HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	費用最小化分析・費用効果分析・費用便益分析
Author(s)	小笠原, 克彦
Description	基礎講座 臨床経済学の基礎 (2)
Citation	日本放射線技術学会雑誌, 63(5), 516-520
Issue Date	2007-05-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/39555
Type	journal article
File Information	ogasawara_JJRT63-5.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

基礎講座
ー臨床経済学の基礎(2)ー

費用最小化分析・費用効果分析・費用便益分析

北海道大学医学部保健学科
小笠原克彦

1．臨床経済学のフレームワーク；前回の復習

前回，臨床経済学のフレームワークについて概説した．臨床経済学には経済学という単語が入っているが，難しい経済理論を使用するわけではなく，金銭的な効率性の評価費用と結果の両面からみた医療の比較分析であることをご理解いただけたものと思う．前回の要点は次のとおりである．

(1)臨床経済学は医療経済学の一部であり，医療技術評価学といわれることもある．
(2)分析の“立場”を明確にする．
(3)臨床技術のCostとOutcome(結果)を算出し，代替案と比較する．
(4)Costは直接費用と間接費用があり，“立場”により含める費用が異なる．
(5)Outcomeは効果，便益，効用を用いる(Table 1)．
(6)将来の価値を現在価値に換算する“割引”(discounting)を行う．
(7)得られた結果に対して“感受性分析(感度分析)”(sensitivity analysis)を行う．

Table 1に，臨床経済学で用いられる分析手法をまとめたものを示す．前回触れなかったが，Outcomeの評価を行わない場合は“cost analysis(費用分析)”と呼ばれる．また，分析の困難性は，一般的にレセプトデータだけで分析が可能な費用分析が低く，Tableでは下に向かって高くなる．患者の主観的なデータであるQOL(quality of life)を測定する必要がある“費用効用分析”が最も高いことは想像できるであろう．

今回，このフレームワークに基づいて，臨床経済学の各論として，cost minimization analysis(費用最小化分析)，cost effectiveness analysis(費用効果分析)，cost benefit analysis(費用便益分析)について説明したい．

2．費用最小化分析

費用最小化分析は，Outcomeがほぼ同じである医療のなかで，その際に発生するコストが最小となる医療を，人や医療費などの資源の効率的な利用の観点から評価するものである．この方法は，費用効果分析・費用便益分析・費用効用分析と比較して，Outcomeの評価を行わず，費用のみで分析が行えるため比較的簡単に実施することが可能であるが，Outcomeが全く同一なものしか比較できない．医療は身体的なOutcomeの一面だけではなく，社会的，精神的な影響を含めて考慮しなければならないことも多い．Outcomeが不確実なまま，また，分析の立場が異なるまま費用最小化分析を実施した場合，費用抑制のための道具となってしまう可能性があることを理解しなければならない[1, 2]．

例えば，ある部位の癌の画像診断における費用最小化分析を考えることとしよう．画像診断の方法は説明するまでもないが，一般撮影，CT，MRI，超音波，PETなどがある．ここで，患者への検査による身体的な負担を考慮せず，すべてのモダリティにおいて診断結果としてのOutcomeが同じである場合，一番費用が少ないものを選択することになる．もちろん，立場に

Table 1　臨床経済学の分析手法

分析手法	代替案	Outcomeの表現	Costの表現	実施の困難性
費用分析	不要	ー	立場による	低い
費用最小化分析	必要	代替案間のOutcomeが等しい場合に限定	立場による	+
費用効果分析	必要	生存年，救命数など	立場による	++
費用便益分析	必要	金額	立場による	+++
費用効用分析	必要	QALYs	立場による	高い

より算出すべき費用が異なる．しかし，実際上の問題として，費用最小化分析では全く同じOutcomeの症例を集めることは困難である．そこで，類似症例を集め，その症例数を増やすことでBias(情報の偏り)を減らしたうえで平均値による分析を行っている場合がほとんどである．そのため，最近の費用最小化分析の論文では，モダリティ間の診断能の評価を行ったうえで費用最小化分析を試みている場合が多い．では，放射線診療，遠隔医療を例にとり，費用最小化分析の実例を見てみよう．

2-1　放射線診療における費用最小化分析例

10年前の論文になるが，浸潤性の頸部腫瘍の治療前評価について，MRIを施行した群(105例)と，使用しなかった群(141例)での費用最小化分析が行われている[3]．まさに新しい臨床技術としてのMRIが普及した段階での経済評価である．症例の詳細と実施方法については省略するが，この論文では，MRIの実施により全体で$401，ステージIbの患者に関しては$449の費用削減になったと報告している．また2004年の報告例では，膵癌の診断に関して，CT/超音波下での生検，ERCPによる生検，超音波下内視鏡による生検，腹腔鏡下手術による生検の比較が行われている[4]．この論文の興味深いところは，過去の複数の論文を統合して分析したメタ・アナリシスによりそれぞれの手法の診断能を算出し，その数値をもとにCostを計算している点である．その結果，CT/超音波下での生検が$1,405，ERCPによる生検が$1,432，超音波下内視鏡による生検が$3,682，腹腔鏡下手術による生検が$17,711であった．

2-2　遠隔医療における費用最小化分析例

最初に，スペインでの遠隔医療による癌患者のケアに関する論文を紹介する．病院での癌患者のケアの代替案として，病院と24時間の電話回線での支援が可能な遠隔医療システムとの費用最小化分析がなされている[5]．立場は，日本でいうところの支払い基金である．具体的な実施方法は省略するが，同一病院の同一スタッフによるケアにおいて2群間に統計学的な有意差がなく，全体のコストでは64%，一日当たりでは1/3のコスト削減が可能であった．また，薬剤では1/6であったという．また，ニュージーランドでは電話回線による画像転送(123症例)と通院による皮膚科診療(106症例)に関して，randomized control studyという信頼性の高い方法により2群の割付を行い，社会的な視点からの費用最小化分析がなされている[6]．患者一人当たりの全費用では電話回線による遠隔皮膚科診療がNZ$ 34,346であり，通院による皮膚科診療(NZ$ 30,081)に比べやや高かった．これは，画像伝送にかかる初期投資の影響であろう．しかし，患者の通院や待ち時間を考慮した社会的な視点からの費用では，NZ$ 279とNZ$ 283はほぼ同じであり，患者一人当たりの初期投資を除いた費用では，遠隔皮膚科診療の方が低かった．

3．費用効果分析

費用効果分析は，特定のOutcomeの形式に限定されない．代替案と共通のものであれば，治癒率，5年生存率，救命率など，得られたさまざまな臨床上のOutcomeとCostから求められることから，臨床経済学のなかでも最も多く実施されている分析手法である．放射線医学・放射線技術学では，診断率や病変描出率をOutcomeとして，既に多くの報告がなされている[7]．しかし，Outcomeは患者の最終的な結果として位置づけられていることから，診断率や病変描出率などの診断はOutcomeを得るための途中経過であり，間接的なOutcomeに過ぎない，との意見もある[8]．更には，中間的なOutcomeでは，社会の視点による医療技術の価値の評価が難しい，ともいわれている[9]．今後，新たな分析方法を検討する必要があろう．

3-1　割引

ここで割引についてもう一度説明しよう．現在実施されている医療行為は，ほとんどの場合，将来にわたってその医療行為の結果を享受することになる．例えば，生体肝移植の場合，その成果は生存している限り継続して受け続けることになる．また，本稿をお読みの方にお聞きしたいのだが，20年後に受け取る1億円と，今すぐもらえる5,500万円ではどちらを選択するだろうか？　割引率を3%とした場合，その価値はどちらも同じであるが，多くの方は今すぐもらえる5,500万円を選択するのではないだろうか？　このことは「時間選好」といわれており，人間は同じ価値のものであれば，将来よりも今受け取ることを好む傾向にあるといわれている．生命の価値についても同様で，年齢にもよるが，10年後に生きている価値よりも，来年生きている価値の方が大きい人の方が多い．この時間的なズレを補正するのが割引である．n年後の価値と割引率によって，現在価値は以下のように表される．

$$\text{現在の価値} = \Sigma \frac{\text{n年後の価値}}{(1+\text{割引率})^{n}}$$

Table 2では，上の式に具体的な数字を入れたものを示す．毎年100万円の価値を生み出す医療を今実施し

Table 2　割引と現在価値

n年後		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	現在価値（総計）
割引なし		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1,000（万円）
割引あり	割引率：3%	97.1	94.3	91.5	88.8	86.3	83.7	81.3	78.9	76.6	74.4	853.0
	割引率：5%	95.2	90.7	86.4	82.3	78.4	74.6	71.1	67.7	64.5	61.4	772.2

Table 3　感受性分析例
生体肝移植後24カ月目の費用対効用比（医療費/QALY）の感受性分析[11]

変数	最低値（US$）	最高値（US$）	最高値－最低値	感受性分析の幅
総医療費	66,783	104,015	37,232	25〜75 パーセンタイル
入院費用	92,752	99,765	7,013	
手術費用	87,057	98,275	11,218	
注射・点滴	87,054	108,680	21,626	
医療費/QALY	93,295	105,653	12,358	
死亡率	77,314	119,318	42,004	10 〜 –10%
割引率	89,736	94,169	4,433	10 〜 0%

たと仮定しよう．予測する期間を10年とすると，割引なしでは，単純に1,000万円となる．しかし，割引を考慮すると，割引率 3%で853万円，5%で772万円となり，それぞれ“割引なし”と比べて，その総計である現在価値が15%減，23%減となっており，将来価値も1年後の100万円は現在価値で割引率 5%で95万円であるが，同じく10年後の100万円の現在価値は61万円となり，年数が長いほど現在価値が小さくなっていることが理解できよう．では，この割引率はどの値が選択されるのであろうか？　現在の経済理論に一致させるとの意見もあるが，現在の低金利政策の値をそのまま使用したのでは，ほとんど割引の意味をなさない．以前は 1〜6%とさまざまな値が用いられてきたが，ここ10年間で 3%または 5%に定着しているようである．また，関連した医療技術の評価結果との比較検討が必要な場合には，先行研究に一致させることとなるであろう[10]．いずれの場合でも，割引率の感受性分析を行い，値の安定性を確認する必要がある．

臨床経済学では，医療費などのCostだけではなく，上に述べた理由のように予後やQOLなどのOutcomeについても割引を行う．割引を行う期間についてであるが，移植など長期にわたる場合は平均余命を用いる場合が多く，癌など短期的・中期的な寿命延長を評価するものに関しては，5 年生存率に合わせて 5 年間とする場合が多いようである．蛇足となるが，将来にわたって予測する期間を経営学・経済学ではtime horizonということがある．また，割引の概念を発展させたNPV（net present value；正味現在価値）法により企業価値の推計がなされ，株価の予測や企業買収の際の価格が決定されている．

3-2　感受性分析（感度分析）

臨床経済学は，医療技術という不確実性の高い行為を定量的にその経済性を評価しようとするものであることは既に述べたとおりである．実際の分析では，医療を実施した際の患者の状態や医療技術の質などの不確実性だけではなく，将来にわたる患者の予後やQOL，医療費の変化などさまざまな不確定要因が絡み合っていることから，複数の仮説のもとに分析を進めることになる．このことから，不確実性の影響を検討するために一つまたは複数の要因について，感受性分析を実施する（感受性分析は感度分析ともいわれる）．この感受性分析により，他に影響を及ぼす要因を抽出するだけでなく，その影響の度合いを検討することができる．ひとつひとつの要因について独立に感受性分析を行うものを 1 方向感受性分析（one-way sensitivity analysis），要因間の関連が強い二つの要因について同時に分析を行うものを 2 方向感受性分析（two-way sensitivity analysis）という．

感受性分析の例をTable 3[11]に示す．この論文は，われわれの研究グループが北海道大学病院における生体肝移植の費用効用分析を試みたものであり，1 方向感受性分析を実施した．その結果，費用対効用比を上昇させる要因として死亡率が最も高く，次いで注射・点

滴費用であった．一方，費用対効用比を下げる要因として総医療費，次いで死亡率であった．また，最高値から最低値を引いた値が小さいものは割引率，次いで入院費用であった．このことから割引率や入院費用は，分析のなかで多少の値が変動しても全体に及ぼす影響が少ないと考えられた．このように，感受性分析を行うことで，得られた値に対する深い評価を行うことができる．

3-3　増分分析

臨床経済学では，現状の医療技術の経済性を評価するだけではなく，その医療技術の精度が向上した際や，技術を普及させる際のCostも考慮する必要がある．例えば，ある腫瘍のPETとMRIの画像描出率をOutcomeとした費用対効果比を検討した場合，それぞれの費用対効果比により比較することはもちろんであるが，更にそれぞれのモダリティの画像描出率を1%増加させるために追加すべきCostを算出することにより，モダリティ間の精度向上や技術普及の経済性を考慮することができる．この，新たにOutcomeを1単位追加した際に必要となる費用のことを“増分費用（incremental cost）”という．更に，この“増分費用”を用いた費用対効果比を“増分費用対効果比”，この増分費用対効果比での代替案間の比較分析を“増分分析”（incremental analysis）という．臨床経済学でいう“増分費用”を，ミクロ経済学では“限界費用（marginal cost）”と呼んでいる．この二つは定義が若干異なっているが[12]，ほぼ同じ意味と考えてよい．文献によっては，“限界費用対効果比”としているものもある．

3-4　費用効果分析の例

放射線医学・放射線技術学での費用効果分析の報告例は数多い．ここでは，マンモグラフィーの費用効果分析結果を統合した論文について紹介したい[13]．対象は，1989年から2000年までに報告された65歳以下のマンモグラフィーのスクリーニングに関する10論文である．まず，10論文の詳細であるが，分析の予測期間は平均寿命，Effectivenessとしては「30%程度の死亡率の低下」としたものが多い．分析には，マルコフモデルやモンテカルロ・シミュレーションを導入して，予後や経過の推定をしているものがほとんどである．Costはスクリーニング，診断，治療に分けて算出しており，10論文の値はそれぞれ$66～146，$0（National Health Serviceが負担）～2,520，$7,991（手術のみ）～40,475であった．割引率は3%が2論文，5%が5論文，6%が2論文，割引が実施されていないものが1論文であった．どの論文も感受性分析がなされており，4論文で死亡率の減少の影響が大きいと分析されている．10論文を統合した費用対効果比は，65歳でスクリーニングを中止した場合と比べて，その後2年おきのスクリーニングに延長した場合は，年間$34,000～88,000で死亡率を低下させることができるとしている．

4．費用便益分析

費用便益分析は，Outcomeをすべて金銭（通貨）価値に置き換えて評価する．また，その理論的な背景は古くから厚生経済学の分野で研究されてきたものである．Outcomeを金銭で評価するといっても直接評価することは難しく，患者の状態を外から客観的に評価するEffectiveness，または患者の主観的な評価指標であるUtilityという形で得られたOutcomeを金銭に置き換えることになる．また，前回述べたように，OutcomeをBenefitとしてすべて金銭価値に変換するため，直接比較が難しい医療技術間や政策間の比較が可能となる．費用便益分析は，医療に限らず，公共事業や公共政策においても利用される手法であることから，例えば，肺癌患者の減少を目的として，“禁煙教育”と“早期発見のためのCT検診”の比較などが可能となる．費用便益分析では，得られたBenefitからCostを引いた“純便益（net benefit）”と費用対便益比（Cost/Benefit）による比較を行うのが一般的である．

4-1　費用便益分析の例

ここでHarvard大学が発表したプライマリケアでの電子カルテの費用便益分析[14]について紹介したい．CostとBenefitに関するデータの収集は，Harvard大学関連医療機関と過去の文献から行っている．分析の詳細については省略するが，従来の紙カルテと比較して，5年間で放射線検査のオーダーと費用算出ミス・収集ミス等の減少によるnet benefitは$86,400とのことであった．また，1方向感受性分析を行った結果，患者数に影響されるのはもちろんのこと，薬剤と割引率に影響されるとの報告であった．

4-2　仮想評価法

近年，医療の分野においてもcontingent valuation method（CVM：仮想評価法）を応用した費用便益分析の手法が利用され始めている[15～17]．この手法は30年前に森林のレクリエーション価値の計測を行うために環境経済学の分野で開発されたものが，医療に応用されているにすぎない．このCVMであるが，市場形成されていないもの，言い換えると価格をつけることが難しいものを対象に，関係者にwillingness-to-pay（WTP：支払意思額）を尋ね，市場価値を見いだそうとするものである．実際，1989年のタンカーの座礁によ

る原油流出事故の際，CVMにより生態系破壊の損害額が算出されたことがある．CVMの利点としては，金銭価値を利用するため適用範囲が広く，さまざまな価値を評価することができる．一方，問題点としてはアンケートにより意見を聞くため，評価するための情報入手Costが大きい．また，アンケート調査のため，質問表の作成によってBiasが生じやすいことが挙げられる[18]．

4-3 遠隔医療における仮想評価法の分析例

昨年，われわれの研究グループで仮想評価法による小児医療の遠隔医療のBenefitの算出を試みたので，簡単に紹介する[19]．遠隔医療では，患者のOutcomeは遠隔医療システムを使用しなかった場合と同等であることが要求されているため，遠隔医療の経済性の評価では，費用最小化分析が実施される場合が多い．しかし，費用最小化分析では，システム導入や通信費用などの直接費用および通院時間短縮による間接費用のCostのみの評価，つまり別の見方をすると医療のProcessの評価に留まることになる．そのため，安心感など遠隔医療による患者の感じている価値が反映されたBenefitの推計を試みた．都市部の小児科医と急患を診る市中の診療所の間に遠隔コンサルテーションシステムを導入すると仮定し，北海道空知地域のＩ市とM町を対象地域として，そのシステムの価値を2〜5歳の子供を持つ親を対象にWTPの質問を行った．調査・分析の詳細は省略するが，Ｉ市(有効回答者：222人)が3,472円，M町(25人)が3,025円，2市町間の金額に有意差はなし，という結果が得られた．この研究ではM町の方が小児医療における遠隔医療のニーズが高いと予想したが，実際は都市部の方が高いことが明らかになった．現段階ではまだ，CVMによりBenefitを求めたに過ぎないが，今後，Cost算出を行い費用便益分析を試みる予定である．

最後に

今回，費用最小化分析，費用効果分析，費用便益分析について紹介した．本シリーズをまとめるにあたり，改めて放射線技術・医療情報領域の臨床経済学に関する論文を調査しているが，欧米では2000年頃よりその論文数が増加しただけではなく，判断分析やシミュレーション技法を取り入れた複雑な分析が散見されるようになったと感じている．この理由として，高騰する医療費の圧力に対応する必要性が増したことに加え，EBMの普及とそれに伴う臨床疫学に関係する各種ソフトウェアが利用しやすくなったことがあろう．次回は，費用効用分析とQOLの測定について紹介したい．

参考文献

1) 久繁哲徳：最新医療経済学入門−医療システムの抜本的改革に向けて．医学通信社，東京，(1997)．
2) Jefferson T, Demicheli V, Mugford M(酒井弘憲，森田智視訳)：シナリオで学ぶ医療経済学入門．サイエンティスト社，東京，(2000)．
3) Hricak H, Powell CB, Yu KK, et al.: Invasive cervical carcinoma: role of MR imaging in pretreatment work-up −cost minimization and diagnostic efficacy analysis. Radiology, 198(2), 403-409,(1996).
4) Chen VK, Arguedas MR, Kilgore ML, et al.: A cost-minimaization analysis of alternative strategies in diagnosing pancreatic cancer. Am J Gastroenterol, 99(11), 2223-2234,(2004).
5) Subirana Serrate R, Ferrer-Roca O, and Gonzalez-Davila E: A cost-minimization analysis of oncology home care versus hospital care. J Telemed Telecare, 7(4), 226-232,(2001).
6) Loane MA, Oakley A, Rademaker M, et al.: A cost-minimization analysis of the societal costs of realtime teledermatology compared with conventional care: results from a randomized controlled trial in New Zealand. J Telemed Telecare, 7(4), 233-238,(2001).
7) Singer ME, and Applegate KE: Cost-effectiveness analysis in radiology. Radiology, 219(3), 611-620,(2001).
8) Hollingworth W: Radiology cost and outcomes studies: standard practice and emerging methods. AJR, 185(4), 833-839,(2005).
9) 坂巻弘之：やさしく学ぶ薬剤経済学．じほう，東京，(2003)．
10) 武藤孝司：保健医療プログラムの経済的評価法−費用効果分析，費用効用分析，費用便益分析−．篠原出版，東京，(1998)．
11) Ishida K, Imai H, Ogasawara K, et al.: Cost-utility of living donor liver transplantation in a shingle Japanese center. Hepatogastroenterology, 53(70), 588-591,(2006).
12) Gold MR, Siegel JE, Russell LB, et al.(池上直己，池田俊也，土屋有紀 監訳)：医療の経済評価．医学書院，東京，(1999)．
13) Mandelblatt J, Saha S, Teutsch S, et al.: The cost-effectiveness of screening mammography beyond age 65 years: a systematic review for the U.S. Preventive Services Task Force. Ann Intern Med, 139(10), 835-842,(2003).
14) Wang SJ, Middleton B, Prosser LA, et al.: A cost-benefit analysis of electronic medical records in primary care. Am J Med, 114(5), 397-403,(2003).
15) Klose T: The contingent valuation method in health care. Health Policy, 47(2), 97-123,(1999).
16) Diener A, O'Brien B, and Gafni A: Health care contingent valuation studies: a review and classification of the literature. Health economics, 7(4), 313-326,(1998).
17) O'Brien B, and Gafni A: When do the"dollars"make sense? Toward a conceptual framework for contingent valuation studies in health care. Medical Decision Making, 16(3), 288-299,(1996).
18) 栗山浩一：環境の価値と評価手法−CVMによる経済評価．北海道大学図書刊行会，札幌，(1998)
19) 小笠原克彦，谷川琢海，大場久照，他：仮想評価法(CVM)による小児遠隔医療の効果予測−保護者へのアンケート調査による地域調査．第26回医療情報学連合大会論文集，390-391，(2006)．