

アメリカの大学で研究と講義を続けて 40 年

江田 治三



図1 ハドソン河の対岸にニューヨークを遠望，西岸にスティーブンス工科大学の対岸ダウンタウンに高く聳えているのが世界貿易センター



図2 海沿いのキングスポイントにある国立商船大学
左がフルトンホール，私の部屋は3階

1. 船舶技術研究所からスティーブンス工科大学と国立商船大学へ

東京の西郊，深大寺の北の辺り，武蔵野の雑木林に囲まれて広々とした船舶技術研究所があります。大学を卒業してすぐここに入所し，優秀でしかも人情味の深い上司や同僚に恵まれて，10年足らず船の操縦運動の研究に励んでいました。

1961年9月，上司，同僚，友人たちに見送られて羽田空港から，フルブライトがチャーターした日航ジェット機DC8に乗って米国に旅立ちました。英文学者中野好夫を団長とする一行はアメリカを一年間訪問する学者，研究者，大学院学生たち300

人ばかりです。フルブライト交換研究員の私たちは，大学の先生たちと一緒にファーストクラスの席でした。途中アラスカで給油し，シアトルに着いて，ワシントン大学に1週間滞在の後，一行はこの機会にアメリカをよく見ようと，シアトルから大陸横断列車に乗りました。小机やトイレの付いた個室席に乗って快適な3日間の旅を続け，東海岸の目的地ホボケンに到着したのが，3時間遅れて午後9時。駅には波浪中の船舶運動の実験研究者としてよく知られた日系2世，エドワード沼田さんがお出迎えて，訪問先のスティーブンス工科大学に案内されました。翌朝，大学のデビッドソン研究所に出勤。以前に船研で操縦性の論文をいくつか書いていたからでしょうか，その時丁度

始まろうとしていた船舶操縦性運動の長期計画研究プロジェクトを担当させられることになり、早速仕事にとりかかりました。さて光陰矢の如く過ぎ去り、その時から数えて今年丁度 40 周年になります。

ニューヨーク市の西を悠々と流れるハドソン河、その西岸に沿ってホボケン市の丘の辺りは、ステューブンス家の邸宅（キャッスル）が建っていたのでキャッスル岬と呼ばれ、対岸にニューヨークが夜目遠目で美しく遠望できる風光明媚の土地です。150 年ばかり前、ここに創立された大学が、東部の工科系名門校として知られるステューブンス工科大学です。大学構内西端にハドソン街に沿ってデビッドソン研究所があります。この研究所には模型船を使用して船の運動を実験する水槽があり、斬新で創意にみちた船の波浪中の運動や操縦性の研究が行われていました。

ヨーロッパや日本から優れた先生や研究者たちが次々と訪問滞在され、研究に参加されました。日本からの方々を時の順に挙げると、越智（和夫）、山内（保文）、井上（正祐）、元良、塩入、丸尾、田中（一朗）、原（潔）、平野、三好、小松、日根野、小瀬などの先生たちです。

今年イチロー選手が日本からアメリカのメジャーリーグに来てまもなく、日米の環境や言葉の違いにもかかわらず、打って、走って、盗んで、守ってと、縦横上下に大活躍し、MVP（Most Valuable Player）として輝き、日本人もアメリカ人も揃って大喝采を送りました。上に掲げた先生達（イチロー先生もいます）もイチローのように、こちらでの研究に溶け込んで活躍されたことでした。

2. アメリカ杯ヨットレース

150 年前に遡って、この大学が創立される少し前の頃のことです。ステューブンス邸の敷地内ハドソン河沿いに、格式高いニューヨークヨットクラブがあり、会長はジョン ステューブンスでした。当時、大きな帆船が数多くヨーロッパからニューヨークにやって来ました。パイロットは高速のボートで遠く港外に出て、ヨーロッパからの帆船を迎え、水先案内して港内に導きます。高収入の水先案内のビジネスを獲得するには高速のパイロットボートが必要となります。こうしたビジネスの需要に迫られて設計されたニューヨークのパイロットボートは、船型や帆の改良が進んでいて、高速性が優れていました。ジョン ステューブンス

はニューヨーククラブのヨットを新造するに際して、高速パイロットボートの長所をふんだんに採用して完成し、この新艇をアメリカ号と命名しました。

この艇にヨットクラブの会員たちと乗り組んで、21 日で大西洋を横断し英国に着いたのが 1851 年 6 月のことです。その頃、世界博の一環として、8 月 22 日、ビクトリア女王が観戦するヨットレースが開催されました。アメリカ号はこのレースに参加して 2 番艇が見えないほどの差で大勝し、優勝杯を獲得してニューヨークヨットクラブに持ち帰りました。これがアメリカ杯と呼ばれて、数あるヨットレースの中で一番有名なアメリカ杯レースの始まりとなりました。この時から 1983 年まで 132 年間、米国は英国その他の挑戦を斥けて勝ち続けました。現在の時点ではニュージーランドがアメリカ杯を 2 回続けて勝ち取っています。

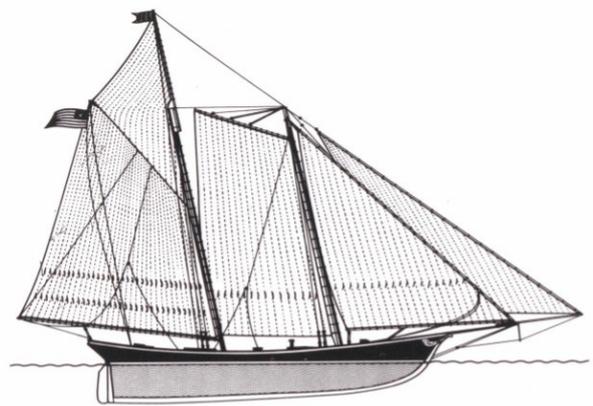


図 3 アメリカ号

3. 船舶の大型化と操縦性能

さて 1961 年わたしがやってきた当時のデビッドソン研究所では、波浪中の運動の研究やプロペラの研究などが主流でした。船の操縦性を担当した私と、若くてハンサムなリンカン クレーンの二人は、幸いにも重要度の高い研究テーマに次々と出会って研究に没頭しました。

ご承知のように、船は大型になるほど、原理的に輸送能率が大幅に良くなります。したがって、当時、世界中、とくに日本で建造されたタンカーは、大きさの記録を次々と更新しながら、30 万トン（ユニバースアイランド）、40 万トン（エッソージャパン、エッソトーキョウ）そしてウルトラ大型 50 万トン（エッソーアトランティック、エッソ

ーパシフィック)と、急速に大型化していました。大量の原油を安全に運ぶために、大型タンカーの操縦性能が脚光を浴びてきました。この時点で日本の大手2, 3の造船所では30メートルのタンカー模型船を建造し、静かな湾内で操縦性の自由航走実験を行っています。

私とリンカンの二人は10数隻のシリーズ模型船型を系統的に変えて拘束実験し流体力を測定し、船型によって操縦運動の予測シミュレーションができるようになりました(1965年米国造船学会論文集)。ところが5年間一緒に研究してきたクレーンが、多数の大型タンカーを運用するエッソー社に引き抜かれました。しかしエッソー社は大学から近くて、数多くの共同研究の機会に恵まれることとなります。

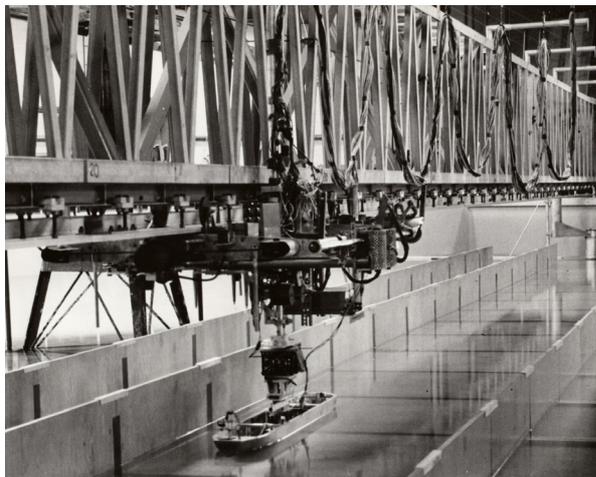
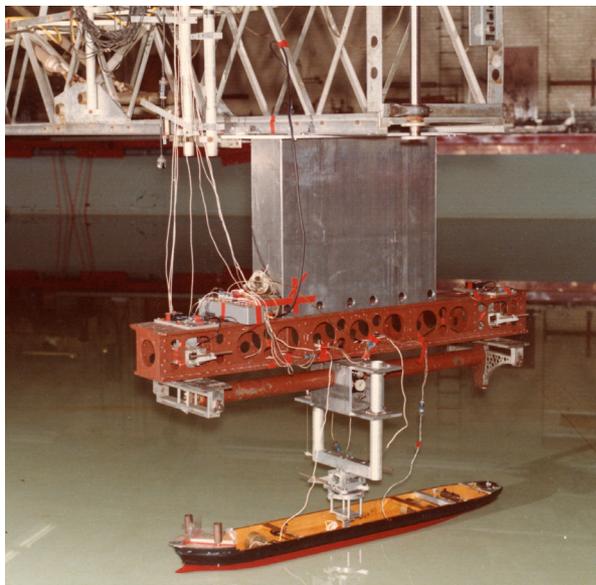


図4 25万トンタンカー模型の浅水中と制限水路中の実験

4. 浅水影響

船の大型化につれて、相対的にいえば、水路や港の水深が浅くなってしまいました。船は深水中と浅水中で操縦性能が大きく変化しますが今まであまり良く解明されていませんでした。船の交通が輻輳する水路や港では水深が浅いので、安全航行のために浅水が操縦性に及ぼす影響の解明が重要になってきました。そこで系統模型船を使用して前に行ったのと同様の実験を浅水状態でも詳しく行い、1970年代には浅水中の船の操縦運動が精度よく予測できるようになりました。

5. 狭水路影響

1968年のことです。パナマ運河が1914年8月15日に開通されてから半世紀経って交通量が激増してきたから、新しく大きな運河をもう一つ建設しようという壮大な計画が生まれて、大統領直轄の準備計画委員会が大掛かりな調査を始めました。これは

Atlantic-Pacific-Interoceanic-Canal-Study

-Commission(大西洋-太平洋-運河研究委員会)と呼ばれ、25万トンのタンカーが安全に2方向交通出来る水路を建設しようという計画です。運河を建設する地理的位置、建設方法など数多くの課題の中で、水路の設計寸法をシミュレーション解析により合理的に追求することがスティーブンス大学の担当となりました。

以前に私たちの研究で使用した25万トンタンカー模型を使用し(いまでも大事に大学の私の部屋に保存して講義の時に使用する)、運河模型の寸法を変えながら運河中を船が航走する実験を行いました。また、パナマ運河に出かけてゲイラードカットと呼ばれる10マイルの長さの狭水路を航行する船に乗って実船の状況を観察してきました。これらの結果を計算機で解析して、運河の中を通過するタンカーの運動を計算機でシミュレーションすることができるようになりました(1971年の米国造船学会論文集)。このようなシミュレーションを一方交通と2方交通の場合に繰り返し行って、最終的に運河の寸法決定に至りました。この壮大な新運河計画は実現しませんでした。この機会に狭水路を走る船の運動シミュレーション手法が大きく進みました。

6. 月着陸とシミュレーター訓練

1969年7月20日午後9時56分(米国ヒューストン時間)二人の宇宙士、ニールアームストロン

グ船長とエドウィン オルドリン飛行士の搭乗したアポロ 11 号の月着陸船イーグル号が月面の「静かな海」の西南端の地点に軟着陸という偉業を達成しました。なにしろこの時が人類最初の月着陸ですから、月に行く前に着陸訓練をするにしても、経験のある教官がない。このような場合、計算機を使用したシミュレーターがその威力を発揮します。この目的に向かって、ニューヨークのグラマンや GE といった会社で、月着陸船シミュレー



図 5 人類が始めて月から見た地球

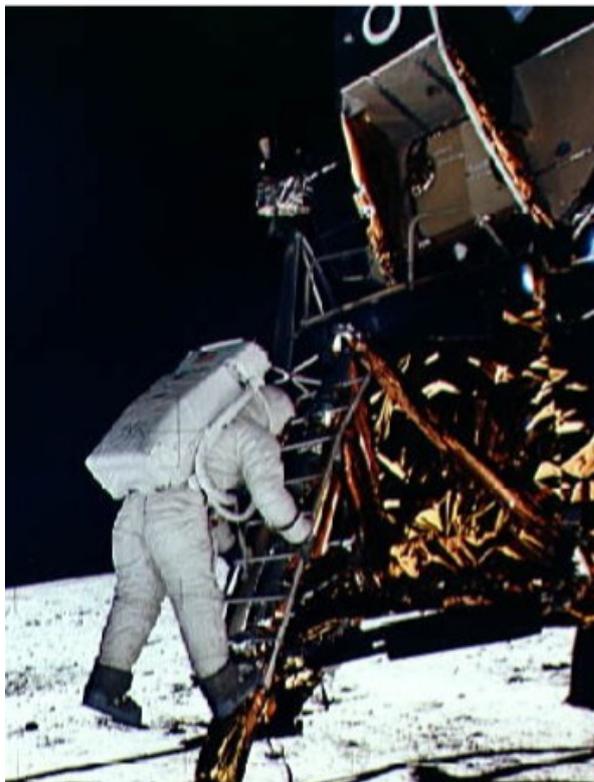


図 6 人類月に立つ

ター装置の研究開発と建設が活発に行われ、これを契機に、シミュレーション訓練装置が飛躍的進歩を遂げました。

その頃、ワシントンで立派な口髭をもつ一人の公務員が航空宇宙の分野から、船舶管理庁の研究部門に転任してきました。彼は船舶の分野に航空宇宙の新風を吹き込もうとします。航空宇宙で開発されたシミュレーションの技術を活用して、高度の操船シミュレーターを完成し、ニューヨーク、ロングアイランドの北海岸キングスポイントにある国立商船大学構内に建設することを計画します。ここは、かつて、クライスラー社のクライスラー家の邸宅だった海沿いの美しいキャンパスです。

7. CAORF 操船シミュレーター

当時は計算機も非常に高価で、この操船シミュレーター建設のための予算が 1,500 万ドル。スペリー、リンク、IBM などが数社、競争入札に参加しました。分厚い入札書を準備してゆく段階で、船の操縦運動の計算をする人が必要になってきました。探し出している過程で、船の操縦性研究を活発に行っている論文を数多く発表している一人の男が浮かんできました。スティーブンス工科大学の Dr. Eda です。こうして競争入札の時点で私の履歴書が 2, 3 社の入札書に入っていました。最終的に、スペリーがプロジェクトを獲得し、1970 年、シミュレーターの研究開発、設計、建設が始まりました。そこで、私のスペリー社に対するコンサルタントが 1970 年にはじまりました。

6 年の歳月をかけて、この操船シミュレーターが 1976 年 1 月に完成し CAORF (Computer-Aided-Operations-Research-Facility) と呼ばれることになりました。1976 年の時点では、CAORF は世界で最先端の操船シミュレーターでした。私は船舶運動制御の計算法と関連データの担当コンサルタントとしてこのプロジェクトの最初から長期にわたり参加してきました。操船シミュレーターは高忠実度で実船と同様に動作する必要があります。このためには、それまでに積み重ねてきた船の操縦性のデータを十分に反映させながら、各種の船の性能(船の種類、主要寸法、重量、主要機関要目、プロペラ、舵)と環境状態(風、潮流、水深、水路幅)から高忠実度シミュレーションモデルを完成させる必要があります、この辺りが私の担当の仕事です。

最初出来上がった港のシミュレーションモデルはニューヨーク港です。これはベラザノ海峡大橋か

ら入港してきて、自由の女神、マンハッタンのスカイスクレーパー、キルバンカル狭水路を通過して、ポートエリザベスに至る広範囲で複雑な港の模型でした。こうして、ニューヨーク出入港の操船が浅水影響、狭水路影響を含めて高忠実度でシミュレーションできるようになりました。

船橋からの眺望が計算機で計算されて映写幕に写り、船が進んでゆく状況が刻々に映写されます。船橋からの眺望は水面からの高さで変化するので、シミュレーションを始める前に船橋高さがたとえば60フィートと入力するわけです。完成して初期の頃ですが、ここで船橋高さを仮に2,000フィートと入力すると、ベラザノ海峡大橋の下を通らないで上を飛び越え、あたかも飛行機でニューヨーク港の上を飛んでいる状態が映写幕に写ったのを覚えていました。丁度4半世紀前のことです。

CAORFの施設は完成以来、商船大学学生、船員、パイロットの操船訓練に使用されてきましたが、これに加えて、港、水路や運河の設計、安全航行の研究プロジェクトが数多く行われてきました。



図7 CAORF シミュレーターと制御室

8. パナマ運河改良計画

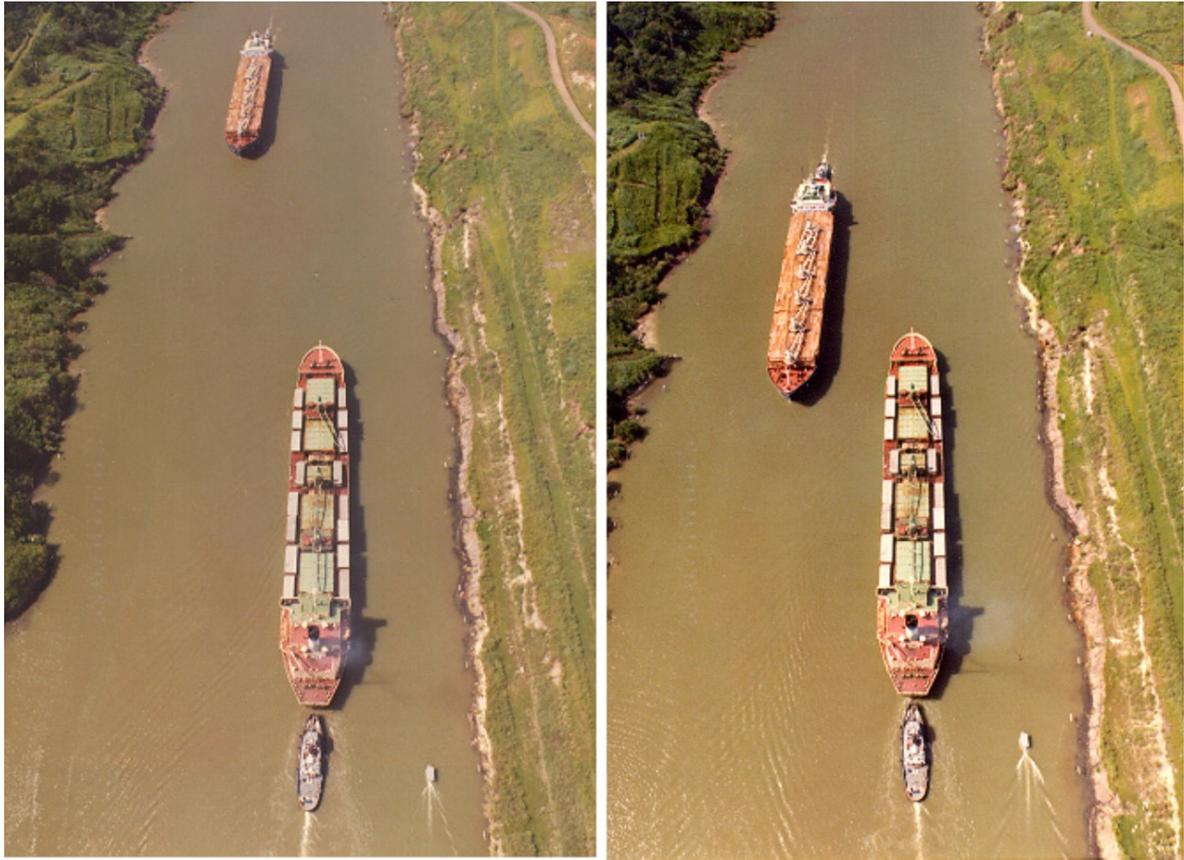
近年の統計によれば、国別でいって日本はパナマ運河の最大使用者の一人で、パナマ運河を通して米国東海岸と直結してきました。パナマ運河は、いわば、日米の掛け橋ともいえます。そこで、キングポイントのCAORF操船シミュレーターで行われた数多くの興味深い研究の中から、パナマ

運河に関連したものを採りあげてみます。

パナマ運河は開通以来当年88才になります。パナマ地峡は約50マイルの狭さですが、ロッキー山脈の岩山の続きなので、運河の掘削に難渋が予想されたので、掘削量を削減するためにロック式が採用されました。パナマ地峡で氾濫するシャグレス川をせき止めて造った世界最大の人口湖ガツン湖は船の通過に使用できます。その水面は海面より約90フィート高いので、これを30フィートづつ3段に分けたロックに船を入れて、30フィートづつ船を上げてゆき、ガツン湖を通過した後、また30フィートづつ下げて海面の高さに戻る作業を行います。1隻に船がロックを通過する時、数万トンの水量が船とともに海に流出します。幸い当地は雨季に雨量が多いので、ガツン湖には充分の水量が貯水できます。

90余年前に設計されたロックは幅100フィート、長さが1,000フィート、通過できる船の最大幅は106フィートで、この最大幅をもつ船をパナマックス船と呼びます。このパナマックス船がロックを通過する時は、船の両側に2フィートの隙間しかありません。数台の牽引車が引っ張るだけではとても力が足らず、本船の大きなプロペラ（パナマックス級で直径約20フィート）も大奮闘して、船はゆっくり前進する。ロックのゲートは高さ50フィートで、この大きなゲートの両側の水位が同じになると、船を移動させるために静々と開閉します。90余年前、設計された制御方法で、いまもきちんと作動しています。パナマ運河は複雑なロック式運河にも係らず、開通以来、平時も戦時も一日も休まず、大事故もなく運行を続けてきました。88才の運河のこの運行記録は、それよりずっと新しく完成された新幹線の開通以来の運行記録に匹敵することができます。

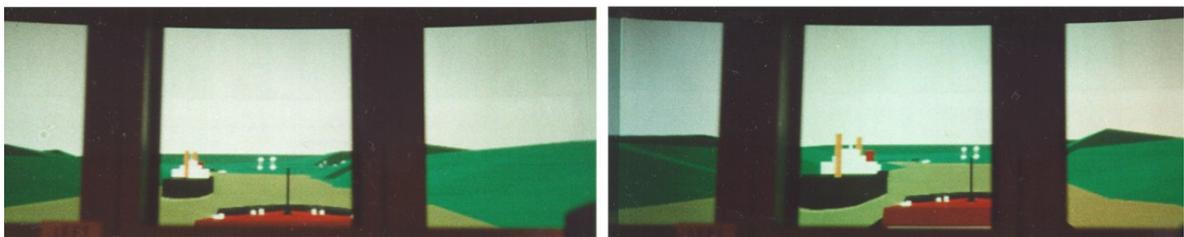
近年、運河の交通量が増えてきて、渋滞を起こすようになりました。というのは、長さ10マイル、巾が約500フィートと狭いゲイラード水路では、パナマックス船の場合は安全航行のために一方交通にするので、これも交通渋滞の原因になります。そこで、この狭水路の巾を広げて大きなパナマックス船も2方交通できるように、パナマ運河改良計画が実現されることになりました。さて先立つものは予算。パナマ運河の通行料はパナマトン数で決まり、たとえばパナマックス船で約数万ドル支払います。交通量によりますが、年間にして約500ミリオンドルほどになり、これをワシントンの



Ship Trials in Gaillard Cut, Panama Canal
Consecutively Photographed from a Helicopter



View From a Ship Navigation Bridge During Ship Trials



Computer-Generated Perspective-Views on a Screen
During Simulation Runs at CAORF Facility, Kings Point , New York

図 8 パナマ運河ゲイラード水路における実船試験とシミュレーション実験

財務省に収めます。パナマ運河が 2000 年に返還される前のことです。パナマ運河局が働きかけて、そのうちの 100 万ドルを、交通省に属する商船大学操船シミュレーターCAORF におけるパナマ運河改良計画の研究費とすることになりました。こうして 1983 年、パナマ運河改良計画のシミュレーション解析研究が CAORF で開始されました。

まずパナマックス船模型を使用し、深水中、そして 2 方交通も含めて狭水路中の拘束模型実験を行い、船体にかかる流体力を計測しました。

1986 年、パナマ運河へ実船試験に出かけました。狭いゲイラード水路で 2 方交通の実船試験の状況が、図 8 に示されています。私は本船の船橋にいます。2 船が出会いの状況をヘリコプターが刻々に撮影した写真と、同時に私が船橋から撮影した写真が示されています。当時は GPS を使用しないで、本船から電波を送り、水路に沿って数箇所まで反射させ、反射波を受信して、本船の位置を誤差 1 フットの精度で測定しました。

模型試験、実船試験の結果からシミュレーション模型を完成し、パナマ運河パイロットがキングスポイントの CAORF に来て、シミュレーション模型ゲイラード水路の中を運航しました。映写幕の映像を私が撮影した写真が図 8 の下部に示されています。このようなリアルタイムのシミュレーション実験は時間がかかるので、これと平行して、ファストタイムシミュレーションも行いました。

こうして完成した報告書にはゲイラード水路の拡張設計が推薦されました。

1990 年代に入り、米国、パナマ、日本の 3 国共同出資で、2020 年以降のパナマ運河代替計画と呼ばれる調査が行なわれました。これに参加して、1993 年にパナマ運河へ出かけた時は丁度、CAORF 報告書に沿って、掘削が行なわれていました。ここで参加する機会に恵まれた 3 大パナマ運河研究計画をまとめて列挙すると次のようになります。

1969 年、大西洋-太平洋-運河研究計画

1983 年、パナマ運河改良計画

1993 年、パナマ運河代替計画

さて米国商船大学で講義を続けながら、人気教授の一人として若い学生たちと共に学ぶことを楽しんでいましたので、これについて書き始めようとしたのですが、紙数が尽きたので、次の機会に譲ります。

著者プロフィール

江田 治三

最終学歴：

大阪大学工学部造船学科
1952 年 船舶技術研究所入所
1961 年 スティーブンス工科大学客員研究員
1964 年 スティーブンス工科大学勤務
1989 年 スティーブンス工科大学退職
1989 年 米国立商船大学勤務
現在に至る

