

# 災害発生直後に自動検知できる 緊急救命避難支援システム

関西大学 システム理工学部  
電気電子情報工学科  
教授 和田 友孝

2023年8月31日

# 1. 研究背景



阪急十三駅付近の火災 (2014.3)

火災



秋葉原無差別殺傷事件 (2008.6)

テロ



大阪北部地震 (2018.6.18)

地震

火災: 死者数は最近10年で、1,400人/年とほぼ横ばい

テロ: ナイフ、銃乱射などの無差別殺傷事件が近年増加

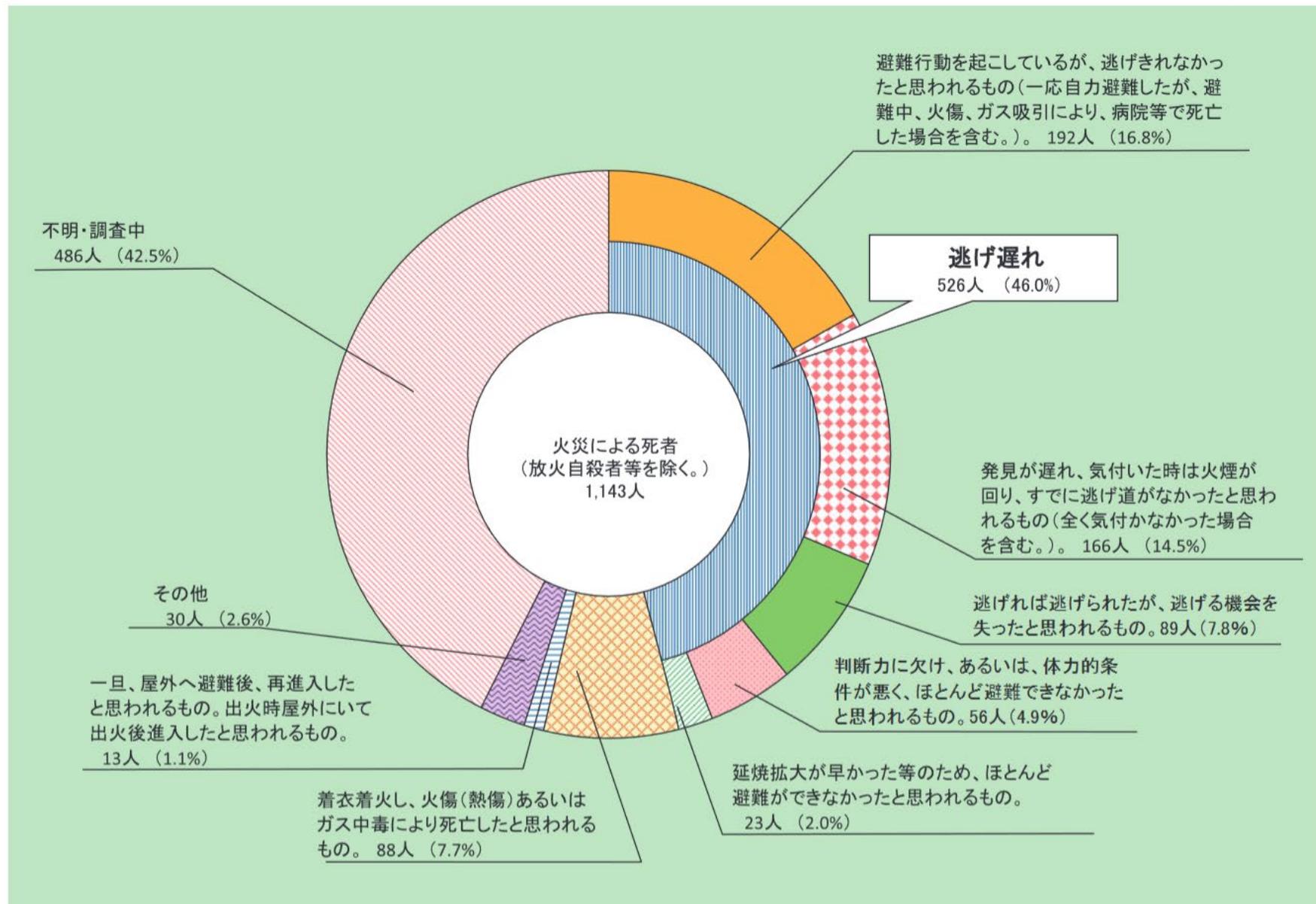
地震: 東日本大震災以降、飛躍的に発生回数が増加

豪雨: 西日本豪雨(2018年)のような長期間豪雨が増える可能性

猛暑: 41.1度(浜松市(2020年)、熊谷市(2018年)) → 災害級

# 1-1 火災死者数の原因内訳

(令和3年中)

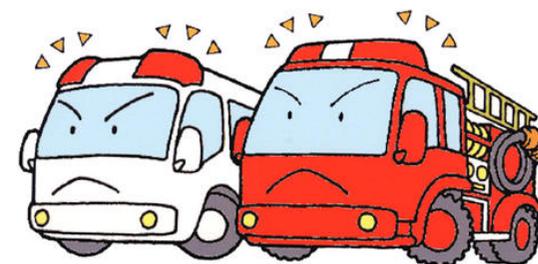


(備考) 「火災報告」により作成

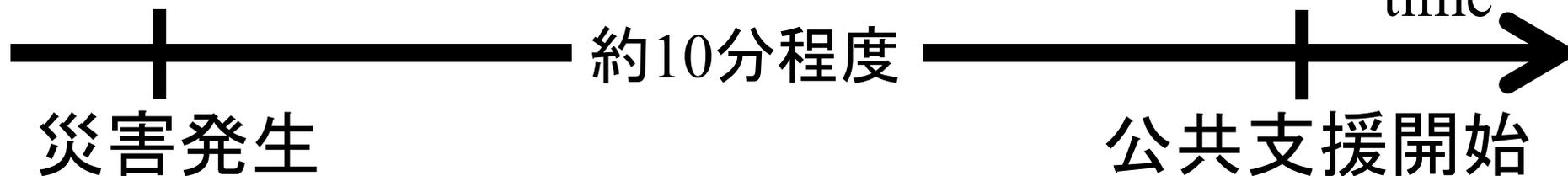
令和4年版 消防白書による

# 1-2 災害発生状況

災害支援  
システム



time



# 1-3 現在の災害対策ネットワーク

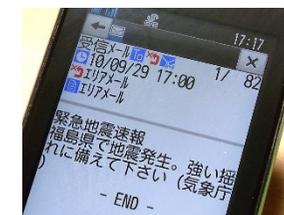
## 緊急速報メール

携帯電話などで気象庁が配信する緊急地震速報や津波警報、地方公共団体が発信する災害・避難情報などを受信することが可能

緊急速報メール

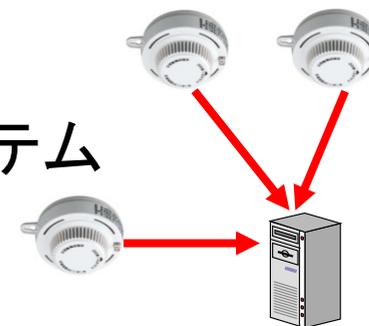


屋内の災害である火災などには未対応



## センサネットワーク

建物内の各地点にセンサを設置し、そのセンサデータをサーバで管理するシステム



災害でセンサやサーバの損傷により、システム全体が破綻

災害発生直後数分以内に被災者の避難誘導支援まで見据えたシステム開発が必要！

# 従来技術とその問題点

既に実用化されている以下のシステム

- 1) 緊急速報メール
- 2) スマホ災害時ナビ (アプリ)
- 3) センサネットワーク

には、1)と2)は屋内の災害には未対応、  
3)はセンサやサーバが故障すると機能しない  
という問題があり、火災のような局所的な災害  
に即時対応できない。

## 2. ERESS 緊急救命避難支援システム

### ERESS: Emergency Rescue Evacuation Support System

#### 目的

突発的災害発生直後30秒以内に避難行動を開始させることで、災害による犠牲者を大幅に減らす！



#### ERESSの従来システムとの違い

1. 近隣の端末がMANETにより常に相互に通信し、情報を交換・共有
2. 端末のセンサ情報から行動状態を推定
3. 収集した行動状態から災害検知、端末密度推定、および避難誘導

# ERESSのシステムフロー

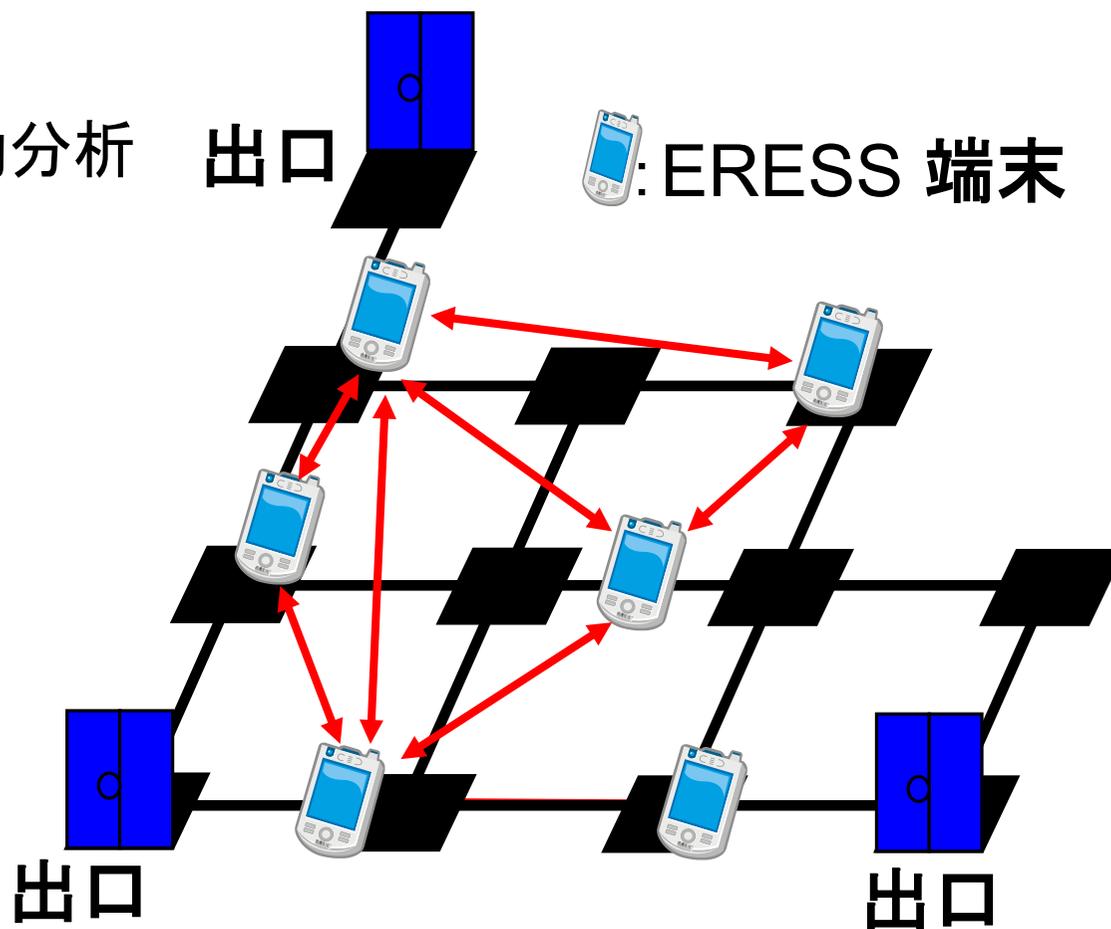
機能 1. MANETを用いた情報の交換・共有

機能 2. 各端末保持者の行動分析

機能 3. 災害発生検知

機能 4. 避難路探索

機能 5. 避難路表示・誘導



周囲の状況を把握するため、自動的に各端末が情報共有

# ERESSのシステムフロー

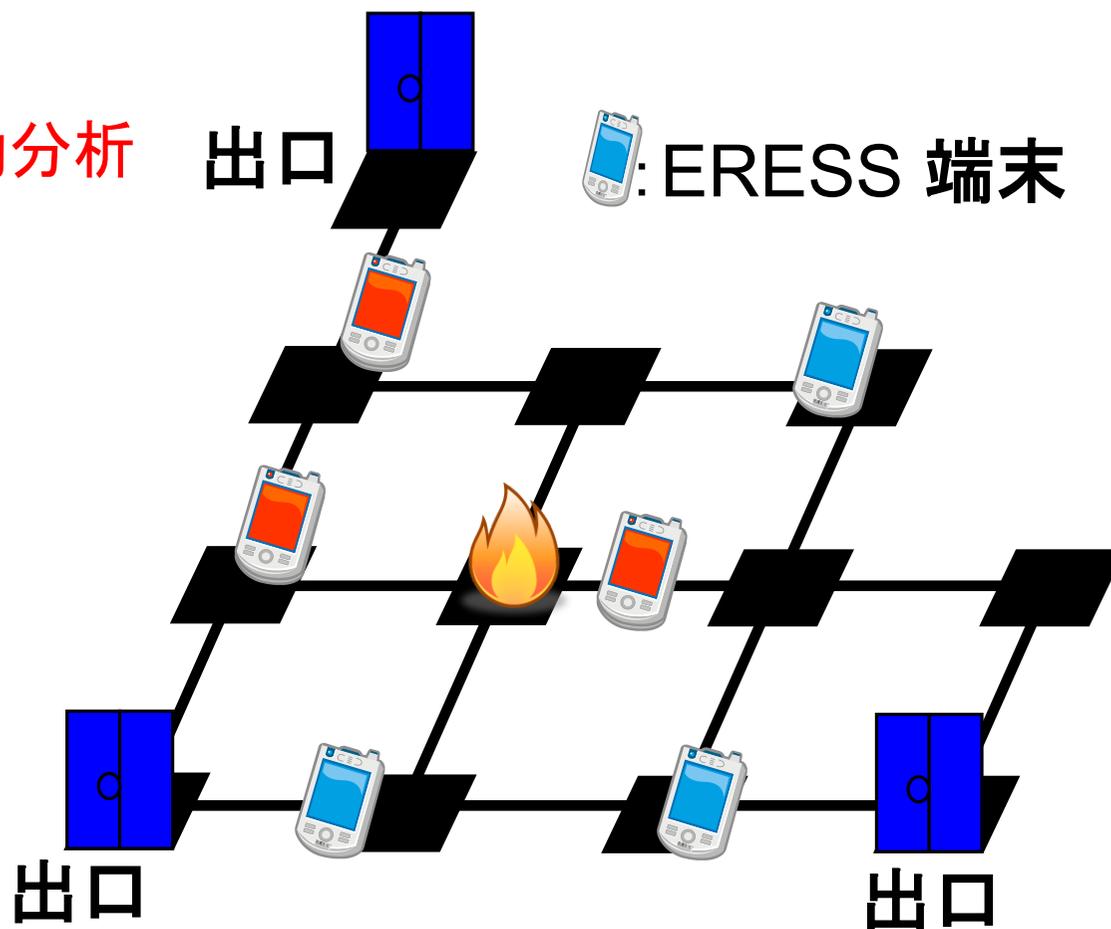
機能 1. MANETを用いた情報の交換・共有

機能 2. 各端末保持者の行動分析

機能 3. 災害発生検知

機能 4. 避難路探索

機能 5. 避難路表示・誘導



機械学習 (SVM、RFなど) を用いて動作状態を分析

# ERESSのシステムフロー

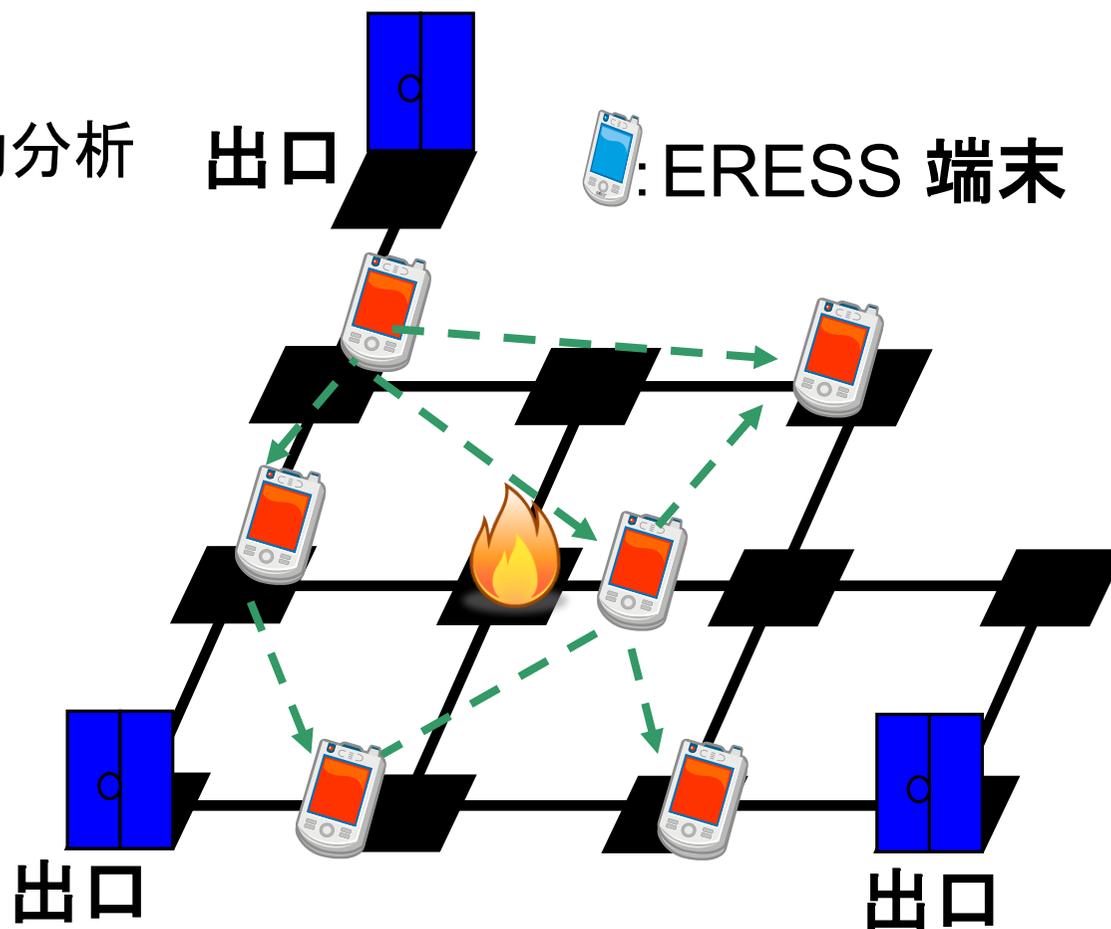
機能 1. MANETを用いた情報の交換・共有

機能 2. 各端末保持者の行動分析

機能 3. 災害発生検知

機能 4. 避難路探索

機能 5. 避難路表示・誘導



行動分析情報を収集することにより自動的かつ迅速に災害発生検知

# ERESSのシステムフロー

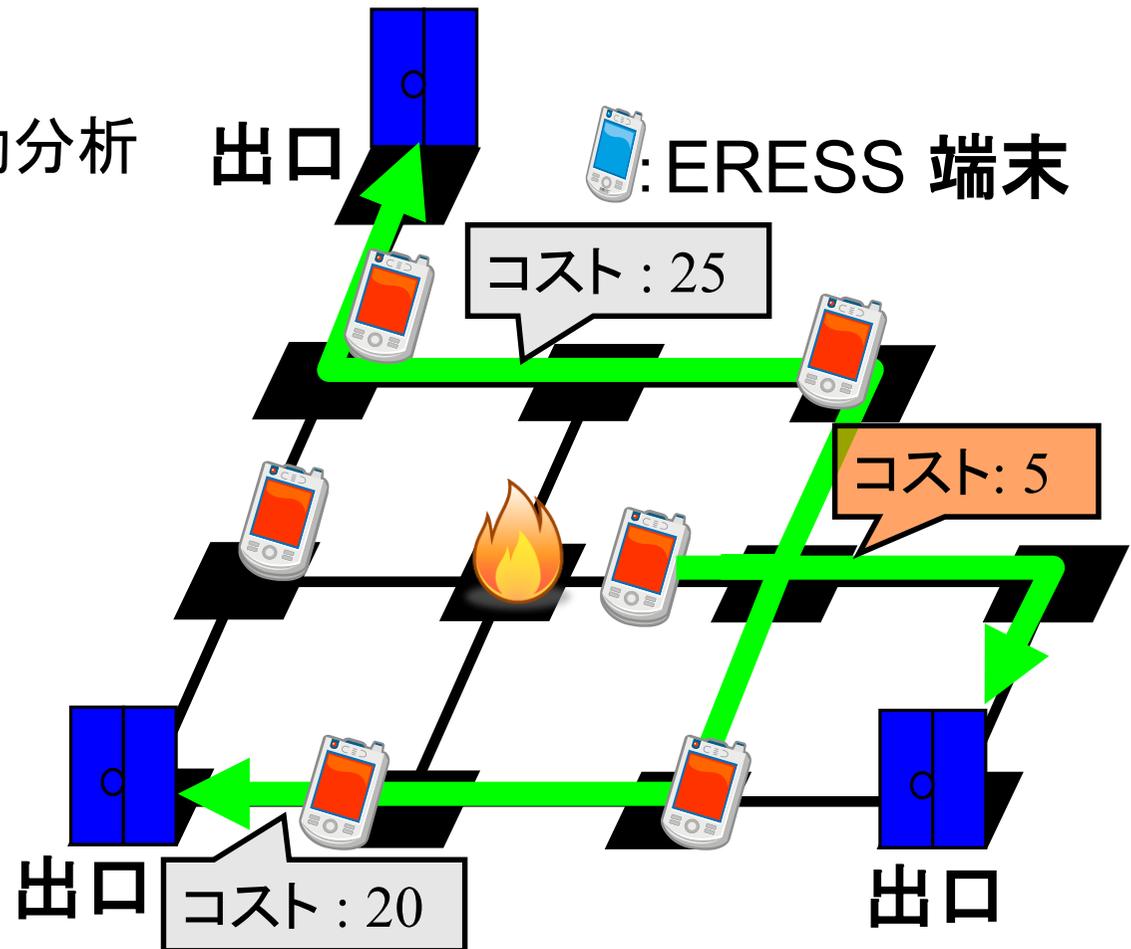
機能 1. MANETを用いた情報の交換・共有

機能 2. 各端末保持者の行動分析

機能 3. 災害発生検知

機能 4. 避難路探索

機能 5. 避難路表示・誘導



各端末が避難にかかる時間を経路のコストとして算出

# ERESSのシステムフロー

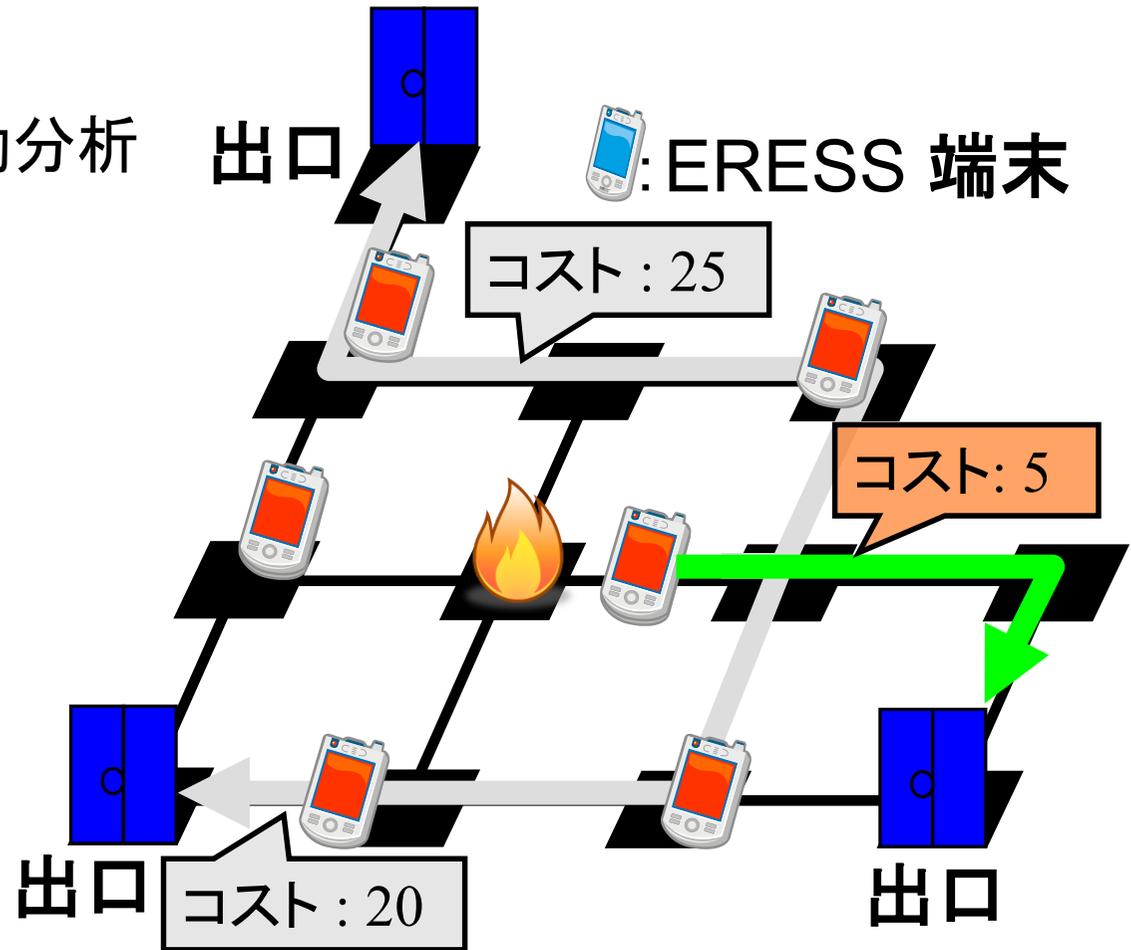
機能 1. MANETを用いた情報の交換・共有

機能 2. 各端末保持者の行動分析

機能 3. 災害発生検知

機能 4. 避難路探索

機能 5. 避難路表示・誘導



端末のディスプレイに最適な経路を表示し、出口へ誘導

## 3. 被災者の行動分析と災害発生検知

### 1) 物理的要因

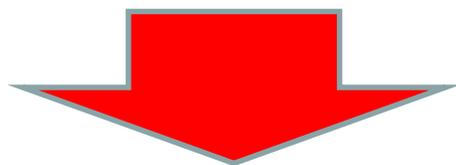
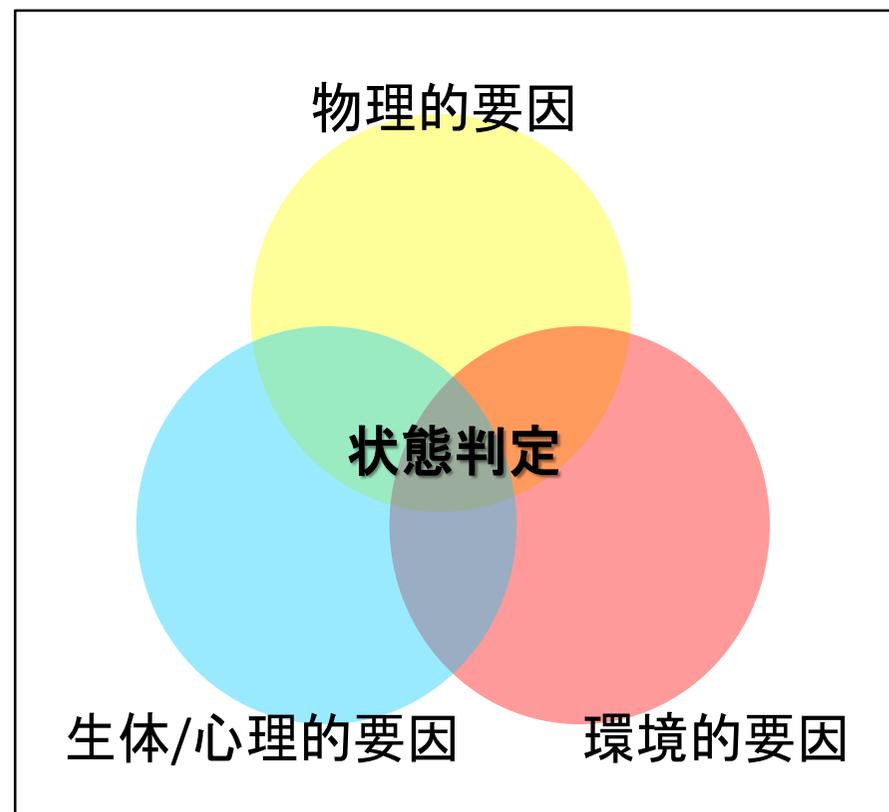
端末保持者の動きによる情報  
ex) 加速度、角速度、etc.

### 2) 生体/心理的要因

端末保持者心理状態による情報  
ex) 心拍数、血圧、etc.

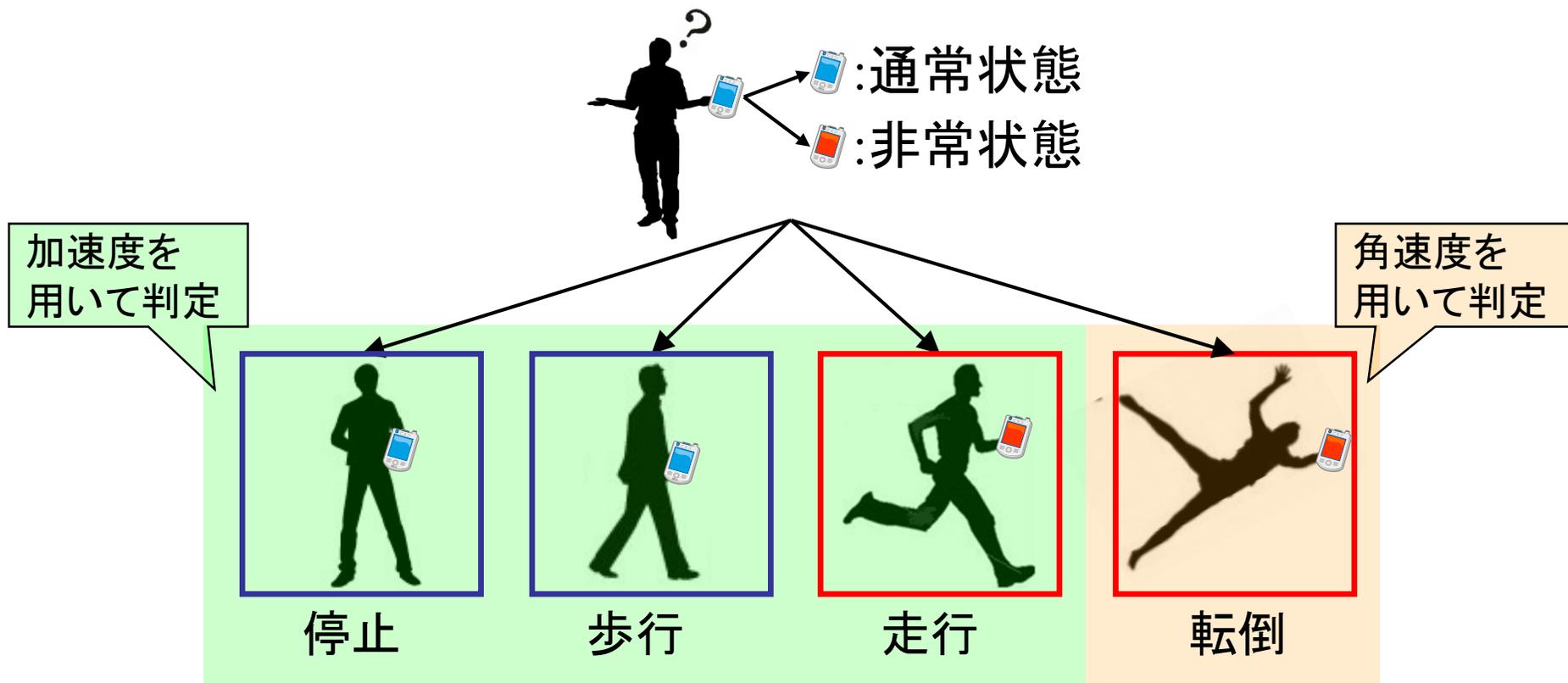
### 3) 環境的要因

周辺環境から得られる情報  
ex) 温度、位置情報、etc.



端末保持者の様々な行動状態を正確に判定

# 3-1 端末保持者の行動分析



機械学習 (SVM、RFなど)

通常状態	非常状態
停止、歩行	走行、転倒

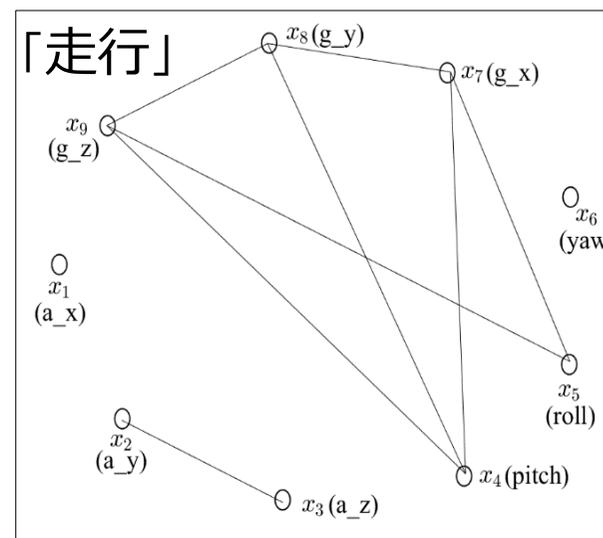
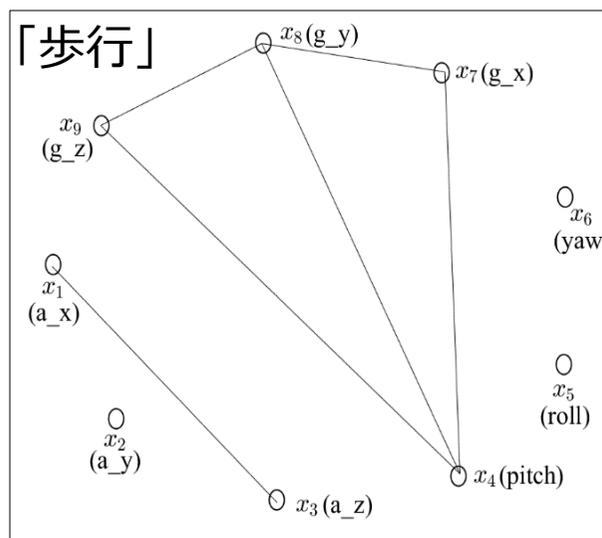
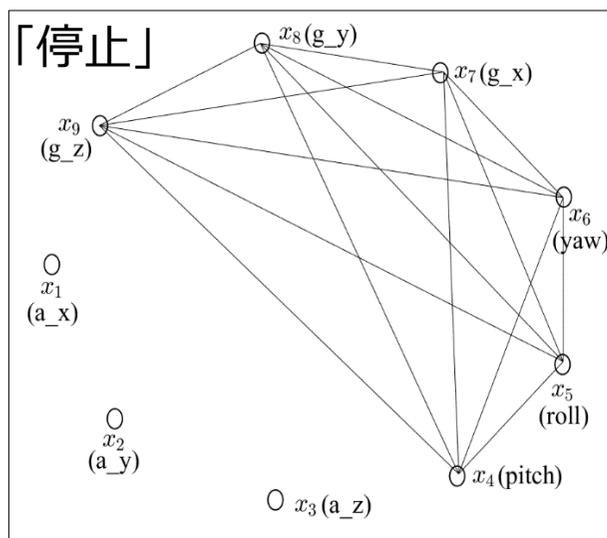
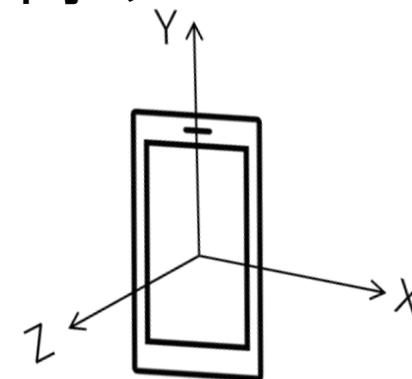
## 3-2 端末保持者の行動変化に着目した分析

端末センサからの取得データ (9項目):  $X, Y, Z$  方向の  
加速度 ( $a_x, a_y, a_z$ )

角速度 (pitch, roll, yaw)

重力加速度 ( $g_x, g_y, g_z$ )

➡ 行動の変化に着目して特徴分析



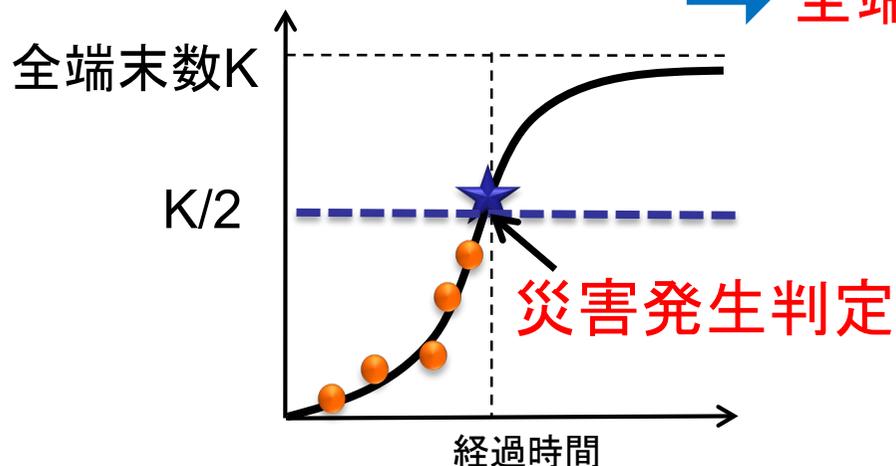
## 3-3 災害発生検知

### ■手法1: 非常状態数過半数検知

災害が発生した場合、多数が一斉に非常状態になる

→ 全端末の過半数が非常状態の場合、災害発生

非常状態数の累積



通常状態

停止  
歩行

非常状態

走行  
転倒

### ■手法2: センサと人の融合検知

センサを用いた行動分析と人による発見情報を融合した災害発生検知

災害発生！



災害発生ボタンの  
プッシュ

## 4. 被災者の集団行動を考慮した避難経路分散

ERESS未保持者の存在を検知し、  
避難グループごとに避難経路の分散を行う

前提条件

ERESS未保持者は自身から最短距離のERESS保持者を追従

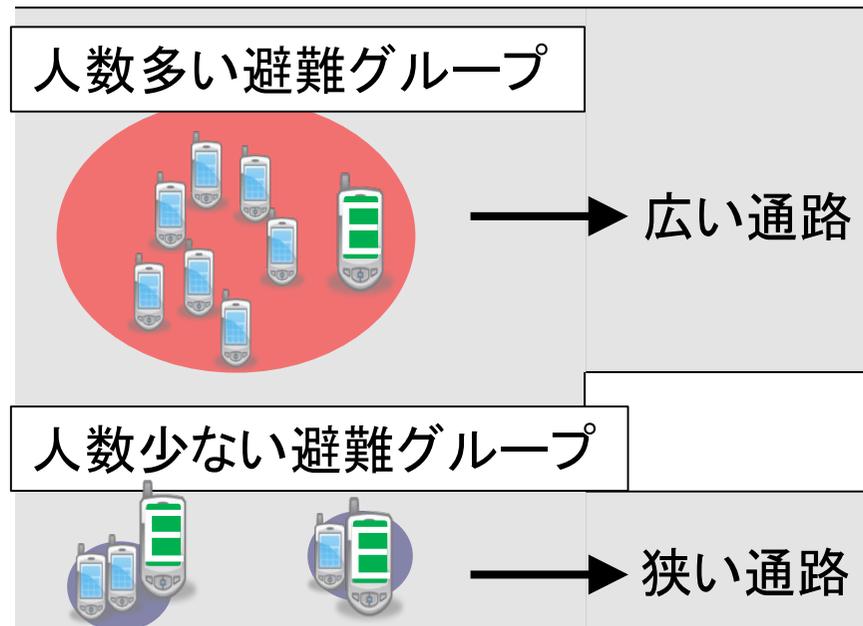
構成

- ① 避難グループの人数算出
- ② 避難グループごとの避難経路分散

①



②



## 5. 避難誘導方式

BLE (Bluetooth Low Energy) を用いて、親端末に子端末が  
接続することによりMANETを構築



(a) 親端末の画面



(b) 避難誘導の画面

# 想定される用途

## ① 通常時と災害時に機能するスマートフォンアプリ



Yahoo！防災速報、LINE防災速報などの防災スマートフォンアプリにERESSの機能を組み込む

## ② 混雑状況を可視化するシステム



人の集まる場所(駅、空港、トイレ、ショッピングセンター、温泉など)での混雑状況の可視化は今後の需要拡大に期待

## ③ 屋内位置情報や行動状態にもとづくサービス



工場における作業者の位置情報や行動状態を記録し、より効率的な生産を目指すなど、多種多様なサービスの可能性

# 実用化に向けた課題

- 現在、ERESSの5つの機能が動作する試作アプリケーションを開発中。
- 今後の実用化に向けて、
  - 災害発生検知精度の向上
  - MANETと通信インフラの効果的な使用
  - 通行不可となった避難経路の特定方法
  - より直感的で分かりやすい避難誘導
  - 既存アプリ（LINEなど）との連携に必要な実装

## 企業への期待

- ERESS機能の試作アプリケーションをベースとして、安定して動くアプリの実装
- 実用的なユーザインタフェースや処理を実現できる、スマホアプリ開発企業との共同研究
- すでに実用化されている防災アプリに関係している企業や自治体との共同研究
- 毎年開催されている関大防災デーにおいて、数千人規模での防災アプリ実証実験を一緒に行ってくれる企業との共同研究

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：判定装置、判定システム、判定方法、制御プログラム、および記録媒体
- 出願番号：特願2023-128027
- 出願人：学校法人 関西大学
- 発明者：和田友孝、尹禮分

# お問い合わせ先

関西大学  
産学官連携センター

TEL : 06 - 6368 - 1245

FAX : 06 - 6368 - 1247

e-mail : [sangakukan-mm@ml.kandai.jp](mailto:sangakukan-mm@ml.kandai.jp)