
平成24年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による
「案件化調査」

ファイナル・レポート

【マレーシア国】

マレーシアにおける日本の先端測量計測機器を活用した、社会整備資本等の維持管理能力向上を目的とした ODA 案件化調査事業

平成25年3月

(2013年)

関西工事測量株式会社・アクセンチュア株式会社
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、（受託企業名もしくは受託共同企業体名）が実施した平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による（ニーズ調査／案件化調査／途上国政府への普及事業）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。

また、本報告書では、受託企業によるビジネスに支障を来す可能性があると判断される情報や外国政府等との信頼関係が損なわれる恐れがあると判断される情報については非公開としています。なお、企業情報については原則として2年後に公開予定です。

目次

巻頭写真	3
略語集	5
要旨	6
はじめに（本調査の背景と目的、調査日程・団員について）	11
第1章 マレーシア国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	16
1-1. マレーシア国の政治・経済の概況	16
1-2. 対象分野における開発課題の現状	18
1-3. 対象分野の関連計画、政策及び法制度	29
1-4. 対象分野のODA事業の事例分析及び他ドナーの分析	31
第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	37
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	37
2-2. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	59
2-3. 提案企業の海外進出による地域経済への貢献	64
2-4. 想定する事業の仕組み	66
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	68
2-6. リスクへの対応	71
第3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効果	73
3-1. 提案製品・技術と当該開発課題の整合性	73
3-2. ODA案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果	75
第4章 ODA案件化の具体的提案	77
4-1. ODA案件概要	77
4-2. 具体的な協力内容及び開発効果	79
4-3. 他ODA案件との連携可能性	96
4-4. その他関連情報	99
現地調査資料	101
1. 調査時の写真	101
2. 収集資料リスト	104
3. 参照情報リスト	105
4. 面談記録リスト	106
別添資料	
1. 研究計画書	
2. 収集資料	
3. 面談記録	



巻頭写真



＜図1＞マレーシア地図
(出所：外務省ホームページ)



＜写真1＞MJIIT/UTM でのミーティング、KUMONOS のデモンストレーション



<写真 2>PLUS での KUMONOS デモンストレーション (左)、JKR でのミーティング風景 (右)



<写真 3>MHA イスマイル総裁への KUMONOS デモンストレーション



<写真 4>クアラルンプール市内の MRT (左) と、高架下橋梁 (右)

略語表

#	略語	言語	正式名称	和称
1	ADB	英語	Asian Development Bank	アジア開発銀行
2	BMS	英語	Bridge Management Systems	橋梁点検支援システム
3	HDM-4	英語	Highway Development and Management System	道路開発・管理システム
4	JICA	英語	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
5	JKR	マレー語	Jabatan Kerja Raya (Public Works Department)	マレーシア公共事業局
6	LRT	英語	Light Rail Transit	ライト・レール・トランジット
7	MAB	英語	Malaysia Aiports Holdings Berhad	マレーシア空港株式会社
8	MHA	英語	Malaysia Highway Authority (LLM)	マレーシア高速道路開発局
9	MJIIT	英語	Malaysia-Japan International Institute of Technology	マレーシア日本国際工科院
10	MRR2	英語	Kuala Lumpur Middle Ring Road 2	MRR2環状線
11	MRT	英語	Mass Rapid Transit	マス・ラピッド・トランジット
12	NAM	英語	Non - Aligned Movement	非同盟運動
13	NETIS	英語	New Technology Information System	新技術情報提供システム
14	OIC	英語	Organization of the Islamic Conference	現在イスラム諸国会議機構
15	UPM	マレー語	Universiti Putra Malaysia	マレーシアプトラ大学
16	UTM	マレー語	Universiti Teknologi Malaysia	マレーシア工科大学
17	WB	英語	World Bank	世界銀行

要旨

<案件化調査>

「マレーシアにおける日本の先端測量計測機器を活用した、
社会整備資本等の維持管理能力向上を目的としたODA案件化調査事業」

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：大阪府箕面市船場東丁目1番15号
- サイト・C/P機関：マレーシア(クアラルンプール)、Universiti Teknologi Malaysia (UTM)

マレーシア国の開発課題

- 橋梁数が年々増加する中、先進国で相次いで発生した老朽化による崩落事故を未然に防ぐため、早期段階から精度の高い点検及び劣化予測に基づく予防措置の実施が急務
 - ・ 点検者のスキル・経験に依存した方法からの脱却
 - ・ 点検範囲拡大及び安全性の確保
 - ・ 交通規制が不要または短時間で済む点検手法の確立

中小企業の技術・製品

- 遠隔ひび割れ計測システム「KUMONOS」は、以下の優位性を有しており、構造物の維持管理において、正確性、安全性、効率性を確保する
 - ・ 離れた位置から構造物のひび割れの形状と幅を迅速に且つ正確に計測
 - ・ デジタルデータとして記録するためスケッチ不要
 - ・ 自動描画機能により図面作成の時間を短縮
 - ・ ひび割れの経年変化を定量的に把握可能

企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- KUMONOS計測の実績を作り、KUMONOSに対する認知度・評価を上げ、その有用性を実証する
- KUMONOSの計測データを基に、マレーシア日本の大学研究機関間での劣化予測システム作りを行い、劣化分析の高度化を実現することにより、構造物の維持管理強化に貢献する
- 構造物の正確なひび割れ計測の必要性、重要性について啓発活動を行い、構造物の維持管理強化に貢献する

日本の中小企業のビジネス展開

- KUMONOS及びその価値がマレーシアにおいて広く認知され、構造物の維持管理の現場で活用される(KUMONOSの販売が促進する)足掛かりとする



<第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認>

マレーシアは、安定した政治・経済情勢の下、持続的な成長を遂げてきたアジア地域の発展モデル国の一つであり、「Vision 2020」の下、2020年までの先進国入りに向けた経済政策を実行している。

本調査が対象とする建設分野においては、経済成長に伴う建設ラッシュにより、新規建設費が、建設費全体の大部分を占めているが、近年、維持管理費も増加傾向にある。また、2004年にクアラルンプール市内で発生した橋脚亀裂による事故等を受け、橋梁の安全性に対する危機意識の高まりを背景に、点検ガイドライン策定や情報の一元管理を目的としたデータベースの導入等が行われてきており、維持管理の仕組みは整いつつある。しかしながら、マレーシアのように築年数の浅い橋梁が大多数を占める中進国では、コンクリートの老朽化に対する問題意識が依然として低いのが現状である。

アメリカや日本、ヨーロッパといった先進国では、構造物の築造後に予防措置を十分に行なってこなかったことで、1980年代以降、老朽化を起因とした崩落事故、損傷等の事故が相次いで発生してきた。また、建設ラッシュ時に建設された橋梁が一斉に老朽化したこ

とで予算が逼迫し、十分な対応ができていない現状がある。

マレーシアでは、まさに高度経済成長期の日本と同様、橋梁数が飛躍的に増加しているが、それらはいずれ老朽化し、先進国と同様の問題が起こる可能性がある。老朽化して大惨事が起こってから慌てて点検しても遅いことは先例から明白であり、先進国が歩んできた道を辿ることを避けるためにも、早期段階から精度の高い点検及び劣化予測により予防措置を講じる維持管理が急務である。

<第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し>

本調査にて提案する「KUMONOS」は、離れた場所から構造物のひび割れの形状と幅を計測し、計測して得た座標データをもとに自動的に図面作成を行うことができる遠隔ひび割れ計測システムである。

構造物の劣化原因は様々であるが、共通して現れるのはひび割れである。ひび割れは調査しやすい項目でありながら、その形状や方向により、異常箇所・原因の特定ができる。また、ひび割れの成長を経過観察することにより、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。故に、ひび割れは最も重要な劣化兆候の一つであり、定期的なひび割れ点検が構造物の維持管理において果たす役割は極めて大きい。

従来のひび割れ点検は、近接目視による調査を行い、スケッチで成果を残す方法が主流であったが、足場をかけての点検作業には、調査員や通行人等の安全確保に懸念がある上、設置に要する費用も少なくない。また、場所によっては近付くことができず、点検ができないケースもある。さらに、スケッチは調査員による個人差が出やすく、必ずしも正確とは言えない。点検する調査員が毎年変わると、過去データとの比較も難しくなる。

KUMONOS は、従来のひび割れ点検が有する課題を解決できる唯一の技術である。KUMONOS によるひび割れ点検では、計測精度の向上、計測可能範囲の拡大及び安全性の確保、コスト及び工数の削減を実現するとともに、ひび割れの成長や劣化面積の拡大等の経年変化を定量的に分析することが可能となる。すなわち、点検時点の劣化状況を正確に把握できるだけでなく、劣化の推移及びその傾向の分析により、将来の劣化予測までもが可能となる。将来の劣化予測を行うことにより、補修・改修の適切なタイミングを見極め、危険度に応じた優先順位付けができ、補修・改修の意思決定・予算配分がより客観的に行われることとなる。

日本において、KUMONOS は、国土交通省が運営する新技術情報提供システム（NETIS）に登録され、準推奨技術として選定されている。これにより、公共工事等の調達において、KUMONOS を採用した技術提案を行うと技術評価点の向上に繋がることがあり、また、KUMONOS を活用した施工を行った場合、工事が完成した段階で発注者により採点される工事成績評定点が加点対象となる。国内におけるこれまでの KUMONOS の使用実績は、官民あわせて 1,000

件以上になる。

関西工事測量は、構造物が飛躍的に増加し、維持管理の必要性が高まるマレーシアのような中進国において、KUMONOS の展開可能性は十分にあると考える。また、KUMONOS を使った維持管理は他国にも適用できる手法であり、マレーシアがいち早く導入してモデル国になることは、2020 年までの先進国入りを目指すマレーシアにとって意義深いものと考えている。

<第3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効果>

マレーシアが、日本やアメリカ合衆国といった先進国の教訓から学び、同じ失敗を繰り返さないためには、『精度の高い点検および劣化予測により予防措置を講じること』が重要であり、KUMONOS は以下の点から、貢献できると考えている。

- 本調査において、マレーシアの構造物のひび割れ点検では、目視・スケッチによる従来の方法が適用されていることが確認されている。従来の方法では、調査員による誤差が発生しやすく、正確な計測の確保は難しい。一方で、KUMONOS を用いることで、従来の方法に対して、約 10 倍の高精度が得られることが確認されており、高精度な計測を可能とする。
- マレーシアにおける構造物のひび割れ点検では、物理的に近づくことができない場所や危険度が高くて近づくことができない場所については、十分な点検が実施されていないことが本調査において確認されている。KUMONOS は、離れたところから点検ができるため、KUMONOS の活用により、これまで点検できなかった範囲の計測が可能となる。
- マレーシアにおける構造物のひび割れ点検は、目視・スケッチによる従来の方法を取っており、正確なひび割れの劣化把握に懸念がある状況である。KUMONOS を用いた計測では、ひび割れ位置を正確な位置座標で管理できるため、従来方法では困難であった、ひび割れの成長や劣化面積の拡大等の経年変化分析が可能となる。このことによって、ひび割れの成長スピードの定量的な分析を行い、最適な補修計画を策定することが可能となる。
- また、ひび割れの幅・長さや他の劣化箇所の面積等を定量的に且つ正確に把握できることにより、危険度を正確に見極め、補修・改修の意思決定を従来方法に比べてより客観的に行うことに繋がる。

このように、KUMONOS の技術を通して、マレーシアが、日本やアメリカ合衆国といった先進国の教訓から学び、同じ失敗を繰り返さないための提案を行うことが、先例である日本が果たすべき役割であると考えている。

一方で、マレーシアにおいては KUMONOS の計測実績がないことから、KUMONOS が実際に導入され、正確に活用されるためには、以下の課題が存在すると考えている。

- 構造物の維持管理の発注元となる組織体（政府機関、民間企業）による KUMONOS に対する認知、評価の必要性
- 機材のみならず、技術・ノウハウの移転を十分に行う必要性

関西工事測量の事業規模・要員数や海外における実績を考慮すると、上記課題への独自による取組み、投資も難しいのが現状であり、ODA 案件化がもたらす効果として以下を想定している。

- ✓ ODA 事業は、日本とマレーシアの政府間レベルの事業であることから、B to B に比べて、KUMONOS の技術の裨益先をより拡大することが可能となる
- ✓ 構造物の計測業務の発注元（政府機関）への働きかけを円滑に行うことが可能となる
- ✓ 機材の受け渡しのみならず、関西工事測量が有するノウハウ・経験をマレーシアに移転し、KUMONOS が実際の現場で正確に活用されることを、継続的に支援できるようにする
- ✓ KUMONOS のような日本独自、且つ、海外でも効果を発現し得る技術の海外展開が、それを有する中小企業の事業規模やリソース等により足踏みされているケースにおいて、ODA 案件化により、その適用性、有益性が実証され、相手国の経済発展に貢献することで、関西工事測量のみならず、関西の中小企業や、ひいては日本の技術力を海外に発信するきっかけとなり得る

<第4章 ODA 案件化の具体的提案>

KUMONOS を通して、マレーシアにおける構造物の維持管理の強化に貢献することを目的に、ODA 案件による以下の協力を提案する。

① KUMONOS を用いた構造物のひび割れ計測（パイロット）

マレーシアのカウンターパートを中心に、KUMONOS を使って構造物のひび割れ計測を行う。マレーシアの構造物の特性（環境、形状、立地条件、維持管理の手法、人材等）に対しても KUMONOS が適用可能であり、且つ、効果発現が行われることを実証する。また、併せて、ひび割れ計測に係るノウハウ・技術の移転を図る。

② KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築

KUMONOS を用いた計測から得られるひび割れ劣化の定量データを基に、構造物の劣化予測システム（プロトタイプ）を構築する。

特定の構造物を対象にするのではなく、より汎用性の高いシステムの実現を目指して、より多くの、かつ、環境条件、形態、築年数等の観点から、より多様なサンプルが望まれることから、日本-マレーシアの大学研究機関間での共同研究の形を取る。

③ 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、および、KUMONOS が果たし得る役割についての啓発活動

構造物の維持管理における正確な劣化把握・予測の必要性や重要性及び KUMONOS がそこで果たせる役割について、政府関係者や関連する民間企業、大学研究機関に対して啓発活動（セミナー等）を行う。

尚、上記協力内容の ODA 案件化にあたっては、期間や規模に応じて、以下の 2 つのパターンを想定している。

<オプション A> 「①KUMONOS を用いた構造物のひび割れ計測（パイロット）」＋「③啓発活動」

- ✓ KUMONOS が、マレーシアの構造物の計測の正確性、効率性の向上に寄与することを実証
- ✓ 概算予算規模として 1.1 億円（1 年間）を想定
- ✓ 既存の ODA スキームではなく、中小企業の製品・技術の普及事業のための新スキームの適用を想定

<オプション B> 「①KUMONOS を用いた構造物のひび割れ計測（パイロット）」＋「②KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築」＋「③啓発活動」

- ✓ 上記 A に加えて、KUMONOS の計測結果から、より汎用性の高い劣化予測の実現に貢献することで、KUMONOS の計測データの具体的活用の道筋が示される
- ✓ 概算予算規模として 2.2 億円（3 年間）を想定
- ✓ 既存の ODA スキームではなく、中小企業の製品・技術の普及事業のための新スキームの適用、または、「②KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築」について①や③から切り離し、草の根技術協力を適用、または、全て技術協力プロジェクトを適用する案を想定。予算規模や期間に応じて選定する。

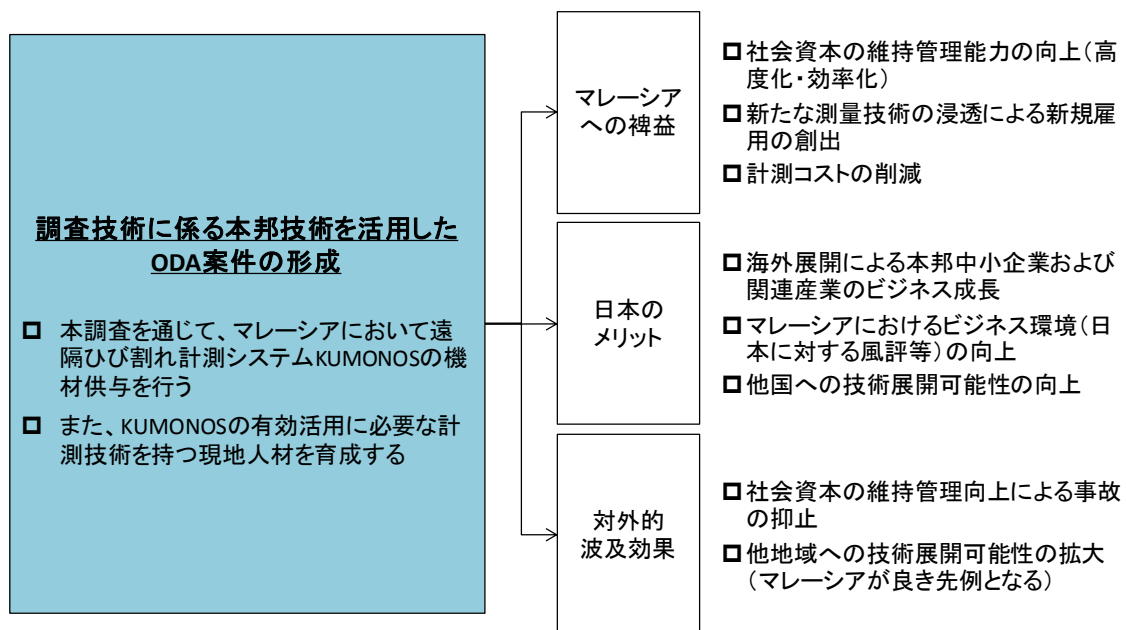
また、KUMONOS の技術は、構造物を有し、維持管理の土壌がある国であればいずれの国でも適用可能な技術であり、本案件が、マレーシアや、ひいては、今後、中進国の仲間入りをする他国においても展開できる技術であると考えている。

はじめに～調査概要～

□ 本調査の背景と目的

本調査は、これまでに大規模なインフラ建設を行ってきたマレーシア国の「維持管理」に、“KUMONOS”（本調査が提案するひび割れ点検システム）を活用することで、その強化を図るための ODA 案件の形成を目的としている。

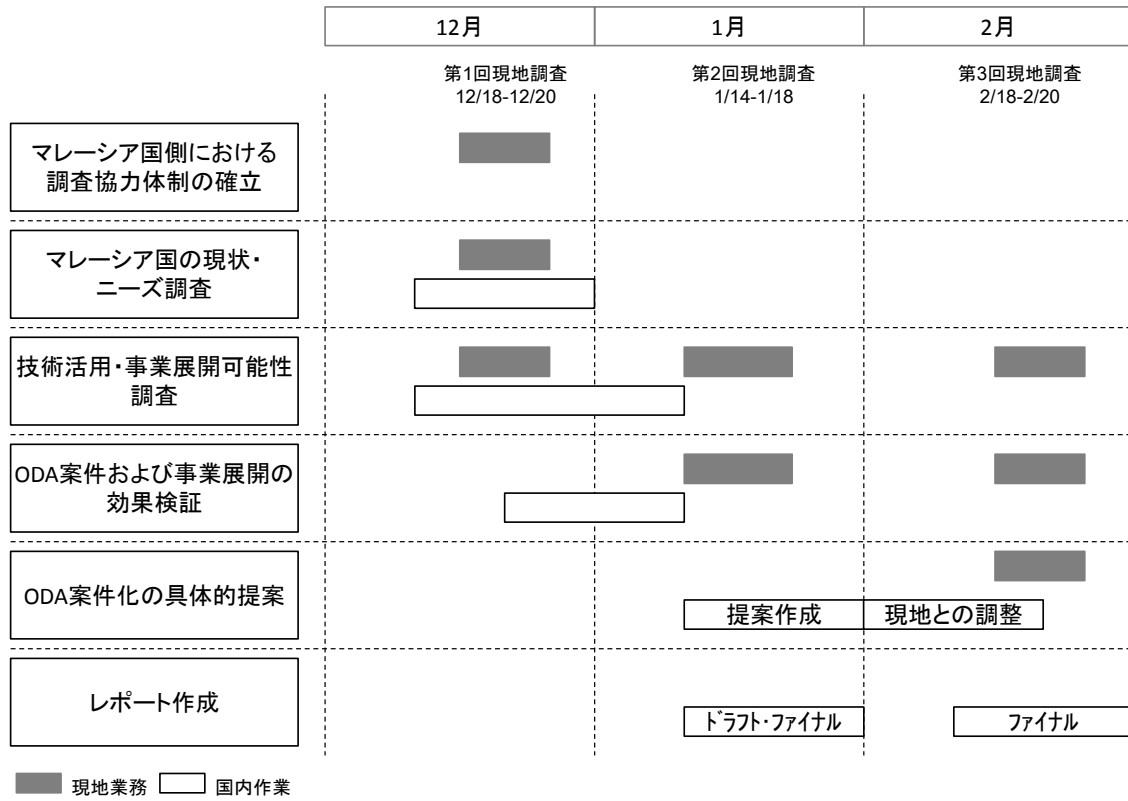
また、ODA 案件によりマレーシア・日本・世界のそれぞれにメリットを創出することも重要な目的である。



<図 1>本調査の背景と目的

□ 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

尚、現地調査での訪問日程表は表1の通りである。

<表1> 訪問日程表

調査回	日時	訪問先	出席者
第一回	12月18日(火)	・ JICAマレーシア事務所	・ 佐藤所長 ・ 芳沢氏
	12月18日(火)	・ 日本道路マレーシア(株)	・ 岡田社長
	12月19日(水)	・ 鹿島建設(株) マレーシア事務所	・ 岩崎ジェネラルマネジャー ・ 吉田マネージャー
	12月19日(水)	・ MJIT	・ 寺門氏 (JICA専門家)
	12月19日(水)	・ 西松建設(株) マレーシア事務所	・ 仲野副所長 ・ 大場顧問
	12月20日(木)	・ MJIT ・ UTM、Razak School	・ Dr. Shahrum Shah b. Abdullah, Deputy Dean ・ Prof. Dr. Takashi Yamamoto, Deputy Dean 他
	12月20日(木)	・ IIUM	・ Prof. Emeritus Dato' Wira It. Dr. Md Noor. Bin Salleh, Dean ・ Assoc Prof. Ir. Dr. Maisarah Ali
第二回	1月14日(月)	・ MJIT ・ UTM Razak School	・ Prof. Ir. Megat Johari Bin Megat Mohd Noor, Dean ・ Razak Schoolの教授/研究者 他
	1月14日(月)	・ PLUS	・ Ms. Asmaniza Asanan, Senior Manager (Maintenance Monitoring Department) ・ Mr. Mohamad Yazid Mohd Yunus, Head of Company, CSL
	1月15日(火)	・ UTM、Razak School	・ Dr. Roslina Mohammad ・ Dr. Mohd Khairi
	1月15日(火)	・ MHA	・ Mr. Datuk Ismail Md Salleh, Director-General

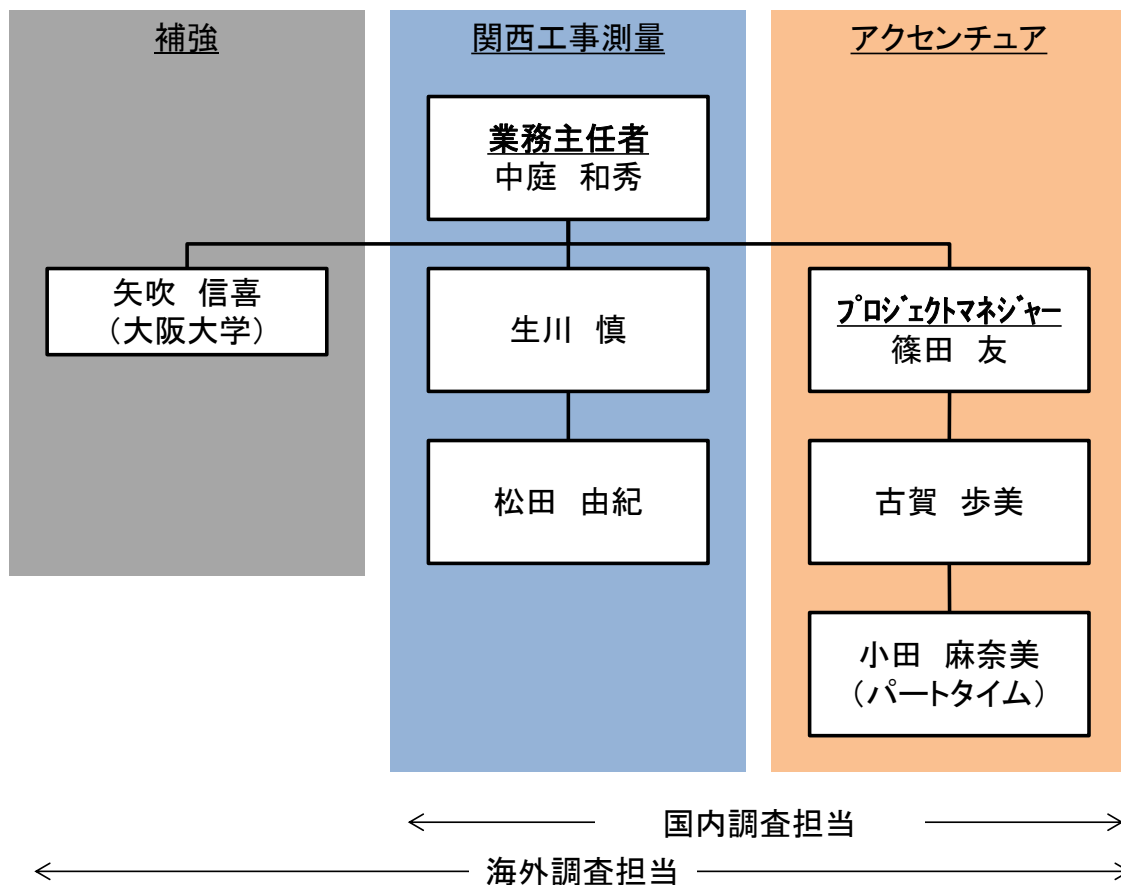
調査回	日時	訪問先	出席者
第二回	1月15日(火)	・JKR	・ Mr. Ir Adanan Muhamed Hussain, Senior Director (Maintenance Branch) ・ Mr. Ir Leow Choon Heng, Senior Engineer, (Bridge Inspection) 他
	1月16日(水)	・ JICAマレーシア事務所	・ 大久保次長 ・ 芳沢氏
	1月16日(水)	・ 鹿島建設(株)マレーシア事務所	・ 岩崎ジェネラルマネジャー ・ 若田マネージャー
	1月16日(水)	・ 在マレーシア日本大使館	・ 川瀬参事官 ・ 入谷書記官
	1月16日(水)	・ ジェトロ・クアラルンプール事務所	・ 池下所長 ・ 関根副所長
	1月17日(木)	・ UTM (Johor Bahru)、 Faculty of Geoinformation and Real Estate (FGRE)	・ Prof. Dr. Alias Abdul Rahman, Dean (FGRE) ・ Dr. Zulkepli Bin Majid, Head (Photogrammetry and Laser Scanning, Research Group) 他
	1月17日(木)	・ UTM (Johor Bahru)、 Faculty of Civil Engineering	・ Assoc. Prof. Dr. Mushairry, Deputy Dean (Faculty of Civil Engineering) ・ Prof. Dr. Mohammad Bin Ismail (Faculty of Civil Engineering) 他
	1月18日(木)	・ (株)竹中工務店	・ 松原氏
第三回	2月18日(月)	・ MAB	・ Ms. Nurul Hafeeza Mohamed, Senior Executive (Civil Engineer) ・ Mr. Afandi Akmal b. Ayob (Engineer Infrastructure) 他
	2月19日(火)	・ CSL (Soil Centralab Sdn Bhd)	・ Mohamad Yazid Mohd Yunus, Head of Company 他
	2月19日(月)	・ JICAマレーシア事務所	・ 大久保次長 ・ 芳沢氏
	2月20日(水)	・ MHA	・ Mr. Tn.Hj.Rahim bin Goon, Deputy Director General (Business) 他
	2月20日(水)	・ MJIT ・ UTM, Razak School	・ Prof. Ir. Megat Johari Megat Mohd Noor, Dean ・ Assoc. Prof. Dr. Abdul Rahman Abdul Rahim
	2月20日(水)	・ JKR	・ Ir Adanan Muhamed Hussain (Maintenance Branch, Senior Director) ・ Ir Leow Choon Heng (Bridge Inspection, Senior Engineer) 他

□ 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、図 3 の通りである。

<表 2>調査団員リスト

担当業務	氏名	所属
業務主任者	中庭 和秀	関西工事測量 (株)
調査担当者	生川 慎	関西工事測量 (株)
調査担当者	松田 由紀	関西工事測量 (株)
調査アドバイザー	矢吹 信喜	大阪大学
プロジェクトマネジャー	篠田 友	アクセンチュア (株)
調査担当者	古賀 歩美	アクセンチュア (株)
調査担当者	小田 麻奈美	アクセンチュア (株)



<図 3>本調査の実施体制図

第1章 マレーシア国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1-1. マレーシア国の政治・経済の概況

(ア) マレーシア国の政治の概況

立憲君主国であるマレーシアは、マレー系（62%）、華人系（22%）、インド系7%、その他9%（JETRO マレーシア概観、2011年現在）により構成される多民族国家であり、マレーシアにおいて、民族の融和と国民の統合は重要な課題の一つである。民族間の調和を図りながらも、民族間の経済格差を解消することを目的に「ブミプトラ政策」が策定され、マレー系企業の優遇や、マレー系学生の大学進学時の優遇などが行われてきた。

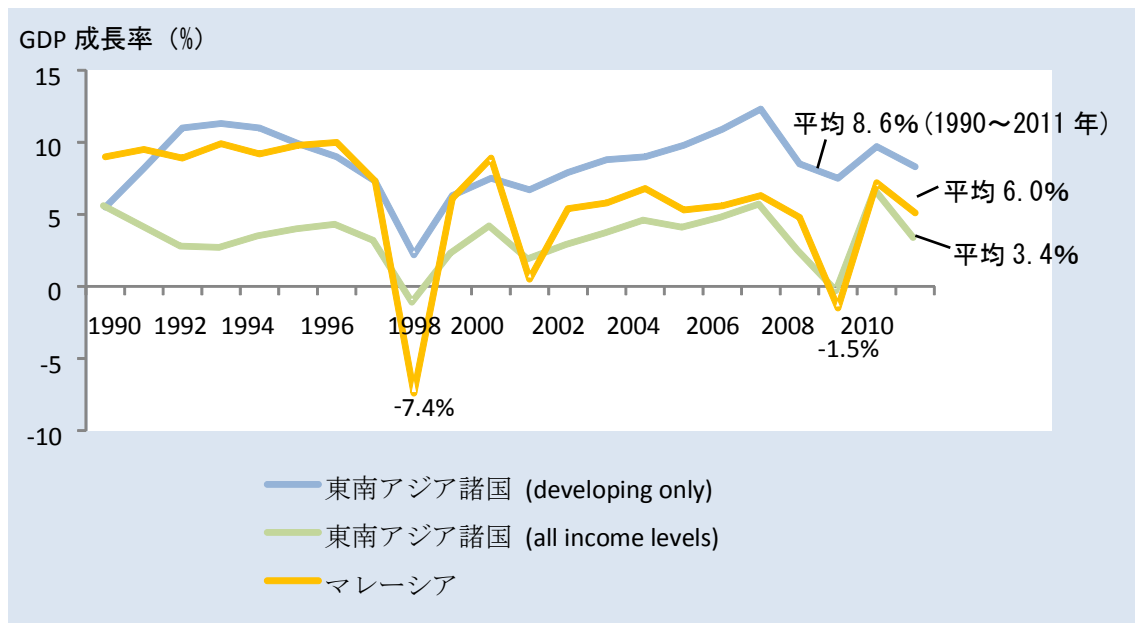
近年では、2009年4月に就任したナジブ・トゥン・ラザク政権は、「1 (one) Malaysia」をスローガンに掲げ、民族融和を前面に打ち出し、ブミプトラ資本の規制緩和を積極的に推進している。また、前々政権であるマハティール政権が提唱した長期計画である「Vision 2020」を受け継ぎ、2020年までの先進国入りに向けた経済政策を行っている。具体的な政策として、「第10次マレーシア5ヵ年計画」(the 10th Development Plan 2010-2015) や、市場志向的な経済モデルを目指す「新経済モデル」(New Economic Model) など政府主導で、先進国入りに向けた残された課題を達成する政策を推進させている（JETRO マレーシア概況、2013年）。

このように、マレーシアは多民族国家としての課題を抱えながらも、安定的な経済発展を遂げてきた。さらには、ASEANとの連携強化だけでなく、イスラム諸国との協力も加速してきており、現在イスラム諸国会議機構（OIC: Organization of the Islamic Conference）、非同盟運動（NAM: Non-Aligned Movement）の主要メンバーでもある（政府開発援助（ODA）国別データブック（マレーシア）、2011年）。日本を含めたアジア地域をさらに政治的・経済的に安定・発展させていくためにも、マレーシアが果たす政治的役割は大きいと考える。

(イ) マレーシア国の経済の概況

マレーシアは、安定した経済、政治状況の下、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並びに、2008年のリーマンショックを発端とする金融危機の影響により、1998年並びに2008年にはマイナス成長を記録したものの、1990年～2011年の平均年率 GDP 成長率は 6.0%と、東南アジア諸国全体の 3.4%を大きく上回りながら安定的に成長を続けている（図1）。

また、マレーシア統計局（Ministry of Statistics Malaysia）が発表した 2012 年第 3 四半期の実質 GDP 成長率は、前年同期比で 5.2%と、引き続き堅調な成長を続けており、特に当該期の建設業の実質 GDP 成長率は、18.3%と 2桁成長を維持している状況である（JETRO マレーシア概況、2013 年）。



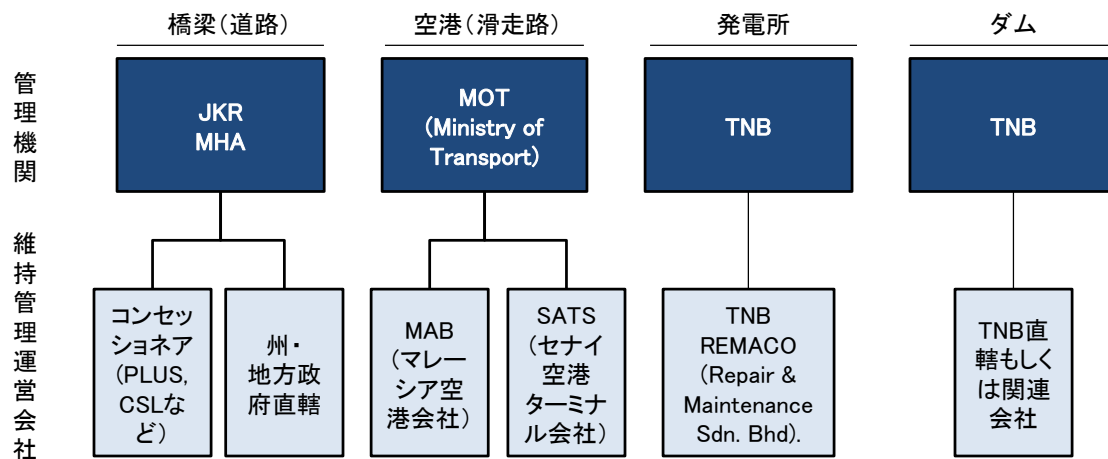
<図1> : マレーシアと東南アジア諸国の実質 GDP 成長率の推移（1990年～2011年）
（出所：World Development Indicators より作成、World Bank、2012年）
（注：東南アジアに属する国及びマレーシアを含む developing countries は、World Bank の地域分類に準ずる）

1-2. 対象分野における開発課題の現状

(ア) 構造物の維持管理関連組織の現状

構造物として主に、橋梁（道路含む）、空港（滑走路）、発電所、ダムがあげられる。JKR（Public Works Department、マレーシア公共事業局）や MHA（LLM、Malaysia Highway Authority、マレーシア高速道路開発局）等の、政府系機関あるいは民営化された企業が監督機関となり、各構造物の補修やメンテナンスなどの維持管理業務等の運営を一部コンセッショナーに委託している（図 2）。マレーシアでは、コンセッション契約によって民間企業に委託しているのが特徴だが、構造物資産は国が所有し、維持管理等に必要な機材は民間が保有して維持管理サービスを行うという体制となっている。

マレーシアにおける構造物の維持管理を監督する政府系機関として、橋梁の管理は JKR が行っており、高速道路については MHA、ダムや発電所については TNB（Tenaga Nasional Berhad、テナガナショナル（マレーシア国家電力委員会が 1988 年に民営化された電力会社））が管理している。



<図 2>マレーシアの構造物の維持管理組織

(出所：道路・橋梁維持管理に関する情報収集・確認調査、JICA、2012年、各MOT, TNBホームページ)

本調査の提案技術である KUMONOS（第 2 章にて詳述）の対象は、橋梁、トンネル、ダム、発電所等が該当するが、本提案においては、わが国国内での計測実績が豊富にあり、且つマレーシアの構造物の中でも数が最も多い橋梁に焦点を絞る。

マレーシアにおいて、国（州）道の橋は JKR、高速道路の橋は MHA 及びコンセッショネア、都市や町レベルの橋は地方事務所、鉄道の橋はその他機関が管理しており、複数の機関によって管理されている（図 3）。

管理者	管理対象の橋
JKR	➤ 国道、州道の橋
MHA コンセッ ショネア	➤ 高速道路にかかる橋
地方自治 体	➤ 市町にかかる橋 例：DBKL(クアラルンプール市役所)はクアラル ンプール市内の橋を管理
その他機 関	➤ その他 例：KTMB(マレーシア鉄道会社)は鉄道の橋 を管理

<図3>マレーシアの橋の管理機関

(出所：Manual on Bridge Asset Management、JKR、2011)

(イ) マレーシアの建設業界および橋梁の現状

マレーシアにおいて、年々、維持管理対象となる橋梁の数は増加傾向にある。下表の通り、2006年から2009年の間で、約2,000件（約28%）の橋梁数の増加がみられる（表1）。

＜表1＞マレーシアにおける橋梁の増加傾向

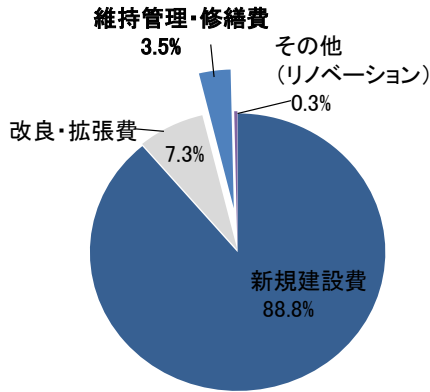
地域	2006年	2009年
Perlis	44	208
Kedah	603	781
Pulau Pinang	353	403
Perak	1333	1497
Selangor	388	760
N. Sembilan	436	552
Melaka	158	194
Johor	1026	1412
Pahang	1521	1857
Terengganu	805	914
Kelantan	463	510
W. Persekutuan	3	69
合計	7133	9157

↑ 約28%増加

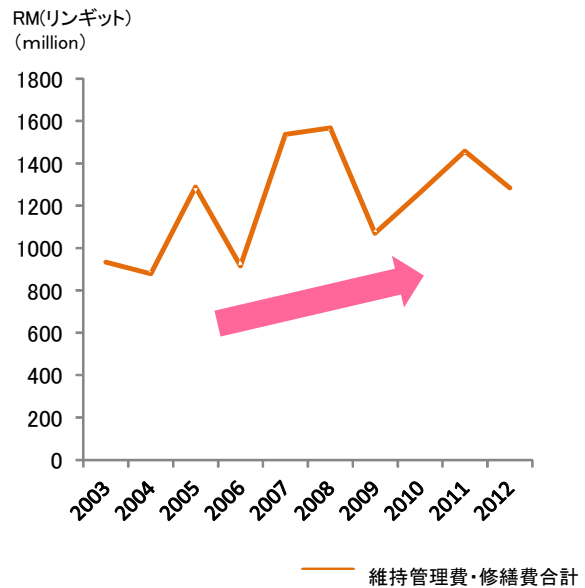
（出所：Malaysian Roads General Information, JKR, 2006年/2009年）

マレーシアの構造物の建設費全体に対して維持管理・修繕費が占める割合は、2012年において3.5%と少ないが、日本では、構造物の増加に伴い、構造物の建設費全体に対して維持管理・修繕費用が占める割合が、1991年は14.2%であったのが、2010年には26.4%にまで増加したことを考慮すれば（第2章に後述）、マレーシアにおいても、今後、維持管理・修繕費の増加が見込まれる。2012年のこれまでも、下図の通り、維持管理・修繕費の推移は、年によって増減の差はあるものの増加傾向にある（図4）。

構造物の建設比率の内訳(2012年)



マレーシアの維持管理費・修繕費の推移



(出所: 「Construction Quarterly Statistical Bulletin」、(2006、2009、2012、CIDB)の
 “Number and Value of Projects Awarded by Status of Contractors”をもとに算出)

<図 4>マレーシアの建設費の現状

また、マレーシアにおいては近年橋梁の亀裂発生などの事故も発生している。マレーシアでは従来、地震や温度差といった、特にコンクリート構造物に悪条件と言われる要素が少なく、安価な人件費で建設従事者を雇用し新規建設できることから、維持管理の重要性・必要性の認知度は低い傾向にあった。

しかしながら、海外やマレーシアで発生した構造物損壊の事故をきっかけに、マレーシアにおいても、構造物の安全性に対する危機意識は高まりつつある(図 5)。海外での事象として1967年のアメリカオハイオ州で起きたSliver Bridge崩落事故に始まり、最近では、2004年に発生したマレーシアのクアラルンプール市内の高架道の橋脚亀裂事故が発生した。2004年にはクアラルンプール市内の第2中央環状道路(MRR2)のケポン高架道の橋脚に亀裂が入り、コンクリート構造物が落下する事故が発生している(図 6)。

監督機関であるJKR(マレーシア公共事業局、Public Works Department)によって安全検査は実施されたが、修理工事に7000万リンギ(約23億円)もの費用がかかる結果となった。この事故の影響により、現地においてMRR2が長期に渡り閉鎖されたため、クアラルンプール市内の都市交通に大きな影響が出た他、広く現地メディアで話題になるなど、マレーシア国内において安全性への疑問に関して広く認識されていることが、現地調査のヒアリングの中でも確認された。尚、本調査のヒアリングにおいても、交通量の増大に伴う負荷による振動やひび割れの発生が懸念される橋梁があり、詳細な原因調査が行われてい

るとの事実が挙げられている。

また、マレーシアは地盤の弱い場所が多いことも事故の引き金になっている事例もある。1993年に発生したHulu KelangのHighland Towers倒壊事故では、建設前の地盤調査が不十分であったことが原因として指摘されている。

このような国内外の事故の原因の一部では、老朽化など構造物の状態を適切に把握するための技術や制度が十分でなかったことが指摘されている。国内外の事故をきっかけとしてマレーシアでも構造物の維持管理システム（Bridge Management Systemなど）の導入や、定期点検の義務化、法制度の改正など、維持管理の強化に向けた取り組みが取られてきている。

	事故事例	事故概要	事故の原因とマレーシアで取られた対策
海外での事例	アメリカ Sliver Bridge 崩落事故*1	<ul style="list-style-type: none"> 1967年、アメリカ オハイオ州で発生 オハイオ州とウエストバージニア州間に流れるオハイオ川にまたがるつり橋（シルバークリッジ）が崩壊 47名が死亡、18人が負傷 	<ul style="list-style-type: none"> 橋を支えていた基礎構造チェーンの鋼鉄板が老朽化により破損したことが原因と推定 システムによる橋梁管理方法へ関心が高まり、BMS(Bridge Management System)等、構造物の維持管理システムを義務化、マレーシアでも、1990年からBMSを採用するきっかけとなる
	ソウル ソンス橋崩落事故*1	<ul style="list-style-type: none"> 1994年、韓国ソウル市で発生 ソンス大橋の中央部分が長さ48mにわたって突然崩壊 32名が死亡、17人が負傷 	<ul style="list-style-type: none"> 橋上の交通量増加により通過荷重が過剰になり、構造物の接続部分が、疲労の蓄積で破損ことが原因と推定 当事故をきっかけにマレーシアで毎年橋梁の点検を実施することが義務化
マレーシア内の事例	Hulu Kelang のHighland Towers 倒壊事故	<ul style="list-style-type: none"> 1993年、セランゴール州で発生 12階のコンドミニアムが倒壊 48名が死亡 	<ul style="list-style-type: none"> コンドミニアム周辺に流れていた小川により元々地盤の弱い場所であったことが判明 建設前の地盤調査や基礎工事を義務付ける建設法が改正*2
	ケボンMRR2 高架道橋梁 亀裂事故*3	<ul style="list-style-type: none"> 2004年、クアラルンプール市内のMRR2ケボン高架道で発生、その後2006年、2008年と複数回発生 高架道の橋脚に亀裂が発生 被害者は発生していないが、安全検査等により閉鎖するなど交通に影響が発生 	<ul style="list-style-type: none"> 建設を請け負った事業者の建設及び修理作業の不徹底とみられるが原因は不明 JKRIによる安全点検並びに亀裂箇所の修理を実施 (高架道は一度に5,000台の車の荷重が可能とされたが、実際は2002年の開通当時から13,000台の車が通過している状況)

*1:「Bridge Asset Management」,JKR

*2:現地ヒアリングにより入手

*3:New Straits Times記事

< 図 5 > 構造物の倒壊・崩壊等の事故事例

マレーシアで最も古い新聞社であるNew Strait Timesをはじめ、ケポンの高架橋の事故について報道



＜図 6＞クアラルンプール市内の MRR2（第 2 中央環状道路）のケポン高架道の橋脚亀裂事故に関する現地記事
(出所：News Straits Times、Malaysia)

(ウ) マレーシアにおける橋梁の維持管理の現状

橋梁を管理する主な組織体である JKR、MHA では、BMS (Bridge Management System、図 7) を始めとしたデータベースの導入並びに、維持管理規定 (マニュアル) が整備されており、規定の中で点検方法や頻度、内容等について定義されている。また、点検結果のデータベース化も進んでおり、世銀や欧米諸国が採用する舗装維持管理システム (HDM-4、Highway Development and Management Model 4) が採用されている。HDM-4 とは、主に道路投資選択を評価するための道路開発・管理システムであり、道路管理・道路工事計画の作成・融資条件の評価・予算配分の検討・道路ネットワーク性能の予測・プロジェクト評価・政策影響の検討に適用することが可能となる。このように、維持管理実施のガイドラインや分析ツールは整備されているものの、点検自体は、従来の目視を行い、スケッチを描く方法が取られており、計測の正確性・安全性・効率性には改善の余地がある。

マレーシアにおいて、橋梁などの構造物に対して、毎年の点検が義務付けられ、定期点検の頻度、内容、結果管理等に係るガイドラインが整備されるなど、維持管理に関する制度面での整備が進められてきたものの、現在もひび割れの点検業務には、目視によるスケッチといった従来の方法が取られていることが現地ヒアリングにより確認された。

また、ガイドラインにおいて、点検結果はデータベースに登録することが定められているものの、手書きスケッチで描いたひび割れデータをそのまま画像として蓄積していることから、劣化予測などの分析を行うための正確な座標データを蓄積・活用することが難しい状況である (現地ヒアリング (PLUS 社、CSL 社) にて聴取)。

BMS(Bridge Management System)について

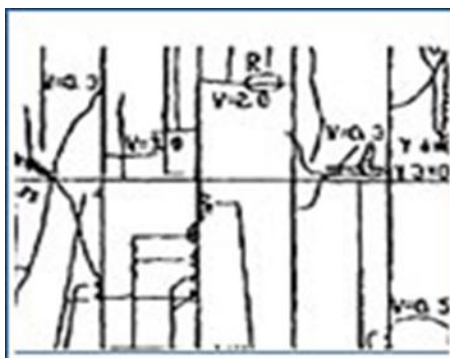
- **概要**
 - ✓橋の設計、建設、運営、維持管理の全てのライフサイクルを通じて橋の管理を行うためのツールを提供
 - **目的**
 - ✓対象となる橋に関する情報を一元化し、補修計画などの意思決定に必要な情報を提供するため
 - ✓橋の管理に関連する全てのワークフローを把握するため
 - **機能**
 - ✓補修が必要な橋のランク付け機能
 - ✓補修オプションの選択機能 (例: 定期補修と同時補修など)
 - ✓維持管理に必要な年間予算や費用予測機能 など
- (出所:Manual on Bridge Asset Management、JKR、2011年)

<図 7 > BMS (Bridge Management System) について

管理者	管理対象の橋	管理方法	点検ツール・使用機材
JKR	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 国道、州道の橋 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 定期点検は年に1度実施 ➤ ひび割れ点検は、目視によるスケッチを実施 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bridge Management Systemなどのデータベースで管理 ➤ 高所作業車などを利用
MHA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 高速道路にかかる橋 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 定期点検は1～3年に一度実施 ➤ 不具合が発生した場合は、リクエストベースで頻度を増やして点検 ➤ ひび割れ点検は、目視によるスケッチを実施 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Expressway Maintenance System Manualによって、コンセッションネアに対して補修作業を規定 ➤ 高所作業車などを利用

(出所:Manual on Bridge Asset Management、JKR、2011、並びにヒアリングによる情報)

<図 8> JKR、MHA による橋梁の維持管理の現状



<図 9> 手書きスケッチによるひび割れの点検

(エ) マレーシアにおける橋梁の維持管理の課題

これまでに記載したマレーシアにおける現状から、橋梁の維持管理分野においては以下のような課題を識別することができる。

中進国であるマレーシアでは、これまでも橋梁の維持管理分野において、ガイドライン策定や定期点検を義務化する法的整備、情報の一元管理を目的としたデータベースの導入等の取り組みが行われてきており、維持管理の仕組みは整いつつある。また、橋梁の崩壊事故は発生しているものの、依然として築年数が浅い橋梁が大多数を占めるため、コンクリートの老朽化に対する問題意識も低い。故に、今回の現地調査においても、維持管理に関して幾つかの課題は挙がるものの、いずれも深刻な課題ではないとの認識を持っていた。

しかしながら、1980年代以降、インフラ整備が古くから行われてきたアメリカ合衆国を皮切りに、日本やその他の先進国で老朽化を起因とした橋梁の崩落、損傷等の事故が相次いで発生し、多くの命が奪われてきた。これらの国々では、事故発生後に点検方法及び法制度の見直しや再点検が行われたが、既に多くの構造物が老朽化して劣化が進行しているため、大規模な補修・改修が必要となるケースが少なくない。加えて、日本では高度経済成長期に大量の橋梁が建設され、ヨーロッパでも第二次世界大戦後に自動車道路網の整備が急速に進むとともに橋梁数が飛躍的に増加したため、補修や改修が必要となる対象が一時期に集中し、限られた予算内で全てに対して適切に処置を施すことが難しくなっている。

老朽化によるこれらの事故は、築年数が浅く劣化が進行していない早期段階から精度の高い点検を行い、致命的な劣化が起こる前に対策を講じていれば、未然に防ぐことが可能であった上、大規模な補修や改修が必要な状態まで放置されて財政負担が大きくなることも回避できたが、急速にインフラ整備が進められていた当時は新規建設に重きが置かれており、将来を見据えた維持管理対策を行うことの重要性が認識されていなかったのが実情である。

マレーシアではまさに高度経済成長期の日本と同様に、橋梁数が飛躍的に増加しているが、それらの橋梁はいずれ老朽化し、かなりの確率で先進国と同様の問題が起こる可能性がある。老朽化して大惨事が起こってから慌てて点検しても遅いことは先例から明白であり、先進国が歩んできた道を辿ることを避けるためにも、早期段階から精度の高い点検及び劣化予測により予防措置を講じる維持管理が急務である。

マレーシアの橋梁点検方法について現地調査を行った結果、点検作業は計測者のスキルや主観に依存する部分が多い目視及び手書きスケッチによって実施されており、正確性を懸念する意見を聴取している。前述のとおり、橋梁の安全性確保のためには、点検時点の劣化状況を正確に把握するとともに、経年変化を分析し、将来の劣化を予測して予防策を講じることが不可欠であり、そのためには点検作業における正確性を向上させることが重要な課題である。

ヒアリング対象

正確性に対するコメント

CSL
(*1)

- スケッチを行う人間による誤差が出ているのは分かった上で計測をせざるを得ないのが現状。本来であれば、ひび割れ幅の成長(収束)を0.1mm単位の変化ではなく、さらに狭い0.05mm単位のひび割れ幅の推移をモニタリングできれば、ひび割れ幅の経時変化をモニタリングできると思う。

MHA
(*2)

- 高速道路の橋のひび割れデータは、コンセッションネアのPLUSが計測したデータを用いて維持管理計画を立てている状況。現状では、目視点検に頼らざるを得ない。経年での劣化状況の正確な把握は改善の余地もあり得る。

JKR
(*3)

- 橋梁のひび割れの計測には計測者によって誤差が発生しがちであるため、補修のタイミングを正確に予測することは難しい。そのため、現状では橋梁への負荷となる交通量などのデータを併用して予測する必要がある。

(*1) CSL : 橋梁・トンネルの維持管理をPLUSから請け負う試験調査会社

(*2) MHA : 高速道路の管理を行う政府系機関

(*3) JKR : 橋梁の管理を行う政府系機関

<図 10> 正確性に対する現地ヒアリング結果

また現地調査では、点検作業を行う中で、足場や高所作業車を使っても近づくことができないために点検を断念せざるを得ない点検箇所（長大橋の裏側等）が存在するという事実も確認できた。劣化分析の精度向上のためには、点検できない箇所をできる限り少なくすることが必須である。よって、調査員の安全を確保した上で、危険な箇所も点検できる方法に対するニーズは大きい。

ヒアリング対象

計測の網羅性に対するコメント

CSL
(*1)

- 海上の橋であり、橋梁によっては高所作業車の利用や、足場を組むことも不可能な危険な場所があり、目視点検が出来ない状況にあり、目視点検が不可能な箇所は、劣化状況の把握に苦勞している。

JKR
(*2)

- 高所では高所作業車を試用しているが、ひび割れに届かない場所については、危険がある。橋の下にもぐって作業するのも3.4人必要になる。

(*1) CSL : 橋梁・トンネルの維持管理をPLUSから請け負う試験調査会社

(*2) JKR : 橋梁の管理を行う政府系機関

<図 11> 計測の網羅性に対する現地ヒアリング結果

さらに、点検の所要時間や付随作業についても着目すると、目視及び手書きスケッチを正確に行うためには、相応の作業時間を要するため、交通量の多い幹線道路や橋における点検では、通行禁止や走行車線規制といった措置を講ずる必要があり、点検作業そのものが渋滞発生の一因の一つとして捉えられている。マレーシアでは、経済発展に伴って自動車交通量が年々増加し、ラッシュ時の自動車の平均速度が10km/時以下となる等、渋滞が悪化する中で、渋滞緩和に向けた対策が求められている。そのため、特に幹線道路や高速道路における点検作業については、作業効率性や迅速性に係る改善要望が挙げられている。

また、マレーシアにおいて現段階では深刻視されていないが、日本やアメリカの先例を見ると、点検対象の増加に伴う点検人員・コストの増大は不可避である。マレーシアの橋梁数も年々増加しており、今後、同様の課題が深刻化することが見込まれるため、効率性の向上は重要な課題と言える。

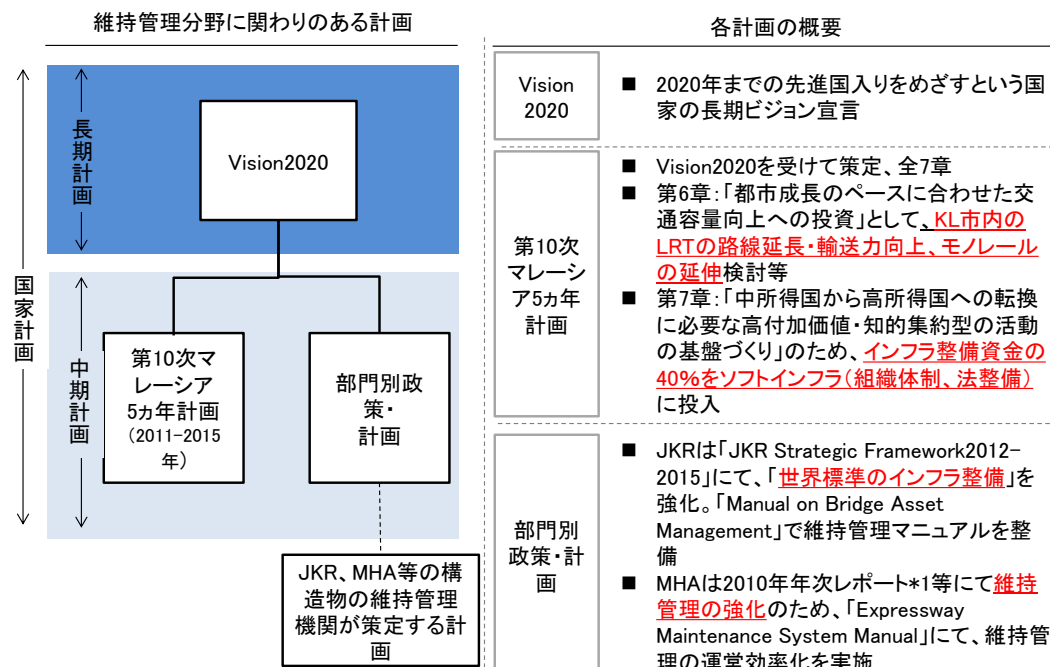
ヒアリング対象	作業効率性に対するコメント
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> CSL (*1) </div>	<ul style="list-style-type: none"> □ 橋梁の点検は、高所作業車などを道路に設置する必要があり、交通規制を行わざるを得ない。
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> MHA (*2) </div>	<ul style="list-style-type: none"> □ 高速道路の役割上、渋滞を起こさずいかにスムーズに交通オペレーションを行うかは重要。我々の従来の点検方法においては、(具体的な所要時間は不明だが)時間は膨大にかかっている。
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> JKR (*3) </div>	<ul style="list-style-type: none"> □ 橋梁の点検を行う際に、2つのレーンのうち、1日中一つのレーンを封鎖せざるを得ないケースが発生し、大渋滞を引き起こしてしまう。

(*1) CSL : 橋梁・トンネルの維持管理をPLUSから請け負う試験調査会社
 (*2) MHA : 高速道路の管理を行う政府系機関
 (*3) JKR : 橋梁の管理を行う政府系機関

< 図 12 > 作業効率性に対する現地ヒアリング結果

1-3. 対象分野の関連計画、政策及び法制度

(ア) 橋梁の維持管理分野に関する関連計画・政策



(出所:「アジア地域等の地域政策に係る動向分析及び支援方策等に関する調査-マレーシアの国土政策事情-報告書」、国土交通省国土計画局、平成23年3月)

*1:MHA 2010 Annual Report(MHA,2010)

<図 13> 橋梁の維持管理分野に関わりのある計画とその概要

<第10次マレーシア5カ年計画>

橋梁の維持管理政策を含む国家の関連計画である、「第10次マレーシア5カ年計画」はインフラ分野を一つの主要な分野として位置づけている。

2020年までの先進国入りを目指す宣言である「Vision2020」達成のための中期計画であり、「都市成長のペースに合わせた交通容量向上への投資」として、KL市内のLRTの路線延長・輸送力向上、モノレールの延伸検討などを策定している。また、「中所得国から高所得国への転換に必要な高付加価値・知的集約型の活動の基盤づくり」のため、インフラ整備資金の40%をソフトインフラ(組織体制、法整備)に投入するとしており、今後も引き続きインフラ政策が国の主要な分野になることが予想される(「アジア地域等の地域政策に係る動向分析及び支援方策等に関する調査-マレーシアの国土政策事情-報告書、国土交通省国土計画局、平成23年3月」)。

また、「第10次マレーシア5ヵ年計画」によると、近年マレーシアでは、「Green Technology」への関心が高まっており、環境への負荷を最小限にするために、従来の「スクラップアンドビルド」方式から、建設材料の再利用を前提にした建設への移行や、廃棄材の削減を推進している状況にある。特に、コンクリート材質の利用や建設時の土地の整備は、直接生物多様性や環境に影響を与えるものとして認識されており、建設物の設計、建設、運営、維持管理、リノベーション、倒壊全てのプロセスにおいて「Green Building」での建設を推奨している（Green Tech Malaysia オフィシャルポータルサイト）。

<部門別政策・計画>

橋梁の維持管理を行う JKR や MHA では、「第10次マレーシア5ヵ年計画」に対応して、インフラ分野の拡充を行いながらも、維持管理分野では橋梁の点検マニュアルや、収集したひび割れデータを蓄積するためのデータベースを整備している。

JKR は、「JKR Strategic Framework2012-2015」にて、「世界標準のインフラ整備」を重点分野の一つとして謳い、広範囲でかつ効率的な交通ネットワークの構築についての強化を実施している。また、橋梁の維持管理に関する施策としては、「Manual on Bridge Asset Management」を整備し、橋梁のアセットマネジメントやライフサイクルコストの概念に関しても維持管理に積極的に取り入れている。

MHA は、高速道路の維持管理に関する施策としては、維持管理業務を委託しているコンセッションネアに対して「Expressway Maintenance System Manual」と呼ばれるガイドラインを用いて運営の効率化を徹底させる取組みを行っている。特に、MHA によって開発された「Highway Asset Maintenance System」は、現在のニーズに対応させながら適宜改良されており、高速道路資産の補修、維持管理のモニタリングに有効利用されている（MHA Annual Report、2010）。

1-4. 対象分野のODA事業の事例分析及び他ドナーの分析

(ア) 対マレーシアにおける日本のODAの現状

対マレーシアへのODA拠出額は、近年、日本が拠出額1位を継続しているが、マレーシアの経済発展に伴い全体の拠出額は減少傾向にある（表2）。

＜表2＞対マレーシア経済協力実績

(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
2005年	デンマーク	8.85	ドイツ	7.91	カナダ	1.46	英国	1.31	米国	1.18	-2.14	18.48
2006年	日本	201.70	英国	9.94	ドイツ	7.99	デンマーク	7.18	米国	3.15	201.70	231.12
2007年	日本	222.97	ドイツ	9.57	米国	2.28	オーストラリア	1.24	カナダ	0.96	222.97	192.38
2008年	日本	113.83	英国	18.92	ドイツ	10.83	デンマーク	5.60	米国	5.57	113.83	149.63
2009年	日本	91.78	米国	16.26	ドイツ	10.98	デンマーク	5.09	英国	4.18	91.78	132.91

出典) OECD/DAC

(出所：政府開発援助（ODA）国別データブック（マレーシア）、2011年）

日本の対マレーシアODAは、1966年に開始した円借款による協力を中心に、マレーシアの社会・経済発展に大きく貢献してきた。マレーシアの経済発展が進む中、1991年度以降は一部のスキームを除き無償資金協力は卒業し、円借款については1994年以降、対象を絞り込んで実施。2009年4月以降、マレーシアが現行制度上では円借款供与条件のない中進国を超える所得水準の国になった。なお、2011年8月、パッケージ型インフラ海外展開大臣会合において、中進国を超える所得水準の国に対しても、具体的なインフラ案件の受注に有効である場合には、ケースバイケースで戦略的かつ例外的に円借款を活用していくことが決定された。

<表 3>我が国の年度別・援助形態別実績

(単位：億円)			
年度	円 借 款	無償資金協力	技 術 協 力
2006年	-	0.08	30.36 (13.99)
2007年	-	5.08	24.18 (10.46)
2008年	-	10.23	24.21 (8.89)
2009年	-	0.29	24.57 (11.13)
2010年	-	0.19	10.13
累 計	9,693.41	138.69	1,106.15

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記載)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. 2006～2009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、2006～2009年度の()内はJICAが実施している技術協力事業の実績。なお、2010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。

(出所：政府開発援助 (ODA) 国別データブック (マレーシア)、2011年)

他国ドナーがマレーシアへのODA拠出を減少させ、日本の拠出額も減る中で、日本がマレーシアへの協力を継続する主な背景として、「対マレーシア国別援助方針」に言及されている下記点が挙げられる。

- ① 国際海上交通の要衝であるマラッカ海峡の沿岸国として地政学的重要性を有する
- ② 日本企業の主たる海外進出拠点の一つであることから経済的重要性が高い

また、「対マレーシア国別援助方針」によれば、マレーシアは「マレーシアの先進国入りに向け、従来の援助国・被援助国としての関係からより水平的なパートナー国としての開発協力のモデルを作る上でも重要な国」と位置付けられている。

これらを踏まえると、マレーシアにおけるわが国のODA事業が目指すべき方向性として、ODA供与額の増加は見込まれにくい中、中進国となったマレーシアとわが国の協力のあり方として、2020年までの先進国入りに向けた前進のきっかけ作りのパートナーとしてのプレゼンス発揮が求められると考えている。

(イ) 建設分野に関する日本のODA事例分析

建設分野における日本のODA事業の対象は、主に、1970年代以前、1980～1990年、2000年代の3つのフェーズに分けることが出来る。

	～1970年代	1980～1990年代	2000年代
主な対象構造物の傾向	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 橋や鉄道、道路 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 高速道路 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 発電所
内容の傾向	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 国民の生活に必要なインフラ整備のための新規の橋や鉄道、道路の建設が主 ➢ 国家計画の策定といったソフト面での支援も存在 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 大量輸送能力向上、渋滞解消などの課題に対応した内容が主 ➢ 高速道路の建設、既存の建設物(鉄道など)に新しいシステムを導入 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 電気需要などのニーズに対応した事例が存在 ➢ 施設増設や環境モニタリングシステムの導入による効率化など新しいシステムを導入
事例	<ul style="list-style-type: none"> ✓ サバク・ベルナ橋建設事業 ✓ マレーシア公共事業推進計画策定に関する援助 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ セレンバン～アイルヒタム有料高速道路設立 ✓ 高速道路料金徴収システムの導入事業 ✓ マラヤ国鉄整備計画 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ クニール水力発電所増設事業 ✓ ポートディクソン火力発電所リハビリ事業

＜図 14＞日本における建設分野における ODA 案件の傾向
(出所：JICA ホームページ)

1970 年代以前の ODA の傾向として、主に国民の生活に必要なインフラの新規整備に重点が置かれ、橋や鉄道、道路の新規建設案件が多く実施された。併せて、マレーシアの公共事業推進計画の策定に関する支援といったソフト面での支援も実施された。

1980～1990 年代になると、国民の生活に必要なインフラ整備から発展し、経済発展に伴う都市化により発生している慢性的な渋滞の解消に対応した高速道路の整備に関する協力がなされるようになった。また、既存の構造物に高速道路料金徴収システムなど今までなかった新しいシステムを導入といった協力も行っている。

2000 年代に入ると、対象構造物としては発電所の増設など電気需要などのニーズに対応した事例が発生する。ただし、1990 年代以前と比較すると、構造物の新規・増設といった ODA 事例は減少し、専門技術の人材育成といった技術協力の案件が増えている傾向にある。

近年の日本の ODA では、マレーシアに限定されないものの「道路・橋梁維持管理に関する情報収集・確認調査」（2011 年～2012 年）が実施されており、先進国、マレーシアを含む中進国、開発途上国の発展段階に応じた、橋梁の維持管理の重要性が認識されていると理解している。

<表 4>近年の日本における ODA 事例

#	フェーズ	プロジェクト名	概要	プロジェクト開始年	援助種別	金額(百万円)
1	～1970年代	公共事業推進計画	マレーシアにおける公共事業推進計画への有償援助	1969	有償	692
2		サバク・ベルナム橋建設事業	サバク・ベルナム橋建設事業に係る有償援助	1977	有償	605
3	1980～1990年代	鉄道輸送力増強事業	鉄道輸送力増強事業に係る有償援助	1982	有償	4,600
4		セレンバン～アイルヒタム有料高速道路	セレンバン～アイルヒタム有料高速道路に係る有償援助	1983	有償	4,500
5		セレンバン～アイルヒタム道路(第4工区)	セレンバン～アイルヒタム道路に係る有償援助	1985	有償	740
6		高速道路料金徴収システム事業	マレーシアの湯量高速道路の一部区画において、車種および走行距離に応じた料金収入の確保を目的とした料金徴収システムの設置及び緊急電話の設置	1986	有償	1,683
7		マラヤ国鉄整備計画	マラヤ国鉄整備計画に係る有償援助	1990	有償	19,444
8	2000年代	クニール水力発電所増設事業	既設水力発電所に発電設備(300MW)を増設し、運転開始後は既存分も含め、ミドルロード対応からピークロード対応の発電所へと転換することを目的	2000	有償	16,994
9		ポートディクソン火力発電所リハビリ事業(2)	土木工事、コンバインドサイクル発電設備、コンサルティング・サービス(詳細設計、施工監理、環境モニタリングシステムの開発・導入の補助等)等に充当	2000	有償	53,764
10		マレーシア日本国際工科院整備事業(MJIIT)	日本型の工学教育を導入した学部及び大学院を設立することにより、産業界の求める実践的かつ最先端の高い技術開発・研究能力と労働倫理を備える人材の育成を図り、もって同国の国際競争力強化を通じた経済及び社会の開発に寄与することを目的	2011	有償	6,697

(出所: JICA ホームページ)

(ウ) 対マレーシアにおける他ドナーの ODA の現状

対マレーシアにおける他ドナーの傾向として、90%以上が二国間によるドナーから ODA が拠出されている。2009～2011 年の平均拠出額では、一位の日本の次に、アメリカ合衆国、ドイツ、フランス、イギリスが主な二国間ドナー国となっている。

多国間ドナーからの ODA 拠出額は僅かなものの、世界銀行が主にマレーシアに対して ODA 拠出を行っている。

Malaysia			
Receipts	2009	2010	2011
Net ODA (USD million)	143	2	31
Bilateral share (gross ODA)	97%	92%	95%
Net ODA / GNI	0.1%	0.0%	0.0%
Net Private flows (USD million)	5 236	6 540	6 996

(出所: OECD stat, OECD, 2011)

<図 15> マレーシアへの ODA 拠出割合の傾向

(エ) 建設分野に関する他ドナーの ODA 事例分析

世界銀行は、日本の ODA 動向と同じく 1980 年代を中心にマレーシアにインフラの整備に関する支援を行ってきた。特に、構造物の維持管理に関する支援として、世銀が 1989 年から実施していた「Highway Rehabilitation and Improvement Project」がある。内容は、道路維持管理能力の向上や州レベルでの高速道路計画能力の向上を支援するものであり、多国間ドナーにおいても、マレーシアに対する維持管理能力向上の課題への取組みが行われた。

<表 5> 多国間ドナーにおける建設分野の対マレーシア ODA 事例

#	ドナー名	プロジェクト名	概要	プロジェクト開始年	金額(USD million)
1	World Bank	Highway Project (03)	幹線道路の再建、4年間の維持管理、品質向上によるサバ州の交通ネットワークの改善	1977	35
2		Rural Transport Project	農村道路の建設と改善による農業と農工業の発展支援	1983	86
3		Industrial Training Project (02)	政府による専門技術者育成プロジェクトの支援	1985	73
4		Sarawak Power Project	サラワク州の天然ガス事業の設備整備、効率化	1988	56
5		Power System Development Project	マレーシアの電力会社であるテナガ・ナショナルの事業支援、及び環境モニタリング評価	1992	400
6	Asian Development Bank	-	ASEAN全体への支援や、マレーシアの特定の地域への支援を除いて、マレーシアは支援の対象外	-	-

(出所：World Bank ホームページ)

二国間ドナーでは、近年、建設分野においてはデンマークなど欧米諸国の ODA 案件は実施されておらず、教育や環境などの分野に力が入れている。

<表 6> 近年の二国間ドナーにおける対マレーシアへの ODA 事例

	国	プロジェクト対象分野、実施状況	金額
1	デンマーク	環境対策支援	87.0 Million DKK(2003) 50 Million DKK(2004)
2	フィンランド	女性支援、児童支援、障害者支援、ジャーナリスト、メディア教育	€ 150,000(2005) € 150,000(2006)
3	フランス	文化振興協力、高等教育支援、科学部門の研究協力	€ 617,000(2004)
4	ドイツ	環境対策支援、教育支援	€ 2.6 Million(2004)
5	イタリア	イタリア語学習支援、その他教育支援	奨学金62口(1999-2003) 奨学金15口(2003-2004)
6	スペイン	教育支援、技術・専門トレーニング	-
7	イギリス	教育支援、環境対策支援、児童保護プロジェクト、女性関連NGO支援	£ 3,222,000 (ブリティッシュ・カウンシル負担分の年間支援額のみ)
8	オーストラリア	テロ対策支援	-
9	カナダ	高等教育支援	-
10	アメリカ合衆国	テロ対策支援	-
11	韓国	マレーシアは援助対象外のため、実施プロジェクト無し	-
12	シンガポール	マレーシアも援助対象国の一つであるが人材育成が主	-

(出所：The EC-MALAYSIA COUNTRY STRATEGY PAPER、2002～2006年、2007～2013年)

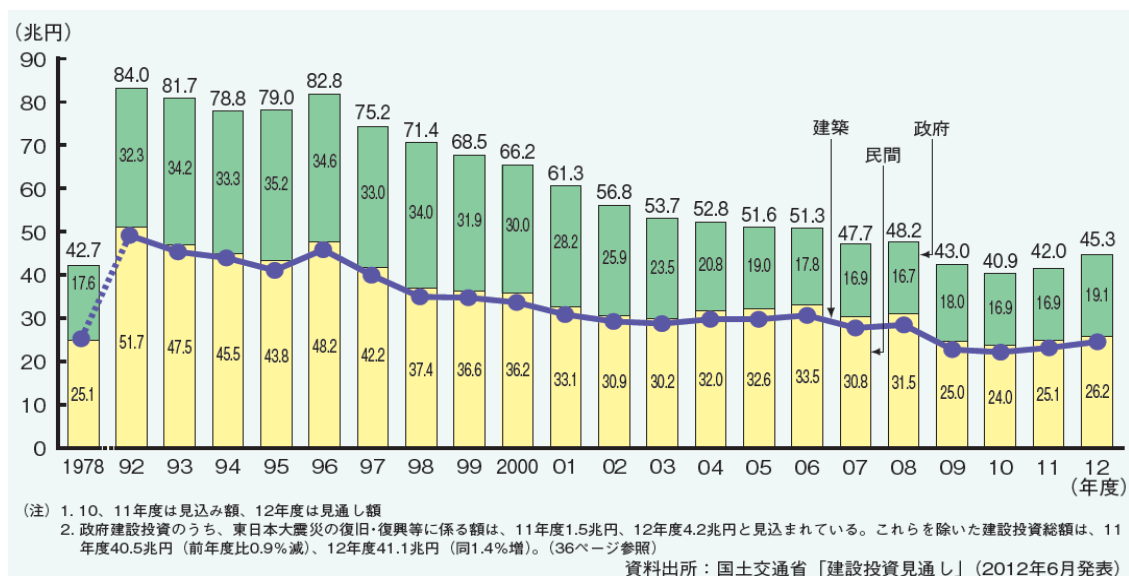
第2章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

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

(ア) 建設業界分析

＜我が国の建設投資の動向＞

我が国の建設投資は1992年度の84兆円をピークとして減少傾向が続き、近年ではリーマンショック後の景気悪化により減少し、2010年度には1992年度の半分程度にまで減少した。2011年度は、東日本大震災からの復旧・復興等に向けた財政措置が講じられたことにより増加に転じ、2012年度は東日本大震災からの復旧・復興等に向けた投資を含め、総額として45兆3,100億円となる見通しである（図1）。しかしながら、現在の厳しい財政状況下で90年代前半の水準に戻ることは考えにくく、依然として厳しい状況が続くことは必至である。



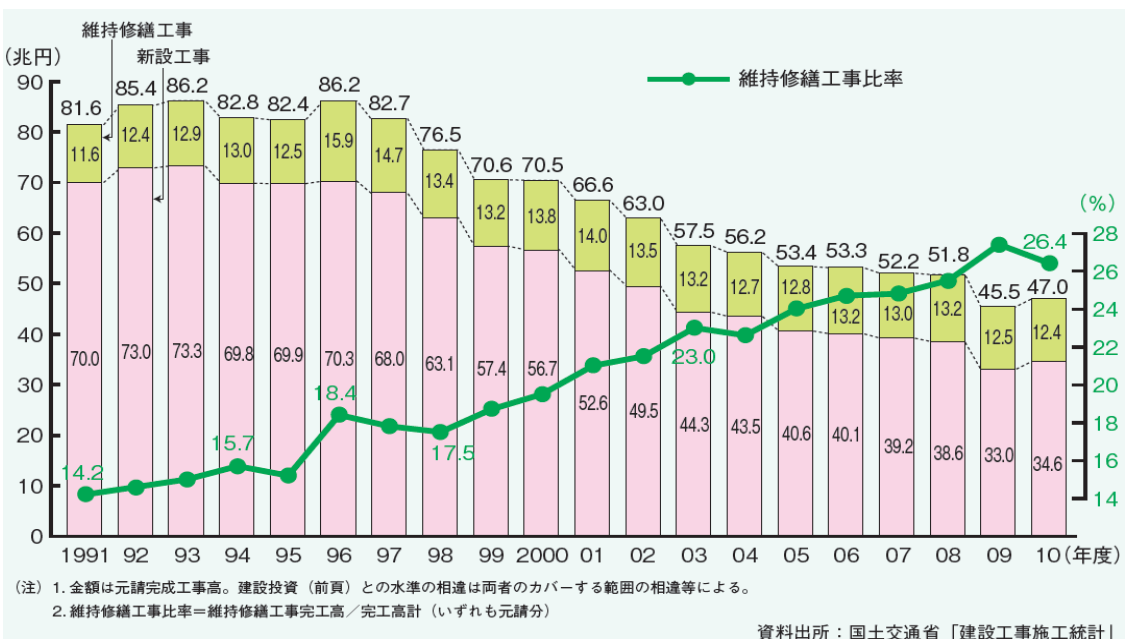
＜図1＞建設投資の推移

（出所：「建設投資見通し」、国土交通省、2012年6月発表）

＜我が国における新規建設から維持管理への転換＞

建設投資が減少を続ける中、既存施設の維持管理に関する需要の高まりが期待されている。我が国には現在、300兆円とも言われるインフラ資産があり、その多くが補修を必要とする時代を迎えている。今後、新規建設投資が飛躍的に伸びる可能性は極めて低く、寿命を迎えるインフラ資産の増加を背景に安定した需要が見込める維持修繕・更新に注目が集まっている。新設工事高と維持修繕工事高の推移を見ていくと、新設工事高が年々減少していくのに対し、維持修繕高はほぼ横ばいとなっている。建設市場全体に占める維持修繕工事高の割合は90年代後半から上昇傾向にあり、2008年度には1/4を超えるまでとなった(図2)。

高度経済成長期に建設された多くのインフラ資産が寿命を迎える今後、維持・更新の需要は確実に増加すると予測されている。しかしながら、限られた予算規模で維持管理を行うには、小規模なメンテナンスの実施等により維持修繕を戦略的に行い、建て替えや一部改装等、纏まった資金が必要となる更新需要を平準化させる手法等を講じる必要がある。



＜図2＞維持修繕工事高の推移
(出所：「建設工事施工統計」、国土交通省)

(イ) 予防保全型維持管理

我が国のインフラ資産は高度経済成長期に多く建設されている。例えばコンクリート構造物の代表格である橋梁(うち橋長15m以上のもの)は、1960年までの建設数が約13,000橋であるのに対して、1970年までの建設数はその3倍の約41,000橋となっている。コンクリート構造物の寿命は一般的に約50年と言われているため、今後、寿命を迎える橋梁が急激に増加することとなる。コンクリートは木に比べれば格段に丈夫で長持ちするものの、

適切なメンテナンスを行わなければ腐食やひび割れが進行し、強度低下、ひいては崩落等の事故に繋がる恐れがある。

実際に、我が国より早くインフラ整備が進んだアメリカ合衆国では、1980年代初めまでメンテナンスに十分な予算措置が講じられず、橋梁の老朽化による崩落、損傷、道路通行止めが相次ぎ、「荒廃するアメリカ」と呼ばれるほど劣悪な状態に陥ってしまった。(写真1)。規模が大きい橋梁でも事故が発生しており、2007年のミネソタ州ミネアポリス橋の崩落では多くの犠牲者が出た(写真2)。

老朽化が起因となった事故は世界各地で起こっており、日本でも先日、笹子トンネルのコンクリート板の崩落により、9名の犠牲者が出たことは記憶に新しい(写真3~4)。



<写真1>アメリカ マイナス橋の落橋(1983年)



<写真2>アメリカ ミネアポリス橋の落橋(2007年)



<写真3>イギリス Gwas 橋の落橋(1985年)



<写真4>日本 笹子トンネルの崩落(2012年)

高度経済成長期に建設した構造物が老朽化し、修繕や建て替え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に処置を施すことが難しくなる。よって、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(事後保全)を可及的速やかに行うとともに、将来的な劣化状況を予測し、今後数年のうちに対策が必要とされるまで劣化損傷が進行するものに対する予防措置(予防保全)を講じて劣化を未然に防ぐことが極めて重要となる。

劣化予測ができれば、今後、いつ、どの構造物で、どのような補修を行うべきかの計画の策定が可能となり、修繕や建て替え等が一時期に集中することを避けられるようになるだけでなく、適切なタイミング・量のメンテナンスを行うことにより、構造物が長寿命化し、ライフサイクルコスト（構造物設計から廃棄までのトータルコスト）の縮減も期待できる。

(ウ) 維持管理におけるひび割れ調査の重要性

構造物の劣化状況を正確に把握し、補修タイミングを見極めるためには、劣化兆候を定期的に調査するとともに、それらを正確に記録して経過観察を行うことが不可欠である。構造物の劣化には乾燥収縮、温度変化（凍結融解）、過重によるたわみ、漏水、腐食、錆等、様々な原因があるが、その結果として必ず現れるのはひび割れである。すなわち、ひび割れが生じた構造物は何らかの異常が発生していると言っても過言ではない。

ひび割れは構造物の表面に現れるため、調査しやすい項目でありながら、その形状・方向によって異常箇所や異常原因の特定ができる。例えば地下トンネル等の地下構造物であれば、ひび割れの発生箇所や形状・方向により、どこから外的圧力がかかっているかを判断している。さらに、劣化の初期段階では一方向にのみひび割れが発生するのに対し、劣化が進行すると様々な方向にひび割れが派生していくことから、劣化の進行状況の判断にも有用である。また、ひび割れは成長したり増えたりすることはあっても減ることはないため、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。

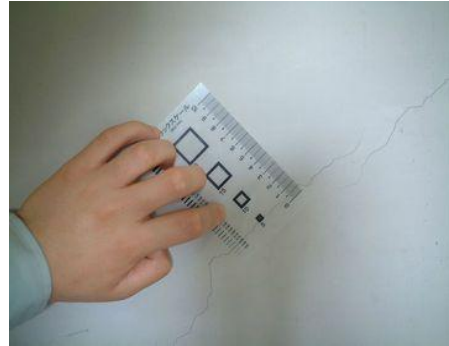
予防保全型維持管理において構造物の長寿命化に向けた修繕計画を策定する際には、それぞれの構造物について将来の劣化予測を行い、いつ、どのような補修を行うことが最も効果的であるのかを検討する必要がある。そのためには劣化分析・予測の精度向上が不可欠となるが、実際には、構造物の形式、形状、環境条件等はそれぞれで異なっており、劣化の要因も一つではなく複合的なものである。個々の劣化メカニズムの解明を行うためにも、ひび割れという共通指標での定期調査の実施、及び調査結果の蓄積、蓄積した結果を用いた分析が持つ役割は非常に大きい。

(エ) 従来のひび割れ調査方法

コンクリート構造物を調査・診断する際、必ずひび割れを調査することが、我が国の点検仕様書に明記されている。一般的なひび割れ調査では、ひび割れに沿ってチョークを引いて形状を把握するとともに、クラックスケールと呼ばれる専用の定規を使用して幅を計測し、幅をコンクリートに記載する。さらに目視によって形状をスケッチして成果を残す（写真5～8）。



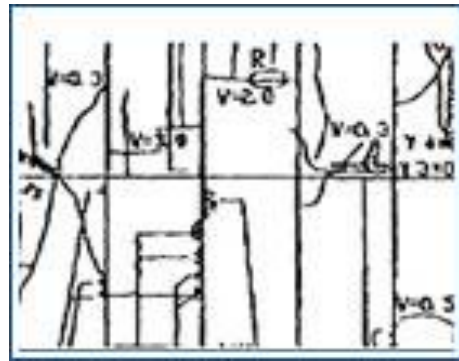
<写真 5> 高所作業者を用いた計測風景



<写真 6> 幅計測のためのクラックスケール



<写真 7> ひび割れスッチ風景



<写真 8> スッチによる成果例

(オ) 従来の調査方法の課題

i. 仮設足場に関わる課題

前述の調査方法ではひび割れに近接することが必須となるが、大半のコンクリート構造物は足場をかける等しなければ調査できない環境にある。調査員は高所での作業を強いられ、調査員の安全を確保できず、調査中に足場から転落する事故が後を絶たない。足場を使用する調査では、足場そのものが倒れ、通行人等の第三者を巻き込む事故を起こすケースも考えられる。また、足場や高所作業車を使用するには費用の面で負担も大きくなる上、足場や高所作業車では近付けない場所では調査ができないという問題もある。よって、離れた場所から調査できる方法に対するニーズは大きい。

ii. 計測成果に関する課題

一般的な調査では調査員のスケッチで成果を残すが、調査員による個人差が出やすく、必ずしも正確とは言えない。また、調査時点の構造物の劣化状況は把握できるものの、毎年同じ調査員が調査するわけではないため、過去の調査結果と比較して経年変化を分析することは難しい。

(カ) 他の課題に対する取り組み

「従来の調査方法の課題」で挙げた問題点を解決するために、過去にはデジタルカメラによるひび割れ調査等が取り組まれてきたが、ピクセルの色差からひび割れを検出することは、現実には困難とされている。また、デジタルカメラだけではひび割れの位置を座標化することができないため、位置座標を残すことができるトータルステーションを併用する場合も多い。このような点に加え、高画質の画像データを大量に扱うことから、現在の PC スペックでは取扱いに時間がかかり、結果的に非効率となると言わざるを得ない。

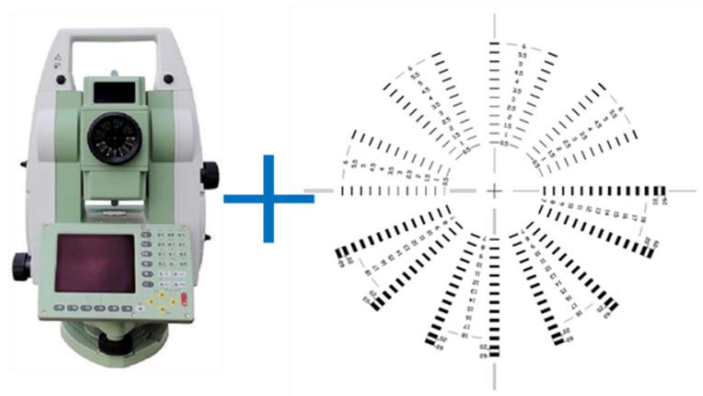
(キ) ひび割れ計測システム「KUMONOS」

<製品の概要>

2006 年 10 月に発売を開始した遠隔ひび割れ計測システム「KUMONOS」（以下、KUMONOS）は、従来の調査方法での課題を解決できる唯一の方法である。2012 年 12 月現在、国内で約 180 台の導入実績がある。また、KUMONOS を採用した構造物の調査案件は関西工事測量が単独で行った案件だけでも 1000 件以上有り、国内では広く知られている技術であると言える。

KUMONOS は、トータルステーション（注 1）と呼ばれる測量機にクラックスケールと専用プログラムを内蔵したものである。現在、KUMONOS の母体となるトータルステーションはライカジオシステムズ株式会社（以下、ライカ）製の TS11 であり、ライカの日本支社で専用レチクル及びソフトを搭載したものを、関西工事測量で販売している。

KUMONOS は 42 倍の望遠レンズを搭載しており、離れた位置からひび割れの形状と幅を計測することができ、計測データは 3 次元位置座標で管理される。ひび割れに近付くために必要であった足場や高所作業車は不要となりコスト削減に繋がる上、計測結果の精度もスケッチに比べて格段に向上する。また、PC に専用ソフトウェアをインストールすることで、計測して得た座標データを瞬時に CAD 上に描画することもでき、計測後の成果図面作成にかかる工数が大幅に削減される。また、計測データには位置座標が含まれていることから、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、ひび割れの成長度合いや錆・漏水箇所の広がり等の経年変化を定量的に把握することができる。



＜図 3＞トータルステーション本体及び内蔵レチクル

注 1 トータルステーションとは、鉛直角・水平角・斜距離を計測する機能を備え、計測した角度・距離から 3 次元座標を計算するソフトウェアをオンボードに搭載した測量機器の総称である。

当然のことながら、KUMONOS はトータルステーションが持つ通常機能（鉛直角・水平角・斜距離の計測及び 3 次元座標の導出）を保有していることから、ひび割れのみではなく、構造物そのものの形状や錆や漏水箇所等の異常箇所の形状（面積導出も可能）も計測できる。すなわち、計測対象となる構造物及びその劣化状況を高精度の 3 次元情報として記録することが可能となる。これにより、過去の計測結果との比較が容易になり、従来方法では困難であった経年変化（時間経過による変状、劣化の進行状況等）の定量的な分析ができる。

＜KUMONOS 導入による計測精度向上＞

従来方法と KUMONOS の精度比較実験を下記のとおり実施したところ、KUMONOS を用いてひび割れの位置・形状を計測した場合、従来方法のスケッチと比較し、約 10 倍の高精度の計測が可能であることが示された。また、幅の計測に関しても、KUMONOS では 50m 先のひび割れ幅を $\pm 0.05\text{mm}$ 以内の精度で計測できるという点が示された（表 1-1・1-2）。

【試験条件】

- 計測者：3 名（当該 3 名は関西工事測量にて 2 日間の技術講習を受講済）
- 計測距離：50m
- 計測回数：各 1 回
- 計測対象物：CAD で作成した任意の模擬クラック

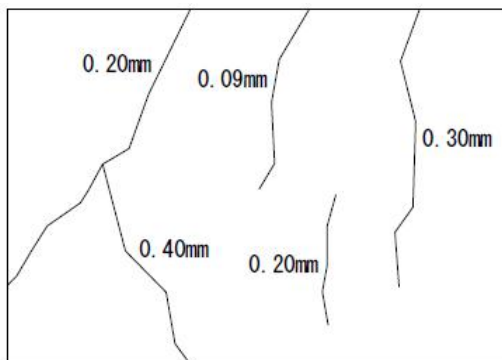
【試験方法】

- ① 模擬クラック図面（図 4）を CAD で作成し、A3 の用紙に印刷して壁に設置する（図 5）。
- ② 従来技術（双眼鏡を使った目視によるスケッチ）と KUMONOS それぞれを用いて 3 名

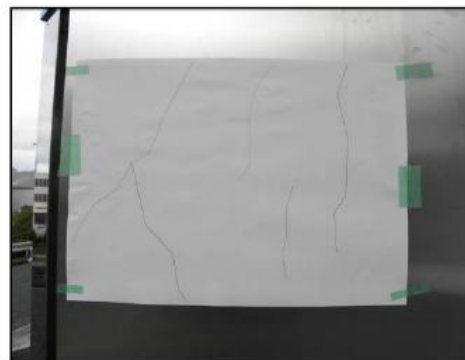
の計測者が位置・形状計測を行う（図6～7）。

③計測したデータをCADソフトを用いて計測面に対し投影し作図する。

④作図した図面と模擬クラック図面を重ね合わせて誤差を確認する。



<図4> 模擬クラック



<図5> 模擬クラック図面設置状況



<図6> 従来方法での計測状況



<図7> KUMONOSを使った計測状況

【試験結果】 ※下表「精度」とは、実際の位置・形状・幅との差を意味する。

<表 1-1> 位置・形状の精度比較表

	新技術	従来技術
位置・形状の精度	1mm～3mm	28mm～46mm

<表 1-2> KUMONOSによる幅計測結果及び精度

番号	実際のひび割れ幅(mm)	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	±0.02
2	0.40	0.42	0.36	0.44	0.41	±0.04
3	0.09	0.10	0.14	0.14	0.13	±0.05
4	0.20	0.22	0.18	0.22	0.21	±0.02
5	0.30	0.32	0.29	0.32	0.31	±0.02

<KUMONOS 導入による計測可能範囲の拡大及び安全性の確保>

KUMONOS の最大の特徴の一つに、トータルステーションを使って離れたところから調査ができるという点が挙げられる。例えば、写真 9 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、橋の下（裏）には通常、高所作業車のワゴンをワイヤーケーブルの間に入り込ませて近付く。しかしながら、ケーブルの間隔が狭いとワゴンが入り込むことができない。橋の下には川が流れており、足場をかけることもできないため、このような場合、橋の下（裏）を点検することは難しい。

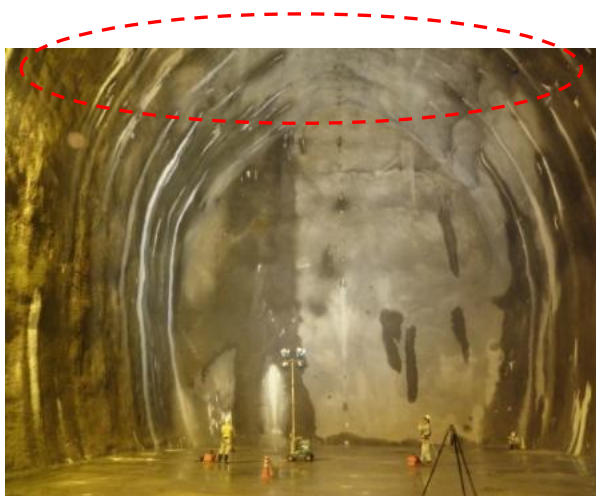
また、写真 10 は高さ 30m のブタン貯蔵基地であるが、上部の点検には高所作業車が必要となる。しかしながら、貯蔵基地の入口の口径は小さく、30m に届く規模の高所作業車を搬入することができない。よって、従来方法のような調査対象に近付いた状態での点検はできない。

KUMONOS の場合は、離れたところから計測することができるため、写真 9 の橋梁では対岸に器械を設置し、斜めから覗くことにより計測が可能となる。また、写真 10 のブタン貯蔵基地についても、専用アイピースの装着により真上を覗くことも可能であるため、下から見上げることにより計測できる。さらに、物理的に近付くことができない場所だけではなく、崩落の危険性がある法面（スロープ）等、危険度が高くて近付くことができない場所についても、KUMONOS を使うことにより離れたところから安全に計測することができる。

このように、KUMONOS の導入により、今まで立地状況や構造、危険度等の事由から近付くことができずに調査できなかった範囲の計測が可能となり、総合的な現状把握及び補修の可否判断ができるようになる。また、従来足場を使用して点検を行っていた箇所についても、足場が不要となり、調査員や通行人等の第三者の安全性確保にも貢献する。



<写真 9>斜張橋



<写真 10>ブタン貯蔵基地

<KUMONOS 導入によるコスト及び工数面の削減効果>

1000 m²のトンネル計測を一例に挙げると、KUMONOS を用いて計測を行った場合、従来方法に比べて、コスト面では約 20%削減、工数面では約 41%削減される（表 2）。

<表 2>新技術と従来技術のコスト・工数比較

	新技術	従来技術	削減率
経済性	564,250円	710,500円	20.58%
工程	7日	12日	41.67%

それぞれの内訳を比較すると、大きく差が出ているのは、ひび割れの計測と計測後の図面作成である。特に図面作成は、従来方法では 10 人日かかるのに対し、KUMONOS を使用した場合は 2 人日で行うことができ、80%の削減を実現している。従来方法では、スケッチしたものをスキャナーで読み取り、CAD 上でトレースして図面を作成するが、KUMONOS の場合は、専用ソフトウェアを使うことにより、計測したデータが自動的に線で結ばれ、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（表 3-1・3-2）。

また、従来方法で橋梁や擁壁の調査を行う場合、高所作業車ではなく、足場を利用することが多いが、足場を組む場合、1 m²あたりのコストは平均 1,300 円（通常 1 ヶ月単位での契約）であり、負担額は決して少ないものではない。KUMONOS の場合は、足場は不要となるため、その分コスト削減に繋がると言える。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い。

<表 3-1>KUMONOS を使った計測の内訳

項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
現地踏査	測量主任技師	0.5	人	31,900円	15,950円	測定する対象物の状況及び合成用基準点の必要性の有無を確認する。
測定準備	測量技師	1	人	24,900円	24,900円	測定や図化のために必要な基準点座標や線形・断面データを測定する。
測定準備	測量技師補	1	人	20,400円	20,400円	座標測定、線形・断面測定の補助を行う。
ひび割れ測定	測量技師	7	人	24,900円	174,300円	ひび割れの幅・位置・形状を測定する。
図面作成	測量技師	2	人	24,900円	49,800円	測定データをCADに自動図出し、提出内容に合わせて編集する。
数量表作成	測量技師	1	人	24,900円	24,900円	作成したCAD図面を元に表計算ソフトを用いて数量表を作成する。
報告書	電子データ	1	式	20,000円	20,000円	CAD図面及び数量表の電子データ。
器械損料	光波測量器	8	日	16,000円	128,000円	クラックスケール内蔵型光波測量器。
ソフト 使用料	専用アプリケーションソフト	1	日	4,000円	4,000円	市販のAutoCADに自動図化するための専用アプリケーションソフト
投光車	1000(W)×4~6(灯) 2t車	5	日	13,800円	69,000円	測定可能な明るさを得るために使用する。
特許料	光波測量器	8	日	4,000円	32,000円	本技術で使用する光波測量器の特許使用料。
特許料	専用アプリケーションソフト	1	日	1,000円	1,000円	専用アプリケーションソフトの特許使用料。

＜表 3-2＞従来方法での計測の内訳

項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
現地踏査	測量主任技師	0.5	人	31,900円	15,950円	測定する対象物の状況及び高所作業の必要性の有無を確認する。
測定準備	測量技師	0.5	人	24,900円	12,450円	測定の準備として巻尺等を用いて等間隔(例えば10m)に印をつける。
測定準備	測量技師補	0.5	人	20,400円	10,200円	測定準備の補助を行なう
ひび割れ測定	測量技師補	5	人	20,400円	102,000円	ひび割れの幅・位置・形状を測定し、現地にチョーキングを行う。
ひび割れ測定	測量技師	5	人	24,900円	124,500円	測定データと現地での目測を基にスケッチ作業を行う。
図面作成	測量技師	10	人	24,900円	249,000円	スケッチ図面を基にCAD図面を作成し、提出内容に合わせて編集する。
数量表作成	測量技師	1	人	24,900円	24,900円	作成したCAD図面を基に表計算ソフトを用いて数量表を作成する。
報告書	電子データ	1	式	20,000円	20,000円	CAD図面及び数量表の電子データ。
高所作業車	作業床高さ12m	5	日	16,500円	82,500円	高所作業車のレンタル代
投光車	1000(W)×4～6(灯) 2t車	5	日	13,800円	69,000円	測定可能な明るさを得るために使用する。

＜KUMONOS を用いた経年変化分析＞

KUMONOS を用いた計測では、ひび割れ位置を正確な位置座標で管理できるため、従来方法では困難であった、ひび割れの成長や劣化面積の拡大等の経年変化分析が可能となる。

経年変化分析の一例として、山口県の大島大橋の計測事例が挙げられる。大島大橋は、瀬戸大橋と同じ構造で建設されており、瀬戸大橋の維持管理モデルとして位置付けられている（写真 11・12）。山口県は、瀬戸大橋の維持管理施策の策定に向け、高精度に経年変化分析を行うことの重要性にいち早く着目していた上、大島大橋は流速の早い地域に位置しており足場等の設置が困難であったため、離れたところから劣化を調査できる技術を探していた。そこで、双方の課題を同時に解決できる KUMONOS が注目され、導入に至った。

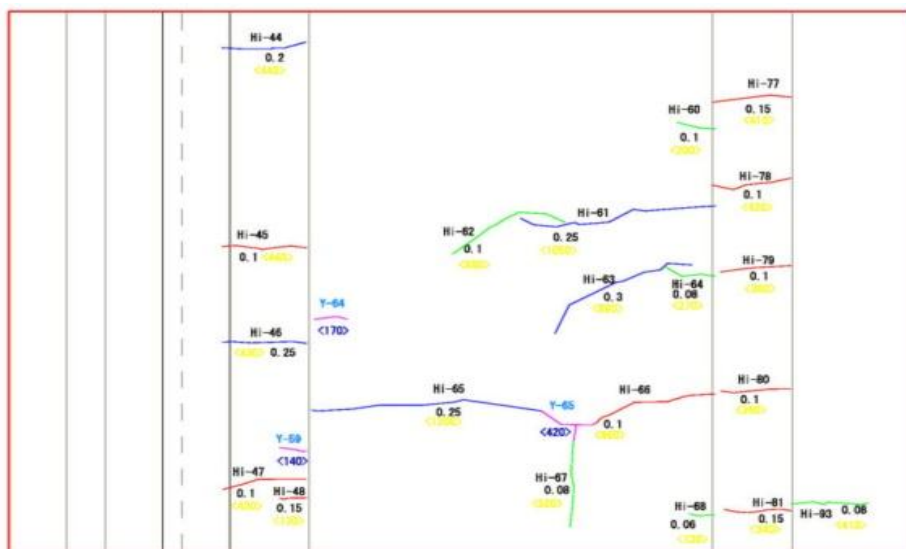
初回の計測から年 1 回の定期点検を実施しており、山口県から 5 年連続で発注されている。また、大島大橋の調査に関する特記仕様書には、「測量器を使用してひび割れの長さ、幅を計測すること」と明記されている。ひび割れを計測できる測量器は KUMONOS しか存在しないため、実質的に KUMONOS がひび割れ調査の指定方法となっていると言える。



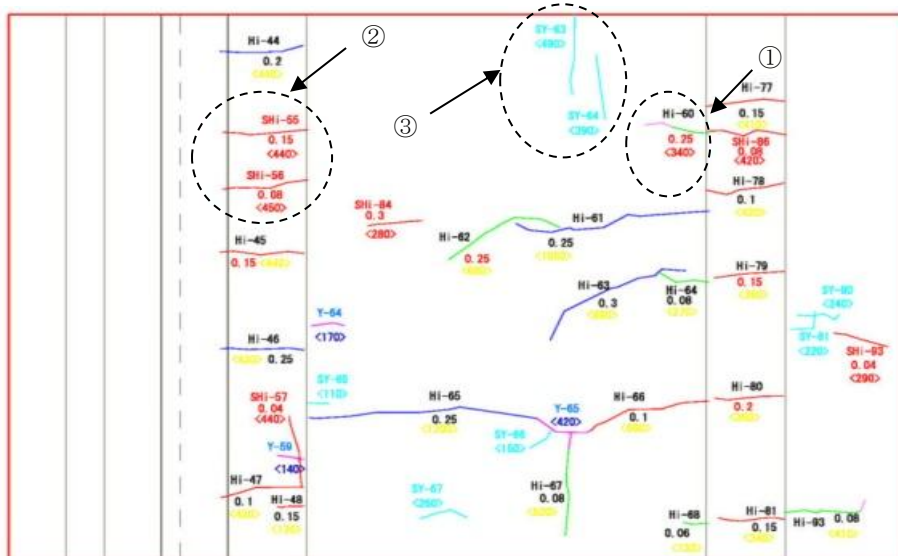
＜写真 11・12＞大島大橋計測風景

下記の 2 つの図面は、大島大橋の橋脚のひび割れ計測結果を抜粋したものである。＜図 8-1＞は 1 年目の計測結果（ひび割れ損傷図）であり、＜図 8-2＞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 年目の計測結果を重ね合わせて比較することで、「ひび割れが何mm成長したのか」や「新たなひび割れが何本発生したのか」等を定量的に把握することが可能となる。

例えば、＜図 8-2＞の①のひび割れは、＜図 8-1＞でも存在しているが、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 8-2＞の②のひび割れは、＜図 8-1＞では存在せず、新たに発生したひび割れであることが分かる。＜図 8-2＞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もの（エフロレッセンス）である。それ自体に強度上の問題はないが、表面上の変化として記録されている。このように、KUMONOS ではひび割れだけではなく、それ以外の変状についても計測が可能であり、経年変化も分析できる。



＜図 8-1＞大島大橋の調査事例（1 年目のひび割れ損傷図）



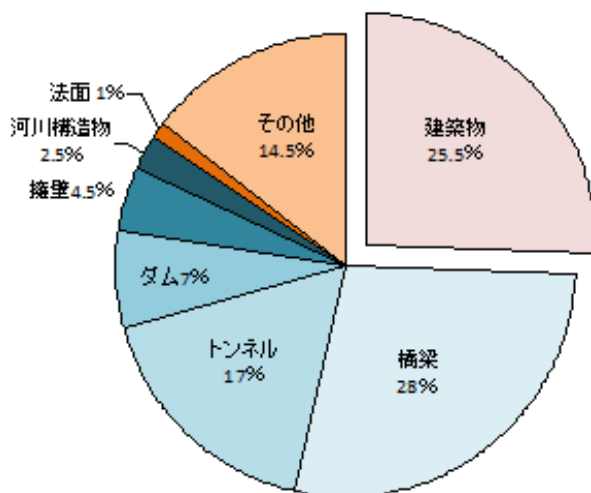
＜図 8-2＞大島大橋の調査事例（2 年目のひび割れ損傷図）

また、一般的にひび割れの進行は早い時期と緩やかな時期があり、成長スピードは収束していく傾向にある。コンクリートの状況によるが、大島大橋の場合、補修をひび割れの成長が止まった時点で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、KUMONOS の計測結果の比較による成長スピードの定量的な分析により、適切な補修タイミングを見極めている。さらに、ひび割れの幅・長さや他の劣化箇所の面積等を定量的に且つ正確に把握できることにより、適切な補修材料量を導き出すことも容易となる。

このように、KUMONOS による定期的な計測及び蓄積された過去の計測結果との比較による経年変化分析を行うことにより、調査時点の劣化状況を正確に把握できるだけでなく、劣化の推移及びその傾向の分析により、将来の劣化予測までもが可能となる。将来の劣化予測を行うことにより、すぐに補修・改修等の処置を講じる必要があるのか、あるいはあと数年待ってもよいのかを見極めることができ、危険度に応じた補修・改修の優先順位付けができる。定量データに基づいた明確な優先順位付けは、補修・改修の意思決定を従来方法に比べてより客観的に行うことに繋がる。

(ク) KUMONOS の使用実績及び技術評価者・利用者の声

KUMONOS は、これまで官民あわせて 1,000 以上の現場で使用されてきた。計測対象構造物も橋梁、トンネル、ダム、擁壁、ビル等多岐に渡る。過去 6 年間の使用実績のうち、約 4 分の 3 を土木分野が占めており、対象構造物の内訳として最も多いのが橋梁、次いでトンネル、ダムとなっている（図 9）。



<図 9> KUMONOS の使用実績に占める各構造物の割合

一例として、関西工事測量が携わった業務の実績（抜粋）は以下のとおりである。

<表 4>KUMONOS の使用実績（抜粋）

No.1

	調査時期	場所	発注機関	業務名	種別	数量	備考
1	平成18年 9月	徳島	民	金融機関ビル外壁調査	ビル	9,000㎡	赤外線カメラを併用
2	平成18年 9月	滋賀	西日本高速	トンネル(新設)クラック調査	トンネル	160m	3Dスキャナデータとの合成
3	平成18年10月	大阪	民	ビル外壁調査	ビル	1,500㎡	
4	平成18年11月	大阪	民	ビル外壁調査	ビル	600㎡	
5	平成18年11月	福井	官	トンネル内クラック調査	トンネル	370m	3Dスキャナデータとの合成
6	平成18年12月	兵庫	民	高架橋桁下クラック調査	橋梁	100㎡	3Dスキャナデータとの合成
7	平成18年12月	滋賀	官	コンクリート吹付け法面現況調査	法面	750㎡	チョーキングあり
8	平成18年12月	山形	官	トンネルクラック調査	トンネル	230m	3Dスキャナデータとの合成
9	平成19年 1月	和歌山	国交省	高架橋下部工クラック調査	橋梁	900㎡	
10	平成19年 1月	新潟	民	高架橋外柵クラック調査	橋梁	4面×3橋	
11	平成19年 1月	滋賀	民	工場2階部分の梁のクラック調査	工場	800㎡	
12	平成19年 2月	大阪	民	擁壁(新設)クラック調査	擁壁	3,500㎡	
13	平成19年 2月	大阪	民	コンクリート床版(新設)クラック調査	床版	4,100㎡	チョーキングあり
14	平成19年 3月	大阪	民	擁壁(新設)クラック調査	擁壁	5,200㎡	
15	平成19年 3月	東京	民	鋼桁橋RC床版クラック調査	橋梁	2橋	
16	平成19年 4月	兵庫	民	護岸擁壁クラック調査	擁壁	850㎡	
17	平成19年 5月	大阪	西日本高速	トンネル補修工事に伴うクラック調査	トンネル	6,570㎡	チョーキングあり
18	平成19年 5月	愛知	民	教育施設外壁クラック調査	教育施設	10,000㎡	
19	平成19年 6月	埼玉	国交省	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	1,080㎡	
20	平成19年 6月	大阪	民	シールド立坑内クラック調査	立坑	250㎡	経年変化
21	平成19年 7月	三重	民	CP柱のたわみ量及びクラック調査	CP柱	20本	試験施工
22	平成19年 7月	和歌山	国交省	道路防災点検に伴うクラック調査	法面	710㎡	
23	平成19年 8月	愛知	中日本高速	高速道路下カルバートボックス点検調査	C. Box	87m	試験施工
24	平成19年 9月	大阪	官	下水処理場クラック調査	擁壁	700㎡	
25	平成19年 9月	愛知	中日本高速	高速道路下カルバートボックス点検調査	C. Box	92基	
26	平成19年 9月	高知	官	河川堰クラック調査	河川構造物	3,700㎡	
27	平成19年10月	大阪	民	マンション外壁クラック調査	マンション	120㎡	
28	平成19年11月	奈良	民	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	1,200㎡	
29	平成19年12月	東京	民	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	800㎡	
30	平成20年 1月	愛知	官	急傾斜地クラック調査(格子法枠、吹付け法面)	法面	3,000㎡	3Dスキャナデータとの合成

No.2

	調査時期	場所	発注機関	業務名	種別	数量	備考
31	平成20年 1月	愛知	官	高架橋現況計測	橋梁	25基	3Dスキャナデータとの合成
32	平成20年 1月	宮崎	官	下水処理場クラック調査	擁壁	7,000㎡	
33	平成20年 1月	京都	官	トンネルクラック調査	トンネル	40m	
34	平成20年 1月	奈良	官	JR建造物現況計測	建造物	1,020㎡	展開図作成
35	平成20年 1月	岡山	民	JR高架橋桁下クラック調査	橋梁	600㎡	
36	平成20年 1月	山口	民	工業用水隧道クラック調査	トンネル	12m	試験施工
37	平成20年 1月	茨城	官	カルバートボックス点検調査	C. Box	30m	
38	平成20年 2月	兵庫	民	工場内(柱・梁部)現況計測	工場	11,000㎡	
39	平成20年 2月	島根	官	排水用隧道クラック調査	トンネル	50m	試験施工
40	平成20年 3月	山口	官	橋梁(橋脚・高欄)クラック調査	橋梁	7,330㎡	
41	平成20年 5月	大阪	官	橋梁桁下補修工事に伴うクラック調査	橋梁	100㎡	
42	平成20年 7月	岡山	民	教育施設改修工事に伴うクラック調査	教育施設	4,600㎡	
43	平成20年 8月	沖縄	民	貯水タンク外壁クラック調査	貯水タンク	300㎡	3Dスキャナデータとの合成・赤外線カメラ
44	平成20年 9月	広島	西日本高速	高速道路橋台及び桁下クラック調査	橋梁	100㎡	試験施工
45	平成20年 9月	和歌山	国交省	高架橋耐震補強工事に伴うクラック調査	橋梁	2,000㎡	
46	平成20年 9月	新潟	官	堰上屋クラック調査	河川構造物	1棟	
47	平成20年10月	山口	官	橋脚クラック調査	橋梁	1,505㎡	
48	平成20年10月	滋賀	国交省	トンネル(新設)クラック調査	トンネル	414m	チョーキングあり
49	平成20年10月	千葉	官	配水塔クラック調査	配水塔	1,440㎡	
50	平成20年11月	大阪	民	シールド立坑内クラック調査	立坑	250㎡	経年変化(事後調査)
51	平成20年11月	京都	官	プラント基礎(新設)クラック調査	プラント基礎	800㎡	
52	平成20年12月	静岡	官	トンネルクラック調査	トンネル	50m	試験施工
53	平成20年12月	香川	民	高架橋クラック調査	橋梁	200㎡	
54	平成20年12月	山口	官	濾過池クラック調査	擁壁	100㎡	
55	平成21年 1月	広島	官	ポンプ場放流渠クラック調査	C. Box	500㎡	
56	平成21年 2月	広島	官	ポンプ室構造物劣化調査	下水施設	1,780㎡	展開図作成
57	平成21年 2月	岡山	民	JR駅施設クラック調査	建造物	370㎡	
58	平成21年 2月	広島	国交省	砂防堰堤クラック調査	砂防堰堤	1,800㎡	
59	平成21年 2月	兵庫	民	沈砂池クラック調査	擁壁	600㎡	
60	平成21年 2月	滋賀	民	JR駅施設クラック調査	建造物	100㎡	試験施工

	調査時期	場所	発注機関	業務名	種別	数量	備考
61	平成21年3月	奈良	国交省	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	2,340㎡	
62	平成21年3月	京都	民	病院外壁クラック調査	病院	2,380㎡	
63	平成21年3月	大阪	官	煙突現況測量及び煙道展開図作成	煙突・煙道	29m	展開図作成
64	平成21年3月	奈良	国交省	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	1,680㎡	
65	平成21年3月	鳥根	官	砂防堰堤クラック調査	砂防堰堤	900㎡	
66	平成21年4月	兵庫	官	橋脚(新設)クラック幅計測	橋梁	3基	幅(60箇所)の経年変化(1回目)
67	平成21年4月	大阪	民	PC桁下(新設)クラック調査	橋梁	5,700㎡	
68	平成21年5月	愛媛	国交省	高架橋桁下クラック調査	橋梁	1,260㎡	
69	平成21年6月	高知	国交省	跨線橋クラック調査	橋梁	280㎡	
70	平成21年6月	大阪	民	金融機関ビル外壁調査	ビル	7,000㎡	
71	平成21年7月	神奈川	官	浄水施設傾斜測定	浄水施設	7施設	
72	平成21年7月	和歌山	国交省	橋梁桁下補修工事に伴うクラック調査	橋梁	3,300㎡	
73	平成21年8月	大阪	民	金融機関ビル外壁調査	ビル	2,000㎡	
74	平成21年8月	兵庫	官	橋脚(新設)クラック幅計測	橋梁	3基	幅(60箇所)の経年変化(2回目)
75	平成21年9月	東京	民	体育館現況計測	体育館	200㎡	
76	平成21年9月	石川	官	堰上屋クラック調査	河川構造物	1棟	
77	平成21年10月	静岡	国交省	橋脚耐震補強工に伴うクラック調査	橋梁	3,900㎡	
78	平成21年10月	広島	国交省	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	900㎡	
79	平成21年11月	大阪	民	寺社建築物クラック調査	寺社建築物	1,900㎡	
80	平成21年11月	山口	官	橋脚クラック調査	橋梁	1,505㎡	経年変化
81	平成21年12月	愛媛	国交省	ダム改良工事に伴うクラック調査	ダム	500㎡	
82	平成21年12月	兵庫	官	橋脚(新設)クラック幅計測	橋梁	3基	幅(60箇所)の経年変化(3回目)
83	平成21年12月	山口	官	橋梁点検業務に伴うクラック調査	橋梁	300㎡	
84	平成22年1月	和歌山	国交省	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	3,000㎡	
85	平成22年1月	福井	民	発電所施設クラック調査	建造物	1,900㎡	
86	平成22年1月	福岡	官	ダム堤体クラック調査	ダム	2,000㎡	
87	平成22年1月	奈良	国交省	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	350㎡	
88	平成22年2月	静岡	民	発電所施設クラック調査	建造物	2,500㎡	
89	平成22年2月	愛媛	官	ダム堤体クラック調査	ダム	7,800㎡	
90	平成22年2月	大阪	国交省	水門クラック調査	河川構造物	5,000㎡	

	調査時期	場所	発注機関	業務名	種別	数量	備考
91	平成22年3月	広島	官	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	2,500㎡	
92	平成22年3月	山口	官	橋梁(橋脚・橋台)クラック調査	橋梁	1,780㎡	
93	平成22年3月	滋賀	国交省	橋脚及び橋台(新設)クラック調査	橋梁	150㎡	
94	平成22年3月	兵庫	民	JR駅施設クラック調査	建造物	4,000㎡	
95	平成22年3月	宮城	官	ダム堤体クラック調査	ダム	13,000㎡	
96	平成22年3月	和歌山	国交省	橋梁桁下補修工事に伴うクラック調査	橋梁	300㎡	
97	平成22年4月	広島	民	橋脚クラック調査	橋梁	1基	
98	平成22年4月	京都	民	教育施設改修工事に伴う現況計測	教育施設	1棟	
99	平成22年5月	奈良	国交省	橋脚(新設)クラック調査	橋梁	2,100㎡	
100	平成22年5月	大阪	民	家屋調査業務	家屋	3棟	
101	平成22年6月	愛媛	民	ガス貯槽用トンネルクラック調査	トンネル	100㎡	
102	平成22年8月	兵庫	民	道路トンネルクラック調査	トンネル	780㎡	
103	平成22年9月	富山	官	橋脚クラック調査	橋梁	1,200㎡	
104	平成22年9月	岡山	民	ホテル外壁調査	ビル	20,000㎡	
105	平成22年9月	東京	民	地下鉄トンネルクラック調査	トンネル	200㎡	試験施工、デジタルカメラ併用
106	平成22年9月	大阪	民	ビル外壁調査	ビル	1,000㎡	
107	平成22年10月	山口	官	橋脚クラック調査	橋梁	1,505㎡	経年変化
108	平成22年10月	大阪	民	ホール天井クラック調査	建造物	760㎡	
109	平成22年10月	山口	官	橋脚及び桁下クラック調査	橋梁	420㎡	
110	平成22年11月	鳥根	官	道路トンネルクラック調査	トンネル	425m	
111	平成22年11月	群馬	国交省	ダム堤体クラック調査業務	ダム	20,000㎡	
112	平成22年11月	兵庫	官	ダム堤体クラック調査業務	ダム	6000㎡	
113	平成22年11月	兵庫	官	ダム堤体クラック調査業務	ダム	2200㎡	
114	平成22年11月	北海道	官	橋門クラック調査業務	河川構造物	4基	
115	平成22年12月	福岡	官	ダム堤体クラック調査	ダム	2,000㎡	
116	平成22年12月	兵庫	官	近接工事に伴う既設管渠の事前事後調査業務	管渠	3,720㎡	経年変化(事前調査)
117	平成22年12月	大阪	国交省	擁壁クラック調査業務	擁壁	800㎡	
118	平成22年12月	山形	官	隧道クラック調査業務	隧道	300m	
119	平成22年12月	奈良	国交省	橋脚クラック調査	橋梁	4基	
120	平成23年1月	愛媛	国交省	橋梁桁下クラック調査	橋梁	620㎡	

No.5

	調査時期	場所	発注機関	業務名	種別	数量	備考
121	平成23年1月	東京	民	とう道クラック調査	とう道	200mf	試験施工
122	平成23年1月	静岡	官	橋脚クラック調査	橋脚	110mf	
123	平成23年1月	滋賀	民	ビル外壁調査	ビル	1,300mf	
124	平成23年1月	和歌山	民	ビル外壁調査	ビル	2,000mf	
125	平成23年1月	東京	官	地下鉄トンネルクラック調査	トンネル	30m	
126	平成23年1月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
127	平成23年1月	熊本	民	ビル外壁調査	ビル	880mf	
128	平成23年1月	福岡	国交省	橋脚クラック調査	橋脚	4,800mf	
129	平成23年1月	徳島	民	ビル外壁調査	ビル	2,200mf	
130	平成23年1月	神奈川	官	橋梁クラック調査	橋梁	1,500mf	
131	平成23年2月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
132	平成23年2月	愛知	民	ビル外壁調査	ビル	1,830mf	
133	平成23年2月	広島	民	ビル外壁調査	ビル	2,800mf	
134	平成23年2月	佐賀	官	河口堰クラック調査	河口堰	2,300mf	
135	平成23年2月	鳥取	官	擁壁クラック調査	擁壁	110mf	
136	平成23年2月	鹿児島	国交省	岸壁クラック調査	岸壁	810mf	デジタルカメラ併用
137	平成23年2月	大阪	官	橋梁桁下クラック調査	橋梁	600mf	
138	平成23年2月	兵庫	民	ビル外壁調査	ビル	1,900mf	
139	平成23年2月	福岡	官	取水場クラック調査	取水場	3,000mf	
140	平成23年3月	奈良	官	橋梁クラック調査	橋梁	1式	竣工1年後、瑕疵検査
141	平成23年3月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
142	平成23年3月	大阪	国交省	トンネル(新設)クラック調査	トンネル	4,700mf	経年変化(事前調査)
143	平成23年3月	大阪	民	地下鉄トンネルクラック調査	トンネル	100m	経年変化(事前調査)
144	平成23年3月	石川	官	橋梁桁下クラック調査	橋梁	20,000mf	
145	平成23年4月	栃木	民	ダム堤体クラック調査	ダム	15,000mf	
146	平成23年4月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
147	平成23年4月	東京	官	地下鉄トンネルクラック調査	トンネル	110m	
148	平成23年5月	大阪	民	地下鉄トンネルクラック調査	トンネル	100m	経年変化(事後調査)
149	平成23年5月	三重	国交省	高架橋クラック調査	高架橋	215mf	経年変化
150	平成23年6月	三重	国交省	高架橋クラック調査	高架橋	215mf	経年変化

No.6

	調査時期	場所	発注機関	業務名	種別	数量	備考
151	平成23年7月	三重	国交省	高架橋クラック調査	高架橋	215mf	経年変化
152	平成23年7月	埼玉	民	マンション現況計測	マンション	1,400mf	
153	平成23年7月	東京	官	地下鉄トンネルクラック調査	トンネル	20m	
154	平成23年7月	千葉	民	病院外壁クラック調査	病院	3,750mf	試験施工
155	平成23年7月	大阪	民	梁・柱部材寸法計測	工場	94箇所	
156	平成23年7月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
157	平成23年8月	三重	国交省	高架橋クラック調査	高架橋	215mf	経年変化
158	平成23年8月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
159	平成23年8月	福岡	官	浄水施設クラック調査	浄水施設	1,380mf	
160	平成23年9月	静岡	民	ビル外壁調査	ビル	1,370mf	赤外線サーモデルタを併用
161	平成23年9月	滋賀	民	教育施設外壁調査	教育施設	2,150mf	赤外線サーモデルタを併用
162	平成23年9月	大阪	国交省	トンネルクラック調査	トンネル	4,700mf	経年変化(事後調査)
163	平成23年9月	福岡	民	教育施設外壁調査	教育施設	500mf	赤外線サーモデルタを併用
164	平成23年9月	兵庫	民	第4ドッククラック調査	工場	12,600mf	
165	平成23年10月	山口	官	橋脚クラック調査	橋梁	1,505mf	経年変化
166	平成23年10月	群馬	国交省	ダム止水壁調査	ダム	8,500mf	
167	平成23年10月	東京	官	地下鉄トンネルクラック調査	トンネル	100m	
168	平成23年10月	千葉	官	橋脚クラック調査	橋脚	33mf	
169	平成23年10月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
170	平成23年11月	京都	官	焼却炉レンガ磨耗量調査	焼却炉	200mf	経年変化
171	平成23年11月	兵庫	官	市営精道町住宅外壁調査業務	共同住宅	330mf	赤外線サーモデルタ
172	平成23年12月	福井	官	貯水施設ひび割れ調査			
173	平成23年12月	大阪	民	シールド事前測量業務	トンネル	2303m	
174	平成24年1月	大阪	民	シールド事前測量業務	トンネル	2303m	
175	平成24年1月	福岡	官	消防施設外壁調査	消防署	3棟	赤外線サーモデルタ
176	平成24年1月	滋賀	民	砂防堰堤クラック調査	砂防堰堤	133mf	
177	平成24年2月	大阪	民	コンクリート構造物劣化調査	建造物	1450mf	赤外線サーモデルタを併用
178	平成24年2月	大阪	民	マンション外壁調査	マンション	1棟	赤外線サーモデルタ
179	平成24年2月	兵庫	民	コンクリート構造物劣化調査	建造物	620mf	
180	平成24年2月	大阪	国交省	トンネルクラック調査	トンネル	4,700mf	

	調査時期	場所	発注機関	業務名	種別	数量	備考
181	平成24年3月	大阪	民	コンクリート構造物劣化調査	建造物	2,250㎡	赤外線サーモデルタを併用
182	平成24年3月	大阪	民	下水施設クラック調査	建造物	500㎡	
183	平成24年3月	愛知	民	橋梁ひび割調査業務	橋梁	160㎡	
184	平成24年4月	大阪	民	トンネルクラック調査	トンネル	1,400m	
185	平成24年4月	大阪	民	駅舎形状計測業務	建造物	1棟	
186	平成24年5月	大阪	民	マンション外壁調査	ビル	1,000㎡	
187	平成24年5月	奈良	民	百貨店立体駐車場外壁調査	建造物	2,360㎡	
188	平成24年5月	福岡	民	マンション外壁調査	ビル	2,300㎡	
189	平成24年5月	大阪	民	ビル外壁調査	ビル	1,600㎡	
190	平成24年6月	鳥取	官	橋梁ひび割調査業務	橋梁	360㎡	
191	平成24年6月	宮城	官	市立施設外壁調査	建造物	4,000㎡	
192	平成24年6月	大阪	民	トンネルクラック調査	トンネル	2,100m	
193	平成24年6月	京都	民	ショッピングモール外壁損傷調査	建造物	8,880㎡	
194	平成24年7月	奈良	民	マンション外壁調査	建造物	1棟	
195	平成24年7月	鳥根	民	社宅外壁調査	建造物	3棟	
196	平成24年7月	新潟	民	トンネルクラック調査	トンネル	80m	経年変化(事前調査)
197	平成24年7月	大阪	民	トンネルクラック調査	トンネル	1,960m	
198	平成24年8月	京都	官	教育施設外壁調査	建造物	4,000㎡	
199	平成24年8月	兵庫	官	庁舎外壁調査	建造物	1,850㎡	
200	平成24年8月	大阪	民	トンネルクラック調査	トンネル	940m	

また、KUMONOS は国土交通省運営の新技术データベースである新技术情報提供システム (NETIS) に登録されているが、登録に際し、当該技術の優位性・有用性が試行実証により評価されている。技術評価者である国土交通省 四国地方整備局 四国技術事務所の担当者に対し、具体的に KUMONOS のどの点が評価されたのかをヒアリングしたところ、計測成果の精度の高さ、位置情報を含めたひび割れデータの一元管理の実現、計測における安全性の高さが特に高く評価されていた。また、足場が不要である点も一定のコスト削減効果があるとの見解であった。

国土交通省 四国地方整備局 四国技術事務所様へのヒアリングより抜粋)

- KUMONOSについて、特に「品質・出来形」と「安全性」が評価できる。光波測量器を通しての計測であるため当然のことながら目視よりも精度は格段に上がる。更に、計測結果に長さ・幅・形に加えて位置情報が含まれており、それらの情報を集約して正確に成果として表すことができるという点は高く評価できる。
- また、試行実証時は強風が吹いており、仮設足場や高所作業車を使用しての計測では危険を伴い、作業ができないような状況であったが、KUMONOSでの計測は問題なく実施できた。作業員や通行人等の第三者の安全を確保できるという点も高く評価できる。
- 一方、「経済性」や「施工性」については、計測対象の損傷状況や周囲の環境によって異なるため、一概に論じることは難しくなる。しかしながら足場の設置が不要となるため、その点で一定のコスト削減に繋がっている。

さらに、KUMONOS 利用者に対しても電話ヒアリングを行ったところ、KUMONOS の正確性、効率性 (コスト・工数削減) に関するメリットが多く挙げられた。また、離れたところから計測できる点や経年変化を定量的に把握できる点に関しても、メリットと捉えている企業が多かった。さらに、国土交通省や地方自治体での点検仕様書等による指定が、KUMONOS の導入を判断する一因になっているという点も確認できた。

前述した山口県の大島大橋の調査において、発注元である山口県の担当部署にもヒアリングを行ったところ、従来の課題であった補修タイミングの見極めに関して、KUMONOS は有効な方法であり、客観的な判断が可能となるという声が挙げられた (表 5)。

<表 5>KUMONOS に対するユーザーの声

ヒアリング先	ヒアリング内容
計測会社 A社	<p>□KUMONOS購入の経緯 新事業の立ち上げを検討していた中、関西工事測量の社長から紹介を受け、購入した。以前からひび割れ計測を行っていたわけではない。</p> <p>□KUMONOS活用理由 国土交通省がKUMONOSの利用を推奨しているため、公共事業の場合にはKUMONOSを使用しなければ工事を行えない状況である。先日は仙台市の温水プールを外壁・内壁をKUMONOSで計測する事業を請け負った。</p> <p>□KUMONOSの魅力 機器として非常に優秀であり、正確に計測ができる。人手を減らせ、工数は削減できる。一方で、KUMONOSの台数が少ない場合は、スピードと手間の問題から計測にかかる日数は従来と変わらない。</p> <p>□地方自治体のKUMONOS活用状況 地方の場合には、ひび割れを高精度で計測するということに重きを置かない自治体もあり、KUMONOSを公共事業に積極的に活用できない場合もある。都心部の場合には、KUMONOSを利用するという指定があることが多く、活用ケースも多い。</p>
計測会社 B社	<p>□KUMONOSの効率性に関するメリット KUMONOSを用いることによって格段に工数が削減できた。一般的な1つの橋梁にかかる人の工数を100と%とした場合、スケッチによる記録作業が無くなるため、約35%工数が減り、技術者数が少ない中で効率化が可能となった。</p> <p>□KUMONOSの正確性に関するメリット スケッチの場合、計測者による個人差が出てきてしまい、前年からのひび割れの成長度合いを分析しようとしても、ひび割れの場所自体がずれており、信頼性の無い結果になってしまう。KUMONOSを使うことで、発注元の地方自治体に対して計測結果を提出する際に、定量的且つ正確なデータに基づいたものを提示することが可能となった。実際に地方自治体にも評価して頂いており、競合他社との差別化を図るツールにもなっている。</p>
山口県柳井土木建築事務所	<p>□KUMONOSを用いた計測の安全性について KUMONOSでは足場を組む必要がなくなる点で、安全性確保に繋がると認識している。</p> <p>□KUMONOSの魅力 ひび割れは一つではなく多数存在するもののため、定量的に経年変化が見れるのは非常に助かる。目視できない環境にあるひび割れもあるため、離れたところから望遠レンズで見られるのもよい。</p> <p>□KUMONOSの計測結果を用いた経年変化分析による補修タイミングの見極め(大島大橋) 経年変化のデータを蓄積することで、大学教授等オブザーバーの意見をいただき、ひび割れが今後どのような発展をするのか見極め、補修の判断を客観的に行うことができる。</p>
山口県庁道路整備課	<p>□KUMONOSの費用削減効果について 大島大橋は海上にかかる橋のため、従来方法では船で近くまで行って計測することになり、多大な費用がかかる。KUMONOSであれば、離れたところから計測できるため、経費が大幅に削減できる。ただし、海面に接する護岸で海水がひび割れから流れて出ている箇所は、KUMONOSでは計測できないという課題もあり、一部は目視での確認をする必要がある。</p> <p>□KUMONOSの計測結果を用いた経年変化分析による補修タイミングの見極め(大島大橋) 大島大橋はこれまで何度も補修をしても繰り返し劣化箇所が見つかるという問題があり、劣化状況をこまめに把握して補修のタイミングを見極めるということが必要であった。そのため、通常5年おきに行っているひび割れ計測を1年おきで実施している。経年変化を記録して、大学教授も交えた分析を行い、適切な補修タイミングを探っている状況である。</p>

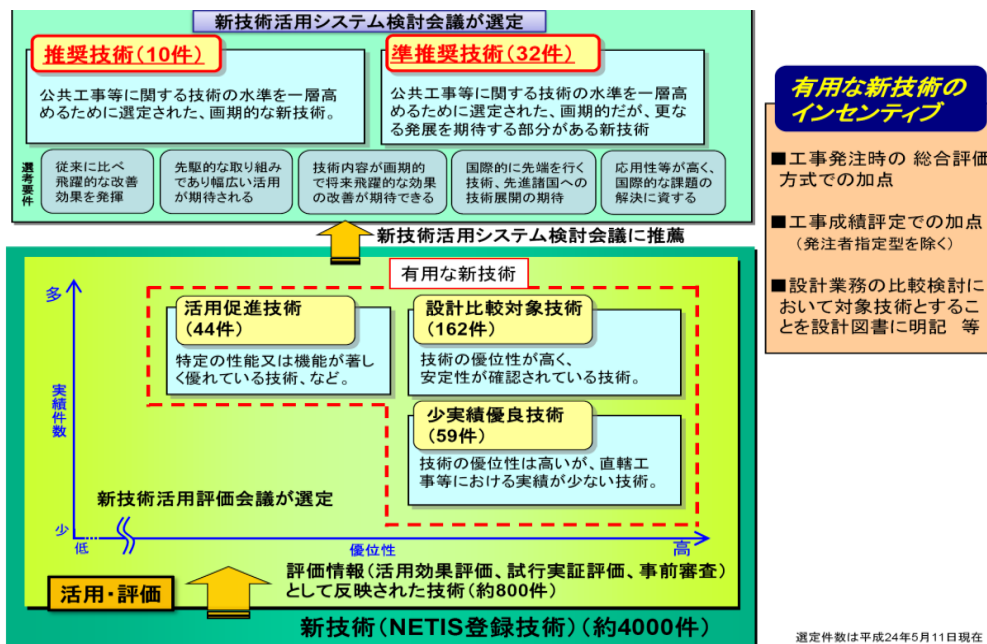
(ケ) KUMONOS の表彰実績等

＜新技術情報提供システム（NETIS）における KUMONOS の地位＞

KUMONOS は、2008 年に新技術情報提供システム（NETIS）に登録され、2012 年 5 月には準推奨技術に選定された。2012 年 5 月現在、4085 件の技術が登録されている中で、推奨・準推奨技術に選定されているものはわずか 42 件である。NETIS では、一定の条件を満たさない場合、登録が取り消される仕組みになっており、過去登録された技術は実に 12,000 件に上る。



＜図 10＞ NETIS における KUMONOS の位置付け



＜図 11＞NETIS における新技術選定の仕組み（出所：国土交通省ホームページ）

公共工事等で価格と技術提案の優劣を数値化して落札者を判定する「総合評価落札方式」において、NETIS 登録技術を採用した技術提案を行うと、技術評価点の向上に繋がる。また、NETIS 登録技術を活用した施工を行った場合、工事が完成した段階で発注者により採点される工事成績表定点の加点対象となる。さらに、推奨技術・準推奨技術に対しては、

国土交通省が積極的な評価等の普及啓発や活用促進を行うこととなっており、これらは KUMONOS 活用の大きなインセンティブとなっている。実際、2012年5月に準推奨技術に選定されて以降、KUMONOSに関する問い合わせ件数が増加しており、今後更なる活用が期待されている。

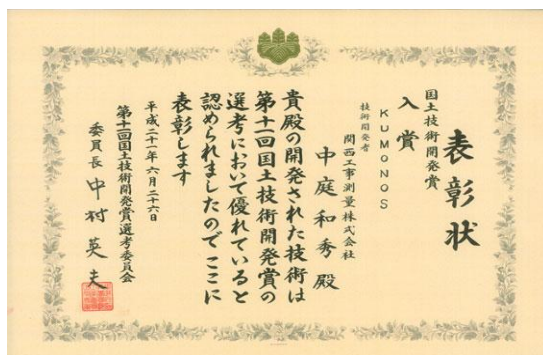
<その他受賞歴>

KUMONOS はこれまで様々な賞を受賞している。主な受賞歴は下記のとおりである。

- ・2008年5月 土木学会 技術開発賞 受賞
- ・2009年6月 国土交通省 国土技術開発賞 入賞
- ・2010年4月 文部科学省 文部科学大臣表彰 科学技術賞 受賞



<写真 13>土木学会 技術開発賞



<写真 14>国土交通省 国土技術開発賞



<写真 15>文部科学省 科学技術賞

(コ) 取得特許

KUMONOS に関わる特許として、国内外で下記の特許を取得している

- ・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、中国・韓国でも取得済である。



<写真 16>特許証 (日本①)



<写真 17>特許証 (日本②)



<写真 18>特許証 (アメリカ)



<写真 19>特許証 (中国)



<写真 20>特許証（韓国）

2-2. 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

(ア) KUMONOS 事業の理念

<事業理念>

前述のとおり、建設投資が減少の一途を辿る一方で維持管理に対する需要が高まる中、関西工事測量では、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、それまで事業の中心となっていた工事測量、すなわち「造る測量」に、既存構造物を対象とし維持管理を目的とした「守る測量」を新たに加え、2 大柱を軸に事業を展開してきた。

一方で、関西工事測量では、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きた。その中でも 2006 年に開発した KUMONOS は、国内で広く認知・評価されるようになり、維持管理ニーズの高まりの後押しも受けて着実に実績を積んでいる。

KUMONOS 開発の背景にある理念は、ひび割れ計測におけるスケッチからの脱却及び高精度なデジタルデータの蓄積である。ひび割れは構造物の劣化状況を把握するために最も重要な指標の一つであるが、従来の目視とスケッチによる調査方法では、調査時点の劣化状況を大まかに知ることはできるものの、経年変化を把握することは難しい。また、足場を組んでの調査は調査員だけでなく通行人等の第三者をも危険に晒すこととなる。KUMONOS は、これらの問題を全て解決するとともに、正確なひび割れデータを用いた劣化状況の分析及び将来の劣化予測により、適切なタイミング・量の維持管理の実現に貢献し、ひいては安心・安全な社会づくりに寄与することを目指している。

(イ) 日本国内の KUMONOS 販売実績

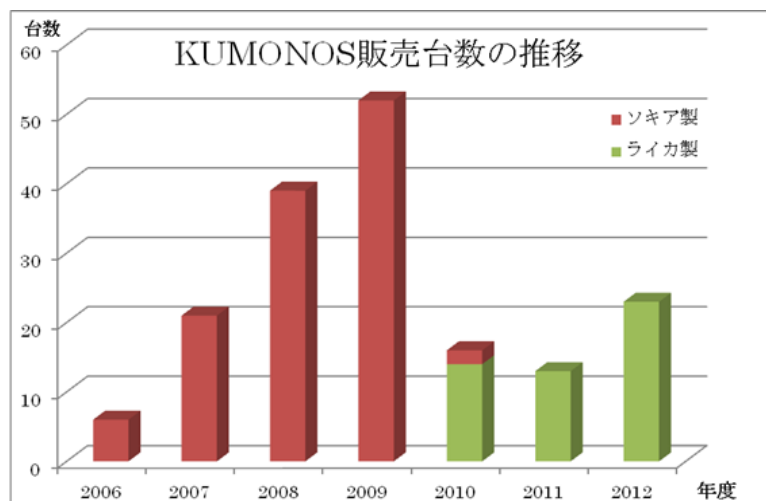
日本国内における KUMONOS のこれまでの販売実績は約 180 台である。2006 年 10 月に販売を開始し、2007 年度に西尾レントオール株式会社（以下、西尾レントオール）がレンタル機器として購入した。2007 年に大手通信会社の子会社をはじめとし、高速道路管理会社、旅客鉄道会社、電力会社等、多くのコンクリート構造物を管理している民間の会社が相次いで導入を決めたことが契機となり、徐々に売上は伸びていった。2008 年、国土交通省が運営する新技術情報提供システム（NETIS）に登録され、土木学会技術開発賞を受賞したことを期に、中小規模の建設コンサル会社を中心に、販売台数がさらに増加した。

また同年は、地方自治体の構造物維持管理業務における特記仕様書の中で、KUMONOS がひび割れ計測方法として指定される事例が増えた年でもある。特に 2008 年～2014 年まで、毎年のひび割れの成長度合いを KUMONOS によって把握することを指定した、「山口県大島大橋橋梁調査業務」の特記仕様書が公示されたことにより、中国・九州地区での KUMONOS の認知度が高まり、2008～2009 年度の販売台数の増加に繋がったと考えられる。

さらに、2009 年に宮城県鳴子ダムの健全度調査で KUMONOS を使用した調査・ひび割れ損傷図の作成を実施したことがきっかけとなり、ダムの維持管理にも KUMONOS が活用できるということがダム管理関係者に広く認知されることとなった点も、販売台数増加の一因である。

2010 年、KUMONOS の母体のトータルステーションのメーカーにあたるソキアがトプコンと合併するのと同時に、将来的な海外進出を見据え、ライカジオシステムズと業務提携し、母体をライカ製に切り替えた。ソキア製を母体とした当初の KUMONOS と比較して、精度が向上し、機械本体の価格も高くなったことから、価格を 350 万円から 450 万円に変更した。

値上げの影響もあり、その後は一時的に売上を落としているが、2011 年、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に認定されるとともに、再び KUMONOS に対する注目が集まっている。特に福岡市では、建築物の外壁診断に KUMONOS を用いることが特記仕様書に記載され、2012 年度は同地域を中心に売上を伸ばしつつある。



<図 12> KUMONOS の国内販売台数の推移

(ウ) KUMONOS 事業の展開方針

関西工事測量では、KUMONOS 事業を展開するにあたって下記の 3 フェーズを設けている。

〈第 1 フェーズ〉

KUMONOS の紹介、ひび割れ計測の重要性及び KUMONOS の必要性を理解してもらうための啓発活動

〈第 2 フェーズ〉

政府機関（国土交通省等）の認知に向けた PR 活動、試験施工や技術審査等による客観的な評価実績の蓄積

〈第 3 フェーズ〉

販売・普及、技術者の育成、他技術との連携等による事業範囲の拡大

KUMONOS を用いたひび割れ計測は、従来の目視とスケッチによる計測方法とは全く異なるものである。新規先に営業活動を行う際、離れた場所からの計測や正確なデジタルデータの取得、専用ソフトを用いた図面の自動描画という点で安全性・正確性・効率性の向上に関心を持ってもらうことはできるものの、1 台の販売価格が 450 万円であり、まとまった初期投資が必要となることから、特に市場参入初期段階では導入までに大きな壁がある。また、先方に従来の方法による調査で十分であるという認識や変革を取り入れることへの根強い抵抗がある場合は尚更である。このような状況下では、ひび割れ計測及び計測結果を用いた経年変化の分析・劣化予測の重要性をセミナー等で地道に啓発していくことが必須となる。

また同時に、計測実績がない中で有効となるのは政府機関からの客観的な評価である。政府機関の評価は、民間企業の KUMONOS 導入に対するインセンティブになり得るものであ

り、導入の意思決定に大きな影響を与える。例えば日本では、国土交通省の新技术情報提供システム（NETIS）に登録後、少実績優良技術、準推奨技術に認定され、橋梁・ダム・トンネル等の調査における特記仕様書の中でも KUMONOS による計測が指定されることが増え始めた。政府機関から評価を受けることは容易ではないが、KUMONOS の類似製品は世界を見渡しても存在せず、その新規性・独自性は確かなものであり、日本のように新規建設から既存構造物の維持管理への転換が進んでいる、もしくは中進国のように昨今維持管理の重要性が認識されはじめている等の社会情勢に合致すれば、必ずしも不可能なことではないと考えている。

評価実績が蓄積されれば、計測業務が増えていき、本格的な販売・普及フェーズに入る。機器購入の初期投資が難しい場合はレンタルとなり、国内では西尾レントオールがレンタル業務を担っている。本フェーズでは、KUMONOS を使って計測する調査員が徐々に増えることになるが、計測技術が十分ではない調査員が計測を行う可能性があり、KUMONOS 自体の評判が下がるリスクがある。その対応策として、国内では KUMONOS ユーザーを対象とした KUMONOS 技術者検定を行い、技術レベルの確保に努めている。KUMONOS の本格的な展開には、計測技術の質の確保が不可欠であり、トレーニングで技術者を育成する体制の確立が必至となる。

また、KUMONOS はコンクリートのひび割れだけではなく、外壁タイル等のひび割れも計測することができる。安定的な需要確保のためにも、他技術との連携等による事業範囲の拡大も推進していくことが重要であると考えている。国内では、KUMONOS と赤外線画像解析システム「赤外線サーモデルタ」を組み合わせ、調査・診断から補修計画までの業務を合理的に行うシステムを確立し、外壁調査を受託するとともに調査協力会社へ必要な機器等をレンタルする事業が、経済産業省及び国土交通省から新連携事業として認定されており、今後も新たな連携の可能性や機能追加・改良等を模索していくこととなる。

(エ) KUMONOS の事業展開における海外進出の位置づけ

<これまでの海外業務>

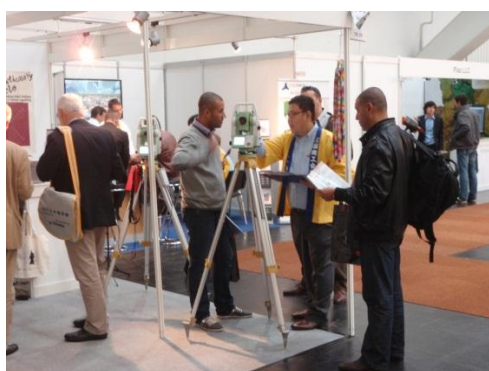
国内では、前述のとおり KUMONOS の更なる普及に向けた本格的な販売・レンタルの促進と他技術との連携による事業範囲の拡大のフェーズに入っているため、機能追加や改良等の研究の継続は必要なものの、事業はある程度軌道に乗ったと言える。今後、関西工事測量が更に成長していくためには、市場規模が国内と比較して遥かに大きい海外への進出が不可欠であり、国内の体制が整った今こそ、その時期であると判断した。

これまでの海外業務としては、回数は少ないものの、大学への寄贈や ODA 案件の一環としての納品及びそれらに伴う現地技術トレーニング、国際会議等での論文発表や展示会出展の経験があり、いずれも KUMONOS に対する関心は高く、高評価を受けている（表 6）。

<表 6>これまでの海外業務一覧

No.	国名	事業名	事業概要	事業実施時期
1	ドイツ	INTERGEOに出展	測量業界で最も大規模な展示会の1つであるINTERGEOに、KUMONOS及び構造物の角や円柱構造物の測量を可能とする新システム「Baum Station」出展。	2012年10月
2	ベトナム	ベトナム国道維持管理能力強化プロジェクトにおけるKUMONOS納入	ODAベトナム国道維持管理能力強化プロジェクトの一環で、KUMONOSを納入。現地に人員を派遣し、技術トレーニングを実施。	2011年7月～ 2012年9月
3	ロシア	14th International Conference on Computing in Civil and Building EngineeringでBaum Stationのレチクル「Baum」に関する論文発表	大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 矢吹信喜教授との共同研究において論文を共著し、ロシアの国際学会にて発表。	2012年6月
4	アメリカ合衆国	カルフォルニア大学アーバイン校 建築学科礎塚研究室との共同研究プロジェクト	カルフォルニア大学アーバイン校 建築学科礎塚研究室へ研究用にKUMONOSを納入。現地に人員を派遣し、技術トレーニングを実施。	2008年8月～ 2008年12月
5	台湾	国立台湾科技大学建築学科との共同研究プロジェクト	国立台湾科技大学へKUMONOSを納入。現地に人員を派遣し、技術トレーニングを実施。	2008年8月～ 2008年12月
6	イタリア	First International Symposium on Life-Cycle Civil EngineeringにてKUMONOSに関する論文発表	KUMONOSに関する論文発表を行うとともに、学会参加研究者に対しKUMONOSのデモンストレーションを実施。	2008年7月

特に昨年10月に出展したINTERGEOでは、3日間で約600人が来場し、55カ国262枚のアンケートを取得した。KUMONOSに関しては、約80%の来場者が興味を持ち、約45%が使用を検討するという結果が得られ、各国の測量会社から自国の業務で使用できるという声が挙がった。



<写真 21・22> INTERGEO で KUMONOS の紹介をする様子

国際学会や展示会を通して、海外でも日本と同様に目視とスケッチによるひび割れ調査が行われていること、及び離れた場所のひび割れを調査する際には足場や高所作業車を利用していることが確認でき、KUMONOSの潜在的なニーズを見出した。

(オ) KUMONOSの海外展開方針

KUMONOSの海外展開において現時点で想定する市場は、対先進国と対中進国の2つである。先進国では、ひび割れデータの分析は行われているものの、あくまで計測時点の状態を知るものであり、蓄積されたデータからの経年変化分析はあまり行われていないのが現状である。そこにKUMONOSを導入することで、計測データの精度向上と経年変化分析ができ、

ひび割れの成長を数値化して劣化状況予測を行うことにより、補修等の要否を見極める際に客観的な意思決定が行われることとなり、アセットマネジメントの効率化に貢献できる。

中進国では、一概に論じることにはできないものの、建設ラッシュに一区切りが付き、環境面への配慮等から維持管理に目を向け始めている状況が見受けられる。構造物の劣化予測の精度向上のためには、竣工直後からの計測結果の蓄積が極めて重要であり、KUMONOSの力を最大限発揮できるチャンスが潜在している。正確なひび割れ計測の重要性と取得データの将来的な活用方法の理解が得られ、初期段階からのひび割れ計測データの蓄積と劣化分析・予測、それらを用いた補修・改修要否判定等が行われれば、ひび割れ計測データを活用したアセットマネジメントのモデル国にもなり得る。

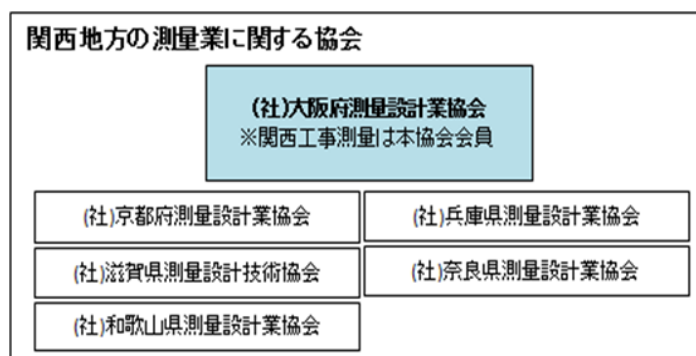
2-3. 提案企業の海外進出による地域経済への貢献

(ア) 地域経済への波及効果

<KUMONOSの普及活動の実施に係る効果>

KUMONOSを普及するためには、計測技術者の育成が必須となる。関西工事測量でKUMONOSの技術指導を行うことができる社員は10名程度いるが、国内の計測業務もあることから、海外向けの技術指導を社員のみで行うことは現実的に不可能である。そこで、現在のKUMONOS技術者検定の上位版である「KUMONOS技術指導者検定(仮)」を、主に関西の企業の技術者を対象に行って指導できるレベルの技術者を養成し、関西工事測量社員とともに現地に派遣するということを検討している。現地に人材を派遣することにより海外業務の実績を作ることは、当該企業の海外展開にとってもメリットとなる。

現在、関西工事測量は社団法人大阪府測量設計業協会に所属しているが、同協会の北川会長からは、何らかの形で協力頂く旨の了承を得ている。各府県の計測設計業協会は密に連携していることから、他の測量設計業協会との連携も視野に入れて取り組んでいくこととなる(図13)。



<図13> 計測設計業協会組織図

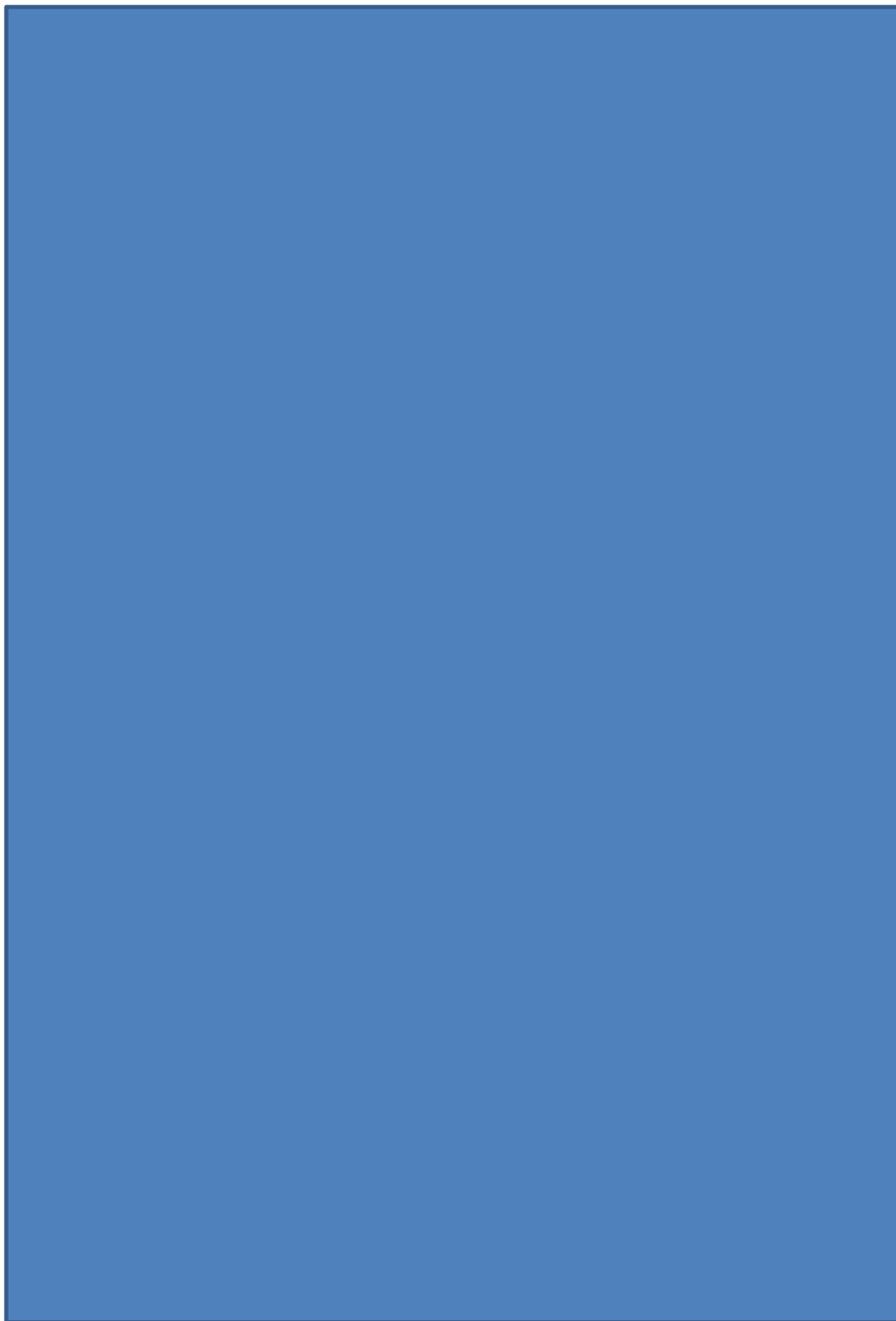
また、関西工事測量は京磁コンクリート診断士会の会員でもある。KUMONOS の計測技術者育成のためには、コンクリートに関する基礎知識の習得が必須となる他、計測データの活用（劣化分析・予測）には更に高度な知識・ノウハウを要する。また、ひび割れ計測の重要性を啓発するセミナーの開催にあたっては、専門家の見地からの講演は非常に有力な切り札となる。そのため、コンクリート専門家のご協力が不可欠であり、関西工事測量では京磁コンクリート診断士会やその上位組織である日本コンクリート診断士会に協力要請を行うことを検討している。既に日本コンクリート診断士会の小野副会長には、本件について概要を説明しており、是非とも協力したいとお言葉を頂戴した。共に KUMONOS 普及に携わる体制づくりが実現すれば、日本の高度なコンクリート診断技術・ノウハウが世界に広まり、その評価が高まることを確信している。

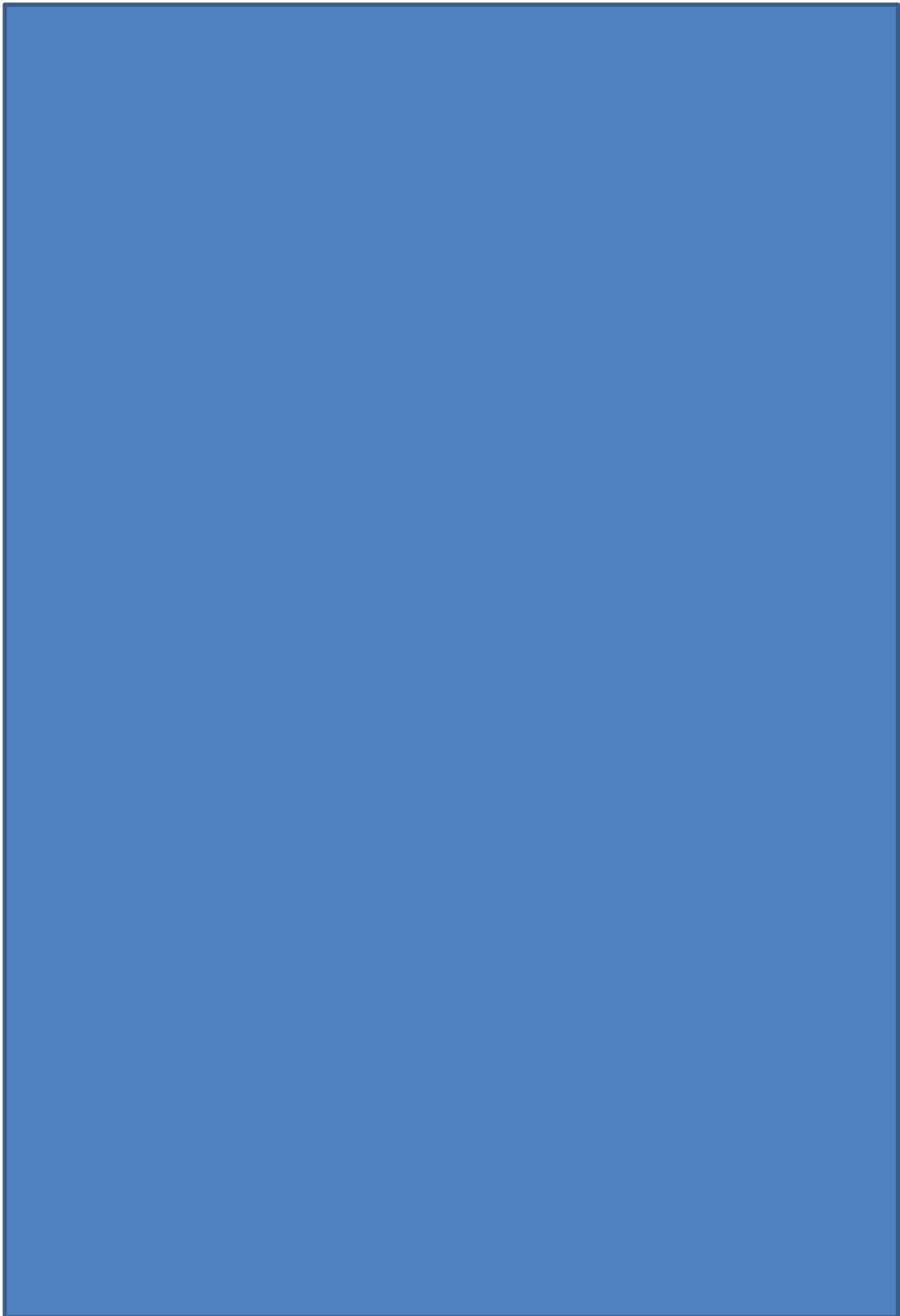
(イ) 海外進出による効果

関西工事測量が海外進出すると、従来難しいとされてきた中小企業の新規海外進出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。さらに、進出する過程で現地の政府関係者や民間有力企業等との人脈が形成され、既に進出している企業や今後新たに進出することを検討する企業の技術紹介ができる。また、進出した地域の周辺諸国についても、展開を検討する際に得た情報を提供できる。関西工事測量が位置する関西地方には、測量業界の中でも特に優れている技術が沢山ある。それらの海外進出の橋渡しをすることにより、新たな需要の創出が期待できる。

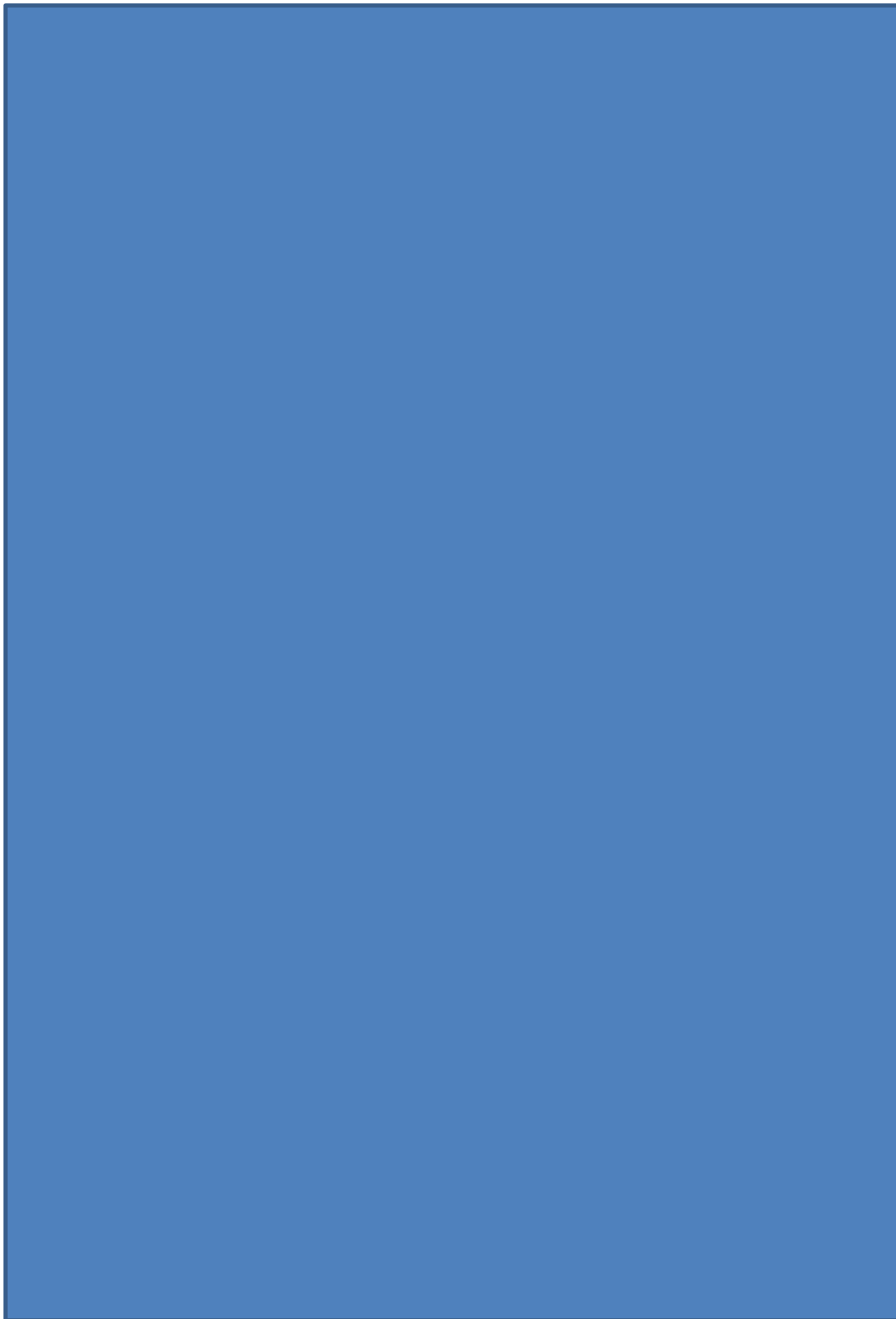
また、関西工事測量は大阪大学や立命館大学と共同研究関係にある。現地大学との間で人材派遣や共同研究のコーディネートを行い、それらを通して実績を積み重ねることにより、関西の大学の評判が上がり、他大学との研究の道を広げることに繋がる。

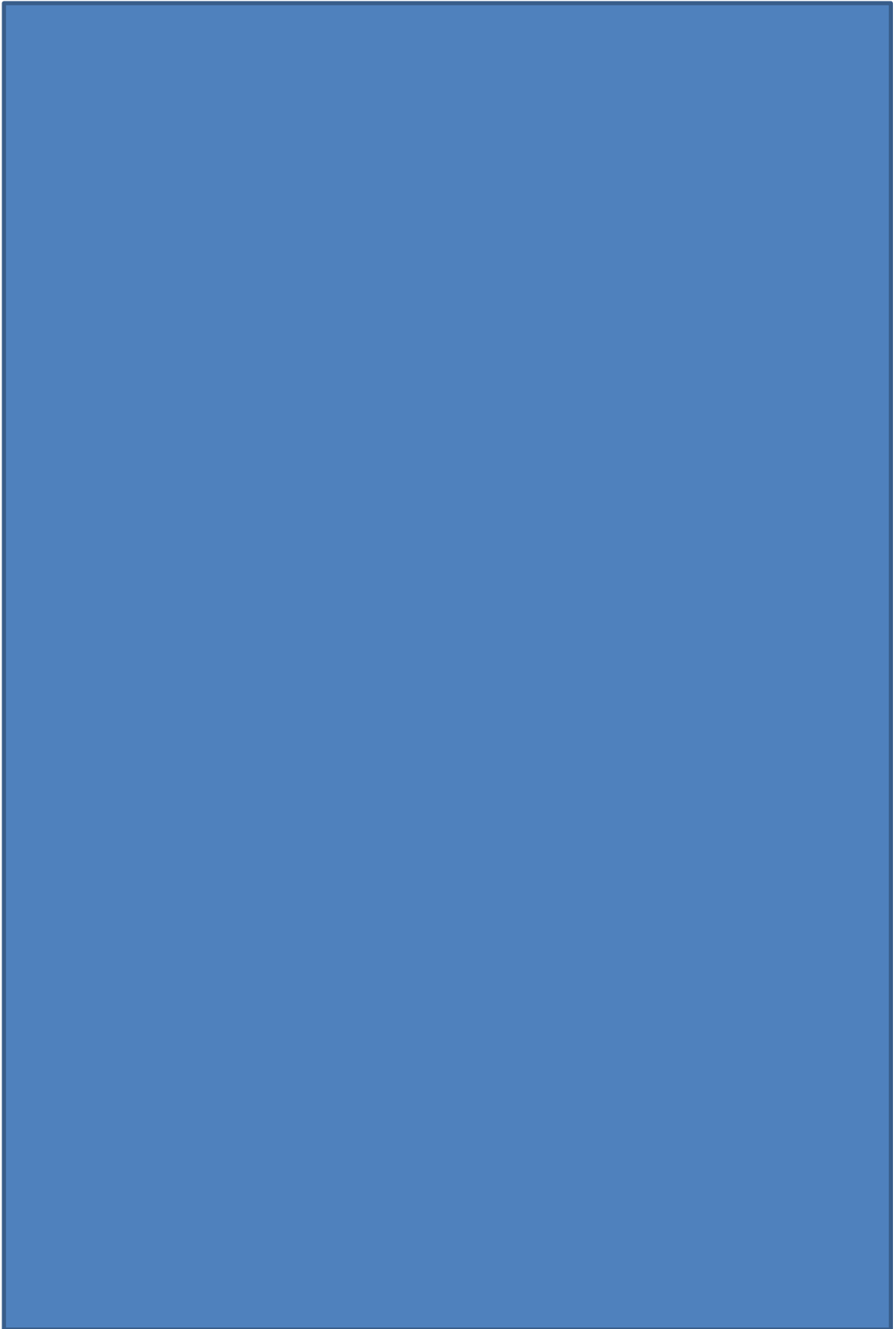
2-4. 想定する事業の仕組み

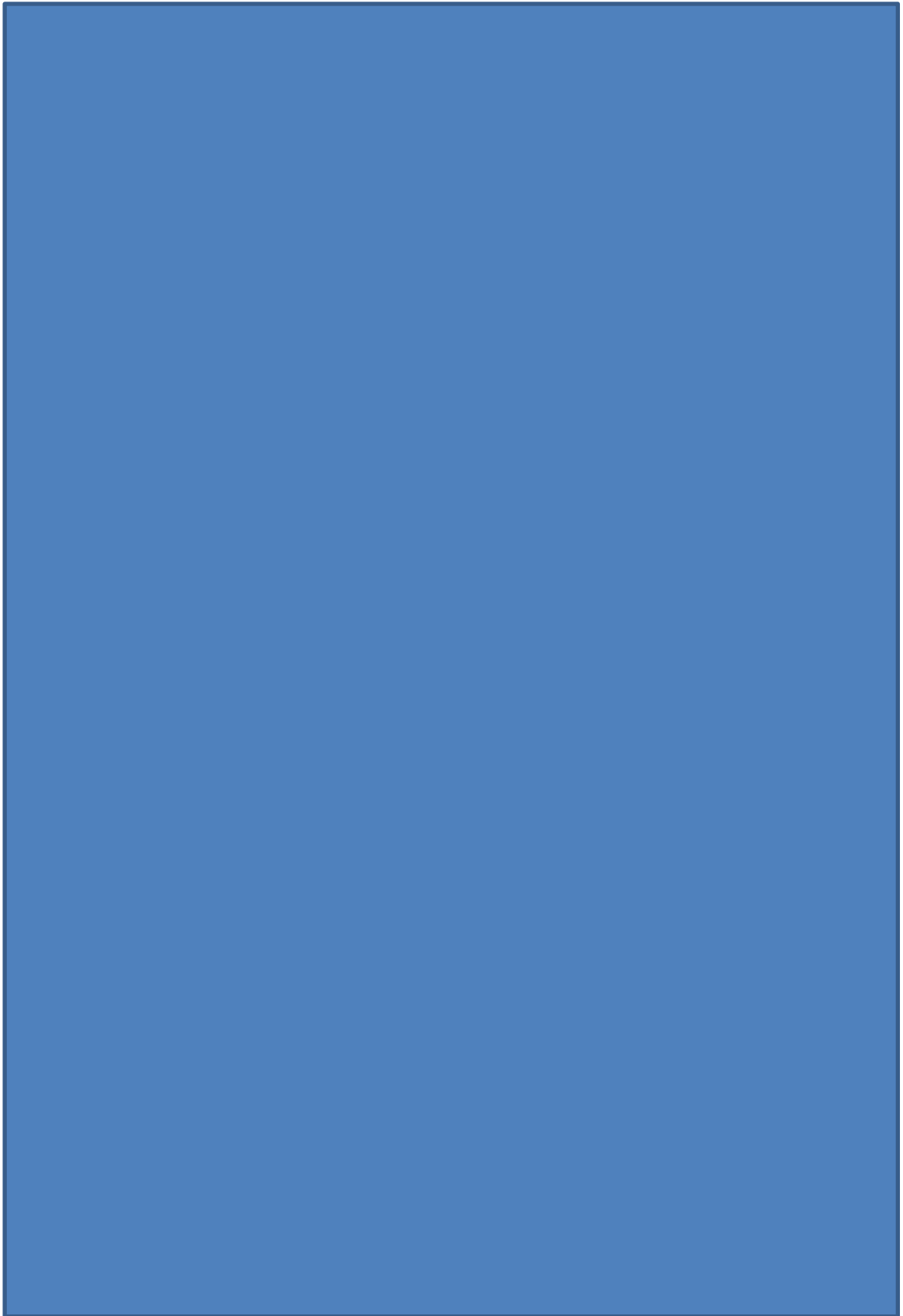




2-5. 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール







2-6. リスクへの対応

(ア) 想定されるリスク

<知的財産権の侵害リスク>

KUMONOSの特許未取得の地域への事業展開では、類似品や模造品が製造される可能性はゼロではない。しかしながら、測量機器の製造販売を行う事業者の主たる拠点国においては、特許を取得済みであり、KUMONOSは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。

<風評リスク>

計測技術が伴わないまま機械だけが広まった場合、KUMONOSの評判が著しく下がる可能性がある。KUMONOSの操作自体は難しいものではないが、ひび割れの太さを計測する際の見盛合わせ（ひび割れと同じ太さの見盛りを探す作業）では個人差が出やすく、計測成果の精度に影響を与える可能性がある。技術トレーニングにて目の較正（キャリブレーション）を行い自分自身の癖を掴むことでこの問題は解決するため、技術トレーニング等を実施し、計測技術者の技術レベルを確保することで本リスクに対応する。

<その他のリスク>

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、国内企業の優遇政策、為替変動リスク、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。

環境面、社会配慮の観点から地域社会に悪影響を与えないためには、事前の緻密な市場調査が不可欠であり、調査結果を踏まえ、必要に応じてそれぞれの地域に合う戦略を打ち出していく必要がある。また、市場参入にあたり法的な制約がないかという点についても慎重に確認して対応する。

尚、現時点において、本案件の対象国であるマレーシアでは、KUMONOSの販売における競合他社は存在しない。同国ではブミプトラ政策によるマレー企業優遇施策があり、外国企業の参入に対しての壁があるが、競合他社がないことから国内産業への影響はほとんどないと言っても過言ではない。また、政府から外国企業が直接受注することは難しいと言われているが、西尾レントオール現地法人を代理店として販売事業を進めていくことにより、この課題は解決できる。既にマレーシアで重機レンタル事業を広く展開している西尾レントオール現地法人にヒアリングを行ったところ、KUMONOSの進出における阻害要因はないとの見解を得ている。

但し、対象国への機械輸入に伴う関税が高い場合は大きなリスクとなる。しかしながら、本案件の対象国であるマレーシアでは、HSコードが“9015”（土地測量用、水路測量用、海洋測量用、水理計測用、気象観測用、地球物理学用の機器、測距儀）に属するもののうち、KUMONOSのようなトータルステーションに相当する“9015.10”（測距儀）は、関税率が5%

であったため、然程大きなリスクにはならないと考えている。(関税率の調査は、マレーシア貿易開発公社 (Malaysia External Trade Development Corporation) の大阪事務所にヒアリングを行った。)

為替変動リスクに関しては、日本円 (固定額) での取引とすることにより回避しているものの、機器本体の価格はライカ本社が決定しているため不確定な要素が全くないわけではない。しかしながら、将来的に実施を検討している KUMONOS のシステムのみの販売 (本体ではなくレチクル及びソフトウェアのみの販売) であれば、そのリスクは回避できる。

信用リスクについては、買主について事前に如何に情報収集できるかという点に係っているが、取得情報は絶対的なものではないため、貿易保険への加入等も選択肢に入れながら検討していくこととする。

調査対象国であるマレーシア独自のリスクとしては、天候が挙げられる。KUMONOS は防滴対応されているが、降雨時は KUMONOS から出るレーザーが乱反射し、距離を正確に測ることができないため、スコール発生時は計測業務を実施することができない。しかしながら雨季の期間であっても、日本の梅雨時期とは違い一日中降り続ける雨はめったにない。また、スコールは 1 時間程度で止む一時的なものであり、長期間の計測中断のリスクは殆どない。また暑さについても、日本の夏季と同等の気温であり且つ低湿度であるため、日本の熱中症対策で十分対応可能であると考えられる。

第3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効果

3-1. 提案製品・技術と当該開発課題の整合性

中進国であるマレーシアでは、これまでも橋梁の維持管理分野において、ガイドライン策定や定期点検を義務化する法的整備、情報の一元管理を目的としたデータベースの導入等の取り組みが行われてきており、維持管理の仕組みは整いつつある。また、橋梁の崩壊事故は発生しているものの、依然として築年数が浅い橋梁が大多数を占めるため、コンクリートの老朽化に対する問題意識も低い。故に、今回の現地調査においても、維持管理に関して幾つかの課題は挙がるものの、いずれも深刻な課題ではないとの認識を持っていた。

一方で、日本やアメリカ、ヨーロッパといった先進国の現状を見ると、構造物が建設され、増加してきた初期の段階から精度の高い点検及び劣化予測により予防措置を講じる維持管理を十分に行ってこなかったことで、老朽化を起因とした橋梁の崩落、損傷等の事故が相次いで発生し、多くの命が奪われてきた。

現在、橋梁の建設が急激に増加しているマレーシアが、先進国の教訓から学び、同じ失敗を繰り返さないためにも、マレーシアに、精度の高い点検及び劣化予測により予防措置を講じる重要性・必要性を伝え、必要な対策を提案することが、先例である日本が果たすべき役割であると考えている。

課題：急激な構造物の増加に伴うリスク

- ・ マレーシアにおいて、橋梁数が飛躍的に増加している。
- ・ 先例となるアメリカ合衆国や日本では、老朽化を起因とした橋梁の崩落、損傷等の事故が相次いで発生し、多くの命が奪われてきた。
- ・ アメリカ合衆国や日本における教訓として、急速にインフラ整備が進められていた当時は新規建設に重きが置かれており、将来を見据えた維持管理対策を行うことの重要性が認識されていなかったことが挙げられる。
- ・ これにより、アメリカ合衆国や日本では、事故の発生に加え、補修や改修が必要となる対象が一時期に集中し、限られた予算内で全てに対して適切に処置を施すことが難しくなる等の課題が浮かび上がっている。
- ・ 橋梁数が飛躍的に増加しているマレーシアにおいても、今後、先進国と同様の問題が起こる可能性があり、早期段階から精度の高い点検及び劣化予測により予防措置を講じる維持管理を行うことが急務である。

上述の課題に資する KUMONOS の技術は以下の通りである。マレーシアが、先進国の教訓から学び、同じ失敗を繰り返さないための高精度な点検及び劣化予測の実施に、KUMONOS は下記の通り貢献できると考えている。

<点検精度の向上>

本調査において、マレーシアの構造物のひび割れ点検では、目視・スケッチによる従来の方法が適用されていることが確認されている。しかし、従来の方法では、調査員による誤差が発生しやすく、正確な計測の担保は難しい。一方で、KUMONOS を用いることで、従来の方法に対して、約 10 倍の高精度が得られることが確認されており（第 2 章にて詳述）、高精度な計測を可能とする。

また、マレーシアにおける構造物のひび割れ点検では、物理的に近づくことができない場所や危険度が高くて近づくことができない場所については、十分な点検が実施されていないことが本調査において確認されている。これでは、構造物の劣化状況の把握が十分に成されていない懸念があり、対策を打つべき劣化が見過ごされるリスクを孕んでいる。

KUMONOS の最大の特徴の一つに、トータルステーションを使って離れたところから調査ができるという点が挙げられる。KUMONOS を使うことにより、これまで立地状況や構造、危険度等の事由から近づくことができずに調査できなかった範囲の計測が可能となり、総合的な現状把握及び補修の可否判断ができるようになる。

<劣化予測および予防措置策定の精度の向上>

上述の通り、マレーシアの構造物のひび割れ点検は、目視・スケッチによる従来の方法を取っており、正確なひび割れの劣化把握に懸念がある状況である。KUMONOS を用いた計測では、ひび割れ位置を正確な位置座標で管理できるため、従来方法では困難であった、ひび割れの成長や劣化面積の拡大等の経年変化分析が可能となる。このことによって、ひび割れの成長スピードの定量的な分析を行い、適切な補修タイミングを見極めることが出来る。

さらに、ひび割れの幅・長さや他の劣化箇所の面積等を定量的に且つ正確に把握できることにより、適切な補修材料量を導き出すことも容易となる。将来の劣化予測を行うことにより、すぐに補修・改修等の処置を講じる必要があるのか、あるいはあと数年待ってもよいのかを見極めることができ、危険度に応じた補修・改修の優先順位付けができる。定量データに基づいた明確な優先順位付けは、補修・改修の意思決定を従来方法に比べてより客観的に行うことに繋がる。

尚、上記特徴を踏まえ、本案件は我が国の対マレーシア国別援助方針における重点分野である、「急激な成長に伴う問題の克服、環境・エネルギー」に整合していると考えられる。

3-2. ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

<関西工事測量の海外事業展開における課題>

既述のように、マレーシアにおける構造物の維持管理の強化に KUMONOS が貢献し得ると考えており、本調査においても、マレーシアにおける維持管理の関係者（政府関係者、維持管理の運営・実施会社、大学機関研究者）から、KUMONOS がマレーシアで果たし得る効果について、強い関心を示されている。

一方で、マレーシアにおいては KUMONOS の計測実績がないことから、マレーシアの構造物の環境条件、形状、立地条件、維持管理の手法、人材等を考慮した場合に、本当に KUMONOS が適用可能で、効果を発揮し得ることに対しては、机上の検証のみならず、今後、より実践的な検証が必要な状況である。また、マレーシアにとっても新たな技術である KUMONOS が、実際に導入され、正確に活用されるためには、以下の課題が存在すると考えている。

● 構造物の維持管理の発注元となる組織体（政府機関、民間企業）へのアプローチ

維持管理の現場で KUMONOS を導入してもらうには、実際に KUMONOS を使う計測者のみならず、維持管理業務の発注元となる組織体（政府機関、民間企業）に KUMONOS の有益性を評価してもらう必要がある。

日本では、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 KUMONOS が推奨・準推奨技術として選定・登録されたことや、山口県が管理する大島大橋の橋梁調査業務の調達仕様書において、KUMONOS を用いたひび割れの経年的な成長度合いの計測が指定されたことを受けて、KUMONOS の販売が大幅に伸びた実績がある。

マレーシアにおいても、維持管理業務の発注元である政府機関や民間企業に KUMONOS の有益性を認知・評価してもらうことが重要であるが、関西工事測量の事業規模・内容や海外における実績を考慮すると、その働きかけは容易ではなく、また、そのための投資も難しいのが現状である。

● KUMONOS 導入後、正確に活用されることの担保

第 2 章に記載したように、関西工事測量はこれまでもアメリカや台湾の大学機関へ KUMONOS を納入（寄贈）した実績があるものの、関西工事測量による納入後の継続的なフォローは、要員やコストの観点から難しく、特にその納入先が大学機関であったことから、維持管理の現場における KUMONOS の活用にはつなげられていないのが現状である。

マレーシアの維持管理の現場において KUMONOS を正確に活用してもらうためには、機材の提供のみならず、技術・ノウハウの移転を行い、KUMONOS を用いた計測実績が確立される

までの継続的なサポートが必須である。

<ODA 案件化の効果>

上記の課題に対して、ODA 案件化がもたらす効果として以下を想定している。

- ✓ ODA 事業は、日本とマレーシアの政府間レベルの事業であることから、B to B に比べて、KUMONOS の技術の裨益先をより拡大することが可能となる
- ✓ 構造物の計測業務の発注元（政府機関）への働きかけを円滑に行うことが可能となる
- ✓ 機材の受け渡しのみならず、関西工事測量が有するノウハウ・経験をマレーシアに移転し、KUMONOS が実際の現場で正確に活用されることを、継続的に支援できるようになる
- ✓ KUMONOS のような日本独自、且つ、海外でも効果を発現し得る技術の海外展開が、それを有する中小企業の事業規模やリソース等により足踏みされているケースにおいて、ODA 案件化により、その適用性、有益性が実証され、相手国の経済発展に貢献することで、関西工事測量のみならず、関西の中小企業や、ひいては日本の技術力を海外に発信するきっかけとなり得る

第4章 ODA 案件化の具体的提案

4-1. ODA 案件概要

(ア) ODA 案件化の考え方

ODA 案件化にあたっては、マレーシアにおける KUMONOS の普及のみならず、マレーシアの開発課題の解決に寄与すること、より多くの人とその恩恵を受けることが重要であると認識している。

KUMONOS は、構造物の安全性を確保するという点でマレーシアの経済発展に貢献可能と考えているが、その効果を最大化し、より多くの人に恩恵をもたらすためには、KUMONOS の機材がマレーシアに渡るのみでは十分ではなく、KUMONOS が有する正確性や安全性、効率性といった有益性を、マレーシアの維持管理関係者（政府機関、民間企業、大学研究機関）にも理解してもらい、マレーシアで活用するための仕組みを整備する必要がある。

また、KUMONOS は、正確なひび割れ計測データを取得し、それを将来的なひび割れの劣化予測にも役立てることを可能とする特徴を有しており、より広く活用されれば、劣化予測のためのサンプルデータも増加し、より良い効果（より正確な劣化予測）をもたらすことが可能な技術であると考えている。

そこで、ODA 案件化にあたって、下記の考え方を基に提案を行う。

- マレーシアにおいて、KUMONOS が適用可能であり、且つ、効果を発現し得ることを実証する
- KUMONOS の機材のみならず、活用のための技術・ノウハウをマレーシアに移転する
- KUMONOS を用いた計測がより広く行われるようになるための、且つ、より大きな効果の発現を可能とするための土壌を作る

(イ) 本案件の目標

本案件は、維持管理の対象となる構造物の増加に伴い、今後安全性や効率性の観点から維持管理の強化が必要であるマレーシアにおいて、構造物のひび割れ計測に KUMONOS が活用され、確実かつ最適な維持管理の実現に貢献することを目指す。

尚、本調査の前提として、「中小企業の技術・製品の活用」が挙げられることから、マレーシアの構造物の維持管理における KUMONOS の普及も、上述の目標を達成する上で重要な論点の一つであると考えている。

<上位目標>

マレーシアにおける建造物の維持管理能力が強化される
(指標) 建造物の点検・補修における技術力が強化され、最適な維持管理・補修が実施される

(ウ) 協力内容・活動

上記の目標を達成するために、以下3つの活動を ODA 案件として提案する。

- ① KUMONOS を用いた建造物のひび割れ計測 (パイロット)
 - ✓ 課題を有する建造物のひび割れを、マレーシアのカウンターパートを中心に、KUMONOS を使って計測 (パイロット) を行う。マレーシアの建造物と日本の建造物の環境や形状、立地条件、維持管理の手法、人材等の違いを把握し、KUMONOS が正しく使われることを確保するために、日本からも専門家、コンサルタントを調査団に派遣する。
 - ✓ 上記に伴い、マレーシアの計測チームに対して、KUMONOS 使用のための研修を行う。
- ② KUMONOS の計測データを活用した、建造物の劣化予測システム (プロトタイプ) の構築
 - ✓ KUMONOS を用いた計測から得られるひび割れ劣化の定量データを基に、建造物の劣化予測システム (プロトタイプ) を構築する。
 - ✓ 特定の建造物を対象にするのではなく、より汎用性の高いシステムの実現を目指して、より多くの、かつ、環境条件、形態、築年数等の観点から、より多様なサンプルが望まれることから、日本-マレーシアの大学研究機関間での共同研究の形を取る。
- ③ 建造物の維持管理における正確な劣化把握・予測の重要性、および、KUMONOS が果たし得る役割についての啓発活動
 - ✓ 建造物の維持管理に関連する政府機関、民間企業、大学研究機関の関係者を対象に、啓発セミナーを開催する。

4-2. 具体的な協力内容及び開発効果

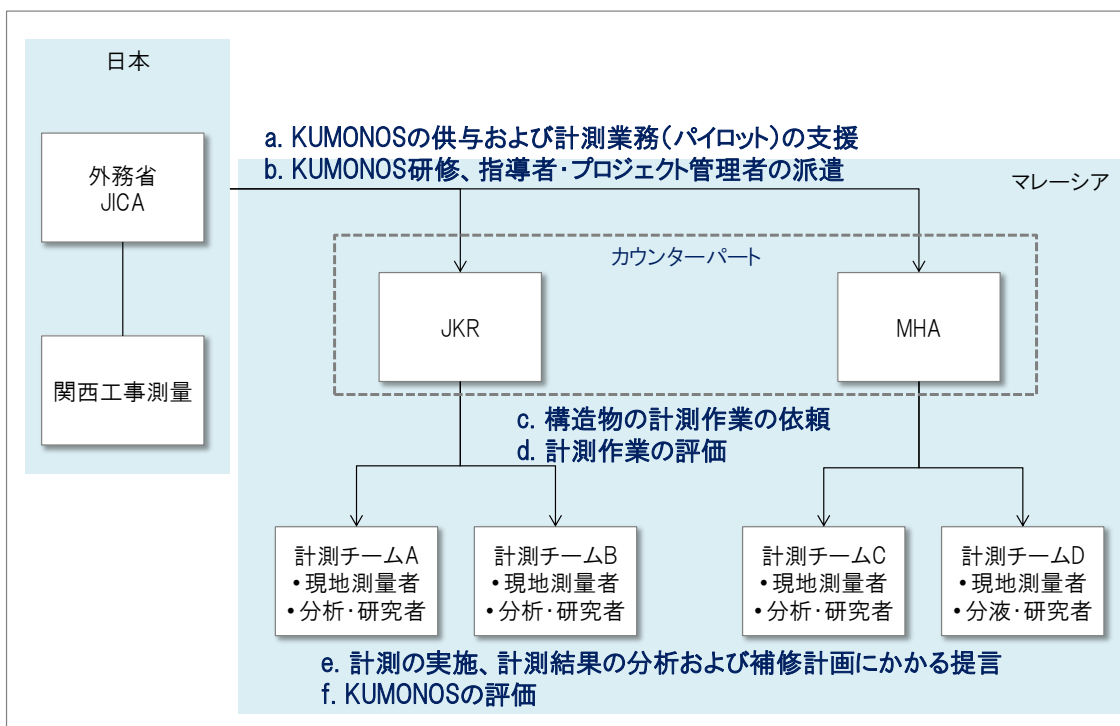
(ア) 各活動の詳細

① KUMONOS を用いた構造物のひび割れ計測（パイロット）

本調査において、本案件のカウンターパートとして想定している JKR にヒアリングを行ったところ、多数のひび割れの発生が認識されているものの、他の構造物との優先度の兼ね合いや、ひび割れがある箇所へのアプローチのしにくさを理由に、現在は点検が行き届いていない構造物が存在し、KUMONOS の特徴を活かせるのではないかと提案をいただいた。

一方で、本調査において KUMONOS のプレゼンテーションを行った多くのヒアリング先機関から、「このような環境下の橋脚に、KUMONOS は使えるのか」「この橋梁の、この部分は、どのように計測できるのか」「この高さのタワーでも計測できるのか」といった、各機関が維持管理を担う具体的な構造物を想定した質問が多数挙げられた。マレーシアでは、KUMONOS を用いた計測実績が無いことから、KUMONOS の有益性は理解できるものの、実際に KUMONOS を購入し、KUMONOS を使うことが出来る人材を育て、現場の点検業務に適用するまでには、KUMONOS がマレーシアの構造物でも使えることについての確信が必要であり、そのためには、マレーシアにある構造物を実際に計測して見せることで、KUMONOS がマレーシアにおける構造物の維持管理にも貢献できることの信頼性・評価を高められると考えている。

そこで、本活動として、KUMONOS を用いた構造物のひび割れの計測（パイロット）を、マレーシアにおける維持管理の関係者（政府機関、計測会社、分析・研究者等）を巻き込んで行うことを提案する。日本からマレーシアの維持管理関係者への、KUMONOS を用いた正確な計測業務およびその結果の活用方法のナレッジ・トランスファーも主な目的の一つである。



＜図 1＞活動①のイメージ

＜活動の内容＞

カウンターパート（現時点では、橋梁を管理する政府機関である JKR および MHA を想定している）を中心に、それぞれが管理する橋梁のひび割れ計測を行う（協力期間は 1 年を想定）。そのために必要な KUMONOS 機材の供与と、KUMONOS を通した正確なひび割れ計測・分析のナレッジ・トランスファーも行う（専門家の派遣）。計測実施にあたっては、約 1 週間の技術研修（座学）を行った後、実地での計測を行うが、ここでも、関西工事測量が専門家として参加し、OJT 研修の形で、KUMONOS がマレーシアの現場において正確に活用されることを担保する。

ひび割れ計測の実施にあたっては、カウンターパートに、対象となる構造物や計測チームを選定してもらい、計測チームは、カウンターパートに対して、KUMONOS の適用性や有益性について報告を行う。

尚、機密性の観点から、計測データの取扱いについては、今後、カウンターパートとの更なる協議が必要である。

＜対象とする構造物＞

KUMONOS が対象とする構造物は、橋梁、ダム、トンネル等、多岐に渡るが、本案件は、KUMONOS 普及のきっかけとなることが一つの論点であることから、まずは、マレーシアにおいても数が多く（約 9,000 件強）、日本でも豊富な実績を有する橋梁を計測の対象とする。

計測の対象として 6 件程度を想定しており、具体的な構造物は、今後、カウンターパートを中心に協議していくことになるが、下記の観点に対して、可能な限り多様なタイプの橋梁を選定することが望ましい。

- ✓ 実証の効果を考慮し、知名度・注目度が高い橋梁（規模、計測の難易度、等）
- ✓ 現在の点検、状況に懸念がある橋梁
- ✓ マレーシアにおける平均的な形状、立地条件の橋梁
- ✓ 様々な築年数（0～20 年/21～50 年/50 年以上、等）の橋梁

これまでの調査において、下記の候補が JKR や MHA から候補案として提案されている。尚、下記の候補が必ずしも上記の全てのタイプに該当する訳ではない。

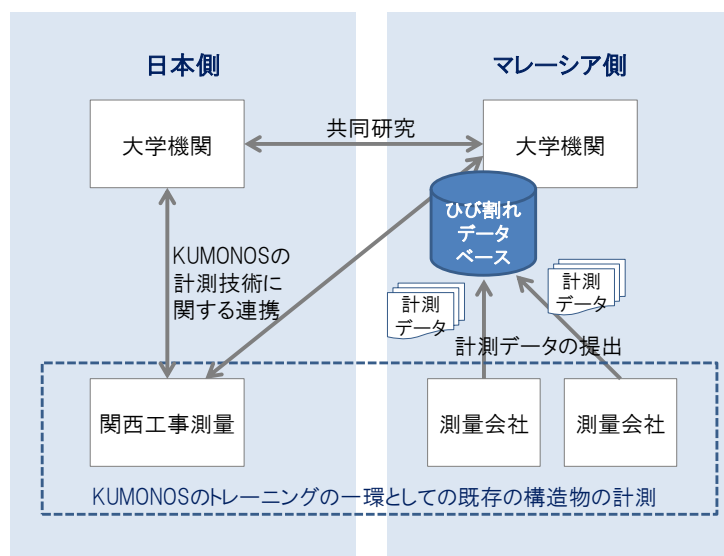
No.	構造物候補	場所	長さ	建設年	管理組織体
1	Sungai Aur Bridge	JALAN KEM Expressway180上	2,000m	1997年	JKR
2	Pulau Indah Bridge, Port Kelang	Pulau Indah	1,000m	1994年	JKR
3	MRR II Bridge（仮）	Middle Ring Road 2(KL)上の高架橋	TBD	2002年	JKR
4	Sultan Yahya Putra Bridge	Kota Bharu	900m	1960年	JKR
5	Penang Bridge	Penan	13.5 km	1970年代	MHA
6	Penang Second Bridge	Penan	23.37 km	2006年	MHA

<表 1>実証的な計測の対象とする構造物の候補案

② KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築

KUMONOS は、計測業務の安全性・正確性・効率性の向上に寄与するのみならず、KUMONOS による計測から得られるデータから、ひび割れの成長を数値化して劣化予測を行うことにより、補修の方針・計画策定に役立てられ、維持管理の効率化に貢献できると考えている。

劣化予測には、より精緻な劣化予測を行うために、複数の条件下にあるひび割れを、ある一定年数にわたって計測し、そのデータを分析・研究する必要がある、本案件では、日本とマレーシアの大学機関の間で共同研究として行うことを考えている。



＜図 2＞活動②のイメージ

本活動では、既存の構造物の計測において得られるデータを収集・蓄積し（＝データベースの構築）、それを基に日本とマレーシアの大学機関が、劣化予測システム（プロトタイプ）の構築を行う（協力期間は3年間を想定）。協力期間内においては、プロトタイプの構築を想定しているが、協力期間完了後も、構築したプロトタイプを高度化していくことを目指す。

＜具体的な内容＞

- A) KUMONOS を用いて、多様な形態・年代の構造物のひび割れを計測し、各構造物の各ひび割れの劣化度合いを評価する
- B) 各構造物の「環境条件（天候、温度、湿度、等）」、「これまでの修繕・補修履歴、構造物に発生した崩壊・事故・自然災害等の事象」を調査する
- C) 各構造物の各ひび割れの、「建設されてから、もしくは、最後に修繕・補修されてからの年数」と「環境条件（天候、温度、湿度、等）」、「これまでの修繕・補修履歴、構造物に発生した崩壊・事故・自然災害等の事象」、及び、劣化度合いの関連性を定義する
- D) 上記を基に、統計分析を行い、様々なケースに対する劣化曲線を定義する
- E) 構造物の条件から劣化曲線を定義し、最適な補修方法、タイミング、予算等を導き出すためのシステム（プロトタイプ）を構築する
- F) より高度な計測技術・方法を構築する

上記の（A）から（C）のような、特定の構造物に係る内容については、それを管理している政府機関や民間企業、またその維持管理を受注する計測者にも実施可能であるが、より汎用的な成果を得られる（D）～（F）については、大学のような研究機関・専門家の参画が必須と考える。

また、日本独自の技術である KUMONOS を用いた ODA 案件として、KUMONOS を通して、より大きな効果をマレーシア及び日本にもたらすには、本活動が有効であると考えている。

更に、コンクリート構造物は、地震や温度・湿度の変化といった外的要因による影響を受けやすく、外的要因が少ないマレーシアと外的要因が多い日本の計測データの組み合わせにより、より精緻な劣化予測が可能となる。

③ 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、および、KUMONOS が果たし得る役割についての啓発活動

構造物の正確な劣化予測や、KUMONOS の有益性を広く認知、理解してもらうことも、KUMONOS を通したマレーシアの構造物の維持管理には重要である。

例えば、本調査のヒアリングを通して、マレーシアにおける構造物のひび割れ点検は、“深刻な”ひび割れを見つけることに特に重点が置かれていることが確認されたが、これまでに第1章や第3章で述べてきた通り、構造物の維持管理において重要なのは、“深刻に”なる前に劣化を把握し、最適な予防措置を講じることであり、これまで日本や他の先進国が積み上げてきた教訓を、この啓発活動を通して、マレーシアにもナレッジ・トランスファーしたいと考えている。

そこで、本案件においては、前述の人材育成や共同研究に加え、ひび割れ計測および計測結果を用いた経年変化の分析・劣化予測の重要性について、政府機関や構造物の維持管理に関連する民間企業、大学研究機関に対してセミナー等を開催し、地道な啓発活動を行う。

目的	<ul style="list-style-type: none">ひび割れ計測および計測結果を用いた経年変化の分析・劣化予測の重要性の啓発
対象	<ul style="list-style-type: none">政府機関構造物の維持管理に関連する民間企業構造物の維持管理に関連する大学研究機関
開催方法	<ul style="list-style-type: none">1年間で3回の開催を想定内、2回はKuala Lumpur、1回は地方(人口や、橋梁を中心とした構造物の数に基づき、現時点では、Johor Bahru、Penangを想定)で開催1回あたり50~100人程度の参加者を見込む

<図3>啓発活動のイメージ

セミナー開催にあたっては、本案件全体のカウンターパートとして想定している JKR や MHA の協力も重要であるが、マレーシアにおける建設業界のネットワークのハブの役割を担うマレーシア建設業開発局 (CIDB) や、マレーシア測量協会 (Institution of Surveyors Malaysia)、セメント・コンクリート協会 (C&CA) 等にも幅広く声掛けを行うことが効果的であると考えます。

(イ) ODA 案件のパターン案

ODA 案件化にあたり、マレーシアにおける構造物の維持管理強化への貢献を果たし得ることを前提に、案件の規模や期間に応じて、以下 2 つのオプションを想定しており、予算や期間等に応じて、選択する想定である。

オプション		オプションの特徴	概算予算規模	
<p>A. KUMONOSを用いた 構造物のひび割れ 計測(パイロット)</p>	<div style="border: 1px solid black; background-color: #FFD700; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">①計測 (パイロット)</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">③啓発活動</div>	<ul style="list-style-type: none"> •KUMONOSがマレーシアの構造物の計測において適用可能であり、効果を発現し得ることを実証 •特定の構造物の劣化状況の把握に貢献 	<p>1.1億円 (1年間)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •中小企業の製品・技術の普及事業スキーム(仮)
<p>B. KUMONOSを用いた 構造物のひび割れ 計測(パイロット) + 劣化予測システム の構築</p>	<div style="border: 1px solid black; background-color: #FFD700; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">①計測 (パイロット)</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #90EE90; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">+ ②劣化予測 システム構築</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: #ADD8E6; padding: 5px;">③啓発活動</div>	<ul style="list-style-type: none"> •上記Aに加え、KUMONOSの計測結果から、より汎用性の高い劣化予測の実現に貢献 	<p>2.2億円 (3年間)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •中小企業の製品・技術の普及事業スキーム(仮) または •中小企業の製品・技術の普及事業スキーム(仮) + (②劣化予測システム構築について)草の根技術協力 または •技術協力

<図 4> 提案する ODA 案件

(ウ) オプション A 「KUMONOS 普及のための実証的な計測の実施」

オプション A は、「①KUMONOS を用いた構造物のひび割れ計測 (パイロット)」と「③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、および、KUMONOS が果たし得る役割についての啓発活動」を 1 年間で実施する案である。

既存の ODA スキームにはない形として、中小企業の製品・技術の普及・実証を目的とした新スキームの適用を想定している。

<プロジェクト目標>

関西工事測量が有する KUMONOS の製品・技術を通して、マレーシアにおける構造物の維持管理の強化に寄与することを実証する

(指標) マレーシアにおける構造物の関係者(政府機関、関連企業)に、KUMONOS を活用した維持管理の有益性が評価され、KUMONOS が活用される

<成果・開発効果>

- 計測対象の構造物のひび割れの劣化状況が定量的に正しく把握される
- KUMONOS の計測技術を有する人材が育成される
- マレーシアの維持管理の関係者(政府機関、民間企業)の、定量的な劣化状況の把握の重要性の認識が上がり、手法の見直し・改善に寄与する
- 構造物の長寿命化・安全性確保のためのノウハウがマレーシアに移転される
- 従来の方法では計測不可であった箇所の計測が可能となる、またこれにより劣化分析の精度が向上する

<投入>

想定している投入は、以下の通り。概算見積予算として、1.1 億円程度を想定している。

投入	備考	概算予算規模
①KUMONOSを用いた構造物のひび割れ計測の実証(1年)		
■日本側の投入	-	1.1億円
・KUMONOS 6台	-	
・専門家派遣	-	
-長期専門家(総括・技術責任者) 1名(12人月)	関西工事測量	
-短期専門家(技術アドバイザー) 3名(8人月)	関西工事測量	
-長期専門家(業務調整要員) 2名(15人月)	コンサルタント	
・計測支援費用(6構造物を計8回)	現地計測者/分析・研究者	
・その他、諸経費	-	
■マレーシア側の投入	-	
・カウンターパート人員の配置	-	
-プロジェクトリーダー 各機関1名	JKR/MHA	
-プロジェクトメンバー 各機関5-7名	JKR/MHA	
-分析・研究者 6名	UTM/UPM	
・プロジェクト活動に必要な専門家執務スペースの提供	-	
・その他、諸経費	-	
③構造物の維持管理にかかる啓発活動(1年)		
■日本側の投入(本活動に対して、活動①に加えて必要と想定する投入)	-	0.03億円
・専門家派遣	-	
-短期専門家 1名×(3日間)×3回	関西工事測量	
-短期専門家 1名×(3日間)×3回	邦人講演者	
・その他、諸経費	-	
■マレーシア側の投入(本活動に対して、活動①に加えて必要と想定する投入)	-	
・セミナー場所の提供	-	
・その他、諸経費	-	

<表2> オプション A の投入

(※) 上記、投入の前提として、下記機材は、既にマレーシア側が保有していることを前提としている。(下記機材は、トータルステーションを用いた測量には一般的な機材である。)

- 1 素子プリズム・整準台セット
- 測量用三脚 (アルミ)
- ミニプリズム・ピンポール・ピンポールスタントセット
- プリズムシール (3cm×3cm)
- 木杭・鋏など測量消耗品

<スケジュール>

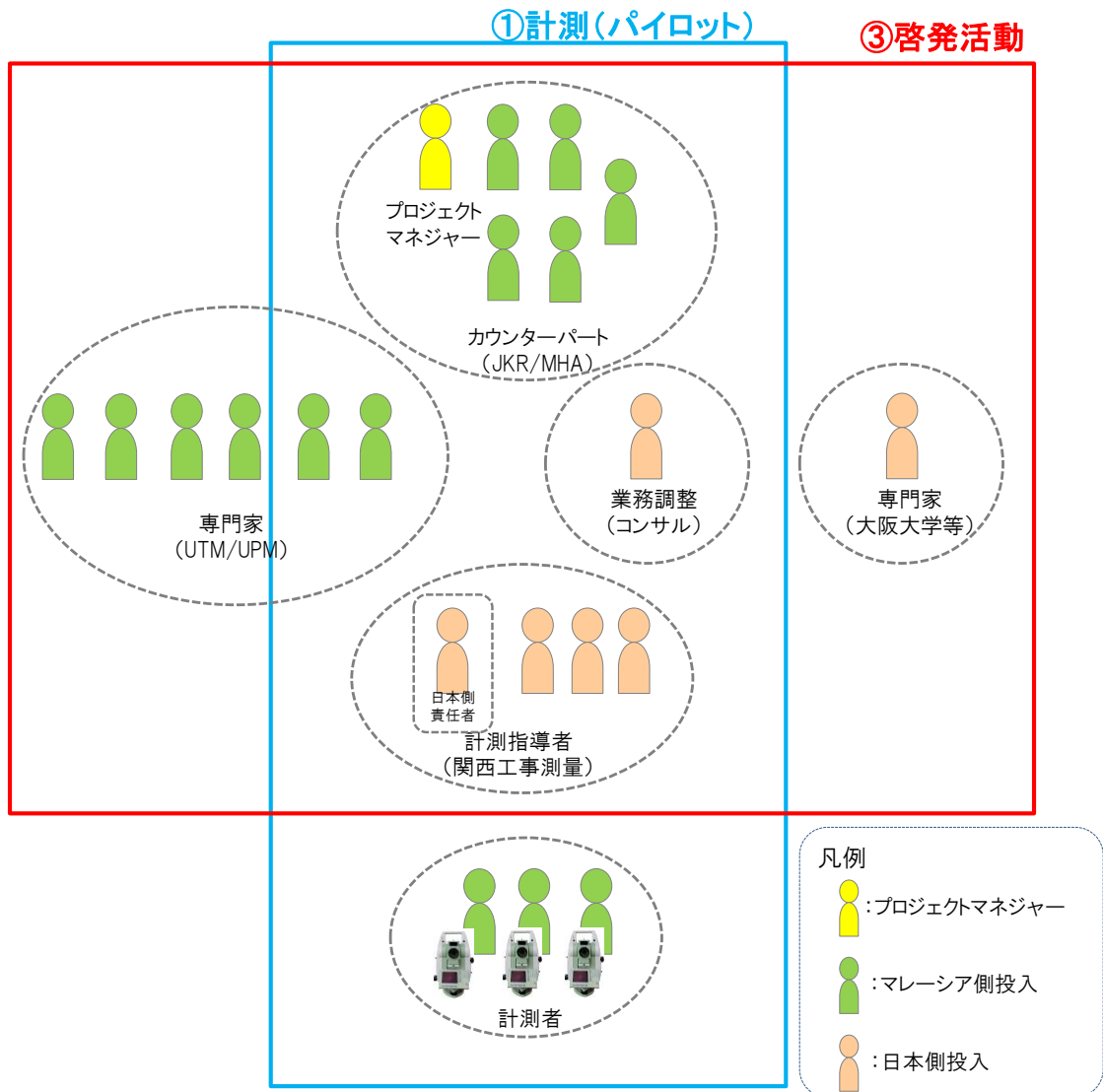
1年間で、計6件の構造物の計測を行う(内、1件は、劣化の成長度合いを計測することを目的に、2回の計測を想定)。計測を行う前に、マレーシアの計測チームに対して、約1週間の座学による技術研修を行う。その後、実際の現場での計測作業(最大1.5カ月を想定)を通して、技術・ノウハウの移転を図る。また、各計測を行った後、計測結果の分析と評価を行う(最大1カ月を想定)。



<図 5> オプション A での実施スケジュール

<実施体制・カウンターパート>

想定している実施体制は以下の通り。



＜図 6＞オプション A の実施体制

カウンターパートの想定・調整状況は以下の通りである。

- ✓ **JKR, Roads Facility Maintenance Branch**
 本案件における連携およびカウンターパートとしての協力について前向きな回答を受領。組織内外での正式な検討・決裁は、今後、必要。
- ✓ **MHA, Business Unit**
 本案件における連携およびカウンターパートとしての協力について前向きな回答を受領。組織内外での正式な検討・決裁は、今後、必要。

(エ) オプション B 「KUMONOS 普及のための実証的な計測の実施」

オプション B は、オプション A に対して「②KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築」を加え、3年間で実施する案である。オプション A よりも、KUMONOS の有益性を劣化予測のシステム構築に役立て、特定の構造物に限定されない、より汎用性の高い劣化予測を可能とすることで、効果の最大化を見据えている。

適用するスキームは、既存の ODA スキームにはない形として、中小企業の製品・技術の普及・実証を目的とした新スキームの適用を想定しているが、その予算規模や期間の上限によっては、「②KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築」を切り離して草の根技術協力を適用する、もしくは、全ての活動を技術協力プロジェクトとして実施することも想定している。本調査において調整を実施してきたマレーシア側のカウンターパート等との関係性維持や、効果発現のための各活動（①、②、③）の実施タイミングの整合性を考慮すると、より早期の案件開始と、一括での案件化が望ましいと考えるが、上述の通り、予算規模や期間により、選定されるものと想定している。

<プロジェクト目標>

関西工事測量が有する KUMONOS の製品・技術を通して、マレーシアにおける構造物の劣化分析手法が高度化され、維持管理能力が強化される
(指標) マレーシアにおける構造物の維持管理において、KUMONOS を活用した維持管理の有益性が評価され、KUMONOS が活用される。また劣化状況の正確な把握および予測を行うための手法が適用される

<成果・開発効果>

実証される内容

- 計測対象の構造物のひび割れの劣化状況が定量的に正しく把握される
- KUMONOS の計測技術を有する人材が育成される
- マレーシアの維持管理の関係者（政府機関、民間企業）の、定量的な劣化状況の把握の重要性の認識が上がり、手法の見直し・改善に寄与する
- 構造物の長寿命化・安全性確保のためのノウハウがマレーシアに移転される
- 従来の方法では計測不可であった箇所の計測が可能となる、またこれにより劣化分析の精度が向上する
- 劣化予測および最適な補修計画策定のための方法論・手法（プロトタイプ）が構築される
- 客観性が高く、信頼性の高い劣化分析、予測、補修計画策定が実現される

<投入>

想定している投入は、以下の通り。概算見積予算として、2.2億円程度を想定している。

投入	備考	概算予算規模
①KUMONOSを用いた構造物のひび割れ計測の実証(1年)		
■日本側の投入	-	1.1億円
・KUMONOS 6台	-	
・専門家派遣	-	
-長期専門家(総括・技術責任者) 1名(12人月)	関西工事測量	
-短期専門家(技術アドバイザー) 3名(8人月)	関西工事測量	
-長期専門家(業務調整要員) 2名(15人月)	コンサルタント	
・計測支援費用(6構造物を計8回)	現地計測者/分析・研究者	
・その他、諸経費	-	
■マレーシア側の投入	-	
・カウンターパート人員の配置	-	
-プロジェクトリーダー 各機関1名	JKR/MHA	
-プロジェクトメンバー 各機関5-7名	JKR/MHA	
-分析・研究者 6名	UTM/UPM	
・プロジェクト活動に必要な専門家執務スペースの提供	-	
・その他、諸経費	-	
②KUMONOSの計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築(3年)		
■日本側の投入	-	1.1億円
・KUMONOS 4台	-	
・専門家派遣	-	
-短期専門家(大阪大学) 4名×(10日程度)×4回/年	大阪大学	
-短期専門家(業務調整要員) 1名(12人月)	大阪大学/コンサルタント	
・劣化予測システム構築(HW/SW、パッケージ化)	-	
・その他、諸経費	-	
■マレーシア側の投入	-	
・カウンターパート人員の配置	-	
-プロジェクトリーダー 1名	UTM/UPM	
-プロジェクトメンバー 10名程度	UTM/UPM	
・本邦受入	-	
-プロジェクトメンバー 4名×(10日程度)×4回/年	UTM/UPM	
・プロジェクト活動に必要な専門家執務スペースの提供	-	
・その他、諸経費	-	
③構造物の維持管理にかかる啓発活動(1年)		
■日本側の投入(本活動に対して、活動①に加えて必要と想定する投入)	-	0.03億円
・専門家派遣	-	
-短期専門家 1名×(3日間)×3回	関西工事測量	
-短期専門家 1名×(3日間)×3回	邦人講演者	
・その他、諸経費	-	
■マレーシア側の投入(本活動に対して、活動①に加えて必要と想定する投入)	-	
・セミナー場所の提供	-	
・その他、諸経費	-	

<表 3> オプション B の場合の投入

(※) 上記、投入の前提として、下記機材は、既にマレーシア側が保有していることを前提としている。(下記機材は、トータルステーションを用いた測量には一般的な機材である。)

1 素子プリズム・整準台セット

測量用三脚 (アルミ)

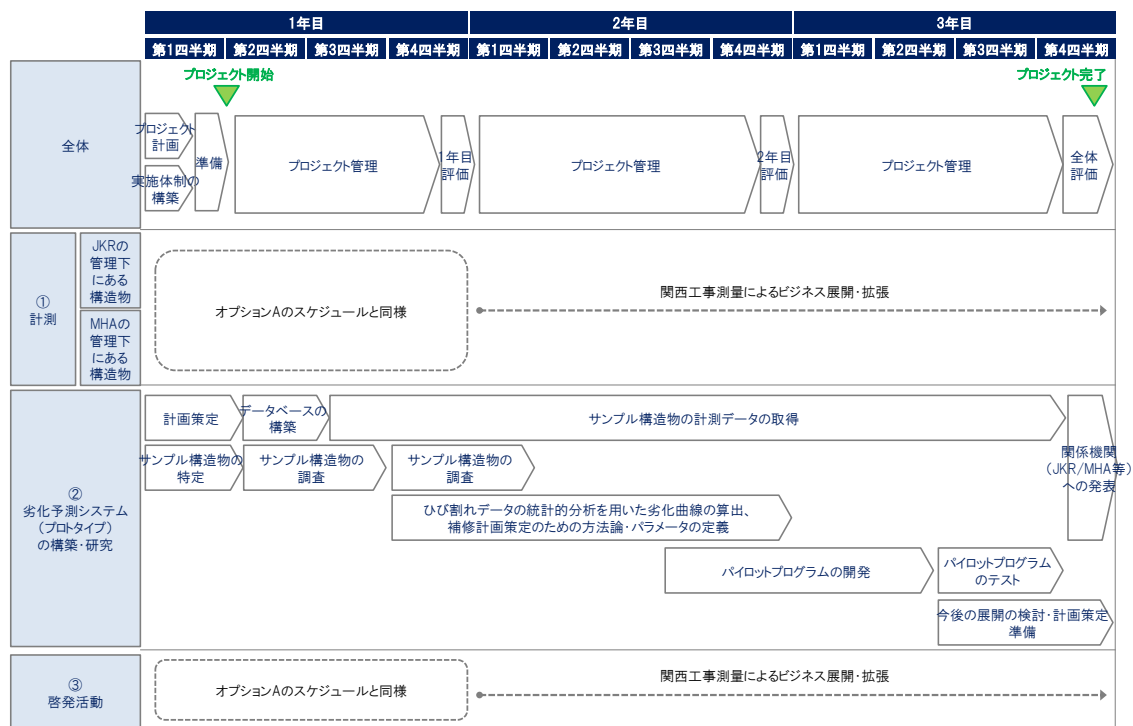
ミニプリズム・ピンポール・ピンポールスタントセット

プリズムシール (3cm×3cm)

木杭・鋏など測量消耗品

<スケジュール>

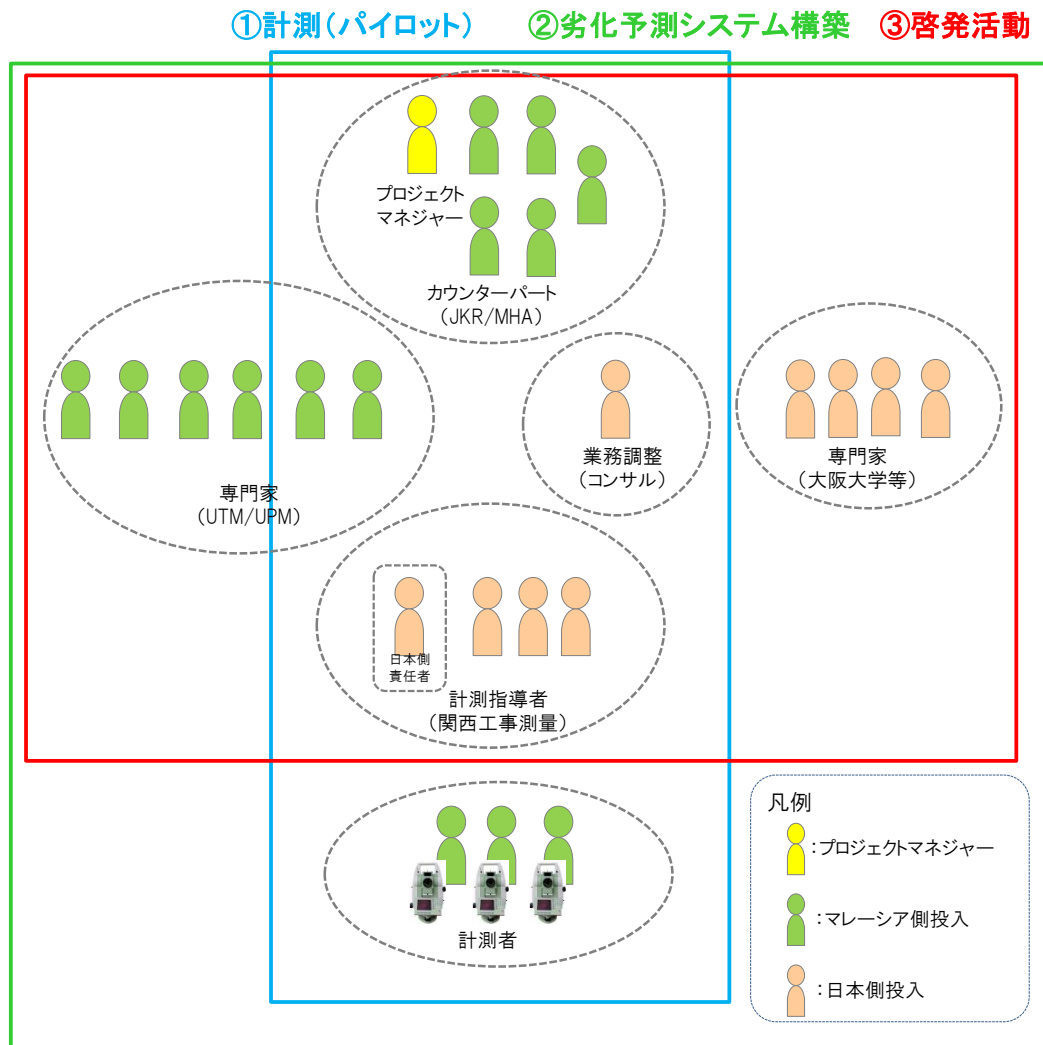
「②KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築」については、約 3 年間で、劣化予測システムのプロトタイプ構築を行う。初年度以降は、「①KUMONOS を用いた構造物のひび割れ計測 (パイロット)」及び「③構造物の維持管理における正確な劣化把握・予測の重要性、および、KUMONOS が果たし得る役割についての啓発活動」は完了する。2 年目以降、システム構築に必要なサンプルデータについては、大学研究機関 (UTM/UPM) を中心に収集することとなる。



<図 6> オプション B のスケジュール

<実施体制>

想定している実施体制は以下の通り。



カウンターパートの想定・調整状況は以下の通りである。

- ✓ **JKR, Roads Facility Maintenance Branch**
本案件における連携およびカウンターパートとしての協力について前向きな回答を受領。組織内外での正式な検討・決裁が、今後、必要。
- ✓ **MHA, Business Unit**
本案件における連携およびカウンターパートとしての協力について前向きな回答を受領。組織内外での正式な検討・決裁が、今後、必要。

✓ **UTM, Razak School**

主に「②KUMONOS の計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築」についてカウンターパートとなる想定。先方からも、そのためのプロポーザルが提出されている（本報告書に添付）。

尚、当初想定していた MJIT はカウンターパートとして想定していないが、将来的な講座開設等の連携可能性も見据えて、UTM の一環として今後も継続的に連携を取ることを（例えば、本案件のコントロールタワー執務スペースの提供等）、院長より提案されている。

(参考)

マレーシアの本案件における関連機関についての概要は以下の通りである。

<表 4>マレーシアの関連機関の概要

No.	マレーシアの 関連機関	正式名称	説明
1	JKR	Jabatan Kerja Raya(マレーシア公共 事業局)	・マレーシアの公共事業省(KKR, Kementerian Kerja Raya(Ministry of Works))に紐付く政府組織 ・公共建築物、道路、橋等の建築と維持管理、水道事業計画・管 理等を担当
2	MHA	Malaysia Highway Authority(LLM)	・マレーシアの公共事業省(KKR, Kementerian Kerja Raya(Ministry of Works))に紐付く政府組織 ・1980年に設立され高速道路North South Expresswayを建設した が、現在は高速道路の維持管理を行う民間会社Malaysian Expressway System を監督
3	MJIIIT	Malaysia-Japan International Institute of Technology	・マレーシアにおいて日本型工学教育を行う学術機関の確立を目的 として、2010年5月にマレーシア政府および日本政府の共同事 業として、UTMの傘下に設立 ・日本の技術と教育システムの強みに基づいた学部・大学院プロゲ ラム、研究開発活動を提供 ・(2011年開校時) 初年度入学生数 学部生：約60名、大学院生：約30名
4	UTM	Universiti Teknologi Malaysia	・マレーシアにおける工学・技術の教育研究を先導する最前線の大 学 ・総学生数：約24000人 留学生数：約5000人 ・国際基準で世界的に認知されている質の高い専門的プログラムを 提供
5	UPM	Universiti Putra Malaysia	・16の学部をもち、マレーシアにおける特に工学・科学技術に強化し ている大学 ・総学生数：約30000人(学部数19244人、大学院10,204人) ・留学生数：約3300人 ・積極的に海外の大学と共同研究等の連携を進めており、日本の 約12校の大学とも連携関係にある

(オ) 本案件の将来的な展開予測

1年目の試行実証により、KUMONOS に対する評価が蓄積され、マレーシアにおける KUMONOS の適用性の詳細分析・検証が行われるとともに、同時に推進する啓発活動により、正確なひび割れ計測や経年劣化分析の重要性の認識が広まり、その達成手段である KUMONOS の認

知度及び有用性の認識が拡大する。

翌年以降は、試行実証結果を踏まえ、マレーシアの実態に即した KUMONOS 活用方法の具体的な検討が行われるとともに、1年目で計測した構造物の定期計測の継続や、計測対象数及び種類（トンネル、ダム、擁壁、河川構造物等）の増加による KUMONOS の活用拡大フェーズに入る。日本国内において販売台数や使用実績が増加した大きなきっかけとなったのは、点検仕様書内での KUMONOS の指定であった。よって、マレーシアの維持管理マニュアルや各構造物の点検仕様書等に KUMONOS によるひび割れ計測を盛り込んでもらえるよう、政府機関への継続的な働きかけが重要となる。

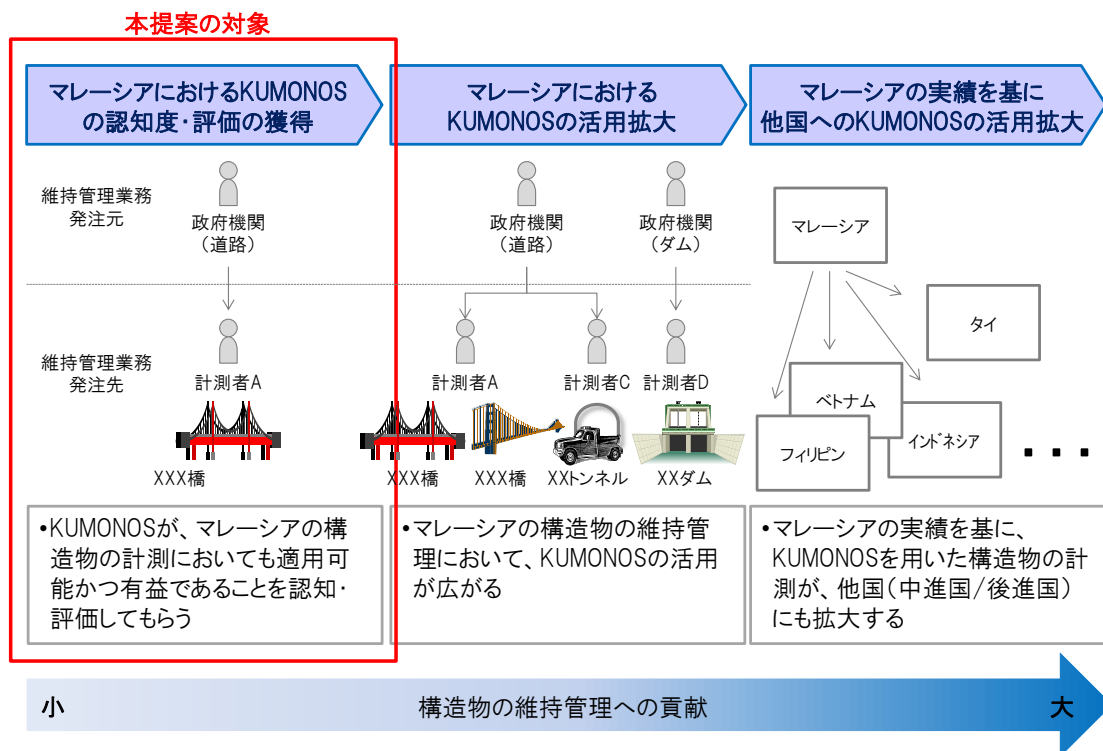
マレーシアで KUMONOS の使用実績が蓄積され、劣化把握や予測のノウハウが確立すれば、関西工事測量のマレーシアにおけるビジネス展開の拡大も見込まれる。

また、KUMONOS は、マレーシアのみならず、コンクリートの構造物があり、その維持管理を行う土壌が整った国であれば、どこでも適用可能、かつ、効果を発揮できる技術であることから、マレーシアの実績を基に、他国へ KUMONOS を広めることも想定している。KUMONOS の展開において想定される市場は、先進国及びマレーシアのような中進国である。

まず先進国では、竣工からかなりの時間が経過して老朽化した構造物が多い。限られた予算規模の中で補修計画を策定するにあたっては、危険度の正確な把握とそれを基にした補修の優先順位付けが不可欠である。このような状況下において KUMONOS を導入すると、計測データの精度が向上する上、経年的なひび割れの成長量・スピードを定量的に把握して将来の劣化予測を行い、適切な補修時期・量の見極めが可能となる。定量的なデータに基づく劣化予測は、補修計画策定における意思決定をより客観的なものとし、ひいてはアセットマネジメントの効率化に貢献できる。

一方、インド、タイ、ベトナム、インドネシア等の中進国では、建設ラッシュにより維持管理対象物が急激に増加し、維持管理に目を向け始めている状況が見受けられる。構造物の劣化予測の精度向上のためには、竣工直後からの計測結果の蓄積が極めて重要であり、これらの国々には KUMONOS の力を最大限発揮できるチャンスが潜在している。

尚、劣化予測システムのパッケージ化等により、汎用的な仕組みを構築することができれば、他国への KUMONOS の活用拡大がより円滑に推進されることが期待できる。



＜図 8＞KUMONOS 普及拡大のイメージ

4-3. 他 ODA 案件との連携可能性

(ア) 構造物の建設案件（マレーシア以外も含む）との連携

今後、マレーシアのみならず、他国においても、建設された構造物の維持管理は重要な課題となることが想定される。そこで、他国も含めた、道路や橋梁等の建設および改修等の ODA 案件において、本案件の内容・仕組み・成果が活用できると考える。

例えば、円借款による構造物の建設案件について、建設後の初期段階から、ひび割れの計測を行い、適切なタイミングで補修等の対処を施すことによる構造物の長寿命化や、初期段階から蓄積した計測結果が構造物の劣化予測の精度向上が図られることから、予め、構造物の維持管理も含めたパッケージ化案件を形成し、その一環として、KUMONOS を用いたひび割れ計測やコンサルティング業務を行うことで、日本の ODA 案件の品質の確保、向上に寄与できると考える。

また、円借款による構造物の改修案件においても、改修の要否や方法、時期等を判断する際に、KUMONOS によるひび割れ計測も盛り込むことで、より精緻かつ効率的な計画策定が可能となり得る。

上記のような ODA 案件については、事前・中間・事後評価が行われるものと理解しているが、その際に、ひび割れの計測も盛り込むことで、相手国における構造物の維持管理に

貢献できると考える。

更に、上述の通り、構造物の維持管理は今後他国においても重要な課題となり得ることから、マレーシアの実績を基に、KUMONOS の計測技術や、計測結果に基づく構造物の劣化予測といった知的資源を、他国に技術移転していくことも想定できる。

案件例	案件概要	想定される連携
1. XX国ハイウェイ建設事業(円借款)	<ul style="list-style-type: none"> 道路建設 コンサルティングサービス(詳細設計、施工監理・監督、交通安全対策等) 	<ul style="list-style-type: none"> 建設後の維持管理についてもパッケージ化し、その一環としてKUMONOSを用いたひび割れ計測および計測結果蓄積を実施 併せて、事後評価においても、ひび割れの成長を計測
2. XX国国道橋梁リハビリ事業(円借款)	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁の改修・架替 コンサルティングサービス(詳細設計、入札補助、施工監理・監督、住民移転計画のレビュー・実施補助、交通安全対策等) 	<ul style="list-style-type: none"> 改修の要否・改修方法等の判断の一環として、KUMONOSを用いたひび割れ計測を実施 併せて、事後評価においても、ひび割れの成長を計測
3. 本案件モデル、技術の他国への展開	<ul style="list-style-type: none"> KUMONOSのノウハウ・技術の移転 	<ul style="list-style-type: none"> KUMONOSを用いたひび割れ計測技術や、構造物の劣化予測の技術・知的資源をマレーシアから他の中進国に対して技術移転

<図9>他 ODA 案件との連携可能性

上記は、今後、発生する ODA 案件に対する提案だが、これまでマレーシアにおいて日本の円借款等により建設された構造物の維持管理に KUMONOS を活用し、構造物の長寿命化に貢献することも考え得る。

<表 5> 日本の円借款案件 (抜粋)

No	案件名	業種	借款契約日	借款契約額 (百万円)	事業実施者名
1	クニール水力発電所増設事業	発電所	2000/3/31	16,994	マレーシア電力会社
2	ポートディクソン火力発電所リハビリ事業(2)	発電所	2000/3/31	53,764	マレーシア電力会社
3	サラワク大学建設事業	教育	1999/3/4	18,549	サラワク大学
4	ベリス・ダム建設事業	上下水道・衛生	1999/3/4	9,737	農業省灌漑排水局
5	ポート・ディクソン火力発電所リハビリ事業	発電所	1999/3/4	49,087	マレーシア電力会社
6	クアラルンプール新国際空港建設事業	空港	1994/7/19	61,518	クアラルンプール国際空港公団
7	ポートクラン火力発電所(3-2)	発電所	1993/9/16	39,955	マレーシア電力会社
8	テノンバンギ水力発電所リハビリテーション事業	発電所	1992/5/28	543	サバ電力庁
9	ポートクラン火力発電所(3)	発電所	1992/5/28	31,966	マレーシア電力会社
10	マラヤ国鉄整備計画	鉄道	1990/3/23	19,444	マラヤ国鉄
11	エンキリリーシブ送電線建設事業	送電線	1986/11/27	4,357	サラワク電力供給会社
12	セレンバン～アイルヒタム道路(第4工区)	道路	1985/7/18	740	マレーシア高速道路公団
13	サバガス開発事業(2)	ガス	1985/3/22	17,360	サバエネルギー公社
14	ポートクラン火力発電事業(2)	発電所	1984/4/20	8,470	国家電力庁
15	ポートクラン火力発電事業(2)	発電所	1984/4/20	40,000	国家電力庁
16	セレンバン～アイルヒタム有料高速道路	道路	1983/4/7	4,500	マレーシア高速道路公団
17	バタン・アイ水力発電事業(送電線)	送電線	1982/12/23	3,900	サラワク電力供給会社
18	バタン・アイ水力発電事業	発電所	1982/6/1	6,100	サラワク電力供給会社
19	ポートクラン火力発電事業(2)	発電所	1981/7/24	6,400	国家電力庁
20	ポートクラン火力発電事業(1)	発電所	1981/5/15	14,600	国家電力庁
21	ケネリン水力発電事業	発電所	1980/9/16	5,557	国家電力庁
22	トレンガヌ水力発電事業(4)	発電所	1980/9/16	2,910	国家電力庁
23	トレンガヌ水力発電事業(2)	発電所	1980/6/26	4,920	国家電力庁
24	トレンガヌ水力発電事業(3)	発電所	1980/6/26	9,530	国家電力庁
25	ピンツル港建設事業	港湾	1980/6/26	7,800	マレーシア運輸省
26	ベルシア水力発電事業	発電所	1980/6/26	3,670	国家電力庁
27	テノムバンギ水力発電事業(2)	発電所	1979/6/14	7,000	サバ電力庁
28	テノムバンギ水力発電事業	発電所	1979/3/22	635	サバ電力庁
29	トレンガヌ水力発電事業	発電所	1979/1/26	2,327	国家電力庁
30	ガスタービン発電事業	発電所	1978/9/1	3,939	国家電力庁
31	バシール・グダン火力発電事業	発電所	1978/9/1	7,099	国家電力庁
32	クロッカー山脈横断道路建設事業	道路	1977/3/23	7,355	公共事業通信省
33	サバク・ベルナム橋建設事業	橋梁	1977/3/23	605	公共事業通信省
34	プライ火力発電所6号機増設事業	発電所	1977/3/23	4,229	国家電力庁
35	クラン港第3第4コンテナクレーン増設事業	港湾	1976/3/15	1,109	クラン港湾公社
36	テメンゴール水力発電事業(2)	多目的ダム	1975/7/1	4,091	マレーシア国家電力庁
37	テメンゴール水力発電事業(3)	多目的ダム	1975/7/1	4,702	マレーシア国家電力庁
38	テメンゴール水力発電事業	発電所	1974/1/21	13,300	マレーシア国家電力庁
39	ジョホール港建設事業	港湾	1973/9/20	290	公共事業通信省
40	テメロー橋建設事業	橋梁	1973/2/12	319	公共事業通信省
41	ペルリス製糖工場建設事業	工業	1971/10/20	2,997	FELDA

また、本案件で協力を想定している UTM の傘下に、日本の有償資金協力事業で設立されたマレーシア日本国際工科院があり、日本の技術に紐づく講座数の増加（30 講座が目標、現在 7 講座開設）を目指している。KUMONOS のマレーシアへの展開により、劣化予測等が進めば、構造物の維持管理に係る講座開設の可能性も見込まれると考えており、院長からはその期待を示されている。

案件名：マレーシア日本国際工科院（MJIIT）整備事業
（有償資金協力 約 66 億円）

4-4. その他関連情報

(ア) 対象国関連機関との協議状況等

対象国関連機関との協議状況は以下の通りである。本案件に基づく協力について、各機関、前向きな反応・回答を受け取っている。ただし、各機関内外の正式な回答・決定については、今後、詰めていく必要がある。

<表 6> 対象国関連機関との協議状況

No.	協議機関	協議状況
1	JKR	JKRのRoads Facility Maintenance Branchと協議を実施。 本案件における連携およびカウンターパートとしての協力について前向きな回答を受領。今後、組織内外での正式な検討・決裁が必要。
2	MHA	MHAのBusiness Unitと協議を実施。 MHA本案件における連携およびカウンターパートとしての協力について前向きな回答を受領。今後、組織内外での正式な検討・決裁が必要。
3	MJIT	MJIT院長と協議を実施。 当初想定していたMJITはカウンターパートとして想定していないが、将来的な講座開設等の連携可能性も見据えて、UTMの一環として今後も継続的に連携を取ることを（例えば、本案件のコントロールタワー執務スペースの提供等）、MJIT院長より提案されている。
4	UTM	UTM Razak Schoolと主に協議を実施。 本案件の中の、「KUMONOSの計測データを活用した、構造物の劣化予測システムの構築」のため、カウンターパートとなる想定。先方からも、そのためのプロポーザルが提出されている（本報告書に添付）。
5	PLUS	PLUSのMaintenance Monitoring Departmentに対し、KUMONOSのデモンストラーションを実施。KUMONOSの有益性を評価し、導入に関心が高い。
6	CSL	PLUSが管理する橋梁の維持管理を受託しているCSLと協議を実施した結果、正確性・効率性の観点から本案件のような協力を希望。具体的な橋のひび割れ計測に向けて、情報共有を依頼された。情報共有後、PLUSも含めて実施に向けた話し合いを今後実施予定。

現地調査資料

1. 調査時の写真



<写真 1> 第一回現地調査 MJIIT/UTM との研究の連携に関するディスカッション



<写真 2 右・左> 第二回現地調査にて、UTM Razak School からの共同研究プレゼンテーション



<写真 3>大阪大学矢吹氏によるアセットマネジメントに関する研究の紹介



<写真 4 右・左>クアラ Lumpur 市内の様子



<写真 5>MHA Business Unit とのミーティングの様子



<写真 6>JKR Roads Facility Maintenance Branch 担当者に対して
ひび割れのある具体的な橋梁についてヒアリングを実施



<写真 7>CSL 社訪問の様子

2. 収集資料リスト

#	タイトル	入手先	備考
1	主要なODAプロジェクトマップ	JICAマレーシア事務所	
2	UTM インビテーションレター	UTM(Johor Bahruキャンパス)、Faculty of Civil Engineering	UTM Johor Bahruキャンパス訪問への招待レター
3	UTM、Faculty of Geoinformation & Real Estate研究紹介	UTM(Johor Bahruキャンパス)、Faculty of Geoinformation & Real Estate	研究紹介資料
4	MJIIT紹介	MJIIT	MJIIT紹介パンフレット
5	マレーシア概況_2013	JETRO	
6	CIDB news_2012.12	CIDB MALAYSIA	CIDBが発行する建設業界雑誌
7	SOIL CENTRAL LAB SDN BHD	CSL	CSL社紹介パンフレット
8	STATISTIK JAMBATAN	JKR	橋件数統計データ
9	MALAYSIAN ROADS GERNERAL INFORMATION BRIDGE STATICS	JKR	橋件数統計データ
10	Manual on Bridge Asset Management	JKR	書籍のため、表紙・目次のみ掲載
11	マレーシアでの展示会情報	ICW、REAAA	

3. 参照情報リスト

#	タイトル	入手先・出典
1	マレーシア国全国橋梁維持・修繕計画調査 01_1992.12	JICA
2	マレーシア国全国橋梁維持・修繕計画調査 02_1992.12	JICA
3	社会基盤整備分野調査に関する報告書(jica)- 01_2004.03	JICA
4	社会基盤整備分野調査に関する報告書(jica)- 02_2004.03	JICA
5	社会基盤整備分野調査に関する報告書(jica)- appendix_2004.03	JICA
6	JICAのMDGsへの取り組み	JICA
7	JICA課題別指針「運輸交通」2010.03	JICA
8	マレーシア日本国際工科院(MJIT) 2011.09	大臣官房国際課国際協力制作室
9	マレーシア国別援助方針 外務省 2012.04	外務省
10	国交省準推奨技術 2012	国土交通省
11	H16.3橋梁定期点検要領(案)	国土交通省
12	10th Malaysian Plan EPU	EPU
13	10th Malaysian Plan.chapt3(CREATING ENVIRONMENT FOR UNLEASHING ECONOMIC GROWTH)	EPU
14	IDE JETRO 統計 2012.12	IDE
15	Number and Value of Projects Awarded by Status of Contractors as of December 2006	CIDB MALAYSIA
16	Number and Value of Projects Awarded by Status of Contractors as of December 2009	CIDB MALAYSIA
17	Number and Value of Projects Awarded by Status of Contractors as of December 2012	CIDB MALAYSIA
18	THE EC MALAYSIA COUNTRY STRATEGY PAPER 2002-2006	The EC-MALAYSIA
19	MALAYSIA-EUROPEAN COMMUNITY STRATEGY PAPER FOR THE PERIOD 2007- 2013	MALAYSIA-EUROPEAN COMMUNITY
20	道路整備・維持管理の政策・制度改善に向けて の課題JBIC 2001.02	JBIC
21	MHA annual report 2010	MHA
22	マレーシア統計局 Economic Census 2011	Jabatan Perangkaan MALAYSIA

4. 面談記録リスト(本文は別添資料を参照)

調査回	議事録No	面会日時	訪問先	面会者
第一回 現地調査	1	2012年12月18日(火)	JICAマレーシア事務所	・佐藤所長 ・芳沢氏
	2	2012年12月18日(火)	日本道路マレーシア(株)	・岡田社長
	3	2012年12月19日(水)	鹿島建設(株) マレーシア事務所	・プロジェクト管理部 岩崎ジェネラルマネジャー ・プロジェクト管理部 吉田マネージャー(Building部門)
	4	2012年12月19日(水)	西松建設(株) マレーシア事務所	・仲野副所長 ・大場顧問
	5	2012年12月20日(木)	MJIT(マレーシア日本国際工科院) 並びにUTM(マレーシア工科大学)	<MJIT> ・Dr. Shahrum Shah b. Abdullah, Deputy Dean (Research&Development) ・Prof.Dr.Takashi Yamamoto, Deputy Dean (Liaison&Internationalization) ・Dr.Aminudin Bin Haji Abu, Dean (Mechanical Precision Engineering) ・Dr.Muhammad Kamal Bin Mohammed Amin, Dean (Electronic Systems Engineering) ・JICA専門家 寺門氏 ・UTM (Razak School) 研究者7名 他
	6	2012年12月20日(木)	IUM (マレーシア国際イスラム大学)	・Prof. Emeritus Dato' Wira It.Dr.Md Noor.Bin Salleh, Dean(工学部長) ・Assoc Prof.Ir.Dr.Maisarah Ali
第二回 現地調査	7	2013年1月14日(月)	MJIT(マレーシア日本国際工科院) 並びにUTM(マレーシア工科大学)	<MJIT> ・Prof.Ir.Megat Johari Bin Megat Mohd Noor, Dean ・Dr. Shahrum Shah b. Abdullah, Deputy Dean (Research&Development) ・Prof.Dr.Takashi Yamamoto, Deputy Dean (Liaison&Internationalization) ・Dr.Aminudin Bin Haji Abu, Dean (Mechanical Precision Engineering) ・Dr.Muhammad Kamal Bin Mohammed Amin, Dean (Electronic Systems Engineering) ・JICA専門家 寺門氏 他、UTM,Razak school 5名、UPM(Universiti Putra Malaysia) 2名
	8	2013年1月14日(月)	Persada PLUS	<PLUS> ・Ms.Asmaniza Asanan, Senior Manager (Maintenance Monitoring Department) ・Mr.Mohamd Bakar, Deputy Senior Manager (Maintenance Monitoring Department) <CSL (Soil Centralab Sdn Bhd)> ・Mr.Mohamad Yazid Mohd Yunus ,Head of Company ・Azlee Bin Abdul Razak, Deputy Project Manager 他
	9	2013年1月15日(火)	MHA (マレーシア高速道路開発局)	・Datuk Ismail Md Salleh, Director General
	10	2013年1月15日(火)	JKR (マレーシア公共事業局)	・Ir Adanan Muhamed Hussain, Senior Director (Maintenance Branch) ・Tenglu Mejid , Senior Engineer (Building Inspection) ・Ir Leow Choon Heng, Senior Engineer (Bridge Inspection) ・陳志堅氏 (Mr.Tan), Engineer (Bridge Inspection) 他
	11	2013年1月16日(水)	JICAマレーシア事務所	・大久保次長 ・芳沢氏
	12	2013年1月16日(水)	鹿島建設(株) マレーシア事務所	・プロジェクト管理部 岩崎ジェネラルマネジャー ・プロジェクト管理部 吉田マネージャー(Building部門)
	13	2013年1月16日(水)	在マレーシア日本大使館	・川瀬参事官 ・入谷書記官
	14	2013年1月16日(水)	JETRO クアラルンプール事務所	・池下所長 ・関根副所長
	15	2013年1月17日(木)	UTM(マレーシア工科大学, Johor Bahruキャンパス) Faculty of Geoinformation and Real Estate	・Prof. Dr. Alias Abdul Rahman, Dean (Faculty of Geoinformation and Real Estate) ・Prof. Dr.Halim Stam (Department of Geomatic Engineering, Faculty of Geoinformation and Real Estate) ・Dr.Zulkepli Bin Majid , Head (Photogrammetry and Laser Scanning, Research Group) ・Dr.Pawel Boguslawski ,Senior Lecturer (Faculty of Geoinformation&Real Estate) 他
	16	2013年1月17日(木)	UTM(マレーシア工科大学, Johor Bahruキャンパス) Faculty of Civil Engineering	・Assoc. Prof. Dr. Mushairry, Deputy Dean (Faculty of Civil Engineering) ・Prof.Dr.Mohammad Bin Ismail (Faculty of Civil Engineering) ・Mr.Radzuan Bin Hj.Saari ,Lecturer (Hydrographic&Land Surveyor, Faculty of Civil Engineering) 他
	17	2013年1月18日(金)	竹中工務店	Construction & Engineering 松原氏 (Technical Advisor)

調査回	議事録No.	面会日時	訪問先	面会者
国内調査	18	2013年1月18日(金)	埼玉大学	大学院理工学専攻 角川浩二教授
第三回 現地調査	19	2013年2月18日(月)	MAB(Malaysia Airports Holdings Berhad、マレーシア空港会社)	・ Ms. Nurul Hafeeza Mohamed, Senior Executive in Civil Engineering Section ・ Mr. Afandi Akmal b. Ayob 他
	20	2013年2月19日(火)	CSL (Soil Centralab Sdn Bhd)	・ Head of Company Mohamad Yazid Mohd Yunus氏 他
	21	2013年2月19日(火)	JICAマレーシア事務所	・ 大久保次長 ・ 芳沢様
	22	2013年2月20日(水)	MHA (マレーシア高速道路開発局)	・ Deputy Director General (Business) Tn.Hj.Rahim bin Goon氏 他
	23	2013年2月20日(水)	MJIIT (マレーシア日本国際工科院) 並びにUTM Razak School (マレーシア工科大学)	・ Prof. Ir. Megat Johari Bin Megat Mohd Noor, Dean ・ JICA 専門家 寺門氏 ・ Assoc. Prof. Dr. Abdul Rahman Abdul Rahim, UTM Razak School ・ Dr. Khamarrul Azahari Razak, UTM Razak School 他
	24	2013年2月20日(水)	JKR (マレーシア公共事業局)	・ Leow Choon Heng氏 ・ Ir Adanan Muhamed Hussain (Maintenance Branch, Senior Director) 他