

も台数の少ない機器ほどジニ係数は大きくなる傾向が認められた (conventional PET と MRI<1.5 tesla の差の p 値 <0.001; MRI<1.5 tesla と single-detector CT の差の p 値 <0.001; PET-CT と MRI ≥1.5 tesla の差の p 値 <0.001, MRI ≥1.5 tesla と multi-detector CT の差の p 値 <0.001)。旧式機器 3 機種 (single-detector CT, MRI<1.5 tesla, conventional PET) のジニ係数は軽度増加あるいは不変であったのに対し (増加率 9%, 3%, -1%; 2011-2008 格差の p 値 <0.001, 0.072, 0.562)、新式 3 機種 (multi-detector CT, MRI ≥1.5 tesla, PET-CT) のジニ係数は減少傾向であった (増加率 -10%, -9%, -10%; 2011-2008 差の p 値 <0.001, <0.001, <0.001)。

放射線科医

日本の全医師および放射線科医の数の経年推移を図 7 に示す。2006 年から 2012 年にかけて医師総数は 273686 名から 299155 名に 9.3% 増加したのに対し、うち放射線科医数は 4836 名から 5883 名に 21.7% 増加した。

市町村を 3 群に分けたときの人口 10 万対放射線科医数を図 8 に示す。人口 10 万対放射線科医数は大都市 (metropolis) で最も多く、町村 (town/village) で最も少なかった。この大都市と町村との格差は 2006 年時点で 3.1 倍であったが、2012 年には 3.9 倍に拡大した。これはこの期間、大都市の人口 10 万対放射線科医数が 28.4% 増加したのに対して町村では 2.6% しか増加していないためである。

放射線科医数の市町村間格差を表すジニ係数の推移を表 3・1 に、そのローレンツ曲線を図 9 に示す。放射線科医の急速な増加にも関わらず、ジニ係数はほぼ一定であった。これは CT、MRI、PET といった画像診断機器の結果と対照的である。放射線科医数のジニ係数と画像診断機器のジニ係数を重ね書きしたグラフを図 10 に示す。ここに示したように CT、

MRI、PET のジニ係数はいずれも低下傾向にある。

CT および MRI 撮影 1000 件あたりの放射線科医数を図 11 に示す。6 年間のあいだに CT 撮影 1000 件対放射線科医数は 17.7% 減少し、MRI 撮影 1000 件対放射線科医数は 1.0% 減少した。これは CT に関して、放射線科医一人当たりの仕事量が増えていることを示唆している。

市町村を 3 群に分けて CT 撮影 1000 件あたりの放射線科医数を示したものが図 12A である。CT 撮影 1000 件あたりの放射線科医数は大都市で最も多く、町村で最も少なかった。経年的にみると大都市では 18.3% 減少しているのに対し、町村では 29.9% 減少しており、大都市と町村の格差は 1.9 倍から 2.2 倍に拡大していた。同じく市町村を 3 群に分けて MRI 撮影 1000 件あたりの放射線科医数を示したものが図 12B である。MRI においてもこの値は大都市で最も多く、町村で最も少なかった。大都市では 3.3% 増加しているのに対し、町村では 17.5% 減少していた。大都市と町村の格差は 1.6 倍から 2.0 倍に拡大していた。

人口 10 万対放射線科医数で市町村を色分けした地図を図 13B に、CT 撮影 1000 件当たりの放射線科医数を図 13C に、MRI 撮影 1000 件当たりの放射線科医数を図 13D に示す。これらの値は人口が多く人口密度が高い市区町村で高くなっていることが分かる。

全市区町村における人口と人口 10 万対放射線科医数の相関係数は 0.663 (n=1811, p<0.01)、人口と CT 撮影 1000 件対放射線科医数の相関係数は 0.621 (n=1520, p<0.01)、人口と MRI 撮影 1000 件対放射線科医数の相関係数は 0.477 (n=1174, p<0.01) といずれも有意な相関が認められた。これらの値は、放射線科医が人口の多い市区町村に集中していることを示している。

遠隔画像診断を利用している病院および診

療所の数を図 1 4 に示す。病院も診療所も遠隔画像診断を利用している施設数は増えている（病院 69.6%、診療所は 18.1%の増加）。遠隔画像診断を利用している病院および診療所の割合を図 1 5 に示す。病院ではその割合は急速に増加（78.7%の増加）しているが、診療所はわずかの増加（9.1%）にとどまっている。

遠隔画像診断の利用と関連する病院特性を調べたロジスティック回帰分析の結果を表 3・2 に示す。町村あるいは市に所在していること、公的病院であること、CT/MRI/PET のいずれかを保有していること、ベッド数が多いことといった特性を持つ病院において遠隔画像診断の利用が多いことが明らかとなった。遠隔画像診断の利用と関連する診療所特性の結果を表 3・3 に示す。病院とは対照的に、診療所の所在地は遠隔画像診断の利用と有意な関係がなかった。

D. 考察

結果をまとめると以下のようになった。

1. 分娩件数は横ばいであるが、病院産科医数は急速に増加していた。分娩件数についても産科医数についても特定の施設への集約化が進んでいた。産科医の多い施設と少ない施設の格差は大きくなる傾向があり、また産科医一人当たり分娩数について施設間格差が拡大している。しかしこの格差の拡大はハイリスク分娩を多く行う施設に産科医が集中するために起きており、望ましい集約のパターンと言える。日本産婦人科学会の示す目標分娩数と目標産科医数を超えている病院はまだ少ないものの、急速に増加しており、病院産科医の勤務環境は概ね改善していると推測された。
2. 画像診断機器の台数や撮影件数には地理的なばらつきが見られるが、CT のように台数の多い機器は PET のように台数の少

ない機器に比べて分布が均等であった。また CT、MRI、PET のいずれも経時的にみると台数が増加しておりかつ分布は均等化していた。各機種を新式と旧式のモデルに分けて分析しても、やはり数の増えている新式モデルでは分布が均等化の方向に向かい、数が減っている旧式モデルでは分布が不均等化に向かっていた。市場原理に伴う空間競合が画像診断機器の分布に影響を与えている可能性が示された。

3. 近年我が国では放射線科医が急速に増加しているにもかかわらず、放射線科医の地理的分布は大都市に偏ったままであった。これは数の増加が偏在を是正させていた画像診断機器とは対照的であり、放射線科医の数と分布の関係は市場原理に基づく空間競合の影響をあまり受けてないと言える。また、放射線科医が増えているとはいえ、画像診断機器の利用件数の増加はそれを上回っており、放射線科医の労働負担はむしろ増えている可能性があることが示された。この過重労働の可能性は特に非都市部において高く、この点に関する都市部と非都市部の格差は拡大している可能性があることも示された。この都市部と非都市部の格差を埋める手段である遠隔画像診断については、特に病院において増加していることが明らかになった。非都市部の病院は都市部の病院に比べて遠隔画像診断を利用する割合が高かった。

空間競合仮説によると、資源が最大限に使われる（最大限の利益をあげる）よう合理的に配置されると仮定すると、資源の総量が少ないうちはその資源は大都市や大施設に偏った分布になるが、資源量が増えるにしたがって需要の分布に一致した分布をとるようになってくる。これは資源が少ないときは大都市等に集中したほうが効率よく資源が使われる（利益をあげられる）のに対し、資源が増えてくると需要を

めぐって大都市等で過当競争がおき、より小規模な地域のほうが利益を得やすくなるためである(Newhouse 1990)。

本研究の結果、画像診断機器についてはこの空間競合仮説が概ね成り立っているが、産科医と放射線科医については成り立っていないことが明らかになった。つまり画像診断機器については資源量の増加が分布の均等化を起こしていたが、産科医および放射線科医についてはその数の増加が分布の均等化を起こしておらず、high volume 病院あるいは大都市への偏在が継続していた。

この数量-分布関係の違いの理由として考えられるのは、画像診断機器は物的資源であり、産科医と放射線科医は人的資源だという点である。物的資源の価格は全国一律であり、それを支払えばどのような場所にあるどのような規模の医療機関であっても原則所有することができる。よって物的資源の場合、量と分布の関係は空間競合仮説によって説明しやすい。一方、医師のような人的資源は医療機関の場所、規模、その他条件によって確保しやすさが著しく異なる。産科医や放射線科医のように専門性の高い医師であればなおさらそうである。一般に医師をはじめとする人的資源は都市部を好む傾向があるため、へき地等の医療機関は大都市の医療機関に比べ人的資源の確保が困難である。このような条件下では空間競合は理論通りには起こりにくい。つまり資源量の増加が分布の均等化を引き起こしにくい。実際、先行研究によると我が国で過去 30 年間に医師が急速に増加しているにもかかわらずその地理的偏在の程度はほぼ不変である(Kobayashi et al 1992, Matsumoto et al 2010)。

これに加えて、産科医の場合は一般の医師よりも強い集約化圧力がかかっているため、その分布はさらに空間競合に逆らったものになりやすいと予想される。日本産婦人科学会、日本産婦人科医会といった専門医団体は産科医の

配置の重点化・集約化を提唱しており、国や都道府県もそれを財政的に支援している。具体的には先述したように日本産婦人科学会は分娩取扱い病院の分娩件数を年間 500 件以上、勤務医数を 500 分娩あたり 6-8 名にすることを目標としている(海野 2010)。国や都道府県の政策では、例えば診療報酬において、ハイリスク分娩を扱う病院、産科救急を受け入れる病院、NICU を有する病院の優遇、総合周産期母子医療センターや地域周産期母子医療センターへの補助金支給、周産期医療機関同士のネットワーク構築への補助金支給などがある。

また本研究では放射線科医の労働負荷が強まっている可能性を示した。日本は他の先進国に比べて著しく多くの CT や MRI を保有している。日本の人口 10 万人対 CT 台数は OECD 加盟国中最多である(OECD 2014)。同様に MRI の数も世界一である。その一方で放射線科医は少なく、OECD 加盟国中最下位の水準である(Nakajima et al 2008)。つまり我が国は放射線科医の労働負担が大きくなりがちな構造になっているといえる。実際、日本で撮影された CT や MRI 画像のうち放射線科医によって読影されるのは 40%程度であるのに対し、ヨーロッパでは 14 カ国中 13 カ国でほぼすべての画像が放射線科医によって読影されているという報告がある(Nakajima et al 2008)。

加えて本研究の結果から、この物的資源量と人的資源量のギャップは近年拡大傾向であることが示された。さらに本研究では放射線科医の担う労働量を CT や MRI の撮影件数と放射線科医の比によって求めたが、実際にはこの比で示される以上の労働負荷増加があるものと思われる。例えば、一回の撮影で得られる画像枚数は CT や MRI の機器性能の向上に伴って飛躍的に増えている。同じ一回の CT 撮影でも以前と現在とでは放射線科医が目を通さなければならぬ画像数は大きく異なる。したがって放射線科医の労働力を増大させる、あるいは

画像診断機器の過剰使用を抑制するような方が今後必要になってくると思われる。

例えば画像診断機器の使用を放射線科医が読影可能な量にとどめるといった策が考えられる。2008年の診療報酬改定において画像診断管理加算2の算定条件として撮影されたCTおよびMRIの画像のうち80%以上が常勤の放射線科医によって読影されていることとされた。この条件がCTやMRIの利用を抑制した可能性がある。図11と図12から分かるように、2005年から2008年にかけてCTおよびMRI撮影1000件対放射線科医数は急速に減少しているものの、2008年から2011年にかけては減少率が緩和されている、あるいはむしろ増加に転じている場合もあった。この結果はこの診療報酬改定によるものの可能性がある。

また、国全体として放射線科医不足が進んでいるうえに、都市部と非都市部の不足度のギャップも開大している。画像診断機器は非都市部に拡散しているにもかかわらず、放射線科医は都市部に偏在したままであるためである。画像診断機器も放射線科医も増え続けている現状では、このギャップの開大も続いていくことが予想される。前述したように放射線科医に限らず医師という職業集団には市場原理による適正配置の力が働きにくく、強力な法規制などがない限り、偏在の是正は困難である。よって現実的な打開策としては遠隔画像診断を用いて都市部の放射線科医が非都市部で撮影された画像の読影を行うということになる。

実際、遠隔画像診断の利用は順調に増えていた。特に非都市部の病院においてそうであった。今後この流れを政策的に後押しすることが望ましいと思われる。

E. 結論

画像診断機器のような物的資源は量と分布の関係に市場原理が働きやすく、総量をコント

ロールすることで分布もコントロールできる可能性があるのに対し、放射線科医のような人的資源は、数をコントロールして分布は市場に任せるといったアプローチでは望ましい分布になりにくい。逆に産科医のようにさらなる集約化が望まれている人的資源については現在行われているような集約化促進政策、および専門団体の活動の継続により集約化はある程度進んでいくと思われる。放射線科医については国全体として不足傾向であるが、特に非都市部においてその傾向が顕著であり、都市部とのギャップは近年広がっている。このギャップを埋める現実的な手段として遠隔画像診断があり、特に非都市部の病院で利用が進んでいる。医療の効率化の観点からは放射線科医の集約化もある程度は必要であり、今後この画像診断利用の流れをより推進する必要があると思われる。

参考文献

Birkmeyer JD, Siewers AE, Finlayson EV, Stukel TA, Lucas FL, et al. Hospital volume and surgical mortality in the United States. *The new England journal of medicine* 346: 1128-37, 2002.

Ide H, Yasunaga H, Kodama T, Koike S, Taketani Y, Imamura T. The dynamics of obstetricians and gynecologists in Japan: a retrospective cohort model using the nationwide survey of physicians data. *The journal of obstetrics and gynaecology research* 35: 761-6, 2009.

厚生労働省. 平成24年医師歯科医師薬剤師調査の概要, 2013.

厚生労働省・文部科学省・総務省. 小児科産婦人科における医療資源の集約化重点化の推進について, 2005.

Kobayashi Y, Takaki H. Geographic distribution of physicians in Japan. *Lancet*

340: 1391-3, 1992

Matsumoto M, Inoue K, Bowman R, Noguchi S, Toyokawa S, Kajii E. Geographical distributions of physicians in Japan and US:

Impact of healthcare system on physician dispersal pattern. *Health Policy* 96: 255-61, 2010

Nakajima Y, Yamada K, Imamura K, Kobayashi K. Radiologist supply and workload: international comparison. *Radiation Medicine* 26: 455-65, 2008

Newhouse JP. Geographic access to physician services. *Annual review of public health* 11: 207-30, 1990

OECD. *OECD Health Statistics* 2014.

Regenbogen SE, Gust C, Birkmeyer JD.

Hospital surgical volume and cost of inpatient surgery in the elderly. *Journal of the American college of surgeons* 215: 758-65, 2012.

海野信也(日本産婦人科学会). 産婦人科医療改革グランドデザイン 2010, 2010.

Urbach DR, Baxter NN. Does it matter what a hospital is "high volume" for? Specificity of hospital volume-outcome associations for surgical procedures: analysis of administrative data. *BMJ* 328: 737-40, 2004.

F. 健康危険情報

該当なし

G. 研究発表

Matsumoto M, Koike S, Matsubara S, Kashima S, Ide H, Yasunaga H. Selection and concentration of obstetric facilities in Japan: Longitudinal study based on national census data. *The journal of obstetrics and gynaecology research* 41(6): 919-925, 2015.

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* 10(5): e0126036, 2015

Matsumoto M, Koike S, Kashima S, Awai K. Geographic distribution of radiologists and utilization of teleradiology in Japan: a longitudinal analysis based on national census data. *PLoS One* 10(9): e0139723, 2015

H. 知的財産権の出願・登録状況

該当なし

表 1・1 我が国における分娩実施病院の基本統計

		年		
		2005	2008	2011
分娩病院	合計	1321	1126	1051
	推計年間合計*	514216	532328	511810
分娩	9月の合計	44865	46404	45052
	一病院あたり平均	34.0	41.2	42.9
	標準偏差	28.7	33.2	32.9
	合計		4910	5689
産科医	一病院あたり平均		4.7	5.6
	標準偏差		3.7	4.6
	産科医一人あたり分娩数		9.5	7.9

*人口動態統計における各月の出生数をもとに本研究データから推計

表 1・2 我が国における分娩実施診療所の基本統計

		年		
		2005	2008	2011
分娩診療所	合計	1612	1441	1327
	推計年間合計*	461287	490893	457928
分娩	9月の合計	40247	42792	40309
	一診療所あたり平均	25.0	29.7	30.4
	標準偏差	19.3	21.1	20.8
	合計		2240	2126
産科医	一診療所あたり平均		1.7	1.7
	標準偏差		1.0	1.1
	産科医一人あたり分娩数		19.1	19.0

*人口動態統計における各月の出生数をもとに本研究データから推計

表 1・3 分娩実施病院の分娩数、産科医数、産科医一人分娩数のジニ係数

	2005	2008	2011	P1	P2
分娩	0.425	0.402	0.395	0.01	0.536
産科医		0.375	0.389		0.27
産科医一人あたり分娩数		0.330	0.357		0.022

ジニ係数は施設間での値の変動に応じて0(完全な平等)から1(完全な不平等)まで変化する

P1: 2005-2011の差に関するP値

P2: 2008-2011の差に関するP値

表 1・4 分娩実施診療所の分娩数、産科医数、産科医一人あたり分娩数のジニ係数

	2005	2008	2011	P1	P2
分娩	0.410	0.376	0.366	<0.001	0.304
産科医		0.272	0.285		0.153
産科医一人あたり分娩数		0.349	0.343		0.524

ジニ係数は施設間での値の変動に応じて0(完全な平等)から1(完全な不平等)まで変化する

P1: 2005-2011の差に関するP値

P2: 2008-2011の差に関するP値

表 1・5 帝王切開率で層別化した病院群における平均分娩数、産科医数、産科医一人あたり分娩数

	帝王切開率*	平均 (標準偏差)			2011-2005	2011-2008
		2005	2008	2011	差 %	差 %
Deliveries	低	31.7 (32.0)	37.9 (36.0)	40.7 (37.3)	28.4	7.4
	中	40.4 (29.6)	47.7 (32.7)	48.6 (32.0)	20.4	1.9
	高	29.9 (22.7)	39.4 (28.5)	40.2 (28.6)	34.1	1.9
Obstetricians	低		3.4 (2.3)	3.9 (2.8)		16.8
	中		4.6 (3.0)	5.4 (3.6)		16.2
	高		6.1 (4.9)	7.5 (6.0)		21.6
Deliveries per obstetrician	低		11.2 (7.2)	10.8 (7.9)		-3.6
	中		11.1 (5.9)	10.2 (5.9)		-8.2
	高		7.5 (4.6)	6.8 (5.0)		-10.3

*全分娩に占める帝王切開の割合によって分娩病院を均等数の3分位に分けたすべての数値はその年9月の件数および人数

表 1・6 分娩を取りやめた病院数と開始した病院数

	2005 -> 2008		2008 -> 2011	
	n	%	n	%
取りやめ	240	18.2	116	10.3
開始	45	4.0	41	3.9

表 1・7 分娩を取りやめた診療所数と開始した診療所数

	2005 -> 2008		2008 -> 2011	
	n	%	n	%
取りやめ	430	26.7	326	22.6
開始	258	17.9	211	15.9

表1・8. 至適分娩数および産科医数を満たした病院数*

	2008 (N=1126)		2011 (N=1051)	
	n	%	n	%
年間分娩数500以上	408	36.2	403	38.3
かつ産科医数6名/500分娩以上	45	4.0	85	8.1
かつ産科医数8名/500分娩以上	23	2.0	44	4.2

*日本産婦人科学会の基準により分娩数500以上ありかつ産科医数が6から8名/500分娩以上

表2・1 各画像診断機器の台数と撮影回数

		台数			撮影回数		
		2008	2011	変化 (%)	2008	2011	変化 (%)
CT	Single-detector CT	6231	4598	-26.2	409647	190920	-53.4
	Multi-detector CT	5943	8347	40.5	1795809	2185034	21.7
MRI	MRI <1.5 tesla	2635	2529	-4.0	316631	260950	-17.6
	MRI ≥1.5 tesla	2773	3461	24.8	739653	863011	16.7
PET	PET	199	117	-41.2	7085	6601	-6.8
	PET-CT	236	349	47.9	12850	41968	226.6

表3・1 市町村レベルの放射線科医数のジニ係数

	2006	2008	2010	2012
ジニ係数	0.61912	0.61769	0.61961	0.61791
2006年値との差のP値		0.754	0.927	0.83

表3・2 遠隔画像診断の利用に関連する医療機関特性 (病院: n=8,632)

	Odds ratio	95% CI	P
Place			
Metropolis	1		
City	1.319	1.11 - 1.566	0.002
Town/village	1.612	1.257 - 2.068	<0.001
Ownership			
Private	1		
Public	1.916	1.635 - 2.246	<0.001
Diagnostic device			
without CT or MRI or PET	1		
with CT or MRI or PET	16.671	10.668 - 26.052	<0.001
Number of radiologists	1.007	0.983 - 1.033	0.561
Number of beds (per 100 beds)	1.071	1.024 - 1.121	0.003

CI: confidence interval

表3・3 遠隔画像診断の利用に関連する医療機関特性 (診療所: n=101,083)

	Odds ratio	95% CI	P
Place			
Metropolis	1		
City	0.764	0.672 - 0.87	<0.001
Town/village	0.908	0.733 - 1.125	0.376
Ownership			
Private	1		
Public	3.185	2.58 - 3.933	<0.001
Diagnostic device			
without CT or MRI or PET	1		
with CT or MRI or PET	18.777	16.721 - 21.086	<0.001

CI: confidence interval

図 1 A CT、MRI、PET の台数の推移

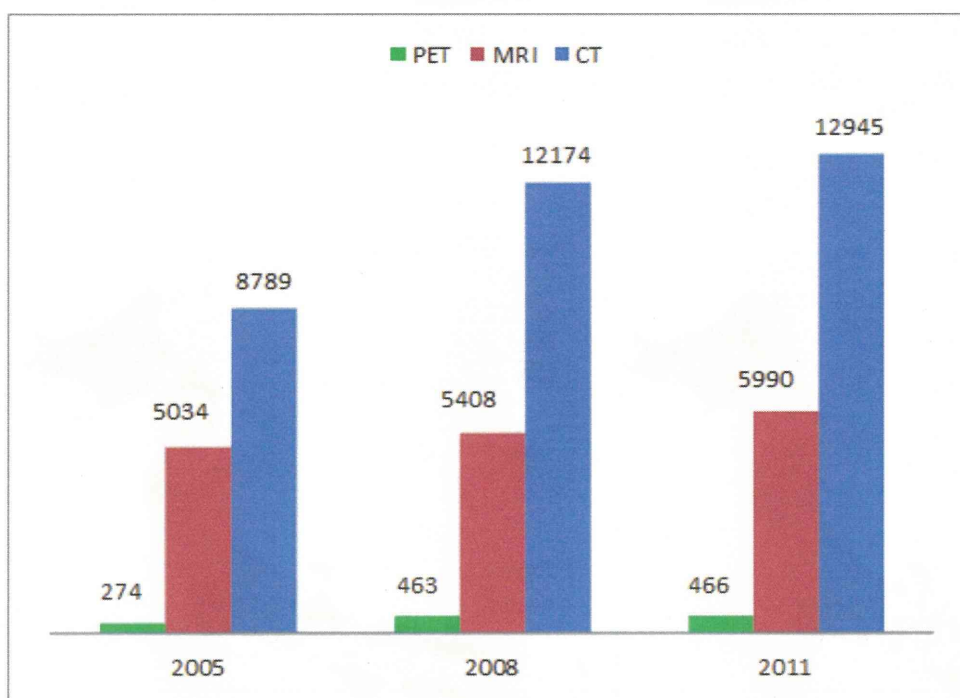


図 1 B CT、MRI、PET の撮影回数の推移

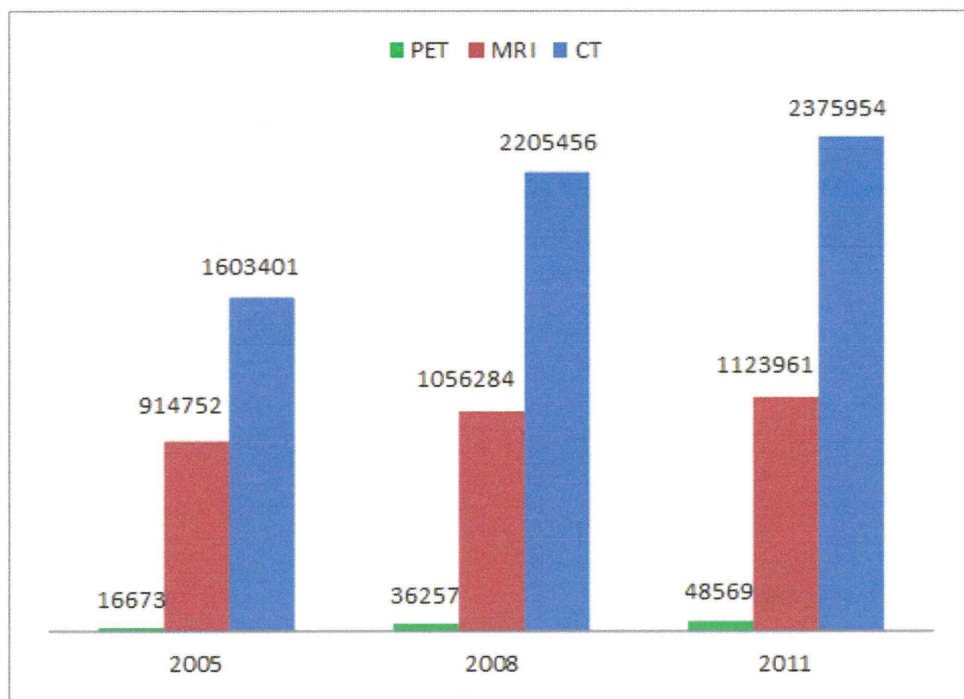


図 2A 市町村ごとの人口と人口密度(平成 23 年)

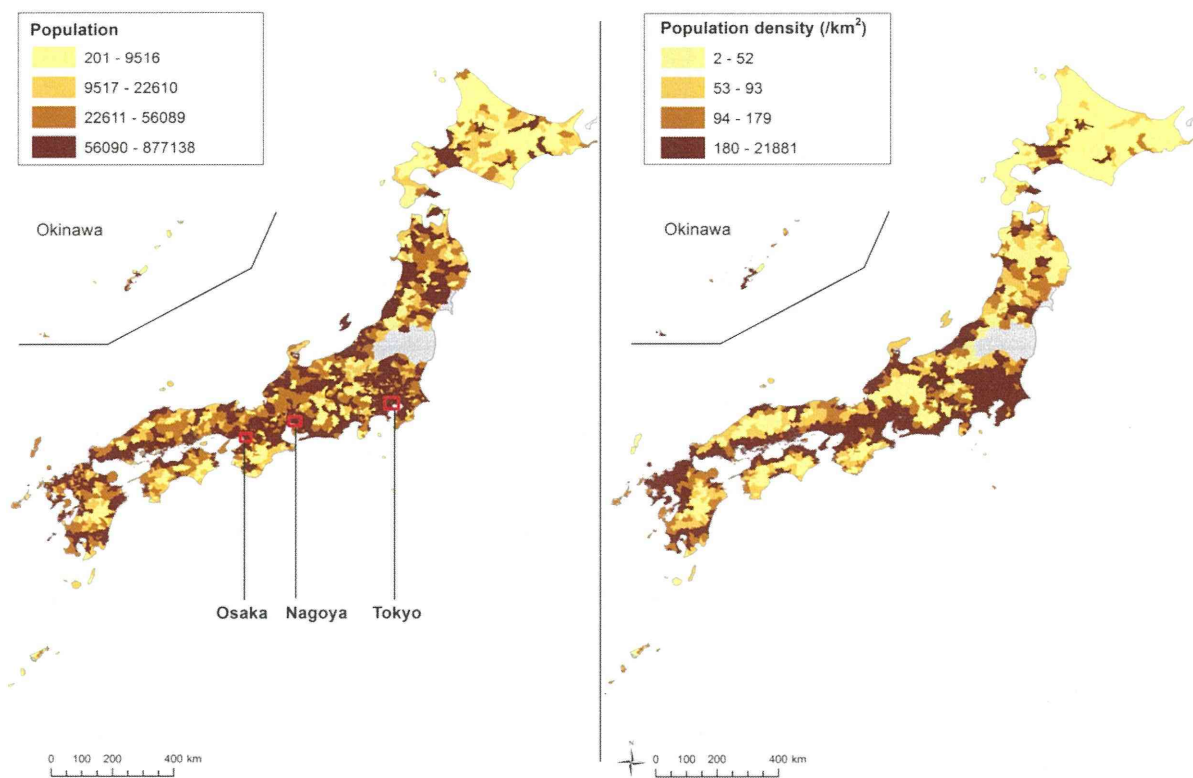


図 2B 市町村ごとの人口 10 万人あたり CT 台数と CT 撮影回数(平成 23 年)

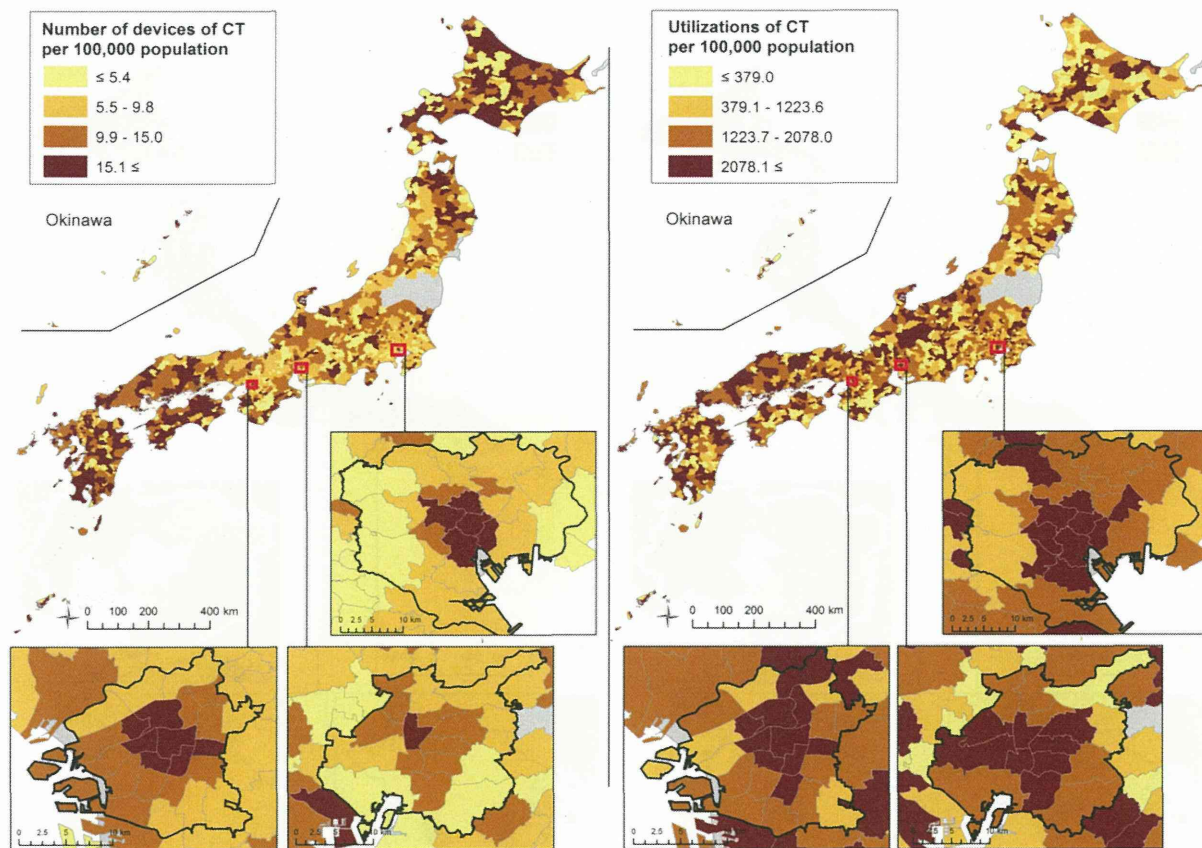


図 2 C 市町村ごとの人口 10 万人あたり MRI 台数と MRI 撮影回数(平成 23 年)

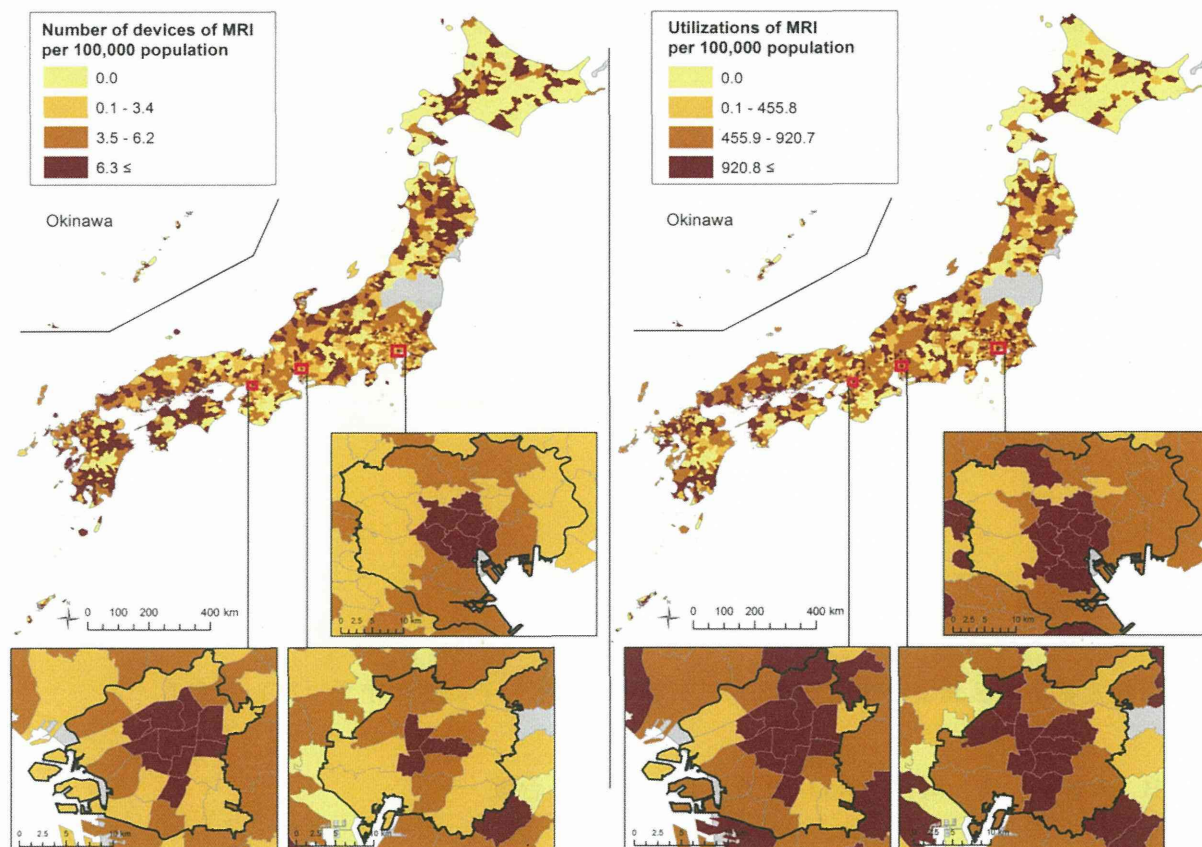


図 2D 市町村ごとの人口 10 万人あたり PET 台数と PET 撮影回数(平成 23 年)

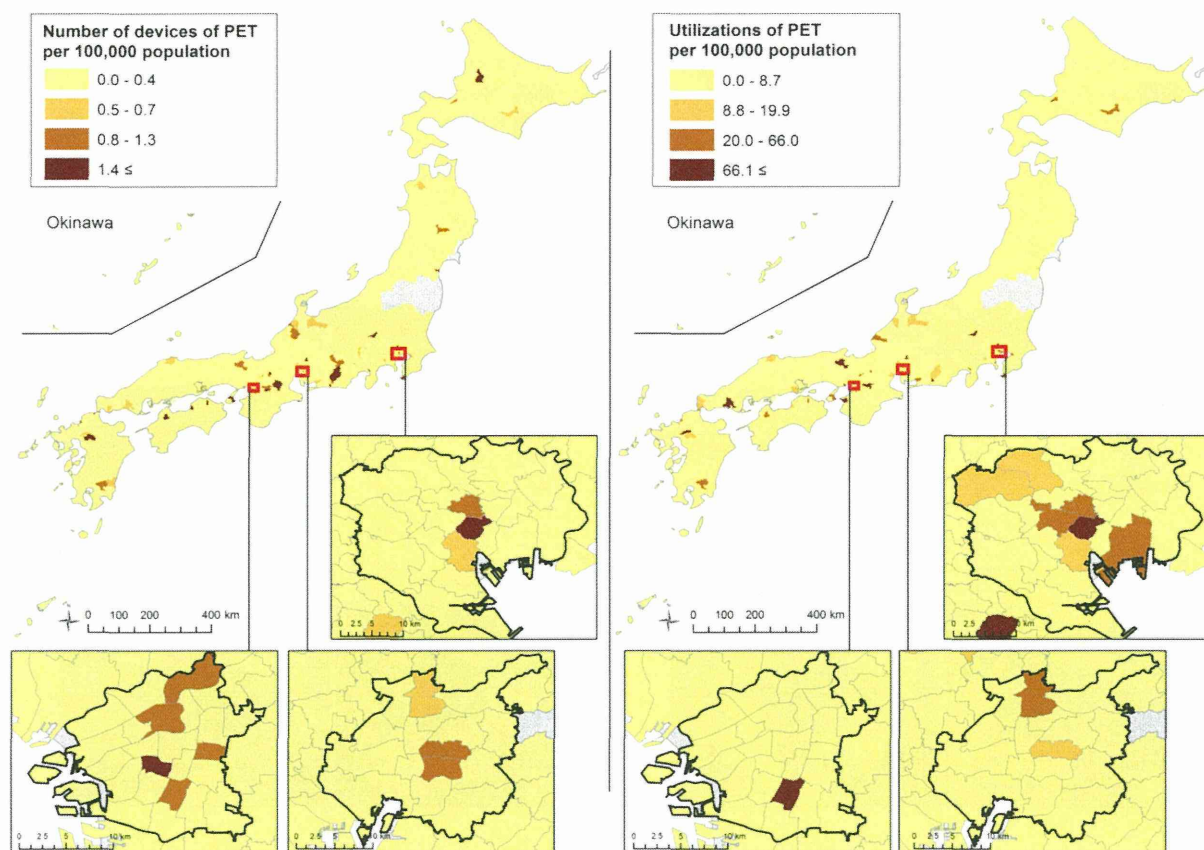
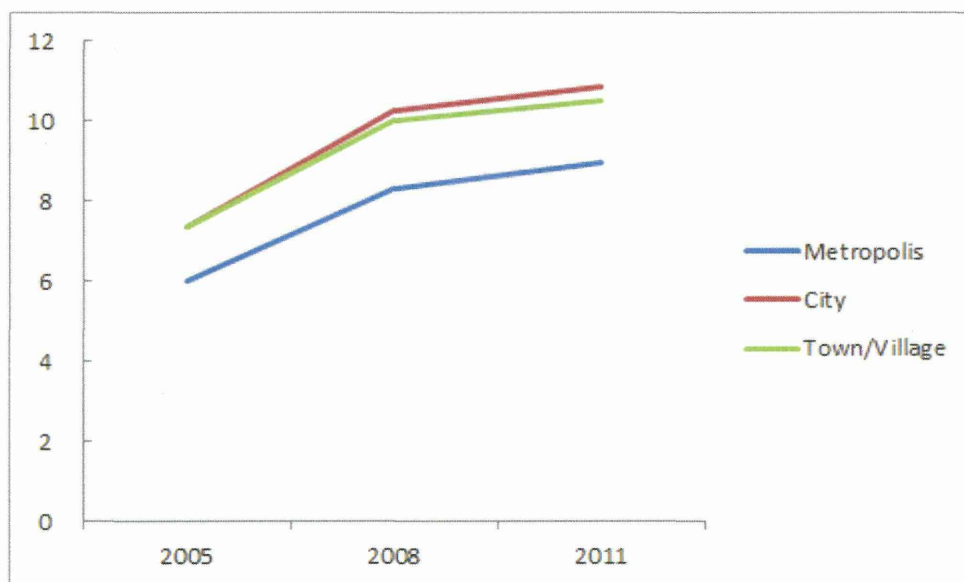


図 3 A 大都市(metropolis)*、市(city)*、町村(town/village)の人口 10 万人あたり CT 台数



* 政令指定都市の区および東京 23 区を「大都市」とし、その他の市を「市」とする

図 3 B 大都市、市、町村の人口 10 万人あたり MRI 台数

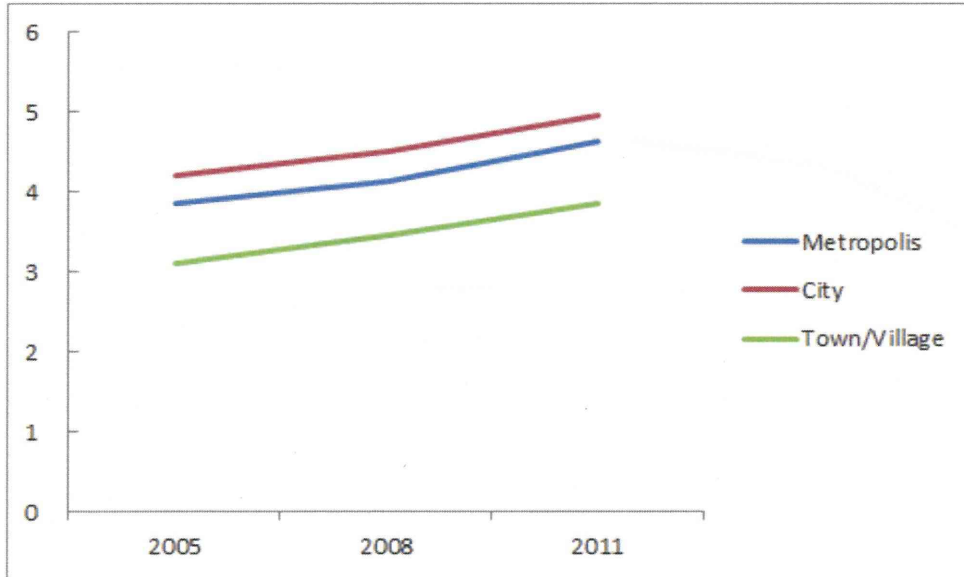


図 3 C 大都市、市、町村の人口 10 万人あたり PET 台数

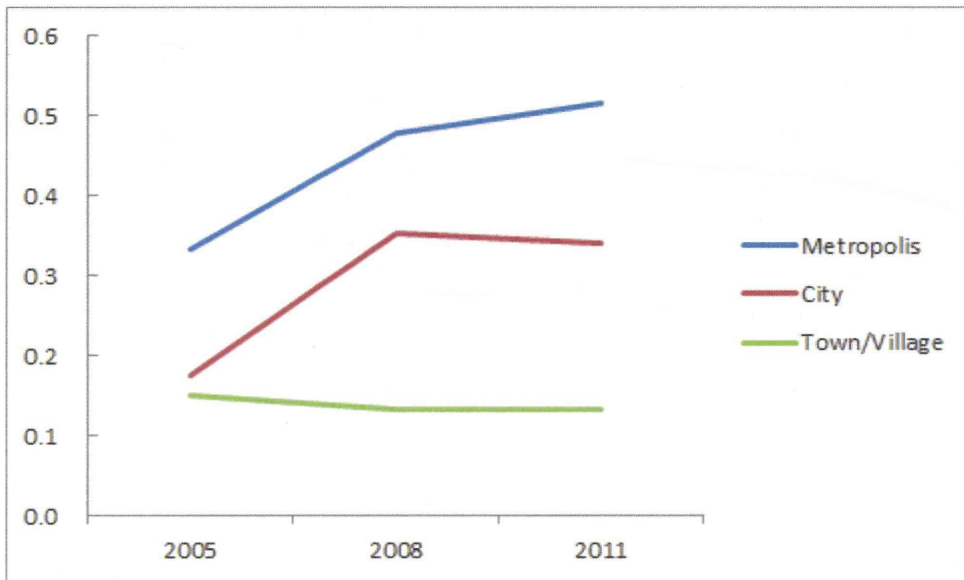


図 4 A 大都市、市、町村の人口 10 万人あたり CT 撮影回数

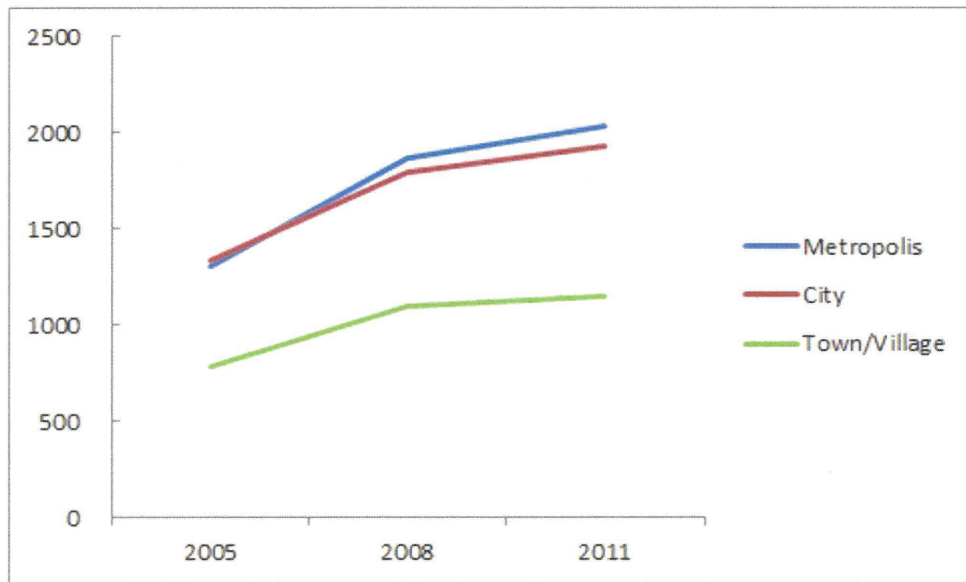


図 4 B 大都市、市、町村の人口 10 万人あたり MRI 撮影回数

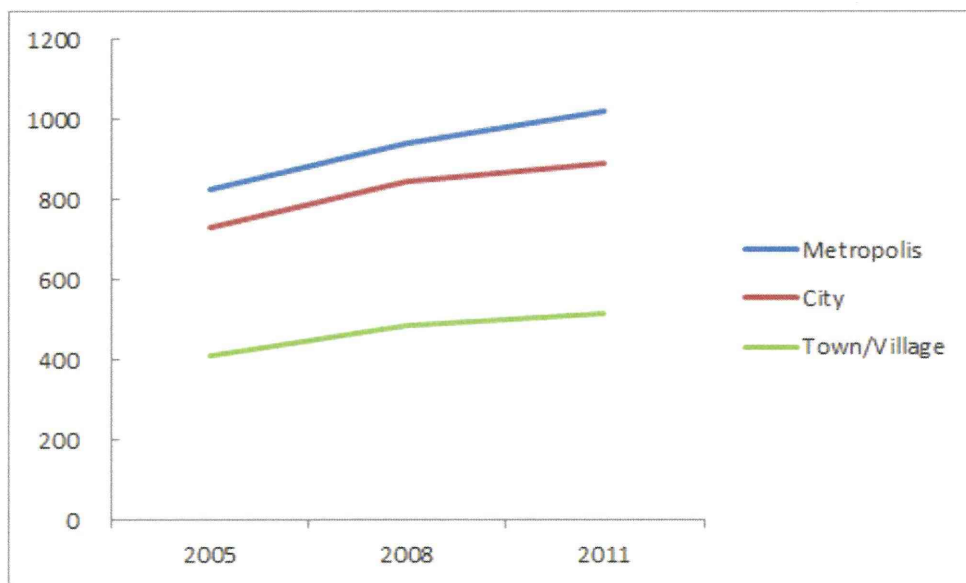


図 4 C 大都市、市、町村の人口 10 万人あたり PET 撮影回数

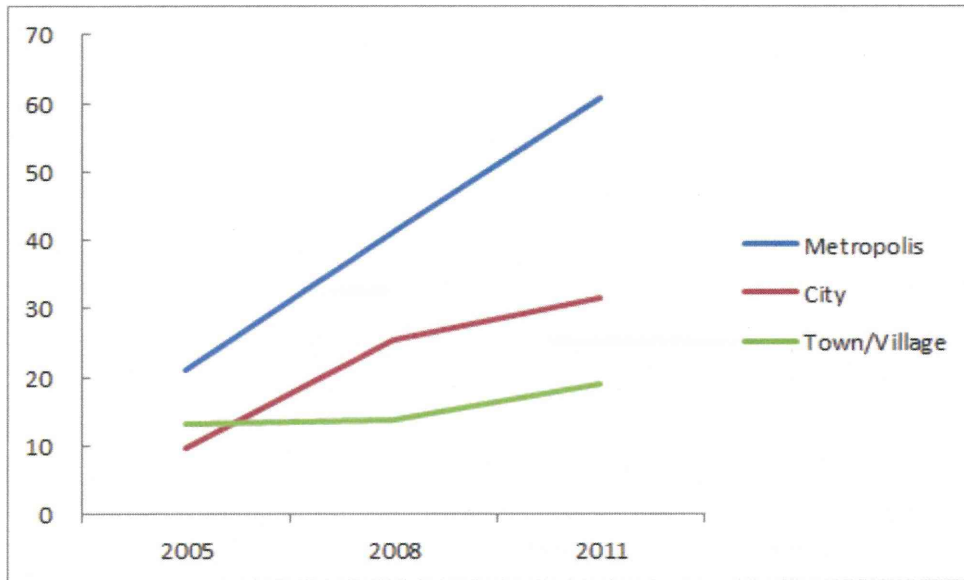


図 5 A 診断機器台数のジニ係数

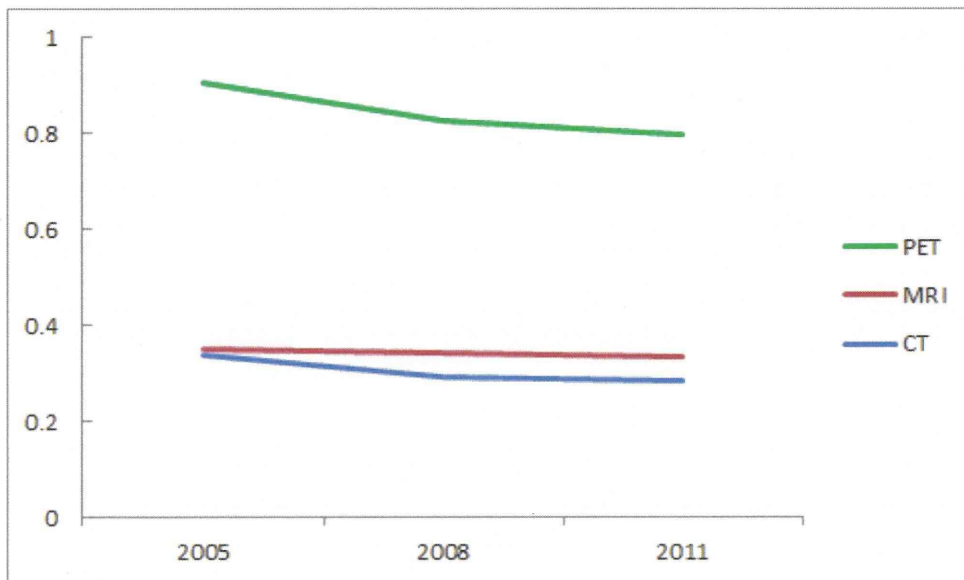


図 5 B 診断機器撮影回数のジニ係数

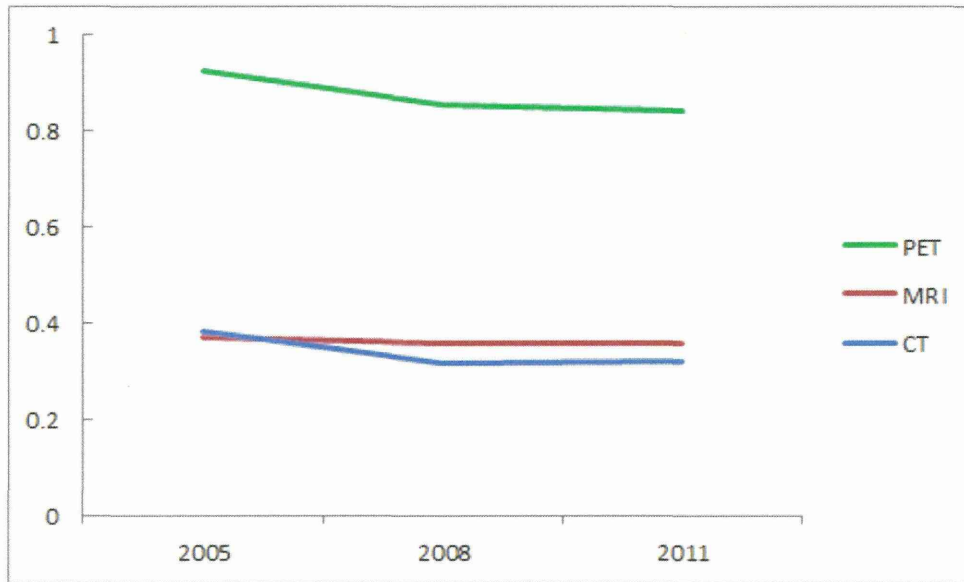


図 5 C 診断機器台数のローレンツ曲線

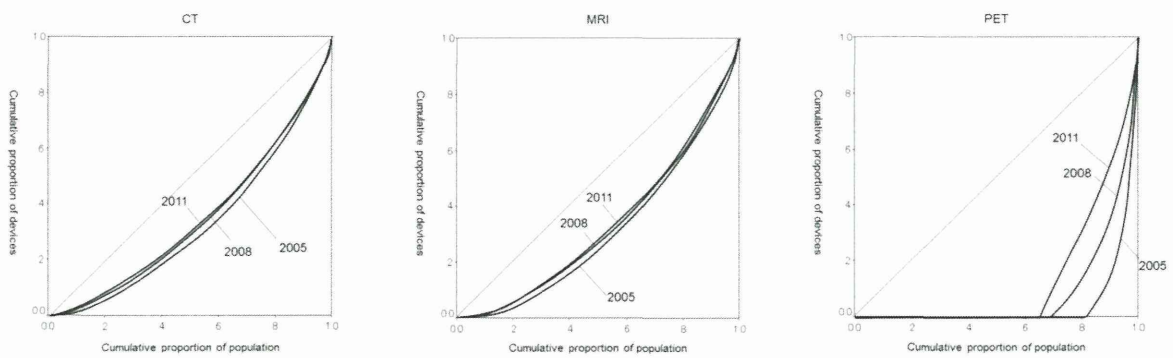


図 5 D 診断機器撮影回数のローレンツ曲線

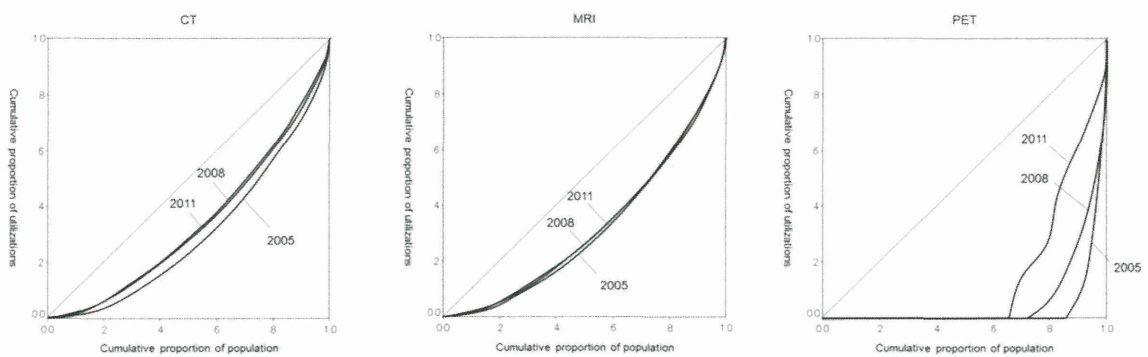


図 6 A 旧式機器台数のジニ係数

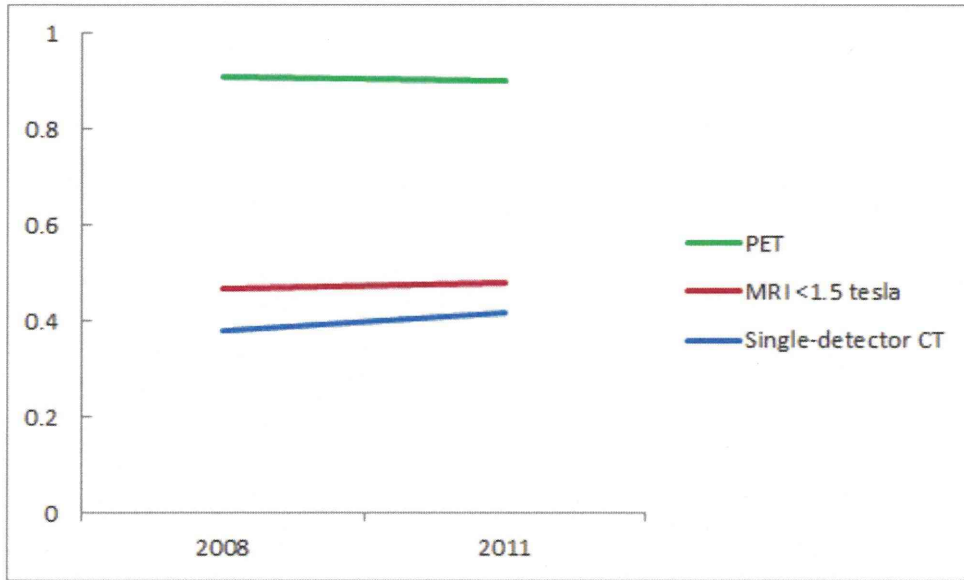


図 6 B 新式機器台数のジニ係数

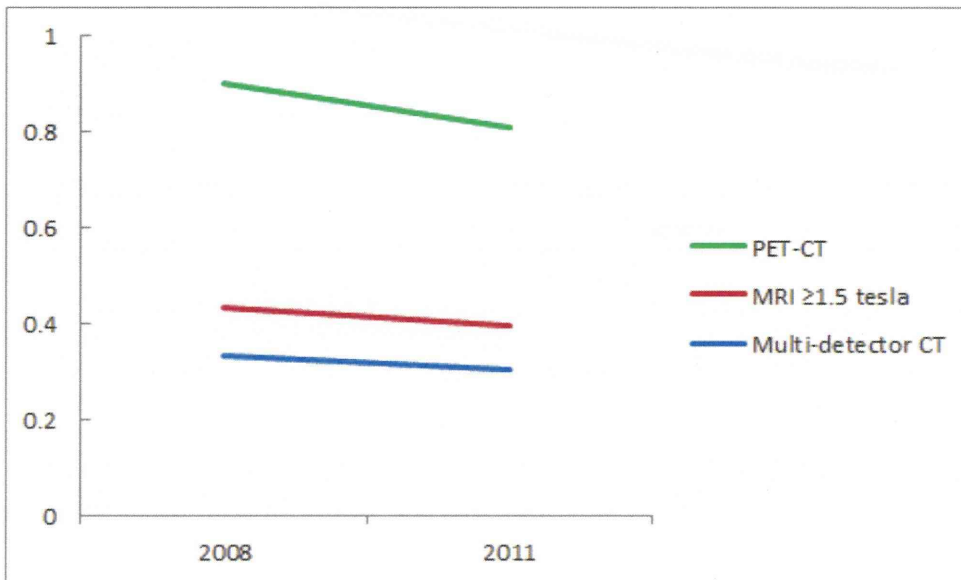


図 6 C 旧式機器台数のローレンツ曲線

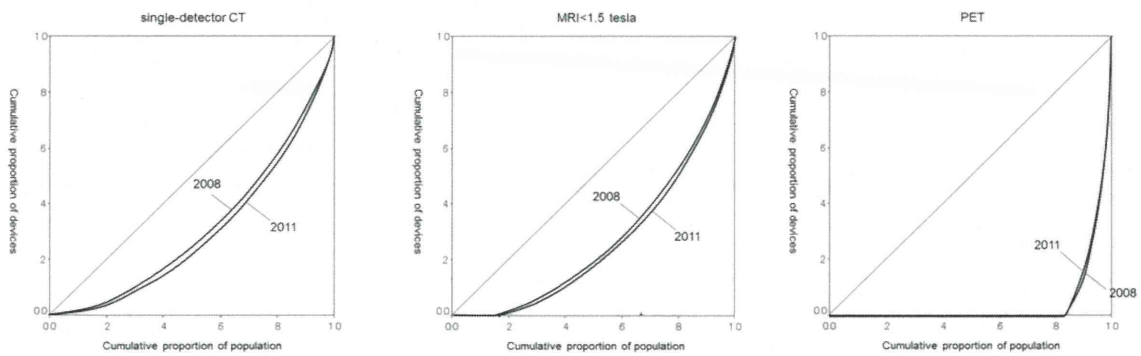


図 6 D 新式機器台数のローレンツ曲線

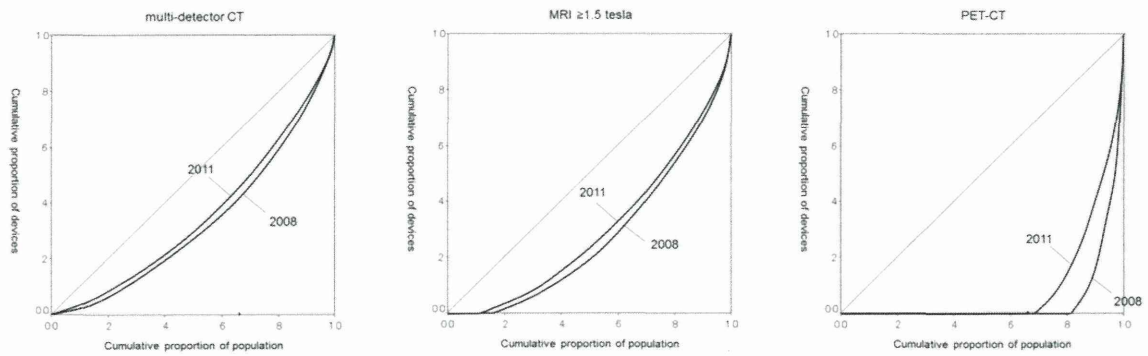


図 7 医師総数(physicians)と放射線科医数(radiologists)の推移

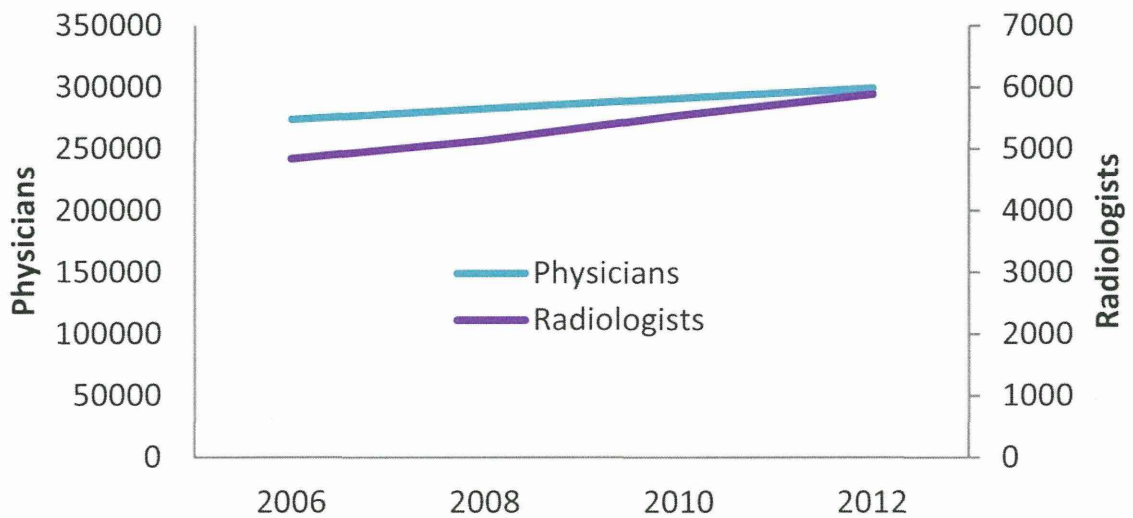
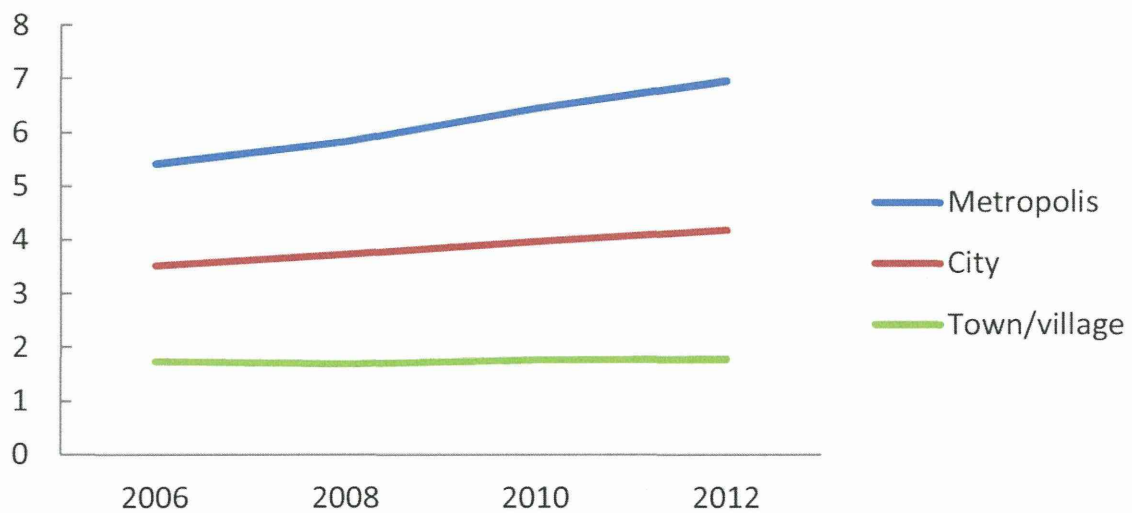


図 8 大都市(metropolis)*、市(city)*、町村(town/village)の人口 10 万人あたり放射線科医数



* 政令指定都市の区および東京 23 区を「大都市」とし、その他の市を「市」とする

図 9 市町村レベルの放射線科医数のローレンツ曲線

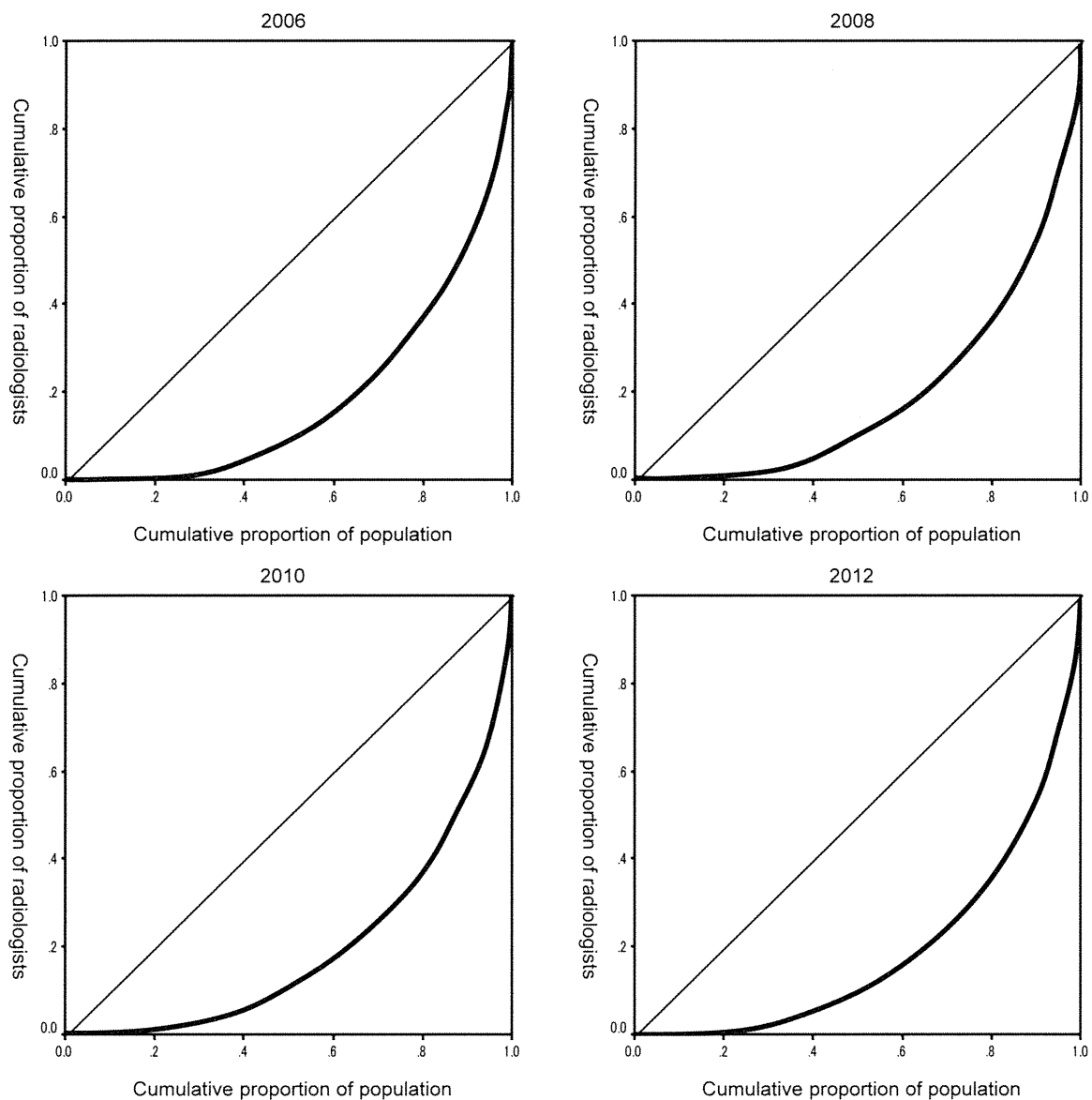


図 10 市町村レベルの放射線科医数と画像診断機器撮影回数とのジニ係数

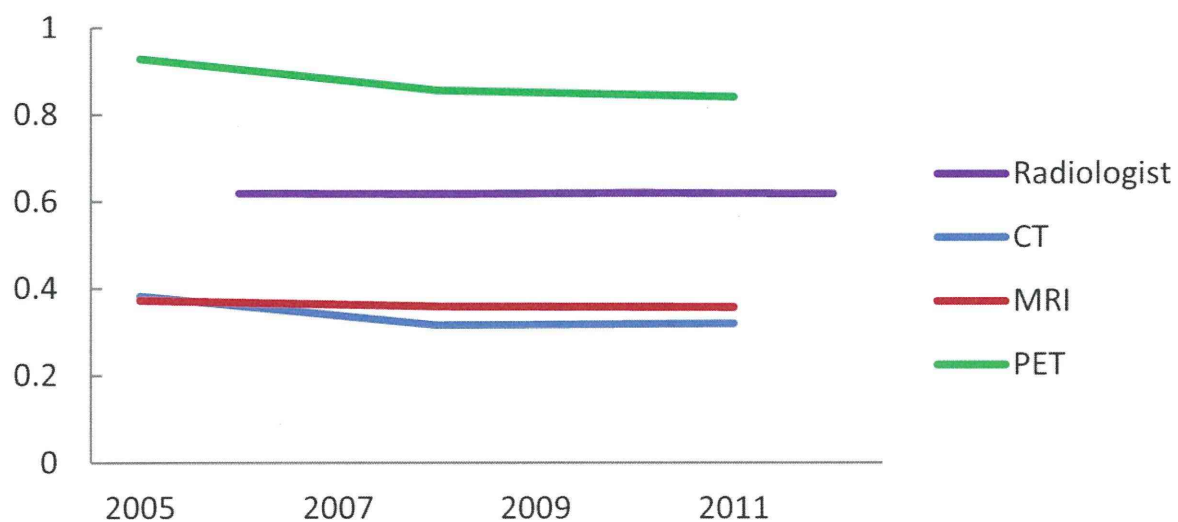


図 1 1 CT および MRI 撮影 1000 件あたり放射線科医数

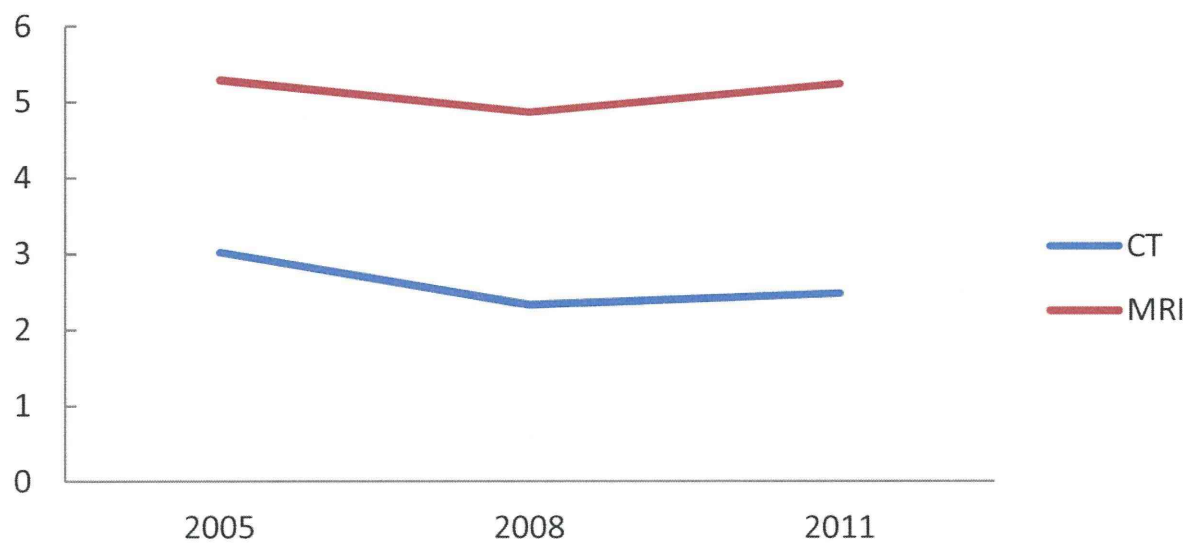


図 1 2 A 大都市(metropolis)*、市(city)*、町村(town/village)の CT 撮影 1000 件あたり放射線科医数