

3. 解析手法

3.1 従来の統計解析手法（対数回帰分析手法）およびカバー率の考え方

(1) 全長や満載喫水等に対して対数回帰分析手法を適用する背景

船舶は、船種が同一であれば規模に関係なく空間的に概ね相似形であることから、全長や満載喫水等の主要諸元は船体規模の 1/3 乗に近似的に比例すると考えられる。このため、全長や満載喫水等の主要諸元と船体規模との関係は次式により表される。

$$Y = \alpha X^\beta \quad (1)$$

$$\log Y = \log \alpha + \beta \log X \quad (2)$$

ここに

Y : Loa, Lpp, B, d

X : GT, DWT

$\beta \approx 1/3$

この式 (1) は、両辺を常用対数化することにより式 (2) となり、単純な直線回帰分析と σ （標準偏差）の算定等の統計解析を容易に実施することが可能になる。

ここで、標準諸元の解析では底を 10 とする常用対数を用いる。なお、本研究では (log) の表記において (\log_{10}) とし底の表記をしないが全て常用対数を意味している。

(2) カバー率の考え方および設定

ここでの GT, DWT に応じた単純な直線回帰式から得られる値は平均値（50% 値）である。すなわち統計的には、対象とする船舶数のうち、50% 以下はこの平均値以下であり、50% 以上はこの平均値以上となる。しかしながら、本研究では単純な平均値ではなく必要に応じて対象とする船舶の 50% 以上を包含する諸元値を提示することを目的としている。このため、全体数に対して（統計的に）包含している比率を示す値を「カバー率」とする。

ここで回帰式まわりのデータの分布を正規分布として仮定できることを前提として、 σ （標準偏差）から得られる値により平均値の回帰式を平行移動させることで任意のカバー率に応じた回帰式を設定することができる。ここでは、船階級に対応したデータの分散状況が同程度であることも前提としている。この平行移動の概念を図 10 に示すとともに、この平行移動量は [$k \times \sigma$ （標準偏差）] により算定される。この k 値とカバー率との関係を表 3 に示す。

なお、本研究での図表では、基本となる 50% の結果と「技術基準」において適用されている 75% の結果および

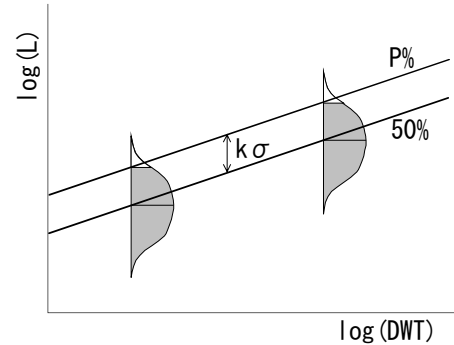


図 10 任意のカバー率による直線

表 3 k 値とカバー率

| P | 50% | 60% | 75% | 90% | 95% | 99% |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| k | 0.000 | 0.253 | 0.674 | 1.282 | 1.645 | 2.326 |

文献 12) で解析されている 95% の結果をあわせて表示している。

3.2 従来手法を適用した場合の課題

「技術基準」で全長等を解析したレベルに比較して全高の解析に用いたデータ数が少なく、信頼性が低いことおよび従来の統計解析手法（対数回帰分析手法）が船舶の高さに適用できないことを以下に示す。ここでは、適用できないことが顕著な例であり、また、港内での橋梁の設計に際しての制約条件となることが多い旅客船を対象とする。

まず、旅客船における全高の分布状況を図 11 に示す。この図 11 から明らかなように、20,000GT 以下でありながら全高が 60m を超えて 70m にも達しそうな旅客船が存在している。一方で、70,000GT 以上でも全高が 40m にも達していない旅客船も存在している。これらのデータを示す旅客船は実際に存在している可能性はあるものの、同様の規模の船舶と比較した場合には異常に大きな値として認識される。

さらに、このデータを対象として対数回帰分析手法を適用した結果を図 12 に示す。この図 12 では両軸を対数として線形回帰分析の結果により得られる回帰式および $\pm 2\sigma$ と $\pm 3\sigma$ の領域を合わせて表示している。ここで、 $\pm 3\sigma$ の領域を超えるデータは一般的な統計処理上からは異常値として排除する。そして、改めて対数回帰分析手法を適用してから両対数の軸で表示した結果を図 13 に、真数の軸で表示した結果を図 14 に示す。図 13, 14 では、先に示したとおりカバー率 50%（平均値）、75%、

95%の回帰式も示している。この図14の95%の回帰式は妥当な結果を示しているとは考えられない。具体的には、最大船階級の150,000GT級でのカバー率95%の値は90m以上にも達しており、現実的な70mよりも20m程度も高い結果となっている。貨物船に対する同様の解析結果を図15に示す。ここでも、最大船階級の200,000DWT級でのカバー率95%の値は70mを超えており、現実的な60m程度の値よりも10m以上も高い結果となっている。

これらの結果から、 $\pm 3\sigma$ の領域を超えるデータの排除および対数回帰分析手法の適用では、妥当な解析結果が得られないことが明らかになる。

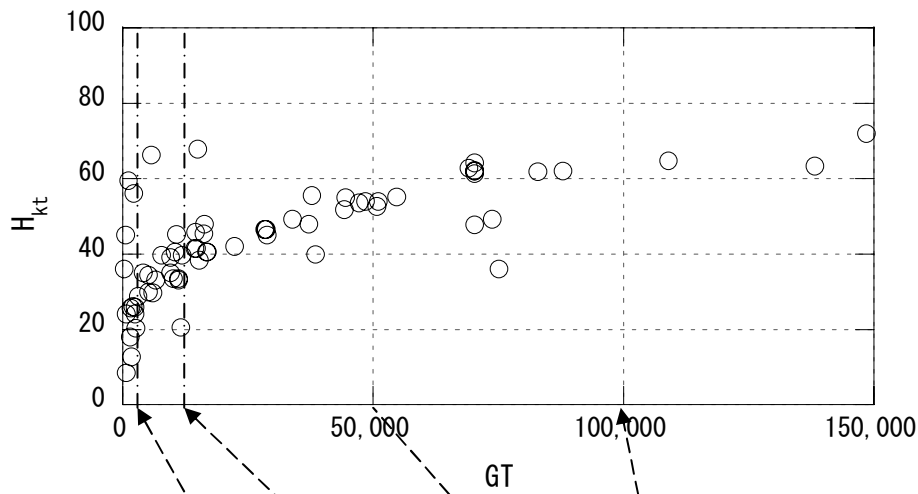


図11 全高データの分布状況（旅客船）

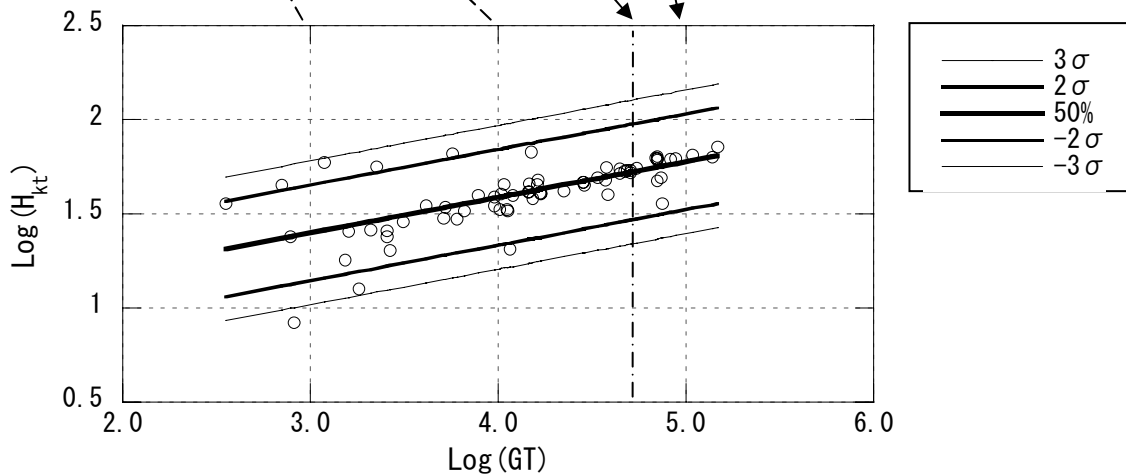


図12 両対数回帰分析（旅客船）

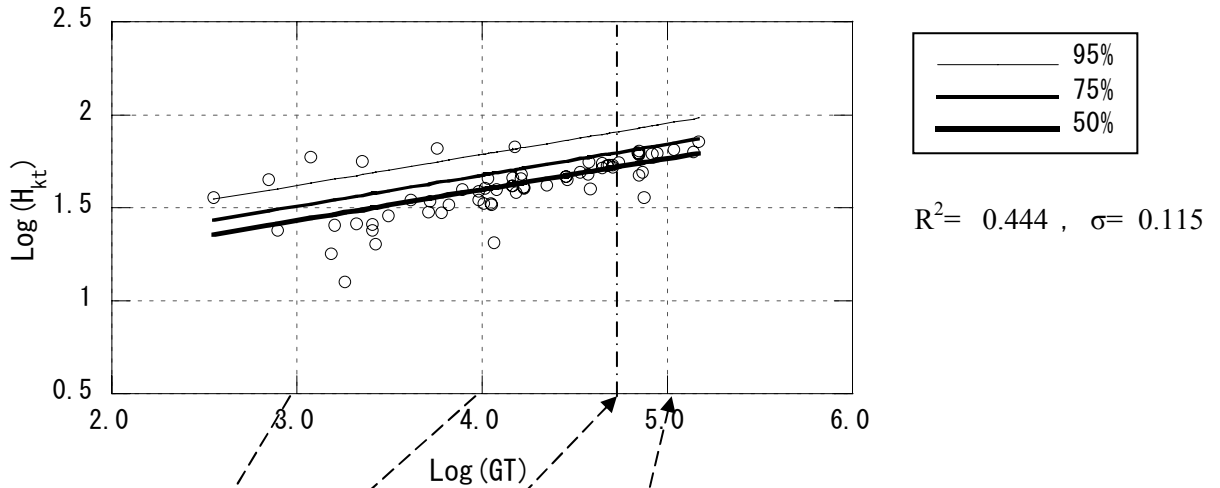


図13 両対数回帰分析の結果①
: ±3σ 超データの排除後 (旅客船)

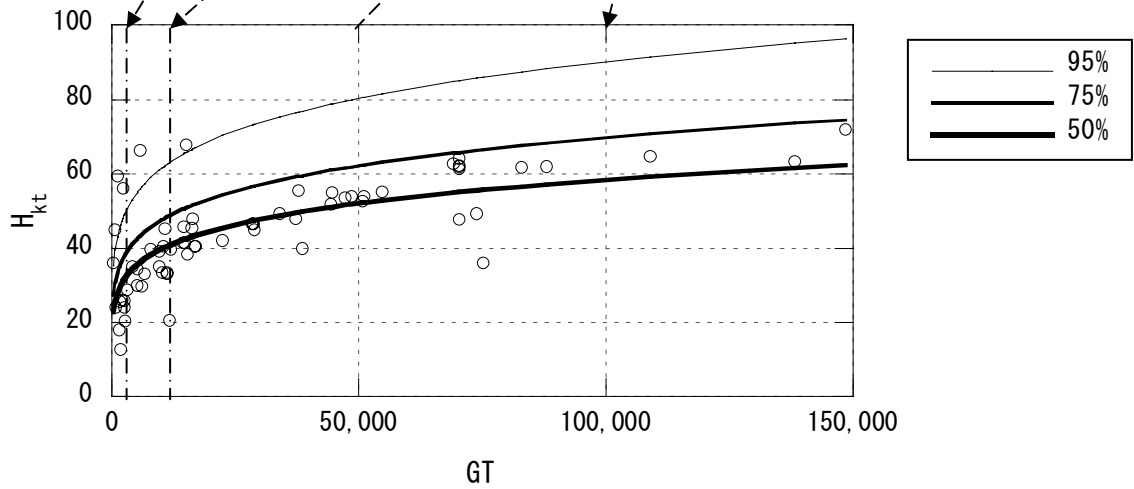


図14 両対数回帰分析の結果② : ±3σ 超データの排除後 (旅客船)

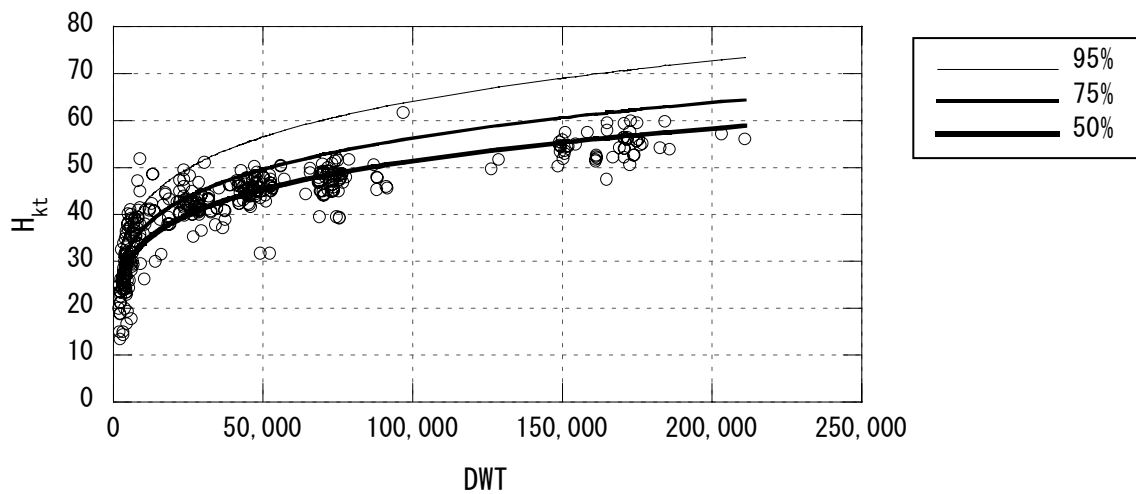


図15 両対数回帰分析の結果 : ±3σ 超データの排除後 (貨物船)

3.3 全高(H_{kt})に適用する新たな統計解析手法

旅客船を対象とした3.2での分析結果から、データの排除領域として $\pm 3\sigma$ を超える領域では不十分であることが明らかになった。このためデータをさらに絞り込むために $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除することを試みた。しかしながら、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後に従来とおりの対数回帰分析手法を適用しても、やはり妥当な解析結果が得られなかった。具体的に貨物船を対象として $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除した後に対数回帰分析手法を適用した結果を図16に示す。図16では $\pm 3\sigma$ を超える領域のみを排除した場合の図15よりも妥当な結果になっているものの、やはり最大船階級の200,000DWT級でのカバー率95%での推計結果は現実的な値から大きく乖離している。したがって、 $\pm 2\sigma$ を超える領域を排除した後も従来どおりに対数回帰分析手法を適用することは適切ではないと判断される。

このために、妥当な解析結果が得られるために様々な回帰分析手法の適用を試みた。その結果、両変数を対数とする対数回帰分析手法ではなく、次式で示すようにDWTあるいはGTのみを対数化して回帰分析する片対数回帰分析手法が最も有効であることが明らかになった。

$$Y = a \log X + b \quad (3)$$

ここに

$$Y : H_{kt}$$

$$X : GT, DWT$$

具体的に、先の旅客船についてGTのみを対数化した片対数回帰分析手法を適用して、さらに $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除してから解析した結果を図17~19に

示す。この図18, 19でもカバー率50%, 75%, 95%の回帰式を表示している。ここで、図17ではX軸(GT)のみを対数として線形回帰分析結果の回帰式を $\pm 2\sigma$ および $\pm 3\sigma$ の回帰式を合わせて表示している。この結果を踏まえて、 $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除して改めて対数回帰分析手法を適用し、GTのみを片対数で表示した結果を図18に示す。さらに、真数の軸で表示した結果を図19に示す。この図19の結果は、図14では妥当な結果が得られなかった最大船階級の150,000GT級においても推計結果と実存する船舶の最大値と同程度なことから、妥当な解析結果が得られていると判断できる。

また、貨物船についてもこの手法を適用した結果を図20に示す。ここでも、図16では妥当な結果が得られなかった最大船階級の200,000DWT級においても推計結果と実存する船舶の最大値と同程度なっており妥当な結果になっている。

したがって、全高の解析では先ず当初のデータに対してDWTあるいはGTのみを対数とした片対数回帰分析手法を適用して、次に $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを排除してから解析する片対数回帰分析手法を適用することとする。

ここで $\pm 2\sigma$ を超える領域のデータを削除していることからカバー率95%値を大きく超える実際の船舶が存在している。したがって、4.以下で示す解析結果を活用する場合には、この3.3での解析手法に留意することが必要である。

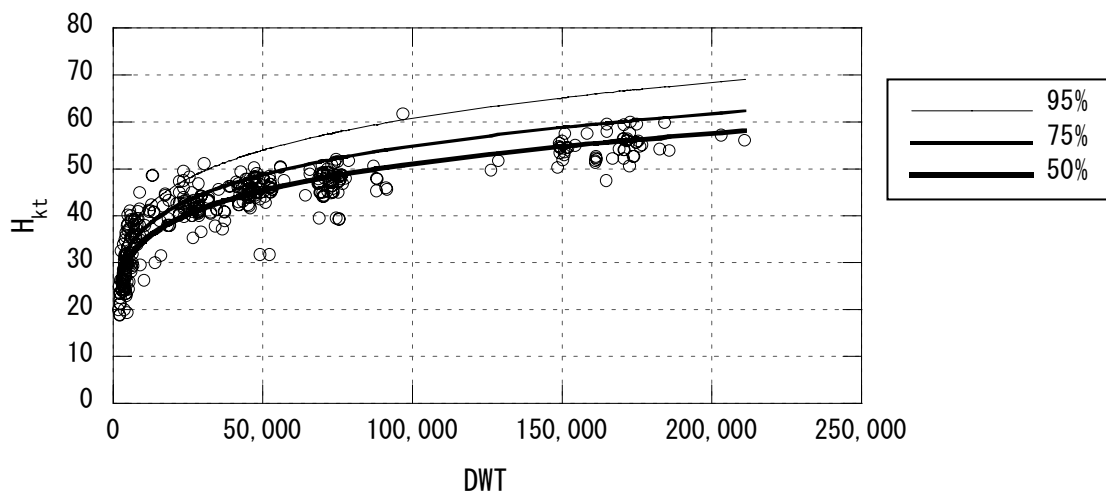


図16 両対数回帰分析の結果： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）

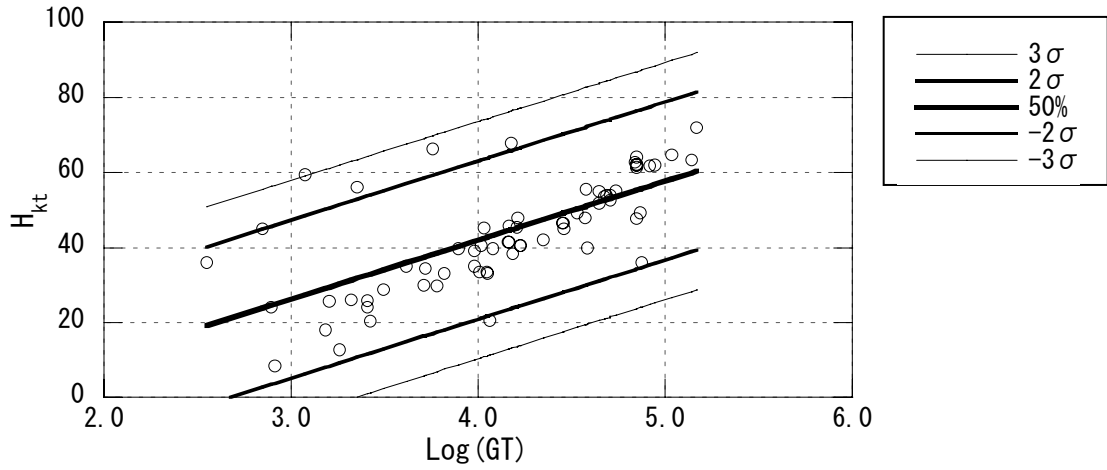


図 17 片対数回帰分析（旅客船）

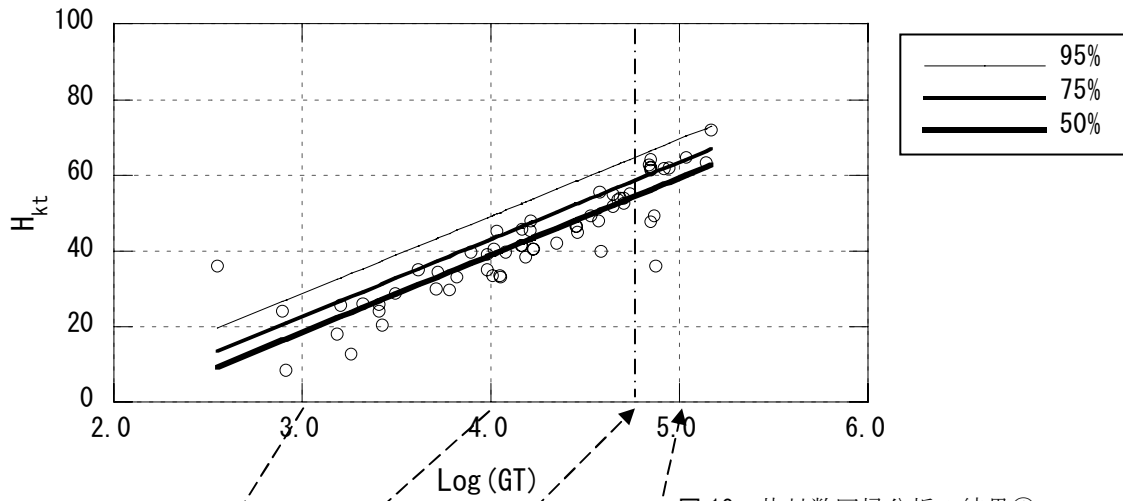


図 18 片対数回帰分析の結果①
: ±2σ 超データの排除後（旅客船）

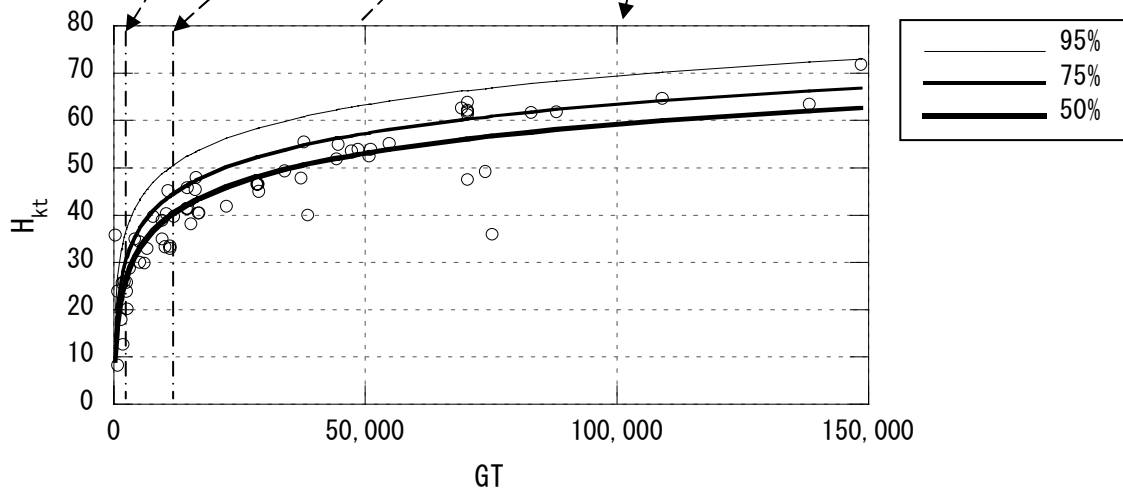


図 19 片対数回帰分析の結果② : ±2σ 超データの排除後（旅客船）

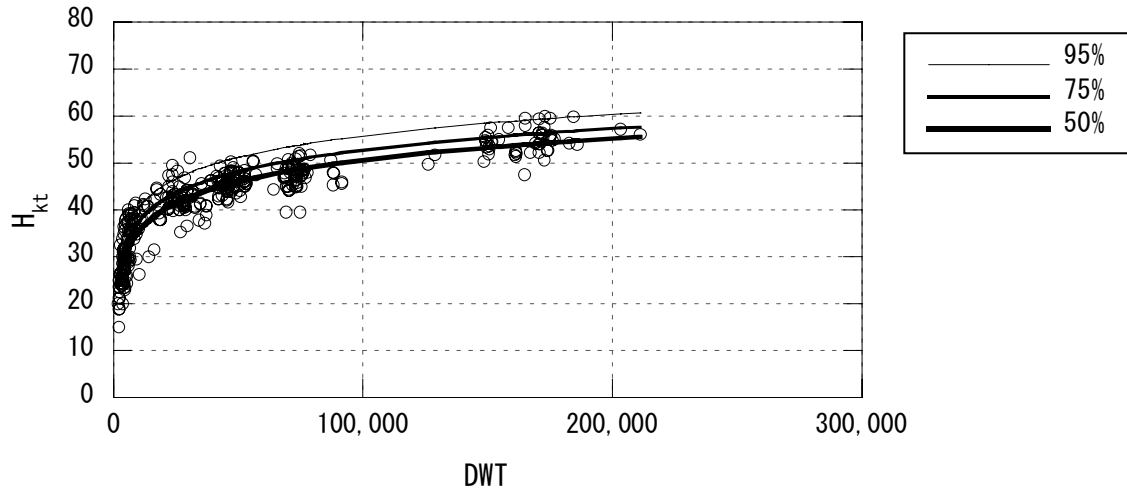


図 20 片対数回帰分析の結果： $\pm 2\sigma$ 超データの排除後（貨物船）