

# 災害対応ロボティクス

松野 文俊

福島国際研究教育機構 (F-REI)  
ロボット分野副分野長

大阪工業大学特任教授 京都大学名誉教授



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



みらいをつくる つたえる まもる。

大阪工業大学  
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# レスキューロボットシステム

- 阪神淡路大震災から
- 東日本大震災における被災地でのロボットを用いた支援活動
- レスキューロボットの研究開発
- おわりに



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



みらいをつくる つたえる まもる。

大阪工業大学  
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# 阪神淡路大震災（1995年1月17日）

## ロボット工学が最初に直面した大規模地震災害

- マグネチュード 7.3
- 被害面積 20 x 1 km
- 被災者: 2,300,000
  - 死者: 6,432 ++
  - 重傷者: 43,800 ++
- 建物被害: 530,000
  - 全壊: 104,906, 全焼: 6,148,
  - 半壊: 144,272
- 火災: 285
  - 広域火災: 14 (>10,000m<sup>2</sup>)
- 被害総額 >10兆円



Kobe, 1995

# 東日本大震災(地震, そして津波)

## 地震

- 2011年3月11日14:46
- マグニチュード:M9.0
- 最大震度:7

死者数:15854

行方不明者数:3155

(2012年3月10日現在)

避難者:343935

がれき:2253万トン



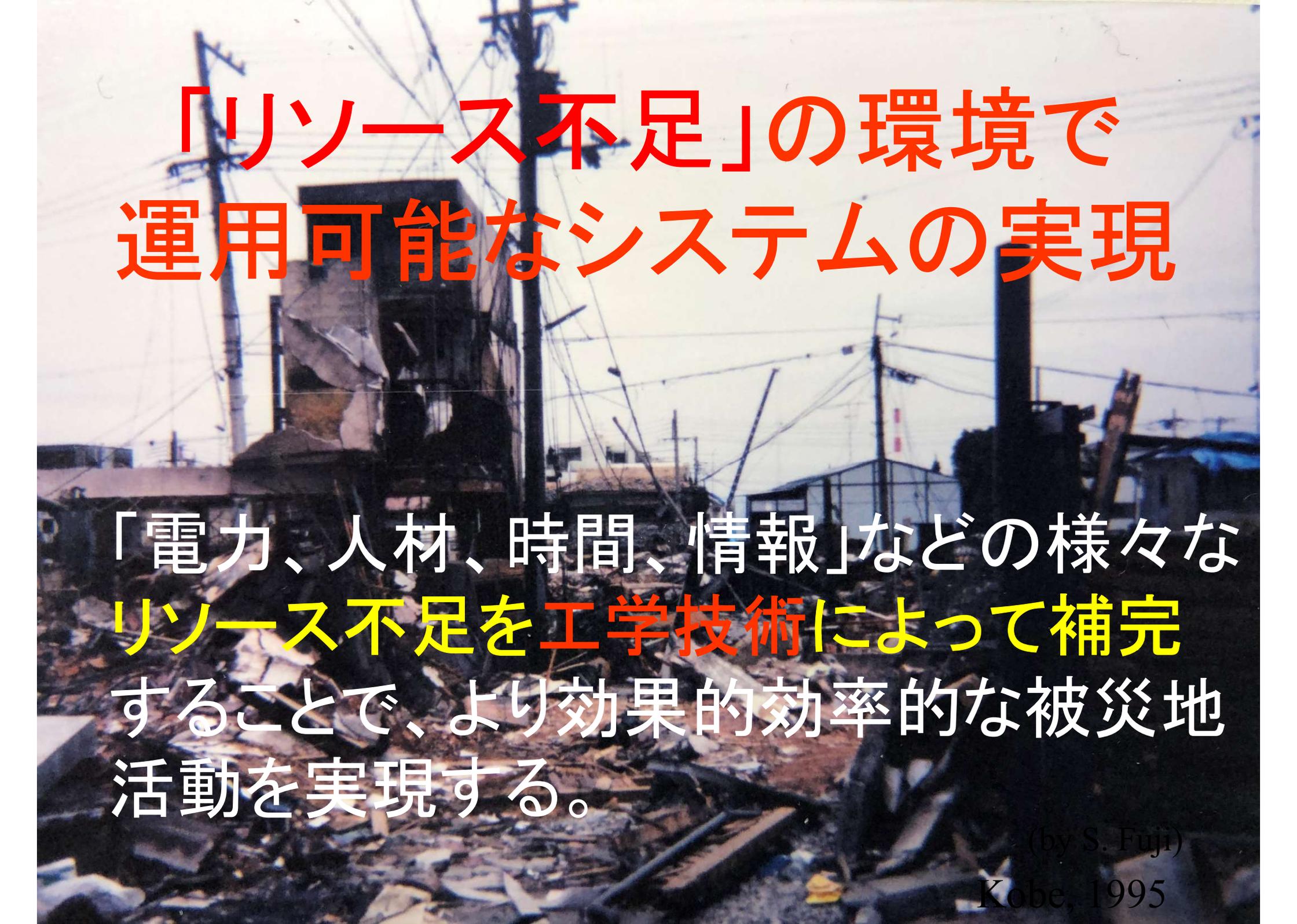
## 津波

- 30分~1時間後
- 最大波高:約40[m]



## 阪神淡路大震災

M7.3 死者数および行方不明者数:6437



# 「リソース不足」の環境で 運用可能なシステムの実現

「電力、人材、時間、情報」などの様々な  
リソース不足を工学技術によって補完  
することで、より効果的効率的な被災地  
活動を実現する。

(by S. Fuji)  
Kobe, 1995

# レスキューロボットシステムへの要望

災害対応の初動において重要となる

正確な**大域的・局所的**情報を

いかに迅速に収集できるか

- リソース不足の現場で実運用可能
- ユーザ視点に立ったシステム

## 収集した情報をどうする

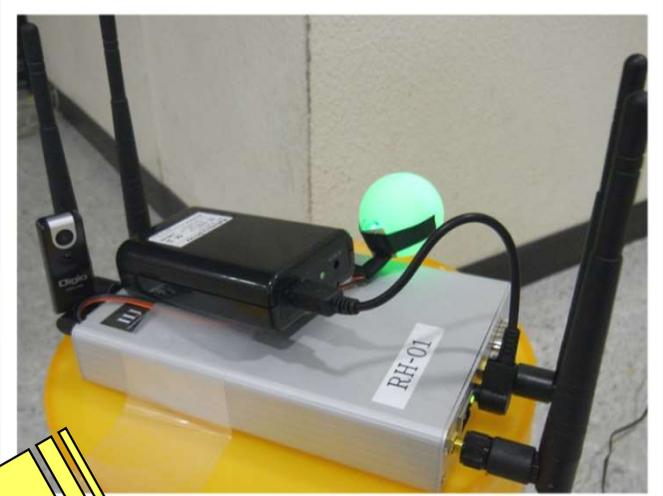
- 収集情報の共有および利活用  
災害対応戦略・復旧・復興
- 予測や意思決定支援

# レスキューロボットシステムに何が必要か？

- 走破性に優れる知的移動体（陸海空）  
ロボットプラットフォーム（異種ロボット群）  
知能化・自律化
- 操作性に優れる遠隔操作システム  
インターフェイス・半自律機能
- 頑健な情報ネットワーク  
マルチホップ無線ネットワーク
- 収集した情報の集約と管理・利活用  
地理情報システムサイバー・フェジカル、  
プランニング（大域的：タスクアロケーション、  
局所的：経路計画）



ロボット群



ネットワーク



# ICRT

情報・通信・ロボット技術

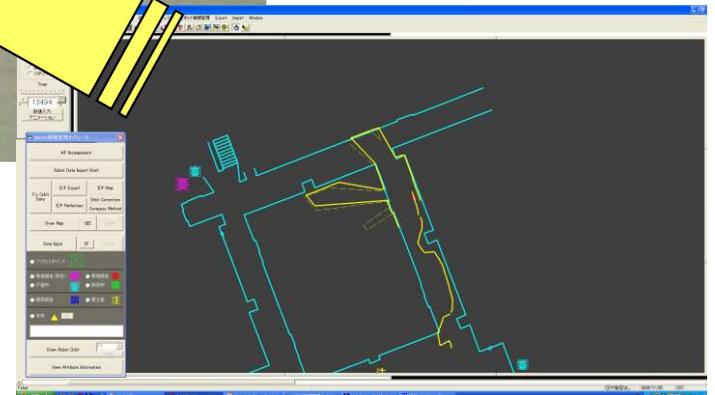
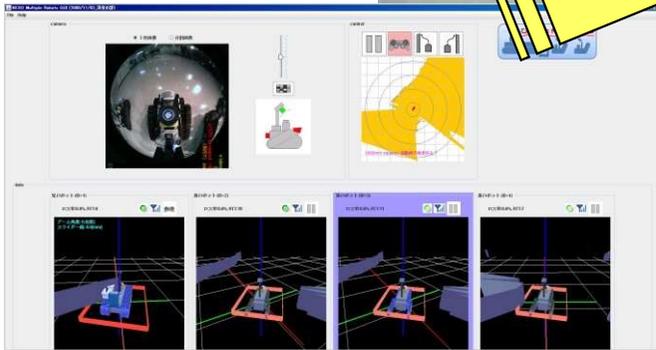
融合

インテグレーション

インターフェイス

レスキューロボット  
システム

情報システム



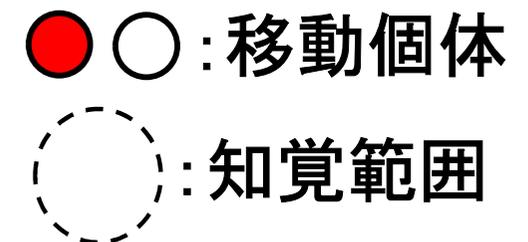
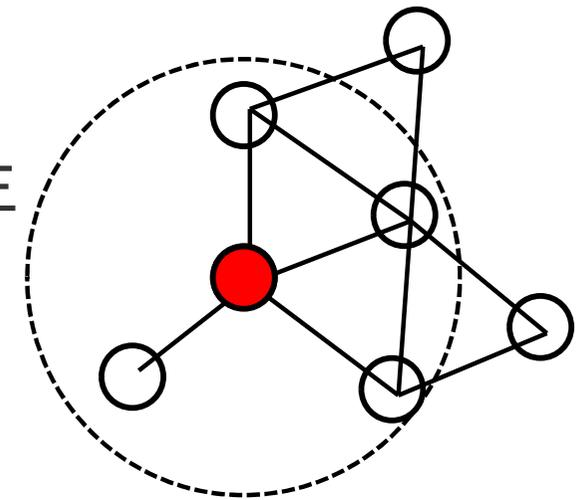
# 群制御:ロボット間の相互作用

## ● 本手法のポイント

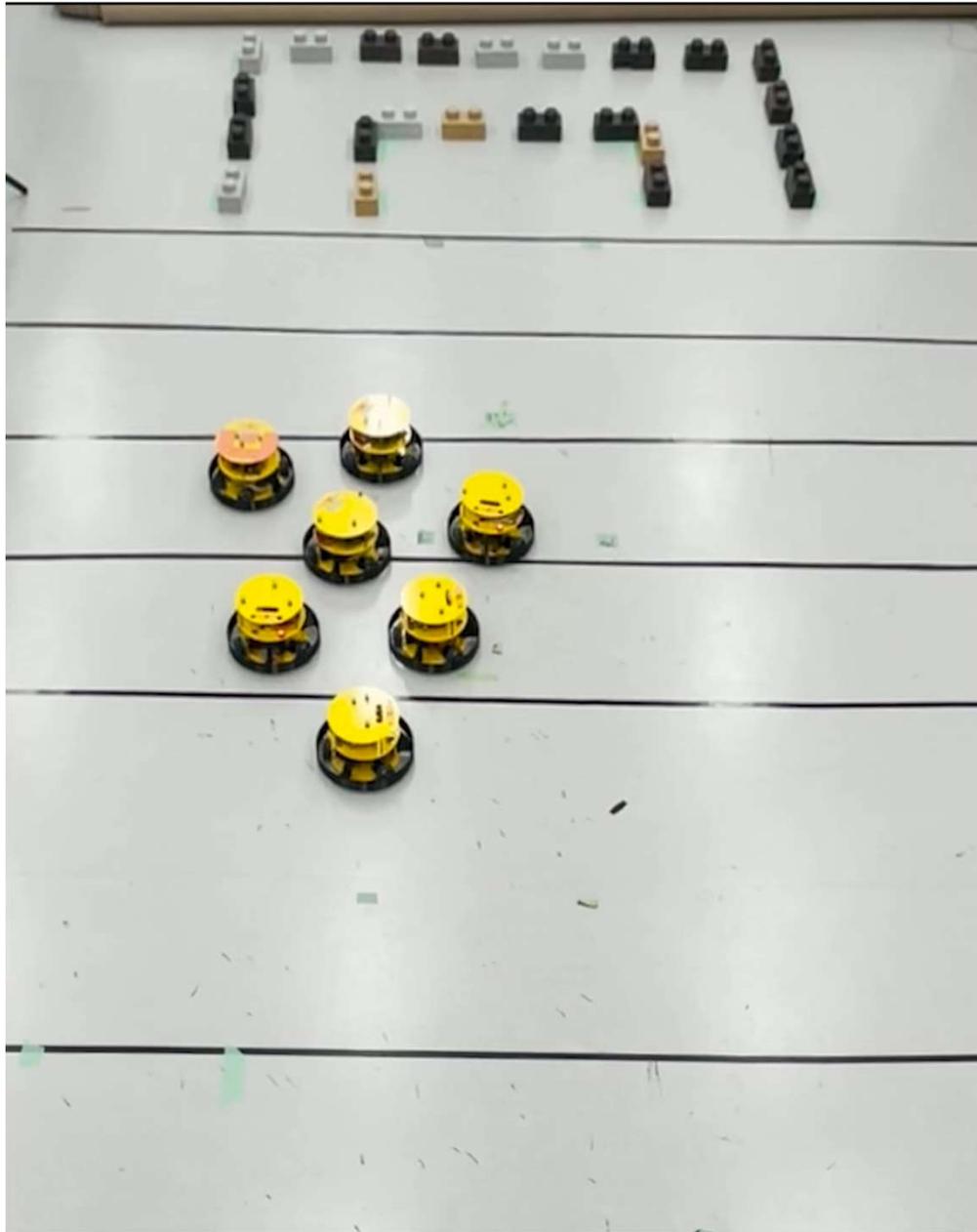
- 自分の周囲の情報のみに基づいた個々の行動決定による群行動の創発(分散制御系)
- 規模が大きくなっても破綻しない(スケーラブル)

## ● ロボット間の相互作用

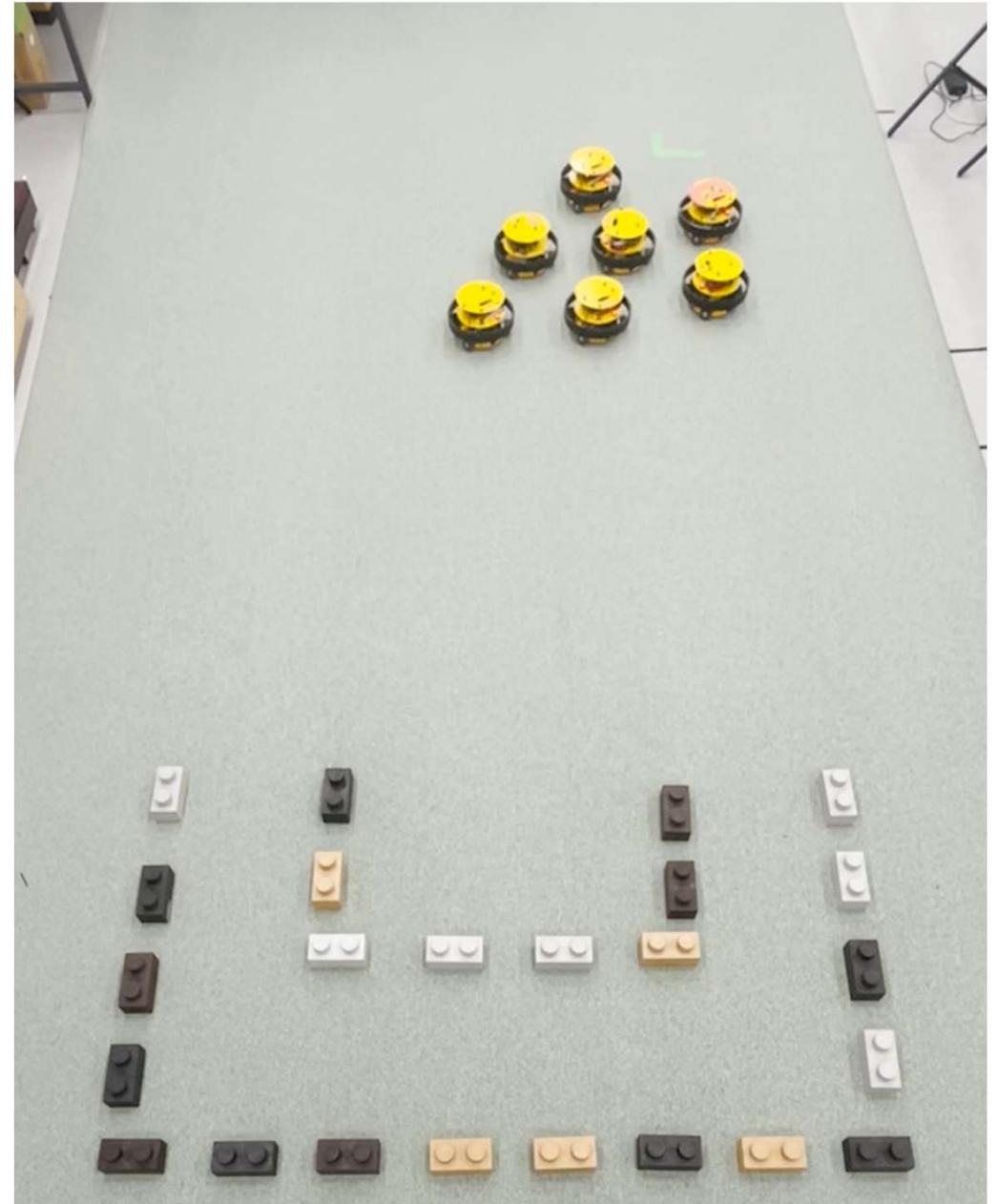
- 移動体 - 移動体間
  - ・ 一定範囲内の移動体との間に**引力**を発生
  - ・ ただし, 近づきすぎると**斥力**を発生
- 移動体-障害物間
  - ・ 衝突を回避するための**斥力**を発生
- 移動体-目標位置間
  - ・ 目標へ移動するため**引力**を発生



# リーダーによるフォロワーの分散的誘導制御



× 5



× 10

# レスキューロボットシステム

- 阪神淡路大震災から
- 東日本大震災における被災地でのロボットを用いた支援活動
- レスキューロボットの研究開発
- おわりに



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



みらいをつくる つたえる まもる。

大阪工業大学  
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# 2011年3月7~12日

- アメリカ合衆国 テキサス州 Disaster Cityでのロボットの実証実験
- NSF & JST Workshop



# 調査活動場所 2011年

青森県八戸市  
(3/18, 20,21)



岩手県久慈市 (3/19)



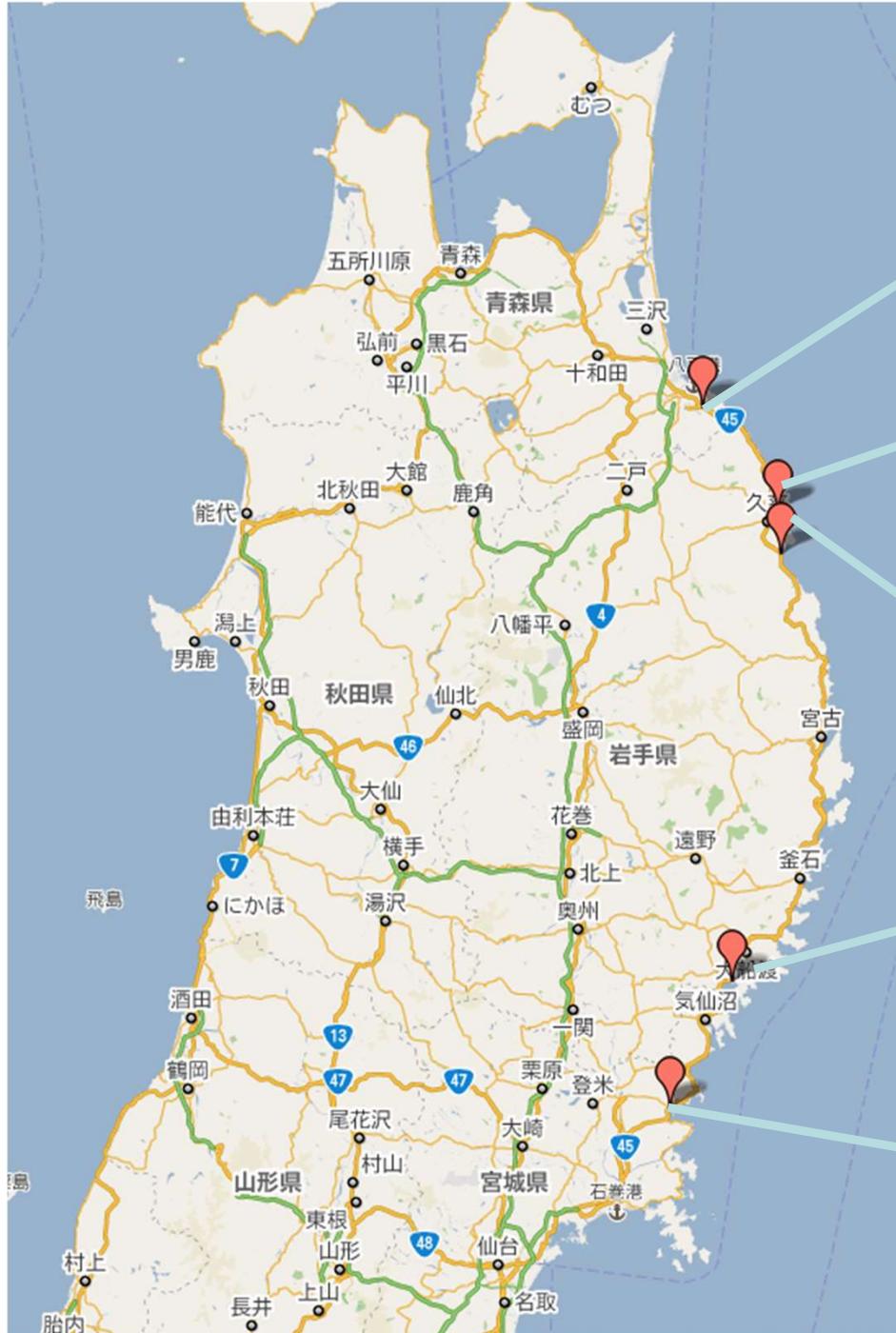
岩手県野田村 (3/19)



岩手県陸前高田市  
(4/20-23)



宮城県南三陸町  
(4/18, 19, 10/22-26, 2012/3/8-10)



# 東日本大震災(地震, そして津波)

## 地震

- 2011年3月11日14:46
- マグニチュード:M9.0
- 最大震度:7

## 津波

- 30分~1時間後
- 最大波高:約40[m]

死者数:15854  
行方不明者数:31555  
(2012年5月10日現在)  
避難者:343935  
がれき:2253万トン

# 地震・津波・原発事故 の巨大複合災害



## 阪神淡路大震災

M7.3 死者数および行方不明者数:6437

# 事故直後の状況



# 福島原発事故の緊急対応で活用された外国製RT



独Putzmeister社製  
コンクリートポンプ車



米国iRobot社製  
Packbot/SUGV



スウェーデン  
Brokk社製  
Brokk-90



スウェーデン  
Brokk社製  
Brokk-330



米国iRobot社製  
Warrior



米国QinetiQ社製Talon



米国Pentek社製  
Moose



米国PaR Systems社製  
Tensile Truss



米国Honeywell社製  
T-HAWK



米国iRobot社製  
Kobra



米国QinetiQ社製Bob Cat



英国Createc社製  
RISER



米国iRobot社製  
Firstlook

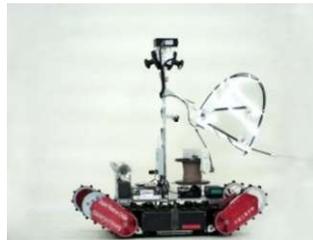
# 福島原発事故の廃炉措置で活用されている国産RT



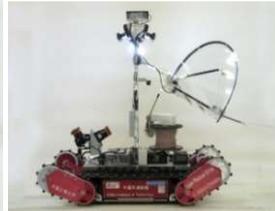
無人化施工機械



Quince



Quince 2



Quince 3



Survey Runner



JAEA-3



PCV



FRIGO-MA



ASTACO-SORA



4足歩行ロボット・小型走行車



高所調査用ロボット



S/C下部外面調査装置



形状変形



PCV内部調査装置



床面除染装置



MEISTeR



Sakura



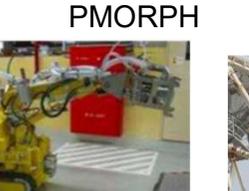
水中遊泳ロボット



PCV内部調査装置



投入支援装置



PMORPH



PCV内部調査装置



S/C上部調査装置



水上ポート型  
ロボット



Rosemary



S/C水位測定  
調査ロボット



床面走行ロボット



能動スコープカメラ



Arounder



排気塔解体ロボット

# レスキューロボットシステム

- 阪神淡路大震災から
- 東日本大震災における被災地でのロボットを用いた支援活動
- レスキューロボットの研究開発
- おわりに



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY

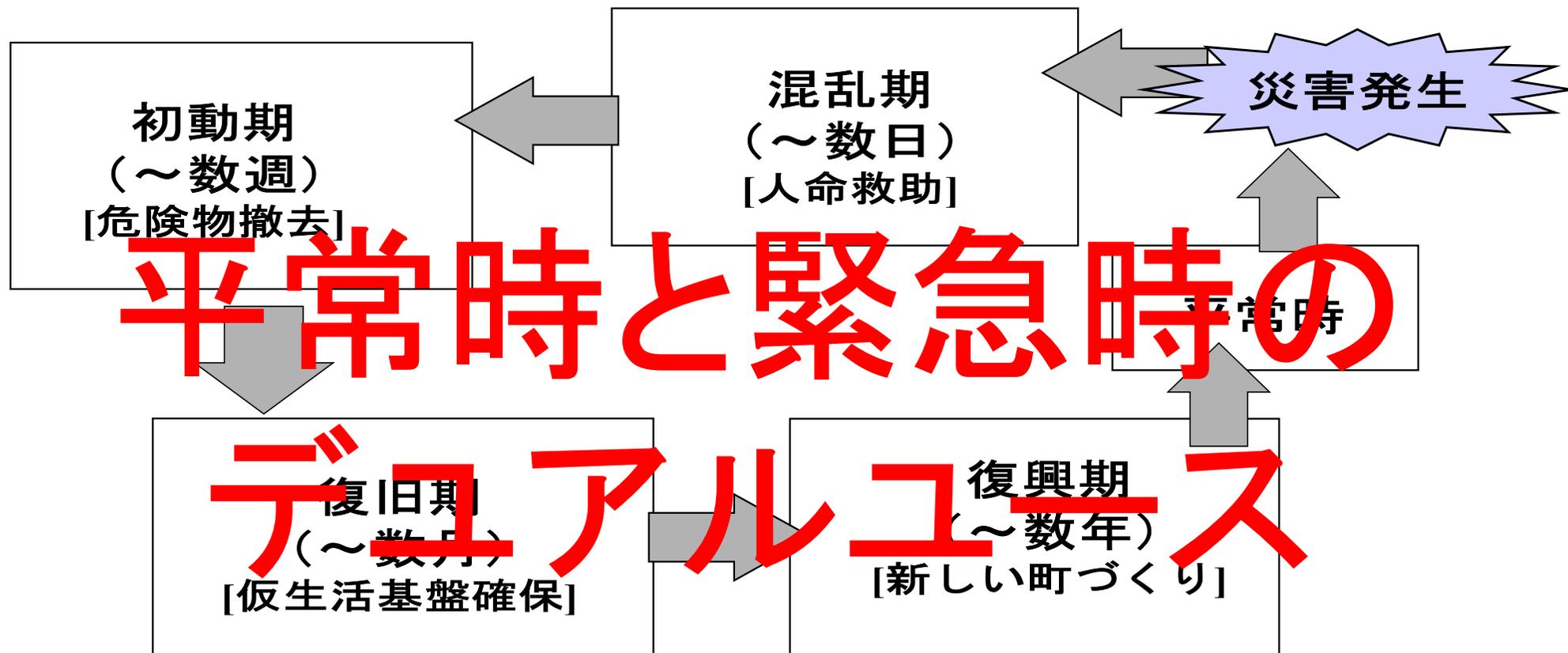


RSJ



International Rescue System  
特定非営利活動法人  
国際レスキューシステム研究機構

# 災害/平常時サイクル



平常時 (床下点検、天井裏点検、プラント保守・管理)

緊急時 (プラント災害、倒壊家屋調査など)

# 最近の実現場でのロボットの運用

西日本豪雨災害 岡山県半田山土砂崩れ 2018/7



九州北部豪雨災害(福岡県東峰村) 2017/7  
野波分野長



大阪城の空堀の石垣の調査 2022/2

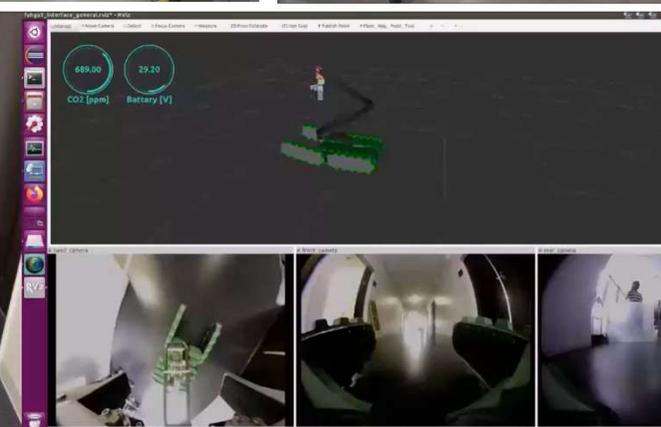
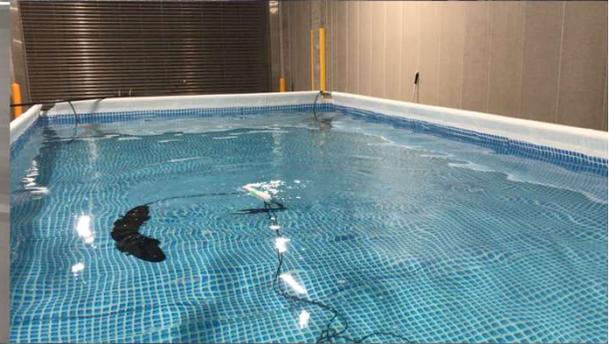
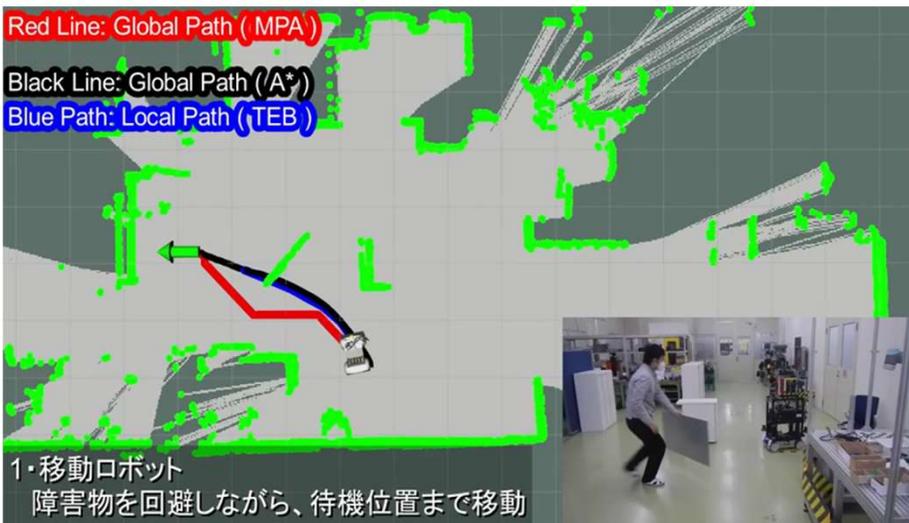


毎日放送 2022年3月15日  
関西ジャニ博 大阪城の謎調査



# 移動マニピュレータ

# ヘビ型ロボット



# UAVとヘビ型ロボの協調による 福島第1原発1号機格納容器内調査



福島第1原発1号機

モックアップ



パイプ

有線通信

1.5m

UAVとの通信のための  
無線通信中継器

# レスキューロボットシステム

- 阪神淡路大震災から
- 東日本大震災における被災地でのロボットを用いた支援活動
- レスキューロボットの研究開発
- おわりに



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



みらいをつくる つたえる まもる。

大阪工業大学  
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

# 安全・安心社会構築のための

レスキュー学 (松野、河合:2001)

工学・医学・心理学・の三位一体

工学

政治・経済・行政

医学

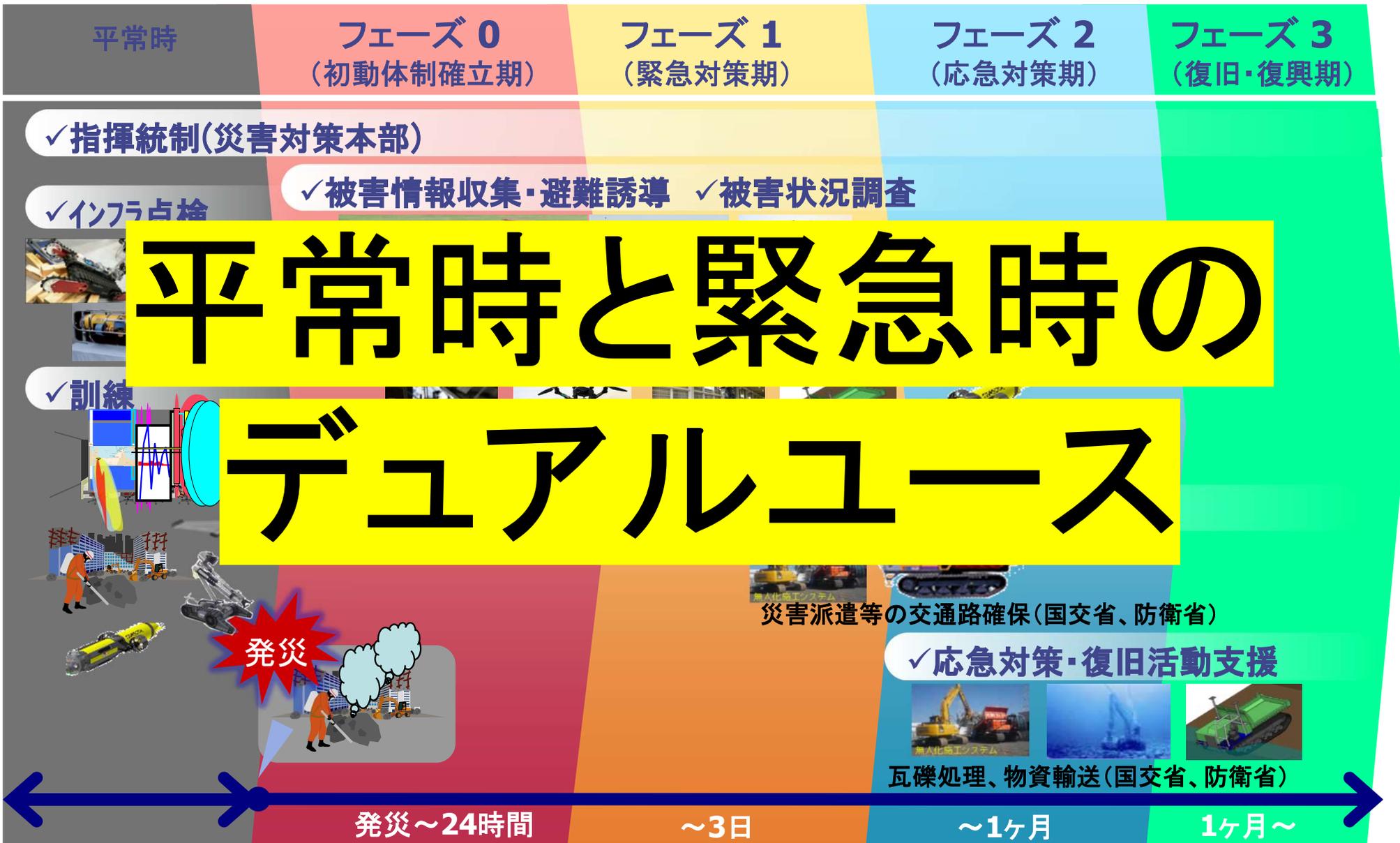
心理学

被災者・救援者・災害弱者への  
メンタルケア

# 南三陸町避難所(2011年7月) (パロ:産総研 柴田崇徳氏開発)



# 災害対応ロボットの運用シーン例



◆災害現場での確実な機能発揮には運用機関と連携した運用研究、有効性評価と訓練が必要

(東大 浅間一教授 提供)

ご清聴いただき  
ありがとう  
ございました



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY



みらいをつくる つたえる まもる。

大阪工業大学  
OSAKA INSTITUTE OF TECHNOLOGY