

第16回西海防セミナー

海上交通工学の発展

開催日：平成28年3月8日

開催場所：ハイアットリージェンシー福岡

講師：独立行政法人国立高等専門学校機構

大島商船高等専門学校

教授 辻 啓介 氏



ご紹介いただきました大島商船高等専門学校商船学科教授であり副校長をしております辻と申します。よろしくお願いいたします。

本日は海上交通工学の発展ということでお話ししますが、私の元々の専門は測位論でして、ポジショニングをどうするか、天文航法から始まって、天文航法、そして電波航法が専門でした。それが、海上交通が面白くなって、突如として海上交通に飛び込み30年あまり交通流の分析を行ってきました。

先ず自己紹介をさせていただきます。

私は昭和27年生まれですが、兵庫県立尼崎高等学校から神戸商船大学に入りまして、昭和54年に同校大学院修士課程を修了いたしました。修士論文は「オメガ航法利用におけるひとつの問題点」でして、結論としてオメガは使いものにならないということを書いたら指導教官からそんな結論出したらあかんと言われましたが、約20年前にオメガが廃止となり、そのことが正しかったと少し安心いたしました。その後、直ぐに大島商船高等専門学校に助手として赴任しまして、今年で37年過ぎました。この3月をもって終わること

になっております。

研究分野が電波航法から海上交通工学へ移りましたが、その経緯は、これからお話したいと思います。研究分野は、海上交通計画、海上交通流に関する研究ですが、平成15年に「航行障害物の交通量に及ぼす影響の研究」という博士論文で工学博士を取得しました。授業は、航海学、地文航法・天文航法・電波航法、そして海上交通工学、海上交通計画などを担当しています。

趣味は、海の写真撮影、古地図を追いかける、大島を追いかける、船に関する古文書を読む、そして最近ゴルフを始めました。

島である大島を全国で69箇所見つけています。福岡県にはかなり島があると思いますけれども、島である大島は見つけれず、半島である大島が8箇所あります。多分、昔は島だったのでしょう。内陸にある大島が全国に61箇所あります。意外なところでは富山の山奥にある大島は、昔中州だったところが現在は完全に埋め立てられてしまっています。そうしているうちに大島大橋三兄弟を見つけました。長男が我が大島商船高専のある周防大島の大島大橋、二男が愛媛県にあるしまなみ海道の一つの大島大橋、三男は長崎県西海町にある大島大橋です。次に船に関する古文書を読んでいます。古文書を読んでいたらどんな航路を走っていたかが分かります。例えば、岡山から江戸へ米を運ぶ途中で遭難したという記録には、代官所から代官所に遭難した人の身分を保証するために送られた文章があり、その中に何月何日にどこを出たというのがあります。これを追いかけていくと1日に7・8ノットで走ったときもあれば、短い距離なのに3日も4日もかかっているところがあり、当時は天候にかなり左右されていたことが分かります。

【交通工学とは】

交通工学とは何か？	交通工学とは何か？
(広辞苑より)	(広辞苑より)
・ 交通=①人のゆきき。ゆきかよい。 traffic	・ 工学=応用的科学技術の総称 engineering
②運輸・通信の機関による人の往復、 貨物の輸送、通信の総称。 transportation	交通工学=Traffic Engineering Transportation Engineering

では、本題に入らせていただきます、交通工学とは何でしょうか。分かるようであり具体的には分からない。広辞苑によりますと交通というのは人

の動きが行き通うことをいい、二番目には少し専門的になって運輸通信の機関による人の往来とあります。

これを英語で表してみますと、上が traffic、下が transport となります。

工学とは応用的科学技術の総称で engineering と言いますので、交通工学は、traffic engineering、transport engineering で示されています。

【海上交通工学の誕生】

<h4>交通工学の誕生</h4> <p>・ アメリカ交通工学会 (ITE) 1930年設立 Institute of Traffic Engineering</p> <p>設立時の定義・・・ 交通工学とは、旅客および貨物の安全、便利かつ経済的な輸送に関連して、道路、街路およびそれに接する土地の計画と幾何学的設計ならびにその上の運営をあわせて取り扱う工学の分野(森北出版「交通工学」より)</p> <p>現在は Institute of Transportation Engineering http://www.ite.org/default.asp</p>	<ul style="list-style-type: none">・ 第一次世界大戦後及び1920年代初期・ 交通混雑による事故の多発・ 高速道路輸送の問題点・ 工学的アプローチが必要になった。・ 高速道路の交通作業に関する技術者との意見交換を可能にするため・ 1930年10月2日、具体的な組織になり・ 1931年1月20日、正式に発足
---	--

交通工学の始まりはアメリカですが、アメリカには1930年に創立されたアメリカ交通工学会というのがありまして、ITE (Institution of traffic engineering) といいますが、その創立の定義として、森北出版の交通工学の文章を借りますと、交通工学とは旅客及び貨物の安全、便利かつ経済的な輸送に関連して、道路、街路及びそれに接する土地の計画と幾何学的設計並びにその上の運営を合わせて取り扱う工学の分野であるとされていて、少し分かりにくい文章です。

私が大学で習った頃は、institute of traffic engineering だったのですが、最近のホームページを見ますと、institute of transportation engineering に変わっています。

いつ変わったのかはまだ読み取れていませんが、about ITE の中から history を読んでみますと、交通工学の始まりは第一次世界大戦後及び1920年代初期、アメリカでモータリゼーションが非常に盛んになり、交通混雑や事故が多発するようになりました。それまでの馬車から自動車に変わっていった時代ですが、馬車は車ほどスピードが出ませんので人間がまだコントロールできる状態でした。ところが、自動車になると人のコントロールを超えた速度になり、左側通行・右側通行といった規則もたぶんなかったでしょうから、高速道路輸送の問題が出てきて、工学的なアプローチがどうしても必要となってきました。

高速道路の交通作業に関する技術者との意見交換を可能にするために、1930年10月2日に組織が具体化し、1931年1月20日に正式にITEが発足したと書いてあります。

ITE設立の理由

- 中央政府に対して
 - ①実際のデータと専門家が開発した技術を提供
 - ②交通工学の基準を活性化し、より安全で効果的な高速道路輸送を作る技術を有する政府における交通工学部門を設立を促す。
- 交通事故の撲滅
- 交通移動の促進

ITEの設立理由としては、一番目に中央政府、合衆国政府だと思えますけれども、ひょっとすると州政府かもしれないが、中央政府に対して、実際のデータと専門家が開発した技術を提供すること。二番目は交通工学の基準を活性化し、より安全で効果的な高速道路輸送を作る技術を有する政府における交通工学部門の設立を促すこと。

日本でいうと国土交通省の中にこれらを専門的に扱う部署を作るといったところでしょうが、その目的として交通事故の撲滅と交通移動の促進をすることでした。

事故があるからやめてしまおうというのではなくて、事故を乗り越えてさらにこの交通というモータリゼーションを発達させようという意味だったと私は理解しております。

【海上交通工学とは】

交通工学とは

- ①交通現象の調査・解析・予測
 - ②交通施設の計画・設計・評価
 - ③交通施設の運営・管理
- などに関する理論・手法などを扱う

海上交通工学

- 定義
 - 「船の交通を調査解析して航路・港湾の設計と諸施設の改善及び適正な航行の管理ならびに操船技術の改善に資する技術分野」
海上交通工学(1981年)より
 - 「海上交通工学は、海上交通事故を減らすことと、船の交通がスムーズにながれるのに役立つことを目指している。」
序説海上交通工学(1971年)より

今の文章と設立時の文章とをまとめますと、交通工学とは、一番目に、交通現象の調査・解析・予測、二番目に交通施設の計画・設計・評価、三番目に、交通施設の運営・管理などに関する理論・手法などを扱う分野であると言えます。

話しが我が国に飛びますけれども、1950年代の後半、昭和30年代は高度経済成長、神武景気と言われて海上交通が急成長しました。海上輸送量が増加す

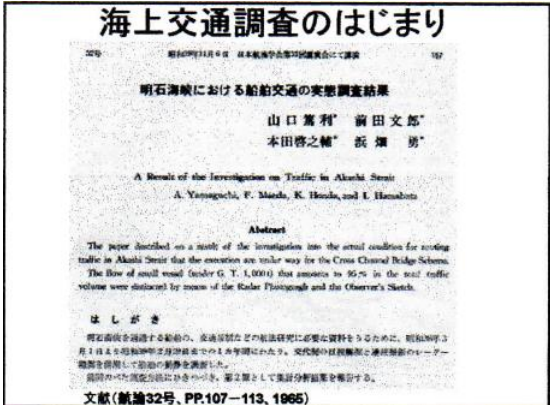
るということは交通量が増えることです。交通量が増えると当然事故が多くなります。海上交通工学の観点で言うと交通密度が高くなったら事故率は上がります。我々はそれを下げようと一生懸命になっている訳です。

海上交通工学の定義というのは、日本では二つありまして、上が 1981 年発行の海上交通工学での定義、下が 1971 年に我が国で最初に海上交通工学の書物として出された序説海上交通工学での定義です。見られた方もあると思いますが、藤井弥平先生という我々の大先輩が書かれたものです。

【海上交通工学の歩み】

先ず海上交通工学の歩みをまとめてみましょう。私がおの海上交通工学とどう関わってきたのかも含めて、お話ししたいと思います。

1 海上交通工学のはじまり

	<h3>海上交通工学研究会の設立</h3> <ul style="list-style-type: none">• 神戸商船大学グループに次いで、各地のグループが狭水道を調査して、交通量とその時間変動、速力分布などの観測結果の報告をした。• 日本海難防止協会を中心とした我が国の航路体系に関する共同作業が始まる。 <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none">• 1968年春に初代会長山口を中心に10数名のメンバーで、日本航海学会に海上交通工学研究会が発足
--	--

これが日本の海上交通工学のはじまりです。文献としては、1965 年に日本航海学会論文集 32 号に載った明石海峡における船舶交通の実態調査結果です。神戸商船大学の山口先生、前田先生などが書かれたもので、前田先生は私がオメガを研究していたときの指導教官ですが、この論文は明石海峡で 365 日連続の交通調査を行った結果です。365 日ですよ。現在は、3 日か 4 日間調査すれば交通の実態が分かるのですが、その当時はそのあたりが分からないので、多分 1 年間やろうということになったのでしょう。

この話があつてから、神戸商船大学のグループに次いで、各地のグループがそれぞれのところで狭水道の交通量調査を始めました。また、日本海難防止協会が中心となって我が国の航路体系に関する共同作業が始まりました。実はこれが現在の海上交通安全法の基になった作業です。特定水域航行令から海上交通安全法に変わったのが、1970 年代だと思いますけれど、その基となった作業です。

こういった作業を通じて、バラバラでやっていた海上交通調査を、皆さんで

集まってやりましょうということで、1968 年春に先程の山口先生を中心に 10 名ぐらいのメンバーで、日本航海学会に海上交通工学研究会が発足しました。再来年で 50 年になります。

2 1960 年代

海上交通の問題発掘の時代

- 明石海峡実態観測の後、京浜運河、浦賀水道、内海小型船航路、関門海峡、伊勢湾、来島海峡、東京湾などの観測が行われた。
- 観測方法の改善が繰り返され目視観測による交通量調査およびレーダ観測により航跡を取得する交通実態調査・データ収集の基礎が確立した。
- 船舶の交通実態を調査してデータの収集整理を行い、海上交通に関する問題点を抽出し分析をする時代であった。

まず、1960 年代ですが、先ほど言いましたように、皆さんがバラバラに、神戸商船大学は明石海峡を、東京商船大学は多分東京湾を、その他の大学もそれぞれのところで海上交通調査を行っていました。それをもとに海上交通にどんな問題があるのかを発掘し、海上交通計画で問題提起をした時代です。また、観測方法

の改善、どうしたらうまく観測できるのか、どのように記録を残すか、それをどのように表現するかといったデータ収集の基礎を確立した時代でもありました。まだ、衝突率などといったものはなく、交通量はいくらか、船の種類は何かといったことが言われた時代です。

2 1970 年代

関門橋開通 (1973年)



大島大橋開通(1976年)



1979年
大島商船へ赴任

ルート上での対策の時代

- 環境の変化に伴う航行安全対策を交通整理、陸上からの航行支援を求められた時代
- 「序説海上交通工学」の発刊(1971年)
- 「航海46号」に「特集 海上交通工学」1975年6月
- 1977年の浦賀水道航路航行船舶への情報提供を目的とした東京湾海上交通センターの開設
- 各水域の安全度(危険度)あるいは航行容量が、客観的に数値で表現できるようになった。

その次の 1970 年代がどんな時代だったかということ、1973 年に関門橋が開通しました。それから 1976 年に我が島の大島大橋が開通しました。私は、1979 年に大島商船高専に赴任しますが、オメガなどの電波航法を追っかけ、海上交通工学とは関係ありませんでした。

この時代というのはルート上での対策の時代であり、環境の変化に伴う航行安全対策として交通整理と陸からの航行支援が求められた時代です。昔からの

ポンポン船がなくなりだして、アフターブリッジの内航船に変わりつつあった時代。この頃の外航船は一番大きいのが 1 万トンか 2 万トンぐらいだったと思います。この時代に、序説海上交通工学が発刊されました。1975 年 6 月の航海 46 号に、初めて海上交通工学特集が出まして、それまでやってきた海上交通に関する調査分析を中心に書かれています。1977 年にその結果に基づいて、浦賀水道航路航行船舶への情報提供を目的とした東京湾海上交通センターが開設されました。

各水域での安全度はどうか。逆に言うと危険度、どのぐらい危ないかということを経航容量で客観的に数値表現できるようになりました。

3 1980 年代

交通路の体系的整理の時代

- 「海上交通工学」の発刊(1981年)
- 1984年6月「航海80号」
「海上交通工学特集号・シミュレーション」
- コンピュータ技術の発達で海上交通流シミュレーションによる現象の再現・予測が可能にした。
- 海上交通環境の変化に対する交通路の体系的な整理の変化が求められた。
- 海上プロジェクト建設工事計画において、工事期間中および完成後の航行安全対策の立案計画が行われている。

次の 1980 年代は、交通路の体系整理が整った時代ということになります。この頃に先ほどの海上交通工学が発刊されています。また、1984 年 6 月号の航海 80 号に海上交通工学特集として交通シミュレーションが出され、シミュレーションの基礎をいろんな先輩の先生方が書いておられます。この時代はコンピュータ技術の発達で、海上交通

通流をシミュレーションで再現し、予測することが可能となりました。

交通量がこのくらい増えたら密度がどのくらい増えるか、交通量がこのくらい増えると危険度はどのくらい増すか、そのための定数としていろんな定数が出されてきました。

この時代は海上交通環境の変化に対する交通路の体系的な整理の変化が求められた時代です。どういうことか言いますと、交通現象として船は勝手に走っていますけども、それを平面的に統計的に見たらこのようになります。こうなると、どこでクロスするのかとか、どういう航路の体系が良いのかといった議論が起こってきます。この時代は海上プロジェクト建設工事が盛んになり、本四架橋建設とか、東京湾岸道路の建設が行なわれまして、建設前に橋の下を通過する交通シミュレーションを行ったり、その交通量からここへ橋脚を建てた場合に、その橋脚に衝突する確率がどのくらいあるのかとか、どのくらいの船がぶつかりそうだからどのくらいの橋脚の強さにすればよいのかといった体系的な話になってきました。

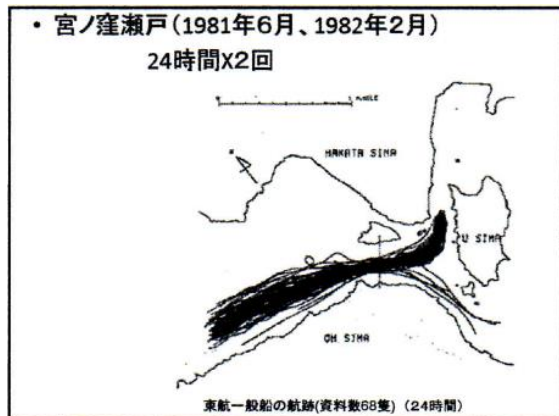
その時代に、私がやっていたことは海上交通実態調査です。最初に任されたのが宮ノ窪瀬戸、しまなみ海道の大島と伯方間にある宮ノ窪瀬戸で、先程申し

上げた次男の伯方大島大橋の架かっているところですよ。

船舶航行実態調査 (私のやった)

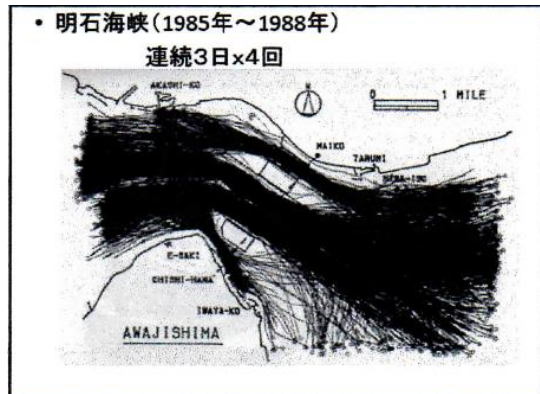
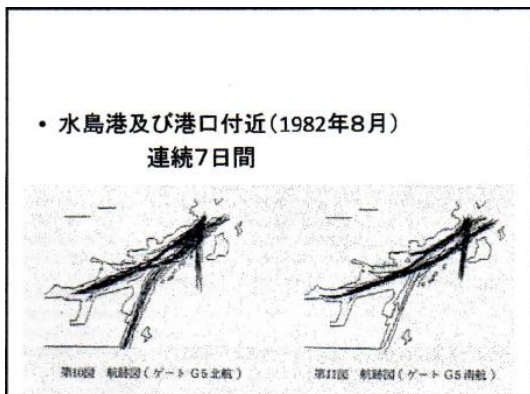
- 宮ノ窪瀬戸 (1981年6月、1982年2月)
24時間X2回
- 水島港及び港口付近 (1982年8月)
連続7日間
- 大島瀬戸 (1982年10月)
連続3日間
- 明石海峡 (1985年～1988年)
連続3日x4回

この10年間、航跡データ集めに没頭していた

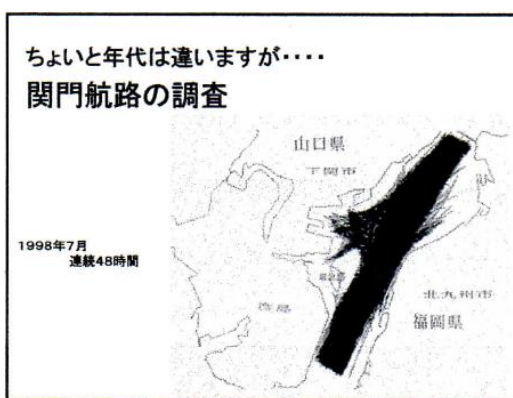
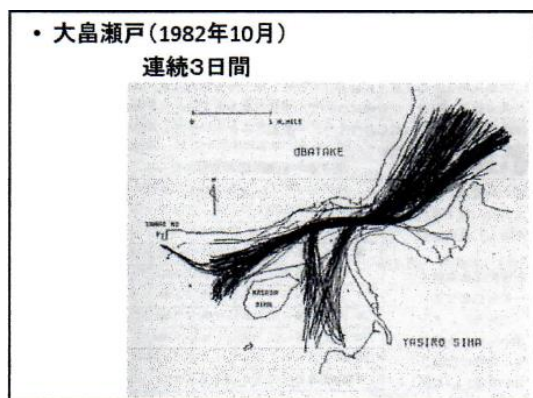


ここで私が何故交通工学に突っ込んでいったかをお話ししますと、大島商船高専に赴任しましたが、その時に本校で本四公団から伯方大橋大島によるレーダー偽像に関する委託研究を受けられたのです。レーダーの先生が受けられた委託研究の中に、宮ノ窪瀬戸の交通量調査というのが付帯事項で入っていましたが、当時本校には海上交通工学が専門の先生がいませんでした。赴任して2年目の私が校長室に呼ばれまして、「この学校の先生の中で海上交通工学を一番新しく習ってきたのは君だよな。」、「はい」、「じゃあ、神戸商船大学の海上交通工学教室へ行って、交通量調査のやり方を習って来い。2週間の休みをやる。」と言われまして、原清先生のところに行きまして、手ほどきを受けました。道具も全部お借りして、宮ノ窪瀬戸の船舶航行調査をやらせていただきました。もしそれがなかったら、この道に入っていないかもしれません。

この結果を出したのですが、これが実に面白くて、電波航法から海上交通工学へ移るきっかけとなりました。船はバラバラで走っているのに、何故みんな同じように走るのかというところに興味がわいたのです。皆さんもそう思いませんか。目的地は一緒かもしれませんが、それぞれの航海士がそれぞれ勝手に操船しているのに、みんな同じようなところを通っているのです。私が一番興味を持ったのが、これですが、ここで1回転しているのです。何故か、写真を見ても結局分からなかったのですが、漁船か何かを避航していたのかもしれませんが。この宮ノ窪瀬戸の航跡図が、私を海上交通工学の世界に引っ張り込んだのです。



その他に水島港及びその港口付近で7日間調査しました、これがその航跡データです。それから大島瀬戸で連続3日間やりました。こうして交通量調査が面白くなってきました。



そうしたら明石海峡大橋建設計画に伴う明石海峡の交通量調査のメンバーに選んでいただきまして、連続3日間の調査を4年間実施しました。そして、このときの航跡データが全部私の手元にきたのです。航跡というのは学校ではなかなか取れないのです。現在はIT技術が発達して簡単に取れますが、当時はものすごい時間がかかりました。レーダーの写真から一つ一つプロットしていきまして、それをデジタイザーで繋いで数字を合わせ、地図とスケールを合わせて何とか描き出すというものでかなり大変でした。ラッキーなことに私は10年間でデータを得ることができ、これが私の糧となりました。こちらが明石海峡の調査結果ですが、この図をよく見ておいてください。後でこれに似た図が出てきます。

この図は時代が下がりますが、1998年に水産大学校と共同で行った関門海峡での連続48時間調査です。

4 1990年代

次の1990年代は海上交通計画の視点の時代ということで、どんなことをやっていたかと言いますと人工島建設や海上空港建設の計画、架橋も含めた海上土木工事がますます盛んになり、このような海上交通環境の変化が船舶交通に与えるインパクトに対しての対応

海上交通計画の視点の時代



- 人工島建設や海上空港建設の計画、海上土木工事がますます盛んになり、このような海上交通環境の変化が船舶交通に与えるインパクトに対しての対応が求められた。
- 「船—操船者—環境」の連環システムとしての評価が要求されてきた。
- 1996年9月(学会誌129号)に「アセスメントを基軸とした研究成果の体系化」として取りまとめた。

↑
「海上交通現象の調査法」

が求められた時代です。

明石海峡を見てみますと、関西国際空港を埋立てで作るために瀬戸内からど
んどん土を運んでいます。土運船が走り交通量が増えた時期に、明石海峡大橋
の建設計画が始まり、作業区域を設定しなければならないというような時代に
なりました。それではどのように区域設定するのか、明石海峡を通過した後埋
立地までどう運行してもらおうのかといったことが問題となってきました。私は
交通流しかやっていませんでしたので、他の先生から聞いた話ですが、船とい
うのは単体じゃなくて、船と操船する人、そして環境が三位一体となった海上
交通というものを考えないといかんとすることで、連鎖システムとしての評価
が要求されていました。そのためには、海上アセスメントが要ります。海上交
通がどのような状態なのか、ここでこういうことをしたらどうなるのかといっ
たことが必要となり、海上アセスメントをまとめました。1996年9月学会誌に
アセスメントを基軸とした研究成果の体系化として取りまとめました。この時
の海上交通現象の調査では、船舶航行実態調査をどのように行うのか、どのよ
うにしてデータをまとめるのかという作業をやらせていただきました。ここで
交通工学との出会いの接点ができたのです。

【陸上の交通工学との出会い】

<p>陸上の「交通工学」との出会い</p> <p>○ 自動車道の「織り込み区間」 航路航行船の挙動に適應できる</p>  <p>交通工学研究委員会(1994年10月)</p>	<p>○ 歩行者の挙動 柱を避ける行動→障害物に対する避航 歩行者の道路横断 →航路横断船の挙動</p> 
---	--

陸上の交通工学の中で非常に興味を持ったのは、この自動車道の「織り込み
区間」の現象でした。高速道路ではこのように2車線の道路が交わると、こち
らの車線からこちらの車線に移る車が出てくる、反対にこっちからこっちへ移
る車も出てくる、この分析を立命館大学の先生がされていてすごく興味持ちま
した。これを航路だと考えたら、こちらから入ってきた船がこちらに行きたい
としたらこちらに寄って来るでしょう。ただ、船の場合には一方通行じゃない
から非常に難しいのですけれども、これを何とか船に応用できないか、航路の
分析に応用できないかと考えました。

その時に明石海峡のデータを持っていましたので、ちょっと行き来を無視して、東航船なら東航船、西航船なら西航船だけについて同じような分析を試みたのです。数字的には少し難しい細工が必要でしたが、この織込み率というのを求めたら同じ様な数字が出てきました。織り込み現象を航路航行船の挙動に適用できるところまで行ったのですが、なにせ時間がなかったと言ったら怒られますが、これ以上はあまり進みませんでした。

次の問題の方が面白いのですが、歩行者の挙動についてです。障害物に対する避航の航跡です。この図は東京駅の丸の内改札を出てから、出口に出るまでの人の軌跡です。この図を見て、私が明石海峡で交通量調査を行った時、明石海峡に作業区域が設けられたときの航跡とよく似ていると思いました。交通工学的には占有領域ということになりますが、これ以上は船を入れたくないという閉塞領域ということで、この柱を守っているのです。人は柱を避けているのです。船も一緒にこういう行動をしている、航路障害物に対する避航と全く同じじゃないか、これは面白いということで分析しました。どこから避航し始めるかを数字で出すことができました。船が大きくなると当然避航する距離は遠くなっています。それから、歩行者の道路横断を船の航路横断に使えないかと考え、持っていたデータから明石海峡を横断するフェリーのデータを分析しました。そうすると、歩行者が道路を横断するための待ち時間計算について、船は横断する際に停まりませんので、道路のように車が行き過ぎるのを待っているのではなくて、横断できる時間の隙間を探しに船は動き回るという結論を出したら、平均道路横断時間と平均航路横断時間の理屈がほぼ合いました。それを土木学会に出したのですが、論文にはしてもらえませんでした。

【道路交通の安全対策の海上交通工学への応用】

**道路交通の安全対策を
海上に利用できないか**

• 対向車があることを知らせる
(VTSの仕事でしょうが……)

1993年 日海防の委員会で提言
「反航船が確認できるシステムの開発を」

音戸の瀬戸ライブカメラ
<http://180.43.117.132/mics/camera.html>

もう一つ、道路における安全対策を海上交通工学に応用できないかという疑問が出てきました。例えば、道路が合流する際に右から来た車と左から来た車が、三角形で入って来ますが、優先道路はまっすぐに行かせ、合流車はちょっと角度をつけて進入してから思い切り曲げ優先道路に直角に道路付けしています。まっすぐに入るのではなくて、こちら来た道路はどのように曲げて直角にしてここに信号をつけていますが、船は信号が付けられませんので、どうしているのかと言えば、見通しが利くようにしているのです。一旦停止をした時に見通しが利かないと、どんど

ん前へ出てしまうから危ない訳です。だからあのような形にするそうですけれども、これは船には難しいですね。

船は止まれませんので、合流方法については先程の織り込み現象を使うと何か良い策が出てくるかもしれません。

もう一つ、カーブなどで対向車ありという電光掲示板が設置されていることがあります。対向車をどのような感知しているのでしょうか、上を見ると電波の発信機が付けられていて、対向車が来ると電波が遮断されるので、相手側に対向車ありと表示を出している訳です。

これを船に応用できないかと考えたのですが、車の世界と違うのは、海面が上がり下がりしますのでそれに合わせてセンサーを上下しないといけない訳ですが、それが難しく私の知恵ではなかなか思い浮かびませんでした。何故そんなことをするのかと言うと、運転している人は向こうからやって来る車を知りたいのです。船でもやっぱり狭いところでは反航して来る船を早く見つけようと操船している訳です。それなら海上交通でも対向してくる船を教えるシステムを考え、狭水道の真ん中で衝突しそうな反航船があると教えられたら、操船者の気持ちの中にその情報があれば飛び出しなんかにはなりません。予測できる訳ですから、うまいことやればそれで時間調整もできる訳です。現在、海上交通センターでやっておられる仕事は、ほとんどがこれだと思います。

車と同じように反航船があることを知らせることができないだろうか、実は 1993 年の日海防の委員会であるシステムを提言しました。1993 年当時は現在のように技術も発達していない訳ですから、反航船を確認できるシステムとして、例えばどんなものがあるか問われましたので、音戸の瀬戸の話をしました。

音戸大橋にカメラを設置して、そのカメラで撮った映像を UHF 帯の電波を使って放送できないか、テレビなら船は自由に見られるではないですかと申し上げたのですが、これは電波法に引っかかるからダメだと言われました。他に何かないかと言っているうちに委員会は終わってしまいました。

音戸大橋のライブカメラをご存知でしょうか。実際にインターネットで繋いでみます。ここにカメラ 3 台が設置されておりますので、その一つを選択してみましよう。これが中央のカメラから撮った現在の音戸瀬戸です。ということは、I Pad を持っていれば見えるのです。こちらから来る船はこの映像を見て反航船がいるとか、漁船がいるとかが分かります。

カメラをインターネットに繋げてくれたことを大変うれしく思いました。ただ、これがどのぐらいの効果を持っているのか、データがないので判断できませんが、かなり効果を持っているのではないかと思います。このような形で実現してくれたら嬉しいですね。四国から広島へ入っていく時にこれを見ている

と、向こうから来ている船と中央部あたりで出会いそうだとしたら、速度調整をするなり、反航船があることをイメージして操船ができますので、これはかなり安全に貢献している素晴らしいものだと考えています。陸上交通でも同じようなことしていると思いますが、船の場合はセンサーが難しいので生データを見た方がいいですね。その当時、二箇所レーダーを合成した映像を放送できないか提言したのですが、やはり電波に乗せるのが難しかった。現在は、インターネットという自由に使える手段ができて、これを利用しない手はないと思います。何か利用するアイデアを出せば、いろんなことができる時代になりました。ただし、維持管理費がかなりかかります。

【交通量比較】

交通量比較(データは古いです)		
	L換算	L ² 換算
• 浦賀水道 1803隻/3日	1698	2853
• 伊良湖水道 3853隻/3日	1663	1758
• 明石海峡 3032隻/3日	2106	2288

1000総トン(長さ70m)に換算

どの航路が一番混雑していると思いますか？

交通の混雑状況を示すのに交通量比較があります。20年くらい前の少し古いデータですが、3日間の通航船舶隻数は、浦賀水道が約1,800隻、伊良湖水道約3,800隻、明石水道約3,000隻でした。一番混雑しているのはどこでしょう。

この中では一番混雑していない伊良湖水道の通航隻数が一番多くなっています。

この通航量では海峡の混雑を表す指標にはならないということで、L換算を使いました。L換算は、1,000総トン、長さ70メートルに換算するもので、長さ70メートルの船は1隻、長さが35メートルだと0.5隻、140メートルの船は2隻になります。L換算で表すと、浦賀水道1,698隻、伊良湖水道1,663隻、明石海峡2,106隻となりました。伊良湖水道が一番低くなったものの明石海峡と浦賀水道を比べると明石海峡が混雑しているとなりますが、通航経験の多い人に聞くと、明石海峡と言われる方もおられますが、浦賀水道の方が混雑していると言われる方が非常に多い訳です。

そこでもう一段階進めて、L²換算してみます。長さが2倍になったら4隻に、長さが2分の1になったら0.25隻に換算します。計算すると浦賀水道が2,853隻、明石海峡が2,288隻となり、操船者の持っている混雑イメージに合う数字になりました。ただし、これが絶対的なものではありません。実際は、多分船の速度とか幅、航路の長さや水道の長さも絡んでくると思うのですが、浦賀水道と明石海峡では少し浦賀水道が混雑している、伊良湖水道と比べると浦賀水道が1.8倍位混雑しているという数字の比較はできます。どの位混雑しているかの根拠に使えるのではないかと。このL²やLは普通密度で換算されて

いると思います。大型船がたくさん通れば数字は非常に大きくなります。

【陸上交通と海上交通の違い】

船舶の操縦と自動車の運転

船舶と自動車を比較してみましょう。

2つの大きな違いがあります。

①操縦性能
極端なものとしては、内輪差とキックの違い。
船にはブレーキがありません。
全速で航行中の船では急停止することができません。

②大きさの違い
船舶では
長さ数mの小型船舶から400m近い大型タンカーまで
百倍以上の差があり、幅にも極端な違いがあります。
自動車は
バイクや普通車と大型トラックとの比較

船舶の操縦と自動車の運転

航路と道路を比較してみましょう。

道路は、車線があり車は一列に並んで走っています。
航路は、特に規制はありません。
自由航行が原則であり、車で広い道を走ると同じです。

しかし、
最短経路を走ろうとするため同じ所を航行することになり、
これが航路となるのです。

車線がない道路(草原のようなところ)で交通量が多くなれば、
自由運転となり事故発生率が高くなります。

これが、自動車の世界で交通工学が必要になった理由です。
海上交通はこのような状況にあります。

ここで陸上交通と海上交通の違いは何かということ自動車を船舶で比較してみましょう。二つの大きな違いがあります。

まず操縦性能が違います。次に大きさが違います。

大きさでは、陸上交通はトラックで最大 12 メートル、バスの最大が 12 メートルです。それを超えると牽引車になります。一番小さいのはたぶん人になりますが、1 桁くらいしか違いません。船は、一番小さいのは 2 メートル位の漁船、一番大きいのは 400 メートル位、トン数にすると 2 トン位と 30 万トン、40 万トンになります。40 万トンのタンカーの横幅は 70 メートルくらいあります。1000 トンくらいの船の長さが 70 メートルですので、タンカーに横に乗せても舷側からはみ出さないくらいのスケールの違いがあります。

次に道路と航路を比べてみましょう。道路には車線がありますが、航路にはそれがありません。これは船の横幅の違いが大きいので仕方ありません。道路では車線上を一列になって走りますけれど、航路は航路の中を走りなさいと書いてあるだけで、真直ぐに走ろうが斜めに走ろうが、ジグザグに走っても違反ではありません。混雑するところは、この間を走りましょうと航路を決めているということになります。

5 2000年代

最後の10年間です。2000年から2010年ですが、情報把握の高速化と管理により安全性を求められた時代です。関門海峡の航路変更が行われ、海上交通管制による安全性の向上を図ることを追求された時代です。

情報把握の高速化と管理より 安全性を求められた時代

- 関門海峡の航路変更
- 海上交通管理による安全性向上を図る

【関門航路中央部において多発する衝突事故】

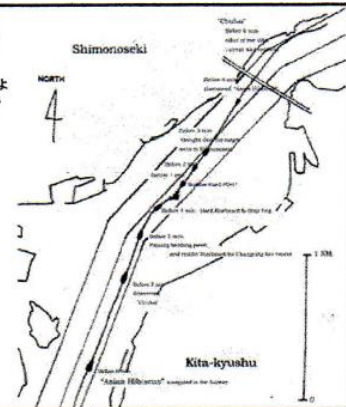
関門航路中央部において 多発する衝突事故

海上交通工学がどのように航行安全に役立つかを実例をもって説明する。

平成9年11月11日、関門航路の中央部において中国籍貨物船「Chuhai(2387GT)」とパナマ籍貨物船「Asian Hibiscus(7170GT)」が衝突、「Chuhai」が沈没した。翌年10月に引き上げられるまで、マストを海面に出した無様な姿を見せていた。また、沈んでいる「Chuhai」に衝突する2重事故まで発生した。

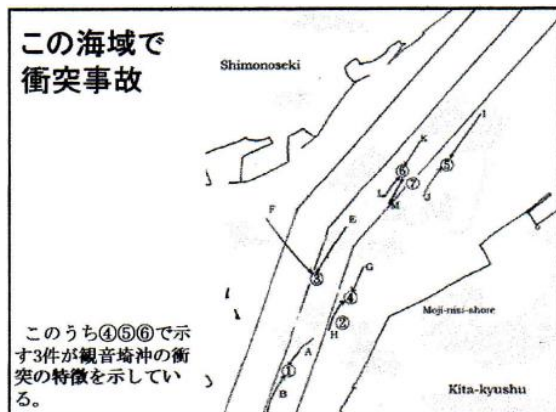
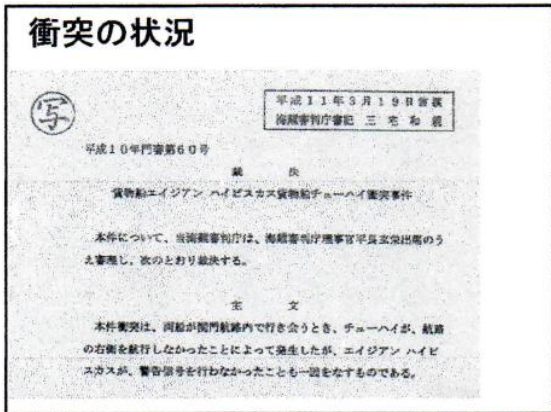
衝突の状況

当時の新聞記事および海難審判の採決から作成した。



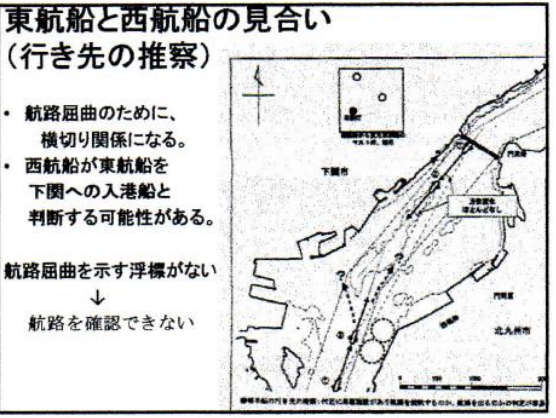
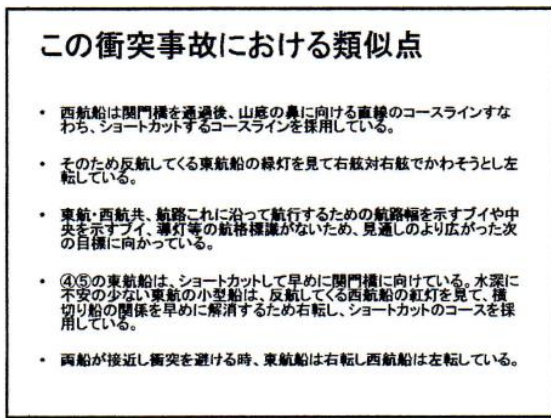
関門航路の中央部で起こった中国籍の貨物船チューハイとパナマ籍の貨物船アジアンハイビスカスとの衝突事故について分析しました。チューハイが衝突後に沈没した事故ですが、新聞記事と海難審判の判決から衝突状況は多分こうだろうという衝突図を作成しています。

チューハイが南航中、エイジアン・ハイビスカスが北航中で、ここで衝突してチューハイが沈没しました。これを見るとどちらが悪い、やはり航路を守ってないチューハイが悪い。しかし、海上交通工学というのは悪い船を探そうとしているのではないのです。何故こんな事故が起こるのかを見つけ、このような事故が起こらないようにしようというのが海上交通工学の仕事です。

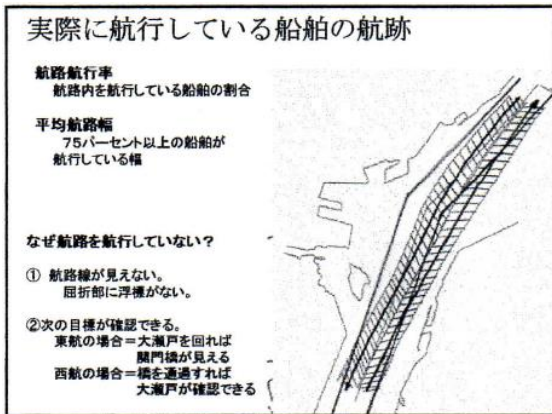


これが判決文ですけれど、チューハイが航路の右側を航行しなかったことで発生したとの趣旨です。

この海域では同じような事故が発生していました。図の④番、⑤番、⑥番は9年間に同じような理屈で起こった事故です。3年間に1回事故が起こっているということは、ハインリッヒの法則でいうと2、3日に1回ぐらいは同じような見合い関係でヒヤリハットが発生していることになります。ただし、この時代はまだ船のヒヤリハットがそう分析されていませんでした。



この事故の特徴は航路です。航路を走っていくと、南航する船と北航する船は航路が曲がっているために見合い関係が行き合い船ではなく、横切り船になるのです。関門大橋の下を通るとき大瀬戸が見えますので曲がっているとは思わないのです。曲がっていると思っているでしょうけど、ブイがなかったから曲がり角が見えない、だから真っ直ぐ突っ込んできて、東航船の航路にはみ出して来るのだらうということになります。



交通調査をすると実際に航行している船舶の航跡はこのようになりました。青い線が西航船の平均航路で、赤い線が東航船の平均航路です。綺麗に分かれているのですが、航路の屈折が完全に無視されています。何故航路を航行しないかという屈折が見えない、ブイがないので航路線が見えない、また、東航船も西航船も目標が見えるから真っ直ぐに走るのです。律義に航路をきっちり守っていた船が、反航船のど真ん中に突っ込んでしまうことになります。

この様な問題がありましたので、この事故の海難審判で航路変更の提案をさせてもらいました。学校の紀要に航路変更の提案を出していたのですが、ちょうどそのとき門司地方海難審判理事所に3年先輩の方がおられ、私が書いた紀要を見て、この事故の海難審判でこういうことが考えられるのではないかと行ってくれませんかと言われ、審判に出させてもらいました。



当時の新聞記事ですけれど、大島商船高専教官が航路変更をすべしと言ったと書かれています。すべしとは言ってないのです。規則では曲がれとなっていますが、みんな真っ直ぐに走っていますと言っただけです。

航路変更と効果の検証

航路改修



彦島導灯

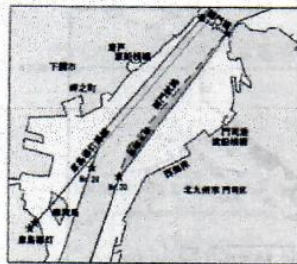
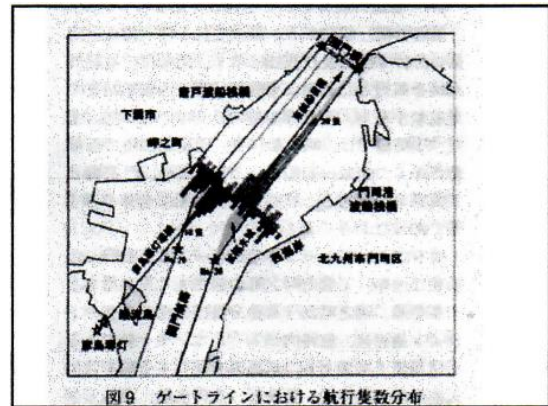
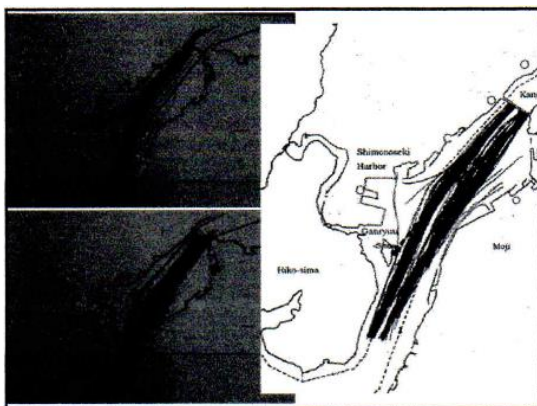


図4 航路迂回と彦島導灯導航

平成15年4月に関門航路の変更が行われた



この提案に対して、業界でいろいろ検討いただき、平成15年4月に航路を変更して頂きました。1年後の平成16年3月に水産大学校と協力して、航路変更の効果を検査したところ、綺麗に分離できていることが確認できました。これは海上交通工学の仕事の最たる例です。

【航行安全のために】

海上交通工学とは

・目的

海上交通の効率運行と航行安全の確保

★航行安全の確保（事故減少が目的）

航路設計＝船舶交通流の整流
操船負担の軽減
航行援助施設の設置

事故調査＝事故原因の追求
事故原因を引起す要因を追求する

海上交通アセスメント

航行安全のために

・安全の3E

★Engineering(技術)

航海学、海上交通工学、造船学、・・・

★Education(教育)

訓練、免許、・・・

★Enforcement(管理)

航行管制、運航管理、・・・

少し時間が長くなってしまいましたが、海上交通工学の目的は海上交通の効率運航と航行安全の確保です。海上交通の安全のためには、安全の3E、

Engineering 技術、Education 教育、Enforcement 管理が重要です。技術は、現在で言えば航海学とか海上交通工学、造船学などで、例えば船体が原因で事故が起こっていれば、船体を変えましょうということであり、昭和 40 年代には、北太平洋で低気圧に巻込まれて船体が叩かれ、折れるというスラミングがありました。

2 番目の E は、教育であり訓練です。きちんと訓練を受け、技術を持った人には資格・免許を与えましょうと。

3 番目の E は管理です。航行管制、運航管理、航行管制は海上交通センターで行っていますけれど、運航管理は各会社でやっています。

衝突防止のために

- ・ **厳重な見張り**
見張りは航海術の基本。
自己に都合の良い判断をしない。
- ・ **機を逸しない動作**
まだ時間はある⇒
時間的余裕はあるが危険性の減少にはならない。
操船の意思をハッキリと見せる
- ・ **危険を知らせる援助装置**
ARPAレーダなどの採用。「ものは使しよう」

乗り揚げ防止のために

- ・ **常に正確な位置確認**
障害物との位置関係を把握する。
自己に都合の良い判断をしない。
- ・ **車線を引こう**
航路線を確認する。(避険線)
浮標がなくても航路線をイメージする。
- ・ **危険を知らせる援助装置**
航跡プロッタなどの採用。「ものは使しよう」

衝突防止のためには、厳重な見張りをし、機を逸しないで避航動作をきちんととって、操船の意思を相手にはっきり見せましょう。危険を知らせる援助装置、例えば ARPAレーダーはビビッと教えてくれる訳ですが、警報音がうるさいと捉えたらだめで、やはり使ってください。乗り揚げ防止のためにはやはり正しい船位をとってください。海に車線を引けませんが、ブイを一つ置けば、航海士はそこに線があることをイメージできます。ただし、ブイが航行の邪魔になることがあるので場所はよく考えてください。

危険を知らせる援助装置として航跡プロッターがありますが便利ですね。船の問題点は障害物が見えないことですが、GPSを使って、今ここを走っていると教えてくれ、危険個所に近づいていることが分かれば何とか対処できます。

事故と損害

```

    ・ 間接原因 ← 安全管理
      ↓
    ・ 直接原因 ← "
      ↓
    ・ 事故発生 ← 危機管理
      ↓
    ・ 損 害 ← "
  
```

安全への投資

```

    ・ 間接原因  なぜ居眠り?
      ↓
    ・ 直接原因  居眠り対策 ← 投資する
      ↓
    ・ 直接原因  居眠り運航
      ↓
    ・ 事故発生  乗り揚げ
      ↓
    ・ 損 害      事故処理の費用
                  ↓
                  油の流失
                  ↓
                  海上汚染、賠償問題
  
```

収入はないが、
処理費用・賠償費用を発生させない投資である

事故が発生した直接原因は何か、見張り不十分や居眠りなどの直接原因の究明は行政の仕事と思いますが、例えば居眠りしたら何故居眠りしたのかといった間接原因を求めるのが我々の仕事になります。

間接原因、直接原因で事故が起これば損害問題が発生します。例えば、居眠りで乗り揚げたら事故の処理費用や流出油の汚染問題が発生します。間接原因、直接原因に対する安全管理、事故と損害に対する危機管理となりますが、居眠り対策などの安全管理への投資が重要です。安全への投資をすると必ず見返りを欲しがりますが、安全の投資に見返りはありません。その代りに事故が減少します。事故減少という見返りを社会的に認めてもらうには、かなり説明しないといけません。収入はないが、処理費用や損害賠償費用を発生させないための投資です。居眠り事故、うっかり事故の対策もこのような観点で考えていただきたいと思います。

<p>居眠り対策は？ うっかり事故対策は？</p> <p>新幹線でも居眠り運転があった。 停車駅を通過してしまった。</p> <p>「居眠りは操船者の責任」ではあるが……</p> <ul style="list-style-type: none">・ 居眠りをした人を起こす方法を考案しましょう。	<p>海上交通事故の要因が</p> <p>「もし、航路にあるなら……」</p> <p>「もし、ヒューマンエラーであるなら……」</p>
---	--

最後に、もし事故の原因が航路にあるなら、事故が起こらない航路に変えられないか、もしヒューマンエラーがあるなら、ヒューマンエラーを何とか抑えるものにできないかというのが海上交通工学の目的となります。

【商船高等専門学校について】

これで講演は終わりですが、せっかく九州に来ましたので、少し高等専門学校のPRをさせてください。

高専というのは何々高等専門学校という意味で、全国に57校あります。山口県3校、福岡県3校、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島、沖縄にそれぞれ1校あり、佐賀県にはありません。高専は5年で一貫教育する高等教育機関ですが、実践的な技術者を養成するのが目的です。

大島商船高等専門学校は歴史があって、1897年（明治30年）の創立で、山口県立から国立に移管された後、商船高等専門学校となったのが1967年です。戦後、県立から国立に移管されたのは全国に5校ありましたがその一つです。

本校の商船学科は外航船舶の運航技術を教えていますが、船乗り希望者が少

なくて困っています。私が赴任したときの学生定員は 120 名だったのですが、現在は 40 名です。3 分の 1 です。それでも集まりません。何故かと言うと船の業界として PR が下手だと思っています。あまり外に向かって言えることではないのですが、人集めに困っています。大島商船が一番西にありますので、学生は九州出身が割と多いのです。現在は、福岡県が 64 名、長崎県 20 名、佐賀県 1 名、熊本県 14 名、大分県 8 名、鹿児島県 6 名です。しかし、最近は九州からの入学生も少なくなっています。もし皆さんの近くで船乗りになりたいという生徒さんがおられたら、山口県には大島商船高専が、広島県には広島商船高専、愛媛県には弓削商船高専があると勧めていただき、商船高等専門学校を助けてください。

ご清聴ありがとうございました。

(以上講演要旨を掲載)