

地球観測技術等調査研究委託事業

高解像度気候変動シナリオを用いた大都市圏の
風水害脆弱性評価に基づく適応に関する研究

平成23年度

成果報告書

平成24年5月

文部科学省 研究開発局

独立行政法人 防災科学技術研究所

本報告書は、文部科学省の地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、独立行政法人防災科学技術研究所が受託した平成23年度「高解像度気候変動シナリオを用いた大都市圏の風水害脆弱性評価に基づく適応に関する研究」課題の成果を取りまとめたものです。

課題概要

本提案課題は、

- 1) 過去から将来にわたる適応策としての高解像度土地利用変化シナリオの作成と、それを考慮した水平格子間隔 5km の空間詳細な地域気候変動シナリオを大都市圏で作成し、
- 2) 風水害脆弱性評価、東京都担当者との意見交換を踏まえた気候変動適応戦略に加えて、包括的な持続可能性についても考慮する新たな適応シミュレーション技術の開発・支援による土地利用適応シナリオを作成すること

を目標とする。

人間活動に起因する地球温暖化による気候変動の影響は、生態系、淡水資源、食糧、産業、健康など広範囲の分野に及ぶ。緩和策を講じたとしても気候変動は数世紀にわたって続くため、今後さらに頻度が上がる可能性がある異常気象（極端な高温、台風・梅雨などによる集中豪雨、渇水）が海面上昇等と重複して発生した場合、これまでのリスク評価に基づく都市・地域計画では対処できないことが懸念される。そのため、異常気象に伴う水災害・農業被害の頻度や規模など気候変動影響の特性及び社会システムの脆弱性変化について分析・予測・評価を実施し、大都市圏における気候変動影響への適応策を検討することが急務となっている。

現在、気候変動による影響評価の主流のアプローチは、全球気候モデルと地域気候モデルまたは統計的手法によるダウンスケーリングによって将来の全球・地域における気候変動の潜在的影響を評価するトップダウンアプローチである。しかしながら限られた計算機資源で地域の適応戦略の検討を行うのに十分な数多くの高解像度シナリオ実験を行うのは現実的ではなく、社会経済シナリオ、全球・地域気候モデルにも様々な不確実性がある。また、風水害においては人口の変化や沿岸地域の土地利用変化など人間社会システムの脆弱性の変化が大変重要である。

本課題では、リスク評価や防災に重点を置き、自然／人為による気候変動・変化に対する脆弱性を評価し、その脆弱性を軽減させる適応・緩和策の評価に注目する脆弱性アプローチ（ボトムアップアプローチ, Pielke Sr. et al., *Eos*, 90(45), 2009）によって、現在主流のトップダウンアプローチを補完する研究を提案する。

低炭素化社会と気候変動へ適応した社会の実現のために、自治体の適応戦略の策定・検討に資する科学的知見を提供することを目的として、

1. 過去から現在の土地利用変化情報を用いた地域気候モデルの現在気候再現実験結果及び過去の災害データを用いて、影響モデルによる風水害、農業被害の頻度や規模などについて脆弱性評価を実施し、社会システム、資源を脅かす要因を定量的に評価する（豪雨頻度・強度、低温・高温、有効降雨、人口変化など）。
2. トップダウンアプローチによる将来の土地利用変化シナリオ、地域気候シナリオを用いて、気候変動・変化が風水害の脆弱性に及ぼす相対的な影響の大きさについて分析する。

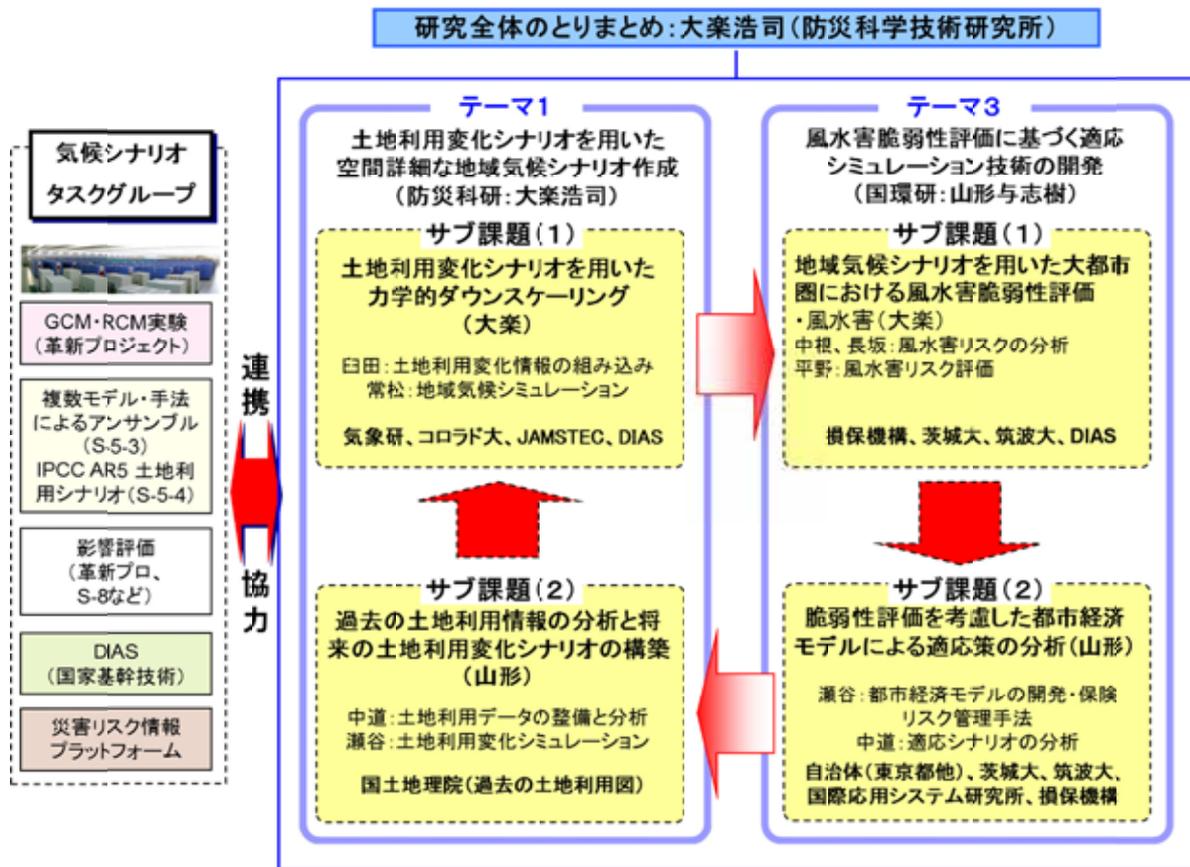


図2 課題の研究実施体制

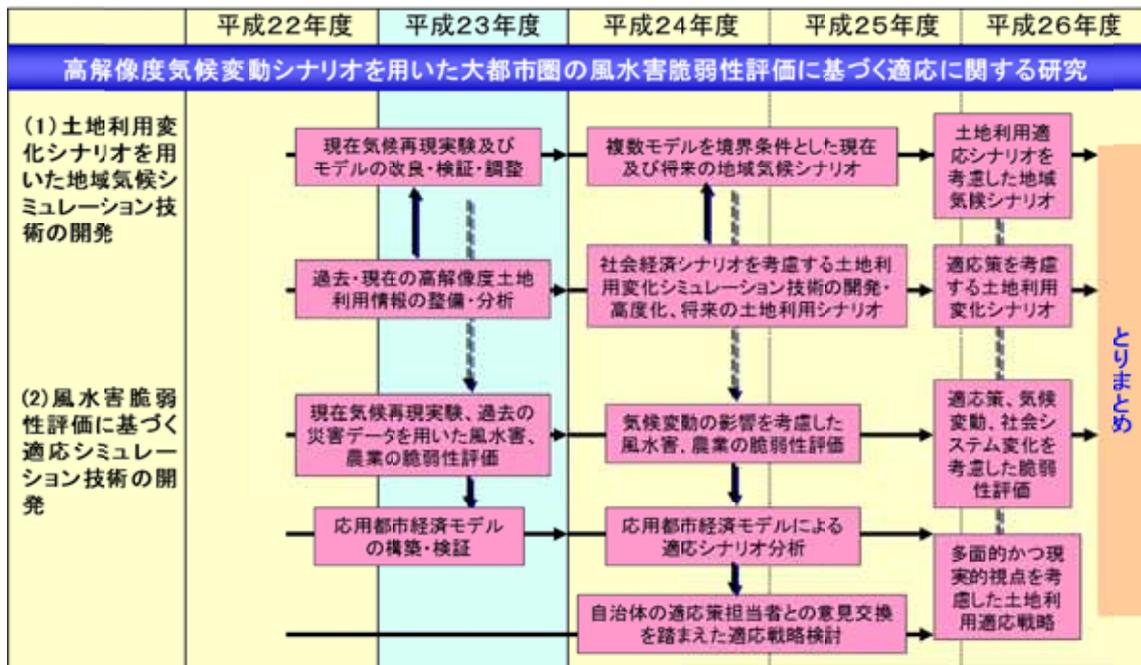


図3 研究課題の年次計画

研究テーマ 1 : 土地利用変化シナリオを用いた地域 気候シミュレーション技術の開発

(1-1) 東京都市圏における詳細な土地利用情報を組み込んだ力学的ダウンスケーリング手法の開発

(1) 業務の内容

(a) 業務項目 東京都市圏における詳細な土地利用情報を組み込んだ力学的ダウンスケーリング手法の開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	具体的な実施業務内容
独立行政法人防災科学技術研究所	主任研究員	大楽 浩司	サブテーマ研究グループ統括
同	特別研究員	常松 展充	土地利用変化情報を組み込んだ力学的ダウンスケーリング・地域気候シミュレーション
同	主任研究員	臼田 裕一郎	詳細な土地利用変化情報の組み込み

(c) 業務の目的

複数モデルによる日本域 20km 気候シナリオを地域気候モデルでダウンスケーリングし、過去から将来にわたる高解像度土地利用変化シナリオをモデルに組み込むことで、東京都市圏における水平格子間隔 5km の空間詳細な地域気候変動シナリオの開発に取り組む。

(d) 平成 23 年度業務目的

複数モデルによる日本域 20km 気候シナリオを境界条件とした現在及び将来の地域気候シナリオ実験の予備実験を実施することにより、地域気候モデルの高度化及び不確実性の検討を行う。また、日本域 20km 気候シナリオの解析を行い、その気候学的特性を分析する。さらに、サブテーマ 1-2 で整備された過去の土地利用情報を地域気候モデルに組み込むための研究開発に取り組む。

(2) 平成 23 年度の成果

(a) 業務の要約

現在及び将来の地域気候シナリオ実験の予備実験として、過去 20 年間の長期気候シミュレーションを実施することにより、地域気候モデルがもつ不確実性の検討とその高度化を行った。また、複数モデルによる日本域 20km 気候シナリオを解析し、その気候学的特性の分析を行った。さらに、サブテーマ 1-2 おいて、地域計画アトラスを GIS データ化することにより作成された、明治から昭和後期にかけての土地利用変化情報を、地域気候モデルに組み込むための研究開発に取り組んだ。

(b) 業務の成果

1) 研究結果

地域気候シナリオ実験の予備実験と地域気候モデルの高度化、複数モデルによる日本域 20km 気候シナリオの解析、及び、過去の土地利用情報の地域気候モデルへの組み込み手法の開発を行った。

地域気候シナリオ実験の予備実験を通じて、地域気候モデルの高度化や、計算効率の検討、モデルバイアスの評価を行った。具体的には、地域気候シナリオ実験における長期シミュレーションの実施に向けて、地域気候モデルにおけるパラメタリゼーションの改良を行うとともに、モデルをスーパーコンピュータ上で動作させる際の最適な使用プロセッサ数を調査して計算効率の検討を行った。また、気候シミュレーションに用いる境界条件の空間解像度の違いとタイムステップの違いが計算精度に及ぼす影響を分析した。さらに、過去 20 年間（1979-1998 年）の長期気候再現シミュレーションを実施し、その結果を解析するとともに、既存の気象観測統計データを用いて、地域気候モデルがもつバイアスの評価を行った（図 1）。ここでは、モデルバイアスの確率及び地理的分布を東京都市圏（関東地方）の各都道府県別・流域別に検証した。これら一連の作業を通じて、地域気候シナリオ実験に向けた準備を整えることができた。

地域気候シナリオ実験は、複数モデルによる日本域 20km 気候シナリオを境界条件として実施する計画である。それに先だって、日本域 20km 気候シナリオの気候学的特性を把握するために、水害リスクと深く関係する降水量の将来変化を個々のモデルごとに分析した。その結果、将来気候下においては、現在気候下に比べ、日本列島における山地の南側から西側にかけての地域で降水量の増加が顕著であり、また、標高の高い地域に加えて標高の低い平野部においても降水量の増加が顕著であることが示された。このことは、山地における大雨が大きなトリガーとなる河川洪水のみならず、平野部に多く立地する都市域における内水氾濫の発生ポテンシャルが将来気候下において増加することを示唆している。

過去の土地利用情報の地域気候モデルへの組み込みでは、地域計画アトラスのデジタル化とその GIS データ化から得られた、関東地方南部における明治から昭和後期にかけて（明治 21 年・大正 3 年・昭和 21 年・昭和 50 年）の都市域の変化を、地域気候モデルの陸面過程に反映させる手法を開発した。同時に、都市の三次元構造を扱う都市気候モデルの導入を行った。これにより、過去の土地利用変化情報をモデルに組み込んだ気候シミュレーション

ヲンを実施したところ、都市化に伴う気温上昇と降水量の変化が示された（図 2）。また、夏の良く晴れた日を対象として、関東地方南部における過去の都市域の変化が東京都市圏の気象・気候に及ぼした影響を分析した。その結果、明治から昭和後期にかけて都市化が最も進んだ地域の一つである東京多摩東部において、市街地化による顕熱フラックスの増大により地上付近の大気が高温化して混合層高度が大きく増加するとともに、上昇流が強化され、上空 2~2.5km において水蒸気が目立って増加した可能性が示された（図 3）。地上付近の高温化は大気の状態の不安定化につながり、上昇流の強化と上空の水蒸気量の増加は雨雲の生成と発達を促進する。このことから、明治から昭和にかけての急速な都市化が東京都市圏における夏季晴天日の局地的豪雨の発生・発達に寄与している可能性が考えられる。今後、テーマ 1-2 において、地域計画アトラスと国土数値情報を整合することにより作成される、関東地方全域の土地利用情報を地域気候モデルに組み込むことにより、土地利用の変化が東京都市圏の気候に及ぼす影響の分析をさらに進める。

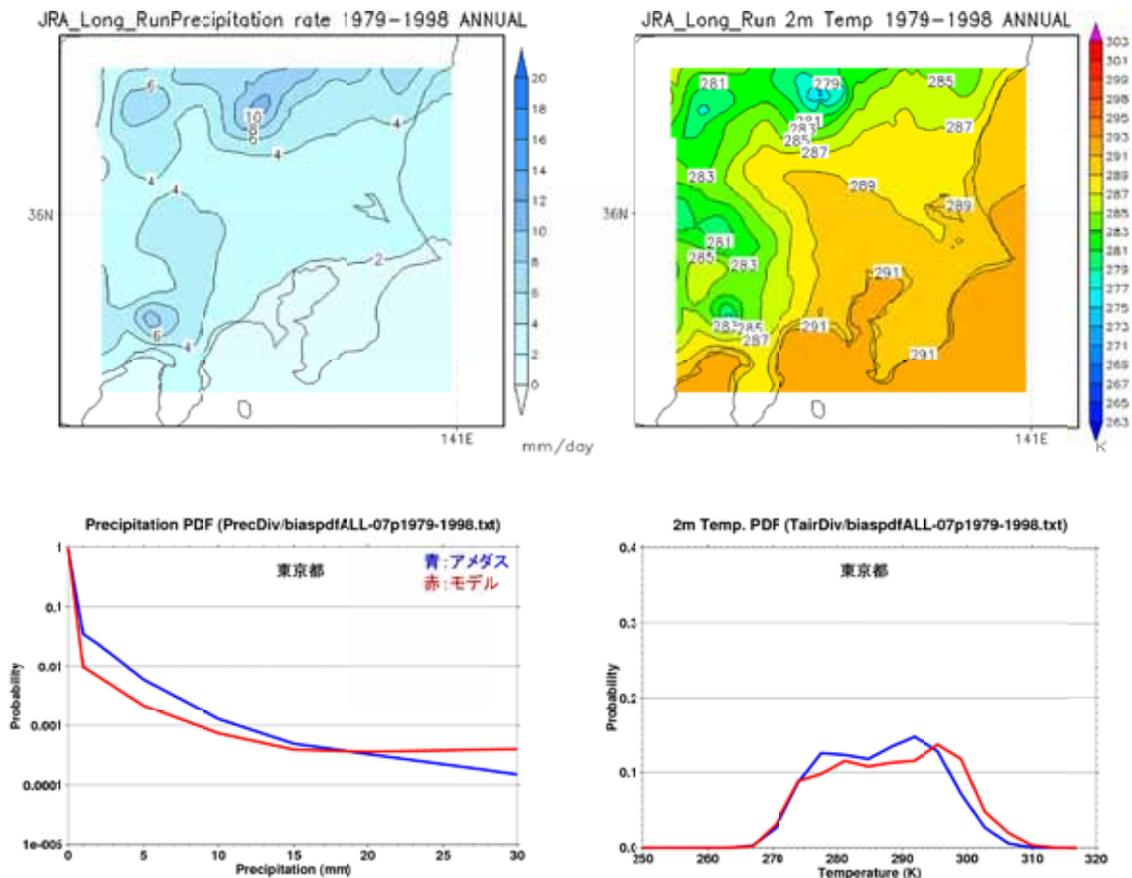


図 1：長期気候再現シミュレーションの結果（上段）とモデルバイアスの一例（下段）

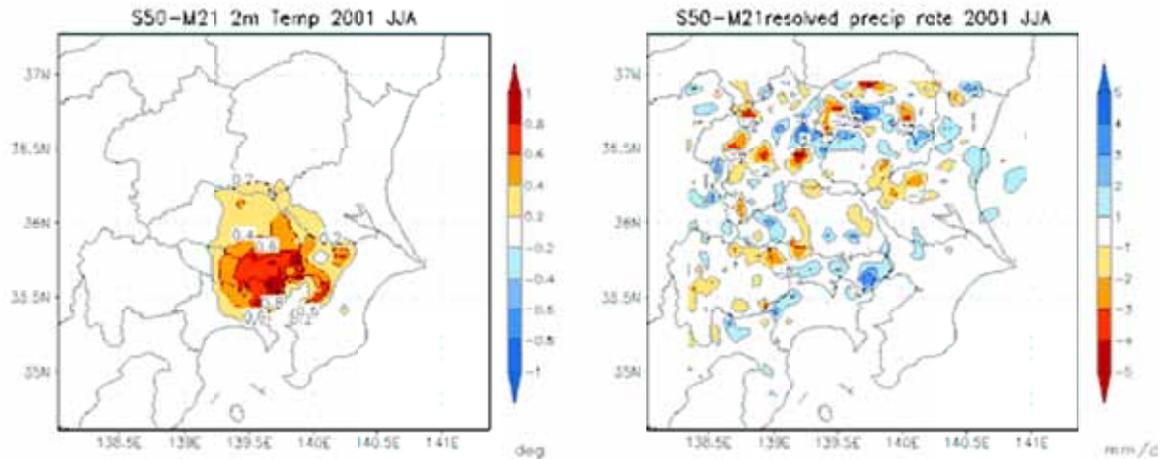


図 2：地域気候モデルで計算された土地利用変化（明治 21 年から昭和 50 年）による
気温・降水量の変化

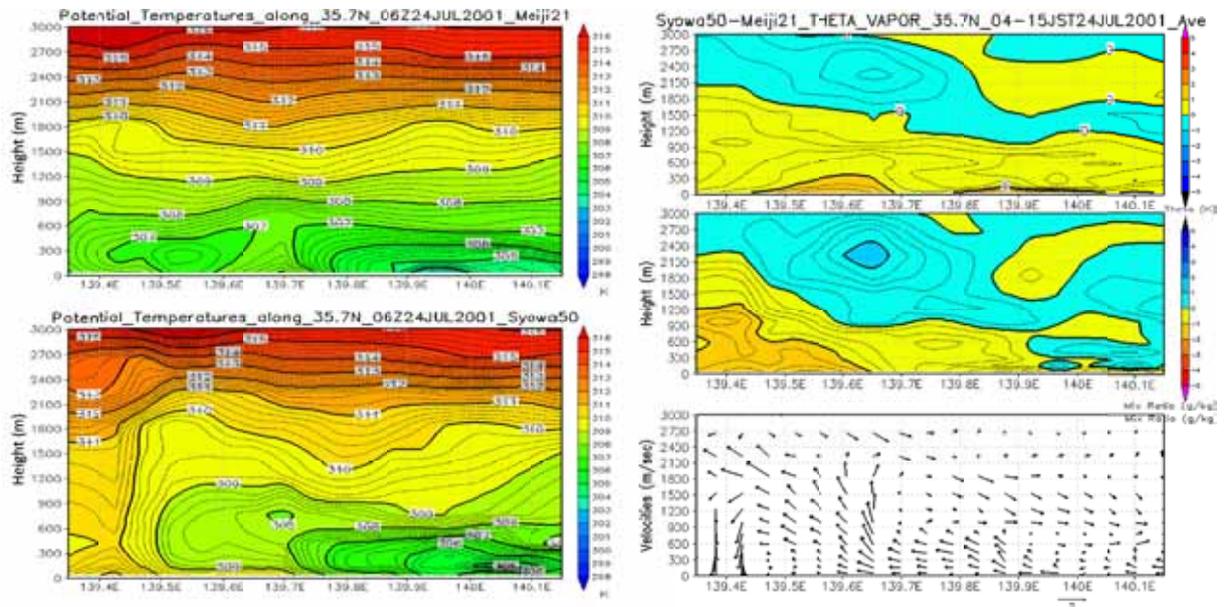


図 3：過去の土地利用情報を地域気候モデルに組み込んで行ったシミュレーションの結果
（2001年7月24日）。中央線・総武線沿線における、都市化に伴う明治21年と昭和
50年の混合層の高さの変化（左側）と大気温度、水蒸気量、気流の変化（右側）

2) 結果と今後の課題

地域気候シナリオ実験の予備実験が予定通り完了し、過去の土地利用情報を地域気候モデルへの組み込む手法を開発した。次年度は、以下(3)に示すとおり研究を行う予定である。

(c) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

平成 23 年度は、地域気候シナリオ実験の準備と予備実験、日本域 20km 気候シナリオの解析、過去の土地利用情報の地域気候モデルへの組み込み手法の開発を行った。これら一連の研究は、東京都市圏における水平格子間隔 5km の空間詳細な地域気候変動シナリオの

開発のために重要である。平成 24 年度は、引き続きこれらの研究の進展をはかり、学会発表を行う。

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Assessment of add-value of dynamical downscaling in Japan	Dairaku, K., R.A.Pielke Sr., S. Iizuka, W. Sasaki, and S. Yamaguchi	3rd International Workshop on Downscaling	October 2011	国内
Pre-experiments on regional climate change in the Tokyo metropolitan area	Tsunematsu, N., and K. Dairaku	3rd International Workshop on Downscaling	October 2011	国内
Assessment of possible biases in RCM simulations around Japan	Iizuka, S. and K. Dairaku	3rd International Workshop on Downscaling	October 2011	国内
Investigation of combining the Regional Climate Model with the numerical snow cover model	Yamaguchi, S., H. Motoyoshi, and K. Dairaku	3rd International Workshop on Downscaling	October 2011	国内
Capability of regional climate models to simulate coastal winds and waves around Japan	Sasaki,W., S. Iizuka, and K. Dairaku	3rd International Workshop on Downscaling	October 2011	国内
Assessment of dynamical downscaling in Japan	Dairaku, K., R.A. Pielke Sr., S. Iizuka, W. Sasaki, and S. Yamaguchi	WCRP Open Science Conference	October 2011	海外

Assessment of add-value of dynamical downscaling in Japan	Dairaku, K., R. A. Pielke Sr., A. Beltrán-Przekurat, S. Iizuka, and W. Sasaki	American Geophysical Union Fall Meeting 2011	December 2011	海外
Model experiments on climate change in the Tokyo metropolitan area using regional climate scenarios	Tsunematsu, N., and K. Dairaku	American Geophysical Union Fall Meeting 2011	December 2011	海外
Assessment of ocean surface winds and tropical cyclones around Japan by RCMs	Iizuka, S., K. Dairaku, and W. Sasaki	American Geophysical Union Fall Meeting 2011	December 2011	海外
高解像度気候変動シナリオを用いた大都市圏の風水害脆弱性評価	大楽浩司, 平野淳平, 常松展充, 山形与志樹, 中道久美子, 瀬谷創	TX テクノロジー・ショーケース in つくば 2012	January 2012	国内
Assessment of add-value of dynamical downscaling over East Asia -Current status & progress-	Dairaku, K., S. Iizuka, W. Sasaki, and R.A. Pielke Sr.	3rd Regional Model Intercomparison Project Workshop	February 2012	海外

学会誌・雑誌等における論文掲載

発表タイトル	氏名	雑誌	年度	巻	頁
Evaluation and Intercomparison of Downscaled Daily Precipitation Indices over Japan in Present-day Climate: Strengths and Weaknesses of Dynamical and Bias-Correction-Type Statistical Downscaling Methods	Iizumi, T., M. Nishimori, K. Dairaku, S.A. Adachi, and M. Yokozawa	J. Geophys. Res.	2011	116	D01111
Probabilistic Regional Climate Analogue in the Warmer Japan	Ishizaki, N., H. Shiogama, K. Takahashi, S. Emori, K. Dairaku, H. Kusaka, T. Nakaegawa, and I. Takayabu	J. Meteor. Soc. Japan	2012	90B	65-74
Assessment of Ocean Surface Winds and Tropical Cyclones around Japan by RCMs	Iizuka, S., K. Dairaku, W. Sasaki, N.N. Ishizaki, S.A. Adachi, H. Kusaka, and I. Takayabu	J. Meteor. Soc. Japan	2012	90B	91-102
Improved Performance of Simulated Japanese Climate with a multi-model ensemble	Ishizaki, N.N., I. Takayabu, M. Ooizumi, H. Sasaki, K. Dairaku, S. Iizuka, F. Kimura, H. Kusaka, S. A. Adachi, K. Kurihara, K. Murazaki, and K. Tanaka	J. Meteor. Soc. Japan	2012	In press	

Future change of daily precipitation indices in Japan: A stochastic weather generator-based bootstrap approach to provide probabilistic climate information	Iizumi, T., I. Takayabu, K. Dairaku, H. Kusaka, M. Nishimori, G. Sakurai, N.N. Ishizaki, S.A. Adachi, and M.A. Semenov	J. Geophys. Res.	2012	In press
---	--	------------------	------	----------

マスコミ等における報道・掲載

なし

(d) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成24年度業務計画案

東京都市圏を対象として、複数モデルによる日本域 20km 気候シナリオを境界条件に用いた、水平格子間隔 5km の空間詳細な地域気候シミュレーションを実施する。これにより、東京都市圏における地域気候変動シナリオの開発に取り組む。また、建物密度や建物平均高さ、人工排熱量、海面水温などの詳細な環境情報を、地域気候モデルに組み込む研究開発に取り組み、地域気候モデルの高度化及び不確実性の検討を引き続き行う。これらの研究開発により、地域気候における全球スケールの気候変動と人為的土地利用変化の相対的な影響が定量化され、結果的に、テーマ 2-1 における水害リスク評価の高度化につながる。その他、業務遂行に必要な研究情報収集のため、国内外の研究会に参加する。

(1-2) 過去の土地利用情報のデータ整備・分析

(1) 業務の内容

(a) 業務項目 過去の土地利用情報のデータ整備・分析

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	具体的な実施業務内容
独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター	主席研究員	山形 与志樹	サブテーマ研究グループ統括
同	特別研究員	中道 久美子	土地利用データの整備と分析
同	准特別研究員	瀬谷 創	土地利用データの整備と土地利用モデルの構築
同	特別研究員	ハス バガン	リモートセンシング画像の整備・解析
同	特別研究員	楊 ぎよく	土地利用データに関する過去の統計情報の収集と分析
同	リサーチアシスタント	村上 大輔	データ整備・解析補助

(c) 業務の目的

大都市圏における過去・現在の高解像度土地利用変化情報（都市部の3次元構造や沿岸域の埋め立ても含む）を整備・分析し、社会経済シナリオ・適応策を考慮した土地利用変化シミュレーション技術の開発・高度化を行い、将来の土地利用変化シナリオを作成する。

(d) 平成23年度業務目的

地域気候モデルの陸面熱水交換過程および土地利用・交通・経済の相互作用を扱う応用都市経済モデルの構築のために必要不可欠なデータセットとして、東京23区全域における建物密度、人口、地域内総生産、建物、所得、交通、資産分布、家計消費データ、都市的土地利用詳細データの整備を引き続き行い、過去20年分のデータ整備を完了させる。また、建物平均高さは、既往統計調査からの取得が困難であるため、航空機SARデータから取得する。さらに、サブテーマ1-1の地域気候モデルの検証に必要な不可欠な土地利用データの整備も併せて行う。

(2) 平成 23 年度の成果

(a) 業務の要約

地域気候モデルの陸面熱水交換過程および土地利用・交通・経済の相互作用を扱う応用都市経済モデルの構築のために必要不可欠なデータセットとして、東京 23 区全域における建物密度、人口、地域内総生産、建物、所得、交通、資産分布、家計消費データ、都市的土地利用詳細データの整備を昨年引き続き行い、過去 20 年分のデータ整備を完了させた。また、建物平均高さは、既往統計調査からの取得が困難であるため、航空機 SAR (LiDAR) データから取得した。さらに、サブテーマ 1-1 の地域気候モデルの検証に必要な土地利用データの整備も併せて行った。

(b) 業務の成果

1) 研究結果

建物密度、人口（人口移動）、地域内総生産（GRP）、建物（賃料、築年数、建て方）、所得、交通、資産分布、家計消費データを、市区町村単位、町丁目単位、3 次メッシュ単位等の可能な限り詳細な単位において各種統計調査から収集した。これにより、過去 20 年度において、モデル構築に必要となる社会経済データの整備が予定通りに完了した。

建物高さ情報は、本研究で構築する応用都市経済モデルから内生的に出力することが可能であるが、実データによる検証が必要となる。本研究では、CSIS 共同研究（東京大学）を利用して、建物階数情報を含むゼンリンの Zmap を利用することが可能となった。しかしながら Zmap は一般に利用するには高価であるため、他地域への応用可能性の観点から、本研究では航空機 LiDAR データを使用して建物階数を取得する技術開発を開始している。具体的には、国土地理院協力の下、横浜市の航空機 LiDAR データと空中写真を入手し、DEM と DSM の差分データと、空中写真のオブジェクト分類結果（建物、樹木等）の 2 つを組み合わせることで、建物の高さを取得する方法である。本研究の内容については、平成 24 年度に学会発表を行い、議論・精緻化を行う予定である。

また、サブテーマ 1-1 で用いる過去の土地利用データの整備を行った。具体的には、国土地理院との打ち合わせで得た情報を基に、「地域計画アトラス国土の現況とその歩み（国土地理院、1984 年発刊）」のデータのデジタル化を行った。本データは、空間範囲では本研究の対象とする東京都市圏の主要部分をカバーし、時間範囲では明治 21 年(1888)、大正 3 年(1914)、昭和 21 年(1946)、昭和 50 年(1975)の 4 時点をカバーする、筆者らの調査範囲の中では最も詳細なデータである。しかしながら、地域計画アトラスのデータは紙媒体及び PDF 媒体のみで存在するため、本研究ではこのデータの GIS データ化を行った（図 1）。これにより、東京都市圏における都市の拡大・緑地の縮退の情報を定量化することができた。また、本データを用いるもう一つのメリットは、地域気候モデルの研究で用いられることが多い国土数値情報（国土交通省）の土地利用データが、昭和 51 年度について整備されており、これと昭和 50 年度の地域計画アトラスのデータの比較情報より、国土数値情報に整合する形に、過去の整備データをハーモナイゼーションできる点である。本研究では、この比較情報を基に土地利用変化に関する空間統計モデルを構築し（図 2）、国土数値情報

と整合する形で東京都市圏外の周辺領域の過去の土地利用の外挿を行い（図 3）、出力された GIS データをサブテーマ 1-1 担当者に渡した。このような試みでは、世界的に見ても新規的な試みである。なお、この作業はサブテーマ 1-1 担当の防災科研からの要請によるものであり、社会的なニーズに沿ったデータ整備を最新の空間統計学的な補間手法を用いて実施することで、都市圏レベルにおける空間詳細な過去の土地利用変化図としては学術的にも例のないレベルの成果が得られた。

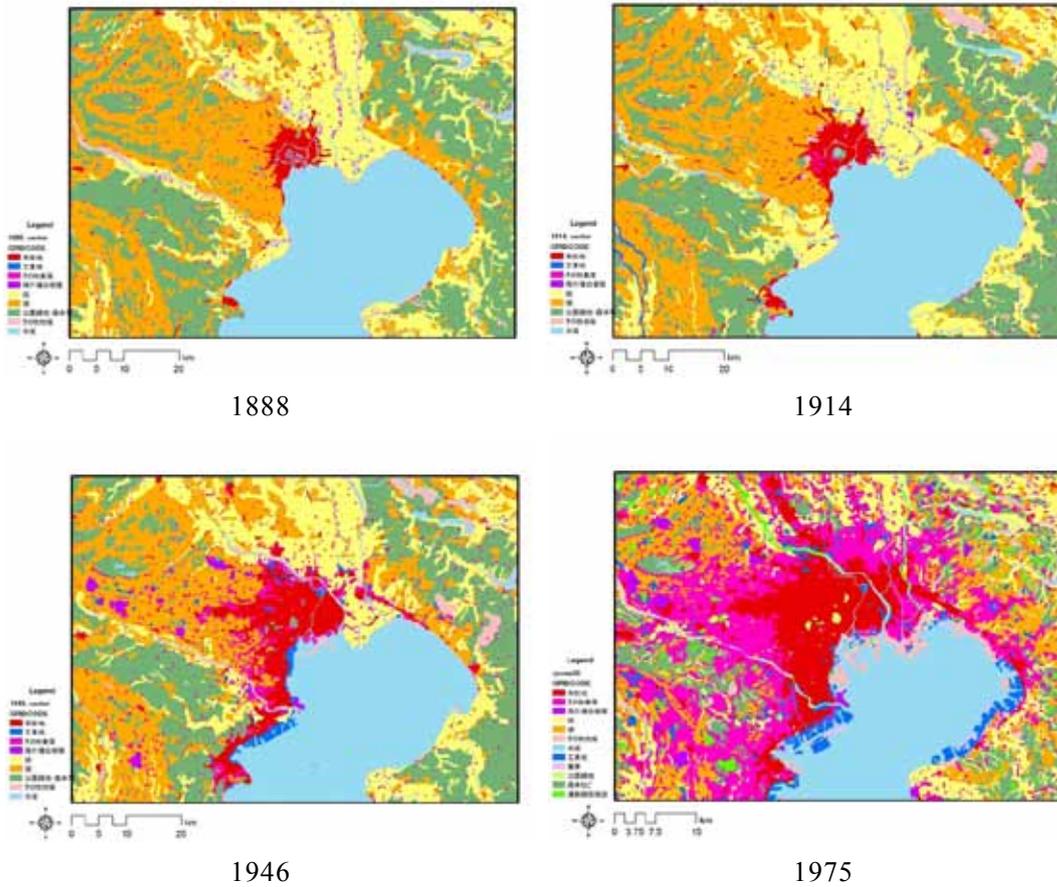


図 1：地域計画アトラスの GIS 化

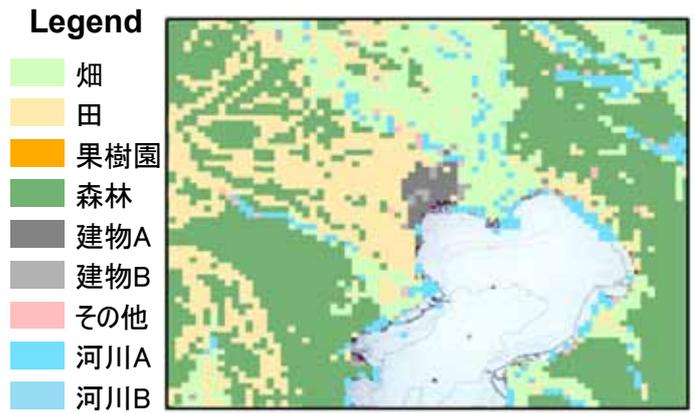
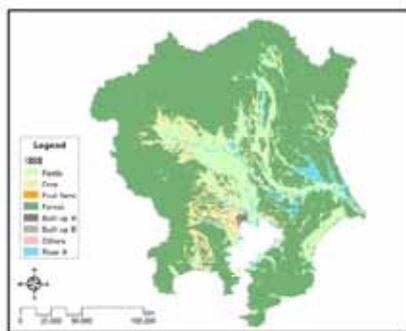
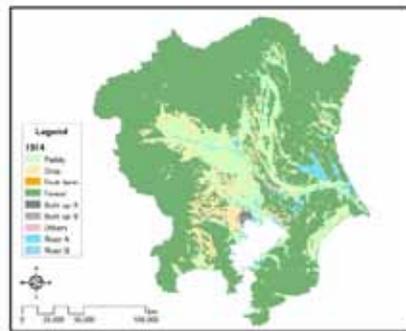


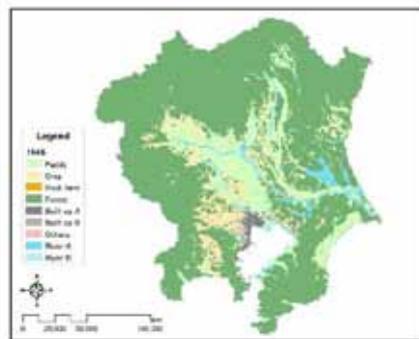
図 2 : 土地利用の予測結果 (1 8 8 8)



1888



1914



1946

図 3 : 土地利用の外挿結果

2) 結果と今後の課題

作業は予定通り完了し、特に問題となる事項は生じなかった。次年度は、以下(3)に示す予定どおりに研究を行う予定である。

(c) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

平成 23 年度は、上述のような過去のデータ収集とともに、社会経済データに関する予備的な統計分析を行った。これらの一連の研究は、土地利用モデルによって出力される便益額との比較検討のために重要である。平成 24 年度は、過去の土地利用の外挿結果について、学会発表を行うことを予定している。

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Applying weighted-average least squares to a spatial econometric model	Seya, H, Tsutsumi, M. and Yamagata, Y.	V World Conference of the Spatial Econometrics Association	July 2011	海外

学会誌・雑誌等における論文掲載

発表タイトル	氏名	雑誌	年度	巻	頁
Weighted-average least squares の空間計量経済モデルへの適用	瀬谷創, 堤盛人, 山形与志樹	応用地域学研究	2012	16	43-54

マスコミ等における報道・掲載

なし

(d) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 24 年度業務計画案

本年度は、街区単位（具体的には、町丁目単位）の応用都市経済モデルを東京都市圏全域で構築し、空間詳細な複数の土地利用変化シナリオ技術の開発に着手する。特に、人口分布、道路・建物からの CO₂ 排出量、経済便益、交通手段分担等を内生的にモデル化する手法を検討する。また、整備した過去の土地利用を検証データとして利用し、最新の時空間統計手法を用いた土地利用の補間手法を開発する。

研究テーマ 3 : 風水害脆弱性評価に基づく適応

シミュレーション技術の開発

(3-1) 東京都市圏における風水害脆弱性評価

(1) 業務の内容

(a) 業務項目 東京都市圏における風水害脆弱性評価

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	具体的な実施業務内容
独立行政法人防災科学技術研究所	主任研究員	大楽 浩司	サブテーマ研究グループ統括
同	契約研究員	平野 淳平	風水害リスク評価
同	研究参事	中根 和郎	風水害リスク分析
同	主任研究員	長坂 俊成	風水害リスク分析
同	短時間アシスタントスタッフ	羽鳥 優子	データ整備補助
同	短時間アシスタントスタッフ	角 里佳	データ整備補助

(c) 業務の目的

東京都市圏を対象として、自治体の適応戦略策定・検討に資する科学的知見の提供に必要な、土地利用変化シナリオを用いた地域気候シミュレーション技術、および風水害脆弱性評価に基づく適応シミュレーション技術の開発を行う。

(d) 平成23年度業務目的

過去の風水害データ、地域気候モデルの現在気候再現実験結果、将来気候シナリオを用いて、風水害脆弱性評価を実施し、社会経済、人口変化、土地利用変化、資産分布などの諸要因の変化に対する気候変動の相対的影響について定量的に評価するために、国土交通省河川局より発行されている「水害統計」データを東京都市圏(東京都、埼玉県、千葉県、茨城県、神奈川県)についてデジタル化し、市区町村単位で過去の水害データが検索可能な

「水害情報データベース」を整備する。整備された「水害情報データベース」に基づいて、都道府県単位で、過去の内水氾濫について年超過確率と被害額との関係を表すリスクカーブを作成し、風水害脆弱性評価を行う。

(2) 平成23年度の成果

(a) 業務の要約

過去の水害データ、地域気候モデルの現在気候再現実験結果、将来気候シナリオを用いて風水害について脆弱性評価を実施し、社会経済、人口変化、土地利用変化、資産分布などの諸要因の変化に対する気候変動の相対的影響について定量的に評価するために、国土交通省河川局より発行されている「水害統計」データを東京都市圏(東京都、埼玉県、千葉県、茨城県、神奈川県)について、デジタル化し、市区町村単位で過去の水害情報を検索可能な「水害情報データベース」を整備した。整備された「水害情報データベース」に基づいて、都道府県単位で、過去の内水氾濫について年超過確率と被害額との関係を表すリスクカーブを作成し、風水害脆弱性評価を実施した。

(b) 業務の成果

1) 研究結果

国土交通省河川局が発行している「水害統計」に記載されている市区町村毎の水害被害額、被災世帯数、水害原因などのデータを1961年-2008年の期間についてデジタル化し、地理情報システム(GIS)上で市区町村ポリゴンデータとリンクさせた「水害情報データベース」を東京都市圏(東京・埼玉・千葉・茨城・神奈川)について整備した。「水害情報データベース」を整備したことによって、ある年に特定の市区町村で発生した水害データの検索や、水害原因別の被害額の集計などが容易に行えるようになった(図1)。「水害情報データベース」の整備により、東京都市圏について、風水害脆弱性評価を実施するために必要となる過去の水害データの整備が予定通り完了した。

整備したデータベースに基づいて、1976年-2008年の間に発生した内水氾濫の被害額と年超過確率との関係を表す水害リスクカーブを都道府県単位で構築することにより、水害リスク評価を実施した。従来、内水氾濫による被害額を算出する方法は、主に損害保険の分野で用いられているF-D法であった。F-D法では、水害の罹災率F(被災世帯数/総世帯数)に平均損傷率D(平均保険金額/保険価格)を乗じることによって被害額が算出される。しかし、従来の方法では、被害額を算出するために、保険統計など非公開データが使用されているので、汎用性は低い。本研究では、国勢調査など、汎用性のある一般統計データを使用して、F-D法に基づいて被害額を算出した上で、水害リスクカーブを構築した(図2)。一般統計データの整備・収集は、サブテーマ3-2担当の国立環境研究所と連携して行った。

被害額算出を算出するために、罹災率と平均損傷率を一般統計データと水害統計データを用いて算出した。平均損傷率の算出に必要な一般資産価値(家屋資産、家屋用品

資産、事業所償却・在庫資産、農漁家在庫・償却資産、農作物資産)は、図3に示すように、一般統計データから求めた。都道府県ごとに算出された平均損傷率と罹災率について、 χ^2 検定と赤池情報量基準 (AIC) によって、分布関数を選択した結果、罹災率については対数正規分布の当てはまりが最もよく、平均損傷率についてはワイブル分布が最もよく当てはまることが確認された。選択された分布関数に基づいて、平均損傷率と罹災率についてモンテカルロ・シミュレーションを実施し 10000 年分の乱数を生成した。平均損傷率と罹災率の乱数を乗じることによって被害額を算出し、被害額毎に年超過確率を計算することによって、内水氾濫被害額と年超過確率との関係を表す水害リスクカーブを都道府県毎に作成した(図4)。

作成した水害リスクカーブの妥当性を検証するために、統計的に算出した被害額と、水害統計から求めた実際の被害額の 10 年平均値を 1999 年-2008 年について比較した結果、双方の値は概ね一致しており、本手法の妥当性が確認された。

水害リスクカーブを構築したことによって、東京都では、低頻度・大規模水害の発生確率が他の県に比べて高いことや、茨城県では内水氾濫の年超過確率が低いことなど、水害リスクの地域的差異を定量的に評価することが可能になった。

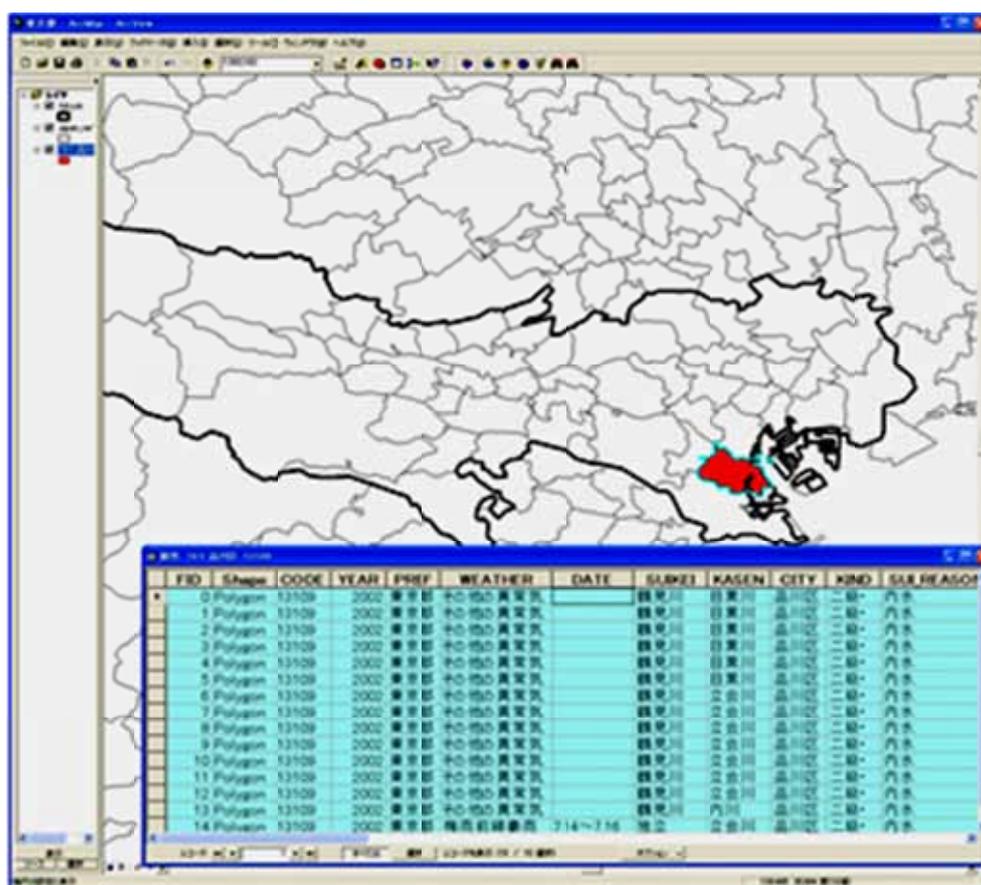


図1：水害情報データベース
2002年に東京都品川区内で発生した
内水氾濫のデータを検索した事例

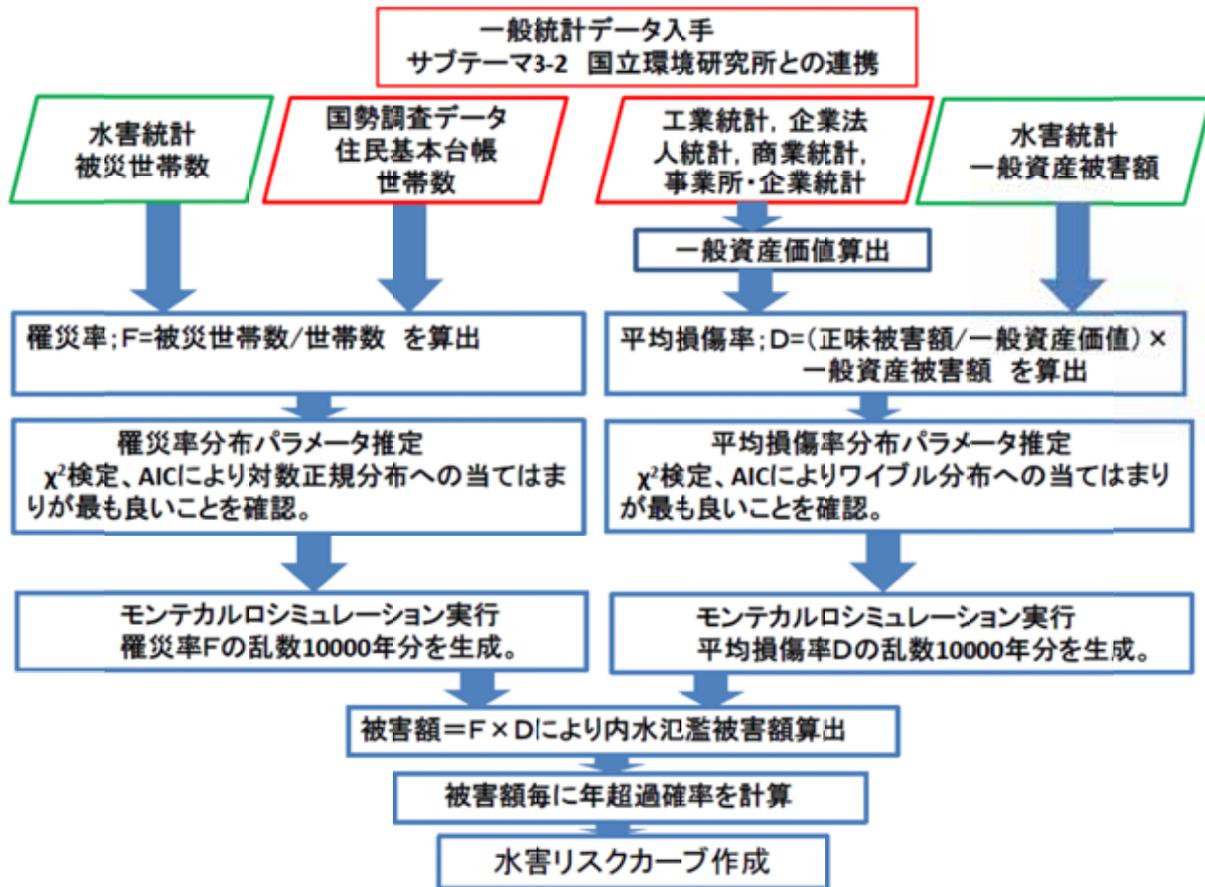
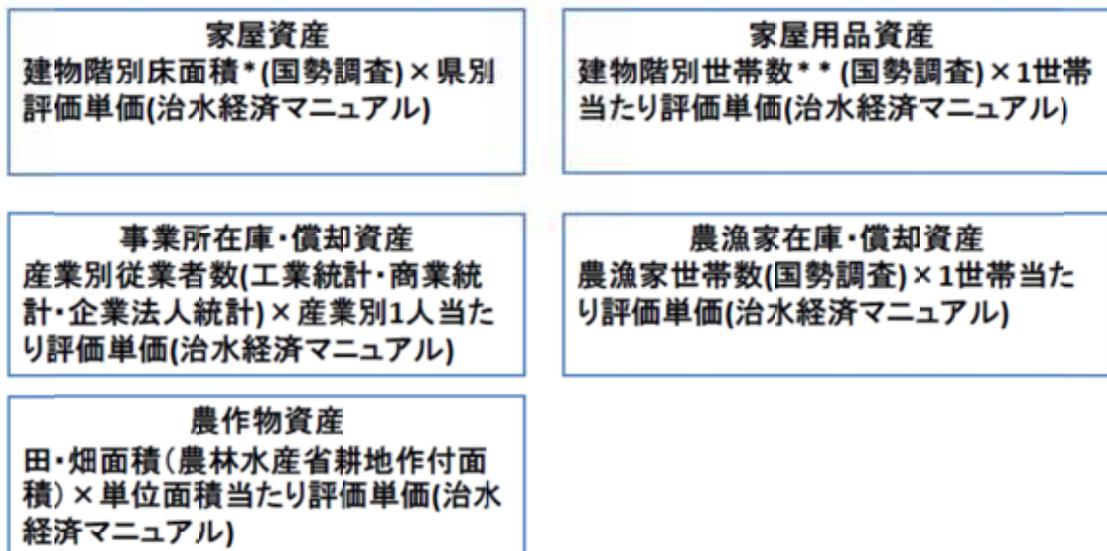


図2：水害リスクカーブ作成過程

一般資産価値=家屋資産+家屋用品資産+事業所在庫・償却資産+農漁家在庫・償却資産+農作物資産



* 家屋資産算出の際して、1・2階の合計床面積を使用した。

**家屋用品資産算出の際して、1・2階に居住する世帯数を使用した。

図3：一般資産価値の算出方法

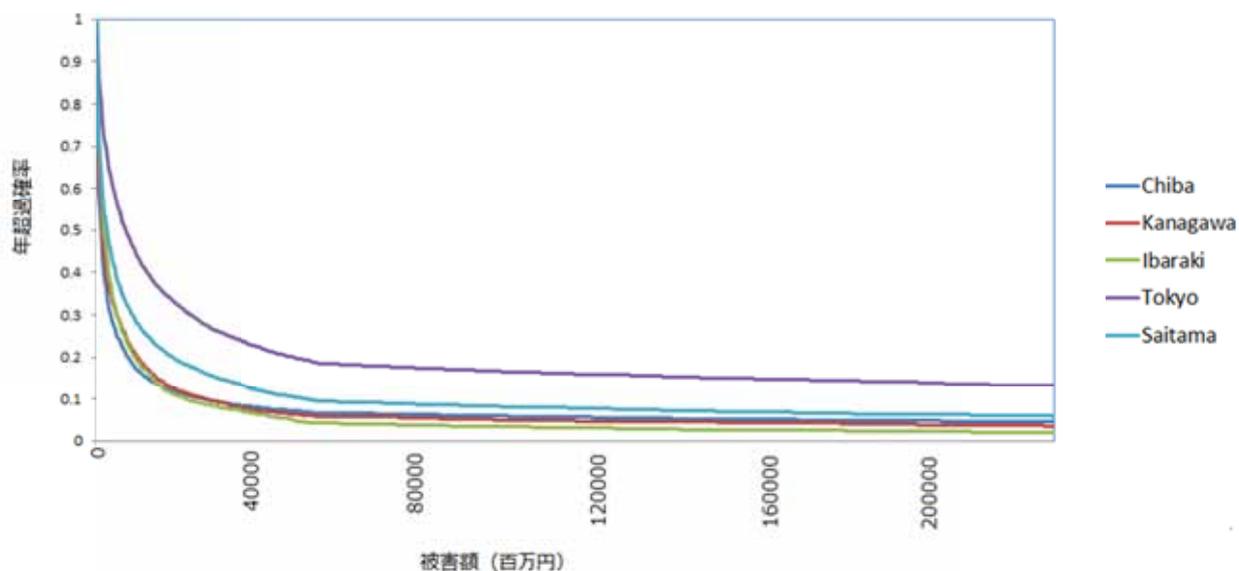


図 4：都道府県別の内水氾濫リスクカーブ

表 1：F-D法により統計的に算出した被害額と、水害統計から求めた実際の被害額との比較（1999年-2008年の10年平均値）

単位(千円)

	東京都	埼玉県	千葉県	茨城県	神奈川県
統計的に算出した被害額	17020000	8800001	620025	478765	3011223
実際の被害額 1999-2008年 10年平均値	16141973	8798139	619805	455601	3029740

2) 結果と今後の課題

今年度の作業は予定通り完了し、特に問題となる事項は生じなかった。次年度は、以下(3)に示す予定どおりに研究を行う予定である。

(c) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

平成 23 年度は、上述のような過去の風水害データの収集と整備を行うとともに、風水害リスク評価に関する分析を行った。これらの研究は、地域気候モデルの現在気候再現実験結果や将来気候シナリオを用いて風水害について脆弱性評価を実施するうえで重要である。平成 24 年度は、水害リスクカーブ作成手法の構築について学会発表を行い、学術雑誌へ投稿することを予定している。

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Assessment of add-value of dynamical downscaling over East Asia	Dairaku, K., R.A. Pielke Sr. S5-3 Research Team, and RECCA research Team	The International Workshop on CORDEX-East Asia, Jeju.	September 2011	海外
Assessment of add-value of dynamical downscaling in Japan & Vulnerability and adaptation to climate change in water hazard assessed using regional climate scenarios in the Tokyo region	Dairaku, K	3rd International Workshop on Downscaling	October 2011	国内
Flood risk in Tokyo metropolitan area	Hirano, J, and Dairaku, K.	3rd International workshop on down scaling	October 2011	国内
Dynamical downscaling and socio-economic land use scenarios for regional scale adaptation to climate change in Tokyo metropolitan area	Dairaku, K., and RECCA-Tokyo Research Team	WCRP Open Science Conference, C10-M25B, Denver	October 2011	海外
Flood risk in Tokyo metropolitan area for climate change adaptation	Hirano, J, and Dairaku, K.	American Geophysical Union Fall Meeting 2011	December 2011	海外
高解像度気候変動シナリオを用いた大都市圏の風水害脆弱性評価	大楽浩司, 平野淳平, 常松展充, 山形与志樹, 中道久美子, 瀬谷創	TX テクノロジー・ショーケース in つくば 2012	January 2012	国内
Vulnerability and adaptation to climate change using regional climate scenarios and add-value of dynamical downscaling over East Asia	Dairaku, K	Mini International meeting related with the downscaling projects, Tsukuba	March 2012	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

発表タイトル	氏名	雑誌	年度
Dealing with Complexity and Extreme Events Using a Bottom-up, Resource-based Vulnerability Perspective	Pielke Sr., R.A., Wilby, R., Niyogi, D., Hossain, F., Dairuku, K., Adegoke, J., Kallos, G., Seastedt, T., Suding, K	Complexity and Extreme Events in Geoscience	In press

マスコミ等における報道・掲載

なし

(d) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成24年度業務計画案

本年度は、気候変動や社会経済などの諸要因を水害リスク評価に取り込むための検討に着手し、水害リスク評価手法の高度化を推進する。また、破堤などに伴う低頻度・大規模水災についても洪水氾濫シミュレーションの計算結果に基づいてリスクカーブを作成するための手法を検討し、低頻度大規模水災を含む水害リスク評価手法の開発を推進する予定である。

(3-2) 応用都市経済モデル（土地利用モデル）の プロトタイプ構築、関連自治体・研究者と の検討会

(1) 業務の内容

(a) 業務項目 応用都市経済モデル（土地利用モデル）のプロトタイプ構築、関連自治体・研究者との検討会

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	具体的な実施業務 内容
独立行政法人国立環境研究 所 地球環境研究センター	主席研究員	山形 与志樹	サブテーマ研究グループ統括
同	特別研究員	中道 久美子	適応シナリオの構築
同	准特別研究員	瀬谷 創	都市経済モデルの開発
同	特別研究員	ハス バガン	リモートセンシング画像の整備・解析
同	特別研究員	楊 ぎょく	土地利用データに関する過去の統計情報の収集と分析
同	リサーチアシスタント	村上 大輔	データ整備・解析補助

(c) 業務の目的

風水害脆弱性評価に基づき、リスク管理の視点から都市経済モデルによって適応シナリオを分析し、東京都担当者との意見交換を踏まえて、都市・地域における気候変動に対する適応戦略の検討を行う。

(d) 平成23年度業務目的

風水害に対するリスク管理のみならず低炭素化・高齢化などの多面的かつ現実的な視点も考慮した土地利用としての適応シナリオの検討・構築に必要な応用都市経済モデルのプロトタイプの構築に取り組むとともに、統計データを用いてモデルの高度化を目指す。本年度はまず、浸水深や浸水履歴等のリスクデータの入手が容易である東京23区のデータでモデルのキャリブレーションを行う。

また、関連する自治体・研究者（具体的には都市経済の専門家、適応策の実務者）との

検討会を昨年度に引き続き実施し、我が国における現実的な適応策に関する意見交換を行う。

(2) 平成 23 年度の成果

(a) 業務の要約

風水害についての脆弱性を経済的リスクとして評価し、リスク管理の視点から適応シナリオを検討するため、街区レベル（具体的には町丁目レベル）の応用都市経済モデルのプロトタイプ構築を行い、複数の仮想的シナリオ（洪水保険による土地利用移転シナリオなど）の構築に取り組んだ。まず、浸水深や浸水履歴等のリスクデータの入手が容易である東京 23 区のデータでモデルのキャリブレーションを行い、土木学会（土木計画学）で内容について議論を行った。また試験的に、東京都市圏全体への拡張の試みを開始した。また、関連する自治体・研究者（具体的には都市経済の専門家、適応策の実務者）との検討会を引き続き実施し、我が国における現実的な適応策に関する意見交換を行った。

(b) 業務の成果

1) 研究結果

平成 23 年度は、昨年度に引き続き必要な水害リスクデータ（東京都の浸水予想区域、国土交通省の浸水想定区域：図 4）の GIS データとしての整備を行い、東京 23 区においてプロトタイプモデルの構築・キャリブレーションを行った。

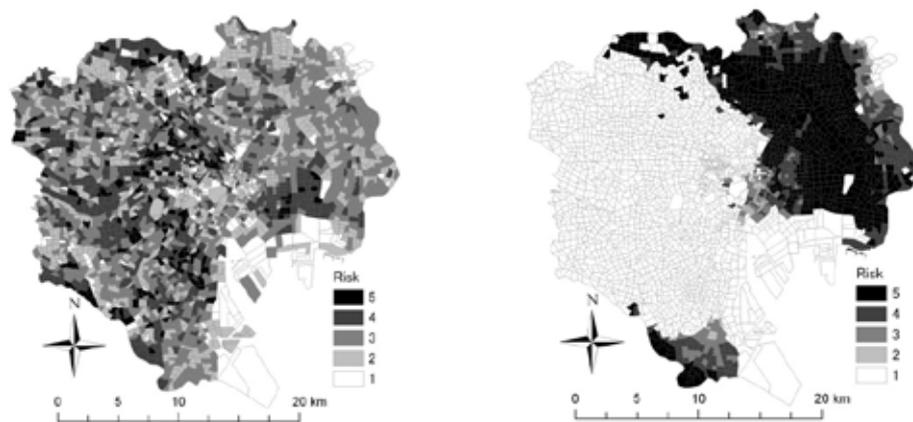


図 4 水害リスク（左：浸水予想区域、右：浸水想定区域）

本研究のベースとなる応用都市経済モデルは、ミクロ経済理論に立脚し、施策の便益を金額ベースで推計する事が出来る点で、世界の多くの土地利用交通モデルとは異なる。また、本研究で構築したモデルは、ディベロッパーモデルを内包し、町丁目レベルで構築された詳細なモデルであるという点が既往の研究とは異なる。これらの点で本研究のモデルは世界的に見ても新規性を持つと考えられる。図 5 にモデルの概念図を示す。

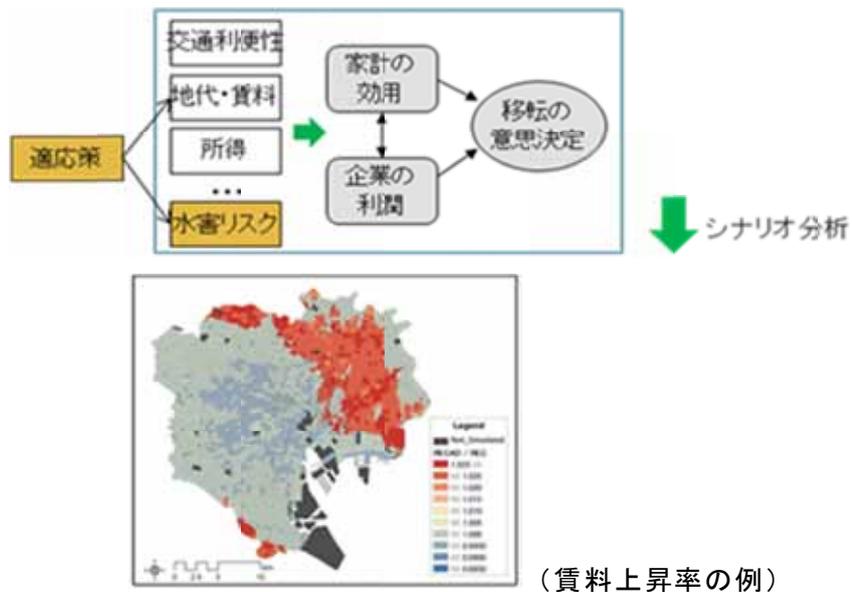


図5：水害リスクを考慮した土地利用モデル (賃料上昇率の例)

また、昨年度に引き続き関連自治体（東京都担当者、三鷹市や横浜市の関係者）と意見交換をするなど協力関係を構築している他、国際的な温暖化適応策を都市間ネットワーク連携で検討しているイクレイ代表の岸上みち枝氏より海外の適応策の事例や実施における問題点についてアドバイスを頂くなど、実務担当者レベルとの意見交換を開始している。

2) 結果と今後の課題

作業は予定通り完了し、特に問題となる事項は生じなかった。次年度は、以下(3)に示す予定どおりに研究を行う予定である。

(c) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

平成 23 年度は、土地利用モデルを構築し、関連学会で発表するとともに、特に不動産モデルの部分に関連した統計手法分析を行った。平成 24 年度は、構築した土地利用モデルについて、国際学会での発表を予定している。

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
環境・災害リスク指標とマンション価格のマルチレベルモデルによる空間計量経済分析	山形与志樹，村上大輔，瀬谷創，堤盛人	土木計画学	May 2011	国内
Hedonic analysis of environmental factors and disaster risk using a multi-level spatial econometric model	Yamagata, Y., Seya, H., Murakami, D. and Tsutsumi, M.	V World Conference of the Spatial Econometrics Association	July 2011	海外
エージェントシミュレーションとスマートシティ-交通シミュレーションと土地利用モデル-	水田秀行・山形与志樹・瀬谷創	電気学会電子・情報・システム部門大会	September 2011	国内
CUE 型住宅立地モデルを用いた広域都市圏における水害脆弱性評価	瀬谷創，山形与志樹，中道久美子，堤盛人	土木計画学	November 2011	国内
分位点回帰モデルを用いた緑地の集塊性とマンション価格の分析	山形与志樹，村上大輔，瀬谷創，堤盛人	土木計画学	November 2011	国内
緑地の集塊性が不動産価格に与える影響の分析：分位点回帰モデルを用いたアプローチ	山形与志樹，村上大輔，瀬谷創，堤盛人	不動産金融工学学会	February 2012	国内
説明変数の内生性を考慮した空間ラグモデルを用いたヘドニック・アプローチによる水害リスク指標の経済評価	瀬谷創，山形与志樹，村上大輔，堤盛人	不動産金融工学学会	February 2012	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

発表タイトル	氏名	雑誌	年度	巻	頁
土地利用モデルを用いた 東京都市圏の土地利用シ ナリオ分析	山形与志樹，瀬谷創， 中道久美子	環境科学会 誌	2011	24	169- 179
環境性能評価が不動産価 格に与える影響の時空間 波及分析	山形与志樹，村上大輔， 瀬谷創，堤盛人，川口 有一郎	ジャレフジ ャーナ ル	2011	5	23-39

マスコミ等における報道・掲載

なし

(d) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成24年度業務計画案

水害脆弱性を経済的リスクとして評価し適応シナリオを検討するため、街区単位の応用都市経済モデルを用いて、複数のシナリオの構築に取り組む。海外事例の分析や、自治体の適応策担当者との意見交換を踏まえて東京23区内で簡単なシナリオ分析を行い、さらに東京都市圏全域への拡張を検討する。

