

サイバー救助犬

大野和則（東北大学）

2018/06/14



人間と犬とロボティクス知能を融合した 世界初の被災者搜索

犬（優れた嗅覚・運動能力）

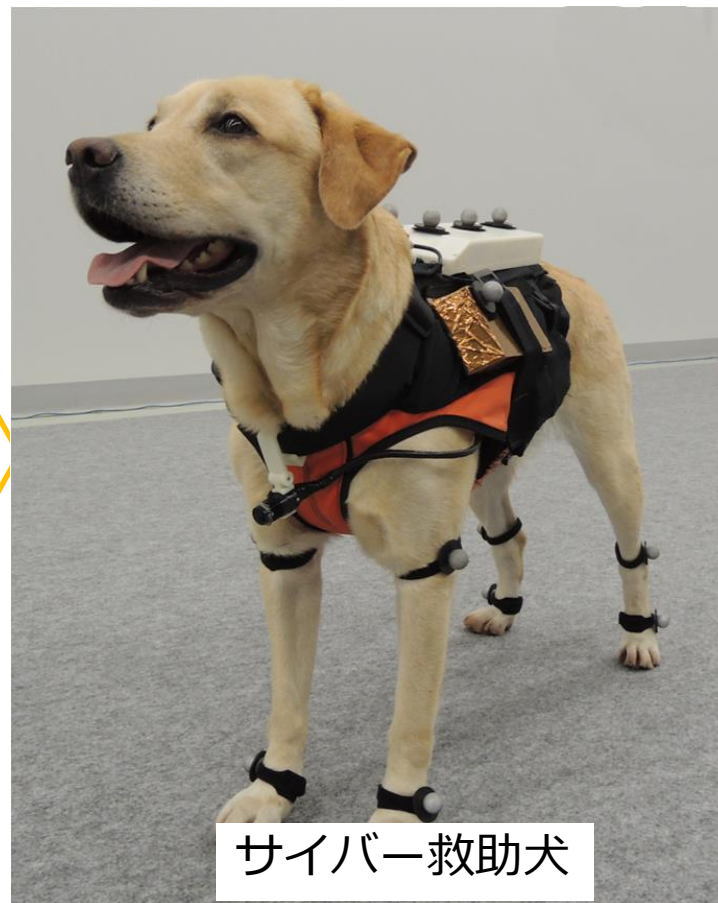
人間（高い判断力）

× ロボティクス知能：
センシング・遠隔認識推定・制御

救助犬



災害対応ロボット

救助犬に不足する能力
を災害対応ロボットの
技術で補う

サイバー救助犬

優れた嗅覚・運動能力で被災者を発見。救助に必要な情報が不足

救助に必要な情報＝

被災者の位置 + 健康状態 + 救助を要する人数 + 周囲の状況



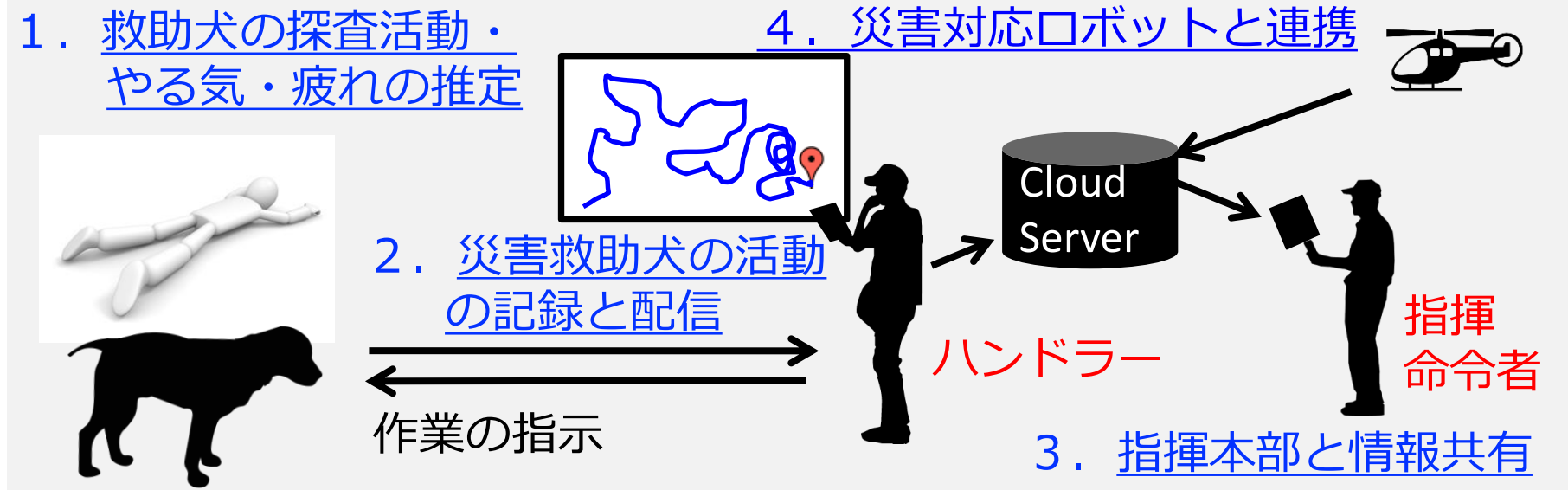
東日本大震災宮城県名取市要救助者搜索
日本救助犬協会（JRDA）

救助犬の課題

- 犬の位置・行動の把握
- 犬が吠えた理由の特定
- 犬のやる気や疲れの把握
- 犬の行動を指示できない
- 犬の訓練に時間がかかる

サイバー救助犬

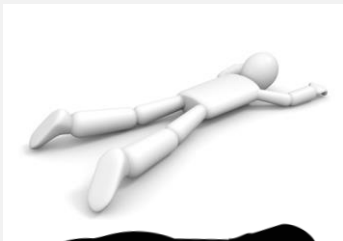
- センサを備えた非侵襲で軽量のサイバー救助犬スーツを装着
- センサ（IMU他）情報から、犬の位置・やる気・疲れを推定
- 吠えた対象・周囲状況を認識
（画像・3D・音声）



開発中の技術（激しく動く犬に利用可能なタフセンシング）

1. 動きを妨げないサイバー救助犬スーツの開発：大野和則（東北大学）
2. 激しく動く犬の目線カメラに写る対象を認識：山崎公俊（信州大学）
3. スーツ搭載センサから犬の行動を推定：徳山豪・篠原歩（東北大学）
4. 犬の生体信号と行動から犬の情動を推定：菊水健史（麻布大学）
5. 犬搭載カメラ映像から犬の探査軌跡を推定：岡谷貴之（東北大学）

1. 救助犬の探査活動・やる気・疲れの推定



2. 災害救助犬の活動の記録と配信

作業の指示

4. 災害対応ロボットと連携



Cloud
Server

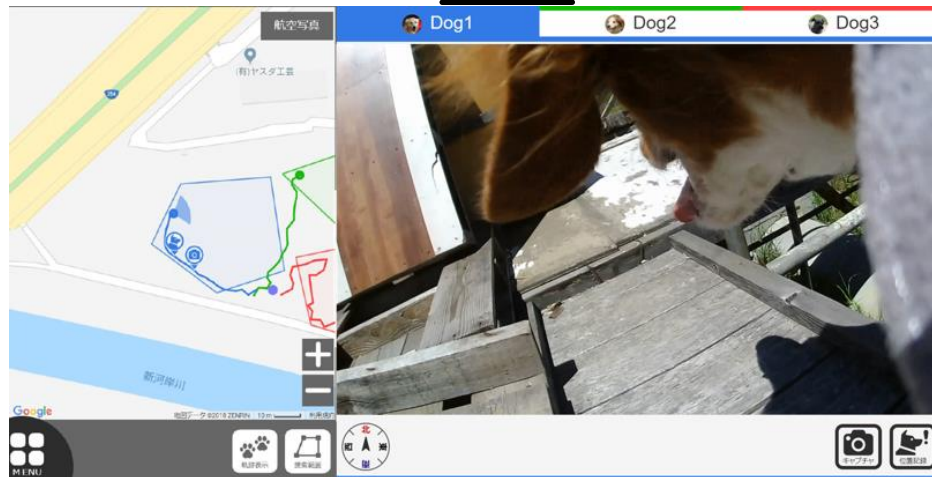
ハンドラー

指揮
命令者

3. 指揮本部と情報共有



実用的なサイバー救助犬スーツ
(東北大学、古野電気共同開発)



複数犬の搜索活動を表示するインタフェース
(東北大、信州大、ドーン、ソフトバンク、
Texas A & M共同開発)

- 実用的なサイバー救助犬スーツを古野電気と共同開発
- 軽量（犬の体重の10%未満）、動きを妨げない機器配置
- カメラ、マイク、GPS、慣性センサで搜索活動を計測
- 映像、位置や軌跡、行動推定の結果をクラウドで情報共有



重量	1.50 kg （15kg以上の犬に装着可能）
カメラ	配信・記録：1280×720, 約120° 640×480
マイク	モノラル
スピーカー	防水・振動スピーカー
GNSS	単独測位（数m精度）, 一周波高精度 GNSS（数十cm精度）, 5Hz
慣性センサ	3軸加速度, 3軸角速度 背中, 胸元に各1個装備
モバイルルータ	3G/4G対応（microSIM）
バッテリー	5200mAh（リチウムイオン） 2時間稼働
温度	0～40度

- インタフェースをドーン、Prof. Robin Murphyと共同開発
- 救助犬の検索情報の共有に必要な機能
 - 3頭の救助犬の検索軌跡や映像を表示する機能
 - 本部が設検索エリアを設定する機能
 - 犬カメラの映像のキャプチャやメモ書きの機能





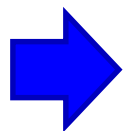
サイバー救助犬スーツ搭載の4つの機能で、救助犬の搜索を記録・可視化

1. 低遅延の映像・音声配信
 - 4Gの通信環境で1秒程度の遅れで多点に配信
 - ソフトバンク、大野G（東北大）
2. 探査軌跡の地図上への表示
 - 最新の航空写真上に探査軌跡を表示
 - 木村・五十嵐G（長岡技大）、大野G（東北大）
3. 遺留品発見
 - 犬カメラ映像に映っていた遺留品の発見
 - 山崎G（信州大）、大野G（東北大）
4. 慣性センサに基づく探査行動の推定 **新技術**
 - 歩く、走る、止まる、匂いを嗅ぐ、吠えるなどの6種類の犬の行動を認識
 - 徳山・篠原G（東北大）、大野G（東北大）

PI: 徳山豪、篠原歩（東北大学）

サイバースーツの慣性センサーのみを入力として、
救助犬の行動として重要な6行動を推定して提示する。

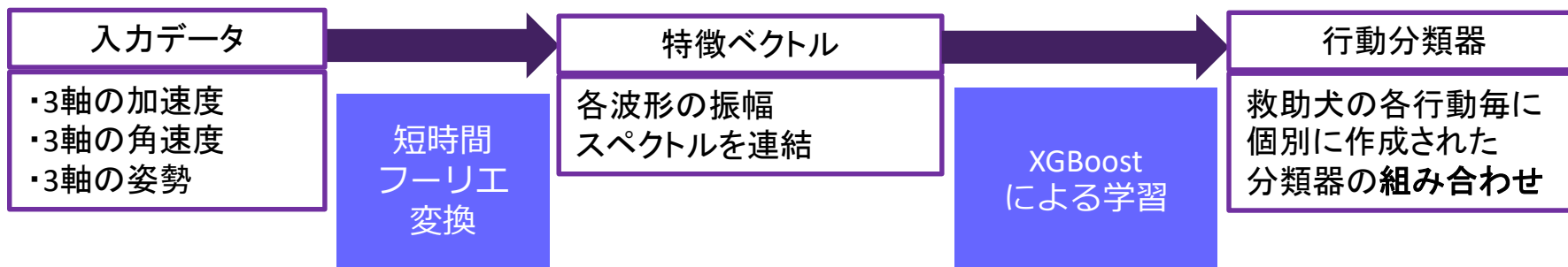
走る, 歩く, 止まる, 吠える, 物体臭を嗅ぐ, 浮遊臭を嗅ぐ



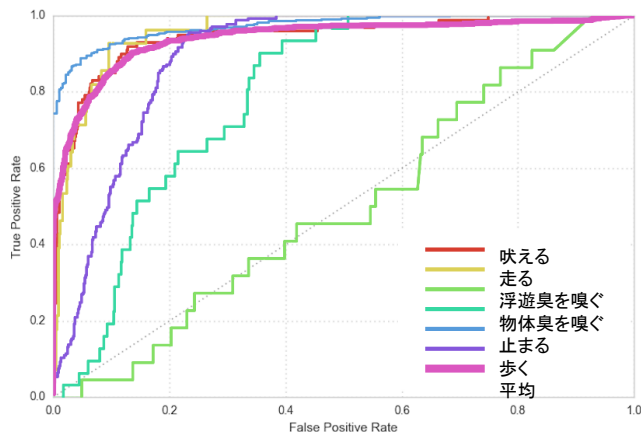
- 救助犬の行動記録を俯瞰的に検証できる。
- 救助犬の活動量・疲れを客観的に把握できる。
- 周囲の雑音や、他の犬の鳴き声に左右されない。

PI: 徳山豪、篠原歩 (東北大学)

- 特徴ベクトル : 短時間フーリエ変換後の振幅スペクトル
- 学習手法 : XGBoost を使用
- 学習データ : 4頭の救助犬から計20回の探査行動データ



分類精度の検証



- 走る, 歩く, 止まる, 吠える については高精度で分類可能.
- 物体臭を嗅ぐ, 浮遊臭を嗅ぐ の分類は現状ではまだ不十分.
- 犬搭載Raspberry Pi2 で実時間で分類可能.

- ・ 慣性センサーから犬の6つの行動を推定し地図に実時間表示
- ・ 犬が吠えた位置を自動で地図に記載

The screenshot displays the 'Dog Action Prediction Visualization System' interface. On the left, an aerial map shows a search area with a blue boundary and a green path. A '犬視点へ' (To Dog's Viewpoint) button is present. The top navigation bar includes tabs for 'Dog1', 'Dog2' (selected), and 'Dog3'. The main display area shows a first-person view from Dog2, looking down at a gravelly ground with green vegetation in the background. The bottom status bar shows the date and time: '2018年6月8日 (金) 11時48分10秒', and the distance and height: '犬との距離 NN m / 犬の高度 NN m'. There are also icons for 'キャプチャ' (Capture) and '遺留品' (Remains).

アプリ G 7 航空写真 犬視点へ

shinolab wiki iCloud Tohoku home DCMail Tohoku Emergency Analytics アルゴリズム論 問題集・2018年度...

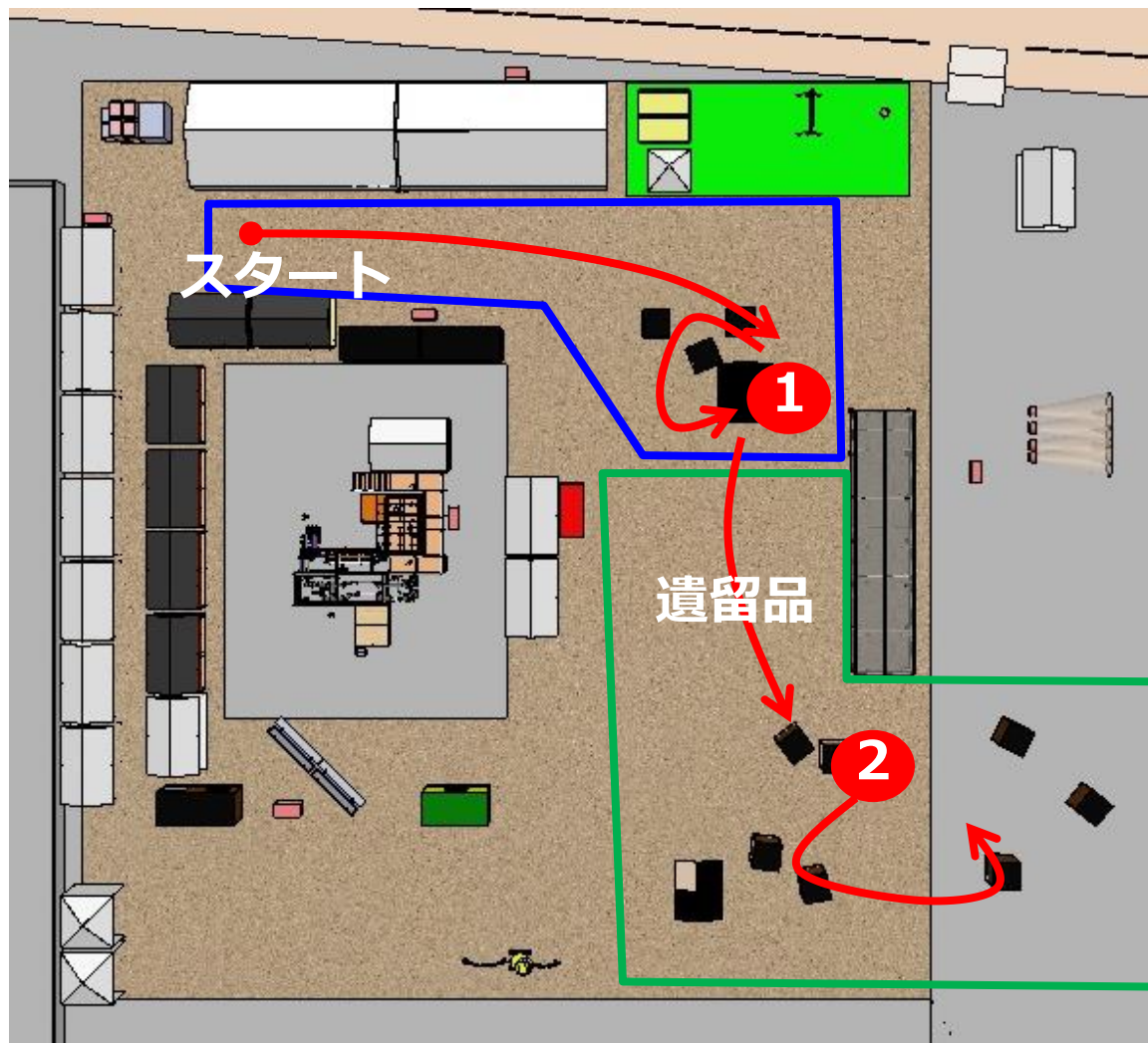
Dog1 Dog2 Dog3

2018年6月8日 (金) 11時48分10秒
犬との距離 NN m / 犬の高度 NN m

キャプチャ 遺留品

utweb.dawn-corp.co.jp/rescue_dog/tablet.html?channel_id=tohoku_dog#tab2

シナリオ：救助犬が行方不明者2名（男性）の搜索



エリア1（青）

- 犬が被災者1を搜索
- 犬の行動を、映像、軌跡、行動推定で可視化
- 被災者1を発見し位置を自動で地図上に記載

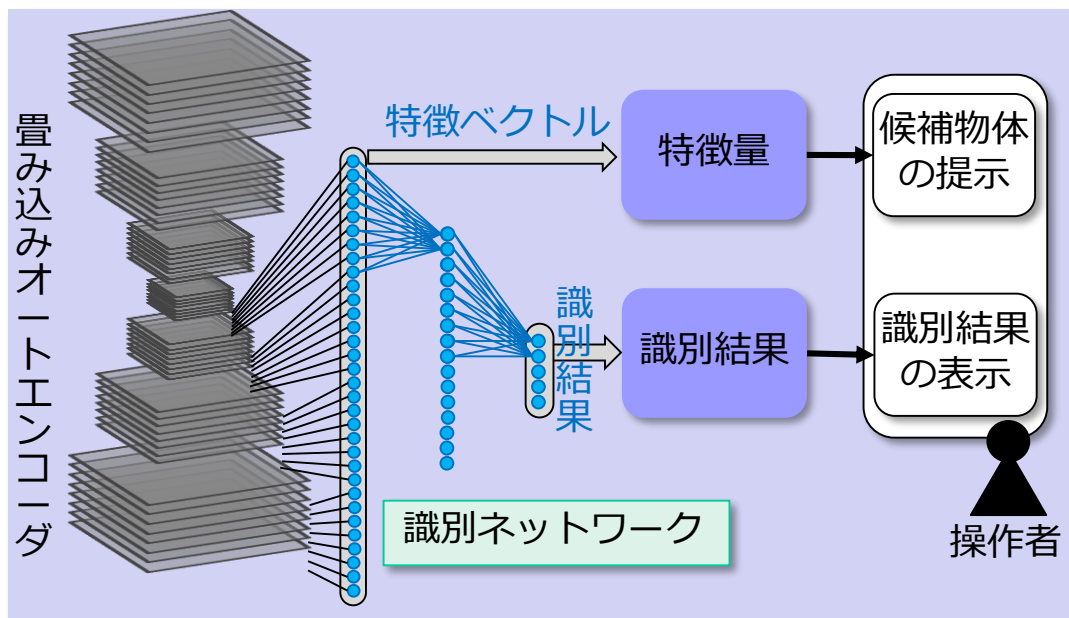
エリア2（緑）

- 次の搜索場所に移動中に遺留品を探查し発見
- 犬が被災者2を搜索
- 犬の行動を、映像、軌跡、行動推定で可視化
- 被災者2を発見し位置を自動で地図上に記載

**フィールドカメラ
に切り換えて下さい**

これまでの活動

- ・ 探索活動を補助する画像認識システム
 - 「その場で」「迅速に」 搜索対象を見つけ出せる技術
- ・ U Iでの結果表示（G N S S，時刻などとの統合）
 - 「いつ」「どこで」「何が」 発見されたかを一目で把握



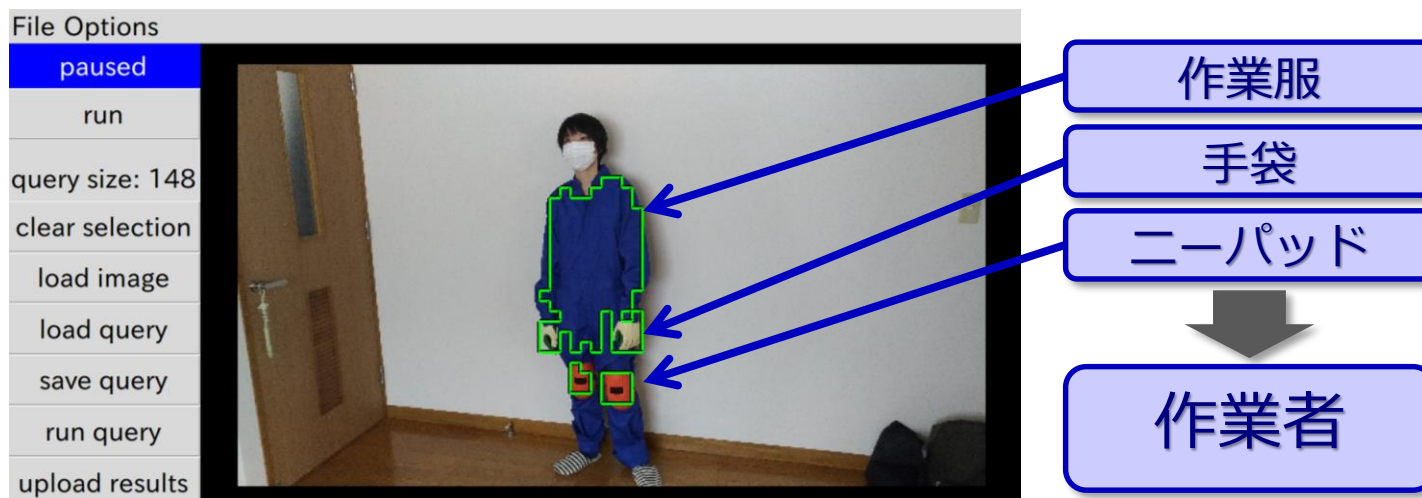
画像認識手法の構造



検出結果の表示

1. 検索対象の登録方法の拡張

- ・複数の部位を一つの対象として登録
- ・認識の確信度を向上



2. 処理の効率化

- ・各画像に対する処理を単純化
- ・2倍の高速化を実現 (5fps → 10fps)

**フィールドカメラ
に切り換えて下さい**



1. カメラ映像からの救助犬の移動軌跡推定
PI: 岡谷 貴之, 東北大



2. 犬の歩容と慣性センサを利用した軌跡推定
PI: 大野和則, 東北大



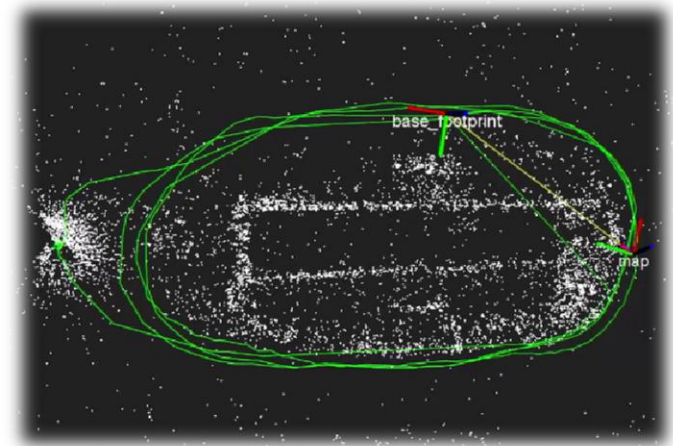
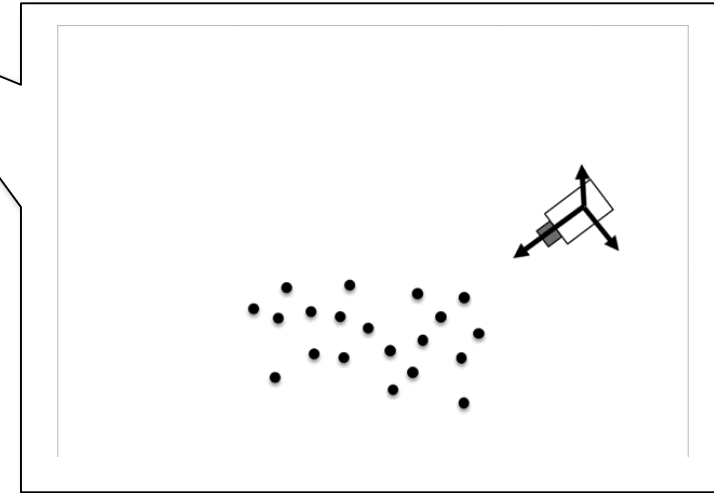
3. 心拍変動に基づく犬の情動推定
PI: 菊水健史, 麻布大, 池田和司, 奈良先

PI: 岡谷 貴之, 東北大学

目標 : 救助犬カメラ映像で**視覚SLAM**

利点 : カメラのみで使える
非GPS環境で移動軌跡が求まる

問題 : 救助犬の激しい動き
⇒ **画像不連続性**

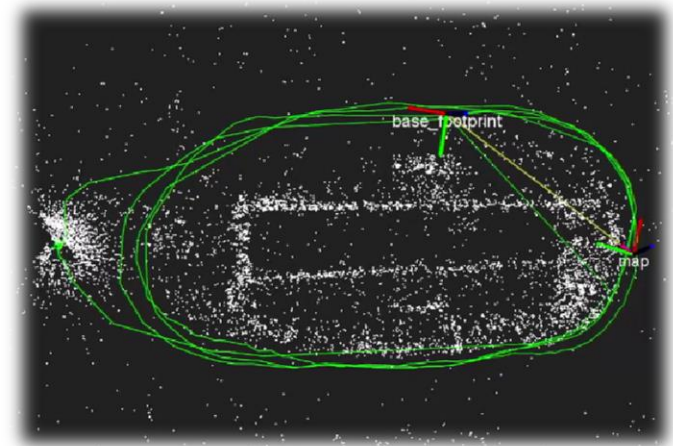
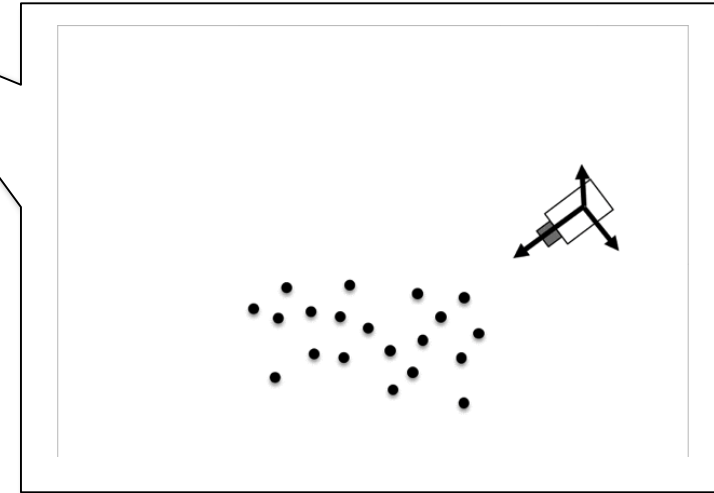


PI: 岡谷 貴之, 東北大学

目標 : 救助犬カメラ映像で**視覚SLAM**

利点 : カメラのみで使える
非GPS環境で移動軌跡が求まる

問題 : 救助犬の激しい動き
⇒ **画像不連続性**



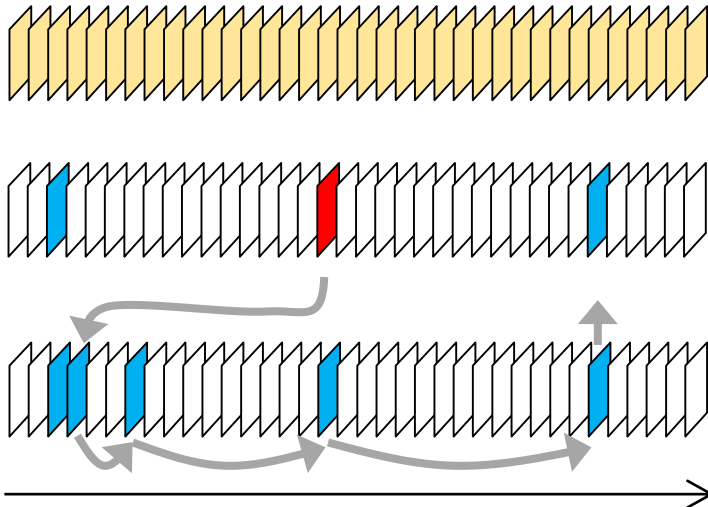
PI: 岡谷 貴之, 東北大学

解決策：①高速カメラ＋フレーム選択
②IMUとの統合
③深層ニューラル特徴



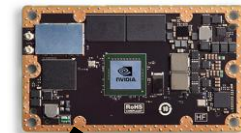
途切れること
なく
軌跡を推定

①



②

オンボードPC

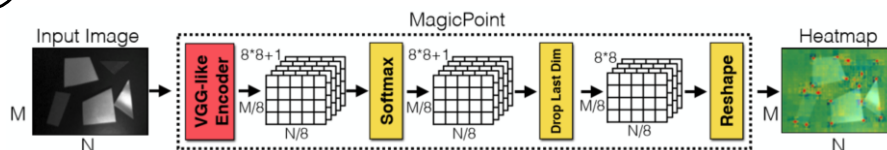


高速カメラ

IMU

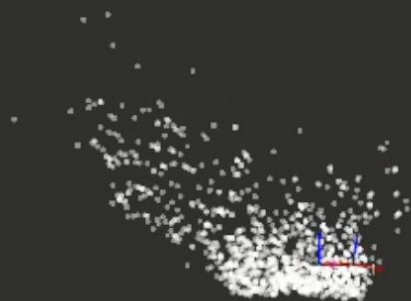


③



[Detone+2017]

PI: 岡谷 貴之, 東北大学



PI: 大野和則 東北大学

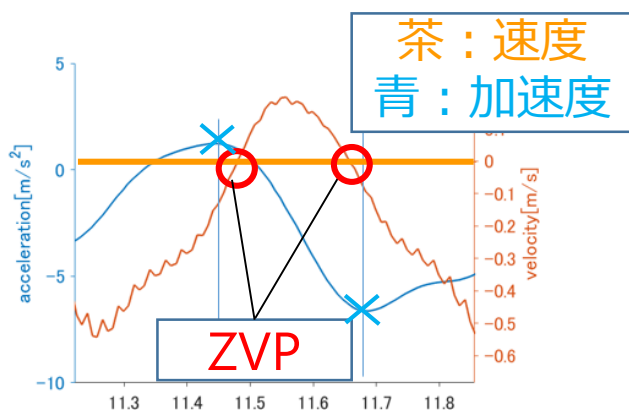


手法：慣性センサの積分で速度や軌跡を推定

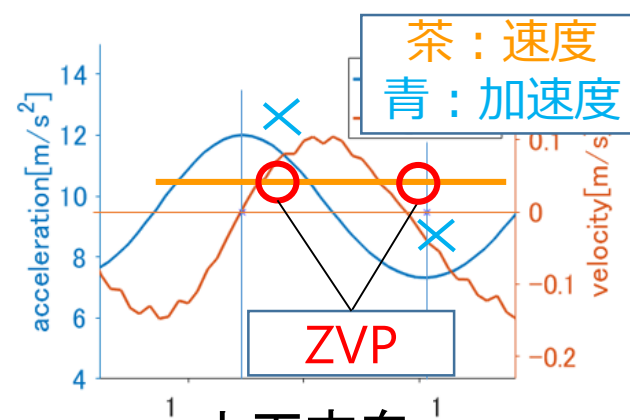
課題：積分誤差が累積

世界初：犬の歩容から速度ゼロ時点 (ZVP)を検出、誤差修正

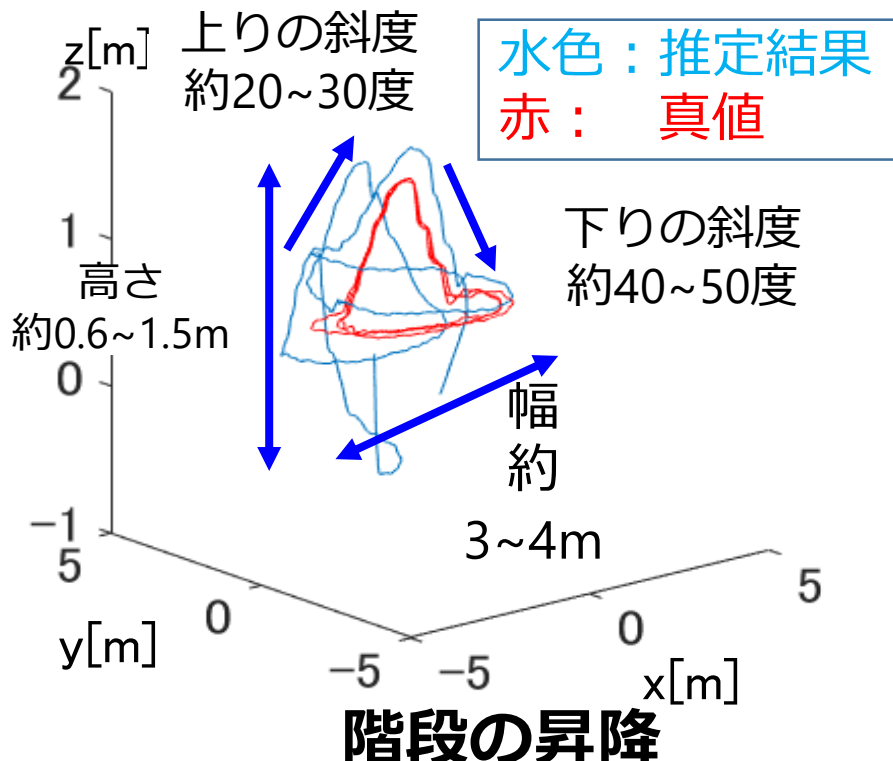
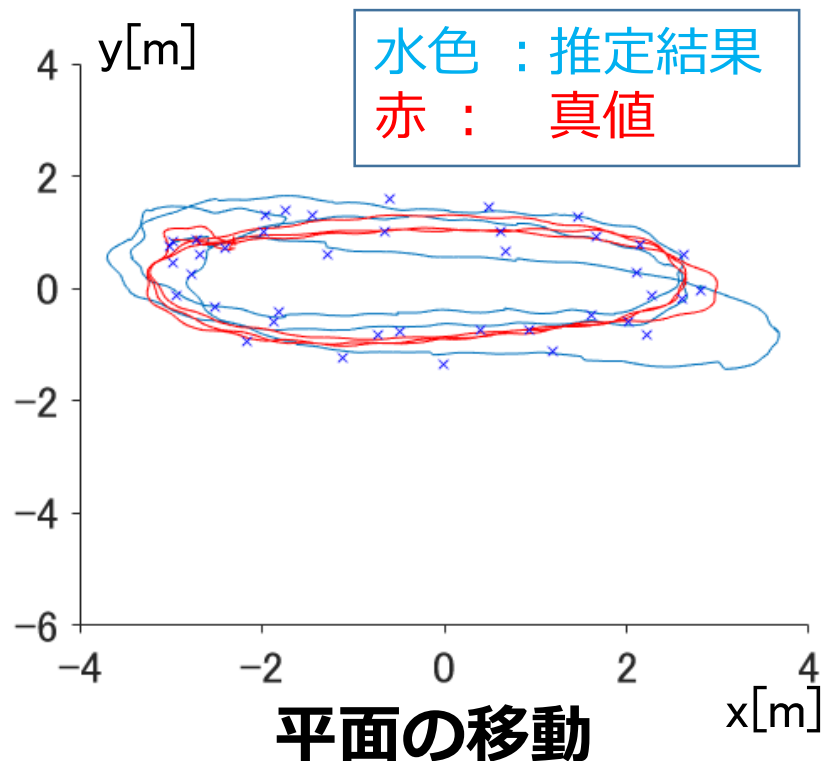
**高周期で向きを含んだ
3次元軌跡を推定可能**



横方向
加速度から速度ゼロ時点(ZVP)を検出



ZVPを利用して誤差を修正，犬の3次元軌跡を推定 探査範囲の地形計測にも応用可能



PI 菊水健史（麻布大学）、池田和司（奈良先端科学技術大学院大学）

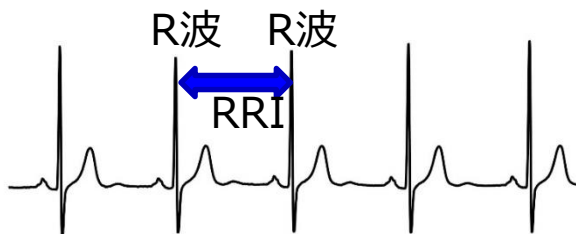
▶ 世界での救助犬の課題

- ▶ 遠隔では、犬の集中度や疲れがわからない（連続20分が限界）
- ▶ 訓練困難．長期間，適正の高い犬は少数，訓練するまでわからない

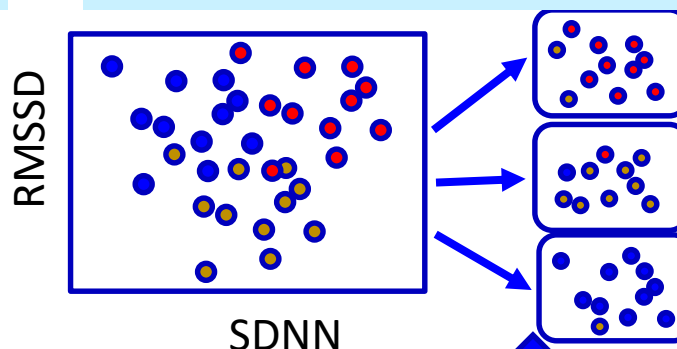
災害現場で活躍するイヌの行動と内的状態をリアルタイムで
モニタし、災害現場で活躍するイヌの認知心理的・行動学的
に支援する。

心拍変動に基づくイヌの情動判定

- 心拍の間隔（RRI）は変動
HRV（Heart Rate Variability）



- 機械学習による推定
（ランダムフォレスト）



- 加速度データとの統合
（作業中のタフネス）

情動推定の補完
判定結果の信頼性判定

PI 菊水健史（麻布大学）、池田和司（奈良先端科学技術大学院大学）
日本救助犬協会の認定救助犬の捜索中の情動を推定

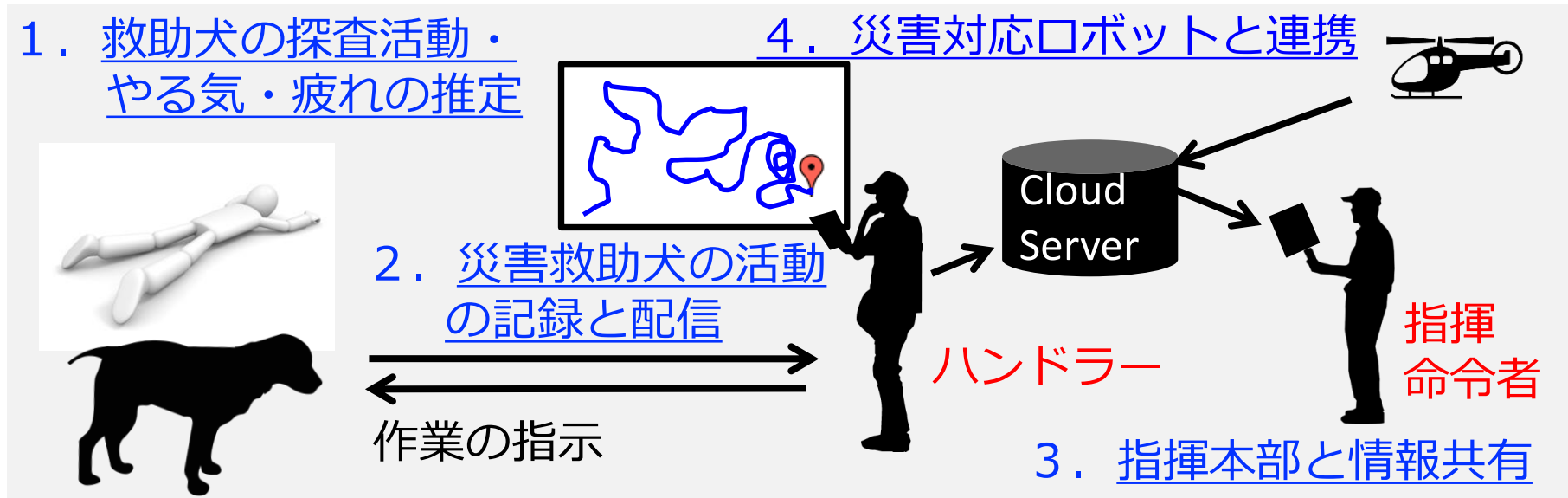


災害救助犬のトレーニング中における搜索結果との照合



同システムが他の災害救助犬でも適応可能かの検証





開発中の技術（激しく動く犬に利用可能なタフセンシング）

1. 動きを妨げないサイバー救助犬スーツの開発：大野和則（東北大学）
2. 激しく動く犬の目線カメラに写る対象を認識：山崎公俊（信州大学）
3. スーツ搭載センサから犬の行動を推定：徳山豪・篠原歩（東北大学）
4. 犬の生体信号と行動から犬の情動を推定：菊水健史（麻布大学）
5. 犬搭載カメラ映像から犬の探査軌跡を推定：岡谷貴之（東北大学）