

損保アクチュアリーとデータサイエンス

あいおいニッセイ同和損害保険
渡辺重男

2020年2月1日

はじめに

自己紹介

アクチュアリーとは

- 数理的手法を活用して、主に保険や年金に関わる諸問題を解決し、財政の健全性の確保と制度の公正な運営に務めることを主な業務とする専門職
- 日本におけるアクチュアリーとは、公益社団法人日本アクチュアリー会の正会員であることを意味する

ここでは損害保険分野に焦点をあてる

- 損害保険においてアクチュアリーが関与する「諸問題」の代表例は、伝統的に「料率算定」「支払備金評価」「責任準備金評価」「再保険最適化」「所要資本算出」
- なかでも「料率算定」「支払備金評価」を取り上げ、従来用いられてきた手法を振り返るとともに、新たな手法の活用の研究動向について紹介する
- あわせて、日本アクチュアリー会 ASTIN関連研究会の活動も紹介する

アクチュアリー関連年表

アクチュアリーという名前の職業が誕生したのは250年前

損保分野においてアクチュアリーの組織的な活動が始まったのは100年前

アクチュアリーは、その時々 of 理論的發展や世の中の動きに合わせて、保険・年金分野における問題の解決に取り組んできた

アクチュアリー関連事項

1762	Equitable Life Assurance Society (英国最初の近代的な生命保険会社) actuaryの名称を始めて使用 (Edward Rowe Mores)
1775	現在の意味での最初のactuary (William Morgan)

1848～	アクチュアリー団体の設立
1848	Institute of Actuaries (英)
1895	Comité Permanent des Congrès d' Actuaires (国際アクチュアリー会(IAA)の前身)
1899	日本アクチュアリー会(IAJ)

1914	Casualty Actuarialian and Statisticaill Society (米) (Casualty Actuarial Society (CAS) の前身)
------	---

1957	ASTIN創設 (Actuarial Studies in Non-Life Insurance) (現IAAの学術セクションの一つ)
------	--

1970	損害保険会社がIAJに入会
------	---------------

理論的發展・その他世の中の動き

1654	確率論 (Blaise Pascal)
1662	生命表 (John Graunt)
1671	終身年金の評価 (Johan de Witt)
1693	統計に基づく生命表 (Edmond Halley)
1756	終身保険の保険料と準備金 (James Dodson)

19c前半	多くの生命保険会社の設立と破綻 (英)
-------	---------------------

1903	危険理論 (Filip Lundberg)
1911	Wisconsin州労災補償法 (米) (1920年までに43の州で同様の法律が施行)
1939～	第二次世界大戦

アクチュアリー団体

国際アクチュアリー会 (IAA: International Actuarial Association)

- 各国アクチュアリー会を会員とする団体（正会員73、準会員28）
- ミッション
 - I: Inform and influence global stakeholders
 - A: Assure the reputation of the profession
 - A: Advance the competency of the profession
- 正会員となるための要件
 - 行動規範
 - 懲戒プロセス
 - 実務基準制定プロセス
 - IAAが定める教育ガイドラインとシラバスの充足 等

日本アクチュアリー会 (IAJ: Institute of Actuaries of Japan)

- 主な活動
 - アクチュアリー学の研究調査
 - アクチュアリー教育・育成
 - 資格試験の実施
 - 海外のアクチュアリー団体との交流
 - 日本の保険行政や社会保障制度に関する行政機関からの諮問への答申
- IAAの正会員

損害保険におけるアクチュアリーのための伝統的守備範囲

損保における数理的題材

保険料の算定・検証

支払備金の見積もり

長期契約の設計・管理

リスクの評価

再保険の適正化

「損保数理」テキスト

第1章 損害保険料率の基礎

損害率の統計

損害保険料率の算出方法

第3章 経験料率

無事故等級制度の分析

信頼性理論

第4章 クラス料率

タリフ理論

一般化線形モデル

第7章 保険料算出原理

保険料算出原理

第5章 支払備金

統計的備金見積もり法

第6章 積立保険

積立保険に関する諸計算

第8章 危険理論の基礎

破産理論

第2章 クレームの分析

確率分布のあてはめ

(集合的)危険論

第10章 リスク評価の数理

リスク尺度

極値理論

コピュラ

第9章 再保険

再保険料の計算

再保険による破産確率変化

Prof. Wüthrich Lecture Notes*

1 Introduction

6 Premium Principles

7 Tariffication and Regression Models

8 Bayesian and Credibility Theory

9 Claims Reserving

2 Collective Risk Modeling

3 Individual Claim Size Modeling

4 Approximations for Compound Distributions

5 Ruin Theory in Discrete Time

10 Solvency Considerations

*1 Mario V. Wüthrich, Non-Life Insurance: Mathematics & Statistics –Lecture notes–
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2319328

料率算定とは

保険契約とは（保険法における定義）

- 当事者の一方（保険者）が**一定の事由**が生じたことを条件として**財産上の給付**...を行うことを約し、相手方（契約者）がこれに対して当該**一定の事由の発生の可能性**に応じたものとして**保険料**...を支払うことを約する契約
- 「一定の事由」...人の生存又は死亡（生命保険）、
一定の偶然の事故による損害の発生（損害保険）等

保険料

- 保険契約の対価、「一定の事由」の発生の可能性に応じたもの
- 保険料を決めるためには、将来における「一定の事由」の発生可能性（リスクの大きさ）の見積もりが必要
- 一般には、リスク測定の基準となる数量（**エクスポージャ**）を定め、単位エクスポージャ当たりの保険料（**料率**）にエクスポージャを乗じて算出

料率算定における留意事項

- 原則：収支のバランス...契約群団全体（収支相等の原則）
個別商品・契約毎等（給付反対給付均等の原則）
- 規制上の制約：認可・届出制度、料率三原則（合理的、妥当、不当に差別的でない）、リスク細分化の制限（自動車保険の危険要因や格差の上限）
- 実務上の制約（改定頻度、費用等）、説明変数としての妥当性、市場環境

料率算定とは(2)

料率算定方法の類型 (英国アクチュアリー会 GRIP (2007))

Tariff	規制当局が設定または規制当局へ届け出た方法により算定 Tariff = 料率表
Qualitative Underwriting	データによる見積もりが困難な場合に、定量的情報と定性的情報の両方を考慮して算定
Cost Plus	統計的手法による保険金や経費等の見積もりに基づき算定 モデル化の手法は単純なものもあれば複雑なものもある
Distribution	原価をCost Plusと同様に算定したうえで、顧客の価格変化に対する感応度を考慮し業績を最適化するよう料率を算定
Industrial	コモディティ化した市場において、業務の効率性と有効性、規模の経済性を目標に、多数の顧客や大量のデータの間での一貫性や業務プロセスの効率に焦点をあて算定

- 規制や市場環境、事業特性等により採用できる方法・適切な方法は異なる
- 統計的な意味で最適な結果をそのまま採用できるとは限らない (Tariffモデルの場合など)
- Qualitative Underwritingモデルを採用しなければならない状況では、データによる見積もりが困難

以下では、統計的手法による保険金の見積もりに焦点をあてる

料率算定に用いるデータ

例：マサチューセッツ州の自動車保険実績データの一部(2006年)

個別データ

pol_id	3222855	2650451	260962
poleffdte	200609	200601	200607
lasttxdte	200609	200608	200607
startd	2006/9/1	2006/1/1	2006/7/1
enddate	2007/9/1	2006/8/15	2007/7/1
earnexpo	1	0.66666667	1
vin	2G4WB52K3 X1424640	1HGCM726 43A020506	4T1SK12E9 SU563184
class4	1		1101
prem_twn	20	20	400
trank	1	2	1
ecode	0	24	0
ann_miles	14831	4789	16352
days_overlap	333	15	274
Rateclass	1	1	1
town_name	TAUNTON	STONEHAM	SPRINGFIELD
tgroup	5	4	6
cgroup	A	A	A
losspaid1	0	0	602
lossreserve1	0	0	0
losspaid5	0	0	0
lossreserve5	0	0	0
tcount		0	1
rcount		0	0
clm_id	N		668861
adate			2007/6/22
TotLoss	0	0	602
ClaimNum	0	0	1

契約情報

クレーム
情報

集約データ

cgroup	A	S	I	M	B	Total
earnexpo	66,695	13,221	2,637	3,353	1,135	87,041
ClaimNum	3,214	569	352	288	71	4,494
TotLoss	8,877,820	1,652,027	1,224,745	784,852	202,623	12,742,067
frequency	0.048	0.043	0.133	0.086	0.063	0.052
severity	2,762	2,903	3,479	2,725	2,854	2,835
claimcost	133	125	464	234	179	146

A - Adult, S - Senior Citizens
I - Youthful with less than 3 years Experience
M - Youthful with 3-6 years Experience
B - Business

契約情報

- 期間の概念が重要 (earnexpo)
- エクスポート数 Σ earnexpo (経過台数)

クレーム情報

- 関心がある指標
 - 事故頻度 frequency = クレーム件数 ÷ 経過台数
 - 損害規模 severity = 保険金総額 ÷ クレーム件数
 - クレームコスト claim cost = 保険金総額 ÷ 経過台数
 - 損害率 loss ratio = 保険金総額 ÷ 保険料

- モデル化の2つのアプローチ

- クレーム件数と損害規模をそれぞれモデル化
- 保険金総額 (やクレームコスト) をモデル化

<http://instruction.bus.wisc.edu/jfrees/jfreesbooks/PredictiveModelingVol1/predictive-modeling-foundations/chapter-6.html>

料率算定に用いるデータ(2)

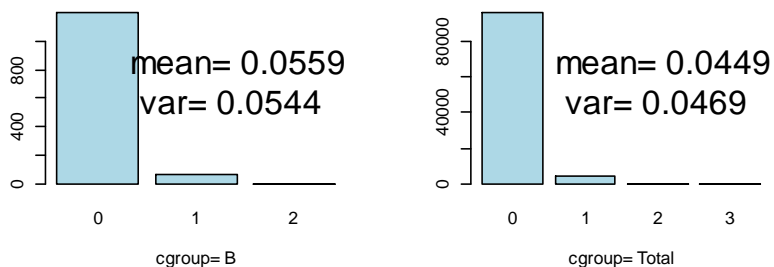
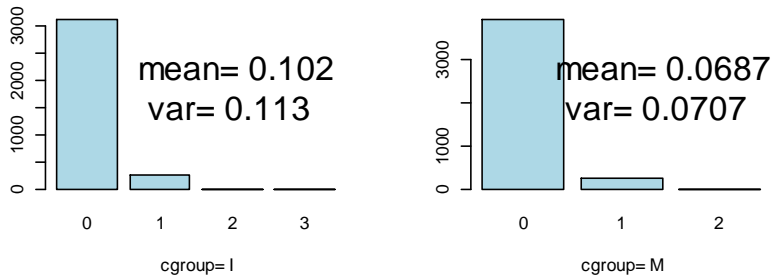
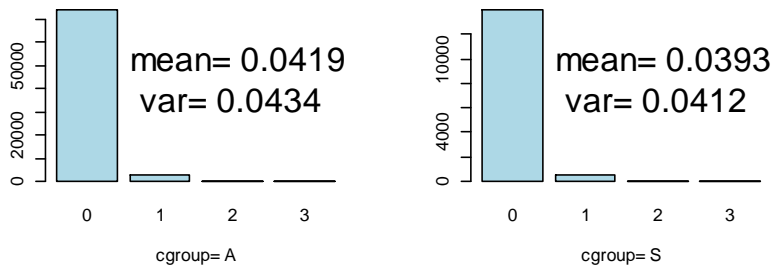
クレーム件数(ClaimNum)

- クレームなしのデータが多い
- 過分散

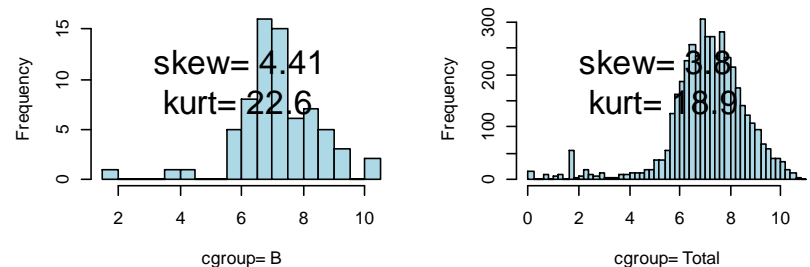
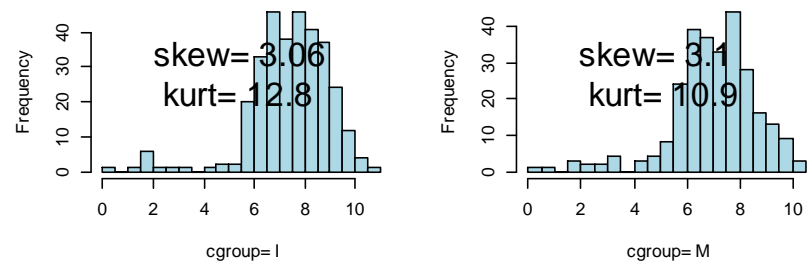
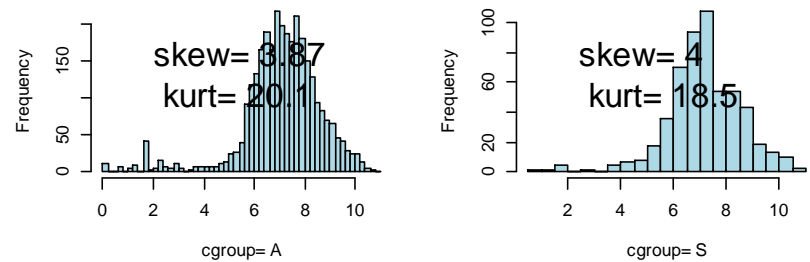
保険金(TotLoss)

- 歪度 > 0
- 裾が厚い

ClaimNum



log TotLoss



料率算定 従来のアプローチ

最も単純な方法：集約データの区分ごとにクレームコストを計算

- 料率体系が複雑になりがち（例：地域別(47)×建物種別(4)×・・・）
- 区分によってはデータ量が少なく結果が不安定

いろいろな工夫

Minimum Bias	<ul style="list-style-type: none">クロス集計したエクスポージャと保険金総額にある条件を課し反復計算で各セルのクレームコストを計算	Bailey (1963)
GLM	<ul style="list-style-type: none">個別データまたは集約データを用いGLMでモデル化Minimum Biasの多くのモデルはGLMとして解釈できる米国損保を対象とした調査では全社が利用（or予定）	Brown (1988) Mildenhall (1999)
信頼性理論	<ul style="list-style-type: none">対象とする契約（群）の過去のクレーム実績のほかに、参照できる情報（会社全体のクレーム実績等）を利用 $\text{観測値} \times Z + \text{参照値} \times (1 - Z)$後にBaileyがベイズ統計により定式化線形予測量に限定することで、事前分布や母集団分布を仮定せずに計算が可能（Bühlmannモデル）GLMMとしても解釈可能	Mowbray (1914) Bailey (1950) Bühlmann (1967) Nelder and Verrall (1997)
Bonus-Malus	<ul style="list-style-type: none">契約者にとって料率の動きが分かりにくい信頼性理論に代わるものとして自動車保険で利用いくつかの等級とそれに応じた料率割増引率を定め、前年度のクレーム件数等により当年度の等級を決定	Pesonen (1962)

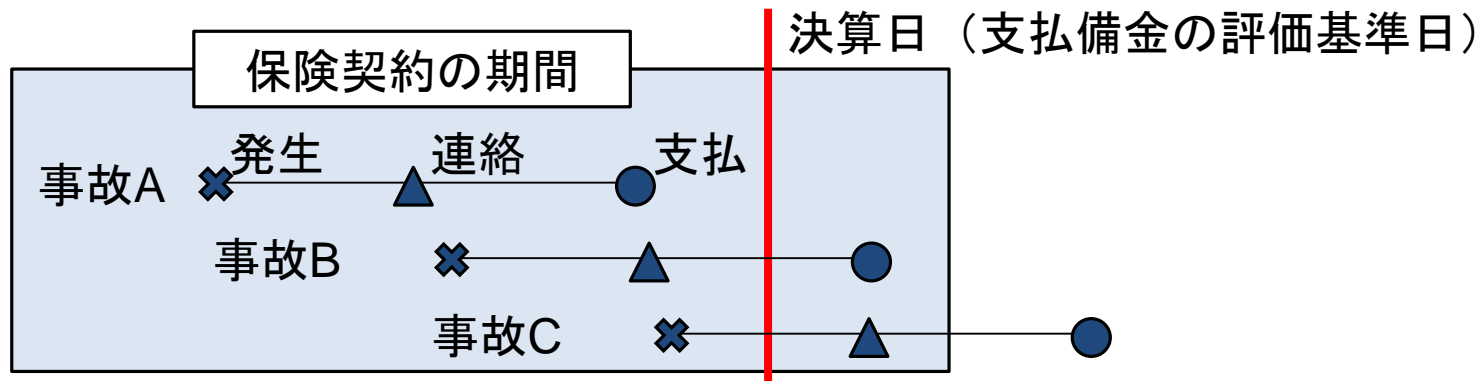
支払備金評価とは

保険会社は、将来の保険金支払に備え、受け取った保険料の一部を積み立てておく必要がある

- 将来発生する事故への支払に備える：責任準備金
- 既に発生した事故への支払に備える：支払備金

一般に、事故発生から保険金支払まで、ある程度の期間を要する

- 事故発生から保険会社への事故の連絡まで
- 保険会社が事故の連絡を受けてから保険金支払完了まで（数日～数十年）



ある時点（決算日）において支払備金として積み立てるべき金額

- 普通備金：既報告クレーム（事故B）について、個別に評価
- IBNR備金（IBNR=Incurred But Not Reported）...統計的手法により評価
 - 既発生未報告クレーム（事故C）（Incurred But Not Yet Reported）
 - 既報告クレームについて、将来生じる不足額（Incurred But Not Enough Reported）

支払備金評価とは(2)

支払備金評価の目的

- 投資家に対して...一定期間の利益やある時点における純資産の算出
- 税務当局に対して...課税所得の算出
- 契約者・監督当局に対して...ある時点における健全性の把握
- 料率算定のために...契約ごとの収支の把握
- 経営管理のために...詳細な区分での一定期間の収支の把握

目的によって求められる属性は異なる

- 保守的な見積もり v.s. 過不足のない見積もり
- 全体的な水準の見積もり v.s. 個別契約ごとの見積もり
- 計算の負荷や計算速度
- 安定性
- 説明のしやすさ

支払備金評価に用いるデータ

例：米国損害保険会社の自動車保険の実績データの一部(2006年)

個別データ

p.8の個別データと同様、ただしクレームがあるレコードのみ

集約データ

連絡のあったクレームの累積保険金支払額＋個別備金 (incurred triangle)

事故年度	事故からの経過年数 (同一年度=0)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1988	125	163	160	205	231	221	225	228	230	243
1989	161	261	342	357	426	433	440	441	452	
1990	204	198	247	301	305	304	304	319		
1991	267	532	649	548	562	552	570			
1992	653	566	537	540	535	533				
1993	727	750	738	719	720					
1994	468	436	439	413						
1995	393	355	317							
1996	432	429								
1997	613									

1988年度発生事故について、
1988年度末までに連絡があったクレームについての支払額＋見積額

- 形状から「CDT (Claims Development Triangle)」「トライアングルデータ」と呼ばれる
- 件数情報を用いることもある
- 分析に当たっての留意点
 - 事故から10年ですべての支払が完了するとは限らない
 - インフレの影響
 - 会社の保険金支払実務の影響
 - 自然災害や高額支払の影響
 - 法令の影響 (賠償責任保険等)

累積保険金支払額 (paid triangle)

事故年度	事故からの経過年数 (同一年度=0)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1988	80	117	117	110	207	215	222	225	226	243
1989	85	104	268	321	413	425	440	440	441	
1990	109	139	108	262	298	302	302	310		
1991	94	190	440	523	546	546	558			
1992	206	367	466	513	532	532				
1993	294	509	629	689	705					
1994	164	290	382	404						
1995	140	254	299							
1996	152	236								
1997	256									

1989年度発生事故について、
1990年度の支払額

支払備金評価 従来のアプローチ

算式見積法...決められた算式に従い計算

- 保険料の一定割合 (Black, N. C. (1927))、保険金の一定割合、等
- 実績IBNR損害 × 保険金の増加率 (Tarbell (1934))

統計的見積法...データに基づき会社が適切と考える手法で推計

- 日本の法令で認められるようになったのは2006年度以降

Chain ladder	<ul style="list-style-type: none">• CDTの横方向 (経過年数) に隣接するセルの値の比を実績から推定 (1950年代~、文献によっては「100年以上前から利用」)• ある確率モデルの最尤推定値 (Hachemeister and Stanard (1975))• 予測誤差の計算 (Mack (1993) など)
Bornhuetter-Ferguson	<ul style="list-style-type: none">• CDTから経過年数別の保険金出現割合を推計し、別途想定した損害率 × 保険料に適用 (Bornhuetter and Ferguson (1972))• 予測誤差の計算 (Mack (2008) など)
GLM	<ul style="list-style-type: none">• Chain ladder法を始め多くの手法の結果はGLMにより再現可 (Renshaw and Verrall (1998) など)• パラメータに事前分布を導入することで、Chain ladder法とBornhuetter-Ferguson法を同じモデルで表現可 (Verrall (2004))

- その他多くの手法が提案されているが、実際に使われている手法はChain Ladder法とBornhuetter-Ferguson法、その他より単純な手法がほとんどGLMを利用している会社も若干は存在 (ASTIN (2016))

アクチュアリーとGLM

統計的手法の中でも、GLMは比較的早期から（特に料率算定において）用いられてきた

- 柔軟性（指数分布族、リンク関数、オフセット、...）
- 精度
- 複数の説明変数の適切な取り扱い
- 安定性
- 説明のしやすさ
- 既存の手法（Minimum-Bias法など）との親和性
- 実務家向けのテキストや扱いやすいツールの存在

	β_1	β_2	
α_1	claim cost r_{ij}		$n_{1.}$
α_2	exposure n_{ij}		$n_{2.}$
	$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n_{..}$

たとえば料率算定においては

- Minimum-Bias法は、確率分布の仮定を置かずに、
妥当な料率が満たすべき基準（均衡基準）を定め、
これを満たす解を求める手法

- Minimum-Bias法とGLMとの間に強い関係があること、GLMを用いることでモデルの評価・比較を行う手法やそのためのツールが利用できること、などの理由から広く受け入れられるようになった

$$\hat{r}_{ij} = \alpha_i \beta_j \text{ or } \alpha_i + \beta_j$$
$$\sum_j n_{ij}(r_{ij} - \hat{r}_{ij}) = 0$$
$$\sum_i n_{ij}(r_{ij} - \hat{r}_{ij}) = 0$$

新たなアプローチ

料率算定や支払備金評価は、いずれも将来の予測に関する問題

- 料率算定：将来の保険契約において発生する事故による支払保険金の予測
- 支払備金評価：過去に発生した事故による支払保険金の予測

予測精度を重視するなら、手法をGLMに限定する必要はない

- 例えばCAS（米国損保アクチュアリー会）発行のPredictive modelingに関する全2巻のテキストでは、以下の手法の保険への応用が扱われている
 - GLM, GLMM, NLMM, GAM
 - Ridge, LASSO, Elastic Net
 - CART, Random Forests, Neural networks, Bagging
 - k-means, fuzzy clustering, hierarchical clustering, PRIDIT
- 2017年に改訂されたIAA（国際アクチュアリー会）の教育シラバスでも、資格認定にあたり機械学習について理解や応用を求めるようになっている
- p.5で触れたProf. WüthrichのLecture notesでは「7.Tariffication and Regression Models」でNeural network regression modelsを扱っている

実務への応用の模索

アクチュアリーの実務において、特に機械学習の手法をどのように活用しうるのか、模索が続いている

– IAA, ASTIN Working Party on Machine Learning and Traditional Methods Synergy in Non-Life Reserving (2018)

- 伝統的な手法（Chain ladder, GLM）の結果と機械学習の手法（Random Forests, Neural Networks, GBM, TDBoost (boosted Tweedie compound Poisson model)）の結果を比較
- 機械学習の手法の予測精度は、（今のところ）伝統的な手法より優れているとはいえない
- 伝統的な手法は、ロバストかつシンプルな手法で、全体的な傾向の把握に有用
- 機械学習の手法にも以下の利点があり、伝統的な手法を補完するものとして利用できる
 - 伝統的な手法では得られない詳細な区分での情報が得られる
 - 伝統的な手法の前提が成り立たずうまく機能しない場合に、より高精度の予測が可能

– IAA, International Congress of Actuaries 2018（ICA 2018）

- ICAは4年に一度開催されるアクチュアリーの世界会議（初回は1895年）
- 2018年はBerlinで開催、103か国から2700名が参加（2022 Sydney, 2026 Tokyo）
初めてMain topicsにData Science and Big Data Analyticsが加わり多くの発表がなされた

– Institute and Faculty of Actuaries（英国アクチュアリー会）

Practical Application of Machine Learning within Actuarial Work (2018)

- 機械学習の手法の潜在的な効用：「データ品質の向上」「新たなデータ」「分析スピード」「新たなモデル化手法」「問題への新たなアプローチ」「データ可視化」
- 活用の具体例として、特に損保分野では「船舶保険の料率算定」「自然災害リスク評価のためのデータの欠測値の補完」を提示

予測精度がすべてか？

ただし、あたればよいというものではない

- 規制上・実務上の制約
- 契約者、監督当局、会計士、投資家等への説明
- 法令や会計基準の要件
- 業務スケジュール

アクチュアリー試験問題より

自動車保険の収支悪化の原因が特定の契約集団によるものであることが判明した。このような場合に、収支改善を実現するために商品設計や料率設定を行う上で留意すべき事項について、自動車保険の持つ社会的役割等の観点も踏まえ、アクチュアリーとしての所見を述べなさい。

2018年度 損保1 問題3 (2)

- 被保険者ごとのリスク特性を完全に反映したモデルが得られたとして
 - リスク較差を完全に反映した保険料を採用することはルール上可能か
あるいは採算の合わない契約を引き受けないことはルール上可能か
 - 収支悪化への対策結果、競合他社はどのような行動をとるだろうか
 - ある顧客の保険料が年間100万円となった場合、このような保険料は受け入れられるか
受け入れられない場合、無保険のドライバーが増えてしまわないか
 - 保険料を算定するための情報は保険料を算定する時までに入手できるか
 - 保険料を算定するための情報は法的に、また社会通念上利用が許されるものか ...

日本アクチュアリー会 ASTIN関連研究会の活動

ASTIN関連研究会とは

- 日本アクチュアリー会の研究会のひとつ
- 目的：主に損害保険関連のアクチュアリー学の研究
- メンバー：48名（2019/12/31時点）
 - うち、損保会社等所属 15名、生保会社等所属 17名
 - アクチュアリー会正会員 42名、準会員6名
 - CERA 21名

* CERA = Chartered Enterprise Risk Actuary, ERMに関する国際資格

活動内容

- ASTIN Bulletin（IAAの論文誌）掲載論文の研究
- 予測モデリングの研究
- IAA ASTINとの連携 など

前年に発行されたASTIN Bulletin掲載論文を対象に

- Abstractを翻訳しIAJ会員向けに提供
- 関心のある論文を選び有志で深掘り研究

過去の研究対象論文

2018年度	<ul style="list-style-type: none">➤ 空間依存性のある頻度- 損害規模モデルを用いた地域的なリスク分類➤ 長期介護保険ポートフォリオに関連する生物的法則の連続時間セミマルコフ推測➤ 母集団死亡率とポートフォリオ固有の死亡率についてのベイジアン結合モデル
2019年度	<ul style="list-style-type: none">➤ 天候リスクのヘッジにおける空間依存と統合：レヴィ従属階層アルキメデス型コピュラアプローチ➤ 死亡率および改善要因についてのガウス過程モデル

予測モデリングの研究

Rの活用

- Modern Actuarial Risk Theory: Using Rの輪読 (2009)
- IAJ会員向けにワークショップ形式のセミナー開催 (2011)
- 会報別冊「アクチュアリー業務におけるRの活用」発行(2013)

アクチュアリー業務への応用に関する書籍翻訳

- Predictive Modeling Applications in Actuarial Science
 - CAS (米国損保アクチュアリー会)が作成した全2巻のテキスト(p.16参照)
 - 2017年にvol.1、2019年にvol.2を翻訳しIAJ会員向けに提供

モデリング手法に関する研究

- AGLM (Accurate GLM)
 - アクチュアリーが使い慣れたGLMに、データサイエンスの技法を組み込むことで、簡便性・説明可能性と予測精度の両立を実現
 - 論文
藤田卓, 田中豊人, 岩沢宏和. (2019). AGLM: アクチュアリー実務のためのデータサイエンスの技術を用いた GLM の拡張. リスクと保険, 15, 45-73.
 - R package
<https://github.com/kkondo1981/aglm>

IAA ASTINとの連携

ASTIN Working Partyへの参画

- IAA ASTINの承認を受けて設置される、特定の応用研究のための国際的な研究グループ
- ASTIN関連研究会からの参加実績

Non Life Reserving Best Practice	2015~2016	1名
Big Data/Data Analytics (Phase 2)	2016~2017	2名
Machine Learning and Traditional Methods Synergy in Non-Life Reserving (p.18参照)	2017~2018	3名

IAA Colloquiumでの発表

- IAAの学術セッション（ASTIN等）が（ほぼ）毎年開催する研究発表大会
- ASTIN関連研究会メンバーの発表実績

Risk Quantification and Optimization of Counterparty Risks Caused by Reinsurance for Variable Annuities	2015
ASTIN Working Party: Data Analytics	2017

ASTIN/CAS Joint Seminar (2019/11/23)

今後の活動

損保アクチュアリーとデータサイエンス

アクチュアリーとは

- 数理的手法を活用して、主に保険や年金に関わる諸問題を解決し、財政の健全性の確保と制度の公正な運営に務めることを主な業務とする専門職
- A **data driven** and **model guided**, **critical** and **socially responsible** financial decision maker in an ever **changing** world governed by **uncertainty**

ICA 2018におけるProf. Paul Embrechtsの講演”uncertainties: Travelling the bridge between actuarial practice and academia: some Personal Examples”より

損保アクチュアリーは100年以上前から、数理的手法を活用して損害保険に関わる諸問題の解決に取り組んできた

データサイエンスが「データから価値を引き出す学問」ならアクチュアリーこそが保険・年金分野におけるデータサイエンティストであるはず

現在「伝統的な手法」となっているものも当初は「新たな手法」であり、利用可否が論点となることもあった

今後も損保分野における専門職として価値を提供し続けるため研究を怠らず、新たな手法の活用の可能性を探っていきたい

参考文献

(料率算定)

- Anderson, J. D., Bolton, C. G., Callan, G. L., Cross, M., Howard, S. K., Mitchell, G. R. J., ... & Welsh, G. E. (2007). GRIP General Insurance Premium Rating Issues Working Party.
- Bailey, R. A. (1963). Insurance rates with minimum bias. In Proceedings of the Casualty Actuarial Society (Vol. 50, No. 93, pp. 4-11).
- Mildenhall, S. J. (1999). A systematic relationship between minimum bias and generalized linear models. In Proceedings of the Casualty Actuarial Society (Vol. 86, No. 164, pp. 393-487).
- Brown, R. L. (1988). Minimum bias with generalized linear models. In Proceedings of the Casualty Actuarial Society (Vol. 75, No. 143, pp. 187-217).
- Willis Towers Watson (2017), Predictive modeling: new applications, new questions, 2016 Predictive Modeling Benchmark Survey (U.S.), Insights March 2017.
- Mowbray, A. H. (1914). How extensive a payroll exposure is necessary to give a dependable pure premium. In Proceedings of the Casualty Actuarial society (Vol. 1, No. 1, pp. 24-30).
- Bühlmann, H. (1967). Experience rating and credibility. ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA, 4(3), 199-207.
- Bailey, A. L. (1950). Credibility Procedures: Laplace's generalization of Bayes' Rule and the combination of collateral knowledge with observed data. New York State Insurance Department.
- Nelder, J. A., & Verrall, R. J. (1997). Credibility theory and generalized linear models. ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA, 27(1), 71-82.
- Pesonen, E. (1962). A numerical method of finding a suitable bonus scale. ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA, 2(1), 102-108.

(支払備金評価)

- Black, N. C. (1927). Method for Setting Up Reserve to Cover Incurred but not Reported Loss Liability. In Proceedings of the Casualty Actuarial society (Vol. 14, pp. 9-26).
- Tarbell, T. F. (1934). Incurred but not reported claim reserves. In Proceedings of the Casualty Actuarial Society (Vol. 20, No. 20, pp. 275-280).
- Taylor, G., & McGuire, G. (2016). Stochastic Loss Reserving Using Generalized Linear Models. CAS Monograph, (3).
- Hachemeister, C. A., & Stanard, J. N. (1975). IBNR claims count estimation with static lag functions. In Spring Meeting of the Casualty Actuarial Society.
- Mack, T. (1993). Distribution-free calculation of the standard error of chain ladder reserve estimates. ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA, 23(2), 213-225.
- Bornhuetter, R. L., & Ferguson, R. E. (1972). The actuary and IBNR. In Proceedings of the casualty actuarial society (Vol. 59, No. 112, pp. 181-195).

参考文献

- Mack, T. (2008). The prediction error of Bornhuetter/Ferguson. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, 38(1), 87-103.
- ASTIN (2016) Non-Life Reserving Practices. Report 2016.
- Renshaw, A. E., & Verrall, R. J. (1998). A stochastic model underlying the chain-ladder technique. *British Actuarial Journal*, 4(4), 903-923.
- Verrall, R. J. (2004). A Bayesian generalized linear model for the Bornhuetter-Ferguson method of claims reserving, *North American Act.*
- Donoho, D. (2015). 50 years of Data Science. URL [http://courses.csail.mit.edu/18, 337, 2015.](http://courses.csail.mit.edu/18.337/)

(機械学習の手法の保険への応用)

- Frees, E. W., Derrig, R. A., & Meyers, G. (Eds.). (2014). *Predictive modeling applications in actuarial science (Vol. 1)*. Cambridge University Press.
- Frees, E. W., Derrig, R. A., & Meyers, G. (Eds.). (2016). *Predictive modeling applications in actuarial science (Vol. 2)*. Cambridge University Press.
- IAA (2018), Report on ASTIN Working Party on Machine Learning and Traditional Methods Synergy in Non-Life Reserving
- Institute and Faculty of Actuaries (2018), Practical Application of Machine Learning within Actuarial Work
- Hardy, E.R. (1924). Some Random Thoughts Concerning Fire Insurance. Is a Statistical Basis for Rating Possible? In *Proceedings of the Casualty Actuarial Society (Vol. 10, No. 21 & 22, pp. 119-135)*.
- Longley-Cook, L. H. (1958). The casualty actuarial society and actuarial studies in development of non-life insurance in North America. *ASTIN Bulletin: The Journal of the IAA*, 1(1), 28-31.

(損保数理全般)

- 日本アクチュアリー会. (2011). *損保数理*
- Wuthrich, M. V. (2019). *Non-life insurance: mathematics & statistics*. Available at SSRN 2319328.