

大規模災害時における航空機運用方法の検討 — 南海トラフ地震発生時の高知県を対象として —



海上技術安全研究所 荒谷太郎
東京工業大学 川崎智也
日本大学 轟 朝幸
元日本大学 古川詩乃、樋口大貴



研究の背景

- 大規模震災直後の空港では、多くの航空機が被災県空港に飛来
- 空港と被災地域とを往復し情報収集, 救急救助, 人員輸送, 物資輸送等の活動を行う
⇒ヘリコプターの活躍が極めて大きい



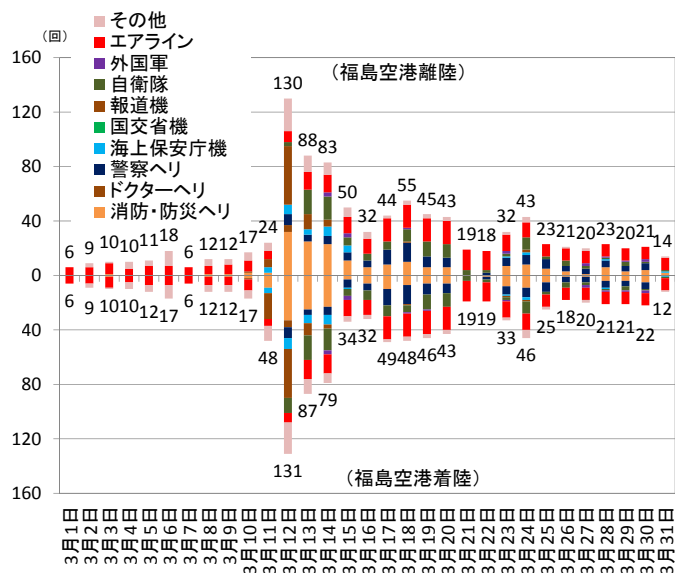
(写真:岩手県提供)



(写真:岩手県提供)



東日本大震災時の福島空港の離発着数



航空機の種類別の運航機関と担う役割

種類	運航機関	救助	救命	救急搬送	情報収集	輸送
消防ヘリ	消防機関の航空隊	○	×	○	○	○
防災ヘリ	都道府県の防災航空隊	○	△	○	○	○
警察ヘリ	都道府県の警察本部航空隊	△	×	△	○	○
海上保安庁機	国土交通省海上保安庁	○	×	○	○	○
自衛隊機	防衛省(陸上自衛隊, 海上自衛隊, 航空自衛隊)	○	△	○	○	○
国土交通省機	国土交通省地方整備局	×	×	×	○	○
ドクターヘリ	自治体・医療機関	×	○	○	△	○



消防ヘリ



防災ヘリ



ドクターヘリ

消防・防災・警察は、大規模災害時に全国から被災地に応援・集結する支援体制が整っている
(緊急消防援助隊・広域緊急援助隊(警察))



研究の背景

- 南海トラフ地震時に航空機は・・・
 - ヘリの活躍が期待

被災県の1つである高知県では、
全国最大34mの津波が予想

- 高知県・高知空港では
甚大な被害が予想



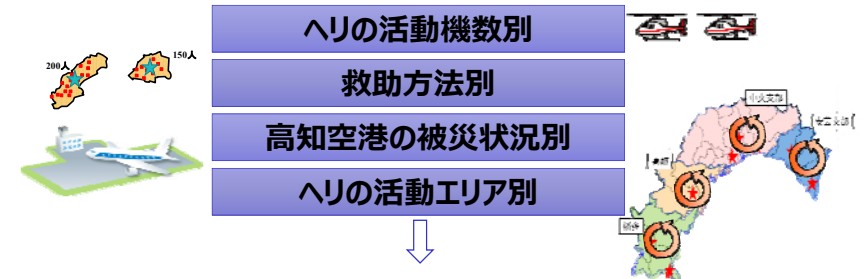
出典：MSN産経フォトより、
【東日本大震災・空撮特集 Vol.7】

⇒近隣空港も合わせた**空港(HB)**と**場外離着陸場(FB)**
の連携が必要



研究の目的

南海トラフ地震発生時の高知県を対象
ヘリによる救助活動をシミュレーション



災害時により効果的な運用体制の検討を行う
ヘリ活動から**HB(空港)**と**FB(場外離着陸場)**のあり方を明らかにする



対象地域

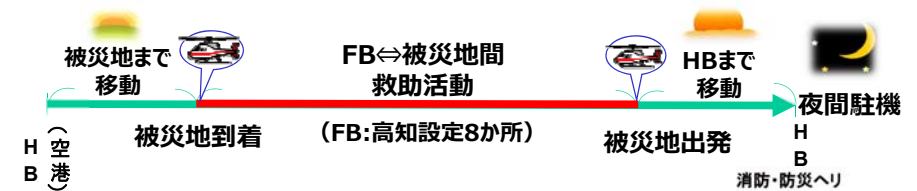
高知県



救助対象：2350人*
高知県沿岸部19市町村
津波被害による負傷者・重傷者を対象

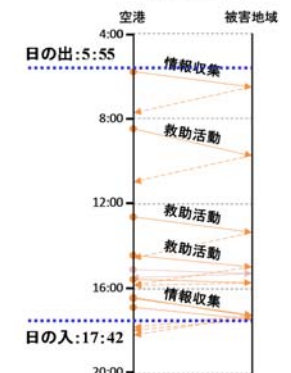


航空機(ヘリ)の活動実態



ヘリベース(HB):
高知空港
ヘリの進出拠点・夜間駐機, ヘリの給油

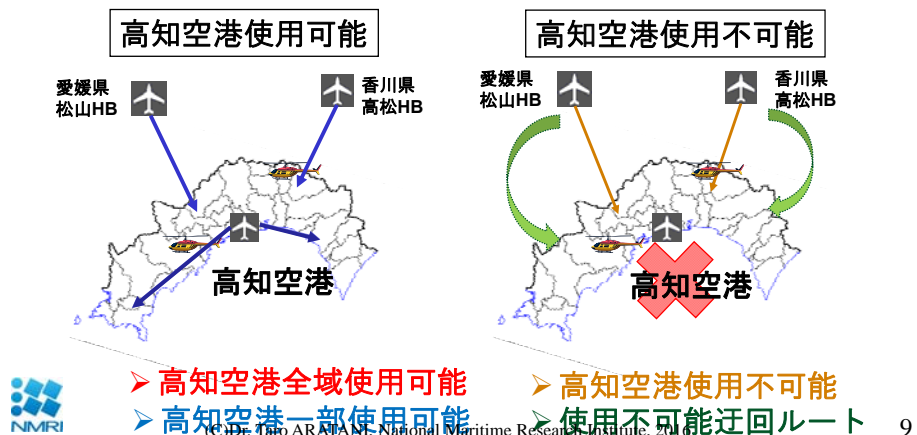
フォアードベース(FB):
8カ所の防災拠点
被災者の降機, ヘリの給油



シナリオ～空港～

高知空港の被災状況別シナリオ

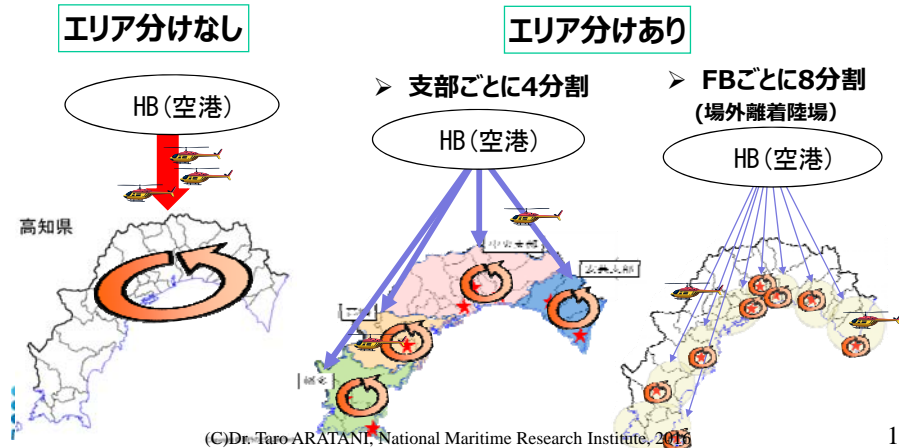
- ✓ 高知空港は津波による被災が危惧されている
→被災県空港が使用不可能な場合は近隣空港が代替



シナリオ～ヘリの活動～

ヘリの活動エリア別シナリオ

- ✓ 高知県では最多23機の応援ヘリが飛来予定
→ヘリの情報を管理運用しやすくするためにエリア分けを行う

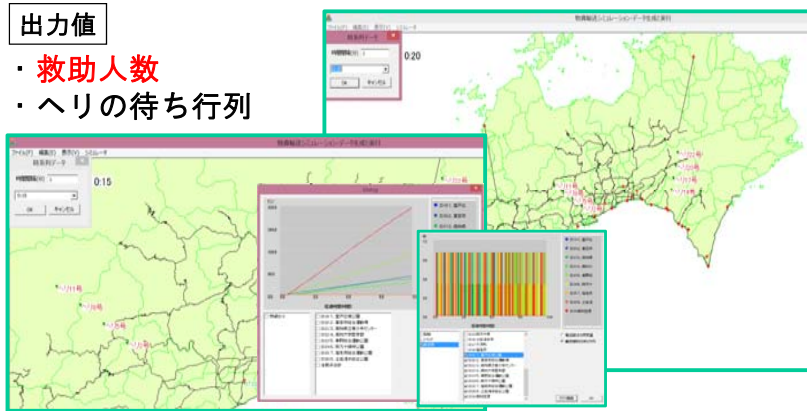


研究手法

マルチエージェントシミュレーションで各ヘリの動きを再現

出力値

- ・ 救助人数
- ・ ヘリの待ち行列

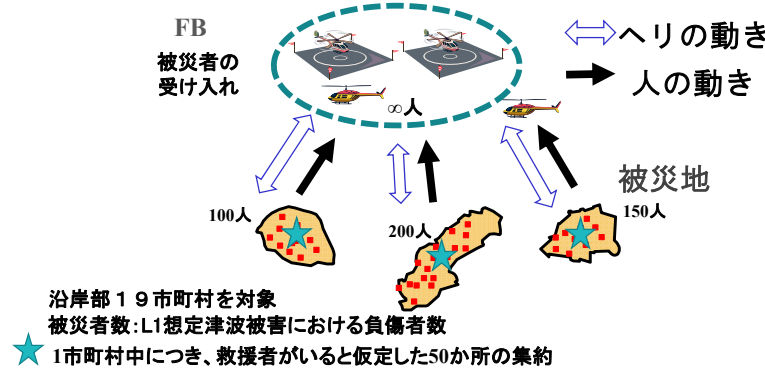


被災地の選定→作業時間の短い地域
救助率の悪い地域

救助時間最短地域優先
救助率考慮

シミュレーターの行動ルール

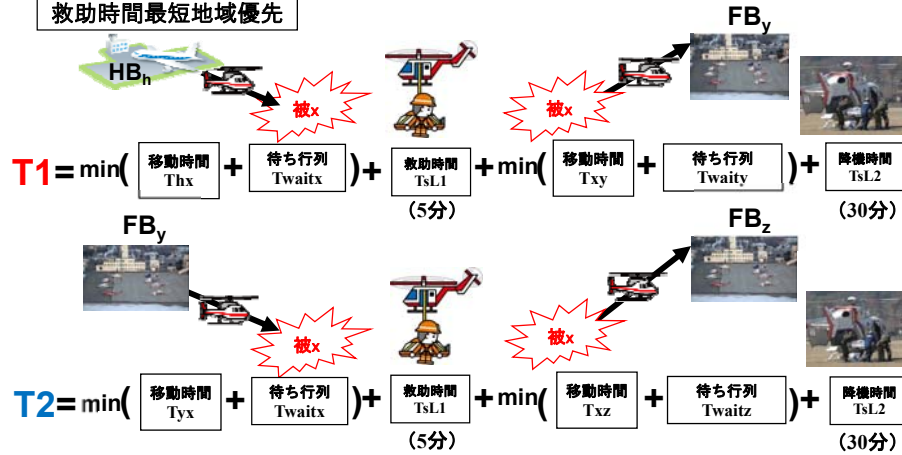
- (0. 「救助率が悪い地域」を選択) ←救助率考慮モデルのみ
- 1. 全組み合わせの中から自ヘリが最短の作業時間で救助が完了する地域を選定
- 2. 他ヘリの方が早い計算 (他ヘリが早ければ任せ、0 or 1に戻る)



★ 参考: 広域災害時の救援活動を支える空港運用最適化モデルの開発と効果的運用方策の検討
A Development of an Optimal Air Traffic Management Model for Shipwrecked Passengers Institute, 2016

シミュレーションの行動ルール

救助時間最短地域優先



救助率考慮

$$R = \text{救助完了人数} / \text{救助要請人数}$$



前提条件

活動ヘリ数 1人/1機	1次進出機	> 10機ver.
	1次進出(10)+出動準備機(13)	> 23機ver.

固定

H FB	高知県資料による全8か所 合計着陸可能39スポット
被災者の受け入れ	FB + 高知空港(使用可能時のみ)
給油体制	空港・FB(タンクローリーを派遣と仮定)
活動時間	2014年度国立天文台 日照時間12時間/日



想定ケースの算出結果

A高知空港の被災状況別シナリオ

B ヘリの活動エリア別シナリオ	高知空港の状況	高知空港使用可能		高知空港使用不可能		使用不可能迂回	
		全域使用可能	一部使用可能	使用不可能	使用不可能迂回	使用不可能迂回	使用不可能迂回
		10機	23機	10機	23機	10機	23機
担当エリア	ヘリの機数	10機	23機	10機	23機	10機	23機
8分割	救助方法						
	救助率考慮	148	343	145	339	144	338
4分割	救助率考慮	139	323	139	319	136	316
	救助率考慮	150	332	150	329	148	320
エリア分け無し	救助率考慮	135	308	135	303	131	304
	救助率考慮	150	314	150	314	151	314
	救助率考慮	124	303	124	298	118	301

検討するケース
4×2×3×2=48通り

各ケースにおける救助人数をシミュレーションより算出



想定ケースの算出結果

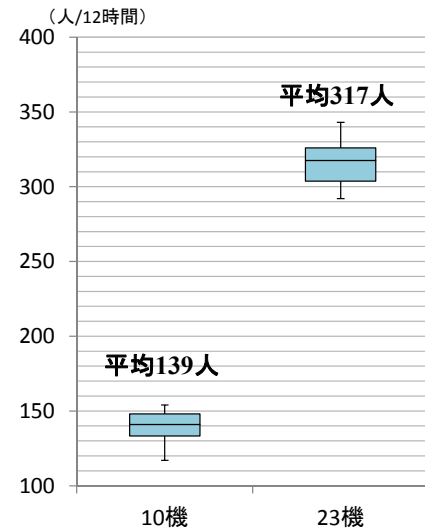
A高知空港の被災状況別シナリオ

担当エリア	高知空港の状況	高知空港使用可能		高知空港使用不可能		使用不可能迂回	
		全域使用可能	一部使用可能	使用不可能	使用不可能迂回	使用不可能迂回	使用不可能迂回
		10機	23機	10機	23機	10機	23機
8分割	ヘリの機数	10機	23機	10機	23機	10機	23機
	救助方法						
4分割	救助方法	148	343	145	339	144	338
	救助率考慮	139	323	139	319	136	316
エリア分け無し	救助率考慮	150	332	149	329	148	320
	救助率考慮	135	308	135	303	131	304
エリア分け無し	救助率考慮	150	314	154	325	151	314
	救助率考慮	124	303	124	298	118	301

Bヘリの活動エリア分けシナリオ



ヘリ機数の違い



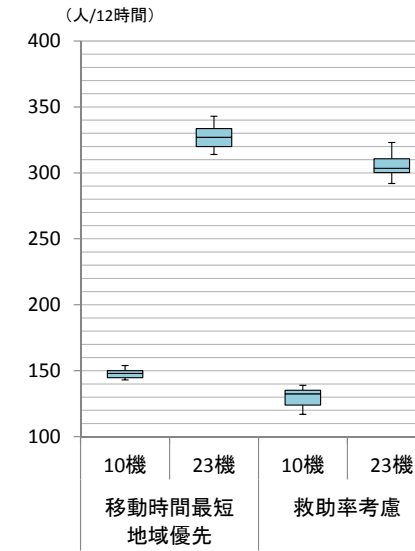
- ヘリの機数が多いほど、救助人数が多い
⇒1機当たり13人程度救助
- 同じ機数を被災地に投入しても、運用方法によって30人~50人程度の違い



(C)Dr. Taro ARATANI, National Maritime Research Institute, 2016

17

救助方法の違い



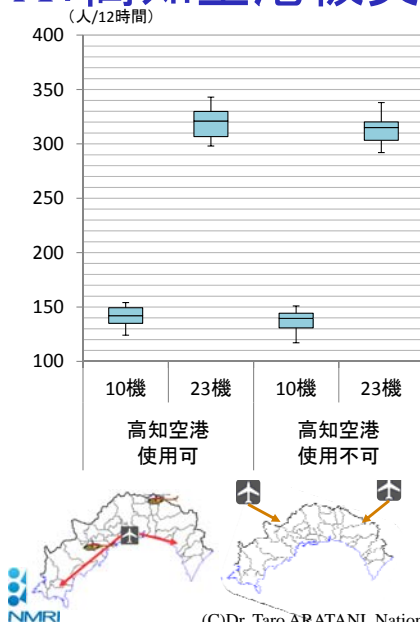
- 移動時間最短地域を優先した方が、救助人数が多い
⇒一方で、救助地域に偏りが発生
- 救助率考慮でも、エリア分けすることで、救助人数が多くなる
⇒ヘリの移動距離を短くできる
⇒上空混雑の緩和



(C)Dr. Taro ARATANI, National Maritime Research Institute, 2016

18

A: 高知空港被災別のシナリオ



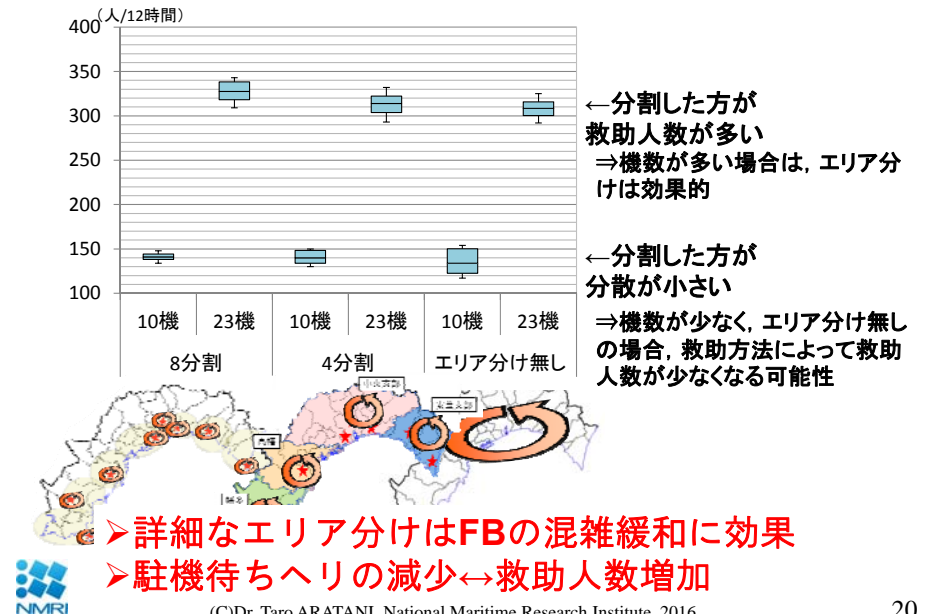
- 高知空港使用不可の場合、救助人数が若干少なくなる
⇒駐機スペースの少なさから上空混雑が発生
⇒県外空港からの迂回により被災地に入る時間が遅くなる
- 場外離着陸場(FB)での給油体制未整備の場合は、さらに少なくなる可能性



(C)Dr. Taro ARATANI, National Maritime Research Institute, 2016

19

B: ヘリの活動エリア別シナリオ



- ←分割した方が救助人数が多い
⇒機数が多い場合は、エリア分けは効果的
- ←分割した方が分散が小さい
⇒機数が少なく、エリア分け無しの場合、救助方法によって救助人数が少なくなる可能性

- 詳細なエリア分けはFBの混雑緩和に効果
- 駐機待ちヘリの減少↔救助人数増加



(C)Dr. Taro ARATANI, National Maritime Research Institute, 2016

20

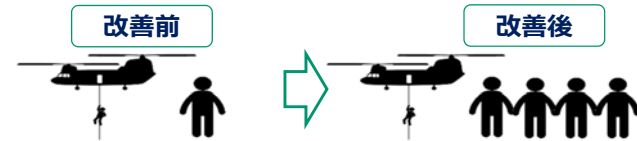
まとめ

- ヘリの機数
 - 機数が多い方が良いが、駐機スペースの問題が発生するため、運用について留意する必要がある
- 救助方法
 - 近い地域を優先的に救助させることは救助人数の面からは良いが、地域に偏りが発生
⇒担当エリアを分ける(8分割)ことが効果的
- 高知空港被災
 - 空港使用不可の場合は、駐機スペース不足、県外空港からの迂回等により救助人数が少なくなる
- ヘリ活動エリア
 - ヘリ機数が多い場合は、上空混雑の面からもエリア分けは効果的



課題の改善

○改善1～救助人数変更～



救助人数を **1人→4人**に変更

○改善2～活動ルールの変更～



活動1サイクルで被災地へ**2回**向かう



給油施設の最適な配置場所についての検証

- 被災が予想される高知空港の代替施設として期待
- 給油など事前の準備により救助効率を高める
- 高松・松山空港+東西2箇所のFBを選択



No.	場外離着陸場名
A	高松空港
C	松山空港
1	室戸広域公園
2	案芸総合公園
3	高知大学医学部
4	高知県立青少年センター
5	春野総合運動場
6	四万十緑林公園
7	土佐清水総合公園
8	宿毛市総合運動公園

上記地点から
東西1箇所ずつ選択



給油施設の最適な配置場所についての検証

○高知県中心部のFBは重要

- 高知大学医学部
- 高知県立青少年センター
- 春野総合運動場

1箇所

を使用することで多くの救出者確保

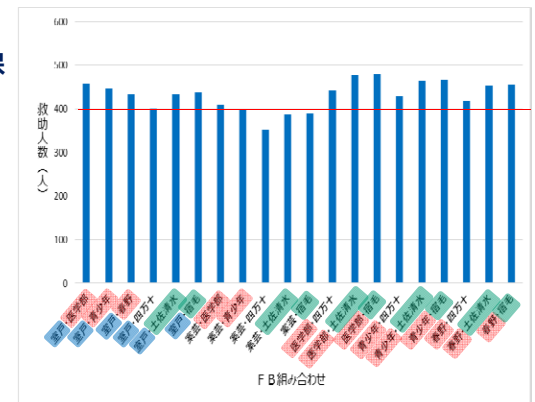
人口が集中する被災地への
距離が近い

○室戸、宿毛を最大限利用

- 高知県東部：室戸
- 高知県西部：宿毛・土佐清水

高知中心部+その他のFB

東側+西側



まとめ(1)

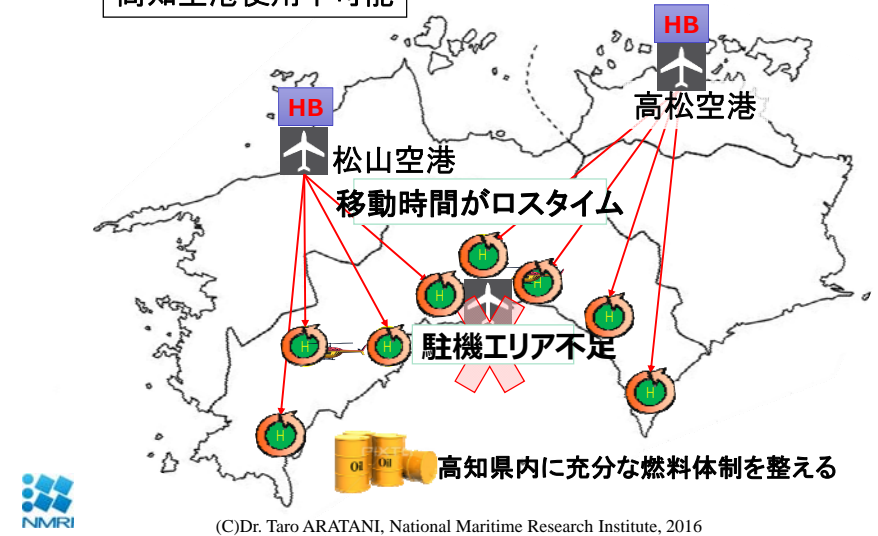
高知空港使用可能



25

まとめ(2)

高知空港使用不可能



26

まとめ(3)


高知空港使用不可能



27

結論と今後の課題

研究成果: 災害時に効果的な運用体制を明らかにした

- ・エリアの詳細分け・高知空港を使用することで混雑緩和⇄救助人数
- ・ヘリ数増加は救助人数  が増加するが、ヘリの上空混雑も増加
- ・給油設備のある高知空港が重要
- ・代替空港を使用するときは被災地での給油設備が大きく影響する。

今後の課題

- ・要救助者の優先順位に対応
(要救助者の危険度に応じて救助)
- ・給油体制
- ・混雑緩和に効果的な
駐機スペースの立地を検討



(C)Dr. Taro ARATANI, National Maritime Research Institute, 2016

28

ご清聴ありがとうございました

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
荒谷太郎
aratani@nmri.go.jp

