステムを提案、実現し、その評価や検証を行う。

1.2 本研究の目的

本研究の目的を以下に示す。

— 本研究の目的 —

1. Web 上での協同イラストレーションというコンセプトを提案
2. Web 上で協同利用するドローツール Willustrator の設計と実装
3. システムの運用調査による有効性の検証

1. Web 上での協同イラストレーションというコンセプトを提案

本研究では Web 上でイラストや図の手軽な作成・編集と有効な利用を支援するため「Web 上での協同イラストレーション」というコンセプトを提案する。ベクター図形の直接的な編集と共有を重視した Web 上でのイラスト利用に適したドローツールのあり方を示す。

2. Web 上で協同利用するドローツール Willustrator の設計と実装

提案したコンセプトを元に、Web 上で利用できるドローツール Willustrator を設計および実装する。Willustrator は複数ユーザーで利用できる Web アプリケーションであり、ブラウザ上で利用できるドロー UI を持つ。ペイントツールと違い、ドローツールであることを活かした再編集機能や他のユーザーの絵を簡単に再利用するための仕組みを持つ。

3. システムの運用調査による有効性の検証

提案手法の有効性の検証を行う。評価は運用をした結果と調査によって行う。

1.3 本論文の構成

図 1.1 に本論文の構成を示す。なお、本論文の図はすべて Willustrator を利用して描いている。

第2章 Web 上での協同イラストレーション

Web 上でイラストや図を扱う際の現状とその問題点を述べた後、その解決方法や本研究の位置づけを明らかにする。そして本研究において提案する「Web 上での協同イラストレーション」のコンセプトについて説明する。

第3章 Willustrator の設計

3章のコンセプトをシナリオやユースケースに落とし込むことで、Willustrator の設計方針をまとめる。

第4章 Willustrator の実装

3章の方針に基づき実装したシステム Willustrator について、実際の機能と使い方、システム構成などを述べる。

第5章 議論

Willustrator をしばらく運用した結果の調査を行い、実装したシステムを評価する。

第6章 今後の展望

本研究の今後の課題と展望をまとめる

第7章 関連研究

本研究と関連した研究およびを紹介し、本研究との相違について述べる。

第8章 おわりに

成果をまとめるとともに研究成果の総括を行う

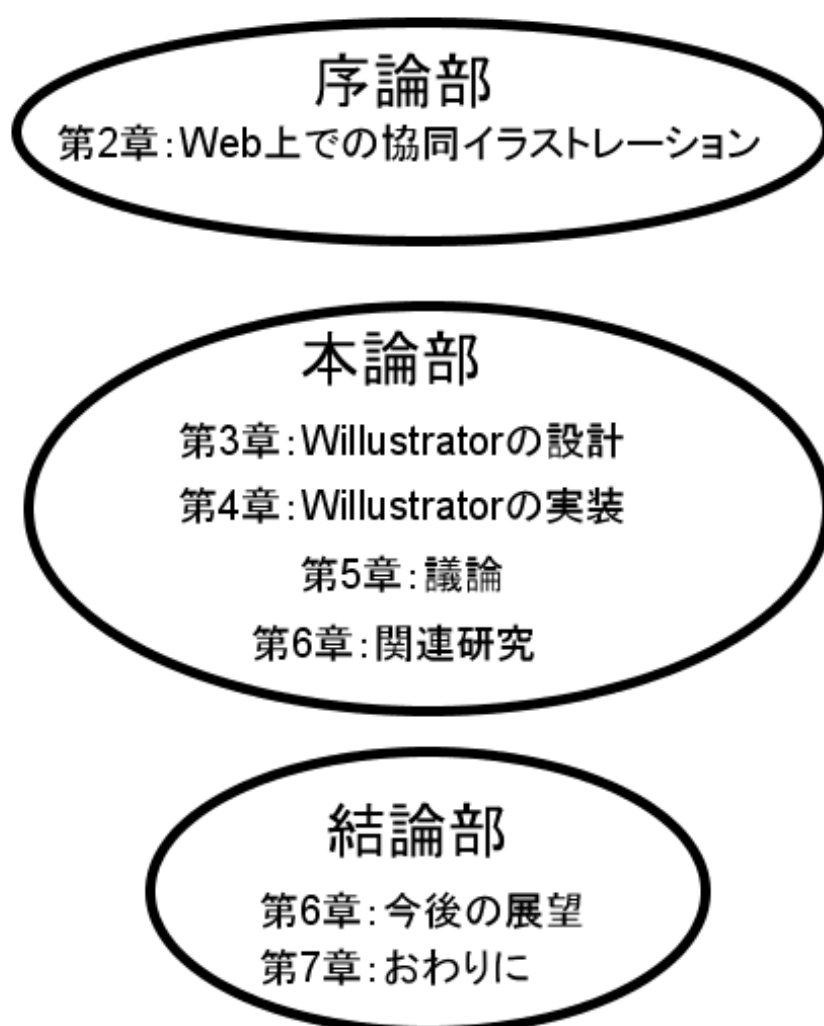


図 1.1: 本論文の構成

第 2 章

Web 上での協同イラストレーション

概要

本章では本研究の背景と現状の問題について述べる。

2.1 CMS

2.1.1 CMS の特徴

近年、Blog や Wiki といった CMS (Contents Management System) を利用したコミュニケーションが普及し、日常的なコミュニケーション手段として利用されるようになってきた。

CMS(Contents Management System) の最も大きな特徴は、Web 上で情報を素早く更新し、手軽に情報を発信/共有できることである。CMS を使わず Web に情報を載せるには、HTML ファイルを PC 上で作成、編集し、それを Web サーバー上に置くという方法が一般的である。しかし、この方法では、ちょっとした内容の追加・変更を行うだけでも、「ファイルを探す」「ファイルを開く」「ファイルをアップロードする」「アップロードした内容をブラウザで確認する」といった手間が必要であった。CMS を使うことで Web ブラウザのフォーム上で内容を追加・編集し、更新した結果をすぐに確認できるため、細かな更新も非常に楽に行える。すなわち、より直接的に編集できることが CMS が使われる大きな理由であるといえる。

2.1.2 CMS の問題点

上で述べたように、Blog や Wiki といった CMS を使うことで、文字情報の編集は簡単になった。

しかし、イラストや図といった画像の編集や公開をする方法は従来と変わっていない。HTML を編集し毎回アップロードをしていた時と同様に、ローカル PC 上のアプリケーションで画像を作成しそれを Web 上にアップロードをする必要がある。そのためちょっとした画像の更新にも手間がかかる。現状の Blog や Wiki で扱われている情報の多くが文字情報に偏っているのはそのためだと言える。

2.2 本研究のねらい

ここで本研究において解決しようとする問題とそれに対して提案する手法、そして本研究の需要や新規性についてまとめる。

2.2.1 解決したい問題

本研究において解決したい問題は以下の 3 点である。

- Web 上でイラストや図を扱うのは手間がかかる。
- ペイントツールでは再編集が難しい。
- Web 上では画像の元データが公開されない限り、他人の描いた絵の再編集は難しい。

2.2.2 提案する手法：Web 上での協同イラストレーション

上の問題に対し、Web 上での協同イラストレーションが可能なシステムを提案、開発する。具体的には、以下のシステムを開発する。

- Web 上で使えるドローツール
- Web 上で画像の元データをユーザー同士で共有し、他人の描いた絵を手軽に再利用できるシステム

既存ツールに対する位置づけと新規性

本研究で提案/開発する Web 上での協同イラストレーションシステムの位置づけを図 2.1 に示す。提案手法の特徴は以下の 3 つの性質を併せ持つことである。

1. Web 上で直接編集可能
2. ドローツールである
3. データを共有し再利用する

前節で述べた通り、1,2,3 を部分的に解決するツールはあるが、同時に解決するものは無かった。

そして、これら 3 つの性質はそれぞれ別の性質を助けることが重要である。ドローツールでベクター図形を扱うことにより、再編集性が高まる。Web 上で直接編集可能になることで Web 上での共有や再利用がさらに簡単になる。データが共有され、他人のデータを手軽に再利用できれば、ドローツールによる編集がさらに楽になる。このように 3 つの特徴を併せ持つことで、Web 上での絵の利用を促進する正のスパイラルになることが期待される。

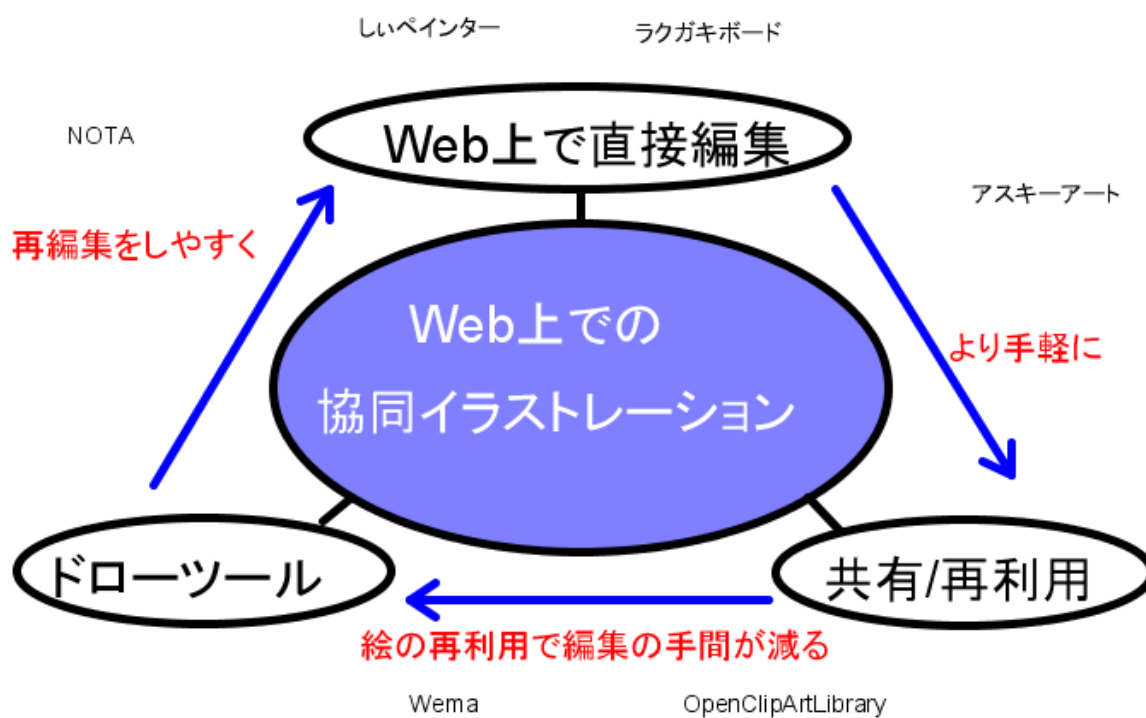


図 2.1: 既存のツールと提案するシステムの位置づけ

技術的課題

実装上制約の多いブラウザ上でいかにドローツールを使えるようにするかが本研究のチャレンジのひとつである。

一般的にドローツールはペイントツールに比べて設計が複雑である。色情報の行列をディスプレイのピクセルに並べて表示するビットマップデータに比べて、形状ごとの座標や色、太さといった情報だけをもつベクターデータは表示や編集の際により複雑で多くの計算が必要とされるためである。

2.2.3 研究の必要性

この研究が実際に必要とされると考える根拠について述べる。

イラストや図の必要性

本や論文を書く上で情報を素早くそして分かりやすく伝えるためにイラストや図は欠かせないものであり、Web 上でもそれは同様である。Web ブラウザの Mosaic が img タグすなわち画像の表示を可能にしたことでよってユーザー数を大きく伸ばしたことからも Web 上での画像への欲求は高いと考えられる。

また本や論文といった体裁のしっかりとしたものに限らず、メモ用紙やノート、ホワイトボードにちょっとした図を入れるように、日常的なメモや記録においても簡単な図は必要である。すでに Web 上で扱えるペイントツールや Wiki で線を引けるツールがあるといったことから、Web 上でも手軽に絵や図を扱いという欲求はあると考えられる。

Blog と Wiki を用いたこまめな編集の普及

Wiki や Blog が登場し急速に普及し、Web 上で頻繁に情報の更新をすることが増えた。そのため、文字情報を Web 上で簡単に更新するように、イラストや図も同じ手順で Web 上で更新したいという需要も増えていると考えられる。

再編集可能なドローツールの必要性

Blog や Wiki では文章を何度も書き直したり、引用をしたりする。つまり再編集を何度も繰り返す。この再編集を素早くできることが Blog や Wiki が持つ利点の一つである。そしてドローツールの利点も再編集をしやすいことである。Blog や Wiki の中でイラストや図を使うならば何度も修正がしやすいドローツールが適していると考えられる。

第 3 章

Willustrator の設計

概要

Willustrator という Web アプリケーションを制作した。その Willustrator の設計について述べる

3.1 ユースケース

Willustrator の設計に先立ち、第 2 章の提案手法に基づいたユースケースを示す。

3.1.1 シナリオ

Willustrator の想定される使い方のシナリオを示す。

複数ユーザーで利用することを考え User A と B の 2 人を設定する。

絵の編集と保存

— User A —

1. Blog の記事用に図を描くため Willustrator にアクセス
2. 絵 α を新規作成
3. 絵 α を編集 (近所のラーメン屋地図を作成)
4. 絵 α を保存
5. (しばらくして) 再び絵 α を開いて編集

絵の利用

— User A —

1. 絵 α の作成後に書き出された画像の URL をコピー
2. Blog の記事に URL を貼り付けて絵を表示する

絵の管理

— User A —

1. 自分の絵 α にタイトル「近所のラーメン屋」を入力
2. 自分の絵 α に「地図」タグを追加
3. 自分の絵 α に「ラーメン」タグを追加
4. (絵が増えた後) 絵 α を探す際、自分のタグの一覧から「地図」タグを選ぶ
5. 絞り込んだ中から絵 α を見つける

絵のブラウジング

User B

1. タグ一覧から「ラーメン」タグを選択
2. 「ラーメン」タグがついた絵の一覧から絵 α を選択

絵の再利用

User B

1. User A の絵 α を閲覧
2. 絵をコピーし β を作成
3. β を編集 (ラーメン屋を追加)

User A

1. 自分の絵 α を閲覧
2. 自分の絵 α を元にして描かれた β へのリンクを辿る
3. 絵 β を閲覧 (User B の追加したラーメン屋を見る)

この絵の再利用は図 3.1 のような流れになる。

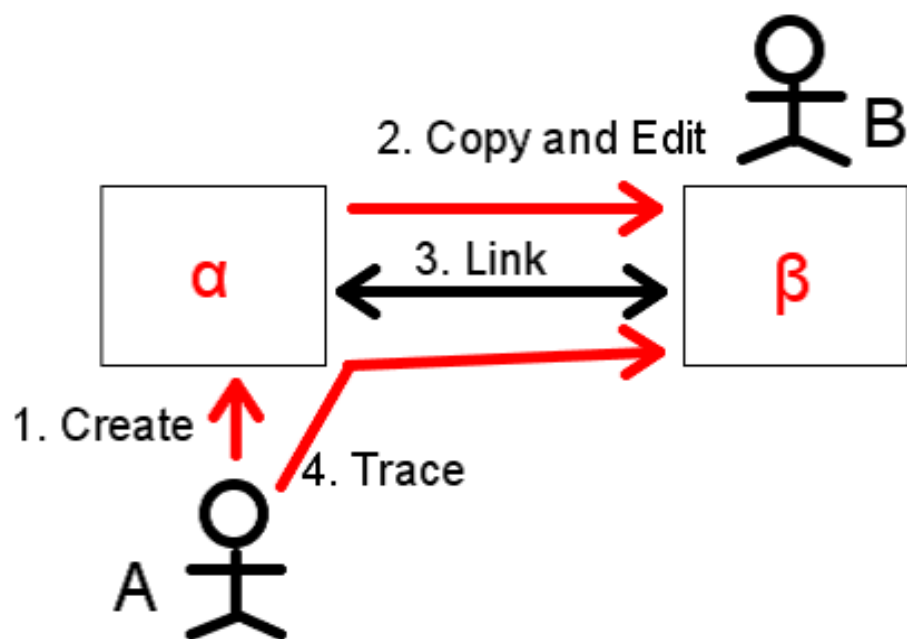


図 3.1: 再利用の流れ

3.1.2 ユースケース図

以上のシナリオを元にしたユースケース図を図 3.2 に示す。

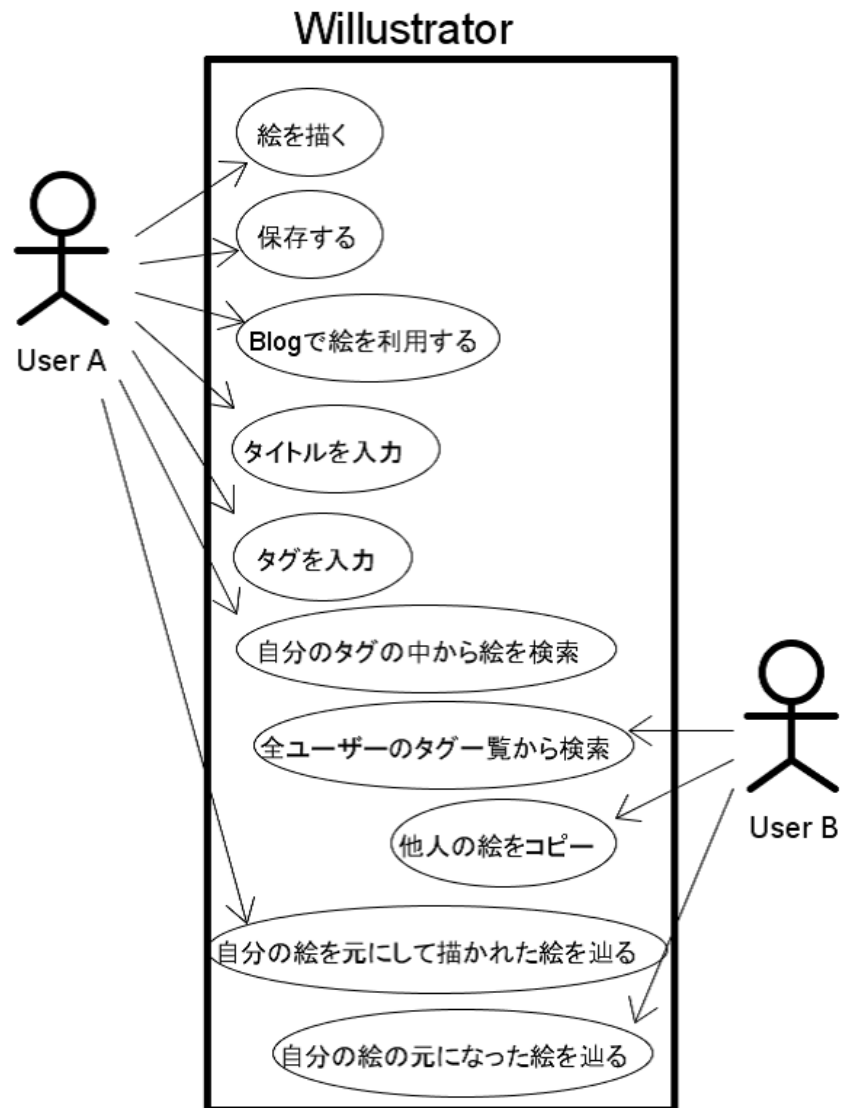


図 3.2: ユースケース図

3.2 要求機能

本研究のねらいおよびユースケースから Willustrator に要求される機能は以下の通りである。

要求機能

- Web アプリケーションとして利用し、Web ブラウザ上で絵を編集できる。
- 再編集可能なドローツールである。
- 画像をサーバー上に保存し、Blog などで利用できる画像形式に書き出すことができる。
- 画像にタイトルとタグをつけることができる。
- ユーザーの画像一覧からタグを使って絞り込み検索できる。
- 全ユーザーのタグ一覧から画像を検索できる。
- 他の絵をコピーしそれを元に編集できる。
- 元にして描かれた絵 (派生した絵) をリンクとして辿ることができる。
- 元になった絵 (派生元の絵) をリンクとして辿ることができる。

タグの利用について詳しく述べる。

タグを使った分類

ディレクトリのような階層的な分類では、一つの画像を一つのカテゴリにしか分類できないため、曖昧な分類が難しい。シナリオの例では、すでに「地図」カテゴリと「ラーメン」カテゴリがあった場合、「近所のラーメン屋地図」という絵をどちらに分類するべきか迷ってしまう。タグを使うことで一つの絵が複数のカテゴリに属することができるため、より柔軟な分類ができる。

タグを使うことで自分の絵の管理だけでなく、システム全体の絵を自然と分類することができる。例えば他のユーザーも「地図」タグを使用していれば、様々なユーザーが描いた地図を見ることができる。このように Willustrator を色々なユーザーが作ったクリップアートや素材集として使うこともできるようになる。

このようにタグを使って自然と全体の分類を行うことで全体の分類管理をする人を不要にするメリットもある。Yahoo ディレクトリのように管理者が全体の分類を行う場合、無駄の少ない分類をすることができる反面、画像が増えたとき管理者の負担が大きくなる。またユーザーの意図通りに分類されない可能性がある。

タグを使って多人数で分類する仕組みは Folksonomy と呼ばれ、実際にソーシャルブックマークサービスの del.icio.us[del.icio.us] や写真共有サービスの Flickr[Flickr] な

多くのサービスで導入され、うまく機能している。また、各ユーザーの自然な行動によって気軽に有益な情報共有/交換ができる「控えめな情報共有」というコンセプトが増井によって提案されている。Willustrator においても「控えめな情報共有」のように、個人が単独で絵を描けるだけでなく、多人数で一つのシステムを利用することでさらに便利な描き方や使い方ができるようになることを目指している。

表 3.1: タグとディレクトリ管理の比較

	タグ	ディレクトリ
分類の精度	曖昧	明確
分類の柔軟性	高い	低い
全体の分類管理	不要	必要
ユーザーごとの自由度	高い	低い
スケーラビリティ	高い	低い
例	Flickr del.icio.us	OS のファイルシステム Yahoo ディレクトリ

第 4 章

Willustratorの実装

概要

本章では前章の提案に基づき作成した Willustrator の実装について述べる。まずシステム構成、次にデータの流れ、そしてサーバおよびクライアントの実装の詳細を述べる。

4.1 サイトの構成

Willustrator のサイトを構成する各ページについて述べる。

4.1.1 トップページ

図 4.1 はサイトのトップページである。ここから「タグ一覧」「新着画像」「ユーザー一覧 (図 4.2)」といったページへのリンクがあり、色々な人が描いた絵を探すことができる。

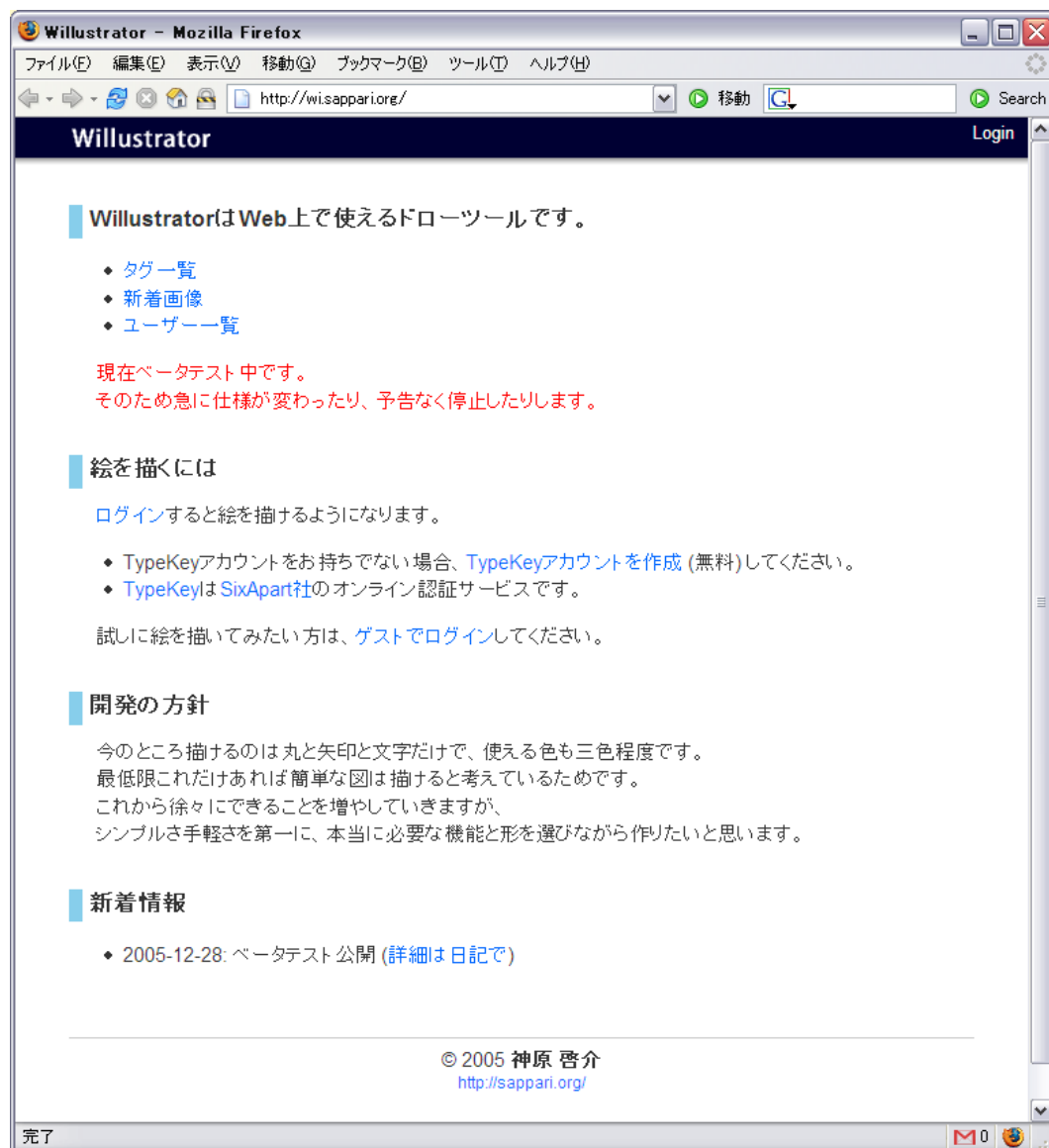


図 4.1: トップページ

4.1.2 各種一覧ページ

サイトのトップページから「新着画像」「タグ」「ユーザー」の一覧ページに行ける。

ユーザー一覧

登録されたユーザーが表示される。(図 4.2) ユーザーを選ぶことで各ユーザーのページに行ける。

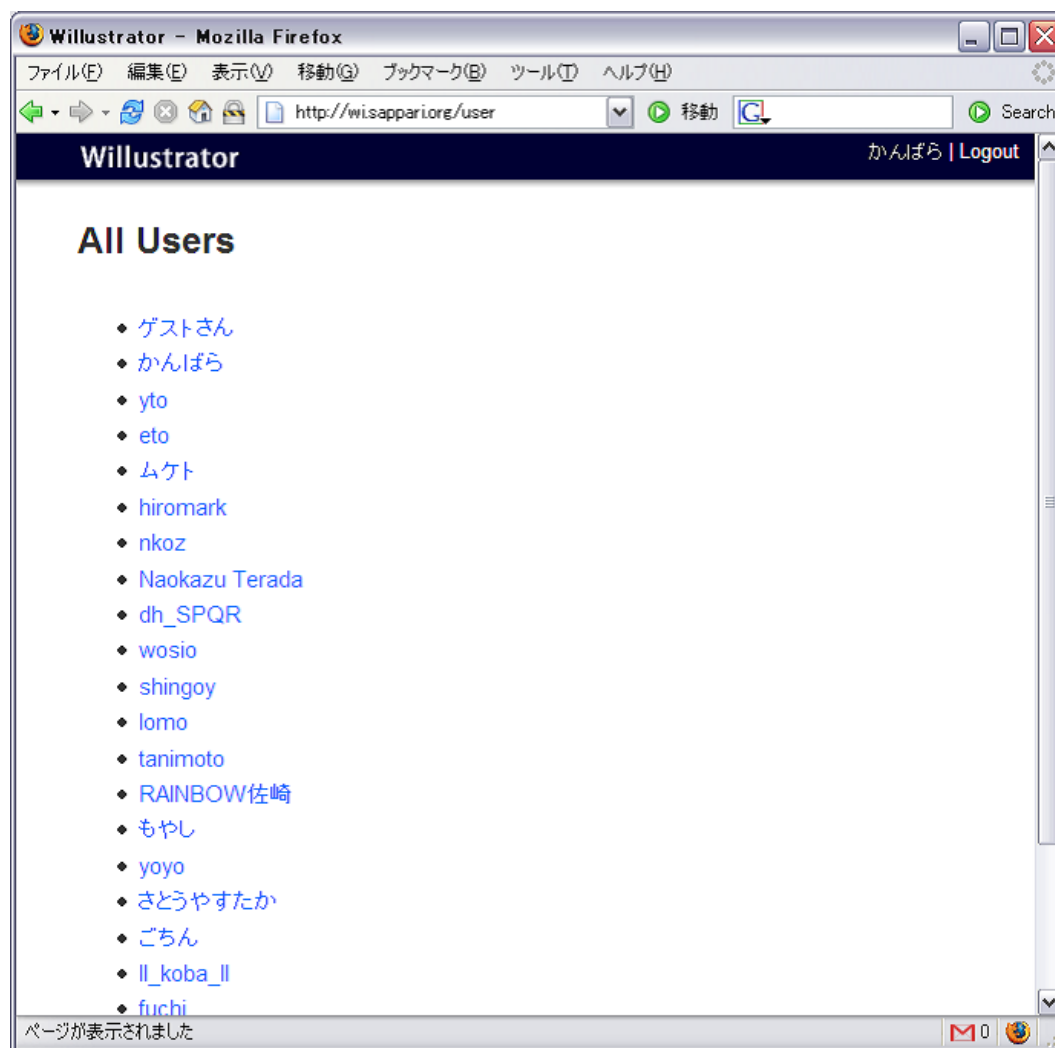


図 4.2: ユーザー一覧

タグ一覧

全ユーザーが使用しているタグをすべて表示する (図 4.3)。タグを選ぶとそのタグがついた画像の一覧を表示する。



図 4.3: タグ一覧

4.1.3 ユーザー認証ページ

ページ右上の「Login」リンクからユーザー認証ページ (図 4.4) へ行ける。

ユーザー認証をすることで、自分の絵を描くことができるようになる。ユーザー登録をしていないユーザーであってもゲストユーザーとしてログインすることができる。



図 4.4: TypeKey 認証画面

4.1.4 ユーザーページ

各ユーザーのページ (図 4.5) では、そのユーザーの描いた絵 (サムネイルおよびタイトル) の一覧と、そのユーザーの利用しているタグ一覧を見ることができる。タグ一覧からタグを選ぶと、そのタグの付けられた画像だけが一覧表示される。

また、ログイン後は自分のページに「新規作成」ボタンが表示され新しい画像を作ることができるようになる。



図 4.5: ユーザーページ: 画像やタグの一覧を表示

4.1.5 画像ページ

一つの画像につき、一つのページを持っている。

未ログイン時

ログインしていない状態では図 4.7 のように絵とそのタイトル、作者、タグを見ることができる。ログインしていない状態では閲覧のみで編集やコピーはできない。

ログイン時

ログインすると、自分の画像の編集や削除、コピー、そしてタグを付けることができるようになる (図 4.6)。また他人の画像ページから、その絵をコピーすることができる (図 4.7)。

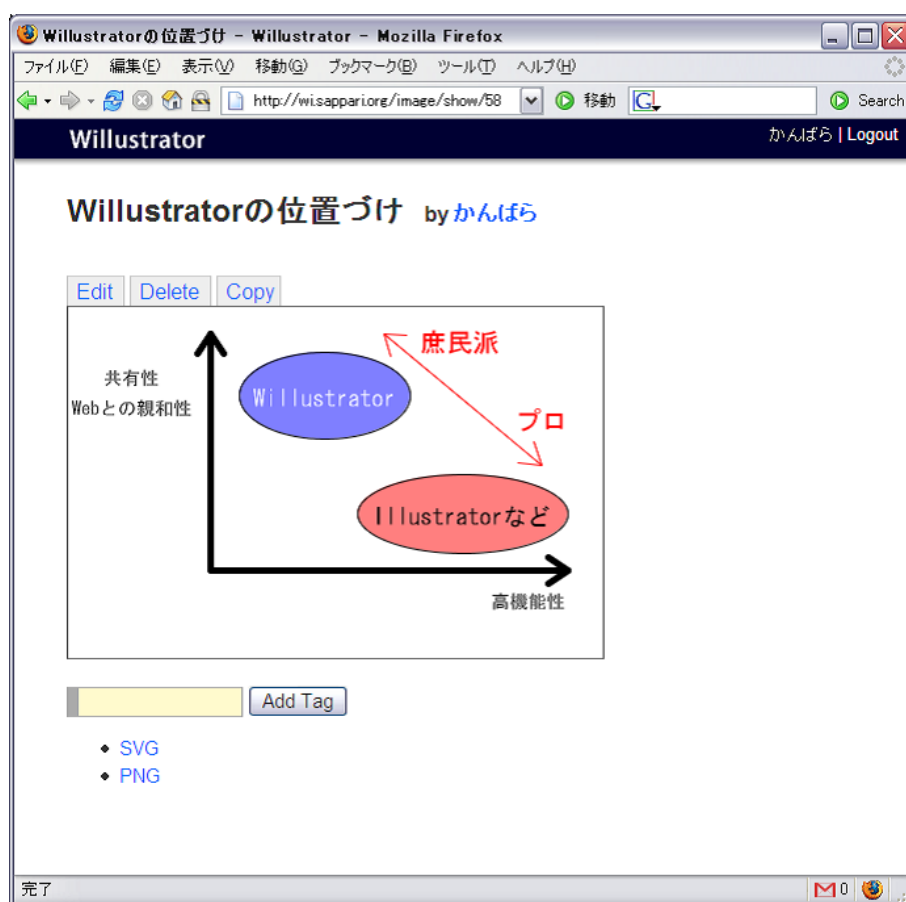


図 4.6: 自分の画像ページ

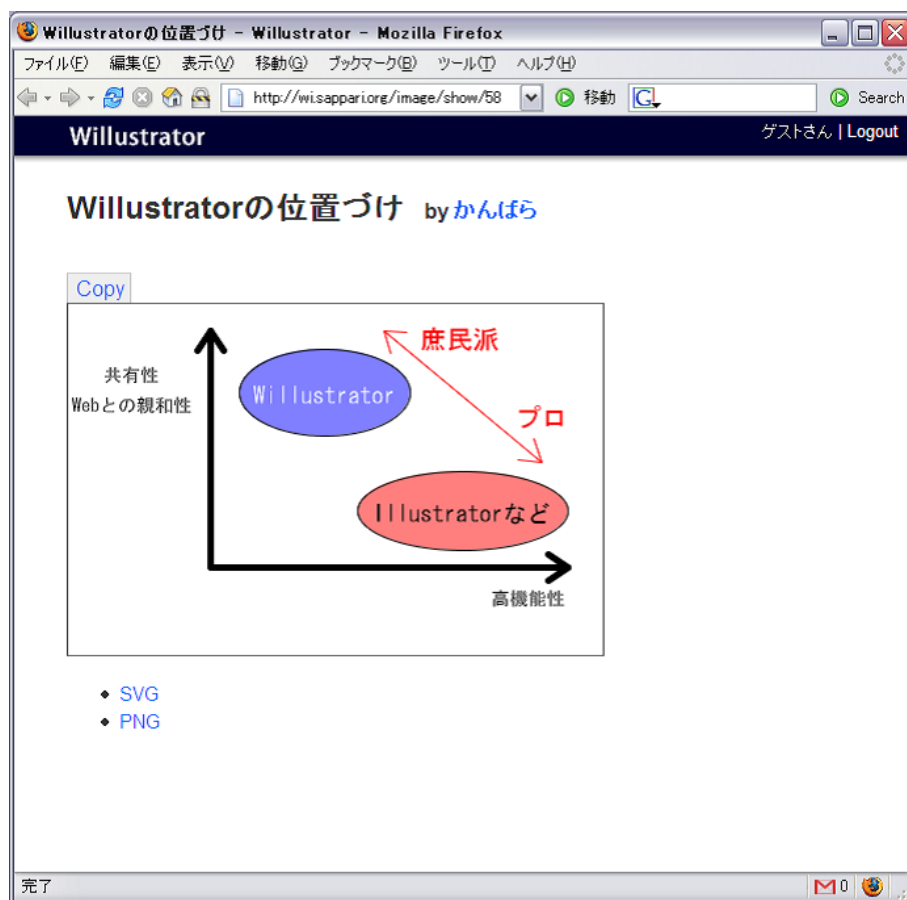


図 4.7: 他人の画像ページ (Copy のみ可能)

4.1.6 画像編集ページ

自分の画像ページの Edit リンクを選ぶと、その画像の編集画面に切り替わる。

4.2 Willustrator の使い方

4.2.1 絵の編集

編集画面での絵の描き方について説明する。

簡単な図形を素早く描く

久恒啓一氏は「図を描くには丸と矢印があれば十分」と述べている [Hisatsune] ように、線 (矢印) と丸そして文字は図を描く上で重要な要素であり頻繁に利用される。これらの図形を素早く楽に描けるようにすることで、一般的な図をより素早く描けるようになる考えた。

Willustrator では線と丸そして文字を素早く描くために、一般的なドローツールとは少し異なった操作体系を持つ。一般的なドローツールではパレットやメニューからツールを選んで切り替えることでさまざまな図形を描く。しかし、このツールの切り替えを頻繁に行うのは面倒である。そこで、描ける図形を限定することにより、マウス操作だけで図形を描けるようにした。

文字

背景をダブルクリックすると文字が描ける。また丸をダブルクリックすると丸の中に文字を描ける。

線

背景をドラッグすると線が描ける。線を引いた後に表示されるメニューで矢印にするか線にするかを選べる。

丸

閉じた線を描くと丸が描ける。もしくはマウスボタンを長押し (1 秒程度) すると円が描ける。

図形の選択

図形をクリックすることで選択できる。選択をすると図形の側にメニューが表示され、線の太さや色、文字の大きさなどを変えることができる。またハンドルをドラッグすることで大きさを変えられる。

その他の操作

- 図形をドラッグすると移動し、Control キーを押しながらドラッグすることでその図形をコピーできる。
- Control + Z(または/) でアンドウ、Control + Y(または.) でリドゥできる。
- 背景の四角の縁をドラッグすることで画像サイズを変更する。

4.2.2 タイトルとタグ

画像にはタイトルと複数のタグをつけて管理できる。タイトルとタグは画像ページで編集する。

タイトルの編集

画像ページ上部のタイトルをクリックすると編集することができる。

タグの編集と利用

画像ページ下部のフォームからタグを追加できる (図 4.8)。またタグの横の × ボタンでタグを削除できる。

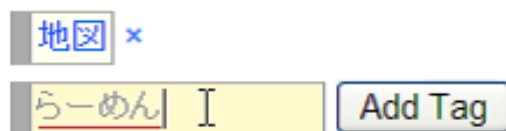


図 4.8: タグを追加する

ユーザーページにはそのユーザーが使用しているタグの一覧が表示される (図 4.9)、タグを選ぶことでそのタグのついた絵だけを絞り込める。

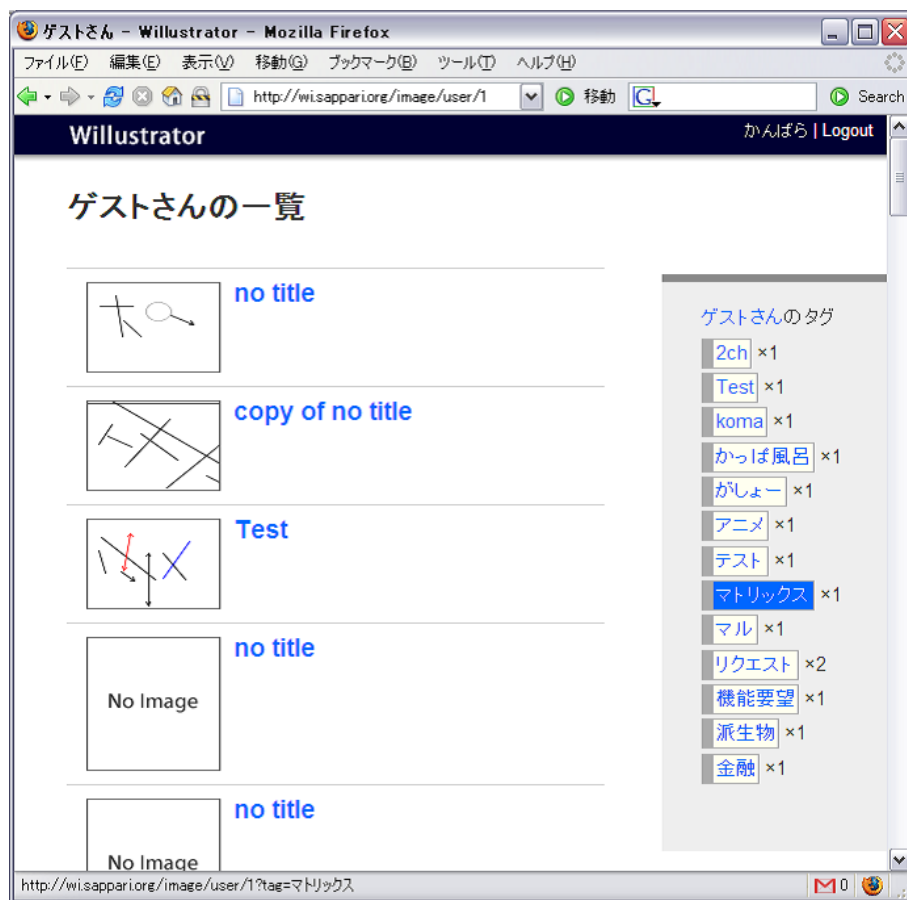


図 4.9: タグ一覧

4.2.3 絵の再利用

画像のコピー

Willustrator の特徴の一つは他の人の描いた画像でも手軽に再利用できることである。他の画像を元に画像を作りたい時は、まずその画像をコピーする。他人の画像ページを表示し「Copy」を押すと、その画像のコピーが自分の画像一覧に加わり、編集できるようになる。

派生した絵を辿る

コピーをされた画像、すなわち他の画像の元になった画像のページからは、その画像を元にした画像を辿ることができる。例えば図 4.10 ではこの画像を元にして二つの画像が作られていることが分かる。

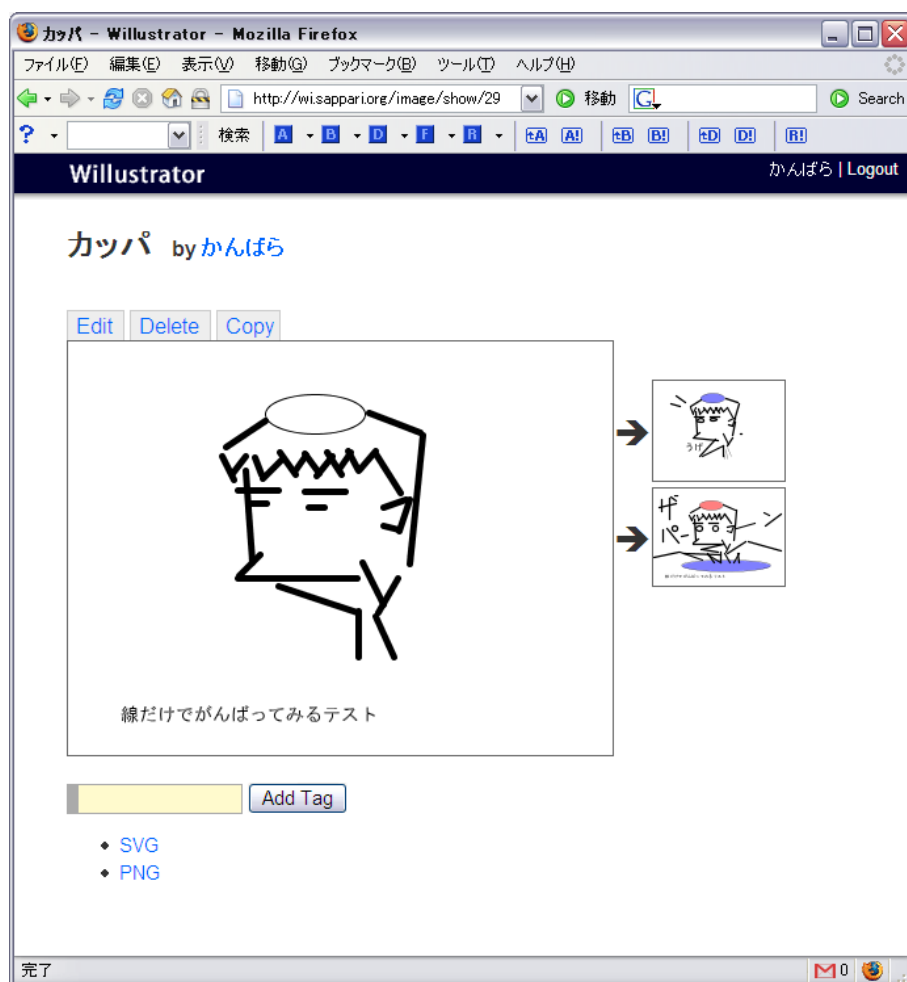


図 4.10: 他の絵に再利用された絵: この画像を元にして作られた画像が右に表示され、それぞれ辿ることができる。

派生元の絵を辿る

逆に、他の画像をコピーをして作られた画像のページからは、図 4.11 のようにコピー元の画像を辿ることができる。

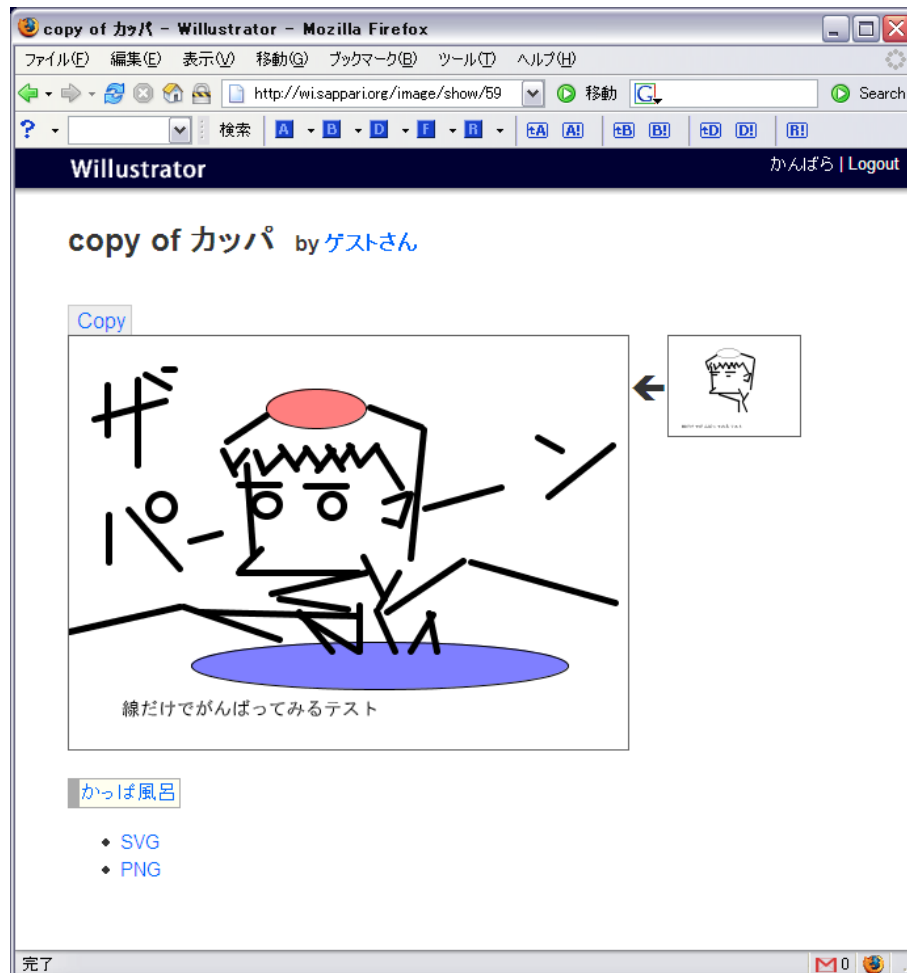


図 4.11: 他の絵を再利用して作られた絵: 元になった画像が右上に表示され、辿ることができる

4.3 システム構成

4.3.1 利用したツール

実装にあたり、以下のツールを利用した。

- Macromedia Flash: 図形編集部分
- Ruby on Rails: Web アプリケーションのフレームワーク

- SQLite3: データベース
- Apache Batik (Batik Rasterizer): SVG から PNG への変換

動作環境

サーバー、クライアントともに Windows や Mac、Linux など一般的な OS で動作する。

今回利用した Web アプリケーションフレームワークの Ruby on Rails は Web サーバーを内蔵しているため、Web サーバーの動いていないローカル PC 上で Willustrator を実行して使うといったこともできる。

4.3.2 画像の保存と変換

画像データは独自に定義した XML で保存される。XML の生成はすべてクライアント側 (Flash) で行い、サーバー側ではこの XML を保存すると同時に一般的なブラウザで表示可能な PNG へ変換する。

保存した XML は一度 SVG に変換し、さらに SVG から PNG へ変換する。一度 SVG に変換しているのは以下の理由のためである。

- SVG の中身は XML なので、別の XML から変換しやすい
- SVG さえ生成できれば、外部ツールを利用することで GIF や JPEG、PDF といった様々な形式に変換できる

4.3.3 TypeKey

ログイン時のユーザー認証に TypeKey(<http://sixapart.com/>) というサービスを利用した。TypeKey とは SixApart 社が提供しているオンライン認証サービスで、主に Blog (MovableType) のコメント欄認証などに用いられている。そのためすでに TypeKey アカウントを所有しているユーザーであれば、新しくユーザー登録をする必要が無い。

Willustrator は Blog や Wiki といった他の Web アプリケーションと組み合わせて利用することが多いと考えられる。それら外部のアプリケーションと同じアカウントを利用できれば便利と考え TypeKey を採用した。

第 5 章

議論

概要

本章では Willustrator を運用した経験を元に提案手法の有効性について議論を行う。

5.1 運用経験

本システムは2005 年 12 月 28 日から一般ユーザ向けにサービスを開始している¹。ここでは、2005 年 1 月 6 日までの期間における、システムの利用状況やユーザからのフィードバックについて議論する。

5.1.1 データ

- 作成された画像: 286 枚 (そのうちゲストユーザー:179 枚)
- ゲストユーザー以外の登録ユーザー数: 85 人
- ゲストユーザー以外の平均画像数: 約 1.26 枚
- 再利用して描かれた画像: 38 枚
- タグの総数:125 個 (そのうちゲストユーザー:105)

5.1.2 描かれた絵の種類

実際にユーザーによって描かれた絵とその傾向を調べる。

図

地図 (図 5.1, 5.2) を描く例がいくつか見られた。抽象的な図が多く描かれると予想していたが、図の割合はそれほど多くなかった。

¹<http://wi.sappari.org/>

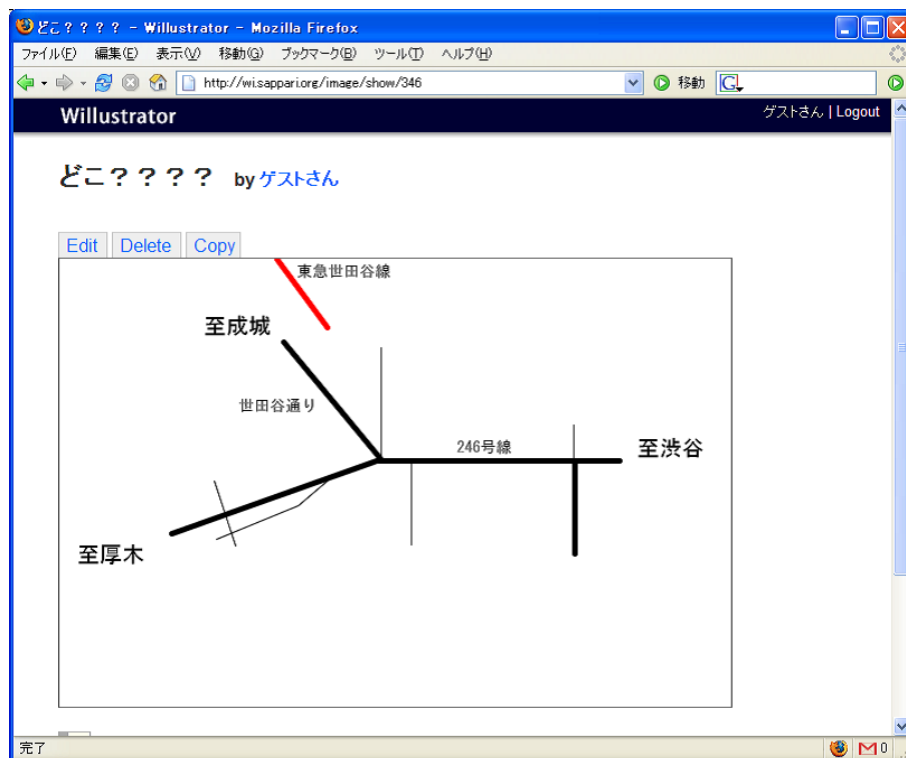


図 5.1: 地図 (1)

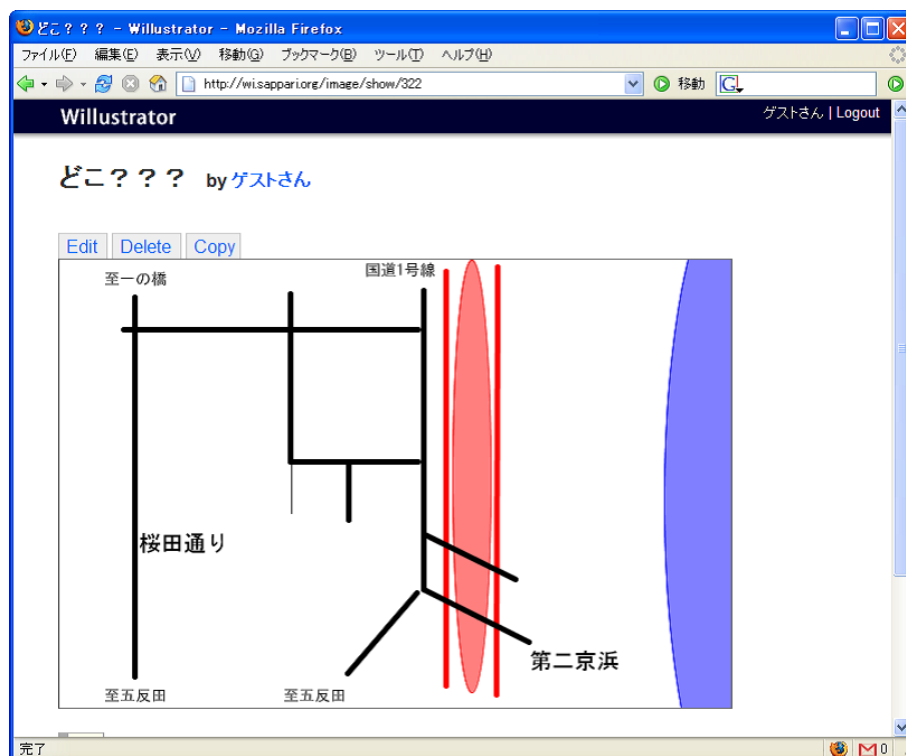


図 5.2: 地図 (2)

図以外

グラフのような図は予想よりも少なく、グラフ以外の絵が多く見られた。図 5.3 のような幾何学的な絵だけでなく、図 5.4 のキャラクターのような絵を描くユーザーが多く見られた。

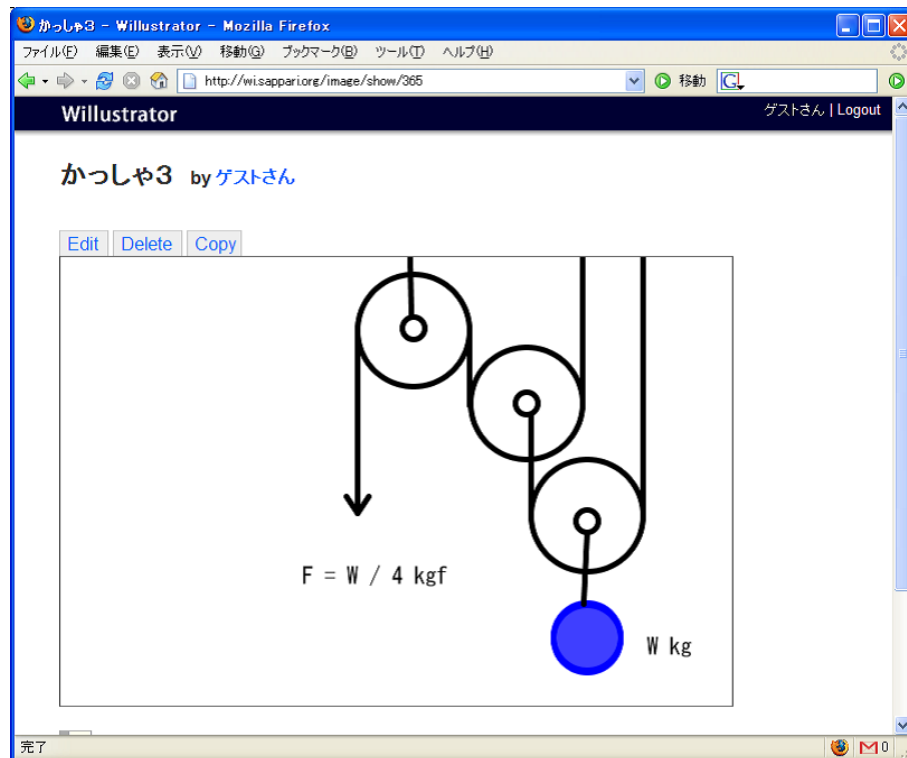


図 5.3: 滑車



図 5.4: キャラクター

5.1.3 絵の再利用

ゲーム

コピー機能を利用して ×ゲームをするという使い方が見られた。(図 5.5, 5.6) ゲームの流れをあとからリンクで辿って見られることを活かした、うまい使い方である。

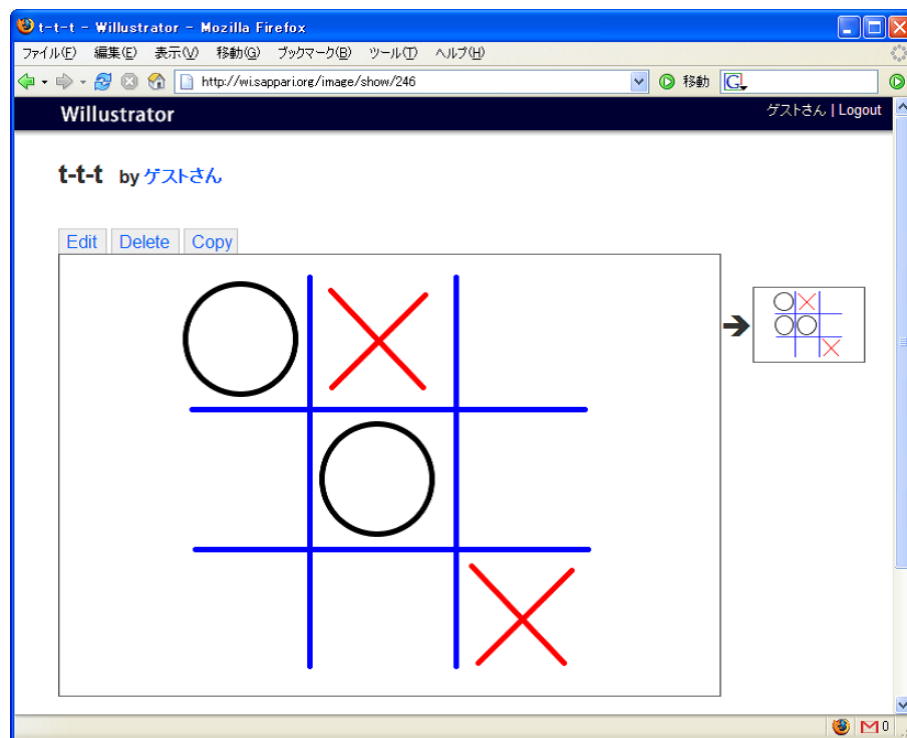


図 5.5: ×ゲーム

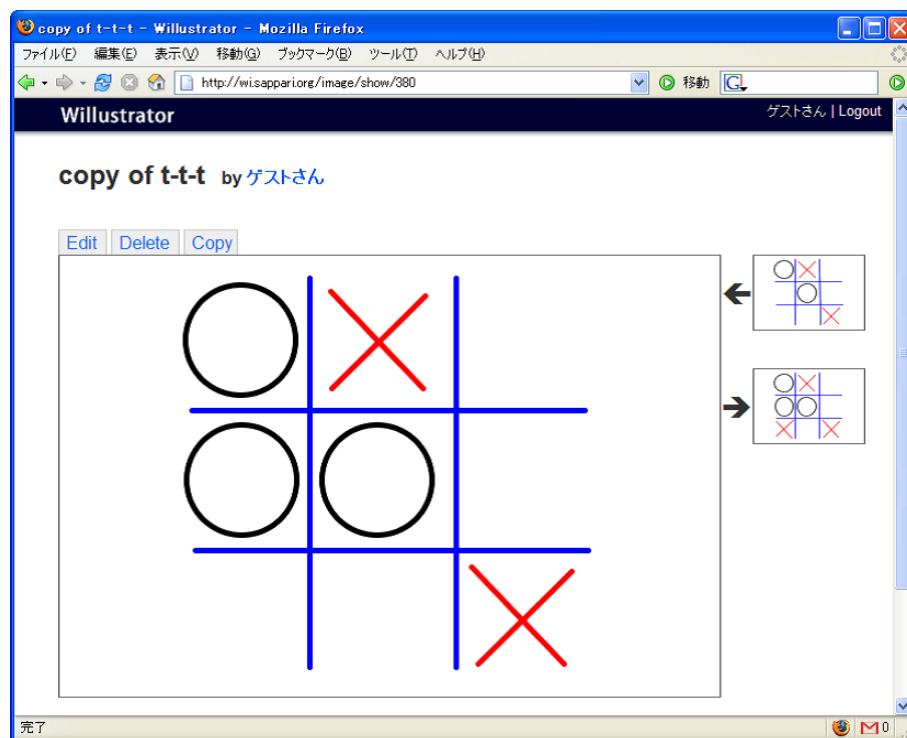


図 5.6: ×ゲームの続き

テンプレートから派生

簡単な世界地図のようなものに別のユーザーが何かを書き込むという使い方が見られた。(図 5.7, 5.8) このように元になる白地図を作成しておき、それをさまざまな図に再利用するという応用が考えられる。

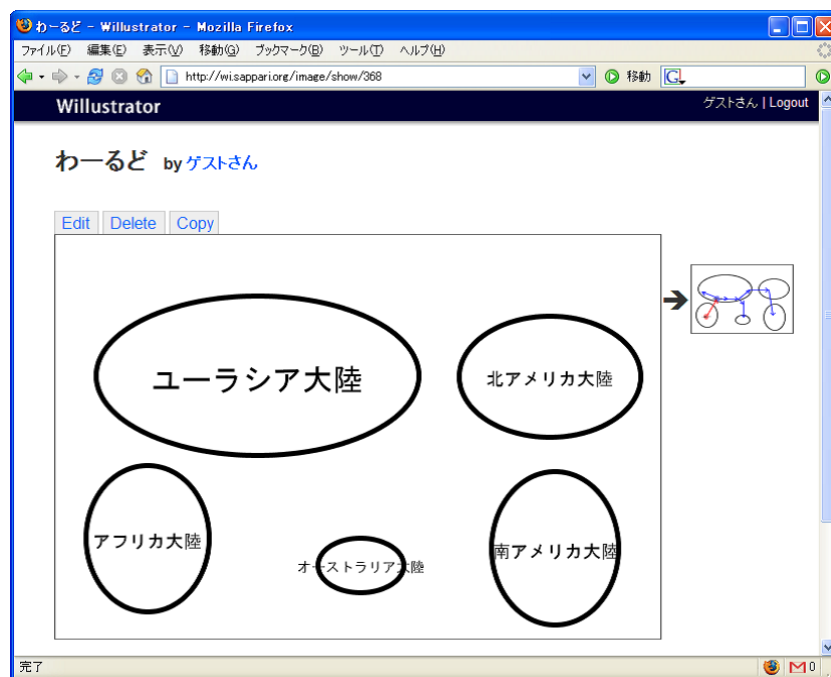


図 5.7: 世界地図

同様の使い方としてカレンダーを作る例も見られた。

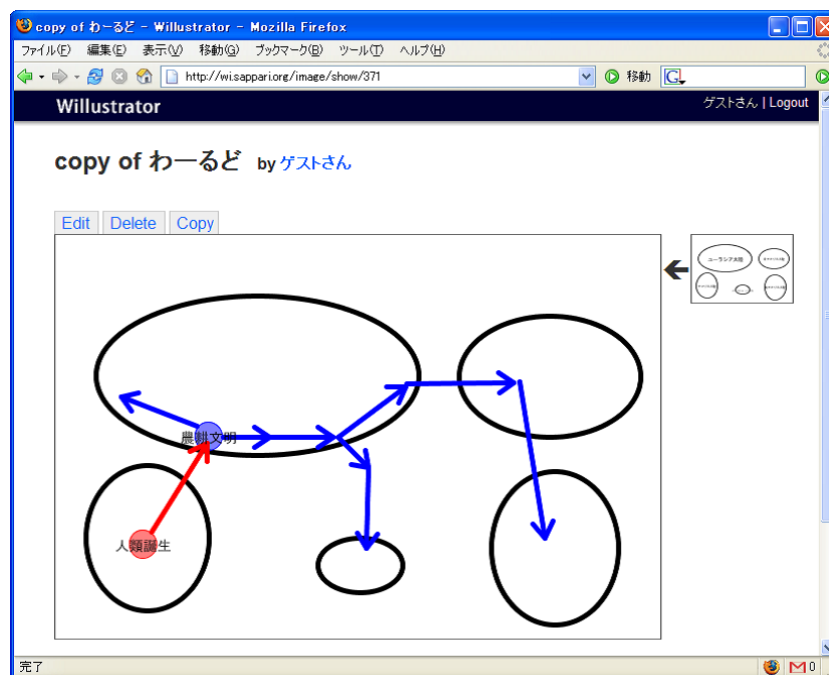


図 5.8: 世界地図に対する書き込み

5.1.4 タグの利用

機能要望

タグを使って Willustrator に対する機能要望を書き込むという使い方が見られた。そしてさらにその機能要望から派生して別のコメントを書き込む例も見られた。タグを使って意見集約をする一種のコミュニケーションと言える。

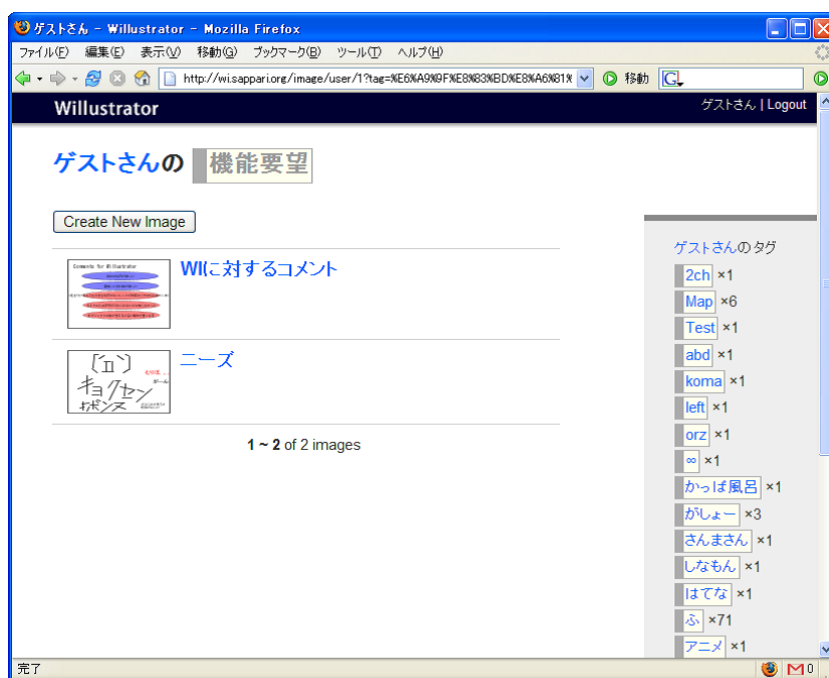


図 5.9: 機能要望

5.2 考察

5.2.1 ドローツールについて

ドロー機能に対する要望が多く見られたことから、ドローツールは機能がまだまだ不足しているといえる。ドローツールに対する要望としては「四角」「曲線」「フリーハンド」を描きたいというものが多かった。

Willustrator のプロトタイプでは、図 5.10 のように曲線や四角といった機能も備えていた。すなわち技術的には複雑な曲線の編集は十分可能である。しかし、公開したバージョンではできるだけ素早く絵を描けるようにするため、複雑な描画機能は入っていない。今後は、簡単な絵は素早く描けた上で、複雑な絵も描けるようにしてゆく必要がある。

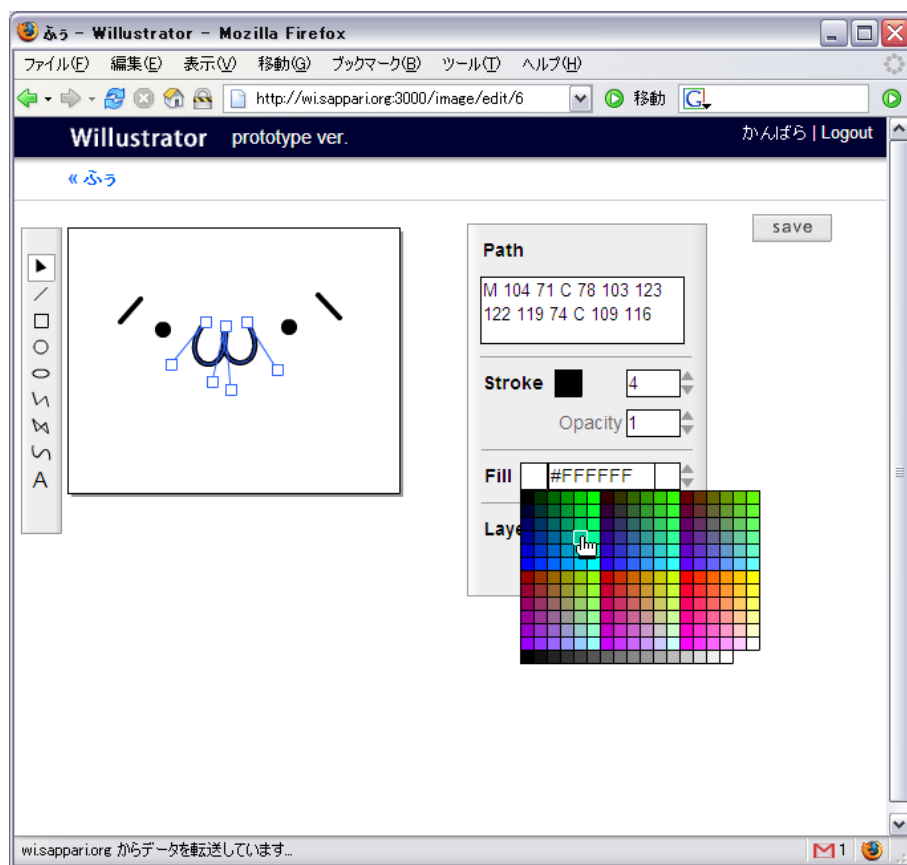


図 5.10: Willustrator のプロトタイプ

操作体系

Willustrator は丸や線の描き方が一般的なツールとは異なっているが、これに対する不満はそれほど無かった。パレットを使わず、マウス操作だけで絵を編集する操作体系は自然と受け入れられたようである。

5.2.2 図の作成について

今回、グラフのような図を描いたユーザーが予想よりも少なかった。図を描くにあたって多角形や曲線といった機能がなかったことが大きな原因として考えられる。

また利用期間が10日程度と短かったことも原因と言える。今回は登録ユーザーの平均画像枚数が1枚強と少なく、作成された画像の多くがゲストユーザーのものであった。つまり試しにちょっとだけ Willustrator を使ってみたというユーザーがほとんどであり、Blog の中で図を利用するという使われ方はあまりはされていない。図は主に文章の中で利用されるように、ある文脈の中で必要となることが多い。また図は色々と考えながら描くため作業に集中する必要があるため、なんとなく試しに使ってみたというユーザーには図は描きにくいと言える。

図の作成は日記などと異なり、ある人が毎日のように行うといったものではない。図の利用状況を調べるためにはより長期間の運用を行う必要がある。

5.2.3 再利用機能について

約1割強の画像が他の画像を再利用して描かれた。公開の際に、再利用機能に関してあまり説明はしなかったが、それでも利用されていたのは操作が単純で分かりやすいためだと言える。

また、特に説明がなくとも、ゲームとしての利用やテンプレートとしての利用といった工夫が見られたことに注目したい。これは再利用機能が新しい絵の描き方を促したものだと言える。

しかし、再利用機能はもっと様々な利用法が可能だと考えている。そのためには、元となる画像が増えること、すなわち多くのユーザーの利用と長期間の利用を行う必要がある。また、ドローツールの高機能化によって多様な絵を描けるようにすることも必要であろう。

第 6 章

関連研究

概要

本研究と関連を持つ先行研究やツールを挙げ、それらの特徴や本研究との相違点について述べる。

6.1 Web 上で絵を描くツール

Web 上でイラストや図を扱うことに関係した既存のツールについて述べる。

6.1.1 ペイント系のツール

画像編集ソフトウェアは「ペイント系」と「ドロー系」に大きく分けられる。そのうち、Web 上で編集可能なペイントツールはすでに存在し、いわゆるお絵かき掲示板やお絵かきチャットなどで多く使用されている。

ペイントツールの例

実際に Web 上で利用されているペイントツールとしてはしいペインター [しいペインター] などがある。またラクガキボード [Blog Deco] というサービスを利用することで、自分の Blog を訪問した人が落書きを残すことができる。

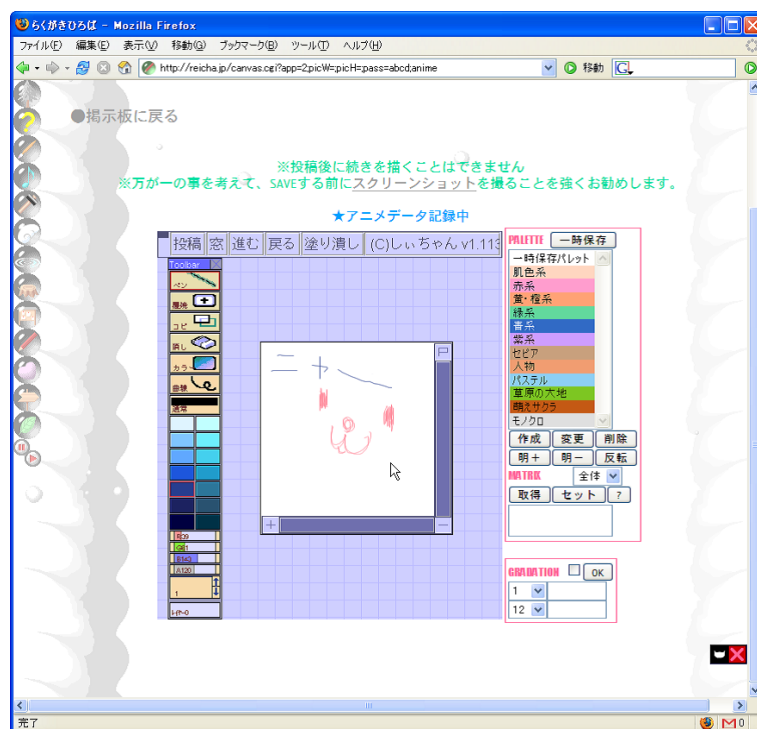


図 6.1: しいペインター



図 6.2: ラクガキボード

ペイントツールとドローツールの相違点

一般的にペイントツールとドローツールには表 6.1 のような違いがある。

表 6.1: ペイントツールとドローツール

	ペイントツール	ドローツール
データ形式	ラスター	ベクター
絵の種類	絵画的な絵	図やクリップアート
加工や再編集	難しい	容易
ソフトウェアの例	Adobe Photoshop Corel Painter	Adobe Illustrator Microsoft Powerpoint

ペイントツールは絵画的な絵に向いているが、一度描いた絵の大きな修正や再編集は難しい。そのため Blog や Wiki を何度も書き換えるように、絵を描きかえるという使い方には適していない。Willustrator ではドローツールを利用するため再編集が容易である。

6.1.2 文字以外の情報を編集可能な CMS

Wema

Wiki の一種に Wema というツールがある [Wema]。Wema では Web ページ上に付箋を貼り付け、付箋同士を線で結ぶことができる (図 6.3)。

Wema は Willustrator のような絵を描くためのツールではないが、文字だけのページに比べて、より視覚的な表現が可能なシステムであると言える。またそのような視覚的表現を、複数人で繰り返し編集することができるという Wiki の特徴も併せ持つ点が優れている。

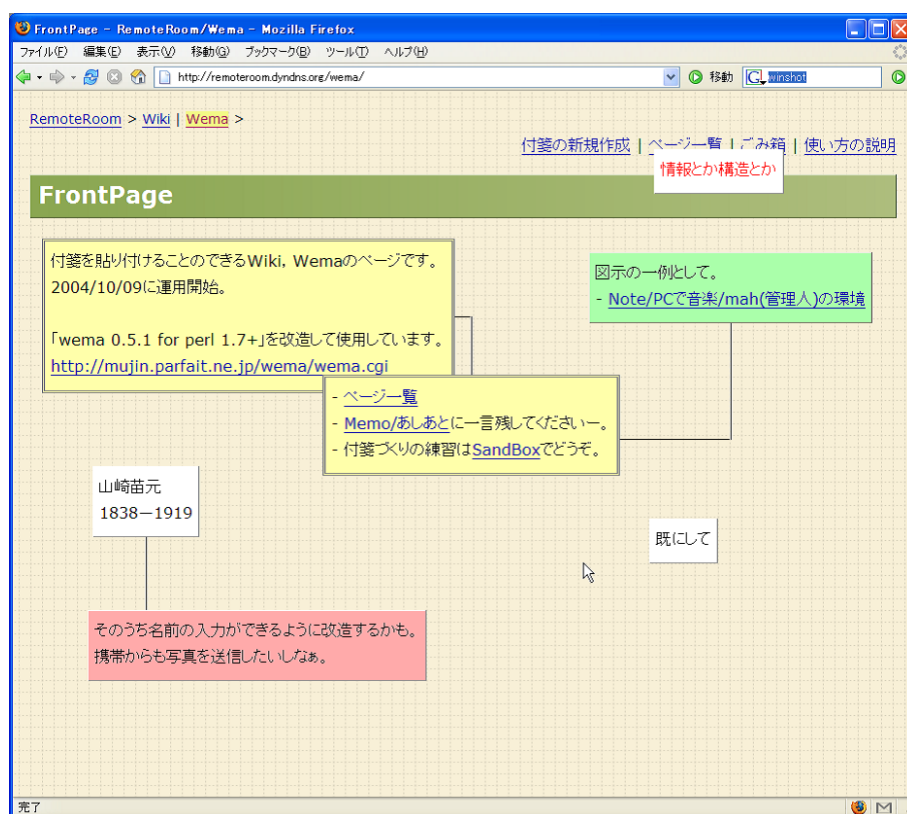


図 6.3: Wema

NOTA

NOTA は Web ブラウザ上で手書きの線を描いたり、ドラッグ&ドロップで図形を動かしてページを作成できるシステムである [NOTA]。NOTA を利用することで HTML の知識が無くとも、字の大きさや線の色を変えたり、図形を配置するといったことができる。

NOTA では図形の拡大・縮小といった操作が可能であるものの、図形の描画や編集機能に関しては手書き線やスタンプが中心でありペイントツールに近いと言える。



図 6.4: NOTA

6.1.3 Web 上での絵の共有

Open Clip Art Library

Open Clip Art Library とは、Microsoft Office や OpenOffice といった文書作成ソフトの中で使われるクリップアートを色々な人が作成し、それを自由に使える形で共有するプロジェクトである [OpenClipArt]。このプロジェクトのサイトでは、画像が SVG 形式で登録されているため別のユーザーの絵をダウンロードして新たに編集することができる。

このように別のユーザーが再編集可能な形式で共有することにより、自分の欲しいものに作り変えたり、絵の質を高めようという方法はオープンソースソフトウェア的であり Web を活かした面白い試みである。

Open Clip Art Library はボランティア的に絵を募っているため、クリップアートの作者にとってのメリットは少ない。そのため絵が集まりにくいという問題がある。Willustrator ではクリップアートの共有を可能にすると同時に、作成者にとっては Web 上で使用する絵を手軽に作れるというメリットがある。



図 6.5: Open Clip Art Library

6.1.4 アスキーアート

文字によるコミュニケーションが中心の掲示板やメールにおいて、文字だけを使って絵を表現するアスキーアートが昔からよく用いられている。例えば :) でスマイルを表す簡単なものから、図 6.6 のように大きなアスキーアートまで無数のアスキーアートが利用されている。アスキーアートの文字が主体の Web の中でなんとかして絵を扱いたいという欲求の表れとも考えられる。

また、アスキーアートの面白い点のひとつは、手軽にバリエーションを増やせることである。例えばあるアスキーアートのふきだしの中の文字を書き換えたり、顔文字の表情を変化させるといったことがブラウザのフォーム上で簡単にできる。このことから、複製や再編集を容易にすることが豊かなバリエーション表現を生む要因であると考えられる。

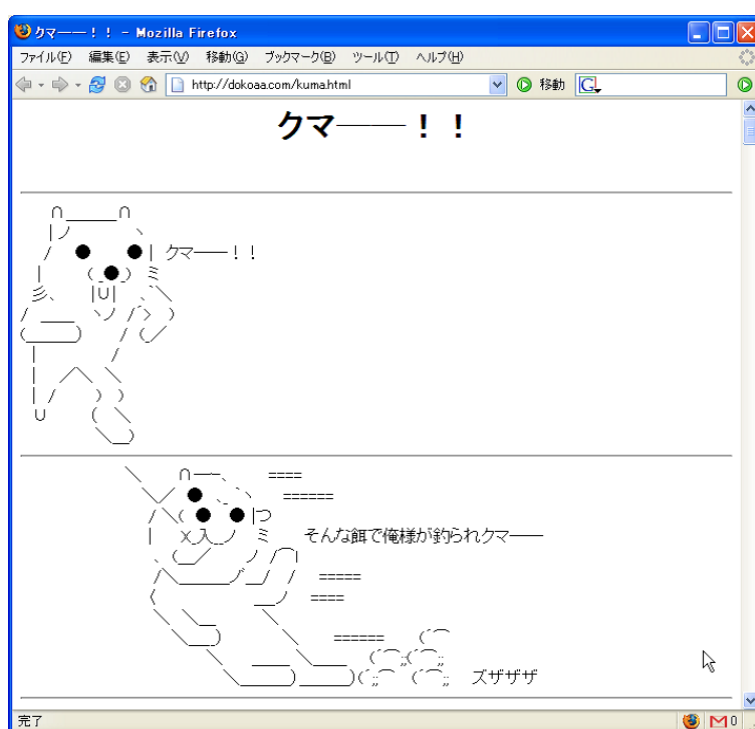


図 6.6: アスキーアートの例

6.2 CSCW

コンピュータによってグループ作業を支援する CSCW(Computer Supported Cooperative Work) の中でも、他人と一緒に絵を描くための研究開発は古くから行われており、すでに実用化されている。

6.2.1 リアルタイム共同図形作成

古いものでは、2 人のユーザーの手元をビデオで撮影しながら画面を共有し、絵を描く試み [Bly 1988] が S. Bly によって行われている。ソフトウェアを用いたものでは、S. Greenberg(University of Calgary) らによる GroupSketch[Greenberg 1992b] や GroupDraw[Greenberg 1992a] がある。GroupSketch はペイントツール、GroupDraw はドローツールであり、複数のユーザーで同時に絵を描くことができる。このような複数ユーザーで同時に絵を描くシステムは例えば MSN Messenger の Whiteboard 機能などですでに使われている。

Willustrator は非同期で利用する点で大きく異なっているが、複数ユーザーで絵を描く点が共通している。

6.2.2 非リアルタイム

Willustrator により近い非リアルタイムのシステムとしてはアノテーションシステムの Annotea[Kahan 2001] が挙げられる。Annotea そのものは RDF を用いて Web 上に注釈を付けるためのシステムであるが、Amaya というブラウザを使うことによって SVG を描きこむことができる。Web 上でドローツールによって絵を編集できる点で Willustrator とよく似ているが、Willustrator では絵を次々と派生させることでさまざまなバリエーションの絵を作成し、それらをリンクとして簡単に辿れるという点が異なる。

6.3 絵のつながり

連画

連画とは安斎らによって行われているユーザー参加型のワークショップであり、ある作品を見た参加者が、それに触発されて新しい作品を作る、ということを繰り返し、最終的にそれらを並べて絵の変化を一覧できるというものである [連画]。連画のワークショップは 2005 年の愛・地球博や学校などで行われている。

図 6.7 は最終的に完成した絵のつながりを表した例で、Web 上でそれぞれの絵の親作品や子作品をリンクで辿って見ることができる。このように親作品や子作品をリンクで簡単に辿って見られるという点が Willustrator と共通している。Willustrator では連歌のような絵の描き方を Web 上で簡単に行えるため、ワークショップに比べてさらに多くの絵を集めることができると考えられる。

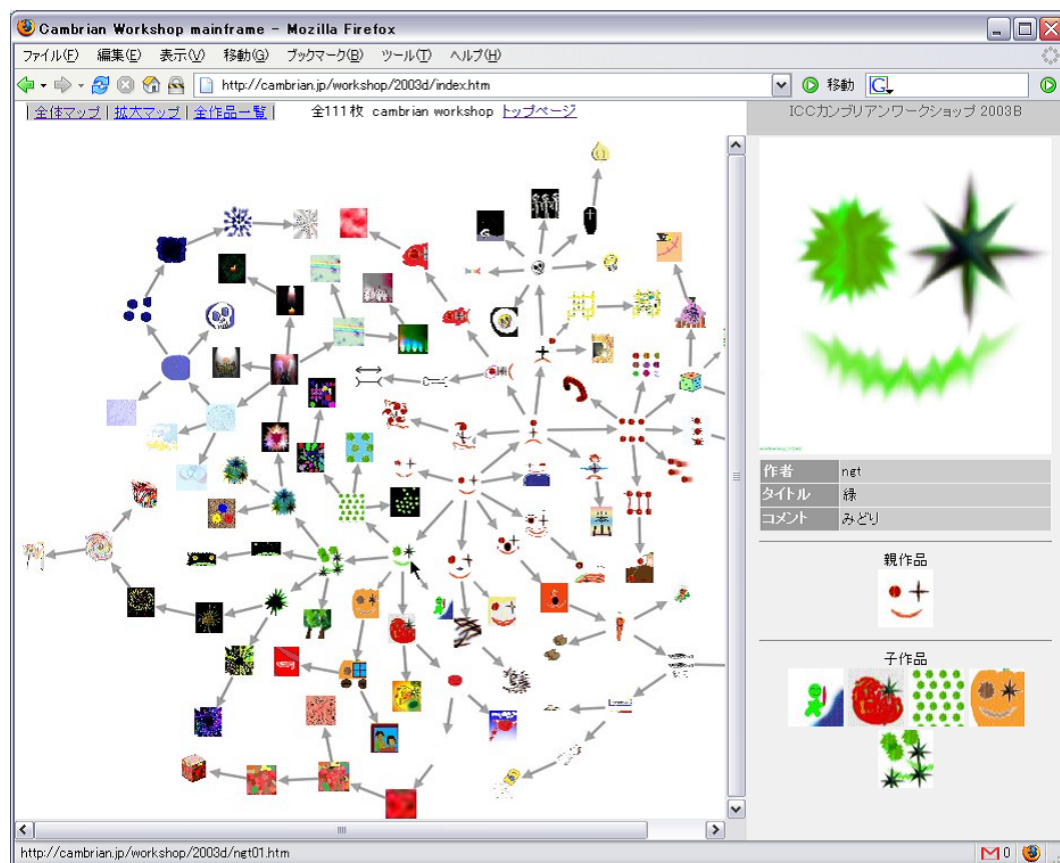


図 6.7: 連画

第 7 章

今後の展望

概要

本章では本研究における問題点とそれに対する解決案を示す。

7.1 将来課題

7.1.1 画像の著作権

現在、Willustrator では他人の描いた絵を自由にコピーして再編集することができる。しかし作成した画像に明確なライセンスが存在しないため、著作者の権利は保護できていない。また再編集を行う側にとっても改変の自由度や制限事項（例えばクレジットを明記するなど）が分からないため好ましい状態とは言えない。

この問題を解決するためには何らかの適切なライセンスの導入が必要である。

Creative Commons の導入

ライセンスの候補として Creative Commons ライセンス [Creative Commons] を検討している。

Creative commons ライセンスとは知的創作物の著作権を保護しながら、他の創作者と作品の共有や再利用を促進するためのライセンスである。Creative commons ライセンスは、基本的にコンテンツの複製や配布、公開を認め、「Attribution（クレジットの明示）」「Commercial Use（商用利用）」「Modification（原作に手を加えた作品）」といったオプションを組み合わせて自らの作品に適用できる。

Creative Commons は以下の理由から Willustrator にライセンスとして適していると考えている。

- Creative Commons では RDF を用いてメタデータとして著作者情報を記述できる。これまでは画像を編集する人が手動で入力する必要があり、不確実で面倒であった。Willustrator は画像のコピーをすると自動的にその記録をとり、コピー先やコピー元を辿れる仕組みが存在するため、機械的に著作者情報を画像に埋め込むことも容易にできる。
- Creative Commons が基本的に作品の共有と再利用を目的として作られており、これは Willustrator の目的と一致している。
- Creative Commons 作品のための検索エンジンが存在するなど、ネット上で公開される著作物との相性が良い。

7.1.2 ドローツールの高度化

現在 Willustrator では非常に簡単な機能しか提供しておらず、簡単な絵しか描くことができない。曲線の編集やグラデーションや影などの表現、複雑なテキストのレイアウトなど実現すべきことは多くある。デスクトップアプリケーションの UI に比べて、Web ブラウザの Rich UI 技術は発展途上である。そのような制約の中でドロー機能を実現すること自体がチャレンジングな課題であり、今後も技術の高度化を目指したい。

代替技術

現在は Flash でドローツールの実装を行っているが代替可能な技術も存在する。

SVG: SVG は図形の描画やアニメーションだけでなく、スクリプトによってインタラクティブな動作を行うことが可能である。ドローツールを実装する上では将来的に可能性のある方式である。現在、SVG を表示するにはプラグインを導入するか、SVG に対応したブラウザを利用する必要がある、それぞれの実装状況が異なるため環境に依存しがちである。

Ajax: Javascript の XMLHttpRequest を使ってサーバーと非同期な通信を行うことで、画面遷移の無い Web アプリケーションを実現することを一般に Ajax と呼ぶ [Jesse 2005]。Javascript は昔からある技術だが、最近では GMail や Google Maps をはじめとして Ajax を利用したインタラクティブ性の高い Web アプリケーションが増えてきた。ただし、描画はこれまで通りの HTML や CSS を利用するため、ドローツールを実装するには斜めの線や曲線の表現が課題である。

Java Applet, Java Web Start: Web ブラウザから Java のプログラムを実行できる Java Applet や Java Web Start はドローツールのような複雑なプログラムを書くには適しているが、一般的に動作が重たい。

Canvas: Canvas 要素とはスクリプト可能なビットマップ描画要素で Safari や Firefox など一部のブラウザで利用可能な比較的新しい HTML 要素である [MDC]。HTML 内で複雑な描画やインタラクティブな動作が可能であり、ドローツールの実装も可能であると考えられる。

7.2 今後の発展

7.2.1 周辺ツールとの連携による効果的な絵の利用

Willustrator は単独で利用するよりも、Wiki や Blog といった別のアプリケーションと組み合わせて利用することを想定している。Willustrator が効果的に利用されるためには、周辺ツールとの連携の仕組みを整備する必要がある。

CMS から直接的な絵の編集

すでにページの中に画像が表示されていた場合、それを 1 クリックで編集できるとよい。また記事の編集集中に新しい画像を挿入できるとよいだろう。既存の Blog や Wiki に対して、プラグインまたは Javascript のような形でこのような機能を提供したいと考えている。

Web サービス化

Web サービスとは Web アプリケーションの API を公開することで、他の Web アプリケーションから一部の機能やデータを使えるようにすることである。Web サービスの例としては Google Maps API¹ や Amazon Web Service² などがある。また Willustrator のユーザー認証に利用した TypeKey も Web サービスの一例である。

Willustrator の API を公開することで例えば以下のような使い方が可能になると考えられる。

- Web 上で編集できるプレゼンテーションツールを作る。自分のアプリケーションではスライドの並べ替え機能などを作り、スライドの編集部分は Willustrator の API を利用する。
- 簡易クリップアート集。Willustrator のタグやタイトルを検索する API を公開することで、Blog の編集画面に組み込めるクリップアート挿入機能を作れるようになる。

¹Web アプリケーションへの地図機能の組み込みや、独自の機能を持った地図アプリケーションを作成できる。

²Amazon の商品のデータベースの画像やレビューなどを検索、利用できる。

第 8 章

おわりに

概要

本章では本論文を総括する。

8.1 本研究の成果

本研究では Web 上、特に Blog や Wiki の中でより手軽に図やイラストを利用することを目的として、Web 上での協同イラストレーションという手法を提案し、それを実現するシステム Willustrator の制作を行った。Web 上での協同イラストレーションシステムとは、以下の特徴を併せ持つシステムのことである。

1. Web 上で編集できるドローツール
2. データを共有し他人の絵を容易に再利用できる

1. Web 上で編集できるドローツール

Web 上で直接イラストや図を編集でき、また再編集の容易なドローツールを開発した。また、素早くイラストを描くために、ツール切り替えを用いずマウス操作だけで線や丸、文字の描画および選択を行う UI を開発した。実際に Web 上での利用状況を調査した結果、一般的なドローツールとは異なる編集方法ではあったが、ユーザーには自然と受け入れられることを確認した。

2. データを共有し他人の絵を容易に再利用できる

編集したイラストや図を複数のユーザーで共有するとともに、他人の描いた絵を再利用して絵を描ける仕組みを開発した。また各ユーザーがタグを利用してそれぞれの絵を管理することで、全体の絵も自然と分類管理し、ユーザー間で共有をしやすい仕組みを採用した。Willustrator を利用したユーザーがこの再利用機能をうまく利用して新しい絵の描き方を行うようになることを確認した。

8.2 まとめ

今回 Web 上で図やイラストを手軽に扱うためのシステムの提案と開発を行った。Web 上でイラストや図を扱う環境は特に技術開発が進んでいない分野である。Willustrator はそのような状況を変えてゆくプロジェクトの一步であり今後も継続した開発を行う。Web 上で多くの人がより手軽に絵を扱えるようにすることで、Web 上での知的生産活動に貢献してゆきたい。

謝辞

本研究に関して、そして SFC 入学して以来終始ご指導を頂いた慶應義塾大学 安村通晃教授に深く感謝いたします。また本研究の副査としてご意見、ご助言を頂いた慶應義塾大学 稲蔭正彦教授および有澤誠教授に感謝いたします。

研究を進めるにあたり、インタラクション・デザイン・プロジェクトの皆様には様々なことを学ばせて頂きました。ご指導ご支援いただいた皆様に感謝いたします。樋口文人先生には論文をはじめ ORF や展示会など様々な研究会活動においてご指導ご支援いただきました。塚田浩二氏には論文の添削や制作に関するアドバイスなど多大な支援をしていただきました。

そして研究仲間のみんなに感謝いたします。先輩の児玉哲彦氏には数多くの助言を頂き励みになりました。渡辺香奈氏には Willustrator で素晴らしい絵を描いていただきました。学部より同期の渡邊恵太氏は面白いネタやアイデアをたくさん披露してくれて良い刺激になりました。同じく同期の石山琢子氏、大橋裕太郎、森本泰介氏とは人の少ない口フトでの良き話し相手であり共に大学院生活を送れたことを嬉しく思います。修士一年の赤池輝幸氏、後藤孝行氏、佐藤公宣氏、永田周一氏、福井進吾氏ら優秀な後輩の活動を見ているのはとても大きな励みになりました。

本研究に関する発表

学会講演会

神原啓介, 安村通晃. Willustrator: Web 上での協同イラストレーション. WISS2005
発表 (2005.12)

参考文献

- [Abdel 1997] H. Abdel-Wahab, et.al., “An Internet collaborative environment for sharing Java applications”: In Proceedings of the 6th Workshop on Future Trends on Distributed Computing Systems (FTDCS-6, Oct. 29-31). IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, pp.112-117, 1997.
- [Amaya] Amaya,
<http://www.w3.org/2001/Annotea/Papers/www10/annotea-www10.html>, 2001.
- [Bentley 1997a] . Bentley, T. Horstmann, J. Trevor, “The World Wide Web as Enabling Technology for CSCW: The Case of BSCW”: Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing 1997, pp.111-134, 1997.
- [Bentley 1997b] R. Bentley, W. Applelt, V. Busbach., E. Hinrichs, et.al., “Basic Support for Cooperative Work on the World Wide Web”: International Journal of Human-Computer Studies, pp.827-846, 1997.
- [Blog Deco] ラクガキボード, <http://www.blogdeco.jp/rakugaki/>.
- [Bly 1988] S. Bly, “A use of drawing surfaces in different collaborative settings”: Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '88), pp.250-256, September 26-28 1988.
- [Bly 1990] S. Bly and S. minneman, “Commune: A shared drawing surface”: In Proceedings of the Conference on Office Information Systems, pp.184-192, April 25-27, 1990.
- [Brinck 1993] T. Brinck and D. Hill, “Building Shared Graphical Editors Using the Abstraction-Link-View Architecture”: Proceedings of the Third European Conference on Computer-Supported Cooperative Work 1993, pp.311-324, 1993.
- [Creative Commons] Creative Commons, <http://creativecommons.org/>.
- [del.icio.us] del.icio.us, del.icio.us <http://del.icio.us/>.

- [Dix 1997] A. Dix, “Challenges for Cooperative Work on the Web: An Analytical Approach”: Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing, pp.135-156, 1997.
- [Donqiu 1999] Dongqiu Qian and M. D. Gross, “Collaborative Design with NetDraw”: Proceedings of Computer Aided Architectural Design (CAAD) Futures ,1999.
- [Flickr] Flickr, <http://www.flickr.com/>.
- [Greenberg 1992a] S. Greenberg, M. Roseman, and D. Webster, “Issues and experiences designing and implementing two group drawing tools”: In Proceedings of the 25th Annual Hawaii International Conference on the System Sciences, pp.139-250, January 1992.
- [Greenberg 1992b] S. Greenberg, R. Bohnet, M. Roseman, and D. Webster, “GroupSketch”: ACM SIGGRAPH Video Review, 87, November. Special Edition of the CSCW '92 Technical Video Program, Videotape, 1992.
- [Greenberg 1992c] S. Greenberg, M. Roseman,, Webster, D., Bohnet, R. Human and technical factors of distributed group drawing tools. In Interacting with Computers, special edition on CSCW, 1992.
- [Hisatsune] 久恒啓一, “図で考える人は仕事ができる”: 日本経済新聞社, 2002.
- [Ishii 1992] H. Ishii, M. Kobayashi, “ClearBoard: A Seamless Medium for Shared Drawing and Conversation with Eye Contact”: Readings in Groupware, pp.829-836, 1992.
- [Jesse 2005] Ajax: A New Approach to Web Applications, <http://adaptivepath.com/publications/essays/archives/000385.php>.
- [Kahan 2001] Kahan, Jos and Koivunen, Marja-Riitta and Prud’Hommeaux, Eric and Swick, Ralph R, “Annotea: An Open RDF Infrastructure for Shared Web Annotations”: In Proceedings of International WWW Conference(10), Hong-Kong, 2001.
- [MDC] Drawing Graphics with Canvas, http://developer.mozilla.org/ja/docs/Drawing_Graphics_with_Canvas.
- [NOTA] NOTA, <http://rakusai.org/nota/>.
- [OpenClipArt] Open Clip Art Library, <http://www.openclipart.org/>.
- [Salcedo 1997] R. Salcedo, D. Decouchant, “Structured Cooperative Authoring for the World Wide Web”: Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing, pp.157-174, 1997.

- [Shervin 2001] S. Shirmohammadi, A. Saddik, N. Georganas and R. Steinmetz, “Web-Based Multimedia Tools for Sharing Educational Resources”: ACM Journal of Educational Resources in Computing, Vol.1, No.1, Spring 2001.
- [Sun 2002] C. Sun and D. Chen, “Consistency maintenance in real-time collaborative graphics editing systems”: ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), Vol.9, pp1-41, 2002.
- [Wema] Wema, <http://wema.sourceforge.jp/>.
- [しいペインター] しい堂, <http://shichan.jp/>.
- [連画] 連画スクラップ, <http://www.renga.com/>.