

### 3.1.2 機能保持向上技術に関する評価

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務の目的

大地震時における救急救命、被災後の生命維持の拠点となる医療施設、および被災状況等の情報発信の拠点となる情報通信施設など重要施設の機能保持および耐震性向上を目的として、医療業界および建築業界の民間企業や学協会等と連携し、機能保持を目指した重要施設の地震対策指標と具体的な対策手法を取りまとめ、既存および新規施設の耐震対策として普及を促すガイドラインを示す。

##### (b) 平成22年度業務目的

- ・重要施設内の機器の機能保持性能を向上させるための技術に関し、これまでの震動実験結果および平成22年度に実施する実規模実験結果から、機能保持性能の向上を視点とした各対策に関する評価・検証を行う。
- ・機能保持向上技術の実用化に向けた課題・問題点を抽出するため、関連機関等へのヒアリングを行うとともに、重要施設の機能保持性能を向上させるためのガイドライン作成の方向性について検討し、骨子案をまとめる。
- ・取得した実験データおよび評価内容やそれらをまとめ作成するガイドラインについては、建築設備分野や医療設備・機器分野、臨床系分野等に成果の還元が可能であることから、それらの分野の関係者等への成果説明会等を開催し、着実な社会への還元を進める。

##### (c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
独立行政法人防災科学技術研究所 兵庫耐震工学研究センター	主任研究員	佐藤 栄児	eiji@bosai.go.jp
	センター長	中島 正愛	naka@bosai.go.jp
	企画室長	井上 貴仁	dinoue@bosai.go.jp
	研究員	酒井 久伸	saki@bosai.go.jp
国立保健医療科学院	客員研究員	福山 國夫	fuku-ku@bosai.go.jp
	施設科学部長	笥 淳夫	takehi@niph.go.jp
	主任研究官	小林 健一	kenken@niph.go.jp
	研究員	小菅 瑠香	kosuge@niph.go.jp

#### (2) 平成22年度の成果

##### (a) 業務の要約

- ・重要施設内の機器の機能保持性能を向上させるための技術に関し、これまでの震動実験結果および平成22年度に実施する実規模実験結果から、機能保持性能の向上を視点とした各対策に関する評価・検証を行った。免震構造では、キャスター付き機器等の固定対策を施すことにより、地震動の特性によらず、高い機能保持性能が実現できることが確認できた。一方耐震構造では、簡易な地震対策等では、きわめて稀な大地震

時において、設置状況、建物特性によっては必ずしも高い機能保持性能が実現できないことが確認された。

- ・機能保持向上技術の実用化に向けた課題・問題点を抽出し、重要施設の機能保持性能を向上させるためのガイドライン作成の方向性について検討した。
- ・ガイドラインの方向性として、実験結果およびその他成果の普及利用を考慮し、病院職員、建築設計者、医療機器・什器メーカーを中心にかつ一般的な国民を対象としたものを取りまとめることとし、あわせて実験時の動画等を活用とした「ビデオ教材」を盛り込み作成することとした。また、建築学会、医療設備協会等の学会を通じて、医療関係者などに研究成果の説明等を行い、着実な社会への還元を進めた。

## (b) 業務の成果

### 1) 機能向上技術と評価

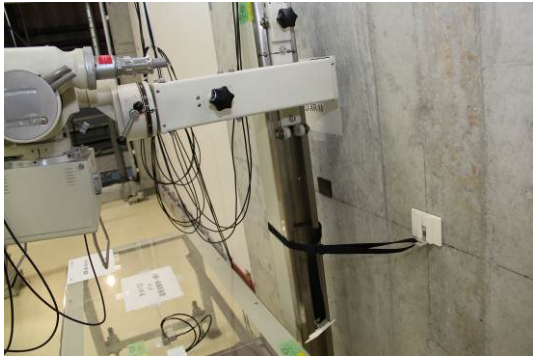
平成22年度に実施したE-ディフェンスによる、重要施設の実規模実験で実施した、各部屋の機能向上技術について示すとともに、その有効性について実験結果より評価することとする。

#### a) 撮影室

試験体の1階に配置した撮影室室内には、X線撮影装置、CTスキャン本体、CTスキャン操作卓、CTスキャンの電源、高圧酸素治療器の本体、操作装置を設置した。これらの機器の対策方法を表1に示し、主な対策状況を図1に、実験後の状況を図2に示す。

表1 撮影室対策実施状況

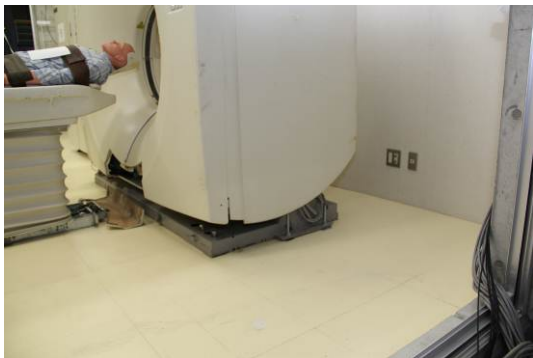
機器	対策
X線撮影装置本体	本体ブレーキ、バンド固定
X線撮影装置ベッド	ゲルシート
高圧酸素治療器	本体と操作卓をジグにて固定
CTスキャン本体	アンカー固定（免震構造時）、機器免震（耐震構造時）
CTスキャン寝台	アンカー固定（免震構造時）、機器免震（耐震構造時）
CTスキャン操作卓	床に粘着シートにて固定
CTスキャン電源	ブロック設置とゲルシートによる固定（耐震構造時）



X線撮影装置 バンド固定



X線撮影装置 ブレーキ



CT スキャンアンカー固定



CT スキャン機器免震



CT 電源 固定



高圧酸素治療器 ジグ固定

図1 対策状況



短周期地震動



長周期地震動

図 2 (a) 実験後状況（免震構造）



短周期地震動



長周期地震動

図 2 (b) 実験後状況（耐震構造）

これらの対策を施すことにより、免震構造における短周期地震動入力時および長周期地震動入力時には機器等の移動はほとんどみられず、地震後も特に大きな被害の発生はみられなかった。

一方、耐震構造時における長周期地震動入力時には、これまで無対策でも多少の機器の移動はみられたが、被害の発生はほとんどなかった。今回の対策より機器の移動はほとんどみられず被害の発生はなかった。また短周期地震動時には、対策品が、繰り返しの地震動を受けていない健全な状態（ほぼ初期状態）では大きな被害は発生しなかった。

## b) 診察室

試験体の2階に配置した診察室内には、診察デスク、診察台、棚、エコーを設置した。これらの機器の対策方法を表2に示し、主な対策状況を図3に、実験後の状況を図4に示す。

表2 撮影室対策実施状況

機器	対策
診察デスク	バンド固定等
診察台	バンド固定、ゲルシート
棚	ゲルシート（壁固定）
エコー	バンド固定（手すりへ）、キャスターロック
壁面	衝突対策手すり



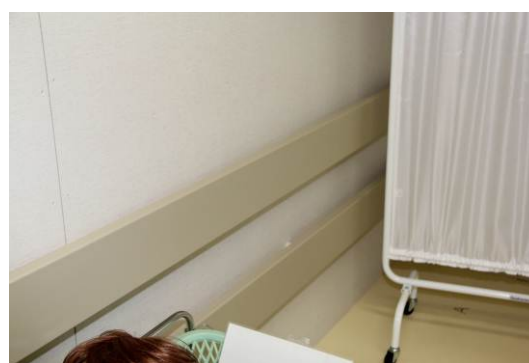
診察デスク バンド固定



棚 壁面固定（ゲルシート）



エコー バンド固定



壁面 衝突対策

図3 対策状況





短周期地震動



長周期地震動

図 4 (a) 実験後状況 (免震構造)



短周期地震動



長周期地震動

図 4 (b) 実験後状況 (耐震構造)

これらの対策を施すことにより、免震構造における短周期地震動入力時および長周期地震動入力時には機器等の移動はほとんどみられず、地震後も特に大きな被害の発生はみられなかった。

一方、耐震構造時における長周期地震動入力時には、これまで無対策でも多少の機器の移動はみられたが、被害の発生はほとんどなかった。今回の対策より機器の移動はほとんどみられず被害の発生はなかった。また短周期地震動入力時においても、大きな被害は発生しなかった。ただし、いす、キャスター付きスクリーン等は、利用上固定は難しいため、いずれの実験においても移動がみられたが、軽量であり大きな被害に至ることはないと思われる。

### c) スタッフステーション

試験体の2階に配置したスタッフステーション内には、棚、ワゴン、テーブル等を設置した。これらの機器の対策方法を表3に示し、主な対策状況を図5に、実験後の状況を図6に示す。

表3 撮影室対策実施状況

機器	対策
棚	アンカー、金物、ゲルシートによる固定
棚引き出し、本棚	シャッター、バンド等による飛び出し対策
ワゴン	ロック、バンド固定、フェールセーフロック、外部ロック等。棚飛び出し対策
テーブル	ゲルシート



棚 固定



棚 散乱対策



棚 散乱対策



ワゴン バンド固定



ワゴン ロック



ワゴン 飛び出し対策

図5 対策状況



短周期地震動



長周期地震動

図 6 (a) 実験後状況（免震構造）



短周期地震動



長周期地震動

図 6 (b) 実験後状況（耐震構造）

これらの対策を施すことにより、免震構造における短周期地震動入力時および長周期地震動入力時には機器等の移動はほとんどみられず、地震後も特に大きな被害の発生はみられなかった。

一方、耐震構造時における長周期地震動入力時には、これまで無対策でも多少の機器の移動はみられたが、被害の発生はほとんどなかった。今回の対策より機器の移動はほとんどみられず被害の発生はなかった。また短周期地震動入力時においても、大きな被害は発生せず、物品の散乱もなかった。ただし一部のワゴンで重心が高い位置にあるなどの理由から、巨大地震動入力時に転倒する現象がみられたが、大きな被害はなかった。棚の本の飛び出し対策は、地震対策として十分機能し散乱等は全くみられなかったが、利用上の不便さを感じるため工夫が必要と思われる。

#### d) 人工透析室

試験体の2階に配置した人工透析室内には、ベッド、透析装置（監視装置、床置き、棚上置き）、ワゴン等を設置した。これらの機器の対策方法を表4に示し、主な対策状況を図7に、実験後の状況を図8に示す。



表4 撮影室対策実施状況

機器	対策
ベッド	ロック固定
透析装置 床置き	金物によるベッドとの固定、ロック、バンド固定
透析装置 棚置き	ゲルシート、バンド固定
ワゴン	足踏みロック



人工透析装置 ロック、バンド固定



人工透析装置 ベッドとの固定



人工透析装置 ゲル、バンド固定



ワゴン 足踏みロック

図7 対策状況



短周期地震動



長周期地震動

図 8 (a) 実験後状況（免震構造）



短周期地震動



長周期地震動

図 8 (b) 実験後状況（耐震構造）

これらの対策を施すことにより、免震構造における短周期地震動入力時および長周期地震動入力時には機器等の移動はほとんどみられず、地震後も特に大きな被害の発生はみられなかった。

一方、耐震構造時における長周期地震動入力時には、これまで無対策でも多少の機器の移動はみられたが、被害の発生はほとんどなかった。今回の対策より機器の移動はほとんどみられず被害の発生はなかった。また短周期地震動入力時においても、対策の効果により、機器の転倒や移動、落下はなく大きな被害は発生しなかった。

#### e) 集中治療室

試験体の3階に配置した集中治療室（ICU）内には、ベッド、ICU用ペンダント、新生児用加温器、未熟児用保育器（NICU）、ベンチレーター等を設置した。これらの機器の対策方法を表5に示し、主な対策状況を図9に、実験後の状況を図10に示す。

表5 撮影室対策実施状況

機器	対策
ベッド	ロック固定
ICU用ペンダント	ブレーキによる固定*1
モニター（ペンダント上）	ゲルシート
新生児用加温器	ロック固定（対角のみ）*2
未熟児用保育器	ロック固定（対角のみ）
ベンチレーター	バンドによる壁面固定

\*1 エアーによりブレーキ解除。

\*2 対角にのみロック機構あり。



ベッド ロック



ペンダント・モニター ブレーキ、ゲル



NICU ロック



ベンチレーター バンド固定

図9 対策状況



短周期地震動



長周期地震動

図 1 0 (a) 実験後状況 (免震構造)



短周期地震動



長周期地震動

図 1 0 (b) 実験後状況 (耐震構造)

これらの対策を施すことにより、免震構造における短周期地震動入力時および長周期地震動入力時には、ペンダント、NICU 以外の機器の移動はほとんどみられず、地震後も特に大きな被害の発生はみられなかった。ペンダント、NICU に関しては、ブレーキ力およびロックによる移動拘束力が弱いためか地震動によっては移動がみられた。

また、耐震構造時の長周期地震動入力時には、ペンダントおよび NICU 以外の機器の移動は同様になかったが、ペンダント、NICU は多少の移動がみられた。短周期地震動入力時にはおいても、対策の効果により、機器の転倒や移動、落下はなく大きな被害は発生しなかった。しかし、NICU およびペンダントは付属のロック機構のみでは十分な移動低減ができず、患者の影響も考慮した更なる対策が必要と思われる。

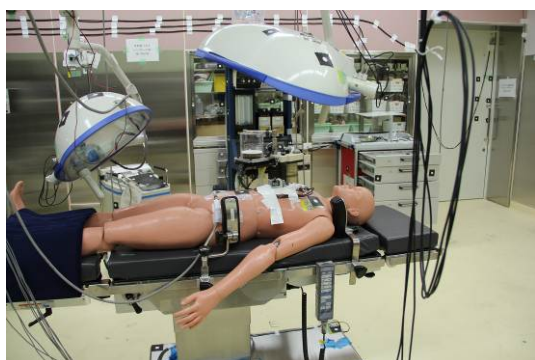
#### f) 手術室

試験体の 3 階に配置した手術室内には、手術台、手術用機器（電気メス、人工心肺、麻酔機）、无影灯、シーリングペンダント、薬品棚、ワゴン等を設置した。これらの機器の対策方法を表 6 に示し、主な対策状況を図 1 1 に、実験後の状況を図 1 2 に示す。



表6 撮影室対策実施状況

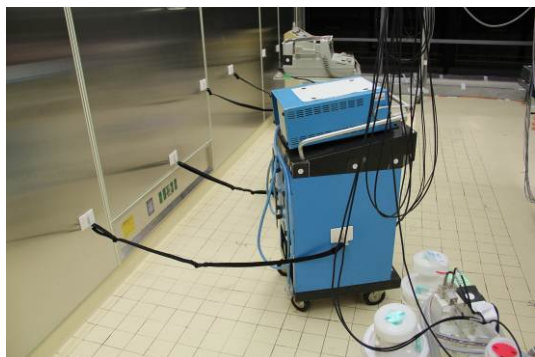
機器	対策
手術台	ゴム足ロック、患者落下固定
手術用機器	ロック、バンド等の固定
无影灯	なし
シーリングペンダント	なし
薬品棚	フックによる飛び出し対策
ワゴン	ロック、バンドの固定、引き出し飛び出し対策
壁	壁面保護プレート設置



手術台 患者固定



機器 (ロックなし) バンド固定 (余長なし)

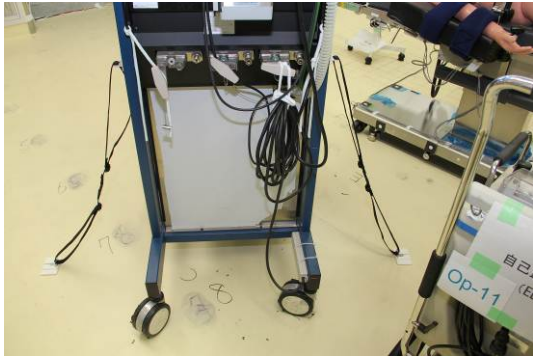


機器 (ロックなし) バンド固定 (余長あり)



機器 バンドとロック

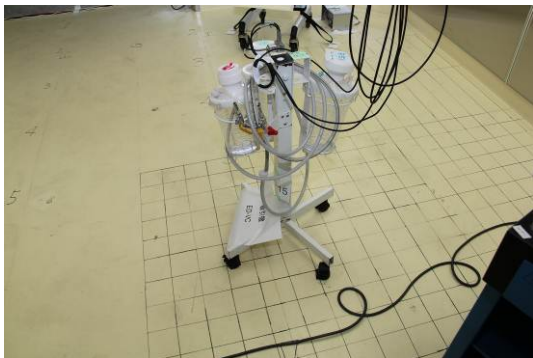
図11(a) 対策状況



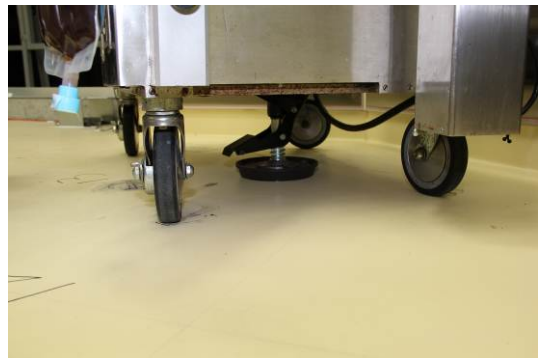
機器 バンドとロック (床固定)



機器 バンドとロック (床固定)



機器 (ロックなし) 輪留め固定



機器 後付ロック



薬品棚



引出飛び出し対策 (左側)



ワゴン 固定・引出対策



壁面衝突対策 ステンレスプレート  
対策状況

図 1 1 (b)





短周期地震動



長周期地震動

図 1 2 (a) 実験後状況 (免震構造)



短周期地震動



長周期地震動

図 1 2 (b) 実験後状況 (耐震構造)

これらの対策を施すことにより、免震構造における短周期地震動時および長周期地震動時には、一部の機器以外は移動がほとんどみられず、地震後も特に大きな被害の発生はみられなかった。移動がみられた機器は、ロックがなく余長を持たせたバンドで固定した場合で、余長の範囲内で大きく左右に移動し、余長限界に達したときにバンドと機械の固定位置が低く、更に機器の重心が高いため転倒する場合もみられた。引出の飛びだし対策のない引出は飛び出しがみられ、棚の扉も開き内部の物品の散乱もみられた。また壁面の衝突対策は、機器が衝突しても多少の傷が付く程度であり、壁の陥没などの被害抑制に効果的と思われる。

耐震構造時における長周期地震動入力時には、一部の機器の移動（余長あり）がみられたが、被害の発生はほとんどなかった。短周期地震動入力時には、対策の効果により、機器の移動が抑えられたが、余長を持たせたバンドで固定した機器の移動と転倒がみられた。また薬品棚の扉の脱落や物品の散乱がみられた。手術台の移動もみられ、左右に大きく揺動したため、手術台上の患者（脚部のみ固定）の転落もみられた。

手術室内の機器は、多種多様でまた使用条件も異なるため、床や壁面に強固に固定できない場合が多い。そのため、機器の開発において低重心化、ロック機構の装着化などの工夫が必要と思われる。また、天井よりつらわれている无影灯やシーリングペンダントは今回

十分な対策が実施できなかつたため、いずれの地震動でも大きな移動がみられ、医療従事者などへの衝突の可能性があり、利便性を考慮した地震対策が今後必要と思われる。

g) 病室

試験体の4階に配置した手術室内には、ベッド、ベビーベッド、点滴台、オーバーベッドテーブル、床頭台、テレビ台、パーティション等を設置した。これらの機器の対策方法を表7に示し、主な対策状況を図13に、実験後の状況を図14に示す。

表7 撮影室対策実施状況

機器	対策
ベッド	ロック、バンドによる固定
ベビーベッド	ロック、バンドによる固定
点滴台	バンドによるベッドへの固定
オーバーベッドテーブル	足踏みによるロック
床頭台	バンドによる壁面固定
テレビ台	足踏みによるロック、バンドによる固定
パーティション	ゲル固定



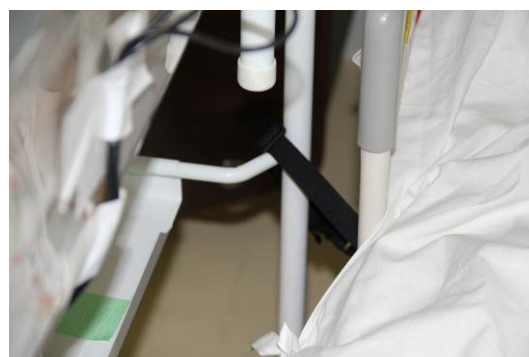
ベッド ロック



ベッド バンド固定



ベビーベッド ロック



ベビーベッド バンド固定

図13(b) 対策状況

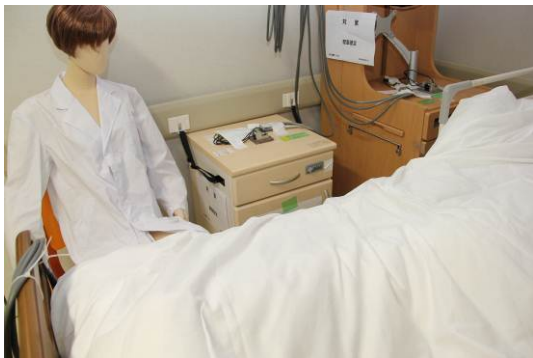




点滴台 バンド固定



オーバーベッドテーブル ロック



床頭台 バンド固定



テレビ台 ロック



テレビ台 バンド固定



パーティション ゲル固定

図 1 3 (b) 対策状況



短周期地震動



長周期地震動

図14(a) 実験後状況（免震構造）



短周期地震動



長周期地震動

図14(b) 実験後状況（耐震構造）

これらの対策を施すことにより、免震構造における短周期地震動入力時および長周期地震動入力時には、一部の機器以外は移動がほとんどみられず、地震後も特に大きな被害の発生はみられなかった。

一方、耐震構造時における長周期地震動入力時には、これまで無対策でも多少の機器の移動はみられたが、被害の発生はほとんどなかった。今回の対策より機器の移動はほとんどみられず被害の発生はなかった。短周期地震動入力時には、対策の効果により、機器の移動が抑えられた。しかしパーティションは、大きさも大きく不安定で質量も大きいため、繰り返しの加振により対策の効果が減少していき、対策のゲルがはずれるなどの現象がみられた。

#### h) 実験結果の評価

免震構造においては、免震構造であるから被害がないという思想にとらわれず、簡易な地震対策であっても適切に施すことで、多種の地震動から被害をほぼ皆無に導くことができると思われる。

一方、耐震構造においては、上層階に行けばいくほど床応答加速度も上昇するため上層階ほど被害が大きくなる傾向がある。そのような状況において様々な地震動に対して簡易な地震対策のみでは、無被害に導くことは困難であることが予想される。しかし、簡易な

地震対策のみでも実施することにより被害をある程度軽減化でき、更にはより強固な地震対策を施すことにより、被害をより軽減化することが可能であると考えられる。

## 2) ガイドライン作成について

本年度実大実験を実施するにあたり、平成 20 年度実験の結果とその対策法について各医療機器メーカーに事前ヒアリングを行った。これらの結果を踏まえ対策技術等を検討し、さらにそれらの調査結果はガイドラインに盛り込む予定である。事前ヒアリングについては、4.1.1 内に示している。

更に、ガイドライン作成のため、「病院の地震対策ガイドライン作成ワーキンググループ」を設置するとともに、作成中のガイドラインの内容について評価する「病院の地震対策ガイドライン評価ワーキンググループ」を設置し、ガイドラインの作成を次年度以降、行っていく。「病院の地震対策ガイドライン評価ワーキンググループ」は、医療従事者、医療機器関係者、病院建築計画関係者等から構成される。「病院の地震対策ガイドライン作成ワーキンググループ」は本研究実施関係者および医療機器メーカー等から構成される。ガイドライン作成に当たっては関係機関のヒアリングを行い、本研究の成果をもとにとりまとめ、重要施設の機能保持性能を向上させるために必要な情報をとりまとめる予定である。作成したガイドラインは関係協力機関を通じて配布する予定である。

### (c) 結論ならびに今後の課題

ここでは、本年度実施した重要施設の機能保持の向上を実現させるための様々な地震対策を施し実施した実規模実験の結果から、それらの対策について評価検証した。ここでの評価内容と、更に実験で新たに出た課題について今後より精査しガイドラインの作成を目指す。

ガイドラインの作成においては、「病院の地震対策ガイドライン評価ワーキンググループ」および「病院の地震対策ガイドライン作成ワーキンググループ」を立ち上げ、それらの WG 内で、関連機関等へのヒアリング等を行い、ガイドラインの完成をめざす。作成したガイドラインには、地震対策に関する教育活動および啓発活動に利用できるよう説得力のある実験映像等を取りまとめ社会還元に努める予定である。なお、平成 20 年度実施の実大実験の映像を取りまとめた DVD (タイトル:「大地震その時病院は・・・」・都市施設の機能保持研究) に関してはこれまでに約 1000 機関等に配布され地震対策の啓発活動等に利用されている。

### (d) 引用文献

特になし

### (e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果 (発表題目、口頭・ポスター発表の別)	発表者氏名	発表場所 (学会等名)	発表時期	国際・国内の別
-------------------------	-------	-------------	------	---------

震動大実験での医療機器(医療用のベッド)の応答について －地震災害時における医療施設の機能保持評価のための震動台実験(その17)－ 口頭発表	佐藤 栄児 酒井 久伸 井上 貴仁 古川 幸 小林 健一 笥 淳夫 中島 正愛	平成22年度 日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	2010.9	国内
耐震構造での解析と実験結果の相違点の要因分析 －地震災害時における医療施設の機能保持評価のための震動台実験(その18)－ 口頭発表	池田 周英 島野 幸弘 鹿島 孝 石川 祐次 佐藤 栄児 長江 拓也 古川 幸 福山 國夫	平成22年度 日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	2010.9	国内
地震災害時における医療施設の機能保持性能向上のための震動台実験計画 －地震災害時における医療施設の機能保持評価のための震動台実験(その19)－ 口頭発表	井上 貴仁 佐藤 栄児 酒井 久伸 福山 國夫 中島 正愛 古川 幸 小林 健一 笥 淳夫	平成22年度 日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	2010.9	国内
地震災害時における情報通信設備の機能保持性能向上のための震動台実験計画 －震災時における建物の機能保持に関する研究開発(その20)－ 口頭発表	酒井 久伸 佐藤 栄児 井上 貴仁 福山 國夫 中島 正愛 小林 健一 笥 淳夫 鎌田 崇義	平成22年度 日本建築学会大会(北陸) 学術講演会	2010.9	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文(論文題目)	発表者氏名	発表場所 (雑誌等名)	発表時期	国際・国内の別
医療施設の機能保持性能を検証するための実大震動台実験－震災時	佐藤 栄児 酒井 久伸 井上 貴仁	日本建築学会構造系論文集	2010.4	国内



における都市施設の安全性・機能性評価－	古川 幸 小林 健一 笥 淳夫 中島 正愛			
Full-scale shaking table test for examination of safety and functionality of base-isolated medical facilities	Eiji Sato, Sachi Furukawa, Atsuo Kakehi, Masayoshi Nakashima	EARTHQUAKE ENGINEERING AND STRUCTURAL DYNAMICS	2011.1	海外

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成23年度業務計画案

課題終了のため計画なし。

