

復興曲線を用いたインドネシアにおける2004年インド洋津波被災の 地域別建物復興過程の比較分析

Regional Comparative Analysis of Recovery and Reconstruction Process in Indonesia after the 2004 Indian Ocean Tsunami using Recovery Curves for Buildings

杉安 和也¹, 村尾 修¹
Kazuya SUGIYASU¹ and Osamu MURAO¹

¹筑波大学大学院システム情報工学研究科

Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

The 2004 Indian Ocean Tsunami caused the great deal of damage to Aceh in Indonesia. In March 2009, Badan Rehabilitasi dan Redonstruksi NAD-Nias, a recovery and rehabilitation agency, were dissolved, and by the time, most of urban infrastructure related to the recovery were constructed in the damaged areas. Focusing on the whole Aceh State, the authors analyzed recovery process of urban facilities using recovery curves and clarified differences among them in previous research. This paper highlights the regional housing recovery process and clarify the differences among provinces and cities using recovery curves.

Keywords : Indonesia, Recovery and Reconstruction Process, Recovery Curves, 2004 Indian Ocean Tsunami, Permanent house, Regional differential

1. はじめに

2004年インド洋津波は東南アジア・東アフリカ諸国に甚大な被害を与えた大規模災害であったが、2009年には各被災国の復興事業はほぼ完了し、最大の被災国であったインドネシア、ナングロ・アチェ・ダルサラーム州(Nanggröe Aceh Darussalam 以下、アチェ州、図-1)も復興再建庁 Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi NAD-Nias (BRR) を2009年4月に解体し、残存していた復興事業もほぼ収束したとみられる。世界各地で大規模災害が頻発しつつある現在、こうした長期に及んだ災害復興過程を把握し、そこで生じた様々な問題を解析し、将来の災害復興事業における知見とすることは、重要課題のひとつといえる。

このような災害復興過程の解析手法として、柄谷ら¹⁾は被災前後の統計データベースを構築し、時系列分析による復興指標の概念とその読解法について提案し、阪神・淡路大震災における検証をおこなった。また、牧ら²⁾はニーズ、セオリー、実施、アウトカム評価といった政策評価の考え方に基づく復興評価方法を提案し、阪神・淡路大震災および新潟県中越地震による検証をおこなった。筆者らもこうした被災復興過程に関する研究に取り組んでおり、被災地全体を俯瞰するマクロな観点から、既存データを用いた復興曲線を用いてインフラ種別における復興過程を分析をアチェ州を対象におこなった³⁾。しかしながら、アチェ州全域の復興過程の把握を目標としていたため、地域別における復興過程の特徴を言及するにいたっていなかった。だが、このように長期に及ぶ復興過程の分析には、地域ごとに生じる問題を見出すミクロな観点も必要となる。そこで本稿では、アチェ州の恒久・仮設住宅の復興過程を市県単位で集計し、復興曲線化することでその地域間での特徴や課題について分析する。

2. 分析対象と使用データ

2-1. 分析対象

アチェ州の津波被災地は、被害量や地形条件によって大きく4つのブロックに分割することができる。最も被害量が大きく、万単位の復興住宅建設が進行する西海岸部、その対岸側にあり、千単位の復興が進行する東海岸部。スマトラ島周辺に位置し、千単位の復興が進行する周辺諸島、直接の被害は少ないものの、周辺県からの被災者受入を行っている内陸部である(図-1)。本稿では、



図-1 インドネシア アチェ州被災地マップ

このうち被害量の大きい西海岸部、東海岸部、周辺諸島に所属する12自治体を対象とし、これらの仮設・恒久住宅の建設状況に視点を置き、被害量の違いによる復興過程の差異をアチェ州全域の復興過程と比較しながら分析する。また、ほぼ同様の被害量をもつ被災地域同士を比較することで、被害量の違いによる影響を抑えた復興過程の差異についても分析してしていく。

2-2. 使用データ

復興指標のデータは、復興再建庁 BRR に属する RAN Database Sectors によって管理され、BRR 公式 Web ページ e-aceh-nias.org⁴⁾上に公開されていた事業進行状況報告書 (Reference Report) を使用する。同データは各復興指標の再建状況をプロジェクト別に一覧にしたものである。筆者らはこれを2009年3月に収集し、2005年1月から2008年12月にいたるまでの仮設・恒久住宅竣工数を県単位の地域別 (一部市を含む)、月単位の時系列に集計した。その一部が表-1である。

3. 建物復興曲線の構築

これらのデータを定量的に比較するため、復興曲線を構築する。この復興曲線とは、復興率の変化を時系列に追ったとき、その変化の過程はシグモイド曲線に近い軌跡を描く、という仮定のもと、数時点の復興率の観測値から、復興過程の全体像をシグモイド曲線の近似式として表現する手法である^{5),6)}。なお、本稿では復興率の定義を、復興予定量を母数とする実際の復興量との比率とした。このようにして求めた被災後月数と復興率の関係から、復興曲線を次のように作成する。津波被災の影響が低減し、復興状況がある程度安定するようになったある時点 T (ここでは T=50) を基準として、被災後経過月数 t のときの建物復興率 $R(t)$ は次式のように標準正規

表-1 インドネシア アチェ州復興指標データ

地域分類	地域名	復興指標	2008年12月時点の集計値		
			復興状況	総復興予定量	復興率
西海岸部	バンダ・アチェ市 (Kota BANDA ACEH)	仮設住宅竣工数	2,228	2,228	100.0%
		恒久住宅竣工数	13,349	15,853	84.2%
	アチェ・ブサアラ県 (Kab ACEH BESAR)	仮設住宅竣工数	3,132	3,333	94.0%
		恒久住宅竣工数	18,720	20,927	89.5%
	アチェ・ジャヤ県 (Kab ACEH JAYA)	仮設住宅竣工数	4,812	4,812	100.0%
		恒久住宅竣工数	11,892	13,207	90.0%
	アチェ・バラ県 (Kab ACEH BARAT)	仮設住宅竣工数	4,188	4,188	100.0%
		恒久住宅竣工数	12,785	14,481	88.3%
ナーガン・ラーヤ県 (Kab ACEH BARAT)	仮設住宅竣工数	395	395	100.0%	
	恒久住宅竣工数	2,271	2,421	93.8%	
東海岸部	ピーディ県 (Kab PIDIE)	仮設住宅竣工数	331	331	100.0%
		恒久住宅竣工数	6,765	7,131	94.9%
	ビールン県 (Kab BIREUEN)	仮設住宅竣工数	61	61	100.0%
		恒久住宅竣工数	5,445	6,775	80.4%
	アチェ・ウタラ県 (Kab ACEH UTARA)	仮設住宅竣工数	343	343	100.0%
		恒久住宅竣工数	3,841	4,112	93.4%
ルースマンウェ市 (Kota LHOKEUMAWE)	仮設住宅竣工数	—	—	—	
	恒久住宅竣工数	997	997	100.0%	
周辺諸島	サバン県 (Kab SABANG)	仮設住宅竣工数	251	251	100.0%
		恒久住宅竣工数	292	363	80.4%
	シマールーン県 (Kab SIMEULUE)	仮設住宅竣工数	777	777	100.0%
		恒久住宅竣工数	2,749	2,749	100.0%
	ニアス県 (Kab NIAS)	仮設住宅竣工数	482	482	100.0%
		恒久住宅竣工数	5,617	5,639	99.6%
ニアス・サラタン県 (Kab NIAS SELATN)	仮設住宅竣工数	175	175	100.0%	
	恒久住宅竣工数	1,098	1,293	84.9%	
アチェ州全域 (上記以外の地域含む)		仮設住宅竣工数	19,889	—	—
		恒久住宅竣工数	124,454	132,928	93.6%

分布の累積確率分布関数 $\Phi(t)$ を用いて表せると仮定した。係数 λ, ζ は t の平均値および標準偏差であり、確率紙を用いた最小二乗法により求めた。

$$R(t) = \Phi((t - \lambda) / \zeta) \quad [1]$$

こうして得られた仮設・恒久住宅の建物復興曲線をそれぞれ図-2、図-3に、その回帰係数や平均竣工時期、仮

表-2 アチェ州復興曲線回帰係数

地域分類	県・市名	復興指標	平均竣工時期	標準偏差	決定係数 R^2	住宅インフラ復興計画期間 ⁷⁾	平均竣工時期			復興収束時期 (復興率99.9%到達時期)			復興速度の変動
							経過月数	復興速度順位	仮設・恒久平均移動期間	経過月数	復興速度順位	計画期間との差異	
西海岸部	バンダ・アチェ市 (Kota BANDA ACEH)	仮設住宅	29.4	8.850	0.837	約30ヶ月	29.4ヶ月	6	8.8ヶ月	56.8ヶ月	6	△26.8ヶ月遅れ	変動なし
		恒久住宅	38.2	11.976	0.941		38.2ヶ月	13	—	75.3ヶ月	10	△45.3ヶ月遅れ	上昇
	アチェ・ブサアラ県 (Kab ACEH BESAR)	仮設住宅	31.4	10.373	0.758		31.4ヶ月	7	6.1ヶ月	63.5ヶ月	7	△33.5ヶ月遅れ	変動なし
		恒久住宅	37.5	14.065	0.975		37.5ヶ月	10	—	81.0ヶ月	14	△51.0ヶ月遅れ	下降
	アチェ・ジャヤ県 (Kab ACEH JAYA)	仮設住宅	27.3	6.468	0.902		27.3ヶ月	5	11.0ヶ月	47.3ヶ月	5	△17.3ヶ月遅れ	変動なし
		恒久住宅	38.3	11.136	0.956		38.3ヶ月	14	—	72.8ヶ月	7	△42.8ヶ月遅れ	上昇
	アチェ・バラ県 (Kab ACEH BARAT)	仮設住宅	26.0	6.653	0.976		26.0ヶ月	4	11.5ヶ月	46.6ヶ月	3	△16.6ヶ月遅れ	上昇
		恒久住宅	37.5	12.837	0.882		37.5ヶ月	10	—	77.2ヶ月	12	△47.2ヶ月遅れ	下降
ナーガン・ラーヤ県 (Kab NAGAN RAYA)	仮設住宅	—	—	—	23.5ヶ月	3	8.2ヶ月	47.0ヶ月	4	△47.0ヶ月遅れ	下降		
	恒久住宅	31.7	10.235	0.885	31.7ヶ月	4	—	63.4ヶ月	4	△33.4ヶ月遅れ	変動なし		
東海岸部	ピーディ県 (Kab PIDIE)	仮設住宅	—	—	—	約30ヶ月	12.5ヶ月 ^{**}	—	27.2ヶ月 ^{**}	25.0ヶ月 ^{**}	—	5.0ヶ月早い ^{**}	—
		恒久住宅	39.7	12.706	0.873		39.7ヶ月	15	—	79.0ヶ月	13	△49.0ヶ月遅れ	上昇
	ビールン県 (Kab BIREUEN)	仮設住宅	—	—	—		12.5ヶ月 ^{**}	—	23.6ヶ月 ^{**}	25.0ヶ月 ^{**}	—	5.0ヶ月早い ^{**}	—
		恒久住宅	36.1	13.193	0.837		36.1ヶ月	9	—	76.9ヶ月	11	△46.9ヶ月遅れ	下降
	アチェ・ウタラ県 (Kab ACEH UTARA)	仮設住宅	—	—	—		12.5ヶ月 ^{**}	—	20.8ヶ月 ^{**}	25.0ヶ月 ^{**}	—	5.0ヶ月早い ^{**}	—
		恒久住宅	33.3	12.953	0.820		33.3ヶ月	6	—	73.4ヶ月	8	△43.4ヶ月遅れ	下降
ルースマンウェ市 (Kota LHOKEUMAWE)	仮設住宅	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	恒久住宅	30.6	10.384	0.798	30.6ヶ月	3	—	62.7ヶ月	3	△32.7ヶ月遅れ	変動なし		
周辺諸島	サバン県 (Kab SABANG)	仮設住宅	—	—	—	約30ヶ月	12.5ヶ月 ^{**}	—	23.1ヶ月 ^{**}	25.0ヶ月 ^{**}	—	—	—
		恒久住宅	35.6	11.601	0.872		35.6ヶ月	8	—	71.5ヶ月	6	△41.5ヶ月遅れ	上昇
	シマールーン県 (Kab SIMEULUE)	仮設住宅	—	—	—		12.5ヶ月 ^{**}	—	15.7ヶ月 ^{**}	25.0ヶ月 ^{**}	—	5.0ヶ月早い ^{**}	—
		恒久住宅	28.2	6.983	0.956		28.2ヶ月	1	—	49.8ヶ月	1	△19.8ヶ月遅れ	変動なし
	ニアス県 (Kab NIAS)	仮設住宅	21.4	5.219	0.813		21.4ヶ月	2	12.6ヶ月	37.6ヶ月	2	△11.4ヶ月遅れ	—
		恒久住宅	34.0	12.853	0.733		34.0ヶ月	7	—	73.8ヶ月	9	△43.8ヶ月遅れ	下降
ニアス・サラタン県 (Kab NIAS SELATN)	仮設住宅	—	—	—	12.5ヶ月 ^{**}	—	20.4ヶ月 ^{**}	25.0ヶ月 ^{**}	—	5.0ヶ月早い ^{**}	—		
	恒久住宅	32.9	12.346	0.883	32.9ヶ月	5	—	71.1ヶ月	5	△41.1ヶ月遅れ	変動なし		
アチェ州全域	仮設住宅	19.4	5.855	0.888	19.4ヶ月	1	9.3ヶ月	37.6ヶ月	1	△7.6ヶ月遅れ	変動なし		
	恒久住宅	28.8	8.197	0.922	28.8ヶ月	2	—	54.2ヶ月	2	△24.2ヶ月遅れ	変動なし		

住宅復興計画期間はBRR半年復興状況報告書⁷⁾より抜粋

※集計値(プロジェクト数)不足のため、復興曲線未構築

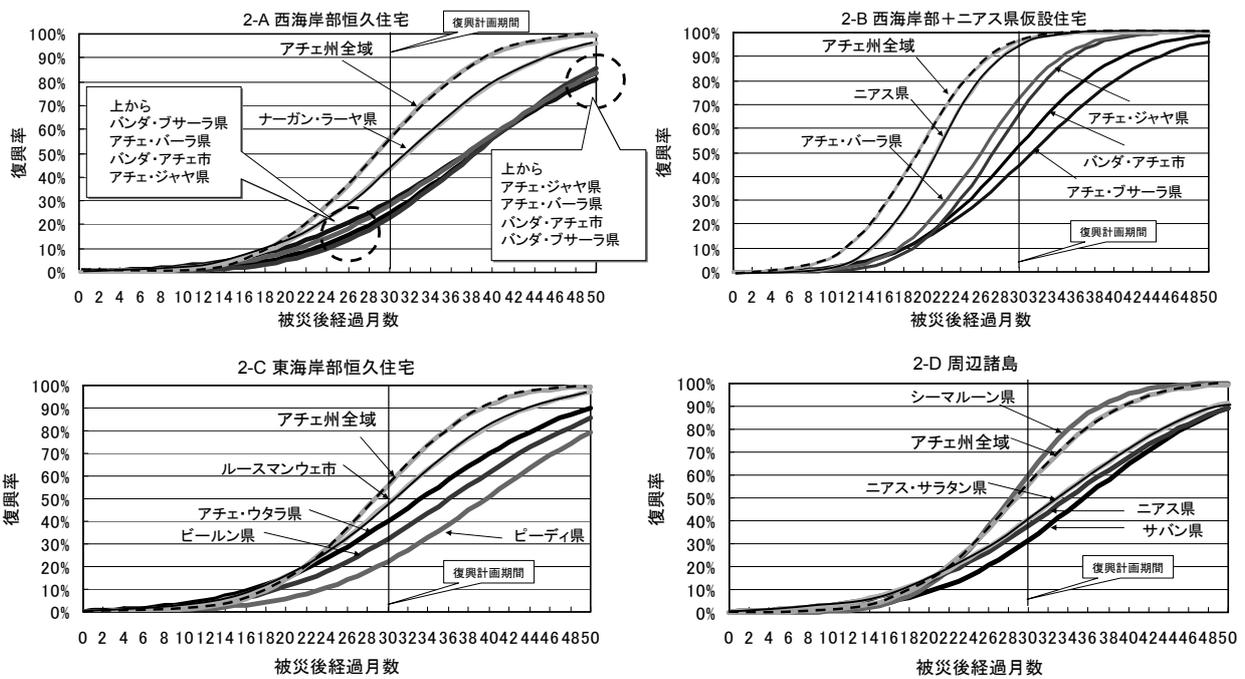
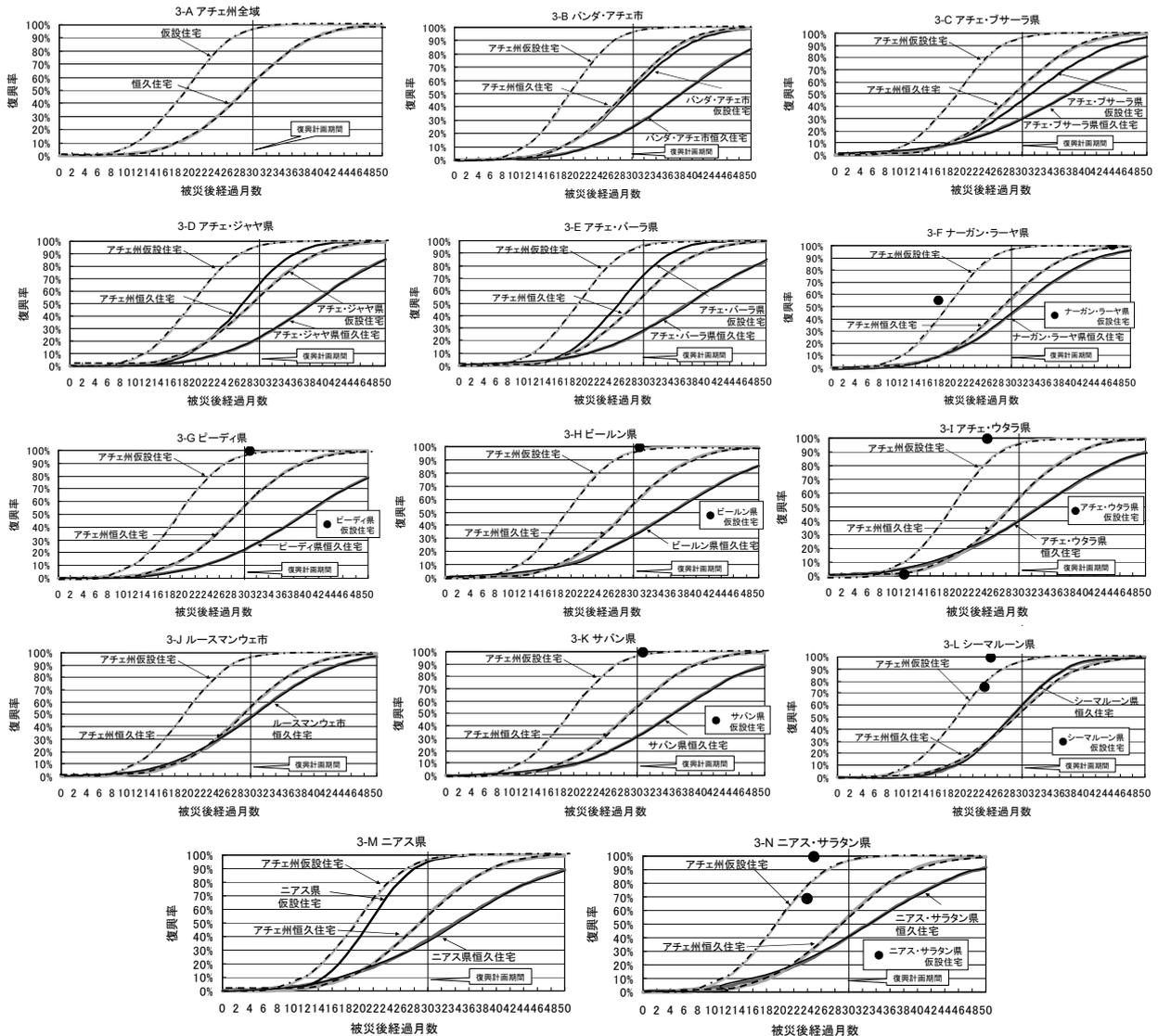


図-2 地域分類別アチェ州復興曲線



※仮設住宅の復興曲線を構築できなかったものは仮設住宅竣工状況の観測値を記入

図-3 県・市別アチェ州復興曲線

設住宅から恒久住宅への平均移行期間（仮設・恒久住宅の平均竣工時期の差）、復興収束時期（復興率 99.9%時点）、指標間での相対的な復興の早さを示す復興速度順位を表-2 に示す。構築された各復興曲線の観測値との相関は 0.733~0.976 と、妥当な曲線であるといえる。

4. 復興曲線をもちいた復興過程の分析

4-1. アチェ州全域との比較

被害量 1~2 千戸程度の西海岸部ナーガン・ラーヤ県や東海岸部ルスマンウェ市の恒久住宅復興過程はアチェ全域のものに近い曲線を描いている。一方で、被害量 1~2 万戸程度の西海岸部バンダ・アチェ市やアチェ・ブサーラ県、被害量 5~6 千戸程度のピーディ県やビールン県、被害量 300 戸程度のサバン県などはアチェ全域と比較して年単位の復興の遅れが見える。これにより、被害の程度による単純比較では、1~2 千戸程度の住宅復興事業が順調に進行しているといえる。ただ、仮設住宅から恒久住宅へ移動するまでの平均期間に目を向けると、西海岸部が平均 6~11 ヶ月で転居できているのに対し、他の地域では 1~2 年程度の期間を要している。これは、他の地域では仮設住宅の供給が 2 年ほどで収束したのに対し、西海岸部では恒久住宅の供給の遅れに伴い、仮設住宅の供給が 4 年ほど継続されたためと考えられる。仮設住宅に入居するまでの時間を要したが、恒久住宅への転居は早かったというのが西海岸部復興の特徴といえる。

4-2. 同被害量地域での比較

最も被害量の大きい西海岸部では、同地域内でも被害量の小さいナーガン・ラーヤ県を除けば、どの市県もほぼ同じような復興曲線を描いている。平均竣工時期でみた場合、この地域でもとくに被害量の大きいアチェ・ブサーラ県の復興が逸早く進行していたが、最終的な復興収束時期では当初の計画よりも復興ペースが 4 年ほど遅延してしまっている。この遅延は同県の仮設住宅の復興収束時期からも明確に読み取れる。この原因はバンダ・アチェ市、アチェ・ブサーラ県における復興計画案が重複存在して、明確な復興方針を決定するのに時間がかかったことが影響していると推察される。

中程度の被害量である東海岸地域では、震源地の対岸側に位置していたこともあり、その被害量も震源地からの距離に沿って徐々に減少しており、復興曲線の形状も他の地域と比較して離散的である。この地域で最も被害を受けているピーディ県は、被害量こそアチェ・ブサーラ県の 3 分の 1 であるが、復興曲線の形状はほぼ同じであり、アチェ・ブサーラについて復興が遅延している。

比較的、被害の小さい周辺諸島では、シーマルーン県がアチェ州全体の復興をややリードするペースで復興を進めているが、周辺諸島の中でも被害量の大きいニアス島の 2 県は、2004 年インド洋地震津波とともに、2005 年ニアス島沖地震でも被害を受けていたため、同程度の被害を受けているピーディ県やビールン県よりも 3 ヶ月ほど復興収束時期が遅延している。一方で、被害量自体は今回の対象地内では最小であるものの、島の規模が小さいためか、サバン県はニアス県と同じような復興曲線を描いている。

5. まとめ

本稿では、インドネシア、アチェ州における 2004 年インド洋地震津波被災地の仮設・恒久住宅の地域間復興過程を復興曲線を相互比較していくことにより分析した。これにより、下記のような復興過程の特徴を捉えることができた。

- 被害量の差異による復興過程の比較では、被害量 1~2 千戸程度の住宅復興事業が最も順調に進行していた。
- 仮設住宅から恒久住宅への転居のタイミングは、西海岸地域が 6~11 ヶ月と全地域の中でも早かった。これは、西海岸地域の住宅供給タイミング自体が他地域より遅延し、仮設住宅の建設が収束できなかったためと考えられる。
- 比較的近い被害量であった西海岸部の復興の中にあっても、復興方針の確定の遅れたバンダ・アチェ市、アチェ・ブサーラ県の復興はとくに遅延していた。
- 被害量こそ 3 分の 1 であるものの、ピーディ県の復興過程はアチェ・ブサーラと同様の過程をたどっている。

これらの結果から、復興過程は被害量のみではなく、政策や資金問題といった様々な外的要因の影響を受けていることが読み取れる。本稿では住宅復興指標データによる地域復興過程の分析を行ったが、今後は復興指標を他のインフラ等に拡大していくとともに、資金の投入状況、政治的背景の変化の影響についても検討していく必要があるだろう。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、多くの人々に協力していただいた。資料の提供および調査に協力してくださった政府関係者、被災者の方々、ならびに通訳の Rivadisyah 氏、Sarah 氏に対し、記して敬意を表する。

参考文献

- 柄谷友香, 林春男, 高島正典: 時系列分析に基づく被災地の復興過程の定量的評価に関する考察, 地域安全学会論文集 No.8, pp.145-154, 2006.11
- 牧紀男, 田中聡, 田村圭子, 木村玲欧, 太田敏一: 総合的な復興評価のあり方に関する検討: 阪神・淡路大震災と新潟県中越地震の復興検証, 地域安全学会論文集 No.10, pp.225-232, 2008.11
- 杉安和也, 村尾修: 復興曲線を用いたインドネシアにおける 2004 年インド洋津波被災地の建物・インフラ復興過程の比較分析, 地域安全学会論文集 No.12 (電子ジャーナル論文), 地域安全学会, No.2, 2010.3
- BRR: e-aceh-nias.org, インドネシア語 <http://e-aceh-nias.org/home/>, 2009.1.31
- Murao, O., and Nakazato, H.: Recovery Curves for Housing Reconstruction in Sri Lanka after the 2004 Indian Ocean Tsunami, Journal of Earthquake and Tsunami, Vol. 4, 1-10, 2010 (Accepted).
- 村尾修, 杉安和也, 仲里英晃: タイにおける 2004 年インド洋津波被災後の復興過程に関する考察と建物復興曲線の構築, 日本都市計画論文集, No. 43-3, 745-750, 2008.11
- BRR: Laying Down the Foundation for a Better Future (Six-monthly Report of the Executing Agency for the Rehabilitation and Reconstruction of Aceh and Nias), 2005.10.