1ZA-01

ウィンドウ内における２直線の類似度比較

井上 大成[†]　　吉田 典正[‡]

日本大学[†]

1. はじめに

図１に示すような点群を画面上に配置した際に，ユーザに最も適切と思われる直線を引いてもらい，最小二乗法[1]によって求めた直線とユーザの引いた直線の「類似度」を数値化することによって，人の数学的センスや空間把握能力などのなんらかの特性を判断することができないかという研究を行っている．このためには，ウィンドウ内における２直線の類似度を数値化する必要がある．

本研究では，ウィンドウ内における２直線の類似度比較の様々な手法について比較・検討し，本研究の目的に最も適切な手法について考察する．

図１ iPad 上の実験アプリの画面

2. 類似度比較の手法

ウィンドウ内の直線を比較するために６種類の手法を考え，これらについて比較・検討を行う． なお，2.1 の手法以外は，2 直線をウィンドウ内における線分として比較する．

2.1 直線式係数を用いる手法

2 直線の直線式係数を

$$L_0 = \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \\ c_0 \end{pmatrix}, L_1 = \begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

としたとき，これらの３次元ベクトルのなす角

$$\cos\theta = \frac{L_0 \cdot L_1}{|L_0|\,|L_1|} \quad (2)$$

を直線の類似度係数とする．

2.2 類似係数[2]を用いる手法

図 2 に示す 2 直線に対して，n 個の x 座標 $x_0, x_1, \cdots, x_{n-1}$ を指定する．これらの x 座標に対応する 2 直線の y 座標 $y_{10}, y_{11}, \cdots, y_{1(n-1)}$，$y_{20}, y_{21}, \cdots, y_{2(n-1)}$ を求め，次の n 次元ベクトルのなす角（式(2)を用いる）を類似係数とする．

$$L_0 = \begin{pmatrix} y_{10} \\ y_{11} \\ \vdots \\ y_{1(n-1)} \end{pmatrix}, L_1 = y\begin{pmatrix} y_{20} \\ y_{21} \\ \vdots \\ y_{2(n-1)} \end{pmatrix} \quad (3)$$

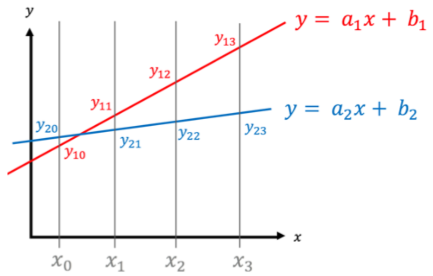

図 2 類似係数による 2 直線の比較

2.3 ハウスドルフ距離

ウィンドウ内の 2 直線を 2 線分（2 線分の端点をそれぞれ，$\mathbf{p}_0$，$\mathbf{p}_1$，および $\mathbf{p}_2$，$\mathbf{p}_3$とする）として捉えたとき（図 3），そのハウスドルフ距離(H)を類似度とする．

$$H = \max\left(\min(|\mathbf{p}_0 - \mathbf{p}_2|, |\mathbf{p}_0 - \mathbf{p}_3|), \min(|\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2|, |\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_3|)\right) \quad (4)$$

2.4 端点の距離の和を用いる手法

2 線分の端点の距離の和のうち，小さいほうの和を類似度とし，次式で計算される．

$$e = \max\left(\min(|\mathbf{p}_0 - \mathbf{p}_2| + |\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_3|), \min(|\mathbf{p}_0 - \mathbf{p}_3| + |\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2|)\right) \quad (5)$$

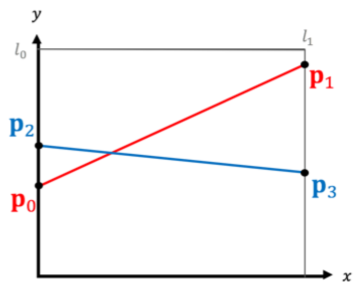

図 3 ウィンドウ内における 2 直線（2 線分）

2.5 面積を用いる手法（面積 A）

2 直線で囲まれる面積のウィンドウ内の全ピクセル数に対する割合を類似度とする．ただし，2 直線がウィンドウ内に交点を持つ場合（図 4 ウィ

Similarity Comparison of Two Lines in a Window
†Taisei INOUE・Nihon University
‡Norimasa YOSHIDA・Nihon University

ンドウ 2,3)は，端点の距離の和が短いほうの面積を用いる．図 4 を参照．

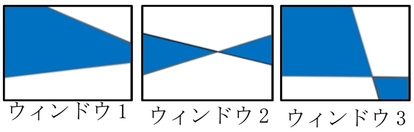

図 4 面積 A の例

2.6 面積を用いる手法（面積 B）

ウィンドウ内に交点がない場合（図 5 ウィンドウ 1）は，面積 A と同様である．ウィンドウ内に交点がある場合（図 5 ウィンドウ 2,3）は，直線で囲まれる 2 つの領域のうち，小さいほうの面積の全ピクセル数に対する割合を類似度とする．図 5 を参照．

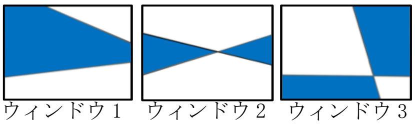

図 5 面積 B の例

3. 比較結果と各手法の特徴

図 6 に，ウィンドウ内における 2 直線と各手法によって求めた類似度を括弧内に示す．表 1 に図 6 からわかる各手法の特徴をまとめる．

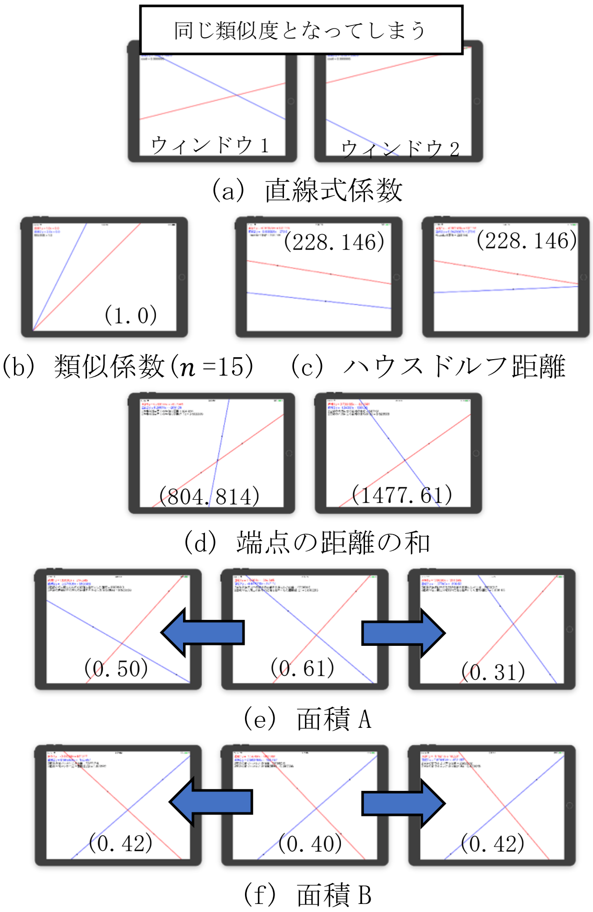

図 6 様々な 2 直線と類似度

表 1 各手法の主な特徴

直線式係数	図 6(a)のウィンドウ 1,2 では，2 のほうをより小さい類似度としたいが，同じ類似度となってしまう．従って，直線の情報のみによって判定するのは好ましくない．
類似係数	直線を平行移動すると類似係数が変わってしまう．図 6(b)に示す例では一致すると判定されてしまう．
ハウスドルフ距離	図 6(c)に示す 2 直線（2 線分）は，左右とも同じハウスドルフ距離となってしまう．
端点の距離の和	図 6(d)の左のように，2 直線の角度が 45 度で類似度が 800 程度であるのに対し，右は直角で類似度が 1480 程度であるため，直角に近いほうが類似度の変化が小さい場合がある．
面積 A	図 6(e)のように，離れ具合が似ているにも関わらず，類似度が大きく違う場合が生じる．
面積 B	図 6(f)のように，もっとも離れていると考えられる直角の場合の類似度が，直角ではない場合の類似度よりも小さくなってしまう場合がある．

端点の距離の和，面積 A,面積 B は，どれも 2 直線が直角に近い場合を除き，良い結果が得られた．端点の距離の和は，2 直線が直角に近い場合に変化が緩やかになってしまう問題点があるが，面積 A,B よりもよい結果であり，本研究では端点の距離の和が良いと結論を得た．

4. まとめ

本研究では，ウィンドウ内の 2 直線の比較を行う際に，どの比較方法が最適であるか検討した．直線の情報のみからではなく，ウィンドウ内の線分として類似度を比較し，端点の距離の和(2.4 節)が類似度を調べる係数として，最も良いと結論した．

今後，実験で収集したデータに「端点の距離の和」を用いてデータを分析し，人のなんらかの特性を判定することができないかという研究を進めていく予定である．

参考文献

[1] 金谷 健一：これならわかる応用数学教室 最小自乗法からウェーブレットまで，共立出版，2003.
[2] 舟久保 登：パターン認識 情報・電子入門シリーズ 11，共立出版，1991.