

# 第3回 土木技術者実践論文集研究発表会

## 発表論文集

令和3年(2021年)5月24日

主催:(公社)土木学会コンサルタント委員会/土木技術者実践論文集企画小委員会

## 目次

・基調講演 講演者プロフィール（富山大学教授 中川 大氏）	1
【1】 交通・まちづくり他	
1-1 シミュレーション技術を活用した 栃木県矢板市におけるオンデマンドモビリティ導入計画の立案 （株）建設技術研究所 松尾 仁子	3
1-2 地方部における自動運転車両を活用した交通サービス導入プロセスの評価に関する分析 国土交通省道路局 馬渡 真吾	5
1-3 土木学会 D&I 委員会による社会課題解決の意義と課題の考察 東京工業大学 山田 菊子	7
1-4 石積み景観と技術保全のための「石積み学校」の設立と運営 東京工業大学 真田 純子	9
【2】 海外プロジェクト	
2-1 COVID-19 関連緊急住民アンケート調査と復興計画策定における技術協力実践の研究 フィリピン・バンサモロ暫定自治政府を支援する技術協力プロジェクトにおける事例研究 （独）国際協力機構（JICA） 竹内 博史	11
2-2 セネガル国ダカー港第三埠頭改修計画における控え式鋼管矢板岸壁への 新技術導入とその効果及び今後の期待 （独）国際協力機構（JICA） 小柳 桂泉	13
2-3 ナイロビにおける Wi-Fi パケットセンサーによる人流調査とその後の展開 （株）パデコ 中川 義也	15
2-4 開発途上国におけるモバイル端末を用いた家庭訪問調査における実務上の効果と課題の整理 （株）オリエンタルコンサルタンツグローバル 津村 優磨	17
【3】 海外プロジェクト2	
3-1 カンボジア国ネアックルン橋（つばさ橋）建設に関する事業化プロセス （独）国際協力機構（JICA） 小泉 幸弘	19
3-2 発展途上国における都市交通インフラのスピルオーバー効果を取り込んだ インフラファイナンスのスキーム設計の実践 （独）国際協力機構（JICA） 鈴木 智良	21
3-3 インドネシア防災政策への日本の貢献 ～「顔の見える支援」を目指して～ 国土交通省高知河川国道事務所 多田 直人	23

中川 大（なかがわ だい）

京都大学名誉教授、富山大学副学長・都市デザイン学部教授

- 1956年（昭和31年）京都市生まれ。  
1979年（昭和54年）京都大学工学部交通土木工学科卒業。  
1981年（昭和56年）京都大学大学院工学研究科修士課程交通土木工学専攻修了。  
1981年（昭和56年）建設省入省 四国地方建設局道路部道路計画課  
1983年（昭和58年）国土庁出向 地方振興局地方都市整備課 係長  
1985年（昭和60年）京都大学工学部土木工学科 助手  
1986年（昭和61年）東京工業大学工学部社会工学科 助手  
1988年（昭和63年）京都大学工学部交通土木工学科 助手  
1990年（平成2年）同 講師  
1991年（平成3年）同 助教授  
1998年（平成10年）オックスフォード大学アカデミックビジター  
1999年（平成11年）京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻 助教授  
2007年（平成19年）同 都市社会工学専攻 教授  
2014年（平成26年）同 交通政策研究ユニット長（兼務）  
2017年（平成29年）富山大学副学長・教授  
2020年（令和2年）同 データサイエンス推進センター長（兼務）

#### <主な著書>

- 「都市の交通を考える」（技報堂出版、1992）  
「Funding Transport Systems」（Pergamon1997）  
「整備新幹線評価論」（ピーテック出版部、2000）  
「Transport Policy and Funding」（Elsevier、2006）など。

#### <受賞歴>

- 1998年 富山賞 「交通社会資本整備の評価に関する研究」  
2002年 日本地域学会著作賞 「Funding Transport Systems」  
2004年 日本地域学会著作賞 「都市アメニティの経済学」  
2005年 日本都市計画学会計画設計賞  
「わが国初の市民共同方式による醍醐コミュニティバス」  
2010年 日本都市計画学会計画設計賞  
「市民組織が主体となった民学官連携による京都市都心地区の交通まちづくり」  
2016年 日本モビリティマネジメント会議プロジェクト賞  
「官学協働による「あさひまちバス」の運行・利用促進・まちづくり」

## <主な兼職>

富山市交通政策監、京都府参与、J R 四国特別参与  
京都市交通局運輸計画アドバイザー、京都まちづくり交通研究所 技術顧問  
(委員等) 全国知事会地方自治先進政策センター専門委員、福井県都市計画審議会会長  
京都府都市計画審議会委員、京都府大規模店舗立地審議会委員、奈良市環境審議会委員  
など

## <実践的に参画・プロデュースしてきた主なプロジェクト>

(委員等として参加したのみのものを除く)

- 醍醐コミュニティバス (京都市伏見区) 2004 年～  
わが国ではじめて、税金に全く頼ることなく市民の手で実現したコミュニティバス。  
2019 年に利用者数 800 万人突破。
- 綾部市市民バス・あやバス (綾部市) 2005 年～  
既存バス事業者の全面撤退後、「全路線維持」「増便」「運賃値下げ」「財政負担軽減」実現。
- 富山ライトレール (富山市) 2006 年～  
わが国初の本格的 L R T。赤字の地方鉄道路線を自治体の手によって再生。
- 当尾 (バス) 線 (木津川市) 2008 年～  
京都大学が社会実験として大幅増便・ダイヤ改良を行って財政負担額も軽減。
- 京都らくなんエクスプレス (京都市南区・伏見区)  
新設路線を、京都大学が社会実験として運行開始。現在も運行継続中。2020 年に利用者数 300 万人突破。
- あさひまちバス (富山県朝日町) 2012 年～  
過疎地に指定されている町。京都大学が社会実験として運行開始。運行開始から 64 か月連続で利用者数が対前年同月を上回る。
- 「京都まちづくり交通研究所」の一連の交通事業 2007 年～  
都心商店街の商業者が中心となって設立した合同会社。京都市や京都大学と連携しながら、多くのまちづくり・交通事業を実現。
  - ・かわらまち・よるバス (2007 年運行開始)
  - ・ろっくん広場駐輪場 (2008 年運用開始)
  - ・ぎおん・よるバス (2009 年運行開始)
- 京都丹後鉄道 (旧 北近畿タンゴ鉄道) (京都府・兵庫県) 2010 年～  
日本で最も赤字が大きかった第三セクター鉄道の再生。公募で事業者選定。高速バス事業者が鉄道運営。
- 京都市交通局 (市バス) の利便性と採算性の大幅向上 2003 年頃～  
累積赤字最大 160 億円の京都市バスに改善策を提案。2018 年には利益剰余金 92 億円に。

# シミュレーション技術を活用した 栃木県矢板市におけるオンデマンドモビリティ導入計画の立案

(株)建設技術研究所 非会員 ○松尾 仁子  
同

正会員 五十嵐 達哉 非会員 堀口 拓未  
正会員 竹林 弘晃 非会員 長谷川 翔生

## 1. はじめに

矢板市は、公共交通の課題解決に向け、市営バスから中央部循環路線とオンデマンドモビリティ交通への再編を考えている。本検討は、上記のうち、オンデマンドモビリティ交通に関し、シミュレーションによる運行形態検討を行い、導入計画を立案したものである。

## 2. シミュレーションの概要

本検討で用いたシミュレーションシステムは、当社が開発した予約受付や配車計画の作成、運行ルートの案内などオンデマンドモビリティの運行を総合的に支援するオンデマンドモビリティシステムのうち、配車計画作成機能を活用したものである。オンデマンドモビリティの運行形態の比較案について、利便性・効率性の観点から定量的に検討することができる。(図-1)

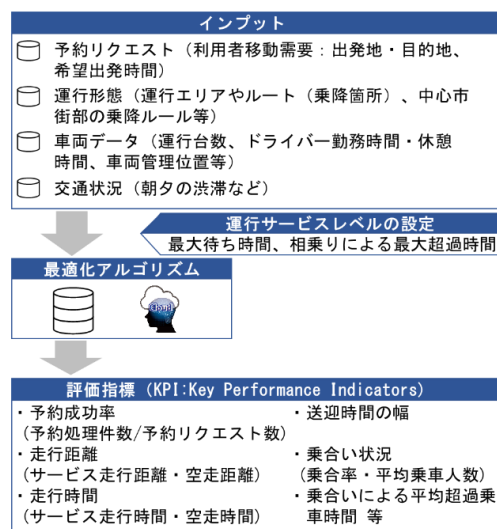


図-1 シミュレーションの実施フロー

## 3. シミュレーションによる運行計画策定の実践

運行形態の決定を目的に、予約リクエストデータを作成した上で、3段階のシミュレーションを実施した。

### (1) 予約リクエストデータの作成

オンデマンドモビリティへ転換が想定される市営バス郊外路線の時間別利用者数、人口分布、主要施設立地状況等を基に予約リクエストデータを作成した。

### (2) 運行形態の検討 (第1段階)

第1段階シミュレーションを実施では、運行エリア・運行台数・車両サイズの検討を行った。

第1段階におけるシミュレーションは、図-2に示すとおり、運行エリア (4パターン) × 運行台数 (3パターン) × 車両定員数 (4パターン) の組み合わせについて、全40ケース (運行エリアと運行台数の設定に整合が取れない8ケースを除外) を設定・実施した。

#### a) 運行台数に関する考察

運行台数は、対応できる利用者の数と経費のトレードオフ

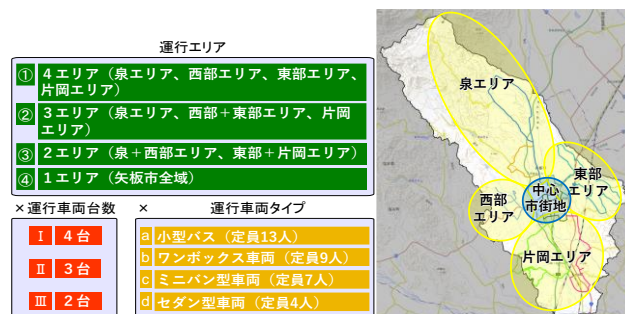


図-2 第1段階シミュレーションの検討ケースと地域区分

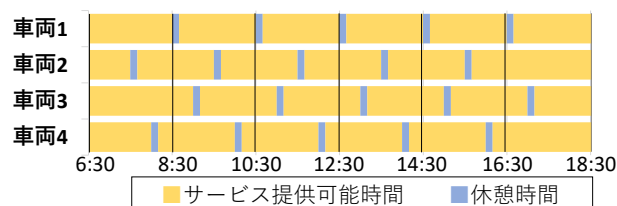


図-3 第1段階シミュレーションでの車両運行スケジュール

ドオフトとなる。ここでは、運行エリアを1エリア、車両定員を13人として設定したケース④ I a, ④ II a, ④ III aに着目し、予約成功状況、稼働率を基に考察を行った。表-1のとおり2台の場合、予約成功率が低く、3台以上の場合には、約9割の予約に対応することが可能となる。しかし、4台の場合には、稼働率は低く需要が多い時間

キーワード オンデマンドモビリティ, シミュレーション, 公共交通, 導入計画

連絡先 〒103-8430 東京都中央区日本橋浜町 3-21-1(日本橋浜町 F タワー) (株)建設技術研究所 TEL03-3668-4018

帯以外には過剰供給となっていることから、運行台数は3台が望ましいと判断した。

**b) 運行エリアに関する考察**

運行エリアは、運行対象エリアの広さや需要の偏り等対象地域の地域特性を考慮することが重要である。

ここでは、車両台数を3台、車両定員を13人として設定したケース②Ⅱa, ③Ⅱa, ④Ⅱaに着目し、予約成功状況、稼働率、平均乗車人数を基に考察を行った。

表-2のとおり予約成功率は3エリアが最も低く、1エリアが最も高い結果となった。これは、エリアを分割した場合に、需要の高い片岡エリアの予約に対応できないためである。稼働率では、1エリアが最も高く、市全体での効率的な車両配車を実施されたと考える。以上から、運行エリアは1エリアが望ましいと判断した。

**c) 車両サイズに関する考察**

車両サイズは、利用者数、購入費用、走行可能経路、免許への制約等を考慮する必要がある。ここでは、運行エリアを1エリア、運行台数を3台として設定したケース④Ⅱa, ④Ⅱb, ④Ⅱc, ④Ⅱdに着目し、その予約成功状況、平均乗車人数、稼働率を基に考察を行った。

表-3のとおり平均乗車人数が1.8人と少ないことから、車両定員は4人で対応可能と判断した。

表-1 運行台数の考察におけるケース比較

ケース	エリア数	運行台数	車両定員	リクエスト件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数	年間経費(万)
④Ⅰa	1	4	13	117	0.97	0.53	1.8	4,429
④Ⅱa	1	3	13	117	0.87	0.61	1.8	3,424
④Ⅲa	1	2	13	117	0.67	0.71	2.0	2,420

表-2 運行エリアの考察におけるケース比較

ケース	エリア数	運行台数	車両定員	リクエスト件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数	年間経費(万)
②Ⅱa	3	3	13	117	0.58	0.52	1.4	3,424
③Ⅱa	2	3	13	117	0.80	0.57	1.6	3,424
④Ⅱa	1	3	13	117	0.87	0.61	1.8	3,424

表-3 車両サイズの考察におけるケース比較

ケース	エリア数	運行台数	車両定員	リクエスト件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数	年間経費(万)
④Ⅱa	1	3	13	117	0.87	0.61	1.8	3,424
④Ⅱb	1	3	9	117	0.87	0.61	1.8	3,409
④Ⅱc	1	3	7	117	0.87	0.61	1.8	3,390
④Ⅱd	1	3	4	117	0.86	0.62	1.8	3,374

**(3) 運行スケジュールの精査 (第2段階)**

次に、第1段階シミュレーション結果から設定した運行形態(案)について、ドライバーの休憩時間や車庫への移動時間等実際の運行スケジュールを考慮した第2段階シミュレーションを実施した。具体的には、8時

から17時までの1時間毎の運行とし、運行毎に10分の休憩および1時間の昼休憩を設定した(図-4)。

今回のシミュレーションの結果、車両サイズは4人乗りで対応可能であるが、9時台と11時台~13時台において、予約の不成立が発生することがわかった。(表-4)

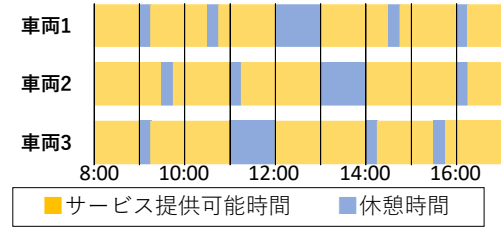


図-4 第2段階シミュレーションでの車両運行スケジュール

表-4 第2段階シミュレーション結果

ケース	各車両の定員	リクエスト件数	予約成功件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数
a	4, 4, 4	104	90	0.87	0.71	2.0
b	4, 4, 6	104	90	0.87	0.71	2.0
c	4, 6, 6	104	90	0.87	0.69	2.0

※各ケース、運行エリアは1エリア、運行台数は3台として設定

**(4) 予備車両の検討 (第3段階)**

第2段階シミュレーション結果を踏まえ、予約不成立の解消を目的に予備車両を1台追加し、シミュレーションを実施した。予備車両の追加により、予約成功件数が増加し、需要のピーク時間帯や昼休憩時間帯に予備車両を追加することの効果が定量的に示された。(表-5)

表-5 第3段階シミュレーション結果

予備車両	車両定員	リクエスト件数	予約成功件数	予約成功率	稼働率	平均乗車人数
なし	4	104	90	0.87	0.71	2.0
あり	4	104	100	0.96	0.70	1.9

**(5) シミュレーションを踏まえた運行形態の決定**

上記の検討を踏まえて設定したオンデマンドモビリティの運行形態は以下のとおりである。

<シミュレーションに基づき設定した運行形態>

- ・運行エリア：1エリア(矢板市内全域)
- ・車両台数：車両3台(+予備車両1台)
- ・車両サイズ：4人乗り

※詳細は矢板市で運行事業者も含め協議中

**4. おわりに**

オンデマンドモビリティの導入を考える他地域においても本事例を適用することで、利便性・効率性の高い運行計画の立案が可能となる。また、本シミュレーションは、導入時の運行形態の検討だけでなく、利用者待ち時間などのサービスレベルの検証、オンデマンドモビリティ導入後の運行改善にも適用可能である。

# 地方部における自動運転車両を活用した交通サービス導入プロセスの評価に関する分析

国土交通省道路局 正会員 ○馬渡 真吾  
元日本大学理工学部 非会員 中西 勇稀  
日本大学理工学部 交通システム工学科 正会員 轟 朝幸  
日本大学理工学部 交通システム工学科 正会員 兵頭 知

## 1. 本研究の背景と目的

地方部の地域住民の輸送手段を確保するため、自動運転車両を活用した公共交通サービス（以下、自動運転サービスという）を本格導入する事例（秋田県上小阿仁村、茨城県境町等）が見られるようになっており、全国的な横展開が期待されている。導入に当たり、適切なタイミングで様々な調整や関連する施策を実施していく必要があるが、現状では導入事例が稀であり、必要なプロセスや対策は地域特性に応じて様々であるため、試行錯誤しながらの実施とならざるをえない。また、実証実験や本格導入に携わった実務者の知見が、必ずしも共有されておらず個人の認識に留まっており、暗黙知が形式知化されていないと推察される。

このため本研究では、全国規模での実証実験を通じて同サービスの本格導入、更には安定的に継続してサービスが提供される社会実装の実現に携わっている複数の実務者の認知を把握し、導入プロセスの評価法を提案する。本評価法により、社会実装に向けた取組みの留意すべきポイントや役割分担等を明らかにし、その実現に寄与する諸活動に効率的に取り組むことが期待されるものである。

## 2. 調査・分析の方法

本研究の手順を図-1に示す。インタビュー対象は、平成29年度より国土交通省が実施している「中山間地域の道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験」に携わっている又は携わった経験のある、国土交通省の担当者3名（うち1名は本稿第一筆者）、建設コンサルタント会社及び一般財団法人の担当者合計5名で、高度道路交通システムや交通政策を主な専門とする土木技術者である。

## 3. 認知マップの作成と統合

インタビュー調査を実施した国土交通省担当者のうち、主に現地支援に従事した担当者の認知マップの一部を抜粋して図-2に例示する。次に、5名の認知マップを統合して、因果関係を整理した認知マップ作成し、図-3に示す。

便宜的に、3つの矢印が原因となっている項目を四角線で、4つ以上の矢印が原因となっている項目（「自動運転サービスへの関心が低い」等）を二重四角線でそれぞれ囲んでいる。これらは、本格導入が進展しない主要な理由と捉えることができる。さらに、二重四角線の内容が原因となっている項目（「地域の合意を得られない」、「持続可能な運営体制が構築できない」）を白抜き文字で示した。これらは、今回作成した認知マップに基づく因果関係より、自動運転サービスの本格導入が進展しないと考えられる最も上位の要因であると考えられる。

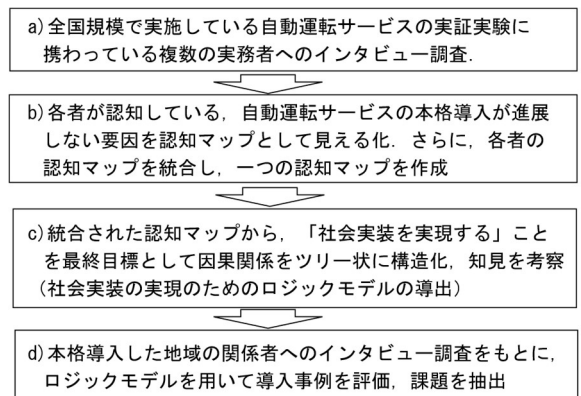


図-1 本研究のフロー

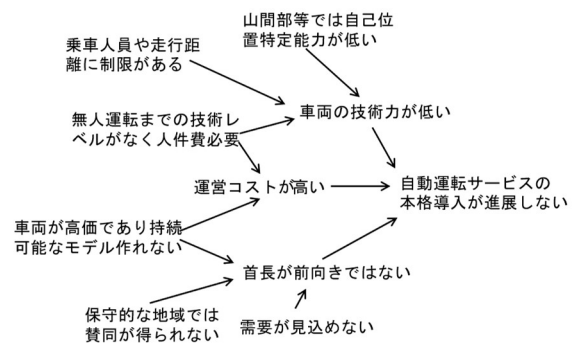


図-2 個人の認知マップの事例（抜粋）

キーワード 自動運転, 公共交通サービス, 評価手法

連絡先 〒100-8918 東京都千代田区霞ヶ関2-1-3 国土交通省道路局 TEL 03-5253-8945

#### 4. ロジックモデルの導出

統合した認知マップから、社会実装を最終目標とし、ツリー状に因果関係を構造化したロジックモデルを導出した(図-4)。具体的には、まず、認知マップで本格導入が進展しない最も上位の要因であった2つを、中間アウトカム「地域の合意を得る」、「持続可能な運営体制の構築」とした。次に、認知マップの因果関係から各初期アウトカムを設定し、それに必要なアウトプット、アウトプットに必要なインプット・活動を設定した。

#### 5. 本格導入事例への適用

ロジックモデルを用い、本格導入が開始された秋田県上小阿仁村の取組みを評価するため、同村の自治体職員と運行主体のNPO法人担当者にインタビュー調査を行い、上小阿仁村で実際に取組んだインプット・活動項目との照合を行った。この結果、図-4の34のインプット・活動のうち25項目と7割強の項目について取組んでいた。

このうち、「B1\_ステークホルダーによる協議会の設置」や「B2\_安全性に対する丁寧な説明」

「B3\_試乗機会の提供」は、最初の短期実験から本格導入までの約2年間において、長期実験や地元説明会等も通じて取り組まれており、それらのアウトプットである「B\_自動運転技術への信頼」に繋がったものと推察される。また、現段階では取組まれていない「I2\_地域の観光資源と連携し観光客の輸送」については企画検討中とのことであり、今後の安定的・継続的なサービス提供に向けて必要な要素と考えられる。

#### 6. 今後の課題

今後、他の地域でも本格導入が実現した場合、導入プロセスや取組み内容を把握し、今回作成したロジックモデルの妥当性の検証や内容の改善を図り、より一般性のあるモデルとして充実させていく必要がある。また、本知見も踏まえ、詳細な手順や課題の解決方策等を記載したガイドラインの作成も有用である。

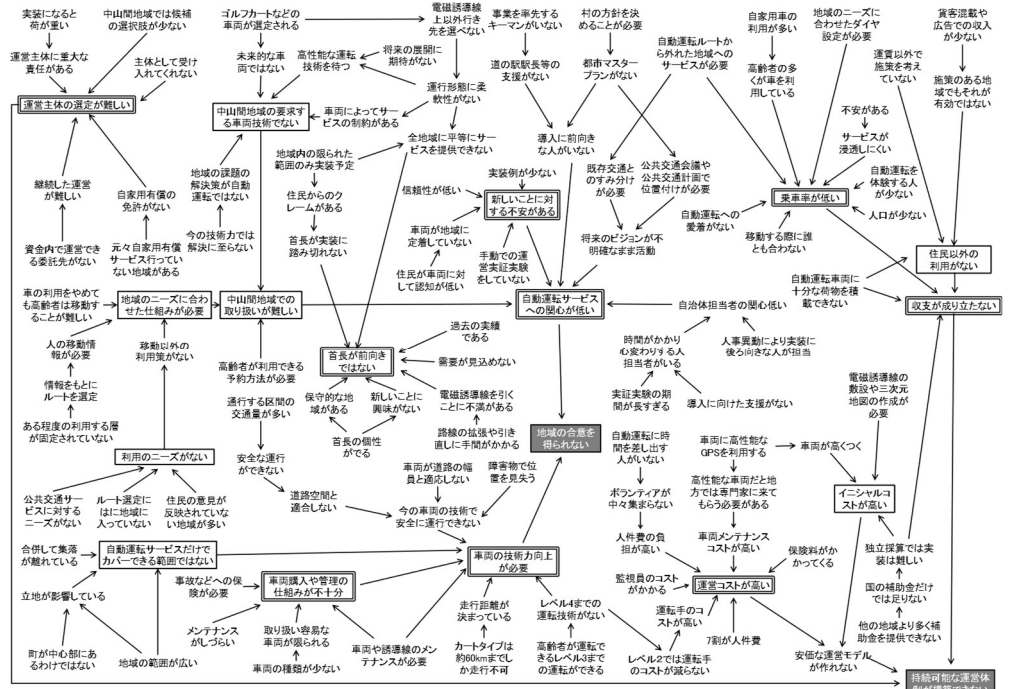


図-3 「自動運転サービスの本格導入が進展しない要因」の認知マップ

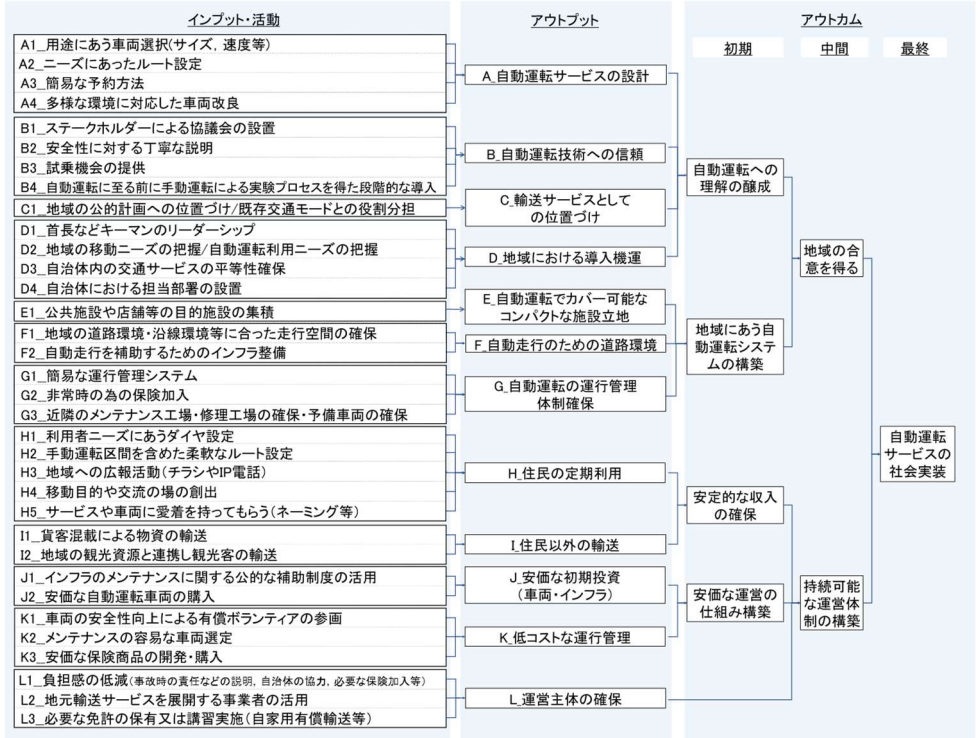


図-4 自動運転サービス社会実装を最終アウトカムにしたロジックモデル



# 土木学会 D&I 委員会による社会課題解決の意義と課題の考察

東京工業大学 正会員 ○山田 菊子  
 早稲田大学 フェロー会員 佐々木 葉  
 (株)建設技術研究所 正会員 米山 賢  
 (株)技研製作所 正会員 尾川 七瀬

## 1. はじめに

現在のダイバーシティ・アンド・インクルージョン推進委員会（以下、D&I 委員会）のルーツとなる活動が土木学会において始まったのは 2004 年である。2020 年度には学会の中期計画実現のための戦略的なプロジェクトの一つに選定され、学会内の複数の組織と連携してより幅の広い活動を進めている。本報告では、委員会の発足前から現在に至るまでの 20 年弱の活動を振り返る。そして、社会、土木学会や業界団体、技術者の団体等の動きと対比することで、時期ごとの活動の意味を考察する。この考察を通じて、ボランティアの委員からなる委員会が、土木界における女性や多様な技術者の活躍という社会課題に取り組みを行うことの意義と、解決すべき課題を議論したい。なお、本稿では混乱を避けるため、前身となる委員会も含めて「D&I 委員会」と呼ぶ。

## 2. 方法と資料

本研究では、土木学会 D&I 委員会の活動及び委員の構成を時系列に整理する。社会、国、土木学会の関連する動きも合わせて情報を収集し、年度ごとに整理する。考察を容易にするために、テーマ（本研究では性別と D&I）に関する活動の有無を年表の形式に集約する。用いる資料は、ウェブページ、報告書、書籍等である。D&I 委員会の場合、発行した活動報告書や書籍、2007 年度以降の活動の実施状況を記録したウェブページがある。また 2011 年度までの実績は委員会編集の書籍に掲載した年表<sup>1)</sup>を参照した。

表-1 D&I 委員会の年表と活動の対象領域

年度	D&I委員会				土木学会		国		社会	
	主催の活動		他主体への協力		性別	D&I	性別	D&I	性別	D&I
	性別	D&I	性別	D&I						
1972										
1986										
1999										
2000										■
2004	□		□							
2005	□		□							
2006	□		□					■		
2007	□	■	□					■		
2008		■	□							
2009	□		□		□					
2010		■	□	■	□			■		■
2011	□	■	□		□				□	
2012	□	■	□	■	□					■
2013		■	□	■	□			□	■	
2014		■	□		□	■		□		□
2015		■	□	■	□	■		□		
2016		■	□	■	□			□		■
2017		■	□	■	□	■		□		■
2018	□	■	□	■	□			□		
2019		■	□		□			■		
2020		■	□		□	■		□		■

注：□は「男女共同参画」や「女性支援」を対象とする活動、  
 ■は性別に限定しない活動を示す。

## 3. 委員会の活動経緯

(1) 活動 情報を集約した年表を示す(表-1)。D&I 委員会は、女性として初めて米国土木学会 (ASCE) の会長となったギャロウェイの 2004 年の来会に際して開催された座談会に端を発する。年度内にジェンダー問題検討特別研究小委員会が時限的に設置され、2006 年度に教育企画・人材育成委員会に男女共同参画推進小委員会として常置され、2008 年度にダイバーシティ推進小委員会に改称した。2016 年度にはダイバーシティ推進委員会に昇格し、2020 年度に D&I 委員会と改称した。調査、書籍や報告書の発行、フォーラム、研究セッションや討論会等の開催、主体的な活動に加え、他の学協会が主催する事業にも協力する。2007 年度以降、ウェブページに記録を蓄積している。国や他主体の動きが依然として性別を対象としているのに対し、社会は 2000 年度、D&I 委員会は 2007 年度より D&I、あるいはダイバーシティを対象とした活動を行ってきた。

(2) 委員 D&I 委員会の当初は 10 名前後、2014 年度以降は 20 人程度で推移している。2000 年代中盤は「学」に所属する委員が過半を占めていたが、現在では 7 割を「産」が占めており(図-1)、職場で D&I を担当する委員も増えてきた。土木学会会員に占める女性の割合が学生会員を含めても 6.0%である中(2021 年 1 月 31 日現在)、女性が 8 割を占めている(図-2)。在任期間は平均 5.7 年(最大値 15 年、中央値 5 年、標準偏差 4.01 年)である。

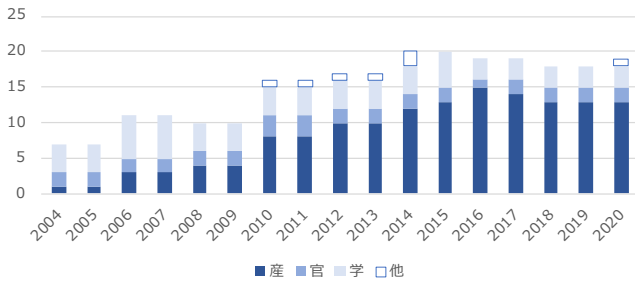


図-1 委員の所属分野別構成の推移（年度）

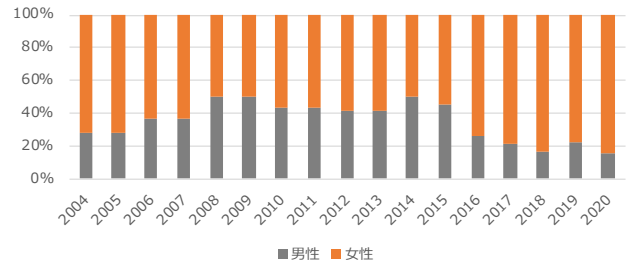


図-2 委員の性別構成の推移（年度）

(3) 関連学協会 工学系と考えられる 44 の学協会のうち 28 の組織 (63.6%) に D&I に取り組む委員会がある (表-2)。女性の科学者、技術者による 3 団体は 1993 年までに設置され、2000 年代になって学会が委員会を設置した。常設委員会の設置年の中央値は 2007 年度である。いずれも設置

表-2 工学系学協会の関連委員会の設立時期

事象	工学系学協会 (44)		土木学会 <sup>1)</sup>
	設置数	年度 (中央値)	年度
常設委員会の設置	28 (63.6%)	1958～ (2007)	2006
性別に限定しない名称に変更	25 (56.8%)	2008～ (2017)	2008
「インクルージョン」を含む名称に変更	3 (6.8%)	2017～ (2018)	2020

1) 「工学系学協会」は土木学会、当事者の団体を含む。

当初は「男女」や「女性」などの性別の違いを名称に含んでいる。「男女」「女性」など性別を含まない名称に変更したのは 25、「ダイバーシティ」に加えて「インクルージョン」を含むのは土木学会を含め 3 学協会である。

#### 4. 考察

(1) 社会課題と意義 D&I 委員会は女性技術者をめぐる問題を端緒として、「土木界における多様な人材の参画」という社会課題に取り組んできた。性別や国籍・人種などに極端に偏りのある土木界、工学系において、早くからこの課題に取り組んでいること、問題の整理を行って方針を示したのちに、施策を展開していることに特徴がある。

(2) 多様性への注力 2008 年度に委員会名称を「ダイバーシティ」に変更した。用語がまだ一般的ではなかったにもかかわらず、他の学協会に先立って変更がなされたことには 2 つの理由が考えられる。第一には、女性土木技術者をめぐる課題に取り組む主体として土木技術者女性の会（設立 1983 年）、女性技術士の会（同 1993 年）が存在したことである。D&I 委員会の委員には特に前者の会員が常に含まれる。このため、これらの団体の活動を支援し理解者を増やすという役割が D&I 委員会にあるという認識があったのではないかと考えられる。第二には米国 ASCE の影響である。前述のように会長のギャロウェイを迎えた座談会が D&I 委員会設立の端緒となった。土木学会内に見られる女性会員対応が逆差別となるとの懸念や「ジェンダー」という用語への嫌悪感の回避に際し、ASCE の進める性別、人種、障害、信教などを包含するダイバーシティの概念<sup>2)</sup>を取り入れることが意図された可能性がある。また、2020 年度に「D&I」に変更したきっかけは委員から「D&I」の概念が紹介されたことにある。所属組織において D&I を担当する委員が出現したことにより、様々な先進的な情報が得られるようになったことの恩恵であると考えられる。

(3) 活動の課題 活動開始当時は土木界に男性以外の会員が存在することすら認知されていない状態であった。この時期には取り組む問題の全体像を理解することと、活動の意義そのものの認知を得ることが課題であった。活動が活発になることにより成果が蓄積されたことにより、独立した委員会に昇格した。委員会が独立して折衝できるようになり、長年抱えていた予算の制約が解消された。しかしながら、2014 年度以降、女性が多数を占める傾向が加速している。他学協会に比べ早い時期に名称をダイバーシティに変更し、土木学会全体のプロジェクトにも選定された現在においてもなお、土木界においては「ダイバーシティ」や「D&I」は「女性の問題」と考えられていることを示していると考えられる。D&I 委員会が今後、取り組むべき課題である。

謝辞 本研究は JSCE2020-2024 プロジェクト及び科研費 19K15109 の一環として実施した。

#### 参考文献

- 1) 土木学会教育企画・人材育成委員会ダイバーシティ推進小委員会（編）：土木分野の男女共同参画のこれまで、資料編，継続は力なり-女性土木技術者のためのキャリアガイド-，土木学会，pp. 78-86，2013。
- 2) Hatch, S. E.: Diversity by Design: Guide to Fostering Diversity in the Civil Engineering Workforce, American Society of Civil Engineers, 2008。

# 石積み景観と技術保全のための「石積み学校」の設立と運営

東京工業大学 正会員 ○真田 純子  
一般社団法人石積み学校 正会員 金子 玲大

## 1. はじめに

過疎化の進む農村が活性化を目指す際、棚田等は地域資源として重要な役割を持っている。1999年には農林水産省によって棚田百選が認定され、2005年の文化財保護法改正による文化的景観の制定を契機とした棚田保全、2019年の棚田地域振興法施行など、保全に向けた取り組みが行われている。しかしながら西日本に多く見られる石積み棚田については、石積みの技術が継承されていないために、保全制度を整えても実質的に棚田を守ることが困難となっている。一方で、現在の社会では持続可能な開発が重視されるようになってきているが、コンクリートを用いない昔ながらの空石積みは、持続可能な工法としてヨーロッパを中心に再評価が進んでいる。そこで筆者らは、石積み技術の継承を行う「石積み学校」の活動を2013年から行っている。本稿では、石積み学校の設立と運営について、そのねらいと工夫、現状についてまとめるとともに、運営していく中で見えてきた課題を提示する。

## 2. 石積み学校の設立

### (1) 石積み学校の設立と目標

筆者らが石積みを行ったのは2009年に徳島県吉野川市の美郷地区において、学生向けの「石積み合宿」を開催したのが最初である。その後、2011年と2012年にも同様の合宿を同地で行った。石積みについて詳しくなるにつれ、多くの地域で石積み技術が継承できていないことを知るようになり、一般の人向けにも講座を開く必要性を感じるようになった。

一般の人向けの「石積み学校」を開始するにあたって「石積みは難しいというイメージを変えること」「石積み学校の運営を持続させること」という2つの目標を掲げた。現在、石積みは城の修復などに使われることが

多く高度な技術が必要だというイメージが強い。そのため、自分の棚田が壊れた際にも「自分で直すという」選択肢を持ってもらえないことが多い。城の修復をするような職人に頼めばコストもかかるため、一般の施工業者に依頼しコンクリート擁壁に変わっていくという現状

がある。しかしながら、石積みは中山間地域では普通に見られることから分かるように、かつては山間部の農作業の1つであり、広く普及していた技術である。石積み学校では、かつてのように「誰でもできる」という認識を広めることを目標にしたのである。また、消えつつある文化を復活させるためには時間もかかるため、持続的な取り組みも必要であると考えた。

### (2) 目標に対する取り組み

持続的な取り組みにするために、「補助金に頼らない運営を行うこと」「活動から仕組みに転換すること」を具体的な対策として考えた。

過疎地域での地域貢献的な活動には、各種の補助金を用意されていることが多い。それと同時に「ボランティアベースでやること」というイメージも強く、結果的に補助金だよりの活動になりやすく、補助金が切れると取り組みが終わってしまう例も多くある。また、それゆえに人件費のかからない地域の自営業者や定年退職者が運営の中心になることが多く、世代交代が難しく継続性が担保されないことが課題である。そのため、スタートアップの補助金は必要に応じて使用するが、運営のための補助金は使用しないこととした。

こうした背景から、参加者から参加費を徴収して運営費に充てることにした。さらに進んで石積み学校の運営を若者の仕事にできれば、安定的な取り組みになるだろうとも考えた。石積み学校の開始時には、大学教員である真田が1人でやっていたため、ボランティアベースでも運営できたが、初期の段階から継続性を担保する仕組みを整えた。

また、石積み学校は場所を決めず、全国各地の修復を必要としている場所で開催することで、継続的に実施できるとともに、修復と技術の継承を同時に行うことを目指した。これは技術を再び広く普及させるという目標への対応でもある。

2009年に石積みを開始してから、ずっと同一の場所で行っていたが、石積み学校で実現したかったのはその場所のためにやる「活動」ではなく、修復が必要な人と習

キーワード：石積み、ボランティア、棚田、持続可能性

連絡先 〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1-W9-95 東京工業大学 Tel.03-5734-2812

いたい人をマッチングする仕組みであった。そのため対外的にも場所限定の活動ではないことを示すため、2013年3月に開催した1回目の石積み学校は徳島県三好市で行った。

### 3. 石積み学校の運営

#### (1) 運営主体

石積み学校を2013年に始めた当初は、真田が1人で運営していたが、2016年6月に金子がスタッフとして加わった。2009年の1回目の学生向け石積み合宿の参加者である。その後、企業に就職していたが石積み学校に加わることとなった。金子から石積み学校への参加意向を受けたころは、開催回数も少なく、石積み学校の運営では生活が成り立たないため、スタートアップの補助金を探したが、ここに大きな壁があった。こうした地域貢献的な活動への補助金はそのほとんどが「場所」に対して出されるものであって、仕組みをつくろうとしていた石積み学校には応募できる補助金が無かったのである。結果的には、国の重要文化的景観に選定されている棚田のある徳島県上勝町で地域おこし協力隊を行った。これは上勝町が「上勝町のためになるなら地域外の活動もしてよい」と柔軟な対応をしてくれたためである。2016年からの3年間は、地域おこし協力隊の制度を使い、専任スタッフが出来たため、開催回数を増やすことができた。

#### (2) 開催形態

石積み学校は、修復の要望を受けて企画し、参加者を募るといった仕組みを考えスタートしたが、実際に運営してみるとそれ以外の開催形態も出てきた。地域の団体が場所と受講者をあらかじめ用意しているところに講師として依頼される形、自治体が住民向けに講習会を開くために依頼される形、大学の研究室で自分たちの活動場所で講習を依頼される形などである。

これは参加費を徴収する形にしたこと、仕組みであることをアピールしたことが大きく影響していると考えられる。特定の場所でボランティアベースで行っている活動であれば、「自分のところにも来てほしい」とはならなかったと思うからである。

#### (3) 普及と継続のための対策

こうして各地から依頼が来るようになったが、石積みは難しいというイメージを変えること（そのめに、技術を囲い込まない、参加のハードルを低くする）と、参加費で運営することをすぐに両立できるようになったわけではない。依頼を増やすための工夫として下記がある。

#### 1) ファンを増やす

Facebookで活動の告知や報告のほか、石積みにつながるエピソードなどを投稿している。その際、参加経験者の内輪の雰囲気をつくらないようにし、参加しなくてもファンになってもらえるようにしている。そのためか、石積み学校の参加者には、参加者したことのない人からの勧め（情報提供）で参加したという人が多くいる。

#### 2) 新しい価値を付加する

新しい価値として、持続可能性とチームビルディングがある。空石積みは伝統的な技術で、棚田は伝統的な景観であるが、それはどちらかという過去に依存した価値である。現在ヨーロッパで再評価されているように持続可能な工法であるという未来に向けた価値を押し出すことで、新設の石積みの依頼もいくつも来るようになった。また「空石積み」のような今は使われていない方法に興味を持つのは、環境に関心のある都会からの新規就農者であることも多く、需要が一致していると思われる。

また、石積みにはチームビルディングの効果があることを石積み作業をやりながら感じていた。そのため、これを明文化して整理し発信することによって、CSR活動を兼ねた社員研修などにも活用されるようになってきている。これは、困っているから習いたいという人たちを主に対象とする通常の石積み学校に比べ、収入につながる取り組みである。

### 4. 見えてきた課題

最後に、石積みをして見えてきた課題について言及する。空石積みは、経験的には技術として確立しているが公的には使いにくい。その理由は、1つには、安全性の担保が数字による基準や数値による性能評価となっており、それが伝統的技術にはまらないことが考えられる。これは農政事業等による補助金が空石積みには適用されないことや、瑕疵担保責任をもつ施工業者の受注しないことに影響している。また農地の石積みは現地の石を使用し、それが持続可能性や地域の個性を担保しているが、石によって積み方が微妙に異なるため、技術にも多少の地域性があることも見えてきた。技術があってもそれに適した材料を選ぶのではなく、地域が生み出す材料に技術（人）が合わせるのである。

今後、グリーンインフラを本質的に普及させるためには、現在の統一的な基準、技術という考え方やそれに基づく制度を変える必要があると感じている。

# COVID-19 関連緊急住民アンケート調査と復興計画策定における技術協力実践の研究 フィリピン・バンサモロ暫定自治政府を支援する技術協力プロジェクトにおける事例研究

国際協力機構資金協力業務部 正会員 ○竹内 博史  
 国際協力機構プロジェクト専門家 非会員 緒方 敬  
 名古屋大学未来創造機構教授 正会員 森川 高行

## 1. 業務の背景と目的

フィリピン・バンサモロ地域（以下 BARMM 地域）は、ミンダナオ島西部の5州等と北コタバト州の一部を領域とする地域である。長年のイスラム勢力による激しい独立運動ののち、フィリピン政府との和平合意後、2019年のバンサモロ基本法制定により、バンサモロ自治政府設立に向けての動きが加速している。

2020年に世界に蔓延した COVID-19 はこの地域でも発生し、COVID-19 対策ガイドラインの制定、行政区域間の往来の制限（都市ロックダウンや General Community Quarantine などの政策による）は感染拡大防止に一定の成果を示したところだが、2020年7月以降急激な陽性者の増加がみられた。

この状況下、バンサモロ暫定自治政府（自治政府樹立準備のための行政組織、以下 BARMM 暫定政府）は、COVID-19 タスクフォースを立ち上げて COVID-19 感染拡大を受けた BARMM 地域復興計画の策定を検討していた。この動きに対して、バンサモロ自治政府設立に向けた行政能力強化等を支援する JICA 技術協力プロジェクトが、緊急住民意識調査による COVID-19 関連基礎データ収集を BARMM 暫定政府に技術移転しつつ実践し、BARMM 暫定政府が主体となった住民意識データを用いた復興計画の策定を促進した。

本稿では途上国地域での遠隔による住民意識調査の実施方策を示し、そのデータを用いた BARMM 地域復興計画策定の過程において BARMM 暫定政府側に内発的動機付けが発生したプロセスについて論じる。

## 2. 調査実施体制

BARMM 暫定政府は2020年8月中に上述の BARMM 地域復興計画策定を行う方針であったため、緊急住民意識調査は、6月～7月の2か月間に企画立案、実施・分析を完了する必要があった。また、COVID-19の影響と紛争影響地域であり移動が困難な状況にある中で実施する必要があった。これに対応するための実施体制とスケジュールを図-1、図-2のとおり作成した。JICA プロジェクトと BARMM 暫定政府は、両者が合意した調査実施情報を BARMM 暫定自治政府から傘下の地方支分局職員に伝達する体制を形成した。アンケート調査はネット調査（Google Form を使用）と、紙ベース（Word ファイル）の2つの方策を選択できるようにした。地方支分局職員に調査票が電子データで送付され、地方支分局職員が被験者に送付もしくは持参することとした。紙ベースの回答は地方支分局職員が Google form に入力し、入力データは BARMM 暫定政府本省及び JICA プロジェクトもリアルタイムで閲覧し、分析を行えるようにした。

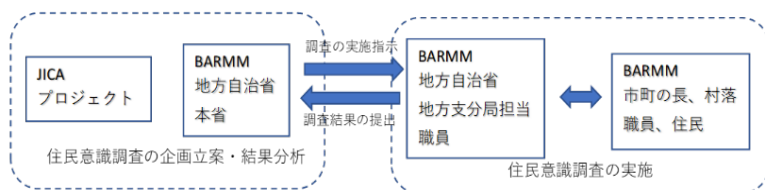


図-1 住民意識調査の実施体制

	6月	7月	8月	9月
調査企画	■			
調査内容確認	■			
調査実施		■		
分析作業			■	
レポート提出			▲	▲

図-2 住民意識調査実施スケジュール

キーワード COVID-19, 復興計画, 緊急住民アンケート調査, バンサモロ暫定自治政府, 内発的動機付け  
 連絡先 〒102-8012 東京都千代田区二番町 5-25 (独)国際協力機構 TEL03-5226-9209

### 3. 調査内容とその結果、復興計画への提言

調査は①個人属性、②COVID-19 感染拡大前後の意識、③感染拡大後のニーズ、④職業別（公務員、農業者、雇用者）の感染拡大後の意識の4つで構成した。調査を単純化するため問いはYes/Noの2者択一を基本とする調査とした。（2市116町及び63村落を対象とし、2市113町61村落から回答、1775サンプル取得）

調査の結果、以下に挙げる事項が判明した。

- 1) 病気や保健医療体制の他、移動や物流の制約、雇用への不安への不安が大きいこと。
- 2) 物流や公共交通、それらを支えるインフラ整備へのニーズが高いこと。
- 3) 農業や製造業生産物出荷等の制約による収入減や雇用維持への不安が高いこと。
- 4) 行政サービスの不足への不安、他方、公務員も住民にサービスが行き届かないことに不安があること。
- 5) 島嶼部でのネットアクセスの困難さや、物流・人流の不便さへの不安。

これらを取りまとめ、BARMM 地域におけるニーズとして、産業復興や雇用確保、物流や公共交通の復興、これらを司る行政能力の強化、島嶼部地域の通信や運輸インフラの強化が必要であることを示した。また、JICA プロジェクトが当時のプロジェクトの2本柱の行政能力強化と農業支援に加え、産業分野への支援を強化の必要性についてBARMM 暫定自治政府とJICA プロジェクトで確認した。さらに、このデータはJICA とBARMM 暫定自治政府の合意のもとBARMM 地域のニーズ情報としてUNDP にも共有した。

### 4. 復興計画の策定とJICA プロジェクト支援の強化策

この成果について、COVID-19 タスクフォースに示し、検討後、BARMM 暫定政府は2021年9月に(1)運輸通信強化(通信脆弱地域の通信や島しょ部の輸送インフラ整備)、(2)生活基礎サービス強化(感染症、教育環境)、(3)行政職員能力強化、(4)経済雇用対策(生活道路整備促進を含む)、(5)基礎インフラ整備(水・電気・灌漑整備や地域拠点整備)を柱とする体系的なCOVID-19 対策の緊急復興計画を策定した(概要は図-3)。

また、JICA プロジェクトは2020年度に「産業活動支援の強化」を新たな柱として追加する活動見直しを行ったが、この検討では、3. で述べた住民意識調査からの提言も考慮した(図-4)。

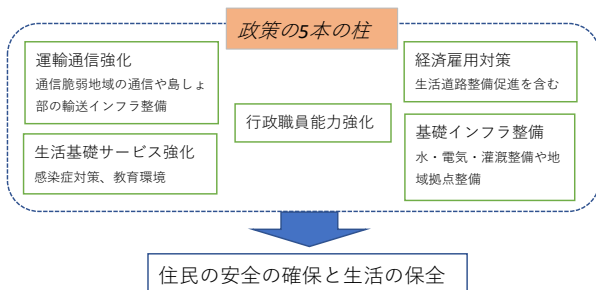


図-3 BARMM 緊急復興計画の概要

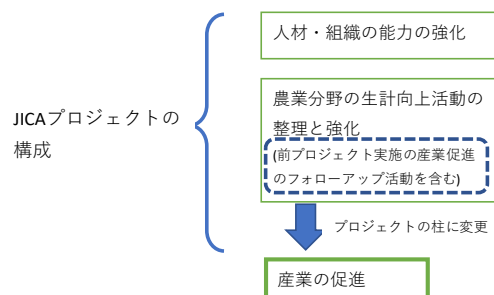


図-4 JICA プロジェクトの構成の変化

### 5. 得られた成果とまとめ

本緊急調査実施の成功は、BARMM 暫定政府側が主体的に業務に取り組まざるを得ない状況下、BARMM 暫定政府側が、調査の設計及び実施に主体的に参加し業務とその必要性を理解して進めたこと。また、行政組織末端まで理解が共有され組織の人的資源の活用ができたことが要因として挙げられる。

また、BARMM 地域緊急復興計画の策定にあたって、調査結果から具体的な住民ニーズを把握、分析結果から方針を策定するプロセスに、BARMM 暫定政府側が主体的に参画し、計画策定できたこと。さらに、他ドナーへのBARMM の復興の方向を説明できたことも成功体験となった。

今回の一連のプロセスで、行うべき業務及びその必要性の理解、主体的な活動を行う体制、成功体験の獲得が、BARMM 暫定政府側の内発的動機付け発現に資したことが判明した。この3つの要点を確保しつつ技術移転を行うことで、質の高い技術協力が実践できる。

(2021年4月30日提出)

# セネガル国ダカール港第三埠頭改修計画における控え式鋼管矢板岸壁への 新技術導入とその効果及び今後の期待

独立行政法人国際協力機構 正会員 ○小柳 桂泉  
独立行政法人国際協力機構 非会員 齋藤 真一

## 1. はじめに

セネガル国ダカール港で、岩盤上に建設された既設の重力式岸壁を対象に、老朽化対策を兼ねた増深改良が行われた（ODA 無償事業により施工中）。本改良は、鋼管を岩盤（泥岩）に直接打設する本邦技術を導入して控え式鋼管矢板岸壁を築造するものであり、国内では設計・施工実績がない。第1回実践論文発表会において事業概要及び設計手順まで発表済であるため、本発表では相手国への導入や施工にあたっての留意点、国内実績のない本邦新技術を ODA 無償事業で導入するための基本手順、そのメリットと留意点を中心に論じる。

## 2. 事業概要

主な事業スコープは、老朽化した延長約 350 m の重力式岸壁に対して、岸壁前面の岩盤に鋼管を打設し、控え杭も鋼管とした控え式鋼管矢板岸壁である。現水深は-10 m で、鋼管前面を浚渫すると水深-12 m となる。最大の特徴は、鋼管を岩盤に直接打設可能な回転圧入工法を採用した控え式鋼管矢板岸壁としたことである。

## 3. 岸壁の構造変更

本岸壁の概略設計（Outline Design）の段階では、既存施設と同様の重力式であるセルラーブロック（5段積み）による改良を計画した。しかし、新岸壁の岸壁法線が20 m前出しとなることから、対岸埠頭との距離が短縮され供用開始後の船舶操船への影響及び利便性の低下が懸念された。また、土質調査の結果から、地盤は岩が卓越しているものの、強風化部分が存在することもあり、重力式構造の採用には不安要素があった。

このようなことから、上記の課題を解決するための構造形式を模索し、詳細設計時に構造形式を変更することとなった。構造形式の変更にあたっては、岸壁では国内実績がないものの、護岸構造では実績がある本邦新技術である回転圧入工法を用いた控え式鋼管矢板岸壁構造を採用することとなった。本構造の採用にあたっては、国土交通省直轄事業での新技術の採用手順を参考にして専門家による技術検討委員会を立ち上げ、技術的課題を速やかに検討できる体制を構築したうえで採用の判断に至った。

## 4. 相手国への導入、施工にあたって留意した点

### (1) 相手国への導入にあたっての課題と対応

セネガルを含めた西アフリカでは岩地盤が卓越しているため、岸壁構造はケーソンやコンクリートブロックなどの重力式が一般的であり、鋼管矢板控え杭式の経験をほとんど有していない。そのため、セネガル側への説明及び理解促進に配慮するとともに、先方要望にできるだけ対応することが重要であった。

先方要望として、船舶衝突に対する岸壁側の対策強化があげられる。改良対象の岸壁では船舶の接触・衝突事故が多く、新設した前面鋼管杭に船舶が直接衝突すると、現地での鋼管杭の補修は困難であることへの対応が必要とされた。上部工コンクリートの下端高を通常よりも低い位置（L.W.L.から1 m下がった位置）に設定することと、上部工コンクリートの海側側面を通常よりも1.0 m程度海側に張り出すことにより、船体が海面付近で鋼管杭に直接衝突しにくいようにした。上部工コンクリート形状の工夫により、結果的に鋼管杭の海上部における防食対策も強化されることとなった。なお、上部工の海側への張り出しは、築造限界において矢板表面から離隔距離を確保することとなるため、岸壁築造後に前面掘削をセネガル国によって実施する場合においても、矢板への直接的な接触を避ける対策としても機能する。

### (2) 施工にあたっての課題と対応

回転圧入工法を矢板本体に適用する場合の共通課題として、鋼管間からの背後裏込材の流出防止対策があげ

られる。本工法では鋼管部材を回転させて打設するため、継手を有する部材は打設できない。このため、隣接する大口径（直径 1000 mm）の鋼管部材の隙間（隣接する鋼管同士の離隔 250 mm）から裏込材が流出しないような対策が必要となる。今回の場合、大口径鋼管の隙間に小口径（直径 318.5 mm）の鋼管を、裏込材の流出を十分に防止できる深度まで回転圧入工法により打設した。なお、裏込材を投入するまでの間、小口径鋼管が波浪の影響で折損したり、所定の位置からずれるのを避けるために、小口径鋼管は打設後すぐに大口径鋼管に数か所の点溶接によって仮固定された。

## 5. ODA 無償事業への本邦新技術の導入

### (1) インフラシステム海外展開戦略における ODA 無償事業の活用

本稿で取り上げたダカール港の事業は、ODA の中でも無償資金協力と呼ばれる事業スキームを活用したものである。無償資金協力事業は、相手国政府との契約者が日本国籍に限定されていること、相手国政府にとって返済義務がなく資金回収リスクがないことなどの特徴がある。無償事業は有償事業に比べて各種制度が充実しているため、本邦企業に優位性のある技術を試金石として採用して海外事業の実績を蓄積するには適した事業スキームであると考えられる。無償事業を呼び水として、外国企業も受注可能な有償事業などへの展開も期待できる。さらには、ODA を活用して海外事業の経験を積んでいただき、PPP 事業や非 ODA 事業など、海外展開事業への幅広い参画など、世界で戦える実力や体力を備えるきっかけとなることも期待される。

### (2) 新技術適用にあたっての基本手順、留意点等

一般のダカール港の事例では、我が国の岸壁整備で実績のなかった回転圧入工法を導入することとなった。無償事業で適用工法を検討する際、標準的工法では現地条件などから十分対応できない一方で、本邦新技術の導入によりその不具合が解消される、もしくはメリットが見込める場合に、採用が検討できる。

採用可能との判断に至った場合でも、本邦で実施している設計・施工・維持管理手法をそのまま適用すればいいというわけではない。現地の気候、同技術に関する相手国側のこれまでの経験有無などを考慮したうえで、現地条件や現地ニーズに対応した構造細目や維持管理手法を調整（カスタムメイド）して実際の採用に至る。

相手国側に引き渡した後は、相手国側の体制・予算・技術力により運用・維持管理されるため、設計・施工段階から相手国政府の要望を受け入れてカスタムメイドし、かつ必要な運用・維持管理技術を移転することが、施設完成後の相手国側による持続的な運用・維持管理にあたって重要となる。

### (3) 今後の ODA 事業における本邦新技術の導入

国費を活用した ODA 事業における新技術の導入は、事業リスクや設計・施工監理コンサルタントの負荷増大、現地人材を活用した品質管理、不具合が発生した場合の対応が難しくなる可能性などの留意事項もある。また、標準的工法を排除しないなどの配慮も必要である。一方で、国内技術のブラッシュアップ・実績作りや新技術を保有する中堅・中小企業の海外展開の支援策になるなどメリットも多い。さらには、日本の高い技術力を相手国に体感してもらうことになり、質の高いインフラ海外展開を具現化することになると考える。

## 6. おわりに

本稿で紹介したダカール港の無償事業においては、2019 年 8 月から回転圧入工法による鋼管矢板打設工を開始し、連続バースのうち 1 バース分の延長 190 m の打設を、当初予定の 7 ヶ月よりも 2 ヶ月早く 2019 年 11 月に完了した。その後、隣接バースへの段取り替え中にコロナ禍により工事関係者の一時退避、工事一時中止を余儀なくされたが、2021 年 1 月から工事を再開している。これまでのところ、省スペース、低騒音、環境配慮型の回転圧入方式はセネガル側からも高く評価されている。本事業が成功裡に終わり、工期短縮、環境性、施工性などに係る本邦技術の実績と信頼性が蓄積され、回転圧入工法に限らず、幾多の本邦新技術が同国、西アフリカ、さらには各国での導入につながることを期待する。

---

キーワード ダカール港、インフラシステム海外展開、ODA 無償事業、控え式鋼管矢板岸壁、回転圧入工法  
連絡先 〒102-8012 千代田区二番町 5-25 二番町センタービル（独）国際協力機構 TEL 03-5226-8147



# ナイロビにおける Wi-Fi パケットセンサーによる人流調査とその後の展開

(株)パデコ 正会員 ○中川 義也

(株)社会システム総合研究所 フェロー 西田 純二

## 1. 報告の目的

Wi-Fi パケットセンサー（以下、センサー）による人流調査（Wi-Fi 調査）は国内では多くの実施例があるが、海外での実践例は少ない。また、地域観光や都市内周遊などの小規模計画に用いられる例が多く、大規模交通インフラ計画を目指した調査例が少ない。同調査の精度・費用は、従来手法と比較して有利な点が多く、海外でも今後の普及が期待されるが、課題は明示されていない。筆者らはナイロビを対象にメトロ導入を目的とした人流調査を実施したので、実施経緯・成果を報告し、今後の展開における課題を整理する。

## 2. 調査手法・調査概要

Wi-Fi 調査とは、スマートフォン（スマホ）等から発せられるプローブリクエストに含まれる MAC アドレス（一意 ID）を受信・匿名化し、複数のセンサーで受信したデータを交互分析することで、スマホの動き（つまり、所有者の流動）を収集・分析するものである。従来のパーソントリップ（PT）調査では、特定日の代表的な動きを収集するが、Wi-Fi 調査は 24 時間・毎日の収集が可能であり、PT 調査を代替・補完できる可能性がある。筆者らは、ナイロビにおける都心部交通計画、軌道系交通導入検討を行う JICA 業務を受注したため、Wi-Fi 調査による人流把握を試みた。都心部に 20 地点、都心周辺流入部に 22 地点の計 42 地点にセンサー機器を設置し、2017 年 7 月～12 月にかけて人流データを収集した。同時期に筆者らが実施したスマホ所有状況調査によれば、所有率 84%、うち Wi-Fi 常時 On 率 30%（N=652）であった。

## 3. 現地機関との実施調整

筆者らは、ナイロビ市での交通計画を所管するナイロビ市役所道路局と協働し、下記の調整を行った。

①通信総局との調整：同調査では MAC アドレスを受信するため、通信の傍受と誤解される可能性がある。また、通信機材の承認を受ける必要があった。ケニア通信総局と面談し、ケニア憲法及び通信法を参照し、本調査が通信傍受・改ざんにあたらないことを筆者らから説明した。また、ケニアにおける登録通信機材一覧と照会し、センサーに用いられる通信機材が既に登録済みであることを報告した。通信総局からは、ケニアにて新規事業を行う際にはステークホルダ・ミーティング（SHM）が必要との助言を受けた。

②調査地点での電柱設置・電源設置調整：Wi-Fi の電波到達範囲は 150m 程度であるが、電波自体が人体に吸収されやすいため、比較的高い位置に設置する必要がある。また、24 時間稼働させるために電灯線に接続する必要がある。同局街灯設置担当者の助言を受け、調査地点において同市が所有する既往建物や看板、電柱への設置を検討した。適当な設置場所がない場合、調査費用で 8m の電柱を設置した。電力については同市街灯会計による負担で同市と合意したが、接続費用（地点辺り約 6 万円）は調査費用で負担した。

③その他外部調整：SHM は事業関係者向け 1 回（通信系企業、交通事業者など）、一般向け 1 回を行った。また、調査内容に関する新聞公告を行い、全て調査費用で負担した。交通警察や運輸省など其他国家機関との個別調整は行っておらず、ナイロビ市からも不要との意見だった。

2 月末に調査受注、4 月から現地調整を開始。並行して機材・システム準備を進めながら 6 月後半に SHM を実施。その後、電柱設置と機材設置を順次展開し、7 月 15 日に全 42 地点の測定を開始した。

## 4. 調査の成果、精度と鉄道計画

調査の具体的な成果は別紙で報告済みだが、下記に概要を示す。

①人流動態：都心部に流入する 1 日辺りのユニーク ID 測定数は約 30～40 万件であった。前述所有率、Wi-Fi キーワード 交通調査、鉄道計画、Wi-Fi パケットセンサー、ODA、パーソントリップ調査

〒112-0012 港区新橋 6-17-19 (株)パデコ インフラ開発部 nakagawa@padeco.co.jp Tel. 03-5733-0855

常時 On 率からサンプル率は 25%と推定し、都心部流入数は測定数の約 4 倍である 90~120 万人と推計した。24/7 ベースで流出入動態を観測し、ピーク時挙動特性、流入地点と起終点の特定、所要時間などを明示した。

②都心部横断の動きとメトロ計画：ナイロビは、英国統治時代から近代化された西側と地元民主体の東側という伝統的な分断が見られた。一方で、近年の都市拡大により東側にも中流所得層の居住が展開され、都心部を東西に横断する動きが想定されていた。一方で、バス路線は全て都心部に終点があり、需要動態が不明であった。本調査では、人流ベースで都心部横断の動きを実測し、北東⇄南西の方向に日辺り 4 万 3 千人の横断流動を観測した。この観測結果をもとに都市交通計画を見直し、北東⇄南西軸のメトロ路線、それ以外の横断・周回動態に対応する BRT 路線計画を提案した。

③外部イベントによる影響：8 月上旬の大統領選挙期間中や土日の都心部流入数の縮小を精度良く観測した。選挙期間中は通常の 25%、土日は 50%の流入に留まった。深夜コンサートなどのミクロなイベントによる観測数（ID 数 1,500）は、主催者発表の動員数（6,000 人）に一致した。平日の夕立による渋滞発生とバスサービス遅れによる旅客遅れ時間なども明示した。

④外部関係者への情報提供：BRT 計画主体である世銀、EU のコンサルタントに調査結果を紹介し、データ提供可能性について説明した。ケニア学術団体である KTRN (Kenya Transport Researchers Network) の 2017 年 9 月の定期発表会にて成果を発表した。ナイロビ大学の開発工学部・計算機工学部と共催で、本調査で得られた Big Data 分析を対象としたハッカソンを企画したが、大統領選挙の影響で学生運動が盛り上がり、同大学の休校措置がとられたため、ハッカソンは中止した。

## 5. 調査上の課題と今後の対応

①電力の不安定性：供給電力の不安定さが継続し、ほぼ毎日、地点辺り 5 分程度の停電による測定漏れがあった。特に降雨時には停電が多発した。遠隔操作での再起動の他、電柱設置会社に管理費（総額 5 万円）を調査費用で負担し、電源リセットによる再起動を行った。長期間の観測の場合、電灯線接続が必要だが、短期間調査では電池駆動化による信頼性改善が課題と言える。2021 年、カトマンズにて 12 時間毎交換による電池駆動化を実施予定である。海外調査では航空便での輸送制限があるため、電池の現地調達が必要である。

②計測の中止・システム解体：本 Wi-Fi 調査システムは、調査終了後、ナイロビ市に譲渡する計画であったが、通信費の負担目処が立てられず、また、電力線基本料の削減のため、電力線契約の解除、機材の取り外しを行わざるを得なかった。このため、Wi-Fi 調査機材 42 セットはナイロビ市の倉庫に一旦保管された。

③再稼働、データのマネタイズ：2020 年 4 月以降の COVID-19 禍の中で、ナイロビも都市封鎖・移動制限に直面した。市内旅客モニタリングの手段として、同システムの公的資金による再稼働を提案したところ、UN-Habitat が再稼働資金負担に同意し、2020 年 11 月に、42 地点のうち流入地点 20 地点に再設置して、人流測定を再開した。Wi-Fi 常時 On 率を同様と仮定し、2017 年のピーク時と比較して約 30%の流入量の減少が見られるなど、COVID-19 対応の効果を定量化することが出来た。ナイロビ市と交通データ利用の合意形成を進めており、データ販売・機材利用提案（放送局や交通事業者など）を進める計画である。

## 6. その他

スマホの登場により革命的な交通調査手法が導入可能になった。本邦では個人情報保護法改正により Big Data 利活用が推進されている。海外途上国でもセキュリティ懸念は強く、従来の世帯訪問による PT 調査に限界がある。筆者らは Wi-Fi 調査の精度・簡便性から、2025 年までに世界 100 都市での導入を想定している。例えば、インド・ムンバイにおける鉄道駅プラットフォーム間流動測定を 2021 年度中に実施する計画がある。Wi-Fi 調査では人流が測定対象であり、都市鉄道・BRT などの旅客輸送事業との相性が良いのも特長である。

## 参考文献

- ・中川ら、「AMP 観測による希望線図の即時描画と交通計画」、第 57 回土木計画学研究発表講演、2018.6
- ・Y. Nakagawa et al., Application of AMP Collectors in Nairobi CBD for Transport Planning, ISTS'18, 2018.7
- ・西田、「Wi-Fi パケットセンサ商用化に至る課題克服の歩み」、デジタルプラクティス、Vol.11 No.3、2020.7

# 開発途上国におけるモバイル端末を用いた家庭訪問調査における実務上の効果と課題の整理

株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル	正会員	津村 優磨
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル	正会員	川口 裕久
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル	非会員	村山 直輝
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル	非会員	松沼 毅

## 1. 背景と目的

都市交通マスタープラン（M/P）の策定においては、大規模なサンプル数を対象とした標本調査として家庭訪問調査（パーソントリップ調査等）を実施することで、住民の社会経済属性や交通行動等にかかる情報を収集してきた。かつては紙の調査票を用いる調査方式が一般的に用いられてきたが、開発途上国における家庭訪問調査では、図 1 に示す現地での多面的な制約条件が、円滑な調査実施や調査の品質管理、経費節減にあたっての実務上の障壁となっていた。近年の安価なモバイル端末の普及により、従前の制約を解決するためのスマートフォンやタブレット端末を用いた社会調査（Computer-Assisted Personal Interviewing, CAPI）を用いた調査が主流化しつつある。しかし、開発途上国におけるその利活用による効果と課題は十分に整理されていない。そこで本稿では、独立行政法人国際協力機構（JICA）の支援により、都市交通 M/P 策定プロジェクトの一環として実施された家庭訪問調査の 2 事例に基づき、開発途上国におけるモバイル端末を用いた家庭訪問調査の実務上の効果、新たに考慮すべき課題および留意事項を整理する。

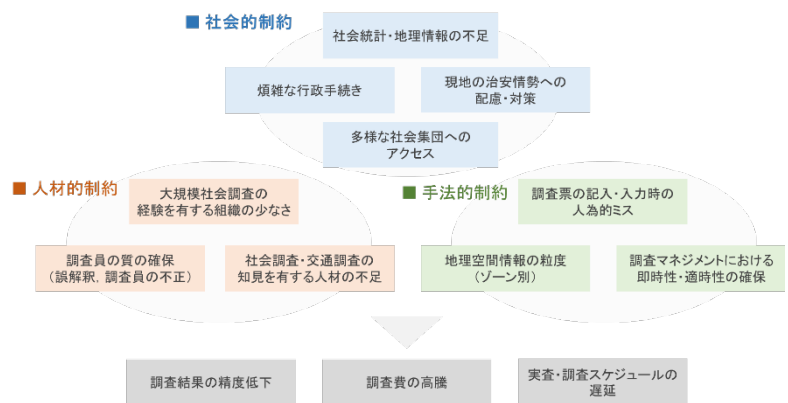


図 1 開発途上国の家庭訪問調査における実務上の制約

## 2. 家庭訪問調査およびモバイルアプリケーションの概要

### 1) ボリビア国 サンタ・クルス都市圏

同国第2の都市であるサンタ・クルス市を中心とする都市圏では、計 8,500 世帯を対象とした通勤通学調査（CS）と計 7,500 世帯を対象としたパーソントリップ調査（HTS）を基幹交通調査として 2016 年に実施した<sup>1)</sup>。同調査の実査にあたっては、タブレット端末（Android OS）上で調査票を展開するアプリケーションを開発した。タブレット端末を持参した調査員が各世帯の代表者に調査票の内容を質問しながら、調査員がアプリケーション上で調査票の回答を入力する調査方法を採用した。各調査員は、割り当てられたサンプル世帯の世帯・個人情報、トリップ情報を収集する。タイムリーな調査員の進捗管理と円滑なデータ統合を実現するために、インターネット回線を介して調査データをメインサーバーにアップロードするシステムを構築した。

### 2) コンゴ民主共和国 キンシャサ市

同国の首都であるキンシャサ市では、計 8,000 世帯を対象とした通勤通学調査（CS）と計 1,000 世帯を対象としたアクティビティ・ダイアリー調査（ADS）を基幹交通調査として 2017 年に実施した<sup>2)</sup>。本調査では、現地の不安定な通信環境を考慮して、適用するアプリケーションには OpenStreetMap（OSM）を援用したオフラインマップ機能を追加実装した。このマッピング機能と GPS から得られる位置情報を参照することで、調査員は各サンプル世帯への円滑な訪問が可能となった。さらに各世帯人員の居住地、学校もしくは勤務先の位

キーワード 開発途上国, モバイル端末, アプリケーション, 家庭訪問調査, パーソントリップ調査  
 連絡先 〒163-1409 東京都新宿区西新宿 3-20-2 9F  
 (株) オリエンタルコンサルタンツグローバル TEL 03-6311-7891

置をマップ上で選択することで、オフライン環境下での正確な緯度・経度情報の取得が可能となった。調査データの収集後、データ統合および妥当性検証の機能を実装したソフトウェアを別途開発、適用することで、オフライン環境下での効率的な調査マネジメントと収集データの検証を可能とした。

### 3. 実務上の効果, 新たな課題と留意事項

#### 1) 実務上の効果

表 1 に示す通り、モバイル端末およびアプリケーションの活用により、上述の社会的、人材的、手法的な実務課題を解決に寄与する効果が確認された。また、正確な地理空間情報を取得することにより、交通解析ゾーン別の集計データとしてではなく、非集計の個人データとして「人の動き」をより精緻な単位での解析することが可能となり、M/P 策定における課題抽出および解析の空間的な精緻化に有効活用された。

表 1 開発途上国におけるモバイル端末の活用による効果と工夫した事項

項目	モバイル端末・モバイルアプリケーションの活用による効果 (従来手法との比較)	工夫した事項
社会的制約	- 現地の実態に応じた調査項目の見直しと差し替えが容易に	- 調査項目のアップデートを想定したアプリケーション設計
人材的制約	- 調査進捗の可視化・調査員の不正抑止 - 調査項目の多言語対応 - 統合的なデータマネジメント	- 各調査員担当世帯の進捗状況のリスト表示および地図上での表示機能 - 操作性に優れたユーザーフレンドリーな UI
手法的制約	- 調査票の記入およびデータ入力時における人為的ミスの抑制 - 正確な地理空間情報の取得 (緯度・経度) による交通解析の精緻化 - 調査マネジメントにおける適時性・即時性の確保	- プルダウン方式の設定を活用した調査票 - 地図機能および GPS の活用による座標取得 - OpenStreetMap を活用したオフラインマップ機能 (キンシャサ市の場合) - データ統合・検証ソフトウェアの構築 (キンシャサ市の場合)

#### 2) 新たに考慮すべき課題と留意事項

モバイル端末の活用では調査の質を向上させる多面的な効果が確認されたが、開発途上国での家庭訪問調査の実施にあたって新たに考慮すべき課題と留意事項を表 2 に示す。

表 2 開発途上国におけるモバイル端末の活用による課題と留意事項

新たに考慮すべき課題	留意事項
- 対応端末の確保	- 同一規格のタブレット端末の確保
- 治安情勢への配慮	- 現地関係機関を介して調査対象地域における最新状況の収集 - タブレットの盗難被害を想定した個人情報管理体制の構築
- 不安定な通信環境	- オフラインでも使用可能なマップ機能の活用
- 地区による地図情報精度の差	- 地図の精度、道路や PoI 情報の確認 (特に郊外部)
- ソフトウェアの不具合への対応	- 多様な社会属性の世帯を想定したパイロット調査の実施 - 一定の不具合対応を想定した工程計画

### 4. 結論

開発途上国での大規模な家庭訪問調査におけるモバイル端末とアプリケーションの活用は、従来の手法で確認された実務上の社会的、人材的、手法的課題に対して大幅な改善が得られることが示された。一方で、モバイル端末を活用した調査を実施する上で、考慮すべき新たな課題および留意事項を整理した。これらの事項に十分に配慮しながら、調査対象地域における最新の状況に適合した調査手法を検討することが望ましい。また、回答者自身がアプリケーション上で調査回答を入力する手法との相互比較も検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) JICA and Secretariat of Public Works and Land Order of Autonomous Government of Santa Cruz Department, The Plurinational State of Bolivia: Urban Transport Improvement Master Plan Project for Santa Cruz de la Sierra Metropolitan Area (SCZMP), Final Report. 2017.
- 2) JICA and Ministry of Infrastructure, Public Works and Reconstruction, Democratic Republic of the Congo: Final Report, Project for Urban Transport Master Plan in Kinshasa City (PDTK), Final Report, 2019.

# カンボジア国ネアックルン橋（つばさ橋） 建設に関する事業化プロセス

小泉 幸弘<sup>1</sup>・花岡 伸也<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 法人会員 国際協力機構(JICA) 社会基盤部運輸交通グループ(〒102-8011 東京都千代田区二番町 5- 25)  
E-mail: koizumi.yukihiro@jica.go.jp

<sup>2</sup> 正会員 東京工業大学教授 環境・社会理工学院融合理工学系(〒160-0004 東京都目黒区大岡山 2-12-1)  
E-mail: hanaoka@ide.titech.ac.jp (Corresponding Author)

カンボジア国ネアックルン橋（つばさ橋）は、総額 119.40 億円を上限とする無償資金協力事業として 2010 年 6 月に日本・カンボジア両国政府との間で交換公文(E/N)が署名され、2015 年 4 月に開業した事業である。フンセン首相の要望から開業まで 14 年間をかけて完成した本事業の経緯、教訓と課題は第 1 回土木技術者実践論文集研究発表会にて発表している。

本研究では、日本政府によるカンボジア復興支援段階から経済成長支援に移行する時期における大規模インフラ事業の形成過程、支援形態を分析し、そのプロセスから得られた教訓・示唆をとりまとめる

**Key Words:** Cambodia, ODA, decision making, Tsubasa-bridge, alternative

## 1. 代替案検討と事業化の順序

1996 年に JICA はカンボジア国内メコン河本流の橋梁建設に関する F/S を実施。つばさ橋架橋地点であるネアックルンはアジアハイウェイ 1 号上に位置し、裨益人口が多いことから 3 つの候補地点で最も事業効果が高いとしつつ、下流国ベトナムとの航路協定によりクリアランスを 37.5m 以上確保する必要があるため総事業費が高く



図 1 メコン河橋梁 架橋候補地点

なることから、優先度は次点とされた。一方、コンポンチャムは、日本がプノンペンからコンポンチャムにつながる国道 6A 号線、7 号線を整備済みないし整備中であり一貫していること、国道 7 号線コンポンチャムの先に位置するクラチエ、モンドルキリ、ストントウレン、ラタナキリの北東 4 州開発に資するという効果も期待されるとして、1996 年の検討で最優先とされたものである。

コンポンチャムには、1997 年 6 月に 63.82 億円を上限とする無償資金協力事業の交換公文(E/N)が署名され、2001 年 12 月に開通した。さずな橋と命名されたこの橋はカンボジア初となるメコン河を横断する架橋である。

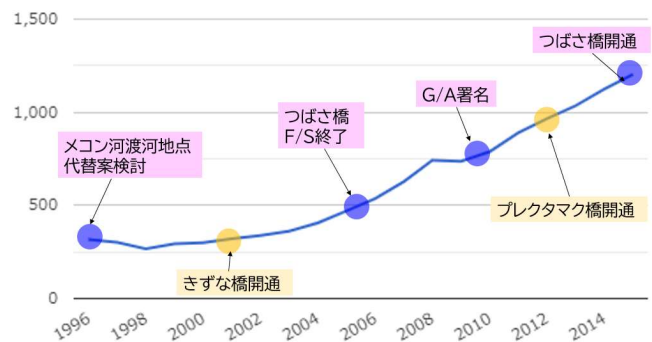


図 2 カンボジア国 1 人あたり GDP(ドル)の推移と事業化のプロセス

表1 代替案比較

	A-1: Neak Loeung	B: Prek Tamak	C: Kompong Cham
架橋位置	Kandar州、Prey Veang州境	Kandar州	K.Cham州
道路	国道1号線	国道8号(新設)	国道7号
背後圏	Prey Veang州、Svay Rieng州	Kandal州(メコン東岸2地区)、Prey Veang州	K.Cham州(メコン東岸8地区)、北東4州(Kracheh州、Mondol Kiri州、Stueng Traeng州、Rotanak Kiri州)
1998年背後圏人口	134.8万人	106.2万人(Kandal州2地区を除くと89.1万人)	119.0万人(K.Cham州8地区を除く北東4州では34.3万人)
国際幹線道路	アジアハイウェイ11号を通じてベトナム	検討時点では指定なし	アジアハイウェイ11号を通じてラオス
フェリー利用客数(1995年)	(歩行者) 8,199 (車両(PCU)) 1,400	(歩行者) 181 (車両(PCU)) 418	(歩行者) 2,747 (車両(PCU)) 664
課題	ベトナムとの航路協定によりクリアランス高くする必要あり	フェリー利用者数最小、効果発現のためには国道8号線6.4km(全区間では12.8km)の新設が必要	北東4州の裨益人口が34.3万人と限定

きずな橋の開通式典では、フンセン首相が「日本の支援でネアックルンにも橋を架けてほしい」と日本に要請をしたが、実際のネアックルンでの架橋は2015年4月と、きずな橋の開通から14年の時間を要することとなった。この間、フェリー旅客が最小であり国道8号線の新設も必要であることから優先度が一番低いとされたプレクタマクにおいても、中国の支援により2012年にプレクタマク橋が開通している。アジアハイウェイ1号、かつ南部経済回廊のボトルネックであり最も事業効果が高いとされたネアックルンが長らく未開通となったことは、カンボジア及びメコン地域経済成長へのインパクトという観点から、意思決定のあり方として課題が残されたといえる。

## 2. 支援形態

F/Sの結果約80億円(73百万ドル)とされた事業費に対し、支援形態を無償資金協力とするか、円借款とするかも大きな議論となった。

F/Sが終了した2006年のカンボジアの一人当たりGDPは536ドル。2001年度から2005年度までの無償資金協力供与額は平均して1年当たり76億円規模。一案件としての事業規模が突出しており、ベーシックヒューマンニーズ(BHN)、人造り案件等へのしわ寄せが及ぶことが懸念された。一方、同国には1999年度にシハヌークヴィル港緊急リハビリ事業として円借款を供与、その後2004年度に2件、2005年度に1件と連続して供与した実績があること、本橋梁は経済収益性があると言えること等の理由により、円借款供与を前提に検討がなされた。しかし、2006年の外務省高官による現地調査・協議の結果も踏まえ、同国の経済状況、日本の顔の見える支援(ビジビリティ)等を総合的に判断した結果、最終的に無償

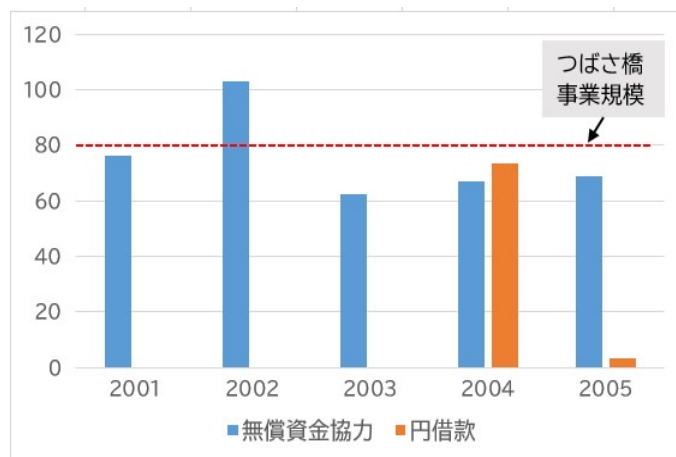


図3 対カンボジア 年度別支援実績 (単位: 億円)

資金協力とすることとなった。本件はカンボジアのみならずベトナム、タイなどメコン地域連結性強化にも大きく寄与する事業であることから、検討の過程では、裨益効果の帰着と費用負担の公平性、復興支援期から経済成長支援移行期における支援形態のあり方、現在につながる質の高いインフラ等、今後の教訓となる数多くの示唆が得られた。

## 3. 終わりに

復興支援から経済成長の段階においては、莫大なインフラ需要が生じる一方、資金調達方法や代替案の検討如何により、整備効果の発現時期に大きな差が生じることがある。カンボジアにおいては日本をはじめアジア開発銀行、世界銀行、近年は韓国、中国、タイなどの支援も経てインフラ整備がなされ、外国投資も順調に増えているものの、世界銀行が公表する Logistics Performance Index 2018によるとカンボジアの順位は160カ国中の130位であり、ベトナムの47位、ラオスの91位と比べても低位に留まっている。持続的な経済成長を実現するためにも事業効果を最大限に発現する支援、また支援のタイミングについて、より留意することが必要である。

## 参考文献

- 1) 国際協力機構, カンボジア国メコン河本流架橋計画調査最終報告書, 1996.
- 2) 国際建設技術協会, カンボジア王国 国道1号線メコン河架橋計画, 1998
- 3) 外務省, カンボジアに対する運輸分野協力評価, 2003
- 4) 国際協力機構, カンボジア国 第二メコン架橋建設計画調査最終報告書, 2006
- 5) 国際協力機構, カンボジア国 ネアックルン橋梁建設計画準備調査報告書, 2010
- 6) 国際協力機構, カンボジア国 全国道路網整備計画に係る基礎情報調査, 2013
- 7) World Bank, Logistics Performance Index 2018

# 発展途上国における都市交通インフラのスピルオーバー効果を取り込んだ インフラファイナンスのスキーム設計の実践

(独)国際協力機構 (JICA) 緒方研究所	正会員	○鈴木 智良
(独)国際協力機構 (JICA) 社会基盤部		川端 剛弘
(独)国際協力機構 (JICA) 社会基盤部		田中 圭介
(独)国際協力機構 (JICA) 社会基盤部		藤田 勇樹
(独)国際協力機構 (JICA) 社会基盤部		吉岡 七輝

## 1. 目的

(独)国際協力機構 (JICA) では、東南アジア諸国をはじめ、多くの開発途上国の大都市における渋滞やこれに伴う大気汚染等の都市問題の解決策として鉄道整備等の交通インフラ整備を支援している。しかしながらその建設及び運営に要する資金は膨大であり、資金確保は事業実施の大きな課題である。資金調達的手段として、自国資金や円借款、PPP 等の手段に加え、インフラの整備に伴いその周辺に生じるスピルオーバー効果をインフラの建設及び運営資金に充当することにより、事業の実現可能性が高まることが期待される。昨今では開発援助の文脈でもインフラの間接効果であるスピルオーバー効果を取り込んだ新たなインフラファイナンスが ADBI (Asian Development Bank Institute) を中心に提唱されており (Hayashi et al., 2020), これら理論的枠組みをベースにした実務化が求められている。本稿では、バンコク (タイ)、クアラルンプール (マレーシア) 及びメデジン (コロンビア) で現在運行中の鉄道事業を対象に、スピルオーバー効果測定に当たって必要となる税収や土地価格等の情報収集とその活用に関する課題を明らかにし、これに基づき JICA における交通インフラ事業の上流であるマスタープラン段階からスピルオーバー効果をインフラの資金として活用する方策について検討するためのワークフロー (TOR) を提案する。

## 2. ケーススタディ

### (1) バンコク (タイ)

タイ国バンコク首都圏 (人口: 約 1,035 万人) では複数の都市鉄道事業の整備が実施されている。ケーススタディの対象として、2016 年に開業したパープルラインを選択した。パープルラインは人口密度の高い首都圏エリアから郊外に延びていく約 23 キロの路線であり、上下分離方式を採用している。運輸省鉄道局、タイ高速交通公社 (MRTA)、税収データを管轄する財務省とそれぞれ面談し、財源としての可能性やデータ提供に係る協力を依頼した。鉄道局からは、スピルオーバー効果は効果的と思われるが、鉄道局が税制度を所管していないことから、財務省に照会されたいという反応を得た。MRTA は極めて協力的であったが、組織の権限としてやはり自らの払う税収データのみしか把握できていないとのことであった。財務省歳入局に赴いたところ、各地区の担当者も交えて会議を設けてもらい、市区町村レベルの税収データの提供について前向きに検討する旨の意見をもらったが、結局組織としての了解は得られなかった。スピルオーバー効果を算定するには、ある程度空間解像度の細かいデータを用いて解析することが精度を確保するために重要だが、各地区の経済状況が顕著に表れるデータでもあるため、税務担当者としては強い懸念が生じたものと推察する。

### (2) クアラルンプール (マレーシア)

マレーシアの首都クアラルンプール (人口: 約 821 万人) では、市内中心部に恒常的な交通渋滞が発生しており、現在 MRT2 号線 (南北線) の整備が進められている。同国関係省庁に対し、スピルオーバー効果を活用したインフラファイナンス手法の実現可能性について議論した。運輸省からは提案手法は効果的と思われる

---

キーワード: 発展途上国、都市交通、スピルオーバー効果、インフラファイナンス、マスタープラン  
連絡先 〒162-8433 東京都新宿区市谷本村町 10-5 TEL: 03-3269-2912

が、税制度については運輸省が所管していないことから、財務省の理解が必要であるとの反応であった。他方で、財務省からは、①そもそも各地区の詳細な税データを公開することは、地区別の格差の公表となる側面があることから不可能である。②税務当局としては、提案手法はたとえそれが、開発利益の一部であったとしても、税収の使用目的が制限されることになるので、制度導入のためには具体的な都市開発費の削減効果と税収増加効果が示される必要があるとの課題が示された。多民族国家であるマレーシアにおいては、マレー系が多いエリアや中華系が多いエリアなど地区毎に特色がある。そのため、地区別の税データの公表やそれらを基にした政策の実施は民族間の格差の公表につながり、極めて機微な問題であることが明らかとなった。また、提案手法は税制改革を伴うため財務省の理解が不可欠であり、制度導入のためには、具体的な税収増加効果の検証が必要不可欠であることが明らかとなった。

### (3) メデジン (コロンビア)

コロンビア国メデジン市(人口:約257万人)の都市交通システムは、高架鉄道、LRT、BRT、ケーブルカー等による複合的なシステムであり、ケーススタディの対象としてメデジンメトロ社が運営管理するA線(高架鉄道)、T-A線(LRT)、K線(ケーブルカー)を選定した。同社に調査趣旨を説明の上、地価データを入手することができ、スピルオーバー効果を試算した。分析結果の概略は、JICA(2021)を参照されたい。データ取得が成功した理由として、①メデジンメトロ社は沿線開発を通じた非運賃収入の向上に高い関心を示しており同社にもメリットがあったこと、②データを保有しているのは地方自治体であるが、メデジンメトロ社は自治体全額出資の公企業であり、自治体との関係性が強くデータ取り纏めが可能な立場であったこと、③途上国の中では比較的、地価関係のデータが整備され、さらに低所得者の包摂についても広い社会的合意がありデータの活用にあたってのハードルが低かったことがあげられる。

## 3. マスタープラン段階におけるスピルオーバー効果を取り込んだインフラファイナンス検討の標準的なワークフロー (TOR)

2.ケーススタディで得られた教訓を踏まえ標準 TOR を策定した。概要は、①地価や固定資産税等の関連データの詳細と入手可否の確認、②地価や固定資産税に関する制度の確認、③対象プロジェクトにおけるスピルオーバー効果の指標 (Indicator) の設定、④スピルオーバー効果による潜在的な財源創出額の予測、⑤スピルオーバー効果による潜在的財源の還流スキーム検討、⑥スピルオーバー効果を取り込んだプロジェクトの財務的内部収益率 (FIRR) の算定、⑦スピルオーバー効果を最大化するための施策や制度改善の提案、である。

## 4. まとめと今後に向けた提言

本研究では、スピルオーバー効果の測定に用いられる土地価格や税収に関する制度やそのデータの公表に関する対象各国、各都市の実態と課題を明らかにした。またこれらの実態と課題に基づき都市交通マスタープラン策定段階におけるスピルオーバー効果を取り込んだインフラファイナンス検討の標準的なワークフロー (TOR) を策定し、これにより都市交通事業の上流段階から各都市の制度等の状況に応じてスピルオーバー効果とこれを活用した鉄道事業の財務的検討を可能にした。スピルオーバー効果を事業の資金調達の手段とするためにはその制度化が必要であり、制度整備に時間を要することが想定されるため、本研究成果を活用した事業初期段階からの制度整備の議論が期待される。また、マスタープランにおいて提案されるインフラ整備事業の評価軸としてスピルオーバー効果を活用することにより、よりスピルオーバー効果を創出する事業を形成し、制度整備と併せてより資金面で負担が少ないインフラ整備計画が策定されることも期待される。今後の課題の一つはスピルオーバー効果の活用に関する制度化であり、実務を通じ更なる実践を進めていきたい。

### 参考文献：

- ・ Hayashi, Y., Seetha Ram, K., & Bharule, S. (2020). Handbook on High-Speed Rail and Quality of Life: ADBIpress.
- ・ JICA(Japan International Cooperation Agency). (2021). Spillover Effect -Study on JICA's transport Masterplans-



# インドネシア防災政策への日本の貢献 ～「顔の見える支援」を目指して～

国土交通省四国地方整備局高知河川国道事務所 正会員 多田 直人

## 1. 背景

毎年のように数百～千人規模の犠牲者が自然災害で発生しているインドネシア（尼国）に、JICA 専門家（総合防災政策アドバイザー）として2017年9月より2020年3月まで国土交通省から派遣された筆者が、『顔の見える支援』を目指して取り組んできた概要を紹介する。

なお、支援内容の詳細は雑誌「河川」の2020年6～9月号をご覧ください。

## 2. 中部スラウェシ震災復興支援の依頼

派遣後1年が経過した2018年9月28日に、津波で約1,000名、液状化で約3,500名が亡くなるという大規模な地震が中部スラウェシ州で発生した。尼国政府は、災害メカニズムの分析と震災の復興マスタープラン（MP）の策定への支援を、筆者を通じて日本に依頼してきた。

JICAで新たにプロジェクトを立ち上げるのではMP策定には間に合わないため、現地にいるもう1人のJICA 専門家（総合水資源管理政策アドバイザー）である早川潤氏と筆者で対応することとした。われわれの支援のため、JICA で実施中だった防災に関する調査業務のコンサルタント契約を活用して、被害状況や現象の解析に必要な地盤等の調査が行われた。さらに、2人だけの知識では対応しきれないため、あらゆる分野の日本の学識者に助言をいただくことにした。

筆者らが具体的に案を考え、尼国政府職員に対してなぜ日本がそう考えるのかを懇切丁寧に説明し、議論するというを一日一回以上の頻度でやり続けた結果、筆者らの提案は全面的に受け入れられ、筆者らが作成した資料が基になり、2018年末に復興MPは策定された。そして、現在もこの復興MPに基づいた復興事業への支援が日本を中心になされている。

## 3. 津波堤防反対派の説得

震災直後に現地に入った日本の学識者の調査により、津波の主因は断層ずれではなく、沿岸部の陸地が地震動によって湾内に落ち込んだこととされた（写真1）。そのため、到達時刻が早かったのである。これを参考に、植生と津波堤防の組み合わせにより外力を軽減し、建築物は複数階とした上で地上階は居室とせず、さらに避難を強化するという、まさに東日本大震災の経験を生かした提案をした。尼国にとっては初めてとなる津波堤防を建設する提案であった。なお、その後の詳細な調査によって、湾入口の海底で発生した大規模な地すべりが支配的要因であることが明らかになっている。

この提案は復興MPにそのまま掲載されたが、尼国政府の意向もあり尼国学識者との議論をほとんどしなかったことが、後に反感を買った。2019年2月になって尼国学識者が津波堤防への反対記事を全国紙に掲載し、それに呼応した防災担当大臣も反対を表明する等、混乱の様相を呈した。尼国においては、植物で津波を防げると考える人が多いこと、東日本大震災において日本が「堤防『だけ』では津波は防げなかった」と言っているのを『だけ』が消えた内容で解釈をしている人が多いこと等が背景にあった。

この事態を乗り切るために、5月に筆者が防災担当大臣を一对一で直接説得をすることになった。それまでに、尼国に受け入れられやすいように、堤防で完全に津波を防ぎきるのではなく、堤防越水直後での浸水深を1mにまで減衰させればよいとして、堤防高をできるだけ抑えることにした。1mの浸水深では建物が流失するおそれが少ないことと、建物上層階に逃げれば助かることが、その理由である。説得は成功し、会談後には大臣が反対派学識者に対して日本に協力するよう自ら呼び掛けたため、状況は一気に好転していった。

6月には堤防反対派の学識者を招き、100人近くの出席者、4時間ほどに及んだ公式会議で、筆者が日本案を説明したが全く異論は出ず、その場で植物による津波エネルギー減衰に関する共同実験を持ちかけ、反対派との協力関係を築くことに成功した。10月、尼国大統領は再選直後の出張先に被災地を選び、「議論は尽くした。堤防はすぐに建設されるべきだ」と発言し、この問題は収束した。12月になると、当初の反対派リーダー格の尼国学識者が「日本はなぜ4kmしか堤防を建設しないのか。延伸すべきではないのか」とまで発言するようになった。



写真1 津波を引き起こした沿岸地滑り

## 4. Nalodo（液状化大規模地滑り）

キーワード 災害復興、液状化、津波、国際支援

連絡先 〒780-8023 高知県高知市六泉寺町96-7 国土交通省四国地方整備局高知河川国道事務所 Tel 088-833-0111

「人は死なない」と言われてきた液状化であるが、この震災では液状化による大規模地滑りが5カ所で発生し集落が消滅し、衛星写真で被災前後を比較すると400m近く移動した建物も確認できた(図1)。この発生メカニズムを解明するため、発災2週間後に筆者は1人で現地を調査した。端部は周辺の地盤から最大で6m程度隆起しているように見え、その先端からは水が湧き出ており、液状化の可能性を示唆していた。ぬかるみに足がとられそうになりながらも隆起した部分に上ってみると、異臭が漂い、建築物や家具の残骸が散乱していた(写真2)。日本の液状化の大家によると、同様の被害は世界で何例か報告されているが、これほどまで大きな被害の液状化は初めてだそうだ。

発生メカニズムについて最も悩んだのは液状化の継続時間であった。緩勾配にも関わらず広範囲の地盤が重力によって流下し続けるためには、それだけ長時間にわたって液状化が継続する必要がある。地震動の継続時間は限度があるため、過剰間隙水圧が長時間下がらなかった、すなわち地下水が供給され続けたということになり、被圧地下水が存在したと考えざるを得ないと結論づけた。この仮説にたどりついたのが、現地調査から3日後の10月15日であり、これが後に検討するハザードマップ、空間計画、被害軽減策の根拠となった。

発生メカニズム仮説は次のとおりに要約される。

- 広範囲かつ長時間にわたり液状化が起り、塑性状態になった地盤が重力により下流に流された。
- 地震の影響で難透水層が破壊され被圧地下水が液状化層に供給され続けたため、流動が数百mにも及ぶほど液状化が継続した。
- 流されてきた地盤が非液状化地域にぶつかって乗り上げた状態で止まり、水分が抜けて固まったため、端部は隆起したように見えた。



写真2 Nalodo 被災地

近隣の地下水位が地震後に10mほど低下したこと、地震直後に地上から上がる水しぶきが目撃されたこと、被災後もあふれ続けていた湧水が時とともに収まっていったこと、透水層と難透水層が互層となりやすい扇状地の先端部であったこと等、この仮説を支持する傍証が後の調査で確認されていった。この特異な災害を単に液状化

と呼ぶのではなく、先住民族であるカイリ族が呼んでいたようにNalodo(泥に吸い込まれる)と呼ぶことにした。

この発生メカニズム仮説に基づき、被圧地下水を下げる対策として自噴井の建設と、その排水のための河川改修等を、日本からは提案し復興MPに記載された。

また、2019年6月24日に開催された「第13回水と災害ハイレベルパネル」に、早川氏と私の共著でNalodo発生メカニズムの論文を提出している。

## 5. 相次ぐ「日本のみへの支援要請」

中部スラウェシ震災復興支援で実績をつんだことにより、以後さまざまな災害関連の支援要請が来るようになった。代表的な案件を2例示す。

2019年1月、インドネシア第7位の人口180万人を擁するマカッサル市およびその周辺で大洪水が発生し、76名が犠牲となった。この再度災害防止策はコンペの結果、筆者が独占的に支援することになり、洪水予報とそれに基づく避難情報を含む避難計画の策定、洪水被害を踏まえたダム操作ルールの見直しと、それを可能にするためのダム再開発の具体策を提案した。いずれも尼国初のことである。この支援には、国土交通省と水資源機構の協力も得ている。

2020年元旦には首都ジャカルタ大都市圏で大洪水が発生し、犠牲者は62名に達した。1月7日には筆者と担当局長が面談し、またも日本のみによる対策支援が事実上決まった。この局長は、中部スラウェシ震災復興で連携した相手であった。日本からは、治水事業進捗の阻害要因となっている用地取得を回避するために地下放水路等を提案し、支川氾濫と本川氾濫の同時生起の分析、避難計画と早期警報、治水施設の統合操作を提案した。筆者はここで任期満了となり、残された日本チームが引き続き支援をしている。

## 6. 「顔の見える支援」

中部スラウェシ震災復興支援では、MP策定までに百回以上の打ち合わせを重ねる等、外国人である筆者の提案を受け入れてもらうためには多くの苦労があった。その結果、尼国政府職員との信頼関係、「顔の見える関係」を築くことができ、その後は大きな災害が起きるたびに、筆者に頼ってくれるようになった。震災以降の復興や再度災害防止、災害に関する重要な会議等に関して尼国政府が海外ドナーに支援要請した案件は、全て筆者が独占的に支援しており、2019年後半以降の尼国における防災政策支援は日本の独壇場であった。

「相手国との信頼関係を築くには？」という問いに対する答えは人によってさまざまであろうが、「誠実な態度で相手国のためにひたむきに取り組む姿勢」ということに尽きると、筆者は思っている。

本稿が今後の途上国支援に携わる方々の参考になれば幸いである。