

生態学的研究による CT と MRI に関する テクノロジーアセスメント

磯部隆一

純真学園大学

Technology Assessment on X-ray Computed Tomography Scanners and Magnetic Resonance Imaging Units by Ecological Study

Ryuichi ISOBE

JUNSHIN GAKUEN University

要旨： テクノロジーアセスメントは、テクノロジーの応用による社会的、経済的、倫理的、法的等の短期的及び長期的な帰結を検討する政策研究の一分野である。本研究は、高度医療技術に関するテクノロジーアセスメントの一つの試みとして、重回帰分析を用いた生態学的研究方法により、健康水準や医療経済に与える X 線コンピュータ断層撮影装置 (CT) と磁気共鳴映像装置 (MRI) の供給格差の影響を評価する目的で実施された。OECD 加盟諸国の2008年におけるデータに基づいた線形重回帰分析の結果において、CT と MRI の供給量は男女の平均寿命との間に顕著な正の相関を与えたことから、CT と MRI の供給は国民の健康水準の改善に有効ではないかと思われた。一方で、MRI の供給量は一人当たりの国民医療費との間に顕著な正の相関を示し、MRI の増設は医療支出を増加させ得る可能性が示唆された。

キーワード： テクノロジーアセスメント, 生態学的研究, 重回帰分析, CT, MRI

Abstract: Technology assessment is a form of policy research that examines short- and long-term social consequences (for example, societal, economic, ethical, legal) of the application of technology. As an effort of the technology assessment on an advanced medical technology, this study was performed to evaluate the influence of disparity of the supply of X-ray computed tomography scanners (CT) and magnetic resonance imaging units (MRI) on the health levels and the medical economics by the ecological approach using multiple regression analysis. In multiple linear regression analysis based on the data from OECD member states in 2008, since the supply of CT and MRI gave a significant positive correlation between the average life expectancy of male and female, the supply of CT and MRI was thought would be useful in improving health levels. On the other hand, it was suggested that the increase of the supply of the MRI might increase medical expenses, because the supply of MRI showed significant positive correlation with the total expenditure on health per capita.

Keywords: technology assessment, ecological study, multiple regression analysis, X-ray computed tomography scanners, magnetic resonance imaging units

緒言

テクノロジーが社会にもたらす影響をどのように評価するのかという問題は、環境汚染あるいは軍事技術の開発等を背景に、1960年代の米国でテクノロジーアセスメント (Technology Assessment: 以下、「TA」と略) として概念化された¹⁾。1965年、米国下院の“Committee on

Science and Astronautics”の審議中に初めてTAという言葉が公的に用いられ²⁾、以来、分野や対象によって様々な定義されてきたTAであるが、「テクノロジーの応用による社会的、経済的、倫理的、法的等の短期的及び長期的な帰結を検討する政策研究の一分野である」という定義³⁾が共通するところであろう。

さて、近年目覚ましい技術革新により医療サービスを大きく変化させてきた医療機器について、その健康、社会、経済等に与える影響は正しく評価

されているだろうかという疑問がある。医療技術の開発、普及、用途に関し予想される医学的、社会的、経済的、倫理的、法的等の結果を研究し医療政策決定に役立てようという取り組みは、ヘルステクノロジーアセスメントまたはメディカルテクノロジーアセスメントと呼ばれ、近年、欧米諸国において様々な方法論が開発されてきた⁴⁾。人命に直接係わる医療においては「評価なくして医療なし」の原則のもと、検査、治療、予防、及び情報システムを含めた支援組織等、全ての技術がTAの対象と考えられている。

我が国では1960年代後半に米国からTAの概念が輸入されて以来、各省庁の中でTAの試みが種々提案されてきた⁵⁾。医療分野においては、厚生省が平成2年厚生白書の中でメディカルテクノロジーアセスメントという言葉を用いて「医療技術や機器についてその有効性、安全性のみならず経済性や倫理などの面も含めて包括的に評価するもの」と定義し⁶⁾、中央社会保険医療協議会による診療報酬制度における医療評価等が行われてきている。

医療のイノベーションの中核として医療機器及び医療機器産業の一層の進展が期待されている^{7,8)}ところであるが、我が国の医療政策は医療技術の普及と利用に関しては自由放任主義的な対応をとってきたという批判が以前からなされている⁹⁾。事実、我が国ではCTが先進諸国の中でも突出して潤沢に導入され¹⁰⁾、CT多用によるX線被曝の発がんリスク等が懸念されている^{11,12)}にもかかわらず、普及の背景に関する科学的根拠をもった論証は皆無と言ってよい。CTと同様にMRIの人口100万人当たりの供給量も世界一であるが、この事実については、MRIの購入を決める前に効率性や効果について公式な評価が行われていない結果であると指摘されている¹³⁾。

CTやMRIの臨床応用の成績は近年頻繁に報告されているが、アセスメントに関する研究報告の多くは技術評価に留まるアドホックな研究が専らであり^{14a-14d)}、医療のアウトカムに対する有効性や社会的・経済的影響等、包括的な評価は、システマティックレビューの形式によって、ようやくその緒に就いたばかりの観がある^{15a-15c)}。

そこで、本研究は、高度医療技術に関するTA

の一つの試みとして、我が国で潤沢に所有されているCTとMRIに着目し、それらの供給格差が各国の健康水準と医療経済に影響を与えているかどうかの評価を、様々な医療制度を有するOECD加盟国を対象に、重回帰分析を用いた生態学的研究手法によって行った。

1. 方法

1.1 調査対象

OECD Health Data 2011¹⁰⁾、及び総務省統計局世界の統計2011¹⁶⁾に記載された、OECD加盟国34ヶ国の2008年における諸データを対象とした。2008年のデータがない場合は、直近のデータを採用した。

1.2 重回帰分析に供する変数の選択

重回帰分析に供する変数は以下のとおりとした。健康水準の指標として女性及び男性の平均寿命（以下、「寿命女」、「寿命男」と略）を、高度医療技術の普及指標として人口100万人当たりのCT及びMRIの所有台数（以下、「CT」、「MRI」と略）を選択した。また、国民の経済的な豊かさの指標として国民一人当たり名目国民所得（以下、「所得」と略）を、医療経済の指標として国民一人当たり医療費（以下、「医療費」と略）を、医療労働力の指標として人口1000人当たりの実働医師数と実働看護師数（以下、「医師数」、「看護師数」と略）を、医療資本の指標として人口1000人当たりの総病床数（以下、「病床数」と略）を、衛生環境と文化レベルの指標として出生1000人当たりの乳児死亡率（以下、「乳児死亡率」と略）を、それぞれ選択した。選択した変数については二変数間の相関係数を求め交絡をあらかじめ予測し、重回帰分析の回帰モデルを設定した。

各変数とその略号を表1に、各変数の国別データを表2に、各変数の記述統計量を表3に、及び二変数間の相関係数を表4に、それぞれ示す。

1.3 重回帰分析

1.3.1 寿命を目的変数とした重回帰分析

寿命を目的変数とした重回帰分析では、CTまたはMRIを説明変数、所得、医師数、看護師数、病床数、及び乳児死亡率を交絡変数として、強制

表1 変数とその略号

変 数	略 号
X-ray Computed Tomography Scanner 台数 (人口100万人対台)	CT
Magnetic Resonance Imaging Unit 台数 (人口100万人対台)	MRI
総国民所得 (国民1人対 \$、名目)	所得
総医療費 (国民1人対 \$、購買力平価)	医療費
実働医師数 (人口1000人対人)	医師数
実働看護師数 (人口1000人対人)	看護師数
総病床数 (人口1000人対台)	病床数
乳児死亡率 (出生1000人対人)	乳児死亡率
平均寿命 (女性、年)	寿命女
平均寿命 (男性、年)	寿命男

表2 OECD 加盟国における各変数の値^{10,16)}

国名	CT	MRI	所得	医療費	医師数	看護師数	病床数	乳児死亡	寿命女	寿命男
Australia	56.0	5.6	38603	3445	3.0	10.2	3.8	4.1	83.7	79.2
Austria	29.6	18.0	41144	4128	4.6	7.5	7.7	3.7	83.3	77.8
Belgium	39.8	7.1	39652	3714	2.9	14.8	6.6	3.7	82.6	76.9
Canada	12.7	6.7	38718	4024	2.3	9.2	3.3	5.1	83.0	78.3
Chile	..	..	..	1092	1.0	0.5	2.3	7.8	80.6	75.1
Czech Republic	13.3	5.0	15651	1839	3.5	7.9	7.2	2.8	80.5	74.1
Denmark	21.5	10.2	52814	4052	3.4	14.8	3.6	4.0	81.0	76.5
Estonia	14.9	8.2	..	1331	3.3	6.4	5.7	5.0	79.2	68.6
Finland	16.5	16.2	42918	3158	2.7	9.6	6.5	2.6	83.3	76.5
France	10.9	6.1	38678	3809	3.3	7.9	6.9	3.8	84.3	77.6
Germany	15.8	7.7	38697	3963	3.6	10.7	8.2	3.5	82.7	77.6
Greece	30.6	19.6	21042	2547	6.0	3.2	4.8	2.7	82.3	77.7
Hungary	7.1	2.8	12048	1495	3.1	6.2	7.1	5.6	77.8	69.8
Iceland	31.3	18.8	24267	3571	3.6	14.8	5.8	2.5	83.0	79.6
Ireland1	14.5	9.0	45563	3784	2.9	12.8	4.9	3.8	82.4	77.8
Israel	8.8	2.1	21900	2142	3.4	5.0	3.6	3.8	83.0	79.0
Italy	30.9	20.0	31638	3059	3.7	6.3	3.8	3.3	84.5	79.1
Japan	97.3	43.1	27672	2878	2.2	9.5	13.8	2.6	86.0	79.3
Korea	36.8	17.6	16698	1736	1.9	4.4	7.8	3.5	83.3	76.5
Luxembourg	26.9	12.4	76745	4451	2.8	11.0	5.6	1.8	83.1	78.1
Mexico	4.2	1.7	9164	892	2.0	2.4	1.7	15.2	77.5	72.7
Netherlands	10.3	10.4	44046	4241	2.9	8.4	4.7	3.8	82.3	78.3
New Zealand	12.4	9.6	23257	2784	2.5	9.7	2.3	5.0	82.4	78.4
Norway	..	..	83998	5230	4.0	14.0	3.5	2.7	83.2	78.4
Poland	10.9	2.9	11968	1265	2.2	5.2	6.6	5.6	80.0	71.3
Portugal	25.8	5.8	18125	2508	3.7	5.3	3.4	3.3	82.4	76.2
Slovak Republic	13.7	6.1	14191	1859	3.1	6.2	6.6	5.9	78.7	70.9
Slovenia	12.4	4.5	..	2451	2.4	7.9	4.8	2.4	82.3	75.4
Spain	13.9	8.8	28397	2971	3.5	4.6	3.2	3.3	84.5	78.2
Sweden	14.2	7.9	46891	3644	3.7	11.0	2.8	2.5	83.2	79.1
Switzerland	32.0	14.0	48950	4930	3.8	14.9	5.2	4.0	84.6	79.8
Turkey	10.6	7.2	13136	902	1.6	1.4	2.4	14.9	75.8	71.4
United Kingdom	7.4	5.6	39282	3281	2.6	9.5	3.4	4.7	81.9	77.8
United States	34.3	25.9	41491	7720	2.4	10.8	3.1	6.5	80.5	75.5

表3 基本統計量

変数	度数	最小値	最大値	平均値	標準偏差	変動係数%
CT	32	4.2	97.3	22.4	18.1	80.5
MRI	32	1.7	43.1	10.8	8.4	77.7
所得	31	9164	83998	33785.3	17831.7	52.8
医療費	34	892	7720	3085.2	1434.4	46.5
医師数	34	1.0	6.0	3.0	0.9	30.0
看護師数	34	0.5	14.9	8.4	3.9	46.9
病床数	31	1.6	8.1	3.5	1.5	41.6
乳児死亡率	34	1.8	15.2	4.6	3.0	64.7
寿命女	34	75.8	86.0	82.0	2.2	2.7
寿命男	34	68.6	79.8	76.4	3.0	3.9

※データの欠損

CT : Chile, Norway MRI : Chile, Norway

所得 : Chile, Estonia, Slovenia

表4 2変数間の相関係数

	CT	MRI	所得	医療費	医師数	看護師数	病床数	乳児死亡率	寿命女	寿命男
CT	1									
MRI	0.786***	1								
所得	0.135	0.173	1							
医療費	0.246	0.382*	0.760***	1						
医師数	0.023	0.087	0.202	0.278	1					
看護師数	0.268	0.194	0.694***	0.716***	0.237	1				
病床数	0.564**	0.509**	-0.089	-0.032	0.084	0.161	1			
乳児死亡率	-0.3	-0.27	-0.44*	-0.41*	-0.51**	-0.51**	-0.398*	1		
寿命女	0.505**	0.455**	0.460**	0.485**	0.324	0.436**	0.293	-0.758**	1	
寿命男	0.381*	0.371*	0.548**	0.578**	0.299	0.482**	-0.02	-0.54**	0.865**	1

*; P<0.05 **; P<0.01 ***; P<0.001

投入法によって分析した。

二変数間の相関係数より、医療費は、目的変数の寿命だけでなく、MRI、所得、看護師数、及び乳児死亡率との間に統計的に有意な比較の強い相関を示し、多重共線性の発生が危惧されるため交絡変数から除外した。

1.3.2 医療費を目的変数とした重回帰分析

医療費を目的変数とした重回帰分析では、CTまたはMRIを説明変数、国民経済、医療労働力、医療資本のそれぞれ代理変数である所得、医師数、看護師数、及び病床数を交絡変数として、強制投入法によって分析した。

1.4 分析結果の評価方法

回帰モデルの適合性は自由度調整済み決定係数 (R_f^2) で検証し、目的変数と説明変数との関係の強さは標準化偏回帰係数 (β) によって定量化し

た。 R_f^2 の検定にはF検定、 β の検定にはt検定を、それぞれ行った。重回帰分析で注意されるべき多重共線性の発生の有無は、分散拡大要因 (Variance Inflation Factor : VIF) 及び条件指数で判断した。統計的な有意水準 (P) は0.05に設定し、統計解析にはSPSS PC版 (v17) を用いた。

2. 結果

2.1 寿命を目的変数とした重回帰分析

2.1.1 CTを説明変数とした結果

CTを説明変数とした分析結果は表5のとおりであった。回帰モデルの適合性は、女性の寿命を目的変数とした場合に $R_f^2=0.658$ 、男性の場合に $R_f^2=0.556$ と高く、かつ統計的に有意であり、多重共線性の発生も認められなかった。

CTの β は、女性で0.393 (± 0.280 , 95%信頼区間)、男性で0.451 (± 0.296 , 95%信頼区間)とそ

表5 寿命を目的変数とし CT を説明変数とした重回帰分析結果

説明変数	寿命女 (N=30) $R_f^2=0.658, F=10.316^{***}$		寿命男 (N=30) $R_f^2=0.556, F=7.050^{**}$	
	β	T 値	β	T 値
CT	0.393	2.895**	0.451	2.920**
所得	0.228	1.460	0.278	1.559
医師数	-0.058	-0.434	0.065	0.433
看護師数	-0.167	-1.058	0.012	0.069
病床数	-0.175	-1.187	-0.447	-2.666*
乳児死亡率	-0.725	-4.296**	-0.473	-2.458*

*: P<0.05 **; P<0.01 ***; P<0.001

表6 寿命を目的変数とし MRI を説明変数とした重回帰分析結果

説明変数	寿命女 (N=30) $R_f^2=0.613, F=8.664^{***}$		寿命男 (N=30) $R_f^2=0.527, F=6.387^{***}$	
	β	T 値	β	T 値
MRI	0.300	2.172*	0.392	2.570*
所得	0.185	1.095	0.218	1.169
医師数	-0.081	-0.575	0.036	0.230
看護師数	-0.103	-0.621	0.086	0.468
病床数	-0.120	-0.781	-0.410	-2.407*
乳児死亡率	-0.739	-4.114***	-0.490	-2.469*

*: P<0.05 ***; P<0.001

それぞれ有意な正の相関を示した。このことは、例えば CT 台数とその標準偏差（人口100万人当たり18.1台）分増えれば、女性寿命がその標準偏差2.2年の0.393倍である0.86年、男性寿命はその標準偏差3.0年の0.451倍である1.35年、それぞれ平均的に増加することを意味している。

2.1.2 MRI を説明変数とした結果

MRI を説明変数とした分析結果は表6のとおりであった。回帰モデルの適合性は、女性の寿命を目的変数とした場合に $R_f^2=0.613$ 、男性の場合に $R_f^2=0.527$ と高く、かつ統計的に有意であり、多重共線性の発生も認められなかった。

MRI の β は女性で0.300（ ± 0.290 , 95%信頼区間）、男性で0.392（ ± 0.288 , 95%信頼区間）とそれぞれ有意な正の相関を示した。このことは、例えば MRI 台数とその標準偏差（人口100万人当たり8.4台）分増えれば、女性寿命がその標準偏差2.2年の0.300倍である0.66年、男性寿命はその標準偏差3.0年の0.392倍である1.18年、それぞれ平均的に増加することを意味している。

2.2 医療費を目的変数とした重回帰分析

表7 医療費を目的変数とし CT を説明変数とした重回帰分析結果

説明変数	医療費 (N=30) $R_f^2=0.580, F=8.993^{***}$	
	β	T 値
CT	0.186	1.240
所得	0.520	3.108**
医師数	0.084	0.689
看護師数	0.288	1.697
病床数	-0.185	-1.247

: P<0.01 *; P<0.001

医療費を目的変数とした重回帰分析の結果は表7及び表8のとおりであった。

CT を説明変数とした回帰モデルでは、 R_f^2 は0.580と高く、かつ統計的に有意であり多重共線性の発生も認められなかったことよりモデルの適合性は満足されたが、表7のとおり、CTの所有台数は医療費との間に有意な相関を示さなかった。

MRI を説明変数とした回帰モデルでは、 R_f^2 は0.668と高く、かつ統計的に有意であり多重共線性の発生も認められなかったことより、モデルの適合性は満足された。MRI の β は0.369（ ± 0.249 , 95%信頼区間）であった。このことは、例えば

表8 医療費を目的変数としMRIを説明変数とした重回帰分析結果

説明変数	医療費 (N=30) $R^2=0.668, F=12.646^{***}$	
	β	T 値
MRI	0.369	2.881**
所得	0.456	3.025**
医師数	0.067	0.621
看護師数	0.324	2.170*
病床数	-0.275	-2.140*

*, P<0.05 **; P<0.01 ***; P<0.001

MRI 台数とその標準偏差（人口100万人当たり8.4台）分増えれば、医療費がその標準偏差 \$ 1434.4 の0.369倍である \$ 529.3平均的に増加することを意味している。

3. 考察

3.1 CTとMRIの供給格差と健康水準

CTを説明変数とした回帰モデルと比較したとき、MRIを説明変数とした回帰モデルでは R^2 と β はそれぞれ若干低くなったが、寿命との関係の強さについては同様の傾向が認められた。

CTとMRIの供給量は国の経済力の代理変数とも思われるが、男女の平均寿命に対して統計的に有意な正の相関が得られたのは、医療技術の高度な進展が長寿社会を実現するという一般通念に一つの疫学的根拠を与えることとなった。

さて、ここで、本研究の結果を考察する上で留意すべき二つのポイントについて整理しておく。一つは、これらの結果はあくまで全体としての傾向を示したものであること。もう一つは、CTとMRIに関する臨床上での知見は考慮されていないことである。

前者については、どの先進国よりも高水準な医療技術と医療費支出を誇る米国において、寿命や乳児死亡率等の公衆衛生指標が低い水準にあること、あるいは、一般的に医療は労働集約的な傾向がある中で、CTやMRIだけでなく人口1000人当たり病床数も突出して多く供給され、資本集約的と見なされている我が国の医療環境があること¹⁷⁾等、表2のデータから読み取れる幾つかの例外が挙げられる。

生態学的研究は全体としての傾向から仮説を提示するのには適しているが、個人をはじめ個々の

集団に対して当てはまるとは限らない「生態学的誤謬」¹⁸⁾が発生する。しかし、翻れば、当てはまらない部分には何らかの固有の問題が含まれている可能性があり、今後は個々のレベルに踏み込んだ研究をデザインし、生態学的傾向の考察を補完していくべきと思われる。

後者については、画像診断における偽陽性のリスクが典型的であろう。我が国ではがん検診の受診率の低さが問題視されているところであるが、米国立衛生研究所 Crosswell らのグループは、多様ながん検診の偽陽性率の高さを大規模な無作為化比較試験（randomized controlled trial : RCT）によって明らかにし注目された¹⁹⁾。さらに同グループは、低線量CTによる肺がん検診の高い偽陽性率をRCTにより改めて示し、肺がんの標準検診法との期待に対し疑問を投げかけた²⁰⁾。

本研究はCTとMRIの供給量のみを焦点を当てているが、偽陽性リスクは被験者に対し新たな侵襲性の高い検査を課すリスクともなるため、供給量ばかりではなく適正な使用頻度についても検討する必要が認められた。

3.2 CTとMRIの供給格差と医療経済

まず、CTと医療費との間に有意な相関が認められなかったことから、CTの保有台数の増分が医療費に影響を与えるとは必ずしも言えないことが分かった。

一方、MRIと医療費との間に統計的に有意な正の比較的強い相関が認められた結果は、MRIの増設が医療支出を増加させ得るという可能性を示唆するものであった。

例えば、我が国において、CTは汎用機が市場の中心であるが、MRIの市場は上位機種が中心である。また、MRIはCTより普及率が明らかに低く、ランニングコストや保守管理契約料金は一般的にMRIがCTより明らかに高額である²¹⁾。すなわち、CTが今以上に増設されることと比較し、MRIの増設は、市場及び医療経済に与える影響が大きいと推測される。画像診断機器の生体影響に関する文献調査の結論として、MRIの安全性と診断効果から、CTに限らず侵襲性のある画像診断からのMRIへの代替が推奨されている²²⁾。しかしながら、現実には、特にCTからの代替が進

まないのは、やはり医療提供側の経済的負担増の回避が原因と思われた。

言うまでもなく、画像診断装置の供給量増加は使用頻度の増大につながり、結局は国民医療費の増加へと反映される。医療技術の供給量と医療費負担の因果関係を論じた報告は、先進諸国の医療制度の問題として発信される例が多い²³⁾。医療経済学の立場からだけでなく、米国放射線科認定委員会からも、診断や画像誘導治療のための CT や MRI の過剰利用は不当なコストであるとの指摘があり²⁴⁾、2009年の“National Healthcare Summit”における主要議題とされた²⁵⁾。

したがって、我が国の CT と MRI の突出した供給量が結果としてどれほど不当なコストを生み出しているのかに関する研究も、今後は必要になると思われた。

4. 結語

OECD は先頃、日米欧等の経済見通しの中でユーロ圏全体が景気後退に入ったとの見方を示し、2012年は日米欧全ての国の経済成長率がマイナスとなる悲観的シナリオを発表した²⁶⁾。このように、国内総生産が今後かつてのように増加しない状況下で、国民の健康水準を維持・向上させるために、増加する医療費を誰がどのように負担していき、どのように分配していくかを設計することは、今世紀の世界共通の喫緊の課題と言ってもよいだろう。医療における TA は、まさに問題解決の有力なツールの一つではないかと思われる。

CT や MRI という高度医療技術の普及は、先進諸国における三大死因である悪性新生物、心疾患、脳血管疾患の早期発見・早期治療に有用であり、ひいては寿命の延長に寄与するに違いないとの社会通念がある。一方で、医療関連支出の増加をもたらしている主因の一つは医療技術の開発・普及であるとの医療経済学の論説が広く支持されている。

本研究の目的は、CT と MRI の供給量と健康水準や医療経済との因果関係の解明ではなく関係の強さの評価にあったが、その結果、調査の対象が OECD 諸国に限定されているものの、前述の社会通念あるいは医療経済学的論説が決して誤りとはいえない一つの新たな疫学的根拠を与えることができた。

生態学的誤謬という本研究の方法論上の制約を認識した上で、今後は、調査対象及び回帰モデルを吟味し、個々のレベルにまで踏み込んだ一層有用な研究をデザインしていく計画である。

【参考文献】

- 1) 春山明哲 (2007), 科学技術と社会の「対話」としての「議会テクノロー・アセスメント-ヨーロッパの動向と日本における展望-」, レファレンス, 2007; 平成 19 年 4 月号, 83-94.
- 2) Goodman CS, Introduction to Health Technology Assessment, <http://www.nlm.nih.gov/nichsr/hta101/hta101.pdf>.
- 3) Banta D, What is technology assessment? Int J Technol Assess Health Care, 2009; 1: 7-9.
- 4) Townsend J, Buxton M, Harper G, Prioritisation of health technology assessment. The PATHS model: methods and case studies, Health Technology Assessment, 2003; 7 (20) : 3-16.
- 5) 吉澤剛, 日本におけるテクノロジーアセスメント-概念と歴史の再構築, 社会技術研究論文集, 2009; 6: 42-57.
- 6) 厚生省, 「厚生白書平成 2 年」第 1 編第 2 部第 5 章第 1 節 1.
- 7) 厚生労働省, 医療機器産業ビジョン, 2003 年 3 月 31 日.
- 8) Littell CL, Innovation In Medical Technology: Reading The Indicators, <http://content.healthaffairs.org/content/13/3/226.full.pdf>.
- 9) 久繁哲徳, テクノロジー・アセスメントによる医療技術の普及過程にする評価と医療政策への影響に関する国際比較, Health Research News, 1995; 9: 5-8.
- 10) OECD, OECD Health Data 2011-Frequently Requested Data, http://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=HEALTH_STAT. Accessed, 9 Oct. 2011.
- 11) Gonzalez AB, Darby S, Risk of Cancer from Diagnostic X-rays: Estimates for the UK and 14 Other Countries, Lancet, 2004; 363: 345-351.
- 12) Brenner DJ, Hall EJ, Computed Tomography ? An Increasing Source of Radiation Exposure, N Engl J Med, 2007; 357: 2277-2284.
- 13) 久繁哲徳, 医療のテクノロジー・アセスメント, 病院, 1993; 52:394-401.
- 14) 14a-14d の文献を例として挙げる :
14a Pandharipande PV, Choy G, del Carmen MG, et al., MRI and PET/CT for triaging stage IB clinically operable cervical cancer to appropriate therapy: decision analysis to assess patient outcomes, AJR Am J Roentgenol.

- 2009; 192 (3) : 802-814.
- 14b von Ziegler F, Costa MA, The role of CT and MRI in the assessment of peripheral vascular disease, *Curr Cardiol Rep*, 2007; 9 (5) : 412-419.
- 14c Frank SJ, Chao KS, Schwartz DL, et al., Technology insight: PET and PET/CT in head and neck tumor staging and radiation therapy planning, *Nat Clin Pract Oncol*, 2005; 2 (10) : 526-533.
- 14d Boviatis EJ, Kouyialis AT, Stranjalis G, et al., CT-guided stereotactic aspiration of brain abscesses, *Neurosurg Rev*. 2003; 26 (3) : 206-209.
- 15) 15a-15c の文献を例として挙げる :
- 15a Langer A, A systematic review of PET and PET/CT in oncology: a way to personalize cancer treatment in a cost-effective manner? *BMC Health Serv Res*, 2010; 10: 283.
- 15b Turkelson C, Jacobs JJ, Role of technology assessment in orthopaedics, *Clin Orthop Relat Res*, 2009; 467 (10) : 2570-2576.
- 15c Petherick ES, Villanueva EV, Dumville J, et al., An evaluation of methods used in health technology assessments produced for the Medical Services Advisory Committee, *MJA* 2007; 187: 289?292.
- 16) 総務省統計局, 世界の統計 2011, <http://www.stat.go.jp/data/sekai/pdf/2011al.pdf>. Accessed, 10 Oct. 2011.
- 17) 尾形裕也, 医療と社会, 2002; 12 (2) : 15-25.
- 18) Sedgwick P, The ecological fallacy, *BMJ*; 2011: 343.
- 19) Croswell JM, Kramer BS, Kreimer AR, et al., Cumulative Incidence of False-Positive Results in Repeated, Multimodal Cancer Screening, *Ann Fam Med*, 2009: 212-222.
- 20) Croswell JM, Baker SG, Marcus PM, et al., Cumulative Incidence of False-Positive Test Results in Lung Cancer Screening, *Ann Intern Med*, 2010: 505-512.
- 21) 社団法人日本画像医療システム工業会, 第9回医療システム等の導入状況及び安全性確保状況に関する調査報告書, 2011年.
- 22) Huyse WC, Verstraete KL, Health technology assessment of magnetic resonance, *Eur J Radiol*. 2008; 65 (2) : 187-189.
- 23) OECD, OECD Countries Struggle with Rising Demand for Health Spending, *Health at a Glance 2003*, http://www.oecd.org/document/38/0,3746,en_21571361_44315115_16560422_1_1_1_1,00.html.
- 24) Hendee WR, Becker GJ, Borgstede JP, et al., Addressing overutilization in medical imaging, *Radiology*. 2010; 257 (1) : 240-245.
- 25) American Board of Radiology, Medical Imaging: Addressing Over- utilization in the Era of Healthcare Reform, National Healthcare Summit, <http://www.abrfoundation.org/summit09.html>.
- 26) OECD, OECD Economic Outlook, 2011; 2, <http://www.oecd.org/dataoecd/47/23/49113623.pdf>.