

## □自然災害大国のレジリエンスの強化

東京大学地震研究所 教授 堀 宗 朗

### 1. はじめに

プレート境界に位置する我が国は、地震・火山噴火の発生頻度は高く、津波も脅威である。気候変動に起因する風水害の激甚化も懸念されている。土砂災害も軽視できない。文字通り、自然災害大国である。このため、防災・減災技術に関しては世界トップクラスの研究開発と社会実装が行われてきた。

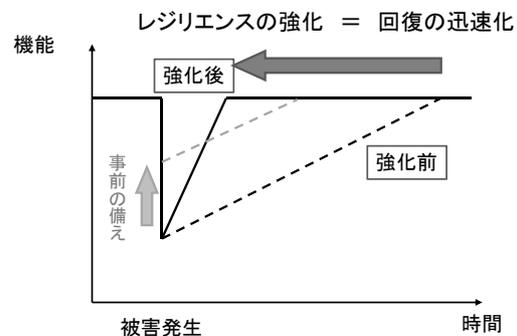
自然災害を地震・火山噴火・台風・高潮といった自然現象である「災害」と、災害が引き起こす人の居住地（集落・都市）の「被害」に区分すると、災害を減らすことはできないが、人の努力で被害を減らすことはできる。これが防災・減災の考えである。防災・減災の基本は、災害の「力」に比べて、より居住地の「強さ」を上げることであり、具体的には、地盤の揺れに耐える強い建物や、洪水や高潮を防ぐ強い堤防や防潮堤をつくることである。

### 2. 被害の増加とレジリエンスの強化

人口が増加すると、極めて強い「力」を持つ災害が居住地を襲う確率は高くなる。災害が変わらなくとも、居住地が増えると被害は増加する。同様に、技術の進歩が被害の増加をもたらす場合もある。例えば、通信技術は社会の効率性を上げる基盤技術であるが、災害によって発生した一か所の不具合が広範囲に通信を途絶えさせる可能性が

ある。通信技術が社会の基盤となっている分、通信の途絶は社会のさまざまな機能を損ねる。間接的であるが、被害は拡大するのである。

人口増や技術進歩に起因する被害の拡大に対応するため、居住地の「強さ」を上げるという事前の備えに加えて、被害から迅速に回復するという事後の対応も有効と考えられるようになった。防災・減災を事前の備えに限定せず、事後のより良い対応も含むという考え方である。被害からの迅速な回復はレジリエンスの強化と解釈される（図1参照）。



機能低下を改善する事前の備えに比べ、レジリエンスの強化は、機能低下は変わらないものの、回復を迅速化することで損失を減らす。

図1 レジリエンスの強化の概念図

都市の地震災害を例に事前の備えとレジリエンスの強化を説明すると、耐震性の高い都市を作ることが事前の備えである。しかし、都市の全構造物を最高水準の耐震性とするのは得策ではない。多くの構造物では、高い耐震性が無駄になる可能性が高い。一方、相応の耐震性を備えた都市では、

地震による被害は局所的になる。被害からの回復をより迅速にすること、すなわち、レジリエンスの強化が重要となる。何処に発生するか分からない局所的に大きな力を持つ災害に対し、都市全体の耐震性を一様一律に上げるという事前の備えを徹底するよりも、都市全体に一定の耐震性を備えた上で、被害が起こった場合により迅速に回復させるというレジリエンスを強化することは、少なくともコストの点では有利である。

レジリエンスの強化は、比較的新しい防災・減災の考え方である。風水害を嚆矢として、現在、地震災害にもこの考え方が受け入れられるようになってきた。なお、事前の備えが限定される火山噴火災害に関しては、著者の私見であるが、元来、レジリエンスの強化を重視してきたように思われる。

### 3. 戦略的イノベーションプログラム

我が国の科学技術政策を担う総合科学技術・イノベーション会議は、府省庁の枠や旧来の分野の枠を超えた研究開発を主導する。この機能の具体的な形として、「戦略的イノベーションプログラム (SIP)」<sup>1)</sup> が2014年度から第一期、2018年度から第二期が開始している（第一期は2018年度を最終年度とする5年計画であったが、優れた成果があがっているため、1年前倒しで第二期を2018年度から開始するようになった）。イノベーションと称するように、SIPは革新的な技術開発と革新的技術の社会実装の二点を重視しており、この分、SIPで選択された10程度の課題には年間数十億の研究費が配分される。大型研究開発プロジェクトである。

第一期と第二期のSIPの課題に、それぞれ、「レジリエントな防災・減災機能の強化」と「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」が採択されている。著者は、第一期は2017年度から、第二期は2018年度からプログラムディレクタを拝命してい

る（第一期の初代プログラムディレクタは中島正愛京都大学名誉教授）。課題名が示すように、前述のレジリエンスの強化を実現するために、革新的な技術開発を行うことを目的としている。

#### 3.1 第一期

「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、災害被害情報の共有が重視されている。都市機能に関わる多数の主体が効率的に被害からの回復を果たすためには、何はともあれ、災害被害情報を共有することが必須となるからである。災害被害情報の共有を府省庁間で実現することを主眼とし、府省庁に次いで自治体・民間に広げることが構想されている。

「レジリエントな防災・減災機能の強化」には7つの研究テーマがあるが、その一つは、各府省が運営する防災システムに集約された災害被害情報を収集・加工し、全府省庁間で共有する情報システムの開発である。この情報システムはSIP4D (Shared Information System for Disaster) と呼ばれ、防災研究者とICT技術者が協力して開発した（図2参照）。2016年5月熊本地震や2017年九州北部豪雨で、府省庁間はもとより、現地最対策本部での関係機関での災害被害情報の共有に成功した。

災害被害情報の収集は、原則、各機関の防災シ

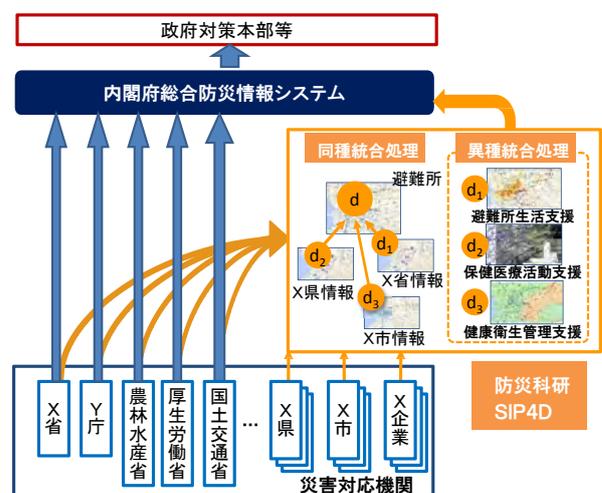


図2 SIP4Dの運用の概要

システムが発信する公開情報を集めることであり、技術的にはさほど難しくない印象がある。しかし、災害の規模が大きくなると、災害被害情報は時間とともに指数関数的に増加する。短時間で爆発的に増加する情報を収集することは容易ではない。SIP4Dでは、情報処理に必要なシステムのハードウェアの量を適切に増やすことで、災害の規模に関わらず、適切な時間で情報処理を行う技術を開発している。特に、地震の場合、観測された地震データから災害情報の規模を見積り、情報の増加に備えて事前にハードウェアの量を増やす、というICTと地震データの融合技術も開発している。

災害被害情報の加工は難しい課題である。各府省庁が収集する災害被害情報は、府省庁の特定の目的のために収集され、また、専門知を持つ関係者を想定して専門用語を使って簡潔に記述されたものが多い。この災害被害情報を、直接、他府省庁に渡しても有益になるとは限らない。このため、SIP4Dでは、各府省庁の災害被害情報を解釈し、専門知を持たない者もその意味を理解できるように用語等を代える、という適切な加工を災害被害情報に施す。さらに、同一箇所の災害に複数の府省庁の災害被害情報がある場合、その災害被害情報を組み合わせ

ることで、より有効な情報を得るという加工も施す。この加工は情報の推論であるが、極めて高度な情報処理の技術を開発している。

災害被害情報の加工の例を図3に示す。地点PA～地点PE間では、地点PBと地点PCが被害のため通行不能、地点PDとを通る迂回路

は通行可、という状況である。「点aと点b間閉鎖」という情報1が届いた場合、SIP4Dは、点aを地点PAに解釈し、「地点PA～地点PE通行不能」という情報2に加工する。「道路bc通行不可」という情報3は、道路bcを地点PB～地点PCに解釈し、「地点PB～地点PC通行可」という情報に加工する。「町d経由で町aから町cを通行」という情報3は、町を地点や地点間に解釈し「地点PD経由で地点PB～地点PC通行可」という情報に加工するのである。

「レジリエントな防災・減災機能の強化」では、先端的防災・減災技術の研究開発と並んで、その技術の社会実装を重視している。災害時に実際に技術を使うユーザーを開発現場に巻き込む他、ユーザーの組織化や制度整備といった、革新的技術を使うための「仕組み作り」も社会実装に含めている。

### 3.2 第二期

「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」は研究計画を立案中であるが、大きな枠組みとして、避難誘導システムや災害情報共有・支援システムの構築と社会実装が構想されている。避難誘導システムは、災害被害データを収集・分析し、避難

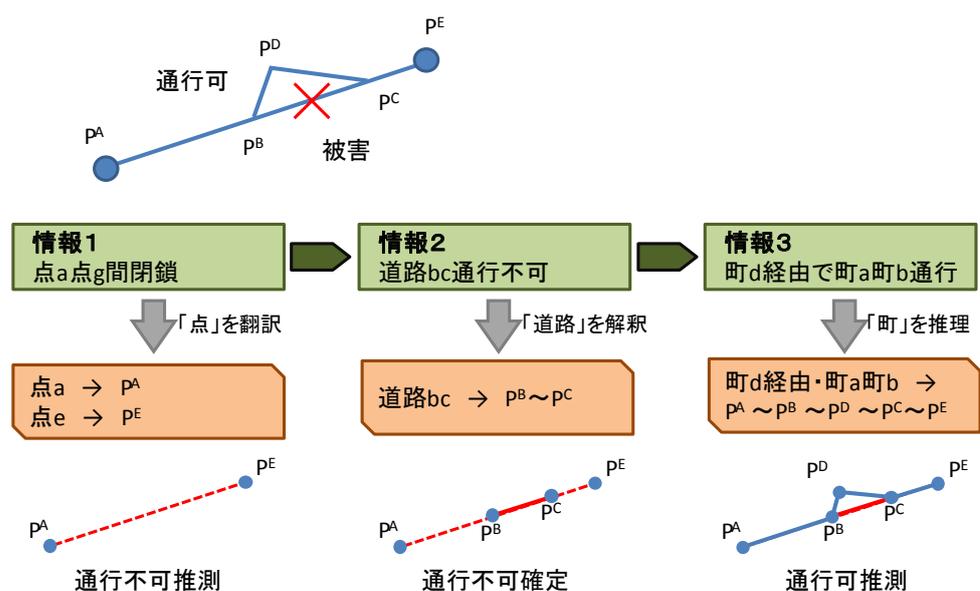


図3 災害情報の加工の例

を必要とする個人・組織に対し、切迫度や避難場所・経路に関わる情報を着実に配信するシステムである。災害情報共有・支援システムも、地方自治体等に災害情報を共有させることで、効果的な自助・共助・公助を実現するシステムである。

上記の二つのシステムは、災害時対応行動の意思決定を支援する。風水害の避難を例に意思決定支援を説明すると、各個人には「どの時点で何処に避難をするべきか」に関して、各自治体には「どの時点でどの箇所の住民に避難勧告や避難指示を発するか」に関して、判断の基となる適切な災害情報を提供することである。判断の主体は、あくまでも個人・自治体であるが、その判断を支援するに足る適切な災害情報を提供することが目標である。

技術的観点からは災害被害データの収集・分析を重視している。データの収集には、「衛星コンステレーション」、すなわち、いろいろな観測機器を搭載した大小さまざまな衛星を利用する計画である。また、データの分析にはAIの利用が計画されている。具体的には、交通・物流等に関わる都市ビッグデータから、災害時の交通・物流の隘路を分析し、適切な対応を試みる。収集と分析に最先端科学技術を利用する点は挑戦的である。

#### 4. レジリエンスの強化の将来

前章で説明した第一期 SIP を災害情報の共有によるレジリエンスの強化と位置付けると、第二期 SIP は災害時行動の意思決定の支援によるレジリエンスの強化と位置付けることができる。災害情報の共有を一步進め、意思決定の支援に用いるのである。

災害終了後、所謂「神の視点」で災害時行動を分析すると、さまざまな意思決定の誤りを見つけることができる。しかし、災害の真ただ中に、正しい結果につながる行動を決定することは難しい。さまざまな断片的な災害被害データから適切

な災害情報を抽出し、必要があれば推論も加え、少しでも正しい結果となるよう、適切な行動を短時間で決定することを支援するのである。

いかなる規模の自然災害に耐えられるような、事前の備えを都市全体に施すことは少なくともコストの点では合理的ではない。このため、レジリエンスの強化が考えられているのであり、SIP ではレジリエンス強化に関する先端技術の研究開発を進めている。しかし、より「強い」都市にすることは、被害を軽減するためには決定的に重要である。今ないし将来の事前の備えのレベルに見合った、レジリエンスの強化を進めることが必要である。なお、SIP と同様に内閣府が主導する「官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)」<sup>2)</sup> の課題となっている「革新的建設・インフラ維持管理技術／革新的防災・減災技術」は、事前の備えに関する研究開発も行う。この PRISM 課題との連携を進めることも重要である。

#### 5. おわりに

自然災害大国の日本で研究開発された防災・減災技術は高いレベルにある。このレベルの高さは、防災・減災技術の先端性も一因である。本稿で紹介した、レジリエンス強化に関する SIP の課題では、狭義の防災・減災分野の研究者の他に、ICT の分野の研究者・技術者が多く参加している。防災・減災とは距離があったものの、高い技術力を持つ他分野との連携は、防災・減災技術を高める原動力の一つである。連携する先端科学技術分野を広げていくことは、防災・減災の研究開発を進める上で重要な要因である。

##### 参考文献

- 1) 内閣府、戦略的イノベーションプログラム、  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>
- 2) 内閣府、官民研究開発投資拡大プログラム、  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/prism/index.html>