

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：85406

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2023

課題番号：18K13947

研究課題名（和文）衝突事故において船舶に刻まれた傷の形状等から衝突状況を推定する手法に関する研究

研究課題名（英文）A Study on a Method for Estimating Collision Situation from Shapes of Scratches on a Ship Damaged in Ship Collision

研究代表者

中山 喜之（NAKAYAMA, Yoshiyuki）

海上保安大学校（海上保安国際研究センター）・海上保安国際研究センター・准教授

研究者番号：70747013

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、船舶衝突にかかる実験結果の蓄積のため、両船ともに自由航走状態とした場合の衝突模型実験の手法及び実験結果について報告するとともに、衝突時に被衝突船側に刻まれる傷の形状・角度等について解析・考察を行った。結果として、衝突船が被衝突船の斜め前方又は正横から横切る場合の衝突において、被衝突船には、両船の針路交差角に相当する角度の方向からではなく、被衝突船側における相対角に相当する角度の方向から傷が刻まれるということを確認した。詳細については引き続きの検討が必要となるが、本結果は、現状の調査官等による衝突状況の推定結果に関する妥当性を裏付け、また、補強するための一助となったものと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

船舶衝突事故にかかる事件捜査において、衝突時の状況を明らかにすることは公正な判決のためには必須の事項である。しかしながら、例えば、事故の発生に深く関わった者が海中転落等により死亡している、第三者による目撃情報も無いなどといった場合には、その事故状況の特定が非常に困難となる。このような場合については、船舶衝突事故を専門に取り扱う調査官等により、衝突状況の推定が行われることとなるが、その推定結果に関する妥当性を裏付け、さらには補強するための客観的・科学的根拠や実験結果の蓄積が望まれている。本研究は正に調査官等による推定結果を補強するものであると言えます、今後の研究の発展にも寄与するものである。

研究成果の概要（英文）：In case of criminal investigation for ship collision, it is important to determine the situation at the time of the accident. However, there are few studies focused on determining the collision situation of ship accident. So, in this study, to accumulate scientific knowledge about ship collision, the results of collision test between two ship models are presented. In the test, two free-running ship models were collided each other in various speeds and crossing angles, and, the shapes and angles of scratches on a ship damaged in the collision were measured. As a result, we confirmed that in case of the collisions in crossing situations diagonally front, the angles of scratches on a ship damaged in the collision agreed well with the relative angles between two ship motions rather than the crossing angles between two ship courses. In the future, we would like to clarify the mechanism of ship collision and contribute to criminal investigations for ship collision.

研究分野：船舶操縦性能，海難事故分析，船舶航行安全

キーワード：船舶衝突 衝突模型実験 衝突角 相対運動

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 我が国で発生する船舶事故の主たる種別の1つとして衝突事故があり、全体の事故件数に対して同事故が占める割合は約30%と高い数値となっている。船舶の衝突事故の特徴として、

- 衝突した船舶に乗船していた者が、衝突時の衝撃により海に投げ出され、そのまま行方不明、または死亡してしまう場合があること。
- 陸岸から遠く離れた洋上において発生した衝突事故の場合、その事故を目撃した第三者が居ることは稀であること。
- 洋上での事故であるが故に、自動車事故の現場に残されるブレーキ痕のような客観的な証拠が現場に残ることはほぼ無いこと。また、陸上のように、防犯カメラ等により映像が常時記録されている海域は少ないこと。

などが挙げられる。衝突事故に関わった者が全員生存している場合であれば、それら関係者から事情聴取を行うことにより、その事故の状況を特定することはそれほど困難ではないが、例えば操船者等その事故の発生に深く関わった者が死亡している場合については、事故に至る詳細を検証できないことがあるため、その状況の特定は非常に難しくなる。昨今、プレジャーボート等の小型船舶においてもGPSプロッター等の測位装置が備え付けられていることが多いが、その船位記録の時間間隔については数秒～数分程度に設定されている場合も多い。それゆえ、その船位記録から衝突に至るまでのおよその航跡については特定できるが、衝突の瞬間の状況までを再現することには自ずと限界がある。

(2) 上記のように、事故の発生に深く関わった者が死亡している場合など、その事故状況の特定が困難となる場合については、船舶衝突事故を専門に取り扱う調査官等による経験的手法により、衝突状況の推定が行われているというのが現状である。具体的には、船舶の構造物の壊れ方や、船体に付いた擦過傷や破口の大きさ・角度等について検証し、事故に関わった生存者が居る場合はその供述と照らし合わせ、また、GPS等の測位装置の記録があればその記録との整合性を確認することで、およその衝突状況を推定するという手法が一般的である。しかし、重大な事故や社会的な関心が高い事故でない限り、この経験的手法に併せて実際の衝突状況を再現する実証実験が行われることはほとんどないため、その手法の妥当性を裏付け、さらには補強するための客観的・科学的根拠や実験結果の蓄積が望まれている。

2. 研究の目的

(1) 船舶の衝突に関する実験結果の蓄積のため、半滑走型高速船の模型船を対象とし、自由航走状態にある同船と漂泊/固定状態にある他船とによる衝突・乗揚げ実験を実施し、そのような衝突状況において両船に刻まれる傷の形状等について把握するとともに、それらの傷が生成されるプロセスについて検討・考察を行うこと。

(2) 船舶の衝突に関する実験結果の蓄積のため、上記の2船ともに自由航走状態とした場合の衝突模型実験を実施し、船速・衝突角(2船の針路交差角)を様々に変更させた際、衝突時に被衝突船側に刻まれる傷の形状・角度等について解析・考察を行うこと。

※ 本成果報告書では(2)に関する研究方法・研究成果を中心に報告することとする。

3. 研究の方法

(1) 船舶の衝突を伴う模型実験については、衝突前後における船舶の挙動が重要な要素を占めるため、曳航水槽で実施される拘束模型試験のように例え1自由度であっても船舶の運動を拘束した状態にて実験を行うことは望ましくない。そこで、本研究では、海上保安大学校が所有する訓練用プール(長さ25.0m、幅14.0m、深さ1.5m)を角水槽に見立て、自走可能なRCボート2隻を使用した自由航走模型試験の要領により実験を行うこととした。なお、2隻のうち、自船の正船首から相手船に衝突する側の船舶を衝突船、衝突船により自船の舷側等に衝突される側の船舶を被衝突船として定義し、以後、記述する。本実験では、衝突時に被衝突船側に刻まれる傷を中心に計測し、その形状・角度等について解析・考察した。

(2) 衝突船として、プレジャーボート型RCボート(MAJESTY600: KYOSYO製)を、被衝突船として、レースボート型RCボート(JETSTREAM888VE: KYOSYO製)を採用した。両船とも無線のコントローラにより、任意に速力・舵角の変更が可能となっており、それぞれの主要目を表1に、船体側面外観を図1及び図2に示す。衝突時に被衝突船側に刻まれる傷の形状・角度等について如何に計測するかが本実験の肝であるが、本研究では、衝突船の船底や舷側に塗料を塗布しておき、衝突時の衝撃により被衝突船側にその塗料が色移りした部分を衝突によって生成された傷とみなすという手法を採用することとした。具体的には、図3及び図4に示す通り、衝突船の船首部から船体中央部にかけての船底部・舷側部全体について塗料を塗布することとし、さらに、衝突部位の明確化のため、塗色については箇所ごとに計9色に塗り分けること

とした。なお、塗料については、耐水性、衝突時の色移りの良さ、利便性等を考慮し、市販のクレパスを採用している。一方、被衝突船については、衝突時の衝撃を吸収することを目的として甲板上に緩衝材を設置し、その上に防水性記録紙を貼り付けるという手法を採用することにより、衝突時に生成される傷について、その形状・角度等を記録紙上に正しく計測・記録できるようにした。実際の船舶間における衝突においては、衝突に伴い船体が破壊されることにより衝撃を吸収しているものと考えられるが、そのような破壊を伴う力学的条件について模型実験において相似とすることは一般に難しいため、上記の通り緩衝材を設置することにより、できるだけ実現象に即した衝突の状況となるよう試みたところである。なお、各種の素材について試行錯誤を行った結果、設置する緩衝材としては市販のメラニンスポンジ（厚さ 0.010m）が最適であるとの結論に至った。被衝突船に緩衝材を設置し、その上に記録紙を貼り付けた状況について図 5 に示す。なお、実験時の被衝突船における乾舷はその緩衝材厚さを含めて 0.028m で一定としている。これは、船速によってやや異なるが、航走状態における衝突船の船首端の水面からの高さのおよそ半分程度に相当する高さである。

表 1 衝突船及び被衝突船の主要目

	衝突船 (プレジャーボート型)	被衝突船 (レースボート型)	
船長 [m]	0.600	0.800	
船幅 [m]	0.168	0.190	
深さ [m]	0.090	0.065	
排水量 [kg]	1.25	1.31	3.45
		(ウエイト無)	(ウエイト有)

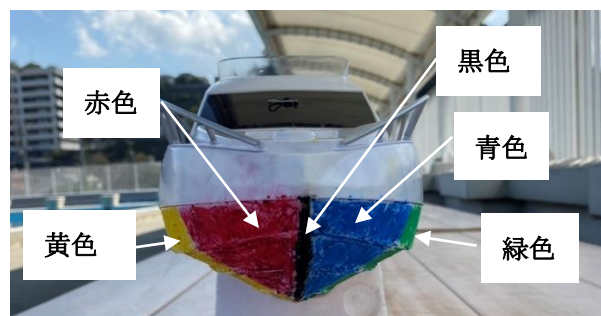


図 3 衝突船への塗色状況（船首から）



図 1 衝突船の船体側面外観

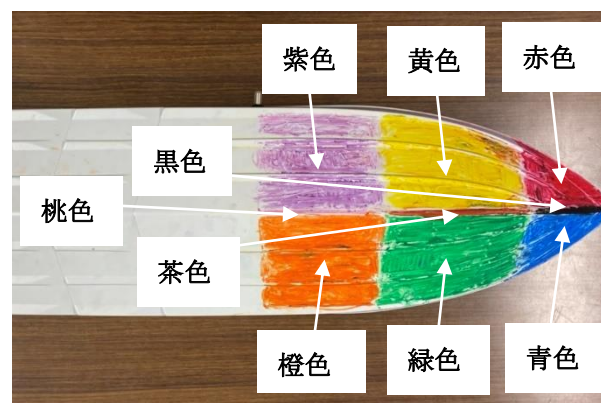


図 4 衝突船への塗色状況（船底から）



図 2 被衝突船の船体側面外観



図 5 被衝突船への記録紙設置状況

(3) 衝突船の船速については 0.67m/s 及び 1.07m/s の 2 種類を設定し、一方、被衝突船の船速については 0.67m/s で一定とした。つまり、模型船ベースの船速において、衝突船と被衝突船の船速が同一である場合、及び、衝突船の船速の方が被衝突船の船速よりも速い場合の計 2 ケースの条件を設定したこととなる。なお、上記の模型船船速は、過去に発生した船舶衝突事故のデータを参考としており、それらを実船ベースの船速に換算すると、いずれも 8~12 ノット程度に相当する（衝突船実船長：20m、被衝突船実船長：32m）。次に、衝突船の針路と被衝突船の針路の交差角、いわゆる航走する 2 船が衝突する際の衝突角については、被衝突船の針路を一定とし、衝突船が被衝突船の真正面から向かってくる場合の角度を 180°と定義することとした。衝突角の条件として、衝突船が被衝突船の斜め前方から横切の場合について 3 ケース（衝突角：150°, 135°, 120°）、衝突船が被衝突船に対して正横から横切の場合について 1 ケース（衝突角：90°）、衝突船が被衝突船の斜め後方から横切の場合について 3 ケース（衝突角：60°, 45°, 30°）の計 7 ケースを設定した。それぞれの状況に関する模式図の一例を図 6 に示す。

(4) 各種の実験条件において航走状態の2船を衝突させ、衝突時に被衝突船に刻まれる傷について計測を行う。航走する2船間による衝突の場合には、両船ともに運動状態にあるため、その衝突状況の分析には相対運動の考え方を導入することが必須となる。衝突時、被衝突船には、理論上、衝突船の針路（船首方位）はどうあれ、相対角（被衝突船から見て衝突船が向かってくる角度）が示す方向からの傷が刻まれるはずである。本実験では、このことに主眼を置き、計測結果が理論通り「相対角」を示すのか、「衝突角」による影響はないのか等について検証を行う。



図6 被衝突船針路を基準として定義した衝突角の例（衝突船と被衝突船の船速が同一である場合の例）

4. 研究成果

(1) 実験結果として、図7に示す通り、衝突時に被衝突船に刻まれた傷（衝突船に塗布した塗料が被衝突船記録紙に色移りした部分）について拡大表示したものを以下に示す。全ての実験条件において、衝突船を被衝突船の右舷側に衝突させているため、拡大表示した記録紙については右側が船首方向、左側が船尾方向となるので留意されたい。なお、記録紙には予め舷側線を示す直線を記入しており、その舷側線と記録された傷との間の角度を計測することで、衝突時に被衝突船から見て実際に衝突船が向かってきた角度について決定している。また、記録された傷のどの部分が衝突の瞬間に付いた傷（本研究が対象とする衝突時の相対運動を示す傷）であるかについては、実際の衝突事件に対する研究代表者のこれまでの鑑定経験に基づき判断・決定している。具体的には、傷の強弱の度合い、傷が記録される位置の如何、さらには衝突時の映像等の情報から総合的に判断し、慎重に決定している。

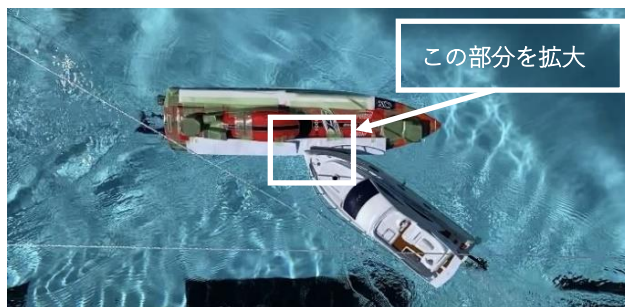
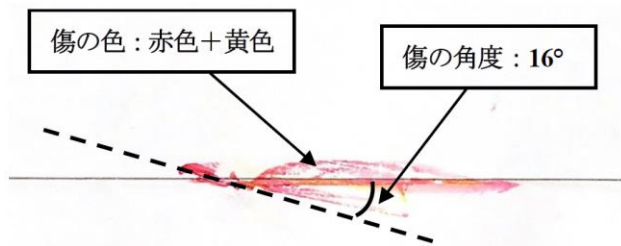


図7 衝突状況の一例（衝突角150°の場合）

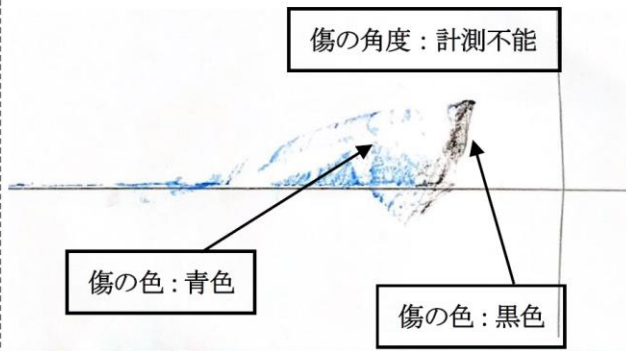
(2) ここでは、衝突船の船速と被衝突船の船速が共に0.67m/sの場合に関する結果のみを示す（図8参照）。船速に差がある場合の結果及び考察については文献[1]を参照されたい。衝突船が被衝突船の斜め前方から横切る場合（衝突角：150°、135°、120°）については、衝突時における両船の相対速度が大きいため、被衝突船には相対運動を示す方向の傷が比較的明確に記録された。いずれの計測結果についても理論上の相対角の大きさとほぼ一致しているため、これらの場合について、被衝突船には衝突角（両船の針路交差角）に相当する角度ではなく、被衝突船側における相対角に相当する角度をもって傷が刻まれるということが確認できた。衝突船が被衝突船に対して正横から横切る場合（衝突角：90°）については、斜め前方からの横切りの場合に比べて衝突時における両船の相対速度が小さいため、被衝突船には相対運動を示す方向の傷が記録されにくいことが判明したが、傷を詳細に分析した結果、正横からの横切りの場合についてもその相対角は理論上の値とほぼ一致することを確認した。衝突船が被衝突船の斜め後方から横切る場合（衝突角：60°、45°、30°）については、衝突時における両船の相対速度がさらに小さくなるため、被衝突船には相対運動を示す方向の傷が記録されにくくなり、傷を詳細に分析するもその方向を判断すること（相対角を計測すること）ができなかった。

(3) 本研究では、両船ともに自由航走状態とした場合の衝突模型実験の手法及び実験結果について報告するとともに、衝突時に被衝突船側に刻まれる傷の形状・角度等について解析・考察を行った。結果として、衝突船が被衝突船の斜め前方又は正横から横切る場合の衝突において、被衝突船には、両船の針路交差角に相当する角度の方向からではなく、被衝突船側における相対角に相当する角度の方向から傷が刻まれるということを確認した。また、衝突船が被衝突船の斜め後方から横切る場合の衝突においては、被衝突船に刻まれる傷の角度を計測すること自体が困難となる場合があることがわかった。本結果は、現状の調査官等による衝突状況の推定結果に関する妥当性を裏付け、また、補強するための一助となったものと考えられる。今後の課題として、本研究で得られた知見はあくまで模型船ベースの実験によるものであるため、実際の船舶衝突事故において適用する際には、尺度影響や衝突時における船体の破壊による影響等についても考慮する必要があると考えるため、定量的な評価については、今後も慎重に検討して参りたい。

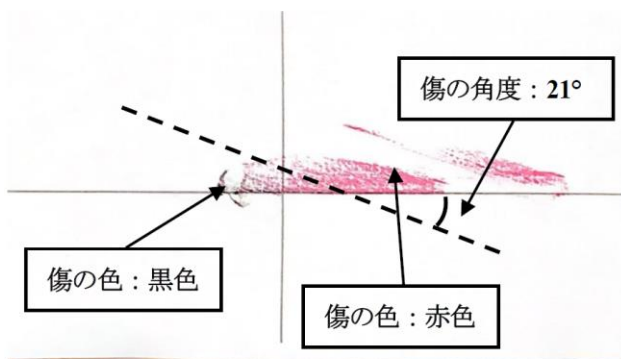
[1] 中山喜之ほか、衝突海難時に船体に刻まれる傷の形状等に関する研究—第2報 航走する2船間における衝突実験—、海上保安大学校研究報告(理工学系)、第65巻(2023)、25-33。



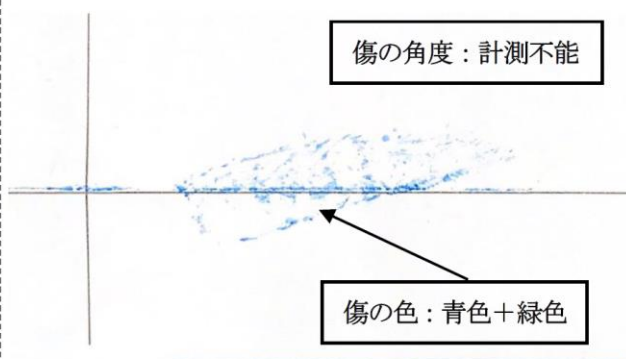
<衝突角 150°の場合>



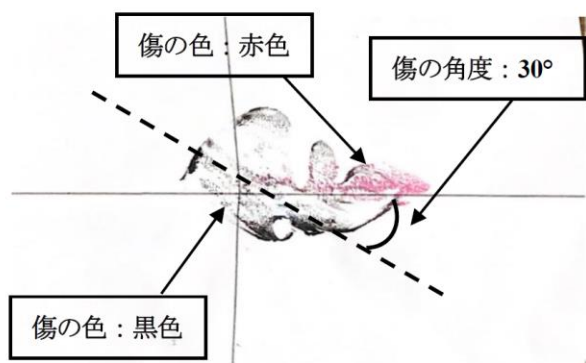
<衝突角 60°の場合>



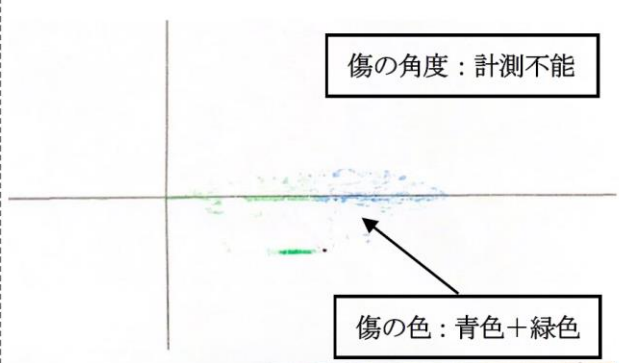
<衝突角 135°の場合>



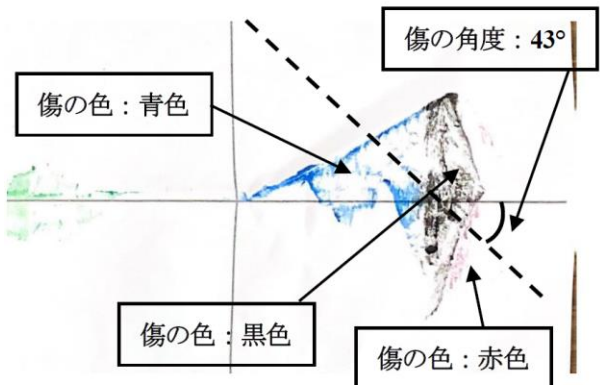
<衝突角 45°の場合>



<衝突角 120°の場合>



<衝突角 30°の場合>



<衝突角 90°の場合>

衝突角（両船の針路交差角）	150°	135°	120°	90°
相対角（被衝突船から見て衝突船が向かってくる角度）	15°	23°	30°	45°
実験時に被衝突船に刻まれた傷の角度（計測された角度）	16°	21°	30°	43°
理論上の相対角と実験時に計測された傷の角度との差	+1°	-2°	±0°	-2°

図8 衝突船の船速と被衝突船の船速が共に 0.67m/s の場合における結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 新谷 一郎、中山喜之	4. 巻 68-2
2. 論文標題 過失犯の事実認定の一側面 船舶の一事例（福岡高裁宮崎支部令和4年1月27日判決LEX/DB25591574）	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 海上保安大学校研究報告（法文学系）	6. 最初と最後の頁 19-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 新谷仰、谷口直和、中山喜之、田中隆博、濱田邦裕	4. 巻 C-4-20
2. 論文標題 Development of Marine Accident Probability Prediction Model of Small-Size Ship by Using Ship Accident Database of the Central Seto Inland Sea	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of 10th PAAMES and AMEC 2023	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 中山 喜之、北島 完哉、潮平 巖、藤本 雄紀	4. 巻 65
2. 論文標題 衝突海難時に船体に刻まれる傷の形状等に関する研究 - 第2報 航走する2船間における衝突実験 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 海上保安大学校研究報告（理工学系）	6. 最初と最後の頁 25-33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15053/2022.21.03	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 中山喜之、細川魁、伊藤維哉	4. 巻 第63巻
2. 論文標題 衝突海難時に船体に刻まれる傷の形状等に関する研究 - 第1報 半滑走型高速船の衝突・乗揚げ実験 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 海上保安大学校研究報告（理工学系）	6. 最初と最後の頁 7-16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 新谷仰、谷口直和、中山喜之、田中隆博、濱田邦裕
2. 発表標題 船舶海難データを用いた瀬戸内海中央部におけるプレジャーボート海難発生確率予測モデルの構築
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 新谷仰、谷口直和、中山喜之、田中隆博、濱田邦裕
2. 発表標題 東京湾におけるプレジャーボート海難発生確率予測モデルの構築
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会秋季講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中山喜之、西村知久
2. 発表標題 船舶衝突事故にかかる事故態様の推定に関する研究
3. 学会等名 日本法科学技術学会第28回学術集会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 中山喜之
2. 発表標題 航走する二船が衝突する際に船体に刻まれる傷の形状等に関する研究
3. 学会等名 令和3年度研究成果発表会（海上保安庁）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 中山喜之
2. 発表標題 衝突海難時に船体に刻まれる傷の形状等に関する研究
3. 学会等名 令和元年度研究成果発表会, 海上保安庁
4. 発表年 2019年～2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Research map 中山喜之 https://researchmap.jp/JCGA-nakayama
--

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------