

防災科学技術に関する研究開発課題の 中間評価資料(各サブプロジェクト)

平成26年8月

防災科学技術委員会

「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」研究概要説明資料

サブプロジェクト1「首都直下地震の地震ハザード・リスク予測のための調査・研究」

1. サブプロジェクト名・サブテーマ名

「首都直下地震の地震ハザード・リスク予測のための調査・研究」

サブテーマ①南関東の地震像の解明

サブテーマ②観測に基づく都市の地震被害評価技術の開発

2. 実施機関・代表者、体制

サブプロジェクト代表者 東京大学 地震研究所 平田 直

サブテーマ① 国立大学法人 東京大学 地震研究所 平田直 (サブテーマ代表)

a. 首都圏での地震発生過程の解明

a-1 国立大学法人 東京大学 地震研究所 平田直

a-2 神奈川県温泉地学研究所 本多亮

a-3 独立行政法人 防災科学技術研究所 木村尚紀

b. プレート構造・変形過程と地震発生過程の解明

b-1 国立大学法人 東京大学 地震研究所 佐藤比呂志

b-2 国立大学法人 横浜国立大学大学院 環境情報研究院 石川正弘

c. 首都圏での中小地震と大地震の発生過程の関係の解明

国立大学法人 東京大学 地震研究所 佐竹健治

d. 首都圏の過去の地震活動に基づく地震活動予測手法の確立

国立大学法人 東京大学 地震研究所 鶴岡弘

サブテーマ② 東京大学 地震研究所 堀宗朗 (サブテーマ代表)

a. 地震動・地震応答の大規模数値解析手法の開発

国立大学法人 東京大学 地震研究所 堀宗朗

b. 大規模数値解析結果の先端可視化技術の開発

国立大学法人 東京工業大学大学院 情報理工学研究科 廣瀬壮一

3. 実施期間

平成24年度～平成28年度 (5年間)

4. 研究開発概要・目的

・全体

2011年東北地方太平洋沖地震を受けた新しい首都圏の地震像を解明し、データと大規模数値解析に基づく被害想定手法を開発する。

・サブテーマ①

「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」によって整備された、首都圏地震観測網 (MeSO-net) を活用して、首都圏のプレート構造の解明を進め、2011年東北地方太平洋沖地震発生以降活化した地震活動の関係を解明し、将来発生が予想される首都圏における新たな地震像 (地震規模、地震発生頻度、発生場所) を解明する。さらに、首都圏の地盤の揺れの特性を解明する。そのために、以下の a～d の研究を行う。

a. 首都圏での地震発生過程の解明

MeSO-net を維持・補修し、観測データを蓄積する。このデータを用いて、首都圏の地震発生過程の解明を行う。この研究の過程で、「データ収集・処理・公開センター」を運用する。さらに、MeSO-net データと防災科学技術研究所高感度地震観測網 (Hi-net) 等の既存データを統合して、関東広域のプレート構造と地震活動の関係を解明する。統合データを蓄積して、データベースを構築し、MeSO-net 開始以前を含む長期・広域の地震活動を解明する。

b. プレート構造・変形過程と地震発生過程の解明

首都圏の伏在活断層・プレート構造を制御震源探査と自然地震観測に基づいて調査し、地殻・プレートの変形をモデル化する。活断層等の活構造の調査を行い、首都圏の三次元的な震源断層の総合モデルを構築し、首都圏の浅い内陸地震の全体像を把握する。

c. 首都圏での中小地震と大地震の発生過程の関係の解明

関東の太平洋沖で進行している平成23年東北地方太平洋沖地震の余効滑り等により活化した中小地震を含めた最近の中小地震の震源の決定、類型化を図る。また、古地震・古津波記録すなわち計器観測記録、歴史資料、津波堆積物等の記録を収集し、分析することで、南関東で過去に発生した大地震の地震像を明らかにし、新たな時系列モデルを構築する。これらをもとに中小地震と大地震の発生過程の関係を解明する。

d. 首都圏の過去の地震活動に基づく地震活動予測手法の確立

過去に発生した地震の活動から将来の地震活動を予測する統計地震学的手法を発展させた新たな地震活動予測手法を提案する。そのために首都圏の過去の地震活動に最適化した時空間的に高分解能かつ高精度な地震活動予測アルゴリズムを開発する。またそれらのアルゴリズムを評価・検証するための基盤構築を行い、地震活動予測の実験を行って、地震活動予測手法の妥当性を検証する。

・サブテーマ②

構造物の大規模シミュレーション数値解析に基づく、都市の詳細な地震被害評価技術を開発して災害軽減策の検討に供する。特に、MeSO-net 等のデータによって明らかになりつつある地盤の揺れと、建物等の揺れの関係を解明することによって、都市全体の揺れと被害を高精度に評価する手法を提案し、地震ハザード・リスク予測の高度化に資する。このために、以下の a, b の研究を行う。

a. 地震動・地震応答の大規模数値解析手法の開発

都市の表層地盤と構造物群を忠実に表す都市モデルを構築し、大規模数値解析によって地震動と構造物地震応答を計算する手法を開発する。入力には MeSO-net 等で観測したデータであり、この観測とのインターフェイスの開発も行う。

b. 大規模数値解析結果の先端可視化技術の開発

地震被害評価は大規模数値解析の計算結果に基づくが、これには膨大な量の計算結果を効果的に可視化することが必須となる。三次元視とマルチスケールが可能な可視化を開発するとともに、応急評価に使えるよう高速処理も併せて実現する。

5. 事業開始時に示された研究開発の必要性等

(1) 必要性

・全体

2011年東北地方太平洋沖地震では、首都圏においても長周期地震動、帰宅困難者、広域液状化など大都市に特有の様々な問題を顕在化させた。今後、わが国を襲うものと予想される首都圏の大地震や、東海・東南海・南海地震の発生時における都市域の総合的な減災対策を整えておくことはタイムリーで極めて必要性が高い。特に、都市の災害軽減には「防災」という観点だけでは限界があり、いかにして災害を「軽減化」し、また災害後にいかに「回復」できるかが重要であるため、そのような観点でなされる本プロジェクトの必要性は高いと判断できる。

・サブテーマ①

首都圏は地震発生頻度が高く、これまで国や自治体によって行われている地震被害想定では、甚大な被害が予想されている。しかし、地震調査研究推進本部によって発生確率が高いとされている地震は、首都圏のどこかで発生するM7程度の地震であって、必ずしも都心直下の地震ではない。被害想定では、防災的な観点からもし都心直下で大地震が発生したらどのような被害になるかを想定して、その対策を講じているが、その地震の姿（地震規模、地震発生頻度、発生場所）が地震学的に分かっているわけではない。2011年東北地方太平洋沖地震の影響によって、首都圏での地震活動が高まったことを受け、どのような地震がどこで発生する可能性があるか、つまり首都直下で大地震が起きる可能性とその地震像を明らかににする必要性は高い。

・サブテーマ②

極めて人口が集中する他、既存不適格と称される建築構造が密集する地域もある現代の首都圏では、これまでの震災とは異なる様相の地震被害が発生する可能性がある。災害統計に基づく従来の手法ではこの可能性を調べることには限界がある。大規模シミュレーションを利用した新しい地震被害評価手法を開発することによって、異なる様相の地震被害を予測することができる。従来の手法の限界が指摘されている今日、このような地震被害評価手法の開発の必要性は高い。

(2) 有効性

・全体

本プロジェクトは首都圏を主たる対象としているが、ここで得られた成果は中京圏や関西圏の都市部における諸問題の解決にも有効に適用でき、波及効果は高いと考えられる。事後評価において高い評価を受けた先行する「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」は、理学、工学、人文社会科学の複合プロジェクトであり、防災研究開発において特に重要となる分野融合の下地ができており、今後はより一層の連携を効果的に進め、課題解決を優位に進める運営をし、目標を達成することが望まれる。

研究の遂行に当たっては成果の最終形を明確にし、その社会還元を確実に行うことにより有効性を高めることが期待される。

・サブテーマ①

首都圏で発生する地震の規模、場所、切迫性についての知見が得られることによって、大地震に備え、災害を軽減化することができる。たとえば、平成 25 年に内閣府が公表した首都直下地震の被害想定で取り上げた「都心南部直下地震」は、被害想定を行うための一つの仮定であり、発生する可能性はあるが、このような地震が過去に発生したかは明らかでない。現時点では、このような地震の起きる可能性はあるが、あくまで仮定である点で、過去に実際に起きた地震への備えとは心構えが異なる。本プロジェクトでは、科学的な知見に基づき、内閣府が仮定した「都心南部直下地震」のような地震が起きる蓋然性を明確にすると共に、過去に起きた地震として安政江戸地震を取り上げて、その地震像を解明することで、首都直下で発生する M7 クラスの地震発生の現実性を認識することができる。その結果、行政・企業・一般市民の地震防災・減災への取り組みが加速される。

・サブテーマ②

災害統計に基づく従来の地震被害手法では、10 倍を超える被害の過大評価をすることは決して珍しくない。観測された地震動を基に構造物の地震応答を解析し、被害を推定するという大規模数値シミュレーションを利用した新しい地震被害評価技術は、物理データと物理解析を利用するため、従来の手法よりも高い信頼性を持つ。さらにこの地震被害評価技術を使って発災状況を高い分解能で予測することによって、災害軽減に資する情報を提供する。有効性は高いと期待できる。

(3) 効率性

・全体

2011 年東北地方太平洋沖地震の余震活動は当分の間継続するものと考えられ、先行プロジェクトで整備された MeSO-net を活用して首都圏における地震活動の特性を捉えることはきわめて効率的である。また、震動実験による研究や災害情報に関連する研究においても、先行プロジェクトで蓄積された多くの知見を土台とすることができるため、高い効率性が期待できる。

プロジェクトの推進に当たっては、東京大学地震研究所が中核機関となり、継続的に検討会、運営委員会等を計画・運営して、効率性の高い研究を行い、社会的要請に答えている。

・サブテーマ①

MeSO-net を活用して首都圏における地震活動の特性を捉えることで、効率的に研究を進めている。サブプロジェクト②のサブテーマ③「地盤・基礎・建物連成系の応答評価 (MeSO-net 観測)」と連携するために本サブプロジェクト①で維持している MeSO-net による観測データを提供している。

・サブテーマ②

MeSO-net で観測される地震動から、観測点の無い場所での地震動を推定する手法を開発している。既存観測網のデータを有効に活用することで、研究の効率性を高めている。

6. 防災科学技術委員会での指摘事項

(1) 事前評価

I 「必要性」

- ①災害の「軽減化」に役立つか。
- ②災害後の「回復力向上」役立つか。
- ③東日本大震災で明らかになった防災上の課題の科学的な検証はされているか。
- ④市民・地域コミュニティ・行政・企業などの防災力向上に結び付けられているか。

II 「有効性」

- ①理学、工学、社会科学の分野融合による連携を進めているか。
- ②成果の最終形を明確にしているか。
- ③中京圏・関西圏の都市部においても諸問題の解決に有効か。
- ④防災情報受発信システムの開発が災害を軽減する手段として高い有効な形で進められているか。(サブプロジェクト③のみ)

III 「効率性」

- ①先行プロジェクトで蓄積された多くの知見を土台として効率性を発揮しているか。
- ②先行プロジェクトで整備された MeSO-net を活用して首都圏における地震活動の特性を効率的に捉えているか。(サブプロジェクト①のみ)

7. 達成状況

・全体

5カ年で実施される計画の内2年分が、所期の計画通り実施された。

・サブテーマ①

本サブテーマでは、a,b,c,dの4つの研究課題があり、それぞれ計画通り研究が進行している。aでは、MeSO-netを維持して観測データを蓄積している。このデータにより、首都圏下の地震波速度構造、減衰構造が明らかになりつつある。bでは、地殻構造データにより、首都圏の震源断層モデルが構築されつつあり、2011年東北地方太平洋沖地震の震源断層への影響が評価されつつある。さらに、cでは、歴史地震の資料の精査が行われ、安政江戸地震の地震被害像が解明されつつある。dでは、首都圏の地震活動を定量的に評価するための3次元予測モデル構築の準備ができた。

・サブテーマ②

本計画の最初の2年は地震被害評価技術の基盤開発を目的としている。基盤とは、大規模数値シミュレーションの利用を前提とした、地震動・地震応答解析であり、これを基に地震被害評価を行う。所期の計画通り、基盤開発に成功した。大規模数値シミュレーションの対象となる都市モデルを自動的に構築する手法と、その計算結果を可視化する技術の基盤開発も所期の計画通り

完成した。

8. 事前評価における指摘事項への対応

注) 6. の指摘事項を踏まえ、対応が分かるように記述する。

(1) 必要性

・全体

① 災害の「軽減化」に役立つか。

首都圏で発生する地震像が、2011年東北地方太平洋沖地震を経て変わったことと、この地震の前から変わらないことを明らかにすることで、災害への備えに対する具体的なイメージが得られる点で、軽減化に貢献している。例えば、2011年東北地方太平洋沖地震の影響で地震が発生しやすくなった場所や地震の種類、地震時に強い揺れに見舞われる地域を想定できるようになる。さらに、その地震による被害像についても具体的にできれば対応を考えることができる。これは、これまでに知られている南関東全体で30年以内に70%の確率でM7程度の地震が発生するという平均的なイメージと比べ、より具体的である。

また、地震発生の可能性が高く、人口の多い首都圏での災害の軽減化の観点から、地震調査研究推進本部「新たな地震調査研究の推進について―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―(平成24年9月6日改訂)」では、首都圏において地震観測をする必要性が述べられている。MeSO-netは、この方針に合致している。

② 災害後の「回復力向上」役立つか。

科学的な知見に基づく震災シナリオを描くことは、必要とされる具体的な回復力の明確化につながる。大規模シミュレーションを利用した震災シナリオの計算は他地域でも研究開発が取り組み、回復力の明確化に繋がることが期待されている。

③ 東日本大震災で明らかになった防災上の課題の科学的な検証はされているか。

過去の地震災害や近代的な観測データに基づくだけでは、将来の地震ハザードを過小評価する可能性があることが明らかになった。歴史記録や地質記録を考慮することでこの問題を一部解決できる。

④ 市民・地域コミュニティ・行政・企業などの防災力向上に結び付けられているか。

MeSO-net 観測点の設置場所の多くは、小中学校である。地震観測装置の設置時などに、地震観測の原理や地震防災・減災に関する授業を行い、地域コミュニティ等の防災力向上に貢献している。地震観測装置を設置している学校等には、専用のウェブページを作成して、観測データを閲覧できる環境を用意し、理科教育・防災教育に貢献している。さらに、学校等には定期的に連絡を取り、出張授業の要請に応えたり、防災講演会等に参加したりしている(9. 研究成果の波及効果(科学的・技術的視点および社会的・経済的視点から)表2参照)。

(2) 有効性

① 理学、工学、社会科学の分野融合による連携を進めているか。

- 本サブプロジェクトで得られる「地下で発生する地震とその建物被害への影響の知見」と、サブプロジェクト②で行われる「建物の揺れと被害の関係の知見」、サブプロジェクト③で行っている「被害の軽減・復旧・復興のための社会科学的な知見」が統合されることで都市の災害

が軽減する。そのために、以下のような連携を行っている。

- サブプロジェクト①、②、③の関係者が定期的に情報交換を行う「統括委員会」を開催し、理学①、工学②、人文社会科学③の連携を図っている。サブプロジェクト①が統括委員会の事務局となって委員会を運営している。
- サブプロジェクト①の運営委員会にサブプロジェクト②、サブプロジェクト③からの委員が出席することにより、研究者間の定常的な意見交換の場を確保している。
- サブプロジェクト②が実施する建物系地震観測システムに、サブプロジェクト①の MeSO-net データを取り込むシステムを構築し、サブプロジェクト②と観測記録の蓄積や情報・研究成果の共有を図っている。サブプロジェクト②の建物内のセンサーからのデータは、サブプロジェクト①が運営する MeSO-net データ収集システムを用いてサブプロジェクト①のデータセンターに一旦集め、サブプロジェクト②に提供している。
- サブプロジェクト②の運営委員会と研究監視委員会、サブプロジェクト③の都市防災研究協議会等にサブプロジェクト①からも参加して、意見交換を行っている。
- 平成 24 年 10 月 29 日から 31 日に、3 つのサブプロジェクトが共同して実施する国際ワークショップ“Special Project for Reducing Vulnerability for Urban Mega Earthquake Disasters”を宮城県松島で開催し、日本、米国、欧州の理学、工学、人文社会科学の研究者（海外からの 16 名を含め、計 55 名の参加者）によって、活発な議論がなされた。
- 平成 25 年度には、米国カリフォルニア州ロスアンゼルス南カリフォルニア地震センターで、理学、工学、人文社会科学の研究者が参加するワークショップが開催されて、分野融合の議論が行われた。さらに、ワークショップ後には、南カリフォルニアでの一斉防災訓練(ShakeOut)が開催され、理学及び人文社会科学の研究者が参加した。
- 平成 24 年度の米国地球物理学連合 (AGU) 大会、平成 26 年度の日本地球惑星科学連合大会では、本プロジェクトが提案するセッションが開催され、理学、工学、人文社会科学の研究者の研究発表が行われ、分野融合の議論が行われた。
- 平成 26 年 5 月に、サブプロジェクト①、②、③が共同で、中間成果報告会を開催した（詳細は、[13.その他](#)に記載）

② 成果の最終形を明確にしているか。

- 首都圏で発生する震災像を明確にするという観点から、特に、安政江戸地震の地震像を解明するために、現在の地震学的知見、歴史地震学的知見を統合することを最終形として研究を進めている。
- 安政江戸地震と同種の地震が将来の首都圏で発生した時の被害を推定することを目標としている。本サブプロジェクトの成果がまとまれば、将来の首都圏の地震被害想定を行う時に、過去に実際に起きた地震が再び発生した場合の地震被害についてリアリティを持って描き出すことができる。なお、大正関東地震（1923年）の地震像とそれによる被害像とについてはすでに多くの知見があり、さらに大正関東地震と同種の M8 程度のプレート境界地震の発生確率は当分の間は低いことから、本サブプロジェクトでは、安政江戸地震タイプの首都直下地震を対象として研究を進めている。

③ 中京圏・関西圏の都市部においても諸問題の解決に有効か。

- 中京圏・関西圏等の都市部でも稠密地震観測網を整備することが有用であることを示し、本

プロジェクトで得られた知見を活用する。しかし、たとえ MeSO-net のような稠密な観測網が整備できなくとも、大都市において展開されている既存の観測データからどこまで地震動の予測が可能かを、本プロジェクトで得られる首都圏のデータを活用して評価する。それぞれの都市部での予想される地震像を提供することによって、首都圏以外の都市部での諸問題の解決に貢献できる。

- 本サブプロジェクトによって、既存強震動観測網のデータを用いて観測点の無い場所の地震動を予測する手法が確立できると、限定された周波数帯域ではあるが、既存データから任意の場所の地震動を予測することが可能となる。
- 建物のモデル化と大規模シミュレーションによる被害予測手法は、中京圏・関西圏等の大都市でも適応可能である。

(3) 効率性

・全体

① 先行プロジェクトで蓄積された多くの知見を土台として効率性を発揮しているか。

・サブテーマ①

- 先行研究「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」サブプロジェクト①「首都圏周辺でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等」で整備された MeSO-net を活用することによって、本プロジェクトの研究を進めている。
- 先行研究(同上)で得られた、首都圏の3次元速度構造モデルを用いて、(1)岩石学的解釈にもとづいて、首都圏下の地震発生領域を制限する、(2)減衰構造(Q)を推定する、(3)首都圏で発生した地震の走時、S-P時間のデータを集め、古い時代のS-P時間から地震発生場所(震源)を推定する、研究を行っている。
- 先行研究(同上と、「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」地震動(強い揺れ)の予測「大都市圏地殻構造調査研究」)で実施された地殻構造調査の成果は、首都圏の震源断層モデルの構築に貢献している。本プロジェクトでは、これを基にして、2011年東北地方太平洋沖地震の影響を3次元数値モデルによって評価している。

② 先行プロジェクトで整備された MeSO-net を活用して首都圏における地震活動の特性を効率的に捉えているか。(サブプロジェクト①のみ)

・サブテーマ①

本プロジェクトでは、MeSO-net を維持・補修し、連続波形データを観測・蓄積している。そして、その蓄積されたデータを活用して解析を行っている。MeSO-net が整備されたあと、ほぼ欠測なく連続波形データが得られている。その結果、2012年4月から2014年5月17日までに約50TBの連続地動データが収集された。前プロジェクト(2008年1月~2012年3月)も含めると、約120TBになる。今後も、1年に約25TBのデータが蓄積される。

これらの連続波形データから、本プロジェクト開始から2年間で1,013個の地震を解析した。約300点の観測点があるので、P波到着時刻の読み取り値が255,145、S波到着時刻の読み取り値が143,445、最大振幅データ264,793波形記録、極性判読137,647波形記録のデータが得られた。これらは、震源分布解析、発震機構解析、速度解析、減衰構造解析に用いられ、従来

にない高精度の解析結果が得られている。一般に高精度の解析には、空間的に高密度に多点展開された観測網と多数の P 波及び S 波到着時刻の読み取り値や波形記録が必要であるが、MeSO-net はそれらの要求を実現した観測網といえ、その能力を十分に活用していると同時に、他の解析手法を適用してより高度な地震活動解析を行う余地がある。

また、2011 年東北地方太平洋沖地震では、首都圏においても停電や通信回線の不安定な状態となったが、MeSO-net 観測点でのデータ保持及び自動再送信機能により、地震前後の連続波形データを漏れなく収集できた。このデータを用いて、首都圏の地震活動に対する 2011 年東北地方太平洋沖地震の影響を詳細に調べることができた。

また、MeSO-net は、2011 年東北地方太平洋沖地震が発生する前に、ほぼ整備されたために、同地震の前後で多くの地震のデータが取得されている。同地震により首都圏下の地殻・マントルの応力場が大きく変化したことで、中小地震の発生数が多くなったが、MeSO-net データによる応力場の解析により、地震を起こす応力場も変化したことが示された。首都圏における地震活動の特性を効率的に捉えたと言える。さらに、同地震による影響が今後緩和される過程が観測できることで、首都圏での将来の大地震発生の可能性についての知見が増える。2011 年東北地方太平洋沖地震の影響は現在でも続いており、今後 10 年程度は影響が残ることが予測されることから、MeSO-net による観測が継続されることが必要である。

・サブテーマ②

MeSO-net データから首都圏の任意の位置に於ける揺れ（波動場）を推定する手法を開発しつつある。10 秒以上の波動場については、例えば 2011 年東北地方太平洋沖地震の波動場を再現することには成功している。さらに、MeSO-net の観測データから地盤と建物の相互作用を考慮した建物の揺れを推定する手法を開発しつつある。

9. 研究成果の波及効果（科学的・技術的視点および社会的・経済的視点から）

注）既存の類似研究を明確にし、当該テーマとの違いも合わせて記述する。

・全体

平成 26 年 5 月までに、学術論文（167）（論文出版 31、学会発表 136）、一般講演会（21）、メディアでの情報発信（11）を以下の表 1，2，3 のように行い、学会及び一般社会に成果が波及した。

・サブテーマ①

（科学的・技術的視点）「a. 首都圏での地震発生過程の解明」で活用している MeSO-net は、類を見ない世界最先端の技術である。大都市部での地震観測は、社会活動による雑音のために、深井戸による観測以外には難しいと考えられてきたため高感度の多点観測は行われて来なかった。本プロジェクトで整備した MeSO-net は、20m という浅い観測井戸を用いた多点観測を行うことですでに多くの地震学的な成果をあげていて、有効な観測が行えることが実証された。MeSO-net は、世界でも他に例を見ない都市部での大規模観測網であり、今後、都市部で地震観測を行うにあたって、一つのモデルとなりうる。

「b.プレート構造・変形過程と地震発生過程の解明」では、首都圏の三次元的な震源断層の総合モデルを構築し、首都圏の浅い内陸地震の全体像を解明することを目指している。この中で、2011年東北地方太平洋沖地震の影響を広域の3次元の弾性・粘弾性モデルを構築して同地震の力学的な影響を定量的に評価している。同地震の震源断層への力学的な影響を調べる研究は他に多数あるが、本課題bの特徴は、日本列島全体の3次元の弾性・粘弾性モデルを構築して、同地震の地震時滑り等を求め、その首都圏の震源断層への影響を評価している点である。このような研究は他には、文部科学省委託研究「日本海地震・津波調査プロジェクト」の中で「2-6 海溝型地震と内陸沿岸地震の関連メカニズムの評価準備」で行われている。ただし、「日本海地震・津波調査プロジェクト」では日本海地震・津波を発生させる日本海沿岸域の震源断層を対象として研究が行われており、本課題bとは、対象とする地域・震源断層が異なる。

「d. 首都圏の過去の地震活動に基づく地震活動予測手法の確立」と類似の研究として、国際共同研究である「地震活動予測可能性共同実験 (CSEP: Collaboratory for Study of Earthquake Predictability)」がある。CSEPの国際共同研究は、日本も参加し、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画 (2009年-2013年度)」と「災害の軽減の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (2014年-2018年度)」の下で行われている (CSEP_Japan)。CSEP_Japanは本研究課題の先行研究と位置づけられる。CSEP_Japanでも、関東地方の地震活動の予測可能性について厳密な統計地震学的な手法で議論しているが、地震活動は震央 (平面的な位置) の解析だけである (2次元予測モデル)。これは、CSEPでは、主に浅い地殻内の地震だけを対象に研究を行っているためである。一方、関東地方では、2つの海洋プレートが陸のプレートの下に沈み込むことで、地殻内の浅い地震のほかに、プレートの沈み込みに伴うやや深発地震が発生して被害を及ぼす地震となっている。このため、地震災害の軽減の観点からは、深さの異なる地震活動を厳密に取り扱う必要があり、3次元予測モデルを開発する必要がある。本課題dでは、3次元予測モデルを構築する研究開発を行う点で、他に類似の研究はない。

(社会的・経済的視点) MeSO-netで得られたデータの解析結果 (3次元の地震波速度構造とその岩石学的な解釈) は、内閣府が行った「首都直下地震の被害想定」(中央防災会議、首都直下地震対策検討ワーキンググループ、平成25年12月)で活用された。首都圏で発生する地震像の解明は、首都圏の震災対策を講ずる上で必須であり、本研究の成果が貢献している。フィリピン海プレートの形状と、非地震性領域を推定するためのデータを提供し、首都圏の地震モデルの改定に寄与した。

・サブテーマ②

(科学的・技術的視点) 災害統計に基づく地震被害手法は、密な地震観測網も大型計算機もない時代に開発された手法であり、信頼度には限界があるものの他に代替がないため、この手法を使わざるを得なかった。MeSO-netの密な地震観測網の観測データを基に、大規模数値シミュレーションを利用した新しい地震被害評価技術は、物理データと物理解析を利用するため、高い信頼度が期待され従来手法の代替となる。

(社会的・経済的視点) 本プロジェクト研究成果として、この地震被害手法の有効性が実証されると、我が国はもとより世界において、地震被害手法が一新される可能性がある。地震シナリオの発生確率と分解能が高い被害予測を組み合わせることで、さまざまな地震被害の保険がより合理的な

ものとなる効果も期待される。

※H26年度は、平成26年5月現在。

1. 発表論文（印刷版、学会発表）数（表1）

			H24	H25	H26	合計
論文	国際	全体	1	15	0	16
		サブテーマ①	1	8	0	9
		サブテーマ②	0	7	0	7
	国内	全体	7	8	0	15
		サブテーマ①	7	8	0	15
		サブテーマ②	0	0	0	0
学会	国際	全体	34	29	0	63
		サブテーマ①	30	23	0	53
		サブテーマ②	4	6	0	10
	国内	全体	16	38	19	73
		サブテーマ①	13	36	18	67
		サブテーマ②	3	2	1	6

2. 一般講演数、学校での講演数（表2）

		H24	H25	H26	合計
一般講演	全体	6	9	0	15
	サブテーマ①	6	9	0	15
	サブテーマ②	0	0	0	0
出張授業	全体	1	5	0	6
	サブテーマ①	1	5	0	6
	サブテーマ②	0	0	0	0

3. メディア（TV、ラジオ、新聞、雑誌）（表3）

		H24	H25	H26	合計
TV	全体	0	4	2	6
	サブテーマ①	0	4	2	6
	サブテーマ②	0	0	0	0
ラジオ	全体	1	0	1	2
	サブテーマ①	1	0	1	2
	サブテーマ②	0	0	0	0
新聞	全体	0	3	2	5
	サブテーマ①	0	3	2	5

	サブテーマ②	0	0	0	0
雑誌	全体	2	0	0	2
	サブテーマ①	2	0	0	2
	サブテーマ②	0	0	0	0

10. 事業終了時の達成状況の見込み（今後の展望等）

・全体

全体として、当初の計画通り研究が進捗しているため、事業終了時には所期の成果が達成される見込みである。

・サブテーマ①

- MeSO-net の維持は予定通り実施されている。本計画が終了後2年をめどに、データを公開できる準備を進めている。現在は、地震研究所の共同利用の枠組みの下で、データの利用を実施している。
- これまでは、防災上の観点から「仮定」していた首都直下地震（例えば、「東京湾北部地震」、「都心南部直下地震」）ではなく、東京（江戸）で実際に発生した地震（例えば、安政江戸地震）に基づいて被害想定が出来るようになる。これまでは、江戸時代という社会条件が極めてことなる環境で発生した地震災害から将来の首都圏の大地震による被害を予測することは困難であったが、本プロジェクトで開発された、地震像の推定手法、新しい被害評価法によって、より現実味のある被害想定が出来るようになる。これは国や自治体の詳細な被害想定に利用できる。
- 首都圏で発生する中小の地震活動から大地震の発生確率を推定する手法が確立すれば、現在の地震調査委員会で行っている時間に依存しない地震発生確率の評価から、時間に依存する発生確率の評価に移行できる。大・中地震を用いて、手法の検証を本プロジェクトで実施することで、2011年以降発生頻度が上がった首都圏の地震活動を定量的に評価出来るようになる。

・サブテーマ②

- 本計画では平成26年度からの3年間は、地震被害評価技術の有効性の検証を目的としている。2年間をかけて開発された基盤を高度化しながら、より信頼度の高い地震被害評価を行えるようにする。MeSO-net の観測データを数値シミュレーションの入力とする点が、地震被害評価技術の有効性を決定する。この点をクリアし、地震被害評価技術を開発する予定である。

11. 実施体制及び進行管理の妥当性

・全体

サブプロジェクト①の運営委員会を年2回開催して、研究の進捗状況を確認し、進行管理を行い、研究の方向性について有識者の意見を聞いている。これまでに、4回開催した。運営委員会には研究分担者の他、有識者として、研究分担機関以外の地震防災の専門家、気象庁及び国土地理院の地震学・測地学に基づく防災行政の専門家、東京都総務局及び横浜市消防局の地

方自治体の防災担当者が参加して、本サブプロジェクトの運営と進捗に関して意見を頂いている。さらに、サブプロジェクト②と③からの研究分担者が1名ずつ参加することで、サブプロ間の連携が有効に進められるよう、情報交換を行っている。

- 3つのサブプロジェクト①、②、③全体の研究進捗を把握するために、統括委員会を設置して、年2回統括委員会を開催した。これまでに、4回開催し、三つのサブプロジェクト間の連携を図り、本プロジェクト全体としての成果が上がるように努めている。
- 運営委員会、統括委員会の開催、議事内容は、本プロジェクト・サブプロジェクト①のウェブページで公開している。本プロジェクトの進行管理の透明性を向上し、第三者からの意見収集が可能な体制を確保している。

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/toshi/project/project.html>

- サブプロジェクト①で雇用している研究員（サブテーマ①、②）が全員出席する定例打ち合わせ会を月一回開催し、研究の進捗状況を確認している。研究員がプロジェクト全体の進捗、分担している課題の意義を理解して、それぞれの課題研究に反映させている。
- 随時関連の研究者と意見交換を行う検討会をこれまでにのべ8回開催し、研究の進行を確認している。本サブプロジェクト参加研究者以外の研究者と本プロジェクトの研究者の意見を交換することで、学術全体の進展の中における本プロジェクトの成果の意義を確認することが出来た。

1.2. 予算（執行額）の変遷

年度	H24	H25	H26	H27	H28	総額
執行額	230,634,180	212,526,848	196,981,000	—	—	640,142,028
サブテーマ①	191,377,976	178,713,468	166,371,781	—	—	536,463,225
サブテーマ②	39,256,204	33,813,380	30,609,219	—	—	103,678,803

※H24は確定額、H25は確定前の額、H26は予算額。

1.3. その他

- 平成26年5月14日に、中間成果報告会「都市の脆弱性が引き起こす地震災害」を京都大学防災研究所と共に、東京大学伊藤謝恩ホールで開催した。来場者は、建築や土木の設計に携わる方々や通信や電力等のライフラインに関わる方々、地方自治体の防災担当者等と幅広く、約400名の参加者数であった。前半に各サブプロジェクト代表者からの報告があり、後半では、3名のパネリスト（元内閣危機管理監・伊藤哲郎氏、内閣府中央防災会議委員・小室広佐子氏、(株)インターリスク総研・本田茂樹氏）を招いて、パネルディスカッションを行った。パネリストや会場からは、対象とする地震の規模の蓋然性、最初の一撃だけでなくその後の被害の拡大、都市の脆弱な

箇所の発見、一般への専門用語の伝え方、防災先進国としての国際貢献等の多数の質問や意見が寄せられた。これらのテーマをいくつかにまとめ、司会の前川宏一統括委員会委員長の進行で、講演者3名を加えた7名による議論が交わされ、今後のプロジェクト遂行にあたって有意義な意見を得ることができた。

- 博士研究員（PD）を計8人採用して、研究を分担させることで、若手研究者の育成に貢献している（人材育成）。
- 観測点を設置した小中学校で、理科教育・防災教育のための講習会・授業を行い、学校教育に貢献している。さらに、理科等の小中高等学校の先生のワーキンググループを作り、地震学会と共同で理科教育教材の開発を行っている。

以上

「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」研究概要説明資料
サブプロジェクト2「都市機能の維持・回復のための調査・研究」

1. サブプロジェクト名・サブテーマ名

「都市機能の維持・回復のための調査・研究」

サブテーマ① 高層建物の崩壊余裕度定量化に関する研究開発

サブテーマ② 建物の健全度モニタリングに関する研究開発

サブテーマ③ 地盤－基礎－建物系の応答評価とモニタリングに関する研究開発

2. 実施機関・代表者、体制

研究代表者：京都大学 防災研究所 中島 正愛

- ・サブテーマ①－(1) 鉄骨造高層建物の崩壊余裕度定量化（テーマ責任者：高橋元美）
(2) RC造建物の崩壊余裕度定量化（テーマ責任者：勝俣英雄）
- ・サブテーマ②－(1) 建物のモニタリング（上部構造）（テーマ責任者：白石理人）
(2) 建物のモニタリング（地盤）（テーマ責任者：藤井俊二）
(3) 建物のモニタリング（連成システム）（テーマ責任者：岡野創）
- ・サブテーマ③ 地盤-基礎-建物連成系の応答評価（MeSO-net 観測）
（テーマ責任者：平成 24～25 年度 小林 喜久二、平成 26 年度～ 中村尚弘）

3. 実施期間

平成 24 年度～平成 28 年度（5 年間）

4. 研究開発概要・目的

・全体

本研究では、想定を上回る大地震に対する都市部基盤施設の被害推定と、地震後の事業・生活の維持および速やかな都市機能回復に資することを目標として、平成 17 年度から本格稼働している実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を効果的に活用し、都市部基盤施設の崩壊余裕度定量化と健全度モニタリングシステムの開発に関する研究を実施する。

・サブテーマ①

企業の本社機能の多くを占める鉄骨造高層建物や都心のマンションに多用される RC 造建物が、想定を上回る地震動を受けた際の損傷の進展および崩壊に至るまでの余裕度を、部分構造物に対する構造実験、建物に対する大型振動台実験、高度数値解析から明らかにする。また得られたデータを用いて、揺れの大きさと被害の関係に対する定量的評価法を整備する。

・サブテーマ②

建物の揺れを検知するセンサ群、センサデータ転送システム、センサデータに基づいて損傷度合を即時に評価する健全度モニタリングシステムを開発し、それをサブテーマ①の大型振動台実験に適用することで、各システムの妥当性を検証する。また研究の最終段階として、地盤－基礎－建物連成系を対象とした大型振動台実験によって、モニタリングシステム全体の有効性を検証

する。

- ・サブテーマ③

地震波が地中深層から表層地盤に伝わり、建物の基礎に到達して上部建物を揺らすメカニズムに関わる実データを、地中、表層地盤と上部建物に配した観測システムから収集する。得られたデータから地盤－基礎－建物連成系の解析技術を向上させ、より高度な連成系応答評価法を整備する。さらに当該評価法をサブテーマ②のモニタリングシステムに適用することで一層の高度化を図る。

5. 事業開始時に示された研究開発の必要性等

(1) 必要性

- ・全体

東日本大震災に代表される過去の巨大地震災害から、「想定を上回る地震動に対する対処」と「地震後の事業や生活の継続と速やかな回復」の実現に向けた社会的要求は切実である。本サブプロジェクトは、二つの教訓に対する工学的見地からの処方箋として、「高層建物等都市の基盤をなす施設が完全に崩壊するまでの余裕度の定量化」と「都市基盤施設の地震直後の健全度を即時に評価し損傷を同定する仕組みの構築」を目標とするもので、この研究に対する必要性は極めて高い。

- ・サブテーマ①

都市機能の中核をなす鉄骨造高層建物や RC 造建物が想定を上回る地震動を受けた際の崩壊を、大型振動台実験を中核とした検証から明らかにし、上記の「高層建物等都市の基盤をなす施設が完全に崩壊するまでの余裕度の定量化」に繋げる。

- ・サブテーマ②

地震後の建物健全度モニタリングシステムを開発し、大型振動台実験においてその精度を検証することで、「都市基盤施設の地震直後の健全度を即時に評価し損傷を同定する仕組みの構築」に繋げる。

- ・サブテーマ③

実在する建物を対象とした地中、表層地盤、上部建物の地震時振動性状を観測収集し、地盤－基礎－建物連成系の解析技術の向上を図り、「都市基盤施設の地震直後の健全度を即時に評価し損傷を同定する仕組みの構築」の一層の高度化に繋げる。

(2) 有効性

- ・全体

実大三次元震動破壊実験施設（Eーディフェンス）を用いた大型振動台実験を中心に本研究を展開する。実験映像を含むデータは、サブプロジェクト②のホームページ等を通して公開され、その成果は広く社会に還元されている。

- ・サブテーマ①

Eーディフェンスでの大型振動台実験等によって、揺れの大きさと構造物の損傷進展の関係および崩壊メカニズムが明らかになりつつある。当該研究成果である崩壊余裕度の定量的評価法は、想定外地震への対応において社会的にも大きな影響を与えうる。

- ・サブテーマ②

建物の揺れを検知するセンサシステム（ハードウェア）と、センサデータに基づく健全度モニタリングシステム（ソフトウェア）を構築し、大型振動台実験によってその精度検証を進めている。研究成果である構造物健全度即時評価法は、地震災害後の都市機能早期回復の中核をなす。

・サブテーマ③

実在建物の観測データから、地盤－基礎－建物連成系の解析技術の向上・発展に努めている。これら研究成果は、実用に資する構造物健全度即時評価法の構築と検証にとって不可欠である。

（３）効率性

・全体

本サブプロジェクト（②都市機能の維持・回復のための調査・研究）を推進することにより、想定を上回る地震動を受けた際の都市基盤施設の被災性状が明らかになるとともに、耐震性能の評価と向上に関わる技術の提案や、災害に対する事前・事後対策に新たな知見を提供する成果が期待できる。また、都市基盤施設の健全度即時判定は、地震発生直後の迅速な震災被害の推定・把握だけでなく、被災直後の住民非難指示や復興計画の速やかな策定に多大な貢献が期待される。これらの成果は、都市の激甚災害軽減化に大きく寄与するもので、地震による国民の生命・財産への甚大な被害を飛躍的に軽減するうえで、その果たす効果は計り知れない。

6. 防災科学技術委員会での指摘事項

（１）事前評価

I 「必要性」

- ①災害の「軽減化」に役立つか。
- ②災害後の「回復力向上」役立つか。
- ③東日本大震災で明らかになった防災上の課題の科学的な検証はされているか。
- ④市民・地域コミュニティ・行政・企業などの防災力向上に結び付けられているか。

II 「有効性」

- ①理学、工学、社会科学の分野融合による連携を進めているか。
- ②成果の最終形を明確にしているか。
- ③中京圏・関西圏の都市部においても諸問題の解決に有効か。
- ④防災情報受発信システムの開発が災害を軽減する手段として高い有効な形で進められているか。（サブプロジェクト③のみ）

III 「効率性」

- ①先行プロジェクトで蓄積された多くの知見を土台として効率性を発揮しているか。
- ②先行プロジェクトで整備された MeSO-net を活用して首都圏における地震活動の特性を効率的に捉えているか。（サブプロジェクト①のみ）

7. 達成状況

・サブテーマ①

高層建物の崩壊余裕度の定量化を目的として、これまでに

- (i)鉄骨造高層建物の大型振動台実験による崩壊過程の解明と予備解析
 - (ii)鉄筋コンクリート造建物の大型振動台実験向けの試験体設計と実験計画の立案
- を実施した。現在までの主な成果と今後の予定は以下のとおりである。

a. 鉄骨造建物の崩壊余裕度定量化

- ・18層の鉄骨造高層建物を模擬した1/3縮小試験体を製作し、E-ディフェンスを用いた大型振動台実験を実施した。
- ・大型振動台実験では、南海トラフ地震において予想される大都市圏の高層建物の揺れの状況を忠実に再現するとともに、入力レベルを増大させることで、鉄骨造高層建物が崩壊に至るまでの過程を明らかにした。
- ・実験で得られた被災状況と崩壊過程の結果の速報版を作成し、プレスリリースするとともに、ビルオーナーや設計関係者、学協会を対象に、一連の説明会を開催した。また、結果の速報と実験時の映像等を、一般の方々向けにホームページ上で公開した。
- ・今後は、実験から得られたデータを整理・分析して、建物被災状況や建物崩壊過程をさらに詳細に検討するとともに、高度数値解析を実施して、建物崩壊余裕度の定量的評価法の構築に結びつける。

b. RC造建物の崩壊余裕度定量化

- ・平成26年度には、大都市近辺に多数存在する中高層集合住宅のRC造建物が巨大直下地震を受けたときの被災状況と、崩壊に至る挙動を明らかにするため、E-ディフェンスを用いた大型振動台実験を実施する。
- ・E-ディフェンス実験に向けて、柱・梁・壁から構成される縮小試験体を用いた予備実験と、それに対応した高度数値解析を実施し、RC造の崩壊挙動評価に関する知見を蓄えた。

・サブテーマ②

建物の健全度モニタリングシステムの構築を目的として、これまでに、

- (i)上部構造のモニタリングシステムの鉄骨造大型振動台実験への適用と分析
 - (ii)地盤系のモニタリングシステムの構築と実験計画
 - (iii)地盤－基礎－建物連成系の大型振動台実験向けの予備検討
- を実施した。現在までの主な成果と今後の課題は以下のとおりである。

a. 建物のモニタリング（上部構造）

- ・建物健全度判定システムを構築し、鉄骨造高層建物の大型振動台実験を通して、その妥当性を検証した。
- ・本実験では、レベル1（層レベルの損傷検知）、レベル2（部材レベルの損傷検知）の2種のシステムを適用し、レベル1システムでは、全層の最大応答値を精度よく推定できることを確認した。また、レベル2システムでは、新型センサシステムにより部材レベルの損傷の「有無」と「位置」を概ね特定できる可能性を示すことができた。
- ・今後は、レベル1、2で得られたデータの詳細な分析を行うとともに、その結果と鉄骨造高層建物の崩壊余裕度定量化で得られた結果を複合的に分析し、建物健全度判定システムのさらなる高度化を目指す。

b. 建物のモニタリング（地盤）

- ・地中に設置したセンサの常時稼働には、地中でのセンサへの給電が必要で、それに適した地中充電・給電方法を選定し、一連の性能試験からその性能を確認した。また、打音診断センサについて、性能試験とデータ解析から、損傷度合を判定する手法を開発した。さらに、センサで得られたデータから、地盤、基礎構造、ライフラインの健全度を評価する方法を確立しており、平成 27 年度の大型振動台実験においてその精度を検証する。

c. 建物のモニタリング（連成システム）

- ・平成 28 年度の大型振動台実験に向けて、相似則について整理した結果、地盤のせん断波速度 V_s を縮尺率 1 倍として、建物慣性力の影響が実大と等しくなる相似則が適切であることを確認した。また、3 次元非線形有限要素法 による試験体の高度数値解析を実施することから、連成系と基礎固定の二段階加振を行うための試験体の製作方法を検討した。
- ・今後は、実験実施に向けて、第二段階の基礎固定加振時に上部構造の損傷がある程度大きくなるような条件設定をさらに検討する。

・サブテーマ③

地盤－基礎－建物系の応答評価法の確立を目的として、これまでに、

(i) MeSO-net と連動する建物系地震観測システムによる地震観測と高度数値解析を実施した。

現在までの主な成果と今後の課題は以下のとおりである。

- ・ MeSO-net システムと連動する地盤－基礎－建物系の地震観測地点として、成蹊学園及び自由学園の 2 観測点を選定し観測システムを構築するとともにデータの継続的な取得を図っている。
- ・成蹊学園及び自由学園の高度数値解析モデルを作成し、その振動性状を観測記録と比較して、現状の地盤－基礎－建物連成系高度数値解析技術の精度を検証した。作成した解析モデルでは、連成系における伝達関数は概ね観測記録に対応しているが、建物短辺方向の卓越振動数に関しては観測記録より若干高く評価するという限界もある。
- ・これまでの知見を踏まえ、今後はスウィング・ロッキングモデルを用いた検討に加え、上部建物、地盤－基礎構造とも 3 次元有限要素法解析モデルとした検討も実施する予定である。また、新しい観測箇所を湾岸を中心に選定し、観測データを充実させる予定である。

8. 事前評価における指摘事項への対応

注) 6. の指摘事項を踏まえ、対応が分かるように記述する。

(1) 必要性

⑤ 災害の「軽減化」に役立つか。

- ・建物が完全に崩壊するまでの余裕度を定量化することで、想定を超える地震下で十分な余裕のない建物を明らかにでき、明確な目標値（必要余裕度）を示して耐震補修を促すことが可能となり、効率的な災害の軽減化に貢献する。

⑥ 災害後の「回復力向上」役立つか。

- ・建物健全度評価のためのモニタリングシステムの開発により、地震直後に建物損傷度の程度や被災箇所を特定することが可能となり、速やかな回復、復旧を実現することで回復力向上に寄与する。

⑦ 東日本大震災で明らかになった防災上の課題の科学的な検証はされているか。

- ・本プロジェクトは、東日本大震災で明らかになった、(1) 想定を超える地震への対処と、(2) 事業や生活の継続と速やかな回復、の課題への解決策を提示するために、(1) 高層建物等都市の基盤をなす建物が完全に崩壊するまでの余裕度を定量化する、(2) 建物健全度評価のためのモニタリングシステムを開発する、を目的としている。

⑧ 市民・地域コミュニティ・行政・企業などの防災力向上に結び付けられているか。

- ・計画内容や中間成果を、設計者、地域コミュニティ、行政、企業に、講演会・インターネットなどを通じて周知、意見交換することから、各界の要望を計画に取り込むことによって、成果の社会還元の推進を図っている。

(2) 有効性

① 理学、工学、社会科学の分野融合による連携を進めているか。

- ・サブプロ①に設けられる統括委員会の一員として、他のサブプロとの連携を図り、これまでの各サブプロの成果に関しても合同の中間報告会を開催する。
- ・サブプロ①の運営委員会にサブプロ②から委員が出席することにより、恒常定的な意見交換を確保している。
- ・サブプロ①の MeSO-net システムと連動する建物系地震観測システムを構築し、この地震観測を通じてサブプロ①と観測記録の蓄積や情報・研究成果を共有することで、本サブプロが最終成果の1つと位置づける「地盤－基礎－建物連成系評価技術指針」の中核を成す観測記録の一層の充実を図る。
- ・サブプロ③に建物モニタリングのデータや地震観測記録を提供し、さらなるデータの周知・活用を後押しすることによって、建物健全度評価システムの社会実装に向けたシステム情報公開・伝達手法の多様化を図る。

④ 成果の最終形を明確にしているか。

- ・本サブプロ最終成果については、各サブテーマ横断のWGを設け、各種技術指針の編纂などの最終目標を明確化するとともに、目標達成に向けて進捗状況の相互チェックを行っている。

⑤ 中京圏・関西圏の都市部においても諸問題の解決に有効か。

- ・本プロジェクトで対象としている、鉄骨造高層建物（オフィスビルなど）や、RC造建物（集合住宅など）は、3大都市圏を中心に全国的に建設されている建物形状であり、本研究が生み出す崩壊実験結果や健全性モニタリングシステムは十分な汎用性を有するもので、各地域での活用が期待される。

(3) 効率性

② 先行プロジェクトで蓄積された多くの知見を土台として効率性を発揮しているか。

- ・本プロジェクトの研究の中心はE-ディフェンスでの大型振動台実験にあり、その計画、実施にあたっては、過去のE-ディフェンスを十分にレビューし、経験豊富な防災科学技術研究所の研究員の協力を得ながら実施している。
- ・各サブテーマの研究計画に先立って、既往の研究を十分に調査し、過去の知見を踏まえた研究計画となっている。

9. 研究成果の波及効果（科学的・技術的視点および社会的・経済的視点から）

注) 既存の類似研究を明確にし、当該テーマとの違いも合わせて記述する。

・サブテーマ①

- ・鉄骨造建物については、過去の地震で中低層建物の崩壊事例は多数あり、崩壊に至る過程も明確になっているが、60m を超える高層建物については崩壊事例はもとより、大きな被害を被った事例もない。今回の大型振動台実験により鉄骨造高層建物の崩壊までの挙動を世界で初めて明らかにでき、そこで得られた崩壊余裕度に関するデータは、構造技術者や研究者にとって唯一設計・解析の妥当性を評価・検証できる現実的な指標であり、極めて有益なものである。
- ・RC 造建物については、日本全国に多数存在する、1階に壁抜けのある数階建ての集合住宅を対象とし、実施例のない崩壊までの挙動を大型振動台実験によって追跡し、過去の地震被害事例が多いピロティ形式のRC 造建物の崩壊挙動との差異を把握する。そこで得られたデータは鉄骨造高層建物同様、構造設計者や研究者にとって極めて有益なものとなる。
- ・崩壊に至る過程で、地震力が大きくなると建物は最大耐力を迎え、その後部材の劣化挙動やP- Δ 効果により建物全体が劣化挙動を示し、最終的に崩壊に至る。これまで、このような現象を正確にシミュレーションした解析例はほとんどなく、崩壊挙動を追跡できる解析法を本研究で新たに確立することにより、高層建物全体の崩壊挙動の追跡が可能となる。その意味から、ここで開発する解析法は、崩壊余裕度定量化手法のなかで重要な位置を占める。

・サブテーマ②

- ・上部建物のモニタリングシステムとして、レベル 1(層レベルの損傷検知)、レベル 2(部材レベルの損傷検知) の 2 種のシステムを構築し、大型振動台実験に適用した。レベル 1 では、層レベルの損傷度が容易に評価できるため、在館者への退避勧告の要否の判断等に有効であり、実用に資する評価精度を保ちつつセンサ数を最小限に止めるという経済的視点にも立脚した検証を、実大規模の実験・観測で初めて実施した意義は高い。レベル 2 は現時点ではチャレンジなモニタリングシステムであるが、それが実用域に達すれば、地震直後に大きく損傷した部材を即座に抽出でき、迅速な復旧につなげることができる。
- ・地盤系のモニタリングシステムで提案しているセンサや給電システムは、いずれも過去に実用化の例がなく、特に基礎・地盤系は掘り返してみないと被害状況が把握できない現状を鑑みると、これらの実用化の意義は極めて高い。
- ・連成系のモニタリングでは、建物および杭基礎の両方を現実的な規模でモデル化して実施した振動台実験は過去に例がなく、連成系に対する大型振動台実験を世界に先駆けて検証することの意義は高い。また、建物系と地盤系のモニタリングシステムの検証の意味からも、本実験は開発システムの実用化に向けた最終チェックとしての役割を果たすなど、成果のアピールと実装への道筋となることが期待できる。

・サブテーマ③

- ・これまで、周辺地盤と建物に観測装置を設置して同時に地震観測を実施した例は極めて少なく、地盤条件の異なる数か所での観測は、地盤－基礎－建物連成系の機構の解明に資する極めて貴重なデータとなる。
- ・また、これまでに設計で用いられてきたスウィング・ロッキングモデルの適用性を検討し、3次元有限要素法などの高度数値解析との比較を通じて、さらに合理的なスウィング・ロッキン

ゴモデルを構築することは、設計法の合理化の観点から極めて意義深い。

10. 事業終了時の達成状況の見込み（今後の展望等）

本研究を、最終期間まで継続されることで、下記に示す当初の目的が達成される。

・サブテーマ①

鉄骨造高層建物（実験実施済）や RC 造建物の崩壊に至るまでの過程を明らかにするとともに、実験結果を精度よく再現できる高度数値解析法の構築を通して、建物の想定外地震被災時の安全限界や崩壊までの余裕度を定量化する手法を確立することで、建物の真の耐震性を評価することが可能になる。これを実際の建物群に適用することによって、統一的な指標を用いた耐震性評価が可能となる。その結果、耐震性が不足し耐震改修が必要な建物を適切に抽出して耐震改修を促進することで、都市の激甚災害の軽減に貢献する。

・サブテーマ②

建物、地盤、ひいては地盤－基礎－建物連成系のモニタリングシステムが構築され、既存、新築を問わず、地震直後の基礎、地盤系を含めた建物全体の損傷度を即時に評価することができ、迅速な建物機能の復旧と回復が可能となる。

また、モニタリングシステムを用いた損傷度指標と、サブテーマ①で評価される実際の建物の層レベルや部材レベルでの損傷度を関係づけることで、建物管理者や在館者がビジュアルに損傷度を把握できる表示システムが構築できる。これは、鉄骨造高層建物や集合住宅の地震後の危険度判定や退避の要否の判断などに有効で、都市の激甚災害の軽減に貢献する。

・サブテーマ③

地盤条件の異なる敷地での地盤－基礎－建物連成系の観測記録を収集するとともに、観測データを再現できる解析手法を確立することで連成系解析の高度化が図られ、今後の耐震設計・解析の精度向上に貢献する。

また、観測記録に同定手法を適用することで、建物の振動特性の変化から建物の損傷度を推定する手法の整備につながることを期待できる。

11. 実施体制及び進行管理の妥当性

・全体

- ・サブプロジェクト②の運営委員会を年 5 回開催して、研究の進捗状況を確認し、進行管理を行っている。運営委員会は、学理に根ざす科学技術を提供する大学、国家的視野に立って災害施策を推進する公的研究機関、災害施策実践をつかさどる産業界それぞれから委員を立て、産・官・学の連携によって研究を遂行する体制を組織し、さらに研究の方向性についてサブプロ②の外部識者（サブプロ③：田中聡富士常葉大学教授）にも委員としての参加をお願いしている。運営委員会はこれまでに 11 回開催しており、適時三つのサブテーマの進行状況を管理し、サブプロ②の研究目標が達成されるよう努めている。
- ・外部有識者からなるサブプロジェクト②の研究監視委員会（委員長：緑川光正北海道大学教授）を年 2 回開催し、研究の進展及び成果の展開などプロジェクト全体について適切な助言を得ている。研究監視委員会はこれまでに 4 回開催しており、本プロジェクトの外部識者からの意見や指摘を反映することで、研究の進行管理の妥当性の確保を図っている。

- ・3つのサブプロジェクト①、②、③全体の研究進捗を把握するために、統括委員会を設置して、年2回統括委員会を開催した。統括委員会はこれまでに4回開催しており、サブプロ②の研究進行状況をサブプロ①、③の委員に説明し、各サブプロ間の連携をより密にし、本プロジェクト全体としての成果が上がるよう努めている。
- ・サブプロジェクト②の運営委員会と各サブテーマを担当する分科会の議事内容、E-ディフェンスで実施した大型振動台実験の情報を、サブプロジェクト②のウェブページで公開しており、進行状況と成果を公にすることで研究の透明性の確保に努めている。

<http://www.toshikino.dpri.kyoto-u.ac.jp/index.html>

12. 予算（執行額）の変遷

(千円)

年度	H24	H25	H26	H27	H28	総額
執行額	247,000	221,000	216,000	—	—	—
サブテーマ①	21,000	135,000	115,000	—	—	—
サブテーマ②	130,000	43,000	35,000	—	—	—
サブテーマ③	36,000	8,000	39,000	—	—	—

※執行額：各年の決算額（実績報告書より抜粋）

※サブテーマ①：鹿島、大林、②：清水、大成、小堀、③：竹中

※表中サブテーマ①～③の執行額は研究再委託額を取りまとめたもので、京大分については未記入（執行総額－サブテーマ①～③＝京大分）

13. その他

以上

「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」研究概要説明資料
サブプロジェクト3「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査・研究」

1. サブプロジェクト名・サブテーマ名

- 「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査・研究」
- サブテーマ① 過去の災害経験の整理・体系化（ジオポータル）
 - サブテーマ② マイクロメディアサービス開発
 - サブテーマ③ 総合的地震災害シナリオの構築
 - サブテーマ④ 防災リテラシー向上のためのトレーニングシステム開発

2. 実施機関・代表者、体制

- サブプロジェクト代表者 京都大学防災研究所 林 春男
- ・サブテーマ① 過去の災害経験の整理・体系化（ジオポータル） 京都大学防災研究所 鈴木進吾
関西圏における次世代復興計画に関する研究 関西大学社会安全学部 越山健治
中京圏における災害関連データの分析 名古屋大学減災連携研究センター 廣井 悠
被災者ニーズを踏まえてライフライン被害・復旧情報の体系化 岐阜大学工学部 能島暢呂
 - ・サブテーマ② マイクロメディアサービス開発 新 潟大学災害・復興科学研究所 井ノ口宗成
マッシュアップ・双方向インタラクション技術の開発 産業技術総合研究所サービス工学研究センター 野田五十樹
 - ・サブテーマ③ 総合的地震災害シナリオの構築（都市防災研究協議会）
大都市における巨大災害に対応可能な対策法制 政策研究大学院大学 武田文男
関西大学社会安全学部 山崎栄一
標準的な危機対応体制 京都大学防災研究所 牧 紀男
大規模都市災害からの経済回復 関西大学社会安全学部 永松伸吾
災害時ロジスティクス能力 岩手医科大学救急医学講座 秋富慎司
 - ・サブテーマ④ 防災リテラシー向上のためのトレーニングシステム開発
兵庫県立大学環境人間学部 木村玲欧
中心市街地における教育・訓練システムの開発 工学院大学建築学部 久田嘉章
建物被害調査に関する教育・訓練システムの開発 富士常葉大学大学院環境防災研究科 田中 聡
生活再建支援システムに関する教育・研修システムの開発 新潟大学危機管理室 田村圭子
災害担当職員向け教育・訓練システムの開発 東京大学生産技術研究所 目黒公郎

3. 実施期間

平成 24 年度～平成 28 年度（5 年間）

4. 研究開発概要・目的

- ・全体
阪神・淡路大震災、東日本大震災をはじめとする過去の地震災害での経験・教訓をもとに、高い

災害回復力（レジリエンス）を持つ社会の実現を研究の全体目的とする。具体的には、日本全国の防災研究者の英知を集め、他のサブプロジェクトと協働しつつ、防災担当者の災害対応能力と一般市民の防災リテラシーの双方の向上のための災害情報提供手法とトレーニング手法について提案することを達成目標とする。

- ・サブテーマ①

個々の防災担当者および被災者（情報の受け手）が災害対応を行うにあたって、どの時点でどのような情報を必要としたか、それに対してどのような災害情報が提供されたかあるいはされなかったかについて、阪神・淡路大震災や東日本大震災などの過去の災害経験の実証的な調査・研究を通して明らかにする。検討成果はG空間情報データベースとして整理し、クラウド技術と動的空間情報マッシュアップ技術を利用した自律分散協調型の状況認識統一基盤情報システム（「ジオポータル」と呼ぶ）を構築し、マイクロメディアサービスを通して全国を対象として配信すべき情報内容を明確化し、これを体系化する。

- ・サブテーマ②

スマートフォン・カーナビなどのGPS付携帯端末を新しい情報伝達媒体として「マイクロメディア」と位置付け、的確な災害対応を行うために必要となる災害情報を必要とされるときに必要とする人に届けるサービスのしくみを開発する。

- ・サブテーマ③

大規模広域地震災害に対する効果的な災害対応に必要となるわが国の災害対策上の基本的な問題への対処法について、以下の4側面について科学的根拠に基づくシナリオという形で体系的に整理し、総合的地震災害シナリオを構築する。1) 大都市における巨大災害に対応可能な対策法制、2) 標準的な危機対応体制、3) 大規模都市災害からの経済回復、4) 災害時ロジスティック能力

- ・サブテーマ④

一般市民・防災担当者双方に向けた防災リテラシー向上のため標準的な教育・訓練プログラム体系を一元的に管理できる仕組み（「防災リテラシーハブ」と呼ぶ）をWeb上で提案し、それを活用した以下の教育・訓練システムを開発し、首都圏・中京圏・関西圏の3圏での実証実験によりその有効性を検証する。1) 中心市街地における効果的な災害対応能力向上のための教育・訓練システムの開発、2) 建物被害調査に関する教育・訓練システムの開発、3) 生活再建支援システムに関する教育・訓練システムの開発、4) 災害担当職員向け教育・訓練システムの開発

5. 事業開始時に示された研究開発の必要性等

(1) 必要性

- ・全体

東日本大震災は戦後我が国が経験した最大規模の災害となった。今後も発生が確実視されている南海トラフ地震や首都圏の大地震では、東日本大震災以上の規模の被害の発生が予測されている。このことは被害の発生を前提として、発災後の対応によって災害を「軽減化」し、速やかに災害から「回復」する能力を高めることを目的とした「減災」に関する新たな研究分野を確立する必要がある。その場合、公助力には限界が存在することを踏まえ、自助力・共助力を高めることに主眼を置く必要がある。

- ・サブテーマ①

人間の学習の70%は経験に基づくといわれている。災害を軽減化し、災害後の効果的な回復を実現するためにも経験が不可欠である。しかし、大規模災害はまれにしか起こらないため、過去の災害事例における災害対応従事者並びに被災者の実際の対応について体系的な整理を行い、その成果を形式知として、関係者で情報の共有可能にすることが不可欠であり、本研究の必要性は高い。

- ・サブテーマ②

一人ひとりの市民、地域コミュニティ、行政や企業などの防災力向上を実現するためには、適切な情報提供が不可欠である。これまで情報が届きにくかった移動中の人々に対して、周囲の状況についての細やかな情報をリアルタイムに提供する仕組みの構築する必要性は高い。

- ・サブテーマ③

首都直下地震や南海トラフ地震では東日本大震災を上回る規模の被害が予想されており、これまでの災害では経験したことがない災害対応や復興における新しい課題の発生が危惧される。「想定外」を防ぐ意味でも、どのような事態の発生が予想されるか、どのような対策が求められるかについて事前に検討する本研究の必要性は高い。

- ・サブテーマ④

大規模災害においては公助には限界があり、自助力・共助力の向上が不可欠である。そのためには、災害対応従事者だけでなく一般市民も防災に関する「リテラシー」を高める必要がある。災害予防、応急対応、復旧に関する知識や技術が、現在もっとも充実した情報提供媒体であるインターネットを使って、いつでも入手できる情報提供のしくみを構築することは必要性は高い。

(2) 有効性

- ・全体

本サブプロ内はもちろん、サブプロ間で培われた理学、工学、社会科学の連携の素地を活かして、課題解決のためにより一層連携を拡大する。東日本大震災でその効力が証明されたインターネットを主たる情報の受発信システムとしてとらえ、研究者だけでなく災害対応や復興に携わる実務者並びに産業界とも密接に連携し、自助力・公助力の向上を最終目的として、社会還元を確実に行うことを目標にする。

- ・サブテーマ①

阪神・淡路大震災や東日本大震災での災害対応・復興過程から得られた知見や教訓を体系的に整理するジオポータルは WebGIS 上で研究参画者間での情報共有・マッシュアップを可能に分野横断的な新しい知見や価値の創造が可能になる。また、最終成果も Web GIS 上で公開することで社会還元が実現できる。

- ・サブテーマ②

マイクロメディアサービスの実現のためには各主体が個別に行っている GPS 付移動媒体向けのサービスの共通仕様を決定する必要がある。仕様決定にあたっては、単に研究者だけでなく、実際のサービスを提供している GPS 付移動体端末向け情報サービスに携わる実務者の協力が不可欠である。本研究では、GPS 付移動体端末向け情報サービスに関連する産官学民の関係者で構成する「狭域防災情報サービス協議会」の全面的支援を得て、社会実装できるサービスの実現を図る。

- ・サブテーマ③

研究参画者及び47都道府県並びに20政令市の防災担当者で構成される都市防災研究協議会を毎月開催し、その都度必要な話題提供者を迎えて、新しい災害対応課題の検討にあたっており、学際性と社会実装の実現を強く意識した活動となっている。

- ・サブテーマ④

インターネット上に構築する防災リテラシーハブは、災害対応従事者向けの体系的な教育訓練プログラムの提供、一般市民向けの防災啓発プログラムの提供、防災関連情報の検索機能を有しており、そこで提供する教育・訓練プログラムの充実そのものが防災力向上に必要とされる総合性の確保と社会還元の証左となる。また、教育研修プログラムのひとつである非木造建物の被害認定調査手法の確立に関しては、サブプロ②の破壊実験のデータおよび試験体を利用している。

(3) 効率性

・全体

先行プロジェクトである「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」で蓄積された多くの知見を土台とし、その成果が現実の災害対応において社会実装され、高い回復力を持つという社会的要請に効率的に応える。

・サブテーマ①

研究成果をジオポータルで表現できる形式とすることを研究参画者に求め、効率的な研究推進を図っている。

・サブテーマ②

電子情報通信学会および地域安全学会の研究者との合同研究会を開催し、研究成果の共有を図っている。

・サブテーマ③

都市防災研究協議会は公開で開催し、関連する情報集約と共有を効率化している。

・サブテーマ④

先行プロジェクトの成果である被災者台帳を用いた生活再建支援システムの社会実装で明らかになった問題点を踏まえて、研修体系並びに人材育成方法の開発を行う。それ以外にも首都圏を想定して得られた成果を全国の政令市に拡大する。

6. 防災科学技術委員会での指摘事項

(1) 事前評価

I 「必要性」

- ①災害の「軽減化」に役立つか。
- ②災害後の「回復力向上」役立つか。
- ③東日本大震災で明らかになった防災上の課題の科学的な検証はされているか。
- ④市民・地域コミュニティ・行政・企業などの防災力向上に結び付けられているか。

II 「有効性」

- ①理学、工学、社会科学の分野融合による連携を進めているか。
- ②成果の最終形を明確にしているか。
- ③中京圏・関西圏の都市部においても諸問題の解決に有効か。
- ④防災情報受発信システムの開発が災害を軽減する手段として高い有効な形で進められているか。(サブプロジェクト③のみ)

III 「効率性」

- ①先行プロジェクトで蓄積された多くの知見を土台として効率性を発揮しているか。
- ②先行プロジェクトで整備された MeSO-net を活用して首都圏における地震活動の特性を効率的に捉えているか。(サブプロジェクト①のみ)

7. 達成状況

・全体

5か年で実施される計画のうち2年分が、所期の計画通り実施された。研究の進捗状況を常に明

らかにするために、サブプロ③のホームページに最終成果物の欄を設け、各サブテーマの進捗状況を初年度から公開する方式を採用している。

・サブテーマ①

都市減災ジオポータルのページを作成し、内閣府が実施した首都直下地震及び南海トラフ地震の被害想定結果、東日本大震災直後に実施された東北地方太平洋沖地震緊急地図作成チーム（EMT）を一般公開している。研究参画者間だけの共有情報として、近畿圏における過去の災害復興状況、中京圏での過去の被災状況、東日本大震災時のライフラインの被害及び復旧状況に関する研究成果を収録している。

また、自助力・共助力を高めるためには、一般市民が地震災害に対して「わがこと」意識を持つことが大切であり、そのためのルールの開発が必要となる。サブプロ①でなされるような首都圏を対象とする精緻な被害想定も大切であるが、それほど精度がなくても、自分の家、自分の職場、自分の学校など自らに関わりのある場所でも地震被害が一定精度で推定可能であり、マグニチュード7までならば、日本中いかなる場所と深さに震央を設定し、地震を発生させ、その被害を提示することが可能な「あなたのまちの直下地震」被害推定システムの開発を行い、震度分布・暴露人口まで提示可能となった。

・サブテーマ②

マイクロメディアサービスのページを作成し、定期的な研究会の開催を通して、マイクロメディアとソーシャルメディアとの関係性の明確化を図り、ダウンリンクとアップリンクサービスを検討することとした。ダウンリンクサービスとしては、①いのちを守る情報（予警報・避難関係情報）、②ハザード情報、③安否確認情報、④ライフラインサービス情報（交通系、供給系）、⑤物資供給を当面の整備対象とする。アップリンク情報については、災害時要援護者に関して静的な名簿の整備だけではなく、動的な居場所の管理を可能にするしくみを検討している。

・サブテーマ③

都市防災研究協議会のページを作成し、政策、経済、一元的危機対応（国際危機管理学会日本支部と共同）、の各テーマについて定期的に研究会を開催し、成果を研究論文として発表している。

・サブテーマ④

防災リテラシーハブのページを作成し、体系的に学ぶための教育・訓練プログラムの情報提示方式と、自分の興味関心にしたがってインターネット上に存在する防災関連情報を手軽に収集し、自由に検索する機能を有する探検型の情報提示方法（Design Trend Press と呼ぶ）の2種類を開発した。体系的な教育・訓練プログラムとして現在まで、「被災者台帳を用いた生活再建支援システム」「復興の教科書」に関する教育・訓練プログラムを一般公開している。

8. 事前評価における指摘事項への対応

注) 6. の指摘事項を踏まえ、対応が分かるように記述する。

(1) 必要性

①災害の「軽減化」に役立つか。

本研究は、大規模な被害の発生を前提として、その後にとられる災害対応および復興過程について、過去の災害における経験を科学的な手法を用いて体系的に整理し、そこから見出された知見によって効果的な災害対応と効率的な復興による災害の「軽減化」の実現を目的としている。

②災害後の「回復力向上」役立つか。

本研究は、大規模な被害の発生を前提として、その後にとられる災害対応および復興過程について、過去の災害における経験を科学的な手法を用いて体系的に整理し、そこから見出された知見によって効果的な災害対応と効率的な復興の実現による「回復力向上」を達成目標としている。

③東日本大震災で明らかになった防災上の課題の科学的な検証はされているか。

本研究は、東日本大震災後にとられた災害対応および復興過程を、阪神淡路大震災をはじめとする過去の災害における災害対応・復興過程と科学的な手法を用いて比較対象氏、今後の大規模地震災害においても再現するであろう課題を体系的に整理し、それに対する対策を検討している。

④市民・地域コミュニティ・行政・企業などの防災力向上に結び付けられているか。

本研究は、大規模地震災害においては公助力には限界があるという認識に立ち、さまざまな主体による自助力・共助力の向上を目標としている。

(2) 有効性

①理学、工学、社会科学の分野融合による連携を進めているか。

サブプロ③そのものが、理学・工学・社会科学・情報学の分野の専門家から構成されており、分野間連携を当然のこととしている。また、他のサブプロとの連携に関しても、統括委員会の一員として他のサブプロと連携すると共に、サブプロ①及びサブプロ②の運営委員会にサブプロ③から委員が出席し、恒常的に意見交換を行っている。サブプロ①については科学的地震シナリオを用いたいっせい防災訓練 (ShakeOut) の推進を図っており、サブプロ②とは非木造建物の被害調査方法の検討にあたって、大型 3 次元振動台での破壊実験データや実験後の試験体を活用している。

②成果の最終形を明確にしているか。

初年度からサブプロ③ホームページトップ画面において、5つの最終成果物を明示し、その内容を順次更新・拡充する方式を採用している。(http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/ur/)

③中京圏・関西圏の都市部においても諸問題の解決に有効か。

本研究では全国 47 都道府県および 20 政令市に参加を呼びかけて都市防災研究協議会を開催している。またジオポータルで開発中の「あなたのまちの直下地震」では M7 までの地震を全国任意の場所で起こす機能を有するなど全国の都市部を対象として研究を推進している。

④防災情報受発信システムの開発が災害を軽減する手段として高い有効な形で進められているか。

「防災情報受発信システムの開発については、状況認識の統一のためのシステム開発と被災者の生活再建を支援するシステムの 2 種類のシステムを開発している。前者については入力端末数が限定されているクライアント・サーバー型の情報システムではなく、現場にあるすべてのネットワーク端末から入力可能な Web を用いた情報システムの開発を進めており、この考え方は京都府の防災情報システムとして採用された。また、被災者の生活再建支援システムに関しても、平成 24 年の京都府南部豪雨の際の宇治市、平成 25 年の台風 18 号の際の京都市・福知山市、同年台風 26 号の際の大島町で実際に活用されている。これらの例が示すように災害発生後の効果的な情報処理を推進する上で役立つものと社会的に認識されている。

(3) 効率性

①先行プロジェクトで蓄積された多くの知見を土台として効率性を発揮しているか。

本研究の中心は、阪神淡路大震災の災害対応や復興過程の科学的な分析を通して得られた課題に対する解決策の提示を目的として進められており、「被災者台帳に基づく生活再建支援システム」「復興の教科書」など先行プロジェクトの知見を踏まえた研究計画となっている。

9. 研究成果の波及効果（科学的・技術的視点および社会的・経済的視点から）

注）既存の類似研究を明確にし、当該テーマとの違いも合わせて記述する。

・全体

最初の2年分の成果の一部を”Urban Resilience” for Mega Earthquake Disasters 特集号として英文誌（Journal of Disaster Research, Vol.9-2 (2014)）で刊行したのをはじめ、国内外の学会において研究成果を発表した

・サブテーマ①

（科学的・技術的視点） ジオポータルで採用した Web-GIS システムは極めて操作性が良く、研究参画者が苦勞せずに研究成果をサイトに提供し、他の情報とマッシュアップすることが可能になったため、今後多くの研究成果が提供され、マッシュアップによって新しい知見や価値の創造を可能にする基盤が完成した。今後このシステムが WebGIS を用いた情報統合のデファクトスタンダードとなって、わが国政府のオープンデータ戦略を受け止め、自助力・公助力向上のための一般市民の情報操作リテラシー能力の向上が期待できる。

なお、災害に関する状況認識の統一を図るための類似システムに e コミュニティ・プラットフォーム (<http://ecom-plat.jp/>) がある。どちらもインターネットの活用を目指していることは共通しているが、ecom-plat.jp は情報処理の専門家が開発し、防災分野での適用を目指した防災情報システムの開発である。本研究が目指すことは、災害対応の実態を踏まえ、「過去の災害経験の整理・体系化」を ICT 技術（ジオポータル）を活用して効果的に実現することである。すなわち、前者はできるだけ多くの種類の課題を処理できるシステムとなることが成功の要件である。これに対し、後者は従来存在していなかった、さまざまな都市機能の停止から復旧までを一定精度で WebGIS 上で展開できる被害想定システムを開発することが主たる目的となる。

（社会的・経済的視点） ジオポータルで公開している内閣府による首都直下地震並びに南海トラフ地震の被害想定について幅広い層が知る機会を持つ、また「あなたのまちの直下地震」のアプリケーションを利用して、自分に関係する場所での被害想定を実施することで一般市民や産業界での地震被害の「わがこと」化が図られ、その結果として都市地震防災への関心の高まりが期待できる。

・サブテーマ②

（科学的・技術的視点） 災害時要援護者に対しては今回の災害対策基本法の一部改正でも市町村に台帳の作成が義務付けられている。しかし、予知のできない地震災害の場合には、要援護者が必ずしも台帳の住所にいるとは限らない。効果的な災害対応という観点では、要援護者のプライバシーに配慮しつつも、常にその所在を動的に把握できる仕組みの構築が求められている。その実現は単に計算機技術だけでは不可能であり、災害時要援護者の個人的・社会的特性の解析、要援護者を取りまく社会制度についての解析など、総合的な視野に立つ設計が求められている。本研究以外ではその実現は不可能である。

（社会的・経済的視点） わが国でもっとも普及している情報端末であるスマートフォンを防災情報の受信装置として位置づけ、それに対して体系的でかつ有効な情報を提供する社会的仕組みが構築できる。

・サブテーマ③

（科学的・技術的視点） 東日本大震災よりも大規模な被害の発生が予想される首都直下地震や南海トラフ地震において、新しく発生する災害対応や復興の課題を事前に検討することで、新しい災害シナリオの構築が可能とし対応不能に陥る「想定外」の事態の発生を予防し、回復力を向上させるために人々を必要に応じて柔軟に動員できる災害対応体制、震災による財政破たんを防止し、復興に必要な財源を確保する方法、個人の自由を制限する必要が生まれるような厳しい事態にあっても立憲

主義を貫ける国家体制を実現させる。

(社会的・経済的視点) 新しい災害シナリオにもとづいて、事前に予防措置をとる、あるいは災害発生に備えることで被害の軽減化が実現できる。

・サブテーマ④

(科学的・技術的視点) 防災リテラシーハブの構築による、インターネット上で公開されている防災関連情報を必要に応じて体系的に学習したり、網羅的に閲覧・検索することが可能になり、防災減災分野における知識移転・技術移転に新しい方式を提供する。

(社会的・経済的視点) 防災リテラシーハブで提供される教育・訓練プログラムを用いて災害対応の標準化が促進されると共に、一般市民の自助力の向上が見込まれる。

10. 事業終了時の達成状況の見込み(今後の展望等)

・全体

全体として、当初の計画通り研究が進捗しているので、事業終了時には所期の成果が達成される見込みである。

・サブテーマ①

ジオポータル上で、現在公開されている内閣府の首都直下地震及び南海トラフ地震の被害想定、東北地方太平洋沖地震緊急地図作成チームの成果以外に、研究終了時には、関西圏、中京圏における大規模地震災害の様相、東日本大震災におけるライフライン被害とその復旧状況に関する研究成果が一般公開される。また、研究終了時には「あなたのまちの直下地震」による各種の被害想定が公開され、一般市民も自由に利用できるようになる。ジオポータルシステムは現在京都大学防災研究所に設置されており、本研究終了後も同研究所において引き続き情報集約基盤として機能することが期待される。

・サブテーマ②

マイクロメディアサービスの標準仕様が策定され、①いのちを守る情報(予警報・避難関係情報)、②ハザード情報、③安否確認情報、④ライフラインサービス情報(交通系、供給系)、⑤物資供給の各種情報について、スマートフォン及びカーナビ上でアプリを交換することなく自由に情報を入手することが、研究終了時には可能になる。また災害時要援護者に関して、地震災害発生時に、行政を始めとする支援者がその居場所を共有できるしくみが研究終了時まで構築されている。

・サブテーマ③

これまでに経験のない大規模震災時における、対策法制、危機対応、経済被害の規模とそこからの立ち直りについての新しい災害対応課題が同定され、研究終了時からその影響を軽減するための具体的な対策が実現されはじめている。

・サブテーマ④

防災リテラシーハブでは、災害対応従事者を対象として、生活再建支援システム、復興の教科書、緊急地図作成、標準的な危機対応システムについての教育・訓練プログラムの内容が更新されると共に、中心市街地での避難訓練のすすめ方、非木造建物の被害認定調査手法、災害担当職員向けの防災計画策定・避難誘導・医療に関する教育・訓練プログラムが追加され、活用されている。一般市民向けには、検索対象となる防災関連コンテンツが充実するとともに、研究終了時には科学的災害シナリオにもとづくいっせいで防災訓練(ShakeOut)が定着している。

11. 実施体制及び進行管理の妥当性

・全体

サブプロジェクト③には、理学・工学・社会科学というさまざまな分野の研究者が参画している。

そのため、できるだけ多様な研究が推進できることを目指して、ジオポータル、マイクロメディア・サービス、防災リテラシーハブという3種類の情報集約・マッシュアップ基盤を構築するとともに、そこで個別の研究者が生み出す研究成果を共有する研究方式を採用している。基本的に独立して研究を推進しながら、全体として連携した成果を生み出すために、以下の方法で研究管理を実施し、サブプロとしての総合的・効果的な運営を試みている。

- ・サブプロジェクト③の研究参画者を中心に全体研究会議を年2回開催した。
- ・サブプロジェクト③の効果的な運営を図るために、研究推進会議を年2回開催した。
- ・サブプロジェクト相互の協力・連携を図るため、年2回開催される統括委員会に参加した。
- ・公開の研究成果報告会を毎年度末に東京で開催し、研究成果を社会的に発信した。
- ・南カリフォルニア大学が中心となるシェイクアウト訓練を中心とする防災リテラシーの向上に向けた検討をサブプロ①と共同して行った。
- ・サブプロ③の研究成果を体系的に紹介するとともに、防災リテラシー向上を目的とした「都市減災」ホームページを更新・拡張し、研究プロジェクトに関する情報発信を行った。

12. 予算（執行額）の変遷

年度	H24	H25	H26	H27	H28	総額
執行額	92,630,913	79,999,999	77,331,999	-	-	249,962,911
サブテーマ①	21,000,000	17,800,000	17,600,000	-	-	56,400,000
サブテーマ②	14,955,483	11,900,000	11,300,000	-	-	38,155,483
サブテーマ③	9,500,000	8,300,000	10,300,000	-	-	28,100,000
サブテーマ④	24,675,430	21,399,999	20,149,999	-	-	66,225,428
総括経費	22,500,000	20,600,000	17,982,000			61,082,000

13. その他

以上