

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007 ～ 2010

課題番号：19360393

研究課題名（和文） 低温液化ガス運搬用船舶の安全性に関する研究

研究課題名（英文） Research on the Safety of Liquefied Natural Gas Carriers

研究代表者

荒井 誠 (ARAI MAKOTO)

横浜国立大学・工学研究院・教授

研究者番号：00232025

研究成果の概要（和文）：

本研究では低温液化ガス運搬用船舶の安全性に関する研究として、タンク内の液体運動(スロッシング)と衝撃荷重の研究、タンクからの液体貨物流出による海洋環境への影響を含めたリスク評価法の研究を実施した。スロッシングと船体の連成運動計算法、液体流出事故の環境影響評価法、浮体構造の設計法、移送用パイプの自励振動計算法等に関し有益な研究成果があがったため、国内外の学会で研究報告を行った。

研究成果の概要（英文）：

Safety matters related to the liquefied natural gas carriers such as liquid motion and sloshing impact force that appear in the tanks of the carriers, risk evaluation method of the spilled liquefied cargos, etc. were studied in this research. Useful research results about numerical method of the sloshing and ship motion interaction, environmental risk analysis method of spilled cargos and numerical method to estimate vortex induced vibration of pipelines were obtained.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2008年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2010年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋保全、海洋工学、船舶工学、輸送機器、LNG

1. 研究開始当初の背景

世界的なエネルギー需要の拡大、原油価格の高騰および自由化の進展、京都議定書への対応など、エネルギー資源を取り巻く環境が大きく変化しているなか、産地が世界中に広く分布し、利用技術の向上が著しい天然ガスは、近年その需要が増大している。また、他のエネルギーと比べて二酸化炭素排出量が

少ないことから、今後も需要が増加していくことが予測される。なかでもエネルギー消費大国のアメリカ、中国、インド等が本格的に天然ガスの利用を開始する局面となり、天然ガス資源の世界的な奪い合いが始まりつつある。特に北米は地理的に生産地と離れているため、大型の船舶によって効率よく大量・長距離の輸送をする必要がある。この結果、

新たに開発中の LNG 船は従来の一般的な LNG 船の輸送能力 13 万～15 万立方メートルから一気に 25 万立方メートルまでタンク容量を増大するという極端な大型化が急速に進行している。

このような急激な大型化によって、船体構造上の問題、特にタンク内液体運動（スロッシング）により発生する衝撃荷重と構造系の応答の問題、タンク内液体と船体運動の連成の問題、損傷時にタンクから流出する LNG の問題等重要な研究課題が表面化してきた。これらの問題は、タンク内に液体を満載（full）または空（empty）として運航するという従来の運航方法ではさほど重要視されていなかったが、現在開発中の大型 LNG 船では、経済面の要求として半載（half load）での運航が検討されていることから新たにクローズアップされてきた。LNG は爆発火災の危険性がある貨物であるため、このような従来にない大型船体において全く新しい積みつけ方法が十分な技術的検討なく採用されようとしていることは危惧すべき状況と考えられる。

2. 研究の目的

低温液化ガス運搬船のタンク内スロッシングはそれらの船舶の開発にあたり最大の懸案事項として近年注目を浴びており、この問題の解決を図ることは世界の船舶関連業界に対する大きな貢献と考えられる。本研究においては、これまでに研究代表者らが開発したスロッシングの数値計算法をさらに発展させ、浮体運動との連成解析法の開発、タンク構造系の応答解析、タンク構造が損傷した場合のリスク評価と海洋環境アセスメント等も含めた総合的な安全性評価法を研究する。また、LNG と LNG-FPSO 等との間の液化ガス移送に用いられるパイプラインの安全性についても合わせて検討を行う。

3. 研究の方法

(1) タンクスロッシング荷重の研究

構造解析に必要なタンク内での衝撃流体荷重の分布および時間変化を精度良く推定可能な3次元スロッシング数値計算法を整備する。

(2) タンク内液体と船体運動の連成問題の研究

タンク内液体貨物のスロッシングにおいては自由表面が大きく変形する液体の運動が発生するが、出会い波浪との位相関係により、スロッシングは船体運動を増大する方向にも減少する方向にも作用する可能性がある。たとえば船体運動を減少するように意識的に船体に設置する装置として通常の船舶に設置される減揺タンクが知られている。メンブレン方式の LNG 船は巨大な方形タンクを4～5ヶもつ構造になるため、減揺タンクの場合よりも更にタンク内の液体運動が船体運動に大きく影響する可能性があるが、この問題に関してはほとんど研究がなされていない。本研究では、波浪中浮体の運動計算法と上記のスロッシング計算法を接続して

タンク内液体運動と波浪中船体運動の連成を考慮できる計算法を開発する。

(3) 総合的安全性評価法の研究

タンク損傷による貨物の流出による輸送機関としての船舶や人命の安全性への影響や、海洋環境破壊等船舶をとりまく環境への影響を定量的に評価するために、環境評価指標であるトリプル・アイの思想を取り入れ、船体損傷時の総合的な安全性評価法を検討する。

4. 研究成果

連成運動計算法に関する研究成果としては、自由液面をもつタンクを搭載した船舶では船体運動の減衰効果があること、また公表されている実験結果と比較することによって開発した計算法で精度良く減衰効果を評価できることを示した。液体貨物流出事故の環境影響評価に関する研究成果としては、開発した評価法を事故データが整備されている原油タンカーの損傷事故時の油流出解析に適用し、国際海事機関で実施している同種の計算法に良く対応する結果を得た。本研究の方法は国際海事機関の方法よりも考慮している環境影響要素が多いため、更に広範囲のリスク要素に対応した検討ができる。移送用パイプ等の自励振動の研究では、複雑な数値計算を必要としない独自の計算法を提案しており、実用的な設計ツールと考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計18件）

①Xin Wang and Makoto Arai, Research on Computational Method of Coupled Ship Motions and Sloshing, 日本船舶海洋工学会論文集（査読有）（投稿中）。

②Xin Wang and Makoto Arai, A Study on Coupling Effect between Seakeeping and Sloshing for Membrane-type LNG Carrier, International Journal of Offshore and Polar Engineering (IJOPE), 2011（査読有）（印刷中）。

③柚井智洋、荒井誠、金湖富士夫、Triple-I に基づく原油タンカーの包括的環境影響評価指標の開発、日本船舶海洋工学会論文集、第12号、pp133-141（2010）（査読有）。

④X. Wang and M. Arai, A Study on Coupling effect between Sea-keeping and Sloshing for Membrane-type LNG Carrier, Proceedings of the Twentieth International Offshore and Polar Engineering Conference, p.p. 244-251, Beijing, China, June 20-25, 2010（査読有）。

⑤柚井智洋、荒井誠、オイルタンカーの包括

的環境影響評価に関する研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第10号、p.p.513-514、2010(査読無)。

⑥X. Wang and M. Arai, Research on Sloshing and Ship Motions Interaction of a LNG Carrier in Partial Filling Conditions, 日本船舶海洋工学会講演会論文集、第10号、p.p.371-373、2010(査読無)。

⑦村井基彦、長嶺篤志、高橋賢士朗、海洋再生可能エネルギーの地産地消による船舶のCO2排出量削減に関する基礎的研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集、11、2010、p.p.225-228(査読無)。

⑧T. Nishi and M. Murai, A Study on the Optimization for the Arrangement of Two Types of Supporting Columns for VLFS Using GA, OMAE2010, OMAE2010-20555, 2010(査読有)。

⑨H. Kagemoto, M. Murai and M. Kashiwagi, Can a single floating body be expressed as the sum of two bodies?, Journal Eng. Math, 68, 2010, p.p.153-164(査読有)。

⑩Nishi Y., K. Ono, Y. Sendoda, T. Wakuta, and K. Kokubun, Development of a renewable energy system combining linear-type generator and oscillatory motion of a cylinder undergoing vortex-induced vibration, Proceedings of Techno-Ocean 2010, 2010(査読無)。

⑪Nishi Y., Theoretical and Experimental Study on the Transition of the Branches of Vortex Induced Vibration of a Cylinder, Proceedings of 11th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, 2010(査読有)。

⑫T. Yuzui, M. Arai and F. Kaneko, Inclusive Environmental Impact Assessment of Oil Tankers, TEAM 2009, The 23rd Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, p.p.199-205, 2009(査読無)。

⑬X. Wang and M. Arai, Coupling Simulation of Ship Motion and Slosh Flow in its Tank, TEAM 2009, The 23rd Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, p.p.270-275, 2009(査読無)。

⑭M. Arai and S. Suzuki, Study on Structural Strength of Buoyancy Control Tanks for Ballast-free Ships, TEAM 2009, The 23rd Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, p.p.486-492, 2009(査読無)。

⑮L. Y. Cheng, D. V. Gomes, G. E. R. Silva and M. Arai, Numerical Analysis of Stability and Oil Leakage in a Damaged Oil Carrier, TEAM 2009, The 23rd Asian-Pacific Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, p.p.537-543, 2009(査読無)。

⑯Arai, Y., Arai, M., A study of the performance and economy of ballast-free ships with V-form sections, TEAM 2008, p.p.275-282, (2008)(査読無)。

⑰W. Moore, M. Arai, et al., Goal-Based Standards (GBS): The International Ship & Offshore Structures Congress (ISSC) View, Developments In Classification & International Regulations, The Royal Institution of Naval Architects (RINA) International Conference, p.p.1-4, (2007)(査読有)。

⑱村井基彦、風車の回転を考慮した SPAR 型洋上風力発電施設の波浪中動揺に関する研究、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第4号、2007、p.p.279-282(査読無)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒井 誠 (ARAI MAKOTO)
横浜国立大学・工学研究院・教授
研究者番号：00232025

(2) 研究分担者

村井 基彦 (MURAI MOTOHIKO)
横浜国立大学・環境情報研究院・准教授
研究者番号：60292893

西 佳樹 (NISHI YOSHIKI)
横浜国立大学・工学研究院・准教授
研究者番号：70470052

山中 亮一 (YAMANAKA RYOICHI)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・講師
研究者番号：50361879

田中 義照 (TANAKA YOSHITERU)
独立行政法人海上技術安全研究所・構造材料部門・研究員
研究者番号：40373419
(H19→H20：連携研究者)

安藤 孝弘 (ANDO TAKAHIRO)
独立行政法人海上技術安全研究所・構造材
料部門・研究員
研究者番号：30425756
(H19→H20：連携研究者)

(3) 研究協力者

L. Y. Cheng (LIANG YEE CHENG)
ブラジル・サンパウロ大学・工学部・助教授