

10 災害時輸送におけるシミュレータ活用

海上技術安全研究所 知識・データシステム系
海上技術安全研究所 知識・データシステム系
港湾空港技術研究所 地震防災研究領域
電子航法研究所 航空交通管理領域
港湾空港技術研究所 地震防災研究領域
電子航法研究所 航空交通管理領域
海上技術安全研究所 知識・データシステム系

○荒谷太郎
間島隆博
小濱英司
山田 泉
大矢陽介
青山久枝
松倉洋史



目次

* 研究の背景・目的

* 研究開発の取組内容

 傷病者輸送シミュレータ

 空港面交通シミュレータ

 港湾施設の利用性評価

* 今後の計画とまとめ

研究の背景

- * 大規模災害時の救援活動のボトルネック
 - * 災害発生直後は、交通インフラの被害で救援活動に大きな制約を受ける



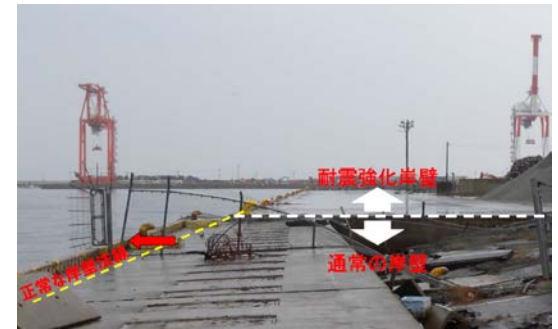
平成30年7月豪雨(広島)
土砂崩れによる道路の寸断
(写真：国土交通省)



大槌町へ出場中の消防車両
(写真：消防庁ホームページ)



空港への航空機の集中
(写真：福島県消防防災航空センター提供)



岸壁の崩壊
(写真：港湾空港技術研究所)

災害発生時に一人でも多くの人命を助けるために、
事前にどのようなソフトとハードの対策を行えばよいか

研究の背景

* 救援活動に関わる輸送業務の基本的要素

- * 情報（被災状況・被災者等の情報）
- * 輸送ルート（道路・海路・空路）
- * 輸送機材（車両・船・航空機・燃料・ドライバー）
- * 活動拠点（進出拠点・救助活動拠点・航空搬送拠点・海上輸送拠点・設備・作業員等）
- * 体制（応援部隊・受入体制・部隊運用・部隊間調整）

- 各組織が災害・防災対策の施策を検討している中、
 - これらを繋ぎ合わせて、全体として問題なく機能するのか？
 - 輸送を妨げる要因（ボトルネック）は何か？



➡ その対策を事前にあぶり出す必要がある
(ボトルネック解析)

問題意識

- * 大規模災害発生時にスムーズに傷病者を病院まで輸送することが可能なのか
- * 救助の際、ヘリコプターは機動力の点で重要であるが、空港の容量はどの程度あるのか
- * 陸路が寸断された場合は、海路の利用も考えられるが、港は利用できるのか
- * 船舶による支援を検討する場合、どのような岸壁が適しているのか



平成30年7月豪雨(広島)

土砂崩れによる道路の寸断
(写真：国土交通省)



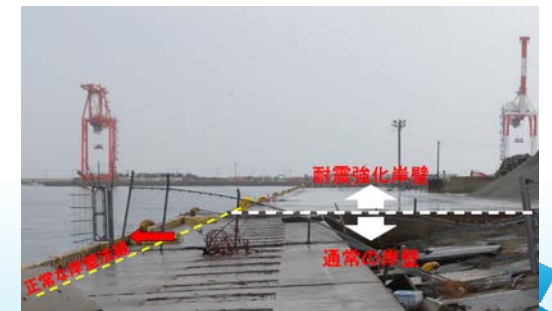
2011.3.14 山形空港防災ヘリ駐機状況
(写真：山形県山形空港事務所提供)



駐機スペース不足により
グラスエリアにヘリを駐機
(写真：福島県消防防災航空センター提供)



阪神淡路大震災時の海上輸送
(写真：神戸観光局 港湾振興部提供)



岸壁の崩壊
(写真：港湾空港技術研究所)

研究の目的

- * 大規模災害時の陸上・海上・航空輸送に関わる救援活動において発生する**ボトルネック**を事前に発見するシミュレータを開発



← 輸送量を決定してしまっている原因

- ボトルネックを明らかにすることで
 - 改善すべきインフラの明確化
 - 死守すべきインフラはどれか



防災計画の立案、修正、対策等の基礎データを提供
災害対応・防災計画の全体としての課題点・問題点の明確化

目次

* 研究の背景・目的

* 研究開発の取組内容

 傷病者輸送シミュレータ

 空港面交通シミュレータ

 港湾施設の利用性評価

* 今後の計画とまとめ

研究計画

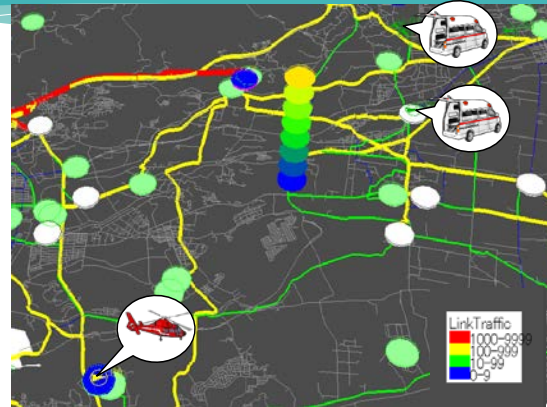
検討するシナリオの設定

過去の被災事例

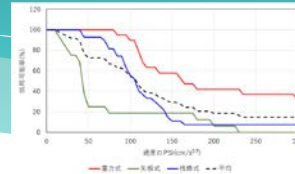
今後想定される災害

- 災害規模
- 発生時期・時刻
- 被災エリア
- 輸送体制
- 輸送機材数
- 負傷者数…等

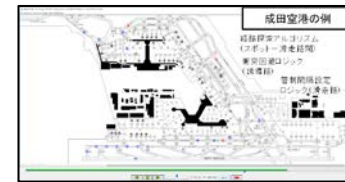
シナリオを元に災害時の救助・救援シミュレーションを実施



傷病者輸送シミュレータ



港湾施設の利用性評価



空港面交通シミュレータ

結果の分析

傷病者の輸送状況
 病院への輸送人数
 輸送機材の利用状況

を定量的に表現



災害時に発生するボトルネックを踏まえた

- ・地域防災計画の見直し
- ・救助・救援体制の構築等により災害対応力を強化



- * 海上技術安全研究所：全体総括、傷病者輸送シミュレータ
 - * 荒谷太郎、間島隆博、松倉洋史
- * 電子航法研究所：空港面交通シミュレータ
 - * 山田泉、青山久枝、福島幸子
- * 港湾空港技術研究所：港湾施設の利用性評価
 - * 小濱英司、大矢陽介、青山万丈、（伊藤広高）



シミュレータの概要

陸・海・空の連携した傷病者輸送シミュレータ



目次

* 研究の背景・目的

* 研究開発の取組内容

 傷病者輸送シミュレータ

 空港面交通シミュレータ

 港湾施設の利用性評価

* 今後の計画とまとめ

傷病者輸送シミュレータの概要

* 被災想定

- * 東西150km、南北100km程度の自治体、
- * 約9,000人の要救助者が発生（南海トラフ地震を想定）

* 救助体制

- * ヘリ：3機、車両：132台
- * 災害拠点病院：21カ所



* 重傷者数の発生場所

- * 救助対象エリアに重傷者がランダムに発生
- * 救助要請時間：24時間にランダムに発生



待機場所
(消防署)



被災現場



災害拠点病院

* 救助方法

- * ヘリ・車両は各市区町村に待機
- * 車両は所属する地域を限定させて救助（市町村の自治体消防を意識）
- * ヘリはエリア全体の救助を担当
- * 救助要請順に①待機箇所から要救助者発生場所に向かう②救助③病院へ輸送、を行う
- * 病床が満床になった場合は、SCU（広域搬送拠点）3カ所に運ぶ
（救助者を被災地外の病院へ輸送するため）



輸送機材、輸送対象者、輸送先の決定過程

- * 輸送機材の動きの再現をするため、マルチエージェントシステムを採用
 - * 各輸送機材をエージェントとして、輸送機材は1回に1名を輸送

* 輸送機材の行動ルール

- ① 各輸送機材は、最短時間で輸送できる要救助者を選定



- ② 選定時点で輸送中である他の輸送機材の方が早いかを計算（他が早ければ任せ、①に戻る）
- ③ 最終決定（ミッション終了後は①に戻る）

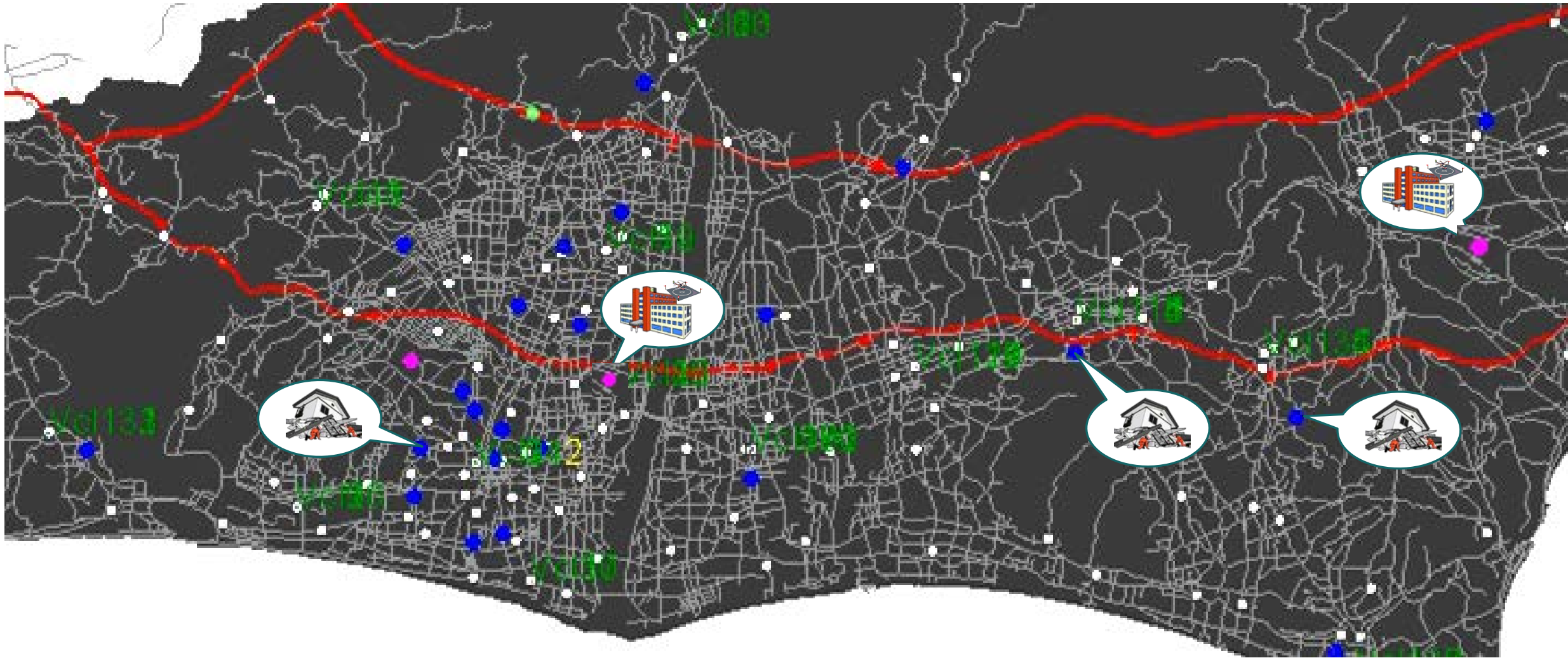
対象地域と要救助者数

県内にある市町村をイメージし、エリアを4分割に設定

各エリアごとに車両の救助を担当

エリア0のみ、災害拠点病院が無くエリア外への輸送が必要





ヘリコプター



車両



救助拠点



病院



輸送機材ごとの救助人数

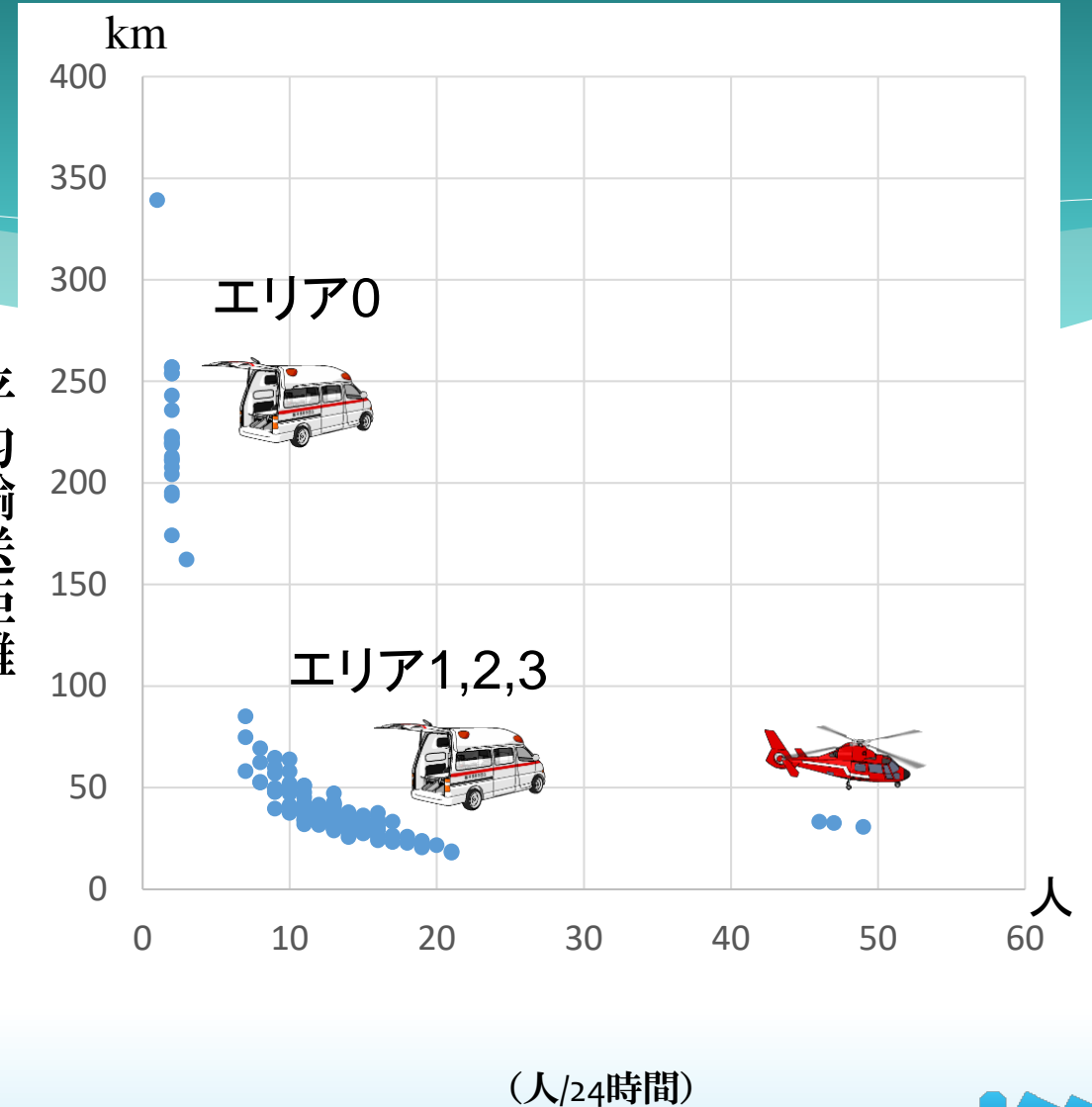
- * 車両：エリア0
 - * 救助人数が少なく平均輸送距離が長い

- * 車両：エリア1, 2, 3
 - * 救助人数は10~20人前後となっており、ほぼピストン輸送のように要救助者の発生場所と病院を往復

- * ヘリ：
 - * 救助人数は50人弱

(機材移動距離(輸送距離) / 輸送人数)

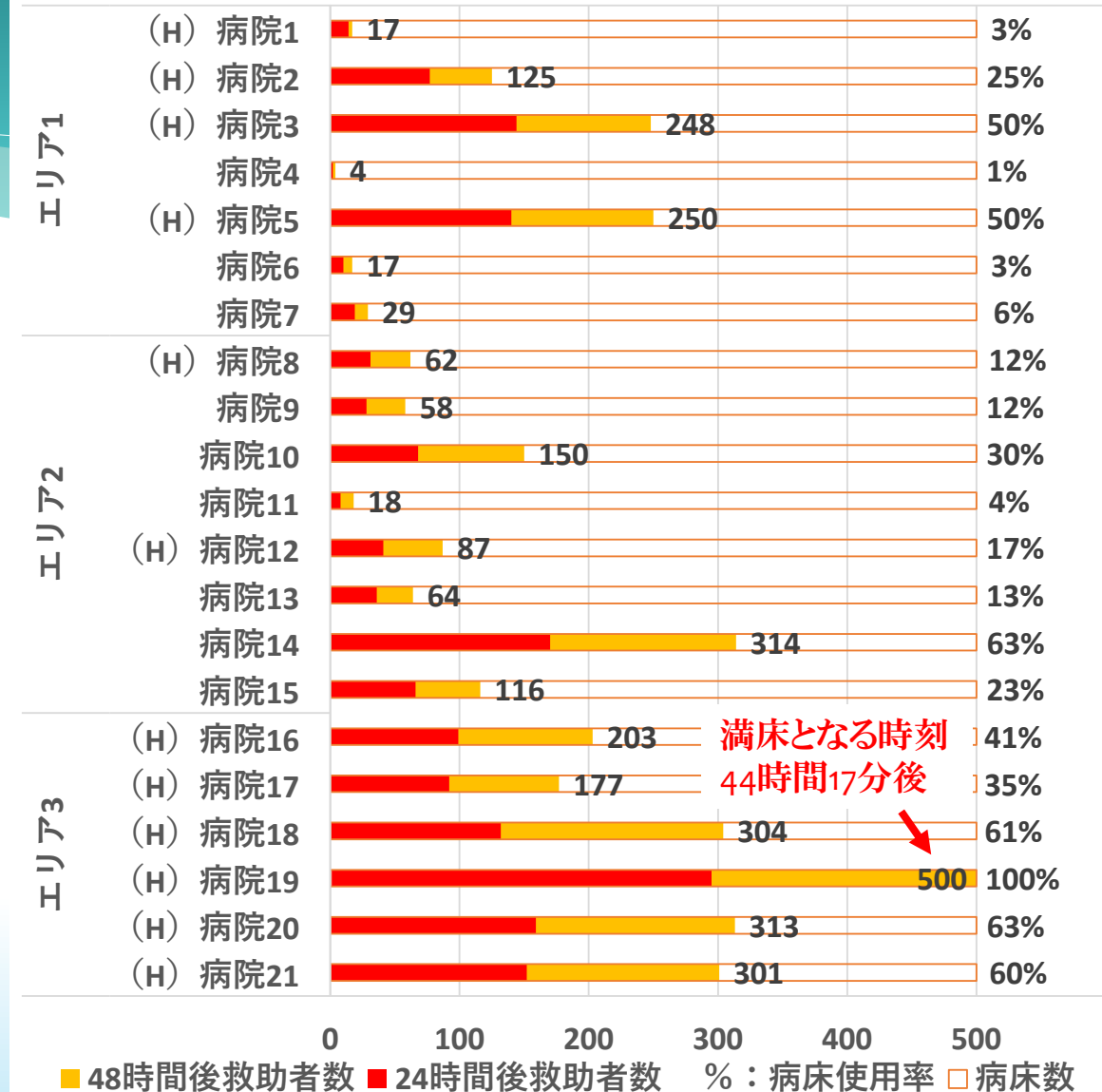
平均輸送距離



災害拠点病院ごとの 救助者数と病床使用率

- * 24時間以内
 - * 輸送完了エリア無し
- * 48時間以内
 - * エリア1のみ輸送完了
(43時間後)
- * エリア0
 - * 要救助者は120人と少ないが、災害拠点病院が無く、輸送に時間がかかるため、48時間以内に終わらない
- * 輸送完了率
 - * エリア2 19%
 - * エリア3 41%
 - * (車両台数の違いによるもの)

病床数は一律500床と仮定



(H) はヘリポートを保有する病院を示す

目次

* 研究の背景・目的

* 研究開発の取組内容

 傷病者輸送シミュレータ

 空港面交通シミュレータ

 港湾施設の利用性評価

* 今後の計画とまとめ

東日本大震災時の駐機状況



花巻空港

(写真:岩手県提供)



山形空港

2011年3月14日 山形空港防災ヘリ駐機状況
(写真:山形県山形空港事務所提供)

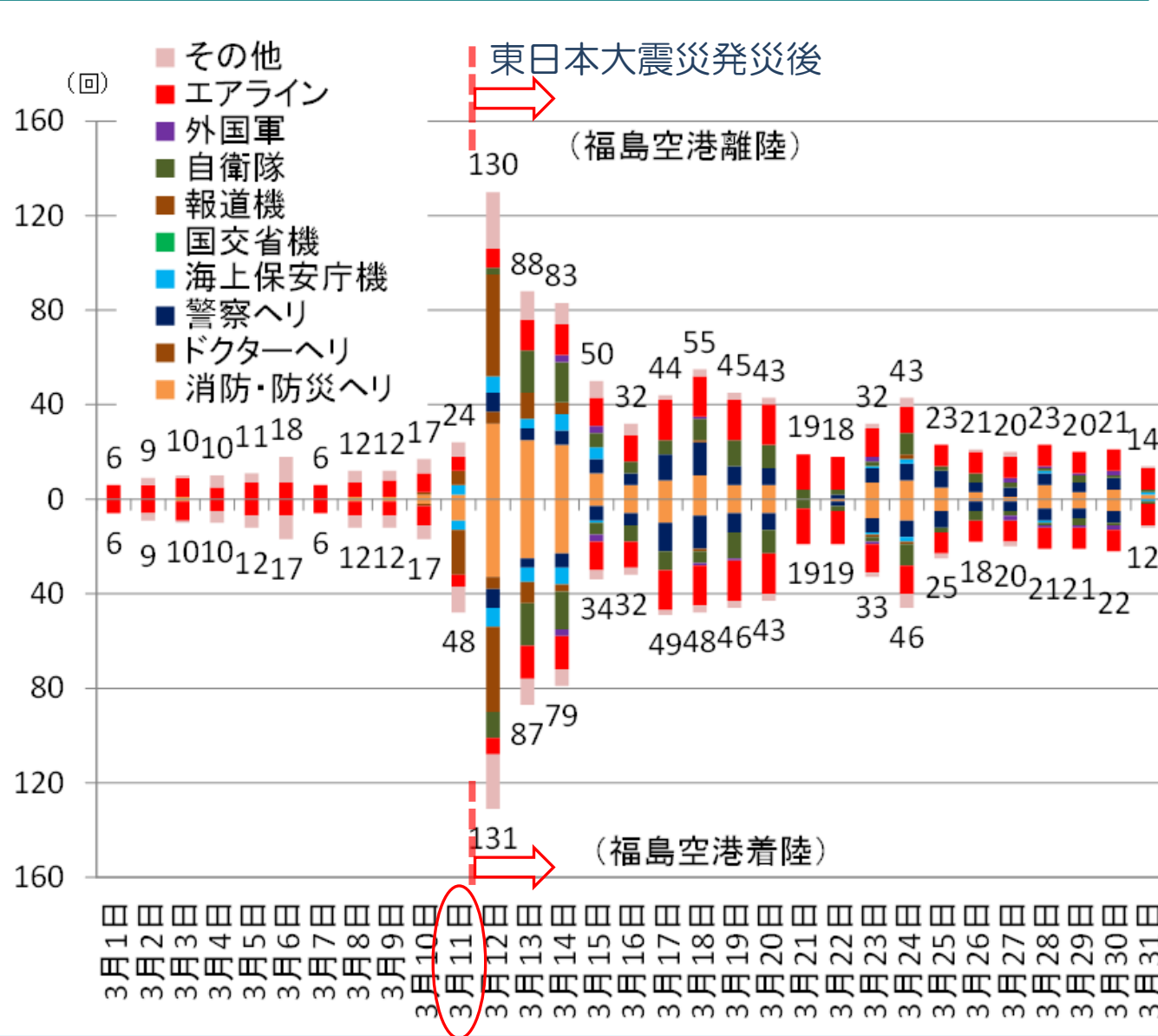


福島空港

グラスエリアでの駐機の様子
(写真:福島県消防防災航空センター提供)

東日本大震災当時の離着陸数 (福島空港)

通常時の10倍以上の離着陸数が
大規模災害の発災直後に発生



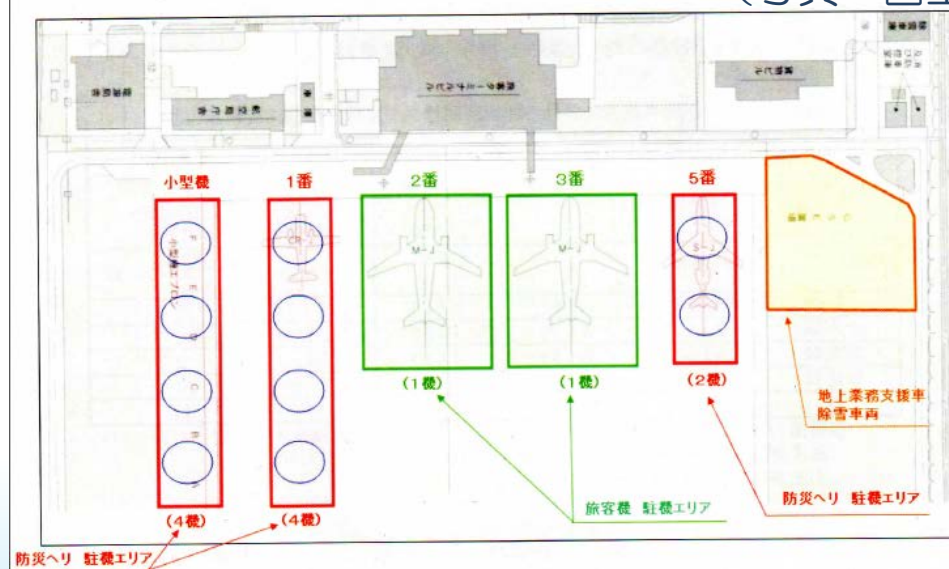
(出典:荒谷, 平田, 長田, 花岡, 轟, 引頭:東日本大震災時の航空機活動と空港運用の実態分析—いわて花巻・山形・福島空港を対象として—, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol. 69, No. 5, pp. I_229-I_246, 2013.)

福島空港では、誘導路を駐機スペースとして運用



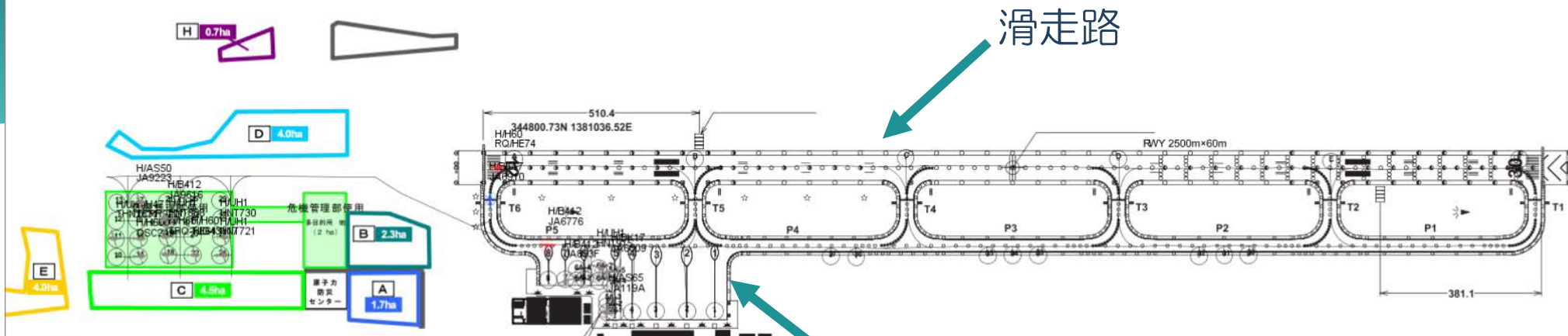
東日本大震災の福島空港の空港面の運用
(写真：国土交通省)

山形空港では、誘導路が無い
ため中型機や小型機用の駐機スペース
をヘリコプター用として運用



山形空港の駐機スペースの運用

File Simulation Instruction Replay View MapDesign

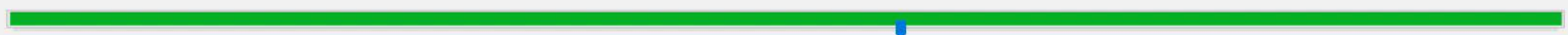


滑走路

通常時の駐機スペース

小型機 (ヘリ用)
駐機スペース

防災用地
(駐機スペースを追加)



⏪
⏸
⏩
←
→
0
1
2
3
4
5
2020/07/31 13:27:04
05:00:00
JumpBCK
JumpFWD



目次

* 研究の背景・目的

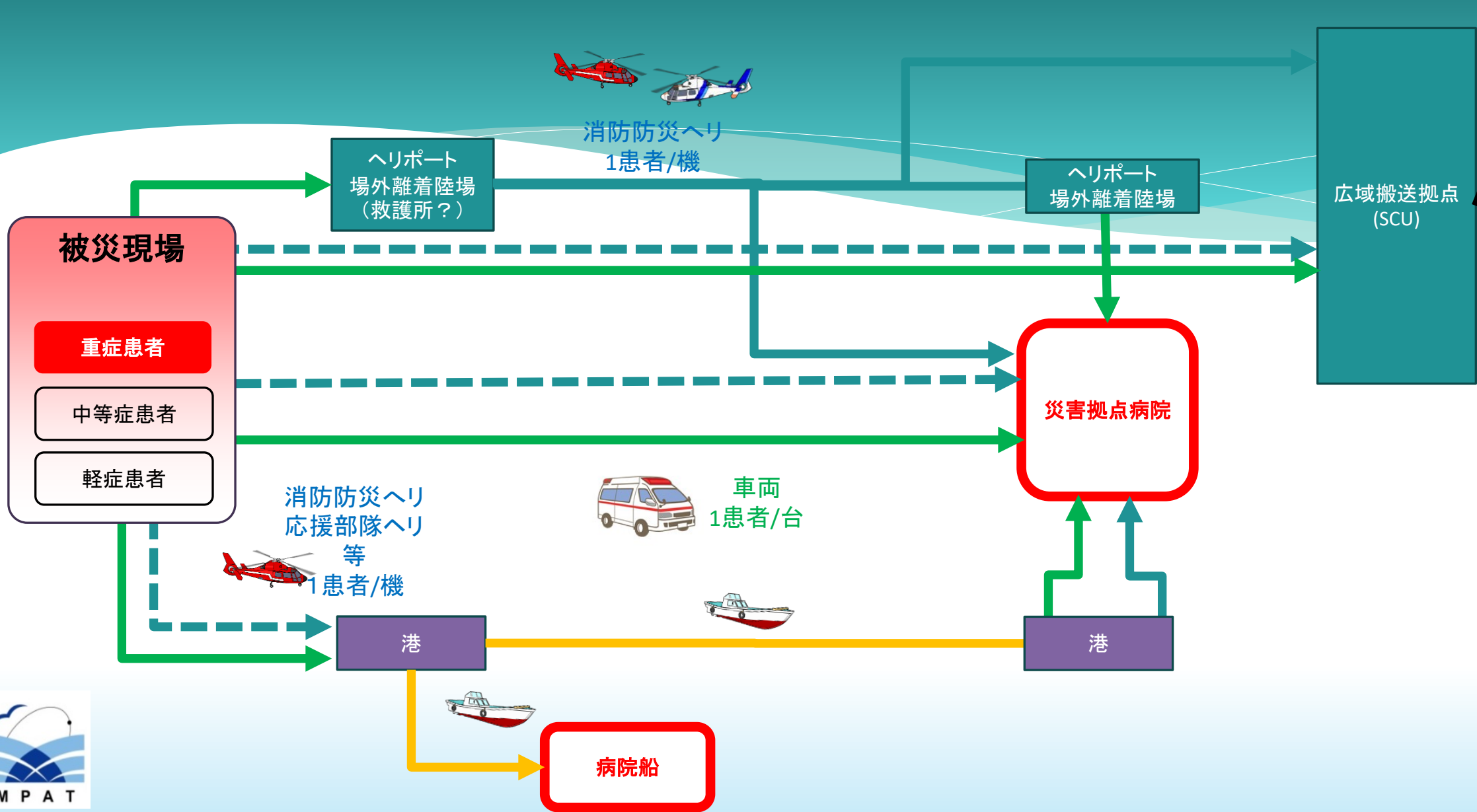
* 研究開発の取組内容

 傷病者輸送シミュレータ

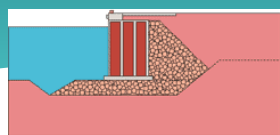
 空港面交通シミュレータ

 港湾施設の利用性評価

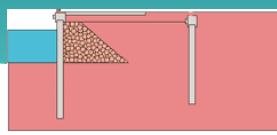
* 今後の計画とまとめ



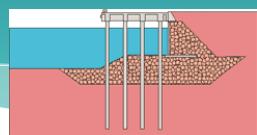
岸壁の構造様式の違いと被災パターン



重力式

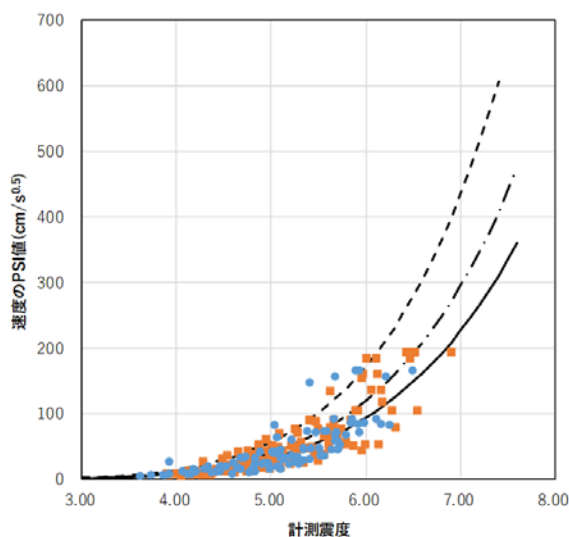


矢板式

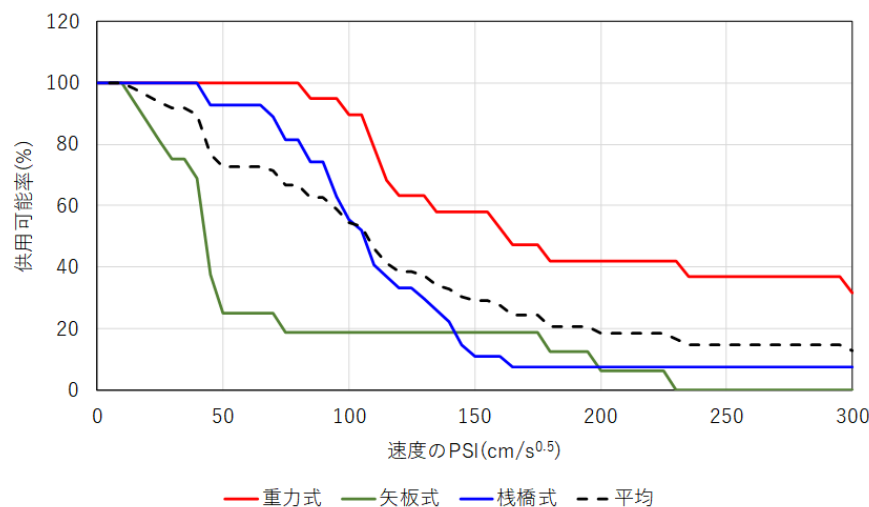


栈橋式

(出典:国交省東北地方整備局八戸港湾・空港整備事務所HP)



PSI値と計測震度の関係



PSI値と供用可能率の関係

計測震度と係留施設の供用可能率の関係

計測震度	震度階	速度PSI ($\text{cm/s}^{0.5}$)	供用可能率 (%)			
			重力式	矢板式	栈橋式	全体平均
3.00		5	100.0	100.0	100.0	100.0
3.50		10	100.0	100.0	100.0	100.0
4.00		15	100.0	93.8	100.0	97.9
4.50	5弱	35	100.0	75.0	100.0	91.7
5.00	5強	60	100.0	25.0	92.6	72.5
5.50	6弱	105	89.5	18.8	51.9	53.4
6.00	6強	175	47.4	18.8	7.4	24.5
6.50	7	280	36.8	0.0	7.4	14.7

目次

* 研究の背景・目的

* 研究開発の取組内容

 傷病者輸送シミュレータ

 空港面交通シミュレータ

 港湾施設の利用性評価

* 今後の計画とまとめ

今後の計画とまとめ

- 傷病者輸送シミュレータ（海技研）
マルチエージェントシステムによる大規模災害時輸送のシミュレータのプロトタイプを開発

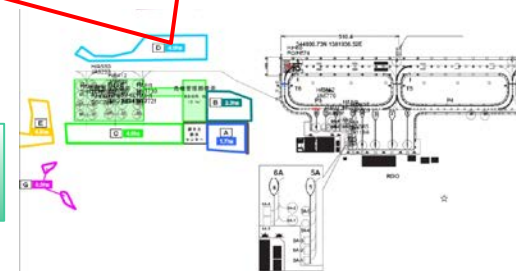


傷病者輸送シミュレータ（可視化）
（緑・水色：輸送機材、青：病院）

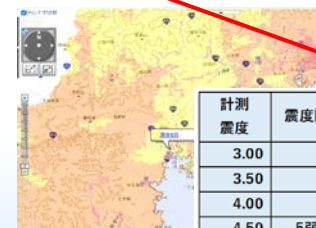
結果より算出された、利用頻度の高い道路

空港や港湾
の情報を提供

- 空港面シミュレータ（電子研）
大規模災害時に空港に集中する救援機の駐機スペース等を設定し、混雑状況のシミュレーションを基に受入能力等を検討



- 港湾の利用性評価（港空研）
震度階級別に岸壁の供用可能率を算出し、大規模災害時に船舶が活用できる港湾を特定



計測震度	震度階	速度PSI (cm/s ^{0.5})	供用可能率 (%)		輸送能力 (人/日)
			全体	傷病者輸送	
3.00		5	100.0	20.0	974
3.50		10	100.0	20.0	974
4.00		15	97.9	19.6	953
4.50	5弱	35	91.7	18.3	892
5.00	5強	60	72.5	14.5	706
5.50	6弱	105	53.4	10.7	519
6.00	6強	175	24.5	4.9	238
6.50	7	280	14.7	2.9	143

*まとめ

- * 現在開発中である災害時輸送におけるシミュレータについて紹介をした
- * 防災計画上の輸送体制のボトルネックを見出し、事前に輸送性能を評価できるシミュレータを開発
 - * プロトタイプを作成、改良を実施中
 - * 輸送機材ごとの救助人数及び病床使用率の観点から考察
 - * 本シミュレータは、被災想定や輸送条件、エリアを変えることで、あらゆる地域において対応が可能

*今後

- * 傷病者輸送シミュレータについては、利用者の使い勝手を高めるために、ユーザーインターフェースの改良およびクラウド実装に着手
- * 地方自治体等と協働し、ニーズや意見を集約しつつ、システムを開発

ご清聴ありがとうございます

aratani@m.mpat.go.jp

