

生命保険数理を用いた医療保険のリスク管理

中央大学大学院理工学研究科 経営システム工学専攻
18N7100002G 阿部大紘

1 はじめに

本論文は生命保険数理を用いたリスク管理について述べたものである。リスク管理とは、ここでは経営体力としての資本をどの程度備え、どのようにリスクを取ってリターンを上げるかの方向性を示し、リスク選好をとる(具体的な政策を施す)ものとする。転換後、保険料が高くなってしまい、消費者が離れて行ってしまうことをリスクとして捉え、本論文では消費者の多様化するニーズに対応した保険商品設計、および転換制度による新契約の際の保険料を抑える仕組みについて書かれている。これは日本生命相互会社が策定しているリスク管理手法(消費者のニーズに対応した保険商品の供給と収益性の確保)を参考としている。今回扱う架空の商品の保障内容、および転換制度は既存の考え方であるが、それらを組み合わせること、また新契約の際の具体的な保険料算出はどの文献にも載っておらず、本論文が初めてである。

2 基本的な保険料算出

保険金額 1 、保険期間 n 、 x 歳加入の契約を考える。求める保険料を $P_{x:\overline{n}}^*$ と書くとする。このとき、収入現価 I と支出現価 S はそれぞれ

$$\begin{aligned} I &= P_{x:\overline{n}}^* \ddot{a}_{x:\overline{n}}, \\ S &= A_{x:\overline{n}} + \\ &\quad \alpha + \\ &\quad \beta P_{x:\overline{n}}^* \ddot{a}_{x:\overline{n}} + \\ &\quad \gamma \ddot{a}_{x:\overline{n}} \end{aligned}$$

なので、収支相等の原則 $I = S$ を用いて

$$P_{x:\overline{n}}^* \ddot{a}_{x:\overline{n}} = A_{x:\overline{n}} + \alpha + \beta P_{x:\overline{n}}^* \ddot{a}_{x:\overline{n}} + \gamma \ddot{a}_{x:\overline{n}}$$

が成り立つ。これを $P_{x:\overline{n}}^*$ について解くと

$$P_{x:\overline{n}}^* = \frac{1}{1-\beta} \left(P_{x:\overline{n}} + \frac{\alpha}{\ddot{a}_{x:\overline{n}}} + \gamma \right)$$

となる。

3 責任準備金

責任準備金(保険期間の途中で会社が所有しているべき理論的な金額)を将来法(将来の支出現価と収入現価の差額を求める方法)により定める。

(1) 平準純保険料式責任準備金

$${}_tV_{x:\overline{n}} = A_{x+t:\overline{n-t}} - P_{x:\overline{n}} \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}}$$

(2) 全期チルメル式責任準備金

$${}_tV_{x:\overline{n}}^{[hz]} = {}_tV_{x:\overline{n}} - \frac{\alpha}{\ddot{a}_{x:\overline{n}}} \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}}$$

(3) 充足式責任準備金(短期払込)

$$\begin{aligned} {}_tV_{x:\overline{n}}^{[A]} &= A_{x+t:\overline{n-t}} - \left({}_mP_{x:\overline{n}} + \frac{\alpha}{\ddot{a}_{x:\overline{n}}} \right) \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}} \\ &\quad + \gamma' \left(\ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}} - \frac{\ddot{a}_{x:\overline{n}}}{\ddot{a}_{x:\overline{n}}} \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}} \right) \end{aligned}$$

4 契約の変更

4.1 払済保険

保険料払込が困難になった契約者は、会社の同意を得て、保険金額を減額することを条件に、保険金の支払条件や保険期間を変更せずに以後の払込を中止することができる。変更後そのような保険を払済保険という。払済保険の保険金額を定めるには、変更時の元の保険の責任準備金で残余期間の一時払保険を購入すると考える。

例えば元の保険が養老保険でその責任準備金が純保険料式で積み立てられている場合に、 t 年経過後に払済保険への変更申し出があれば、

$${}_tV_{x:\overline{n}} = S A_{x+t:\overline{n-t}}$$

によって新しい保険金額 S が定められる。

4.2 転換

転換とは、契約者が元の保険契約を購入した時点ではまだ販売されていなかった新しい保険種類に、もとの契約を無駄にすることなく加入できるようにした制度である。

あるいは契約者の生活環境が変化し、元の保険契約では十分な保障が行えない場合にも、この制度が用いられる。無駄にしないとは元の契約の責任準備金を新しい契約の購入価格に利用することである。転換の方法は、元の契約の責任準備金（解約返戻金ではない）を用いて新しい契約と同一の保険期間の払済保険を購入し、新契約の保険料は、新保険金額から払済保険金額を差し引いた金額に対して計算する。新しい契約の払済保険金額は、責任準備金 ${}_tV$ を用いて

$$\frac{{}_tV}{A_{x:\overline{n}} + \gamma' \ddot{a}_{x:\overline{n}}}$$

である。ただしここで t は元の契約の経過年数、 x および n は新しい契約の契約年齢および保険期間である。従って元の保険金額 1 に対し新しい保険金額を 1 とすれば

$$P_{x:\overline{n}}^* \left(S - \frac{{}_tV}{A_{x:\overline{n}} + \gamma' \ddot{a}_{x:\overline{n}}} \right)$$

が以後の営業保険料である。

5 医療保険の一例：災害

被保険者が災害により身体に障害を受けた場合の保険の対象として考えられるものには

1. 災害死亡
2. 災害による身体障害
3. 災害による入院

がある。日本の生命保険会社では、通常 1.~3. を別々に、あるいはその 2 つ以上を組み合わせ、主契約に付加する特約として販売している。

通常は、発生率は年齢に関係しないものとして（男女別は考慮されることがある）、諸給付の保険料を 1 年定期保険と同様に計算する。すなわち 1. の災害死亡については、1 年間の災害死亡発生率を q^{ad} とし、災害死亡に対する 1 年間の純保険料は

$$vq^{ad}$$

によって計算される。

2. の身体災害に関しては、その程度の重いものから順に 1 級ないし 6 級の障害等級に分けられ、等級に応じて給付金額も異なるが、今各等級の 1 年間の発生率を q^1, q^2, \dots, q^6 とし、その支払率（通常は 1 級に対する支払を 1 とし、他の等級は 1 級の何割として表現する）を $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_6$ とすれば、身体障害に対する 1 年間の純保険料は

$$v \sum_{j=1}^6 q^j \gamma_j$$

である。重度の身体障害の場合に、以後の主契約保険料 1. 2. の特約保険料の払込を免除するという特約が設けられることもある。

3. の災害入院に関しては、その 1 年間の発生率を q^{ah} とし、入院した場合の給付金の日額を δ とし、平均給付に日数を T とすれば、それに関する 1 年間の純保険料は

$$vq^{ah}T\delta \quad (1)$$

である。なお、(1) 極めて短期の入院（例えば 4 日以内）については不支給とすることが多いが、その場合 q^{ah}, T はそのような入院を除外して計算したものをを用い、(2) 在院日数から一定日数（例えば 4 日）を控除して給付日数とすることが多いが、その場合は T はそのような給付日数の平均とし、(3) 最長の給付日数（例えば 120 日）を定める場合には、それを超過する在院については最長給付日数にとどめて q^a, T を計算する。

入院の純保険料に関しては、例えば 4 日以内は支給対象外、給付は入院日数から日分カット、最長給付 120 日の場合について、各入院毎の発生率 q^{ahi} ($i = 5, 6, 7, \dots$) をとり

$$v \sum_{i=5}^{124} q^{ahi}(i-4)\delta + v \sum_{i \geq 125} q^{ahi} \cdot 120 \cdot \delta$$

とすることも考えられるが、これは (??) と同じになる。なぜならば

$$\sum_{i \geq 5} q^{ahi} = q^{ah},$$

$$T = \sum_{i=5}^{124} \frac{q^{ahi}}{q^{ah}}(i-4) + \sum_{i \geq 125} \frac{q^{ahi}}{q^{ah}} \cdot 120$$

より、

$$q^{ah}T = \sum_{i=5}^{124} q^{ahi}(i-4) + \sum_{i \geq 125} q^{ahi} \cdot 120$$

となるからである。

6 転換制度を用いたリスク管理

近年生命保険会社ではリスク管理態勢が強まっている。リスク管理とは、ここでは経営体力としての資本をどの程度備え、どのようにリスクを取ってリターンを上げるかの方向性を示し、リスク選好をとる（具体的な政策を施す）ものとする。例えば日本生命相互会社では、リスクに対する基本的な方針のもと、歴史的な低金利環境や中長期的な人口動態の変化等、生命保険会社を取り巻く環境をふまえたリスク選好を定め、これらのリスク選好にもとづいた具体戦略を経営計画として策定している。

具体的には、(1) 多様化する消費者のニーズに即した保険商品の供給と、適切なプライシングによる収益性確保の両立、(2) 資産運用リスクをコントロールしつつ中長期的な運用利回りの向上、(3) グループ事業純利益拡大を目指した事業投資、(4) 外部調達を含めた自己資本の着実な積み立てをスク選好の柱としていて、これらにもとづいた計画の実行を通じて、資本力の向上を目指している。

そこで本論文ではリスク管理の中でも消費者のニーズに合わせた多様な商品の供給に着目し、転換後の新保険(すでにある商品の場合もここでは含めるものとする)の加入に際し保険料を小さくするような保険商品制度を考えた。保険料が小さい商品の供給は消費者が契約を継続しやすい要因の1つであるからである。具体的には旧制度での責任準備金の積立方式、および転換後の保障内容の多様化である。

7 保険設計

転換前契約として、40歳加入、保険料10年払込、保険金年度末支払、満期保険金1、死亡保険金額2、保険期間20年の定期付養老保険を考える。また、転換後契約として、50歳加入、保険料年払全期払込、保険金年度末支払、満期保険金額2、保険期間10年の定期付養老保険を考える。医療保険の数理計算は、この場合の応用として考えることができる。すなわち、災害発生率であれば年齢に依存しなかったり、入院を考える場合は平均入院日数や入院日額を考慮すればよい。本論文では転換制度による保険料に減少に焦点を当てているため、ここでは最も基本的な保険設計を行い、数理計算のしくみを見ていく。転換の方法は、転換前の責任準備金(平準純保険料式責任準備金、全期チルメル式責任準備金、および充足式責任準備金)を用いて新しい契約の同一の保険期間の払済保険を購入し、新契約の保険料は、新保険金額から払済保険金額を差し引いた金額に対して計算する。転換前契約と転換後契約は同一の計算基礎率に従い、払済保険金額の計算には保険料払済後の予定維持率を含めるものとする。

予定事業費率は以下の通りとする。

表 1: 予定事業費率

		養老保険	特約
予定新契約費	新契約(転換)時にのみ、保険金額1に対し	0.03	0.03
予定維持費	保険料払込中: 毎年始に保険金額1に対し	0.025	0.025
	保険料払込後: 毎年始に保険金額1に対し	0.01	0.01
予定集金費	保険料払込のつど、営業保険料1に対し	0.025	0.025

なお、チルメル割合は0.03、予定利率は0.175%とした。本論文では、以下の3つの場合について、転換後契約の年払営業保険料(特約を含む)を計算した。

1. 転換前契約の責任準備金の全額を養老保険の払済保険の購入価格とする場合
2. 転換前契約の責任準備金のうち養老保険部分および特約部分のそれぞれを、養老保険およびよく役の払済保険の購入価格とする場合
3. 養老保険と特約の払済保険の保険金額が同額となるように、転換前契約の責任準備金の全額を2つに分けて、それぞれを養老保険と特約の払済保険の購入価格とする場合

また、新契約の保障内容については、以下の4つの場合を考えた。

1. 特約も含めた死亡保険金を4とする場合
2. 養老部分のみ、死亡したときに責任準備金(保険金2あたり)を返還する場合
3. 養老部分のみ、最初の5年間死亡したときに責任準備金を返還する場合
4. 養老部分のみ、最初の5年間死亡したときに営業保険料を返還する場合

8 計算結果と考察

払済保険金額は以下のとおりとなった。

表 2: 払済保険金額の比較

	平準純保険料式	全期チルメル式	充足式
1 全額を養老保険の払済保険に充てる場合	0.83439314	0.83439314	1.232248054
2 養老保険部分	0.801072543	0.801072543	1
2 特約部分	0.143469865	0.143469865	1
3 保険金額が同額の場合	0.677130824	0.677130824	1

払済保険の保険金額は1~3のすべてにおいて、充足式責任準備金を積み立てた場合が最も大きかった。転換時の責任準備金の範囲内で払済保険を購入するため、保険会社が将来支払う事業費コストを含んでいる充足式が積立金額が最も大きく、その結果払済保険金額が大きくなった。平準純保険料式と全期チルメル式を積み立てた場合の保険金額は同額であった。これは転換前契約において保険料払込期間が10年と短期であったため、10年後の転換時において(将来法により)計算された責任準備金が双方とも支出現価のみであったことが原因である。

新営業保険料は以下のようになった。なお、ここでは特約も含めた死亡保険金額を4としている。

表 3: 営業保険料の比較

	平準純保険料式	全期チルメル式	充足式
1 全額を養老保険の払済保険に充てる場合	0.171388832	0.171388832	0.12497382
2 それぞれに分配した場合	0.17273631	0.17273631	0.134365886
3 保険金額が同額の場合	0.177748489	0.177748489	0.134365886

新営業保険料は1→2→3の順に小さくなった。当初充足式で積み立てた場合、払済保険金額が最も大きいので、新営業保険料は最も小さくすると予想していた。しかし営業保険料は養老保険のほかにも特約も含めて計算されていること、かつ特約部分の保険料は養老保険部分のそれに比べて小さい(貯蓄性でなく、掛け捨てのため安い)ため、保険金額の変化による保険料変化に違いがあまり見られなかったことが考えられる。

保障内容の多様化による営業保険料(養老部分のみ)を計算するにあたり、以下を設定した。すなわち、転換後の新契約(50歳加入、10年契約)について、[1] 養老部分のみ、死亡したときに責任準備金(保険金2あたり)を返還する場合、[2] 養老部分のみ、最初の5年間死亡したときに責任準備金を返還する場合、[3] 養老部分のみ、最初の5年間死亡したときに営業保険料を返還する場合について養老部分について営業保険料(P_i^* , $i = 1, 2, 3$)の算式を導く。

[1] 養老部分のみ、死亡したときに責任準備金(保険金2あたり)を返還する場合は、

$$P_1^* \frac{1}{1-\beta} \left(\frac{v^{10}}{\ddot{a}_{10}} + \frac{\alpha}{\ddot{a}_{50:\overline{10}}} + \gamma \right).$$

[2] 最初の5年間、死亡につき責任準備金を返還する場合は、

$$P_2^* = \frac{1}{(1-\beta)(\ddot{a}_{51} + v^5 \ddot{a}_{50:\overline{10}})} \times \left(\ddot{a}_{51} \left(\frac{\alpha}{\ddot{a}_{50:\overline{10}}} + \gamma \right) + v^5 (A_{50:\overline{10}} + \gamma \ddot{a}_{50:\overline{10}}) \right).$$

最初の5年間、死亡につき営業保険料を返還する場合は、

$$P_3^* = \frac{1}{(1-\beta)(1 + P_{50:\overline{5}} \ddot{a}_{50:\overline{10}}) - P_{50:\overline{5}}} \times \left(P_{50:\overline{5}} (A_{50:\overline{10}} + \gamma \ddot{a}_{50:\overline{10}}) + \left(\frac{\alpha}{\ddot{a}_{50:\overline{10}}} + \gamma \right) \right).$$

以上より、保障内容の多様化による営業保険料(養老部分のみ)を求めた。ここで、新契約の10年間は充足式責任準備金で積み立てをしている。

表 4: 保障内容を多様化した場合の比較

	平準純保険料式	全期チメル式	充足式
特約含め保険金 4	0.135983379	0.135983379	0.089568368
責任準備金を返還	0.134032031	0.134032031	0.088283071
最初の5年のみ責任準備金を返還	0.092656158	0.092656158	0.061029965
最初の5年のみ営業保険料を返還	0.092484926	0.092484926	0.060917179

すべての責任準備金の場合において4→3→2→1の順に小さくなった。どの場合も、生存保険をベースとし、契約途中の死亡に対しては様々な保障内容が考えられている。パターン1のみ保障額が定額であるため、これと他の場合の比較をしていく。パターン2については死亡につき充足式責任準備金を返還していく場合である。充次

いで足式責任準備金は契約の途中で2を超えるタイミングがあり、それによって多少の保険料の増加が考えられた。しかし、保険料算出の際に用いた再帰式によれば求めた保険料は最終保険年度末の責任準備金額(値は2)を割り引く形であったため、結果的に定額保障の場合に比べて保険料が小さくなった。次いでパターン3の場合であるが、これは途中まで責任準備金を返還し、後に定額保障に変わる。5年後付近でやはり責任準備金額は1を超えたが、それまでの積立金は2を下回っているため、保険料はパターン1に比べて小さくなった。最後にパターン4は途中まで保険料を返還する契約であるが、営業保険料は保障額に比べて値が小さいこと、かつ充足式責任準備金と比べても小さい(充足式責任準備金は営業保険料をもとに、予定利率により運用されるため)ので、最も保険料が小さくなった。

9 結論

生命保険数理を用いて医療保険のリスク管理、ここでは転換後契約の保険料の減少に焦点を当て、積立方式と保障内容の多様化した。計算に用いた保険設計は定期付養老保険であったが、これは転換を考える際の基本的な設計の1つであり、医療保険にも応用ができる。すなわち、定期保険の死亡率を医療保険に用いられる予定発生率や平均入院日数、入院日額をかけ合わせれば、さらなる保険設計の多様化ができる。

保険業法によれば、各生命保険会社に積立方式を委ねているものの、標準責任準備金以上の積立水準を定めている。これは、平準純保険料をベースとした責任準備金である。今回計算した責任準備金はすべて既存の準備金であるが、これらを用いた転換制度についての具体的な保険料数理計算はどの文献にも載っていない。特に充足式で積み立てを行えば、転換の際に契約者がメリットを得られる(転換後の保険料が小さくなる)という結果が数値例から確かめることができた。また、新契約での保障内容については、契約者のさまざまなニーズに対応すべく組み合わせを考えたい。保障内容自体はすでに考えられている方法であるが、文献には具体的な計算は載っておらず、転換制度と組み合わせること、および生命保険数理を用いた新契約の保険料算出はこの論文が初めてである。

10 参考文献

- [1] 二見隆, 生命保険数学上巻, 1992, 生命保険文化研究所
- [2] 山内恒人, 生命保険数学の基礎 アクチュアリー数学入門, 2010, 東京大学出版会