

## 資料

論文受付  
2007年11月1日論文受理  
2008年6月5日Code Nos. 920  
990階層分析法とシミュレーションによる  
CRシステム導入の評価要因の検討横岡由姫・小笠原克彦<sup>1)</sup>医療法人社団三草会クラーク病院放射線科  
1)北海道大学医学部保健学科

## はじめに

臨床の放射線科領域において画像診断機器は必須である。しかし、画像診断機器は高価であり、機器の選定にあたっては装置の性能や収益などの評価要因が複雑に絡み合っており、導入基準や評価要因は曖昧といってもよいであろう。さらに、過去に画像診断機器の画質や性能に関する研究は数多く行われているが、導入時の選定に関する研究は行われていないのが現状である。

階層分析法(analytic hierarchy process : AHP)は米国ピッツバーグ大学のサーティ教授により提唱された。医学・医療の分野では、病院の救急部における救急患者への処置の優先度の決定や特定の疾患に対し投薬する薬の選定などで使用されており、その応用範囲は広い<sup>1-12)</sup>。

本研究では、computed radiography(以下、CR)の導入について、適切な機器選択のための医療機関の環境に応じた画像診断機器の導入基準を明確にすることを目的として、以下を分析した。①従来の階層分析法による機器選択、②シミュレーションによる導入決定に与える影響。

## 1. 方法

## 1-1 評価要因の定義とモデルの構築

CR導入の評価基準は、CRの導入を予定している3医療機関(環境・規模・被検者の個性などのばらつきを最小限とするために同規模)に勤務する放射線技師経験5年以上の放射線技師3名によってISM(interpretive structural modeling)法により抽出された以下の7評価要因<sup>13)</sup>を使用した。

## Evaluation Factors for CR System Introduction Using AHP and Simulation

Yuki Yokooka, and Katsuhiko Ogasawara<sup>1)</sup>

Department of Radiological Technology, Clark Hospital

1) Department of Health Sciences, School of Medicine, Hokkaido University

Received Nov. 1, 2007; Revision accepted June 5, 2008; Code Nos. 920, 990

## Summary

Medical institutions usually find it difficult to select computed radiography (CR) equipment because of the involvement of many complicated factors such as operability, processing time, and price. The analytic hierarchy process (AHP) is often applied in complex decision and evaluation situations. This study quantitatively evaluates the institution's selection criteria of equipment using AHP. The AHP model of this study consisted of 3 levels: the goal, 6 evaluations, and 3 alternatives. Processing time, price operability, picture quality, connectivity, and equipment size were considered as the criteria for decision marking. We simulated alteration of priority of evaluations by changing the weight of pricing between 0 and 1. Results showed that price and connectivity accounted for 60% of the total weight. On excluding operability, the difference in weight between equipment was 1.16 times; the priority of processing time was 1.36 times; and the priority of price was 1.37 times. In the same way, when considering operability, the difference in weight between equipment was 0.36 times, the priority of processing time was 0.45 times, and the priority of price was 0.11 times.

**Key words:** CR (computed radiography), AHP (analytic hierarchy process), simulation, evaluation factor

別刷資料請求先：〒060-0812 北海道札幌市北区北12条西5丁目  
北海道大学医学部保健学科 小笠原克彦 宛

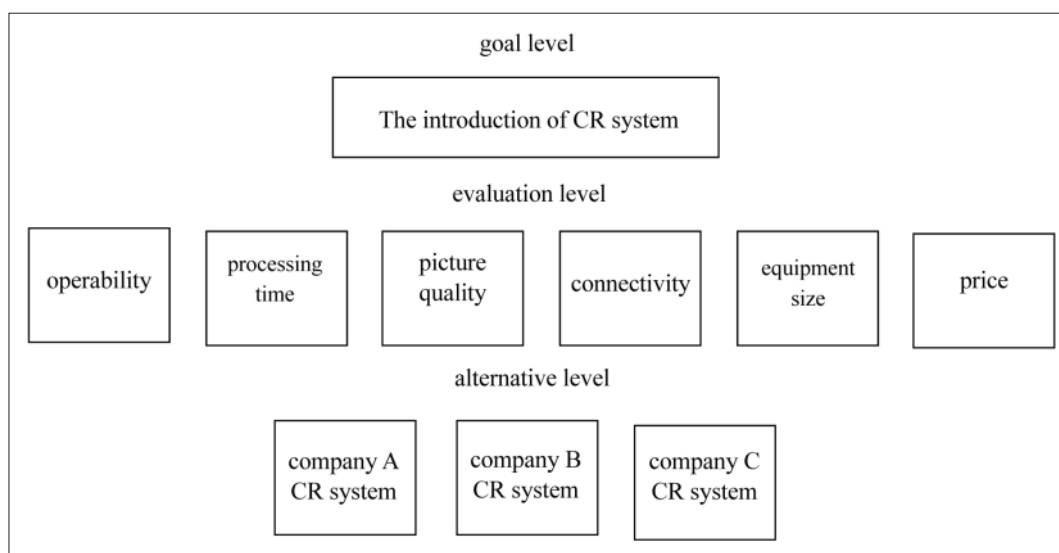


Fig. 1 Model of the introduction of the CR system.

Table 1 Evaluation matrix.

	CR system		
	Company A	Company B	Company C
picture quality	12 bit/87.5 $\mu\text{m}$	12 bit/100 $\mu\text{m}$	12 bit/100 $\mu\text{m}$
connectivity	+	+	-
equipment size	0.89 $\text{m}^3$	0.29 $\text{m}^3$	0.72 $\text{m}^3$

操作性(装置を操作しやすい), 処理時間(画像の処理時間が短い), 画質(最低の画質が保証されている), 保存性(画像の保存に場所をとらず複製が可能である), 接続性(HIS・PACSへの接続が可能である), 大きさ(装置が小さく場所をとらない), 価格(本体の価格が安い). ただし, 保存性については先行研究での評価要因の抽出当時は各代替案の機器の性能に差があったが, 現在は技術進歩によりどの機種も同等の性能であるため本分析では影響がないと考え削除し, 6 要因とした. この 6 評価要因に基づき, Fig. 1に示すようにCR導入モデルを定義した. 目的層を「CRシステムの導入」とし, 評価基準層を「導入決定要因」, 代替案層を「導入機器」とした.

### 1-2 階層分析法による分析

定義された評価要因の重要性を一对比較法により決定した. 評価要因の評価は, シミュレーションとして著者自身が行った. 重要性の尺度には 1, 3, 5, 7, 9 の奇数を用いて順に「同じ位重要」「少し重要」「かなり重要」「非常に重要」「極めて重要」とした. 一方, 個々の評価要因が重要でないと判断された場合

はその逆数である 1/3, 1/5, 1/7, 1/9 を順に「少し重要でない」「かなり重要でない」「非常に重要でない」「極めて重要でない」とした. また, 重要性がこれらの数値の中間の場合は中間値である偶数を用いた.

次にその決定した重みについて, 以下の式により整合度を計算した. 整合度とは, 評価者による意図的なバイアスや, 評価の首尾一貫性など評価の矛盾を判断するものである.

$$\text{整合度} = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

ここで  $n$  は評価要因の数,  $\lambda_{\max}$  は行列式の固有ベクトルの最大値とし, 整合度が 0.1 以下を有効とした.

なお, 解析には文献(14)に添付されていたソフトウェアを使用した.

### 1-3 シミュレーション

代替案の重みの決定は, 各社の製品パンフレットに記載されている数値(Table 1)をもとに算出した. ただし, 操作性・処理時間・価格についてはパンフレットより得られなかったため, これらの評価要因については, 以下のシミュレーションを行った.

Table 2 Comparison of alternatives.

	operability	processing time	picture quality	connectivity	equipment size	price
operability	1	1/3	1/5	1/3	3	1/3
processing time	3	1	1/3	1	9	3
picture quality	5	3	1	1	7	5
connectivity	3	1	1	1	7	3
equipment size	1/3	1/9	1/7	1/7	1	1/8
price	3	1/3	1/5	1/3	8	1
weight	0.062	0.207	0.355	0.236	0.026	0.114

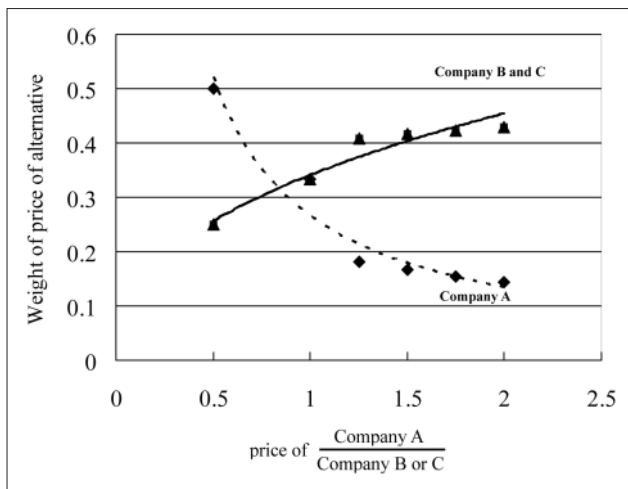


Fig. 2 Change in the weight of the evaluation factor.

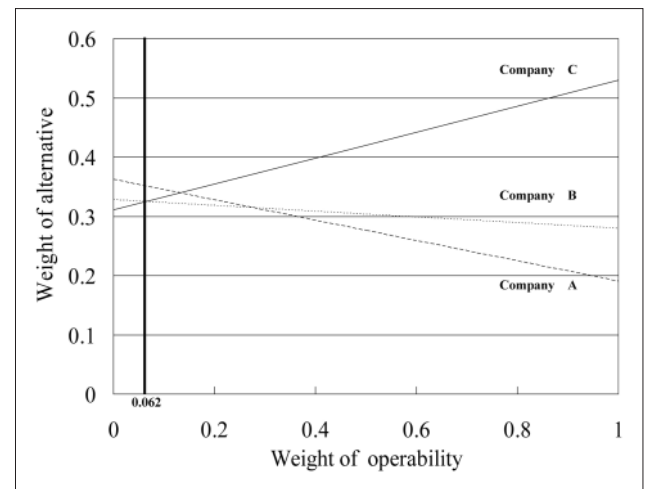


Fig. 3 Simulation of operability.

### 1-3-1 シミュレーション 1(代替案「価格」の重みの変化)

A社のB社・C社に対する価格の比率を0.5から2倍まで変化させ、「価格」の重みの変化を分析する。

### 1-3-2 シミュレーション 2(評価要因の感度分析)

A社の操作性・処理時間・価格の各評価要因の重みの比率を0から1まで変化させ、代替案の重みの変化を分析する。

## 2. 結果

一対比較法により各評価要因の重み付けを行った結果をTable 2に示す。6評価要因のなかで最大が「画質」(重み: 0.355)であった。一方、最小が「大きさ」(0.026)であった。整合度は、0.081であり、評価に矛盾はないと判断された。

Fig. 2にシミュレーション 1の結果を示す。A社の価格の比率が0.5のとき、A社の価格の重みは0.5であるのに対しB・C社は0.25であった。その後A社の価格の比率が増加するにつれA社の価格の重みは減少したが逆にB・C社の価格の重みは増加し、A社の価

格の比率が0.84のときに価格の重みが0.32でグラフが逆転した。

Figs. 3~5にシミュレーション 2の結果を示す。操作性の検討では、評価層における操作性の重みが0(操作性を全く無視)の場合のA社の代替案の重みは一番小さいC社の代替案の重みに比べ1.16倍となったのに対し、評価層における操作性の重みが1(操作性のみを重視)の場合、A社はC社に対し0.36倍となり代替案の重みが逆転した。処理時間の検討では、評価層における処理時間の重みが0の場合のA社の代替案の重みは一番小さいC社の代替案の重みに比べ1.36倍となったのに対し、評価層における処理時間の重みが1の場合にはA社はC社に対し0.45倍と、操作性と同様に代替案の重みが逆転した。価格の検討では、評価層における価格の重みが0の場合のA社の代替案の重みは一番小さいC社の代替案の重みに比べ1.37倍となったのに対し、評価層における価格の重みが1の場合にはA社はC社に対し0.11倍と、「操作性」および「処理時間」と同様に代替案の重みが逆転した。

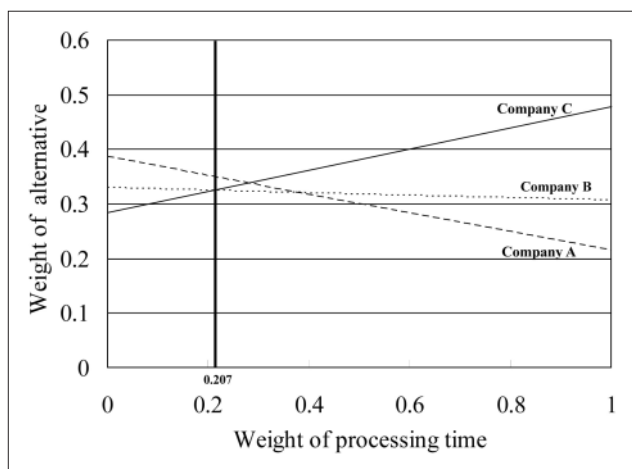


Fig. 4 Simulation of processing time.

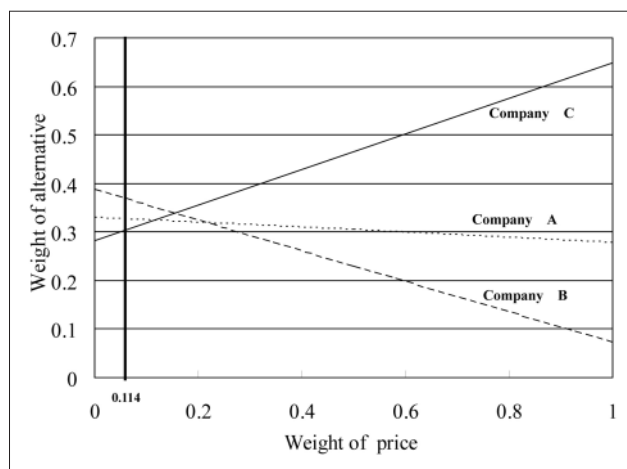


Fig. 5 Simulation of price.

### 3. 考 察

一対比較法により各評価要因の重み付けを行った結果、6 評価要因の中で「画質」が一番大きく、その重みも全体の1/3であった。次いで、接続性であり、1/4の重みであった。6 要因のうち、この2 要因で全体のほぼ60%を占めている。放射線業務を遂行するうえで画質と接続性は放射線診療に直結しており、機器選定を行う際の判断基準として重要といえよう。また、「大きさ」および「操作性」については、重みが低かった。この理由として、これから導入を計画している医療機関の放射線技師にとっては、使用経験のない機器については、導入後の使用環境や放射線技師の労働負担を含めた評価が難しいのではないかと推測される。これらの結果から、今回の評価結果は導入の評価要因であるが、実際には導入を希望する放射線技師の希望が強く現れた可能性があると考えられる。

「価格」以外の要因が等しい場合について、「価格」を変化させたシミュレーション1を行った結果、価格差が小さいと重みの変化が大きいことが明らかになった。また、「操作性」「処理時間」「価格」の3 要因の感度分析であるシミュレーション2を行った結果、「価格」の重みの変化がCR機器の選択に大きく影響を及ぼすことが明らかになった。今回、ブランドや過去の取引における信頼関係などの要因については一切考慮していないため、今回の結果から断言することは難しいが、これらの要因を無視できるのであれば「価格」の影響は大きいと考えられる。

階層分析法の特徴として、評価要因層の重みを変えることで評価要因ごとの重みの変化や代替案ごとの重みの変化を数値化し、曖昧な個人の意思を順位化することが可能であることが挙げられる<sup>1, 12, 13)</sup>。階層分析法とシミュレーションを用いた本研究において、特定の要因の重みを変化させることによって、視覚的に推奨する機器を明示することが可能であった。実際に導入した後でしか判断できない要因について、事前に機器導入後の状況を客観的に予測することが可能であるため、放射線部門運営におけるさまざまな状況に応じた意思決定のための判断基準として、今後これを活用することができると考える。

### 4. まとめ

今回、CR機器導入のための評価要因を検討するために、一対比較法とシミュレーションによる分析を行った。その結果、以下の3 点が明らかになった。

- 1) CRを導入する際の6 評価要因の中で、「画質(重み:0.355)」の影響が一番大きく、次いで接続性(0.236)であり、この二つの要因で6 割の重みを占めていた。
- 2) 代替案選択のための2 種類のシミュレーションを行った結果、「価格」の変化に対する影響が大きいことが明らかになった。
- 3) 階層分析法とシミュレーションにより評価要因と代替案を検討した結果、不確定な状況での選択基準を推測することが可能であった。

