

효용 최적화를 통한 종신연금 계획의 가치 추정 : Money's Worth 비율과의 비교를 중심으로

양재환* · †여윤경**

Evaluation of Life Annuity Plans Based on Utility Maximization :
Focused on Comparison with Money's Worth Ratio

Jaehwan Yang* · †Yoönkyung Yuh**

■ Abstract ■

This study evaluates life annuity plans based on two different types of measures : financial benefit and utility on consumption. The financial benefit is measured by Money's Worth (MW) ratio and return on annuity. For the measure of utility, an optimization problem is formulated with the objective of maximizing utility on consumption. To solve the optimization model, we use Dynamic Programming (DP) technique. The both types of measures are applied to cases of Korean pre-retirees at age 40 with different accumulation years of annuity (i.e. level of annuity asset at the age of retirement) and different timings of annuitization. Our results generally indicate that the utility based optimization model is superior to the financial measures in terms of providing a better evaluation of an annuity plan due to its capability to consider an individual's financial situation during his/her retirement period. Also, they suggest that the level of annuity asset is an important factor when an individual determines the optimal annuitization timing.

Keywords : Dynamic Programming, Life Annuity, Longevity Risk, Optimal Annuity Planning,
Money's Worth Ratio

논문접수일 : 2009년 06월 25일 논문수정일 : 2009년 11월 19일 논문게재확정일 : 2009년 11월 23일

* 서울시립대학교 경영학부

** 이화여자대학교 경영대학

† 교신저자

1. 연구의 필요성 및 목적

우리나라의 인구 고령화는 세계에서 가장 빠른 속도는 진행되고 있는 것으로 보고되었다. 2000년, 우리나라의 65세 이상 고령인구 비율은 7.2%에 달하여 ‘고령화 사회(Aging Society)’가 되었고, 이 비율이 2019년에는 14.4%로 증가하여 ‘고령사회(Aged Society)’가 될 것으로 기대되고, 7년 뒤인 2026년에는 23.1%로 ‘초고령 사회(Super-Aged Society)’가 될 것으로 예상되고 있다[24]. 이렇게 급속도로 진행되고 있는 우리나라의 고령화 추세는 결국 은퇴 이후 생존기간의 증가를 의미한다. 즉, 현재의 은퇴자들에 비하여 현재의 근로자들은 훨씬 더 긴 은퇴기간을 보내게 될 것이며, 이것은 사망보다 은퇴자산이 먼저 고갈될 가능성, 즉 장수리스크(longevity risk)를 증가시키게 된다. 그러나 전반적으로 우리나라 근로자들의 은퇴준비 상태는 부족한 실정이다. 최근 조사에 의하면 25세~64세의 근로자들 중 약 39%만이 은퇴준비를 하고 있었으며, 계획이 없거나 전혀 관심이 없는 경우도 27%에 달하였다[8]. 또한 전국 1,200 가구를 대상으로 한 보험개발원의 조사 결과, 대상자의 40%이상이 필요 노후소득의 50% 미만을 마련할 수 있을 것이라 응답하였고, 노후와 관련된 불안요소 중에서 대상자의 33%가 소득감소와 관련된 불안을 예상하였다[1].

장수리스크는 예상치 못하게 발생하는 길어진 수명에 관련된 비용을 의미하는 것으로 준비한 은퇴자산보다 더 오래 살게 되는 위험을 말한다[20]. 이러한 위험을 감소시키기 위해서 종신연금(life annuity)에 대한 수요가 증가하게 될 것으로 예상된다. 종신연금은 노후의 경제생활 보장을 목적으로 피보험자의 사망시점까지 정기적으로 일정한 연금을 지급하는 보험을 말한다. 따라서 종신연금은 수명이 불확실한 상황 장수리스크를 헷지하는 ‘장수에 대비한 보험(longevity insurance)’ 기능을 제공한다. 그러나 종신연금이 제공하는 혜택에 비하여 이를 구입하는 개인들은 소수에 불과한 것으로

로 나타나고 있으며[3, 7], 실제로 구입한 개인들도 종신연금의 적절한 가입시점, 보험료 액수, 연금의 수령개시시점, 수익성 등에 대하여 무지한 상태에서 보험료를 지급하고 있다. 즉 보험설계사들의 가입권유에 따라 주로 30대~40대에 가입하여 이 시점부터 보험료를 납부하기 시작하고 연금지급 개시시점은 45세~80세 사이에서 개인의 상황에 따라 자유롭게 정하도록 하고 있다[5, 6, 9]. 그러나 보험설계사들의 이러한 보험가입 추천 안에 대한 합리적, 이론적 근거에 대해서는 거의 알려진 바가 없다.

이러한 배경 하에서 본 연구는 연금 적립액, 연금 수령 시작 시점 등 다양한 연금 계획에(같은 종신연금상품도 적립액과 수령 시작 시점이 다르면 가치가 다름) 대한 종신연금의 가치를 적절히 측정하는 방법들을 제시하는데 목적이 있다. 구체적으로 본 연구에서는 재무적 지표와 소비의 효용함수 값에 근거한 방법으로 종신연금의 가치를 측정하고자 한다.

종신연금의 재무적인 가치를 측정하는 지표로서는 Money's Worth(MW) 비율을 사용하며 이는 연금 가치의 대표적인 재무적 측정법이다[7]. 효용함수 값에 근거한 연금 가치의 측정을 위해서는 은퇴시점부터 사망 시까지에 대해 최적화 모형을 개발하였다. 이 모형을 통해 은퇴 후 특정 시점부터 연금을 수령하는 경우 최적화된 소비 패턴에 근거한 효용함수 값을 도출할 수 있게 된다. 본 논문에서는 이 모형을 활용하여 은퇴 후 연금 수령 시작 시점과 연금의 적립기간을 다양하게 변환시키면서 최적의 연금 수령 시작 시점과 적립 기간을 도출하게 된다. 또한, 연금 구입 시 특정한 예상 사망시점이 존재하는 경우에 있어서 종신연금의 가치에 대해서도 분석한다. 보험회사는 개인의 평균 사망률을 활용하여 연금의 가치를 계산하지만 개인들은 각자의 건강 정보를 바탕으로 기대 수명을 먼저 예상하고 이에 따라 연금을 구입하기도 한다[16, 17]. 이러한 경우 정보의 비대칭성(information asymmetry)이 발생하고, 이를 통해 보험회사는 장수하는 개인들만을 고객으로 갖게 되는 이른바 역선택(adverse

selection)이 일어나게 된다. 즉 연금보험을 가입하는 개인들은 자신이 가지고 있는 본인에 대한 건강 정보를 활용하여 연금계획을 수립하게 되며, 일반인들의 평균적인 사망률 정보를 사용하지 않는다는 것이다. 이를 위해 먼저 개인이 특정한 사망 시점을 가정하는 경우, 이에 따른 연금의 재무적 가치를 제공하는 지표로서 기존의 MW 비율에서 생존확률 부분을 제외한 '연금환급률'을 제시한다. 또한, 최적화 모형의 목적함수에서도 생존확률 부분을 제외하여 특정 시점에 사망한다고 가정하고, 이에 따라 예상되는 연금의 가치를 도출해 보고자 한다. 개인들은 이 결과와 사망률이 포함된 지표 값들과 비교함으로써 연금 계획 수립에 있어 구체적인 도움을 받을 수 있을 것이다.

본 연구의 결과는 장수리스크의 증가에 따른 다양한 종신연금 계획의 혜택을 재무적인 지표와 효용함수에 기반한 최적화 모형으로 실증적으로 평가하여 그 결과를 비교했다는 점에서 연구의 공헌점을 찾을 수 있다. 이 결과는 급속하게 고령화가 진행되는 우리 사회에서 은퇴설계에서 갖는 종신연금의 중요성을 강조하는데 활용될 수 있을 것이다. 본 연구는 국내 사망률 데이터를 기반으로 연금 가치를 측정하기 위해 최적화 모형을 적용하고 그 해법(본 연구에서는 동적계획법(Dynamic Programming, DP))을 통해 최적 연금 수령 개시 시점을 제시한 국내 최초의 연구로서 그 의의를 찾을 수 있다.

2. 선행연구

종신연금은 사망시점의 불확실성 하에서 은퇴자가 축적한 자산보다 더 오래 살게 될 위험인 장수리스크를 헷지하는 효율적 수단이지만 실제 이를 구입하는 사람들은 극소수이다. 우리나라의 경우 한국노동패널조사에 따르면, 은퇴자의 0.3%만이 소득 중 연금소득이 있다고 하였고[3], 다른 최근 조사에서도 60세 이상 고령자의 3.4%만이 연금을 가지고 있다고 하였다[7].

어떠한 종신연금계획이 최적전략인가에 대해서는 다양한 모형과 가정들을 사용한 많은 연구들이 북미 및 선진 유럽을 중심으로 수행되어 왔다. Yarr[23]는 유산동기가 없고 시간적으로 분리된 효용을 극대화하는 위험회피적인 은퇴자들은 그들의 모든 자산을 완전 연금화(full annuitization)해야 한다는 것을 밝혔다. Davidoff et al.[14]은 완전 금융시장 하에서 유산동기가 없고 연금의 순수익률이 전통 자산들에 비해 높다면 완전 연금화를 하는 것이 최적이라고 하였다. Milevsky and Young[21]은 종신연금의 최적 연금화 시점을 산출하는 모형을 개발하였는데, 상속의 동기가 없는 경우 65~70세에 연금화를 하는 것이 최적임을 밝혔다. 그러나 만약 은퇴자가 유동성의 혜택을 위해 최소한의 위험을 수용할 정도의 위험수용도(risk tolerance)를 보유하고 있다면 연금화의 최적 시점은 더 미루어지게 하게 된다고 하였다. 한편, 상속자산을 어느 정도 감소시키더라도 Dus et al.[15]은 연금화를 늦추는 전략이 기대수익을 높이고 기대손실을 낮추기 때문에 더 유리하다고 하였다. Horneff et al.[20]은 연금 수령을 너무 일찍 하도록 강제하는 전략은 위험회피도가 낮은 투자자의 경우 커다란 효용의 손실을 초래하게 됨을 밝혔다. 최근에 수행된 Gupta and Li[19]의 연구에 의하면, 연금에 부과되는 높은 수수료로 인하여 연금의 순수익률이 다른 투자 자산보다 낮아지게 되고 이것이 연금화 시점을 늦추게 한다고 하였다. 최적화 모형을 적용한 실증분석결과, 78세 이상으로 생존하게 되는 경우 최적 연금화 시점은 수명증가에 따라서 증가하게 되는데, 수명이 85세 이상일 경우에는 최적 연금화 시점이 65세 근처에서 안정화 되는 것으로 나타났다.

한편 국내에는 장수리스크를 보험회사의 재정적 안정성과 관련하여 그 영향을 분석한 연구가 일부 이루어졌다. 김석영 외 2인[2]이 개인종신연금보험에 내재된 장수리스크의 생존차 손익을 분석하였다. 이들은 개인연금사망률의 산출시점에 대한 조정을 통해 보험회사의 재정적 안정성을 높일 수 있음을 밝혔다. 또한, 장수리스크를 보험사 역모기지

론의 운용리스크와 관련하여 수행한 연구로는 성주호와 김준석[4] 등이 있다. 그러나 국내 데이터를 적용하여 효용함수에 기반하여 최적화 기법을 사용하여 연금 가치를 추정하는 연구는 국내에는 아직 존재하지 않는 것으로 알려져 있다.

한편 MW 비율로 알려진 기대수령총액의 순현재가와 보험료 일시 납부액의 비율은 연금 평가에 많이 활용되고 있다[11]. 예컨대, 1995년, 1999년 조사한 자료에 의하면 65세 미국 남성의 경우 각각 0.80, 0.85인 것으로 나타난 바 있다[11, 12, 22].

3. 연구방법

본 연구의 연구방법은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 국내에서 개인들이 일반적으로 가입하는 종신연금의 가입패턴에 따른 개인 입장에서의 수익률을 재무지표인 MW 비율을 활용하여 분석하는 것이다. 즉, 특정한 연령대의 가구주가 적립식 종신연금을 가입하는 경우 다양한 적립기간과 연금수령시점에 따라 개인 입장에서의 수익률인 MW 비율을 계산하고 분석한다. 본 장에서는 이를 위해 이용되는 연금모형을 제시하며, 이 연금모형에 순현재가 계산을 적용하여 MW 비율을 계산하는 방법을 제시한다. 둘째, 효용함수에 기반한 최적화 연금계획을 제시하고 결과를 분석한다. 앞서의 경우와 동일한 상황에 있는 개인이 자신의 은퇴 후 소비에 따른 효용함수를 최대화한다고 가정하는 최적화 모형을 설정하고, 이 모형의 해를 구함으로써 최적화된 연금수령개시시점과 적립기간을 제시한다. 결과의 분석 단계에서는 첫째 방법으로 구한 MW 비율과 최적화로 얻은 효용함수 값의 패턴을 비교한다. 추가로 개인들이 예상 사망시점을 설정한다는 상황을 가정하여 생존확률을 적용하지 않고 예상 수명에 따라 연금환급률을 계산한다. 마찬가지로 최적화 모형에서도 생존확률을 적용하지 않고 연금의 가치를 측정한다.

먼저 제 1장에서는 본 연구에 활용된 종신연금모형을 설명하고, 제 2장에서는 MW 비율과 연금

환급률을 설명한다. 제 3장에서는 최적화 모형을 제시하고, DP에 근거한 해법을 간략히 제시하고, 제 4장에서는 분석에 활용되는 모수들을 가정과 함께 설명한다.

3.1 종신 연금모형

본 연구는 Gupta and Li[19]가 제시한 종신연금모형을 사용한다. 먼저, p_x^i 를 현재 연령 x 인 종신연금 구매자가 i 년을 더 생존하게 될 조건부확률이라고 정의한다. T_s 는 현재 연령인 연도를 0으로 하여 연금화가 이루어지는 연도, 즉, 연금의 수령이 시작되는 시점이라고 정의한다. 이 경우 T_s 가 되는 시점에 연령이 x 가 되는 한 개인의 단위연금 (unit annuity)의 가격은 아래와 같이 정의된다[19].

$$a_x^{T_s, T} = \sum_{i=1}^{T-T_s+1} \left[p_x^i \sum_{j=1}^{i-1} \frac{1}{(1+r_f)^j} \right] + \sum_{i=T-T_s+2}^{\infty} \left[p_x^i \sum_{j=0}^{T-T_s} \frac{1}{(1+r_f)^j} \right]. \quad (1)$$

이때 T 는 연금의 지급이 완료되는 시점으로서 종신연금의 경우 사망 시점이고, r_f 는 무위험수익률이다. 여기서 조건부생존확률인 p_x^i 는 위험함수(hazard function) $\mu(x)$ 를 사용하여 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

$$p_x^i = p_x^{i-1} \frac{(1-\mu(x-i-1))\mu(x+i)}{\mu(x+i-1)} \quad (2)$$

한 개인이 매년 초 연금 납입액 PR_t 을 납입한다고 가정하고, 보험회사는 r_a 의 수익률을 올리는 포트폴리오에 투자해 연금자산을 관리한다고 가정한다. 즉, r_a 는 연금을 관리하는 보험회사가 연금에 적용하기 위해 관리하는 연금 포트폴리오의 수익률이다. 또한 보험회사는 연금자산을 축적하는 동안 매년 M_1 의 총 수수료율을 부과한다고 가정한다. 이 경우 연금수령이 시작되는 시점 T_s 의 총 납입액 가치인 CP (Cumulative Premium)는 아래 식 (3)과

같이 계산될 수 있다[19].

$$CP = \sum_{t=T_A}^{T_G-1} PR_t (1+r_a - M_1)^{T_s-t}. \quad (3)$$

여기서 T_A 는 개인이 연금 계약을 체결한 시점을 0으로 하여 납입이 시작되는 시점을 의미하고, T_G 는 연금 납입이 완료된 시점의 바로 다음 시점을 의미한다. 이 연금 상품을 출시한 보험회사는 개인의 연금계좌에 축적된 금액 CP 를 일련의 종신 연금수령액으로 변환시키게 된다. 이때, 특정 시점 t 기간의 수령액인 A_t 는 아래의 식 (4)로 계산할 수 있다[18].

$$A_t = \frac{CP}{a_x^{T_s, T}} V_t. \quad (4)$$

여기서 $t = T_s, T_s + 1, \dots, T$ 인 경우, $V_t = [(1+r_a - M_2)/(1+r_f)]^{t-T_s}$ 이고, 그 외의 경우에는 $V_t = 0$ 이 된다. V_t 는 식 (1)에서 정의한 t 기간의 단위연금에 대한 '변동연금의 수령액'이다. 즉, 연금이 수령되는 기간에도 연금자산은 매년 r_a 의 수익률을 갖는 포트폴리오에 계속 투자되고 M_2 의 수수료율이 부과되어 연금수령액이 기간에 따라 변함을 알 수 있다.

3.2 종신연금 가치의 재무적 추정

연간 연금납입액인 PR_t 과 식 (4)를 이용하여 연금의 수익성을 계산할 수 있다. 이를 위해서 먼저 납입총액과 수령총액의 순현가를 계산해야 한다.

3.2.1 순현가의 계산

납입총액의 순현가는 보편적으로 활용되는 공식에 의거 아래 식 (5)와 같이 계산한다. 여기서 현재란 고려되는 개인의 현재 연령이다. 앞서 언급한 바와 같이 T_A 는 현재 연령이 되는 연도를 0으로 하여 계산한 연금납입 시작 시점이고, T_G 는 같은 방법으로 계산하여 연금납입이 완료된 시점의 바로

다음 시점을 의미한다.

$$NPV_{PR} = \sum_{t=T_A}^{T_G-1} \frac{PR_t}{(1+r_f)^t}. \quad (5)$$

또한, 수령총액의 순현가는 식 (4)의 A_t 를 활용하여 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$NPV_A = \sum_{t=T_s}^T \frac{A_t}{(1+r_f)^{T_s+t}}. \quad (6)$$

여기에 특정 시점 t 까지의 생존확률인 P_t 를 추가하면 식 (6)은 아래와 같이 기대 순현가인 식 (7)로 바뀌게 된다.

$$EX_NPV_A = \sum_{t=T_s}^T \frac{P_t A_t}{(1+r_f)^{T_s+t}}. \quad (7)$$

역시 언급한 바와 같이 T_s 는 현재 연령을 0으로 하여 연금수령이 시작되는 시점이고, T 는 연금의 수령이 완료되는 시점이다.

3.2.2 Money's Worth(MW) 비율

MW 비율은 널리 활용되는 대표적인 종신연금의 재무적 가치를 측정하는 지표이며 일반적으로 다음과 같이 정의된다. MW 비율은 기대 연금 수령액의 총합을 연금 납입액 가치로 나눈 것이다. 이는 아래의 식 (8)과 같이 정의된다.

$$MW \text{ 비율} = \frac{EX_NPV_{BE}}{NPV_{PR}}. \quad (8)$$

3.2.3 연금환급률(Return On Annuity)

본 연구에서는 사망률이 포함되지 않은 MW 비율을 연금환급률이라 칭하기로 한다. 보험에서 연금환급률이라는 용어는 주로 보험계약이나 만기 시 피보험자가 보험회사로부터 받는 환급금과 납입한 총 보험료의 비율을 의미한다. 본 연구에서는

일반적인 연금환급률에 순현재가 개념을 도입하여 아래 식 (9)와 같이 정의한다.

$$\text{연금환급률} = NPV_{BE}/NPV_{PR}. \quad (9)$$

즉 연금환급률(또는 ROA)은 연금 수령총액의 순현재가와 납부한 납입총액의 순현재가의 비율로서, 특정 연금계획의 가치를 판단하는 기준이 될 수 있다. ROA는 연금보험의 재무적인 가치를 평가하는 지표로서 생존확률이 없는 것만 제외하면 MW 비율과 동일하다.

3.3 최적화 모형

3.3.1 최적화를 위한 수학적 모형

은퇴 시점 이후의 최적 소비 패턴에 의거한 효용최대화 문제를 풀기 위해 다중 기간 최적화 모형이 설정되었다. 본 연구에서 활용되는 모형은 매우 일반적인 형태이나 저자들은 Brown[10]의 모형에 제약식 (14)를 추가하여 현실성을 제고 하였다.

$$\text{Maximize}_{\{C_t\}} \sum_{t=1}^{T-RA+1} \frac{P_t U(C_t)}{(1+\rho)^t} \quad (10)$$

Subject to

$$W_0 \text{ given} \quad (11)$$

$$W_t \geq 0, \quad \text{for } t=0, 1, \dots, T-RA+1 \quad (12)$$

$$W_{t+1} = (W_t - C_t + A_t) \quad (13)$$

$$\text{for } t=0, 1, \dots, T-RA+1$$

$$C_t \geq C_{\min} (1+\pi)^t, \quad (14)$$

$$\text{for } t=0, 1, \dots, T-RA+1.$$

여기서 P_t 는 기간 t 까지 생존할 확률을 의미하고, 시간 0는 은퇴시점이며, T 는 최대 가능 나이로서 본 연구는 편의상 100세로 한정하였다. 또한 RA 는 은퇴 연령을 의미하며 π 는 소비자물가상승률을 의미한다. W_t 는 기간 t 의 시작 시점에 개인이 소유한 연금화 되지 않은 순자산에 의미하며, C_t 는 소비, A_t 는 수령하는 연금액을 의미한다. C_{\min} 는 연간

최소소비금액을 의미하며, ρ 는 시간선호 모수인 효용할인율(utility discount rate)이다. 기본 최적화 모형의 목적식을 구성하는 효용함수인 $U(C_t)$ 는 가장 일반적인 형태로서 다음과 같이 표현된다.

$$U(C_t) = \frac{C_t^{1-\beta}}{1-\beta}.$$

여기서 β 는 CRRA(coefficient of relative risk aversion)로서 상대위험회피도를 나타내는 계수이다. CRRA가 클수록 위험을 회피하는 성향이 강함을 의미하며, 따라서 연금에 대한 선호도(가치)도 증가하게 된다.

최적화 모형을 보다 자세히 설명하면 다음과 같다. 먼저, 목적식인 (10)은 기대효용함수값을 대상 개인에게 있어 연금화가 이루어지는 시점에서부터 사망 시까지 기간별로 합산한 것이다. 각 기간 별로는 ρ 인 효용할인율을 활용하여 적절히 할인이 적용되도록 하였다. 여기서 의사결정 변수 C_t 는 각 기간별 소비금액이며 이를 통해 목적함수의 값이 결정되게 된다. 제약식 (11)은 연금화 직전 시점에 개인의 순자산이 결정되어 있음을 의미한다. W_0 는 은퇴 시점에서 연금을 제외한 개인이 가지고 있는 순자산을 의미한다. 제약식 (12)는 각 기간 별로 개인의 순자산이 0보다 크거나 같아야 한다는 조건이다. 이러한 조건들은 Brown and Poterba[13], Brown [10], Gong and Webb[18], Gupta and Li[19] 등에서 찾아볼 수 있는 일반적인 제약 조건이다. 제약식 (13)은 특정 기간에 사용되지 않는 자산은 무위험수익률을 적용하여 기간 별로 증가함을 나타낸다. 제약식 (14)는 특정 기간(연도)의 소비가 최소한 일정 금액 이상이어야 한다는 것을 설정한 것으로 모형의 현실성 제고를 위해 추가 되었다. 또한 이 연간최소 소비금액은 매년 소비자물가상승률만큼 상승하게 된다. DP를 적용 시 도출되는 연간 소비액을 살펴보면 최소소비액이 반영되지 않을 경우 비현실적으로 적은 소비액이 최적화 경로에 존재하는 것을 확인할 수 있다.

3.3.2 동적계획법을 활용한 최적화 모형의 해법
 DP를 활용하여 최적 해를 도출하기 위해서는 재귀함수(recursive function)로서 표현이 가능한 가치함수(value function)를 사용하는 것이 편리하다. Brown[10]에 제시된 바와 같이 가치함수 $V_t(W_t)$ 는 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$V_t(W_t) = \text{Max}_{\{C_t\}} \left[\sum_{t=1}^{T-\text{age}+1} \frac{P_t U(C_t)}{(1+\rho)^t} \right]$$

subject to 제약식 (11), (12), (13), and (14).

또한, 가치함수는 재귀적으로 정의된 아래의 벨만방정식(Bellman equation)으로 표현 가능한데, 이를 통해 다중 기간 최적화 모형이 2기간 최적화 모형으로 바뀔 수 있음을 알 수 있다[10].

$$\begin{aligned} \text{Max}_{\{C_t\}} V_t(W_t) = & \max_{\{C_t\}} U(C_t) & (15) \\ & + \frac{1-q_{t+1}}{(1+\rho)} V_{t+1}(W_{t+1}) \end{aligned}$$

여기서 q_{t+1} 는 단일 기간 사망확률(mortality rate)로서 기간 t 까지 생존하였다는 조건하에 기간 $t+1$ 에 사망할 확률이다. 사망률 q_t 와 P_t 의 관계는 일반적으로 아래와 같이 표현된다.

$$P_t = \prod_{j=1}^t (1-q_j). \quad (16)$$

이 2기간 최적화 모형을 DP를 이용해 풀기 위해서는 W_t 의 값을 이산적(discrete)으로 가정하여 수리적으로 최적해 도출이 가능하다. 본 모형의 경우 DP에서 정의하는 단계(stage)는 각 기간(t)이고, 상태(state)는 특정 기간 초의 개인의 자산, 즉 W_t 의 값들이다. 일반적인 방법에 따라 최종 사망시점의 자산을 0으로 가정한다. 즉, 개인은 최종시점에서 자산을 모두 소비한다고 가정한다 (상속자산도 여기에 포함될 수 있다). 이 가정을 이용해 마지막 단계가 가질 수 있는 가치함수의 모든 경우를 나열

할 수 있고, 이 가치함수의 값들은 바로 전 단계의 가치함수의 값들을 결정할 수 있다. 이와 같이 단계의 역순으로 두 기간 최적화 문제의 해를 반복적으로 도출하게 되면 최초 단계(연금화 시점)에 이르게 되고, 이를 통해 전체 단계를 포함하는 최적 해를 구할 수 있다. 또한, 본 연구에서는 DP 기법을 이용해 최적 해를 구하기 위해 컴퓨터 언어인 C를 활용하여 모형의 해법을 직접 프로그래밍 하였다.

3.4 모수의 설정

본 장에서는 본 연구에서 활용되는 모수 및 그에 따른 가정들을 설명한다.

3.4.1 연구대상

통계청에 의하면 2006년을 기준으로 78% 이상의 가구주가 남성이다[24]. 따라서 본 연구를 위해서 40세 남성 가구를 연구대상으로 설정하였다. 식 (1)의 조건부생존확률인 p_x^i 와 식 (16)의 생존확률인 P_t 를 계산하기 위해서는 2006년 한국인 남성의 완전생명표를 사용하였다. Gupta and Li[19]도 2002년 미국완전생명표(United States life tables)를 사용하였다. 사망률을 제외하게 되는 예상 사망나이를 활용한 분석을 위해 수명은 80세, 85세, 90세, 95세의 네 가지 경우를 고려하였다.

3.4.2 은퇴시점, 자산

은퇴시점은 60세로 가정하였으며, 이는 한국 남성의 평균 은퇴시점이 58.3세 정도이므로 적절한 것으로 판단된다[3]. 60세 시점 자산과 부채를 고려한 가계의 순자산은 3억 원으로 설정하고 실험하였다. 최적화 모형에 사용될 순자산의 초기값을 도출하기 위해 5년 마다 행해지는 2006년 가계자산조사를 참고하였다. 이는 조사의 표본에서 70% 상위에 해당하는 값이며, 중앙값에 해당하는 약 3억 5천만 원보다는 작은 값이다.

3.4.3 연금구입시점, 연금납입액, 적립기간, 연금수령시점 등

통상적으로 개인들이 가입하는 연금 행태를 참조하여 연금구입시점은 현재 연령인 40세로 설정했다. 또한, 개인들이 구입하는 연금의 납입액을 월 50만원으로 가정했다. 참고로 변액연금의 월 납입액은 평균 56만원으로 조사되었다[8]. 적립기간은 5년, 10년, 15년, 20년으로 구분하여 분석하였다. 각 적립기간 별 종신연금의 60세 시점 가치를 계산한 결과는 <표 1>에 제시되어 있다. 연금수령시점은 61세~79세로 설정하고 각각의 경우를 비교 분석하였다.

3.4.4 무위험수익률, 연금포트폴리오 수익률, 수수료율

일반적인 연금 구매 패턴 및 최적화 모형 분석에 공히 활용되는 명목 무위험수익율인 r_f 는 2001년에서 2007년 동안의 정기예금이율(4.43%)과 CD유통수익률(4.50%)을 고려하여 0.045로 설정하였다. 연금을 운영하는 보험회사가 투자하는 포트폴리오의 명목수익률을 의미하는 r_a 는 3년 만기 회사채 수익률 등을 고려하여 6%로 설정하였다. 본 연구에서 보험 수수료율은 연금납입기간 동안은 3%(M_1), 연금수령 기간 동안은 1%(M_2) 설정하였다.

3.4.5 기타

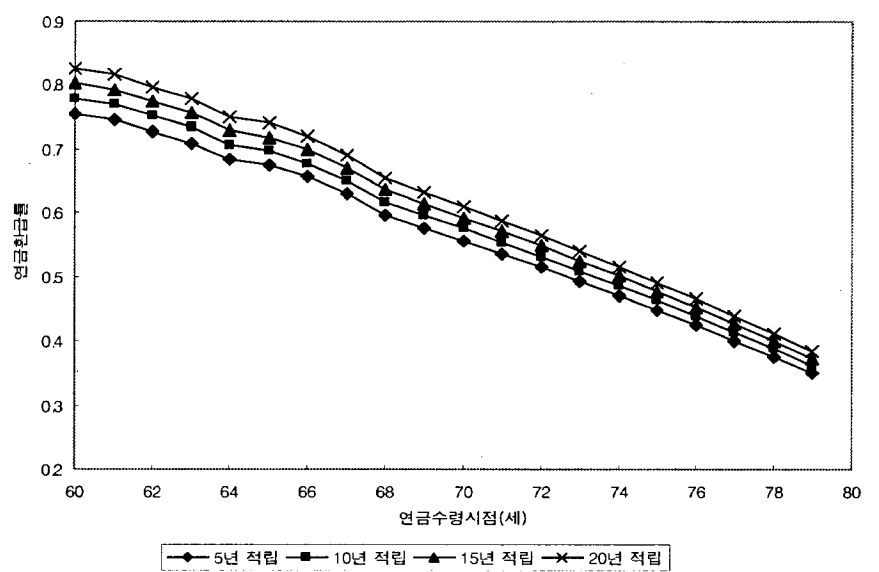
최적화 모형의 목적함수에서 사용되는 시간선호 모수인 ρ 는 0.03으로 설정하였다. β 는 CRRA로서 상대위험회피도를 나타내는 계수이다. 본 연구에서는 CRRA는 기본값인 1을 사용하였다. 보건 복지부에 따르면 2006년 1인 가구 기준 최소 소비액이 약 500만 원, 2인 가구 기준이 약 840만 원으로 알려져 있다[25]. 이에 2인 가구에 다소 비중을 많이 주어 연간 최소 소비액은 700만 원으로 설정하였다.

또한 이 금액은 소비자물가지수의 2000년~2006년 평균인 3%로 매년 증가하게 된다.

4. 결과 분석

4.1 MW 비율을 활용한 종신연금가치 추정

적립기간 별, 수령개시 시점 별 MW비율은 <그림 1>에 제시되어 있다. MW비율에 의한 최적 종신연금 패턴은 최대한 많이 들고, 최대한 빨리 수령을 개시하는 것이다. 즉, 본 실험에서는 20년 동안 적립하고 60세에 바로 수령 시작하는 경우가 최대 MW비율인 0.8261을 생성하며, 결국 최적의 결정임을 보여준다. 직접 비교하기는 힘들지만 1995년, 1999년 조사한 자료에 의하면 65세 미국 남성의 경우 각각 0.80, 0.85인 것으로 나타난 바 있다[11, 12, 22]. 생존확률까지 적용 시 종신연금이 주는 재무적 가치는 결코 크지 않음을 보여준다. 이를 통해 소위 연금 가입률이 예상보다 적은 ‘연금퍼즐(annuity puzzle)’의 이유를 설명하기도 한다[11, 12, 22]. <그림 1>에서 보는 바와 같이 20년 > 15년 > 10년 > 5년 순서로 MW 비율이 높으며, 빨리 연금을 수령



<그림 1> 적립기간 별, 수령개시시점 별 MW비율

<표 1> 적립기간 별 종신연금의 가치

	5년 적립	10년 적립	15년 적립	20년 적립
60세 시점 순현재가	6,638만원	11,965만원	16,240만원	19,670만원
3억 원 대비 비율	22.13%	39.88%	54.13%	65.57%

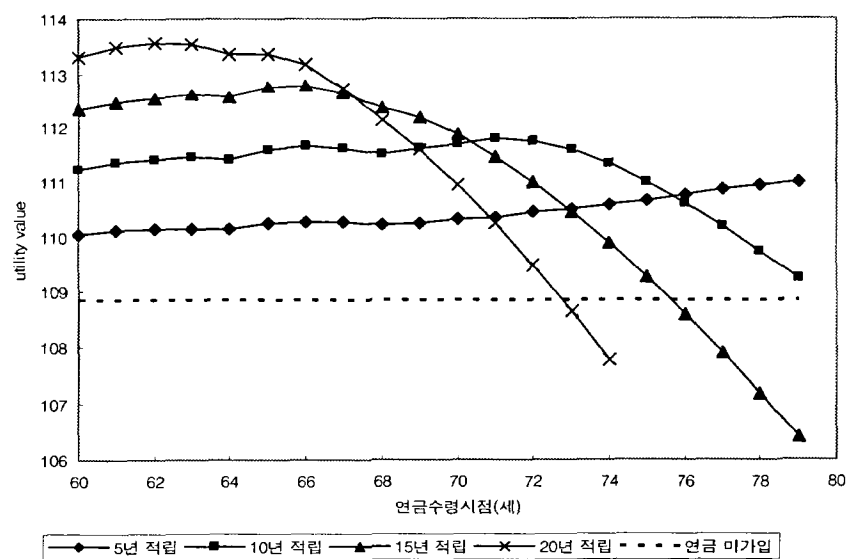
하는 경우가 일관성 있게 유리함을 알 수 있다. 즉, 연금자산의 규모에 따른 패턴의 변화는 존재하지 않는다.

4.2 최적 효용함수 값을 활용한 종신연금가치 추정

적립기간 별, 수령개시시점 별 최적 효용함수 값은 <그림 2>에 제시되어 있다. 특히 연금을 들지 않은 경우도 보여주고 있는데, 연금을 드는 것이 우수한 전략임을 알 수 있다. 이는 장수위험을 헛지함에 있어 연금이 매우 중요한 역할을 할 수 있음을 보여준다. 또한, 앞서 제시된 MW 비율과 같이 단순한 재무적인 측정 지표가 매우 낮아서 종신연금의 가치가 크지 않다는 지적과는 차별화된 결과를 보여준다. 패턴 분석을 통한 결론은 MW 비율의 경우와 흡사하다. 즉 최대한 많이 적립한 후 (20년) 62세에 연금 수령을 시작하는 것이 최적의 선택임을 보여준다. 하지만, 적립 기간별, 수령개시시점 별 효용함수의 패턴은 상당한 차이를 보이고 있다. 첫째, MW 비율과 달리 20년을 적립하는 경우 74세 이후에 연금 수령을 시작하게 되면 실행가능 해(feasible solution)가 존재하지 않는 것을 알 수 있다(그래프에서는 데이터 값이 생략된 부분). 즉, 순자산의 많은 부분이 연금 자산인 경우 너무 늦게 연금을 수령하게 되면 최소 소비 기준을 충족할 수 없게 된다. 둘째, 이와는 반대로 순자산 중 연금이 차지하는 비율이 가장 적은 5년 적립의 경우, 연금 수령 시작 시점을 뒤로 미룰수록 효용이 증가함을 알 수 있다. 즉, 연금자산이 적어 연금화하지 않은 유동자산이 충분할 경우 연금은 극단적인 장수 위험에 대비한 수단으로 활용하는 것이 유리함을 알 수 있다. 연금 수령액이 사망률에 근거하여 고령자에게 더 많은 수령액이 주어짐을 고려할 때 납득할 만한 결과라 할 수 있다.

<그림 1>과 <그림 2>를 비교하면, <그림 1>에서는 연금 적립액의 차이가 연금개시시점 별 MW 비율의 패턴과 무관함을 알 수 있다. 즉, 얼마를 불입하든지 가장 빠른 시점에 연금을 수령하는 것이

최적임을 알 수 있다. 그러나 <그림 2>의 경우 최적 연금 수령 시점은 연금 불입액의 규모에 상당히 의존함을 알 수 있다. 특히 불입액이 순자산 대비 차지하는 비율이 적을 경우 최적 연금수령시점은 상당히 늦춰질 수 있음을 보여준다.



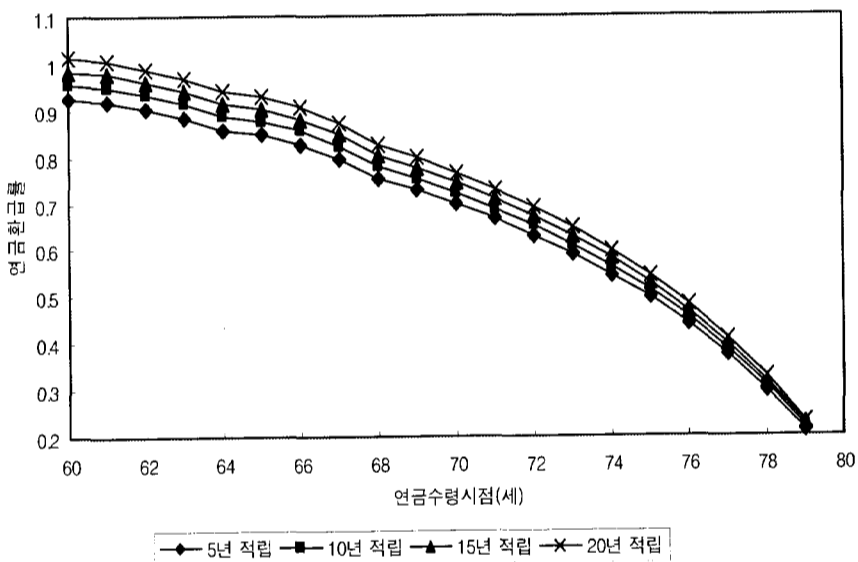
<그림 2> 적립기간 별, 수령개시시점 별 최적 효용함수 값

4.3 연금환급률을 활용한 종신연금가치 추정

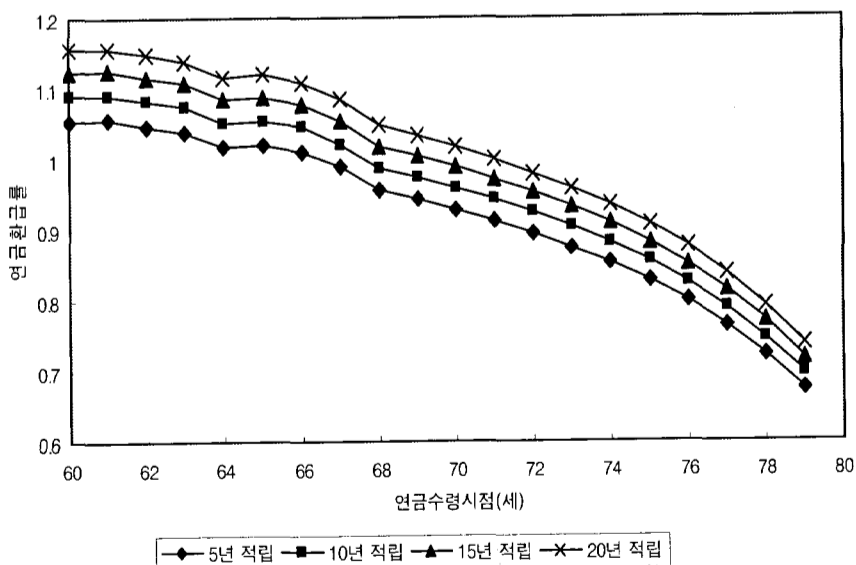
본 결과는 개인이 보험회사는 알기 힘든 개인의 건강정보, 가족의 유전 정보 등을 활용하여 특정한 사망시점을 어느 정도 예상할 수 있는 상황을 가정하고 있다. 이러한 현상을 설명하는 소위 역선택 현상의 결과는 보험 산업에서 쉽게 찾아 볼 수 있다[16, 17]. 예상 사망시점 80, 85, 90, 95세에 대한 적립기간 별, 수령개시시점 별 연금환급률의 변화는 <그림 3>~<그림 6>까지 순서대로 제시되어 있다. 생존확률이 포함되어 있지 않은 순현가가 활용되므로 연금환급률 값들이 앞서 계산했던 MW 비율에 비해 증가되었음을 알 수 있다. 일반적인 패턴으로는 80, 85, 90세까지는 MW비율과 매우 유사한 결과를 보여주고 있다. 그러나 예상 사망시점이 95세인 경우 적립금액에 상관없이 연금환급률은 수령시점이 늦춰질수록 더 증가함을 보여주고 있다¹⁾. 이는 연금 수령액이 생존확률을 적용

1) 95세 사망시점의 경우 다른 예상 사망시점과 결과가 다른 것을 감안하여 부록에 외생모수들(예: 무

하여 계산되므로 고령층에 대해 연금수령액이 높게 책정되었기 때문에 나타나는 현상이다. 즉, MW 비율은 고령화됨에 따라 급격히 감소하는 생존확률을 적용시켜 이러한 높은 연금수령액을 상쇄하였지만, 연금환급률 지표에 대해서는 이러한 상쇄가 발생하지 않았다. 이러한 결과치는 개인적으로 장수위험이 매우 큰 경우 재무적으로 적절한 결과라 할 수 있다. 하지만, 연금적립액이 많아 60세 은퇴 직후 적절한 규모의 소비가 불가능 할 경우 이와 같은 결론은 비현실적이라 할 수 있다. 결국 개인의 자산 현황이 고려되지 않은 지표이기 때문에 나타나는 한계점으로 볼 수 있다.

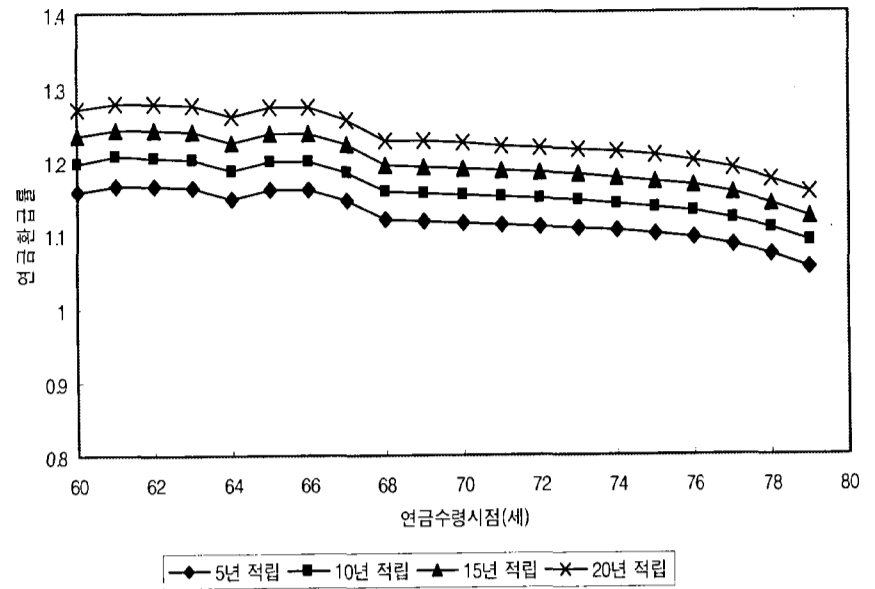


<그림 3> 적립기간 별, 수령개시시점 별 연금 환급률(예상 사망시점 80세)

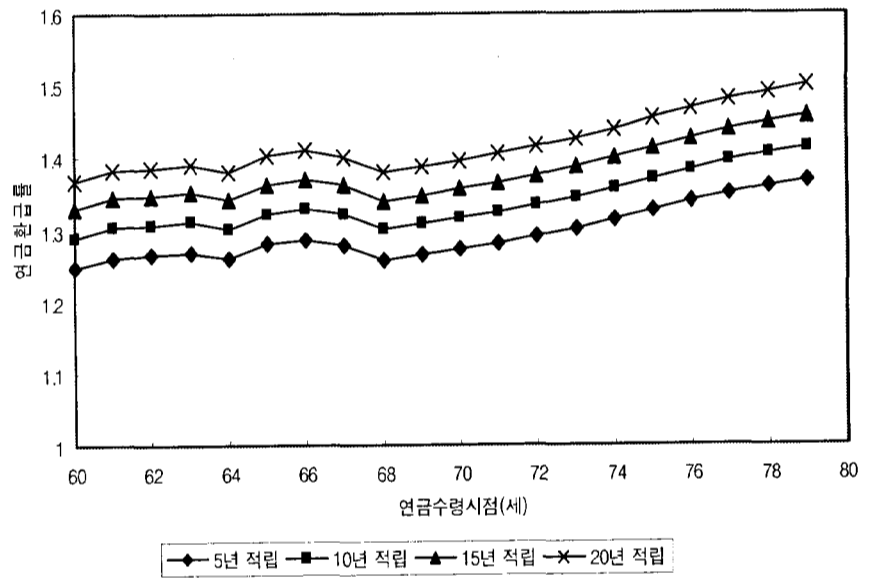


<그림 4> 적립기간 별, 수령개시시점 별 연금 환급률(예상 사망시점 85세)

위험수익률, 연의포트폴리오수익률 등)에 대한 민감도 분석 결과를 제시하였다



<그림 5> 적립기간 별, 수령개시시점 별 연금 환급률(예상 사망시점 90세)

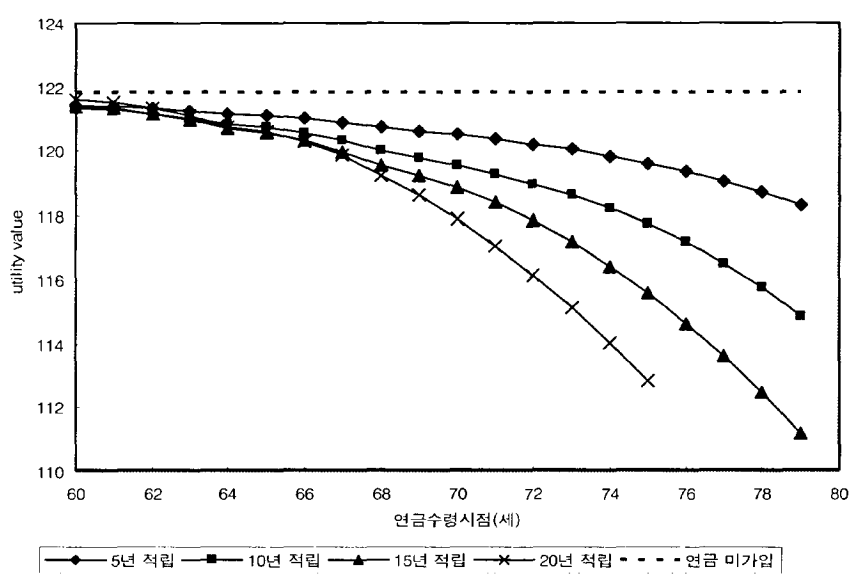


<그림 6> 적립기간 별, 수령개시시점 별 연금 환급률(예상 사망시점 95세)

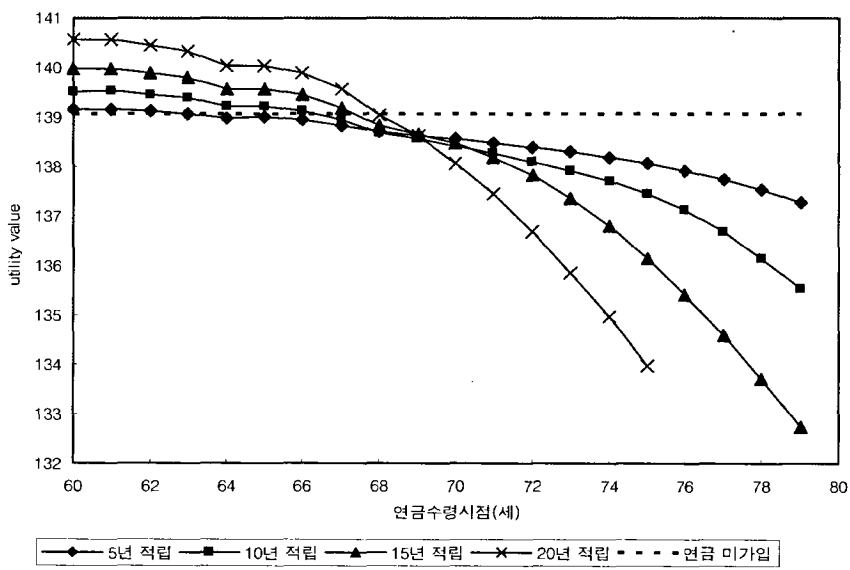
4.4 생존확률이 포함되지 않은 최적 효용함수 값을 활용한 종신연금가치 추정

최적화 모형에서 생존확률을 제거하고 해를 도출한 결과이다. 이 경우 목적함수 식 (10)의 P_t 가 1로 대체되고, 식 (15)에서 $(1-q_{t+1})$ 부분이 1로 설정된다. 예상 사망시점 80, 85, 90, 95세에 대한 적립기간 별, 수령개시시점 별 최적 효용함수 값의 변화는 <그림 7>~<그림 10>에 제시되어 있다. 80세를 예상 사망시점으로 정한 경우 연금을 들지 않는 것이 유리한 것으로 나타났다. 즉, 가족의 병력, 개인의 건강 상태를 고려하여 연금을 들지 않는 것이 유리할 수도 있다는 결과이다. 또한 연금을 드는 경우도 60세에 바로 수령한다면 그 액수에

관계없이 효용함수 값이 상당히 유사함을 보여준다. 85세, 90세를 예상 사망시점으로 설정한 두 경우 모두 연금을 많이 불입하고 61세에 수령을 시작하는 것이 최적으로 나타났다. 이때 사망시점 85세와 90세의 경우 최종 결론은 매우 유사하나, 85세 대비 90세 사망시점의 경우에는 효용함수의 값이 수령 시점에 관계없이 상당히 비슷함을 알 수 있다.



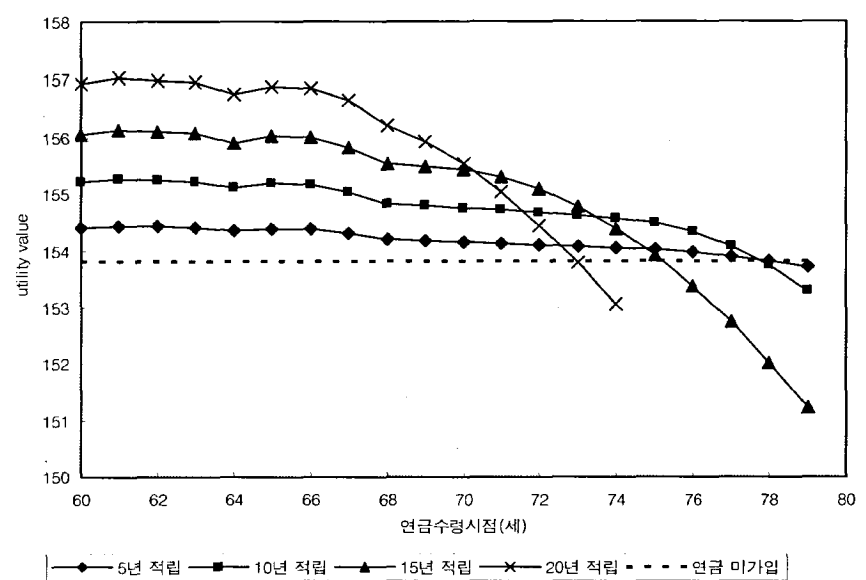
〈그림 7〉 적립기간 별, 수령개시시점 별 최적 효용함수값(예상 사망시점 80세)



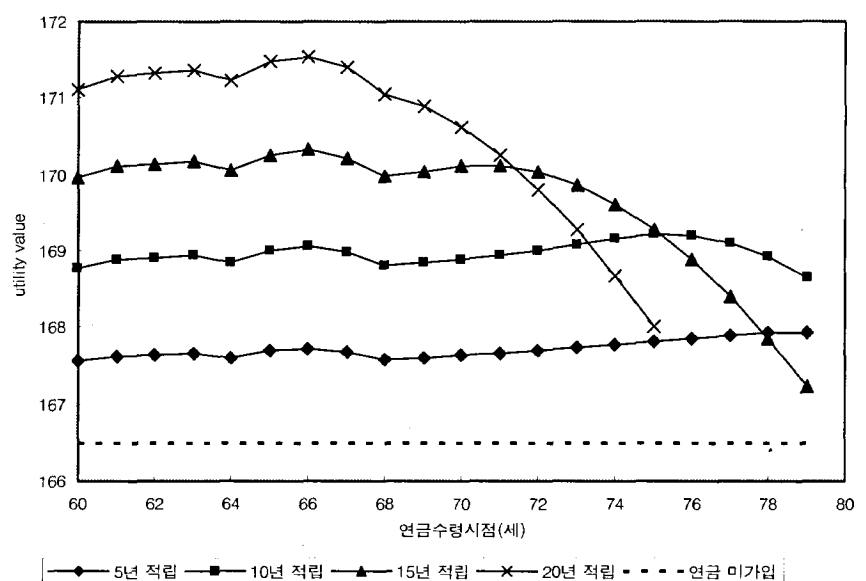
〈그림 8〉 적립기간 별, 수령개시시점 별 최적 효용함수값(예상 사망시점 85세)

마지막으로 95세 예상 사망 시점의 경우, 즉, 장수위험이 매우 큰 경우, 연금을 가급적 많이 들고 66세에 연금 수령을 하는 것이 최적으로 나타나 수령 시작 시점이 늦춰지는 것으로 나타났다. 즉 불입액에 따라서 최적 수령 시점이 상당히 늦춰질 수 있음을 알 수 있는데, 5년 적립의 경우 최적 수령

시점이 78세이고, 10년 적립의 경우 최적 수령 시점이 75세이다. 또한, 효용함수의 패턴도 분명하게 달라졌다. 결론적으로 장수에 대한 확률이 높은 경우 최적 수령 시점이 상당히 늦춰질 수 있음을 보여 준다. 90세 사망 시점과 95세 사망시점의 결과가 상당히 다른 점에 근거해 사망 시점 91~94세까지 1년 단위로 분석한 결과 패턴의 급격한 변화가 일어나는 시점(예를 들어 5년 적립 시 최적 수령 시점이 75세 이후로 늦춰지는 경우)은 94세로 나타났다²⁾.



〈그림 9〉 적립기간 별, 수령개시시점 별 최적 효용함수값(예상 사망시점 90세)



〈그림 10〉 적립기간 별, 수령개시시점 별 최적 효용함수값(예상 사망시점 95세)

2) 95세 사망시점의 경우 다른 예상 사망시점과 결과가 다른 것을 감안하여 부록에 외생모수들(예: 무위험수익률, 연의포트폴리오수익률 등)에 대한 민감도 분석 결과를 제시하였다

생존확률이 포함되지 않은 연금환급률의 결과와 비교할 경우, 80, 85, 90세의 경우는 유사하나, 장수 위험이 가장 큰 95세의 경우 다소 상반된 결과를 보여주고 있다. 연금환급률은 단순히 재무적인 지표로서 연금 자체의 재무적 성과를 제시하다 보니 은퇴 후 순자산이 미치는 영향이 고려되지 못하여 연금 수령을 최대한 늦출 것을 제안하는 반면, 최적화 모형에 근거한 효용함수의 값은 20년 적립 후 66세에 수령 시작을 최적 전략으로 제시하고 있다. 또한, 최적화 모형의 경우 불입액의 변화에 따라 다양한 최적 효용함수 패턴을 보이는데 반해(특히 95세 사망 시점의 경우), 연금환급률의 경우 불입액의 차이를 고려하지 못하고 있다. 결국 종신연금 계획의 선택이 개인의 부, 소득 등의 수준에 의존함을 감안한다면 단순한 재무지표로는 특정 종신 연금의 가치를 특정한 개인에게 제시하는 것이 한계가 있음을 보여주고 있다.

5. 결 론

본 연구는 MW 비율과 연금환급률, 효용함수 등을 활용한 다양한 연금계획에 대한 가치 평가를 시도하였으며, 각각의 지표가 제시하는 결과를 비교해 보았다. 결론적으로 MW 비율과 연금환급률 등의 재무적 지표를 활용한 연금계획의 평가는 재무적 수익성을 측정한다는 의미에서는 적절하다고 볼 수 있으나, 개인의 자산 수준 등의 개별적 상황을 고려하지 못한다는 점에서 특정한 재무적 상황에 있는 개인에게 특정 연금계획을 추천하는 방법으로는 한계가 있음을 알 수 있었다. 특히, 이 두 지표는 은퇴시점의 순자산 대비 연금자산의 규모가 최적 연금 수령 시점에 미치는 영향을 고려하지 못하는 한계점을 보여주었다. 이에 반해 효용함수에 기반한 최적화 모형의 경우, 개인의 자산 현황을 고려한 최적 연금계획을 제시하였는데, 이는 최적 연금 자산의 규모와 최적 연금 수령 시점이라는 형태로 도출되었다. 생존확률이 포함되지 않은 연금환급률과 최적화 모형도 개인과 보험회사의 정

보 비대칭 상황이라는 현실적인 상황을 고려한 적절한 종신연금 가치평가 방법이다. 특히, 최적화 모형의 경우 개인 정보를 활용한 의사결정에 상당히 의미 있는 결과를 제시했으며, 특히 장수위험이 매우 크거나 매우 작은 가족력 또는 개인 건강 상태 등의 개인 정보를 가진 경우 이러한 결과가 더욱 의미가 있을 것으로 보인다. 하지만 연금환급률의 경우는 앞서 제시한 한계로 인해 그 활용에는 다소 한계가 있을 것으로 판단된다.

실제 조사에 의하면 우리나라 사람들의 현행 노후 대비방법은 저축과 투자(66%), 개인연금(23%) 등이 가장 많은 비중을 보이고 있으나, 향후 가입할 의향이 있는 보험상품으로는 연금보험(18.8%)과 저축성보험(16.7%)이 높은 비중으로 언급되고 있다[1]. 그러나 실제 연금가입행동에서는 가입자 측면에서의 수익성이나 합리성과 관계없이 보험설계사로부터 가능한 빨리 가입할 것을 권유 받아 30~40대에 주로 가입을 시작하고 연금지급 개시시점은 45세~80세 사이에서 가입자가 자유롭게 정하게 하고 수수료 등에 대해서는 언급하지 않는 등 매우 임의적, 비체계적으로 그리고 불투명하게 이루어지고 있다. 앞으로 고령화의 진전에 따라 종신연금이 은퇴설계에서 차지하게 될 중요성을 고려해 볼 때 이러한 통상적인 연금가입행동의 합리성을 평가하고 보다 체계적인 측면에서 대안을 제시할 필요가 있다. 이러한 배경하에서 본 연구는 재무적 지표와 최적화 모형을 사용하여 종신연금계획의 가치를 보다 체계적으로 제시하고 시사점을 도출하고자 하였다.

본 연구가 갖는 몇몇 한계점과 향후 연구방향을 제시하면 다음과 같다. 다양한 적립기간은 궁극적으로 60세 시점의 연금 자산 적립 규모로 귀결된다. 즉, 은퇴시점상 연금 자산의 규모는 중요하지만, 이러한 연금 자산을 어떻게 적립하느냐는 최적화 대상이 아니었다. 또한, 다양한 은퇴시점, CRRA, 자산 수준 등에 대한 분석은 본 연구의 범위에서 제외되었으나 저자들의 향후 연구에 수행하기로 하겠다.

참고문헌

- [1] 김세환, 조재현, 박정희, 「2006년 보험소비자 설문조사」, 보험개발원 보험연구소, 2006.
- [2] 김석영, 최원, 성주호, “개인종신연금보험의 장수리스크 및 대응방안”, 「보험학회지」, 제76집, 4호(2007), pp.31-59.
- [3] 김지경, “은퇴자의 은퇴사유 및 은퇴 후 소득원천”, 「KLIPS Research Brief」, 제8권(2004), 한국노동연구원, pp.1-10.
- [4] 성주호, 김준석, “생명보험회사의 역모기 이론 운용리스크 분석”, 「보험개발연구」, 제16권, 제1호(2005), pp.3-32.
- [5] 「머니위크」, 2008.
- [6] 「매일경제」, 2008.
- [7] 삼성생명 라이프케어연구소, 「연령대별 생명보험 가입률」, 삼성생명 라이프케어연구소, 2006.
- [8] 삼성생명 라이프케어연구소, 「삼성생명 라이프케어연구소 조사」, 삼성생명 라이프케어연구소, 2008.
- [9] 「서울신문」, 2007.
- [10] Brown, J.R., "Private Pensions, Mortality Risk, and the Decision to Annuitize," *Journal of Public Economics*, Vol.82(2001), pp.29-62.
- [11] Brown, J.R., "Rational and Behavioral Perspectives on the Role of Annuities in Retirement Planning," NBER Working Paper No. 13537(2007).
- [12] Brown, J.R., O.S. Mitchell, and J.M. Poterba, "Mortality Risk, Inflation Risk, and Annuity Products," in O. Mitchell, Z. Bodie, B. Hammond, and S. Zeldes, *Innovation in Retirement Financing*, University of Pennsylvania Press : Philadelphia, PA, (2002), pp.175-197.
- [13] Brown, J.R. and J.M. Poterba, "Joint Life Annuities and Annuity Demand by Married Couples," *Journal of Risk and Insurance*, Vol.67(2000), pp.527-556.
- [14] Davidoff, T., J.R. Brown, and P.A. Diamond, "Annuities and Individual Welfare," MIT Department of Economics Working Paper No. 03-15(2005).
- [15] Dus, I., R. Maurer, and O.S. Mitchell, "Betting on Death and Capital Markets in Retirement : A Shortfall Risk Analysis of Life Annuities versus Phased Withdrawal Plans," Michigan Retirement Research Center WP 2003-063, 2003.
- [16] Finkelstein, A. and J. Poterba, "Selection Effects in the United Kingdom Individual Annuities Market," *The Economic Journal*, Vol. 112(2002), pp.28-50.
- [17] Finkelstein, A. and J. Poterba, "Adverse selection in insurance markets : policyholder evidence from the United Kingdom annuity market," *Journal of Political Economy*, Vol. 112(2004), pp.183-208.
- [18] Gong, G. and A. Webb, "Mortality heterogeneity and the distributional consequences of mandatory annuitization," *Journal of Risk and Insurance*, Vol.75(2008), pp.1055-1079.
- [19] Gupta, A. and Z. Li, "Integrating Optimal Annuity Planning with Consumption-Investment Selections in Retirement Planning," *Insurance : Mathematics and Economics*, Vol.41(2007), pp.96-110.
- [20] Horneff, W.J., R. Maurer, O.S. Mitchell, and I. Dus, "Optimizing the Retirement Portfolio : Asset Allocation, Annuitization, and Risk Aversion," Michigan Retirement Research Center Working Paper 2006-124, University of Michigan, 2006.
- [21] Milevsky, M.A. and V.R. Young, "The Timing of Annuitization : Investment Dominance and Mortality Risk," *Insurance : Mathemat-*

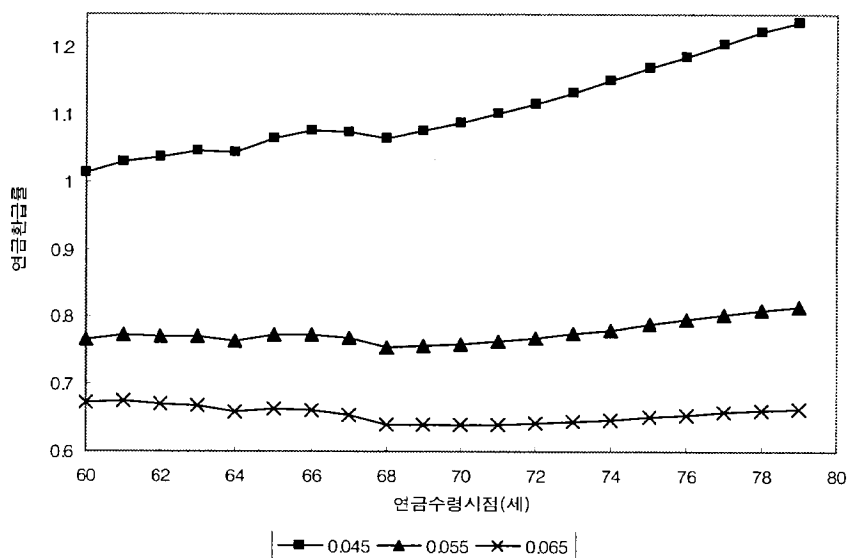
- ics and Economics*, Vol.40(2007), pp.135-144.
- [22] Mitchell, O.S., J.M. Poterba, M.J. Warshawsky and J.R. Brown, "New Evidence on the Money's Worth of Individual Annuities," *American Economic Review*, Vol.89(1999), pp. 1299-1318.
- [23] Yaari, M.E., "Uncertain Lifetime, Life Insurance, and the Theory of the Consumer," *Review of Economic Studies*, Vol.32(1965), pp. 137-150.
- [24] <http://www.kostat.go.kr>, 2009.
- [25] <http://www.mw.go.kr>, 2009.

〈부 록〉

본 부록에서는 다른 예상 사망시점들과 비교하여 연금환급률과 효용함수 값 면에서 유의한 차이를 나타낸 95세 예상 사망시점 경우에 대해 관련 외생 변수들을 변화시키면서 민감도분석을 실시한다. 먼저 연간 최소소비액, 시간선호 모수(ρ), 무위험수익률(r_f), 연금의 포트폴리오수익률(r_a)이 고려 대상 외생 변수이다. 여기서 연간 최소소비액과 시간선호 모수는 효용함수 모형에만 적용되고, 나머지 외생 변수는 연금환급률과 효용함수 모형에 공통으로 적용된다. 또한, 본 민감도 분석은 적립기간이 10년인 연금에 대해서만 실시하였다.

A.1 연금환급률

추가적으로 수행된 실험 결과에 의하면 무위험수익률이 기준이 되는 4.5%보다 낮을 경우, <그림 A1>에 나타난 $r_f = 4.5\%$ 의 경우와 같은 연금환급률 값의 패턴을 보인다. 즉, 예상 사망시점 95세 경우만의 독특한 특징처럼 연금 수령 시작 시점이 늦춰짐에 따라 연금환급률이 상승한다. 하지만 <그림 A1>에서 보는 바와 같이 무위험수익률이 5.5%, 6.5%로 높아지면 연금 수령 시작 시점이 늦춰짐에 따라 연금환급률의 상승이 약화되고(5.5%), 다른 예상 사망시점의 경우들과 같이 연금환급률이 하



〈그림 A1〉 무위험수익률(r_f)별, 수령개시시점 별 연금환급률(적립기간 10년, 예상 사망시점 95세)

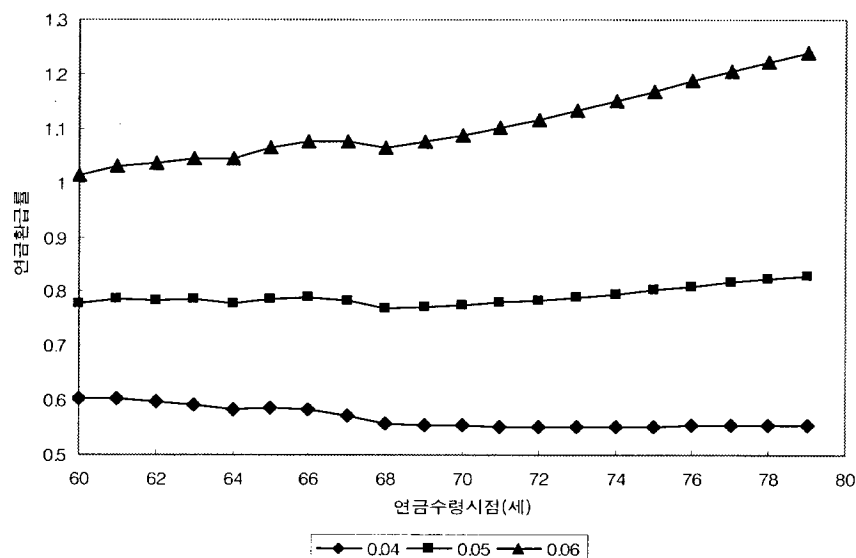
락하는 패턴을 보인다(6.5%). 하지만 실질적인 하락 패턴을 보이는 경우는 무위험수익률이 연금의 포트폴리오수익률 기준값(6%)보다 높은 다소 예외적인 상황에서 발생함을 알 수 있다.

반대로 연금의 포트폴리오수익률의 경우, <그림 A2>에서처럼 기준이 되는 $r_a = 6\%$ 보다 낮아짐에 새로운 패턴이 나타난다. 특히 $r_a = 4\%$ 로 낮아지는 경우 연금 수령 시작 시점이 늦춰짐에 따라 연금환급률이 하락하는 패턴이 나타난다. 하지만 이 경우도 무위험수익률이 기준 연금의 포트폴리오수익률보다 높아지는 다소 예외적인 상황이다.

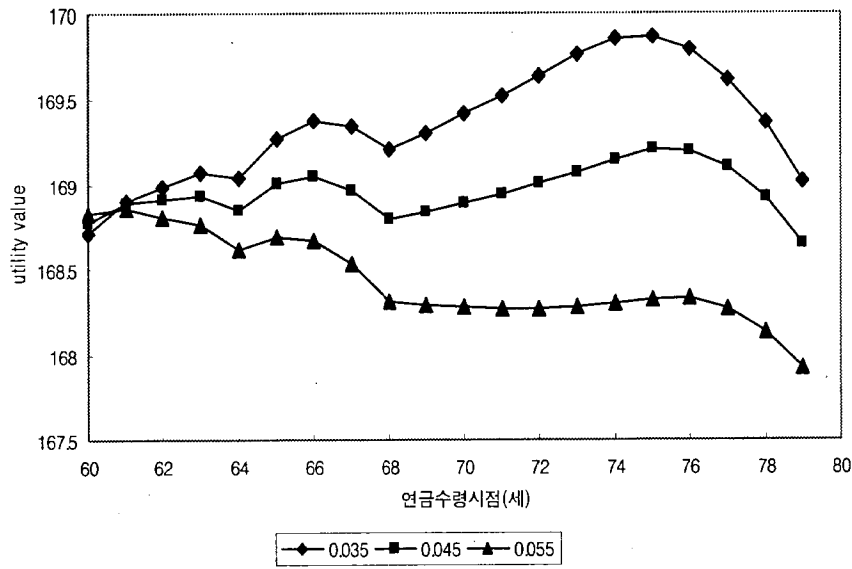
A.2 효용함수 값

연간 최소소비액의 변화에 대한 민감도를 측정하기 위해 기준이 되는 연 700만원과 더불어 연 400만원, 연 1000만원이 추가로 고려되었다. 하지만 추가적인 실험 결과 기준이 되는 경우 대비 새롭게 고려된 값들의 경우 효용함수 값의 변화 패턴이 거의 동일한 것으로 나타났다. 즉 <그림 6>과 동일한 패턴을 보인다. 또한, 시간선호 모수의 경우도 $\rho = 0.01$, 0.05로 변화시켰을 경우 기준이 되는 $\rho = 0.03$ 경우와 비교 시 효용함수 값의 변화 패턴은 유사한 것으로 나타났다.

하지만 무위험수익률의 경우 기준이 되는 4.5%보다 높을 경우, <그림 A3>에 나타난 바와 같이



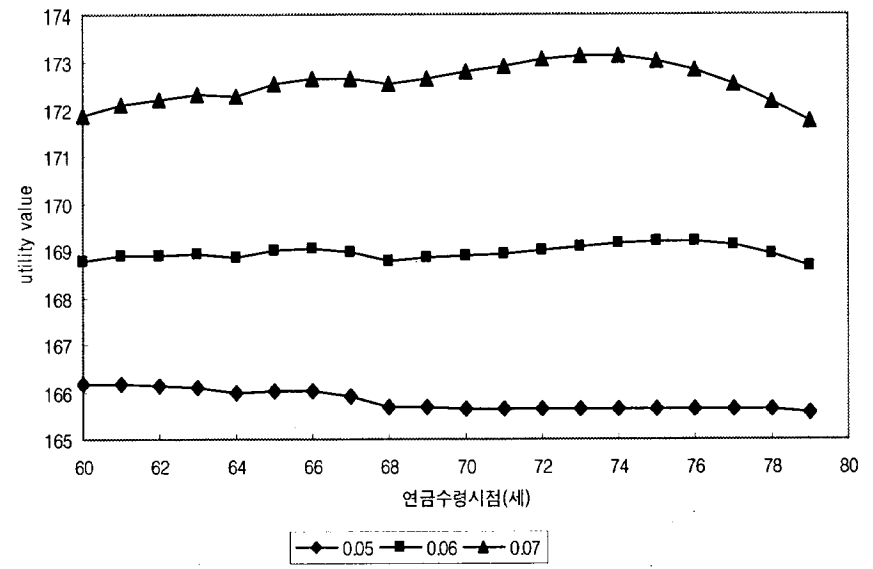
〈그림 A2〉 연금의 포트폴리오수익률(r_a)별, 수령개시시점 별 연금환급률(적립기간 10년, 예상 사망시점 95세)



<그림 A3> 무위험수익률(r_f)별, 수령개시시점 별 최적효용함수값(적립기간 10년, 예상 사망시점 95세)

$r_f = 4.5\%$ 의 경우와는 다소 다른 패턴이 나타났다. 즉, 다른 예상 사망시점과 유사하게 연금 수령 시작 시점이 늦춰짐에 따라 효용함수 값이 꾸준히 감소하는 패턴을 보인다.

반대로 연금의 포트폴리오수익률의 경우, <그림 A4>에서처럼 기준이 되는 $r_a = 6\%$ 보다 낮을 경우 새로운 패턴이 나타난다. 즉, 연금 수령 시작 시점이 늦춰짐에 따라 효용함수 값이 상승하다가 하락하는 패턴이 아닌 꾸준히 하락하는 패턴을 보인다.



<그림 A4> 연금의 포트폴리오수익률 (r_a)별, 수령개시시점 별 최적효용함수값(적립기간 10년, 예상 사망시점 95세)

이는 다른 예상 사망시점의 경우에서 나타나는 패턴과 유사함을 알 수 있다.

결론적으로 효용함수 값의 경우 무위험수익률과 연금의 포트폴리오수익률에 따라 그 결과 패턴이 민감하게 영향을 받는 것으로 판단된다. 특히 연금의 포트폴리오수익률과 무위험수익률의 차이가 작을 경우 95세 예상 사망시점의 경우가 나타내는 기존의 효용함수 값의 패턴과는 다른 결과를 보이는 것으로 나타났다.