

14. 標高モデルに起因する 海面上昇の全球影響評価の不確実性

信岡 尚道^{1*}・三村 信男²

¹茨城大学工学部都市システム工学科 (〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

²茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター (〒316-8511茨城県日立市中成沢町4-12-1)

* E-mail: nobuoka@mx.ibaraki.ac.jp

沿岸域では人口が集中し活発な社会経済活動がおこなわれており、さらなる人口集中と地球温暖化に伴う海面上昇の影響が懸念されている。この影響評価を定量的に行うことが国際的に求められているが、現在の限られた情報では、評価に用いる基礎情報が量的な影響評価結果に大きく作用する。本研究では、複数の標高モデルを中心として、海面上昇シナリオおよび人口成長シナリオも取り入れて、沿岸域の海面上昇による水没域面積とその水没域に定住する人口を、不確実な幅の範囲まで含めて、全球で定量的に示した。また、その中から定性的に導くことができる影響も検討し、最後には人口成長と海面上昇の両方に対応できる適応策が賢い適応策であることを論じた。

Key Words : *global vulnerability assessment, coastal zone, sea-level rise, altitude, population growth, SRES*

1. 序論

自然環境問題を考えるに全球を対象とすることはあまりにも広域なため、定量的かつ確定的な解を導き出すことが困難な場合が多い。一方、温室効果排出ガス削減や温暖化適応に関する政策が国連気候変動枠組条約のもとに今まさに求められていたり(例えばConference of party, 通称COP), 既に進行している(例えば同条約のもとに設立された特別気候変動基金, 略称SCCF)。このような社会情勢を踏まえるならば、定量的な評価までを導き出す必要があり、相矛盾する問題に直面する。

いずれ科学技術の進歩や社会情報の蓄積により解が導き出されるような問題だとしても、現時点で必要とされる情報ならば解が唯一とならずとも、解に残存する幅を含めて示すことも大切であり、不確実性を提示する価値がここにあると言える。

地球温暖化の影響の大きな一つに沿岸域に対する海面上昇があげられる。これは沿岸域での社会経済活動が活発であることも関係しているであろう。途上国への適応策支援を国際的に検討するにおいては、全球の総合評価値をもとに支援の適切な配分を検討する必要がある。海

面上昇による沿岸域の全球影響評価は、1993年のHoozemansら¹⁾のレポートにはじまり、その後Nichollsら²⁾³⁾が継続して検討しており、Special Report of Emission Scenario⁴⁾(以下、SRESシナリオ)による海面上昇に伴う影響人口の差までを示している。ただし、経験的なモデルを利用していることから、不確実な要素を考慮した定量的な解の幅までは示していない。著者らは、全球を総数が2億を超える60秒緯度経度角格子をもとに、観測データ、数値情報と理論的な予測モデルを活用して潮汐や高潮を含めた海面上昇の影響評価方法を開発し、詳細かつ定量的な評価結果を示してきた⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

この評価方法を活用して本研究では、全球の海面上昇による影響・脆弱性評価として沿岸域の水没とその不確実性を、標高モデルを中心にSRESシナリオと海面上昇量の予測結果から、定量的に示すことを目的とした。あわせて、SRESシナリオの中に描かれている人口成長シナリオも評価項目に取り入れた、自然および社会的な評価・不確実性の検討もおこなった。その中で標高に関しては標高モデルのバイアス補正も示しつつ、不確実性の評価に利用する。最後には、本研究で導かれた評価結果から不確実性の幅およびその幅の中から導くことができ

る確実性の高い定性的な傾向を示す。なお、標高値の真値と扱えるものは途上国を含む全球を対象としたものでは存在しないので、本論文では標高の違いに起因する評価結果の違いも不確実性として扱う。

2. 評価の方法とシナリオ

(1) 海面上昇シナリオ

海面上昇量には、SRES シナリオにしたがって気候モデルで出力した地球温暖化に伴う海水の熱膨張を元とした、前報⁵⁾と同一のものをを用いた。概要は、気象研究所のモデル(MRI-CGCM2⁸⁾、以下MRC)と東京大学/国立環境研究所/地球環境フロンティア研究センターのモデル(MIROC⁹⁾、以下MIN)による上昇量が異なる2種類の出力値を元とした。氷河や氷床の融解を含む全海面上昇量と、熱膨張による海面上昇量との比率をIPCC第4次報告書に記された結果からSRESシナリオごとに読み取った。求めた率を上の熱膨張による海面上昇量の気候出力結果に2000年から25年ごとに2100年まで乗じたものが、海面上昇シナリオである(参考文献⁵⁾の付図1)。なお、A1B、A2、B1それぞれのSRESシナリオで2種類の海面上昇量があるが、IPCC第4次報告書に集められた世界の各気候モデル出力結果の中で、上位と下位の値である。そこで、両者の平均値も用いることとし、合計3種類の海面上昇シナリオで検討を行った。

(2) 標高モデル

全球の標高に関し、現在では30秒緯度経度角格子より詳細のモデルが複数存在しているが、本研究の空間精度は計算機能力の制限から60秒緯度経度角格子とした。こ

れでも総格子数が2億を超える。60秒緯度経度角格子の標高を表現できるモデルとして、USGSのGTOPO30、NOAAのGLOBE、NASAなどの国際機関が連携したプロジェクトで開発されたSRTMなどがある。最近では、衛星画像をから作成されたASTER GDEMの標高モデルも配布が開始されているが、まだ異常値の除去が完全には終了していないので、本研究の対象には含めなかった。またGLOBEに関しても、GTOPO30に比べ使用する元地図情報が若干増えている程度のほぼ同一であるので除外し、最終的に本研究で用いることとした標高モデルは、GTOPO30とSRTM30v2.1 (NGA/NASA)の2種類とした。両モデルの標高を、日本域を対象に基盤地図情報の標高10mモデル(国土地理院)と、60秒緯度経度角格子で比較することから精度確認を行った。SRTMはv2.0から、海域の標高を0mと扱っているため、標高0mの陸域と海域の区別がつかない。そこで、国土数値情報土地利用細分メッシュ(国土交通省)のデータから30秒緯度経度角格子の土地利用を作成し海水域と判断された格子は、比較対象地点から除外した。なお、アップスケールには標高に対して単純平均、土地利用に対して最頻度項目を用いた。

基本的な標高モデルの比較結果を表-1に示す。比較項目は、全格子を対象とした平均標高、標高の標準偏差と基盤地図情報数値標高モデル(標高10mメッシュ、以下、基盤地図情報標高10mと呼ぶ)を基準とした標高差の平均値と標高差の標準偏差、そして標高10m以下の低平地を対象として同様に比較した結果である。各標高モデルで、平均標高と標高の標準偏差には差が見られない。標高差ではGTOPO30の値が、標高差の標準偏差ではSRTM30v2.1の方が良い値となり、両モデルで優劣がわかれた。次に基盤地図情報標高10mモデルの標高が

表-1 標高モデルの比較 (60秒緯度経度角格子に平均化したモデル、基準データ:DEM10m 数値基盤情報標高10m, 国土地理院)

	DEM10m	SRTM30 v2.1	GTOPO30	SRTM30 v2.1(cor.)
平均標高	376.95	380.52	380.80	380.54
標高の標準偏差	381.26	383.17	379.40	383.14
標高差の平均値 (DEM10m 基準)	-	3.57	0.08	3.60
標高差の標準偏差 (DEM10m 基準)	-	7.28	19.00	7.26
標高10m以下での平均標高	4.59	4.29	4.82	4.63
標高10m以下での標高の標準偏差	2.91	3.19	2.98	2.91
標高10m以下での標高差の平均値 (DEM10m 基準)	-	-0.40	6.42	0.06
標高10m以下での標高差の標準偏差 (DEM10m 基準)	-	1.85	11.71	1.78

10 m 以下格子点を対象とした結果を見る。標高10 m 以下の平均値には差が見られない。同標準偏差ではGTOPO30の値の方がSRTM30v2.1の値より、基盤地図情報標高 10 m モデルの値に近い。一方、標高差を見ると、標高差平均値と偏差ともSRTM30v2.1の値の方が基盤地図情報標高 10 m モデルの値に近い。このことから海面上昇の影響をうける沿岸近くの極低平地全体では、GTOPO30よりもSRTM30v2.1の方がひとつひとつの地点における標高値の誤差が小さいと言える。なお、基盤地図情報標高 10 m モデルは1m未満の精度は参考値として示されているものであるが、対象としている海面上昇が最大でも50cm程度をであることから本研究ではそのまま1m未満の精度の値も用いた。

(3) 標高モデルのバイアス補正

標高 10 m 以下でSRTM30v2.1の値に誤差が小さいとはいえ、2100年までの海面上昇量が数10 cm から 50 cm 程度であることから、数値基盤情報標高 10 m モデルから作成した60秒緯度経度格子の値を基準とした標高差が-0.40 m (表-1) は無視できない大きさといえる。両モデルの標高値の低い方から標高値 20 m までの標高出現の累積確率密度分布を比較したものを図-1に示す。両モデルの出現頻度に大きな差がみられるのが標高 0 m 付近であり、SRTM30v2.1の方が頻度が高くなっている。このことには、基盤地図情報標高 10 m モデルにおける水涯線の処理が影響していると考えられる。

標高が数mの範囲は、海面上昇による影響範囲と大きく関係すると考えられる。そこで、SRTM30v2.1にバイアス補正を行うこととし、地球温暖化の影響評価の分野でよく用いられる統計的アプローチ¹⁰⁾を用いることにした。具体的には、図-1に示した標高階級(0.1 mごと)の累積確率密度が基盤地図情報標高 10 m モデルに一致するように、元のSRTM30v2.1の同標高階級ごとの標高補正

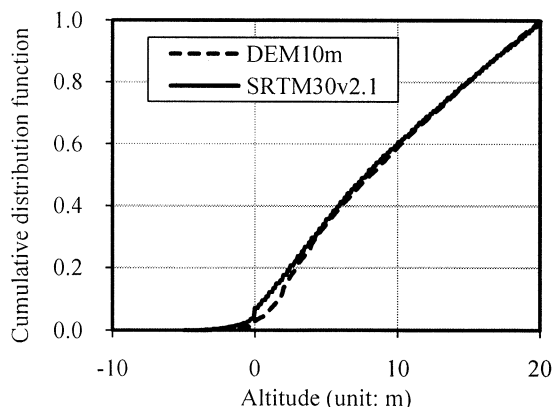


図-1 数値基盤情報標高とSRTMv2.1の標高出現頻度の比較 (標高 20 m 以下が対象)

値を該当する全ての格子点の標高にほどこす方法を採用した。この統計的バイアス補正したモデルの基本的な情報も表-1のSRTM30v2.1(corr.)の項に記している。標高差の平均値には改善がみられる。ただし、標高差の標準偏差の結果から判断するとさらなる改善の余地がないとは言えない。ここで用いた元の各標高値に対するバイアス補正値をSRTM30v2.1の全球の標高に対しても適用して、補正したのもも海面上昇による影響評価比較に適用した。以下、60秒緯度経度角格子にした標高モデルを単にGTOPO、SRTMv2.1と呼ぶこととし、元のGTOPO30やSRTM30v2.1と区別する。

(4) 潮汐と浸水計算

影響評価の外力には、さく望平均満潮位に海面上昇を加えた水位とした。全球の海岸線におけるさく平均望満潮位は、潮汐予測システム(NAO.99bとNAO.99L)¹¹⁾を活用した。ただしこれで求めた潮汐には、浅水域の非線形効果は十分には取りこめられていないことを断わっておく。

海岸線における外力水位と、海岸線からの経路を確保して陸の標高と比較するレベル湛水法をもちいて、60秒緯度経度角格子上で全球の水没域を求めた。

(5) 人口シナリオ

海面上昇の脆弱性評価項目に、水没域の常住人口を取り上げた。人口分布にはCIESINの2.5分緯度経度角格子のGPWv3¹²⁾ から陸面積比に応じた60秒緯度経度角格子にダウンスケーリングをしたものを用いた。人口成長はSRESシナリオに基づいたCIESINの各国の人口推計結果¹³⁾ から求めた(参考文献³⁾ の付図2)。なお、60秒緯度経度角格子の国判別にはDoSのWorld Boundary Databank-II (UNEP/GRID版)¹⁴⁾を利用した。

3. 標高モデルによる海面上昇影響評価の比較

(1) 水没域

対象にした標高モデルには海岸防御の施設が含まれていないので、計算される水没域の中には現在でも防御により社会活動が可能な地域がある。したがって、ここで示す水没域は潜在的な水没域となる。この水没域についてSRESシナリオ、気候モデル出力結果による海面上昇量、および標高モデルによる差を示していく。図-2は、各SRESシナリオ(A1B, A2, B1)での平均的な海面上昇量と標高モデル(SRTMv2.1, SRTMv2.1(corr.), GTOPO)の組み合わせによる水没域の違いを2000年から2100年まで示したものである。線の種類が標高モデルの違いであり、実線がバイアス補正をしたSRTMv2.1(corr.)、破線がバイ

アス補正をしていないSRTMv2.1、点線がGTOPO30を適用した結果である。また線の色がSRESシナリオの違いを表しており、黒線がA1Bシナリオ、中間色がA2シナリオ、灰色がB1シナリオの結果である。

SRESシナリオの違いよりも標高モデルによる違いの方が水没域面積に大きく効いていることがわかる。これは2000年の時点でも言える結果となっている。標高モデルの中で、GTOPO30による結果が一番水没域が広く、SRTMv2.1(cor.) が狭い。SRTMv2.1はそれらの中間の水没面積となっている。2000年から2100年までの間、海面上昇予測の違い(MRC, ave, MIN)を含む、海面上昇の

進行により水没域の拡大面積を求めたものが図-3である。海面上昇予測の違いを含めても水没面積の拡大には標高モデルが効いており、GTOPOがもっとも広がった。このことに比べ、SRTMv2.1とそのバイアス補正をした標高モデルの間では水没面積の拡大に大きな差が見られない。注目すべきは、例えば平均的な海面上昇シナリオ(ave)で考えると、SRESの中で環境に配慮し国際協調も進むB1シナリオでGTOPOを用いた水没域拡大結果の方が、温室効果ガスの排出が大きく地域独立成長型のA2シナリオで両方のSRTMv2.1を用いた結果に比べて拡大が大きい点である。この結果から言える不確実性を

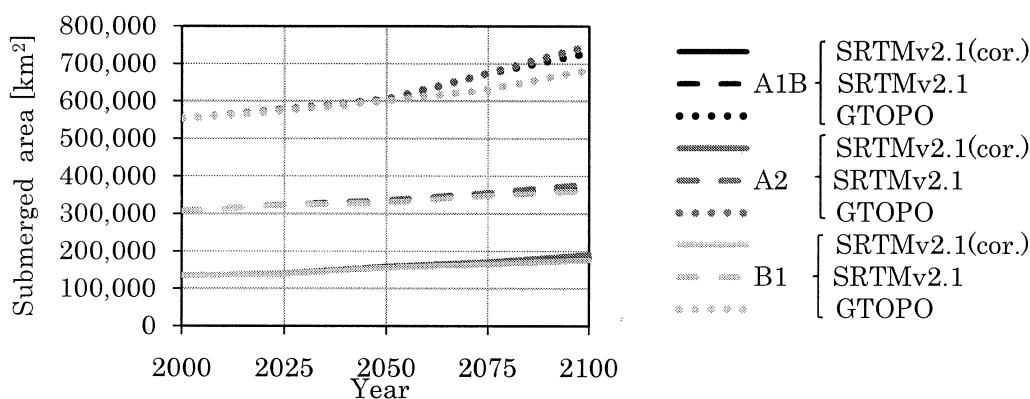


図-2 海面上昇による潜在的な水没域の比較(2000年時点での水没域にも、地形モデルの誤差に加え、既に防御施設が存在する区域が含まれている。なお、SRTMv2.1(cor.)とSRTMv2.1のケースの線では、それぞれA1B、A2とB1の全海面上昇シナリオともほぼ重なっている。)

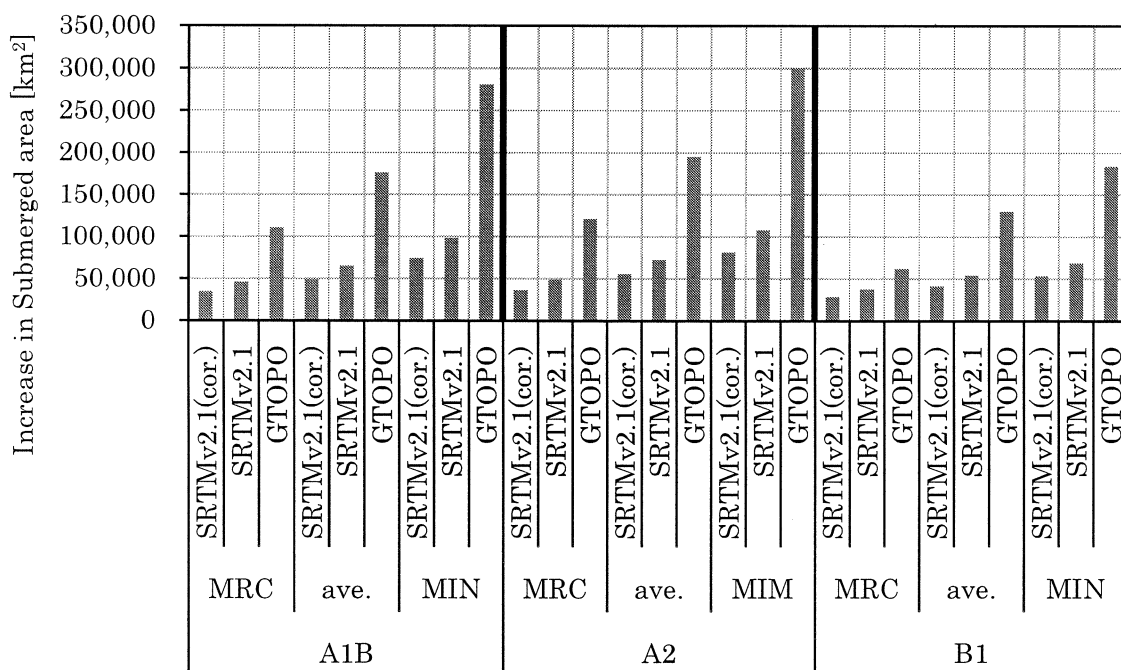


図-3 海面上昇による潜在的な水没域の増加面積の比較 (2000年と2100年の差)

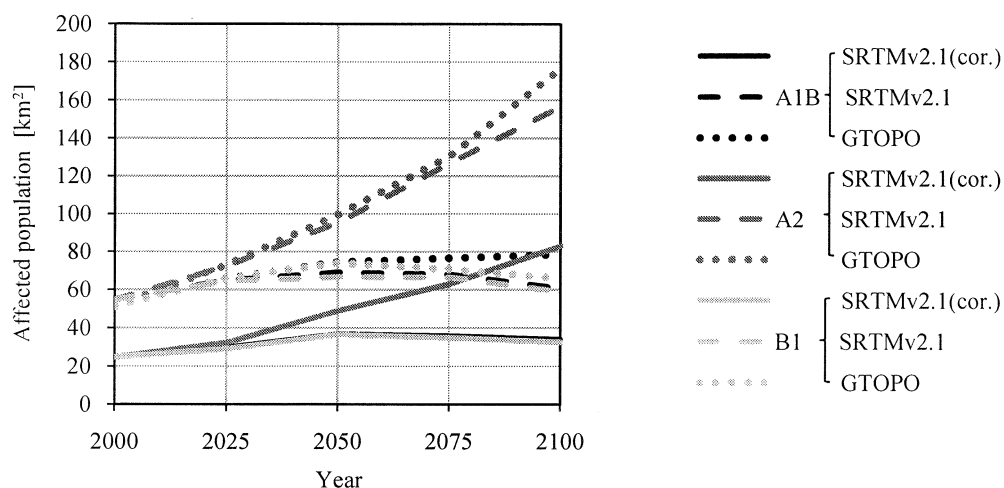


図4 海面上昇による潜在的な水没域の人口比較(2000年時点での水没域人口にも、地形モデルの誤差に加え既に防御施設でももられている区域に定住する人口が含まれている。なおA1B SRTMv2.1(cor.)とA1B SRTMv2.1の線は、B1 SRTMv2.1(cor.)とB1 SRTMv2.1の線とそれぞれ重なっている。)

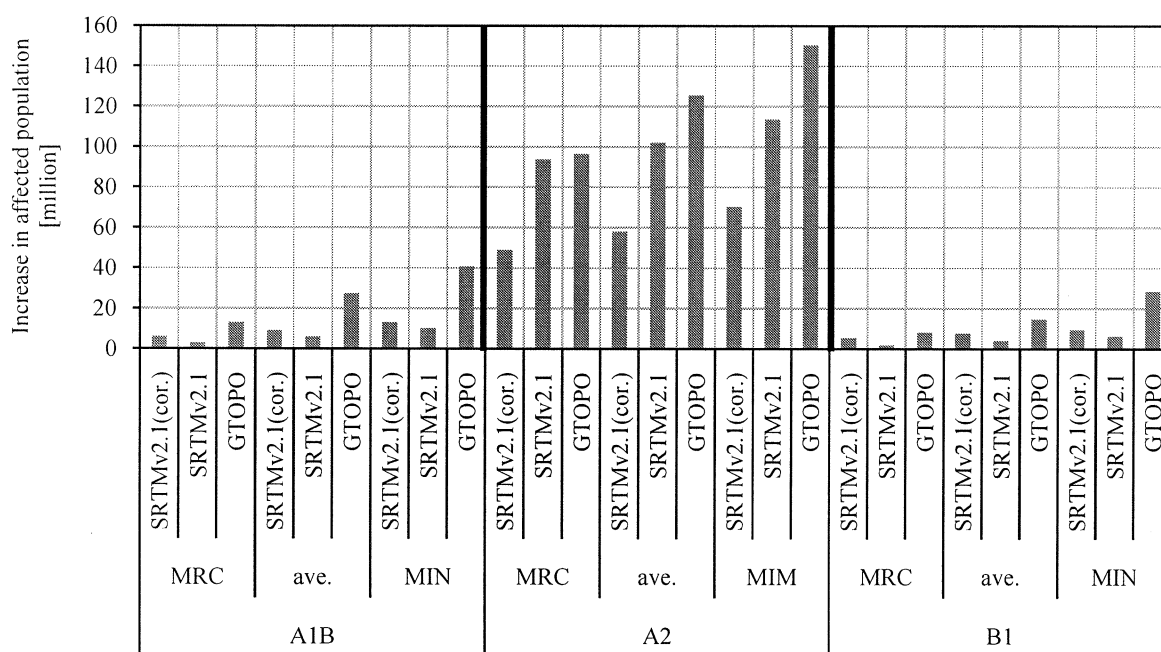


図5 海面上昇による潜在的な水没域人口の増加の比較 (2000年と2100年の差)

含む海面上昇による水没域面積の拡大は、2万8千～30万 km^2 と予測された。

(2) 水没域人口

前小節で示した潜在的な水没域に定住する人口を求めた結果を図4に示す。海面上昇量は平均のシナリオである。水没面積の傾向とは異なり、SRESシナリオと標高モデルの影響が複合している。まず2000年の時点では点線で

示したGTOPOと破線で示したSRTMv2.1の水没域人口がSRESシナリオによらず多い。その後、この2つの標高モデルでSRESシナリオのA2シナリオの場合に水没域人口が大きく増えている。また、バイアス補正を加えたSRTMv2.1(cor.)を用いた場合のA2シナリオも同人口が増えているが、他のSRESシナリオではいずれも2050年頃をピークにその後は減少がほぼ同数を推移している。2100年における結果を見れば、SRESシナリオの中でA2

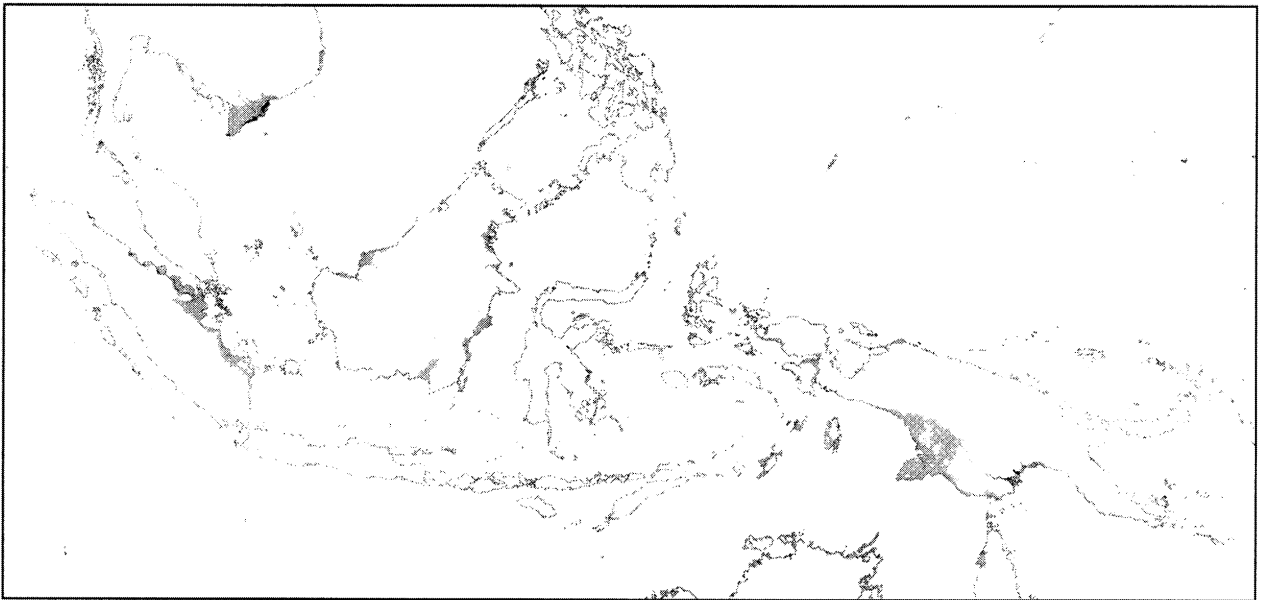


図-6 標高モデルによる水没域の比較例 (灰色GTOPO, 黒SRTMv2.1(バイアス補正あり), 2100年A2SRESシナリオ)

シナリオが最悪であることが標高モデルに関わらずいえる。A2シナリオが最悪であることは、水没域人口の増加を示した図-5からも言える。

標高モデルと海面上昇予測の不確実性を含む水没域に定住する人口の2100年までの増加は、SRESシナリオのA2シナリオで4900万～1億5000万人、A1Bシナリオで300万～4100万人、B1シナリオで200万～2800万人となった。A1BとB1シナリオでは最低値に比べ最大値は10倍を超えるほどの幅を持つ結果である。

4. 不確実性の考察

水没域の違いの例として、GTOPOで水没面積が大きかったインドネシアとその周辺の水没域図を図-6に示す。灰色で塗りつぶされた区域がGTOPOで水没すると計算された区域、黒色で塗りつぶされた範囲がSRTMv2.1(バイアス補正有)で水没されると計算された区域である。掲載できる解像度の限界から、後者の区域はベトナムのメコンデルタの沿岸でわずかに見える程度でインドネシアではほとんど見られなく前者と大きくことなることがわかる。GTOPOのみで浸水域と判断されたところの多くは標高1mと示されていた。著者の災害調査^{13), 14), 15), 16)}などにおける測量や前報⁷⁾までの影響評価結果に対する途上国(例えば、ベトナム、シンガポール、インドネシア)の研究者からの多数の水没域に関する標高の指摘を踏まえると、極小の島嶼国や防護を有するデルタ地帯を除けば、定住区域の標高は少なくとも2-3mはあ

り、低平地におけるGTOPO30の標高値は低い値を示しているところが多いと考えられる。GTOPO30は複数の地図情報を収集し作成されたため、その元情報の精度に依存している。

SRTMを利用する上での問題の1例としてモルディブ共和国の標高について触れる。この国の最高標高はわずか1.8mといわれている。一方、SRTMv2.1(バイアス補正あり)の標高は平均標高でも3.0m、最低標高でも1.6mとなりこの国の標高にとっては高すぎる値となった。以上のことを総合すると、本研究で示した標高モデルによる国ごとの結果の違いに優劣をつけるのは難しく、不確実の範囲に留めるべきであるといえる。今後、低平地沿岸の正しい標高値の収集が期待される。

21世紀後半、海面上昇が進行した条件で評価をおこなっているにも関わらず、SRESシナリオのうちA1BとB1シナリオのケースでは水没域人口が伸びなかった。この理由には、負の人口成長(人口減少)も含まれているからである。とくに中国とベトナムの負の人口成長が結果に大きく影響していた。逆にA2シナリオでは、正の人口成長の効果が海面上昇の効果より大きく水没域人口が増加していた。これらのことは前報と同様の結果であり、確実性が高いと言え、沿岸域でも人口成長と海面上昇の両面で適応策を考えていかなければならないと言える。

5. 結論

全球の海面上昇による水没域と水没域に定住する人口

の評価を、本研究で作成した標高のバイアス補正を含む3種類の標高モデル、3種類のSRESシナリオに従った海面上昇シナリオと3種類のSRESシナリオによる人口でおこなった。

予測された全球の水没域の2000年から2100年までの拡大は、2万8千～30万km²の幅となり、そのうち標高モデルによるこの拡大域の差は最小値と最大値で平均3.3倍ほどあり、温室効果ガス排出シナリオによる違いと同程度の結果となった。この大きな幅には標高数メートルの低平地における標高モデルの精度によるところが大きい。各モデルに長所と短所があることから、確定的な面積を得るためには正確な標高情報の収集を世界的におこなうことが必要である。

水没域に定住する人口の2000年から2100年までの増加人数も、SRESシナリオのA2シナリオで4900万～1億5000万人、A1Bシナリオで300万～4100万人、B1シナリオで200万～2800万人と、それぞれ大きな幅となった。このうち標高モデルによるこの増加の差は最小値と最大値で平均2.3倍ほどあった。しかしこれら不確実な幅が存在する中においても、A2シナリオは3つのSRESシナリオの中で最悪の影響人口となること、シナリオによる水没域人口の差には海面上昇よりも正負の人口成長の効果が大きいことがほぼ確実なこととして言えた。したがって温暖化の進行によらずとも、沿岸域の人口成長の対策を行うことが必要であり、海面上昇と人口の両問題を解決できる適応策を見出すことが賢い適応策であることがいえた。

本研究は環境省の「地球環境研究総合推進費(S-4：温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響評価に関する研究)、代表：三村信男(茨城大学)」と、文部科学省の「21世紀気候変動予測革新プログラム、プログラム統括：文部科学省参与：松野太郎、西岡秀三」の支援により実施された研究成果の一部である。本研究の基礎となる検討のために平成21年度茨城大学工学部4年生の市橋薫氏の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Hoozemans, F.M.J., M. Marchand and H.A. Pennekamp: A Global Vulnerability Assessment, Sea-Level Rise, Second Revised Edition, Delft hydraulics, 184p., 1993.
- 2) Nicholls, R. J. Frank M.J. Hoozemans and Marcel Marchand: Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses, *Global Environmental Change*, 9, S869-S87, 1999.
- 3) Nicholls, R.J., 2004: Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios. *Glob. Environ. Chang.*, 14, pp.69-86, 2004.
- 4) IPCC (Nebojsa, N. and Rob, S. ed.): Special Report on Emission Scenarios, Cambridge University Press, 612p., 2000.
- 5) 信岡尚道, 三村信男, 田村誠: 21世紀におけるアジア・オセアニア沿岸の基礎的脆弱性の推定, *地球環境研究論文集*, Vol.17, pp.123-132, 2009.
- 6) Hisamichi Nobuoka, Nobuo Mimura and Makoto Tamura: Asian and Oceanian Coastal-Risk Projection due to Sea-Level Rise and Population Growth, 5th International Conference on Asia and Pacific coasts, Vol. 2, pp.194-200, 2009.
- 7) 信岡尚道, 三村信男: 熱帯低気圧による世界の高潮分布と沿岸域の脆弱性評価, *海岸工学論文集*, Vol. B-65, no.1 pp. 371-375, 2009.
- 8) Yukimoto, S. and Noda, A.: Improvements of the Meteorological Research Institute Global Ocean-Atmosphere Coupled GCM (MRI-CGCM2) and Its Climate Sensitivity, *CGER's Supercomputer Activity Reports*, Vol.10, CGER-1054-2002, CGER/NIES, pp.37-44, 2001.
- 9) Hasumi H., and Emori E.: K-1 Coupled GCM (MIROC) Description, K-1 Technical Report, CCSR/NIES/FRGC, 2004.
- 10) 例えば, 沖大幹: 気候変動研究と水文学, 気候変動将来推計情報の水文分野での利用促進シンポジウム, 土木学会, 1-8, 2008.
- 11) Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe: Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, *Journal of Oceanography*, 56, 567-581, 2000. Nao99B
- 12) GPW ver.3 (CIESIN): <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw> (2009-04 参照)
- 13) Center for International Earth Science Information Network (CIESIN): Country-level Population and Downscaled Projections based on the B2 Scenario, 1990-2100, 2002. [digital version]. Palisades, NY: CIESIN, Columbia University. Available at <http://www.ciesin.columbia.edu/datasets/downscaled> (2009-01 参照).
- 14) CIA: World Databank II, Central Intelligence Agency, Washington, D.C. USA, 1972.
- 15) Koji Fujima, Takashi Tomita, Kazuhiko Honda, Yoshinori Shigihara, Hisamichi Nobuoka, Minoru Hanzawa, Hiriyuki Fujii, Hideo Ohtani, Sadao Orishimo, Masahiro Tatsumi, Syunichi Koshimura: Preliminary Report on the Survey Results of 26/12 2004 Indian Ocean Tsunami in the Maldives, Japan society of civil engineering-Maldives-Tsunami-Survey Team, 89p., 2005.
- 16) 横木裕宗, 三村信男, 桑原裕史, 信岡尚道, Mohamed Karim, 小林久, 神子直之, 伊藤哲司: タイ西岸津波被害調査報告, 茨城大学, 60p., 2005.

- 17) 柴山知也, 安田孝志, 小島治幸, 田島芳満, 加藤史訓, 信岡尚道, 安田誠宏, 玉川勝巳: 2005 年ハリケーン・カトリナ水害調査報告書, (財) 河川環境管理財団, 124p, 2005. (2010. 3. 27 受付)
- 18) Investigation Team of Japan Society of Civil Engineering: Investigation Report on the Storm Surge Disaster by Cyclone SIDR in 2007, Japan Bangladesh, Japan Society of Civil Engineering, 79p, 2008. (2010. 5. 22 受理)

Uncertainty of Global Impact Assessment of Sea-Level Rise derived from Elevation Models

Hisamichi NOBUOKA¹ Nobuo MIMURA²

¹Dept. of Urban and Civil Engineering, Ibaraki University

²Center for Water Environmental Studies, Ibaraki University

Population concentrations and high performances of socioeconomic activity have been progressed in coastal zones of the world. Two major problems in coastal area are those continuous growth of population and impact of sea-level rise due to global warming. International society is eager for quantitative assessment results of those issues. The limits of qualities of information for the assessments, however, lead to uncertainty of quantitative results.

This paper showed quantitative ranges of submerging area and affected population due to sea-level rise in all of the coasts of the world till the end of 21st century, by use of multi cases/scenarios of elevation models, projected sea-level rises and population growth according to SRES scenarios. Finally, the strategy of wise adaptation against the problem of population growth and impact of rises in sea level in coastal area was discussed, based on uncertainty of quantitative assessment results projected in this paper.