

運輸省港湾技術研究所

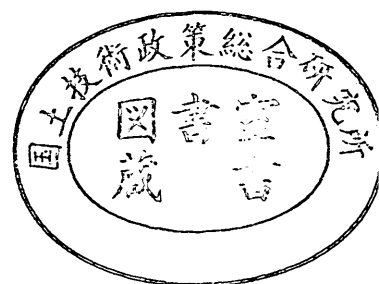
港湾技術研究所 報告

REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE

MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 35 NO. 3 Sep. 1996

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第35巻 第3号 (Vol.35, No. 3), 1996年9月 (Sep. 1996)

目 次 (CONTENTS)

1. 港湾で観測された長周期波の特性
..... 平石哲也・田所篤博・藤咲秀可 1
Characteristics of Long Period Wave Observed in Port
(Tetsuya HIRAISHI, Atsuhiro TADOKORO, Hideyoshi FUJISAKU)

2. TSLに対応した水域施設の計画手及び入港支援システム
..... 高橋宏直・早藤能伸・酒井浩二・森満賢治・中本 隆・木阪恒彦 37
Study on Water Area Facilities Standrd and Support System of Entering
a Port for Techno Super Liner
(Hironao TAKAHASHI, Yoshinobu HAYAFUJI, Koji SAKAI, Kenji MORIMITSU
Takashi NAKAMOTO, Tsunehiko, KISAKA)

3. PTK/OTF GPSによるTSL着岸システム
..... 高橋宏直・早藤能伸・酒井浩二・森満賢治・中本 隆・木阪恒彦
井潤健二・山下武広・井隼哲郎・宗円清明 73
Study on Sopport System of Berthing for Techno Super Liner
by RTK/OTF GPS
(Hironao TAKAHASHI, Yoshinobu HAYAFUJI, Koji SAKAI, Kenji MORIMITSU
Takashi NAKAMOTO, Tsunehiko KISAKA, Kenji ITANI, Takehiro YAMASHITA
Tetsuro IHAYA, Kiyooki SOEN)

2. TSLに対応した水域施設の計画手法 及び入港支援システム

高橋宏直*
早藤能伸**
酒井浩二***
森満賢治****
中本隆*****
木阪恒彦*****

要 旨

テクノスーパーライナー（以下 TSL）に代表される大型高速貨物船に関する技術は近年著しく進展し、船長約70mの実験船「飛翔」（TSL-Aタイプ）による実海域実験も進められている。この大型高速貨物船の実用化の課題の一つとして、昼間はもちろん夜間・荒天時においても安全かつ安定的な入港による定時性の確保が挙げられる。この観点に立ち、TSLの基地港としての要件を考えると次の2点が挙げられる。

第1点は、大型高速貨物船に対応した航路幅員、回頭に必要な泊地面積などの水域施設を、どのように計画したらよいかということである。

第2点は、一日24時間のどの時点でも、また、どのような気象条件でも、ある一定の時間以内での入港を可能とするための支援システムは何かということである。

このため、本研究では、第1点の課題に対して、TSL対応の操船シミュレータ実験及びTSL技術組合が「飛翔」により行った実海域実験の結果からTSLの入港特性を分析し、TSLに対応した水域施設の計画手法を提案する。次に、第2点の課題に対しては、TSLに対応した具体的な入港支援システムとしてリーディングライト及びレーマークビーコンを想定し、シミュレータ実験によりその有効性を評価した。

なお、本研究は平成3年度から7年度までの5カ年に実施された運輸技術研究開発調査「近年における交通環境の変化に対応した総合的な安全対策の確立に関する研究－高速海上交通システムの確立に関する研究」のうちシステム研究室で行った研究の成果をとりまとめたものである。

キーワード：TSL、水域施設、入港支援システム、リーディングライト、レーマークビーコン

-
- | | |
|----------------|----------------------------|
| * 計画設計基準部 | システム研究室長 |
| ** 前 計画設計基準部 | 主任研究官（現 港湾空間高度化センター） |
| *** 前 計画設計基準部 | システム研究室（現 港湾局 環境整備課） |
| **** 前 計画設計基準部 | システム研究室（現 計画設計基準部 設計技術研究室） |
| ***** 計画設計基準部 | システム研究室 |
| ***** 計画設計基準部 | 部長 |

STUDY ON WATER AREA FACILITIES STANDARD AND SUPPORT SYSTEM OF ENTERING A PORT FOR TECHNO SUPER LINER

Hironao	TAKAHASHI*
Yoshinobu	HAYAFUJI**
Koji	SAKAI***
Kenji	MORIMITSU***
Takashi	NAKAMOTO****
Tsunehiko	KISAKA*****

Synopsis

The Techno Super Liner(TSL) developed in JAPAN already reached the practical stage of operation beyond the experimental stage. To achieve efficient navigation making use of this TSL, it is required to save time for entry or departure as much as possible, especially entry. From this point of view, there are two problems in base port for TSL.

One is how to set up water facilities to prevent obstructing their high speed, especially the width of channel for entry and the anchorage area required for turning the head. In this study, we constructed a virtual reality system by which operation of TSL can be experienced using Graphics Work Station and five displays of 70-inch screen. Based on results of maneuvering simulation carried out by a person who has experienced a captain of the experimental ship 'HISHOU', the conditions including the width of channel were examined. By analyzing the results of simulator experiments and comparing those with the record of 'HISHOU' The other is what kind of support system is required to enable entry within a fixed time of a day and under any weather conditions. In this study, we adopted the Leading Lights and the Ramark Beacon as the support system for the TSL to enter a port safely on time. Using the maneuvering simulator, the TSL was maneuvered to enter a port with/without support systems. Based this results, the effectiveness of these support systems veified.

Key Words : Techno Super Liner, Water Area Facilities,
Support System of Entering a Port, Lesding Light, Ramark Beacon

* Chief, Systems Laboratory, Planning and Design Standard Division

** Senior Research Engineer, Planning and Design Standard Division
(Waterfront Vitalization and Enviornment Research Center at present)

*** Member of Systems Laboratory, Planning and Design Standard Division
(Marine Enviornment Division, Port Bureau at present)

**** Member of Systems Laboratory, Planning and Design Standard Division

***** Director, Planning and Design Standard Division

目 次

要 旨	39
1. まえがき	43
2. 操船シミュレータの概要	43
2.1 操船シミュレータの構成	43
2.2 画像表示に関する特徴	44
3. 操船シミュレータ予備実験の概要	46
3.1 被験者検討のための予備実験	46
3.2 実験環境及び実験ケース設定のための予備実験	47
4. 操船シミュレータ実験の実験環境及び実験条件	53
4.1 船舶運動モデル	53
4.2 実験条件	54
4.3 実験ケース	59
5. 操船シミュレータ実験の結果	60
6. 操船シミュレータ実験と実海域操船との比較	66
6.1 実海域操船結果の概要	66
6.2 実海域操船結果と操船シミュレータ実験結果との比較	66
7. 水域施設計画手法の提案	68
7.1 基本的な考え方	66
7.2 船まわしに必要な泊地面積	66
7.3 航路・泊地水深	67
7.3 技術基準の適用部分	67
8. 入港支援システムに対する評価	69
8.1 リーディングライトの有効性に対する評価	67
8.1 レーマークビーコンの有効性に対する評価	67
9. あとがき	69

1. まえがき

テクノスーパーライナー（以下 TSL）に代表される大型高速貨物船に関する技術は近年著しく進展し、船長約70mの実験船「飛翔」（TSL-Aタイプ）による実海域実験も進められている。この大型高速貨物船の実用化の課題の一つとして、昼間はもちろん夜間・荒天時においても安全かつ安定的な入港による定時性の確保が挙げられる。この観点に立ち、TSLの基地港としての要件を考えると次の2つの課題が考えられる。

第1点は、大型高速貨物船に対応した航路幅員、回頭に必要な泊地面積などの水域施設を、どのように計画したらよいかということである。

第2点は、一日24時間のどの時点でも、また、どのような気象条件でも、ある一定の時間以内での入港を可能とするための支援システムは何かということである。

このため、本研究では、第1点の課題に対して、操船シミュレータ実験及びTSL技術組合が「飛翔」により行った実海域操船結果からTSLの入港特性を分析し、TSLに対応した水域施設の計画手法を提案する。次に、第2点の課題に対しては、TSLに対応した具体的な入港支援システムとしてリーディングライト及びレーマークビーコンを想定し、これもシミュレータ実験によりその有効性を評価した。

なお、本研究においては、TSL-Aタイプ（空気圧式複合支持船型）についてのみ検討をしており、TSL-Fタイプ（揚力式複合支持船型）に関しての検討は実施していない。また、TSL-Aの概要を参考資料に示した。

2. 操船シミュレータの概要

2.1 操船シミュレータの構成

港湾技術研究所の操船シミュレータは、図-1に示すように、①システム統括部、②操作部、③タグボート部、④計器表示部、⑤運動計算部、⑥画像計算部、⑦視覚部、⑧データ解析部の8部から構成されている。以下にそれぞれの概要を示す。

- ①システム統括部：操船シミュレータ全体が整然と機能するため、パソコンにより全体をコントロールする。
- ②操作部：舵輪と主機回転数を制御するためのハンドルとレバーを持つ。なお、2軸のエンジンに対応できるように左右独立したエンジンレバーを有するとともに、スラスタに対応したジョイスティックも有している。（今回の実験では、このジョイスティックは、用いていない。）

- ③タグボート部：本船からの指示によるタグボートの設定量をシステム統括部に転送する。
- ④計器表示部：各種航海計器をCRT画面に表示するもので、1台はレーダー専用画面とし、もう1台には、主機回転数、船速、方位等を表示する。（図-2）
- ⑤運動計算部：システム統括部より転送された操船設定データ（舵角、主機回転数、タグ力等）と自然条件、データ（風、波、潮流等）から本船の運動計算を行う。その結果の位置座標、針路等を計器表示部に出力するとともに、画像計算部にデータ転送する。
- ⑥画像計算部：実験海域の3次元情報をデータベースとして保存しており、運動計算結果の本船位置情報から、ブリッジから見える画像をリアルタイムで計算し表示する。ハードウェアとしては、シリコングラフィックス社製のONYX RE2を用いている。
- ⑦視覚部：ブリッジから見える船前方の景観を、70インチスクリーン5画面の大型スクリーンに映し出す。画像投影は、3管式のプロジェクターにより背面から投影する方式による。
- ⑧データ解析部：実験結果としての航跡図、操作量や船舶運動の時系列等の出力を行う。

2.2 画像表示に関する特徴

シミュレータとしての必要条件として、環境条件の設定による画像表示について高い自由度が求められるが、本システムでは次のような特徴を有している。

- ①ブリッジ画像のスクリーン表示：設定した船舶へ対応するため、ブリッジの模型をスクリーンの前面に構築するのではなく、スクリーン上にブリッジ映像を表示する。（写真-1）
- ②波浪状況の表示：入港操船において、減速しても波浪条件を視覚情報として船長に与えるため、海面の上下変動による波浪表示が行える。（写真-1）
- ③環境条件：明るさの変化により、朝方、昼間、夕方、夜間の一日の中での時間帯を自由に設定することができる。また、霧の濃度により視程距離を自由に設定することができる。なお、実験中での変化も可能である。
- ④音響条件：自船、他船の汽笛音の発生および自船のエンジン音の発生を設定することができる。特に、自船のエンジン音は、主機回転数と同調させるとともに、オン・クッション状態とオフ・クッション状態との違いにより音質が変化するように設定した。

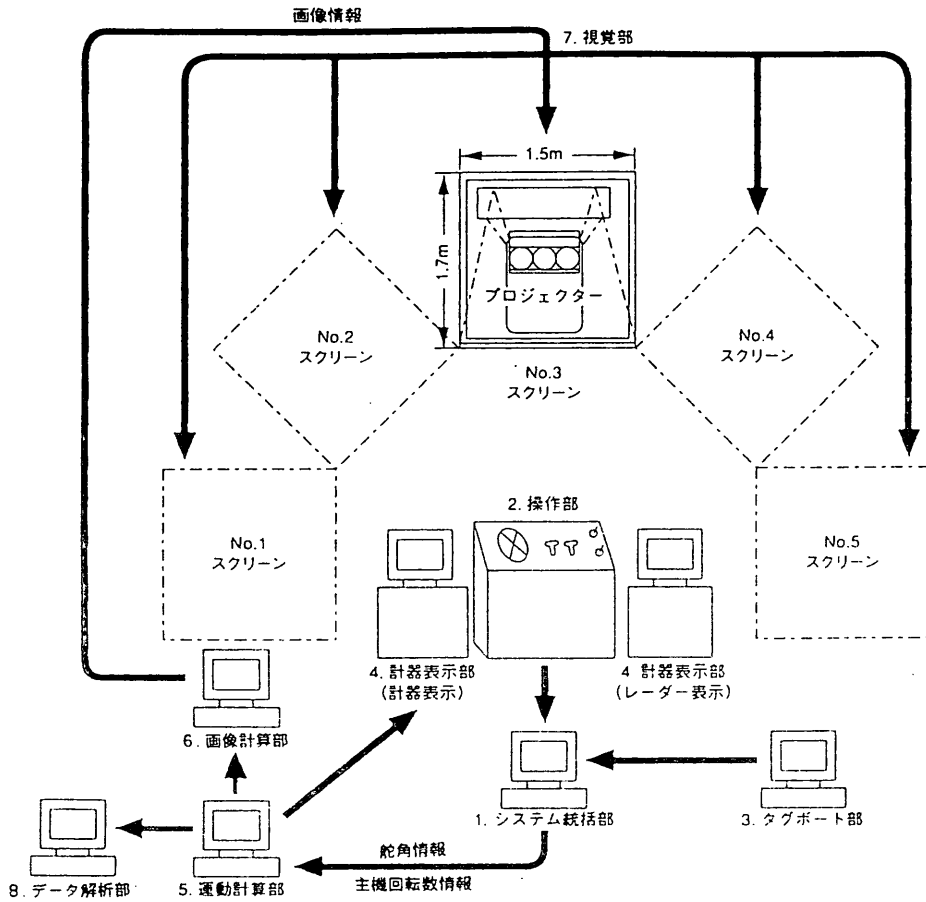


図-1 操船シミュレータの構成

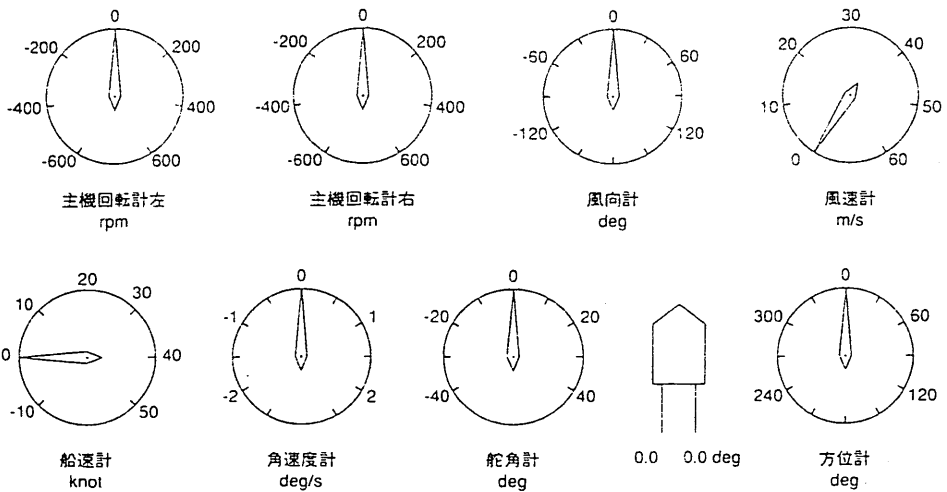


図-2 計器表示部の表示状況



写真-1 操船シミュレータにおける画像

3. 操船シミュレータ予備実験の概要

操船シミュレータの本実験に先立ち、次の2種類の予備実験を実施した。

3.1 被験者検討のための予備実験

TSL-Aタイプは、今までにない船型であるとともに、50ノットという高速航行を行う。このため、被験者は限定されると判断し、被験者の選定を主眼とし、また、結果の一部については最終的に活用することを目的とした予備実験を以下のとおり実施した。

- ・実験日 平成6年3月1～18日の間の10日間
- ・被験者 パイロット、大貨物船船長、中型貨物船一等航海士、大型フェリー船長の各々2名の合計8名
- ・実験ケース 要素実験
 - ①港口部の直線航路の入港
 - ②港内の屈曲航路の変針
 - ③着棧
 - ④離棧連続実験
 - ①入港（港外～着棧）
 - ②出港（離棧～港外）

この実験の結果については詳細な分析を行ったものの、この数カ月後に就航した実海域実験船「飛翔」の操船特性とこのシミュレータ実験が大きく異なることが明らかになった。最も顕著であったのが、今回の8名の被験者はオン・クッションで着棧を行ったが、実際にはオフ・クッションでしか着棧しないことである。

このため、被験者としては、「飛翔」の船長経験者とするを絶対条件とした。

3.2 実験環境及び実験ケース設定のための予備実験

平成6年度の「飛翔」の実験航海が一段落した後、TSL技術組合に依頼し、「飛翔」船長経験者（この時点では2名のみ）の御一人に、実験環境の確認及び実験ケース設定について評価して頂くための予備実験を以下のとおり実施した。

- ・実験日 平成7年2月2日
- ・被験者 「飛翔」船長経験者 1名
- ・実験目的 ①運動モデルの評価
 - ②操舵装置等操船実験環境の評価
 - ③実験条件、実験ケースの評価
 - ④モデル港への入港実験

実験後、被験者とのディスカッション及び実験結果とを踏まえ、以下の点が明確になった。

- ①今回の運動モデルに基づく操船性能は「飛翔」と比較して概ね妥当である。
- ②着栈のための「飛翔」の操舵装置は特殊であるため、実験は着栈操船をする直前までしか対象とならない。
- ③オフ・クッション地点は、防波堤より沖側で行われ、港内において高速航行は行われない。
- ④実験の初期位置は、外洋の高速航行状態をある程度継続することが可能な沖合いに設定することが必要である。
- ⑤TSL-Aの操船は特殊であり、操船の個人差が大きくなることから、被験者は複数とすることが必要である。

以上の2段階の予備実験の結果をふまえ本実験を設定した。

4. 操船シミュレータ実験の実験環境及び実験条件

4.1 船舶運動モデル

本研究では、沿岸域、特に入出港における操船の評価を行うため、船舶運動モデルとして流体力モデルを採用している。具体的には、TSL技術組合により構築されたTSL-Aタイプ開発目標船（船長127m、貨物積載重量1000トン）の流体力モデルを用いた。特に、TSL-Aタイプの特徴である、オン・クッション状態とオフ・クッション状態の両状態のモデルを有しているとともに、それらの間の連続的な切り替えも可能とした。

4.2 実験条件

- ①港湾形状：港湾形状の設定のために、実験対象となる港湾の要件を次に整理する。
 - a. 外洋に直接面していること。
 - b. 将来においてTSLの基地港となることが想定されること。
 - c. 複数港に形状が類似していること。
 この要件に従い、新潟西港及び苫小牧西港の形状をベースにし、図-3のような形状を設定した。なお、この図で示す支援システムについては、後で説明する。
- ②水域施設：予備実験の結果から、港内の水域施設を高速航行しないことが明らかになったため、「港湾の施設の技術上の基準」に基づき、航路幅はTSLの船長の2倍に相当する250mとし、また、航路を明示するブイは海上に2基設置した。
- ③初期位置・実験終了位置：初期条件としては、オフ・クッション地点を明確に把握するため、外洋を高速航行している状態とした。具体的な初期位置は沖合い10マイル、船速を50ノットに設定し、当初の針路方向は、

陸地に対して直角の方向に設定した。なお、実験終了地点は、予備実験の結果により、着栈のための操船を行う直前とした。

- ④被験者：実験実施時点において、「飛翔」船長経験者は2名のみであり、この2名の方に実験を依頼した。また、実験に先立ち、被験者がシステムに習熟するための時間は、被験者が納得するまでとし、実験の順序はケース番号に従い、各1回ずつ行った。
- ⑤被験者への要望等：実験に先立ち、被験者には速度、針路等の限定は一切行わず、「TSLの特性を活かすため、飛翔での操船経験を基に、可能な限り短時間で入港すること」のみを要望した。また、被験者に他の被験者の結果は公開していない。

4.3 実験ケース

(1)水域施設の計画手法の観点からのケース設定

実験条件の設定にも示したように、予備実験の結果から、港内の水域施設を高速航行しないことが明らかになったため、例えば航路幅員を変化させる等のこの観点からのケース設定はしなかった。このため、次の入港支援システムの観点からのみ、ケース設定を行った。

(2)入港支援システムの観点からのケース設定

a)入港支援システムの設定

操船者は、入港に際して視覚情報を最も重要視することから、視界が良好な場合にはリーディングライト（Leading Light 以下 LL）を第1の支援システムとした。LLとは、入港針路上の内陸に2つの光源を高低差（後方の光源を高く設置）を設けて設置し、この2つの光源の見え方によって、自分の位置の針路からのズレを把握するシステムである。例えば、2光源が重なっていれば、入港針路上にいることになり、後方の光源が右側に見えれば、入港針路から右側にずれていることを意味する。具体的な設定については、既存の事例を踏まえた上で、実験においてその差異が明確になることを目的として次のように設定した。

・前灯：入港針路上の水際線上の陸地に、25mの高さに緑灯を設置

・後灯：入港針路上の前灯の500m後方に、50mの高さに赤灯を設置

これにより、自船が入港針路の右側にいるときは、右に赤灯、左に緑灯が見え、左側にいるときは、この逆になる。

次に、視界が不良でLLの認識が困難な場合には、レーダー情報に大きく依存することになる。このため、入港ライン上の目標物の方位をレーダー画面上に表示させる

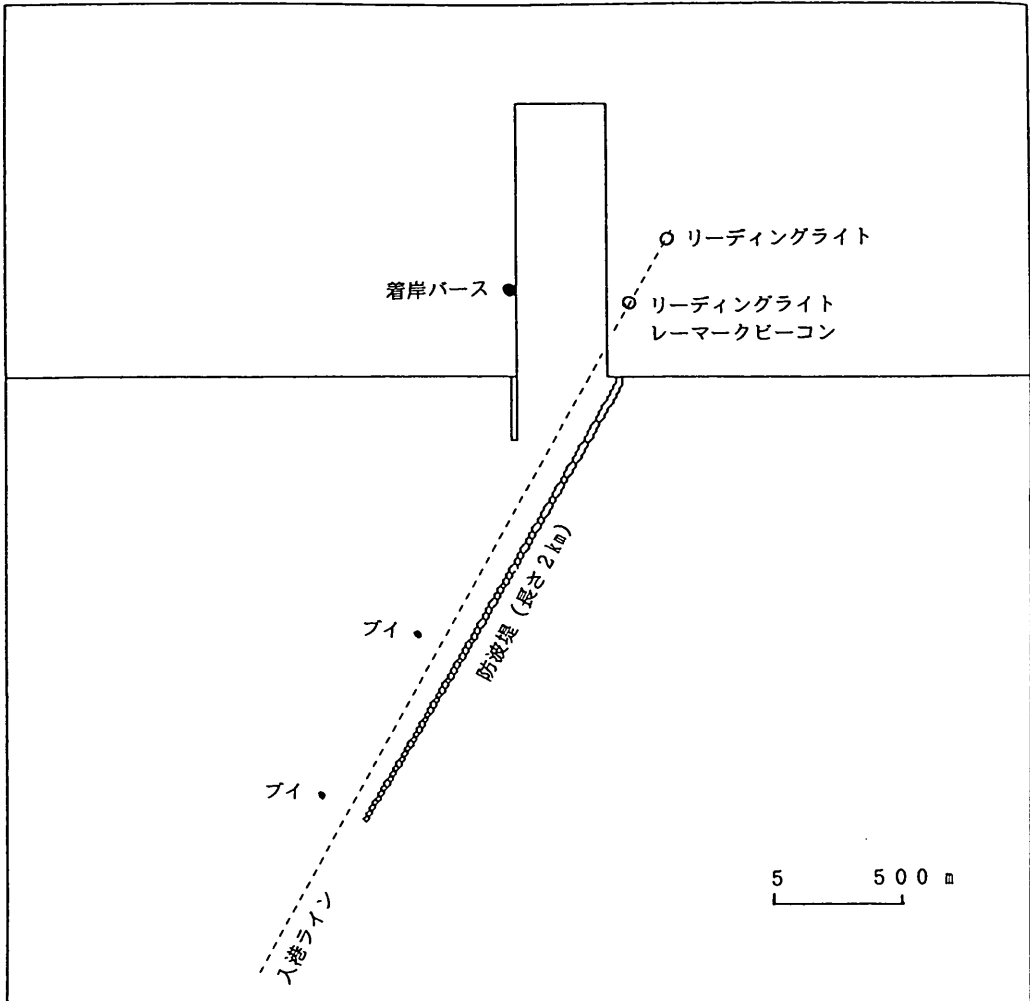


図-3 操船シミュレータ実験の港湾形状

ことができれば効果的である。そこで、これを可能とするレーマークビーコン (Ramark Beacon 以下RB) による支援システムを第2の支援システムとした。具体的には、計器表示部におけるレーダー用のCRT画面上に、RBの方位線および自船の船首方位線を表示することとした。また、入港ライン上のRBの位置はLLの前灯とした。あらかじめ定められた入港ラインの方位にレーマークビーコンの方位を一致させるように操船すれば、入港ライン上を航行することができる。ここで、CRT画面上に表示されるRBの状況を図-4に示す。

b) 実験ケースの設定

LLおよびRBの有効性を把握するために、入港の場

合に限定し、それぞれの有無により表-1のようなケース設定を行った。ここで、ケース1, 2においては気象条件良好・視界良好の昼間におけるLLの効果把握、ケース3, 4においては気象条件不良・視界良好の夜間におけるLLの効果把握、ケース5, 6においては気象条件不良・視界不良 (LLが認識できない) の夜間におけるRBの効果把握を目的としている。

なお、気象条件と視界条件の設定値を表-2に示す。ここで、潮流に関しては一様にこの流れがあるものとし、波形の基となる水位変動は正弦波とした。ただし、風力については、ダーベンポートのスペクトルにより設定される変動風とした。

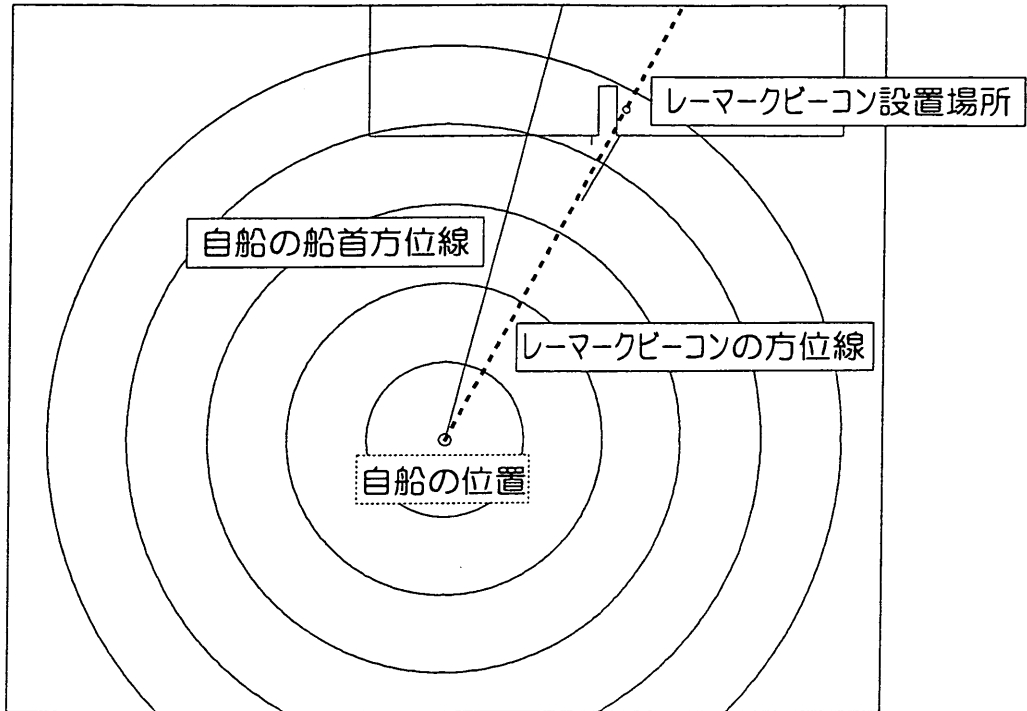


図-4 CRT上のレーマークビーコン

表-1 実験ケース

No	気象	視界	昼夜	支援システム*)
1	良好	良好	昼	無し
2	良好	良好	昼	LL
3	不良	良好	夜	無し
4	不良	良好	夜	LL
5	不良	不良	夜	LL
6	不良	不良	夜	LL + RB

*) LL:リーディングライト, RB:レーマークビーコン

表-2 実験条件の設定値

	港外			港内		
	風速	波高	潮流	風速	波高	潮流
気象条件良好	5m/s	0.7m	0.5kt	5m/s	0.3m	0.0kt
気象条件不良	20m/s	3.0m	0.5kt	20m/s	0.7m	0.0kt
視界不良	視程 2 ~ 3 マイル					

5. 操船シミュレータ実験の結果

2人の被験者による実験を次のように実施した。

- ・平成7年5月15日 被験者 A
- ・平成7年6月1日 被験者 B

被験者がそれぞれ実施した各6ケース、合計12ケースの実験結果について、次のように整理した。なお、ここの記号A, Bは被験者を示す。

- ①各被験者の6ケース全ての航跡結果を重ね合わせて、これを図-5, 6に示す。
- ②各被験者の支援システムの効果を把握するために、同一条件下での支援システムの有無の場合の航跡結果を重ね併せて、これを図-7~12に示す。なお、航跡の横に示す数字は実験開始後の経過時間(分単位)を示す。
- ③合計12ケースの実験結果について、以下の点から整理した結果を表-3に示す。
 - a.入港のための変針動作区間：明らかに入港のための変針動作を開始した地点から、入港ライン上に保針するまでの区間
 - b.入港のための減速点：明らかに入港のための減速を開始した地点
 - c.着棧のための減速点：明らかに着棧のための減速を開始した地点
 - d.オフ・クッション切り替え点：高速航行のオン・クッション状態から、入港のためにオフ・クッションへの切り替えの指示を出した地点
 - e.操舵指示量：実験開始から終了までの操舵指示量の2乗値の累積値(但し、ケース1Aを100とした場合の指数で表示する)

6. 操船シミュレータ実験と実海域操船との比較

6.1 実海域操船結果の概要

本研究のような、今までにない特殊な船舶によるシミュレータ実験の場合には、通常、現況との比較は困難である。しかしながら、TSL-Aタイプに関しては、平成7年度にシミュレータ実験の運動モデルに用いた開発目標船の約1/2のスケールを有する実験船「飛翔」により、実海域での総合実験がTSL技術組合および関係機関により行われた。この実験においては、「飛翔」の実海域操船に関して多くのデータが収集された。とくに、GPS測位による自船位置、針路、速力等のデータが得られており、今回の操船シミュレータ実験との比較検証が可能となった。

ただし、「飛翔」は実験期間中に60回を超える入港を行ったものの、早く到着したため港外で時間調整を実施したケース、内湾域港湾への入港ケース及び基地港への入港ケースが多いため、外洋性港湾にできるだけ早く入港するという操船シミュレータ実験と同様のケースと整理されるのは6ケースのみであった。

なお、この実海域での総合実験の船長は、操船シミュレータ実験の被験者とは異なっている。

6.2 実海域操船結果と操船シミュレータ実験結果との比較

この6ケースの航跡図を航海の日程順に図-13~18に示す。この6ケースは、全て昼間の入港であったものの、気象条件に関しては、良好な場合と不良な場合があった。なお、当然のことながら、入港支援システムは、どのケースにおいても存在しない。このため、昼と夜との違いがあるものの、気象条件が不良な場合の実海域操船のケースが操船シミュレータ実験のケース3に相当するとし、残りの気象条件が良好な昼間の実海域操船のケースが操船シミュレータ実験のケース1に相当するとした。この2つの場合について、実海域操船結果データから最も明確に把握できるオフ・クッション地点の比較の結果を表-4に示す。なお、ここで示す距離は、防波堤先端等の入港の目標物からオフ・クッション地点までの直線距離を示す。

気象条件が良好で、視界条件も良好な昼間での操船シミュレータ実験結果(ケース1)では、この距離が1.5kmと2.4kmであったのに対し、実海域操船結果では、1.8kmと2.8kmであり、この条件下では、操船シミュレータ実験は、実海域操船結果を十分再現していると判断される。なお、ここでシミュレータ実験と同様の結果となった宮崎港への入港ケースの航跡を先の図-13に示す。

次に、視界条件が良好であるものの気象条件が不良の夜間での操船シミュレータ実験結果(ケース3)では、この距離が1.1kmと1.5kmだったのに対し、同様の条件下の昼間での入港となった実海域操船結果では、2.5km~7.3kmとなった。この条件下では、先ほどの整合性はないものの著しい差異は生じていないことから、定性的な評価においては支障ないものと判断される。なお、この条件下の実海域操船結果のうち、風力が最も大きい条件下での入港となったのは苦小牧港のケースであり、その結果は先の図-14に示されている。

表-3 シミュレーター実験結果

距離 ヶ-NO	9 km 南北方向 防波堤延長線方向	0 (防波堤先端部) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 km										操縦指示 量 素値比較 (2乗値+)	備 考							
		-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7			8	9					
1 A																		100	昼/良好 LL無し	
2 A																			62	昼/良好 LL有り
1 B																			118	昼/良好 LL無し
2 B																			98	昼/良好 LL有り
3 A																			198	夜/良好 LL無し
4 A																			224	夜/良好 LL有り
3 B																			184	夜/良好 LL無し
4 B																			89	夜/良好 LL有り
5 A																			280	夜/不良 L-J/無
6 A																			315	夜/不良 L-J/有
5 B																			84	夜/不良 L-J/無
6 B																			109	夜/不良 L-J/有

(凡例) +.....+: 変針開始・(変針)・変針終了 *各記号の下の数字は、防波堤先端を基準とする時間(分表示)

◎: 入港のための減速開始

○: 防波堤内での着陸のための減速開始

OFF: トラクション切り替え開始

↑
ヶ-11Aを100として指数表示

7. 水域施設計画手法の提案

7.1 基本的な考え方

操船シミュレータ実験結果の表-3から、TSL-Aの入港においては、どのような気象条件でも、入港の目標物から沖合い約2kmでオン・クッションからオフ・クッションへ切り換えることが特徴的な結果として明らかになる。このことは、予備実験においてある程度予想されていたものの、被験者が異なっても、また気象条件が異なっても同様の結果となった。

また、実海域操船結果においても、気象条件が良好な場合には同様の結果となり、気象条件が不良の場合には、さらに沖合いでオフ・クッションにしている。そしてこのオフ・クッション後はどの場合でも約10ノットで岸壁近くまで航行する。

すなわち、港湾内においてはTSL-Aといえども、通常の船舶と同様の航行状態であることが明らかになる。このことから、水域施設計画の手法としては、「港湾の施設の技術上の基準」(以下 技術基準)を適用することが妥当と考えられる。

しかしながら、TSL-Aは通常の船舶よりも遥かに優れた運動性能を有していることから、これに大きく影響される船回しに必要な泊地の面積については、新たな検討が必要となる。また、TSL-Aは通常の船舶と船底の形状及びウォータージェットによる推進機構が異なることから、航路・泊地の必要水深についても、新たな検討が必要となる。

したがって、以下においてこれらの検討及び提案を行うとともに、技術基準における定量的な記述を適用できる部分を併せて記述する。

なお、今回の操船は、実海域はもちろん操船シミュレータ実験においても現行の法体系等を前提に行われており、実際の航行においてこれらが見直された場合等には、再検討が必要となる。

7.2 船まわしに必要な泊地面積

技術基準の解説では、「自力の回頭による場合には3Lを直径とする円、ひき船の回頭による場合には2Lを直径とする円」とされている。ただし、TSL-Aの実際の運航においては、引き船による回頭は想定されており、自力回頭を行うことが基本とされているため、自力回頭の船まわしに必要な面積についてのみ検討を行う。

自力回頭の船まわしの前提となるその場回頭については、「飛翔」の基本性能実験では1.43Lを直径とする円内で回頭が行われている。また、操船シミュレータにおける運動モデルで、その場回頭実験を行った結果、1.65Lを直径とする円内での回頭が可能であった。さらに、「飛翔」による実海域操船において、その場回頭に近い状況の船体移動の結果を図-19~21に示す。この図-19, 20におけるその場回頭に近似出来る部分を解析すると、1.2L~1.3Lの円内で回頭がなされていた。

この結果、TSL-Aにおける船まわしの面積は、余裕・不確定要素を含めて「自力の回頭を前提とし、2Lを直径とする円」と考える。

ただし、実海域操船の結果では全て2L以下であるように、今後竣工される様々なTSL-Aの実船に関するデータが得られれば、この2Lを直径とする円はさらに小さくなると考えられる。

7.3 航路・泊地水深

技術基準では、船種別、対象船舶ごとに水深設定をしている。水深に関しては、シミュレータ実験及び実海域操船で明らかにすることは容易ではない。このため、TSL技術組合から提案されている次式の適用を考える。

航路・泊地水深

$$= \text{最大喫水}^{\text{A}} + \text{船体沈下量}^{\text{B}} + \text{余裕水深}^{\text{C}}$$

A: 最大喫水: 満載時において、海面から船舶の最も深い部分までの水深を意味する。特に、TSL-Aではキール部分より深く位置している水中フィ

表-4 シミュレータ実験と実海域操船との比較

	気象条件	視界条件	昼 夜	ワ・クッション地点までの距離
(実験ケース1に対応)				
操船シミュレータ実験結果	良好	良好	昼	1.5km, 2.4km
実海域操船結果	良好	良好	昼	1.8km, 2.8km
(実験ケース3に対応)				
操船シミュレータ実験結果	不良	良好	夜	1.1km, 1.5km
実海域操船結果	不良	良好	昼	2.5km, 3.6km, 4.2km, 7.3km

ン、ウォータージェットの噴出口までの水深を意味する。(注；いわゆる満載喫水とは異なる)

B：船体沈下量：波浪による船体の最大沈下量を意味する。岸壁前面の最大波浪50cmを前提とした場合の最大船体沈下量50cmを想定する。

C：余裕水深：ウォータージェットが海底の砂や砂利を大量に吸い込まないために確保すべき水深を意味する。通常は50cm確保することが望まれる。

この提案式に基づけば、1590GTの「飛翔」では、航路・泊地水深は-6.0m(5.0+0.5+0.5)が必要となる。ちなみに技術基準に示される同規模の船舶の水深は、旅客船(2000GT)が-4.5m、カーフェリー(2000GT)が-5.5m、自動車専用船(2000GT)が-6.5mとなっている。

7.4 技術基準の適用部分

(1)中心線交角

技術基準では、「航路の屈曲部の中心線の交角は、おおむね30°を越えないことが望ましい」とされている。TSL-Aにおいても、これが適用される。

(2)航路幅員

技術基準では、「航路の長さが比較的距離が長い場合には、通航状況により1.5~2.0L、航路の長さが上記以外の場合には、通航状況により1.0~1.5L」とされている。TSL-Aにおいても、これが適用される。

8. 入港支援システムに対する評価

8.1 LLの有効性に対する評価

表-3から導かれる次の理由及び被験者からのヒヤリング結果により、視界条件が良好な場合には、LLは入港支援システムとして効果的であると判断される。

- ①LLがある場合には、ケース3A/4Aを除き、操舵指示量が50~80%に減少している。
- ②昼間のケースの比較となる1A/2Aと1B/2Bにおいて特に顕著であるが、LLがある場合には入港のための減速を防波堤により接近してから実施している。
- ③夜間のケースの比較となる3A/4Aと3B/4Bにおいて特に顕著であるが、LLがある場合には入港のための変針を早い時期に実施している。
- ④図-8に示すケース1B/2Bにおいて顕著であるが、LLがある場合には航跡が安定している。

8.2 RBの有効性に対する評価

表-3から導かれる次の理由及び被験者からのヒヤリング結果により、LLが視認できないような視界条件の

場合には、RBは入港支援システムとして効果的であると判断される。

- ①ケース5A/6A、5B/6Bの比較において、RBがある場合には入港のための減速を防波堤により接近してから実施している。
- ②ケース5A/6A、5B/6Bの比較において、RBがある場合には、操舵指示量の増大に見られるように保針に対して敏感となっている。このことは、図-11に示す5A/6Aの航跡比較において明らかなように、操舵指示量が10%以上増大しているケース6Aの方が安定した航跡となっている。

9. あとがき

本研究では、操船シミュレータ実験及び実海域操船の結果に基づきTSLの入港特性を分析し、その結果に基づきTSLに対応した水域施設の計画手法を具体的に示した。また、TSL-Aに対応した具体的な入港支援システムとしてリーディングライト及びレーマーカービーコンを想定し、これもシミュレータ実験によりその効果を検討した。

なお、今後の課題として

- ①高速貨物船の入港特性をより明らかにするための実海域操船結果の詳細な分析
- ②基地港の一方に想定される内湾域港湾に対応した入港支援システムの検討
- ③TSLによる海上輸送の実用化に伴い確定する基地港に最適な入港支援システムの検討
等が挙げられる。(1996年6月24日受付)

謝 辞

本報告は、平成3年度から7年度までの5カ年に実施された運輸技術研究開発調査「近年における交通環境の変化に対応した総合的な安全対策の確立に関する研究—高速海上交通システムの確立に関する研究」に関してシステム研究室で行った研究の成果をとりまとめたものである。

この研究においては、運輸省運輸政策局が事務局となり研究会が設置された。ここにおいて、小山健夫東大教授を始めとする総合研究会の委員の方々、堀口孝男東京都立大学名誉教授を始めとする港湾施設分科会の委員の方々からは、本研究の実施に際して貴重なご意見を多く頂いた。特に、萩原秀樹東京商船大学助教授からは、委員会以外の場においても多大なご指導を頂いた。また、シミュレータ実験の実施、実海域操船結果の解析においては、TSL技術組合、三井造船株式会社、三菱重工株

式会社, (株) 郵船海洋科学の関係者の皆様にご多大ご協力を頂いた。

最後ではありますが, ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 運輸省港湾局監修: 港湾の施設の技術上の基準・同解説 改訂版, 1989

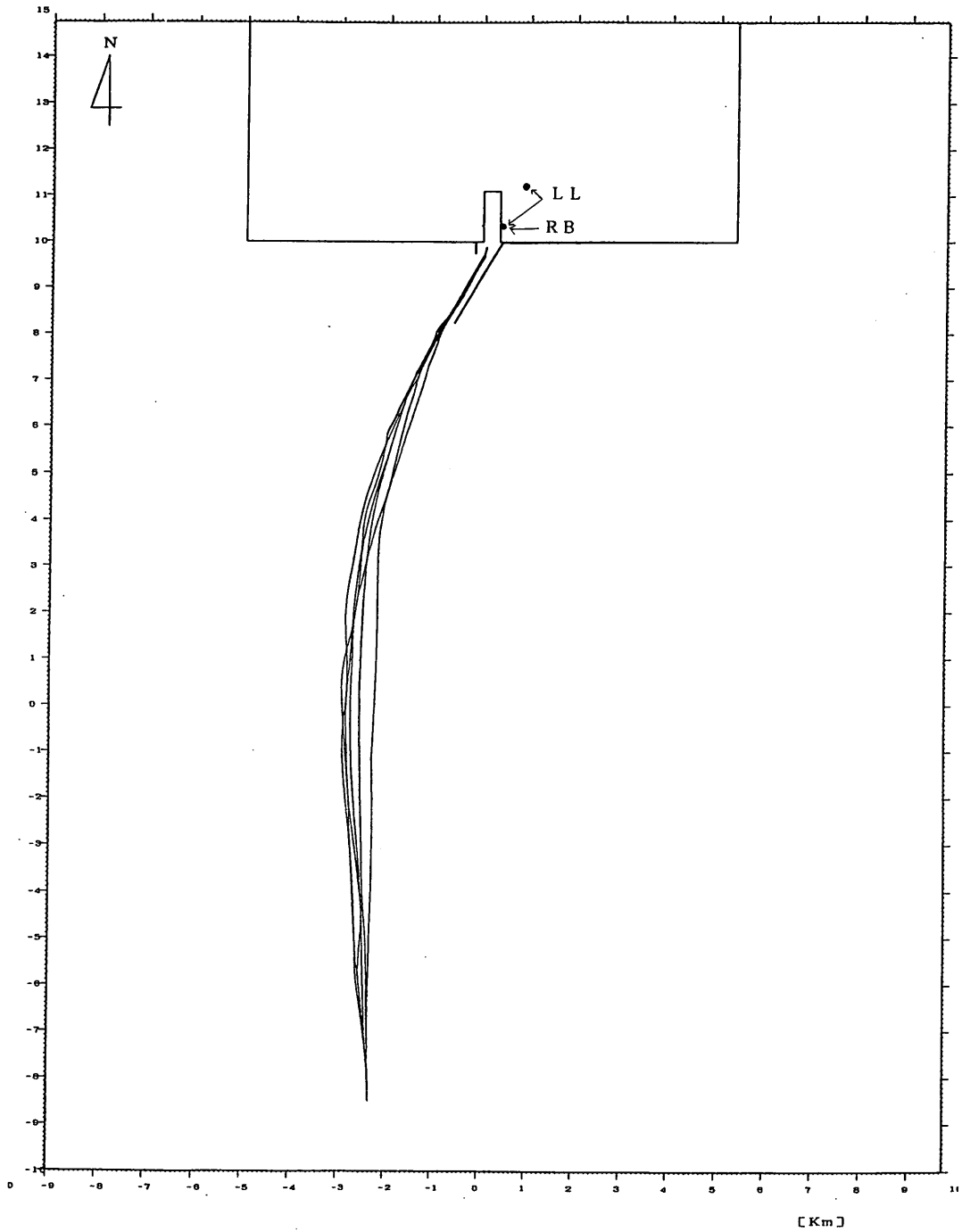


図-5 操船シミュレータ実験による航跡結果
(その1:被験者Aの全航跡結果の重ね合わせ)

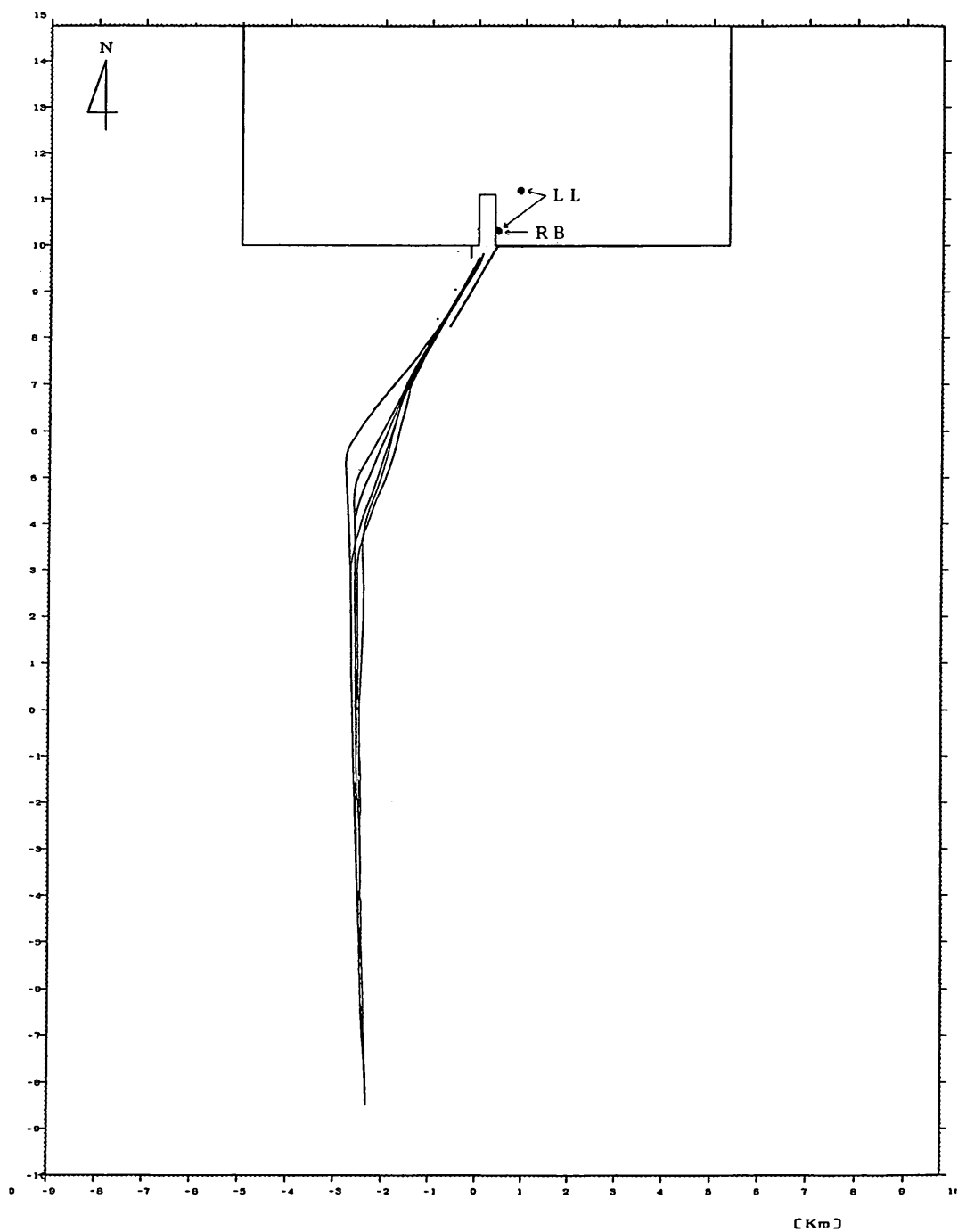


図-6 操船シミュレータ実験による航跡結果
(その2 : 被験者Bの全航跡結果の重ね合わせ)

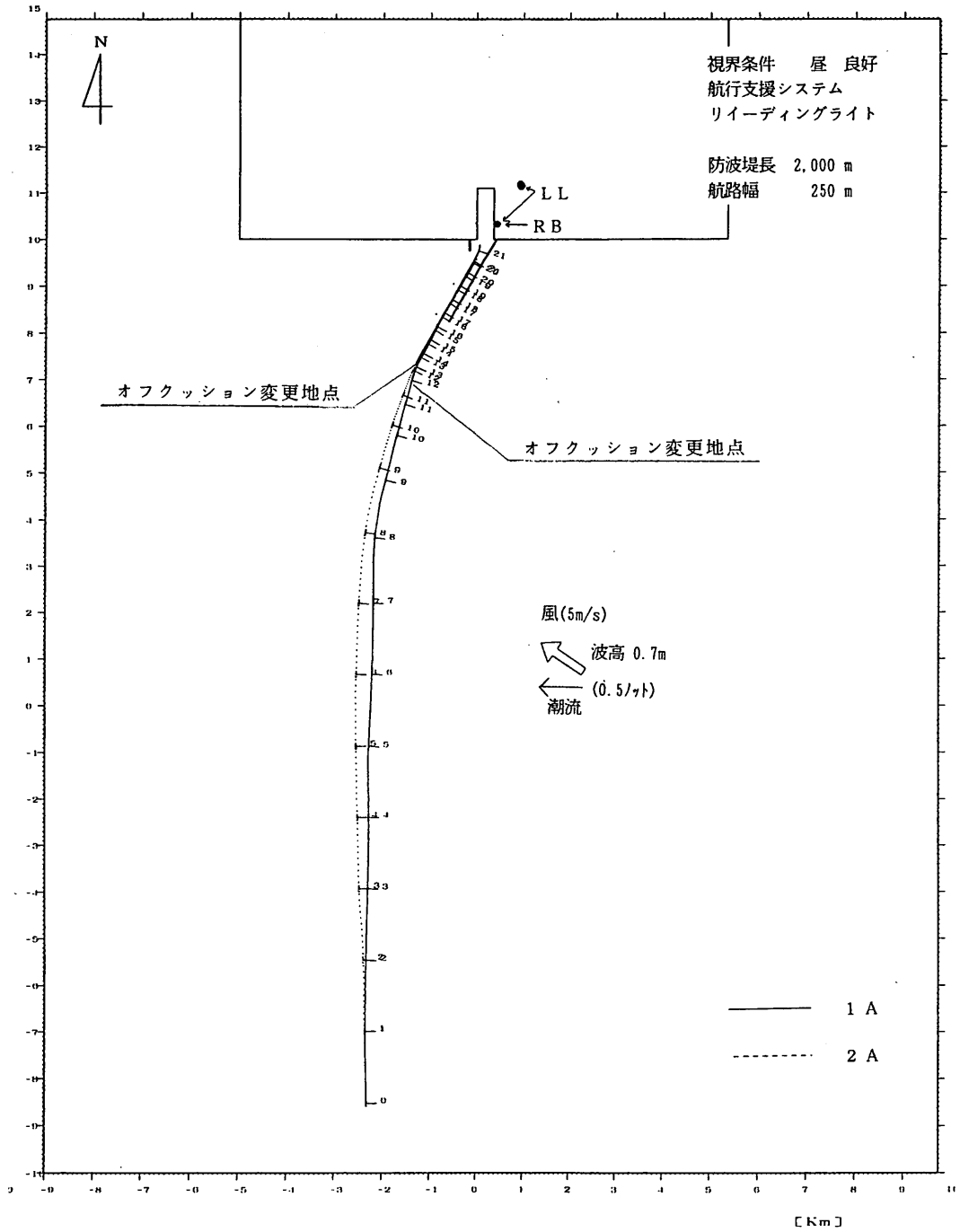


図-7 操船シミュレータ実験による航跡結果
 (その3: 被験者Aのケース1とケース2の比較)

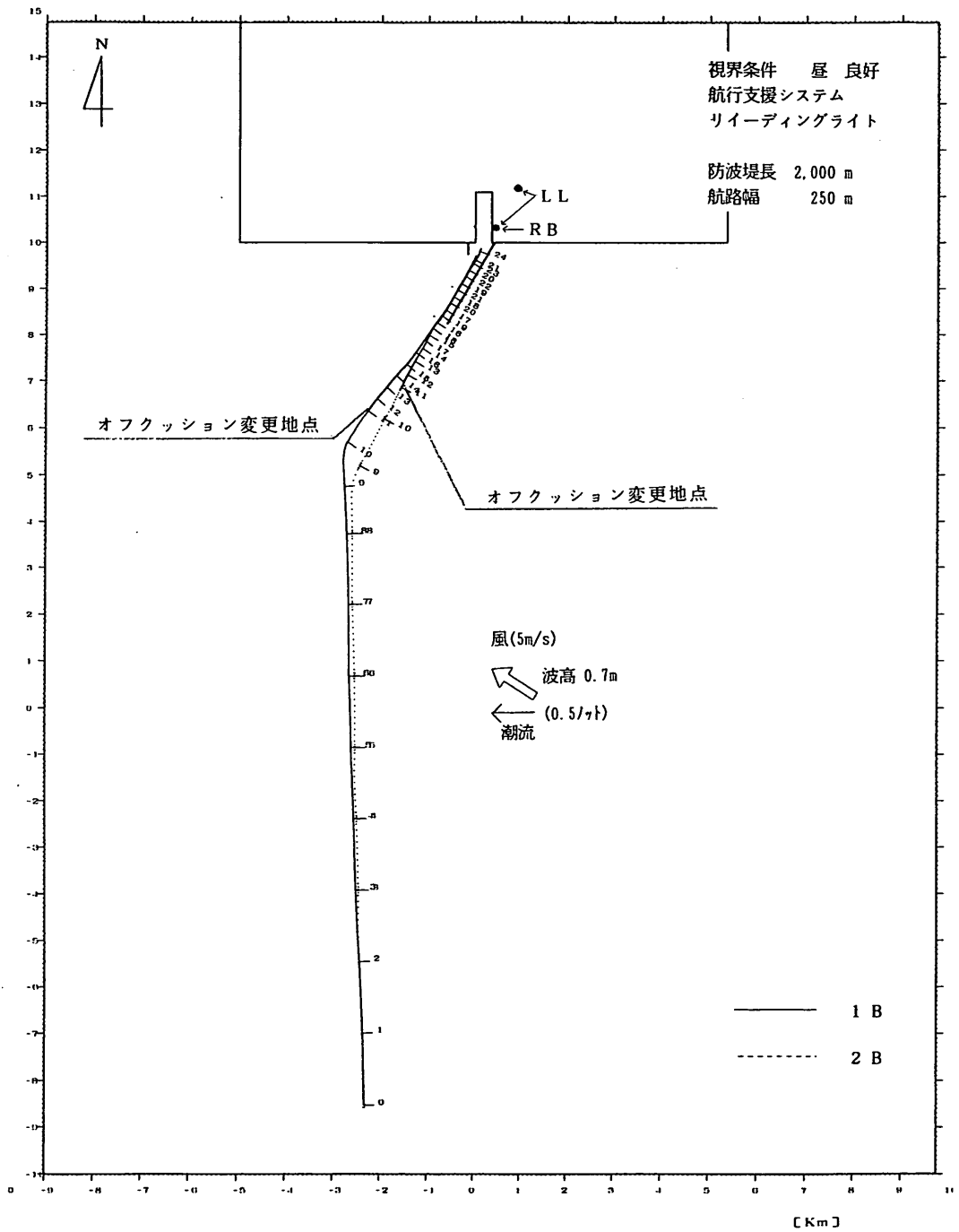


図-8 操船シミュレータ実験による航跡結果
 (その4: 被験者Bのケース1とケース2の比較)

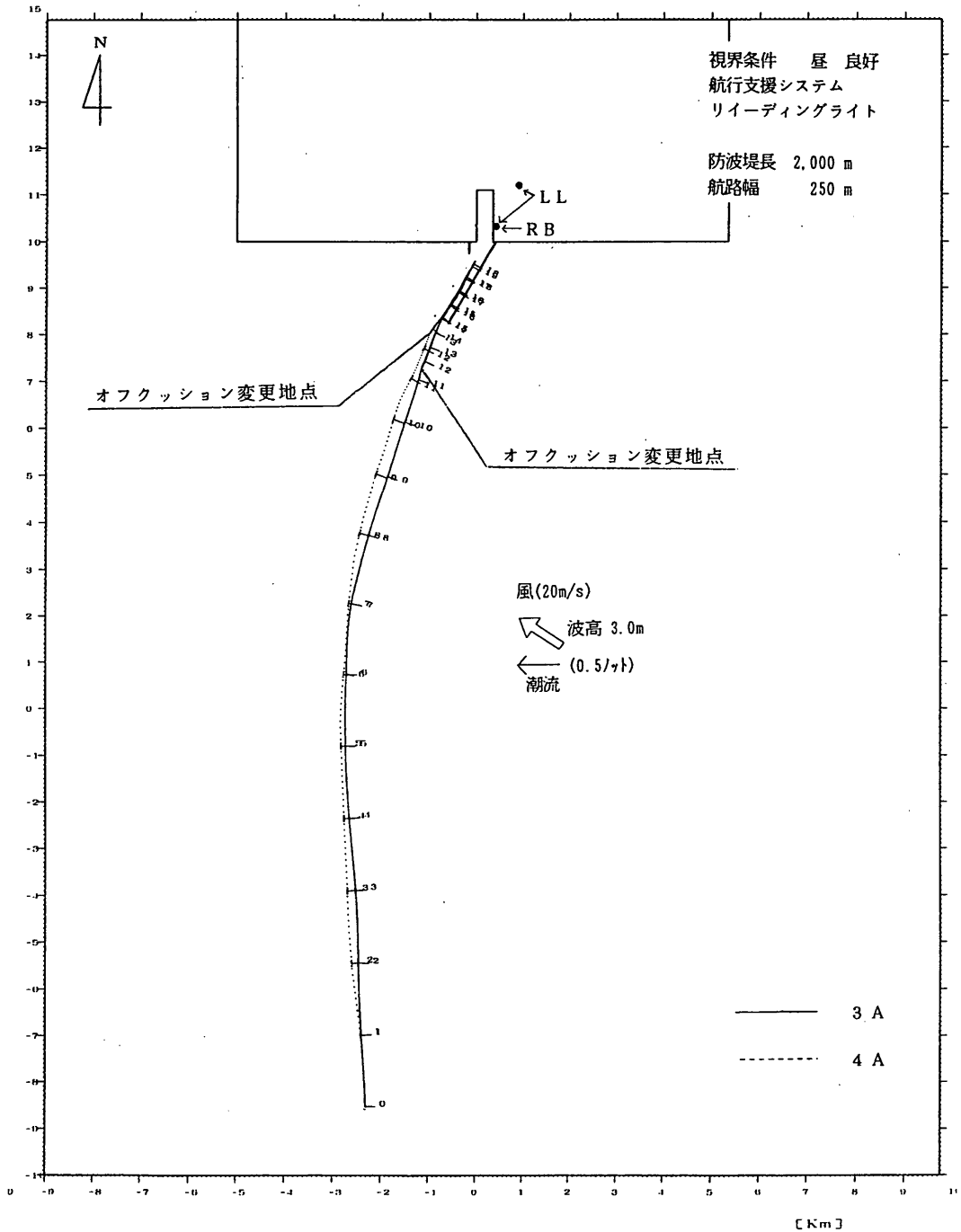


図-9 操船シミュレータ実験による航跡結果
 (その5:被験者Aのケース3とケース4の比較)

TSLに対応した水域施設の計画手法及び入港支援システム

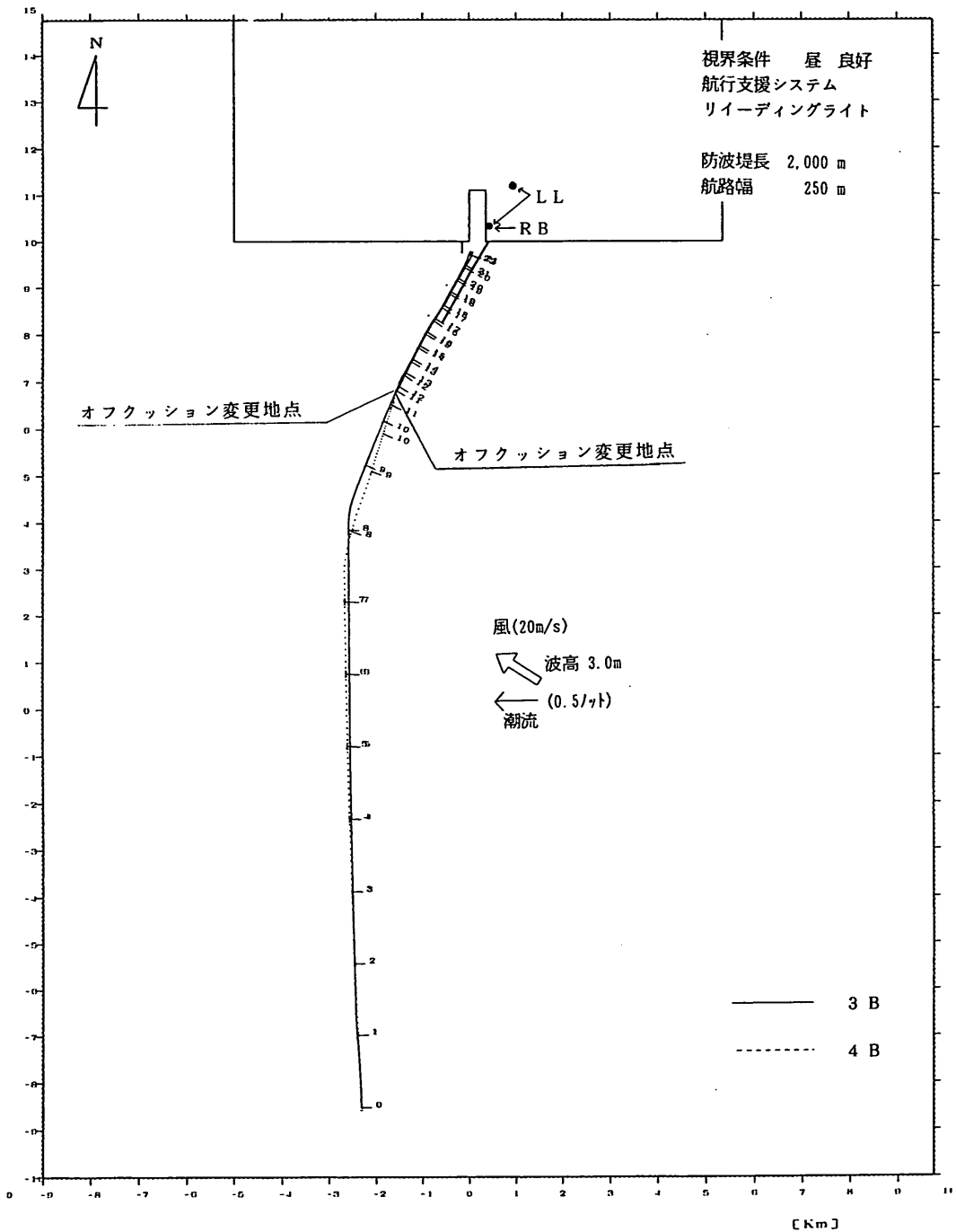


図-10 操船シミュレータ実験による航跡結果
 (その6 : 被験者Bのケース3とケース4の比較)

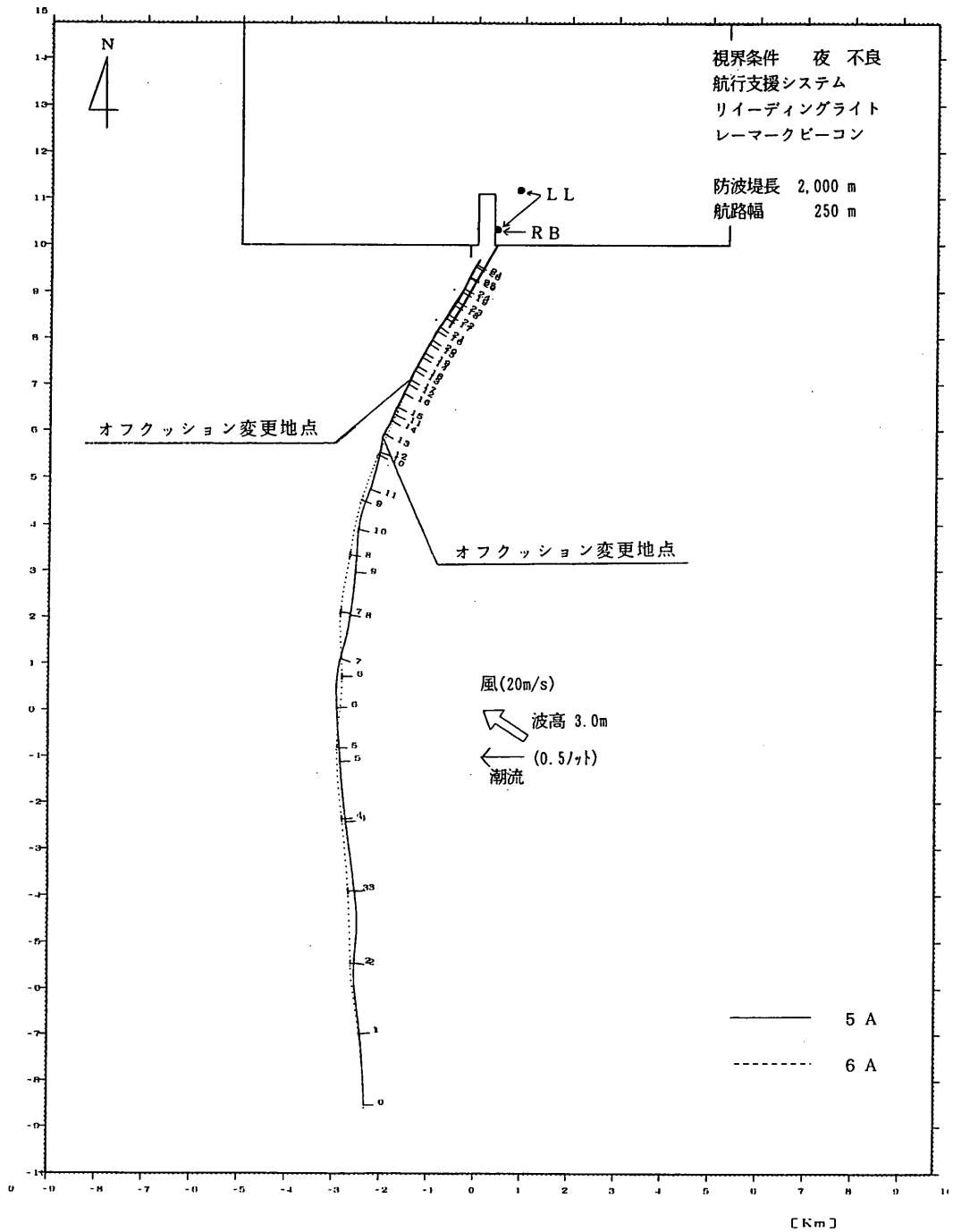


図-11 操船シミュレータ実験による航跡結果
 (その7: 被験者Aのケース5とケース6の比較)

TSLに対応した水域施設の計画手法及び入港支援システム

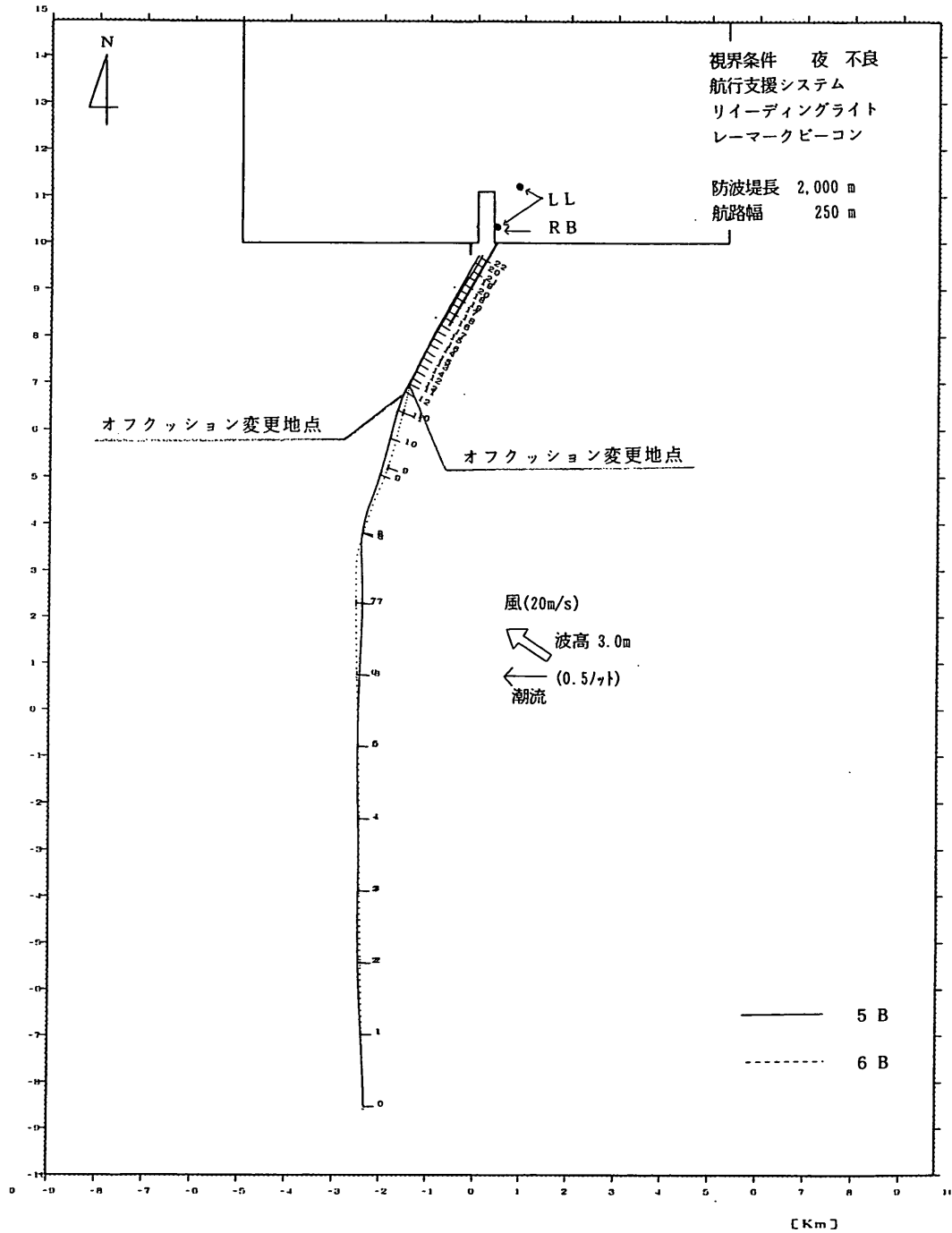


図-12 操船シミュレータ実験による航跡結果
(その8 : 被験者Bのケース5とケース6の比較)

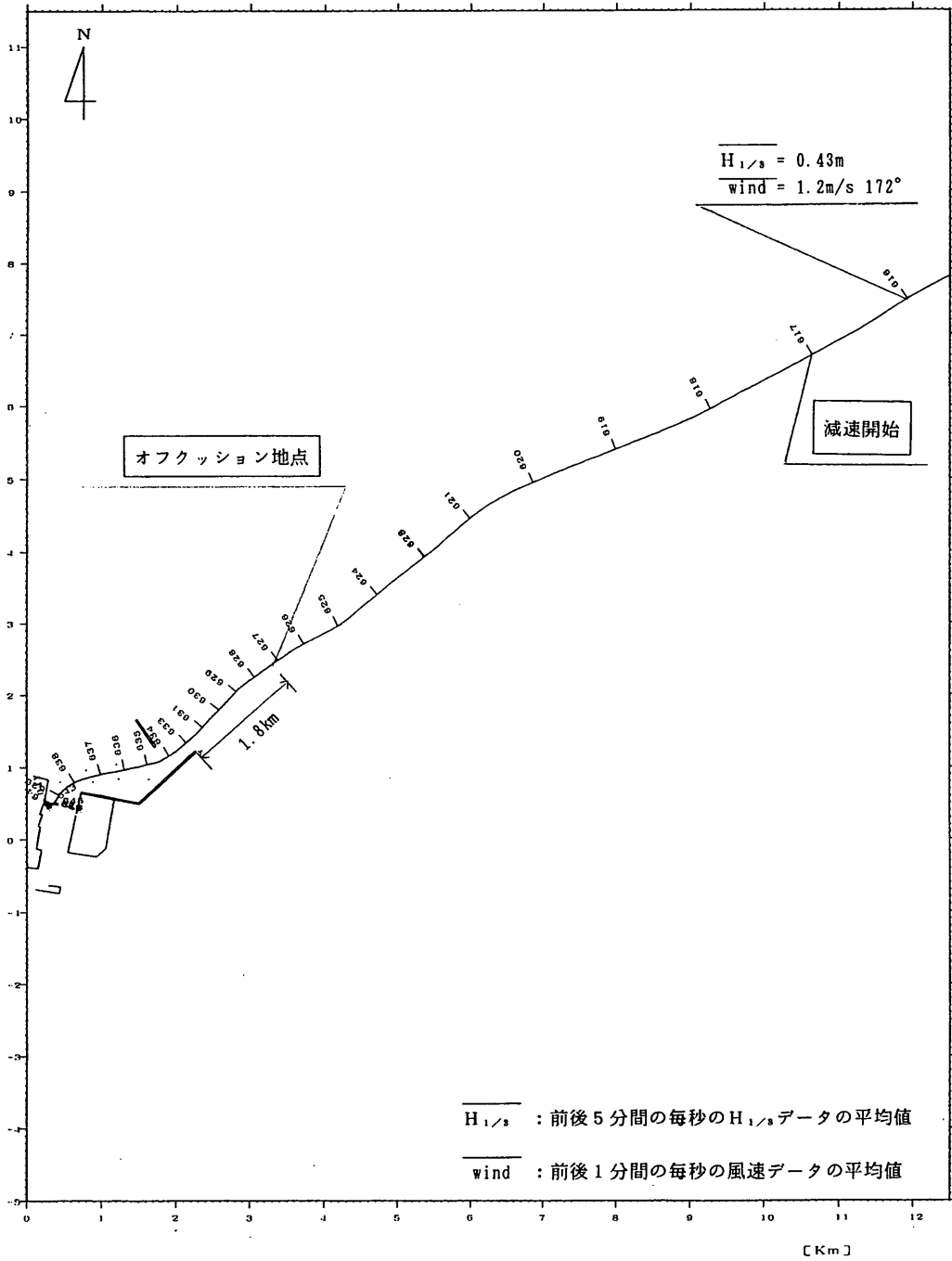


図-13 実海域操船における航跡結果
(その1 : 95. 8. 2 宮崎港入港)

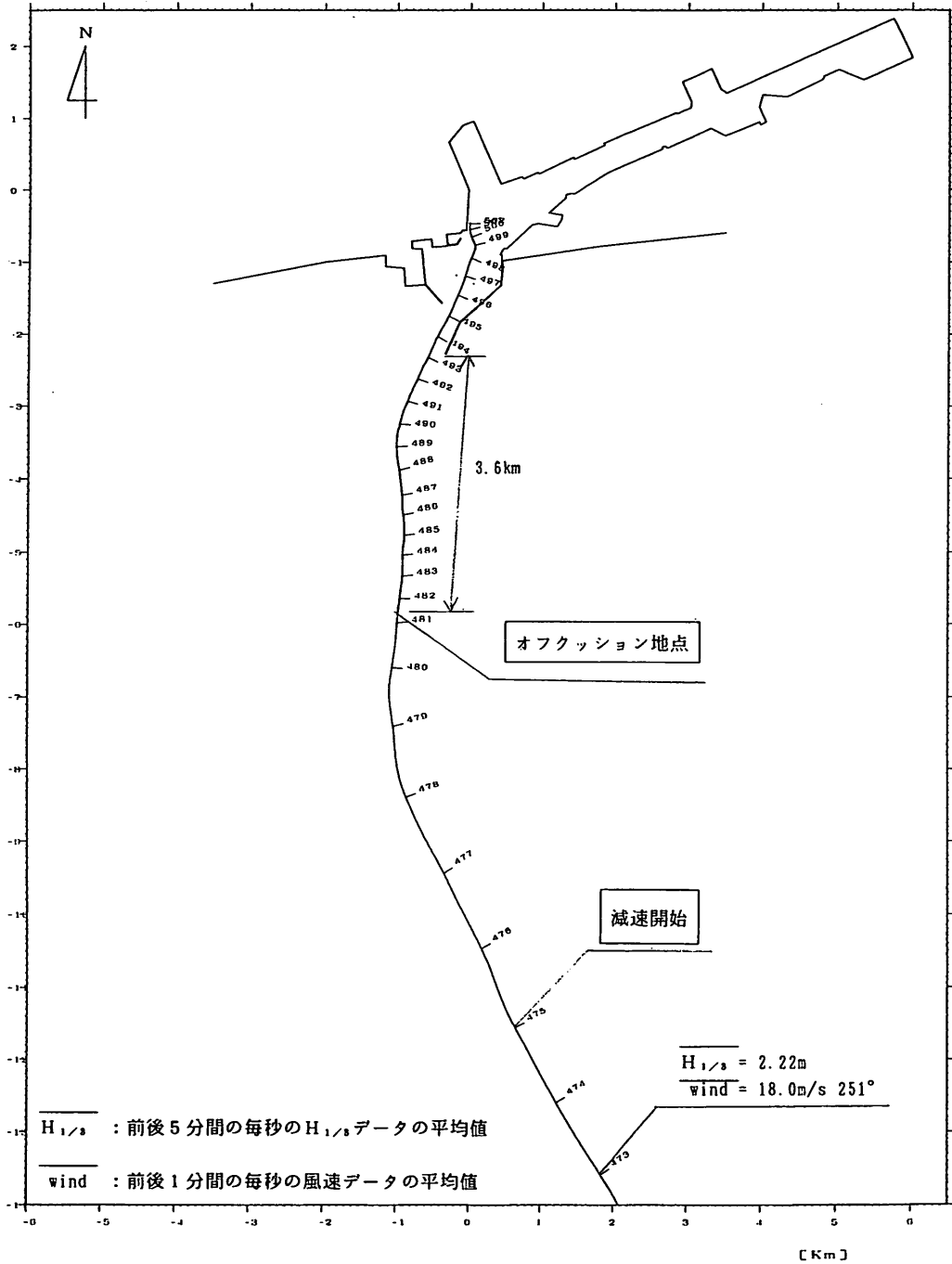


図-14 実海域操船における航跡結果
(その2 : 95. 9.12 苫小牧港入港)

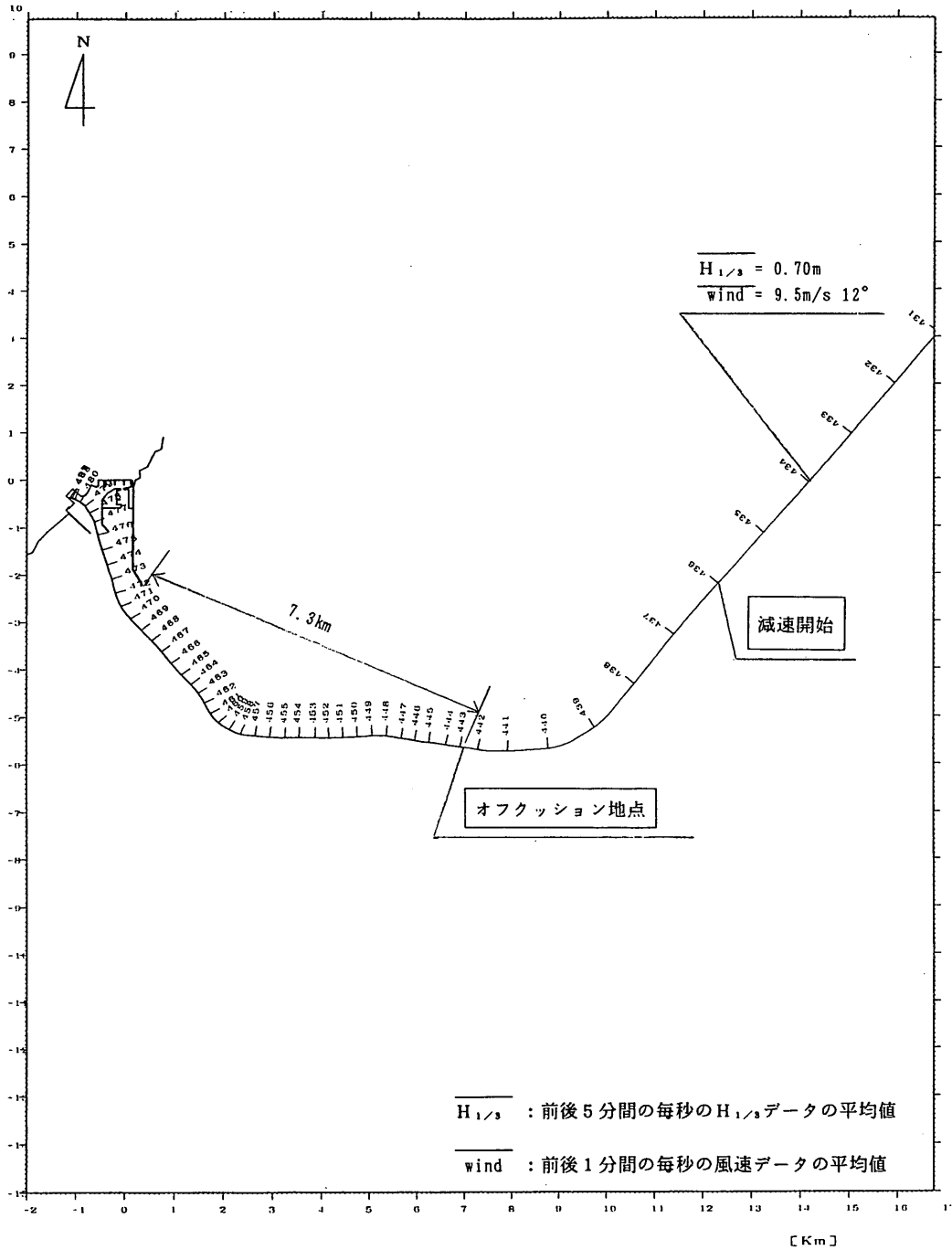


図-15 実海域操船における航跡結果
 (その3 : 95. 9.15 大洗港入港)

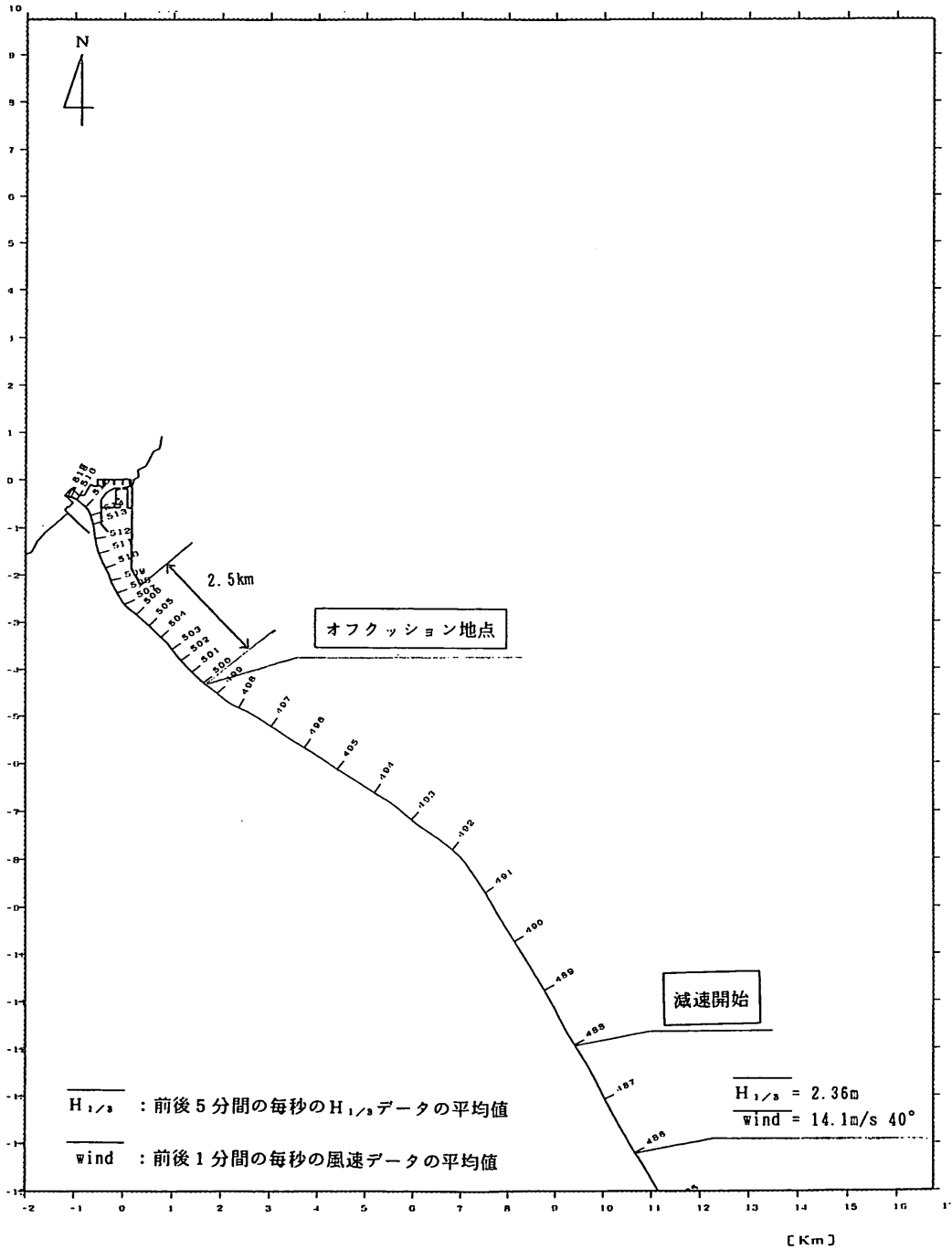


図-16 実海域操船における航跡結果
(その4 : 95. 9.19 大洗港入港)

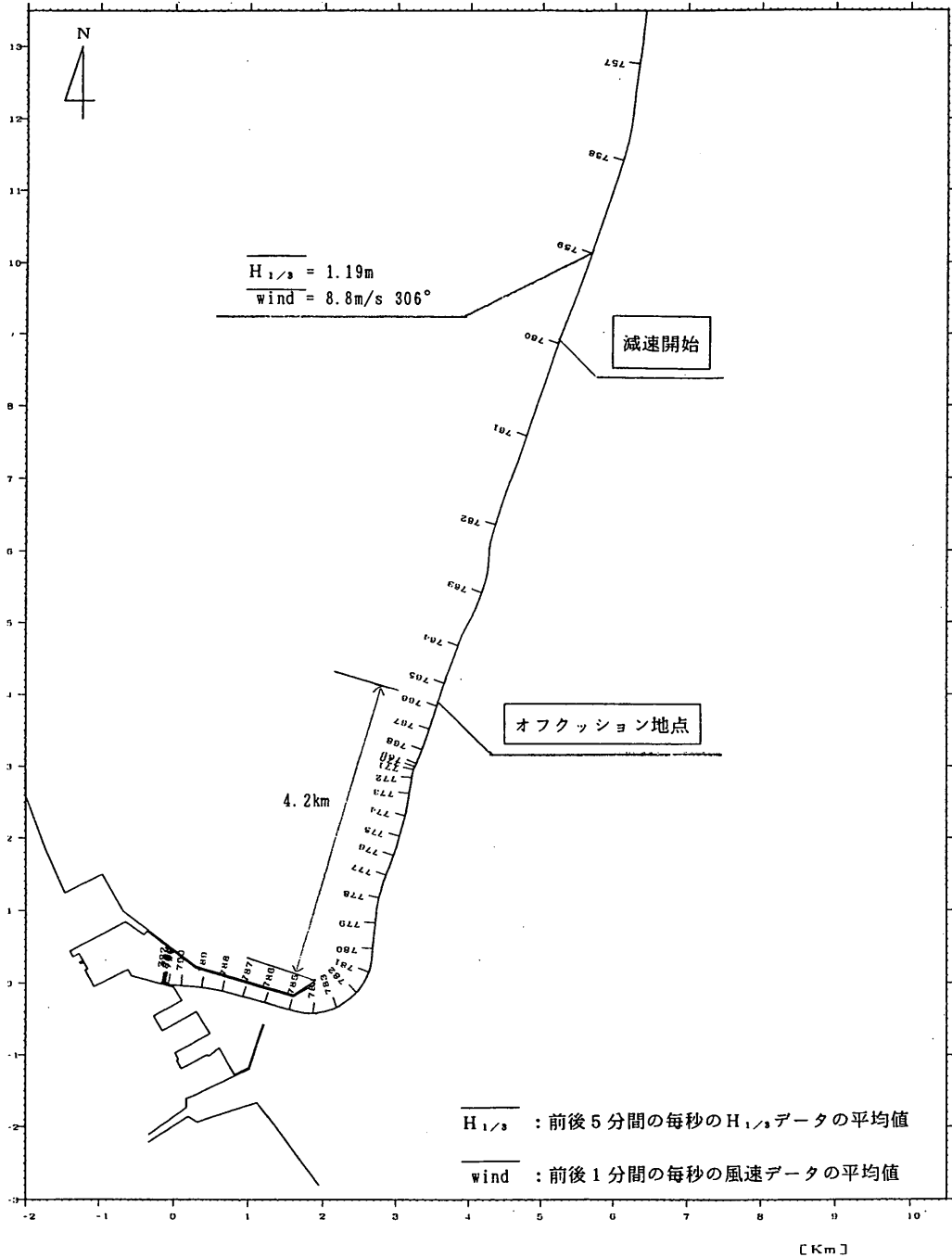


図-17 実海域操船における航跡結果
(その 5 : 95. 9. 25 八戸港入港)

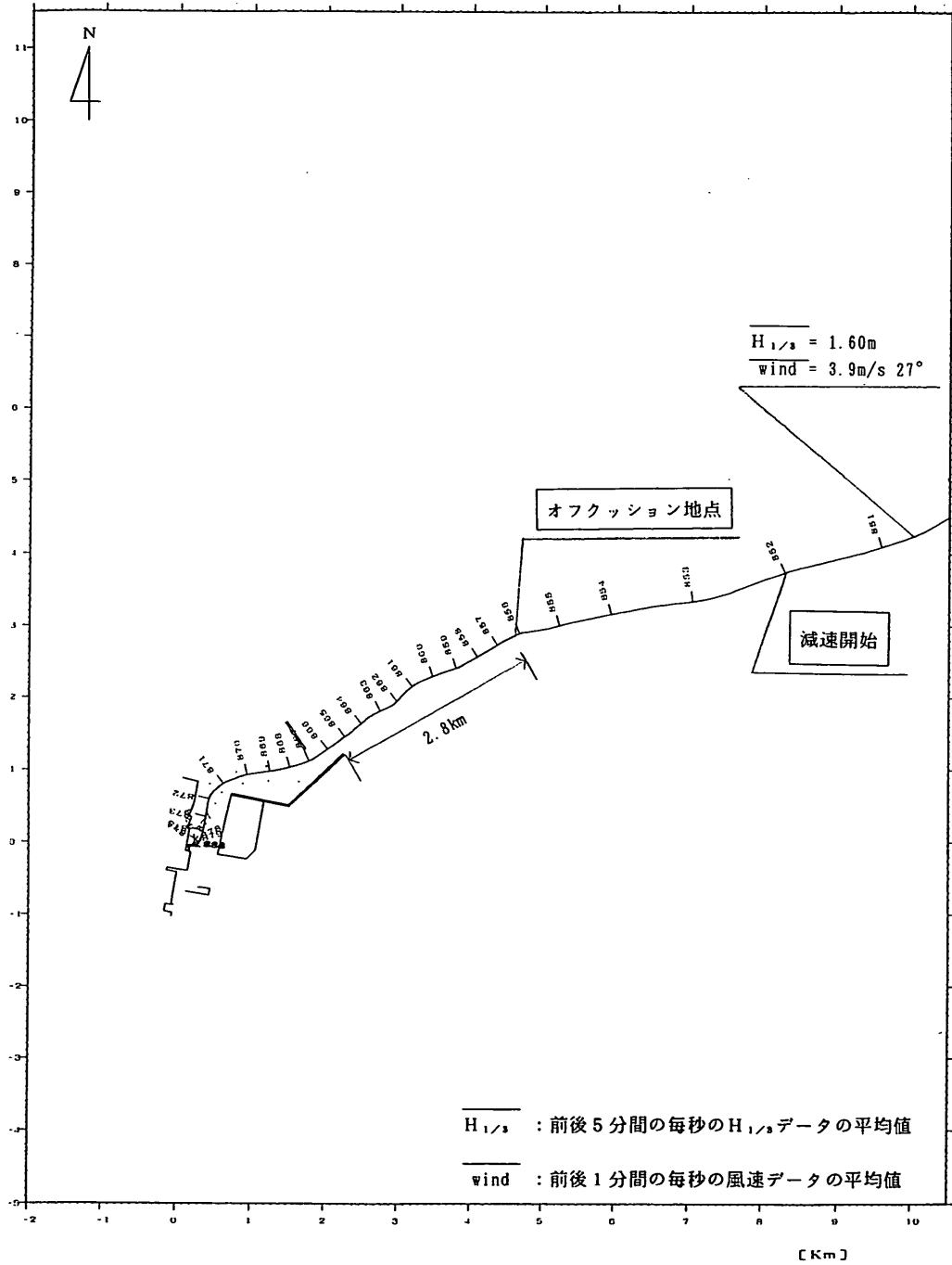


図-18 実海域操船における航跡結果
(その6 : 95. 10. 23 宮崎港入港)

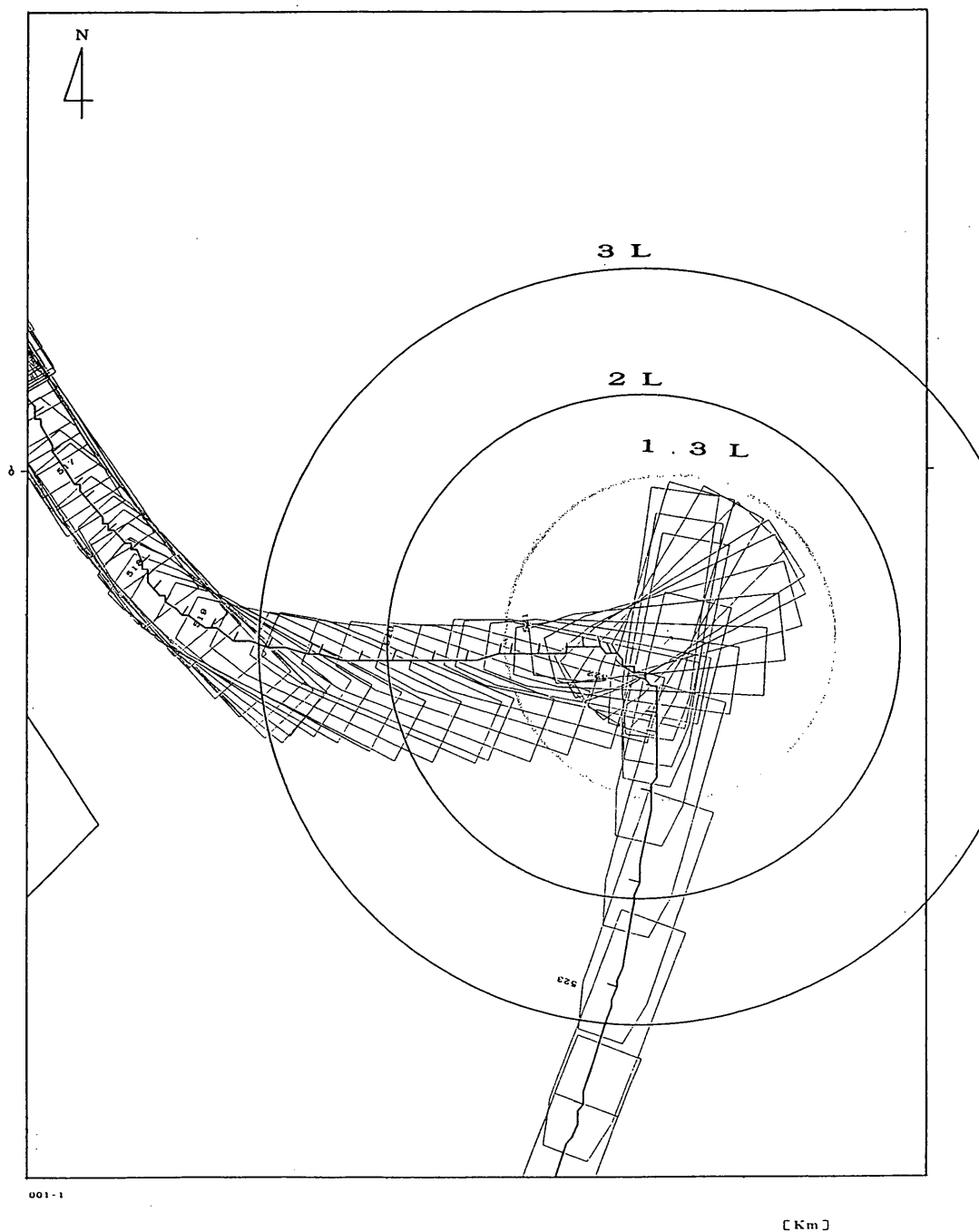


図-19 実海域操船における回頭結果
(その1 : 95. 7.24 志布志港入港)

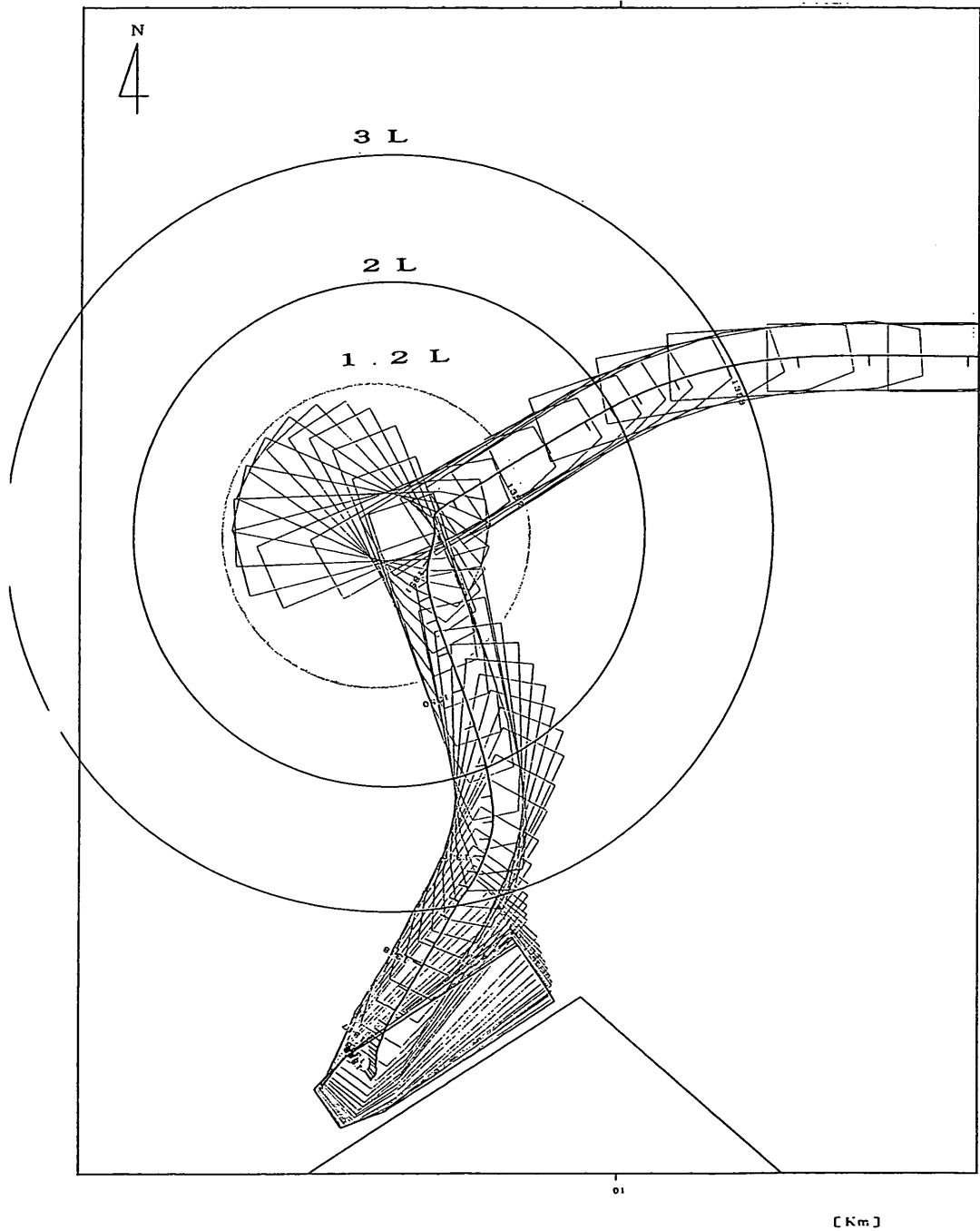


図-20 実海域操船における回頭結果
(その2 : 95. 9.28 横須賀港入港)

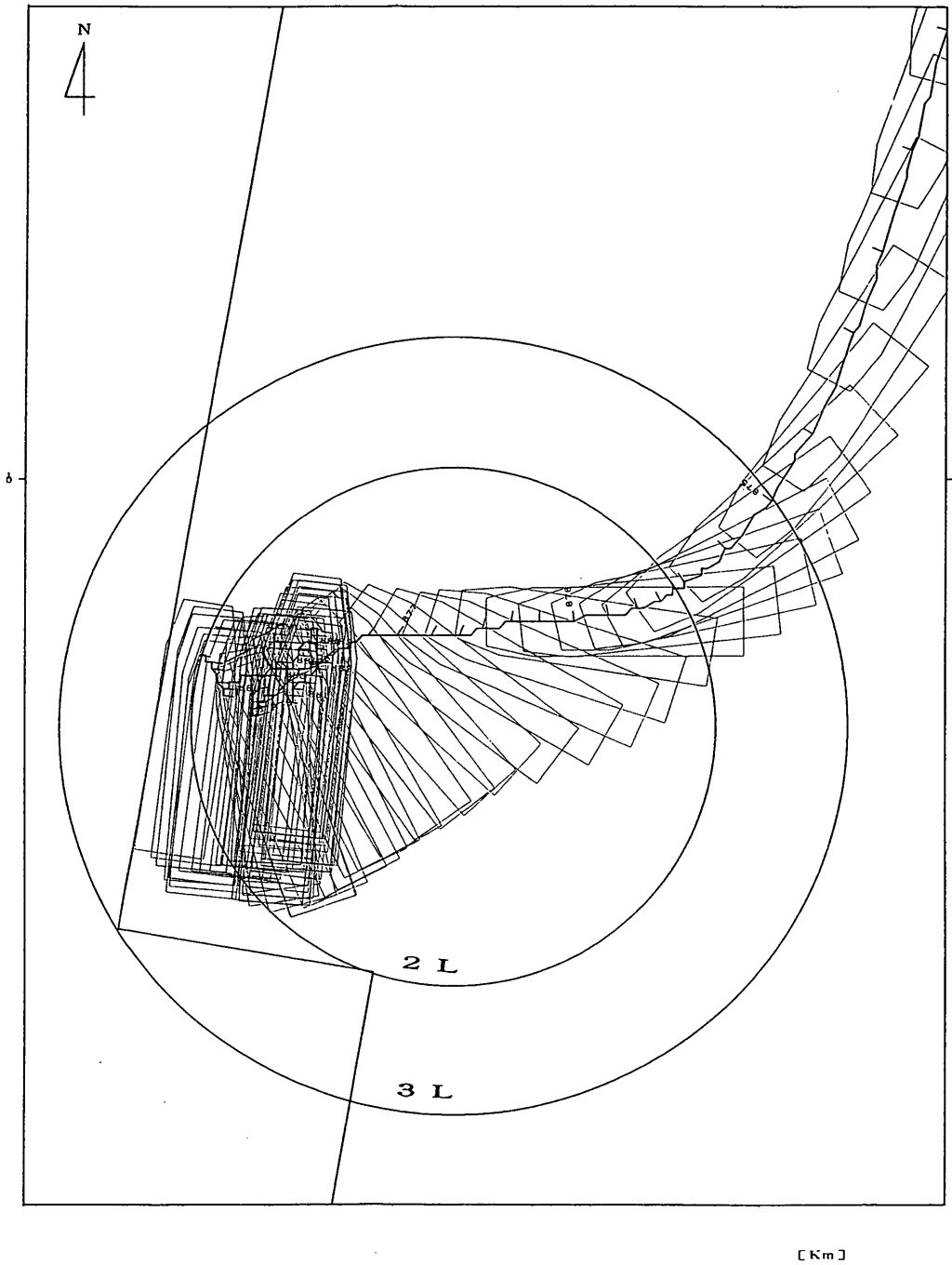


図-21 実海域操船における回頭結果
(その3 : 95. 10. 23 宮崎港入港)

参考資料

T S L - A の概要

TSL-AのAは、「Air Cushion」を意味しており、参考図1に示すように左右の双胴船体、中央部のエアクッション室、双胴船体底部に取り付けられた水中フィン、船首尾端のシール及び上部船体によって構成される空気圧力式複合支持船型である。TSLの開発目標として設定された「1000トンの貨物を50ノットの速力で500海里以上運べる超高速船」に対応したTSL-Aの開発目標船の主要目を以下に、概略配置を参考図2に示す。

TSL-A「開発目標船」主要目

・全長		約 127m
・全幅		約 27.2m
・型深さ		約 11.0m
・喫水	オフ・クッション	約 5.0m
	オン・クッション	約 1.4m
・速力		約50ノット
・航続距離		500海里以上
・貨物積載重量		約1000トン
・船殻構造材料		耐食アルミニウム合金

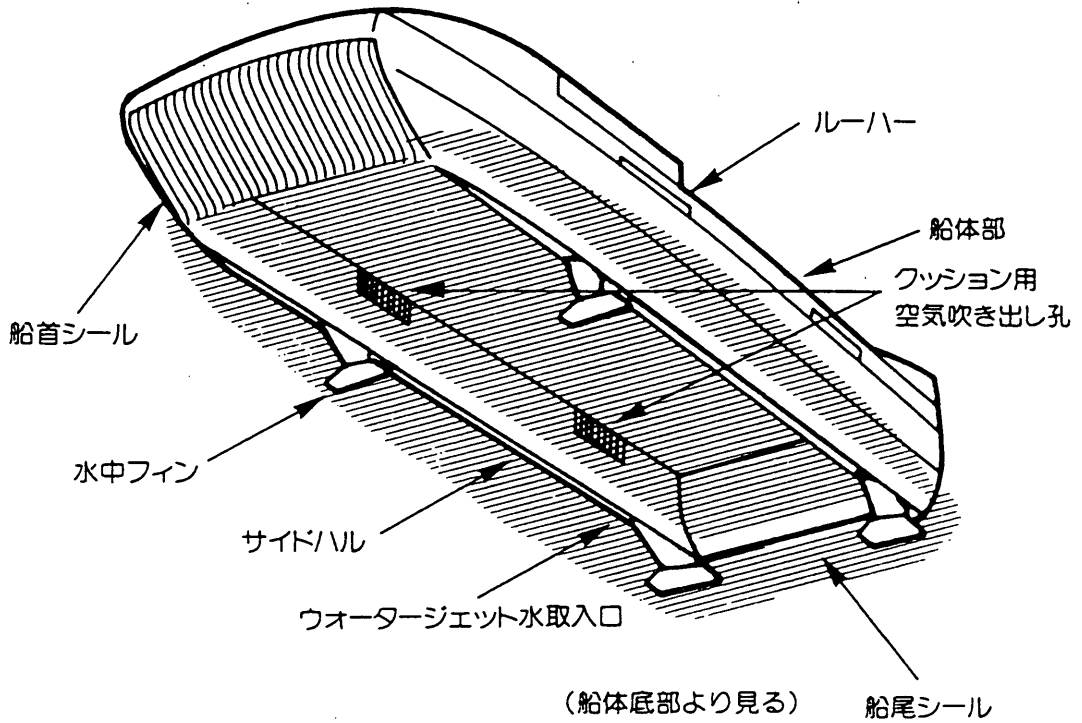
また、実海域実験船として「飛翔」が建造された。この船の主要目は、開発目標船からの単純なスケールダウンではなく、実船の設計において行われる最適化手法と同様の手法により設計された。この「飛翔」の主要目を以下に、航行の状況を参考図3に示す。なお、本船は軽荷ではあるが、54ノットを記録した。

「飛翔」主要目

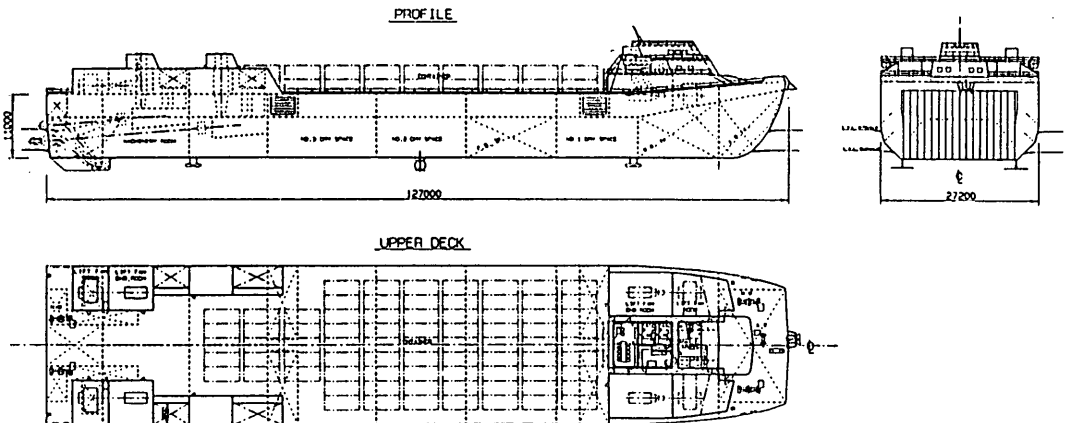
・全長		約 70.0m
・全幅		約 18.6m
・型深さ		約 7.5m
・喫水	オフ・クッション	約 3.5m
	オン・クッション	約 1.1m
・速力		約50ノット
・航続距離		500海里以上
・貨物積載重量		約200トン
・船殻構造材料		耐食アルミニウム合金

参考文献

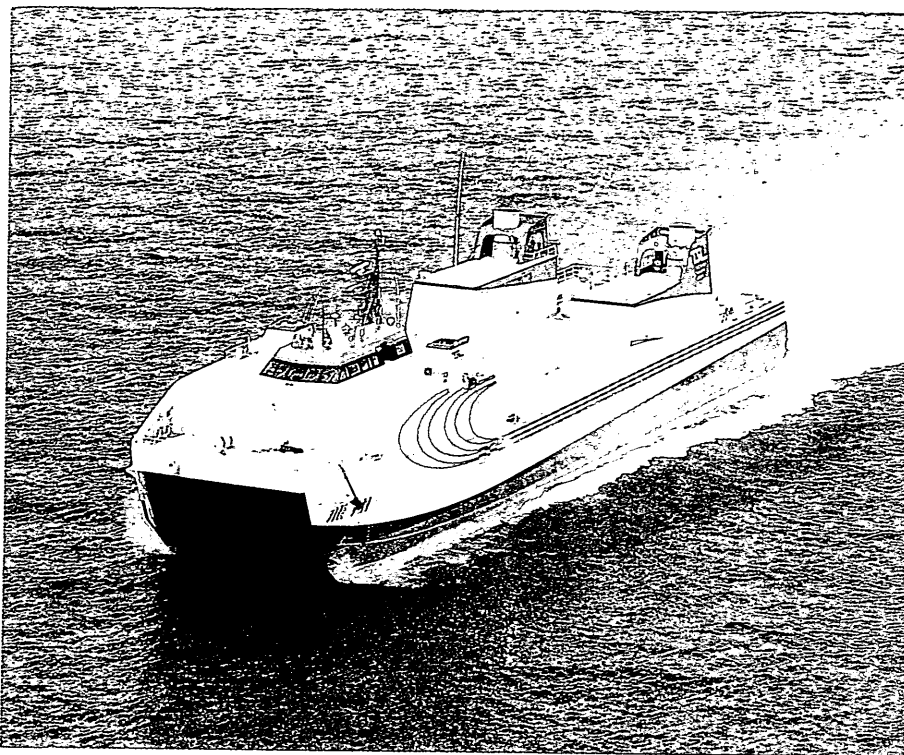
- ・日本造船学会誌785 1994/11
- ・雑誌「港湾」VOL.71 1994/11



参考図1 T S L - 船型概念



参考図2 T S L - A 概略配置図



参考図3 「飛翔」の航行状況（オン・クッション状態）