

# CT および MRI 検査における放射線科医の 潜在的業務量の国別および日本の地域別の差異

隈丸 加奈子<sup>1</sup> 待鳥 詔洋<sup>2</sup> 木場 律子<sup>3,4</sup> 伊地知 晋平<sup>4</sup> 中島 康雄<sup>3</sup> 青木 茂樹<sup>1</sup>

- 1) 順天堂大学医学部放射線医学教室
- 2) 国立国際医療研究センター国府台病院放射線科
- 3) 聖マリアンナ医科大学放射線医学教室
- 4) GE ヘルスケア・ジャパン株式会社

## 抄録

目的: CT・MRI 検査における放射線科医の潜在的業務量の国別および日本の地域別差異と、CT・MRI 検査における放射線科医の関与の程度(関与度)に関する、日本の地域別の差異を調査することを目的とした。

方法: 放射線科医の潜在的業務量は、CT と MRI の年間検査件数を放射線診断医\*数で割ったものとした。放射線科医の関与度は、対象となる検査の中で画像診断管理加算が算定された CT および MRI 検査の割合として測定した。差異の最大値は、各国または日本の都道府県の中で最も高い値と最も低い値の比率として算出した。

結果: 日本の放射線科医の潜在的業務量は、他国の 2.78~4.17 倍であった。都道府県間差異の最大値は 3.88 であった。画像診断管理加算が算定された CT・MRI 検査の平均割合は 43.3% であり、都道府県間差異の最大値は 3.97 であった。放射線科医が多い都道府県ほど、放射線科医の関与度が高い傾向にあった。

結論: 日本は他国に比べて放射線科医の潜在的業務量が非常に多く、都道府県間の地域差が大きかった。放射線科医が多い都道府県では、CT・MRI 検査における放射線科医の関与度が高い傾向があった。

## キーワード

CT・MRI・放射線科医・業務量

## 訳注

本論文は以下の論文の日本語訳です。

Kumamaru KK, et al. Global and Japanese regional variations in radiologist potential workload for computed tomography and magnetic resonance imaging examinations. *Jan J Radiol* 2018; 36:273-81  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11604-018-0724-5>

\* Radiologist を放射線科医、Diagnostic Radiologist を放射線診断医と訳したが、原本ではほぼ同

義で使われている。

\* \* board-certified radiologist の訳として、調査時には専門医機構の放射線科専門医は始まっておらず、放射線診断専門医とした。

## 略語

CT: Computed Tomography

MRI: Magnetic Resonance Imaging

NDB: national database

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

ARMI: Added-fee for Radiological Managements on Imaging-studies

## 序論

CT(Computed Tomography)やMRI(Magnetic Resonance Imaging)のハード・ソフトの進歩により、CT や MRI の検査件数は増加している[1-6]。我が国は人口あたりの CT・MRI 装置の台数は世界で最も多いが[7]、人口あたりの放射線診断医の数は少ない[8,9]。これまでの報告によると、日本は他の先進国に比べて放射線科医の業務量が著しく多く、十分な品質の CT・MRI 検査を実施するためには、少なくとも今の 2 倍以上の放射線科医が必要であると結論づけられている[8,9]。日本の放射線科医の業務量の地域差に関するデータは公表されていない。放射線科医は画像診断のプロセス全体(すなわち、適正使用、プロトコルの最適化、画像の読影・診断、患者や依頼医とのコミュニケーション)を管理し、保証する役割を担っているため[10,11]、検査件数の多さと放射線科医の人員の少なさが懸念されている。

厚生労働省が作成した全国データベース(NDB)を用いると[12]、日本の健康保険制度で実施されている CT や MRI 検査の正確な都道府県別件数を知ることができる。また、NDB では、画像診断管理加算が算定された CT・MRI 検査の件数が記載されており、常勤の放射線診断専門医\*\*による検査件数の指標として用いることができる。

本研究の第一の目的は、NDB のデータを用いて、CT および MRI 検査の読影における放射線診断医の潜在的業務量について現在の国別および地域別の差異を調査することであった。第二の目的は、日本における CT および MRI 検査への放射線科医の関与度の地域別差異を評価することである。

## 方法

### データベース

本研究は、匿名データの集計値のみを使用したため、解析を行った機関の倫理委員会におけ

る承認が免除された。本研究では以下のデータベースを使用した。

#### レセプト情報・特定健診等データベース(NDB)オープンデータ(2015年度)[13]

厚生労働省が作成した NDB から、2015 年の全国・各都道府県の年間 CT・MRI 検査件数を抽出した。NDBは外来患者、入院患者、DPC(Diagnostic Procedure Combination)入院患者、処方箋、歯科治療の健康保険請求データであり、世界でも有数の全国規模の網羅的な医療データベースとなっている[14]。NDB の統計データの一部は、NDB オープンデータとして無料で公開されている。NDB オープンデータ 2015 は、2015 年度(2015 年 4 月～2016 年 3 月)の請求データをまとめた基礎統計である[13]。また、各都道府県で画像診断管理加算が算定された CT・MRI 検査の総数を NDB オープンデータ 2015 から収集した。画像診断管理加算は 1996 年に導入され、2002 年に 2 段階の加算に発展した。加算 1(70 点/月/患者)は、常勤の放射線診断専門医が 1 名以上いる診療所・病院で算定でき、加算 2(180 点/月/患者)は、常勤の放射線診断専門医が CT、MRI、核医学検査のすべての検査を管理している病院で算定できる。これらの病院の放射線科医は、すべての画像検査を読影・診断し、主治医に画像検査報告書をタイムリーに送付することが求められている(報告書の 80%は検査の翌日までに送付されるべきである)[15]。画像診断管理加算は、検査報告書が正式に添付されている場合、その月の最初の検査(CT または MRI)で算定される。

#### 2016 年の OECD 保健統計 [7]

経済協力開発機構(OECD)保健統計 2016 より、他国で実施された CT・MRI 検査の年間件数と各国の人口数を抽出した。OECD 保健統計は、OECD 加盟国の中で最も包括的な保健と医療制度に関する比較可能な統計を提供している。

#### 各国の放射線診断医の総数を掲載したデータベース

各国の放射線科医数と日本の都道府県の放射線科医数を以下のデータベースから抽出した。

- 日本:日本医学放射線学会データベース。分析には放射線診断専門医の数を使用。
- オーストラリア: The Royal Australian and New Zealand College of Radiologists[16]。
- カナダ: Canadian Medical Association[17]
- フランス: フランスの公式 Account Court からの医用画像に関する報告書[18]
- ドイツ: German Medical Association (Bundesärztekammer)[19]
- イタリア: The National Agency for Regional Health Services(Agenas)[20]
- 韓国: Health Insurance Review and Assessment Service[21]
- イギリス: The Clinical Radiology UK Workforce Census 2015 report (2015)[22]
- 米国: Rosen krantz AB らの研究によるデータ[23]

#### 評価項目

本研究で評価した主要評価項目は、[放射線科医の潜在的業務量]であり、CT・MRI 検査の年

間実施件数を、各国または日本の各都道府県の放射線科医の総数で割ったものである。副次的な評価項目として、日本のみを対象とした CT・MRI 検査への放射線科医の関与度を、対象となる検査(すなわち、ある月の初回検査として実施された CT・MRI 検査の総数)の中で画像診断管理加算が算定された CT・MRI 検査の割合として定義した。

この指標は、少なくとも 1 人の常勤の放射線診断専門医が勤務する診療所や病院で実施された CT および MRI 検査の割合を示した。

## 分析方法

放射線科医の潜在的業務量の国別差異の最大値は、評価した国の中でこの指標の最大値と最小値の比で計算した。日本の都道府県別差異の最大値も同様に算出した。また、日本における放射線科医の潜在的業務量の地域差を、強度図を用いて視覚的に表した。

また、世界比較と日本国内の地域比較について、人口 100 万人あたりの検査数と人口 100 万人あたりの放射線科医数の散布図を作成し、切片がゼロで信頼区間が 95%の線形回帰を計算した。また、日本の人口 100 万人あたりの放射線科医数に対する、対象となる検査における画像診断管理加算算定率の散布図を作成した。人口 100 万人あたりの放射線科医数と、対象となる検査における画像診断管理加算算定率との相関は、ピアソン相関係数で評価した。

解析はすべて JMP Pro 13.2.1(SAS Institute Inc.)を用いて行った。また、同じソフトウェアを使用して、潜在的業務量の地域差を示す強度図を作成した。

## 結果

### 放射線科医の潜在的業務量の国別差異

各国の CT・MRI 検査の年間実施件数を Table1 にまとめた。日本では 2015 年度に人口 1000 人あたりの CT 検査 229.2 件、MRI 検査 113.4 件が実施され、放射線科医 1 人あたりの潜在的業務量は 8137 件であり、CT・MRI 検査の実施件数では米国に次いで 2 番目に多い国であった。Fig.1 は、各国における放射線科医の潜在的業務量(CTとMRIの年間検査件数 対 放射線科医数)の分布を示したものである。国別の差異の最大値は 4.17 であり、潜在的業務量が最も多かったのは日本、最も少なかったのはオーストラリアであった。

Table1.各国の放射線科医数とCT/MRI検査件数

国名	人口100万人あたりの放射線科医	人口1000人あたりのCT検査件数	人口1000人あたりのMRI検査件数	放射線科医1人あたりのCT・MRI検査件数
日本	42.1	229.2	113.4	8137
オーストラリア	82.3	119.7	41.0	1953
カナダ	70.7	148.5	54.9	2877
フランス	128.6	187.9	95.5	2204
ドイツ	40.7	130.2	114.3	2632
韓国	63.3	157.7	27.3	2923
イギリス	52.1	75.7	40.4	2228
アメリカ	121.9	245.0	117.7	2975

### 日本における放射線科医の潜在的業務量の地域別差異

Fig.2 a-c は日本の各都道府県における放射線科医の潜在的業務量を示したものである。(Fig.2-c)CT+MRIの検査件数については、茨城県の潜在的業務量(最も多い)と、福岡県の潜在的業務量(最も少ない)の比から、都道府県別の差異の最大値は 3.88 となっている。日本の放射線科医の潜在的業務量が最も少ない福岡でも、他国の潜在的業務量を大きく上回っていた(Fig.2-d)。Fig.3 は、日本における放射線科医の潜在的業務量の地域差を図示したものである。放射線科医の潜在的業務量が少ない都道府県は、西日本に集中している傾向がある。

### 日本における放射線科医の CT・MRI 検査への関与度の地域的な差異

画像診断管理加算1または2が算定されたCT・MRI検査数は、対象となる検査のうちの 43.3%であり、加算2が算定されたのは 33.8%であった。Fig.4 は、日本の各都道府県人口の 100 万人あたりの放射線科医数と、画像診断管理加算(加算2または加算1+加算2)が算定された検査の割合との関係を示した。都道府県の放射線科医数が多いほど、画像診断管理加算が算定されている検査の割合が高い傾向であった(加算1:r = 0.65、加算2:r = 0.59、いずれも p 値 <0.001)。上記の結果から、放射線科医数が多い都道府県ほど、CT や MRI 検査のワークフローに放射線科医が頻繁に参加していることがわかった。また、画像診断管理加算1または2、加算2が算定されている検査の割合を都道府県ごとにみると、差異の最大値はそれぞれ滋賀県(最大)と青森県(最小)の比率で 3.97、滋賀県(最大)と和歌山県(最小)の比率で 13.9 であった。

## 考察

本研究の結論は主に以下の 3 点にまとめられる:

(1)日本の放射線科医の潜在的業務量は他国よりもはるかに多いこと。(2)日本における放射線科医の潜在的業務量は都道府県別の差異が大きいこと。(3)放射線科医数が多い都道府県では、CT や MRI 検査において、常勤の放射線診断専門医の関与度が高い傾向にあること。

10 年以上前から指摘されているように[8]、日本は国民 1 人あたりの画像検査機器が最も多い国であるにもかかわらず、放射線科医の数は限られている。過去 10 年間で放射線科医の人数は増えているが[24]、検査件数はより急速に増加している。放射線科医の業務内容は国によって異なるため、単純な比較は適切ではないかもしれないが、今回の調査では、CT や MRI の年間検査件数あたりの放射線診断医は、各外国に比べてはるかに少ないままであることが明らかになった。ここで注目したいのは、今回の調査対象国では、放射線科医の潜在的業務量は、日本以外の国においては比較的類似していたことである(放射線科医 1 人あたりの CT や MRI 検査数は約 2000~3000 件)。言い換えれば、Fig.1 に示すように、これらの国々の値は線形回帰線に近い値を示していた。一方、日本では、放射線科医 1 人あたりの CT、MRI 検査件数は 8137 件であった。

医師の総数と同様に[25]、西日本ではより放射線科医が多いため、検査件数が多いにもかかわらず放射線科医の潜在的業務量が少なかった。先行研究では、日本における画像診断技術の地理的分布が空間的競争仮説を支持することが示されている。これは、サービス供給者が利益の最大化に影響され、供給者密度の増加は都市部での利益競争を増加させ[26]、これが供給者をへき地に駆り立て、医師の分布の公平性を向上させるという経済モデルである[27]。したがって、モダリティが豊富であればあるほど、その分布はより平等となり、モダリティの増加は分布をさらに均等化する。しかし、放射線科医の分布は、市場由来の空間的競争力の影響を受けない[24]。その結果、放射線科医の総数が増加したとしても、放射線科医の潜在的業務量の地域的なばらつきは解消されない。Fig.2 a-c で各都道府県の値の分布は、切片が0の直線回帰線からずれているが、これには以下の理由が考えられる。1)放射線科医数が少ない県では、他県に比べて放射線科医がより多くの検査を管理している。2)放射線科医数が少ない県では、放射線科医が撮影現場にいない状態で行われる検査が多く、例えば、遠隔画像診断や放射線科医以外の者による読影が多い。3)放射線科医数が多い県では、CT や MRI 検査以外の業務を放射線科医が行うことが多い。これを明らかにするためには、さらなる調査が必要である。今回の調査では、放射線科医の関与度(画像診断管理加算1または2の算定率)の平均値が43.3%であり、前回の調査(CT 検査:81.6%、MRI 検査:80.3%)に比べて低い[8]。これは、前回の調査が大・中規模病院を中心に行われたのに対し、今回の調査では日本全国の診療所・病院を対象としているためと考えられる。放射線科医は読影以外にも、適切な利用(臨床的適応に基づく正当化)や線量管理を含むプロトコルの最適化にも貢献している。日本人の非高齢者の腰痛患者約 15,000 人を対象とした分析では、常勤の放射線診断専門医がいない医療機関を受診した患者では、腰痛の評価のため、急性期に MRI 検査を受ける傾向にあるが[15]、診療ガイドラインでは、急性期(症状発症から 4~6 週間以内)の画像検査は推奨されていない[28-30]。画像検査利用の最適化、画像検査の品質を向上させるためには、まず放射線科医の不足と地域偏在を解消する必要がある。地域偏在の問題に対処するためには、遠隔画像診断が状況改善の選択肢の一つとなるだろう。しかし遠隔画像診断だけでは日本全体の業務量は減少せず、将来的には放射線科医の総数が増加することが期待される。

本研究の強みとしては、日本の健康保険制度の下で実施されたすべての CT・MRI 検査のデータが含まれていることである。しかしながら、本研究にはいくつかの限界がある。第一に、NDB のデータベースには自費で行われた検査は含まれていない。日本は国民皆保険であるが、健康診断として行われる検査は、通常、健康保険制度の対象外となる。健康診断を行っている人の年間総人数は316万人と報告されている[31]。ただし、仮にこれらの全員が CT や MRI 検査を行ったとしても、その割合は健康保険が適用される検査の 7%に過ぎない。したがって、これらの検査を除外しても我々の分析結果に大きな影響を与えるとは考えられない。第二に、我々は CT・MRI 検査に焦点を当てており、他の画像モダリティは分析に含めていない。CT や MRI 検査の管理や読影は放射線科医の主要業務であるが、海外や国内の一部の都道府県や医療機関では、超音波検査や消化管透視検査、単純 X 線検査の報告書作成なども放射線科医が関わっている[8]。また、インターベンショナルラジオロジーやその他の業務に割く時間は都道府県

によって異なるが、本研究ではその点は考慮していない。日本のインターベンショナルラジオロジーの診療パターンは他国とは異なり、日本では脳血管インターベンションや膿瘍ドレナージは放射線科医以外が行っていることが知られている[32]。したがって、CT・MRI 検査件数を放射線科医の総数で割った場合、他国における放射線科医の潜在的業務量は過小評価されていたと思われる。今後は、放射線科医の業務をもっと包括的に研究対象とすべきである。第三に、他の国では信頼できるデータが得られなかったため、世界比較の対象国が 7 カ国のみであった。第四に、画像診断管理加算を放射線科医の CT や MRI 検査への関与度の指標とした。しかし、一部の医療機関では画像診断管理加算は算定せずに、民間企業による遠隔画像診断にて CT や MRI 検査の読影を行っている。したがって、画像診断管理加算の算定率は[放射線科医が読影した検査の割合]を反映したものではなく、少なくとも 1 名の常勤の放射線診断専門医が勤務している施設で、外部の遠隔画像診断の助けを借りずに行われた検査の割合を反映している。最後に、今回の研究の主要評価項目は[放射線科医の潜在的業務量]としたが、これは、すべての CT および MRI 検査は、理想的には放射線科医が関与して実施されるべきであるという前提に基づいている。しかし、この前提についてはさらに検討が必要である。また、教育、研究、管理業務など放射線科医の他の業務については考慮していない。

## 結論

CT および MRI 検査については、NDB のデータを解析した結果、日本では他国と比較して放射線診断医の潜在的業務量のはるかに多いことが明らかになり、日本国内での放射線科医の潜在的業務量には大きな地域差があった。また、放射線科医が少ない都道府県では、常勤の放射線診断専門医が関与していない CT・MRI 検査の割合が高い傾向にあった。

## 倫理基準の遵守

### 利益相反

木場律子と伊地知晋平は、GE ヘルスケアジャパンの社員である。データはすべて責任著者の管理下であり、木場と伊地知の役割は、解析と作図の技術的なサポートである。その他の著者には利益相反はない。

### 倫理的承認

本研究は、匿名の集計データのみを使用したため、解析を行った機関の倫理委委員会の承認を免除された。

Fig.1 放射線科医の人数と各国で実施された CT/MRI 検査件数の散布図  
 線は切片ゼロの線形回帰を表し、網掛け部分は 95%信頼区間を示す。

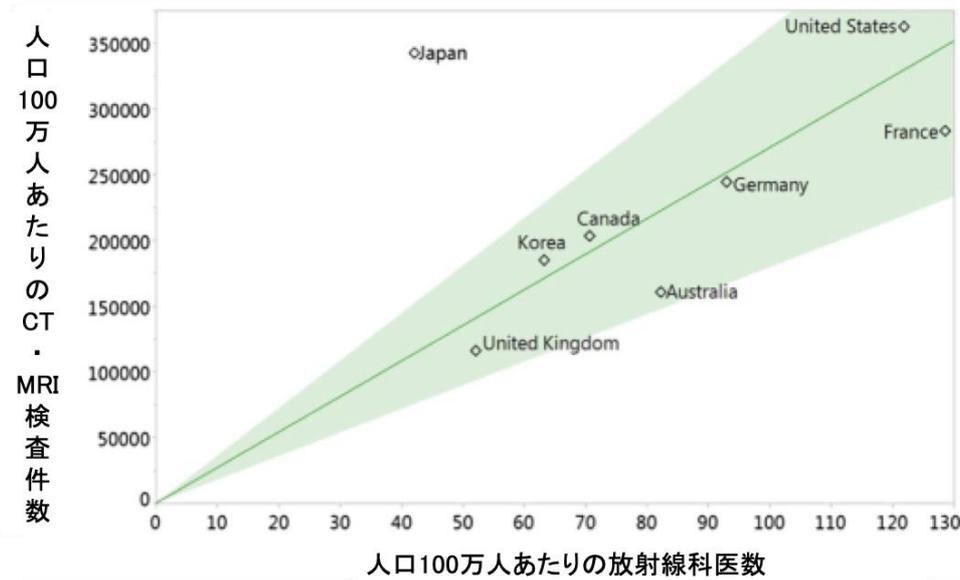
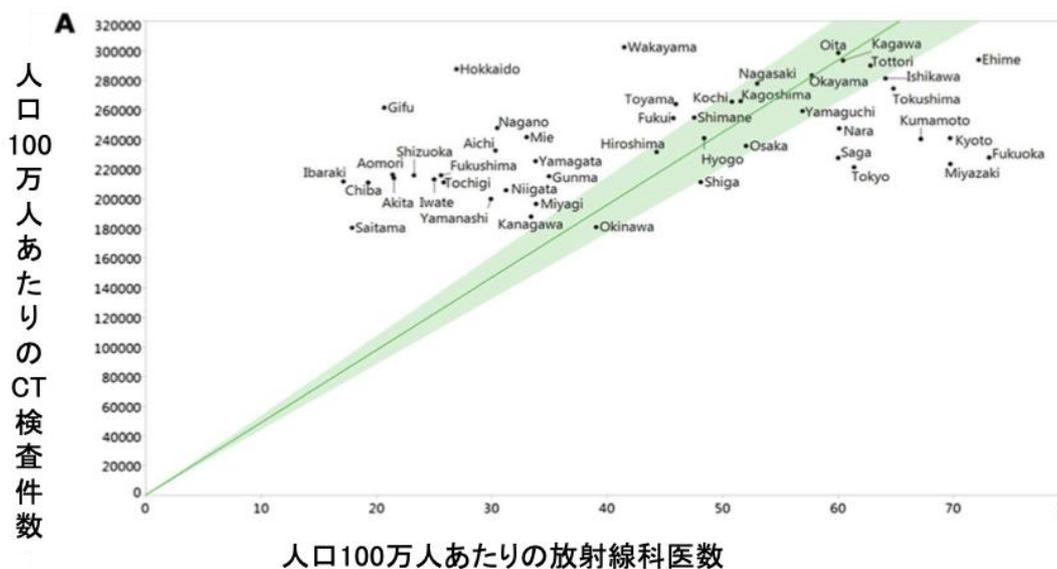


Fig.2 放射線科医の人数と CT/MRI 検査件数の散布図

- a 日本の各都道府県で実施された CT の検査件数
- b 日本の各都道府県で実施された MRI の検査件数
- c 日本の各都道府県で実施された CT と MRI の検査件数
- d 都道府県や各国の CT・MRI 検査件数

各図中線は切片ゼロの線形回帰を表し、網掛け部分は 95%信頼区間を示す。



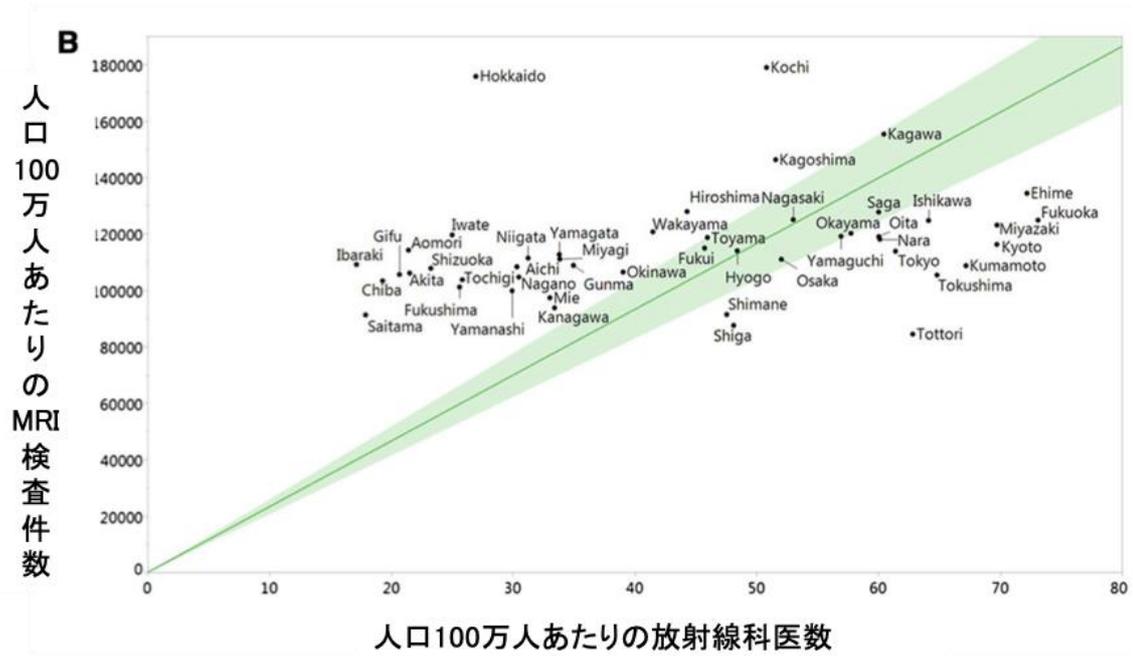
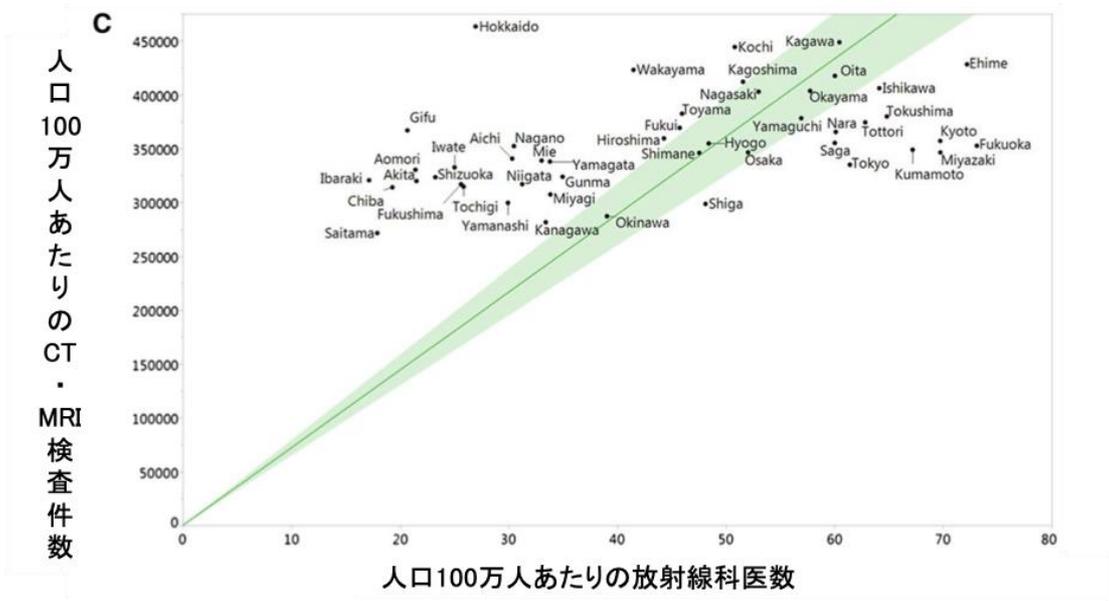


Fig.2 (continued)



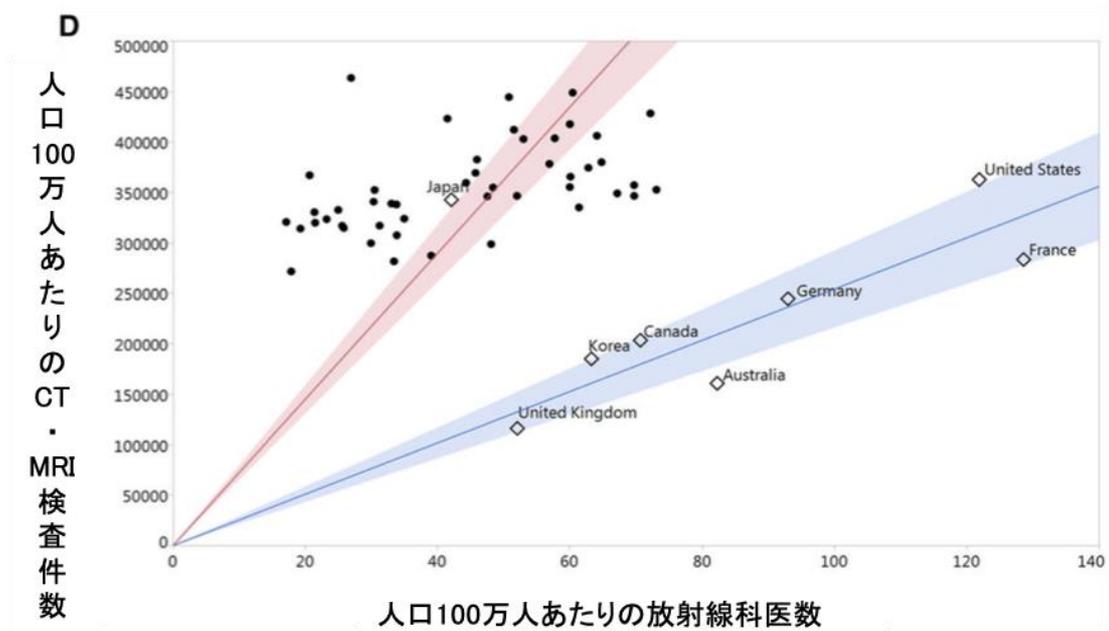


Fig.3 日本における放射線科医の業務量の地域差を示す強度図

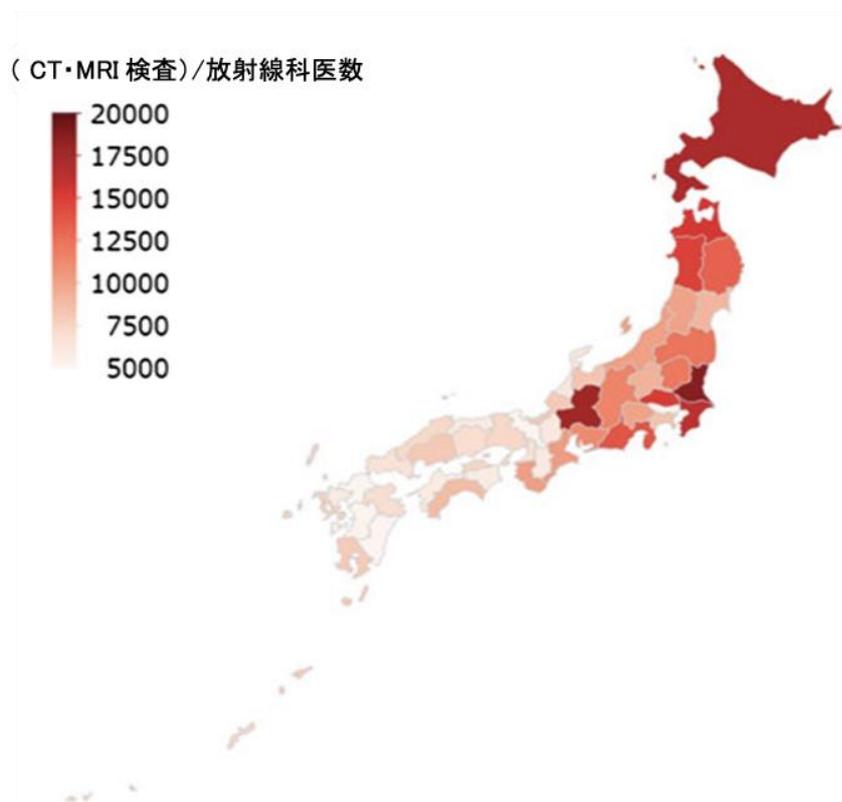
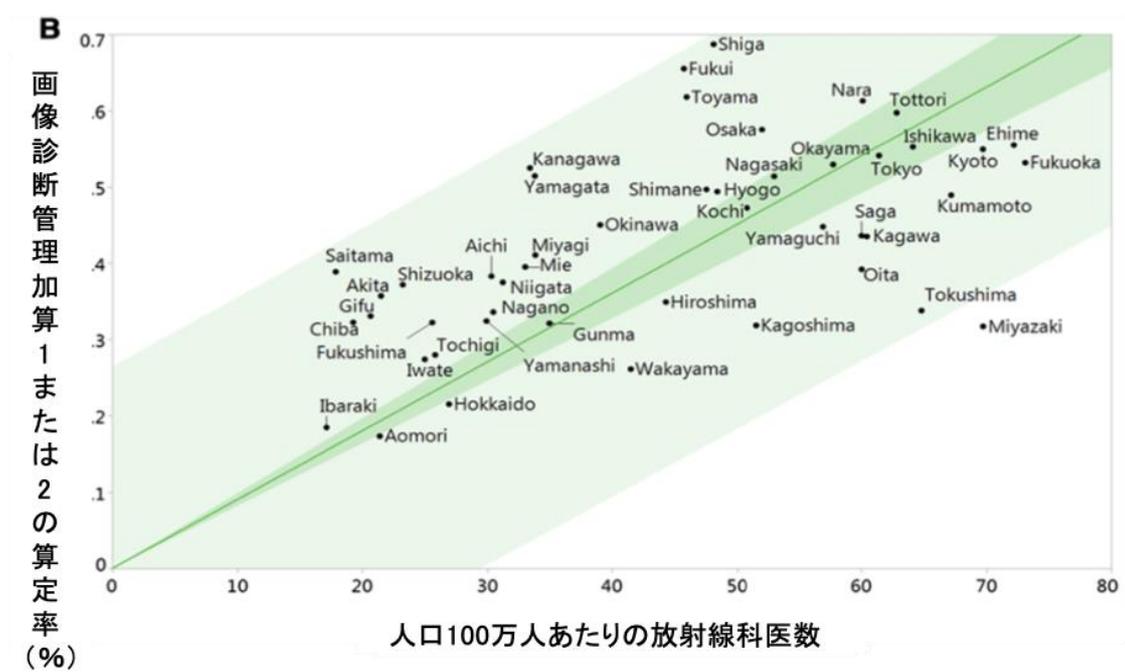
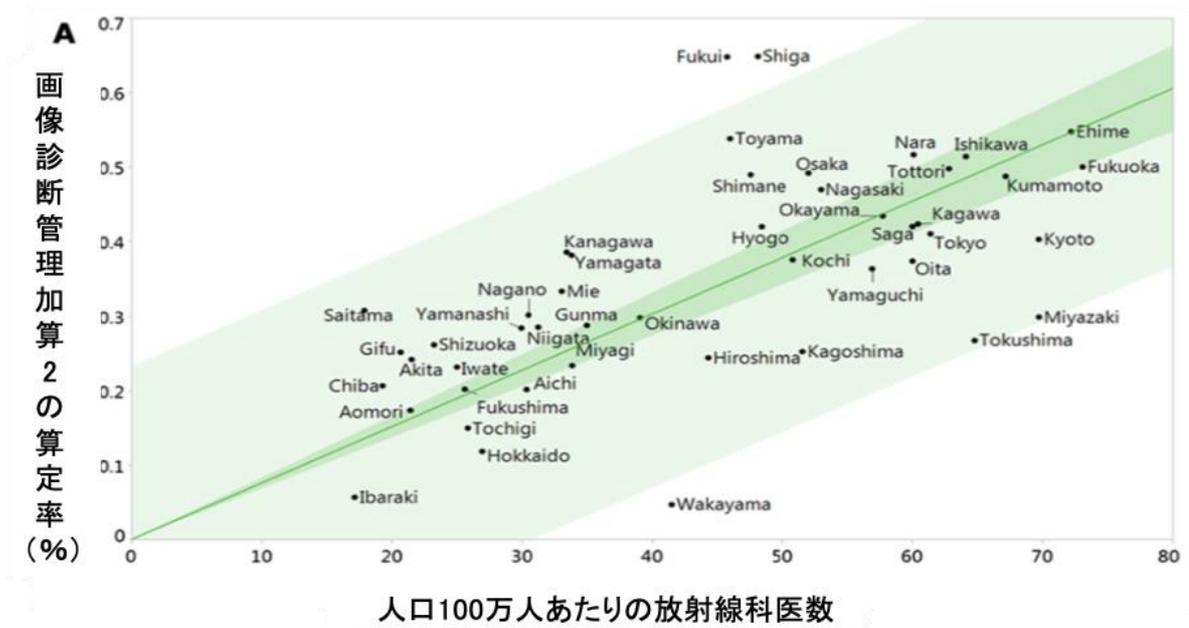


Fig.4 日本の各都道府県における CT/MRI 検査の放射線科医の人数と画像診断管理加算の散布図

a 画像診断管理加算2の算定率

b 画像診断管理加算 1 または 2 の算定率

各図中、線は切片ゼロの線形回帰を表し、暗い網掛け部分は線の 95%信頼区間を、明るい網掛け部分は個々の観測の 95%信頼範囲を示す。



## 参考文献

1. Kumamaru KK, Arai T, Morita H, Sekine T, Takamura K, Takase S, et al. Overestimation of pretest probability of coronary artery disease by Duke clinical score in patients undergoing coronary CT angiography in a Japanese population. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2014;8:198–204.
2. Kumamaru KK, Kondo T, Kumamaru H, Amanuma M, George E, Rybicki FJ. Repeat coronary computed tomographic angiography in patients with a prior scan excluding significant stenosis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7:788–95.
3. Hendee WR, Becker GJ, Borgstede JP, Bosma J, Casarella WJ, Erickson BA, et al. Addressing overutilization in medical imaging. *Radiology*. 2010;257:240–5. <https://doi.org/10.1148/radiol.10100063>.
4. Rao VM, Levin DC. The overuse of diagnostic imaging and the choosing wisely initiative. *Ann Intern Med*. 2012;157:574–6.
5. Granovetter M. CTPA use reignites debate on overdiagnosis. *Lancet Respir Med*. 2013;1:436.
6. Kumamaru KK, Murayama S, Yamashita Y, Nojo T, Watanabe Y, Goto M, et al. Appropriate imaging utilization in Japan: a survey of accredited radiology training hospitals. *Jpn J Radiol*. 2017;35(11):648–54.
7. OECD Health Statistics 2016–OECD. [cited 2017 Apr 4]. <http://www.oecd.org/els/health-systems/health-data.htm>.
8. Nishie A, Kakihara D, Nojo T, Nakamura K, Kuribayashi S, Kadoya M, et al. Current radiologist workload and the shortages in Japan: how many full-time radiologists are required? *Jpn J Radiol*. 2015;33(5):266–72.
9. Nakajima Y, Yamada K, Imamura K, Kobayashi K. Radiologist supply and workload: International comparison—Working group of Japanese College of Radiology. *Radiat Med*. 2008;26(8):455–65.
10. Kumamaru KK, Hunsaker AR, Kumamaru H, George E, Bedayat A, Rybicki FJ. Correlation between early direct communication of positive CT pulmonary angiography findings and improved clinical outcomes. *Chest*. 2013;144:1546–54.
11. Kumamaru KK, Kogure Y, Suzuki M, Hori M, Nakanishi A, Kamagata K, et al. A strategy to optimize radiation exposure for non-contrast head CT: comparison with the Japanese diagnostic reference levels. *Jpn J Radiol*. 2016;34(6):451–7.
12. Japanese National Database Open data 2014. [cited 2017 Apr 4]. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000139390.html>.
13. Japanese National Database Open data 2015. <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000177221.html>.
14. The expert committee on research use of claims data. Report on the third party use of health insurance claims and health check data. <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002s0h8-att/2r9852000002s0li.pdf>.
15. Kumamaru KK, Sano Y, Kumamaru H, Hori M, Takamura T, Irie R, et al. Radiologist involvement is associated with reduced use of MRI in the acute period of low back pain in a non-elderly population. *Eur Radiol*. 2017. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5086-3>.
16. Radiology at a glance 2015 Australia. <https://www.ranzcr.com/documents/4125-2015-ranzcr-radiology-at-a-glance-2015/file>.
17. Diagnostic radiology profile. [cited 2017 Oct 20]. <https://www.cma.ca/Assets/assets-library/document/en/advocacy/Diagnostic-Radiology-e.pdf>.

18. des comptes C. L' imagerie médicale, communication à la commission des affaires sociales du Sénat. [cited 2017 Oct 20]. [https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/EzPublish/20160511-image\\_rie-medicale.pdf](https://www.ccomptes.fr/sites/default/files/EzPublish/20160511-image_rie-medicale.pdf).
19. Europe's looming radiology capacity challenge: a comparative study. 2016. [cited 2017 Oct 20]. [https://www.telemedicineclinic.com/wp-content/uploads/2016/11/Europes\\_looming\\_radiology\\_capacity\\_challenge-A\\_comparitive\\_study.pdf](https://www.telemedicineclinic.com/wp-content/uploads/2016/11/Europes_looming_radiology_capacity_challenge-A_comparitive_study.pdf).
20. Agenas - Agenzia Nazionale per i servizi sanitari Regionali. [cited 2017 Oct 20]. <http://www.agenas.it/contenuto-inglese>.
21. 보건의료빅데이터개방시스템 [Internet]. [cited 2017 Oct 20]. <http://opendata.hira.or.kr/home.do#none>.
22. Clinical radiology UK workforce census 2015 report. 2016. [cited 2017 Oct 20]. [www.rcr.ac.uk](http://www.rcr.ac.uk).
23. Rosenkrantz AB, Hughes DR, Duszak R Jr. The US radiologist workforce: an analysis of temporal and geographic variation by using large national datasets. *Radiology*. 2015;279(1):175-84.
24. Matsumoto M, Koike S, Kashima S, Awai K, Ojima T. Geographic distribution of radiologists and utilization of teleradiology in Japan: a longitudinal analysis based on national census data. *PLoS ONE*. 2015;10:e0139.
25. Ministry of Health Labour and Welfare. Survey of Doctors, Dentists, and Pharmacists. 2014. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/33-20.html>.
26. Matsumoto M, Koike S, Kashima S, Awai K. Geographic distribution of CT, MRI and PET devices in Japan: a longitudinal analysis based on national census data. *PLoS One*. 2015;10(5): e0126036. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126036>
27. Schwartz WB, Newhouse JP, Bennett BW, Williams AP. The changing geographic distribution of board-certified physicians. *N Engl J Med*. 1980;303:1032-8.
28. Patel ND, Broderick DF, Burns J, Deshmukh TK, Fries IB, Harvey HB, et al. ACR appropriateness criteria low back pain. *J Am Coll Radiol*. 2016;13:1069-78.
29. Chou R, Qaseem A, Owens DK, Shekelle P, Guidelines C. Clinical guideline diagnostic imaging for low back pain: advice for high-value health care from the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 2011;154:181-90.
30. The Japanese Orthopaedic Association/The Japanese Society for the Study of Low Back Pain". Guideliens for low back pain 2012. [http://minds4.jcqhc.or.jp/minds/LBP/04\\_Ch3\\_LowBackPain.pdf](http://minds4.jcqhc.or.jp/minds/LBP/04_Ch3_LowBackPain.pdf).
31. Japan Society of Ningen Dock. Current status of advanced medical checkups in Japan: 2015. <http://www.ningen-dock.jp/wp/wp-content/uploads/2013/09/2ebf31e708cb165bd2c0b68fae972994.pdf>.
32. Yamashita Y, Takahashi M, Hiramatsu K, Ishikawa T, Suzuki S, Takashima T, et al. Current status of angiography and interventional radiology in Japan: survey results. *J Vasc Interv Radiol*. 1994;5:299-304.