数学履修生のキャリアとそのデザイン

池川　隆司

1　はじめに

キャリアデザイン、キャリアアップのように、最近「キャリア」とつく言葉を良く耳にするようになった。キャリアとは「経歴」を意味する。つまり、人生における職業の時系列と解釈できる。

2010 年頃から、情報通信技術 (ICT) の飛躍的進展に伴い、数学の高度な知識を必要とする産業分野が顕在化してきた。これに伴い、数学を履修している学生（以下、数学履修生）が就くことができる職業の種類（職種）の数は、10 年前と比べると大きく増加している。よって、数学履修生が一生の間に挑戦できる職種の集合は大きく拡がっており、多彩なキャリアを構築することが可能となっている。

この「職業を選択する」という行動においては、確率的な振る舞いをする外部環境に依存するため、職業を確率変数と捉えることができる。即ち、就業した職業の時系列であるキャリアを確率過程とみなすことができる。さらに、職業選択の仕方・行動、つまりキャリアデザインは、自身のスキル、生活に必要な収入等の拘束条件のもとで報酬ややりがい等を最大化する最適化問題として取り扱うことができる。

本稿では、数学の高度な知識を必要とする職種、業界の現状やキャリアデザインについて、確率過程、最適化問題のようなオペレーションズ・リサーチ (OR) 分野の手法・理論や PDCA(Plan-Do-Check-Act) サイクル、SWOT(Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats) 分析のようなマネージメントの基本概念を適用しながら紹介する。

2　キャリア確率過程

業務の内容や報酬は、同じ職種でも就業先によって異なる。よって、年齢 t での職業を組 (職種 (t), 就業先 (t))($\triangleq C(t)$) として表した方が良い。

不確実なパラメータである $C(t)$ は確率変数となる。さらに、$C(t)$ の時系列であるキャリア $\{C(t)\}$ は確率過程となる。本稿ではこの確率過程をキャリア確率過程と呼ぶ[1]。図 2 にキャリア確率過程 $\{C(t)\}$ の見本路を示す。

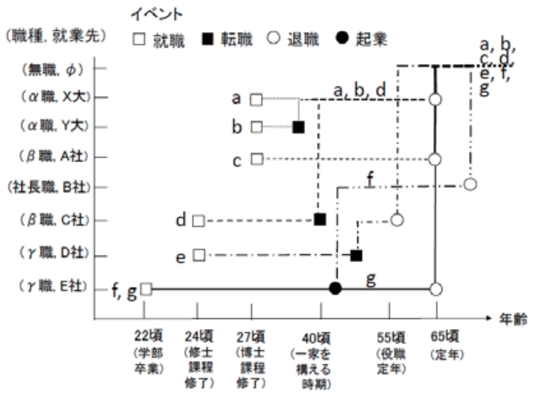

図 1: キャリア確率過程 $\{C(t)\}$ の見本路

（個人 a, b, c, d, e, f, g の見本路を示す。すべての就業者は最終的に退職するので、各個人のキャリア確率過程の最終状態は (無職, $\emptyset$) となる。）

ICT の飛躍的進展により、数学履修生が挑戦できる職種の集合 S_a は大きく拡がっている[2]。これに呼応して数学履修生を必要とする企業（就業先）の集合 S_b も大きくなりつつある。次節において集合 S_a の変遷や集合 S_b の現状を紹介する。

キャリアデザインとは、自身の現状や取り巻く環境、将来の計画等から最適と思われる組 (職種, 就業先) を選択することである。この選択問題は OR 分野での最適化問題に置き換えることができる。4 節において、キャリアデザインの基本的な考え方を説明する。

就学中の学生にとって、キャリア構築のための最初のイベントは就職活動である。そこで、まず 5 節に企業が求める数学人材像を説明する。次に、6 節に数学履修生が、就職活動において数学の学問上の特性から陥りやすい問題の傾向とその対策を示す。

3　数学の高度な知識を必要とする職種の変遷と企業例

図 2 に数学の高度な知識を必要とする職種の集合 S_a の変遷を示す。約 10 年前は、数学履修生が就く主な職種は、中学・高校教職、大学教職であった。また、産業界においては、数学を使った高度専門職として、保険業界で活躍するアクチュアリー (actuary）や情報・電気業界で活躍する研究・開発職程度であった。

[1] 現在の時刻を t とすると、将来の時刻 $s(>t)$ に就くと思われる $C(s)$ は、通常 $C(t)$ だけに依存せず、現在までに積み上げたキャリア $\{C(u) : u < t\}$ に依存する。つまり、キャリア確率過程はマルコフ性を有しないことに注意されたい。

[2] 確率過程での用語では、この集合を状態空間と呼ぶ。

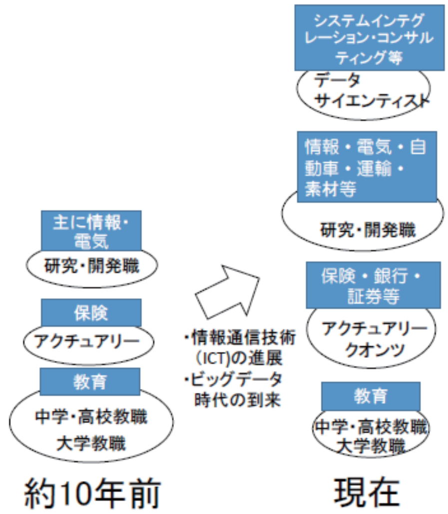

図 2: 数学履修生が活躍できる職種の集合 S_a の変遷

これに対して、2010 年頃から集合 S_a は ICT の進展により大きく拡がっている。新たな職種の１つとして銀行・証券業界で活躍するクオンツ (quants) があげられる。さらには、昨今、大量で多種多様なデータ（ビッグデータ）の時代を迎え、データサイエンティスト (data scientist) と呼ばれる職種が誕生している。

一方で、少子化のあおりを受け、教職（特に、大学等の高等教育機関）に就くことができる人数は減っている。これは数学分野に限らない動向である。

次に、前述の職種を簡単に説明する。

アクチュアリー: 保険会社において、確率、統計のような数学を駆使して保険や年金等の商品を開発する専門家。アクチュアリーとして認められるためには、資格を取得する必要がある[3]。

クオンツ: 銀行・証券会社等において、確率解析、偏微分方程式論、関数解析のような数学とコンピューターシミュレーションのような ICT を駆使して、証券等の商品開発や投資戦略を立案する専門家。

研究・開発職: 企業等の研究・開発部門において、基礎・応用研究や製品開発を行う専門家。整数論や楕円曲線論のような純粋数学の寄与が大きい暗号理論の応用を含む情報セキュリティー分野では、多数の数学履修生が活躍している。

データサイエンティスト: ビッグデータから確率・統計等の数学とコンピューターグラフィックスのような ICT を使って、有意義な知見を抽出する専門家。IoT (Internet of Things) 時代を迎えビッグデータの規模は飛躍的に増大しており、データサイエンティストの需要は益々増加すると予想されている（例えば本誌増刊号 [1] 参照）。

[3]資格の詳細については、日本アクチュアリー会 Web サイト http://www.actuaries.jp/ を参照されたい。

表 1: 数学が活かされている研究業務例

業界	業務内容
情報・電機	情報セキュリティー（特に暗号） ビッグデータ分析 音声・画像符号化 自動翻訳 コンピューターグラフィックス
自動車	エンジン流体・電熱解析
運輸	オペレーション最適化 利用者行動予測
素材	材料設計・製造技術シミュレーション 製造工程モデリング
保険・銀行・証券	金融商品モデリング

さらに研究職が活躍できる業界は情報・電気・自動車・機械・素材分野へと大きく拡がっている（図 2 参照）。表 1 に産業界において数学が活かされている研究業務例を示す。

前述したような職種や業界の拡がりに伴い、数学履修生を積極的に求人している企業の集合 S_b も拡大している。集合 S_b の要素（つまり企業）の具体例については、日本数学会主催「数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会」（文献 [2] 参照）や東京大学大学院数理科学研究科主催「数理キャリアデザインセミナー」[4]に参加している企業や研究所を参照されたい。

4 キャリアデザイン

年齢 t での利得の集合を $\{r_1(t), \cdots, r_n(t)\}$ とし、意思決定上の重要度の重みの集合を $\{w_1(t), \cdots, w_n(t)\}$ とする。利得 $r_i(t)$ には、報酬、やりがい、自己成長、社会的評価・認知度の向上等がある[5]。キャリアデザ

[4]例えば、東京大学数理キャリア支援室 Web サイト http://faculty.ms.u-tokyo.ac.jp/users/career/ を参照されたい。

[5]やりがいのような概念を定量的に表現するのは困難である。ここでは、利得には多様な尺度があり、個々の利得毎に重みをつけて総利得を最大化する職業を選択するイメージをつかんでいただきたい。実際の利得 $r_i(t)$ や重み $w_i(t)$ は単純に年齢 t だけに支配されない。例えば、報酬は過去のキャリア $\{C(s) : s \leq t\}$ に大きく依存する。ここでは、利得や重みは年齢とともに刻々と変化するパラメータであることを汲み取っていただきたい。

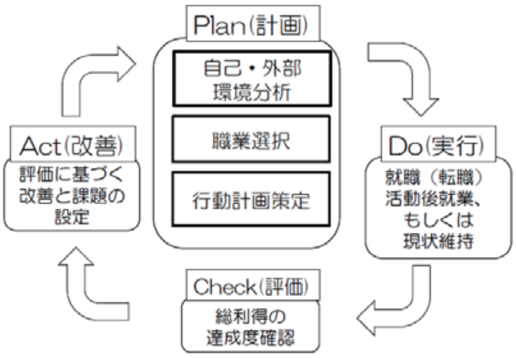

図 3: PDCA サイクルの実践による職業の選択

インとは、実りある職業人生を送るための行動案を策定することである。よって、現時点を s とすると、余命の総利得 $\sum_{i=1}^{n}\int_{s}^{\infty} w_i(t)\,r_i(t)\,dt$ を最大化するように将来のキャリア $\{C(t) : t \geq s\}$ を選択する問題に置き換えることができる。

スキル、価値観のような自身の状況や社会経済、家庭状況のような外部環境は、年齢 t とともに刻々と変化する。よって、年末や人生の節目のような適切な時機 s_j において、1) 自己および外部環境の分析、2) 最適な職業 $C(s_j)$ の選択、3) 行動計画の策定等からなる「計画」を行い、その計画をもとに就職（転職）活動後就業（もしくは現状維持）を意味する「実践」を行い、次の適切な時機 s_{j+1} において、総利得の達成度の「評価」そして「改善」を行い、手順 1), 2), 3) からなる「計画」を繰り返す、いわゆる PDCA サイクルを実践することが望ましい（図 3 参照）[6]。

次に、図 3 に示した Plan (計画) フェーズでの 3 つの過程を説明する。

自己・外部環境分析: このためのツールとして SWOT 分析が有用である。SWOT 分析を使って、知識・スキル・人脈・行動特性等の自身の強み (strengths) と弱み (weaknesses)、所属組織や社会等の外部環境での追い風となる機会（opportunities）と脅威（threats) を明らかにする。大事な点は、強みを活かすとともに弱みを克服し、機会を捉え脅威に対処する戦略を策定することである。さらに、職業に対する価値観を明確にすることも肝要である。

職業選択: 職業選択問題は、次のように定式化できる。

職業選択問題: 意思決定可能な選択肢（ここでは職業）の集合 S_c から、制約条件（価値観、生活に必要な収入、現状のスキル、将来計画等）のもとで、目的関数である総利得 $\sum_{i=1}^{n} w_i(s_j)\,r_i(s_j)$ を最大化する選択肢を選択すること。なお、数学の学びや研究を通して培った論理的思考能力を武器に、数学とは直接関係しない分野への転身もあり得るので、集合 S_c は $S_a \times S_b$ を含む（つまり $S_c \supset S_a \times S_b$）と仮定している。

実際は、職業選択問題を定量的に解くことは困難である。しかし、表 2 に示すような定性と定量を組み合わせた簡便な意思決定表を使って、最適な組 (職種, 就業先) を選択すれば良い。なお、実際の就職活動では、自己のスキル等が企業の求める要求条件（5 節参照）を満たさない場合、所望の職業に就くことができるとは限らない。そこで、選択肢には優先度をつけ行動案を策定する、いわゆるリスク管理を実践することが必要となる。

行動計画策定: 職業選択過程にて優先度付けされた選択肢を達成するための手段を具体的に策定する。いつまでに (when)、何を (what)、どのように (how) の要素を明らかにする。

インターンシップは、ビジネス意識の醸成等の様々な効果をもたらすことが知られている（例えば文献 [4] 参照）。よって、インターンシップの体験を、所望の職業に就業する手段の 1 つとして行動計画に盛り込むことは極めて有効である[7]。

5　企業が求める数学人材像

前述した職種において活躍するためには、数学の専門学力・研究力だけではなく、問題解決のための情報収集力、対人コミュニケーション力、組織対応力のような様々な業界や職種に転用可能なスキル（いわゆるトランスファラブルスキル “transferable skills”）が必要とされる。このような人材を T 形人材と呼ぶ（図 4 参照）。近年、企業では、数学に加え、高度なプログラミング等の付加的スキルを有する人材（Π 形人材と呼ぶ）を求める傾向にある。数学履修生に

[6] キャリアデザインを行う時機については、年末や年度末毎のような意識的に決められた周期の開始時、大学卒業（大学院修了）、昇進、結婚、出産等のようなライフサイクルの中での大きな転機の発生時が考えられる。最近の研究では、転機を活用してキャリアデザインを行い、それ以外は職務等に専念することを繰り返すことが推奨されている（例えば著書 [3] 参照）。

[7]「数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会」[2] に参加した多くの企業・研究所では、数学履修生をインターンとして受け入れた実績がある。

表 2: 時機 s_j における職業を選択するための意思決定表の例

選択肢 (職種, 就業先)		利得			拘束条件 (価値観)	総利得
		報酬 $r_1(s_j)$	やりがい $r_2(s_j)$	自己成長 $r_3(s_j)$		
数学のスキルを必要とする分野	(α 職, A 社)	中	中	高	合致	高
	(α 職, B 社)	高	中	中	合致	中
	(β 職, C 大)	小	高	中	合致	小
	(γ 職, D 社)	小	高	中	不一致	–
数学のスキルを必要としない分野	(ζ 職, E 社)	小	小	中	合致	小
	(η 職, F 社)	高	小	中	不一致	–
現状維持		中	小	小	不一致	–

【注】報酬、やりがい、自己成長の重みをそれぞれ $w_1(s_j)$、$w_2(s_j)$、$w_3(s_j)$ とすると、$w_3(s_j) \gg w_1(s_j) > w_2(s_j)$ を仮定した。この時、総利得 $\sum_{i=1}^{3} w_i(s_j)\, r_i(s_j)$ を最大化し、かつ拘束条件を満たす選択肢は (α 職, A 社) となる。

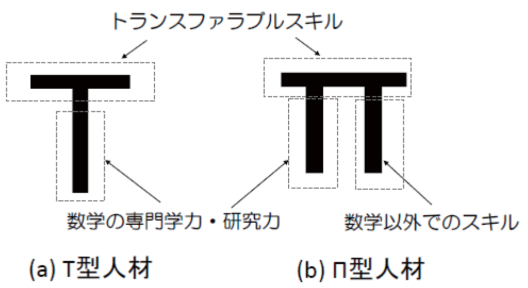

図 4: T 形と Π 形の数学人材

は、T 形、Π 形人材になるように、専門の数学だけでなく他分野のスキルやトランスファラブルスキルの醸成に向けて研鑽を積むことが肝要である。

6 就職活動での留意点

数学履修生がキャリアを構築する最初のステップが就職活動である。理系学生のための就職活動に関する一般的な情報は他書（例えば学術誌 [5] 参照）に譲り、ここではエントリーシート (ES) や面接において数学履修生がよく苦労する事例をもとに、その課題を列挙する。

読み手・聞き手に応じたプレゼンテーションの実践: ES の読み手や面接での聞き手は研究者および人事担当者である。その研究者でも、数学の専門家とは限らない。数学履修生は、専門用語を多用したり厳格な定義にこだわる傾向にあるため、読み手や聞き手に混乱をもたらすことが多い。読み手や聞き手の持つ背景・特性に応じて、プレゼンテーションを工夫する労力が肝要である。審査官は応募者の対人コミュニケーション能力を評価していることを頭に入れておかねばならない。

ES においては、少なくともワンパラグラフ・ワントピック、トピックセンテンス、ワンセンテンス・ワンメッセージのような科学技術文書の基本的な作文技術（例えば名著 [6] 参照）を駆使し、理系研究者として信頼を勝ち取る文書の作成を心がけねばならない。

研究の意義の明確化とわかりやすい説明: 多くの数学履修生には、問題解決的学問の色彩が強い数学の特性から、「自身の研究意義をわかりやすく説明できない」という問題点がある。

成果の出口を意識した研究活動が強く求められる民間企業への就職活動においては、研究の意義を第三者に上手く説明できないことは致命的となる。産業界への直接応用の見通しが遠い純粋数学においても、社会への発展につながる等の研究の意義を語れるように平素から努力することが求められる。

7 おわりに

本稿では、数学を学ぶ夢ある学生にとって、拡がりつつあるキャリアの現状とそのデザインについて論考し概要を紹介した。米国では、数学をコアコンピタンスとする職業のニーズは高まっており、2014 年の職業評価結果では数学者（mathematician）が最高職となった。我が国でも、数年後には同じような雇用状況になるという議論がされている（文献 [4] 参

照)。このような潮流を踏まえると、数学履修生の将来は極めて明るいと言えよう。

キャリア確率過程は、筆者の座右の銘「人間万事塞翁が馬」を表現した基本的な数理モデルである。変化の激しい外部環境の中では、将来の禍福を制御できないと思うかもしれない。しかし、人生の節目のような適切な時機においてキャリアデザインを励行すると、掘り出し物「セレンディピティ」に遭遇する確率が増加するであろう。

キャリア確率過程はマルコフ性を有しないことを述べた。これは、今まで積み上げたスキル、人脈が今後のキャリアを左右し、決定付けることを意味している。数学履修生である読者の常日頃の研鑽が実りあるキャリア構築につながることを祈念して、本稿を締めくくる。

謝辞

本稿の作成にあたり貴重なご意見をいただいた吉田 眞氏(東京大学名誉教授)に感謝申し上げます。

参考文献

[1] 日本統計学会・数学セミナー編集部, “統計学ガイダンス”, 数学セミナー増刊, 2014 年 7 月.

[2] 池川　隆司, “「数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会」開催報告—若手数学者の研究のさらなる拡がりとキャリア開発に向けて—”, 日本数学会数学通信, Vol. 19, No. 4, pp. 26–33, 2015 年 2 月.

[3] 金井 壽宏, “働くひとのためのキャリア・デザイン”, PHP 新書, 2002 年.

[4] 池川　隆司, “「第 4 回数学・数理科学のためのキャリアパスセミナー」開催報告—数学イノベーションを担う人材育成に向けて—”, 日本数学会数学通信, Vol. 20, No. 2, pp. 39–48, 2015 年 8 月.

[5] 電子情報通信学会, “小特集「これからのキャリアを考える〜これが私の進む道?〜」”, 通信ソサイエティマガジン, No. 32, 春号, 2015.

[6] 木下 是雄, “理科系の作文技術”, 中公新書, 2012 年.

池川　隆司　いけがわ　たかし

プロフィール 1962 年、愛媛県生まれ。東京大学数理キャリア支援室キャリアアドバイザー。早稲田大学研究院客員教授。日本数学会社会連携協議会幹事。日本数学会「異分野・異業種研究交流会」の創始者。専門は、産学協働による人材育成方法論、情報通信システムの確率モデリング。