

Ⅲ. 「管理技術部門」の研究計画及び 20 年度研究内容

Ⅲ-1 研究計画

1. 研究方針

「管理技術部門」においては、長期耐用住宅の維持管理の高度化に向けて、技術者による目視等に基づく点検、診断・方法を代替又は補完する新たな建物診断技術として、情報通信技術を利用したヘルスマonitoring技術に着目し、住宅のスケルトン（構造・共用設備）の健全性評価*1に適用するヘルスマonitoring技術（具体的な技術システム案としての「モニタリングシステム」）、及びモニタリングにより得られたデータの建物管理への活用手法を開発する。

*1 長期耐用住宅に求められる耐震性（大規模な地震で倒壊しないだけでなく、必要な点検・補修により使用を継続できるような耐震性）が損なわれていないこと等の評価

- ① センサ・ネットワーク等の計測・通信・解析技術を基礎技術として、住宅（主に RC 造のマンション）にも適用可能な、シンプルかつ一定の精度を有するモニタリングシステムの技術要件を明らかにし、「住宅へのヘルスマonitoring技術適用ガイドライン(案)」を取りまとめる。
- ② 住宅の構造や規模、維持管理の目標性能水準、管理・運営形態に対応する実用的な技術活用手法について、モニタリングシステムの導入方法、データの取得・解析等の運用方法、詳細調査実施の要否判断等へのデータ活用方法等について、「ヘルスマonitoring技術の利用と運営モデル」の提案に取りまとめる。

具体的検討は、住宅の建物管理を高度化するための管理技術に係る課題に対応した検討テーマを設定して実施する（下表参照）。

■建物管理の高度化に係る技術開発課題と必要な検討テーマ

		課題	必要な検討テーマ
建物管理技術（ハード）	ヘルスマonitoring技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 技術者の目視等による診断に基づく性能評価の手法が確立しているが、見え隠れ部分や部材内部の施工品質の影響は評価に反映できない。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 建設された建物の振動特性等を直接計測し耐震性能を診断するヘルスマonitoring技術に着目し、評価精度等を検証する。
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模な地震発生時及び発生後等における健全性評価を担う技術者の確保の問題や、詳細な建物調査、実測の時間・費用の問題から、技術者による評価を代替・補完する診断・評価技術の開発が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ○ オンライン計測により、異常の発生感知、劣化・損傷部位の特定にかかる実地調査・診断を、代替・補完するシンプルかつ一定の精度を有するモニタリング技術を開発する。

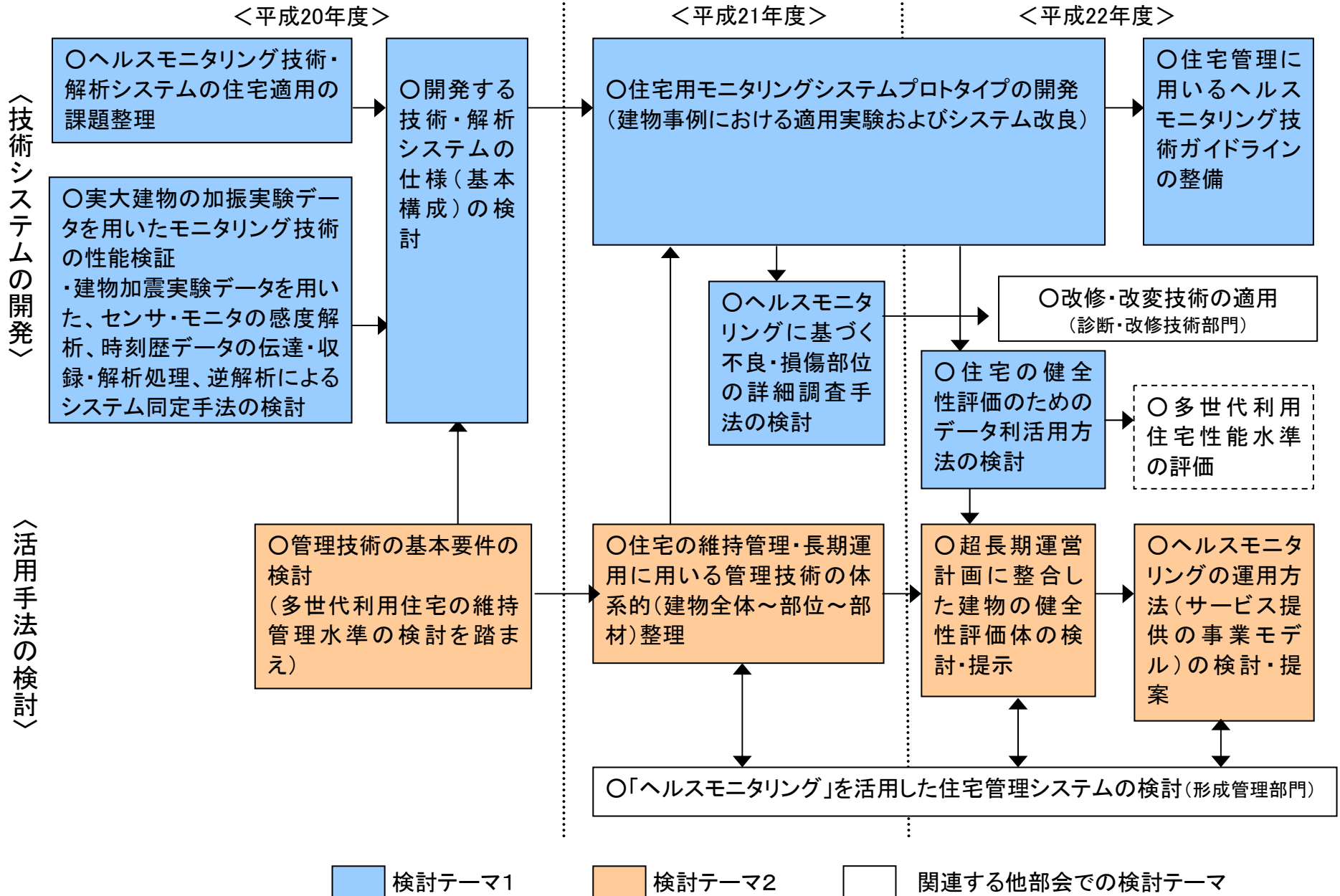
	技術の実用化	<ul style="list-style-type: none"> センサを多数用いて建物全体の振動特性の把握のみならず、部位・部材レベルの損傷を把握する技術は確立されつつあるが、実用化のためにはモニタリングシステムの簡略化が必要。 大学、大手ゼネコン等でこの技術の研究開発が進められているが、性能評価手法として技術の共通化・オープン化がなされていない。 	<ul style="list-style-type: none"> 実大建物の加振及び崩壊実験データを用い、センサ・モニタの感度解析、時刻歴データの伝達・収録・解析に係る処理技術等の検証を行い、健全性評価のためのモニタリングシステムの技術要件を明らかにする。 建物全体から部位・部材等、評価対象と評価の目的に応じたヘルスマニタリング技術適用のガイドラインを作成し、提示する。
技術普及方策	健全性評価への適用	<ul style="list-style-type: none"> 「多世代利用住宅における維持管理」の目標とする性能水準との対応について、目標像が明確でない。 	<ul style="list-style-type: none"> 超長期住宅の、持続的な安全性、超長期メンテナンス、生活サービスの保持・更新及び向上といった観点から、新たな技術適用による目標性能水準及び、構造性能の経時変化を提示する (形成・管理システム部門との連携)
	技術の普及方策	<ul style="list-style-type: none"> 建物の健全性評価が、住宅の価値評価につながるインセンティブが明確でないため、診断技術、評価手法の普及につながらない。 	<ul style="list-style-type: none"> 活用場面に対応したシステム構成と運用モデル、防災・居住支援サービス等と連携した運用モデル等の検討を行い、「ヘルスマニタリング技術の利用と運営モデル」を提案する。

2. 研究年次計画

「管理技術部門」における研究年次計画はフロー図（次ページ）のとおりである。

Ⅲ. 管理技術部門 技術開発・検討フロー

(主査 三田彰慶 應義塾大学教授) (国総研幹事 高橋)



3. 研究体制

管理技術（ヘルスマモニタリング技術と活用方法）の開発にあたり、「管理技術検討部会」を設置する。

実大建物の加振実験（E-ディフェンスでの実験）を利用した感度解析、情報処理に関して、国総研と独法防災科研との間で共同研究を実施する。（H20～22年度、現在 H20 年度の共同研究協定書の締結に向けて手続き中）

<委員(案)>（敬称略）

座長	三田 彰	慶應義塾大学工学部システムデザイン工学科 教授
	濱本卓司	武蔵工業大学工学部建築学科 教授
	薛 松濤	近畿大学工学部建築学科 准教授
	森田高一	独立行政法人建築研究所構造研究グループ 主任研究員
	梶原浩一	独立行政法人防災科学技術研究所 プロジェクトディレクター
	犬飼瑞郎	総合技術政策研究センター 評価システム研究室長
	高橋 暁	住宅研究部住宅ストック高度化研究室
	武藤正樹	住宅研究部住宅ストック高度化研究室

Ⅲ－２ ２０年度研究内容

○検討テーマ１：住宅の健全性評価に適用可能なヘルスマonitoring技術の開発

研究開発・検討の概要

①長期耐用住宅の建物管理の高度化に向けた新たな技術適用に関する調査

建設された建物の振動特性等を直接計測し耐震性能を診断する構造ヘルスマonitoring技術及び設備等のMonitoring技術に関して、学会、産業界での調査、研究、技術開発の現状と動向について、既往文献調査、学識経験者へのヒアリング等により把握し、長期耐用住宅の建物管理への適用の観点から、技術的課題を整理する。

- ・センサ・ネットワーク等の計測・通信・解析技術の現状
- ・Monitoringの目的（建物全体～部位・部材）とシステム設計の考え方

②実大建物の加振実験データを用いたMonitoring技術の性能検証

要素技術としてのセンサ技術や逆解析手法は既に充実してきているが、実構造物で実際に被害を受けた場合の構造ヘルスマonitoring技術の有効性を示した例は極めて少なく、実用化に向けての技術開発課題となっている。そこで、大地震を再現可能な振動台による実大構造物の破壊実験データを用いて、許容誤差の範囲内で損傷を正しく推定するために必要なセンサ個数や、限られた数のセンサで推定精度が最も向上するセンサ設置位置の検討と、逆解析手法の推定精度の検証を行う。

- ・建物加振実験データに基づくセンサ・モニタの感度解析
- ・時刻歴データの伝達・収録・解析に係る処理技術
- ・加振実験終了時の実験建物を対象とした診断技術者による耐震診断・評価
- ・逆解析によるシステム同定手法の検討

（以下は、21年度の研究内容）

- ・Monitoring技術を利用した劣化・損傷部位の特定方法
- ・住宅への適用にむけた技術システムの検証

③住宅へのヘルスマonitoring技術適用ガイドライン(案)の検討

関連する研究技術開発^{※2}の技術内容、計測精度等に関する情報収集、関連する研究者等々の意見交換を行い、住宅への技術適用・普及のための共通的な技術基盤を構築するための技術要件を検討する。

- ・シンプルかつ一定の精度を有するMonitoringシステムの技術要件

（以下は、21年度、22年度の研究内容）

- ・活用場面に対応したグローバル～ローカルのシステム構成
- ・既存実験データを利用した木造、RC造におけるシステム検討
- ・住宅の規模・構造を考慮したシステムの試設計
- ・建物事例におけるシステム適用のケーススタディ
- ・「住宅へのヘルスマonitoring技術適用ガイドライン(案)」作成

^{※2} 技術調査課の研究開発助成制度、住宅局のモデル事業採択事業、慶應義塾先端科学技術研究センター「構造ヘルスマonitoring」プロジェクト等

○検討テーマ2：維持管理における計測技術・データの活用手法

研究開発・検討の概要

①管理技術の基本要件の検討

住宅の流通段階における構造安全性の確認における定量的な性能把握の方法としての技術適用や、使用期間内における老朽化や損傷に関する情報把握に基づく効率的で合理的な維持管理を行うための技術適用等、住宅管理のためのモニタリングシステムの要件について、技術普及を考慮しつつ技術活用のための基本方針検討を行う。

- ・維持管理の目標性能水準との対応検討
- ・維持管理の対象、性能項目、精度の要求レベル
- ・技術活用場面の想定、維持管理の意志決定とデータの表現方法
- ・防犯・生活安全等、居住支援サービスとの共用検討

(以下は、21年度、22年度の研究内容)

②モニタリングシステムの導入方法

- ・建物のライフサイクル（活用場面）に即したシステムの導入モデル
- ・他調査手法との組み合わせを考慮したシステム設計

③データの取得・解析等の運用方法、

- ・活用場面に対応した解析結果の表示・伝達方法
- ・システム構成と運用の課題
- ・運用方法のモデル設定と課題・効果
- ・詳細調査（他の調査手法）等でのデータ活用方法

④「ヘルスマニタリング技術の利用と運営モデル」の提案

- ・活用場面に对应したシステム構成と運用モデル
- ・防災・居住支援サービス等と連携した運用モデル、事業モデル

1. 構造ヘルスマニタリング技術の概要

新築・既存の構造物に、センサを設置し、応答波形から構造性能を診断する。小さな地震や常時微動による応答を活用した性能診断や、大地震や台風など損傷の発生する可能性のある場合に損傷程度の推定を自動的に行うなどが代表的な仕組みである。長い期間データを蓄積することによって、経年劣化の把握に用いることもできる。

2. ヘルスマニタリングの手順

①データ取得(data acquisition)

センサ等によるデータを取得するプロセスで、必ずしも電氣的なセンサに限定する必要はなく、人による目視情報等を含んでも構わない。

②キュレーション(curation)

データからのノイズの除去、取得したデータの種類や日時などのいわゆるメタ情報の付加などを行うプロセス。図書館や博物館におけるキュレーターの役割に相当する。

③システム同定(system identification)

取得した信号を説明するのにもっとも適した物理モデルや数学モデルを決定するプロセス。

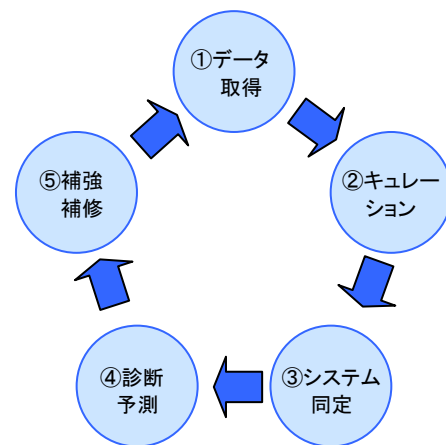
入力信号を合理的に説明できるものは多数存在するので、いわゆる解の一意性は保証されない。ばねやマスモデルとして求めれば物理モデルとなり、入力信号を説明する微分方程式や差分方程式であれば数学モデルとなる。差分モデルで代表的なものに ARX モデルがある。

④診断予測(diagnosis and prognosis)

推定したモデルに基づき、診断を行う。さらに状態がどのくらいのスピードで進展してどのような状態になるかを予測する。自動的に診断予測をする場合は多くの場合パターン認識手法が用いられる。

⑤補修補強(repair or reinforcement)

診断予測結果に基づいて必要な補修あるいは補強を行う。その結果を計測して、目標性能が実現されているかどうかを確認する。



3. 構造ヘルスマニタリングシステムの主要構成要素となる技術の現状

○センサ

半導体技術やネットワーク技術の進展で安価で使いやすいセンサが多数開発されて実用に供されている。ヘルスマニタリング用のセンサについても活発な研究開発が実施されており、建築用に利用可能なセンサも豊富である。

○データマネジメント

大規模なデータの保管運用システムは実用段階にある。ただし、運用コストが高い、大電力を必要とするなどの課題がある。構造ヘルスマニタリングに利用するにはデータベースの構造に汎用性を持たせる必要があるが、そうした構造の標準化はまだ行われていない。

○診断技術

取得したデータから建物の状態を推定する逆解析技術は多数提案されている。また診断予測を自動的に行うのに必要なパターン認識も格段の進歩がある。ヘルスマニタリングにおける最大の課題は、どのような情報からどんな損傷診断が可能かが明らかになっていない点にある。つまり、どんなセンサをどこに設置して、どんな指標を見ていけば良いかがまだ議論されている最中にある。

○可視化

WEBによる診断結果の表示を行う技術は成熟し、豊富であるが、誰にどんな形で表示すれば性格に性能情報が伝わるか、つまり広い意味でのリスクコミュニケーションについての議論がまだ浅い。実用化に当たっては、誰に結果をどんな形で表示するのか、明確なビジョンが必要である。

4. 関連用語の解説

○グローバルモニタリング

局所的な損傷には目を瞑り、建物全体としての損傷状態に着目するモニタリング。代表的なものが振動モニタリングであり、少数の振動センサを配置することにより、労力をかけずに低コストで建物全体の損傷を推定できる。現状では、多層建築物であれば、部材レベルの詳細な状態を推定することは難しいが、層レベルの損傷であれば十分推定可能である。（出典：参考文献3）

○ローカルモニタリング

建築物の部位を対象に行われるモニタリング。ローカル・モニタリングで用いるセンサは、通常、設置した位置のごく近傍の状態しか計測できない。これまでに開発されている非破壊試験法の多くはローカル・モニタリングに属している。（出典：参考文献3）

○パターン認識

ある特徴情報を用いて特定のパターンを認識する技術を言う。音声認識や画像認識が一般によく知られるが、人間の識別するすべてのものに応用可能である。たとえば波形だけを見ていてはなにが起きているかわからない場合でも、パターン認識の仕組みを通せば、どの位置でどの程度の損傷がある、といった検知も可能である。人の免疫メカニズムも一種のパターン認識の応用と理解することもできる。

参考文献

- 1 日本建築学会 構造委員会 振動運営委員会：構造ヘルスマニタリングがつくる安全・安心な建築空間，日本建築学会大会 PD 資料，2008.9
- 2 (社)新都市ハウジング協会：特集 状態監視，新都市ハウジングニュース Vol.50，2008.夏
- 3 濱本卓司：建築物の耐震性能評価のためのモニタリング技術，計測自動制御学会 計測と制御 Vol.46，2007.8