



TOKYO UNIVERSITY OF SCIENCE

1-3 KAGURAZAKA, SHINJUKU-KU,
TOKYO 162-8601, JAPAN
Phone: +81-3-5228-8107

2018年10月10日

報道関係各位

建築 IoT を利用した安全・安心な知能住宅のためのセンサー・AI 解析・通信・評価法の基礎研究で一定の成果を得て、いよいよ実証実験を開始

～大分県国東市・試験建屋において～

東京理科大学

研究の要旨

東京理科大学工学部 伊藤拓海准教授、山本貴博准教授、河原尊之教授、長谷川幹雄教授、森健士郎助教、同理学部 中嶋宇史講師、橋爪洋一郎講師は、モノのインターネット・Internet of Things (IoT) により、建物が何らかの原因で電源や通信手段が利用できない状況下で、様々な診断・見守りのためのモニタリングシステムを開発しています。IoT は、電源・通信手段を持たないモノが、その状態を検知して診断し、ユーザーに通知することを基本としています。2016年7月28日プレスリリース以降、学際的研究体制と産学公連携体制を組織し、基礎研究を進めてきました。このたび、実地盤上に建設した試験建屋（大分県国東市）において、本システムのデバイスを設置し、建屋の振動実験の各種振動を利用して、モニタリングの有効性について実証的な検討を開始します。

【研究の背景】

近年、建物の様々な状況や状態をモニタリングし、QOL を高めるため、IoT によるシステムが開発され、実用化されています。建物の安全・安心に関して、我が国の建物は高い耐震基準で設計されていますが、近年の東日本大震災、北海道地震などで多様な地震被害を経験し、従来の耐震安全性だけでなく、

- 1) 震災都市・建物の中で人やモノを守り、
- 2) 震災都市・建物の早期復旧・復興を実現する。

そのための具体的で実効的なアクションの重要性が、再認識されています。

この2つを実現するために、地震直後の被害状況をいち早く把握することが重要となります（図1）。建物の耐震骨組は内外装材で覆われており、損傷状況を目で見て判断することができません。また、膨大な数の震災建物の診断には、多数の専門家が、数週間～半年間、余震の続く被災地で調査・診断にあたります。また、震災で大規模停電が発生し、電気・通信インフラが利用できない状況において、各種モニタリングシステムが稼働しない可能性があります。

そこで、IoT のコンセプト、すなわち無電源、小型センサー、省電力無線通信などを利用

することで、あらゆる環境に対応できるモニタリングシステムの開発を目指すものです。これにより、ブラックアウトした都市の中でも、無人化・高度化されたモニタリングと見守りが期待されます。

【本システムの概要】

本研究のIoTによるモニタリングシステム（図2）^{1,2)}は、

- a) 建物の動き（振動、熱など）に対して環境発電（エネルギーハーベスト）を利用します^{3,4)}。これまでの研究により、システム全体の電気を賄うまでには至っていないため、使用電気を少なくしたうえで、乾電池等でカバーします。さらに、
- b) 環境発電の材料は、建築構造の応答量との対応関係が認められたことから、センサーとして利用します⁵⁾。
- c) 日頃より、建物のデータを取得し、平常時の動きを機械学習します^{6,7)}。震災等で建物に変化があった場合や、高齢者・乳幼児が病気・怪我で健康時と異なる動きをしたり、住民以外の侵入があった場合など、その動きを検出することで、診断・見守り・防犯の検知を行います。その後、
- d) 通信渋滞を迂回して、省電力無線通信⁸⁾により結果を通知します。

【これまでの研究成果の概要】

本研究は、1) 大学の研究室や実験室での基礎研究と、2) 実建物での実証実験のための研究環境を整備し、学際的研究に取り組んでいます（図3）。

1)では、(1) 研究室においてセンシングや通信、回路に関わるデバイス開発、(2) 構造実験室における耐震実験、(3) 建物模型の振動実験を行っています。

(1) センシングのセンサーの高度化・小型化などを目指し、材料とデバイスの開発と最適化を進めています。特に、2)の試験建屋での実地実験を通して^{9,10)}、建築材料の素材や形状寸法に合わせ、省スペース利用のためのセンサーを制作しています（図4）。

(2) 耐震実験では、建築構造物の地震時挙動を再現し、(1)のセンサーによるセンシングとモニタリングの精度を検証しました。耐震性を測る応答量（ひずみ）と、センサーとの関係を示しました（図5）⁵⁾。また、被災した建物を実験で再現し、座屈した構造体の変形形状を識別し、損傷度の検出精度の検討を進めています。

(3) 建物の振動を利用して環境発電利用とセンシングを試みるうえで、建物模型の振動実験を行いました。耐震要素（耐震壁、筋交い）の状態を変数とし、振動波形データの機械学習から、損傷個所の特定に成功しました⁷⁾。

以上の1)を大学で進めつつ、実建物での有効性を検証するため、2)では実際の建物を使って実地研究を行います。詳細は以下の通りです。

【今回の実証実験の概要】

本システムを建物に実装し、その適用性や有効性を検証するとともに、実建物の環境下での様々な課題を見出すことを目的としています。今回は、2017年3月に竣工した試験建屋（所在地：大分県国東市）を対象とし、実証実験を行います。電気・水道などライフラインを持たず、震災後停電や空き家などの環境を模擬しています。

実地実験の環境としての有効性を検証するため、実証実験に先立ち、本IoTシステムのデバイスの試作品を実装し、2017年5月打撃実験、2018年3月振動実験を行いました。この実験により、デバイスの設置法などとともに、加振プログラム、計測計画、解析手法、通信方法について検討しました。機械学習による解析により、建物の状態（窓の開閉状態）の識別に成功しました（図6）¹⁰。今回2018年10月と次回2019年3月の実地実験に反映させます。

【期待される社会への波及効果】

近年の巨大地震において、震災都市・建物が潜在的に抱えていた様々な問題、例えば、大規模停電やライフラインの寸断、避難した住民宅での盗難など防犯・見守りの課題が露見しました。このような震災後環境下でモニタリングシステムが機能すると、被災地・被災者の安全・安心のため、とても心強いものになります。また、被災度診断の無人化・高度化により、震災都市・建物で調査・診断にあたる専門家の安全確保につながります。これにより、復旧・復興の早期実現に貢献します。



図1 建物の状態とモニタリングの役割



図2 IoTによる建物モニタリングの概要図



図3 研究環境・体制



図4 環境発電とセンシングのための試料の一例⁹⁾

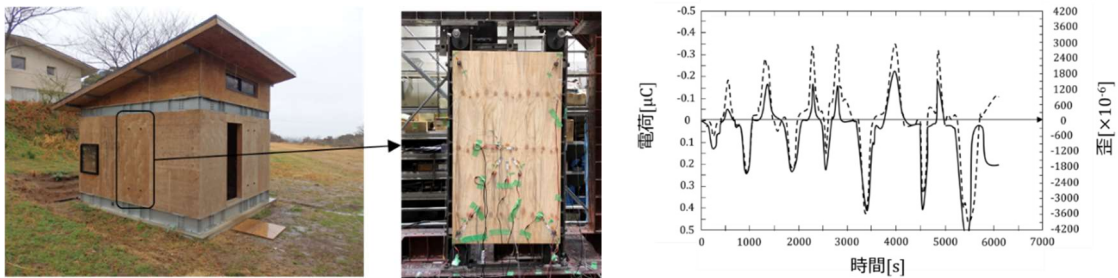


図5 木造耐震壁の検証実験結果⁵⁾

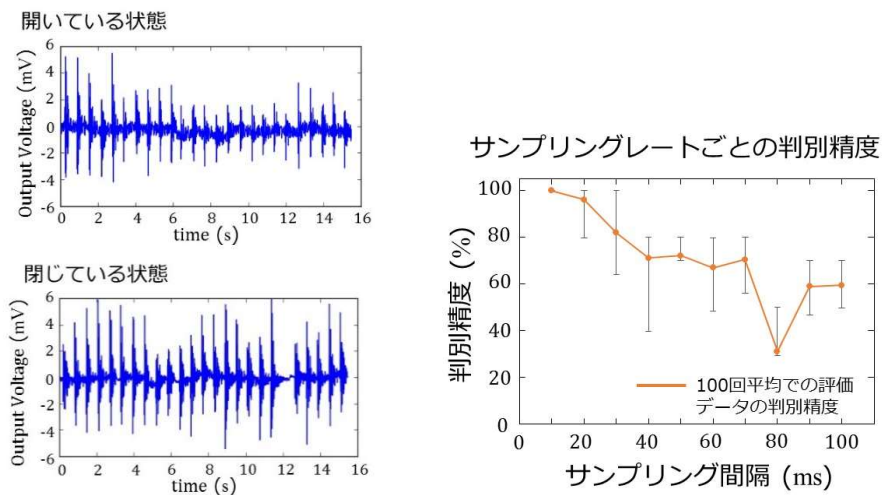


図6 実地実験での取得データと機械学習による建物状態の識別精度¹⁰⁾

参考文献

- 1) 例えば、伊藤拓海，山本貴博，長谷川幹雄：IoT を活用した安全・安心な住環境の学際研究，科学フォーラム，2016年10月号

- 2) Takumi Ito, Mikio Hasegawa and Takashi Nakajima: Internet of Things for Buildings that Make Life Safe and Secure, IEEE IoT, News letter, 2017.1.10
- 3) 岸朔矢, 岸映裕, 橋爪洋一郎, 他 7 名 : 圧電素子を用いた建物の損傷検出における機械学習の活用, 応用物理学会, 2018.3.20
- 4) 齊藤圭太, 他 : 制振建物の損傷検知のための熱電変換の利用, 日本熱電学会, 熱電発電アイデアコンテスト, 2018.3
- 5) 例えば, 西崎 倭 : 建築 IoT に向けた構造物用振動発電素子の開発, 東京理科大学理学部第一部応用物理学科, 2016 年度修士論文
- 6) 岸朔矢, 岸映裕, 橋爪洋一郎, 中嶋宇史, 山本貴博, 河原尊之, 長谷川幹雄, 伊藤拓海, 崔彰訓, 岡村総一郎 : 圧電素子を用いた建物の損傷検出における機械学習の活用, 応用物理学会, 2018.3.20
- 7) 例えば, Ryota Tanida, Ryo Oiwa, Takumi Ito, Takayuki Kawahara, Wood Structural Health Monitoring Using Neural Network, IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA 2018)
- 8) 例えば, 鶴飼健太郎, 山本貴博, 河原尊之, 長谷川幹雄, 伊藤拓海, 崔彰訓, 中嶋宇史 : 建築物の強度モニタリングのための IoT システムの構築, ワイヤレステクノロジーパーク 2017
- 9) 伊藤拓海, 崎山夏彦, 山本拓司, 中嶋宇史, 橋爪洋一郎, 岸朔矢 : IoT による建造物の状態検知システムの開発と試験建屋の起振機による実地振動実験, 第 15 回日本地震工学シンポジウム, 2018.12
- 10) 岸朔矢, 橋爪洋一郎, 中嶋宇史, 山本貴博, 河原尊之, 長谷川幹雄, 伊藤拓海, 崔彰訓, 岡村総一郎 : 機械学習を活用した圧電センシングシステムによる建物の状態検出, 第78回応用物理学会秋季学術講演会

～本件に関するお問い合わせ～
東京理科大学 研究戦略・産学連携センター
〒162-8601 東京都新宿区神楽坂 1-3
TEL : 03-5228-7440 FAX : 03-5228-7441