

平成 28 年度 重点研究課題（研究助成金）

津波減災のための事前対策の定量分析と
その社会実装可能性の検討

報 告 書

平成 29 年 3 月

土木学会 減災アセスメント小委員会

概 要

2014年10月より減災アセスメント小委員会においては、今後起こりうる巨大津波・高潮等による災害に対する減災システムを統合的に設計することを目的として、まずは津波災害を例に取り、防潮堤および土地利用計画について事前対策案を、津波防護に対する海岸工学的検討のみならず、街づくりに関する土木計画学的見地から検討・議論してきた。平成27年度の土木学会重点研究では、「外力に対する許容量を後背地の活動の予測・計画を踏まえて決定していく」ための新たな方法論の構築を検討し、そのフローと解決すべき問題を整理した。このうち特に、1) 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法（津波ハザードモデル）についての最先端研究の把握とその利用可能性の検討、2) 減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市均衡モデルの利用可能性の検討、3) 整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理、について検討を行った。

本年度は、前年度検討結果である減災対策決定プロセス案について、主要要素の具体的な適用方法と実効性の検討として、上記1)、2)、3)のそれぞれについて、ケーススタディを通じた定量分析を行った。ケーススタディは南海トラフ地震津波を想定し、静岡県あるいは高知県の一都市を対象として行い、1) 津波水位の生起確率について確率津波の考え方を整理し、地震規模のスケーリング則（グーテンベルグ・リヒター則）と確率すべり分布を考慮した確率津波モデルの構築を行った。また、ロジックツリーモデルによる津波水位分布の確率推定について、モデルを構築した、2) 想定浸水域の変化によって企業立地や人口がどのように変化するか、静岡県を例に具体的な変動係数を算出した、3) 防護施設の粘り強さ等を考慮できるよう、構造物破壊プロセス（フラジリティカーブを適用した確率破壊過程）を津波浸水モデルに反映させ、高知県を例に浸水評価を行った、等の検討を行った。

平成29年3月

研究代表者

岡安章夫・多々納裕一

土木学会 減災アセスメント小委員会

委員構成

(50音順, 敬称略)

小委員長	岡安章夫	東京海洋大学
小委員長	多々納裕一	京都大学防災研究所
幹事	河野達仁	東北大学大学院
幹事	安田誠宏	関西大学
委員	有川太郎	中央大学
委員	井上智夫	国土交通省近畿地方整備局
委員	宇野喜之	エコー
委員	越村俊一	東北大学災害科学国際研究所
委員	高木朗義	岐阜大学
委員	高橋智幸	関西大学
委員	田島芳満	東京大学大学院
委員	内藤正彦	国土交通省水管理・国土保全局
委員	羽藤英二	東京大学大学院
委員	原田賢治	静岡大学
委員	平野勝也	東北大学災害科学国際研究所
委員	福谷 陽	東京海上日動リスクコンサルティング
委員	藤見俊夫	熊本大学
委員	山中亮一	徳島大学
委員	横松宗太	京都大学防災研究所

推薦委員会

海岸工学委員会

土木計画学委員会

目 次

1. 研究の背景と目的および成果の概要	1
2. 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法についての検討	5
2.1 地震のスケーリング則を考慮した津波水位の確率評価.....	5
2.2 ロジックツリーを用いた確率津波高の推定	19
3. 津波リスク変化に応じた企業立地・人口の変化の把握方法	27
3.1 差分の差分を用いた立地変化分析モデル	27
3.2 差分の差分を用いた立地変化分析モデルのパラメータ推定.....	29
4. 防護施設の粘り強さの評価方法についての検討	56
4.1 背後浸水の評価方法.....	56
4.2 三次元計算を用いた構造物の破壊評価手法の構築	60
5. 結 論	65
付録. 減災アセスメント小委員会の活動状況	67

1. 研究の背景と目的および成果の概要

我が国では 30 年以内の大地震発生が高い確率で予測されている地域が多く、津波に対する予備的対策、ならびに、津波発生後の復旧・復興の枠組みを事前に準備しておくことが喫緊の課題である。東日本大震災の復旧・復興における問題事例も一部顕在化してきており、津波防災・減災については、防護に対する海岸工学的検討のみならず、街づくりに関する土木計画学的見地からの検討・議論も必要なことを示している。本研究では両者の立場から、今後起こりうる巨大津波・高潮等に対する減災システムを統合的に設計する。

海岸工学における既存の設計法は、「波浪、高潮、津波等の外力に対して、耐力（あるいは許容量）の基準を定め、それに対して最適な構造物を設計、整備する」というものであった。それに対して、本課題では、「外力に対する許容量を後背地の活動の予測・計画を踏まえて決定していく」ための新たな方法論の構築を目指している。そこで、津波に対する減災を考えるために、津波の発生や津波の浸水・遡上高予測、防潮堤による被害軽減効果などの海岸工学の知識に加え、土地利用、避難計画、制度設計、地域の将来予測といった、土木計画をはじめとした社会科学の知見を考慮している。

津波対策に対する総合的減災計画の方法論開発上の具体的な検討課題を、1) 事前対策と2) 事後対応に区別すると、以下のように示される。

- 1) 震災前に対処すべきこととして、津波の起こる確率およびその規模の予測、その津波予測に対応した防災のための土地利用の見直し、ならびに防潮堤整備といった準備が必要である。例えば、人口密度の高い太平洋沿岸において、「粘り強い構造」の防潮堤の建設が可能か、浸水低減に有効かの検討、または高台移転を含む土地利用計画も併せて計画することが必要である。また、そういったハード面だけの対策でなく、「避難」行動を促す防災教育や、津波災害警戒区域の設定、移住促進政策などのソフト対策が必要である。
- 2) 震災後には、早期の人命救助、その後の復旧・復興の過程を効率よく行う必要がある。災害対応、復旧、復興という一連の過程を、時間制約の中で計画し、調整し、実施していくことは容易ではない。このためには、災害発生後のこれら一連の過程を、住民合意を形成しながら、円滑にかつ効率性を保ちつつ実施していくことを可能とするような、事前の準備や制度の構築が必要である。

以上の検討を行うにあたり、東日本大震災で壊滅的な被害が生じた被災地の従前の防潮堤および土地利用が1)の参考に、そして復旧・復興に入った現在までの取り組みが2)の参考になる。例を挙げると、2)について現在、東北地方では、防潮堤高さについて住民と行政で意見が一致せず、問題が生じている地域がある。東日本大震災の場合は、震災後すぐに防潮堤整備を復旧事業と位置付けて、発生頻度の高い津波（レベル1津波）に対しては完全に防御できる防潮堤高さが設定され、整備が推進された。しかしながら、日常生活や漁業等の経済活動、観光資源としての景観や砂浜の利用を考えた場合には、高い防潮堤は障害となり、また、防潮堤の整備よりも、避難を円滑にするための幅の広い道路整備を望む住民の声も多い。まちづくりや道路整備を含めた統合的な議論がなされず、各部局がそれぞれ整備を進めたことが一因といえる。

ハード対策における現在の方法論では、防潮堤等海岸構造物の設計は原則として既往最大主義をとっており、背後地の人口・資産の集積状況やその時間的な変化状況などによらず整備水準が決定されている。このため、人口や資産の集積が進んでいる大都市圏でも、背後地が森林や町地である場合にも、整備の目標は同程度の水準が設定されている。しかしながら、施設の設計水準を上回る規模のハザードが発生する可能性は常にあり、加えて、そのような事態が発生した場合の被害は、背後地の状況によって大きく異なる。このような状況を鑑みると、最低限度の安全性能を保証するだけでなく、地域の実情に応じてより高い安全性能を付与することを可能とするような方法論の開発が必要であろう。このためには、あらゆる規模の外力とその発生頻度を予測し、施設規模に応じた長期被害の期待値を計量化し、防護コストを含めた災害に関する長期総コストの最小化を評価の中核に据えた方法論の開発が有効であると考えている。長期コストの算定に当たっては、社会構造や地域の将来予測もその評価に取り込む必要があるが、これらにより、地域固有の事情を反映した効率的な整備も可能となる。

ソフト対策もハード対策の状況に依存してその効果は異なる。したがって、ハード・ソフト対策から構成される総合的な減災施策の効果を定量化し、計画や設計に反映することの重要性は論を待たない。本研究では、リスク情報の提供や土地利用の規制・誘導、避難に役立つ施設整備や避難のためのソフト施策等の効果も合わせて分析していくための方法論の開発も進めていく。これらに関する学術研究・技術開発や諸制度の導入（災害事前アセスメントによる土地利用誘導など）を学際的・分野横断的に検討を行っている。

具体的には本研究において、1) 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法（津波ハザードモデル）についての最先端研究の把握とその利用可能性の検討、2) 津波リスク変化に応じた企業立地および住宅立地の変化の把握方法の検討、3) 整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理を行った。1)、2)、3)の知見を踏まえたうえで、費用便益分析に基づく防潮堤整備高の設定方法などをはじめとした現在の政策決定とは異なるプロセスの政策導入を含む新たなプロセスを提案した（図-1.1を参照）。

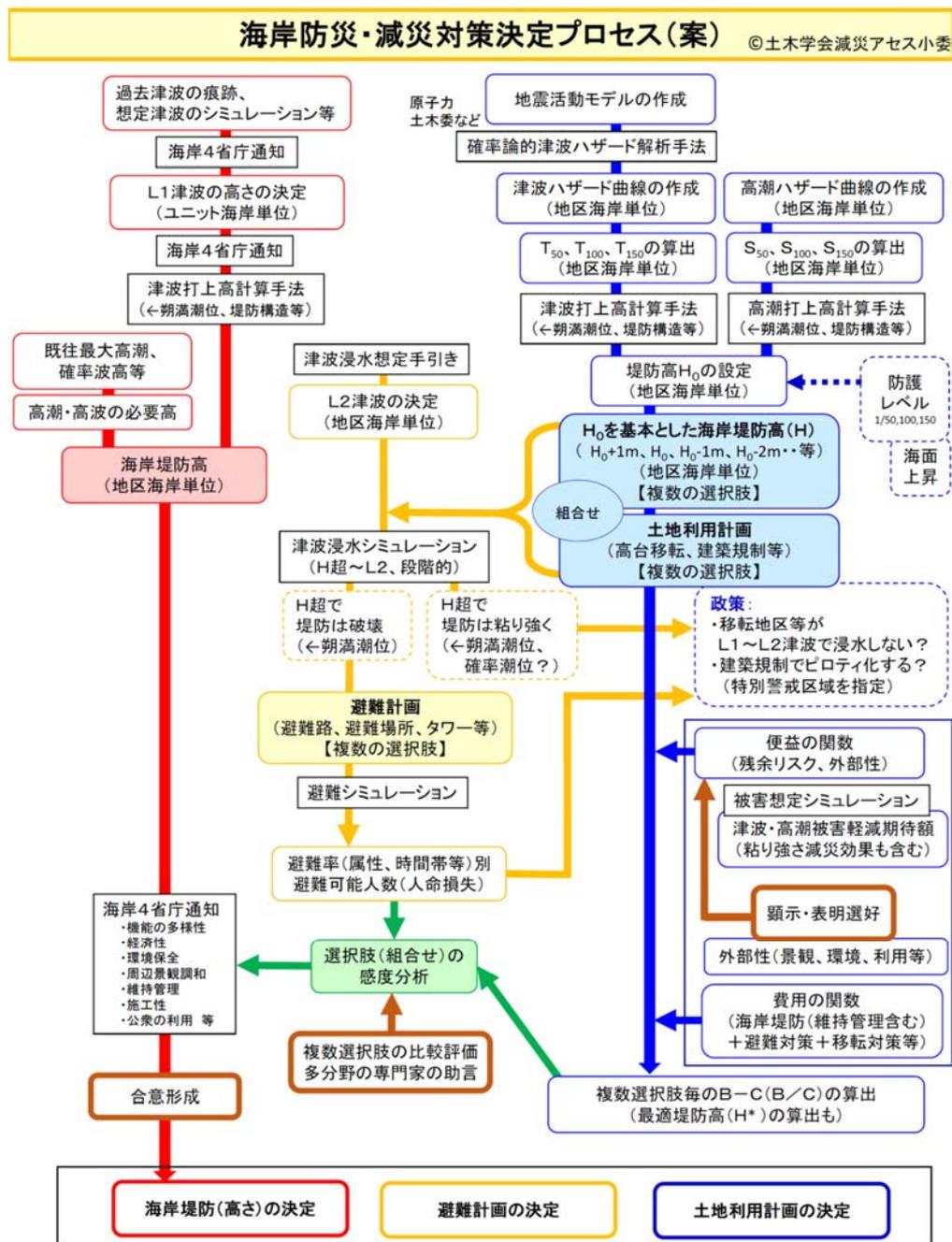


図-1.1 海岸防災・減災対策決定プロセス(案)

図-1.1 では、純便益指標 (B-C) を用いて津波防御レベルの設定を行うプロセスを導入している。これは、L1 津波が数十年から百数十年と幅があることに着目すれば、例えば、西日本では再現期間 50 年程度 (昭和南海級)、100 年程度 (安政南海級)、150 年程度 (宝永級) 等の津波 (物理的防御水準) を想定し、背後地の利用状況を考慮した上で、それぞれに対して経済的な照査を行い、効率性基準を満たす範囲内で最も望ましい防御水準を採択するという方法である。図-1.2 に示すように、横軸に防潮堤の高さを取り、縦軸にその便益と費用をとる。このとき、費用は防潮堤の高さとともに逡増する。一方、便益は防潮堤によって守られる生命、財産であり、これらは被害軽減額の期待値で表される。便益は、防潮堤の高さとともにその増加が一般に逡減する。このとき、純便益指標 (B-C) を最大化する防潮堤の高さが効率的な高さとなる。本研究においては、この効率的な高さを H^* と呼んでいる。

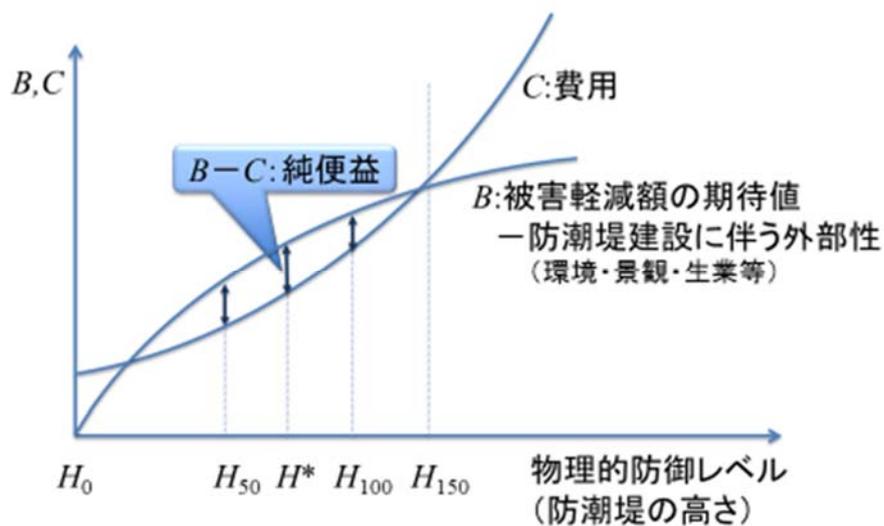


図-1.2 防潮堤の高さとその便益と費用

以上、研究の背景・目的とこれまでの研究成果の概要を示した。以下の章では、2章では、津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法について、静岡県を対象に地震のスケールリング則を用いた確率津波モデルとロジックツリーモデルを用いて津波水位を確率評価した結果を示す。3章では、津波リスク変化に応じた企業立地および住宅立地の変化の把握方法を検討し、実際に静岡県のデータをもとに計量分析を行った結果について述べる。4章では、防護施設の粘り強さの評価方法について検討した結果を示す。5章で、本課題で得られた成果についてまとめる。

2. 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法についての検討

2.1 地震のスケーリング則を考慮した津波水位の確率評価

津波災害評価手法には2つのアプローチがある。1つ目は、津波の最大シナリオに基づく決定論的アプローチである。2つ目は、確率論的津波ハザード解析によるアプローチである。在、南海トラフ地震による津波災害が想定される太平洋沿岸の自治体では、一定の頻度（数十年から百数十年）で発生が想定されるL1津波群を対象に、それらの最大値の包絡を採用する決定論的アプローチによって設計津波の水位が設定されている。設計津波の水位の設定にあたっては、朔望平均満潮位や堤防によるせり上がりが考慮されている。静岡県第四次地震被害想定(2015)においては、過去の5つの地震津波を基にL1津波水位を地域海岸ごとに定めている。しかし、このL1津波の選定には、限られた過去の津波履歴を元としている断層すべりの多様性や、L1津波群の中の最大のものがL1津波として採用されることの再現期間の点で議論の余地が残されており、確率論的津波ハザード解析が必要とされている。そこで、減災アセスメント小委員会では、確率論的津波ハザード解析を用いて津波災害評価を行う、新たな海岸防災・減災対策決定プロセスを提案した。

一方、安田ら(2015)は、Goda et al.(2014)による確率津波モデルを用いて、 $M_w9.0$ を想定した南海トラフ巨大地震津波を確率的に評価した。しかし、堤防高の設定基準を示すためには、地震規模（モーメントマグニチュード M_w ）に範囲を設け、津波を確率的に評価する必要がある。

そこで本研究では、地震のスケーリング則を求め、確率津波モデルに必要なパラメータを M_w に応じて推定できるようにする。そして、南海・東南海・東海地震を対象に、 M_w に応じて確率的にすべり分布を生成する（確率すべり分布）。生成した確率すべり分布から求めた初期水位（確率津波波源）を用いて津波伝播計算を行い、津波水位を確率的に評価すると同時に堤防高の設定基準を示すことを目的とする。すべり分布の生成から津波伝播計算までの一連の過程を確率津波モデルと定義する。静岡県沿岸部を検討対象とする。ただし、本研究では潮位の確率やせり上がりについては検討しておらず、津波水位についてのみ評価の対象とする。

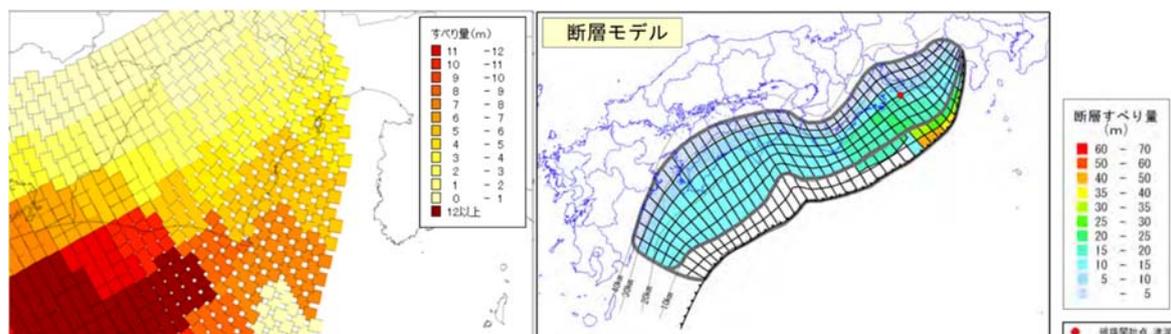
2.1.1 想定地震モデルと初期水位の算定

現在、静岡県で想定対象としている L1 津波群は、宝永地震津波（1707 年）・安政東海地震津波（1854 年）・安政南海地震津波（1854 年）・昭和東南海地震津波（1944 年）・昭和南海地震津波（1946 年）の 5 つである。第 4 次地震被害想定においては、1707 年宝永地震の再現を目標とした「宝永型地震」、1854 年安政東海地震・1854 年安政東南海地震の再現を目標とした「安政東海型地震」、上記 5 例の津波を総合的に検討した「5 地震総合モデル」の 3 つの津波断層モデルについて津波浸水等の想定が実施されている。一方、L2 津波想定に関しては、中央防災会議（2012）による南海トラフの巨大地震モデルの 11 ケースのすべり分布のうち、ケース⑥を対象モデルとしている。図-2.1.1 に L1 津波の「5 地震総合モデル」、L2 津波の南海トラフの巨大地震モデルのすべり分布を示す。

津波計算は、計算条件として津波の初期水位を与え、時間経過に伴い数値的に解いていく。その津波初期水位は、一般的に地殻変動による海底の鉛直変位として与えられる。津波の初期水位の算定には Okada (1985) の式を用いる。ただし、津波発生に関して地殻変動による海底の水平変位を無視できる条件下で成り立つ。Tanioka and Satake (1996) によって、地殻変動による海底の水平変動が津波発生に関して影響を与えることが示されている。初期水位への影響量 u_h は以下の式で表される。

$$u_h = u_x \frac{\partial h}{\partial x} + u_y \frac{\partial h}{\partial y} \quad (2.1)$$

ここで、 h は水深、 u_x は海底の x 方向への水平変位、 u_y は海底の y 方向への水平変位である。南海トラフ地震は、地殻変動による水平変動が大きいと予想されるため、地殻変動による海底の鉛直変位に加えて、地殻の水平変動による影響を考慮して初期水位を与える。



(a) 5地震総合モデル

(b) 南海トラフの巨大地震モデル（ケース⑥）

図-2.1.1 想定地震のすべり分布

2.1.2 確率すべり分布の生成

観測された地震波形や津波波形の解析を行うことで推定された断層面のすべり分布を逆解析すべり分布という。そのため、南海トラフ巨大地震を想定して中央防災会議が公表している決定論的なすべり分布とは異なり、空間的相関性を有したすべり分布である。確率すべり分布を生成するために、逆解析されたすべり分布に対する空間的相関性を利用する。本研究では、波数スペクトル解析を行うことでその空間的相関性を考慮する。

スペクトル解析は、逆解析されたすべり分布毎に行う。逆解析されたすべり分布に対して二次元フーリエ変換を行い、走行傾斜方向の波数パワースペクトル分布を推定する。次に、中心から放射状にパワースペクトルの平均値をとり（周方向平均）それぞれに対して、横軸を波数、縦軸をパワースペクトルとしてプロットし、スペクトル密度の勾配の推定を線形回帰分析により行う。以下に、線形回帰分析時の傾きとスペクトル密度の減衰勾配を表すハースト指数（空間相関性を表すパラメータの一つ）の関係式、周方向平均の理論式を示す。

$$P_d(k_r) \propto \frac{a^2}{(1+a^2k_r^2)^{H_1+1}} \quad (2.2)$$

$$H_2 = 3 - \frac{8-s}{2} \quad (2.3)$$

ここで、式(2.2)において、 P_d はパワースペクトル、 k_r は波数、 a は相関長、 H_1 はハースト指数、式(2.3)において、 H_2 はハースト指数、 s は線形回帰分析によるスペクトル密度の傾きを表している。周方向平均の理論式への適用に関しては、 H_1 と a の値を変化させながら曲線に最も合致するような H_1 と a の値の組み合わせを模索して決定する。また、周方向平均の理論式に関して、様々な理論式のモデルが存在するが、描いた曲線に最も合致するとしてフォンカルマンモデルの周方向平均の理論式を採用した。式(2.2)、(2.3)から求めた H_1 、 H_2 の幾何平均値をハースト指数 H として定義する。これは、ハースト指数が走向、傾斜に共通と仮定しているからである。次に、誤差平均は、式(2.2)から求めた理論値とプロットした値との差の平均値である。差の平均値が最小となる時の a の値を求め、走向方向を Ax 、傾斜方向を Az とする。

一方で、解析を容易にするため、逆解析されたすべり分布を変数変換し、最も正規分布に近づける。任意の分布を持つ変数を正規分布に近づけるとき手法としてBox-Cox変換がある。Box-Cox変換の式を以下に示す。

$$y = \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} \quad (2.4)$$

ここで、 x は Box-Cox 変換前のすべり量、 y は Box-Cox 変換後のすべり量を表す。変換前と変換後のすべり分布を比較し、最も相関係数が 1 に近づくときの λ を、Box-Cox 変換のパラメータとして定める。

波数スペクトル解析手法を用いることで、空間相関性を表す 3 つのパラメータ、すなわち H 、 A_x 、 A_z を求めることができる。そのパラメータを用いてフォンカルマンモデルのパワースペクトルの理論値（絶対値）を算出し、位相をランダムに変化させ、複素領域でのフーリエ変換の値を算出する。これをすべての波数領域に適切に拡張し、逆フーリエ変換から空間領域のすべり量を得る。その後、逆 Box-Cox 変換を行い、非正規化する。すべり量の平均値と標準偏差を元のインバージョンすべり分布の統計値に合わせる操作や、アスペリティ領域を設定する操作が可能になる。

2.1.3 スケーリング則を考慮した確率すべり分布

震源モデルデータベース (SRCMOD) 上の M_w 7.0 以上の逆解析されたすべてのすべり分布に対してスペクトル解析を行い、ハースト指数・走行方向の相関長・傾斜方向の相関長を求めた。そして、 M_w と各パラメータの関係性について分析を行った。図-2.1.2 に示すように、ハースト指数は M_w に関係なく独立の値をとり、そのほとんどが 0.99 であった。そのため、ハースト指数に関しては、 M_w 依存は考慮せずに、以下の式で定める。

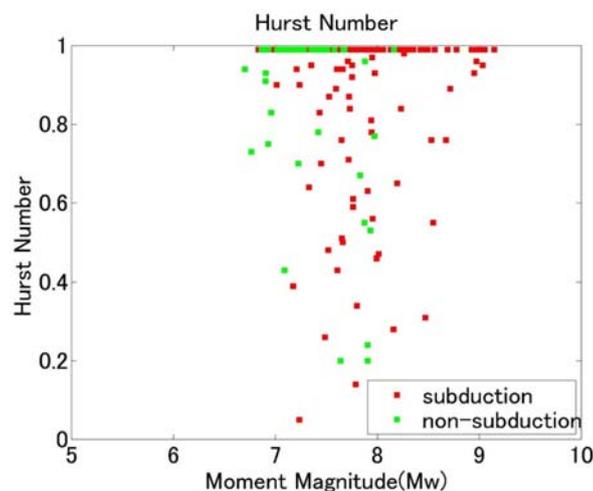


図-2.1.2 ハースト指数と M_w の関係

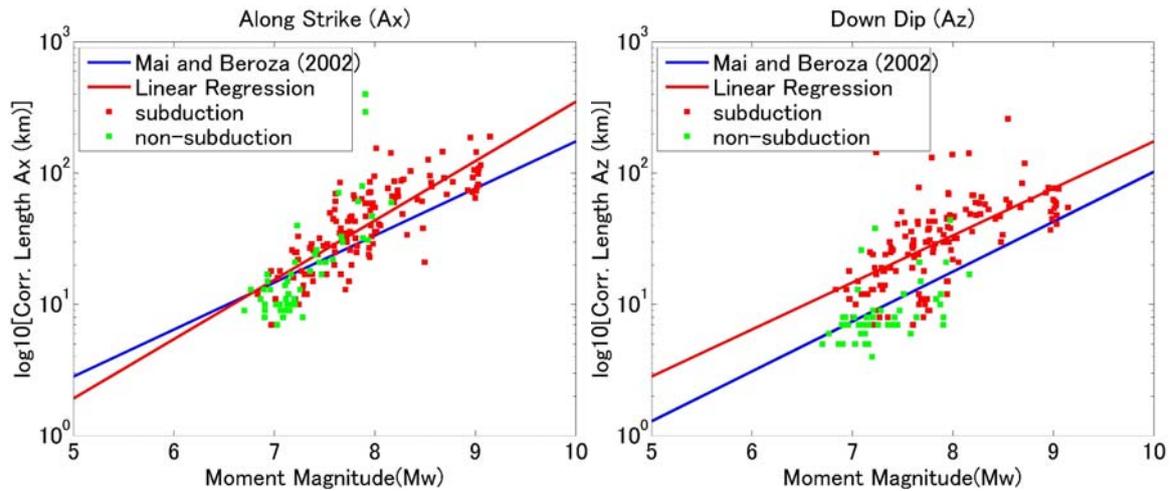


図-2.1.3 相関長 (A_x, A_z) と M_w の関係

$$HN = \min(0.75 + 0.23 \times rand, 0.99) \quad (2.5)$$

ただし、下限値0.75は経験的に定めた値である。

一方、相関長に関しては、 M_w と線形の関係がみられた。図-2.1.3 に M_w に対する走行方向の相関長 A_x および傾斜方向の相関長 A_z の関係を示す。横軸が M_w 、縦軸が相関長、赤プロットが海溝型地震、緑プロットが内陸型地震をそれぞれ表している。赤線が海溝型地震の赤プロットに対して線形回帰分析を行ったものである。青線は Mai and Beroza (2002) による既存のスケーリングの式である。本研究において対象とする南海・東南海地震は海溝型地震であることから、赤線のスケーリング式を用いる。以下に、相関長のスケーリング式を示す。

$$\begin{aligned} \log_{10} A_x &= 0.45 \times M_w - 1.98 + rand \\ \log_{10} A_z &= 0.36 \times M_w - 1.34 + rand \end{aligned} \quad (2.6)$$

ここで、 A_x (km) が走行方向の相関長、 A_z (km) は傾斜方向の相関長、 M_w (Nm) はモーメントマグニチュード、 $rand$ はばらつきを表している。

すべり量を支配するパラメータとしては、平均すべり量と最大すべり量が重要となる。これらに関しては、本研究では既存のスケーリング式を用いた。Murotani et al. (2013) による平均すべり量のスケーリング式は、

$$D_a = 1.66 \times 10^{-7} \times Mo^{1/3} \times 10^{0.2148 \times rand} \quad (2.7)$$

で表され、 D_a (m) は平均すべり量、 M_0 (Nm) は地震モーメント、 $rand$ はばらつきの考慮を表している。

一方、Thingbaijam and Mai (2016) による最大すべり量のスケージングの式は、

$$D_m = 10^{0.948 \times \log_{10} D_a} + 0.624 + 0.1 \times rand \quad (2.8)$$

で表され、 D_m (m) は最大すべり量、 D_a (m) は平均すべり量、 $rand$ はばらつきの考慮を表している。

一般に、ある地域、ある期間における地震活動のマグニチュードと発生頻度の関係を示す法則として、グーテンベルグ・リヒター則 (1944) が主に用いられる。そこで、アメリカ地質調査所 (USGS) のデータベースを基に、日本近海周辺におけるグーテンベルグ・リヒターの式を求めた。期間はデータの信頼性を考慮して 1976~2016 年の約 40 年間の海溝型地震に限定して分析を行った。図-2.1.4 に示すように、以下の式が求められた。

$$\log_{10} y = 6.31 - 1.03M_w \quad (2.9)$$

ここで、 M_w はモーメントマグニチュード、 y は 1 年間の地震発生頻度を表している。ただし、図に示されているとおり、 M_w が 8 以上の地震はサンプル数が少なく、対象データ期間の約 40 年の間に 1 度しか発生していないため、プロットは約 0.025 で横ばいになっている。 M_w の大きな地震の頻度が G-R 則に従っているかどうかを確かめることはできないが、本研究では、G-R 則に従うと仮定して以降の解析を行う。

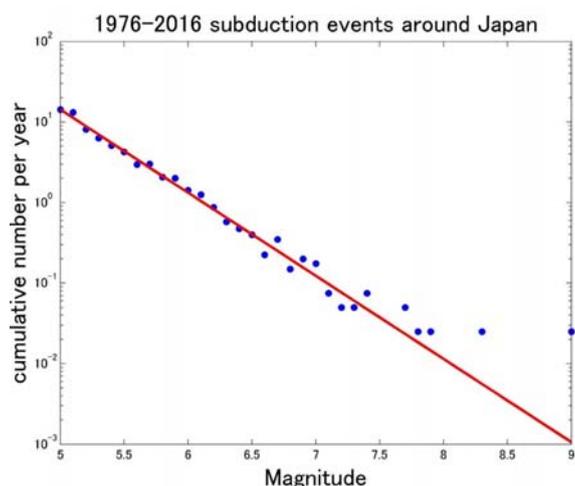


図-2.1.4 海溝型地震のグーテンベルグ・リヒター則

各スケーリングの式を用いて各パラメータを定めれば、 M_w に応じた確率すべり分布を多数生成することが可能になる。しかし、地震モーメントを一定に保つとき、平均すべり量に応じて、確率すべり分布の面積が変化する。地震モーメントは以下の式で示される。

$$M_o = \mu \times D \times S \quad (2.10)$$

ここで、 M_o (Nm) は地震モーメント、 μ (N/m²) は地震の剛性率（場所依存のため一定値）、 D (m) は平均すべり量、 S (m²) はすべり分布の面積をそれぞれ表す。つまり、式(2.7)から地震モーメントに応じたすべり分布の面積が計算される。ただし、平均すべり量の値には、ばらつきを考慮しているため、地震モーメントに応じたすべり分布の面積も一定値ではなく、確率すべり分布を生成する毎に変化することになる。本研究では、 $M_w=7.8\sim 9.0$ の範囲で 0.2 刻み毎に 7 つの M_w それぞれに対して 300 の確率すべり分布を生成した。図-2.1.1 における南海トラフ巨大地震のケース□ のすべり分布を基本形状とし、すべり分布の断層幅 W (km) を固定して、断層長 L (km) のみを変化させた。本研究では、静岡県沿岸部を解

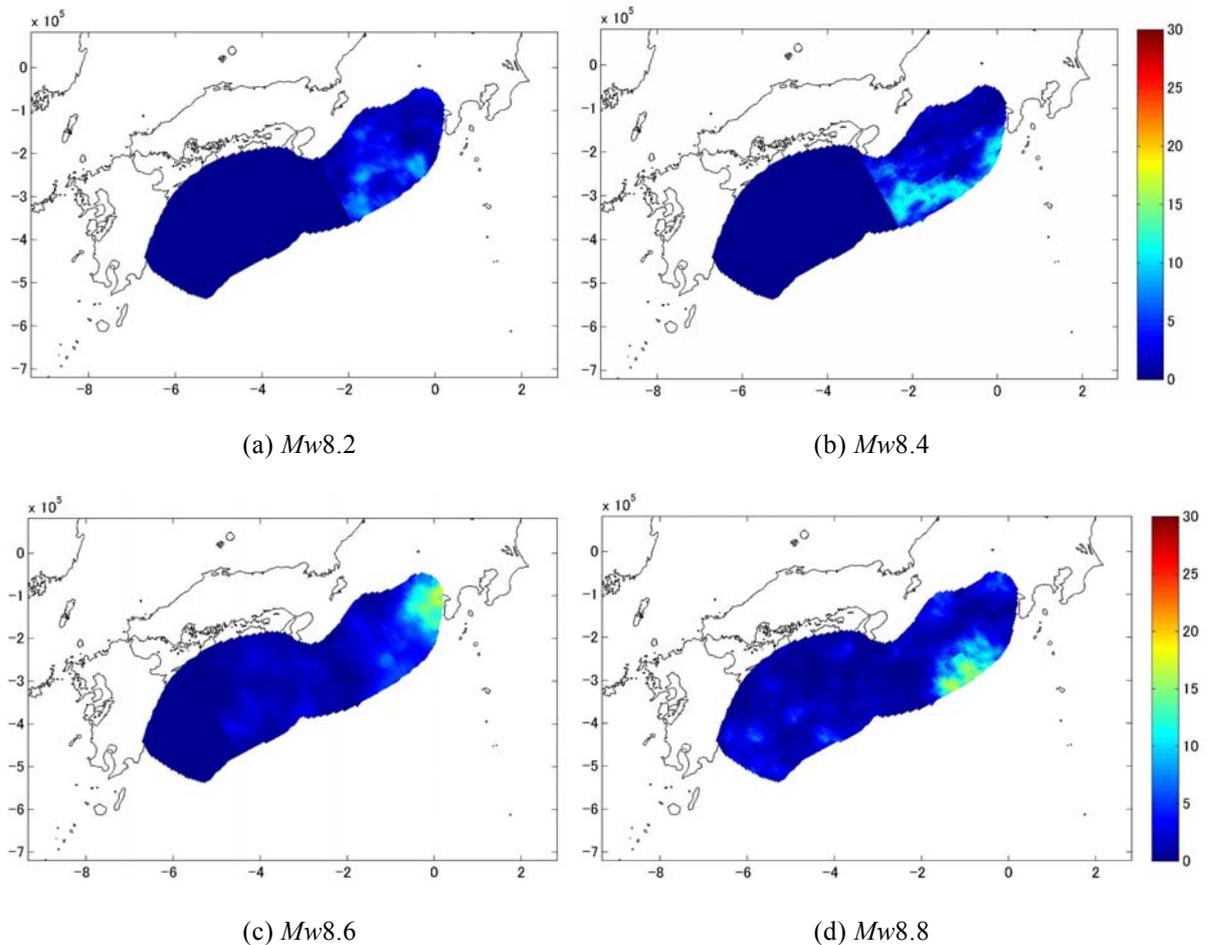


図-2.1.5 確率すべり分布の1例

析対象としているため、静岡県が危険側となるように、東側からすべり分布を設けた。また、すべり分布のアスペリティ領域に関しては、 M_w に関わらず、海溝軸沿いに位置するように定めた。図-2.1.5 に、 $M_w 8.2 \sim 8.8$ の 300 の確率すべり分布うちの一例をそれぞれ示す。

2.1.4 確率津波シミュレーション

津波の伝播シミュレーションにはネスティング手法を用い、最詳細ドメインの格子間隔は 270m である。また、計算時間は地震発生から 4 時間とした。 $M_w 7.8, 8.0, 8.2, 8.4, 8.6, 8.8, 9.0$ の 7 つの M_w それぞれに対する Okada (1985) の式を用いて計算された 300 の初期水位を用いて、津波伝播計算を行った。各出力地点における各ケースの最大津波水位を抽出し、各 M_w の最大津波水位の確率密度分布を求め、考察した。式(2.9)から計算される地震発生確率を考慮した確率密度分布を図-2.1.6 に示す。図中の赤線がグーテンベルグ・リヒター式を表している。これより、最大津波水位の分布は、 M_w ごとの頻度のピーク値の変化がみられ、 M_w が大きくなるに従って最大津波水位の分布が広がることがわかる。

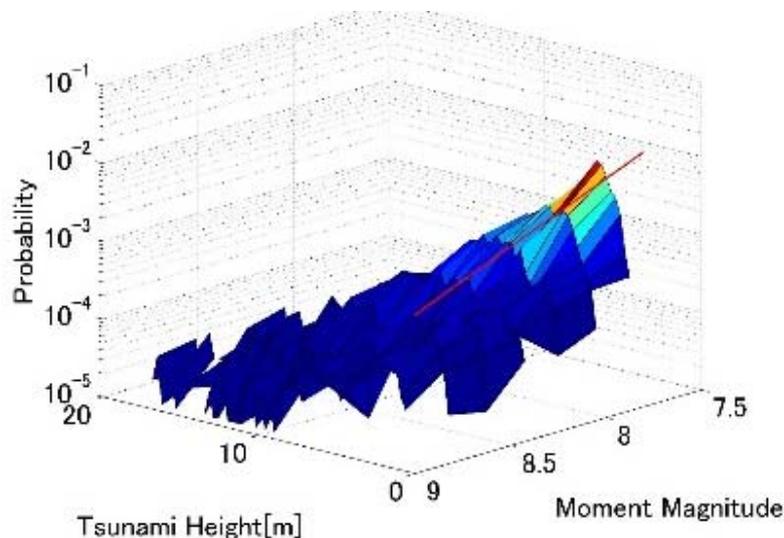


図-2.1.6 最大津波水位の確率密度分布

2.1.5 確率津波水位の推定

一方、 $M_w 7.8$ のときの最大津波水位を正規化（津波水位方向で積分したときの面積を 1 にすること）した後の確率密度分布を図-2.1.7 に示す。ついで、地震発生確率、すなわち、式(2.9)から計算される $M_w 7.8$ の地震発生確率を、最大津波水位の確率密度分布に掛け、得

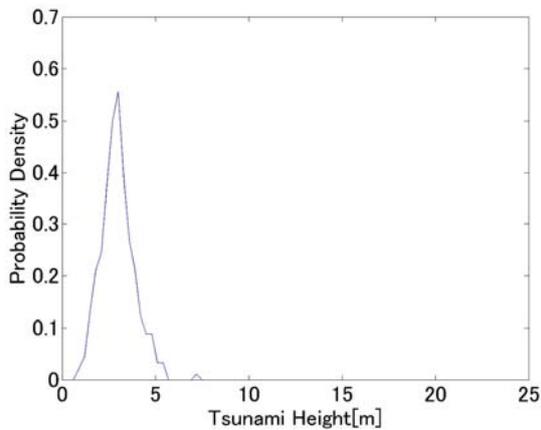


図-2.1.7 正規化後の津波水位の確率密度分布
($M_w7.8$)

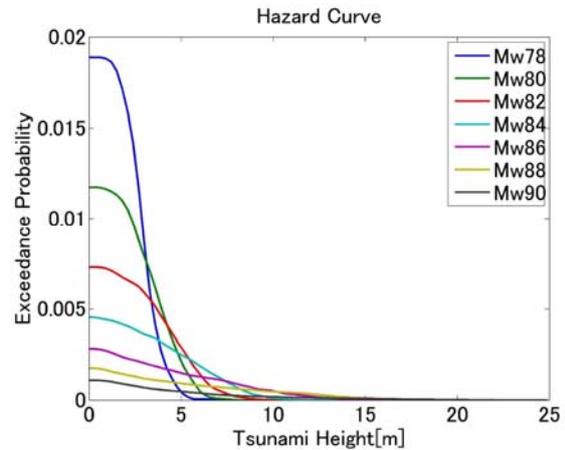


図-2.1.8 津波ハザードカーブ

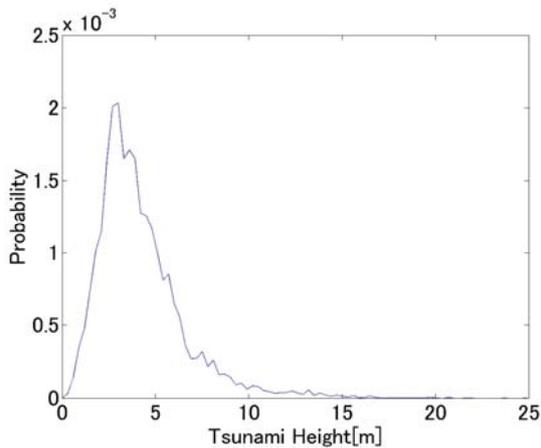


図-2.1.9 $M_w7.8\sim 9.0$ を対象とした津波水位と
その発生確率

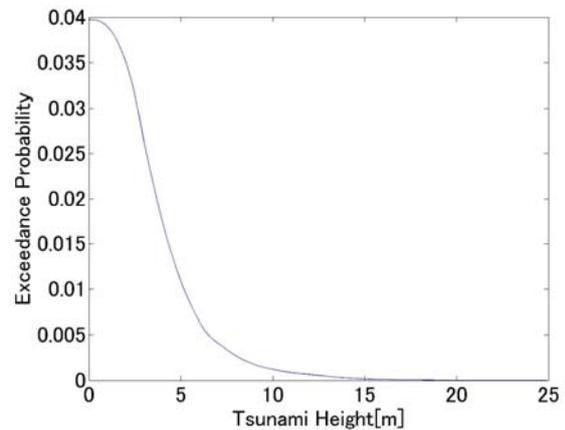


図-2.1.10 津波水位の超過確率分布

られた確率密度分布から超過確率分布を求める。この一連の過程を M_w それぞれに対して行い、各 M_w における最大津波水位の確率密度分布および超過確率分布を求める。図-2.1.8 に M_w ごとの超過確率分布を示す。これを津波ハザードカーブとよび、横軸が津波水位、縦軸は超過確率を表している。これを用いることで、リスクカーブや最終的には費用便益分析につなげていくことができる。

次に、 $M_w7.8\sim 9.0$ の範囲の地震を考慮した時の最大津波水位の超過確率分布を出力し、堤防高の確率ベースの設定に有用な確率津波水位を求める。まず、図-2.1.8 の確率密度分布に対して M_w 方向に積分する。次に、積分後の確率分布 (図-2.1.9) を確率密度分布に変換する。ここでは、 $M_w7.8\sim 9.0$ までの範囲の地震を考慮しているため、この確率分布に対

して、津波水位方向で積分したときの積分値が M_w 7.8 以上 9.0 以下の地震発生確率になるように調整する。調整後の確率密度分布から求めた超過確率分布（図-2.1.10）から、確率津波水位を求める。

以上の手順をもとに、静岡県沿岸部全ての出力地点で同じ解析を行い、100年、150年および1000年確率津波水位を求めた。図-2.1.11に100年および1000年確率津波水位の空間分布を示す。3つの期間の確率津波の空間分布は、全般的に、御前崎・西浦・土肥・下田の伊豆半島先端から西側にかけての地域海岸において津波水位が大きい。各 M_w の300の最大津波水位の平均値分布において、これらと同地域で津波水位が大きいため、すべり分布のばらつきではなく地形の影響が大きいと推定できる。御前崎に関しては、海溝軸に最も近い位置にあるため、確率すべり分布におけるアスペリティ領域の影響を受けやすいからと考えられる。また、狭い空間範囲で大きな津波水位が出力されており、地域海岸区分以内のさらに細かい区分での評価が必要であるといえる。地域内の大きな変動は、特に、西浦や土肥に関しては、沿岸部が湾曲状になっており、地形の影響を大きく受けているためと考えられる。一方、100年確率津波水位と150年確率津波水位の差、100年確率津波水

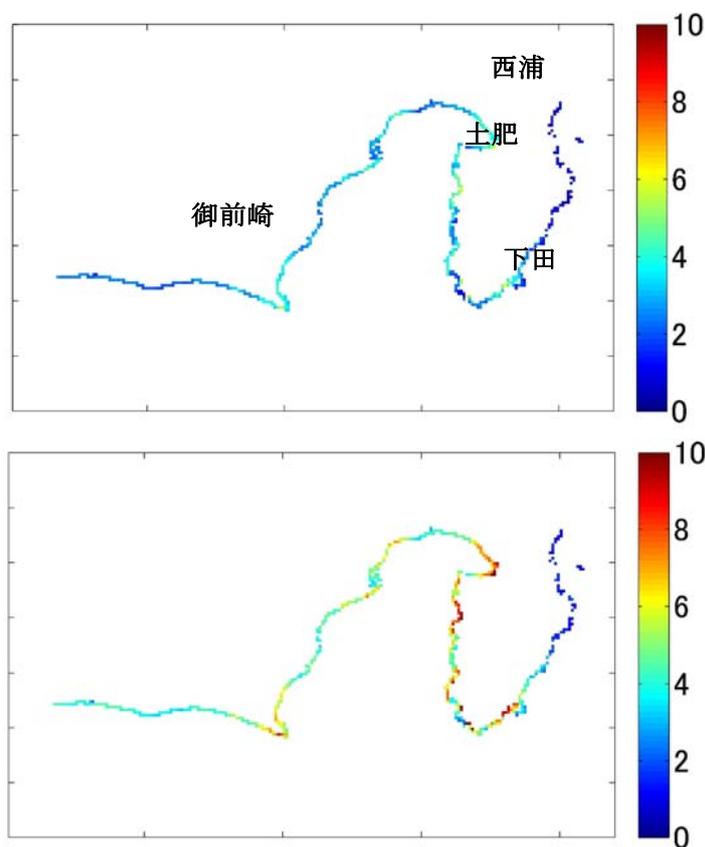


図-2.1.11 確率津波水位（上: 100年確率，下: 1000年確率）（単位：m）

位と 1000 年確率津波水位の差を求めたところ、御前崎・西浦・土肥・下田の地域で変化が大きい。100 年確率津波水位と 150 年確率津波水位の差に関しては、土肥で特に変化が大きく、その差は約 1m である。沿岸部全域では、0～1m の差を示している。また、100 年確率津波水位と 1000 年確率津波水位の差に関しては、西浦で特に変化が大きく、その差は約 6m である。沿岸部全域では、0～7m の差を示している。

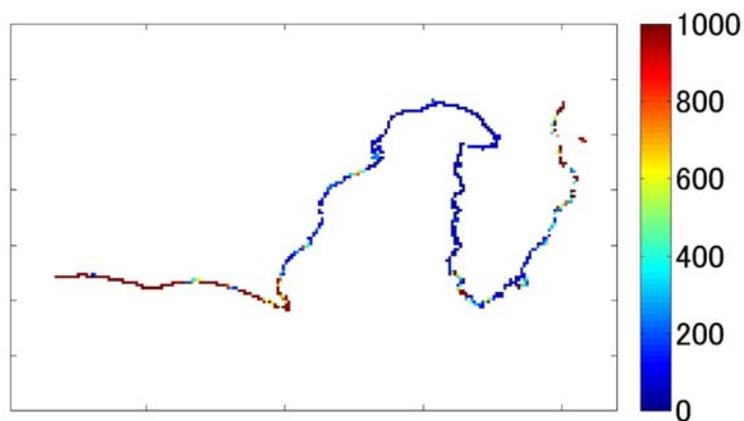
このように、100年および150年確率津波水位の空間分布が示されたことで、L1津波水位を対象にして設計される堤防高の設定に関して、科学的根拠に基づく指標が得られたといえる。同時に、L1津波水位想定の中でも、0～1mの津波水位の差があることも考慮に入れなければならないといえる。さらに、100年確率津波水位と1000年確率津波水位の差が特に大きい、西浦のような地域では、津波避難対策などのL2津波に対するソフト対策がより重要であると考えられる。

2.1.7 レベル1 津波群間の比較

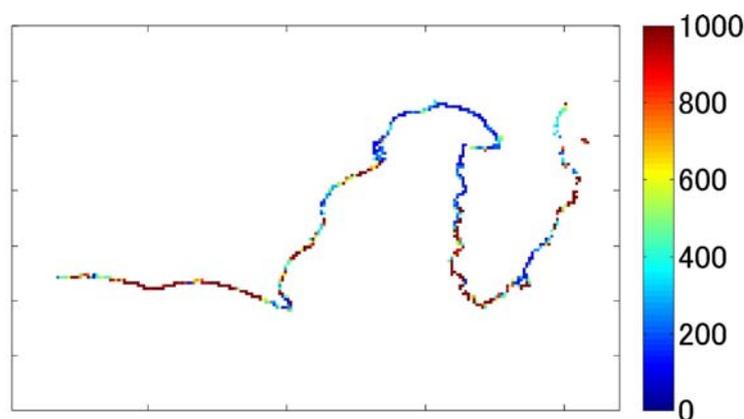
L1 津波群である「宝永型地震」「安政東海型地震」「5 地震総合モデル」および L2 津波である「南海トラフ巨大地震」の各津波断層モデルを用いて計算された最大津波水位の分布（静岡県第四次地震被害想定において公表済）において、各出力地点における最大津波水位が何年確率津波に相当するのか（再現期間）を、確率津波水位を推定した際の超過確率分布から求めた。図-2.1.12 にレベル1 津波群の津波断層モデルごとの確率津波水位分布を示す。カラーバーの単位は「年」である。宝永型地震津波に関しては、土肥から静岡にかけて 100 年以内の値を示す地域が多く、静岡から志太榛原にかけて 100 年以上 200 年以下の値を示す地域が多いことが読み取れる。御前崎より西、富戸大川より東の地域では 1000 年超の値を示していることがわかる。また、安政東海型地震と 5 地震総合モデルに関しては、宝永型地震と比べても、駿河湾全体的に 200 年超の大きな値を示している。このように、地域によって大きくばらつきがあり、特定の津波断層モデルを L1 津波想定モデルと定義するのではなく、イベント数を増加させて、津波水位を確率的に評価することが重要といえる。

以上のようなL1津波を基に、静岡県は防潮堤設計のための津波水位を地域海岸ごとに定めている。図-2.1.13に防潮堤設計津波の確率津波水位分布を示す。下田より東の地域海岸では、大正型関東地震津波を基に設計津波が定められているため、0年とした。これら以外の駿河湾内の地域に関して考察する。駿河湾内の地域では、5地震総合モデルと同じく、200

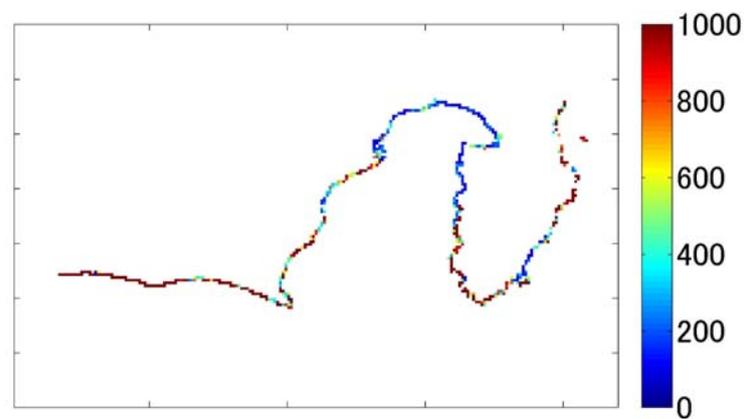
年超の値を示している。また、現在の海岸地域区間内において異なる再現期間が示されている。したがって、現在の防潮堤設計津波水位は、津波の再現期間という観点からは様々な値が採用されているといえる。



(a) 宝永型地震津波



(b) 安政東海型地震津波



(c) 5 地震総合モデル

図-2.1.12 L1 想定津波による水位の再現期間 (単位: 年)

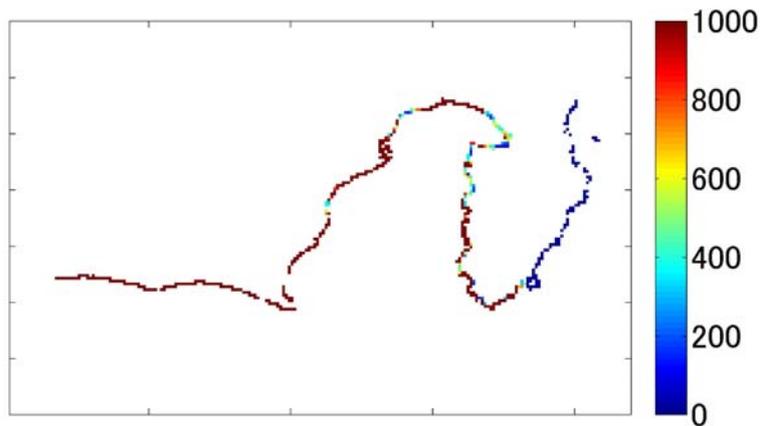


図-2.1.13 防潮堤の設計に用いられている津波水位の再現期間（単位：年）

2.1.8 まとめ

本研究では、海岸堤防高の科学的根拠に基づく設定基準を示すことを目的として、確率津波モデルを用いて静岡県沿岸部における津波水位を確率的に評価した。すべり分布の空間相関性を表すパラメータとすべり量を支配するパラメータに関して、地震の発生頻度や規模とパラメータの関係を表すスケーリング則を求めた。南海・東南海地震津波を対象に、求めた各スケーリング則を適用し、 $M_w7.8\sim 9.0$ の範囲ですべり分布を確率的に300パターンずつ生成した。最大津波水位の確率密度分布から100年・150年・1000年の各確率津波水位を推定した。また、静岡県が公表している、L1津波群およびL2津波の想定断層モデルから計算された最大津波水位の再現期間を求めた。確率津波モデルにより、L1津波相当の水位を確率的に推定する方法を示すことができた。同時に、L1津波水位を想定する中でも、0~1mの津波水位の差が出ていることも考慮に入れなければならないことがわかった。また、100年確率津波水位と1000年確率津波水位の差が特に大きい地域では、津波避難対策などのL2津波に対するソフト対策がより重要であると考えられる。再現期間に関しては、L1津波群の中の最大シナリオを採用する方法は、津波の再現期間という観点では様々な値を取る可能性があることがわかった。特定の津波断層モデルをL1津波想定モデルと定義するのではなく、イベント数を増加させ、津波水位を確率的に評価することが重要といえる。

参考文献

- 静岡県(2015): 駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生するレベル 1 地震の津波の想定, 45p, https://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/documents/201703shuusei_honhen.pdf.
- 内閣府中央防災会議(2012): 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告), 平成 24 年 8 月 29 日, 2012.
- 安田誠宏, 丸山拓真, Katsuichiro Goda, 森 信人, 間瀬 肇(2015): 確率津波モデルを用いた南海トラフ巨大地震津波の不確実性評価, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.71, No.2, pp.I_295-I_300.
- Goda, K., Mai, P.M., Yasuda, T., Mori, N. (2014): Sensitivity of Tsunami Wave Profile and Inundation Simulations to Earthquake Slip and Fault Geometry for the 2011 Tohoku Earthquake, *Earth Planets and Space*, 66:105, doi: 10.1186/1880-5981-66-105.
- Gutenberg, B., Richter, C.F. (1944): Frequency of earthquakes in California, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 34(4), 185–188.
- Mai, P.M., Beroza, G.C. (2002): A spatial random field model to characterize complexity in earthquake slip, *J. of Geophysical Res.*, 107, B11, 2308, doi:10.1029/2001JB000588.
- Murotani, S., Satake, K., Fujii, Y. (2013): Scaling relations of seismic moment, rupture area, average slip, and asperity size for M~9 subduction-zone earthquakes. *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5070-5074, doi: 10.1002/grl.50976.
- Okada, Y. (1985): Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 75, 1135–1154, doi:10.1016/0148-9062(86)90674-1.
- Tanioka, Y., Satake, K. (1996): Tsunami generation by horizontal displacement of ocean bottom, *Geophys. Res. Lett.*, 23, 861–864, doi: 10.1029/96GL00736.
- Thingbaijam K.K.S., Mai, P.M. (2016): Evidence for truncated exponential probability distribution of earthquake slip, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 106(4), doi: 10.1785/ 0120150291.

2.2 ロジックツリーを用いた確率津波高の推定

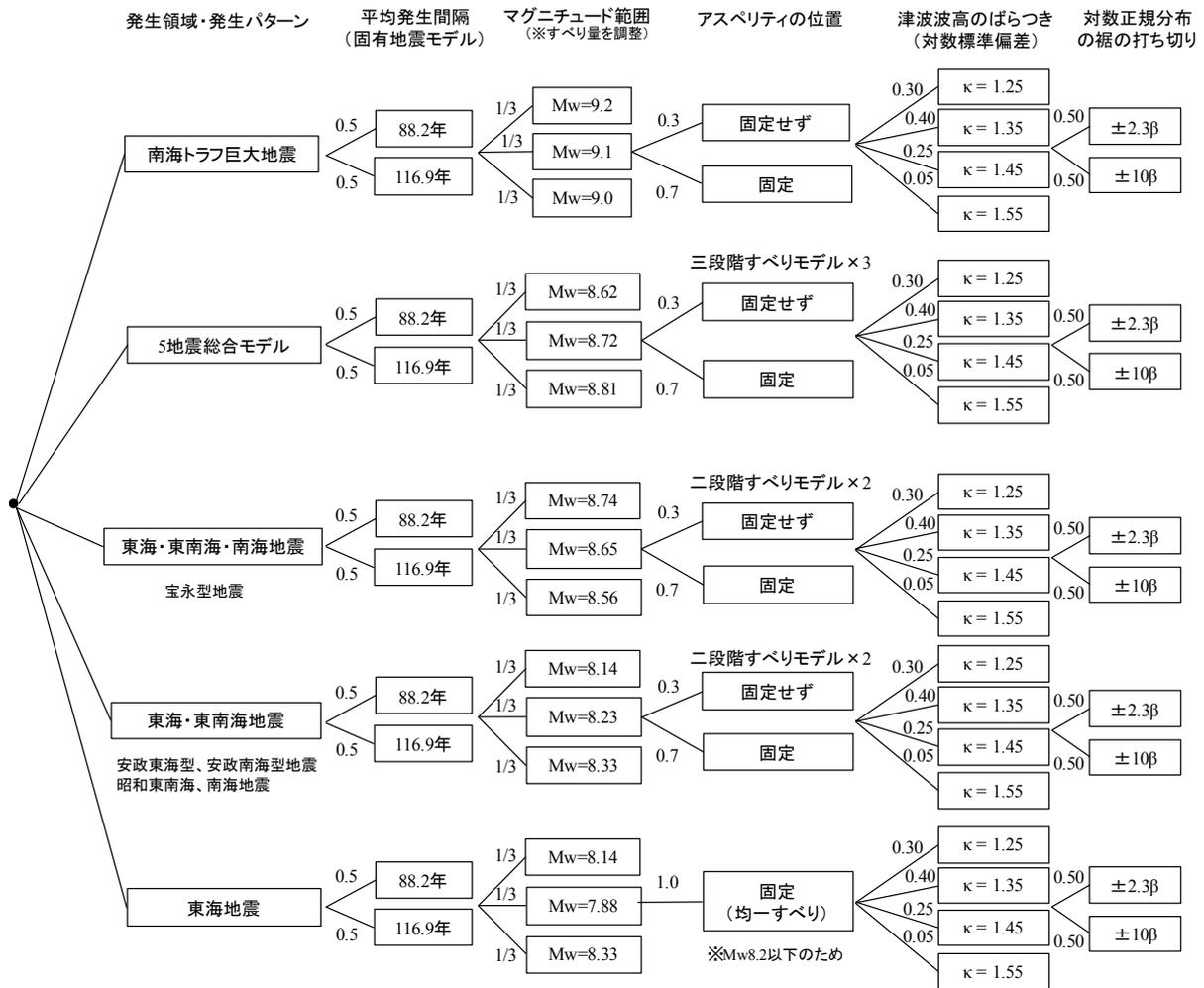
本検討では、静岡県沿岸での確率津波波高を評価するため、静岡県が検討対象とした地震断層を基に、ロジックツリーモデルを構築する。静岡県が地震・津波対策の検討対象としている地震・津波のリストを表-2.2.1に示す。

これら地震断層のうち、本検討では駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震・津波を対象とし、南海トラフ巨大地震（内閣府, 2012）、5地震総合モデル（静岡県, 2015）、東海・東南海・南海地震、東海・東南海地震、東海地震（中央防災会議, 2003）の情報を、ロジックツリーに取り込む（図-2.2.1）。宝永型地震、安政東海型地震については、それぞれ、東海・東南海・南海地震、東海・東南海地震に相当すると考え、ロジックツリーの対象から外している。以下、ロジックツリーの各分岐の概要を記載する。

- 発生領域・発生パターンについては、前述の通り、南海トラフ巨大地震、5地震総合モデル、東海・東南海・南海地震、東海・東南海地震、東海地震を考慮する。
- 平均発生間隔については、88.2年と116.9年の分岐を考慮する。図-2.2.2に南海トラフ領域で発生した過去の地震を示す。これらを基に地震の発生間隔の確率分布をBPT (Brownian Passage Time) 分布と呼ばれる時間予測モデルに従うと仮定すると、前回から次回までの標準的な地震の発生間隔は、88.2年となる（地震調査研究推進本部, 2013）。一方、時間予測モデルではなく、図-2.2.2で示した地震の発生間隔の単純平均を計算すると、116.9年となり、これをもう一つの分岐として設定する。
- マグニチュード範囲については、各地震断層の面積とすべり量から計算されるモーメントマグニチュードを基準として、基準モーメントマグニチュード ± 0.1 の分岐を考慮する。これは、各地震断層の面積は変化させず、小断層のすべり量を一律に変化させることで実現する。

表-2.2.1 地震・津波対策の検討対象とする地震・津波（静岡県, 2015）

区分	駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生する地震・津波	相模トラフ沿いで発生する地震・津波
レベル1の地震・津波	東海地震 東海・東南海地震 東海・東南海・南海地震 宝永型地震 安政東海型地震 5地震総合モデル	大正型関東地震
レベル2の地震・津波	南海トラフ巨大地震	元禄型関東地震 相模トラフ沿いの最大クラスの地震



※ロジックツリー分岐に添えられた数字は、分岐の重みを示す。

図-2.2.1 構築したロジックツリー

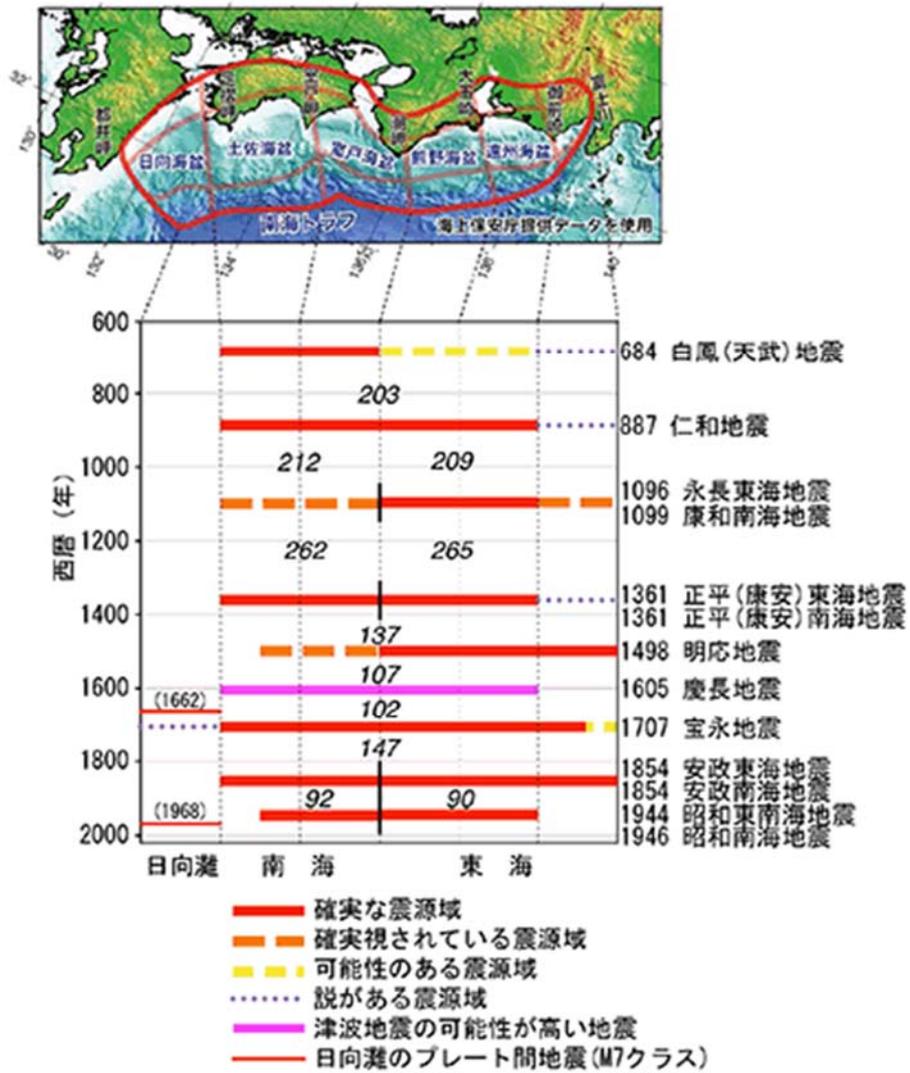


図-2.2.2 南海トラフ領域で発生した過去の地震 (地震調査研究推進本部, 2013)

- アスペリティの位置については、地震の各発生領域によって、取り扱いが違う。
 - 南海トラフ巨大地震では、アスペリティを固定するパターンとして、内閣府(2012)公表の 11 パターンのうち、静岡県の被害想定で使用されたケース①を設定する。アスペリティを固定しないパターンとして、ケース①を除く 10 パターンを設定する。(図-2.2.3)
 - 5 地震総合モデルでは、アスペリティを固定するパターンは、静岡県(2015)公表の断層モデルとする。アスペリティを固定しないパターンは、断層の規模が $M_w8.7$ 以上と比較的大きいため、3 段階のすべり量を設定する。断層全体の M_w を変えず、深さ 10km 以浅に超大すべり域、深さ 10~20km に大すべり域を、断層の西側、中央、東側に配置する 3 パターンを設定する。3 段階すべりのすべり量と面積は、杉野ら(2014)の微視的波源特性に係る波源領域内の空間的すべり分布の設定手法を踏襲する。(図-2.2.4)
 - 東海・東南海・南海地震モデルでは、アスペリティを固定するパターンは、中央防災会議(2003)公表の断層モデルとする。アスペリティを固定しないパターンは、2 段階のすべり量を設定する。同様に、断層全体の M_w を変えず、深さ 15km 以浅に大すべり域を、断層の西側、東側に配置する 2 パターンを設定する。また、2 段階すべりの設定は、杉野ら(2014)の手法を踏襲する。(図-2.2.4)
 - 東海・東南海モデルでは、アスペリティを固定するパターンは、中央防災会議(2003)公表の断層モデルとする。アスペリティを固定しないパターンは、同様に 2 段階のすべり量を設定する。断層全体の M_w を変えず、断層の西側、東側に大すべり域を配置する 2 パターンを設定する。また、2 段階すべりの設定は、杉野ら(2014)の手法を踏襲する。(図-2.2.4)
 - 東海地震のみは、断層領域が小さく、モーメントマグニチュードも小さいため、アスペリティは配置せず、均一すべりとする。これは、中央防災会議(2003)公表の断層モデルとする。
- 津波波高のばらつき(対数標準偏差)、対数正規分布の裾の打ち切りの分岐については、土木学会原子力土木委員会(2016)で示されている数値を踏襲する。

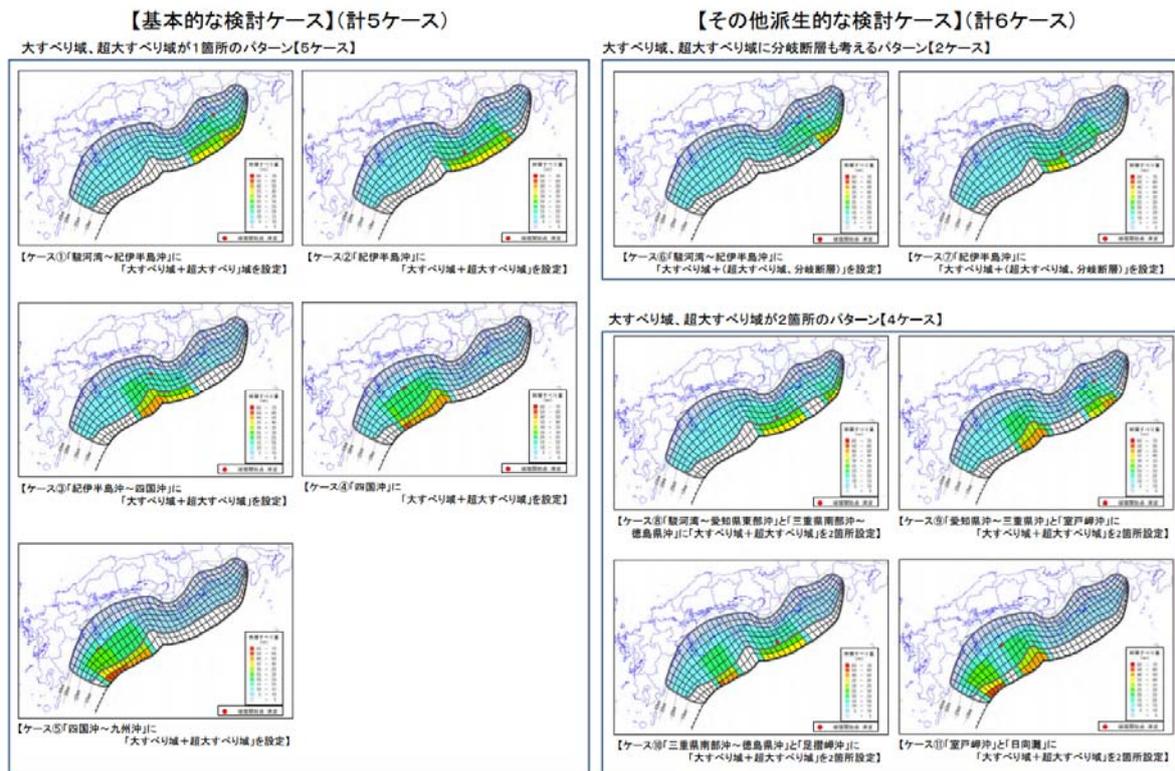


図-2.2.3 南海トラフ巨大地震のアスペリティの設定パターン (内閣府, 2012)

5地震総合モデル (Mw8.72)

【すべり量】

- 1.49m
- 6.30m (20km以浅)
- 13.51m (10km以浅)



東海・東南海・南海地震モデル (Mw8.65)

【すべり量】

- 1.37m
- 8.35m (15km以浅)



東海・東南海地震モデル (Mw8.23)

【すべり量】

- 0.85m
- 5.16m



図-2.2.4 5地震総合モデル，東海・東南海・南海，東海・東南海の各地震モデルのアスペリティの設定

最後に、各分岐の重みについて記載する。発生領域・発生パターンの分岐の重み以外の基本的な考え方は、土木学会原子力土木委員会(2016)の設定手法に基づいている。

- 発生領域・発生パターンの分岐の重みについては、採用した重みを表-2.2.2に示す。まず、南海トラフ巨大地震の重みとして、 $1/20$ を採用した。これは、地震調査研究推進本部(2016)が公表する南海トラフ領域で発生し得る15の地震発生パターンのうち、 $M_w9.1$ の南海トラフ巨大地震相当の発生パターンに付与された重みである。次に、東海地震の分岐の重みとして、 $19/20 \times 4/9$ を採用した。この $4/9$ は、浜岡原子力発電所4号炉の確率論的津波リスク評価(中部電力,2014)で用いられている、東海域が破壊する場合、および、東海域・駿河湾域が破壊する場合を考慮した重みである。5地震総合モデル、東海・東南海・南海地震、東海・東南海地震の各地震の重みに関しては、客観的なデータを用いて決定することが難しく、等分の重みとする。
- 平均発生間隔の重みについては、時間予測モデルと単純平均モデルで等分の重みとする。
- マグニチュード範囲については、基準モーメントマグニチュード ± 0.1 の分岐を等分の重みとする。
- アスペリティの位置については、アスペリティを固定するパターンは静岡県が被害想定で採用しているモデルであり、 0.7 の重みとする。独自に設定したアスペリティを固定しないパターンは、 0.3 の重みとする。
- 津波波高のばらつき(対数標準偏差)、対数正規分布の裾の打ち切りの分岐の重みについては、土木学会原子力土木委員会(2016)で示されている数値を踏襲する。

表-2.2.2 ロジックツリーで設定する各地震の分岐の重み

地震名	分岐の重み	設定根拠
南海トラフ巨大地震	$\frac{1}{20}$	地震調査研究推進本部(2016)が公表する南海トラフ巨大地震の重み
5 地震総合モデル	$\frac{19}{20} \times \frac{5}{9} \times \frac{1}{3}$	南海トラフ巨大地震、東海地震の重みを決定した後、残る重みを等しく割り当て
東海・東南海・南海地震	$\frac{19}{20} \times \frac{5}{9} \times \frac{1}{3}$	
東海・東南海地震	$\frac{19}{20} \times \frac{5}{9} \times \frac{1}{3}$	
東海地震	$\frac{19}{20} \times \frac{4}{9}$	4/9 は中部電力(2014)の浜岡原発津波 PRA で用いられている東海域・駿河湾域が破壊する場合の重み

参考文献

- 静岡県(2015): 駿河トラフ・南海トラフ沿いで発生するレベル 1 地震の津波の想定, 45p,
https://www.pref.shizuoka.jp/bousai/4higaisoutei/documents/201703shuusei_honhen.pdf.
- 地震調査研究推進本部(2013): 南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）について, 14p,
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/nankai2_shubun.pdf.
- 地震調査研究推進本部(2016): J-SHIS 地震ハザードステーション, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>.
- 杉野英治, 岩渕洋子, 橋本紀彦, 松末和之, 蛭澤勝三, 亀田弘行, 今村文彦(2014): プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案, 日本地震工学会論文集, 第 14 巻, 第 5 号, pp1-18.
- 中央防災会議(2003): 東南海・南海地震等に関する専門調査会, http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/index_nankai.html.
- 中部電力(2014): 浜岡原子力発電所 4 号炉確率論的リスク評価（PRA）について（外部事象津波 PRA 編, 44p, <https://www.nsr.go.jp/data/000035993.pdf>.
- 土木学会原子力土木委員会(2016): 原子力発電所の津波評価技術 2016.
- 内閣府(2012): 南海トラフの巨大地震モデル検討会, <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>.

3. 津波リスク変化に応じた企業立地・人口の変化の把握方法

防潮堤整備により、津波リスクが変化する。その時、そのリスク変化は防潮堤からの距離や地形によって、空間的に異なる。また、その変化に応じて、企業立地が変化し、また住民の移住も起こる。これらの立地や人口変化は、空間的な均衡分析で分析できる。例えば、河野ら(2013)または Kono et al. (2016)ではこの空間的均衡分析を行っている。しかしながら、均衡分析は複雑であり、その分析を全国の沿岸地域に適用することは現実的でない。そこで、その方法に代わるものとして、統計分析手法を利用する。特に、近年注目度の高い差分の差分の方法を適用する。

3.1 差分の差分を用いた立地変化分析モデル

差分の差分の利点は地域固有効果を除ける点にある。例えば、 t_a 時点の企業数 $N(t_a)$ と t_b 時点の企業数 $N(t_b)$ を説明するとき、地域固有の効果がある。しかし、 $N(t_b) - N(t_a)$ のように差分をとると、すでに両時点に地域固有の効果と同様に存在しているとすると、地域固有効果がなくなるということになる。

しかし、ここで示す方法の場合、地域固有効果がすべて推計式から除かれるわけではない。次に厳密に推定式を導出する。 t 時点の r 地域の立地数を $N_r(t)$ とする。そのとき、それを式(3.1)のように r 地域で得られる利潤の関数と考えることが一般にできる。

$$N_r(t) = f(\pi(X_{r1}, \dots, X_{rn}, \dots, X_{rn}, D_{r1}(t), D_{r2}(t), P_1, P_2)) \quad (3.1)$$

ここで、 π は一年間の利潤、 X_{ri} は利潤に影響する立地要因（リスク以外）、 $D_{rk}(t)$ は t 時点における r 地点の k レベルの津波による主観浸水深、 P_k は k レベルの津波が一年間に来る確率である。ここでは津波レベルを2レベルのみ考える。

そうすると、利潤 π は、

$$\begin{aligned} \pi(X_{r1}, \dots, X_{rn}, \dots, X_{rn}, D_{r1}, D_{r2}, P_1, P_2) \\ = (1 - P_1 - P_2)\pi_0 + P_1\pi_1 + P_2\pi_2 \end{aligned} \quad (3.2)$$

と一般に表せる。ここで、 π_0 は無災害時の利潤。ここで、レベル1の時の利潤を $\pi_1 = \lambda_1\pi_0$ で表し、レベル2の時の利潤を $\pi_2 = \lambda_2\pi_0$ で表すこととする。すなわち、 λ_k は k

レベル津波のとき利潤が何パーセントになるかを示している。例えば、操業が止められる期間が長くなれば、 λ_k は小さくなる。

ここで、 π_0 を次のように特定化する。

$$\pi_0 = \alpha + \beta_1 X_{r1} + \dots + \beta_i X_{ri} + \dots + \beta_l X_{rl} \quad (3.3)$$

そこで、 $\lambda_{rk} = \gamma D_{rk}$ ，すなわち浸水深に比例して λ が決定すると仮定すると、

$$\begin{aligned} \pi(t) &= (1 - P_1 - P_2)[\alpha + \beta_1 X_{r1} + \dots + \beta_i X_{ri} + \dots + \beta_l X_{rl}] \\ &+ \sum_{k \in \{1,2\}} P_k \gamma D_{rk}(t)[\alpha + \beta_1 X_{r1} + \dots + \beta_i X_{ri} + \dots + \beta_l X_{rl}] \end{aligned} \quad (3.4)$$

となる。

ここで、 t_a と t_b 期で差分をとると、式(2.4)の一行目が消えて

$$\begin{aligned} \pi(t_b) - \pi(t_a) \\ = \sum_{k \in \{1,2\}} P_k \gamma (D_{rk}(t_b) - D_{rk}(t_a)) [\alpha + \beta_1 X_{r1} + \dots + \beta_i X_{ri} + \dots + \beta_l X_{rl}] \end{aligned} \quad (3.5)$$

となる。

ここで、 $P_k \gamma$ をパラメータに掛けたものを、 $\alpha_k \equiv P_k \gamma \alpha$ と $\beta_k \equiv P_k \gamma \beta$ と定義しなおすと、

$$\begin{aligned} \pi(t_b) - \pi(t_a) \\ = \sum_{k \in \{1,2\}} (D_{rk}(t_b) - D_{rk}(t_a)) [\alpha_k + \beta_{1k} X_{r1} + \dots + \beta_{ik} X_{ri} + \dots + \beta_{lk} X_{rl}] \end{aligned} \quad (3.6)$$

となる。式(2.1)で $\frac{\partial f}{\partial \pi}$ が一定と概ね近似できるとすると、

$$N_r(t_b) - N_r(t_a) = f(\pi(t_b)) - f(\pi(t_a)) = \frac{\partial f}{\partial \pi} (\pi(t_b) - \pi(t_a)) + A \quad (3.7)$$

と書ける。 A は一次近似で残った残差とする。式(3.7)に式(3.6)を代入して、

$$\begin{aligned} N_r(t_b) - N_r(t_a) \\ = A + \sum_{k \in \{1,2\}} (D_{rk}(t_b) - D_{rk}(t_a)) [\alpha'_k + \beta'_{1k} X_{r1} + \dots + \beta'_{ik} X_{ri} + \dots + \beta'_{lk} X_{rl}] \end{aligned} \quad (3.8)$$

が得られる。なお、 $\hat{\cdot}$ は $\frac{\partial f}{\partial \pi}$ をパラメータに乗じたものである。式(3.8)を回帰すればよい。

ここで次の仮定を置く。

【仮定 1】 $D_{rk}(t_a) = 0$ 。

すると、

$$\begin{aligned} N_r(t_b) - N_r(t_a) \\ = A + \sum_{k \in \{1,2\}} D_{rk}(t_b) [\alpha'_k + \beta'_{1k} X_{r1} + \dots + \beta'_{ik} X_{ri} + \dots + \beta'_{lk} X_{rl}] \end{aligned} \quad (3.9)$$

式(3.9)が推計すべき式となる。式(3.9)の変形として、1) 左辺のみ対数をとったもの、2) すべての変数に対数をとったものを考えることもできる。

例えば、 X を港湾からの距離と高速 IC として、レベル 1 のみの浸水深のみを考慮すると、

$$\begin{aligned} N_r(t_b) - N_r(t_a) \\ = A + \sum_{k \in \{1,2\}} D_{rk}(t_b) [\alpha'_k + \beta'_{\text{Port}} \text{港湾への距離} + \beta'_{\text{IC}} \text{ICへの距離}] \end{aligned} \quad (3.10)$$

を回帰すればよい。なお、ここで、浸水深は主観の浸水深で、ハザードマップ公開前は主観、その後はハザードマップの値 (=客観=主観) といえる。

3.2 差分の差分を用いた立地変化分析モデルのパラメータ推定

3.1 で導出したモデルを静岡県データのデータに適用して、パラメータを推定した。

3.2.1 企業立地の変化

各データについて、地域メッシュ 4 次メッシュごとに各産業分類の平成 13 年以降の経年変化率、浸水深、高速 IC 距離、港距離の整理を行った。表-3.1 に全事業所数について整理した例を示す。産業分類別に作成したデータについて、Microsoft EXCEL による重回帰分析を行い、浸水深 (説明変数 1)、高速 IC 距離 (説明変数 2)、港距離 (説明変数 3) が企業立地・人口の変化率 (目的変数) に与える影響を分析し、分析結果はエラー! 参照元が見つかりません。のようにとりまとめた。また、説明変数を 3 つとした場合、港距離の P 値は約 0.3~0.9 程度と相対的に低いことから説明変数から除き、説明変数を 2 つ (浸水深、高速 IC 距離) とした場合の分析も行った。なお、サンプル数が少なく重回帰分析できなかつた産業については空欄としている。差分の差分分析においては、事業所数の経年

変化率について全県合計変化率との差分によって目的変数とした。そのため、浸水域内立地する事業所数と全県合計の経年変化が比較できるよう図化した。分析結果を以下に示す。

○重回帰分析結果① 説明変数 3（浸水深，高速 IC 距離，港距離）

分析結果表：表-3.2～

表-3.6

分析結果図：図-3.1～図-3.3

○重回帰分析結果① 説明変数 2（浸水深，高速 IC 距離）

分析結果表：

表-3.7～

表-3.11

分析結果図：図-3.4～図-3.6

3.2.2 人口の変化

人口変化は、人口総数に加えて年齢階層別の分析を行った。説明変数は企業立地と同様のパラメータとした。以下の分析結果を以下に示す。

○重回帰分析結果

分析結果表：

表-3.12

分析結果図：図-3.7～図-3.9

○産業分類別事業所数の経年変化の図化

分析結果より以下のことがいえる。

(a) 説明変数

- 説明変数を浸水深，高速 IC 距離，港距離の 3 つとした場合と，港距離を除いた 2 つとしたパターンで分析を行った。説明変数 3 つのパターンでは，港距離の P 値は約 0.3～0.9 であり，2 つよりも相関が低い結果となった。港距離を除いた説明変数 2 つのパターンでは，浸水深，高速 IC 距離の P 値がより相関が高い結果となった。
- 説明変数 1 【浸水深】は，全産業の P 値は 0.0477 と相関が高い結果となった。また，その係数値は-0.0036 となっており，浸水深が 1m 高いと年 0.36%で減少していくと説明できる。
- 説明変数 2 【高速 IC】は，全産業の P 値は 0.0974 であり産業分類別に見ても第 2 次産業を除き，概ね相関が高い結果となった。

(b) 産業分類別の浸水深の相関

- 産業分類別に相関が高く，浸水深が大きくなるほど減少傾向にある産業は，産業中分類では建設業，サービス業，産業小分類では飲料・たばこ・飼料製造業，窯業・土石製品製造業等，運輸附帯サービス業等が挙げられる。
- 一方，浸水深が大きくても増加傾向にある産業は，産業中分類では医療・福祉，産業小分類では家具・装備品製造業，情報サービス業，繊維・衣服等卸売業，建築材料等卸売業，不動産取引業，物品賃貸業，娯楽業等が挙げられる。

(c) 人口変化と浸水深の相関

- 人口総数は P 値が 0.08 と相関もよく係数は-0.0042 となっており，浸水深が大きくなるほど減少傾向と説明できる。
- 年齢階層別にみると，0～65 歳までは係数が負値で浸水深が大きくなるほど減少傾向となるが，65 歳以上では係数が正值となっており P 値による相関がよくない。

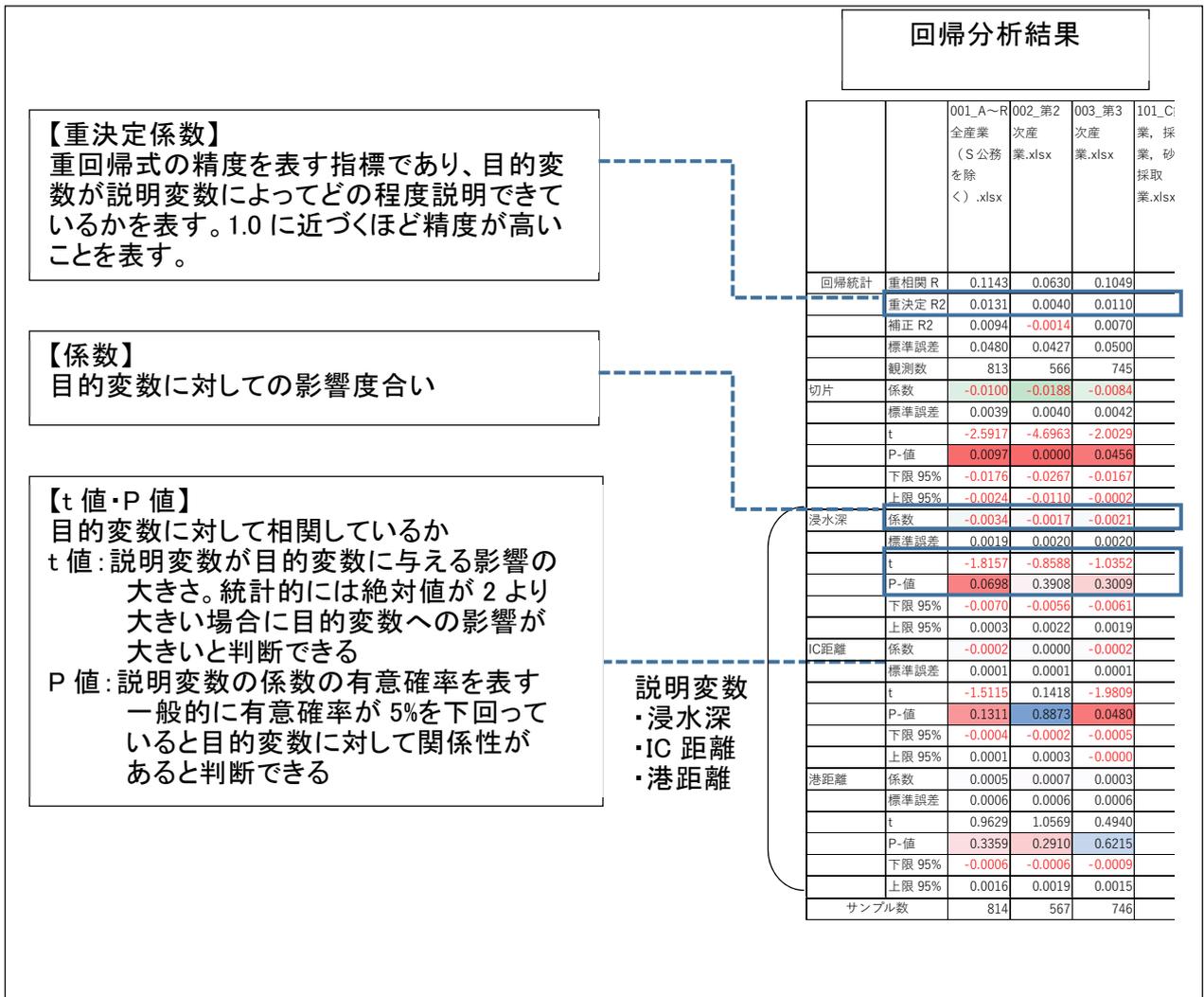


図-3.1 重回帰分析結果（表-3.2～表-3.11）の説明

表-3.1 データ整理の例【全産業の一部】

4次MESH_ID	浸水ランク	浸水深(m)	高速IC距離(km)	港距離(km)	H13→H24増減	H13	H18	H21	H24	乗数	H13県計	H18県計	H21県計	H24県計	高速IC名	港名
					(県計との差分 幾何平均)											
523846994	1	0.25	7.3818903	1.40349483	-3.735%	152	125	103	100	195700000	207924	191673	194589	178399	沼津IC	沼津港
523832191	3	0.25	3.42603755	0.71078473	-0.161%	114	122	118	112	183808128	207924	191673	194589	178399	静岡IC	用宗漁港
523705323	3	0.25	7.83106852	4.44416428	22.550%	22	174	199	206	156925032	207924	191673	194589	178399	浜松西IC	舞阪漁港
523843091	3	0.25	4.58799028	0.94278598	-2.239%	127	110	113	99	156282390	207924	191673	194589	178399	清水IC	清水港
523807994	3	0.25	45.9319344	5.03639364	-1.444%	115	118	112	98	148944320	207924	191673	194589	178399	沼津IC	稲取漁港
523940064	5	1.5	25.3863335	0.6613149	-2.800%	123	104	109	90	125489520	207924	191673	194589	178399	沼津IC	宇佐美漁港
523846992	1	0.25	7.84273291	1.52445853	-3.056%	121	118	100	86	122790800	207924	191673	194589	178399	沼津IC	沼津港
523856082	5	1.5	6.91840553	0.40188226	-1.750%	119	112	94	98	122777536	207924	191673	194589	178399	沼津IC	沼津港
523704282	5	1.5	10.9323025	0.34018186	-1.894%	116	104	100	94	113401600	207924	191673	194589	178399	浜松西IC	舞阪漁港
523844612	1	0.25	4.45132685	5.42511225	-3.899%	127	107	98	82	109201204	207924	191673	194589	178399	清水IC	清水港
523836623	5	1.5	20.9488945	0.17891127	-4.403%	128	106	98	78	103713792	207924	191673	194589	178399	沼津IC	戸田漁港
523843491	1	0.25	1.58230841	3.25799727	-3.510%	120	98	90	81	85730400	207924	191673	194589	178399	清水IC	清水港
523826931	6	2.5	27.1803551	0.41644022	-1.903%	105	102	92	85	83752200	207924	191673	194589	178399	沼津IC	土肥港
523856084	4	0.75	6.45776749	0.81364214	-4.792%	127	115	73	74	78896210	207924	191673	194589	178399	沼津IC	沼津港
523807151	5	1.5	52.6426697	1.1894201	-2.473%	108	90	85	82	67748400	207924	191673	194589	178399	沼津IC	下田港
523807252	1	0.25	51.8052444	1.44725943	-1.207%	96	87	95	84	66648960	207924	191673	194589	178399	沼津IC	下田港
523822254	3	0.25	3.46805835	1.43438993	-3.981%	111	90	87	71	61708230	207924	191673	194589	178399	焼津IC	焼津漁港
523705304	3	0.25	8.52420616	2.9348979	-0.733%	90	86	91	83	58460220	207924	191673	194589	178399	浜松西IC	舞阪漁港
523846993	1	0.25	7.35854483	0.83918077	-3.066%	100	87	90	71	55593000	207924	191673	194589	178399	沼津IC	沼津港
523846984	5	1.5	7.37924099	0.29714939	-1.053%	91	84	86	81	53248104	207924	191673	194589	178399	沼津IC	沼津港
523856092	1	0.25	6.92123032	1.42930532	-1.248%	93	86	79	81	51179202	207924	191673	194589	178399	沼津IC	沼津港
523843393	3	0.25	1.82386827	2.81129456	-4.681%	122	82	71	72	51140448	207924	191673	194589	178399	清水IC	清水港
523940573	3	0.25	23.3187332	1.15155673	-2.700%	100	82	82	74	49757600	207924	191673	194589	178399	沼津IC	網代漁港
523826933	6	2.5	26.7331734	0.31301343	-3.317%	100	91	77	69	48348300	207924	191673	194589	178399	沼津IC	土肥港
523843494	1	0.25	2.01839375	3.6320734	-3.434%	94	82	72	64	35518464	207924	191673	194589	178399	清水IC	清水港
523801261	6	2.5	10.3355580	1.35755336	-3.092%	80	76	73	63	31107636	207924	191673	194589	178399	相良IC	相良港

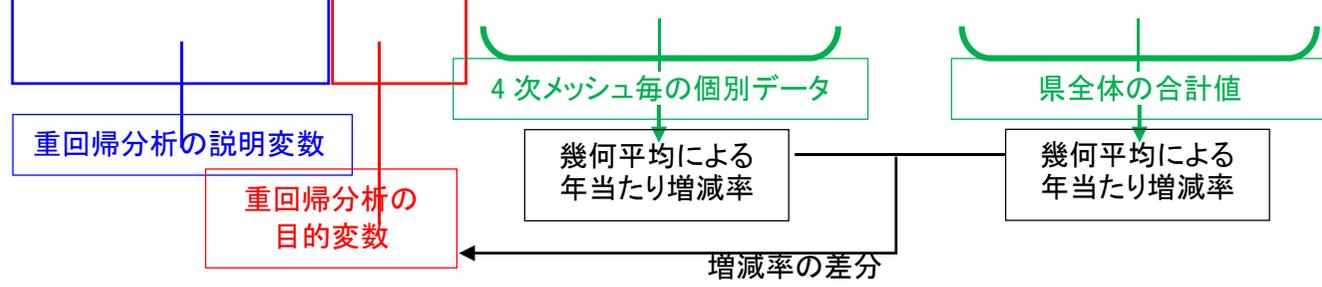


表-3.2 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮）【産業分類_大分類・中分類】

		001_A~R 全産業 (S公務 を除 く).xlsx	002_第2 次産 業.xlsx	003_第3 次産 業.xlsx	101_C鉱 業、採石 業、砂利 採取 業.xlsx	102_D建 設業.xlsx	103_E製 造業.xlsx	104_F電 気・ガ ス・熱供 給・水道 業.xlsx	105_G情 報通信業 ※中分類 49を含 む.xlsx	106_H運 輸業、郵 便業 ※ 中分類49 を除 く.xlsx	107_I卸売 業、小売 業 ※中 分類77を 含む.xlsx	108_J金 融業、保 険業.xlsx	109_K不 動産業、 物品賃貸 業.xlsx	110_L学 術研究、 専門・技 術サービ ス業.xlsx	111_M宿 泊業、飲 食サービ ス業 ※ 中分類77 を除 く.xlsx	112_N生 活関連 サービス 業、娯楽 業.xlsx	113_O教 育、学習 支援 業.xlsx	114_P医 療、福 祉.xlsx	115_Q複 合サービ ス業.xlsx	116_R サービス 業(他に 分類され ないも の).xlsx
回帰統計	重相関 R	0.1143	0.0630	0.1049		0.1520	0.0692	0.9489	0.2311	0.1099	0.0424	0.1724	0.1820	0.0659	0.0698	0.1625	0.1137	0.1502	0.1876	0.1454
	重決定 R2	0.0131	0.0040	0.0110		0.0231	0.0048	0.9004	0.0534	0.0121	0.0018	0.0297	0.0331	0.0043	0.0049	0.0264	0.0129	0.0226	0.0352	0.0211
	補正 R2	0.0094	-0.0014	0.0070		0.0159	-0.0020	0.6017	-0.0382	-0.0056	-0.0040	-0.0067	0.0192	-0.0199	-0.0018	0.0180	-0.0027	0.0095	0.0030	0.0118
	標準誤差	0.0480	0.0427	0.0500		0.0432	0.0459	0.0034	0.0511	0.0466	0.0532	0.0469	0.0454	0.0452	0.0507	0.0487	0.0513	0.0447	0.0415	0.0497
	観測数	813	566	745		412	442	5	35	172	517	84	212	127	452	352	193	229	94	319
切片	係数	-0.0100	-0.0188	-0.0084		-0.0159	-0.0231	-0.0019	0.0023	0.0006	-0.0151	-0.0233	-0.0068	-0.0009	-0.0257	-0.0242	-0.0222	0.0007	-0.0043	0.0044
	標準誤差	0.0039	0.0040	0.0042		0.0048	0.0048	0.0041	0.0177	0.0070	0.0052	0.0104	0.0066	0.0084	0.0055	0.0058	0.0078	0.0066	0.0102	0.0063
	t	-2.5917	-4.6963	-2.0029		-3.3219	-4.8397	-0.4715	0.1278	0.0794	-2.9293	-2.2329	-1.0376	-0.1129	-4.7057	-4.1686	-2.8514	0.1021	-0.4234	0.6964
	P-値	0.0097	0.0000	0.0456		0.0010	0.0000	0.7195	0.8992	0.9368	0.0035	0.0283	0.3007	0.9103	0.0000	0.0000	0.0048	0.9188	0.6730	0.4867
	下限 95%	-0.0176	-0.0267	-0.0167		-0.0253	-0.0325	-0.0543	-0.0339	-0.0133	-0.0253	-0.0441	-0.0197	-0.0175	-0.0364	-0.0356	-0.0376	-0.0123	-0.0246	-0.0080
	上限 95%	-0.0024	-0.0110	-0.0002		-0.0065	-0.0137	0.0504	0.0384	0.0144	-0.0050	-0.0025	0.0061	0.0156	-0.0149	-0.0128	-0.0068	0.0136	0.0159	0.0167
浸水深	係数	-0.0034	-0.0017	-0.0021		-0.0029	0.0015	0.0014	0.0134	0.0004	-0.0017	0.0057	0.0026	0.0028	0.0033	-0.0013	-0.0019	0.0065	-0.0041	-0.0082
	標準誤差	0.0019	0.0020	0.0020		0.0024	0.0024	0.0016	0.0179	0.0042	0.0026	0.0068	0.0042	0.0049	0.0028	0.0030	0.0049	0.0036	0.0054	0.0033
	t	-1.8157	-0.8588	-1.0352		-1.1988	0.6279	0.8850	0.7486	0.1018	-0.6522	0.8430	0.6061	0.5749	1.1863	-0.4406	-0.3780	1.8146	-0.7540	-2.4969
	P-値	0.0698	0.3908	0.3009		0.2313	0.5304	0.5388	0.4597	0.9190	0.5146	0.4017	0.5451	0.5664	0.2361	0.6598	0.7059	0.0709	0.4528	0.0130
	下限 95%	-0.0070	-0.0056	-0.0061		-0.0077	-0.0032	-0.0188	-0.0230	-0.0078	-0.0068	-0.0078	-0.0058	-0.0068	-0.0022	-0.0073	-0.0115	-0.0006	-0.0149	-0.0146
	上限 95%	0.0003	0.0022	0.0019		0.0019	0.0063	0.0216	0.0498	0.0087	0.0034	0.0193	0.0109	0.0124	0.0087	0.0046	0.0078	0.0136	0.0067	-0.0017
IC距離	係数	-0.0002	0.0000	-0.0002		-0.0002	0.0002	0.0002	-0.0009	-0.0004	0.0001	-0.0004	-0.0003	-0.0001	-0.0002	0.0003	-0.0002	-0.0003	-0.0003	0.0003
	標準誤差	0.0001	0.0001	0.0001		0.0002	0.0002	0.0001	0.0007	0.0003	0.0002	0.0004	0.0002	0.0003	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
	t	-1.5115	0.1418	-1.9809		-1.1115	1.0344	2.1326	-1.3148	-1.3540	0.5531	-1.1229	-1.3772	-0.5031	-1.2345	1.8453	-0.7258	-1.5032	-1.2500	1.3317
	P-値	0.1311	0.8873	0.0480		0.2670	0.3015	0.2791	0.1982	0.1776	0.5804	0.2648	0.1699	0.6158	0.2177	0.0658	0.4688	0.1342	0.2146	0.1839
	下限 95%	-0.0004	-0.0002	-0.0005		-0.0005	-0.0002	-0.0010	-0.0022	-0.0009	-0.0002	-0.0011	-0.0008	-0.0007	-0.0005	-0.0000	-0.0007	-0.0007	-0.0009	-0.0001
	上限 95%	0.0001	0.0003	-0.0000		0.0001	0.0006	0.0014	0.0005	0.0002	0.0004	0.0003	0.0001	0.0004	0.0001	0.0007	0.0003	0.0001	0.0002	0.0007
港距離	係数	0.0005	0.0007	0.0003		0.0015	-0.0002	-0.0008	-0.0008	0.0004	-0.0005	0.0020	0.0030	0.0007	0.0003	0.0025	0.0013	0.0011	-0.0001	-0.0007
	標準誤差	0.0006	0.0006	0.0006		0.0008	0.0007	0.0013	0.0036	0.0015	0.0008	0.0023	0.0014	0.0019	0.0009	0.0009	0.0013	0.0012	0.0016	0.0011
	t	0.9629	1.0569	0.4940		1.8418	-0.2897	-0.5784	-0.2313	0.2437	-0.5875	0.8685	2.2007	0.3502	0.3433	2.6369	0.9859	0.9207	-0.0740	-0.6182
	P-値	0.3359	0.2910	0.6215		0.0662	0.7722	0.6662	0.8186	0.8077	0.5571	0.3877	0.0289	0.7268	0.7315	0.0087	0.3255	0.3582	0.9412	0.5369
	下限 95%	-0.0006	-0.0006	-0.0009		-0.0001	-0.0017	-0.0177	-0.0081	-0.0026	-0.0021	-0.0026	0.0003	-0.0032	-0.0015	0.0006	-0.0013	-0.0013	-0.0034	-0.0029
	上限 95%	0.0016	0.0019	0.0015		0.0031	0.0012	0.0161	0.0065	0.0033	0.0011	0.0065	0.0057	0.0045	0.0021	0.0044	0.0039	0.0035	0.0032	0.0015
	サンプル数	814	567	746	3	413	443	6	36	173	518	85	213	128	453	353	194	230	95	320

表-3.3 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮）【産業分類_小分類】

		201_05鉱業、採石業、砂利採取業.xlsx	202_06総合工事業.xlsx	203_07職業別工事業（設備工事業を除く）.xlsx	204_08設備工事業.xlsx	205_09食料品製造業.xlsx	206_10飲料・たばこ・飼料製造業.xlsx	207_11繊維工業.xlsx	208_12木材・木製品製造業（家具を除く）.xlsx	209_13家具・装備品製造業.xlsx	210_14パルプ・紙・紙加工品製造業.xlsx	211_15印刷・同関連業.xlsx	212_16化学工業.xlsx	213_17石油製品・石炭製品製造業.xlsx	214_18プラスチック製品製造業.xlsx	215_19ゴム製品製造業.xlsx	216_20なめし革・同製品・毛皮製造業.xlsx	217_21窯業・土石製品製造業.xlsx	218_22鉄鋼業.xlsx	219_23非鉄金属製造業.xlsx	220_24金属製品製造業.xlsx	221_25~31機械類製造業.xlsx	222_32その他の製造業.xlsx	223_33電気業.xlsx
回帰統計	重回相 R		0.1353	0.1730	0.0569	0.1287	0.3627	0.1245	0.6758	0.2642	0.4363	0.0765	0.2641		0.1229	0.5664		0.4588		0.0480	0.0788	0.2461		
	重決定 R2		0.0183	0.0299	0.0032	0.0166	0.1316	0.0155	0.4567	0.0698	0.1903	0.0059	0.0698		0.0151	0.3208		0.2105		0.0023	0.0062	0.0606		
	補正 R2		0.0047	0.0169	-0.0120	-0.0005	0.0230	-0.0293	0.2937	0.0128	0.0554	-0.0604	-0.1628		-0.0536	-1.7170		0.0414		-0.0411	-0.0089	-0.0401		
	標準誤差		0.0508	0.0485	0.0423	0.0492	0.0309	0.0448	0.0268	0.0269	0.0259	0.0375	0.0434		0.0334	0.0488		0.0267		0.0501	0.0506	0.0360		
	観測数		220	227	200	177	28	70	14	53	22	49	16		47	5		18		73	201	32		
切片	係数		-0.0032	-0.0288	-0.0168	-0.0165	0.0080	-0.0328	-0.0707	-0.0234	-0.0394	-0.0157	0.0381		0.0071	-0.0082		0.0280		-0.0034	-0.0197	-0.0331		
	標準誤差		0.0076	0.0071	0.0065	0.0083	0.0178	0.0128	0.0207	0.0078	0.0139	0.0115	0.0218		0.0130	0.0753		0.0145		0.0119	0.0076	0.0156		
	t		-4.251	-4.0752	-2.6023	-1.9779	0.4502	-2.5562	-3.4157	-2.9924	-2.8351	-1.3660	1.7464		0.5479	-0.1089		1.9359		-0.2853	-2.6061	-2.1212		
	P-値		0.6712	0.0001	0.0100	0.0495	0.6566	0.0129	0.0066	0.0043	0.0110	0.1787	0.1063		0.5866	0.9309		0.0733		0.7763	0.0099	0.0429		
	下限 95%		-0.0182	-0.0427	-0.0295	-0.0330	-0.0288	-0.0584	-0.1168	-0.0391	-0.0686	-0.0390	-0.0094		-0.0190	-0.9653		-0.0030		-0.0270	-0.0346	-0.0651		
	上限 95%		0.0118	-0.0149	-0.0041	-0.0000	0.0448	-0.0072	-0.0246	-0.0077	-0.0102	0.0075	0.0857		0.0332	0.9489		0.0591		0.0203	-0.0048	-0.0011		
浸水深	係数		0.0003	-0.0000	0.0016	-0.0031	-0.0114	0.0055	0.0132	0.0088	0.0086	-0.0026	-0.0031		-0.0034	0.0252		-0.0072		0.0027	0.0019	0.0041		
	標準誤差		0.0040	0.0037	0.0036	0.0041	0.0061	0.0063	0.0073	0.0048	0.0084	0.0073	0.0146		0.0057	0.0444		0.0069		0.0074	0.0044	0.0080		
	t		0.0674	-0.0055	0.4428	-0.7691	-1.8708	0.8657	1.8032	1.8389	1.0162	-0.3541	-0.2141		-0.5852	0.5680		-1.0368		0.3624	0.4330	0.5192		
	P-値		0.9464	0.9956	0.6584	0.4429	0.0736	0.3898	0.1015	0.0720	0.3230	0.7249	0.8341		0.5615	0.6712		0.3174		0.7182	0.6655	0.6077		
	下限 95%		-0.0075	-0.0074	-0.0055	-0.0112	-0.0239	-0.0071	-0.0031	-0.0008	-0.0091	-0.0172	-0.0350		-0.0150	-0.5387		-0.0220		-0.0121	-0.0068	-0.0122		
	上限 95%		0.0081	0.0073	0.0087	0.0049	0.0012	0.0180	0.0294	0.0183	0.0262	0.0121	0.0287		0.0082	0.5891		0.0076		0.0175	0.0106	0.0205		
IC距離	係数		-0.0004	-0.0000	0.0001	0.0003	0.0002	-0.0002	0.0010	-0.0002	0.0023	0.0002	-0.0024		0.0006	0.0000		-0.0003		-0.0002	-0.0002	0.0006		
	標準誤差		0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0016	0.0010	0.0007	0.0003	0.0015	0.0005	0.0034		0.0013	0.0022		0.0004		0.0008	0.0004	0.0005		
	t		-1.6365	-0.2230	0.4686	0.9121	0.0971	-0.1723	1.4318	-0.6825	1.5624	0.4633	-0.7085		0.4506	0.0058		-0.6550		-0.2091	-0.5041	1.2453		
	P-値		0.1032	0.8237	0.6399	0.3630	0.9235	0.8638	0.1827	0.4981	0.1356	0.6454	0.4922		0.6545	0.9963		0.5231		0.8350	0.6147	0.2233		
	下限 95%		-0.0009	-0.0005	-0.0003	-0.0003	-0.0032	-0.0022	-0.0006	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0097		-0.0021	-0.0280		-0.0011		-0.0018	-0.0010	-0.0004		
	上限 95%		0.0001	0.0004	0.0006	0.0009	0.0035	0.0018	0.0027	0.0004	0.0055	0.0013	0.0050		0.0032	0.0280		0.0006		0.0014	0.0006	0.0016		
港距離	係数		0.0010	0.0036	0.0006	0.0025	-0.0019	0.0013	0.0122	0.0019	0.0018	0.0001	0.0005		-0.0012	0.0003		-0.0029		0.0002	0.0011	0.0016		
	標準誤差		0.0014	0.0014	0.0012	0.0020	0.0044	0.0020	0.0052	0.0019	0.0028	0.0029	0.0033		0.0022	0.0063		0.0021		0.0022	0.0012	0.0028		
	t		0.7056	2.5266	0.5245	1.2210	-0.4223	0.6124	2.3204	0.9730	0.6280	0.0467	0.1439		-0.5309	0.0414		-1.3748		0.0820	0.9503	0.5710		
	P-値		0.4812	0.0122	0.6005	0.2237	0.6765	0.5424	0.0427	0.3353	0.5379	0.9629	0.8880		0.5982	0.9737		0.1908		0.9349	0.3431	0.5725		
	下限 95%		-0.0018	0.0008	-0.0018	-0.0015	-0.0109	-0.0028	0.0005	-0.0020	-0.0042	-0.0058	-0.0066		-0.0057	-0.0793		-0.0075		-0.0042	-0.0012	-0.0041		
	上限 95%		0.0038	0.0065	0.0031	0.0065	0.0072	0.0053	0.0238	0.0057	0.0077	0.0061	0.0076		0.0033	0.0798		0.0016		0.0046	0.0035	0.0072		
		3	221	228	201	178	29	71	15	54	23	50	17	3	48	6	2	19	3	5	74	202	33	4

表-3.4 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮）【産業分類_小分類】

		224_34ガ ス業.xlsx	225_35熱 供給 業.xlsx	226_36水 道業.xlsx	227_37通 信業+49 郵便業 (信書便 事業を含 む).xlsx	228_38放 送業.xlsx	229_39情 報サービ ス業.xlsx	230_40イ ンター ネット付 随サービ ス業.xlsx	231_41映 像・音 声・文字 情報制作 業.xlsx	232_42鉄 道業.xlsx	233_43道 路旅客運 送業.xlsx	234_44道 路貨物運 送業.xlsx	235_45水 運業.xlsx	236_46航 空運輸 業.xlsx	237_47倉 庫業.xlsx	238_48運 輸に附帯 するサー ビス 業.xlsx	239_50各 種商品卸 売業.xlsx	240_51織 維・衣服 等卸売 業.xlsx	241_52飲 食料品卸 売業.xlsx	242_53建 築材料, 鉱物・金 属材料等 卸売 業.xlsx	243_54機 械器具卸 売業.xlsx	244_55そ の他の卸 売業.xlsx
回帰統計	重相関 R				0.6515	0.9969	0.9503		0.6629	0.6650	0.1556	0.2879	0.3979		0.1865	0.4459		0.7186	0.1779	0.3644	0.1573	0.3167
	重決定 R2				0.4244	0.9938	0.9031		0.4394	0.4422	0.0242	0.0829	0.1583		0.0348	0.1989		0.5164	0.0317	0.1328	0.0247	0.1003
	補正 R2				-0.1512	0.9753	0.7578		0.1591	0.2032	-0.1089	0.0523	-0.2024		-0.0341	0.1282		0.2747	0.0086	0.0956	-0.0294	0.0484
	標準誤差				0.0394	0.0051	0.0273		0.0294	0.0307	0.0388	0.0402	0.0616		0.0489	0.0409		0.0502	0.0472	0.0555	0.0457	0.0572
	観測数				7	5	6		10	11	26	94	11		46	38		10	130	74	58	56
切片	係数				-0.0151	0.0265	0.0211		-0.0285	-0.0180	-0.0190	-0.0174	0.0364		-0.0296	0.0007		-0.1210	-0.0166	-0.0309	-0.0018	-0.0093
	標準誤差				0.0328	0.0083	0.0501		0.0228	0.0193	0.0158	0.0085	0.0447		0.0186	0.0154		0.0560	0.0088	0.0122	0.0124	0.0152
	t				-0.4586	3.2129	0.4206		-1.2539	-0.9327	-1.2025	-2.0469	0.8143		-1.5965	0.0430		-2.1599	-1.8961	-2.5372	-0.1423	-0.6144
	P-値				0.6777	0.1921	0.7150		0.2565	0.3820	0.2420	0.0436	0.4423		0.1179	0.9659		0.0741	0.0602	0.0134	0.8873	0.5416
	下限 95%				-0.1196	-0.0784	-0.1946		-0.0842	-0.0635	-0.0517	-0.0342	-0.0693		-0.0671	-0.0306		-0.2581	-0.0340	-0.0552	-0.0267	-0.0398
	上限 95%				0.0894	0.1315	0.2368		0.0272	0.0276	0.0138	-0.0005	0.1421		0.0078	0.0320		0.0161	0.0007	-0.0066	0.0231	0.0212
浸水深	係数				0.0384	0.0159	0.1286		0.0054	-0.0001	0.0034	0.0040	0.0089		-0.0075	-0.0171		0.0508	0.0003	0.0187	-0.0051	0.0041
	標準誤差				0.0261	0.0042	0.0688		0.0197	0.0208	0.0090	0.0047	0.0310		0.0113	0.0096		0.0215	0.0050	0.0082	0.0086	0.0093
	t				1.4722	3.8008	1.8692		0.2766	-0.0051	0.3792	0.8597	0.2878		-0.6613	-1.7908		2.3572	0.0670	2.2658	-0.5983	0.4365
	P-値				0.2374	0.1638	0.2025		0.7913	0.9961	0.7082	0.3922	0.7818		0.5120	0.0822		0.0565	0.9467	0.0266	0.5522	0.6643
	下限 95%				-0.0446	-0.0373	-0.1674		-0.0427	-0.0493	-0.0153	-0.0053	-0.0644		-0.0304	-0.0366		-0.0019	-0.0096	0.0022	-0.0223	-0.0146
	上限 95%				0.1213	0.0691	0.4245		0.0536	0.0491	0.0222	0.0133	0.0822		0.0154	0.0023		0.1035	0.0103	0.0351	0.0121	0.0227
IC距離	係数				-0.0010	-0.0008	-0.0049		0.0009	-0.0007	0.0001	0.0003	-0.0015		0.0046	0.0001		0.0015	0.0006	-0.0014	0.0005	0.0010
	標準誤差				0.0014	0.0002	0.0019		0.0006	0.0008	0.0005	0.0004	0.0026		0.0039	0.0006		0.0019	0.0003	0.0007	0.0005	0.0006
	t				-0.6731	-5.1179	-2.5045		1.4164	-0.9426	0.1890	0.6167	-0.5807		1.1916	0.1475		0.7847	1.8461	-2.0553	1.0146	1.8213
	P-値				0.5491	0.1228	0.1292		0.2064	0.3773	0.8518	0.5390	0.5797		0.2401	0.8836		0.4625	0.0672	0.0436	0.3148	0.0743
	下限 95%				-0.0055	-0.0029	-0.0132		-0.0006	-0.0026	-0.0009	-0.0006	-0.0076		-0.0032	-0.0011		-0.0032	-0.0000	-0.0027	-0.0005	-0.0001
	上限 95%				0.0036	0.0012	0.0035		0.0024	0.0011	0.0011	0.0011	0.0046		0.0125	0.0012		0.0063	0.0011	-0.0000	0.0015	0.0022
港距離	係数				-0.0021	-0.0301	-0.0185		-0.0025	0.0086	0.0019	0.0051	-0.0008		-0.0010	0.0073		0.0247	0.0017	0.0048	-0.0017	-0.0039
	標準誤差				0.0073	0.0050	0.0094		0.0027	0.0049	0.0029	0.0019	0.0133		0.0034	0.0065		0.0211	0.0023	0.0027	0.0034	0.0041
	t				-0.2823	-5.9762	-1.9730		-0.9157	1.7319	0.6605	2.6710	-0.0611		-0.2791	1.1157		1.1722	0.7639	1.7866	-0.4928	-0.9421
	P-値				0.7961	0.1055	0.1872		0.3951	0.1269	0.5158	0.0090	0.9530		0.7816	0.2724		0.2855	0.4463	0.0783	0.6242	0.3505
	下限 95%				-0.0252	-0.0942	-0.0588		-0.0090	-0.0031	-0.0041	0.0013	-0.0323		-0.0079	-0.0060		-0.0269	-0.0027	-0.0006	-0.0086	-0.0121
	上限 95%				0.0211	0.0339	0.0218		0.0041	0.0203	0.0080	0.0088	0.0307		0.0060	0.0205		0.0763	0.0062	0.0101	0.0052	0.0044
		2	1	3	8	6	7	1	11	12	27	95	12	1	47	39	1	11	131	75	59	57

表-3.5 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮）【産業分類_小分類】

		245_56各 種商品小 売業.xlsx	246_57織 物・衣 服・身の 回り品小 売業.xlsx	247_58飲 食料品小 売業+77 持ち帰 り・配達 飲食サー ビス 業.xlsx	248_59~ 61その 他の小 売業.xlsx	249_68不 動産取引 業.xlsx	250_69不 動産賃貸 業・管理 業.xlsx	251_70物 品賃貸 業.xlsx	252_71学 術・開発 研究機 関.xlsx	253_72専 門サービ ス業+74 技術サー ビス 業.xlsx	254_73広 告業.xlsx	255_75宿 泊業.xlsx	256_76飲 食店.xlsx	257_78洗 濯・理 容・美 容・浴場 業.xlsx	258_79そ の他の生 活関連 サービス 業.xlsx	259_80娯 楽業.xlsx	260_81学 校教 育.xlsx	261_82そ の他の教 育, 学習 支援 業.xlsx	262_83医 療業.xlsx	263_84保 健衛 生.xlsx	264_85社 会保険・ 社会福 祉・介護 事業.xlsx	265_86郵 便局.xlsx
回帰統計	重相関 R		0.2094	0.1721	0.0487	0.2709	0.2719	0.3948	0.9729	0.0818		0.1864	0.0757	0.1408	0.2157	0.4142	0.1903	0.1570	0.0928		0.1086	0.0656
	重決定 R2		0.0439	0.0296	0.0024	0.0734	0.0739	0.1559	0.9465	0.0067		0.0347	0.0057	0.0198	0.0465	0.1715	0.0362	0.0246	0.0086		0.0118	0.0043
	補正 R2		0.0171	0.0208	-0.0064	0.0167	0.0585	0.0069	0.7861	-0.0310		0.0233	-0.0033	0.0098	-0.0064	0.1467	-0.0952	0.0074	-0.0081		-0.0360	-0.0416
	標準誤差		0.0395	0.0490	0.0508	0.0481	0.0414	0.0493	0.0378	0.0565		0.0476	0.0481	0.0411	0.0568	0.0475	0.0425	0.0499	0.0377		0.0516	0.0153
	観測数		111	335	347	53	184	21	5	83		258	334	298	58	104	26	174	182		66	69
切片	係数		-0.0442	-0.0383	-0.0247	-0.0149	-0.0014	-0.0004	0.0577	-0.0451		-0.0282	-0.0272	-0.0166	-0.0340	-0.0578	-0.0121	-0.0095	-0.0028		0.0261	-0.0001
	標準誤差		0.0081	0.0059	0.0060	0.0123	0.0066	0.0209	0.0388	0.0129		0.0077	0.0058	0.0053	0.0155	0.0097	0.0199	0.0081	0.0062		0.0138	0.0040
	t		-5.4512	-6.4683	-4.1005	-1.2101	-0.2161	-0.0205	1.4860	-3.5060		-3.6814	-4.7157	-3.1441	-2.1988	-5.9691	-0.6083	-1.1657	-0.4509		1.8910	-0.0242
	P-値		0.0000	0.0000	0.0001	0.2320	0.8292	0.9838	0.3771	0.0008		0.0003	0.0000	0.0018	0.0322	0.0000	0.5492	0.2454	0.6526		0.0633	0.9808
	下限 95%		-0.0602	-0.0499	-0.0366	-0.0395	-0.0145	-0.0446	-0.4358	-0.0707		-0.0434	-0.0385	-0.0270	-0.0650	-0.0770	-0.0534	-0.0255	-0.0150		-0.0015	-0.0082
	上限 95%		-0.0281	-0.0266	-0.0129	0.0098	0.0116	0.0437	0.5512	-0.0195		-0.0131	-0.0158	-0.0062	-0.0030	-0.0386	0.0292	0.0066	0.0094		0.0537	0.0080
浸水深	係数		0.0015	-0.0031	0.0016	0.0208	-0.0021	0.0308	0.0559	0.0049		0.0077	0.0016	-0.0020	-0.0077	0.0116	0.0076	-0.0087	0.0010		0.0001	-0.0011
	標準誤差		0.0054	0.0031	0.0032	0.0115	0.0041	0.0188	0.0373	0.0079		0.0035	0.0032	0.0028	0.0115	0.0054	0.0102	0.0052	0.0037		0.0066	0.0023
	t		0.2709	-1.0181	0.4994	1.8027	-0.5056	1.6396	1.4976	0.6198		2.2118	0.4933	-0.7002	-0.6662	2.1466	0.7433	-1.6809	0.2793		0.0104	-0.4737
	P-値		0.7870	0.3094	0.6178	0.0776	0.6137	0.1195	0.3748	0.5372		0.0279	0.6221	0.4843	0.5081	0.0342	0.4652	0.0946	0.7804		0.9917	0.6373
	下限 95%		-0.0093	-0.0092	-0.0046	-0.0024	-0.0101	-0.0088	-0.4183	-0.0109		0.0008	-0.0047	-0.0076	-0.0308	0.0009	-0.0136	-0.0189	-0.0063		-0.0131	-0.0057
	上限 95%		0.0123	0.0029	0.0078	0.0440	0.0060	0.0705	0.5301	0.0207		0.0145	0.0078	0.0036	0.0154	0.0223	0.0287	0.0015	0.0084		0.0133	0.0035
IC距離	係数		0.0004	0.0005	-0.0001	-0.0007	-0.0004	-0.0014	-0.0063	0.0001		-0.0004	0.0001	0.0001	0.0007	0.0007	-0.0007	0.0001	-0.0002		-0.0004	-0.0000
	標準誤差		0.0003	0.0002	0.0002	0.0005	0.0002	0.0009	0.0048	0.0005		0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0003	0.0018	0.0003	0.0002		0.0004	0.0001
	t		1.4286	2.9849	-0.6868	-1.3667	-1.8242	-1.5372	-1.3172	0.1522		-2.5766	0.5160	0.7932	1.4123	2.4503	-0.3729	0.5181	-1.1345		-0.8220	-0.1046
	P-値		0.1560	0.0030	0.4927	0.1780	0.0698	0.1426	0.4134	0.8794		0.0105	0.6062	0.4283	0.1636	0.0160	0.7128	0.6051	0.2581		0.4142	0.9170
	下限 95%		-0.0001	0.0002	-0.0005	-0.0019	-0.0008	-0.0033	-0.0668	-0.0008		-0.0008	-0.0002	-0.0002	-0.0003	0.0001	-0.0045	-0.0004	-0.0006		-0.0013	-0.0003
	上限 95%		0.0009	0.0009	0.0002	0.0004	0.0000	0.0005	0.0542	0.0010		-0.0001	0.0004	0.0005	0.0017	0.0013	0.0031	0.0007	0.0002		0.0005	0.0002
港距離	係数		0.0029	0.0015	0.0005	-0.0011	0.0041	-0.0019	-0.0347	0.0007		0.0015	0.0012	0.0020	0.0033	0.0042	0.0006	0.0011	0.0004		0.0000	-0.0001
	標準誤差		0.0015	0.0010	0.0010	0.0028	0.0014	0.0061	0.0290	0.0030		0.0013	0.0010	0.0009	0.0033	0.0016	0.0027	0.0014	0.0012		0.0025	0.0007
	t		1.8590	1.5074	0.4623	-0.4083	2.8189	-0.3173	-1.1931	0.2496		1.1298	1.2291	2.1946	1.0031	2.6777	0.2149	0.7403	0.3382		0.0188	-0.1593
	P-値		0.0658	0.1326	0.6442	0.6849	0.0054	0.7549	0.4441	0.8036		0.2596	0.2199	0.0290	0.3203	0.0087	0.8318	0.4601	0.7356		0.9851	0.8739
	下限 95%		-0.0002	-0.0005	-0.0016	-0.0068	0.0012	-0.0148	-0.4037	-0.0052		-0.0011	-0.0007	0.0002	-0.0033	0.0011	-0.0049	-0.0018	-0.0020		-0.0049	-0.0014
	上限 95%		0.0059	0.0035	0.0025	0.0045	0.0069	0.0109	0.3344	0.0067		0.0041	0.0032	0.0038	0.0099	0.0074	0.0061	0.0039	0.0029		0.0050	0.0012
		1	112	336	348	54	185	22	6	84	6	259	335	299	59	105	27	175	183	1	67	70

表-3.6 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮）【産業分類_小分類】

		266_87協 同組合 (他に分 類されな いも の).xlsx	267_88廃 棄物処理 業.xlsx	268_89自 動車整備 業.xlsx	269_90機 械等修理 業(別掲 を除 く).xlsx	270_91職 業紹介・ 労働者派 遣業+92 その他の 事業サー ビス 業.xlsx	271_93政 治・経 済・文化 団体.xlsx	272_94宗 教.xlsx	273_95そ の他の サービ ス 業.xlsx
回帰統計	重相関 R	0.2396	0.3035	0.0531	0.2992	0.1000	0.4662	0.0785	0.3992
	重決定 R2	0.0574	0.0921	0.0028	0.0895	0.0100	0.2174	0.0062	0.1593
	補正 R2	-0.0401	-0.0214	-0.0376	-0.0080	-0.0506	0.1539	-0.0109	-0.2009
	標準誤差	0.0447	0.0301	0.0373	0.0410	0.0613	0.0527	0.0235	0.0445
	観測数	33	28	78	32	53	41	179	11
切片	係数	-0.0145	-0.0147	-0.0031	-0.0185	-0.0134	-0.0030	-0.0031	0.0072
	標準誤差	0.0224	0.0147	0.0093	0.0155	0.0180	0.0168	0.0044	0.0372
	t	-0.6498	-1.0053	-0.3335	-1.1969	-0.7470	-0.1808	-0.6952	0.1927
	P-値	0.5209	0.3248	0.7397	0.2414	0.4586	0.8575	0.4879	0.8527
	下限 95%	-0.0603	-0.0450	-0.0215	-0.0502	-0.0496	-0.0372	-0.0119	-0.0807
	上限 95%	0.0312	0.0155	0.0153	0.0132	0.0227	0.0311	0.0057	0.0950
浸水深	係数	0.0074	-0.0018	-0.0023	-0.0085	-0.0027	-0.0078	0.0001	-0.0040
	標準誤差	0.0107	0.0058	0.0051	0.0107	0.0106	0.0106	0.0021	0.0222
	t	0.6902	-0.3074	-0.4500	-0.7953	-0.2600	-0.7397	0.0728	-0.1784
	P-値	0.4956	0.7612	0.6540	0.4331	0.7959	0.4642	0.9420	0.8635
	下限 95%	-0.0145	-0.0139	-0.0124	-0.0304	-0.0239	-0.0292	-0.0039	-0.0564
	上限 95%	0.0292	0.0103	0.0078	0.0134	0.0185	0.0136	0.0042	0.0485
IC距離	係数	-0.0005	0.0005	0.0000	0.0005	0.0004	0.0017	0.0001	-0.0014
	標準誤差	0.0005	0.0004	0.0003	0.0005	0.0007	0.0005	0.0001	0.0012
	t	-1.1004	1.4036	1.0007	0.9778	0.6179	3.1547	0.5486	-1.1362
	P-値	0.2802	0.1732	0.9201	0.3365	0.5395	0.0032	0.5840	0.2933
	下限 95%	-0.0014	-0.0002	-0.0006	-0.0006	-0.0010	0.0006	-0.0002	-0.0044
	上限 95%	0.0004	0.0013	0.0007	0.0016	0.0019	0.0027	0.0003	0.0015
港距離	係数	0.0023	0.0025	-0.0003	0.0030	0.0018	-0.0042	-0.0005	0.0094
	標準誤差	0.0040	0.0024	0.0020	0.0026	0.0056	0.0055	0.0007	0.0199
	t	0.5922	1.0544	-0.1556	1.1389	0.3272	-0.7673	-0.6744	0.4734
	P-値	0.5583	0.3022	0.8768	0.2644	0.7449	0.4478	0.5010	0.6503
	下限 95%	-0.0058	-0.0024	-0.0044	-0.0024	-0.0094	-0.0154	-0.0020	-0.0377
	上限 95%	0.0105	0.0075	0.0038	0.0084	0.0130	0.0069	0.0010	0.0565
		34	29	79	33	54	42	180	12

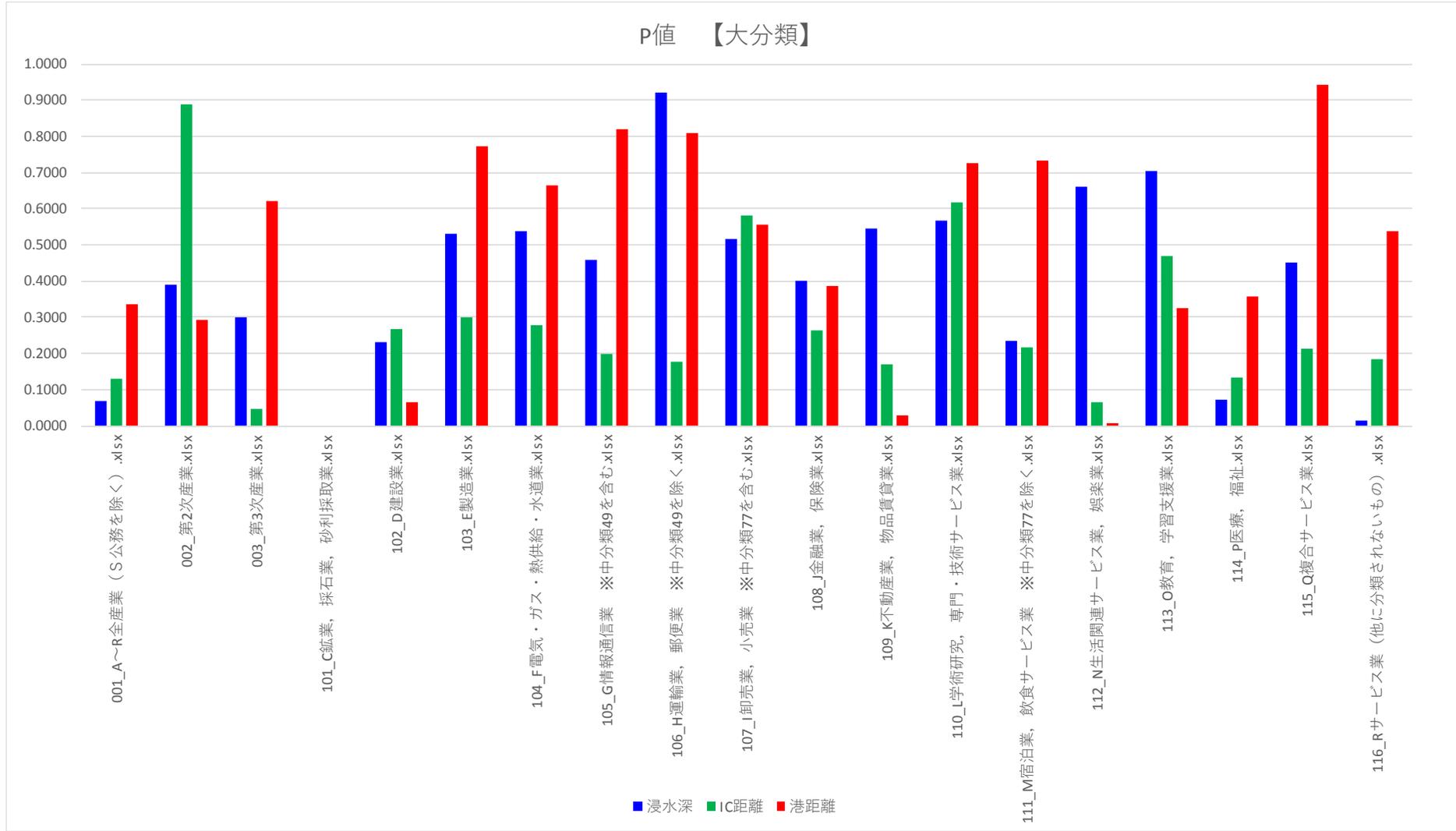


図-3.1 産業分類別の回帰分析結果のP値の比較（港湾・漁港を考慮）

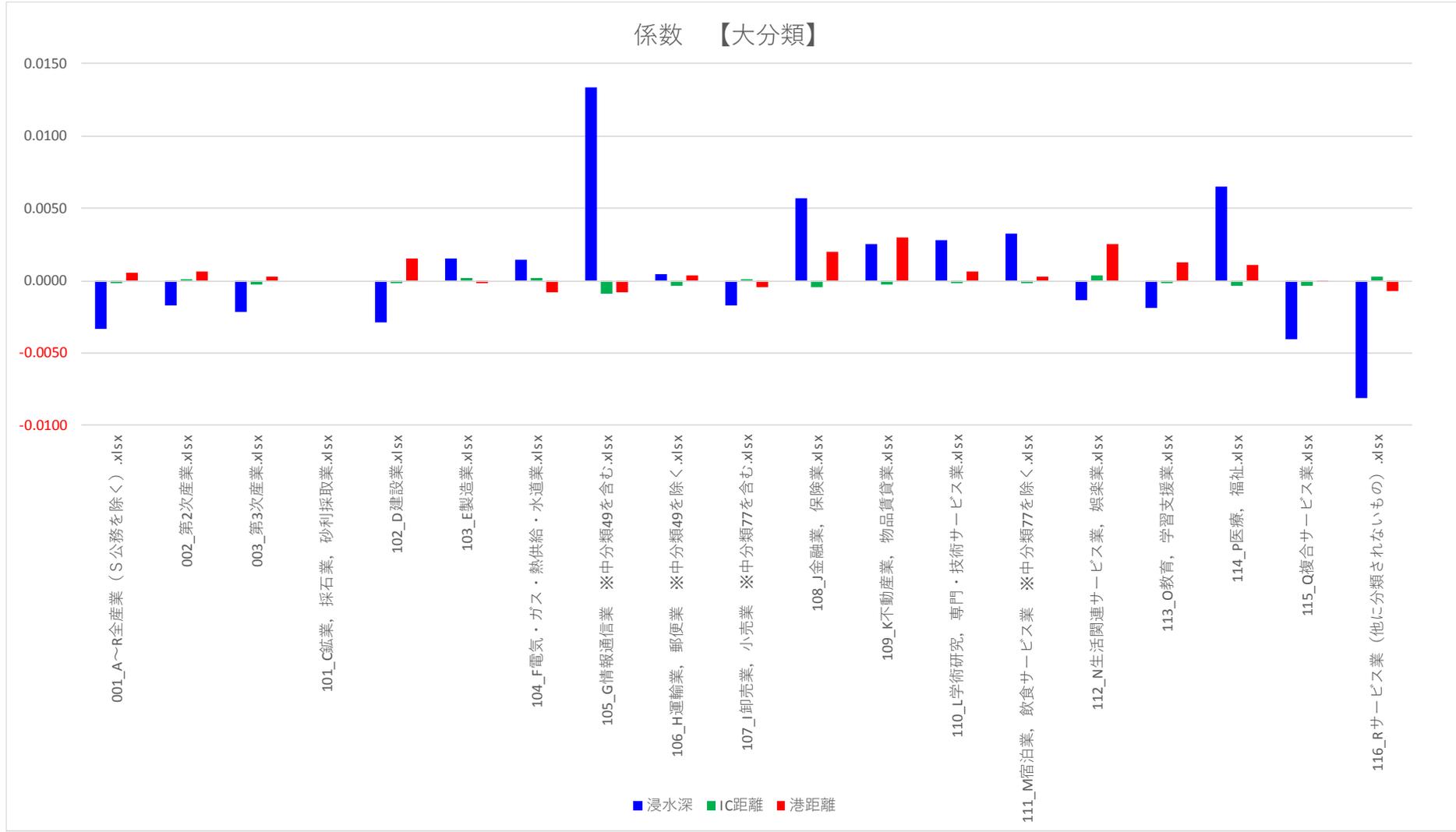


図-3.2 産業分類別の回帰分析結果の係数値の比較 (港湾・漁港を考慮)

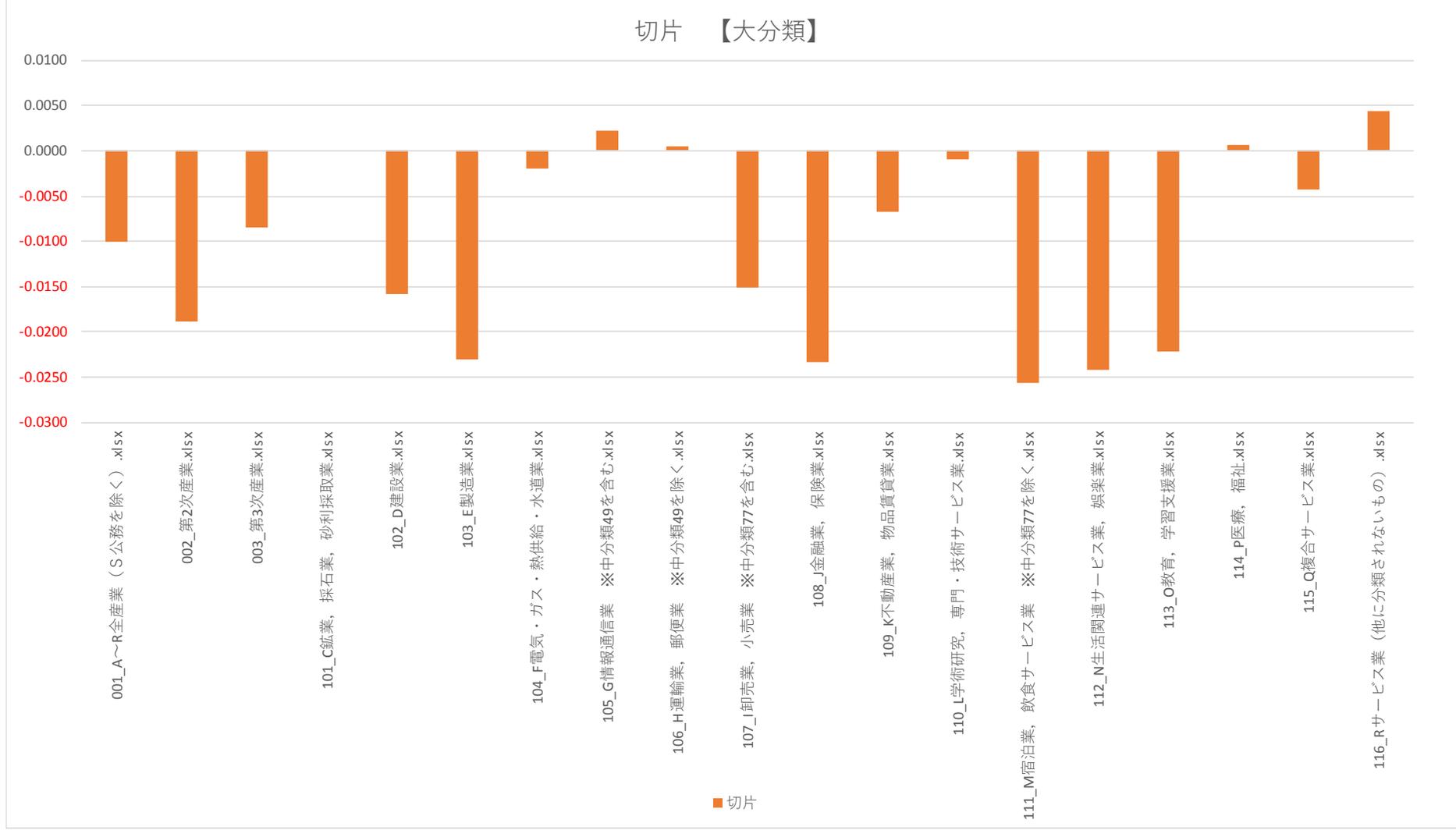


図-3.3 産業分類別の回帰分析結果の切片値の比較 (港湾・漁港を考慮)

表-3.7 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮しない）【産業分類_大分類・中分類】

		001_A~R 全産業 (S公務 を除 く).xlsx	002_第2 次産 業.xlsx	003_第3 次産 業.xlsx	101_C鉱 業、採石 業、砂利 採取 業.xlsx	102_D建 設業.xlsx	103_E製 造業.xlsx	104_F電 気・ガ ス・熱供 給・水道 業.xlsx	105_G情 報通信業 ※中分類 49を含 む.xlsx	106_H運 輸業、郵 便業 ※ 中分類49 を除 く.xlsx	107_I卸売 業、小売 業 ※中 分類77を 含む.xlsx	108_J金 融業、保 険業.xlsx	109_K不 動産業、 物品賃貸 業.xlsx	110_L学 術研究、 専門・技 術サービ ス業.xlsx	111_M宿 泊業、飲 食サービ ス業 ※ 中分類77 を除 く.xlsx	112_N生 活関連 サービス 業.xlsx	113_O教 育、学習 支援 業.xlsx	114_P医 療、福 祉.xlsx	115_Q複 合サービ ス業.xlsx	116_R サービス 業（他に 分類され ないも の).xlsx
回帰統計	重相関 R	0.1093	0.0446	0.1034		0.1224	0.0678	0.9312	0.2275	0.1083	0.0335	0.1434	0.1030	0.0579	0.0679	0.0834	0.0886	0.1374	0.1874	0.1413
	重決定 R2	0.0119	0.0020	0.0107		0.0150	0.0046	0.8671	0.0518	0.0117	0.0011	0.0206	0.0106	0.0034	0.0046	0.0070	0.0079	0.0189	0.0351	0.0200
	補正 R2	0.0095	-0.0016	0.0080		0.0102	0.0001	0.7342	-0.0075	0.0000	-0.0028	-0.0036	0.0011	-0.0127	0.0002	0.0013	-0.0026	0.0102	0.0139	0.0138
	標準誤差	0.0480	0.0427	0.0500		0.0433	0.0458	0.0028	0.0504	0.0465	0.0531	0.0468	0.0458	0.0450	0.0506	0.0491	0.0513	0.0447	0.0413	0.0497
	観測数	813	566	745		412	442	5	35	172	517	84	212	127	452	352	193	229	94	319
切片	係数	-0.0076	-0.0161	-0.0071		-0.0100	-0.0239	-0.0038	-0.0004	0.0015	-0.0170	-0.0179	0.0024	0.0009	-0.0245	-0.0142	-0.0173	0.0047	-0.0048	0.0018
	標準誤差	0.0029	0.0031	0.0032		0.0036	0.0038	0.0022	0.0134	0.0057	0.0040	0.0084	0.0051	0.0064	0.0044	0.0044	0.0059	0.0049	0.0073	0.0047
	t	-2.5818	-5.2415	-2.2155		-2.8021	-6.3823	-1.7292	-0.0276	0.2706	-4.2643	-2.1414	0.4656	0.1420	-5.6243	-3.2026	-2.9010	0.9638	-0.6656	0.3852
	P-値	0.0100	0.0000	0.0270		0.0053	0.0000	0.2259	0.9781	0.7870	0.0000	0.0352	0.6420	0.8873	0.0000	0.0015	0.0042	0.3362	0.5073	0.7003
	下限 95%	-0.0134	-0.0221	-0.0133		-0.0170	-0.0313	-0.0131	-0.0276	-0.0097	-0.0249	-0.0345	-0.0077	-0.0118	-0.0331	-0.0230	-0.0290	-0.0049	-0.0193	-0.0075
	上限 95%	-0.0018	-0.0101	-0.0008		-0.0030	-0.0166	0.0056	0.0269	0.0128	-0.0092	-0.0013	0.0124	0.0137	-0.0160	-0.0055	-0.0055	0.0143	0.0096	0.0111
浸水深	係数	-0.0036	-0.0020	-0.0023		-0.0038	0.0016	0.0015	0.0135	0.0002	-0.0015	0.0052	0.0016	0.0025	0.0031	-0.0028	-0.0028	0.0058	-0.0040	-0.0077
	標準誤差	0.0018	0.0019	0.0020		0.0024	0.0024	0.0013	0.0176	0.0041	0.0026	0.0068	0.0042	0.0048	0.0027	0.0030	0.0048	0.0035	0.0051	0.0032
	t	-1.9827	-1.0195	-1.1395		-1.5663	0.6660	1.1747	0.7679	0.0594	-0.5862	0.7658	0.3736	0.5286	1.1467	-0.9158	-0.5793	1.6648	-0.7748	-2.4233
	P-値	0.0477	0.3084	0.2549		0.1180	0.5058	0.3610	0.4482	0.9527	0.5580	0.4460	0.7091	0.5980	0.2521	0.3604	0.5630	0.0973	0.4405	0.0159
	下限 95%	-0.0072	-0.0058	-0.0063		-0.0085	-0.0031	-0.0040	-0.0223	-0.0079	-0.0066	-0.0083	-0.0068	-0.0070	-0.0022	-0.0087	-0.0123	-0.0011	-0.0141	-0.0140
	上限 95%	-0.0000	0.0018	0.0017		0.0010	0.0063	0.0070	0.0493	0.0084	0.0036	0.0186	0.0100	0.0120	0.0085	0.0032	0.0067	0.0128	0.0062	-0.0015
IC距離	係数	-0.0002	-0.0000	-0.0002		-0.0002	0.0002	0.0002	-0.0008	-0.0004	0.0001	-0.0005	-0.0003	-0.0002	-0.0002	0.0003	-0.0002	-0.0004	-0.0003	0.0003
	標準誤差	0.0001	0.0001	0.0001		0.0002	0.0002	0.0001	0.0006	0.0003	0.0002	0.0004	0.0002	0.0003	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
	t	-1.6597	-0.0221	-2.0583		-1.4024	1.0845	2.7533	-1.3190	-1.3510	0.6467	-1.2809	-1.4773	-0.5391	-1.2529	1.5065	-0.8242	-1.6589	-1.2599	1.4187
	P-値	0.0974	0.9824	0.0399		0.1616	0.2787	0.1105	0.1965	0.1785	0.5181	0.2039	0.1411	0.5908	0.2109	0.1328	0.4109	0.0985	0.2109	0.1570
	下限 95%	-0.0004	-0.0003	-0.0005		-0.0005	-0.0002	-0.0001	-0.0021	-0.0009	-0.0002	-0.0012	-0.0008	-0.0007	-0.0005	-0.0001	-0.0008	-0.0008	-0.0009	-0.0001
	上限 95%	0.0000	0.0003	-0.0000		0.0001	0.0006	0.0005	0.0004	0.0002	0.0004	0.0003	0.0001	0.0004	0.0001	0.0006	0.0003	0.0001	0.0002	0.0007
港距離	係数																			
	標準誤差																			
	t																			
	P-値																			
	下限 95%																			
	上限 95%																			
		814	567	746	3	413	443	6	36	173	518	85	213	128	453	353	194	230	95	320

表-3.8 産業分類別の回帰分析結果 (港灣・漁港を考慮しない)【産業分類_小分類】

		201_05鉱業、採石業、砂利採取業.xlsx	202_06総合工事業.xlsx	203_07職業別工事業(設備工事業を除く).xlsx	204_08設備工事業.xlsx	205_09食料品製造業.xlsx	206_10飲料・たばこ・飼料製造業.xlsx	207_11繊維工業.xlsx	208_12木材・木製品製造業(家具を除く).xlsx	209_13家具・装備品製造業.xlsx	210_14パルプ・紙・紙加工品製造業.xlsx	211_15印刷・同関連業.xlsx	212_16化学工業.xlsx	213_17石油製品・石炭製品製造業.xlsx	214_18プラスチック製品製造業.xlsx	215_19ゴム製品製造業.xlsx	216_20なめし革・同製品・毛皮製造業.xlsx	217_21窯業・土石製品製造業.xlsx	218_22鉄鋼業.xlsx	219_23非鉄金属製造業.xlsx	220_24金属製品製造業.xlsx	221_25~31機械類製造業.xlsx	222_32その他の製造業.xlsx	223_33電気業.xlsx
回帰統計	重相関 R		0.1266	0.0466	0.0428	0.0899	0.3537	0.0995	0.4052	0.2276	0.4154	0.0762	0.2611		0.0930	0.5653		0.3224		0.5828	0.0470	0.0406	0.2228	1.0000
	重決定 R2		0.0160	0.0022	0.0018	0.0081	0.1251	0.0099	0.1642	0.0518	0.1726	0.0058	0.0681		0.0087	0.3196		0.1040		0.3397	0.0022	0.0016	0.0496	1.0000
	補正 R2		0.0070	-0.0067	-0.0083	-0.0033	0.0551	-0.0197	0.0122	0.0139	0.0855	-0.0374	-0.0752		-0.0364	-0.3608		-0.0155		-0.9809	-0.0263	-0.0084	-0.0159	#####
	標準誤差		0.0508	0.0490	0.0422	0.0492	0.0304	0.0446	0.0317	0.0269	0.0255	0.0371	0.0417		0.0331	0.0345		0.0275		0.0557	0.0497	0.0506	0.0356	0.0000
	観測数		220	227	200	177	28	70	14	53	22	49	16		47	5		18		4	73	201	32	3
切片	係数		0.0005	-0.0173	-0.0146	-0.0101	0.0039	-0.0283	-0.0306	-0.0186	-0.0369	-0.0154	0.0377		0.0036	-0.0058		0.0196		-0.0437	-0.0029	-0.0152	-0.0266	0.0168
	標準誤差		0.0055	0.0055	0.0049	0.0065	0.0146	0.0105	0.0135	0.0061	0.0131	0.0082	0.0208		0.0110	0.0342		0.0135		0.0440	0.0099	0.0059	0.0104	0.0000
	t		0.0876	-3.1622	-2.9777	-1.5540	0.2656	-2.7019	-2.2692	-3.0652	-2.8160	-1.8789	1.8120		0.3239	-0.1699		1.4528		-0.9936	-0.2889	-2.5837	-2.5461	#####
	P-値		0.9303	0.0018	0.0033	0.1220	0.7927	0.0087	0.0444	0.0035	0.0110	0.0666	0.0931		0.7476	0.8807		0.1669		0.5020	0.7735	0.0105	0.0165	#NUM!
	下限 95%		-0.0103	-0.0281	-0.0243	-0.0230	-0.0263	-0.0492	-0.0604	-0.0308	-0.0643	-0.0318	-0.0072		-0.0187	-0.1531		-0.0092		-0.6029	-0.0225	-0.0268	-0.0479	0.0168
	上限 95%		0.0113	-0.0065	-0.0049	0.0027	0.0341	-0.0074	-0.0009	-0.0064	-0.0095	0.0011	0.0827		0.0258	0.1415		0.0484		0.5155	0.0168	-0.0036	-0.0052	0.0168
浸水深	係数		-0.0003	-0.0012	0.0013	-0.0039	-0.0104	0.0051	0.0099	0.0076	0.0097	-0.0026	-0.0021		-0.0030	0.0243		-0.0086		0.0201	0.0027	0.0012	0.0029	-0.0151
	標準誤差		0.0039	0.0038	0.0036	0.0041	0.0055	0.0062	0.0085	0.0046	0.0081	0.0071	0.0123		0.0057	0.0273		0.0070		0.0359	0.0073	0.0043	0.0076	0.0000
	t		-0.0736	-0.3092	0.3611	-0.9651	-1.8799	0.8131	1.1702	1.6527	1.2026	-0.3686	-0.1717		-0.5281	0.8906		-1.2279		0.5602	0.3734	0.2871	0.3807	#####
	P-値		0.9414	0.7575	0.7184	0.3358	0.0718	0.4191	0.2667	0.1047	0.2439	0.7141	0.8663		0.6001	0.4671		0.2384		0.6749	0.7100	0.7743	0.7062	#NUM!
	下限 95%		-0.0079	-0.0086	-0.0057	-0.0119	-0.0218	-0.0074	-0.0087	-0.0016	-0.0072	-0.0170	-0.0287		-0.0144	-0.0931		-0.0236		-0.4366	-0.0119	-0.0073	-0.0126	-0.0151
	上限 95%		0.0074	0.0062	0.0083	0.0041	0.0010	0.0175	0.0285	0.0169	0.0266	0.0117	0.0245		0.0084	0.1417		0.0063		0.4769	0.0174	0.0098	0.0184	-0.0151
IC距離	係数		-0.0004	-0.0001	0.0001	0.0003	-0.0001	-0.0002	0.0007	-0.0002	0.0025	0.0002	-0.0021		0.0005	-0.0000		-0.0002		-0.0003	-0.0002	-0.0002	0.0005	-0.0005
	標準誤差		0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0015	0.0010	0.0008	0.0003	0.0014	0.0005	0.0028		0.0013	0.0015		0.0004		0.0027	0.0008	0.0004	0.0005	0.0000
	t		-1.7689	-0.5224	0.3868	0.8113	-0.0589	-0.2076	0.8082	-0.5281	1.7623	0.4673	-0.7700		0.4170	-0.0121		-0.4323		-0.0982	-0.2191	-0.5584	1.1510	#####
	P-値		0.0783	0.6019	0.6993	0.4183	0.9535	0.8362	0.4361	0.5998	0.0941	0.6425	0.4551		0.6787	0.9915		0.6717		0.9377	0.8272	0.5772	0.2591	#NUM!
	下限 95%		-0.0009	-0.0006	-0.0004	-0.0004	-0.0032	-0.0022	-0.0012	-0.0007	-0.0005	-0.0008	-0.0081		-0.0021	-0.0063		-0.0010		-0.0343	-0.0018	-0.0011	-0.0004	-0.0005
	上限 95%		0.0001	0.0003	0.0005	0.0009	0.0030	0.0018	0.0025	0.0004	0.0055	0.0012	0.0039		0.0032	0.0063		0.0007		0.0337	0.0014	0.0006	0.0014	-0.0005
港距離	係数																							
	標準誤差																							
	t																							
	P-値																							
	下限 95%																							
	上限 95%																							
		3	221	228	201	178	29	71	15	54	23	50	17	3	48	6	2	19	3	5	74	202	33	4

表-3.9 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮しない）【産業分類_小分類】

		224_34ガ ス業.xlsx	225_35熱 供給 業.xlsx	226_36水 道業.xlsx	227_37通 信業+49 郵便業 (信書便 事業を含 む).xlsx	228_38放 送業.xlsx	229_39情 報サービ ス業.xlsx	230_40イ ンター ネット付 随サービ ス業.xlsx	231_41映 像・音 声・文字 情報制作 業.xlsx	232_42鉄 道業.xlsx	233_43道 路旅客運 送業.xlsx	234_44道 路貨物運 送業.xlsx	235_45水 運業.xlsx	236_46航 空運輸 業.xlsx	237_47倉 庫業.xlsx	238_48運 輸に附帯 するサー ビス 業.xlsx	239_50各 種商品卸 売業.xlsx	240_51織 維・衣服 等卸売 業.xlsx	241_52飲 食料品卸 売業.xlsx	242_53建 築材料, 鉱物・金 属材料等 卸売 業.xlsx	243_54機 械器具卸 売業.xlsx	244_55そ の他の卸 売業.xlsx
回帰統計	重相関 R				0.6396	0.8793	0.8453		0.6009	0.4508	0.0696	0.1009	0.3974		0.1817	0.4117		0.6369	0.1648	0.3053	0.1427	0.2914
	重決定 R2				0.4091	0.7733	0.7146		0.3610	0.2032	0.0049	0.0102	0.1579		0.0330	0.1695		0.4057	0.0272	0.0932	0.0204	0.0849
	補正 R2				0.1137	0.5465	0.5243		0.1785	0.0040	-0.0817	-0.0116	-0.0526		-0.0120	0.1221		0.2359	0.0118	0.0677	-0.0153	0.0504
	標準誤差				0.0346	0.0219	0.0383		0.0291	0.0343	0.0383	0.0416	0.0576		0.0483	0.0410		0.0515	0.0472	0.0563	0.0454	0.0571
	観測数				7	5	6		10	11	26	94	11		46	38		10	130	74	58	56
切片	係数				-0.0209	-0.0125	-0.0627		-0.0424	0.0063	-0.0131	-0.0045	0.0362		-0.0303	0.0139		-0.0660	-0.0123	-0.0181	-0.0062	-0.0188
	標準誤差				0.0225	0.0216	0.0374		0.0168	0.0148	0.0128	0.0072	0.0417		0.0182	0.0098		0.0315	0.0066	0.0100	0.0086	0.0114
	t				-0.9280	-0.5783	-1.6762		-2.5243	0.4250	-1.0177	-0.6194	0.8679		-1.6657	1.4197		-2.0988	-1.8465	-1.8090	-0.7194	-1.6575
	P-値				0.4060	0.6215	0.1923		0.0396	0.6820	0.3194	0.5372	0.4107		0.1030	0.1646		0.0740	0.0671	0.0747	0.4749	0.1033
	下限 95%				-0.0833	-0.1056	-0.1816		-0.0821	-0.0278	-0.0396	-0.0188	-0.0599		-0.0670	-0.0060		-0.1404	-0.0254	-0.0380	-0.0234	-0.0416
	上限 95%				0.0416	0.0806	0.0563		-0.0027	0.0404	0.0135	0.0099	0.1322		0.0064	0.0339		0.0084	0.0009	0.0018	0.0110	0.0040
浸水深	係数				0.0365	0.0332	0.1949		0.0097	-0.0136	0.0024	0.0031	0.0103		-0.0064	-0.0197		0.0473	-0.0002	0.0186	-0.0045	0.0042
	標準誤差				0.0221	0.0129	0.0841		0.0189	0.0215	0.0088	0.0048	0.0203		0.0105	0.0093		0.0219	0.0050	0.0084	0.0084	0.0093
	t				1.6501	2.5671	2.3181		0.5154	-0.6336	0.2716	0.6354	0.5063		-0.6079	-2.1207		2.1608	-0.0483	2.2255	-0.5310	0.4521
	P-値				0.1743	0.1241	0.1033		0.6221	0.5440	0.7884	0.5268	0.6263		0.5465	0.0411		0.0675	0.9616	0.0292	0.5976	0.6531
	下限 95%				-0.0249	-0.0225	-0.0727		-0.0350	-0.0633	-0.0158	-0.0065	-0.0365		-0.0275	-0.0387		-0.0045	-0.0100	0.0019	-0.0213	-0.0144
	上限 95%				0.0979	0.0889	0.4625		0.0545	0.0360	0.0206	0.0126	0.0571		0.0148	-0.0008		0.0991	0.0096	0.0353	0.0124	0.0228
IC距離	係数				-0.0008	-0.0012	-0.0031		0.0011	-0.0003	0.0001	0.0003	-0.0016		0.0042	-0.0000		0.0014	0.0005	-0.0014	0.0005	0.0011
	標準誤差				0.0011	0.0006	0.0024		0.0006	0.0008	0.0005	0.0004	0.0013		0.0035	0.0005		0.0020	0.0003	0.0007	0.0005	0.0006
	t				-0.6965	-1.8371	-1.2800		1.8407	-0.4026	0.1106	0.5918	-1.2231		1.1884	-0.0873		0.6837	1.7909	-2.0857	1.0664	1.9851
	P-値				0.5245	0.2076	0.2906		0.1082	0.6978	0.9129	0.5555	0.2561		0.2412	0.9309		0.5162	0.0757	0.0406	0.2909	0.0523
	下限 95%				-0.0040	-0.0039	-0.0108		-0.0003	-0.0022	-0.0009	-0.0006	-0.0047		-0.0029	-0.0012		-0.0033	-0.0001	-0.0028	-0.0005	-0.0000
	上限 95%				0.0024	0.0016	0.0046		0.0024	0.0016	0.0010	0.0011	0.0014		0.0113	0.0011		0.0060	0.0011	-0.0001	0.0015	0.0022
港距離	係数																					
	標準誤差																					
	t																					
	P-値																					
	下限 95%																					
	上限 95%																					
		2	1	3	8	6	7	1	11	12	27	95	12	1	47	39	1	11	131	75	59	57

表-3.10 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮しない）【産業分類_小分類】

		245_56各 種商品小 売業.xlsx	246_57織 物・衣 服・身の 回り品小 売業.xlsx	247_58飲 食料品小 売業+77 持ち帰 り・配達 飲食サー ビス 業.xlsx	248_59~ 61その 他の小 売業.xlsx	249_68不 動産取引 業.xlsx	250_69不 動産賃貸 業・管理 業.xlsx	251_70物 品賃貸 業.xlsx	252_71学 術・開発 研究機 関.xlsx	253_72専 門サービ ス業+74 技術サー ビス 業.xlsx	254_73広 告業.xlsx	255_75宿 泊業.xlsx	256_76飲 食店.xlsx	257_78洗 濯・理 容・美 容・浴場 業.xlsx	258_79そ の他の生 活関連 サービス 業.xlsx	259_80娯 楽業.xlsx	260_81学 校教 育.xlsx	261_82そ の他の教 育, 学習 支援 業.xlsx	262_83医 療業.xlsx	263_84保 健衛 生.xlsx	264_85社 会保険・ 社会福 祉・介護 事業.xlsx	265_86郵 便局.xlsx
回帰統計	重相関 R		0.1139	0.1515	0.0419	0.2650	0.1818	0.3885	0.9330	0.0768	0.7735	0.1729	0.0343	0.0615	0.1696	0.3349	0.1849	0.1466	0.0893		0.1086	0.0626
	重決定 R2		0.0130	0.0230	0.0018	0.0702	0.0330	0.1509	0.8704	0.0059	0.5983	0.0299	0.0012	0.0038	0.0288	0.1121	0.0342	0.0215	0.0080		0.0118	0.0039
	補正 R2		-0.0053	0.0171	-0.0041	0.0331	0.0223	0.0566	0.7408	-0.0189	0.1965	0.0223	-0.0049	-0.0030	-0.0066	0.0946	-0.0498	0.0101	-0.0031		-0.0196	-0.0263
	標準誤差		0.0399	0.0491	0.0508	0.0477	0.0422	0.0481	0.0416	0.0561	0.0925	0.0476	0.0481	0.0414	0.0568	0.0490	0.0416	0.0498	0.0376		0.0512	0.0152
	観測数		111	335	347	53	184	21	5	83	5	258	334	298	58	104	26	174	182		66	69
切片	係数		-0.0340	-0.0326	-0.0230	-0.0181	0.0104	-0.0050	0.0776	-0.0430	0.1042	-0.0236	-0.0227	-0.0090	-0.0235	-0.0431	-0.0106	-0.0055	-0.0014		0.0263	-0.0005
	標準誤差		0.0061	0.0046	0.0047	0.0092	0.0052	0.0149	0.0386	0.0095	0.0679	0.0065	0.0045	0.0040	0.0114	0.0082	0.0182	0.0061	0.0045		0.0107	0.0031
	t		-5.6199	-7.1374	-4.9168	-1.9607	1.9945	-0.3322	2.0115	-4.5214	1.5335	-3.6415	-5.0588	-2.2433	-2.0646	-5.2446	-0.5812	-0.9028	-0.3020		2.4636	-0.1679
	P-値		0.0000	0.0000	0.0000	0.0555	0.0476	0.7436	0.1819	0.0000	0.2649	0.0003	0.0000	0.0256	0.0437	0.0000	0.5667	0.3679	0.7630		0.0165	0.8672
	下限 95%		-0.0460	-0.0415	-0.0322	-0.0367	0.0001	-0.0363	-0.0884	-0.0619	-0.1881	-0.0364	-0.0316	-0.0169	-0.0463	-0.0595	-0.0482	-0.0174	-0.0103		0.0050	-0.0066
	上限 95%		-0.0220	-0.0236	-0.0138	0.0004	0.0207	0.0264	0.2437	-0.0241	0.3965	-0.0108	-0.0139	-0.0011	-0.0007	-0.0268	0.0270	0.0065	0.0075		0.0476	0.0056
浸水深	係数		-0.0010	-0.0038	0.0013	0.0216	-0.0030	0.0315	0.0172	0.0046	0.0000	0.0069	0.0009	-0.0030	-0.0096	0.0094	0.0078	-0.0096	0.0008		0.0001	-0.0010
	標準誤差		0.0053	0.0031	0.0031	0.0113	0.0041	0.0182	0.0204	0.0078	0.0000	0.0034	0.0031	0.0028	0.0114	0.0055	0.0099	0.0050	0.0036		0.0065	0.0023
	t		-0.1800	-1.2275	0.4314	1.9216	-0.7307	1.7277	0.8454	0.5932	#####	2.0229	0.2933	-1.0521	-0.8490	1.7094	0.7809	-1.9216	0.2103		0.0088	-0.4548
	P-値		0.8575	0.2205	0.6665	0.0604	0.4659	0.1012	0.4869	0.5547	#NUM!	0.0441	0.7695	0.2936	0.3995	0.0904	0.4428	0.0563	0.8337		0.9930	0.6507
	下限 95%		-0.0115	-0.0098	-0.0048	-0.0010	-0.0111	-0.0068	-0.0704	-0.0109	0.0000	0.0002	-0.0052	-0.0085	-0.0324	-0.0015	-0.0128	-0.0195	-0.0064		-0.0130	-0.0055
	上限 95%		0.0096	0.0023	0.0075	0.0442	0.0051	0.0698	0.1048	0.0202	0.0000	0.0136	0.0071	0.0026	0.0131	0.0203	0.0283	0.0003	0.0079		0.0131	0.0035
IC距離	係数		0.0003	0.0005	-0.0001	-0.0008	-0.0004	-0.0014	-0.0109	0.0000	-0.0063	-0.0004	0.0001	0.0001	0.0006	0.0007	-0.0007	0.0001	-0.0002		-0.0004	-0.0000
	標準誤差		0.0003	0.0002	0.0002	0.0005	0.0002	0.0009	0.0031	0.0004	0.0052	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0003	0.0018	0.0003	0.0002		0.0004	0.0001
	t		1.1462	2.7781	-0.7520	-1.3797	-1.9497	-1.5541	-3.5269	0.1087	-1.2131	-2.5134	0.3962	0.4602	1.2501	2.2004	-0.3795	0.4673	-1.1811		-0.8560	-0.0805
	P-値		0.2542	0.0058	0.4526	0.1738	0.0528	0.1376	0.0718	0.9137	#NUM!	0.0126	0.6922	0.6457	0.2166	0.0301	0.7078	0.6409	0.2391		0.3953	0.9361
	下限 95%		-0.0002	0.0001	-0.0005	-0.0018	-0.0008	-0.0032	-0.0241	-0.0008	-0.0285	-0.0008	-0.0003	-0.0002	-0.0004	0.0001	-0.0044	-0.0004	-0.0006		-0.0012	-0.0003
	上限 95%		0.0008	0.0009	0.0002	0.0003	0.0000	0.0005	0.0024	0.0009	0.0160	-0.0001	0.0004	0.0004	0.0016	0.0013	0.0030	0.0007	0.0002		0.0005	0.0002
港距離	係数																					
	標準誤差																					
	t																					
	P-値																					
	下限 95%																					
	上限 95%																					
		1	112	336	348	54	185	22	6	84	6	259	335	299	59	105	27	175	183	1	67	70

表-3.11 産業分類別の回帰分析結果（港湾・漁港を考慮しない）【産業分類_小分類】

		266_87協 同組合 (他に分 類されな いも の).xlsx	267_88廃 棄物処理 業.xlsx	268_89自 動車整備 業.xlsx	269_90機 械等修理 業(別掲 を除 く).xlsx	270_91職 業紹介・ 労働者派 遣業+92 その他の 事業サー ビス 業.xlsx	271_93政 治・経 済・文化 団体.xlsx	272_94宗 教.xlsx	273_95そ の他の サービス 業.xlsx
回帰統計	重相関 R	0.2145	0.2238	0.0499	0.2176	0.0885	0.4527	0.0598	0.3639
	重決定 R2	0.0460	0.0501	0.0025	0.0474	0.0078	0.2049	0.0036	0.1324
	補正 R2	-0.0176	-0.0259	-0.0241	-0.0183	-0.0318	0.1631	-0.0077	-0.0845
	標準誤差	0.0442	0.0302	0.0371	0.0412	0.0607	0.0524	0.0235	0.0423
	観測数	33	28	78	32	53	41	179	11
切片	係数	-0.0042	-0.0043	-0.0041	-0.0075	-0.0094	-0.0109	-0.0051	0.0191
	標準誤差	0.0138	0.0108	0.0067	0.0121	0.0131	0.0133	0.0032	0.0259
	t	-0.3035	-0.3966	-0.6086	-0.6179	-0.7208	-0.8198	-1.5797	0.7373
	P-値	0.7636	0.6950	0.5446	0.5415	0.4744	0.4174	0.1160	0.4820
	下限 95%	-0.0324	-0.0266	-0.0174	-0.0323	-0.0358	-0.0378	-0.0115	-0.0407
	上限 95%	0.0240	0.0180	0.0093	0.0173	0.0169	0.0160	0.0013	0.0789
浸水深	係数	0.0038	-0.0027	-0.0022	-0.0106	-0.0030	-0.0067	0.0005	-0.0057
	標準誤差	0.0088	0.0058	0.0050	0.0106	0.0104	0.0104	0.0020	0.0208
	t	0.4380	-0.4658	-0.4330	-1.0038	-0.2842	-0.6420	0.2704	-0.2723
	P-値	0.6645	0.6454	0.6663	0.3238	0.7775	0.5247	0.7872	0.7923
	下限 95%	-0.0140	-0.0146	-0.0121	-0.0322	-0.0239	-0.0278	-0.0034	-0.0536
	上限 95%	0.0217	0.0092	0.0078	0.0110	0.0180	0.0144	0.0044	0.0423
IC距離	係数	-0.0005	0.0004	0.0000	0.0005	0.0004	0.0016	0.0001	-0.0013
	標準誤差	0.0004	0.0004	0.0003	0.0005	0.0007	0.0005	0.0001	0.0011
	t	-1.2026	1.1030	0.1190	0.8917	0.6059	3.1118	0.6704	-1.1022
	P-値	0.2385	0.2805	0.9056	0.3799	0.5473	0.0035	0.5035	0.3024
	下限 95%	-0.0015	-0.0003	-0.0006	-0.0006	-0.0010	0.0006	-0.0002	-0.0039
	上限 95%	0.0004	0.0011	0.0007	0.0016	0.0019	0.0027	0.0003	0.0014
港距離	係数								
	標準誤差								
	t								
	P-値								
	下限 95%								
	上限 95%								
		34	29	79	33	54	42	180	12

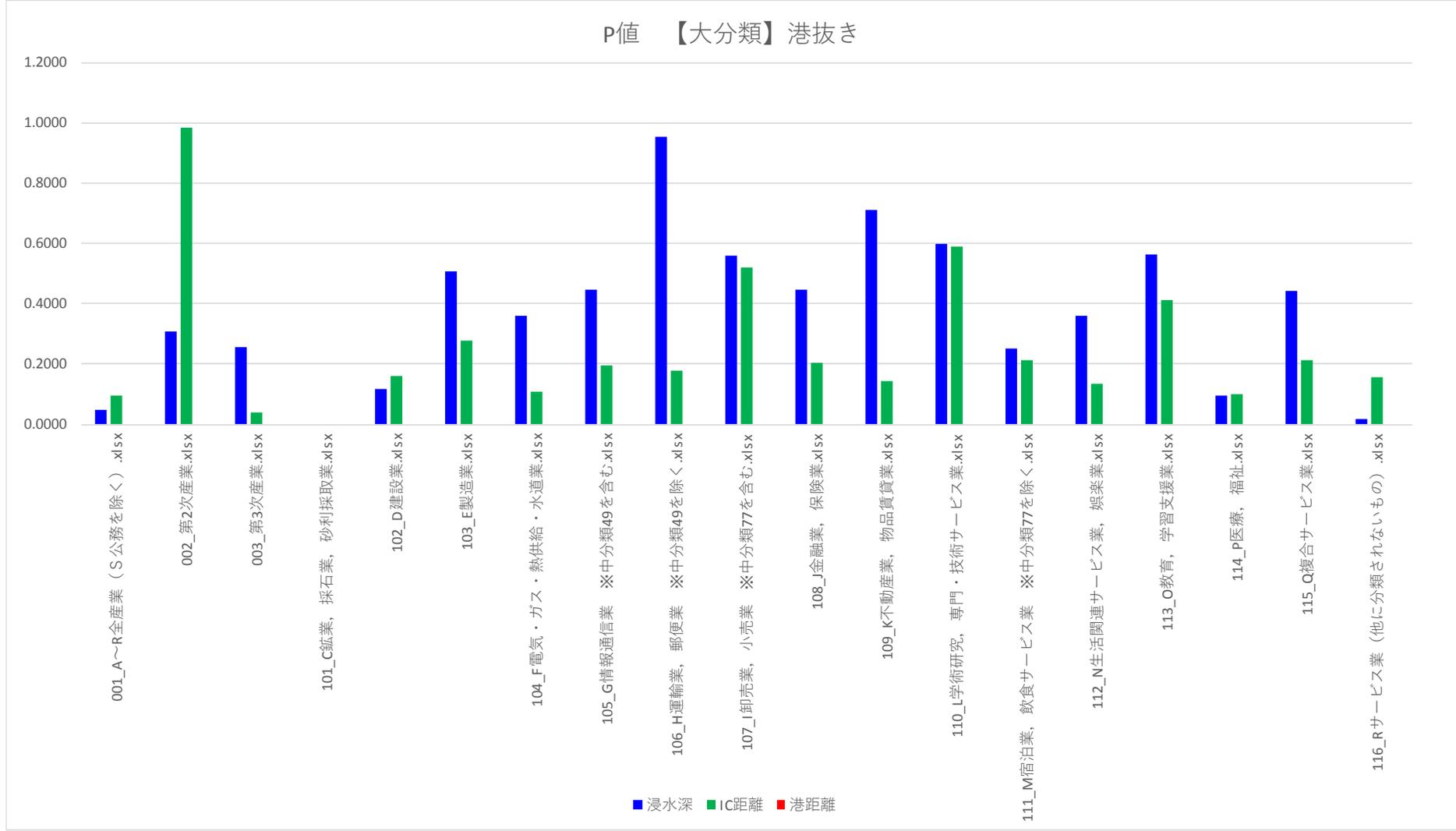


図-3.4 産業分類別の回帰分析結果のP値の比較 (港・漁港を考慮しない)

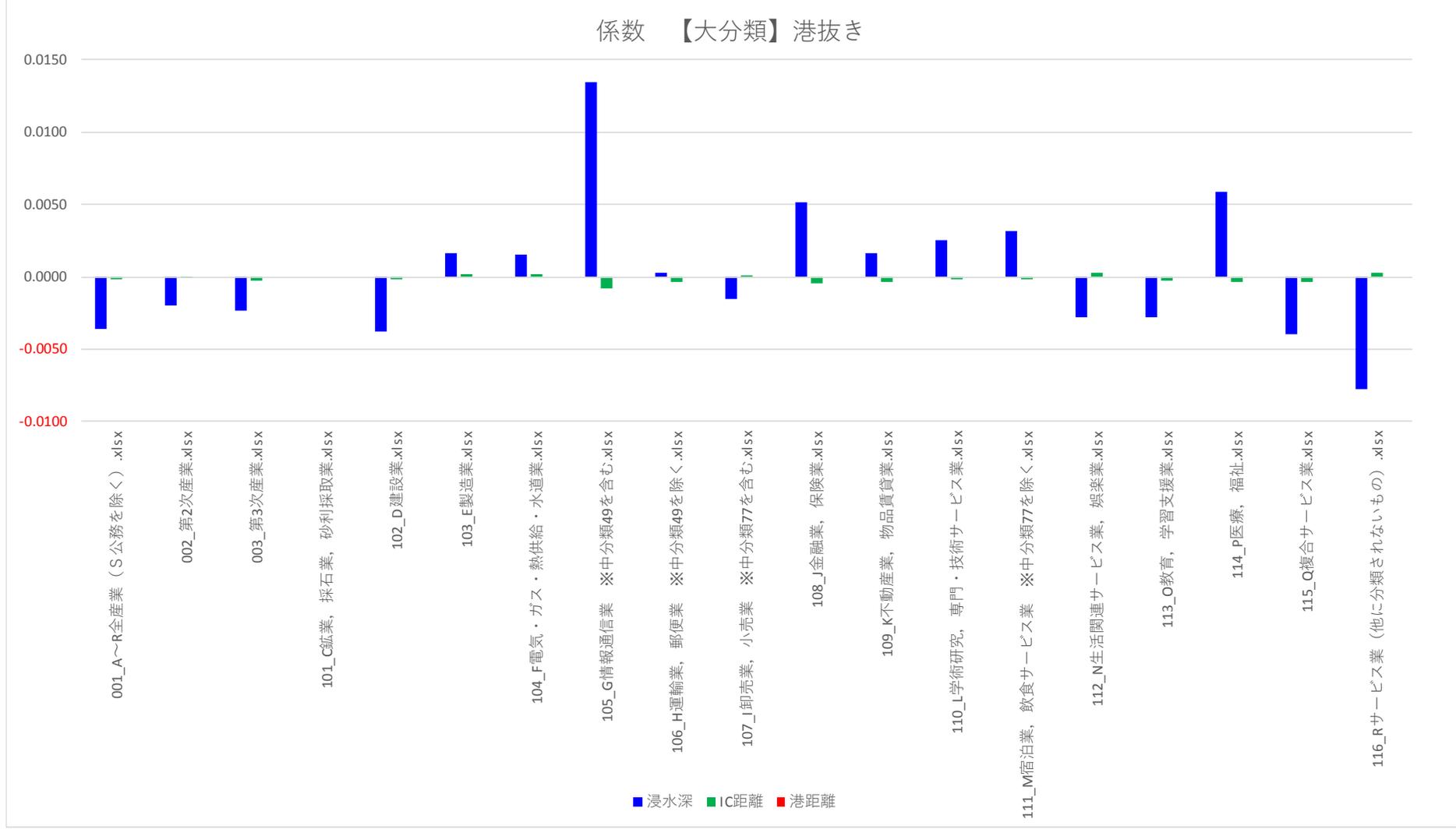


図-3.5 産業分類別の回帰分析結果の係数値の比較 (港灣・漁港を考慮しない)

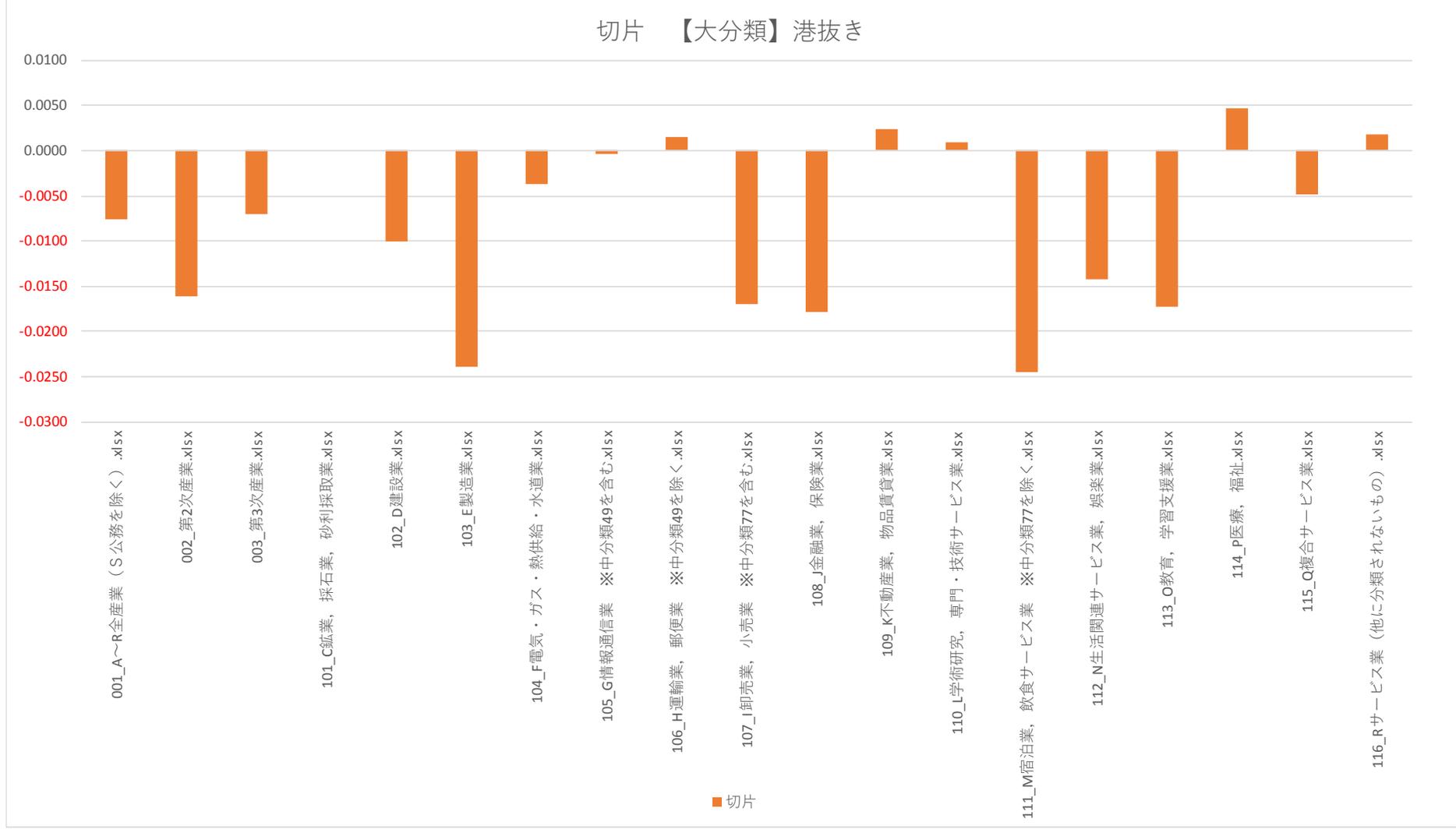


図-3.6 産業分類別の回帰分析結果の切片値の比較 (港湾・漁港を考慮しない)

表-3.12 人口の回帰分析結果【左表：港湾・漁港を考慮，右表：港湾・漁港を考慮しない】

		001_人口 総数.xlsx	002_0~14 歳人口総 数.xlsx	003_15~6 4歳人口 総数.xlsx	004_65歳 以上人口 総数.xlsx	005_75歳 以上人口 総数.xlsx
回帰統計	重相関 R	0.2057	0.1738	0.2314	0.1325	0.1526
	重決定 R2	0.0423	0.0302	0.0536	0.0176	0.0233
	補正 R2	0.0380	0.0254	0.0490	0.0128	0.0185
	標準誤差	0.0559	0.0628	0.0502	0.0620	0.0715
	観測数	665	606	629	627	621
切片	係数	0.0057	-0.0094	0.0014	0.0302	0.0506
	標準誤差	0.0050	0.0060	0.0046	0.0058	0.0067
	t	1.1383	-1.5784	0.3030	5.2439	7.6036
	P-値	0.2554	0.1150	0.7620	0.0000	0.0000
	下限 95%	-0.0041	-0.0211	-0.0077	0.0189	0.0375
	上限 95%	0.0156	0.0023	0.0105	0.0415	0.0637
浸水深	係数	-0.0044	-0.0076	-0.0041	-0.0001	0.0043
	標準誤差	0.0024	0.0028	0.0022	0.0028	0.0032
	t	-1.7950	-2.6592	-1.8301	-0.0313	1.3418
	P-値	0.0731	0.0080	0.0677	0.9750	0.1802
	下限 95%	-0.0091	-0.0132	-0.0085	-0.0055	-0.0020
	上限 95%	0.0004	-0.0020	0.0003	0.0054	0.0106
IC距離	係数	-0.0007	-0.0005	-0.0007	-0.0006	-0.0007
	標準誤差	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002
	t	-4.3681	-2.6238	-4.9651	-3.2125	-3.6741
	P-値	0.0000	0.0089	0.0000	0.0014	0.0003
	下限 95%	-0.0010	-0.0008	-0.0010	-0.0009	-0.0011
	上限 95%	-0.0004	-0.0001	-0.0004	-0.0002	-0.0003
港距離	係数	-0.0003	-0.0010	-0.0007	-0.0006	-0.0015
	標準誤差	0.0008	0.0009	0.0007	0.0009	0.0010
	t	-0.4386	-1.1420	-0.9624	-0.6630	-1.4508
	P-値	0.6611	0.2539	0.3362	0.5076	0.1473
	下限 95%	-0.0018	-0.0028	-0.0021	-0.0023	-0.0035
	上限 95%	0.0012	0.0007	0.0007	0.0011	0.0005
	サンプル数	666	607	630	628	622

		001_人口 総数.xlsx	002_0~14 歳人口総 数.xlsx	003_15~6 4歳人口 総数.xlsx	004_65歳 以上人口 総数.xlsx	005_75歳 以上人口 総数.xlsx
回帰統計	重相関 R	0.2050	0.1677	0.2284	0.1299	0.1413
	重決定 R2	0.0420	0.0281	0.0522	0.0169	0.0200
	補正 R2	0.0391	0.0249	0.0491	0.0137	0.0168
	標準誤差	0.0559	0.0629	0.0502	0.0620	0.0716
	観測数	665	606	629	627	621
切片	係数	0.0043	-0.0140	-0.0016	0.0276	0.0442
	標準誤差	0.0038	0.0044	0.0035	0.0043	0.0050
	t	1.1282	-3.1479	-0.4530	6.4426	8.8705
	P-値	0.2597	0.0017	0.6507	0.0000	0.0000
	下限 95%	-0.0032	-0.0227	-0.0084	0.0192	0.0344
	上限 95%	0.0117	-0.0053	0.0052	0.0360	0.0540
浸水深	係数	-0.0042	-0.0070	-0.0037	0.0002	0.0051
	標準誤差	0.0024	0.0028	0.0022	0.0027	0.0032
	t	-1.7481	-2.4891	-1.6863	0.0881	1.6260
	P-値	0.0809	0.0131	0.0922	0.9298	0.1045
	下限 95%	-0.0089	-0.0125	-0.0080	-0.0051	-0.0011
	上限 95%	0.0005	-0.0015	0.0006	0.0056	0.0114
IC距離	係数	-0.0007	-0.0004	-0.0007	-0.0005	-0.0007
	標準誤差	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002
	t	-4.3535	-2.4763	-4.8751	-3.1493	-3.4935
	P-値	0.0000	0.0135	0.0000	0.0017	0.0005
	下限 95%	-0.0010	-0.0008	-0.0010	-0.0009	-0.0011
	上限 95%	-0.0004	-0.0001	-0.0004	-0.0002	-0.0003
港距離	係数					
	標準誤差					
	t					
	P-値					
	下限 95%					
	上限 95%					
	サンプル数	666	607	630	628	622

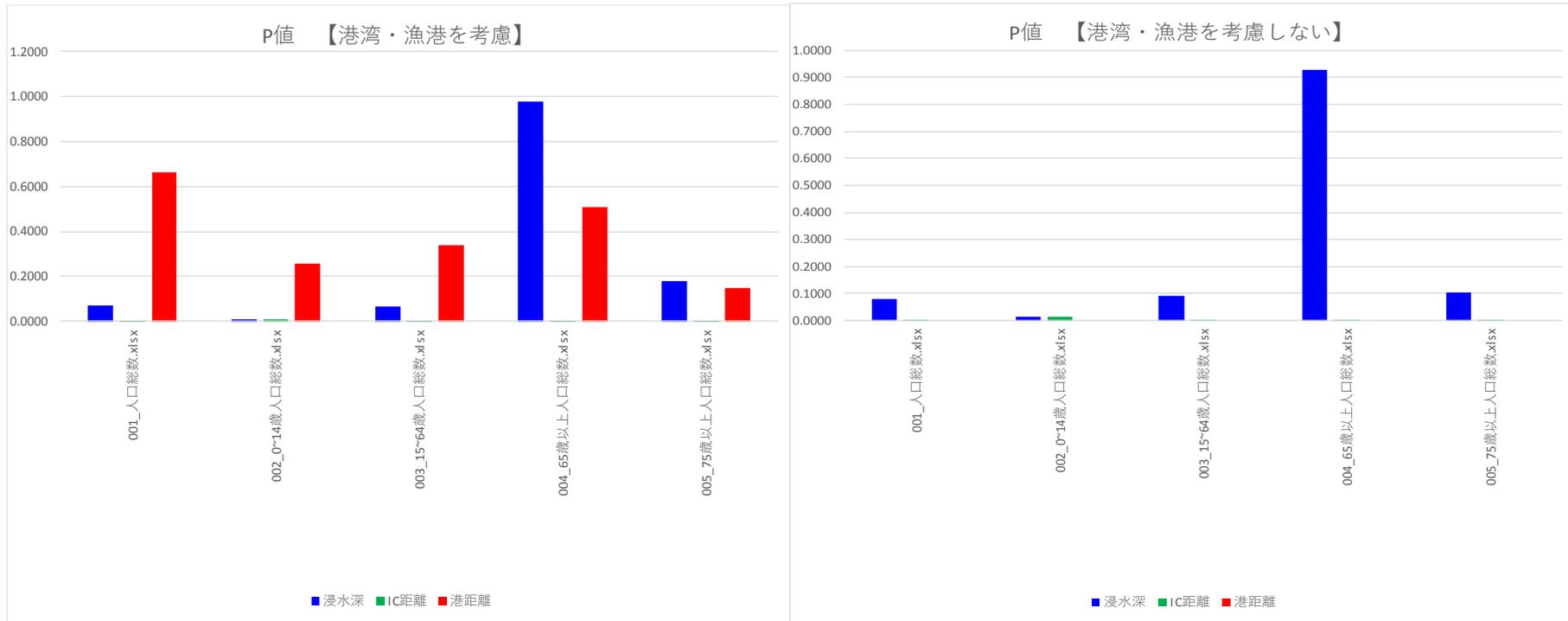


図-3.7 人口の回帰分析結果のP値の比較【左図：港湾・漁港を考慮，右図：港湾・漁港を考慮しない】

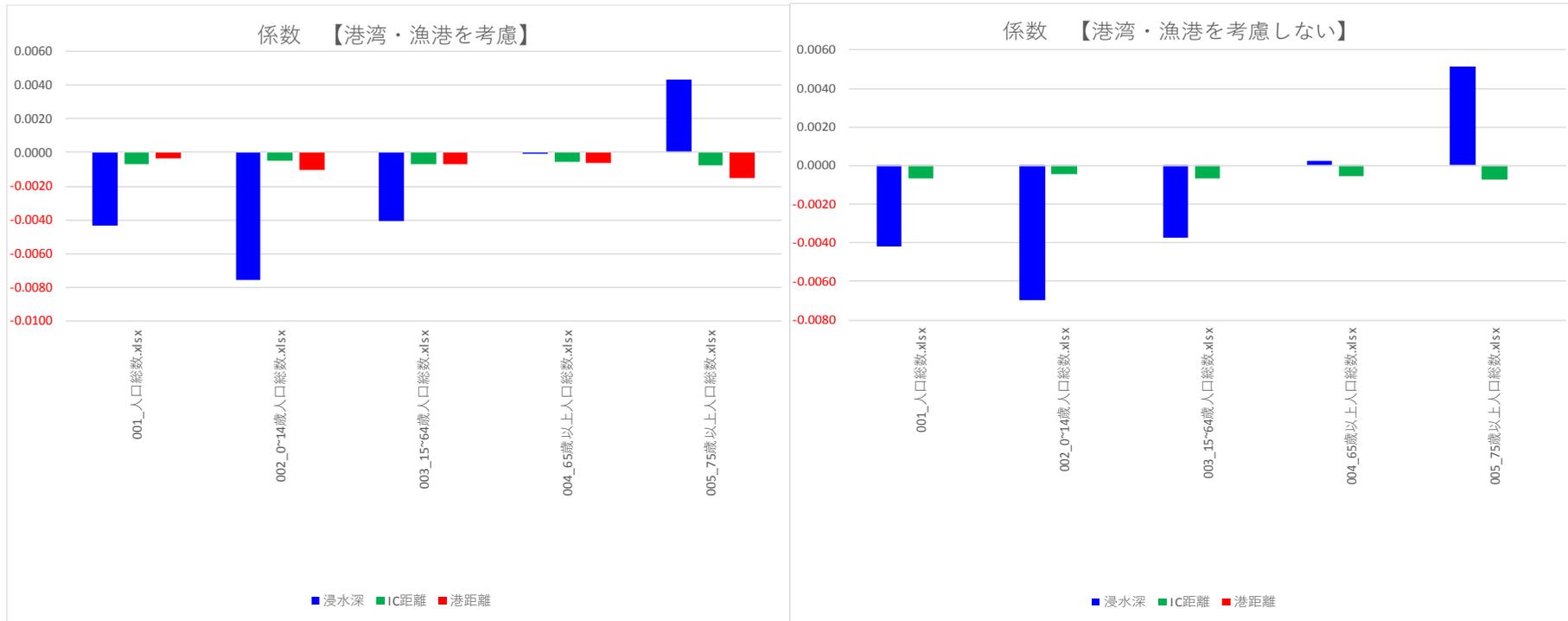


図-3.8 人口の回帰分析結果の係数値の比較【左図：港湾・漁港を考慮，右図：港湾・漁港を考慮しない】

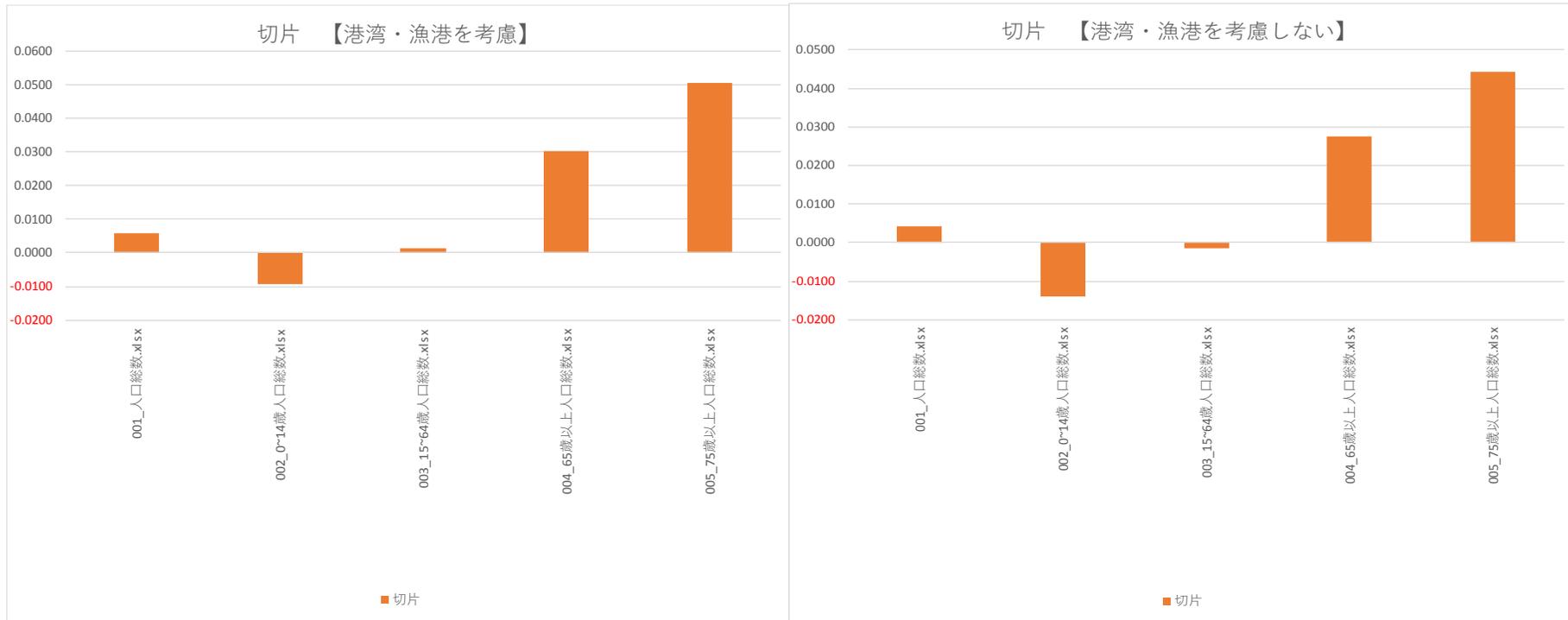


図-3.9 人口の回帰分析結果の切片の比較【左図：港湾・漁港を考慮，右図：港湾・漁港を考慮しない】

参考文献

- 河野達仁, 北村直樹, 山崎 清, 岩上一騎 (2013): 防災インフラ整備における動学的不整合の定量分析: 陸前高田市防潮堤整備を例として, RIETI Discussion Paper Series 13-J-045, 42p.
- Kono, T., Kitamura, N., Yamasaki, K., & Iwakami, K. (2016). Quantitative analysis of dynamic inconsistencies in infrastructure planning: An example of coastal levee improvement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol.43, 401-418.

4. 防護施設の粘り強さの評価方法についての検討

4.1 背後浸水の評価方法

4.1.1 背景および目的

津波浸水被害を正確に予測，評価するためには防波堤，防潮堤，堤防などの防護施設の状態を事前に把握し，かつ地震および津波作用時の破壊，倒壊状況を正確に表現する必要がある．しかしながら，現時点の科学技術においてそこまでの事象を正確に予測，表現することは不可能である．そこで，筆者らは防護施設の倒壊状況を不確実なものとして捉え，モンテカルロ法に基づく確率的な浸水範囲評価手法を開発してきた(関ら，2016)¹⁾．本検討では，確率的な評価から一歩進み，現実的かつ物理的な評価を行うための改良として，防護施設の被災状況の評価にフラジリティカーブを用いる手法を提案する．

4.1.2 フラジリティカーブによる被災状況のモデル化

本検討では，防護施設を越流して浸水する場合の越流量を，防護施設の被災状況に応じて変化させるモデルを開発した．一般的な越流公式では，前面水位 h の 1/2 乗に比例する流速および前面水深に比例する形で越流量 Q が与えられる(式(4.1)参照， A : 比例係数)．

$$Q = Ah^{3/2} \quad (4.1)$$

ここで，防護施設の天端高が $p\%$ 減少した場合，もしくは，防護施設が延長の内 $p\%$ 倒壊した場合を仮定すると，越流量補正係数(健全な状態に対する増加率)は以下の式(4.2)および式(4.3)のように増加する．なお， α は津波高/天端高 ($\alpha > 1$)である．

$$r_H(p) = \frac{\{\alpha - (1-p)\}^{3/2}}{(\alpha - 1)^{3/2}} \quad (4.2)$$

$$r_D(p) = \frac{\{(\alpha - 1)^{3/2}(1-p) + \alpha^{3/2}p\}}{(\alpha - 1)^{3/2}} \quad (4.3)$$

図-4.1 にそれぞれの補正係数を示すが，倒壊させた方が越流量補正係数は大きく ($r_D > r_H$)，津波が大きい ($\alpha \rightarrow$ 大) と天端高減少と倒壊との差は小さくなること，また津波が大きいと補正量は小さくなるのが分かる。

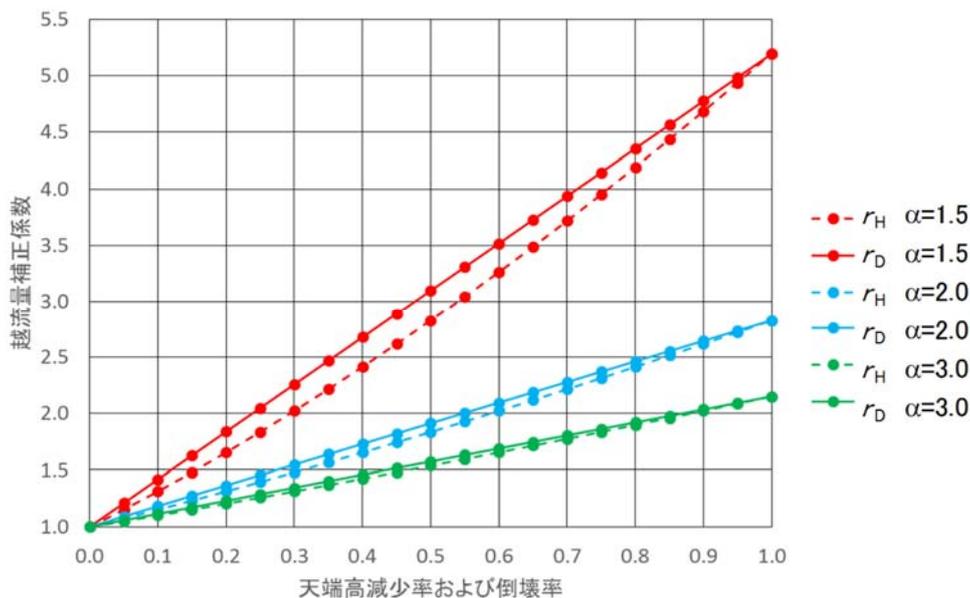


図-4.1 防波堤の被災度と越流量補正係数

4.1.3 数値計算モデルおよびテスト計算概要

本検討での津波遡上計算は，富田ら(2016)²⁾により開発された高潮津波シミュレータ (STOC) のうち，鉛直方向に静水圧近似を導入したモデル (STOC-ML) を使用する．テスト計算は図-4.2 に示すような防潮堤を設置した水槽を計算する．なお，倒壊条件の設定には図-4.3 に示すような脆弱性カーブを用いるもの，防護施設が健全 ($p=0\%$) および越流時に完全に倒壊するもの ($p=100\%$) の3種類を比較している．

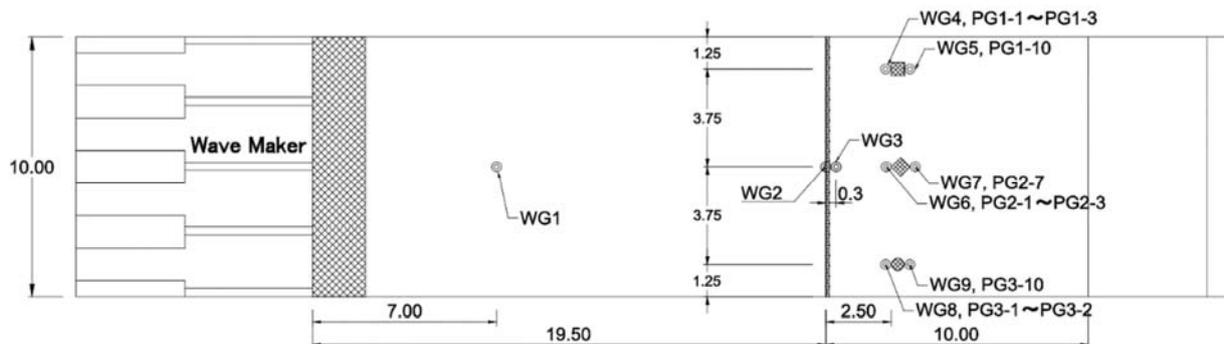


図-4.2 テスト計算の計算領域(有川・大家, 2014)³⁾

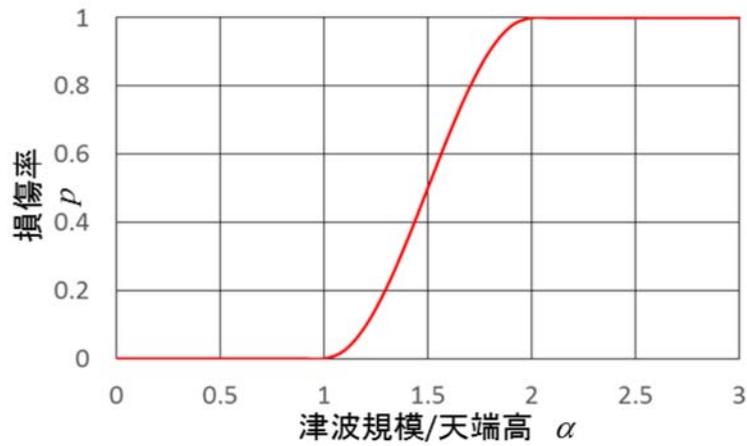


図-4.3 設定した fragility curve

図-4.4 には海側および陸域での水位の時系列を示すが、沖側水位の第一波はすべてのケースで同じであるのに対して、背後地水位ではそれぞれのケースで異なり、fragilityを導入したモデルが防護施設健全および越流時倒壊の間に来ており、妥当な結果が得られていることが分かる。なお、沖側水位の後半は反射状況が異なることによる違いである。

図-4.5 には最大水位の平面分布比較を示すが、こちらも妥当な結果が得られている。

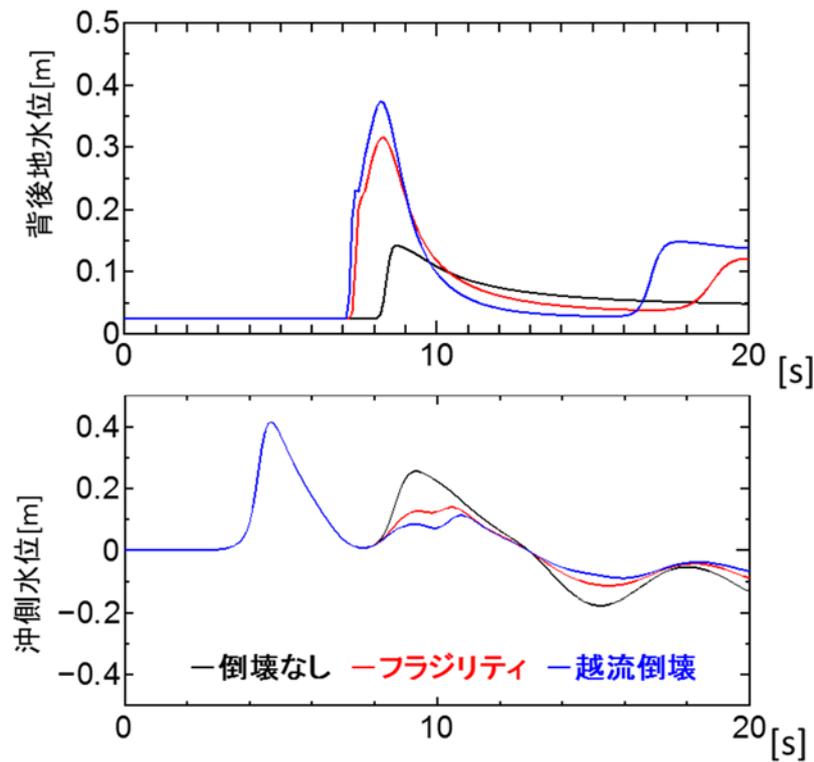


図-4.4 水位時系列の比較

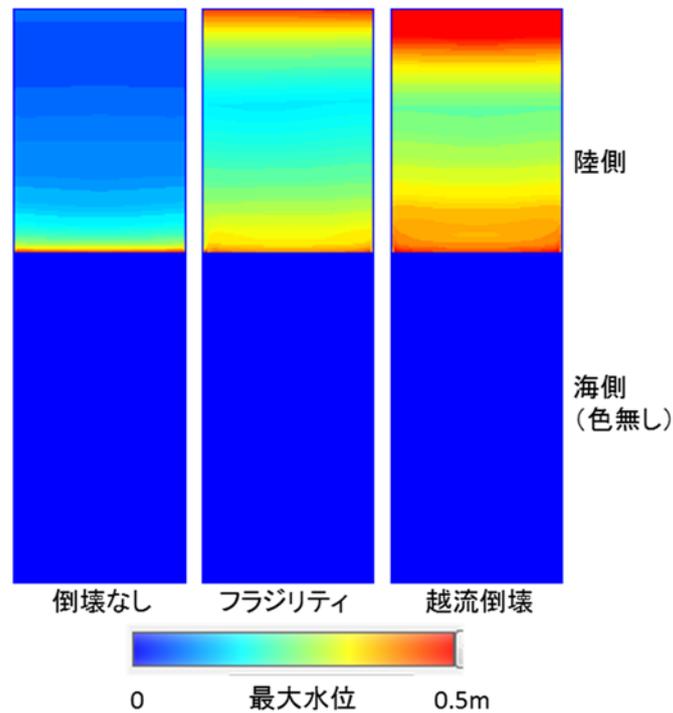
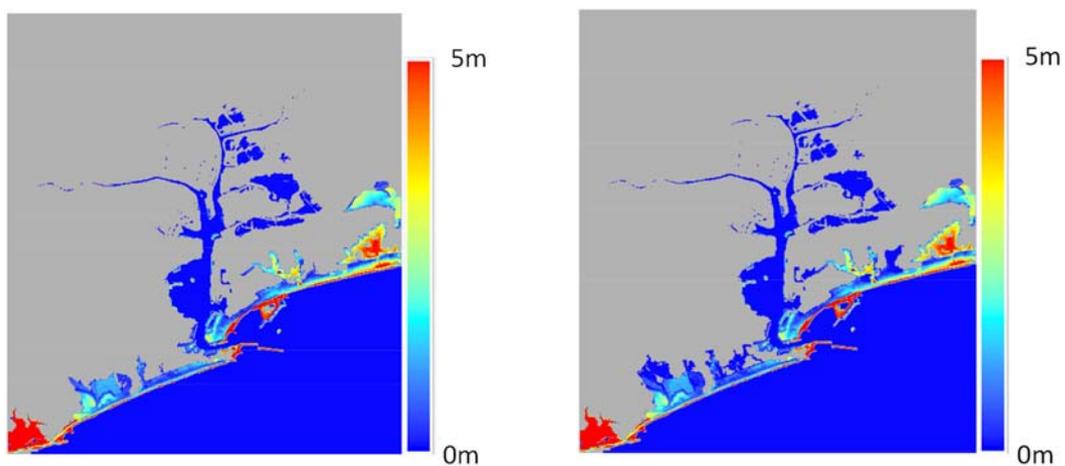


図-4.5 最大水位の比較

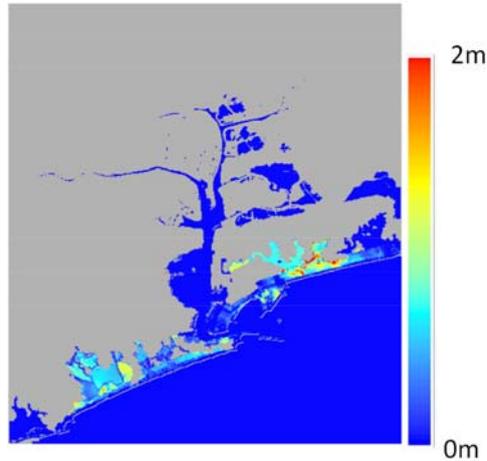
4.1.4 現地適用計算

本検討で開発したフラジリティカーブを用いた防護施設被災度を考慮したモデルを、高知県浦戸湾を対象に現地スケール計算を実施した。図-4.6 には浦戸湾周辺の最大浸水深の平面分布について、防護施設健全および被災度を考慮した計算結果について示すが、被災度を考慮したほうが浸水範囲は増加し、浸水深自体も増加していることが分かる。今後は、東日本大震災の結果と比較すると同時に、各種構造物に対して検討していく。



(a) 防護施設健全時の最大浸水深

(b) フラジリティ適用時の最大浸水深



(c) (a)と(b)との差分

図-4.6 現地計算事例における最大浸水深比較

4.2 三次元計算を用いた構造物の破壊評価手法の構築

4.2.1 背景および目的

フラジリティカーブが現地データでない構造物もあり、実験等の手法を用いて、すべてを検討することも難しいうえに、現場の状況に応じて、波力も変化することが考えられる。そこで、構造物の倒壊・破壊まで考慮した計算を行う必要があり、三次元ナビエストークス方程式と構造・地盤解析とを連成させたシミュレーションの開発が行われてきた。一方で、構造物の倒壊・破壊は、局所的な津波の高さを正確に求めることが重要であるが、波源からの距離を鑑み、津波波源に波動方程式を用いて、三次元ナビエストークス方程式と連成させる開発も行われている。そこで、本検討では、様々なシミュレーションを連成させ、階層的に津波の発生・伝播・遡上・構造物の倒壊・破壊まで計算できる手法の構築を試み、その妥当性を検証した。

4.2.2 シミュレーション手法の概要

本検討では、津波の波源から構造物の倒壊・破壊まで一連の計算を行うため、5つの異なるシミュレーションを連成させた仕組みを構築した(図-4.7)。まず、津波の波源から伝播までは、静水圧を仮定した準三次元モデル(STOC-ML)を用い、それと海表面をVOF法で計算する単相のナビエストークス方程式(CADMAS-SURF/3D)を接続させるが、間にバッファーとなるよう、連続式から海表面を計算する単相のナビエストークス方程式(STOC-IC)を入れている(Arikawa and Tomita, 2016)⁴⁾。さらに、気相の影響を考慮するため、単相のVOF

法から気液 2 相の VOF 法(CADMAS-2F)へ接続し、最後に FEM で計算される地盤・構造計算(STR)へ接続している(有川ら, 2009)⁵⁾。構造物計算と流体計算との接続は、強連成方式とし、構造物と流体との境界において、圧力ならびに変位のやりとりを行うことで計算している。一方で、地盤計算と流体計算の連成部では、地盤内の浸透流計算と Bio の式を連成させているが、地盤背後で空隙率を有する流体計算を行い、地盤計算をレイヤのように重ねる弱連成形式の計算とした。



図-4.7 階層型連成シミュレーションの概要 (各プログラムは MPI で連成)

4.2.3 計算のロバスト性ならびに効率についての検討

流体同士の計算においては、水位と流速をそれぞれ与えることで、境界面における整合性をとった。流体と構造物の境界では、流体計算が構造格子であり、構造物の変位によって空隙率を変化させているが、極端に小さくなる場合には打ち切り、計算が発散するのを防いだ。各プログラムは MPI を用いて連成し、時間刻み幅の同期をとるため、各プログラムの計算負荷をノード毎に一致させ、計算効率の向上を図った。

4.2.4 計算の妥当性の評価

物理実験との比較を行うことで、その妥当性を評価した。まず、越流による防波堤の破壊について、物理試験と比較を行った。図-4.8 はその断面であり、図-4.9 に計算のスナップショット、図-4.10 に水位差の比較を示す。実験とよく一致していることがわかる。次に、有川・大家 (2014)³⁾が行った防潮堤倒壊時における背後構造物への津波波力実験 (図-4.2)との比較を行った。図-4.11 に計算のスナップショットならびに、建物前面の圧力の比較を図-4.12 に示す。実験のほうが鋭いピークを有しているものの、最大値はある程度一致していることがわかる。これは計算格子の粗さが原因していると考えられる。最後に、実際の I 港における連成計算を行い、防波堤が滑動する様子を確認した (図-4.13)。

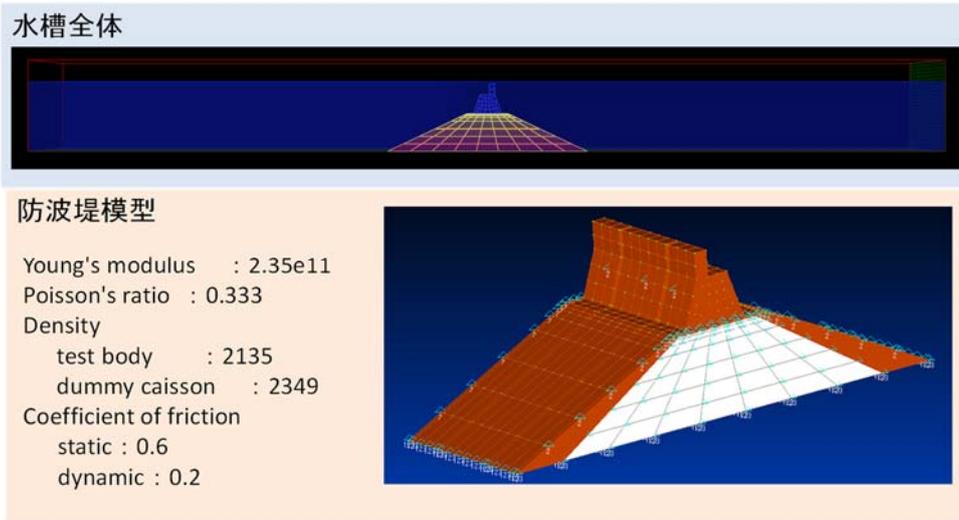


図-4.8 越流による防波堤の滑動実験用計算断面

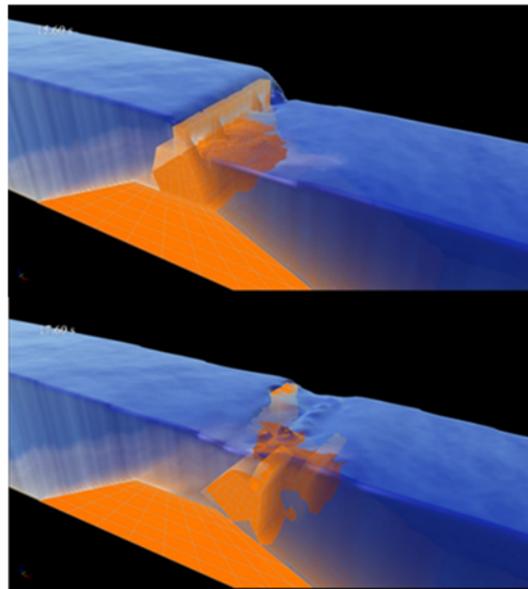


図-4.9 防波堤滑動のスナップショット

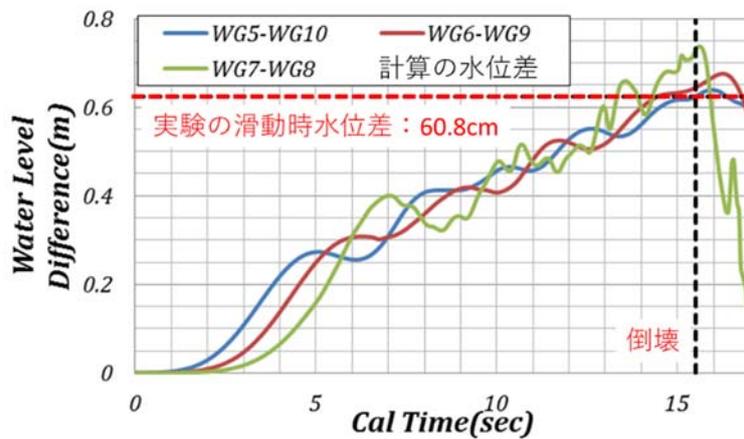


図-4.10 倒壊時の水位差の比較

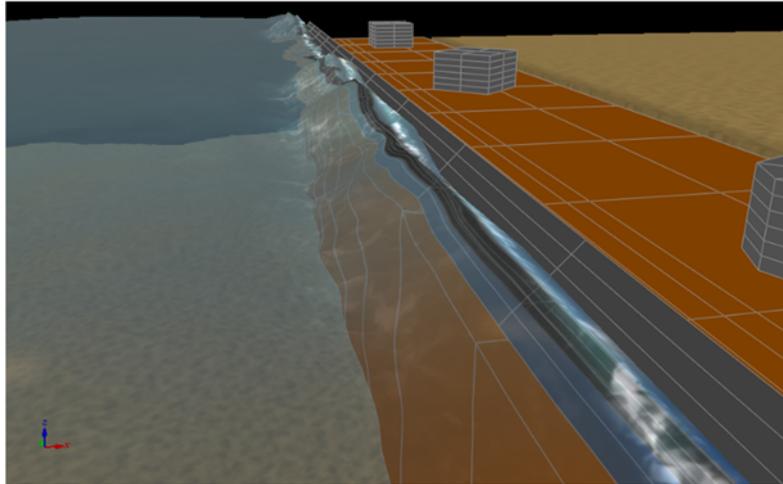


図-4.11 防潮堤転倒計算のスナップショット

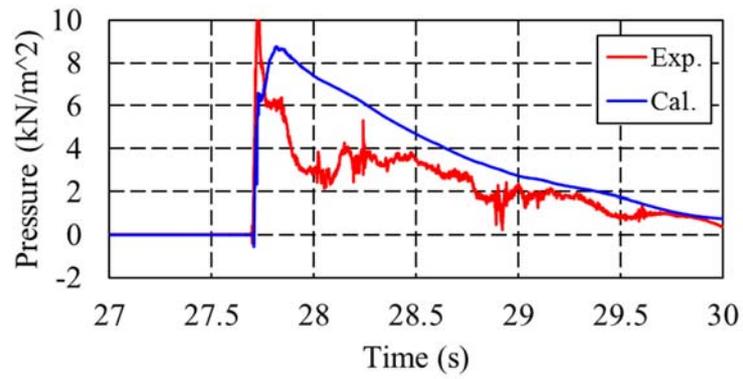


図-4.12 建物に作用する波圧の時系列比較



図-4.13 I港における防波堤倒壊計算のスナップショット

参考文献

- 1) 関 克己, 有川太郎, 富田孝史, 千田 優(2016): 防護施設の被災度を考慮した津波浸水範囲評価手法の開発, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.72, No.2, pp.I_301-I_306.
- 2) 富田孝史, 本多和彦, 千田 優(2016): 高潮津波シミュレータ(STOC)による津波被害解析手法, 港湾空港技術研究所報告, 第 55 巻, 第 2 号, pp.3-34.
- 3) 有川太郎, 大家隆行(2014): 防潮堤背後の建物に作用する津波力に関する実験的検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_806-I_810.
- 4) Arikawa, T. and T. Tomita (2016): Development of High Precision Tsunami Runup Calculation Method Based on a Hierarchical Simulation, *Journal of Disaster Research*, Vol.11, No.4, pp.639-646, doi: 10.20965/jdr.2016.p0639.
- 5) 有川太郎, 浜口一博, 北川和士, 鈴木智憲(2009): 数値波動水槽と構造物変形計算との連成計算手法に関する研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.65, No.1, pp.866-870.

5. 結 論

昨年度の土木学会重点研究では、「外力に対する許容量を後背地の活動の予測・計画を踏まえて決定していく」ための新たな方法論の構築を検討し、そのフローと解決すべき問題を整理した。このうち特に、1) 津波の規模と生起頻度との関係の定量化手法（津波ハザードモデル）についての最先端研究の把握とその利用可能性の検討、2) 減災のためのハード・ソフト施策の効果の定量化に対する都市均衡モデルの利用可能性の検討、3) 整備すべき防潮堤高の検討に必要な情報と考え方の整理、について検討を行った。本年度は、前年度検討結果である減災対策決定プロセス案について、主要要素の具体的な適用方法と実効性の検討として、上記1)、2)、3)のそれぞれについて、ケーススタディを通じた定量分析を行った。ケーススタディは南海トラフ地震津波を想定し、静岡県あるいは高知県の一都市を対象として行った。

津波の規模と生起頻度との関係の定量化する方法として、すべり分布の空間相関性を表すパラメータとすべり量を支配するパラメータに関して、地震の発生頻度や規模とパラメータの関係を表すスケーリング則を求め、確率津波モデルに適用する方法を提案した。静岡県を対象にケーススタディを行い、海岸線における津波水位を確率的に評価した。再現期間に関して、L1津波群の中の最大シナリオを採用する方法は、津波の再現期間が200年を超える可能性があることがわかった。特定の津波断層モデルをL1津波想定モデルと定義するのではなく、イベント数を増加させ、津波水位を確率的に評価することが重要といえる。

また、静岡県沿岸での確率津波波高を評価するため、静岡県が検討対象とした地震断層を基に、ロジックツリーモデルを構築した。分岐として、平均発生間隔、マグニチュード、アスペリティ位置、津波波高のばらつき、対数正規分布の裾の打ち切りを設定し、各分岐の重みについても設定した。

津波リスク変化に応じた企業立地および住宅立地の変化を把握するための方法として、差分の差分を用いた立地変化分析モデルを導出した。そのモデルを静岡県のデータに適用した。説明変数を浸水深、高速ICとの距離、および港までの距離が、目的変数の企業立地と人口の変化に与える影響を分析した。浸水深との相関が高い産業を挙げることができた。また、浸水深が大きくなるほど、人口総数が減少傾向となることが示された。

さらに、防護施設の倒壊状況を不確実なものとして捉え、モンテカルロ法に基づく確率的な評価から一歩進み、現実的かつ物理的な評価を行うための改良として、防護施設の被災状況の評価にフラジリティカーブを用いる手法を提案した。また、フラジリティカーブが現地データでない構造物もあり、実験等の手法を用いて、すべてを検討することも難しいという。現場の状況に応じて、波力も変化することが考えられるため、様々なシミュレーションを連成させ、階層的に津波の発生・伝播・遡上・構造物の倒壊・破壊まで計算できる手法の構築を試み、その妥当性を検証した。

付録. 減災アセスメント小委員会の活動状況

減災アセスメント小委員会では、今年度、2回の小委員会および幹事会の開催、土木学会全国大会での研究討論会の開催、静岡県における現地視察と意見交換会など、議論を重ねてきた。表-付.1に今年度の活動の経緯を示す。

表-付.1 減災アセスメント小委員会平成28年度の活動

- ◆ 現地視察 2016年6月12, 13日 12日:静岡県松崎町, 13日:焼津市ほか
- 第2回幹事会 2016年8月18日 14:00～17:30 at 東北大学東京分室
- ◆ 土木学会全国大会研究討論会 2016年9月7日 13:00～15:00 at 東北大学川内キャンパス
「津波減災のための事前対策政策とその社会実装可能性の検討」
座長：岡安章夫，話題提供者：岡安章夫，内藤正彦，平野勝也，
多々納裕一，安田誠宏，河野達仁
- 第10回 2016年9月7日 15:30～18:00 at 東北大学災害科学国際研究所
議題：ケーススタディ，研究助成応募について
- 第1回海岸工学委員打合せ 2016年11月17日 12:10～13:00 at 大阪大学中之島センター
- 第3回幹事会 2017年3月5日 16:30～20:00 at 東北大学東京分室
- 第11回 2017年3月31日 11:00～14:00 at キャンパスプラザ京都
議題：ケーススタディの進捗報告，成果報告会および報告書について