

社会基盤構成要素の安全性と  
品質向上に関する定量的基礎研究



政策研究大学院大学 博士課程

岩垂 邦秀

社会基盤構成要素の安全性と  
品質向上に関する定量的基礎研究

岩垂 邦秀  
政策研究大学院大学  
博士（社会システム分析）

2015年10月

## 社会基盤構成要素の安全性と品質向上に関する定量的基礎研究

第 1 章 緒論-----	1
1.1 研究の背景と目的-----	1
1.2 本研究の構成-----	7
第 2 章 わが国における航空機事故の発生・原因・対策-----	8
2.1 航空機事故と航空機事故研究-----	8
2.2 航空機事故発生件数の推移-----	12
2.3 航空機事故の発生原因分析-----	20
2.4 航空機事故防止対策とその効果-----	30
第 3 章 航空機事故の数理モデル分析-----	34
3.1 航空需要と航空機事故発生件数-----	34
3.2 航空機事故の発生間隔の数理モデル分析-----	37
3.3 航空機事故による死者数の数理モデル分析-----	39
第 4 章 品質マネジメントシステムと認証制度の変遷と経緯-----	43
4.1 国際標準化機構と品質マネジメントシステム-----	43
4.2 世界における ISO9001 認証の変遷と推移-----	51
4.3 地域別、産業別による ISO9001 認証の推移と分析-----	54
第 5 章 わが国における ISO9001 の認証-----	69
5.1 わが国における ISO9001 認証の推移-----	69
5.2 主要産業における ISO9001 認証の推移-----	74
5.3 ISO9001 の政策的側面と今後の課題-----	79
第 6 章 まとめと結論-----	82
6.1 まとめと結論-----	82
6.2 今後の課題-----	84
参考文献-----	86
表の一覧-----	91
図の一覧-----	92
謝辞	

## 第1章 緒論

本章では、1 節に、社会基盤構成要素と、その安全性、品質向上へのアプローチ方法を示し、本研究の方法と目的を提示する。2 節では、本研究の構成を示す。

### 1.1 研究の背景と目的

#### (1) 社会基盤構成要素の安全性と品質

われわれの社会システムの基盤を構成する要素は、交通輸送、エネルギー、医療、水、食料などのハード、さらにそれらを取り巻く環境や制度、情報といったソフトなど、多岐にわたる。それら要素は、有機的に連携する複雑な社会システムを構築している。また、それらを支える科学技術の急速な進展は、新たな機能を持つ製品の開発、製造、販売のみならず、他の製品・サービスや技術との連携によるシステムの構築に貢献し、その便益を社会が享受するようになってきた。新たな技術やシステムは安全や品質を確保するために利用できる一方で、それらが複雑となると安全や品質を確保することも複雑となる。また、経済性を考慮し効率を重視するあまり、安全性や品質がおざなりとされる場合もある。安全や品質を確保するためには、効率性を追求しつつも、受容できないリスクを排除するための活動を行わなければならない。

われわれは、技術の進歩によって享受する機能と引き換えに安全や品質の確保が難しくなっている。特に産業革命以降の工場制機械工業においては、その発展とともに関わる人々の安全には多くの課題があり、19 世紀末には、近代的な産業革命の最終段階として産業施設の大規模化に伴って、事故の被害も大きくなり社会問題化していた(三井, 2010)。たとえば、日本規格協会(1996)によると、1800 年代のバイエルン王国(ドイツ)は、蒸気機関による産業の発展が見られたが、同時にボイラを制御することができず、多くの危険をもたらした。これに対して、ナポレオンは、1810 年に安全試験の規定を発布したものの、事故は収まらなかった。そこで、技術者が集まり、ボイラ検査協会を立ち上げ、国の監督に代わってボイラのすべての検査を行うことに努めた結果、ボイラの事故は大幅に軽減された。すなわち、基準を設けるだけでなく、それを確認することの大切さが示されている。また、米国では、ULJapan(2003)によると、1890 年代後半にコンセントや電気製品など新しい技術による製品について、安全性の試験が行われることなく販売されたことによって、米国各地で火災が発生し、その対策を行うべく 1894 年に、電気安全試験所が設立された。

これらは、新しい技術の進展により事故が起こること、事故の経験からその対策が行われ事故が軽減されることを示すものであるが、特に注目したい点は、上述のボイラや電気製品の事故の軽減には、事故対策を基にした安全基準の作成と、安全基準を確認する行為が大きな役割を担っていることを示していることである。

安全や品質の確保は、システムが高度になればなるほど複雑になる。たとえば、自動車では、道路、信号、車、運転手が介在した交通システムが構築されており、同じ道路を利用する歩行者、自転車が存在し、安全を確保する仕組みが出来上がっているものの、それでも事故は発生しており、事故を軽減しようと様々な研究や取組がなされている。たとえ

ば、Anders, et al(2014)は、公共交通として、バスの事故の統計データを用い、安全と品質の側面から安全文化の向上の重要性を説いている。また、道路交通安全マネジメントシステム規格である ISO39001 が 2012 年に発行され、わが国でも運用が始まっている。

われわれの社会を構成している要素である交通システムうち、最も複雑なシステムを構築しているのは、航空交通システムであろう。部品点数を比較すると、航空機は自動車の 100 倍の部品を使用しているといわれることから、その安全の確保は高度な技術と知識が必要であることが理解できる。さらに航空交通においては、航空機と空港などをつなぐ電子システムはもとより、パイロット、乗務員、管制官、航空機整備士など、高度な機能、技術、技能が集結したシステムである。本研究では、社会システムの基盤を構成する要素のうち、もっとも高度な技術を要する航空機における事故を取り上げ、その発生、原因、対策を記述統計により、変遷を明らかにし、これまで他の研究では見られない航空機事故に関連するデータを用いてモデル分析を行い、航空交通の安全性に寄与する。

また、一方で、安全や品質に関する標準や制度として、労働安全衛生、機械安全、食品安全などが存在している。労働安全衛生は、生産現場においてのスタッフの安全を守るため、多くの国で制度化されており、成果を上げている。たとえば、J.M.Galvin(2005)によると、オーストラリアでは、労働安全衛生法が制定された 70 年代以降、鉱業分野では、業務中の負傷により失われる生産時間は大きく減少している。機械類の安全性を確保するための国際規格も整備されている。すなわち機械類全般における安全性を確保するための一般原則が ISO12100 として規格化され、その考え方にに基づき広範囲の機械類で利用できるグループ安全規格、さらに特定の個別機械に関する詳細な安全要件の規格が体系化され、規格化されている。食品安全の分野では、食品の安全においても多くの規制があるだけでなく、HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)をはじめ、食品安全マネジメントシステムの国際規格である ISO22000 や、農業生産工程管理(GAP)、食品産業の複数の企業によって開発された FSSC22000 規格とそれらの認証制度が存在する。Jacques (2008)によると、食品の安全と質に関する、多くの規格、認証、制度が存在し、安全と質を確保することに役立つものの、基準を満たし認証を得ることにコストがかかり、それらがたとえば、開発途上国が市場へ参入することへの障壁となることを指摘している。一方で、これらの認証さえ取得すれば信頼が得られ市場に参入できる可能性が高まるため、市場参入のコストや手間が、結果的に減少させることができるとも言われる。

このように、安全や品質を高めるための規格とその認証制度が広まり、同時に課題も指摘される。最も知られている認証制度は、ISO9001 による品質マネジメントシステムである。ISO9001 は、長い時間と議論を重ねて現在の規格と認証システムが構築されており、あらゆる産業に適用可能で、民間で運用される信頼性の高い認証システムとして、多くの規格や認証制度にベンチマークされている。こうしたことから、本研究で、ISO9001 の認証制度を取り上げ、世界的な普及、変遷、課題を提示することは、品質向上へ寄与するばかりでなく、他の認証システムへの良い影響も期待することができる。

## (2) 社会の安全性と品質向上に関する研究

安全な社会システムを構築するために、犯罪、災害、事故などを軽減するための研究が各方面で行われている。城山(2005)は、安全確保のための法的手法を情報提供、基準の策定・検査、原因究明、加害者へのペナルティといった諸要素に大別し、効果と目的を示し、安全法制度に関する原情報収集の論点として、原情報の収集・解析・提供主体の選定、原情報提供を任意とする場合のインセンティブ手法整備、原情報提供を矯正とする場合にかかる論点について、非法的考慮事項、一般上の考慮事項を整理し、設計上の指針を提供している。また、小林(1996)は、事故や犯罪に対して社会的費用を予防的観点から経済的に分析した。諸星(2006)は、救急車が利用中である状況を考慮したアクセシビリティを提案し、各需要点のアクセシビリティが公平になる救急車の再配備場所を求める数理計画モデルを提案している。三和,et al(2010)は、鉄道重大事故統計データを用いて、鉄道事故防止策の提案とその効果を評価している。Parwanto,et al(2014, 2015)は、インドネシアおよび日本の地震と津波に焦点をあて過去の統計データを利用して比較し、さらに具体的な過去の災害について効率的な物資提供の方法をため数理モデルを用いて政策分析を行っている。このような研究は一部で行われているものの、社会システムにおける安全性に言及した研究はあまり多くない。

企業における品質を高めるための研究は、狩野,et al(1984)による、魅力的品質と当たり前品質を示す狩野モデルをはじめ多数存在している。また、近年では、医療の質の向上の研究が進められており、たとえば下野,et al(2014)は、手術プロセスの業務機能展開を行い分解し、標準モジュールを導出するためのモデルを提案している。品質や安全を確保するうえで欠かせない制度に標準や基準、またそれを確認する認証制度がある。規格や基準の作成とその認証については、例えば、Cheit(1990)が、ケーススタディを用いて、公的に決めるのがよりよいのか、民間で決めるのがよいのかといった研究がなされ、民間の自主規制、基準作成の仕組みや手続き、政府の取り組みについての通説と事実関係を明らかにし、国家としての役割を提言している。規格の国際組織を対象とした研究の観点からは、Prakash(2007)は、環境マネジメントシステムの要求事項が記載されている規格である ISO14001 に焦点をあてた ISO の役割を考察し、Murphy は、産業の変遷と国際組織の関係(1994)、ISO の歴史や変遷(2009)などについて報告している。Iñaki(2010)は、マネジメントシステム規格の認証取得に関する各国のモチベーションについての研究を行っている。わが国では、品質マネジメントシステムの要求事項が記載されている ISO9001 の認証制度が不祥事を抑止できないとの問題点が指摘される(経済産業省(2008))一方で、経済産業省をオブザーバーとして迎えた委員会では、2009 年に、マネジメントシステム規格の審査の有効性などに関するアクションプランを策定するなどの活動が行われた(日本マネジメントシステム認証機関協議会(2009))。この中では、虚偽の内容、審査の範囲、審査の質、情報公開、有効性審査といった抽象的な内容が記されている。しかしながら、安全性、品質ともに、統計的に分析した俯瞰的な研究はあまり見られない。

### (3) 安全と品質向上へのアプローチ

安全とは、広辞苑によると安らかで危険のないこと、JISZ8115：2004 ディペンダビリティ(信頼性)用語によると、人への危害または資材の破損の危険性が、許容可能な水準に抑えられている状態、JISC0508-4：2012 電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全―第4部：用語の定義及び略語によると、受容できないリスクから免れている状態などと定義されている。品質とは、ISO9000:2005 品質マネジメントシステム、基本および用語によると、本来備わっている特性の集まりが、要求事項を満たす程度と定義されている。

安全や品質を向上させるためには、様々なアプローチがあるが、過去の経験をいかし、継続的に改善させていくことが重要である。このようなアプローチは、当然多くの企業においてなされていることであろうが、社会においても同様のアプローチが必要である。図1-1に安全、品質向上のためのソフトインフラストラクチャーを示す。事故や事件などある事象が起きますと、所管官庁によって、原因が究明され、それに付随する情報が明らかにされる。むろん事故が起きないように未然防止を考慮して規制などが事前になされるわけであるが、起きてしまった事象については、原因究明された情報を利用し、新たな基準が策定される。基準が策定され施行されれば、企業や国家はそれを満足するための取り組みを行い、自らもしくは第3者機関を利用し検査を行い、基準が満足していることを確認する。場合によっては、マークなどで基準を満足していることを知らせる。それでもまた事故などの事象が起きると同様な作業を行うことになる。このように安全や品質を構築するために、情報が循環するソフトインフラストラクチャーが作られている。提供される情報を利用し、いかに客観的に分析するか、それが、安全と品質の向上の基礎となる。

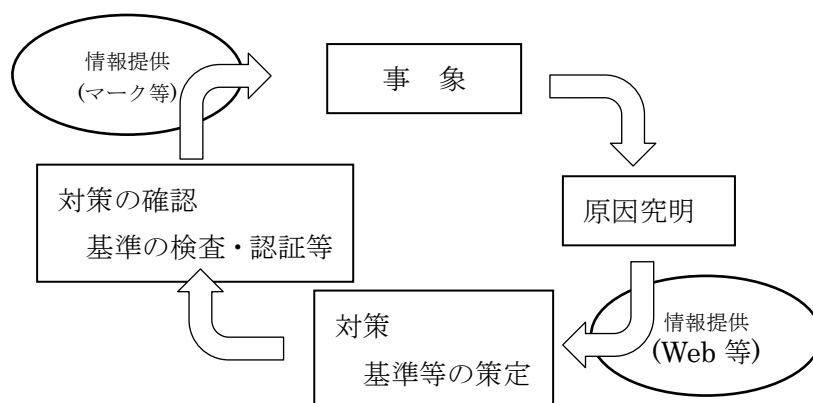


図 1-1 安全、品質向上のためのソフトインフラストラクチャー

### (4) 研究方法と研究目的

図1-2に、安全、品質向上のための分析のフローを示した。さまざまなステークホルダーが製品、サービスなどを提供し、それを利用する。ひとたび事故が起こると提供者は、加

害者となり、受益者は被害者となる。また、製品やサービスだけでなく、社会基盤を構成する要素は、多様であり、それらを提供するのは、たとえば水などのライフラインや制度であれば、企業でなく自治体や国家または地域連合や国際機関である。

事故などの安全を逸脱する事象が発生した場合には、事実や原因究明が行われ、発生事象そのものだけでなく、事前、事後に行われていた対策や対応、それを取り巻く情報や統計的データが公開される。公開された情報を基に、過去の対策や政策を振り返り、それらを重ね合わせて提言を行うことが、安全や品質の向上に寄与する。

社会システムの基盤を構成する各種要素には、ハードとソフトがある。本研究は、ハードとして交通システムその中でも特に安全の確保が重要でかつ高度な要素を有する航空機を取り上げ、ソフトとして品質に関する制度、特に最も早い時期から取り組みが行われ広く普及し、また安全や分野ごとの品質を確保するためのマネジメントシステムを構築するうえで常にベンチマークされてきた品質マネジメントシステム規格である ISO9001 とその認証制度を取り上げ分析対象とし、以下の二つの目的を有する。

- ・わが国の航空機の事故を取り上げ、発生・原因・対策に関する統計データ解析を行い、今後の航空機の安全対策について提言する。

- ・品質マネジメントシステム規格である ISO9001 を取り上げ、世界およびわが国の変遷とパターンを明らかにし、品質向上、国際標準化戦略に貢献する。

なお、図 1-2 に赤で示された内容は航空機事故の事例を取り上げ、青で示された内容は ISO9001 を取り上げて研究を進める。



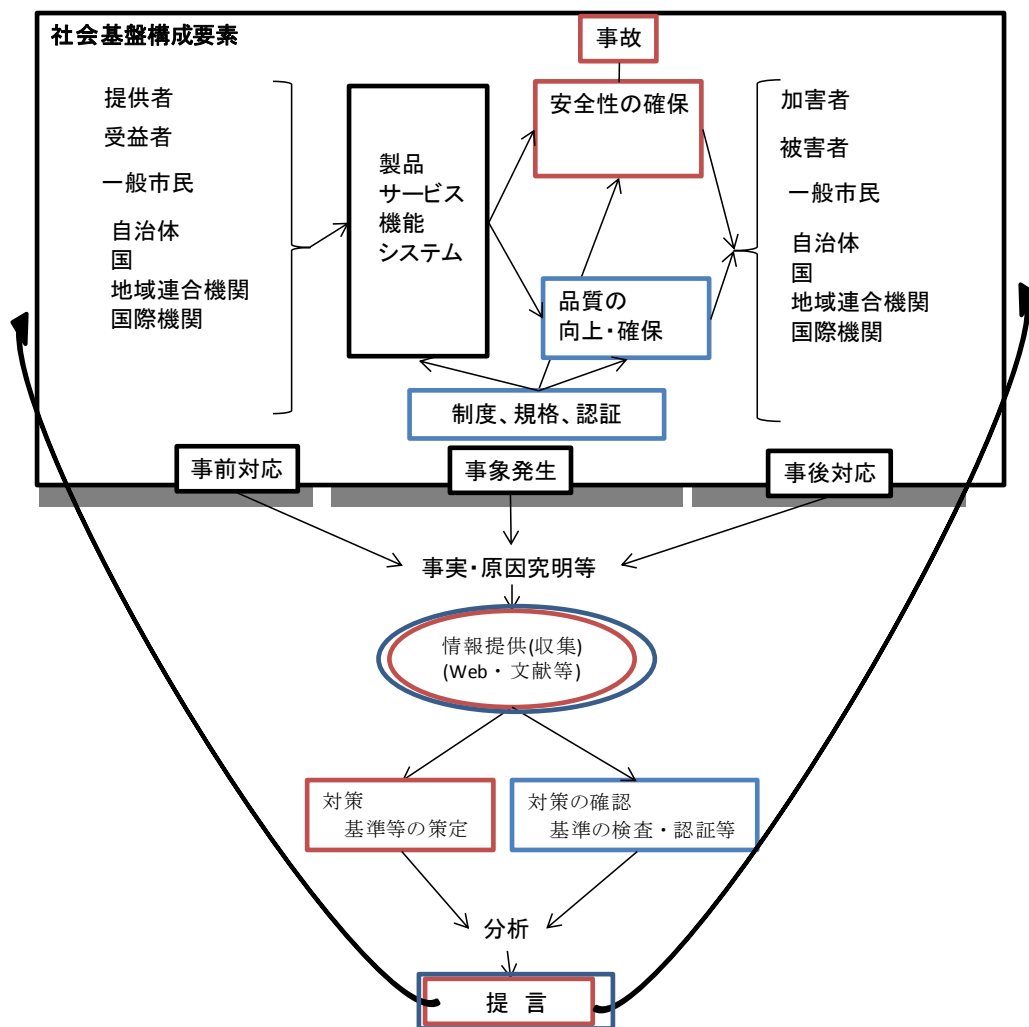


図 1-2 安全、品質向上のための分析フロー

## 1.2 本研究の構成

本章では、社会基盤構成要素とその安全性、品質向上へのアプローチとその分析方法を示す。本研究は大きく2つの構成からなる。安全性の観点からの航空機事故を2章及び3章、品質向上の観点からISO9001を4章及び5章でそれぞれ取り上げて、調査、分析を進める。

2章では、我が国における航空交通の主な手段である、小型航空機、大型航空機、ヘリコプターの事故について約30年のデータを用い、経年における事故及び死亡者数の推移、事故の要因などについて分析を行い過去に行われてきた対策と事故件数を比較し、今後行うべき対策について提言する。3章では、航空需要と事故件数、事故発生の間隔、死亡者数について数理モデルの分析を行う。

4章では、ISO9001を発行している国際標準化機構(ISO)、ISO9001、認証制度の概要について述べ、約20年のデータを用い、国別、業種別、政策などの側面から、どのような推移、変遷を経てきたかを明らかにする。5章では、わが国のISO9001の認証について、産業別分析を行い、ISO9001の認証件数が多い主要産業として、建設業、金属業、電機産業を取り上げ分析し、ISO9001を利用して品質を向上させるための方策を提言する。

6章では、本研究で明らかになった知見をまとめ、今後検討すべき課題を提起することで、本研究の結論とする。

## 第2章 わが国における航空機事故の発生・原因・対策

本章では、わが国の航空機関連事故がどのような推移、変遷を経てきたか、そして事故に対応した政策や対策がどのように行われてきたかを明らかにする。それらの結果を踏まえ今後の予測および安全その対策について論じ、広く航空交通の安全に寄与することが本章の目的である。国内外において航空機事故の研究が行われているが、特定の事象に対する事故の原因対策を詳細に分析したものがほとんどである。したがって、記述統計学的なアプローチから俯瞰的に航空機事故を取り扱った研究はほとんどなく、どのような事故に対して優先的にどのような対策をおこなうことが有効か、すでに行った対策が最適なものであるかといった検証、議論はあまり行われていない。本章では、わが国の国土交通省運輸安全委員会によって包括的に公表されている事故データ情報を利用し、事故の統計データ解析を行う。解析に当たり、航空機に関して 5,700kg 以上の機体重量である航空機を大型航空機、それ未満の機体重量である航空機を小型航空機、ヘリコプターとして分類して分析を進める。

1 節では、まず世界での交通の主要手段である航空交通の需要および航空事故を示したうえで、わが国における小型航空機、大型航空機、ヘリコプターの事故について過去約 30 年間のデータを用い、事故及び死亡者数の経年推移を示すとともに、期間をⅠ期(1974—1985)、Ⅱ期(1986—1997)、Ⅲ期(1998—2010)の 3 期に分けて分析する。2 節では、航空機型種別に事故原因について、Ⅰ期(1974—1985)、Ⅱ期(1986—1996)、Ⅲ期(1997—2007)に分けて分析を行なう。3 節では、事故の発生原因について、事故と対策の変遷と傾向の特性を明らかにする。

### 2.1 航空機事故と航空機事故研究

#### (1)世界における航空機需要と航空機事故

ICAO(International Civil Aviation Organization)に加盟している世界の定期航空会社による 2250kg 以下の航空機の運行回数および死者を含む事故件数を表 2-1 に示す。離陸数は図 2-1 に示すとおり、1975 年に 9,649 千回、1985 年に 1,850 千回で、1995 年に 17,816 千回、2005 年に 24,910 千回、2010 年に 27,759 千回と、年々増加をしている。また 2000 年以降の北米、欧州、アジアパ・シフィックでの離着陸の数について図 2-2 に示す。北米は、他の 2 地域に比べ離着陸回数が最も多い。2000 年が 18,140 千回で、2005 年が 21,940 千回と上昇するものの、2010 年には 20,094 千回に減少している。欧州においては、2000 年が 12,460 千回、2005 年が 13,500 千回、2010 年が 15,720 千回と微増している。アジア・パシフィックにおいては、2000 年が 6,340 千回、2005 年が 8,820 千回、12,494 千回と他の地域に比べ著しく成長している。

表 2-1 世界の定期航空会社による航空機の離陸数及び死者を含む事故件数(1975-2010)

年号	離陸数(千回)	事故数	年号	離陸数(千回)	事故数
1975	9649	27	1993	15725	33
1976	9947	28	1994	17012	27
1977	10108	38	1995	17816	25
1978	10379	29	1996	18759	24
1979	10674	37	1997	19359	26
1980	10570	26	1998	19687	20
1981	10087	24	1999	20644	21
1982	10330	27	2000	21420	18
1983	10820	22	2001	21500	13
1984	11410	16	2002	20490	11
1985	11850	22	2003	21130	7
1986	12540	17	2004	23760	9
1987	13310	24	2005	24910	17
1988	13940	25	2006	25530	12
1989	14090	27	2007	26500	11
1990	14610	22	2008	26245	2
1991	14230	29	2009	25851	—
1992	14660	28	2010	27759	—

Source : 航空統計要覧(1984-85, 1988-98, 2001,2011)

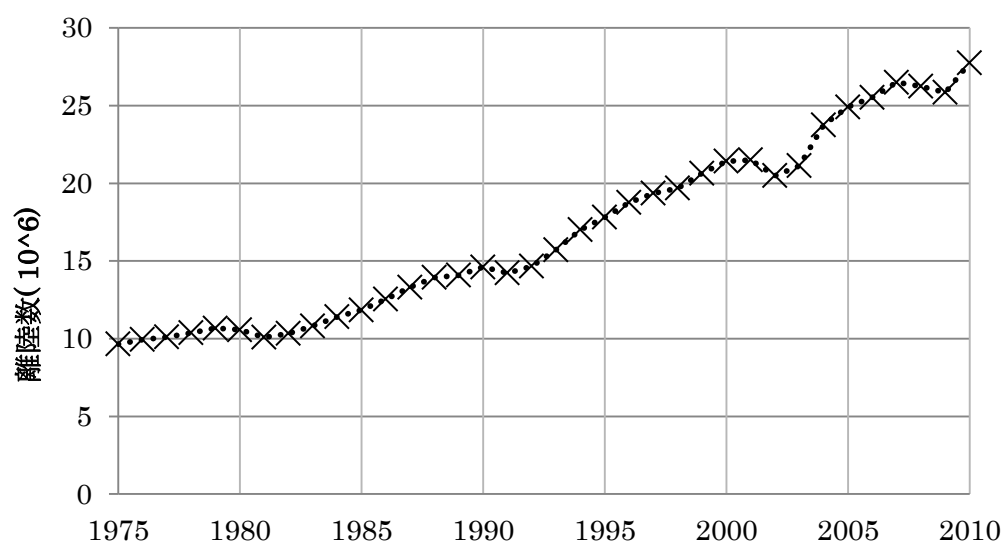


図2-1 ICAO加盟国における離陸数(1975-2010)

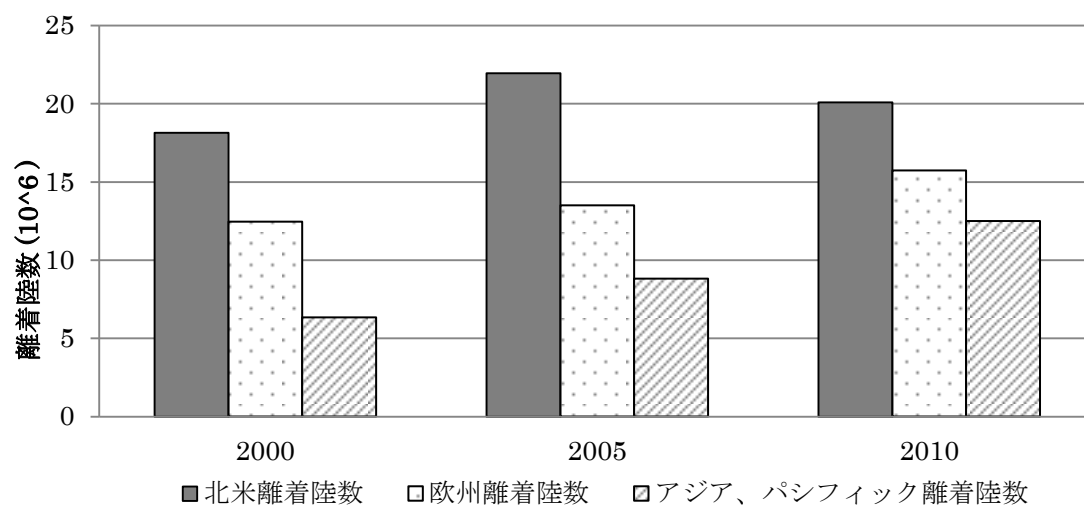


図2-2 各地域の定期航空便離着陸数  
(2000-2010)

Souce : 航空統計要覧(2001,2011)

図 2-3 に、過去 20 年における ICAO の加盟国における最大離陸重量が 2,250kg 以上の定期便航空機の死亡事故件数を示す。死者を伴う事故件数は、1993 年に 33 件をピークに減少傾向にあり、1998 年には 20 件、2003 年には 7 件となった。2005 年には 17 件と増加したが、2006 年は 12 件、2007 年は 11 件、2008 年は 12 件となっている。

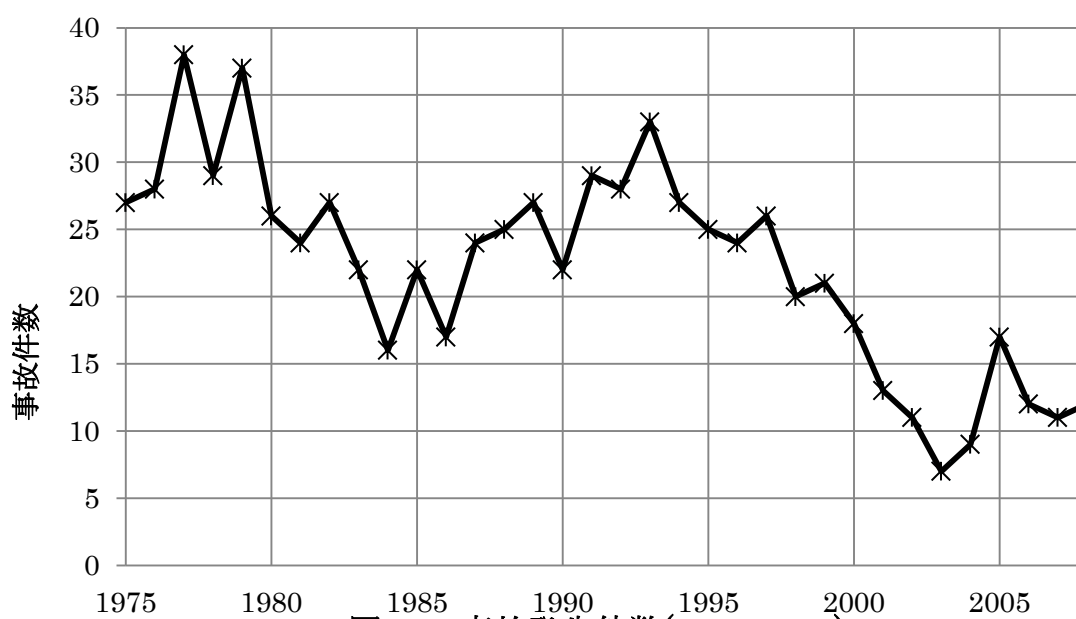


図2-3 事故発生件数(1974-2008)

## (2)航空機事故研究の概要

Clarence,et al.(2012)によると、航空機事故に関係するヒューマンエラーはフライトクルーだけでなく、メンテナンス時も含めるとヒューマンエラーに起因する航空機事故は、80%から90%におよぶ可能性があるとしている。この認識は古くからされており、1974年には、世界で最初の航空産業におけるヒューマンエラーに関する国際航空安全セミナーが、飛行安全財団(Flight Safety Foundation:FSF)によって開催されており、現在では、FSF、国際民間航空輸送協会(International Air Transport Association:IATA)、国際民間航空機関(International Civil Aviation Organization:ICAO)などによって、ヒューマンファクターに関する取り組みが広く行われている。一方、Hobbs(2000)によると、主要な航空機事故は、12%がメンテナンスによるものであり、フライトの遅れはエンジントラブルであると報告している。Bazargan,et al(2011)は、米国で1983年から2002年までの間に起きた4万件の事故データを用い、事故を起こしたパイロットの性別、年齢、経験の影響度を分析し、パイロットの経験の浅いものは、ヒューマンエラーによる事故を起こす確率が高いことを示した。また、Wiegmann,et al(2003)は、米国の1996年から1999年の航空機事故におけるパイロットの死亡原因についての分析を行い、鈍的外傷が主であり、骨の損傷については、肋骨(72.3%)、頭蓋骨(55.1%)、顔面骨(49.4%)、脛骨(37.9%)、骨盤(36.0%)であることを明らかにした。Chang, et al(2010)は、機内安全のサバイバルファクターとして、航空機のデザインと装置、コックピットと乗員の教育と協調、乗客の行動と安全教育、緊急事態における対処能力のカテゴリーに分け47項目を取り上げ、それらの重要性のランク付けをし、コックピットと乗組員による、緊急時および避難時の適切な指示と、群衆管理の訓練が特に重要であるとした。李家(2008)は、運用面から見た安全性の確保方法について、コックピットの改善、安全で高密度な運行実現のシステム、パイロット免許制度改革、など将来に向けた取り組みについて報告している。城山(2003)は、航空機事故調査における米国の制度に関して、専門的知見を集める調査方法、事故当事者以外の組織による犠牲者・遺族への支援、法的追求方法などを示し、わが国の人的充実、調査体制、遺族への対応のあり方の検討を行うべきであるとの報告をしている。また中洲賀(1995)は、聞き間違いや慣れなど人間の性質を踏まえ、自動化における航空機と人間の関係のあり方に言及し、パニック時の心理的トレーニングやフェイルセーフなどの提案をヒューマンファクターの側面から行っている。他方、航空機の事故を統計的にまとめた上でのアプローチの報告は、例えば、わが国では、上山(1976)が報告しているが、かなり古い内容であり近年における分析は見当たらない。

国内外において航空機事故の研究が行われているが、いずれも分断的、近視眼的研究が多い。このような研究においては、特定の事象に対する事故の対策として至極役立つものである。一方で、本研究のような記述統計学的なアプローチから俯瞰的に航空機事故を取り扱った研究はほとんどなく、どのような事故に対して優先的に対策をおこなうことが有益か、すでに行った対策の効果などの議論は行われていない。

## 2.2 航空機事故発生件数の推移

航空機事故は地域的な特性があることから、以降は、我が国に焦点を当て、我が国に広く航空交通の安全に寄与すべく、航空交通の事故がどのような変遷を経て、事故に対応した政策や対策がどのようなに行われてきたかを明らかにしその対策を導く。本研究では、航空機・ヘリコプター事故の分析を行うに当たり、航空機に関して 5,700kg 以上の機体重量である航空機を大型航空機、それ未満の航空機を小型航空機として分類する。また、期間を、経年および、特徴を色濃く反映させるためⅠ期(1974—1985)、Ⅱ期(1986—1997)、Ⅲ期(1998—2010)の3期に分けて分析を進める。

1952年に制定された航空法第76条第1項によると、“報告の義務”のある航空機事故は次の5項目として定義されている。(i)航空機の墜落、衝突又は火災 (ii)航空機による人の死傷又は物件の損壊 (iii)航空機内にある者の死亡又は行方不明 (iv)他の航空機との接触 (v)その他国土交通省令で定める航空機に関する事故。航空機には、数人を載せる小型航空機から数百人を載せることができる大型航空機まで様々なものが存在する。一方では、ヘリコプターのように無人機を含めて数十人を運ぶ人命救助、取材、観測などの目的を有して飛行するものもある。

わが国における航空機とヘリコプターの事故発生件数および死者数を表2-2に示す。表2-2から、小型航空機の事故件数については1976年が28件と最も多く、2006年と2009年が2件と最も少なく、年平均事故件数は9.5件、変動係数は0.54である。死者数については、1986年の17名が最も多く、1993年、1999年、2006年、2009年が0であり、年平均死者数は5.0名、変動係数は0.87である。大型航空機の事故件数については、1976年が7件と最も多く、2010年が0であり、年平均事故件数は3.1件、変動係数は0.51である。死者数については、1985年が520名と最も多く、合計22年間では年中の死者数が0である。年平均死者数は22.4名、変動係数は4.22となり、他と比較すると最も大きい。航空機全体を見ると、1976年の事故件数が35件と最も多く、最も少ないのは、2006年、2009年のそれぞれ5件であり、年平均事故件数は12.6件、変動係数は0.47である。全期間における航空機の全事故件数の467件のうち小型航空機の占める事故件数は351件で75.1%を占める。ヘリコプター事故発生件数については、1978年が24件と最大となり、2003年、2006年が最少で1件となり変動係数は、0.50と小さいが、死者数は、1990年が31件で最大で、1995年、1999年、2006年は0であり変動係数は、1.03とバラツキが大きくなっていることが分かる。

### (1) 航空機・ヘリコプターの着陸数と事故発生件数

航空機・ヘリコプターの着陸件数と事故発生件数をそれぞれ図2-4、図2-5に示す。図2-4から、最近の30余年間において、わが国の航空機需要は年間約15千回の着陸数の増加として示されるのに対し、事故発生件数は年間約0.39件の減少となっている。図2-5からは、ヘリコプターの着陸数と事故発生件数はいずれも、最近の20ないし30年間において漸減

傾向にあることが分かる。ヘリコプターは、着陸数が年平均約 435 件程度減少し、年間事故発生件数は約 0.36 件減少している。

着陸回数と事故発生件数データを用いて着陸 10 万回当たりの年間の事故件数を調べると、全体としては減少傾向が認められる中で、航空機全体においては、1976 年の 6.7 件をピークに、多少の波はあるものの減少傾向にあり、2006 年には、0.5 件まで減少している。ヘリコプターにおいては、1993 年の 58.7 件をピークに減少傾向にある。小型航空機、大型航空機の型種別着陸回数は不明なために単純に比較はできないが、航空交通の手段として、ヘリコプターの事故は多いといえよう。

## (2) 航空機型種別事故発生件数の推移

図 2-6 は、1974 年から 2010 年大型航空機の事故件数に対して、経年値、3 年移動平均値、5 年移動平均値の推移を示すグラフである。小型航空機についても同じように、図 2-7 に示す。大型航空機、小型航空機のいずれも年々減少傾向にあるが、大型航空機については、小型航空機にくらべて波があること、また減少の度合いが低いことなどがわかる。さらに図 2-6 のグラフから大型航空機は、事故発生に関する周期性が見られ、約 10 年おきに事故の増加および減少が起こっていることが分かる。すなわち、1985 年に 520 名の死者を出した日本航空機事故、1994 年に 264 名の死者を出した中華航空機事故が発生しており、その周辺の事故が多く、また、その約 10 年後の 2007 年も事故が若干多くなっていることによる。このことから大型航空機の事故発生に関してはほぼ 10 年の周期性がうかがわれる。大型航空機の事故の周期性には、気の緩みを主体とした原因によるものが考えられる。大きな事故が起きると、しばらくは気を引き締める効果があるが、一定期間たつと人は気が緩んでしまう。気の緩みによる事故は、航空機の種類にも影響される。すなわち、新型航空機は、飛行機能はもとより、操縦の自動化と効率化、ヒューマンエラーの防止システムなどが導入され、人の関与の度合いを減少させ飛行できるが、機械に任せておけばよいとの気の緩みにより想定外の事態への対応力が落ち事故につながる。また、旧型航空機は、老朽化とともに欠損箇所が増える可能性があるが、整備、飛行など慣れているがゆえに、気のゆるみが生じ、航空機の欠損や修理のミスに気が付かず、また慣れた飛行による慢心から、事故を生じさせる可能性もある。新型航空機の新規性や旧型航空機の老朽化による問題が、このような気の緩みにより顕在化し、周期性を生じさせているものと考えられる。

図 2-8 は、ヘリコプターの事故発生件数の経年推移を示すグラフである。ヘリコプターの事故の減少傾向が小型航空機、大型航空機の場合よりも大きいことが分かる。

なお、ヘリコプターの事故件数には、季節性があることを付記しておく。図 2-9 に、春季を 3 月から 5 月、夏季を 6 月から 8 月、秋季を 9 月から 11 月、冬季を 12 月から 2 月とし、季節毎に事故の件数を示す。1974 年から 2010 年の全期間に対して、夏季(6 月-8 月)は 191 件と最も多く、次いで春季(3 月-5 月)は 82 件、秋季(9 月-11 月)は 80 件、そして冬期(12 月-2 月)は最も少なく 57 件となっている。この季節性による傾向の原因は、ヘリコプター



の使用目的によるものである。詳細は、2 節で述べる。なお、他の航空機型種の事故発生に  
 関しては、顕著な季節性特徴は見られない。

表 2-2 事故発生件数と死者数(1974-2010)

年	航空機		ヘリコプター	
	事故件数	死者数	事故件数	死者数
1974	21 (16)	3 (2)	17	6
1975	17 (15)	5 (5)	15	1
1976	35 (28)	16 (14)	17	5
1977	14 (10)	2 (2)	12	3
1978	15 (10)	7 (6)	24	8
1979	20 (15)	5 (5)	16	1
1980	15 (12)	2 (2)	23	2
1981	15 (11)	33 (7)	15	10
1982	17 (13)	6 (4)	11	5
1983	14 (13)	10 (9)	14	2
1984	7 (3)	3 (2)	10	4
1985	15 (12)	524 (4)	18	6
1986	19 (14)	17 (17)	11	3
1987	21 (16)	14 (14)	8	3
1988	7 (5)	7 (6)	13	3
1989	11 (8)	7 (5)	11	7
1990	13 (12)	5 (5)	15	31
1991	11 (9)	1 (1)	17	18
1992	6 (4)	5 (4)	9	3
1993	8 (5)	0 0	16	2
1994	9 (6)	266 (2)	15	6
1995	8 (6)	5 (4)	4	0
1996	18 (12)	12 (7)	10	13
1997	14 (11)	7 (7)	6	8
1998	16 (14)	15 (15)	5	2
1999	9 (7)	0 0	8	0
2000	7 (6)	3 (3)	12	5
2001	7 (6)	6 (6)	11	3
2002	8 (5)	5 (5)	11	4
2003	12 (9)	11 (11)	1	4
2004	13 (11)	3 (3)	6	5
2005	9 (7)	1 (1)	7	8
2006	5 (2)	0 0	1	0
2007	9 (3)	2 (2)	7	6
2008	10 (6)	3 (1)	4	2
2009	5 (2)	0 0	6	5
2010	7 (7)	4 (4)	4	14
合計	467 (351)	1015 (185)	410	208
平均	12.6 (9.5)	27.4 (5.0)	11.1	5.6
標準偏差	6.0 (5.2)	94.3 (4.4)	5.6	5.8
最大値	35 (28)	524 (17)	24	31
最小値	5 (2)	0 (0)	1	0

表中の( )内数値は小型航空機による事故件数、死者数

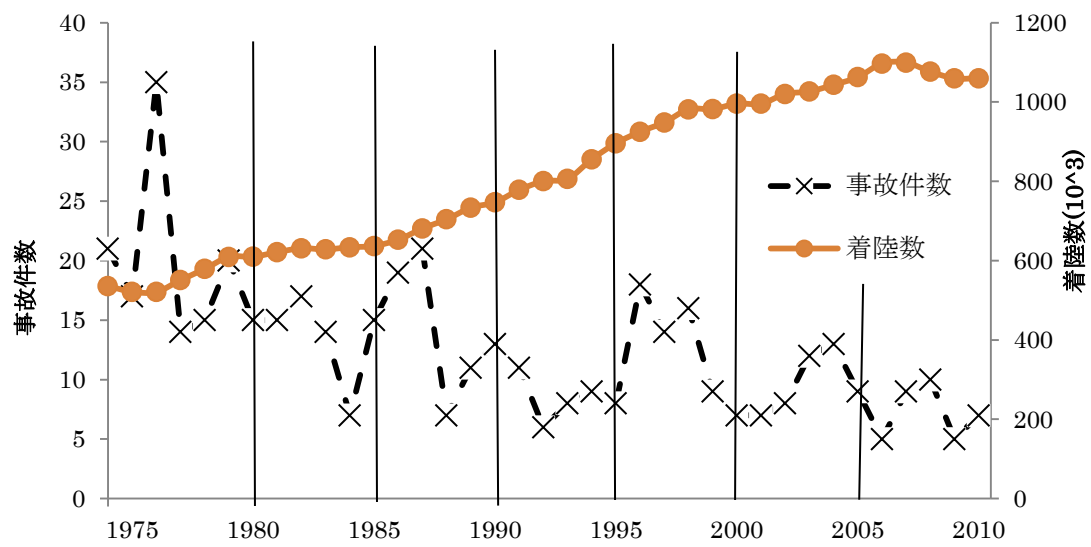


図2-4 航空機の着陸数と事故発生件数の経年推移(1974-2010)

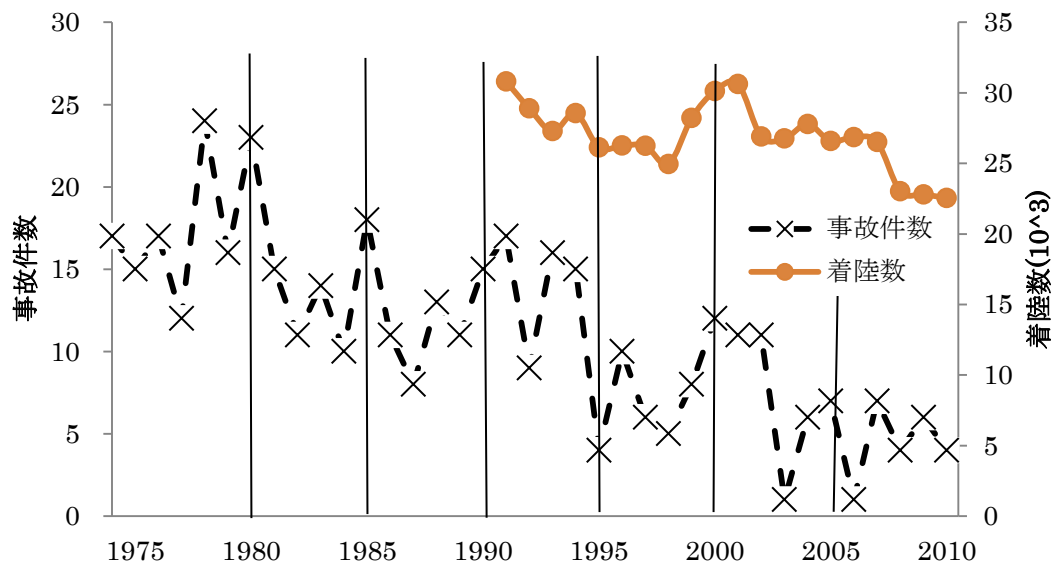


図2-5 ヘリコプターの着陸数と事故発生件数の経年推移(1974-2010)

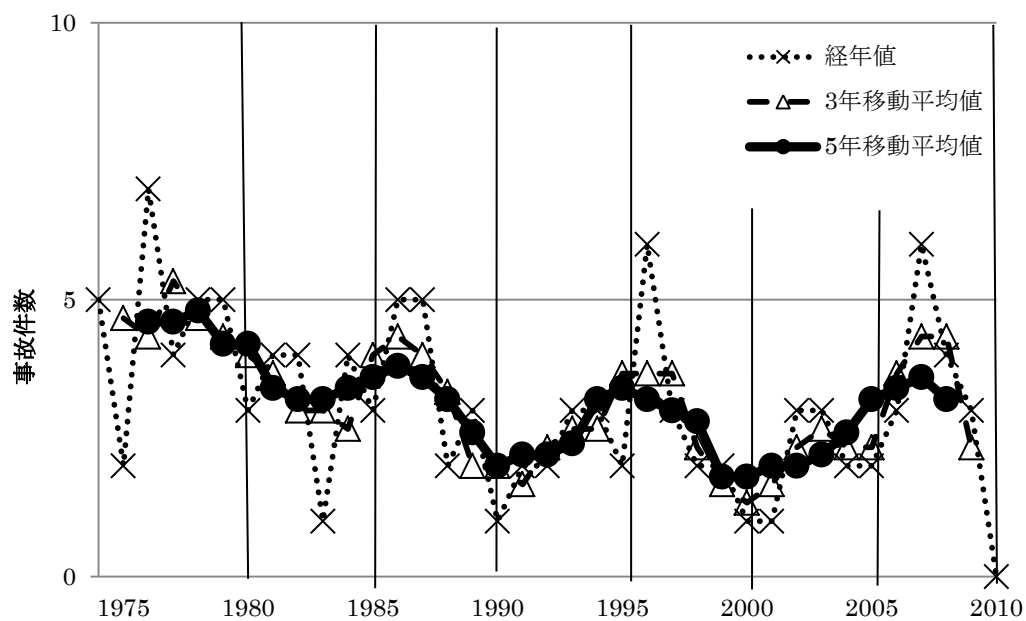


図2-6 大型航空機における事故件数の移動平均 (1974-2010)

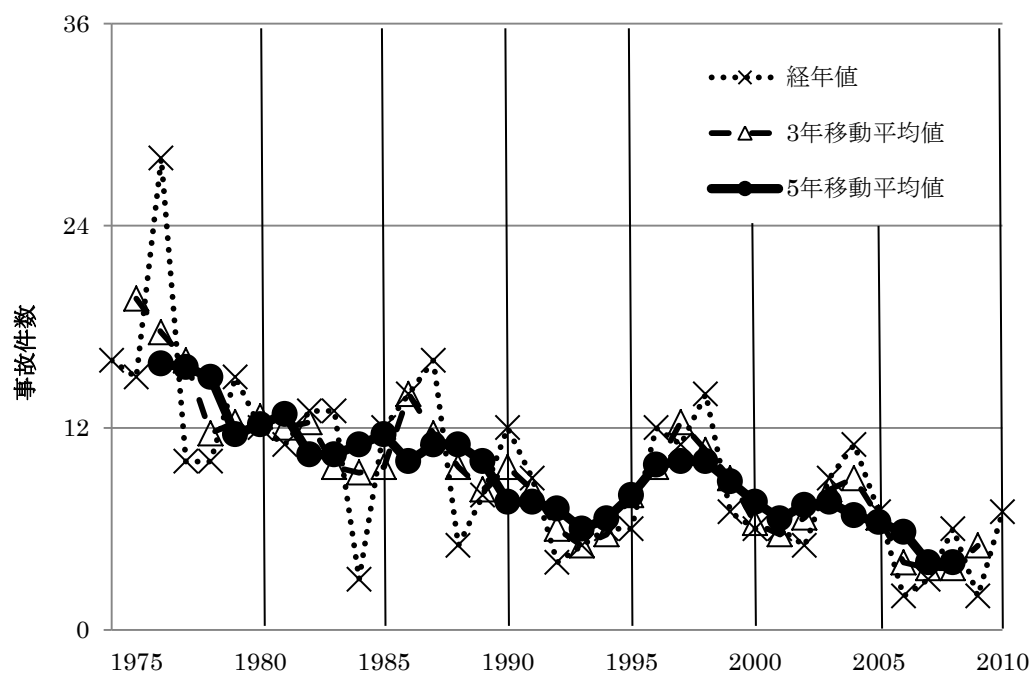


図2-7 小型航空機の事故件数の移動平均  
(1974-2010)

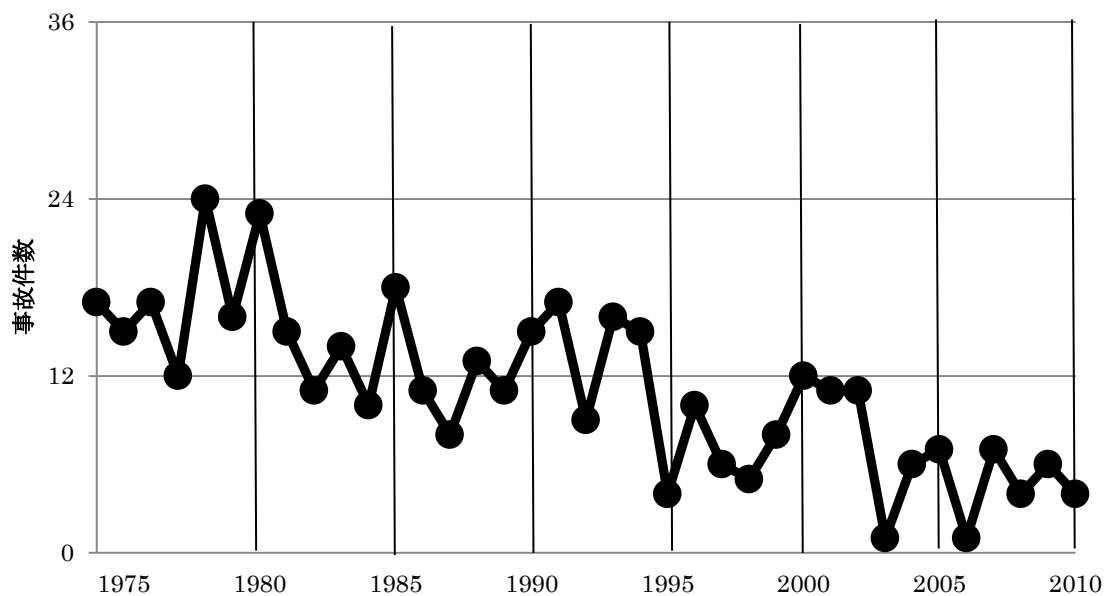


図2-8 ヘリコプターの事故発生件数の推移(1974-2010)

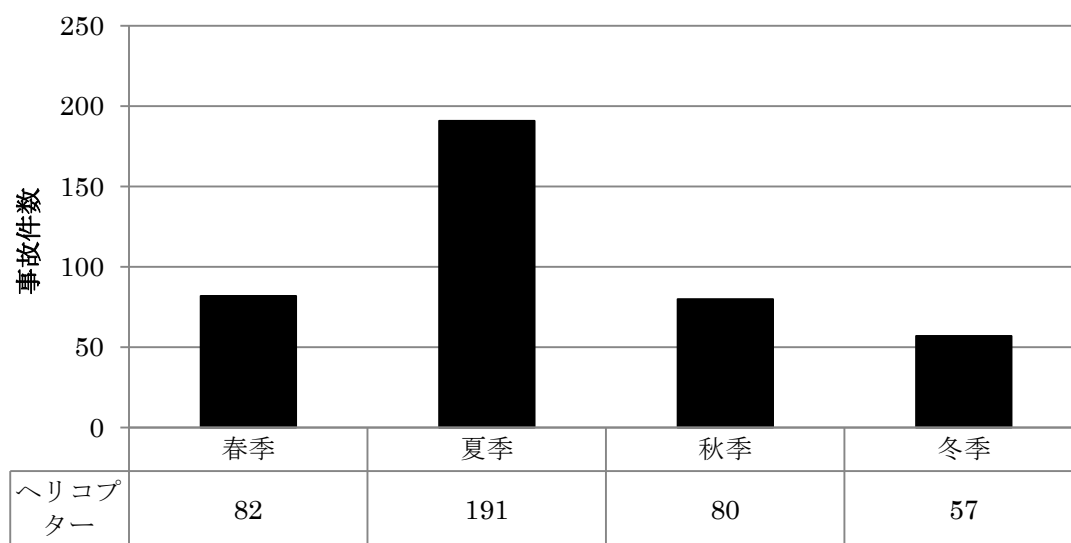


図2-9 ヘリコプターにおける季節毎の事故発生件数(1974-2010)

### (3) 事故による死者数の推移

航空機の死者数については、対象とする 1974 年から 2010 年にかけての期間の中で、最も多い年は、1985 年の 524 名、1993 年、1999 年、2006 年、2009 年は 0 であった。1985 年 8 月 12 日に東京から大阪に向かっていたジャンボジェット機日本航空 123 便が群馬県御巢鷹山の尾根に墜落し、520 名の命が失われたのは、いまだわれわれの記憶に残っている。この墜落事故は、わが国航空機事故史上最大と言えようが、過去 30 余年間においては御巢

鷹山事故の9年後の1994年に246名の命が失われる名古屋空港での中華航空140便墜落事故も発生している。このような大型航空機事故は、航空機が巨大化するにつれて、一旦発生すると多くの人命を失う大事故となり、大きな社会問題となる危険性を常にはらんでいる。ヘリコプターの事故による当該期間の死者数については、1990年の31名が最も多く、1995年、1999年、2006年が0である。1990年の死者数が多いのは、10名搭乗、6名搭乗の大型ヘリコプターが墜落したためである。

当該期間における事故による死者数の年データに対する標準偏差を計算すると、死者数については、小型航空機が4.4、ヘリコプターが5.8で小さく、大型航空機が94.6と大きい。一方、事故発生件数の年データに対する標準偏差については、小型航空機が5.2、ヘリコプターが5.6であることに比べ、大型航空機は1.6と小さい。これは、大型航空機の事故発生件数の年データのばらつきは小さいものの、一度事故が起きるとその死者数は大変大きくなる可能性を示唆している。

図2-10は小型航空機と大型航空機の型種別事故による死亡者数の経年変化、図2-11はヘリコプターの事故による死亡者数の経年変化を示したものである。図2-10において、1982年の死者数が大きくなっているのは2月9日に起きた東京国際空港で起きた事故により24名の死者を出したものである。図2-11において、1990年に死者数が大きくなっているのは、10人乗り、6人乗りといった搭乗者が多いヘリコプターがそれぞれ1機ずつ墜落したことによるものである。

表2-3は1974年から2010年までの期間をⅠ期(1974—1985)、Ⅱ期(1986—1997)、Ⅲ期(1998—2010)の3期に分けた場合のそれぞれの期における事故件数と事故による死者数を示したものである。小型航空機およびヘリコプターはⅠ、Ⅱ期の死者が多いことが分かる。Ⅱ期において、事故件数が減少しているのにもかかわらず死者数が増加している原因は、乗員数の多い小型航空機、ヘリコプターの事故が増加していることが挙げられる。

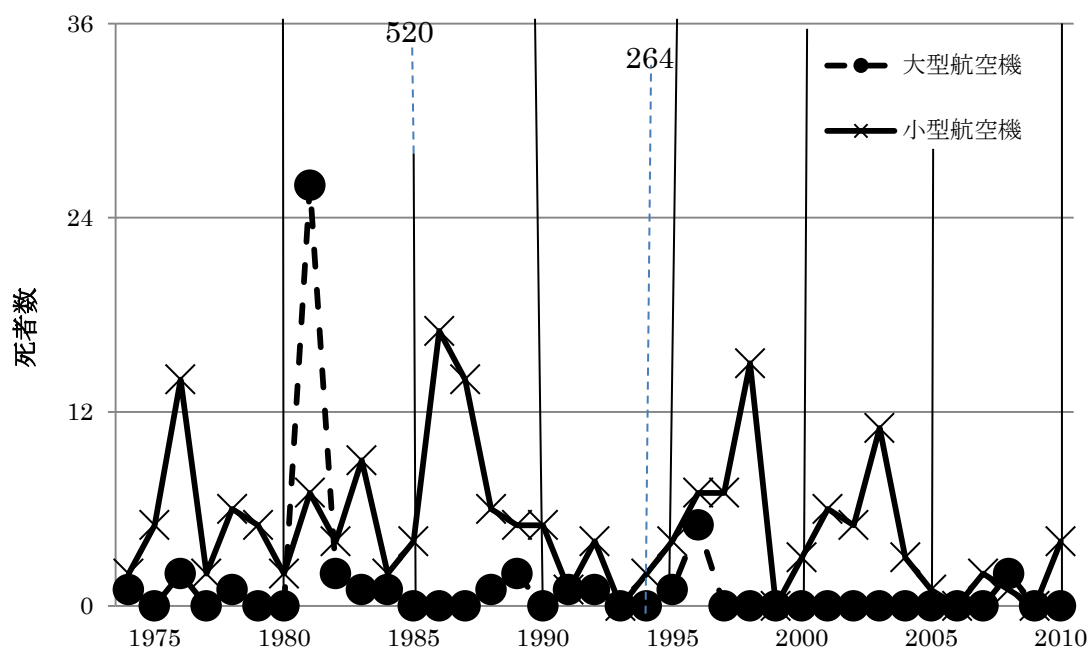


図2-10 航空機事故の死者数推移 (1974-2010)

表 2-3 各期における事故件数、死者数の推移(1974-2010)

期		大型 航空機	小型 航空機	ヘリコプター
Ⅰ	事故件数	47 (3.9)	158 (13.2)	192 (16.0)
	死者数	554 (46.2)	62 (5.2)	52 (4.3)
Ⅱ	事故件数	37 (3.1)	108 (9.0)	135 (11.3)
	死者数	274 (22.8)	72 (6.0)	97 (8.1)
Ⅲ	事故件数	32 (2.5)	85 (6.5)	83 (6.4)
	死者数	2 (0.2)	51 (3.9)	58 (4.5)
合計	事故件数	116 (3.1)	351 (9.5)	410 (11.1)
	死者数	830 (22.4)	185 (5.0)	207 (5.6)

( )内数値は、年平均値

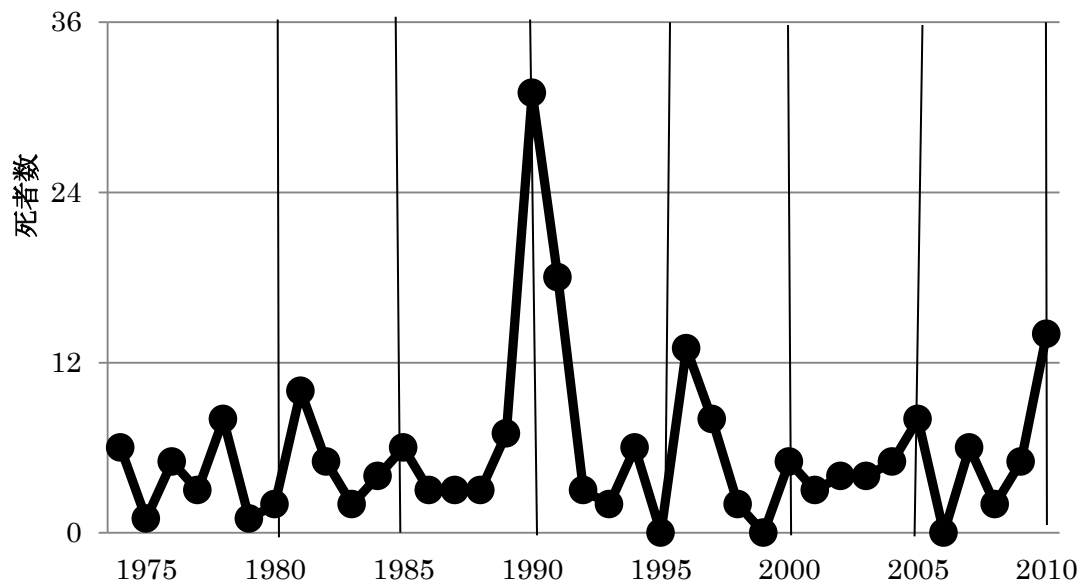


図2-11 ヘリコプター事故の死者数推移(1974-2010)

## 2.3 航空機事故の発生原因分析

航空機事故の発生原因分析にあたっては 1974 年から 2007 年までのデータを用いる。本節では、上記期間の分割にあたって、前節で用いたⅡ期およびⅢ期の区間年数をわずかに変更し、Ⅰ期(1974—1985)、Ⅱ期(1986—1996)、Ⅲ期(1997—2007)として分析を進める。

### (1) 小型航空機事故の発生原因

小型航空機事故における発生原因別の割合を図 2-12 に示す。なお、1 つの事故に対して、複合要因もあるため原因総数は、以下に述べる事故全体総数とは一致しない場合がある。図 2-12 から分かるように、事故全体 336 件のうち、234 件(56.7%)は操縦者ミスに起因する事故である。その他は機材故障が 64 件(15.5%)、気象が 56 件(13.6%)、整備不良が 24 件(5.8%)となっている。操縦者ミス、機材故障、気象で全体の 80%以上を占めることになる。小型航空機の操縦は、離着陸および飛行において、自動操縦によることなく、多くの場合パイロットに完全に依存するケースが多いため操縦者ミスが最も多い。操縦者ミスは、操作ミス、判断ミス、手順ミス、指導ミスの大きく 4 種類に分けることができる。操作ミスは、減速の不足や、切り返しのタイミングのミスなどである。判断ミスには離陸断念の判断の遅れ、高度判定の誤りなどが含まれる。手順ミスは、脚の下げ忘れなど所定の手順のミス、指導ミスは訓練中のミスである。それぞれの内訳は、操作ミスが 109 件(46.6%)、判断ミスが 102 件(43.6%)、手順ミスが 45 件(19.2%)、指導ミスが 18 件(7.7%)となっている。機材故障は、エンジンによるものが 42 件(66.7%)、脚によるものが 14 件(22.2%)、その他 7 件(11.1%)となっている。気象による事故の内訳について、雲と霧による事故が半数以上を占め、それぞれ 26 件(46.4%)、5 件(8.9%)となっている。視界が確認できなくなることが原

因でおこる事故が多い。この他、風、乱気流がそれぞれで 12 件(21.4%)、9 件(16.1%)となっており、空中を飛行するため風に影響されやすいことがわかる。

図 2-13 に各期別の小型航空機事故を発生個所によってさらに離着陸時とそれ以外(主に飛行時)にわけ、事故の主要原因である操縦者、気象、機材故障、整備不良の件数がどのように変化したかを示す。離着陸時における操縦者ミスによる事故の数が、第Ⅰ期の 77 件から、第Ⅱ期には 38 件と大幅に減少しているのが特徴的である。

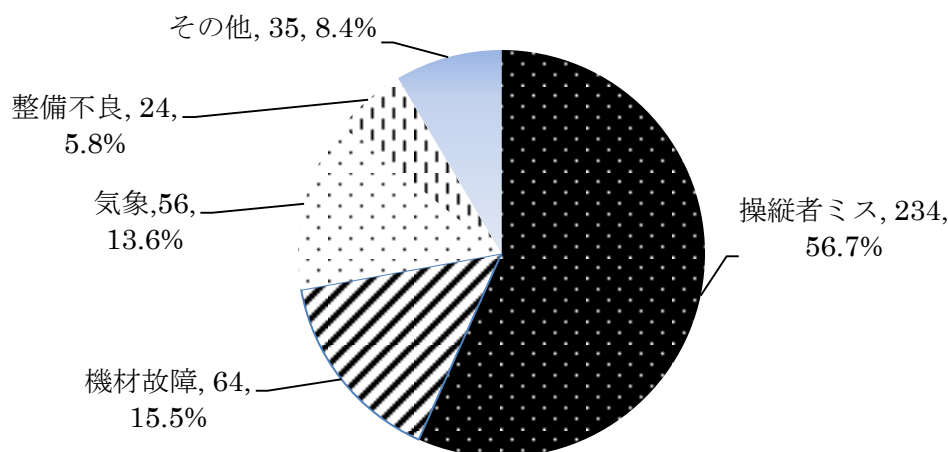


図2-12 小型航空機事故の発生原因の内訳(1974-2007)

表 2-4 に操縦者ミスの内訳が期ごとにどのように変化したかを示す。4 種類のミスのいずれにおいても事故件数がⅠ期からⅡ期にかけて、大幅に減少をしている。すなわち小型航空機の事故の減少は、操作性の向上、判断ミスや手順ミスが起きないように、たとえば警告音やコクピットの配置などの改善によりエラープルーフが施されたため、さらには訓練時のエラーも減っていることから、教育改善がなされたことによると考えられる。古い航空機がいまだ運用されていることから、これらが新しい航空機と入れ替わることで、操縦者に起因する事故が減少するものと期待される。飛行中の事故については、判断ミスが最も多い原因であり、Ⅰ期が 23 件、Ⅱ期が 25 件、3 期が 19 件と、他の要因に比べて減少が少ない。飛行中の判断ミスは死亡に至るケースが多いと想定されることから、判断ミスを防止する技術を向上させるという問題が解決されれば、事故減少と死亡者の減少にさらに大きく貢献できると考えられる。



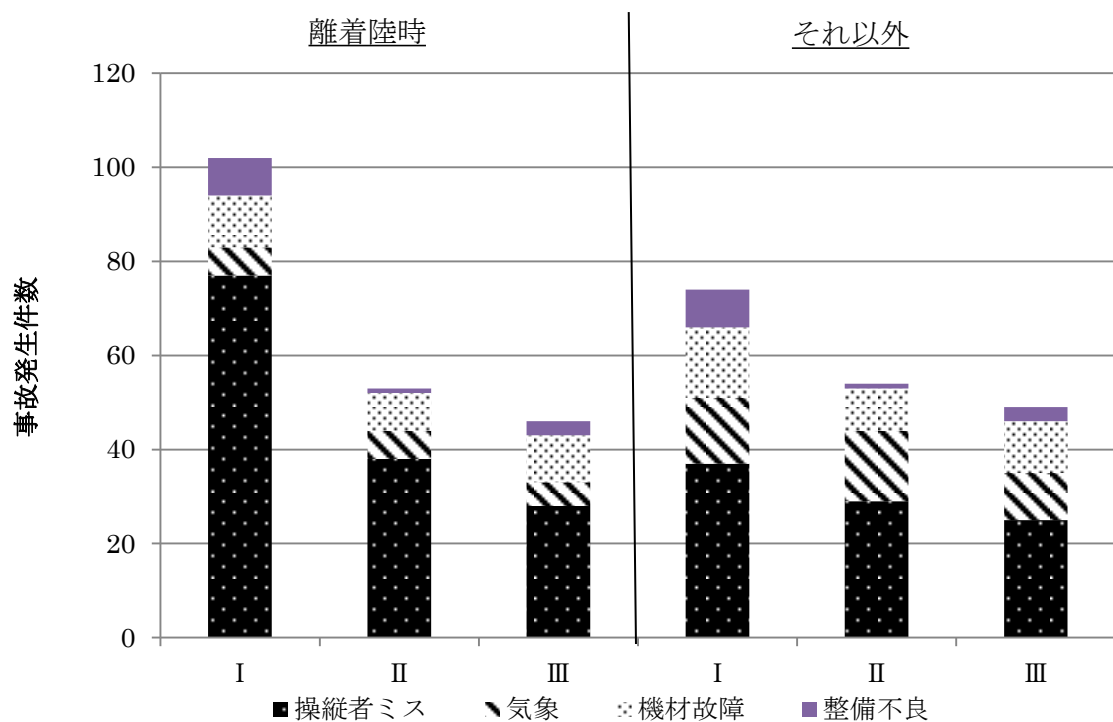


図2-13 小型航空機事故における期別事故原因の内訳(1974-2007)

表 2-4 小型航空機における操縦者ミスの種類(1974-2007)

期	操作ミス		判断ミス		手順ミス		指導ミス		合計	
	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時
I	40	18	19	23	20	3	10	1	89	45
II	23	11	10	25	8	0	3	0	44	36
III	12	5	6	19	11	3	2	2	31	29
合計	75	34	35	67	39	6	15	3	164	110
割合(%)	45.7	30.9	21.3	60.9	23.8	5.5	9.1	2.7	100.0	100.0

## (2)大型航空機事故の発生原因

最初に、200名以上の死者を出した、1985年の御巣鷹山墜落事故および、1994年に起きた名古屋空港墜落事故の、2つの大事故の原因について述べ、事故発生要因の統計について分析を加える。

1985年、520名の死者を出し、わが国で最も大きな社会的インパクトを与えた御巣鷹山の日航ジャンボ墜落事故の原因は、運輸省航空事故調査委員会(1987)によると、整備不良であった。同機は、1978年に尻もち事故を起こし、その修理が不適切に行われたことが原因であった。ボーイングの技術員による修理の指示は、2つの壁をつなげるため、間にプレートを一枚はさみ、左右にある壁とプレートをそれぞれ2箇所ずつリベットにより結合することであった。しかしながら、実際の修正は、あいだに挟まれたプレートが2つに分けて取り付けられ、結果的に右側の壁は、中断のリベットのみのみで左側の壁と結合し、上段のリベットは、その意味をなしていなかった。これは、中田が指摘するように、伝達不足、修正確認の不備もさることながら、作業員がリベットを2箇所止めをする理由を理解していないことも大きな要因であると言える。

1994年に起きた264人の犠牲者を出した中華航空の名古屋空港への墜落事故の要因は、運輸省航空事故調査委員会(1996)によると、パイロットエラーであった。副操縦士が、間違えてゴーアラウンドモード<sup>1</sup>を操作し自動操縦装置が作動したが、これを解除しないまま着陸のための首を下げるかじ取りを行った。このため、飛行機が急上昇し、失速し墜落することとなった。直接的にはパイロットエラーであるが、相反する指示が同時に起こるという事象を回避するためのシステムを導入していればこの事故は起きなかった。現在はそのシステムが導入されている。

大型航空機事故の発生原因別割合を図2-14に示す。全体109件のうち、気象、操縦者ミスがそれぞれ38件(32.2%)、37件(31.4%)で、機材故障が12件(10.2%)、整備不良が4件(3.4%)となっている。その他の27件は、鳥、カートの衝突、病死、不明などである。操縦者ミスは、小型航空機に比べ割合的に少なくなっているもののやはり大型航空機事故の大きな発生源となっている。気象による事故の内訳は図2-15に示す通りであるが、乱気流と風による事故が約90%を占めている。大型航空機にとって強風の影響が大きいことが分かる。操縦者ミスの内訳は、全体37件のうち、操作ミスが26件(70.3%)、判断ミスが13件(35.1%)、手順ミスが5件(13.5%)、指導ミスが3件(8.1%)となっている。機材故障は、エンジンが3件(25.0%)の他、ドア、エンジンアウターケース、設計不良、組み立て不良、修理ミス、ギア、タイヤ、脚、警報誤作動である。離着陸時とそれ以外のときの事故原因を見ると、離着陸時については、操縦者ミスが28件(51.9%)で最大なのに対して、それ以外すなわち主に飛行中の事故の最大の原因は、気象が26件(40.6%)となっている。大型航空機事故を離着陸時とそれ以外の時(主に飛行時)に分け、Ⅰ期、Ⅱ期、Ⅲ期の各期において主な原因である操縦者、気象、機材故障、整備不良の件数の変化を図2-16に示す。Ⅰ期からⅡ期にかけ

---

<sup>1</sup> 着陸を断念し、上昇体制に移ること

て大幅に事故が低減されているが、これはⅠ期以前の1971年の死者68名の東亜国内航空の「ばんだい」号事故、同年162名の死者を出した全日空ボーイング727型機と自衛隊ジェット機との衝突事故を機に急速に整備された航空交通航空政策、航空機や空港管制などの技術発展によるものが大きい。雲上視界飛行の禁止、民間航空と自衛隊の航路の整備や、レーダーの整備、管制官の確保など多くの対策が進んだことによる成果が現れてきたためである。

大型航空機事故の発生原因は、離着陸時は、操縦者ミスによるものが多く、離着陸時以外では、そのほとんどが気象によるものである。表2-5に、操縦者ミスの内訳である操作ミス、判断ミス、手順ミス、指導ミスの各期ごとの推移を示す。離着陸時における操作ミス、判断ミスは減少している。これは、航空機の機能の向上や、CRM (Crew Resource Management) などの取り組みによるものだと考えられる。なおⅢ期に飛行時における操作ミスが増えているのは、操縦者による過剰操作によるものである。気象が原因である離着陸時以外の事故は、Ⅰ期が6件(54.5%)であるのに対してⅡ期は11件(78.6%)と増加している。近年は、地球温暖化などにより気象状況が激しく変化することなどもあることなどが原因と考えられる。ただし、Ⅲ期では9件(56.3%)とⅡ期より2件減少している。気象に対する操縦者の見識や技術発展による減少と考えられる。なお、1982年に、米国でデルタ航空191便が最終着陸時に乱気流が原因で墜落し135名が亡くなったが、この事故がきっかけで、気象に関するレーダー技術の改善とトレーニングが米国の連邦航空局(Federal Aviation Administration:FAA)により変更されている(Rodrigues and Cusick(2012))。

気象のうちもっとも多い要因である乱気流(タービュランス)は、多くの場合避けられない、しかも予測不可能な自然現象である。乱気流は積乱雲中の乱気流、晴天乱気流、前線面上の乱気流、他の航空機による乱気流、低高度の乱気流などに分類され、それらをいかに予測するか、そして乱気流の遭遇の情報をいかに素早く共有するかが重要である。これらについては、地上天気図、衛星画像、高層天気図、航空路悪天予測図、航空路断面予測図など多数の気象資料が作成され、それらが蓄積されていることから、乱気流の発生を精度よく予測できるようになってきた。同時に、それらを短期間で活用できる能力が求められるようになり、気象に関わる教育の充実やパイロットの乱気流予測の知識と能力向上が重要となる。またこれまでは、乱気流の遭遇の情報共有は、体感した乱気流の状況が無線などで報告していたが、乱気流の度合いの定量化と報告の自動化による技術が導入されようとしており、付近の航空機へのより素早い情報の共有化が可能となる(加藤(2010))。

離着陸時以外の操縦者ミスはⅡ期が2件(14.3%)、Ⅲ期が4件(25.0%)、そして機材故障はⅡ期が1件(7.1%)、Ⅲ期が3件(18.8%)と若干増加しているのは、航空需要の大幅な増加のためと考えられる。ただし、操縦者ミスの増加については、以下のようなことが原因と考えられる。第Ⅰ期においては、単に操縦者単独での操作ミス、管制官とのコミュニケーション不足、思い込みなどが原因で、自然現象などの外的な要因はなく改善の余地のあるものであった。一方で、Ⅱ期、Ⅲ期では、自然現象とそれに対する対応のまずさによる事

故が多い。すなわちⅠ期のような事故の原因は、技術の開発や徹底した訓練やコミュニケーション方法の改善などで、比較的容易に減らすことのできると思われる要因であるが、自然現象の適切対応については、乱気流の増加に加えその対応方法がかなり高度なものであるため、排除することができていないものと思われる。

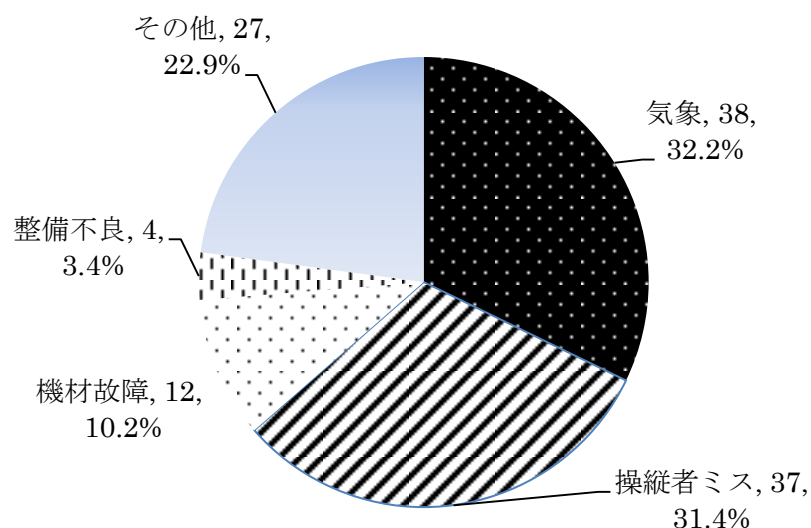


図2-14 大型航空機事故の発生原因の内訳(1974-2007)

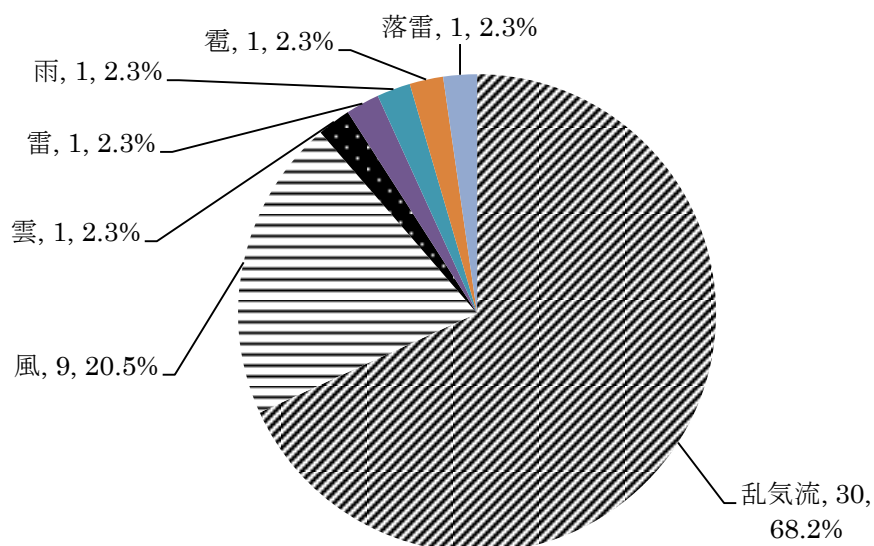


図2-15 気象による大型航空機事故の内訳(1974-2007)

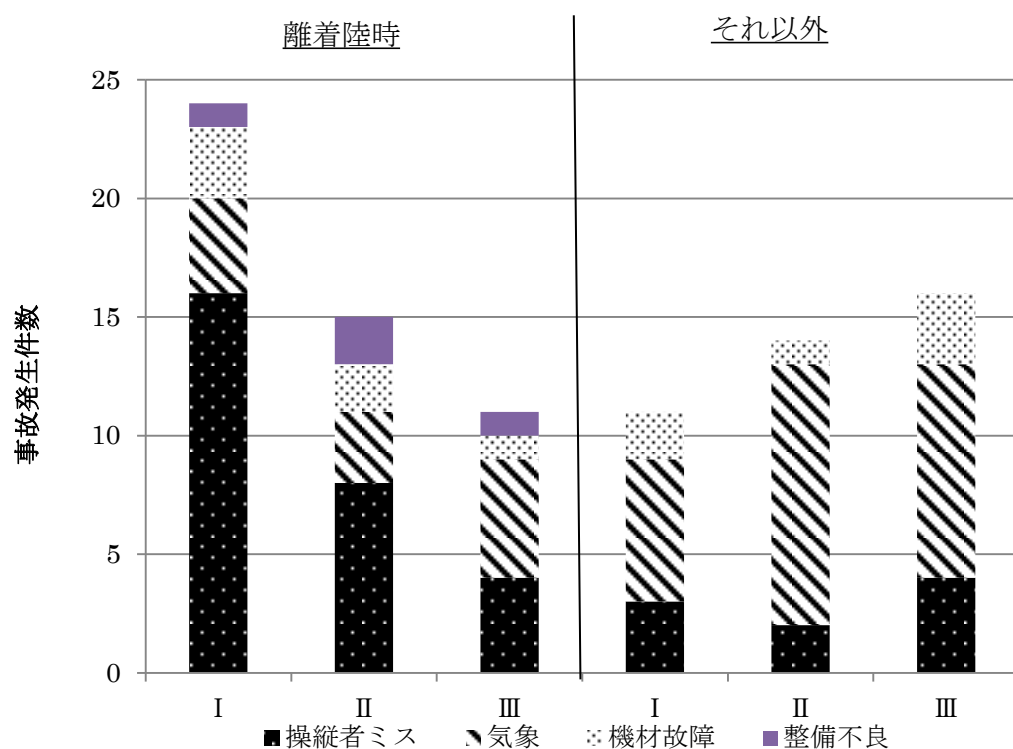


図2-16 大型航空機事故における期別事故原因の内訳(1974-2007)

表 2-5 大型航空機にける操縦者ミスの種類(1974-2007)

期	操作ミス		判断ミス		手順ミス		指導ミス		合計	
	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時
I	11	1	4	2	2	1	0	0	17	4
II	6	1	4	1	2	0	0	1	12	3
III	4	3	1	1	0	0	1	1	6	5
合計	21	5	9	4	4	1	1	2	35	12
割合(%)	60.0	14.3	25.7	11.4	11.4	2.9	2.9	5.7	100.0	100.0

### (3) ヘリコプター事故の発生原因

図 2-17 にヘリコプター事故の発生原因別の割合を示す。全期間を通して、396 件のヘリコプター事故が発生しているが、その原因については、操縦者ミスが 274 件と 70%近くを占めている。操縦者ミス、機材故障(54 件、13.4%)、気象(15 件、3.7%)、整備不良(9 件、2.2%)をあわせると事故のほぼ 90%を占める。

操縦者ミスの内訳は、全体 276 件のうち、判断ミスが 175 件(63.4%)、操作ミスが 110 件(39.9%)、指導ミスが 12 件(4.3%)、手順ミスが 3 件(1.1%)である。機材故障は、全体 58 件のうち、エンジンが 26 件(44.8%)、テール・ロータが 9 件(15.5%)、となり、その他は、ネジ、ボルト、シャフト、ベアリングなどの種々の部品の故障による事故である。気象は、霧が 5 件、雲、乱気流がそれぞれ 3 件、風、雪がそれぞれ 2 件となっている。霧、雲による視界不良、乱気流、風による操縦への影響が大きいことがわかる。

事故件数は、Ⅰ期は 192 件であるのに対し、Ⅱ期は 129 件と約 3 割減少し、さらにⅢ期は 75 件とⅡ期から約 4 割減少している。図 2-18 に、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの各期において主な原因である操縦者ミス、気象、機材故障、整備不良の件数の変化を示す。ヘリコプター事故は離着陸時よりもそれ以外(主に飛行時)の事故件数が非常に多く、離着陸時の事故が多い小型航空機、大型航空機と対照的である。飛行中の操縦者ミスによる事故の割合が増え、他の原因の割合は減少していることから、飛行時による操縦者ミスを防ぐことがかなり難しいと言えよう。事故が最も多い飛行中の操縦者ミスについての内訳を表 2-6 に示す。判断ミスによる事故が 150 件と 7 割以上を占める。

図 2-19 は、事故発生時のヘリコプターの使用用途を示したものである。農薬などを散布するために利用したヘリコプターの事故が 145 件(36.6%)と最も多く、人員輸送(人)が 113 件(28.5%)、荷物の運搬(荷物)が 63 件(15.9%)、訓練中の事故が 37 件(9.3%)、ヘリコプター本体の輸送(移動)が 20 件(5.1%)、メンテナンス飛行(整備)が 18 件(4.5%)となっている。農薬散布は 6 月から 8 月にかけて集中的に行われるため、夏に事故が多い季節性の特徴がある。図 2-20 に、1974 年から 2007 年までの事故を起こしたヘリコプターの使用用途をⅠ、Ⅱ、Ⅲの各期に分けて示した。散布を目的とするヘリコプター事故が減っているが、有人ヘリコプターによる農薬散布から無人による散布に切り替わったことがその要因の一つとして挙げられる。佐藤(2005)によると、無人ヘリコプターの開発については、国から委託を受けたヤマハ発動機が 1983 年に開発を開始し、1989 年には世界で初めて量産化に成功した。また、農林水産省(2012)によると、1991 年には、無人ヘリコプターの登録は、123 機で、農薬散布面積は、6159ha であったが、2009 年には 2381 機の登録で農薬散布は 93 万 ha にも上昇している。このように、農地面積の減少もあいまって、有人飛行による農薬散布が減っていることがヘリコプターの事故を減らしていると推測される。一方で、操縦者の判断のミスによる事故、特に衝突については、ヘリコプターの機械的、電子的技術の向上がなされても排除することが難しいものと思われるが、近年では、自動車でも利用されているように障害物を認識すると警告を出したり、自動でブレーキなどの制御が働くような

システムも構築されている。これが改良され、GPS と連動させることによってヘリコプターにも利用されるようになれば、衝突による事故をより減少させることが可能と思われる。

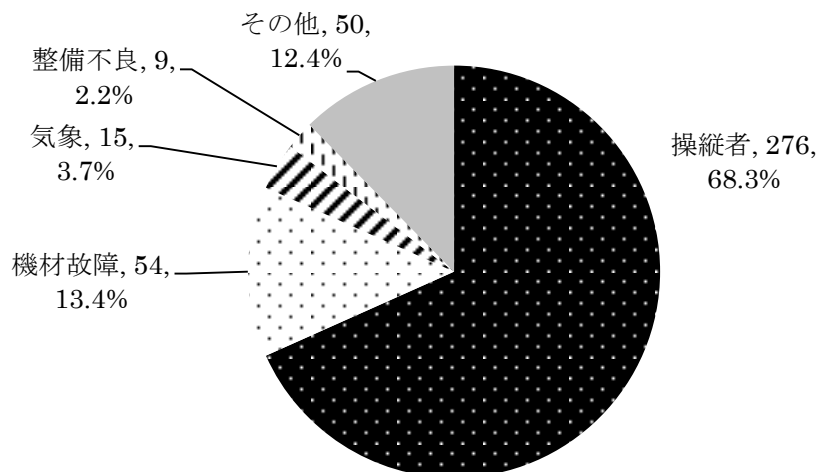


図2-17 ヘリコプター事故の発生原因別割合(1974-2007)

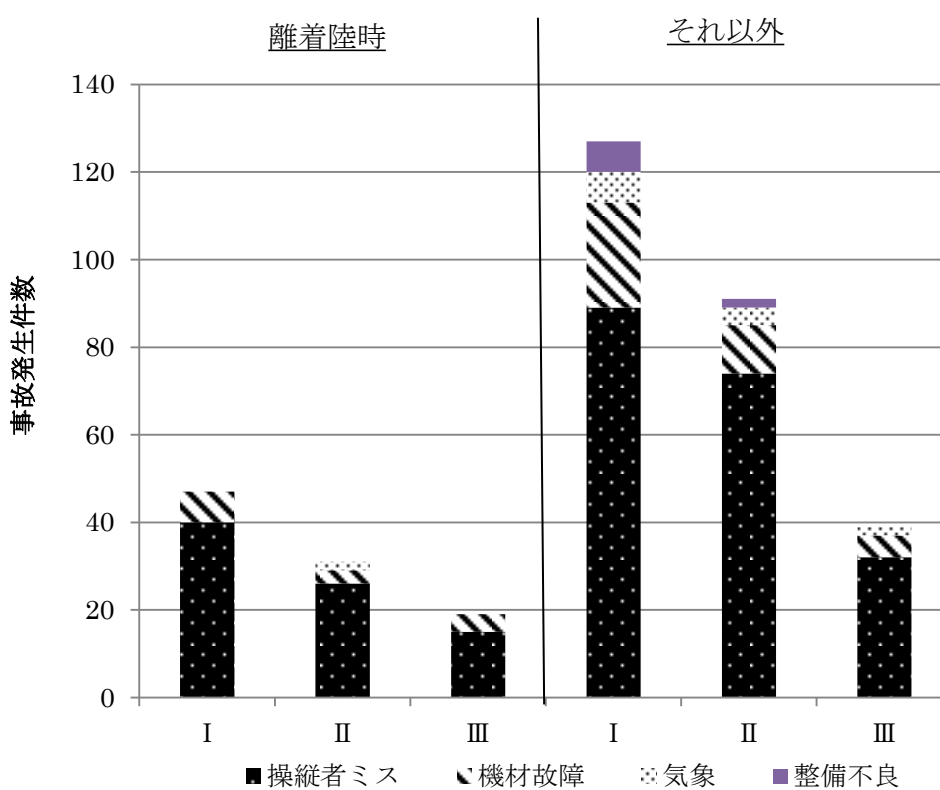


図2-18 ヘリコプターにおける事故原因の内訳(1974-2007)

表 2-6 ヘリコプターにおける操縦者ミスの種類(1974-2007)

期	操作ミス		判断ミス		手順ミス		指導ミス		合計	
	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時	離着陸時	飛行時
I	28	20	14	73	0	0	7	0	49	93
II	21	21	7	55	0	1	2	1	30	78
III	14	6	4	22	2	0	2	0	22	28
合計	63	47	25	150	2	1	11	1	101	199
割合(%)	62.4	23.6	24.8	75.4	2.0	0.5	10.9	0.5	100.0	100.0

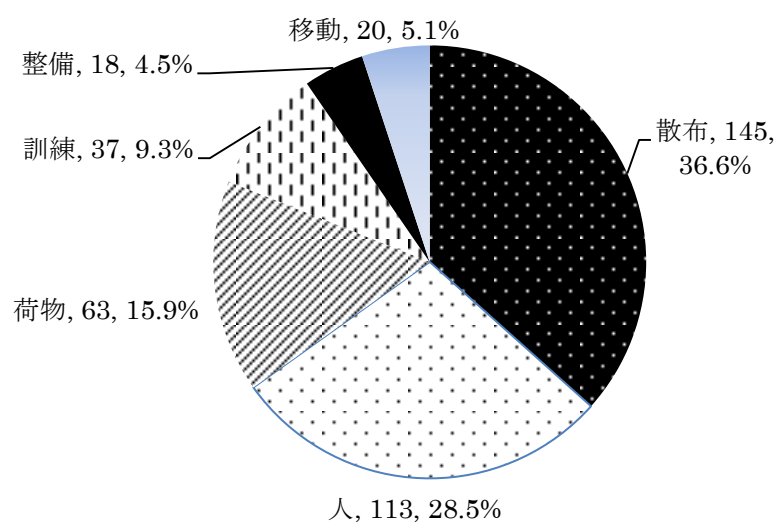


図2-19 事故ヘリコプターの使用目的(1974-2007)

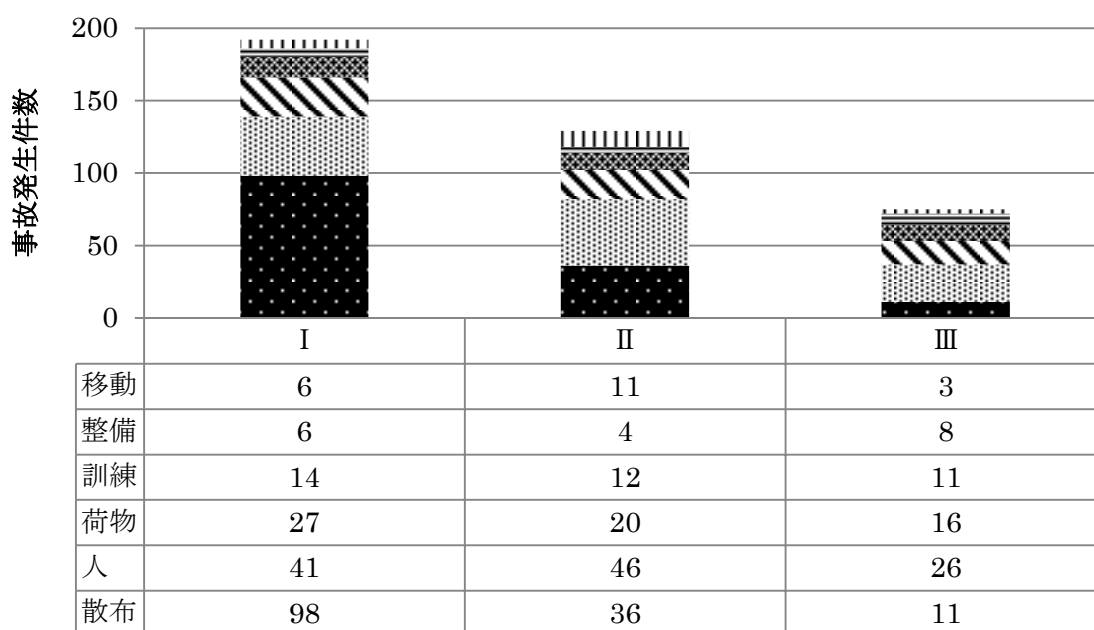


図2-20 事故ヘリコプターの使用目的の内訳 (1974-2007)



## 2.4 航空機事故防止対策とその効果

事故を防止するためには、(i)事故防止技術と設計技術のイノベーション、(ii)乗務員、管制官、整備士等の訓練と事故対応、(iii)航空行政と政策、という大きく分けて3つの要素が重要であると考えられる。以下にこれらのそれぞれについて詳細を述べる。

まず、航空機事故を防止する第1の要素として事故防止技術と設計技術のイノベーションが挙げられる。航空機同士または対地衝突の防止システムや自動運行システムの導入によるヒューマンエラー事故の回避、一部が機能不全に陥っても安全に航空機が着陸できる設計、旧型航空機に対する検査方法などによる機材故障の未然防止などによって、航空機事故を未然に防止することができる。また事故後の生存率を高めるサバイバルファクターを考慮した設計も重要である。これらは、Bazargan,et al(2011)により明らかにされた経験の浅いパイロットによるヒューマンエラー事故の防止、Wiegmann,et al(2003)による事故後のパイロットの死亡原因である鈍的外傷の軽減にも大いに役立つものである。過去においては、杉江(2010)、柳田(2010)、妻鹿(2010)によると、1975年から地上管制における最小安全高度警報装置(Minimum Safe Altitude Warning, MSAW)が整備され、1977年に対地衝突防止装置(Ground Proximity Warning System, GPWS)が民間機に義務付けられ、また同年には航空レーダー情報処理システム(Radar Data Processing System, RDP)、自動ターミナルレーダー情報処理システム(Automated Radar Terminal System, ARTS)が設置され、国内の主要航空を含む日本の全空域にレーダー網を利用したシステムが完成し、航空機の運航の安全性および航空交通管制の能率の増進が確立された。また、嶋田(2011)によると1981年には、パイロットのヒューマンエラーを防止するグラスコックピットが初めて搭載された。さらに、設計思想については、町田(2008)や柳田(2010)によると、フェイルセーフの設計思想として、通常点検で発見できない数ミリ以下の傷が発生してもそれが危険な破壊に発展しないような「損傷許容設計」の採用方針が1978年に打ち出された。このような技術革新とそれに基づく整備がなされ、第Ⅰ期からⅡ期にかけて航空機の事故の件数が大きく減少したと考えられる。

航空事故の減少要因の重要な第2の要素として挙げられるのがパイロット、キャビンアテンダント、管制官、整備士など、航空輸送の全ての関係者への訓練と事故対応である。技術革新による自動化でパイロットは航空輸送の負荷が軽くなる一方で、中洲賀(1995)が指摘するように、パニック時のパイロットの心理トレーニングなど、技術革新に対応した人への新たな対応も必要である。パイロットになるための訓練はもとより、他の航空機や管制官との交信、機内における副操縦士やキャビンアテンダントとのコミュニケーション、整備士の検査力量の向上、また健康管理など、航空輸送の関係者への様々な訓練や対応は、航空事故を減少させる。過去においては、柳田(2010)によると、1970年代の連続事故の後、日本航空では、パイロットの採用試験や機長昇格試験が厳格化され、安全対策特別委員会を設け事故を分析しパイロットが陥りやすい落とし穴に対する対策を立てた。また、杉江

(2010)や柳田(2010)によると、米国でヒューマンエラー撲滅のために開発された、チームとしてのパフォーマンスを上げるための管理方法である **Cockpit Resource Management** を日本航空が 1980 年代から導入した。その後、パイロットに限らず、乗務員全員がチームとして活動するための管理方法として、より一般化された **Crew Resource Management(CRM)**が各社に導入された。また、山本(2010)によると、1982 年に発生したパイロットの精神病に起因した事故を防止するため、パイロットの健康管理や業務管理が行われるようになり、財団法人航空医学研究センターが設置された。このように航空輸送に関係する人への対応も、第Ⅰ期から第Ⅱ期、第Ⅱ期から第Ⅲ期と事故の減少に大きく役立てられていると考えられる。ヒューマンエラーの対策にあたり、費用また労使交渉などが絡み、収益を追求する運航会社として、次のような課題も取り上げられている。これは我が国だけでなく世界共通の課題と思われる。すなわち、杉江(2004)によると、ヒューマンファクターというソフト面での安全対策といえども、教育、研修費にとどまらず、ときには航空機の回収や装備品の購入などでコスト増につながることもある。乗務員の疲労と安全とのかかわりを論ずると労使交渉にも影響する。その結果、本当は間違っているのだが、経営者へ気兼ねしてコストアップにつながるテーマには触れないで置こうという真理が働きがちである。スタッフの処遇などにも気を配る必要も出てこよう。利益を追求する株式会社として運営する運航会社は、安全に対する対策は進んでいることではあるが、経営判断として安全認識が欠けてしまうととんでもない事故を引き起こしてしまう。例えば、米国において、自由化以前、運航会社は 36 社しかなかったが、自由化以降ある時期には 233 社にも増えた。その多くが低運賃を売りにしていた。一例としてバリュージェット社は、予定通りのフライトのみ給与が支払われるため整備や天候に問題があってもフライトを強行した。整備をすべて外注、コストのかかる自前の整備上や部品倉庫、整備士は持たないといったように徹底的にコストを削減した。その結果、緊急着陸は、1994 年には 15 回だったのが、翌年には、59 回と急増、ほとんど一日おきに緊急着陸を繰り返すようになった。そして 1996 年 5 月 11 日バリュージェット 592 便が米国フロリダ州に墜落した。このように、近年増えている Low Cost Carrier (LCC) に対しては、収益を追求するあまり安全対策がおろそかになってしまうことを特に注意しなければならないと考えられる。

航空事故の減少の第 3 の重要な要素として、航空行政と政策といった航空機事故低減のためにとるべき政策の策定、実施が重要であることを強調したい。わが国において航空機の安全対策に主眼をおいた航空政策が採用されるのは 1970 年頃からであるといえよう。増井, et al(1987)によると、まず 1970 年(昭和 45 年)11 月に、国内航空について、航空企業内容の充実化を図り、航空の安全性の基礎のうえに、航空機のジェット化・大型化を推進し、日本国内航空(株)及び東亜航空(株)が円滑かつすみやかに合併し新会社を設立することを推進すること、そして国際航空については、原則として日本航空(株)が一元的に運営するが、特に独占の弊が生じることのないよう自戒しつつ、国民的要請に応えうる体制の確立に努めることが「45 閣議了解」として決定された。また田崎(2010)によると、同時に運輸大臣

は航空審議会に対し今後の航空輸送の急速な発展に対処して取るべき具体的方策について諮問(諮問第 14 号)したが、この審議中の 1971 年 7 月 3 日札幌から函館へ向かった東亜国内航空の YS-11 機ばんだい号が悪天候のため横津岳山腹に激突し、乗員乗客 68 名が死亡した。ばんだい号から 1 カ月もたたない 1971 年 7 月 30 日に岩手県雫石上空で、全日空のボーイング 727 型機と自衛隊松山基地の F-86F ジェット機とが空中衝突し、乗員乗客 162 名が死亡した事故が発生した。

これらの事故を通して、政府はその後、ローカル空港における航法援助装置である計器着陸装置(Instrument Landing System, ILS)や進入角指示灯(Visual Approach Slope Indicator System, VASI)、また全方向無線標識(VHF Omnidirectional Range, VOR)などの整備、VOR や距離測定装置(Distance Measuring Equipment, DME)等の航空用保安施設に関する整備の前倒し、日本全域をカバーする長距離レーダー監視網の速やかな整備、管制官等航空保安要員の確保等の安全対策に加え、航空保安体制を整備するための関係行政機構の整備を検討することなどを盛り込んだ「航空安全対策要綱」を決定した。それによって軍民の訓練試験空域の分離が実現し国際民間航空機関(International Civil Aviation Organization, ICAO)の勧告にもあった雲状の有視界航空が禁止となり、特別管制空域の拡大、新設も図られた。また「運輸省の航空行政と自衛隊の業務との間の調整に関する覚書」も航空交通の安全に力をおいた報告に改正され、航空局内部でも航空管制システムの近代化の促進を目的として「管制制度調査本部」が設置され、緊急安全対策の立案、航空管制システムの見直し等が行われた。そして 1972 年 7 月、保安企画課を筆頭に、管制課、運用課、無線課、照明課の 5 課からなる航空局管制保安部が新組織として発足した。上述の 1970 年の「45 閣議了解」に基づいて、ばんだい号の事故、雫石の事故の影響を盛り込み、具現化したのが 1972 年 7 月の運輸大臣示達「航空企業の運営体制について」である。了解・示達合わせて、「45・47 体制」などと称された(増井, et al(1987))。こうした政策による体制整備や強制定法の施行は、事故減少の役割に大きく貢献してきた。

政策については、航空機、空港、乗員、管制官などに対して、安全な航空輸送のためのルールの整備などが重要である。また、航空輸送を取り巻く急速に進展する技術について、どのタイミングでどのように導入するべきかは各組織によるが、安全に関するものについては、ある程度政策によって先導されるべき事項でもある。すなわち、個々に進展する航空機、空港、乗員、管制官、技術などからなる、いわば航空輸送技術システムについて、安全性の観点から包括的に政策立案し施行していくことが、航空機事故の減少と被害の緩和につながるからである。また、航空機事故発生後についても、城山(2003)が指摘するように、調査体制、遺族への対応のあり方など制度の検討を行うことも重要であろう。

わが国の整備不良による事故の割合はどの航空交通手段も 10%に満たない。操縦者の要因による事故の割合については大型航空機及び小型航空機では減少しているが、ヘリコプターでは、増加している。大型航空機では、気象による要因の割合が拡大しており、また、周期性もある。したがって、事故の件数を減少させるためには、大型航空機については、

気象の対策、周期性のより詳細な解明、小型航空機およびヘリコプターについては、操縦者ミスによる対策が効果的と思われる。大型航空機については、乱気流に対する対応が必要であるが、運航会社による対策が進んでいる(加藤(2010))。小型航空機については、飛行時における判断ミスの減少が少ないことから、判断ミスを改善させる技術革新や教育が有効であろう。また、離着陸時における手順ミスを防止するためのエラープーフ、操作ミスを防ぐための訓練の強化なども進めていかなければならない。ヘリコプターについては、飛行中の障害物による衝突が多いことから、事前の確認の強化の義務付けや教育、飛行届出の際に届け出を受けた当局が注意を発するなどの仕組みがあってもよいと思われる。地形データ、障害物の自動認識、航空機の自動制御、GPS などが連動し、衝突予測を警告するなどして、小型航空機やヘリコプターに利用されるようになると衝突による事故をより減少させることが可能であろう。

### 第3章 航空機事故の数理モデル分析

本章では、他の類する研究において示されていない、航空機における事故の発生、死者数等に関する事故データが、種々の数理モデルに従っていることを示す。具体的には、わが国の経済指標、航空機事故に由来する指標である航空需要、事故発生件数、事故発生の間隔、一定期間における死亡者数を利用して数理モデル分析を構築し、定量分析を行う。なお、本章でも、わが国の国土交通省運輸安全委員会によって包括的に公表されている事故データ情報を利用する。

1節では、わが国の経済指標と事故発生件数について分析する。2節では、航空機事故が発生する間隔の日数のモデルを構築する。3節では、航空機事故における死者数のモデルを構築する。

#### 3.1 航空需要と航空機事故発生件数

図3-1に、わが国の航空機の着陸数と経済指標 GDP の推移を示す。1991年までは GDP の伸びとともに需要は増加し、1992年から1998年までは GDP の伸びは鈍化するが航空需要は伸び続けている。1998年以降は、航空需要の伸びも鈍化し、2007年に減少に転じている。今後、GDP の増加および空港の整備等により、需要が増加する可能性も否定できない。

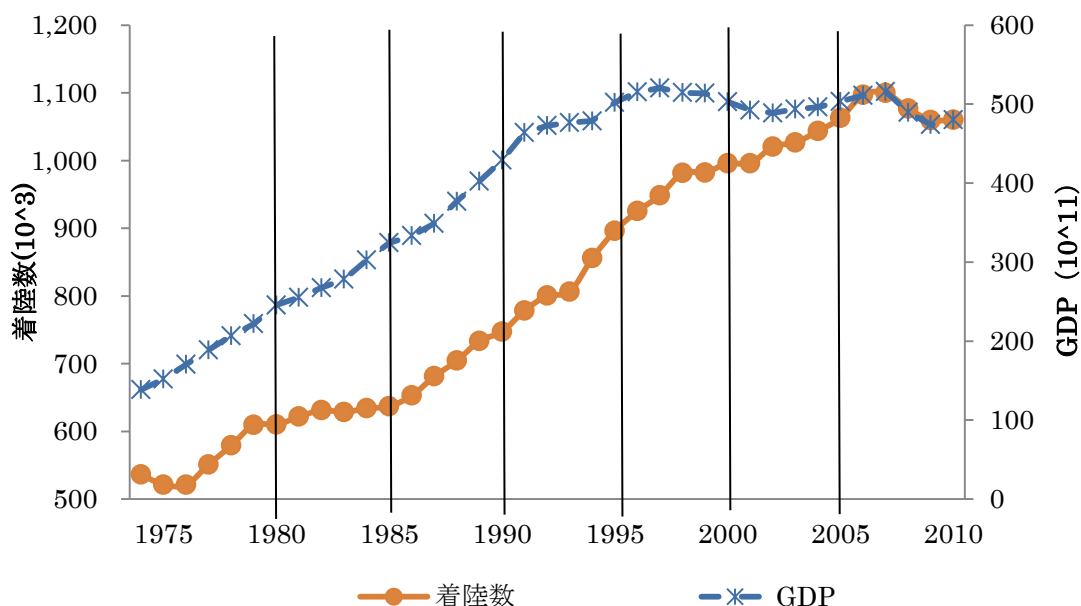


図3-1 わが国における航空機の着陸数とGDP(1974-2010)

1974年から2010年にかけてのわが国のGDP(100兆円)と航空機の着陸回数(10万回)の関係を表す散布図を図3-2に示す。経済成長を説明変数( $x$ )、航空機の着陸数を被説明変数( $y$ )として、1974年から1991年にかけてのデータを用いて単回帰分析を行うと、パラメタ推計結果は以下ようになる。なお下記推計式の適合度は $R^2=0.976$ となる。()内数値は $t$ 値を表す。

$$y = 0.772x + 4.13 \quad (3-1)$$

(21.4) (38.3)

上記の結果から、経済成長とともに航空需要の伸びに際して、1991 年以前では、100 兆円経済成長すると約 7.7 万回着陸数が増えることになる。しかしながら図 3-2 に示すように 1991 年以後は、景気が鈍化し、GDP は 500 兆円前後で留まっているものの、着陸数は 2005 年までは年あたり約 2 万回増加している。

航空需要に影響を及ぼす要因として経済成長を表す GDP と国民可処分所得を取り上げ、1974 年から 2010 年までのデータを用いて重回帰分析を行なう。GDP (100 兆円)( $x$ )と国民可処分所得(100 兆円)( $y$ )を説明変数、航空機の着陸数を被説明変数( $z$ )とする重回帰モデルのパラメタ推計結果は以下ようになる。なお下記推計式の適合度は  $R^2=0.973$  となる。( )内数値は  $t$  値を表す。

$$z = 8.11x - 8.52y + 4.15 \quad (3-2)$$

(19.0) (-13.1) (19.0)

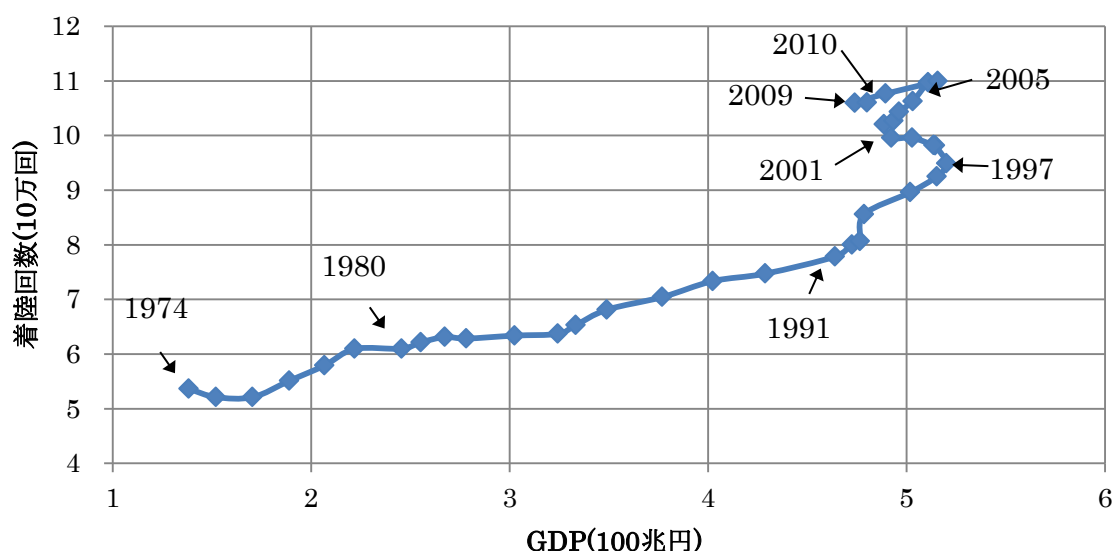


図3-2 GDPと航空機着陸回数の推移(1974-2010)

航空機の飛行回数を  $x$  軸、そして事故件数を  $y$  軸にとり、1974 年から 2010 年までのデータをプロットすると、図 3-3 が得られる。航空需要と航空機事故件数の関係を見るため、航空機の着陸数(10 万件) ( $x$ )を説明変数、航空機の事故発生件数( $y$ )を被説明変数とすると航空機需要における事故件数の関係は 2 次関数にて、1974 年から 1998 年までのデータを用いて、回帰分析を行ったパラメタ推定結果は以下ようになる。下記推計式の適合度は  $R^2=0.443$  である。( )内数値は  $t$  値を表す。

$$y = 1.77x^2 - 28.2x + 122.3 \quad (3-3)$$

(3.17) (3.39) (4.07)

上の 2 次関数が最小となる  $x$  の値を求めると、 $x = 7.97$  となる。この結果から、離着陸

の数が多くなると事故は減少することが示唆されるが、着陸数が年間約 80 万回程度に達するまでは事故件数は減少を続け、やがて事故件数が最小となることを示す。すなわち、約 80 万回着陸した 1992 年から約 90 万回着陸した 1995 年あたりの間に最小値となることになる。実データにおいても 1992 年が 6 回、1993 年 8 回、1994 年 9 回、1995 年 8 回であり、事故件数が最小となる時期と一致している。これは、1991 年までは航空機の需要の増加以上に、事故の対策が進んだ成果と言える。したがって 1995 年あたりまでの技術水準あるいは施設設備下においては、着陸数が年間約 80 万回程度が限度であってそれを越えると事故件数は増加することを示唆している。すなわち、年間の着陸数が 80 万件時の事故件数である 6 件を、今後大きく減少させることは非常に困難であることを示すものである。航空交通が発達するとともに航空機および管制などの周辺技術革新、また教育訓練などによる要員育成などの効果が 1991 年までは表れていた。しかし 1991 年以後の事故件数の一時的な増加と下げ止まりの理由は、対応の難しい事故までは防止することができないこと、老朽化が進んだ旧型の航空機が運行されていること、個人所有まで監視することが難しいことなどが挙げられよう。今後、航空需要および事故件数は、空港の整備と LCC（低価格航空機）の増加などで若干伸び、また新たな技術が搭載され電子化が進むことで、想定外の航空機事故が起きることも考えられるが、事故の発生件数はほぼ下限界に近づいていると言えるのではなかろうか。

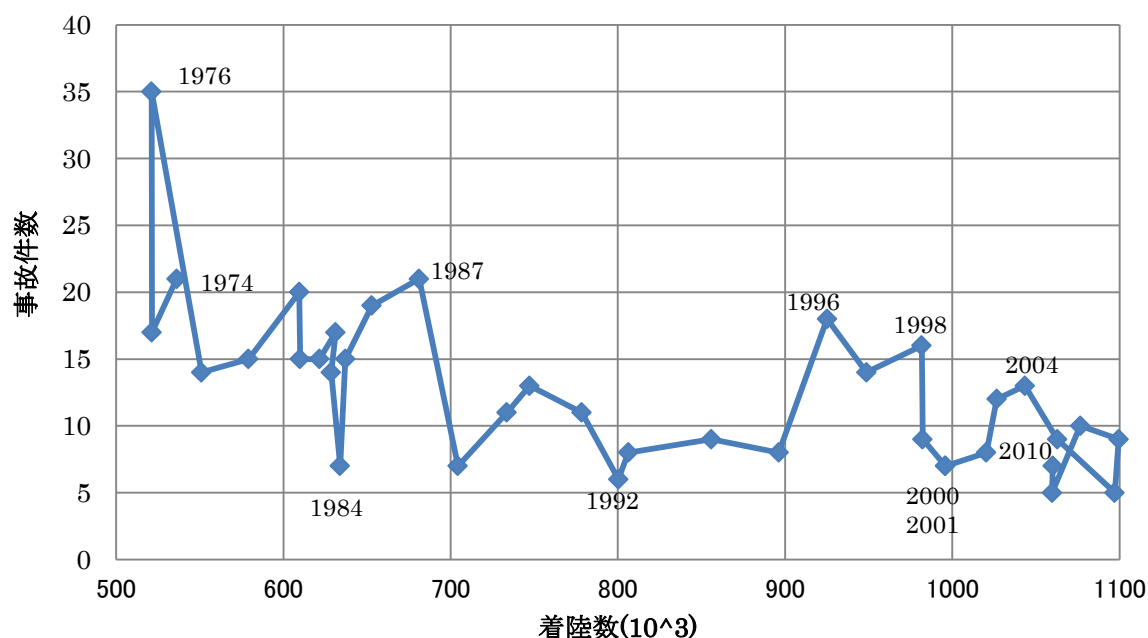


図3-3 航空機の着陸数と事故件数(1974-2010)

### 3.2 航空機事故の発生間隔の数理モデル分析

航空機、ヘリコプターのそれぞれの事故の発生間隔日数の降順データの分布を図 3-4、図 3-5 に示す。1974 年から 2010 年にかけての全期間を 3 つの期間Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに分別した上で、各分布データに対して、指数分布、対数正規分布、ベータ分布、ガンマ分布の適合度を、Green Mountain Software 社製の Statistically Fit Software version2 を利用して調べると、これらの分布の適合度の結果は表 3-1、パラメタ推計値は表 3-2 ように得られる。指数分布については、16 個の発生間隔日数の確率分布のうち、13 個の確率分布に対してカイ二乗検定で棄却されなかった。航空機事故(大型機・小型機)については、12 個のうち、6 個の分布で最も高い適合度を示し、第 2 位の適合度まで含めると 10 個の分布が指数分布の適合度が高い。指数分布の特徴である平均値と標準偏差の値が近いことから、事故の発生確率は指数分布にしたがうといえる。指数分布の確率密度関数を以下に示す。

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (3-4)$$

パラメタの推定値 $\hat{\lambda}$ を用いると、発生間隔日数の期待値( $1/\hat{\lambda}$ )は、航空機(大型機・小型機)では、全期間に対して 33 日、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの各期に対して、それぞれ 23 日、31 日、44 日のように得られる。同様に、小型航空機では、39 日(全期間)、28 日(Ⅰ期)、41 日(Ⅱ期)、56 日(Ⅲ期)となり、大型航空機では、113 日(全期間)、91 日(Ⅰ期)、118 日(Ⅱ期)、139 日(Ⅲ期)のように得られる。ヘリコプターでは、33 日(全期間)、23 日(Ⅰ期)、32 日(Ⅱ期)、55 日(Ⅲ期)となっている。このようにして、航空交通における事故の発生過程はポアソン過程に従うとみなすことができる。

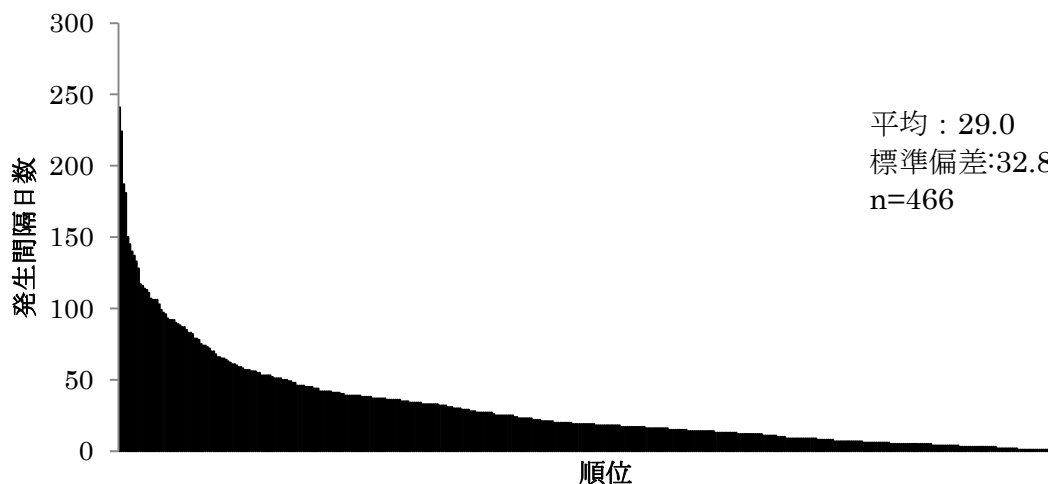


図3-4 航空機(大型・小型)の発生間隔日数 (1974～2010)



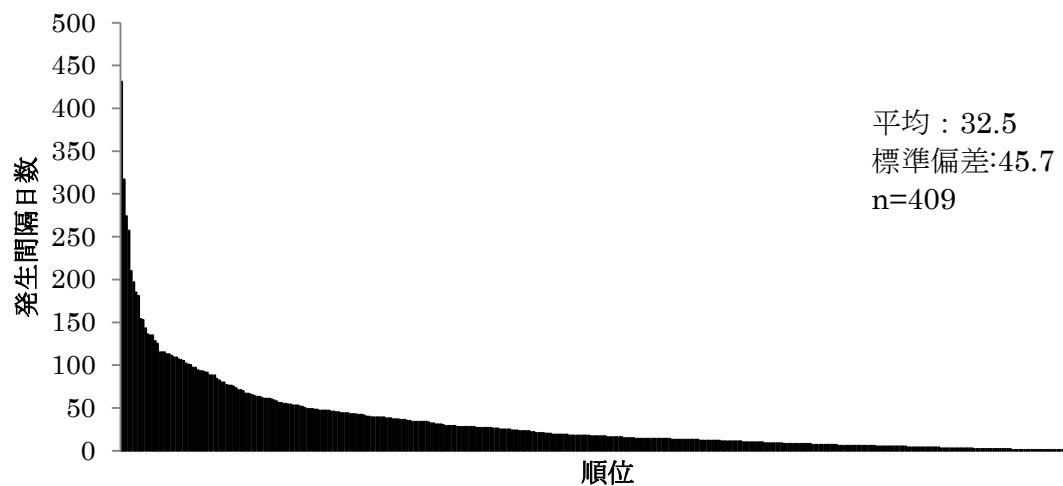


図3-5 ヘリコプターの発生間隔日数 (1974～2010)

表 3-1 適合度検定の結果(1974-2010)

航空機の種類	期間	指数	対数正規	ベータ	ガンマ
航空機 (大型・小型)	全期間	29.90 (0.055)	34.50 (0.071)	40.80 (0.097)	33.80 (0.071)
	I	8.59 (0.050)	40.70 (0.089)	13.10 (0.086)	18.50 (0.098)
	II	10.30 (0.082)	10.60 (0.075)	8.21 (0.127)	8.43 (0.096)
	III	3.43 (0.075)	3.77 (0.069)	6.85 (0.104)	5.48 (0.081)
小型航空機	全期間	18.10 (0.067)	38.10 (0.065)	28.10 (0.096)	29.60 (0.076)
	I	6.80 (0.049)	12.80 (0.080)	21.20 (0.081)	15.80 (0.087)
	II	11.90 (0.093)	10.70 (0.069)	17.00 (0.115)	20.70 (0.109)
	III	6.76 (0.114)	5.26 (0.057)	11.50 (0.165)	9.40 (0.117)
大型航空機	全期間	5.83 (0.073)	13.70 (0.107)	2.66 (0.077)	10.60 (0.070)
	I	4.22 (0.066)	3.35 (0.101)	2.91 (0.133)	4.22 (0.100)
	II	0.97 (0.128)	1.78 (0.141)	3.14 (0.096)	1.51 (0.114)
	III	1.75 (0.128)	2.75 (0.141)	0.25 (0.096)	1.25 (0.114)
ヘリコプター	全期間	39.30 (0.122)	35.10 (0.070)	60.70 (0.098)	39.60 (0.087)
	I	14.40 (0.097)	8.74 (0.076)	21.20 (0.103)	11.60 (0.091)
	II	19.40 (0.128)	15.70 (0.101)	15.20 (0.097)	17.80 (0.100)
	III	12.70 (0.156)	5.37 (0.061)	16.20 (0.121)	16.70 (0.118)

$\chi^2$  検定、( )内数値は Kolmogorov Smirnov 検定の結果。網掛け部分の数値は最も適合度の高い検定結果。アンダーライン付き数値は、各検定で棄却されなかった値。

表 3-2 各分布のパラメタ推計値(1974-2010)

航空機の種類	期間	平均値 (実測)	指数 beta(1/λ)	対数正規		ベータ		ガンマ	
				mu(μ)	sigma(σ)	p	q	alpha	beta
航空機(大型・小型)	全期間	29.0	29.0	2.8	1.2	0.8	27.6	1.1	26.4
	I	21.4	21.4	2.6	1.1	1.0	7.6	1.3	17.1
	II	30.2	30.2	2.9	1.2	0.8	3.9	1.1	27.5
	III	40.6	40.6	3.2	1.2	1.0	9.3	1.1	37.2
小型航空機	全期間	38.6	38.6	3.1	1.2	0.9	10.7	1.0	36.8
	I	27.8	27.8	2.9	1.1	1.1	9.0	1.2	23.2
	II	40.6	40.6	3.2	1.2	0.9	10.7	1.1	37.2
	III	55.9	55.9	3.5	1.2	0.8	3.6	1.0	53.8
大型航空機	全期間	113.0	113.0	4.2	1.2	0.8	2.3	1.1	100.8
	I	91.2	91.2	4.1	1.2	0.8	1.4	1.2	72.9
	II	118.1	117.1	4.3	1.1	0.8	1.7	1.2	98.2
	III	138.6	134.6	4.5	1.2	0.8	1.3	1.3	104.1
ヘリコプター	全期間	32.5	32.5	2.8	1.3	0.8	8.9	0.8	38.7
	I	22.8	22.8	2.5	1.2	0.8	4.6	1.0	23.4
	II	32.2	32.2	2.8	1.3	0.8	17.5	0.9	37.0
	III	55.4	55.4	3.3	1.3	0.8	10.2	0.8	65.8

### 3.3 航空機事故による死者数の数理モデル分析

3 か月毎の航空機、小型機、大型機、ヘリコプターの航空機事故の死者数の頻度を表 3-3 に示す。なお 50 人以上の死者は、50 人として算定する。表 3-4 は 3 ヶ月、6 ヶ月、1 年毎の死者数の平均値、標準偏差、変動係数(CV)を示したものである。3 ヶ月、6 ヶ月、1 年毎の死者数データを Green Mountain Software 社製の Statistically Fit Software version2 を利用して、ベータ分布、ガンマ分布、対数正規分布、負の二項分布、正規分布、ポアソン分布の各分布の適合を試みた結果を表 3-5 に、また、各モデルのパラメタ推計値を表 3-6 に示す。表 3-5 に示すように、適合度が最も高かったのは負の二項分布である。全航空機(小型機・大型機)では、6 ヶ月、1 ヶ年毎の死者数の分布においてカイ二乗検定で棄却されず、このうち 6 ヶ月で最も適合度が高い。小型航空機の 6 ヶ月、1 年における死者数の分布、ヘリコプターの 6 ヶ月、1 年における死者数の分布がカイ二乗検定で棄却されず、適合が最も高い。大型航空機ではカイ二乗検定で棄却される。負の二項分布の確率関数を以下に示す。

$$P(x) = \frac{(k+x-1)!}{x!} p^k (1-p)^x \quad (3-5)$$

ここで  $P(x)$  は、当該期間において  $x$  人の死者を出す時の確率で、 $k$  は常数である。負の二項分布は、 $k$  回成功するまでに、 $x$  回失敗するときの確率分布である。例えば、表 3-6 の航空機(大型・小型)では、 $k=1$ 、 $p=0.310$  とあるが、これは、死者数が 0 のときの確率が 0.31 となる。同表、小型航空機では、 $k=3$ 、 $p=0.375$  とあるが、これは、死者数が 0、1、2 のときの確率が 0.375 ということになる。すなわち、死者数のバラツキが小さく、平均値が大きければ、その区間において死者がでる確率は高くなることとなり、 $k=1$  において、死者数が 0 である確率は小さくなる。ゆえに表 3-6 の負の二項分布において、3 ヶ月、6 ヶ月、

1年と死者数カウント区間が広くなればなるほど、 $p$ の値が小さくなる。なお、表3-5の適合度検定において、負の二項分布に対して大型航空機における1年毎、ポアソン分布に対して航空機(大型・小型)の1年毎、大型航空機の6ヶ月、1年毎で not available という結果が出ているが、これは、サンプルの数が少なすぎる区間が存在するためである。

なお、小型航空機およびヘリコプターにおける事故当たりの0を外した死者数は、以下に示すポアソン分布に最も適合することも付記しておく。適合度検定の結果、およびパラメタ推計値は、表3-7の通りである。

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (3-6)$$

航空交通事故における発生間隔については、指数分布への適合が最も高い結果となる。また、ある一定期間における航空交通事故による死者数データは負の二項分布に従い、また1事故当たりの死者数は、ポアソン分布に従う。

表3-3 航空機・ヘリコプター事故による死者数頻度分布(1974-2010)

死者数	航空機			ヘリコプター
	全体	小型	大型	
0	78	87	128	83
1	18	15	12	25
2	17	17	4	12
3	15	13	1	10
4	5	3	0	5
5	3	4	0	3
6	3	4	0	6
7	1	1	0	1
8	2	2	0	0
9	2	2	0	0
10	1	0	0	0
14	0	0	0	1
17	0	0	0	1
20	0	0	0	1
24	0	0	1	0
29	1	0	0	0
50以上	2	0	2	0
計	148	148	148	148

表 3-4 各期間における平均値と標準偏差(1974-2010)

航空機の種類	期間	平均値	標準偏差	CV
航空機(大型・小型)	3ヶ月	2.2 (6.9)	6.4 (47.8)	2.87 (6.96)
	6ヶ月	4.4 (13.7)	8.8 (67.3)	1.98 (4.90)
	1年	8.8 (27.5)	11.8 (94.3)	1.34 (3.44)
小型航空機	3ヶ月	1.3 (1.3)	2.0 (2.0)	1.62 (1.62)
	6ヶ月	2.5 (2.5)	2.9 (2.9)	1.15 (1.15)
	1年	5.0 (5.0)	4.4 (4.4)	0.87 (0.87)
大型航空機	3ヶ月	1.0 (5.6)	6.1 (47.8)	6.14 (8.52)
	6ヶ月	2.0 (11.2)	8.5 (67.4)	4.30 (6.00)
	1年	4.0 (22.5)	12.0 (94.6)	3.01 (4.21)
ヘリコプター	3ヶ月	1.4 (1.4)	2.8 (2.8)	2.01 (2.01)
	6ヶ月	2.8 (2.8)	4.2 (4.2)	1.48 (1.48)
	1年	5.6 (5.6)	5.8 (5.8)	1.03 (1.03)

( )内数値は、原データに基づく実数値。

表 3-7 事故当たりの死者数におけるポアソン分布への適合度検定とパラメタ推計値

小型航空機	ポアソン分布		
	適合度検定	パラメタ $\lambda$	
期間(ⅠⅡⅢ:1974年～2010年)	リジェクト	(0.07)	2.2
期間Ⅰ:1974年～1985年	N/A	(0.09)	0.3
期間Ⅱ:1986年～1997年	1.32	(0.09)	2.4
期間Ⅲ:1998年～2010年	1.45	(0.12)	2.1
ヘリコプター			
期間(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ:1974年～2010年)	5.33	(0.11)	2.2
期間Ⅰ:1974年～1985年	N/A	(0.17)	1.8
期間Ⅱ:1986年～1997年	4.04	(0.14)	2.6
期間Ⅲ:1998年～2010年	4.64	(0.14)	2.1

N/A は Not Available。

表 3-5 適合度検定の結果(1974-2010)

航空機の種類	期間	ベータ	指数	ガンマ	対数正規	負の二項分布	正規	ポアソン
航空機(大型・小型)	3ヶ月	655 (0.53)	663 (0.53)	663 (0.53)	656 (0.53)	33.6 (0.22)	655 (0.36)	273 (0.42)
	6ヶ月	58.6 (0.32)	64.2 (0.24)	62.9 (0.31)	64.2 (0.28)	11.7 (0.17)	122 (0.31)	77.2 (0.38)
	1年	7.84 (0.25)	12 (0.18)	5.95 (0.23)	7.08 (0.18)	7.17 (0.15)	25.6 (0.29)	not available (0.44)
小型航空機	3ヶ月	360 (0.87)	395 (0.87)	395 (0.87)	519 (0.87)	19.5 (0.36)	369 (0.45)	86.7 (0.49)
	6ヶ月	74.7 (0.34)	30.1 (0.31)	30.1 (0.31)	74.7 (0.38)	4.78 (0.05)	50.7 (0.25)	13.8 (0.25)
	1年	9.62 (0.19)	2.32 (0.15)	9.62 (0.25)	9.62 (0.19)	2.05 (0.08)	7.19 (0.18)	18.9 (0.23)
大型航空機	3ヶ月	1980 (0.87)	1980 (0.87)	1980 (0.87)	1980 (0.87)	78.3 (0.36)	1.98E+03 (0.45)	155 (0.49)
	6ヶ月	480 (0.74)	481 (0.74)	481 (0.74)	481 (0.74)	56.6 (0.41)	674 (0.45)	not available (0.61)
	1年	63.5 (0.57)	63.5 (0.57)	63.5 (0.62)	63.5 (0.57)	not available (0.42)	129 (0.46)	not available (0.69)
ヘリコプター	3ヶ月	542 (0.56)	562 (0.56)	562 (0.56)	544 (0.58)	14.8 (0.15)	545 (0.31)	89.6 (0.32)
	6ヶ月	54.1 (0.34)	61.9 (0.31)	61.9 (0.31)	132 (0.38)	2.16 (0.05)	59.5 (0.25)	25.7 (0.25)
	1年	7.84 (0.17)	15 (0.16)	5.95 (0.18)	11.6 (0.14)	1.88 (0.09)	18.8 (0.23)	15.9 (0.24)

$\chi^2$  検定、( )内数値は Kolmogorov Smirnov 検定の結果。網掛け部分の数値は最も適合度の高い検定結果。アンダーライン付き数値は、各検定で棄却されなかった値。

表 3-6 各モデルのパラメタ推計値(1974-2010)

航空機の種類	期間	ベータ		指数	ガンマ		対数正規		負の二項分布		正規		ポアソン
		p	q	beta(1/λ)	alpha	beta	mu(μ)	sigma(σ)	k	p	mean	sigma	lamda
航空機(大型・小型)	3ヶ月	1.1	31188.0	2.2	1.0	2.2	1.0	0.9	1	0.310	2.2	6.4	2.2
	6ヶ月	1.0	144431.0	4.4	1.7	2.7	1.2	0.9	1	0.184	4.4	8.8	4.4
	1年	1.2	21278.6	8.8	1.6	5.7	1.8	0.9	1	0.102	8.8	11.7	8.8
小型航空機	3ヶ月	2.3	1391.2	1.3	1.0	1.3	0.9	0.7	1	0.444	1.3	2.0	1.3
	6ヶ月	1.9	215.1	2.5	1.0	2.5	1.0	0.7	1	0.286	2.5	2.9	2.5
	1年	1.9	45.6	5.0	3.4	1.5	1.5	0.8	3	0.375	5.0	4.3	5.0
大型航空機	3ヶ月	0.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.7	1.3	1	0.502	1.0	6.1	1.0
	6ヶ月	0.3	1.2	2.0	1.0	2.0	0.8	1.3	1	0.335	2.0	8.5	2.0
	1年	0.7	8.8	4.0	1.4	2.9	1.0	1.4	1	0.201	4.0	11.8	4.0
ヘリコプター	3ヶ月	1.5	2558.0	1.4	1.0	1.4	0.8	0.8	1	0.416	1.4	2.8	1.4
	6ヶ月	1.5	739.0	2.8	1.0	2.8	1.1	0.8	1	0.262	2.8	4.1	2.8
	1年	1.8	68579.0	5.6	2.5	2.3	1.5	0.7	2	0.262	5.6	5.7	5.6

## 第4章 品質マネジメントシステムと認証制度の変遷と経緯

組織の品質マネジメントシステムを構築するための要求事項が定められている ISO9001 は、1987 年に登場して以来、わが国及び世界に大きな影響を与えてきた。2009 年以降、全世界での認証件数は、100 万件を超えている。こうした ISO9001 の広がり背景には、大きく 2 つの理由が含まれている。第 1 に組織として、ビジネスに ISO9001 が必要になった点<sup>2</sup>、第 2 には、国家として品質を高めるための取り組みを推進するのに政策の一つとして ISO9001 を利用する点である。ISO9001 は、取引上なくてはならないソフトインフラストラクチャーとして定着しつつあり、今や社会基盤を構成する要素の一つとなっている。

こうした背景を鑑み、本章では、ISO9001 とその認証について、国別、業種別、政策などの側面から、どのような推移、変遷を経てきたかを明らかにする。ISO9001 の認証件数に関する使用データについては、国際標準化機構(ISO)が提供している ISO Survey<sup>3</sup>を用いる。

1 節では、ISO9001 を発行している国際標準化機構(ISO)、ISO9001、認証制度の概要について述べる。2 節では、全世界における ISO9001 の認証の分析を行い、3 節で、地域別、産業別での ISO9001 の認証の分析を行う。

### 4.1 国際標準化機構と品質マネジメントシステム

#### (1) 国際標準化機構(ISO)

標準を代表する機関に国際標準化機構(International Organization for Standardization : ISO)がある。ISO は、1947 年に工業規格の国際的統一を促進することを目的として設立された。現在は、知的、科学的、技術的、そして経済的活動における国家間協力を発展させることを目的として、国際規格(International Standard : IS)を開発し発行している。

国際標準化は、産業革命後の工業化や交通手段の発達などから、部品の互換性や寸法の統合が必要となり 19 世紀の終わりから、国際的な標準に関する活動が始まった。1926 年には ISO の前身である万国規格統一教会(ISA)が設立され、当時は特に機械工学に重点が置かれていた。1942 年、第二次世界大戦を期に活動を停止しその業務を国連規格調整委員会(UNSCC)が引き継いだ。終戦後の 1947 年に現在の ISO が設立された。ISO が最初に制定した規格は、1951 年の「工業用長さ測定基準温度」である。わが国は 1952 年に日本工業標準調査会(JISC)が ISO に加入している。1960 年から 70 年代は、次のような体制が整備された。適合性評価や消費者問題については、当初まとめて TC73(規格適合性の表示マーク:既に廃止)で取り扱われていたが、規格に合致しているかを評価する適合性評価については 1970 年に認証制度委員会(CERTICO)、消費者については 1978 年に消費者問題対策委員

---

<sup>2</sup>これは、調達先に求められる点、取引先に求められる点、自らの品質を高める点など多岐にわたる。

<sup>3</sup> <http://www.iso.org/iso/iso-survey> (2014 年 12 月閲覧)

会(COPOLCO)がそれぞれ設立されて取り扱われるようになった。CERTICO は、2014 年現在、現在適合性評価委員会(CASCO)として活動している。

1980 年から 1990 年代は、世界貿易の拡大、欧州市場の統合、貿易の技術的障害に関する協定の発効などの世界の大きな動きの中で、ISO の知名度や信頼性が向上した。欧州では、欧州地域規格である CEN 規格を作り、ISO との互惠関係を促進するため 1991 年にウィーン協定を結んだ。これにより CEN 規格であれば、時間のかかる作成工程やコンセンサスを得る投票を一部省略して ISO 規格として素早く発行できるようになった。また、従来の市場の要求にこたえるボトムアップ型の標準化ではなく、技術動向や環境問題などに関係する委員会等が ISO の中で作られ、トップダウンイニシアチブを実施し、ISO14001(環境マネジメントシステム規格)などの規格が開発された。さらに、一部のサイクルの早い分野においては、デファクト標準<sup>4</sup>に頼る傾向が出てきた。このため、1998 年以降、プロセスの透明性やコンセンサスのレベルを犠牲にして迅速に標準が発行できるよう公開仕様書(PAS)、技術仕様書(TS)などの新しい出版物を発行するようにしている。規格の作成方法としては、途上国と一緒に活動をするツイニング方式、世界的に広がっている民間の国際標準化団体との強調によるダブルロゴ規格などが行われている。こうした仕組みの変化の中、標準化の目的も変化してきている。

標準化の目的は、部品の互換性やシステム・サービスの相互運用性の確保、適切な品質の確保、生産効率の向上、正確な情報の伝達・相互理解の促進、さらに近年では、貿易の促進、研究開発による技術の普及、企業の産業競争力強化への利用、環境保護、安全・安心の確保などがあげられる。

上記のような変遷を得て、2013 年では、ISO の加盟国は 164、規格の総数は 19977 件、専門委員会(TC/PC)の数は 247 である。

## (2) ISO9001(品質マネジメントシステム)

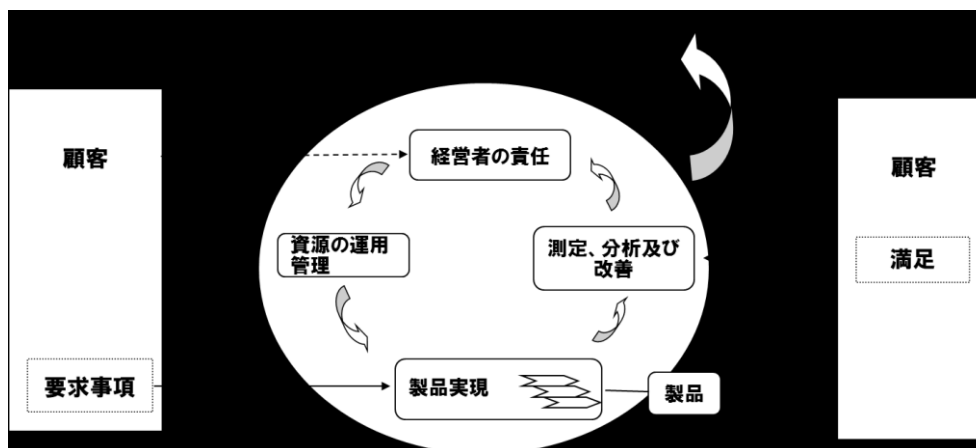
ISO が開発する数多くの規格の中で、一般的に広く知られているのは ISO9001 である。ISO9001 は、品質マネジメントシステム-要求事項である。ISO9000(品質マネジメントシステムの基本と用語(2005))では、品質とは、本来備わっている特性の集まりが要求事項を満たす程度、要求事項とは、明示されている、通常、暗黙のうちに了解されている若しくは義務として要求されているニーズ又は期待、とそれぞれ定義されている。すなわち、品質には、安全にかかわることも当然、組み込まれていると考えられる。

ISO9001 では、組織が品質マネジメントを構築するために主に図 4-1 に示す内容について要求事項が定められている。すなわち、まず、品質マネジメントシステムの構築及び実施、その有効性を継続的に改善することに対するコミットメントが組織からなされる。組織の人材、インフラストラクチャーなどの資源を明確にして投じ、顧客からの要求事項をインプットした組織自らが定めた品質目標を達成する製品を作成する。それらについて、監視、測定、分析をし、それを基に次のアクションを取る。ISO9001 には、この内容がブ

---

<sup>4</sup>公にコンセンサスを得る過程を得ていない事実上の標準の意

レクダウンされた要求事項と、それらの記録の方法や文書管理などの要求事項が定められている。



出典 ISO9001:2008

図 4-1 プロセスを基礎として品質マネジメントシステムのモデル

### (3) 品質と ISO9001 の歴史

小暮(1988)によると、わが国は、戦後間もない 1946 年、民間企業において、連合軍総司令部(GHQ : General Headquarters)の民間通信班(CCS : Civil Communications Section)からトップマネジメント教育および品質管理の現場レベルの運営を学んだ。その後、1950 年にデミング (William Edwards Deming) により品質管理 8 日間コースが提供され、1954 年にはジュラン(Joseph Moses Juran)により 10 日間の品質管理マネジメント講習会と、2 日間の社長重役特別講座が 2 か所で開催された。職場では、デミングにより教えられた統計的手法を中心とした品質管理の企業への適用を試みていたものの、手探りの状態であり、ジュランの当時ハーバード大学で行われていたグループ討議による教育法により具体的に品質管理の適用が教示された。わが国では、この講習会を契機として、品質管理の管理的側面の関心が一層高まり、多くの先人たちにより日本流にモディファイされながら、統計的ツールとしての統計的手法ならびに管理的ツールとしてのマネジメント側面の諸手法の開発ならびに応用が飛躍的に増加し、品質を中心とした経営管理活動の両輪として一体化されていった。わが国のこのような活動は、TQC(Total Quality Control)と呼ばれ習わせられるようになった。1979 年には、Vogel (1979)により”Japan as Number One: Lessons for America”が著され、1980 年には、米国 NBC が特番”Why Japan Can, Why can't we”を放映し、わが国は、安価で高品質な製品を製造し輸出することでその地位を確固たるものにしていった。わが国の品質管理を中心とした活動による躍進を、先進国が指をくわえてみているだけではなかった。石川馨が創設・指導した、品質を良くする現場の活動である QC



サークルは、わが国のみならず、世界的な企業で導入されていた(ジョン・ネイスビッツ(1983)、石川馨先生追録編纂委員会(1993))。同時期、標準の世界でも、品質を向上させるための規格が主要国で発行されている。

久米(1991)によると、1970年代、主要国は品質保証に関して次のような異なる規格を作成した。英国では、「Quality systems BS5750-1979」、フランスでは、「Recommendations for a system of quality management in industry NF X50-110」、ドイツでは、「Basic elements of quality assurance systems DIN 55-35」、カナダでは「Quality assurance program requirements CSA Z 299」、米国では「Generic guidelines for quality systems ANSI/ASQC Z1-15-1979」といった規格である。それらを統合すべく1979年、ISOに”品質保証の分野における標準化”を活動範囲とする技術委員会 TC176 が発足した。幹事国はカナダで、1980年5月に第1回の国際会議がオタワで開かれた。松本(1991)によると、規格開発業務に積極的に参加できる P メンバー(participating member)が 21 カ国、オブザーバーである O メンバー(observing member)が 14 カ国であった。わが国は、1981年9月にベルリンで開かれた第2回目の会議から出席した。1982年に日本規格協会に国内委員会が設置された。久米(1991)、青木(1989)によると、現在の ISO9001 の基となる規格は、1979年に発行された英国の BS5750 と米国の Z1-15-1979 である。松本(1991)によると ISO TC176 で、議論を重ね 1987 年に、

ISO9000(Quality management and quality assurance standards-Guidelines for selection and use)、

ISO9001(Quality systems-Model for quality assurance in design/development, production, installation and servicing)、

ISO9002(Quality systems –Model for quality assurance in production and installation)、

ISO9003(Quality systems-Model for quality assurance in final inspection and test)、

ISO9004(Quality management and quality system elements -Guidelines)

が制定された<sup>5</sup>。なお、これ以前の 1986 年に、ISO 8402(Quality-Vocabulary)が発行されている。

1991 年 10 月の段階で ISO9000 シリーズを政府調達に利用する国が出始めている。わが国では、1991 年に ISO9000 シリーズ規格の完全翻訳規格として、JIS Z 9900～Z9904 が制定される。

JIS Z 9900 (品質管理及び品質保証の規格—選択及び使用の方針)

JIS Z 9901 (品質システム—設計・開発、製造、据付け及び付帯サービスにおける品質保証モデル)

JIS Z 9902 (品質システム—製造及び据付け及び付帯サービスにおける品質保証モデル)

---

<sup>5</sup> ISO9000 番台の規格をこの一連の規格 ISO9000 シリーズ(ISO9000s)と呼んでいた。2015 年現在はこれを ISO9000 ファミリーと呼ぶ。

JIS Z 9903 (品質システム—最終検査及び試験における品質保証モデル)

JIS Z 9904 (品質管理及び品質システムの要素—指針)

これらの規格の関係を図 4-2 に示す。当時の ISO 9000 は、他の 4 つの規格を使い分けるための指針が示されている。ISO 9001 は、製品の設計・開発から、製造、据付け、付帯サービスまでの全てを行う場合に適用されるもので、各段階で実施されるべき品質管理活動に係る項目について記載されている。ISO 9002 は、設計・開発の段階が既に確立されているか、又は外部から与えられている場合に適用されるもので、製造・据付けの段階での品質管理活動に関して記載されている。ISO 9003 は、設計・開発、製造、使用方法等がすでに長期間にわたって確立されている場合に適用され、製品の最終検査・試験について品質管理活動が記載されている。

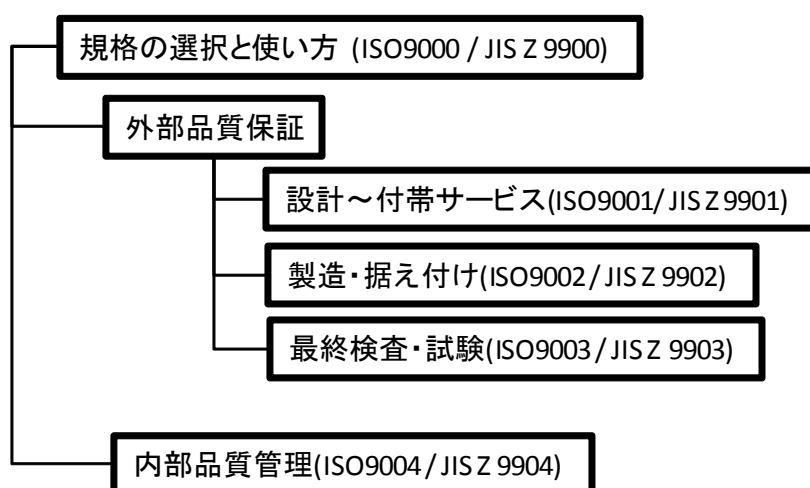


図 4-2 初版の ISO9000 シリーズの位置づけ(松本 1991 を修正)

以降の規格の制定及び改正の状況を図 4-3 に示す。ISO9001、ISO 9002、ISO 9003 は 1994 年に改正された。その後、修正(corrigendum)が、ISO 9001、ISO 9002 は 1995 年に、ISO 9003 は制定と同年の 1994 年になされている。

1994 年での ISO 9001、ISO 9002 の改正の一つに適用範囲の変更が上げられる。すなわち、中条(1993)によると、二者間の契約に基づく場合だけでなく、第三者認証にも適用できるように変更されている。

なお、1994 年には、ISO 8402 が”Quality management and quality assurance – Vocabulary”として改正されている。

1990 年代のこれらの規格の制定や改正は、先行して各国で導入されていた品質マネジメントの監査が、世界で共通に行えるようにするための改正であったと言える。

なお、1995 年に、強制規格、任意規格、認証などが不必要な貿易の妨げとならないようにするための国際的協定である WTO/TBT 協定 (The WTO Agreement on Technical

Barriers to Trade：貿易の技術的障害に関する協定）が結ばれる。

次の 2000 年は大きな改正となった。すなわち、ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 が、

ISO 9001(Quality management systems – Requirements：品質マネジメントシステム-要求事項)に代わることとなった。

Hooper(2000)によると、この 2000 年の改正にあたっては、1994 年以降、様々な分野でこの規格が利用されるようになり、TC176(品質管理及び品質保証)/SC2(品質システム)が規格とその有用性に対して、製造業を偏重しているとのフィードバックを受け、ISO 9001、ISO 9002、ISO 9003 が ISO 9001 の一つに統合され、分野を問わず包括的に利用できるようになった。また、手順の優先から、プロセスの優先へと内容も変更されている。

主な変更点としては、活動に基づく品質マネジメントシステムから、プロセスに基づく品質マネジメントシステムに移行した。すなわち、Pyle(2000)によると、活動の位置づけ、活動に対するインプット、活動の管理、アウトプットの結果の測定、プロセスを実行するために必要な資源の明確化が規格に盛り込まれている。また、ISO 9001 と組織の持続的成功のための運用管理を示す ISO 9004 の関連があるように変更された。ISO 9001 に登録されたあと、ISO 9004 に向かって拡大させることができる。また 1996 年に発行された ISO 14001 との整合性を考えて作られている。さらに ISO 14001 との違いなど解決しよりよい一致をえるための方策を見出すため、JTG(Joint Technical Group)も設立された。

平林(2009)によると、2008 年は、改正であったが、要求事項の明確化と ISO14001(環境マネジメントシステム-要求事項及び利用の手引)との整合性の向上に争点を当てたものであった。要求事項の明確化については、言葉のあいまいさの排除、読みやすさに加えて、より具体的な特徴として、2000 年の改正以上に、サービス業へ適用するための考慮がなされている。

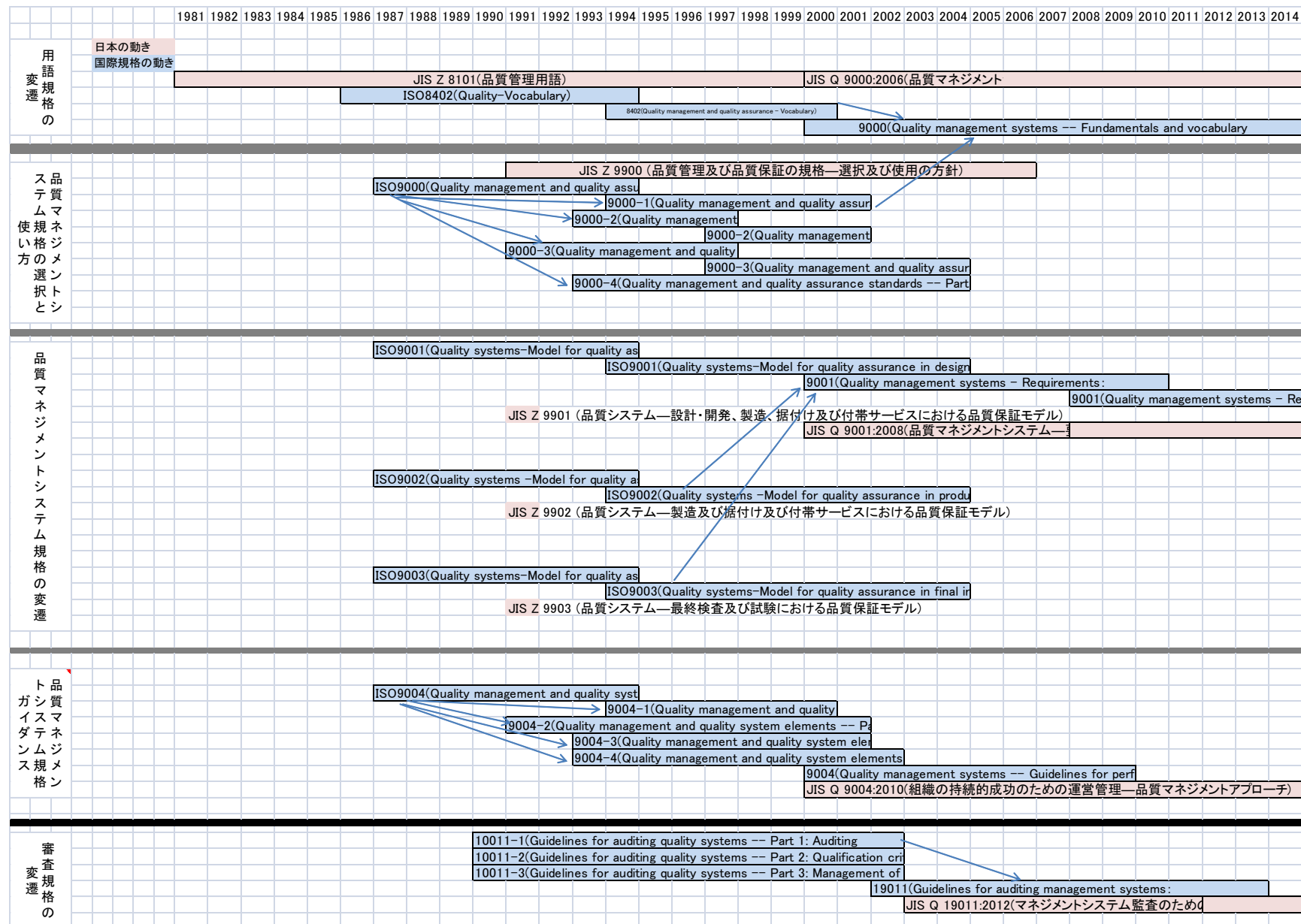


図 4-3 関係規格の変遷

#### (4) ISO9001 とその認証制度

ISO、ISO9001 と認証制度の関係図を図 4-4 に示す。ISO が発行する ISO9001 を利用して品質マネジメントシステムを構築する組織の多くは、第 3 者である認証機関によって審査され、ISO9001 の要求事項を満たしていることが実証されると、認証が与えられる。審査する認証機関は、ISO から発行される ISO/IEC17021<sup>6</sup>の要求事項に基づいた組織体制となる必要があり、それを認定機関が監査し認定する。認定機関に対する要求事項は、ISO/IEC17011 に記述されている。認定機関は、IAF(International Accreditation Forum)へ登録しており、ISO/IEC17011 の要求事項が満たされているかは、認定機関同士のピアレビューにより確認される。こうした仕組みが、組織、認証機関、認定機関の信頼を担保している<sup>7</sup>。

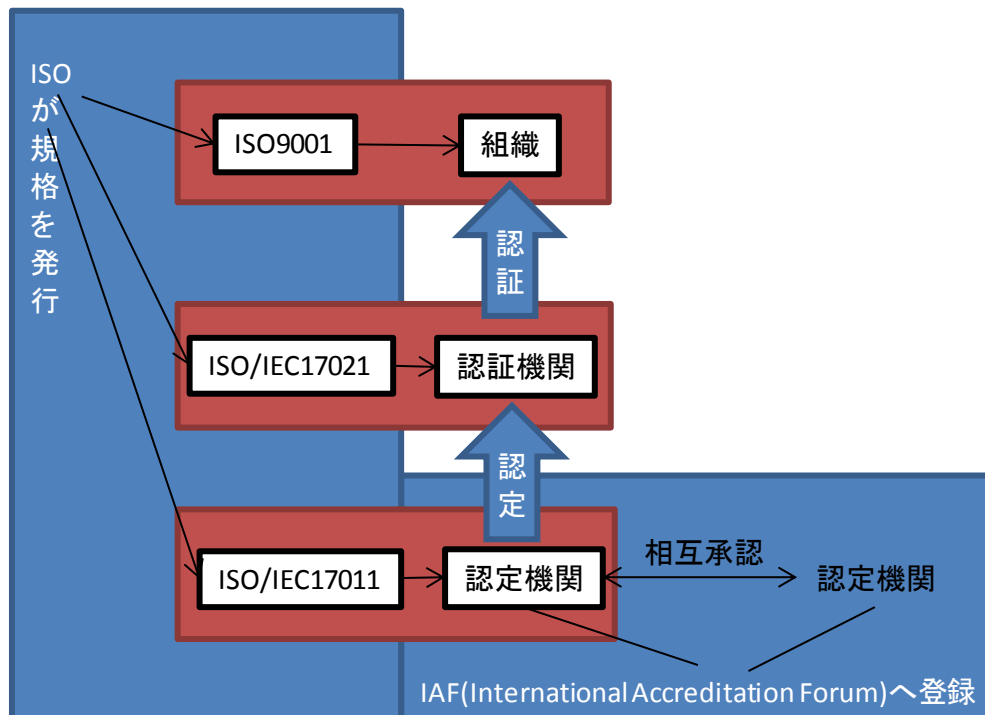
認証は、適合性評価の活動に包含される。適合性評価とは、ある対象について、標準に記載されている規定要求事項を満たしているかを実証する行為である<sup>8</sup>。一般的には、実証する者の違いにより、第一者適合性評価活動、第二者適合性評価活動、第三者適合性評価活動と呼ばれる。第一者適合性評価活動は、対象を提供する人又は組織によって実施される適合性評価活動、第二者適合性評価活動は、その対象について使用者側の利害をもつ人又は組織によって実施される適合性評価活動、第三者適合性評価活動は、対象を提供する人又は組織、及びその対象について使用者側の利害をもつ人又は組織の双方から独立した、人又は機関によって実施される適合性評価活動とされる。第三者適合性評価により適合性を実証することを、一般に認証という。

---

<sup>6</sup> ISO/IEC17021、ISO/IEC17011 は、ISO と IEC(国際電気標準会議)の共同開発によるもの。

<sup>7</sup> こうした仕組みは、理論上、IAF に登録されている認定機関、そこから認定を受けた認証機関、その認証機関から認証を受けた組織のいずれも、各規格に基づく要求事項は満たしているため信頼性は担保されており、したがって、たとえば異なる国へ進出する際でも認証機関を変更せずにすむ。

<sup>8</sup> “ISO/IEC17000 :2004 適合性評価—用語及び一般原則—”には、次のように定義されている。適合性評価：製品、プロセス、システム、要員または機関に関する規定要求事項が満たされていることの実証。



ISO 9001: 品質マネジメントシステム—要求事項  
 ISO/IEC 17021: 適合性評価—マネジメントシステムの審査及び認証を行う機関に対する要求事項  
 ISO/IEC 17011: 適合性評価—適合性評価機関の認定を行う認定機関に対する一般要求事項

図 4-4 ISO、ISO9001 と認証制度の関係

## 4.2 世界における ISO9001 認証の変遷と推移

1 節では、ISO9001 の認証制度について説明した。以降については、具体的に ISO9001 の認証件数に焦点を当てて分析を進める。

### (1) 世界における ISO9001 の認証件数

表 4-1、図 4-5 に示すように、世界<sup>9)</sup>の ISO9001 の認証件数は、1993 年以降、順調に増加し 2009 年に 100 万件を超えるが、2010 年に 112 万件、2011 年 108 万件、2012 年は 110 万件、2013 年は 113 万件と 110 万件を境に上下している。なお 2003 年に認証件数が減少しているのは、次のことが理由であろう。1 節にあるように、2000 年以前には、ISO9001、ISO 9002、ISO 9003 で、それぞれの認証が行われていた。2000 年にそれぞれの規格が ISO9001 に統一され、以前の ISO9001、ISO 9002、ISO 9003 は、ISO 9001 の 2000 年の発行後 3 年間有効であったため、2003 年に有効期限が切れた組織、および、ISO 9001、ISO 9002、ISO 9003 を統合した組織が、2003 年に集中したことが影響したと考えられる。また、2011 年に減少をしているのは、2008 年に ISO9001 は再度改訂を迎え、ISO9001 の要求事項に自社のマネジメントシステムを変更することに価値を見いだせなかった企業が、

<sup>9)</sup>国連加盟国のほか、パレスチナ、プエルトリコ、台湾を含めた国家

改訂された ISO9001 への対応期限である 2011 年に認証を返上したものと考えられる。その後微増が続いており、この傾向は次期改訂まで続くであろう。今後は ISO9001 の改正の内容が良いものであれば、増加すると考えられるが、内容があまり変わらない、もしくは内容が悪くなれば、改正を機に登録返上が増加し総認証件数が減少する可能性もある。

2013 年における世界全体における主な産業別認証登録の割合は、図 4-6 に示すように、金属業が 13.0%(116602 件)、電機業が 9.8%(87797 件)、建設業が約 9.0%( 80920 件)、小売業等が 8.2%(73167 件)、機械関係が 7.1%( 63497 件)、ゴム・プラスチック業が 5.0%(45204 件)となっている。表 4-2 に図 4-6 のその他の内訳を示した。なお、産業別認証件数と国別認証件数が一致しないのは、産業分類を報告していない認証機関があるからである。

表 4-1 世界の認証件数 (1993-2013)

年	認証件数	年	認証件数
1993	46571	2003	497919
1994	70364	2004	660132
1995	127348	2005	773843
1996	162700	2006	896905
1997	223298	2007	951486
1998	271846	2008	980322
1999	343641	2009	1063751
2000	454798	2010	1118510
2001	576795	2011	1079404
2002	622321	2012	1096987
		2013	1129446

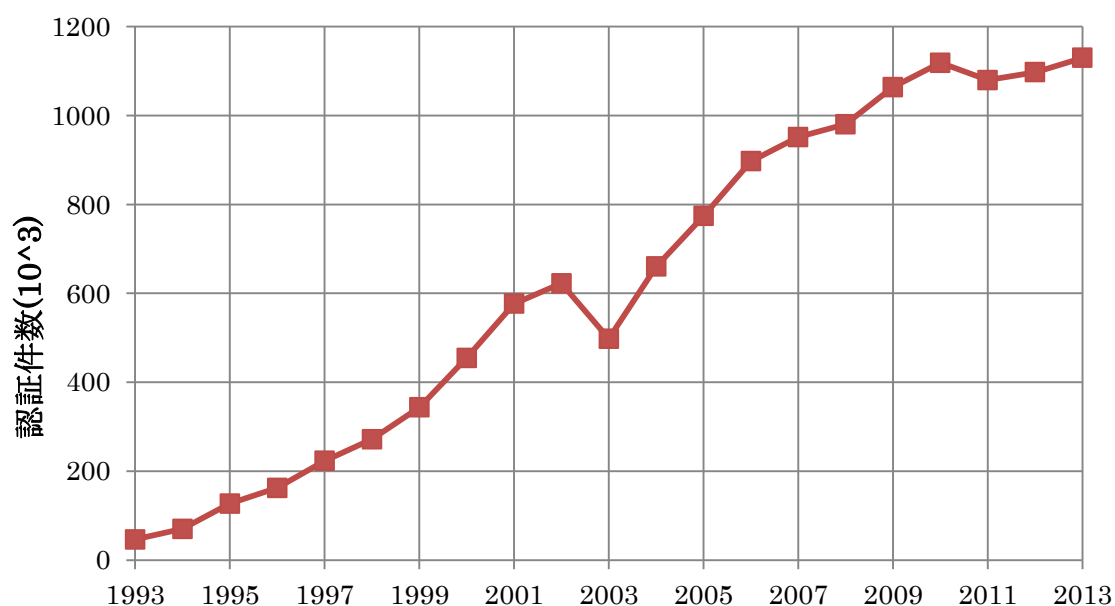


図4-5 世界のISO 9001認証件数の推移(1993-2013)

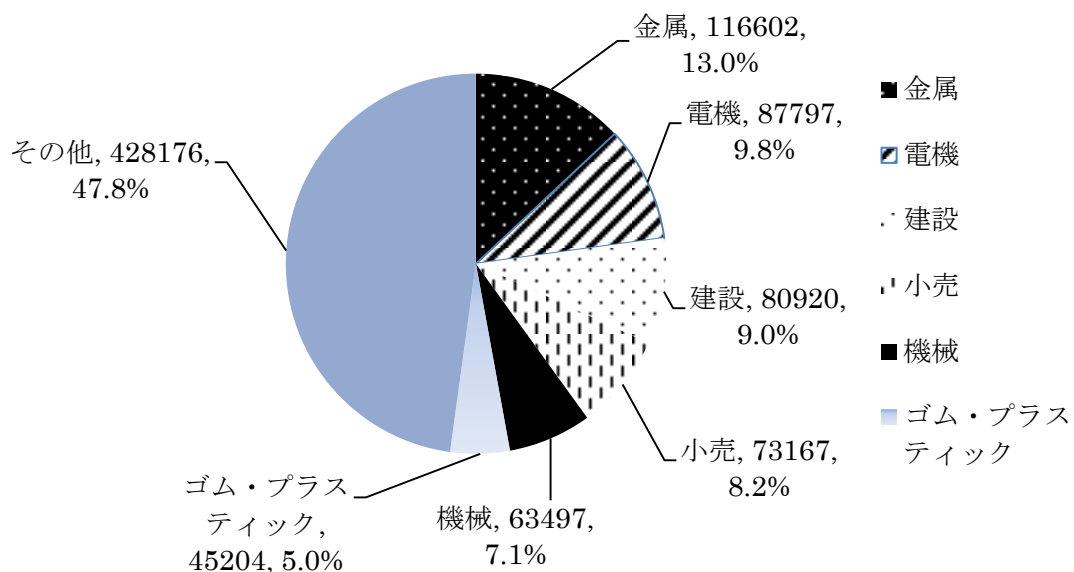


図4-6 世界のISO9001認証業種の割合(2013)

表 4-2 その他の内訳(世界, 2013)

産業	件数	割合
12 化学薬品、化学製品及び繊維	33,610	(3.8)
3 食料品、飲料、タバコ	32,519	(3.6)
31 輸送、倉庫、通信	31,490	(3.5)
33 情報技術	27,229	(3.0)
38 医療及び社会事業	26,992	(3.0)
37 教育	19,713	(2.2)
32 金融、保険、不動産、賃貸	16,198	(1.8)
4 織物、繊維製品	14,461	(1.6)
15 非金属鉱物製品	12,367	(1.4)
16 コンクリート、セメント、石灰、石こう他	12,250	(1.4)
22 その他輸送装置	11,899	(1.3)
23 他の分類に属さない製造業	11,823	(1.3)
39 その他社会的・個人的サービス	10,240	(1.1)
7 パルプ、紙、紙製品	9,405	(1.1)
9 印刷業	9,223	(1.0)
36 公共行政	8,039	(0.9)
13 医薬品	6,710	(0.7)
6 木材、木製品	6,535	(0.7)
30 ホテル、レストラン	5,021	(0.6)
1 農業、林業、漁業	4,953	(0.6)
2 鉱業、採石業	3,479	(0.4)
24 再生業	3,371	(0.4)
25 電力供給	3,069	(0.3)
5 皮革、皮革製品	2,728	(0.3)
27 給水	2,318	(0.3)
20 造船業	2,131	(0.2)
10 コークス及び精製石油製品の製造	1,955	(0.2)
21 航空宇宙産業	1,776	(0.2)
26 ガス供給	1,254	(0.1)
8 出版業	724	(0.1)
11 核燃料	433	(0.0)
35 その他専門的サービス	55,602	(6.2)

( ) 内はパーセント表示



### 4.3 地域別、産業別による ISO9001 認証の推移と分析

#### (1) 地域別による ISO9001 の認証件数と推計値

図 4-7 に 2013 年における地域別の認証件数とシェアを示す。欧州が 485554 件(43.0%)、東アジア・オセアニアが 467320 件(41.4%)、中南米 52478 件(4.6%)、北米 48579 件(4.3%)、中央・南アジア 44847 件(4.0%)、中東 20812 件(1.8%)、アフリカ 9856 件(0.9%)となっている。表 4-3 に地域別の ISO9001 の認証件数の推移を記す。これは、表 4-1 世界の認証件数(1993 年～2013 年)の内訳である。

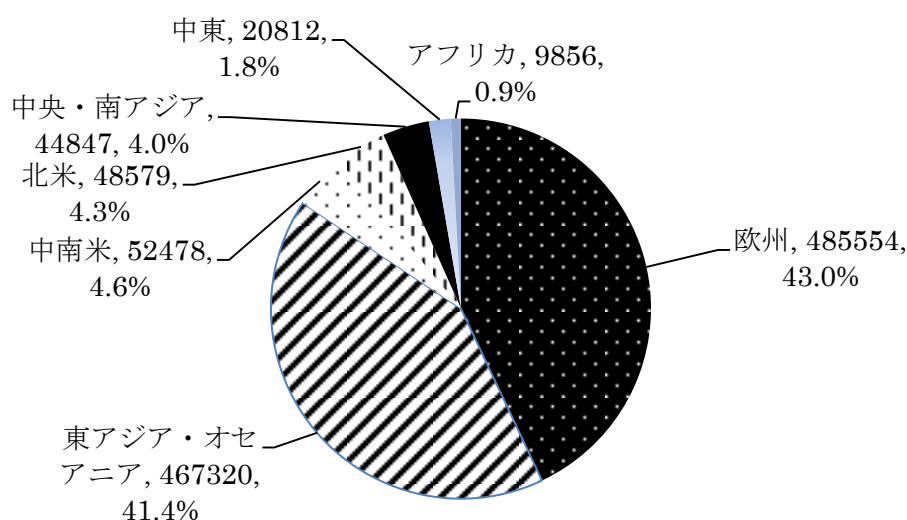


図4-7 地域別のISO9001認証件数の割合(2013)

表 4-3 地域別認証件数の推移(1993-2013)

年	欧州		東アジア・オセアニア		中南米		北米		中央・南アジア		中東		アフリカ		合計	
1993	37779	(81.1%)	4767	(10.2%)	140	(0.3%)	2613	(5.6%)	74	(0.2%)	189	(0.4%)	1009	(2.2%)	46571	(100.0%)
1994	55400	(78.7%)	7719	(11.0%)	475	(0.7%)	4915	(7.0%)	330	(0.5%)	348	(0.5%)	1177	(1.7%)	70364	(100.0%)
1995	92611	(72.7%)	19766	(15.5%)	1220	(1.0%)	10374	(8.1%)	1038	(0.8%)	776	(0.6%)	1563	(1.2%)	127348	(100.0%)
1996	109961	(67.6%)	27885	(17.1%)	1713	(1.1%)	16980	(10.4%)	1712	(1.1%)	2194	(1.3%)	2255	(1.4%)	162700	(100.0%)
1997	143674	(64.3%)	42824	(19.2%)	2989	(1.3%)	25144	(11.3%)	2963	(1.3%)	3149	(1.4%)	2555	(1.1%)	223298	(100.0%)
1998	166255	(61.2%)	54671	(20.1%)	5221	(1.9%)	33550	(12.3%)	3556	(1.3%)	5251	(1.9%)	3342	(1.2%)	271846	(100.0%)
1999	190247	(55.4%)	81950	(23.8%)	8972	(2.6%)	45166	(13.1%)	5508	(1.6%)	6870	(2.0%)	4928	(1.4%)	343641	(100.0%)
2000	266297	(58.6%)	109217	(24.0%)	10805	(2.4%)	48296	(10.6%)	6411	(1.4%)	9003	(2.0%)	4769	(1.0%)	454798	(100.0%)
2001	336094	(58.3%)	155597	(27.0%)	14409	(2.5%)	50894	(8.8%)	6348	(1.1%)	9550	(1.7%)	3903	(0.7%)	576795	(100.0%)
2002	353433	(56.8%)	177767	(28.6%)	13679	(2.2%)	53806	(8.6%)	9383	(1.5%)	9724	(1.6%)	4529	(0.7%)	622321	(100.0%)
2003	242455	(48.7%)	185846	(37.3%)	9303	(1.9%)	40185	(8.1%)	9162	(1.8%)	7199	(1.4%)	3769	(0.8%)	497919	(100.0%)
2004	320748	(48.6%)	240938	(36.5%)	17016	(2.6%)	49962	(7.6%)	13856	(2.1%)	12747	(1.9%)	4865	(0.7%)	660132	(100.0%)
2005	377172	(48.7%)	266100	(34.4%)	22498	(2.9%)	59663	(7.7%)	27966	(3.6%)	13681	(1.8%)	6763	(0.9%)	773843	(100.0%)
2006	414208	(46.2%)	320320	(35.7%)	29382	(3.3%)	61436	(6.8%)	44923	(5.0%)	19195	(2.1%)	7441	(0.8%)	896905	(100.0%)
2007	431479	(45.3%)	354056	(37.2%)	39354	(4.1%)	47600	(5.0%)	50379	(5.3%)	21172	(2.2%)	7446	(0.8%)	951486	(100.0%)
2008	455303	(46.4%)	366491	(37.4%)	37458	(3.8%)	47896	(4.9%)	44171	(4.5%)	20469	(2.1%)	8534	(0.9%)	980322	(100.0%)
2009	500286	(47.0%)	408498	(38.4%)	35549	(3.3%)	41947	(3.9%)	44432	(4.2%)	24604	(2.3%)	8435	(0.8%)	1063751	(100.0%)
2010	530039	(47.4%)	438477	(39.2%)	49260	(4.4%)	36632	(3.3%)	37596	(3.4%)	18839	(1.7%)	7667	(0.7%)	1118510	(100.0%)
2011	459543	(42.6%)	471836	(43.7%)	51685	(4.8%)	37530	(3.5%)	33577	(3.1%)	17069	(1.6%)	8164	(0.8%)	1079404	(100.0%)
2012	469739	(42.8%)	476106	(43.4%)	51459	(4.7%)	38586	(3.5%)	32373	(3.0%)	19050	(1.7%)	9674	(0.9%)	1096987	(100.0%)
2013	485554	(43.0%)	467320	(41.4%)	52478	(4.6%)	48579	(4.3%)	44847	(4.0%)	20812	(1.8%)	9856	(0.9%)	1129446	(100.0%)

表 4-3 の地域別認証件数の推移に基づき、図 4-8 に各地域の認証件数、図 4-9 にシェアの推移をそれぞれ示す。

共通的な傾向として、認証件数が 2002 年から 2003 年に掛けて、欧州、中南米、北米、中東、アフリカ地域で減少し、東アジア・オセアニア、中央・南アジアで停滞していることがある。このような減少もしくは停滞は、すでに示したように、ISO9001、ISO9002、ISO9003 に分かれていた規格が、ISO9001 に統合・改正されたことによるものであると考えられる。ISO9001、ISO9002、ISO9003 の規格ごとに認証を取得していた組織が、ISO9001 に統合されることより、一つの規格での認証登録となったこと、また規格の改正を機にやめてしまうことが上げられよう。また、その後のいずれの地域も急速に認証件数を伸ばしているが、これは、2003 年に認証された全ての組織が、2000 年に改正された規格の要求事項に基づき、品質マネジメントシステムを構築したことにより、認証を取得しようとする組織が参考とすべき品質マネジメントシステムが多くできたこと、また、それを可能にするコンサルタントも多く出現したことによるものと考えられる。2007 年には、北米の認証件数が大きく減少しているが、これは、サブプライムローンによる影響で、2008 年には、中南米、中央・南アジアの認証件数が減少しており、これはリーマンショックによるものだと考えられる。2009 年には、アフリカ、2010 年には、欧州がそれぞれ減少に転じている。加えてこのような減少は、2008 年に ISO9001 が改訂され、組織が新しい要求事項に基づいた対応をしなければならなくなり、その手間とコストから認証を返上した組織があったことも影響しているものと考えられる。2013 年になると、東アジア・オセアニアを除く全ての地域で増加している。なお、北米の経済規模に比し、認証のシェアが低い理由は、ISO の中央事務局がスイスのジュネーブにおかれていることから認識できるように、ISO は欧州が主導権を握っており、特に米国の関心が薄いことがあげられる。ただし、近年は、産業や技術分野が広く多岐にわたり、米国当局の規制だけでは追いつかないため、欧州が主導で確立してきたその他の認定・認証制度を利用する傾向がみられる。

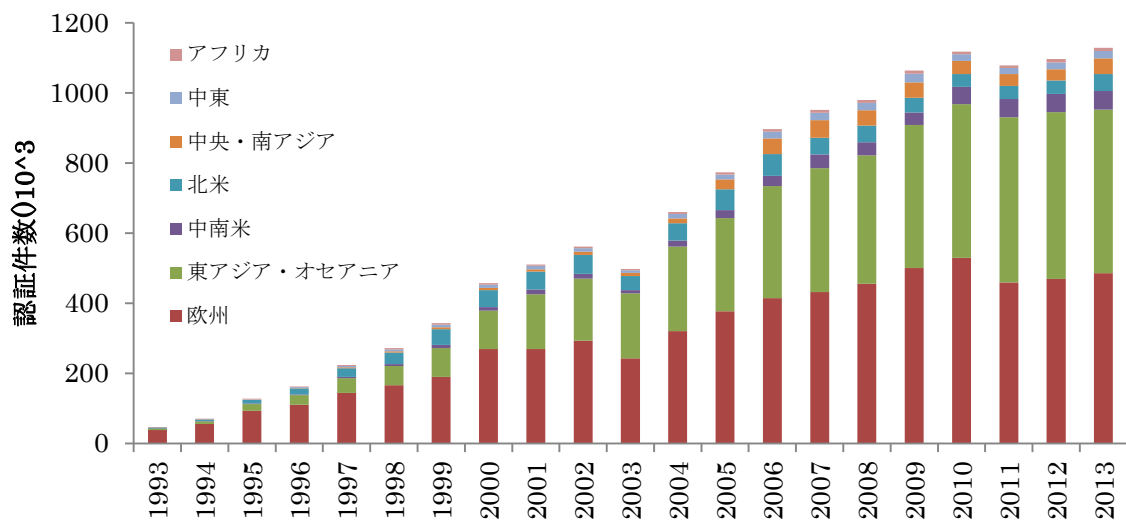


図4-8 地域別ISO9001の認証件数の推移(1993-2013)

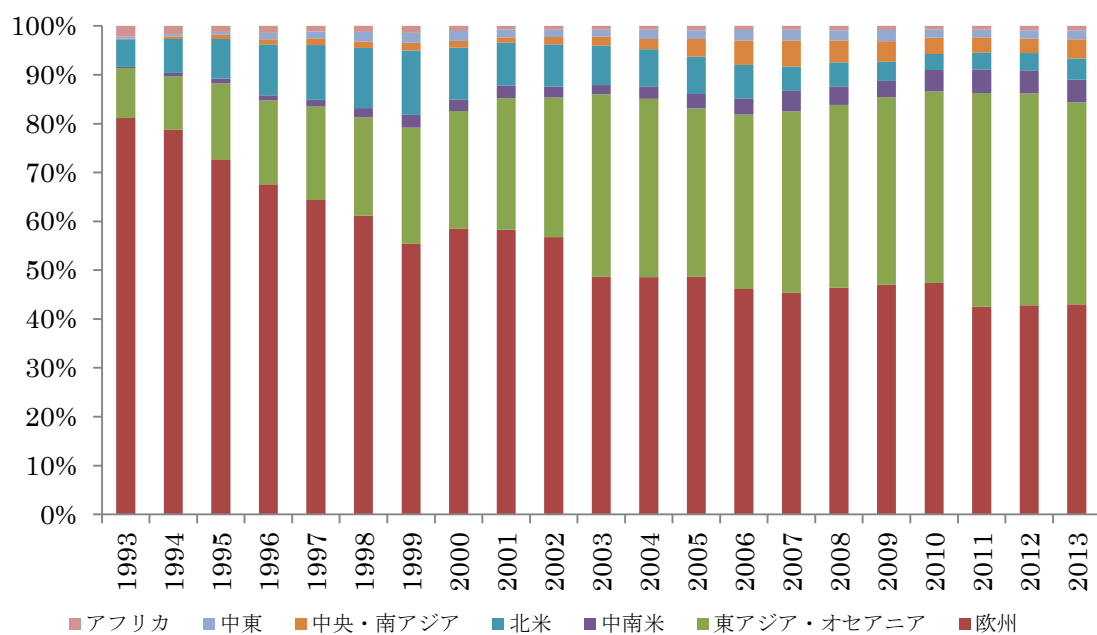


図4-9 地域別ISO9001の認証割合の推移(1993-2013)

2013年、欧州、東アジア・オセアニア、北米の認証件数を合わせると、世界全体の認証件数の88.7%を占める。これら3つの地域の主要国の認証件数と地域内のシェアについて、表4-4に欧州、表4-5に東アジア・オセアニア、表4-6に北米としてそれぞれ示す。

表 4-4 欧州における ISO9001 の認証件数の推移(1993-2013)

年	イタリア		ドイツ		英国		スペイン		フランス		その他		合計
1993	864	(2.3%)	1534	(4.1%)	28096	(74.4%)	320	(0.8%)	1586	(4.2%)	5379	(14.2%)	37779 (100.0%)
1994	2008	(3.6%)	3470	(6.3%)	36825	(66.5%)	586	(1.1%)	3359	(6.1%)	9152	(16.5%)	55400 (100.0%)
1995	4814	(5.2%)	10236	(11.1%)	52595	(56.8%)	1492	(1.6%)	5536	(6.0%)	17938	(19.4%)	92611 (100.0%)
1996	7321	(6.7%)	12979	(11.8%)	53099	(48.3%)	2496	(2.3%)	8079	(7.3%)	25987	(23.6%)	109961 (100.0%)
1997	12134	(8.4%)	20656	(14.4%)	56696	(39.5%)	4268	(3.0%)	11920	(8.3%)	38000	(26.4%)	143674 (100.0%)
1998	18095	(10.9%)	24055	(14.5%)	58963	(35.5%)	6412	(3.9%)	14194	(8.5%)	44536	(26.8%)	166255 (100.0%)
1999	21069	(11.1%)	30150	(15.8%)	63700	(33.5%)	8699	(4.6%)	16028	(8.4%)	50601	(26.6%)	190247 (100.0%)
2000	48109	(18.1%)	41629	(15.6%)	63725	(23.9%)	17749	(6.7%)	20919	(7.9%)	74166	(27.9%)	266297 (100.0%)
2001	48109	(14.3%)	41629	(12.4%)	66760	(19.9%)	17749	(5.3%)	20919	(6.2%)	140928	(41.9%)	336094 (100.0%)
2002	61212	(17.3%)	35802	(10.1%)	60960	(17.2%)	28690	(8.1%)	19870	(5.6%)	146899	(41.6%)	353433 (100.0%)
2003	64120	(26.4%)	23598	(9.7%)	45465	(18.8%)	31836	(13.1%)	15073	(6.2%)	62363	(25.7%)	242455 (100.0%)
2004	84485	(26.3%)	26654	(8.3%)	50884	(15.9%)	40972	(12.8%)	21769	(6.8%)	95984	(29.9%)	320748 (100.0%)
2005	98028	(26.0%)	39816	(10.6%)	45612	(12.1%)	47445	(12.6%)	21700	(5.8%)	124571	(33.0%)	377172 (100.0%)
2006	105799	(25.5%)	46458	(11.2%)	40909	(9.9%)	57552	(13.9%)	21349	(5.2%)	142141	(34.3%)	414208 (100.0%)
2007	115359	(26.7%)	45195	(10.5%)	35517	(8.2%)	65112	(15.1%)	22981	(5.3%)	147315	(34.1%)	431479 (100.0%)
2008	118309	(26.0%)	48324	(10.6%)	41150	(9.0%)	68730	(15.1%)	23837	(5.2%)	154953	(34.0%)	455303 (100.0%)
2009	130066	(26.0%)	47156	(9.4%)	41193	(8.2%)	59576	(11.9%)	23065	(4.6%)	199230	(39.8%)	500286 (100.0%)
2010	138892	(26.2%)	50583	(9.5%)	44849	(8.5%)	59854	(11.3%)	29713	(5.6%)	206148	(38.9%)	530039 (100.0%)
2011	143121	(31.1%)	49540	(10.8%)	43564	(9.5%)	53057	(11.5%)	29215	(6.4%)	141046	(30.7%)	459543 (100.0%)
2012	136991	(29.2%)	51701	(11.0%)	44670	(9.5%)	59418	(12.6%)	29198	(6.2%)	147761	(31.5%)	469739 (100.0%)
2013	160966	(33.2%)	56303	(11.6%)	44585	(9.2%)	42632	(8.8%)	29598	(6.1%)	151470	(31.2%)	485554 (100.0%)

表 4-5 東アジア・オセアニアにおける ISO9001 の認証件数の推移(1993-2013)

年	中国		日本		オーストラリア		マレーシア		韓国		その他		合計
1993	35	(0.7%)	434	(9.1%)	2695	(56.5%)	224	(4.7%)	87	(1.8%)	1292	(27.1%)	4767 (100.0%)
1994	150	(1.9%)	1060	(13.7%)	3710	(48.1%)	258	(3.3%)	226	(2.9%)	2315	(30.0%)	7719 (100.0%)
1995	507	(2.6%)	3762	(19.0%)	8834	(44.7%)	690	(3.5%)	619	(3.1%)	5354	(27.1%)	19766 (100.0%)
1996	3406	(12.2%)	7247	(26.0%)	7252	(26.0%)	1123	(4.0%)	892	(3.2%)	7965	(28.6%)	27885 (100.0%)
1997	5698	(13.3%)	6487	(15.1%)	10547	(24.6%)	1610	(3.8%)	5806	(13.6%)	12676	(29.6%)	42824 (100.0%)
1998	8245	(15.1%)	8613	(15.8%)	14170	(25.9%)	1707	(3.1%)	7729	(14.1%)	14207	(26.0%)	54671 (100.0%)
1999	15109	(18.4%)	14564	(17.8%)	22833	(27.9%)	1921	(2.3%)	11533	(14.1%)	15990	(19.5%)	81950 (100.0%)
2000	25657	(23.5%)	21329	(19.5%)	24772	(22.7%)	2355	(2.2%)	15424	(14.1%)	19680	(18.0%)	109217 (100.0%)
2001	57783	(37.1%)	27385	(17.6%)	26750	(17.2%)	3195	(2.1%)	17676	(11.4%)	22808	(14.7%)	155597 (100.0%)
2002	75755	(42.6%)	33964	(19.1%)	27135	(15.3%)	3733	(2.1%)	14520	(8.2%)	22660	(12.7%)	177767 (100.0%)
2003	96715	(52.0%)	38751	(20.9%)	19975	(10.7%)	3076	(1.7%)	10640	(5.7%)	16689	(9.0%)	185846 (100.0%)
2004	132926	(55.2%)	48989	(20.3%)	17365	(7.2%)	4337	(1.8%)	12416	(5.2%)	24905	(10.3%)	240938 (100.0%)
2005	143823	(54.0%)	53771	(20.2%)	16922	(6.4%)	5695	(2.1%)	14033	(5.3%)	31856	(12.0%)	266100 (100.0%)
2006	162259	(50.7%)	80518	(25.1%)	17440	(5.4%)	6786	(2.1%)	15739	(4.9%)	37578	(11.7%)	320320 (100.0%)
2007	210773	(59.5%)	73176	(20.7%)	7401	(2.1%)	7838	(2.2%)	15794	(4.5%)	39074	(11.0%)	354056 (100.0%)
2008	224616	(61.3%)	62746	(17.1%)	8773	(2.4%)	6267	(1.7%)	23036	(6.3%)	41053	(11.2%)	366491 (100.0%)
2009	257076	(62.9%)	68484	(16.8%)	9143	(2.2%)	6463	(1.6%)	23400	(5.7%)	43932	(10.8%)	408498 (100.0%)
2010	297037	(67.7%)	58836	(13.4%)	8784	(2.0%)	8614	(2.0%)	24778	(5.7%)	40428	(9.2%)	438477 (100.0%)
2011	328213	(69.6%)	56912	(12.1%)	9659	(2.0%)	10757	(2.3%)	27664	(5.9%)	38631	(8.2%)	471836 (100.0%)
2012	333870	(70.1%)	50339	(10.6%)	9185	(1.9%)	11746	(2.5%)	27571	(5.8%)	43395	(9.1%)	476106 (100.0%)
2013	337033	(72.1%)	45990	(9.8%)	13123	(2.8%)	12002	(2.6%)	11360	(2.4%)	47812	(10.2%)	467320 (100.0%)

表 4-6 北米における認証件数の推移(1993-2013)

年	米国		カナダ		メキシコ		合計	
1993	2059	(78.8%)	530	(20.3%)	24	(0.9%)	2613	(100.0%)
1994	3960	(80.6%)	870	(17.7%)	85	(1.7%)	4915	(100.0%)
1995	8762	(84.5%)	1397	(13.5%)	215	(2.1%)	10374	(100.0%)
1996	12613	(74.3%)	3955	(23.3%)	412	(2.4%)	16980	(100.0%)
1997	18581	(73.9%)	5852	(23.3%)	711	(2.8%)	25144	(100.0%)
1998	24987	(74.5%)	7585	(22.6%)	978	(2.9%)	33550	(100.0%)
1999	33054	(73.2%)	10556	(23.4%)	1556	(3.4%)	45166	(100.0%)
2000	35018	(72.5%)	11435	(23.7%)	1843	(3.8%)	48296	(100.0%)
2001	37026	(72.8%)	11635	(22.9%)	2233	(4.4%)	50894	(100.0%)
2002	38927	(72.3%)	12371	(23.0%)	2508	(4.7%)	53806	(100.0%)
2003	30294	(75.4%)	8454	(21.0%)	1437	(3.6%)	40185	(100.0%)
2004	37285	(74.6%)	9286	(18.6%)	3391	(6.8%)	49962	(100.0%)
2005	44270	(74.2%)	12503	(21.0%)	2890	(4.8%)	59663	(100.0%)
2006	44883	(73.1%)	11917	(19.4%)	4636	(7.5%)	61436	(100.0%)
2007	36192	(76.0%)	7462	(15.7%)	3946	(8.3%)	47600	(100.0%)
2008	32400	(67.6%)	10506	(21.9%)	4990	(10.4%)	47896	(100.0%)
2009	28935	(69.0%)	7992	(19.1%)	5020	(12.0%)	41947	(100.0%)
2010	25101	(68.5%)	7272	(19.9%)	4259	(11.6%)	36632	(100.0%)
2011	25811	(68.8%)	7108	(18.9%)	4611	(12.3%)	37530	(100.0%)
2012	26177	(67.8%)	6907	(17.9%)	5502	(14.3%)	38586	(100.0%)
2013	34869	(71.8%)	8346	(17.2%)	5364	(11.0%)	48579	(100.0%)

それらのデータを基にして、欧州、東アジア・オセアニアでは、

$$y = ax + b \quad (4-1)$$

北米では、

$$y = \frac{c}{1 + ae^{-bx}} \quad (4-2)$$

として、モデルを当てはめ、パラメタを推計すると表 4-7 にまとめられる。

表 4-7 各地域の数理モデルの推計結果

地域	モデル	パラメタ推計値		t値	データ対象期間	R <sup>2</sup>
欧州	$y = ax + b$	a	28692.4	18.9	1993-2010	0.957
		b	6502.1	0.396		
イタリア	$y = ax + b$	a	3574.3	11.2	1993-1999	0.962
		b	-4829.1	-3.39		
		a	8799.4	19.3	2000-2013	0.968
		b	-23765.4	-3.46		
東アジア・オセアニア	$y = ax + b$	a	12446.8	9.29	1993-1999	0.945
		b	-15561.2	-2.6		
		a	33030.2	36.6	2000-2011	0.993
		b	-154646.2	-12.3		
中国	$y = ax + b$	a	2378.7	5.61	1993-1999	0.863
		b	-4779	-2.52		
		a	26720.7	31.4	2000-2011	0.99
		b	193010.5	-16.2		
北米	$y = \frac{c}{1 + ae^{-bx}}$	a	30.06	-	1993-2006	0.825
		b	-549	-		
		c	61500	-		

欧州、東アジア・オセアニア、北米の各地域における、モデル及び認証件数の推移と傾向を次に示す。

#### (a) 欧州

地域別における主要国のシェアについて、欧州では、表 4-4 に示す通り、2013 年ではイタリアの認証件数が最も多く 160966 件で欧州の中で 33.2%を占め、次いでドイツ 11.6%(160966 件)、英国 9.2%(44585 件)、スペイン 8.8%(42632 件)、フランス 6.1%(29598 件)と続き、比較的分散されている。

欧州全体の認証件数の推移を図 4-10 に示す。この推移傾向は大きく 2 つの期間に分けられよう。まず 1 期である 1993 年から飽和を迎えた 2010 年までである。1993 年を 1 とした経過年数を説明変数(x)、認証件数を目的変数(y)として、欧州の認証件数全体の単回帰分析を行ったパラメータ推計値は表 4-7 の通りである。

なお 2000 年以降、回帰直線から上下に外れている期間がある。2000 年以降 2002 年まででは回帰直線より実績値が大きい。すでに示したように 2000 年以前には、ISO9001、

ISO9002、ISO9003 で、それぞれ認証が行われていた。2000 年になるとそれらが、ISO9001 に統合される形となった。そのため、2000 年以降は、複数認証を取っていた組織が、一つの認証ですむようになった。ただし、認証の切り替え期限が 2003 年であったため、期限前の 2002 年までは、従前の ISO9001、ISO9002、ISO9003 と 2000 年に改訂された ISO9001 が共存していた時期であったため認証件数が増加し、2003 年の切り替えを迎えて、従前の ISO9001、ISO9002、ISO9003 の認証がなくなったため、一気に減少に転じたものと思われる。こうした傾向は、欧州の中で、ドイツ、英国、フランスに顕著に表れている。また、その後、2010 年から 2011 年にかけて減少しているのは、ISO9001 が 2008 年に改訂されたことによるものと思われる。すなわち、2008 年以前に認証を取得しようと考えていた組織は、2008 年に改訂されることを把握しており、改訂されてから認証した。そのため、2010 年までは増加している。

2 期である 2011 年以降は、新たな局面に入っているといえる。2011 年の減少は、2008 年の改訂後の ISO9001 の要求事項に自社のマネジメントシステムを変更することに価値を見いだせなかった企業が、改訂された ISO9001 への対応期限である 2011 年に認証を返上したとの理由が考えられる。2011 年に最少となり、以降は微増している。今後は、再度 ISO9001 の改正を迎えることで、改正内容にも左右されようが、過去の傾向から認証件数は、若干減少する可能性が高い。また、大きな景気変動を考慮しなければ、ISO9001 の改訂時を除き、急激な増減はないものと推測される。

欧州で最も認証件数の多いイタリアの認証件数の推移を図 4-11 に示す。1993 年から 1999 年までは助走期間と考えることができる。2000 年以降から 2013 年までは成長期間である。

今、1993 年を 1 とした経過年数を説明変数( $x$ )、認証件数を目的変数( $y$ )とし、1993 年から 1999 年、2000 年から 2013 年にそれぞれわけ、イタリアの認証件数の単回帰分析を行うとパラメタ推計値は表 4-7 の通りである。

表 4-7 のパラメタ推計値から、2000 年から 2013 年の認証件数の増加の速度は 1 年あたり 8799 件の増加となり、1993 年から 1999 年の 1 年あたり 3575 件の増加と比較し倍増している。ただし、ISO9001 の改訂により、2010 年(138892 件)から 2012 年(136991 件)にかけて鈍化、減少しているが、2013 年(160966 件)に再度増加に転じている。今後も、飽和するまでは、同様に増加の傾向を示すだろうと考えられる。

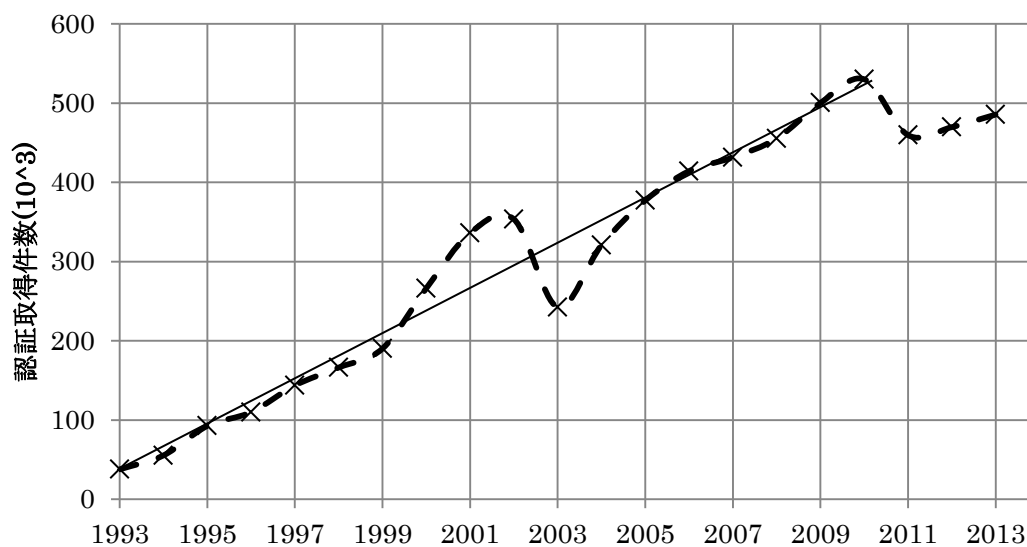


図4-10 欧州地域のISO9001認証件数の推移(1993-2013)

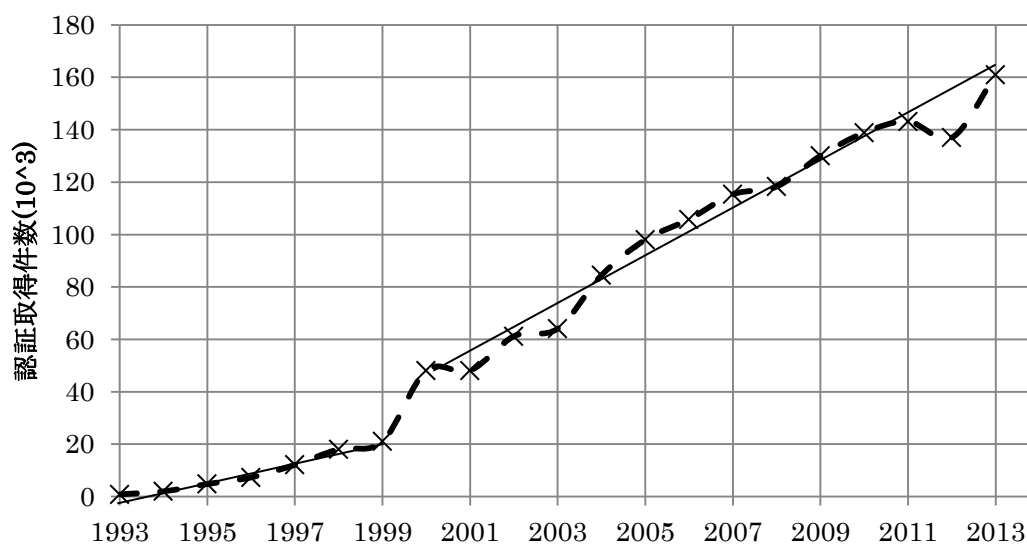


図4-11 イタリアのISO9001認証件数推移(1993-2013)

ドイツでは、2000年(41629件)から2004年(26654件)までは上述のようにISO9001への規格の統合により認証件数は減少していくが、2005年(39816件)以降再度立ち上がり、その後順調に増加をしている。

英国でのISO9001の認証件数は、表4-4、図4-12に示すように、1993年にすでに28096件で欧州全体の74.4%、世界全体でも60%を占めており、他国と比較すると突出している。この理由は、Dunstan (1987)によると、英国では、規格を利用した品質の認証制度が、ま

だ認証を意図していなかった ISO 規格が発行される 1987 年以前から取り入れられていたこと、さらに翌年の 1988 年には、飯塚悦功(1991)によると、同様の制度の認証を政府調達の条件としていたことなどにより、ISO 認証の制度が構築されると、それら認証取得組織がすぐに移行したためであろう。図 4-12 に示すように 1993 年以降増加を続け 2001 年(66760 件)に飽和を迎え、ISO9001 の統合で切り替えにより 2003 年(45465 件)まで大きく減少し 2004 年(50884 件)に若干増加したものの 2007 年(35517 件)の最少を迎えるまで減少が続く。2007 年以降 2013 年(44585 件)まで微増を続けている。

スペインは、1993 年から 2008 年(68730 件)まで増加を続け、それ以降は減少し、特に、2012 年(59418 件)から 2013 年(42632 件)にかけて 2012 年の認証件数は 35%も減少する。これは、スペインの金融危機による景気の影響だと考えられる。

フランスは、1993 年(1586 件)から 2000 年(20919 件)まで増加、2000 年以降 2009 年(23065 件)まで停滞しつつも、2010 年(29713 件)に再度大きく増加に転じるも、それ以降は停滞している。フランスでは、2008 年の改訂による減少はほとんど見られない。これはフランスの組織は、2008 年の改訂を機に ISO9001 の認証をやめるという選択はとらず、改訂の時期に関わらず必要のないと早めに判断して認証を返上していると考えられる。今後は、ISO9001 の改訂時に認証件数が増える可能性がある。

今後は、フランスを除き、欧州のいずれの国も、景気による影響を考えなければ、ISO9001 の改訂時に若干の減少がみられるものの微増を続けていくものと考えられる。

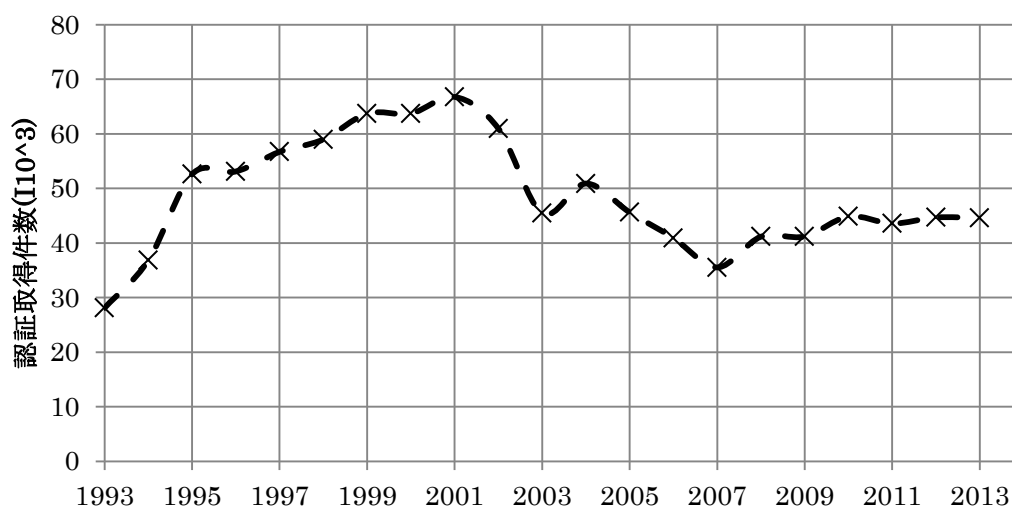


図4-12 英国のISO9001認証件数の推移(1993-2013)

#### (b) 東アジア・オセアニア

東アジア・オセアニア地域全体の認証件数を図 4-13 に、また同地域上位 5 か国の認証件数の推移を表 4-5 に示す。1993 年～1999 年までが助走期間、2000 年～2011 年が成長期間、2012 年以降が停滞期間と言える。



東アジア・オセアニアにおける ISO9001 の認証件数を目的変数(y)、1993 年を 1 とした経過年数を(x)として、1993 年から 1999 年、2000 年から 2011 年にそれぞれわけ、東アジア・オセアニアの認証件数の単回帰分析を行うとパラメタ推計値は表 4-7 となる。

2011 年以降 2013 年まで、認証件数は停滞している。今後も認証件数の大きな増加は見られないだろう。

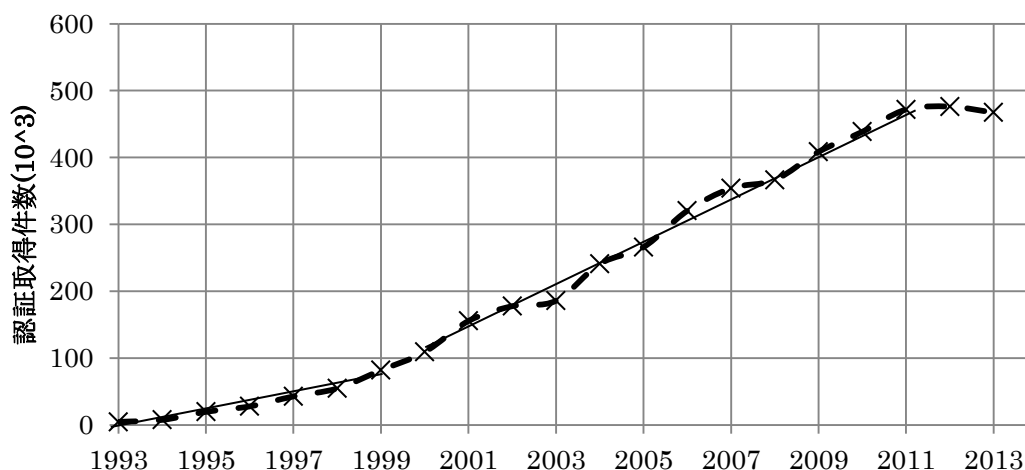


図4-13 東アジア・オセアニアのISO9001認証件数の推移  
(1993-2013)

東アジア・オセアニアの認証件数は、2013 年に中国が全体の 72.1%(330733 件)を占めている。図 4-14 に中国の認証件数の推移を示す。中国でも東アジア・オセアニア地域の推移と同様に、1993 年から 1999 年までが助走期間、2000 年から 2011 年までが成長期間、2012 年以降は停滞期間と言えよう。中国は、2001 年 12 月の WTO の加盟によることもあり、2000 年(25657 件)から 2001 年(57783 件)にかけて認証件数は倍になり、それ以降増加を続け 2011 年(328213 件)までは順調に伸びている。

中国における ISO9001 の認証件数を目的変数(y)、1993 年を 1 とした経過年数を(x)として、1993 年から 1999 年、2000 年から 2011 年にそれぞれわけ、中国の認証件数の単回帰分析を行うとパラメタ推計値は表 4-7 となる。なお、2011 年から 2013 年(227033 件)までは、以前よりも伸びは見られない。今後も認証件数の大きな増加は見られないものの、飽和を迎えるまで微増の傾向は変わらないと考えられる。

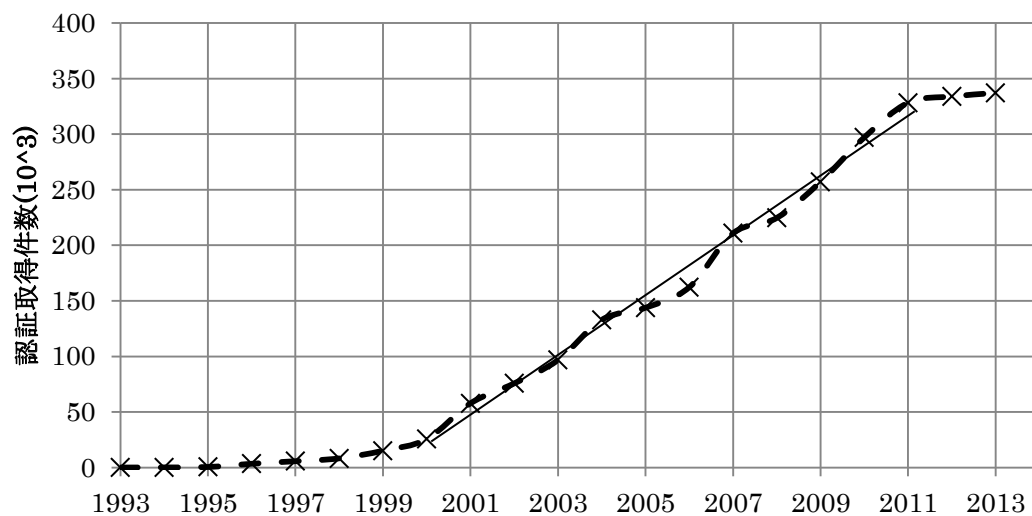
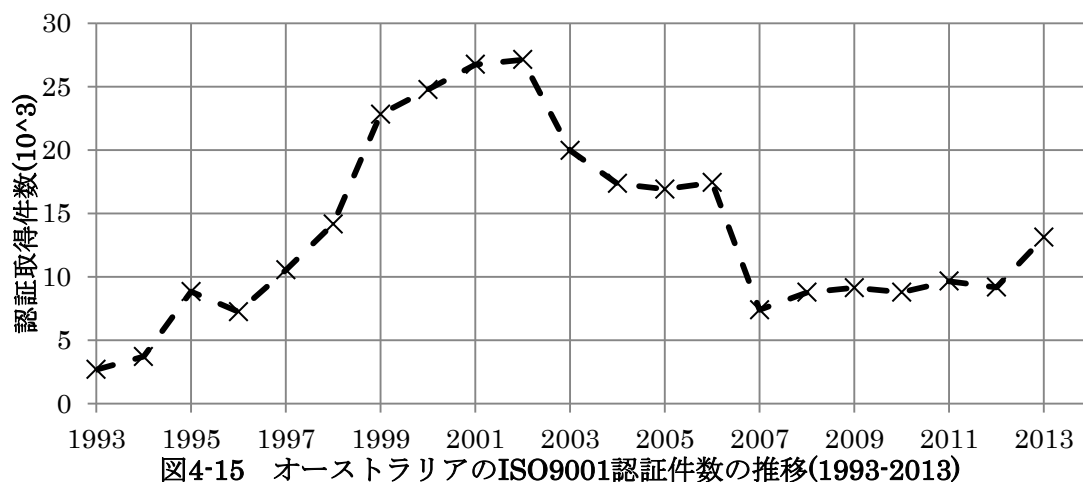


図4-14 中国のISO9001認証件数の推移(1993-2013)

東アジア・オセアニアで、2013年に9.8%を占める日本は、2006年にピークを迎え、その後は減少傾向である。詳細の分析については、5章にて後述する。2013年に東アジア・オセアニア地域のシェアの3%を占めるオーストラリアは、1993年の時点では、56%(2695件)を占めていた。牧(1978)によると、オーストラリアは、1975年から品質に関する規格を官民により開発、発行しており、品質向上活動、さらに契約文書の一環として規格を利用していたことから、ISO9001の認証制度への移行が早い段階で行われたものと思われる。その後、オーストラリアの認証件数は、図4-15に示すように2002年(27135件)をピークに、2003年(19975件)、2007年(7401件)にそれぞれ急激に認証件数が落ち込み2008年以降は微増となっている。マレーシアは、2003年、2008年に微減するものの、認証件数は1993年～2013年まで増加基調であり、今後も増加基調は続くと考えられる。韓国は、2001年に第1のピークを迎え2002年(14520件)、2003年(10640件)に減少し、その後は回復基調が続いていたが2013年(11306件)に認証件数が減少する。今後は、底を迎えるまで認証件数は減少しその後は微増していくものと考えられる。



### (c) 北米

表 4-6、図 4-16 に、北米における認証件数の推移を示す。北米では、2013 年、米国が全体の 71.8%(34869 件)を占めている。ついで、カナダ 17.2%(8346 件)、メキシコ 11.0%(5364 件)となっている。メキシコは若干の上下はあるものの増加基調である。米国、カナダは似た推移傾向を示しており、これらが北米地域の推移を決めている。北米は 3 期に分けて考えられ、1993 年から 2006 年までが増殖期、2007 年から 2012 年までが減少停滞期、2013 年以降が回復期と考えられる。増殖期において、2003 年に大きく減少しているのは、欧州と同様に ISO9001 の改訂が理由であろう。また、2007 年以降急激に減少しているのは、リーマンショックによるものと推測される。リーマンショックに耐え切れず認証を返上し、2010 年に認証件数が最少となり、2013 年にふたたび認証件数が増加している。これは、リーマンショックにより底をうち 2012 年までその影響が継続したが、2013 年にはリーマンショックからの立ち直りにより認証件数が増加しているものと考えられる。

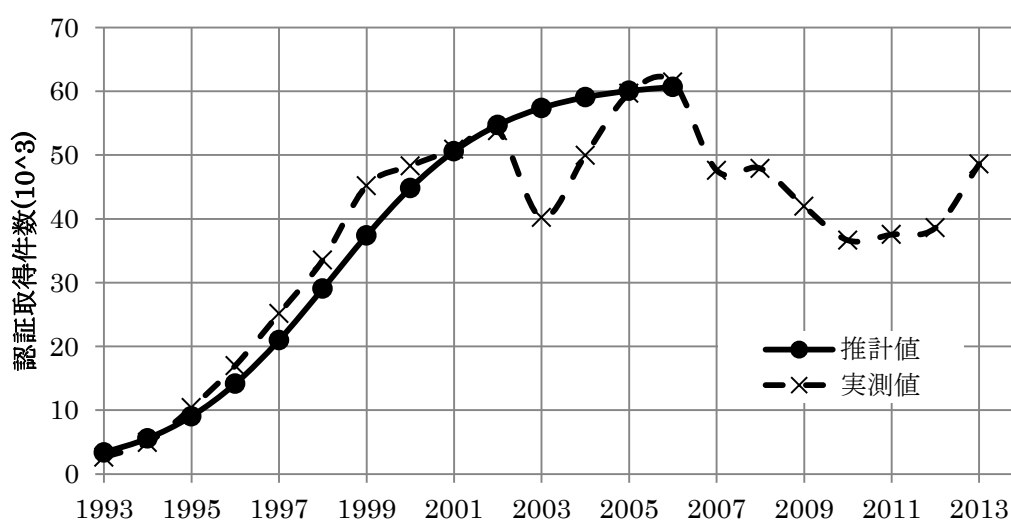


図4-16 北米地域のISO9001認証件数の需要曲線による推計値(1993-2006)と実測値(1993-2013)

北米における、ISO9001 の認証件数を目的変数( $y$ )とし 1993 年を 1 とした経過年数を説明変数( $x$ )とし、1993 年から 2006 年のデータを用い、表 4-7 のモデルにより回帰分析を行う。なお、回帰分析にあたっては、下記式 (4-2) を

$$\frac{c}{y} - 1 = ae^{-bx}$$

$$\log\left(\frac{c}{y} - 1\right) = \log a - bx$$

と変形し、 $\log\left(\frac{c}{y} - 1\right)$  を目的変数 (Y) として行う。

北米におけるパラメタ推計結果を表 4-7 に記し、推計値および実測値は図 4-16 に示す。

#### (d) 欧州、東アジア・オセアニア、北米における数理モデル推計の比較

表 4-7 に示すように、各地域および主要国についての数理モデルの推計結果から次のことが明らかになる。すなわち、欧州では、1993 年から 2010 年まで認証件数は、リニアに増加しており、モデルの切片  $b$  がプラスなのは、早い段階から認証が始められていたことを示している。2013 年、欧州の認証件数のうち、33.2%と最大のシェアを占めるイタリアは、1993-1999 と 2000-2013 の傾き  $a$  が、それぞれ、3574.3、8799.4 となっており、1 年あたりの認証件数の増加が倍以上となっている。同様に、東アジア・オセアニアの認証件数についても、1993-1999 と 2000-2011 の傾き  $a$  は、12446.8、33030.2 と欧州と同じく傾きが倍以上となっている。東アジア・オセアニアで最大のシェアである中国は、1993-1999 と 2000-2011 で、傾き  $a$  は、2378.7 から 26720.7 と、10 倍以上となり、急激な上昇を示している。こうしたことから、ISO9001 の 2000 年の改訂は上記地域にとって大きな影響を与えたことが示唆される。北米は、1993 年から 2006 年までのデータにより需要曲線で近似でき、すでに飽和を迎えていることがわかる。なお、いずれも、本モデルの推計結果以降は、ISO9001 の認証について、次の時代に入ってきているといえ、現段階でモデルの推定はできないが、今後の予測は各地域別の項目で示した通りである。

#### (2) 産業別による認証件数の推移(世界)

39 に分けられた業種を、6 の業種に統合し、表 4-8 に示した。なお、統合に際しては、国際連合統計部による国際連合統計部が 2008 年（平成 20 年）に改定した“International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) Revision 4”を参考にした<sup>10</sup>。21 の業種に分けられていた製造業を「製造業」として統合、建設、採石業、鉱

<sup>10</sup> United Nation, "International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) Revision 4", 2008, <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isic-4.asp>, 2015 年 1 月閲覧

業を統合、小売り、ホテル、研究開発を「サービス、小売り」として統合、出版業、電力業、出版業、電力供給、ガス供給、給水、輸送、倉庫、通信、情報技術、公共行政、教育、医療及び社会事業を「インフラ、公共事業」として統合し、それぞれの ISO9001 認証件数およびシェアの推移を表 4-9、図 4-17、図 4-18 に示す<sup>11</sup>。

1998 年から 2013 年まで製造業のシェアが最も高く、農業・林業・漁業のシェアが最も低い。1998 年から 2013 年の業種別推移をみると、4 つの期間に分けて特徴を見ることができる。1998 年から 2001 年、2002 年から 2007 年、2008 年、2009 年から 2013 年である。まず、1998 年から 2001 年までの勃興期では、大きなシェアの変化は見られず順調に認証件数が増加している。2002 年以降 2007 年までは成長期であるが、2003 年に認証件数は大きく減少する。この現象は、2000 年の ISO9001 の改訂によるものである。すでに示したように、2000 年以前には、ISO9001、ISO9002、ISO9003 で、それぞれ認証が行われていた。2000 年になるとそれらが、ISO9001 に統合される形となった。そのため、2000 年以降は、複数認証を取っていた組織が、一つの認証ですむようになった。ただし、認証の切り替え期限が 2003 年であったため、期限前の 2002 年までは、従前の ISO9001、ISO9002、ISO9003 と 2000 年に改訂された ISO9001 が共存していた時期であったため認証件数が増加し、2003 年の切り替えを迎えて、従前の ISO9001、ISO9002、ISO9003 の認証がなくなったため、一気に減少に転じたものと思われる。成長期では、認証件数はいずれの業種も増加傾向であるが、製造業のシェアは徐々に減少している。これが、2008 年になると 2 度目の認証件数の大幅な減少がみられ、シェアの減少を続けてきた製造業のシェアが、55.3%から 46.6%と大幅に減少する。一方で、サービス・小売が 17.4%から 21.9%、インフラ・公共事業が 11.7%から 15.1%と増加している。2009 年から 2013 年では、認証件数は停滞し、シェアについては、製造業のシェアは回復するものの、建設・工業・採石業のシェアは減少し、サービス・小売り、インフラ・公共事業のシェアの大きな増減は見られない。

---

<sup>11</sup>産業別の総数と、全世界の認証件数が異なるのは、産業別の報告がなされていないケースがあることによるものである。

表 4-8 業種の統合

1 農業、林業、漁業	農業、林業、漁業
3 食料品、飲料、タバコ	製造業
4 織物、繊維製品	
5 皮革、皮革製品	
6 木材、木製品	
7 パルプ、紙、紙製品	
9 印刷業	
10 コークス及び精製石油製品の製造	
11 核燃料	
12 化学薬品、化学製品及び繊維	
13 医薬品	
14 ゴム製品、プラスチック製品	
15 非金属鉱物製品	
16 コンクリート、セメント、石灰、石こう他	
17 基礎金属、加工金属製品	
18 機械、装置	
19 電氣的及び光学的装置	
20 造船業	
21 航空宇宙産業	
22 その他輸送装置	
23 他の分類に属さない製造業	
24 再生業	
2 鉱業、採石業	建設、鉱業、採石業
28 建設	サービス、小売り
29 卸売業、小売業、並びに自動車、オートバイ、	
30 ホテル、レストラン	
34 エンジニアリング、研究開発	
35 その他専門的サービス	
39 その他社会的・個人的サービス	インフラ、公共事業
8 出版業	
25 電力供給	
26 ガス供給	
27 給水	
31 輸送、倉庫、通信	
33 情報技術	
36 公共行政	
37 教育	
38 医療及び社会事業	金融、保険、不動産、賃貸
32 金融、保険、不動産、賃貸	

表 4-9 業種の統合による認証件数の推移(世界,1998-2013)

年	製造業		サービス、小売り		建設、鉱業、採石業		インフラ、公共事業		金融、保険、不動産、賃貸		農業、林業、漁業		合計	
1998	139291	(60.6%)	40981	(17.8%)	20820	(9.1%)	23454	(10.2%)	4690	(2.0%)	610	(0.3%)	229846	(100.0%)
1999	174459	(63.7%)	38953	(14.2%)	27064	(9.9%)	29668	(10.8%)	3218	(1.2%)	678	(0.2%)	274040	(100.0%)
2000	193789	(61.1%)	45857	(14.5%)	34417	(10.9%)	36951	(11.7%)	4367	(1.4%)	1745	(0.6%)	317126	(100.0%)
2001	214753	(61.5%)	55322	(15.8%)	43307	(12.4%)	34983	(10.0%)	773	(0.2%)	112	(0.0%)	349250	(100.0%)
2002	247557	(58.9%)	71590	(17.0%)	53516	(12.7%)	44589	(10.6%)	2322	(0.6%)	813	(0.2%)	420387	(100.0%)
2003	204110	(55.6%)	62526	(17.0%)	52946	(14.4%)	39070	(10.6%)	6149	(1.7%)	2584	(0.7%)	367385	(100.0%)
2004	290116	(54.9%)	90572	(17.1%)	73453	(13.9%)	60579	(11.5%)	9559	(1.8%)	4359	(0.8%)	528638	(100.0%)
2005	323705	(53.3%)	110447	(18.2%)	85105	(14.0%)	71641	(11.8%)	10452	(1.7%)	5797	(1.0%)	607147	(100.0%)
2006	338458	(54.1%)	114044	(18.2%)	82940	(13.3%)	74156	(11.9%)	10604	(1.7%)	5540	(0.9%)	625742	(100.0%)
2007	410989	(55.3%)	129461	(17.4%)	97749	(13.2%)	87044	(11.7%)	13008	(1.8%)	4896	(0.7%)	743147	(100.0%)
2008	256483	(46.6%)	120300	(21.9%)	78207	(14.2%)	83325	(15.1%)	8571	(1.6%)	3190	(0.6%)	550076	(100.0%)
2009	475647	(53.2%)	169519	(19.0%)	119876	(13.4%)	109957	(12.3%)	13900	(1.6%)	5234	(0.6%)	894133	(100.0%)
2010	436289	(57.4%)	138511	(18.2%)	85217	(11.2%)	84574	(11.1%)	11057	(1.5%)	4595	(0.6%)	760243	(100.0%)
2011	436016	(56.9%)	138001	(18.0%)	86630	(11.3%)	90025	(11.7%)	11423	(1.5%)	4683	(0.6%)	766778	(100.0%)
2012	483561	(53.0%)	178911	(19.6%)	112435	(12.3%)	115329	(12.7%)	16445	(1.8%)	4883	(0.5%)	911564	(100.0%)
2013	486296	(54.3%)	182689	(20.4%)	84399	(9.4%)	120828	(13.5%)	16198	(1.8%)	4953	(0.6%)	895363	(100.0%)

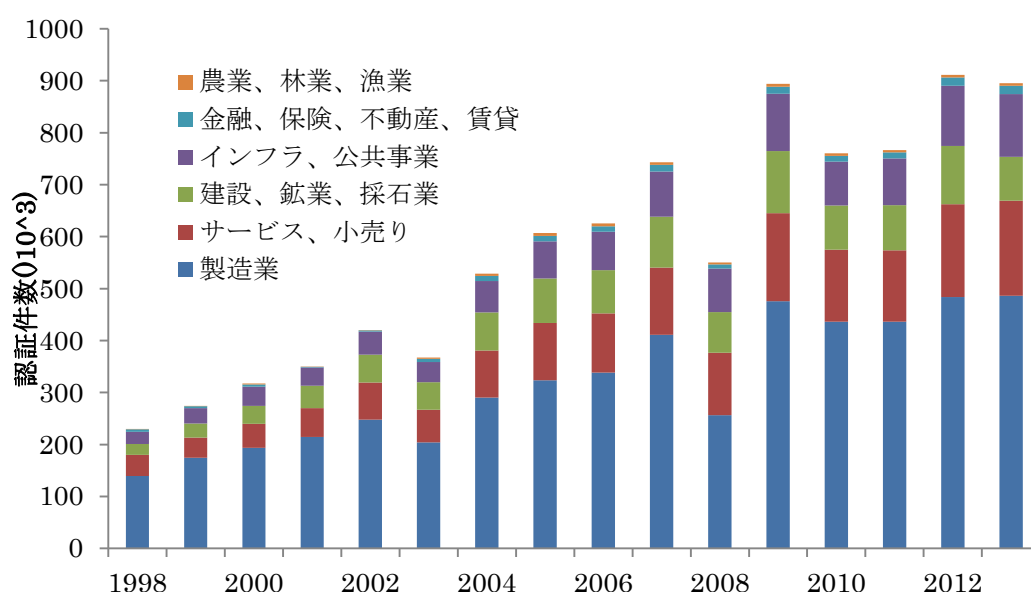


図4-17 業種別のISO認証件数の推移(世界, 1998-2013)

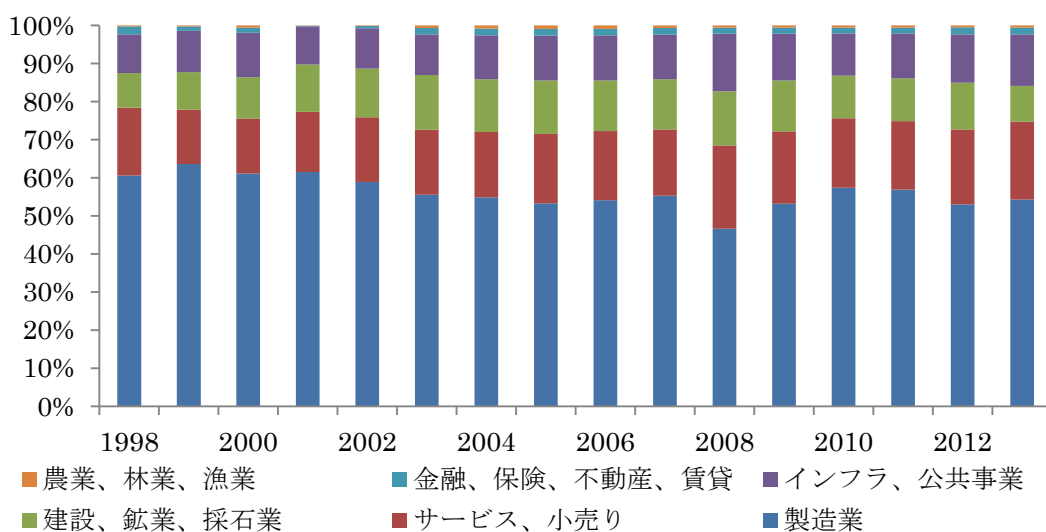


図4-18 業種別のISO認証シェアの推移(世界, 1998-2013)

## 第5章 わが国における ISO9001 の認証

本章では、わが国の ISO9001 の認証についての分析を進め、組織および国家における、高い品質および安全な社会の構築に向けた活動に資することを目的とする。データは、日本適合性認定協会からの提供により分析を進める。

1 節では、わが国の ISO9001 の認証について、産業別分析を行い、2 節では、認証件数の最も多い建設業、金属業、電機産業、を主要産業として取り上げ分析する。

### 5.1 わが国における ISO9001 認証の推移

#### (1) わが国における ISO9001 認証件数の推移

わが国の ISO9001 の認証件数<sup>12</sup>を表 5-1、図 5-1 に示す。わが国の ISO9001 の認証件数は、2000 年(13336 件)前後から急激に増え 2007 年(54938 件)をピークに減少している。2000 年以降の増加は、2000 年に ISO9001 が改正されたこと及び ISO9001 の認証の保有を入札やビジネスの条件とされたことが増加の要因と思われる。2007 年からの減少については、認証件数の飽和、2007 年のサブプライムローン問題とこれに起因する 2008 年のリーマンショックによる世界金融危機が企業の経営を圧迫し、認証の継続に要する維持審査費用や人的資源などのリソースが削られたこと、2008 年に ISO9001 が改正されたのを機に登録を返上したことなどの要因が考えられる。また、2012 年以降は、また増加に転じているが、これは、日本経済の景気の好転によるものと推測される。

2014 年のわが国の認証の内訳は、図 5-2 に示すように、建設業が 20.3%(10143 件)、金属業が 15.7%(7834 件)、電機産業が 9.4%(4671 件)、機械関係が 6.7%(3347 件)、ゴム・プラスチック業が 6.5%(3271 件)、小売業等が 5.2%(2610 件)となっている。図 5-2 のその他の詳細は、表 5-2 に示す。

表 5-1 認証件数の推移(日本, 1990-2014)

年	認証件数	年	認証件数
1990	2	2002	27879
1991	17	2003	37114
1992	95	2004	44719
1993	312	2005	50584
1994	789	2006	53805
1995	1440	2007	54938
1996	2229	2008	54782
1997	3567	2009	52948
1998	5598	2010	50404
1999	8803	2011	48523
2000	13336	2012	47962
2001	20677	2013	48961
		2014	49952

Source: 公益財団法人日本適合性認定協会<sup>13</sup>

<sup>12</sup> 認証件数は産業ごとの認証件数の総数となっている。一つの組織が複数の産業に登録している場合、認証件数は重複してカウントされる。

<sup>13</sup> ISO survey 2013 との数値が異なるのは、数値カウントの時期が異なること、日本適合



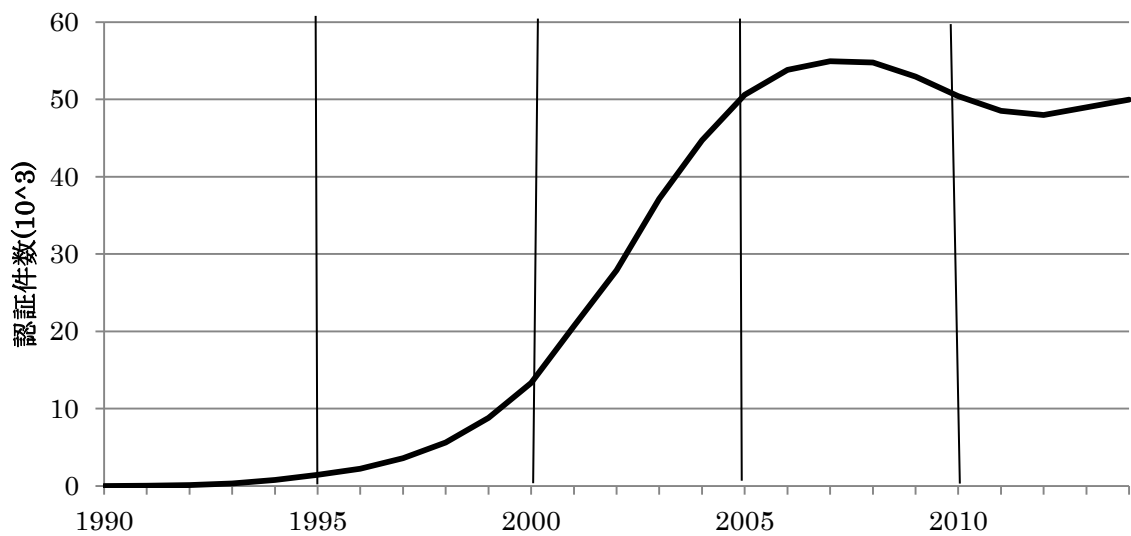


図5-1 全産業におけるISO9001の認証数の推移(日本, 1990-2014)

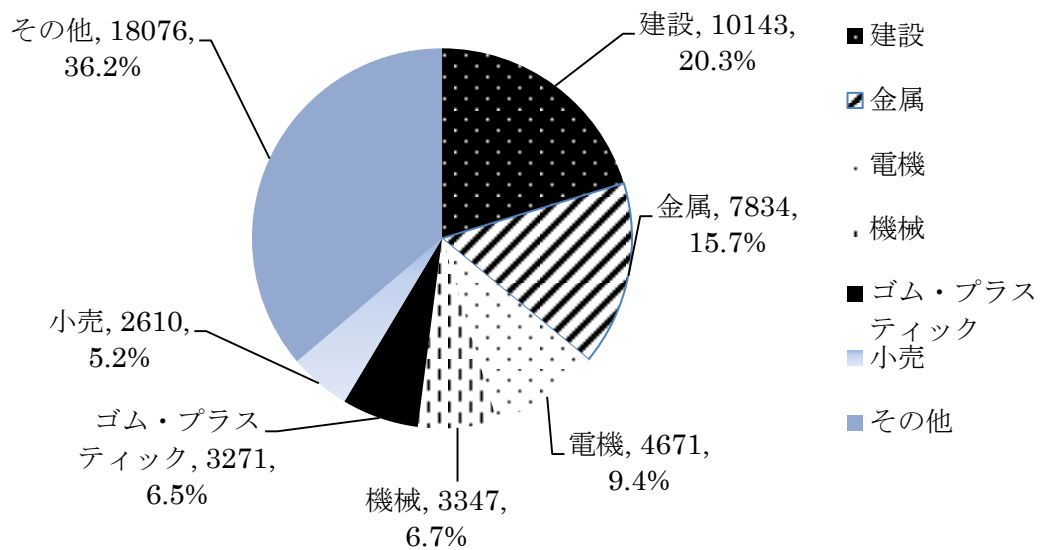


図5-2 日本のISO9001認証取得業種の割合(2014)

性認定協会以外の認定機関により認定される認証機関によるカウントがなされていることがあげられる。また、産業別認証数の合計と、日本の認証件数の合計が合わないのは、一つの企業で複数の産業にまたいで登録されることがあるためである。

表 5-2 その他の内訳（日本, 2014）

業種	件数	割合
34 エンジニアリング、研究開発	2518	(5.0)
12 化学薬品、化学製品及び繊維	1840	(3.7)
3 食料品、飲料、タバコ	1597	(3.2)
31 輸送、倉庫、通信	1581	(3.2)
33 情報技術	1510	(3.0)
22 その他輸送装置	1287	(2.6)
9 印刷業	723	(1.4)
7 パルプ、紙、紙製品	603	(1.2)
38 医療及び社会事業	571	(1.1)
15 非金属鉱物製品	489	(1.0)
39 その他社会的・個人的サービス	486	(1.0)
32 金融、保険、不動産、賃貸	393	(0.8)
4 織物、繊維製品	372	(0.7)
16 コンクリート、セメント、石灰、石こう他	368	(0.7)
6 木材、木製品	281	(0.6)
23 他の分類に属さない製造業	259	(0.5)
1 農業、林業、漁業	234	(0.5)
21 航空宇宙産業	225	(0.5)
24 再生業	208	(0.4)
30 ホテル、レストラン	126	(0.3)
20 造船業	91	(0.2)
13 医薬品	80	(0.2)
37 教育	78	(0.2)
10 コークス及び精製石油製品の製造	70	(0.1)
2 鉱業、採石業	33	(0.1)
36 公共行政	28	(0.1)
25 電力供給	16	(0.0)
8 出版業	13	(0.0)
27 給水	13	(0.0)
5 皮革、皮革製品	12	(0.0)
11 核燃料	9	(0.0)
26 ガス供給	6	(0.0)
35 その他専門的サービス	1956	(3.9)

( ) 内はパーセント表示

## (2) 産業別の認証件数の推移

4章3節の表4-8と同じように39に分けられた業種を、6つの業種に統合する。それぞれのISO9001認証件数およびシェアの推移を表5-3、図5-3、図5-4に示す。

産業別の日本全体の推移をみると、1990年から1996年まで、1997年から2006年まで、2007年から2012年まで、2013年以降と4つの期間に分けることができる。1990年から1996年までは、製造業のシェアが90%以上となっている。製造業の中でも、特に電機産業のシェアは高く1996年では全体の37.1%を占めている。1997年に入ると建設業の認証件数とシェアが増加していき、この傾向は2006年まで続く。2007年から2012年までは、建設業の認証件数が減少することにより、全体の認証件数が減少していく。2013年以降は、製造業の認証件数およびシェアが増加に転じており、特に金属業の増加が顕著にみられる。

産業分野別の認証件数をみると、2013年の世界の認証件数の第1位の金属業、第2位の電機産業がそれぞれ、わが国では2位、3位となっており、わが国の1位は建設業であることが特徴である<sup>14</sup>。このような特徴を鑑み、以下では、建設業、金属業および電機産業を取り上げて分析を進める。

表5-3 業種別件数推移(日本1990-2014)

年	製造業		サービス、小売り		建設、鉱業、採石業		インフラ、公共事業		金融、保険、不動産		農業、林業、漁業		合計	
1990	2	(100.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	2	(100.0%)
1991	16	(94.1%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	1	(5.9%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	17	(100.0%)
1992	86	(90.5%)	3	(3.2%)	1	(1.1%)	5	(5.3%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	95	(100.0%)
1993	281	(90.1%)	8	(2.6%)	4	(1.3%)	18	(5.8%)	1	(0.3%)	0	(0.0%)	312	(100.0%)
1994	717	(90.9%)	20	(2.5%)	10	(1.3%)	41	(5.2%)	1	(0.1%)	0	(0.0%)	789	(100.0%)
1995	1309	(90.9%)	37	(2.6%)	21	(1.5%)	70	(4.9%)	2	(0.1%)	1	(0.1%)	1440	(100.0%)
1996	2026	(90.9%)	57	(2.6%)	31	(1.4%)	111	(5.0%)	3	(0.1%)	1	(0.0%)	2229	(100.0%)
1997	2991	(83.9%)	185	(5.2%)	172	(4.8%)	212	(5.9%)	5	(0.1%)	2	(0.1%)	3567	(100.0%)
1998	4477	(80.0%)	387	(6.9%)	392	(7.0%)	325	(5.8%)	14	(0.3%)	3	(0.1%)	5598	(100.0%)
1999	6405	(72.8%)	850	(9.7%)	956	(10.9%)	556	(6.3%)	28	(0.3%)	8	(0.1%)	8803	(100.0%)
2000	9051	(67.8%)	1364	(10.2%)	2111	(15.8%)	789	(5.9%)	30	(0.2%)	10	(0.1%)	13355	(100.0%)
2001	12670	(61.3%)	2514	(12.2%)	4123	(19.9%)	1286	(6.2%)	78	(0.4%)	12	(0.1%)	20683	(100.0%)
2002	15310	(54.9%)	3755	(13.5%)	6941	(24.9%)	1729	(6.2%)	129	(0.5%)	15	(0.1%)	27879	(100.0%)
2003	18377	(49.5%)	5439	(14.7%)	10855	(29.2%)	2213	(6.0%)	189	(0.5%)	39	(0.1%)	37112	(100.0%)
2004	20711	(46.3%)	6765	(15.1%)	14023	(31.4%)	2907	(6.5%)	248	(0.6%)	65	(0.1%)	44719	(100.0%)
2005	23194	(45.9%)	7739	(15.3%)	15587	(30.8%)	3570	(7.1%)	341	(0.7%)	153	(0.3%)	50584	(100.0%)
2006	25199	(46.8%)	8135	(15.1%)	15720	(29.2%)	3981	(7.4%)	407	(0.8%)	363	(0.7%)	53805	(100.0%)
2007	26225	(47.7%)	8601	(15.7%)	14912	(27.1%)	4199	(7.6%)	498	(0.9%)	503	(0.9%)	54938	(100.0%)
2008	26972	(49.2%)	8759	(16.0%)	13801	(25.2%)	4251	(7.8%)	523	(1.0%)	476	(0.9%)	54782	(100.0%)
2009	27110	(51.2%)	8387	(15.8%)	12400	(23.4%)	4110	(7.8%)	511	(1.0%)	430	(0.8%)	52948	(100.0%)
2010	26382	(52.3%)	7939	(15.8%)	11328	(22.5%)	3910	(7.8%)	458	(0.9%)	387	(0.8%)	50404	(100.0%)
2011	25918	(53.4%)	7563	(15.6%)	10521	(21.7%)	3769	(7.8%)	411	(0.8%)	341	(0.7%)	48523	(100.0%)
2012	25890	(54.0%)	7396	(15.4%)	10264	(21.4%)	3696	(7.7%)	388	(0.8%)	328	(0.7%)	47962	(100.0%)
2013	26733	(54.6%)	7523	(15.4%)	10266	(21.0%)	3764	(7.7%)	389	(0.8%)	286	(0.6%)	48961	(100.0%)
2014	27637	(55.3%)	7696	(15.4%)	10176	(20.4%)	3816	(7.6%)	393	(0.8%)	234	(0.5%)	49952	(100.0%)

<sup>14</sup>金属業、電機産業は、それぞれ、表4-9の「基礎金属、加工金属製品」「電氣的及び光学的装置」

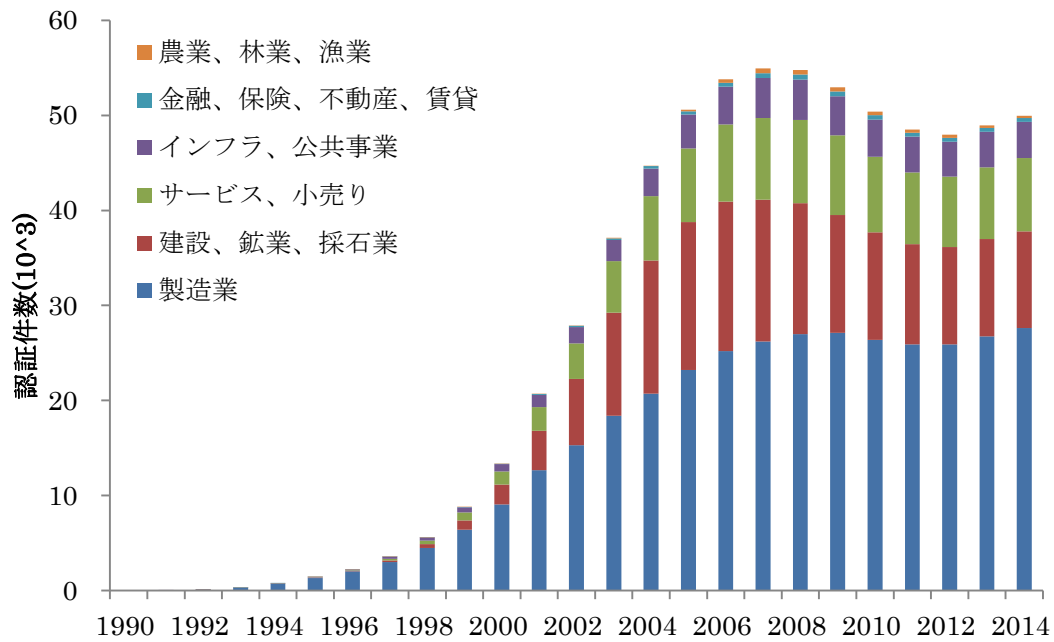


図5-3 業種別のISO認証件数の推移(日本, 1990-2014)

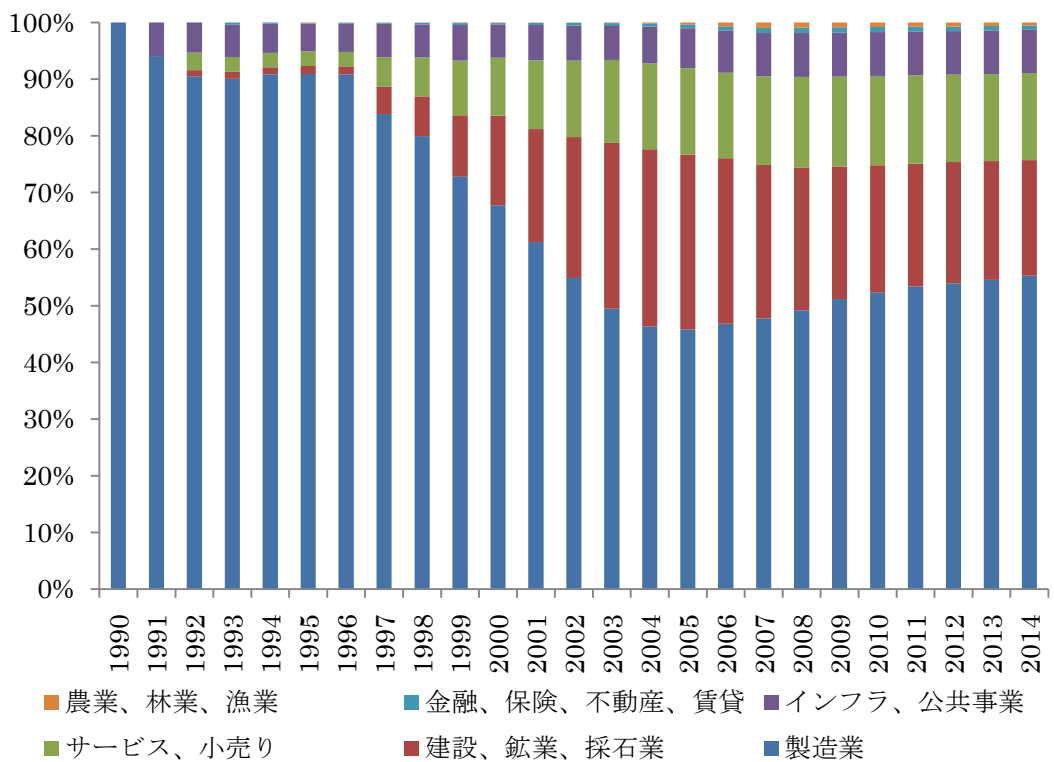


図5-4 業種別のISO認証割合の推移(日本, 1990-2014)

## 5.2 主要産業における ISO9001 認証の推移

表 5-4 および図 5-5 は建設業、金属業、電機産業における ISO9001 の認証件数の推移を示したものである。2000 年以前は、任意の報告による認証件数のデータであるため、確定的ではないが、2000 年以前では、電機産業および金属業の認証件数が、建設を上回っている。電機産業や金属業は、海外への輸出が多く、1996 年に発行された WTO/TBT 協定の影響によるものと考えられる。

一方、建設業の認証件数については、2000 年頃から急激に立ち上がり、2006 年に 15660 件のピークを迎え、その後は減少転じている。建設業においては、建設省(1998)によると、公共事業の品質の確保およびコスト削減の観点から、1996 年度に「平成 12 年度（2000 年度）以降、一定の範囲の工事における ISO9000s の適用を視野に入れて、公共工事への適用方法を検討する」と公表し、パイロット事業を行った。パイロット事業の結果を受けて建設省(2000)は、「2000 年に公共工事等の品質保証水準の一層の向上を目指す観点から、これまでのパイロット事業を一步進め、一定の範囲の建設工事等において ISO9000s の認証取得を（競争）参加資格とする ISO9000s 適用工事等を試行しながら、さらに適用の効果を検証する」とのことから、ますます認証の取得が広まった。建設業における認証件数の増加は、認証取得がいずれ入札の要件になるとの憶測及び品質確保に利用されることの 2 点によるものであろうと考えられる。

2000 年から 2002 年にかけて行われた ISO9001 を利用した試行工事の結果、工事成績評点は、従来と比べ「出来形」「品質」「出来栄え」の点数に置いては、ほぼ同程度であり、監督業務の効率化がほぼ図られた。このことから、国土交通省(2004)は、2004 年 9 月に ISO9001 の公共工事への今後の適用方針が通達され、監督業務の効率化を目的に ISO9001 を利用するとされているものの、入札の参加要件とはされなかった。また、2005 年 4 月に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」が施行され、価格のみの競争から品質の優れたものを落札できる総合評価方式が採用されはじめた。これによって、ISO9001 の認証の取得が点数に加算されるケースがあるものの、強制ではなくなることが確定し、品質確保等のツールの一つとして利用されるのみとなった。ゆえに、入札の要件となることを想定していた組織は、すでに認証の準備を進めていたため認証を取得し、2006 年に飽和したと考えられる。2006 年以後の建設業の認証件数の減少については、ISO9001 をうまく使いこなせず効果を上げることができなかった認証取得組織が、認証を返上するケースが増加したためであろうと考えられる。これは、ISO9001 が入札のパスポート的な役割をなすことから、ISO9001 を利用し品質向上を目指すのではなく認証取得が目的となったため、従来の仕事を ISO9001 の要求事項に沿って確認するのでなく、従来の仕事はそのまま続け、認証取得のためのダブルスタンダードを構築することとなってしまったことが原因の一つとして上げられよう(アイソス(2006))。

2012 年以降は、景気好転の影響から金属業や電機産業は、年間約 4～6%の割合で認証の件数が伸びているのに対して、建設の認証件数の増加率は、0.1%～－0.9%となり、下げ止

まったと考えられるものの、認証件数の増加は見られない。これは、政策の検討において、早い時期に認証が先導されすでに飽和していることを示すと考えられ、建設業については、以後も大きく増加に転じる可能性は少ない。

表 5-4 建設業、金属業、電機産業における ISO9001 の認証数の推移(1990-2014)

年	建設業	金属業	電機産業
1990	0	0	1
1991	0	1	9
1992	1	3	46
1993	4	28	146
1994	10	79	318
1995	21	158	508
1996	31	237	826
1997	172	466	978
1998	390	785	1270
1999	950	1244	1607
2000	2103	1634	2620
2001	4113	2549	3253
2002	6922	3219	3497
2003	10819	4021	3888
2004	13974	4743	3982
2005	15530	5426	4244
2006	15660	6078	4471
2007	14843	6542	4549
2008	13734	6872	4623
2009	12340	7075	4575
2010	11279	7002	4392
2011	10479	7037	4236
2012	10225	7125	4216
2013	10232	7502	4393
2014	10143	7836	4671

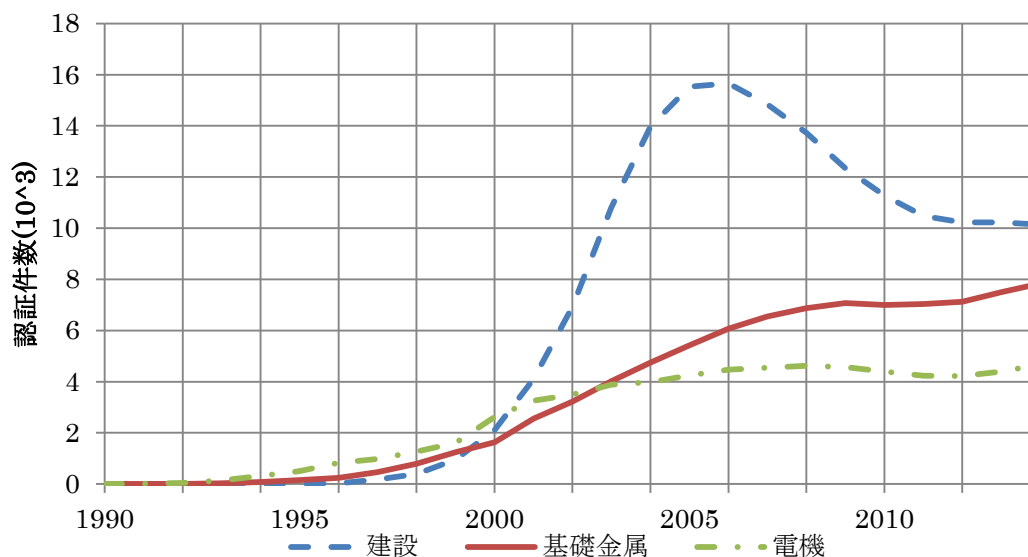


図5-5 建設業、金属業、電機産業におけるISO9001の認証数の推移(1990-2014)

年を説明変数( $x$ )、ISO9001 の認証件数を目的変数( $y$ )として、上述の需要曲線モデル(4-2)式を用いてパラメタ推計を行うと、表 5-5 が得られる。

表 5-5 各業種パラメータ推計値

	$\log a$	$b$	$c$	$R^2$	データ対象 期間
日本合計	1535.09	0.7672	55000	0.950	1990-2007
建設業	2071.21	1.0348	15700	0.983	1992-2006
金属業	1146.24	0.5723	7200	0.961	1991-2012
電機産業	842.54	0.4209	4700	0.847	1990-2014

各パラメータについて、立ち上がる時期の速さ( $\log a$ )は、電機産業、金属業、建設業の順となっている。立ち上がる速度( $b$ )は、建設業、金属業、電機産業の順となっている。建設業は立ち上がり時期は遅かったものの、立ち上がり速度が速く、最大値である  $c$  も最も大きい。

ISO9001 の認証件数について、各業種の実測値と需要曲線による推計値を、日本全体について図 5-6、建設業について図 5-7、金属業について図 5-8、電機産業について図 5-9 にそれぞれ示す。需要曲線にて推計できる範囲を超える期間、すなわち建設業では 2007 年以降、電機産業では 2009 年以降、金属業では 2012 年以降は、次の時代に入っているといえる。このため数理モデルの構築はできないが、次のような予測がなされる。建設業では ISO9001 を政策のツールとして利用する力が弱くなっており、飽和を迎えていることから、減少または停滞していくと考えられる。他方、金属業では 2012 年以降に認証が伸びており、

第2の認証件数の成長の可能性を秘めている。電機産業では2010年から2012年まで減少したが2014年にかけて再度認証件数が増加しているものの、今後の伸びはあまり期待できないと思われる。

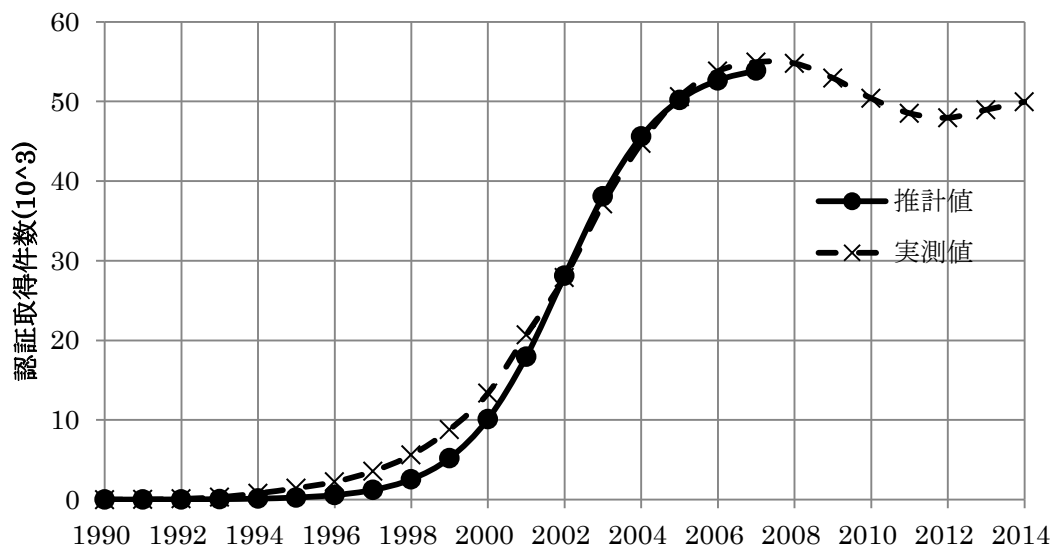


図5-6 日本のISO9001認証件数の需要曲線による  
推計値(1990-2007)と実測値(1990-2007)

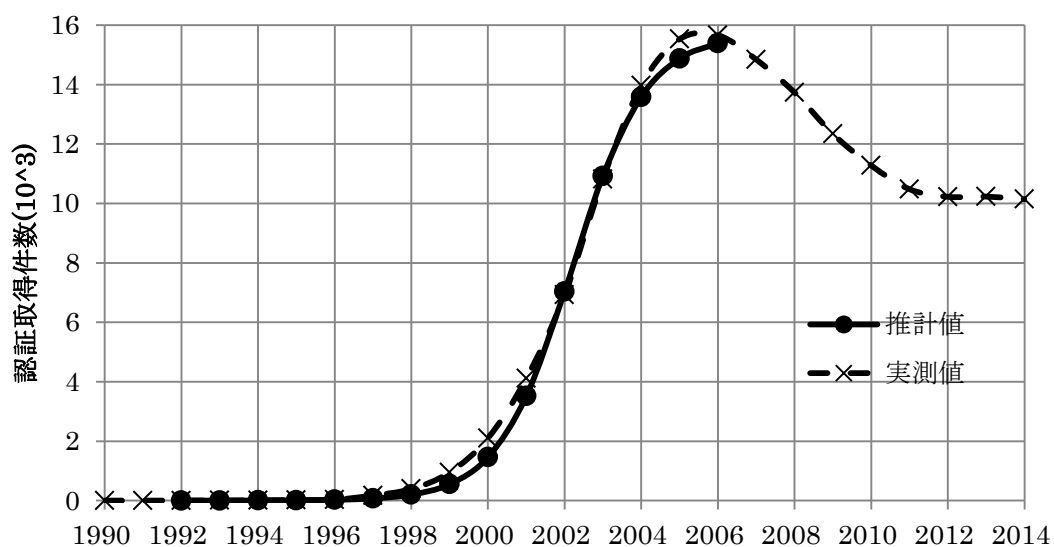


図5-7 建設業のISO9001認証件数の需要曲線による  
推計値(1992-2006)と実測値(1990-2014)



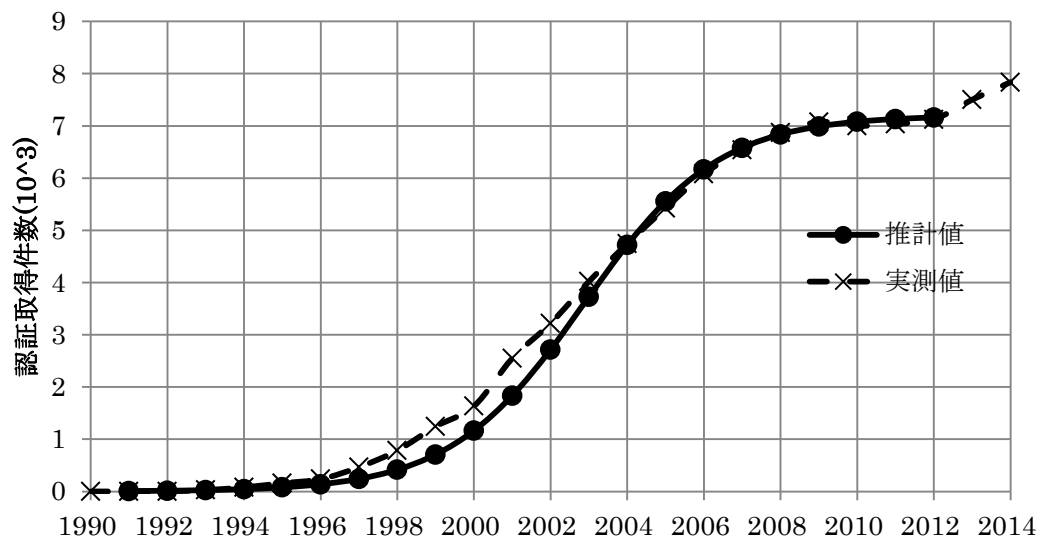


図5-8 金属業のISO9001認証件数の需要曲線による  
推計値(1991-2012)と実測値(1990-2014)

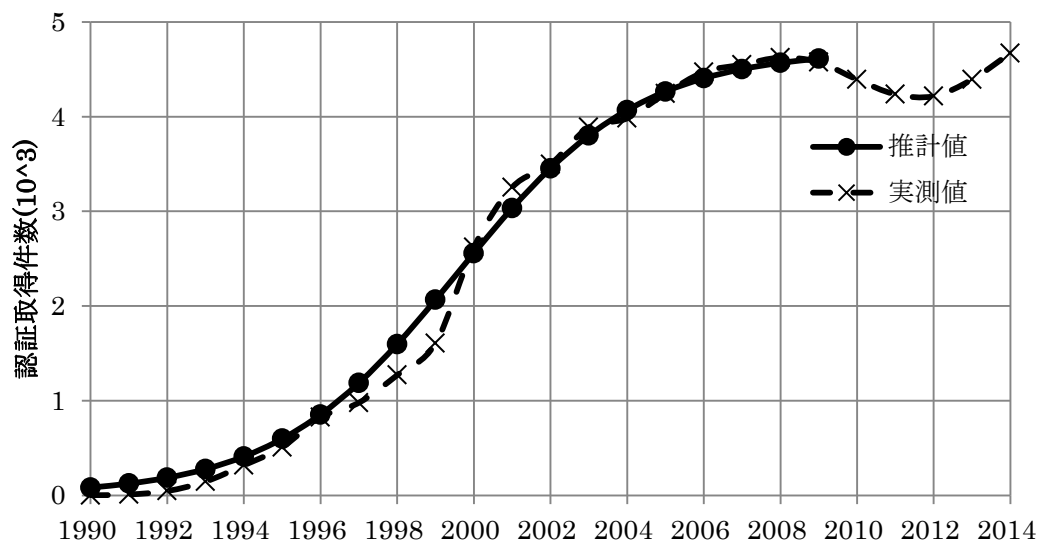


図5-9 電機産業のISO9001認証件数の需要曲線による  
推計値(1990-2009)と実測値(1990-2014)

### 5.3 ISO9001 の政策的側面と今後の課題

#### (1)ISO9001 の政策的側面

ISO9001 の普及は、外圧によるものと、その有効な活用を目的にしたものと大きく 2 つに分けられる。

建設大臣官房技術調査室(1998)や、アイソス(1998)によると、1979 年の GATT 東京ラウンド合意『貿易の技術的障害に関する協定』において締約国は、ISO 等の国際規格を尊重する義務と責任を負うということが明記され、1993 年の GATT ウルグアイラウンド最終合意に置いて、GATT 東京ラウンド合意を徹底する旨の合意がなされた。更に 1996 年に発効された WTO(世界貿易機関)政府調達協定『第 6 条 技術仕様』において、発注機関は技術仕様については、国際規格が存在する時には当該国際規格、国際規格が存在しないときには、国内強制規格、認められた国内任意規格又は建築基準に基づいて定めると決められた。この背景にあって、建設省大臣官房技術調査室(1996)やアイソス(1998)によると、ヨーロッパ、東南アジアの政府調達機関、それに準ずる公共機関的な大企業が ISO9001 の認証を入札条件に上げたことがあり、わが国のハイテクメーカーとくに輸出関連部門から認証の取得が広がった。

他方で、わが国においては、主に公共工事に関係する政府機関が ISO9001 の可能性に着目し、早い段階から国際規格の利用による公共工事への適用の検討が始まっている。アイソス(1998)によると、建設省(当時)では 1994 年 9 月に「品質、環境、労働安全衛生等に関する国際規格の公共工事への適用に関する調査委員会」を設置し、ISO9001 の公共工事への適用性について検討を開始している。更に同年 12 月に、道路河川を中心とする公共工事を行う建設省、港湾や空港などを中心とする運輸省、土地改良や林野などを担当する農水省の三省が共同で事務局となり、「公共工事の品質に関する委員会」を設置し、1996 年 1 月に、報告書(建設省大臣官房技術調査室(1996))がまとめられる。この中では、発注者、設計者、施行者が一体となった TQM(Total Quality Management)を推進することがうたわれ、それを実現するための一つのツールとして ISO9001 の位置づけが確認されている。この報告を受け、1996 年 9 月に建設省内に「公共工事の品質確保等のための行動指針検討委員会」が設けられ、ここで、ISO9001 について「平成 12 年度以降、一定範囲の工事における適用を視野に入れて、適用方法を検討する」という行動指針がまとめられている(建設大臣官房技術調査室(1998))。1996 年度より、ISO9001 による品質マネジメントシステムの適用により、手続き、内容、効果を把握し、課題や対応策の検討を進めるため、7 つのパイロット工事がスタートした。その結果、新たに作成する文書が増加することが認められたものの、業務上の意思決定プロセスにおける責任と権限の明確化、不良不適合業者の排除などに役立つという結果を見せている。

また運輸省においては、1996 年 4 月に独自の施策を取りまとめるため「運輸関係公共工事の品質確保・建設費縮減に関する懇談会」が設けられ、1997 年度よりパイロット工事をスタートさせる。その結果、導入初期の負荷増大、文書量が増大、決裁に時間がかかるな

どの事項もあるものの、情報の流れやチェック機能などのシステムの明確化、指示書の整備による末端職員までの伝達の徹底、内部監査による企業内部管理能力の統一、発注業務の適切化・迅速化などの効果を把握することができ、認証取得済み企業に対しては、事前審査を省略してもよいなどの政策に利用される結果となる。

国土交通省(2004)によると、2000 年から 2002 年にかけて行われた試行工事の結果、工事成績評点は、従来と比べ「出来形」「品質」「出来栄え」の点数においては、ほぼ同程度であり、監督業務の効率化がほぼ図られた。このことから、2004 年 9 月に ISO9001 の公共工事への今後の適用方針が通達され、監督業務の効率化を目的に ISO9001 を利用するとされているものの、入札の参加要件とはされなかった。すなわち、アイソス(2004.7)によると国土交通省は、ISO は品質管理のツールとして認められ、ISO9001 適用対象工事を大幅に拡大するとしながらも、認証がなくても優れたアウトプットを出せる建設会社が存在することも事実であるため、入札条件によりこれらの企業を排除することを避けるためであると回答している。また、2005 年 4 月に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」が施行され、価格のみの競争から品質に優れたものが落札できる総合評価方式が採用されはじめた。これによって、ISO9001 の認証の取得が点数に加算されるケースがあるものの、強制ではなくなることが確定し、品質確保等のツールの一つとして利用されるのみとなった。

一方、JIS マーク表示認証に際して、ISO9000 ファミリーの発行に伴い、これに対応する為、平成 4 年(1992 年)10 月 1 日付通商産業省、運輸省告示第 1 号による「日本工業規格に該当することを示す表示の許可又は承認に係る審査事項及び審査基準」があり、これが、平成 9 年(1997 年)に工業標準化法の改正に伴い「工業標準化法に基づく認定の審査基準を定める省令」として制定された。すなわち、この省令により、JIS マークの取得にあたり、従来からある基準か、ISO9000 ファミリーと関係する基準かを選択することができるようになった。しかし、ISO9001 の認証を取得している組織がその審査を省略することはできない。ただし、これがなければ、ISO9001 を認証取得した企業が、JIS マークを取得または維持するために、従来からある認証基準も満たさなければならないという、ダブルスタンダードとなる恐れがあることから、この省令の制定は有効な判断だったかと思われる。

## (2)今後の課題

わが国における ISO9001 の認証に関する傾向は、一見するといわゆる製品のライフサイクルの衰退期に当たるとみることでもできるが、ISO9001 は単なる製品ではなく品質マネジメントシステムの要求事項を規定し継続的な改善を要求していること、2014 年現在でも新たに認証を取得する組織、認証を継続する組織が存在していることから、認証の有意性があると考えられ、次の時代に入っているといえる。

今後、ISO9001 の改正の内容が良いものであれば、増加すると考えられるが、内容があまり変わらない、もしくは内容が悪くなれば、改正を機に登録返上が増加し、認証件数は、減少する可能性もある。また、すでに述べたように、2012 年以降は、景気好転の影響から

金属業や電機産業は、年間約 4～6%の割合で認証の件数が増加するなど他の産業の認証件数が伸びているのに対して、建設業の認証件数の増加率は、0.1%～-0.9%となり、下げ止まったと考えられるものの、認証件数の顕著な増加は見られない。これは、政策の検討において、認証が先導されすでに飽和していることを示していると考えられ、建設業については、以後も大きく増加に転じる可能性は少ないと推測される。政策の圧力によると、認証が急激に増加するものの、その圧力が緩和されると当然のことながら認証件数は減少する。しかし、それでも ISO9001 を強制された組織の中で、有効に利用しようと努力した企業は、その価値を知ることになる。安全な社会や良好な品質を確保するために ISO9001 の認証を広めることについては、政策による誘導は重要であるものの、その進め方によって、その後の認証件数の増減の度合いや有効性への認識が変わると思われる。

一方、経済産業省(2008)によると、ISO9001 を含むマネジメントシステム規格(MSS)の認証を取得した組織による不祥事が頻発し、本認証制度が不祥事を抑止できないとの問題点が指摘される。日本マネジメントシステム認証機関協議(2008)によると、経済産業省をオブザーバーとして迎えた委員会では、2009 年に、MSS 審査の有効性などに関するアクションプランが作成された。この中では、虚偽の内容、審査の範囲、審査の質、情報公開、有効性審査といった内容が記されているものの、客観的な数値を用いて有効性審査の効果を測定するものはない。

経営指標など客観的に数値で表すことのできる指標と ISO9001 の認証の関係性を示すことが重要だと考えられる。しかしながら、受審企業による主観的なアンケート評価は存在するものの、客観的な指標に基づいた研究は見られず、経営指標など客観的な指標により、ISO9001 の効果を測定することが課題として上げられる。

また適合性評価は、規格の要求事項を満足しているか否かのみで適合の評価を示す行為であり、これを第三者が行う活動を一般的に認証とよんでいる。すでに示したように ISO9001 とその認証制度は、国際的な枠組みの中で行われている制度であり、いずれの認証機関においても審査の違いはないはずである。しかしながら、少し古いデータではあるが認証機関による審査の価格について、アイソス(2004.8)によると、初回審査の平均金額が 285 万円から 122 万円と審査機関による差が顕著にみられる。組織が審査を受ける認証機関、認証機関が審査を受ける認定機関による審査の違いがないとは言えない可能性がある。Saizarbitoria(2010)が報告しているように、外的要因による認証取得と品質向上のための認証取得ではモチベーション異なることも考えられ、これが認証機関の選択に影響することも考えられる。

ISO9001 による認証の将来は、その要求事項を単に形式的に満たすのではなく、組織の品質向上を含む持続的な発展にうまく役立てようとする意識、審査機関の審査の質、改正を重ねる ISO9001 の要求事項の内容に左右され、さらには、政策による ISO9001 活用の方法のいかんにより、安全な社会や良好な品質の効率的な確保に役立つことになるだろう。

## 第6章 まとめと結論

### 6.1 まとめと結論

本研究では、社会基盤構成要素のハード的側面から航空交通、およびソフト的側面からISO9001を取り上げて、安全、品質向上に関する研究を行った。得られた研究成果を要約し結論とする。

第1章では、本研究の背景である、社会基盤構成要素とその安全性、品質向上へのアプローチの方法を示し、本研究の目的と構成を示した。

第2章、第3章では、わが国の主要な航空交通手段である航空機（小型、大型）、ヘリコプターにおける事故統計データを利用して記述統計的な分析および数理モデル分析を行い、その防止対策の変遷を検証した。その結果、以下のことが明らかになった。

第1に、小型航空機、大型航空機、ヘリコプターのいずれも事故対策が進み、その発生は大きく減少している。特に操縦者ミス为主要因とする事故については、小型、大型航空機の離着陸時の事故の減少は顕著である。他方、ヘリコプターも主要原因である操縦者ミスによる事故は減少しているが、離着陸時よりも飛行時における事故が多い。要因別の割合の変遷では、ヘリコプターのみ、操縦者ミスによる事故の割合が増えている。操縦者ミスによる事故の減少は顕著であるが、大型航空機を除き、操縦者ミスによる事故割合は最も高い。

第2には、気象による事故は減少していないことが明らかになった。特に大型航空機における気象を原因とする事故の減少は見られず、むしろ総数、割合とも増加している。これは、気象の対策が難しいことを示唆しており、大きな課題である。

第3には、事故件数の減少は、航空機、ヘリコプター及びこれらを取り巻く空港、管制における技術革新、パイロット、乗務員、整備士、管制官の訓練方法の整備と技術の向上、公的ルール強化および関係企業による独自の取り組みなど、航空交通に関係しているあらゆる関係者が安全に対する取り組みを行ってきたことによることが判明した。

第4には、老朽化が進んだ航空機やヘリコプターの安全性を確保するためのより一層の取り組みが重要であることも示唆された。

第5には、数理モデル分析において、経済成長と航空需要、事故発生件数、事故発生間隔および死者数に関する数理モデル分析をおこなった結果、経済成長、航空需要、事故発生件数については、1991年までは経済成長と航空需要の伸びとともに、事故発生件数が減少していることを回帰モデルにより示し、発生間隔においては指数分布に適合し、死者数については負の二項分布、ポアソン分布に適合することが判明した。

以上から、小型、大型航空機、ヘリコプターはそれぞれ異なる特徴、事故特性を有していることが明らかとなり、それぞれに適合した事故対応方法を考える必要があるといえる。

小型航空機においては、旧式の航空機が飛行し事故を起こすケースもある。そのため、失念した動作の警告音やコックピットなどの配置の改善が新型機でなされても、航空機の事故は減らない。旧式の航空機にも搭載できるモジュール化された動作警告音など、操縦

士ミスによる事故を減少させるためのシステムの開発と設置の義務付けなどが有効であろう。大型航空機については、気象対応策が大きな課題となっており、各社が引き続きこの対策を進めることが大型航空機の事故を減少させる有効な手段である。ヘリコプターにおいては、操縦者ミスによる事故、特に低空で飛行するケースが多いことから衝突の危険性が高い。事前の周辺環境の把握の徹底、パイロットの訓練の強化を行うこと、また、障害物と GPS が連動した警告システムの開発などにより事故が減少すると考えられる。

第 4 章、第 5 章では、組織における品質マネジメントシステムを構築するための規格である ISO9001 の認証について、世界の地域別及び産業別、並びにわが国の産業別における推移と傾向を検証した。その結果、以下のことが明らかになった。

第 1 に ISO9001 はその登録を開始してから認証件数を伸ばしているが、2011 年以降は停滞しており、次の時代に入っている。

第 2 に、地域によって認証件数の推移傾向が異なり、その必要性が高まる時期が異なることが分かった。欧州全体では、2010 年までリニアに認証件数が伸びているものの、2011 年の認証件数は減少し、2012 年から微増している。欧州の中でも英国は、認証の制度が早くから整備されていたこともあり、1993 年には、28096 件と欧州全体で 74.4%を占めていた。当時英国による ISO9001 を利用した品質向上の取り組みは、他国に比べ活発だったことがうかがえる。英国は、その後 2001 年まで増加するもののそれ以降は急激に認証件数が落ち込み、現在の認証件数は停滞している。東アジア・オセアニアについては、2000 年から 2011 年までリニアに認証件数が増加している。これは、2013 年にアジアの認証件数の 72.1%を占める中国に影響を受けている。すなわち、2001 年に中国が WTO に加盟したことが大きな影響と考えられる。北米は、2006 年まで需要曲線的な認証件数の増加を見せ、それ以後は、減少し、2013 年に再度上昇している。この傾向は、北米で 71.8%のシェアを占める米国から影響を受けている。

第 3 に、ISO9001 が改訂された後に、多くの認証が返上される。この理由は、ISO9001 の要求事項にそった品質マネジメントシステムへの価値を見いだせなかった組織、さらに ISO9001 の認証の必要性がなくなった組織が返上していることが想定される。これらから、ISO9001 の要求事項、認証システムや審査の質、効率性を高めることが必要である。

第 4 に、産業別認証件数の特徴を明らかにした。製造業のシェアが最も大きく、近年は、サービス・小売り、インフラ・公共事業のシェアが増えている。製造業を中心としていた品質に関する取り組みが、社会の成熟に伴い、サービス・小売り、インフラ・公共事業への質の高まりが要請されており、その一端を ISO9001 が担うことを期待されている。

第 5 に、わが国の ISO9001 の認証の推移と産業別推移の特徴を明らかにした。建設業において、入札の条件に ISO9001 の取得を取り入れることを検討することで、建設業における認証取得のニーズが高まり、日本全体の認証件数増加の底上げに貢献した。一方で、現在の建設業における ISO9001 の認証は飽和しており、今後の大きな増加は見られないと考えられる。政策の圧力により、認証が急激に増加するものの、その圧力が緩和されると当

然のことながら認証件数は減少するが、認証を維持する組織も多い。すなわち、ISO9001の認証取得を強制された組織の中でも、有効に利用しようと努力した企業は、その価値を知ることになり、社会全体の品質の向上にも役立つと考えられる。

第6に、客観的な数値を用いて有効性審査の効果を測定するものはないことから、経営指標など客観的に数値で表すことのできる指標とISO9001の認証の関係性を示すことが重要だと考えられる。しかしながら、受審企業による主観的なアンケート評価は存在するものの、客観的な指標に基づいた研究は見られず、ISO9001の効果を測定することが課題として上げられる。

安全な社会や良好な品質を確保するため、政策による誘導によりISO9001の認証をいち早く広めることは重要であるものの、その進め方によって、その後の認証件数の増減の度合い、すなわち企業のISO9001への有効性の認識が変わると思われる。ISO9001の要求事項を形式的に満たすのではなく組織の持続的な発展にうまく役立てること、審査機関の審査の質、改正を重ねるISO9001の要求事項の内容、さらには、政策によるISO9001の活用方法により、今後の安全な社会や良好な品質の効率的な確保への役立度が決まり、それに応じて普及の度合いも決定されるであろう。

## 6.2 今後の課題

社会基盤を構成する要素は、個別の部品、それらの部品から作られる製品、製品間をつなぐネットワーク、つながれた複数のネットワークからなるシステム、さらにそれらを運用するため、あるいは安全や品質を確保するためのルールや標準など多岐にわたる。特に本研究の対象とした、航空交通については、航空機そのものは様々な企業から提供されるモジュール部品から構成されておりその安全性と品質を担保することの難しさは、ボーイング787のサブバッテリーによる問題からも容易に理解できる。また、パイロット、飛行機能を確認する整備士、飛行機能でなく他の航空機との飛行と着陸を管理する管制官、乗務員など要員の多様性、さらには、空港、国をまたぐための地理的な広がり、それらをつなぐシステムやコンピュータの相互運用性など、航空交通は、高度な技術システムが折り重なり運行されている。グローバル化され、ボーダレスになりつつある昨今の社会に、航空交通は、欠かせない輸送システムである。これらの要素を分解して個別に対策を行うのは、各専門家が行うところである。本研究は、わが国に焦点を当て、航空交通における事故を俯瞰的分析し、対策を提言することで、航空交通全般における事故の低減へ資するものとなった。

一方で、これらの研究成果は、安全性、品質向上に対してすべて網羅されているわけではない。航空交通では、約30年にわたる事故を研究対象とし、大型航空機、小型航空機、ヘリコプターに分けて分析を進めたが、安全性向上への取り組みは継続的進歩しているため、本研究では将来を予測しつつ対策について提言したものの、事故の傾向は年々傾向が変わっていく可能性がある。特に、近年は、地球温暖化や大規模地震など外的な不測の事

態、また規制緩和による格安航空会社のわが国への参入など周辺環境の変化、新たな機能追加による不測の事態などにより、これまでわが国で経験したことのない想定外の事故も起こりうる可能性がある。また、本研究で提示した大型航空機事故の周期性や数理モデルの不確実性を排除することはできず、周期性の詳細な解明、データの単位をさらに細かく分割することによって気象と事故の関係の新たな数理モデルを明らかにするなど、さらなる検討が望まれる。時代とともに変化する状況、環境を理解し、起こりうる事故を想定した対策の提言が検討される必要がある。また、事故以外の状況、すなわち、事故発生後の死傷を軽減するための方策、さらには、事故に遭った遺族への対応など、安全、安心な交通システムを構築するための研究が必要である。

また、社会基盤を構成する要素のうち、制度の観点から取り上げた ISO9001 は、グローバル化する社会において、どの産業にも適応できる品質を向上させるための唯一の国際規格と認証制度であり、世界におけるソフトインフラストラチャーになりつつある。すなわち、昨今の企業や社会は、それ単独で活動を行うことは少なくなっており、それらが連携することにより新たな製品や社会システムが構築される。その連携は、組織としての活動をお互いに確認する必要がある、その一端を ISO9001 とその認証制度が担うことになる。決められた要求事項に沿って品質マネジメントシステムが構築され、第 3 者によって認証されていれば、お互いが共通認識のもとで品質の確認を行うことができる。幅広い産業で利用される包括的な品質の認証制度は他にはなく、これを研究対象とし、変遷を追い ISO 9001 の利用方法と課題を提起したことは、広く社会において安全と品質を向上させることの一翼を担うことができると考えられる。

他方、ISO9001 においては、地域別、産業別の認証件数の推移による分析を進めモデルを構築したが、すでに示したように、現在は ISO9001 の認証件数が一巡し、飽和しているとみられるケースもあり、認証制度そのものの次の時代に入っているといえる。そのため、より効率的に品質向上を図れるよう ISO9001 の要求事項の内容を改定するとともに、審査の質や制度そのものを見直す時期にきていることもわかった。したがって、経営指標や市場での事故などの客観的パネルデータを基に、ISO9001 の改訂の前後、ISO9001 の内容、認証機関の違いなど、ISO9001 認証取得の効果を定量的に測定し、具体的な方向性を提示することが必要である。また、認証の普及においては地域により適用するモデルが異なることを示したが、この構造的な違いを明らかにすることで地域毎における ISO9001 の認証のあり方も提示できるであろう。さらに、これまでは、製造業や建設業での認証が多いが、経済のサービス化が進んでいるため、今後はサービス分野での認証件数が伸びるものと想定される。しかし、サービスの品質を定量的に把握することは難しい。サービス分野をはじめ、定量的測定が困難な分野における ISO9001 とその利用による品質向上のあり方を研究することが社会全体の安全、品質向上のために必要である。

社会基盤構成要素のうち、航空交通および ISO9001 を取り上げて研究を行った。いずれも、俯瞰的な定性的および定量的データを用いて、それぞれの特徴を明らかにして安全性



および品質向上のための政策、方法を提言した。社会基盤構成要素は、技術の進展によりますます複雑になる一方で、技術革新によりビックデータと言われる多くのデータが取得可能になりかつその解析にも対応できるようになってきた。またこれらのデータは、安全、安心な社会を構築する為にオープンガバメントと言われるように、様々なデータがオープンデータ化されそれをあらゆる人が解析できるようなインフラストラクチャーが整いつつある。このような背景から、今後ますます社会基盤構成要素に関するデータを用いて研究できる機会が増え、その成果を学際的により多くの多様なアクターで共有し議論できれば、複雑で高度な技術社会においてより安全で安心、高品質な社会が構築できることと期待される。

### 参考文献

- Anders Wrestrstrand, Bengt Holmberg, Monica Berntman: Safety as a key performance indicator: Creating a safety culture for enhanced passenger safety, comfort, and accessibility, Research in Transportation Economics, Vol.48, 2014 pp. 109-115
- Aran Hobbs: Maintenance ‘error’, Lessons from the ATSB Survey, Flight Safety, Australia, 2000, pp. 36-37
- Clarence C. Rodrigues and Stephen K. Cusick: Commercial aviation safety, 2012, Mc Graw Hill
- Douglas A. Wiegmann, Narinder Taneja: Analysis of injuries among pilots involved in fatal general aviation airplane accidents, Accident Analysis & Prevention, Vol 35, Issue 4, 2003, pp 571-577
- Ezra F. Vogel: Japan as Number One: Lessons for America ハーバード大学出版局, 1979, ISBN 0674472152
- Iñaki HERAS-SÁIZ ARBITORIA (2010): An Analysis of the Main Drivers for ISO 9001 and other Isomorphic Metastandards, Review of International Comparative Management
- Iñaki HERAS-SÁIZ ARBITORIA, An Analysis of the Main Drivers for ISO 9001 and other Isomorphic Metastandards, Review of International Comparative Management, 2010
- ISO: ISO survey 2013, <http://www.iso.org/iso/iso-survey> (2014年12月閲覧)
- Ivan Dunstan: 先端技術の標準化と BSI, 標準化ジャーナル, Vol17, No3, pp. 61-68, 1987
- Jeffrey H. Hooper: 2000年版 QMS 規格の開発及び出版について, 標準化と品質管理, Vol 53, No. 10, pp12-22, 2000
- Jim Pyle: ISO 9001:2000 に受け入れられる重要な変更案, 標準化と品質管理, Vol.62,

- No.10, pp39-62, 2000
- Massoud Bazargan and Vitaly S. Guzhva : Impact of gender, age and experience of pilots on general aviation accidents, Accident Analysis & Prevention, Vol 43, Issue 3, 2011, pp 962-970
- Murphy, C and Yates, J: The International Organization for Standardization (ISO): Global Governance through Voluntary Consensus, Routledge
- Murphy, C, International Organization and Industrial Change. Global Governance since 1850, Cambridge (MA): Polity Press, 1994
- Novia Budi Parwanto, Hozumi Morohoshi, Tatsuo Oyama, : Applying Network Flow Optimization Techniques to Improve Relief Goods Transport Strategies under Emergency Situation, American Journal of Operations Research, Vol.5, pp95-111, 2015
- Novia Budi Parwanto, Tatsuo Oyama : A statistical analysis and comparison of historical earthquake and tsunami disasters in Japan and Indonesia, Vol.7, pp122-141, 2014
- Novia Budi Parwanto, Tatsuo Oyama : Investigating the impact of the 2011 Great East Japan Earthquake and evaluating the restoration and reconstruction performance, Vol. ,No. pp1-22, 2015
- Prakash, Aseem. and Potoski, Matthew :, International Organization for Standardization as a Global Governor: A Club Theory Perspective, American Political Science Association; 2007 Annual Meeting, 2007
- Ross E. Cheit : Setting Safety Standards Regulation in the Public and Private Sectors, 1990
- United Nation : International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC) Revision 4, 2008,  
<http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/isic-4.asp>, 2015 年 1 月閲覧
- アイソス : IS09000/14000 審査員格付け調査発表, 2004 年 8 月号, p71, システム規格者
- アイソス : 国交省 IS09001 本格適用を考える, アイソス 2004 年 7 月号, 2004, システム規格者
- アイソス : 調達システムとして IS09000, アイソス 1998 年 11 月号, 1998, システム規格社
- アイソス : 品質確保に建設 ISO は有効か, アイソス, 2006 年 9 月号, 2006, システム規格社
- 青木朗 : EC1992 年市場統合の PASC 諸国の認証制度活動に与える影響, 標準化ジャーナル, Vol. 19, No12, pp76-78, 1989
- 飯塚悦功 : 欧州における品質システム認証制度調査報告, 平成 2 年度国際品質保証認証制度動向調査報告書, 1991, 日本規格協会
- 石川馨先生追想録編纂委員会 : 人間石川馨と品質管理, 1993

運輸省航空事故調査委員会：航空機事故報告書，1987

運輸省航空事故調査委員会：航空機事故報告書，1996

狩野紀昭，瀬楽信彦，高橋文夫、辻 新一：魅力的品質と当たり前品質，品質，Vol 14, No. 2, pp147-156, 1984

上山忠夫：航空機の安全性と信頼性，オペレーションズリサーチ，Vol. 21, No8, 1976, pp424-431

久米均：国際認証の動きと製品品質の確保-ISO9000 シリーズについて-，標準化ジャーナル，Vol21, No11, 1991, p4

経済産業省：「マネジメントシステム規格認証制度の信頼性確保のためのガイドライン」の公表について，2008

経済産業省(2008)：マネジメントシステム規格認証制度の信頼性確保のためのガイドラインの公表について

建設省：公共工事等への ISO9000 シリーズの適用について，2000，  
<http://www.mlit.go.jp/tec/nyuusatu/iso9000/ISO9000s.htm>，2015 年 1 月閲覧

建設省：ISO9000 シリーズ適用パイロット事業の今後の展開等について，1998，  
<http://www.mlit.go.jp/tec/nyuusatu/iso9000/press/press980118.htm>，2015 年 1 月閲覧

建設省大臣官房技術調査室：公共工事の品質に関する委員会報告書，1996，社団法人全日本建設技術協会

建設大臣官房技術調査室：公共工事の品質確保等のための行動指針，1998，社団法人全日本建設技術協会

国土交通省：ISO9001 認証取得を活用した工事のあり方，2004，  
<http://www.mlit.go.jp/tec/nyuusatu/ISO9001/particulars/>，2015 年 1 月閲覧

小暮正夫：日本の TQC, 日科技連出版社, 1988

小林好宏：事故と安全の経済分析 事故, 犯罪の社会的費用，経済学研究, Vol45, No4, pp1-16, Mar. 1996

佐藤彰：無人ヘリコプタの開発とその利用状況，2005，  
[polaris.nipr.ac.jp/~pras/keiji/20050303-04/11Sato.pdf](http://polaris.nipr.ac.jp/~pras/keiji/20050303-04/11Sato.pdf) (2013 年 3 月閲覧)

嶋田久典：世界の傑作旅客器 50，2011，ソフトバンククリエイト

下野遼子：質保証を実現する手術プロセスを構成する標準モジュール導出モデルの構築

ジョン・ネイスビッツ：メガトレンド, 1983, 三笠書房

城山英明：安全法制度設計における原情報収集に関する論点 選択肢と考慮事項，社会技術研究論文集，Vol. 3, pp47-59, Nov. 2005

城山英明：村山 明生，梶村 功，米国における航空事故をめぐる安全確保の法システム～日本への示唆～，社会技術研究論文集，Vol. 1, 2003, pp149-158

杉江弘：プロフェッショナルパイロット，2010，イカロス出版

- 杉江弘：機長が語るヒューマンエラーの真実，2004，ソフトバンク新書
- 総務省統計局編：「日本統計年鑑」(1981, 1985, 1989, 1993/94, 1997, 2002, 2007, 2010, 2014)，  
日本統計協会
- 田崎武：零石事故と航空保安体制の再編，日本の航空 100 年，2010，財団法人日本航空協会
- 妻鹿栄二：戦後日本の手に戻った日本の空，日本の航空 100 年，2006，財団法人日本航空協会
- 寺田博：環境管理・監査の国際標準化—ISO/TC207 トロント会議出席して—，標準化ジャーナル，Vol. 24, No. 11, 1993
- 中条武志：ISO9000 シリーズの改訂と補足(2)，標準化ジャーナル，Vol. 23, No3, 1993
- 中洲賀真一：航空機におけるヒューマンファクタと安全性向上に関する一考察，日本信頼性学会誌，vol. 17, No. 1, 1995, pp12-21
- 中田亨：<http://www015.upp.so-net.ne.jp/notgeld/humanerror.html> (2013/2/1 閲覧)
- 日本規格協会編：TUV の基礎知識，1996，日本規格協会
- 日本規格協会：マネジメントシステム規格の整合化動向  
<http://www.jsa.or.jp/stdz/mngment/mngment03.asp>，2014 年 12 月閲覧
- 日本航空協会編：航空統計要覧(1984-85, 1998-99, 2001, 2011 )，日本航空協会
- 日本マネジメントシステム認証機関協議会：MS 信頼性ガイドライン対応委員会 報告書，  
2008
- 日本マネジメントシステム認証機関協議会，MS 信頼性ガイドライン対応委員会 報告書，  
2009
- 農林水産省：農林水産航空事業の実施面積の推移，2012，  
[http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g\\_kouku\\_zigyo/pdf/h23\\_jis\\_seki\\_suii.pdf](http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_kouku_zigyo/pdf/h23_jis_seki_suii.pdf) (2013 年 3 月閲覧)
- 平林良人：ISO9001:2008 追補改正への組織における対応，標準化と品質管理，Vol. 62, No. 2, 2009
- 牧博：オーストラリア規格 1821-1823-1975「業者の品質管理システム」について，標準化と品質管理，Vol. 31, No. 1, 1978
- 増井健一，高橋秀雄編：公共交通政策の転換，1987，日本評論社
- 町田茂：航空機構造の信頼性・安全性の確保，REAJ 誌，vol 30, No5, 2008, pp369-376
- 松本満男：ISO9000 シリーズ(品質管理及び品質保証の規格)の JIS 化について，標準化ジャーナル，Vol. 21, No10, 1991
- 三井清人：第 1 章 適合性評価の全体像、標準化教育プログラム[適合性評価編]、2010
- 三和雅史，大山達雄：鉄道重大事故統計データ解析に基づく事故防止策の提案と評価，土木学会論文集 D, Vol66, No. 2, pp89-105, 2010
- 諸星穂積，救急隊の効率的運用についての最適配置 モデル分析，消防防災，Vol. 5, No. 1,

pp100-107, 東京法令出版, 2006

柳田邦男：空の安全を希求して，日本の航空 1 0 0 年，2010，財団法人日本航空協会

山本長：航空運送事業の育成政策，日本の航空 1 0 0 年，2010，財団法人日本航空協会

李家憲一：航空機設計ならびに航空機運用面から見た航空安全について REAJ 誌，vol 30，  
No5，2008，pp362-368

## 表の一覧

表 2-1	世界の定期航空会社による航空機の離陸数及び死者を含む事故件数(1975-2010)
表 2-2	事故発生件数と死者数(1974-2010)
表 2-3	各期における事故件数、死者数の推移(1974-2010)
表 2-4	小型航空機における操縦者ミスの種類(1974-2007)
表 2-5	大型航空機における操縦者ミスの種類(1974-2007)
表 2-6	ヘリコプターにおける操縦者ミスの種類(1974-2007)
表 3-1	適合度検定の結果(1974-2010)
表 3-2	各分布のパラメタ推計値(1974-2010)
表 3-3	航空機・ヘリコプター事故による死者数頻度分布(1974-2010)
表 3-4	各期間における平均値と標準偏差(1974-2010)
表 3-5	適合度検定の結果(1974-2010)
表 3-6	各モデルのパラメタ推計値(1974-2010)
表 3-7	事故当たりの死者数におけるポアソン分布への適合度検定とパラメタ推計値
表 4-1	世界の認証件数 (1993～2013)
表 4-2	その他の内訳(世界, 2013)
表 4-3	地域別認証件数の推移(1993-2013)
表 4-4	欧州における ISO9001 の認証件数の推移(1993-2013)
表 4-5	東アジア・オセアニアにおける ISO9001 の認証件数の推移(1993-2013)
表 4-6	北米における認証件数の推移(1993-2013)
表 4-7	各地域の数理モデルの推計結果
表 4-8	業種の統合
表 4-9	業種の統合による認証件数の推移(世界, 1998-2013)
表 5-1	認証件数の推移(日本, 1990-2014)
表 5-2	その他の内訳 (日本, 2014)
表 5-3	業種別件数推移(日本, 1990-2014)
表 5-4	建設業、金属業、電機産業における ISO9001 の認証数の推移(1990-2014)
表 5-5	各業種パラメタ推計値

## 図の一覧

- 図 1-1 安全、品質向上のためのソフトインフラストラクチャー
- 図 1-2 安全、品質向上のための分析フロー
- 図 2-1 ICAO 加盟国における離陸数 (1975-2010)
- 図 2-2 各地域の定期航空便離着陸数 (2000-2010)
- 図 2-3 事故発生件数 (1974-2008)
- 図 2-4 航空機の着陸数と事故発生件数の経年推移 (1974-2010)
- 図 2-5 ヘリコプターの着陸数と事故発生件数の経年推移 (1974-2010)
- 図 2-6 大型航空機における事故件数の移動平均 (1974-2010)
- 図 2-7 小型航空機の事故件数の移動平均 (1974-2010)
- 図 2-8 ヘリコプターの事故発生件数の推移 (1974-2010)
- 図 2-9 ヘリコプターにおける季節毎の事故発生件数 (1974-2010)
- 図 2-10 航空機事故の死者数推移 (1974-2010)
- 図 2-11 ヘリコプター事故の死者数推移 (1974-2010)
- 図 2-12 小型航空機事故の発生原因の内訳 (1974-2007)
- 図 2-13 小型航空機事故における期別事故原因の内訳 (1974-2007)
- 図 2-14 大型航空機事故の発生原因の内訳 (1974-2007)
- 図 2-15 気象による大型航空機事故の内訳 (1974-2007)
- 図 2-16 大型航空機事故における期別事故原因の内訳 (1974-2007)
- 図 2-17 ヘリコプター事故の発生原因別割合 (1974-2007)
- 図 2-18 ヘリコプターにおける事故原因の内訳 (1974-2007)
- 図 2-19 事故ヘリコプターの使用目的 (1974-2007)
- 図 2-20 事故ヘリコプターの使用目的の内訳 (1974-2007)
- 図 3-1 わが国における航空機の着陸数と GDP (1974-2010)
- 図 3-2 GDP と航空機着陸回数の推移 (1974-2010)
- 図 3-3 航空機の着陸数と事故件数 (1974-2010)
- 図 3-4 航空機 (大型・小型) の発生間隔日数 (1974～2010)
- 図 3-5 ヘリコプターの発生間隔日数 (1974～2010)
- 図 4-1 プロセスを基礎として品質マネジメントシステムのモデル
- 図 4-2 初版の ISO9000 シリーズの位置づけ (松本 1991 を修正)
- 図 4-3 関係規格の変遷
- 図 4-4 ISO、ISO9001 と認証制度の関係
- 図 4-5 世界の ISO 9001 認証件数の推移 (1993-2013)
- 図 4-6 世界の ISO9001 認証取得業種の割合 (2013)
- 図 4-7 地域別の ISO9001 認証件数の割合 (2013)

- 図 4-8 地域別 ISO9001 の認証件数の推移(1993-2013)
- 図 4-9 地域別 ISO9001 の認証割合の推移(1993-2013)
- 図 4-10 欧州地域の ISO9001 認証件数の推移(1993-2013)
- 図 4-11 イタリアの ISO9001 認証件数推移(1993-2013)
- 図 4-12 英国の ISO9001 認証件数の推移(1993-2013)
- 図 4-13 東アジア・オセアニアの ISO9001 認証件数の推移(1993-2013)
- 図 4-14 中国の ISO9001 認証件数の推移(1993-2013)
- 図 4-15 オーストラリアの ISO9001 認証件数の推移(1993-2013)
- 図 4-16 北米地域の ISO9001 認証件数の需要曲線による推計値(1993-2006)と実測値(1993-2013)
- 図 4-17 業種別の ISO 認証件数の推移(世界, 1998-2013)
- 図 4-18 業種別の ISO 認証シェアの推移(世界, 1998-2013)
- 図 5-1 全産業における ISO9001 の認証数の推移(日本, 1990-2014)
- 図 5-2 日本の ISO9001 認証取得業種の割合(2014)
- 図 5-3 業種別の ISO 認証件数の推移(日本 1990-2014)
- 図 5-4 業種別の ISO 認証割合の推移(日本 1990-2014)
- 図 5-5 建設業、金属業、電機産業における ISO9001 の認証数の推移(1990-2014)
- 図 5-6 日本の ISO9001 認証件数の需要曲線による推計値(1990-2007)と実測値(1990-2007)
- 図 5-7 建設業の ISO9001 認証件数の需要曲線による推計値(1992-2006)と実測値(1990-2014)
- 図 5-8 金属業の ISO9001 認証件数の需要曲線による推計値(1991-2012)と実測値(1990-2014)
- 図 5-9 電機産業の ISO9001 認証件数の需要曲線による推計値(1990-2009)と実測値(1990-2014)



## 謝辞

本研究を進めるにあたり、政策研究大学院大学の大山達雄教授には、問題の設定、データの集め方や見方を始めとした研究の進め方、論文の書き方、様々な発表の場を与えていただくなど、終始ご指導とご鞭撻をいただきました。大学で副学長としてのお仕事をされる中、多くの学生を抱え、また、国内外の学会において重職を担当され、大変ご多忙の中、本論文の主査をお引き受けいただき、多くのご助言をいただきました。

政策研究大学院大学の諸星穂積教授、土谷隆教授には、副指導教員としてご助言をいただきました。諸星穂積教授には、数値解析に当たり、ご相談にのっていただき、解析用 PC をお貸しいたいただきました。政策研究大学院大学の園部哲史教授、早稲田大学理工学部工業経営学科森戸晋教授には、博士論文の審査委員をお勤めいただき、論文に対して貴重なご意見とアドバイスをいただきました。政策研究大学院大学の飯尾潤教授、後藤晃教授には、講義において政策研究の進め方など示唆に富むご助言をいただきました。

(財)日本規格協会元理事長の田中正躬氏には、政策研究大学院大学への進学をお勧めいただき、また、標準について多くのことをご教示いただいただけでなく、様々な活躍の場を与えていただくとともに、論文執筆の最後まで励ましのお言葉をいただきました。

政策研究大学院大学の大山研究室秘書の川久保庄子氏、卜部薫氏、教育支援課市川由布子氏には、研究進行、スケジュール管理等多大なるサポートをいただきました。

(財)鉄道総合技術研究所の三和雅史氏には、ご助言と励ましのお言葉をいただきました。Novia Budi Parwanto 氏、Zhang Xing 氏は、学業と研究をともにし、研究に対するご助言をいただくとともに、励ましの言葉をいただきました。

(財)日本規格協会の理事長揖斐敏夫氏、専務理事若泉俊文氏、理事高久昇氏、理事仲田雄作氏、監事飯塚敏之氏、執行役員神原義雄氏、執行役員平岡靖敏氏、マーケティングユニット元部長(現関西支部事務局長)古川浩氏、広報アドバイザーの山崎敏子には、ご心配をお掛けしながらも、励ましのお言葉をいただきました。また、(財)日本規格協会の企画調整課元課長(現広島支部事務局長)稲葉喜彦氏、村石幸二郎氏には、進学について背中をおしていただきました。(財)日本規格協会の事業企画グループ課長福永敬一氏、主席専門職斉藤大介氏、羽田美紀子氏、天野茉莉氏には、不在時にご迷惑をおかけしながらも、お気遣いいただき、励ましをいただくとともに、業務上の多くのサポートをいただきました。

祖父(故)邦一氏、祖母圭子氏、キク氏、父邦晴氏、母美枝氏、義母順子氏、義父求、義兄稔氏には、家族へのサポートと、暖かい励ましの言葉をいただきました。

最後に、妻智子には家事・子育てを任せっきりにしていたのにも関わらず、時に論文のてにをはをチェックしてくれ、また研究と論文執筆への時間を確保してくれました。長女誇子は、論文執筆している部屋の前でウロウロしながらも、一緒に遊びたいのを我慢してくれました。長男和は、論文執筆時には、悟ったように背中で静かに寝てくれていました。

ここに、皆様方への深い感謝の意を表します。