

平成 30 年度

修士課程論文

種々のダウンスケーリングデータと
ハイブリッド産業連関表に基づいた
気候変動の影響評価：
高知市鏡川流域におけるケーススタディ

Assessment of climate change based on various downscaling data

And hybrid input-output table:

A case study focusing on the Kagami basin in Kochi city

指導担当教員

古沢浩

高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻

環境数理コース 2 年

1215065 竹内 悠一郎

目次

第1章 序論.....	3
1.1 はじめに.....	3
1.2 目的.....	4
1.3 本論文の構成.....	5
第2章 高知市におけるハイブリッド産業連関表を用いた水害時の経済影響評価	6
2.1 序論.....	6
2.2 方法.....	6
2.2.1 概要.....	6
2.2.2 洪水データ	7
2.2.3 ハイブリッド産業連関表	8
2.2.4 GIS データ	9
2.2.5 WEB-DHM.....	9
2.2.6 資産データ	10
2.2.7 資産額算定	11
2.2.8 被害額算定	13
2.3 結果.....	14
2.3.1 被害額	14
2.3.2 合計金額.....	18
2.3.3 ハイブリッド産業連関表結果.....	19
2.4 考察.....	20
第3章 ダウンスケーリングデータを用いた高知県における気候変動影響評価	21
3.1 序論.....	21
3.2 方法.....	22
3.2.1 アメダスデータ	22
3.2.2 CMIP5	22
3.2.3 D4pdf.....	23
3.2.4 式.....	24
3.3 結果・考察.....	27
3.3.1 変動値を使用した月相関・アメダスデータ	27
3.3.2 変動値を使用した月相関・ダウンスケーリングデータ	29
3.3.3 標準偏差比較	33
3.3.4 D4pdf, 力学的ダウンスケーリング標準偏差比較・日雨量.....	36
第4章 総括.....	39
謝辞.....	40

参考文献	41
付録.....	42

第 1 章 序論

1.1 はじめに

近年、気候変動による極端な気象災害が世界各地で頻発しており、水害の経済的影響も、今後深刻化すると予想されている。近年では、2017 年の北九州豪雨や、2018 年の西日本豪雨等の豪雨が発生している。このため世界各国で、緩和策の推進と伴に地域特性に応じた適応策の確立が急務であるという認識が共有されつつある。日本国内に目を向けても、鬼怒川が決壊した 2015 年 9 月関東・東北豪雨など、想定を超える浸水被害が多発したことを受けて、2015 年より水防法の改正が進んでいる。その結果、想定し得る最大規模の洪水に係る区域の公表、ならびに多様な関係者の連携体制構築などが求められるようになっている。上述の国内外における動向を踏まえたとき、具体的課題として、以下の点が今後ますます重要になると予想される。近未来予測に基づいて、地域の様々な関係者と適応策の協議を行う際に、どのような情報をベース情報として共有することが有効か、という点の検討である。そこで本論文では、地方自治体関係者と共有すべきプロトタイプデータの提示を目指す。具体的には、県都である高知市の水害リスクが、気候変動によりどの程度、あるいは、どのように変化するかについて、高知県・高知市の土木関係者と認識共有できるような分析データとシミュレーション結果を提示する。高知平野の中心部に位置している高知市は、日本の大都市の多くと同様に海岸に近い低平地に立地しているため、内水氾濫のリスク（水害リスク）が非常に高い都市の 1 つである。高知市は、歴史的にも、江戸時代より水害リスクに対して脆弱なエリアに高密度に人口・都市機能が集積し防災上のリスクを抱えたまま城下町として発展してきたため、宝永・安政・昭和の南海大地震において津波による大きな被害を受けた経験を有する。また、高知市の北側を 500 m から 1000 m 級の山地が囲んでいるため、これら山地に囲まれた狭いエリアでの集中的降雨により特定河川での増水が起こりやすいという特徴がある。以上のような歴史的および地形的理由による高い水害リスクに加えて、平年値で見たとき、高知県は全国 1 位の年降水量であることから、気候変動の影響を大きく受け、今後さらに水害リスクが高まると懸念される。そこで本論文では、高知市中心部に関する近未来予測に着目して、年間を通して最も水害リスクが高い 7 月、8 月と 9 月、10 月（台風期）のデータ解析、実際に水害が起こった際の水害被害額解析を行った。従来の気候変動に伴う洪水被害の地域分析は、ライン川流域などの流域圏スケールで行なわれてきており、その主眼は流域圏への社会経済的影響の包括分析に置かれていた。従って、気候変動に伴う降水量および河川流量の変動予測における時空間解像度としては、月単位（時間）・10 km 以上のグリッド（空間）スケールが採用されてきた。このような社会経済

的視点に立った水害リスク予測に関する先行研究は、土地利用を含めた中長期的な施策（すなわち、賢い適応策の基礎研究として必要不可欠である。一方で、地方自治体関係者と共に現時点で実行可能な適応策を検討するためには、現状の土地利用を前提とした防災・減災策に資する予測データの提示も必要である。この場合、「どの地点にどの程度の規模の水防対策を優先的に施すべきか」といった実質的議論を進めるために、過去事例に基づく種々の想定でのリアル時空間シミュレーション（先行研究よりもはるかに高い時空間解像度での変動予測）が必要となる。そこで本論文では、全球気候モデルの結果を統計的ダウンスケールした 1km メッシュの降水量予測値を小池らのグループが開発した水文モデルにインプットすることにより河川流量のリアルタイムシミュレーションを行なった。本モデルは、1 時間単位で 1 km グリッドスケールの河川流量シミュレーションが実現できるモデルである。しかし本方法の適用事例はこれまで、ダム運用や干ばつ予測に限られてきた。本研究では、当該モデルに基づくリアルタイムシミュレーションを水害リスク予測に適用するために、台風通過時を想定して、2014 年台風 12 号(アジア名 Nakri)通過時の高知県高知市の第 2 級河川の鏡川による外水氾濫の、浸水被害をシミュレーションし、産業連関表で使用されている産業 40 項目に分類し、高知県における産業のどの項目が重点的に被害を受けているか、また、企業が受ける水害被害による営業を停止した際に高知県における産業の被害はどのように変化していくのかについて調査した。また、統計的ダウンスケーリングデータの CMIP5 と、力学的ダウンスケーリングデータの d4pdf、高知市アメダスデータの降水量データを使用して、過去と将来の降水量の月別標準偏差を比較して、高知市における将来の気候変動に伴う水害リスクの調査を行った。

1.2 目的

1 つめに、高知県の豪雨被害の 2014 年台風 12 号(アジア名 Nakri)通過時を例として、社会経済的影響を、国土交通省が発行している治水経済調査マニュアル（案）における、便益算定の項目を参考に、1km メッシュごとに家屋、家庭用品、工業、商業、農作物、公共土木施設等の 6 項目に分類し、資産データを調査、計算した。台風の被害を受けた高知市流域を、WEB-DHM を使用して浸水した対象のメッシュの浸水深毎に被害率を割り当てる。割り当てた被害率と、計算していた資産データを元に被害額を計算し、高知工科大学経済・マネジメント学群の那須清吾教授、Cholapat Jongdeepaisal 助教の元開発されたハイブリッド産業連関表を使用し、台風や浸水における被害が高知県の産業別に、どの産業に重点的に影響が出るのかについて調査した。2 つめに、降雨シミュレーションデータのダウンスケーリングデータ、統計的ダウンスケーリングの CMIP5（第 5 期相互比較計画）の過去 1970-2004 年と将来 2021-2055 年の 35 年間と、力学的ダウンスケーリングの d4pdf(地球温暖化対策に資する気候予測データベース)の過去 1951-1986 年と将来 2051-2086 年で 7 年間の移動平均の月別降水量の 7 月、8 月、9 月、10 月の台風期の過去と将来を比較し、標準偏差の比

較を行い、将来における標準偏差の数値の比較を行う。また、高知市のアメダスデータを使用して、1月から12月の各月7年標準偏差移動平均を作成し、前年度の移動平均で割った、変動率を作成し、相関をとることで、月同士の異常な降水を割り出すことのできる相関行列を作成した。以上の計算を基に、高知県における気候変動の影響評価を行う。

1.3 本論文の構成

本論文の目的で示した2つの目的は、解析内容が大きく異なる為、2章：高知市におけるハイブリッド産業連関表を用いた水害時の経済影響評価と、3章：ダウンスケーリングデータを用いた高知県における気候変動影響評価の2部構成に分ける構成とした。2章：高知市におけるハイブリッド産業連関表を用いた水害時の経済影響評価では、2014年度台風12号（アジア名 Nakri）における水害被害が起こったという想定で、治水経済調査マニュアル（案）と、各種資産評価及びデフレーターを参考に、被害額を計算し、合計を計算。ハイブリッド産業連関表を使用して産業連関表40項目別の被害を割り出した。3章：ダウンスケーリングデータを用いた高知県における気候変動影響評価では、各計算で使用する式を提示し、アメダスデータを使用した、標準偏差を前年度の標準偏差で割った変動率を使用した相関行列を計算した。相関行列から過去に起こった災害の傾向を調査した後に、統計的ダウンスケーリングデータと、力学的ダウンスケーリングデータで同様の計算を行った。台風期の7月、8月、9月、10月の過去と将来の標準偏差の7年移動平均を比較し、標準偏差の上昇傾向はどの月に起こりやすいのかについて調査した。以上の様に、各部で序論、方法、結果を示し、最後に総括で全体を纏めるという形をとった。

第2章 高知市におけるハイブリッド産業連関表を用いた水害時の経済影響評価

2.1 序論

気象の近未来シミュレーションデータを用い、高知市の水害リスクが気候変動によりどの程度、又はどのような変化を表すかについての研究を行ってきた。その結果、将来的には気候変動により降水量の単純増加、またエルニーニョ・ラニーニャ現象の頻発化を示唆した研究結果を示すことができた。この章では、実際に2014年度台風12号（アジア名 Nakri）通過時、鏡川流域において水害が起こったものと仮定し、その被害がどの程度のものになるか被害額を算定し、またハイブリッド産業連関表を用いて産業連関表中分類の40の産業別に分野毎にどのような被害を受けるのかについても検討を行った。

2.2 方法

2.2.1 概要

水害時における被害額算定においては国土交通省河川局が平成17年4月に発行した治水経済調査マニュアル（案）¹⁾と、各種資産評価及びデフレーター²⁾を使用した。この治水経済調査は、堤防やダム等の治水施設によってもたらされる経済的な便益や費用対効果を計測する目的で作られたマニュアルである。各種資産評価及びデフレーターは、後に出てくる基礎数量調査時に、例えば都道府県別の家屋の1m²評価額の記載や、産業別の資産の評価額を記載したものである。治水経済調査マニュアルで参考にしたのはマニュアル内4章、便益算定である。当該の章では、資産データの調査という、調査対象資産、家屋・家庭用品・事業所償却在庫資産・農漁家償却在庫資産・農作物の5項目に資産を分割し、基礎数量を調査した。調査した基礎数量から、浸水深(m)に応じた被害率を乗じて、各項目の被害率を算定した。被害額を算定した後に、5項目を産業連関表の中分類（40項目）に分類し、高知市の各産業の何に重点を置いて被害が集中しているのかについて調査を行った。産業連関表の、経済に多大な影響を及ぼす事象（ここでは水害とする）を組み込み、評価を行うことのできるハイブリッド産業連関表という。今回はそれを使用し、高知市の経済評価を行った。

2.2.2 洪水データ

使用した二次元氾濫モデルは、地域連携機構社会マネジメント研究センターの吉村耕平助教が作成したものを使用した。2014 年度台風 12 号（アジア名 Nakri）の出水を再現したものを使用し、標高データは国土地理院の 10mDEM を 50m にリサンプルしたデータを使用し、破堤点の幅は 200m で、樋門の幅は 30m とした。

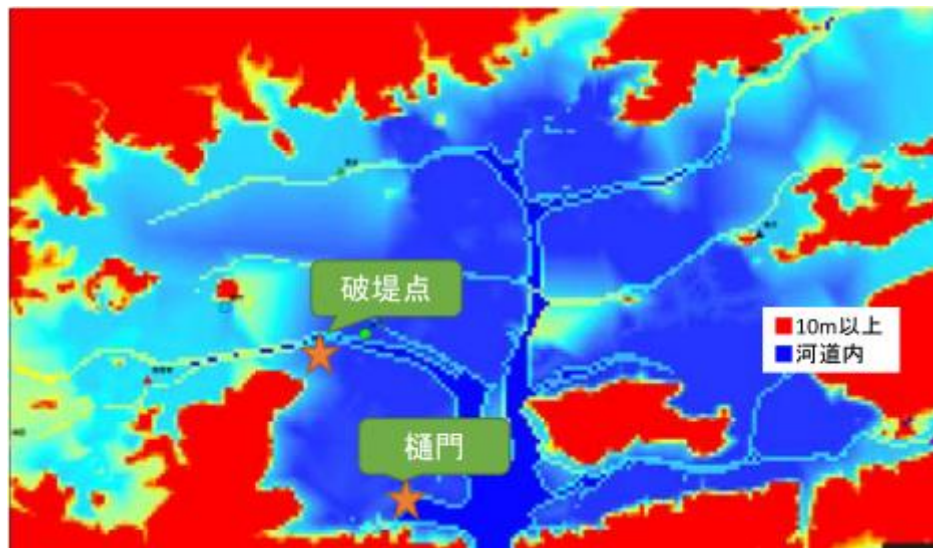


図1 氾濫モデルと設定する破堤点と樋門

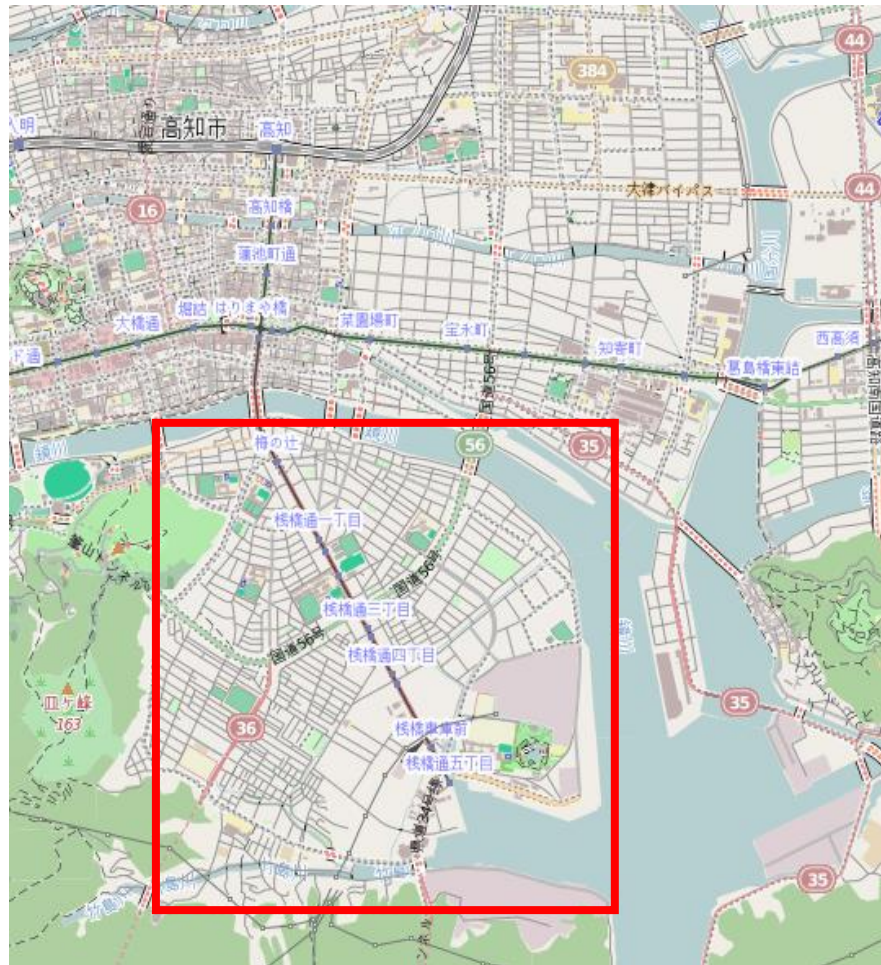


図2 水害発生箇所，約2km四方が水没した想定

2.2.3 ハイブリッド産業連関表

ハイブリッド産業連関表とは，高知工科大学経済・マネジメント学群の那須教授と，Cholapat Jongdeepaisal 助教により開発されたモデルで，既存の産業連関表に，水害被害のプロセスを加えることにより，水害被害を受けた各産業の金額を1つの表に纏めたものである。水害被害を Recovery cost(復旧コスト)，建築物が水害による被害から，前の状態を取り戻すためのコストと，Rehabilitation cost(瓦礫撤去コスト)水害被害後に，瓦礫といったゴミを掃除するためのコストの2項目に分けて計算し，再建の為の金額を計算する。高知市2012年度の産業連関表のデータを使用し，中分類の40産業で計算を行った。

2.2.4 GIS データ

治水経済調査マニュアルの便益算定では、評価額を算定する区画を 1km メッシュに分割し、地区毎に調査を行っている。今回使用したのは、国土数値情報 ダウンロードサービス³⁾内における行政区域 高知区画、土地利用三次メッシュ、メッシュ番号 5033 を使用した。また、1 k mメッシュを正確に出し、shape ファイル内に資産データを入れるために、Q G I S⁴⁾内のプラグイン、Japan mesh の 3 次メッシュを使用した。浸水した高知市内のメッシュと浸水深は以下の表の通りである。浸水したメッシュの 50332443 の浸水深は 2.33m となり、メッシュ 50332453 の浸水深は 2.05m、メッシュ 50332454 の浸水深は 2.21m、メッシュ 50332463 の浸水深は 1.45m となった。

表 1 浸水メッシュ内の浸水深

浸水したメッシュ	浸水深(m)
50332443	2.33
50332453	2.05
50332454	2.21
50332463	1.45

2.2.5 WEB-DHM

WEB-DHM（水エネルギー収支分布型水循環モデル）とは東京大学の小池らのグループで開発された、降水量のグリッドデータ、河川の地図データ、土壌等のデータを用いて飽和雨量、洪水時に河川流出の振る舞いをシミュレーションできるモデルである⁵⁾。土壌水分の変遷の調査、森林への影響も出力できるモデルである。今回はこのモデルを使用し、高知市の鏡川流域の梅の辻・棧橋通の地域内が外水氾濫したシミュレーションの元で計算を行った。

2.2.6 資産データ

①人口・世帯数

人口・世帯数は、地域メッシュ統計、国勢調査の、e-stat 地図で見る統計 男女別人口総数及び世帯総数 2015 年版⁶⁾を使用し、データを抽出した。このデータから高知市の 1km メッシュ単位で人口や世帯総数を見ることができる。

②家屋・床面積

家屋・床面積は、総務省、平成 29 年度 固定資産の価格等の概要調書の、市町村別内訳、2017 年度版⁷⁾を使用し、データを抽出した。このデータは市町村に建てられた住宅やホテル、事務所や病院といった様々な建築物の棟数や床面積が記載されている。今回は総床面積、高知市における建築物の全ての総合床面積のデータを使用した。

③工業従業員数

工業従業員数は経済産業省の、工業統計メッシュ検索システム⁸⁾を使用し、2010 年の工業統計メッシュデータを使用し、データを抽出した。尚、治水経済調査マニュアルでは、工業は産業で分類し、その産業毎に評価額計算を行わなければならないが、工業統計メッシュデータでは、そのメッシュ内の事務所数・従業員数・製造品出荷額の情報のみであるので、それについての計算は省略させて頂く。

④商業従業員数

商業従業員数は経済産業省の、商業統計メッシュデータ検索システム⁹⁾を使用し、2014 年の商業統計メッシュデータ使用し、データを抽出した。メッシュ内のデータは、事業所数・年間販売額・売場面積の情報のみであるので、工業従業員数の時と同じく、産業別についての計算は省略させて頂く。

⑤総農家数

総農家数は、農林業センサスの 1km メッシュの 2015 年、総農家等__総農家数¹⁰⁾からデータを抽出した。

以上の人口・世帯数、家屋・床面積、工業従業員数、商業従業員数、総農家数のデータを使用して水害被害額を計算する。

2.2.7 資産額算定

①家屋資産額

家屋資産は、床面積に都道府県別家屋 1m² 当たり評価額、各種資産評価及びデフレーターに記載されたものを使用する評価額は全てそれからの引用とする。ここでは高知県、H29 年評価額の 208.5 千円/m² を掛けて算定した。床面積は家屋・床面積での総合床面積から、高知市の世帯数を割ったもので計算する。メッシュ 50333443 の家屋資産額は 2249471731 円となり、50332453 のメッシュは 3032332944 円となった。メッシュ 50332454 の家屋資産額は 1020811705 円となり、メッシュ 50332463 の家屋資産額は 2653905656 円となった。

表 2 家屋資産額メッシュ別金額

浸水したメッシュ	家屋資産額 (円)
50332443	2249471731
50332453	3032332944
50332454	1020811705
50332463	2653905656

②家庭用品資産額

家庭用品評価額は、世帯数に 1 世帯当たりの家庭用品評価額、ここでは H29 年評価額の 13085 千円/世帯を掛けて算定した。メッシュ 50332443, 50332453, 50332463 では、集合住宅等も多い為か、資産額が高く見積もられているものと思われる。

表 3 家庭用品資産額メッシュ別金額

浸水したメッシュ	家庭用品資産額 (円)
50332443	1437387250
50332453	1937626800
50332454	652287250
50332463	1695816000

③事業所償却・在庫資産

工業・商業別に、従業員数に産業分類別事業所 1 人当たり償却資産額及び在庫資産額を掛けて工業・商業資産額を算定した。尚、工業償却・在庫資産は、H29 年度の産業分類の鉱業、採石業、砂利採取業の償却資産 15723 千円/人、在庫資産 2896 千円/人とする。商業償却・在庫資産は、従業員の詳細な産業が不明なので、全ての産業分類の平均とする。償却資産は 10798 千円/人、在庫資産は 1634 千円/人とした。

表 4 工業在庫資産額メッシュ別金額

浸水したメッシュ	工業償却資産額 (円)	工業在庫資産額 (円)
50332443	147796200	27222400
50332453	18867600	3475200
50332454	388358100	71531200
50332463	303453900	55892800

表 5 商業償却・在庫資産額メッシュ別金額

浸水したメッシュ	商業償却資産額 (円)	商業在庫資産額 (円)
50332443	360056700	66318400
50332453	776716200	143062400
50332454	168236100	30987200
50332463	503136000	92672000

④農漁家償却・在庫資産

農漁家世帯数に農漁家 1 戸当たり償却資産評価額 H29 年度 1675 千円/戸及び在庫資産評価額 489 千円/戸を掛けて農漁家・償却被害を算定した。浸水想定メッシュ内では、農漁家は存在して、償却資産や在庫資産は少量あるが、該当メッシュ内に田畑は存在しないため、資産額は低めとなっていると思われる。

表 6 農漁償却・在庫資産額メッシュ別金額

浸水したメッシュ	農漁償却資産額 (円)	農漁在庫資産額 (円)
50332443	2010000	586800
50332453	502500	146700
50332454	167500	48900
50332463	2345000	684600

2.2.8 被害額算定

①家屋被害額

家屋資産額で求めた金額に対応する被害率を掛けて家屋被害額を算定した。尚、地盤勾配はBグループとする。マンション等の集合住宅に住んでいる世帯を考慮して、メッシュ毎に0.5等の補正値を乗じた。使用した浸水率は、100～199cmの0.343と、200～299cmの0.647である。

②家庭用品被害額

家庭用品資産額で求めた金額に対応する被害率を掛けて家庭用品被害額を算定した。使用した浸水率は、100～199cmの0.508と、200～299cmの0.928である。

③事業所償却・在庫資産被害額

事業所償却・在庫資産額で求めた金額に対応する被害率を掛けて事業所償却・在庫資産被害額を算定した。使用した浸水率は、償却資産は100～199cmの0.789と、200～299cmの0.966と、在庫資産は100～199cmの0.586と、200～299cmの0.897である。

④農漁家償却・在庫資産被害額

農漁家償却・在庫資産額で求めた金額に対応する被害率を掛けて農漁家償却・在庫資産被害額を算定した。償却資産は100～199cmの0.297と、200～299cmの0.651と、在庫資産は100～199cmの0.491と、200～299cmの0.767である。農家が使用する機械は雨風に強く作られているという想定から、一定浸水率までは低めに見積もられていると考えられる。

⑤公共土木施設等被害

一般資産被害額（家屋被害額、家庭用品被害額、事業所償却・在庫資産被害額、農漁家償却・在庫資産被害額の総和）に公共土木施設等の被害額の一般資産被害額に対する比率（付録の表に準ずる）を掛けて公共土木施設等被害額を算定した。尚、今回は浸水被害想定地域内に農地、農業用施設がないものとして計算しているので、当2項目については計算しないものとする。

⑥営業停止損失

営業停止損失については、今回はメッシュ番号50332454内にある、「鉱業、採石業、砂利採取業」であるセメント工業系の企業に焦点を置いて被害額を計算した。メッシュ内の従業員数と、浸水深から求められる停止日数、停滞日数と、産業分類別事業所事業者1人あた

りの付加価値額ここでは 29 年評価額の 49209 円/人を掛け、営業停止損失を計算する。

⑦清掃労働対価

世帯数に 1 日当たり一般世帯清掃労働対価評価額の 11093 円/日を乗じ、清掃日数を掛け、清掃労働対価を計算した。今回の清掃日数に関しては、1998 年の清掃日数の 10 日を基に計算した。

2.3 結果

2.3.1 被害額

①家屋被害額

家屋資産額と対応した被害率を掛けて、家屋被害額を計算した。家屋被害額は、メッシュ 50332443 では浸水深 2.33 で、被害額 771568803 円、メッシュ 50332453 では浸水深 2.05 で、被害額 1961919415 円、メッシュ 50332454 では浸水深 2.21 で、被害額 660465173 円、メッシュ 50332463 では浸水深 1.45 で被害額 910289640 円となった。

表 7 家屋被害額総計

浸水したメッシュ	浸水深(m)	被害額 (円)
50332443	2.33	771568803.7
50332453	2.05	1961919415
50332454	2.21	660465173.1
50332463	1.45	910289640.1

②家庭用品被害額

家庭用品被害額と対応した被害率を掛けて、家庭用品被害額を計算した。一番大きい被害額は、メッシュ 50332453 で、被害額は 1798117670 円に上った。

表 8 家庭用品被害額総計

浸水したメッシュ	浸水深(m)	被害額 (円)
50332443	2.33	730192723
50332453	2.05	1798117670
50332454	2.21	605322568
50332463	1.45	861474528

③工業償却・在庫資産被害額

工業償却資産と在庫資産に対応する被害率を掛けて、工業償却・在庫資産を計算した。メッシュ 50332454 等の南側のメッシュは、工業地帯も存在し、事業所の数も多いので、償却被害額・在庫被害額共に大きいものとなると考えられる。

表 9 工業償却・在庫被害額総計

浸水したメッシュ	浸水深(m)	償却被害額 (円)	在庫被害額 (円)
50332443	2.33	116611201.8	86608573.2
50332453	2.05	18226101.6	16924237.2
50332454	2.21	375153924.6	348357215.7
50332463	1.45	239425127.1	177823985.4

④商業償却・在庫資産被害額

商業償却資産と在庫資産に対応する被害率を掛けて、商業償却資産と在庫資産を計算した。メッシュ 50332453 では、住宅地であり、店舗等も多く存在するため償却被害額、在庫被害額も大きくなると考えられる。

表 10 商業償却・在庫被害額総計

浸水したメッシュ	浸水深(m)	償却被害額 (円)	在庫被害額 (円)
50332443	2.33	284084736.3	38862582.4
50332453	2.05	750307849.2	128326972.8
50332454	2.21	162516072.6	27795518.4
50332463	1.45	396974304	54305792

⑤農漁家償却・在庫資産被害額

農漁償却資産と在庫資産に，対応する被害率を掛けて，農漁償却・在庫被害を計算した．この４メッシュでは，農漁家の数も少なく，田畑も存在しないため，大きな被害は出ていない．

表 11 農漁償却・在庫被害額総計

浸水したメッシュ	浸水深(m)	償却被害額（円）	在庫被害額（円）
50332443	2.33	596970	288118.8
50332453	2.05	327127.5	112518.9
50332454	2.21	109042.5	37506.3
50332463	1.45	696465	336138.6

⑥公共土木施設等被害

家屋被害額，家庭用品被害額，工業償却・在庫資産，商業償却・在庫資産，農漁家償却・在庫資産を総計した額と，対応する被害率を掛けて，各公共土木施設等被害を計算した．実際の街の中の道路や橋梁，下水道や都市施設，公益のメッシュ内の割合や，段階ごとに被害率が分かれていないことから，更に改良の余地があると考えられる．

表 12 公共土木施設被害額総計

浸水メッシュ	道路（円）	橋梁	下水道	都市施設	公益
50332443	1249749245	75066107	8115254	4057627	174477979
50332453	2879345326	172947690	18697048	9348523	401986522
50332454	1342730325	80651009	8719028	4359514	187459103
50332463	1627056804	97729061	10565304	5282652	227154034

⑦清掃労働対価

清掃労働対価は、世帯数に清掃労働評価額と清掃日数を掛けて計算した。浸水した4メッシュは世帯数が多いため、対価の金額も大きくなる。この清掃労働対価を、再建コストとした。

表 13 清掃労働対価総計

浸水したメッシュ	浸水深(m)	対価 (円)
50332443	2.33	243713210
50332453	2.05	547550480
50332454	2.21	110597210
50332463	1.45	479217600

⑧営業停止損失

営業停止損失は、該当する産業、ここではセメント工業(産業分類としては鉱業、採石業、砂利採取業に分類される)と営業の停止・停滞日数を掛けて損失の額を計算する。今回は停止・停滞日数の期間を10日とした。これは1998年の水害で企業が停止した日数が10日だったことからである。

表 14 営業停止損失総計

浸水したメッシュ	浸水深(m)	損失 (円)
50332454	2.21	412041719.7

2.3.2 合計金額

表 15 被害別合計金額

項目別被害	被害額（円）
家屋被害	4,304,243,032
家庭用品被害	3,995,107,489
工業償却被害	514,706,277
工業在庫被害	432,493,569
商業償却被害	1,094,693,972
商業在庫被害	140,691,962
農漁家償却被害	1,729,605
農漁家在庫被害	774,282
公共事業被害	7,810,907,942
清掃労働対価	1,381,078,500
営業停止損失	412,041,719
合計	20,088,468,352

合計水害被害額は、200 億にのぼった。高知市南部の 2km 四方の範囲内、セメント系企業の営業停止損失を加えたという条件下ではあるが、狭い地域内では高額と言える金額である。

2.3.3 ハイブリッド産業連関表結果

以下に、ハイブリッド産業連関表を使用した結果のグラフを示す。

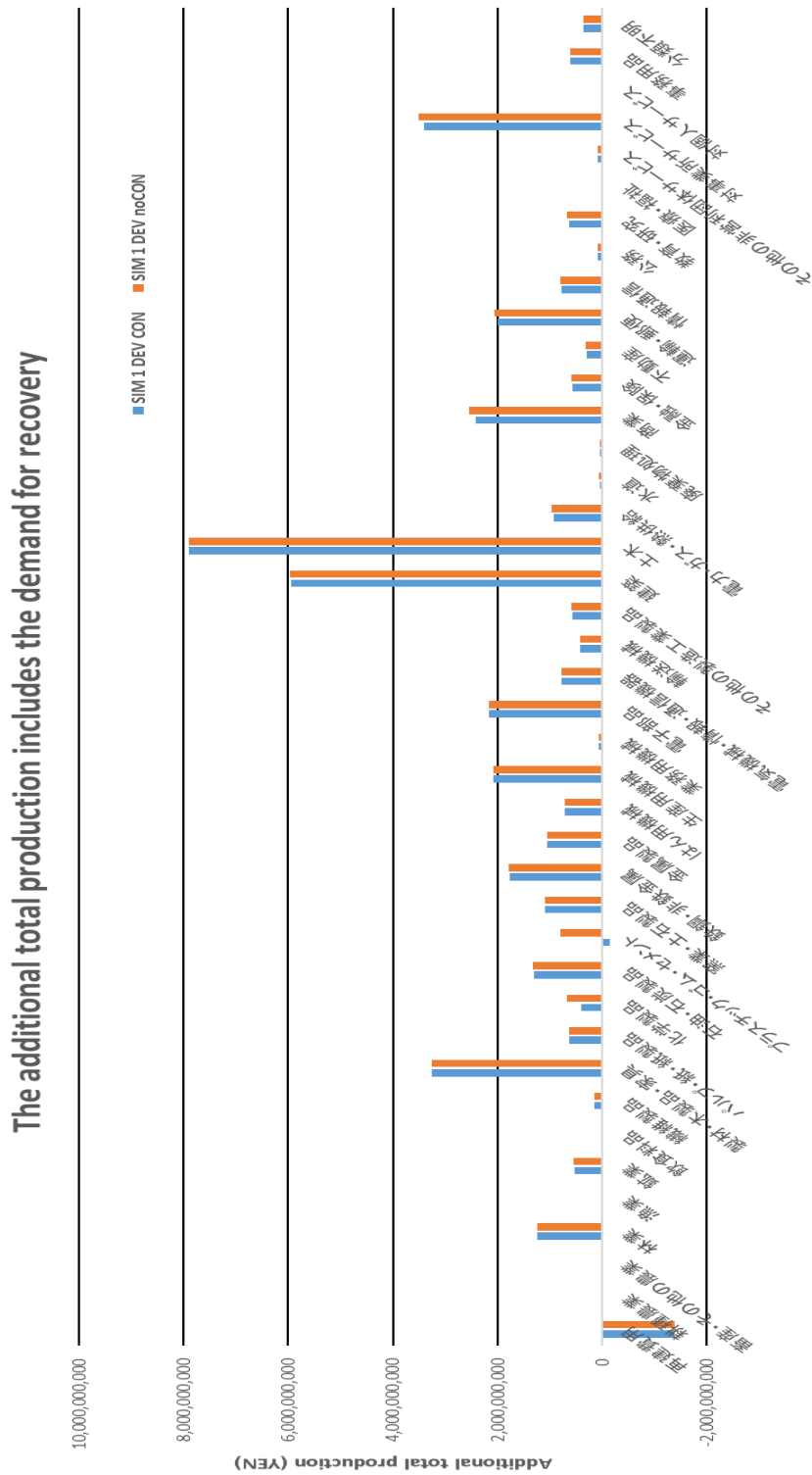


図4 Final Demand 営業停止損失ありなし比較

2.4 考察

再建費用は瓦礫等の掃除にかかる費用であるので、高知県のコストとしてはマイナスである。これは「営業停止損失」を含んでいてもいなくても金額に変わりはない。耕種農業から分類不明の 40 項目は、再建時に発生する高知県の産業の利益である。産業の中の 1 つ、プラスチック・ゴム・セメントの区分は、「営業停止損失」を含むと、利益がマイナスとなることが分かった。これにより、1 つの企業は高知県の産業に大きく影響を及ぼしているということが判明した。これにより、ハイブリッド産業連関表を使用すると、詳細に高知県の水害により産業がどのような影響を受けるのか、掃除コストの合計はいくらになるのかについての詳細な議論ができることが分かった。今回のシミュレーションで使用した水害二次元氾濫モデルは、高知市街を流れる鏡川周辺のみデータしかなく、高知市内の工業地帯の氾濫は想定できないものとなっている。WEB-DHM で今回氾濫した場所以外の解析を行うことが出来たなら、より詳細な高知市における水害被害シミュレーションができられる。また、世帯数に関しては、浸水想定区域内における、マンションの数といった集合住宅の数が個人情報の関係か記載されておらず、詳細な水害による被害を受ける世帯数を見分けるのが困難な状況と言える。また、工業・商業に関しては、メッシュ内に事業所が何社存在するか、そのメッシュ内に従業員が何人働いているのかという情報だけで、詳細な企業名に関しては情報がなかった。今回は使用しなかったが畑で栽培されている農作物の詳細な情報も入手できておらず、米の栽培情報のみしか取得できなかった。以上のように水害被害額の詳細な算定には、まだまだ情報が足りないと言える。今後はこのような詳細な情報を取り入れ、より細かな被害額算定をしたい。

第3章 ダウンスケーリングデータを用いた高知県における気候変動影響評価

3.1 序論

近年、気候変動による極端な気象災害が頻発しており、水害の社会経済的影響も今後ますます気候変動に伴い深刻化すると予想されている¹¹⁾。日本国内でも、浸水被害が頻発したことを受け、2015年より「水防法」の改正が進んでいる。高知県は日本全国1位の降水量であり、気候変動の影響を大きく受け、いつ何時激甚災害が発生してもおかしくない状況と言える。高知市は、北側を500mから1000m級の山地が囲んでいるため、これらの山地に囲まれた狭いエリアでの集中豪雨により、特定河川での増水が起こりやすいという特徴を持つ。これらの高い水害リスクを持つ高知県高知市を対象に、高知市上流部を流れる鏡川（2級河川）上流部、工石山に着目し、全球気候モデルの結果を統計的・力学的にダウンスケーリングした降雨量予測値を用い、7月、8月、9月、10月といった主に夏期の月合計降水量の35年間の過去データと将来予測データの比較により、台風期の高知市における気候変動の影響を月降水量の観点から検討した。また、1月から12月の月毎の相関を調べ、気候変動の影響が、どの月が、何の原因によって異常気象が発生しているかを検証した。

3.2 方法

3.2.1 アメダスデータ

西暦 1970 年から 2005 年までの月毎の降水量データを抽出し、高知市地点のアメダスデータを用いた。

3.2.2 CMIP5

7 月、8 月と 9 月、10 月における各々の月降水量について、2020 年から 2055 年までの予測データを用いた。地点としては、高知市上部の鏡ダム付近に着目した。用いた予測データの詳細は以下の通りである。CMIP5（第 5 期結合モデル相互比較計画）に提出された気候予測シミュレーションのうちの 5 つ、CSIRO-Mk3・GFDL-CM3・MIROC5・MRI-CGCM・Had-Gem の全球気候モデルを使用した¹²⁾。各モデルで使用した気候シナリオは全て RCP8.5、すなわち温室効果ガスを排出削減しないシナリオを使用している。本シナリオを採用したのは、水防法の改正に伴う要請（想定される最大規模の洪水に係る区域を公表するための予測データ作成の必要性）に従うためである。想定最悪の指標として最悪のシナリオ（RCP8.5）を採用した。ただし、2055 年までの近未来データを扱っているため、化石燃料起源の温室効果ガス排出量は、種々の排出削減シナリオの策定で用いたマイルストーン年（2100 年）における排出量のシナリオ間差ほど大きい差異がなく、2055 年までで考えると、RCP8.5 の特異性は際立っていない点を注記しておきたい。具体的には、2055 年までの RCP8.5 の排出量は、緩和策が機能した時の現実的シナリオ（RCP4.5 や RCP6.0）と比べて、最大で 1.5 倍程度の排出量である。このため、気候変動を考慮した想定最大規模の見積もりにおいて、RCP8.5 を科学的根拠のある最大値として採用することは妥当と判断した。使用した 5 モデルは、全球気候モデルのため、気候データの計算結果が 200 km から 300 km のメッシュで出力される。本論文では、これらの結果を次節で説明する水文モデルと同スケールにまで統計的ダウンスケーリングした予測データを用いた。具体的には、5 つのシミュレーションモデルの計算結果をリグリッドし、過去値メッシュデータ、日別メッシュデータ、ならびに補正值メッシュデータを計算することにより、1 km メッシュの予測値を得た。なお本論文で用いたダウンスケーリングデータは、農業環境技術研究所で作成されたデータである。先行研究において、Tiber 川を例として CMIP5 内の 2 モデルの統計的ダウンスケーリングデータ（月単位・10 km メッシュの粗い時空間解像度）に関する詳細比較が行われている。当該比較により、洪水リスク予測の結果はモデルに強く依存しており、複数モデルのアンサンブル平均（モデル間平均）に基づいてリスク予測を行うのが適切との結論が得られている。

3.2.3 D4pdf

D4pdf (地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース) に提出された, C M I P 5 と同様の5つの気候予測シミュレーション, CSIRO-Mk3・ GFDL-CM3・MIROC5・MRI-CGCM・Had-Gem の, 全球予測モデルを使用した¹³⁾. 過去実験と, 4°C上昇実験の2つのアンサンブルを使用した. 過去実験は, 観測された海面水温と海氷, 温室効果ガス濃度変化, 硫酸性エアロゾル濃度変化, オゾン濃度変化, 火山性エアロゾル濃度変化を全球モデルに与えている. この過去実験データは, 1951~1985年のデータを使用しており, C M I P 5 とは違う時期のデータを使用しているが, これは, d4pdf の過去実験データは 1950~2011年の間温室効果ガスは全く変化していないとするデータなので, 1951年からのデータを採用した. 4°C上昇実験データは, これは産業革命以前の気候から 4°C上昇したとするデータであるが, 2050~2111年の間温室効果ガスは上昇しないデータであるので, これも C M I P 5 で採用した 2020年からの時期とは合わせず, 2051~2086年のデータを使用した. この 4°C上昇実験データは, 統計的ダウンスケーリングでは 1km にリグリッドされたデータであったが, 力学的ダウンスケーリングデータでは, 20km メッシュまでしかリグリッドされていなかったが, 台風といった極端現象に対応したとされるダウンスケーリングデータであったので, 統計的ダウンスケーリングと比較をするという意味でも, このデータを採用した.

3.2.4 式

7 年標準偏差

標準偏差の経年変動について，過去と将来の相違点を見る為に，下記のような 7 年間の移動平均値として定義した各年の標準偏差を記す．

$$\sigma_k(t_i + 3) = \sqrt{\frac{1}{7} \sum_{k=i}^{i+6} \Delta y_k^2(t_i)} \quad (1)$$

σ_k は前後 3 年の標準偏差， Δt_i は初期年からの年数， \bar{x} は 5 モデルの平均値（各西暦年）， m は平均値を表す．ここで，各年におけるモデル間平均値と 36 年間の平均値差として，

$$\Delta y_k(t_i) = \bar{x}_k(t_i) - m_k \quad (2)$$

を導入した．式(1)において各年の標準偏差を算出する際の移動平均を 7 年間と定めたのは，下図を参照とする．

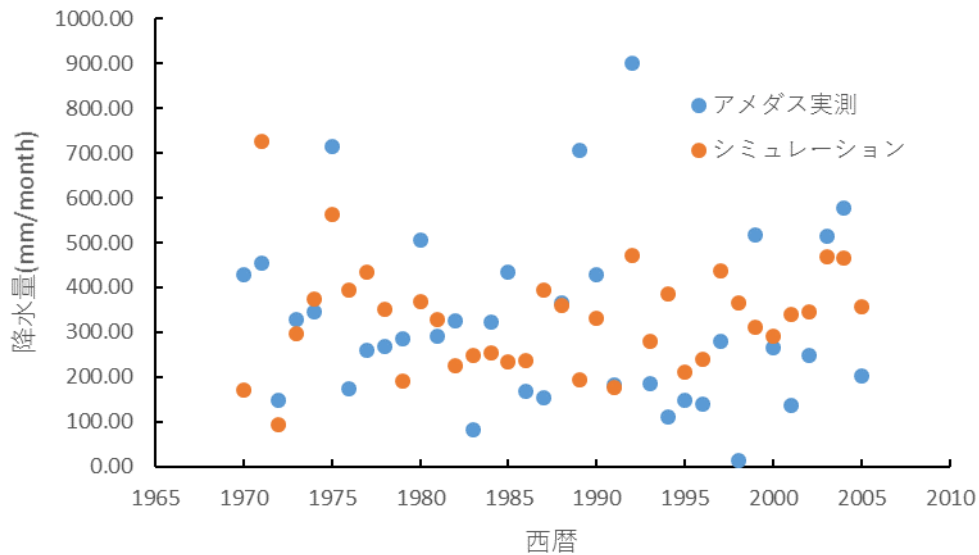


図5 アメダス実測値と CMIP5 シミュレーションデータ各年 8 月降水量

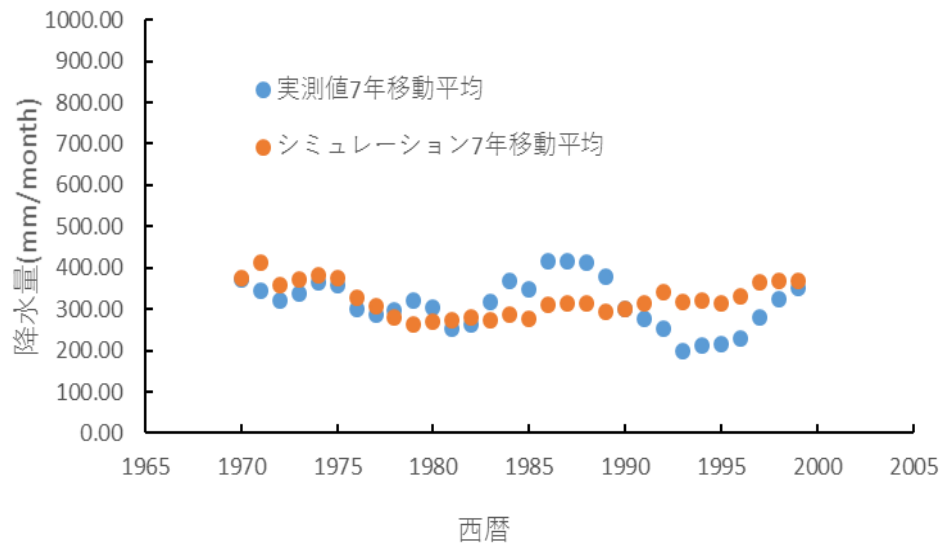


図6 アメダス実測値とCMIP5シミュレーションデータ7年移動平均降水量

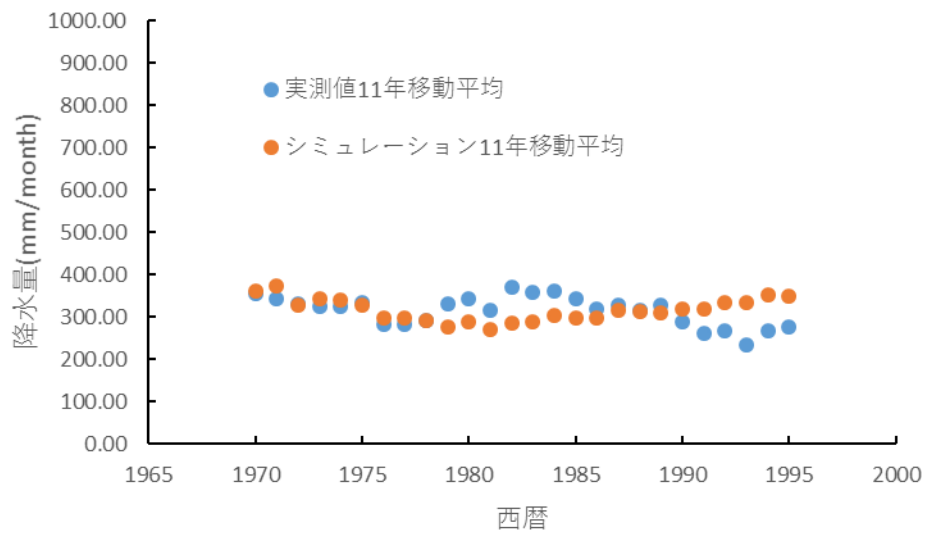


図7 アメダス実測値とCMIP5シミュレーションデータ11年移動平均降水量

図3-図5はアメダスデータ実測値とCMIP5シミュレーションデータ各年8月の1970年から2005年のデータである。図2の生のアメダス実測値とCMIP5シミュレーションデータ生データから、移動平均7年間と移動平均11年間のグラフを作成した。7年間移動平均では、特にアメダス実測値のグラフから、降水量の経年変化が現れているのが分かる。移動平均11年間のグラフのグラフを見ると、7年移動平均から見られた変動が確認できなくなっている。その為、7年移動平均を採用した。この7年移動平均を使用し、月降水量の7年標準偏差の移動平均を算出し、アメダス、CMIP5の統計的ダウンスケーリング、d4pdfの力学的ダウンスケーリングから、過去と将来の降水量の比較を行い、高知県における気候変動の影響評価を行う。

変動値

7年移動平均で作成した標準偏差の移動平均から、前年度の標準偏差の移動平均を割り、計算された数値を変動値とし、その変動値の値を使用して、月毎の変動値の相関を調査した。

$$A = \frac{\sigma_k}{\sigma_{k-1}} \quad (3)$$

A を変動値、 σ_k :標準偏差の移動平均、 σ_{k-1} : σ_k の前年度の標準偏差の移動平均とする。この変動値 A の値を使用して、相関行列を作成する。

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

R は相関係数、 x_i :各年の変動、 \bar{x} をモデル平均、 y_i を別月の各年の変動、 \bar{y} :別月のモデル平均とする。変動値 A の値を計算することで、標準偏差の前年度比を計算することができる。この数値から、前年度に見られなかった極端な豪雨が発生したかどうか分かる指標となる。変動値 A の相関行列を作成することで、極端な豪雨と見られる月同士の相関が判明する。まず、高知市アメダスのデータから、過去に起こった豪雨の月同士の相関を調べ、次にCMIP5の統計的ダウンスケーリング、d4pdfの力学的ダウンスケーリングから、相関行列を作成し過去のアメダスデータから見られた変動はシミュレーションデータでは再現できているのかについて調査する。

3.3 結果・考察

3.3.1 変動値を使用した月相関・アメダスデータ

高知市のアメダスデータの 1970 年から 2004 年の月雨量のデータを用いて、プログラミング言語の「R」、R の Package の corrplot を使用して、変動値の相関行列の 3D プロットを作成した。

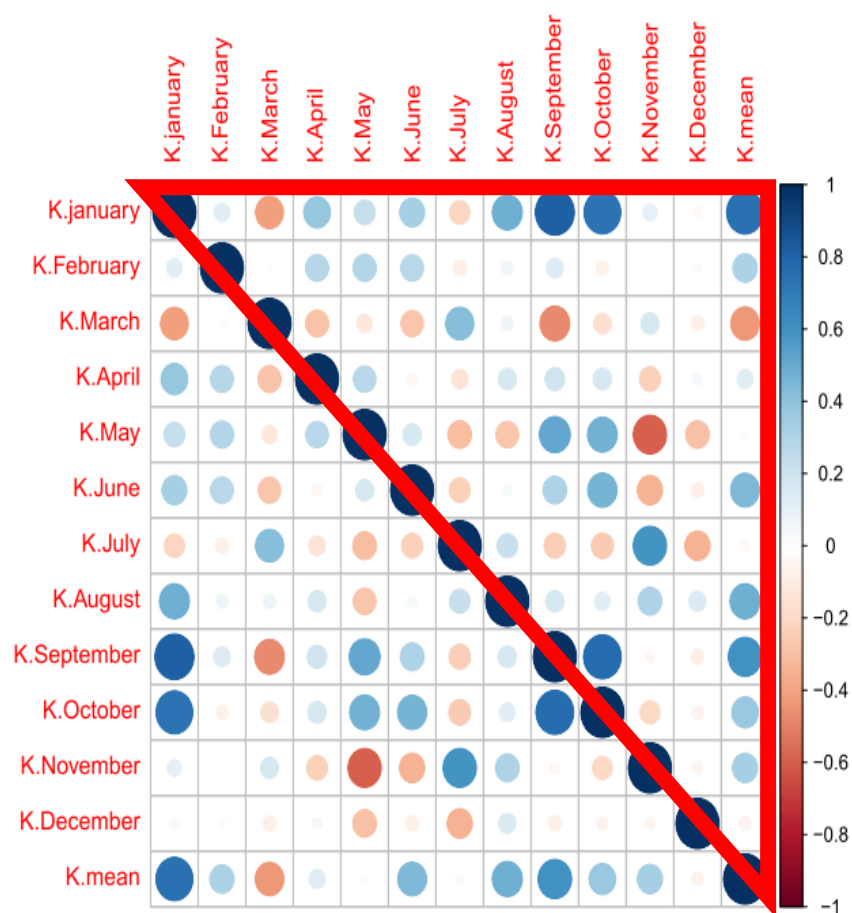


図 8 高知市アメダスの 1970 年から 2004 年の各月の相関行列

図 8 は高知市アメダスの 1970 年から 2004 年の各月の相関行列の 2 次元版である。図 5 の赤の三角で囲んだ箇所を 3D で表した。また、対角線上にある同じ月同士の相関は、自己相関となるのでこちらは描画しないこととした。

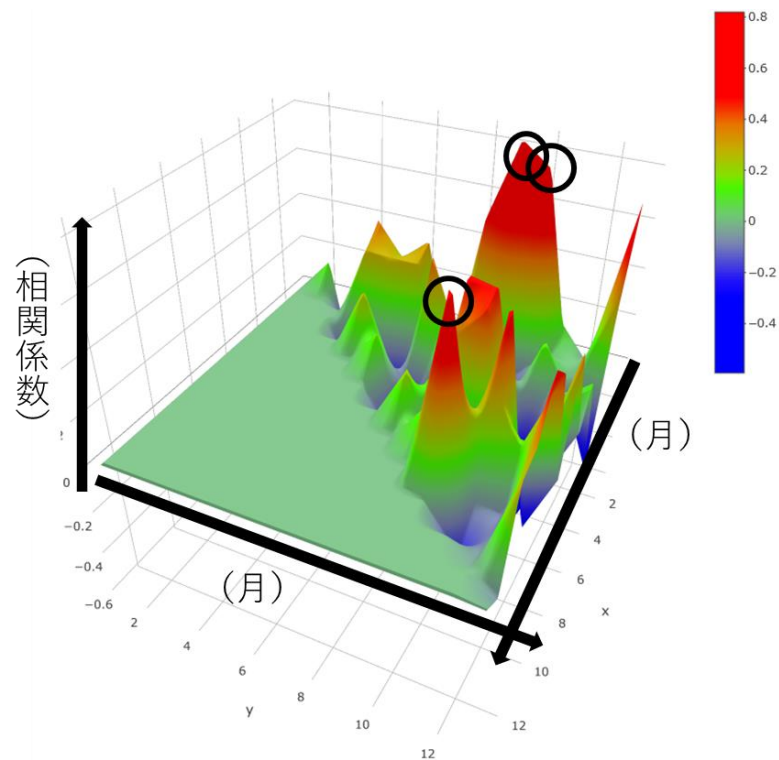


図9 高知市アメダスの1970年から2004年の各月の相関行列3Dプロット

図9は高知市アメダスの1970年から2004年の各月の相関行列3Dプロットである。このグラフの相関係数の高い数値を示したのは、1月と9月、1月と10月、9月と10月であった。1月と9月の相関係数は0.8で、1月と10月の相関係数は0.7、9月と10月の相関係数は0.7を超える高い相関を示した。この結果は1月の大雨や、9月と10月の大型台風の相関を示唆しているのではないかとこの結果であった。この結果から、1月、9月、10月の標準偏差7年移動平均のグラフを取り出した。

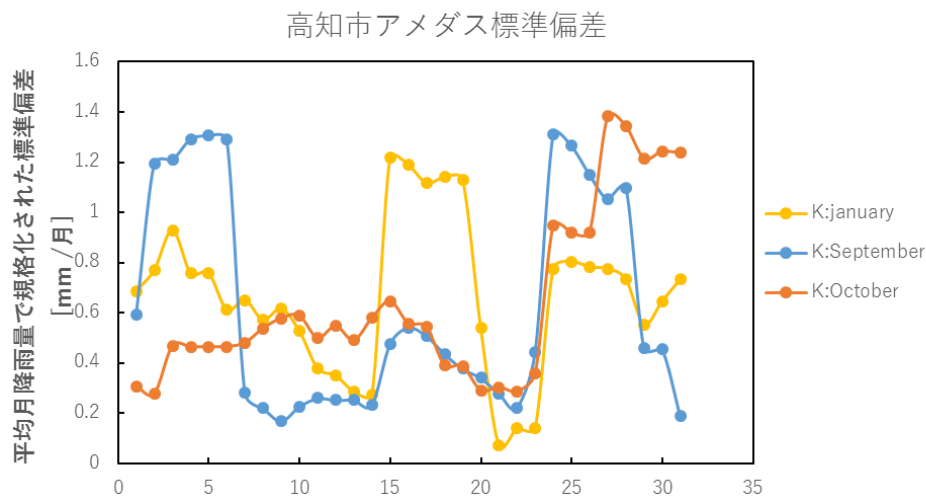


図 10 高知市アメダス 1970 年から 2004 年の 1 月，9 月，10 月の標準偏差 7 年移動平均

図 10 のグラフ縦軸の標準偏差 1.0 は，平均値と同程度の変動を表す．つまり平均値の 2 倍の降水量が観測された，という事に他ならない．9 月の標準偏差の 1.2 を上回っているのは，1973 年のエルニーニョ現象と重なり．1 月の標準偏差 1.0 を上回っているのは 1985 年のラニーニャ現象と重なる．10 月の標準偏差 1.4 を越えているのは 2002 年のエルニーニョ現象と重なるという調査結果だった．（付録に気象庁が公表しているエルニーニョ・ラニーニャ現象の発生期間を添付する．）この結果より，高知市アメダスにおける標準偏差の大きく変動する年は，海水温の増減によるエルニーニョ・ラニーニャ現象¹⁴⁾によるものであると示唆される結果となった．

3.3.2 変動値を使用した月相関・ダウンスケーリングデータ

高知市アメダスデータと同様に，CMIP5 の統計的ダウンスケーリング，d4pdf の力学的ダウンスケーリングのデータで，高知市地点の変動値の相関行列を作成した．この結果から，CMIP5 の統計的ダウンスケーリング，d4pdf の力学的ダウンスケーリングでは，アメダスデータから得られた結果の，標準偏差の高い数値の原因が海水温の増減によるものであるかの再現がとれているかどうか，即ちダウンスケーリングデータでも 1 月 9 月 10 月間の相関係数が高いかどうかについての調査を行う．

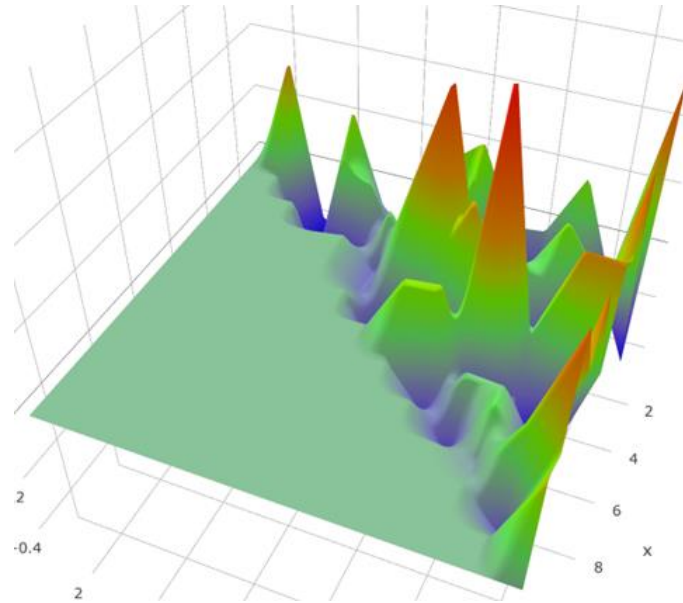


図 11 CMIP5 将来 相関係数

CMIP5 の将来、2020 年から 2055 年の高い相関係数は 4 月と 8 月は 0.61 で、6 月と 10 月は 0.75 だった。

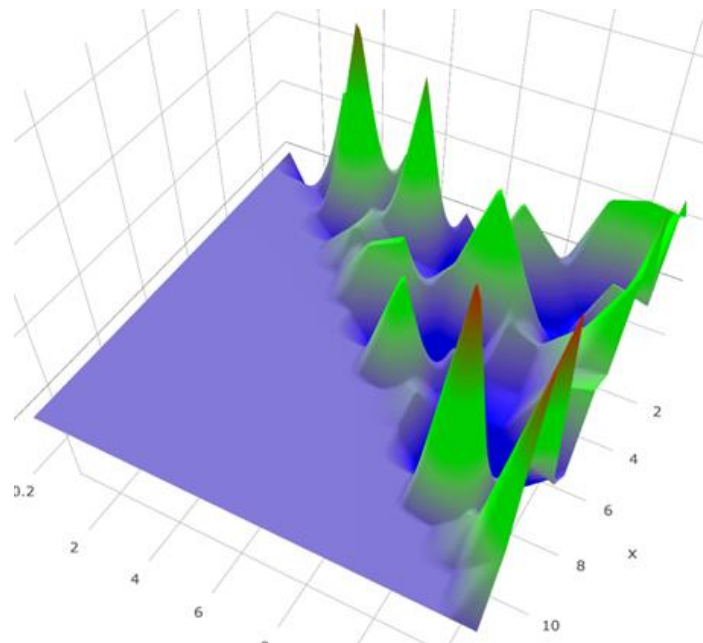


図 12 CMIP5 過去 相関係数

CMIP5 の過去 1970 年から 2004 年の高い相関係数は 2 月と 4 月は 0.56 で、10 月 11 月は 0.67 だった。

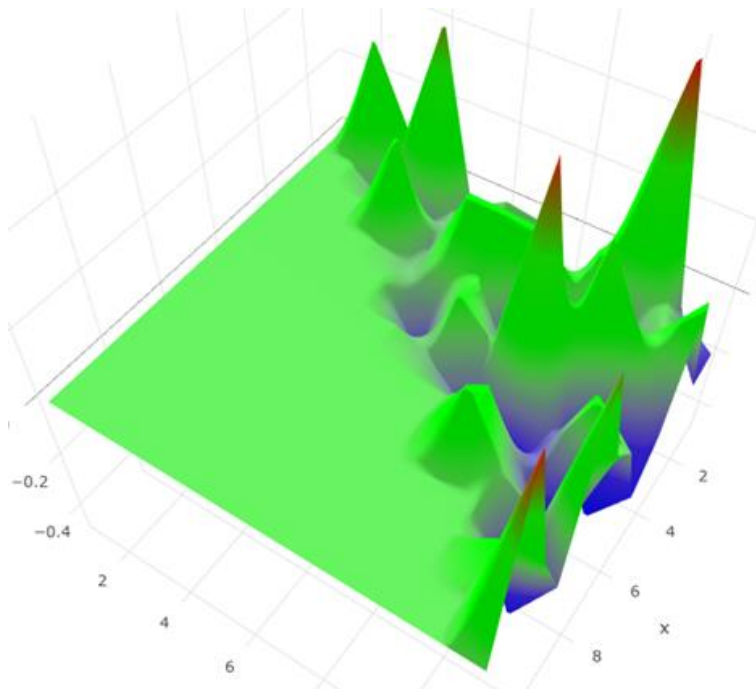


図 13 D4pdf 将来 相関係数

D4pdf の将来 2051 年から 2086 年の高い相関係数は、1 月と 10 月は 0.55 で、5 月と 9 月は 0.54 で、11 月と 12 月は 0.54 だった。

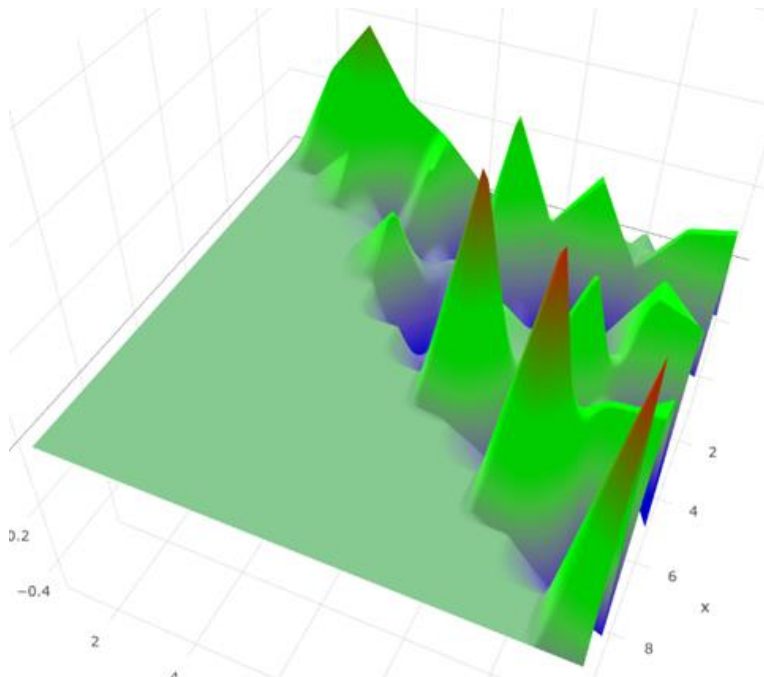


図 14 D4pdf 過去 相関係数

D4pdf の過去 1951 年から 1986 年の高い相関係数は、7 月と 8 月 0.58 で、9 月と 10 月は 0.61 で、11 月と 12 月は 0.65 だった。

CMIP5の将来，過去，d4pdfの将来，過去の4つで変動値の相関行列を作成した。
D4pdfの過去や将来では，1月と10月や9月と10月で相関が見られたが，高知市アメダスの相関行列並の相関係数の高さは見られなかった．この結果より，統計的・力学的ダウンスケーリングデータからはエルニーニョ・ラニーニャ現象は確認できなかったものとする．アメダスデータからは，月毎の相関から，エルニーニョ・ラニーニャ現象といった海水温の上昇が標準偏差の上昇に関わっていることが示唆されたが，CMIP5やd4pdfといった2つのダウンスケーリングデータからは，アメダスデータとは異なる相関が現れ，海水温の変化といった傾向は確認できなかった．

3.3.3 標準偏差比較

台風期，7月から10月の過去と将来，統計的ダウンスケーリングと力学的ダウンスケーリングの2つで標準偏差の比較を行った．この作業から，将来はどの程度激甚災害が起こりやすくなるのか，降雨量の振れ幅や100年に一度の雨は何月に起こりやすくなるのかの予測の指標として比較を行う．

CMIP5，統計的ダウンスケーリング標準偏差比較

まず，CMIP5の統計的ダウンスケーリングの過去，1970-2004年と将来，2021-2055年のデータを使用し，標準偏差の比較を行った．

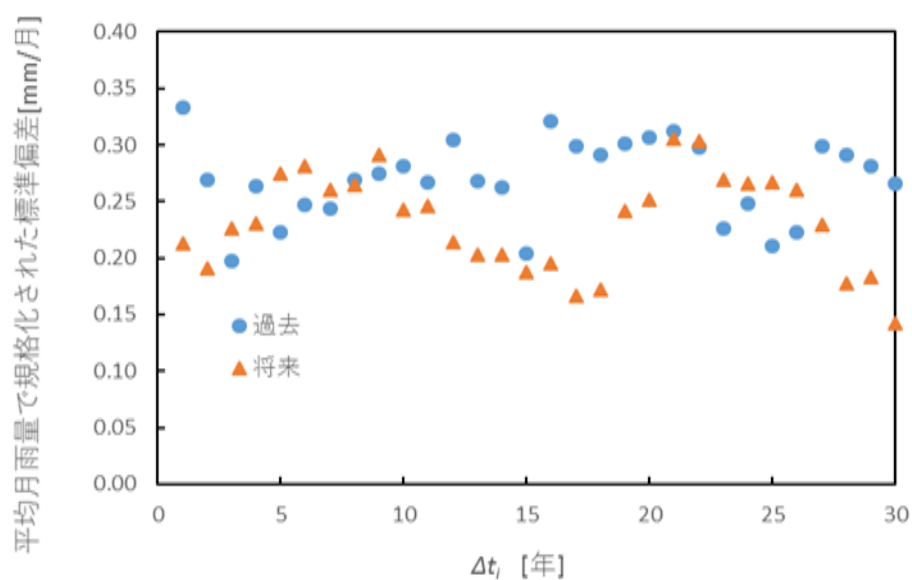


図15 CMIP5 過去・将来7月標準偏差比較

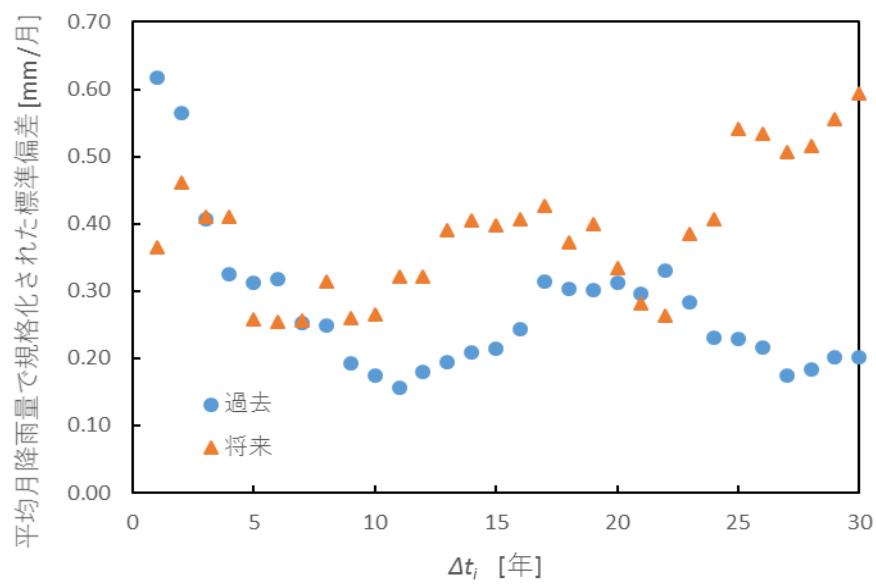


図 16 CMIP5 過去・将来 8 月標準偏差比較

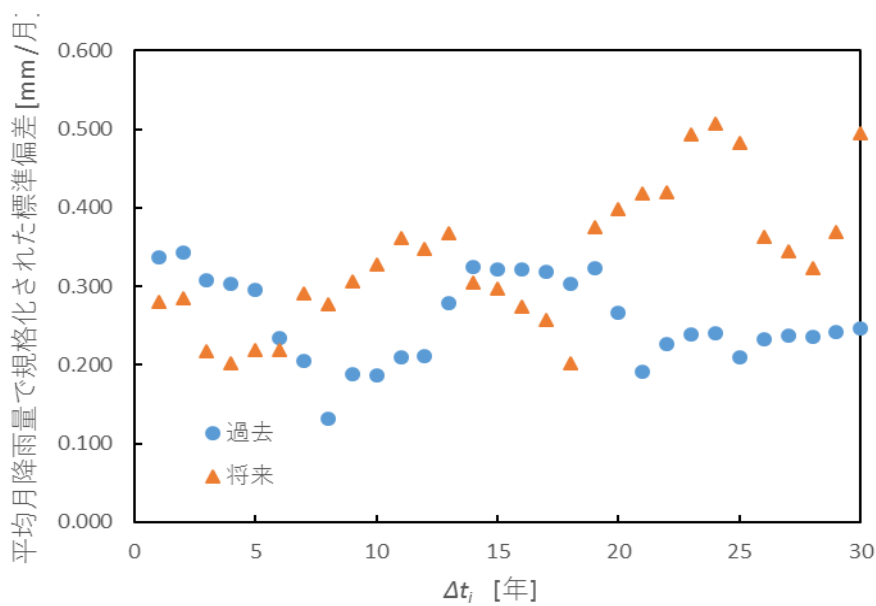


図 17 CMIP5 過去・将来 9 月標準偏差比較

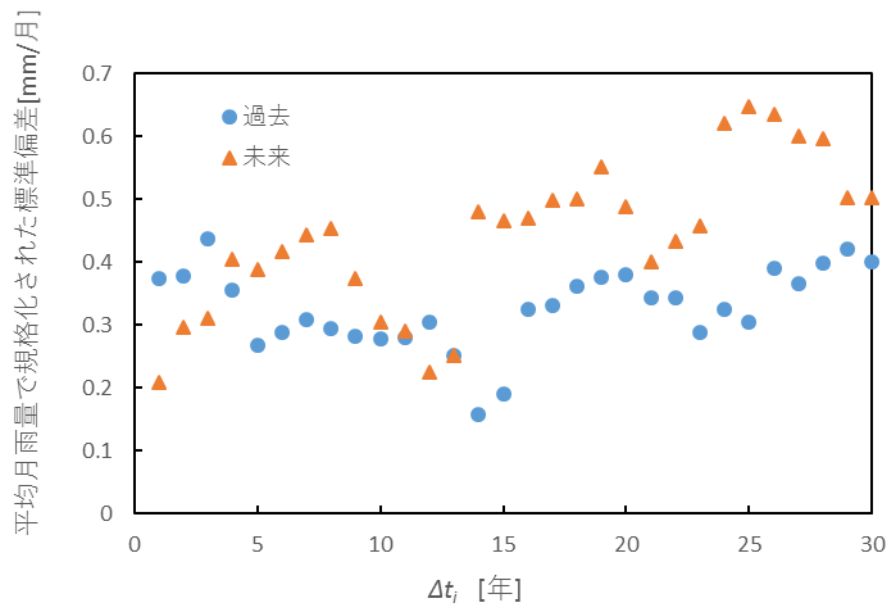


図 18 CM I P 5 過去・将来 10 月標準偏差比較

7 月から 10 月の過去と将来で標準偏差の比較を行った。その結果、7 月の標準偏差はシナリオ R C P 8.5 でも標準偏差には大きな変化が見られなかった。標準偏差の相対的上昇は 8 月と 10 月の共通傾向であることがグラフから判明した。この結果は、台風の大規模化・頻発化を示唆されるが、CM I P 5、統計的ダウンスケーリングでは極端現象は再現できないとされるダウンスケーリングデータである。この統計的ダウンスケーリングで確認された 8 月と 10 月の傾向が力学的ダウンスケーリングでも確認できるかについて、検証した。

3.3.4 D4pdf, 力学的ダウンスケーリング標準偏差比較・日雨量

D4pdf の力学的ダウンスケーリングの過去再現 1951-1986 年と将来 4°C上昇 2051-2086 年のデータを使用し, 標準偏差の比較を行った.

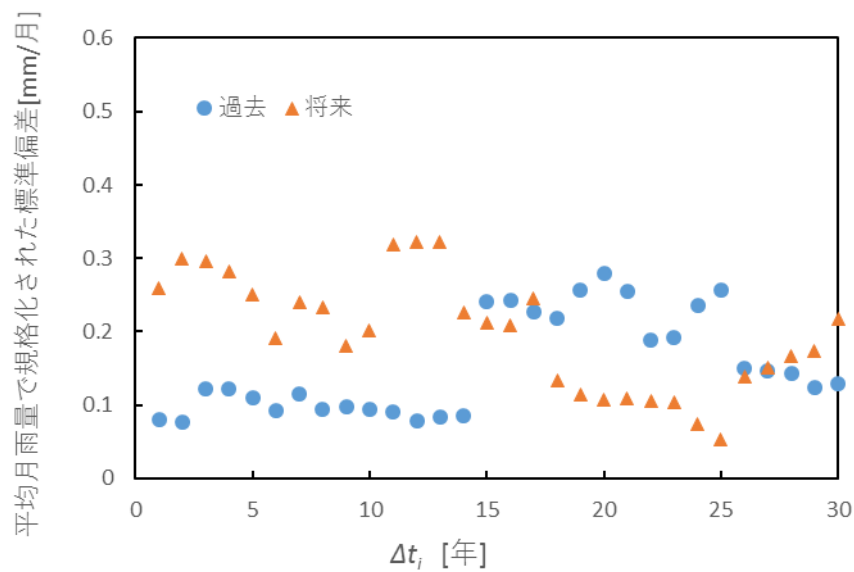


図 19 d4pdf 過去・将来 7 月標準偏差比較

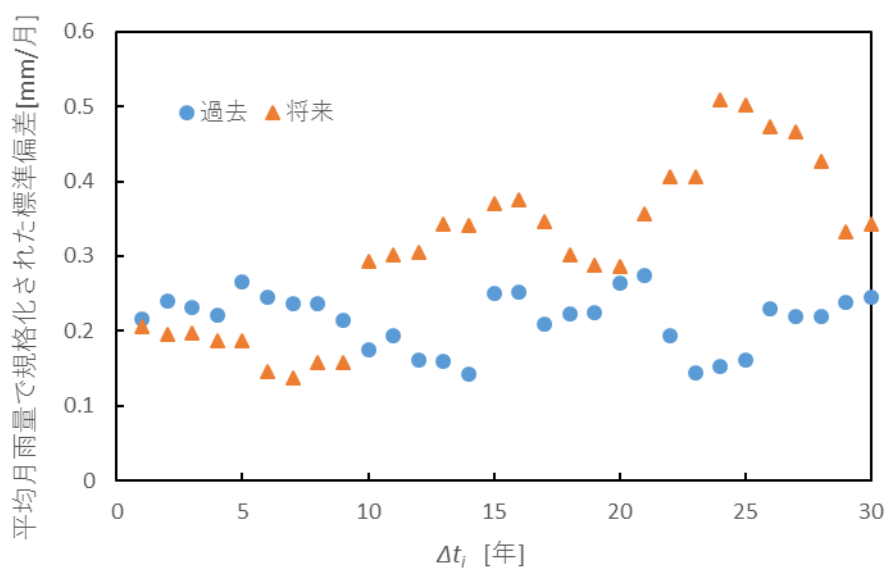


図 20 d4pdf 過去・将来 8 月標準偏差比較

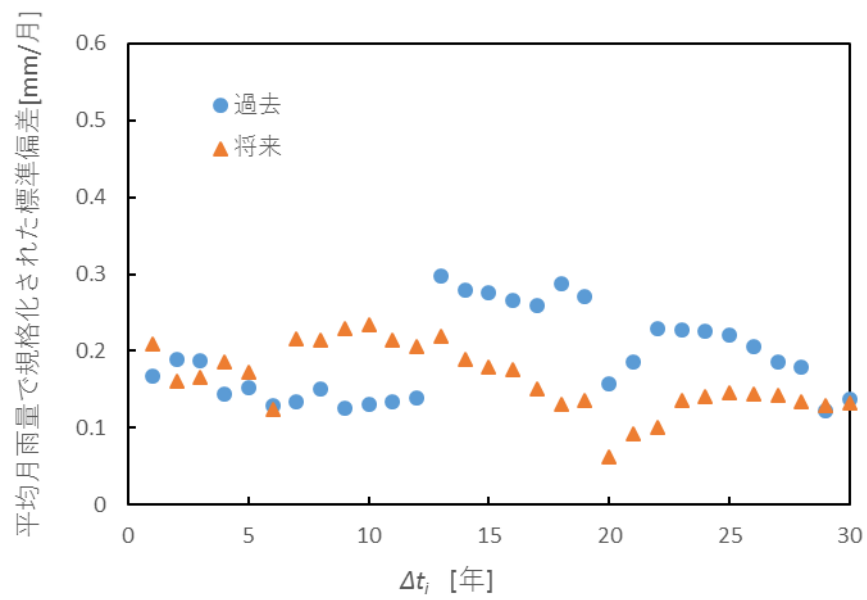


図 21 d4pdf 過去・将来 9 月標準偏差比較

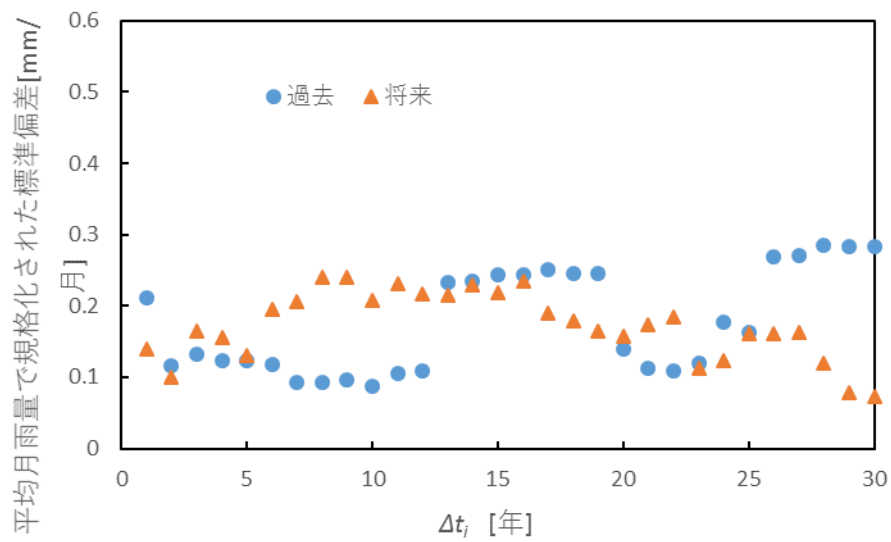


図 22 d4pdf 過去・将来 10 月標準偏差比較

7 月から 10 月で標準偏差の比較を行った。グラフを見ると、8 月のみが標準偏差の上昇が見られた。しかし、7 月、9 月、10 月の標準偏差は過去・将来ともに変化は見られないという結果となった。8 月のみがなぜ標準偏差の上昇が見られたのかについて原因を突き止めるために、d4pdf で使われた 5 つのモデル別に、2051-2086 年の 35 年間、15 メンバから、8 月の月合計降雨量が高いものを抽出した。

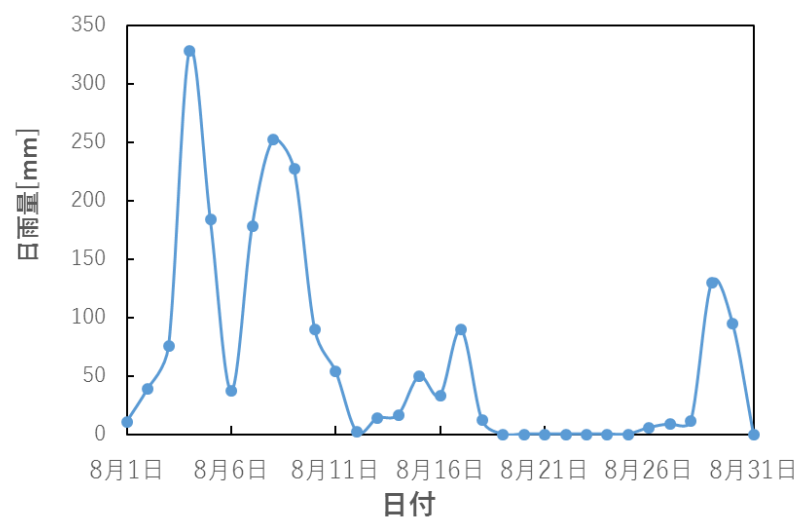


図 23 2080 年GFDL-CM3 の 8 月日雨量

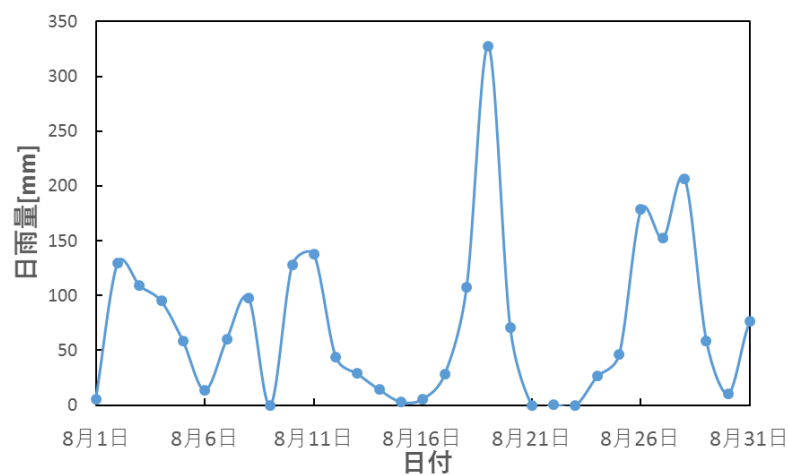


図 24 2060 年MIROC3 の 8 月日雨量

図 21・図 22 で表したように、日雨量でも 300mm を超える降水量があり、日雨量でも台風
に相当するような降水量を確認できた。図 21・図 22 のような月合計降水量が高いものが 8
月の標準偏差を高めていると思われる。7 月から 10 月の標準偏差の比較では、CMIP5
では 8 月、9 月、10 月で標準偏差の上昇が見られ、d4pdf では 8 月のみの上昇が見られた。
統計的でも力学的でも、8 月の標準偏差が上昇しており、将来的には特に 8 月の台風の大型
化・頻発化が示唆される結果となった。

第 4 章 総括

2014 年の台風 12 号通過時の梅の辻付近の水害の想定被害額は約 200 億となり、ハイブ
リッド産業連関表とセメント工業の営業停止損失を含めた産業毎の損害を調べるとプラス
チック・ゴム・セメントの産業が大きな被害を受ける結果となった。今後も様々なパターン
や地域で分析を進めると詳細な水害被害想定が判明されることが考えられる。統計的・力学的
ダウンスケーリングデータでは、今回の分析手法ではアメダスデータから見られたエルニー
ニョ・ラニーニャ現象といった海水温の変動は再現できていないと思われる結果となった。
しかし、1 月、9 月、10 月の相関以外にも高い相関係数を示す月が存在したことから、他の
気候変動の影響が存在すること可能性を含んでいるかもしれないという事が分かった。7 月
から 10 月の夏期の標準偏差の上昇は、特に 8 月に見られ、台風の頻発化・大型化が示唆さ
れる結果となった。d4PDF を使用し、台風期(8 月)における月合計降水量の標準偏差が 2070
年以降急激に上昇し、標準偏差値が平均降水量の半分程度の値となる事、また、その標準偏
差値の上昇には、月合計雨量が 1500mm を超える年が存在することから現れる傾向である
ことが分かった。毎年のように発生する豪雨現象は今後も続くと考えられ、様々な方法を使
い、これからも気候シミュレーションの統計的・力学的ダウンスケーリングデータやWEB
-DHM、ハイブリッド産業連関表により詳細な激甚災害の解析を行い、ソフト面、ハード
面での高知県を中心とした防災について今後も解決策、緩和策を研究し続けなければならない
結果となった。

謝辞

本研究は「気候変動適応社会実装プログラム (SI-CAT)」の四国課題を遂行する一環で行われたものです。古沢浩教授，古沢研究室の皆様，統計的・力学的ダウンスケーリングデータの提供をして下さった防災科学技術研究所，気象研究所，JAMSTEC の皆様方，WEB-DHMや治水経済調査マニュアルについて教えてくださった吉村耕平氏，ハイブリッド産業関連表についてご教授して下さった Cholatpat Jongdeepaisal 氏，社会経済学や防災について教えて下さった那須清吾教授に深く感謝申し上げます。また，高知工科大学環境理工学群研究員の中前久美氏によるダウンスケーリングデータに関する助言に感謝致します。

参考文献

1) 治水経済調査マニュアル

http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/h1704/chisui.pdf

2) 各種資産評価及びデフレーター

http://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/pdf/shisan_h30.pdf

3) 国土数値情報 ダウンロードサービス

<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

4) QGIS

<https://www.qgis.org/ja/site/index.html>

5) WEB-DHM

吉村耕平, 田島芳満, 佐貫宏, 渋谷欣弘, 佐藤慎司, & 小池俊雄 (2014): 低平地都市河川におけるリアルタイム洪水シミュレーションモデルの開発, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.70, pp. 1403-1408.

6) e-stat 地図で見る統計 男女別人口総数及び世帯総数 2015 年版

<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=2&type=1&toukeiCode=00200521&toukeiYear=2015&aggregateUnit=A&serveyId=A002005212015&statsId=T000848>

6) 家屋、床面積 (総務省、平成 29 年度 固定資産の価格等の概要調書)

http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_zeisei/czaisei/czaisei_seido/ichiran08_h29_00.html

7) 工業統計メッシュ検索システム

<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/mesh/index.html>

8) 商業統計メッシュデータ検索システム

<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/syougyo/mesh/index.html>

9) 農林業センサスの 1km メッシュの 2015 年, 総農家等__総農家数

<https://www.e-stat.go.jp/gis/statmap-search?page=3&type=1&toukeiCode=00500209&toukeiYear=2015&aggregateUnit=S&serveyId=S005002092015&statsId=T000909>

11) Jongman, B., Hochrainer-Stigler, S., Feyen, L., Aerts, J. C., Mechler, R., Botzen, W. W., Bouwer, L. M., Pflug, G., Rojas, R., & Ward, P. J. (2014): Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods. Nature Climate Change, vol. 4, 264.

12) 河宮未知生, 石井正好, 鬼頭昭雄, 木本昌秀, (2013): 「21 世紀気候変動予測革新プログラム」における, CMIP5 実験仕様に基づいた温暖化予測実験, 日本気象学会, 60 巻, pp. 223-246.

13) d4pdf

<http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/>

14) エルニーニョ・ラニーニャ現象

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/elnino/learning/faq/whatiselnino.html>

付録

付録では、浸水被害額調査で使用した項目別浸水浸の表を添付する。

付表1 家屋浸水浸別被害額

浸水深 地盤勾配	床下	床上					土砂堆積（床上）	
		50cm 未満	50～ 99	100～ 199	200～ 299	300cm 以上	50cm 未満	50cm 以上
Aグループ	0.032	0.092	0.119	0.266	0.580	0.834	0.43	0.785
Bグループ	0.044	0.126	0.176	0.343	0.647	0.870		
Cグループ	0.050	0.144	0.205	0.382	0.681	0.888		

付表2 家庭用品浸水深別被害率

浸水深	床下	床上					土砂堆積（床上）	
		50cm 未満	50～ 99	100～ 199	200～ 299	300cm 以上	50cm 未満	50cm 以上
被害率	0.021	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991	0.50	0.845

付表3 事業所償却・在庫被害率

浸水深 資産	床下	床上					土砂堆積（床上）	
		50cm 未満	50～ 99	100～ 199	200～ 299	300cm 以上	50cm 未満	50cm 以上
償 却	0.099	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995	0.54	0.815
在 庫	0.056	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982	0.48	0.780

付表4 農漁家償却・在庫被害率

浸水深	床下	床上					土砂堆積(床上)	
		50cm 未満	50～ 99	100～ 199	200～ 299	300cm 以上	50cm 未満	50cm 以上
償 却	0.0	0.156	0.237	0.297	0.651	0.698	0.370	0.725
在 庫	0.0	0.199	0.370	0.491	0.767	0.831	0.580	0.845

付表5 公共土木施設等被害

施設	道路	橋梁	下水道	都市施設	公益	農地	農業用 施設	小 計
被害率	61.6	3.7	0.4	0.2	8.6	29.1	65.8	169.4

付表6 営業停止・停滞日数

浸水深	床下	床上				
		50cm 未満	50～ 99	100～ 199	200～ 299	300cm 以上
停止日数	3.0	4.4	6.3	10.3	16.8	22.6
停滞日数	6.0	8.8	12.6	20.6	33.6	45.2