

3. 数値気候モデルの将来展望値を用いた 日本の洪水被害予測

滝口 博文^{1*}・佐藤 歩²・川越 清樹³・風間 聡¹

¹東北大学大学院工学研究科土木専攻 (〒980-8579宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

²首都高速道路株式会社 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)

³福島大学大学院共生システム理工学研究科 (〒960-1296 福島県福島市金谷川1)

* E-mail: takiguchi@kaigan.civil.tohoku.ac.jp

数種の数値気候モデルを細解像度であるメッシュ気候値2000を利用して統計的ダウンスケーリングし、佐藤らの洪水氾濫被害額解析を適用した結果、(1)気候変動によって東海、甲信越地方において、降雨極値の増加が特に見込まれること、(2)現在気候の再現期間50年の降雨極値が発生した場合と、2050年気候の再現期間30年の降雨極値が発生した場合の被害額ポテンシャルは同程度となり、その洪水氾濫被害金額は約90兆円であること、(3)降雨極値の再現期間50年から100年にシフトした場合、数値モデルやシナリオによらず被害額ポテンシャルは約14～17%増加すること、を得た。

Key Words : downscaling, climate change, extreme rainfall, flood simulation, economic loss

1. 序論

気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)の第4次評価報告書は、現状または現状以上のペースで温室効果ガスの排出された場合における水災害の頻発、水資源の過不足の予見を指摘している¹⁾。この原因として挙げられるものが平均気温上昇に応答する水循環の活発化と、これに伴う集中豪雨の頻度と量の増加、無降雨日数の増加に示される極端な気象現象の発生²⁾である。近年の日本列島でも平均気温上昇にしたがう新潟、福島豪雨(2004年7月12日から13日)、福井豪雨(2004年7月17日から18日)等の豪雨の頻発が認められている³⁾。また、豪雨の頻発と同時に自然災害に伴う社会的被害が認められている。こうした現状もふまえ、気候変動により誘発される災害への関心が高まり、地球温暖化を含む気候変動への懷疑を解明することと同時に事前にその影響を見積もり、国土、社会を保全するための体制作りが検討されている⁴⁾。

急峻な山岳地形を成す日本列島には、河川下流部に都市が発達する社会条件と降雨発生から短期間で流出する自然条件が共存する。そのため、歴史上、洪水氾濫によ

る被害が認められており、災害防止を目的とした治水対策が整備されてきた。しかし、未だ全流域が完全に治水されていないこと、気候変動の影響と懷疑される集中豪雨の発生により現在の対策設計基準を超過する洪水が発生することから、洪水氾濫の被害は現在も相次いでいる。IPCC第4次評価報告書の指摘を考慮すると、気候変動により更なる洪水氾濫被害のリスクの高まりが示唆されている。そのため、将来に発生しうる降雨状況を見積もると同時に、安全な社会を創出されるための適応策を検討する必要がある。

これらの経緯をふまえ、本研究では、各研究機関により開発されたGCM(General Circulation Model: 大気大循環モデル)の出力データ⁵⁾を利用して、日本列島を対象に、再現期間毎の降雨極値を1km×1kmの解像度で推算し、気候変動に応じた洪水氾濫による被害ポテンシャルを評価した。本研究の特徴は以下のi)～iii)にまとめられる。

- i) GCM出力データのダウンスケーリング
- ii) 複数のSRES(Special Report on Emissions Scenarios)による日本列島の洪水被害予測
- iii) 洪水被害額による影響評価

GCM出力データのダウンスケーリングに関して、こ

れまでも気候変動に応じた気象値を用いることができるGCMを用いた洪水氾濫影響予測の先行研究は存在する⁹⁾。しかしながら、GCMの空間解像度は約数100km×数100kmのグリッドセルであり、巨視的な気象現象のみを包括的に捉えた情報である。日本列島を対象にした場合、海洋に囲まれた山岳列島を形成する条件を有し、地形に依存した降水が認められる。そのため、降雨による影響評価には、細解像度の地域的特徴を示すデータの適用が必要になる。本研究では、地域的な降雨分布を解像度1km×1kmで示すメッシュ気候値2000(発行：気象庁)を用いて、気候変動に応じた粗解像度データを統計的にダウンスケーリングする方法を提案し、解像度1km×1kmの気候変動による降雨極値を求めた。なお、統計的なダウンスケーリング手法として、海面気圧と比湿を説明変数にした正準相関解析を用いた手法⁹⁾、観測値で認められる気温と降水量の関係を利用した手法⁹⁾等の研究事例も報告されている。ここでは、汎用性の高い解析手法の確立に着目し、気候変動に応じた降雨の時空間情報の提供を試みている。複数のSRESによる日本列島の洪水被害予測に関して、従来は日本の地域的な降雨分布特徴を考慮し、特定の細解像度の数値気候データを用いた研究成果に偏っていた¹⁰⁾。本研究では、統計的ダウンスケーリング解析手法を用いることにより、複数のGCM、SRESに応じた洪水被害を予測し、気候変動による影響の包括的な評価に取り組んでいる。

洪水被害額による影響評価に関して、洪水被害を経済指標により定量的な情報で求めること、また、気候変動に応じた結果を再現期間毎に比較することで、SRESに応じた被害ポテンシャルの理解向上を図っている。この成果は、適応策だけでなく、緩和策の推計にも貢献の期待できるものである。

2. データセット

GCM(以下数値気候モデルと記述する)出力データのダウンスケーリングと洪水氾濫被害額算出に用いたデータを以下に説明する。

(1) 数値気候モデルのダウンスケーリング

ダウンスケーリングには、メッシュ気候値2000と数値気候モデルから出力された降水量データを利用した。

メッシュ気候値2000について、データに格納された平年値の月降水量(統計期間：1971年から2000年)を利用した。メッシュ気候値2000は、解像度1km×1kmのグリッドセルで数値化された気候値データである。解像度1km×1kmの数値化は、気象台やアメダス観測所の観測結果

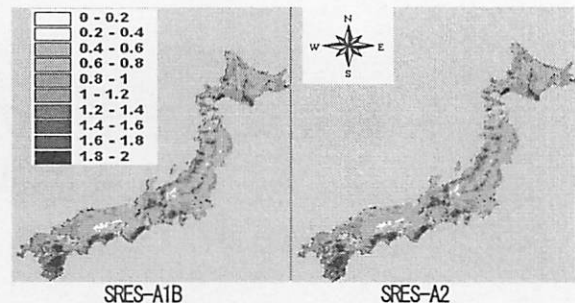


図-1 MIROC SRES-A1B, A2における細解像度係数

をもとに、標高、地形開放度等の地形的な要素を説明変数にした重回帰式を作成させて補間させることで作成されている⁷⁾。そのため、地形的な要素をふまえた細解像度の気象条件の作成に有効な数値データである。数値気候モデルには、以下の3つのデータを利用した。

i) MIROC3.2-Medium resolution(以下MIROC3.2)

(開発元：東京大学気候システム研究センター、国立環境研究所、海洋研究開発機構地球環境フロンティアセンター)

ii) CGCM2.3.2(開発元：気象庁気象研究所)

iii) PCM

(開発元：National Centre for Atmospheric Research, USA)

この3つのモデルの概ねのSRESを解析したマルチモデルであり、解像度はすべて280km×280kmである。本研究では、これらのモデルのSRES-A1B, A2, B1を利用して¹¹⁾。SRES-A1Bは化石燃料・非化石燃料バランス重視経済発展型社会、SRES-A2は多元化型社会、SRES-B1は環境重視型社会を想定した温室効果ガスの排出シナリオである。この解像度のデータを日本列島を網羅させるには計18個のグリッドセルが該当し、これらのグリッドセルについてダウンスケーリングを行った。

(2) 洪水氾濫被害額計算

洪水氾濫被害額算出には、国土数値情報(発行：国土交通省国土局)の標高データ、土地利用データと、ダウンスケーリングにより求められる数値気候モデルの再現期間毎の降雨極値の数値地理情報を用いた。これらはすべて1km×1kmの解像度のグリッドセルデータである。

3. 降雨極値のダウンスケーリング

(1) 月降水量のダウンスケーリング

メッシュ気候値2000を基礎データに数値気候モデル出力データのダウンスケーリングを試み、再現期間毎の日降雨極値を解像度1km×1kmで明示した。式(1)は、気候変動における将来気候での月降水量を求める関係を示している。

$$P_i = Bd_i \times Gf_j \quad (1)$$

ここで P :ダウンスケーリング後の月降水量(mm),
 Bd :細解像度係数, Gf :将来気候における数値気候モデル出力月降水量(mm)である。 i, j はそれぞれ解像度1km, 280kmの要素を示す。以下に各係数の定義, 決定条件について説明する。

解像度280km×280kmの数値気候モデルにおける現在気候の平年値降水量データを4点間重み付距離平均法を用いることで解像度1km×1kmの降水量分布に補間する。この補完作業により280kmというメッシュ間で生じる極端な降雨量差が平滑化される。次に, 数値気候モデル補間データとメッシュ気候値2000データとの降水分布との比を求める。この比は細解像度係数 Bd であり, 数値気候モデル補間データとメッシュ気候値2000データのモデル値の補正を行うための係数である。また, 現在気候で同定された細解像度係数 Bd は, 地形依存する地域的な降水分布特徴を再現させる要素となる。図-1にMIROC-SRES-A1B,A2の暖候期のひとつである10月における細解像度係数を示す。細解像度係数 Bd_i に将来気候における数値気候モデル出力月降水量 Gf をかけることで, 気候変動に応じた月降水量 P を求めることができる。

(2) 降雨極値への変換

再現期間毎の日降雨極値は, 川越ら¹²⁾により開発された降雨極値変換式より求めた。変換式を式(2)に示す。

$$Ru_i = a \cdot Rw_i + b \quad (2)$$

ここで Ru :再現期間毎の日降雨極値(mm), Rw : (1)で求めた月降水量(P)のうち暖候期(4月から11月)における最大月降水量(mm), a :降雨極値変換係数, b :降雨極値変換式切片となる。この降雨極値変換係数と切片は, AMeDAS観測所における1980年から2000年の再現期間の降雨量とメッシュ気候値2000のつき降雨量を利用することで開発されている。モデル構築までの手順の詳細を以下のi)~iii)に示す。

- i) AMeDAS 観測所毎に経年の最大日降雨量を頻度解析し, 再現期間に対する日雨量の極値を求める。
- ii) 再現期間毎の降雨極値と AMeDAS 観測所の位置するメッシュ気候値の関係を気候タイプ毎の回帰式で示す。
- iii) 回帰式にメッシュ気候値を代入することで, 再現期間に対する日降雨極値の分布データを作成する。

牛山ら¹³⁾はAMeDAS 観測所の暖候期平年降水量(4月から11月)と日降雨極値の関係を示した。統計的に有意な相関を利用して, 回帰式による日降雨極値算定モデルを作成している。このアルゴリズムを参考にすれば, メッシュ気候値に格納された暖候期降水量の利用による降雨

表-1 暖候期の月最大降水量 24 時間降雨極値の関係

再現期間	季節型	相関係数	回帰式	
			係数	切片
10年	春型・夏型	0.66	0.37	53.39
	秋型	0.77	0.60	26.68
	冬型	0.71	0.36	39.91
30年	春型・夏型	0.69	0.53	88.10
	秋型	0.80	0.94	38.42
	冬型	0.67	0.51	67.43
100年	春型・夏型	0.64	0.64	121.37
	秋型	0.70	1.19	52.11
	冬型	0.62	0.64	89.24

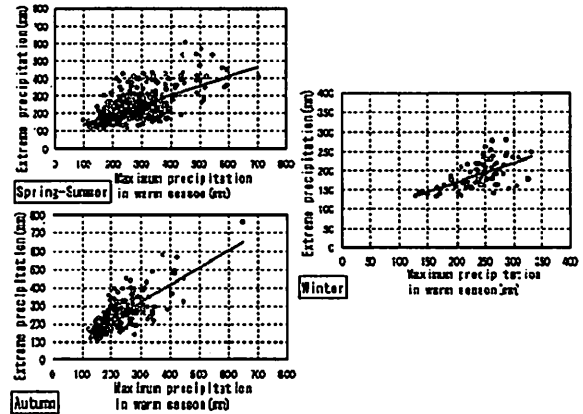


図-2 季節別の暖候期月最大降水量と再現期間 30 年の日降雨極値の関係

極値の分布データの作成が可能である。しかし, 牛山らの日降雨量の結果を参考にすると, 回帰式と降雨極値に約500mmの誤差があるAMeDAS 観測所も存在する。この誤差を極力小さくするため, 日本列島を気候特性から区分し, 複数の回帰式による24 時間降雨極値算定モデルの作成を試みた。なお, この定式化に至っては回帰式のみではなく, 対数等の複数次式化も試行している。複数の式化を相関係数で比較した結果, 最も強い相関を示したものは回帰式であり, 統計的に有意という理由により, この式を採用している。表-1に各気候タイプにおける暖候期中の月最大降雨量と降雨極値の関係要素を示す。各気候タイプに対し, 暖候期中の月最大降水量と再現期間30年の降雨極値の関係を回帰式で示したものが図-2である。各メッシュの暖候期中の月最大降水量を各気候タイプに応じた回帰式を導入し, 日本列島全域の日降雨極値分布が作成された。

4. 洪水氾濫被害額算出

洪水氾濫被害額の算出には, 佐藤ら¹⁴⁾により解析された解析手法を用いる。この解析手法では, 再現期間毎の降雨極値条件を利用して浸水被害額も含む洪水氾濫解析を行い, 日本列島における日降雨極値と洪水被害額ポテンシャルの関係を求めている。佐藤ら¹⁴⁾の解析では, AMeDAS観測所における1980年から2000年の24時間降水量データとメッシュ気候値2000を利用したもので, 将来気候における降水量を算出しておらず, 本研究では数値気候モデルを利用し, 将来の降雨極値を算出している。

表-2 土地利用毎の浸水被害額単位

土地利用	土地利用毎の被害額単位
田	田被害(千円)＝単位面積当たりの水稲平均収量の全国平均値($1/\text{km}^2$)×米の単位評価額(千円/人)×浸水面積(km^2)×浸水深別被害率
畑地	畑地被害(千円)＝単位面積当たりのトマト平均収量の全国平均値($1/\text{km}^2$)×トマト評価額(千円/人)×浸水面積(km^2)×浸水深別被害率
建物用地	建物用地被害＝住宅被害＋事業所被害 住宅被害＝家屋被害＋家庭用品被害 家屋被害(千円)＝都道府県別家屋 1km^2 当たり評価額(千円/人)×浸水面積(km^2)×浸水深別被害率 家庭用品被害額(千円)＝1世帯当たりの評価額(千円/世帯)×浸水世帯数(世帯)×浸水深別被害率 事業所被害＝家屋被害＋償却・在庫資産 償却資産被害額(千円)＝事業所従業員1人当たりの償却資産平均値(千円/人)×浸水影響従業員数(人)×浸水深別償却資産被害率 在庫資産被害額(千円)＝事業所従業員1人当たりの在庫資産平均値(千円/人)×浸水影響従業員数(人)×浸水深別在庫資産被害率
ゴルフ場	ゴルフ場被害＝償却資産＋在庫資産(サービス業) 償却資産被害額(千円)＝サービス業従業員1人当たりの償却資産評価額(千円/人)×影響従業員数(人)×浸水深別被害率 在庫資産被害額(千円)＝サービス業従業員1人当たりの在庫資産評価額(千円/人)×影響従業員数(人)×浸水深別被害率
新幹線用地	新幹線用地被害＝一般資産被害額×一般資産被害額に対する公共土木施設の被害率 一般資産被害額＝家屋被害＋家庭用品被害＋事業所償却・在庫資産被害額
森林	
荒地	
その他の用地	浸水に伴う被害はないものと仮定し、被害額は考慮しない。
河川地及び湖沼	
海浜	
海水域	

この解析では、堤防やポンプ場といった河川構造物を考慮せず、解像度 $1\text{km} \times 1\text{km}$ の平均標高により示される日本列島全域を氾濫原と仮定し、氾濫シミュレーションを行っている。この解析方針は、規模の違う洪水によって被害額の差を考えることで治水施設の便益が計算できる考えに基づく。この方法により広範領域に対する洪水ポテンシャルを包括的に理解することができる。洪水氾濫は二次元不定流モデルにより求められている。モデルより算出された面積、および最大浸水深と土地利用の分布から、グリッドセルに応じた被害額が算出されている。土地利用は、国土数値情報で数値化された11の土地分類で区分されている。治水経済調査マニュアル¹⁹⁾の直接被害の対象資産を参考に、土地利用毎の経済被害単価、そして浸水深に応じた被害額が求められている。表-2に各土地利用の被害額算定方法を示す。

5. 数値気候モデルのダウンスケーリング結果

図-3は、数値気候モデルSRES-A1Bの年平均降水量比を時系列情報で示したものである。基準値は現在気候に相当する2000年時の年平均降水量である。全ての数値気候モデルともに大局的に気候変動にしたがい降水量は増加する傾向を示し、2100年時には、1.08～1.12%への増加が見積もられる。年平均降雨量の増加とともに、極端な気象現象の発生²⁾も予見されていることを考慮した場合、2100年時には集中豪雨が現在以上に増加していることが有力である。したがって、気候変動による洪水リスクの増大が示唆される。なお、各モデルの時系列的な変動に着目した場合、MIROC3.2は2080年は概ね降水量増加する傾向を示すが、2080年、2100年時に一時的に降水現象が認められ、降水比1.06、もしくは2080年時からの降水量増加が滞ることを示している。CGCM2.3.2は、2050年までは年降水量が低下の傾向であるものの、2050年以降は増加比0.13の急激な増加を示す。PCMは、2050年まで増加を続けるが、それ以降2070年まで減少し、再び2050

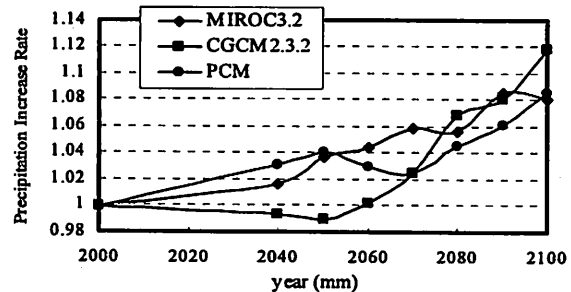


図-3 各モデルによるSRES-A1Bでの年降水量の推移

年以前よりも大きな増加比で年降水量が認められる。各モデルともに同じSRESであるものの時系列的な気候変動は異なり、モデル毎の特徴を十分に把握して取り扱わなければならない。特に各モデルの増加量の差異が生じやすい年代はグラフから2050年前後であることが見てとれる。2050年の気候評価は注意が必要と解釈されると同時に、社会的な影響も数値気候モデルに従い異なることから影響を精読して温暖化対策を提言しなければならない。この結果に基づき、本研究では、2050年時の気候条件に応じた降雨極値、洪水氾濫影響評価に取り組む。

図-4は、2000年時、MIROCにおける各SRESの2050年時の再現期間50年の日降雨極値の分布を示している。2000年時の日降雨極値分布は、和歌山県から鹿児島県にいたる日本列島南海地域、日本アルプスの山地群が日降雨極値300mm以上の多雨地域となっている。この地域の他に、各SRESともに東海地方・甲信越地方は、降雨極値の増加が著しくなる地域であり、日降雨極値300mm以上の領域が多く出現している。また、北海道北東部や瀬戸内海地域などの一部を除き、日本列島の概ねが日降雨極値225mm以上になり、各シナリオともに現在よりも約1.1倍の降雨極値となることが見込まれる。なお、各SRESの特徴的な傾向として、SRES-A1Bでは、中国地方、東北地方日本海側から北陸地方に日降雨極値300mm以上の領域が多く出現している。SRES-A2では、東北地方日本海側から北陸地方にのみ日降雨極値300mm以上の領域が出現している。SRES-B1では、双方のSRESで認められた東北地方日本海側から北陸地方の多雨領域は認められ

ていない。また、分布図から、中国地方、東北地方日本海側から北陸地方の多雨地域の有無が、この結果に影響していると解釈できる。各シナリオに応じた再現期間50年の日本列島平均降雨極値を推計すると現在気候の比較してSRES-A1Bでは約17%, SRES-A2では約13%, B1では約5%増加が見込まれる。なお、図-3については各SRESともにA1Bと同様の結果、図-4については各モデルともに類似した結果を示している。

6. 洪水氾濫被害額解析結果

図-5に現在気候とSRES-A1B,A2,B1ごとのMIROC3.2による2050年時の気候における再現期間ごとの降雨極値と洪水被害額ポテンシャルの関係を示した。再現期間5年の降雨極値を1とし、再現期間10,30,50,100年の降雨極値の増加率を横軸に、また、再現期間5年の被害額を1とし、再現期間10,30,50,100年の被害額ポテンシャルの増加率を縦軸にとった。基準である再現期間5年の被害額ポテンシャルは約40兆円である。佐藤らの解析結果によると降雨極値の増加に伴い洪水被害額ポテンシャルはほぼ線形に増加することが明らかにされている¹⁴⁾が、本研究の推計結果も概ね同一線形上に沿った降雨極値、洪水被害額の関係で示されていることが明らかにされた。降雨極値の増加にしたがい各再現期間(5年、10年、30年、50年、100年)ともSRES-A1B,A2,B1の順で被害額ポテンシャルの多くなることが示されている。特に被害額ポテンシャルの大きいA1Bでは、2050年時に100年に1回の確率で起こる降雨は、5年に1回の確率で起こる降雨の被害の約3.5倍の被害になることが見込まれている。線形式と気候変動に伴う再現期間の降雨極値を推算した結果は、日本列島で将来に必要な治水対策計画の論議に利用できるものである。例えば、図-5より現在気候における再現期間50年の洪水被害額と将来気候における再現期間30年の洪水被害額ポテンシャルが約90兆円となる。これより、現在再現期間50年の洪水を防御できる施設を設けていても、気候変動を伴うことによって、再現期間30年の洪水しか防御できなくなるため、この先より多くの設備投資をしなければならないことが理解できる。つまり、現在全国の防災機能が50年に1度までの降雨までに耐えきれものだと仮定すると、現状の防災機能を維持するためには、全国的に算定すると全体で約19兆円程度必要と得られた。図-6は、現在気候とMIROC3.2, CGCM2.3.2, PCMによるSRES-A1Bの2050年時の再現期間に応じた降雨極値と洪水被害額ポテンシャルの関係である。CGCM2.3.2とPCMは2050年時の再現期間毎の降雨極値が現在気候における再現期間毎の降雨極値とほぼ同じよう

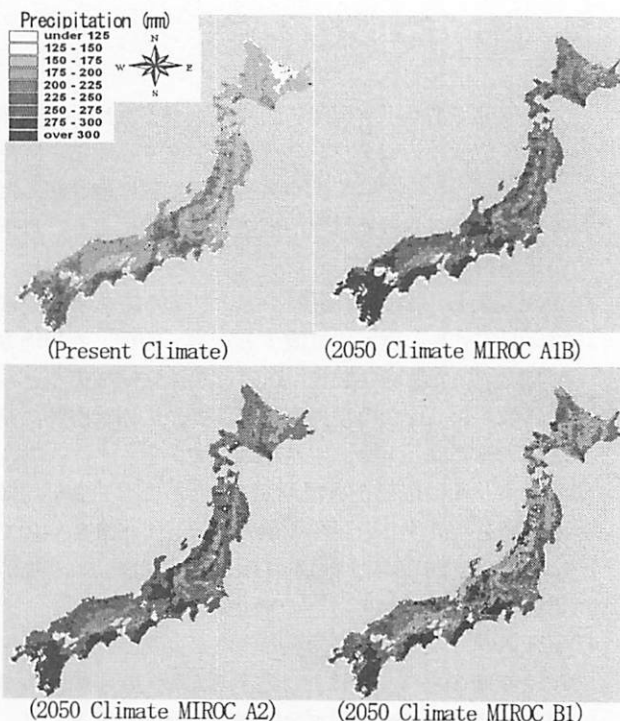


図-4 現在気候およびMIROCによる2050年気候における再現期間50年の日降雨極値分布

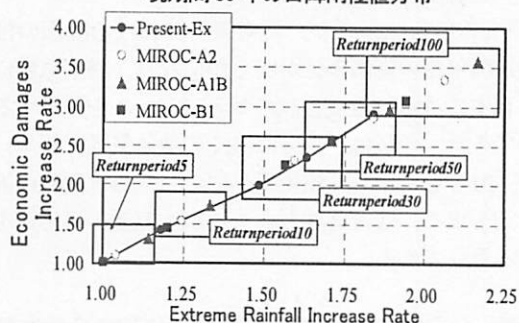


図-5 現在気候とSRES-A1B,A2,B1ごとのMIROC3.2による2050年気候における再現期間毎の降雨極値と洪水被害額ポテンシャルの関係

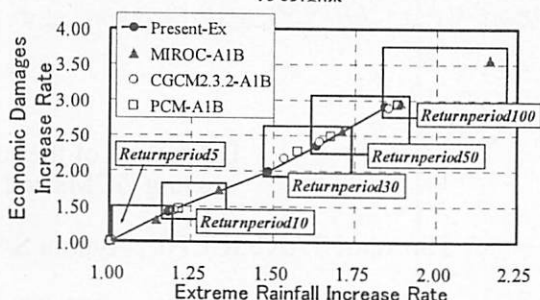


図-6 現在気候とSRES-A1BでのMIROC3.2,CGCM2.3.2,PCMによる2050年時の気候における再現期間毎の降雨極値と洪水被害額ポテンシャルの関係

に推移している。地域的なレベルでの被害を考慮した場合、単位面積当たりの被害額単価が高く、降雨極値が高い値を示す地域となる。被害額の高い順に示すと首都圏、愛知を中心とする中部、大阪を中心とした関西圏、福岡を中心とする北九州となる。これらの地域には早急な洪水対策が必要である。

7. おわりに

気候変動による洪水氾濫の影響を調べるため、数値気候モデルを統計的にダウンスケーリングする手法を開発し、このデータを用いて洪水被害額の推算に取り組んだ。日本列島全域における洪水氾濫被害額評価により、以下の結果が得られた。

- (1) 再現期間毎の日降雨極値について高い値を示す地域は、日本列島の南海に位置する近畿、四国、九州地方である。また、各 SRES、および数値気候モデルともに気候変動に伴い再現期間の降雨極値の増加が特に見込まれるのは、東海、甲信越地方である。
- (2) 各シナリオに応じた再現期間 X 年の日本列島平均降雨極値を推計すると現在気候の比較して SRES-A1B では約 17%、SRES-A2 では約 13%、B1 では約 5%増加が見込まれる。
- (3) 現在気候での再現期間50年の降雨が発生した場合と、2050 年時の将来気候における再現期間 30 年の降雨が発生した場合の被害額ポテンシャルは同程度となり、その金額は約 90 兆円となる。

本研究の解析結果より、将来気候における降雨の推移、再現期間年毎の降雨極値が明らかになり、将来気候における日本の洪水氾濫被害額のポテンシャルを推計することができた。今後は、さらに多くの数値気候モデル、および SRES を利用し、気候変動に応じた洪水氾濫の被害の予測を求め、今後必要とされる洪水氾濫の適応策を検討する意向である。

謝辞：本研究は、環境省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の総合評価に関する研究」から援助を受けました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省：IPCC 第 4 次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約, pp.1-24, 2007
- 2) 例えば S. EMORI and S.J. BROWN, Dynamic and thermodynamic changes in mean and extreme precipitation under changed climate. *Geophysical Research Letters*, 32, L17706, 2005.
- 3) 国土交通省河川局：災害情報 水害レポート 2005
- 4) 国土交通省：水関連災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策のあり方について(中間とりまとめ), http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/figyo_keikaku/gaiyou/kikouhendou/index.html, 2008.
- 5) IPCC DDC (Intergovernmental Panel on Climate Change Data Distribution Centre) : http://www.mad.zmaw.de/IPCC_DDC/html/SRES_AR4/index.html
- 6) Robert Leander, T. Adri Buishand, Bart J.J.M. van den Hurk, Marcel J.M. de Wit, Estimated changes in flood quantiles of the river Meuse from resampling of regional climate model output, *Journal of Hydrology*, Volume 351, pp. 331-343, 2008.
- 7) Christel Prudhomme, Dörte Jakob, Cecilia Svensson, Uncertainty and climate change impact on the flood regime of small UK catchments, *Journal of Hydrology*, Volume 277, Issues 1-2, Pages 1-23, 2003
- 8) Busuioac, A., Giorgi, X. Bi, and M. Ionia.: Comparison of regional climate model and statistical downscaling simulation of different winter precipitation change scenarios over Romania, *Climatology*, Vol.86, pp.102-123, 2006.
- 9) Palutikof, J. P., C. M. Goodess, S. J. Watkins, and T. Holt.: Generating rainfall and temperature scenarios at multiple sites; Examples from the, *Journal of Climate*, Vol. 15, pp.3529-3548, 2002.
- 10) 和田一範・川崎将生・富澤洋介・楠昌司・栗原和夫：高解像度全球モデルおよび地域気候モデルを用いた地球温暖化に伴う洪水リスク評価, 水文・水資源学会誌, 21(1), pp.12-22, 2008.
- 11) 清野裕：アメダスデータのメッシュ化について, 農業気象, vol.48, pp.319-383, 1993
- 12) 川越清樹・風間聡・澤本正樹：数値地理情報と降雨データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築, 自然災害科学, Vol.27, Issue1, pp.69-83, 2008.
- 13) 牛山素行：2004～2007年の豪雨災害による人的被害の原因分析, 土木学会河川技術論文集, Vol.54, Issue1, pp.21-33, 2006
- 14) 佐藤歩・川越清樹・風間聡・沢本正樹：降雨極値データを利用した気候変動に伴う全国浸水被害額評価, 水工学論文集, 第52巻, pp.433-438, 2008
- 15) 国土交通省河川局：治水経済調査マニュアル(案), pp.106, 2005

(2009.3.3 受付)

(2009.7.6 受理)

Estimation of the future flood damages in Japan using GCMs and numerical geological data

Hirofumi TAKIGUCHI¹, Ayumu SATO², Seiki KAWAGOE³ and So KAZAMA¹

¹Dept. of Civil Engineering, Tohoku University

²Metropolitan Expressway Co., Ltd.

³Faculty of Symbiotic Science Systems Science, Fukushima University,

We tried to downscale some kinds of general circulation models using Mesh Climate Value 2000 (JMA) with fine solution and apply this for the economic damage by the flood. The results obtained are as follows; 1) The characteristic of rainfall pattern is that the Hokuriku, the central mountain range and the Nankai districts have heavier rainfall comparing with other areas. 2) The extreme rainfall with the 50-year return period in current climate condition is similar to that with the 30-year return period in the 2050 future climate condition, and 3) When the extreme rainfall with the 50-year return period shifts to the 100-year return periods, the economic damages in any models and scenarios increase about from 14 to 17 percent.