

MRI 検査業務における妊娠就業者の配置方針の背景要因の検討†

山口さち子*1, 今井信也*2, 赤羽 学*3, 井澤修平*4, 王 瑞生*1

本研究では 2017 年 11 月に MRI 検査責任者宛てに実施した妊娠就業者の MRI 検査業務の配置方針に関するアンケート 2072 件について、消極的配置（妊娠報告後は配置を減らす、配置しない等）の背景要因を検討した。背景要因として、回答者の非電離放射線の見解と身体負担の見解に着目した。第一に、決定木分析で消極的配置の回答について段階的に分析を行った結果、第一～三層で非電離放射線や身体負担の見解が要因として抽出され、特に有害性に対する懸念が強く影響していた。続いて、消極的配置の選択における非電離放射線/身体負担の見解の影響を二項ロジスティック回帰分析で検討した。独立変数は単変量解析で有意差を示した非電離放射線の「関心・知識取得状況」、「有害性の懸念」、「ばく露防護」の 3 項目に、「身体負担」、「基本属性」（性別、年齢、人員充足度）とした。その結果、消極的配置の選択においては、非電離放射線への興味・関心は選択に影響を及ぼさないが、有害性やばく露防護に対する憂慮が影響を与えていることが示された（労働安全衛生研究. 2019; 12(1):3-12.）。身体負担の見解についても影響が観察されたことから、配置方針を検討する際の考慮要素であることが示唆された。また、基本属性では特に年齢が選択に影響していることが明らかとなった。本研究の分析結果に基づき、管理者と当事者が同程度に安全情報を共有できる資料を作成し HP より公開した（当研究所 HP、報告書・リーフレット等より「医療施設における非電離放射線—短期的影響の防護、生殖・発生への静磁界の影響の考え方—」）。

キーワード: 非電離放射線, MRI, 安全意識, 妊娠就業者, 業務配置

1. はじめに

非電離放射線は普遍的な物理因子であり、波長では 0.3 THz 以下の電波や赤外線、可視光線、一部の紫外線などの呼称である。これらは周波数に応じた短期的影響を与え、静磁界は力学的作用や神経刺激作用、低周波領域では神経刺激、高周波領域では発熱が発生する^{1,3)}。磁気共鳴画像装置（MRI 装置）は放射線科における主要なイメージングモダリティで数テスラ（地磁気の数万倍）の静磁場とパルス磁場、高周波電磁場といった非電離放射線を多用する^{4,5)}。このため、MRI 検査の安全性については、短期的影響防護の観点から非電離放射線と騒音について装置規格で出力制御がなされている⁴⁾。

一方で、妊娠時の MRI 検査の適応は議論を要する課題である。MRI 装置で使用される非電離放射線のうち、特に静磁場については出力制御ができないこともあり生殖・発生への影響が懸念されてきた。現在のところ明確な影響の報告はない状況であり⁵⁻⁸⁾、胎児 MRI 検査については一定の知見が収集されている⁹⁾（ただし、疫学研究には継続性が求められている^{10,11)}）。しかしながら、MRI 検査業務に携わる就業者は強磁場に高周波で日常的にばく露される特殊環境での勤務となるため¹²⁾、就業者からは現在の安全性の知見の状況についてリスクが不明であるとみなされている可能性がある。

このため、本研究に先立ち実施した調査¹³⁾の計画立案時の技師長職位者を交えた討議において、妊娠就業者の MRI 検査業務配置を考えるにあたり上記のような非電離放射線の生体影響の見解に加え、患者移乗やコイルセットなど身体負担の見解が配置方針の判断要素であると予想した。そこで、調査票はこれら非電離放射線/身体負担の見解について尋ねることができる構成とした。この調査票を用いて 2017 年 11 月に全国 5769 施設宛に妊娠就業者の MRI 検査業務の配置方針とその選択根拠を問うアンケートの郵送調査を実施した結果、妊娠就業者の MRI 検査配置の方針は施設ごとに異なっていたが、妊娠時には MRI 検査配置回数を減らす、配置しないなどの回避傾向（消極的配置）が 2.6%の施設で示された¹³⁾。また、配置方針の選択根拠として非電離放射線に対する念のための措置としてという回答が 57.6%で、リスクが不明であるとみなされている可能性が示唆された。

MRI 装置使用者の静磁界や高周波電磁界ばく露による生体影響の知識取得機会に関しては、従事者の多数を

† 本報は、労働安全衛生研究. 2019; 12(1):3-12 の報告に基づき作成した。

*1 山口：労働安全衛生総合研究所 産業毒性・生体影響研究グループ（現：環境計測研究グループ）。

王：労働安全衛生総合研究所 産業毒性・生体影響研究グループ（現：化学物質情報管理研究センター 有害性評価研究部）。

*2 大阪物療大学（現：森ノ宮医療大学 診療放射線学科）。

*3 奈良医大（現：国立保健医療科学院 医療・福祉サービス研究部）。

*4 労働安全衛生総合研究所 産業ストレス研究グループ（現：産業保健グループ）。

占める診療放射線技師の授業カリキュラムでは十分に提供はなされておらず、磁気共鳴専門技術者試験の受験において取得機会がある。このため、磁気共鳴専門技術者（現在約 1000 人）であれば知識を有するものの、それ以外の MRI 検査従事者に対しては磁気共鳴専門技術者による安全教育の実施が自身による情報収集が知識取得機会となる。また、マニュアル等で明文化された組織的対策を有するのは回答施設の 2.1% と非常に少数であった¹³⁾。このため、就業者の妊娠時の MRI 検査業務配置については判断者である管理者の知識や見解が反映されるのが現状であるにも関わらず、管理者と当事者が同程度の安全性の見解をもって話し合いに臨むための科学的根拠の提示が十分なされていないことが課題である。加えて妊娠時の MRI 検査では身体動作への配慮もなされる。これらのことから、非電離放射線/身体負荷の見解について科学的根拠やそれらから想定されるリスクの考え方や具体的対応策を整理し提案することは管理者及び当事者にとって根拠を持った配置決定につながると期待される。

そこで本研究では 2017 年 11 月に実施した妊娠就業者の MRI 検査業務の配置方針に関するアンケートについて、消極的配置の決定における非電離放射線/身体負荷の見解の関与を明らかにすることを目的として背景要因の解析を行った。

2 方法

本調査票の設問は①「基本属性（18 項目）」、②非電離/身体負荷の見解や勤務上の状況に基づく「選択根拠（15 項目）」、③配置方針の決定後の具体的対策を示す「実施内容（3 項目）」、④「職場環境（30 項目）」、⑤「将来対策（6 項目）」の 5 項目に分類され、このうち、「選択根拠」は、配置方針の判断要素と予想されると考えられる（表 1）。このため第一に決定木分析を行い、分類木の上位に「選択根拠」が抽出されるか、また、その中でも非電離/身体負荷の見解がどの程度抽出されるか確認した。続いて、消極的配置の選択に非電離/身体負荷の見解が与える影響について二項ロジスティック回帰分析にて検討した。

1) 調査票の配布と回収

調査内容及び方法は我々の先行研究で報告済みである¹³⁾。具体的には、調査対象施設は日本医療画像システム白書の MRI 設置施設一覧を元にリストを作成し、宛先は「MRI 検査責任者」宛とした。平成 29 年 11 月 7 日に上記リストの 5769 施設宛に発送し、不達 6 件を除いた 5763 施設を総配布施設数とした。調査票は「I 基本情報」、「II 就業者の妊娠に関する一般的事項」、「III 妊娠中の MRI 検査就業の方針」、「MRI 検査業務で考慮する事項、妊娠中の代替業務の考え方」、「IV 非電離放射線全般に関する見解と、妊娠中の MRI 検査

表 1 調査票の構成。

I 基本情報		分類
問 1	回答者の属性 (性別, 年齢, 勤務歴, 当該施設での勤務歴, 業務配置に関する起案)	
問 2~4	施設属性と設置主体, 病床数, 実施業務	基
問 5~9	部門 (MRI 装置を管理する部門) 全体の人数, 勤務形態, 時間外業務の有無, 平均就業時間, 人員充足度	本 情 報
問 10~14	部門の MRI 装置, 装置運用に関与する人数, MRI 検査担当のシフト状況, ヘルプ業務の機会, 月間 MRI 検査件数	
II 就業者の妊娠に関する一般的事項		
問 1~2	過去 3 年の妊娠事例, 出産した女性数	職 場
問 3~4	部門の就業者の妊娠に対する独自措置の有無, 詳細	環 境
III 妊娠中の MRI 検査就業の方針, MRI 検査業務で考慮する事項, 妊娠中の代替業務の考え方		
問 1	妊娠中就業者の MRI 検査の配置の方針 (予定方針含む) (方針の詳細, 業務内容の変更の有無, 業務内容の変更内容とその時期)	実 施 内 容
問 2	問 1 の選択根拠 (MRI 検査と生殖・発生への影響, 漏洩磁界, 身体的負荷, 被ばくの有無, 勤務様態について)	選 択 根 拠
問 3~4	問 1 の実施方針, 実際例	環 境 職 場
問 5	MRI 検査業務で「生殖・発生への影響」を考慮する際の情報提供ニーズについて, 内容及び優先順位	将 来 対 策
問 6	漏洩磁界中の一時的体調変化の認知状況	根 拠 選 択
問 7	MRI 検査業務で「一時的体調変化」を考慮する際の情報提供ニーズについて, 内容及び優先順位	将 来 対 策
問 8	妊娠就業者への代替業務 (予定方針含む)	環 境 職 場
IV 非電離放射線全般に関する見解と、妊娠中の MRI 検査業務の今後の方針		
問 1~2	非電離放射線に関する情報の取得状況とコメント	根 拠 選 択
問 3	妊娠中就業者の MRI 検査の配置の運用見込み	将 来 対 策
問 4	ガイドライン・ガイダンスのニーズ	環 境 職 場
問 5	海外の方針で施設実態に合うもの	
問 6~8	安全教育の機会と頻度, 漏洩磁界の把握状況, 安全性情報の入手先	環 境 職 場
V 自由記述		

業務の今後の方針」の4項目34問と「V 自由記述」より構成した。調査票は対象者が受領してから約3週間後を回答期限とし、回収された調査票は2103件で回収率は36.5%であった。回収した調査票から完全白票等の無効回答を除いた2072件を有効回答とした。回答者及び施設特性は先行研究で記載のとおりである¹³⁾。具体的には男性86.5%、女性13.2%で男性回答者が多く年代は30-50代回答者で89.4%を占めていた¹³⁾。

2) 配置方針の分類とデータセット

妊娠就業者のMRI検査業務の配置方針は単純集計結果を基に、妊娠を機に配置回数を増減するかを基準として、積極的配置(n=157)、現状維持(n=679)、消極的配置(n=1088)に分類した(数値は先行研究¹³⁾に基づく)。解析対象は典型回答のみとし、その他等自由記述を含む回答については解析から除外した。

ア) 非電離放射線に対する考え方

非電離放射線に対する考え方は、設問立案時の構想から「関心・知識取得」、「有害性の懸念」、「ばく露防護」、MRI装置近辺での一時的体調変化の遭遇^{14), 15)}に基づいた分類である「一時的体調変化」の4項目とした(表2)。「関心・知識取得」は関心程度と安全情報の取得状況の組み合わせから関心(高)、関心(低)、無関心と設定した。「その他」は各設問0.5%であったことから除外した。「関心・知識取得」の対象となる非電離放射線の波源や情報は調査票本紙では4対象あるが、ここでは後程分析で使用した身のまわりの家電から発生する非電離放射線の法令、ガイドラインに関する設問の集計結果を示した。「有害性の懸念」は有害性の懸念なし、念のための措置が必要、有害性の懸念あり、根拠でない、の4項目、「ばく露防護」は、容易、容易でない、根拠でない、の3項目、「一時的体調変化」は遭遇あり機序

表2 非電離放射線及び身体負担の見解に関する設問：単純集計結果と本研究における用語の定義。

調査票	本研究での表記	n	%
問 家電から発生する非電離放射線に関するガイドライン, 法令	「関心・知識取得」		
• 講演会を開いたり、自分で調べたことがある。	関心(高)	160	7.7
• 興味はあるが調べたり講演会に出たことはない。	関心(低)	1424	68.7
• 興味はない。	無関心	428	20.7
• その他	—	10	0.5
• 無効回答・無回答	—	50	2.4
	計	2072	100.0
問 MRI検査と生殖・発生への影響	「有害性の懸念」		
• これまでに生殖・発生への影響ありという報告はないため。	有害性の懸念なし	455	22.0
• これまでに生殖・発生への影響ありという報告はないが、念のための措置として。	念のための措置が必要	1194	57.6
• これまでに生殖・発生への影響ありという報告を聞いたことがあるため。	有害性の懸念あり	80	3.9
• この内容は担当方針の根拠ではない。	根拠でない	227	11.0
• その他	<個別に解析>	67	3.2
• 無回答・無効回答	—	49	2.4
	計	2072	100.0
問 MRI装置の漏洩磁界について	「ばく露防護」		
• ばく露源からの防護が容易であるため。	容易	554	26.7
• ばく露源からの防護が容易でないため。	容易でない	481	23.2
• この内容は担当方針の根拠ではない。	根拠でない	884	42.7
• その他	<個別に解析>	31	1.5
• 無回答・無効回答	—	122	5.9
	計	2072	100.0
問 一時的体調変化の遭遇	「一時的体調変化」		
• 事例に遭遇(伝聞含む)したことがある、機序も知っている。	遭遇あり機序は理解	448	21.6
• 事例に遭遇(伝聞含む)したことがある、機序は知らない。	遭遇あり機序は不明	311	15.0
• 事例に遭遇(伝聞含む)したことはない、機序は知っている。	遭遇なし機序は理解	462	22.3
• 事例に遭遇(伝聞含む)したことはない、機序も知らない。	遭遇なし機序は不明	817	39.4
• その他	<個別に解析>	11	0.5
• 無回答・無効回答	—	23	1.1
	計	2072	100.0
問 身体的負担	「身体負担」		
• 介助などの身体負担が少ないため 又は低減する工夫や人員配置が可能であるため。	身体負担・低 (低減可)	808	39.0
• 介助などの身体負担が高いため 又は低減することができないため。	身体負担・高 (低減不可)	542	26.2
• この内容は担当方針の根拠ではない。	根拠でない	569	27.5
• その他	<個別に解析>	39	1.9
• 無回答・無効回答	—	114	5.5
	計	2072	100.0

は理解、遭遇あり機序は不明、遭遇なし機序は理解、遭遇なし機序は不明、とした（表 2）。

イ) 身体負荷の考え方

患者移乗やコイルセットによる身体作業の対処を問う身体負荷の考え方「身体負荷」は、身体負荷・低（低減可）、身体負荷・高（低減不可）、根拠でない、の 3 項目とした（表 2）。

3) 決定木分析

消極的配置の選択に影響を与える要因を探索するため、消極的配置の回答有無を従属変数とした決定木分析を実施した。第一段階として表 1 の「基本属性」と「選択根拠」を独立変数としたモデル、第二段階として第一段階に「作業環境」の項目を投入したモデル、最終段階として全ての項目を投入したモデルで分析を行った。第一段階で投入した独立変数は 33、第二段階では 63、第三段階では 72 であった。分析は CHAID（CHi-square Automatic Interaction Detection）法により実施した。

各モデルに強く影響を与える要因の探索を目的とするため、有意水準は 1% 水準、最大深度を 3、分析前の群（親ノード）の最小の事例数を 100、分析後の群（子ノード）の最小の事例数を 50 と定めた。モデルの検証は 10 重交差検証を行った。なお、欠損値は分析ソフトウェアの仕様により単一カテゴリーとして扱われた。

4) 消極的配置の選択における非電離／身体負荷の影響の検討

分類木の上位に非電離／身体負荷の見解が要因として抽出されることを確認したため、続いて消極的配置の選択における非電離／身体負荷の見解との影響を二項ロジスティック回帰分析にて検討した。第一に消極的配置と非電離／身体負荷の見解（表 2）と「基本属性」でクロス集計を行い、カイ二乗検定で独立性の検定を行った。ここで有意差が得られなかった要因は除外し、残りの項目を独立変数とした。消極的配置の回答有無を従属変数として、全独立変数を強制投入項として二項ロジスティック回帰分析を行った。

5) 統計解析

統計ソフトは SPSS statistics 22 を使用し、Advanced statistics, Regressions, Decision Tree のモジュールを使用した。統計的有意水準は $p < 0.05$ とし、決定木分析のみ $p < 0.01$ とした。

3 結果

1 決定木分析による回答背景の分類

消極的配置の選択に影響を与える要因を探索するため決定木分析を実施した。図 1 に CHAID によって生成された決定木を示す。決定木分析は三段階に分けて実施したが、消極的配置の正分類率は 90.7－92.7%、全体で 81.2%－81.3% であった。

図 1A に第一段階の結果を示す。「基本属性」は要因として抽出されず、全て「選択根拠」に基づく項目が抽出された。選択根拠では、非電離放射線に関する要因（「関心・知識取得」、「有害性の懸念」等）の他、被ばくの有無についても検討した。その結果、第一層は「有害性の懸念」の懸念で 3 つに分岐し、そのうち有害性の懸念あり、念のための措置が必要という回答者は第二層で被ばくの有無で分岐した後、いずれも第三層で「身体負荷」が要因として抽出された。また、第一層で、有害性の懸念なしという回答者は第二層で「ばく露防護」が抽出され、容易でないという回答者は最終ノードとなったが、それ以外の回答者は第三層で「身体負荷」が要因として抽出された。第一層で「根拠でない」の回答者は第二層で被ばくの有無で分岐した後、第三層で「興味・関心」が抽出された。

図 1B に第二段階の結果を示す。第二段階と第三段階は同じ結果が抽出された。第一段階と同じく第一層は「有害性の懸念」で 3 つに分岐し、そのうち根拠でないという回答以外は第一段階と同じ要因、分岐であった。

これらの結果から、第一段階から第三段階まで分類木で上位に表れる要因に調査票立案時に着目した非電離放射線／身体負荷の見解が抽出されることを確認した。また、決定木分析では従属変数に対して影響の強い順に分岐されることから¹⁶⁾、配置方針の決定において非電離放射線の見解、特に有害性に対する懸念が強く影響していることが示された。

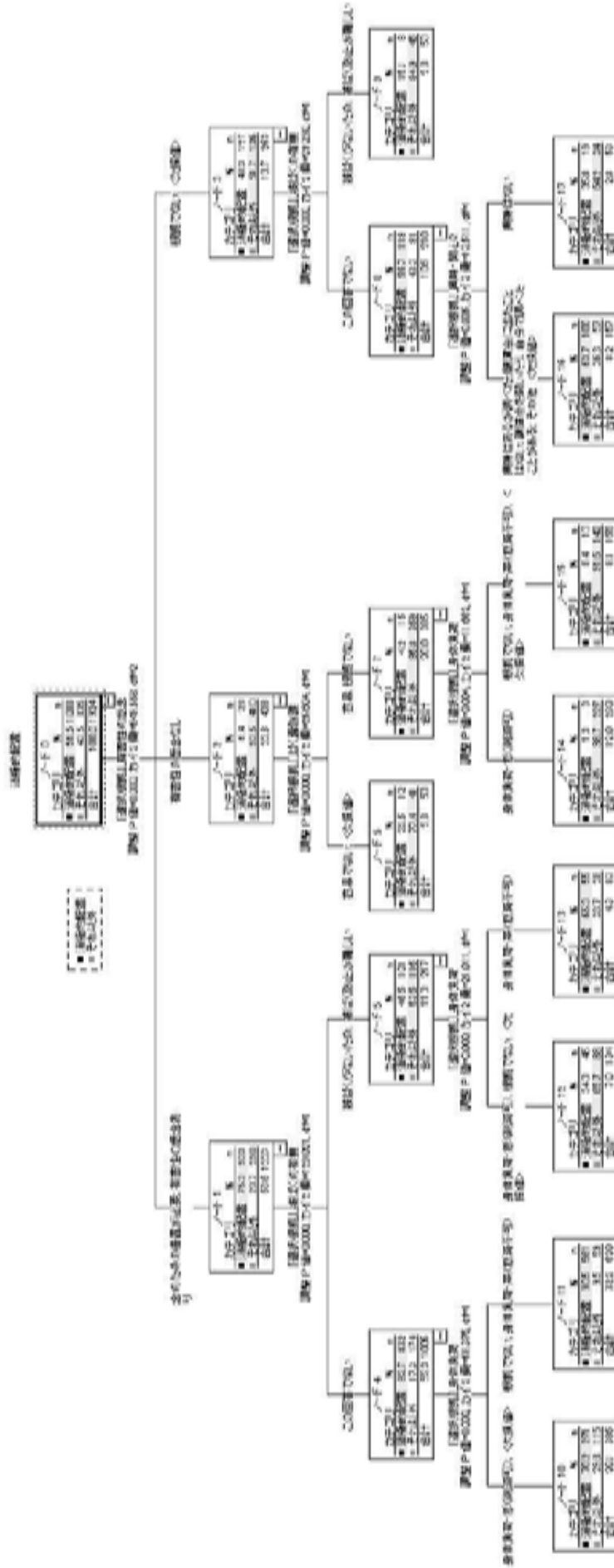
2 消極的配置の選択と非電離放射線／身体負荷の影響

図 1 で分類木上位に表れる要因に非電離放射線／身体負荷の見解が抽出されたことから、各項目（表 2）の影響を明らかにするため二項ロジスティック回帰分析を行った。なお、図 1 において「選択根拠」であっても被ばくの有無がいずれの段階においても第二層に現れたが、本研究では非電離放射線／身体負荷の見解が消極的配置の選択に与える影響について注目するため、この要因については解析に含めなかった。

ロジスティック回帰分析に先立ち、消極的配置の選択と独立変数（表 2 及び「基本属性」）についてクロス集計を行いカイ二乗検定で独立性の検定を行った。その結果、表 2 については「一時的体調変化」以外全て有意差を示した（ χ^2 検定、 $df=4$ 又は 6、各 $p < 0.0001$ ）。「基本属性」については、性別（ $df=1$ 、 $p < 0.0001$ ）、年齢（ $df=4$ 、 $p < 0.01$ ）、人員充足度（ $df=2$ 、 $p < 0.05$ ）が有意差を示した。これらカイ二乗検定で有意差を示した項目を独立変数として投入した。モデル係数のオムニバス検定は 0.1% 水準で有意となり、回帰式の有意性が保証される結果が得られた。判別率の中率は消極的配置で 91.2%、全体で 80.2% であった。

表 3 に消極的配置の選択を従属変数とした二項ロジスティック回帰分析結果を示す。決定木分析で部分的に抽出された非電離放射線の「興味・知識取得」は選択に

A)



B)

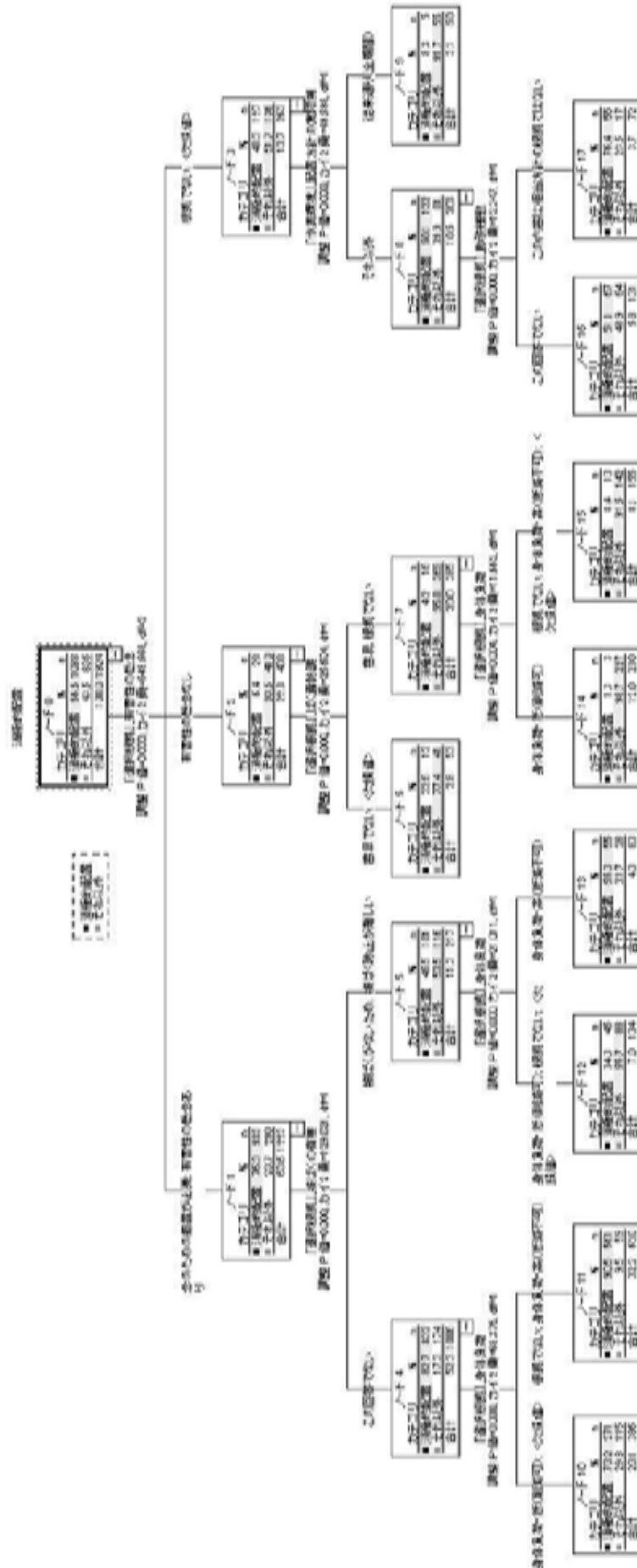


図 1 配置方針（消極的配置）における決定木分析 A) 第一段階, B) 第二段階. 第三段階は第二段階と同じ結果が表示された.

表 3 消極的配置の選択に関する二項ロジスティック回帰分析結果.

消極的配置			
	OR	95% 信頼区間	有意確率 (P)
「関心・知識取得」			
関心 (高)	1.082	(0.630, 1.861)	0.775
関心 (低)	1.296	(0.788, 2.131)	0.306
無関心	Ref.		
「有害性の懸念」			
有害性の懸念なし	0.081	(0.045, 0.145)	0.000
念のための措置	4.491	(2.970, 6.791)	0.000
有害性の懸念あり	5.213	(2.416, 11.250)	0.000
根拠でない	Ref.		
「ばく露防護」			
容易	0.978	(0.692, 1.381)	0.898
容易でない	2.132	(1.447, 3.143)	0.000
根拠でない	Ref.		
「身体負荷」			
身体負荷低い (低減可)	0.290	(0.202, 0.416)	0.000
身体負荷高い (低減不可)	1.211	(0.816, 1.795)	0.342
根拠でない	Ref.		
「性別」			
男性	1.454	(0.987, 2.142)	0.059
女性	Ref.		
「年齢」			
60代以上	2.335	(1.005, 5.426)	0.049
50代	2.253	(1.211, 4.194)	0.010
40代	1.852	(1.013, 3.383)	0.045
30代	1.605	(0.867, 2.971)	0.132
20代	Ref.		
「人員充足度」			
十分である	0.646	(0.412, 1.016)	0.058
やや不足	0.609	(0.383, 0.968)	0.036
不足	Ref.		

影響を及ぼしていなかった。一方で、分類木第一層で抽出された「有害性の懸念」は選択に強く影響を与えており、懸念の有無によって選択の指向性が明確に分かれていた (有害性の懸念なし: OR: 0.081, 95%CI: 0.045-0.145, $p<0.0001$ 念のための措置が必要; OR: 4.491, 95%CI: 2.970-6.791, 有害性の懸念あり; OR: 5.213, 95%CI: 2.416-11.250, 各 $p<0.0001$)。 「ばく露防護」についても同様に回答内容による選択の指向性が異なっていたが、有意差は容易でないという回答者のみで観察された (OR: 2.132, 95%CI: 1.447-3.143, $p<0.0001$)。身体負荷についても同様の傾向であったが、身体負荷低い (低減可) の回答者は消極的配置を有意に控えていた (OR: 0.290, 95%CI: 0.202-0.416, $p<0.0001$)。基本属性では年齢と人員充足度で有意差が観察され、年齢については高齢回答者ほど保守的選択をしていた (60歳以上; OR: 2.335, 95%CI: 1.005-5.426, 50-59歳; OR: 2.253, 95%CI: 1.211-4.194, 40-49歳; OR: 1.852, 95%CI: 1.013-3.383, 各 $p<0.05$)。人員充足度については、人員が充足している、又は不足が軽度である回答者は消極的配置の選択を控えていた (やや不足: OR: 0.609, 95%CI: 0.383-0.968, $p<0.05$)。

これらの結果から、消極的配置の選択においては非電離放射線への興味・関心は選択に影響を及ぼさないが、有害性やばく露防護に対する憂慮が影響を与えていることが示された。身体負荷の見解についても影響が観察されたことから、配置方針を検討する際の考慮要素であることが示唆された。また、基本属性では特に年齢が選択に影響していることが明らかとなった。

4 考察

本研究は国内 MRI 検査施設の MRI 検査責任者宛に調査票を発送しており、放射線科の技師長、装置責任者など注釈を加えているものの、その全てが MRI 検査に詳らかな回答者に行き渡ったかについてや、複数名での回答の可能性について除外できない。しかしながら、MRI 検査に熟知した回答が得られていることから、主体的に検査に関与する診療放射線技師か放射線科医からの回答が多くなされていると予想される¹³⁾。

本研究では、決定木分析により消極的配置の背景要因を抽出し、続いて抽出された非電離放射線/身体負荷の見解が選択に与える影響についてロジスティック回帰分析により検討を行った。データの信頼性に関しては決定木分析の正分類率は実施した3段階いずれの段階においても消極的配置が90.7-92.7%, ロジスティック回帰分析において判別の中率は91.2%であり、十分信頼性があるものと考えられる。

本研究で着目した非電離放射線の見解に関しては、非電離放射線のリスク認識という概念として携帯電話や送電線に関するリスクコミュニケーション研究の中で研究例がある。例えば、携帯電話を対象とした非電離放射線のリスク認識に関する研究では、リスク認識の増大は個人の知識レベルの上昇が関与するという報告がある¹⁷⁾。このため、本研究においても同様の傾向があるのではと推測し、回答背景にある非電離放射線に対する関心や知識取得状況の影響について検討を行った結果、第一段階の決定木分析において「関心・知識取得」が要因として抽出されたが (図1)、ロジスティック回帰分析において有意差は観察されなかった (表3)。これは関心や知識取得状況よりオッズ比の変化が大きい要因 (最も大きい「有害性の懸念」など) がより選択に貢献している可能性が考えられる。ただし、本研究の限界点として知識の内容や正確さを直接訊ねる設問がないため、今後知識取得状況と内容の関連については精査する必要があると考えられる。

一方で、リスク認識自体、すなわち非電離放射線の有害性に対する懸念は、消極的配置の選択において強く影響し高齢層でその影響がより強く観察された (表3)。非電離放射線、特にMRIにおいて最も懸念される静磁場については現在のところ明確な影響の報告はない状況であり^{5,8)}、単純集計では有害性に対する明確な懸念を有する回答者 (3.9%) よりも念のための措置を必要と考える回答者 (57.6%) が多く存在することから¹³⁾、非電離放射線 (特に静磁場) について、生殖・発生

に対しリスクが不明とみなしている層が潜在的に多いと考えられる。「興味・知識取得」の結果とあわせて考えると、非電離放射線に対し興味関心があり情報に対し接触をしていても、非電離放射線の有害性に対する情報を明確に提示しない限りは配置に対する考え方は変化がないと考えられるため、そのような背景要因を重視した安全情報の提供が求められていると考えられる。

非電離放射線について明確な有害性の報告がないもののリスクが不明とみなす考え方については、MRI 検査業務に従事する就業者の作業安全に対する普段の認識を反映している可能性がある。実務上では、MRI 装置からの漏洩磁場による強磁性体の吸着は深刻な受傷につながる恐れがあるため、MRI 検査業務に携わる就業者は患者安全の立場から静磁場が発生していることについて常に意識をしていると推測される。我々の先行研究で MRI 検査業務の安全性に関する調査を診療放射線技師、臨床検査技師など他職種合同で実施した結果、必ずしも全員が MRI 検査に関与する立場でないにもかかわらず診療放射線技師は他職種より有意に MR 安全に関するスコアが高かった¹⁸⁾。また、因子分析の結果からは静磁場に関する得点が高く、他職種においてもその傾向はみられるものの、診療放射線技師では更にハードウェアや非電離放射線により生じる患者の熱傷に対する安全対策 (MR 適合性) などについても全体的に得点が高かった¹⁸⁾。今後、作業環境の安全意識と非電離放射線リスク認識をより直接的に諮る調査を行うことで、リスクが不明とみなす要因が明確になると考えられる。

本研究では作業環境に関連する項目として「ばく露防護」と「身体負荷」の項目が決定木分析で抽出され (図 1)、ロジスティック回帰分析でも消極的配置の回答に影響する要因であった (表 3)。「ばく露防護」に関連して調査票では MRI 装置からの漏洩磁界に関する設問を設けている。設問では、「漏洩磁界マップを保有し、ガントリ付近の漏洩磁界も把握している」という回答は 12.6%であり、大多数は 5 G ライン (漏洩磁界が 0.5 mT となる地点の表示: 機器の誤作動防止や吸着事故防止のため制限区域を明示するもの) のみ把握している (21.7%) か、意識していない (49.7%) という回答であった¹³⁾。磁界勾配が急峻な部分ではめまい・ふらつきを生じさせる可能性があることから^{11),14),15)}、妊娠就業者の転倒を防ぐためにも漏洩磁界マップについて確認をとることは必要と考えられる。また、身体負荷の見解についても考慮要素であることが示されたため、身体負荷低減の具体的手段 (例: スライダーの使用など) も情報提供に含めることでより包括的な MRI 検査業務配置判断に役立つと考えられる。

我々の報告では MRI 検査業務に関与する女性比率は中央値 (0 を除く) で 33.3%と女性の登用が進んでいる¹³⁾。このため、妊娠・出産というライフイベントと共生する働き方において、管理者と当事者が非電離放射線や身体負荷に対する見解を十分話し合い方針を決定することが求められるが、その場面において双方が同程度に安

全情報を共有できる資料を提供することが必要である。現在解析中の他の二方針 (積極的配置, 現状維持) においても、非電離放射線/身体負荷の見解が方針選択の背景要因であることが示唆されていることから、安全性資料作成においてはこれら要因に関する言及が必要と考えられる。本研究の結果は安全性資料作成の際にこれら要因に着想した経緯の説明材料となりうる。しかしながら、配布に際しては本調査の回答率は約 37%であることから MRI 検査の安全について全ての施設が高い意識を持っているとは限らないことを考慮し、不参加施設を含む国内の MRI 施設に広く行きわたる安全啓発手段 (例: ウェブを通じた発信など) を検討する必要があると考えられる。

5 結論

本研究では、妊娠就業者の MRI 検査業務配置における消極的配置の選択において、非電離放射線/身体負荷が与える影響について決定木分析とロジスティック回帰分析により検討を行った。決定木分析では非電離放射線/身体負荷の見解が関連の強い要因として抽出され、特に有害性に関する見解が第一層に抽出された。ロジスティック回帰分析での結果からは、非電離放射線の有害性の懸念に関する見解が最も選択に影響していた。また、身体負荷の見解についても配置方針を検討する際の考慮要素であることが示唆された。

6 謝辞

<実施に関して>

本研究は一般社団法人 日本磁気共鳴医学会, 公益社団法人 日本診療放射線技師会, 公益社団法人 日本放射線技術学会, 公益社団法人 大阪府診療放射線技師会, 公益社団法人 宮城県放射線技師会の 5 団体との共同事業で実施した。公益社団法人 日本放射線技術学会は調査票配布後にご協力いただいた。

<調査票作成に関して>

調査票作成 WG として前谷津文雄 氏 (公益財団法人 宮城厚生協会泉病院 放射線科), 土井 司 氏 (社会医療法人 高井病院 放射線科), 引地健生 氏 (医療法人 ひろせ会 広瀬病院 診療技術部放射線科), 藤田秀樹 氏 (社会福祉法人 恩賜財団 済生会支部 大阪府済生会中津病院 放射線技術部) にご協力をいただいた。

<解析に関して>

決定木分析については東北大学文学部 言語学研究室の木山幸子准教授より技術的助言をいただいた。

参考文献

- 1) ICNIRP. ICNIRP guidelines on "LIMITS OF EXPOSURE TO STATIC MAGNETIC FIELDS". Health Physics 2009; 96(4):504 - 514.

- 2) ICNIRP. ICNIRP guidelines for “Limiting Exposure to Time - Varying Electric and Magnetic Fields (1Hz – 100 kHz)”. Health Physics 2010; 99(6):818 - 836.
- 3) ICNIRP. ICNIRP guidelines for “Limiting Exposure to Time - Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz)”. Health Physics 1998; HEALTH PHYSICS 74 (4):494 - 522.
- 4) International Electrotechnical Commission (IEC) 60601-2-33, 2010, Amd 2 in 2015.
- 5) Temperton DH, Pregnancy and Work in Diagnostic Imaging Departments. 2nd Ed. British Institute of Radiology 2008; 1-17.
- 6) Expert Panel on MR Safety et al., ACR Guidance Document on MR Safe Practices: 2013. Journal of Magnetic Resonance Imaging 2013; 37:501-530.
- 7) Kanal E, Gillen J, Evans JA, Savitz DA, Shellock FG. Survey of Reproductive Health among Female MR workers. Radiology 1993; 187(2):395-399.
- 8) World Health Organization, Environmental Health Criteria 232 Static Fields. 2006; 1-351.
- 9) Ray JG, Vermeulen MJ, Bharatha A, Montanera WJ, Park AL. Association Between MRI Exposure During Pregnancy and Fetal and Childhood Outcomes. JAMA 2016; 316(9):952-961.
- 10) World Health Organization, 2006 WHO Research Agenda for Static Fields. 2006; 1-6.
- 11) ICNIRP. ICNIRP statement on “Diagnostic Devices Using Nonionizing Radiation : Existing Regulations and Potential Health Risks”. Health Physics 2017; 112(3):305-321.
- 12) Yamaguchi-Sekino S, Nakai T, Imai S, Izawa S, Okuno T. Occupational exposure levels of static magnetic field during routine MRI examination in 3T MR system. Bioelectromagnetics. 2014; 35(1):70-5.
- 13) 山口さち子, 井澤修平, 前谷津文雄, 土井 司, 引地健生, 藤田秀樹, 今井信也, 赤羽 学, 王 瑞生. 本邦における妊娠中の MRI 検査業務担当の現況と非電離放射線 (静磁場ばく露) の意識状況調査 概要報告. 磁気共鳴医学会誌 2018; 38(4):103-119.
- 14) ICNIRP, Guidelines for Limiting Exposure to Electric Fields Induced by Movement of the Human Body in a Static Magnetic Field and by Time Varying Magnetic Fileds Below 1 Hz. Health Physics 2014; 106(3):418-425.
- 15) 山口さち子, 井澤修平, 原谷隆史, 今井信也, 奥野勉. MR 検査室での作業に関するアンケート調査. 労働安全衛生総合研究所特別調査報告 (SRR). 2014; 44: 2-7.
- 16) Kass VG. An Exploratory Technique for Investigating Large Quantities of Categorical Data. Appl. Statist. 1980;29(2): 119-127
- 17) Kim K, Kim HJ, Song DJ, Cho YM, Choi JW. Risk perception and public concerns of electromagnetic waves from cellular phones in Korea. Bioelectromagnetics. 2014; 35(4):235-44.
- 18) 山口 さち子, 中井 敏晴. 医療系職員の磁気共鳴画像技術の利用における安全意識調査. 労働安全衛生研究. 2014;7(1):39-46.