

厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）

分担研究報告書

東日本大震災によるMR装置の被害状況からみた発災後のMR装置の復帰手順に関する検討

研究分担者 町田 好男東北大学 大学院医学系研究科 画像情報学分野

研究協力者

前谷津文雄 宮城厚生協会泉病院

引地健生 栗原市立栗原中央病院

研究要旨

平成24年度の本研究により東日本大震災によるMRIの被災の概要が把握できた。本分担研究では、これを、発災後のMR装置の復帰手順に結び付けるべく以下の検討を行った。はじめに、被災施設からのアンケート/訪問調査結果およびその分析結果を復帰の立場からあらためて見直した。さらに、ヒアリングなどを通してメーカー側の震災への対応状況や立場を調査し、両者をあわせた被災の実情の把握を行った。その結果、早期の復旧のためには施設側の自主的な立ち上げも必要であったという現場の声がある一方で、自らの責任で立ち上げたいとするメーカーの声もあった。今後、各施設においては施設の実情に合った復帰手順の策定が求められるところであるが、本報告書では、上記の実情を踏まえながら手順策定の参考になるようなチェック項目の抽出を行った。

A. 研究目的

MRI装置は国内で5000台以上が稼働し日常診療でも重要な役割を果たしている。ところが、低温冷媒、高磁場、高電圧を用いることから、震災時には、医療機関が自ら、緊急的に適切な手順にしたがって、2次災害の発生を防止し、安全の確保を行う必要がある。これまでの被災調査から、特に現場担当者が被害リスクの評価から復帰、再稼働まで安全確保のために積極的に行動せざるをえない状況であったこと、さらに、被災後にMR装置を安全かつ可能な限り速やかに復帰させ医療の一端を担うことが求められたことなどが分かっ

た。したがって、発災後のMR装置の復帰手順が求められるところである。

こうした背景から本研究では、東日本大震災によるMR装置の被害調査結果およびその分析結果を復帰の立場からあらためて見直し、さらにメーカーへのヒアリング等の結果から、被災の実情を把握することを第一の目的とした。また、発災後のMR装置の安全管理、復帰手順の作成に関して必要な情報を抽出、整理し、実際に役立つように、具体的なチェック項目のリストを含む形で提案を行うことを第二の目的とした。

B. 研究方法

厚生労働科学研究として実施された東日本大震災でのMR被害のアンケート調査報告^{1, 2)}とその後実施した宮城、福島、岩手の被災三県での訪問調査(聞き取り調査)結果³⁾から、震度と復旧復帰に関する検討、および復帰や機器装置の安全な保全管理上で注目される診療への影響、検査の休止期間や復帰、安全維持に関する被害施設からの自由意見をまとめ分析した。

また、本年度の本厚生労働科学研究の活動の一環として行った、国内の主なMR装置販売メーカー5社からのヒアリング調査を行い、各メーカーのユーザーに対する防災情報発信状況や復帰に対する立場等について確認を行った。これらの調査結果から、特に復帰手順の作成指針に有用と思われる事項を抽出した。

以上の調査結果をもとに、復帰手順作成に関するチェック項目のリストを作成した。

C. 研究結果

以下の結果まとめには考察部分も含まれるが、本報告書では、厳格さにはこだわらずに、経緯がわかるように記載する。なお、参考資料として表/付録を添付するのであわせて参照されたい。

アンケート調査結果より

アンケート調査結果の分析結果から、復帰にかかわる重要なポイントをピックアップした。特に、震度と復帰の関係に関連したことについて以下に記す。

はじめに、震度と復旧状況との関係について分析した。分析結果によれば、当日復帰は、震度6で10.4%、震度5で32.5%、震度5未満で45.5%、復旧1週間以上は、震度6以上36.8%、震度5未満9.1%であった(有効回答数371)。メーカーによる復旧作業開始期間、また機

器が使用可能となる復旧期間(有効回答479)では、いずれも震度上昇と関連し有意な復帰遅延が認められた(二乗検定 $p<0.001$)(表1)。

次に、復旧の担い手と震度との関係では、有効回答440件のうち、復旧再稼働の担い手が病院スタッフのみとした回答数は178件で、震度5および震度5未満でその割合が高かった。MR装置メーカーによる再稼働あるいは再稼働不能は、いずれも震度6以上で有意に増加であった(二乗検定 $p<0.001$)。内容として「MR装置メーカーによる再稼働」(31件)、「両者関与するもメーカー主導の再稼働」(82件)、「再稼働不能」(20件)の報告がされた(表1)。

復帰に関する自由記載

次に、アンケート調査における「復旧に関して困ったこと」への自由記載では、「メーカー関与の不在、不通」が最多で22件であった。福島県では原発事故、岩手県では停電やインフラ障害などを理由とした割合が高かった。(表2)

復帰手順に関する意見では、「停電時も磁場があること、MR従事者以外でもわかる管理手順、クエンチへの外部関係者への説明」など、当事者以外にむけた外部に対する情報発信に関した内容についての記載があった。また、「強制クエンチのタイミング、テストスキャンの評価」など、判断や行動指針に関するもの、また、「わかりやすいマニュアル、フローチャートでの図式化や暗闇を前提にした判読できるマニュアル、など専門担当以外でもわかりやすいマニュアル作成様式への意見が寄せられた。

聞き取り調査から抽出した論点

アンケート調査後に行った宮城、福島、岩手の被災三県での訪問調査(聞き取り調査)から得られた、今後の様々な災害、被害を想定した自己復帰

および安全維持管理から再稼働にむけた復帰手順の手順作成につながる論点についての抽出を行った。その結果は以下のとおりである。

- ・震度を反映した復帰手順を作る必要があるのではないか？
 - ・ユーザーが確認できる震度、酸素濃度計の値、ヘリウム残量、マグネットの内圧など被害時の指標を復帰手順フローにどう活かしていくか？
 - ・クエンチ発生のリスク指標とするために必要なことは何か？また、恐れがある場合の優先チェック項目とその後の対応方法は？
 - ・MR装置の重大被害、稼働してはいけない禁忌項目は具体的に何か？
 - ・自己復帰対応、サービス関与までの安全装置維持管理の手順としてサービスとユーザーの対応、分担をどのように区別していくか？
 - ・津波、洪水、高潮、施設配管破断含め防水対策、安全管理として共通する項目はあるか？
 - ・マニュアル周知と徹底をどうすべきか？
- 等である。

メーカー各社からのヒアリング結果について

メーカー各社からは、復帰に関連した資料がユーザー向けに発信（配布）されていた。これらの資料は、概ね、日本磁気共鳴医学会から公表された緊急提言⁴⁾に沿っており、これを各社の実情に合わせて改定したものが多かった。また、メーカー側の立場からは、災害時という特殊な環境であっても再稼働については、ユーザーによる自己点検判断の復帰はすすめられないとされていた。聞き取り調査において、特に不安であるとの意見が多かったヘリウム残量管理に関する情報提供についても、各社とも、ユーザーとの個別的情報であり普遍的な対応は難しいという立場であった。装置の点検は、サービスマンが行うというのが原則であるという前提に立った回答となっていた。実際

の災害においては、サービスマンとの連絡の遅れが深刻な問題の一つとなっていたことを考えると、このような前提のもとで、何らかの有効な提案をする必要があると考えられた。

なお、ユーザーへの発信、広報の形式は、ワークフローによる実務的なものから文書のみのものであり、各社さまざままで統一されたものではなかった。

復帰手順作成に関するチェックリスト

以上の結果をもとに、復帰手順に関するチェック項目のリストを作成した。このリストは、既に震災時の安全確保として引地らによりまとめられた報告書⁵⁾の中の図「災害時におけるMR装置の安全管理の流れ」を全体の基本フローとして、その中の「2.被災状況分類」における5つの分類の下位に位置づける形で作成した（付録1）。さらに、同図における「3～6」の各項目の下位に位置づける形でチェック項目のリストを作成した（付録2～4）。特に、MR検査室の立ち入り禁止措置については例を提示した（付録5）。なお、上記の図は、本報告書の中では「発災時における緊急的対応」としている。

（D.考察であらためて述べる。）

D.考察

ここまでの結果を踏まえ、全体を通じたまとめを行う。

甚大な広域災害時の復帰手順作成策定に必要な点は、あくまでサービスマンが来られない状況での二次災害防止にむけた保安全管理の手順と検査が必要な場合の再稼働の復帰手順を明らかにすることといえる。

今回の震度分析では震度上昇において有意に復帰遅延が観察されたことから、震度による指標を被害分類とすることは有効な今後の手順指針等の

作成といえる。こうしたことから、MR 装置の甚大な災害時の安全管理における復帰手順、または廃棄手順では、初期判断として震度や建物に及ぶ被害状況からの分類による点検チェックがなされ、その後患者に関する動作機構の点検、テストストロスキャンによる画像チェック、または、必要となれば廃棄に関する安全確保の手順が重要といえる。

また、同時にこの時の、緊急時の責任者、指揮命令系など評価判断をあきらかにしておくことが重要であるといえる（付録 4）。

災害時における MR 装置の安全管理の流れ

今回の分担研究報告の目的は、復帰に関する調査結果報告から災害時に欲している安全管理・復帰に関する情報の内容などについて、おおよその震度による傾向に基づいた対応、また実際の被害状況把握によるその後の対応など、震災発生初期に MR 検査室において安全確保のためになすべき作業の流れを示すことでもある。よって、災害時における MR 装置の安全管理の流れの中での復帰手順を提案する意図があった。この流れは、結果の最後でも触れたことであるが、2013 年 9 月に開催された日本磁気共鳴医学会大会のワークショップで討議された内容で、流れは文献 5) の図 1 に示されている。本報告における図 1 も同じものを用いている（付録 1～4）。

作業の流れの基本

患者と職員の安全確保は最優先事項である。以後の具体的作業は被害状況によるが、MR 検査室における不測の事故を避け MR 装置の復帰を果すためには施設全体の被害や電源、水道、通信等のインフラ障害の状況を把握し必要な対策を講じなければならない。

発災時にとるべき緊急的な対処としては、患者の安全確保、職員の安全確保、2 次災害の防

止、MR 装置の保全措置の 4 項目が挙げられる。次に、MR 装置と検査室建屋の被災程度の把握が重要である。被災の程度によって、復帰に向けて緊急点検による重大障害の確認作業を行うのか、MR 装置の本格的な修理を行うまでの間は装置の使用を完全に停止して 2 次災害防止のための静磁場発生周知やクエンチ対策等を中心に行うかの判断が必要となる。その後、通常は復帰に向けた計画を考える事になるが、場合によっては MR 装置の廃棄を前提とした管理になる場合もある。

被災状況の分類

MR 装置と建物の被害状況は次のように大別される（付録 1）。A. MR 装置が設置されている建物が倒壊、大破し MR 装置が使用不能、B. MR 装置の設置状況に重大な異常が認められる、C. MR 装置の建屋が一部損傷を受けている、D. MR 装置に重大な異常は認められないが、人命救助の必要等の理由により緊急に検査の要請がある、E. 上記のいずれにも該当しない。建物で管理ができない A. の場合は、マグネットに人が近づかない処置を行うことが最も重要である。建物で管理が可能な B. の場合は、復帰をスムーズに行うためのマグネットやシステムの保全、特にクエンチの防止対策が目標となる。C. と D. については、不要不急の検査は行わないが、やむをえず検査を行う場合は施設として最終判断することが求められる。そして、稼働させる際には、MR 装置の状況を十分に把握しリスクを十分に説明できるよう準備することが肝要である。

なお、本来はチェック項目の提示だけでなく、復帰手順を一般化したフローチャートの提案が望ましいであろう。より、安全管理・保安全管理の汎用手順書に近いものが提示できれば理想的である。しかしながら、メーカー側の立場と広域災害の実情との乖離からも、一般化するのはなかなか困難

であると考え、今回の検討では、文献5)において策定した、復旧の流れ図の中で位置付けを行いながら、チェック項目のリスト化までを行うこととした(付録2～5)。上記のような一般化を目指すことも重要であるが、より実的な次のステップとして、メーカーとも十分な打合せを行った上で、各施設において施設の実情を考慮した実践的なフローチャートを作成することも重要であると考えられた。本リストは、その際に参考になるであろうと考えている。

E. 結論

東日本大震災におけるMR装置被害の復旧に関する調査結果と震度分析から、震度の上昇にともなって復旧が遅延する傾向があり、復旧ではメーカー関与が高くなる傾向が認められた。しかしながら、復旧に関して困ったとした自由意見としては「メーカー関与の不在、不通」が最多であり、今後予想される大地震に対しては、メーカー関与が困難なケースも想定が必要である。その場合、被害状況分類による個々の点検チェックに基づく自己復旧、二次災害防止にむけた保全管理の汎用手順書、あるいは各施設の実情を反映した手順書が求められる。

本分担研究では、東日本大震災におけるMR装置の被災調査結果およびその分析結果、およびメーカーへのヒアリング等の結果をもとに、発災後のMR装置の安全管理、復旧手順の作成に必要な情報を抽出し整理した。その結果を、チェック項目のリストを含む具体的な形で提示した。

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、磯田治夫、野口隆志、梁川功、町田好男、東日本大震災によるMR装置602台の被災状況報告、日本磁気共鳴医学会雑誌, Vol.33, No.2, p.92-119, 2013/05
・前谷津文雄、阿部喜弘、菱沼誠、引地健生、丹治一、清野真也、安達廣司郎、武蔵安徳、土橋俊男、町田好男、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、日本放射線技術学会雑誌, *accepted*, 2013/12

2. 学会発表

・Hikichi T, Maeyatsu F, Abe Y, Hishinuma M, Machida Y, Nakai T, The influence of seismic vibration on MR scanners observed in the Great East Japan Earthquake: The factors related to slipping off of non-anchored MR scanners, The 69th Scientific Assembly of the JSRT, p.203, 2013/4/13, Yokohama

・中井敏晴、前谷津文雄、安達廣司郎、武蔵安徳、引地健生、阿部喜弘、菱沼誠、吉岡邦浩、町田好男、東日本大震災での津波によるMR装置の被害に関する調査研究、第72回日本医学放射線学会総会予稿集, #373, 2013/4/13、横浜

・山口さち子、町田好男、土橋俊夫、磯田治夫、野口隆志、中井敏晴、東日本大震災によるMR装置被災調査の背景要因に関する研究、日本磁気共鳴医学会雑誌, 33-S, p.419 (P-2-173), 2013 (第41回日本磁気共鳴医学会大会, 2013/09/20)、徳島

・引地健生、山口さち子、中井敏晴、土橋俊男、前谷津文雄、町田好男、東日本大震災の地震動によるMR装置被害の要因解析 アンカー固定の有無と震度について、日本磁気共鳴医学会雑誌, 33-S, p.328 (O-3-309), 2013 (第41回日本磁気共鳴医学会大会, 2013/09/21)、徳島

・磯田治夫、市川和茂、小山修司、中井敏晴、町田好男、土橋俊男、山口さち子、野口隆志、東日

本大震災における「MR検査の患者の安全確保」と「MR装置の安全確保」について、日本磁気共鳴医学会雑誌，33-S，p.329 (0-3-311)，2013 (第41回日本磁気共鳴医学会大会，2013/09/21)、徳島・町田好男、引地健生、前谷津文雄、阿部 喜弘、菱沼 誠、安達 廣司郎、武蔵安徳、清野真也、丹治 一、中井敏晴、東日本大震災での津波によるMR装置の被害に関する調査研究、日本磁気共鳴医学会雑誌，33-S，p.329 (0-3-312)，2013 (第41回日本磁気共鳴医学会大会，2013/09/21)、徳島・清野真也 丹治一 町田好男 山口さち子 中井敏晴、東日本大震災におけるMR装置被害の実態調査 ～福島県調査報告～、p.40、2013/11/3、福島

・引地健生、前谷津文雄、阿部喜弘、菱沼誠、町田好男、山口さち子、中井敏晴、東日本大震災におけるマグネット移動損傷について ～宮城県内84MRI装置の設置方式の違いと強振動による影響～、第3回東北放射線医療技術学術大会予稿集、p.41、2013/11/3、福島

・阿部喜弘、前谷津文雄、引地健生、菱沼誠、町田好男、安達廣司郎、武蔵安徳、清野真也、丹治 一、MR検査における発災時の患者救出について、第3回東北放射線医療技術学術大会予稿集、p.41、2013/11/3、福島

・前谷津文雄、阿部喜弘、引地健生、菱沼誠、町田好男、安達廣司郎、武蔵安徳、清野真也、丹治 一、東日本大震災によるMR装置の被害からみた震災後のMR装置の復帰手順、第3回東北放射線医療技術学術大会予稿集、p. 41、2013/11/3、福島

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

引用文献

- 1) 中井敏晴、東日本大震災によるMRI装置被災調査の実施報告、平成24年度厚生労働科学研究費補助金 分担研究報告書、2013
- 2) 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、榎田喜正、松本浩史、栗田幸喜、藤田 功、磯田治夫、野口隆志、梁川 功、町田好男 東日本大震災によるMR装置602台の被害状況報告 日本磁気共鳴医学会誌 33、92-119、2013
- 3) 町田好男、岩手・宮城・福島の東北3県のMRI被災調査(アンケートおよび聞き取り調査)、平成24年度厚生労働科学研究費補助金 分担研究報告書、2013
- 4) 日本磁気共鳴医学会安全性評価委員会、災害時におけるMR装置の安全管理に関する提言 2011年3月15日、<http://www.jsmrm.jp/>
- 5) 引地健生、中井敏晴、土橋俊男、木戸義照、磯田治夫、村田和子、第41回日本磁気共鳴医学会大会ワークショップ 震災時の地域医療を支えるMR検査の安全確保 日本磁気共鳴医学会雑誌、投稿中

研究協力者一覧

安達廣司郎（日本赤十字社 盛岡赤十字病院）
武蔵安徳（岩手県立中央病院）
阿部喜弘（独立行政法人国立病院機構盛岡病院）
引地健生（栗原市立栗原中央病院）
菱沼 誠（一般財団法人厚生会仙台厚生病院）
前谷津文雄（財団法人宮城厚生協会泉病院）
清野真也（福島県立医科大学附属病院）
丹治 一（公益財団法人仁泉会 北福島医療センター）

協力組織

岩手MRI 研究会、
宮城MR 技術研究会、
福島県MRI 技術研究会、

以上

