

鉄鋼業のサプライチェーンマネジメントにおける
RFID 導入の問題点と今後の課題
(The introduction of RFID in supply chain management
of the steel industry and its challenges)

博士（商学）学位請求論文

楊 凱舜

Yang Kai-shun

拓殖大学大学院商学研究科博士課程 3 年

2023年3月

© 2023 Takushoku University – All rights reserved

要旨

IT 革命の中、RFID 導入が世界の多くの産業界で進む現在、鉄鋼業鋼管分野に、なぜ導入が進まないのか。本研究は、この問題を命題として先行研究の文献レビューに加え、鋼管業を主要産業とする中国、スペイン、サウジアラビアの主要 4 社での RFID 導入現場における実態調査を通じて問題点を発見し、任意アプローチ手法を用い、その課題のソリューションを検証し考察した。

本論文では、他のほとんどの鉄鋼企業で導入されていないという状況の中で、中国宝武鋼鉄集団がどのようにして RFID を導入したのかを技術受容モデル (Technology Acceptance Model : TAM、以下、TAM) によって分析し、明らかにしていく。その結果は、今後、鉄鋼業に RFID を導入する際に役立つと考えられる。

本論文では実態調査で 3 つの外部変数を確立し、それらの外部変数が TAM に与える影響の検証と、知覚された有用性、知覚された使用容易性の前後関係や使用態度、使用意向、実際使用までの分析・考察を進めた。RFID の使用経験がある中国宝武鋼鉄集団の従業員やマネージャーなどに調査紙調査を行い、その結果から得たデータを用いて共分散構造分析した。

実態調査で明らかにした鋼管分野への RFID 導入における今後の主な課題は、とりわけ「RFID タグのコスト引き下げ」、「RFID タグ貼り付けの自動化」、「RFID タグの標準化」、「二次・三次加工工程への連携対応」等であり、サプライチェーン総体の利益を鑑みる場合、重要である。鋼管分野を裾野とする鉄鋼業界は今後、鉄鋼業界全体で、この問題の解決に取り組むとともに、RFID を導入するメリットを明確にし、導入の費用対効果のシミュレーション結果を中国鉄鋼業のサプライチェーンの各担い手に例示していくべきであろう。

キーワード

中国鋼管分野の付加価値生産性、RFID タグ、標準化、貼り付け機の自動化、二次三次加工工程、IT インフラ負担と共有、IT スマート SCM、技術受容モデル

目次

序章.....	6
第1節 研究背景および動機.....	6
第2節 研究の目的	8
第1項 第一段階：鉄鋼業における RFID 導入の研究目的	8
第2項 第二段階：鉄鋼業における RFID 導入 TAM の研究目的.....	9
第3節 本論文の構成.....	10
第1章 文献レビューおよび基礎理論.....	15
第1節 RFID.....	15
第1項 RFID の動作原理.....	15
第2項 RFID 通信方式と周波数.....	16
第3項 RFID とバーコード	18
第4項 RFID の利用事例.....	19
第2節 技術受容モデル理論の発展.....	24
第1項 ユーザー受け入れ理論（User Acceptance）	24
第2項 合理的行動理論（Theory of Reasoned Action：TRA）	25
第3項 計画的行動理論（Theory of Planned Behavior：TPB）	26
第4項 技術受容モデル（Technology Acceptance Model：TAM）	26
第3節 サプライチェーンマネジメント：SCM.....	35
第1項 伝統的サプライチェーンマネジメント	37
第4節 スマートサプライチェーンマネジメント	39
第1項 スマートサプライチェーンマネジメントの構築と設計	39
第2項 スマートサプライチェーン構築の事例.....	41
第3項 サプライチェーンマネジメントスマート化への課題.....	43
第4項 スマートサプライチェーンを取り巻く環境.....	44
第5節 鉄鋼業の背景およびケーススタディ実態調査.....	46

第1項	鉄鋼商社 Grupo Cuñado の事例	46
第2項	エンドユーザー Arabian Oil Company Aramco の事例.....	49
第3項	鋼管製造工場 天津鋼管 TPCO の事例.....	50
第4項	総合製鉄工場 中国宝武鋼鉄集団の事例	52
第5項	4社における RFID 導入実態調査結果のまとめ	53
第2章	研究方法	55
第1節	第一段階：ケーススタディ	57
第1項	ケーススタディ（Case Study）	57
第2項	インタビュー（Interview）	58
第3項	ケーススタディ対象	59
第4項	研究方法.....	60
第5項	インタビューガイド（Interview guide）	60
第6項	研究の流れ.....	61
第2節	第二段階：調査紙調査方法および資料収集	62
第1項	研究理論の構成および研究の仮説	66
第2項	調査紙の発展	67
第3項	調査紙の解析方法	70
第3章	調査紙分析	71
第1節	調査紙実施における資料収集およびサンプルの特徴.....	71
第1項	背景変数（context variable）と質問項目内容の記述統計.....	71
第2項	TAM の各質問項目と記述統計	72
第2節	差分分析（Difference analysis）	76
第1項	独立標本 t 検定（Independent Samples T-Test）を用いて分析した結果	76
第2項	一元配置分散分析の結果.....	83
第3節	検証的因子分析（confirmatory factor analysis:CFA）	102
第4節	パス図解析（構造モデル）	111

第4章 結論	117
第1節 第一段階の実態研究結論	117
第2節 第二段階の研究結論	118
第5章 研究の貢献および今後の研究課題	120
第1節 本研究の貢献	120
第2節 本研究の限界および今後の研究課題	122
参考文献一覧	125

序章

第1節 研究背景および動機

本研究の対象は鉄鋼業の鋼管分野である。鉄鋼業は形鋼・線材・薄厚板・鋼管など多様な製品を生産している。製品の用途も建設・自動車・輸送用の管など多岐にわたる。そのため、鉄鋼半製品と鉄鋼製品の細かい正確な商品管理はもともと難しい業界であった。なかでも鋼管分野は、外からは一見同一のものに見えるにもかかわらず、鋼管の成分によって一般の液体輸送管、土木工事用の鋼管、陸上・海底石油輸送管など使い道が変わっており、鋼管製品の製造・流通におけるサプライチェーン管理は、より高い水準の精度が求められている。鉄鋼業もしくは鉄鋼製品を大量使用する会社は、製品の在庫管理もしくは製品を追跡するために無線自動識別（RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION：RFID）を利用し始めた。例えば、台湾の中国鋼鉄株式会社は、スチールコイル製品に RFID を使用して、生産ラインおよび工場から出荷する際に工場の出入口に RFID 読み取り機を設置し、自動で読み取ることにより、労働力や運送などにおいて 40% の効率化を実現した。

RFID とは、「IC タグ」と「読み取り装置」との間で電磁波を交信させて情報を読み取り、書き換える非接触 IC システムによる「自動認識技術」である。この技術で用いられる RFID タグ（IC タグ）は、日本では身近になっている Suica や PASMO などの鉄道用カードなどと異なり、中国における鉄鋼業界の鋼管では、2022 年時点においても、まだほとんど普及していない。

ユビキタス社会¹の到来と、自動チェックアウト、自動入出庫管理、トレーサビリティ、リサイクル、盗難防止、模倣品防止、消費動向調査、資産管理など多くの潜在的ニーズから、現在でもさまざまな用途の RFID タグ実証実験が行われており、鉄鋼業界でも RFID の実用化が期待されている。

しかしながら、実際には鉄鋼業、とりわけ鋼管分野の製品管理は依然として人手によって行われる場合が多く、細かいことにこだわらない大雑把な工程管理が一般的となっている。この問題について Feinbier et al. (2009) ²は、「鉄鋼業への RFID 導入はリアルタイムでモノの位置を把握することによって、時間短縮とミスの削減のための一つのツールとして期待できる」と述べている。つまり、鋼管分野においても、RFID 導入による管理精度の向上を通じて、鋼管製品のサプライチェーンにおける付加価値の向上やリードタイムの短縮などの成果が期待されるということである。

例えば鋼管製品の出荷時に RFID タグを製品に貼り付けたまま出荷し、加工メーカー・商社・倉庫・物流・エンドユーザーなどで RFID タグが活用できれば、人手による現品管理システムをより一層効率化することが可能となり、一連の管理コストが削減できると考

¹ 人がネットワークにより、いつでも、どこでも、誰でも、情報機器を通じて、さまざまな情報やサービスを利用することができる社会。

² Feinbier et al. (2008) The benefits of RFID for slab-and coil-logistics. pp.6-8

えられる。

アパレルをはじめ、すでに一部産業界では RFID の導入が進められている。10 万アイテム以上の部材を管理する造船業では、各組立段階で船殻部材の JIT (Just In Time) 供給が必要となる。そのため、部品の在庫・所在管理が重要であり、部品に RFID タグを貼り付けて管理作業を行っている。また日本の大手建築会社は、RFID を使用して建築用鉄鋼製品の入出荷状況と数量を把握している。ただし、こうした導入例は、現在一部の企業に限られ、鉄鋼業全体では普及率が低いままにとどまっている。日本電気学会金属産業委員会 (2010)³は、RFID タグの鉄鋼業への応用が一般産業と比較して十分に進んでいないことを指摘している。問題は、鋼管分野になぜ RFID の導入が進まないかである。問題の背後に特別な理由があるのだろうか。

本研究では、鉄鉱石や石炭、コークスなどの鉱石原材料の調達から粗鋼を生産する工程を経て、鉄鋼業メーカーが製品を製造し、鋼材加工会社や二次流通会社への販売を行い、さらにはこれらの企業が顧客に製品を販売するまでのプロセスを「鉄鋼業のサプライチェーン」と定義し、研究を進める。この鉄鋼サプライチェーンの中に RFID を導入し、製品管理に用いることによって経済合理性があると仮説を立て、鋼管サプライチェーンの実態の分析と検証を行う。

これまで鉄鋼業における RFID 導入の問題としては、先行研究で磁性体や温度など技術的問題が主に強調されてきた。また一方で、RFID の持つ経済性、サプライチェーン総体の中での付加価値、費用対効果の可視化研究は、いまだ十分とはいえない。

本研究では、まず先行研究が指摘した RFID の問題点を確認する。次に、鉄鋼業のサプライチェーンのケーススタディを通じて RFID 導入の現状を分析し、RFID の導入を阻む問題、特に技術以外、運用面の問題点を解明する。さらに、鉄鋼業の中でも付加価値が高いとされる鋼管分野に RFID を導入する場合、今後、何が重要で、何が求められるかを考える。これが本論文の研究目的である。

³ 日本電気学会鉄鋼業における RFID 技術の応用調査専門委員会 (2010)「鉄鋼業への応用」p. 16

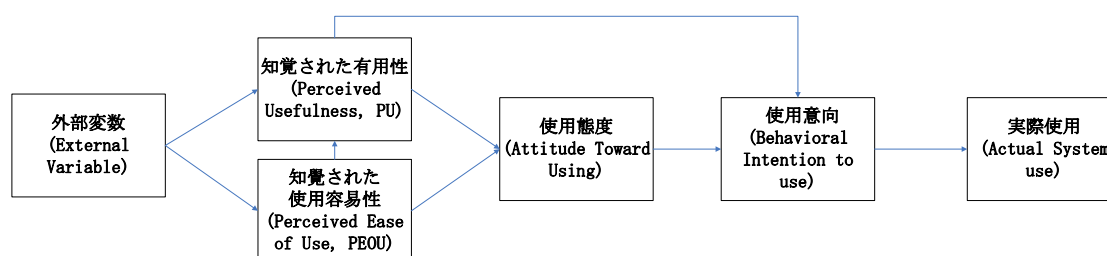
第2節 研究の目的

本研究の目的は、研究背景および動機の整理を通じて、鉄鋼業がサプライチェーンにおいて RFID を受け入れ、使用する意欲を検証することである。

本研究の研究手法は二段階としている。第一段階はケーススタディで、インタビューを介してケーススタディの鉄鋼企業が、RFID に対してどのような認識を持っているかを調査したり、実際の使用についての情報を収集したりすることによって、鉄鋼業における RFID の使用状況を理解できる。第二段階は技術受容モデル（Technology Acceptance Model : TAM、以下、TAM）に基づいて行う。

TAM は、情報システムや新技術の導入・受容を予測、説明、要因分析するモデルとして広く利用されている。本研究では、世界の粗鋼生産量の中国宝武鋼鉄集団株式会社（China Baowu Steel Group Corp., Ltd. 以下、宝鋼）を研究対象とし、なぜ RFID を導入・受容できたのかを TAM（図 1）を通じて検証することで、鉄鋼企業が RFID の使用を受け入れるための実現可能な経路を見つけ出すことを目的としている。

図 1 TAM



出所：Davis et al. (1989) より、図は筆者作成

第1項 第一段階：鉄鋼業における RFID 導入の研究目的

本研究の背景および研究動機では、鉄鋼業はさまざまな通信技術を利用して、サプライチェーンにおける川上、川中、川下企業の需要に対するサービスを計画・提供していることを指摘した。RFID は多くの広範囲なアプリケーションがあるが、鉄鋼業では普及していない。使用していたケースも多少あったが、あくまでも製品の在庫管理やサプライチェーンの末端での使用に限られており、サプライチェーンの垂直（原料・半製品などの供給）や水平（完成品の応用・販売など）の具体的なデータベースやシステムを完全に構築でき

ていないことは、本研究のケーススタディの部分に示した。

しかしながら、このような状況でも、RFID を活用している企業はあった。本研究の第一段階では、ケーススタディ手法を用いて RFID で倉庫・物流を支援するケース企業の姿勢と現状を記述し、第二段階の調査紙の外的妥当性（External Validity）を探るための事前調査とした。つまり、第一段階で鉄鋼業における RFID 応用の事例を提示しながら、第二段階の調査紙分析に対応できる問題や内容を構築することができる。

ケーススタディの対象には、RFID デジタル技術の開発と倉庫管理への応用に積極的で、現在、業務提携している 4 社を選定した。この 4 社は筆者と実際に業務上、関係がある企業で、ヒアリングを経て、次の目標を達成することを目指している。

- ①ケーススタディ企業における RFID の計画から最終的な導入までのプロセスを明らかにする。
- ②ケーススタディ企業が、意欲を持ちながらも RFID を導入しない場合、その理由をさまざまな検討事項に基づいて探る。
- ③その後の TAM の参考とするため、RFID を使用している具体的な企業から意見を収集する。

第 2 項 第二段階：鉄鋼業における RFID 導入 TAM の研究目的

本研究の第二段階は、第一段階のケーススタディ分析結果に基づいて、技術受容パターンに関する調査紙を作成し、企業へのヒアリング結果を基に TAM の外部変数を集計した。RFID 技術の使用に対する企業の意欲に影響を与える要因を明らかにするために、TAM に基づく理論的枠組みモデルを提案した。

また、調査紙調査のデータや共分散構造分析（SEM）を利用し、今後の鉄鋼業の研究開発のために、産業界や学会で参考となる理論モデルを構築した。その目的は、以下の 3 つである。

- ①TAM に基づき、鉄鋼業の倉庫・物流における RFID の使用に影響を与える技術受容経路を明らかにする。
- ②検証された技術受容経路を、今後の研究開発のための理論モデルの構築に利用する。
- ③RFID の活用成功した企業の技術受容経路を分析することで、他の業界や学術の参考とする。

第3節 本論文の構成

本論文は序章を含め、全6章で構成される。各章の内容は以下の通りである。

第1章 文献レビューおよび基礎理論

第1章ではRFID、TAM、サプライチェーンマネジメント、スマートサプライチェーンマネジメントに関する既往研究を整理する。日本や台湾では鉄鋼業におけるRFID導入に関する文献は少なく、RFIDを導入済みの他業界の使用事例や英文の文献を介してRFIDの使用の仕方や、今後鉄鋼業でRFIDを使用する際の将来像や波及効果を示していく。また、本論文の研究理論はTAMであり、本章の第2節にTAMの定義、理論、発展を説明する。TAMは1986年、1989年に研究者Davisが提案したモデルである。牧野（2018）⁴は、TAMは技術を採用するかどうか、どのような要素が影響を与えるかを分析する代表的なモデルであり、「知覚された有用性」と「知覚された使用容易性」は、システムを採用するかどうかという「使用態度」に影響を与え、それが使ってみようという「使用意向」に繋がっていくと考えるモデルであると述べている。本論文の研究目的では、宝鋼がどのようにしてRFIDを導入したのか、RFIDの有用性もしくは使用容易性に、どのような影響を与えたのかを分析するため、TAMの理論を採用した。

そして、従来のサプライチェーンマネジメントの発展、課題とRFIDを導入したスマートサプライチェーンマネジメントの設計と構築、課題などの詳細を本章の第2節と第3節で示していく。最後の第5節の鉄鋼業の背景およびケーススタディ実態調査は、筆者が中国およびスペインで実態調査を行った結果からRFIDが鉄鋼業でどのように使用されているかを明らかにするとともに、鉄鋼業におけるRFID導入上の課題を整理して示すものとする。

第2章 研究方法

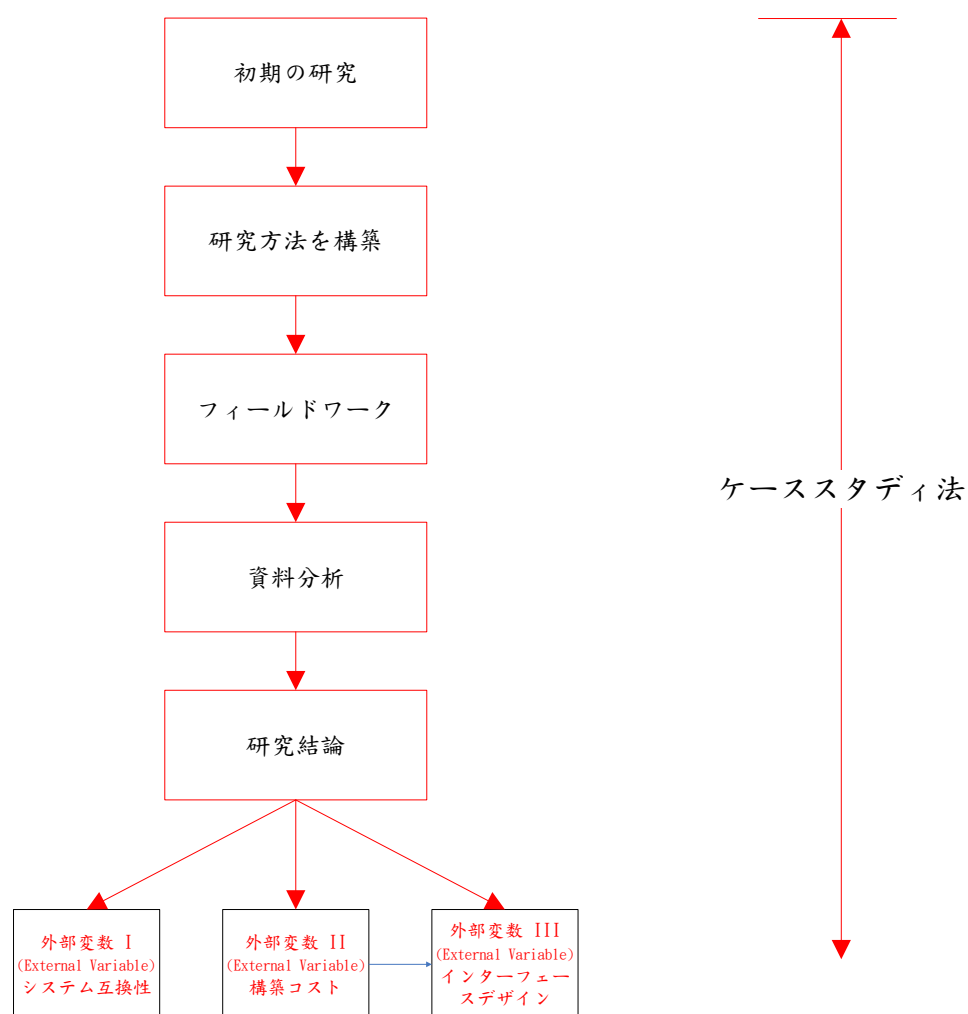
第2章では、本論文の研究方法について説明をしている。第一段階では定性的研究のケーススタディで鉄鋼業のRFIDにおける応用状況を理解することと、TAMの知覚された有用性および知覚された使用容易性に影響を与える因子(外部変数)を明確にする(図2)。

本論文の外部変数は、筆者の実務経験と企業へのインタビューをもとに設定した。宝鋼、天津鋼管、Grupo Cuñadoからは、「構築コスト」、「システム互換性」のキーワードが複数回、出てきた。また、

⁴ 牧野（2008）行動的経験と技術受容モデルの統合モデルの検討：新サービス採用の文脈での2つのモデルの比較 pp. 123-126

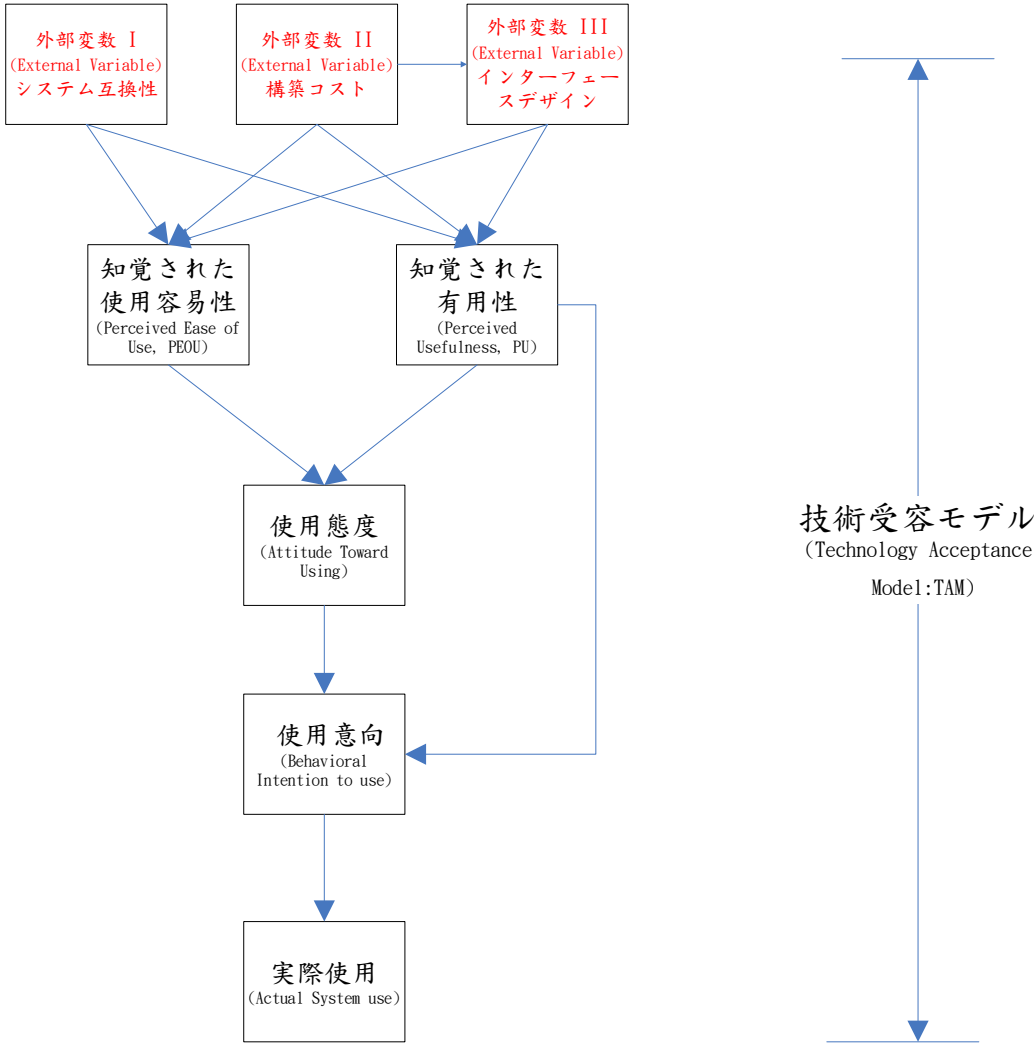
宝鋼からは「インターフェースデザイン」のキーワードも複数回出てきた。これらを勘案し、筆者はこの三つの外部変数を選択し、RFIDの導入に当たり、どのような影響があるかを検証する。

第一段階のケーススタディ法の研究は図 2 のように行う。まず初期の研究から日本語、英語、中国語の参考文献をレビューし、研究テーマを確立する。そして、宝鋼の RFID の使用経験者を研究対象にした調査紙調査法を用いて資料を分析し、研究方法を構築する。研究結論では、3 つの外部変数「システム互換性」、「構築コスト」、「インターフェースデザイン」を明確化していく。



第二段階の定量分析では（図 3）、回収した調査紙内容を解析する。本論文の調査紙解析方法は SPSS 22.0 および AMOS 22.0 を使用した。共分散構造分析を検証するために、本研究では記述統計、分散分析を用いた。最後に共分散構造分析を通じて、宝鋼の RFID 技術受容パターンを明確にしていく。研究全体の流れは、p.62 の図 2-1 で示している。

図 3 研究方法の第二段階：共分散構造分析



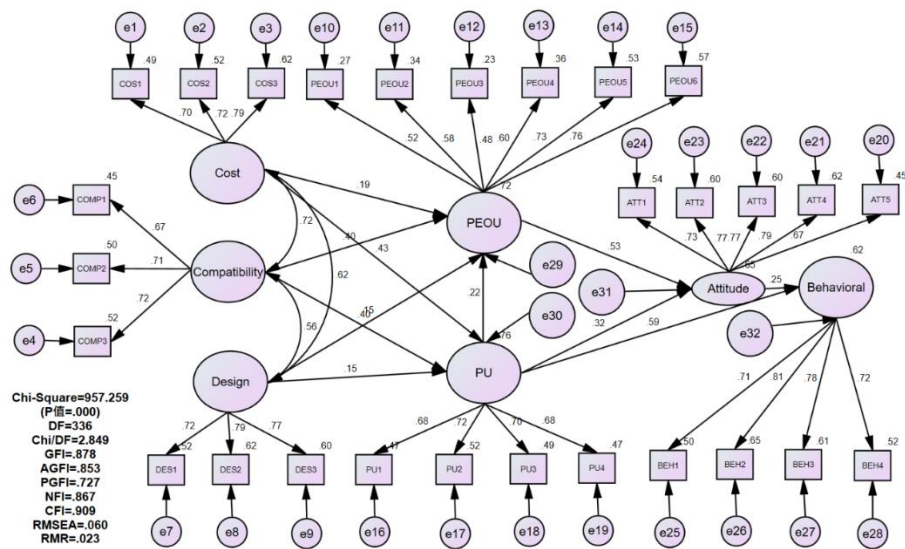
出所：筆者作成

第3章 調査紙の分析

第3章では、回収した調査紙の分析を行う。TAMの各質問項目と記述統計、差分分析、独立性に関するt検定、一元分散分析の結果を本章で明確にする。

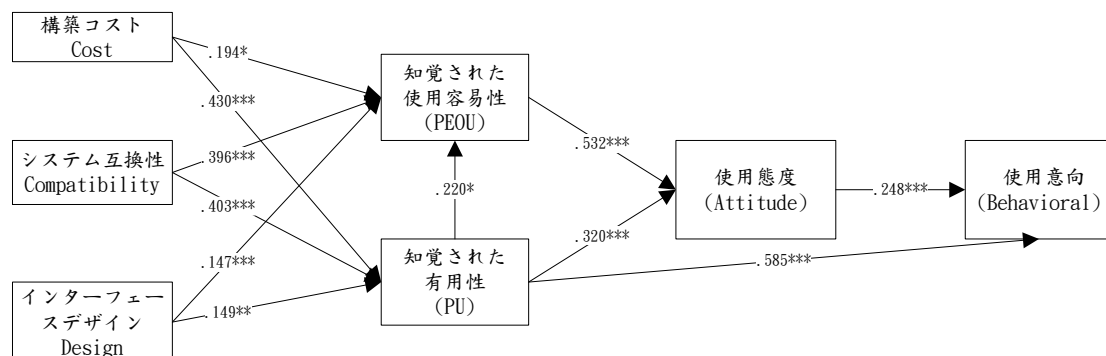
第3節では、検証的因子分析結果(図4)を、第4節ではTAMの全体パス図(図5)を用いて分析を行っていく。

図4 検証的因子分析結果



出所：筆者作成

図5 TAM解析の結果



出所：筆者作成

第4章 結論

第4章では、二段階に分けて研究結論を整理する。第一段階では、実態調査を行った4つの鉄鋼企業の半構造化インタビューで明確になった課題および調査結論をまとめる。第二段階では、共分散構造分析の結果、3つの外部変数「構築コスト」、「システム互換性」、「インターフェースデザイン」が、「知覚された有用性」、「知覚された使用容易性」にそれぞれどのように影響を与えたのか、その影響係数を全て明らかにしていく。

第5章 本研究の貢献および今後の研究課題

第5章では、実態調査で3つの外部変数を確立した。そして、RFIDを導入する意欲にどのように影響を与えたのかということや、外部変数の順位を明らかにする。本論文の結論は、今後の鉄鋼業におけるRFIDの利用に関する実践および研究に有用であると考えている。

ただし、本研究においては、RFIDとTAMに影響を与える関連変数を全て明らかにすることはできず、サンプリング誤差回避や長期的に追加調査を行うこともできなかった。

第1章 文献レビューおよび基礎理論

第1節 RFID

1948年、イギリスが自国の飛行機と敵のそれを区別するため初めて RFID を用いたとされている。RFID はその後、さまざまな領域で使用され、1978年には牛に RFID を埋め込む実験がシカゴ大学で行われ、体温など牛の健康管理に用いられた。さらに車の盗難防止を目的として鍵の中に RFID を埋め込み、車の方のリーダーで認識し、鍵の ID（識別子）と一致することで判別する方法が取られた（岸上，2005）⁵。RFID 技術はすでに多くの領域で使用されているが、よりよい付加価値や「モノ」を効率的に管理することでより一層その活用が期待されている。

RFID の基本原理は、カード状またはタグ状の媒体に電波を用いてデータを記録または読み出しを行い、アンテナを介して通信を行う認識方法である。社団法人日本自動認識システム協会（JAISA）も、RFID をこのように捉え定義している。RFID が注目を集める理由は、「無線」と「ID（Identification）識別子」の機能を同時に実現できる点にある。例えばバーコードの場合、値札に印字されたバーコードに正確に赤外線を当てなければ情報の識別は困難であるが、RFID の場合は無線を利用するため、読み取りのための位置決めや読み取り距離の自由度は高い。

「ID（識別子）」については、RFID タグが保持する情報が IC チップ内のメモリに格納されるため、バーコードよりも大容量の情報を記録できる。すなわち、商品一個一個の情報（個品番号）や色、サイズなどの属性情報も登録することが可能となる。

第1項 RFID の動作原理

RFID タグで利用される無線周波数の特質や、さらに製品ごとに異なる機能の理解なくして RFID 導入の成功はありえない。そこで以下では無線技術に着目し、RFID タグの動作原理について触れておきたい。

RFID タグは、その通信方式からパッシブタイプとアクティブタイプの2つに大別される。パッシブタイプとは、RFID タグを起動させるためのエネルギーの供給が外部から行われるものであり、もう一方のアクティブタイプとは RFID タグ内部にエネルギー供給源であるバッテリーを搭載したものである。従って、一般的にはパッシブタイプよりもアクティブタイプの方が電波の通信距離が長い。ただし、アクティブタイプはバッテリーを搭載する分、高コストとなるだけでなく、数年サイクルでの廃棄もしくはバッテリー交換が必要となる。もう一方のパッシブタイプは、低コスト化と長寿命化を実現できるため、次世代バーコードとしての期待が高いとされる（表 1-1）。

⁵ 岸上（2005）『ポイント図解式 RFID 教科書 ユビキタス社会に向けた無線 IC タグのすべて』，pp. 26-28

その他には、外部の読み取り機（リーダ／ライタ）から電波を受けた後、タグ内部に搭載したバッテリーを用いて電波を発信するセミパッシブタイプもある（表 1-2）。

表 1-1 RFID タグの種類

	電池の有無	
	有	無
能動型	アクティブ	
受動型	セミパッシブ	パッシブ

出所：筆者作成

表 1-2 RFID タグの種類と特徴

RFID タグの種類	特徴	
	通信距離	安価
アクティブ	・電池を内蔵し自らの電力で電波を発生させ通信を実施 ・電池を内蔵するため高価	
	数 m～数十 m	高価
パッシブ	・リーダ／ライタからの電磁波／電波を電力供給源として通信を実施 ・物理的破損がない限り半永久的に使用可能 ・小型化・薄型化が可能で安価	
	数 cm～数 m	安価
セミパッシブ セミアクティブ	・リーダ／ライタからの信号を受信しデータ伝送を実施 ・イベントによるデータ伝送であるため電池寿命の長期化が可能 ・内蔵電池を利用して通信を実施するため通信距離がパッシブタイプより長い	
	数 m～数十 m	高価

出所：鉄鋼業における RFID 技術の応用調査専門委員会（2012）p.9 を参考に筆者作成

第 2 項 RFID 通信方式と周波数

1. RFID 通信方式

パッシブタイプの RFID タグは、外部アンテナと送受信を行うアンテナと IC チップから構成される。IC チップを駆動させるための通信方式は、電磁結合方式、電磁誘導方式、電波方式の 3 方式が代表的なものであり、利用する周波数によって使い分けられている。

（1）電磁結合方式

電磁結合方式は、コイルの相互誘導を利用して通信を行う方式であり、数 mm から数 cm の距離で伝送が可能である。ノイズに強い特徴があり、主に FA（ファクトリーオートメーション）分野で利用されている。

（2）電磁誘導方式

電磁誘導方式は、リーダ／ライタ側のコイルに交流電流を流し、交流磁界の相互誘導に RFID タグと交信する。非接触型 IC カードで利用される通信方式も同じ仕組みである。

（3）電波方式

電波方式は、反射回路を持ったリーダ／ライタと RFID タグの間で電波による交信を行う。通常 UHF 帯やマイクロ波帯が利用され、アンテナはダイポールアンテナが使われる。

2. 周波数

RFID タグは電波を用いて情報の伝達を行うため、周波数の特性についての説明が必要になる。RFID タグで利用される周波数は大きく 4 つに分類され、周波数ならではの特性のみならず、標準規格もそれぞれ異なる（表 1-3）。

表 1-3 周波数の特徴と規格

項目	135kHz	13.56MHz	860~960MHz	2.4GHz
略称	長波（LF）	短波（HF）	UHF 波帯	マイクロ波帯
通信方式	電磁誘導方式		電波方式	
通信距離	～数 10cm	～60cm	～5m	～1.5m
金属反射の影響	○	○	○	○
国際標準	ISO18000-2	IS18000-3	ISO18000-6	ISO18000-4

出所：岸上（2005）p.27 を参考に筆者作成

現在、各国の RFID の周波数は統一されていない。国際電気通信連合の RFID の周波数に関する規範によると、RFID に使用されている世界の周波数は 4 分野に分かれている。135KHz 以下、13.56MHz 帯、UHF 帯、そしてマイクロ波帯である。藤吉（2006）⁶は、以下のように各周波数帯の特徴と用途を述べている。

最も周波数が低い帯域は 135KHz 以下で、工場の組み立てライン、レンタル衣類の管理や回転寿司の皿、家畜の管理などの事例がある。現在使用されている RFID では最も古くから用いられる。利点として周波数が低く電波の指向性が緩いため、金属や水の影響を受けにくいことが挙げられる。一方、コイルアンテナの製造が必要であり、大量生産に限界があることが欠点である。さらに、通信速度が遅く、最大通信距離が数十 cmにとどまること、蛍光灯のインバーターなど家電製品などによるノイズの影響を受けやすい欠点がある。

次の周波数帯は 13.56MHz 以下で、高価格帯のアパレル商品など特定の商品における物流・検品での使用、図書館の書籍管理など個品管理に多く用いられている。欧州など海外ではパレットやクレイトの物流管理にも使用されている。電磁誘導方式による伝送方式を採用しているため 135KHz 以下の RFID タグと同様に電波の指向性が緩く、水透過性が強い利点を持つことに加え、コイルを巻く数を減らしているため小型化が可能である。そのため、IC チップとアンテナをフィルムに貼り付けて加工し、インレット型の RFID タグを作成して大量生産によるコスト削減を実現できる。欠点としては、最大通信距離が数十 cmにとどまることに加えて金属に密着した状態では電磁誘導を妨げられることがある。

次の周波数帯は UHF 帯であり、電磁誘導方式ではなく電波方式を利用する。ISO においては 860～960MHz の周波数帯域が国際標準化されている。ウォルマートなどを中心に小売

⁶ 藤吉栄二（2006）RFID によるシステム構築 <https://thinkit.co.jp/cert/article/0603/3/1/3.htm>
（2023 年 2 月 5 日最終閲覧）

業での使用事例が多くみられている。低周波数帯の RFID タグと比べた場合、若干の指向性があり、水透過性が弱いものの、数 m から 5m 程度と通信距離が長いことがメリットである。また、コイルアンテナではなくダイポールアンテナを利用するため、低コスト化を図れることなどがある。課題としては、マイクロ波帯に比べて低周波であり波長が長いことから、アンテナサイズが大きくなる点が挙げられている。

最も周波数の高い帯域はマイクロ波帯（2.45GHz 帯）である。愛知万博の入場券をはじめ、書類管理、物流業務で多く用いられている。UHF 帯と同様に電波方式でダイポールアンテナを利用するものの、UHF 帯と比べて高周波である。そのため UHF 帯の RFID タグと比べてアンテナが小型化できる。メリットとしては、最大通信距離が数十 cm から 1.5m と比較的長いこと、周波数の高さを活用して特定箇所だけをスキャンする業務に利用できる点が挙げられる。課題としては、電子レンジと同じ周波数を利用しており水透過性が悪いこと、無線 LAN や Bluetooth との干渉による通信性能低下のほか、直進性ゆえに金属物体からの反射波を受けてしまう点が挙げられる。

第3項 RFID とバーコード

バーコード (barcode) は、縞模様状の線の太さによって数値や文字を表す識別子で、数字、文字、記号などの情報を一定規則に従って一次元コードに変換し、レジスターなど機械が読み取りやすいデジタル情報として入出力する。バーコードは、横方向にのみ意味があり、示されている数列や文字列のどちらも一次元である。

近年では二次元コードも普及しているものの、RFID と比べ単方向という特徴があり、書き換えることができない。個人情報への安全性が低い点も難点である。バーコード処理は人間の作業が多く、人為ミスが発生するうえ、耐久性が低く読みきれない場合も少なくない。RFID は、バーコードより利便性が高く非接触の中で読み取りができ、かつ大きな情報量を保有することが可能で、耐久性や耐環境性はバーコードより信頼性が高い（表 1-4）。

RFID の特徴と物流におけるメリットは次の点である。

- ①荷物を輸送・点検する際に非接触の中で読み取りができ、また一括読み取り、アンチコリジョン⁷ができるため、作業の効率化を図れること。
- ②RFID の使用以前は、荷物の認識・検査は人間が行っていたが、使用以降は開梱せずに中身の商品を認識・検査できるため、作業効率が向上すること。
- ③製造業者自身、もしくは委託された輸送業者が決めたルートに従い発荷主を回って集荷を行う Milk Run⁸において大きな情報量を保有できること。例えば、複数の仕入や複数の製造業者のデータを大量保有でき、それ以後に情報の読み込み、書き込み（書き換え）が可能となる。また追記がリアルタイムにできるため、多様な業務への適用が可能であること。

⁷ リーダライタが一括で複数の RF タグの情報を読み取れること。

⁸ トラックが一定のルートおよび時間でサプライヤーから部品を集め、サプライヤーを順番に巡回する

- ④物流は荷物を運送する際の耐久性（振動・汚れ・摩耗など）や耐環境性（温度・湿度・霜・霧など）に優れており、信頼性が高いこと。
- ⑤バーコードより **RFID** の情報の方が機密性（セキュリティ）を確保する能力が高いこと。

表 1-4 は、**RFID** とバーコードの機能を比較したものである。「金属に妨害される点」と「価格が高い点」が難点であるが、「長距離読み取り」から「位置検出制度」までの項目はバーコードと比べ **RFID** の方がいずれも評価が高い。これらのメリットにより、**RFID** はコストと人間の仕事を削減するため、多くの産業分野で使用されようとしている。

表 1-4 **RFID** とバーコードの機能比較

項目/システム	RFID	バーコード
長距離読み取り	◎	×
同時複数読み取り	◎	×
金属に妨害される	×	◎
価格（単価+設備）	○	◎
透過読み取り可否	◎	×
センサー情報有無	◎	×
位置検出精度	◎	×

*◎：有力 ○：やや有利 ×：不可

出所：鉄鋼業における **RFID** 技術の応用調査専門委員会（2012）p.7 を参考に筆者作成

第 4 項 **RFID** の利用事例

1. 産業界における **RFID** の利用

RFID の特徴を活用し、価値創造、業務効率、経営有効性、輸送効率化などの試みが各業界で行われている。代表的なものは、以下に挙げる業界である。

（1）小売業界の事例

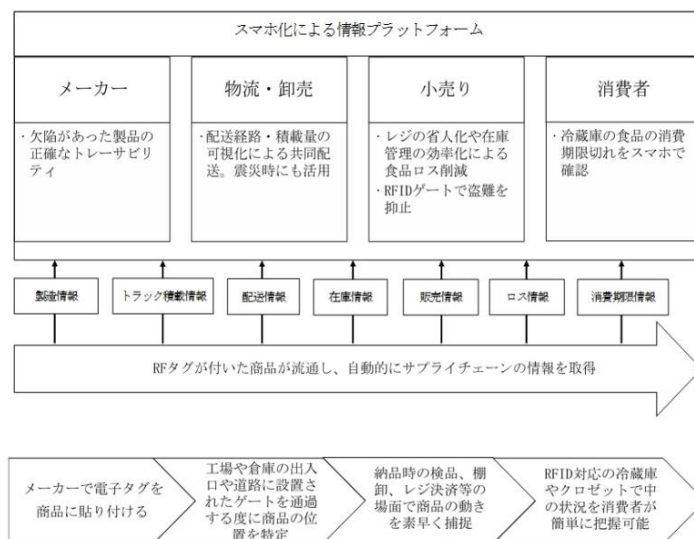
経済産業省は、2017 年 4 月 18 日に「コンビニ電子タグ 1000 億枚宣言」を発表し、コンビニエンスストア、小売・流通業界で流通する商品を製造するメーカーからロジスティクス関連業界に至るサプライチェーン全階層のプレーヤーに **RFID** を普及させることを示した。宣言の背景には、労働力不足と労務コスト上昇があった（林揚，2018）⁹。

こうした政策下における **RFID** 導入の将来像とその波及効果は、図 1-1 の通りである。メーカー段階では、欠陥商品の正確なトレーサビリティ、物流・卸売は配送経路・積載量可視化による共同配送推進、小売はレジ省人化や在庫管理効率化による食品ロス削減、消費

⁹ 林揚(2018) “コンビニ電子タグ 1000 億枚宣言” 実行へ、何が今必要なのか

者はスマートフォンによる製品情報確認（加藤，2018）¹⁰などの効果が期待されている。

図 1-1 RFID 導入の将来像とその波及効果



出所：加藤（2018）p.21

（２）建築業界の事例

大和リースは、仮設建物レンタル事業において「RFID を活用したレンタル建物の構造部材の個体管理システム」を導入した。仮設建物リユースの流れは、①受注に応じた部材の集積、②デポからの出庫、③現場での建築、④建物の使用、⑤現場での解体、⑥デポに入庫（返却）、⑦部材の選別・確認、⑧整備・保管などのサイクルである。建物の部材は再々使用（リユース）される際に万全な状態に戻しておくことが求められ、返却・保管時の整備が重要なタスクとなってくる。そのためには、次のように情報を記録・分析し、整備に活用することが必要となる。その情報は、①使用環境：どのような環境で使用されたか、②使用頻度：どのくらいの頻度で使用されたか、③使用期間：どのくらいの期間使用されたか、④発生不具合：これまでどのような不具合が発生したか、⑤整備内容：これまでどのような整備がされたか、などである。

当該情報を収集する仕組みでは、まず金属対応 RFID タグを選別し、建物の構造部材に使用する。もともと金属対応タグは高価で使用できなかったが、現在では単価も数百円帯に下がっており、以前よりは使用しやすくなっている。そして、RFID と紐付けた①製造履歴：年月日・工場・生産ロット番号ほか、②入出庫履歴：日付・入出荷の物件番号、③整備検査記録：検索実施日・内容・設備交換内容ほか、④部材の状態の判断結果：不具合の発生日・発生箇所・不具合の処置の仕方、⑤検査記録などの情報を確保する。

そして、これらの情報を可視化するため、RFID 情報管理システム「個体識別管理システ

¹⁰ 加藤(2018) “コンビニ電子タグ 1000 億枚宣言” の現状と今後の推進施策展望

ム（DaiwaLease Identification Management system：DIM）」を構築し、既存の業務基幹システムと連携する。現場の係員は、タブレット端末で表示情報を確認し、整備検査情報の入力などを行う。そうすることで、建物の構造部材は RFID によって効率的に管理できるのがある。具体的には、表 1-5 のような効率的な管理である（福原，2018）¹¹。

表 1-5 効率的な管理

項目	内容
品質管理	事後保全から予防保全への転換：不良箇所の把握による的確な補修 履歴管理：製造日、製造工場、入出庫、稼働期間、リース回数等の把握/補修履歴、不具合履歴に基づいた除却（廃棄）など
状態管理	現物の動きに連動したリアルタイムな状態管理

出所：筆者作成

また LNG¹²をはじめとするガス、電力、石油、石油化学、一般化学、医薬品等の総合エンジニアリング事業をグローバル展開している千代田化工建設は、現在 LNG プラント建設のプロジェクトであれば、建設現場付近の「東京ドーム数個分」のスペースに資材置き場を設置している。そして 2 年程度の期間に巨大なヤードで資材・部品管理を行っており、資材と資材の間の管理用道路を車で走行することで、何十万個にも及ぶ資材の中から目当てのものを検索する方法を取っている。この管理方法は、人手がかかり、車が人と接触するリスクがあるため、より効率的かつ安全に管理する手段が求められていた。

2013 年に海外工場の資材管理から調達、輸送まで、人手による管理から IT を取り入れて効率化しようという実験が始まった。まず、現場での資材管理に RFID を用いて、RFID リーダー・GPS 機能付きのドローンを使用し、ドローンが移動しながら RFID タグを読み取ることによって、資材のロケーションを表示できる。新しい技術の導入によって効率的に管理できるが、導入費やシステム構築費が数千万円かかるため、費用対効果が問題となってくる。少なくとも中規模以上のプロジェクトに利用すれば、効果が費用を上回ると思われるが、そのためのハードルの一つが RFID タグの単価である。さらなる普及のためには、RFID タグの単価を引き下げていくことが課題といえる（千代田化工建設，2018）¹³。

（3）アパレル業界の事例

2017 年、日本の株式会社ファーストリテイリングが展開するユニクロは、2,000 店舗と 1,000 のアウトレット店舗を含む世界の 3,000 店舗に RFID タグを実装した。初期投資は数百億円ともいわれているが、在庫管理にかかる時間を短縮でき、会計の待ち時間や欠品数を減らすなど、いくつかのメリットを得られるため費用対効果は大きいと見込まれている。

¹¹ 福原(2018) “レンタル建物部材に RFID タギング，個体管理で安心・安全の価値向上” pp. 8-11

¹² 液化天然ガス。天然ガスを-162 度まで冷却し液化させたもの。

¹³ 千代田化工建設株式会社(2018) ”数 KM 四方の資材置き場を RFID&ドローンで自動管理の巨大計画” pp. 8-11

服のラベル上に **RFID** タグを貼り付ける仕組みによって、次の 3 つの効果を得ている。

- ①商品の発見：倉庫の中で商品を探したいとき、商品の箱に近づくと読み取り機の提示音が鳴り、商品に近づく距離に応じて提示音のスピートが変化する。
- ②在庫管理：商品のバーコードや **RFID** タグを読み取ると、倉庫在庫と売り場在庫の数量が表示され、数値の比較ができるようになる。
- ③自動計算機能：レジの下に **RFID** の読み取り機を設置すると、**RFID** タグを読み取って値段を計算する。

アパレル業界における **RFID** は、商品の発見や在庫管理、料金の自動計算機能によって作業効率が向上し、省力化に大きく貢献していることがうかがえる。

（４）物流業界の事例

富士電機グループの物流部門をルーツとする富士物流では、最新の **RFID** システムの導入は、2016 年初頭から運用されている LED 照明器具を対象とした **RFID** 出荷検品と棚卸しの現場でみられる。この倉庫で取り扱う LED 照明器具は、荷主から誤出荷ゼロという高い物流品質が求められており、この誤出荷ゼロを実現するため、従来出荷指示に基づき商品をピックアップし、荷揃えを終えた出荷前の時点で保管エリアにある棚の間口を目視で確認する工程が設けられていた。データ上の数字と保管棚に存在する実際の商品数に違いがないかを最終確認するためである。目視作業は基本的に 3 人体制で行われ、時間は合計で 30 分程度かかっていたという。

表 1-6 富士物流における **RFID** の導入分野と効果

	導入システム	作業時間削減ポイント	頻度	導入後の作業時間比率
RFID ハンディターミナル棚卸し	上段の棚卸し	商品タグのバーコード読み取りでの棚卸しを RFID 一括読み取りに変更	年 4 回	1/7
	文書箱棚卸し	文書箱のバーコード読み取りを RFID 一括読み取りに変更	年 4 回	1/12
	半導体チップの検品・棚卸し	ケース品番の目視確認を RFID 一括読み取りに変更	年 4 回	1/10
	情報機器保守部品の棚卸し	バーコード読み取りを RFID 一括読み取りに変更	月 1 回	1/10
RFID ハンディターミナル検品システム	納品検品システム	納品場所で全品目視検品から RFID 一括読み取り検品に変更	毎日	1/6

出所：大矢(2017)¹⁴、p37を参考に筆者作成

¹⁴ 大矢(2017) ” 富士物流—複数の導入現場で生産向上を実現” p. 37

この毎日発生する棚卸しと出荷検品の作業時間短縮および正確性向上のため、RFID が導入され、RFID タグの特徴である非接触読み取りが大きな効果を発揮した典型的な事例となった。表 1-6 は、富士物流における導入分野別 RFID の効果を示したものである。導入効果は、出荷前棚卸しは作業時間比率で 7 分の 1 に、出荷検品も 8 分の 1 に削減されている。年 4 回行われる文書箱棚卸しの場合、文書箱のバーコード読み取りを RFID 一括読み取りに変更したことによって作業時間が 12 分の 1 に短縮されているのがわかる。

異なる業界における RFID の適用事例と効果は、表 1-7 の通り。アパレル業界では、RFID は「商品の発見」や「在庫のリアルタイム確認」、「料金の自動計算機能」などによって作業効率が著しく向上し、省力化に大きく貢献している。

表 1-7 RFID の主な適用事例と効果

小売業	在庫管理、商品管理、無人化、可視化、トレーサビリティ
建築業	在庫管理、商品管理、可視化、トレーサビリティ、製造管理、工程管理
アパレル業	在庫管理、商品管理、無人化、不正流通防止
物流業	在庫管理、商品管理、無人化、省人化、倉庫管理、トレーサビリティ

出所：筆者作成

RFID の機能については、表 1-8 のように類型化できる。生産工程管理、設備管理、部品管理、生産ライン管理などの「生産・製造管理」、金型管理、消耗品管理、工具管理、書類管理などの「物品管理」、入出管理、在庫管理、倉庫管理、パレット管理、棚卸し商品管理、商品仕分け、ロケーション管理、整備履歴管理、補給品管理などの「物流管理」、食品の安全管理、モノのリサイクル、製品使用状況履歴、製品廃棄状況管理などの「トレーサビリティ」、動線追跡、偽造防止、入退場管理、部品紛失防止などの「セキュリティ」、複数読み取り、モノのロケーション検索、情報の確認などの「省人化」、無人レジ、商品仕分けなどの「無人化」である。

表 1-8 RFID の機能

生産、製造管理	生産工程管理、設備管理、部品管理、生産ライン管理など
物品管理	金型管理、消耗品管理、工具管理、書類管理など
物流管理	入出管理、在庫管理、倉庫管理、パレット管理、棚卸し 商品管理、商品仕分け、ロケーション管理、整備履歴管理、補給 品管理など
トレーサビリティ	食品の安全管理、モノのリサイクル、製品使用状況履歴、 製品廃棄状況管理など
セキュリティ	動線追跡、偽造防止、入退場管理、部品紛失防止など
省人化	複数読み取り、モノのロケーション検索、情報の確認
無人化	無人レジ、商品仕分けなど

出所：筆者作成

第 2 節 技術受容モデル理論の発展

本研究では、小売店における消費者のデジタルコンテンツ技術システムの使用について、技術受容パターンの全体像を把握するために、ユーザーの受容という観点から、新技術への接触と使用についての行動理論を検討する必要がある。技術受容モデル（Technology Acceptance Model：TAM、以下、TAM）は、エンドユーザーの受容を予測するために、ユーザーの新しい情報技術に対する受容、すなわち信念と選択態度の相関を説明したものである。

TAM を用いて IT 受容を説明・予測する、外的要因を操作してユーザーの内的な認識・信念に影響を与える、ユーザーの IT 受容を高めて円滑な IT 導入を実現するといったマネジメントに活用できる。本研究で取り上げた TAM の内容と範囲の完全性を確保するため、本章では、TAM の内容、限界、関連研究、研究結果など、さまざまな研究者の理論を要約している。

第 1 項 ユーザー受け入れ理論（User Acceptance）

情報システム研究では、ユーザーが新しい情報技術をどのように受け入れるのかについて、長い研究の歴史がある。研究者たちは、情報技術（Information Technology）や情報システム（Information System）を改善し、より使いやすいものにすることの重要性を強調している。

Venkatesh（2003）¹⁵などの研究者は、この領域に多くの研究があることを指摘している。その中には、IT 技術が利用可能になった際にユーザーによる IT の使用などの変数に注目す

¹⁵ Venkatesh et al. (2003) User acceptance of information technology: Toward a unified view.

るもの (Davis et al., 1989¹⁶; Compeau & Higgins,1995¹⁷)、他の研究には、組織階層 : organizational hierarchy 実施成功度を重視するもの (Leonard-Barton & Deschamps, 1988¹⁸)、技術的な課題 (Goodhue,1995¹⁹;Goodhue & Thompson,1995²⁰) などがある。

従って、従属変数²¹としての使用と予測変数としての使用意図の構成要素の役割を理解することは広く行われており、情報システム研究に関連する問題の重要な参照点を担っている (Sheppard et al.,1988²² ; Ajzen,1991²³ ; Taylor & Todd,1995a²⁴) 。

第2項 合理的行動理論 (Theory of Reasoned Action : TRA)

合理的行動理論によると、人の行動に対する態度(Attitudes toward the behavior)と行動に対する社会的な主観規範(Subjective norms toward the behavior)が共同して、その人が意思決定を行うとされている。そして、態度や社会規範は、行動そのものやそれがもたらす社会的地位の変化に対する個人の信念によって影響される (Fishbein and Ajzen,1975²⁵) 。

TAM は、人々の IT 使用 (実際のシステム使用 : Actual System Use) は行動意図 (Behavioral intention to Use) の影響を受け、その意図が実際の使用に有意かつプラスの影響を与えるとする合理的行動理論の基本精神を受け継ぎ、実際の行動に直接影響を与えるものである。技術受容を合理的行動理論に当てはめると、個人が新しい技術を受容するかどうかは、そのシステムを使いたいとの意欲によって決まると主張される。多くの研究 (Davis et al.,1989²⁶) では、意図が行動そのものにプラスの影響を与えることを示唆し、さらにシステムを使用する意図の決定要因を理解することが、情報システムの成功要因の理解に寄与することを示唆している。

TAM と合理的行動理論の違いは、TAM が社会規範をモデルに含んでいないことである。その理由は、社会規範は大きな影響を与えないため (Davis et al.,1989) である。このモデルの焦点である態度は、Fishbein and Ajzen (1975) によって「目標の遂行に対する個人のポジティブまたはネガティブな感情」と定義され、多くの心理的要因に影響を受けると考えられている。

¹⁶ Davis et al., (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology.

¹⁷ Compeau and Higgins (1995) Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test.

¹⁸ Leonard-Barton and Deschamps (1988) Managerial influence in the implementation of new technology.

¹⁹ Goodhue (1995) Understanding User Evaluations of Information Systems.

²⁰ Goodhue and Thompson (1995) Task-technology fit and individual performance.

²¹ 被説明変数とも呼ばれ、通常は推論される結果を示すこと。

²² Sheppard et al., (1988) The theory of reasoned action: A meta-analysis of past research with recommendations for modifications and future research.

²³ Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational behavior and human decision processes, Vol.50, No.2, pp.179-211.

²⁴ Taylor, S. and Todd, P. A.(1995a). Understanding information technology usage: A test of competing models.

²⁵ Fishbein and Ajzen (1975), Beliefs, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research.

²⁶ Davis et al., (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models.

第3項 計画的行動理論 (Theory of Planned Behavior : TPB)

計画的行動理論 (Theory of Planned Behaviour : TPB) は、合理的行動理論(Theory of Reasoned Action : TRA)から派生したものである。合理的行動理論(Theory of Reasoned Action : TRA)を10年間実践し、検証してきた Ajzen は、人の行動は個人の行動に対する態度や主観的規範だけでなく、個人の意志力のコントロールによって決まることがわかり、もはや TRA だけではすべて説明できないと判断した。個人が行動するために必要な機会や資源をコントロールする能力を意味する知覚的行動制御 (Perceived Behavioral Control : PBC) は、行動の予測力を高め、TRA の枠組みを完成させるために利用されている。

計画的行動理論と合理的行動理論の違いは、合理的行動理論が、人間の行動はすべて合理的意志の支配下にあり、人間は自分の意志によって行動を完全にコントロールできると仮定しているのに対し、計画的行動理論では多くの場合、人間は資源の利用可能性や行動を行う機会など、他の客観的な状況によって制約を受ける。つまり、他の状況支配や資源へのアクセスに関係なく、個人の意志によって行動を完全にコントロールできるのであれば、合理的行動理論が適用できるが、この文脈以外では計画行動理論を適用しなければならない (Ajzen,1985²⁷)。

計画的行動理論を用いて実際の行動パターンを分析するには、以下の3つのプロセスがある。

- ①個人の実際の行動は、その人の行動意図によって決定される。
- ②個人の行動意図は、態度、主観的規範、知覚的行動制御の3つの要因に影響される。
- ③個人の知覚的行動制御が実際の行動制御と非常に近い場合、知覚的行動制御は実際の行動に直接影響を与えることになる。

第4項 技術受容モデル (Technology Acceptance Model : TAM)

TAM は1989年に Davis によって構築された、技術使用の行動的側面を扱うために特別に開発されたモデルである合理的行動理論 (Theory of Reasoned Action : TRA) に基づく。その主な目的は、技術受容の決定要因および変数を説明し、技術使用行動の大部分を説明するために、理論的に検証可能な一般化理論を提示することである。このモデルは、ユーザーの内的な信念 (Beliefs)、態度 (Attitude)、意図 (Intention) に対する外的要因の影響を理解するための理論的基礎を提供し、その結果、技術使用に影響を与える (Davis et al.,1989)。

TAM は10年以上前から開発され、注目されてきた。当初は行動意図モデル(Behavior Intention Model)の理論に基づいて発展したが、現在はユーザーの新しい技術の受容、すなわち信念と選択態度の相関を説明するために、エンドユーザーの受容を予測すること、信念に影響を与える主な要因は態度であり、態度は使用意図に影響を与えると主張する研究

²⁷ Ajzen, I.(1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior.

者もいる。しかし、Morris and Dillon (1997)²⁸は、TAM は研究者や実務家が実際に使用するかどうかにかかわらず、システムの成功を予測するための比較的簡単でコスト効率のよい方法を提供すると主張している。

1. 第二世代技術受容モデル (TAM2)

Venkatesh and Davis (2000)²⁹は、TAM を拡張し、第二世代技術受容モデル（以下、TAM2）理論を提案した。従来の TAM 理論に、社会的影響プロセス（主観的規範：Subjective、自発性：Voluntariness、印象：Social Image）と認知手段プロセス（職務関連性：Job Relevance、出力品質：Output Quality、結果実証性：Result Demonstrability、知覚された有用性：Perceived Usefulness）などを加えた。

TAM2 は、TAM を拡張した、知覚された有用性と社会的影響、認知手段プロセスの意図の利用を説明することを目的としたモデルで、156社の4つの異なるシステムから収集されたトラッキングデータを使用している。モデルコンストラクトは、使用直後、使用1カ月後、使用3カ月後の3つの時点で測定した。すなわち、モデルの社会的影響プロセス（主観的規範、自発性、印象）と認知手段プロセス（職務関連性、アウトプット品質、結果実証性、知覚された有用性）がユーザーの受容に影響を与え、ユーザーの受容行動を理解する上でより有用であることが、この3つの時点の結果を強く裏付けている。TAM と TAM2 の主な違いは、モデルから態度要素が削除されたこと、主観的規範要素と印象要素を含む社会的影響要因が追加されたこと、作業関連性、出力品質、結果実証性を含む認知手段プロセスが追加されたことの3点である。

TAM2 では、「技術を使う態度」の要素を排除し、人々の「知覚された有用性」に影響を与える外部変数（主観的規範、印象、職務関連性、アウトプット品質、結果実証性）と「行動意図」に影響を与える要因（経験、自発性、主観的規範）を追加し、ユーザーの行動意図と関連させている。また、ユーザーの認識に影響を与える2つの大きな変数、すなわち社会的影響プロセス（social influence processes）³⁰と認知手段プロセス³¹（cognitive instrumental processes）を追加している。この2つのプロセスの影響により、TAM の拡張がより完全に説明され、理論モデルに説得力が付与される。

主観的規範³²が行動意図に及ぼす影響については、Mathieson (1991)³³、Taylor and Todd

²⁸ Morris and Dillon. (1997). How User Perceptions Influence Software Use.

²⁹ Venkatesh and Davis (2000). A Theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies.

³⁰ 米国における心理学の専門家 Asch, S.E は「体制に服従：conformity」、「追従：compliance」、「従順：obedience」という社会的影響三つの概念を示した。人が他人およびグループから影響を受けて、自分の理解、感情、行動を変えることを社会的影響という。

³¹ 使用者が「知覚された有用性」を判断すること。一部は IT システムを利用し、仕事を遂行する能力があるかどうかを判断する。

³² 特定の行動を行うべきかどうかについて、個人が重要な他者や集団（両親、配偶者、友人、同僚など）から感じる社会的圧力。

³³ Mathieson (1991) Predicting User Intentions: Comparing the Technology Acceptance Model with the Theory of Planned Behavior

(1995b)³⁴などの研究で、さまざまな効果が示されている。しかしながら、Davis,et al.(1989) が合理的行動理論(TRA) と TAM の実証で見出したように、主観的には知覚された使用容易性や知覚された有用性は行動意図に影響を与える。彼らは、知覚された使用容易性と知覚された有用性以外の行動意図には有意な効果がないことを見出したため、当初の TAM から主観的規範を省略した。しかし、彼らはさらなる研究の必要性を認めている。

TAM2 では、主観的規範が内面化 (Internalization) および同一化 (Identification) という形で知覚された有用性に寄与すると考えられている。ユーザーは、自分がシステムを使うべきだと思い込まされ、その結果、より便利だと感じるようになる (Venkatesh & Davis,2000)。主観的規範は「イメージ」という変数を通じてユーザーの知覚された有用性に影響を与え、ユーザーは社会的規範を確立または維持するために、社会的規範に対応することができる (Venkatesh & Davis,2000)。従って、TAM2 では、主観的規範がイメージにプラスの影響を与え、ユーザーはこの行動を行うために社会的規範に対応し、社会的地位を向上させることが示唆される。

Venkatesh and Davis (2000) は、ユーザーの反応を自発性と強制性に分け、強制性の場合には主観的規範は行動意図に大きな影響を与えるが、自発性の場合には影響しないことを明らかにした。これは因果的メカニズムの下での適応的行動として知られている。そこで、この自発的な状況と強制的な状況を区別するために、TAM2 では、自発性を行動意図に対する主観的規範の介在変数、すなわちシステムの採用がユーザーにとって自発的か否かを想定しているのである。

また、認知手段プロセスの影響に関して、Venkatesh and Davis (2000) は、システムの使用が、仕事の関連性、重要性、認知的関与の観点から個人の作業タスクを支援し、直接的かつ効果的な認知的成果をもたらすと指摘している。従って、TAM2 では、知覚された有用性に影響を与えるものとして職務関連性も考慮されている。また、Davis et.al (1992)³⁵ は、出力品質と知覚された有用性、すなわち、さまざまな選択肢がある中で最も品質が高いと認識されたシステムを使用する個人の判断能力に、有意な相関があることを実証している。

TAM2 の結果実証性 (Result Demonstrability) が知覚された有用性に影響を与えるのは、具体的で革新的で容易に認識できる成果を生み出すための業務に関連する情報システムを使用し、個人の認知を変化させた場合である。逆に、業務に関連する情報システムが効果的な結果をもたらさない場合、ユーザーはその有用性を理解・認識しにくい (Venkatesh & Davis,2000)。

³⁴ Taylor and Todd. (1995b). Decomposition of cross effects in the theory of planned behavior: A study of consumer adoption intentions.

³⁵ Davis et.al (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace.

2. 第三世代技術受容モデル

Venkatesh and Bala (2008)³⁶は、TAM2 (Venkatesh & Davis,2000) の先行研究と知見を統合し、知覚された使用容易性決定因子 (Venkatesh & Davis,2000) を用いて第三世代技術受容モデル (TAM3) を提案した。従来の社会的影響プロセス (Social influence processes)、認知手段プロセス (Cognitive instrumental processes) に加え、アンカー (Anchor) とシステム調整性 (System Adjustment) の 2 つの要素が追加された。個人アンカーには、コンピューター性能、認知的的外部統制、コンピューターの使用不安、コンピューターの楽しさなどの知覚された使用容易性に影響を与える外部変数が、システム調整性 (Adjustment) には、認知的快楽 (Perceived Enjoyment)、客観的使用感などの知覚された使用容易性に影響を与える変数が含まれる。TAM2 と同様に、経験と自発性が有意な干渉変数とされたが、コンピューターの使用不安、コンピューターの楽しさ、認知的快楽、客観的使用感の知覚された使用容易性への影響に、過去の経験が干渉することが追加された。

知覚された使用容易性の観点でみると、コンピューター自己効力感 (Computer Self-efficacy)、外部制御の認識 (Perception of External Control)、コンピューターの使用不安 (Computer Anxiety)、コンピューターの楽しさ (Computer Playfulness) が追加された。この 4 つの変数をアンカー (Anchor) と呼ぶ。残りの 2 つの変数、認知的快楽 (Perceived Enjoyment) と客観的使用感 (Objective Usability) は、システム調整性 (System Adjustment) と呼ばれ、ユーザー体験の観点から、コンピューターの使用不安 (Computer Anxiety)、コンピューターの楽しさ (Computer Playfulness)、認知的快楽 (Perceived Enjoyment)、客観的使用感 (Objective Usability) の 4 つの変数にプラスの影響を与える。Venkatesh and Bala (2008) は、使用の経験が増えるにつれて、システムの使用難易度の区別が明確になり、経験が増えるにつれて、ユーザーのコンピューターを使うことへの恐怖が緩和され、使うことへの興味や喜びを感じるようになるというプラスの影響を与えると指摘している。

3. 技術受容パターンに関する研究

これまで、ユーザーの情報技術に対する受容性を調べるために TAM を用いた研究が数多く行われてきた。近年、スマートフォンのアプリケーションの普及が進んでいることから、最近の技術受容パターンに関する研究の多くは、スマートフォンのアプリケーションソフトに焦点を当てたものである。

³⁶ Venkatesh and Bala. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions.

(Chung,2015³⁷;Hung,2014³⁸;Cheng,2014³⁹;Lin,2014⁴⁰;Hsiung,2014⁴¹;Pan,2014⁴²;Chen,2013⁴³;Hsu,2012⁴⁴;Hsu,2011⁴⁵)。TAMにおける各変数の有意性を以下に説明する。

知覚された有用性とは、「ユーザーが特定のシステムを適用することでパフォーマンスが向上すると考える度合いであり、有用性の知覚レベルが高いほど、そのシステムの使用意欲も高くなる」。TAM では知覚された有用性は、間接的あるいは直接的にユーザーの情報システムの受容に影響を与え、有用性の知覚レベルが高いほど、システム導入に対する態度はより肯定的なものになるとされている。ユーザーは、新しい技術を採用することで、自分の仕事をより効率的に行える、あるいは資源の投入コストを削減できるなど、使用後のシステムの有用性が高まると考えている。システムが有用であると認識されるほど、採用に対する態度はよりポジティブになる。

Davis et al. (1989) は、TAM において、ユーザーはあるシステムを使いやすいと感じると同じ労力でより多くの仕事をするようになり、パフォーマンスが向上すると仮定している。利用者は、ある情報システムを使用することで、自分のパフォーマンスや学習成果の可能性が向上すると主観的に認識しているのである。つまり、知覚された有用性とは、「システム利用者が仕事や学習におけるパフォーマンスに対して期待すること」を表している。ユーザーがシステムを有用であると認識するほど、そのシステムへの使用の意欲も高くなる。

知覚された使用容易性とは、「ユーザーが特定のシステムおよび新技術を迅速に習得できるかどうかの度合い、すなわちシステムの使いやすさを認識している度合い」のことである。認識度が高いほど、システムや新技術への使用意欲は高くなる。ユーザーが新しい技術を使用する際に「労力を減らすことができる」と考える度合いによって、「習得が容易である」と感じれば、そのシステムを採用する可能性は高くなる。

Davis et al. (1989) は、潜在的なユーザーが、特定の情報システム技術の操作を習得することの容易度によって、システムに対する使用意欲が左右されると述べている。例えば、システムが使いやすいほど、ユーザーは自己表現に自信を持ち、システムを使おうとするであろうし、操作が簡単でプロセスが明確でわかりやすく柔軟であるほど、ユーザーは自

³⁷ 鐘皎綺 (2015)。以科技接受模式探討手機旅行者之使用行為研究。

³⁸ 洪揚 (2014)。消費者對智慧型手機應用程式的使用意願與使用行為研究。

³⁹ 陳光宗 (2014)。「慢」步雲端：Nike+ Running 使用者行為意圖分析。

⁴⁰ 林宗 (2014)。以科技接受模型探討 QR-Code 的使用傾向-智慧手持裝置的實證研究。

⁴¹ 熊震宇 (2014)。以理性行為理論、擴充科技接受模型探討從眾行為 對 APP 遊戲使用行為之影響 以 Candy Crush 為例。

⁴² 潘群 (2014)。智能倉儲物流管理系統淺析。

⁴³ 陳瑞伶 (2013)。以科技接受模型分析影響使用電信業經營之行動APP 軟體商店意願-以中華電信Hami APPs 為例。

⁴⁴ 徐延婷 (2012)。消費者對 App Store 電子書之接受度與購買行為之研究。

⁴⁵ 許素梅 (2011)。以科技接受模式探討電子書使用與需求之研究。

己表現に自信を持つことができるはずである。システムの習得が難しく、複雑で負担のかかるものであればあるほど、ユーザーの心に負担をかけ、ネガティブな感情を生み、使用意欲を減退させることになる。つまり、革新的な技術を搭載したスマートフォンの情報システムは、操作方法を覚える手間が少ないほど、ユーザーの使用態度はポジティブになる。また、使いやすさの認知も有用性の認知にプラスの影響を与える。

Taylor and Todd (1995c)⁴⁶は、行動意図の構成要素とは個人が特定の情報システム技術をどの程度使用する意欲があるか、すなわち主観的に特定の技術や情報システムを採用する意欲があるかどうかを特定すること。行動意図は、ユーザーの技術使用に対する態度と知覚された有用性の両方から影響を受ける、としている。

行動意向とは、ある行動を行おうとするユーザーの意思の強さを表す尺度である。行動意向は、ユーザーの情報システムの使用を決定するが、その際、知覚された有用性と態度も行動意図に重要な役割を果たす。

TAM では、使用意向は個人の技術使用に対する態度と知覚された有用性の両方から影響を受ける。つまり、新しいスマートフォンの機能や付加価値サービスを使用することで、学習や仕事を効率化できるとポジティブに捉えるほど、新しいスマートフォンをポジティブに評価し、その結果、新しいスマートフォンが提供する機能や付加価値サービスを全て使用する可能性が高いということである。また、知覚された有用性は、ユーザーの使用態度に影響されることなく、ユーザーの使用意思に直接影響を与える可能性がある。つまり、スマートフォンの機能や付加価値サービスを使用することで、学習や仕事の効率が上がると認識した場合、スマートフォンが提供する全ての機能や付加価値サービスの使用意向度に直接的に影響する。

最後に、実際の使用コンポーネントでは、行動意図が強いほど、システムの実際の使用（Actual System Use:USE）の行動強度も強くなる。情報システムの受容性を測定するための構成要素として、多くの研究者が最も広く用いているのは、ユーザー満足度（User satisfaction）とシステム使用度（System usage）である。システムの使用状況はIT受容性の指標となっており、情報システムの受容性を評価する研究や実践に重要な示唆を与えている。TAM は「実際の使用行動」は主にユーザーの「使用意向」に影響されると提唱しており、TAM は知覚された有用性と知覚された使用容易性を評価し、標準導入するということである。

TAM は何十年にもわたって、さまざまな分野の研究者によって検証され、一定の理論的根拠を持っている。表 1-9 は近年の TAM から派生した研究、表 1-10 は合理的行動理論（TRA）、計画的行動理論（TPB）、TAM を組み合わせた近年の関連研究および知見を示したものである。

⁴⁶ Taylor and Todd. (1995c). Assessing IT usage: the role of prior experience.

表 1-9 TAM の理論的導出による研究

変数	先行研究
Cognitive Absorption	Agarwal and Karahanna, 2000
Compatibility	Agarwal and Prasad, 1998a; Agarwal and Prasad, 1998b; Chau and Hu, 2001; Chau and Hu, 2002
Confirmation	Bhattacharjee, 2001
Enjoyment	Monsuwé, Dellaert and Ruyter, 2004
Past behavior usage of the system	Bajaj and Nidumolu, 1998
Peer Influence	Chau and Hu, 2002
Personal awareness of security	Kim and Shim, 2002; Chiu et al., 2005
Perceived Behavior Control	Chau and Hu, 2001; Taylor and Todd, 1995b
Perceived Enjoyment	van der Heijden, 2003
Perceived fun	Igbaria et al., 1994
Perceived Playfulness	Moon and Kim, 2001
Perceived Technology Control	Chau and Hu, 2002
Personal Innovativeness	Agarwal and Prasad 1998a, 1998b; Agarwal and Karahanna, 2000; Alka et al., 2000; Chiu et al., 2005
Playfulness	Agarwal and Karahanna, 2000
Satisfaction	Bhattacharjee, 2001
Self-Efficacy	Agarwal and Karahanna, 2000
Subjective Norms	Chau and Hu, 2001; Taylor and Todd, 1995b; Venkatesh and Davis, 2000
Systemdesign	Davis, 1993
Trust	Gefen et al., 2003; Wu and Chen, 2005

表1-10 TRA、TPB、TAMに関連する最近の研究と知見

研究者	研究方法	応用	仕組み、変数	研究結果
Cooper and Richardson (1986)	Survey	Information systems	TAM Vs.TPB	Supported TAM and TPB
Davis et al. (1989)	Survey	Word Processor and text editor	TAM vs TRA / Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, Attitude Toward Using, Behavior Intention, Actual Use	Supported TAM and TRA (Perceived Ease of Use on Perceived Usefulness, Perceived Usefulness on Attitude Toward Using, Attitude Toward Using on Behavior Intention, Perceived Usefulness on Behavior Intention, Behavior Intention on Actual Use)
Mathieson (1991)	Lab experiment	Spreadsheet, Calculator	TAM Vs. TPB / Expect Value, Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, Attitude Toward Using, Behavior Intention, Actual Use	Supported TAM and TPB (Perceived Usefulness on Actual Use Perceived, Ease of Use on Actual Use / TAM is better than TPB)
Adams, Neslon, Todd (1992)	Survey	E-mail, Voice-mail, WordPerfect, Spreadsheet and Harvard Graphics)	TAM / Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, Actual Use	Supported TAM (Perceived Ease of Use on Actual Use Perceived, Usefulness on Actual Use, Perceived Ease of Use related to Perceived Usefulness)
Igbaria et al. (1994)	Experiment	Computer	TAM (add Perceived Fun)	Supported TAM (Perceived Fun on IS Use)
Keil, Bernek and Konsynki (1995)	Field study	Expert support system	TAM	Supported TAM
Taylor and Todd (1995c)	Survey	Computing Resource Center	TAM/ Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, Attitude Toward Using, Expect Behavior Control, Behavior Intention, Subjective Behavior Norm	Supported TAM (Perceived Ease of Use on Perceived Usefulness, Perceived Usefulness on Attitude Toward Using, Perceived Ease of Use on Attitude Toward Using, Attitude Toward Using on Behavior Intention, Subjective Behavior Norm on Behavior Intention, Expect Behavior Control on Behavior, Behavior Intention on Behavior)

表1-10 TRA、TPB、TAMに関連する最近の研究と知見（続き）

研究者	研究方法	応用	仕組み、変数	研究結果
Szajna (1996)	Survey	E-mail	TAM / Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, Behavior Intention, Actual Use	Supported TAM (Perceived Ease of Use on Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use on Actual Use, Perceived Usefulness on Actual Use)
Agarwal and Prasad (1998a)	Survey	Computer	TAM	Supported TAM
Bajaj and Nidumolu (1998)	Survey	Debugger	Modified TAM / Past Using Experience, Perceived Ease of Use, Perceived Usefulness, Attitude Toward Using, Actual Use	PEOU on IS use / Attitude on IS use
Chau and Hu (2001)	Survey	Telemedicine program for physician	TAM Vs. TPB	Supported TAM and TPB
Shih (2004a)	Survey	E-shopping	TAM and TRA.	Consumers have different acceptance regarding distinct types of products or services as well as different on-line offerings.
Shih (2004b)	Survey	Office workers	TAM and Information Behavior Model.	Supported TAM
Ma and Liu (2004)	Meta-analysis	---	---	Supported TAM
Pavlou and Fygenson, (2006)	Survey	Web	Extension of TPB	Supported TPB

Davis et al.(1989) は、「知覚された使用容易性」と「知覚された有用性」は、外部変数によって影響を受ける可能性があることを示唆している。本研究では、外部変数の検討が主な課題である。そのため、応用分野や産業の行動領域によっては、外部変数の検討が大きな課題となる。参考文献や実際の事例の分析を通じて、「構築コスト」「システムの互換性」「インターフェースデザイン」という 3 つの重要な外部変数を特定した。

第3節 サプライチェーンマネジメント：SCM

サプライチェーンマネジメント（Supply Chain Management：SCM、以下 SCM とする）という概念は、1980年代はじめに Oliver and Webber（1982）⁴⁷や Houlihan（1984）⁴⁸によって提案され、その後、多くの研究者が SCM の概念を論じた。例えば Stevens（1989）⁴⁹は、「SCM というのはサプライヤーから顧客までの全ての活動を管理すること」と述べ、この活動にはモノの流れだけでなく、生産管理、顧客サービス、物流、資金の流れ、原料管理、購買を含むとした。

また、Ellram（1991）⁵⁰は、「SCM というのは原材料から顧客までの総合管理と各プロセスを統一管理することで、SCM の概念が普及している理由はマーケットがグローバル化し、商品のライフサイクル（product life cycle）が短くなる顧客ニーズの複雑化と多様化が関係している」と述べている。Thomas and Griffin（1996）⁵¹も、SCM の概念は「生産者、サプライヤー、物流業者間の原料の流れと情報管理のこと」と語っている。さらに、Ross（1997）⁵²は、「SCM というのは管理手法の一つで、企業間の連携によって商品開発、コスト削減、物流効率、顧客満足度、利益を最大にするため、サービスと情報を一元管理し、複雑な顧客ニーズに正確に対応することである」と述べている。

SCM については、効果を最大限に発揮するため、IT 技術との関係が強調されていく。マーケティング分野で著名な Porter and Miller（1985）⁵³は、「IT 技術の運用によって SCM 企業間の連携とコストを削減する効果がある」ことを力説した。企業間の連携の強化によって商品の付加価値と企業競争力の増大を説いたのである。Rayport and sviokla（1995）⁵⁴も、Virtual Value Chain（仮想バリューチェーン）の概念を示し、IT 技術の運用によってコスト削減と付加価値を増大させることを説いた。そのためには、「SCM を最適化するため、企業間プロセスを統合し企業戦略と IT 技術を総合的に調整して、SCM の効果を最大化することが必要である」とした。

また、Lancioni et al.（2000）⁵⁵は、「インターネットの利用は顧客とサプライヤー間のコミュニケーションの強化と改善に貢献し、コスト削減と顧客ニーズの満足度向上に資すること」を主張した。Stroeken（2000）⁵⁶も、「新しい IT 技術を応用することによって企業の改善・刷新効果があり、SCM 内の中小企業は IT 技術の進展で企業間の統合・管理を円滑に行うことができる」と述べている。

⁴⁷ Oliver and Webber. (1982). Supply Chain Management: Logistics Catches up with Strategy.

⁴⁸ Houlihan. (1984). Supply Chain Management

⁴⁹ Stevens. (1989). Integrating the Supply Chain pp.3-8

⁵⁰ Ellram. (1991). Supply Chain Management: The Industrial Organization Perspective pp.13-22

⁵¹ Thomas and Griffin. (1996). Coordinated supply chain management.

⁵² Ross. (1997). Competing Through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships.

⁵³ Porter and Miller. (1985). How Information Gives You Competitive Advantages.

⁵⁴ Rayport and Sviokla. (1995). Exploiting the Virtual Value Chain.

⁵⁵ Lancioni et al. (2000). The Role of the Internet in Supply Chain Management.

⁵⁶ JHM Stroeken. (2000). Information Technology, Innovation and Supply Chain Structure.

既述の一連の先行研究は、コスト削減とサービスの改善のために、調達から販売に至る過程を関係する企業間で協力して取り組んでいくことが必要で、さらには技術的に発展し始めた IT の活用が SCM にとって重要であることを強調している。

SCM は、販売や仕入れ、製造など個々の生産過程だけでなく、サプライチェーン全体を串刺し的に統合し経営全体の最適化を図ることによってサービスの向上とコスト削減を実現する経営手法のことをいう。各セグメントの部分最適化から企業の壁を越え、異なる企業間の全体最適化を目指した取り組みが SCM で、サプライヤー（原材料部品供給者）からメーカー、倉庫業者、運送業者、販売会社などに至るまで、多くの企業の連携に踏み込んだところに SCM の特徴がある。そして、その連携をサポート推進するのが進展著しい IT であったのである。

また西田（2018）⁵⁷は、SCM は売上最大、経費最小、生産と在庫と最適の経営を目指す理念であり、理想経営を実現するための条件が整い始めているのが現代である。SCM は、安価で容易に獲得できる情報システムの貢献やロジスティクスの専門アウトソーサーの登場により、優れた実績が証明されつつある、という観点を示した。西田が述べた理想的経営の具体的な内容は、次の通りである（表 1-11）。

表 1-11 理想的経営の項目と内容

項目	内容
売上 最大化	市場への商品供給を確実にを行い、店頭での欠品を防止し、チャンスロスの回避、納期遵守率、受注充足率を高めることで顧客からの信頼を高め、売上の最大化を目指すことができる。
製品リー ドタイム 短縮	原材料の調達から製品の生産、配送までのリードタイムの分析と同期化、最短化によるマーケットへのタイムリーな投入、即応によりチャンスロス回避を目指すことができる。より少ない単位での生産を実現するため、計画メッシュ短期化や高速化が求められるが、供給速度の短縮はそのまま市場即応力となる。
在庫 最適化	欠品や納期遅れ防止のための過剰な在庫保持は資金繰りの悪化につながり、その構造と業務分掌の改良によって在庫責任が明らかになる。サプライチェーンの各プロセスでの活動を情報システムによって「見える化」することで過剰在庫（滞留）を防止し、フリーキャッシュフローを高めることができる。
コスト 最小化	サプライチェーン上の各プロセス（調達・製造・保管・配送等）に対して、最適なオペレーションを行える責任事業者が担当となることで、運用コスト削減を目指すことができる。

出所：筆者作成

⁵⁷ 西田光男（2018）『スマートロジスティクス IoT と進化する SCM 実行系』p. 23

SCM は、経営における理想的な環境実現を可能とする理論と技術といえる。コスト最小にして売上最大を目指すために、関係事業者との協調体制、生産から販売、消費完結までのすべての工程状況の把握と適切な対応を行う“神の手”を持つ時代が到来している。企業間の連携に軸足を移した SCM の目標はコストの削減とサービスの向上であるが、具体的には「在庫圧縮（コスト削減）」と「リードタイムの短縮（サービス向上）」の 2 つに集約される。これを実現する施策が、自動車メーカー「トヨタ」の場合、生産、輸送、取引業者に関する 3 条件と呼ばれるものであった。すなわち、生産条件においては部品や製品の品質基準の設定、生産の平準化、流れ作業、不良品の発生時の従業員による即座の作業中断などであり、輸送条件においては、配達時間枠の設定、サイド積みトラック、クロスドッキング、小ロット、混載輸送、Milk Run（巡回集荷）など。そして取引業者間の条件はネットワーク構築による情報の共有とパートナーシップの確立であった。逆に、これらの条件が整わなければ、SCM は有効に機能しないことを意味している。この点が重要である（表 1-12）。

表 1-12 SCM が成功する条件

項目	内容
高速化	①生産条件：部品や製品の品質基準の設定、生産の平準化、流れ作業、不良品の発生時の従業員による即座の作業中断、在庫圧縮 ②輸送条件：配達時間枠の設定、サイド積みトラックの採用、クロスドッキング、小ロット、混載輸送、Milk Runs（巡回集荷） ③取引業者間の条件：ネットワーク構築による情報の共有とパートナーシップの確立
在庫圧縮	

出所：芦田（2013）p.6

第 1 項 伝統的サプライチェーンマネジメント

SCM は自動車メーカーや電機メーカーをはじめ多くの企業で導入され、SCM のコンセプトが産業界や学会でもてはやされたが、実際には言われるほど SCM が有効に機能していたわけではない。多くの現場は、サプライチェーンの状況を正確にトレースする余裕と体制を失い、適切なマネジメントというより指示命令だけの一方通行的な管理が横行していたといわれている。本来であれば任された現場ごとにマネジメントが機能することで、最終成果を保証するような情報分析、状況監視、負荷のコントロールなどが適切に行われる。物流が止まる原因は事前に想定できるわけで、予測、監視、状況把握が適切なタイミングで行われていれば停止を逃れることができる。安定した商品供給連鎖が機能しているかどうかを把握するのは、現場からの情報収集であり、状況監視と適切なタイミングでのサポートが必要である。

しかし、実態としてさまざまなトラブルと事故が発生するのは、マネジメントが十分に機能しておらず、全体最適ではない部分最適な行動に限られているケースが多いからであ

る。SCM 展開の主な阻害要因は、次の点である。

1. 多企業間における情報共有の難しさ

川下の販売情報を共有し、同じテンポで川上の原材料・部品を仕入れ、製品を製造し商品を輸送、販売店に納入する同時管理が SCM である。2000 年代グローバル経済が進行し始めた当初、まず EDI（電子データ交換）様式の不統一が阻害となって企業の壁を越えた情報の共有が進まず、SCM 全体の効率化を妨げたケースがみられた。日本では運送依頼、集荷、運送状況、運送完了報告、運賃明細、運賃請求などを統一した EDI が機能していたが、グローバルレベルではなお、その様式や中小企業への浸透の点で改善の余地が残されていた。データ様式の不統一性からくる情報共有の壁である。

また、データ様式が統一されても、企業間のネットワークには情報コストが生じてくるため、情報共有のメリットが本当にあるのかも問われた。答えは、在庫削減によるコスト縮小とリードタイム短縮によるサービス向上、顧客満足度の向上などである。この点の効果が SCM のプレイヤー間で本当に理解されているのか不透明な点も多くあった。

いま一つの壁は、企業機密に属する販売情報を SCM のメーカーのみならず多くのサプライヤーまで知られることを、小売業がためらう場合が出てくることである。むしろこうした開示は躊躇するのが自然かもしれない。従って、SCM は関係企業間の信頼関係の下、協力体制がなければ成り立たない管理方法であることがわかってきた。伝統的な SCM が有効に機能しなかった最大の要因は、この点にあったと考えられる。SCM 関係企業間の連携を醸成するパートナーシップの構築は簡単ではない。

2. 在庫保有スリム化の限界

SCM の極端に圧縮した在庫保有体制は、サプライヤーから小売店に至るまで同時管理で販売情報を共有し品切れを防ぐとともに、一方で大量に抱えない在庫保有体制をそれぞれのプレイヤーが構築していかなければならない。ただし、この取り組みは東日本大震災や熊本地震の災害で明らかになったように、地震や豪雨、豪雪、台風など、度々起こった災害や 2020 年に発生したコロナリスクによって SCM が寸断され、原材料や部品調達先の可視化と多様化、分散化、在庫保有の積み増しが行われるようになった。最小の在庫量に安全在庫を加味したぎりぎりの保管量に、非常時のリスク対応の観点から伝統的な SCM に修正を加えざる得なくなってきたのである。予測できない不測の事態が発生した場合、SCM の関係企業間で情報を共有し対処していくことは、決して簡単な対応ではない。SCM を有効に機能させることは極めて難しいといわざるを得ない。

第4節 スマートサプライチェーンマネジメント

近年、スマートサプライチェーンマネジメント（以下、スマート SCM）という言葉が使われるようになってきた。AI やモノのインターネット（IoT）など一連の新しいテクノロジーを取り入れ、新しい質の変化、価値を創造することを「スマート」と呼び、新技術の導入によって SCM の機能を活性化する流れである。この捉え方に立てば、スマート SCM とは、最新物流技術を導入し、サプライヤーからエンドユーザーまで迅速かつ正確な物流管理を行うことと定義することができる。本研究が取り上げた新技術「RFID」の SCM への導入も、この SCM のカテゴリーに入ってくる。

ここで、スマートと呼ぶ機能は、主に次のようなものである。トレース（計画データの進捗状況を照合）、トラック（貨物や機材の位置情報を追跡）、センサー（さまざまな環境指数を測定）、モニター（異常値発生を感知し速報）、レスポンド（決められた条件で起動反応）、レコード（情報の記録）、リセット（無用となった情報や記録の削除）、アナリシス（さまざまなデータの集積と分析）などである。

現在の物流現場は多くの場合、従来の人的作業から機械による自動的な作業になっている。例えば、仕分け台車で商品に RFID を貼り付け、商品が違う場所に運ばれたときにはリーダー（読み取り機）が RFID の情報に基づいて収集・記録することに加え、エラーを速報するモニター（監視）機能が作動している。また商品のバーコードや RFID を読み取り、計画データの進捗状況を照合するトレース機能、宅配業者や郵便などでリアルタイムに追跡できるトラック（追跡）機能なども自動で行われている。上記の機能を物流現場で相互利用し、よりよいサプライチェーンを実現していくことが伝統的な SCM の限界を克服するために期待されているのである。そのスマート SCM とはどういったものか、以下にみる。

第1項 スマートサプライチェーンマネジメントの構築と設計

サプライヤーから消費者までの SCM の過程の中で重要な業務を担うのが原材料や商品を輸送し管理する物流である。この物流業務は、輸送、荷物、保管、流通加工、包装の 5 機能に分けられ、また輸送はさらに輸送、集荷、配送に、荷物は積み込み、荷下ろし、施設内作業に細分化される。そして保管機能は、貯蔵と保管、流通加工は生産加工と販売促進加工に、包装機能は工業包装、商業包装に小分類することができる。

そして、輸送から包装に至る一連の機能の中で投入されるのが、表 1-13 のようなスマートを構成する最新物流技術である。その技術には、ミリ波レーダー、赤外線カメラ、センサー、GPS、AI などを利用した自動運転トラックをはじめ、ドローン、搭載ロボット、RFID、高速仕分け台車などが想定される。

表 1-13 物流機能の内容と最新技術

分類		項目	内容	技術の運用
リンクの物流機能	①輸送機能	輸送	長距離、1対1	①自動運転トラック ②ドローン ③遠距離操作&自動運転フォークリフト ④センサー
		集荷	短距離、多対1	
		配送	短距離、1対多	
	②荷物機能 (リンクとノードの接続機能)	積み込み	置き換え、検品・仕分け・棚入れなど	①RFID、バーコード ②高速仕分け台車 (STV) ③全方向移載無人搬送台車 (FAV) (FAC)
		荷おろし	交通機関から物流施設へ	
		施設内作業	置き換え、検品・仕分け・棚入れなど	
ノードの物流機能	③保管機能	貯蔵	長時間貯蔵	①IOT ②ICT ③IT ④AI ⑤機械アシスタント ⑥高速仕分け台車 (STV)
		保管	短時間、流通型保管	
	④流通加工機能	生産加工	組み立て・スライス・切断など	
		販売促進加工	値付け・ユニット化・詰合せなど	
	⑤包装機能	工業包装	輸送・保管用・品質保証主体	
		商業包装	販売用、マーケティング主体	

出所：苦瀬(2017)pp.29-35⁵⁸を参考に筆者作成

同様に、表 1-14 は、限られた物流施設内の物流活動と新技術を対比したものである。作業は、荷下ろし、入荷時検品、棚入れ検品、保管、ピッキング、出荷時検品、流通加工、仕分け、包装、出荷時検品、積み込み、搬送に区分けされ、新技術の投入は遠距離操作&自動運転フォークリフトから全方向移載無人搬送台車、RFID、次世代通信技術 5G、クラウド、カメラ、センサーまで多くの技術の導入が考えられる。これらの新技術が物流現場で利用され、システムとして有効に機能していくようになると、SCM のスマート化が一層進展していくことになる。

⁵⁸ 苦瀬博仁(2017) 『サプライチェーン・マネジメント概論』 pp. 29-35

表 1-14 物流施設と物流活動の内容

作業	物流機能	内容	技術の運用
荷下ろし	荷役機能	貨物自動車から商品や物資を下ろす作業	①遠距離操作&自動運転フォークリフト ②RFID ③バーコード ④全方向移載無人搬送台車⑤AI搭載ロボット ⑥物流画像判別 AI エンジン ⑦高速仕分け台車 (STV) ⑧次世代通信技術 5G ⑨機械アシスタント ⑩クラウド ⑪赤外線カメラ ⑫高速仕分け台車 ⑬センサー ⑭プリクラッシュ等
検品（入荷時）		入荷された商品や物資の数量や品質を確認する作業	
棚入れ・検品（入庫時）		検品（入荷時）した商品や物資を所定の位置に収める作業および入庫された商品や物資の数量や品質を確認する作業	
保管	保管機能	入庫された商品や物資を保管する作業	
ピッキング	荷役機能	保管位置から必要な商品や物資を注文に合わせて取り出す作業	
検品（出庫時）		ピッキングされた商品や物資の数量や品質を確認する作業	
流通加工	流通加工機能	商品や物資のセットや値札を付ける作業	
仕分け		商品や物資を温度帯や顧客別に分ける作業	
包装	包装機能	商品や物資の品質を維持するための材料の包装や容器に入れる作業	
検品（出荷時）	荷役機能	出荷する商品や物資の数量や品質を確認する作業	
積み込み		貨物自動車へ商品や物資を積み込む作業	
搬送		商品や物資を比較的短い距離移動させる作業 横持ち搬送：水平方向に移動する 縦持ち搬送：垂直方向に移動する	

出所：苦瀬(2017) pp.29-35 を参考に筆者作成

第 2 項 スマートサプライチェーン構築の事例

RFID の初期の世界的な導入例としては、ウォルマートと米国務省の防衛部門、アメリカの生活用品を販売する P&G、ギャップ、英国のスーパーテスコ、英国のマークス&スペンサーなどがある。そのほか、フランスでは DHL がスーパーマーケット「Metro Cash and Carry」89 カ所全ての店舗への配達業務に 1.3m のタグ付きパレットを導入し、「Sam's Club」は全てのサプライヤーに段階的に RFID タグを装備するよう指示した。RFID は、日本においても小売り、物流、製造、軍隊、医療、製薬、そしてサービス部門を含む多くの業界で

導入されている。

SCM のスマート化の事例では、業界で評価の高い日立物流が注目される。日立物流は、2020 年までに倉庫内作業を自動化させることを目指し、2016 年 7 月に多摩 3 期物流センター（東京都武蔵村山市）の 4 階部分約 4,360 m²を使用して「R&D センター」を開設した。同所での研究開発を経た自動化・省人化技術は、順次実際の物流センターへ導入されている。現在は「入荷検品」や「搬送」、「ピッキング」、「検品」といった個別の業務を自動化する段階にとどまっているが、構想に掲げる「次世代センター」では、これらの技術を連携させて可能な限り倉庫作業を連動化した物流センターを実現する予定である。また同社は、2019 年に富山 5 期物流センターで、自動倉庫に加えてデパレタイザーや無人フォークリフト、オートラベラーを導入し、省人化から無人化を目指す次世代モデルセンターの構築も計画している。

「R & D センター」で、現在、研究対象となっている新技術は「Racrew」、「ピッキングロボット」、「無人フォークリフト」、「RFID 検品システム」、「画像検品（バーコード一括検品）」、「デパレタイズロボット」、「パレタイズロボット」⁵⁹などである。このうち、最も導入が進む「Racrew」は 2015 年の首都圏東物流センターへの導入を皮切りに実用化が進み、今期中には首都圏東物流センターでも追加導入の予定である。将来的には、真空吸着式ハンドを用いた「ピッキングロボット」との協調制御でピースピッキングの完全自動化を目指している。

アパレル業界での実運用を背景に高い関心を集める RFID 関連技術は、日立物流でもカゴ台車に積みつけられた商品の RFID タグを通過時に最大 300 個まで一括で読み込める「エフテクトゲート」を開発し、顧客との検証を進めている。コンベアへのケース投入作業を自動化する「デパレタイズロボット」は、2018 年 2 月に神奈川県内の流通型物流センターに導入された。1 時間当たりの処理能力は 300～350 ケースと、人力による作業量（400～400 ケース）には及ばないが、作業への負担が大きい業務であり、ロボット化への期待は一段と高まっている。

ソフト面でも最新技術の開発導入に力を入れ、同社では IT と物流ノウハウを融合した分析技術「スマートロジスティクスコンフィギュレータ（SLC）」を開発し、今期から物流センター内の提案・物流改善やネットワーク全体の見直しなどに活用している。「現場の見える化システム（WVS）」の開発にも着手し、人員計画や現場進捗管理などに用いてさらなる現場効率化を推進するとともに、SLC と連携させてより高度な分析、改善につなげる方針である。

SCM のスマート化の事例を日立物流中心に取り上げたが、物流の分野でも新しい技術が徐々に導入され、システムとして動き始めているのがわかる。

⁵⁹ 2017 年に日立物流は、世界で初めて AI 搭載デパレタイズロボットを商業化した。

第3項 サプライチェーンマネジメントスマート化への課題

SCMのスマート化に関しては、課題が数多くある。例えば次の点である。

①スマート SCM の情報収集について

SCMの各プロセスで膨大な情報量が発生する。AI機能が付いていない情報収集機械は、収集、分類、自動情報分析の能力に限られることが多く、どの程度全般的な情報を収集する必要があるか、どの程度実用的な情報を収集する必要があるか議論が分かれてくる。ビッグデータ収集の量と質の問題である。

②スマート SCM のビックデータをビジネスの洞察にどのように生かすか

情報を収集し、ビックデータを分析、結果をビジネスチャンスにどのように活用していくかについては、有効な情報の見極め、決定を行う基準などが議論となってくる。

③スマート SCM のアプリケーションの具体的な経済価値

近年さまざまな技術が開発されるとともに、さまざまなアプリケーションが使用されている。アプリケーションを通じて SCM にどのような経済的価値を創造していくか。例えばリアルタイムのサプライ情報の共有や腐りやすいものを改善するプロセスの自動化なども、評価される経済価値の事例として挙げることができる。

④新しい技術を全体的に SCM に適用できるか、あるいは一部の適用にとどまるか。

⑤スマート SCM のプロセス統合

従来のさまざまな研究分析および研究結果をスマート SCM のプロセス統合にどのように取り込むか。産業により克服しなければならない問題が異なるので、既存の分析結果を有効に活用できるか否かは不透明である。このプロセス統合問題については、次のような点も争点となってくる。

- A. 新しいビジネスモデルのイノベーションは、技術革新をどれだけサポートすることができるか。スマート SCM のパートナーシップを妨害する実際的な問題と克服対策は何か。
- B. スマート SCM の実施における技術的問題と管理上の問題にはどのようなものがあるか。
- C. 新しい技術は、サプライチェーンの信頼性の不足のような問題を果たして解決することができるのかどうか。
- D. SCM 分析は、どのようにしてより良い技術開発を支援することができるか。

伝統的な SCM の課題であったプロセス統合は、最新技術を適用するだけでは実現できないのである。

以上、スマート SCM を構築していくためには、主に 5 つの検討すべき課題があるが、スマート SCM を構築するための基本要素は 7 つある。

①IoT インフラストラクチャ、データ収集・処理を含むビッグデータの収集可能性

- ②情報システム（IoT など）の再設計/交換
- ③先端分析、データ発見とビジネスの知見活用
- ④デジタル化、標準化、合理化を含むビジネスプロセスの再設計/改善
- ⑤プロセスの自動化（AI）と新しい情報の利用による改善
- ⑥データ共有、接続性
- ⑦パートナーシップを含むサプライチェーンのコラボレーションによるサプライチェーンの統合

このうち、①から⑥はどちらかという技術的な問題であり、技術の発展に頼らざるを得ないが、⑦のコラボレーションによるサプライチェーンの統合がスマート SCM 実現の鍵になってくるように思われる。伝統的な SCM が有効に機能しなかった最大の理由は、このサプライチェーンの統合であり、それを支える企業間のコラボレーションの欠如であった。

当然のことながら、サプライヤーから販売店まで SCM の各プレイヤーが効率的な最新の技術を導入しなければ、スマート SCM 全体の最適化は達成できない。例えば、RFID を鉄鋼メーカーだけ導入しても部分最適に終わってしまい SCM は機能しない。世界の鋼管業界の現状は、まさにこうした状況にあると思われる。この現状を変えていくためには何が必要か。プレイヤー間の信頼性や協力体制の醸成であろう。かつて、トヨタが伝統的な SCM を構築する際に、座席やソファ、ウインドウ、バンパー、エンジン、ミッション、タイヤ等の各種部品メーカーに手を差し伸べ、資金を出してまで部品の SCM 調達システムを作り上げた。スマート SCM 成功の鍵となる新技術導入も、実は関係企業間の信頼性の構築があって初めて有効に機能してくるものであることを念頭においてみていかなければならないと考える。

第4項 スマートサプライチェーンを取り巻く環境

企業を取り巻く環境が変化し、SCM の効率化を進めていく上で配慮しなければならないことは本研究で取り上げている最新技術だけではない。コンプライアンス、安全安心、適切な意思決定、販売機会、経済合理性、社会貢献、持続性、説明責任なども果たしていかなければならない。大局的にはスマート SCM はこれらすべての実行を前提に推進していかなければならないが、企業にとってとりわけ重要なのは、コスト最小化、棄物ロス最小化、投資利益率、利益増加などの「経済合理性」であり、また欠品防止、滞留回避、返品促進などの「販売機会の確保」、リスクマネジメントや事業継続計画、エコシステムなどの「サステイナブル」である。経済合理性、販売機会、持続性を取り込んだ SCM のスマート化がポイントとなるのである。

従って、スマート SCM は少なくとも今後、以下のような経営目標を目指すものでなければならないと考える。

①売上の最大化

市場への商品供給を確実にを行い、店頭での欠品を防止することで機会ロスの回避、納期遵守し、受注充足率を高めることで顧客からの信頼を高め、売上高の最大化を目指すものである。

②製品リードタイムの短縮

原材料の調達から製品の生産、配送までのリードタイムの分析と同期化、最短化によるマーケットへのタイムリーな投入、即応により機会ロス回避を目指すとともに、より少ない単位での生産を実現するため、計画メッシュの短期化や高速化が求められる。供給速度のアップはそのまま市場即応力となっていく。

③在庫の最適化

欠品や納期遅れ防止のための過剰な在庫保持は資金繰りの悪化につながるが、その構造と業務分掌の改良によって在庫問題が回避できるようになる。**SCM**の各プロセスの活動が見える化することによって過剰在庫（滞留）を防止し、フリーキャッシュフローを高めていかなければならない。

④コストの最小化

SCMの各プロセス（調達・製造・保管・配送等）で最適なオペレーションを行うことによって運用コストの削減を目指すことができる。物流において単純に単価を下げることによるコスト削減とは大きく異なる。業務オペレーションは分業特化によって、専門性とローコスト化が実現する。

スマート**SCM**は、本来経営における理想的な環境を実現する理論と技術である。コスト最小にして売上高最大を目指すためには、関係事業者との協調、生産から販売完結までのすべての工程状況の把握と適切な対応という神の手を持つことが必要となる。スマート**SCM**は、売上最大、経費最小、生産と在庫の最適化の経営を目指す理念であり、理想経営の実現やロジスティクスの専門アウトソーサーの登場により、優れた実績が証明されつつある。まさに秀でたスマート経営は優れたスマート**SCM**によって実現できると考えられる。鉄鋼**SCM**へのRFID導入も、本来こうした大局的な観点から取り組むべき課題であることを理解しておかなければならない。

第5節 鉄鋼業の背景およびケーススタディ実態調査

本節では、総合鉄鋼メーカー、専門鋼管メーカーから、中間商社、エンドユーザーに至る一連のサプライチェーンに含まれる企業を実態調査の対象とした。中国宝武鋼鉄集団（BAOWU；中国）、天津鋼管（TPCO；中国）、Grupo Cuñado（Cuñado；スペイン）、Saudi Aramco（Aramco；サウジアラビア）の4社である。調査方法は、4社のトップマネジメントや倉庫管理者、物流関係社員にインタビューし、RFIDの導入状況と今後の課題を調査した。

調査対象企業の中国宝武鋼鉄は製鉄会社で、天津鋼管（TPCO）は鋼管製造を中心に営んでおり、いずれもメーカーに分類される。スペインの Cuñado は鉄鋼製品を扱う中間商社であり、サウジアラビアの Aramco は鉄鋼製品を使用して原油を採掘するエンドユーザーで、顧客に該当する。異なる業態の企業を取り上げた理由は、サプライチェーンの各所に位置する企業を取り上げることで、SCM 全体の問題点を発見することができる考えたからである。以下4社のRFID導入の現状を説明する。

第1項 鉄鋼商社 Grupo Cuñado の事例

1. Grupo Cuñado の概要

鉄鋼商社 Grupo Cuñado（以下、Cuñado とする）は、1963年に事業を開始した会社で、本社はスペインのアルカラ・デ・エナーレス（マドリッド）にある。同社は18カ所の倉庫とオフィス、1カ所のバルブ工場を持っている。面積は265,000 m²（280万平方フィート）である。Cuñado が提供する事業分野は、化学薬品および石油化学製品、石油・ガス、原子力発電所、冶金工業、鉄鋼、造船、水処理プラント、ガス処理プラント、再生可能エネルギーなどで、こうした業界にパイプやバルブ、継手などの材料、部品を提供している。

2. 在庫拠点の位置と在庫管理方法

物流の拠点となる倉庫は Cuñado の場合、スペインに17カ所あるが、SAPシステムを使用していたときは各倉庫で管理しており、倉庫全体の在庫管理や入出荷に関するデータは中央の倉庫センター（マドリッド倉庫）では把握することができなかった。SAPは、主にビジネス向けソフトウェアを開発する大手ソフトウェア企業であり、SAPシステムは特に大企業向けのエンタープライズソフトウェアや企業の基幹システムであるERP分野（企業資源計画）のシステムである。

ところが、2016年に Cuñado の倉庫管理システムが SAP から Microsoft AX に変更統一された結果、倉庫センターとローカル倉庫双方で倉庫全体の在庫や入出荷情報を確認できるようになった。2019年には、Cuñado の現在の17カ所のローカル倉庫が6カ所の倉庫センターに統合される予定で、その際には最新の倉庫センターにバーコードやRFIDシステム

が導入され、作業員の削減や作業効率が向上する可能性が見込まれる。

3. Grupo Cuñado の倉庫業務

鉄鋼商社における鉄鋼部材の管理業務は、大別すると「鋼材メーカーから納入された鋼材やパイプの管理業務」と、「種類が多い鉄鋼部品の正確な出荷管理業務」の2つに分けられる。前者の納入管理業務の概要は、次の通りである。

① 鋼材の納入

鋼板やパイプが専用船で搬入され、最初に港湾の屋外鋼材置場に保管される。倉庫事務所の作業員が置場情報を記録し、資材係が検収を行う。その後マドリードに陸送される。

② 保管

納入された鋼板やパイプは鋼材置場で保管されるが、スペースを有効に使うため鋼板やパイプは重ねて保管され、ケースによっては商品チェック時に商品移動が必要となる。

③ 品出し

出荷計画担当者が決定する日程表に合わせて、必要な時に必要な商品を現場か倉庫センターに出荷する。以上のような業務を行うためには、各セクションが連絡を取り合う必要があるが、従来はセクションごとに帳票やデータを個別に管理していた。そのため、連絡ミスや遅れなどの不具合が発生することがしばしばあった。

④ 商品の管理業務の仕組み

Cuñado の倉庫センターでは、入荷時に作業員が鋼管を棚に入れて、①貨物の位置を手書きし、②管理センターの作業員に手渡しし、③作業員がシステムに入力する手順をとっている。その結果が表 1-15 の内容である。倉庫センターは Alcalá de Henares にあるので、「ALC」はその頭文字を意味し、「001」は倉庫センターの1番で、「ALC001」は Alcalá de Henares にある倉庫センターを示している。表の商品個体番号は、作業員がピッキング作業を行いながら商品個体番号を確認し、出荷リストに手書きしている(表 1-15)。ピッキング作業とそれによって記録されたロケーション表示は写真 1-1 および 1-2 に示されている。

表 1-15 Grupo Cuñado の入出庫管理表

日付 dd/mm/yy	商 品 代 表 番 号	商品名	倉 庫 位 置 番 号	商品個体番 号	商品位置	顧客名
05/04/2107	007642	84.0X2.00mm. TUBO SOLDADO AISI-304L	ALC001	C448333 C523185	AP036061	GOCEAN
07/04/2017	007828	53.0X1.50mm. TUBO SOLDADO AISI-304L	ALC001	C513021 C513161	AM012001	GOCEAN
08/04/2017	040716	168.3X2.00mm TUBO SOLDADO DIN-2463	AL001	A2604246	AH012001	PETRO PERU

出所：Cuñado 倉庫現場取材より筆者作成

写真 1-1 現場ピッキング作業



出所：筆者撮影 2016 年

写真 1-2 倉庫ロケーション表示



出所：筆者撮影 2016 年

4. Grupo Cuñado の問題点

社長の Carlos David Cuñado 氏によると、2019 年では Cuñado において RFID は未導入であるが、今後は導入の意向があるとのことである。計画では、同社 17 カ所の倉庫を 6 カ所に集約する倉庫統合再編計画の中で、RFID 導入に向けたスケジュールが示されている。現在、数量ミスが年間約 5%発生しており、仮に 100 万本の鋼管を扱えば 5 万本のロスが発生していることとなり、RFID を導入することでこれを減らしたいというのが理由である。

一方で、RFID 導入時における膨大な投資コスト、ならびに導入後の効果に対する不透明さが懸念されることから、マドリッド中央倉庫のセンター長らは、RFID 導入に対してあまり意欲的ではなく、計画との間に若干の温度差が感じられるのも事実である。企業に導入

する意欲はあるものの、RFID の導入方法や支援不足など問題点がある。さらに技術の相対的成本や期待される効果の不確実性も企業が直面する問題であり (Oluyisola et al., 2018)

⁶⁰、上述の Cuñado における計画と、計画後すなわち RFID 導入後の効果への懸念が課題となっている。

また、倉庫・在庫管理システムについては、同社では従来 SAP 社が開発したシステムを導入していた。しかし、国内全ての倉庫の在庫状況を可視化する必要性から、Microsoft AX システムへ 2016 年に変更した。このシステム変更に伴って、該当部門の社員が新システム運用に慣れるまで時間がかかったのと同様に、今後 RFID を導入した場合、現場の作業員に負担がかかることが予想される。RFID は導入後、在庫管理における効率改善の観点からは評価されるが、在庫管理の使用にのみ RFID を導入すると、導入時における負担の観点から、会社にとって価値が小さいと評価されかねない。人手で管理可能であった従来業務に対して、新システム導入後も大きな効率化が効果として見えず、これまでと同様の時間と費用がかかることが懸念されるためである。

しかし、EPC (Engineering, Procurement, Construction) の要求によって生産工場とエンドユーザーの SCM が可視化されれば、RFID を使用する意欲が高くなると考えられる。

他にも、鋼管は一般的に大きな製品であるために目視しやすく、鋼管の商品管理は人手で維持できることも RFID 導入に踏み込まない要因の一つとなっている。さらに関連する問題としては、極細・極太の鋼管にも対応できる RFID タグの運用、RFID タグの位置による読み取り精度の変化への配慮、さらに RFID 導入に際して運用に関わる教育や時間、費用が膨らむことも課題として指摘することができる。

Cuñado には将来 RFID 導入の計画があるが、これら RFID 導入に際して懸念事項があるため、最終的には既存体制で対応できるといった結論を導くことに直結し、これまで通り在庫管理ロスが発生することに目をつむって既存の管理システムを継続することも考えられる。これに加え、若干の在庫ロスなど構わないと考えがちな、細かいことにこだわらないスペイン特有の商慣習も、既存システムからの更新に踏み込まない一因になっていると推察される。

第 2 項 エンドユーザー Arabian Oil Company Aramco の事例

1. Saudi Aramco の背景

サウジアラビアの国営石油会社 Saudi Aramco は、原油埋蔵量と生産量の点で世界最大の石油会社である。Saudi Aramco の主要な部門は、親会社のすべての掘削作業を管理する掘削・改修組織 (Drilling and Workover:D&WO) であり、D&WO は Saudi Aramco の生産能力を、かつての一日あたり 940 万バレルから 2010 年初頭までに 1,250 万バレルに増やすため、

⁶⁰ Oluyisola et al., (2018). RFID technology in the manufacture of customized drainage and piping systems: a case study.

過去3年間で大規模な拡張を行った（Abosuliman,2018）⁶¹。

石油掘削は、過酷な環境、長期間にわたる激しい作業の一方で短期的な目標の成果が求められ、製品の故障率も高い困難な事業である。そこで、掘削会社は掘削を行う場所において契約上の義務を果たすため、信頼性の高い物流体制を構築しなければならない。Saudi Aramco は、全世界の鉄鋼工場からさまざまな商品（鋼管から石油を採掘するケーシングパイプ／Casing Pipe など）を定期的に購入しているため、在庫管理の精度が重要であり、初期段階において商品の検査、入力、在庫管理は全て人力で行っていた。しかし、人的コストの削減と在庫管理の効率性向上のため、RFID システムを導入した。

RFID システムの導入にあたっては、Saudi Aramco がファイルフォーマットとパソコンのアプリケーションを提供し、中国天津鋼管の工場内部に Saudi Aramco 専用の情報センターを設置した。天津鋼管が人力で RFID タグに生産データや鋼管データなどを入力し、鋼管に貼り付ける業務を行っている。

課題としては、天津鋼管に無償で行ってもらっている RFID タグの貼り付けコストの削減が挙げられる。そのためには、自動貼り付け機の開発が待たれる。また、鋼管の完成品を中国海洋石油集団（CNOOC）に運送して二次加工を行っているが、鉄鋼業に RFID タグを導入する場合、二次・三次加工への対応も考えておかなければならない。

RFID は、取引先の鉄鋼商社や運送会社など関連企業においても全面的に導入されることが望まれるが、そのためには何らかの支援が必要である。

第3項 鋼管製造工場 天津鋼管 TPCO の事例

1. 天津鋼管の背景

天津鋼管（Tianjin Pipe Corporation）は、1989年に設立された鋼管の生産を専門とする中国のトップメーカーであり、年間約350万トンの鋼管生産能力を持つ。同社はRFIDに対して、受注先から要望があれば対応するというスタンスを取っている。

同社の RFID タグ貼り付けに関する機械化技術は未完成で、人手に頼る貼り付け作業を行っているため、時間と人的コストが第一の課題となっている。さらに天津鋼管が自社で導入する際には、データベースの構築やアプリケーションの開発が必要となり、自社の現行管理システムとの連携も課題となる。なお導入時期については、顧客であるエンドユーザーの RFID 使用の要望が増えた頃合いをみて検討するとしている。また、鋼管メーカーが RFID を導入した場合の特徴は、次の点が挙げられる。

（1）RFID 導入のメリットとデメリットについて

導入のメリットは、RFID タグ付き商品情報の読み取りのスピードの速さ、情報量の多さ、在庫管理の効率化である。一方でデメリットは、データベースとソフトウェア開発にコストがかかることである。

⁶¹ Abosuliman. (2018). RFID Technology In The Oil Industry “Feasibility Study” p.13

(2) RFID 導入時の障壁

現段階では鋼管受注先の RFID 化の要望が多くなく、上述のデータベースとソフトウェアを開発するコストが効果に比して高い。鋼管の生産プロセスにおいては製品の温度が常に 1,200℃以上あるため、加熱時に RFID タグを貼り付けておくことはできず、最初から RFID を使用することができない。よって、RFID は完成品に貼ることではしか使うことができない。また、貼り付けを自動化する機械がまだ存在していない。

(3) 企業間連携の発展性

現時点において、鉄鋼業界の関連企業は RFID を使用する予定が特にない。すなわち、鉄鋼会社自身が鉄鋼業界の関連企業において RFID を既に導入しているか否かなどの情報交換すらできていないのである。これが、鋼管関連企業の垂直方向のネットワーク連携の現状である。

(4) RFID 読み取りの正確性

天津鋼管は、受注先から要望があった場合に RFID タグを貼り付けるだけであり、エンドユーザーの一つ Saudi Aramco から読み取りミスに関する情報を得ていないだけでなく、読み取りミスに関するクレームも受けていない。よって、鋼管に RFID タグを貼った場合に起こり得る読み取りミスという問題に対して、貼り付け側である天津鋼管が読み取りの正確性に関するデータを蓄積しているわけではない。従って、現状では精度の把握も一つの課題となってくる。

(5) 人件費の増加

天津鋼管は RFID を本格的に導入していないため、在庫管理と棚卸しの際、鋼管情報（マーキングとラベル）を目視（写真 1-3 参照）によって確認したり、手作業で情報を記入したりする業務が必然的に多くなっている。労働力不足の現状からは、人手を要する RFID タグ貼り付けの多量の作業は人件費の増加に直結する。一方、RFID を本格導入することで自動的に情報収集ができるシステムを構築でき、なおかつそれを通じて人件費を削減できるのであれば、これは理想的な目標となる。

写真 1-3 目視が必要となる鋼管の ID（マーキング）



出所：筆者撮影 2019 年 4 月 10 日

第4項 総合製鉄工場 中国宝武鋼鉄集団の事例

中国宝武鋼鉄集団（以下、宝鋼とする）は、製鉄業を中心に金属加工や資源開発、金融業などを手がける企業グループである。世界鉄鋼協会の「2020 年粗鋼生産量の世界ランキング」によると、1 位は中国宝武鋼鉄集団（CHINA BAOWU STEEL GROUP Co.,Ltd.）で 115.29 百万トン、2 位はルクセンブルクのアルセロールミタル（Arcelor Mittal）で 78.46 百万トン、3 位は中国河北鋼鉄集団（Hebei Iron and Steel Group）で 43.76 百万トン、4 位は江蘇沙鋼集団（Jiangsu Shagang Group Co.,Ltd.）で 41.59 百万トン、5 位は日本製鉄（Nippon Steel Corporation）で 41.58 百万トンと続き、宝鋼は世界第 1 位の生産規模を誇っている（表 1-16）。

表 1-16 2020 年粗鋼生産量の世界ランキング⁶²

会社名	生産量（百万トン）
中国宝武鋼鉄集団 (CHINA BAOWU STEEL GROUP Co.,Ltd.)	115.29
アルセロールミタル (Arcelor Mittal)	78.46
中国河北鋼鉄集団 (Hebei Iron and Steel Group)	43.76
江蘇沙鋼集団 (Jiangsu Shagang Group Co.,Ltd.)	41.59
日本製鉄 (Nippon Steel Corporation)	41.58

出所：世界鉄鋼協会の統計データに基づいて筆者作成

1. 宝鋼における RFID の利用状況

宝鋼の情報管理などのシステムや技術開発は、宝鋼傘下にある上海宝信ソフトウェア会社（Shanghai Baosight Software Co.,Ltd、以下、宝信）が担っている。同社は、産業用の情報システム開発事業子会社であり、コンピューターや自動化、インターネット通信システムのソフトウェアとハードウェアの設計・実装などの業務を行うとともに、上海宝鋼集団の生産・在庫・入出荷システムの構築と更新作業を担っている。

宝鋼は、宝信が開発した情報管理システムを導入することで、管理情報（入出荷管理、計画管理など）をリアルタイムで一元的に管理することが可能となり、それとともに鉄鋼向け ERP（Enterprise Resource Planning）や RFID システムを開発し、工場の自動化や倉庫管理の効率性を高めるため、2007 年から 2017 年までの間に延べ約 10 億元（170 億円）の投

⁶² World steel association 報告書(2020) World steel export analysis by product 2015 to 2021,p.25

資を行った。ただし、実際に RFID を使用し始めたのは 2013 年のことである。

2. 宝鋼における RFID に関する課題

宝信は、タグの貼り付け位置を工夫することで、読み取りミスの発生率を 1% 台まで減らしている。これにより運用面の課題は減っているものの、RFID の導入支援についてはなお課題が残っている。それは、中国語に限定されている RFID システムの多言語化への対応や、サプライチェーン上にある会社間の交換情報の絞り込み、データベースのフォーマットの共通化、中小関連企業への RFID 導入支援などである。特に、データベースフォーマットの共通化については、可視化されたシステムの構築やサーバ上に記録されるデータ形式の共通化によってようやく実現可能となり、これも鉄鋼業界への RFID 導入に関わる中期的な課題となっている。

第 5 項 4 社における RFID 導入実態調査結果のまとめ

この調査の結果、鉄鋼業（特に鋼管分野）全体としては、以下の点を業界の特徴として指摘できる。

- ①エンドユーザーへの供給商品数が多く、全体のアイテム管理と在庫管理が難しい。
- ②異材混入リスク（管理精度の低下）が高い。
- ③企業間の情報連携では人手による転記入力作業が多く、ミスの発生が多い。
- ④二次・三次加工のため、工場への輸送が多く、SCM のリードタイムが長くなる。

鉄鋼関連企業の多くは、バーコードを使用して「商品」管理を行うが、バーコードや文字化された情報は目視の必要があり、目に見えるところに貼り付けなければならない。写真 1-4 のように鋼管端部にラベルを貼り付けると、輸送時に情報（バーコード、文字化情報）が判別できなくなる可能性がある。写真 1-5 は鋼管のステンシル（文字情報）の汚損、写真 1-6 はラベルの剥がれや汚損である。これらのケースでは情報を読み取れなかったり、人力で「商品」と「情報」を判別しなければならない事態となり、時間と人件費が余計にかかる。これらを改善する方法として、RFID を介して RFID タグ付きのラベルを鋼管カバーの後ろに貼り付ける方法がある。ラベルの保護性が高まり、RFID タグ付きのラベルを見えるところに貼り付けなくても識別することができる。

現在の手入力やバーコードによる現品管理（写真 1-7）から RFID による管理に変え、さらに「商品（鉄鋼製品）」と「物流」が一体となったシステムを SCM 全体に構築することができれば、効率性を一段と高めることができるのである。近年耳にするようになった IT スマート SCM の方向である。

写真 1-4 ラベルの添付状態



写真 1-5 鋼管ステンシル



写真 1-6 ラベルの剥がれ・汚損写真



写真 1-7 人手による現品管理



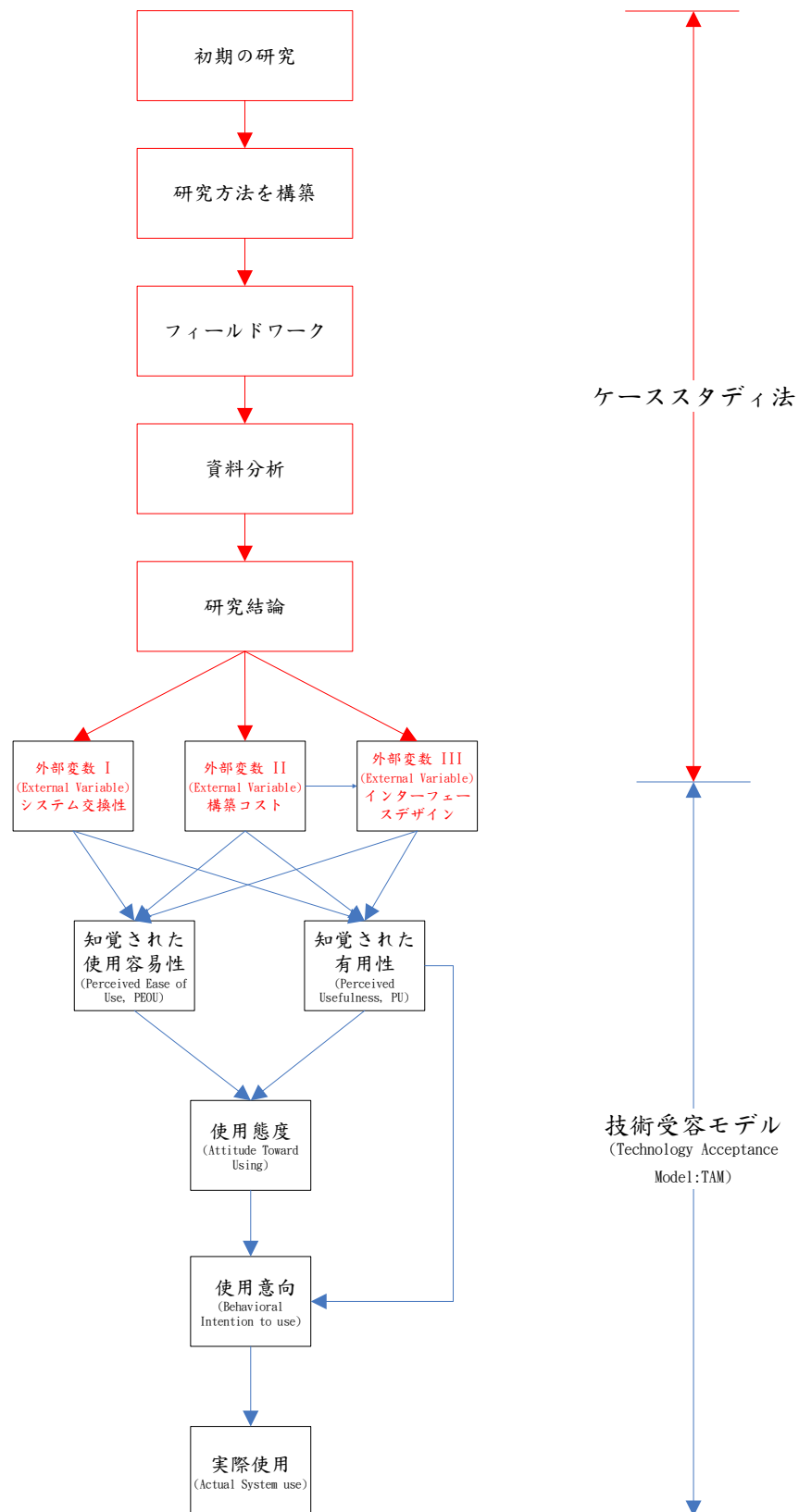
出所：筆者撮影 2018 年 5 月 1 日

第2章 研究方法

本研究では、鉄鋼業における RFID 使用の現状に着目し、現在、世界最大生産量の鉄鋼メーカーである宝鋼における技術受容のパス（経路）を探索することを目的としている。本研究は二段階で行っており、第一段階は質的研究のケーススタディ法を利用し、鉄鋼業者にインタビューすることを通じて、鉄鋼業の RFID に対する理解と応用状況を理解する。そして、ケーススタディの分析結果に基づく因子を明確にし、技術受容パターンの外部変数として利用する。RFID の適用においては多くの不利な環境がある中で、宝鋼における RFID を導入する際の技術受容パターンのパスを探った。

本章では、筆者自身の職場経験と事例分析をもとに定性インタビューガイドを設計し、インタビュー結果や文献を基に定量調査紙を作成し、鉄鋼業の技術受容パターンを検証する。本章の第1節は研究の枠組み、第2節は第一段階の鉄鋼業の事例研究とケーススタディの研究手法、第3節は第二段階の構成要素と研究仮説の展開、第4節は第二段階の調査紙の発展、第5節は調査紙解析方法で、5節で構成されている。

図 2-1 本研究の全体の流れ



第1節 第一段階：ケーススタディ

社会科学には、定量的研究（quantitative research）と定性的研究（qualitative research）という2種類の研究方法がある。定量的研究は、テストや予測、社会的事実の因果関係の仮定、あるいは研究成果からの推論を重視する。定性的研究は、より抽象的で難解な内面を探り、その意味や新しい概念を発展させようとするものである（Jian & Zou, 2004⁶³）。

RFIDは非常に良いインテリジェントなオブジェクトの管理技術である。しかしながら、鉄鋼業ではRFIDを有効に応用することは困難であり、サプライチェーン上の一部でのみRFIDを応用しているというのが現状である。本研究の第一段階では、企業の成長において在庫管理などが非常に重要であるにも関わらず、なぜ鉄鋼業においてRFIDの管理技術を有効的に応用できないのか、その理由や問題点を明らかにする必要がある。そして、鉄鋼企業での自身の体験談を十分に記述することで、研究者が鉄鋼業におけるRFIDの応用状況を、より深く、より詳細に理解することができ、RFIDの実用化において遭遇した困難をより深く分析することができる。本研究の第一段階では、異なる地域/サプライチェーン上の鉄鋼企業4社を対象に、半構造化インタビューによってデータを補完する定性調査ケーススタディを採用することとした。

RFIDの理解度や適用度を探るだけでなく、その使用過程で用いられるRFIDの管理戦略や具体的な実践方法を探ることで、RFIDの概念と実際の適用の関連性を見出し、TAM第二段階の初期外部変数について結論を導き、参考にする。

定性的研究（qualitative research）は社会科学や教育の分野でよく用いられる研究手法で、操作的な定義変数を用いてリサーチクエスチョンを展開するのではなく、複雑な文脈の中で概念構造や探究テーマを徐々に発展させ、研究者は対象者との接触や行動を通じて包括的なデータを収集しなければならない。定性的研究の焦点は、普遍的法則や外的妥当性を具体的に見るのではなく、対象者が行動の意味をどのように解釈しているか、内的視点、感情、経験をさまざまな角度から検証し、洞察を得ることにある。一般的な質的研究の方法としては、事例研究、フィールドワーク、グラウンデッド・セオリー、自然主義的手法、民俗誌、歴史研究手法などがある。一般的に用いられるデータ収集方法には、インタビュー、観察、歴史的・記録的文書、二次データ、自由形式調査紙がある。

第1項 ケーススタディ（Case Study）

Benbasat et al.(1987)⁶⁴は、ケーススタディに関して、次のような観点を示している。ケーススタディとは、さまざまなデータ収集方法を用いて、実験的なコントロールや操作なしに、少数の個人、グループ、チームの現象を現在の自然な状態について調査することである。ケーススタディ研究は、科学的な研究手法の一種で、「ケースヒストリー法」とも呼

⁶³ 簡春安、鄒平儀（2004）。社会工作研究法。

⁶⁴ Benbasat et al. (1987). The case research strategy in studies of information systems.

ばれる質的な研究の一種である。調査対象は、個人、組織・機関、家族、国もしくは事件など多岐にわたる。調査対象に関する完全なデータを収集した後、問題の原因と結果に関して深く調査・分析される。

ケーススタディには、研究対象者の数によって、次の 2 種類がある。一つはシングルケース探求型調査 (Single Case Exploratory Inquiry) である。研究者は、個人、単一家族、単一グループ、単一コミュニティに焦点を当て、研究全体のデータを収集する。もう一つのマルチケース研究 (Multiple Case Research) では、2 人以上の個人、家族、グループ、コミュニティに関するデータを収集することを指す。本研究では、複数の鉄鋼メーカーを選定し、鉄鋼業のサプライチェーン上の異なる企業における RFID の認識および応用の仕方に関するデータを収集する。本研究では「マルチケース研究：Multiple Case Research」を採用する。

第 2 項 インタビュー (Interview)

インタビューとは、少なくとも 1 人のインタビュアーと 1 人以上の回答者による、2 人以上の会話である。何気ない日常会話とは違う、インタビュアーと回答者の言葉のやりとり、質問と回答、さらには表情などを通して、回答者から一定の情報を引き出し、必要な情報を収集する。従って、インタビューは目的を持った会話であり、情報収集のツールであるといえる。適切な計画とコントロールにより、インタビュアーは回答者の考えを探り、望む答えを引き出すことができる。インタビューはフォーマル、インフォーマルいずれも可能で、標準的な構造化された質問やクローズドクエスチョンやオープンクエスチョン、構造化されていない質問を通して、徐々に外から対象の核心に迫り、インタビュー対象者の動機、信念、態度、実践、意見を分析することができる。

つまり、インタビューとは、聞き取りと観察によって補完された双方向の口頭コミュニケーションを通じて、研究者が社会現象の本質や行動の意味を共同構築し、解釈のプロセスを通じて研究対象の現象や行動を再現できるような状況を作り出すことなのである。

前述のようにインタビューは単なる雑談とは異なり、構造化された会話を通じて研究に必要な情報を収集するために、研究者は多くのメッセージの中から研究テーマに有用な内容を選別する有効なスキルと厳格なアプローチが必要である。インタビューの構造は構造化面接 (インタビュー)、非標準化面接 (インタビュー)、半構造化面接 (インタビュー) の 3 種類がある。

構造化面接 (Standardized Interview) は、「標準化インタビュー」または「調査インタビュー」とも呼ばれ、インタビューのプロセスを高度に制御したインタビューである。インタビューのプロセスは、一定の基準とプロセスに沿って行われ、質問はあらかじめ設計され、通常はクローズドクエスチョン方式で、回答者はあらかじめ設計された回答の中から選択しなければならない。記録・比較・分析がしやすいというメリットがある一方、回答が限定的になり、幅広い意見を得たり、深く掘り下げたりすることが容易ではないという

デメリットがある。

非構造化面接（Unstandardized Interviews）は、「非標準化インタビュー」とも呼ばれ、日常生活に関する何気ない会話の形で情報を得る、半コントロールもしくは非コントロールなインタビューである。インタビューのやり方、順番、答え方は一定ではなく、インタビュアーと回答者は自由に自分の意見や感情を表現することができる。デメリットは時間がかかること、データの分析が容易ではないこと、本来のテーマから逸脱しやすいことである。

半構造化面接は、「ガイド面接」や「半標準化インタビュー」とも呼ばれ、構造化面接と非構造化面接の中間的な面接方法の一種である。面接者は通常、面接を通じて実際の状況に合わせて面接質問を適応させる柔軟性を与えられている（Lune & Berg, 2017）⁶⁵。質問は緩やかに構成されているが、それでも漫然としたものではない。焦点を絞って強調することで、探求すべきテーマを確実に網羅し、インタビューの指針とし、インタビューの進行に応じて他のテーマにも質問を広げ、回答者の回答に応じて質問の仕方や順序をかなり柔軟に変えていく。この方法は、構造化インタビューと非構造化インタビューの両方の利点を兼ね備えており、研究テーマから逸脱することなく特定の分野に焦点を当てたインタビューが可能であると同時に、回答者がよりリアルな認知体験を提示できるような柔軟性を持ち、データの信頼性を向上させることができる。

本研究の目的は、回答者の固有な経験である **RFID** の適用または適用を検討する際の鉄鋼業の現状と異なる実務経験に関する考察を理解することであり、回答者の経験による完全な記述は、この研究の結論を促進するものである。本研究では、「非構造化」インタビューが持つ、構造化されていないインタビューと「構造化」インタビューの核心に迫らないという欠点を避けるために、データ収集の主な方法として、「半構造化インタビュー」を用いる。インタビューによって研究テーマに集中できると同時に、研究テーマに焦点を当てたインタビューを行うだけでなく、回答者がよりリアルな認知感覚を提示し、研究の信頼性を高めることを期待している。

第3項 ケーススタディ対象

本研究では、ケーススタディの研究方法を通じ、データを収集するために、半構造化インタビューによる定性的アプローチを採用した。研究対象者の選択は、サンプリングと利便性の原則に基づいて行われるため、有意抽出法(purposive sampling method)を利用した。筆者自身、鉄鋼業ビジネスに携わっており、鉄鋼業のネットワークと繋がりがあるため、個人的な背景や職場環境から、研究対象を抽出する。

- ①鉄鋼業における **RFID** の企画に参加し、企画検討や最終的にこのモデルを採用するかどうかを考慮する立場にある実務家(従業員)。
- ②鉄鋼業において **RFID** を使用したことがある／現在使用している実務家（従業員）。

⁶⁵ Lune and Berg. (2017). Qualitative research methods for the social sciences.

③ある程度の規模があり、原材料も膨大で、倉庫の管理のためにインテリジェントな技術を導入する必要がある企業で働く従業員。

④企業における RFID 活用の経験を共有することに意欲的で、RFID を導入するプロセスを完全かつ詳細に説明できる従業員。

今回の調査では、4つの鉄鋼企業において上記の4つの中で1つ以上条件を満たした従業員を対象にインタビューを行った。

第4項 研究方法

定性的研究においては、研究者自身が研究手段である（Patton,1990）⁶⁶。従って、研究者の個人的な主観は研究に大きな影響を与える。研究者の役割や主観が研究に影響を与えることは避けられないとし、自らの影響を排除しようとはせず、むしろ自らの役割や主観がデータの収集や解釈をどのように形成するかを検討すべきだとする研究者もいる（Ding, Zheng and Ren,1996）⁶⁷。

定性的研究においては、研究者はインタビュアー、データ翻訳者、データ分析者、報告書作成者という複数の役割を担っている。研究者はインタビュアーとして、被調査者との信頼関係を築き、質問するスキルを持たなければならない。また、インタビューの過程では、被調査者との会話において、中立的で敬意を払った態度を保ち、被調査者の経験や会話内容について研究者自身の主観的な判断をしないようにしなければならない。研究者はデータ分析者、報告書作成者として個人的、主観的な解釈に偏ることを避けなければならないため、常に研究プロセスを振り返り、見直し、研究の質を確保するために客観的、中立的であることを自らに言い聞かせなければならない。

第5項 インタビューガイド (Interview guide)

インタビューのアウトラインは、データ収集のための重要なツールであるだけでなく、インタビュー全体の方向性を決定するものでもある。本研究の目的は下記の通りである。

①鉄鋼業における RFID の実用化、資材管理戦略の活用と現状を理解する。

②RFID による資材管理とその実践的な活用の成功の理由を探る。

③構造化されていない、無秩序なインタビューを避ける。

従って、インタビューを実施する前に、本研究における探求すべきテーマが含まれていることを確認する目的のほか、インタビュー中に研究者が従うべき基本的な文脈を維持するために、関連するインタビューのアウトラインを作成した。ただし、半構造化インタビューの方法を用いており、インタビューの内容を限定したものではない。インタビューは、

⁶⁶ Patton. (1990). Qualitative Evaluation and Research Methods.

⁶⁷ 丁雪茵、鄭伯璦、任金剛 (1996)。質性研究中研究者的角色與主觀性。

関連文献、研究の目的、研究者経験および教授のアドバイスを基に構成した。インタビューの流れは、事例企業の紹介、RFID 開発のプロセス、RFID システムアーキテクチャ、RFID 倉庫管理行動の情報とフロー、RFID 導入の結果とした。

第 6 項 研究の流れ

本研究の第一段階研究の流れは下記の通りである。

①文献レビュー

日本語、英語、中国語の参考文献をレビューする。「RFID」、「鉄鋼物流管理」、「鉄鋼倉庫管理」「TAM」などのキーワードを中心に文献を収集する。

②研究テーマの確立

研究動機と関連する質問を提案し、教授に相談した上で、「鉄鋼業のサプライチェーンマネジメントにおける RFID 導入の問題点と今後の課題」の研究テーマを確立する。

③研究対象者の調査と選定

本研究は、有意抽出法⁶⁸ (purposive sampling method)で対象者を選択し、目的サンプリングと利便性の原則に基づき、研究者自身の鉄鋼貿易商社での仕事と経験を通じて、近年の協力企業の中から、本研究の条件を満たす 4 つの鉄鋼会社を選定する。

④インタビュー概要の計画

文献の内容、研究の動機、目的などを踏まえてインタビューの概要を作成する。

⑤専門家によるコンサルティングとインタビュー概要の改定

インタビュー概要の初稿は、教授と鉄鋼企業の関係者との議論を踏まえて改定し、これを正式なインタビュー概要とする。

⑥インタビュー質問の設計と構成

インタビューの質問は、正式なインタビューの概要に則って作成する。

⑦インタビューの実施

インタビューは、現役で鉄鋼に従事する 4 社の実務家および従業員に対し、正式な半構造化インタビューによって行い、必要に応じて電話などのインフォーマルインタビューで補足する。

⑧データ解析およびライティング

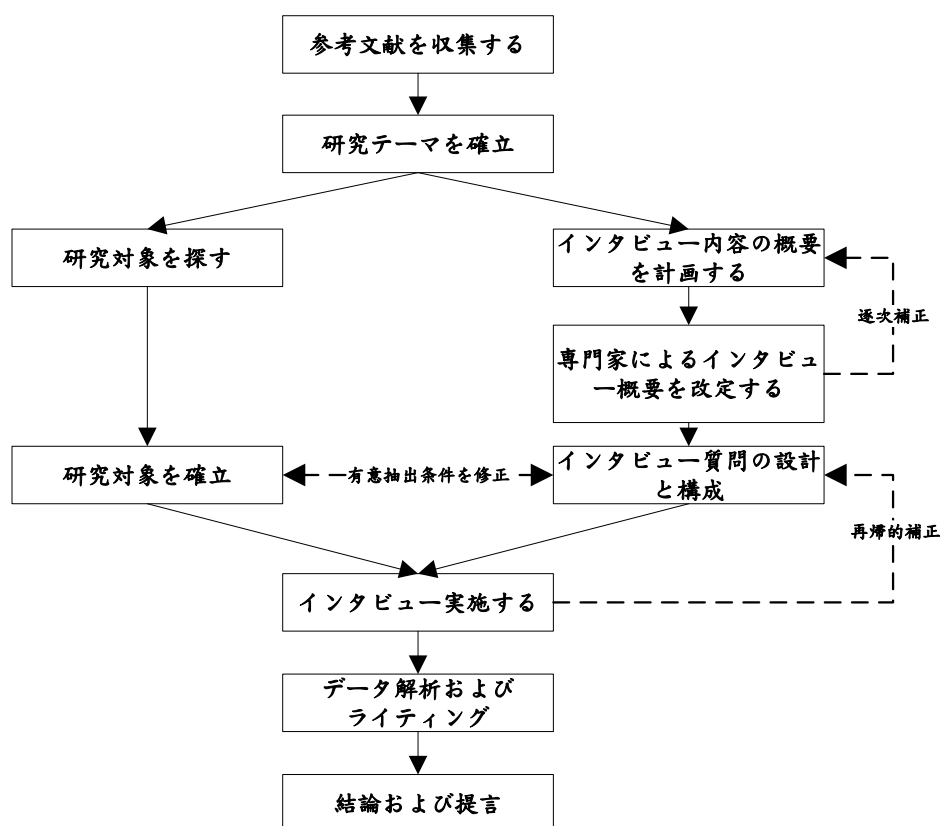
正式なインタビューから得られた逐語録を照合し、分析する。

⑨結論と提言

データ分析を通じて、鉄鋼業における RFID アプリケーションの現状を探り、最終的な結論を導き出す。

⁶⁸ 研究者の主観的な判断により、研究の目的に最も適した調査サンプルを選択すること。

図 2-2 第一段階の流れ



出所：筆者作成

第2節 第二段階：調査紙調査方法および資料収集

方法分散とは測定ツールに起きた誤差のことであり（Campbell & Fiske, 1959）⁶⁹、共通方法分散（common method variance：CMV）とは、研究対象者から自己報告式（self-report）の測定ツールを通じて、収集したデータを分析することである。収集したデータは、研究の枠組みの中で独立変数（independent variable）と従属変数（dependent variable）の両方を含み、同じ回答者グループに対する1回の調査紙から得られるため、変数間の関係が弱まり、統計的有意性が高くなったり低くなったりし、検証すべき仮説の妥当性や棄却に影響を与える可能性がある（Peng et al., 2006）⁷⁰。

本研究では、その発生を回避するために、予防と事後発見・改善策を採用した。その予防・改善策は、Pang et al.（2006）が主に採用している調査紙レイアウト設計の方法である。具体的な改善策は下記となる。

⁶⁹ Campbell and Fiske (1959). Convergent and Discriminant Validation by the Multitrait-Multimethod Matrix.

⁷⁰ 彭台光、高月慈、林鈺琴（2006）。管理研究中的共同方法變異：問題本質，影響，測試，和補救。

- ①個人情報匿名:匿名の方法で回答を封印して返送することで、回答者は安心し、質問に対する回答者の疑問や社会的期待の発生を減らすことができる。
- ②項目タイトルやその意味の非表示:調査紙には、研究の目的や変数名を表示・説明しないことで、回答時の回答者の疑心暗鬼を軽減し、回答者が本音を隠そうとしたり、調査紙のタイトルに対する無知をカムフラージュしようとしたりする“社会的望ましさのバイアス”がはたらく可能性を回避する (Peng et al., 2006)。
- ③質問項目の単語構成方法:質問項目の設計において「曖昧な専門用語を使うこと」や「一つのセンテンスの中に 2 つ質問があること、および二重否定」を避け、トーンと用語を調整することで、回答者が質問の意味を容易に理解できるようにし、その偏りを減らす。
- ④逆問題の設定:この研究では、いくつかの可変項目に逆問題の設定を採用している。これにより、回答者の不注意または潜在的な一貫性のある動機を減らすことができる。

本調査では、同じ時点の干渉を排除するために、時間・現場分離法を用いて変数を異なる収集源（現場スタッフ、現場監督者等）に分離し、収集後にそれらを完全な調査紙にマッチングさせるという予防的アプローチを採用した。これに加えて、同じ時点での交絡因子を排除するために時間・場所を分離し、また、一般的な方法でのばらつきを可能な限り排除するために、インタビュー情報の非表示と逆問題の設計を行った。

調査紙のサンプルサイズは、調査結果の意義や費用対効果に影響を与え、ひいては調査の価値に影響を与える。調査紙のサンプルサイズが無限に大きくなる傾向がある場合、これらの統計は効果の値にかかわらず、任意レベルの統計的有意性に達し、統計的検出力 (power > .95) を過大評価し、実益のない有意水準にすることになる。一方、サンプルサイズが小さすぎると、いくら統計的効果が大きくても、統計的に有意なレベルに達しないことが多く、その結果、統計的検出力が低下し、重要な知見を逃すことになる。従って、研究の最も経済的で客観的な価値は、適切なサンプルサイズを得ることによってのみ達成される (Li, 2016) ⁷¹。

Gorsuch (1983) ⁷² は、因子分析を行うためには、サンプルサイズを質問数の少なくとも 5 倍、100 以上にすることを提案しているが、検証された因子分析のためには、ほとんどの研究者がサンプルサイズを 200 以上にすることを提案している (Hoyle, 2000⁷³; Jackson, 2003⁷⁴; Kline, 2005⁷⁵)。Schumacker and Lomax (1996) ⁷⁶ は、サンプルサイズを 250 人から 500 人にすることを提案しており、Hoyle (2000) は、最低 200 人を提唱するだけでなく、

⁷¹ 李德治 (2016)。多変量分析。

⁷² Gorsuch. (1983). Factor Analysis.

⁷³ Hoyle. (2000). Confirmatory factor analysis.

⁷⁴ Jackson. (2003). Revisiting sample size and number of parameter estimates: Some support for the N: q hypothesis.

⁷⁵ Kline. (2005). Principles and practice of structural equation modeling (2nd ed.)

⁷⁶ Schumacker and Lomax. (1996). A beginner's guide to structural equation modeling.

最大 400 人を提案している。しかし、実際には、結果の正しさを確認するための妥当性（power : $1-\beta$ ）を重視した調査紙設計が必要であるため、検出力分析を用いて必要なサンプルサイズを外挿する必要がある（Cohen,2013）⁷⁷、サンプルサイズは使用するリッカート尺度の点数や検証方法によって異なる。また、使用するリッカート尺度の点数や検証方法によってサンプルサイズが異なり（Li,2016）、質問の多重性で一概にサンプルサイズを決定することはできない。

Cohen（2013）は、心理学および社会科学の研究者にとって、効果の大きさが推定できない場合、暫定的に中程度の効果値として設定し、後で見直すことができると指摘している。本研究は検出力、設定 α は 0.5、信頼区間 95% を前提として、統計ソフト G-POWER3.1 で調査紙のサンプルサイズを計算した。無効な回答の分を考慮して、調査紙のサンプルサイズは 20% 増しとした。仮想的な人口統計的変数のそれぞれに必要な最小サンプルサイズは表 2-1 の通りである。分析結果により、年齢（6 群間）を独立変数とする場合、本研究では最低 389 名のサンプルサイズを満たす必要があることがわかった。

調査紙の信頼性と妥当性を検証するために、調査紙の内容を修正するための予備調査を実施した。予備調査のサンプルは意図的なサンプリングにより、宝鋼の従業員を選んだ。正式な調査紙も同様に意図的なサンプリング方法を採用し、事前に電話相談した上で各工場の従業員数に応じて調査紙を配布した。

⁷⁷ Cohen. (2013). Statistical power analysis for the behavioral sciences.

表 2-1 調査紙の人口統計的変数に必要な最小サンプルサイズ

変数名	変数分類	統計方法	群数	必要なサンプル数 (減少率20%を考慮)
①性別	男性	独立標本t検定	2	176
	女性			(213)
②婚姻	未婚	独立標本t検定	2	176
	既婚			(213)
③年齢	19歳未満	分散分析	5	305 (366)
	20～29歳			
	30～39歳			
	40～49歳			
	50歳以上			
④学歴	高卒未満	分散分析	4	280 (336)
	高校卒以下			
	大学卒			
	大学院卒以上			
⑤月給 (人民元)	7,000元以下	分散分析	6	324 (389)
	7,001～9,000元			
	90,001～12,000元			
	12,001～15,000元			
	15,001～19,000元			
⑥職務	19,001元以上	分散分析	3	252 (303)
	現場スタッフ			
	現場マネージャー			
⑦勤続年数	現場監督者	分散分析	4	280 (336)
	5年以下			
	5～10年			
	10～20年			
	20年以上			

(Effect size $f=0.25$, $\alpha_{err\ prob}=0.05$, power $(1-\beta_{err\ prob})=0.95$, 小数点を切り上げ)

第1項 研究理論の構成および研究の仮説

TAM において、Davis et al. (1989) は、知覚された有用性と知覚された使用容易性が外部変数によって影響されると明言している。従って、宝鋼の従業員による RFID の知覚された有用性と知覚された使用容易性に影響を与える外部変数が何かを理解することが重要である。

本研究における変数と研究仮説は、3 つの主要な要素からなる。1 つめは、現場での実際の現象の観察から得られた研究仮説である。2 つめは、第一段階のケーススタディの調査結果から変数と仮説を与えたものである。3 つめは、先行研究文献の提言、例えば King and He (2006)⁷⁸ や Venkatesh and Davis (2008)⁷⁹、Venkatesh and Davis (2000)⁸⁰ が TAM 理論を用いて、新しい情報技術の使用問題や条件を調査したものである。

Karaali et al. (2011)⁸¹ は、ユーザーの行動と使用意図を明確かつ詳細に記述する TAM が、このような問題を研究するための強力なモデルであることを示唆している。

TAM は Davis (1989) によって初めて提唱され、彼のモデルによれば、ユーザーの受容と意思を明確に記述することができる (King & He, 2006)。Davis et al. (1989) によれば、使用に対する行動意図はユーザーが IT を受け入れるかどうかに影響を与えるが、使用に対する態度 (Attitudes toward Use) は、まず意図に影響を与える (Karaali et al, 2011)。

さらに、一部の学者 (Burton-Jones and Hubona, 2006)⁸² は、知覚された有用性と知覚された使用容易性が、新しい情報技術を受け入れる際のユーザーの態度に影響を与えると指摘している。知覚された有用性は、新しい情報技術の使用が効果的であるかどうかのユーザーの評価を指し、知覚された使用容易性は、新しい情報技術の使用の容易さおよび利便性に関するユーザーの評価を指す。

一般的には、ユーザーは通常、新しい情報技術が役立つと感じており、知覚された有用性について肯定的なコメントをする傾向がある。Lederer et al. (2000)⁸³、Deng et al. (2005)⁸⁴、Porter and Donthu (2006)⁸⁵、Pagani (2006)⁸⁶、McKechnie et al. (2006)⁸⁷ ら研究者はみな、新しい IT 関連技術の研究の中で、TAM を使用し、ユーザーが新しい情報技術を使用したときに、さまざまな側面のパス係数を推定できることを発見した。これに基づき本研究では、理論的な議論を通じて次の仮説を立てる。

⁷⁸ King, and He. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model.

⁷⁹ Venkatesh. and Bala. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions.

⁸⁰ Venkatesh. and Davis. (2000). A Theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies.

⁸¹ Karaali et al. (2011). Factors affecting the intention to use a web-based learning system among blue-collar workers in the automotive industry

⁸² Burton-Jones. and Hubona. (2006). The mediation of external variables in the technology acceptance model.

⁸³ Lederer et al. (2000). The technology acceptance model and the World Wide Web.

⁸⁴ Deng et al. (2005). A multi-group analysis of structural invariance: an illustration using the technology acceptance model.

⁸⁵ Porter and Donthu. (2006). Using the technology acceptance model to explain how attitudes determine internet usage: The role of perceived access barriers and demographics.

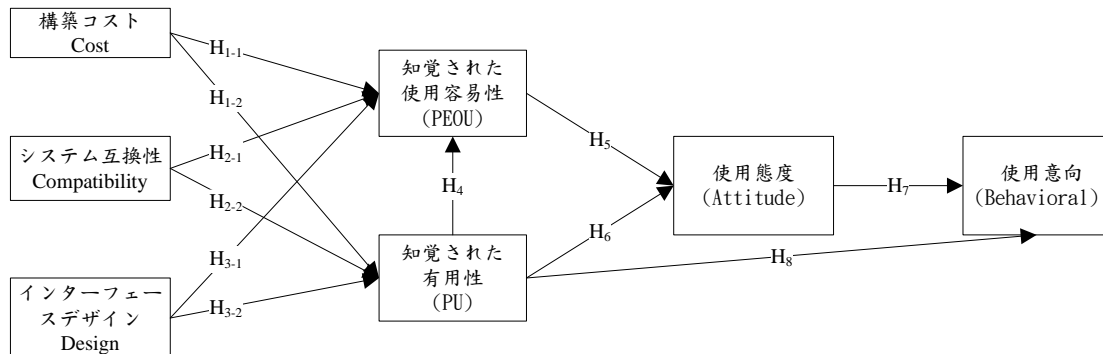
⁸⁶ Pagani, M. (2006). Determinants of adoption of high speed data services in the business market: evidence for a combined technology acceptance model with task technology fit model.

⁸⁷ McKechnie et al. (2006). Applying the technology acceptance model to the online retailing of financial service.

- H₁₋₁：構築コストは知覚された使用容易性と正（+）の因果関係を持つ。
- H₁₋₂：構築コストは知覚された有用性と正（+）の因果関係を持つ。
- H₂₋₁：システム互換性は知覚された使用容易性と正（+）の因果関係を持つ。
- H₂₋₂：システム互換性は知覚された有用性と正（+）の因果関係を持つ。
- H₃₋₁：インターフェースデザインは知覚された使用容易性と正（+）の因果関係を持つ。
- H₃₋₂：インターフェースデザインは知覚された有用性と正（+）の因果関係を持つ。
- H₄：知覚された有用性は知覚された使用容易性と正（+）の因果関係を持つ。
- H₅：知覚された使用容易性は使用態度と正（+）の因果関係を持つ。
- H₆：知覚された有用性は使用態度と正（+）の因果関係を持つ。
- H₇：使用態度は使用意向と正（+）の因果関係を持つ。
- H₈：知覚された有用性は使用意向と正（+）の因果関係を持つ。

本研究では、図 2-2 に示すように、理論的および経験的ルールに基づいて、宝鋼の従業員が現場で RFID システムを使用する場合の技術的受容の理論的フレームワークモデルと仮定を提案する。この提案は「鉄鋼業における RFID の TAM」である。

図 2-2 鉄鋼における RFID の TAM の仮説



第 2 項 調査紙の発展

第二段階では、文献や研究テーマに基づき、日本、台湾および海外の関連する調査紙を参考にしながら、調査紙の素案「鉄鋼業における RFID システムの TAM」を作成した。予備調査終了後に統計解析を行い、公式調査紙の適切な質問項目を選択した。以下は、調査紙の集計作業とその内容である。

本研究では、第一段階で主な研究対象である宝鋼と他のサプライチェーンプレイヤーに関連するケーススタディを行う。実際のプロモーションと応用の要因を考慮すると、コスト (Cost)、システムの互換性 (Compatibility)、インターフェースのデザイン (Design) の 3 つの部分が、最も頻繁に議論されることがわかる。構築コストは、主に作業手順に RFID

を活用する際にもたらされる費用と、既存の倉庫在庫手順を変更する際に負担しなければならないサンクコスト⁸⁸と技術転換コストに関するものである。システム互換性は、現在の RFID システムには統一された仕様とラベルがなく、産業チェーンの垂直方向と水平方向の両方のロジスティクスと倉庫作業が影響を受けるため、重要な外部変数として挙げられる。最後のインターフェースデザインは、サプライチェーンの場所によって、倉庫管理システムのインターフェースが異なることに焦点を当て、現場のオペレーターに使いにくいことがあるため、インターフェースデザインも重要な外部変数の1つも含まれている。

表 2-2 予備調査における外部変数調査紙の質問

構築コスト	①RFID 資材管理システム導入のメリットは非常に大きい
	②RFID 資材管理システムの構築に初期コストは必要である
	③RFID 資材管理システムのコストは、資材管理の技術変換コストとなる
	④RFID 資材管理システムのコストには、従来の資材管理システムのサンクコストも含まれていると思う
システム互換性	①RFID 資材管理システムのために作ったデータフォーマットにより、チーム間のコミュニケーション統合性の効果があった
	②RFID 資材管理システムのために作ったデータフォーマット仕様は、資材を探す時間を削減できる
	③RFID 資材管理システムのために作ったフォーマットは、サプライチェーンに必要な情報を提供することができる
	④RFID 資材管理システムのために作ったデータフォーマット仕様は、正確な情報を提供することができる
インターフェースデザイン	①操作が簡単であれば、この RFID 物品管理システムの使用意欲が高まる
	②このシステムの操作に慣れるまでに時間がかからなければ、この RFID 物品管理システムの使用意欲が高まる
	③この RFID 資材管理システムが使いやすいものであれば、使ってみたいと思う
	④RFID 資材管理システムの操作画面はシンプルでわかりやすい

調査紙の設計は、研究の目的と回答すべき質問を基に、関連する文献を参照しながら初稿を作成し、「TAM」尺度は、Venkatesh and Bala (2008) の TAM 尺度を参考に修正し、専門家、実務家と議論して表 2-3 のような予備尺度を完成させた。

⁸⁸ 過去に投資し、いかなる手段によっても回収できない費用のこと。埋没費用ともいう。

表 2-3 予備調査における TAM 変数の調査紙での質問

知覚された使用容易性	①この RFID 資材管理システムは、かなり使いやすい
	②この RFID 資材管理システムの使い方がすぐにわかり、鋼材の保管に役立てることができた
	③この RFID 資材管理システムを鋼材の保管に役立てることは非常に難しい
	④鉄鋼材料を棚卸しする際に、この RFID 資材管理システムを使用すると簡単である
	⑤RFID 資材管理システムの熟練ユーザーになるのは簡単である
	⑥RFID 資材管理システムの活用で、実務の効率化に貢献する
	⑦RFID 資材管理システムの使用により、サプライチェーン上の他のプレイヤーへのアクセスが容易になる
知覚された有用性	①この RFID 資材管理システムは、鉄鋼材料の保管に役立っている
	②この RFID 資材管理システムを介して鋼材の保管を支援することのメリットは、デメリットより多い
	③この RFID 資材管理システムを通じて、必要な鋼材を見つけることができる
	④全体として、この RFID 資材管理システムを使用して鋼材を保管するのに非常に役立つ
	⑤RFID 資材管理システムを使用すると、チームでの業務手順を簡素化できる
	⑥RFID 資材管理システムの導入により、作業者の業務品質を向上させることができる
	⑦RFID 資材管理システムの使用により、オペレーターが生産ラインの全体状況をより良く把握するのに役立つ
使用態度	①RFID 資材管理システムを使って、鋼材を保管するのはとても賢明なことだと思う
	②RFID 資材管理システムを使用して、鋼材を保管するというアイデアが大好きだ
	③RFID 資材管理システムを使用して、鋼材の保管を支援することは非常に賢明だ
	④RFID 資材管理システムで、鋼材を快適に保管できるようになった
	⑤RFID 資材管理システムにより、作業者と管理者のやり取りが明確になった
	⑥RFID 資材管理システムの活用は、チームの仕事の質を向上させる
	⑦RFID 資材管理システムは、より多くのサプライチェーンに普及する価値がある
使用意向	①この RFID 資材管理システムを使って鉄鋼材料の保管に役立てたい
	②この RFID 資材管理システムが倉庫で使われたら鋼材の保管に役立てたい
	③今後はこの RFID 資材管理システムを活用して鉄鋼資材の保管を支援したい
	④この RFID 資材管理システムで、資材管理の効率化を図ることができた
	⑤この RFID 資材管理システムを使って鉄鋼材料に関するより多くの情報が得られ、重要な判断に役立つ
	⑥この RFID 資材管理システムを使うことで、より詳細な鋼材情報を得ることができ、ワークフローのスピードアップにつながる
	⑦全体として、この RFID 材料管理システムを使用したいと考えている

本研究の予備調査の調査紙内容は、研究者がまとめ、専門家、実務家と協議・修正し、正式な調査紙を完成する。本研究の調査紙タイプは 5 段階のリッカート尺度を使った調査紙である。「全く同意できない」「同意できない」「どちらともいえない」「同意できる」「非常に同意できる」を、それぞれ 1 点、2 点、3 点、4 点、5 点とし、点数が高いほど同意の程度が高く、その逆は低い。予備調査の調査紙準備の後、調査紙のテストが始まった。調査紙が回収された後、調査紙の照合と元データの入力が始まり、統計パッケージソフトウェア IBM SPSS Statistics for windows 22 を使用してデータ分析が行われた。

第 3 項 調査紙の解析方法

本研究の調査紙解析は SPSS 22.0 バージョンおよび AMOS 22.0 バージョンのソフトウェアを利用して行われた。本研究の研究目的を達成し、共分散構造分析を検証するために、本研究で用いたデータ分析手法は記述統計、分散分析とした。そして共分散構造分析を通じて、本研究の TAM の検証とそのパス（経路）の関係を確立することを目的としている。

1. 記述統計

記述統計（Descriptive Statistics）は、本研究目的のために、各質問と次元の平均と標準偏差を計算することによって行った。その結果を通じて、知覚された使用容易性、知覚された有用性、使用態度、使用意向、構築コスト、システム互換性、インターフェースデザインの現状を理解する。

2. 分散分析

本研究は一元配置分散分析を用いて分散分析を行った。知覚された使用容易性、知覚された有用性、使用態度、使用意向、構築コスト、システム互換性、インターフェースデザインの人口統計的変数に有意差があるかどうかを調べることを目的としている。

3. 共分散構造分析

AMOS は「モーメント構造分析：analysis of moment structures」の略であり、「共分散構造分析:SEM」（structural equation model）の解析のために実用化されている。この分析は「共分散構造分析:SEM」（structural equation model）または「因果関係のモデル分析」（analysis of causal modeling）を通じて、TAM のパス図の経路を分析する。

第3章 調査紙分析

第1節 調査紙実施における資料収集およびサンプルの特徴

第1項 背景変数（context variable）と質問項目内容の記述統計

本項では、中国宝武鋼鉄集団株式会社（以下、宝鋼とする）の従業員に人口統計学変数：demographic variable（性別・結婚・年齢・学歴・給料・職務、勤続年数）などについて記述統計分析（descriptive statistics）を行っている。

1. 調査紙サンプルの記述統計分析

本研究では、記述統計分析で調査紙を分析し、分析結果は表 3-1 のようにまとめた（分析無効の調査紙の分は本分析から排除する）。表 3-1 に示すように、詳細な解析は以下の通りである。

- ①性別：回答者のうち、「女性」が 24 人（4.7%）、「男性」が 487 人（95.3%）で、宝鋼の従業員は「男性」の割合が「女性」の割合よりも高い。
- ②婚姻：回答者のうち、266 人（52.1%）が「既婚」、245 人（47.9%）が「未婚」で、宝鋼の従業員は「既婚」の割合が「未婚」の割合よりも高い。
- ③年齢：宝鋼の従業員のうち、「20～29 歳」が 220 人（43.1%）、「30～39 歳」が 169 人（33.1%）、「40～49 歳」が 72 人（14.1%）、「20 歳未満」が 27 人（5.3%）、「5020 歳未満歳以上」は 23 人（4.5%）で最も少ない。
- ④学歴：宝鋼の従業員のうち、「大学・大学院卒」が 345 人（67.5%）、「高校卒」が 146 人（28.6%）、「大学院卒以上」が 11 人（2.2%）、「高校卒未満」は 9 人（1.8%）で最も少ない。
- ⑤月給（人民元：RMB）：宝鋼の従業員のうち、「9,001～12,000 元」が 209 人（40.9%）、「7,001～9,000 元」が 151 人（29.5%）、「7,000 元以下」が 65 人（12.7%）、「12,001～15,000 元」が 48 人（9.4%）、「15,001～19,000 元」が 23 人（4.5%）、「19001 元以上」は 15 人（2.9%）で最も少ない。
- ⑥職務：宝鋼の従業員のうち、385 人（75.3%）が「現場スタッフ（作業員）」、66 人（12.9%）が「現場マネージャー」、60 人（11.7%）が「現場監督者」で最も少ない。
- ⑦勤続年数：宝鋼の従業員のうち、「5～10 年」が 220 人（43.1%）、「5 年未満」が 193 人（37.8%）、「10～20 年」が 77 人（15.1%）、「20 年以上」は 21 人（4.1%）で最も少ない。

表 3-1 宝鋼従業員の人人口統計学的変数の統計表

人口統計学的変数		回数	比率	有効比率	累積比率
①性別	女性	24	4.7	4.7	4.7
	男性	487	95.3	95.3	100
②婚姻	既婚	266	52.1	52.1	52.1
	未婚	245	47.9	47.9	100
③年齢	20 歳未満	27	5.3	5.3	5.3
	20～29 歳	220	43.1	43.1	48.3
	30～39 歳	169	33.1	33.1	81.4
	40～49 歳	72	14.1	14.1	95.5
	50 歳以上	23	4.5	4.5	100
④学歴	高校卒未満	9	1.8	1.8	1.8
	高校卒	146	28.6	28.6	30.3
	大学卒	345	67.5	67.5	97.8
	大学院卒以上	11	2.2	2.2	100
⑤月給 (人民元)	7,000 元以下	65	12.7	12.7	12.7
	7,001～9,000 元	151	29.5	29.5	42.3
	9,001～12,000 元	209	40.9	40.9	83.2
	12,001～15,000 元	48	9.4	9.4	92.6
	15,001～19,000 元	23	4.5	4.5	97.1
	19001 元以上	15	2.9	2.9	100
⑥職務	現場スタッフ（作業員）	385	75.3	75.3	75.3
	現場マネージャー	60	11.7	11.7	87.1
	現場監督者	66	12.9	12.9	100
⑦勤続年数	5 年以下	193	37.8	37.8	37.8
	5～10 年	220	43.1	43.1	80.8
	10～20 年	77	15.1	15.1	95.9
	20 年以上	21	4.1	4.1	100

第 2 項 TAM の各質問項目と記述統計

表 3-2 の通り、知覚された使用容易性の記述統計の中で最も平均値が高かったのは「③この RFID 資材管理システムを鋼材の保管に役立てることは非常に難しい (4.23)」で、最も低かったのは「④鉄鋼材料を棚卸しする際に、この RFID 資材管理システムを使用すると簡単である (3.99)」であった。

表 3-2 TAM の知覚された使用容易性に関する各質問項目と記述統計量

質問項目	平均値	標準偏差	分散
①この RFID 資材管理システムは、かなり使いやすい	4.21	0.599	0.359
②この RFID 資材管理システムの使い方がすぐにわかり、鋼材の保管に役立てることができた	4.09	0.665	0.443
③この RFID 資材管理システムを鋼材の保管に役立てることは非常に難しい	4.23	0.607	0.369
④鉄鋼材料を棚卸しする際に、この RFID 資材管理システムを使用すると簡単である	3.99	0.787	0.620
⑤RFID 資材管理システムの熟練ユーザーになるのは簡単である	4.14	0.670	0.449
⑥RFID 資材管理システムの使用により、サプライチェーン上の他のプレイヤーへのアクセスが容易になる	4.14	0.665	0.443

表 3-3 の通り、知覚された有用性の記述統計の中で最も平均値が高かったのは、「② RFID 資材管理システムの使用により、異なる部門における鋼材管理の運用プロセスを簡素化することができる (4.41) 」で、最も低かったのは「③RFID による資材管理システムの導入により、作業員の作業品質が向上させることができる (4.26) 」であった。

表 3-3 TAM の知覚された有用性に関する各質問項目と記述統計量

質問項目	平均値	標準偏差	分散
①この RFID 資材管理システムは、鉄鋼材料の保管に役立っている	4.31	0.610	0.372
②RFID 資材管理システムの使用により、異なる部門の鉄鋼材料管理のプロセスを簡素化することができる	4.41	0.584	0.341
③RFID 資材管理システムの導入により、作業員の作業品質を向上させることができる	4.26	0.677	0.458
④RFID 資材管理システムの使用により、オペレーターが生産ラインの全体状況をより良く把握するのに役立つ	4.28	0.663	0.439

表 3-4 の通り、使用態度の記述統計の中で最も平均値が高かったのは「②RFID 資材管理システムにより、鋼材を快適に保管できるようになった (4.33) 」で、最も低かったのは「①この RFID 資材管理システムを使って鋼材を保管するのは、とても賢明なことだと思う (4.01) 」であった。

表 3-4 TAM の使用態度に関する各質問項目と記述統計表

質問項目	平均値	標準偏差	分散
①この RFID 資材管理システムを使って鋼材を保管するのは、とても賢明なことだと思う	4.01	0.736	0.541
②RFID 資材管理システムにより、鋼材を快適に保管できるようになった	4.33	0.699	0.488
③RFID 資材管理システムにより、作業者と管理者のやり取りが明確になった	4.12	0.741	0.549
④RFID 資材管理システムの活用は、チームの仕事の質を向上させる	4.17	0.737	0.543
⑤RFID 資材管理システムは、より多くのサプライチェーンに普及する価値がある	4.23	0.693	0.481

表 3-5 の通り、使用意向の記述統計の中で最も平均値が高かったのは「①この RFID 資材管理システムを使って、鉄鋼材料の保管に役立てたい（4.21）」で、最も低かったのは「③この RFID 資材管理システムを使うことで鉄鋼材料に関するより多くの情報が得られ、重要な判断に役立つ（4.04）」であった。

表 3-5 TAM の使用意向に関する各質問項目と記述統計表

質問項目	平均値	標準偏差	分散
①この RFID 資材管理システムを使って、鉄鋼材料の保管に役立てたい	4.21	0.735	0.540
②この RFID 資材管理システムで、資材管理の効率化を図ることができた	4.06	0.718	0.516
③この RFID 資材管理システムを使うことで鉄鋼材料に関するより多くの情報が得られ、重要な判断に役立つ	4.04	0.652	0.426
④この RFID 資材管理システムを使うことで、より詳細な鋼材情報を得ることができ、ワークフローのスピードアップにつながる	4.10	0.630	0.397

表 3-6 の通り、外部変数システム構築コスト（Cost）の中で最も平均値が高かったのは「③RFID 資材管理システムのコストには、従来の物品管理システムの sunk cost/技術

変換コストも含まれていると思う（4.50）」で、最も低かったのは外部変数の構築コストの「②RFID 資材管理システムの構築に初期コストは必要である（4.18）」であった。

表 3-6 TAM の外部変数に関する各質問項目と記述統計表①

質問項目	平均値	標準偏差	分散
(1) 構築コスト(Cost)			
①RFID 資材管理システム導入のメリットは非常に大きい	4.42	0.595	0.355
②RFID 資材管理システムの構築に初期コストは必要である	4.18	0.607	0.369
③RFID 資材管理システムのコストには、従来の物品管理システムのサンクコスト/技術変換コストも含まれていると思う	4.50	0.604	0.364

表 3-6 TAM の外部変数に関する各質問項目と記述統計表②

質問項目	平均値	標準偏差	分散
(2) 外部変数システム互換性(Compatibility)			
①RFID 資材管理システムのために作ったデータフォーマットにより、チーム間のコミュニケーション統合性の効果があった	4.38	0.598	0.358
②RFID 資材管理システムのために作ったデータフォーマット仕様は、サプライチェーンに必要な情報を提供することができる	4.34	0.635	0.403
③RFID 資材管理システムのために作ったデータフォーマット仕様は、正確な情報を提供できる	4.32	0.609	0.371

表 3-6 TAM の外部変数に関する各質問項目と記述統計表③

質問項目	平均値	標準偏差	分散
(3) 外部変数インターフェースデザイン(Design)			
①操作が簡単であれば、この RFID 物品管理システムの使用意欲が高まる	4.23	0.708	0.501
②このシステムの操作に慣れるまでに時間がかからなければ、この RFID 物品管理システムの使用意欲が高まる	4.22	0.651	0.424
③RFID 資材管理システムの操作画面はシンプルでわかりやすい	4.23	0.634	0.402

第2節 差分分析 (Difference analysis) ⁸⁹

本節では、宝鋼の従業員の性別、婚姻、年齢、学歴、給料、職種、勤続年数などの背景変数ごとに、「知覚された使用容易性」「知覚された有用性」「使用態度」「使用意向」「構築コスト」「システム互換性」「インターフェースデザイン」の違いを検証した。この中で、性別と婚姻については、独立標本 t 検定を用いて分析した。詳細な分析結果は下記の通り。

第1項 独立標本 t 検定 (Independent Samples T-Test) を用いて分析した結果

1. 性別

表 3-7 で示す独立標本 t 検定⁹⁰の結果より、知覚された使用容易性の平均値は、男性が 4.146、女性が 3.889 で、ルビーン検定⁹¹ (より、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となった。t 検定の平均値をみると有意水準⁹²は .008 ($p < .05$) となり、有意差がある。つまり、知覚された使用容易性の意識は女性より男性の方が高いといえる。

表 3-7 異なる性別における知覚された使用容易性の独立標本 t 検定表

					ルビーン検定の分散分析		平均値 <i>t</i> 検定			
項目	変数	N	平均値	標準偏差		F	有意水準	<i>t</i>	<i>df</i>	有意水準
知覚された使用容易性	女性	24	3.889	0.629	均等分散を仮定	3.070	.080	-2.662	509	.008
	男性	487	4.146	0.452	均等分散を仮定しない			-1.977	24.187	.060

表 3-8 で示している通り、独立標本 t 検定の結果によると、知覚された使用容易性の平均値は、男性が 4.322、女性が 4.146 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。そして、t 検定の平均値をみると有意水準は .093 ($p < .05$) となり、有意差がない。つまり、知覚された有用性は男性と女性では違いがなかった。

⁸⁹ 本論文の差分分析は Analysis of Variance, ANOVA 分散分析となる。異なるグループの平均値間のばらつきを比較するための統計式である。

⁹⁰ 2 つのサンプルの平均値に有意差があるかどうかを比較するために使用される。本論文の「年齢」、「婚姻」は、独立標本 t 検定で分析する。

⁹¹ ルビーン検定 (Levene's Test for Equality of Variance) 群分散の等分散性の確認をするために使用される。等分散性の検定の 1 つ。

⁹² データのばらつきを統計的に評価するもの。通常、有意差があることを判断する数値には 5% (0.05) や 1% (0.01) といった値がよく使われる。本論文では 5% (0.05) 値を設定した。

表 3-9 で示している通り、独立標本 t 検定の結果によると、使用態度の平均値は、男性が 4.186、女性が 3.850 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p < .05$) となる。分散が ($p < .05$) の場合、等分散分散を採用しない。そして、 t 検定の平均値をみると有意水準は .093 ($p < .05$) となり有意差がある。つまり、使用態度の意識は女性より男性の方が高い。

表 3-10 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、使用意向の平均値は、男性が 4.105、女性が 4.021 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。 t 検定の平均値をみると有意水準は .473 ($p > .05$) となり、有意差がない。つまり、使用意向の意識は男性と女性で違いがなかった。

表 3-8 異なる性別における知覚された有用性の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	df	有意水準
知覚された有用性	女性	24	4.146	0.489	均等分散を仮定	0.060	.807	-1.681	509	.093
	男性	487	4.322	0.503	均等分散を仮定しない			-1.726	25.461	.096

表 3-9 異なる性別における使用態度の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	df	有意水準
使用態度	女性	24	3.850	0.742	均等分散を仮定	5.251	.022	-2.788	509	.005
	男性	487	4.186	0.567	均等分散を仮定しない			-2.185	24.340	.039

表 3-10 異なる性別における使用意向の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	df	有意水準
使用意向	女性	24	4.021	0.679	均等分散を仮定	2.990	.084	-0.718	509	.473
	男性	487	4.105	0.556	均等分散を仮定しない			-0.599	24.540	.555

表 3-11 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、構築コストの平均値は、男性が 4.285、女性が 4.111 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。t 検定の平均値をみると有意水準は .102 ($p > .05$) となり、有意差がない。つまり、構築コストの意識は男性と女性で違いがなかった。

表 3-12 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、システム互換性の平均値は、男性が 4.354、女性が 4.236 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。t 検定の平均値をみると有意水準は .259 ($p > .05$) となり、有意差がない。つまり、構築コストの意識は男性と女性で違いがなかった。

表 3-13 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、インターフェースデザインの平均値は、男性が 4.319、女性が 4.222 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。t 検定の平均値をみると有意水準は .405 ($p > .05$) となり、有意差がない。つまり、インターフェースデザインの意識は男性と女性に違いがなかった。

表 3-11 異なる性別における構築コストの独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	Df	有意水準
構築コスト	女性	24	4.111	0.350	均等分散を仮定	3.601	.058	-1.636	509	.102
	男性	487	4.285	0.516	均等分散を仮定しない			-2.320	28.178	.028

表 3-12 異なる性別におけるシステム互換性の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	Df	有意水準
システム互換性	女性	24	4.236	0.434	均等分散を仮定	0.809	.369	-1.129	509	.259
	男性	487	4.354	0.502	均等分散を仮定しない			-1.288	28.124	.209

表 3-13 異なる性別におけるインターフェースデザインの独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	Df	有意水準
インターフェースデザイン	女性	24	4.222	0.562	均等分散を仮定	0.178	.674	-0.834	509	.405
	男性	487	4.319	0.554	均等分散を仮定しない			-0.824	25.257	.418

2. 婚姻

表 3-14 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、知覚された使用容易性の平均値は、既婚が 4.141、未婚が 4.126 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。t 検定の平均値をみると有意水準は .713 ($p > .05$) となり有意差がない。つまり、知覚された使用容易性の意識は既婚と未婚で違いがなかった。

表 3-15 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、知覚された有用性の平均値は、既婚が 4.327、未婚が 4.300 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。t 検定の平均値をみると有意水準は .544 ($p > .05$) となり有意差がない。つまり、知覚された有用性の意識は既婚と未婚で違いがなかった。

表 3-14 婚姻における知覚された使用容易性の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	df	有意水準
知覚された使用容易性	既婚	266	4.141	0.458	均等分散を仮定	0.140	.708	-0.368	509	.713
	未婚	245	4.126	0.472	均等分散を仮定しない			-0.367	502.842	.714

表 3-15 婚姻における知覚された有用性の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	df	有意水準
知覚された有用性	既婚	266	4.327	0.494	均等分散を仮定	1.290	.257	-0.607	509	.544
	未婚	245	4.300	0.514	均等分散を仮定しない			-0.606	501.433	.545

表 3-16 婚姻における使用態度の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
						F	有意水準	t	df	有意水準
使用態度	既婚	266	4.168	0.572	均等分散を仮定	0.648	.421	-0.059	509	.953
	未婚	245	4.171	0.589	均等分散を仮定しない			-0.58	502.683	.953

表 3-16 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、使用態度の平均値は、既婚が 4.168、未婚が 4.171 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。t 検定の平均値をみると有意水準は .953 ($p > .05$) となり有意差がない。つまり、使

用態度の意識は既婚と未婚で違いがなかった。

表 3-17 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、使用意向の平均値は、既婚が 4.099、未婚が 4.104 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。 t 検定の平均値をみると有意水準は .914 ($p > .05$) となり有意差がない。つまり、使用態度の意識は既婚と未婚で違いがなかった。

表 3-18 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、構築コストの平均値は、既婚が 4.267、未婚が 4.288 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。 t 検定の平均値をみると有意水準は .914 ($p > .05$) となり有意差がない。つまり、使用態度の意識は既婚と未婚で違いがなかった。

表 3-17 婚姻における使用意向の独立標本 t 検定表

					ルビーン検定の分散分析		平均値 t 検定			
項目	変数	N	平均値	標準偏差		F	有意水準	t	df	有意水準
使用意向	既婚	266	4.099	0.569	均等分散を仮定	0.009	.923	-0.108	509	.914
	未婚	245	4.104	0.555	均等分散を仮定しない			-0.109	507.321	.914

表 3-18 婚姻における構築コストの独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析			平均値 <i>t</i> 検定		
					F	有意水準		<i>t</i>	<i>df</i>	有意水準
構築コスト	既婚	266	4.267	0.514	均等分散を仮定	0.012	.923	-0.108	509	.914
	未婚	245	4.288	0.507	均等分散を仮定しない			-0.109	507.321	.914

表 3-19 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、システム互換性の平均値は、既婚が 4.363、未婚が 4.332 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。 t 検定の平均値をみると有意水準は .477 ($p > .05$) となり有意差がない。つまり、使用態度の意識は既婚と未婚で違いがなかった。

表 3-20 で示している通り、独立標本 t 検定の結果より、インターフェースデザインの平均値は、既婚が 4.311、未婚が 4.318 で、ルビーン検定を用いることにより、2 群間の分散の分散は ($p > .05$) となる。 t 検定の平均値をみると有意水準は .877 ($p > .05$) となり有意差がない。つまり、使用態度の意識は既婚と未婚で違いがなかった。

表 3-19 婚姻におけるシステム互換性の独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析		平均値 <i>t</i> 検定			
					F	有意水準	t	df	有意水準	
システム互換性	既婚	266	4.363	0.490	均等分散を仮定	1.122	.290	0.711	509	.477
	未婚	245	4.332	0.509	均等分散を仮定しない			0.710	501.643	.478

表 3-20 婚姻におけるインターフェースデザインの独立標本 t 検定表

項目	変数	N	平均値	標準偏差	ルビーン検定の分散分析			平均値 <i>t</i> 検定		
					F	有意水準	t	df	有意水準	
インターフェースデザイン	既婚	266	4.311	0.551	均等分散を仮定	0.687	.408	-0.154	509	.877
	未婚	245	4.318	0.559	均等分散を仮定しない			-0.154	504.298	.877

第2項 一元配置分散分析⁹³の結果

本研究では、「年齢」「学歴」「月給」「職務」「勤続年数」などの要因について、一元配置分散分析により分析を行った。もしF検定⁹⁴で有意差がある（significance）という場合は、その後の検定の必要がある。要因の差異の検定法の一つであるシェッフェの方法（Scheffé's method）⁹⁵は、より狭い信頼限界を与える傾向があり、好ましい方法である（yan and Cheng, 2016⁹⁶;Chen. and Wang.2018⁹⁷）。従って、本研究はシェッフェの方法（Scheffé's method）を再検査として分析する。等分散性が有意差ありの場合、群の等分散性に有意差がある。その際にはTamhane法⁹⁸を基準とする。

1. 年齢

表 3-21 で示している通り、宝鋼の従業員を年齢別に分類すると、「知覚された使用容易性」の平均値は、20 歳未満が 3.975、20～29 歳が 4.082、30～39 歳が 4.152、40～49 歳が 4.271、50 歳以上が 4.254 となった。等分散性の検定：test of homogeneity of varianceにより、有意水準は.606（ $p > .05$ ）となる。つまり、統計集団は等分散となる。さらに分散分析をすると、そのF値は 3.560、有意差は .007（ $p < .05$ ）で、つまり、各群の母分散は異なる。最後のPostHoc⁹⁹（事後検定）の分析結果は表 3-21 の通りである。各群の分散は差が相当のため、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、異なる年齢における知覚された使用容易性は有意差がないとなる。有意差がない理由は、シェッフェの方法の他の事後検定法では検出力が低く、有意差が出にくいためである。そうすると、F 検定は有意差があるとなり、事後検定を行うと、比較的有意差はない状況となる（Lin,2014）¹⁰⁰。

⁹³ 群間の平均値の差を比較するために一元配置分散分析（ANOVA）を用い、群間の有意差がある場合は、差を確認するために事後検定を行っている。事後検定には複数の検定法がある。本論文ではシェッフェの方法（Scheffé's method）と Tamhane 法を利用。

⁹⁴ 2つの母集団に対し、その母分散を比較する検定方法。

⁹⁵ 多重比較法中の一つ。シェッフェの方法は多重比較法中に有意差が出にくい。

⁹⁶ 顔志龍、鄭中平（2016）。給論文寫作者的統計指南。

⁹⁷ 陳寬裕、王正華（2018）。結構方程模型：運用AMOS 分析。

⁹⁸ 等分散が仮定されていない場合に群間の多重比較をする手法。

⁹⁹ 複数サンプルの平均値に有意差がある場合、その有意差が生じたグループのことを詳細に分析すること。

¹⁰⁰ 林宗（2014）。以科技接受模型探討 QR-Code 的使用傾向-智慧手持裝置的實證研究。

表 3-21 宝鋼従業員の年齢における知覚された使用容易性の差分分析表

		等分散性の検定					分散分析		事後検定		
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意差	F 値	有意差	Scheffe 法 Tamhan 法
性 知覚された使用容易	20 歳未満	27	3.975	0.415	0.680	4	506	.606	3.560	.007	Scheffe 法 有意差はない (NS)
	20～29 歳	220	4.082	0.457							
	30～39 歳	169	4.152	0.483							
	40～49 歳	72	4.271	0.436							
	50 歳以上	23	4.254	0.420							
	総計	511	4.134	0.464							

表 3-22 の通り、宝鋼の従業員を年齢別に分類すると、「知覚された有用性」の平均値は、20 歳未満 4.000、20～29 歳 4.303、30～39 歳 4.321、40～49 歳 4.424、50 歳以上が 4.391 だった。等分散性検定により、有意確率は .274 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、F 値は 3.730、有意確率は .005 ($p < .05$) となる。各群が等分散しているため、シェッフエの方法で検定する。検定結果は、異なる年齢における知覚された有用性は 20 歳未満より、30～39 歳と 40～49 歳で有意差があることが示される。

表 3-22 宝鋼従業員の年齢における知覚された有用性の差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定	
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
知覚された有用性	20 歳未満	27	4.000	0.519	1.286	4	506	.274	3.730	.005	Scheffe 法 30～39 歳>20 歳未満 40～49 歳>20 歳未満
	20～29 歳	220	4.303	0.510							
	30～39 歳	169	4.321	0.493							
	40～49 歳	72	4.424	0.494							
	50 歳以上	23	4.391	0.390							
	総計	511	4.314	0.503							

表 3-23 の通り、宝鋼の従業員を年齢別に分類すると、「使用態度」の平均値は、20 歳未満 3.859、20～29 歳 4.151、30～39 歳 4.176、40～49 歳 4.269、50 歳以上 4.357 となった。等分散性検定により、有意確率は .225 ($p > .05$) となる。さらに分散分析をすると、F 値は 3.185、有意確率は .013 ($p < .05$) となり有意差がある。各群が等分散しているため、シェッフエの方法で検定する。検定結果は、異なる年齢における使用態度は 18 歳未満よりも 40～49 歳で有意差があることが示されている。

表 3-23 宝鋼従業員の年齢における使用態度の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
使用 態度	20 歳未満	27	3.859	0.710					
	20～29 歳	220	4.151	0.553					
	30～39 歳	169	4.176	0.592	1.424	4	506	.225	3.185 .013
	40～49 歳	72	4.269	0.568					Scheffe 法 40～49 歳>20 歳未満
	50 歳以上	23	4.357	0.482					
	総計	511	4.170	0.579					

表 3-24 の通り宝鋼の従業員を年齢別に分類すると、「使用意向」の平均値は 20 歳未満 3.741、20～29 歳 4.109、30～39 歳 4.107、40～49 歳 4.156、50 歳以上 4.239 となった。等分散性検定で有意確率は .654 ($p > .05$) となる。分散分析をすると、F 値は 3.378、有意確率は .010 ($p < .05$) となる。各群が等分散しているためシェッフェの方法で検定する。検定結果は異なる年齢における使用意向は 20 歳未満より 20～29 歳、30～39 歳、40～49 歳、50 歳以上で有意差があることが示されている。

表 3-24 宝鋼従業員の年齢における使用意向の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
使用 意向	20 歳未満	27	3.741	0.530					
	20～29 歳	220	4.109	0.551					
	30～39 歳	169	4.107	0.553	0.612	4	506	.654	3.378 .010
	40～49 歳	72	4.156	0.607					Scheffe 法 20～29 歳>20 歳未満 30～39 歳>20 歳未満 40～49 歳>20 歳未満 50 歳以上>20 歳未満
	50 歳以上	23	4.239	0.491					
	総計	511	4.101	0.562					

表 3-25 の通り、宝鋼の従業員を年齢別に分類すると、「構築コスト」の平均値は 20 歳未満 4.062、20～29 歳 4.241、30～39 歳 4.306、40～49 歳 4.380、50 歳以上 4.348 となった。等分散性の検定により、有意確率は .660 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 2.477、有意確率は .043 ($p < .05$) となる。。各群が等分散しているため、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、異なる年齢における構築コストは有意差がない。

表 3-25 宝鋼従業員の年齢における構築コストの差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhane 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
構築 コスト	20 歳未満	27	4.062	0.604	4	506	.660	2.477	.043
	20～29 歳	220	4.241						
	30～39 歳	169	4.306						
	40～49 歳	72	4.380						
	50 歳以上	23	4.348						
	総計	511	4.277						

表 3-26 の通り宝鋼の従業員を年齢別に分類すると、「システム互換性」の平均値は 20 歳未満 4.099、20～29 歳 4.294、30～39 歳 4.365、40～49 歳 4.523、50 歳以上 4.493 となった。等分散性の検定により、有意確率は .069 ($p>.05$) とする。つまり、統計集団は等分散している。分散分析をすると、F 値は 5.253、有意確率は .000 ($p<.05$) となり、有意差がある。各群が等分散しているため、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、異なる年齢におけるシステム互換性は 20 歳未満よりも 40～49 歳で、20～29 歳よりも 40 歳～49 歳で有意差があることが示されている。

表 3-26 宝鋼従業員の年齢におけるシステム互換性の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
シ ス テ ム 互 換 性	20 歳未満	27	4.099	2.187	4	506	.069	5.253	.000
	20～29 歳	220	4.294						
	30～39 歳	169	4.365						
	40～49 歳	72	4.523						
	50 歳以上	23	4.493						
	総計	511	4.348						

表 3-27 の通り、宝鋼の従業員を年齢別に分類すると、「インターフェースデザイン」の平均値は、20 歳未満が 4.086、20～29 歳が 4.297、30～39 歳が 4.306、40～49 歳が 4.426、50 歳以上が 4.464 となった。等分散性の検定により、有意確率は .500 ($p>.05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると F 値は 2.376、有意確率は .051 ($p>.05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-27 宝鋼従業員の年齢におけるインターフェースデザインの差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定	
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
インター フェ ース デザ	20 歳未満	27	4.086	0.624	0.840	4	506	.500	2.376	.051	NS
	20～29 歳	220	4.297	0.552							
	30～39 歳	169	4.306	0.556							
	40～49 歳	72	4.426	0.543							
	50 歳以上	23	4.464	0.435							
	総計	511	4.314	0.555							

2. 学歴

表 3-28 で示している通り、宝鋼の従業員を学歴別に分類すると、「知覚された使用容易性」の平均値は、高校卒未満が 4.037、高校卒が 4.089、大学卒が 4.157、大学院卒以上が 4.091 となる。等分散性の検定により、有意確率は .482 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 0.888、有意確率は .477 ($p > .05$) となる。つまり、有意差はない。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はなく、分析結果は表 3-28 の通りである。

表 3-28 宝鋼従業員の学歴における知覚された使用容易性の差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定	
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
知覚 され た使 用 容 易 性	高校卒未満	9	4.037	0.462	0.821	3	507	.482	0.888	.447	NS
	高校卒	146	4.089	0.499							
	大学卒	345	4.157	0.448							
	大学院卒以上	11	4.091	0.496							
	総計	511	4.134	0.464							

表 3-29 で示している通り、宝鋼の従業員を学歴別に分類すると、「知覚された有用性」の平均値は、高校卒未満が 4.194、高校卒が 4.271、大学卒が 4.335、大学院卒以上が 4.341 となる。等分散性の検定により、有意確率は .778 ($p > .05$) となる、つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 0.738、有意確率は .530 ($p > .05$) となる。つまり、有意差はない。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-29 宝鋼従業員の学歴における知覚された有用性の差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
知覚された有用性	高校卒未満	9	4.194	0.597	0.365	3	507	.778	0.738	.530
	高校卒	146	4.271	0.504						
	大学卒	345	4.335	0.501						
	大学院卒以上	11	4.341	0.491						
	総計	511	4.314	0.503						

表 3-30 で示している通り、宝鋼の従業員を学歴別に分類すると、「使用態度」の平均値は、高校卒未満が 3.822、高校卒が 4.149、大学卒が 4.185、大学院卒以上が 4.255 となる。等分散性の検定により、有意確率は .114 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 1.299、有意確率は .274 ($p > .05$) となる。つまり、有意差はない。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-30 宝鋼従業員の学歴における使用態度の差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
使用態度	高校卒未満	9	3.822	0.777	1.991	3	507	.114	1.299	.274
	高校卒	146	4.149	0.634						
	大学卒	345	4.185	0.548						
	大学院卒以上	11	4.255	0.614						
	総計	511	4.170	0.579						

表 3-31 で示している通り、宝鋼の従業員を学歴別に分類すると、「使用意向」の平均値は、高校卒未満が 4.000、高校卒が 4.034、大学卒が 4.130、大学院卒以上が 4.182 となる。等分散性の検定により、有意確率は .053 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 1.162、有意確率は .324 ($p > .05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-31 宝鋼従業員の学歴における使用意向の差分分析表

		等分散性の検定							分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
		Levene									
		N	平均値	標準偏差	統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	
使用意向	高校卒未満	9	4.000	0.848							
	高校卒	146	4.034	0.522							
	大学卒	345	4.130	0.568	2.580	3	507	.053	1.162	.324	NS
	大学院卒以上	11	4.182	0.582							
	総計	511	4.101	0.562							

表 3-32 で示している通り、宝鋼の従業員を学歴別に分類すると、「構築コスト」の平均値は、高校卒未満が 4.222、高校卒が 4.210、大学卒が 4.310、大学院卒以上が 4.182 となる。等分散性の検定により、有意確率は .0618 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 1.489、有意確率は .217 ($p > .05$) となる。つまり、有意差はない。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-32 宝鋼従業員の学歴における構築コストの差分分析表

		N	平均値	標準差	等分散性の検定				分散分析		事後検定 <i>Scheffe</i> 法 <i>Tamhan</i> 法
					Levene 統計資料	<i>df</i> <i>1</i>	<i>df</i> <i>2</i>	有意 確率	F 値	有意 確率	
構築コスト	高校卒未満	9	4.222	0.577							
	高校卒	146	4.210	0.509							
	大学卒	345	4.310	0.503	0.596	3	507	.618	1.489	.217	NS
	大学院卒以上	11	4.182	0.656							
	総計	511	4.277	0.510							

表 3-33 で示している通り、宝鋼の従業員を学歴別に分類すると、「システム互換性」の平均値は、高校卒未満が 4.074、高校卒が 4.279、大学卒が 4.386、大学院卒以上が 4.303 となる。等分散性の検定により、有意確率は .847 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 2.586、有意確率は .052 ($p > .05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-33 宝鋼従業員の学歴におけるシステム互換性の差分分析表

		等分散性の検定						分散分析		事後検定 <i>Scheffe</i> 法 <i>Tamhan</i> 法
		N	平均値	標準偏差	Levene		有意確率	F 値	有意確率	
					統計資	料				
					df1	df2				
システム互換性	高校卒未満	9	4.074	0.547						
	高校卒	146	4.279	0.525						
	大学卒	345	4.386	0.483	0.270	3	507	.847	2.586	.052
	大学院卒以上	11	4.303	0.482						
	総計	511	4.348	0.499						

表 3-34 で示している通り、宝鋼の従業員を学歴別に分類すると、「インターフェースデザイン」の平均値は、高校卒未満 4.037、高校卒 4.317、大学卒 4.314、大学院卒以上 4.515 となる。等分散性の検定により、有意確率は .274 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 1.234、有意確率は .297 ($p > .05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-34 宝鋼従業員の学歴におけるインターフェースデザインの差分分析表

		等分散性の検定					分散分析		事後検定		
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資 料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
イン ター フ エ ー ス デ ザ	高校卒未満	9	4.037	0.857	1.299	3	507	.274	1.234	.297	NS
	高校卒	146	4.317	0.529							
	大学卒	345	4.314	0.558							
	大学院卒以上	11	4.515	0.456							
	総計	511	4.314	0.555							

3. 月給

表 3-35 の通り、従業員の月給別では「知覚された使用容易性」の平均値は、7,000 元以下 4.074、7,001～9,000 元 4.086、90,001～12,000 元 4.122、12,001～15,000 元 4.316、15,001～19,000 元 4.254、19,001 元以上 4.267 となる。等分散性検定により、有意確率は .094 ($p > .05$) となる。分散分析をすると、F 値は 2.629、有意確率は .023 ($p < .05$) となる。PostHoc 法の事後検定結果も表 3-35 の通りである。各群が等分散していることからシェッフェの方法で検定を実施すると、月給別で知覚された使用容易性の有意差はない。

表 3-35 宝鋼従業員の月給における知覚された使用容易性の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhane 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
知覚された使用容易性	7,000 元以下	65	4.074						
	7,001～9,000 元	151	4.086						
	9,001～12,000 元	209	4.122						
	12,001～15,000 元	48	4.316	1.893	5	505	.094	2.629	.023
	15,001～19,000 元	23	4.254						
	19,001 元以上	15	4.267						
	総計	511	4.134						NS

表 3-36 の通り、従業員の月給別では「知覚された有用性」の平均値は、7,000 元以下 4.227、7,001～9,000 元 4.275、9,001～12,000 元 4.315、12,001～15,000 元 4.448、15,001～19,000 元 4.533、19,001 元以上 4.317 となる。等分散性検定により、有意確率は .027 ($p < .05$) となり、統計集団は等分散していない。分散分析をすると、F 値 2.145、有意差 .059 ($p > .05$) となり、有意差もない。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-36 宝鋼従業員の月給における知覚された有用性の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法/ Tamhane 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
知覚された有用性	7,000 元以下	65	4.227						
	7,001～9,000 元	151	4.275						
	9,001～12,000 元	209	4.315						
	12,001～15,000 元	48	4.448	2.560	5	505	.027	2.145	.059
	15,001～19,000 元	23	4.533						
	19,001 元以上	15	4.317						
	総計	511	4.314						NS

表 3-37 で示している通り、従業員の月給別では「使用態度」の平均値は、7,000 元以下が 4.052、7,001～9,000 元 4.113、9,001～12,000 元 4.187、12,001～15,000 元 4.283、15,001～19,000 元 4.478、19,001 元以上 4.187 となる。等分散性検定により、有意確率は .202 ($p > .05$) となる。さらに分散分析をすると、F 値は 2.578、有意確率は .026 ($p < .05$) となる。PostHoc 法の事後検定の分析結果も表 3-37 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフエの方法で検定する。異なる月給で使用態度の有意差はない。

表 3-37 宝鋼従業員の月給における使用態度の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定	
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
7,000 元以下	65	4.052	0.573							
7,001～9,000 元	151	4.113	0.609							
9,001～12,000 元	209	4.187	0.562							
12,001～15,000 元	48	4.283	0.568	1.458	5	505	.202	2.578	.026	Scheffe 法 NS
15,001～19,000 元	23	4.478	0.390							
19,001 元以上	15	4.187	0.670							
総計	511	4.170	0.579							

表 3-38 の通り、従業員の月給別では「使用意向」の平均値は、7,000 元以下 3.927、7,001～9,000 元 4.073、9,001～12,000 元 4.109、12,001～15,000 元 4.292、15,001～19,000 元 4.337、19,001 元以上 4.067 となる。等分散性検定により、有意確率 .763 ($p > .05$) となる。分散分析をすると、F 値 3.338、有意確率 .006 ($p < .05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-38 の通りである。各群が等分散しており、シェッフェの方法で検定する。使用態度は 7,000 元以下と 12,001～15,000 元で有意差がある。

表 3-38 宝鋼従業員の月給における使用意向の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定	
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
7,000 元以下	65	3.927	0.560							
7,001～9,000 元	151	4.073	0.575							
9,001～12,000 元	209	4.109	0.559							
12,001～15,000 元	48	4.292	0.529	0.518	5	505	.763	3.338	.006	Scheffe 法 12,001～15,000 元 >7,000 元未満
15,001～19,000 元	23	4.337	0.468							
19,001 元以上	15	4.067	0.467							
総計	511	4.101	0.562							

表 3-39 宝鋼従業員の月給における構築コストの差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定	
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
7,000 元以下	65	4.215	0.454							
7,001～9,000 元	151	4.236	0.545							
9,001～12,000 元	209	4.273	0.503							
12,001～15,000 元	48	4.444	0.478	1.766	5	505	.118	1.997	.078	NS
15,001～19,000 元	23	4.449	0.397							
19,001 元以上	15	4.222	0.638							
総計	511	4.277	0.510							

表 3-39 の通り、従業員の月給別では「構築コスト」の平均値は、7,000 元以下が 4.215、7,001～9,000 元が 4.236、9,001～12,000 元が 4.273、12,001～15,000 元が 4.444、15,001～19,000 元が 4.449、19,001 元以上が 4.222 となる。等分散性の検定により、有意確率は .118 ($p > .05$) となる。分散分析をすると、その F 値は 1.997、有意確率は .078 ($p > .05$) となる。つまり、有意差はない。従って、PostHoc 法の事後検定は必要ない。

表 3-40 の通り、従業員の月給別では「システム互換性」の平均値は、7,000 元以下 4.210、7,001～9,000 元 4.309、9,001～12,000 元 4.337、12,001～15,000 元 4.569、15,001～19,000 元 4.551、19,001 元以上 4.489 となる。等分散性検定により、有意確率は .885 ($p > .05$) となる。さらに分散分析をすると、F 値は 4.218、有意確率は .001 ($p < .05$) となる。PostHoc 法の事後検定の分析結果も表 3-40 の通り。各群が等分散しているため、シェッフエの方法で検定する。システム互換性は 7,000 元以下と 12,001～15,000 元の間で有意差がある。

表 3-40 宝鋼従業員の月給におけるシステム互換性の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析		事後検定	
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
7,000 元以下	65	4.210	0.509							
7,001～9,000 元	151	4.309	0.490							
9,001～12,000 元	209	4.337	0.505							
12,001～15,000 元	48	4.569	0.401	0.345	5	505	.885	4.218	.001	Scheffe 法 12,001～15,000 元 >7,000 元未満
15,001～19,000 元	23	4.551	0.434							
19,001 元以上	15	4.489	0.562							
総計	511	4.348	0.499							

表 3-41 の通り、従業員の月給別では「インターフェースデザイン」の平均値が 7,000 元以下 4.246、7,001～9,000 元 4.291、90,001～12,000 元 4.321、12,001～15,000 元 4.431、15,001～19,000 元 4.44、19,001 元以上 4.178 となる。等分散性検定により、有意確率は .223 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。分散分析をすると、F 値は 1.131、有意確率 .343 ($p > .05$) となり、有意差はなく、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-41 宝鋼従業員の月給におけるインターフェースデザインの差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定	
					Levene 統計資料	df1	df2	有意差	F 値	有意差	Scheffe 法 Tamhan 法
インター フェ ース デ ザ イ ン	7,000 元以下	65	4.246	0.584							
	7,001～9,000 元	151	4.291	0.594							
	9,001～12,000 元	209	4.321	0.529							
	12,001～15,000 元	48	4.431	0.456	1.400	5	505	.223	1.131	.343	NS
	15,001～19,000 元	23	4.449	0.499							
	19,001 元以上	15	4.178	0.700							
総計		511	4.314	0.555							

4. 職務

表 3-42 の通り、従業員の職務別では「知覚された使用容易性」の平均値は、現場スタッフ 4.130、現場マネージャー 4.153、現場監督者 4.139 となる。等分散性検定により、有意確率 .783 ($p > .05$) となる。統計集団は等分散しており、分散分析をすると F 値 0.068、有意確率 .935 ($p > .05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-42 宝鋼従業員の職務における知覚された使用容易性の差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定	
					Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
知 覚 さ れ た 使 用 容 易 性	現場スタッ フ	385	4.130	0.465							
	現場マネー ジャー	60	4.153	0.490	0.244	2	508	.783	0.068	.935	NS
	現場監督者	66	4.139	0.442							
	総計	511	4.134	0.464							

表 3-43 の通り、従業員の職務別では「知覚された有用性」の平均値は、現場スタッフ 4.313、現場マネージャー 4.342、現場監督者が 4.295 となる。等分散性検定により、有意確

率は .369 ($p > .05$) となる。統計集団は等分散しており、分散分析をすると F 値は 0.136、有意差は .873 ($p > .05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-43 宝鋼従業員の職務における知覚された有用性の差分分析表

				等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
	N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
知覚された有用性	現場スタッフ	385	4.313	0.512					
	現場マネージャー	60	4.342	0.496	0.999	2	508	.369	0.136
	現場監督者	66	4.295	0.460				.873	NS
	総計	511	4.314	0.503					

表 3-44 の通り、従業員の職務別では「使用態度」の平均値は、現場スタッフ 4.178、現場マネージャー 4.167、現場監督者が 4.127 となる。等分散性検定により、有意確率は .425 ($p > .05$) となる。統計集団は等分散しており、分散分析をすると F 値 0.213、有意確率 .808 ($p > .05$) となる。各群で有意差はなく、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-44 宝鋼従業員の職務における使用態度の差分分析表

				等分散性の検定			分散分析		事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
	N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
使用態度	現場スタッフ	385	4.178	0.587					
	現場マネージャー	60	4.167	0.609	0.856	2	508	.425	0.213
	現場監督者	66	4.127	0.512				.808	NS
	総計	511	4.170	0.579					

表 3-45 の通り、従業員の職務別では「使用意向」の平均値は、現場スタッフが 4.094、現場マネージャー 4.100、現場監督者 4.144 となる。等分散性検定により、有意確率は .777 ($p > .05$) となる。統計集団は等分散しており、分散分析をすると F 値 0.221、有意確率は .802 ($p > .05$) となるため、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-45 宝鋼従業員の職務における使用意向の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析			事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	
使用 意向	現場スタッ フ	385	4.094	0.568						
	現場マネー ジャー	60	4.100	0.553	0.252	2	508	.777	0.221	.802
	現場監督者	66	4.144	0.539						
	総計	511	4.101	0.562						

表 3-46 の通り、従業員の職務別では「構築コスト」の平均値は、現場スタッフ 4.274、現場マネージャー4.344、現場監督者 4.237 となる。等分散性検定により、有意確率は .501 ($p>.05$) となる。統計集団は等分散しており、分散分析をすると F 値 0.731、有意確率 .482 ($p>.05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-47 の通り、従業員の職務別では「システム互換性」の平均値は、現場スタッフ 4.340、現場マネージャー4.361、現場監督者 4.384 となる。等分散性の検定の有意確率は .594 ($p>.05$) となる。分散分析をすると、F 値は 0.237、有意確率は .789 ($p>.05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-48 の通り、従業員の職務別では「インターフェースデザイン」の平均値は現場スタッフ 4.324、現場マネージャー4.328、現場監督者 4.247 となる。等分散性の検定により、有意確率は .764 ($p>.05$) となる。統計集団は等分散しており、分散分析をすると F 値 0.553、有意確率 .576 ($p>.05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定を行う必要はない。

表 3-46 宝鋼従業員の職務における構築コストの差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析			事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	
構 築 コ ス ト	現場スタッ フ	385	4.274	0.500						
	現場マネー ジャー	60	4.344	0.528	0.691	2	508	.501	0.731	.482
	現場監督者	66	4.237	0.554						
	総計	511	4.277	0.510						

表 3-47 宝鋼従業員の職務におけるシステム互換性の差分分析表

				等分散性の検定			分散分析			事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	
N	平均値	標準偏差								
システム互換性	現場スタッフ	385	4.340	0.489						
	現場マネージャー	60	4.361	0.515	0.522	2	508	.594	0.237	.789
	現場監督者	66	4.384	0.543						
	総計	511	4.348	0.499						NS

表 3-48 宝鋼従業員の職務におけるインターフェースデザインの差分分析表

				等分散性の検定			分散分析			事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	
N	平均値	標準偏差								
インターフェースデザイン	現場スタッフ	385	4.324	0.549						
	現場マネージャー	60	4.328	0.571						
	現場監督者	66	4.247	0.577	0.269	2	508	.764	0.553	.576
	総計	511	4.314	0.555						NS

5. 勤続年数

表 3-49 の通り、宝鋼の従業員を勤続年数別に分類すると、「知覚された使用容易性」の平均値は、5 年以下 4.051、5～10 年 4.171、10～20 年 4.214、20 年以上 4.206 となる。等分散性の検定により、有意確率は .298 ($p > .05$) となる。分散分析をすると、F 値は 3.517、有意確率は .001 ($p < .05$) となる。つまり、有意差がある。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-49 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、従業員の勤続年数による知覚された使用容易性の有意差はない。

表 3-49 宝鋼従業員の勤続年数における知覚された使用容易性の差分分析表

		等分散性の検定			分散分析				事後検定	
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	顯著性	F 値	顯著性
知覚された使用容易性	5 年以下	193	4.051	0.487						
	5～10 年	220	4.171	0.421						
	10～20 年	77	4.214	0.504	1.229	3	507	.298	3.517	.015
	20 年以上	21	4.206	0.447						
	総計	511	4.134	0.464						

Scheffe 法
NS

表 3-50 で示している通り、宝鋼の従業員を勤続年数別に分類すると、「知覚された有用性」の平均値は、5 年以下 4.185、5～10 年 4.365、10～20 年 4.490、20 年以上 4.321 となる。等分散性の検定により、有意確率は .167 ($p>.05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 8.470、有意確率は .000 ($p<.05$) となる。つまり、有意差がある。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-50 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、知覚された有用性は従業員の勤続年数 5 年以下よりも 5～10 年、5 年以下よりも 10～20 年で有意差がある。

表 3-50 宝鋼従業員の勤続年数における知覚された有用性の差分分析表

		等分散性の検定			分散分析				事後検定	
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率
知覚された有用性	5 年以下	193	4.185	0.523						
	5～10 年	220	4.365	0.482						
	10～20 年	77	4.490	0.456	1.696	3	507	.167	8.470	.000
	20 年以上	21	4.321	0.427						
	総計	511	4.314	0.503						

Scheffe 法
5～10 年>5 年以下
10～20 年>5 年以下

表 3-51 で示している通り、宝鋼の従業員を勤続年数別に分類すると、「使用態度」の平均値は、5 年以下 4.041、5～10 年 4.232、10～20 年 4.281、20 年以上 4.295 となる。等分散性の検定により、有意確率は .050 ($p>.05$) となる。分散分析をすると、F 値は 5.397、有意確率は .001 ($p<.05$) となる。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-51 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、従業員の使用態度は勤続年数 5 年以下よりも 5～10 年、5 年以下よりも 10～20 年で有意差がある。

表 3-51 宝鋼従業員の勤続年数における使用態度の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析			事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有用確率	F 値	有意確率	
使用 態度	5 年以下	193	4.041	0.628						
	5～10 年	220	4.232	0.534						
	10～20 年	77	4.281	0.560	2.624	3	507	.050	5.397	.001
	20 年以上	21	4.295	0.436						
	総計	511	4.170	0.579						

表 3-52 の通り、宝鋼の従業員を勤続年数別に分類すると、「使用意向」の平均値は、5 年以下が 3.961、5～10 年が 4.189、10～20 年が 4.214、20 年以上が 4.060 となる。等分散性の検定により、有意確率は .050 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 7.106、有意確率は .000 ($p < .05$) となる、つまり、有意差がある。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-52 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、従業員の使用意向は勤続年数 5 年以下よりも 5～10 年、5 年以下よりも 10～20 年で有意差がある。

表 3-52 宝鋼従業員の勤続年数における使用意向の差分分析表

	N	平均値	標準偏差	等分散性の検定			分散分析			事後検定 Scheffe 法 Tamhan 法
				Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	
使用 意向	5 年以下	193	3.961	0.580						
	5～10 年	220	4.189	0.538						
	10～20 年	77	4.214	0.553	1.991	3	507	.114	7.106	.000
	20 年以上	21	4.060	0.395						
	総計	511	4.101	0.562						

表 3-53 で示している通り、宝鋼の従業員を勤続年数別に分類すると、「構築コスト」の平均値は、5 年以下が 4.159、5～10 年が 4.339、10～20 年が 4.364、20 年以上が 4.397 となる。等分散性の検定により、有意確率は .129 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらにまた分散分析をすると、その F 値は 5.828、有意確率は .001 ($p < .05$) となる。つまり、有意差がある。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-53 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、構築コストは従業員の勤続年数 5 年以下よりも 5～10 年、5 年以下よりも 10～20 年で有意差がある。

表 3-53 宝鋼従業員の勤続年数における構築コストの差分分析表

		等分散性の検定							分散分析		事後検定	
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法	
構築コスト	5 年以下	193	4.159	0.536								
	5～10 年	220	4.339	0.468								
	10～20 年	77	4.364	0.533	1.897	3	507	.129	5.828	.001	Scheffe 法	
	20 年以上	21	4.397	0.430							5～10 年>5 年以下 10～20 年>5 年以下	
	総計	511	4.277	0.510								

表 3-54 宝鋼従業員の勤続年数におけるシステム互換性の差分分析表

		等分散性の検定					分散分析		事後検定		
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
システム互換性	5 年以下	193	4.185	0.517							
	5～10 年	220	4.405	0.468							
	10～20 年	77	4.558	0.441	0.972	3	507	.406	13.973	.000	Scheffe 法
	20 年以上	21	4.492	0.403							5～10 年>5 年以下 10～20 年>5 年以下
	総計	511	4.348	0.499							

表 3-54 で示している通り、宝鋼の従業員を勤続年数別に分類すると、「システム互換性」の平均値は、5 年以下が 4.185、5～10 年が 4.405、10～20 年が 4.558、20 年以上が 4.492 となる。等分散性の検定により、有意確率は .406 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している。さらに分散分析をすると、その F 値は 13.973、有意確率は .000 ($p < .05$) となる。つまり、有意差がある。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-54 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、従業員の勤続年数はシステム互換性 5 年以下よりも 5～10 年、5 年以下よりも 10～20 年で有意差がある。

表 3-55 で示している通り、宝鋼の従業員を勤続年数別に分類すると、「インターフェースデザイン」の平均値は、5 年以下が 4.185、5～10 年が 4.190、10～20 年が 4.394、20 年以上が 4.492 となる。

等分散性の検定により、有意確率は .117 ($p > .05$) となる。つまり、統計集団は等分散している：equal variances となる。さらに分散分析すると、その F 値は 13.973、有意確率は .001 ($p < .05$) となる。つまり、有意差がある。従って、PostHoc 法の事後検定結果は表 3-55 の通りである。各群が等分散しているので、シェッフェの方法で検定する。検定結果は、従業員の勤続年数はインターフェースデザインに関して 5 年以下よりも 5～10 年で有意差がある。

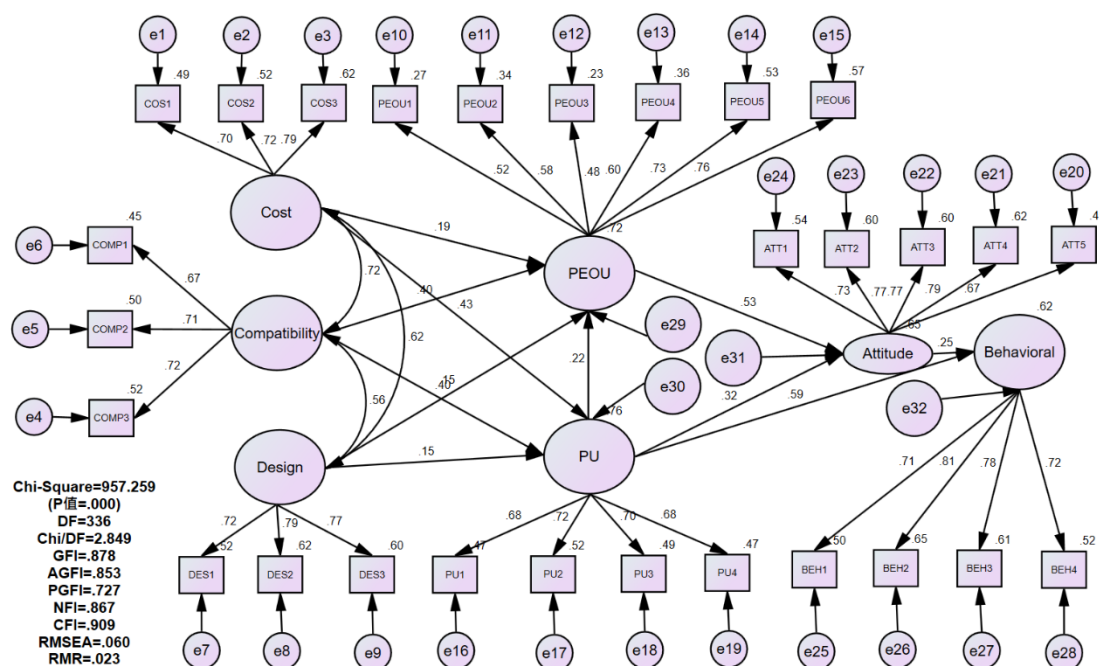
表 3-55 宝鋼従業員の勤続年数におけるインターフェースデザインの差分分析表

					等分散性の検定			分散分析		事後検定	
		N	平均値	標準偏差	Levene 統計資料	df1	df2	有意確率	F 値	有意確率	Scheffe 法 Tamhan 法
インター フェース デザイン	5 年以下	193	4.190	0.584	1.970	3	507	.117	5.623	.001	Scheffe 法 5～10 年>5 年以下
	5～10 年	220	4.379	0.527							
	10～20 年	77	4.394	0.537							
	20 年以上	21	4.492	0.417							
	総計	511	4.314	0.555							

第3節 検証的因子分析 (confirmatory factor analysis:CFA)

測定尺度や調査紙は、多くの科学分野で測定ツールとして一般的に使用されている。潜在変数のパス解析を行う前に、潜在変数の測定に取り組まなければならない。潜在変数が十分かつ効果的に測定されれば、そのデータを用いて因果関係のパス係数を正しく推定することができる。測定モデルの検証的因子分析は、尺度と調査紙によって調査されたデータが、潜在変数¹⁰¹を正確に測定できているかどうかを確認する方法である。測定モデルを評価する場合、全体の評価プロセスを、第1段階の正規性の検定 (test of normality)、第2段階の違反推定値の検定 (offending estimate)、第3段階のモデル適合テスト (Model Fit)、第4段階の収束的・弁別的妥当性テストの4つに大きく分けることができる。本節では、測定モデルの検証結果について述べる。

図 3-1 検証的因子分析パス図



出所：筆者作成、日時：2022年8月15日

¹⁰¹ 直接は観察されないが、他の手法(例えば、数学モデル)より観察できる、もしくは他変数から推定される変数のことを示す。

1. 第1段階：正規性の検定 (test of normality)

共分散構造分析の推定方法の選択は、データ分布に基づいて行われる。サンプルデータが多変量正規分布している (multivariate normal distribution) 場合は、最尤推定 (Maximum Likelihood Estimation: MLE) が最も利用されている。データ分布が多変量正規分布していない (Non-multivariate normal distribution) 場合は、漸近分布自由法 (Asymptotic Distribution Free) を利用する (Browne, 1984¹⁰²)。

共分散構造分析では、多変量正規性の仮定を、個々の観測変数の正規性 (単変量正規性) と観測変数の組み合わせである多変量正規性という二つの観点から検討することができる (Qiu, 2004¹⁰³)。個々の観測変数の正規性は、観測変数の分布のスキュー係数 (skew) と尖度係数 (Kurtosis) で判断できる。観測変数の歪度 (Skewness) と尖度の絶対値がともに 2 以下であれば、その観測変数は正規であると考えられる (Bollen & Long, 1993¹⁰⁴)。多変量正規性の仮定は、多変量尖度値 (Multivariate kurtosis) としてよく使われるマルディア係数 (Mardia and Foster, 1983¹⁰⁵) によって検定することができる。マルディア係数が $p(p+2)$ (p は観測変数の数量) より小さいとき、サンプルデータは多変量正規性である (Bollen, 1989¹⁰⁶)。

本研究では、表 3-56 の測定モデルの妥当性分析より、すべての観測変数 (質問) の歪度 (-0.843~-0.128) と尖度 (-0.716~-0.515) の絶対値が 2 未満であり、本研究の観測変数は単変量正規性を有していると考えられる。次に検定構造の多変量正規性のマルディア係数は 81.282 であり、 $p(p+2)$ の式によると、 $p=28$ のとき $28(28+2)=840$ となり、 $840 \gg 81.282$ より明らかに大きい。従って、サンプルデータも多変量正規性を有することが確認できる。

¹⁰² Browne. (1984). Asymptotically distribution-free methods for the analysis of covariance structures.

¹⁰³ 邱皓政 (2004)。結構方程模式: LISREL 的理論、技術與應用。

¹⁰⁴ Bollen and Long. (1993). Testing structural equation models.

¹⁰⁵ Mardia and Foster. (1983). Omnibus tests of multinormality based on skewness and kurtosis.

¹⁰⁶ Bollen. (1989). A new incremental fit index for general structural equation models.

表 3-56 正規性の検定表 (Assessment of normality)

Variable	min	max	skew	c.r.	kurtosis	c.r.
PEOU1	2	5	-0.173	-1.596	-0.199	-0.918
PEOU2	2	5	-0.342	-3.157	0.1	0.462
PEOU3	2	5	-0.266	-2.457	-0.025	-0.114
PEOU4	1	5	-0.566	-5.222	0.314	1.449
PEOU5	1	5	-0.442	-4.083	0.484	2.235
PEOU6	2	5	-0.286	-2.637	-0.305	-1.405
PU1	3	5	-0.289	-2.663	-0.645	-2.974
PU2	3	5	-0.398	-3.673	-0.719	-3.319
PU3	2	5	-0.438	-4.044	-0.49	-2.26
PU4	2	5	-0.534	-4.928	-0.017	-0.08
Attitude1	1	5	-0.373	-3.446	0.002	0.011
Attitude2	1	5	-0.797	-7.356	0.515	2.375
Attitude3	2	5	-0.505	-4.663	-0.104	-0.48
Attitude4	2	5	-0.537	-4.959	-0.163	-0.754
Attitude5	2	5	-0.367	-3.387	-0.761	-3.51
Behavioral1	2	5	-0.491	-4.528	-0.522	-2.409
Behavioral2	2	5	-0.312	-2.884	-0.361	-1.667
Behavioral3	2	5	-0.128	-1.179	-0.368	-1.696
Behavioral4	2	5	-0.217	-2.004	0.027	0.123
Compatibility1	3	5	-0.382	-3.528	-0.68	-3.14
Compatibility2	2	5	-0.531	-4.897	-0.192	-0.885
Compatibility3	2	5	-0.41	-3.78	-0.091	-0.418
Cost1	2	5	-0.544	-5.02	-0.311	-1.434
Cost2	2	5	-0.164	-1.518	-0.216	-0.996
Cost3	2	5	-0.272	-2.507	-0.436	-2.01
Design1	2	5	-0.487	-4.495	-0.423	-1.954
Design2	2	5	-0.418	-3.855	0.029	0.134
Design3	2	5	-0.834	-7.698	-0.019	-0.086
Multivariate					81.282	22.414

2. 第2段階：違反推定値の検定

違反推定値の検定は、測定モデルまたは共分散構造モデルを検証する際に、推定された変数が許容範囲内か、許容範囲外にあるのかを検証することである。変数が許容範囲外にあった場合は、モデルが不適切な解析を持つということである。違反推定が発生した場合は、モデル全体が誤って推定されたことを意味し、個別に対処する必要がある。検証基準には、標準化重回帰分析係数が1を超えるか1に近すぎる（0.95より大きい）、負の誤差分散の存在がある場合、大きすぎる標準誤差の存在などがあることになる（Huang,2002¹⁰⁷）

表 3-57 の通り、すべての質問に対する標準化重回帰分析係数（Standardized Regression Weights estimate）は、0.810 から 0.926 の範囲で、0.950 を超えず、1 に近すぎないことである。

¹⁰⁷ 黃芳銘 (2002)。結構方程模式理論與應用

表 3-57 標準化重回帰分析係数表 (Standardized Regression Weights)

			Estimate
PEOU1	<---	PEOU	0.526
PEOU2	<---	PEOU	0.585
PEOU3	<---	PEOU	0.500
PEOU4	<---	PEOU	0.604
PEOU5	<---	PEOU	0.734
PEOU6	<---	PEOU	0.761
PU1	<---	PU	0.695
PU2	<---	PU	0.746
PU3	<---	PU	0.724
PU4	<---	PU	0.691
Attitude1	<---	ATT	0.734
Attitude2	<---	ATT	0.774
Attitude3	<---	ATT	0.771
Attitude4	<---	ATT	0.786
Attitude5	<---	ATT	0.674
Behavioral1	<---	BEH	0.682
Behavioral2	<---	BEH	0.789
Behavioral3	<---	BEH	0.785
Behavioral4	<---	BEH	0.753
Cost1	<---	COST	0.679
Cost2	<---	COST	0.711
Cost3	<---	COST	0.813
Compatibility1	<---	COMP	0.666
Compatibility2	<---	COMP	0.711
Compatibility3	<---	COMP	0.721
Cost1	<---	COST	0.679
Cost2	<---	COST	0.711
Cost3	<---	COST	0.813

表 3-58 によると、標準化重回帰分析はすべて有意差があり、標準誤差 (S.E. e1～e28) は 0.012～0.027 で、標準誤差はあまりないということである。測定誤差の分散 (推定値 e1～e28) は 0.136～0.392 で、すべて正の実数である。このことから、本共分散構造モデルは違反推定に抵触しないと結論づけることができる。

表 3-58 分散検定表 (Variances)

	Estimate	S.E.	C.R.	P	Label
COST	0.163		0.020	8.103	*** par_43
COMP	0.158		0.021	7.706	*** par_44
DES	0.264		0.030	8.691	*** par_45
PEOU	0.226		0.032	7.007	*** par_46
PU	0.190		0.021	9.229	*** par_47
ATT	0.291		0.031	9.254	*** par_48
BEH	0.320		0.032	9.869	*** par_49
e1	0.191		0.014	13.502	*** par_50
e2	0.182		0.014	13.059	*** par_51
e3	0.136		0.013	10.363	*** par_52
e4	0.199		0.015	13.052	*** par_53
e5	0.199		0.016	12.089	*** par_54
e6	0.178		0.015	12.138	*** par_55
e7	0.237		0.019	12.164	*** par_56
e8	0.160		0.015	10.404	*** par_57
e9	0.148		0.013	11.105	*** par_58
e13	0.392		0.027	14.351	*** par_59
e14	0.207		0.016	12.745	*** par_60
e15	0.186		0.015	12.338	*** par_61
e17	0.151		0.012	12.475	*** par_62
e18	0.218		0.017	12.913	*** par_63
e19	0.229		0.017	13.503	*** par_64
e20	0.249		0.018	13.644	*** par_65
e21	0.196		0.015	12.917	*** par_66
e22	0.222		0.017	12.878	*** par_67
e26	0.195		0.018	11.042	*** par_68
e27	0.163		0.013	12.274	*** par_69
e28	0.172		0.014	12.163	*** par_70
e12	0.281		0.019	15.059	*** par_71
e11	0.291		0.020	14.490	*** par_72
e10	0.259		0.017	14.915	*** par_73
e16	0.192		0.014	13.424	*** par_74
e25	0.288		0.022	13.127	*** par_75
e23	0.207		0.016	12.668	*** par_76
e24	0.262		0.018	14.258	*** par_77

3. 第3段階：モデル適合テスト (Model Fit)

モデルを測定するためには、収集したデータによって適合性を検証する必要がある。モデルが良いかどうかの評価は、検証因子分析の重要な部分である。適合度検定指標は複数ある。Hair et al. (1998)¹⁰⁸は、モデルの絶対指標 (model absolute fit measures)、モデルの相当指標 (Model comparison fit measures)、モデルの儉約指標 (model parsimonious fit measures) の3種類に分類している。このようなモデルの適合性指標の評価は、モデルの外部品質の評価とも呼ばれ、以下の3種類がある。

(1) モデルの絶対指標 (model absolute fit measures)

絶対指標は、モデルがデータの共変量や相関行列をどの程度予測できるかを判断するために用いることができる。適合度検定の指標にはカイ二乗検定 (χ^2)、カイ二乗－自由度、GFI、AGFI、RMR、SRMR、RMSEA などがある。分散構造モデルでは、重要な観測値の1つとして統計量 χ^2 を用いる。

Bagozzi and Yi (1988)¹⁰⁹は、サンプルの大きさも考慮すべきとしており、モデルの適合性を確認するために、カイ二乗の代わりに自由度の値に対する比率 (Normed Chi-Square) を用いることができ、その比率は3以下が推奨されている。また、GFIとAGFIは0.9より大きいことが望ましいとしている (Henry Stone, 1994¹¹⁰)。

Hair et al. (1998) は、GFIが高い方が望ましく、RMBとSRMRは0.08より小さいことが望ましいとしている (Hu & Bentler, 1999¹¹¹)。RMSEAは理論モデルと完全適合飽和モデル (Qiu, 2004) の差を比較し、Hu and Bentler (1999) はRMSEAが0.05より低いことが望ましいと述べ、McDonald and Ho (2002)¹¹²は0.08より低いことが許容できると述べている。

(2) モデルの相当指標 (Model comparison fit measures)

相当指標は、評価したいモデルの適合度と独立モデルまたは飽和モデルの適合度との差異の程度を比較することによって計算される。そのモデルに比べてどれくらい適合度がよくなったかを表す指標である。相当指標の代表的なものは、NFI、CFIがある。

Hair et al. (1998) および他の多くの学者は、NFIとCFIは0.9よりも高くなっているべきであり、高いほど良いと考えている。

¹⁰⁸ Hair et al. (1998). Multivariate data analysis (5th ed.).

¹⁰⁹ Bagozzi and Yi. (1988). On the evaluation of structural equation models.

¹¹⁰ Henry and Stone. (1994). A structural equation model of end-user satisfaction with a computer-based medical information systems.

¹¹¹ Hu and Bentler. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives.

¹¹² McDonald and Ho. (2002). Principles and practice in reporting structural equation analysis.

(3) モデルの倏約指標 (model parsimonious fit measures)

実際の検証では、同じ適合度の場合、あまりにも多くの変数を入れてモデルが複雑になりすぎるのを避けるために、PGFI (parsimony fit indices) を利用することが推奨されている。その数値は 0.500 よりも大きいことが望ましい。モデル関連の適合結果を、表 3-59 に整理すると、モデル全体の適合は学術研究の要件を満たしている。

表 3-59 モデル適合チェックリスト

項目	理想的な許容範囲	モデル
カイ二乗検定 (Chi-square, χ^2)	小さいほど良く、データと完全に適合している状態は 0	912.133
Normed Chi-square χ^2/df	1～5 の間	2.723
GFI (goodness of fit index)	>0.90、1 に近いほどモデルの適合度が高く、0.60 を超えると許容範囲	.885
AGFI (adjust goodness of fit index)	>0.90、1 に近いほどモデルの適合度が高く、0.60 を超えると許容範囲	.861
PGFI (parsimony goodness of fit index)	1 に近いほどモデルは適合度が高く、0.50 を超えると許容範囲	.731
NFI (normed fit index)	0～1 の間、1 に近づくほど適合度が高い	.881
CFI (comparative fit index)	0～1 の間、通常判断標準は 0.60～0.90 が許容範囲	.921
RMSEA (root mean square error of approximation)	0.05 以下であれば適合度が高く、0.1 以上であれば適合度が低い、 0.05<RMSEA<0.09	.058
RMR (root mean square residual)	値が小さいほどモデルの適合度が高く、通常基準は <0.08	.022
SRMR (Standardized root mean square residual)	値が小さいほどモデルの適合度が高く、通常基準は <0.08	.049

出所：筆者作成

4. 第四段階：収束的・弁別的妥当性テスト

収束的妥当性¹¹³(convergent validity) と弁別的妥当性¹¹⁴ (discriminant validity) をまとめて構成概念妥当性¹¹⁵(Construct validity) と呼ぶ。モデルの本質的な品質を示す指標である。収束的妥当性(convergent validity) は、同一の構成概念を測定していると想定している変数間で、実際に高い相関が観察されることによって示される妥当性である。収束的妥当性は、観測変数の標準化因子負荷量 (factor loadings) が 0.5 を超え、*t* 検定で有意差があること (Hair et al.,1998;Hulland,1999¹¹⁶)、結合信頼性(composite reliability) が 0.5 より大きいこと (Fornell & Larcker,1981¹¹⁷;Bagozzi & Yi,1988) である。

弁別的妥当性 (discriminant validity) は、異なる構成概念を測定していると想定している変数間で、実際に低い相関が観察されることである。Hair et al. (1998) により提案された基準は、各変数の AVE (Average Variance Extracted) の平方根が各変数の相関係数の数よりも大きいことであり、実際のサンプリングでは、正規性チェック、分散チェックおよび全体の適度な量が基準値に達した場合、部分 AVE が相関係数よりも小さくても許容できる。表 3-60 より、変数の標準化因子負荷量は 0.500 から 0.813 の間であることがわかる。従って、変数はすべて 0.5 より大きく、*t* 検定で有意差があり、結合信頼性：composite reliability は 0.544 から 0.885 の間である。従って、変数は全て 0.5 より大きい(Fornell & Larcker,1981; Bagozzi & Yi,1988)。AVE は 0.500 から 0.827 の間で、すべて 0.5 より大きい (Fornell & Larcker,1981)。

表 3-60 収束的・弁別的妥当性の検証表

	PEOU	PU	ATT	BEH	COS	COMP	DES
PEOU_	(.544)						
PU	.619**	(.721)					
ATT	.619**	.581**	(.754)				
BEH	.531**	.585**	.593**	(.737)			
COS	.568**	.594**	.592**	.638**	(.737)		
COMP	.611**	.598**	.569**	.496**	.548**	(.700)	
DES	.481**	.473**	.541**	.514**	.490**	.441**	(.761)

正規性の検定、違反推定値の検定、モデル適合テスト、収束的・弁別的妥当性テストより、本研究の概念的内外の質は標準に達しており、次の段階のパスモデル分析に適していることが示された。

¹¹³ 同じ概念を測定する。測定結果の点数が高いほど関連性が大きい。

¹¹⁴ 異なる概念を測定するために異なる方法を用いる場合、観測される値は互いに区別可能であるべき。

¹¹⁵ テストを行う理論の概念や特性をどの程度測定できるかを示すもの。

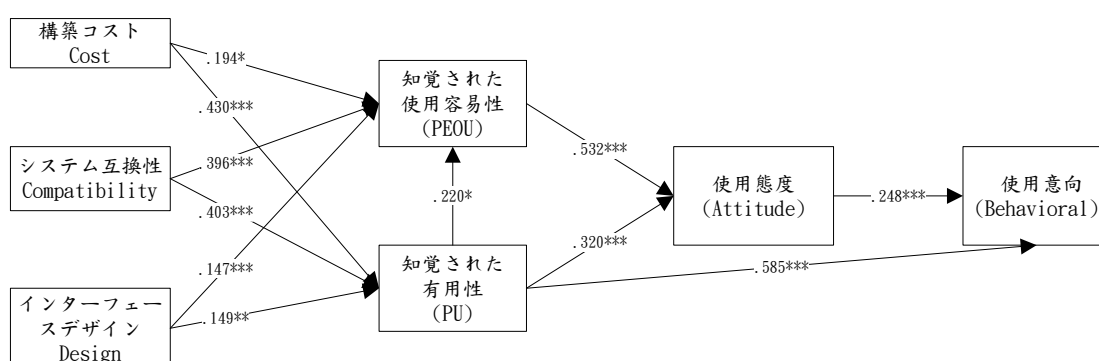
¹¹⁶ Hulland. (1999). Use of partial least squares in strategic management research: A review of four recent studies.

¹¹⁷ Fornell and Larcker. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable and measurement error.

第4節 パス図解析（構造モデル）

前節では検証的因子分析を検討した。本節ではTAMについて分析する。図3-2によると、構築コストは知覚された使用容易性（.396***）および知覚された有用性（.403***）はいずれも正（+）の因果関係を持つ。システム互換性は知覚された使用容易性（.194*）および知覚された有用性（.430***）はいずれも正（+）の因果関係を持つ。インターフェースデザインは知覚された使用容易性（.147***）および知覚された有用性（.149***）はいずれも正（+）の因果関係を持つ。

図 3-2 全体パス図の直接効果



知覚された有用性は知覚された使用容易性（.220*）に正（+）の因果関係を持つ。知覚された有用性は使用態度（.320***）および使用意向（.585***）はいずれも正（+）の因果関係を持つ。知覚された使用容易性は使用態度（.532***）に正（+）の因果関係を持つ。使用態度は使用意向（.248***）に正（+）の因果関係を持つ。因果関係の整理は表 3-61 の通りである。

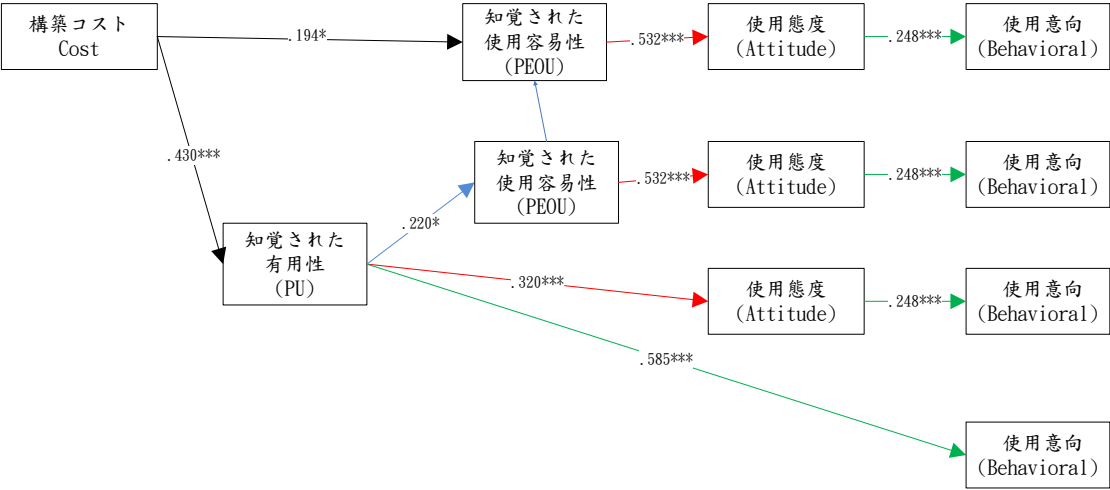
表 3-61 パス図の因果関係表

解析変数	変数			
	知覚された使用容易性	知覚された有用性	使用態度	使用意向
構築コスト	.194*	.430***		
システム互換性	.390***	.403***		
インターフェースデザイン	.147***	.149**		
知覚された使用容易性			.532***	
知覚された有用性	.220*		.320***	.585***
使用態度				.248***

構築コスト（Cost）と使用意向（Behavioral）の間接効果は、図 3-3 の通りである。使用意向（Behavioral）までのパス図を計算すると、構築コスト（Cost）は、知覚された使用容

易性（PEOU）に間接効果がある。その間接効果は *eq1* の通りである。

図 3-3 構築コストと使用意向の間接効果のパス図



0.430×0.220=0.095	<i>eq1</i>
-------------------	------------

構築コスト（Cost）は使用態度（Attitude）に間接効果があり、知覚された使用容易性（PEOU）および知覚された有用性（PU）を通じて移動する。知覚された使用容易性（PEOU）は、使用態度（Attitude）を通じて影響する。その間接効果は *eq2* の通りである。知覚された有用性（PU）および知覚された使用容易性（PEOU）は、使用態度（Attitude）に影響する。その間接効果は *eq3* の通りである。知覚された有用性（PU）は、使用態度（Attitude）に影響する。その間接効果は *eq4* の通りである。全体的にみて、構築コスト（Cost）は、使用態度（Attitude）に影響する。その間接効果は 0.103+0.050+0.138=0.291 である。

0.194×0.532=0.103	<i>eq2</i>
0.430×0.220×0.532=0.050	<i>eq3</i>
0.430×0.320=0.138	<i>eq4</i>

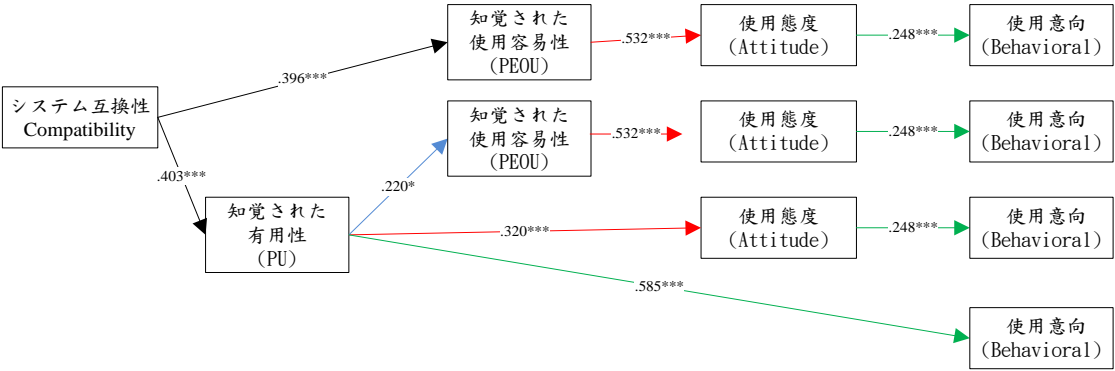
構築コスト（Cost）は、知覚された使用容易性（PEOU）、知覚された有用性（PU）および使用態度（Attitude）を通じて使用意向（Behavioral）に間接効果がある。間接効果は 4 つの部分に分けることができる。第 1 部分：構築コスト（Cost）は、知覚された使用容易性（PEOU）および使用態度（Attitude）を通じて使用意向（Behavioral）に影響する。その間接効果は *eq5* の通りである。第 2 部分：構築コスト（Cost）は知覚された有用性（PU）、

知覚された使用容易性（PEOU）および使用態度（Attitude）を通じて使用意向（Behavioral）に影響する。その間接効果は *eq6* の通りである。第 3 部分：構築コスト（Cost）は、知覚された有用性（PU）および使用態度（Attitude）を通じて使用意向（Behavioral）に影響する。その間接効果は *eq7* の通りである。第 4 部分：構築コスト（Cost）は、知覚された有用性（PU）を通じて使用意向（Behavioral）に影響する。その間接効果は *eq8* の通りである。全体的にみて、構築コスト（Cost）は、使用意向（Behavioral）に影響する。その間接効果は $0.025+0.012+0.034+0.251=0.322$ である。

$0.194 \times 0.532 \times 0.248 = 0.025$	<i>eq5</i>
$0.430 \times 0.220 \times 0.532 \times 0.248 = 0.012$	<i>eq6</i>
$0.430 \times 0.320 \times 0.248 = 0.034$	<i>eq7</i>
$0.430 \times 0.585 = 0.251$	<i>eq8</i>

システム互換性（Compatibility）と使用意向（Behavioral）の間接効果は、図 3-4 の通りである。使用意向（Behavioral）までのパス図を計算すると、システム互換性（Compatibility）は、知覚された使用容易性（PEOU）に間接効果がある。その間接効果は *eq9* の通りである。

図 3-4 システム互換性と使用意向の間接効果のパス図



$0.403 \times 0.220 = 0.087$	<i>eq9</i>
------------------------------	------------

システム互換性（Compatibility）は使用態度（Attitude）に間接効果があり、知覚された使用容易性（PEOU）および知覚された有用性（PU）を通じて移動する。知覚された使用容易性（PEOU）は、使用態度（Attitude）に影響する。その間接効果は *eq10* の通りである。知覚された有用性（PU）および知覚された使用容易性（PEOU）は、使用態度（Attitude）に影響する。その間接効果は *eq11* の通りである。知覚された有用性（PU）は、使用態度

(Attitude) に影響する。その間接効果は *eq12* の通りである。全体的にみて、システム互換性 (Compatibility) は、使用態度 (Attitude) に影響する。その間接効果は $0.211+0.047+0.129=0.387$ である。

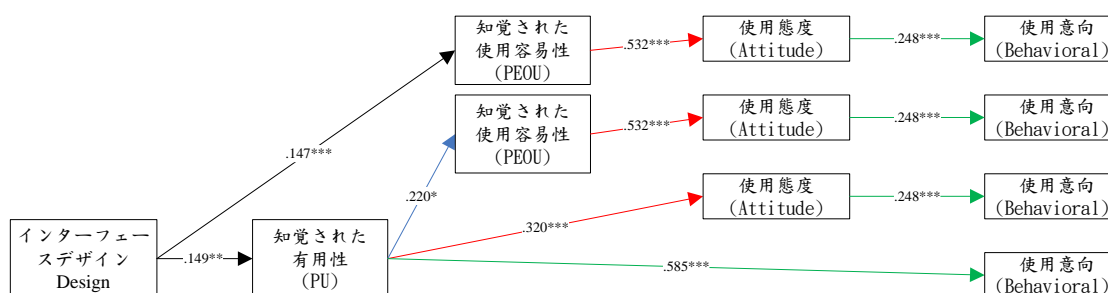
$0.396 \times 0.532 = 0.211$	<i>eq10</i>
$0.403 \times 0.220 \times 0.532 = 0.047$	<i>eq11</i>
$0.430 \times 0.320 = 0.129$	<i>eq12</i>

システム互換性 (Compatibility) は、知覚された使用容易性 (PEOU)、知覚された有用性 (PU)、および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に間接効果がある。間接効果は 4 つの部分に分けることができる。第 1 部分：システム互換性 (Compatibility) は、知覚された使用容易性 (PEOU) および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は *eq13* の通りである。第 2 部分：システム互換性 (Compatibility) は、知覚された有用性 (PU)、知覚された使用容易性 (PEOU) および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接影響効果は *eq14* の通りである。第 3 部分：システム互換性 (Compatibility) は、知覚された有用性 (PU) および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接影響効果如 *eq15* の通りである。第 4 部分：システム互換性 (Compatibility) は、知覚された有用性 (PU) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は *eq16* の通りである。全体的にみて、システム互換性 (Compatibility) は、使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は $0.052+0.012+0.032+0.236=0.332$ である。

$0.396 \times 0.532 \times 0.248 = 0.052$	<i>eq13</i>
$0.403 \times 0.220 \times 0.532 \times 0.248 = 0.012$	<i>eq14</i>
$0.403 \times 0.320 \times 0.248 = 0.032$	<i>eq15</i>
$0.403 \times 0.585 = 0.236$	<i>eq16</i>

インターフェースデザイン (Design) は、使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は図 3-5 の通りである。使用意向 (Behavioral) までのパス図を計算すると、インターフェースデザイン (Design) は、知覚された使用容易性 (PEOU) に間接効果がある。その間接効果は *eq17* の通りである。

図 3-5 インターフェースデザインと使用意向の間接効果のパス図



$0.149 \times 0.220 = 0.033$	eq17
------------------------------	------

インターフェースデザイン (Design) は使用態度 (Attitude) に間接効果があり、知覚された使用容易性 (PEOU) および知覚された有用性 (PU) を通じて移動する。知覚された使用容易性 (PEOU) は、使用態度 (Attitude) に影響する。その間接効果は eq18 の通りである。知覚された有用性 (PU) および知覚された使用容易性 (PEOU) は使用態度 (Attitude) に影響する。その間接効果は eq19 の通りである。知覚された有用性 (PU) は使用態度 (Attitude) に影響する。その間接効果は eq20 の通りである。全体的にみて、インターフェースデザイン (Design) は使用態度 (Attitude) に影響する。その間接効果は $0.078 + 0.017 + 0.048 = 0.143$ である。

$0.147 \times 0.532 = 0.078$	eq18
$0.149 \times 0.220 \times 0.532 = 0.017$	eq19
$0.149 \times 0.320 = 0.048$	eq20

インターフェースデザイン (Design) は知覚された使用容易性 (PEOU) 、知覚された有用性 (PU) および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に間接効果がある。間接効果は 4 つの部分に分けることができる。第 1 部分：インターフェースデザイン (Design) は、知覚された使用容易性 (PEOU) および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は eq21 の通りである。第 2 部分：インターフェースデザイン (Design) は知覚された有用性 (PU) 、知覚された使用容易性 (PEOU) および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は eq22 の通りである。第 3 部分：インターフェースデザイン (Design) は、知覚された有用性 (PU) および使用態度 (Attitude) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は eq23 の通りである。第 4 部分：インターフェースデザイン (Design) は、知覚された有用性 (PU) を通じて使用意向 (Behavioral) に影響する。

その間接効果は eq24 の通りである。全体的にみて、インターフェースデザイン

(Design) は、使用意向 (Behavioral) に影響する。その間接効果は
 $0.019+0.004+0.012+0.087=0.122$ である。

$0.147 \times 0.532 \times 0.248 = 0.019$	<i>eq21</i>
$0.149 \times 0.220 \times 0.532 \times 0.248 = 0.004$	<i>eq22</i>
$0.149 \times 0.320 \times 0.248 = 0.012$	<i>eq23</i>
$0.149 \times 0.585 = 0.087$	<i>eq24</i>

表 3-62 TAM の全体的効果

	知覚された有用性	知覚された使用容易性		使用態度		使用意向	
構築コスト		0.194		0.532	0.103	0.248	0.026
	0.430	0.220	0.095	0.532	0.050	0.248	0.012
	0.430			0.320	0.138	0.248	0.034
	0.430					0.582	0.250
	間接効果		0.095	0.291		0.322	
システム互換性		0.396		0.532	0.211	0.248	0.052
	0.403	0.220	0.089	0.532	0.047	0.248	0.012
	0.403			0.320	0.129	0.248	0.032
	0.403					0.585	0.236
	間接効果		0.089	0.387		0.332	
インターフェースデザイン		0.147		0.532	0.078	0.248	0.019
	0.149	0.220	0.033	0.532	0.017	0.248	0.004
	0.149			0.320	0.048	0.248	0.012
	0.149					0.585	0.087
	間接効果		0.033	0.143		0.122	

第4章 結論

本研究は、鉄鋼業における RFID 技術受容行動の研究であり、宝鋼の RFID 全体の応用状況を研究対象として行った。まず、宝鋼のケーススタディを行い、筆者自身の職場での経験と合わせて、技術受容モデル(TAM)の外部変数を確立した。その外部変数は、「構築コスト」、「システム互換性」、「インターフェースデザイン」の3つを確認し、調査紙を通じて収集したデータを用いて、TAM パス図の分析を実施した。分析結果より、本研究では次のような結論を導き出すことができる。

第1節 第一段階の実態研究結論

本研究のケーススタディでは、鉄鋼業のサプライチェーン上、異なるプレイヤーにおける RFID の活用について分析した。ケーススタディの対象とした鉄鋼企業は、Cuñado、Saudi Aramco、天津鋼管、そして現在、鉄鋼生産量1位の中国宝鋼集団の4社である。

鉄鋼業は生産設備の自動配置制御および原材料、資材管理が非常に重要である。従来、倉庫・物流ソリューションで用いられてきたさまざまな技術は、環境、モノの表面、距離などに大きく影響されていた。データの読み取りには限界があり、コスト面や運用が制限されていたが、RFID は環境障害、ほこり、油汚れ、障害物などの環境障害に適応性が強く、全天候型の作業を実現できる。また、RFID タグは大量のデータを保存でき、データ読み取り距離が長く、データ読み取り精度が高い。これらの技術的特性により、RFID 技術は生産プロセスの自動制御や倉庫保管、物流に適用されるが、鉄鋼企業における生産や輸送プロセスでは多くの困難に直面する。例えば、高温、衝撃などの環境では電子機器の保管が非常に困難である。この環境障害を克服しようとする、コストが高くなり、効率は低下しやすい。第一段階のケーススタディの結論は次の通りである。

1. Cuñado の倉庫部門の責任者は、RFID は物流在庫の年間の不明在庫約5%の問題を解決できると考えている。Cuñado が年間100万本の鋼管を在庫すると、約50,000の損失が発生する。しかしながら、経営者は RFID の導入における莫大な構築コスト (Construction Cost) と導入後の効果についての不確実性から、RFID 導入は放置した。

2. Saudi Aramco が石油の掘削を行うにあたっては、高度な技術を要する。世界中の製鉄所からさまざまな製品を購入するため、在庫管理の精度が重要で、信頼できる物流システムを確立しなければならない。そこで、人件費の削減や在庫管理の効率化を図るため、部分的に RFID システムを導入し、天津鋼管では生産データや鋼管データを RFID タグに入力し、鋼管に貼り付けて使用している。しかしながら、この RFID システムはサプライチェーンのフロントエンドとバックエンドに対応していないことから、システムの互換性

(System Compatibility) に問題がある。製品が異なると変換回数も変わり、2〜3 回の交換が必要となるなど、物流倉庫の管理には不向きである。

3. 天津鋼管の場合は鋼管生産上、製品温度が 1200°C に達することなどから、RFID の受容性も高くない。また、データベースの構築や共通ソフトウェアのインターフェースデザインの工事費 (Construction Cost) も高く、天津鋼管では在庫管理、棚卸しプロセスにおいて、まだ RFID を十分に導入しているとはいえない。在庫管理・棚卸のプロセスでは、鋼管情報を目視で確認 (マーキング・ラベル) したり、手書きで記入したりしている。

4. 宝鋼は、子会社の上海宝信軟件有限公司が RFID システムを構築し、工場の自動化と倉庫管理の効率化を図り、RFID の読み取りエラーの発生率を 1% に低減した。運用上の問題が大幅に減少したとはいえ、RFID にはまだ問題が残っている。中国語および英語の RFID システムのインターフェースデザインを扱うことで、それ以外の言語の相手とのやり取りにおいては適用の範囲が小さくなり、サプライチェーンの異なるセクション間で交換される情報の範囲を狭めてしまう。また、フロントラインのユーザーが、そのインターフェースデザインに慣れるまで時間がかかるため、トレーニングコストが高くなる。

本研究では、上記の 4 つの鉄鋼企業における RFID の適用と問題点について、ケーススタディの結果と筆者の職場経験に基づき、3 つの外部変数「構築コスト (Construction Cost)」、「システム互換性 (System Compatibility)」、「インターフェースデザイン (Design)」を整理した。宝鋼では現在の鉄鋼生産量でトップにランクされているだけでなく、優れた RFID 経験の蓄積結果を確立しており、これは非常に示唆的であるため、本研究では宝鋼をサンプリング対象として調査する。そして、第一段階のケーススタディの結論を利用し、第二段階の TAM の外部変数を確立して、宝鋼における RFID の TAM のパス図を明らかにする。

第 2 節 第二段階の研究結論

1. 調査結果からは、TAM の構成要素に関する仮定 (パス) はゼロと有意に異なる形で成立することが示された。すなわち、職場における経験則、事例研究、技術受容理論に基づいて本研究で示した理論的枠組みは、鉄鋼業における宝鋼の RFID の技術受容パターンに対してある程度適用できることを示している。

2. 外部変数「構築コスト」の「知覚された使用容易性」に対する影響係数は .194* ($p < .05$)、「知覚された有用性」に対する影響係数は .430*** ($p < .001$) で、RFID を使用する宝鋼の従業員にとって「構築コスト」は「知覚された有用性」に対する影響が大きく、有意だと認識していることが示された。

3. 外部変数「システム互換性」の「知覚された使用容易性」に対する影響係数は .390*** ($p < .001$)、「知覚された有用性」に対する影響係数は .403*** ($p < .001$) となり、RFID を使用する宝鋼の従業員にとって「システム互換性」の「知覚された有用性」への影響力が大きく、有意だと認識していることが示された。

4. 外部変数「インターフェースデザイン」の「知覚された使用容易性」に対する影響係数は .147*** ($p < .05$)、「知覚された有用性」に対する影響係数は .149** ($p < .01$) となり、RFID を使用する宝鋼の従業員は、「インターフェースデザイン」は「知覚された有用性」により大きな影響を与えると認識している。しかし、「知覚された使用容易性」への有意は「知覚された有用性」より強いと考えていることが示された。

5. 外部変数は「知覚された使用容易性」および「知覚された有用性」に有意な影響を与えるが、影響係数は「知覚された有用性」に与える方が大きく、RFID の「構築コスト」、「システム互換性」、「インターフェースデザイン」という三つの外部変数は「知覚された有用性」に対する方が「知覚された使用容易性」に対してよりも重要であると宝鋼の従業員は考えていることが示された。

6. 「知覚された有用性」の「使用態度」に対する影響係数は .320*** ($p < .001$)、「知覚された使用容易性」の「使用態度」に対する影響係数は .532*** ($p < .001$) となり、「知覚された有用性」は「知覚された使用容易性」より「使用態度」への影響が小さい。これは、「知覚された使用容易性」が「知覚された有用性」より「使用態度」に直接的な影響を与えることを意味する。宝鋼の従業員にとって、RFID に対して「知覚された使用容易性」という認識を持ったことが「使用態度」に重要な影響を与えたと考えることができる。

7. 「知覚された有用性」の「知覚された使用容易性」に対する影響係数は .585 ($p < .001$) で直接的な影響としては最大であり、RFID の実用化において、宝鋼の従業員の「知覚された有用性」が「使用意向」に最も直接的な影響を与えることが示された。

第5章 研究の貢献および今後の研究課題

第1節 本研究の貢献

RFID は、さまざまな形状や種類の製品に埋め込みや取り付けが可能だけでなく、タグのデータの読み書きにパスワード保護を設定できるため、技術の偽造や侵入が難しく、高い安全性を持つことにより、一般の倉庫・物流業への応用が期待されている。

また、従来の2次元バーコードのデータ記憶容量は最大2725桁で、英文字を含めると、記憶容量はより少なくなる。大容量というメリットがあるRFIDタグは、94の2乗（約1万語）以上の記憶容量と簡単に読める機能を持ち、データはリアルタイムで調整することができる。これらの優れた機能があるにもかかわらず、まだ鉄鋼業の高温（数千℃）や金属の干渉といった環境に適応することはできない。RFIDの使用に適応するには、サプライチェーン上の各プレイヤーが異なるポイントを考慮しなければならない。最初の導入コストから、中期的には異なるシステム間の互換性、さらには技術の進歩に伴い常に変化するインターフェースデザインまで、あらゆる側面で、鉄鋼業におけるRFIDの適応性が試される。

さらに、鉄鋼産業の長い歴史により、各統合ブロックは、鉄鉱石原料から最終製品までのサプライチェーンに独自の産業エコシステムを持つようになった。産業技術の長期的な形成により継続されてきた内部の習慣や技術は、安定した優れた技術の基盤を提供できる一方で、成熟すればするほど大きな壁となり、新しい技術を拒絶することにもなる。本研究は、鉄鋼業におけるRFIDの技術的受容について論じており、その学術的および鉄鋼業への実務的貢献は次の通りである。

1. 学術的貢献

従来のTAMに関する研究では、知覚された使用容易性、知覚された有用性、使用態度、使用意向などに関する調査が多い。本論文では、鉄鋼業で共通のRFIDを適用する上での課題として、全体的な分析に「構築コスト」、「システム互換性」、「インターフェースデザイン」などを加え、鉄鋼業界の現実をよりよく反映した分析を行ったうえで結果を導いている。この研究結果は、分析の対象となった上海宝鋼の観点からの技術受容要因を理解することを通じて、RFIDを鉄鋼産業に適用するための理論づけのベースとなりうる。学術的貢献は下記の通りとなる。

①本研究のケーススタディでは、鉄鋼産業者チェーン全体のさまざまな部分（企業）におけるRFID使用の現状、難題、需要について調査している。調査の結果により、鉄鋼業がRFIDシステムを導入する際に3つ重要なポイントを参考にしなければならないことがわかった。そのポイントは「構築コスト」、「システム互換性」、「インターフェースデザイン」である。

②業界のさまざまな分野で確立された 3 つの要素を深く掘り下げることにより、今後の TAM を研究するための実用的な基盤を構築する。TAM 理論を通じて、構築コストが知覚された有用性に最も大きな影響を与えることがわかった。次はシステムの互換性、最後はインターフェースデザインとなり、インターフェースデザインの知覚された有用性と知覚された使用容易性への影響は最も少ない。つまり、「構築コスト」、「システム互換性」は「知覚された有用性」への影響性が高いといえる。この結果は、鉄鋼業における RFID を導入する際に「構築コスト」、「システム互換性」のことを、まず考慮しなければならないことを示している。

③TAM は知覚された有用性が使用意向に最も大きな影響を与えることを明確にしており、ユーザーが新しい技術の有用性を認識し、新しい技術を受け入れる使用意向を直接駆り立てることを示している。そして、構築コスト→知覚された有用性→使用意向のパスが高く、有利なパスを形成しやすいことから、産業界でもこの結果を提供することにより、限られたリソースの中で RFID システムの企画開発を優先させることができる。

④本研究では、ケーススタディおよび TAM を通じて、「鉄鋼業界における RFID の技術受容」の理論的仮説モデルを提案した。研究者自身の職場経験則、技術受容理論、および共分散構造分析モデル分析により、良好な結果が得られた。この結果パス（パス、変数係数などのデータ）は、将来の学術研究のために参考として使用することができる。

2. 鉄鋼業に関する実務的貢献

第三次産業革命「インダストリー3.0」では 1970 年代に部分的な生産の自動化が行われた。現在は、生産工程全体を人の手を借りずに自動化できるようになった。しかし、製造や材料管理の情報は依然として社内や工場内にとどまっている。材料の不良や使用の誤りは、重大な損失をもたらすことがある。特にパネル産業は、千単位の部品・材料・原料などがあるため、従来の材料管理作業方法は、優れた作業規程を持っていても効率よく管理することが困難となる。第四次産業革命「インダストリー4.0」のスマートなトレンドに対応するためには、自動化管理の技術導入がなければ製造業は厳しい競争に直面する。

現在「インテリジェント化」の発展に伴い、多くの製造業が RFID 技術の導入を開始している。生産ラインや部品、原材料、人員の管理において、IoT を活用し、「RFID のセルフセンシング能力と遠距離からの高速かつ正確な自動読取り技術を利用した業務フローの情報収集」、「バックエンドシステムとの連携によるデータの集約・分析で、価値ある情報収集を行って生産を管理」、「生産プロセスにおける情報提供による、作業員、機械、材料の連携」を実現している。以下は、筆者による提言である。

① 部品管理への RFID の採用

部品管理を人から RFID に切り替えることにより、管理効率がよくなる。グローバル化と人材の流動の時代において、原料・部品の管理には、特定の作業員の経験だけでなく、技術的な手法も必要となる。例えば、商品ごとにマネージャーが管理する生産ラインが異なると、マネージャーが退職した際に担当が不在となる。新しいマネージャーが任命されても、商品知識の不足や販売機会のロス、製品不足などを招く可能性がある。しかし、RFID を採用すれば、倉庫に集積した商品は自動通知によって在庫数を確定し、新しいマネージャーは、元のマネージャーの設定を基準に市場情勢に応じて調整し、多くの損失を回避することができる。

② 生産履歴の構築

RFID を使用することで、生産過程において材料の基本的な特性や情報を正確に把握でき、異常事態のトラッキングも可能になる。充実した生産履歴を通じて、関連性分析やアルゴリズムを活用し、意思決定支援システムを構築することで、材料や製造工程パラメーターの関連性分析、予防的な材料属性の分類、後になってから検知される製品異常の減少等、生産過程の問題の発生を予測することができる。これにより、予防と予測が強化され、部材の状況が悪いことで生じる生産量の損失を引き起こすのを回避できる。

③ 材料と製品の応用範囲の拡大

RFID を通じて、鋼材の生産履歴、成分、販売メーカー、実物写真などの情報を含めることができ、資料の持ち運び量を大幅に増やすことができる。これにより、ユーザーに完全な材料の情報が提供され、材料や製品の管理戦略だけでなく、製品の使用にも役立つ。すべての生産工程においてデータベースが結合されると、製品が異なる産業セクターに移動する際に、製品ライフサイクル全体で管理効果が表れて、有効に利用できる期間をより長くすることができる。

第 2 節 本研究の限界および今後の研究課題

1. 研究変数に関しては、RFID と TAM に影響を与える多くの関連変数があるため、将来の研究では、媒介変数（mediator）または修飾変数（moderator）として、技術交換のサンクコスト、実際の操作体験、または異なる制御変数の使用を調査するなど、より多くの変数が追加される必要がある。

2. 研究対象について、本調査は宝鋼が 2022 年に実施したサンプル調査の結果に限定されており、サンプリング誤差を回避することは不可能である。職業訓練や実務経験を積んだユーザーを長期にわたって追跡調査すれば、より推論的で代表性の高い研究になる。

3. 本研究の調査紙は、専門家や学識経験者による調査紙内容や研究者の実務経験を参考に作成したが、技術や政策の文脈が時空を超えて変化する中で、現在の技術革新や実務状況に適応した調査紙を作成する必要がある。

4. 本研究は横断的な研究（Cross-sectional study）であり、新技術に対して、ユーザーが使用に慣れて成熟していく過程を把握することはできないため、縦断的に研究する（Longitudinal study）ことが期待される。パネルデータ（Panel Data）を用いて時間項目の変化を探ることが提案される。また、自然主義的（naturalism）なフレームワークに基づくアクションリサーチと組み合わせることで、学習と更新を続けるユーザーの外部変数や使用意向がどのように変化していくのかを探り、相互に検証することも可能である。

謝辞

本研究は、現場実務として携わった中国の鋼管工業のサプライチェーンにおける RFID 導入問題を、本学大学院で継続研究テーマとして取り組んだ論文である。RFID とその導入に係る問題点は、同産業の IT 導入による合理的な発展のためにも必要と見なされているが、中国の鉄鋼業界において導入化に踏み切る事例は数少ない。この問題は業界の抱える課題でもあり、その実態を現場でのヒアリングや調査紙調査、また業界専門誌、研究論文からも洗い出し、より総体的な SCM の改善に向かう方向性を示したいという意向が、本論文の研究動機である。

私事であるが、家業として長らく経験し、かねてから問題関心の深かった中国の鋼管工業における RFID 導入についてのさまざまな問題点を集約して一定の見識を持ち、中国鉄鋼業界に提言する趣意の下、拓殖大学大学院修士課程（指導教授芦田誠先生）および博士課程（指導教授武上幸之助先生）の論文指導を受けて作成した博士論文である。長らく指導に当たってくださった拓殖大学大学院商学研究科の先生方に感謝を申し上げる。

参考文献一覧

日本語参考文献

- 1 芦田誠『交通と物流しくみと動向』中央経済社，2006年。
- 2 芦田誠『ロジスティクスの改革最前線と新しい課題』税務経協会，2013年。
- 3 芦田誠，楊凱舜サプライチェーンマネジメント・マネジメントにおけるスマート化への進展過程『経営経理研究』第115号，拓殖大学経営経理研究所，2019年。
- 4 大下泰輝，村岡賢治，吉本宣哉，佐々木裕一，石川暁「造船所の業務効率を改善する鋼材・部材管理システム」『三菱重工技報』第47巻第3号，2010年。
- 5 大矢昌浩「富士物流一複数の導入現場で生産性向上を実現」『月刊 Logi-Biz』1月号，2017年。
- 6 加藤彰二「“コンビニ電子タグ 1000 億枚宣言”の現状と今後の推進施策展望」『月刊マテリアルフロー』第59巻第12号，2018年。
- 7 苦瀬博仁(2017)『サプライチェーン・マネジメント概論』白桃書房。
- 8 岸上順一(2005)『ポイント図解式 RFID 教科書 ユビキタス社会に向けた無線 IC タグのすべて』東京書籍印刷株式会社。
- 9 谷田詔一「コンビニ実証実験報告から～未来に一番乗り，ローソンの挑戦」『月刊マテリアルフロー』第59巻第12号，2018年。
- 10 鉄鋼業における RFID 技術の応用調査専門委員会著「RFID の鉄鋼業への応用」『技術報告』第1209号，一般社団法人電気学会，2010年。
- 11 花房陵，西田光男，新林康則，遠藤八郎，朴成浩ほか『スマートロジスティクス—IoT と進化する SCM 実行系』エヌ・ティー・エス，2018年。
- 12 藤吉栄二(2006)「RFID によるシステム構築」，THINK IT,2006年3月14日(2022年7月30日取得 <https://thinkit.co.jp/cert/article/0603/3/1/3.htm>)。
- 13 千代田化工建設株式会社「数 KM 四方の資材置き場を RFID&ドローンで自動管理の巨大計画」『月刊マテリアルフロー』第59巻第2号，2018年。
- 14 西田光男(2018)『スマートロジスティクス IoT と進化する SCM 実行系』株式会社エヌ・ティー・エス p.23。
- 15 林揚哲「“コンビニ電子タグ 1000 億枚宣言” 実行へ、何が今必要なのか」『月刊マテリアルフロー』第59巻第12号，2018年。
- 16 真中則行「RFID 活用によるサプライチェーンの見える化,情報共有の基盤技術，“EPCIS”」『月刊マテリアルフロー』第59巻第12号，2018年。
- 17 山崎敏夫「自動車業界における部品管理用 RFID 国際標準化に向けた活動について」『月刊マテリアルフロー』第59巻第12号，2018年。

英文参考文献

1. Adams, D. A., Nelson, R. R., & Todd, P. A. (1992). Perceived usefulness, ease of use, and usage of information technology: A replication. *MIS quarterly*, Vol.16, NO.2, pp.227-247.
2. Agarwal, R. and Karahanna, E. (2000). Time flies when you're having fun: Cognitive absorption and beliefs about information technology usage. *MIS Quarterly*, Vol.24, No.4, pp. 665-694.
3. Agarwal, R. and Prasad, J. (1998a). A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology. *Information Systems Research*, Vol.9, No.2, pp. 204-215.
4. Agarwal, R. and Prasad, J. (1998b). The antecedents and consequents of user perceptions in information technology adoption, *Decision Support Systems*, Vol.22, No.1, pp.15-29.
5. Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. *Action Control. Heidelberg: Springer*, pp.11-39.
6. Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, Vol.50, No.2, pp.179-211.
7. Angeles, R. (2005). RFID technologies: supply-chain applications and implementation issues. *Information systems management*, Vol.22, No.1, pp.51-65.
8. Azevedo, S. G. and Carvalho, H. (2012). Contribution of RFID technology to better management of fashion supply chains. *International journal of Retail & Distribution Management*, Vol.40, No.2, pp.128-156.
9. Abosuliman, S.S. (2018). RFID Technology In The Oil Industry "Feasibility Study". *Journal of Research in Humanities and Social Science*, Vol.6, No.8, pp.12-16
10. Alka, V. C., David, E. S., Steven, N. S., & Donald Jr, E. (2000). Adoption of Internet shopping: the role of consumer innovativeness. *Industrial Management & Data Systems*, Vol.100, No.7, pp.294-300.
11. Bajaj, A. and Nidumolu, S. R. (1998). A feedback model to understand information system usage. *Information and Management*, Vol.33, No.4, pp.213-224.
12. Benbasat, I., Goldstein, D. K., & Mead, M. (1987). The case research strategy in studies of information systems. *MIS quarterly*, Vol.11, No.3, pp.369-386.
13. Bagozzi, R. P. and Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the academy of marketing science*, Vol.16, No.1, pp.74-94.
14. Bollen, K. A. (1989). A new incremental fit index for general structural equation models. *Sociological methods & research*, Vol.17, No.3, pp.303-316.
15. Bhattacharjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: An expectation-confirmation model. *MIS Quarterly*, Vol.25, No.3, pp.351-370.
16. Bollen, K. A. and Long, J. S. (1993). *Testing structural equation models*. Newbury Park, CA:

Sage.

17. Browne, M. W. (1984). Asymptotically distribution-free methods for the analysis of covariance structures. *British Journal of Mathematics and Statistical Psychology*, Vol.37, pp.62-83.
18. Burton-Jones, A. and Hubona, G. S. (2006). The mediation of external variables in the technology acceptance model. *Information & Management*, Vol.43, No.6, pp.706-717.
19. Bojjagani, S. and Sastry, V. N. (2019). A secure end-to-end proximity NFC-based mobile payment protocol. *Computer Standards & Interfaces*, Vol.66, p.103348.
20. Campbell, D. and Fiske, D. (1959). Convergent and Discriminant Validation by the Multitrait-Multimethod Matrix. *Psychological Bulletin*, Vol.56, pp.81-105.
21. Chau, P. Y. K. and Hu, P. J. H. (2001). Information technology acceptance by individual professionals: A model comparison approach. *Decision Sciences*, Vol.32, No.4, pp. 699-719.
22. Chau, P.Y.K. and Hu, P.J.H. (2002). Examining a model of information technology acceptance by individual professionals: An exploratory study. *Journal of Management Information Systems*, Vol.18, No.4, pp.191-229.
23. Chiu, Y. B., Lin, C. P., & Tang, L. L. (2005). Gender differs: Assessing a model of online purchase intentions in e-tail service. *International Journal of Service Industry Management*, Vol.16, No.5, pp.416-435.
24. Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
25. Compeau, D. R. and Higgins, C. A. (1995). Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, Vol.19, No.2, pp.189-211.
26. Cooper, W. H. and Richardson, A. J. (1986). Unfair comparisons. *Journal of Applied Psychology*, Vol.71, No.2, pp.179-184.
27. Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, Vol.13, No.3, pp.319-339.
28. Davis, F. D. (1993). User Acceptance of Information Technology: System Characteristics, User Perceptions and Behavioral Impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol.38, pp.475-487.
29. Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace. *Journal of Applied Social Psychology*, Vol.22, pp.1111-1132.
30. Davis, F. D., Bagozzi, R.P. and Warshaw, P.R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, Vol.35, No.8, pp.982-1003.
31. Deng, X., Doll, W., Hendrickson, A. R. & Scazzero, J. A. (2005). A multi-group analysis of structural invariance: an illustration using the technology acceptance model. *Information and Management*, Vol.42, pp.745-759.

32. Dobkin, D. M. (2012). *The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice*, Newnes.
33. Schuster, E. W., Allen, S. J., & Brock, D. L. (2007). *The value of the epcglobal network for supply chain management*. Global RFID, Springer-Verlag New York, Inc. pp.1-6,
34. Ellram, L. M. (1991). Supply-Chain Management: The Industrial Organization Perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.21, No.1, pp.13-22.
35. Fishbein, M. and Ajzen, I. (1975), Beliefs, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. *Philosophy and Rhetoric*, Vol.10, No.2
36. Fornell, C. and Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable and measurement error. *Journal of Marketing Research*, Vol.18, pp.39-50.
37. Feng, T. H., Hwang, M. S., & Syu, L. W. (2016). An authentication protocol for lightweight NFC mobile sensors payment. *Informatica*, Vol.27, No.4, pp.723–732.
38. Feinbier, L., Schittko, L., & Gallais, G. (2008). The benefits of RFID for slab-and coil-logistics. Retrieved November, 16, 2009.
39. Gaukler, G.M., Seifert, R.W., & Hausman, W.H. (2007). Item-Level RFID in the retail supply chain. *Production and Operations Management*, Vol.16, No.1, pp.65-76.
40. Gefen, D., Karahanna, E., & Straub, D. W. (2003). Trust and TAM in online shopping: An integrated model. *MIS quarterly*, Vol.27, No.1, pp.51-90.
41. Goodhue, D. L. (1995). Understanding User Evaluations of Information Systems. *Management Science*, Vol.41, No.2, pp.1827-1844.
42. Goodhue, D. L. and Thompson, R. L. (1995). Task-technology fit and individual performance. *MIS Quarterly*, Vol.19, No.2, pp.213-236.
43. Gorsuch, R. L. (1983). *Factor Analysis*, Hillsdale, New Jersey, L: Erlbaum Associates.
44. Ghiassi, M. and Spera, C. (2003). Defining the Internet-based supply chain system for mass customized markets. *Computers & Industrial Engineering*, Vol.45, No.1, pp.17-41.
45. Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis (5th ed.)* New Jersey: Prentice-Hall International.
46. Henry, J. W. and Stone, R. W. (1994). A structural equation model of end-user satisfaction with a computer-based medical information systems. *Information Resources Management Journal*, Vol.7, No.3, pp.21-33.
47. Hoyle, R. H. (2000). Confirmatory factor analysis. In *Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling*, Academic Press., pp.466-497.
48. Hu, L. T. and Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural equation modeling: a multidisciplinary journal*, Vol.6, No.1, pp.1-55.
49. Hulland, J. (1999). Use of partial least squares in strategic management research: A review of

- four recent studies. *Strategic Management Journal*, Vol.20, No.2, pp.195-204.
50. Houlihan, J. B. (1984). *Supply Chain Management*. Proceedings of the 19th International Technical Conference of the British Production and Inventory Control Society.
 51. Huo, W., Dong, Q., & Chen, Y. (2015). ECC-based RFID/NFC mutual authentication protocol. *In The 2nd International Workshop on Materials Engineering and Computer Sciences*, pp.165-173.
 52. Igbaria, M., Schiffman, S. J. & Wieckowski, T. J. (1994). The respective roles of perceived usefulness and perceived fun in the acceptance of microcomputer technology. *Behaviour and Information Technology*, Vol. 13, No, 6, pp. 349-361.
 53. Jackson, D. (2003). Revisiting sample size and number of parameter estimates: Some support for the N: q hypothesis. *Structural Equation Modeling*, Vol.10, pp.128-141.
 54. Jiang, J.J., Klein, G., Tesch, D., & Chen, H.G. (2003). Closing the user and provider service. quality gap. *Communications of the ACM*, Vol.46, No.2, pp.72-76.
 55. Karaali, D. C., Gumussoy, A. & Calisir, F. (2011). Factors affecting the intention to use a web-based learning system among blue-collar workers in the auto motive industry. *Computers in Human Behavior*, Vol.27, pp.343-354.
 56. Kasavana, M. (2010). Emergent service delivery technologies. *Journal of International Management Studies*, Vol, 5, No. 2, pp.159-167.
 57. Keil, M., Beranek, P. M. & Konsynski, B. R. (1995). Usefulness and ease of use: Field study evidence regarding task considerations. *Decision Support Systems*, Vol.13, No.1, pp.75-91.
 58. Kim, Y. M. and Shim, K. Y. (2002). The influence of Internet shopping mall characteristics and user traits on purchase intent. *Irish Marketing Review*, Vol.15, No.2, pp.25-34.
 59. King, W. R. and He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information and Management*, Vol.43, pp.740-755.
 60. Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling (2nd ed.)* New York, NY: Guilford.
 61. Kovavisaruch, L. O. and Laochan, P. (2009). The Study of Deploying RFID into the Steel. *PICMET'09-2009 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology*, pp.3391-3397.
 62. Lahtela, A., Hassinen, M. & Jylha, V. (2008). RFID and NFC in healthcare: Safety of hospitals medication care. *Proceedings of Second International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, pp.241–244.
 63. Landt, J. (2005). The history of RFID. *IEEE Potentials*, Vol.24, No.4, pp.8-11.
 64. Lederer, A. L., Maupin, D. J., Sena, M. P. & Zhuang, Y. (2000). The technology acceptance model and the World Wide Web. *Decision Support Systems*, Vol.29, No.3, pp.269-282.
 65. Lee, M. C. and Lee, C. C. (2012). Stable Tag Identification in Mobile RFID Systems. *Journal*

- of Convergence Information Technology*, Vol.7, No.7, pp.312-322.
66. Leonard-Barton, D. and Deschamps, I. (1988). Managerial influence in the implementation of new technology. *Management Science*, Vol.34, No.10, pp.1252-1265.
 67. Luo, J. N. and Yang, M. H. (2012). Mobile RFID Mutual Authentication and Ownership Transfer. *International Journal of Advancements in Computing Technology*, Vol.4, No.7, pp. 28-40.
 68. Lim, M. K., Bahr, W., & Leung, S. C. H. (2013). RFID in the warehouse: A literature analysis (1995–2010) of its applications, benefits, challenges and future trends. *International Journal of Production Economics*, Vol.14, No.1, pp.409-430.
 69. Liu, D. W., Ling, J., & Yang, X. (2016). An improved RFID authentication protocol with backward privacy. *Computer Science*, Vol.43, No.8, pp.128-130.
 70. Lune, H. and Berg, B. L. (2017). *Qualitative research methods for the social sciences*. Pearson.
 71. Liu, Y., Yin, X., Dong, Y., & Huang, K. (2019). Lightweight authentication scheme with inverse operation on passive RFID tags. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol.42, No.1, pp. 74-79.
 72. Lancioni, R. A., Smith, M. F., & Oliva, T. A. (2000). The role of the Internet in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, Vol.29, No.1, pp.45-56.
 73. Mardia, K. V. and Foster, K. (1983). Omnibus tests of multinormality based on skewness and kurtosis. *Communications in Statistics-theory and methods*, Vol.16, No.2, pp.207-221.
 74. Ma, Q. and Liu, L. (2004). The Technology Acceptance Model: A Meta-Analysis of Empirical Findings. *J. Organ. End User Comput.*, Vol.16, pp.59-72.
 75. Mathieson, K. (1991). Predicting User Intentions: Comparing the Technology Acceptance Model with the Theory of Planned Behavior. *Information Systems Research*, Vol.2, pp.173-191.
 76. McDonald, R. P. and Ho, M. R. (2002). Principles and practice in reporting structural equation analysis. *Psychological Methods*, Vol.7, pp.64-82.
 77. McKechnie, S., Winklhofer, H., & Ennew, C. (2006). Applying the technology acceptance model to the online retailing of financial service. *International Journal of Retail and Distribution Management*, Vol.34, pp.388-410.
 78. Moon, J.W. and Kim, Y.G. (2001). Extending the TAM for a World-Wide-Web context. *Information and Management*, Vol.38, No.4, pp.217-230.
 79. Morris M. G. and Dillon, A. (1997). How User Perceptions Influence Software Use. *IEEE Software*, Vol.144, pp.58-65.
 80. Oliver, K.R. and Webber, M.D. (1982). Supply Chain Management: Logistics Catches up with Strategy. *Outlook*, Vol.5, No.1, pp.42-47.

81. Oluyisola, O. E., Strandhagen, Jo.W., & Buer, S. d. (2018). RFID technology in the manufacture of customized drainage and piping systems: a case study. *IFAC PapersOnLine*, Vol.51,No.11,pp.364-369.
82. Pagani, M. (2006). Determinants of adoption of high speed data services in the business market: evidence for a combined technology acceptance model with task technology fit model. *Information and Management*, Vol.43, pp.847-860.
83. Paret, D. (2009). *RFID at ultra and super high frequencies: Theory and application*. John Wiley & Sons Ltd.
84. Patton, M.Q. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods*. Newbury Park: Sage publications.
85. Pavlou, P. A. and Fygenson, M. (2006). Understanding and predicting electronic commerce adoption: An extension of the theory of planned behavior. *MIS Quarterly*, Vol.30, No.1, pp.115-143.
86. Porter, C. E. and Donthu, N. (2006). Using the technology acceptance model to explain how attitudes determine internet usage: The role of perceived access barriers and demographics. *Journal of Business Research*, Vol.59, pp.999-1007.
87. Porter, M. and Miller, V. (1985). How Information Gives You Competitive. *Harvard Business Review*, Vol.63, pp.149-160.
88. Rayport, J. F. and Sviokla, J. J. (1996). Exploiting the virtual value chain. *McKinsey Quarterly*, No.1, pp.20-36.
89. Rao, K. S., Nikitin, P. V., & Lam, S. F. (2005). Antenna design for UHF RFID tags : A review and a practical application. *IEEE Transactions on antennas and propagation*, Vol.53, No.12, pp.3870-3876
90. Ross, D. F. (1997). *Competing Through Supply Chain Management : Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*. Chapman & Hall Materials Management Logistics Series New York: Springer,
91. Schumacker, R. E. and Lomax, R. G. (1996). *A beginner's guide to structural equation modeling*. Mahwah NJ: Erlbaum.
92. Sheppard, B. H., Hartwick, J. & Waeshaw, P. R. (1988). The theory of reasoned action: A meta-analysis of past research with recommendations for modifications and future research. *Journal of Consumer Research*, Vol.15, No.3, pp.325-343.
93. Shih, H. P. (2004a). An empirical study on predicting user acceptance of e-shopping on the Web. *Information and Management*, Vol.41, No.3, pp.351-368.
94. Shih, H. P. (2004b). Extended technology acceptance model of Internet utilization behavior. *Information and Management*, Vol.41, No.6, pp.719-729.
95. Szajna, B. (1996). Empirical evaluation of the revised technology acceptance model.

- Management Science*, Vol.42, No.1, pp.85-92.
96. Sarac, A., Absi, N., & Dauzère-Pérès, S. (2010). A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management. *International journal of production economics*, pp.77-95.
 97. Stevens, G.C (1989). Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution and Material Management*, Vol.19,No.8,pp.3-8.
 98. Stroecken, J. H. M. (2000). Information Technology, Innovation and Supply Chain Structure. *International Journal of Technology Management*, Vol.20, No.1-2, p.156
 99. Taylor, S. and Todd, P. A.(1995a). Understanding information technology usage: A test of competing models. *Information Systems Research*, Vol.6, No.2, pp.144-177.
 100. Taylor, S. and Todd, P. A. (1995b). Decomposition of cross effects in the theory of planned behavior: A study of consumer adoption intentions. *International Journal of Research in Marketing*, Vol.12, No.2, pp.137-155.
 101. Taylor, S. and Todd, P. A. (1995c). Assessing IT usage: the role of prior experience. *MIS Quarterly*, Vol.19, No.4, pp.561-570.
 102. Ting, S. L., Kwok, S. K., Tsang, A. H. C., & Lee, W. B. (2011). Critical elements and lessons learnt from the Implementation of an RFID-enabled healthcare management System in a medical organization. *Journal of Medical Systems*, Vol.35, No.4, pp.657-669.
 103. Thomas, D. J., and Griffin, P.M. (1996). Coordinated Supply Chain. *Management European Journal of Operational Research*, Vol.94, No.1, pp.1-15
 104. Van der Heijden, H. (2003). Factors influencing the usage of websites: The case of a generic portal in the Netherlands. *Information and Management*, Vol.40, No.6, pp.541-549.
 105. Venkatesh, V. and Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, Vol.39, No.2, pp.273-315.
 106. Venkatesh, V. and Davis, F. D. (2000).A Theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. *Management Science*, Vol.46, pp.186-204.
 107. Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, Vol.27, No.3, pp.425-478.
 108. Wu, I. L. and Chen J.L. (2005). An extension of Trust and TAM model with TPB in the initial adoption of-line tax: An empirical study. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol.62, pp.784-808.
 109. Want, R. (2006). An Introduction to RFID Technology. *IEEE Pervasive Computing*, Vol.5, No.1, pp.25-33.
 110. Y Monsuwé, T. P., Dellaert, B. G., & De Ruyter, K. (2004). What drives consumers to shop online? A literature review. *International Journal of Service Industry Management*, Vol.15, No. 1, pp.102-121.

111. Yu, X., Guo, X. Feng, Y. and Yao, Q. (2012). A RFID-based Collaborative Process Management Approach for Real-time Food Quality Management. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, Vol.4, No.10, pp.34-43.

中文參考文獻

1. 丁雪茵、鄭伯璦、任金剛 (1996)。質性研究中研究者的角色與主觀性。 *本土心理學研究*, 6 卷, pp.354-376。
2. 吳明隆、涂金堂(2005)。 *SPSS 與統計應用分析*。臺北市：五南圖書出版公司。
3. 李茂能 (2002)。教育研究（一）量化教育研究。載於楊國賜主編, *新世紀的教育學概論：科技整合導向*（頁 453-483）。臺北市：學富文化。
4. 李德治 (2016)。 *多變量分析*。臺北市：雙葉書廊。
5. 林宗 (2014)。以科技接受模型探討 QR-Code 的使用傾向-智慧手持裝置的實證研究。 *國立臺灣科技大學管理研究所碩士論文*。台北市。
6. 邱皓政 (2004)。 *結構方程模式：LISREL 的理論、技術與應用*。台北：雙葉。
7. 洪揚 (2014)。消費者對智慧型手機應用程式的使用意願與使用行為研究。 *中華大學資訊管理學系碩士班碩士論文*。新竹市。
8. 徐延婷 (2012)。消費者對 App Store 電子書之接受度與購買行為之研究。 *世新大學圖文傳播暨數位出版學研究所(含碩專班)碩士論文*。臺北市。
9. 許素梅 (2011)。以科技接受模式探討電子書使用與需求之研究。 *國立臺灣師範大學圖文傳播學系碩士論文*。台北市。
10. 陳光宗 (2014)。「慢」步雲端：Nike+ Running 使用者行為意圖分析。 *國立臺灣師範大學體育學系碩士論文*。台北市。
11. 陳瑞伶 (2013)。以科技接受模型分析影響使用電信業經營之行動 APP 軟體商店意願-以中華電信 Hami APPs 為例。 *長庚大學管理學院碩士學位學程在職專班經營管理組碩士論文*。桃園縣。
12. 陳瑞順 (2018)。 *RFID 概論與應用第五版*。台北市:金華圖書,
13. 陳寬裕、王正華 (2018)。 *結構方程模型：運用 AMOS 分析*。臺北市：五南圖書。
14. 彭台光、高月慈、林鈺琴 (2006)。管理研究中的共同方法變異：問題本質，影響，測試，和補救。 *管理學報*, 23 卷, 第 1 號, pp.77-98。
15. 黃芳銘 (2002)。 *結構方程模式理論與應用*。台北：五南。
16. 黃敬仁、廖麗滿、陳怡馨 (2015)。術於倉儲管理之應用研究。 *Journal of Commercial Modernization*。
17. 鄒佳麟 (2013)。RFID 應用在倉儲盤點管理實務探討-以面板產業為例。 *中國科技大學企業管理學院碩士論文*。
18. 熊震宇 (2014)。以理性行為理論、擴充科技接受模型探討從眾行為 對 APP 遊戲使用行為之影響 以 Candy Crush 為例。 *國立成功大學工程管理碩士在職專班碩士論文*，台南

市。

19. 潘群 (2018)。智能倉儲物流管理系統淺析。《合作經濟與科技》，第 9 期
20. 潘榮棋 (2014)。以 TRA 與 TAM 理論探討智慧型手機使用族群運用社群軟體的意圖影響因素之研究。《國立成功大學高階管理碩士在職專班(EMBA)碩士論文》，台南市。
21. 鄭淑禎 (2014)。博物館 APP 導覽系統之系統品質覺知及體驗價值與使用意圖相關研究。《國立臺灣師範大學工業教育學系在職進修碩士班碩士論文》，台北市。
22. 簡春安、鄒平儀 (2004)。《社會工作研究法》。台北：巨流。
23. 顏志龍，鄭中平 (2016)。《給論文寫作者的統計指南》。臺北：五南圖書出版。
24. 鍾皎綺 (2015)。以科技接受模式探討手機旅行者之使用行為研究。《南華大學旅遊管理學系旅遊管理碩士班碩士論文》，嘉義縣。

付録

中國寶武鋼鐵集團 RFID 系統調查問卷

問卷調查背景:

本人 楊凱舜 是日本拓殖大學商學研究院的博士生，研究鋼鐵業供應鏈相關領域研究，研究內容為鋼鐵供應鏈上使用 RFID 會有何問題及其使用效益。希望貴公司能在實務上能提供相關之訊，能讓此研究能更有價值而造就鋼鐵供應鏈上的進步及發展。

此博士論文研究題目為:

日文:「鉄鋼業のサプライチェーンマネジメントにおける RFID 導入の問題点と今後の課題」

中文:「鋼鐵供應鏈上導入 RFID 之問題及未來的課題」

英文:「The introduction of RFID in supply chain management of the steel industry and its challenges」

科技接受度問卷調查—預試

親愛的寶鋼工作同仁您好：

感謝你撥冗填寫此問卷。本研究的目的旨在了解 RFID 在鋼鐵產業中對於科技接受模式之現況，以期作為學術與實務工作上之參考。本問卷共分成二個部分，包括第一部份為個人基本資料及第二部分為科技接受模式量表，採不記名的方式進行填答，約需花費你 10~15 分鐘的時間，答案沒有對錯，請你依自己的真實感受作答即可。此外，本問卷為日本拓殖大學(研究所)，數據及內容僅供學術研究，不另做其他用途，請你放心作答，你的寶貴意見將對本研究有莫大的貢獻！敬祝

健康快樂

研究生：楊凱舜

指導教授：松田琢磨博士

2022/05/20

您是否有操作過 RFID 相關系統：(1)有、(2)無；選(2)者，請填寫至第一部份個人變項即可。

第一部份：個人背景變項

1. 年齡：(1)20 歲以下、(2)21~30 歲、(3)31~40 歲、(4)41~50 歲及(5)50 歲以上。
2. 年資：(1)5 年以下、(2)6~10 年、(3)11~15 年、(4)16~20 年及(5)21 年以上。
3. 職務：(1)現場操作人員(目前正使用 RFID)、(2)現場マネージャー(曾操作過，但現階段不需要)、(3)非現場人員(曾操作過，但現階段不需要)、(4)非現場マネージャー(曾操作過，但現階段不需要)、(5)管理階層(曾操作過，但現階段不需要)及(6)其他
_____。
4. 教育程度：(1)國中以下、(2)高中或高職、(3)大專或大學及(4)碩士(含以上)。
5. 對於 RFID 系統語言較偏好：(1)中文、(2)英文及(3)皆可。

第二部份：科技接受模式問卷

構面	題項	非常不同	不同意	無意見	同意	非常同意
知覺された易用性	1. 我認為使用此 RFID 物料管理系統相當容易					
	2. 很快就能學會如何使用此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料					
	3. 使用此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料相當難					
	4. 盤點鋼鐵物料時，使用此 RFID 物料管理系統來協助我相當容易。					
	5. 成為熟練的 RFID 物料管理系統使用者是簡單的					
	6. 使用 RFID 物料管理系統對於提升實務工作效率是有助益的					
	7. 使用 RFID 物料管理系統可以很容易與其他供應鏈取得聯繫					
知覺された有用性	1. 透過此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料相當有幫助					
	2. 透過此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料的優點比缺點多					
	3. 透過此 RFID 物料管理系統，會幫我找到我要的鋼鐵物料					
	4. 整體而言，使用此 RFID 物料管理系統協助我存放鋼鐵物料，對我來說相當有用					
	5. 使用 RFID 物料管理系統可以簡化醫療團隊照會的作業程序					
	6. 導入 RFID 物料管理系統能提升作業人員的工作品質					
	7. 使用 RFID 物料管理系統能協助作業人員更容易掌握產線的整體情況					
使用態度	1. 使用此 RFID 物料管理系統是一個好主意					
	2. 我喜歡使用此 RFID 物料管理系統協助我存放鋼鐵物料這個主意					
	3. 使用此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料是相當明智的					
	4. 透過此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料令人愉快					
	5. 使用 RFID 物料管理系統讓作業人員跟管理階層互動更明確					
	6. 使用 RFID 物料管理系統可提升企業團隊工作的品質					
	7. RFID 物料管理系統值得推廣至更多供應鏈使用					
使用意向	1. 我有意願使用此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料					
	2. 若倉儲中使用此 RFID 物料管理系統，我會用它來協助我存放鋼鐵物料					
	3. 未來我有意願使用此 RFID 物料管理系統來協助我存放鋼鐵物料					
	4. 使用此 RFID 物料管理系統，應該可以讓我在物料管理時更有效率					
	5. 使用此 RFID 物料管理系統，應該可以獲得更多鋼鐵物料資訊，並協助我進行重要決策					
	6. 使用此 RFID 物料管理系統，應該可以提供我更詳細鋼鐵物料資訊，並協助我加快工作流程					
	7. 整體而言，我有使用此 RFID 物料管理系統的意願					

構 面	題項	非常 不	不 同 意	無 意 見	同 意	非常 同
置 成 本	1. 建置 RFID 物料管理系統所帶來的效益相當巨大					
	2. 建置 RFID 物料管理系統所需要的初始成本是必要的					
	3. 我認為 RFID 物料管理系統的成本源自於科技轉換成本					
	4. 我認為 RFID 物料管理系統的成本也包含先前物料管理系的沉沒成本					
シ ス テ ム 互 換 性	1. RFID 物料管理系統所制定的格式規範可讓團隊之間溝通更具整合性					
	2. RFID 物料管理系統所制定的格式規範可節省查閱倉儲所需的時間					
	3. RFID 物料管理系統所制定的格式規範可提供產業鏈所需的訊息					
	4. RFID 物料管理系統所制定的格式規範可提供的資訊準確符合要求					
ー ス デ ザ イ ン イ ン タ ー フ エ	1. 若介面容易操作會提升我使用此 RFID 物料管理系統的意願					
	2. 若不需要花很多時間熟悉操作方法，會提升我使用此 RFID 物料管理系統的意願					
	3. 若此 RFID 物料管理系統使用起來便利容易，將會讓我有使用的意願					
	4. RFID 物料管理系統的操作畫面是簡單清晰					

科技接受度問卷調查—正試

親愛的寶鋼工作同仁您好：

感謝你撥冗填寫此問卷。本研究的目的旨在了解 RFID 在鋼鐵產業中對於科技接受模式之現況，以期作為學術與實務工作上之參考。本問卷共分成二個部分，包括第一部份為個人基本資料及第二部分為科技接受模式量表，採不記名的方式進行填答，約需花費你 10~15 分鐘的時間，答案沒有對錯，請你依自己的真實感受作答即可。此外，本問卷為日本拓殖大學(研究所)，數據及內容僅供學術研究，不另做其他用途，請你放心作答，你的寶貴意見將對本研究有莫大的貢獻！敬祝

健康快樂

研究生：楊凱舜

指導教授：松田琢磨博士

2022/05/20

您是否有操作過 RFID 相關系統：(1)有、(2)無；選(2)者，請填寫至第一部份個人變項即可。

第一部份：個人背景變項

1. 年齡：(1)20 歲以下、(2)21~30 歲、
(3)31~40 歲、(4)41~50 歲及(5)50 歲以上。
2. 年資：(1)5 年以下、(2)6~10 年、
(3)11~15 年、(4)16~20 年及(5)21 年以上。
3. 職務：(1)現場操作人員(目前正使用
RFID)、(2)現場マネージャー(曾操作過，但現階段不需要)、(3)非現場人員
(曾操作過，但現階段不需要)、(4)非現場マネージャー(曾操作過，但現階段
不需要)、(5)管理階層(曾操作過，但現階段不需要)及(6)其他

_____。

4. 教育程度：(1)國中以下、(2)高中或高
職、(3)大專或大學及(4)碩士(含以上)。

對於 RFID 系統語言較偏好：(1)中文、(2)英文及(3)皆可。