



統計科学の横断性と設計科学への寄与

椿 広計*

Transdisciplinary Aspects of Statistical Science and
its Contribution to Science for Design

Hiroe TSUBAKI*

Abstract— The modern statistical methodology and practical statistical sciences have been systematically generated since the establishment of the grammar of science for recognition to give laws to Nature in 1892 by K. Pearson. The author proposes to construct a new grammar of science for design and corresponding new mathematical or statistical methodology to improve the laws for society such as the Taguchi method. In this new grammar, not passive facts based on the researchers' sense impression but active facts designed by numerical simulation will take an essential role. The author also introduces recent research activities in Japanese Society for Quality Control to establish new statistical methodology for technology developments based on numerical simulation.

Keywords— design of experiments, grammar of science, science for recognition, simulation, Taguchi method

1. 科学の文法としての統計科学観

本稿は、安藤 [14], Mangello [6], Porter [10] を参考に、統計科学の認識科学における横断性の源泉を紹介する。さらに、統計科学の設計科学における位置づけ、近年の数値シミュレーション技術の浸透に伴い、統計科学がどのように変わらなければならないかを議論する。

数理統計学の基礎を構築し、研究者のための統計的方法としてとりまとめた Fisher [3] は、統計科学を、観測データを対象とし、母集団や変動の研究、並びにデータの要約方法を研究する応用数学の一分野とした。今日、国内の研究者にとっては、この種の認識が共有化されていると予想する。一方、統計家の中では、統計科学を応用数学の一部と考えるよりは、物理科学などと同様、その表現が数学である独自の科学と考える場合がある。

近代統計的方法の体系化は 19 世紀末から 20 世紀初頭の英国で突如として発展した。その契機となったのは、Galton の統計科学構築の号令である。Galton は、従兄である Darwin が出版した「種の起源」に触発され 1865 年頃から能力や性質の遺伝について研究を開始した。彼

の計量生物学研究は、有名人からのランダムサンプリング、生物測定値の正常範囲決定のためのパーセント点概念の開発と Quetlet に影響された Gauss 分布利用、相関概念の開発など、統計的方法に支えられた新たな科学開発の先駆であった。そして Galton 自身がデータに基づく新しいスタイルの科学を強く意識する事になった。その結果、Galton [2] は、統計科学を「統計科学の目指すところは、大規模な関連する事実の集合情報を、議論に適した簡潔な表現に集約する方法を発見すること」と位置づけ、その構築を強く呼びかけたのである。筆者は、コンセンサスを目指すことを目標とする科学的議論を是とする限り、データマイニング全盛の今日に至るまで、Galton の提唱は全く古びていないと考える。

そして、Galton の号令に応えたのが、Pearson [9] の「科学の文法」であり、この出版を統計科学体系の意図的デザイン開始と位置づけることができる。

Pearson [8] の「自由思想の倫理」は、人間が認知している事実が有限という不完全さを持っているにも関わらず、無限の対象について推論し行動規範を考えねばならないこと、その際、宗教などに代わり、人間の知の領域の不完全さを常に自己批判しつつ、その知の領域を拡大しようとする情熱の源泉としての科学と、それを推進する自由人の意義を強調した。さらに、「科学の文法」では、科学はその対象が科学的であるから科学となるのではなく、そのプロセスが特定の方法に従っているからこ

*筑波大学大学院 ビジネス科学研究科 国際経営プロフェッショナル専攻 〒112-0012 東京都文京区大塚 3-29-1

*MBA Program in International Business, Graduate School of Business Sciences, University of Tsukuba, 3-29-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0012, Japan

Received: 24 January 2007, 13 February 2007

そ、科学足りえるということを強調し、科学を構築するプロセスを示した。すなわち、

- 1) 事実の周到かつ精確な分類と、これらの事実間の相関関係の観察。
- 2) この観察を基に想像力を発揮し、有用な科学的法則を現象に付与。
- 3) この法則が妥当性を持つか否かの検証。

といった、計量的認識科学構築の基本プロセスである。

こうして Pearson は、科学の適用範囲は、知識のあらゆる部門に及ぶものとし、科学の領域と哲学の領域とを区別するのは迷妄としたのである。

Pearson の提唱した科学の適用範囲が、実際に人文・社会科学から生産管理などまでに広がったのは、直接的経験に基づく「心象 (Sense Impression)」と、蓄積された心象の機械的・精神的結合が構成概念を形成し、それを自我の外へ射影したものを科学にとっての事実、すなわち現象と呼ぶこととしたことにもよる。彼は、実在の世界とは、この構成概念であり、物自体ではないとした。この構成物ないしは構成概念こそ、科学の扱う事実であり、心象から生み出されていないものを知識と呼んだり概念と呼んだりするのは無意味であるとした。

Pearson にとって科学的法則とは、心象の関連性を簡潔に記述したものであり、誤差を許容したものである。また、科学的法則の背後にある因果関係とは、単に知覚の順序の先行性を示すために用いるものとした。彼は、知覚の領域における法則の証明とは、その法則が成立する確率が高かったり、法則に付随する誤差が小さかったりすることで、法則の有用性が高まり、それによって信念が形成されることと考えたのである。Pearson は、既に自ら補筆完成させた Clifford [1] の中で、空間と時間とは現象世界に実在するものではなく、我々が事物を分離して知覚する様式ととらえ、一連の Newton 力学批判を展開している。そこでは、質量は加速度に関わる比例定数に過ぎず、古典的力学法則が、ミクロレベルで成立する心象はないといった指摘がなされていた。この他にも Pearson [9] では「生命」「変異と淘汰」「生殖と遺伝」と関連して、旧来の形而上学的生物学も批判し、計量生物学的方法論、とりわけ相関分析や分割表分析といった統計的方法に基づく研究の重要性を強調した。

「科学の文法」の最終章で、Pearson は、科学を知覚の内容を取り扱う「具体的科学」と知覚の様式を扱う「抽象的科学」とに分類した。さらに具体的科学を無機的現象を扱う「物質科学」と、有機的現象を扱う「生物学」とに分類した。彼は、応用数学によって抽象的科学と物質科学は融合し、生物物理学の構築によって、物質科学と生物学は融合するといった今日にも繋がる物理科学・生物学の方向性を予想した。実際、Pearson 自身も、計量生物学創生活動に専念する前は、力学分野

に微分幾何学的方法論を導入することに腐心し、数理物理学者としてのキャリアを構築しようとしたこともあったのである。筆者にとっての「横断的基幹科学技術」とは「統計科学」を含む、この抽象的科学を意味するものである。

2. 認識科学の文法的方法論的側面

「科学の文法」の科学哲学的背景は、Bacon 以来の英国経験主義と共に、Mach の一連の著作を挙げることもできる。Mach [5] 「感覚の分析」の第 2 版序文で、第 1 版が Pearson や心理学者 James らに与えた影響を指摘している。一方、Porter [10] は、Mach の影響を過大視せず、科学を人間の情熱の源泉とした独自性を認めている。これに対して筆者は、Pearson の文法の独自性は、科学を自由思想の源泉とした科学哲学思想のみならず「統計的方法」という体系に基づいて技術化したことと考えている。

実際、Pearson は「科学の文法」の構想を固めた 1891 年からの 38 回の公開連続講義の 8 回目までで哲学的側面を終え、1891 年 11 月以降、一連の統計的方法の講義を行った。この中で、データのグラフィカル表示と、データの変動を数理的に記述する方法としての保険数理の考え方の重要性を示唆した。特に、バラツキを知覚する方法としての「ヒストグラム」を導入し、そのバラツキを尺度化する「標準偏差」が導入された。これらの講義で、これらの方法が初めて提案されたのである。

1893 年 Pearson は初めて統計学の論文を発表した。この中でガウス分布を「正常曲線 (Normal Curve)」と呼び、実際の生物測定データは、この正常曲線の混合状態となっており、それを分離し各成分を抽出する方法として、高次モーメント情報を利用するモーメント法と呼ばれる推定論を提唱した。1895 年頃までには、積率相関係数や単回帰の理論を概ね完成させた。特に、相関係数は、理想機能としての線形法則と事実との整合性を計測するパフォーマンス測度であり、これが開発されたことで、人間が自然に与える法則自体の改善のマネジメントサイクルが形成されたのである。そして、1900 年には、線形性を想定せずに演繹的理論と事実との整合性を一般的に評価する適合度検定を提案する。

一方、彼は統計科学の教育活動としての本格的な数理統計学の講義を 1894 年 10 月から London 大学 University College で開始した。1901 年には、今日に至るまで数理統計学の代表的学術雑誌である *Biometrika* を Galton らと共に発刊する。1903 年には統計学研究の拠点としての Biometric Laboratory を同大学に設立し、1911 年には世界初の統計学科を創設する。その後、欧米では主要な大学には統計学科が存在することが当たり前になり、多

と呼ばれているものを選択する段階で、マーケティング・サイエンス分野などで広く研究されている方法論と考える。この段階では、「実現している社会 (Realized Society)」にある新たな価値を注入したとき、その社会がどのように反応するかといった予測やシミュレーション技法も有用である。例えば、統計的方法では、古典的な社会調査（市場調査など）や残差分析、探索的分類技法のみならず、被調査者に仮想的なプロフィールを提示しその反応を分析する Conjoint 分析といった方法論も適用されている。しかし、顕在する社会要求を超えた潜在する要求に気付く方法論として、古典的な発想技法とともに、近年発展してきている発見科学的方法論の活躍も期待できる段階であろう（Ohsawa and Tsumoto [7]）。

第2段階の「変換 (Translation)」は、選択された価値を最適化するためのモデル化した社会、技術開発的には「技術モデル (Engineering Model)」を定性的に明らかにする段階である。社会における認知品質要素を技術モデルにおける「機能品質 (Functional Quality)」要素に変換し、社会のあるべき姿を実現するためのシステムを選択する段階でもある。ここでは、演繹的、ないしは帰納的に蓄積された多くの法則やプログラムに関する知識が活用される。さらに、品質管理分野で管理技術として開発されてきた、特性要因図、連関図、さらには品質機能展開といった技術が活用されることがある。これらの横断的管理技術は、全て研究者や技術者が定性的にシステムを選択し、概念設計することを支援するツールである。

第3段階である「最適化 (Optimization)」は、技術モデル上で価値を最大化する段階である。この段階では、既に、数理計画法などの数理的最適化技術、実験計画法・タグチメソッドのような実験的最適化技術、さらに実実験をシミュレートする数値解析技術などの横断的数理科学技法が、既に広く活用されている。

第4段階の「価値注入 (Value Injection)」は、技術モデルで最適化された価値を社会に効果的に還元し、「目標とする社会」に近い「実現された社会」を再構築することである。技術的に実現した機能品質と対応する実社会の認知品質を整合させる段階といっても良からう。ここでの難しさは、価値選択段階における研究者・開発者の気付きとは逆の、社会ないしは顧客の気付きの促進するコミュニケーションや情報のマネジメントであり、これもマーケティング・サイエンス分野では必要な研究がなされている。しかし筆者は、この段階に横断的な数理科学ないしは管理技術の技法を知らない。しかし、現在発展しているインターネットなどの情報技術がこの種のコミュニケーションに大きな影響を与えていることは容易に想像できる。

さて、こうして社会に生じる価値の実現が実際に妥当なものであるかどうかの検証を経て、このサイクルは循

環しながら価値を実現しようというものである。このサイクルを如何に早く、効率的にまわせるかが設計科学進化の要点と考える。もちろん、設計科学構築の方法論、すなわち「設計科学の文法」の設計自体が設計科学的方法論で修正されなければならないという一連の矛盾はあるものの、当面の初期仮説としてこの種の情報循環を採用し、必要な技法を体系化したいのである。

4. 統計科学の設計科学の文法への寄与

統計科学分野は設計科学を支える方法論にも貢献してきた。1920年代 Fisher が最適品種やその栽培法を決定するという農業技術目的のために統計的実験計画法を開発した。これは、様々な誤差や個体差の存在を前提として、どのように実験を計画・実施し、データを分析し、アウトプットに影響を与える多くの要因をどのように調整すれば最適な挙動が得られるかという技術課題に答える技法であり、設計科学の文法の「最適化」ステージを支える方法論の萌芽と言うべき試みであった。その後統計科学は、1930年代には Neyman が「標本調査論」を整備し、社会からの価値選択に資する方法論も提供している。

さて、Fisher の3原則と呼ばれる「実験の無作為化 (Randomization)」、「実験の繰り返し (Replication)」、「局所管理 (Local Control)」といった実験における所作事は、様々な系統誤差を確率誤差として取り扱うことを可能にした。これによって、研究者は、与えられた誤差環境の中で行った最適な意思決定の信頼性を「統計的推論」を通じて議論することができるようになった。特に、新医薬品の許認可のように、1960年代以降、適切な統計的実験計画に基づく統計的推論に基づく医薬品の有効性実証というプロセスが社会制度化された分野すらある。

我が国産業界は、北川敏男、増山元三郎、奥野忠一、田口玄一らの指導の下、Fisher の実験計画法の積極適用を1950年代初めから世界に先駆けて開始し、直交表実験と単純な線形モデルによる分散分析を統計的品質管理活動、すなわち日常的な技術改善活動の中に位置づけた。1980年代までにはこの種の活動は先端的品質管理活動を行う企業では当たり前のものになった。L16, L32 など単純な直交表実験などが主流であったが、それでもこの種の多要因実験を行えば1回当たりの実験から得られる情報量は、欧米の研究開発で行っていた精密科学の一要因実験の組み合わせによる実験室内再現性検証に比べれば100倍以上の研究効率を実現していたものと推定される。

特に、田口玄一は、線点図の開発などで、初期の工業実験計画法技術自体の開発と普及に1950年代から寄与すると共に、新製品開発・技術開発に特化した実験計画

法体系の構築に努め、1970年代にはロバストパラメータ設計体系の開発、1980年代には機能性最適化技法の体系化に成功した。今日、国内では品質工学、国際的にはタグチメソッドとして定着している方法論である。

筆者は、(財)日本規格協会の支援を受けて1988年米国におけるタグチメソッド研究・実践の視察を行った。このとき、MITのDon Clausingは、筆者に対して比喩的に「トヨタの車はタグチの車」と語った。事実彼のレポートでは、タグチメソッドを含むSQC活動を日本の技術競争力の源泉の一つと位置づけており、当時のMITの機械工学の大学院教育では、既存の数値最適化技術と共に、品質機能展開やタグチメソッドなどの日本が発信した管理技術を導入する実践教育が試行されていた。Missouri大学Design Productivity CenterのRagsdell所長も、システムの理想機能からの乖離による損失を頑健性と目標値からの乖離に分解し、頑健性最適化とチューニングの2段階設計に至る田口の方法論を「生涯にあった最も偉大な技術哲学」と評価していた。実際、田口自身、領域に特化した工学以外に、グローバルな工学というものがあるということを力説しており、タグチメソッドはまさに設計科学における横幹技術の典型である。

このように、田口が1980年代以降推進した混合系直交表(L18など)による直積実験、特に「動特性のSN比」最適化と呼ばれる実験は、世界中の基礎技術改善に活用されている。品質工学専門家とは違うニュアンスとなるが、タグチメソッドを技術開発の文法に即して、独自に要約すれば、次のようになる。

タグチメソッドとは、技術者が最適化する技術モデルを対象とした「実験の場」と、技術の「利用の場」としての「社会」を完全に分けて考えた上で、「利用の場」で生じているノイズ要因は、「実験の場」でシミュレートできることを前提とした、設計科学に特化した実験計画体系である。この「実験の場」で議論されるべき技術モデルは「理想機能」と呼ばれているが、これは「社会現象」の近似モデルではなく、その現象を支配すべき適切な法則を示すもので、技術開発文法における適切な「変換」プロセスで分析され、導出されなければならない。

タグチメソッドを用いれば、人為的にシミュレートされた誤差環境の中で、システム機能を安定化させ理想機能に近づけるための最適決定が明らかになる。ここでは、古典的実験計画法と異なり、統計的推論による最適決定の有意性を問題にするのではない。むしろ「利用の場」で、どの程度のノイズ環境の劣化まで、最適設計されたシステム機能が許容範囲に保持されるかを「実験の場」で評価することが課題となっているのである。

このように、田口の実験計画法がFisherのそれと最も異なるのは、誤差の確率化に代わるノイズ因子のシミュレートである。田口は「実験の場」では制御可能だが、「利用の場」では制御あるいは観測が不可能であり、か

つシステムの機能に影響を与える要因のことを、「誤差因子(Noise Factor)」と呼んだ。これは、技術開発における本質的な「ノイズ」を制御不能な確率変数から、意図的に「シミュレート可能」な変数に切り替えようという重要な提言である。さらに「実験の場」において「利用の場」をシミュレートするというタグチメソッドの発想は、現在「数値実験」の発達によって急進展しているのである。

5. 数値シミュレーションが統計科学の変革を迫る？

近年研究開発分野で、技術開発を加速するためにシミュレーション技術活用に期待が寄せられている。シミュレーションによる数値実験では、研究者が特定のパラメータを入力する限り、実実験で見られる繰り返し誤差はない。実験誤差を確率変動と見なせるように仕組んできた統計科学的方法論は、シミュレーション時代には不要となったのであろうか。もちろん、シミュレーションを主体とした技術開発、製品設計においても、実験計画法の発展的適用、すなわち数値実験の効率的実施や頑健設計の考え方は依然として必要であり、4節で述べたように「誤差因子」の導入は、シミュレーションに基づく統計的品質管理にとっても基本的方法でなければならない。

2003年日本品質管理学会(以下JSQC)の高橋朗・学会長(当時、(株)デンソー会長)は、シミュレーションに基づく技術・製品開発のための品質管理技術を組織的に研究する必要があるとの提言を行った。これを受けて、JSQCに拡大計画研究会「シミュレーションとSQC」が組織された。この研究は、JSQC単独で可能ではないので、横幹連合の木村副会長に依頼し、同連合の中にミラー研究会(高橋委員長、幹事学会JSQC)を設置した。

2004年5月のキックオフシンポジウムで、高橋は、「設計段階において最新のシミュレーション技術(CAE, Computer Aided Engineering)に統計科学を援用することで、高品質/開発・生産のコスト削減・開発期間短縮が実現する」との期待を示した。一方、「現時点ではシミュレーションと実実験との乖離が存在する」との認識を明らかにしたうえで、「シミュレーションによる技術開発の有効性が属人的なものになっている」ことにも危惧を示した。その上で、今後の組織的研究を次の4段階を踏んで進めるとの提言を行った。

STEP 1. CAEと管理技術とを結合したソフトウェアの開発現状の調査

STEP 2. 米国のシミュレーション研究で議論された、“Verification(数値実験と理論値との乖離の有無)”の問題と“Validation(実実験と数値実験との乖離の

有無) ”の問題を整理して検討

STEP 3. ものつくりのバラツキをシミュレーションに組み込む方法の検討

STEP 4. シミュレーションに支えられたロバスト設計体系の確立

高橋の提言の前後には、統計科学分野でも数値実験に基づく実験計画を新たな研究課題と位置づけた Santner et al. [11] が出版され、世界中で反復誤差が無い数値実験に対処する組織的な取り組みが行われ始めていた。JSQCでも4つの分科会を設けた。特に仁科健主査(名古屋工業大学)を中心とする第1分科会は、実験計画法・モデル選択基準、多目的設計の数値解の改善、多説明変数・複雑形状応答への対処などの研究課題を提起した。これらの課題を海外の研究者とともに議論するために2005年に国際ワークショップを開催し、その成果はキックオフミーティングにおける高橋の提言と共に、Tsubaki, Yamada and Nishina eds. [12] で集約されつつある。

ここでは、シミュレーション実験が統計科学に与えている影響という観点から問題を簡単に整理してみたい。

まず、Verification問題、すなわち理論値と数値解との乖離については、端的にいえば、計算格子起因の打切り誤差の問題であり、明らかな系統誤差であるので絶対精度を追及する限り今後も重要な課題である。しかし、これが現在の技術開発加速を阻害している主要因とする声はあまり聴かれない。むしろ、Validationすなわち、数値解と実実験の乖離、つまり現象の定式化に問題があるという見解が圧倒的なのである。この定式化の誤りについても素朴なものから技術的なものまで次の3段階に分類される。

段階1) 現象のモデル化方針が不適切で、根本的な再検討が必要

段階2) 支配方程式のパラメータを定める方法論がなく、現象との乖離が起きている。

段階3) 境界条件や初期条件が実実験の方が不正確に決定されている。

段階2) や3) のケースでは、少数の実実験データへの適合を向上させるように数値実験のパラメータを変更する「合わせこみ」という技法が活用されている。しかし、この合わせこみでは、現実には有り得ない物理乗数を設定して、初めてデータとの適合が改善することもあり、そのような場合は、段階1) の現象ではないかという危惧もある。

一方、段階2)、3) に対処するために、初期値、境界条件、数値シミュレーションの膨大なパラメータを時空間的に観測したデータと一致させる新たな統計的方法論「データ同化(Assimilation)」が、統計数理研究所の樋口知之副所長を中心に開発されている。技術開発分野での適用はこれからであろうが、地球科学分野での利用は既

に開始されている(Fukuda et al. [4])。同化技術の進展は、最適同化のための最適実験計画といった数理技法を生み出すことも十分期待できるものと予想される。

誤差因子の積極導入という数値シミュレーションへの要請以外にも、シミュレーションが既存の統計科学が対象とした実実験と異なるもう一つの特徴として、実験水準の変動領域が大きいということを挙げねばならない。実実験では安全性を鑑み、実験経験のある領域の近傍でしかパラメータを変動させないことが多い。このため、統計的にも古典的な線形モデル(テラー展開の一次近似)や応答曲面法(2次近似)で十分応答関数の近似が可能であった。したがって、超平面や2次曲面形状の推定誤差を最小化するための実験配置については、直交表や応答曲面計画など古典的な最適実験計画を利用することも可能であった。

一方、数値シミュレーションでは、滑らかな曲面の中にピーク状の複雑な応答関数が含まれるなど、これまで一般的であった多項式近似はあまり効率的なものとは言えない。そこで、多変数解析関数に対する数値積分精度向上に資する点配置、いわゆる擬似モンテカルロ法に近い実験配置を用いることが必要となる。このための方法論として現在最も注目されているのが、香港バプティスト大学のFang Kai-Tai教授らが主唱している「一様計画(Uniform Design)」である。この計画を用いれば広範な応答関数を比較的精度良く推測可能となり、特に応答関数をノンパラメトリックに推定する、ないしはニューラルネットやRBFネットワークのようなアダプティブな関数を用いて推定することも可能となる。JSQC計画研究会第2分科会の山田秀主査(筑波大学)は数値実験のもつ、この種の性質に注目し新たな「実験計画の文法」を構想しつつある。この具体的な応用についてはYamada and Tsubaki [13] でICワイアーボンディングの共振現象のパラメータ依存性などを参照されたい。ここでは、実際に一様計画によって共振位置を近似する非線形モデル、すなわち、共振位置の制御因子依存性が推定され、共振が技術的不具合を起こさないためにはどのような設計を行えば良いかが示唆されている。

筆者らは決して数値シミュレーションの専門家ではないが、一連の組織的研究活動によって、統計科学とシミュレーションの協業という新たな環境の中で、我々が何を解決しなければならぬかについては、おぼろげながら分かってきた。一方、JSQC計画研究会第4分科会の天坂格郎主査(青山学院大学)は、自身のシミュレーションに基づく品質問題解決を振り返り、Validation問題の解決としてのメカニズムの可視化の意義を強く主張している。ところが天坂が挙げたメカニズムの追求、潜在因子探索といった課題解決上流系での活動が、CAEのValidityという根源問題を解決する重要なステージであるにも関わらずSQCとしては潜在状態の存在を示唆で

きる程度の技術しか提供していないことを再確認しなければならない。

また、高橋が示したロバスト設計体系の構築についても、誤差因子導入の有用性や、田口らが提唱した標準SN比最適化などの暫定的有用性は理解されても、方法論体系化についての多くは、技術モデル特に支配方程式の適切な分類作業と共に今後の課題として残されていると言わざるを得ない。シミュレーション専門家と統計科学専門家・管理技術専門家との共同研究を加速させる場としての横幹連合活動に高橋 JSQC 元会長が期待した所以である。惜しくも高橋氏は2006年8月に逝去されたが、今後も組織的研究は継続できればと考えているので、横幹連合関連学会の協力を再度呼びかけたい。

おわりに、本稿の投稿を勧められた編集委員会並びに初稿に有益な修正意見を賜った査読者に深甚の謝意を表する。

参考文献

- [1] W. K. Clifford: The Common Sense of the Exact Science, (1885), edited and with a preface by K. Pearson, Alfred A. Knopf Inc. newly edited by J.R. Newman preface by B. Russell, Dover, 1955.
- [2] F. Galton: Inquiries of Human Faculty and Its Development, Macmillan, 1883.
- [3] R. A. Fisher: Statistical Methods for Research Workers, Oliver and Boyd, 1925. 遠藤, 鍋谷訳: 研究者のための統計的方法, 森北出版, 1970.
- [4] Fukuda, Higuchi, Miyazaki, and Kato: A new approach to time-dependent inversion of geodetic data using Monte Carlo mixture Kalman filter, Geophysical Journal International, Vol.159, pp. 17-39, 2004.
- [5] E. Mach: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen, 2nd, Gustav Fischer Verlag, 1900. 須藤, 廣松訳: 感覚の分析, 法政大学出版会, 1971.
- [6] M. E. Mangello: Karl Pearson, in Encyclopedia of Biostatistics, Vol.4, ed. by P. Armitage and T. Colton, John Wiley & Sons, 1998.
- [7] Y. Ohsawa and S. Tsumoto (Eds.): Chance Discoveries in Real World Decision Making: Data-based Interaction of Human intelligence and Artificial Intelligence, Springer Verlag, 2006.
- [8] K. Pearson: The Ethics of Freethought: A Selection of Lectures and Essays, 1888. T. Fisher Unwin, reprinted Hawaii Univ. Press, 2002.
- [9] K. Pearson: The Grammar of Science, Adam and Charles Black, 1892. 平林訳: 科学概論, 春秋出版社, 1930.
- [10] T. M. Porter: Karl Pearson: The Scientific Life in a Statistical Age, Princeton Univ. Press, 2004.
- [11] T. J. Santner, B. J. Williams, and W. I. Notz: The Design and Analysis of Computer Experiments, Springer, 2003.
- [12] H. Tsubaki, S. Yamada, and T. Nishina (Eds.): The Grammar of Technology Development, Springer Verlag, 2007 (to appear).
- [13] S. Yamada and H. Tsubaki: Application of Design of Experiments in Computer Simulation Studies, Fifth Int. Symp. On Business and Industrial Stat, Peru, 2006.
- [14] 安藤洋美: 多変量解析の歴史, 現代数学社, 1997.
- [15] 寺田寅彦: 物理学序説, 岩波書店, 1946.
- [16] 日本学術会議学術の在り方常置委員会: 報告新しい学術の在り方 - 真の science for society を求めて -, 日本学術会議, 2005.

椿 広計



1956年東京生, 専門は応用統計学。東京大学工学部計数工学科1979年卒業, 同修士課程修了後, 東京大学助手, 慶應義塾大学講師を経て, 1997年筑波大学助教授, 2000年同教授。現在, 筑波大学大学院ビジネス科学研究科国際経営プロフェッショナル専攻長, 統計数理研究所特任客員教授リスク解析戦略研究センター長, 統計審議会委員, 日本工業標準調査会臨時委員, 横幹連合企画委員会委員。所属横幹連合学会: 応用統計学会、日本品質管理学会、計算機統計学会、日本計量生物学会、日本統計学会、計測自動制御学会、日本リモートセンシング学会など。

第2回横幹連合コンファレンス「異分野をつなぐ知のシナジー」

<http://www.trafst.jp/conf2007/>

横幹科学技術の学問としての深化と社会的問題の解決に向けた活動の活性化を目的として、第2回横幹連合コンファレンスを開催します。2年前に開催された第1回横幹連合コンファレンスでの「コトづくり長野宣言」を受け、さらなる議論の高まりを期して、今回の統一テーマを「異分野をつなぐ知のシナジー」としました。

開催日: 2007年11月29日(木) ~ 30日(金)

会場: 京都大学 百周年時計台記念館 (京都市左京区吉田本町)

主催: 特定非営利活動法人 横断型基幹科学技術研究団体連合 (横幹連合加盟の44学会)

後援: 21世紀COEプログラム「動的機能機械システムの数理モデルと設計論」(京都大学), 横断型基幹科学技術推進協議会

幹事学会: ヒューマンインタフェース学会

実行委員長: 榎木哲夫, 副委員長: 安岡善文, 能勢豊一, プログラム委員長: 椿 広計