

# コンテナ船の船舶諸元分析に関する基礎的研究

○ 国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 井上 岳  
国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 赤倉 康寛

## 1. はじめに

港湾の施設の整備にあたっては、入港船舶が安全かつ円滑に航行または係船できるよう、所要の水深、長さ等を確保することが必要である。公共の港湾の施設の場合、入港船舶を事前に特定することは困難であるため、予め船種別のトン数、全長、垂線間長、型幅及び満載喫水の標準化した値を統計的に求め、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に標準値として定めている。現行基準の策定は、2004年のデータに基づき、2007年に行われた。

パナマ運河拡張工事の進展に伴い、Emma Maersk等の大型新造コンテナ船の投入が相次いでいる。船舶の大型化と代替が近年著しいことが判明したので(表1)、比較的最新のデータにより現行基準の分析を再現し、その有効性について検証した。併せて、コンテナ船の船舶の規模を表す指標として、載荷重量トン数(DWT)のほか、当該船舶に積載可能なコンテナ個数(TEU)を考えられるため、TEUを説明変数とする分析の適用可能性について検討した。

## 2. 分析手法の概要

現行基準の分析手法を踏襲する。概要は以下のとおりである。

### 2.1 回帰式の算定

#### (1) 対数回帰解析手法

船舶の形状は空間的に概ね相似形であることを踏まえ、最小二乗法(OLS)(次式)により、線形回帰させる。被説明変数(Y)は主要諸元(船長、垂線間長、型幅、満載喫水)、説明変数(X)は船舶規模(載荷トン数)である。

$$\log Y = \log \alpha + \beta \log X + \varepsilon \quad (1)$$

#### (2) 平均値解析手法

何らかの説明変数の増加にも関わらず諸元が一定値を示す場合には、対象となる標本について平均値及び平均値まわりの標準偏差を算定する(例:パナマ運河の通行制限のため、型幅Bが一定値を示す場合等)。

### 2.2 上位25%値の推計

船舶諸元の標準値として、船型及び船舶規模毎に推計した標準諸元値の上位25%値を採用する。上位25%値は、上

記回帰分析による残差 $\varepsilon$ がガウス分布 $N(0, \sigma)$ に従うものとみなし推計する。

### 2.3 分析の対象とするデータ

船齢15年以下のものを対象として分析する(今回分析は、1993～2008年に竣工した船舶のデータ、現行基準の分析は1989～2004年のデータが対象)。分析には、Lloyd's Shipping Dataを使用する。

## 3. 分析結果

### 3.1 適用した解析手法

現行基準の分析を踏襲し、載荷重量トン数35,000DWT未満の船舶に対しては、対数回帰解析手法を適用する。また、35,000DWT以上の船舶に対しては、10,000DWT単位毎に船級規模を区分して分析し、平均値解析手法を適用する。

### 3.2 主要諸元の分析結果

主要諸元の分析結果をまとめたものを表2に示す。今回分析により、現行基準の分析の結果を程よく再現できた。ただし、以下については、3～4%程度の乖離が見られた。

#### (1) 30,000DWT級の満載喫水(d)

載荷重量トン数が25,000～30,000DWTの範囲にあるものを抜き出し、母平均の差に関する検定(Welch's Test)を実施した結果、新造船の満載喫水(d)が、現行基準の分析のデータと比較して、著しく大きい(表3)。

#### (2) 40,000DWT級の全長(Loa)

当該船階級にある船舶データを抜き出し、母平均の差に関する検定(Welch's Test)及び等分散検定を実施した結果、新造船のLoaの値及び分散が、現行基準の分析のデータと比較して、著しく小さい(表4)。

#### (3) 100,000DWT級の全長(Loa)及び型幅(B)

現行基準の分析以降、諸元値の小さい船舶の出現が確認された。

## 4. TEUを説明変数とする分析

### 4.1 分析手法

TEUを説明変数とする分析を前節に準じた方法で実施し、その可能性について検討する。2,500TEU(3節の閾値

表 1: コンテナ船データの基本統計量

|                        | 標本数     | 平均     | 標準偏差   | 上位 10%値 | 上位 25%値 | 上位 50%値 |
|------------------------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 現行基準分析 (89~04 年竣工)     | N=2,315 | 31,300 | 23,000 | 66,910  | 46,000  | 23,800  |
| 現行基準分析以降 (2005~08 年竣工) | N=1,431 | 44,300 | 32,500 | 100,700 | 65,900  | 37,900  |

表 2: 主要諸元の分析結果 (コンテナ船: 全船一括解析)

| DWT     | 全長 Loa(m) |     |     |       | 型幅 B(m) |      |      |       | 満載喫水 d(m) |      |      |       |
|---------|-----------|-----|-----|-------|---------|------|------|-------|-----------|------|------|-------|
|         | '95       | '04 | '08 | 変化率   | '95     | '04  | '08  | 変化率   | '95       | '04  | '08  | 変化率   |
| 10,000  |           | 139 | 138 | -0.7% |         | 22.0 | 21.9 | -0.5% |           | 7.9  | 7.9  | 0%    |
| 20,000  |           | 177 | 176 | -0.6% |         | 27.1 | 26.9 | -0.7% |           | 9.9  | 10.1 | 2.0%  |
| 30,000  | 218       | 203 | 203 | 0%    | 30.2    | 30.6 | 30.3 | -1.0% | 11.1      | 11.2 | 11.6 | 3.6%  |
| 40,000  | 244       | 241 | 231 | -4.3% | 32.3    | 32.3 | 32.3 | 0%    | 12.2      | 12.1 | 12.1 | 0%    |
| 50,000  | 266       | 274 | 271 | -1.0% | 32.3    | 32.3 | 32.3 | 0%    | 13.0      | 12.7 | 12.7 | 0%    |
| 60,000  | 286       | 294 | 293 | -0.3% | 36.5    | 35.9 | 35.6 | -0.8% | 13.8      | 13.4 | 13.4 | 0%    |
| 100,000 |           | 350 | 339 | -3.2% |         | 42.8 | 44.1 | 3.0%  |           | 14.7 | 14.6 | -0.7% |

表 3: 喫水に関する Welch's Test (結果)

| 竣工年                                                    | N  | 平均 $\mu$          | 標準偏差 $\sigma$ |
|--------------------------------------------------------|----|-------------------|---------------|
| 1989~2004 年                                            | 78 | $\mu_{8904}=10.7$ | .700          |
| 2005~2008 年                                            | 30 | $\mu_{0508}=11.2$ | .513          |
| $H_0: \mu_{0508} - \mu_{8904} > 0$ $Pr(T > t) = .0001$ |    |                   |               |

表 4: 全長に関する Welch's Test 及び等分散分析 (結果)

| 竣工年                                                    | N   | 平均 $\mu$           | 標準偏差 $\sigma$ |
|--------------------------------------------------------|-----|--------------------|---------------|
| 1989~2004 年                                            | 185 | $\mu_{8904}=226.2$ | 18.2          |
| 2005~2008 年                                            | 178 | $\mu_{0508}=222.0$ | 7.1           |
| $H_0: \mu_{8904} - \mu_{0508} > 0$ $Pr(T > t) = .0022$ |     |                    |               |
| $H_0: \mu_{8904}/\mu_{0508} = 1$ $2Pr(T > t) = .0000$  |     |                    |               |

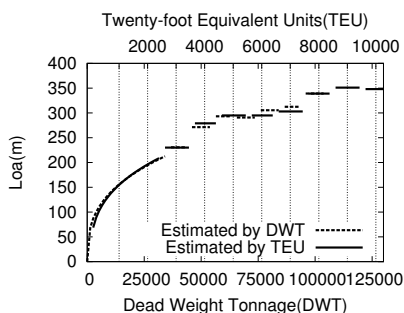


図 1: Loa の結果 (TEU,DWT)

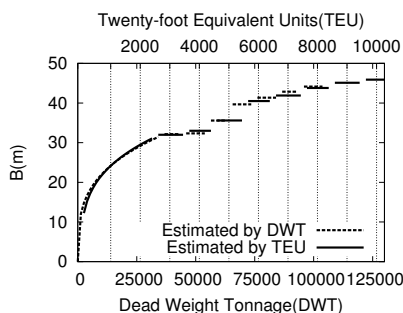


図 2: B の結果 (TEU,DWT)

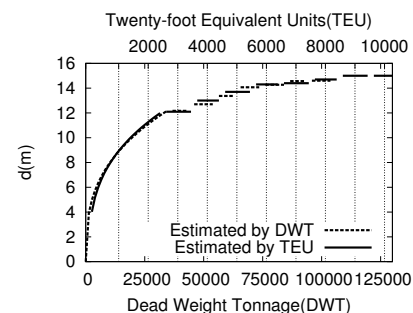


図 3: d の結果 (TEU,DWT)

35,000DWT に相当) を閾値として、この規模を下回る船舶に対し対数回帰解析手法を適用する。それ以外の船舶に 1,000TEU 単位毎に船級規模を区分し、平均値解析手法を適用する。2008 年データを使用する。

#### 4.2 主要諸元の分析結果

結果の対照のため、分析による推計値と船階級毎に実際値 (上位 25%値) を比較した。TEU を説明変数としても、諸元値を程よく推計できた。ただし、7,000TEU 級の全長 (Loa) について 6%程度の乖離が見られた。当該船階級のデータを調べたところ、特定の船社が運航する船舶に限り、他の船舶と比較して船長 (Loa) 及び載荷重量トン数 (DWT) が過大であった。このため、Llyod's データを、当該船社がホームページ上に公表している船舶データと置換し、再分析を行ったところ、5,000TEU 級の型幅 (B) を除き、推計値と実際値の乖離は概ね 3%以内になった。

5,000TEU 級の型幅 (B) は、太宗の船舶の型幅が 32.2m 付近に集中しているが、ほんの僅かな例外的な船舶に限り、型幅 37m を超えるものが認められた。こうした船舶の存在により、標準偏差  $\sigma$  が課題に推計され、型幅の推計値も過大に推計される。取扱に留意が必要である。

#### 4.3 DWT を説明変数とする分析との比較

結果の対照のため、TEU を説明変数とする分析結果と DWT を説明変数とする分析結果を同一のグラフ (図 1~3) に示す。両者の結果に差はあまりない。平均値解析手法を適用する船階級を適切に設定すれば、TEU を説明変数とする分析の適用は可能であると考えられる。

#### 5. おわりに

本研究は、コンテナ船等の船舶諸元に関し、比較的最新のデータ (2008 年) を用いた分析を実施し、大型新造船が相次ぎ船舶の大型化が著しい中においても、現行基準の分析の結果が有効であることを示した。併せて、積載可能コンテナ個数 (TEU) を説明変数とする分析の適用可能性について検討し、その結果、平均値解析手法を適用する船階級を適切に設定すれば、TEU を説明変数とする分析の適用は可能であることを示した。

今後も海運・造船を巡る世界情勢の変化等に対応できるように、同様の分析・検討を定期的に進めて参りたい。

#### 参考文献

- [1] 高橋宏直ほか:統計解析による船舶諸元に関する研究, 国土技術政策総合研究所研究報告第 28 号,2006