

手書き入力システムへのストロークの自動クラスタリング機能の実装

寺田研究室 学籍番号:1311101 下澤一輝 指導教員 寺田 実 准教授

1 背景

近年、授業や会議において電子ホワイトボードが用いられることが多くなり、タブレット型端末では手書き入力を主とするアプリケーションなども増えている。

しかし、画面に描かれた内容の一部をグループ機能によってまとめる際、多くの場合ユーザーが必要な箇所をペンで囲う必要がある。これでは、囲う動作自体に手間がかかってしまったり、適切な箇所を囲むことができないなどの問題点がある。

2 目的

手書き入力システムの一つに、本研究の寺田が作成した「手書き Wiki」があり、主に授業などの板書を行う際に利用されている。手書き Wiki には、描画内容の一部をグループ化する「Group」機能がある。図1はこの「Group」機能を使った際の画面である。この機能では必要な箇所をユーザーがペンで四角に囲う必要がある。

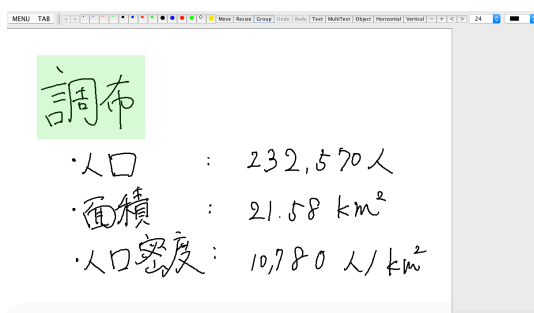


図1 手書き Wiki の画面

本研究の目的は、先行研究のクラスタリング手法を「手書き Wiki」に実装し、シートの描画内容を自動的にグループ化することで、ユーザーの操作を補助し、容易に編集を行うことができるようにすることである。

3 関連研究

3.1 Lee らのクラスタリングアルゴリズム [1]

ストローク同士の距離の比較尺度を用いたクラスタリングアルゴリズム及び学習アルゴリズムを提案している。本研究ではこのクラスタリングアルゴリズムを用いて、手書き Wiki にクラスタリング機能を実装した。このアルゴリズムの詳細は 4.3 節で述べる。

3.2 cLuster[2]

Lee らのクラスタリングアルゴリズムを用いた、インタラクティブな操作による自動クラスタリングシステムを提案している。cLuster では主に操作性を重視しているのに対し、本研究では描画内容をどのようにクラスタリングするかを重視しており、3つの方法を用意している。

4 実装した機能

4.1 概要

シートに描かれたストロークを自動的にクラスタリングし、その結果をユーザーに提示する機能を手書き Wiki に実装した。この機能により、選択したい箇所をユーザーが囲う必要がなくなり、提示されたグループを容易に編集することができる。

4.2 追加機能

4.2.1 クラスタリングパターン

実際の距離が近いものを優先する「Object」パターン、横方向優先の「Horizontal」パターン、縦方向優先の「vertical」パターンの3つのクラスタリングパターンを用意し、目的に応じたクラスタリングを行えるようにした。実際のクラスタリングした画面を図1に示す(左が「Object」パターン、真ん中が「Horizontal」パターン、右が「Vertical」パターン)。

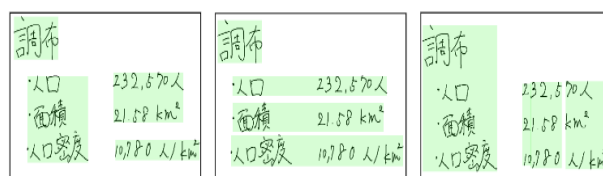


図2 クラスタリング結果

4.2.2 グループ数の変更機能

「-」「+」ボタンによりクラスタリングする際の分割数を設定することができる。ボタンを押す毎に分割数を更新して、前回行ったクラスタリングを実行する。

4.2.3 グループの選択機能

クラスタリングした後、グループを移動させたり、コピー&ペーストする際に、「<」「>」ボタンで対象のグループを選択することができる。

4.3 クラスタリングアルゴリズム

本研究ではクラスタリング手法として、階層化クラスタリングを用いた。クラスタ間距離は、18個の比較尺度を計算し、それぞれに重みをかけて足し合わせることで求めた。クラスタ s とクラスタ t の比較尺度を $d_i(s, t)$ 、重みを w_i とすると、クラスタ間距離 $d(s, t)$ は次式で表される。

$$d(s, t) = \sum_{i=1}^k w_i d_i(s, t) \quad (1)$$

そして、以下のステップでクラスタリングを行う。

1. データ $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ をそれぞれクラスタとして設定し、 n 個のクラスタを作る。
2. クラスタ間の距離を計算し、最も距離が近いクラスタ同士を併合する。
3. 2. の処理をクラスタが1つになるか、閾値を超えるまで繰り返す。

5 評価実験

5.1 クラスタリングパターンの適用

3通りのパターンを3枚のシートに適用し、それぞれが異なるクラスタリングを行えているか比較した。

5.1.1 結果と考察

左が Object パターン、真ん中が Horizontal パターン、右が Vertical パターンを適用した時の結果である。

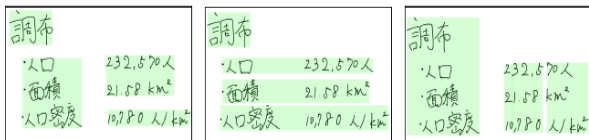


図3 シート1

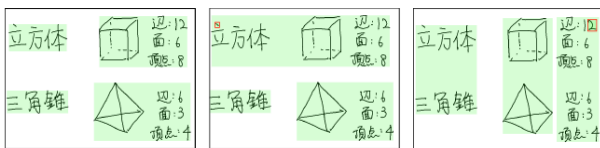


図4 シート2

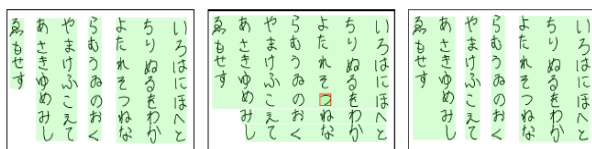


図5 シート3

どのパターンもそれぞれが異なるクラスタリング結果を示したが、不自然な箇所での分割されるなどの誤りがみられた。この原因として、距離の比較尺度にかかる重みを定める際に、学習アルゴリズムを使用していないことが考えられる。しかし、3通りの結果が全く同じではないことから目的に応じたクラスタリングを行うことができると考える。

5.2 クラスタ分割数の増減

3通りのパターンを分割数を変えて適用し、どのように分割されるかを調べた。

5.2.1 結果と考察

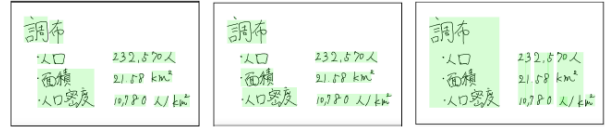


図6 分割数10

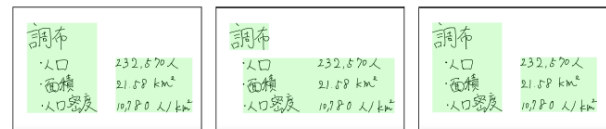


図7 分割数2

図6, 7はそれぞれ分割数を10と2に変えたときの結果である。分割数を変更しクラスタリングを行った場合にも、結果にそれぞれのパターンの特徴が現れている事がわかった。しかし、分割数を増やしている最中に意図しない箇所での分割されてしまうことがあった。

6 結論

手書き Wiki に3つのパターンのクラスタリング機能を実装したことによって、ユーザーはシート内容を目的に応じて使い分けることができ、従来の「Group」機能の向上につながった。しかしクラスタリング結果に関しては、学習アルゴリズムを適用しておらず正確とは言えない。

また、クラスタリング処理の実行時間はストロークを構成する点の総数の二乗に比例することが確認できた。

7 今後の課題

7.1 機能の改善

手書き Wiki にはストロークのほかに文字列、画像、他シートへのリンクなど多様なオブジェクトが含まれているが、本研究ではそれらはクラスタリングの対象となっていないので拡張の必要がある。

7.2 機能の追加

本研究では、クラスタリングを実行した後、そのグループを移動またはコピーするのみであったが、選択したグループをリンクに置き換える機能を追加すれば、手書き Wiki の代表的な機能である「リンクシステム」を活かすことができると考える。

参考文献

[1] Adrien Delayen, Kibok Lee, “ Aflexible framework for online document segmentation by pairwise stroke distance learning”, Pattern Recognition 48 (2015)11971210.

[2] Florian Perteneder, Martin Bresler, Eva-Maria Grossauer, Joanne Leong, Michael Haller, “cLuster: Smart Clustering of Free-Hand Sketches on Large Interactive Surfaces”, UIST '15.