

世界の建設費用データに基づく河川堤防単価費用モデルの開発

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○津村 悠虎

芝浦工業大学 正会員 平林 由希子

国立環境研究所 地球システム領域 非会員 田上 雅浩

1. 背景と目的

河川洪水は世界各地で毎年数十億ドルもの被害をもたらす自然災害である。そのリスクは、社会経済の発展や気候変動により、さらに増加することが懸念されている。洪水リスクの増大を低減するには、温室効果ガスを削減することで抑制する緩和策と、構築物などでローカルに軽減する適応策とがある。緩和策に関する費用はいくつかの研究で推計されているが、適応策に関する費用は、地域や社会経済に大きく依存するため、その推計法は少ない。そこで、本研究では、建設費用データベースからローカルな費用を決定する要素を見出し、それらを用いて、国ごとに適用可能な河川堤防単価費用の推計法を提案する。また、洪水リスクの増大が懸念されるいくつかの国を対象に、将来における堤防単価費用を予測した。

2. データ

2.1. 堤防単価費用

本研究において堤防単価費用とは、距離 1km、高さ 1m あたりの河川堤防を主体とした、河川のハード対策に関して必要な建設・維持費用として定義する。建設費用には、材料費、運搬費、人件費、土地所得費などが含まれ、維持費用は建設後 50 年間にわたり堤防を維持運用するための費用である。堤防単価費用に関する情報を収集するために、本研究では 1987 年から 2016 年の 30 年間に発行された報告書や文献等から、14 カ国 185 件の河川堤防プロジェクト費用を収集した。河川堤防プロジェクト費用は、建設費と維持管理費が含まれるだけでなく、堤防建設予定期間や建設後の評価期間も含めた割引率を適応して算定される。本研究では、割引率を用いて割引前のプロジェクト費用を推計し、報告書や文献に記載されている河川堤防の全長や堤防の高さで除して堤防単価費用を求めた。収集した堤防単価費用には、年ごとの物価や為替などが含まれるため 2017 年 USD の購買力平価に変換した。1 つの国に複数の事例がある場合は、それらを平均し、その国の代表の値とした。

キーワード 洪水リスク, 適応費用, 河川堤防, 社会経済シナリオ

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 津村悠虎 mh22015@shibaura-it.ac.jp

表-1 建設費用要素の一覧

建設費用要素	略称	単位
各国の1人あたりGDP	GDPpc	USD
熟練労働者の時給	SW	USD/hour
未熟練労働者の時給	USW	USD/hour
インフレ率	IR	%
労働生産性	WP	
ロケーションファクター	LF	

2.2. 建設費用要素

世界建設費用年鑑 (2017) ¹⁾ には、世界 101 カ国 20 項目の建設費用の要素が記述されている。本研究では、その中から堤防単価費用との関係性が高いと期待される 6 項目 (表-1) を選択した。この中で LF とは、建設における地域各差 (輸入規制や、建設設備の有無等) を表し、米国で建設する際を 1 としたときの相対値で示される。

2.3. 将来の社会経済シナリオ

将来の各国の 1 人あたり GDP (GDPpc) の予測は、異なる社会経済の発展を想定した 5 つの社会経済シナリオ (SSP シナリオ) において推計された 2100 年までの将来予測値を使用した。

3. 手法

まず、世界建設費用年鑑に収録されている世界 101 カ国から 6 つの建設費用要素を抽出し、それぞれの相関係数および分散拡大係数 (VIF) を算定した。その後、得られた相関係数と分散拡大係数を基に、建設費用要素をスクリーニングした。次に、堤防単価費用が取得可能な 14 ヶ国に対して、スクリーニングした建設費用要素を説明変数、実績の堤防単価費用を目的変数とした重回帰分析を行った。変数増加法を適用し、河川堤防に関する建設単価費用の推計モデルを算定した (以下、堤防単価費用モデルと表記)。算定した堤防単価費用モデルは、既往研究で利用される実績の堤防単価費用と各国 1 人あたり GDP (GDPpc) で推計されるモデルと比較した。また、SSP シナリオに基づく将来の各国の 1 人あたり GDP の予測値をモデルに代入し、将来の堤防単価費用を推計した。

4. 結果と考察

4.1. 河川堤防の建設費用の説明変数

建設費用要素の記述がある 101 カのデータを使用して、建設費用要素の関係性を分析した。世界 101 カ国における 6 つの建設費用要素データ間の相関係数は、SW-USW, SW-LF, USW-LF の 3 つの組において 0.7 以上の強い正の相関を示した。ただし、分散拡大係数は、SW と USW との間において 45.17 と高い値を示し、これら変数の間に多重共線性が示唆される。そのため、本研究では、最終的に説明変数は SW, LF と決定した。

4.2. 堤防単価費用モデル

堤防単価費用を取得できた 14 カ国について、2 つの建設費用要素 (SW, LF) を説明変数とした重回帰分析を行い、堤防単価費用モデルを算定した (式(1))。

$$C = 0.19x_1 - 55.37x_2 + 50.70 \quad (1)$$

C : 堤防単価費用 (million USD/km/m)
 x_1 : 熟練労働者の時給 (USD/hour)
 x_2 : ロケーションファクター

式(1)の重回帰式の分析結果は、(表-2)のとおりである。自由度調整済み決定係数 (補正 R^2) は 0.82 であり、算定した回帰モデルにより、目的変数の約 82% を説明できることが示された。t 値と p 値は回帰式の有意性を示しており、有意水準は t 値が ± 2 以上、p 値は 0.05 未満が望ましいとされているが、作成したモデルの切片、SW, LF はそれぞれ有意水準を十分に満たしていた。これらの結果から、プラント建設の整備や資材の調達における地理的要因である LF と、SW で表される各国の社会状態が各国の堤防単価費用を考える上で重要な要素であると推察される。

4.3. 堤防単価費用モデル

河川の堤防単価費用について、世界 14 カ国の実績値と比較した。(図-1) 既往研究で利用される GDPpc のみを用いた推計値とも比較し、式(1)を用いて堤防単価費用を推計することで、実績値との誤差が平均で 51% 減少したことが確認された。

3.4. 将来の堤防単価費用

得られた堤防単価費用のモデルを使用し、GDPpc の将来予測に応じて、堤防単価費用が将来どのように変化するかを推計した。GDPpc は SW と比較的強い相関があると予想される。よって、SW と GDPpc において線形近似式 $x_1 = 0.0011x_3 + 2.02$ を求め、式(1)の x_1 に代入することで将来の SW の値 x_1' を推計した。また、相対

表-2 重回帰式の分析結果

切片	t値	p値	回帰統計	
			重相関R	0.92
SW	7.7	0.000009	重決定R ²	0.85
LF	-5.1	0.0003	補正R ²	0.82

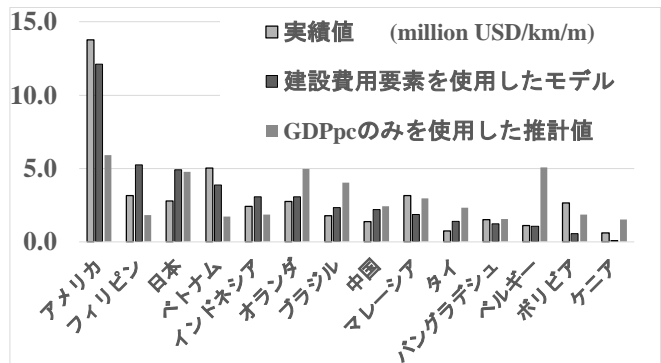


図-1 14 カ国における河川堤防の単価費用の比較

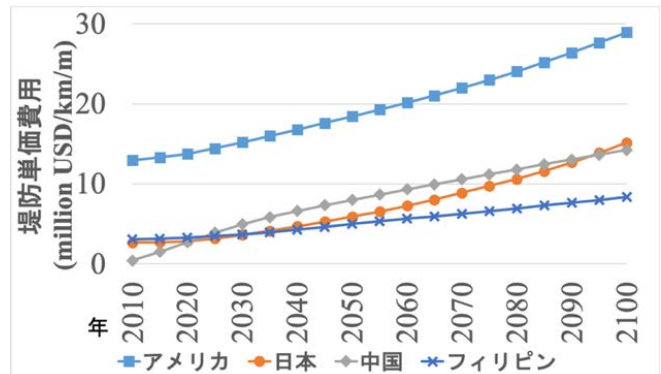


図-2 堤防単価費用の将来予測 (SSP1 シナリオ)

的なコスト指標の値である LF は将来の値においても変動はないと仮定し、2017 年における各国の LF の値を 2100 年まで一定の値として用いた。以上より式 (2) が算出された。結果として、2100 年の堤防単価費用は 2017 年の実績の堤防単価費用に対して米国で約 2.1 倍、日本や中国で約 5.3 倍、フィリピンで約 2.5 倍となった。(図-2)

$$C^* = x_1' - 55.37x_2 + 50.70 \quad (2)$$

$$x_1' = 0.19(0.0011x_3 + 2.02)$$

C^* : 将来の堤防単価費用 (million USD/km/m)
 x_1' : 熟練労働者の時給の将来予測値 (USD/hour)
 x_2 : ロケーションファクター x_3 : GDPpc の将来予測値

5. まとめ

世界 14 カ国において SW, LF の 2 つの建設費用要素で堤防単価費用モデルを開発したところ、GDPpc のみ使用の推計値より精度の向上が確認された。さらに、数ヶ国において将来の堤防単価費用を算出したところ、地域によっては現在の 5 倍以上になることが判明した。

参考文献

- Compass International Inc: Global Construction Costs Yearbook (2017) p.75-524
- 関山(2019), 建設費用要素の多変量解析にもとづく世界の河川堤防の建設単価費用モデルの開発, 芝浦工業大学 卒業論文