

高速旅客船の乗り心地評価に関する研究 (第2報)

—心理的反応の計測と解析—

正員 有馬 正和* 学生員 田村 裕貴*

Evaluation of Ride Comfort of High-Speed Passenger Craft (2nd report)
—Measurement and Analysis of Psychological Response—

by Masakazu Arima, *Member* Yuuki Tamura, *Student Member*

Summary

The purpose of this study is to establish a method for evaluating ride comfort of high-speed passenger crafts. The authors have conducted experiment on board a high-speed catamaran running across the Bay of Osaka, Japan. Measuring items were ship motion, and subjects' electrocardiogram and facial expression as human physiological responses to an oscillatory environment. Subjects' psychological response was also investigated by means of a questionnaire at 5-minute intervals during the voyage. The previous report demonstrates that lateral motion is necessary to estimate ride quality of a high-speed passenger craft. And the proposed 'ride comfort index' RCI was found to be a useful index for the evaluation of ride comfort. The present paper deals with psychological response in a ship environment. Mental-state affecting to the evaluation of ride comfort indirectly were investigated by a keyword-extraction method. Statistical analysis methods were applied to clarify the relationship between subjective psychological response and ride comfort of a craft. To conclude, the psychological measurements proposed here is effective to extract several factors affecting the evaluation of ride comfort.

1. 結 言

近年、欧州を中心に数多くの高速旅客船が就航しているが、特に高速双胴船では、流体力特性が従来の排水量型船舶とは異なるため、予想もしなかった運動特性が現れて波浪中での針路が不安定になり易く、乗り心地の悪化や船上活動能力の低下が指摘されている。現在、国内では比較的小型の水中翼付高速双胴船が数多く就航しているが、その乗り心地の評価手法についてはこれまで十分な検討がなされてこなかった。

本研究では、株式会社 淡路開発事業団のご理解とご協力を得て、淡路島洲本港（兵庫県洲本市）と関西国際空港（大阪府泉佐野市）を結ぶ洲本パールライン「パールブライト2」において高速旅客船の乗り心地評価に関する実船実験を実施した。第1報では、高速旅客船の船体運動を解析し、現行の国際規格で推奨されている上下揺れ加速度による評価だけでは不十分であることを指摘して、左右揺れ加速度をも考慮した乗り心地の評価手法について提案を行った¹⁾。

また、乗船中に乗り物酔いを発症した被験者の表情の変化を調べ、表情が乗り心地や乗り物酔い発症の客観的生理指標に成り得ることを示した²⁾。

本報では、乗船中の被験者の心理的反応を調べるために実施した2種類のアンケート調査の解析結果について述べる。ひとつは、「気分」を把握するために開発された『ムード・チェック・リスト』³⁾で、多変量解析によって快適性（快適—不快）に影響を及ぼす心理的な要因を調べた。

また、実船実験では、被験者の生理的反応として心電図と顔面表情を計測しているが、これらの生理的反応は直接乗り心地や乗り物酔いの発症として現れるわけではなく、被験者の内的な心理的・生理的反応がすべて含まれたものとして顕在化するものである。そこで、船体動揺や温熱環境・におい・騒音・振動・視覚刺激といった外的要因および自己暗示やそのときの体調・睡眠不足・ストレスなどの内的要因の関与を明らかにするために、キーワード抽出法によるアンケート調査を行い、乗り心地や乗り物酔いの発症とは直接関係がないと思われるような項目も含めて被験者に内在する心理的要因の解釈を試みた。ここでも多変量解析の手法を適用して、本論文で提案する心理的反応の計測・解析方法の妥当性について検討を行った。

* 大阪府立大学大学院工学研究科

原稿受理 平成18年2月28日

2. 実船実験の概要

高速旅客船「パールブライト2」の主要目を Table 1 に示す。本船は、前後に水中翼をもつ双胴船で、約 28 knot を超える速度域で浮上して航走する。

Table 1 Principal particulars of the "Pearl Bright 2".

Ship's Name	Pearl Bright 2	
Gross Tonnage	73 ton	
Length×Breadth×Depth	26.50 m × 6.20 m × 2.35 m	
Max. number of persons allowed on board	Passenger	120
	Crew	3
Service Speed	32.4knot (60km/h)	

本研究では、平成 16 年 6 月 29 日（火）から平成 17 年 2 月 24 日（木）にかけて 8 往復の実船実験を行った。いずれの日も往路と復路は、それぞれ関西空港 09:50 発・洲本港 10:38 着の下り 2 便と洲本港 14:50 発・関西空港 15:39 着の上り 5 便であった。計測項目は、船体運動と被験者の心電図および表情である。計測機器の電源の確保と一般乗客に迷惑を掛けないために、実験は毎回左舷後方で行った。

3. 心理測定のためのアンケート調査

3.1 ムード・チェック・リスト

被験者の乗り心地を把握するために、ムード・チェック・リストと言われるアンケート調査 (I) を実施した。ムード・チェック・リストを Fig. 1 に示す。この手法は、相対する形容語句を並べ、「どちらとも言えない」を中心に、「やや」、「かなり」、「非常に」の 7 段階で気分を尋ねるものである。

一対の形容語句に対して心理的評価を与えるのは SD 法 (Semantic Differential Method, 意味微分法)⁴⁾と同じであるが、SD 法では線分のみが書かれていることが多く、数値を予め記述して等間隔尺度であることを明記している点がムード・チェック・リストの特徴である。

3.2 キーワード抽出法による心理状態の把握

乗り心地とは直接関係がないように思われる事柄が、人間の内的な心理的・生理的反応に影響を及ぼす可能性がある。そこで、被験者が「見ている、感じている、関心を寄せている、注意している、思っている」ものや事柄について 135 個のキーワードから選択したり、自由に記述してもらうことによって被験者に内在する心理状態を調べた。キーワード抽出法によるアンケート調査票 (II) を Fig. 2 に示す。

MOOD CHECK LIST														
氏名 _____				性別 男 女		年齢 _____								
日付 _____ 年 _____ 月 _____ 日				時刻 _____ 時 _____ 分										
(1). あなたの今の気分を以下の各項の該当する数字に○印をつけて表してください。														
(2). できるかぎりすべての項目に印を付けてください。														
	非常に	かなり	やや		やや	かなり	非常に							
①楽しい	3	2	1	0	1	2	3							苦しい
②すっきりした	3	2	1	0	1	2	3							ボーッとした
③愉快な	3	2	1	0	1	2	3							不愉快な
④落ち着いた	3	2	1	0	1	2	3							イライラした
⑤リラックスした	3	2	1	0	1	2	3							緊張した
⑥頭が冴えた	3	2	1	0	1	2	3							もやもやした
⑦満足な	3	2	1	0	1	2	3							不満な
⑧幸せな	3	2	1	0	1	2	3							不幸な
⑨冷静な	3	2	1	0	1	2	3							興奮した
⑩生き生きした	3	2	1	0	1	2	3							意気消沈した
⑪さわやかな	3	2	1	0	1	2	3							憂うつ
⑫うれしい	3	2	1	0	1	2	3							悲しい
⑬快適	3	2	1	0	1	2	3							不快
↑ どちらとも言えない														

Fig. 1 Mood check list.

また、乗り物酔いの発症程度を量的に把握するために、「乗り物酔いレベル」を「快適；1」から「吐いた；8」の 8 段階で尋ねている。

4. アンケート調査の解析

実船実験の被験者には、大阪府立大学の教員および学部生・大学院生の協力を得ることができた。16 回の航海に参加した被験者数は延べ 138 名で、航海によって 4~16 名であった。また、キーワード抽出法によるアンケート調査は、2 日目の実験から導入したもので、14 航海分のデータが得られている。

乗船中の被験者の表情や心電図が連続して録画・計測されていることから、乗り心地や乗り物酔いの発症といった心理的反応の変化をできるだけ詳細に把握するために、アンケート調査は、出航直後から入港直前までの約 40 分間、5 分ごとに実施した。

4.1 快適さの評価

第 1 報では、船体運動に対する被験者の快適性を表す指標として、ムード・チェック・リストの⑬「快適-不快」を選択し、「非常に快適」を-3、「非常に不快」を+3 として、等間隔尺度で評価を行った（以下、「快適性指標」という）。

5 分毎に得られたアンケート調査の結果を調べたところ、乗船中にムード・チェック・リスト (I) の「快適性指標」やアンケート調査 (II) の「乗り物酔いレベル」が大きく変化した被験者は見られなかったため、本研究では、約 40 分間の平均値を用いて評価を行うことにした。

●今あなたが「見ている」、「感じている」、「関心を寄せている」、「注意している」、「思っている」ものや事柄をお尋ねします。以下のキーワード群の中から選んで○で囲んで表現してください。(該当しない場合は、その他に記入してください)(複数回答可)
(記入時間：1分間/5分毎)

暑い 寒い 涼しい 暖かい 静か うるさい 狭い 広い 明るい 暗い まぶしい
臭い 芳香 冷たい 熱い 湿度

苦しい 疲れた 嬉しい 面白い くだらない 珍しい 満足 期待 不安 緊張

集中力 めんどくさい うっとうしい 気持ち悪い だるい しんどい つらい 好き

嫌い 怖い 退屈 ストレス とくに何も感じない

頭痛 腹痛 眠い めまい あくび 汗 しびれ 喉の渇き 満腹 空腹 吐き気

特に変化はない

電灯 天井 冷房 座席 通路 トイレ 混雑 窮屈 他の乗客 乗組員

特に気にならない

昼飯 水 お茶 ジュース コーヒー

快適 乗り心地 袋 嘔吐

家族 両親 友達 彼女 彼氏 先輩 テレビ ドラマ ニュース デート バイト

塾 試験 単位 就職 夏休み 宿題 旅行 読書

揺れ 振動 加速度 衝撃 波 大型船 高速艇 速い 遅い 安全 危ない 山 島
海峡 港

睡眠不足 風邪 病気 朝食

頭 目 鼻 口 のど 首 胸 腹 背中 腰 手 足

天気 雨 日ざし 雲 雷 雪 霞

赤 白 青 黒 灰色 緑 黄色

その他 (), (), (), (), ()

●現在の気分は下のどれに相当しますか? □内に印をお入れ下さい (一ヶ所のみ)

- ☐ 快適
- ☐ 気分は良好
- ☐ 普通
- ☐ ちょっと気持ち悪い
- ☐ 不快
- ☐ 非常に気持ち悪い
- ☐ 吐きそう
- ☐ 吐いた

ありがとうございました。最後にあなた自身の情報をいただきたいと思います。

年齢： _____ 性別： 男 女 職業： _____

記入日時： 平成17年 月 日 時 分

Fig. 2 A questionnaire of a keywords-extraction method for obtaining subjects' mental state.

快適性指標と乗り物酔いレベルとの関連を Fig. 3 に示す。図は、14 回の航海ごとに全被験者の平均値を求めてプロットしたものである。快適性指標の「どちらとも言えない;0」と乗り物酔いレベルの「普通;3」が一致しており、また快適性指標と乗り物酔いレベルとの相関係数 R が非常に高いことから、快適性指標と乗り物酔いレベルを乗り心地の評価に用いることが妥当であると判断することができる。

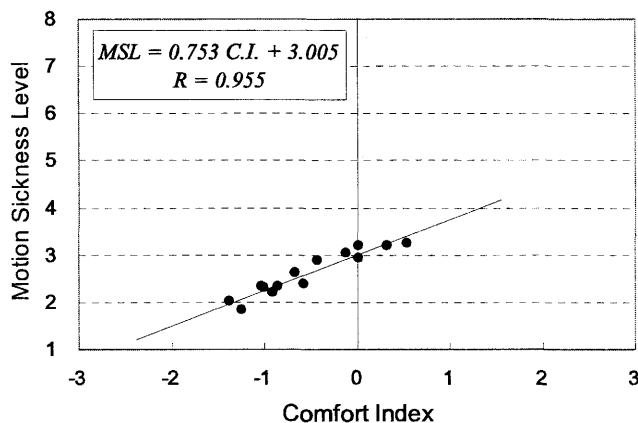


Fig. 3 Relationship between comfort index and motion sickness level.

4.2 ムード・チェック・リスト

ムード・チェック・リストの解析では、左側に書かれた形容語にマイナス値を与え、-3 ~ +3 に等間隔尺度として定量化を行った。快適性指標との相関係数および後述の重回帰分析の標準回帰係数を Table 2 に示す。有効回答数は、116 である。その内訳は、教員と社会人ドクターの学生 (39~63 歳; いずれも男性) が延べ 18 名で、男子学生 (19~25 歳) が延べ 90 名、女子学生 (23~24 歳) が延べ 8 名であるが、年齢層/性別による統計的に有意な違いは見られなかった。

Table 2 Correlation coefficients of pairs of adjective words with comfort index and the standardised regression coefficients.

Pair of adjective words		Correlation coefficient	Standardised regression coefficient
① 楽しい	— 苦しい	0.795	0.154
② すっきりした	— ボーッとした	0.731	-0.112
③ 愉快的な	— 不愉快的な	0.842	-0.016
④ 落ち着いた	— ざわついた	0.823	0.111
⑤ リラックスした	— 緊張した	0.834	0.305
⑥ 頭が冴えた	— もやもやした	0.723	0.141
⑦ 満足な	— 不満な	0.863	0.439
⑧ 幸せな	— 不幸な	0.809	0.071
⑨ 冷静な	— 興奮した	0.695	-0.054
⑩ 生き生きした	— 意気消沈した	0.820	-0.314
⑪ さわやかな	— 憂うつ	0.861	0.400
⑫ うれしい	— 悲しい	0.781	-0.122

表より、これらの形容語対と快適性指標との相関は、比較的高いことがわかる。そこで、12 の形容語対を説明変数、快適性指標を目的変数として重回帰分析を試みた。ムード・チェック・リストによって得られた実測値と重回帰式によって得られた予測値との分布を Fig. 4 に示す。図より、実測値と予測値が比較的良く一致していることがわかる。

また、標準回帰係数の高い「満足な」状態や「さわやかな」心理的状态が乗り心地の評価に与える影響は大きく、乗り心地の改善には、満足感を高める工夫とさわやかな雰囲気を作り出すことが有効になると考えられる。

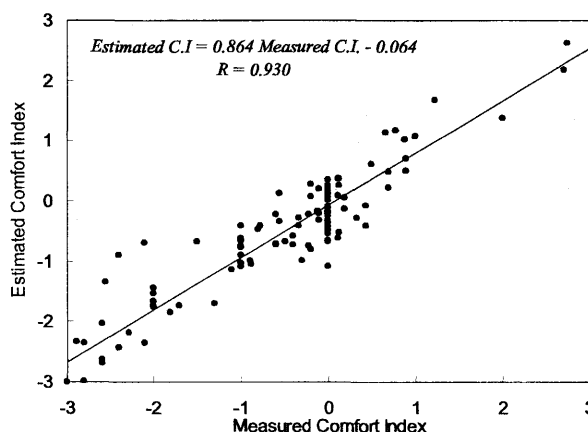


Fig. 4 Distribution of measured comfort index obtained from the 'mood check list' and estimated comfort index by a multiple-regression model.

4.3 キーワード抽出法による心理状態の解析

アンケート調査票に記された 135 項目のキーワードの中から、乗り心地の評価に影響を与える要因を選択するために、まず、被験者によってチェックされた項目の多いもの (延べ 100 個以上) を抽出した。乗船中、5 分ごとに実施したアンケート調査の結果を詳細に調べたところ、チェックされる項目の数にバラツキのあることがわかったので、項目ごとに乗船中にチェックされた回数を求めて、その被験者の当該項目の評価値とした。そして、乗り物酔いレベルとの相関の見られる 14 項目を抽出した。選択された項目とその相関係数を Table 3 に示す。有効回答数は 88 で、こちらも年齢層/性別による統計的に有意な違いは見られなかった。

相関係数の値は、いずれもあまり高くないが、船室環境を表すと考えられる「涼しい」や「暖かい」、船体の動揺や振動・視覚刺激を表現する「揺れ」や「振動」・「波」、被験者の体調を表す「だるい」・「しんどい」・「眠い」・「睡眠不足」といった外的要因と内的要因を表す項目が選択されている。また、被験者に行った聞き取り調査では、喉の渇きから「お茶」が選択されたり、乗船中は座位のままで着席を求められる実験のため「目」や「足」の疲れを訴える被験者も多いことがわかった。

Table 3 Correlation coefficients of keywords with the 'motion sickness level'.

keywords	Correlation coefficient
涼しい	0.097
暖かい	0.212
だるい	0.412
しんどい	0.256
眠い	0.091
お茶	0.237
快適	-0.493
乗り心地	0.133
揺れ	0.273
振動	-0.145
波	0.252
睡眠不足	0.141
目	0.234
足	0.159

次に、これら 14 項目を説明変数、乗り物酔いレベルを目的変数として重回帰分析を試みた。アンケートで得られた実測値と重回帰モデルで得られた推定値を Fig. 5 にプロットした。

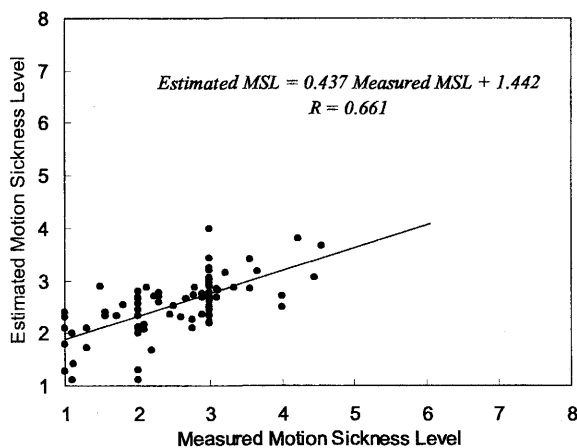


Fig. 5 Distribution of measured MSL obtained from a questionnaire and estimated MSL by a multiple regression model.

若干のパラツキが見られるものの、比較的高い相関係数が得られており、これらのキーワードで表された外的要因・内的要因の関与を定量的に表現できるものと考えられる。

5. 結 言

本研究では、高速旅客船の乗り心地評価手法を確立するために、大阪湾を就航する水中翼付高速双胴船において乗り心地に関するアンケート調査を実施し、被験者の心理的反応の計測と解析を行った。ムード・チェック・リストによって乗り心地の評価における心理的な構造解析を試みた。また、キ

ーワード抽出法によって乗り心地や乗り物酔いの発症に関与する要因を抽出し、その関与を調べた。本論文で提案した手法によって、直接的には乗り心地の評価に関与しないと思われるような要因の抽出が可能になることを示した。本手法は、船内環境の改善や最適航路の選択など、船舶の設計や運航における指針作りに役立つものと考えられる。

現段階では、同一航路を就航する同一高速船におけるアンケート調査の結果に過ぎず、得られている心理的反応のデータ数もまだ十分ではないことから、抽出された項目が必ずしも普遍的なものであると断定することはできない。しかし、キーワードや項目を整理してアンケート調査票を改善し、他の航路を就航する複数の高速旅客船における一般乗客のデータを蓄積することによって、乗り心地に係わる要因を明らかにすることが可能であると考えられる。

乗り心地の計測では、できるだけ被験者に生理的・心理的な外乱を与えないことが望まれるので、心電図や表情による客観的生理指標を見出し、高速旅客船の乗り心地評価手法を確立したいと考えている。

謝 辞

高速旅客船の乗り心地評価実験に対してご理解と全面的なご協力をいただいた株式会社 淡路開発事業団の森脇明宏部長および洲本パールライン「パールブライト2」の乗組員、関係各位に厚く御礼申し上げます。

また、キーワード抽出法によるアンケート調査票の作成において、有益なご助言をいただいた武庫川女子大学 糸魚川直祐教授（大阪大学名誉教授）に感謝の意を表する。

最後に、高速船の乗り心地に関する研究および実験の機会を与えて下さった細田龍介 大阪府立大学名誉教授に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 有馬正和, 田村裕貴: 高速旅客船の乗り心地評価に関する研究 (第1報) — 船体運動の計測と解析 —, 日本船舶海洋工学会論文集, No.2, (2005), pp.211-215.
- 2) 有馬正和, 池田和外: 表情評価モデルによる乗り心地の評価, 日本船舶海洋工学会論文集, No.2, (2005), pp.205-209.
- 3) 橋本公雄, 斎藤篤司, 徳永幹雄, 磯貝浩久, 高柳茂美: 運動によるストレス低減効果に関する研究 (2) — 過性の快適自己ペース走による感情の変化 —, 健康科学, No.13, (1991), pp.1-7.
- 4) 岩下豊彦: SD 法によるイメージの測定 その理解と実施の手引き, 川島書店, (1983).