

戦略的国際科学技術協力推進事業
日本－アメリカ研究交流
研究課題「鉄道廃線の橋梁群を活用した
構造健全度診断技術開発のための実験環境の
共同利用」

研究終了報告書

研究交流期間 平成20年2月～平成23年3月

研究代表者：大島 俊之
(北見工業大学工学部、教授)

1. 研究・交流の目的

本研究・交流は、高機能センサーシステムを用いた構造健全度診断技術の適用性・有効性評価の検証を実橋梁によって可能にする為の実験環境の確立と、その共同利用の促進を目的とする。具体的には、日本側が鉄道廃線跡から取得した複数の橋梁群による実験サイトを構築する。さらに各実験において、どれが適切な実験サイトになり得るかを検討可能なデータベースも合わせて構築する。米国側はこのデータベースを利用して実験対象橋梁を決定し、米国側の有する構造健全度診断技術の適用性・有効性評価の現地検証の実験準備を行う。また実験環境が整った段階で、日米共同して構造健全度診断実験を実施し、実験の有効性と実験環境の正当性を検証する。

日米双方の協力によって得られた知見や経験をワークショップ等により公表し、さらにデータベースと実験サイトを一般の研究者にも公開することにより、本分野の世界的な研究拠点として研究促進に寄与することが目的である。

2. 研究・交流の方法

(1) 構造健全度診断実験サイト用データベースの構築

データベースの構築は日本側研究グループにおいてすでに着手しており、実験サイトを利用しようとする研究者に詳細な実験環境情報を提供する。実験対象橋梁の位置情報、実験サイトまでのアクセス方法、電気・通信・水道・気象などのライフラインの提供に関する情報、構造諸元と履歴、図面、点検結果など、データベースの構築は鉄道会社から得られた資料を基に行われており、必要に応じて詳細な現地調査を追加して行う。

(2) 橋梁管理者との協力体制の構築

研究プロジェクトを円滑に遂行するために橋梁管理者（市町村）との連携がきわめて重要である。研究グループは管理者に実験における協力を依頼する。協力依頼には、構造物に仮想的な損傷を与えることの許可や電気、水道などのライフラインの提供などを含む。

廃棄橋梁の取得について、管理者との協議を継続的に実施している。

(3) 実験サイトの整備

橋梁群から実験サイトに適すると考えられる複数の橋梁を選択する。このうちの数橋については国際共同利用ステーションとして設備を充実させる。すなわち、現場に観測小屋を設置し、商用電源を引き込み、海外の研究者が持ち込む装置も稼動出来るようにする。

また通信回線については近隣の情報ボックスを利用して遠隔高速通信により国外からもデータ収録が可能な基盤も整備する。

それ以外の実験サイトについては、通常的环境に近くなるよう特別な施設整備は行わず、所要の防犯機能を備えた機器収納箱を用意する。さらに北見工業大学内に来訪研究者用の前進基地となる研究スペースを設ける。以上の実験サイトの仕様策定に際しては、各種の実験における使用性を考慮した汎用的な実験環境の整備を行う。そこで、日米の研究者間で情報交換の打合せ会議を行う。日本側の研究グループはイリノイ大学を訪問し実験システムの見学やサンプルの収集を行う。

(4) 実験サイトの共同利用

実験サイトの整備後、冬季を一度含む上記の期間を実験サイトの共同利用期間とする。初期の日本側および米国側の研究グループにおける実験はおのおの独立もしくは共同で行う。それ以降は、本研究計画以外の研究者にも実験サイトを開放し、世界的に広く利用者を募る。実験は参加研究者の負担と責任によって行い、得られたデータ自体は各研究グループに帰属することとする。北見工大の日本側研究グループは各研究者の実験に必要な援助を行うとともに、独自の実験も行う。

(5) ワークショップの開催による研究成果の公表（日米双方が参画）

実験サイトの共同利用に参加した研究者が得られた知見と経験を共有するために共同利

用期間終了後にワークショップを企画する。

(6) 収集資料の公開 ー地域・社会貢献活動 ー (日本側で実施)

データベースの構築などの過程で得られた情報のうち、「ふるさと銀河線」を含む地域の歴史に関わる資料など、一般に公開することで地域の文化的アイデンティティの向上などに寄与する資料をアーカイブスとしてインターネット上で公開する。

3. 研究・交流実施体制

3. 1 日本側

| 氏名 | 所属 | 役職 | 学位 | 役割 |
|-------------|--------|--------|---------|---------|
| 大島 俊之 | 北見工業大学 | 教授 | 工学博士 | 研究の統括 |
| 三上 修一 | 北見工業大学 | 教授 | 博士 (工学) | 解析評価 |
| 宮森 保紀 | 北見工業大学 | 准教授 | 博士 (工学) | システム開発 |
| 山崎 智之 | 北見工業大学 | 助教 | 博士 (工学) | 実験、解析 |
| 白川 龍生 | 北見工業大学 | 助教 | 博士 (工学) | 実験結果評価 |
| 井上 真澄 | 北見工業大学 | 助教 | 博士 (工学) | 実験、解析 |
| シェリフ・ベスキロウン | 北見工業大学 | 外国人研究員 | 博士 (工学) | 実験、解析補助 |
| ラティシュ・クマール | 北見工業大学 | 外国人研究員 | 博士 (工学) | 実験、解析補助 |
| 坪田 豊 | 北見工業大学 | 技術職員 | 修士 (工学) | 実験補助 |
| 浅野 真由 | 北見工業大学 | 非常勤職員 | | データ整理 |
| 北尾 理穂 | 北見工業大学 | 非常勤職員 | | データ整理 |
| 追着 昂志 | 北見工業大学 | 大学院生 | 学士 (工学) | 実験補助 |
| 加藤 英一郎 | 北見工業大学 | 大学院生 | 学士 (工学) | 実験補助 |
| 縦山 哲也 | 北見工業大学 | 大学院生 | 学士 (工学) | 実験補助 |
| 坪川 良太 | 北見工業大学 | 大学院生 | 学士 (工学) | 実験補助 |
| 坂 和平 | 北見工業大学 | 大学院生 | 学士 (工学) | 実験補助 |
| 湯村 美紀 | 北見工業大学 | 大学院生 | 学士 (工学) | 実験補助 |

3. 2 相手国側

| 氏名 | 所属 | 役職 | 学位 | 役割 |
|----------|--------|----|-------|------------|
| ビル・スペンサー | イリノイ大学 | 教授 | PH. D | 研究連携、新技術提供 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

4. 研究成果

4. 1 研究成果の自己評価

- 計画以上の成果がでた 計画通りの成果がでた
 計画とは異なるが有益な成果がでた 計画ほどの成果はでなかった
 いずれでもない

4. 2 研究成果の自己評価の根拠

(1) 2006年に廃線となったふるさと銀河線(ちほく高原鉄道)の廃線橋梁を12橋順次所得し、実験環境の整備ができた。これらは研究拠点として今後も活用できる。

(2) 取得した橋梁を用いて、橋梁診断のための微小欠陥検出に関する、局部加振法による実験・解析システムを開発し、所要の研究成果が得られた。

(3) 研究成果を実際に使用中の橋梁の微小欠陥検出実験に適用し、良好な検出精度を確認する結果が得られた。

(4) 取得した橋梁の中にイギリス・スコットランドより旧国鉄が100年前に購入した鋼製橋梁(深雪橋)があり、(株)日本製鋼所の協力により鋼材の成分分析などを実施し、当時のイギリスにおける鋼製構造の製造技術(鋼材およびその組立技術(リベット素材など))の高さが確認できた。これらのデータは実験解析に用いられる。

(5) 5km程度離れた実験場と大学キャンパスを無線LANデータ送受信システムにより結んで実験が遠隔操作できることを確認した。

(6) イリノイ大学で開発した無線センサーおよびその操作ソフトウェアを応用して、実験を計画し、所要の成果が得られた。

(7) イリノイ大学が開発したMEMS型加速度センサーSHM-A, SHM-Hの低温環境下における実験使用性を検証するとともに、低温対策用装置および付加的な太陽光充電装置を開発した。

(8) 無線センサーシステムを利用して、歩道橋吊橋の動的実験を行い、実験システムの使用性や適用性を検証するとともに、構造の動的特性が得られ、構造の変化をモニタリングできることを確認した。

(9) 本研究グループが研究連携するイリノイ大学、東京大学、KAIST(韓国)などと連携して、無線センサーを活用した実験環境の開発と若手研究者育成のためのサマースクールを開催した。

(10) 平成22年7月に東京で開催された第5回世界構造制震モニタリング国際会議(WCSM)において、本国際共同研究を総括するオーガナイズド・セッション(国際連携研究)を開催し、研究成果を公表するとともに、研究成果の評価を受けた。

(11) 最終的に、本研究の初期の目的であった鉄道廃線の橋梁群を活用して、高度化無線センサーなどを用いて構造健全度診断技術開発を進めるための実験環境が整備でき、今後この分野の研究拠点として、国際的な連携推進を進めることができることとなった。

(12) この研究分野は、今後増大する社会インフラの構造健全度診断や、維持管理技術の向上にとって先進的な分野であり、世界的にはSHM(Structural Health Monitoring)分野として拡大している状況にある。本研究を推進した結果として、今後実験環境が有効に活用されて、研究推進に大きく寄与でき、結果として社会的波及効果が大きいものと考えられる。

5. 交流成果

5. 1 交流成果の自己評価

- 計画以上の交流成果がでた 計画通りの交流成果がでた
 計画ほどの交流が行われなかったが成果はでた
 計画ほど交流成果がでなかった
 いずれでもない

5. 2 交流成果の自己評価の根拠

(1) 平成19年度(事業初年度)にはメールによる日米間の打ち合わせを実施した。

また、日本側研究グループがアメリカの研究者と協議しながら、鉄道廃線跡の橋梁に複数の実験サイトの構築を準備した。また、各実験においてどれが適切な実験サイトになり得るかを検討できるデータベースも合わせて開発し、これらを含めたホームページを開設した。 アドレス：<http://mobile.civil.kitami-it.ac.jp/galaxyline/>

(2) 平成20年度には北海道足寄町管内の7橋および北見市管内の5橋梁を取得し、実験環境を整備した。また、この内の1橋に対して実験を実施した。これらの結果は非常に良い結果が得られ、イタリアや中国などにおける国際会議で公表するとともに、イリノイ大学や韓国の大学において関連する研究者と意見交換して、研究交流を通じた研究の成果確認と見直しを行った。また、イリノイ大学において日米間の打ち合わせを実施した。平成20年9月14日にイリノイ大学にて、日米ワークショップを開催した。(写真参照) また、9月15日、16日には、当地で実橋梁におけるスマートセンサーを用いた観測実験を行った。

ワークショップの内容は以下のウェブサイトで公表されている。

http://sstl.cee.illinois.edu/papers/ProceedingUS-JapanWSHM1_v3.pdf

(3) また、平成20年9月にこれまでの研究を国際会議(イタリア)において公表した。この会議は、米国イリノイ大学ファラ・アンサリ教授(構造診断(SHM)研究の第一人者)が主宰するISHMII(国際構造健全度モニタリング協会)の会議である。

(4) 平成21年度には、米国側で橋梁の振動測定に特化した高性能のセンサーを開発したのでこのセンサーを用いた実験を本格的に実施した。さらに、米国側はこのセンサーシステム利用のためのプログラム類やこれを利用するためのウェブサイト、マニュアル類の整備を行った。日本側もこのウェブサイトを通じた情報交換やマニュアル類の改定に参画し、協働して本技術の利用促進を進めた。平成22年3月には、イリノイ大学にてスペンサー教授、英国シェフィールド大学バティスタ研究員と上記に関する研究打合せを行った。

(5) 平成22年7月12-14日に東京で開催された第5回国際構造物制御モニタリング会議においてオーガナイズセッションを開催し、4年間の研究の総括的報告と評価を受けた。さらに平成22年12月には東京大学にて、イリノイ大学・スペンサー教授、東京大学藤野教授、長山講師とミニワークショップを開催して研究成果のレビューを行うとともに、今後の共同研究の在り方について協議した。

6. 主な論文発表・特許出願

| 論文 or 特許 | ・論文の場合：著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合：知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等 | 特記 事項 |
|----------------|---|----------|
| 論文 | 宮森保紀、白川龍生、山崎智之、大西弘芳、三上修一、大島俊之：ふるさと銀河線(旧池北線)における鋼橋群について、土木史研究(論文集) Vol. 28, pp.13-21, 2009 | |
| 論文 | 木村浩士、宮森保紀、三上修一、山崎智之、大島俊之：振動測定データに基づいた鋼斜張橋モデルの非線形地震時応答解析、構造工学論文集、Vol. 55A, pp.317-328, 2009 | |
| 論文 | Sherif Beskhyroun, Toshiyuki Oshima, Shuichi Mikami: Wavelet-based technique for structural damage detection, Structural Control and Health Monitoring, Vol. 17, pp.473-494, 2010 | |