

平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業  
(本邦技術活用等途上国支援推進事業) 委託費  
「案件化調査」

ファイナル・レポート

タイ国

日本の先端測量機器及び計測技術を  
活用した構造物の3D維持管理手法普及  
に係る案件化調査

平成26年3月  
(2014年)

関西工事測量株式会社・株式会社オリエンタルコンサルタンツ  
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、関西工事測量株式会社・株式会社オリエンタルコンサルタンツ共同企業体が実施した平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

## 目次

巻頭写真 .....	3
略語集 .....	5
要旨 .....	8
はじめに～調査概要～ .....	13
<b>第1章 タイ国における当該開発課題の現状及びニーズの確認 .....</b>	<b>18</b>
1-1. タイ国の政治・経済の概況 .....	18
1-2. タイ国の対象分野における開発課題の現状 .....	20
1-3. タイ国の対象分野の関連計画、政策及び法制度 .....	31
1-4. タイ国の対象分野の ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析 .....	33
<b>第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し .....</b>	<b>40</b>
2-1. 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み .....	40
2-2. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ .....	49
2-3. 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献 .....	50
2-4. 想定する事業の仕組み .....	51
2-5. 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール .....	53
2-6. リスクへの対応 .....	57
<b>第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査） .....</b>	<b>59</b>
3-1. 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要 .....	59
3-2. 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果 .....	63
3-3. 採算性の検討 .....	75
<b>第4章 ODA 案件化によるタイ国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果 .....</b>	<b>76</b>
4-1. 提案製品・技術と開発課題の整合性 .....	76
4-2. ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果 .....	79
4-3. ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果 .....	81
<b>第5章 ODA 案件化の具体的提案 .....</b>	<b>83</b>
5-1. ODA 案件概要 .....	83
5-2. 具体的な協力内容及び開発効果 .....	85
5-3. 他 ODA 案件との連携可能性 .....	106
5-4. その他関連情報 .....	108

現地調査資料 .....	111
1. 調査時の写真 .....	111
2. 収集資料リスト .....	116
3. 参照情報リスト .....	117
4. 面談記録リスト .....	118

#### 別添資料

1. 収集資料
2. 面談記録

#### 英文要約

## 巻頭写真



＜写真1＞DOHでのプレゼンテーション風景



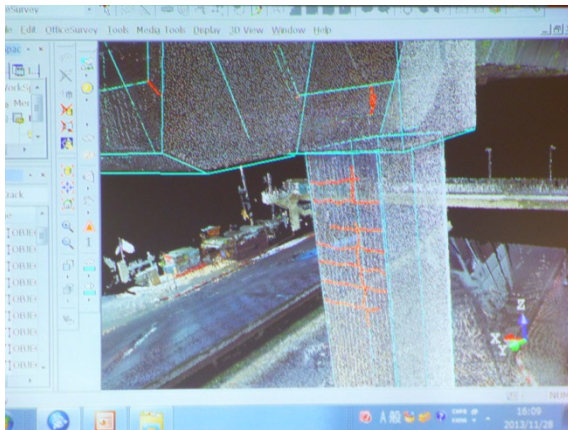
＜写真2＞高架橋のデモンストレーション計測風景



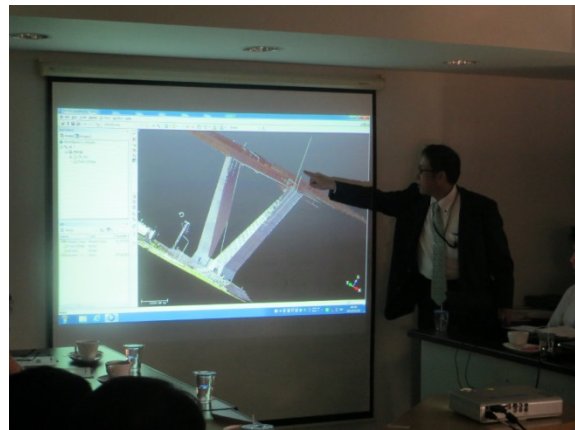
＜写真3＞斜張橋のデモンストレーション計測風景



<写真 4>地下鉄トンネルのデモンストレーション計測風景



<写真 5>DOH の計測結果サンプル



<写真 6>DRR への計測結果説明風景



<写真 7>EXAT でのプレゼンテーション風景



<写真 8>教育省 Kitti 副大臣訪問風景

## 略語表

No	略語	言語	正式名称	和称
1	AASHTO	英語	American Association of State Highway and Transportation Officials	全米州高速道路交通協会
2	ACI	英語	American Concrete Institute	アメリカコンクリート学会
3	ADB	英語	Asian Development Bank	アジア開発銀行
4	AEC	英語	Asian Engineering Consultants Corp., Ltd.	会社名
5	ASEAN	英語	Association of South - East Asian Nations	東南アジア諸国連合
6	BECL	英語	Bangkok Expressway Public Co., Ltd.	バンコク高速道路株式会社
7	BIM	英語	Building Information Modeling	ビルディングインフォメーションモデル
8	BMA	英語	Bangkok Metropolitan Administration	バンコク都
9	BMCL	英語	Bangkok Mass Transit System Public Co., Ltd.	会社名
10	BMMS	英語	Bridge Maintenance Management System	橋梁維持管理システム
11	BRICS	英語	Brazil, Russia, India, China and South Africa	ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカの五か国の総称
12	BTO	英語	Build-Transfer-Operate	建設-譲渡-運営
13	BTS	英語	Bangkok Transit System (Sky Train)	バンコク高架鉄道
14	BTSC	英語	Bangkok Mass Transit System Public Co., Ltd.	会社名
15	CAD	英語	Computer-aided design	コンピュータ支援設計
16	CIM	英語	Construction Information Modeling	建設生産プロセス全体を一体的に捉え、建設情報の統合・融合による新しい建設管理システム
17	CMLT	英語	The Commission of Management of Land Traffic	陸上交通計画会議
18	DAC	英語	Development Assistance Committee	開発援助委員会
19	DOH	英語	Department of Highways	道路局
20	DOS	英語	Disk Operating System	コンピュータの分野でのオペレーティングシステム (OS) の一種
21	DRR	英語	Department of Rural Roads	地方道路局
22	ETA	英語	Expressway and Rapid Transit Authority of Thailand	タイ高速道路交通公社 (旧称)
23	EU	英語	European Union	欧州連合
24	EXAT	英語	Expressway Authority of Thailand	タイ高速道路公社
25	FIG	仏語	Fédération Internationale des Géomètres	国際測量者連盟

26	F/S	英語	Feasibility Study	フィージビリティ調査
27	GDP	英語	Gross Domestic Products	国内総生産
28	GEF	英語	Global Environment Facility	地球環境ファシリティ
29	GFATM	英語	The Global Fund galvanizes support for the fight against AIDS, TB and malaria	世界エイズ・結核・マラリア対策基金
30	GIS	英語	Geographic Information System	地理情報システム
31	HS	英語	Harmonized Commodity Description and Coding System	商品の名称及び分類についての統一システム
32	IMF	英語	International Monetary Fund	国際通貨基金
33	JETRO	英語	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
34	JICA	英語	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構 (JICA)
35	JST	英語	Japan Science and Technology Agency	独立行政法人科学技術振興機構
36	MOT	英語	Ministry of Transport	運輸省
37	MRT	英語	Mass Rapid Transit	大量高速輸送交通
38	MRTA	英語	Mass Rapid Transit Authority of Thailand	タイ高速度交通公社
39	NECL	英語	Northern Bangkok Expressway Co., Ltd.	バンコク北部高速道路株式会社
40	NESDB	英語	Office of the National Economic and Social Development Board	国家経済社会開発委員会
41	NETIS	英語	New Technology Information System	新技術情報提供システム
42	NGO	英語	Non-Governmental Organizations	非政府組織
43	ODA	英語	Official Development Assistance	政府開発援助
44	OECD	英語	Organisation for Economic Co-operation and Development	経済協力開発機構
45	OJT	英語	On the Job Training	オン・ザ・ジョブトレーニング
46	OTP	英語	Office of Transport and Traffic Policy and Planning	交通政策・計画室
47	PAD	英語	People's Alliance for Democracy	民主主義人民連合
48	PC	英語	personal computer	パソコン
49	SATREPS	英語	Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development	地球規模課題対応国際科学技術協力
50	SRT	英語	State Railway of Thailand	タイ国鉄
51	TS	英語	Total Station	トータルステーション (測量機器)
52	UDD	英語	United Front of Democracy Against Dictatorship	反独裁民主戦線
53	UNAIDS	英語	Joint United Nations Programme on HIV and AIDS	国連合同エイズ計画
54	UNDP	英語	United Nations Development Programme	国際連合開発計画



55	UNFPA	英語	United Nations Population Fund	国連人口基金
56	UNHCR	英語	Office of the United Nations High Commissioner for Refugees	国連難民高等弁務官事務所
57	UNTA	英語	United Nations Regular Program for Technical Assistance	国連通常技術支援計画

## 要旨

### <第1章 タイ国における当該開発課題の現状及びニーズの確認>

タイ国は、安定した経済状況の下、他のアジア諸国の中でも先行して発展を遂げてきた国の一つであり、今後日本を含めたアジア地域がさらに政治的・経済的に安定・発展していくために重要な役割を担っている。

本調査の対象分野である道路橋梁については、1980年代から本格的な建設が始まったが、現在でも関心・予算ともに新規建設に重きを置く傾向にある。年々増加している既存橋に対する維持管理の重要性の認識はあるものの、予算不足により十分な対応が行われていない上、表面化した重大な劣化・損傷のみを補修対象とする「事後保全型維持管理」が主流となっている。今後の補修対象の増加に伴い、多額の補修費が必要となるのは必至であり、予算の制約により対応を先送りすれば先進国で発生したような崩落等の大事故につながる恐れもある。

先進国と同じ道をたどることを回避するためには、高精度な点検データに基づき劣化分析・予測を行い、適切な予防措置を講じて老朽化による損傷や事故を防ぐ「予防保全型維持管理」を早期から導入することが重要である。これまで円借款を中心にタイ国のインフラ整備に多大なる貢献をしてきた日本にとって、維持管理の分野においても先進国としての経験を活かして貢献することは重要な責務であると言える。

### <第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し>

本調査において提案する技術は、インフラ構造物の維持管理における最も重要な点検項目の一つである「ひび割れ」を離れたところから高精度に計測して図面を自動作成する、関西工事測量のひび割れ計測システム「KUMONOS（クモノス）」と、維持管理に必要な図面を作成するための元データ（構造物の形状を大量の点データとして表したものを）を瞬時に取得する3Dレーザースキャナの計測技術である。

KUMONOS及び3Dレーザースキャナは、構造物の現況（形状、ひび割れ等の劣化状況）を正確且つ定量的なデジタルデータとして取得するものであり、これらを継続的に活用することにより、現況のみならず劣化の進行や変位等の経時的な変化を定量的に正しく把握し、異常箇所・原因の特定や将来の劣化予測を行うことも可能となる。さらに、非接触の計測技術であることから、従来方法では調査できなかった箇所の計測が可能となり、重大な欠陥を見落とすリスクも低減できる。

海外における事業展開においては、KUMONOSの販売事業を軸とし、各国の状況に応じて3Dレーザースキャナとの併用等の活用例や管理・利活用まで含めた総合的なノウハウの紹介、ニーズに即した技術指導サービスの提案により、KUMONOSが継続的に活用される仕組みの構築を目指す。

本調査の対象国であるタイ国においても、機器販売事業とともに、KUMONOSや3Dレーザースキャナの計測技術者の確保及び養成も現地パートナーと協同して行う。将来的に

はタイ国以外の国・地域での計測業務に対しても、技術者を派遣できる仕組みを構築することを想定している。

### <第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）>

本調査において提案技術のタイ国における適合性を検証するために、各構造物の管理組織に対する KUMONOS 及び 3D レーザースキャナの技術紹介・ヒアリング調査に加え、DRR・MRTA・DOH の3組織の管理構造物に対して KUMONOS と 3D レーザースキャナを用いた小規模な現場計測を行った。

技術紹介では、提案技術だけでなく予防保全型維持管理の導入効果についても説明し、事後保全型維持管理からの転換の必要性への認識が深まった。現場計測では、ヒアリング調査で課題として挙げられた近接できない箇所へのひび割れ計測に提案技術が適用可能であることを実証した。また、各組織の管理構造物を計測したことから計測結果を実際の構造物と比較することができたため、提案技術の具体的な活用方法のイメージを共有し、その有効性を示すことができた。さらに、計測に関して工数に影響を与える特殊要因がなく、日本における工数と比較して大幅に増加する可能性が低かったことから、タイ国において提案技術を適合できる可能性が高いことを確認した。

### <第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果>

タイ国における橋梁の維持管理に関しては様々な問題が存在するものの、既設橋の老朽化や劣化に対する問題意識は低い。維持管理に対する予算も十分に配賦されておらず、限られた予算内ですべての内容や箇所を選んで対処しているというのが現状である。また、先進国で崩落事故発生や予算逼迫を招いた要因の1つである事後保全型維持管理を行っている点も大きな問題であると言える。

近年は、タイ国内で維持管理に対する意識に向上の兆しがあり、DOH では橋梁維持管理システム（BMMS）を予算申請の根拠として活用するために改良しており、今後数年かけて BMMS で橋梁基礎データや点検結果等のデータベースを構築する計画である。しかしながら、タイ国のように深刻な劣化・損傷のみを写真やスケッチで記録する点検では、将来の劣化予測に基づく適切な補修計画を策定することは難しい。

一方で、高精度な点検データを用いた現状・経年変化の把握及びそれらに基づく劣化分析・予測により、適切な補修工法及び時期を決定できる仕組みを構築すれば、BMMS を予算申請の根拠としてのみならず予防保全型維持管理にも活用できるようになる。故に、「点検精度の向上」、「経時変化分析を可能とするデータの収集」、「対象構造物の形状を正確に再現した図面の作成」を技術的メリットとする KUMONOS 及び 3D レーザースキャナを活用し初期データを整備することは、予防保全型維持管理への転換というタイ国の開発課題の解決につながる。

将来のタイ国における ODA 案件の中で KUMONOS 及び 3D レーザースキャナが適用・活

用され、またタイ国の維持管理関係機関の間で普及することにより、様々な開発効果が得られる。「適用」による効果としては、橋梁の現況を正確且つ定量的なデジタルデータとして取得できるようになること等が考えられる。「活用」による効果としては、橋梁の劣化予測ができるようになり、適切な補修タイミングの見極め及び手法の選定が可能となること等が考えられる。「普及」による効果としては、橋梁に限らずタイ国全体の構造物の維持管理能力が強化される等が考えられる。

ODA 案件を通して、タイ国の公共構造物の管理組織に対して KUMONOS 及び 3D レーザースキャナの有益性を実証して活用に繋げることは、タイ国の維持管理能力強化に貢献できるものであると同時に、関西工事測量が抱える資金面と政府機関への働きかけという課題を同時に解決することとなるため、事業展開に向けた重要なステップとなる。また、ODA 案件により KUMONOS 及び 3D レーザースキャナの現地適合性及び有益性が実証されると、タイ国内及び国外の販売・計測需要の増加や活用対象範囲の拡大が期待できる。

## <第 5 章 ODA 案件化の具体的提案>

KUMONOS 及び 3D レーザースキャナを通して、タイ国における構造物の維持管理能力の強化に貢献することを目的に、以下に示す 2 つの ODA 案件を提案する。

(1) 日本の先端測量機器及び計測技術を活用した橋梁の 3D 維持管理手法普及に係るパイロット事業（民間提案型普及・実証事業）

1) 事業目的

パイロット計測を通して、タイ国の橋梁維持管理において提案技術が適合可能且つ有用であることを実証する。また、技術・ノウハウ移転により継続的な活用の地盤をつくる。さらに啓蒙活動により、予防保全型維持管理の重要性の認識を高める。

2) 現地カウンターパート

運輸省高速道路局橋梁建設部（DOH、Bureau of Bridge Construction）

3) 概算予算規模

1 億円（1 年間）

4) 活動内容

下記 2 オプションを想定しており、最終的にはカウンターパートとの協議により決定する。

① オプションー 1：「KUMONOS」＋「3D レーザースキャナ」を使用するケース

- ✓ KUMONOS を用いた道路橋梁のひび割れ計測及び計測データの管理（パイロット）
- ✓ 3D レーザースキャナを用いた構造物の形状、位置、寸法データの取得及び図面の作成（パイロット）
- ✓ 構造物の維持管理における正確な劣化把握・予測の重要性及び KUMONOS・3D レーザースキャナが果たしうる役割についての啓蒙活動

② オプションー 2：「KUMONOS」のみを使用するケース

- ✓ KUMONOS を用いた道路橋梁のひび割れ計測及び計測データの管理（パイロット）
- ✓ 構造物の維持管理における正確な劣化把握・予測の重要性及び KUMONOS が果たしうる役割についての啓蒙活動

(2) 橋梁維持管理能力強化プロジェクト（技術協力プロジェクト）

1) 事業目的

タイ国の国道及び高速道路（Motorway）を管理している運輸省傘下の DOH を対象に橋梁維持管理技術を強化するとともに、効果的且つ活用しやすい橋梁維持管理システムを構築し、またその他関係機関を含む橋梁維持管理関係者に対して予防的・計画的な橋梁維持管理に関する啓蒙活動を実施することにより、将来的に同国のアセットマネジメント能力向上（橋梁維持管理システムを活用した高度な維持管理計画の策定及び予算配分の効率化）に関して我が国の効率的なインフラ管理技術を活用できる基盤を構築する。

2) 上位目標

- ✓ 予防的・計画的な橋梁維持管理を実施することにより、DOH が管理する既存橋梁の耐用年数が伸び、橋梁の安全性が高まる。
- ✓ DOH での成果がその他関係機関へ水平展開され、タイ国における橋梁維持管理に対する意識が向上し、維持管理状況が改善する。

3) プロジェクト目標

- ✓ DOH の橋梁維持管理業務にかかるキャパシティ・デベロップメントが図られ、橋梁維持管理体制が改善される。
- ✓ DOH での成果をその他関係機関へ水平展開するための体制が整備される。

4) 現地カウンターパート

運輸省高速道路局橋梁建設部（DOH、Bureau of Bridge Construction）

5) 実施期間

3 年間

## 案件化調査 タイ国、日本の先端測量機器及び計測技術を活用した 構造物の3D維持管理手法普及に係る案件化調査

### 企業・サイト概要

- 提案企業：関西工事測量株式会社
- 提案企業所在地：大阪府箕面市
- サイト・C/P機関：タイ(バンコク)、Department of Highways (DOH)

### タイ国の開発課題

#### 構造物の予防保全型維持管理の実施体制確立

- 維持管理の重要性に対する意識の向上
  - 維持管理に必須となる初期データの整備
  - 正確性が高く且つ経験に依存しない点検手法の導入
- 正確な現状把握だけでなく、将来の劣化予測や補修計画の策定に利用可能なデータを取得し、継続的に活用する仕組みを構築する**

### 中小企業の技術・製品

#### ひび割れ計測システム「KUMONOS」及び3Dレーザーギヤナを用いた初期データ整備

- 現況(形状、ひび割れ等の劣化状況)を正確且つ定量的なデジタルデータとして取得し、経時的な変化も把握できるようになる。
- 立地や危険度等の事由で近接できず計測できなかった場所も計測可能となり、重大な欠陥を見落とすリスクが低減する。

**劣化分析精度が向上し、適切な補修タイミング・手法が選定される**

### 調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 民間提案型普及・実証事業(パイロット計測)により、タイ国の橋梁維持管理において提案技術が適用可能且つ有用であることを実証し、技術・ノウハウ移転により継続的な活用の地盤をつくる。さらに啓蒙活動により、予防保全型維持管理の重要性の認識を高める。
- 技術協力プロジェクトにより、橋梁維持管理関係者の技術強化をすとも、予防的・計画的な橋梁維持管理に関する啓蒙活動を実施する。また効果的且つ活用しやすい橋梁維持管理システムを構築し、以てタイ国における橋梁維持管理状況の改善に寄与する。

### 日本の中小企業のビジネス展開

- タイ国における機器販売事業とともに、KUMONOSや3Dレーザーギヤナの計測技術者の確保及び養成も現地パートナーと協同して行う。将来的にはタイ国以外の国・地域での計測業務に對しても、技術者を派遣できる仕組みを構築する。



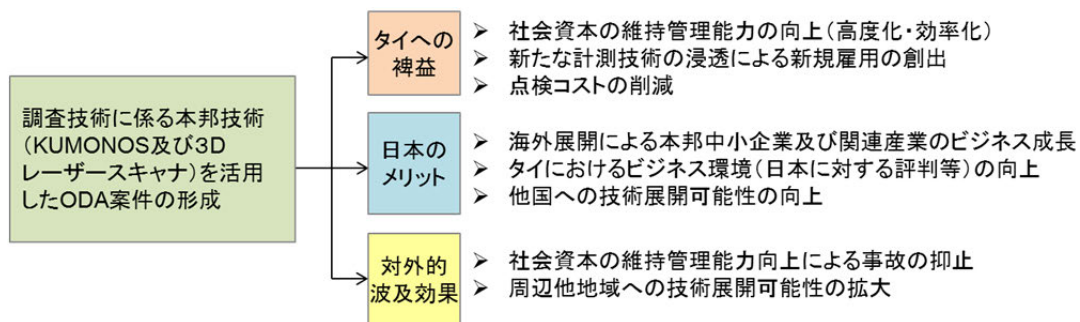
## はじめに～調査概要～

### (1) 本調査の背景と目的

タイ国では、近年の急速な経済発展に伴い、高速道路等多くのインフラ構造物がこの15年間で建設されており、現在でも関心・予算ともに新規建設に重きを置く傾向にある。環境面への配慮等から既存構造物の維持管理に重点を置く必要性の認識はあるものの、予算不足により十分な対応が行われていない上、具体的な方法・ノウハウの蓄積も進んでいないというのが現状である。しかし、インフラ構造物の老朽化はタイ国でも今後避けて通れない問題である。建設ラッシュ時に建設されたインフラ構造物が老朽化し、補修や更新等が必要となる対象が一時期に集中すると、限られた予算内で全てに対して適切な処置を施すことが難しくなる。よって、早期段階から高精度な点検を定期的実施することにより、現状を正確に把握した上で将来の劣化進行を予測し、予防措置（予防保全）を講じて、老朽化による損傷や事故を未然に防ぐことが極めて重要となる。

このような背景のもと、本事業の目的は、KUMONOS及び3Dレーザースキャナの導入を推進することにより、タイ国が抱える社会経済開発上の課題の解決に寄与することであり、本調査においては、それらの現地適合性及び導入の実現可能性を調査するとともに、具体的なODA案件の提案を行う。

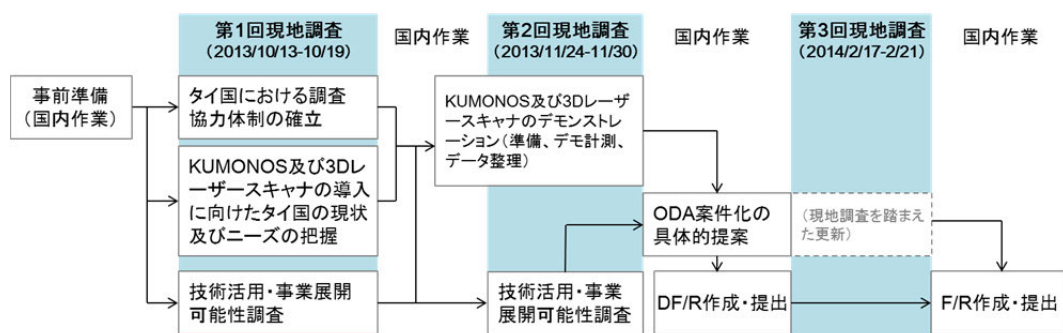
また、ODA案件の実施によりタイ国・日本・その他の国々にメリットを創出することも重要な目的である。



<図1>本調査の背景と目的

## (2) 調査日程

本調査の作業工程及び作業内容は図2の通りである。



<図2>本調査工程と作業内容

なお、現地調査日程は表1に示す通りである。

<表1> 訪問日程表

調査回	日時	訪問先	出席者	備考
第1回	2013年 10/14 (月)	リエンタルコンサルタンツ	矢吹、中庭、松田、西、藤田、幸野、井坂、菅沼、武石、山路	団内協議
	10/14 (月)	日本大使館	林二等書記官、荻野二等書記官	協議
	10/14 (月)	JICA	川端次長、宮原所員	協議
	10/15 (火)	MRTA	Mr.Tarsh Niramarnsekul, Mr.Kitti Akewanlop, Mr.Kwankaew Rujiratwanee,他10名	プレゼン、協議
	10/15 (火)	BMCL	Mr.Kitipat Supakleelakul,他4名	プレゼン、協議
	10/15 (火)	チュロンコン大学	Assoc. Prof. Tanit Tongthong, Asst. Prof. Noppadon Jokkaw, 他21名	プレゼン、協議
	10/16 (水)	AEC	Mr. Tawat Benjapolchai,他8名	プレゼン、協議
	10/16 (水)	プラーパ大学	Asst. Prof. Dr. Arnon Wongkaew, Dr. Petcharat Limsupreeyarat,他31名	プレゼン、協議
	10/16 (水)	MRTA、BMCL	Mr.Kwankaew Rujiratwanee, 他約10名	現場視察
	10/17 (木)	EXAT	Mr. Sarawut Pornmard, Mr. Anupong Maneesai, 他10名	プレゼン、協議
	10/17 (木)	DOH	Dr. Montri Dechasakulsom, Ms. Alisra Semchuchot,他12名	プレゼン、協議



	10/17 (木)	DRR	Dr. Chakree,他 3 名	ヒアリング、協議
	10/17 (木)	西松建設	市社長	ヒアリング、協議
	10/18 (金)	教育省	Kitti Limskul 副大臣,他 5 名	プレゼン、協議
	10/18 (金)	BTSC	Mr. Pakdi Jirapapun, Dr. Prasitthipon Sowapee , Mr. Kasem Phornsiriwatthanakul, 他 4 名	プレゼン、協議
	10/18 (金)	鹿島建設	小野寺氏、小俣氏	ヒアリング、協議
	10/18 (金)	JICA	川端次長、宮原所員	調査結果報告、協議

調査回	日時	訪問先	出席者	備考
第 2 回	2013 年 11/25 (月)	DOH	Mr. Narin Srisompun, Mr.Burin Nowphongthai, Mr.Charalert Lertchavanakul, Mr. Itiwatra Kritsanavanich, Mr. Anusorn Aimuong, Mr.Pornchai Silarom	プレゼン、協議
	11/25 (月)	DRR	Mr. Sakchai Sunthornvipak, 他 6 名	デモ計測、プレゼン、協議
	11/25 (月)	MRTA, BMCL	Mr.Kwankaew Rujiratwanee, 他約 10 名	デモ計測
	11/26 (火)	PASCO Thailand	吉田社長、白井副社長、福田氏	ヒアリング、協議
	11/26 (火)	DOH	Mr.Pornchai Silarom 他 5 名	デモ計測
	11/26 (火)	イタリアンタイ	Mr.Chatichai Chutima, Mr.Virat Kongmameerat, Mr.Taweasilp Pattanakitchamur, Mr. Nanracheu Nontananant, Mr.Nirut Khamnurak	プレゼン、協議
	11/26 (火)	JICA	宮原所員	調査結果報告、協議
	11/27 (水)	BECL	Mr.Omsyn Pibulwarangkur, Mr.Chalermkiat Sakonwisansak, Mr.Wachiraporn Achararattanasopon, Mr.Kosi Sutthirojthanadej, Mr.Wuttchai Kosonsurasakun, 他 13 名	プレゼン、協議
	11/28 (木)	JETRO	浅野ディレクター	ヒアリング、協議
	11/28 (木)	DOH	Mr.Thongchai Verasamai, Mr.Pornchai Silarom, Mr.Chidchai	デモ計測結果説明

			Sridama, Mr.Puramate Tonmaneeewattana, Mr.Patthanapong Tongasuk, Mr.Veerarak Namuang, Mr.Chatchai Akkiroj	
	11/28 (木)	西松建設	市社長	ヒアリング、協議
	11/29 (金)	MRTA	Mr.Kwankaew Rujiratwanee, Mr. Wacharapon Khongground, Mr. Napachai Muenpetch, 他 10 名	データ計測結果説明
	11/29 (金)	JICA	宮原所員	調査結果報告、 協議

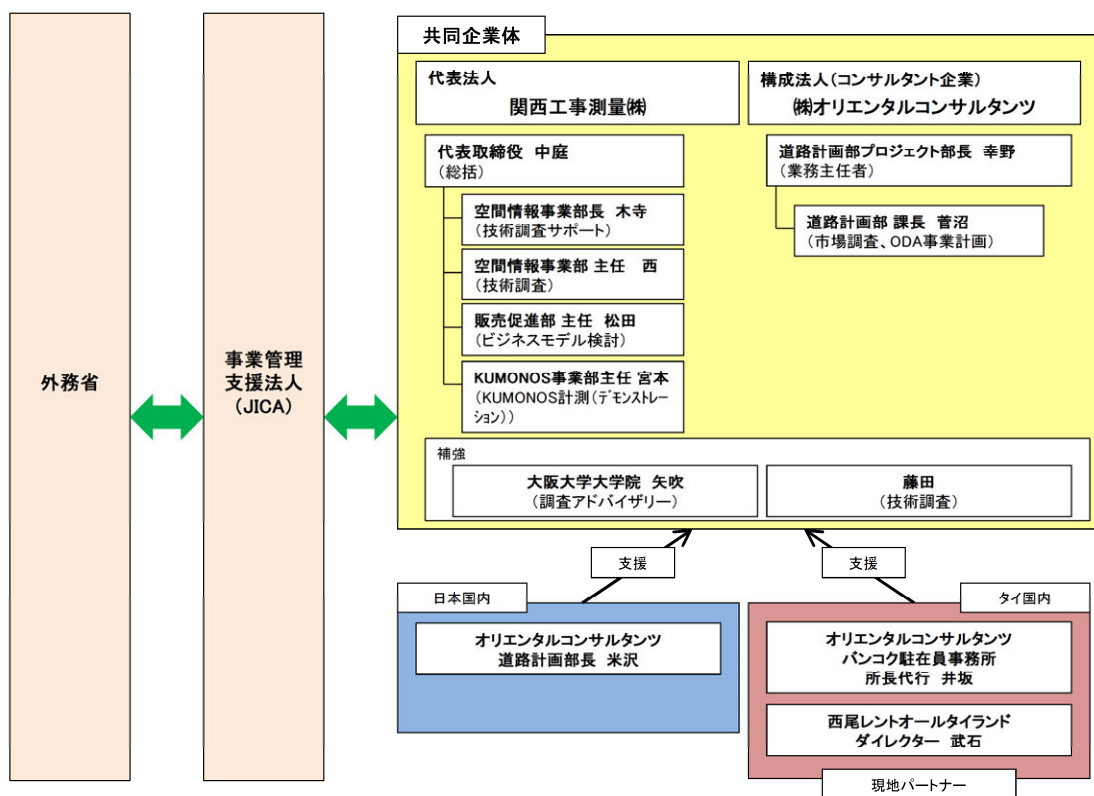
調査回	日時	訪問先	出席者	備考
第 3 回	2014 年 2/18 (火)	DOH	Mr. Taweesak Chanwannakul	ヒアリング
	2/19 (水)	DOH	Mr. Narin Srisompun, Mr. Taweesak Chanwannakul, 他 5 名	調査結果共有、 協議
	2/20 (木)	MRTA	Mr. Kitti Akewamlop, Mr. Prasit K., Mr. Chawlit Chatileiatet, Mr. Somchanok Tantisomsak, Mr. Paleorn kumpiyaphal, Mr. Poowit Treesuman	調査結果共有、 協議
	2/20 (木)	JICA	川端次長、宮原所員	調査結果報告、 協議

(3) 調査団員リスト並びに実施体制

本調査の調査団員及び実施体制は表2及び図3の通りである。

<表2>調査団員リスト

氏名	所属	部署、職位	担当分野
1 中庭 和秀	関西工事測量(株)	代表取締役	総括
2 木寺 浩紀	関西工事測量(株)	空間情報事業部 部長	技術調査サポート
3 西 乃輔	関西工事測量(株)	空間情報事業部 主任	技術調査
4 松田 由紀	関西工事測量(株)	販売促進部 主任	ビジネスモデル検討
5 宮本 彬彦	関西工事測量(株)	KUMONOS 事業部 主任	KUMONOS 計測 (デモンストレーション)
6 幸野 辰彦	(株)オリエンタルコンサルタンツ	道路計画部 プロジェクト部長	業務主任者
7 菅沼 泰久	(株)オリエンタルコンサルタンツ	道路計画部 課長	市場調査、ODA 事業計画
8 矢吹 信喜	大阪大学大学院	補強	調査アドバイザー
9 藤田 誠二	(個人)	補強	技術調査



<図3>本調査の実施体制図

# 第1章 タイ国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

## 1-1. タイ国の政治・経済の概況

### 1-1-1. タイ国の政治の概況

立憲君主国であるタイ国は、大多数がタイ族、その他華僑、マレー族、山岳少数民族等（JETRO タイ概観、2013年現在）により構成される国家であり、人口は6,598万人（人口センサス：2010年9月時点）でASEANの中でインドネシア、フィリピン、ベトナムに次いで4番目の国である。大多数を占める仏教徒（小乗（上座）仏教）の間では僧侶や仏像は畏敬の対象であり、現国王のプミポン・アドゥンヤデート国王（ラマ9世王）は国民から絶大な敬愛を集めている。また、タイ国民は非常に親日的であることで知られており、自動車産業を中心に多くの日系企業が現地に進出している。最近では地域統括、物流統括、研究開発といった機能をタイ国に設立するなど、ASEANの中核拠点として考える企業も増加している。

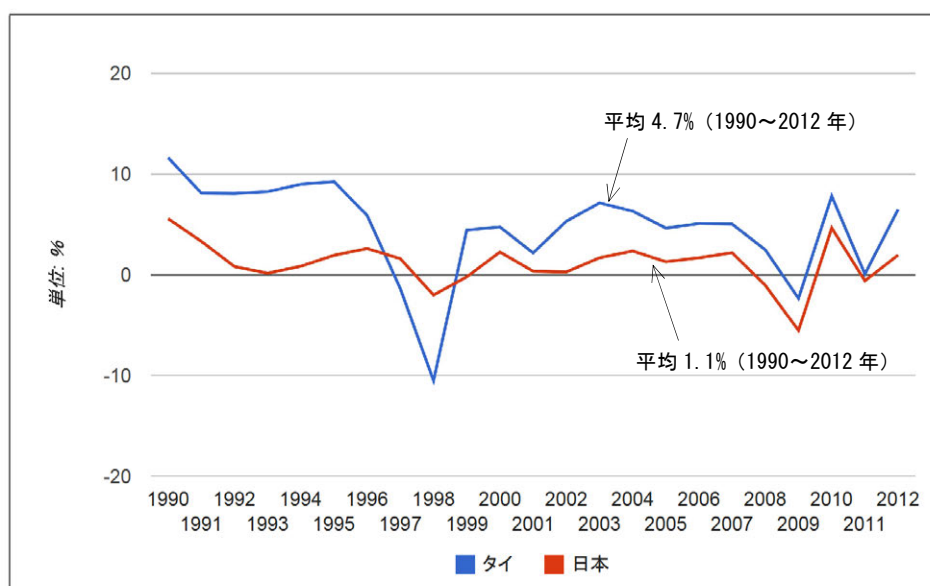
近年の政治情勢としては、2006年頃からのタクシン派と反タクシン派との政治的内紛が現在も続いている。2006年9月、2001年以来政権を担っていたタクシン政権に対して、反タクシン勢力（PAD：民主主義人民連合、通称黄シャツ・グループ）のデモ活動が激化し、軍部によるクーデターが発生した。その後、スラユット暫定政権の下で2007年12月に行われた下院総選挙においては、再びタクシン派の「国民の力党」が第1党となり、サマック政権が成立したが、PADによる反政府運動が再び活発となる中、2008年9月には、サマック首相は憲法裁判所の判決により失職し、ソムチャイ首相が政権を継いだ。しかし、同年12月には同党を含む主要政党3党に再び憲法裁判所による解党処分が下され、ソムチャイ政権は崩壊した。これを受け、旧連立与党の一部が政権を離脱し、野党第1党の民主党を軸とするアピシット政権が樹立されたものの、タクシン元首相を支持する勢力（UDD：反独裁民主戦線、通称赤シャツ・グループ）は全国でデモ活動を展開するようになった。UDDによる反政府デモはその後も継続し、2009年3月にはパタヤでのASEAN関連首脳会議が延期に追い込まれ、さらに、タクシン元首相の凍結資産の没収に係る司法判断を契機として2010年3月からはUDDによる都内での反政府デモが拡大し、同年4月及び5月に治安当局とUDDが衝突、邦人1名を含む90名以上の死者、約1,400名の負傷者を出す事態となった。2011年5月、アピシット首相は下院を解散し、同年7月には総選挙が行われたが、野党タイ貢献党が単独過半数を獲得して勝利し、タクシン元首相の末妹であるインラック氏を首班として同党を軸とする連立政権が成立した。新政権には、国内の対立構造の背景にあると指摘されている貧富の格差、社会的不公正等の解消に取り組み、国民和解を進めることが大きな課題となっている。

このように、タイ国は政治の安定の面で不安を抱えながらも、経済成長著しいASEAN諸国の中でも中心的な存在であり、今後日本を含めたアジア地域がさらに政治的・経済的に安定・発展していくためにも、タイ国が果たす政治的役割は大きいと言える。

### 1-1-2. タイ国の経済の概況

タイ国は、安定した経済状況の下、他のアジア諸国の中でも先行して発展を遂げてきた国の一つである。1997年のアジア通貨危機、2008年のリーマンショックを発端とする金融危機、2011年下期に発生した大洪水の影響により、1997年、1998年、2009年にはマイナス成長を記録したものの(2011年は+0.1%)、1990年～2012年のGDP成長率の平均年率は4.7%と安定的に成長を続けている(図1-1)。

足元の傾向としては、タイ国家経済社会開発庁(NESDB)が発表した2013年第2四半期の実質GDP成長率は、前年同期比で2.8%増となっており、洪水に伴う低成長から急回復した前年に比べると経済成長のテンポは減速傾向にある。但し、2012年のタイ国への投資認可額は大幅に増加しており、最大の投資国である日本の投資額は119.2%増加、シェアは63.5%であり、2013年に入っても増加傾向にある。一方、人手不足、賃金上昇の問題が深刻化しているほか、タイ国政府は投資恩典制度の見直しを検討しており、今後の投資環境への変化が注目される。



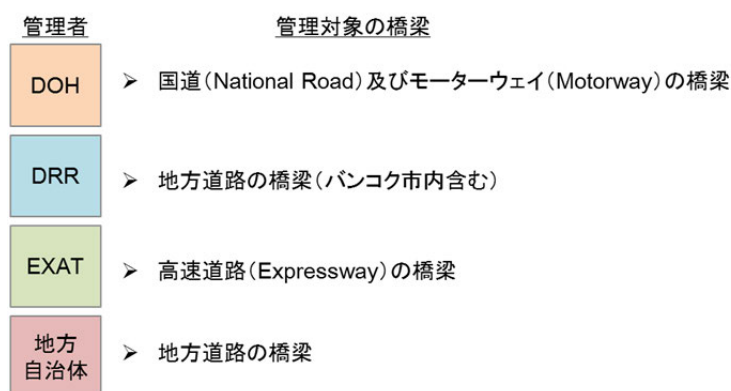
<図1-1>タイ国と日本の実質GDP成長率の推移(1990年～2012年)  
(出所: IMF、World Economic Outlook Database、2013年)

## 1-2. タイ国の対象分野における開発課題の現状

### 1-2-1. 道路・橋梁の維持管理関連組織の現状

本調査の提案技術である KUMONOS 及び 3D レーザースキャナ（第 2 章にて詳述）の対象は、日本国内での計測実績が豊富にあり、且つタイ国の構造物の中でも最も数が多い道路橋梁に焦点を絞る。橋梁以外の構造物として、MRT（地下鉄）、スカイトレイン（高架鉄道）、空港（滑走路）等が挙げられるが、いずれも橋梁に比べると供用後の年数は浅く、ひび割れ等の維持管理上の問題も現時点では顕在化していないことが現地調査で確認された。一方、道路橋梁は、古いものでは建設後 40 年以上経過しているものもあり、他の構造物に比べて管理者の維持管理に対する意識も比較的高いことが確認された。当初業務計画書においては、本調査の対象分野を地下鉄とし、MRT を管理するタイ高速度交通公社（MRTA）を中心とした調査を想定していたが、上記事由により調査期間中に対象分野の見直しを行い、提案技術の効果をより発揮できる道路橋梁に変更した。但し、MRTA に対しても、現地調査中に実証・パイロット調査を実施しており、その内容は第 3 章に記述する。

タイ国においては、国道及び高速道路（Motorway）の橋梁は DOH、高速道路（Expressway）の橋梁は EXAT、地方道路の橋梁は DRR 及び地方政府が主に管理しており、MOT の管轄下にある複数の機関によって主に管理されている（図 1-2）。MOT 及び橋梁に係る機関における予算配分を表 1-1 に示す。MOT の予算は毎年増加しており、その中でも DOH の予算が最も多く配分されている。表中の OTP は、MOT 内部にある DOH や DRR 等と同格の組織であり、タイ国全土の道路・港湾・鉄道・航空を含む全ての交通インフラの将来計画立案を担当している。



<図1-2>タイ国の橋梁の管理機関  
(出所：調査団作成)

<表 1-1> MOT 及び関係機関の予算配分

機関名	予算額（単位：百万パーツ）		
	2012 年度	2013 年度	2014 年度
MOT	119,975.7	131,504.1	132,682.0
DOH	50,422.1	52,966.3	53,179.2
DRR	29,597.1	33,951.4	36,202.1

EXAT	4,488.8	4,152.8	2,802.5
OTP	464.1	639.6	706.9
その他	35,003.6	39,794.1	39,791.3

注) MOT予算額は、MOT傘下の機関の予算額の合計である。

(出所：タイMOTホームページより作成)

以下に、各組織の概要について記述する。

✓ DOH (道路局 : Department of Highways)

DOHはタイ国全土の道路ネットワーク(国道、Motorway)の建設及び維持管理を担当している。DOHが維持管理している道路の総延長は、2011年時点で約67,510kmであり、約15,000橋の橋梁を管理している。本局で橋梁維持管理を担当しているのは橋梁建設部(Bureau of Bridge Construction)であり、主な業務内容としては橋梁の特別点検・維持管理、橋面舗装打ち替え等の修繕であり、現在10名の職員が担当している。また、橋梁の日常的な点検・維持管理については、全国に104箇所存在する地方事務所が担当している。維持管理予算(道路及び橋梁)については、2014年度に総額223.90億バーツが配分されている。

✓ DRR (地方道路局 : Department of Rural Roads)

DRRは主にタイ国全土の地方道路ネットワークの建設及び維持管理を担当している。DRRが維持管理をしている道路の総延長は約40,000km、構造物の数は約8,000(うち橋梁は約4,100橋、残りはボックスカルバート等)あり、橋梁については地方部のみならず、バンコク都内のチャオプラヤ川に架かる橋も管理している(詳細は後述)。バンコク都内の橋梁の維持管理については、本局にある橋梁建設部(Bureau of Bridge Construction)及び維持管理部(Bureau of Road Maintenance)が担当しており、地方部の橋梁の維持管理については、全国18か所に設置された地方道路部(Bureau of Rural Road 1-18)が担当している。橋梁維持管理予算(土工部は含まず)については、2011年度に総額2.8億バーツが配分され、その内半分の1.4億バーツはバンコク首都圏の橋梁の維持管理に対するもので、残りの半分は地方部の橋梁の維持管理のための予算である。

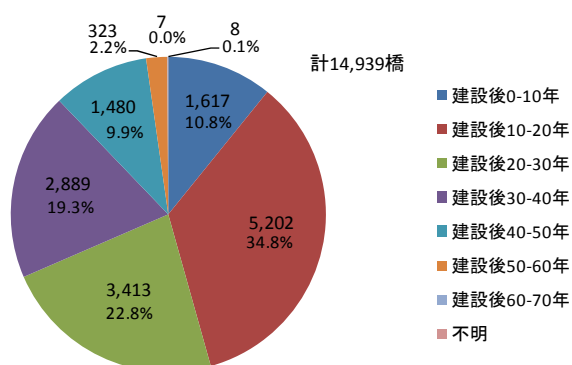
✓ EXAT (タイ高速道路公社 : Expressway Authority of Thailand)

EXATはバンコク都内及びタイ国内の高速道路(Expressway)の建設及び維持管理を担当している。2008年に旧名称のタイ高速道路交通公社(Expressway and Rapid Transit Authority of Thailand: ETA)より現名称に変更された。2012年時点で全8路線、総延長207.9kmの高速道路を運営している(うち2路線は民間会社のバンコク高速道路株式会社(BECL)とバンコク北部高速道路株式会社(NECL)がBTO(Build-Transfer-Operate)方式契約に基づいて、運営・管理している)。高速道路維持管理については、保全部(Maintenance Department)の橋梁保全部(Bridge Maintenance Division)と道路保全部(Road Maintenance Division)が担当している。維持管理予算については、毎年定額で3.0億バーツが配分され、主に舗装や標識、ジョイント等の修繕に使われている。

## 1-2-2. タイ国における橋梁の維持管理の現状

### (1) 橋梁の現状

タイ国における橋梁建設は 1980 年代から盛んに行われ、現在に至っている。バンコク都内においては、大型車の通行が規制されているため、橋梁の劣化・損傷の主な原因である過積載車両の影響は少なく、既存の橋梁の状態も比較的良好である。図 1-3 に示すように、本調査の対象機関である DOH の管理橋梁でも、建設後 30 年以上の橋梁の数が全体の約 1/3 を占めているが、現在でも道路・橋梁の新規建設に重点が置かれており、また落橋等人命に関わる重大な事故も発生していないため、橋梁維持管理に対する社会の関心が低いのが現状である。



<図1-3>DOHが管理する橋梁の建設後経過年数別橋梁数 (2014年2月現在)

(出所：DOHへのヒアリング)

### (2) 橋梁に関する基準及びマニュアル

タイ国内には、道路・橋梁に関する建設・施工・維持管理の基準やマニュアルは多く存在する(表 1-2 参照)。これらの基準等は、主に ASSHTO 基準や ACI Building Code に基づき、大学教授やコンサルタント会社、JICA 専門家によって作成されたものである。また、2011 年～2013 年に DRR を対象に実施された 2 度の JICA 調査の中でも、チャオプラヤ川架橋及び地方橋梁に対して「点検作業評価マニュアル」、「橋梁長期維持管理計画策定マニュアル」、「洪水災害対策・復旧マニュアル」がそれぞれ作成されている(「洪水災害対策・復旧マニュアル」については地方橋梁のみ対象)。日本の場合、例えば橋梁点検に関しては、国土交通省が作成した橋梁点検マニュアルが存在するが、地方自治体において国土交通省と同じ点検を実施し、同じ管理をすることは予算や人員の面から現実的ではないという理由から、各自治体がそれぞれの実情に合った点検マニュアルを作成して運用している。タイ国の場合には、各管理組織が独自の基準やマニュアルを所有し、同組織内で本局から地方局への共有はなされているが、異なる組織間での共有や統一はなされていないようである。

<表 1-2>道路・橋梁に関する基準及びマニュアル

名称	発行日	管理機関	内容
Specifications for Highway Construction	2003	DOH	道路建設仕様書
Bridge Strengthening Manual	2006.5	DOH	橋梁補強マニュアル



Bridge Inspection, Analysis and Evaluation Manual	2006.5	DOH	橋梁点検・分析・評価マニュアル
Bridge Repair and Maintenance Manual	2006.5	DOH	橋梁維持管理マニュアル
Work Instruction for Bridge and Box Culvert Construction	2006	DOH	橋梁／ボックスカルバート施工管理指針
Inspection Manual for Expressways	1990.3	EXAT	高速道路点検マニュアル
Manual for Inspection of the Rama IX Bridge	1990.3	EXAT	ラマ 9 世橋点検マニュアル
Procedure for Construction Management of RC Bridges and Condition Evaluation including Maintenance Method	2000.8	DRR	・ 橋梁施工管理のガイドライン ・ 橋梁定期点検、点検記録様式
Manual for Construction and Maintenance of Road	2003	DRR	道路及び橋梁の施工管理のガイドライン及び道路維持管理のガイドライン
Project for Development of Management System for DRR's Road Network (Phase 1)-Manual for Bridge Inspection and Evaluation-	2007.2	DRR	橋梁点検作業の基礎知識、点検作業のガイドライン（床版、上部工、下部工、支承、水路）、BMMS（点検帳票、点検結果の記録、損傷程度の評価、健全度の評価）
Bridge Inspection and Improvement Manual	2007.9	DRR	橋梁の基礎知識、健全度の評価、コンクリートの劣化、目視点検方法、点検結果の報告、補修補強方法
The Industrial Ring Road Project -Inspection and Maintenance Manual -	2008.1	DRR	IRR 橋梁の点検及び維持管理マニュアル（通常点検、定期点検、詳細点検、異常時点検）
Study Project for Repair Method for Damages due to Material Deterioration and Service Life of Bridges in DRR's Road Network (Phase 2) - Final Report -	2009.9	DRR	補修補強方法、損傷程度の評価、補修方法の選定、補修工費の概算（単価）
Project for Maintenance and Management System Development for DRR's Bridges - Manual for repair of RC bridge components due to deterioration of bridge structures and components - Executive summary report - BMMS - Final report	2009.12	DRR	BMMS 開発に関する報告書 ・ 橋梁部材の補修補強マニュアル・報告書（概要版） ・ BMMS のユーザーマニュアル ・ 報告書（最終版）
点検作業評価マニュアル	2011.3	DRR	チャオプラヤ川架橋に関する点検作業評価マニュアル

橋梁長期維持管理計画策定マニュアル	2011.3	DRR	チャオプラヤ川架橋に関する橋梁長期維持管理計画策定マニュアル
Routine Maintenance Manual	2011.6	DRR	・通常点検方法、点検帳票、補修計画作成、補修工費の概算、報告書作成のガイドライン(主に道路) ・橋梁については高欄塗装、区画線補修、掃除のみ
点検作業評価マニュアル	2013.7	DRR	地方橋梁に関する点検作業評価マニュアル
橋梁長期維持管理計画策定マニュアル	2013.7	DRR	地方橋梁に関する橋梁長期維持管理計画策定マニュアル
洪水災害対策・復旧マニュアル	2013.7	DRR	地方橋梁に関する洪水災害対策・復旧マニュアル

(出所：タイ国地方における橋梁基本計画作成・橋梁維持管理能力プロジェクト 2013.7 報告書より)

### (3) 橋梁の点検方法

本調査対象機関の DOH の橋梁点検としては、以下の 3 種類の方法が実施されている。

#### 1) 日常点検 (Routine Inspection)

地方の職員が 2 年に一度の頻度で全ての橋梁を対象に実施する。点検の方法としては、橋梁の全景写真を 3 方向から撮影して BMMS に保存し、もし損傷があればその程度を確認して BMMS に入力する。

#### 2) 基本点検 (Principle Inspection)

Bureau of Bridge Construction の傘下にある Bridge Construction and Rehabilitation Center (全国に 4 組織) が 4~6 年に一度の頻度で全ての橋梁を対象に実施する。点検の方法は、橋脚、上部工、壁高欄等全ての部材の写真を撮影して BMMS に保存し、もし損傷があればその細部の写真を BMMS に保存するとともに損傷の程度についてのコメントも入力する。

#### 3) 特別点検 (Special Inspection)

洪水等の災害が発生した後に、被害を受けた橋梁を対象に Bureau of Bridge Construction の職員が直接点検を実施する。

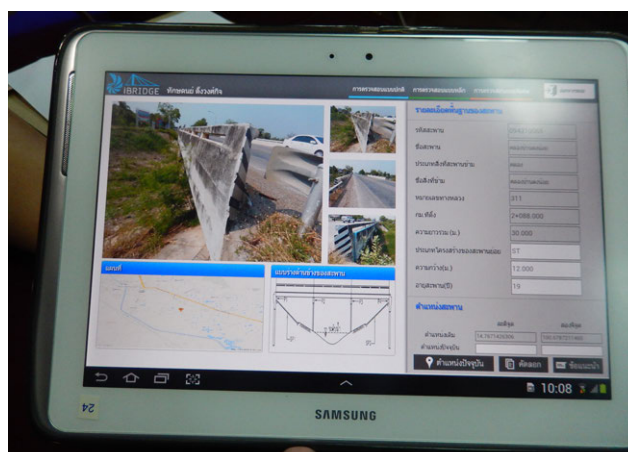
ひび割れについては、重大なものだけをクラックスケールと呼ばれる専用定規を使用して計測している。点検マニュアルは存在するものの、実際には技術者の経験に基づく点検作業が実施されており、点検者の力量により個人差が生じやすいものになっている。また、点検結果が電子データで管理されておらず、劣化・損傷の継続的な観察や他橋との比較等を行うことは難しく、損傷傾向の分析や劣化予測もなされていないのが現状である。

#### (4) 橋梁維持管理システム (Bridge Maintenance and Management System : BMMS)

現地ヒアリング及び既存調査資料より、DOH 及び DRR が橋梁維持管理システムを開発し所有していることが確認された。

元々は1988年から1992年にかけてデンマーク政府の支援によって導入されたのが最初であるが、DOS版であったためコンピュータの知識がない職員にとっては使いこなすのが難しく、結局その使用は中止された。その後、2011年から2012年にかけてDOHがKasetsart大学に委託してBMMSの再整備を行い、2012年8月に新しいBMMSが完成した。このシステムはウェブ上で管理が行われ、GISに対応しており、各橋梁の橋梁タイプ、材料、建設年、交通量、道路の重要性等の情報を整理することにより健全度判定を行い、適切な時期に適切なコストで補修を行うことを目的としている。また最近では、タブレット端末からBMMSにアクセスしてデータのダウンロードや更新等ができる「iBRIDGE」が外部コンサルタント会社によって開発され、現在Bureau of Bridge Constructionは25台のタブレット端末を所有している(図1-4参照)。BMMSへの入力項目としては、橋梁コード、橋梁名、架橋タイプ(河川橋、跨線橋等)、架橋位置、路線名、幅員、上部工形式等があり、これらの基本情報とともに写真データや図面データを保存することができる。ただし、表示は全てタイ語である。

BMMSのデータは本来、維持管理コストの算出や補修する橋の優先順位付け、また短期(1年)のみならず中長期の維持管理予算計画を策定する際に活用できるものであるが、点検や健全度評価を行う職員の数や知識が不足しているため、DOHが管理する約15,000橋分の膨大なデータの整理は進んでいないのが現状である。データ整理の現状としては、約15,000橋の内約5,000橋については、橋梁基本情報入力と現場写真のアップデートが完了しているものの、残りの約10,000橋については橋梁名等一部の基本情報がインプットされた状態に過ぎない。今後BMMSを活用するためには、DOH職員の点検技術の向上、健全度判定に関する分析技術の向上、組織強化といったキャパシティデベロップメントを行うことや、民間企業への外部委託によりマンパワーの不足を補う必要がある。

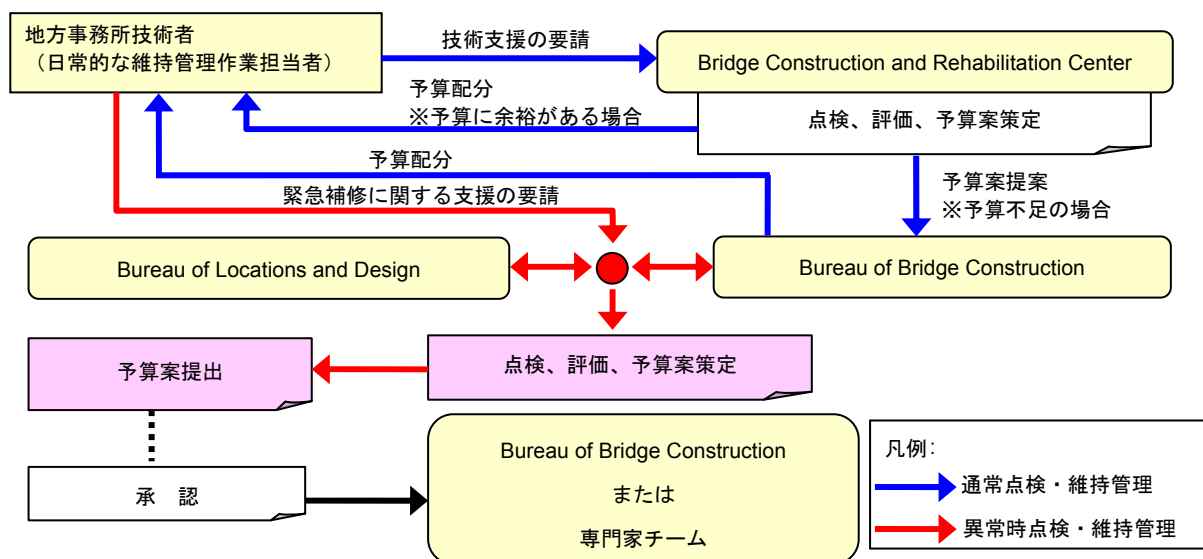


<図1-4>DOHのBMMSの入力画面(タブレット端末の表示画面)  
(出所:DOHへのヒアリング時に撮影)

DRR も独自の BMMS を所有している。既存 JICA 調査「タイ国地方における橋梁基本計画作成・橋梁維持管理能力プロジェクト 2013.7」によると、橋梁点検結果や架橋位置周辺の環境条件等、様々な橋梁の基礎データに基づいて補修の優先順位付けを行い、維持管理計画をサポートするシステムであり、DRR の依頼によりチュラロンコン大学と共同で開発された。ソフトウェアの開発は一応完了しており、地方事務所で運用可能なように公開されているが、入力項目が複雑である等の問題が多いため実際の現場では活用されていないのが現状である。

### (5) 維持管理予算

DOH における橋梁維持管理予算獲得のための手続き（フロー）を図 1-5 に示す。通常点検・維持管理の場合と災害時等異常時点検・維持管理の場合とは、予算獲得までの手続きは異なっている。



<図 1-5> DOH の橋梁維持管理予算獲得フロー  
(出所：DOHへのヒアリング)

表 1-3 に示すように、DOH の 2014 年の年間維持管理予算は 223.9 億バーツ（道路、橋梁含む）であり、DOH が管轄する道路延長が約 67,510km であるので、1km 当たり約 332,000 バーツ（=約 100 万円）となる。日本の場合、国土交通省の直轄国道の 1 年間の 1km 当たりの平均維持管理費用は約 1,000 万円（財団法人地方財務協会「月刊 公営企業」誌 2012 年 9 月号より引用）であるので、日本の 10 分の 1 の予算しか確保されていないことになる。

＜表 1-3＞DOH の年間予算（道路、橋梁込み）

年度	予算（単位：百万パーツ）			
	新規建設	維持管理	その他	合計
2011	11,835.9	14,038.5	22,925.1	48,799.5
2012	8,088.7	22,633.4	19,700	50,422.1
2013	12,110.4	20,498.2	20,357.7	52,966.3
2014	12,550.7	22,390.3	18,238.2	53,179.2

（出所：DOHへのヒアリング）

また、予算取りは単年ごとに行われており、そのプロセスは、地方の職員による日常点検で損傷箇所をリストアップして DOH 本局へ報告し、その報告を受けて本局内で優先順位付けを行い、次年度の予算申請を行っている。優先順位付けは現場写真をもとに行われており、補修にかかる数量や費用算出の根拠としては十分なものとは言い難い。本来は、BMMS のデータベースを活用して定量的な根拠を基に予算申請を行うのが基本であるが、BMMS データの分析を担っている Bridge Construction and Rehabilitation Center の技術力不足等のために精度と信頼性の高い根拠資料が作成されておらず、結果的に BMMS が予算申請のためにきちんと利用されていないのが現状である。

### 1-2-3. タイ国における橋梁の維持管理の問題点

#### (1) 具体的な問題点の整理

前項で述べたタイ国における橋梁の維持管理の現状のうち、最も注目すべき項目は予算であると考えられる。適切な点検・補修の実施、基準・マニュアルの整備、またそれらを行う人材の確保等、以下に示すような橋梁維持管理に関する問題の元をたどれば予算に行きつくからである。予算に関する問題点としては、①十分な維持管理を行うために必要な予算が確保されていない（＝予算の額が十分ではない）、②予算申請の根拠の精度と信頼性が低い、ことが挙げられる。

- ・ 管理橋梁数に対して維持管理担当部署の人員が不足している等、十分な体制を確保できていない。
- ・ 維持管理担当者が維持管理計画を策定するモチベーションを上げることが難しく、その結果、計画的な維持管理ができないという悪循環に陥っている。
- ・ 維持管理能力向上や人材育成に対して適切に予算を配賦できていない。
- ・ 風の影響を受けやすい照明の付け根や壁高欄のコンクリート等、橋脚や橋桁に比べると小規模であるものの、ひとたび破壊が生じると車や通行人に直接被害が及び人命に関わるような箇所(point)の点検まで手が行き届いていない。

また近年は、DOH が予算申請の根拠として活用する目的で、形骸化していた橋梁維持管理システム (BMMS) を改良し、仕組みの整備を進めているが、肝心のインプットデータが充実していないため、様々な橋梁データに基づく補修の優先順位付けを行うことができず、十分に機能していない。

以上のような状況のもと、配賦された限られた予算内でできる内容や箇所を選んで対処しているというのが現状であるが、維持管理のあるべき姿という観点からタイ国の現状を分析すると、既に発生した不具合への対処を主とする「事後保全型維持管理」が行われていることも大きな問題の1つであると言える。

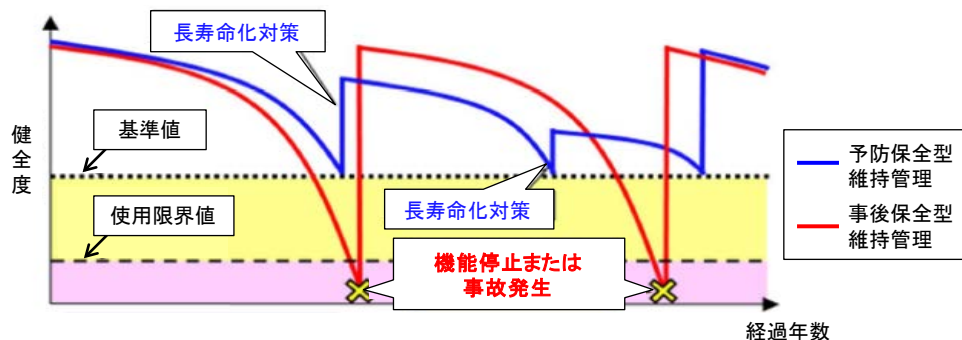
#### (2) 「事後保全型維持管理」から「予防保全型維持管理」への転換の必要性

現在タイ国において行われている事後保全型維持管理では、表面化した重大な劣化・損傷のみを補修の対象としている。この手法では橋梁数が少ない段階では大きな負担とならない補修費・更新費が、今後の補修対象の増加に伴い多額になっていく。限られた予算内で対応するために優先順位付けを行うこととなるが、対応を先送りして重大な劣化・損傷を放置すれば崩落等の大事故につながる恐れがある。

日本やアメリカ等の先進国でも、多くの橋梁が同時期に老朽化し、補修や更新が必要となる対象が集中的に増加したことで、事故の発生や予算の逼迫という事態に直面しており、タイ国が将来的に同じ問題を抱えることになる可能性は極めて高い。これを回避するためにも、現在先進国が積極的に取り入れている「予防保全型維持管理」を早期から導入すべきである。

### 1) 予防保全型維持管理が求められる理由

先進国が導入を進めている「予防保全型維持管理」とは、定期的な点検を行ってそれぞれの構造物の劣化状況を正確に把握し、既に発生している不具合への対処を早急に行うとともに、将来的な劣化状況を予測し、致命的な劣化損傷を未然に防ぐという手法である。予防保全型維持管理では、致命的な欠陥が発生する前に適切な予防措置を行うことにより、構造物の更新サイクルが延びるため、ライフサイクルコストを縮減できる（図 1-6）。



＜図 1-6＞事後保全型と予防保全型の維持管理イメージ

（出所：「平成 21 年度 国土交通白書」、国土交通省をもとに調査団作成）

日本の道路橋を一例に挙げると、予防保全型維持管理を採用した場合、従来の事後保全型を継続した場合と比べてライフサイクルコストを大幅に縮減できることが国土交通省の試算で示されている（表 1-4）。予防保全型では劣化分析・予測が可能となるレベルの頻度・内容の点検が必要となることに加え、事後保全型と比べて補修の頻度が増すことから、維持管理費が増加する（0.6 兆円）。しかしながら、更新費の減少額は 3.7 兆円であり、トータルでは 3.1 兆円の減少と更新費縮減効果の方が大きいと、予防保全型の導入メリットは大きいと言える。

＜表 1-4＞維持管理費及び補修費の比較による予防保全型の導入効果

	事後保全型	予防保全型	予防保全型の導入効果
維持管理(点検・補修)費	1.1兆円	1.7兆円	+0.6兆円(54.5%増加)
更新費	7.5兆円	3.8兆円	-3.7兆円(49.3%減少)
合計	8.6兆円	5.5兆円	-3.1兆円(36.0%減少)

※対象：北海道開発局を除く全国の8地方整備局が管理する直轄国道に架かる1万5,880橋

※コスト評価期間：60年

（出所：平成 16 年度国土交通省道路局重点施策、国土交通省道路局を基に調査団作成）

また、適切な補修時期を見極めた上で策定された補修計画に加え、適切な予防措置の実施によって実現する構造物の長寿命化により、補修や更新が必要となる対象が一時期に集中することを回避でき、予算が平準化される。これにより、限られた予算や人的資源の中であらゆる構造物に対して適切に維持管理していくことが可能となる。

## 2) 早期段階から導入するメリット

予防保全型維持管理では、維持すべき健全度レベルを事後保全型よりも引き上げるため、事後保全型では補修対象外であった劣化・損傷が予防保全型では補修対象と判断されるケースが発生する。事後保全型である期間が長い程、その対象数が多くなるため、完全に転換するまでの移行期に要するコストは大きくなる。転換タイミングによっては限られた財源・人的資源では対応しきれず、転換がうまくいかない恐れもある。

日本における都道府県と政令都市を対象として、長寿命化修繕計画(予防保全型)開始初年度にかかる補修費と計画開始の前年度の補修費を比較したアンケート調査では、補修費は軒並み増加し、2倍以上になる自治体が18(有効回答数:61)にも上った。長きに渡り事後保全型を続けてきたことで想定以上の補修費が掛かることとなり、自治体によっては導入を先送りしたり、適用範囲を限定する部分的な導入に留まっている(日経BP社 日経コンストラクション 2012.8.27号)。

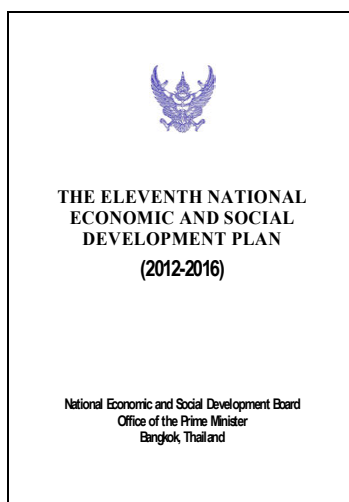
予防保全型維持管理への転換に係る初期コストを増大させないためには、劣化・損傷の度合いが小さい段階で導入することが重要であり、タイ国は建設後30年未満の橋梁が大半を占めることから、転換タイミングとして今が最適であると言える。

以上より、タイ国における橋梁の維持管理における課題としては、「予防保全型維持管理の早期実施」であると言える。



### 1-3. タイ国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

タイ国における全国レベルの政策プランとしては、「国家経済社会開発計画」がある。「国家経済社会開発計画」は国家経済社会開発庁（NESDB）が作成し、内閣により承認され、政令として発布される。現行の第十一次計画は、2012-2016 年を計画期間とし、「平等、公平、活気ある幸福な社会」を目標に掲げている。「国家空間開発計画」は5年毎に見直すこととなっており、2015年のASEAN経済統合を控え、また、2011年の大洪水を踏まえた防災の視点が重要となった今日、見直しが必要となっている。2013年中に改訂される見通しである。



<図 1-7> 国家経済社会開発計画  
(出所：NESDB ホームページ)












「国家経済社会開発計画」においては、特に他の ASEAN 諸国との連携（コネクティビティ）の強化に関連して、新規道路ネットワーク整備の重要性が記述されているものの、道路・構造物の維持管理に関する政策については特に記述されていない。

また、前述の OTP により、現在 2011-2020 のマスタープランが策定されているが、OTP のマスタープランには具体的な路線や道路延長は記述されず、DOH 等各道路管理機関は、OTP のマスタープランの方針に従ってそれぞれのマスタープランを計画するという流れとなる。

バンコク首都圏の幹線道路ネットワークに関する計画は、首相をトップとする陸上交通計画会議（CMLT）が許可したマスタープラン（the CMLT's Resolution No.1/2547）に基づいて整備が進められている。具体的な計画策定はバンコク都（BMA）及び MOT の OTP が担当しており、整備の実施は BMA、首都圏内の自治体、DOH、DRR、EXAT が行っている。なお、バンコク都内の高速道路については上記組織が路線毎に管理している。各路線の管理組織について、図 1-8 に示す。



＜路線名と管轄機関名＞

EXAT→	 ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) Chaloem Maha Nakhon Expressway (First Stage Expressway System)
BECL→	 ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) โครงข่ายในเมือง  Si Rat Expressway (Second Stage Expressway System) Urban Network
EXAT→	 ทางพิเศษฉลองรัช (ทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์ และทางด่วนสายรามอินทรา-วงแหวนรอบนอก) Chalong Rat Expressway (Ram Inthra-At Narong Expressway And Ram Inthra - Outer Ring Road Expressway)
BECL→	 ทางพิเศษอุดรรัถยา Udon Rattaya Expressway
EXAT→	 ทางพิเศษบูรพาวิถี (ทางด่วนสายบางนา-ชลบุรี) Burapha Withi Expressway (Bang Na-Chon Buri Expressway)
EXAT→	 ทางพิเศษสายบางนา-อาจณรงค์ Bang Na-At Narong Expressway
EXAT→	 ทางพิเศษสายบางพลี - สุขสวัสดิ์ Bang Phli - Suk Sawat Expressway
DOH→	 ถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้านตะวันตก (ถนนกาญจนาภิเษก) Outer Ring Road Western Bangkok (Kanchanapisak Road)
EXAT→	 ทางหลวงพิเศษหมายเลข 37 ช่วงสุขสวัสดิ์ - บางขุนเทียน Expressway No.37 Suk Sawat - Bang Khun Thian
DOH→	 ถนนวงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานครด้านตะวันออก ทางหลวงพิเศษหมายเลข 9 (ถนนกาญจนาภิเษก) Outer Ring Road Eastern Bangkok Expressway No.9 (Kanchanapisak Road)

＜図 1-8＞バンコク首都圏の高速道路管理マップ  
 (出所：EXAT へのヒアリングをもとに調査団作成)

## 1-4. タイ国の対象分野の ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

### 1-4-1. 対タイ国における日本の ODA の現状

タイ国に対する我が国の ODA は、1954 年に技術協力としてタイ国から研修員を受け入れたことに始まる。1967 年に円借款、1970 年に無償資金協力が開始（1993 年度をもって一般プロジェクト無償資金協力は卒業）され、タイ国の経済発展と我が国との二国間関係の発展に大きく貢献してきた。我が国は、タイ国にとって最大の ODA 供与国（累積）となっている。

近年の我が国の対タイ国援助形態別実績を表 1-5 及び表 1-6 に示す。

＜表 1-5＞我が国の対タイ国援助形態別実績（年度別）

（単位：億円）

年度	円借款	無償資金協力	技術協力
2007 年度	624.42	1.79	54.72 (24.47)
2008 年度	630.18	2.57 (1.00)	53.83 (18.60)
2009 年度	44.62	8.32 (5.97)	46.08 (24.11)
2010 年度	239.46	11.55	60.62 (27.98)
2011 年度	—	4.25 (1.19)	35.29
累計	21,986.21	1,619.93 (8.16)	2,162.50

- 注) 1. 年度の区分は、円借款及び無償資金協力は原則として交換公文ベース、技術協力は予算年度による。  
 2. 金額は、円借款及び無償資金協力は交換公文ベース、技術協力は JICA 経費実績及び各府省庁・各都道府県等の技術協力経費実績ベースによる。ただし、無償資金協力のうち、国際機関を通じた贈与（2008 年度実績より、括弧内に全体の内数として計上）については、原則として交換公文ベースで集計し、交換公文のない案件に関しては案件承認日又は送金日を基準として集計している。草の根・人間の安全保障無償資金協力と日本 NGO 連携無償資金協力、草の根文化無償資金協力に関しては贈与契約に基づく。  
 3. 円借款の累計は債務繰延・債務免除を除く。  
 4. 2007～2010 年度の技術協力においては、日本全体の技術協力事業の実績であり、2007～2010 年度の（ ）内は JICA が実施している技術協力事業の実績。なお、2011 年度の日本全体の実績については集計中であるため、JICA 実績のみを示し、累計については JICA が実施している技術協力事業の実績の累計となっている。  
 5. 四捨五入の関係上、累計が一致しないことがある。

（出所：外務省政府開発援助（ODA）国別データブック（タイ国）、2012 年）

＜表 1-6＞我が国の対タイ国援助形態別実績（OECD/DAC 報告基準）

（支出純額ベース、単位：百万ドル）

暦年	政府貸付等	無償資金協力	技術協力	合計
2007 年	-527.26	2.17 (0.60)	47.74	-477.35
2008 年	-795.20	2.56 (1.21)	44.16	-748.48
2009 年	-202.33	3.71 (1.28)	48.30	-150.31
2010 年	-214.79	14.92 (1.91)	56.33	-143.54
2011 年	-237.15	7.25 (1.25)	45.89	-184.01
累計	2,389.60	950.38 (6.76)	2,656.50	5,996.45

出典) OECD/DAC

- 注) 1. 国際機関を通じた贈与については、2006 年より、拠出時に供与先の国が明確であるものについては各被援助国への援助として「無償資金協力」へ計上することとしている。また、OECD/DAC 事務局の指摘に基づき、2011 年には無償資金協りに計上する国際機関を通じた贈与の範囲を拡大した。（ ）内は、国際機関を通じた贈与の実績（内数）。  
 2. 政府貸付等及び無償資金協力は、これまでに交換公文で決定した約束額のうち当該暦年中に実際に供与された金額（政府貸付等については、タイ側の返済金額を差し引いた金額）。  
 3. 政府貸付等の累計は、為替レートの変動によりマイナスになることがある。  
 4. 技術協力は、JICA によるもののほか、関係省庁及び地方自治体による技術協力を含む。  
 5. 四捨五入の関係上、合計が一致しないことがある。

（出所：外務省政府開発援助（ODA）国別データブック（タイ国）、2012 年）

近年、他国ドナーがタイ国への ODA 拠出を減少させ、日本の拠出額も減る中で、日本がタイ国への協力を継続する主な背景として、「対タイ王国 国別援助方針」（2012 年 12 月 外務省）の大目標である、「戦略的パートナーシップに基づく双方の利益増進及び地域発展への貢献の推進」が挙げられる。

また、「対タイ王国 国別援助方針」によれば、インドシナ半島の中心に位置するタイ国は、ASEAN 共同体の設立に向け中核的役割を担うとともにメコン地域の発展の鍵となっており、当該地域におけるタイ国の戦略的重要性を踏まえ、同地域における ASEAN 連結性強化、格差是正といった域内共通課題への取組にタイ国と協力して積極的に取り組んでいくことが必要であるとされている。

これらを踏まえると、今後のタイ国における我が国の ODA 事業の方向性として政治・経済・社会の各分野における二国間並びに地域的及び国際的な問題に取り組むために、タイ日本両国間の戦略的パートナーシップをさらに強化することが重要であると言える。

#### 1-4-2. インフラ分野における日本の ODA 事例分析

表 1-7 に示すように、タイ国のインフラ分野におけるこれまでの日本の ODA の実績は非常に多く、有償資金協力（円借款）により空港（ドンムアン空港、スアンナプーム空港）、バンコク都内の地下鉄（MRT）、高速道路、港湾等様々なインフラ施設が建設されている。1960 年代後半から始まった有償資金協力（円借款）により、国民の生活に必要なインフラの新規整備が現在に至るまで行われてきており、タイ国の発展に大きく貢献してきたと言える。2011 年に発生し、バンコク首都圏に甚大な被害を与えたタイ国中部洪水に対しては、地下鉄・上水道・空港に関する緊急援助隊専門家チームの派遣を行った他、チャオプラヤ川流域洪水対策マスタープランの策定支援、約 80 億円の防災・災害復興支援無償資金協力による工業団地の周辺インフラ復旧・整備支援等、様々な協力が実施された。近年では、以前に比べるとインフラ施設の新規建設の事例は減少し、また専門技術の人材育成といった技術協力の ODA 案件も洪水対策を除けば減少傾向にある。

<表 1-7>インフラ分野におけるこれまでの日本の代表的な ODA 事例（有償資金協力）

No	案件名	実施年度	分野	供与額 (百万円)
1	国鉄整備	1967	鉄道	2,836
2	バンコク国際空港拡張事業（Ⅱ）	1980	空港	15,835
3	バンコク国際空港拡張事業（Ⅲ）	1981	空港	14,240
4	高速道路計画(I)	1982	道路	25,900
5	デオカノン〜クロントイ港間高速道路(第二期)	1983	道路	11,530
6	マプタ・プット港建設事業（Ⅱ）	1985	港湾	16,045
7	レム・チャバン商業港建設事業（Ⅱ）	1985	港湾	16,045
8	有料道路 3 路線建設事業	1988	道路	12,517
9	バンコック東部外環状道路建設事業計画(I)	1989	道路	12,958

10	首都高速道路ラムイントラーアトナロン線建設事業計画(I)	1991	道路	14,804
11	首都高速道路ラムイントラ～アトナロン線建設事業(第2期)	1992	道路	21,850
12	国鉄輸送力増強事業(第2期分)	1993	鉄道	13,631
13	バンコクーチョンブリ道路建設事業(第2期)	1993	道路	21,627
14	第三期首都高速道路建設計画	1995	道路	13,883
15	地方幹線道路網改良計画(2)	1995	道路	13,374
16	第III期首都高速道路建設事業(2)	1996	道路	16,612
17	第二バンコク国際空港建設事業	1996	空港	31,223
18	バンコク地下鉄建設事業	1996	鉄道	26,586
19	産業環状道路建設事業	1997	道路	14,887
20	バンコク地下鉄建設事業(II)	1997	鉄道	32,659
21	既往案件内貨融資(バンコク地下鉄建設事業(I)(II))	1998	鉄道	29,792
22	バンコク地下鉄建設計画(III)	1998	鉄道	23,343
23	バンコク地下鉄建設計画(IV)	1999	鉄道	64,228
24	第二バンコク国際空港建設事業(III)	1999	空港	33,461
25	第二バンコク国際空港建設事業(IV)	2000	空港	18,506
26	バンコク地下鉄建設計画(V)	2000	鉄道	45,818
27	地方幹線道路網改良計画(3)	2000	道路	19,544
28	第二バンコク国際空港建設事業(V)	2002	空港	34,784
29	第二バンコク国際空港建設事業(VI)	2003	空港	44,852
30	第二バンコク国際空港建設事業(VII)	2005	空港	35,453
31	バンコク大量輸送網整備計画(パープルライン)(I)	2007	鉄道	62,442
32	バンコク大量輸送網整備計画(レッドライン)(I)	2008	鉄道	63,018
33	バンコク大量輸送網整備計画(パープルライン)(II)	2010	鉄道	16,639

注：供与額の大きな代表的な案件のみ抽出した。

(出所：外務省政府開発援助(ODA)国別データブック(タイ国)より)

道路・橋梁分野におけるODAについては、バンコク都内及びその近郊を中心に、高速道路・幹線道路建設や都市部の高架橋建設等が行われてきたが、その中でもチャオプラヤ川の橋梁群の建設が最も代表的な事例である。チャオプラヤ川を渡河する橋梁は、1930年代に建設されたメモリアル橋を始め、日本の戦後賠償及びODAにより整備された13橋(メモリアル橋の補修1橋含む)を含む20橋が架かっている。バンコク首都圏はチャオプラヤ川によって南北に分断されているため、これらの橋梁群はバンコク首都圏の社会・経済活動の高度化・広域化に直接的に貢献してきたと言える。

<表 1-8>チャオプラヤ川に架かる橋梁の概要

No	橋梁名	管理機関	供用年	橋長 (m) ( ) 内は メインスパン	日本の ODAの有 無	備考
1	ラマ6世橋	SRT	1926	(120)	なし	
2	メモリアル橋	DRR	1932	234	円借款	1980年の円借款で補修工事を実施
3	クルントン橋	DRR	1958	(64)	なし	
4	ノンタブリ橋	DOH	1959	(64)	なし	
5	クルンテープ橋	DRR	1959	350	戦後賠償	1993年の円借款で補修工事を実施
6	プラ・ピンクラオ橋	DRR	1973	280	円借款	
7	プラ・チャオ・タクシン橋	DRR	1982	224	円借款	
8	パトムタニ橋	DOH	1984	239	円借款	
9	プラ・ポックラオ橋	DRR	1984	212	円借款	
10	プラ・ナンクラオ橋	DOH	1985	329	円借款	
11	ラマ9世橋	EXAT	1987	781	円借款	
12	ラマ7世橋	DRR	1992	290	円借款	
13	ラマ3世橋	DRR	2000	476	円借款	
14	ラマ8世橋	BMA	2002	(300)	なし	
15	ラマ5世橋	DRR	2002	320	円借款	
16	プミポン橋 (北)	DRR	2006	582	円借款	
	プミポン橋 (南)			702		
17	ラマ4世橋	DRR	2006	416	円借款	
18	カンチャナピセーク橋	DOH	2007	(500)	なし	
19	新プラ・ナンクラオ橋	DOH	2008	(229)	なし	
20	パトムタニ2橋	DOH	2009	(160)	なし	

(出所：調査団作成)

# チャオプラヤ川の橋梁群



＜図 1-9＞チャオプラヤ川の橋梁群位置図

(出所: バンコク ODA プロジェクト・マップ (JICA))

### 1-4-3. 対タイ国における他ドナーの ODA の現状

対タイ国における他ドナー（諸外国及び国際機関）の経済協力実績としては、世界銀行、ADB、UNDP 等の国連関係機関、米国、フランス等の各国が対タイ国経済協力や地域協力を実施しており、我が国とも適宜情報・意見交換を行っている。

＜表 1-9＞諸外国の対タイ国経済協力実績

（支出純額ベース、単位：百万ドル）

暦年	1位	2位	3位	4位	5位	うち日本	合計
2006年	フランス 64.92	ドイツ 26.80	米国 24.97	デンマーク 11.51	オランダ 9.32	-453.51	-290.70
2007年	米国 44.53	スウェーデン 9.13	デンマーク 6.64	カナダ 5.18	フランス 5.16	-477.35	-394.07
2008年	米国 39.56	スウェーデン 7.74	デンマーク 6.65	オーストラリア 4.59	英国 2.18	-748.48	-698.80
2009年	米国 23.60	英国 9.92	スウェーデン 8.08	スペイン 4.46	オーストラリア 4.13	-150.31	-92.51
2010年	米国 47.15	オーストラリア 8.10	スウェーデン 7.27	英国 7.21	韓国 2.49	-143.54	-100.18

出典) OECD/DAC

（出所：政府開発援助（ODA）国別データブック（タイ国）、2012年）

＜表 1-10＞国際機関の対タイ国経済協力実績

（支出純額ベース、単位：百万ドル）

暦年	1位	2位	3位	4位	5位	その他	合計
2006年	GFATM 32.16	EU Institutions 30.56	Montreal Protocol 3.40	UNTA 3.35	UNFPA 2.57	0.46	72.50
2007年	GFATM 39.85	EU Institutions 30.22	UNHCR 5.00	UNTA 4.49	UNAIDS 3.08	-1.05	81.59
2008年	GFATM 42.90	EU Institutions 27.24	UNICR 4.47	Montreal Protocol 2.18	UNFPA 1.51	-0.71	77.59
2009年	GFATM 30.18	EU Institutions 21.31	UNHCR 2.77	UNFPA 1.75	Montreal Protocol 1.45	-43.71	13.75
2010年	GFATM 42.77	EU Institutions 24.11	GEF 11.98	UNHCR 4.22	UNDP 1.89	2.93	87.90

出典) OECD/DAC

注) 順位は主要な国際機関についてのものを示している。

（出所：政府開発援助（ODA）国別データブック（タイ国）、2012年）

### 1-4-4. インフラ分野における他ドナーの ODA 事例分析

世界銀行はタイ国に対して、これまでに環境保全、廃棄物処理、インフラ整備、気候変動対策等の分野で支援を行ってきている。その内、インフラ分野における支援は主に 1990年代に行われており（表 1-11 参照）、この中で特に道路維持管理に関する支援としては、2004年から DOH を対象に実施していた”Highways Management Project”及び2010年から実施されている”Additional Financing - Highways Management Project”がある。その内容としては、国道維持管理予算計画策定のためのデータベースの構築、道路維持管理システム（Road Maintenance Management System）及び橋梁維持管理システム（Bridge Management System）の構築、道路の補修修繕・拡幅工事等が行われた。



<表 1-11> 世界銀行によるインフラ分野における対タイ国支援事例

プロジェクト名	金額 (mil.USD)	承認年月
Public Sector Development Policy	1,000.00	Nov-10
Additional Financing - Highways Management Project	79.30	Mar-10
Highways Management Project	84.29	Dec-03
Strategy and Implementation for a Competitive Financial Sector in Thailand	0.91	Sep-03
Thailand Metropolitan Distribution Reinforcement	145.00	Jun-97
Distribution Automation and Reliability Improvement Project	100.00	Jul-96
Gas Transmission Project (02)	155.00	Sep-94
Distribution System Reinforcement Project	50.00	Sep-94
DISTRIBUTION SYSTEM AND ENERGY EFFICIENCY	109.00	Apr-93
Bangkok Gas Transmission Project	105.00	Jul-92
Highway Sector Project (04)	177.50	Mar-92
Distribution System Upgrading Project	40.00	Sep-91
Highway Sector Project (03)	50.00	Jun-90
Power System Development Project (02)	94.00	Dec-89

(出所：世界銀行ホームページより作成)

ADB はタイ国に対して、これまでに経済成長、環境保全、インフラ整備、ジェンダー等の分野で支援を行ってきており、その内、インフラ（交通）分野における支援を抜粋したものが表 1-12 である。道路に関しては、2009 年に承認された”Implementation Plan for Strategic Intercity Motorway Network Project”等のプロジェクトがあるが、新規道路ネットワーク整備が中心であり、維持管理に関する支援は特に行われていない。

<表 1-12> ADB によるインフラ分野における対タイ国支援事例

プロジェクト名	分野	金額 (thousand USD)	承認日
Thailand Intercity Motorway Project	道路	225	20-Nov-12
Accounting and Financial Management System Reform of Thailand's Railway Sector	鉄道	-	19-Oct-12
Supporting Railway Sector Reform	鉄道	225	18-May-12
Greater Mekong Subregion Highway Expansion	道路	77,100	15-Dec-09
Implementation Plan for Strategic Intercity Motorway Network Project	道路	1,000	15-Dec-09
Greater Mekong Subregion Highway Expansion	道路	270	28-Mar-08
Preparing the Bangkok Mass Rapid Transit Integrated Ticketing Project	都市交通	700	17-Dec-07
Infrastructure Investment Advisory Assistance	鉄道	450	18-Dec-06

(出所：ADB ホームページより作成)

## 第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

### 2-1. 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

本調査にて提案する技術は、関西工事測量のひび割れ計測システム「KUMONOS（クモノス）」である。KUMONOS は、インフラ構造物の維持管理における最も重要な点検項目の一つである「ひび割れ」を離れたところから高精度に計測し且つ経年変化を把握できるシステムである。構造物の形状・位置を大量の点データとして取得し、維持管理に必要な図面を作成することができる3Dレーザースキャナの計測技術とあわせて提案することにより、維持管理の仕組みを機能させる上で不可欠な初期データの構築を目指す。

#### 2-1-1. 予防保全型維持管理におけるひび割れ点検の重要性

予防保全型維持管理を進める上で極めて重要となるのが、構造物の劣化状況の正確な把握と適切な補修タイミングの見極めであり、建設後早い段階から定期的に正確な点検を行い、結果を正しく記録して経過観察を行うことが必要となる。

コンクリート構造物の劣化要因には乾燥収縮、温度変化（凍結融解）、荷重によるたわみ、腐食等があるが、その結果として共通して発生するのは「ひび割れ」であり、構造物の維持管理においてひび割れ調査は必ず行われる。ひび割れは、構造物の表面に現れるため比較的調査しやすい項目であることに加え、その形状・方向・位置は異常箇所・原因の特定のための重要な判断材料となる。異常箇所・原因の特定や補修方法の選定は外部損傷だけでなく、非破壊検査等による内部損傷状況の確認結果を踏まえて実施されるが、ひび割れの状況を把握することにより、詳細点検が必要な箇所の絞り込みができる。

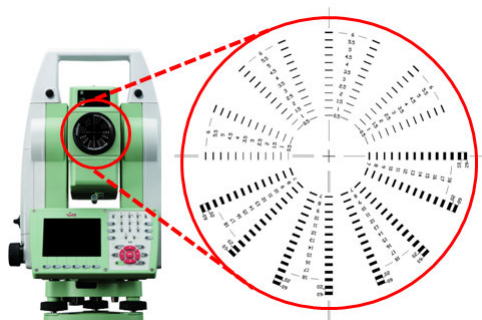
また、ひび割れの経過観察を行うことにより、劣化の進行具合の把握や将来の劣化予測までもが可能となるため、それに基づく適切な予防措置の計画・実施が構造物の長寿命化や安全性の確保につながる。

#### 2-1-2. 提案製品・技術の特長

##### (1) ひび割れ計測システム「KUMONOS」

KUMONOS は、距離と角度を測る測量機器であるトータルステーション（以下、TS）にひび割れの幅を計測するための目盛りであるクラックゲージと専用プログラムを内蔵した多機能型 TS 及び PC 用の解析ソフトウェアの総称である（図 2-1）。内蔵クラックゲージ・内蔵プログラム・解析ソフトウェアは関西工事測量が開発したものである。KUMONOS 本体には 42 倍の望遠レンズが搭載されており、離れた位置からひび割れの幅と形状を計測することができる（例えば 0.4mm 幅のひび割れを 100m 先から計測することが可能）。また、KUMONOS は一般的な TS が持つ通常機能（鉛直角・水平角・斜距離の計測）を保有していることから、構造物そのものの形状やひび割れ以外の損傷（錆・漏水箇所等）の形状を計測することもできる。計測データは 3D 位置座標で記録され、PC にインストールした専用ソフトウェアを介することにより、座標データを瞬時に製図システム（CAD）上に自動描画することができる。さらに、計測データをデジタルデータとして蓄

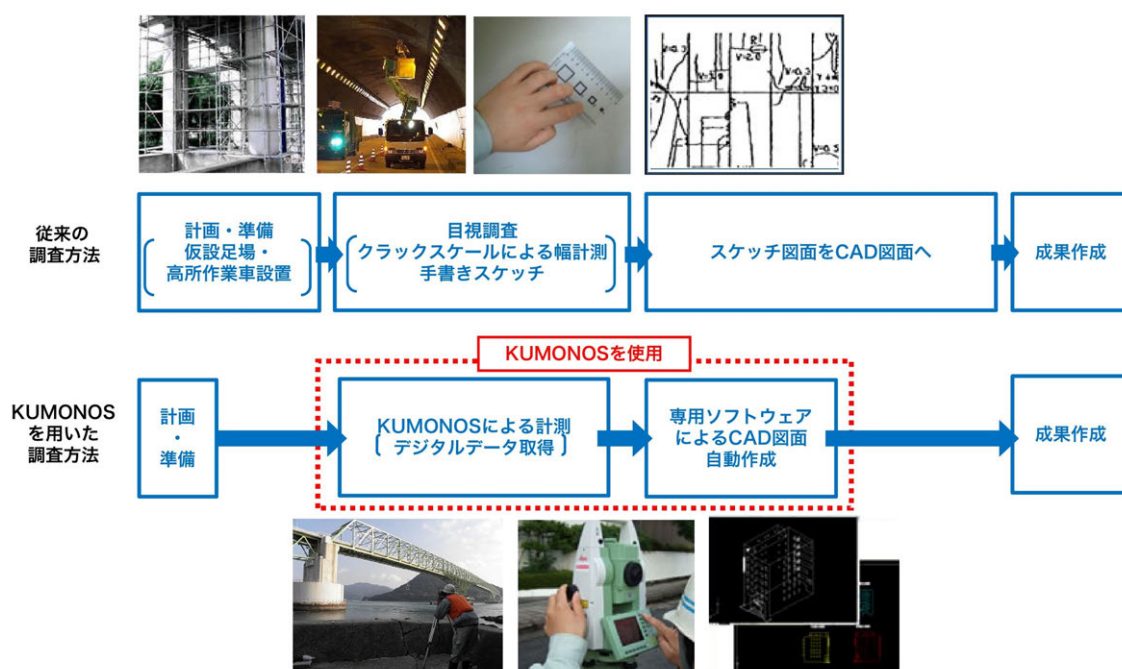
積することにより、従来方法では困難であった過去の計測結果と重ね合わせての比較や分析が可能となり、ひび割れの成長や劣化の進行を定量的に把握することができる。



<図 2-1> 機器本体及び内蔵クラックゲージ

## (2) 従来のひび割れ調査方法との比較

従来のひび割れ調査では、ひび割れに近付き（高所等、近接できない場所の場合は仮設足場や高所作業車を利用）、ひび割れに沿ってチョークを引いて形状を明示し、クラックスケールと呼ばれる専用の定規を使用して計測した幅をコンクリート面に記載する。その幅と形状を現場でスケッチにより記録したものを、CADの図面データに写して管理する。この方法は日本のみならず、世界各地で広く採用されている。一方、KUMONOSによる調査では、計測対象から離れたところに機器を設置して計測できるため、近接できない場所であっても仮設足場や高所作業車は不要となる。また、計測結果を基に自動的に図面が作成される（図 2-2）。

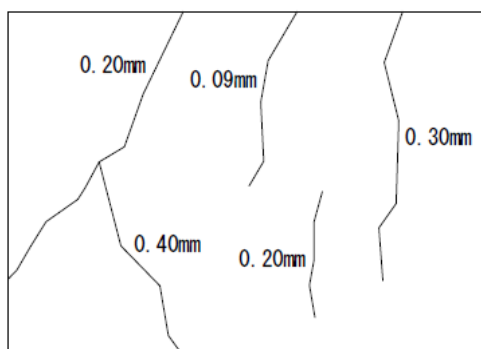


<図 2-2> 従来の調査方法と KUMONOS を用いた調査方法の比較

## 1) 計測精度の向上

KUMONOS を用いた調査では、従来方法と比較して位置・形状の計測精度が大幅に向上することが実証されている。CAD で作成した A3 サイズの模擬ひび割れ（図 2-3）を 3 名の計測者が 50m の距離から従来方法及び KUMONOS を用いた方法により計測し、精度の比較を行った。従来の調査方法として双眼鏡による目視で位置・形状を手書きで記録し、KUMONOS では幅・位置・形状を計測した（図 2-4）。各々作図した図面と模擬ひび割れを重ね合わせて誤差を比較したところ、表 2-1 に示す通り KUMONOS による計測では従来方法に比べ、位置・形状の計測精度が大幅に向上した。また、KUMONOS による幅の計測に関しても、表 2-2 に示す通り 50m 離れた位置からの計測でも最大 $\pm 0.05\text{mm}$ の誤差という十分に高い精度であった。

従来方法では、調査員がチョークで構造物に書いたひび割れを現場で紙にスケッチして記録することから、調査員のスキル・経験による個人差が出やすく、精度良く記録することができない。一方、KUMONOS によるひび割れ計測では、構造物のひび割れ位置を 3D の座標値で捉えることができ、実際の位置との誤差が極めて小さい。また、計測結果はデジタルデータとして記録されるためスケッチが不要となり、計測者による個人差も出にくい。



<図 2-3> 模擬ひび割れ (A3 サイズ)



<図 2-4> 検証実験風景

<表 2-1> 位置・形状の精度比較表

	KUMONOS	従来技術
位置・形状の精度	1mm~3mm	28mm~46mm

<表 2-2> KUMONOS による幅計測結果及び精度

番号	実際のひび割れ幅	KUMONOSでの計測結果(mm)				幅精度(mm)
		計測者①	計測者②	計測者③	平均	
1	0.20	0.22	0.22	0.18	0.21	$\pm 0.02$
2	0.40	0.42	0.36	0.44	0.41	$\pm 0.04$
3	0.09	0.10	0.14	0.14	0.13	$\pm 0.05$
4	0.20	0.22	0.18	0.22	0.21	$\pm 0.02$
5	0.30	0.32	0.29	0.32	0.31	$\pm 0.02$

## 2) 経年変化の把握

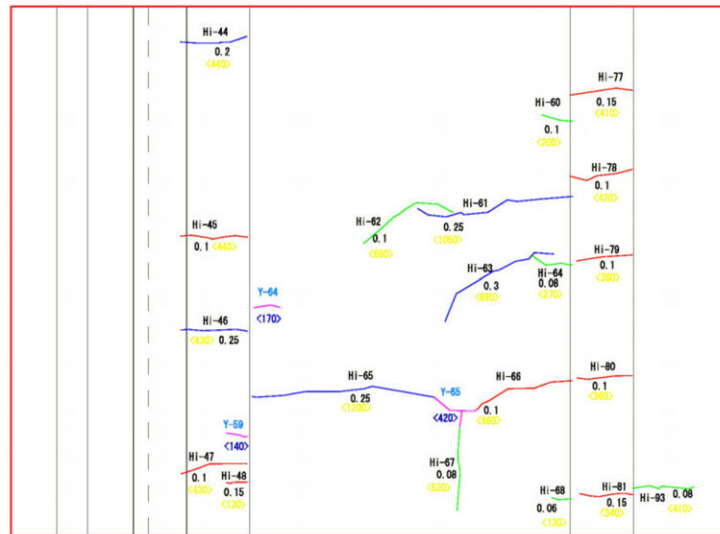
従来の調査方法では、毎年同じ調査員が点検するわけではないため、スケッチの記録と実際のひび割れとの合致ができない等の事由から、過去の調査結果と比較してひび割れの成長を把握することが難しい。KUMONOSでは、精度が高い計測データを蓄積して比較することにより、ひび割れの経年変化を正確に把握し、構造物の劣化進行状況の見極めや将来の劣化予測が可能となる。KUMONOSで計測した正確なデータに基づき、致命的な欠陥が生じる前に適切な措置を講じることが可能になるため、構造物の長寿命化、安全性の向上、維持管理予算の最適化にも貢献することができる。

経年変化把握の一例として、山口県の海上にある橋梁の計測事例を挙げる。当該橋梁は、補修を繰り返しても調査の度に劣化箇所が見つかるという問題を抱えており、適切な補修タイミングを見極める必要があった。また、流速の早い海域に位置しており足場等の設置が困難であるため、離れたところから劣化を調査する必要もあった。そこで、2つのニーズを同時に満たす技術としてKUMONOSが注目され、導入に至った。当該橋梁の調査に関する特記仕様書には、「測量器を使用してひび割れの長さ、幅を計測すること」と明記されており、実質的にKUMONOSがひび割れ調査の指定方法となっている。関西工事測量は年1回の定期点検を2008年から6年連続で実施している。

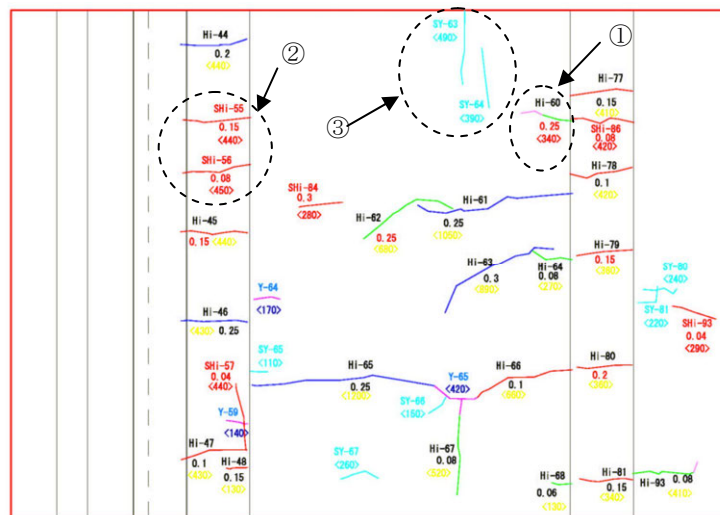
図2-5及び図2-6は、橋梁の計測結果図面の抜粋である。図2-5は1年目の計測結果（ひび割れ損傷図）であり、図2-6は同じ箇所を2年目に計測した際の結果である。1年目の計測結果と、2年目の計測結果を比較することで、ひび割れの成長や新たなひび割れの発生等を定量的に把握することができる。例えば、図2-6の①のひび割れは、1年目には長さ200mm・幅0.1mmであったのに対し、2年目には長さ340mm・幅0.25mmに成長している。また、図2-6の②のひび割れは、新たに発生したひび割れであることが分かる。図2-6の③は、コンクリート骨材の石灰分が溶け出して表面化したエフロッセンスである。それ自体に強度上の問題はないが、表面の劣化として計測が可能であり、経年変化も分析できる。

当該橋梁の場合、ひび割れの成長が止まった時点で補修を行うことが費用対効果の観点から効率的であると判断されたため、計測結果の比較による成長スピードの定量的な分析が大学教授等の専門家も交えて実施され、適切な補修タイミングの見極めが行われている。さらに、各損傷の幅・長さ及び面積等を定量的に且つ正確に把握できることにより、補修に必要な材料の算出も容易となる。

KUMONOSによる定期的な計測及び蓄積された過去の計測結果を比較し、劣化の推移及びその傾向を分析することで劣化予測も可能となる。定量データに基づいた劣化予測を行うことは、より客観的で明確な補修・改修の優先順位付けを行うことにつながる。



<図 2-5> 橋脚損傷図抜粋 (1 年目)



<図 2-6> 橋脚損傷図抜粋 (2 年目)

### 3) KUMONOS 導入による計測可能範囲の拡大及び安全性の確保

従来の調査方法では、ひび割れに近接することが前提となるが、大半のコンクリート構造物は高所のひび割れ計測に仮設足場の設置や高所作業車の利用が不可欠となる。このため、近接の難しさから調査が十分ではない、もしくは、実施できないケースもある。また、調査員や通行人等の安全性の面での課題もある。KUMONOS の場合では、離れたところから調査ができるため、立地状況や構造、危険度等の事由から近接できず点検できなかったひび割れの計測を可能とし、重大な損傷の見落としを未然に防止できる。

例えば、図 2-7 のような斜張橋を従来の目視とスケッチで点検する場合、橋の桁下(裏)には通常、高所作業車のバケットをワイヤーケーブルの間に入り込ませて近づく。ケーブルの間隔が狭いと近接することができず、また川が流れているため

仮設足場を設置するには多大な手間と費用がかかる。しかしながら、KUMONOS では高所作業車や足場を用いずに対岸から計測することができる。また、図 2-8 のような高架橋を計測する場合、従来方法であれば交通規制を行って高所作業車もしくは仮設足場を用いて計測するが、KUMONOS の場合には歩道上から計測を行うことができるため、渋滞等周辺交通への影響を最小限に抑えることが可能となる。



<図 2-7>斜張橋



<図 2-8>高架橋

#### 4) KUMONOS 導入によるコスト及び工数面の削減効果

KUMONOS を使用することにより、従来方法と比較して工数や費用の大幅な削減が可能となる。例えば、調査面積が 4,000 m<sup>2</sup>ある橋梁計測においては、従来方法における高所作業車のレンタル費や交通誘導員の労務費が不要となり、現地計測にかかる費用が約 35%削減 (1,746,600 円→1,136,300 円) された。工数面では約 28%削減 (28 日→20 日) され、特に計測後の図面作成の工数が半分に短縮 (14 人日→7 人日) された。従来方法では、スケッチ図面をスキャナで読み取り、CAD 上で清書して図面を作成するが、KUMONOS の専用ソフトウェアを使うことにより、計測データが自動的に結線・描画され、瞬時に図面が作成される。番号付けや長さ記入等の編集作業は必要となるものの、従来方法と比較すると所要時間は格段に短くなる。

また、従来方法では、高所作業車の他に仮設足場を設置することも多いが、仮設足場を組む場合、1 m<sup>2</sup>あたりのコストは約 1,300 円 (通常 1 ヶ月単位での契約) である。KUMONOS を用いると、仮設足場は不要となりコスト削減につながる。さらに、離れたところから計測でき、機器の設置に要する面積も小さいことから、交通規制が不要となる場合が多く、とりわけ本調査の対象であるタイ国のバンコク都内のように慢性的な渋滞が発生している地域で力を発揮する。

### (3) その他の調査方法との比較

KUMONOS の他に、離れたところからひび割れを調査する方法としてデジタル写真画像によりひび割れを抽出する方法もあり、近年採用されることが多くなっている。短時間で広範囲のひび割れデータを取得できるというメリットがある反面、ピントを合わせるのが難しい上、ピントが合ったとしてもピクセルの色差からひび割れを検出して幅を読み取ることや壁面の汚れ・影とひび割れを識別することは容易ではない。また、何枚もの写真を合成する上で歪みも生じるため、計測精度を確保することが困難とされている。写真だけではひび割れの位置を座標化することもできないため、実際には位置座標を残すことができる測量機器（KUMONOS 本体と同様の TS）を併用するケースも多い。さらに、高画質の画像データを大量に扱うことから、高スペックの PC が必要となる上に、データの処理に時間がかかり、結果的に非効率となることから、正確性・効率性の面で KUMONOS が優位性を有していると言える。

### (4) 3D レーザースキャナ

KUMONOS では、ひび割れ以外にも構造物自体の形状を計測することができるが、計測した点を直線でつないで図面を作成することから、直線だけで表現できない複雑な形状の場合には、3D レーザースキャナを併用する。

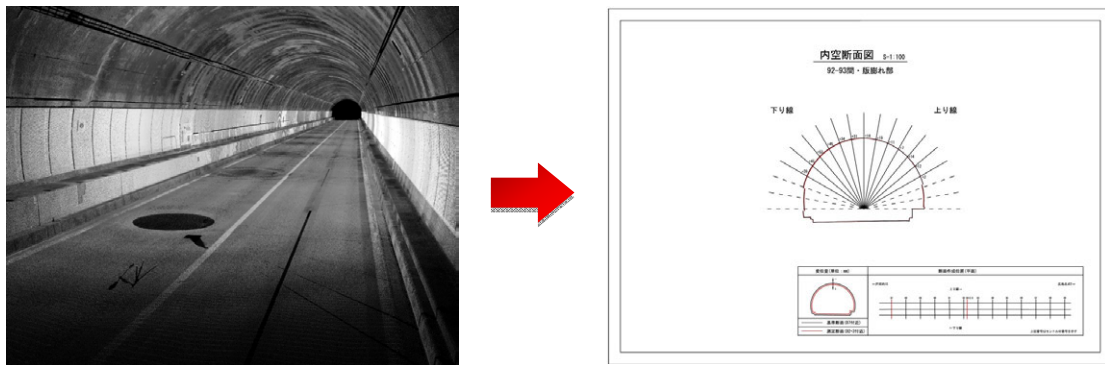
3D レーザースキャナは、周囲の形状を瞬時に大量の点（点群）として取得する計測機器である（図 2-9）。取得した各点は 3D 座標を持っており、正確且つ詳細な形状、位置、寸法を取得できるため、図 2-10 のように KUMONOS では作成できない断面図をはじめとする各種図面の作成に用いられる。点群データを基に作成した図面は、維持管理に必要な初期データとして活用することが可能であり、特に設計図面が残っていない構造物に適用するメリットは大きい。また、断面図を用いて補修計画を策定したり、計測データを基にひずみや変形等の経時的な変化を把握し、構造物の健全度を分析することもでき、初期データとしての用途のみでなく、構造物の維持管理の上でも重要な役割を担う。

近年、日本やアメリカ等の先進国においては、BIM（Building Information Modeling）や CIM（Construction Information Modeling）といった、構造物の設計から施工、維持管理までを 3D モデルによって行う流れが広がりつつあり、3D レーザースキャナの需要が年々拡大している。



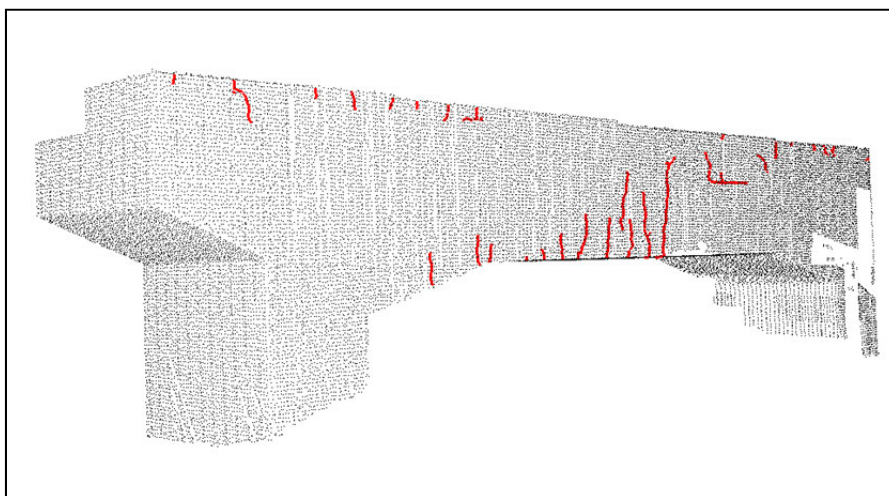


<図 2-9>3D レーザースキャナ（FARO 社製）と計測データサンプル



<図 2-10>点群データからの図面作成

図 2-11 のように KUMONOS の計測データを 3D レーザースキャナで取得した点群データと合成することも可能である。構造物自体の詳細な形状が分かれば、ひび割れやその他の損傷の位置が把握しやすくなる。また、KUMONOS や 3D レーザースキャナの計測データを各種図面や設備情報、写真等とともに一元管理することで設計値との比較や変位等、維持管理に必要なデータの包括的な 3D 維持管理を行うこともできる。



<図 2-11>KUMONOS 計測データと点群データの合成例

### 2-1-3. 国内外の実績

離れたところから構造物のひび割れの形状・幅を計測し、位置座標から図面を自動作成する技術は KUMONOS のみである。日本国内において KUMONOS は、2006 年 10 月の販売開始以来、約 140 台の販売実績を有し、計測業務についても関西工事測量だけでも官民合わせて 1,000 件以上の現場実績がある。KUMONOS と併用する 3D レーザースキャナについても、発売前（約 14 年前）から機器メーカーの開発に協力した他、測量会社として初めて導入し、約 500 件の業務の中で高精度な計測・解析を行う手法・ノウハウを確立している。また、関西工事測量は代理店として販売業務も行っており、計測技術の国内での普及・進歩・改善を図ることを目的としたユーザー会を設立した。これまでに 27 社に対して技術トレーニングを実施し、指導経験も豊富である。

また、2011 年に KUMONOS を用いた建築物の外壁診断システムが経済産業省及び国土交通省より新連携事業計画に認定され、福岡市の特記仕様書には建築物の外壁診断方法として指定されている。さらに KUMONOS は、国土交通省が運営する新技術情報提供システム（NETIS）において準推奨技術として選定された他、多くの賞を受賞し、技術の優位性は広く認知され、特許も国内外で保有している。

#### 【KUMONOS の主な受賞歴】

- ・2007 年 第 19 回中小企業優秀新技術・新製品賞 「優良賞」
- ・2008 年 土木学会 「技術開発賞」
- ・2009 年 国土技術研究センター 国土技術開発賞 「入賞」
- ・2010 年 文部科学省 文部科学大臣表彰 「科学技術賞（開発部門）」
- ・2013 年 第 5 回ものづくり日本大賞 「優秀賞」  
(KUMONOS 開発者が受賞)

#### 【KUMONOS の主な特許】

- ・特許第 3867011 号 トンネル現況展開図及びその作成方法
- ・特許第 3996946 号 光学装置、及び光学装置を用いて物体の寸法を測定する方法
- ・US7667823B2 “OPTICAL DEVICE, AND METHOD OF MEASURING THE DIMENSION OF OBJECT USING OPTICAL DEVICE”

その他、ヨーロッパ（スイス・ドイツ・フランス・スウェーデン）、中国、韓国でも特許を取得済みである。

また、海外における KUMONOS の販売実績は 2013 年 12 月末現在、3 台であるが、ロシアや韓国等、複数の国から引き合いがある。アメリカ・台湾の大学への寄贈、国際学会での論文発表、各国の展示会出展を通して高い関心を得ており、2013 年 3 月に開催したマレーシアの展示会では、出展ブースに 3 日間で約 500 名が来場し、収集したアンケートでは約 8 割が「KUMONOS を使用してみたい」と回答し、特に「近付けない場所のひび割れを安全に計測できる」、「位置座標を含むデジタルデータが記録できる」という点が評価された。計測業務に関しても、アメリカの民間企業から依頼を受けてディズニースタジアムのモノレールの橋脚の一部を計測予定であり、今後他国でも業務を実施する可能性が高い。

## 2-2. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

関西工事測量は、日本国内における維持管理ニーズの高まりを背景に、2002年度より“造る測量から守る測量へ”というスローガンを掲げ、事業の中心となっていた工事測量に加え、既存構造物を対象とする維持管理を目的とした調査事業を展開してきた。創業当初から測量技術向上に向けた技術開発にも精力的に取り組んでおり、その中でも2006年に発表したKUMONOSは、国内で広く認知・評価され、販売事業・計測事業の双方で着実に実績を積み重ねてきた。ただし、今後の国内市場においては維持管理対象の増加に伴う計測事業の拡大は見込めても、KUMONOSの販売先は同時に計測事業における競合先にもなる。そこで、技術力強化により他社とのさらなる差別化を図るとともに、自社の持続的成長のために、市場規模が国内と比べて遥かに大きい海外市場へ目を向けた。

海外展開においては、KUMONOSの販売事業を軸とし、各国の状況に応じて3Dレーザースキャナとの併用等の活用例や管理・利活用まで含めた総合的なノウハウの紹介、ニーズに即した技術指導サービスの提案により、KUMONOSが継続的に活用される仕組みの構築を目指す。

これまでの準備状況としては、国際展示会・学会にてKUMONOSを紹介する中で、海外でのひび割れ調査もクラックスケールと手書きスケッチによるものであり、KUMONOSに対して潜在的なニーズがあることを確認している。特に、2012年10月に出展した世界最大の測量展INTERGEOでは、50カ国を超える国・地域の約600名の来場者から「是非使用してみたい」という声が多数挙がり、スウェーデン民間企業への販売やロシア民間企業との具体的な商談につながった。また、マレーシアを対象とした昨年度のODA案件化調査や中小企業基盤整備機構の支援で実施したロシア及び周辺諸国のF/S調査でも、KUMONOSの適合可能性が高いことを確認しており、現地政府・行政機関及び民間企業と将来的な導入に向けた具体的な協議を進めてきた。

## 2-3. 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

### 2-3-1. 日本国内の KUMONOS ユーザー企業との連携

海外で KUMONOS を継続的に活用してもらうためには、現地計測技術者の育成が必須であることから、現地で技術者を養成する仕組み作りを行っていく。その初期段階では、日本から計測技術者を派遣して技術指導を行うこととなるが、国内の計測業務もあることから、海外向けの技術指導を関西工事測量の社員のみで行うことは不可能である。そこで、国内における KUMONOS 計測業務の経験が豊富な計測企業（KUMONOS ユーザー企業）に技術指導サポート業務を委託し、関西工事測量で講習を積んだ当該企業社員（KUMONOS 技術者検定合格者を想定）を、関西工事測量社員とともに現地に派遣することを検討している。当該企業にとっては、海外業務の実績を積むことができるとともに、現地の測量業務の現状把握や現地関係者との人脈形成も可能となり、自社製品・技術の将来的な海外展開の足掛かりとなる。

### 2-3-2. 地域内企業・自治体との連携

関西工事測量が海外で事業を展開すると、対象国の現状に関する情報や中小企業の新規海外展開に必要なノウハウが蓄積される。それらを地域内の中小企業・自治体と共有することにより、地域内企業の円滑な海外進出の後押しが可能となる。また、展開していく過程で築いた現地の政府関係者や民間有力企業等との人脈を活かして地域内企業の優れた技術・製品を紹介することにより、将来的なビジネスマッチングによる新たな需要の創出も期待できる。

関西工事測量本社の所在地である箕面市の倉田市長や箕面商工会議所からも本調査開始前に、本調査のみならずその後の事業に対して協力意思がある旨のお言葉を頂いており、本調査の進捗報告や今後の連携に関する協議を定期的に行っている。今後は、セミナー等による本調査の成果報告・共有を行っていきたいと考えている。

### 2-3-3. 大学との連携

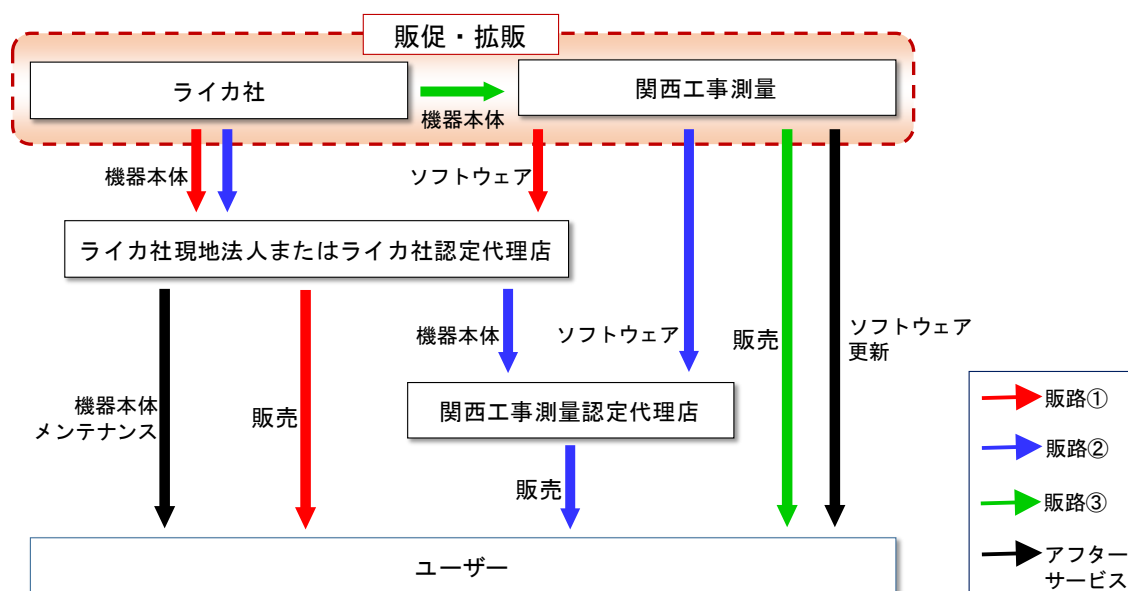
関西工事測量は、予てより大阪大学や立命館大学と共同研究に取り組んでいる。事業展開の過程において現地のニーズに即した改良・開発が発生した場合には、協力要請を行うことになるため、さらに連携が深まるとともに、事業が軌道に乗り資金面に余裕が出れば新製品・新技術の共同開発・研究に取り組むことも考えられる。

また、KUMONOS の普及事業においては、専門家として現地大学等の関係者にも参画してもらうことを想定している。KUMONOS の計測データを基にした劣化予測システムの構築に際して、現地大学と関西の大学が共同で研究することを通して、二国間連携による研究者間のネットワーク強化や研究能力向上が期待できる。

## 2-4. 想定する事業の仕組み

現時点で海外事業を優先的に進めていこうとしている対象国は、ASEAN 加盟国及び BRICS である。当該地域では建設ラッシュを背景とし、TS をはじめとする測量機器の売上高が高い。KUMONOS はひび割れ計測専用ではなく、TS の通常機能も兼ね備えていることから、既に TS を大量に有している地域よりも、新規購入の機会が多い当該地域の方が KUMONOS 購入につながりやすいと見込んでいる。また、当該地域の都市部では建設ラッシュにある程度目処が立っており、維持管理目的でのニーズも期待できることから、KUMONOS 購入や計測業務実施の後押しになると考えられる。

KUMONOS の販売方法については、現時点では Leica Geosystems (以下、ライカ社) の日本法人でクラックゲージ及び専用プログラムを搭載したもの(機器本体)を解析ソフトウェアとともに関西工事測量から輸出している。しかし、各国にライカ社の現地法人または同等の権利を有するライカ社認定代理店があることから、当該現地法人に機器本体を集約し、当該現地法人から直接販売する(販路①)、もしくは関西工事測量認定代理店を通して販売する(販路②)ことが望ましいと考えており、本件に関してライカ社のスイス本社と2013年度内に契約を締結する予定である。但し、地域によっては契約締結後も関西工事測量から直接販売する(販路③)こともあり得る。契約締結後は、ライカ社のカタログやウェブサイト等の広告媒体に KUMONOS が TS のオプションとして掲載され、関西工事測量とライカ社双方が協力して KUMONOS を拡販していく。販売後のメンテナンスに関しては、販売元に関係なく機器本体の修理や部品交換等をライカ社の現地法人が、解析ソフトウェアの更新を関西工事測量が担う。



<図 2-12>海外における KUMONOS 販売事業の仕組み

販売価格は、製品価格の 450 万円をベースとして、対象国への輸送費(含む保険)、関税、現地消費税等を考慮して決定する。また、レンタル需要も見込まれることから、日本国内で KUMONOS のレンタルサービスを提供している西尾レントオール株式会社の現地法人

(タイ・マレーシア・シンガポール・ベトナム)を、東南アジア地域におけるレンタルサービスを含めた販売代理店とする方向で協議を進めている。

また、想定売上規模に関しては、KUMONOS がひび割れ計測もできるという付加価値のついた TS であることから、従来の TS の市場規模を基に想定市場規模を算出する。2011 年度の TS の販売台数は、日本国内で約 3,000 台、世界全体で約 100,000 台であり、海外市場は国内市場の約 30 倍の規模である。TS の販売台数における KUMONOS の販売台数の割合が日本と海外で同一であると仮定し、本格的な海外販売開始の来年度からの 7 年間で達成率 30% (年間平均 200 台) を目標とする。初年度は販売に向けた交渉が行われることが予想されるが、海外での計測実績が十分に蓄積されていないため、年間 50 台を販売目標とする。

## 2-5. 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

### 2-5-1. 現地パートナーの確保状況及び見通し

販売事業については、ASEAN 加盟国では、日本国内で KUMONOS のレンタル業務を担当している西尾レントオールの現地法人（タイ・マレーシア・シンガポール・ベトナム）を、BRICS ではライカ社の現地法人や代理店を販売面でのパートナーとする想定である。また、現地教育機関（大学専門家等）とも連携して政府機関への PR 活動を進めていく。

本調査の対象国であるタイ国では、外国企業と協働する中で現地大手ゼネコンの技術力強化が進み、間接経費の高さや為替リスク等により価格競争力に劣る日系企業の現地法人がインフラ構造物の新規建設分野に参入することが非常に難しいという現状がある。このような状況下で、日系企業の現地法人はタイ人がノウハウを有していない維持管理分野への事業展開を企図していることが現地調査で確認された。また、政府機関では維持管理の必要性を認識し始めているものの、タイ国の最大手ゼネコンであるイタリアンタイが維持管理分野に全く関心を抱いていなかったという点からも、現時点で競合先がないことは明らかであり、維持管理分野の市場開拓のチャンスがあると見込まれる。以上を踏まえ、オリエンタルコンサルタンツ、タイ西松建設、西尾レントオールタイランドを現地パートナーとして維持管理分野で事業を展開していく。将来的には、計測・分析・補修設計・補修工事という一連のサービスを提供できる合弁会社の設立を目指す。

KUMONOS の計測技術者の確保及び養成についても現地パートナーと協同して行う。本調査の中で、タイ国では徹底した分業体制が敷かれているため、一つのことを集中して行うことが得意であることを確認しており、ひび割れを一本ずつ地道に計測する KUMONOS の担い手としての適性がある。当該合弁会社の対象業務については、タイ国内の KUMONOS 計測に関する業務を想定しているが、いずれはタイ国以外の国・地域での計測業務に対しても、当該合弁会社から技術者を派遣できる仕組みとしたい。加えて同国では、KUMONOS と併せて 3D レーザースキャナを提案していることから、将来的には 3D レーザースキャナの計測技術者も育成して業務範囲を拡大する。

さらに、技術者育成については民間ベースに加え、KUMONOS の操作・データ編集方法に関する内容を高等専門学校のカリキュラムに追加することも検討している。本件に関しては、教育省の職業教育の担当部署（Vocational Education Commission）訪問時に前向きな回答を得ており、計 7 年間のカリキュラム内にどう組み込めるかという協議を進めた。

尚、本調査で訪問した政府機関のうち、MRTA に関しては管理構造物が比較的新しく、ひび割れも殆どないことから、ODA 案件のカウンターパートとするのは難しいことを伝えしたが、MRTA からは、いずれ必要になる技術なので将来的には是非導入したいという前向きな意見が出た。デモンストレーション計測実施により具体的なイメージが共有できており、将来ビジネスにつながる可能性が高いため、引き続き関係を維持していきたい。

鉄道分野では、スカイトレイン（BTS）を管理している民間企業である BTSC とも協議をしており、1km あたりの計測コストの見積り依頼を受ける等、機器購入よりも計測業務が求められている印象を受けた。一部の道路を管理する民間企業である BECL や建設コンサルタント企業である AEC も技術に対する関心が非常に高く、ODA のみならずビジネス連携についても十分可能性がある。

## 2-5-2. 普及・販売等に関する具体的なスケジュール、課題等

### (1) スケジュール

海外事業展開の方針として、新規で進出を目指す国・地域への普及・販売においては段階的な展開を想定しており、現地市場や適合性の調査をした上で地域戦略を策定し、本格的な販売に動き出す。まず、KUMONOS の認知度向上・早期からの維持管理の重要性の啓発を目的としたセミナー活動、現地の技術・市場調査によるニーズの見極めを行う。特に、構造物の管理組織に対して採用実績を作り、トップダウンで広めることが対象国内の販路構築への近道となる。その後、販売面の現地パートナーとの各種取り決め、現地政府機関との KUMONOS の利用促進に向けた協議を行う。但し、有力民間企業等、自国の建設業界における影響力が大きいパートナーと連携できる国・地域については、必ずしも政府機関からのトップダウンに拘らず、民間ベースで実績を積み重ねることにより、普及させることを目指す。

また、より客観的な評価や構造物維持管理の方針策定（予算規模に応じた補修・改修に関する意思決定等）を見越した KUMONOS の応用的な活用方法、汎用的な仕組みの構築等についても、大学をはじめとする研究機関に参画してもらい検討を行っていく。但し、それらの開始には KUMONOS の計測結果の蓄積が必須となってくることから、啓発活動や試行実証が十分行われてから始めることが望ましいと考えられる。

本調査の対象国のタイ国においても上記方針に則り事業展開を行う。タイ国における普及・販売等に係るスケジュールとしては、以下を想定している。昨年度の ODA 案件化調査では調査終了後、ODA 案件開始前にも現地での展示会への出展や複数社からの見積り依頼等、KUMONOS の普及につながる動きがあった。よって、タイ国でも ODA 案件の開始に先行して現地体制を整え、ODA 案件と並行して民間ベースでの展開も推進していく。

#### 【短期計画（1～2年）】

- ・パイロット計測に向けた DOH との詳細協議、計測対象橋梁及び計測者選定、技術指導カリキュラム策定等
- ・DOH 管理橋梁を対象としたパイロット計測実施及び現地専門家を交えた有用性・現地適合性評価
- ・予防保全型維持管理の必要性を啓発するセミナーの実施
- ・タイにおける KUMONOS 販売方針策定、販売目標台数設定、販売先のリストアップ
- ・現地パートナー（タイ西松建設、オリエンタルコンサルタンツ、西尾レントオールタイランド）との事業詳細計画策定
- ・DOH 以外の構造物管理組織及び維持管理業務を担う民間企業への継続的な営業活動  
道路：DRR、EXAT、BECL      鉄道：MRTA、BMCL、BTSC  
建設コンサルタント：AEC

#### 【中長期計画（2～5年）】

- ・現地パートナーとの合弁会社の設立及び計測技術者の確保・養成  
事業概要：計測・分析・補修設計・補修工事という一連のサービスの提供
- ・高等専門学校の指導カリキュラムへの追加に向けた教育省との詳細協議



- ・現地大学機関・日本国内大学機関との KUMONOS 取得データを用いた共同研究の着手  
研究テーマ：マトリクス表による傾向分析、将来の劣化予測・補修時期判断のシステム構築
- ・DOH の橋梁維持管理能力強化を目的とした技術協力プロジェクトの詳細計画・実施
- ・DOH 以外が管理する道路橋梁やその他構造物の計測業務受注
- ・ASEAN 周辺諸国への展開  
マレーシア国・タイ国を拠点とし、マレーシア国は主にシンガポール国、タイ国はベトナム国・インドネシア国・フィリピン国を対象とする。

上記に加え、タイ国及び周辺諸国での更なる販路拡大に向け、製品・技術を短期間に多くの人々に周知できる国際展示会への出展や国際学会での論文発表を通じたプロモーションを継続的に実施していく。展示会ではライカ社ブースでの KUMONOS 紹介等、関西工事測量とライカ社双方が協力して KUMONOS 拡販に向けた販売促進活動に取り組む。

また、タイ国に限らず海外における計測業務にも積極的に取り組んでいく。タイ国以外であっても海外での計測実績、とりわけ知名度の高い構造物の計測はタイ国の組織・企業が導入を検討する際のプラス要素となる。直近の海外事業は表 2-3 の通りである。

<表 2-3>2014 年海外事業一覧

実施時期	実施内容
2013 年 12 月 ～2014 年 1 月	ロシア及び周辺諸国の営業活動（ベラルーシ出身社員が各国の関係機関・企業を訪問し、プレゼンテーション及び協議を実施）
2014 年 1 月 12～16 日	ワシントン D.C.で開催される“The Transportation Research Board 93rd Annual Meeting”に出展
2014 年 2 月	シンガポールにて橋梁計測業務を実施
2014 年 3 月	アメリカ ディズニーワールドのモノレール橋脚の一部を対象とした計測業務を実施
2014 年 4 月	マレーシアにて「民間提案型普及・実証事業」を開始（実施予定期間：13 カ月間）
2014 年 5 月	KUMONOS ソフトウェアの対応言語の追加完了（中国語・ポルトガル語・ロシア語）
2014 年 6 月 16～21 日	クアラルンプールで開催される“The XXV FIG International Congress in Malaysia”に出展
2014 年 6 月 23～25 日	フロリダで開催される”International Conference on Computing in Civil and Building Engineering 2014”にて論文発表
2014 年 10 月 7～9 日	ベルリンで開催される”INTERGEO 2014”に出展

## （２） 課題

本調査やこれまでの国際展示会、各種調査・営業活動において、タイ国をはじめとする多くの国々で依然としてクラックスケールと手書きスケッチによってひび割れ調査が行われており、しかも調査結果の精度や調査できない箇所があることについて懸念を抱いて

いることを確認している。KUMONOSはこの課題を解決するものであることから、世界の市場に KUMONOS に対する潜在的なニーズがあると言える。しかしながら、海外展開を本格的に進めていくには KUMONOS の有用性を実証するための資金確保が課題となる。中小企業の限られた予算では、その費用を全て自己負担することは難しく、リスクも高い。KUMONOS は機器導入にかかる初期投資が大きいことから、有用性の実証が十分になされていない市場参入初期段階では購入までには至らず、購入された場合でも活用されず広まらないケースが多い。本件については、各種補助金制度や支援制度を活用するとともに、対象地域の開発課題解決に資する可能性があれば ODA の活用についても検討する。

また、現状では KUMONOS を組み込めるのがライカ社製 TS の 1 機種のみと言う点も販売面での課題と言える。対応メーカーや機種が増えれば販売網が拡大し、売り上げの増大が見込める。本件については、ライカ社との交渉において、他機種への搭載について協議をしており、対応機種の追加が実現する見込みである。また、KUMONOS の製造についてライカ社と独占契約をしているわけではないため、今後は他メーカーとの連携も視野に協議を進め、将来的には日本メーカー製の TS を母体とした KUMONOS の販売を実現させ、さらなる販売網の拡大につなげたい。

## 2-6. リスクへの対応

### 2-6-1. 想定していたリスク

事前に想定していたリスクとして、まずは知的財産権の侵害リスクがある。KUMONOSの特許未取得の地域への事業展開では、類似品や模倣品が製造される可能性はゼロではない。特に、本調査の対象国であるタイ国では、模倣品の製造及び販売事例が多く、その対象は服飾品に留まらず工業製品も被害の対象となっている。しかしながら、タイ国ではKUMONOSの母体であるTSを製造していないため、模倣品が製造されるリスクは低いと言える。他国製の模倣品が流通するリスクは存在するが、測量機器の製造販売を行う事業者の主たる拠点地域（日本、アメリカ、ヨーロッパ、中国、韓国）では特許取得済みであり、KUMONOSは発想が単純ながらも極めて高度な技術を使用していることから、知的財産権が侵害されるリスクは高くないと考えている。

次に、計測技術が伴わないまま機器だけが広まった場合、KUMONOSの評判が著しく下がってしまう風評リスクが考えられる。当該リスクに対しては、KUMONOS計測に必要な技術が短期間のトレーニング（日本国内で実施しているKUMONOS技術者検定講習会を想定）で習得可能であることから、トレーニング実施により計測者の技術レベルを確保することで対応する。

法制度の観点からは、外国企業の事業展開の規制有無に留意する必要がある。タイ国では、2000年3月に施行された外国人事業法（Foreign Business Act）により外国企業の事業が制限されている。外国資本額が総資本の50%以上の外国企業は、第1種「特別の理由により外国人が営むことのできない業種」、第2種「国家の安全、または芸術伝統、民芸品、天然資源、環境に影響を与える事業」、第3種「外国人との競争力がまだついていない事業」を営むことが禁止または制限されており、第3種にはKUMONOS事業と関連がある建設業や技術サービス業が含まれている。将来的に現地法人を設立する可能性はあるが、その場合も日系企業タイ法人の資本が51%以上となる合弁会社とし、外国人事業法の制限を受けない形を取りたいと考えている。

タイ国への機器輸入に伴う関税に関しては、KUMONOS（測距儀：HSコード9015.10）の輸入税率は3%、付加価値税は7%であるため、販売価格の大幅な見直しが迫られる程のものではない。KUMONOSの価格決定権は関西工事測量にあることから、関税を考慮した価格を設定する。また、円建てで取引を行うことで為替変動リスクについても対応する。

その他にも、企業の海外進出で一般的に論じられる商習慣の違い、国内優遇政策や各種規制、取引先の経営状況等の信用リスク（不払い等）がリスクとして挙げられるが、現地の事情に精通している現地パートナーと協力しながら、事前の緻密な市場調査を行うことにより対応する。

### 2-6-2. 新たに顕在化したリスク

本調査の対象国であるタイ国の政府機関や大学、民間企業にてヒアリングを行った際、複数回使うものであればレンタルよりは購入してしまうという気質が強いという印象を複数先で受けた。KUMONOSの価格に関しても、想像通りまたはそれよりも安いという反応が圧倒的に多く、周辺諸国に比べると購入に対する壁は低い可能性がある。しかしながら、

実際に購入後の使用状況は芳しくなく、継続的に活用されていない事例が散見され、計測技術を十分に保有していなければ、KUMONOS が活用されず放置されてしまう可能性が高い。DOH では、ライカ社の最新型 3D レーザースキャナを山岳道路の法面形状等を計測することを目的として 2012 年 9 月に約 900 万パーツ（約 2,800 万円）で購入していたが、本調査を実施した 2013 年 11 月時点でも使用実績が一切ないことが判明した。また、組織内での技術継承が行われない場合、担当者の異動・退職等により KUMONOS が使用されなくなるケースも考えられる。KUMONOS を継続的に使用してもらうためには、初回計測時に同行して技術指導を行うサービスを適宜盛り込み、より実践的な計測技術・ノウハウを身に付けてもらう工夫が必要となる。また、機器のメンテナンス方法の引継ぎ（セルフチェック方法・実施頻度等）や活用状況の定期的なモニタリング等のフォローアップも行う必要がある。

上記の他に顕在化したリスクは、現地技術者の英語力である。本調査では当初、英語のみのプレゼンテーション・協議を行ったが、政府機関であってもタイ語の通訳を依頼されることがあった。今後、ソフトウェアの対応言語にタイ語を追加することの要否について現地パートナーと検討を進めていく必要がある。タイ語の追加対応を行う場合、機器内蔵プログラム及び解析ソフトウェアの修正に加え、操作マニュアルや取扱説明書の翻訳が必要になるが、価格転嫁を最小限にするために、補助金等の各種支援制度の活用も検討する。また、組織内の技術伝達はタイ語で行われる可能性が非常に高いため、タイ語と英語の双方が理解できる現地技術者（将来の技術指導者）を育成し、当該技術者を中心に組織内でのノウハウ共有が行われるようにする。