自然と数理8「情報と数理の世界」

第6回　人工知能とロボット3

名古屋市立大学
システム自然科学研究科
渡邊　裕司

渡邊担当分「人工知能とロボット」のスケジュール（案）

日付	通算回	講義内容
~~10/17~~	~~第4回~~	~~人工知能の概要、基礎的研究~~
~~10/24~~	~~第5回~~	~~ゲーム情報学、生物に学んだ機械学習~~
10/31	第6回	データマイニング、スマートフォンのセキュリティ
11/7	第7回	サイボーグ、ロボット

授業で用いた資料は、10月28日より下記サイトにて公開
http://www.nsc.nagoya-cu.ac.jp/~yuji/lecture/InfoMathWorld/

今日のお話

- スマートフォンのセキュリティ
  - 現状と脅威
  - 利用者の対策
- 研究事例
  - コンピュータセキュリティシンポジウム2012, 2013
  - 行動的特徴を用いたログイン時以外の認証
    - タッチ操作に基づく認証
    - データマイニング
    - 加速度センサを用いた歩行時の認証

スマートフォンのセキュリティ

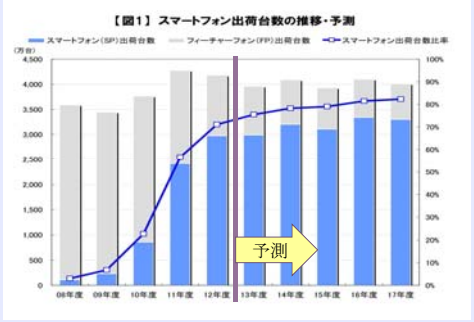
問1：主に使っている携帯電話は何ですか？

1. Androidスマートフォン
2. iPhoneスマートフォン
3. 従来の携帯電話
4. 携帯電話を持っていない

Nexus 4
by developer.
android.com

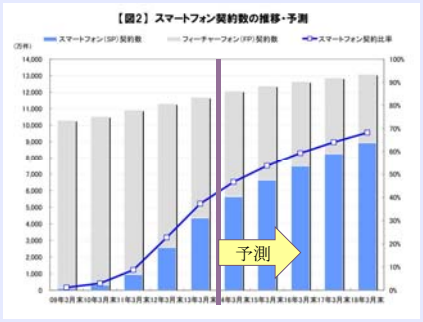
iPhone 5s
by Zach Vega

国内のスマートフォン出荷台数の推移・予測



出典：株式会社MM総研「スマートフォン市場規模の推移・予測（2013年10月）」

国内のスマートフォン契約数の推移・予測

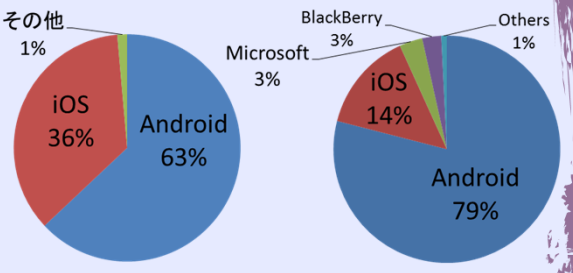


出典：株式会社MM総研「スマートフォン市場規模の推移・予測（2013年10月）」

スマートフォンのOS別の契約率

基本ソフトウェア

- 国内（2013年9月末）
- 世界（2013年6月末）

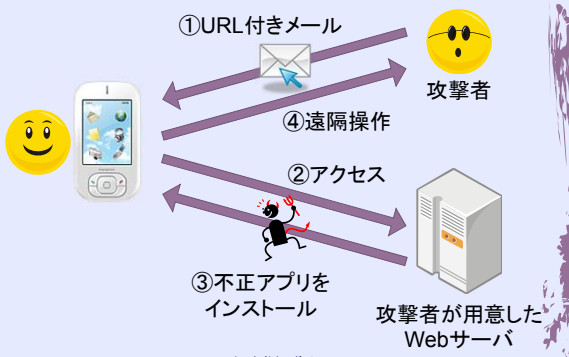


出典：株式会社MM総研　出典：Gartner社

ニュース：不正アプリで個人情報流出

著作権に抵触する恐れがあるため削除
2012年10月31日の個人情報流出の新聞記事を探してください
（読売新聞ならば2012年11月9日に関連記事があります）

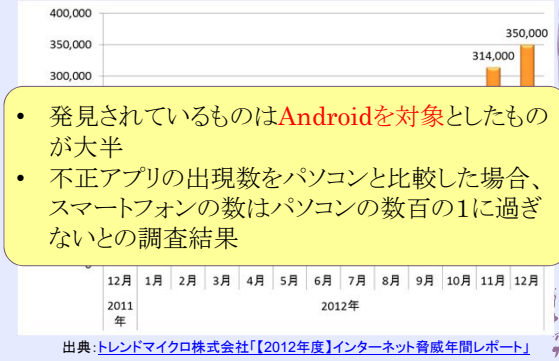
スマートフォンに対する不正アプリの具体例



スマホ対象の不正アプリ

発見年月	名称	OS	概要
2009年11月	iKee	iOS	JailbreakしたiPhoneに感染し、勝手に壁紙を変更するワーム
2010年8月	FakePlayer	Android	Androidを狙った初めてのマルウェア。ロシアのプレミアムSMSに勝手に送信する
2010年12月	Geinimi	Android	Androidを狙った初めてのボットウイルス。インストール後、端末内の情報を収集し、サーバからの指令を待つ
2011年2月	DroidDream	Android	OSのぜい弱性を突き、管理者権限を奪取するボットウイルス。起動時に、定期的にサーバと通信し、コマンドやアップデートを実行する
2011年5月	Lightdd	Android	アプリケーション起動なしに端末を監視し、着信や受信、通話の終了などの際に悪性コードを実行し、外部に情報を送信する
2012年1月	FakeTimer	Android	電話番号やメールアドレス等を外部に送信するとともに、これらの情報とともに架空の利用料金を請求するポップアップを画面に表示させる

Android端末に感染する不正アプリ数



- 発見されているものはAndroidを対象としたものが大半
- 不正アプリの出現数をパソコンと比較した場合、スマートフォンの数はパソコンの数百の1に過ぎないとの調査結果

出典：トレンドマイクロ株式会社「【2012年度】インターネット脅威年間レポート」

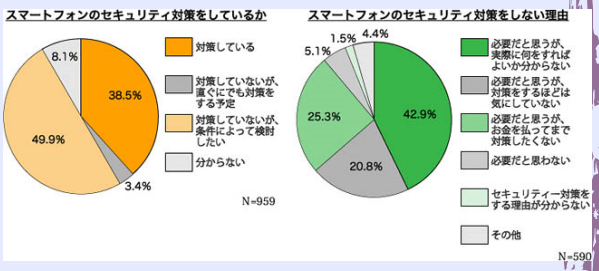
問2：スマートフォンのセキュリティ対策をしていますか？

1. 対策している
2. 対策していないが、直ぐにでも対策をする予定
3. 対策していないが、条件によって検討したい
4. 分からない

問3：スマートフォンのセキュリティ対策をしない理由は何ですか？

1. 必要だと思うが、実際に何をすればよいか分からない
2. 必要だと思うが、対策をするほどは気にしていない
3. 必要だと思うが、お金を払ってまで対策したくない
4. 必要だとは思わない
5. セキュリティ対策をする理由が分からない
6. その他

スマートフォンの情報セキュリティに関する利用者の意識



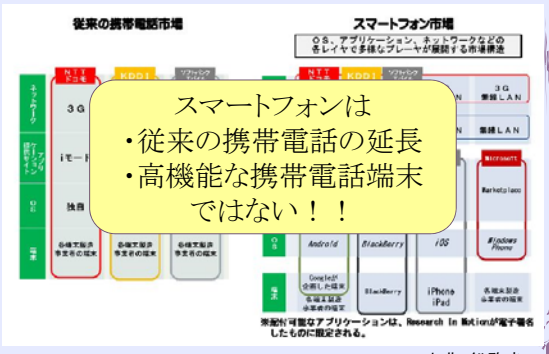
出典：総務省スマートフォン・クラウドセキュリティ研究会最終報告、
株式会社ネットマイル「スマートフォンのセキュリティに関する調査」

平成24年7月27日掲載の政府広報

スマートフォントと携帯電話との相違

- 使いたいアプリケーションを自由にインストール可能
- タッチパネルを搭載した製品が多い
- 通信キャリアのネットワークだけでなく無線LANを経由した通信も可能
- 端末メーカ、OS提供業者、通信キャリア、アプリケーション提供業者が混在した水平展開型のサービス

スマートフォンのビジネスモデル



出典：総務省

スマートフォントとパソコンの相違

- 電話、カメラ、GPS等のデバイスを搭載
  プライバシー問題
- 小型で処理能力が限られるためセキュリティに割けるリソースが少ない
  →アプリケーションを制限された範囲でのみ動作させるアクセス制限（サンドボックス）の使用
  →OSの設計としては、一般的にパソコンより安全性が高い

スマートフォンにおける主な利用者情報

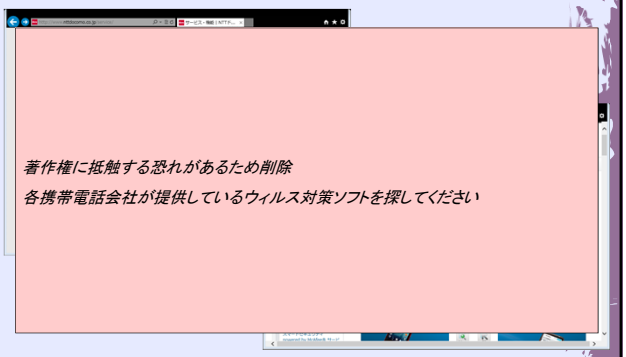
出典：総務省

スマートフォン情報セキュリティ3か条

1. **OS（基本ソフト）を更新**
   - 更新の際には、機能の追加修正のほかに、ぜい弱性の修正
   - 古いOS ではウイルス感染や情報漏えいの危険性が高い
2. **ウイルス対策ソフトの利用を確認**
   - ウイルスの混入したアプリケーションが発見
   - 携帯電話会社などが提供するウイルス対策ソフトを導入
3. **アプリケーション（アプリ）の入手に注意**
   - アプリの事前審査を十分に行っていないアプリ提供サイトでは、ウイルスの混入したアプリが発見
   - 安全性の審査を行っている提供サイトを利用
   - インストールの際にはアプリの機能や利用条件に注意

出典：総務省（配布資料）

携帯電話会社のウイルス対策ソフト



アプリケーション提供サイト

アプリケーション提供サイト			提供アプリケーション		
運営者	名称	種別	提供対象	登録数	事前審査
Apple	App Store	配信	iPhone, iPad	約58.5万（平成24年2月）	あり
Google	Google Play	配信	Android	45万以上（平成24年3月）	なし
NTTドコモ	dマーケット	紹介	NTTドコモのAndroid	約1,000（平成24年3月）	あり
KDDI	au Market	配信	KDDIのAndroid	約7,500（平成24年4月）	あり
ソフトバンクモバイル	@アプリ	紹介	ソフトバンクモバイルのAndroid	約2,000（平成24年4月）	あり

出典：総務省

Google Play™の安全への取り組み

- ユーザからの指摘を受けて迅速に悪性アプリを駆除
- 悪性アプリの事前審査、定期検査を担う“Bouncer”の導入
- 開発者登録としてクレジットカードの登録、$25の支払い

Google play

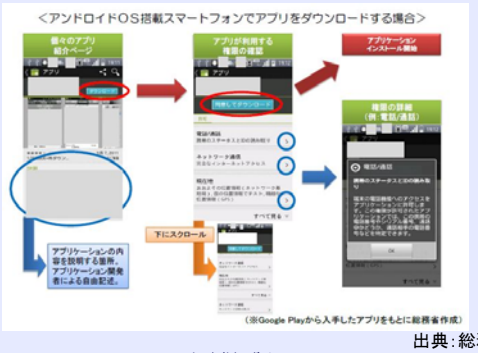
一定の安全性は確保、しかし…

出典：KDDI研究所 竹森敬祐、「スマートフォンとセキュリティ」、平成24年第1回学術情報基盤オープンフォーラム資料、2012/07/04

スマートフォンプライバシーガイド

- スマートフォンのサービス構造を知る
  - 従来の携帯電話と違い水平展開型のサービス
- アプリの信頼性に関する情報を自ら入手し理解するように努める
  - 利用者も受け身ではなく、アプリケーションの機能や評判、提供者など、アプリケーションの信頼性に関する情報を自ら入手し、理解に努める
  - さらに不安ならば、利用を避けることも大切
  - 例：LINE、読売新聞「LINEのシステム変更＆設定 2013年版まとめ」
- 利用者情報の許諾画面等を確認する（次のスライド）

利用者情報の利用許諾画面の例



出典：総務省

その他の対策

- 盗難・紛失時に不正利用されないために
  →従来の携帯電話と同様にパスワードなどで端末にロック
  →リモートロック、リモート検索、リモートワイプも併用

スマートフォンを使って他の端末をインターネットに接続する機能

- iOSとAndroidでの制限を解除しないこと
  - 制限：アプリケーション、テザリング、カスタマイズ
  - 方法：iOSではJailbreak（脱獄）、Androidではroot化
  - 理由：不正プログラムが感染しやすく、メーカサポートが受けられなく可能性が増大

行動的特徴を用いたログイン時以外の認証

当研究室での最新研究事例

コンピュータセキュリティシンポジウムCSS2012

CSS2012の写真

CSS2012のプログラム(1日目)

日程表

日時	時間	会場1 小ホール	会場2 国際会議場	会場3 501会議室	会場4 601会議室	会場5 多目的ホール	会場6 401会議室	デモ会場 3階ホワイエ
10月30日(火)	09:30-12:00	MWS Cup 解析/MWSハンズオン	---	---	---	---	---	---
	13:00-14:20	1A1 MWS(静的解析)	1B1 Android セキュリティ(1)	1C1 秘密分散・共通鍵暗号(1)	1D1 個人情報・プライバシ保護(1)	---	---	---
	14:40-16:00	1A2 MWS(動的解析)	1B2 Android セキュリティ(2)	1C2 秘密分散・共通鍵暗号(2)	1D2 個人情報・プライバシ保護(2)	---	---	デモ
	16:10-17:10	---	特別講演1	---	---	---	---	
	17:20-18:20	MWS Cup 講評	---	---	---	---	---	---
	18:30-21:00	---	---	---	---	CSSx2.0	---	---

CSS2012のプログラム(2, 3日目)

背景

- スマートフォンの爆発的な普及
- スマートフォンにはアドレス帳など多くの重要な個人情報
- これらの個人情報を不正使用者から守ることが必要

- ユーザ認証システム
  - パスワード認証(IDとパスワードを利用)
  - バイオメトリクス認証(身体的特徴・行動的特徴を利用)

パスワード認証

ユーザIDとパスワードが一致 ⇒ *正規ユーザ*

- 利点
  - 導入が容易
  - 正しいパスワードならば認証に失敗しない
- 問題点
  - パスワードが外部に漏洩すると容易に不正使用可能
  - パスワード認証はログイン時に一度だけ行うことが多く、ログイン時以外には正規ユーザだけでなく不正使用者も自由にアクセス可能

身体的特徴を利用したバイオメトリクス認証

- 指紋や静脈、網膜を利用
- 利点
  - ユーザ間の差が明確であるため、ユーザ識別が容易
  - 時間的変化に強い
- 問題点
  - 認証時に専用の読み取り機が必要
  - 身体的特徴の損失(怪我など)
  - ユーザ情報が一度漏洩すると、不正ユーザの侵入を防止することが困難
  - ログイン後の頻繁な認証はわずらわしい

行動的特徴によるバイオメトリクス認証

- パソコンでは1990年代から個人の操作の特徴や癖を用いた行動的特徴によるバイオメトリクス認証の広範な研究
  - キー操作、マウス操作、コマンド列

- 利点
  - 指紋読み取り機など特別な装置が不要
  - ログイン時以外も継続的に監視が可能

- 問題点
  - ユーザの作業、心理状態、時間変化の影響を受けやすい
  - 識別すべき人数が増加するにつれて認証精度が悪化

スマートフォンにおける行動的特徴による認証

- 携帯電話やスマートフォンにおける行動的特徴による認証の研究も最近始められつつある
  - キー操作
  - 加速度センサ
  - タッチパネル
  - 複数センサ
- ログイン時以外の認証を扱った研究はまだ少ない
  - ログインタスクは全ユーザに対して共通にできる
  - しかし、ログイン時以外ではタスクはユーザ毎に異なり、認証は難しくなる

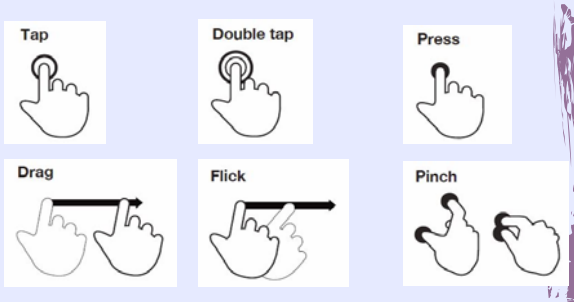
研究の最終目的

- 最終目的
  スマートフォンにおいてタッチパネル、加速度センサなど複数センサから各ユーザの操作や行動の特徴を抽出し、ログイン時以外も継続的に認証するシステムの構築

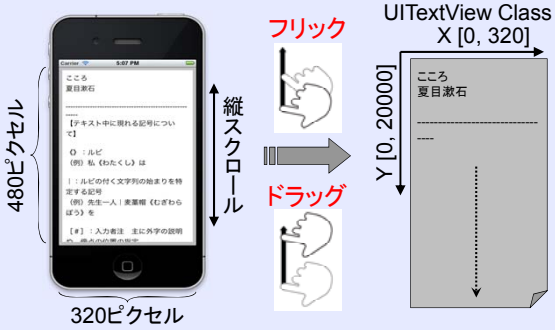
手始めに

タッチ操作に着目
タッチパネル式のスマートフォンでは独特の操作（フリック、タップ、ピンチなど）があり、認証に利用できるかどうか？

スマホにおける基本タッチ操作

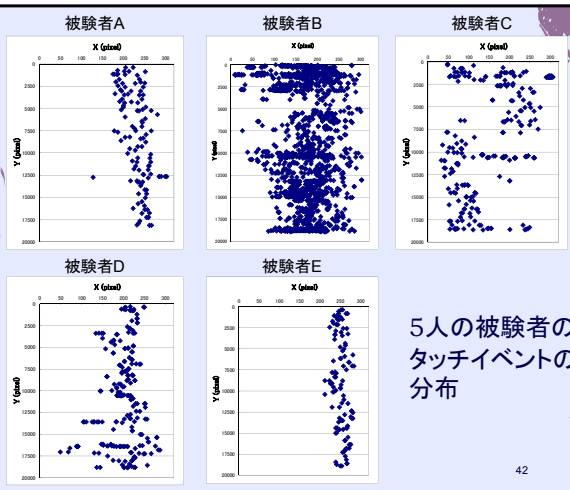


iOS用簡易文章閲覧アプリ



操作履歴の取得

- 簡易文章閲覧アプリによって取得される操作履歴は$\{event, (x, y), t\}$の形式
  - *event* :1. 指をタッチした瞬間
    2. 指を動かしたとき
    3. 指を離したとき
  - (x, y) :タッチイベントを検出したときの座標位置
  - t :検出時刻



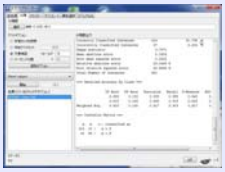
5人の被験者のタッチイベントの分布

操作特徴の抽出

- 操作履歴から基本的な操作特徴を抽出
  1. 指のX座標
  2. 指の移動距離
  3. 指の移動速度
  4. 指の移動角度
- オーバーラップさせつつ、10操作単位で各操作特徴の平均値と標準偏差を計算

分類アルゴリズム

- 認証：本人かそうでないかを分類
  →特徴の平均値と標準偏差に分類アルゴリズムを適用
- 分類アルゴリズムとして、加速度センサを用いた既存研究を参考にして、WEKAのデータマイニングソフトから決定木(J48)とニューラルネットワーク(NN)を使用
- 設定はデフォルトのまま、10分割交差検証を使用



データマイニング

- データマイニングとは、
  - 大量の整理されていないデータから役に立つと思われる情報を見つけだす手法
  - 例：ネットショッピングで、過去の買い物データをもとに「おすすめ品」を提示
- 機械学習との違い
  - 機械学習と交差する部分が大きく、技法も同じなので混同されやすい
  - 機械学習の目的は、訓練データから学んだ「既知」の特徴に基づく予測
  - データマイニングの目的は、それまで「未知」だったデータの特徴の発見

機械学習

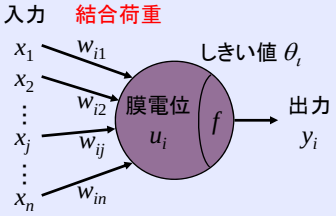
前回資料

- 機械(コンピュータ)が自らの経験から将来使えそうな知識を発見・獲得すること
- 手法
  - 決定木学習
  - ニューラルネットワーク ← 脳・神経系
  - 進化論的計算手法 ← 遺伝・進化系
  - 人工免疫システム ← 免疫系
  - 強化学習
  - サポートベクターマシン
  - ベイジアンネットワーク 等

生物に学んだ

ニューロンモデル

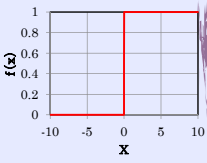
前回資料



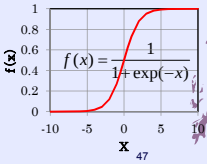
$$u_i = \sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_j$$

$$y_i = f(u_i - \theta_i)$$

階段関数



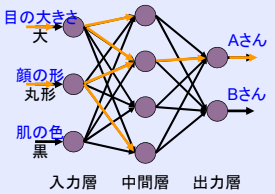
シグモイド関数



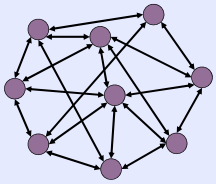
ニューラルネットワーク

前回資料

- 階層型ネットワーク

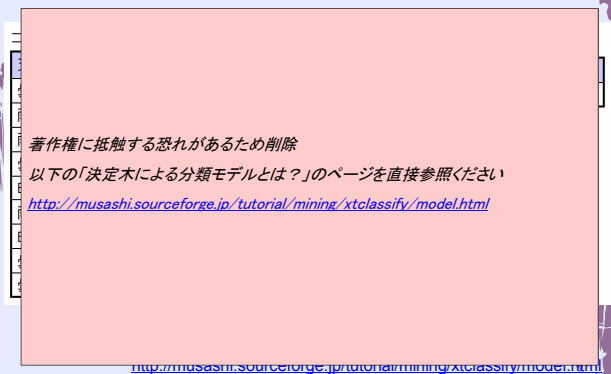


- 相互結合型ネットワーク



ニューラルネットワークの学習：
ニューロン間の結合荷重を変更→所望の出力を獲得

決定木の例：ゴルフする？しない？



著作権に抵触する恐れがあるため削除

以下の「決定木による分類モデルとは？」のページを直接参照ください

http://musashi.sourceforge.jp/tutorial/mining/xtclassify/model.html

予備実験結果

- 被験者は5人（内スマートフォン所持者は4人）
- 作成した簡易文章閲覧アプリをiPod touchで使用してもらい、操作履歴を取得

被験者	検出できたイベント数	検出できた移動距離の数
A	120	7
B	2420	339
C	270	52
D	250	72
E	110	24

タッチ操作の結果：FARとFRR

被験者	決定木(J48)		ニューラルネットワーク(NN)	
	FAR (%)	FRR (%)	FAR (%)	FRR (%)
B	18.2	4.5	12.4	4.2
C	0.7	9.3	1.2	7.0
D	4.9	25.4	1.3	14.3
E	0	0	0.2	0
Ave.	5.95	9.8	3.78	6.38

評価指標：FARとFRR

提出用資料

- 他人受入率（False Acceptance Rate: FAR）
  - 他人を誤って本人として受け入れてしまう割合

$$\text{FAR} = \frac{\text{認証システムが受け入れた他人のデータ数}}{\text{他人のデータ数}}$$

- 本人拒否率（False Rejection Rate: FRR）
  - 本人を誤って他人として拒否してしまう割合

$$\text{FRR} = \frac{\text{認証システムが拒否した本人のデータ数}}{\text{本人のデータ数}}$$

- FARとFRRともに小さいほど好ましい認証
  - 指紋認証　FAR 0.0001%　FRR 0.001%
  - 顔認証　FAR 0.1%　FRR 1%
  - オンライン署名認証　FAR 0.6%　FRR 0.2%

タッチ操作の結果：FARとFRR

被験者	決定木(J48)		ニューラルネットワーク(NN)	
	FAR (%)	FRR (%)	FAR (%)	FRR (%)
B	18.2	4.5	12.4	4.2
C	0.7	9.3	1.2	7.0
D	4.9	25.4	1.3	14.3
E	0	0	0.2	0
Ave.	5.95	9.8	3.78	6.38

- 被験者によって認証精度がかなり異なる
- 決定木よりもニューラルネットワークの方が良い精度である

他の認証研究と比較すると、十分に良い精度とは言えない

コンピュータセキュリティシンポジウム CSS2013

CSS2013の写真

CSS2013のプログラム(3日目)

CSS2013で発表した最新研究

- **3D1-1: Android端末におけるタッチ操作の特徴を用いた個人認証に向けたアプリケーションの開発**
  - ◎藤田 奨、渡邊 裕司 (名古屋市立大学)
- **3D1-2: スマートフォンの加速度センサを用いた歩行時の認証に関する一考察**
  - ◎彭 龍、渡邊 裕司 (名古屋市立大学)

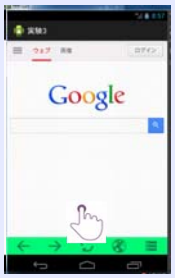
新アプリケーション

新アプリケーション	旧アプリケーション
Android OS	iOS
マルチタッチ	シングルタッチ
文章閲覧・画像操作・Webブラウジング	文章閲覧
スクリーン上のイベントの取得	テキスト上のイベントの取得

より多くの状況での操作記録を取得することが可能

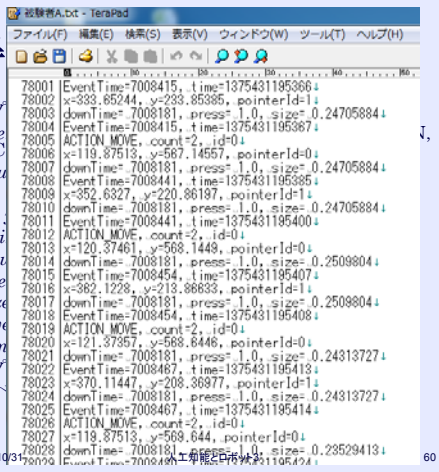
アプリケーションの構成

- アンケート
  - 性別・年齢・使用年数
  - スマートフォンにおけるセキュリティについて
- 実験1
  - 画像操作
- 実験2
  - 文章閲覧
- 実験3
  - Webブラウジング



アプリ実験3を押し起動後

取得



予備実験

- デバイス：SONY NW-Z1050
- スクリーンサイズ：800×480（4.3インチ）
- 被験者：2人
- 実験手順：
  1. アンケート
  2. 基本操作（直線を描く等）
  3. 文章を読む
  4. Webブラウザを利用し課題を解く
     - 課題例：日本の第10代の内閣総理大臣はだれか？

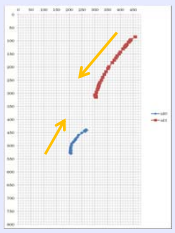
各実験でのピンチ操作の回数

追加機能のマルチタッチについて分析

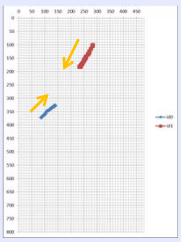
実験	ピンチ操作	被験者A	被験者B
実験1	ピンチイン	17回	16回
	ピンチアウト	14回	16回
実験2	ピンチイン	5回	0回
	ピンチアウト	1回	0回
実験3	ピンチイン	5回	5回
	ピンチアウト	11回	5回

ピンチイン操作における特徴の例

実験1で得られたプロット



被験者A

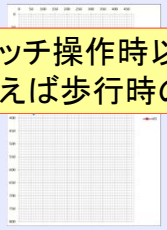


被験者B

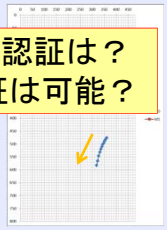
ピンチアウト操作における特徴の例

実験3で得られたプロット

タッチ操作時以外の認証は？
例えば歩行時の認証は可能？



被験者A



被験者B

加速度センサを用いた既存認証研究

Step 1 自作Androidアプリを使って、歩行・走行・階段昇降時の3軸加速度データを取得

↓

Step 2 加速度データから43個の特徴を抽出

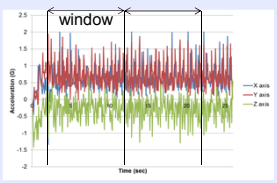
↓

Step 3 分類アルゴリズム（決定木とニューラルネットワーク）を用いて認証・識別 → 90%以上の識別精度を達成

[Kwapisz 10] J. R. Kwapisz, G. M. Weiss, and S. A. Moore, "Cell Phone-Based Biometric Identification," *Proc. of the 4th IEEE International Conference on Biometrics: Theory Applications and Systems*, pp.1-7, 2010.

加速度取得アプリ

- 3軸加速度センサ値を毎秒20データで記録するiOS用アプリを開発
- 時系列データに対してオーバーラップを許さないサイズ200のウインドウに分割



- 各ウインドウに含まれるデータから43個の特徴を抽出

43個の特徴

- 平均値(3軸) $\bar{x} = \sum_{i=1}^{200} x_i /200$
- 標準偏差(3軸) $\sqrt{\sum_{i=1}^{200} (x_i - \bar{x}) /200}$
- 平均絶対偏差(3軸) $\sum_{i=1}^{200} |x_i - \bar{x}| /200$
- 平均合成加速度 $\sum_{i=1}^{200} \sqrt{x_i + y_i + z_i} /200$
- ピーク間の時間(3軸)
- ビン分布(3軸×10個)

実験

- 端末:iPod touch
- 被験者:8人
- 行動:歩行
- 方法:
  被験者はポケットにiPod touchをいれ、約50m距離の廊下に沿って5回往復(約7-8分)
  歩行が終了したら、iTunes経由で記録された各加速度データを取得

歩行時の認証結果

被験者	決定木(J48)		ニューラルネットーワーク (NN)	
	FAR (%)	FRR (%)	FAR (%)	FRR (%)
A	**0.4**	**0**	**0**	**0**
B	0.4	13.9	0.8	8.3
C	1.2	11.1	0.4	0
D	0.8	5.6	0.8	8.3
E	0.8	5.6	0.4	8.3
F	**0**	**2.8**	**0**	**0**
G	0.4	16.7	0	2.8
H	0.8	13.9	0	2.8
平均	0.6	8.7	**0.3**	**3.8**

一部の特徴の結果

特徴	決定木		ニューラルネットワーク	
	平均 FAR (%)	平均 FRR (%)	平均 FAR (%)	平均 FRR (%)
全部	0.6	8.7	0.3	3.8
平均値	**0.3**	**4.9**	1.0	**2.1**
標準偏差	2.1	18.4	3.1	18.4
平均絶対偏差	2.6	15.6	1.0	24.3
平均合成加速度	1.3	84.0	0.4	85.8
ピーク間時間	1.5	91.7	1.3	93.8
ビン分布	2.3	19.5	1.1	8.0
平均値除き	2.1	14.9	**0.7**	4.9

別のアルゴリズムの結果(43特徴)

分類アルゴリズム	平均 FAR (%)	平均 FRR (%)	識別(%)
RBF Network	0.1	3.5	99.2
IB1	0.3	1.4	98.4
Decorate	0.2	4.5	98.0
…	…	…	…
Neural Network (NN)	0.3	3.8	97.7
…	…	…	…
Decision Tree (J48)	0.6	8.7	94.4
…	…	…	…
Grading	0	100	7.6
Stacking	0	100	7.6
Zero R	0	100	7.6

最後に… 再び

- スマートフォン情報セキュリティ3か条
  - OSを更新
  - ウイルス対策ソフトの利用を確認
  - アプリケーションの入手に注意
- スマートフォンプライバシーガイド
  - スマートフォンのサービス構造を知る
  - アプリの信頼性に関する情報を自ら入手し理解するように努める
  - 利用者情報の許諾画面等を確認する

最後に… 配布資料の問の解答

- Ａ：Android
- Ｂ：iOS
- Ｃ：URL
- Ｄ：Webサーバ
- Ｅ：インストール
- Ｆ：遠隔操作
- Ｇ：インストール
- Ｈ：水平展開型のサービス
- Ｉ：プライバシー
- Ｊ：サンドボック
- Ｋ：パスワード認証
- Ｌ：身体的特徴
- Ｍ：行動的特徴
- Ｎ：バイオメトリクス認証
- Ｏ：データマイニング
- Ｐ：決定木学習
- Ｑ：ニューラルネットワーク

参考サイト

- 平成24年7月27日掲載の政府広報オンライン、http://www.gov-online.go.jp/useful/article/201207/2.html
- 総務省「スマートフォンを安心して利用するために実施されるべき方策」、http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu03_02000020.html
- 総務省「国民のための情報セキュリティサイト」、http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/security/index.htm
- Google Play、https://play.google.com/store
- コンピュータセキュリティシンポジウム2012、2013 http://www.iwsec.org/css/2012/ http://www.iwsec.org/css/2013/