ショートノート

情報セキュリティに対する 安心感構造についての一考察†

日景 奈津子*・村山 優子*

本研究では、これまでに安心感の定量的評価の実現を目的とした安心度評価モデルについて提案してきた。本論文では、安心度評価モデルについて紹介し、提案モデルの妥当性の検証について報告する。質問紙を用いて安心感に関する意識調査を実施し、得られた統計データを用いて因子分析を実行した。その結果、1)社会的信用と安全性に対するユーザの期待感、2)ユーザインタフェースを介して得られる満足度、3)ユーザの主観と経験に基づくリスク理解の3因子が安心感要因として抽出可能であることを確認し、提案モデルを支持する安心感の構造を示した。今後の課題として、抽出された安心感因子を用いて、あるシステムに対するユーザの主観評価値を予測するためには、これらの因子を定量的に考慮した予測方法の定式化または数量化手法の検討が望まれる。

キーワード：安心と安全、トラスト、主観評価、認知モデル、因子分析

1. はじめに

情報ネットワークの発展に伴い、その恩恵を享受する一方で、危険やリスクも増大してきている。相次ぐ個人情報漏洩事件やフィッシング詐欺など、セキュリティ面での不安要因が増加する中で、社会全体で技術やサービスが受容される要因のひとつとして安心感が得られることを重要視する傾向にあるといえる。

しかしながら、こうした安心に対する意識が高まりつつある一方で、人々に「安心」がどのように捉えられているのか、あるいは安心感の構造について十分な議論がなされないまま、安心を確保するために対策が実施される場合も少なくない。よって、情報セキュリティの観点から見た安心感の構造を明らかにし、安全性を確保する技術とともに安心感を提供するインタフェースの設計指針や評価手法等のフレームワークについて検討することは重要であると考えられる。

本研究では、セキュリティシステムに対する安心感の定量的評価の実現を目指し、セキュリティ評価の一指標として、その応用可能性を示すことを目的とする。また、心理学的測定法および因子分析等の多変量解析を用いて、情報セキュリティにおける安心とは何かを科学的に捉えることを試みる。安心感の構造を把握し、かつ定量評価が可能な指標を示すことにより、

利用者にとってより安心な情報セキュリティシステムのインタフェース設計およびその評価方法への示唆が可能となることが期待される。

2. 関連研究

本節では、安心の定義について紹介し、安心感に関する既存研究について述べる。

国内では、多くの場合安心と捉えられている概念を、欧米ではトラスト（信頼）と表現されることが多く、その関係はあいまいである。トラストの概念は心理学、社会学、経済学等を中心に研究が发展してきた。中でも心理学の分野では、Deutschが初期の研究において、他者に期待することをトラストにおけるコンフィデンス（confidence）として紹介している[1]。また、Gambettaは、他者の行動が自分に対し好意的かどうかという個人の主観的な確率から、トラストを定義している[2]。国内では、山岸が安心と信頼を区別した定義を提唱し、日本の社会のような全体主義の世界では相手を無条件で信用する安心が存在し、欧米のような契約社会では、安心ではなくトラストが存在するとしている[3]。本研究では、暫定的に、トラストは「他者」の能力に対する期待に基づく個人のbeliefとする。それに対し、安心は「対象」に対する個人の主観的感情と捉える。

一方、情報セキュリティの分野は、安全性評価や性能評価により、その達成度を数値あるいは理論的に示すことで行われてきた。セキュリティ技術の客観的安全性だけでなく、それを使う人間の安心感の重要性

† A Study on a Structure of Anshin about Information Security
Natsuko HIKAGE and Yuko MURAYAMA

* 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate school of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

については、暗号理論の観点からヒューマンクリプト[4]という概念が提唱されてきた。どのような要因が利用者の安心感に影響を及ぼしているかを把握するためには、安心感について評価することが求められる。しかし、利用者の安心感については、心理的な側面が強い概念であることから、定量的に評価することは困難であることが予想される。安心感の定量的な扱いの困難さは、村上の提唱する安全学においても指摘されており[5]、安心感は主観的にしか評価できない。

情報セキュリティ以外の分野においても、安心感に関して次のような検討が行われている。

1. 安心と信用：山岸は、ある対象に対する事前の評判がポジティブな情報かネガティブな情報かによって、その対象に対する信頼性の評価に影響を与えることを実験的に示した[3]。また酒井等は、原子力発電所に対するイメージが安心感に与える影響について検討した結果、安心を感じられる根拠は客観的に測れるものではなく、自分自身の経験や他者との相互関係に基づくものであることを示した[6]。
2. 安心と知識：吉川等は、リスクコミュニケーションの観点から、安心と知識の関係について示した[7]。それによると、知識がなく安心している状態を「無知型安心」とし、見かけ上の安心ではなく、リスクについての情報取得を経た「能動型安心」が望ましい状態であることを述べている。またXiao等は、相手の能力や評判等に関する事前知識の有無が安心感に影響を与えることを指摘している[8]。
3. 安心とユーザインタフェース：高橋等は、インタフェース工学の立場から安心要素および不安要素についての心理学実験を実施し、インタフェースの色彩や音声などの情報表示手法の違いが安心感に影響があることを実験的に示した[9]。また、e-commerceサイトにおけるユーザインタフェースのデザインが売り手と買い手の信頼形成に影響を及ぼすことも報告されている[10][11]。

以上の既存研究の知見から、安心感の特徴として主観性を指摘した。また、セキュリティ技術の安全性が確保されていることだけではなく、安心感には他者への信用、知識、ユーザインタフェース等の潜在的な要因が影響を及ぼす可能性があることを述べた。

3. 提案研究

前節では、技術の客観的安全性が確保されていることだけではなく、利用者の潜在的な要因が安心感へ影響を及ぼす可能性があることを既存の知見を踏まえて指摘した。本研究では、これまでに情報セキュリティ技術に対する利用者の安心感について、1. サービスやシステム等の事業主体および提供者に対するトラスト(社会的信用)、2. 利用者のセキュリティ対策技術についての理解およびリスク認知、3. ユーザインタフェースを介して得られる満足度、の3つの観点から捉える評価モデルを提案してきた[12]。本節では、安心感の定量的な評価モデルについて紹介する。

3.1 安心度評価モデル

安心度評価モデルは、利用者に安心を与える要因である「認知要素」、認知要素に対する評価関数である「認知関数」、各認知関数の出力値を重み付けして最終的な安心度を出力する「重み付け関数」で構成される。認知関数として以下の関数を定義する。

信用関数 システム提供者側についての評判や実績などの社会的信用についての評価関数であり、サービスやシステム等の事業主体および提供者に対する社会的信用、セキュリティポリシーに対する安心感を計測する。相手の能力に対する期待感も加味される。

理解関数 システムの安全性を確保するための対策や技術についての評価関数であり、安全性の確保のための対策や技術に対する安心感や、いくつかのシステム利用上のリスクを提示し、それらに対する主観的知識量やリスク感を計測する。利用者自身のリスク理解およびリスク認知の影響を受ける。

直感関数 対象システムのユーザインタフェースについての評価関数であり、確信を持って操作できたかどうかや、操作に対する応答時間など、インタフェースを介して得られた満足感、操作感、好みや慣れ親しみやすさなどを安心感として計測する。

これらを包括するモデルを図1に示す。認知要素は、ユーザの直接の評価の対象に相当する。上述した認知関数において、各評価項目に対する主観評価値を決定し、定量評価が可能な値に置き換えられる。その主観評価値の総和を暫定的に安心度と仮定する。

図1 安心度評価モデル

4. 安心度評価モデルの妥当性検証

4.1 調査方法

筆者らはこれまでに提案モデルの妥当性検証を目的とした調査実験を進めてきた[12]。本研究では、提案モデル内の仮説が、統計的に説明可能かどうかを確認する目的で、質問紙を用いた調査実験を実施し、因子分析による検証を行った。調査概要を以下に示す。

質問紙 本調査で使用する質問紙を作成するにあたり、日頃情報システムを利用する際、どのような場面で安心感が得られるかについて、15名の学生に対し自由記述調査を実施した。その結果、「システムを提供する会社が大手の会社であること」「システムを提供している会社が信頼できる会社であること」「安全性対策(暗号化)が行われていること」「システムの見た目やデザイン」「システムの使いやすさ」等の意見が挙げられた。得られた意見を整理し、さらに独自に作成した設問を加え、最終的に計27項目からなる質問紙を作成した。

調査内容 「ネットワークを介したサービスやシステムを利用するかを判断したり、また利用するとき」「安心だ」と感じるとき、以下の項目については安心感の根拠や理由になっていますか」という問を設定し、作成した設問について「非常にそう思う」(7点)～「まったくそうは思わない」(1点)の7段階で評定を求めた。

手続き ソフトウェア情報学部2～4年次生140名に協力を依頼し、複数の講義内での集合調査を実施した。担当教員と受講学生の了解を得た上で調査用紙を配布し、15分程度で回答を求めた後その場で回収した。

回収票 140名のデータのうち、記入漏れ等の無効票を除いた122件を有効票とした。122名の内訳は、

男性81名、女性41名、平均年齢は20歳(19歳～36歳)であった。

4.2 安心感の因子構造の把握

統計解析ソフトであるSPSS 14.0J for Windows*1を使用し、122件のデータを基に、主因子法による因子分析を行った。

初期解における固有値は、第1因子から順に6.644, 2.451, 1.976, 1.519, 1.490, 1.127, ...であり、固有値が1以上の基準で6因子が抽出可能であった。この固有値の変化を見ると、第2因子と第3因子、第3因子と第4因子、そして第5因子と第6因子の間にやや大きな変化が見られ、スクリー基準では2因子構造、3因子構造、5因子構造の可能性が考えられる。そこで、因子数を2因子、3因子、5因子に固定した場合の全てについて、斜交回転の代表的な手法であるPromax回転を用いて再度因子分析を実行した。その結果、(1)因子負荷量の高低が明確な負荷量行列であるという単純構造を示したこと、(2)因子の解釈可能性を考慮した結果、因子に含まれた項目の組み合わせが最も自然に解釈できたことという2つの理由から、最終的に3因子構造を採用した。回転の過程で、いずれの因子にも十分な負荷量を示さなかった項目を除き、計22項目から表1に示す因子パターン行列を得た。なお、回転前の3因子で22項目の全分散を説明する割合である累積寄与率は50.32%であった。

第1因子は11項目で構成されており、安全性に対するユーザの期待や、会社や事業主に対する信頼等の項目に高い因子負荷を示した。したがって、仮説内の信用関数と同等の内容であり、「社会的信用」因子と解釈した。第2因子は5項目で構成されており、端末やシステムを介して得られる満足度等の項目に高い因子負荷を示した。いずれもユーザインタフェースに関わる項目であり、仮説内の直感関数と合致した内容であり、「インタフェース」因子と解釈した。第3因子は6項目で構成されており、ユーザ自身の経験や主観的知識に基づくセキュリティについての理解等の項目に高い因子負荷を示した。これは仮説内の理解関数に相当すると考えられ、「リスク理解」因子と解釈した。さらに、各因子ごとの信頼性を確認するためクロンバックの α 係数を算出したところ、「社会的信用」で.84、「インタフェース」で.90、「リスク理解」で.73となり、内的整合性が認められた。

以上の結果から、安心感の要因として抽出された3因子は、提案モデルを支持する因子構造であると判断

*1 エス・ピー・エス・エス株式会社

表1 主因子法, 因子数3, Promax 回転後の因子パターン行列

項目	I	II	III
Q8. 何かトラブルがあってもシステムが支援してくれる	.825	-.045	-.177
Q7. 何かトラブルがあってもシステムが回復すれば大丈夫だ	.769	-.006	-.224
Q9. 安全性がきちんと確保されている	.734	-.081	.077
Q6. 何かトラブルがあっても事業主が保証してくれる	.697	.039	-.136
Q3. 大手の会社や事業主が提供するシステムやサービスは安心である	.531	.088	.074
Q4. 事業主は個人情報管理対策をきちんとしている	.527	-.011	.166
Q1. サービスを提供する事業主や会社自体を信頼している	.446	.113	.241
Q27. 具体的な根拠はないが、なんとなく安心だ	.406	.137	.044
Q5. 事業主や会社自体ではなく、システムや技術を信頼している	.404	.174	.061
Q11. 仮に安全でなくても救われる	.370	-.076	.062
Q10. 安全であることを実感できる	.362	-.011	.057
Q17. 端末やシステムのデザインに親しみがもてる	-.101	.984	-.071
Q18. 端末やシステムのデザインが魅力的だ	-.008	.927	-.093
Q19. 端末やシステムのデザインのレイアウトや色使いがきれいだ	-.028	.924	-.104
Q21. 端末やシステムの操作性が優れている	.135	.616	.149
Q20. 端末やシステムが使いやすい	.114	.547	-.048
Q14. 自分は情報技術についてよく知っているほうだ	-.051	-.118	.672
Q12. 自分はシステムの仕組みについてある程度理解している	-.015	-.184	.636
Q13. 自分は安全対策をしているので大丈夫だ	.209	-.121	.553
Q25. いつも利用しているので使い慣れている	-.018	.378	.480
Q15. 自分はどんなリスクや脅威があるか理解した上で利用している	-.171	.142	.479
Q26. いつも利用しているので経験上心配はない	.107	.263	.338
累積寄与率 (%)	30.20	41.34	50.32

できる。今後の課題として、安心感を3つの側面から捉えることの妥当性を検証する必要がある。現在、その試みとして共分散構造分析を用いた検証を進めている。共分散構造分析(SEM; Structural Equation Modeling)とは、ある事象に対する因果モデルを設定し、その仮説の妥当性を検討するための統計的手法である[14]。詳細は付録Aに添付する。

5. まとめ

本論文では情報セキュリティ技術に対する安心感の定量的評価モデルについて紹介した。安心感に関する質問紙調査を実施し、因子分析を用いて提案モデルの妥当性を検証した結果、提案モデルを支持する因子構造を確認した。本研究では安心度評価のための枠組みを提案したが、具体的な評価手法および安心度算出のための定式化については十分な検討ができていない。今後、計量心理学的測定法や数量化手法等を含めた検討を進めていきたい。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構(JST)の戦略的国際科学技術協力推進事業の助成を受けている。本研究に際し多大なるご指導を頂いた、共同研究者であるワシントン州立大学のCarl Hauser氏、岩手県立大学のBasabi Chakraborty氏、瀬川典久氏、サイバー大学の後藤幸功氏、東京工科大学の宇田隆哉氏に感謝しま

す。因子分析および共分散構造分析についてご助言を頂いた科学技術振興機構の山崎瑞紀氏、国立保健医療科学院の松村真木子氏に感謝します。

参考文献

- [1] Deutsch, M.: The effect of motivational orientation upon trust and suspicion, *Human Relations*, 13, pp.123-139 (1960).
- [2] Gambetta, D.: Can We Trust Trust?, *Making and Breaking Cooperative Relations*, pp.213-237 (1996).
- [3] 山岸俊男: 信頼の構造—こころと社会の進化ゲーム, 東京大学出版会 (1998).
- [4] 今井秀樹, 古原和邦, 渡辺曜大: ヒューマンクリプトとは, 電子情報通信学会技術研究報告, ISEC2000-17, Vol.100, No.77, pp.57-64 (2000).
- [5] 村上陽一郎: 安全と安心の科学, 集英社新書 (2005).
- [6] 酒井幸美, 守川伸一, ハフシメッド, 大橋智樹: 原子力発電所に対する安心感の構造—「安心」のイメージに関する調査をもとに—, 原子力安全システム研究所 INSS JOURNAL, Vol.10, pp.10-21 (2003).
- [7] 吉川肇子, 白戸智, 藤井聡, 竹村和久: 技術的安全と社会的安心, 社会技術研究論文集, Vol.1, pp.1-8 (2003).
- [8] Xiao, S. and Benbasat, I.: Understanding Customer Trust in Agent-Mediated Electronic Commerce, Web-Mediated Electronic Commerce, and Traditional Commerce, *Information Technology and Management*, Vol.4, No.1-2, Kluwer Academic Publishers, pp.181-207 (2004).
- [9] 高橋孝輔, 仲谷美江, 西田正吾: 安心感を考慮した情

報提示方法に向けて, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集, pp.289-292 (2002).

- [10] Stephens, R. T.: A framework for the identification of electronic commerce design elements that enable trust within the small hotel industry, *Proc. of the 42nd annual Southeast regional conference*, pp.309-314 (2004).
- [11] Riegelsberger, J., Sasse, M. A. and McCarthy, J. D.: Shiny happy people building trust?: photos on e-commerce websites and consumer trust, *Proc. of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI'03)*, pp.121-128 (2003).
- [12] Murayama, Y., et al.: An Anshin Model for the Evaluation of the Sense of Security, *Proc. of the 39th Hawaii International Conference on System Science (HICSS'06)*, Vol.8, p.205a (2006).
- [13] 豊田秀樹: SAS による共分散構造分析, 東京大学出版会 (1992).
- [14] 山本嘉一郎, 小野寺孝義: AMOS による共分散構造分析と解析事例 [第二版], ナカニシヤ出版 (2002).

A 付録

探索的因子分析の結果, 安心感の要因として 3 因子を抽出し, 提案モデルを支持する因子構造が認められた. また, 3 因子間に .3 ~ .5 の中程度の相関が見られたことから, これらの 3 因子の背後に「総合的な安心度」因子の存在を仮定することができる. 通常, 因子分析は複数の観測変数によって各因子が計測されるが, 因子の背後にさらに因子を仮定するような 2 段階の因子構造を高次の因子分析と呼ぶ[13]. そこで, 安心感要因として抽出された 3 つの因子によって安心度を捉えることの妥当性を検証する目的で, 3 因子の背後に高次因子を仮定した因果モデルを構築し, 共分散構造分析を用いてその妥当性を確認する.

分析に用いる観測変数として, 探索的因子分析で得られた因子パターン行列において, 各因子に .55 以上の高い付加量を示した項目を選定した. 分析には共分散構造分析ソフトウェアである Amos5.0J を使用した. 構築したモデルおよび分析結果を図 2 に示す.

図2 高次因子モデルの分析結果

高次の因子から下位の 3 因子へのパス係数は, いずれも 5 %水準で有意であることを確認した. 構築した因果モデルの妥当性を確認するためには, そのモデルがどの程度受容できるかどうかを表す適合度指標を用いる. 分析の結果, 図 2 の適合度指標は, CFI = 0.943, GFI = 0.898, RMSEA = 0.091であった. CFI および GFI は 1 に近いほどモデルの当てはまりが良いとされ, 0.9 以上であることを受容の目安としている[13]. また, RMSEA は 0.08 以下で良好と判断する[14]. 以上の結果から, 適合度指標はおおよそ良好であったが, 受容の基準を満たすためには, モデル構成における技術的な面での改善の余地があるため, 今後再調査を行う.

(2006年11月13日 受付)

(2007年1月29日 採録)

[問い合わせ先]

〒020-0193 岩手県岩手郡滝沢村滝沢字菓子152-52

岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科

村山 優子

TEL : 019-694-2548

FAX : 019-694-2549

E-mail : murayama@iwate-pu.ac.jp

著者紹介

ひかげ なつこ 日景 奈津子 [非会員]

平成 17 年 3 月岩手県立大学ソフトウェア情報学部卒業。平成 19 年 3 月同大学大学院ソフトウェア情報学研究科博士前期課程修了。同年 4 月日本電信電話株式会社入社。現在に至る。情報セキュリティの心理学的側面からの研究に興味を持つ。ACM、情報処理学会各会員。

むらやま ゆうこ 村山 優子 [非会員]

津田塾大学学芸学部数学科卒。三菱銀行および横河ヒューレット・パッド社に勤務。昭和 59 年 University College London 大学院理学部計算機科学科修士課程修了。平成 2 年同大学大学院博士課程修了。Ph.D.(ロンドン大学)。慶應義塾大学環境情報学部非常勤講師を経て、平成 6 年 4 月より広島市立大学情報科学部情報工学科講師。平成 10 年 4 月より岩手県立大学ソフトウェア情報学部助教授。平成 14 年 4 月より教授。現在に至る。インターネット、ネットワークセキュリティの研究に従事。IEEE、ACM、情報処理学会、電子情報通信学会、映像情報メディア学会、日本 OR 学会、情報知識学会会員。

A Study on a Structure of Anshin about Information Security

by

Natsuko HIKAGE and Yuko MURAYAMA

Abstract :

In this research, we propose a quantitative model of evaluating security systems in terms of sense of security. This paper starts with our original Anshin evaluation model and reports on its verification. We conducted a questionnaire survey about sense of security to make a statistical survey using factor analysis. Factor analysis showed following factors; 1) trust and security by user expectation, 2) satisfaction of user interface, and 3) understanding of risk and threat by user experience and prior knowledge. In terms of factor analysis, this survey showed that theoretical three factors in the structure of a sense of security were significant statistically. Future works are needed to discuss about some quantitative methods to evaluate for sense of security.

Keywords : Security and Safety, Trust, Subjective assessment, Cognitive model, Factor Analysis

Contact Address : **Yuko MURAYAMA**

Graduate school of Software and Information Science Iwate Prefectural University

152-52, Sugo, Takizawa, Takizawa-mura, Iwate 020-0193 JAPAN

TEL : 019-694-2548

FAX : 019-694-2549

E-mail : murayama@iwate-pu.ac.jp