

# AHP 的アンケートの web 構築とその分析法について

星 健太郎<sup>†</sup> 加納 貞彦<sup>†</sup> 高橋 敬隆<sup>††</sup> 品川 準輝<sup>†††</sup> 三浦 章<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学 大学院国際情報通信研究科      <sup>††</sup> 早稲田大学 商学大学院

<sup>†††</sup>(株) NTT ドコモネットワーク研究所

E-mail : sizer@toki.waseda.jp

## 1. まえがき

携帯通信ネットワークにおけるユーザ不満度を定量化する事を目標に、オペレーションズ・リサーチやマネジメント・サイエンス分野で開発されているAHP (Analytic Hierarchy Process, 解析的階層過程)を用いてアンケート項目を設定し、Web上に構築した。AHPの利点はこの種のアンケートを実施する際に含まれる非論理的な(矛盾する)回答を排除する事が出来、統計的な分析と異なり大きなサンプルを必要としない事にある。本稿では学生を対象としたアンケート結果を集計し、AHPにより分析した結果ユーザ不満度の定量化、要因やユーザの嗜好そのものの定量化を考察する。AHPは、集団の意思決定と云う意味でまだ完結した理論を与えていない。収集したアンケートデータを精密に分析・評価し、AHP的アプローチの体系化を計る。

以下 2 章において我々の行った本稿において扱う階層構造と分析手順について説明し、3 章においては AHP アンケートエンジン構築について述べ、4 章で個々の CI 値を用いたアンケート回答者に対する集団の意思決定法を提案する。5 章において結果と研究課題について述べる。

## 2. AHP 理論

### 2.1. 階層化構造

AHP 手法では、種々の解決したい問題をレイヤー分けし階層構造として表現することから始まる。以降、階層構造における各層をレイヤーと呼び、各レイヤーは、いくつかの要素から成るものとする。レイヤー数や各レイヤーにおける要素数は予め決められていない(自由度が

ある)。問題解決者が適宜、レイヤーとして何を設定し、また各レイヤーの要素として何が適当か決めなければならない。ただし、階層構造の最上層(最上レイヤー)は一つの要素からなる総合目的(ゴール)と呼ばれる要素からなっているものとし、最下層(最下レイヤー)は代替案レイヤーと呼ばれ、総合目的を決定する複数の要素からなる。中層は評価基準レイヤーと呼ばれ、代替案を選択するための評価基準要素からなる(図1)。

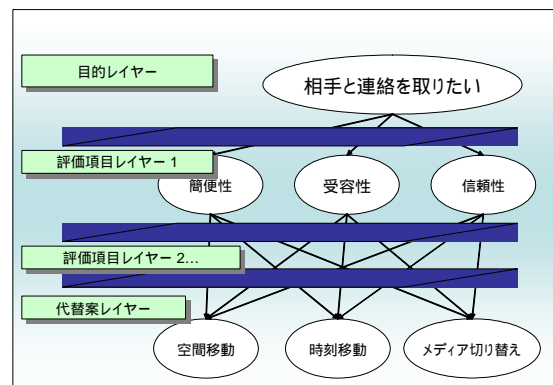


図1 AHP 階層図

本稿では携帯通信ネットワークにおける輻輳制御において提案され、重要となってきた3つのユーザ誘導型制御法[1,4]に対する評価を行うことを目的とし、階層化構造の各要素と3つのシナリオを以下に定義する。

- ・ 総合目的: 相手と連絡を取りたい
- ・ 評価基準: 簡便性・受容性・信頼性
- ・ 代替案: 空間移動・時刻移動・メディア切り替え

「空間移動」とは、ユーザに対しチャンネルが完全には混んでいないエリアへの移動を勧告することによってトラフィックを空間的に分散する案である、「時刻移動」とは、ユーザに対しより高い確率でネットワークにアクセスできるようしばらく待つことを勧告することとし、トラフィックは時間空間を超えて分散を可能とする。「メディア切り

替え」とは、ユーザに対し音声通信からデータ通信 (E-mailやWeb)へと切り替えることを勧告することとし、トラフィックは音声通信 (チャンネル保有) 時間よりデータ通信 (チャンネル保有) 時間が短くなり削減することを可能とする。

表1 シナリオ

大地震	震度7以上の大地震時にユーザにとって大切な相手の安否確認をしたい。
花火大会	大花火大会時に大切な人と離れ離れになってしまい、連絡を取りたい。
チケット予約	有名イベントの先行チケット予約販売時に購入を申し込みたい。

各代替案を選択する際に、評価基準レイヤーにおいて要素「簡便性」とは如何に手間が掛かるか、「受容性」は如何に苦手と感じるか、「信頼性」は如何に不安が残るかを意味する。

## 2.2. 分析手順

問題に関する要素の抽出し階層構造に分解した後には、各レイヤーにおける要素間の重み付けを行う。あるレイヤーにおける要素間の「一対比較」を1つ上のレイヤーにある関係要素のもとで行う。 $n$ を対象の比較要素とすると、 $n(n-1)/2$ 個の一対評価をすることになる。レイヤーを一つ増やす度に一対比較項目はその要素の指数倍に増加し、アンケート回答者に労力がかかるため、本稿では AHP 的アンケートの設問が繰り返し行われることを避けることも含めて、レイヤーを3つ、要素を3つした。以上のようにして得られた各レイヤーの一対比較行列(既知)から、各レイヤーの要素間の重み(未知)を計算する。最後に、その結果を用いて階層全体の重み付けを行う。これにより、各代替案の優先順位(プライオリティ)が決定される。

## 2.3. CIとは

状況が複雑になればなるほど意思決定者の答えは整合性に欠けてくる(首尾一貫しなくなる)傾向にある。一対比較を行っていくと、評価項目の重み付けに矛盾

が生じるケースが多々ある。青>黄,黄>赤と答えた者が、赤>青と回答した場合に整合が取れなくなり測定不可能となる。AHPでは、このあいまいさの尺度として CI (整合度: Consistency Index)を最大固有値を基に計算し、一対比較が正しく行われているかを表す指標としている。AHPの提唱者である Saaty は CI が 0 ならば完全整合、0.1 もしくは 0.15 以下が有効値であり、その数より大きい場合は正しく一対比較ができていないため再度一対比較をやり直すべきであると経験則から提案している[7]。

## 3. WEB アンケートエンジン

アンケート調査は原則的には、紙ベースのもの、出口調査、電話調査、郵送調査等いろいろあるが、短期間で経済的にデータを集計するにはインターネットによるアンケート収集法が一番適している。複数の AHP アンケート回答に対する労力緩和、サンプル数が多くなり集計における困難で益雑な作業を減らすということ等から Web によるアンケート手法を採用した。インターネットによるアンケート回答を想定し、それらのアンケート調査・収集・分析を目的に WEB 上のアンケートエンジン構築を行っている。

### 3.1. WEB アンケートエンジン構築

WEB 上への設置準備として、CGI の使用可能なフリーサーバをレンタルし、DDNS (Dynamic Domain Name Server) を用いて URL を短縮し、アクセス簡易性を向上させた[3]。アンケート集計準備として、自動で表計算ソフトに入力されるよう HTML でプログラムし、表計算ソフトには予め計算プログラムを用意することによって分析まで行うことが出来るエンジンを構築した。その際に、未回答等で表計算ソフトに正しく入力されない問題を想定し、予め Dummy を用意することにより正しく入力させる対策を施した。一対比較行列を生成するための重要性尺度は Table 1 のように定義する。

表 2: 不満度の尺度と定義

尺度	不満度
1	同程度不満
3	やや不満
5	かなり不満
7	きわめて不満

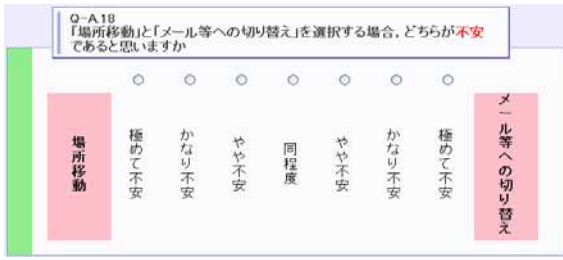


図3 アンケート出力画面

図3において、「場所移動」側の「極めて不安」を回答者がクリックした場合には7が、「メール等への切り替え」側の「極めて不安」をクリックした場合には1/7が、表計算ソフトに入力される(図4)。

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
466	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.07	0.07	0.67	0.07	0.286	0.56	0.15
467	3	5	5	1/3		0.07	0	0	0.01	0.533	0.232	0.23
468	3	1	3	3	3	0.22	0.22	2.57	0.22	0.229	0.659	0.11
469	7	7	7	7	7	0	0.22	0.15	0.28	0.386	0.426	0.18
470	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0.333	0.333	0.33
471	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.333	0.333	0.33
472	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.333	0.333	0.33
473	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.333	0.333	0.33
474	3	1	1	1	1	0	0	0.01	0	0.541	0.228	0.2
475	5	5	7	7	1	0	0.22	0.15	0.15	0.717	0.189	0.09
476	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.333	0.333	0.33
477	1/5	1/5	5	1/5	1/5	0.15	0.15	0.15	0.15	0.08	0.234	0.68
478	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.333	0.333	0.33
479	5	3	5	3	1/5	0.07	0.07	0.07	0.02	0.281	0.267	0.45

図4 表計算ソフト入力画面

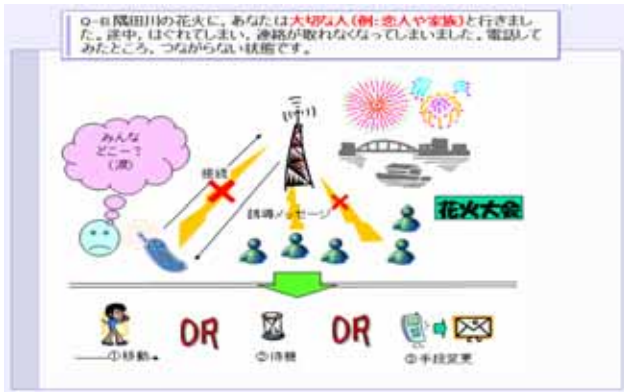


図5 絵によるアンケート設問

アンケート調査本番前に動作確認を兼ねたテストを行った。その結果、当初気がかりであったデータの集計処理には異常が見られなかったが、サーバ構築側が意図した評価項目の差がアンケート回答者にほとんど認識されず、むしろ彼らの回答内容に混乱が見られた(整合度は異様に高かった)。そのため、回答者が一瞥でその設問の内容を把握できるように、質問部分にビジュアル情報を多用したところ解消することができた(図5)。

本WEBアンケートの回答依頼は、携帯通信システム

を使いなし、WEBに慣れていると思われる学生236名に行った。東京都立深川高等学校の教科「情報」履修者、早稲田大学商学学術院学部生、院生、早稲田大学メディアネットワークセンターTAの諸君である。

アンケート期間は2006/01/12より、2006/01/26まで行い、アンケート回答率は95%であった(有効回答)。

#### 4. 集団意思決定法

複数人で合意形式を図り意思決定をする場合、各人がそれぞれAHPを実行しその結果を出し合い検討し結論を導くことが考えられる。しかし、グループとしてのコンセンサスを取り付ける上では、一対比較の値そのものをグループとして決定することがより求められる。対象位置(逆数関係)の性質を崩さないため幾何平均法を使用する。また、AHP分析法では個々のユーザの分析結果をCI値により取捨選択することが知られているが、ユーザ集団全体の分析アルゴリズムはAHP法で定められているわけではない。従ってここでは、CI値を閾値と取り、その閾値の変化が優先度ベクトルにどのように影響するかを図6の計算アルゴリズムに従って提唱する。

**ステップ1:** 不整合な回答を出した場合、整合度CIが大きくなるが、このCIを閾値(T)として使う。アンケート回答者の一対比較行列からCIを計算し、そのCIがTを超えた場合、当該回答者のデータを棄却する。そのCIがT以下ならば、当該回答者の一対比較行列を保存。

**ステップ2:** ステップ1をアンケート回答者全員分行なう。



図6 集団意思決定アルゴリズム

**ステップ3:** 集団の意志を表現する代表的対比較行列の第(i,j)成分は, ステップ1-2で保存されている回答者の対比較行列第(i,j)成分の幾何平均で与える.

**ステップ4:** ステップ3で得られた代表的対比較行列に対し, 固有値や重みベクトルを計算し, 最終的に優先度ベクトルを計算する. 結果を図7に示す. ただし, 各図の横軸のCIは閾値を示す(図8). すなわち, その閾値以上のデータを棄却している. (閾値以下のユーザにグループを制限している)

グラフが単調増加を示していることから最少二乗法により回帰直線による近似直線を求めるとY切片が負になった(図8). すなわちCIの閾値を非常に小さくするとそれを満足する母集団がいなくなることを示す. 集団の見地からはCIは大きいほうが望ましい. 一方個々の観点からはCIは低いほうが良いというトレードオフの関係がある. 以上のことから集団の意思決定において,

CIは0.1~0.15(全体の約50%)の総合目的優先度を取ったものが有効であることを提唱する.

イベント時(その他のシナリオにおいても同等の結果)にトラフィックの空間的な分散, 時間的な分散, トラフィック量そのものを削減するトラフィックを制御する方法を試みた場合, 空間移動に学生達は最も不満を多く感じ, メディアを切り替えることよっての通信方法が最も不満度を感じないという結果が導かれた.

## 5. むすび

本稿では携帯通信におけるトラフィック制御方法についてユーザがどのように感じるか, 評価するかという点に着目し, その解決方法として AHP を用いた. 初めに回答者が安易に手早くアンケートに回答できるよう HTML を用いて視覚的なアンケート web サイトを構築した. 回答に対しアンケート結果を自動的に表計算ソフトに取り込み, 対比較行列要素を幾何平均し, 最大固有値に対する固有ベクトルの重み付け, すなわち優先(ユーザ不満)ベクトルを明らかにした. 整合度を求め, 個々のCI値を閾値として採り, 矛盾性の高い回答を除外することにより集団意思決定法の提案を行った. 優先ベクトルから, これらのトラフィック制御法の良し悪しを判断することができた. 今後の研究課題としては, 携帯通信ネットワークにおけるその他の制御法について分析すること, AHP 解析面においてその他の意思決定法を調査を挙げる. WEB の効果的な活用方法の一例として, また AHP を用いて集団の意思決定を行なおうとする者の一つの指標となることができれば幸いである.

## 参考文献

- [1] K. Hoshi, Web AHP questionnaire engine, <http://roo.to/question/> (2006/03/24)
- [2] S. Kaneda, Y. Akinaga, N. Shinagawa, and A. Miura, "Traffic control by influencing users' behavior in mobile networks," Proc. the 19<sup>th</sup> International Teletraffic Congress, 6a, pp.583-592, 2005.
- [3] K. Oguchi, Y. Takahashi, K. Hoshi, S. Kaneda, and Y. Akinaga, "User's dissatisfaction performance for mobile communication network: an AHP approach," 2006. (To be presented at ICETE)
- [4] A.P. Oodan, K.E. Ward, and A.W. Mullee, "Quality of Service in Telecommunications," IEE. London. 1997.
- [5] T.L. Saaty, "The Analytic Hierarchy Process," McGraw-Hill, New York. 1980.

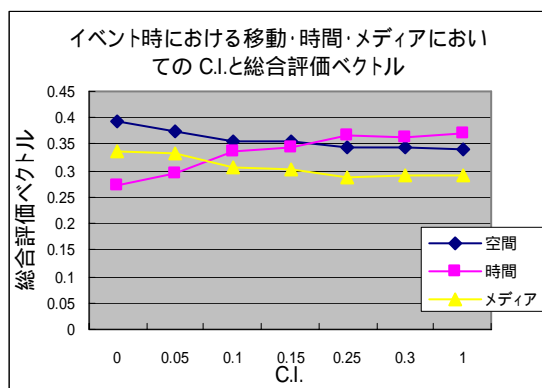


図7 イベント時における移動・時間・メディアにおけるCIと総合評価ベクトル

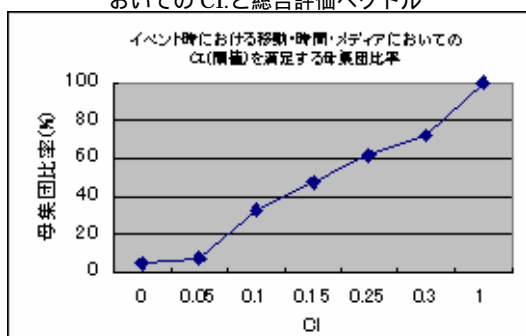


図8 イベント時における移動・時間・メディアにおけるCI(閾値)を満足する母集団比率

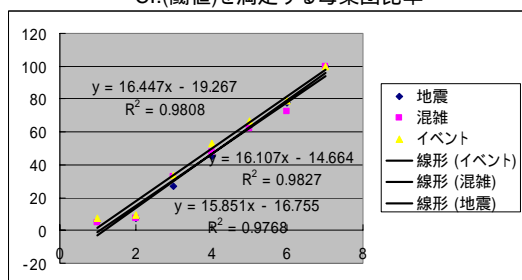


図8 CIと母集団比率における最少二乗法による回帰直線