

J-008

リスクコミュニケーションにおけるファジィ理論を用いた意思決定支援方式

Support Method for Decision Making Using Fuzzy Theory in Risk Communication

高橋 雄介†
Yusuke Takahashi鹿野 哲矢††
Tetsuya Kano矢島 敬士†††
Hiroshi Yajima

1. はじめに

近年,情報技術の発展・進歩に伴い,情報社会における社会的リスクが多様化し,情報漏洩問題のようなリスクが多重で複雑な社会問題が引き起こっている。こうした状況下で,立場や価値基準の異なる関与者が複数存在する中で,様々なリスクを考慮しながら合意を図ることは非常に困難である。この問題を解決する手法としてリスクコミュニケーション(以下:RC)を用いることは以前から提唱されてきた。⁽¹⁾

RCの典型的モデル⁽²⁾としてリスク管理政策の決定を行う行政,事業活動に必要な情報収集と経済性の評価を行う企業,そして一般的な見解から要望を出す市民団体や地域住民等の一般市民の3種の関与者でのRCが提唱されてきた。そこでのRC手順として各関与者の意見や情報の受け渡し方法として学者やマスコミといった仲介役を介してRCを展開する手法が挙げられている。ここで問題となるのがこの手法はRC基本モデルとして定められたものであるが,実際にRCを展開していく上でこの手法は現実的モデルでなく理想的モデルの域に止まっている。特に一般市民が専門家に比べはるかに知識が乏しいため公平な議論を展開する事が出来ずRCへの参加意欲も低下してしまう。

この様に知識格差を埋めた後に正当な議論を展開しなければ必ずしも良い合意形成に結びつけないとは限らない。そこで関与者支援法の1例としてフェーズに分割してRCを進める支援法が提案されている。⁽³⁾具体的には,各関与者のリスク情報の獲得による意思決定フェーズ(1stRC),関与者間の意見交換による相互理解フェーズ(2ndRC),合意形成フェーズ(3rdRC)の3つのステップに分け,関与者を支援する方法を提案されてきた。⁽⁴⁾このRC支援法では,1stRCにおいて,コストや利便性負担度等の数値パラメータを中心に自己意見の決定を行うモデルである。

しかし,実際のRC現場での実適用結果では必ずしも全ての関与者が従来考案されてきたモデル通りの意思決定方法では自己意見を決定する事は出来ていない。⁽⁴⁾ある関与者は考案モデル通りの評価指標中心の意思決定プロセスを踏む事で意思決定を行う事が可能であった。他方,別の関与者は評価指標中心ではなく利便性やプライバシーへの負担を如何に軽減出来るような対策を施すことに関心を持っていた。

つまり,実適用結果から従来のRC意思決定モデル⁽⁵⁾では対策の検討を行う事で自己意見を決定したい関与者にとっては評価指標では意見の反映が出来ないケースがある事が分かった。さらに,関与者の意思決定過程には曖昧さがある事が明らかになった。このように,従来のRC手法では,このような関与者の特性を満足させる意思決定法が存在していなかった。

そこで,従来手法の不合理を解消するべく関与者意思決定過程における思考の曖昧性をファジィ理論⁽⁶⁾の考え方に基づいて複合的にリスクに関する方式を提案する。特性として1)関与者意思や満足度を定量化する。期待する効果として関与者主観を定量化して目に見える反映した数値を提示する事で意思決定を向上させる。2)関与者の好みと嫌みの選好を各観点から評価する。効果として一つの選好のみではなく正反対の立場からも関与者の選好抽出することで,メンバーシップ関数を応用し意思決定を支援する方式を提案する。この2つの特性からファジィ理論⁽⁶⁾の考え方に基づく意思決定支援方式の有用性の検証を行った。

2. RC上の問題点

〈2-1〉 従来のRC方法 従来手法として専門家,事業主等からの一方的なデータ開示,情報提供を受け入れるかどうかのRC方法が主な手順であったが,最近では関与者間での双方向RCが主流となっている。特にステークホルダー(利害関係者)が問題に関して理解のレベルをあげる(相互理解)や受け手が利用可能な情報を十分に与えられたと納得すること(自主学习)がRCの目的とされてきた。⁽⁷⁾

〈2-2〉 従来の意思決定法⁽⁸⁾ 各関与者それぞれが重視するものは経済的指標や為替レートといった数値情報に着目し意志決定を下す関与者,あるいは仕事上の業務改善等の効率性を重要視するなど各々で異なっていたが,共通して正しいリスク情報を獲得して意思決定を行ってはいなかった。

〈2-3〉 従来技術の問題点 渡部らの方式⁽⁹⁾では各関与者が評価値を中心に希望解を決定するとされてきた。しかし実際のRC適用実験結果から全ての関与者の評価に関する粒度が異なることが分かった。このため,従来手法では希望解を決定する事は現実的ではなく,様々な考えを持つ関与者の中で,パラメータ値以外で考慮したい関与者も実際には存在する。つまり従来手法ではこのような関与者を満足させる事は出来ない。

上記をまとめると以下の2つの問題点が挙げられる。

(1) 人間のリスクに対する考えの意思決定過程は曖昧な

† 東京電機大学

ものであり各関係者の希望解の導き方は必ずしも同じではない。特に粒度の細かいレベルで希望解を決定する関係者の扱いが問題である。また、自己意見を定量的に扱うための基準となる指標がないため意見の満足度を示すことが出来ないケースもある。

- (2) 関係者にとっては意志決定を下す際に、評価対象に対して好みの選好にて自己意見の明確化を行っているため嫌さ加減の抽出が不可能である。

3. コンセプト

〈3・1〉 問題解決アプローチ 問題点を解決するための基本コンセプトとしてそれぞれ以下の2つを提案する。

- (1) 希望解を決定する際意思決定過程において人間の考えや意見に見られる曖昧さの定量化の行い意思決定支援をする。
- (2) 関係者の評価対象に対する粒度の差異から好みと嫌さの両側面からの意見の抽出法の提案を行う。

〈3・2〉 提案理由 上記提案アプローチ採用の理由を以下に述べる。

- (1) 実際の RC 現場での適用実験の中で各関係者の意志決定過程をアンケートやビデオログから注目した結果、意志決定過程において複雑に絡み合うリスク情報を理解し自己意見を決定する思考下では関係者の考えが曖昧であり、従来方法では意見の明確化を行うことは非常に困難であるという事が判明した。その為、曖昧性を考慮した意志決定手法の提案が必要な場合にも対応できる手法の確立が必要であると考えた。

また関係者は意思決定の際に重視する評価項目がそれぞれ異なり評価方法も当然異なる。その為、関係者の評価対象に対する選好度合いを重視するために意思決定の際のリスクに対する曖昧性をファジィとして捉え意思決定満足度の定量化が可能であるファジィ理論を応用した新たな手法を提案する。

- (2) 意志決定過程において評価対象に対する好みからの意思決定のみを反映したのでは関係者の意見を的確に抽出することが出来ないと考えた。その理由として関係者が評価する際に肯定的な立場で物事を決定する状況が良い場合と否定的な立場から決定する状況が良い場合の双方が存在するため意志決定の際に好みのみを評価するだけでは関係者の選好に沿った意見の抽出が困難であった。そこで、具体的な提案として評価対象に対する好みの側面のみならず嫌さの側面からも意見を抽出可能になれば関係者がどの程度の嫌であるのかが明確化され、関係者意見を両側面から漏れなく抽出することが可能になるのではないかと考えた。

〈3・3〉 コンセプト適用効果 上記提案のアプローチの予想される効果を以下に述べる。

- (1) 複雑な思考を行う人間の意志決定過程の曖昧さを補完することにより、従来の RC における意思決定支援

法では補えきれなかった関係者意見に対してより忠実な希望を抽出し反映させることが出来ると予想される。さらに、意見の定量化を行う事で従来の RC における意思決定手法では示されたことがない希望解に対する満足度を提示する事が可能となる。

それに伴い、今後展開される各関係者の合意形成に向けた議論に役立つ指標となり自己意見に対する根拠を持った議論の展開が期待され相互理解が容易になると思われる。

- (2) 各関係者の評価対象に対する選好を明確化することにより忠実な意見の抽出が可能となると期待できる。また、関係者の種類に応じて好みの観点から主に意思決定を行うタイプと嫌さの観点から意思決定を下すタイプの分類化が可能となり、関係者に合った形での意思決定により、RC における意思決定時間が短縮出来ると思われる。意志決定法の幅を広げ、より関係者の希望を反映した結果が期待できる。

4. 問題解決策

〈4・1〉 手順 提案手法の具現化のために〈3・1〉の問題解決アプローチから問題解手順を以下に示す。

希望解決定を行う際に、対象となる考えや意見の曖昧性を補完し、関係者の主観を直接反映させることが可能なファジィ理論を用いて希望解算出を行う。1stRC は大きく分けてさらに3つの手順から成り立っている。希望解算出手順を以下に示す(図1参照)。

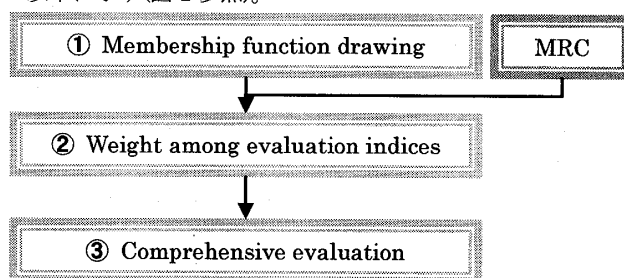


Fig. 1 Solution calculation flow chart by participant

以下に上記図1の3つの手順について具体的に詳しく述べる。

- ① 全ての評価対象となる項目に対して関係者の選好をもとにメンバーシップ値(0~10)を付け、その結果からメンバーシップ関数を描く(図2参照)。この結果を元に、関係者の最大許容範囲である制約範囲を併せて決定し制約範囲パラメータを対立するリスクに望ましい対策を最適化するための合意形成ツールである多重リスクコミュニケーター(MRC)⁹⁾に入力し最適解候補を算出する。
- ② 関係者主観による評価対象間の順位付けから優先度を決定する。また、対策案にて意思決定を行う関係者に対しても同様に重みを算出する。
- ③ ①,②の結果をもとに加重平均法を用いて総合評価値を算出し、最適解候補のうち総合評価値の大きいも

のから順に希望解順位と仮定する。

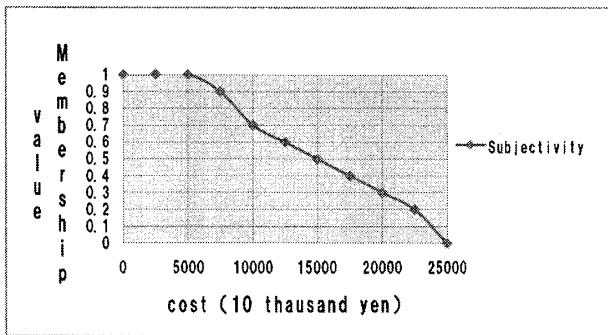


Fig. 2 Appropriate cost Membership function

〈4-2〉メンバーシップ関数描画 従来のメンバーシップ関数と異なる点は好みと嫌さの2種の観点から新たに定義した事である。これはメンバーシップに対して両極から主観を決定する事で異なる立場からのメンバーシップの抽出が可能であると考えたからだ。本論文では上記図2の適切なコストというメンバーシップ関数に対して不適切なコストというメンバーシップ関数を定義した。(図3参照)。図2のメンバーシップ同様に0.5は関与者にとってどちらでもない基準の評価になっている。1に近づけば近づくほど悪い評価になっており、反対に0に近づけば近づくほど良いという評価になっている。不適切な方面から意思決定を行うことにより、関与者にとっては適切な良いという側から評価しづらい場合もある為、嫌な側から考える事でより柔軟な意思決定を可能にする。

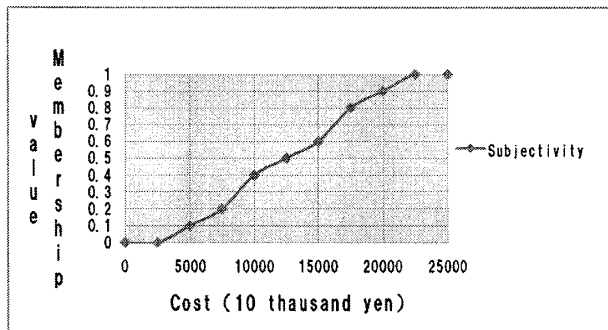


Fig. 3 Improper cost Membership function

メンバーシップ関数完成後に各評価項目に対してメンバーシップ関数から関与者の許容できる最大範囲を示す制約範囲を決定する。方法としては以下の2通りがある。

- ① 専門家や現行の値を参考にして決定する。
- ② 全ての評価項目に対して評価したメンバーシップ関数のメンバーシップ値から決定する。

従来手法としては、①の方式で決定されてきたがこの手法では知識の無い関与者は決定する事が難しいため、②の手法を用いて主観から決定する。決定された制約範囲の値を基にMRCによって最適候補を算出する。MRC算出例を以下に示す(図4参照)。

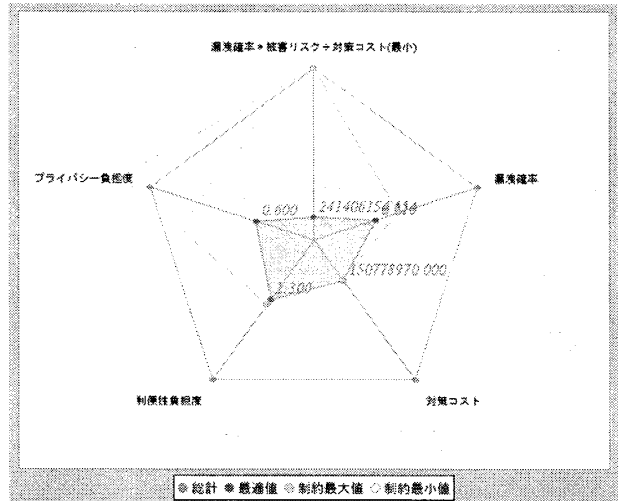


Fig. 4 The example of MRC calculation

〈4-3〉評価指標間重み付け メンバーシップ関数同様に評価対象に対して決定する。この関与者がどの評価対象を重要視しているかが分かる。以下に評価指標選好における主観による優先度重み付け例を示す(表1参照)。

Table.1 Evaluation index priority

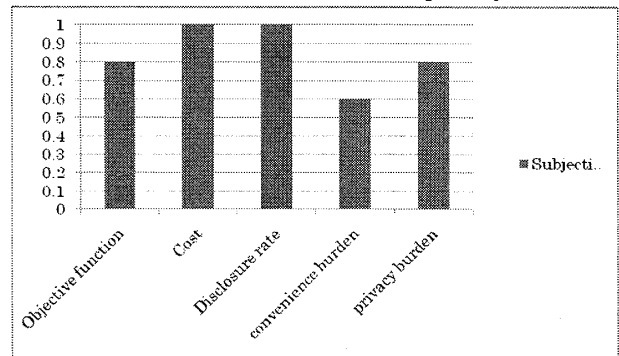


表1の結果から関与者の重要視している評価項目が、コスト=漏洩率>目的関数=プライバシー>利便性であると分かる。この評価に対しても好みと嫌さの2側面からの検証を行う。

〈4-4〉総合評価値算出 総合評価値は上記①,②の結果とMRCの最適候補を基に算出する。最適候補全てに対して①,②のメンバーシップ値に加重平均法を用いて総合評価値を算出する。加重平均法の定義を以下に示す。

$$C = \sum (M \cdot P) / N$$

C: ComprehensiveEvaluation
M: MembershipValue(1)
P: Priority
N: NumberOfEvaluationIndices

総合評価値を関与者満足度と仮定したため、値が高ければ関与者の満足度は高い。これを検証した実験を以下に示す。

5. 適用実験

〈5-1〉前提条件 ある企業において、個人情報漏洩問題に対する社内外セキュリティの見直しを図るケースを対象とする。本実験の目的はファジィ理論を用いた意思決定

の有用性の検証である。関与者は経営者, 従業員の2名であり被験者として20代学生を経営者役と従業員役のそれぞれ2名×5組に対して2回ずつ実験を行った。また, この企業の現在の対策状況として現状の対策状況が以下のとおりである(図5参照)。

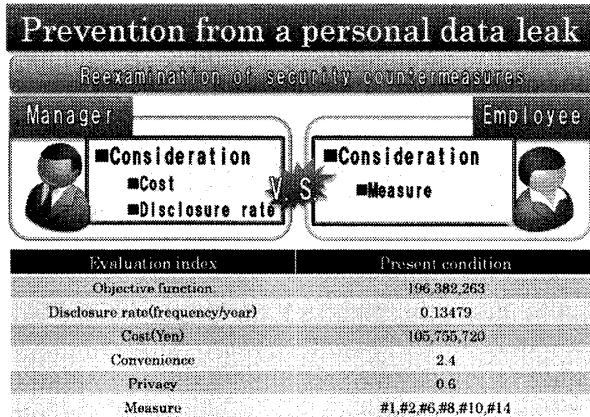


Fig. 5 Experiment assumption

さらに, この企業に対して今回専門家による候補解は以下の通りである(表2参照)。この候補解を参照し被験者は各パラメータに対して満足出来る箇所と出来ない箇所の自己意見を明確にしていく。出来ない箇所に対してどの点がどの様な理由で満足できないかを明確にしながメンバーシップ関数を形成し具体的に自らの選好を決定していく。そして, 最終的にメンバーシップ関数から制約範囲を決定する。決定した制約範囲からMRCにて最適解候補を算出し, 希望解をファジィ理論による総合評価値を算出することが, 実験の流れである。

Table.2 Specialist candidate solution

Evaluation index	Measures
Objective function	181,424,894
Disclosure rate (frequency/year)	0.14328
Cost(yen)	90,551,720
Convenience	2.6
Privacy	0.6
Measures	#1,#2,#3,#6,#8,#14

(5.2) 経営者実験結果 経営者は, コスト・漏洩率・目的関数を重視して自己意見の明確化を行った。各評価項目に対して適切, 不適切の双方からメンバーシップ関数を描いた後, 各評価項目間の優先度を主観から評価をすることが可能であった。また好みと嫌さの決定を下すための時間を測定し意思決定のし易さの度合いを検証した(表3参照)。

Table.3 Determination time (Manager)

	Time(Minutes)
Membership(Liking)	5.72
Priority(Liking)	2.34
Membership(Disagreeableness)	8.48
Priority(Disagreeableness)	4.51

またメンバーシップ関数からの制約範囲結果は以下のとおりであった。(表4参照)。

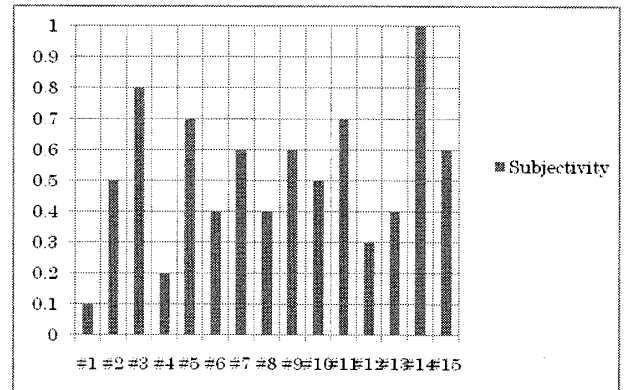
Table.4 Restrictions range(Manager)

Evaluation index	Suitable	Unsuitable
Objective function	0~25,000	0~25,000
Disclosure rate (frequency/year)	0~0.15	0~0.125
Cost(yen)	0~150,000,000	0~150,000,000
Convenience	0~2.5	0~2.5
Privacy	0~2.0	0~2.0

次に, 制約範囲結果をもとにMRCにて最適解候補を算出した。算出された最適解候補は100個あり全てに対して総合評価値を算出した。結果はここでは割愛する。

(5.3) 従業員実験結果 一方, 従業員は経営者同様のプロセスを踏むが対策案に対する関心があり対策案の選好をもとに適切, 不適切の観点からメンバーシップ関数を描いた。次に各対策案間の優先度を決定した結果が以下の表5のとおりである。

Table.5 Employee priority



従業員制約範囲の結果はここでは割愛する。また従業員決定時間の例を以下に示す(表6参照)。

Table.6 Determination time (Employee)

	Time(Minutes)
Membership(Liking)	28.72
Priority(Liking)	4.01
Membership(Disagreeableness)	23.09
Priority(Disagreeableness)	3.15

一方、経営者同様メンバーシップ関数と優先度結果から総合評価値を経営者同様算出した。希望解例は以下の通りであった(表8参照)。

Table.8 Employee hope solution

Objective function	244,928,165
Disclosure rate (frequency/year)	0.1641313
Cost(yen)	0~150,000,000
Convenience	3.1
Privacy	1.1
Comprehensive evaluation value	0.3547
Measures	#1,2,4,7,10,12,13,14,15

最後に、実際に各関与者が総合評価値の値から希望解を決定する事が満足いくかどうかの検証結果を以下に示す。〈3・2〉で仮定した総合評価値=関与者満足度について検証するために関与者には総合評価値を公表せずに希望解(A,B,C)を挙げ関与者に評価を下してもらった(表9参照)。

Table.9 Employee hope solution

Hope Solution	Rank	Comprehensive evaluation value
A	2	0.3218
B	1	0.3547
C	3	0.3132

上記結果より総合評価値の希望順位と関与者評価の希望順位が等しくなった。この結果は、同実験を計20回繰り返した所、全て同様の結果が得られた為、仮定としていた総合評価値=関与者満足度が証明された。つまり満足度を定量的に示す事が可能であると言える。

6. 考察・知見

提案コンセプトに対して述べる。まず、実験の中では意思決定過程において人間の考えや意見を定量化から意思決定支援をする事は可能であった。その理由としてファジィ理論を導入して知識の無い一般関与者でも根拠を持って意思決定が可能となったからである。

次に、表3の結果から経営者は好みからの意思決定の方が嫌さからの意思決定よりも決定しやすいことが分かる。また、経営者の被験者全員にアンケート調査を行った結果、好みからの意思決定の方がやりやすく嫌さから考える評価方法は評価しづらいという回答があった。その理由は、経営方針を決める際に好み(正)から決定する事が通常であり、嫌さ(負)の逆の考えから意見を出すことはないという。つまり関与者立場による意思決定手法は効果があったと言える。この提案手法は従来のファジィ意志決定手法⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾には無く、新たなファジィ意志決定手法である。

さらに、表6の結果から従業員は基本的に対策を強いられ、て納得がいく場合は受け入れるという姿勢であるため嫌さ

の視点から意思決定を行う方が適当であると分かる。また、時間が経営者に対してかかっている点はメンバーシップ値を決定する評価対象が経営者に比べて3倍の量があるためこの様な結果になって当然である。

そして、制約範囲の決定の際に従来までの不確定な手法に比べて本研究でのメンバーシップ関数による制約範囲の決定は一般関与者にとっても明確に制約範囲を決定する事が可能となったことが証明された。以下のメンバーシップ関数は経営者の一例である(図6参照)。縦軸のメンバーシップ値0.5に引かれた線は実験被験者による制約範囲の境界線である。矢印は境界線以上のメンバーシップ値を制約範囲とする事を示している。

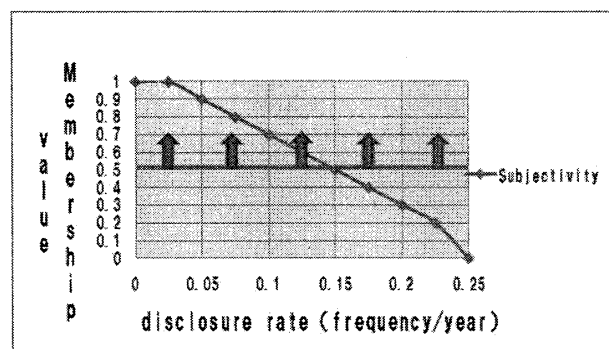


Fig. 6 Membership function (Manager)

上記図6の結果は従業員を含め全被験者に対して同様であった。制約値の取り方はメンバーシップ値0.5を境にして制約範囲を決定していたということが実験から分かった。つまり知識のない一般関与者でもメンバーシップ関数から制約範囲を決定する事が可能ということである。

7. 今後の展開

今後は関与者間のリスク情報の共有を目的とする2ndRCでのファジィ理論の適用を目指していく。特に1stRCでの結果を定量的に扱いながら相互理解する。そして、その結果最終的に満足のいく合意形成支援を促す手法を検討していく。そのために、今後更なる努力で結果を出していく。

8. まとめ

RCにおける希望解決の新たな手法としてファジィ理論による総合評価値からの意思決定手法を提案した。特に関与者意見の定量化や好み・嫌さのメンバーシップ関数の適用、製業範囲のファジィ化を検証した。その結果、従来手法では意思決定を行う事が出来なかった関与者に対しても意思決定が可能となった。

文 献

- (1) T.Watanabe,S.Matamoto,Y.Saito,H.Yajima,R.Sasaki: "Supporting Method of Risk Communication Using Multiplex Risk Communicator", Japanese Journal of Risk Analysis, Vol.3, No.17, pp.95-102 (2008-3) (in Japanese)
渡部知浩・松本信一・齋藤裕志・矢島敬士・佐々木良一:「多重リスクコミュニケータを用いたリスクコミュニケーション支援方式」日本リスク研究学会誌,3,17,pp.95-102 (2008-3)
- (2) M.Mukaidono: "About the fundamental view of the safety and the risk of Japan and the West", Standardization and Quality Control, Vol.61, No.12 (2008-1) (in Japanese)
向殿政男:「日本と欧米の安全・リスクの基本的な考え方について」標準化と品質管理, Vol.61, No.12 (2008-1)
- (3) T.Watanabe,H.Yajima,R.Sasaki: "Method to Support Information Acquisition from Decision-Makers in Multiplex Risk Communicator", CSS Japan, Vol.2-2, No.13, pp.649-654 (2005-10) (in Japanese)
渡部知浩・矢島敬士・佐々木良一:「多重リスクコミュニケータにおける関与者情報獲得支援方式」コンピュータセキュリティシンポジウム論文,2-2,13,pp.649-654 (2005-10)
- (4) S.Matamoto,H.Yajima,R.Sasaki: "Proposal of smooth risk communications supporting method in Multiplex Risk Communicator", SCIS Japan,pp.109 (2006-1) (in Japanese)
松本信一・矢島敬士・佐々木良一:「多重リスクコミュニケータにおける円滑なリスクコミュニケーション支援方法の提案」暗号と情報セキュリティシンポジウム概要集,pp.109 (2006-1)
- (5) E.Kinoshita: Comprehensible introduction to decision making theory, Keigaku Publication, Japan (1996)
- (6) T.Nakauchi, M.Takeya: "The learning strategy presuming method based on study history information and fuzzy decision-making", Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol.21, No.2, pp.227-287 (2009) (in Japanese)
中内辰哉, 竹谷誠:「学習履歴情報とファジィ意思決定に基づく学習戦略推定法」日本知能情報ファジィ学会, Vol.21, No.2, pp.227-287 (2009)
- (7) K.Urano: "Risk communication of a future company", The Society for Risk Analysis: Japan-Section, (1999-12) (in Japanese)
浦野紘平「これからの企業のリスクコミュニケーション」日本リスク学会誌 (1999-12)
- (8) T.Watanabe,Y.Saito,H.Yajima,R.Sasaki: "Evaluation of the Participant Support Method for Information Acquisition in the "Multiplex Risk Communicator", IEEJ Trans.EIS, Vol.128, No.2, pp.310-317 (2008.2) (in Japanese)
渡部知浩・齋藤裕志・矢島敬士・佐々木良一:「多重リスクコミュニケータにおける関与者情報獲得支援方式の評価」電気学会論文誌C,128,2,pp.310-317 (2008-2)
- (9) R.Sasaki,M.Ishii,Y.Hidaka,H.Yajima,Y.Yoshiura,Y.Murayama: "Developments Design on "Multiplex Risk Communicator" and Its Trial Application", IPSJ Japan, Vol.46, No.8, pp.2120-2128 (2005-8) (in Japanese)
- (10) K.Matsumura: "Negotiation Simulation System Based on Fuzzy Decision-Making", Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol.8, No.5, pp.882-890 (1996-5) (in Japanese)
松村幸輝:「ファジィ意思決定に基づく交渉シミュレーションシステム」日本ファジィ学会誌,8,5,pp.882-890 (1996-5)
- (11) K.Takemura: "Judgment and decision-making in risk society", Japanese Cognitive Science Society, Vol.13, 17-31, pp.17-31 (2006) (in Japanese)
竹村和久:「リスク社会における判断と意思決定」日本認知科学会, Vol.13, 17-31, pp.17-31 (2006)