

交通運輸技術開発推進制度
研究成果報告書
(ダイジェスト版)

パワーマネージ運航による高エネルギー効率運航
システムの開発

平成 30 年 3 月

日本無線株式会社

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

株式会社商船三井

株式会社ウェザーニューズ

研究成果要約

作成年月	平成 30 年 3 月
研究課題名	パワーマネージ運航による高エネルギー効率運航システムの開発(2015-3)
研究代表者名	日本無線 (株) 平山 圭一
研究期間	平成 29 年 7 月 14 日～平成 30 年 3 月 30 日
研究の目的	<p>外航船の運航では最適航海計画を提供するウェザールーティングサービスを採用しているが、気象海象等の影響により、最大 30%の燃料差が生じている。そこで、本研究では、航海計画評価・見直しに係る船員の負荷を軽減するとともに、船舶輸送のエネルギー効率を最大化するため、エネルギー効率が高く、信頼性を確保した運航を実施する最適航海計画システムの開発を行う。本研究開発の実施により、船舶のパワーマネジメントを行うエネルギー効率に優れた最適運航システムが開発できる。これにより、エネルギー効率の向上が図れ、また刻々と変化する気象海象状況に対応した信頼性の高い船舶制御を実現する。</p>
研究成果の要旨	<p>航海計画システムで、気象海象予測の誤差を減らし、船速、燃費推定等の精度を向上することにより船舶の高エネルギー効率運航システムを開発することを目的に、波浪レーダーによる高信頼化手法の開発、船体・機関制御による高効率化手法の開発、最適航海計画のシステム化、実船による検証を実施した。</p> <p>開発した最適航海計画システムにより実船検証を実施した結果、従来システムに対し 5%の燃費節減効果が得られ、開発目標の 5%燃費節減効果を達成した。</p> <p>また、開発した最適航海計画システムは荒天時の到着の遅延リスクが考慮されるため、安全性の観点からも無理のないサービス提供につながることを示した。</p> <p>今回の成果を受け、波浪解析機能を組み込んだ IMO レーダーを市場投入し、最適航海計画システムの普及に寄与する取り組みを行った。</p>
知的財産権 取得状況	<p>特許出願 1 件</p> <p>著作権登録 0 件</p>
研究成果発表実績	<p>論文発表：国内 1 件、海外 0 件</p> <p>口頭発表：国内 0 件、海外 0 件</p> <p>その他 : ポスター発表 1 件</p>

研究開発の目的と実施体制

外航船の運航では最適航海計画を提供するウェザールーティングサービスを採用しているが、気象海象等の影響により、最大30%の燃料差が生じている。そこで、本研究では、航海計画評価・見直しに係る船員の不可を軽減するとともに、船舶輸送のエネルギー効率を最大化するため、エネルギー効率が高く、信頼性を確保した運航を実施する最適航海計画システムの開発を行う。本研究開発の実施により、船舶のパワーマネジメントを行うエネルギー効率に優れた最適運航システムが開発できる。これにより、エネルギー効率の向上が図れ、また刻々と変化する気象海象状況に対応した信頼性の高い船舶制御を実現する。

研究実施体制

本研究は、日本無線株式会社を総括研究機関とし、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、株式会社商船三井、株式会社ウェザーニューズと共同して実施した。担当機関の研究実施の流れを示すチャートは以下の通りである。



研究開発成果

1. 序論

外航船の運航は最適航海計画を提供するウェザールーティングサービスを採用して行われるが、実際には航海毎の燃費に相違があることが船社により報告され、その要因も示されている（図1.1）。航海により燃費差が最大30%も生じているが、この要因は気象海象に起因するものが多い。気象海象予測の誤差を減らし、船速、燃費推定等の精度を向上することができれば、航路、船速配分が適正化される。もちろん、これら適正化のためには、船舶を運航する船員の技量も問われるわけであるが、日本の船員数はこの40年間で27万人から6.5万人と75%も大きく減少している（図1.2）。中でも輸出入に経済活動、消費活動を大きく依存する我が国に不可欠な外航船員については40年前の5.6万人から、わずか2千人にまで、96%も減少している。図1.2のデータから、ここ10年間で外航船員数はほぼ横ばいとなっており、すでに世代間の技術伝承が可能な最低限度の人数に達している実態が分かる。一方、我が国の外航船員が最低限度まで減少する中、世界の海上荷動き量はここ10年間で50%増加しており（図1.3）、海上輸送の重要性は増加している。

このような背景の下、航海計画評価・見直しに係る船員の負荷を軽減するとともに、これまでの高度な運航技術を維持していくために高効率運航に向けた技術開発が必要である。

平成 29 年度に実施した波浪レーダーによる高信頼化手法の開発、船体・機関制御による高効率化手法の開発、最適航海計画のシステム化、実船による検証について、内容を報告する。

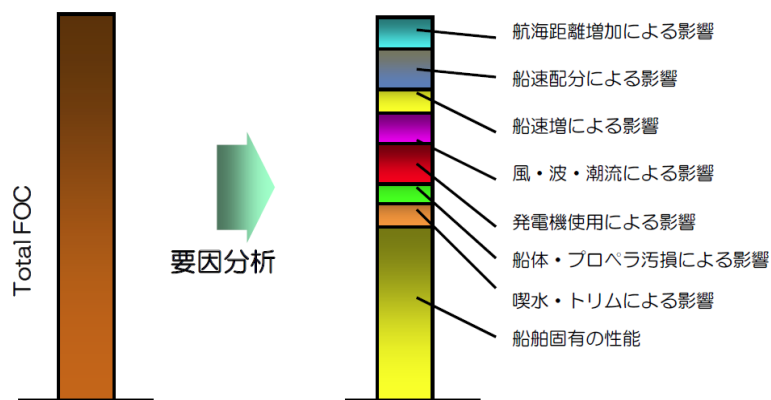


図 1.1 同一航路同型船の航海毎燃費の相違と要因分析

(安藤 英幸、船舶版ビッグデータの時代へ～船舶情報グループの活動紹介～、Monohakobi Techno Forum 2013 (2013))

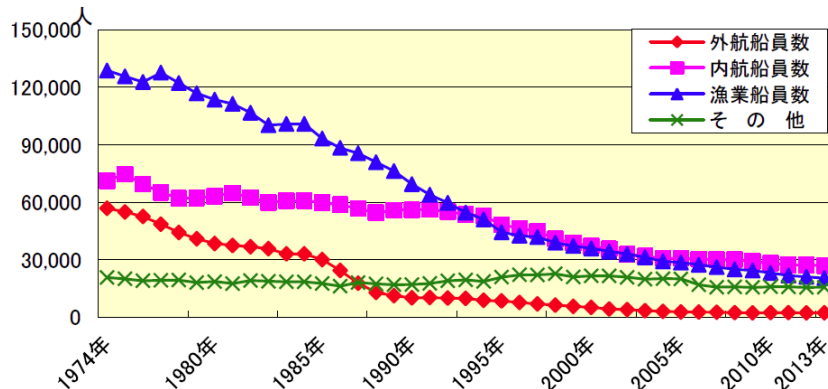


図 1.2 船員数の変化 (国土交通省海事局、海事レポート 2014 (2014))

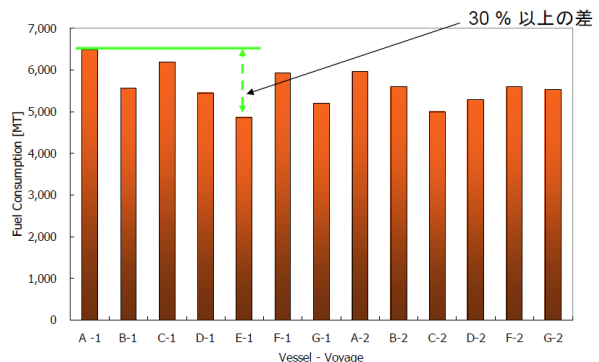
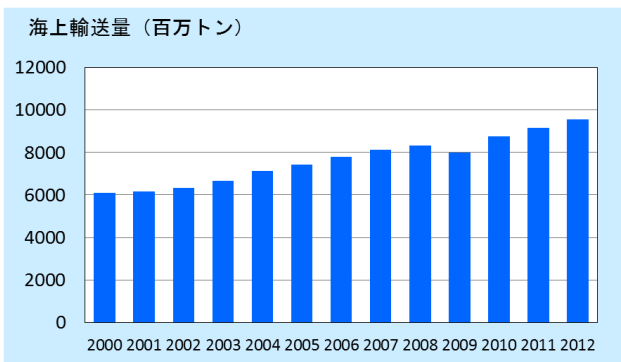


図 1.3 世界の海上輸送量の変化 (日本船主協会、海運統計要覧 2014 (2014))

2. 波浪レーダーによる高信頼化手法の開発

レーダーによる波浪計測は、方向スペクトラム形状、波向、波周期については精度が高いが、波高はレーダーの反射強度との関係を仮定するために、その関係により精度が変化する。これを信頼性の高いものとするため、ハイブリッド方式波浪計測システム (波浪レーダーとドップラー波高計を組み合わせたもの) により、レーダー方式による波浪計測の不利な点である波高値をドップラー波高計で補う高信頼手法の開発を行った。

平成 29 年度は、ハイブリッド方式波浪計測システムで、波高換算係数を推定する際にレーダー映像の濃淡レベルを用いて不要なデータをスクリーニングする手法からより適切な係数を算出したハイブリッド方式の波浪計測を開発した。海象予測値 (GPV) との相関関係を利用し、波浪レーダー計測値自体の高精度化を行い、実船に搭載したハイブリッド方式波浪計測システムの検証を行った (図 2.1)。また、最適航海計画に必要となる遭遇波浪のスペクトラムデータを陸上のデータセンターに提供するため、船陸間通信にて波浪データを航海関係のモニタリングデータに統合する等の改修も行った (図 2.2)。

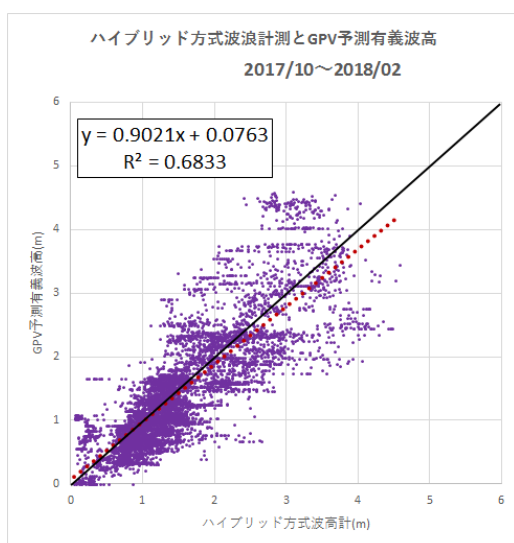


図 2.1 ハイブリッド方式波浪計測と GPV 予測値の比較

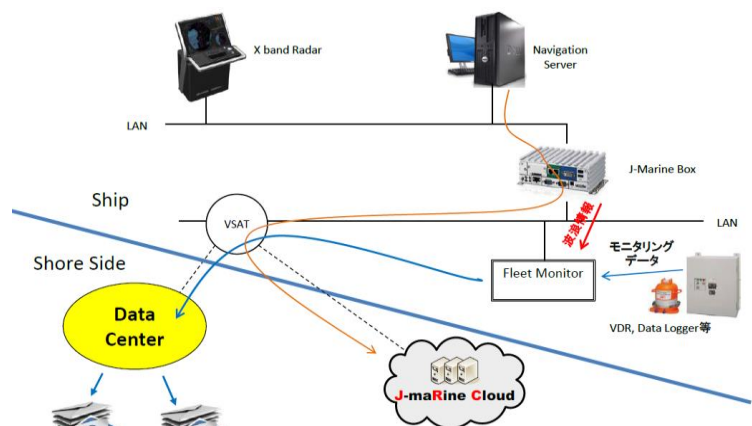


図 2.2 波浪データおよびモニタリングデータの流れ

なお、この期間に波浪解析機能を組込んだ IMO レーダーを市場投入した。従来、レーダーで波浪計測するためには、航海用のレーダーとは別にもう 1 台レーダーを装備しなければならなかったが、それが不要となる。この新型レーダーと今回開発したハイブリッド方式波浪計測システムにより、本研究のテーマである最適航海計画システムの普及に寄与する。

3. 船体・機関制御による高効率化手法の開発

最適航海計画での船速、燃料消費量の推定精度向上を目的として実海域性能推定モデル（VESTA モデル）の開発を行った。

開発にあたり、最適航海計画システムの試験運用時に乗船計測（2017 年 10-11 月：日本ーメキシコ）を行い、性能モデルで使用するパラメーターの調整を実施した。その結果を最適航海計画システムに反映し実船検証の実施につなげた。

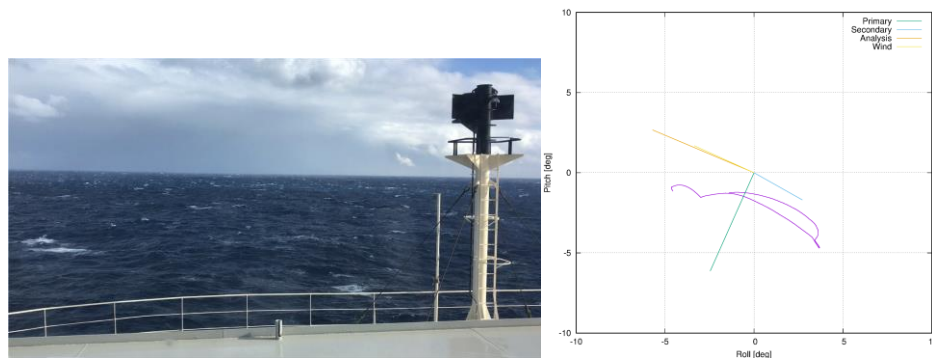


図 3.1 乗船計測での海象状態と船体運動評価

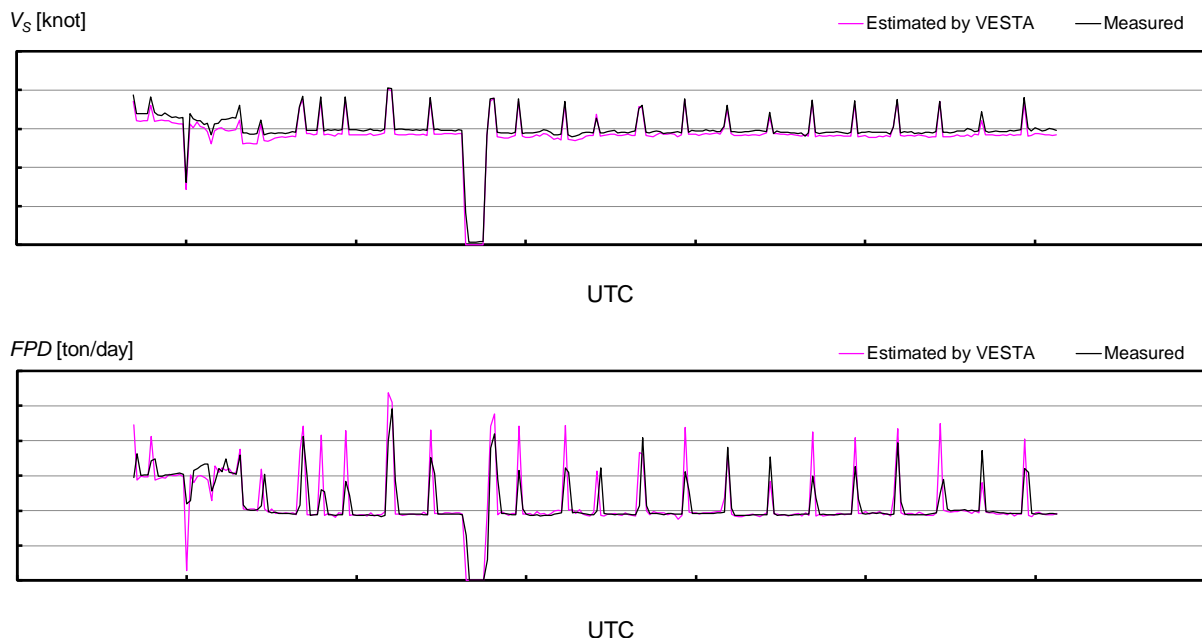


図 3.2 VESTA モデルによる航海評価（上：船速、下：1 日当たり燃料消費量）

4. 最適航海計画のシステム化

最適航海計画を作成する場合、通常は各サービス提供者が独自に用意した船舶のシミュレーションモデルが使用される。本研究ではこれに加え、造船工学の知見により作られたシミュレーションモデ

ルもサービス運用環境に共存させ、使用できる運用システムの開発を行った。

また、実船検証に向け構築したシステムによるウェザールーティングサービス提供が滞りなく実施できることを確認するため、通常サービスにおける一連の運用業務に本システムを適用し、2017年10月から11月に試験を行った（図4.1）。また、VESTA シミュレーションを用いて航海計画コンテンツが作成できることを確認した（図4.2）。

本研究で実船検証に向け構築した運用システムに対して試験運用を行い、システム各機能において設計で想定した正常動作を確認した。これにより VESTA によりウェザールーティングサービスを提供することが可能な状態となった。

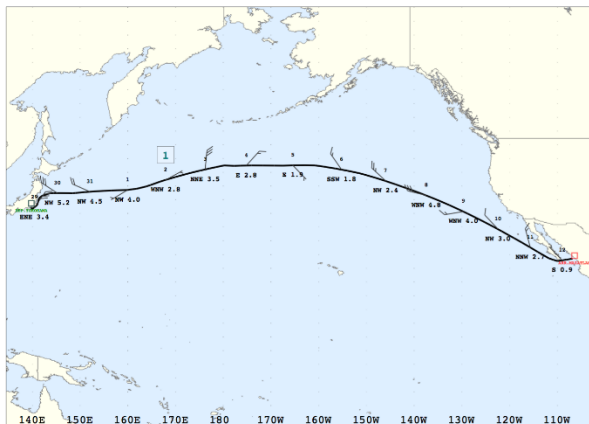


図 4.1 試験運用の実施（日本ーメキシコ）

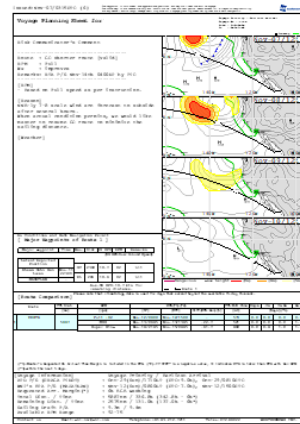


図 4.2 作成コンテンツ

5. 実船による検証

実船による検証のため、陸上から本船の運航状態のモニタリングを強化する目的で、本船モニタリングシステム（Fleet Monitor）にデータ項目の追加（波浪レーダーとドップラー式波高計の気象海象データの実測値）を2017年10月に行った。

最適航海計画システムの実船検証試験を2017年12月から2018年3月の間、月に1回の頻度で実船検証を以下航路にて実施し、燃費削減効果の評価を行った。

- ①2017年12月：ベルギーーガーナ
- ②2018年1月：ケニアーインド
- ③2018年2月：シンガポールー日本
- ④2018年2-3月：日本ーカナダ

実船検証の結果、開発した最適航海計画システム（VESTA モデル）により、航海優先事項が燃料消費量最小であった航海で統計モデルに対し燃料消費量5%の減、従来モデルに対し燃料消費量10%減が得られ、5%の燃費節減効果が得られた（表5.1）。また、開発した最適航海計画システムは荒天時の到着の遅延リスクが考慮されるため、例えば、荒天に遭遇した第3検証航海では、初期計画時（リルーティングなし）にその影響を考慮できているなど、安全性の観点からも無理のないサービス提供につながる事が明らかとなった（表5.2）。

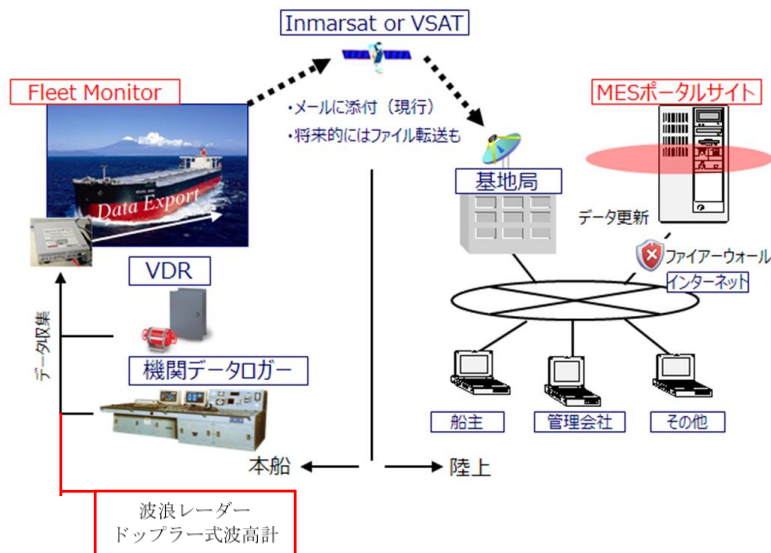


図 5.1 モニタリングデータ項目の追加

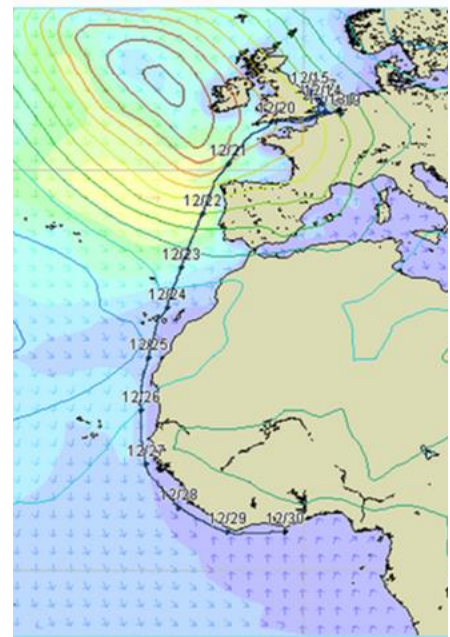


図 5.2 実船検証（ベルギーーガーナ）

表 5.1 実船検証による開発した最適航海計画システム（VESTA モデル）の効果（航海優先事項：燃料消費量最小）

実船検証	燃費（実船データとの差）		
	VESTA モデル	統計モデル	従来モデル
第 1 検証航海 ベルギーーガーナ	0.8%	5.8%	10.9%

表 5.2 実船検証による開発した最適航海計画システム（VESTA モデル）の定時性評価（航海優先事項：定時到着）

実船検証	Nr	定時到着（航海実績との差）	
		VESTA モデル	統計モデル
第 2 検証航海 ケニアーインド	0	0.0%	-1.1%
	1	0.7%	0.7%
	2	0.7%	0.7%
第 3 検証航海 シンガポールー日本	0	0.2%	-10.1%
	1	0.0%	0.2%
	2	1.4%	0.8%
第 4 検証航海 日本ーカナダ	0	-4.5%	-7.2%
	1	-4.2%	-4.2%
	2	-4.9%	-6.4%
	以降、航海優先事項変更		

Nr はリルーティング回数

6. 結論

エネルギー効率の高い運航を行うため実用化されている航海計画システムにおいて、気象海象予測の誤差を減らし、船速、燃費推定等の精度を向上することにより、高エネルギー効率の運航システムを開発することを目的に、波浪レーダーによる高信頼化手法の開発、船体・機関制御による高効率化手法の開発、最適航海計画のシステム化、実船による検証を実施した。

実船検証により燃料消費量を評価し、開発した最適航海計画システムは、統計モデルに対し燃料消費量 5%の減、従来モデルに対し燃料消費量 10%減が得られ、開発目標である燃料消費量 5%減を達成した。

また、開発した最適航海計画システムは荒天時の到着の遅延リスクが考慮されるため、安全性の観点からも無理のないサービス提供につながることを示した。

今回の成果を受け、波浪解析機能を組込んだ IMO レーダーを市場投入し、最適航海計画システムの普及に寄与する取り組みを行った。

7. 知的財産権取得状況

特許出願 1 件

航海計画方法及び航海計画システム

出願日 平成 29 年 10 月 2 日

出願番号 特願 2017-192850

8. 研究成果発表実績

1) 論文発表

国内 1 件、海外 0 件

Y. Ikemoto, M. Tsujimoto, K. Hoshino, K. Hirayama and M. Baba: "Validation of wave height meters using microwaves by onboard measurement", Conference proceedings of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers, Vol.24, pp.245-246, 2017.

2) 口頭発表

国内 0 件、海外 0 件

3) その他（研究内容報告書、機関誌発表、プレス発表等）

・ポスター発表 1 件

国土交通省, 第 2 回交通運輸技術フォーラム～イノベーションが交通運輸分野の未来を創る～, 2017, p.73