

Title	マウスで書いたサインによる個人識別システムに関する研究
Author(s)	Agus, Fanar Syukri
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1108
Rights	
Description	Supervisor:岡本 栄司, 情報科学研究科, 修士

修士論文

マウスで書いたサインによる個人識別システムに関する研究

指導教官 岡本 栄司 教授

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

アグス ファナル シュクリ

1998年2月13日

目次

1	はじめに	1
1.1	研究の背景	1
1.2	研究の目的	2
2	提案システム	3
2.1	サインによる個人識別	3
2.2	マウスで書いたサインによる個人識別システムの提案	4
3	サインパラメータ	5
3.1	実験目的	5
3.2	実験システム構成	5
3.3	実験対象と方法	5
3.4	実験結果と評価	8
3.5	考察：加速度パラメータについて	8
4	提案システムの実装	18
4.1	システム構成	18
4.2	システムの流れ	18
4.3	処理の詳細	19
5	提案システムの実験	21
5.1	実験目的	21
5.2	実験の準備	21
5.2.1	誤認と認証失敗の定義	21

5.2.2	システムの認証パラメータと認証確定値の計算方法	22
5.3	実験システム構成と方法	22
5.4	実験結果と評価	22
5.5	実験結果の考察	23
5.6	システム評価	24
6	動的な DB による認証実験	25
6.1	実験背景と目的	25
6.2	実験システム構成と方法	25
6.3	実験結果と評価	26
7	おわりに	27
7.1	まとめ	27
7.2	今後の課題	27
	謝辞	29
	参考文献	30
	本研究に関する発表	32

第 1 章

はじめに

コンピュータが相互接続されて形成された今日の巨大なネットワークにおいては、誰でも情報が引き出せるという現状がある。そのため、情報の安全性を高める観点から個人識別の重要性がますます高まっている。

セキュリティの基本は不審者を排除することである。これを実現するにはコンピュータなどの端末利用で許可を受けた人物を誤りなく見分け、偽装を見破ることが必要となる。この技術としては個人認証システムが必要不可欠である。

1.1 研究の背景

個人認証方法は大別にして以下の 4 つのカテゴリに分けられているが、一部のシステムは複数の範囲にまたがる [1]。それらのカテゴリにおいて認証に利用されるものは次の通りである。

1. 本人が知っているもの
2. 本人が所有するもの
3. 本人の身体的特徴
4. 本人の無意識的動作の結果

カテゴリ 1. および 2. の例はパスワードおよび印鑑である。カテゴリ 3. と 4. は必ず区別できるわけではないが、指紋は身体的特徴と見なされ、サインは個人が筆跡すること

を制御できないので、無意識的行動の結果と見なされる。

個人識別システム装置

現在研究されている個人識別方式では、指紋による識別をはじめ、顔、耳、瞳、音声などの特徴をとらえて、各個人を識別する技術の開発が進んでいる。これらの識別方法は特別な装置を必要とするので、一般に広く普及するに至るまでは時間がかかる。そのため、できる限りコンピュータの標準入力装置を使った個人識別法が必要であると思われる。現在研究されているものとしては打鍵時間を利用した個人識別法 [2][3] があるが、標準的な識別法とはなっていない。また、マウスを用いた個人識別法も研究されている [11]。この方法では単純な図形を用いるが、この単純な図形が模倣されやすいので、個人識別の対象としては不十分である。

1.2 研究の目的

従来のマウスを用いた個人識別の方法では、マウスでも書き易いと思われる単純な図形を用いたが、単純な図形がなりすまされやすいこともある。そこで、本研究ではマウスで書いたサインによる信頼性が高い個人認証システムを提案する。そして、本提案システムを WS 上で実装して実験を行なう。

第 2 章

提案システム

2.1 サインによる個人識別

サインは一人の人物の名前をシンボル化して書いたものである [5][6]。また、サインは頻繁に書かれるので、意識的な筋肉制御に従わない筆記者の身体的属性と見なされる [1]。他人がサインを真似することは非常に難しい。

昔から、サインは個人の証明として見なされている。その理由 [7] は：

1. サインは本物 (authentic) : 書類受領者にとって、サインは筆記者の証拠である。
2. サインは偽造困難 (unforgeable) : 筆記者は書類に確信し、慎重に筆記するので、他人に偽造されにくい。
3. サインは再利用不可 (not reusable) : 一つの書類から他の書類に写されない。
4. サインは改変不可 (unalterable) : サインした後、書類内容を変更できない。
5. サインは否認困難 (unrepudiatable) : 書類にサインした後、サイン筆記したことを否認が困難である。

現在、サイン検証の方法は書かれたものを目視で行なうため、検証結果が検証者の判断に大きく左右される。その検証をコンピュータに任せることができれば、個人識別の能力をある一定の基準にすることが可能となる。

2.2 マウスで書いたサインによる個人識別システムの提案

マウスで文字を正確に書くことは、タブレット入力で行なわれているよりも難しいと思われて、従来提案された方法では、マウスでも描き易いと思われる単純な図形を用いた個人識別が行なわれた [11]。しかし、実際には単純な図形がなり済ませ易いので、それだけで個人識別を行なうことは不十分だと思われる。そこで、本研究では個人認証の対象となる図形をより複雑化し、さらにコンピュータの標準入力装置を利用して、マウスで書いたサインによる個人認証システムを提案する。また、動的に書かれたサインのパラメータを考慮して、本人認証率を向上させる。そして、その認証システムを実装して認証実験を行なう。

第 3 章

サインパラメータ

3.1 実験目的

オンラインで動的に筆記されるサインにおいて次の十数のパラメータが観察できる。それらのパラメータはサインの縦幅、横幅、面積、サインを構成した点の数、点の座標、極値点の数、サイン長、サイン筆記時間、筆記平均速度、そして筆記加速度などがある。しかし、その全パラメータが個人識別として有効なパラメータとは限らない。そこで、有効なパラメータを調べる実験を行なった。

3.2 実験システム構成

サインパラメータ実験のシステムは WS の X-Window 上で行なわれる。そのシステムの構成を図 3.1 に示す。

3.3 実験対象と方法

サインパラメータ実験の対象としては図 3.2 と図 3.3 に示すように、図 3.2 は同人物（本人）が書いた違うサインを示し、図 3.2 は同サインにおいて本人と非本人が書いたものである。

同人物（本人）が書いた違うサインのパラメータ実験では、4 つのサインを用いた。上の 2 つ (S1 と S2) を本サインと呼び、下の 2 つ (T1 と T2) をテストサインと呼ぶ。S1 と

図 3.1: サインパラメータ実験のシステム構成

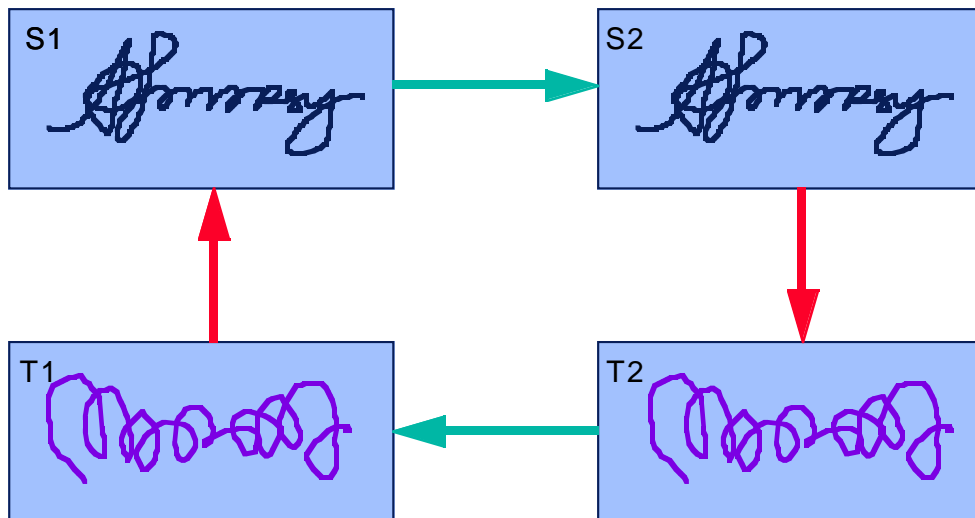


図 3.2: パラメータ実験対象 1 : 同人物 (本人) が違うサインを書く

図 3.3: パラメータ実験対象 2 : 同サインを本人と非本人が書く

S2 はある一人の被験者の同サインで、T1 と T2 はランダムな図形である。

実験は本サイン S1 から始まり、そして $S1 \rightarrow S2 \rightarrow T1 \rightarrow T2 \rightarrow \dots$ という順番で本サインとテストサインのパターンを変化させ、あわせて 100 回のサインで行なった。具体的なサインパラメータ実験の照合処理を次に述べる。

1. サインを筆記する。
2. 入力されたサインデータを正規化して記録する。
3. DB に記録された一つ前のサインデータとの照合を行なう。
4. 照合結果を表示する。

評価に際してパラメータの良さが重要となる。良いパラメータとは同じサイン同士ならば照合でき、違うサイン同士であれば識別できるものである。図 2 で言えば、システムが良いパラメータを用いれば、 $S1 \rightarrow S2$ と $T1 \rightarrow T2$ のサインパターンの変化は高いマッチ率で照合され、 $S2 \rightarrow T1$ と $T2 \rightarrow S1$ の変化はマッチ率が低くなり、異なるサインとして認識される。

3.4 実験結果と評価

サインパラメータ実験結果は以下の図 3.4 ~ 3.21 に示す。縦軸はマッチ率を表し、横軸はサインの数を表す。個人識別システムに利用するには不適切なパラメータがサインの縦幅 (図 3.4、3.13)、横幅 (図 3.5、3.14)、面積 (図 3.6、3.15) とサイン長 (図 3.7、3.16) であった。一方、有効なパラメータはサインを構成する点の数 (図 3.8、3.17)、点の座標 (図 3.9、3.18)、サイン筆記時間 (図 3.10、3.19)、筆記速度 (図 3.11、3.20) と筆記加速度 (図 3.12、3.21) であった。

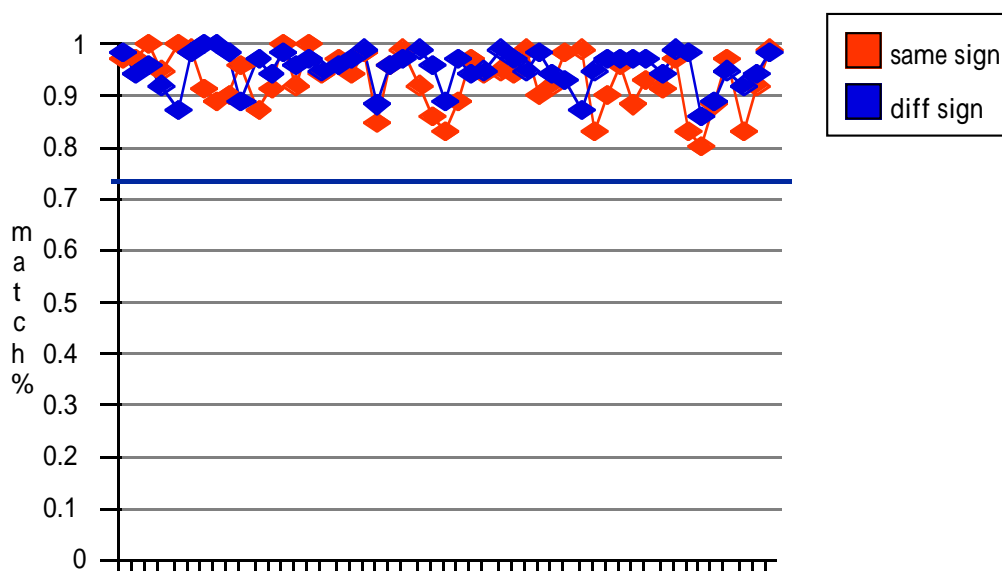


図 3.4: 同人物違いサインの縦幅マッチ率

3.5 考察：加速度パラメータについて

運動の第 2 法則は「運動量が時間によって変化する割合変化速度はその物体にはたらく力に比例し、その力の向きに生じる」ことをいう。運動方程式は次の式に表される。

$$F = ma \tag{3.1}$$

上の式は、力が重さと加速度を測れば求められることをいう [14]。このことををマウスの筆記に適用すると、マウスの重さが一定であるため、ユーザがマウスを押す力はマウス

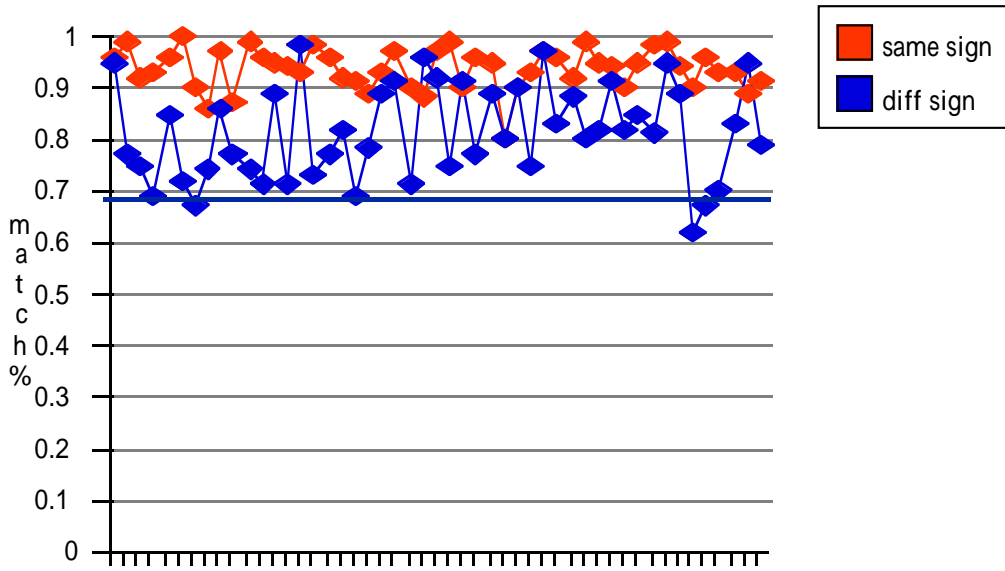


図 3.5: 同人物違いサインの横幅マッチ率

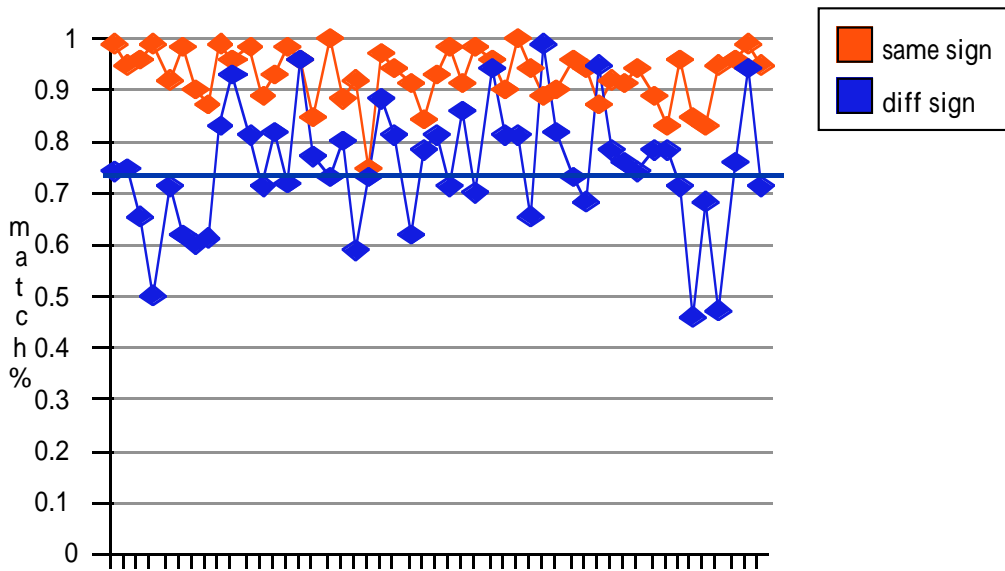


図 3.6: 同人物違いサインの面積マッチ率

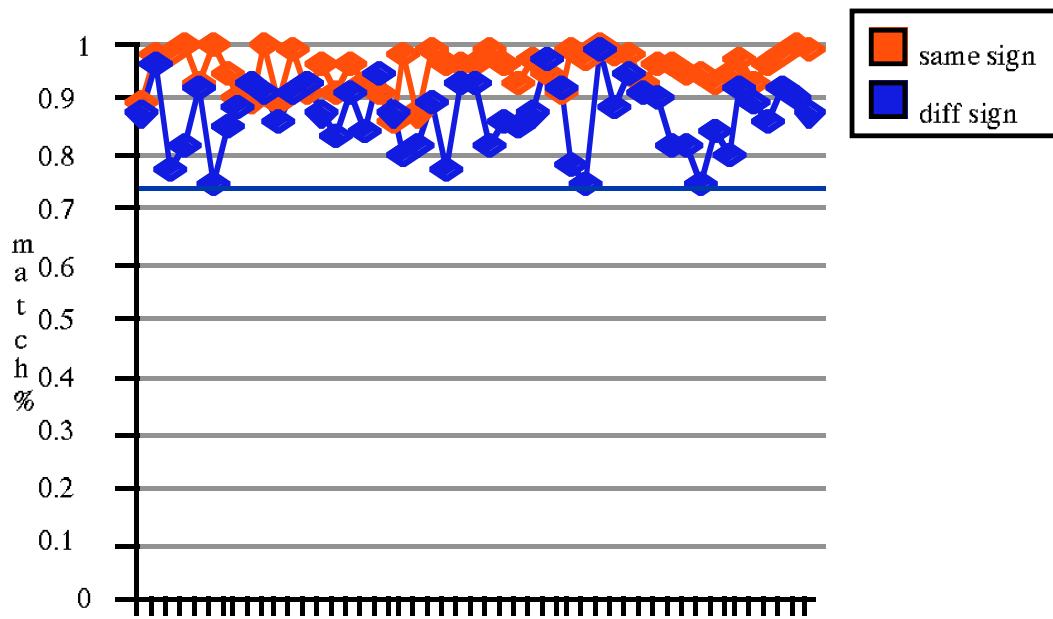


図 3.7: 同人物違いサインの長さマッチ率

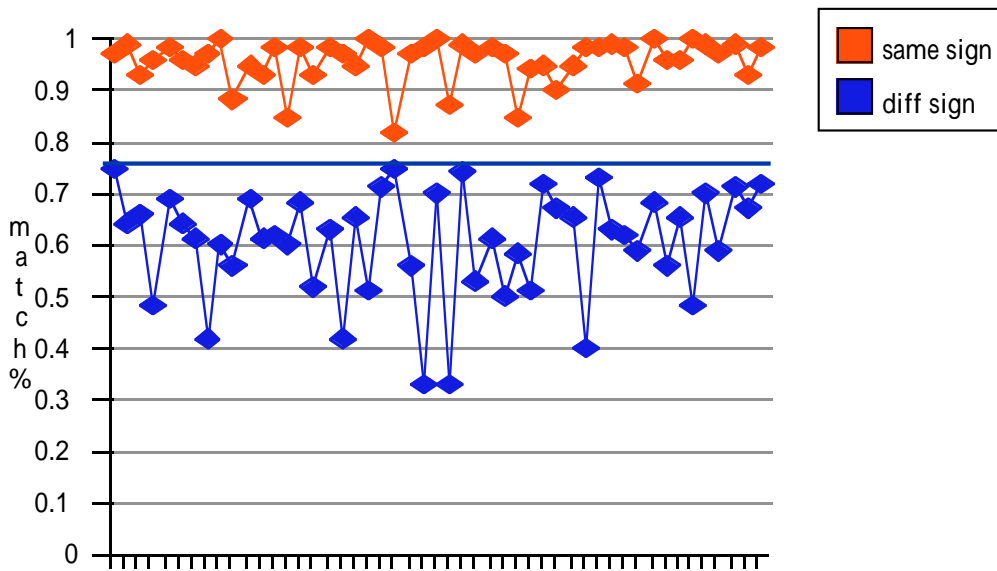


図 3.8: 同人物違いサインを構成する点の数のマッチ率

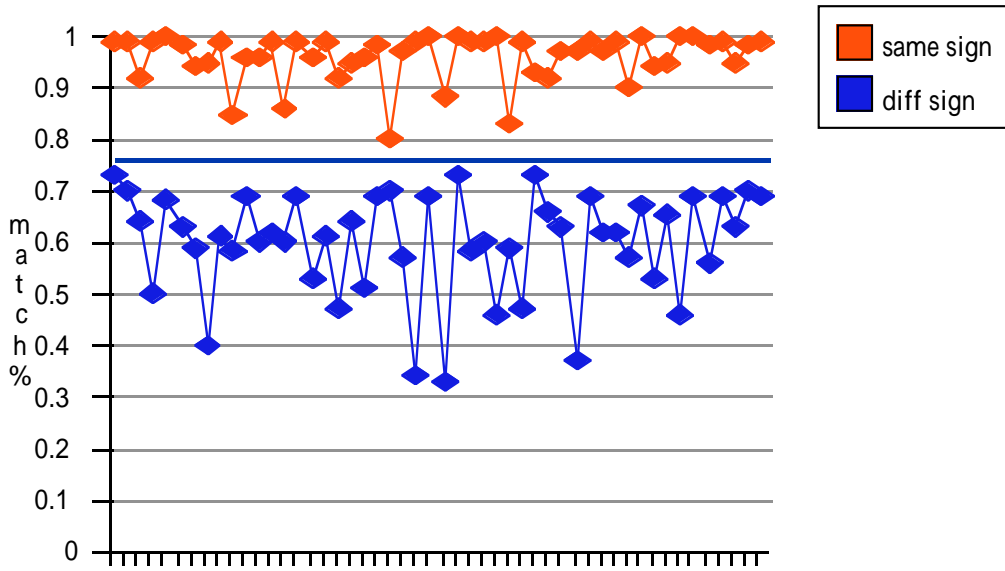


図 3.9: 同人物違いサインを構成する点の座標のマッチ率

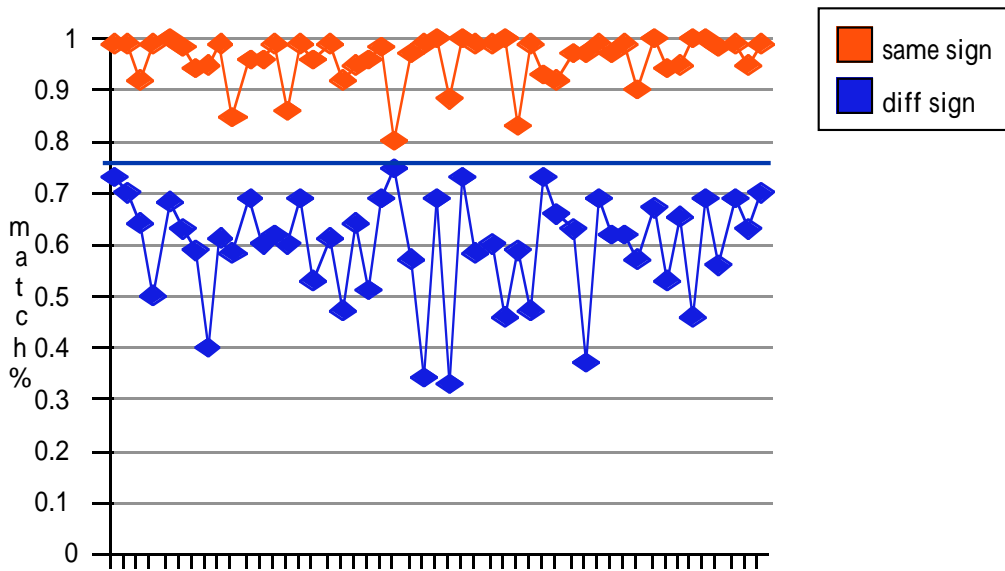


図 3.10: 同人物違いサインの筆記時間のマッチ率

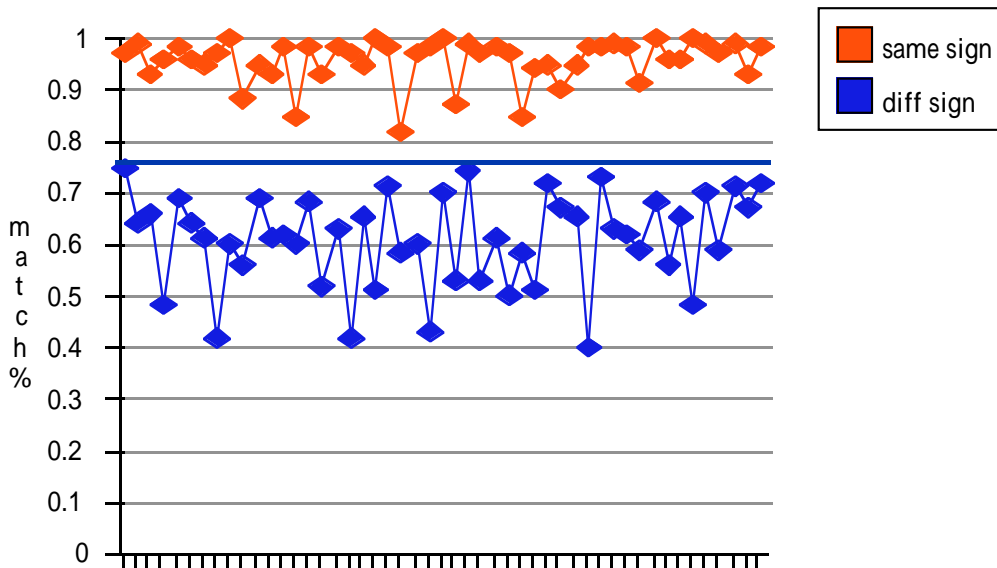


図 3.11: 同人物違いサインの筆記速度のマッチ率

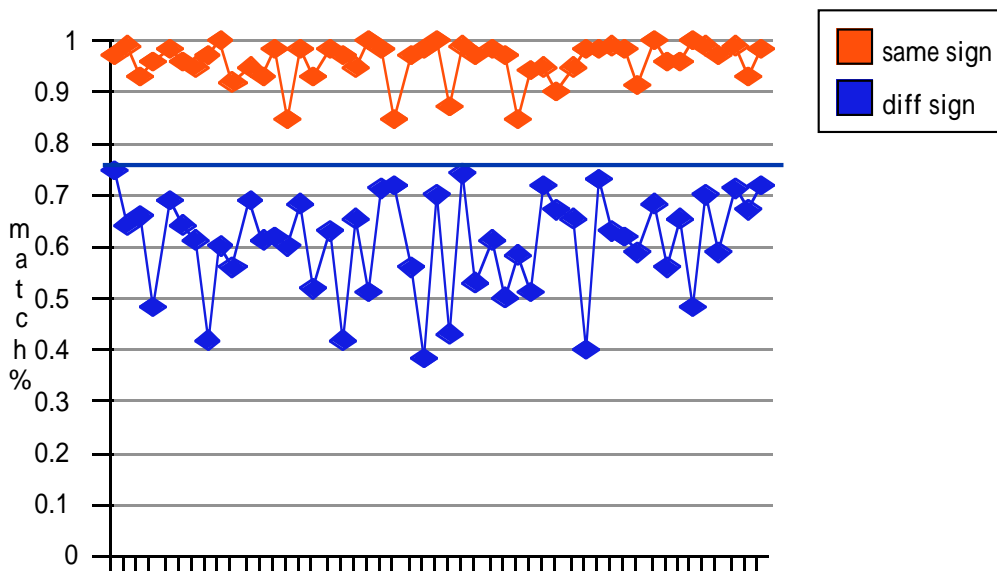


図 3.12: 同人物違いサインの筆記加速度のマッチ率

図 3.14: 異なる人同サインの横幅マッチ率

図 3.16: 異なる人同サインの長さマッチ率

図 3.18: 異なる人同サインを構成する点の座標のマッチ率

図 3.20: 異なる人同サイン筆記速度のマッチ率

図 3.21: 異なる人同サインの筆記加速度のマッチ率

の動きの加速度に比例する。それぞれの人がマウスを動かす加速度が異なるので、加速度のパラメータを個人識別システムに利用するのが最も有効と考える。

第 4 章

提案システムの実装

4.1 システム構成

提案するマウスで書いたサインによる個人識別システムは WS 上で X-Window システムを利用して実装した。システムの構成を図 4.1に示す。

4.2 システムの流れ

システムの流れを以下に説明する。

- 登録

1. 登録しようとする筆記者が 3 回サインする。
2. 得られた筆跡データを前処理し、特徴を抽出する。
3. 処理されたデータをデータベース (DB) へ登録する。

- 照合

1. 照合を試みる者は 1 回サインする。
2. 入力されたデータを正規化して、DB のデータとの照合を行なう。
3. 照合結果を表示する。

図 4.1: システムの構成

4.3 処理の詳細

システムの流れに従ったプログラムの詳細を以下に説明する。

- 登録・照合用筆記プログラム

X-window 上に筆記用のウィンドウを作り、ウィンドウ上でのマウスの動きを必要に応じてファイルに出力する。マウスのウィンドウ上で座標の取得には Xlib にある MotionNotify イベントを利用して取得する [15][16]。

また、本提案システムでは時間の概念を採り入れることとする。これは、マウスが動きはじめてから、サインの筆記が終了するまでの所用時間を知るためである。マウスを動かすスピードには個人差があるので、時間を考慮すれば、マウスで書いたサインのなり済ましは困難になる。時間は Unix のシステム関数である `gettimeofday()` を使い、msec 単位で取得する。一般的に時間を使用する場合、OS やマシンによって誤差が出るが、マウスを動かす人間の動きで $\frac{1}{1000}$ 秒単位の誤差は無視できると考える。取得するデータはマウスボタンを押してから離すまでのマウスの各座標および経過時間である。

- 前処理と正規化プログラム

前処理では、筆記されたサインの最左点と最上点間の距離を基に正規化する。この処理によって、サインはサインウィンドウ内のどの位置にも筆記ができる。

正規化では照合データを DB データと照合できるように、必要に応じて入力サインの領域を抽出し、拡大 / 縮小を行ない、回転する。

3 回入力されたサインが正規化と照合処理の結果、識別閾値より大きければ、登録用データを DB データとして作成される。

- 照合プログラム

照合では、データ出力部から得られたデータを正規化して、DB データと比較する。照合は同じ人がマウスで筆記したサインであれば、多少の誤差があるにしても、類似した経過時間を経て、類似した座標を通るだろう、という仮定に基づいて行なわれる。具体的な照合の方法は：

1. 正規化された入力データを DB データと比較し、差が定めた閾値以下であればマッチとする。
2. 全ての入力データについて、DB データに対するマッチ率を算出する。
3. マッチ率がある一定の識別閾値以上であれば、本人と認める。

第 5 章

提案システムの実験

5.1 実験目的

提案システムの個人認証の精度を調べるために実験を行なった。実験の内容は「本人認証」実験と「なり済まし」実験である。

5.2 実験の準備

5.2.1 誤認と認証失敗の定義

認証システムを使用する際に、起こり得る状況としては以下の 4 通りがある。

1. 正規の利用者が本人であると認証される。
2. 正規の利用者が本人であると認証されない。
3. 不法の利用者が正規の利用者と認証される。
4. 不法の利用者が正規の利用者と認証されない。

ここでは、2. を認証失敗 3. を誤認と呼ぶこととする [2][3]。

5.2.2 システムの認証パラメータと認証確定値の計算方法

提案システムの認証パラメータは次の5つのパラメータを用いた。それらのパラメータはサインを構成する点の座標、点の数、サイン筆記時間、筆記速度と筆記加速度である。

認証確定値の計算方法はパラメータの相加平均ではなく、パラメータの相乗平均で行なった。相乗平均することによって、一つのパラメータ値が小さければ、全体の認証確定値は小さくなる。筆記した人は本人であればおおよそその5つのパラメータが似たような値で安定するが、他人であれば5つとも満たす確率が低い。よって、他人によるサインのなり済ましが困難となると考える。

5.3 実験システム構成と方法

提案システムの実験は図 4.1に示したようにシステム実装の構成で行なわれた。

研究室のメンバーやボランティア学生の21人の被験者にこのシステムを使ってもらい、「本人認証」と「なり済まし」実験を行なった。「なり済まし」実験は、「未知サイン」と「既知サイン」のなり済ましと分けられ、また「既知サイン」は「真似」と「上書き(なぞる)」に分けられる。「未知サイン」のなり済ましは模倣者が本物のサインをどのように書くか知らないときに発生する。サインの「真似」あるいは「上書き」の場合は、模倣者が本物のサインを知っている。「真似」は本物サインを模倣者に見せた後に、模倣者に別の場所を書いてもらった。「上書き」実験は本物サインを模倣者に見せて、模倣者にそのサインの上を書いてもらった。

実験では座標間の距離差の閾値が 50 pixel で、本人かどうかの確定の閾値が 70 %とした。また、照合では入力データを DB に登録されたデータと比較した。DB のデータは被験者が新しい照合用のデータを作成しない限り、そのデータを更新されていないとした。

5.4 実験結果と評価

実験の結果を表 5.1と表 5.2に示す。なり済まし実験結果から、「未知サイン」の場合はなり済まし成功率が 0 %で、「既知サイン」の場合は「上書き」より「真似」のなり済ましの方が困難となることが分かった。

表 5.3に示すように、パラメータの計算では相加平均と相乗平均が本人に影響がないが、

なり済まし者にとっては相加平均よりも相乗平均が困難となることが分かった。

表 5.1: 認証実験の結果

認証成功率	91 %
認証失敗率	9 %

表 5.2: なり済まし実験の結果

認証結果	未知サイン	真似	上書き
誤認率	0 %	4 %	8 %
却下成功率	100 %	96 %	92 %

表 5.3: パラメータ計算方法実験の結果

認証結果	層加平均	相乗平均
認証成功率	91 %	91 %
認証失敗率	9 %	9 %
誤認率 (上書き)	13 %	8 %
却下成功率	87 %	92 %

5.5 実験結果の考察

提案システムの認証成功率は 91 % となった。これは容認できる成功率といえるが、まだ 9 % の改善余地がある。この結果にはマウス操作の習熟度が関連すると考えられる。通常、マウスではサインを書かないため、被験者はマウスによるサインに慣れていない。今回の被験者たちは情報科学科の学生であり、コンピュータに馴染んでいるが、マウスによる筆記には慣れなかった。このため、認証成功率が 91 % に留まった。なお、従来のシステムでの認証成功率は 87 % であった。

一方、今回の実験では、収集されたサインの中に簡単なものがいくつ見受かられた。これは、日本人がサインに馴染んでいないため、実験で登録するサインを簡単なものにしがちなためだと予想される。既知なり済みし実験において、なり済みされ易い簡単なサインが模倣され、結果的になり済みし成功率が高くなかったと考える。

5.6 システム評価

マウスで書いたサインによる個人識別システムの評価は従来のシステムと比較して、表 5.4に示す。従来のシステムでは、単純な図形を用いたため、それを筆記する時間が短く、一方本システムではより複雑な図形（サイン）を用いたため、2.5 倍の時間が掛かった。しかし、本システムは従来システムに比べて DB 容量を 0.39 縮小できた。また、DB 作成時間が 2.7 倍と認証処理時間が 77 倍に高速化した。

表 5.4: システム比較表

比較対象	従来のシステム	本システム
DB 用の筆記回数	5	3
照合用の筆記回数	2	1
DB 容量 (byte)	3935	1513
1 回の筆記時間 (msec)	1978	4697
DB 作成時間 (msec)	37033	13804
認証処理時間 (msec)	1077	14

第 6 章

動的な DB による認証実験

6.1 実験背景と目的

ある一つのサインにおいて、筆記者の筆記回数が増大と伴って、ある時点に安定な書き方になる。例としては筆記回数と筆記速度の関係を図 6.1 に示す。この図 6.1 では、筆記者が本人のサインを 70 回ぐらい筆記した後、ほぼ安定な筆記速度になることが分かった。安定なサインの書き方になるまでの現象を個人識別の対象にすれば個人認証率に関係があると考ええる。

DB に照合用の登録されたデータを作成してから、本人認証が成功すれば、DB を更新して、次の照合処理にそれを利用する個人認証のことを「動的な DB による認証」と呼ぶ。動的な DB による認証率を調べるために実験を行なった。

6.2 実験システム構成と方法

動的な DB による認証実験のシステム構成は図 4.1 に示したシステム実装の構成で行なわれた。

動的な DB による認証実験の登録と照合処理を次のように行なう。

1. 照合を試みる者は 1 回サインする。
2. 入力されたサインデータを正規化して、一つ前の DB に記録されたサインデータと照合する。

図 6.1: 筆記回数と筆記速度の関係

3. 照合結果を表示する。本人と認証されれば、DB のデータを更新して、次回の照合処理に利用する。

6.3 実験結果と評価

動的な DB による認証実験の結果を表 6.1 に示す。結果から、本人がサインの筆記に慣れれば慣れるほど本人認証率が 2 % に向上し、他人によるなり済ましが約 2 倍困難となることが分かった。

表 6.1: 動的な DB を用いた認証実験の結果

	静的な DB	動的な DB
認証成功率	91 %	93 %
認証失敗率	9 %	7 %
誤認率 (上書き)	8 %	4 %
却下成功率	92 %	96 %

第 7 章

おわりに

7.1 まとめ

- マウスで書いたサインを用いた個人認識システムを提案した。
- 提案システムによる個人認証システムを実装して実験を行ない、本人認証率が従来のシステムの 87 % から本システムの 93 % に 6 % 向上した。
- サインを用いる個人識別システムには筆記加速度パラメータが大変有効である。
- いくつかのパラメータを用いる個人識別システムにおいて、認証確定値の計算をパラメータの相加平均ではなく、相乗平均で行なえば、他人によるなり済ましがより困難となる。
- 動的 DB を用いることにより、他人によるなり済ましがより困難となる。

7.2 今後の課題

今後の課題を以下に示す。

- 個人認証率を向上させるようにアルゴリズムを改良する。
- 異なるマウスで検証実験を行なう。

- マウスで書いた任意の不特定な図形において、個人に依存する筆記の特徴を抽出する個人認証システムを検討することである。これによって、ユーザが任意の多様な図形を書いた場合であっても認証できるシステムを実現する。

などがあげられる。

謝辞

まず、アッラーに深く感謝します。JAIST での勉強が経済的な理由で一時休学になりましたが、アッラーのお蔭で博士前期課程を卒業できます。

本研究におきまして日頃より多くの御指導と御助言を頂いた岡本 栄司教授、そして東北大学の満保 雅浩先生に深く感謝致します。

岡本研究室の諸氏からは多くの有益な助言を頂き感謝致します。また、多忙にもかかわらず実験に参加し研究に協力して下さいました岡本研究室の学生諸氏と JAIST の学生諸氏に感謝致します。

最後に、いつも応援し励ましてくれる愛しい妻、ヤニ、いつも元気づけてくれる息子、イファン、母国でいつも応援と祈りして頂いた家族、そして日本にいるインドネシア留学生たちと JAIST で一緒に頑張っている友人たちにも感謝します。

参考文献

- [1] D.W. Davies, W.L. Price (共著) 上園 忠弘 (監訳), “ネットワーク・セキュリティ”, 日経 BP 社, (1990).
- [2] 粕川 正充, 森 裕子, 小松 賢嗣, 赤池 英夫, 角田 博保, “打鍵データに基づく個人認証システムの評価と改良”, 情報処理学会論文誌 Vol.33, No.5, (1992).
- [3] 粕川正充, 角田博保, 森裕子, “アルペジオ打鍵列を利用した個人認証手法の提案”, 情報処理学会論文誌, Vol. 34 No. 5, pp. 1198-1205 (1993).
- [4] 柴宮 実, 濱 正章, 藤田 不二男, 甲原 忠敬, 久芳 靖, “セキュリティ管理の技術-実践的機密保護へのアプローチ”, 日科技連, (1993).
- [5] 吉村 ミツ, 吉村 功, “筆者認識技術の最近の動向”, 電子情報通信学会誌, Vol.72, No.7, pp.788-791, (1989).
- [6] 吉村 ミツ, 吉村 功, “筆者認識研究の現段階と今後の動向”, 進学技報, PRMU96-48, pp. 81-90 (1996).
- [7] Schneier, Bruce, “Applied Cryptography”, John Wiley & Son Inc, (1996).
- [8] 土井 範久, “コンピュータネットワークにおけるセキュリティ対策”, コンピュータネットワークにおけるセキュリティ対策の研究, pp.3-22, (1996).
- [9] 山崎 恭, 小松 尚久, “身体特性に基づく個人認証システムにおける個人性の抽出方法”, 電子通信学会論文誌, B-I, 5, pp.373-380, (1996).
- [10] 山崎 恭, 小松 尚久, “カテゴリー化された筆跡情報に基づく個人性抽出手法”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol.J79-D-II, No.8, pp.1335-1346, (1996).

- [11] 林 賢一, 岡本 栄司, 満保 雅浩, 植松 友彦, “マウスを用いた新しい個人識別方式の提案”, 1997 年暗号と情報セキュリティ・シンポジウム, SCIS97-19A, (1997).
- [12] 管 知之, 三沢 永, 東 昌弘, “本人認証の参照モデル”, SCIS'97, (1997).
- [13] 安居院 猛, 中嶋 正之, “コンピュータ画像処理”, 秋葉出版, (1989).
- [14] 戸田 盛和, “物理学入門コース：力学”, 岩波書店, (1992).
- [15] 松田 晃一, “～基礎から実践まで～X ウィンドウ実践技術講座”, ソフト・リサーチ・センター, (1992).
- [16] 木下 凌一, “X-Window Ver.11 プログラミング”, 日刊工業新聞, (1996).
- [17] 安居院 猛, 中嶋 正之, 木見尻 秀子, “C 言語による画像処理”, 昭晃堂, (1992).
- [18] 安居院 猛, 長尾 智晴, “画像処理と認識”, 昭晃堂, (1993).

本研究に関する発表一覧

- [1] Agus Fanar Syukri, 岡本 栄司, 満保 雅浩, “マウスで書いたサインによる個人識別システムの提案”, SCIS'98, (Jan 1998).