

新ビジネス創出と円山動物園の機能強化に向けた  
技術確立のための検討会（第3回）

～AIを活用した画像解析による動物行動の把握～

日時：平成30年3月20日（火）

13時00分～15時00分

場所：札幌市円山動物園 動物園プラザ

次 第

1 開催

2 議事

1) 「動物園の機能強化のためのAI技術の適用と展望

～チンパンジーとホッキョクグマの個体・動作識別を通して～

北海道大学大学院 情報科学研究科 山本教授・飯塚准教授

2) 「動物の行動把握と社会実装について」

特定非営利活動法人 EnVision 環境保全事務所 長谷川研究員

3) 意見交換

3 座長挨拶

札幌市環境局 円山動物園 園長 加藤 修

## 出席委員名簿

氏名	所属
加藤 修（座長）	札幌市環境局 円山動物園 園長
小菅 正夫	札幌市環境局参与（円山動物園担当）
山本 雅人	北海道大学大学院 情報科学研究科 教授
飯塚 博幸	北海道大学大学院 情報科学研究科 准教授
下鶴 倫人	北海道大学大学院 獣医学研究院 准教授
石田 崇（欠席）	Sapporo AI Lab テクニカル・コミッティ（株式会社テクノアイ代表取締役）



北海道大学

新ビジネス創出と円山動物園の機能強化に向けた  
技術確立のための検討会(第3回)

# 動物園の機能強化のための AI技術の適用と展望

— チンパンジーとシロクマの個体・動作識別を通して —

北海道大学 大学院情報科学研究科  
情報理工学専攻 自律系工学研究室

山本 雅人, 飯塚 博幸, 池田宥一郎, 松田 啓佑

# 本日の内容

- チンパンジーの個体識別・トラッキング
- ホッキョクグマの行動分類
- ホッキョクグマの行動多様性のみえる化
- ホッキョクグマの常同行動の検出
- ホッキョクグマの領域を授乳音の検出



# チンパンジーの個体識別・トラッキング



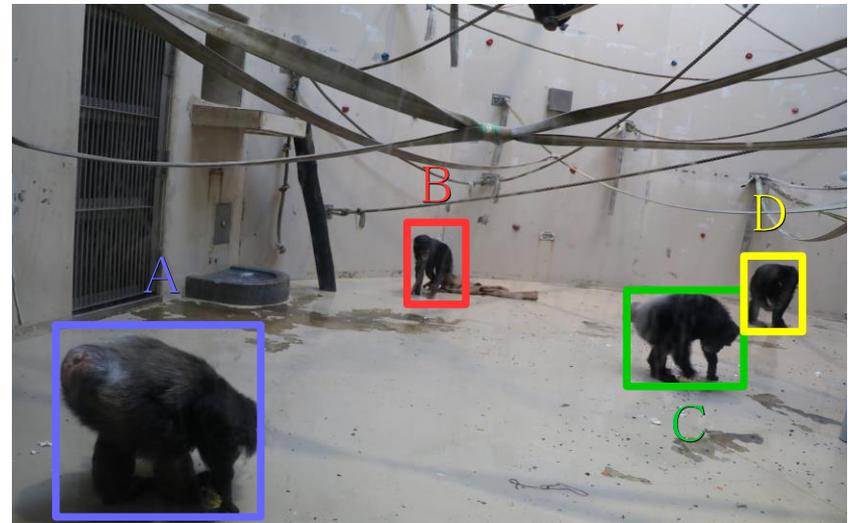
# チンパンジーの位置・個体の検出

CNNによる個体識別は可能（第1回検討会）

- 個体一体を切り抜いた画像で学習

現実には複数個体が映った画像を扱う

- 各チンパンジーの位置と個体の検出が必要



# 学習データの作成



フレームごとに位置と個体名をラベル付け  
各個体が活発に動いている時間帯のうち、約14分(5fps)  
の動画データを使用

# 実験設定

## データセット

- テストデータ: 300枚
  - ほとんどの個体が登場している1分間
- 訓練データ: 3765枚
  - テストデータ以外

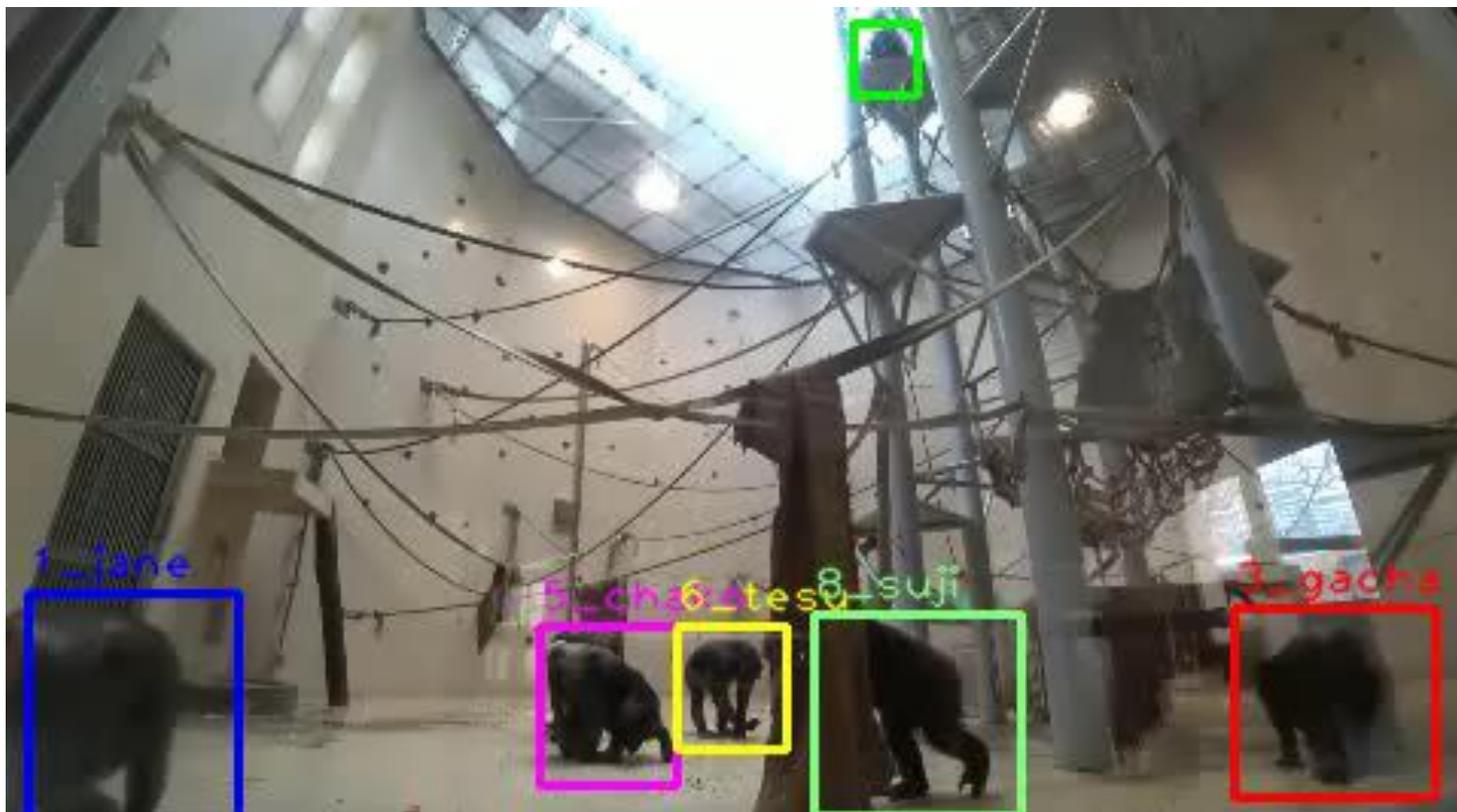
## ネットワーク構成

- yolo-voc (darknet公式)
- 31層

layer	filters	size	input	output
0	conv 32	3 x 3 / 1	416 x 416 x 3	416 x 416 x 32
1	max	2 x 2 / 2	416 x 416 x 32	208 x 208 x 32
2	conv 64	3 x 3 / 1	208 x 208 x 32	208 x 208 x 64
3	max	2 x 2 / 2	208 x 208 x 64	104 x 104 x 64
4	conv 128	3 x 3 / 1	104 x 104 x 64	104 x 104 x 128
5	conv 64	1 x 1 / 1	104 x 104 x 128	104 x 104 x 64
6	conv 128	3 x 3 / 1	104 x 104 x 64	104 x 104 x 128
7	max	2 x 2 / 2	104 x 104 x 128	52 x 52 x 128
8	conv 256	3 x 3 / 1	52 x 52 x 128	52 x 52 x 256
9	conv 128	1 x 1 / 1	52 x 52 x 256	52 x 52 x 128
10	conv 256	3 x 3 / 1	52 x 52 x 128	52 x 52 x 256
11	max	2 x 2 / 2	52 x 52 x 256	26 x 26 x 256
12	conv 512	3 x 3 / 1	26 x 26 x 256	26 x 26 x 512
13	conv 256	1 x 1 / 1	26 x 26 x 512	26 x 26 x 256
14	conv 512	3 x 3 / 1	26 x 26 x 256	26 x 26 x 512
15	conv 256	1 x 1 / 1	26 x 26 x 512	26 x 26 x 256
16	conv 512	3 x 3 / 1	26 x 26 x 256	26 x 26 x 512
17	max	2 x 2 / 2	26 x 26 x 512	13 x 13 x 512
18	conv 1024	3 x 3 / 1	13 x 13 x 512	13 x 13 x 1024
19	conv 512	1 x 1 / 1	13 x 13 x 1024	13 x 13 x 512
20	conv 1024	3 x 3 / 1	13 x 13 x 512	13 x 13 x 1024
21	conv 512	1 x 1 / 1	13 x 13 x 1024	13 x 13 x 512
22	conv 1024	3 x 3 / 1	13 x 13 x 512	13 x 13 x 1024
23	conv 1024	3 x 3 / 1	13 x 13 x 1024	13 x 13 x 1024
24	conv 1024	3 x 3 / 1	13 x 13 x 1024	13 x 13 x 1024
25	route 16			
26	conv 64	1 x 1 / 1	26 x 26 x 512	26 x 26 x 64
27	reorg	/ 2	26 x 26 x 64	13 x 13 x 256
28	route 27 24			
29	conv 1024	3 x 3 / 1	13 x 13 x 1280	13 x 13 x 1024
30	conv 70	1 x 1 / 1	13 x 13 x 1024	13 x 13 x 70
31	detection			



# 個体識別・トラッキング結果



トラッキングはおおよそできている  
個体識別の精度は高くない

# 見えてきた課題と可能性

## 個体識別の可能性

- 十分可能である

## 個体識別の精度

- データを増加する必要あり
- 整合性の導入(同じ個体が瞬間移動することはない)
- 15分間のデータに対して人手で集中して6時間
- 異なった日などのデータも必要かもしれない

## 行動分類

- 個体ごとにトラッキングができれば十分可能  
(ホッキョクグマの行動分類と同様)



# ホッキョクグマの行動分類



# ホッキョクグマ行動データセット作成

- ・2/14と2/16に撮られたカメラの映像で  
1.静止 2.歩く 3.走る 4.寝る 5.遊ぶ  
でラベル付け (今回は 静止, 歩行, 寝るの3種類)
- ・各行動についてトラッキングソフトでホッキョクグマを追跡,  
座標データを使って矩形でトリミング
- ・トリミングされた動画を2秒ごとに分割



# 行動データセット

- ・作成された動画は5行動それぞれ130個ずつ
- ・8割を訓練データ、残りの2割をテストデータにする

## データ例

静止



歩く



走る



寝る



遊ぶ

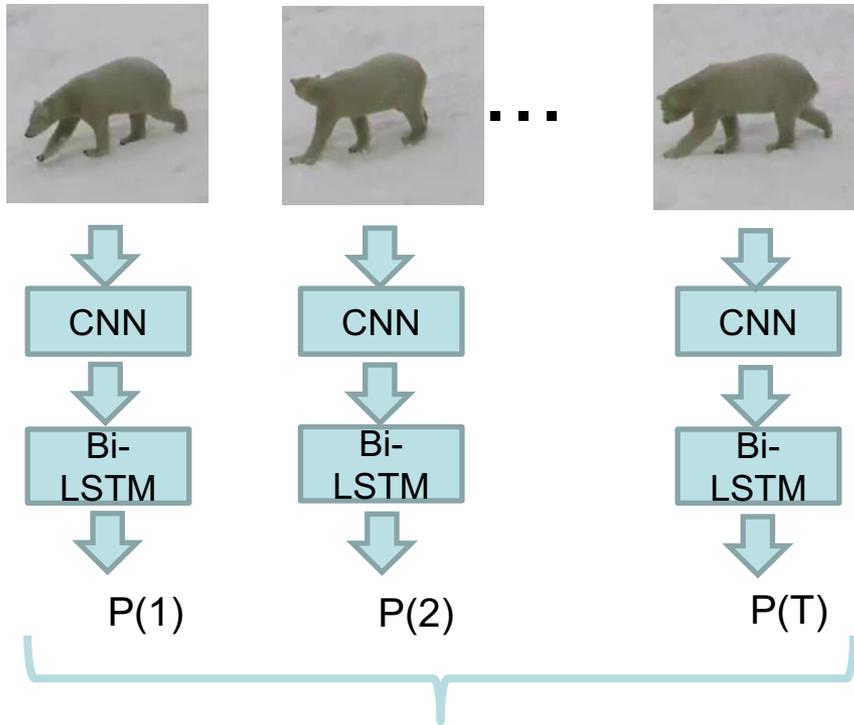


## データ内訳

クラス数	1クラスあたりのデータ数	総データ数	訓練	テスト
5	130	650	520	130



# 学習モデル



## Bidirectional LSTMを使用

- ・CNNで動画のフレームを処理
- ・Bi-LSTMで画像特徴量の  
時系列データを処理
- ・毎フレームごとにクラス確率を出力
- ・すべてのフレームに関して多数決を  
とり、分類結果とする

全時刻のクラス確率で多数決

分類結果

# 実験設定

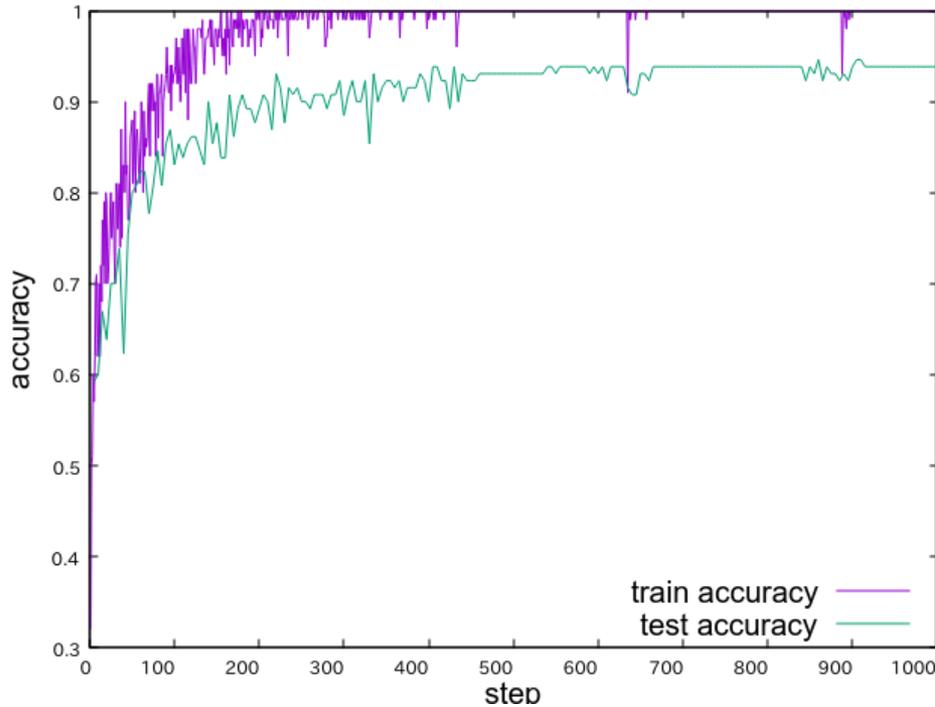
- ・バッチサイズ: 1
  - ・最適化アルゴリズム: Adam  
[Kingma et al., 2015]
  - ・学習率:  $10^{-5}$
  - ・学習step数: 1000
- バッチサイズ1の学習を100回  
行うことを1stepと定義
- ・テスト正解率は5stepごとに計算

	縦 × 横 × チャンネル	フィルタサイズ
入力	100×100×3	
畳み込み 1	100×100×32	5×5
プーリング 1	50×50×32	
畳み込み 2	50×50×64	3×3
プーリング 2	25×25×64	
畳み込み 3	25×25×128	3×3
プーリング 3	13×13×128	
畳み込み 4	13×13×128	3×3
プーリング 4	7×7×128	
全結合層 1	1×1×1024	
LSTM	1×1×1000	
全結合層 2	1×1×5	

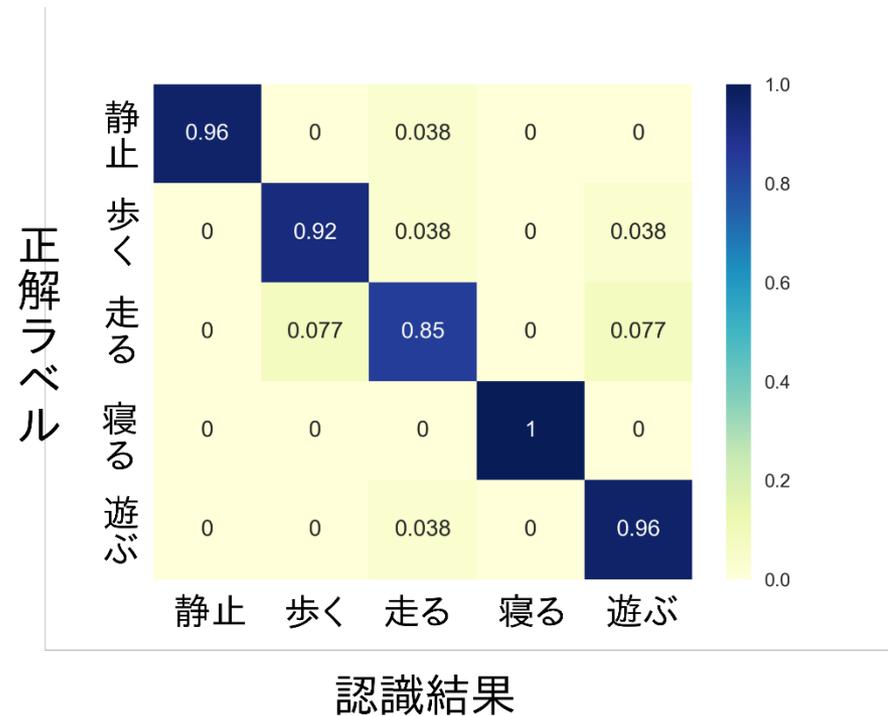


# 結果

正解率の最大値は 94.6%



正解率の推移  
チャンスレベルは約20%



テストデータに対する  
コンフュージョンマトリクス

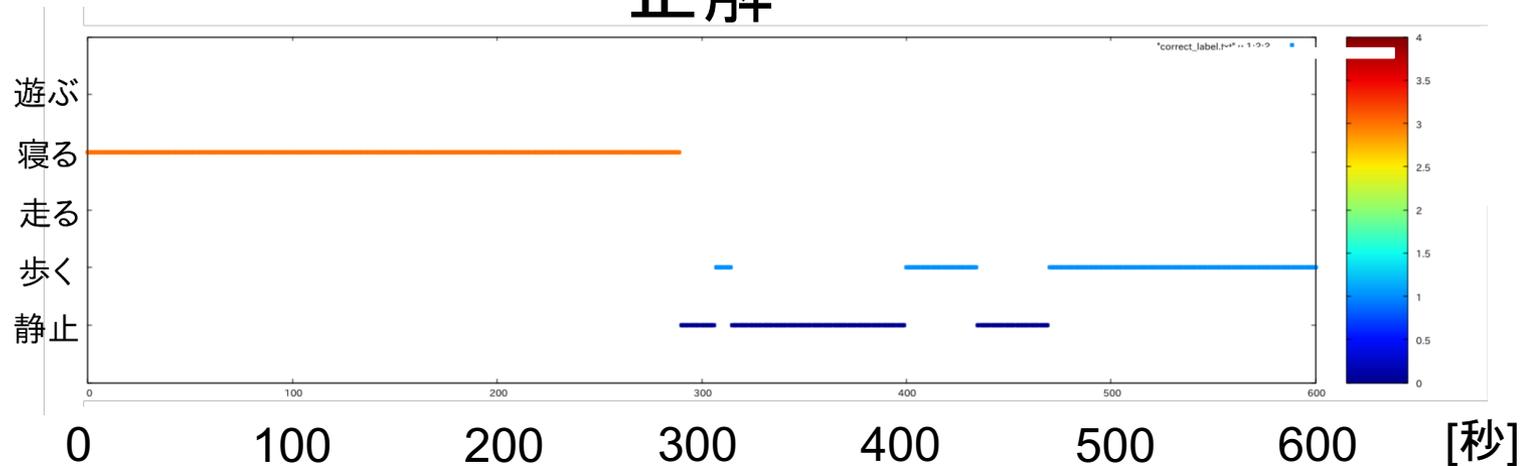
# テスト動画に対する分類

- ・訓練データは前のスライド同様2/14,2/16の全時刻についてa~dカメラから撮られた5行動を使用
  - ・テストデータは2/15の13:00~13:10までのb,cカメラの10分間の映像を使用
- ⇒このテストデータを2秒ごとに分け、作成したモデルを用いて分類をおこなう

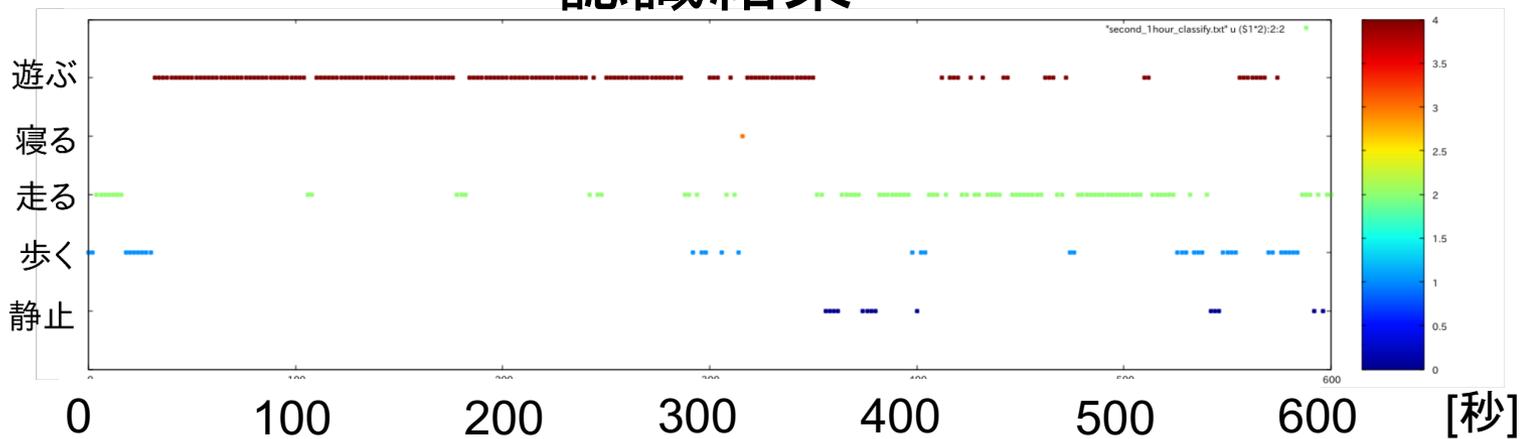


# 時間に対する分類(結果)

## 正解



## 認識結果



# 認識精度が悪い原因

- 訓練データが少ない

⇒一日の中で似たようなデータが多く、訓練データとテストデータの背景などの違いが影響した可能性

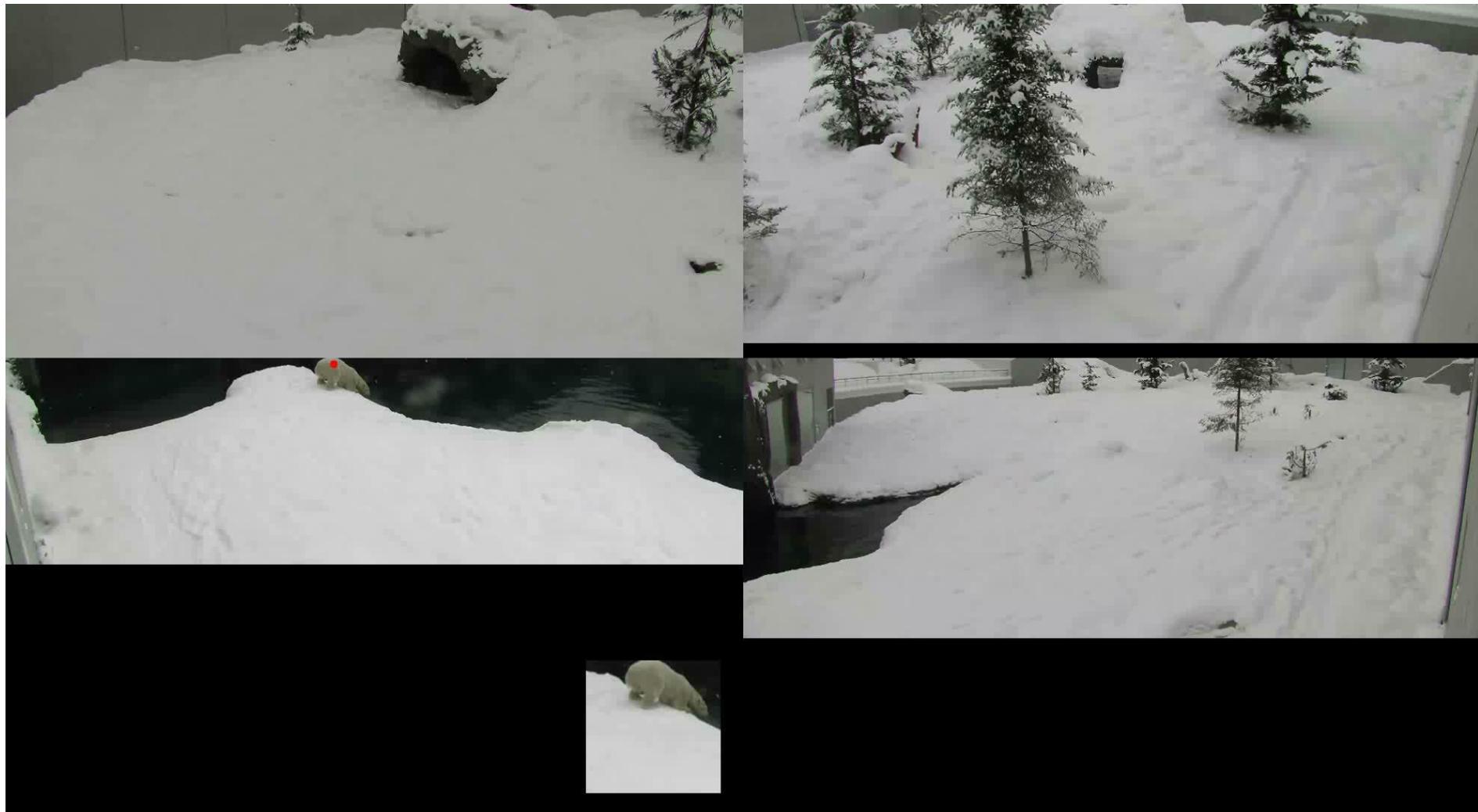
- 分類の細かさ

⇒テストデータの分類結果に「遊ぶ」が多く含まれていた  
「遊ぶ」というクラスは穴を掘る、ゴロゴロする、木により掛かるなど多くの行動を含む。

モデルがどれに分類するかよくわからない映像を「遊ぶ」というクラスに分類し、その結果別の日の映像であるテストデータが「遊ぶ」に多く分類された可能性

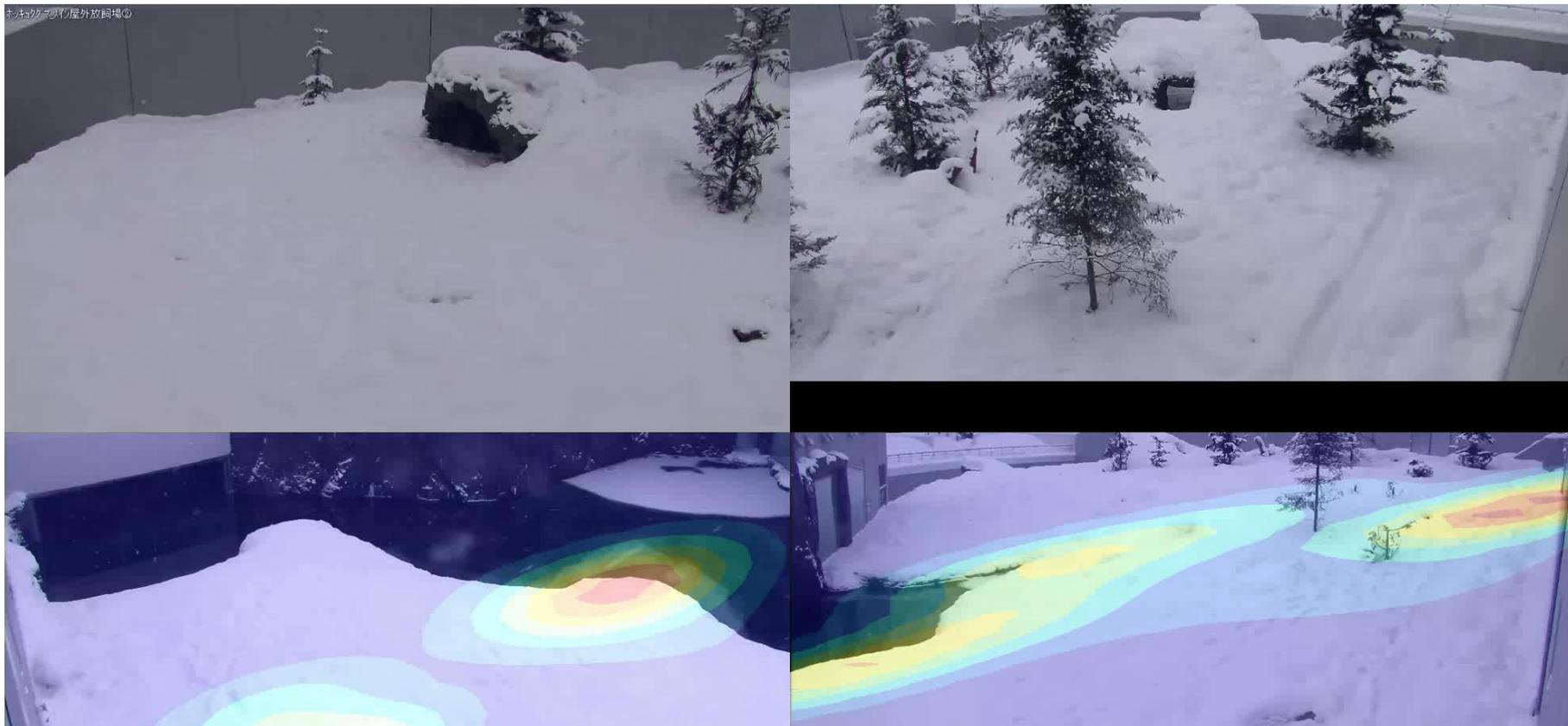


# トラッキングとクマ抽出



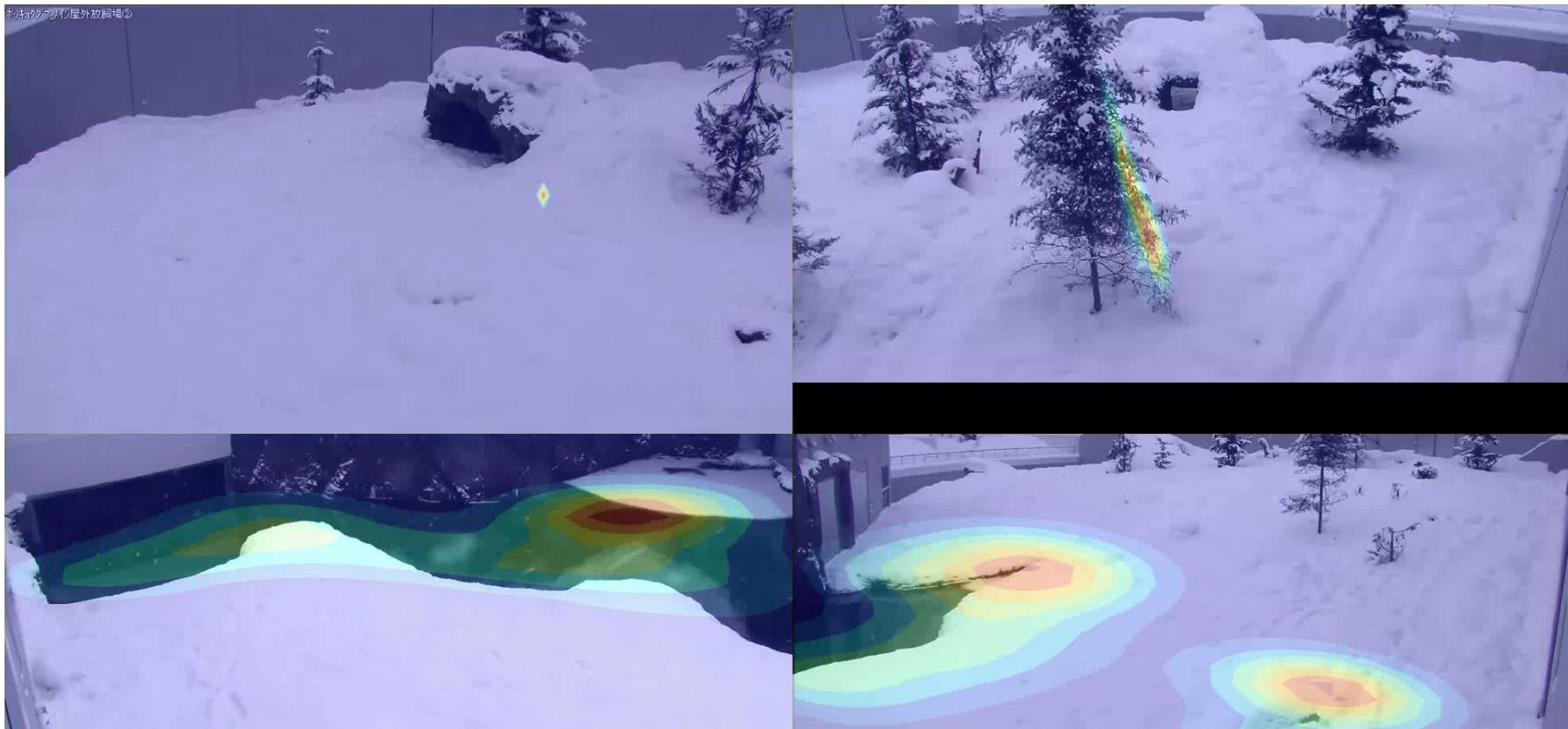
# トラッキングを利用した行動多様性の見える化

2月14日

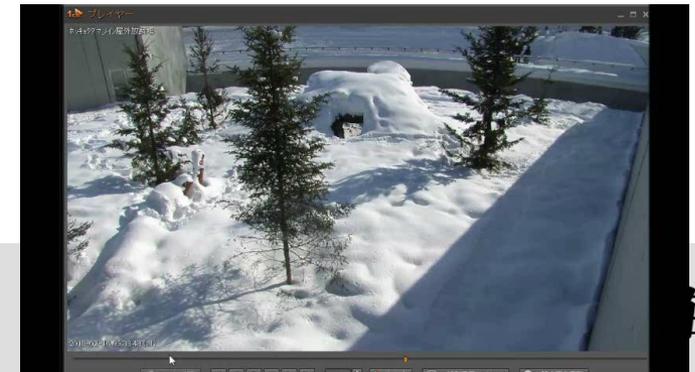
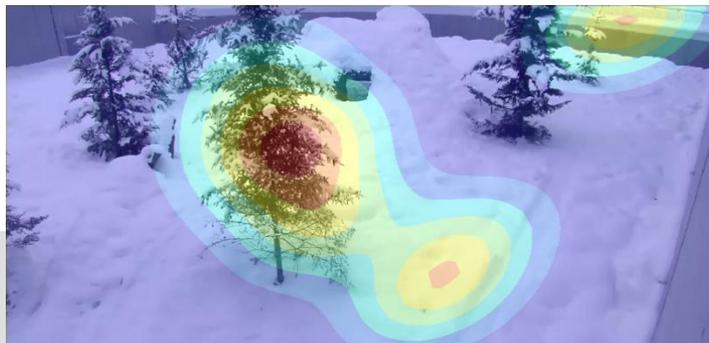
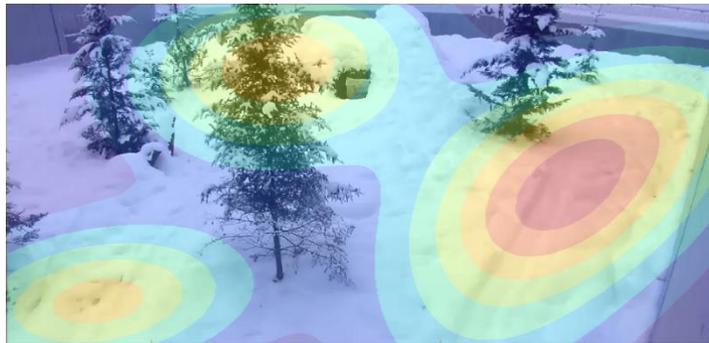
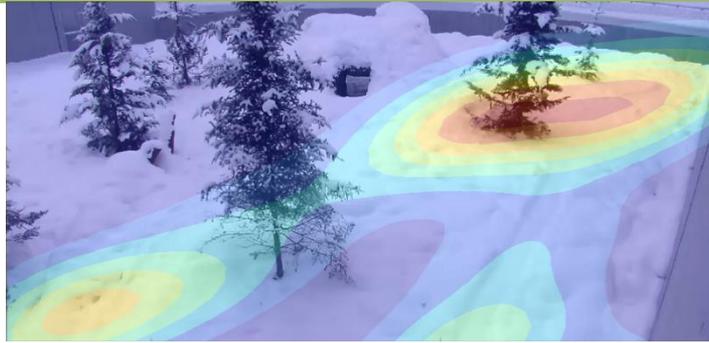


# トラッキングを利用した行動多様性の見える化

2月16日



# トラッキングの精度向上が必要



# ホッキョクグマの常同行動の検知

## 常同行動検知方法

- 基本的にトラッキングを利用
- 領域を粗く分割し、領域通過の繰り返しを検知  
(2往復を常同行動とする(手作業時の定義))



# 常同行動検知方法

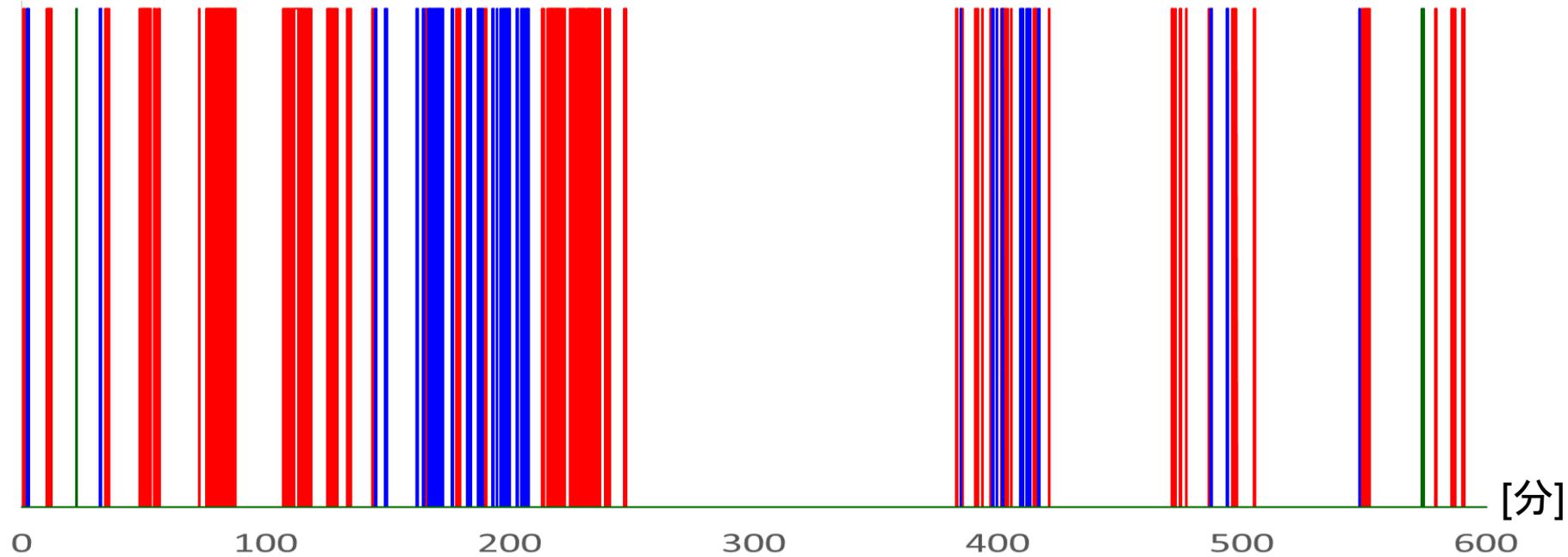
7:00

— 左上 — 右上カメラ  
— 左下 — 右下カメラ

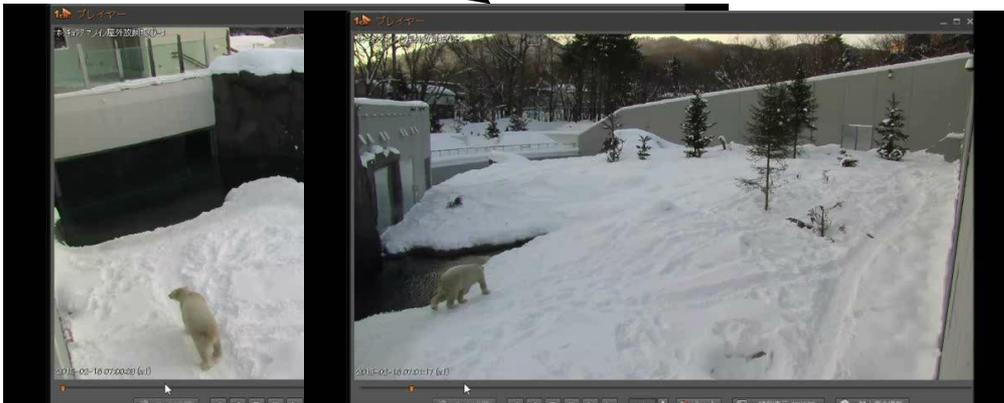
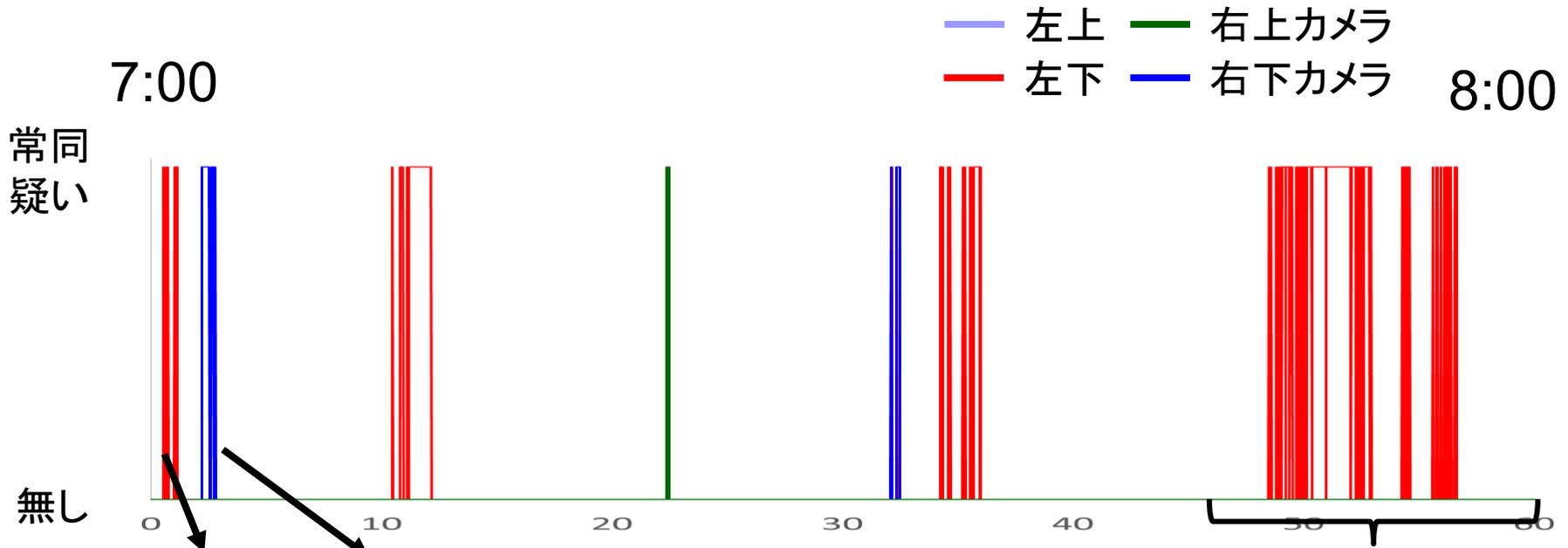
17:00

常同  
疑い

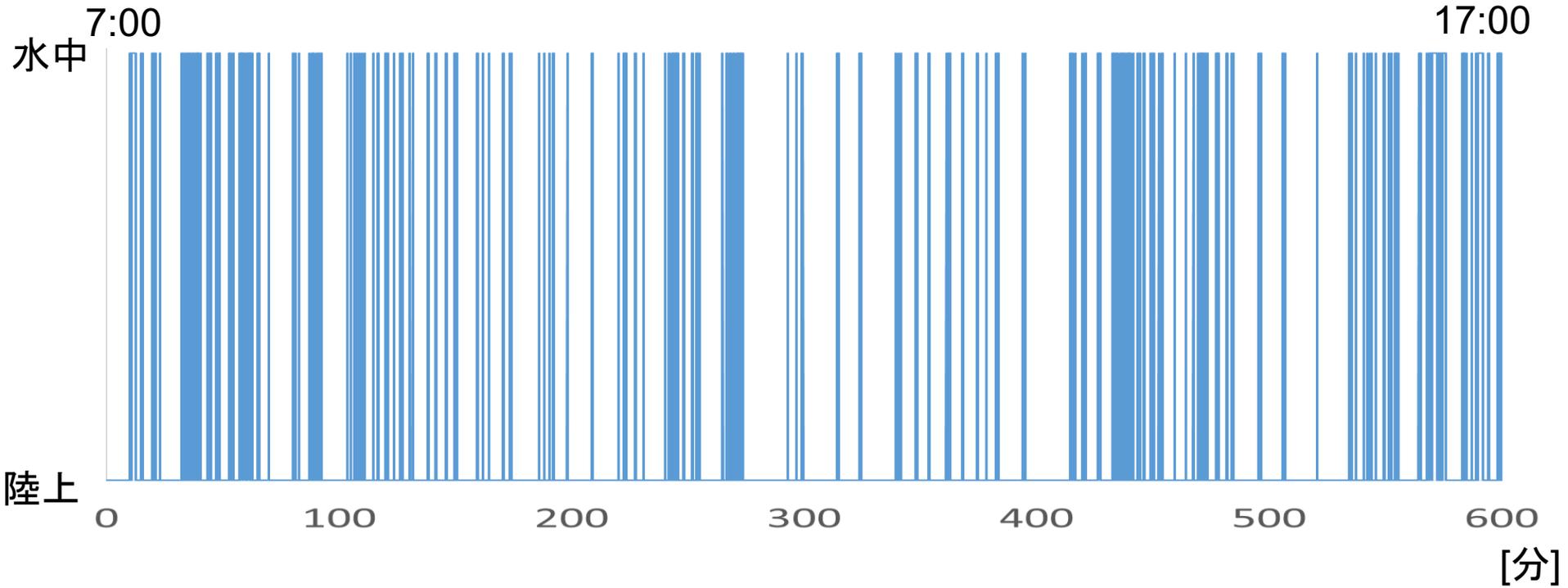
無し



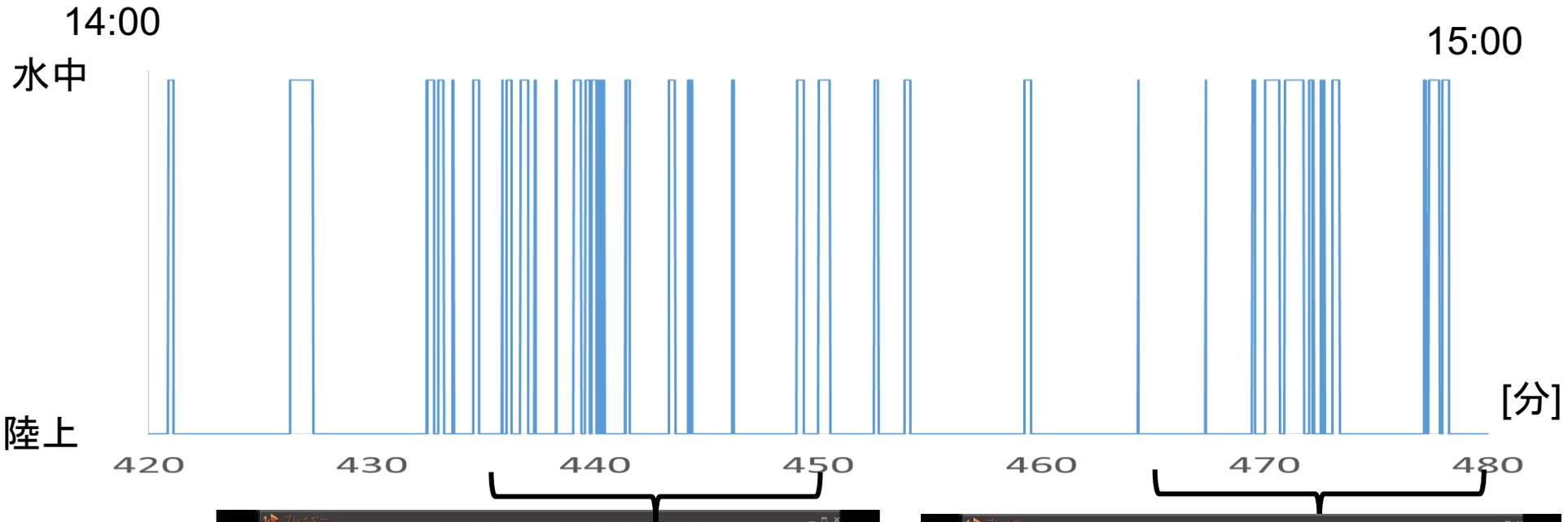
# 常同行動検知結果



# 水中検知



# 水中検知



# ホッキョクグマの授乳音の自動認識

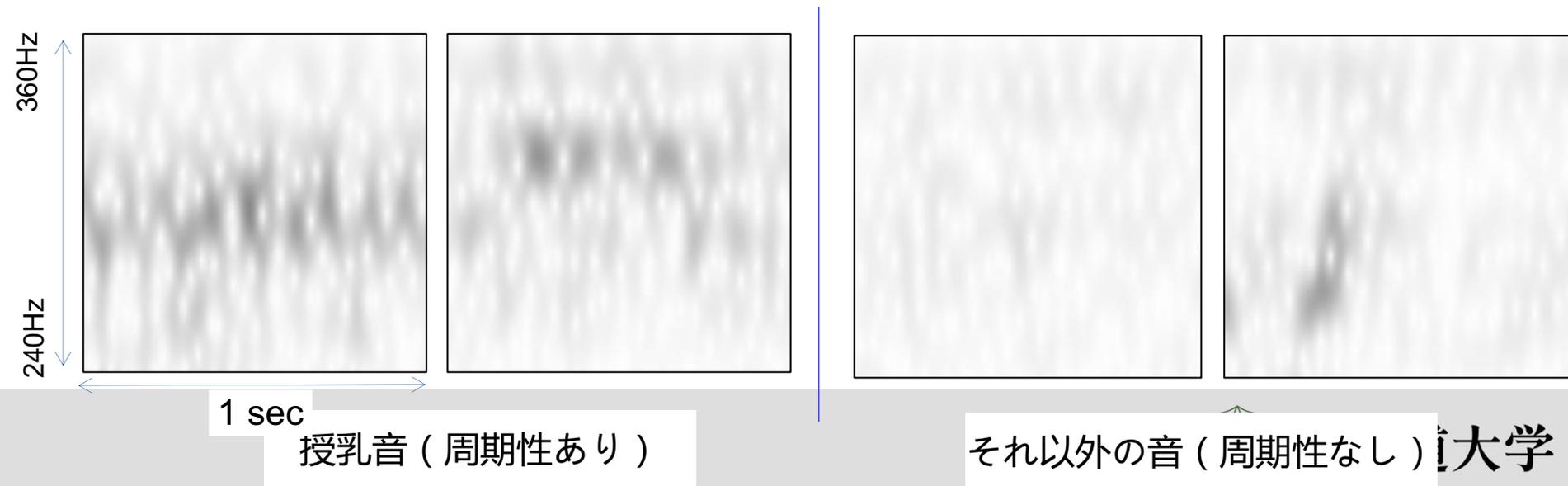
- 子グマがちゃんとミルクを飲んでいるか
- 飼育員が実際に録画したものを聞いてチェック
- 早送りができず，実時間必要



# シロクマの授乳音の自動認識

## シロクマの授乳施設の録音音源

- 動物園の授乳音記録DVDより入手（音例）
- 平均10分程度の音源が5つ
  - ・ 授乳音は240～360Hz付近に出現
  - ・ 1秒ごとに区切り, Constant-Q変換で画像化
- 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)により授乳音を認識



# 実験設定

## データセット

- 訓練データ(授乳音とそれ以外)
- テストデータ

## CNNの設定

- 12層CNN
- オプティマイザ:SGD
- Batch\_size:64
- 線形関数:交差エントロピー
- 正答率, 誤差ともに5回平均

	縦×横×チャンネル数	フィルタ
入力	128×128×3	-
C1	128×128×32	3×3
C2	128×128×32	3×3
P1	64×64×32	2×2
C3	64×64×64	3×3
C4	64×64×64	3×3
P2	32×32×64	2×2
C5	32×32×128	3×3
C6	32×32×128	3×3
P3	16×16×128	2×2
FC	1×1×1024	-
出力	1×1×2	-



# 実験結果

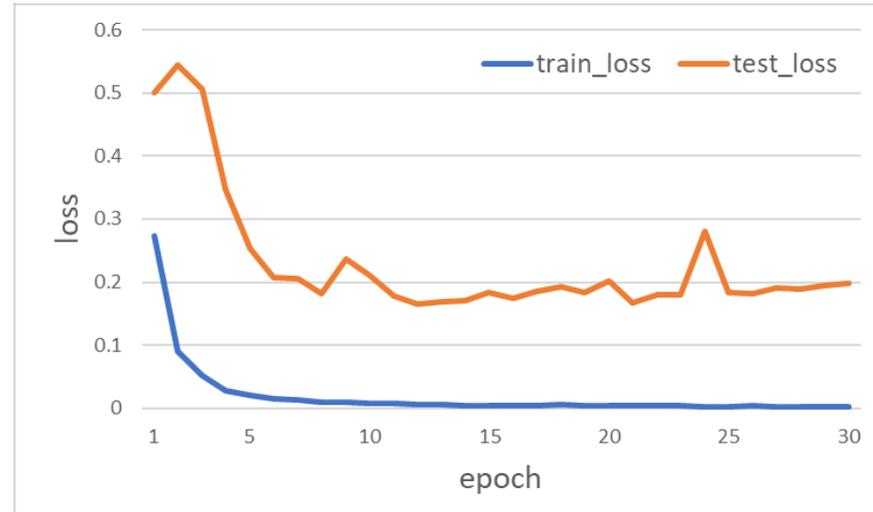
## 訓練データの学習

- 早期に誤差は0, 正答率は1にほぼ収束

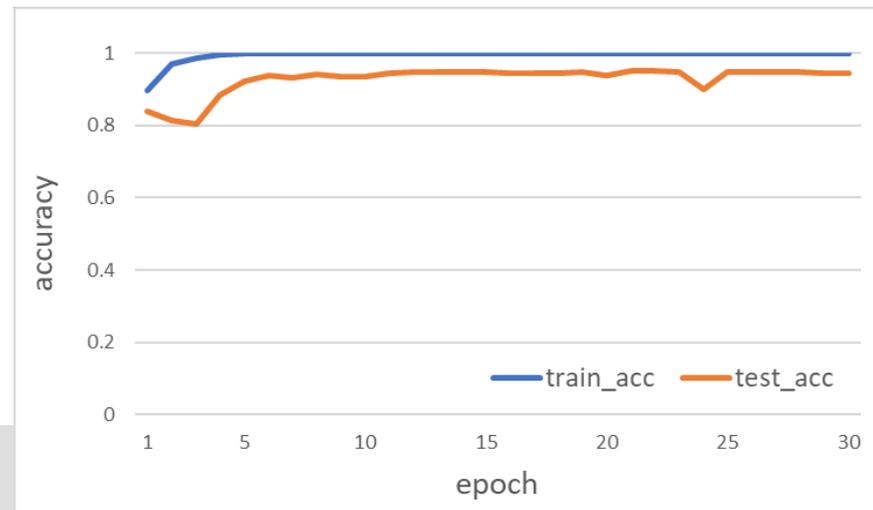
## テストデータに対する予測

- 誤差、正答率ともに収束
- 平均最高正答率95%程度
  - ・ 今後さらに音源を収集することで汎化性の向上が見込める

誤差



正答率



# 授乳タイムライン

## 授乳している時間帯の可視化

- 授乳が適切に行われているかチェック可能
- 実応用を想定

## 1秒ごとにCNNにより認識

- 5秒間の幅で平滑化
  - ・ 時刻 $t-2 \sim t+2$ の5秒間の認識結果で3秒間以上授乳と認識されていた場合, 時刻 $t$ は授乳されているとする
- 横軸は時間[sec], 縦軸は授乳しているかどうか



# 各音源の授乳タイムライン①

青色:

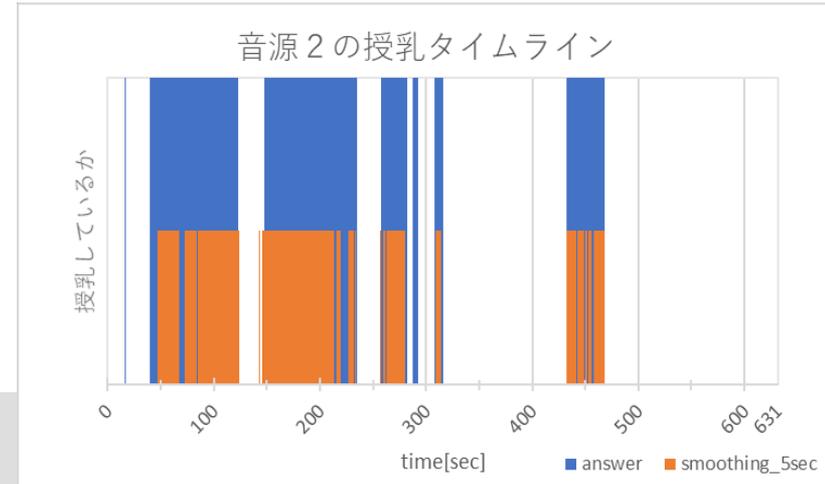
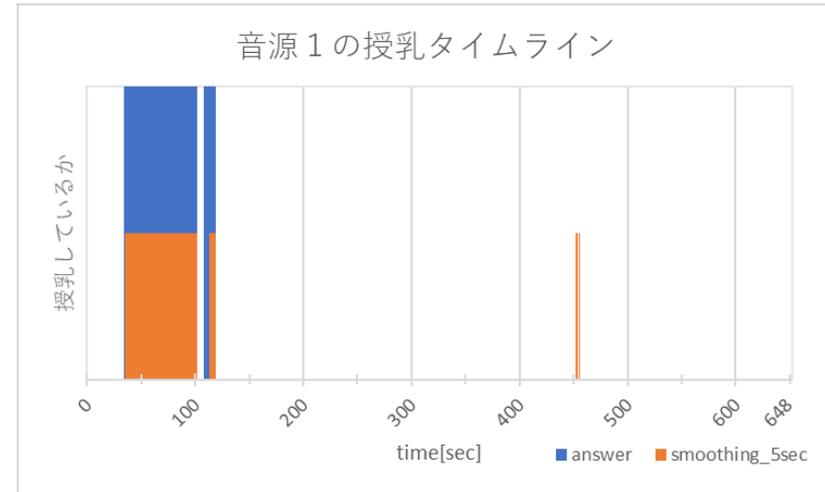
- 実際に授乳している時間帯

橙色:

- CNNが予測した授乳時間帯

音源1, 2

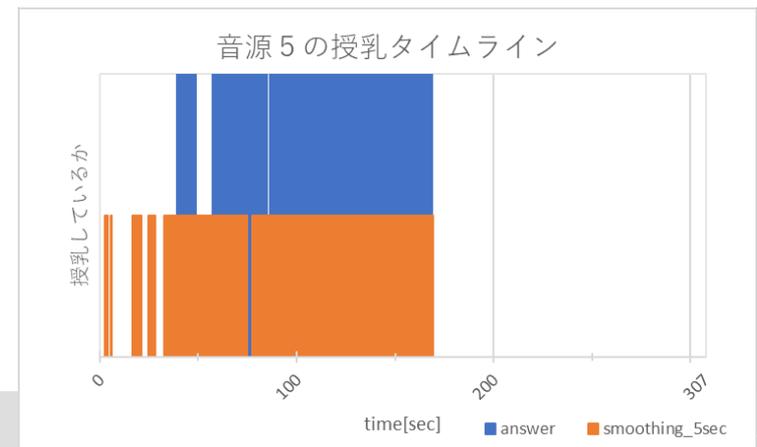
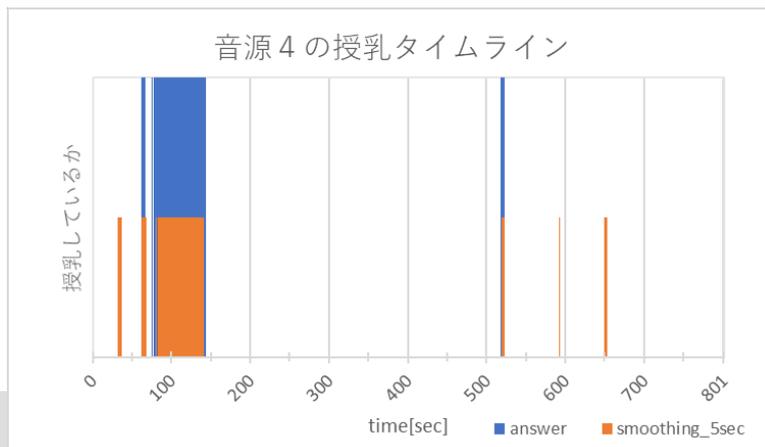
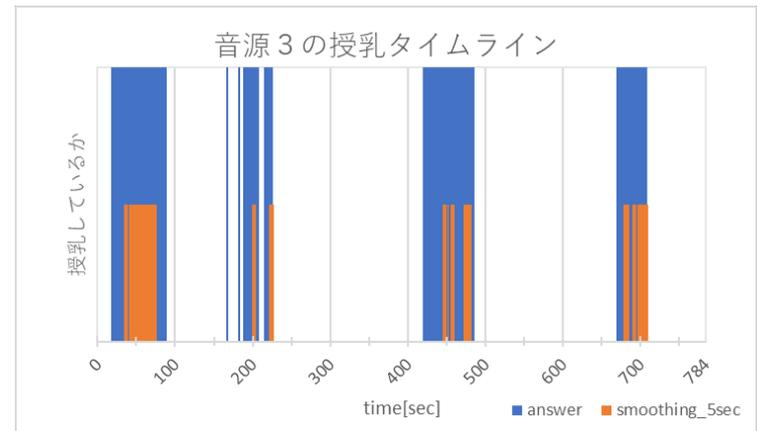
- おおよそ正答
- 授乳の時間帯や授乳の総時間を把握可能



# 各音源の授乳タイムライン②

## 音源3~5

- 同様におおよそ正答

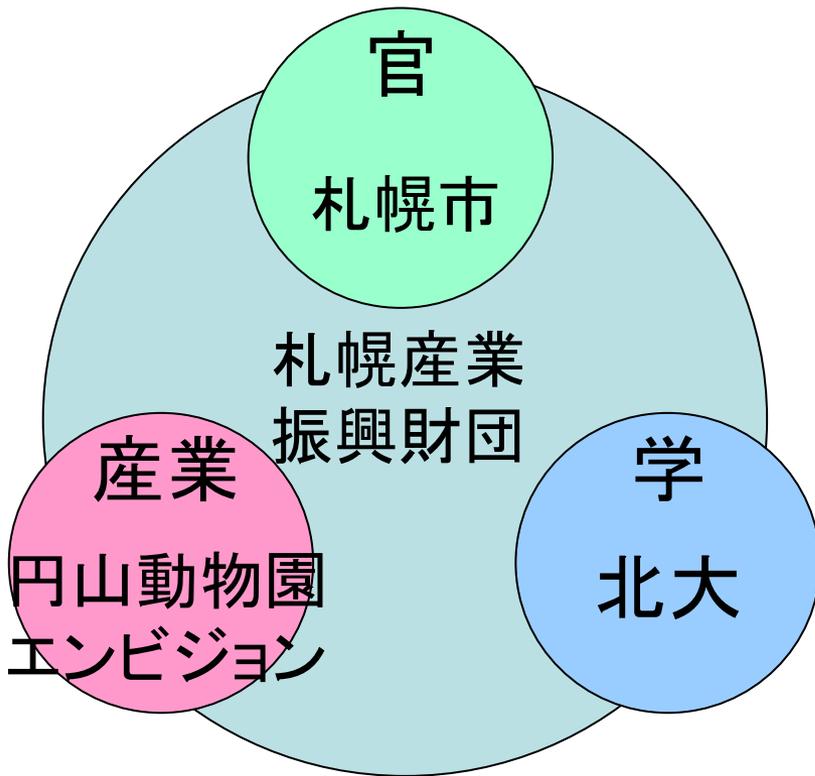


# まとめと展望

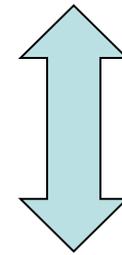
- チンパンジーの動画からの個体同定
- ホッキョクグマの他の動作認識
- ホッキョクグマの常同行動検知
- ホッキョクグマの授乳音の同定
  
- 他の動物への応用の可能性  
現時点では各動物での調整は必要
- 時間をかければ精度の向上は期待可能  
トラッキング・行動分類
- 人力で行われる単純作業を機械がサポート可能



# 最後に



人工知能は何ができるのか



何が必要とされているのか



2018年3月20日(火)

# 人と動物との関わり方と AIによる行動把握の応用

---

長谷川理  
(NPO法人EnVision環境保全事務所)

# 本日の発表の流れ

1. 対象とする動物
2. 需要と供給(の意義)
3. 今後の課題

# 人との関わりからみた動物の分類

## 飼育動物

### 伴侶動物、愛玩動物

イヌ、ネコ、ウサギ、ハムスターなど

### 使役動物

ウシ、ウマ、ラクダ、ゾウなど  
警察犬、盲導犬

### 実験動物

マウス、ラット、ウサギ、サルなど

### 畜産動物

ウシ、ブタ、ヒツジ、ニワトリなど

### 動物園動物

ライオン、キリン、ゾウ、チンパンジー、  
ホッキョクグマ、レッサーパンダなど

動物福祉への配慮

# 人との関わりからみた動物の分類

## 飼育動物

### 伴侶動物、愛玩動物

イヌ、ネコ、ウサギ、ハムスターなど

### 使役動物

ウシ、ウマ、ラクダ、ゾウなど  
警察犬、盲導犬

### 実験動物

マウス、ラット、ウサギ、サルなど

### 畜産動物

ウシ、ブタ、ヒツジ、ニワトリなど

### 動物園動物

ライオン、キリン、ゾウ、チンパンジー、  
ホッキョクグマ、レッサーパンダなど

## 野生動物

### 希少動物(絶滅危惧種)

イリオモテヤマネコ、シマフクロウなど

保全活動

### 一般生物種

キツネ、リス、野鳥、その他ほとんど

### 農業・漁業害動物

シカ、イノシシ、トド、アザラシなど

### 危険生物

クマ、ヘビ、ハチなど

### 外来生物

アライグマ、マンゲース、  
アカミミガメ、オオクチバスなど

人間との軋轢の解消・被害対策

# 本日の発表の流れ

1. 対象とする動物
2. 需要と供給(意義)
3. 今後の課題

# 飼育数の多いもの = ビジネス的な需要？

## 飼育動物

### 伴侶動物、愛玩動物

イヌ、ネコ、ウサギ、ハムスターなど

### 使役動物

ウシ、ウマ、ラクダ、ゾウなど  
警察犬、盲導犬

### 実験動物

マウス、ラット、ウサギ、サルなど

### 畜産動物

ウシ、ブタ、ヒツジ、ニワトリなど

### 動物園動物

ライオン、キリン、ゾウ、チンパンジー、  
ホッキョクグマ、レッサーパンダなど

## 野生動物

### 希少動物(絶滅危惧種)

イリオモテヤマネコ、シマフクロウなど

### 一般生物種

キツネ、リス、野鳥、その他ほとんど

### 農業・漁業害動物

シカ、イノシシ、トド、アザラシなど

### 危険生物

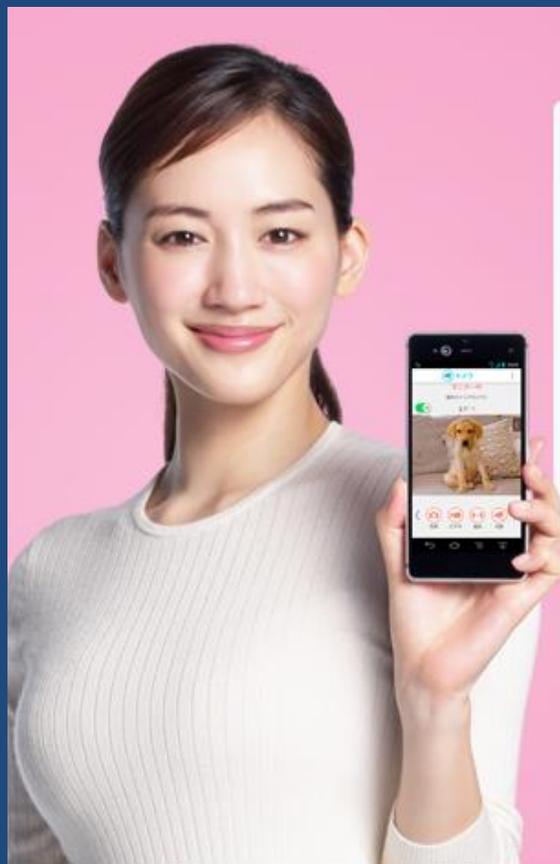
クマ、ヘビ、ハチなど

### 外来生物

アライグマ、マンゲース、  
アカミミガメ、オオクチバスなど

# 伴侶動物への応用例

Panasonic KX-HC600-W (1)



首振り

スマ@ホーム  
システム



屋内スイングカメラキット  
KX-HC600K-W

屋内スイングカメラ  
KX-HC600-W

よく動くペットの様子を外出先からスマートフォン※<sup>1</sup>で確認できる

# 伴侶動物への応用例

## Panasonic KX-HC600-W (2)

たとえば、外出先から自宅の温度をラクラク確認

### センサーが検知するとスマートフォン※<sup>1</sup>にお知らせ

動作検知、温度センサー、音センサーを搭載し、反応があるとスマートフォン※<sup>1</sup>に通知\*され、カメラに映った映像を見ることができます。温度センサーではペットの体調管理に重要である室温を、外出先からもスマートフォン※<sup>1</sup>で確認できます。またペットだけでなく温度変化を自覚しにくい子どもや高齢者の見守りにも活用できます。

#### ●動作検知

センサー検知範囲(32分割の領域から自由に設定可能)の動きの変化を検知したときにお知らせ。

#### ●温度センサー

設定した上限/下限温度を超えたときにお知らせ。

#### ●音センサー

カメラの内蔵マイクが音を検出したときにお知らせ。

\* スマートフォンへの通知は設定が必要です。

人間だけじゃない! お留守番中のペットを熱中症から守るには? (SunnyDay)

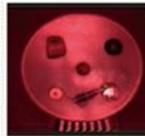
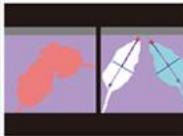
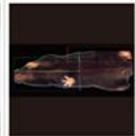
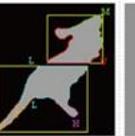


カーテンの動きには  
反応させないようエリアを設定

# 実験動物への応用例

PhenoScanシリーズ(CleverSys.Inc. / プライムテック株)

PhenoScan Series

研究分野	行動薬理学、 振舞観察・解析				脳・神経科学		治療薬の評価・スクリーニング		遺伝子表現型解析、行動遺伝学		毒性学	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>疾患進行評価</li> <li>遺伝学的評価</li> <li>摂食・飲水評価</li> <li>疼痛評価</li> <li>運動機能欠損評価</li> <li>サーカディアンリズムの評価</li> <li>表現型のタイピング</li> <li>病態と生活リズム</li> <li>自発行動の解析、行動軌跡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新奇探索性</li> <li>無条件行動観察</li> <li>情動性</li> <li>抑うつ傾向</li> <li>運動活性評価</li> <li>行動感作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>依存性</li> <li>物体に対する記憶</li> <li>嗜好性</li> <li>記憶</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>学習・記憶</li> <li>空間学習効果</li> <li>作業効果</li> <li>学習記憶</li> <li>痴呆モデル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会性行動評価</li> <li>社会的認識</li> <li>順位付け行動</li> <li>行動発達</li> <li>認知機能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運動障害</li> <li>脊髄損傷</li> <li>パーキンソン病</li> <li>アルツハイマー病</li> <li>筋萎縮性側索硬化症 (ALS)</li> <li>関節炎</li> <li>疼痛</li> <li>神経筋疾患</li> <li>骨格筋疾患</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>抗ストレス作用</li> <li>抗うつ剤の活性評価</li> <li>能動的もがき行動</li> <li>受動的スウィング行動</li> <li>意欲低下</li> <li>抗不安薬的作用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>認知科学</li> <li>学習・記憶障害</li> </ul>				
ソフトウェアモデル	 <p>振舞自動認識システム HomeCageScan</p>	 <p>ビデオ上方行動解析システム: TopScan suite</p>				 <p>社会行動解析試験システム SocialScan</p>	 <p>神経変性行動解析システム NeuroDegen Suite</p>		 <p>抑うつ行動解析 DepressionScan Suite</p>		 <p>すくみ行動解析システム FreezeScan</p>	
		LocoScan	ObjectScan	MazeScan	WaterMazeScan		TreadScan	RunwayScan	ForcedSwimScan	TailSuspScan		
ビデオ画像												
解析画像イメージ												
関連ハードウェア												

# 畜産業への応用例(1)

## 乳牛の歩行映像から、蹄病を軽症のうちに9高精度で発見する手法



スマート牛舎のイメージ(出所:大阪大学産業科学研究所プレスリリース)

大阪大学産業科学研究所のと、酪農学園大学の研究グループ



牛舎に設置された三次元形状計測用カメラと、撮影される画像例(出所:大阪大学産業科学研究所プレスリリース)

## 畜産への応用例(2)

### 「人工知能ロボットを活用した養鶏飼育衛生管理システム」



鹿児島大学や富士通株式会社などのグループ

# ビジネス的な需要？

## 飼育動物

### 伴侶動物、愛玩動物

イヌ、ネコ、ウサギ、ハムスターなど

### 使役動物

ウシ、ウマ、ラクダ、ゾウなど  
警察犬、盲導犬

### 実験動物

マウス、ラット、ウサギ、サルなど

### 畜産動物

ウシ、ブタ、ヒツジ、ニワトリなど

### 動物園動物

ライオン、キリン、ゾウ、チンパンジー、  
ホッキョクグマ、レッサーパンダなど

## 野生動物

### 希少動物(絶滅危惧種)

イリオモテヤマネコ、シマフクロウなど

### 一般生物種

キツネ、リス、野鳥、その他ほとんど

### 農業・漁業害動物

シカ、イノシシ、トド、アザラシなど

### 危険生物

クマ、ヘビ、ハチなど

### 外来生物

アライグマ、マングース、  
アカミミガメ、オオクチバスなど

## 動物園動物の特徴

1. 種類あたりの頭数は少ない
2. たくさんの種類がいる
3. 複数の施設(動物園)がある
4. 野生動物種である

# 動物園からの社会的貢献

## 飼育動物

### 伴侶動物、愛玩動物

イヌ、ネコ、ウサギ、ハムスターなど

### 使役動物

ウシ、ウマ、ラクダ、ゾウなど  
警察犬、盲導犬

### 実験動物

マウス、ラット、ウサギ、サルなど

### 畜産動物

ウシ、ブタ、ヒツジ、ニワトリなど

### 動物園動物

ライオン、キリン、ゾウ、チンパンジー、  
ホッキョクグマ、レッサーパンダなど

動物福祉

## 野生動物

### 希少動物(絶滅危惧種)

イリオモテヤマネコ、シマフクロウなど

### 一般生物種

キツネ、リス、野鳥、その他ほとんど

### 農業・漁業害動物

シカ、イノシシ、トド、アザラシなど

### 危険生物

クマ、ヘビ、ハチなど

### 外来生物

アライグマ、マンゲース、  
アカミミガメ、オオクチバスなど

生態系保全・野生動物管理

# 本日の発表の流れ

1. 対象とする動物
2. 需要と供給(の意義)
3. 今後の課題

## 今後の課題

1. アウトプットをどうするか  
対象種設定、目的設定  
アラート型 or データ収集型
2. 分析の精度
3. インプットをどうするか  
画像データのタイプ  
画像データの収集・タグづけ  
他のアプローチとの連携

# 獣害対策への応用例(1)

## 「WebAIゲート かぞえもん」

株式会社 一成



# 獣害対策への応用例(2)

## 「ドローンを使った獣害対策」



スカイロボット

## 野生動物(獣害対策など)のための応用

- 接近・侵入の有無、距離
- 種の判別
- 個体数の計測
- 個体識別
- その他の計測・推定(体長、体重、雌雄など)
- 行動の判別

# アラート(お知らせ)型



所:大阪大学産業科学研究所プレスリリー

たとえば、外出先から自宅の温度をラクラク確認

## センサーが検知するとスマートフォン\*<sup>1</sup>にお知らせ

動作検知、温度センサー、音センサーを搭載し、反応があるとスマートフォン\*<sup>1</sup>に通知\*され、カメラに映った映像を見ることができます。温度センサーではペットの体調管理に重要である室温を、外出先からもスマートフォン\*<sup>1</sup>で確認できます。またペットだけでなく温度変化を自覚しにくい子どもや高齢者の見守りにも活用できます。

### ●動作検知

センサー検知範囲(32分割の領域から自由に設定可能)の動きの変化を検知したときにお知らせ。

### ●温度センサー

設定した上限/下限温度を超えたときにお知らせ。

### ●音センサー

カメラの内蔵マイクが音を検出したときにお知らせ。

\* スマートフォンへの通知は設定が必要です。

人間だけじゃない! お留守番中のペットを熱中症から守るには? (SunnyDay)



カーテンの動きには  
反応させないようエリアを設定

# データ収集分析型 HomeCageScan

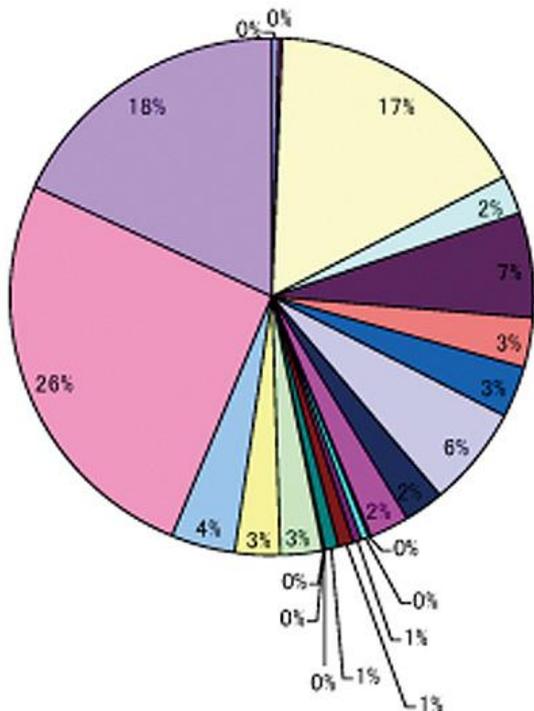
HomeCageScan - Home Cage Behavior Analyzing System for Mouse/Rat

Video File Name: H0CDEMO.MPG  
Frame: 759  
Time: 25"  
Cage Setting: CageNumber: 1  
Display Option: VideoCrop: Adjust  
Top: 0 Bottom: 0 Left: 0 Right: 0  
Cage: [x] Seg: [x] Hist: [x] Cut: [x] Tex: [x] Dbug: [x] StdCage: [x] BdBox: [x]  
Analysis Option: [x] Analysis [x] FishEye: [x] 50 %  
Update Option: [x] Behavior [x] Posture  
GotoFrame: Play To: 5584  
slow fast

From	To	Length	Behavior	Comment
36	505	523	18	Eat
37	523	541	18	Sniff
38	541	547	6	Hang Vertically From Rear Up
39	547	583	36	Remain Hang Vertically
40	583	589	6	Hang Cuddled
41	589	595	6	Remain Hang Cuddled
42	595	601	6	Hang Vertically From HangCud...
43	601	607	6	Land Vertically
44	607	619	12	Sniff
45	619	625	6	Come Down To Partially Reared
46	625	631	6	Come Down From Partially Reared
47	631	637	6	Turn
48	637	667	30	Remain Low
49	667	673	6	Rear up To Partially Reared
50	673	715	42	Eat
51	715	721	6	Come Down To Partially Reared
52	721	745	24	Walk Right
53	745	751	6	Rear up To Partially Reared
54	751	757	6	Rear up From Partially Reared

From	To	Length	Posture	
56	584	598	15	Hang Cuddled
57	599	602	4	Hang Vertically
58	603	610	8	Rear Up Posture
59	611	618	8	Stretched
60	619	619	1	Eating
61	620	624	5	Rear Up Posture
62	625	630	6	Partially Reared
63	631	633	3	Cuddled Posture
64	634	670	37	Horizontal FrontalView
65	671	682	12	Partially Reared
66	683	716	34	Eating
67	717	721	5	Partially Reared
68	722	726	5	Cuddled Posture
69	727	729	3	Horizontal SideView
70	730	734	5	Stretched
71	735	746	12	Horizontal SideView
72	747	753	7	Partially Reared
73	754	757	4	Rear Up Posture
74	758	759	2	Stretched

Bouts of Behaviors



- Come Down
- Rear Up
- Turn
- Stretch Body
- Come Down From Partially Reared
- Come Down To Partially Reared
- Rear up From Partially Reared
- Rear up To Partially Reared
- Walk Left
- Walk Right
- Stationary
- Jump
- Unknown Behavior
- Pause
- Groom
- Sleep
- Twitch
- Awaken
- Sniff
- Remain RearUp
- Remain Partially Reared
- Remain Low
- Walk Slowly

5	Drink	0	0.00%	0	0.00%
10	Eat	7	81.4%	246	19.18%
11	Forage	0	0.00%	0	0.00%
12	Groom	0	0.00%	0	0.00%
13	Hang Cuddled	1	1.16%	6	0.44%
14	Hang Vertically	0	0.00%	0	0.00%
15	Hang Vertically From HangCuddled	1	1.16%	6	0.44%
16	Hang Vertically From Rear Up	1	1.16%	6	0.44%
17	Jump	0	0.00%	0	0.00%
18	Land Vertically	1	1.16%	6	0.44%
19	No Data	0	0.00%	0	0.00%
20	Pause	0	0.00%	0	0.00%
21	Rear Up	1	1.16%	6	0.44%
22	Rear up From Partially Reared	5	5.81%	30	2.22%
23	Rear up To Partially Reared	6	6.38%	36	2.66%
24	Remain Hang Cuddled	1	1.16%	6	0.44%
25	Remain Hang Vertically	1	1.16%	36	2.66%
26	Remain Low	11	12.73%	318	23.50%
27	Remain Partially Reared	0	0.00%	0	0.00%
28	Remain RearUp	1	1.16%	18	1.33%
29	Repetitive Jumping	0	0.00%	0	0.00%
30	Sleep	0	0.00%	0	0.00%
31	Sniff	10	11.63%	330	24.29%
32	Stationary	0	0.00%	0	0.00%
33	Stretch Body	1	1.16%	6	0.44%
34	Turn	7	81.4%	58	4.23%
35	Twitch	0	0.00%	0	0.00%
36	Unknown Behavior	0	0.00%	0	0.00%
37	Ukinate	0	0.00%	0	0.00%
38	Walk Left	3	3.49%	24	1.77%
39	Walk Right	3	3.49%	36	2.66%
40	Walk Slowly	7	81.4%	65	4.80%

## 今後の課題

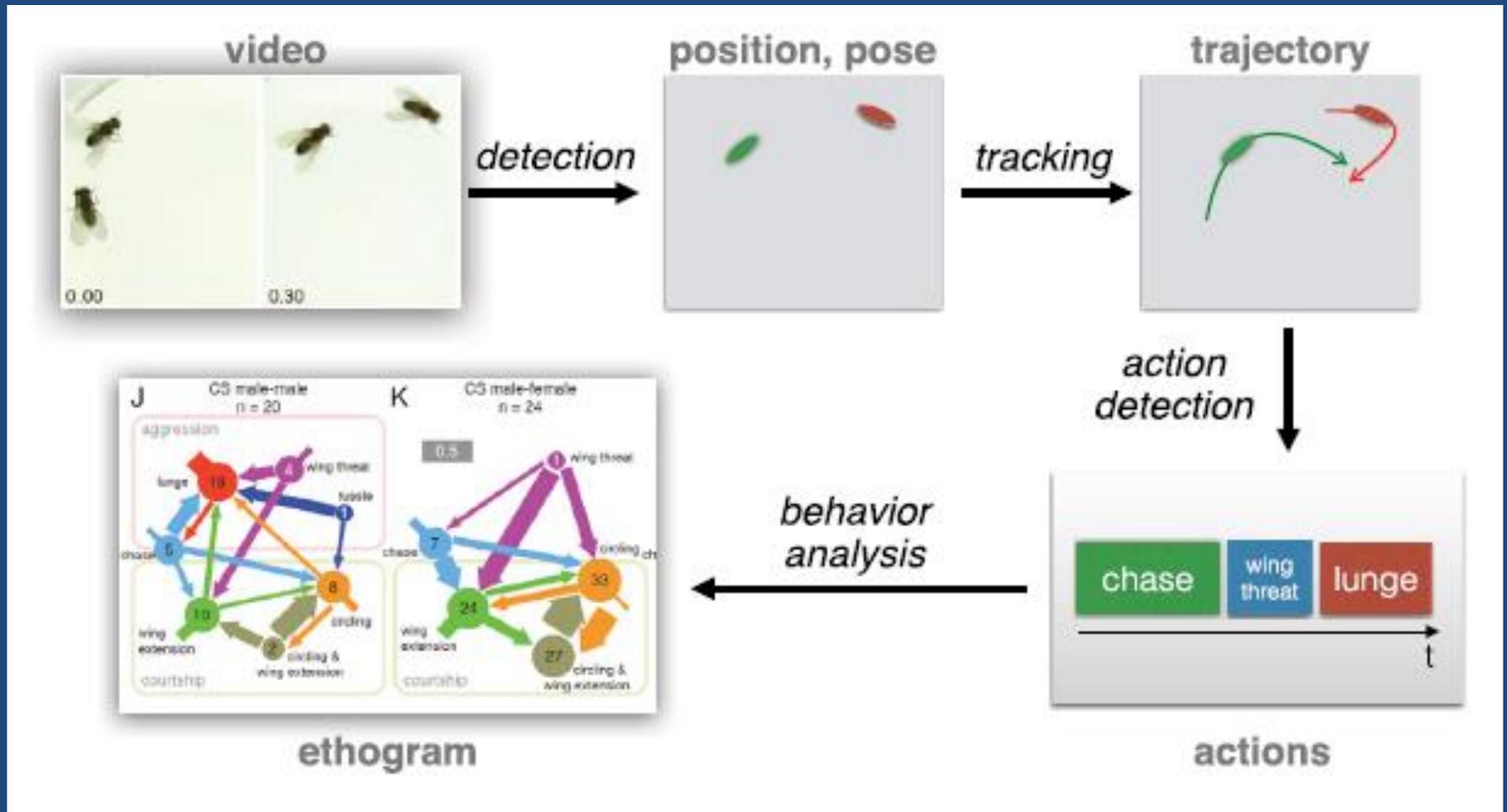
1. アウトプットをどうするか  
対象種設定、目的設定  
アラート型 or データ収集型

2. 分析の精度

3. インプットをどうするか  
画像データのタイプ  
画像データの収集・タグづけ  
他のアプローチとの連携

# コンピュータによる映像からの社会行動の分析

Anderson & Perona (2014)の総説より



Toward a Science of Computational Ethology  
Anderson & Perona (2014) Neuron, 84(1), 18-31.

# 行動の測定

潜在

頻度

持続時間

強度

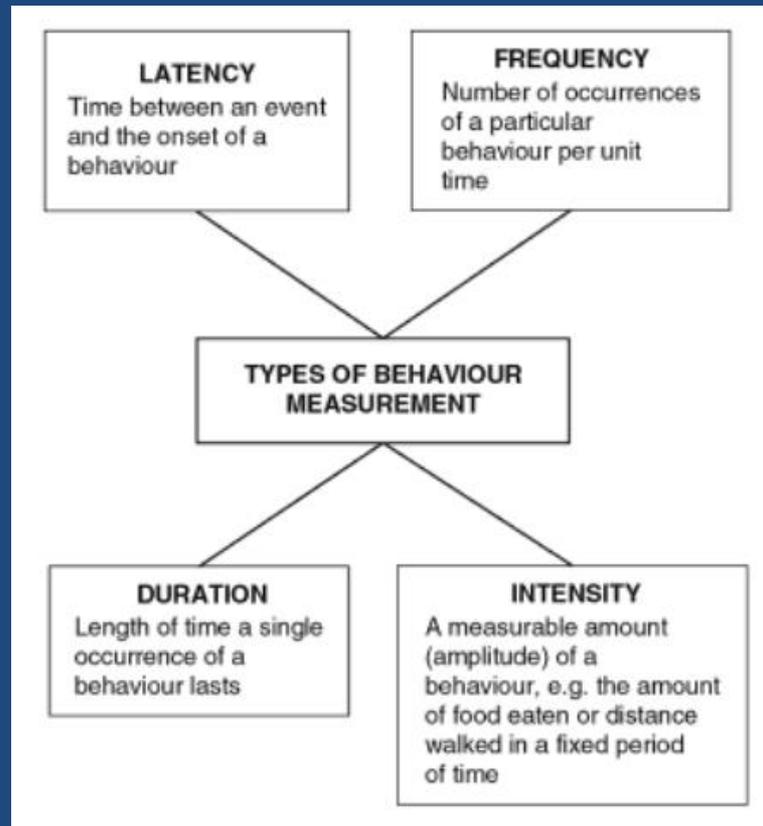
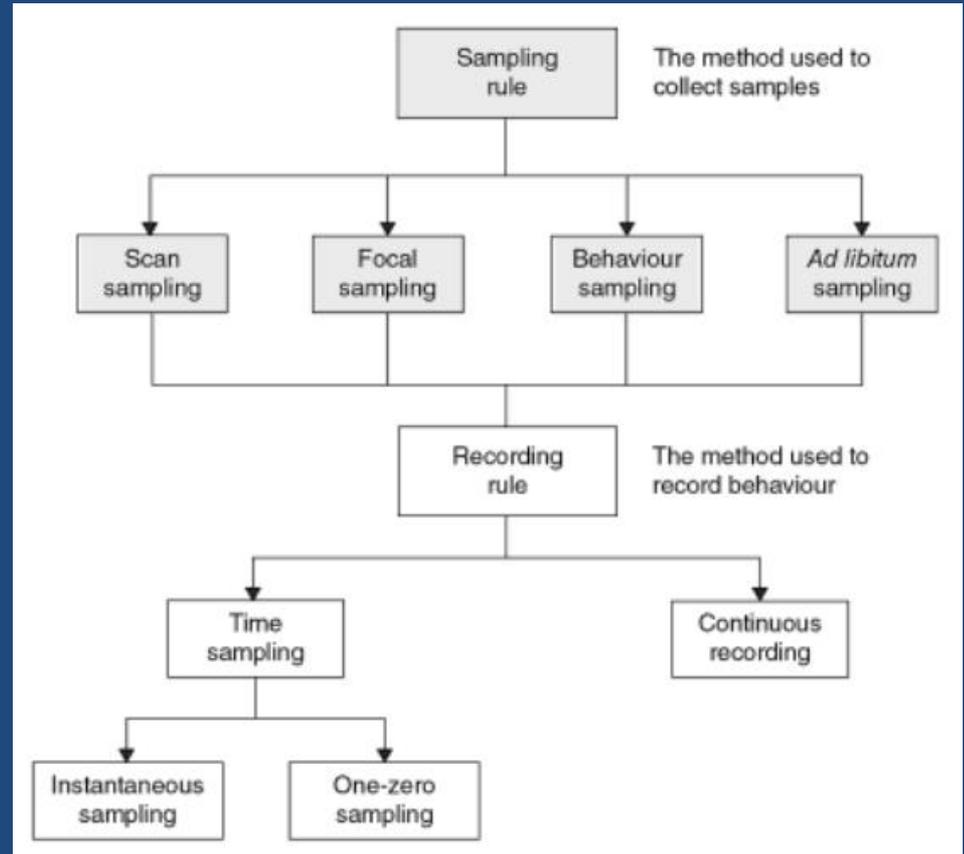
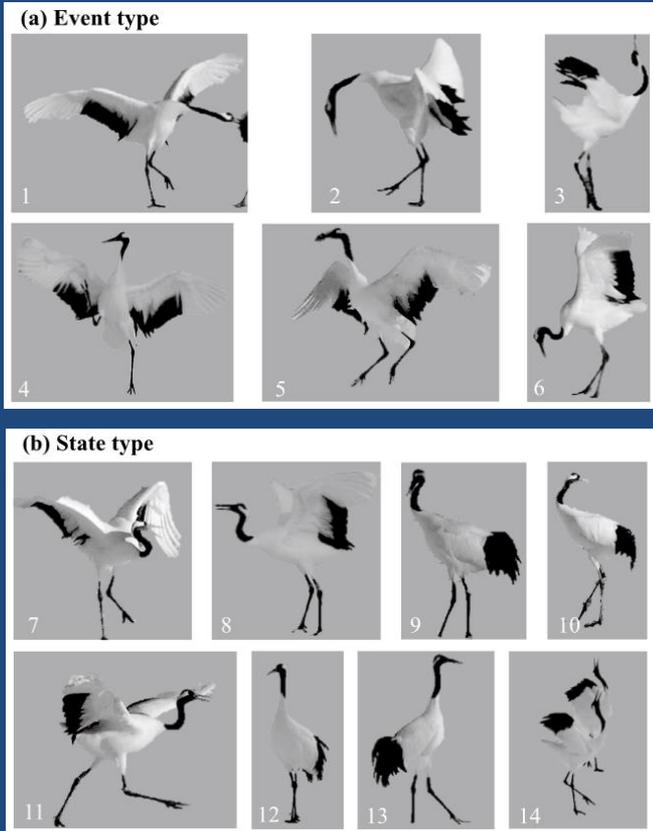


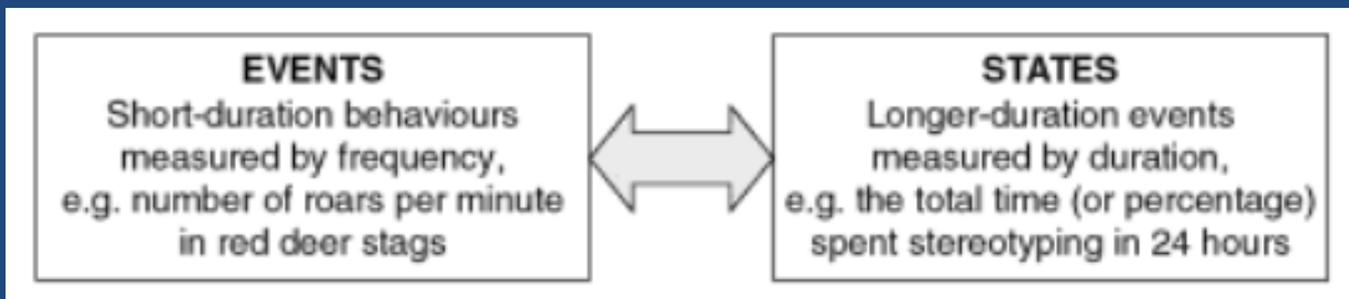
Fig. 4.14 Types of behaviour measurement.

- 行動の順序
- 行動の場所
- 個体間の相互作用

# 行動の測定



『Studying Captive Animals: A Workbook of Methods in Behaviour, Welfare and Ecology』 (2015), Rees, Wiley-Blackwell



## 今後の課題

1. アウトプットをどうするか  
対象種設定、目的設定  
アラート型 or データ収集型

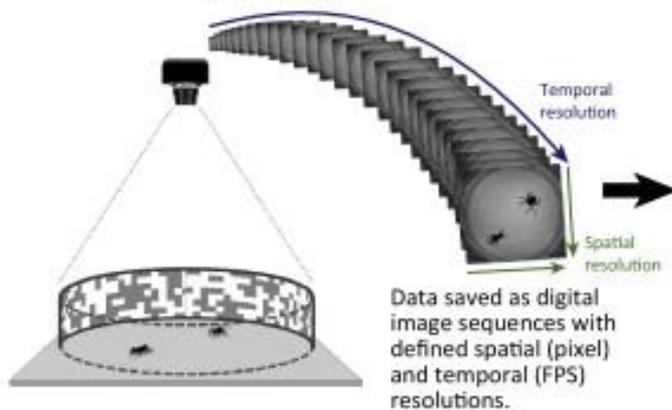
2. 分析の精度

3. インプットをどうするか  
画像データのタイプ  
画像データの収集・タグづけ  
他のアプローチとの連携

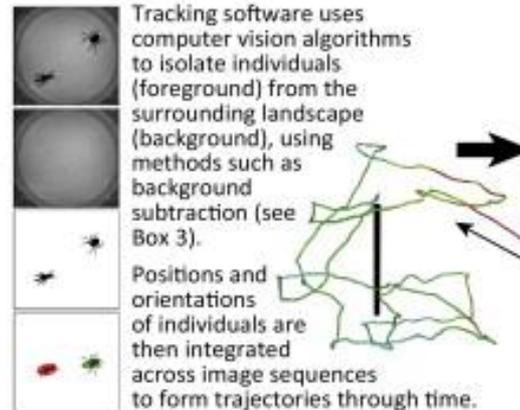
# コンピュータによる映像からの行動解析

Dell *et al.* (2014)の総説より

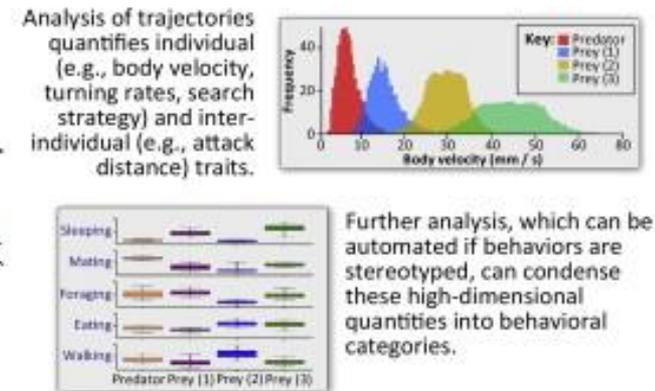
## (i) Imaging



## (ii) Tracking



## (iii) Analysis

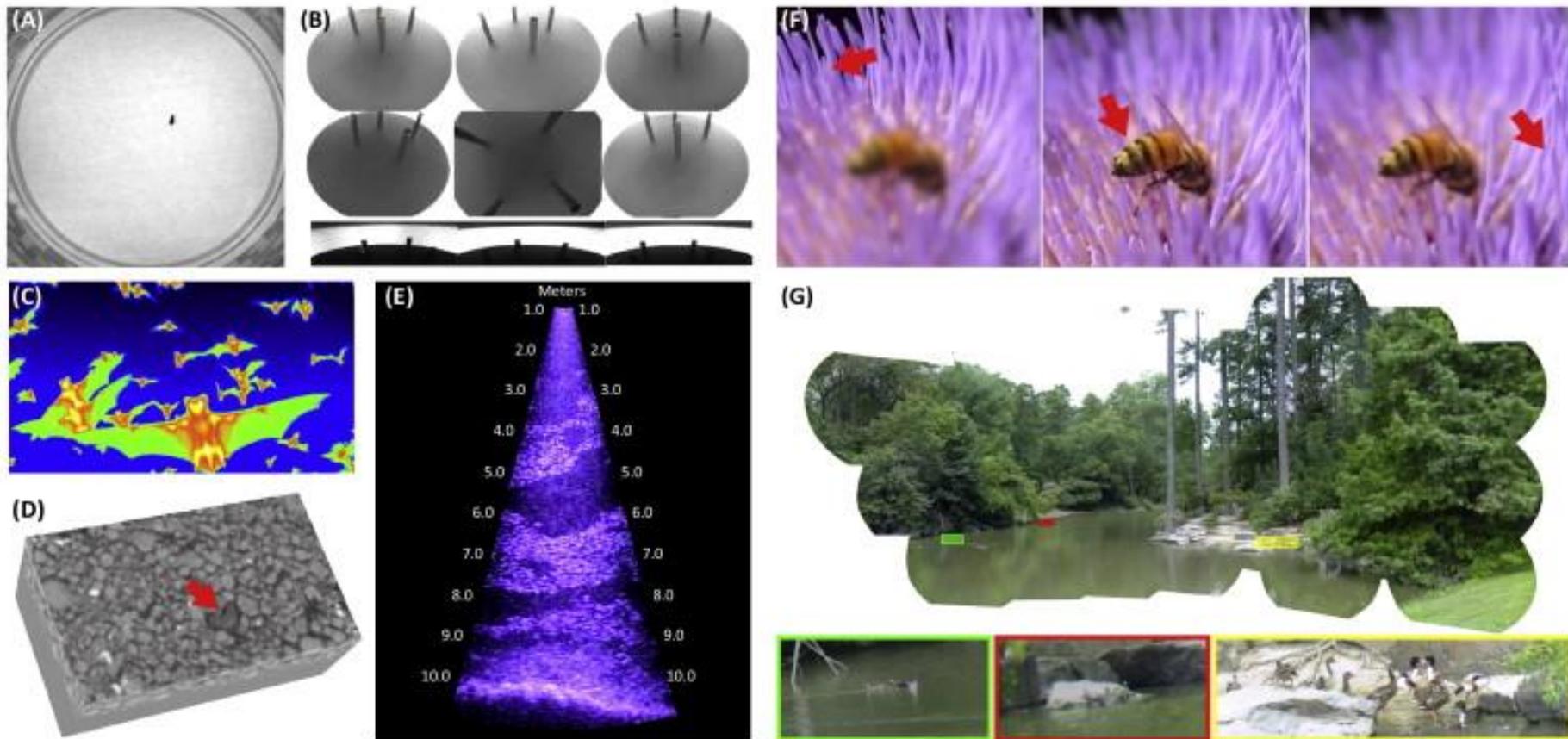


TRENDS in Ecology & Evolution

Automated image-based tracking and its application in ecology

Dell *et al.* (2014) Trends in Ecology & Evolution, 29(7)

# データのタイプ



## 使い方

Labellioは、プログラミングや画像認識の知識がなくても、画像認識モデルを数分で作ることができるWebサービスです。より精度の高いモデルの作成をサポートします。

### STEP1



画像のアップロード or  
キーワード検索

### STEP2



学習パラメータの調整

### STEP3



画像認識モデルが完成

### STEP4

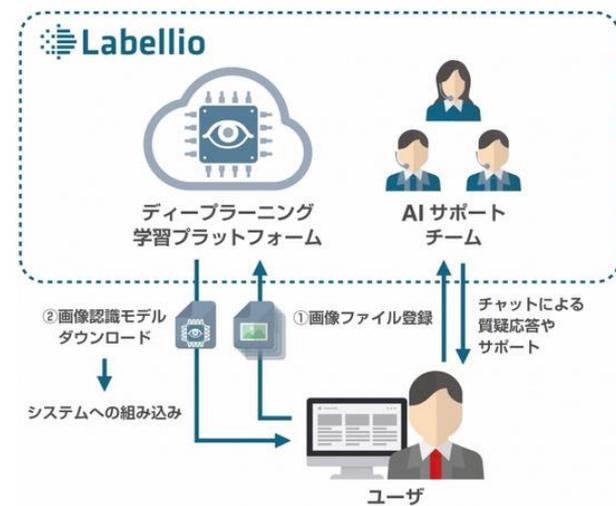


精度向上のアドバイス

<https://www.labell.io/ja/>

<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000076.000009956.html>

### 「Labellio」の利用イメージ



Wildbook in 60 Seconds

News

Follow Us for Updates

Why Wildbook?

Projects with Wildbook

Get Wildbook

R Package

Get Support

People

Sponsors

Screenshots

Donation

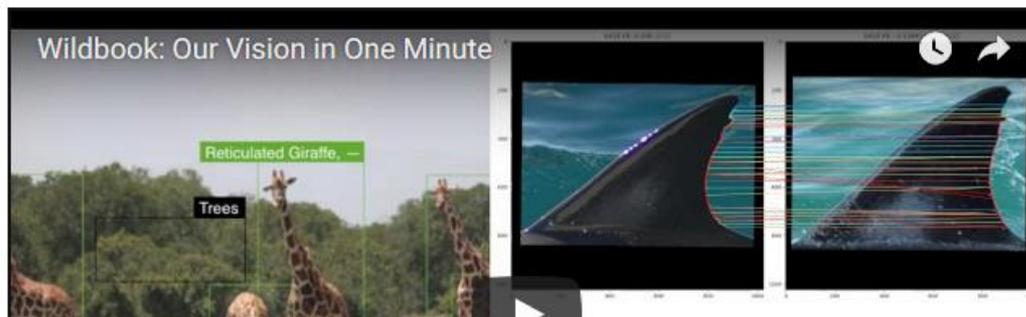
Publications

Legal



## Wildbook in 60 Seconds

Wildbook blends structured wildlife research with artificial intelligence, citizen science, and computer vision to speed population analysis and develop new insights to help fight extinction. Here is our vision in one minute.



# バイオロギング



出典news.walkerplus.com



## Column 1 データロガー

バイオロギングの中核となる測定装置。野生動物に取り付けられ、温度、深度、加速度など、さまざまなデータを記録する。回収後にデータを分析をすることで、知られざる動物たちの生態を知ることができる。小型化がすすんだことで、取り付けられる動物の幅も広がっている。搭載するセンサーの種類が増えれば、新しい視点での研究も可能となる。



# 今後の課題

1. アウトプットを  
対象種設定  
アラート型
2. 分析の精度
3. インプットをど  
画像データの  
画像データの  
他のアプローチ

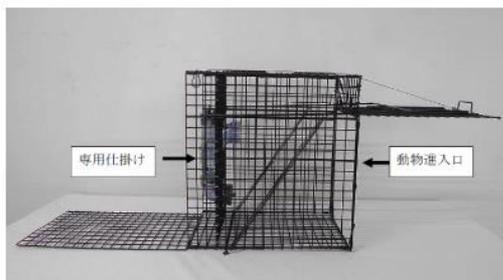
「アライグマ専用捕獲器」を企業と共同開発、特許出願しました。

特定外来生物に指定されているアライグマは全国的に急増し、農作物被害や住宅侵入、在来動物に対する影響等が問題となっています。埼玉県でも平成28年度に5,000頭以上が捕獲されるなど、県下全域で生息が確認されています。対策として捕獲器による捕獲が行われていますが、ネコやタヌキなどアライグマ以外の動物が捕獲される課題がありました。

そこで農業技術研究センターでは、平成29年度農林水産省「野生鳥獣被害拡大への対応技術の開発」委託事業の中で、アライグマだけを効率的に捕獲することができる「アライグマ専用捕獲器」を新潟県の企業と共同で開発し、平成29年12月に特許出願しました。



「専用仕掛け」に前肢を入れエサをとろうとしているアライグマ



開発した「アライグマ専用捕獲器」(特願2017-245093)

技術 ⇔ 利用目的

新ビジネス創出と丸山動物園の機能協会に向けた  
技術確立のための検討会（第3回）

日時 平成30年3月20日（火）13時00分～15時00分  
場所 札幌市円山動物園 動物園プラザ

○議事

加藤

早速、議事に入らせていただきたいと思います。

まず、山本委員と飯塚委員から、「動物園の機能強化のためのAI技術の適用と展望～チンパンジーとホッキョクグマの個体・動作識別を通じて～」と題してお話をいただきます。よろしくお願いたします。

山本

今回は、私たちがこれまで2回にわたってやってきたことについて、総まとめという形でお伝えできればと思います。

内容ですが、まずは第1回に引き続きチンパンジーの個体識別とトラッキングの話について、最新のもの。もう一つは、ホッキョクグマ舎が新しくなり、施設監視カメラの性能がいいので、ホッキョクグマの動画から行動分類や、常同行動をどうやって検出できるかということや、授乳音などについて、主に五つのテーマについてお話をさせていただきますと思います。

始めに、チンパンジーの個体識別・トラッキングについてです。第1回目を覚えていらっしゃる方がいるかと思いますが、チンパンジーを個体ごとに写真を撮り、たくさん学習させて、機械にとって見たことのないチンパンジーを見たときに、どの個体かを適切に出力できるかということをやりました。

実際にやってみると、これはできそうだということはわかりましたが、獣舎全体を撮っていく中で、どの個体がどこにいるかわかるほうが、個体の動き追いかけるという意味でも非常にいいだろうと考え、最終的には全体の情報からどこにどの個体が映っているかを調べることにしました。

ここで使う技術は、YOLOという技術をベースにして改良を加えたものです。

動画は静止画の連続ですので、任意の1フレームが1つの静止画になっています。その1フレームの画像を入力すると、どこに誰が映っているのかということを出力してくれるというのが目指すところです。その作業をYOLOすることになります。

実際に学習するためにどうするのか。動画の中にはあたかもトラッキングされているかのように映っていますが、実は人が情報を与えています。実際の作業は、ばらばらと何枚かが動画で映っていますが、瞬間的に動画を止めたときの1枚の画像に対して、ここにガ

チャが映っている、ここにテスが映っているということを人が四角で囲みます。

前回の撮影では、シェーンとテスが上のほうで寝ていて、下りてきたときにたまたまガラスに水滴がついていて適切な画像を捉えられませんでした。そのため、改めて撮り直しました。それが3月14日のデータで、このデータに対してそれぞれのタグづけをしていきました。今回は、時間的に非常に制約がある中でやったので、多少精度は悪くなっていますが、時間をかけてもう少しデータをとればできるだろうという結果はえられました。

餌をやった後は少し遊ぶ時間があったりするので、このあたりは概ね14分間のデータを使っています。5フレームパーセックというのは、1秒間に5枚分のデータを使って、大きさも含めてここに何が映っているという意味です。これぐらいの大きさの窓の中にテスが映っています、コユキが映っていますということを学生が作業をして、全フレームに対して行いました。

実際には4,000枚ぐらいの動画に対して、先ほどのウィンドーに何が映っているということを囲む作業をやって、このうち、学習に使うのは3,700枚ぐらいになりました。残りの300枚は学習には使わないデータで、このデータがどれぐらい訓練をした後にうまくできているかを確認するためのデータです。

これはニューラルネットワークの設定ですが、31層ということで、ディープラーニングの中でも比較的多くの層を使ってやっております。

結果について見ていただきたいのは、今、ここにハルが映っています、テスが映っていますとなっておりますが、注意してほしいのは、チャコと判断したり、ガチャとなったりしているのです。一見捉えられていますが、薄く四角が出ていなかったり、チャコなのかガチャなのか、少し振れていたりします。

つまりここに実際にチンパンジーが映っているときには、ある意味捉えられたり、ある程度連続的にチンパンジーを捉えていることは確認できたので、トラッキングそのものはできていることはわかっています。しかし、データ量としては少し足りていないので、個体の識別ができていない部分がありそうだということがわかりました。

これも理由がはっきりしていて、先ほどあった14分のデータしか使っていないので、その中で、後ろを向いていたり、横を向いていたり、影に隠れていたりするものがあり、それを識別するというのはかなり難しいということです。実際には、時間をかけて、もう少し長い時間の中で学習データを与えてあげる必要があるかと思います。今、この段階では、データをふやしていけば恐らくはできるだろうというところまでは来たので、可能性は高く、見通しは明るいかなという気はしています。

最終的にやりたいことは、もう少し大きいか、もしくは、もう一つ別な角度からカメラを撮って、できればテスが隠れない、2台のカメラのうちのどちらかに映っているような状況をつくってあげて、どの辺を動いているか、実際には空間の中である程度動きを捉えて、その運動量をはかれるようになったらと考えております。そのためにも、精度がよくならなければならないので、そのあたりをいろいろとやる必要があるだろうと思います。

時間的なものもあってできていない部分もあるのですが、これを見てわかるとおり、結局、ここにいたチャコが突然ガチャになることは実質あり得ないので、制約としては、前のフレームの認識している結果が次のフレームでも引きずられるという、ある種の確率モデルというか、そういう整合性みたいなものをこの中に埋め込めば、最初の認識が合っていれば、ある程度トラッキングできる状況はつくれるだろうと思っています。

動いているのに認識されていないところですが、後ろのほうは小さ過ぎて映っていません。誰かわかっていないときのように微妙なところは表示されていません。ですから、迷っているところは表示されていないので、いろいろと学習し、チューニングしていくと、ジェーンについては0.4以上だったら大体当たっています。もしかすると、個体ごとに値を変えなければいけないということで、そのあたりのチューニングに少し時間を要するかと思っています。

チンパンジーの個体識別については、十分可能であると考えております。先ほど見ていただいた精度云々というのはもちろんあるのですが、それほど間違った認識はされていないと思います。

やはり、データを追加する必要があることと、先ほどデータに対して学生の作業が6時間かかりました。ずっとボックスを描いて、ここにテスというのをつけていかなければいけない作業は大変です。逆のことを言えば、人数をかけて、ある程度の時間をかけると数時間のデータがつかれます。そうすると、さっきのものもかなり精度よくできるだろうと思います。さっき言ったように整合性を導入して、1秒間に5フレームですから、0.2秒間に移動する限界は恐らくあるはずなので、そういう移動はしないみたいなことをやっていくと、もう少し精度が上がると思います。

もしそれができると、テスというウインドーだけをずっと追いかけていくと、テスがどういう動きをしたか、もしくは、そのウインドーサイズだけ切り抜いてくると、テスのアップの動画をいつも撮っておけるので、結局、テスだけを捉えたカメラがずっと追いかけるようになって、取り出してみるとテスだけの動きをずっと追いかけることができます。そうすると、これはホッキョクグマの話で出てきますが、あるときに寝ていたとか、あるときに遊んでいたという行動の分類もできます。

精度はまだ十分ではありませんが、十分いけるという手応えをつかんだというのが今回までの結果です。

これ以降は、ホッキョクグマの話になります。

行動分類といったときに、先ほどあったように、チンパンジーの個体同定ができれば、そのデータから何をしているかがどうやったらわかるかという話です。これは、第2回目のときにお話をしました。

これは、円山動物園で実際に調べていただいていたもので、このプロジェクトそのものとは関係なく、飼育員の方が実際にホッキョクグマの行動分類を行ったものです

これは、1日のデータで、ゼロから、59までであるのは、1分刻みで何をしてたかを

全て記録しているものです。この辺は寝ていたのでしょうか、起きてから何をしていたかということです。見つらいかもしれませんが、黄色は探索をしていた部分で、赤色が常同行動をしていて、繰り返し同じようなところを行ったり来たりしていたのではないかと思います。

これは実際に飼育員の方が調べたものなので、24時間かかり切りになるか、もしくは、ビデオをずっと見て判断しなければいけない。これは相当な手間がかかるだろうと思います。ただし、これをやった後に、もう一度、環境エンリッチメントということで環境を変えてあげることによって、これがどう変わったかも実際にやっていました。

これが環境エンリッチメント対応後、つまり、環境にある変化を与えたときに、その行動がどう変化したかということです。

結論からいうと、さっきあった赤色の常同行動がまるきり見えなくなったということなので、環境エンリッチメントによる効果があったということがわかる、非常に貴重なデータかと思います。ただ、問題なのは、こういうものがあるといいよね、というのはもちろんですが、ビデオ再生によってずっと見ていなければいけないということで、非常に手間がかかります。もちろん、何かをしたときとする前でいうと、丸2日間、それを見なければいけないので非常に大変ですから、できればこういったものを自動でつくりたいと考えております。

早速、ホッキョクグマですが、今回は静止と歩行と寝るの3種類のデータでやらせていただいたものを、今回、いろいろと議論をさせていただいた結果、その中に遊ぶと歩くと走るを分けて、5種類のラベルづけをしました。これは、先ほどあったトラッキングという別のソフトをうまく利用して、何となく動いているものを捉えて、動いているものを四角で捉えて、ここの部分だけをとってきて、それを2秒ごとに分割するような形でデータをつくっています。そうすると、画面が揺れてしましますが、トラッキングの精度の問題もあって、何となく、これが静止しているときの映像とか、歩く、走るなど、何をしているかがわかります。

ただ、遊ぶという行動のバリエーションはかなり広くて、歩く、走るは、ある種、誰が見ても歩く、走るですが、ごろごろしているのも、じゃれているのも、木に寄りかかっているのも全部遊ぶになってしまうので、この扱いが難しいです。ですから、これが後々きいてきます。

とりあえず、分類したいものとしては5種類あるので、それぞれについて130枚ずつのデータを使って合計650枚、そのうち、テストとして130枚を用意し、残りで訓練しています。一般的には、520枚だと足りないもので、こちらもう少しデータをふやす必要があるだろうと考えております。

学習モデルについては余り詳しくお話しませんが、Bidirectional LSTMというものです。これはどういうものかということ、さっき言った1枚の画像から何かを判定する時に動画を扱うと、この0.2秒後に次のフレームでこういう動きをして

いるというものです。例えば、50枚ぐらいのデータを1枚ずつ分けてネットワークに入れていきます。1枚入れると、その時点での情報から、これがどういう行動かを出力できるようになっています。ただし、この画像が入力されたことを踏まえて次の画像を入力するような仕組みになっているので、どんどん入ってくると、前はこうだったからこの画像はこれに違いないということがだんだん蓄積されてくるようなものになっています。

そうすると、画像を1ステップずつ入力されたときに、今は寝ている、歩いているという見積りができてくるので、最終的にはその中で歩いている行動が最も多かったとすると、全体を歩いているという行動にしましょう、いわゆる多数決で決めましょうとなります。それで、この一連の動画が何なのかということ各フレームの判定の多数決で決めるやり方をしています。この点は、まだ改良の余地があるかもしれません。

学習自体は飛ばしますが、層の数としては、先ほどのチンパンジーに比べると少ない10数層です。

結果ですが、前回も大体同じぐらいのデータだったのですが、5種類に変えても94%は当たるようになりました。これはどういうことかということ、2秒ぐらいの動画を見せられると、それが歩いているのか、寝ているのか、遊んでいるのかがわかるような状況です。

どれとどれが間違っているのかということの説明したのがこれで、歩くと走るが怪しくなっています。歩いたり走ったりしていますが、遊ぶと間違えたりしていたり、まだ間違っているところはあります。

今度は先ほどの時間ごとの行動分類で、飼育員の方にやっていただいたものを自動でつくるためには、一連の動画をずっと見せて、ホッキョクグマが今何をしているかを時間とともに判定していくことです。

そのために、2月14日と2月16日の訓練データを使って学習して、その間の2月15日の10分間の映像を見せて、その画像でホッキョクグマが今何をしているかを学習し、全く違う日のもので判定できるかどうかをやりました。

先ほど予告したのですが、これがよくないものです。わかりづらいのですが、正解と言っているのは、人が見て、寝ていると判定したものです。このときは、寝ているのと歩くのと静止しかないようになりましたが、実際にラーニングでやった結果は、ほとんどが遊ぶに引っ張られてしまい、よくわからないから遊んでいると判定しようという状況になりました。ただし、歩くを見ていただくと、歩いているのに相当するところはちょこちょこ歩くことが認識できているので、ある程度できているのかなと思います。静止もこの辺に出ていますので、基本的にはできそうですが、なぜかうまくいっていません。

これをいろいろと調べてみようと思い、2月15日に撮られているデータを見ると、どうも遊んでいる場所が随分違っていたみたいです。14日と16日に撮られていたテストデータの場所と15日で動いている場所で違ったところがあったみたいで、つまり、背景なものや色ぐあい随分違って、それがきいているのだろうなということがわかりました。特に、訓練のときには、一日の中で似たようなデータが多かったので、余りバリ

エーションができなかったということです。これは時間的な制約があるので仕方ないのですが、毎日、訓練のためのデータをたくさん撮って、たくさんのデータを学習させて適用しないと、ある一日だけのデータを訓練してほかの日というのは無理があることがわかりました。

それから、先ほど言ったのですが、遊ぶというのはとにかくバリエーションが多過ぎて、次の日によくわからない行動が出てきたら、もう遊ぶだねとどうしてもなってしまう。微妙な歩き方でもスピードが違ったりするだけでも遊ぶとなってしまう傾向があるので、遊ぶというのをもう少し分けて分類したほうがいい、もう少し検討する必要があるということです。ほかのものに比べて、遊ぶだけが非常に曖昧なのです。

いずれにしても、できていない部分もありますが、本質的には、動画を与えると、歩いているとか走っていることが認識できるのは確認しています。あとは、どういう訓練データをうまく用意するかということをやっていけば、恐らくできそうだと思います。これができるということは、先ほどあった一日のデータを色分けした図に起こすことができるであろうということです。

#### ・飯塚委員

ホッキョクグマの話の続きです。今度は行動多様性の見える化です。

これから私がお話しする内容は、第1回目、第2回目の検討会議の話の中で生まれてきたアイデアを何とかAIを使ってできないかということを検討しています。

まず、行動多様性の見える化、可視化です。

先ほども話がありましたように、左側に常同行動がたくさんあった中で、環境エンリッチメントをすると、ホッキョクグマの行動が劇的に変わってきます。

現在、話し合ってきた中で、ホッキョクグマにおいて、赤色の点でトラッキングができていることがわかります。どこにホッキョクグマがいるかがわかります。これはどこの滞在時間が長かったのかをちゃんと評価することによって、その日ごとのホッキョクグマのふるまいを検出したいということです。

ヒストグラムで時間が表示されていませんが、朝7時から17時の2月14日に行動で、どこにいたのだろうかということを15分置きに見せています。夕方になってくるとクマはいなくなって、人が作業に入ってこの辺にいます。

カメラが四つあって、上のほうに行くときもありますが、下のほうが好きなようで、下の滞在時間が結構長いです。

次は2月16日の行動です。

多少あり得ないような形になっているのは誤認識しているものですが、上の滞在時間がふえるのは、こういうデータを処理することによって直感的に理解することができます。恐らく振る舞いが変わったのだろうと思います。2月14日と2月16日に飼育員が何かをされた可能性もありますが、僕が動画を見る限りだと、2月16日は人が見に来ていて、

多分、人がいろいろと動作したりするので、その動作の影響を受けたホッキョクグマが興味を持って行動が変わるということだと思います。滞在時間をヒートマップにすることによって、それが起きたときと起きていないときで振る舞いが違うことを評価することができるようになる例です。

実際に幾つかの例を持ってきましたが、まず、木のそばに滞在する時間が長いときの動画を流してみます。これはうまくいっている例ですが、ホッキョクグマが木で遊んで、がさがさやっています。これは、15分内の滞在時間です。もう少し見ていると、後でもう一回、木に戻ってきます。

今度は失敗した例をごらんいただきたいのですが、今、動くものを検知してどこになにがいるかという、実はカラスを認識しています。カラスが一回見えなくなった後、もう少し待っていると、この辺でぴょんぴょんしています。これも自動で認識してしまっているがゆえに、この辺の滞在時間が多くなっていることが見えてしまいます。今回は、大急ぎでシステムをつくっていますが、もう少し時間をかければ、これはカラスだと見ればわかるので、カラスは違いますよということで排除していくことが可能で、もっときれいなデータをつくることができます。

一番下は、見に来ている人、飼育員が入った等、人が入ったというものも自動的に検出しています。こういうデータも排除できますので、より精度の高いものをつくることは可能です。振る舞いが変われば滞在時間も変わるし、どこに行ったのか、遊ばれていない道具があるのではないかとすることを自動的に検出して、環境エンリッチメントの評価に使用することが可能ではないかと考えております。

二つ目の話は常同行動です。

私たちがこの検討会議に来る前は、常同行動を知りませんでした。多くは、飼育している動物の中で、常同行動をできれば減らしたいので、常同行動を検出できると非常にありがたいと聞いて、では何とか検出してみようということでチャレンジしてきました。

コンピューターのプログラムは頑張っているいろいろと変更したのですが、大ざっぱにいうと、基本的にトラッキングを使用しています。どこが動いたか、軌跡がわかります。全く同じところを通ることはないので、そこは、ある程度、領域を粗く分割して、どういう経路をとっているかを自動的に認識して常同行動を検知しています。

石橋係長と清水さんから聞いた話ですが、手作業で記録をつけたときの常同行動は、同じところを2往復するという定義でした。私もそれを参考にして、できるだけ近いものを検出できるように頑張りました。

そうすると、夕方5時までの10時間のデータですが、今、カメラが四つあるので、そのカメラの中で常同行動が起きた場合に高くなるように設定しています。本当は4本の線があるのですが、このときは左下と右下のカメラにいることが多かったので、青色と赤色の線が書かれています。その線の中で常同行動の疑いがあると、コンピューターが自動的に常同行動の疑いがあると検出した場合に高いとなります。量的には多く見えますが、1

日の10時間はデータの中でこれだけ検出されます。

実際にもう少し見やすいように、今度は横軸が朝7時から8時までの1時間です。さっきのグラフを広げてみると、常同行動がぼつぼつあるのではないかと検出しています。

まず、最初のものを見てみますと、一番左の赤色カメラの中で、最初はホッキョクグマが動いて、この辺から歩き始めて、ここに戻ってきます。これで大体1往復で、システム的にはこの辺から2往復という判定があって、ここで常同行動の疑いありとなり、システムが自動的に判定しています。

このときは、余り長くないのですが、3回か4回ぐらいすると、どこか違う方向へ行って、一旦、常同行動が消えます。その後、もう一度、違うカメラですぐに常同行動が出たのではないかと検出できて、そのときの振る舞いがこれです。見づらいですが、今、ここにホッキョクグマがいます。動き出すちょっと前から見せていますが、ここで1往復ぐらいして、2往復目です。2往復目が入ってくると、2往復しましたよということで、常同行動の疑いありとシステムで自動的に検出されます。このときは、実はもう一頭が水の中にいて、じゃれ合おうとしているので、本当の常同行動の定義かどうかわかりませんが、2往復しているので、一応、常同行動と自動的に検出されます。

最後は、していないところは検出していませんということを見せるために、15分のデータをごらんください。

ここからスタートしまして、最初は常同行動がなくて、常同行動らしいものが検出されます。見づらいですが、今、中に入って、しばらく入ったままで、繰り返しの行動、常同行動っぽいものが出てきます。そのうち、終わりのほうに来ると、ここから外れて常同行動が消えます。システム上、今、スパイクがあったら常同行動の疑いありと出ていますが、この辺をつくり込むと、ここが常同行動ではないかときれいに検出することができるようになります。

おまけですが、水中にジャンピングしたり滞在する時間を検出できたほうがいいのか、その時間を長くするか短くすることができるのではないかとということがあったので、一応、水中にいる場合を検出する時間のグラフをつくと、こういうものができ上がります。多少間違っているところもありますが、水中にいる時間を割合で見ようと思うと、人が判断する分には十分なぐらいの精度を出せるのではないかと考えています。

最後に、ホッキョクグマの授乳音の検出です。

これも、一応、検討会議の中でいろいろとお話はしていく中で、これができたらうれしいと言われました。私たちは全然何も知らない中で、こういうことができたらうれしいと言われて、それは簡単にできますので試してみましようということ、授乳音の検出をやりました。

要請としては、仔グマが親のミルクを飲んでいるかどうかを確認したい。実際には、朝来たときに夜にちゃんと飲んでいたら聞いて確認しているということです。

録画していたのを聞く場合、ビデオだと早送りで見たりできますが、早送りをすると音の高さが変わったりするので、音は聞き分けにくくなります。早送りすることができなくて、実時間と同じぐらいの時間がかかって検出しなければいけないので手間がかかります。これを何とか自動でできないかということで、円山動物園から授乳音を記録したDVDをお借りして、その中から音を引っ張ってきました。音の例を皆さんに聞いていただきたいと思います。

[ 動画上映 ]

飯塚

たいへんわかりづらいのですが、私が理解したところによると、授乳音は工事のような音がしていて、それを何とか自動で検出できないかというお話です。

文献を調べたりすると、授乳音として300ヘルツぐらいの音がしていることがわかりました。フーリエ変換というもので、声紋分析みたいなものをやるものと一緒ですが、音を解析して、2次元の絵のようにしています。横軸が時間で、波形の特徴を見るのですが、300ヘルツぐらいのところで波があります。これが授乳音と考えられるもので、これを自動的に認識します。ここまで来ると、いつもやっているような機械学習の方法を使って認識します。

細かい設定は省きまして、訓練データとテストデータですが、いつもやっているのと同じように、これは授乳音がしていますと一生懸命聞き分けたものと、聞き分けたものを使って訓練する用に機械には一度も聞かせていない音を分けておきます。そうすると、テストデータは大体95%まで理解することができて、比較的簡単に認識することができます。実際に、それがどれぐらい精度よくできているかを試します。

これがその結果ですが、青色は、授乳音がしているだろうと人間が判断しているものです。この音源のデータは、訓練中に機械に聞かせたことはありません。人が判断したときに、これは授乳音がしているとか、機械がこは授乳音がしていますよというのがオレンジ色で示しているところです。そうすると、間違っているところもありますが、大体わかります。これだけわかれば、授乳っぽい音がありますよと教えることができ、なおかつ、気になったら飼育員がそこを聞けば、大体合っていることがわかり、ちゃんとミルクを飲んでいることが自動的に検出できるようなものをつくることができます。

まとめますと、最初は、チンパンジーの個体同定、識別、ホッキョクグマの動作認識と常同行動の検出と授乳音の同定というお話をしました。

展望について言いますと、よく聞かれる話ですが、ほかの動物への応用の可能性です。今回はホッキョクグマとチンパンジーの例でやっていますが、現時点では、各動物に関しては調整が必要です。僕らがいろいろとチューニングしてできるようになりますが、それなりに時間はかかってしまいます。しかし、その動物特有のものを使っていることはない

ので、これを別のものに適用しましょうといったら、それは簡単にできます。

我々としてはもう少し精度を上げたかったのですが、今後もう少し時間をかければ、精度の向上は期待できます。

これも検討会議でわかったことですが、我々は、何が困っていて、どこを自動化したいのかがよくわからないのです。何かできるのですが、何を助けたいのかがよくわからない中で、こういう検討会議を行われました。やはり、人力でやっていることが結構あるので、その人力をもう少し機械に置きかえていくことができるのではないかと考えています。

最後に、感じたことですが、今回、産学官連携として、円山動物園とEnV i s i o n は現場としての産業で、札幌市が官、北大の学という協力関係の中で、我々が感じたことは、我々は人工知能が何ができるかはわかり、何ができないかも大体検討がつきますが、皆さんからすると、人工知能に一体何ができるのかが分かっていないと思います。我々は人工知能はわかりますが、現場で何が必要とされているのかは分かりません。この間に断絶があるのです。世の中がうまくいっていない理由は、この断絶があるからです。さっぽろ産業振興財団を中心にこういう話し合いを持つことによって、この断絶を少しずつ埋めていくと、これもできる、これも助けられる、こういうこともやれるのではないですか、新しい技術を使いましょうなど、もっと動物園に役に立つようなものができるのではないかと考えております。

今回、貴重な機会をいただくことによって、我々の技術も使うことができましたし、札幌市や動物園のためにいろいろと頑張れたということで、大変感謝しております。

最後に、皆様に感謝の意を表して終わりたいと思います。

・加藤座長 山本委員、飯塚委員、ありがとうございます。

後ほど意見交換もありますので、質問等は後に回したいと思います。

引き続きまして、EnV i s i o nの長谷川さんに、動物の行動把握と社会実装と題してお話をいただきたいと思います。

長谷川

この後の議論の提案も含めて、どういう分野でAI を使えるか整理をしてみました。

まず、人間が飼育する動物にも種類がある。最近、ペットはコンパニオンアニマルと呼ばれ、家族として位置付けられています。最近は「使役動物」と呼ばないかもしれないが、運搬などの作業をするウマやラクダのような動物から、働くという意味で盲導犬なども使役動物に含まれるだろう。また、マウスやラットなどの「実験動物」。さらに、主に食べる対象となる畜産動物がいる。飼育するという意味では「動物園動物」も入るが、いずれにしても人間が飼育するからには動物福祉が今はかなり必要とされている。

一方で人間が飼っているわけではない野生動物がいる。野生動物の定義もいろいろあるかもしれないが、人間の関わり方として、数の減少により守ろうとする保全対象の動物、農業や漁業被害などの人間との軋轢があるもの、人間にとって危険なもの、外来生物についても何かしらの対応が必要となっている。人間との関わりの中で何かしら新しい技術を使おうとする時、飼育数の多いものであればビジネス的な需要も考えられそうだが、動物園においては1種類あたりの数がものすごく少ないことが特徴として大きい。

AIの動物への応用として、例えば、ペット系では、ペットの行動を検知して外出先でもスマートフォンにお知らせすると謳ったものをパナソニックなど様々なメーカーが出している。医学系の分野ではラットやマウスを使った実験で、セットとして行動を自動で検知してデータを出す研究等にAIがたくさん使われている。畜産については、牛の歩行を見て病気を判断するシステムがある。大規模な養鶏場の中で弱っているもの、死んでいるものを発見して回収するシステムもある。一方、野生動物については、動物による農業・漁業被害に対応するものが、産業的に受容があるかもしれないが、畜産等に比べればだいぶ小さいだろう。

動物園の特徴は、いろいろな種類を飼っていることと、種類あたりの頭数が少ないこと。ほとんどの種類が野生動物種であるということも特徴的。動物園にとっては、動物福祉の充実がAI導入の重要な目的になるかと思うが、使役動物の福祉のあり様を動物園から提案することも動物園の社会的貢献としても考えられる。さらに、動物園の動物を対象としたことを野外にも適用していくなど、社会貢献に繋がる使い方にしてほしい。

今後の課題については、技術と利用目的が重要であり、何を対象としてどういう技術を使うかを最初に考える必要があるだろう。

野生動物の獣害対策に使われている最近の技術を紹介したい。どのタイミングでどの罠を使うか、という限定的な目的がある。シカであろうとサルであろうと関係なく、何かを感知して追っ払うということであれば識別の必要はない。獣害対策を考える時、近づいて来た時に反応すれば良いものと、種を判別したい、数を数えたい、個体識別したいなど求めているものが場合によって異なる。画像からおよその体重、性別を判別できると野外においても非常に役立つ。

お知らせ型で何かあったらアラートを鳴らすものや、実験動物のネズミで使われているシステムだが、行動を識別してログを取ってグラフを出してくれるものもある。動物園の飼育員さんが手作業でしていたことがかなり省けるのではないかと思う。

また、常同行動か遊びかの判断について、行動の解析のポイントを「姿勢」、「追跡」した場合、アクションに意味を持たせないのが良いのではないか。「遊び」という判断も行動に意味を持たせてしまっている。立っている、座っている、ジャンプしていると判別して、ずっと歩いているから常同行動、同じようなポーズをとっていても求愛であるなど、「遊び」としてたくさんの行動を1つにくくっていたものをどう解決するか、ということでもある

と思う。

2秒間で1つのサンプルとしているが、行動にもいろいろあり、瞬間的に生じるものもある。評価軸として、回数あるいは間隔を長くして判断する必要がある動作もあるため、目的によってサンプリングを考える必要がある。また、元データのとり方もいろいろなものが開発されている。精度の良いカメラか、サーモグラフのような温度感知のデータか、エコー診断で使われているもの、ソノグラムなど、データの取り方もいろいろで、取り方を工夫することで広がるかと思う。たくさんの画像を送れば行動を解析してくれるというサービスもある。この辺りの差別化も考える必要があるだろう。

最後になるが、利用目的という意味では、AI等の新しい技術と利用目的の壁を取り除いて良い連携をできるようになればいいと思う。例えば、アライグマだけを捕獲する手法が開発された。これはAIも最新の技術も使っていない。アライグマは手が器用なので、その特徴を使ってアライグマだけを捕獲する手法を開発した。目的を達成するためには、最新の技術を使う必要がない場合もある。

一方で最新の技術を持つ方たちとの連携は意味があると思っている。AIだけでなく、バイオロギングといわれる緯度や経度、動いているスピード、泳ぐものであれば水深などを追跡することができる技術もある。場合によっては、例えばウミガメにカメラを付けてどんなものを見て、どこに行っているのかを画像のデータとして取ることもできる。

この先、今、考えていることから発展できれば楽しみだ。

## ○意見交換

石橋 クマの中にもブームがあります。いくらおもちゃを入れても自分の好みではないと遊びません。毎日データが出てくると、毎日変えていけるので助かる。

山本 今の技術から可能。精度を上げていけば、そんなに遠い未来ではないと考えます。

酒井 お客さんがいるのといないのとでは、どちらがエンリッチメントか。

石橋 刺激という意味ではよいこと。しかし、毎日同じことが続けば、刺激にもならないのでよいことではなくなるかもしれない。

加藤 観察カメラを付けて確認できることが多くなってきた。主に夜の行動がきちっと把握するためには、こういう技術が応用できれば動物園にとってもありがたいです。動物園業界の中でビジネスになるかもしれない。動物園は小さい自治体でありお金がないので、安くできれば、多くの動物園で導入される可能性はあると思います。

小菅 チンパンジーについてですが、個体識別がしっかりできて、全身から個体識別ができるようになると、群れの動物の個体間の関係が良く見えるようになります。それは飼育している方に、いろいろな情報を与えてくれると思います。動物園で報告が少ないのは、群れの個体間の関係です。そういうものを見ることができればおもし

ろいと思います。草食動物についても同じで、シマウマやシカなどもお互いの関係が上手く把握できます。闘争を事前に防止できるかもしれない。

動物園が動物行動の研究機関であるというイメージが広がっていけば、取り組む人が増えてくるのではないかと思う。

酒井 北大と円山との協働研究もあり得るのではないかと思います。

山本 チンパンジーの個体同定ができてトラッキングできると、数字や時系列でのデータが出てくるので、関係性の解析は十分できると思います。

理論上はカメラで判別しながらネットワークを作ることもできます。もっと確実にやるとすると、最初と最後などの繋がりでデータを補正すれば精度があがると思います。近い時には入れ替わっている可能性があります。やり様はあって、かなり精度は上がっていくだろうという手ごたえは感じています。

小菅 草食動物の飼育についてはダチョウ、キリン、シマウマは相性がいい。エランドは嫌われる傾向がある。5種類飼育するならこれとこれとこれというように、距離感が分かれば必要な飼育スペースなども分かってくると思います。

下鶴 雪、雨、風などの天候要因によってどれくらい左右されるものですか。

飯塚 訓練として何を与えたかによります。私の研究の場合は、結構影響を受けます。私たちの研究が現実の世界に入って何とかしようとする、長期的にデータを取る必要がありますが、このような長期的な視点に立つことができれば別の方法もありあます。

下鶴 時間を重ねていくことで精度が上がっていくと思います。新しく開園した時点については戻れないので、これからは戻れるように、すごく貴重なデータになると思うので、再解析でいきるようにしておけばいいと思う。後から検証できるような準備をしておくのがいいと思う。

また常同行動について、今は2往復で常同行動とされていますが、たとえば4回と定義を変えた場合の解析の変更は容易なのですか。

飯塚 簡単にできます。

下鶴 動物園の立場からの話がありましたが、私は野生動物に携わる者としてお話を聞いていました。例えば AI の技術を動物園で発展させたものを野外で応用するのは十分あり得るのではないかと思います。授乳音を感知できるなら、首輪で授乳音を察知し、記録できるようになれば、おもしろいと思う。動きは分かるようになってきましたが、何をしているのかまで分かっていません。動物園との研究で、この仕組みができれば、知りたいことが分かるだろうという思いで拝聴していました。

加藤 動物園の役割は野生では研究できないものを研究できるということとと思っています。その結果を野生動物に応用していくことが動物園の役割であると思っています。

酒井 授乳音について。双子が生まれた場合、その個体識別ができますか。

石橋 実際、2頭分聞き分けるのはたいへんです。

加藤 お客様のトラッキングはできないでしょうか。属性によって動きが分かると、交通整理などができるのではと思います。

山本 性別、子どもか大人かなどは分かると思います。

酒井 財団ではビッグデータ、オープンデータのプラットフォームづくりをしています。人がどう行動して、どのような購買行動をしているかを把握しようとしています。しかし、かなり批判されたことがあり、できるが手を付けていない部分があります。工夫をして、例えば頭しか撮らないなどできればいい。監視されているとかという議論にならないように工夫できれば、一緒にできると思います。

小菅 旭山動物園では目視でやったことがあります。例えばアベック、親子など。無目的で来た人に対する案内ルートの提案などができるようになります。

酒井 効率的なおススメコースがわかる。

小菅 それが目的。バラけさせようとしていました。

加藤 ホッキョクグマ館がオープンして、みんな一目散にホッキョクグマ館に行くようになる。手前に面白いものがある、まずはそこから行ってくれる人がいればいいのですが。

小菅 例えば、交尾の写真一枚記憶させて、その姿勢になった時の前後を記録するという事は可能でしょうか。

山本 パターンマッチが考えられます。本当に特殊な、めったに起きないような輪郭、雰囲気であれば可能かと思います。特殊な輪郭を全部の画像から探すということであれば可能です。

小菅 いくつかパターン化している行動があるので、それをどんな時にどこでやっているのかが分かるとよいと思う。

石橋 今回はサンプルが少なかった。サンプルが多くなれば、恐らくできるということかと思う。

山本 特殊な行動の輪郭であればできると思う。

小菅 本当に独特の動きをします。半腰とか。結構見られる動きで、独特だと思います。

山本 心配なのは大きさです。遠くになると検知しづらいかもしれない。ただ、技術的にはできると思います。

小菅 どこで、いつ、雪の無い時期はどうか、夏の時は代償として違う行動が見られるということがあれば面白いと思います。

下鶴 遊びを把握する制度が低いということでしたが、不明ゾーンという余白を作るのは難しいのでしょうか。どれにも当たらないという分類をするということですが。

山本 分類できないものの学習をできないかという話がでたが、AIの世界では難しいです。

下鶴 細かい行動を入れすぎると、精度が落ちるという可能性もあるということでしょうか。

山本 十分あり得えます。

下鶴 学習させる段階から、何を可視化させたいか、プライオリティを設定する必要があるということですか。

山本 今はやや強引に行動を分類していることがあると思います。

石橋 これを汎用していくとき、他の動物園でも利用可能にする場合、こういったものになるのでしょうか。例えば、丸一日のデータを我々の方でラベル付けをしていって、そこから勉強させていく、私たちが操作できる形でできるのでしょうか。私たちの言語と先生たちの言語を翻訳し合わないといけないのでは。

飯塚 どうやったらうまくいくかというのは、まだまだ研究者の勘に頼っている部分が多いのです。それなりに動くためにはそれなりの知識と経験が必要です。人工知能といっても人の知能がたくさん関わっています。私たちがまだ想像もつかない問題がでてくる可能性があります。AIに対してAGIというものの開発も進んでいます。

長谷川 ここではホッキョクグマを対象としているが、他の動物園のホッキョクグマをやる場合もゼロからの対応が必要ですか。

飯塚 かなり応用できると思います。

例えば、ホッキョクグマではなく別のクマをやる場合、試行錯誤はかなり省略できると思います。ただし、基本的によいものを作ろうとする時は、まっさらな状態で始めるのが良いと思います。

山本 飼育員の方にご協力いただき、毎朝20個くらいの動画を見ていただいて行動のタグ付けをしていただき、それを吸い上げて学習していくということができれば、かなり精度が上がってくると思います。更新する仕組みができてくると思います。学生がやるのではなく、プロの人によるタグ付けができれば精度が上がってくると思います。

加藤 来年度以降も引き続き、研究を進めていただいて形にしていければと思います。動物園技術者研究会や獣医学部で、今の話をしていただければ新しいアイデアも出てくるのではないかと思います。

(了)