



東日本大震災からの復興に見る国土の強靱化について

出口 光一郎*¹On the National Resilience Plan for the Recovery
of 3.11 Earthquake and Tsunami DisastersKoichiro Deguchi*¹

Abstract– After 3.11 Earthquake and Tsunami Disaster, for 5 years, we have been observing and image-recording the reconstructions of land-defense as the recovery processes at the disaster places. They are planned as the National Land Resilience Plan. In this plan software-resilience has been emphasized along with the hardware reconstruction of great seawalls. We discuss the role of the software resilience as the disaster reduction manner from the view of our hardware reconstruction records, and the coordination of the software-hardware cooperative defenses. Then, we emphasize the system of systems approach for the planning and realizing the disaster-free societies by suitably combining the software and hardware resiliences.

Keywords– Recovery from the 3.11 disasters, National Land Resilience Plan, Defenses from earthquake and tsunami disasters, Software-resilience plan, System of systems approach

1. はじめに

筆者は、2011年の東日本大震災における津波被災地の復旧・復興過程と、防波堤再構築や地盤のかさ上げなどの、いわゆる国土強靱化の過程を、震災後6年間にわたって観察、映像記録をしてきた(後述)。この復興過程では、国土強靱化におけるソフト対策をこれまで以上に重視し、ハード対策とソフト対策を適切に組み合わせることや、平時にも有効に活用できる工夫をすることが強調されてきた。しかし、この組み合わせはうまく構築できていない。上記の記録は、このうちのハード対策の過程の記録である。この記録からは、復興の過程における防災・減災のいわゆるソフト対策が、どのようにハード対策と絡めてどう構築されつつあるかが見えてきていない。本論説では、これらの記録を通して、国土強靱化計画はどう構築されつつあるか、何が不足しているかを見ていく。

2. 国土の強靱化と防災の構造

2.1 国土強靱化とは

内閣官房国土強靱化推進本部にてまとめている「国土強靱化基本計画」[1]によれば、「想定外とも言える大

規模自然災害の歴史をふり返ると、これまで様々な対策を講じてきたものの甚大な被害により長期間にわたる復旧・復興を繰り返してきました。これを避けるためには、とにかく人命を守り、また経済社会への被害が致命的なものにならず迅速に回復する、『強さとしなやかさ』を備えた国土、経済社会システムを平時から構築するという発想に基づき継続的に取り組むことが重要だ」という基本的な方針が示されている。同時に、「東日本大震災は、これまでの『防護』という発想によるインフラ整備中心の防災対策だけでは、限界があることを教訓として残しました」という反省の下で、私たちの国土や経済、暮らしが、災害や事故などにより致命的な被害を負わない強さと、速やかに回復するしなやかさをもつことが重要とされている。そのためには、これまで以上にソフト対策を重視する必要があること、災害リスクや地域の状況等に応じて、「ソフト対策」と「ハード対策」を適切に組み合わせる必要があることが強調されている。

ここで言う「ソフト対策」と「ハード対策」とは、Fig. 1に示されるものである。

また、地震、津波に対するハード対策として、Fig. 2に示す、防波堤—防潮堤—海浜公園(海岸防災林)からなる「二線堤による多重防御」対策と高台移転が提起され、後述のように、東日本大震災の被災地の復興として、東北地方の太平洋沿岸各地で着々と建設工事が進められ

*¹ 東北大学名誉教授*¹ Tohoku University

Received: 8 August 2017, Accepted: 25 August 2017.



Fig. 1: 国土強靱化におけるソフト対策とハード対策の役割 (文献 [1] などによる「ソフト対策」と「ハード対策」)

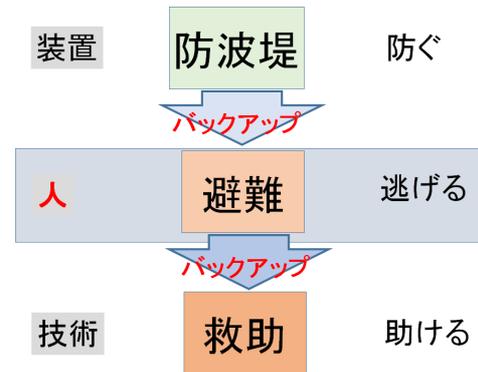


Fig. 4: 津波に対応する防災の構造

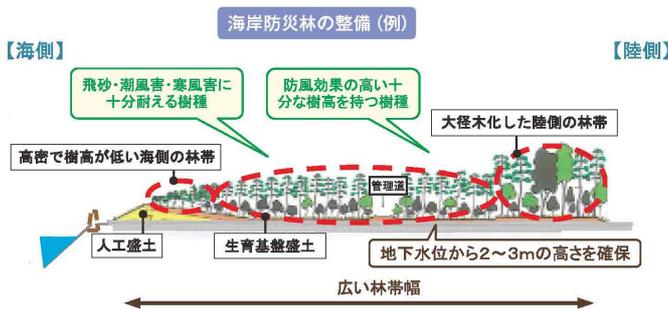


Fig. 2: 津波対策のための海岸二線堤による多重防御



Fig. 3: 大船渡市越喜来地区における二線堤の建設 (2016年6月). 右後方が海側で、同時に進行している外堤防の建設が望める

ている。Fig. 3に、大船渡市越喜来地区での二線堤のための防波堤の建設の様子 (2016年6月) を示す。高さ約15mの巨大な堤防が海岸線に沿って2列に建設されている。

一方で、上記の国土強靱化基本計画には「対策を講じる際には、災害時などに防災・減災等の効果を発揮するだけでなく、景観への配慮や地域での利用など平時においても活用できるように工夫することも大切です」とも付記されており、これも、上記のソフト対策の要件にあたる。

大災害時には、事後のための対策も重要である。事後直近の救援活動のための、人員、物資、機材などの備蓄

とロジスティックスの計画と、行政も含みいわゆる事業継続計画 (BCP) は、大きなソフト対策と言える。ただ、ここでは、これらには触れない。災害から身の安全を守るという意味でのソフト対策について考える。

この意味でのソフト対策については、上記の計画では「災害時に速やかに避難するなど正しく理解し行動できるよう、子供たちや地域住民など我々国民が、強くしなやかに生き抜く力を備えた強靱な人づくりを目指して、防災教育などのリスクコミュニケーションに取り組むことが欠かせません」と述べるにとどまっている。ハード対策に匹敵するまでの具体化は進んでいないのが現状である。

2.2 防災のためのソフト・ハード対策の構造

そもそも、例えば津波災害時の対策では、Fig. 4に示すように、第一義的に防波堤で「防ぐ」。これは装置による対応でありハード対策にあたる。装置としての完成度が、それが機能するための鍵である。すなわち、高く頑丈な防波堤が求められる。「避難＝逃げる」は、そのハード対策としての第一線の防御が破綻した時のバックアップとして位置付けられる。しかし、このバックアップが機能するためには、第一線防御が破綻してから行動を起こすのでは遅い。さらにこの段階が破綻した時のバックアップが「救助」であり、ここでの鍵は、技術を高めることにある。この救助はハード対策としての面も大きい。

この基本的な構造の落とし穴は、図に示すように「人」が鍵を握る要素が中間に挟まっていることである。この階層をソフト対策と呼び、この構造を「ソフト対策とハード対策の適切な組み合わせ」と観るのであれば、基本的なところで危ない。

個別の機械やその複合システム、さらに工場規模の安全システムでは、障害の発生に対しては、まず、人が対応する。すなわち、まずはあらゆるソフト対策を施す。しかし、それが功を奏しなかった時の最後の手段がハー

ド対策であり、ほとんどの場合、シャットダウンと呼ぶ、後先を考えないで有無を言わない停止をさせる。もちろん、その後で、回復のための技術が必要となる。

これを比べると、Fig. 4では、第1段と第2段の防御が逆になっている。津波防災では、ハード対策がいわゆる「セーフティネット」にはなっていない。従って、人によるソフト対策が、装置によるハード対策にとってのバックアップに成り得るかが、肝心の点なのである。もし、これが完全たり得ないという感触が少しでもあると、第1段のハード対策としては、堤防をより巨大で強固にしようとする他は無くなる。

このときの「適切な組み合わせ」は、ソフト対策のための時間稼ぎなのか、構造的な対策なのか、そのスタンスが決められないまま、防災工事と復興が進められてたのが現状ではないかと思われる。

3. 津波被災地の復興の現状

3.1 被災と復興の3D画像アーカイブの構築

我々は、東日本大震災直後から6年間にわたって、Fig. 5(a)に示すように、東日本の太平洋沿岸部の500kmにわたる広域での被災市街地部の全方位画像データの収集を行ってきた[2,3]。この間のデータ収集で、画像を約100百万シーン、100テラバイト超のデータを得ている(活動の詳細は、本特集の別稿[3]に述べる)。

このデータをもとに、コンピュータビジョン(3D画像認識)の技術を駆使して；

- 東日本大震災における被災と復興の時空間映像アーカイブの構築 - 震災と津波の被害、そこからの復興を映像で記録する
- 東日本大震災被災地を対象とした市街地の時空間モデリング - 市街地の被害と復興の時間経緯を可視化する

ことにより、画像から市街地の変化を意味的に理解することを試みた、すなわち；

- 「人々の営み(の変化)」を可視化し、理解する
- 防災、街づくりや災害時のロジスティクスの検討等の社会的な応用に供する
- 今後起こりうる広域災害にて、被害を迅速に定量把握できる技術を実現する

を目的として画像解析を行った。

実際に構築をした画像解析システム群とその間のデータ表現の関係をFig. 5(b)に示す。

- ▶ 2011年4月中旬～現在、2,3か月おきに撮影
- ▶ 青森県から福島県にかけて約500km
- ▶ 約100百万シーン、100テラバイト超

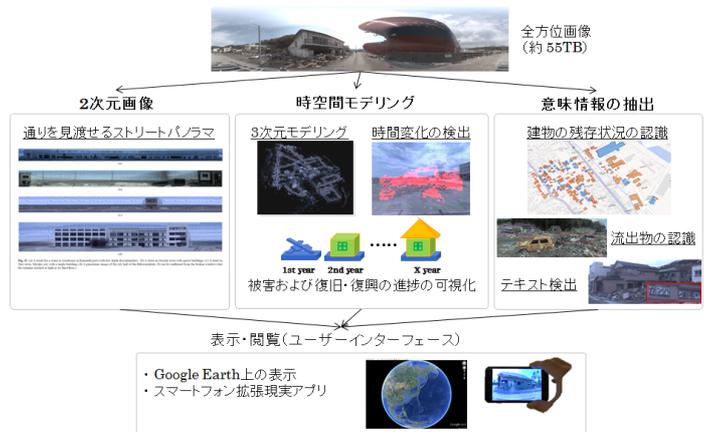


全方位カメラ

撮影車両

(a) 計測車と全方位カメラによる、画像データの取得と、その観測地域

市街地の時空間モデリング



(b) 構築をした画像解析システム群と、その間のデータ表現の流れ

Fig. 5: 東日本大震災の被災と復興の画像アーカイブ構築プロジェクト [2,3]

3.2 津波被災地の復興計画に見る国土強靱化の例

この画像データアーカイブ構築活動で得ている、2011～12年にかけての、岩手県陸前高田市と大槌町の市街地の被害と復旧の時間変化と現在(2016年)の様子を、Fig. 6に示す。ここに示すように、両市街地は津波でほぼ完全にすべての建物が被害を受け、結果的に全面的に中心市街が消滅した。両市街地区は上記の二線堤計画に沿って、沿岸部に二重の防波堤と空地、その内側に地盤をかさ上げして市街地の復興を進めている。

岩手県大槌町での復旧・復興の過程とそこでの問題点などは、本特集の別稿[4]に詳しい(この文献で述べられている、災害からの復興における被災自治体での努力は、上記の我々の画像データ収集に際して数多く接して来た。ひとえに、頭が下がる思いである)。



(a) 岩手県陸前高田市の市街地の被災後と現在



(b) 岩手県大槌町の市街地の被災後と現在



(c) 岩手県大槌町赤濱地区の被災後と現在

Fig. 6: 元市街地の復旧の時間変化

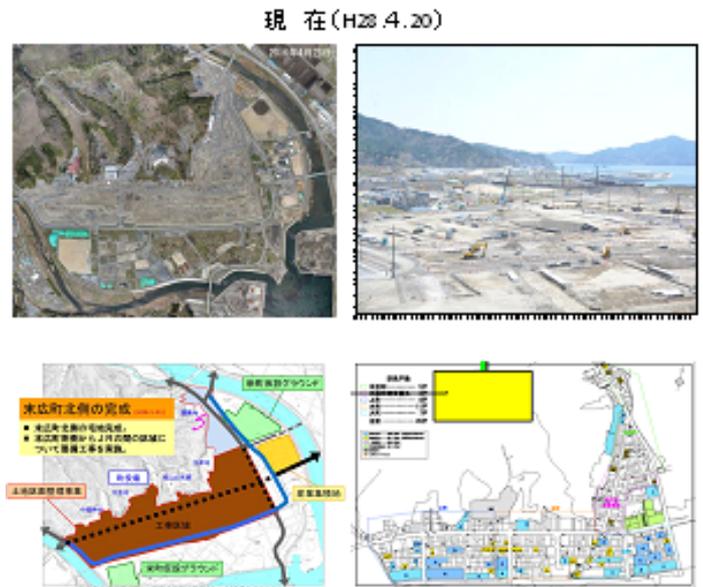


Fig. 7: 岩手県大槌町中心部の現在（2016年4月）（上段）と、二線堤計画に基づく土地のかさ上げ計画（下段左、濃い色の部分が住宅予定地）、そのうち実際に住居の建つ予定地（下段右、うす青の部分）

Fig. 7に、大槌町中心部の現在（2016年4月）の様子と、二線堤計画に基づく住宅地のかさ上げ計画を示す[5]。同図の下段左に示すように、沿岸部は空地とし、濃い色の部分が住宅予定地として地盤のかさ上げを行っている地域である。実際には、そのうちで住居の建つ予定地は下段右の図でうす青に示した部分で、大半を占めるには至っていない。

ほぼ100%の市街地が消滅した陸前高田市中心部においても、国土強靱化政策に沿って復興が進んでいる。Fig. 6に示したように、住宅地再建については、大槌町とほぼ同様の状況であり、かさ上げ地帯全面を埋める市街地の復興には至っていない。

市の復興基本計画[6]でも、重点目標として「『海岸保全施設』、『まちづくり』、『ソフト対策』を組み合わせた複合対策を図ります」としている。ハード対策としての海岸保全と市街地地盤のかさ上げは具体的に計画されて実行されつつあるが、一方で、ソフト対策自体とさらにそのハード対策との組み合わせについては、基本計画中でも明確になっていない。

4. ソフト対策とハード対策の協調は図られているのか

上記の、大槌町、陸前高田市に見るように、二重堤と住宅地の地盤かさ上げを基本とする津波防災を兼ねた市街地復興の工事は、遅ればせながら各地で進行して

いる。かさ上げには、かさ上げそのものを目的として近傍の山を切り崩すなどをして土壌を調達する工事（陸前高田市の例など）や、高台移転の土地を確保することによって出た残土を、沿岸部に積み上げている工事（宮城県女川町など）といった、形態が異なるものもあるが、ハード対策としての国土強靱化は、大堤防の建設とともに、着々と進んでいる。

ハザードマップの整備や、避難訓練をはじめとするソフト対策も、東日本大震災以降の度重なる災害もあって、市民意識の向上や行政の対策の整備などととも、急速に進んでいると言える。

しかし、上記の基本計画に言う「ハード対策とソフト対策の適切な組合せ」については、その実体が見えてこない。というか、適切な組合せとはどういうことなのか、言葉以上のものにはなり得ていないように思える。

ソフト対策側から見ると、二重堤を設け、住宅地をかさ上げすることでハザードの評価は若干低くすることができるとともに、避難に求められる時間猶予を得たことになる。

ただ、これをもって、適切な組合せとは言い難い。ハード対策を主とし、その補助のソフト対策の適切な組合せと言うことになるのだろうか。まして、ソフト対策で補うことでハード建設の軽減を図るのであれば、もっと分かりにくいままである。

5. System of Systems に基づく防災対策の構築へ

ソフト対策とハード対策の協調があいまいなのは、おそらく、「防災」という機能の「実装 (Implementation)」のどの部分をどちらが担うかという、線引きの問題に落ち込んでいるためであるように思える。防災に限らず、いくつかのシステムを統合して社会システムを実装していくにはいくつかの階層的な視点からその要求仕様と実装化の検討が必要である [7]。システムによるシステム (System of Systems) と呼ばれる考え方である。

Fig. 8 に、system of systems で提唱されている枠組みにおける「視点 (Viewpoint)」の階層化と、そのそれぞれの階層における視点の在り方を示す。すなわち、上層から、

- **社会 Viewpoint**：どのような安全社会を目指しているのか
- **プロジェクト/ビジネス Viewpoint**：ステークホルダーは誰なのか。そして、その人たちにとっての防災に対するビジョン、価値、目標は、それぞれ何か
- **利用 Viewpoint**：期待される利用法、すなわち、どのような能動的な過程を経て防災社会を実現していくのか

社会システム構築のためのシステム

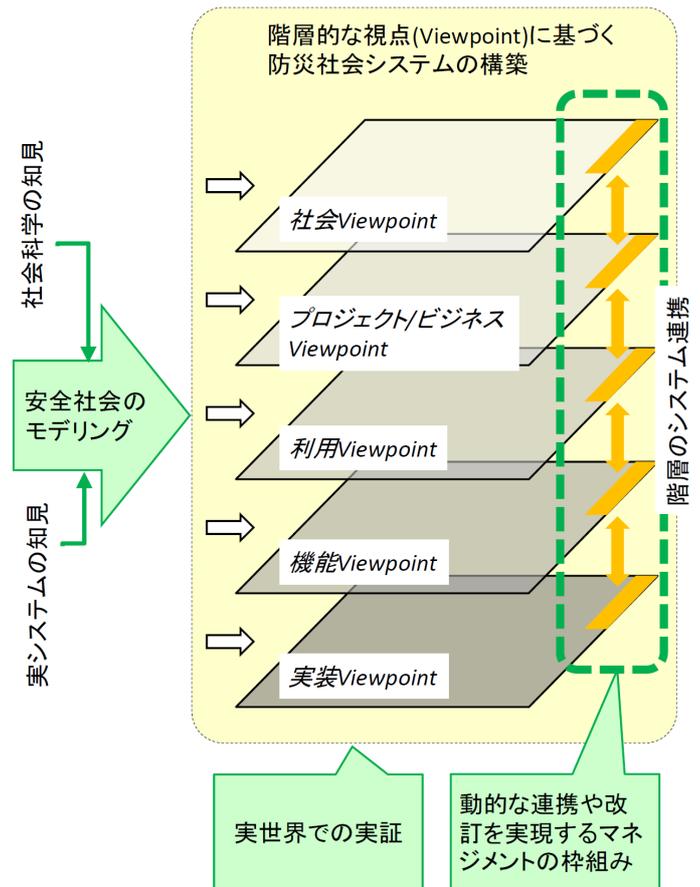


Fig. 8 : System of systems に基づく防災社会システムの構築

- **機能 Viewpoint**：内部、外部の組織・システムとどのような関係を築き、システム全体の機能をどう効果的に発現させていくのか
- **実装 Viewpoint**：防災機能の実現のための技術や組織をどう構成し、配置するのか

であり、それぞれの階層における視点からの構想をまとめた上で、それらを階層間で連携させて社会システムとして構築していく。そこでは、社会科学の知見と実システムの知見を取り入れた、安全社会のモデルの構築も重要となろう。S

すなわち、現在の「ソフト vs. ハード」の議論は、この階層の一番下（あるいは、そのもう一つ上まで）内だけに留まってしまっているように思える。視点 (Viewpoint) の階層をしっかりと切り分け、それぞれの階層内でのソフトとハードの役割と協調を定義し、その上で階層間のつながりを確立して下層の実装へとつなげるという策立案のプロセスを確立する必要がある。

ここで、上の層から下の層へと調整を図っていくことで、防災社会のコンセプトが具体性をもって形成される。そして、この System of Systems 枠組みを固定化することなく、実世界での実証を経て進化させていく。この動的な連携や改訂を実現するマネジメントの枠組みが重要である。これは、図に示す下層のハードウェア実装から上層の社会への視点へのシステム連携にあたる。これが、ハード対策への適切な連携を持ったソフト対策の大きな要点であり、ソフト対策の役割でもあると思える。

6. まとめ –安全防災社会の構築に向けて

東日本大震災での東北の太平洋沿岸部における津波被害を見る限り、住民の生命を守るためには、従来のハード対策では十分ではなかった。より強固な国土強靱化は必要であり、そのための国土建設が各地で進んでいる。一方で、どんなにハード対策を強固にしても、それだけでは完全には自然の驚異に対抗できないことも明らかになった。国土強靱化基本計画で述べているように、いわゆるソフト対策、さらに、そのハード対策との適切な組合せが必要である。

防災はハード対策、ソフト対策のいずれかを最大限に強化しても万全化はできない。これらの効果的な組み合わせは必然であろう。しかし、その適切な組合せを、現場での実装という視点でのみ見ているだけでは防災社会の基本的な構造の実現は難しいということを、本稿で指摘してきた。

では、どのような組合せの構築が適切であるのか。本稿では、これに最終的な答えは出せずにいる。ただ、防災社会システムの構築へ至るアプローチを提案した。これを実行するには、広い分野の知を結集して答えを探る必要がある。

横幹連合では、東日本大震災後の諸活動を通してこの問題を整理し [8]、6年を経てやっとこの考え方を提唱して防災社会システム構築に向けた活動に着手したところである。この解を求め、方策を確立することが、まさに横幹連合の役割とを感じる。今後の議論に期待したい。

参考文献

- [1] 内閣官房国土強靱化推進室編, 国土強靱化とは～強く、しなやかなニッポンへ～, 平成 26 年 6 月.
- [2] 出口光一郎, 岡谷貴之, 3.11 東日本大震災の被災と復興の画像アーカイブの構築とコンピュータビジョンによる被災市街地の時空間モデリング, 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ機関誌, 第 6 巻第 4 号, 2013 年, 245-249.
- [3] 出口光一郎, 東日本大震災の被災と復興の画像アーカイブの構築とコンピュータビジョンによる被災市街地の時空間モデリング, 「横幹」, 11-2 号, 本特集, 2017.
- [4] 三浦一彦, 復興まちづくりから何を学び伝えていかなければならないか～岩手県大槌町滞在の経験から～, 「横幹」, 11-2 号, 本特集, 2017.
- [5] 岩手県大槌町, 大槌町復興レポート, 平成 28 年 4 月 1 日.
- [6] 陸前高田市役所編, 陸前高田市震災復興基本構想, 平成 23 年 12 月策定, および, 震災復興実施計画 (平成 28 年 3 月改定版) .
- [7] The Industrial Internet of Things, Volume G1:Reference Architecture. http://www.iiconsortium.org/IIC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf (2017).
- [8] 「横幹」第 7 巻第 1 号, ミニ特集「震災克服調査研究—WG 報告」 (Apr. 2013) .

出口 光一郎



1976 年東京大学工学系研究科修了 (計数工学) 同年より, 東京大学工学部助手, 講師, 山形大学工学部助教授, 東京大学助教授を経て, 1998 年より東北大学大学院情報科学研究科教授, 2013 年東北大学名誉教授. コンピュータビジョン, ロボットビジョン, 画像計測の研究に従事. 2011~2016 年, 横幹連合会長.
