

할인율 산출 방법론 개선 : 장기균형이자율(UFR) 중심으로

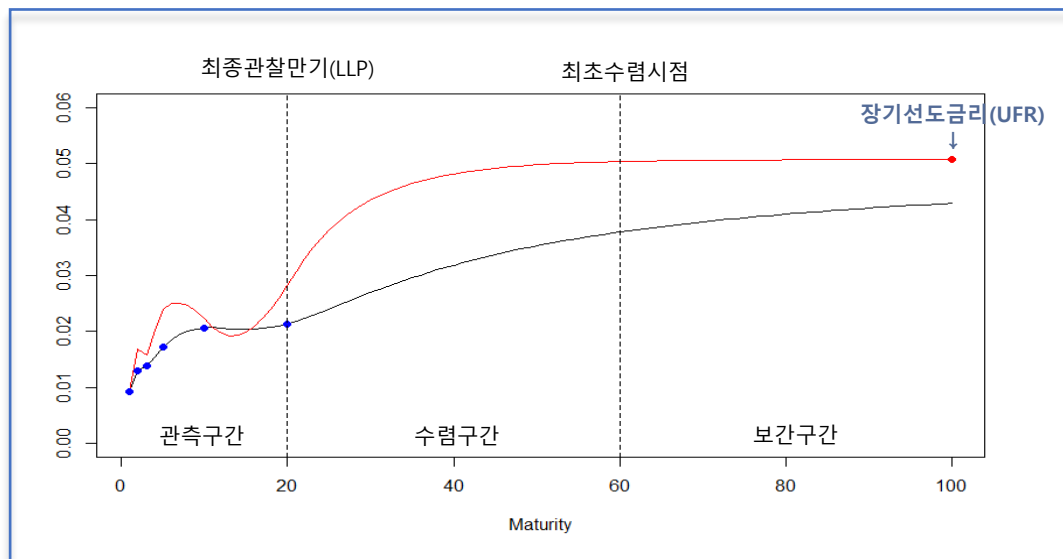
성균관대학교 보험계리학 교수
이 항 석

차례

- I. 서론
- II. 할인율과 무위험 금리기간구조 추정
- III. UFR 추정의 실무적 방법
- IV. 장기균형이자율 산출
- V. 거시경제모형 (Gertler (1999)+ Lee et al.(2021))

1. 연구 개요(1) 연구 배경 및 목적

- 보험부채 시가 평가를 위해 장기이자율이 필요
- 할인율의 산출을 위한 무위험 금리기간구조
 - 무위험 금리기간구조는 무위험 수익률, 최종관찰만기, 장기선도금리(UFR), 최초수령시점, 최종관찰만기와 최초수령시점 보간법, 변동성 조정 등에 의해 결정
 - 장기선도금리, 최초수령시점, 보간법 등의 산정방법에 따라 할인율의 형태가 달라짐



[그림 1] 무위험 이자율 기간구조 산출 예시

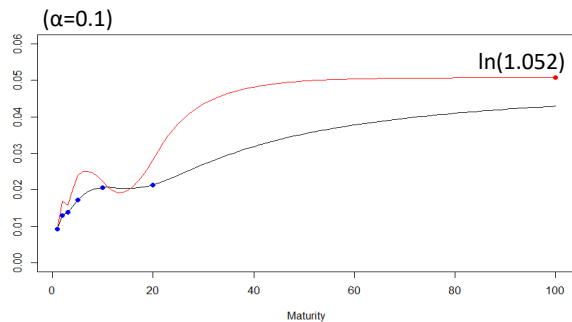
1. 연구 개요(2) 기존의 UFR 산출의 문제점

- 장기선도금리 산출 시 지표금리와 통계 기간에 따라 기대실질이자율의 변화로 인해 장기선도금리가 바뀌게 됨.

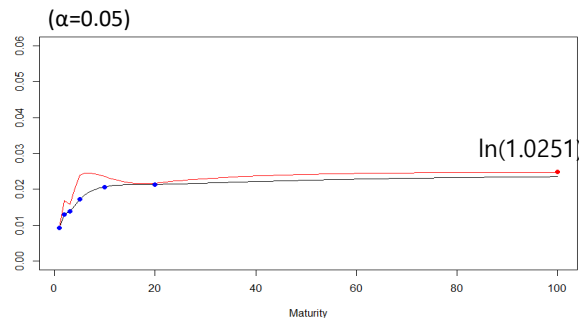
지표금리	통계 기간	기대실질이자율	UFR	
콜금리	1976~2020	3.2%	5.2%	현행
콜금리	2000~2021	0.51%	2.51%	통계기간 변경
CD91일물	1991~2021	3.04%	5.04%	지표금리 변경
CD91일물	2020~2021	0.71%	2.71%	지표금리, 기간 변경

[그림 2] 장기선도금리에 변화에 따른 금리구조추정의 변화

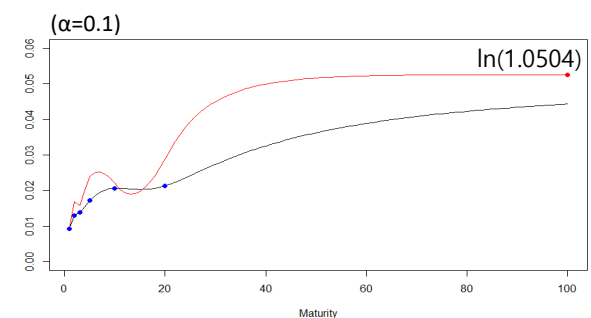
a) 현행 UFR 5.2%



b) 통계기간 변경 시 UFR 2.51%



c) 지표금리 변경 시 UFR 5.04%



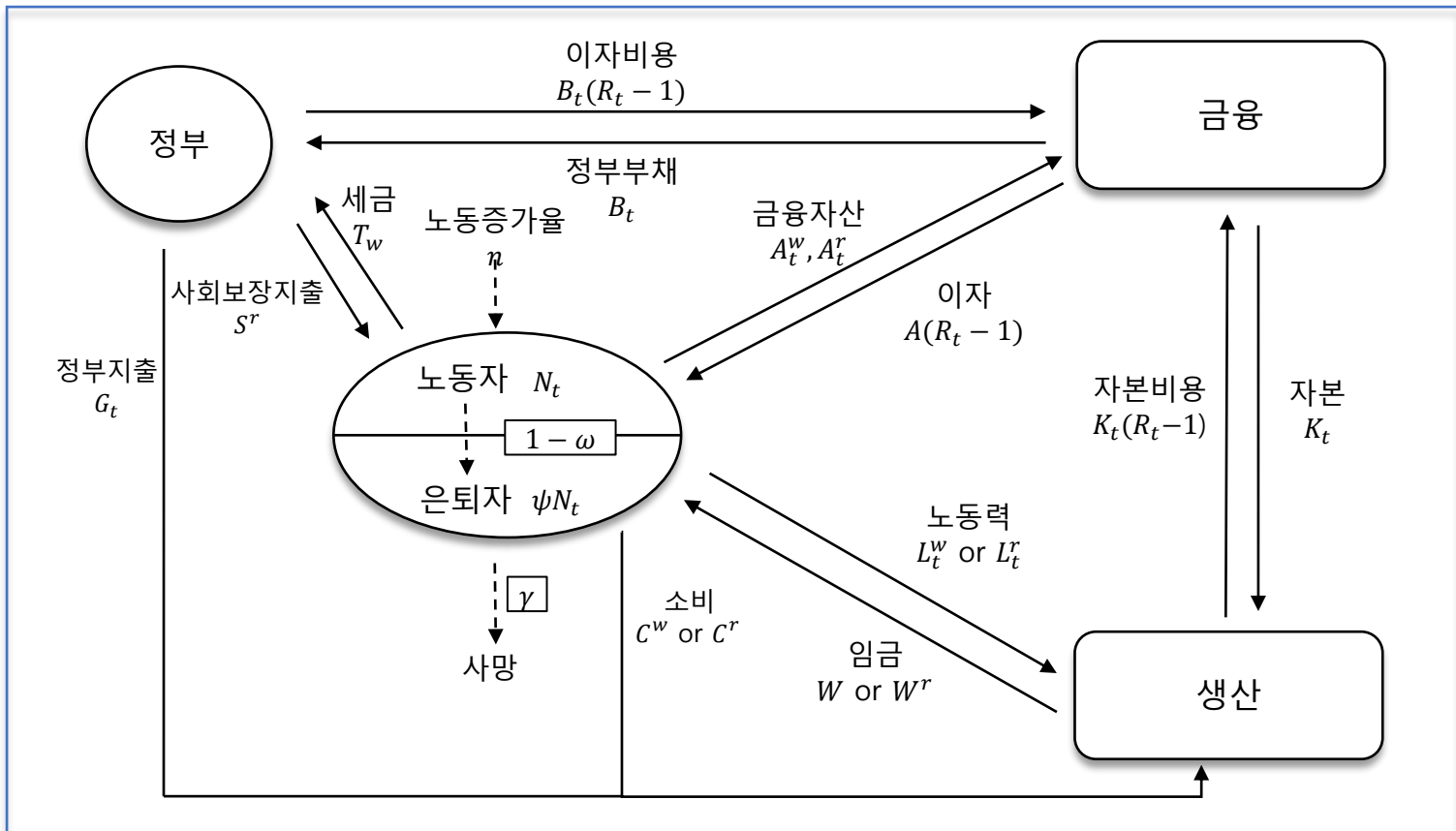
만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.92	2.07	2.14	2.76	3.61	4.34

만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.92	2.07	2.14	2.17	2.25	2.35

만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.92	2.07	2.14	2.66	3.45	4.18

1. 연구 개요(3) 제안된 거시경제모형(Lee et al.(2021) 모형)

- 관측기간에 이슈가 낮고, 경제 상황을 반영한 거시경제모형(Lee et al.(2021) 모델)을 통해 장기균형이자율을 구하는 방법 제안
 - 경제환경이 바뀌지 않는 한 과거 이자율에 따라 장기균형이자율이 변하지 않는 장점



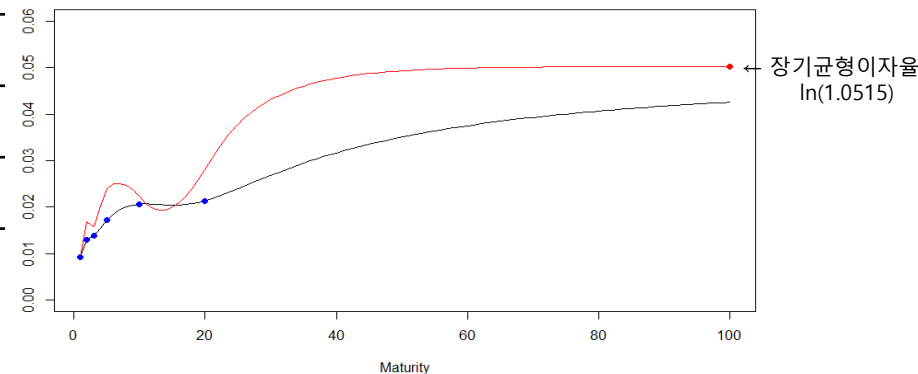
[그림 3] Lee et al.(2021) 모델

1. 연구 개요(4) 제안된 방법으로 구한 장기균형이자율

- 경제환경이 바뀌지 않는 한 과거 이자율에 따라 장기균형이자율이 변하지 않는 장점
- Lee et al.(2021) 모형을 통해 추정된 장기균형이자율과 금리기간구조 산출
 - 장기균형이자율 : 5.15%
 - 만기별 이자율과 금리기간구조 추정(— Yield rate curve — Forward rate curve)

(단위 : 연, %)

만기	1	10	20	30	50	100
선도금리	0.917	2.234	2.810	4.305	4.930	5.021
이자율	0.917	2.067	2.135	2.684	3.505	4.255



- 경제상황의 변화에 따른 장기균형이자율의 변화

경제상황 변화	노동소득분배율 증가	정부부채 증가	사회보장지출 증가	정부지출 증가	은퇴 연령이 늘어날 경우	기대 여명이 늘어날 경우	노동력 증가율이 늘어날 때
장기균형 이자율	감소	증가	증가	증가	증가	감소	증가

2. 선행연구 : 무위험 금리기간구조 추정

- **할인율과 관련된 연구 : 무위험 금리기간구조 추정**
 - IAIS(2018) "IAIS Base Yield Curve Methodology for ICS Version 2.0"
 - EIOPA(2019) "Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk free interest rate term structures"
 - SOCIETY OF ACTUARIES(2019) "Yield Curve Extrapolation Methods"
 - ICS, Solvency II 등 에서 무위험 수익률, 최종관찰만기, 장기선도금리 등의 결정 방법을 제시하고 국가별 무위험이자율 기간 구조 산출
 - 장기선도금리 산출 시 실질이자율의 장기평균과 기대인플레이션율의 합으로 UFR 을 설정.
 - 노건엽(2021) "신지금여력제도(K-ICS)에서의 할인율에 관한 연구"
 - 국제적 정합성 확보를 위해 해외 제도와 유사하나 세부적인 부분에서 국내 보험산업의 특성을 반영하는 것이 적절한 것으로 판단, 국내 환경에 적합한 최종관찰만기와 장기선도금리에 대한 평가 모형을 제시.
 - 장기선도금리 산출 시 지표금리 및 국내경제환경 구조 변화를 고려한 통계기간 설정 제시.

1. 무위험 금리기간구조 추정

▪ 무위험 금리기간구조

- 할인율은 화폐의 시간가치(time value of money)를 현행추정현금흐름에 조정하는 요소
- 화폐의 시간가치를 고려하기 위해서 수익률 곡선(yield curve)에 기반을 두어 기간별로 다른 할인율(금리기간구조)를 사용
- 관찰가능한 시장정보의 유무에 따라 다음과 같이 세 개의 구간(관측, 수렴, 보간)으로 나누어 기본 무위험 금리기간구조 산출
 - **관측구간** : 시장에서 관찰 가능한 시장정보가 있는 만기구간으로, 최종관찰만기(LLP; Last Liquid Point)까지의 국고채를 이용하여 무위험이자율을 산출.
 - **수렴구간** : 시장에서 관찰 가능한 시장정보가 없는 구간으로, 이 구간의 선도금리가 UFR(Ultimate Forward Rate)에 수렴하도록 무위험이자율을 산출
 - **보간구간** : 관측구간과 수렴구간 사이의 금리기간구조는 Smith-Wilson 보간법을 사용하여 추정

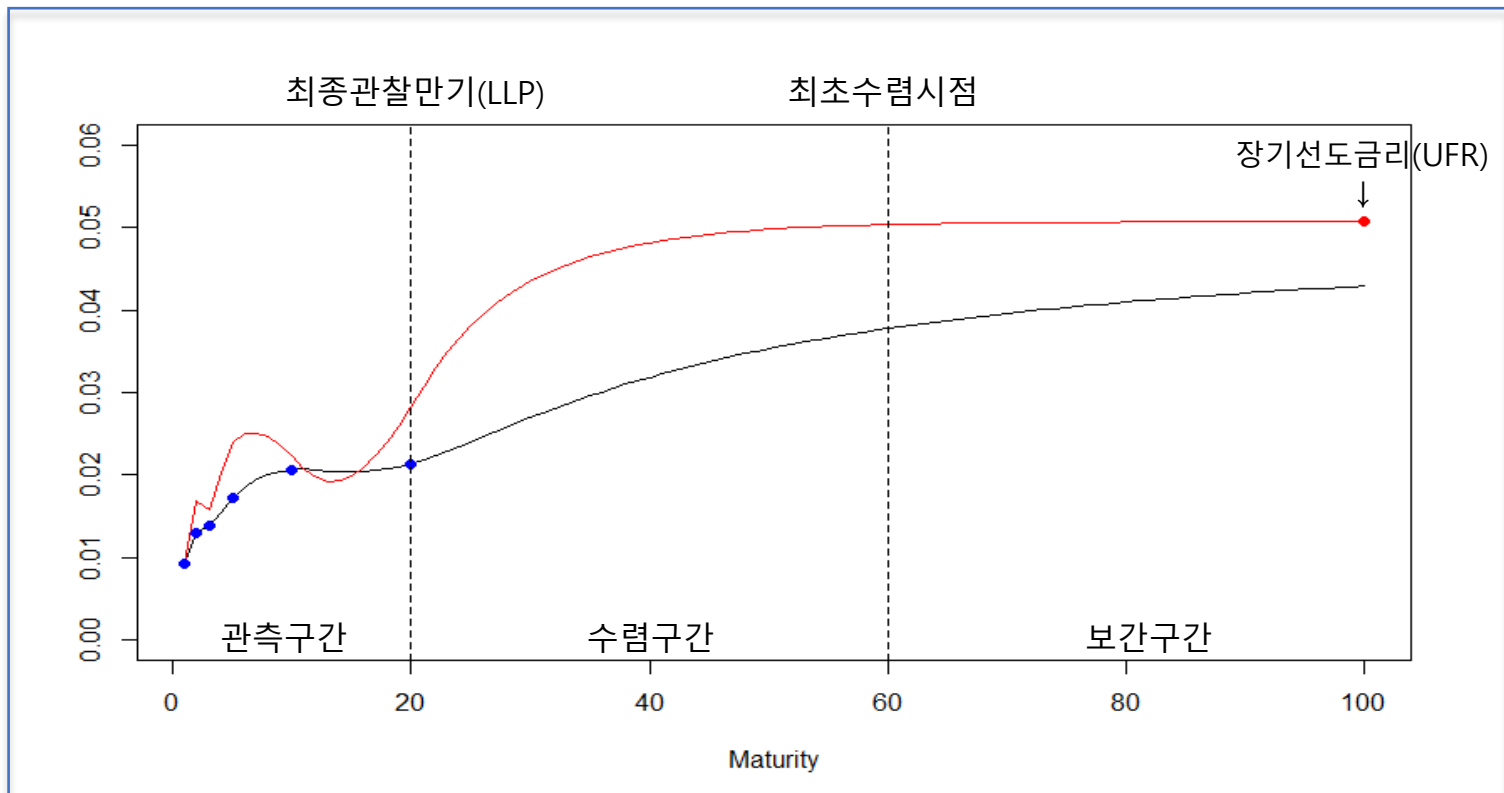
1. 무위험 금리기간구조 추정 : 방법

▪ 무위험 금리기간구조 추정 방법

- 무위험 수익률 : 국고채
 - IRS에 비해 거래량이 많고 수익률이 높아 무위험수익률로 사용
- 최종관찰만기 : 20년
 - 국고채 발행잔액, 국고채 지표물 호가스프레드 등을 감안하여 정함
- 최초수렴시점 : 60년
- 수렴속도(α) : 0.1
- 최종관찰만기와 최초수렴시점 보간법 : Smith-Wilson 방법
 - 해외 지급여력제도에서도 적용하는 방법(Solvency II)
 - 관찰된 시장데이터를 완벽하게 적합하면서 궁극선도이자율을 입력값으로 적용하여 보간 및 보외 동시에 가능
- 장기선도금리 실무추정 : 실질이자율의 장기평균과 기대인플레이션율의 합

1. 무위험 금리기간구조 추정 : 예제

- 무위험 금리기간구조 추정 예제($UFR = \ln(1.052)$)
 - 선도금리가 장기선도금리(빨간색 점)에 수렴하도록 무위험 금리기간구조 추정
 - 빨간색 선은 선도금리곡선을, 검정색 선은 만기별 이자율을 나타냄



[그림 4] 무위험 이자율 기간구조

1. 무위험 금리기간구조 추정 : 예제

- 무위험 금리기간구조 추정 예제

- 추정된 만기별 이자율

(단위 : 연, %)

만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율
1	0.917	0.917	21	3.071	2.180	41	4.839	3.222	61	5.039	3.797	81	5.065	4.108
2	1.685	1.301	22	3.295	2.230	42	4.861	3.261	62	5.042	3.817	82	5.066	4.119
3	1.573	1.392	23	3.490	2.285	43	4.881	3.298	63	5.044	3.836	83	5.066	4.131
4	2.021	1.549	24	3.662	2.342	44	4.900	3.335	64	5.047	3.855	84	5.066	4.142
5	2.401	1.720	25	3.813	2.401	45	4.916	3.370	65	5.049	3.874	85	5.067	4.153
6	2.503	1.850	26	3.946	2.461	46	4.931	3.404	66	5.051	3.891	86	5.067	4.164
7	2.508	1.944	27	4.063	2.520	47	4.944	3.437	67	5.053	3.909	87	5.067	4.174
8	2.462	2.009	28	4.168	2.579	48	4.956	3.468	68	5.054	3.926	88	5.067	4.184
9	2.368	2.049	29	4.260	2.637	49	4.967	3.499	69	5.056	3.942	89	5.067	4.194
10	2.231	2.067	30	4.343	2.694	50	4.977	3.528	70	5.057	3.958	90	5.068	4.204
11	2.073	2.068	31	4.417	2.749	51	4.986	3.557	71	5.058	3.973	91	5.068	4.213
12	1.967	2.059	32	4.482	2.803	52	4.994	3.585	72	5.059	3.988	92	5.068	4.222
13	1.924	2.049	33	4.541	2.856	53	5.001	3.611	73	5.060	4.003	93	5.068	4.232
14	1.935	2.041	34	4.594	2.907	54	5.008	3.637	74	5.061	4.017	94	5.068	4.240
15	1.993	2.038	35	4.641	2.957	55	5.013	3.662	75	5.062	4.031	95	5.068	4.249
16	2.093	2.041	36	4.683	3.005	56	5.019	3.686	76	5.063	4.045	96	5.068	4.258
17	2.228	2.052	37	4.721	3.051	57	5.024	3.710	77	5.063	4.058	97	5.068	4.266
18	2.397	2.071	38	4.756	3.096	58	5.028	3.733	78	5.064	4.071	98	5.069	4.274
19	2.596	2.099	39	4.786	3.139	59	5.032	3.755	79	5.064	4.084	99	5.069	4.282
20	2.824	2.135	40	4.814	3.181	60	5.035	3.776	80	5.065	4.096	100	5.069	4.290

1. 무위험 금리기간구조 추정 : 보간법(Smith-Wilson 방법)

- **Smith-Wilson 방법(EIOPA(2017))**

- 평가일에 할인채 i 의 시장 가격

- $m_i = \sum_{j=1}^J c_{i,j} P(u_j), i = 1, 2, \dots, N$

- Smith와 Wilson에 의해 제안된 일반적인 가격함수

- $P(t) = e^{-UFR \cdot t} + \sum_{i=1}^N \zeta_i \cdot (\sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot W(t, u_j))$

- ✓ t : 만기

- ✓ N : 이자율을 알고 있는 할인채의 개수

- ✓ J : 현금 지급이 이루어져야 하는 시점의 수

- ✓ u_j : 모든 현금 지급 시점

- ✓ $c_{i,j}$: 할인채 i 의 u_j 에 지급하는 현금 흐름

- ✓ $\sum_{j=1}^J c_{i,j} \cdot W(t, u_j)$: 커널 함수

- ✓ ζ_i : 실제 수익률 곡선을 맞추기 위한 변수

1. 무위험 금리기간구조 추정 : 보간법(Smith-Wilson 방법)

- $W(t, u_j) = e^{-UFR(t+u_j)} \left\{ \alpha \cdot \min(t, u_j) - 0.5e^{-\alpha \cdot \max(t, u_j)} (e^{\alpha \cdot \min(t, u_j)} - e^{-\alpha \cdot \min(t, u_j)}) \right\}$

- UFR : 장기균형이자율
- α : UFR로 수렴하는 속도

- $\{\zeta_i\}$ 구하는 방법

- $m_1 = \sum_{j=1}^J c_{1,j} P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{1,j} (e^{-UFR \cdot u_j} + \sum_{l=1}^N \zeta_l \sum_{k=1}^J W(u_j, u_k))$

$$m_2 = \sum_{j=1}^J c_{2,j} P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{2,j} (e^{-UFR \cdot u_j} + \sum_{l=1}^N \zeta_l \sum_{k=1}^J W(u_j, u_k))$$

⋮

$$m_N = \sum_{j=1}^J c_{N,j} P(u_j) = \sum_{j=1}^J c_{N,j} (e^{-UFR \cdot u_j} + \sum_{l=1}^N \zeta_l \sum_{k=1}^J W(u_j, u_k))$$

1. 무위험 금리기간구조 추정 : 수렴속도(α)

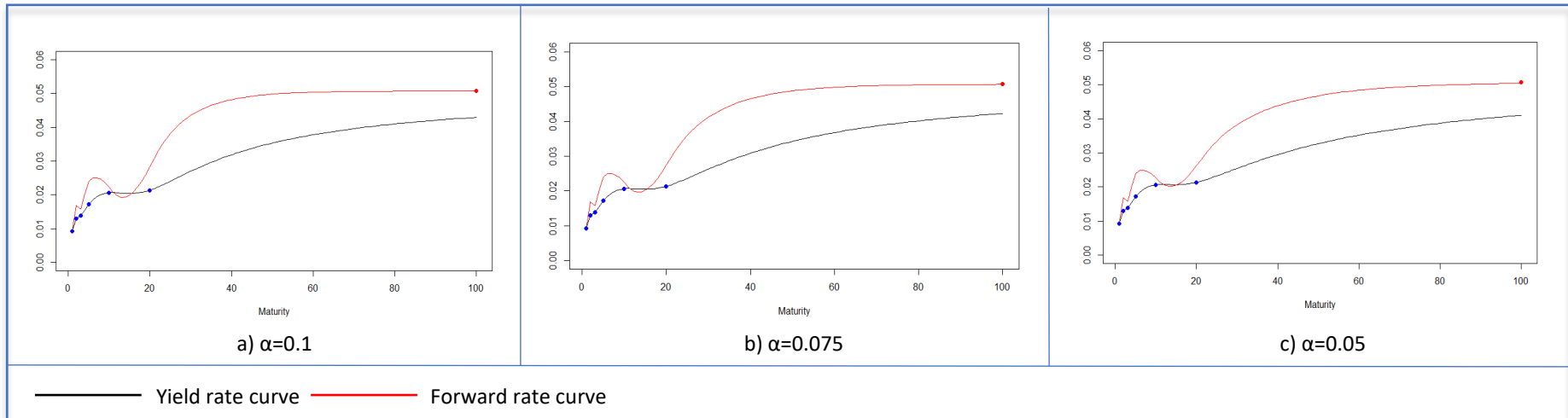
■ 수렴속도(α)

- 선도금리(forward rate)가 장기선도금리(UFR)에 수렴하는 속도를 의미.
- α 가 1에 가까울수록 수렴 속도가 빠름.
- 기관 별 무위험금리기간 추정에 따른 α 설정

	금융감독원	EIOPA ¹⁾	SOA ²⁾
α	0.1300471	0.102971	0.1

1) European Insurance and Occupational Pensions Authority, 유럽 연합 금융 규제 기관

2) Society of Actuaries, 미국 보험 계리사 협회



[그림 5] 수렴속도 변화에 따른 무위험 이자율 기간구조

1. UFR 추정의 실무적 방법

▪ UFR

- 경제가 장기 거시 경제 균형에 도달했을 때 발생할 것으로 예상되는 명목 금리
- 기대인플레이션과 실질이자율의 장기평균의 합으로 나타냄
 - 기대인플레이션 : 2.0%(한국은행 목표)
 - 실질이자율의 장기평균 : 국내지표금리에 연간 소비자물가 상승률을 차감조정하여 산출 (콜금리 사용)
- 전년도 대비 15bp 이상 변동시에만 변경하고 그렇지 않으면 전년도와 동일한 값 사용

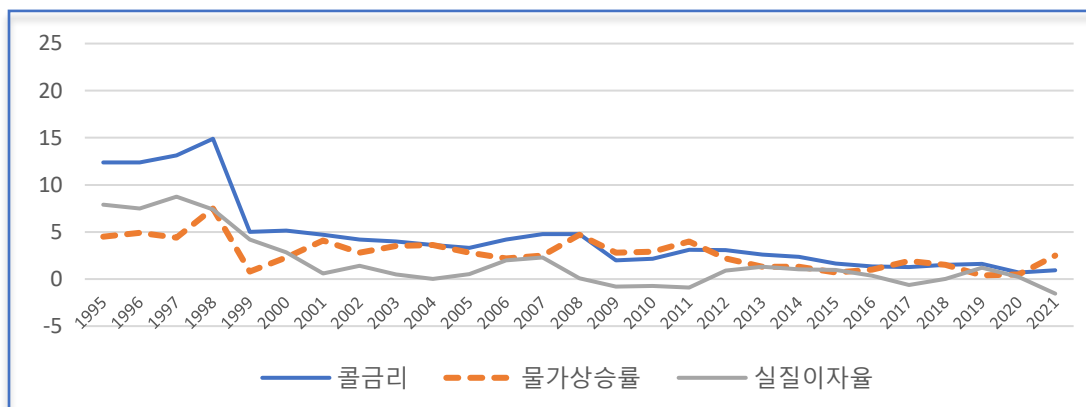
$$- \quad UFR_t^L = \begin{cases} UFR_{t-1}^L + 15bps & \text{if } UFR_t^L \geq UFR_{t-1}^L + 15bps \\ UFR_{t-1}^L - 15bps & \text{if } UFR_t^L \leq UFR_{t-1}^L - 15bps \\ UFR_{t-1}^L & \text{otherwise} \end{cases}$$

1. UFR 추정의 실무적 방법 : 기대실질이자율

- 기대실질이자율(R) 추정

- 실질이자율(r)에서 인플레이션을 차감한 실질이자율의 평균으로 계산

- 실질이자율 $r = \text{short term nominal rate} - \text{inflation rate}$



[그림 6] 연도별 콜금리, 물가상승률, 실질이자율(1995년~2021년)
출처 : 한국은행 경제통계시스템, 통계청 국가지표체계

- 기대실질이자율(R)

- $$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{1976+i}$$

- 통계기간 : 1976년도부터 평가연도까지 매년 누적

- 기대실질이자율 매년 재계산

1. UFR 추정의 실무적 방법 : 추정된 UFR

- 계량영향평가(QIS)로 추정된 현행 UFR
 - K-ICS 준비과정에서 현재까지 4번의 계량영향평가(QIS)가 진행
 - 현재 UFR은 5.2% 사용

구분	평가일	무위험수익률	최종관찰만기	수렴시점	UFR
Field Test	2016.12	국고채	20년	60년	4.2%
QIS1	2017.12				4.5%
QIS2	2018.12				5.2%
QIS3	2019.12				5.2%
QIS4	2020.12				5.2%

출처 : 노건업 (2021)

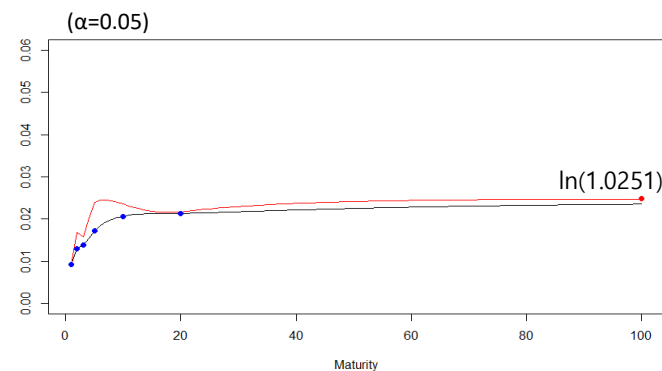
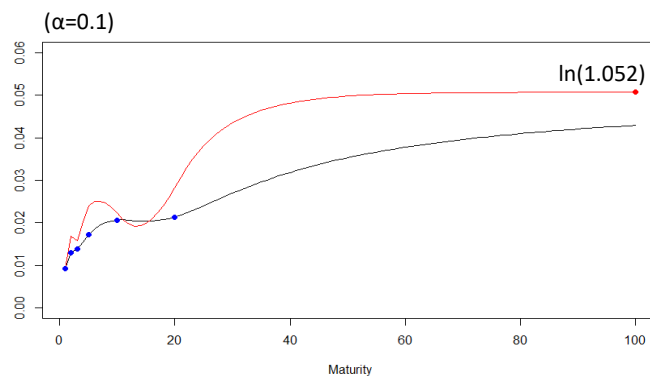
2. 기대실질이자율 추정의 문제점

- 기대실질이자율 추정의 문제점 ①
 - 통계기간에 따라 기대실질이자율이 달라짐.

- 통계기간 변경 시 UFR

지표금리	통계 기간	기대실질이자율	UFR	
콜금리	1976~2020	3.2%	5.2%	현행
콜금리	2000~2021	0.51%	2.51%	통계기간 변경

- 추정된 금리기간구조(— Yield rate curve — Forward rate curve)



만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.917	2.067	2.135	2.759	3.614	4.339

만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.917	2.067	2.135	2.172	2.251	2.353

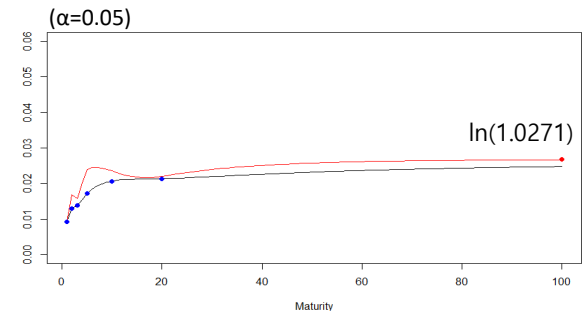
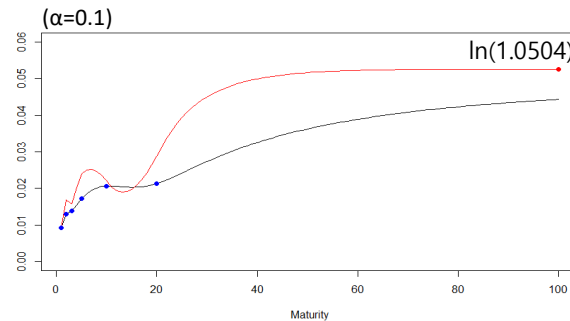
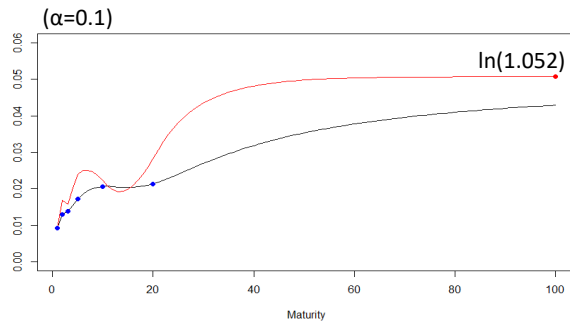
2. 기대실질이자율 추정의 문제점

- 기대실질이자율 추정의 문제점 ②
 - 지표금리에 따라 기대실질이자율이 달라짐.
 - 지표금리 변경 시 UFR

지표금리	통계 기간	기대실질이자율	UFR	
콜금리	1976~2020	3.2%	5.2%	현행
CD91일물 ¹⁾	1991 ²⁾ ~2021	3.04%	5.04%	지표금리 변경
CD91일물	2020~2021	0.71%	2.71%	지표금리, 기간 변경

1) 해외제도에서 3개월 지표금리로 변경 2) CD91일물은 1991년 최초 발행

- 추정된 금리기간구조(— Yield rate curve — Forward rate curve)



만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.92	2.07	2.14	2.76	3.61	4.34

만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.92	2.07	2.14	2.66	3.45	4.18

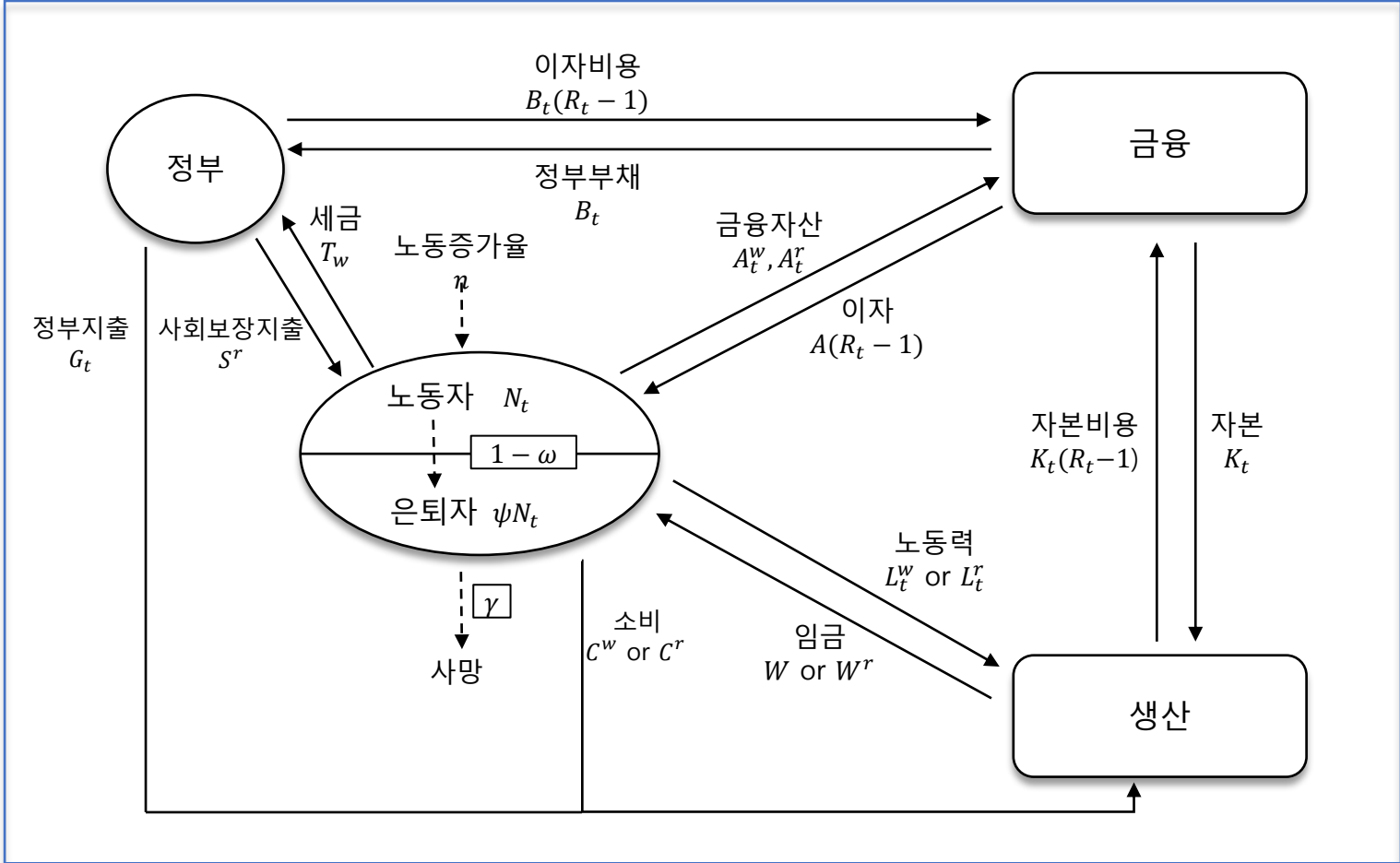
만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.92	2.07	2.14	2.39	2.57	2.67

1. 장기균형이자율 산출 : Lee et al.(2021) 모델 장기균형이자율

▪ Gertler (1999)의 수정모형: Lee et al.(2021)

- 미래의 기대여명, 노동기간, 경제주체의 최적 의사결정 방정식을 고려한 장기 균형 모형
- 경제가 장기거시경제균형에 도달했을 때 장기균형이자율 산출
- 장기균형이자율(UFR)
 - $UFR = (1 - \alpha)k^{-1} - \delta$
 - ✓ α : 노동소득분배율
 - ✓ δ : 감가상각률
 - ✓ k : GDP 대비 자본

1. 장기균형이자율 산출 : Lee et al.(2021) 모델 장기균형이자율



[그림 7] Lee et al.(2021) 모델

1. 장기균형이자율 산출 : Lee et al.(2021) 모델 장기균형이자율

• 외생변수

변수	값	설명	변수	값	설명
n	0	노동력 증가율	ξ	0.6	노동자 대비 은퇴자의 상대적인 노동의 생산성
ω	0.945	다음 기간에 노동자가 계속 노동할 확률 (근속년수 36.4년)	α	0.687	노동소득분배율
γ	0.92	다음기간에 은퇴자의 생존확률 (은퇴 후 생존기간 25년)	δ	0.1	감가상각률
v	0.4	소비 선호	x	0.01	기술진보율
$1 - v$	0.6	여가 선호	b	0.35	GDP 대비 정부부채
β	1	주관적 할인 요소	g	0.15	GDP 대비 정부지출
ρ	-3	곡률 모수 (curvature parameter)	e	0.015	GDP 대비 사회보장지출
σ	0.25	시간대체탄력성			

1. 장기균형이자율 산출 : Lee et al.(2021) 모델 장기균형이자율

• 내생변수

변수	값	설명	변수	값	설명
k	2.065	GDP 대비 자본	λ^w	0.537	금융자산 비중
K/XL	2.873	유효 노동 단위당 자본	λ^r	0.463	
R	1.0515	총자본 수익률 (1+장기균형이자율)	τ	0.18	총 세금
π	0.08	노동자의 소비성향	$\tau/(\alpha \frac{L^w}{L})$	0.309	근로자의 소득 대비 세금
ε	1.375	노동자의 소비 대비 은퇴자의 소비 비율	c^w	0.378	소비
Ω	1.069	위험조정요소 (Risk adjusted factor)	c^r	0.244	
h^w	3.275	GDP 대비 인적자본	c	0.623	
h^r	0.917		$c^w/(\alpha \frac{L^w}{L} - \tau_w)$	0.944	노동자의 세후 소득 대비 소비
s^w	0.088	GDP 대비 사회보장 자산	L^w/N	0.506	노동공급
s^r	0.129		$L^r/N\psi$	0.225	

1. 장기균형이자율 산출 : 금리기간구조 추정

- 추정된 장기균형이자율을 사용하여 무위험 금리기간구조 산출

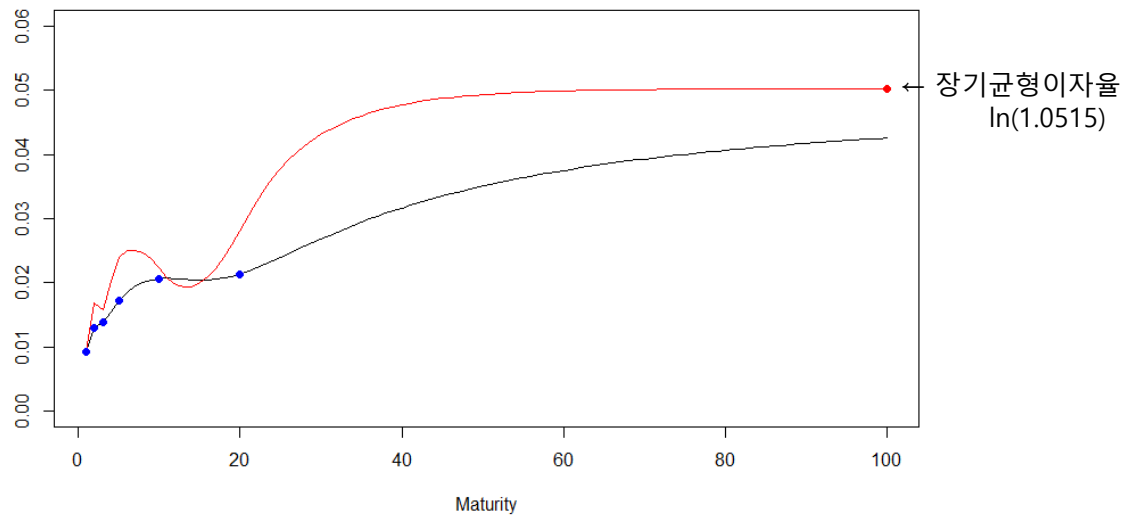
- 장기균형이자율 : $\ln(1.0515)$

- 만기별 이자율

(단위 : 연, %)

만기	1	10	20	30	50	100
이자율	0.917	2.067	2.135	2.684	3.505	4.255

- 무위험 금리기간구조(— Yield rate curve — Forward rate curve)



1. 장기균형이자율 산출 : 금리기간구조 추정

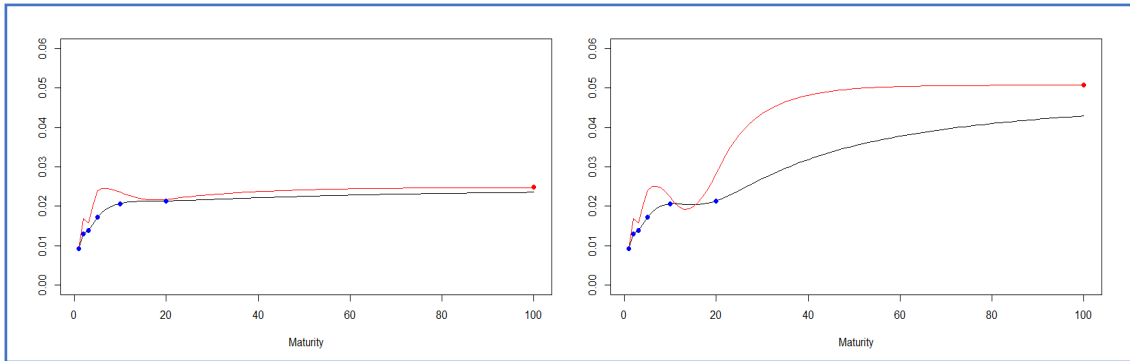
- 추정된 장기균형이자율을 사용하여 무위험 금리기간구조 산출
 - 만기별 선도금리 및 이자율(장기균형이자율 $\ln(1.0515)$)

(단위 : 연, %)

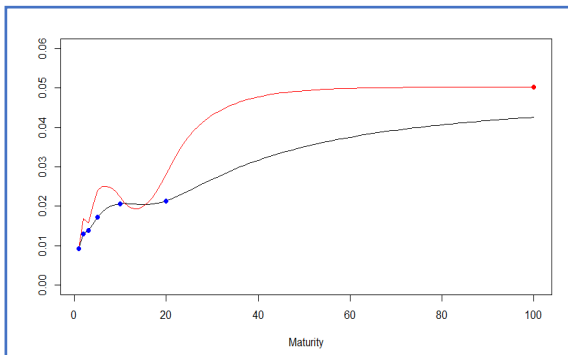
만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율	만기	선도금리	이자율
1	0.917	0.917	21	3.053	2.179	41	4.794	3.203	61	4.992	3.769	81	5.018	4.075
2	1.685	1.301	22	3.273	2.229	42	4.816	3.241	62	4.994	3.789	82	5.018	4.087
3	1.573	1.392	23	3.465	2.282	43	4.836	3.278	63	4.997	3.808	83	5.018	4.098
4	2.021	1.549	24	3.634	2.339	44	4.854	3.314	64	4.999	3.826	84	5.019	4.109
5	2.401	1.720	25	3.782	2.396	45	4.870	3.349	65	5.002	3.845	85	5.019	4.120
6	2.502	1.850	26	3.913	2.455	46	4.885	3.382	66	5.003	3.862	86	5.019	4.130
7	2.507	1.944	27	4.029	2.513	47	4.898	3.414	67	5.005	3.879	87	5.020	4.140
8	2.461	2.008	28	4.132	2.571	48	4.910	3.446	68	5.007	3.896	88	5.020	4.150
9	2.369	2.048	29	4.224	2.628	49	4.921	3.476	69	5.008	3.912	89	5.020	4.160
10	2.234	2.067	30	4.305	2.684	50	4.930	3.505	70	5.010	3.928	90	5.020	4.170
11	2.079	2.068	31	4.378	2.738	51	4.939	3.533	71	5.011	3.943	91	5.020	4.179
12	1.975	2.060	32	4.442	2.792	52	4.947	3.560	72	5.012	3.958	92	5.020	4.188
13	1.931	2.050	33	4.500	2.843	53	4.954	3.586	73	5.013	3.972	93	5.021	4.197
14	1.941	2.043	34	4.552	2.894	54	4.961	3.612	74	5.014	3.986	94	5.021	4.206
15	1.997	2.040	35	4.599	2.942	55	4.967	3.637	75	5.014	4.000	95	5.021	4.214
16	2.094	2.043	36	4.641	2.990	56	4.972	3.660	76	5.015	4.013	96	5.021	4.223
17	2.226	2.054	37	4.678	3.035	57	4.977	3.683	77	5.016	4.026	97	5.021	4.231
18	2.391	2.073	38	4.712	3.079	58	4.981	3.706	78	5.016	4.039	98	5.021	4.239
19	2.586	2.100	39	4.742	3.122	59	4.985	3.728	79	5.017	4.051	99	5.021	4.247
20	2.810	2.135	40	4.770	3.163	60	4.988	3.749	80	5.017	4.063	100	5.021	4.255

2. 산출 방법별 비교

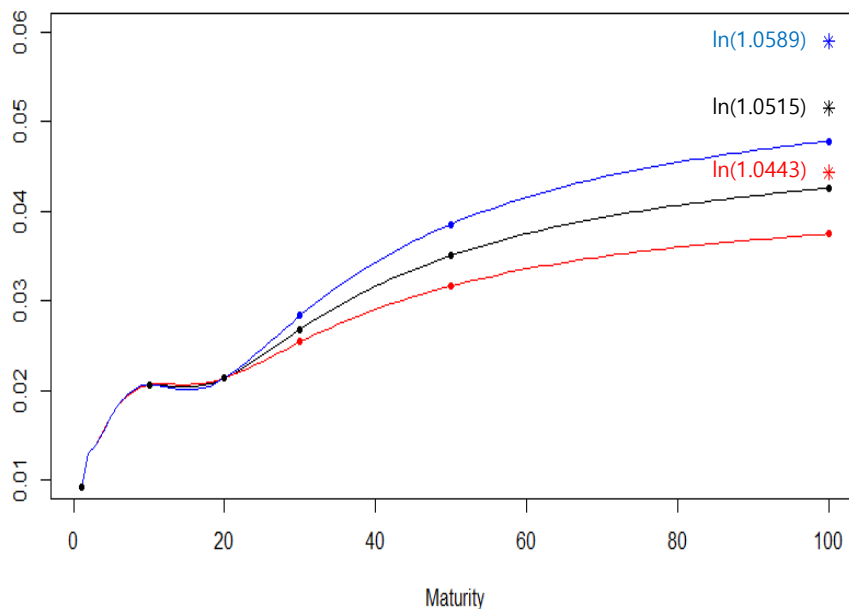
- 기존 방식과 Lee et al.(2021) 비교
 - 기존방식에 따른 할인율 산출
 - 과거 이자율에 따라 UFR이 변동 될 수 있음.



- Lee et al.(2021) 모델 장기균형이자율
 - 경제환경이 바뀌지 않는 한 과거 이자율에 따라 장기균형이자율이 변화 하지 않음.



- 장기균형이자율의 변화에 따른 금리기간구조 산출
 - 근속년수에 따른 장기균형이자율과 장기이자율
 - 근속년수가 증가하면 장기균형이자율이 낮아짐.



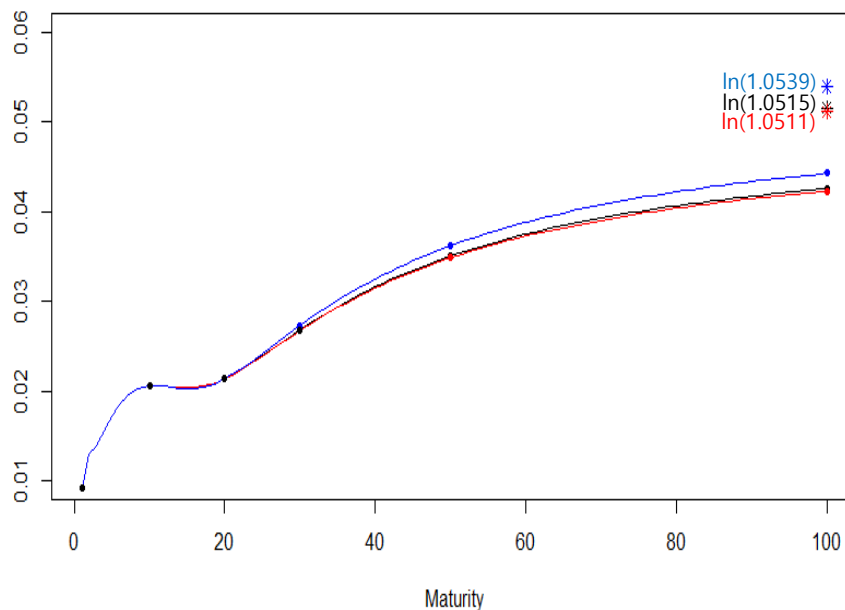
[그림 8] 근속년수 변화에 따라 추정된 금리기간구조

(단위 : %)

근속년수	33.2년 ($\omega=0.94$)	36.4년 ($\omega=0.945$)	40년 ($\omega=0.95$)
장기균형이자율	5.89	5.15	4.43
1년 만기이자율	0.92	0.92	0.92
10년 만기이자율	2.07	2.07	2.07
20년 만기이자율	2.14	2.14	2.14
30년 만기이자율	2.83	2.68	2.54
50년 만기이자율	3.85	3.51	3.17
100년 만기이자율	4.78	4.26	3.74

[표 1] 근속년수 변화에 따른 장기균형이자율과 장기이자율

- 장기균형이자율의 변화에 따른 금리기간구조 산출
 - 은퇴 후 기대 여명에 따른 장기균형이자율 변화
 - 은퇴 후 기대여명이 길어지면 장기균형이자율이 낮아짐.



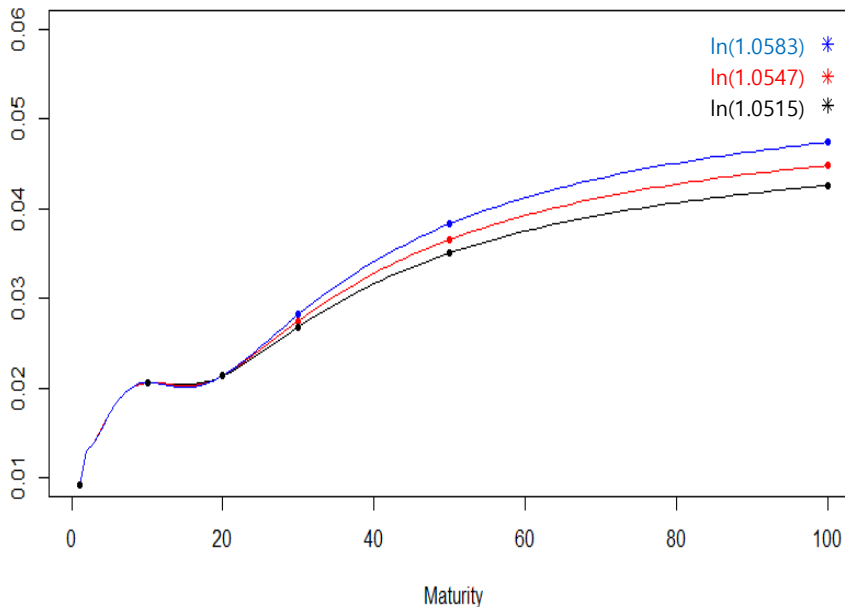
[그림 9] 은퇴 후 기대여명 변화에 따라 추정된 금리기간구조

(단위 : %)

은퇴 후 기대 여명	22.2년 ($\gamma=0.91$)	25년 ($\gamma=0.92$)	28.5년 ($\gamma=0.93$)
장기균형이자율	5.39	5.15	5.11
1년 만기이자율	0.92	0.92	0.92
10년 만기이자율	2.07	2.07	2.07
20년 만기이자율	2.14	2.14	2.14
30년 만기이자율	2.73	2.68	2.68
50년 만기이자율	3.62	3.51	3.49
100년 만기이자율	4.42	4.26	4.23

[표 2] 은퇴 후 기대여명 변화에 따른 장기균형이자율과 장기자율

- 장기균형이자율의 변화에 따른 금리기간구조 산출
 - 노동력증가율(n)에 따른 장기균형이자율 변화
 - 노동력증가율이 높아지면 장기균형이자율 증가



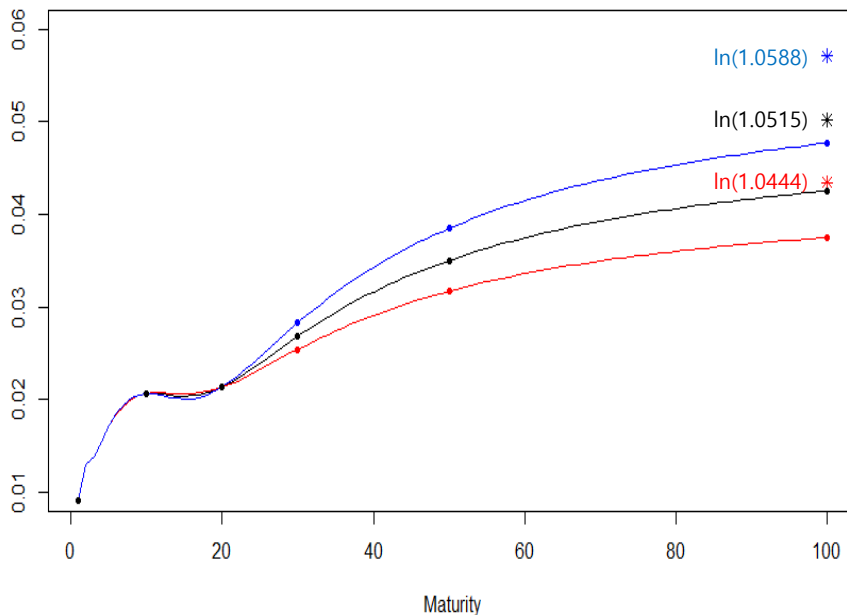
[그림 10] 노동력 증가율의 변화에 따라 추정된 금리기간구조

(단위 : %)

노동력증가율(n)	0	0.005	0.01
장기균형이자율	5.15	5.47	5.83
1년 만기이자율	0.92	0.92	0.92
10년 만기이자율	2.07	2.07	2.07
20년 만기이자율	2.14	2.14	2.14
30년 만기이자율	2.68	2.82	2.75
50년 만기이자율	3.51	3.83	3.66
100년 만기이자율	4.26	4.74	4.48

[표 3] 노동력 증가율의 변화에 따른 장기균형이자율과 장기이자율

- 장기균형이자율의 변화에 따른 금리기간구조 산출
 - 노동소득분배율(α)에 따른 장기균형이자율 변화
 - 노동소득분배율 높아지면 장기균형이자율 감소



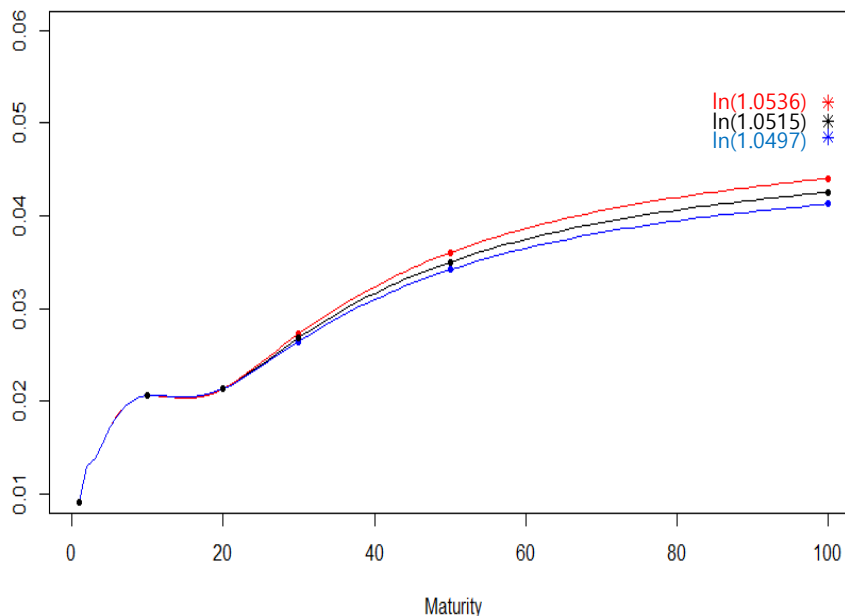
[그림 11] 노동소득분배율의 변화에 따라 추정된 금리기간구조

(단위 : %)

노동소득분배율(α)	0.667	0.687	0.707
장기균형이자율	5.88	5.15	4.44
1년 만기이자율	0.92	0.92	0.92
10년 만기이자율	2.07	2.07	2.07
20년 만기이자율	2.14	2.14	2.14
30년 만기이자율	2.83	2.82	2.54
50년 만기이자율	3.85	3.51	3.17
100년 만기이자율	4.77	4.26	3.75

[표 4] 노동소득분배율의 변화에 따른 장기균형이자율과 장기이자율

- 장기균형이자율의 변화에 따른 금리기간구조 산출
 - 정부부채(b)에 따른 장기균형이자율 변화
 - 정부부채가 늘어나면 장기균형이자율 증가



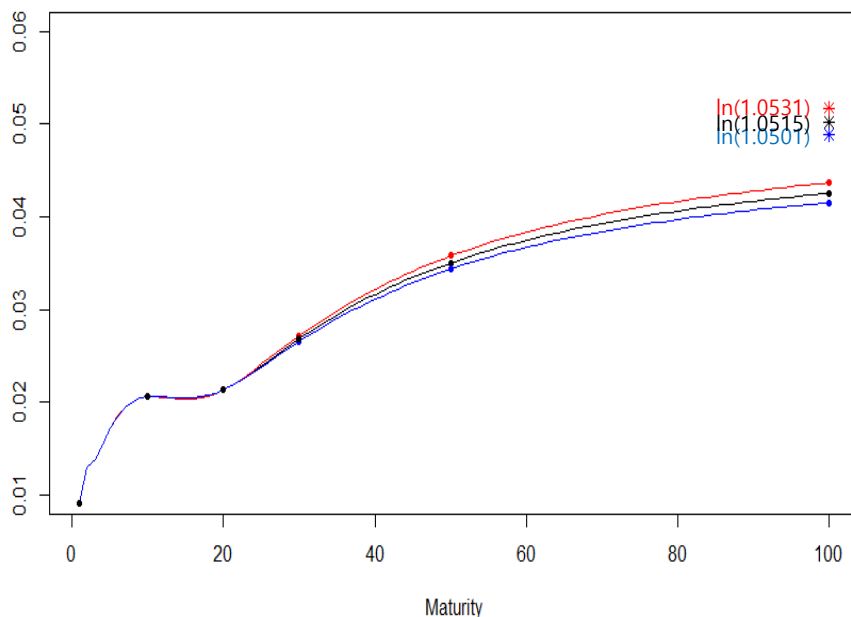
[그림 12] 정부부채 변화에 따라 추정된 금리기간구조

(단위 : %)

정부부채(b)	0.3	0.35	0.4
장기균형이자율	4.97	5.15	5.36
1년 만기이자율	0.92	0.92	0.92
10년 만기이자율	2.07	2.07	2.07
20년 만기이자율	2.14	2.14	2.14
30년 만기이자율	2.65	2.82	2.67
50년 만기이자율	3.42	3.51	3.60
100년 만기이자율	4.13	4.26	4.40

[표 5] 정부부채 변화에 따른 장기균형이자율과 장기이자율

- 장기균형이자율의 변화에 따른 금리기간구조 산출
 - 사회보장지출(e)에 따른 장기균형이자율 변화
 - 사회보장지출이 늘어나면 장기균형이자율 증가



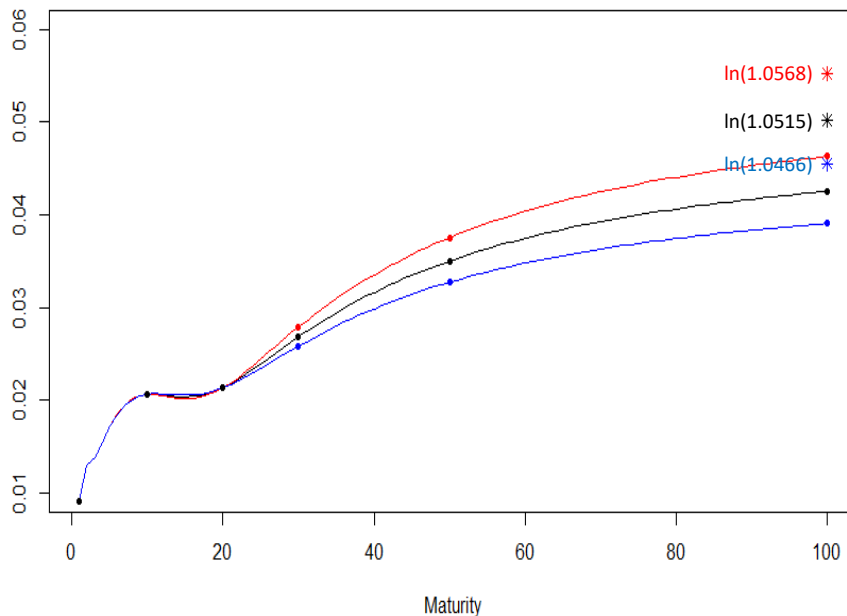
[그림 13] 사회보장지출 변화에 따라 추정된 금리기간구조

(단위 : %)

사회보장지출(e)	0.01	0.015	0.02
장기균형이자율	5.01	5.15	5.31
1년 만기이자율	0.92	0.92	0.92
10년 만기이자율	2.07	2.07	2.07
20년 만기이자율	2.14	2.14	2.14
30년 만기이자율	2.66	2.82	2.72
50년 만기이자율	3.44	3.51	3.58
100년 만기이자율	4.16	4.26	4.37

[표 6] 사회보장지출 변화에 따른 장기균형이자율과 장기이자율

- 장기균형이자율의 변화에 따른 금리기간구조 산출
 - 정부지출(g)에 따른 장기균형이자율 변화
 - 정부지출이 증가하면 장기균형이자율 증가



[그림 14] 정부지출 변화에 따라 추정된 금리기간구조

(단위 : %)

정부지출(g)	0.13	0.15	0.17
장기균형이자율	4.66	5.15	5.68
1년 만기이자율	0.92	0.92	0.92
10년 만기이자율	2.07	2.07	2.07
20년 만기이자율	2.14	2.14	2.14
30년 만기이자율	2.59	2.82	2.79
50년 만기이자율	3.27	3.51	3.76
100년 만기이자율	3.91	4.26	4.63

[표 7] 정부지출 변화에 따른 장기균형이자율과 장기이자율

4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율

- 조건별 장기균형이자율 산출($\rho=-3, \sigma=0.25, \nu=0.4, \xi=0.6$)

(단위 : %)

$\alpha=0.687$			b=0.35				b=0.4			
			e=0.015		e=0.02		e=0.015		e=0.02	
n	ω	γ	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2
0	0.945	0.92	5.155	6.526	5.306	6.687	5.358	6.770	5.515	6.933
		0.93	5.115	6.400	5.260	6.557	5.283	6.602	5.433	6.762
		0.94	5.318	6.501	5.456	6.652	5.458	6.669	5.597	6.820
	0.95	0.92	4.426	5.728	4.567	5.880	4.612	5.952	4.754	6.104
		0.93	4.343	5.571	4.484	5.717	4.499	5.759	4.640	5.910
		0.94	4.505	5.640	4.641	5.781	4.635	5.792	4.769	5.935
	0.955	0.92	3.709	4.937	3.839	5.081	3.877	5.144	4.010	5.288
		0.93	3.583	4.748	3.717	4.887	3.728	4.919	3.868	5.060
		0.94	3.693	4.772	3.826	4.913	3.817	4.917	3.941	5.053
0.005	0.945	0.92	5.465	6.901	5.613	7.060	5.684	7.167	5.835	7.336
		0.93	5.290	6.642	5.438	6.801	5.481	6.869	5.624	7.026
		0.94	5.333	6.584	5.473	6.733	5.493	6.771	5.630	6.926
	0.95	0.92	4.765	6.132	4.905	6.285	4.971	6.383	5.114	6.537
		0.93	4.558	5.845	4.695	5.998	4.728	6.057	4.871	6.210
		0.94	4.559	5.754	4.692	5.900	4.698	5.926	4.844	6.077
	0.955	0.92	4.082	5.375	4.212	5.518	4.269	5.602	4.404	5.749
		0.93	3.839	5.059	3.970	5.205	4.001	5.256	4.131	5.398
		0.94	3.796	4.939	3.920	5.074	3.926	5.097	4.059	5.239
0.01	0.945	0.92	5.825	7.333	5.975	7.496	6.071	7.631	6.222	7.797
		0.93	5.540	6.956	5.684	7.113	5.742	7.208	5.893	7.369
		0.94	5.433	6.754	5.578	6.906	5.605	6.963	5.748	7.123
	0.95	0.92	5.156	6.595	5.301	6.748	5.383	6.869	5.527	7.027
		0.93	4.836	6.196	4.979	6.350	5.029	6.430	5.174	6.585
		0.94	4.693	5.966	4.831	6.112	4.855	6.158	4.997	6.306
	0.955	0.92	4.501	5.865	4.635	6.011	4.713	6.122	4.846	6.268
		0.93	4.153	5.447	4.286	5.591	4.330	5.660	4.474	5.810
		0.94	3.971	5.182	4.103	5.326	4.115	5.362	4.258	5.504

4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율

- 조건별 장기균형이자율 산출($\rho=-3, \sigma=0.25, \nu=0.4, \xi=0.6$)

(단위 : %)

$\alpha=0.667$			b=0.35				b=0.4			
			e=0.015		e=0.02		e=0.015		e=0.02	
n	ω	γ	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2
0	0.945	0.92	5.881	7.316	6.028	7.477	6.091	7.574	6.243	7.737
		0.93	5.722	7.065	5.869	7.221	5.906	7.281	6.051	7.441
		0.94	5.801	7.032	5.940	7.181	5.948	7.210	6.091	7.361
	0.95	0.92	5.152	6.520	5.293	6.673	5.351	6.760	5.493	6.914
		0.93	4.963	6.248	5.103	6.393	5.129	6.444	5.272	6.597
		0.94	4.999	6.183	5.139	6.332	5.140	6.348	5.271	6.494
	0.955	0.92	4.433	5.730	4.564	5.873	4.614	5.949	4.749	6.093
		0.93	4.210	5.429	4.341	5.571	4.363	5.614	4.495	5.758
		0.94	4.204	5.333	4.331	5.477	4.330	5.487	4.458	5.627
0.005	0.945	0.92	6.260	7.777	6.409	7.933	6.498	8.061	6.650	8.226
		0.93	5.976	7.389	6.124	7.550	6.179	7.635	6.329	7.795
		0.94	5.896	7.199	6.037	7.352	6.060	7.398	6.204	7.554
	0.95	0.92	5.567	7.004	5.705	7.157	5.784	7.270	5.927	7.427
		0.93	5.253	6.609	5.393	6.757	5.438	6.831	5.580	6.984
		0.94	5.137	6.389	5.276	6.534	5.292	6.572	5.430	6.724
	0.955	0.92	4.877	6.242	5.006	6.386	5.076	6.488	5.213	6.634
		0.93	4.534	5.824	4.665	5.969	4.706	6.033	4.843	6.179
		0.94	4.382	5.583	4.508	5.722	4.523	5.754	4.651	5.896
0.01	0.945	0.92	6.670	8.288	6.850	8.452	6.962	8.610	7.115	8.775
		0.93	6.302	7.791	6.448	7.951	6.520	8.059	6.676	8.224
		0.94	6.072	7.459	6.221	7.612	6.262	7.677	6.406	7.839
	0.95	0.92	6.028	7.548	6.173	7.705	6.274	7.845	6.421	8.004
		0.93	5.603	7.039	5.751	7.191	5.815	7.290	5.961	7.445
		0.94	5.353	6.682	5.496	6.833	5.526	6.890	5.667	7.040
	0.955	0.92	5.372	6.811	5.505	6.958	5.596	7.086	5.733	7.236
		0.93	4.924	6.291	5.060	6.436	5.119	6.524	5.255	6.674
		0.94	4.636	5.911	4.769	6.052	4.797	6.105	4.931	6.247

4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율

- 조건별 장기균형이자율 산출($\rho=-3, \sigma=0.25, \nu=0.4, \xi=0.6$)

(단위 : %)

$\alpha=0.647$			b=0.35				b=0.4			
			e=0.015		e=0.02		e=0.015		e=0.02	
n	ω	γ	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2
0	0.945	0.92	6.612	8.115	6.760	8.274	6.840	8.390	6.989	8.554
		0.93	6.341	7.739	6.486	7.896	6.533	7.968	6.677	8.128
		0.94	6.291	7.571	6.433	7.722	6.448	7.757	6.589	7.907
	0.95	0.92	5.887	7.320	6.027	7.472	6.097	7.574	6.241	7.730
		0.93	5.589	6.931	5.731	7.081	5.768	7.145	5.911	7.296
		0.94	5.507	6.743	5.647	6.886	5.653	6.916	5.794	7.061
	0.955	0.92	5.167	6.527	5.300	6.670	5.362	6.761	5.497	6.908
		0.93	4.841	6.122	4.977	6.265	5.009	6.318	5.144	6.463
		0.94	4.728	5.907	4.856	6.046	4.861	6.070	4.994	6.205
0.005	0.945	0.92	7.069	8.115	7.220	8.818	7.323	8.962	7.475	9.127
		0.93	6.672	7.739	6.821	8.311	6.885	8.407	7.037	8.570
		0.94	6.467	7.571	6.609	7.979	6.640	8.036	6.787	8.192
	0.95	0.92	6.370	7.320	6.513	8.040	6.609	8.171	6.754	8.330
		0.93	5.957	6.931	6.099	7.526	6.155	7.615	6.299	7.771
		0.94	5.723	6.743	5.862	7.181	5.886	7.228	6.028	7.380
	0.955	0.92	5.680	6.527	5.814	7.267	5.899	7.383	6.035	7.534
		0.93	5.246	6.122	5.379	6.744	5.431	6.823	5.566	6.971
		0.94	4.979	5.907	5.112	6.379	5.133	6.421	5.267	6.556
0.01	0.945	0.92	7.585	9.255	7.736	9.422	7.865	9.600	8.021	9.770
		0.93	7.076	8.637	7.224	8.800	7.314	8.927	7.465	9.092
		0.94	6.728	8.173	6.878	8.330	6.926	8.410	7.073	8.567
	0.95	0.92	6.914	8.510	7.057	8.669	7.178	8.834	7.324	8.996
		0.93	6.390	7.891	6.532	8.047	6.612	8.164	6.759	8.321
		0.94	6.022	7.412	6.163	7.562	6.205	7.636	6.348	7.786
	0.955	0.92	6.244	7.768	6.382	7.916	6.489	8.068	6.630	8.221
		0.93	5.712	7.145	5.846	7.295	5.919	7.401	6.057	7.549
		0.94	5.314	6.652	5.448	6.799	5.488	6.861	5.622	7.011

4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율 : 100년 만기 이자율

장기균형이자율에 따른 100년 만기 이자율($\alpha=0.687$)

(단위 : %)

$\alpha=0.687$			b=0.35				b=0.4			
			e=0.015		e=0.02		e=0.015		e=0.02	
n	ω	γ	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2
0	0.945	0.92	4.354	5.383	4.467	5.504	4.506	5.567	4.623	5.690
		0.93	4.324	5.288	4.432	5.406	4.450	5.440	4.562	5.561
		0.94	4.476	5.364	4.579	5.478	4.580	5.490	4.684	5.604
	0.95	0.92	3.812	4.783	3.916	4.897	3.950	4.951	4.055	5.065
		0.93	3.750	4.665	3.855	4.774	3.866	4.806	3.971	4.919
		0.94	3.870	4.717	3.971	4.822	3.967	4.831	4.067	4.938
	0.955	0.92	3.282	4.192	3.378	4.299	3.406	4.346	3.504	4.453
		0.93	3.190	4.051	3.288	4.154	3.296	4.178	3.399	4.283
		0.94	3.271	4.069	3.369	4.174	3.362	4.177	3.453	4.278
0.005	0.945	0.92	4.586	5.666	4.696	5.786	4.750	5.867	4.863	5.995
		0.93	4.455	5.470	4.565	5.590	4.598	5.642	4.705	5.760
		0.94	4.487	5.426	4.592	5.539	4.607	5.567	4.709	5.685
	0.95	0.92	4.064	5.086	4.168	5.201	4.217	5.275	4.323	5.391
		0.93	3.910	4.870	4.012	4.985	4.036	5.030	4.142	5.145
		0.94	3.911	4.802	4.009	4.912	4.014	4.931	4.122	5.045
	0.955	0.92	3.557	4.518	3.653	4.625	3.696	4.688	3.796	4.798
		0.93	3.378	4.282	3.475	4.391	3.498	4.429	3.594	4.536
		0.94	3.346	4.193	3.438	4.294	3.442	4.311	3.540	4.417
0.01	0.945	0.92	4.855	5.993	4.968	6.116	5.040	6.219	5.154	6.345
		0.93	4.642	5.707	4.750	5.826	4.793	5.898	4.906	6.020
		0.94	4.562	5.555	4.670	5.669	4.690	5.713	4.798	5.834
	0.95	0.92	4.355	5.435	4.463	5.550	4.524	5.642	4.632	5.761
		0.93	4.116	5.134	4.223	5.250	4.260	5.310	4.368	5.427
		0.94	4.010	4.961	4.113	5.071	4.131	5.105	4.236	5.217
	0.955	0.92	3.868	4.885	3.967	4.995	4.025	5.078	4.124	5.188
		0.93	3.610	4.572	3.708	4.680	3.741	4.732	3.847	4.844
		0.94	3.475	4.374	3.573	4.482	3.582	4.509	3.687	4.615

4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율 : 100년 만기 이자율

장기균형이자율에 따른 100년 만기 이자율($\alpha=0.667$)

(단위 : %)

$\alpha=0.667$			b=0.35				b=0.4			
			e=0.015		e=0.02		e=0.015		e=0.02	
n	ω	γ	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2
0	0.945	0.92	4.897	5.980	5.008	6.102	5.055	6.176	5.169	6.299
		0.93	4.778	5.790	4.888	5.908	4.916	5.953	5.025	6.075
		0.94	4.837	5.765	4.942	5.878	4.948	5.900	5.055	6.014
	0.95	0.92	4.352	5.378	4.457	5.493	4.500	5.559	4.607	5.676
		0.93	4.211	5.173	4.315	5.282	4.335	5.321	4.441	5.436
		0.94	4.238	5.124	4.342	5.236	4.343	5.248	4.441	5.358
	0.955	0.92	3.817	4.784	3.914	4.891	3.951	4.948	4.052	5.057
		0.93	3.652	4.559	3.749	4.665	3.765	4.697	3.863	4.805
		0.94	3.648	4.487	3.742	4.595	3.741	4.602	3.836	4.707
0.005	0.945	0.92	5.182	6.330	5.294	6.448	5.361	6.546	5.476	6.671
		0.93	4.969	6.035	5.080	6.157	5.121	6.222	5.234	6.343
		0.94	4.909	5.891	5.015	6.007	5.032	6.042	5.140	6.160
	0.95	0.92	4.662	5.744	4.765	5.859	4.825	5.945	4.932	6.064
		0.93	4.427	5.445	4.532	5.557	4.565	5.613	4.672	5.728
		0.94	4.341	5.279	4.444	5.389	4.456	5.417	4.559	5.532
	0.955	0.92	4.147	5.169	4.243	5.277	4.295	5.354	4.397	5.464
		0.93	3.892	4.855	3.989	4.963	4.020	5.012	4.122	5.121
		0.94	3.779	4.674	3.873	4.778	3.884	4.802	3.979	4.909
0.01	0.945	0.92	5.491	6.719	5.627	6.844	5.712	6.964	5.828	7.090
		0.93	5.214	6.340	5.324	6.462	5.378	6.544	5.496	6.670
		0.94	5.041	6.088	5.153	6.204	5.184	6.254	5.292	6.377
	0.95	0.92	5.008	6.156	5.117	6.275	5.193	6.381	5.303	6.502
		0.93	4.689	5.770	4.800	5.885	4.848	5.960	4.957	6.078
		0.94	4.502	5.500	4.609	5.614	4.631	5.657	4.737	5.771
	0.955	0.92	4.516	5.598	4.616	5.709	4.684	5.806	4.786	5.919
		0.93	4.182	5.206	4.283	5.315	4.327	5.381	4.429	5.494
		0.94	3.968	4.920	4.067	5.026	4.087	5.066	4.187	5.172

4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율 : 100년 만기 이자율

장기균형이자율에 따른 100년 만기 이자율($\alpha=0.647$)

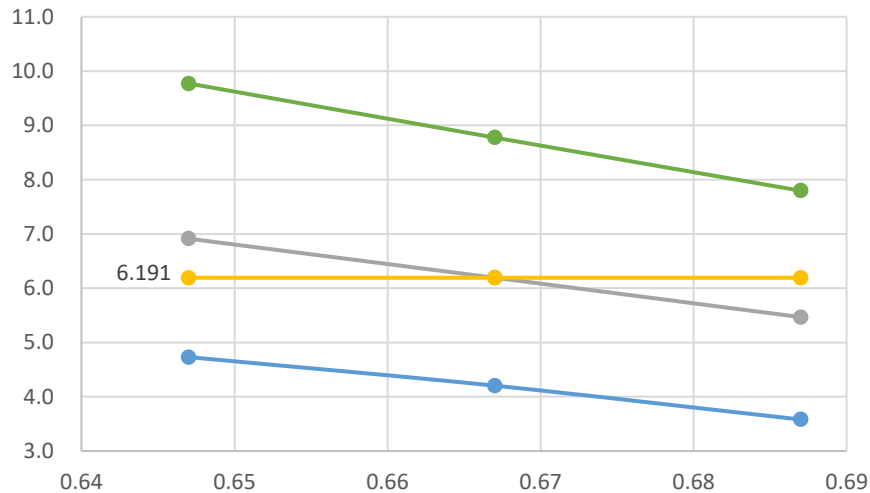
(단위 : %)

$\alpha=0.647$			b=0.35				b=0.4			
			e=0.015		e=0.02		e=0.015		e=0.02	
n	ω	γ	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2	g=0.15	g=0.2
0	0.945	0.92	5.447	6.587	5.559	6.708	5.620	6.796	5.732	6.921
		0.93	5.243	6.301	5.352	6.420	5.388	6.475	5.496	6.597
		0.94	5.206	6.173	5.312	6.288	5.324	6.314	5.430	6.429
	0.95	0.92	4.902	5.983	5.007	6.098	5.060	6.176	5.168	6.294
		0.93	4.678	5.688	4.785	5.802	4.813	5.850	4.920	5.965
		0.94	4.617	5.546	4.722	5.654	4.726	5.677	4.832	5.787
	0.955	0.92	4.363	5.383	4.462	5.491	4.509	5.560	4.610	5.671
		0.93	4.120	5.078	4.221	5.186	4.245	5.226	4.346	5.335
		0.94	4.036	4.917	4.131	5.021	4.135	5.039	4.234	5.141
0.005	0.945	0.92	5.793	6.587	5.907	7.123	5.985	7.233	6.100	7.359
		0.93	5.493	6.301	5.605	6.736	5.654	6.809	5.769	6.934
		0.94	5.338	6.173	5.445	6.483	5.469	6.527	5.580	6.645
	0.95	0.92	5.265	5.983	5.373	6.530	5.445	6.629	5.555	6.751
		0.93	4.954	5.688	5.061	6.139	5.103	6.207	5.212	6.325
		0.94	4.779	5.546	4.883	5.878	4.901	5.913	5.008	6.028
	0.955	0.92	4.747	5.383	4.847	5.943	4.911	6.031	5.013	6.145
		0.93	4.422	5.078	4.521	5.547	4.560	5.607	4.661	5.719
		0.94	4.223	4.917	4.322	5.272	4.338	5.303	4.438	5.405
0.01	0.945	0.92	6.184	7.457	6.299	7.585	6.397	7.722	6.515	7.852
		0.93	5.798	6.985	5.910	7.109	5.978	7.206	6.093	7.333
		0.94	5.535	6.631	5.648	6.751	5.685	6.812	5.796	6.931
	0.95	0.92	5.676	6.888	5.784	7.009	5.875	7.135	5.986	7.259
		0.93	5.280	6.416	5.387	6.535	5.447	6.624	5.558	6.744
		0.94	5.003	6.053	5.109	6.166	5.141	6.223	5.248	6.337
	0.955	0.92	5.170	6.323	5.274	6.435	5.355	6.551	5.461	6.668
		0.93	4.771	5.850	4.871	5.964	4.926	6.044	5.030	6.157
		0.94	4.473	5.478	4.573	5.589	4.603	5.635	4.703	5.749

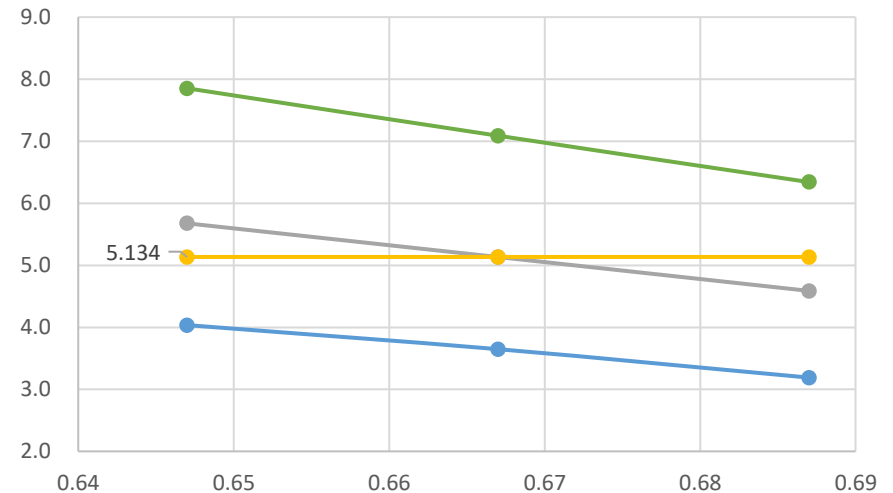
4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율 : 정부재정 및 정책 변화 IV. 장기균형이자율 산출

■ 노동소득분배율(α)에 따른 장기균형이자율과 100년 만기 이자율

장기균형이자율과 노동소득분배율(α)



100년 만기 이자율과 노동소득분배율(α)



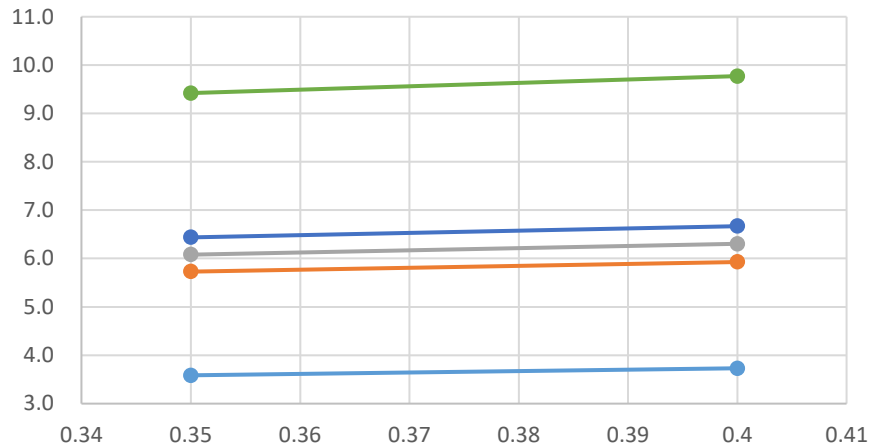
- 전체 UFR 중 $\alpha=0.647$, $\alpha=0.667$, $\alpha=0.87$ 일 때 최소값과 최대값의 조건
 - 최대값 조건 : $b=0.4$, $e=0.02$, $g=0.2$, $\omega=0.945$, $\gamma=0.92$
 - 최소값 조건 : $b=0.35$, $e=0.015$, $g=0.15$, $\omega=0.955$, $\gamma=0.93$, $0.92(\alpha=0.687$ 일 때)



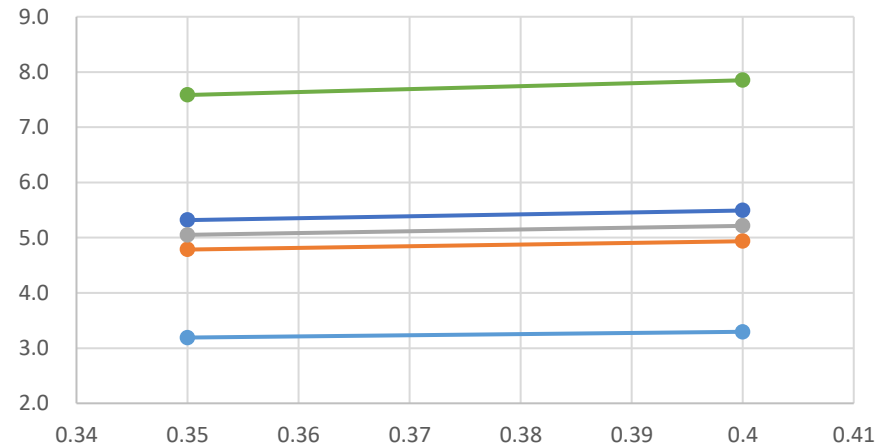
4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율 : 정부재정 및 정책 변화 IV. 장기균형이자율 산출

정부부채(b)에 따른 장기균형이자율과 100년 만기 이자율

장기균형이자율과 정부부채(b)



100년 만기 이자율과 정부부채(b)



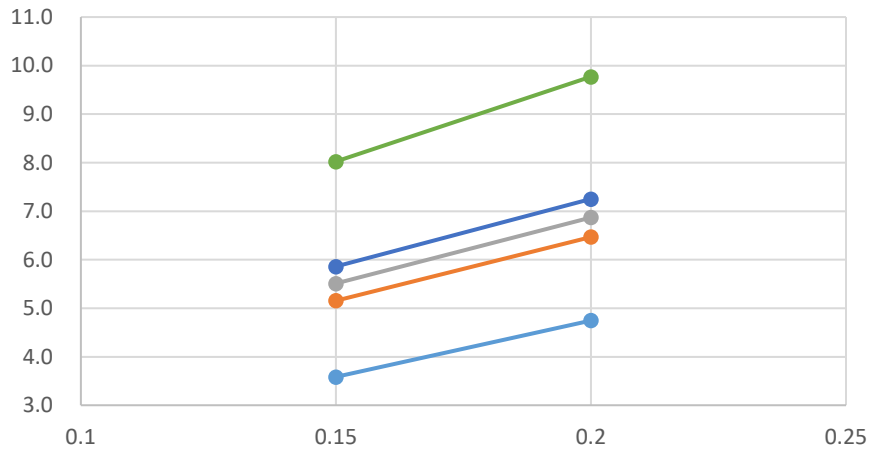
- 전체 UFR 중 $b=0.35, b=0.4$ 일 때 최소값과 최대값의 조건
 - 최대값 조건 : $\alpha=0.647, e=0.02, g=0.15, \omega=0.945, \gamma=0.92$
 - 최소값 조건 : $\alpha=0.687, e=0.015, g=0.15, \omega=0.955, \gamma=0.93$

●	$\alpha=0.647$ 과 $\alpha=0.667$ 의 평균
●	$\alpha=0.667$ 과 $\alpha=0.687$ 의 평균
●	평균
●	최대
●	최소

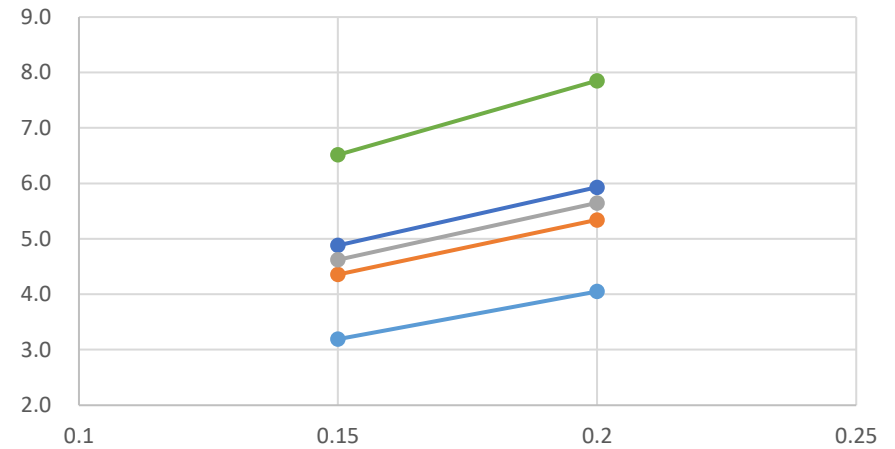
4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율 : 정부재정 및 정책 변화 IV. 장기균형이자율 산출

정부지출(g)에 따른 장기균형이자율과 100년 만기 이자율

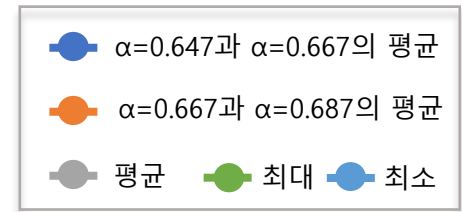
장기균형이자율과 정부지출(g)



100년 만기 이자율과 정부지출(g)



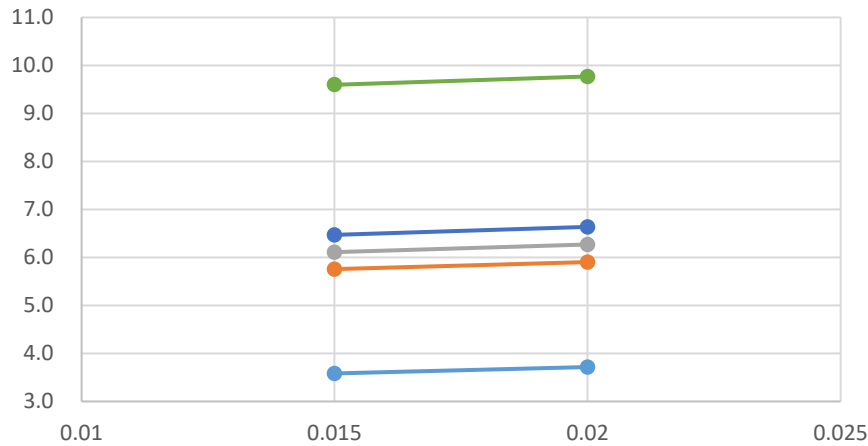
- 전체 UFR 중 $g=0.15$, $g=0.2$ 일 때 최소값과 최대값의 조건
 - 최소값 조건 : $\alpha=0.687$, $b=0.35$, $e=0.015$, $\omega=0.955$, $\gamma=0.93$
 - 최대값 조건 : $\alpha=0.647$, $b=0.4$, $e=0.02$, $\omega=0.945$, $\gamma=0.92$



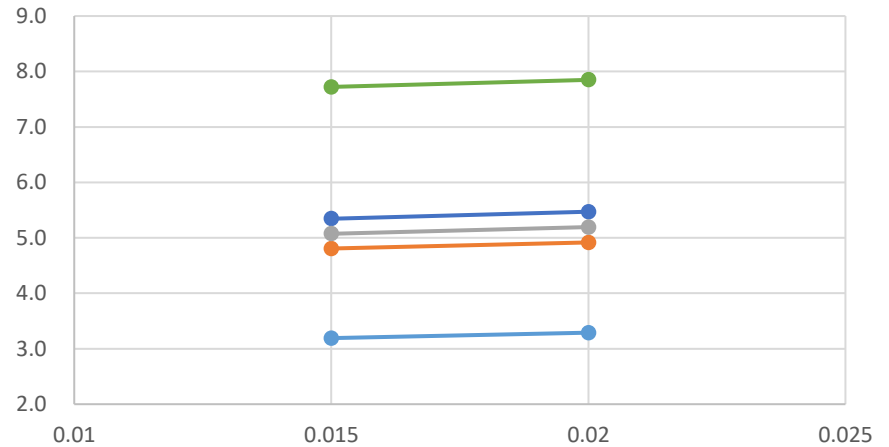
4. 경제 상황 변화에 따른 장기균형이자율 : 정부재정 및 정책 변화 IV. 장기균형이자율 산출

■ 사회보장지출(e)에 따른 장기균형이자율과 100년 만기 이자율

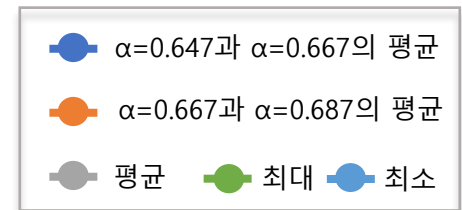
장기균형이자율과 사회보장지출(e)



100년 만기 이자율과 사회보장지출(e)

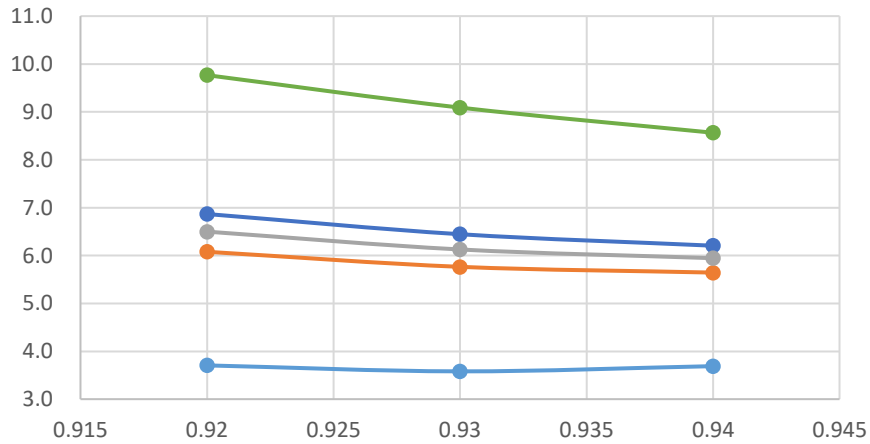


- 전체 UFR 중 $e=0.015$, $e=0.02$ 일 때 최소값과 최대값의 조건
 - 최소값 조건 : $\alpha=0.687$, $b=0.35$, $g=0.15$, $\omega=0.955$, $\gamma=0.93$
 - 최대값 조건 : $\alpha=0.647$, $b=0.4$, $g=0.02$, $\omega=0.945$, $\gamma=0.92$

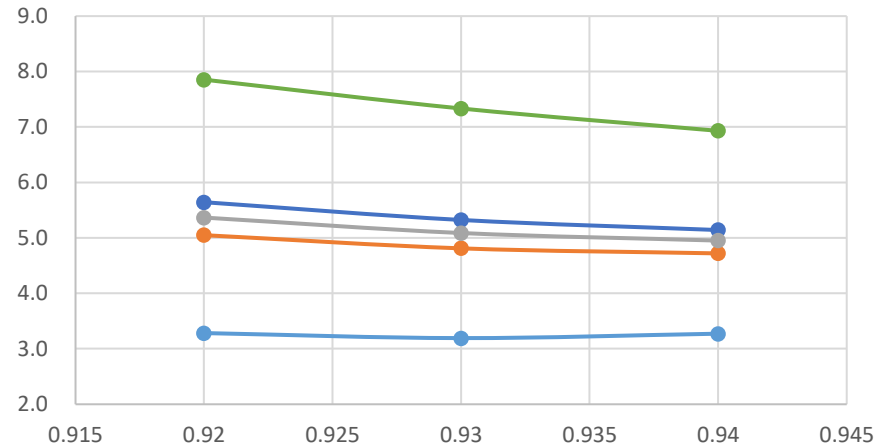


▪ 은퇴확률(γ)에 따른 장기균형이자율과 100년 만기 이자율

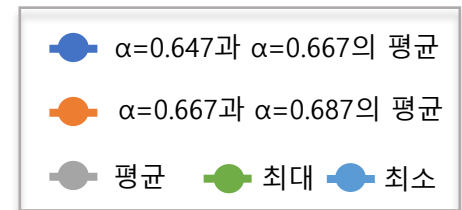
장기균형이자율과 은퇴확률(γ)



100년 만기 이자율과 은퇴확률(γ)

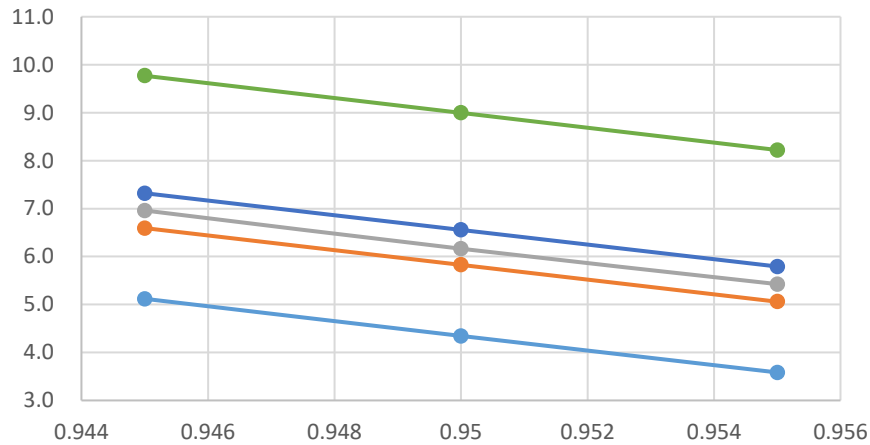


- 전체 UFR 중 $\gamma=0.92$, $\gamma=0.93$, $\gamma=0.94$ 일 때 최소값과 최대값의 조건
 - 최소값 조건 : $\alpha=0.687$, $b=0.35$, $e=0.015$, $g=0.15$, $\omega=0.955$
 - 최대값 조건 : $\alpha=0.647$, $b=0.4$, $e=0.02$, $g=0.2$, $\omega=0.945$

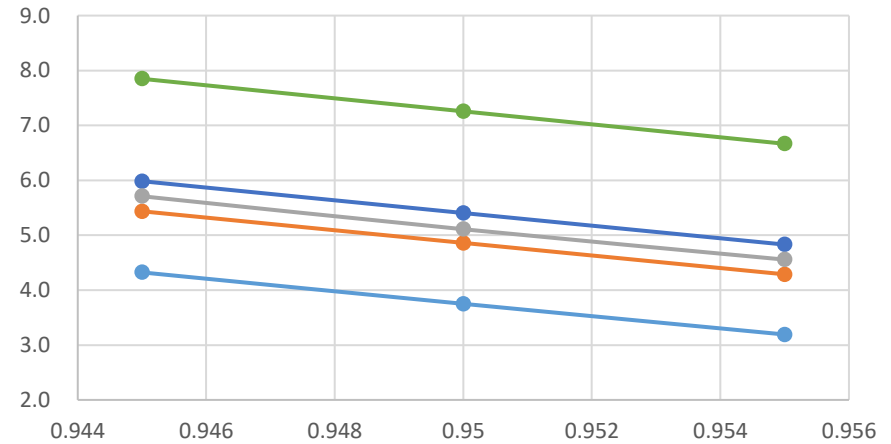


■ 은퇴확률(ω)에 따른 장기균형이자율과 100년 만기 이자율

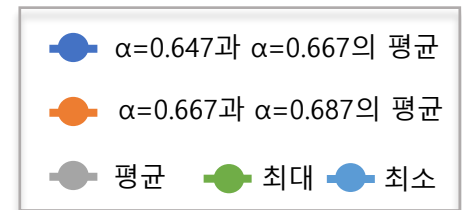
장기균형이자율과 노동확률(ω)



100년 만기 이자율과 노동확률(ω)

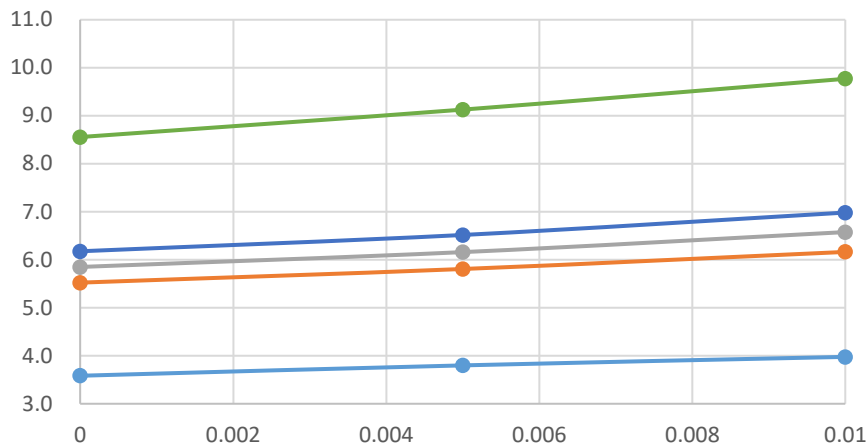


- 전체 UFR 중 $\omega=0.945$, $\omega=0.95$, $\omega=0.955$ 일 때 최소값과 최대값의 조건
 - 최소값 조건 : $\alpha=0.687$, $b=0.35$, $e=0.015$, $g=0.15$, $\gamma=0.93$
 - 최대값 조건 : $\alpha=0.647$, $b=0.4$, $e=0.02$, $g=0.2$, $\gamma=0.92$

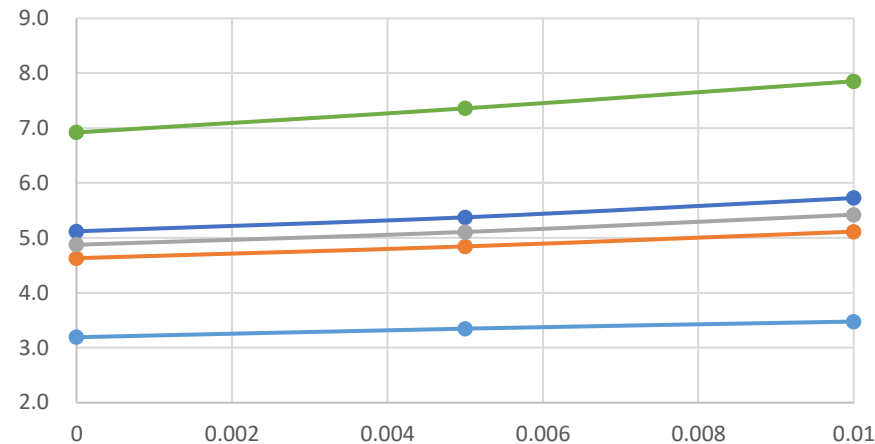


노동력증가율(n)에 따른 장기균형이자율과 100년 만기 이자율

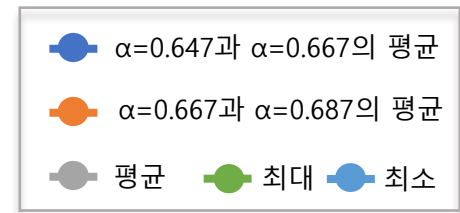
장기균형이자율과 노동력증가율(n)



100년 만기 이자율과 노동력증가율(n)



- 전체 UFR 중 $n=0$, $n=0.005$, $n=0.01$ 일 때 최소값과 최대값의 조건
 - 최소값 조건 : $\alpha=0.687$, $b=0.35$, $e=0.015$, $g=0.15$, $\omega=0.955$, $\gamma=0.94$, $0.93(n=0$ 일 때)
 - 최대값 조건 : $\alpha=0.647$, $b=0.4$, $e=0.02$, $g=0.2$, $\omega=0.945$, $\gamma=0.92$



5. Lee et al.(2021) 모델 장기균형이자율 산출 장점

- 제안된 방법론의 장점
 - 장기균형이자율의 결정이 미래의 기대여명, 노동기간, 경제주체의 최적 의사결정 방식정식을 고려한 장기적 균형 모형
 - 과거 데이터의 의존도가 상대적으로 낮음
 - 모수 추정이 용이
 - 미래의 인구 추세 반영 가능
 - 장기적 전망이 가능하고 민감도 분석 용이
 - 계산시간 빠름
 - 외삽 방법론에 대한 이슈가 적음.
 - 기존의 이자율 곡선을 장기균형이자율과 smoothing technique 사용 가능

1. 기본가정 : 노동자와 은퇴자의 은퇴확률과 생존확률

- 은퇴자와 노동자 두 세대가 공존하는 경제를 가정
 - 개인은 노동자로 태어나고, 일생은 노동자와 은퇴자 두 기간으로 나누어짐.
 - 다음 기간에 노동자가 계속 노동을 할 확률 : ω
 - 다음 기간에 노동자가 은퇴할 확률 : $1 - \omega$
 - 노동자는 사망하지 않고 은퇴자 이후에만 사망
 - 은퇴자의 생존 확률 : γ
 - 전이 확률

	Worker	Retiree
생존률	N/A	γ
사망률	N/A	$1 - \gamma$
다음 기간에 계속 노동을 할 확률	ω	γ
다음 기간에 노동을 하지 않을 확률	$1 - \omega$	$1 - \gamma$

1. 기본 가정 : 인구 변동

▪ 노동자와 은퇴자의 인구

- N_t : t 기간에 전체 노동자의 수
- 노동자의 수 : $N_{t+1} = (1 + n)N_t = \omega N_t + (1 - \omega + n)N_t$
 - 노동자의 수는 매 기간 상수 n 만큼 증가
- 은퇴자의 수 : $\psi N_{t+1} = (1 + n)\psi N_t = (1 - \omega)N_t + \gamma\psi N_t$
- 노동자 대비 은퇴자의 비율 : $\psi = \frac{(1-\omega)}{1+n-\gamma}$

$$\sum_{s=1}^{\infty} \gamma^{s-1} (1 - \omega) N_{t-s} = \sum_{s=1}^{\infty} \gamma^{s-1} (1 - \omega) \frac{N_t}{(1+n)^s} = \frac{(1-\omega)N_t}{1+n} \sum_{s=1}^{\infty} \left(\frac{\gamma}{1+n}\right)^{s-1} = \frac{(1-\omega)N_t}{1+n-\gamma}$$

1. 기본가정 : Actuarial note와 효용함수

Actuarial note

- 사망 시점에 대한 불확실성의 영향을 제거하기 위해 은퇴자는 actuarial note를 구입
 - 은퇴자의 수익률 : R_t/γ

선호(preference)

- Farmer (1990)에서 제안된 CES non-expected 효용 함수를 사용

$$- V_t^i = [\{(C_t^i)^v(1 - l_t^i)^{1-v}\}^\rho + \beta^i \{E_t(V_{t+1}|i)\}^\rho]^{1/\rho} \text{ with } \beta^w = \beta, \beta^r = \beta\gamma.$$

✓ $E_t(V_{t+1}|i)$: 효용의 기댓값($i = w$ (노동자), r (은퇴자))

$$\bullet E_t(V_{t+1}|w) = \omega V_{t+1}^w + (1 - \omega)V_{t+1}^r, E_t(V_{t+1}|r) = V_{t+1}^r$$

✓ β^i : 주관적 할인 요소

✓ ρ : 곡률 모수(curvature parameter)

✓ $\sigma = 1/(1 - \rho)$: 시간대체탄력성(intertemporal elasticity of substitution)

2. 개인의 의사결정

- 노동공급의 탄력성을 가정
 - 노동자와 은퇴자는 시간을 일을 하거나 여가를 하는데 사용
 - 노동자 뿐만 아니라 은퇴자도 일을 할 수 있고, 은퇴자는 노동자보다 생산성이 떨어진다. ($W^w = W_t$, $W^r = \xi W_t$, $\xi \in (0,1)$)

2. 개인의 의사결정 : 은퇴자의 의사결정

▪ 은퇴자의 의사 결정 문제

- Maximize $V_t^r = [\{(C_t^r)^v (1 - l_t^r)^{1-v}\}^\rho + \beta\gamma\{V_{t+1}^r\}^\rho]^{1/\rho}$

$$\text{조건 } A_{t+1}^r = \frac{R_t}{\gamma} A_t^r + W_t^r l_t^r + E_t - C_t^r$$

(A_t^r : 금융자산, $W_t^r l_t^r$: 노동소득, E_t : 사회보장혜택, C_t^r : 소비)

- 최적 소비: $C_t^r = \varepsilon_t \pi_t \left(\frac{R_t}{\gamma} A_t^r + H_t^r + S_t^r \right)$

$$- \quad \varepsilon_t \pi_t = 1 - \left[\left(\frac{W_t^r}{W_{t+1}^r} \right)^{(1-v)} R_{t+1} \right]^{\sigma-1} \beta^\sigma \gamma \frac{\varepsilon_t \pi_t}{\varepsilon_{t+1} \pi_{t+1}}$$

$$- \quad H_t^r = W_t^r l_t^r + \frac{1}{R_{t+1}} \gamma H_{t+1}^r \quad (\text{인적 자산})$$

$$- \quad S_t^r = E_t + \frac{1}{R_{t+1}} \gamma S_{t+1}^r \quad (\text{사회보장자산})$$

2. 개인의 의사결정 : Lee et al. (2021) 모델 - 노동자의 의사결정

▪ 노동자의 의사 결정 문제

- Maximize $V_t^w = [\{(C_t^w)^v(1 - l_t^w)^{1-v}\}^\rho + \beta\{\omega V_{t+1}^w + (1 - \omega)V_{t+1}^r\}^\rho]^{1/\rho}$

$$\text{조건 } A_{t+1}^w = R_t A_t^w + W_t l_t^w - C_t^w$$

(A_t^w : 금융자산, $W_t l_t^w$: 노동소득, C_t^w : 소비)

- 최적 소비 : $C_t^w = \pi_t(R_t A_t^w + H_t^w + S_t^w)$

$$- \pi_t = 1 - \left[\left(\frac{W_t}{W_{t+1}}\right)^{(1-v)} R_{t+1} \Omega_{t+1}\right]^{\sigma-1} \beta^\sigma \frac{\pi_t}{\pi_{t+1}}$$

$$- H_t^w = W_t l_t^w + \frac{1}{R_{t+1}} \left[\frac{\omega}{\Omega_{t+1}} H_{t+1}^w + \left(1 - \frac{\omega}{\Omega_{t+1}}\right) \gamma H_{t+1}^r\right] \text{ (인적 자산)}$$

$$- S_t^w = \frac{1}{R_{t+1}} \left[\frac{\omega}{\Omega_{t+1}} (S_{t+1}^w) + \left(1 - \frac{\omega}{\Omega_{t+1}}\right) \gamma S_{t+1}^r\right] \text{ (사회보장자산)}$$

$$\checkmark \Omega_{t+1} = \omega + (1 - \omega) \frac{1}{\gamma} (\varepsilon_{t+1})^{1-\sigma} \chi \left(\chi = \left(\frac{1}{\xi}\right)^{1-v}, \xi = \frac{W_{t+1}^r}{W_{t+1}}\right)$$

* Lee, Ryu and Son (2021) Risk-adjusted valuation in the worker's economic decision making, Finance Research Letters

2. 개인의 의사결정 : Lee et al. (2021) 모델 - 총소비와 총자산

- 같은 세대의 사람들은 동일한 소비성향을 가지며, 개별 소비 함수를 합산하여 총 소비함수 도출 가능
- 위첨자 · 은 합산(aggregate)을 나타낸다.

• 총소비

- 노동자 : $C_t^{w\cdot} = \pi_t [R_t(1 - \lambda_t^r)A_t + H_t^{w\cdot} + S_t^{w\cdot}]$

$$H_t^{w\cdot} = W_t L_t^w - T_t + \frac{1}{(1+n)R_{t+1}} \frac{\omega}{\Omega_{t+1}} H_{t+1}^{w\cdot} + \frac{1}{(1+n)R_{t+1}} \left(1 - \frac{\omega}{\Omega_{t+1}}\right) \gamma H_{t+1}^{r\cdot}$$

$$S_t^{w\cdot} = \frac{1}{(1+n)R_{t+1}} \frac{\omega}{\Omega_{t+1}} S_{t+1}^{w\cdot} + \frac{1}{(1+n)R_{t+1}} \left(1 - \frac{\omega}{\Omega_{t+1}}\right) \gamma S_{t+1}^{r\cdot}$$

- 은퇴자 : $C_t^{r\cdot} = \varepsilon_t \pi_t [R_t \lambda_t^r A_t + H_t^{r\cdot} + S_t^{r\cdot}]$

$$H_t^{r\cdot} = W_t^r L_t^r + \frac{1}{(1+n)R_{t+1}} \gamma H_{t+1}^{r\cdot}$$

$$S_t^{r\cdot} = E_t + \frac{1}{(1+n)R_{t+1}} \gamma S_{t+1}^{r\cdot}$$

- 총소비 : $C_t = \pi_t [\{1 + (\varepsilon_t - 1)\lambda_t^r\} R_t A_t + (H_t^{w\cdot} + S_t^{w\cdot}) + \varepsilon_t (H_t^{r\cdot} + S_t^{r\cdot})]$

- 자산의 몫(Share of assets)

- 노동자 : $\lambda_t^w A_{t+1} = (1 - \lambda_{t+1}^r) A_{t+1} = \omega [R_t \lambda_t^w A_t + W_t L_t^w - T_t - C_t^w]$

- $[R_t \lambda_t^w A_t + W_t L_t^w - T_t - C_t^w] = \frac{(1 - \lambda_{t+1}^r)}{\omega} A_{t+1}$

- 은퇴자 : $\lambda_{t+1}^r A_{t+1} = R_t \lambda_t^r A_t + W_t^r L_t^r + E_t - C_t^r + (1 - \omega) [(1 - \lambda_t^r) R_t A_t + W_t L_t^w - T_t - C_t^w]$

- $\lambda_{t+1}^r = \omega (1 - \varepsilon_t \pi_t) R_t \lambda_t^r \frac{A_t}{A_{t+1}} + \omega [W_t L_t^w + E_t - \varepsilon_t \pi_t (H_t^r + S_t^r)] \frac{1}{A_{t+1}} + (1 - \omega)$

3. 생산과 정부 : 생산

▪ 생산함수(Production Function)

- Closed and competitive economy
- 콥-더글라스 생산함수(Cobb-Douglas production) : $Y_t = (X_t L_t)^\alpha K_t^{1-\alpha}$

- X_t : 외생적으로 x 만큼 증가하는 기술

- L_t : 총노동 ($L_t = L_t^w + \xi L_t^r$)

$$\text{노동자} : L_t^w = N_t - \frac{(1-v)/v}{W_t} C_t^w$$

- K_t : 자본, δ : 자본의 감가상각률

- α : 노동 소득 몫, $1 - \alpha$: 자본 소득 몫

- $W_t = \alpha Y_t / L_t$: 임금

- $R_t = (1 - \alpha) Y_t / K_t + (1 - \delta)$: 총자본수익률

3. 생산과 정부 : 정부부채와 자본

- 재정 및 사회보장정책을 시행하는 정부가 존재함

- 사회보장혜택은 은퇴자에게만 지급되고 세금은 정부정책자금조달을 위해 노동자에게만 부과됨

- 정부의 예산제약식

- $B_{t+1} = R_t B_t + G_t + E_t - T_t$

(B_t : 정부부채, G_t : 정부지출, E_t : 총사회보장혜택, T_t : 총 세금)

- $B_t = \bar{b}_t Y_t, G_t = \bar{g}_t Y_t, E_t = \bar{e}_t Y_t$

- 금융자산은 자본과 정부 부채의 합과 같음

- $A_t = K_t + B_t$

- 자본은 다음과 같이 증가

- $K_{t+1} = Y_t - C_t - G_t + (1 - \delta)K_t$

4. Lee et al. (2021) 모델 - 정상 상태 방정식

- 정상상태에서 모든 수량변수는 외생적으로 유효노동증가율 $(1 + x)(1 + n)$ 만큼 증가
- GDP로 정규화 시킨 변수가 사용
- 정상 상태 방정식(Steady state equations)
 - 입력 변수: $\xi, \gamma, \omega, \alpha, \beta, \sigma, b, e, g, n, x$
 - 자본
 - $[(1 + x)(1 + n) - 1 + \delta]k = 1 - c - g$
 - 총자본수익률(장기균형이자율)
 - $R = (1 - \alpha)k^{-1} + (1 - \delta)$
 - 세금
 - $\tau = [R - (1 + x)(1 + n)]b + g + e$

4. Lee et al. (2021) 모델 - 정상 상태 방정식

- 할인 조정 요소(risk adjusted factor)

$$- \Omega = [\omega + (1 - \omega) \frac{1}{\gamma} (\varepsilon_{t+1})^{\frac{1}{1-\sigma}} \chi]$$

- 소비 성향(propensity to consume out of wealth)

$$- \varepsilon\pi = 1 - [(\frac{1}{1+x})^{(1-v)} R]^{\sigma-1} \beta^{\sigma} \gamma,$$

$$- \pi = 1 - [(\frac{1}{1+x})^{(1-v)} R \Omega]^{\sigma-1} \beta^{\sigma}$$

- 소비

$$- c = \pi[\{1 + (\varepsilon - 1)\lambda^r\}R(k + b) + (h^w + s^w) + \varepsilon(h^r + s^r)]$$

$$\checkmark c^r = \varepsilon\pi[\lambda^r R(k + b) + (h^r + s^r)], c^w = \pi[(1 - \lambda^r)R(k + b) + (h^w + s^w)]$$

- 인적 자산(Human wealth)

- $h^r = \alpha \frac{L-L^W}{L} / (1 - \frac{(1+x)}{R} \gamma)$

- $h^w = \left[\alpha \frac{L^W}{L} - \tau + \frac{1}{R} (1 - \frac{\omega}{\Omega}) \gamma (1+x) h^r \right] / (1 - \frac{(1+x)}{R\Omega} \omega)$

- ✓ $\frac{L^W}{L} = \frac{N}{L} - \frac{(1-v)}{\alpha v} c^w, \frac{L}{N} = (1 + \xi \psi) \left[1 + \frac{(1-v)}{\alpha v} c \right]^{-1}$

- 사회 보장 자산(Social security wealth)

- $s^r = e / (1 - \frac{(1+x)}{R} \gamma)$

- $s^w = \left[\frac{1}{R} (1 - \frac{\omega}{\Omega}) \gamma (1+x) s^r \right] / (1 - \frac{(1+x)}{R\Omega} \omega)$

- 자산의 몫(share of asset)

- $\lambda^r = \frac{\omega \left[\alpha \frac{L-L^W}{L} + e - \varepsilon \pi (h^r + s^r) \right] (k+b)^{-1} + (1-\omega)(1+x)(1+n)}{(1+x)(1+n) - \omega R (1-\varepsilon \pi)}$

- $\lambda^w = 1 - \lambda^r$

참고문헌

- 금융감독원 보험리스크제도실. (2021). 신지급여력제도 도입기준[잠정안].
- 노건엽. (2021). 신지급여력제도(K-ICS)에서의 할인율에 관한 연구. 리스크 관리연구, 32(4), 29-61.
- 노건엽, 박경국. (2014). IFRS4 2 단계 하에서의보험부채 평가목적 할인율에 관한 연구. 리스크 관리연구, 25(3), 73-111.
- 통계청 국가지표체계(<https://www.index.go.kr/unify/main.do?clasCd=10>)
- 한국은행 경제통계시스템 (<https://ecos.bok.or.kr>)

- Diebold, F. X., Li, C. (2006). Forecasting the term structure of government bond yields. *Journal of econometrics*, 130(2), 337-364.
- EIOPA. (2017). Technical documentation of the methodology to derive EIOPA's risk-free interest rate term structures.
- Gertler, M. (1999). Government debt and social security in a life-cycle economy. In Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy (Vol. 50, pp. 61-110). North-Holland.
- IASB. (2017). IFRS 17 Insurance Contracts.
- IAIS. (2018). IAIS Base Yield Curve Methodology for ICS Version 2.0.
- Lee, H., Ryu, D., & Son, J. (2021). Risk-adjusted valuation in the worker's economic decision making. *Finance Research Letters*, 102408.
- SOCIETY OF ACTUARIES. (2019). Yield Curve Extrapolation Methods.