

気候変動を考慮した沿岸浸水に対する適応策の最適化検討

パシフィックコンサルタンツ (株)

正会員 ○辻尾 大樹

University of Bristol

Paul Bates

1. はじめに

近年、ハリケーン・カトリナや台風ハイランに代表されるように、強大な熱帯性低気圧等に伴って、沿岸浸水による甚大な人的・経済的被害が発生している。沿岸部には人口や資産が集積しているため、沿岸部の被害が増大する傾向にある。また、気候変動に伴って、海面上昇 (SLR) や強大な熱帯性低気圧の頻発化等が予測されており、ますます浸水被害のリスクが高まっていくことが指摘されている (例えば, IPCC)。このような気候変動に適応するために、沿岸浸水要因の観測や将来予測が盛んに実施されている。しかしながら、外力の将来変化の評価に留まり、具体の沿岸浸水に対する適応策を検討している例は少ない。そこで、本研究は、英国の実海岸を対象として、気候変動を考慮した浸水要因の将来変化を考慮した浸水計算・被害額算出結果に基づき、海岸堤防の嵩上げ、維持・更新といった適応策の整備・メンテナンス方針の最適化手法を検討する。

2. 最適化手法

(1) 最適化手法の概要

本研究では、気候変動に対する適応策の一つとして、現況海岸堤防の嵩上げ高と対策の実施タイミングの組合せを最適化した。本研究において、最適化とは以下に示す、便益 (B) を最大化し、費用 (C) を最小化することとする。

$$B = \sum_{t=1}^T \frac{D_0 - D_t}{(1+r)^t} \quad (1) \quad C = \sum_{t=1}^T \frac{C_{t,t}}{(1+r)^t} \quad (2)$$

ここに、 T : 検討対象期間 (年), t : 検討対象年, r : 社会的割引率, i : 対策オプション番号, である。便益 (B) は、対策を実施しない場合 (do-nothing) の被害額 (D_0) からある対策オプションを実施した場合の被害額 (D_t) を引いたものである。費用 (C) は各対策案で異なり、対策実施のタイミングも社会的割引率で考慮されて算出される。本研究では、各対策案の費用 (C_t) として、 C_s : 工事費, C_m : 維持費, C_r : 更新費を計上した。

$$C_t = C_s + C_m + C_r \quad (3)$$

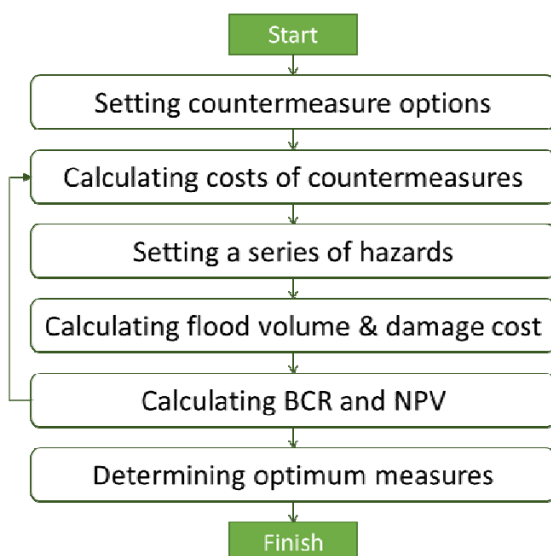
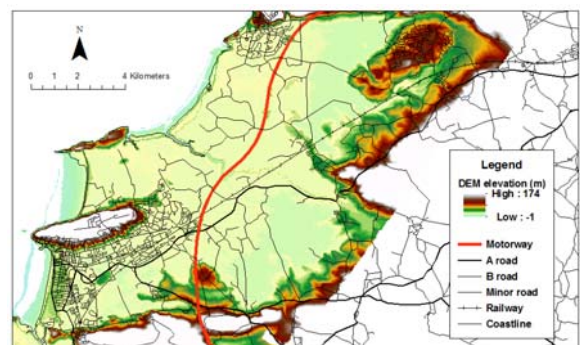


図-1 検討フロー

本手法は、図-1 のように、設定した対策案の費用を計上し、期間中のハザードを設定して、各ケースの被害額を算出し、最適な対策オプションを決定するものである。

図-2 検討対象海岸
(英国, North Somerset)

キーワード 気候変動, 適応策, 沿岸浸水, 海面上昇, 最適化, 海岸堤防

連絡先 〒530-0004 大阪市北区堂島浜 1-2-1 パシフィックコンサルタンツ (株) TEL 06-4799-7352

(2) 検討条件

本手法の妥当性・有効性を検証するために、図-2 に示す英国 North Somerset 海岸を対象に、気候変動に対する適応策の最適化を検討した。海面上昇及び高潮の将来予測は、英国政府が実施した UKCP09 の予測結果を用いた。検討は、高潮の将来変化に加えて、高潮の継続時間、境界条件のばらつきを考慮しており、海面上昇は3種類のシナリオ (Low, Medium, High) で実施した。浸水被害額は、人口密度や土地利用から、農業被害額、建物浸水被害額、人的被害額を計上している。

(3) 浸水計算・被害額算出方法

本研究は、2015～2100 年の 85 年間を検討対象期間として、毎年 1 回の浸水イベントを想定し、その年までの海面上昇や熱帯性低気圧に伴う高潮や波浪の特性変化を考慮している。浅水長波方程式の移流項を無視して高速化を図った浸水計算モデル、LISFLOOD-FP (Bates et al., 2010) を用いた著者らの検討結果から、浸水イベント毎の最高水位と浸水ボリューム、被害額を近似式で関係づけ、各ケースの浸水被害額を算定した。

(4) 対策案の設定

本海岸の対策案として、現況海岸堤防の嵩上げ対策として、8～11m の 7 つの対策レベル (0.5m 毎) を設定し、現況の天端高よりも不足する箇所をその対策レベルまで嵩上げすると設定した。対策実施タイミングは図-3 に示すように、対象の 85 年間を I 期：2015～2030 年，II 期：2031～2050 年，III 期：2051～2080 年，IV 期：2081～2100 年の 4 期に分け、現状維持 or 嵩上げを組合せて、計 330 通りの対策オプションを設定した。維持管理レベルとして、3 種類のレベル (Low, Medium, High) を設定し、3 種類の海面上昇シナリオを考慮して、計 9 ケースの検討を実施した。各ケースにおいて、費用便益分析 (B/C) から最適なオプションを選定した。

3. 最適な適応策

維持管理レベル中と高の場合について、B/C が最大となる最適な適応策の結果を図-4 に示す。最適な適応策は、海面上昇のシナリオや維持管理レベルによって大きく異なることがわかる。中程度の維持管理レベルでは、I 期を現況維持 (7m)、気候変動の進行に併せ、II～IV 期にかけて段階的に天端高を 9～9.5m まで嵩上げする適応策が有効である。また、高レベルに維持管理した場合、I・II 期を 7m で現状維持し、気候変動の影響が大きくなる 2050 年以降に 8.5～9m までの嵩上げ対策に、一度に大規模に投資する対策が有効であるとわかった。

4. おわりに

本研究は、実海岸を対象として、海面上昇と高潮偏差の増大といった気候変動の影響を考慮した浸水計算結果に基づいて、海岸堤防の嵩上げ対策高と実施タイミングの最適な適応策を検討した。本成果は、「地球温暖化に対する漸近適応策 (磯部, 2008)」に整合するものであり、各海岸の現地特性やハザードの将来変化を考慮して最適な適応策を検討できる手法であり、今後、沿岸浸水の適応検討に広く活用されることが期待される。

参考文献

- ・ Bates et al. (2010) A simple inertial formulation of the shallow water equations for efficient two-dimensional flood inundation modelling, Journal of Hydrology, 387, pp. 33–45, doi:10.1016/j.jhydrol.2010.03.027
- ・ 磯部雅彦 (2008) 気候変動の海岸への影響と適応策, 河川, 1, 35-40.

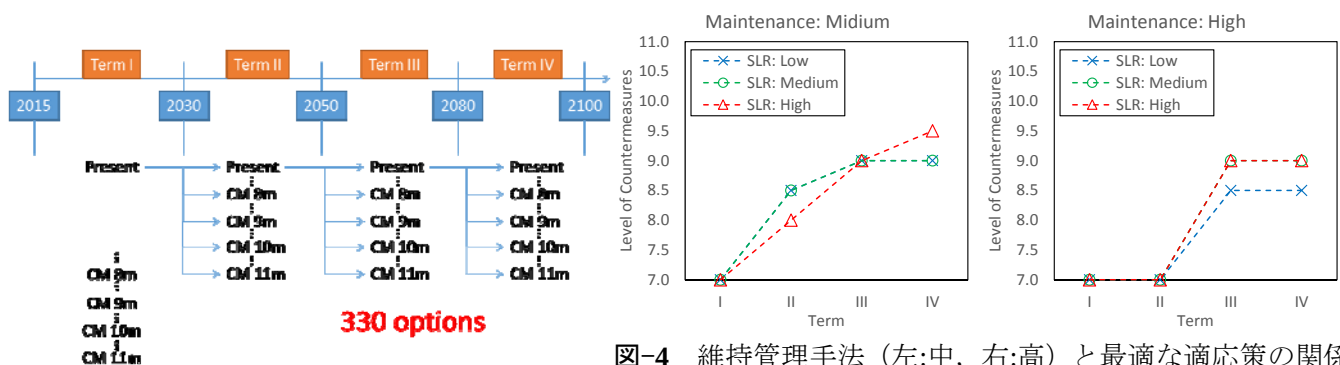


図-3 対策オプション

図-4 維持管理手法 (左:中, 右:高) と最適な適応策の関係
(I: 2015-2030, II: 2031-2050, III: 2051-2080, IV: 2081-2100)