

修士論文 2019 年度（令和元年度）

手書きベース Wiki システムの研究

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

早川 匠

2020 年 1 月

修士論文 2019 年度（平成元年度）

手書きベース Wiki システムの研究

論文要旨

手書きメモやイラスト等のグラフィカルなデータに自在にハイパーリンクを埋め込み、それらを Wiki として利用できるシステム「手書きベース Wiki」を提案する。手書きメモやイラストは広く浸透した情報の記録・表現手法であるものの、紙を前提としたフォーマットであるために参照や管理や再利用が難しいという問題が存在する。計算機上で手書きメモの作成や管理を行うツールは広く利用されているものの、これらは紙のメモやイラストの利用形態を再現したに過ぎず、この問題を本質的に解決していない。「手書きベース Wiki」とはハイパーテキスト・ハイパーリンクや Wiki 等の技術の組み合わせによって、簡単に手書きでメモやイラストを描きながら、自在にハイパーリンクを埋め込んだり、ハイパーリンクによって関連する他のメモやイラストを簡単に参照できるシステムである。これによって既存の手書きメモ・イラストの問題点が解決されるだけでなく、新しい活用法が提案できる。本論文では「手書きベース Wiki」の設計や実装、その応用例について述べ、研究の発展性について考察する。

キーワード

手書きメモ、イラスト、Wiki、ハイパーテキスト、ユーザーインターフェース

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

早川 匠

Abstract Of Master's Thesis Academic Year 2019

A study on drawing-based wiki systems

Summary

Eigo ga dekinai node Roma-ji de soreppoi hunniki wo daseruto iina.

Murippoi desu ne.

Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here.

Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here. Write down your abstract here.

Write down your abstract here. Write down your abstract here.

Keywords

Handwritten notes, illustration, Wiki, Hypertext, User Interface

Graduate School of Media and Governance
Keio University

Takumi Hayakawa

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の動機	2
1.2	研究の目的	2
1.3	本論文の構成	3
第2章	研究背景	5
2.1	手書きのメモ・イラスト	6
2.2	タッチ・ペンインターフェースの普及	6
2.3	計算機上の手書きメモ・イラスト	6
2.4	手書きデータを表現する画像ファイルフォーマット	7
2.5	手書きデータを扱う既存のシステム	7
2.5.1	メモアプリケーション	7
2.5.2	イラスト投稿・共有システム	9
2.6	テキストの進化	10
2.7	手書きデータを扱う既存システムの問題点	11
2.8	まとめ	11
第3章	設計	13
3.1	要件	14
3.2	ハイパーイラスト	14
3.3	手書きベース Wiki	14
第4章	実装	15
4.1	アプリケーション構成	16
第5章	応用例	17
第6章	関連研究	19
第7章	考察	21
第8章	結論	23
8.1	研究の成果	24
8.2	総括	24

謝辭	25
参考文献	26

図 目 次

2.1	iPad	6
2.2	Surface	6
2.3	iOS のメモ	8
2.4	Evernote	8
2.5	GoogleKeep	9
2.6	Pixiv	10
2.7	ニコニ・コモンズ	10

表 目 次

第1章 序論

本章では本研究の動機と目的、および本論文の構成について述べる。

1.1 研究の動機

手書きでメモを取ったり絵や図を描いたりすることは、情報を記録し、表現する手段として一般的であるが、その様式は紙や鉛筆等の筆記具が発明された頃からほとんど変わっておらず、一枚の紙の上で表現する事を前提としているため参照や管理、再利用が難しいという問題点が存在する。

また計算機が普及した現在では、手書きメモ・イラストを紙の上ではなくデータとして作成・記録し、それらを閲覧・管理できるソフトウェアも広く利用されているが、そのデータは JPEG¹や PNG²のような一枚の絵をピクセルの集合で単純に置き換えた形式で作成・記録されることが一般的で、紙に描かれたものと比較して本質的に変化していない。そのため、データのタイムスタンプを元に時系列で管理したり、あるいは事前に取り決めた場所 (ディレクトリ) に保存する等の工夫が必要とされ、紙の上で手書きのメモを取っていた時と同様の不便さを引き継いでいる。

一方で手書きメモやイラストと同じく紙の上で記録されていたテキストは、計算機の登場により以下のように変化した。

- 他の文書への参照を実現するハイパーリンクと、それを内包した文書の形式ハイパーテキストが登場した
- Web によって様々なハイパーテキストに手軽にアクセスできるようになった
- Wiki 等のコラボレーションツールが複数人によつ共同編集を可能にし、Web を通じた知見の共有を実現した

これにより参照や管理・再利用が難しいという問題が解決された。かつては手書きメモ・イラストと同様の問題を抱えていたテキストは、計算機による新しい活用法が発明された事で広く普及するに至った。そのため手書きメモ・イラストの活用も、計算機を活用する事で同様の進化が可能であると考えられる。

1.2 研究の目的

本研究では、手書きメモ・イラストを表現する既存のフォーマットが抱える問題を解決し、またハイパーテキストや Wiki の手法を取り入れることで、従来のシステムでは実現できなかった手書きデータの参照・管理・再利用環境を実現するシステム「手書きベース Wiki」の構築を目的とする。

¹<http://www.libpng.org/pub/png/>

²<https://jpeg.org/jpeg/>

1.3 本論文の構成

本論文は以下の 8 章で構成される。

第 2 章では、本研究の背景をより詳細に分析し、既存システムの問題点を整理する。

第 3 章では、本論文で提案するシステムの基本構成と使い方について述べる。

第 4 章では、本論文で提案するシステムの詳細な実装について述べる。

第 5 章では、本論文で提案するシステムによって実現可能な応用例について述べる。

第 6 章では、関連する研究を紹介し、それらの特徴や本研究との関連を述べる。

第 7 章では、筆者による運用経験やユーザーからのフィードバックをまとめ、本論文で提案するシステムの有効性と問題点について述べる。

最後に、第 8 章で本論文のまとめと結論を述べる。

第2章 研究背景

本章では手書きメモ・イラストを扱う既存のシステムの現状と、その問題点を整理する。

2.1 手書きのメモ・イラスト

手書きによってメモやイラストを表現するのは、鉛筆等の筆記具と紙さえあればすぐに記録でき、また美麗な作品を描くことを目的としなければ、特別な技量も要求されないため、情報を記録・表現する手法として広く普及している。計算機の登場によりテキスト編集支援機能が充実したため、文章のみで完結する内容であれば手書きではなくタイピングによって記録するように置き換わったが、アイデアのような文章のみでは表現しづらい構造を持った概念を表現する場合は文字と図を自在に混合させて配置できる手書きメモの方が適している。また、テキストによってメモをとる場合はキーボードのような専用のハードウェアや、それらを使いこなすタッチタイピング等の技量が必要であるという問題点があるが、手書きの場合は紙やペン等の筆記具が扱えれば良いため、ハードウェアや技能を必要とするテキスト入力と比較してより多くの人々が利用できる手段であると言える。

2.2 タッチ・ペンインターフェースの普及

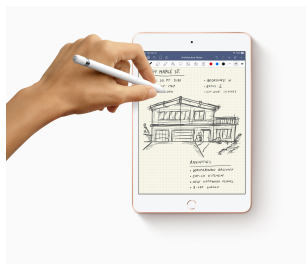


図 2.1: iPad

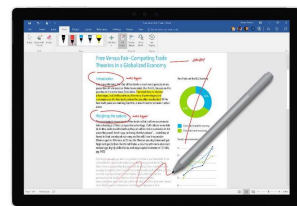


図 2.2: Surface

かつてはノートやスケッチブック等の紙の上で記録されていた手書きメモだが、タッチパネルやスタイラスペン等のインターフェースを備えたデバイスの普及に伴い、計算機上で手書きメモを取ることが一般化してきた。手書きメモやイラストを計算機の上で描く場合、マウスやトラックパッド等のポインティングデバイスではなく、ペンインターフェースが好ましいとされるが、iOS¹や Windows²、ChromeOS³等の主要なプラットフォームでスタイラスペンを備えた機種が充実しているため手書きでメモやイラストを描く環境は十分に整っている。

2.3 計算機上の手書きメモ・イラスト

計算機上でメモやイラストを作成する場合、以下のような編集支援機能を利用することができる。

¹<https://www.apple.com/jp/ios/>

²<https://www.microsoft.com/ja-jp/windows>

³<https://www.google.com/chromebook/>

- コピーやペースト
- Undo や Redo
- オブジェクトの移動や変形
- 複数のレイヤーの合成

これらの機能は紙という物理的なメディアの上では実現不可能であったが、計算機の進化によって大抵のアプリケーションに搭載されるようになったため、より便利に手書きのメモやイラストを作成することができるようになった。

2.4 手書きデータを表現する画像ファイルフォーマット

手書きのメモを作成する段階では計算機による便利な編集支援機能を利用できるようになったが、それを保存するファイルのフォーマットの機能は大きく制限されている。一般的に出力先として JPEG や PNG 等のビットマップ画像が用いられているが、この種のフォーマットはレイヤーや編集履歴等の構造は保持されず、描いたもの全てがピクセルの集合として統合・変換されるほか、一部のメタデータを除いて基本的にピクセル以外の情報を保存することができないため、紙と比較して本質的に進歩していない。そのため画像ファイルを参照するには保存するディレクトリを予め取り決めたり、タイムスタンプを頼りに時系列順でソートしたりと、紙の上で記録していたときの不便さをそのまま引き継いでしまっている。

2.5 手書きデータを扱う既存のシステム

2.5.1 メモアプリケーション

手書きデータを効率よくメモとして扱えるようにしたシステムを解説する。

(1) iOS のメモ

Apple の iPad にはメモアプリケーションが標準でインストールされており、指や Apple Pencil を用いて素早く手書きメモを取ることを可能で、さらに Undo や Redo 等の編集支援機能を備えている。一方で描いた手書きメモは画像として保存されるのみで、後から検索する手立てがなく、ファイル名の規則を決めたり保存先フォルダを分ける等の工夫が運用上必要とされる。

(2) Evernote

Evernote Corporation が開発する Evernote は指やスタイラスペンで手書きのメモやスケッチを記録することができる。手書きの文字を認識することで後からテキストによって検索する機能を備えているが、これは手書きメモをテキストに変換することで実現しているた

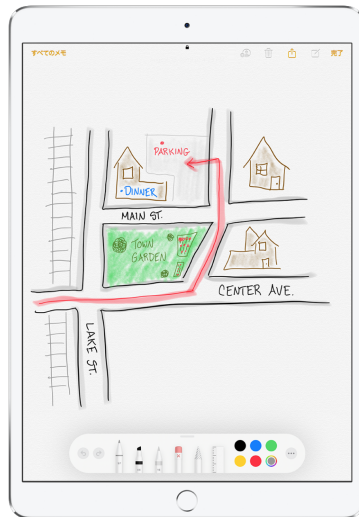


図 2.3: iOS のメモ

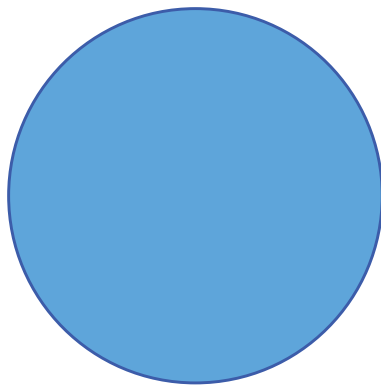


図 2.4: Evernote

め、図形や描いたものの形状等のグラフィカルなデータから手書きメモを参照することはできない。

(3) Google Keep

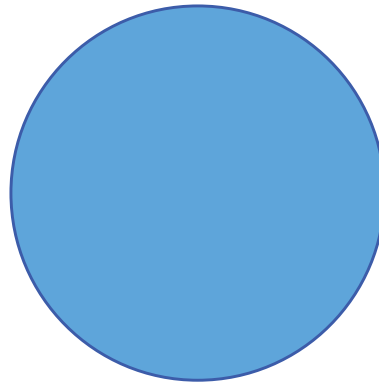


図 2.5: GoogleKeep

Googleが開発する Google Keep も、Evernote と同様にテキストによって検索することも可能である。さらに画像や手書きメモ内にある文字を認識してテキストとして抽出する機能があるが、やはりこれも手書きメモ内の文字をテキストに変換するというアプローチであるため、Evernote と同様の問題を抱えている。

2.5.2 イラスト投稿・共有システム

Web 上で手書きのイラストを投稿・共有可能にするシステムを解説する。これらのシステムは基本的に完成されたアート作品を投稿するのが主な用途であり、メモを素早く記録する手段として使われることはないが、様々な工夫によってイラストの参照や管理の問題の改善に取り組んでいる。

(1) Pixiv

pixiv Inc. が開発する Pixiv では、投稿したイラストに複数のタグを付加することができる。また共通のタグを持つ他のイラストを関連イラストとして下部に表示する機能を備えているため、作者を横断して共通するテーマの他のイラストを参照することができる。

(2) ニコニ・コモンズ

ドワンゴが開発するニコニコ動画の関連サービスであるニコニ・コモンズでは、イラストも含めた素材の親子関係を記述するコンテンツツリーという機能が実装されている。これに

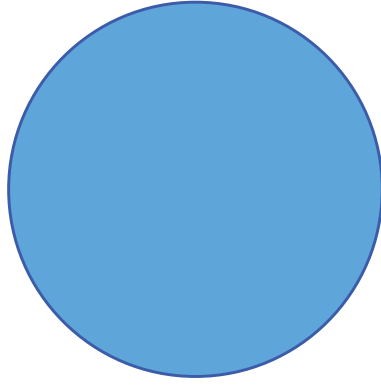


図 2.6: Pixiv

よりある作品の元になった作品や、ある作品を元にした他の作品を参照することができる。ただし登録は子作品の投稿者が手動で行わなければならないという制約があるため、全ての作品のコンテンツツリーが漏れなく記述されているわけではない。

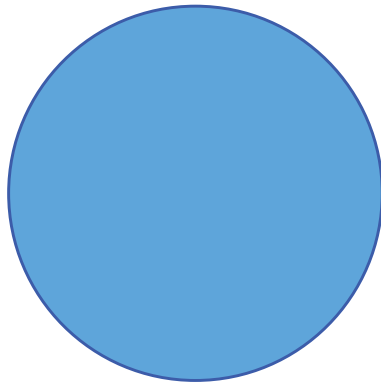


図 2.7: ニコニ・コモンズ

2.6 テキストの進化

手書きのメモやイラストと同様に紙の上で表現されていたテキストの進化にも注目する。

- ハイパーリンク
ハイパーテキストでは文章間リンクを示すハイパーリンク機能が利用でき、関連情報への素早いアクセスが可能になった。
- Web
インターネット技術の進化と Web の普及によって、世界中に存在する様々なドキュメントへ瞬時にアクセスすることが可能になった。
- 共同編集
Wiki のようなコラボレーションツールによって、場所や人数に制約を受けない共同編

集が可能になった。

2.7 手書きデータを扱う既存システムの問題点

手書きデータを扱うシステムは数多く存在し活用されているものの、画像ファイルのフォーマットの機能が制限されているため、計算機の進化によって得られる便利な機能を享受できていない。

2.8 まとめ

手書きメモ・イラストは広く浸透した情報の記録手法であるものの、紙というフォーマットの制約によって使い勝手が制限されている。一方でデジタル化された手書きメモ・イラストの作成や閲覧を支援するシステムが広く利用されているが、これらは計算機上で手書きの利用形態を再現したに過ぎず、本質的な問題は解決されていない。次章では上記のような問題点を解決し、これまでの手書きメモ・イラストの在り方にとらわれない次世代のフォーマット「ハイパーイラスト」と、それらを容易に管理・再利用できるシステム「手書きベース Wiki」を提案する。

第3章 設計

本章ではハイパーイラストと手書きベース Wiki の要件と設計について述べる。

3.1 要件

前章で示した画像ファイルフォーマットや手書きデータを扱う既存のツールの問題点を踏まえて、本システムの要件を整理する。

1. 簡単に手書きメモのメモやイラストが作成・編集できる
メモを取るような気軽さで楽譜を書くことができ、新規作成/既存楽譜の編集両方を簡単にできる。
2. 作成した手書きのメモやイラストを簡単に参照したり、再利用したりできる
楽譜上の要素やテキストに対してハイパーリンクを設定でき、関連情報に素早くアクセスできる。

これらの要件を満たすシステムは次世代の画像フォーマットであるハイパーイラストと、その作成・編集と管理をサポートする手書きベース Wiki の組み合わせによって実現可能である。

3.2 ハイパーイラスト

複数の文書間の参照を示すハイパーリンクが埋め込まれた文書はハイパーテキストと定義される。同様に本研究においてハイパーリンクが埋め込まれた手書きの図やメモをハイパーイラストと定義する。

この要件を満たすため、本研究におけるハイパーイラストは SVG[1] というフォーマットをベースとしている。SVG は XML¹をベースとしており、他の画像ファイルフォーマットにはない、ハイパーイラストに適した以下のような特徴を持つ。

- 構造を保持できる
SVG において各ストロークは独立した要素であり、個別に移動や変形等の操作が可能である。またレイヤーや書き順等の構造も保持できるため異なる SVG をネストして配置できるためビットマップ画像と比較して再編集・再利用が行いやすい。
- Web 標準の技術である
SVG は特定の企業の製品ではなく、その仕様は全て公開されている。また表示に特別なソフトウェアを必要とせず、ブラウザのみで閲覧することができる。
- ハイパーリンクを埋め込める
XLink 形式のハイパーリンクを任意の要素に埋め込むことができる。画像の中の個別の要素に対して別々のリンクを定義することができる。

3.3 手書きベース Wiki

¹<https://www.w3.org/XML/>

第4章 実装

本章では第3章で述べたシステムの設計を受け、手書きベース Wiki の実装について述べる。

4.1 アプリケーション構成

第5章 応用例

本章では、手書きベース Wiki によって実現可能な応用例について述べる。

第6章 関連研究

本章では関連研究を紹介し、それらの特徴や本研究との関連性について示す。

以下のような関連研究が存在する [2][3]

第7章 考察

本章では、手書きベース Wiki システムの自身の運用経験や利用者の意見をまとめ、諸問題や研究の重要性・発展性について述べる。

第8章 結論

本章では本研究を総括する。

8.1 研究の成果

本研究では、ハイパーリンクを内蔵した次世代の手書きデータ記述形式「ハイパーイラスト」と、それをコンテンツとして扱う Wiki システム「手書きベース Wiki」の提案を行った。まず第 2 章において、既存の手書きメモ・イラストの作成・管理方法の問題点をテキストの進化と比較しながら分析した。既存システムの現状をとりあげ、計算機が普及した現在も根本的に解決されていないことを示した。第 3 章では、第 2 章で述べた手書きメモの問題点に対する有効的な解決方法を提案した。また、それに基づき本研究で開発した「ハイパーイラスト」「手書きベース Wiki」の基本構成と使い方について述べた。第 4 章では、「手書きベース Wiki」のアプリケーション構成と詳細な実装について述べた。第 5 章では、「手書きベース Wiki」によって実現可能な応用例について述べた。第 6 章では、本研究に関連する研究を紹介し、それぞれのアプローチの特徴と問題点を分析した。第 7 章では、筆者による運用経験やユーザーからのフィードバックをもとに本研究の有効性と問題点を分析した。

8.2 総括

本研究では手書きのメモやイラストの中に自在にハイパーリンクを埋め込める「ハイパーイラスト」と、それらをナレッジとして扱える「手書きベース Wiki」の開発を行った。「手書きベース Wiki」はハイパーリンクや Wiki 等の技術の組み合わせによって既存の手書きのメモ・イラスト問題点を克服するだけでなく、新しい活用法を実現した。今後は第 7 章で述べた問題点についての改善や、システムの拡張を行っていく。

謝辞

慶應義塾大学環境情報学部 増井俊之教授には学部から5年間の長きに渡りご指導を賜りました。深く感謝いたします。また、本研究の副査としてご意見、ご助言を頂きました中西泰人教授、武田圭史教授に感謝いたします。また自身の研究について幅広い議論をいただいた政策・メディア研究科博士課程の田中優氏、大和比呂志氏を初め、様々な形でアドバイスをくださった増井俊之研究会 OB 諸氏に感謝いたします。

2020 年 1 月 慶應義塾大学 政策・メディア研究科 修士 2 年 早川匠

参考文献

- [1] Dean Jackson Chris Lilley. Scalable vector graphics (svg). 10 2004.
- [2] Roger B. Dannenberg. An on-line algorithm for real-time accompaniment. *Proc. of International Cumputer Music Conference (ICMC1984)*, pp. 193–198, 1984.
- [3] Matthias Dorfer, Florian Henkel, and Gerhard Widmer. Learning to listen, read, and follow: Score following as a reinforcement learning game. In *Proceedings of the 19th International Society for Music Information Retrieval Conference, ISMIR 2018, Paris, France, September 23-27, 2018*, pp. 784–791, 2018.