

首都圏における大震災による MRI 装置の被害傾向
- 東日本大震災における被害状況：東京都・埼玉県を中心に

分担研究者 土橋 俊男
日本医科大学付属病院 放射線科

研究要旨

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災により MR 装置に発生した被害状況を明らかにし、震災時の緊急対処や防災対策に活かすための調査研究を行った。本研究では、東京都、埼玉県内（首都圏）で MR 装置を保有する 382 施設を対象として、MR 装置に発生した破損の種別、患者および検査担当者の被害状況などについて調べる無記名調査を実施し 130 件の回答を得た。

首都圏では 2 台以上の装置を有する施設の比率が高い。設置建物の免震・制震化率（装置単位）は東京で高く 21.6%（全体 9.6%）であった。震度 6 以上の比率は 2%（全体 30%）であった。マグネットの移動は 4.6%（全体 12.4%）、マグネット装備品の損壊 0.8%（全体 7.6%）、クエンチダクトの損傷 0.8%（全体 4.5%）、MR 検査中の患者受傷が 1.5%（全体 2%）であった。首都圏でもクエンチが 1 件発生している。

首都圏では、浸水（全体 3%）や火災被害の報告は無かった。

A . 研究目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、広範囲にわたって強い揺れが発生し多数の医療機関も被災し、設置されている医療機器にも大きな被害が発生した。首都圏においても、震度 5 弱および震度 5 強（一部震度 6 弱）の強い揺れが発生し、医療機器に被害が発生した。

MRI 装置は、現在国内で 6000 台以上稼働している。しかしながら、MRI の震災により発生する問題に関しては不明な部分が少なくない。震災における巨大振動、火災、津波などに誘発される事象を予測しその対策を考

る目的で、東日本大震災における被害状況について調査をおこなった。

本報告では、被害状況を全体と首都圏（東京都と埼玉県）で比較し、考察を行った。

B . 研究方法

平成 24 年 6 月 14 日から 8 月 31 日を調査期限として、郵送により岩手、宮城、福島、茨城、千葉、東京、埼玉の調査対象 984 施設（東京都 231 施設、埼玉県 151 施設）に調査用紙を送付し匿名アンケート調査「被災地における MRI 装置実態調査アンケート」を行った。質問紙調査の手順については分担報告「東

日本大震災によるMR装置被災状況に関する質問紙調査の報告」に記載の通りである。

C. 研究結果

回収率

1都6県の983施設を調査対象とし、全体で458施設から回答があった。回収率は46.6%であった。首都圏は、382施設が調査対象であり、130施設から回答があった（超伝導装置設置施設110施設、MRI装置台数203台、超伝導MRI装置台数181台）。回収率は、34.0%であった（表-1）。

表-1 回収状況（458施設・602台）

都・県	アンケート回収数	回収率(%)
全体	458 / 983	46.6
首都圏	130 / 382	34.0
東京都	83 / 231	35.9
埼玉県	47 / 151	31.1

施設の基本情報

回答を寄せた首都圏の施設の基本情報を、表2-1～表2-6に示す。また、表-3にその所在地となる当該地域の震度を示す。首都圏の施設規模としては301～500床規模の施設が最も多かった（26.2%）（表2-1）。法人としての施設の種類の民間病院（45.4%）が最も多く、ついで国公立病院、私立大学病院、クリニックであった（表2-2）。MRI装置の設置台数は1台が（65.4%）（表2-3）、磁場強度は1.5Tが（68.0%）最も多く、ついで0.5T以下と3T（13.3%）（表2-4）、磁場システムは超伝導磁石が89.2%であった（表2-5）。建屋の構造は、耐震構造が58.1%、免震構造が16.8%

であった（表2-6）。震度分布は、震度5以上が79.2%を占めており、震度3～4が14.6%で震度2以下の回答はなかった（表-3）。

表2-1 施設規模（施設単位）

	度数	割合(%)
入院設備なし	17	13.1
100床以下	23	17.7
101～300床	24	18.4
301～500床	34	26.2
501床以上	31	23.8
無回答	1	0.8
合計	130	100.0

表2-2 施設の種類の種類（施設単位）

	度数	割合(%)
クリニック(診療所)	16	12.3
民間病院	59	45.4
国公立病院(独立行政法人を含む)	27	20.7
私立大学病院	16	12.3
国立大学病院	4	3.1
大学病院以外の大学施設・研究機関	1	0.8
その他	7	5.4
無回答	0	0.0
合計	130	100.0

表2-3 MRI装置の設置台数（施設単位）

	度数	割合(%)
1台	85	65.4
2台	28	21.5
3台	7	5.4
4台	8	6.2
5台以上	2	1.5
無回答	0	0.0
合計	130	100.0

表2-4 MRI装置の静磁場強度（装置単位）

	度数	割合(%)
0.5T以下	27	13.3
1T	10	4.9
1.5T	138	68.0
3T	27	13.3
4T以上	1	0.5
無回答	0	0.0
合計	203	100.0

表-3 当該地域の震度（施設単位）

	度数	割合(%)
1	0	0.0
2	0	0.0
3	3	2.3
4	16	12.3
5弱	60	46.2
5強	41	31.5
6弱	0	0.0
6強	2	1.5
7	0	0.0
無回答	8	6.2
合計	130	100.0

表2-5 MRI装置の磁場システム（装置単位）

	度数	割合(%)
永久磁石	22	10.8
超伝導磁石	181	89.2
無回答	0	0.0
合計	203	100.0

被害状況

個々のMR装置の具体的な被害状況を表-4に示す。首都圏では、マグネットの移動、マグネット装備品の破損、クエンチダクトの破損、急激なヘリウム減少およびシステムキャビネット等のアンカー破損等の被害が発生していた。東北地域と比べ、被害の発生件数は少ないがマグネットの移動は6件発生している。MR装置本体の被害状況に関しては、全損および重度の半損はなかったものの、軽微9件および軽度の半損が1件発生していた(表-5)。

表2-6 建屋の構造（装置単位）

	度数	割合(%)
耐震構造	118	58.1
免震構造	34	16.8
制震構造	1	0.5
その他	36	17.7
無回答	14	6.9
合計	203	100.0

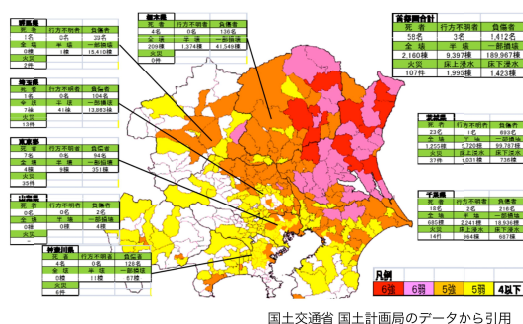
表-4 被害状況（施設単位）

	全体		首都圏	
	度数	率(%)	度数	率(%)
マグネットの架台破損	18	3.9	0	0
マグネットの移動	57	12.4	6	4.6
磁性体の吸着	7	1.5	0	0
マグネット装備品の破損	35	7.6	1	0.8
チラーや空調の故障	32	9.6	0	0
クエンチダクトの損傷	15	4.5	1	0.9
急激なヘリウムの減少	28	8.4	3	2.7
システムキャビネット等のアンカー破損	20	4.4	1	0.8
シールドの破損、機能低下	28	6.1	0	0
屋外機の設置状態の異常(地盤の変動)	17	5.1	0	0
浸水による電気、電子システムの故障	13	2.8	0	0
床下、ビット内、壁内の配線の切断、損傷	14	3.1	0	0
受信コイル等の落下による破損	7	3.7	0	0

表-5 MRI装置の被害程度(装置単位)

	全体		首都圏	
	度数	率(%)	度数	率(%)
影響なし	471	78.2	183	90.1
軽微(一部損壊)	86	14.3	9	7.4
半損(軽度)	13	2.2	1	0.5
半損(重度)	3	0.5	0	0
全損	13	2.2	0	0
無回答	16	2.6	4	2.0
合計	602	100	203	100

図-1 首都圏被害状況



震災後のクエンチ発生に関しては、即時、遅延を合わせて全体で 19 施設で発生していた。首都圏でも 1 施設でクエンチが発生していた。震災に伴う患者の被害発生に関しては、全体で 9 例発生していた。首都圏でも 2 例発生していた。検査を施行していた医療従事者の被害発生に関しては、全体で 1 例発生していた。首都圏での発生はなかった。

D. 考察

東日本大震災では、広範囲にわたって強い揺れが発生した。首都圏（においても、震度 5 弱および震度 5 強(一部震度 6)の強い揺れが発生した。首都圏の被害状況を図-1 (添付資料参照) に示す。東北地域と比べ揺れは小さかったが、かなりの被害が発生していた。表-4 に MR 装置の被害状況を示したが、首都圏ではマグネットの移動、マグネット装備品の破損、クエンチダクトの破損、急激なヘリウム減少およびシステムキャビネット等のアンカー破損等の被害が発生していた。

全体と首都圏で免震および制振構造の割合を比較したデータを表-6 に示す。東京都は免震化率が 2 割程度あり他地域と比べ高いことが分かる。

首都圏では装置の全損はなかったが、一部損壊及び半損は 10 件発生している。被害の発生が東北地域と比べかなり低かったのは、東北地域よりも揺れが小さかった点と免震機構が多いことが影響しているものと思われる。

表-6 建屋の構造 (装置単位)

	全体		埼玉県		東京都	
	件数	率(%)	件数	率(%)	件数	率(%)
耐震構造	408	67.8	50	72.5	68	50.7
免震構造	54	9.0	6	8.7	28	20.9
制振構造	4	0.7	0	0	1	0.7
その他	102	16.9	8	11.6	28	20.9
無回答	34	5.6	5	7.2	9	6.7
合計	602	100	69	100	134	100

MRI 装置の据付に関する調査結果で、約 1/4 の装置でアンカー止めを行っていないことが分かった(表-7)。

これは、メーカーの考え方が大きく影響している。すべての装置をアンカー止めしているメーカーと、基本的にアンカー止めしていないメ

一力があつた。首都圏でマグネット移動が発生した6件のうち、5件は装置のアンカー止めを行っていない装置であつた。1件は、アンカー固定をしていたがアンカーが破損しガントリーが移動している。アンカー止めをしない理由としては、強い揺れによるマグネットの破損防止が考えられる。震災により発生する強い揺れに対するアンカー止の影響に関しては、今後更に検討する必要がある。

図-2 首都圏における主な被害

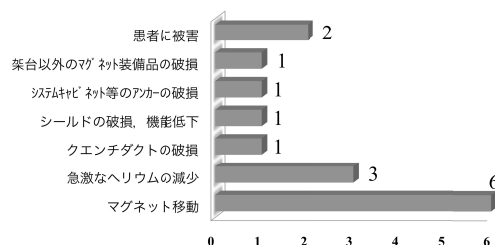
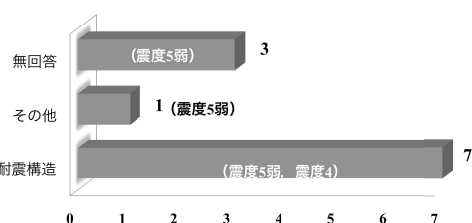


表-7 MR装置の据付方法（装置単位）

	全体		首都圏	
	度数	率(%)	度数	率(%)
アンカー固定あり	396	65.8	145	71.4
アンカー固定なし	166	27.6	50	24.6
その他	9	1.5	0	0
無回答	31	5.1	8	4
合計	602	100	203	100

図-3 被害が発生した建屋構造



首都圏では、免震構造および制震構造の建屋の装置には、今回の震災による被害が発生していなかった。首都圏で震度6強の強い揺れがあつた免震構造の施設でも、全く被害が発生していなかった。

首都圏の主な被害をまとめると図-2に示した内容になる（1施設で複数の被害が発生している場合は被害内容ごとにカウントしている）。これらの被害状況と建屋の構造の関係を図-3に示す。無回答とその他があるが、耐震構造の7施設で被害が発生している。震度4あるいは震度5弱で被害が発生しており、免震構造の施設と大きな差が認められた。震災に伴う被害の発生率低減に、免震構造が有用である点が明らかになったのではないかと考える。

今回の震災の発生時間から、多くの施設で検査施行中であつたものと考えられる。患者に被害が発生したのは2施設（全体で9施設）のみであつたが、強い揺れの中で患者救出を行ったものと思われる。震災により、停電あるいは装置の不具合が発生した場合、非常用の緊急スイッチを利用して患者を救出することになる。この緊急スイッチは、各社で設置位置や機能が異なっている。緊急時に適切に対処できるように、各種緊急スイッチの設置場所と機能をあらかじめスタッフ全員が把握しておくことが重要である。

震災発生時にクエンチボタンを押した施設は1施設のみであつた。非常に難しい点であるが、判断しなければならない状況になる可能性はある。どのような基準でクエンチボタンを使用するかも、検討しておく必要がある。首都圏では、東北地方と比べ震度6以上の

激震の割合が少ないため、被害の発生率が低かったと考えられる。また、免震率が高いことも関係していると思われる。しかしながら、患者の被害やガントリーの移動などの被害が発生している。首都圏では、高層階に MRI 装置が設置されている場合もあり、実際にガントリーが動くなどの被害が発生している。

都内のビルの9階に設置したMRI装置の被害状況を図-4（添付資料参照）に示す。該当地区の震度は5弱と推定される。ビルは耐震のみの構造であり、MRI装置のマグネットは、アンカー止めは行なっていなかった。クエンチダクトを中心に50cm程度回転している。地震発生時は検査施行中であったが、初期の揺れを感じた所で、検査担当者が検査室内に入り、寝台を手動で引き出し患者を無事に救助している。

今回の調査では、設置階については調査に含まれていない。今後、長周期振動の影響も含めて検討する必要があると思われる。

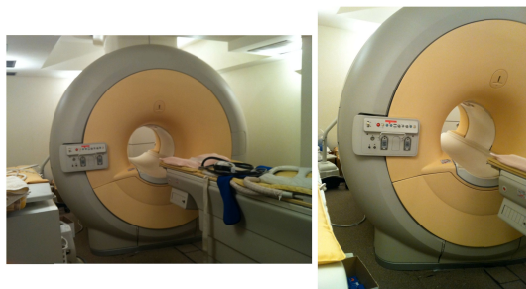


図-4 首都圏で発生した被害事例

震災後のクエンチは、今回の調査結果からは非常に少なく、多くの装置で磁場は残った状態であった。架台の破損、マグネットの移動などの被害は多く発生していたが、全体でも96%以上の装置で静磁場が維持された状態で

あった。これは、MR装置担当者の避難後に、救助などで医療関係者以外が近づいた時に非常に危険な状態になる。この点は非常に重要であり、強磁場による二次被害防止方法の策定など、対応策の準備を進めておく必要がある。

首都圏で同様な強い揺れが生じた場合、免震構造が多いものの、かなりの被害が発生する可能性がある。震災時の患者の救助方法の策定、強磁場による二次被害防止方法の策定など、対応策の準備を進めておく必要がある。

今回の震災の発生時間から、多くの施設で検査施行中であったものと考えられる。患者に被害が発生したのは9施設のみであったが、強い揺れの中で患者救出を行ったものと思われる。

震災により、停電あるいは装置の不具合が発生し、電動で寝台を引き出すことが不可能になる可能性がある。この場合、非常用の緊急スイッチを利用して寝台をフリーにして患者を救出することになる。このスイッチは、各社で設置位置や仕様が異なる。緊急時にも適切に対処できるように、各種緊急スイッチの機能と場所をあらかじめスタッフ全員が把握しておくことが重要である。

E. 結論

東日本大震災により、MRI装置にも今まで考えられなかったような被害が発生していた。首都圏（東京都、埼玉県）では全体と比較すると被害の発生率は低かったが、震度6以上の激震の割合が東北地方よりも少なく、建物の免震化率も高い、インフラの破壊が東北地方ほど著しくなかったなどの理由によると思われる。しかしながら、首都圏で震度6以上の地震が発生した場合は、免震化率の違い

を考慮に入れても東北 3 県に見られた被害程度に近づくと予想される。その一方で、全体でも 96%以上の装置で強磁場が維持されていたことがわかった。この点は非常に重要なことであり、避難するときの 2 次被害の防止策の重要性が明らかになった。

G . 研究発表

1. 論文発表

・中井敏晴、山口さち子、土橋俊男、前谷津文雄、引地健生、清野真也、丹治 一、安達廣司郎、武蔵安徳、菱沼 誠、阿部喜弘、石森文朗、砂森秀昭、榊田喜 正、松本浩史、栗田幸喜、藤田 功、礪田治夫、野口隆志、梁川 功、町田好男 東日本大震災によるMR装置被災調査の実施報告 日本磁気共鳴医学会誌 33、92-119、2013

2. 学会発表

・中井敏晴、山口さち子、礪田治夫、土橋俊男、町田好男、野口隆志 東日本大震災における津波によるMR装置の被害に関する調査研究、日本医学放射線学会第153回中部地方会、豊明、2013.2.2

・前谷津 文雄、丹治 一、清野真也、武蔵安徳、安達廣司郎、土橋俊男、中井敏晴、東日本大震災の被災地におけるMR装置被害の実態調査報告、第二回 東北放射線医療技術学会大会 抄録集 #38、仙台、2012.11.4

・中井敏晴、山口さち子、礪田治夫、土橋俊男、町田好男、野口隆志 東日本大震災によりMR装置に見られた被害事象の概況報告、日本生体医工学会・東海地方会 抄録集34 2012

H . 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

研究協力者一覧

石森文朗（医療法人 聖麗会 聖麗メモリアル病院）

栗田幸喜（社会福祉法人 恩賜財団 済生会支部 埼玉県済生会栗橋病院）

砂森秀昭（社会福祉法人 恩賜財団 済生会 水戸済生会総合病院）

榊田喜正（千葉大学医学部附属病院）

松本浩史（千葉大学医学部附属病院）

藤田 功（さいたま市立病院）

協力組織

茨城県技師会 MRI 研究会

千葉撮影技術研究会MRI基礎勉強会

東京 MR 励起会

SAITAMA MRI Conference

