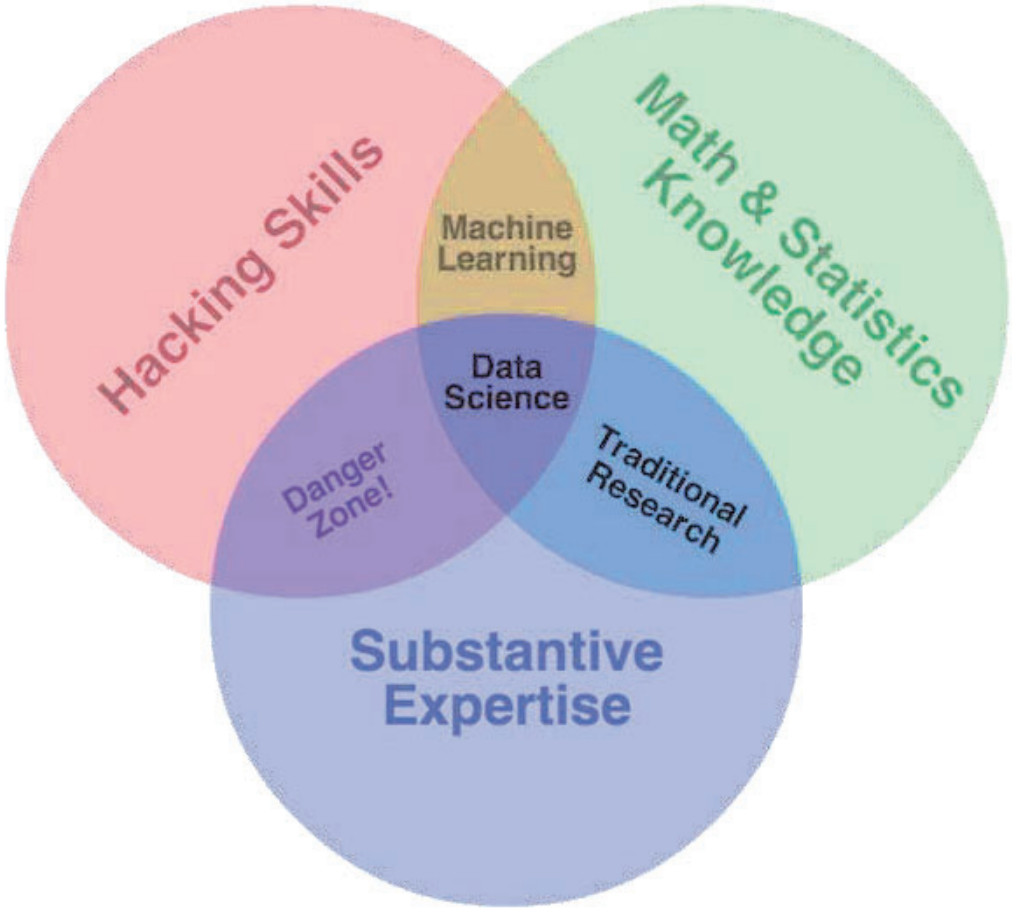
@PacSec 2013

Fighting advanced malware using machine learning

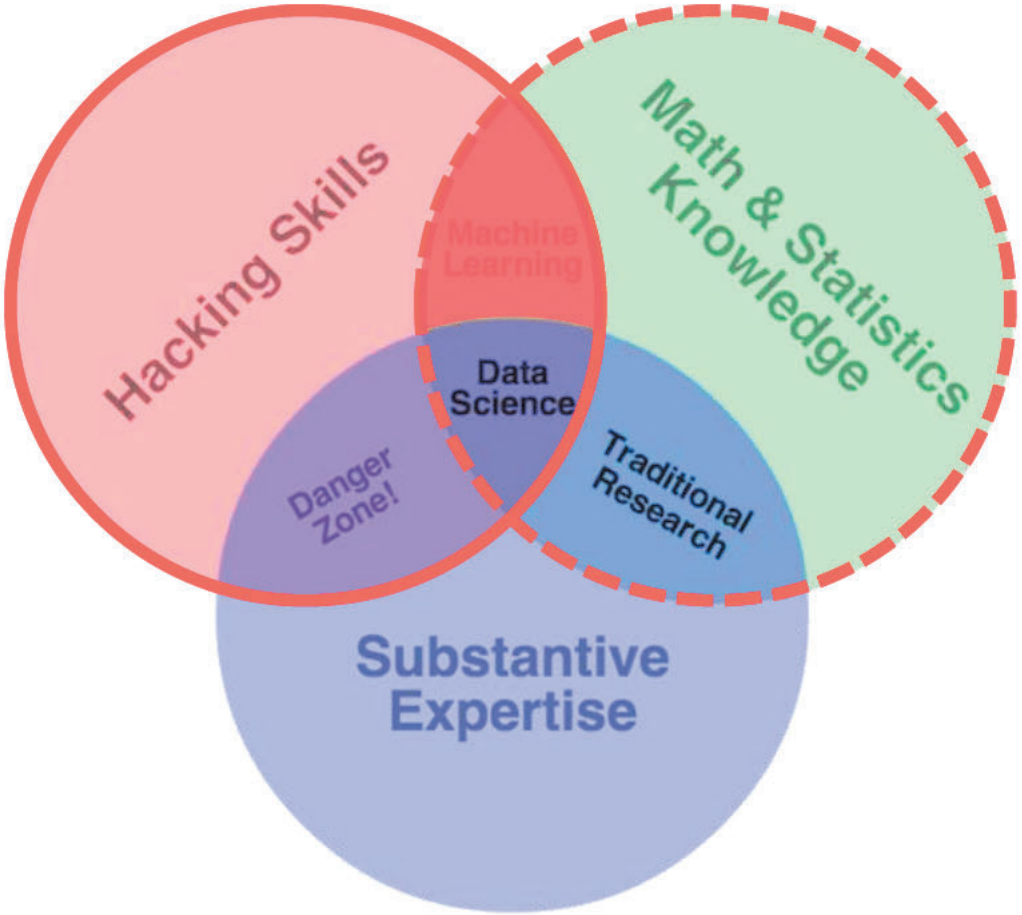
FFRI, Inc.
http://www.ffri.jp

データサイエンスの定義(情報セキュリティ）



http://www.niemanlab.org/images/drew-conway-data-science-venn-diagram.jpg

データサイエンスの定義(情報セキュリティ)



http://www.niemanlab.org/images/drew-conway-data-science-venn-diagram.jpg

アジェンダ

- 背景
- 検出アプローチ
- コンピュータ vs. 人間
- リアルタイム検知への応用
- まとめ

背景 – マルウェアおよびその検出技術

生成ツール

難読化ツール

マルウェアの増加

標的型攻撃
（未知マルウェア）

パターン
マッチングの限界

他の検出手法

ビッグデータ

レピュテーション

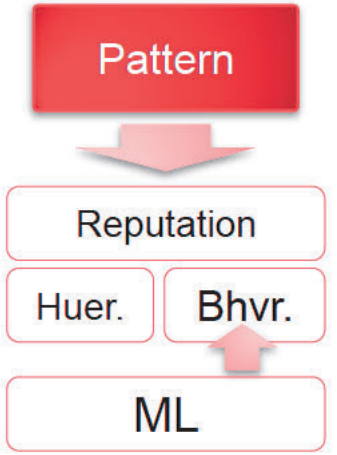
ヒューリス
ティック

ビヘイビア

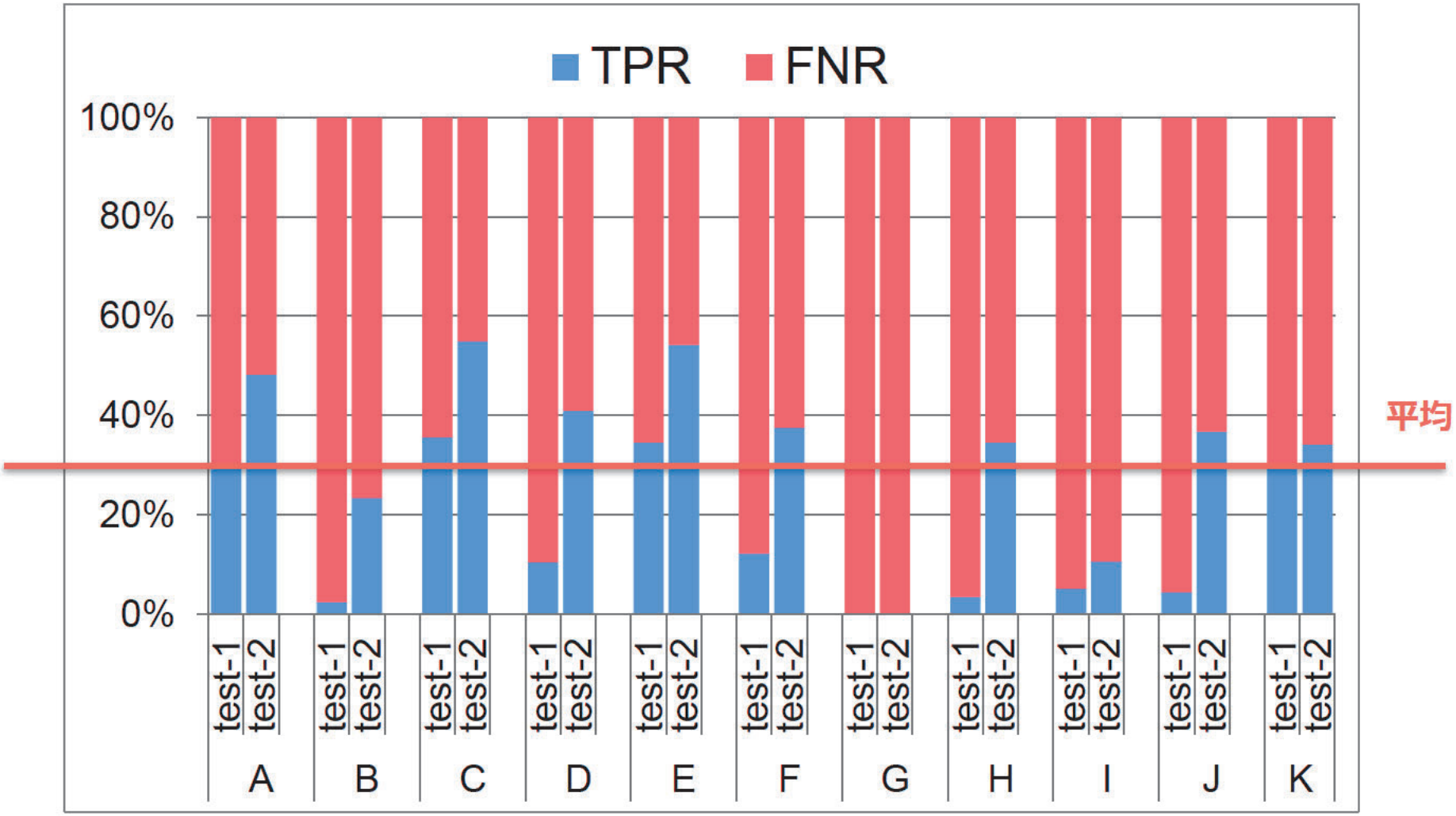
機械学習

パターンマッチングの限界

- Metascanを利用して11社の製品の検出力を評価
- 最新のマルウェアを利用
- 異なるソース・期間から2つのデータセットを用意
  - test-1: 1,000 検体
  - test-2: 900 検体

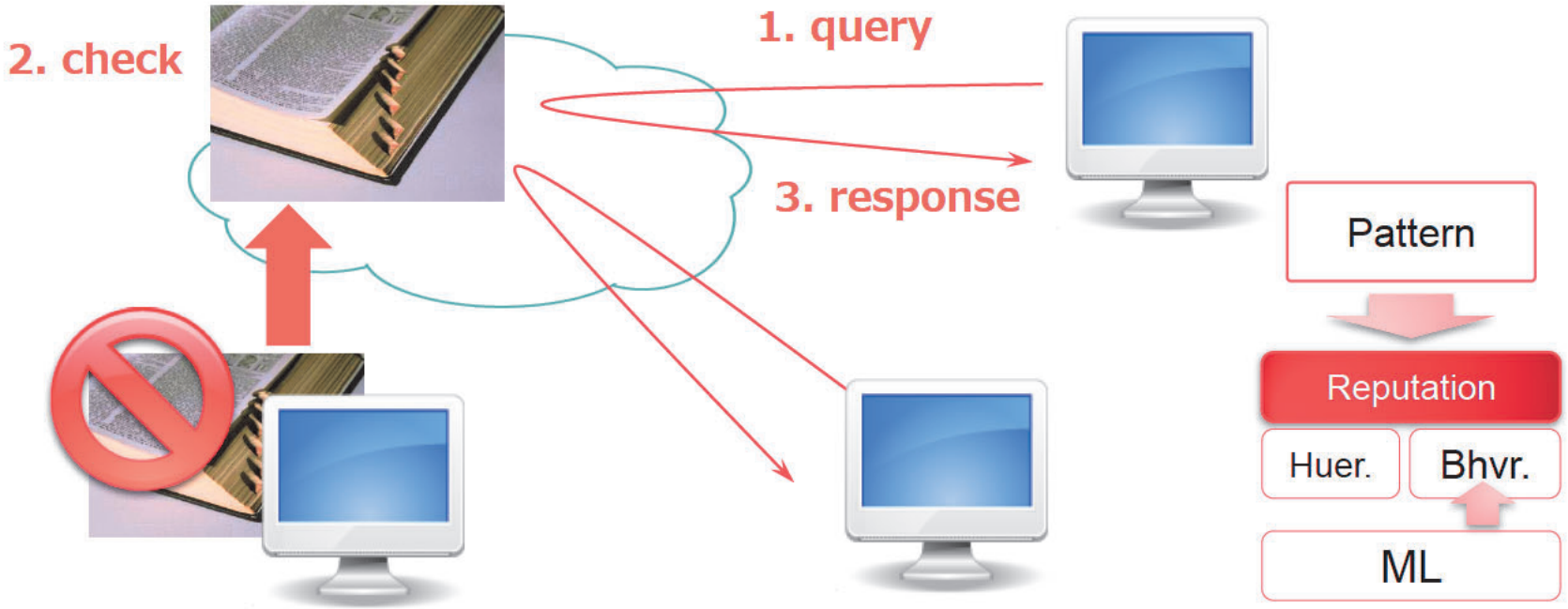


パターンマッチングの限界



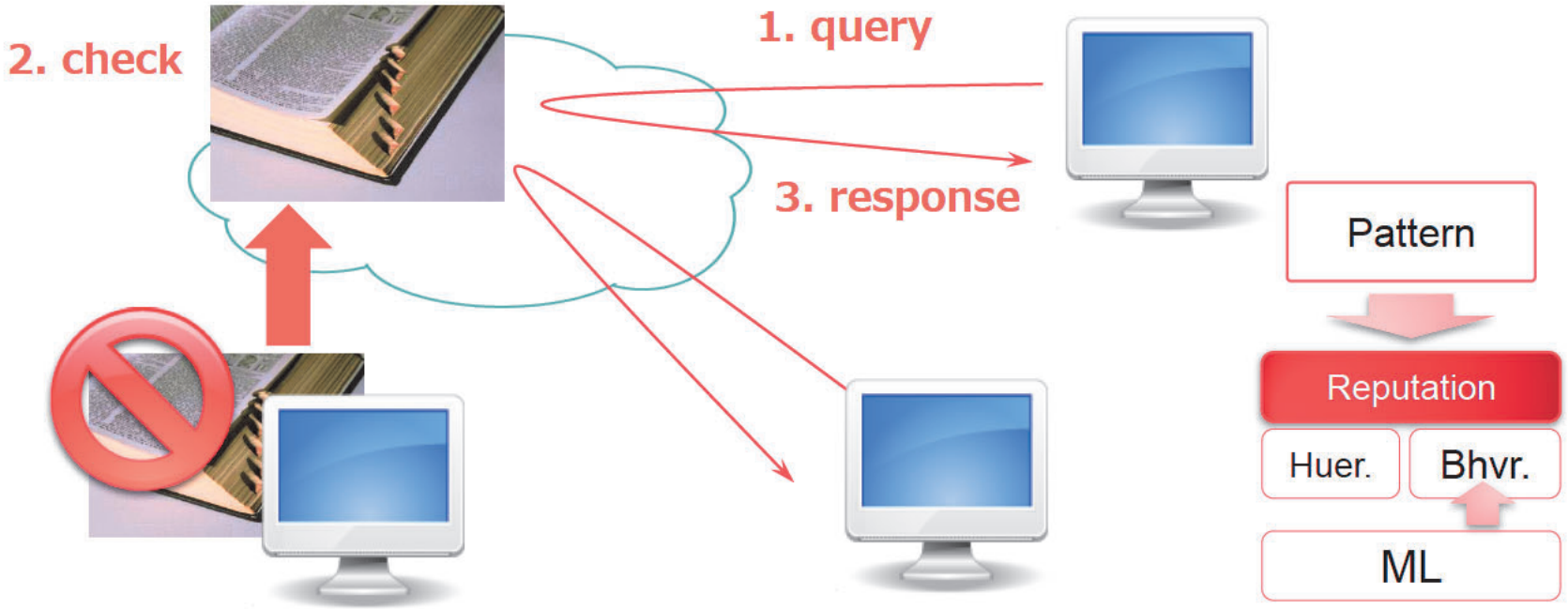
レピュテーション検知の強み

- 基本的なコンセプトはパターンマッチングと同じ（blacklist)
- エンドポイントはパターンを持つ必要がない
- 新しいパターンの反映が容易（配信の必要がない）



レピュテーションの弱み

- 「検知可能」 = 「既に誰かが攻撃されている」
- 自分達が初めての攻撃対象だった場合はどうか?
- 「真の標的型攻撃」に対してどの程度有効なのか?

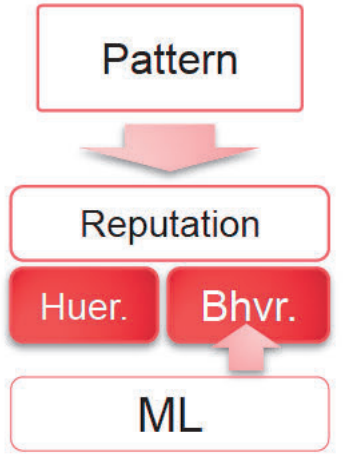


ヒューリスティック・ビヘイビア検知の強み

- 事前に定義した特徴、挙動に基づいて検知
  - OpenProcess → WriteProcessMemory → CreateRemoteThread
  - Runキー等の自動スタートポイントに自身を登録
  - Windows Firewallの無効化等

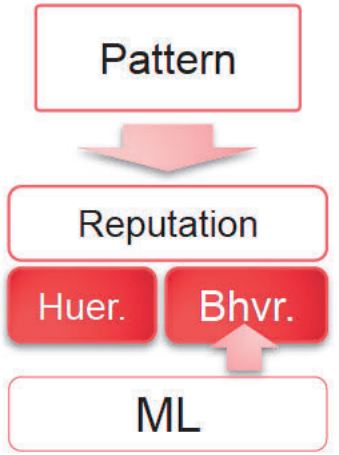
- 汎用的な検知機能を提供可能

- パターンが不要
  (定常的なスキャン、アップデートが不要)



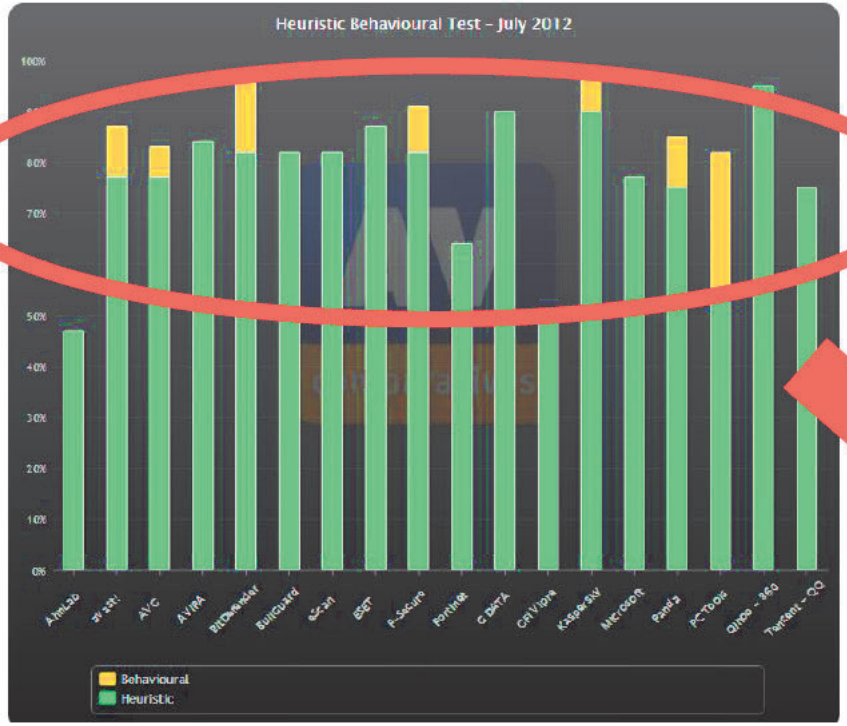
ヒューリスティック・ビヘイビア検知の弱み

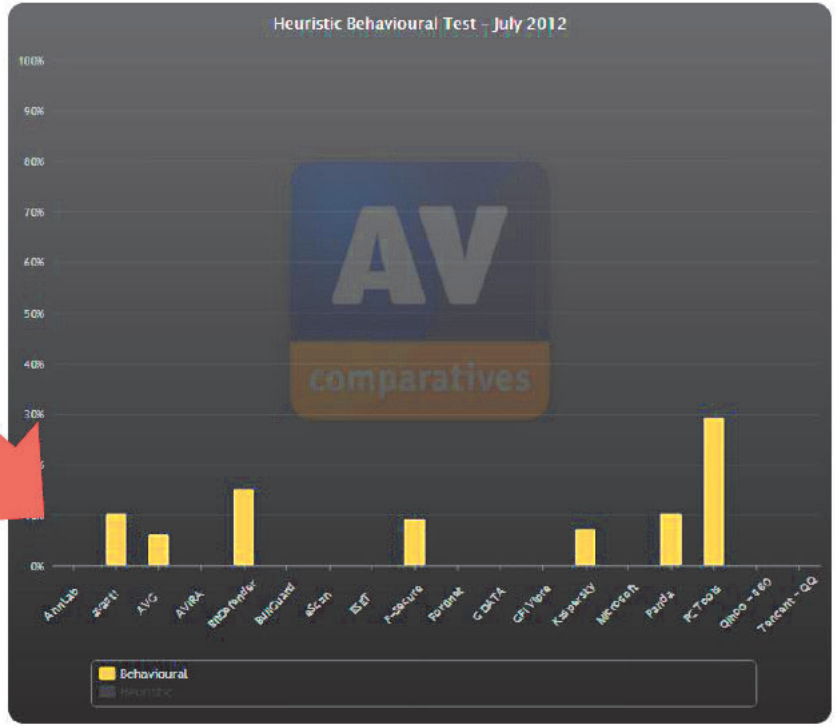
- 完全な誤検知の回避が困難
- ユーザーに検出アクションを許可するか判断を仰ぐ場合も（ユーザーの判断依存）
- 継続的なマルウェア解析、ロジックの見直しが必要
(人間よりもコンピュータに最適なタスク)



Heuristic Behavioral Test - July 2012

- AV-comparativesが2012年よりテストを実施、結果を公開
- ビヘイビア検知は検知にほとんど寄与していない(平均:4.8%)

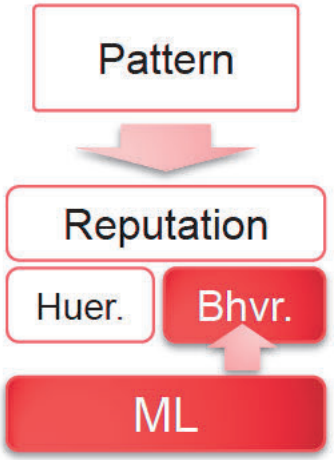




http://chart.av-comparatives.org/chart1.php

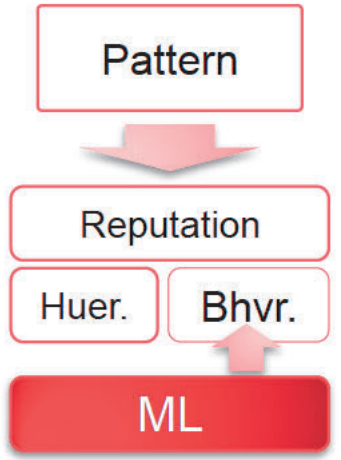
検出アプローチ

- 機械学習を利用したビヘイビア検出
- 既存アイディアだが産業界においてより実践的取り組み
- オープンソースを利用することで実現、自動化が容易
  - Cuckoo Sandbox
  - Jubatus

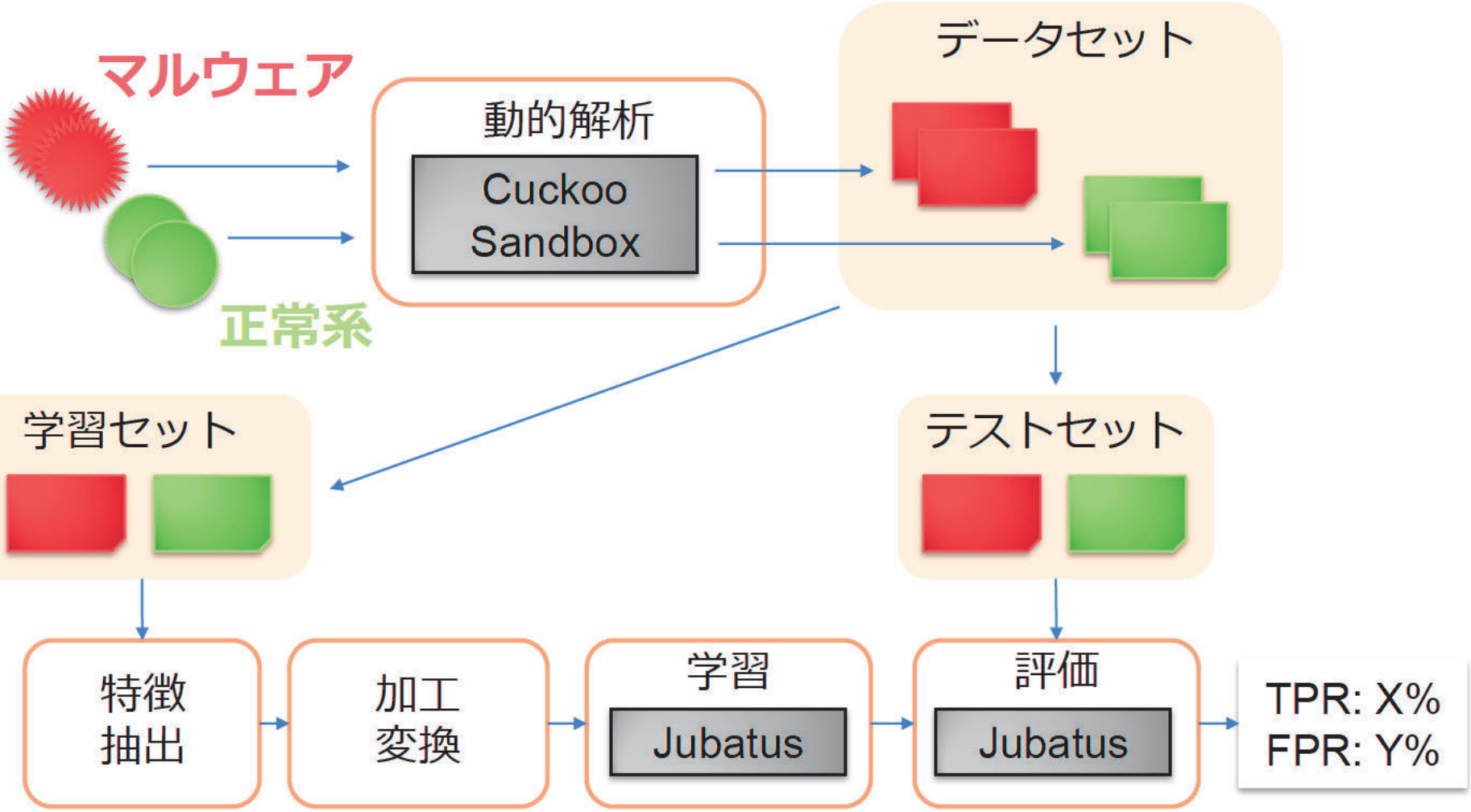


機械学習による検知

- 多くの研究が学術界で行われている
- 基本的には、分類に関する問題
- 下記の組み合わせに関する研究が主流



概要

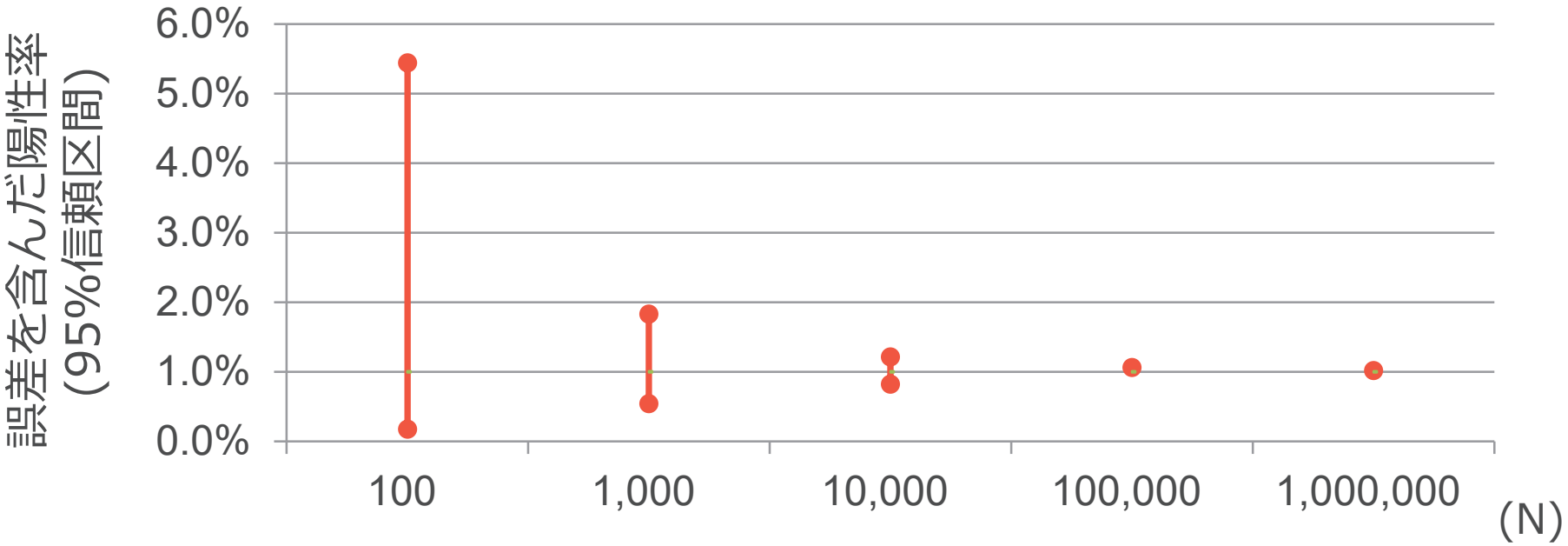

マルウェア
正常系
動的解析
Cuckoo
Sandbox
データセット
学習セット
テストセット
特徴
抽出
加工
変換
学習
Jubatus
評価
Jubatus
TPR: X%
FPR: Y%

必要なサンプル数

- 信頼区間と呼ばれる概念
- どの程度誤差を許容するかに依存
- 下記はいずれも陽性率1%
  - 1/100 (N=100)
  - 10/1,000 (N=1,000)
  - 100/10,000 (N=10,000)
- 1%と断定する確信が異なる
  - それぞれ異なる誤差を持つ

必要なサンプル数

用意したサンプル数に応じて推定誤差を計算可能



マルウェア及び正常系データ

- 独自に収集している検体から無作為抽出
  - マルウェア: 15,000(5,000 = 学習用, 10,000 = テスト用)
  - 正常系: 15,000 (5,000 = 学習用, 10,000 = テスト用)

- ランダムであることが重要
  - 異なる期間（毎日の収集データから少量ずつ抽出）
  - 異なるソース
  - 抽出時にファイルタイプ、マルウェア種別は考慮しない

Cuckoo Sandbox - http://www.cuckoosandbox.org/

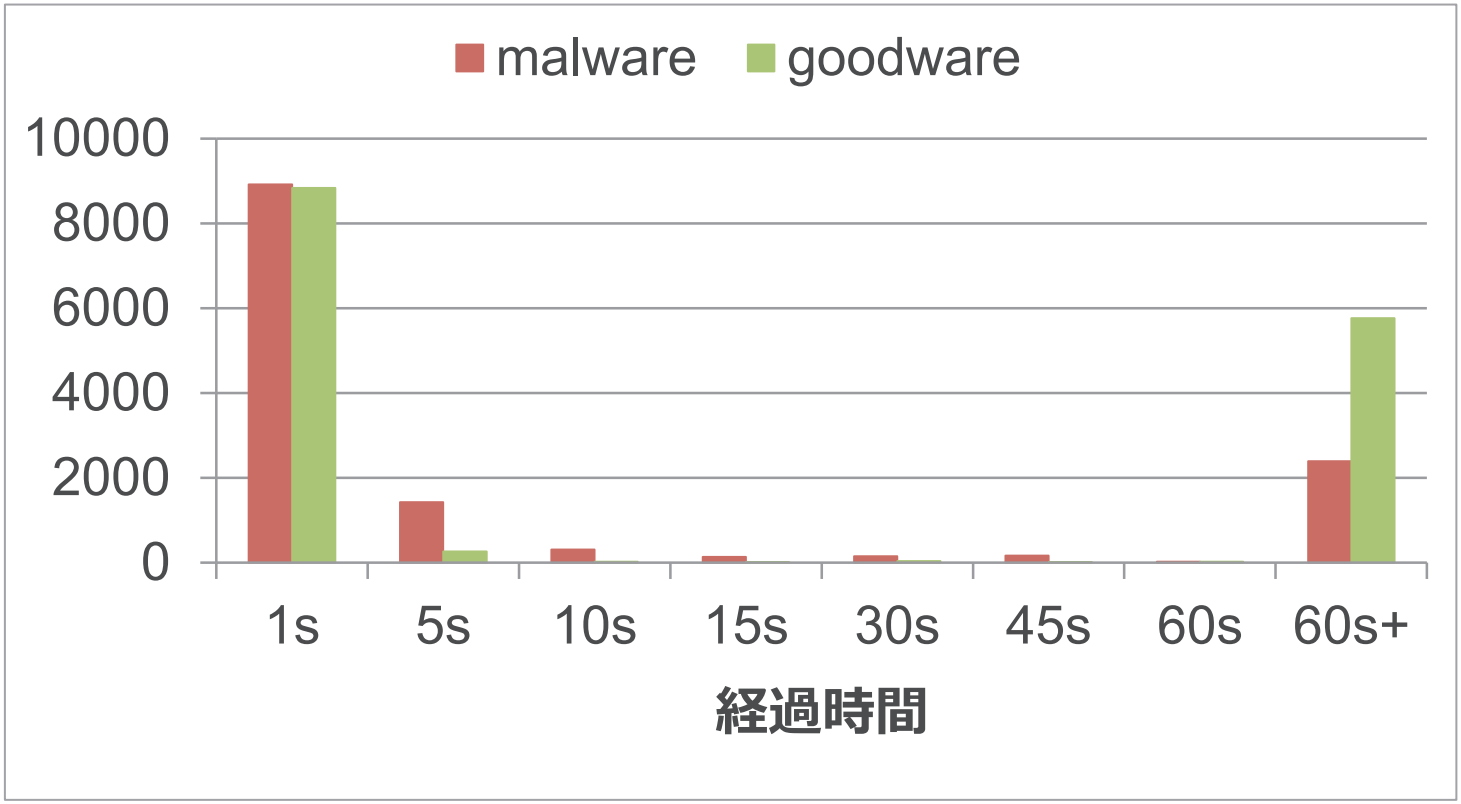
- オープンソースのマルウェア自動解析システム
  - 検体を仮想マシンにコピー
  - 検体を仮想マシン内で実行
  - 実行時の挙動をモニタリングし、データを記録
    - APIコール, ネットワーク通信, VirusTotalの結果等

APIコール


```
"calls": [
    {
        "category": "system",
        "status": "FAILURE",
        "return": "0xc0000135",
        "timestamp": "2013-02-28 12:03:49,478",
        "thread_id": "420",
        "repeated": 0,
        "api": "LdrLoadDll",
        "arguments": [
            { "name": "Flags", "value": "1242916" },
            { "name": "FileName", "value": "C:¥¥WINDOWS¥¥system32¥¥VB6JP.DLL" },
            { "name": "BaseAddress", "value": "0x00000000" }
        ]
    },
    {
        "category": "registry",
        "status": "SUCCESS",
        "return": "0x00000000",
        "timestamp": "2013-02-28 12:03:49,528",
        "thread_id": "420",
        "repeated": 0,
        "api": "NtOpenKey",
        "arguments": [
            { "name": "KeyHandle", "value": "0x00000058" },
            { "name": "DesiredAccess", "value": "1" },
            { "name": "ObjectAttributes", "value": "Registry¥¥MACHINE¥¥System¥¥Curre
        ]
    },
```

APIコールの傾向

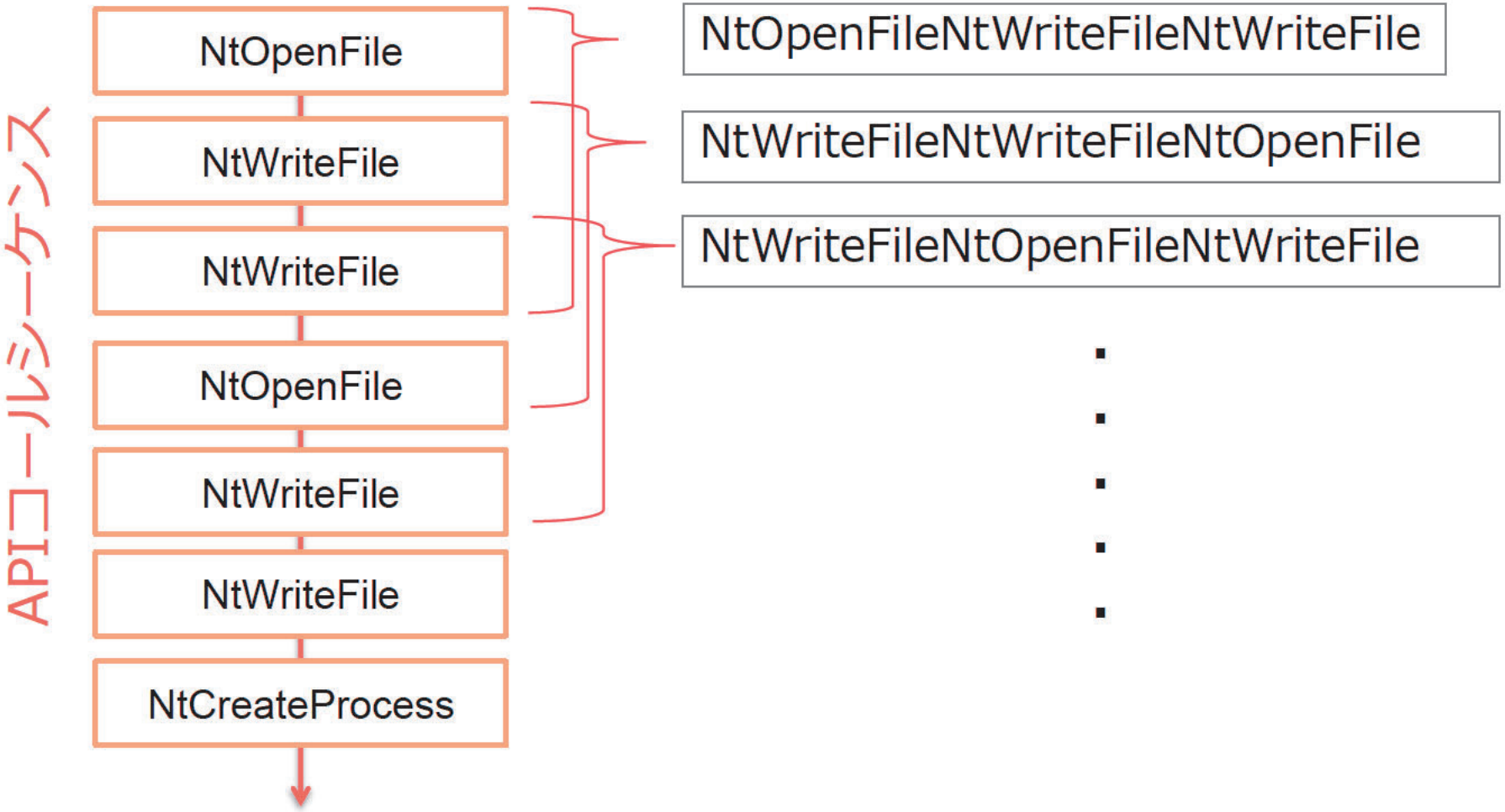
- 多くの検体が1秒以内にAPIコールを完了する
  (または呼び出し続ける) -> 5秒以内に完了したものを対象に



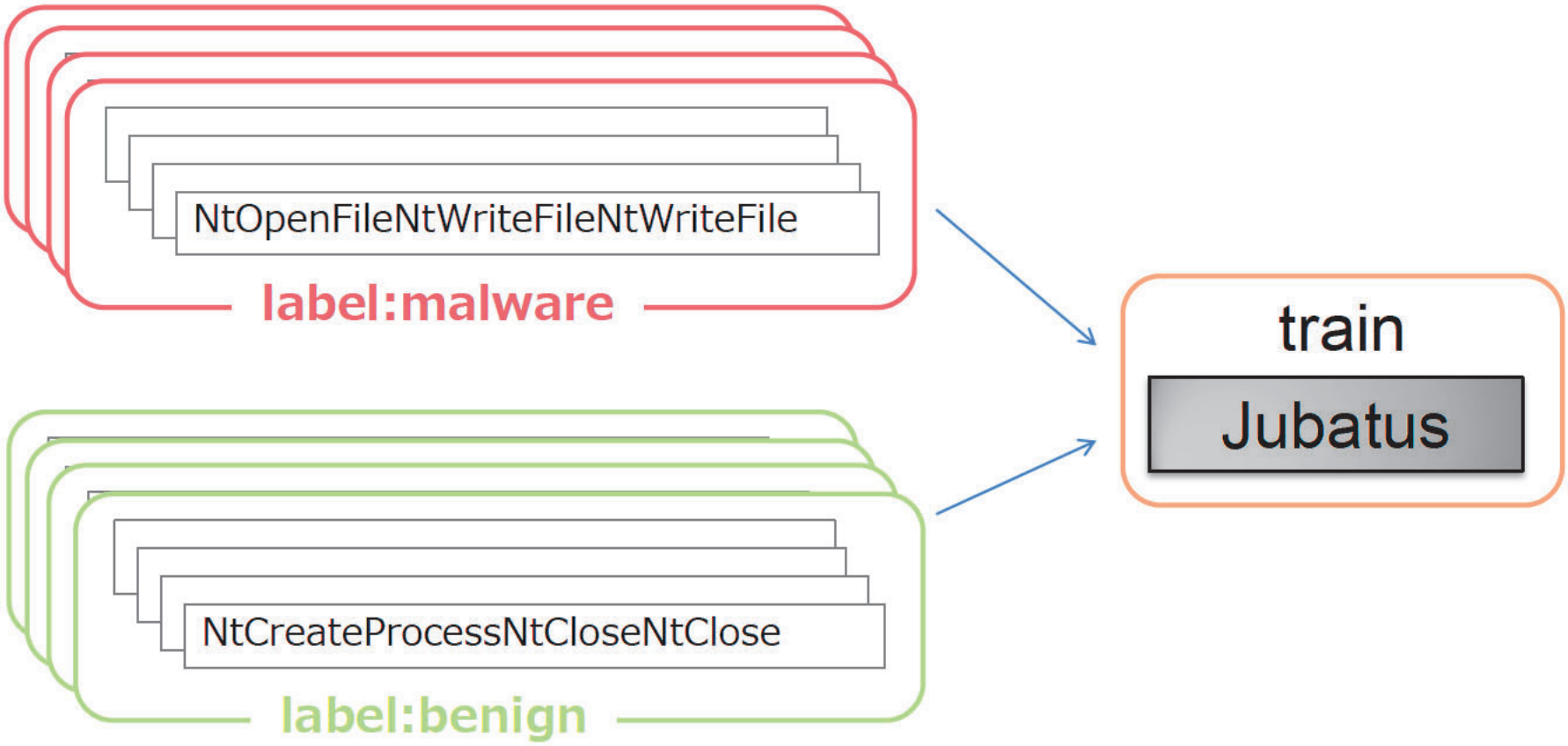
Jubatus - http://jubat.us/en/

- オンライン機械学習向け分散処理フレームワーク
  - 分散処理: スケーラブル
  - オンライン処理: 非バッチ処理、随時学習
- オープンソース, LGPL v2.1. 最新版0.4.5(22/07/2013)
- Preferred Infrastructure及びNTT Software Innovation Centerが開発
- 様々な機械学習をサポート
  - 分類、回帰分析、推薦、異常検知等
- 利用が容易（様々な言語バインディング、特徴ベクトル変換器等）

特徴抽出及び加工

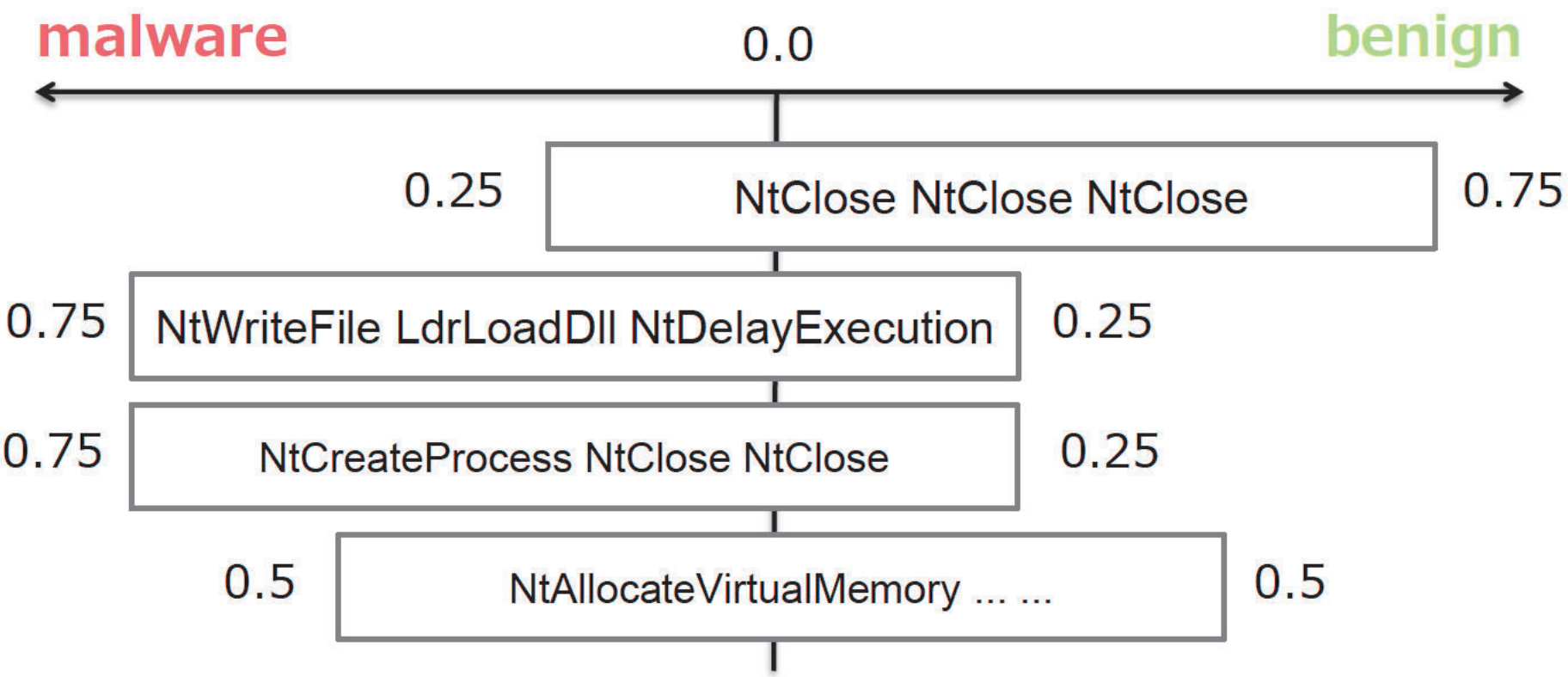

APIコールシーケンス
NtOpenFile
NtWriteFile
NtWriteFile
NtOpenFile
NtWriteFile
NtWriteFile
NtCreateProcess
NtOpenFileNtWriteFileNtWriteFile
NtWriteFileNtWriteFileNtOpenFile
NtWriteFileNtOpenFileNtWriteFile

特徴抽出及び加工


NtOpenFileNtWriteFileNtWriteFile
label:malware
NtCreateProcessNtCloseNtClose
label:benign
train
Jubatus

(イメージ) 学習の内部状態

出現回数、ラベルに基づいて各特徴の重みを計算、更新



評価結果

- N of N-gram
  - 3~5-gram > 2-gram = 6-gram
- 最良値: 3-gram、log_tf-binによる重み付け
  - TRP: 72.33% [71.58 ~ 73.07 % (95%信頼区間)]
  - FPR: 0.77%　[0.60 ~ 0.99% (95%信頼区間)]
- 上記はあくまで一つの結果
  - 様々な特徴の組み合わせが存在する
    (今回はAPI名とそのシーケンスのみ特徴化)

デモ

学習モデルのダンプ

- http://blog.jubat.us/2013/06/classifier.html

jubalocal_storage_dump.cpp
https://gist.github.com/t-abe/5746333

API 3-gramにおけるマルウェアらしさ

```
[foo@nolife classifier]$ ./dump   --input  model   --label  "malware"
0.181128        api_call$VirtualProtectEx_VirtualProtectEx_VirtualProtectEx@space#log_tf/bin
0.142254        api_call$RegOpenKeyExA_NtOpenKey_NtOpenKey@space#log_tf/bin
0.137144        api_call$NtReadFile_NtReadFile_NtFreeVirtualMemory@space#log_tf/bin
0.134443        api_call$LdrLoadDll_LdrGetProcedureAddress_VirtualProtectEx@space#log_tf/bin
0.130287        api_call$LdrLoadDll_RegOpenKeyExA_NtOpenKey@space#log_tf/bin
0.130287        api_call$DeviceIoControl_LdrLoadDll_RegOpenKeyExA@space#log_tf/bin
0.122363        api_call$VirtualProtectEx_LdrLoadDll_LdrGetProcedureAddress@space#log_tf/bin
0.102545        api_call$NtFreeVirtualMemory_LdrGetDllHandle_NtCreateFile@space#log_tf/bin
0.102485        api_call$RegCloseKey_RegCloseKey_RegCloseKey@space#log_tf/bin
0.0983165       api_call$NtReadFile_NtFreeVirtualMemory_LdrLoadDll@space#log_tf/bin
0.0966545       api_call$NtSetInformationFile_NtReadFile_NtFreeVirtualMemory@space#log_tf/bin
0.094639        api_call$NtMapViewOfSection_NtFreeVirtualMemory_NtOpenKey@space#log_tf/bin
0.0933827       api_call$NtFreeVirtualMemory_LdrLoadDll_LdrGetProcedureAddress@space#log_tf/bin
0.0905402       api_call$DeviceIoControl_DeviceIoControl_NtWriteFile@space#log_tf/bin
0.0903766       api_call$DeviceIoControl_NtWriteFile_NtWriteFile@space#log_tf/bin
0.0884724       api_call$RegOpenKeyExW_RegOpenKeyExW_LdrGetDllHandle@space#log_tf/bin
0.0853282       api_call$LdrLoadDll_LdrLoadDll_LdrLoadDll@space#log_tf/bin
...
```

API 3-gramにおける正常系らしさ

```
[foo@nolife classifier]$ ./dump   --input  model   --label  “goodware”
0.268353        api_call$LdrGetDllHandle_LdrGetDllHandle_ExitProcess@space#log_tf/bin
0.268353        api_call$LdrGetDllHandle_ExitProcess_NtTerminateProcess@space#log_tf/bin
0.259838        api_call$NtWriteFile_LdrGetDllHandle_LdrGetDllHandle@space#log_tf/bin
0.25887 api_call$NtWriteFile_NtWriteFile_LdrGetDllHandle@space#log_tf/bin
0.135514        api_call$NtOpenFile_NtOpenFile_NtCreateFile@space#log_tf/bin
0.122445        api_call$DeviceIoControl_LdrLoadDll_LdrGetProcedureAddress@space#log_tf/bin
0.12242 api_call$DeviceIoControl_DeviceIoControl_LdrGetDllHandle@space#log_tf/bin
0.119231        api_call$GetSystemMetrics_LdrLoadDll_NtCreateMutant@space#log_tf/bin
0.115319        api_call$DeviceIoControl_LdrGetDllHandle_LdrGetProcedureAddress@space#log_tf/bin
0.109306        api_call$LdrGetProcedureAddress_NtOpenKey_LdrLoadDll@space#log_tf/bin
0.105579        api_call$NtReadFile_NtReadFile_NtReadFile@space#log_tf/bin
0.104565        api_call$NtCreateFile_NtCreateFile_NtWriteFile@space#log_tf/bin
0.103304        api_call$RegOpenKeyExA_LdrGetDllHandle_LdrGetProcedureAddress@space#log_tf/bin
0.10306         api_call$VirtualProtectEx_RegOpenKeyExA_LdrGetDllHandle@space#log_tf/bin
0.100701        api_call$NtFreeVirtualMemory_NtFreeVirtualMemory_GetSystemMetrics@space#log_tf/bin
...
```

コンピュータ vs. 人間

- “VirtualProtectEx_VirtualProtectEx_VirtualProtectEx”
  マルウェアらしさに関連しているように見える
- “RegOpenKeyExA_NtOpenKey_NtOpenKey”はどうか？
- コンピュータは人間が認識できないものを認識している
  (非常に強力な左脳)
- コンピュータと協力してみてはどうか？

コンピュータを利用する

- 機械学習により学習モデルを生成する
- 人間がモデルをチェックし、新ロジックを開発
  (人間の右脳を利用)
- 機械学習による検知は御し難い場合も
  - 詳細な検出条件を指定できない
    「コンピュータが悪と言ったから悪」（理由は不明）
- 機械学習とロジックベースの検出の掛け合わせ

リアルタイム検知への応用

- 静的情報を特徴に利用した場合
  - プログラム実行前に検査可能
  - パフォーマンスは選定した特徴次第

- 動的情報を特徴に利用した場合
  - マルウェアは既に実行されている
  - 検知が手遅れになる場合も
  - この観点でも機械学習とロジックの掛け合わせは有効

まとめ

- 従来のパターンマッチングは限界を迎えている
- 現行のビヘイビア検知は検出にほとんど寄与していない
- ビヘイビア検知に機械学習を適用
  - TPRが改善
  - 人間には分からない特徴を発見（コンピュータが）
  - これらを人間が利用することが重要

Thank you!

Contact: research-feedback@ffri.jp
Twitter: @FFRI_Research