

보건의료 지출 분석을 위한 미시모의실험모형 구축: 알츠하이머 질병을 중심으로

2022.12.

김정환 · 김우현 · 문형식

KOREA INSTITUTE OF PUBLIC FINANCE

서 언

정책연구에서 시행되고 있는 정책의 효과 분석도 중요하지만, 미래를 미리 예측하고 나아가 그에 대비하여 정책수립에 기반이 되는 연구도 매우 중요하다. 경제학 모형을 활용한 데이터 분석으로 미래를 예측하는 분야 중 하나가 미시모의실험 모형이다. 현재 우리나라는 인구구조 고령화로 인한 재정지출구조의 변화가 진행 중이다. 의료보건재정에 초점을 맞추면 노인장기요양보험의 지출이 크게 늘어나고 있으며, 정부는 2016년에 치매국가책임제를 도입하여 국민의 부담을 줄여주는 반면, 재정의 지출이 가속화되고 있는 실정이다.

재정지출의 큰 변화과정을 맞이하는 현재, 미시모의실험은 시의 적절한 연구주제로서 데이터 실증분석 기반의 정책적 시사점을 도출가능한 방법론으로 각광받고 있다. 본 연구에서는 모의실험을 실증분석에 활용하여 고령층 독거노인 가구의 인지능력 및 노동 공급에 대한 추정치를 제시하고 있으며, 기존 미시모의실험모형의 한계점을 인지하고 개선하기 위한 방안을 구조적 미시모의실험모형의 이론을 통해 제시하며 마무리한다.

본 보고서는 한국조세재정연구원의 김정환 부연구위원과 외부연구진 University of Southern California의 문형식 교수, 서울시립대학교의 김우현 교수가 집필하였다. 저자들은 본 연구에 많은 도움이 되는 논평을 주신 서울대학교 황인욱 교수, 원내의 이은경 박사 그리고 건강보험공단의 이호용 박사와 최종출판까지 행정지원을 해준 본원의 많은 직원들에게 깊은 감사의 뜻을 전한다. 끝으로 본 보고서의 내용은 저자들의 의견이며, 본 연구원의 공식 견해가 아님을 밝힌다.

2022년 12월

한국조세재정연구원

원장 김 재 진

요약 및 정책적 시사점

1. 연구 목적

본 연구의 목적은 미시모의실험모형 개량을 통해 고령층의 알츠하이머 질병 발생과 관련된 여러 가지 변수들을 예측하여, 장기적 관점에서 장기요양보험제도와 같은 의료보건재정정책을 제정할 때 도움이 되는 자료를 제공하기 위함이다.

본 연구의 중요성에 대하여 논하기 위하여 제도적 측면을 간략히 설명하면 다음과 같다. 노인장기요양보험제도는 2008년 7월 도입된 제도로서, 제도의 목적은 65세 이상의 노인 또는 노인성 질병을 가진 65세 미만인 자 중 일상생활을 수행하기 어려운 자에게 장기요양서비스를 제공하는 것이다. 장기요양보험의 재정건전성에 영향을 미치는 장기요양보험 수입은 보험료, 국고지원금, 의료급여부담금, 기타수입으로 구성되어 있으며, 장기요양보험 지출은 보험급여비와 관리운영비 등으로 구성되어 있는데, 노인장기요양보험 재정현황에 대해 살펴보자면, 수입은 2009년 2조 238억원, 2017년 5조 846억원으로 연평균 12.2% 증가 추세에 있으나 지출은 2009년 1조 8,791억원, 2017년 5조 4,139억원으로 연평균 14.1%의 더 큰 증가 추세를 보여 고령화 사회로 가속화와 맞물려 큰 재정적자가 예상된다. 특히 그중에서 치매환자의 장기요양급여 비용이 2017년 2조 9,948억원에 비해 2020년 5조 3,960억원이 지출되었다. 치매환자 등급별 장기요양수급자 비중에서 4~5등급, 인지지원등급의 증가를 관찰할 수 있었으며, 이런 현상은 경증환자의 이용이 늘어 도덕적 해이가 우려되는 상황을 나타내기도 한다. 장기요양재정의 규모도 크지만 증가세도 예상 밖으로 크게 나타나고 있다. 노인장기요양보험 급여 지출은 2017년 5조 2,317억원이었으나 2020년 9조 858억원으로 크게 증가하였다.¹⁾ 이와 같은 현황을 통해 의료보건재정지출을 미리 예측하고 재정건전성을 확보하는 것이 매우 중요한 사실이라는 것을 확인할 수 있다.

1) 『doctorW』, 「2020 노인장기요양보험 통계연보 발간」, 2021. 8. 9., <http://www.doctorw.co.kr/news/articleView.html?idxno=101261>, 검색일자: 2022. 12. 29.

본 연구에서는 위의 문제점을 모의실험을 활용한 구체적인 수치를 예측하는 방법론으로 두 가지 미시모의실험모형을 소개하며 논의를 진행한다. 첫 번째는 기존의 축약형(reduced form) 방정식을 활용한 모의실험모형이며, 두 번째는 구조적모형추정법(structural model estimation)을 활용하여 새롭게 구축하는 미시모의실험모형이다.

기존 모형은 복잡하지 않은 계산법으로 빠르게 모의실험 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 하지만 기존 모형의 핵심적인 한계점으로 지적되는 부분 중 하나는, 정책변화가 가져올 경제 주체의 행태 변화를 반영할 수 없다는 단점이 존재한다는 부분이다.

경제 주체의 상태이전과 행태 변화는 모든 동태적 미시모의실험모형의 중요한 부분으로 사료된다. 상황의 변화에 따른 특정 유인으로 인하여 경제 주체는 행태 변화가 나타나게 되며, 이는 경제 주체의 효용과 관련된 경제 이론에 그 바탕을 두고 있다. 예를 들어 근로 장려세제와 같은 경우에 정책을 수정함에 따라서, 경제 주체들은 노동 공급을 증가시킬 것인지 감소시킬 것인지 결정하여 효용을 극대화하게 된다. 이와 같이 효용에 따른 행태 변화를 기반으로 한 미시모의실험은 정책의 변화에 따른 행태 조정을 설명할 수 있다. 행태 변화를 기반으로 한 미시모의실험은 다른 많은 정책에도 활용이 가능하다. 예를 들어 노동 공급, 은퇴 결정, 소득과 가격이 소비에 미치는 영향, 출산율과 결혼 결정 그리고 사회후생증가 분석 등이 있다.

따라서 본 연구의 목적은 기존 미시모의실험모형을 활용한 결과 분석과 구조적 미시모의실험모형의 이론적 배경 및 이해에 초점을 두었다. 추후 연구에서는 새로 구축한 미시모의실험을 활용하여 실증분석 결과를 포함한 더욱 알찬 내용 구성이 기대된다.

2. 분석 결과 및 정책 시사점

기존 모의실험을 활용한 실증분석 결과와 정책 시사점은 다음과 같다. 고령화패널 자료를 활용하여 만 65세 이상의 독거노인 가구를 대상으로 모의실험을 진행하였다. 장래가구추계자료를 활용하여 인구고령화를 반영하였을 경우 2020년 기준 독거노인

약 148만가구가 2050년에는 약 465만가구로 증가할 것이라는 연구결과를 기반으로, 독거노인 가구의 인지능력분포, 경제활동 참여에 대한 모의실험을 중점적으로 진행하였다.

인지능력을 세 가지로 나누어 정상, 경도인지장애, 치매의심으로 구분하였을 때, 인지능력이 정상 범주에 있는 독거 고령층은 모의실험 기간 동안 전체 독거 고령층의 약 41.8~47.7%를 차지하며, 경도인지장애는 약 29.4~31.8%, 치매의심은 약 21.8~27.5%의 비중으로 나타났다. 2050년 기준 경도인지장애 독거 고령층은 약 148만명, 치매의심층은 약 119만명 규모로 추정되어, 취약한 독거 고령층의 가구 구조에서 약 266만명 규모의 인지장애층이 발생할 것임을 알 수 있다. 이와 같은 분석 결과가 가지는 정책 시사점은 인지장애를 지녔을 것으로 추정되는 독거노인 가구 수가 2050년 약 266만가구로, 2020년 기준 82만가구에서 약 3.3배 증가하여 미래 보건의료, 사회복지 재정 정책 설계 및 재정 운용 측면에서 관심을 기울일 만한 규모라는 점이다. 1인 거주 고령층의 양적 증가 가운데, 특히 2040년 이후로 경도인지장애 및 치매의심 독거 고령층의 증가세가 정상 고령층 대비 지속적으로 상승할 것으로 예측된다.

고령층 가구의 경제활동 참여 여부를 모의실험한 결과, 독거 고령층의 경제활동 참여 규모는 꾸준히 상승하여 2020년 약 21.9만가구에서 2050년 약 63.4만가구에 이를 것으로 나타났다. 2050년 기준으로 인지능력이 정상인 독거 고령층은 약 38만가구, 경도인지장애인 고령층은 약 17만명, 치매가 의심되는 1인 고령층도 약 8만명이 경제활동에 참여하는 것으로 추정되었다. 이러한 취약계층이 경제활동에 참여하는 규모가 작지 않은 것으로 나타나 이에 대한 정책적 관심이 요구될 것으로 보인다.

기존 모의실험으로 얻을 수 있는 위와 같은 결론은 독거노인 가구의 행태 변화를 완전히 반영할 수 없다는 한계점을 지닌다. 따라서 독거노인 가구의 효용함수를 파악하고 건강상태의 변화에 따른 노동시장 참여를 모형화하는 모의실험 모형이 필요하다. 추후 연구에서는 실증분석모형에 현금 지원과 돌봄 지원을 비교하여 독거노인 가구에 더 필요한 지원제도가 무엇인지 정책 시사점을 논의할 수 있을 것으로 기대된다.

목 차

I. 서론	1
II. 선행연구	4
1. 국내연구	4
2. 해외연구	4
III. 알츠하이머 질병 국가책임제 및 장기요양재정 현황	12
IV. 미시모의실험모형을 활용한 제도 효과성 평가	16
1. 기존 미시모의실험모형을 활용한 제도 효과성 평가	16
2. 구조적 미시모의실험모형을 활용한 제도 효과성 평가 이론 소개	33
V. 결론 및 정책적 시사점	47
1. 결론	47
2. 정책적 시사점	48
참고문헌	49
부 록	52
국문 요약	53
Abstract	54

표목차

〈표 II-1〉 선행연구	11
〈표 IV-1〉 고령층 가구 구성별 소득 수준	18
〈표 IV-2〉 건강상태 모듈 포함 변수	20
〈표 IV-3〉 인지능력 분포(고령화연구패널 만 65세 이상 1인 가구, 1~8차 자료)	21
〈표 IV-4〉 건강상태 정보 추정 전략	23
〈표 IV-5〉 1인 거주 고령층 요약 통계	26
〈표 IV-6〉 인지능력 구분에 따른 1인 거주 고령층 요약 통계	27
〈표 IV-7〉 인지능력, 경제활동 참여 회귀 모형 추정 결과	28
〈표 IV-8〉 미시 모의실험 결과(인지능력, 경제활동 참여 분포)	31

그림목차

[그림 II-1] FEM 모형의 구조	5
[그림 II-2] FEM 모형에 포함되는 변수들	6
[그림 III-1] 우리나라 노인장기요양보험 운영체계	12
[그림 III-2] 장기요양급여 종류	14
[그림 IV-1] 고령층 인지능력 및 노동 공급 미시 모의실험 구조	19
[그림 IV-2] 인지능력 분포 모의실험 결과	29
[그림 IV-3] 경제활동 참여 모의실험 결과(인지능력 구분)	30

I. 서론

본 연구의 목적은 고령층의 알츠하이머 질병 발생과 관련된 여러 가지 변수들을 미시모의실험모형을 활용하여, 장기적 관점에서 장기요양보험제도와 같은 의료보건 재정정책을 제정할 때 도움이 되도록 자료를 제공하기 위한 초석이 되는 것이다.

본문에서는 두 가지 미시모의실험모형을 소개하며 논의를 진행한다. 첫 번째는 기존의 축약형(reduced form) 방정식을 활용한 모의실험모형이며, 두 번째는 구조적모형추정법(structural model estimation)을 활용하여 새롭게 제시하는 미시모의실험모형이다.

첫 번째 모형은 국내연구 및 해외연구에서도 사례가 많으며, 복잡하지 않은 계산법으로 빠르게 모의실험 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 하지만 이 모형에서는 핵심적으로 정책변화가 가져올 경제 주체의 행태 변화를 반영할 수 없다는 단점이 존재한다.

동태적 미시실험모형은 미시경제 주체의 행위를 시간의 흐름에 따라 임의로 추정하는 모형을 의미한다. 가구조사와 같은 미시경제 주체의 정보가 담겨 있는 데이터는 사회·경제 연구의 초석이 된다. 생애주기 소득의 재분배 효과와 같은, 특정 공공정책을 평가하기 위해서는 장기간의 패널데이터가 필요하다. 일반적으로 이와 같은 데이터는 활용하기 어렵다. 그 원인들 중 첫 번째는 연금제도와 같이 분석효과 자체가 먼 미래에 나타나는 경우가 존재하기 때문일 수 있으며, 두 번째로는 데이터가 충분히 긴 시간 동안 관측되지 않은 경우이다. Orcutt(1957)는 위와 같은 어려움이 있는 경우 동태적 미시모의실험모형이 공공정책을 분석할 때 도움을 줄 수 있다고 주장하였다. 나아가 미시모의실험모형은 다른 모형으로는 답하기 어려운 반사실적 분석(counterfactual analysis)적인 질문에도 답할 수 있는 장점을 지녔다.

경제 주체의 상태이전과 행태 변화는 모든 동태적 미시모의실험모형의 중요한 부분으로 사료된다. 동태적 미시모의실험모형은 크게 세 가지 모형을 활용할 수 있다. 구조 행태적 모형(structural behavioral models), 축소형 통계 모형(reduced form statistical model) 그리고 단순 이전 행렬(simple transition matrix)이다.

The Future Elderly Model(FEM) 모형과 같은 축소형 통계 모형은 상태이전 확률을 연관성 있는 변수들을 활용하여 모형화한 것이다. 조사 자료의 이전에 관측된 분포의 특징을 정책과의 특별한 관련성을 배제한 채로 이후 관측될 분포를 재생산하는 것을 목적으로 한다. 축소형 통계 모형은 외부 시장과 그 특징에는 반응하지 않으며 안정적인 환경에서 정책이 시행되는 것을 암시한다. 이전 행렬은 시간에 따라 동일하며 제한된 상태의 경우를 가지는 마르코프체인으로 구성한다. 이렇게 모형을 만드는 이유 중 하나는 이론적으로 고려할 사항이 적고 모형을 변형하기 쉽기 때문이다. 제한적인 형태의 모형들과 이전 행렬들은 사망률, 출생률, 가족구성, 노동시장의 이전 등을 모형화할 때 종종 활용된다. 위와 같은 모형은 정책을 설명하는 모형의 모수(parameter)에 의존하지 않기 때문에, 정책을 어떻게 조정해야 하는지 분석하는 등의 연구에는 적절하지 못한 경우가 발생하며, 또한 행태 변화가 일어나지 않는 상태에서의 모의실험 결과만 제공가능하다. 이 방법론의 경우 현재 세금 혜택 미시모의실험모형(tax benefit microsimulation model) 등에 활용된다.²⁾

행태 모형(behavioral model)은 특정 기관이나 시장의 특정 유인으로 인하여 경제 주체의 행태 변화를 야기한다는 점에서 경제 이론에 그 바탕을 두고 있다. 구조 행태적 모형에서는 정책의 변화로 경제 주체의 행태가 변하며, 따라서 정책의 모수(parameter)가 직접적 혹은 간접적으로 모형에 영향을 준다. 예를 들어 근로장려세제와 같은 경우에 정책을 수정함에 따라 경제 주체들의 노동 공급이 영향을 받게 된다. 이와 같이 행태 모형을 기반으로 한 미시모의실험은 정책의 변화에 따른 행태 조정을 설명할 수 있다. 행태 모형을 기반으로 한 미시모의실험은 다른 많은 정책에도 활용이 가능하다. 예를 들어 노동 공급, 은퇴 결정, 소득과 가격이 소비에 미치는 영향, 출산율과 결혼 결정 그리고 사회후생 증가 등이 있다.

모형을 계획할 때의 여러 가지 한계점에도 불구하고, 예전의 미시모의실험모형과 비교해 볼 때, 오늘날에는 행태반응을 반영한 모형이 점점 늘어나고 있다. 그러나 여전히 생애주기모형 미시모의실험모형은 제한된 부분만 모의실험에 반영 가능하며, 예측 오차가 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 찾아보기 힘들다.

이 보고서에서 주요 방법론적인 공헌은 동태적 구조모형에 기존 미시모의실험모형에 활용되는 변수를 반영한 미시모의실험모형 구축을 계획하는 것에 있다. 이를

2) 성명재 외, 『조세·재정모의실험모형: KIPFSIM10 구축』, 한국조세재정연구원, 2010 참고

위해 Rust(1994)의 동태적 이산선택모형(dynamic discrete choice model)을 활용하였다.

본 연구에서는 기존 미시모의실험모형으로 분석한 결과 분석과 구조적 미시모의 실험모형의 이론적 배경 및 이해에 대해 중점적으로 다루었다. 추후 연구에서는 실증분석을 진행한 더욱 알찬 내용 구성이 기대된다.

II. 선행연구

1. 국내연구

국내연구 중 미시모의실험에 대하여 잘 정리된 연구보고서 중 하나로 보건사회 연구원의 고제이 외(2016) 연구가 있다. 연구 목적은 사회재정 지출의 단기 또는 중장기적 연구를 미시적 파급 효과를 통해 분석하기 위함이다. 연구 결과는 인구고령화와 연금제도의 변화를 고려한 상태의 국민연금, 기초연금 및 소득과세 제도의 중장기적 효과의 검토이다. 연구 방법은 해외의 미시모의실험모형을 국내 실정에 맞게끔 변화한 Dynamic micro-simulation Outlook model for Social policy Analysis (DOSA)모형을 구축하여 활용하였다. 데이터는 인구주택총조사, 통계청 인구동향조사, 경제활동인구조사 부가자료, 한국 노동 패널 조사, 한국 재정패널 조사 등 많은 자료를 동시에 활용하였다.

김우현(2021)에서는 미시모의실험모형을 이용하여 의료 이용량을 추정하였다. 스웨덴 SESIM 모형을 참고하여 한국 실정에 맞게 응용한 미시모의실험모형을 구축하였다. 연구 결과, 2040년을 정점으로 인구 감소 효과와 대학 진학을 상승의 교육 효과 등이 고령층의 입원 일수와 외래방문 횟수 감소에 영향을 줄 것으로 관찰되었다. 연구 방법은 로지스틱 회귀분석을 활용한 행태방정식 추정과 전이행렬을 활용한 모의실험을 적용하였다.

2. 해외연구

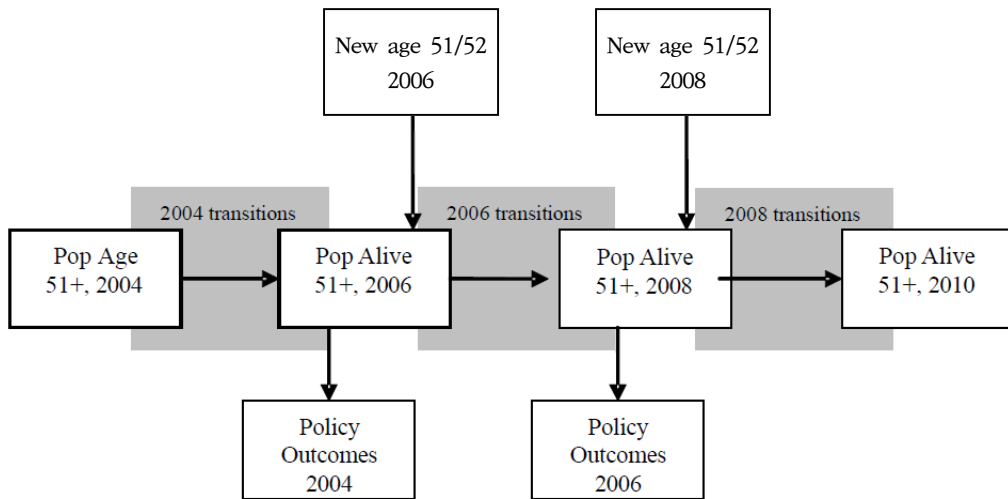
가. 동태적 미시모의실험 연구

1) The Future Elderly Model(FEM)

Goldman et al.(2005)에서 The Future Elderly Model(FEM)이라는 미시모의실험모형을 활용하여 65세 이상의 노령인구의 건강상태와 건강보험 비용을 추정하였다. 임

의로 가정하지 않은 실제 데이터 기반의 코호트를 활용한 분석을 진행하였으며, 경제 주체는 개인의 이질성을 반영하여 진행하였다. 이 모형은 [그림 II-1]과 같은 세 가지의 주요 내부적 모형인 모듈(module)이 존재한다.

[그림 II-1] FEM 모형의 구조



자료: Goldman et al., "The Future Elderly Model: Technical Documentation," Technical report, 2021, p. 6. Figure 1

첫 번째는 최초 코호트 모듈(initial cohort module)이다. 이 모듈은 51세 혹은 52세 코호트의 경제·보건 상태를 예견하는 역할을 수행한다. Health and Retirement Study(HRS)에서 데이터를 얻고 추세를 다른 정보들을 활용하여 도출한다. 이를 통해 코호트의 모의실험을 진행할 수 있으며, 51세 이상 인구의 미래 결과 값들의 모의실험 값을 도출할 수 있다.

두 번째 모듈은 이전 모듈(transition module)이다. 이 모듈에서는 다양한 건강상태와 재정 상태에 대한 이전 확률을 도출한다. 모듈의 입력 값(input)으로는 이전기의 건강상태 및 재정 상태와 각종 건강 위험 요소인 흡연 여부, 몸무게, 나이 그리고 교육 수준 등이 있다. 이와 같은 입력 값으로 인하여 개인의 이질성을 활용하고 적절한 모듈 업데이트를 시행할 수 있다. 이와 같은 전이 확률은 HRS 패널데이터를 활용하여 추정한다.

세 번째 모듈은 정책 결과 모듈(policy outcomes module)이다. 개별 경제 주체의 결과들을 종합하여 조세제도, 건강보험비용, 연금보험, 장애보험 등과 합산한

결과를 분석한다.

위에서 소개한 FEM 모형은 기존의 모의실험 모형들 중 유일하게 의료지출 추정을 시도한 모형으로 볼 수 있다. 의료지출뿐 아니라 건강상태의 추세를 추정하였으며 시계열 데이터가 아닌 건강상태를 활용하여 사망률을 직접 추정하여 분석에 활용하였다.

FEM 모형의 구체적인 추정법에 대하여 알아보자. 모형 추정 시 많은 변수들이 시간의 흐름에 따라 업데이트가 되는 구조를 이해하기 위해 다음과 같이 정의한다.

j_{i0} 는 i 번째 응답자가 처음으로 데이터에서 관찰되는 나이를 의미하며, 이와 유사하게 j_{iT_i} 는 마지막으로 관찰되는 시간 T_i 에서 나이를 의미한다. 따라서 연구자는 응답자들의 나이 $j_i = (j_{i0}, \dots, j_{iT_i})$ 를 관찰할 수 있다.

[그림 11-2] FEM 모형에 포함되는 변수들

Estimated Outcomes in/from Transition Model

Economic Outcomes	Health Outcomes	Other Outcomes
Employment	Death	Income Tax Revenue
Earnings	Heart	Social Security Revenue
Wealth	Stroke	Medicare Revenue
Demographics	Cancer	Medical Expenses
Health Insurance	Hyper-tension	Medicare (Table 3)
		Medicaid (Table 3)
		Out of Pocket Health Expenditures ((Table 3)
Disability Insurance Claim	Diabetes	Social Security Outlays
Defined Benefit Claim	Lung Disease	Informal care hours (Tables 4 and 5)
SSI Claim	Nursing Home	
Social Security Claim	BMI	
	Smoking Status	
	ADL Limitations	
	IADL Limitations	
	Cognitive state (Table 1)	
	Alzheimer's Disease (Table 2)	

자료: Goldman et al., "The Future Elderly Model: Technical Documentation," Technical report, 2021, p. 8.

FEM 전이모형에 존재하는 여러 가지 이산적인(discrete) 상태변수(state variable) 들을 소개하면 다음과 같다. 경제 관련 변수들로는 고용 상태, 임금, 재산, 인종,

건강보험 상태, 장애보험 수급 여부, 사회보장보험 수급 여부 등이 있으며, 건강 관련 변수들로는 사망 여부, 심장병 여부, 뇌혈관 질병 여부, 암 진단 여부, 고혈압, 당뇨, 폐질환, 영양, BMI, 흡연, ADL, IADL, 인지상태, 알츠하이머 여부 등이 포함된다. 그 외에 여러 의료보험, 사회보장보험 가입 여부 등이 모의실험모형에 포함되어 있다. 다음 순서에서는 FEM 모형의 수학적구조를 비가역상태변수부분과 그 외의 더미변수를 분석하는 부분으로 나누어 다음과 같이 설명한다.

비가역상태(absorbing state)인 변수³⁾들의 경우, 모형을 수식을 활용하여 정의하면 다음과 같다. $h_{i,j_i,m}$ 를 더미변수로 정의하여 만약 i 경제 주체의 나이가 j_i 인 경우 m 에 해당하는 결과 값이 나타나면 1을, 그렇지 않은 경우에는 0이라는 값을 가진다고 가정하자. $m = 1, \dots, M_0$ 만큼의 더미변수 종류가 존재하고, $j_i = j_{i0}, \dots, j_{iT_i}$, $i = 1, \dots, N$ 의 연도 및 표본의 수가 존재한다고 가정하자. 잠재변수(latent variable) 구조와 마르코프과정(Markov process)을 고려하여 식(1)과 같이 모형을 정의할 수 있다.

$$\text{식(1)} \quad \begin{aligned} h_{i,j_i,m} &= \max\{1_{\{h_{i,j_i,m}^* > 0\}}, h_{i,j_i-1,m}\} \\ h_{i,j_i,m}^* &= x'_{ij} \beta_m + \sum_{l \neq m} h'_{i,j_i-1,l} \gamma_l + \eta_{i,m} + a_{m,j_i} + \epsilon_{i,j_i,m} \end{aligned}$$

a_{m,j_i} 는 각 연령대별 이질성을 통제하기 위한 부분이다.

$\eta_i = (\eta_{i1}, \dots, \eta_{iM})' \sim iid N(0, \Omega_\eta)$ 는 경제 주체의 시간 불변적인(time-invariant) 이질성을 통제하기 위한 부분으로 임의효과(random effect)모형을 가정한다. $\epsilon_{i,j_i,m}$ 은 임의의 순수한 오차항으로 정규분포를 가진다고 가정한다. 만약 비가역상태변수가 아닌 경우에는 식(2)와 같이 약간 다른 구조방정식을 활용한다.

$$\text{식(2)} \quad \begin{aligned} h_{i,j_i,m} &= 1_{\{h_{i,j_i,m}^* > 0\}} \\ h_{i,j_i,m}^* &= x'_{ij} \beta_m + \sum_l h'_{i,j_i-1,l} \gamma_l + \eta_{i,m} + a_{m,j_i} + \epsilon_{i,j_i,m} \end{aligned}$$

3) 질병 진단, 사망, 급여 청구 상태 등

식(1)과 식(2)를 활용하여 $\theta_1 = (\{\beta_m, \gamma_m, \zeta_m\}_{m=1}^M, \Omega_\eta)$ 를 최대우도 추정법을 활용하여 추정하는 것을 목적으로 한다. 여기서 ζ_m 은 이산선택모형(discrete choice model)의 각 선택 기준이 되는 경계 값(threshold)을 의미한다. 추정 시에 하나 유의해야 할 점으로는 재산과 같은 왼쪽 꼬리(left-tail)가 긴 분포가 음(-)의 값을 가지는 경우가 발생한다는 점이다. 이 경우 MacKinnon and Magee(1990)의 inverse hyperbolic sine transform(IHT)을 활용한다.

새로운 코호트를 유입할 때는 현재 51세인 HRS 응답자들의 표본변수들의 결합 분포(joint distribution)와 어린 코호트에서 시간의 흐름에 따른 추세를 고려한다. 만약 $y_i = (y_{i1}, \dots, y_{iM})$ 이 연구자들이 관심 있는 변수들의 벡터라 가정하면, t 기에 서의 그 결합분포를 $f_t(y)$ 라고 정의한다. 아쉬운 점은 결합분포가 시간의 흐름에 따라 어떻게 변하는지, 혹은 분포들의 추세는 정확히 알 수 없다는 점이다. 일반적으로는 각 변수의 표본평균과 같은 통계량을 추세로 활용한다. 각 변수의 주변 확률 분포(marginal probability distribution), $g_{t;m}(y_{im})$ 와 특정 t_0 기의 결합분포는 관찰이 가능하다. 따라서 분석을 위하여 전체적인 결합분포 $f_t(y)$ 의 업데이트 방식을 가정을 활용하여 정한 후, 각 주변확률분포 간의 시간에 따라 불변하는 연관성(correlation)을 가정하는 방법을 활용한다.

2) SESIM 모형

SESIM 모형의 미시모의실험구조를 구체적으로 알아보자. Y_{it} 를 연구자가 관심 있는 변수의 결과 값, X_{it} 는 Y_{it} 에 영향을 주는 여러 가지 요건을 의미한다고 가정하자. 축소형(reduced form) 방정식을 활용한 동태적 체계를 나타내면 식(3)과 같다.

$$\text{식(3)} \quad \begin{aligned} Y_{it+1} &= h(Y_{it}, X_{it+1}, U_{it+1}; \theta_y) \\ P(X_{it+1} = x_{t+1} | Y_{it} = y_t, X_{it} = x_t; \theta_x) \end{aligned}$$

단 Y_{i0}, X_{i0} 는 주어진다고 가정한다. 식(3)의 모수 θ_y, θ_x 의 추정치인 $\hat{\theta}_y, \hat{\theta}_x$ 를 때

널 데이터를 활용하여 추정한다. 미시모의실험을 활용하여 미래의 값을 식(4)와 같이 모의 추정한다. 시간의 흐름 $h = 1, \dots, H$ 에 대하여

$$\text{식(4)} \quad \begin{aligned} Y_{iT+h}^s &= h(Y_{iT+h-1}, X_{iT+h}, U_{iT+h}; \hat{\theta}_y) \\ P(X_{iT+h} = x_{T+h} | Y_{iT+h-1} = y_{T+h-1}, X_{iT+h-1} = x_{T+h-1}; \hat{\theta}_x) \end{aligned}$$

나. 의료 재정지출 추정 연구(미시모의실험적용)⁴⁾

Zissimopoulos et al.(2015)에서는 알츠하이머 질병에 대한 재정지출과 지출로 인한 효과로 치매의 진행 속도를 얼마나 감소시킬 수 있는지 분석하는 것을 연구 목적으로 하였다. 이 연구에서 활용한 데이터는 2012년 US센서스의 65세 이상 노인의 13%로, 알츠하이머 질병에 대한 진단, 치료비용 등을 조사하여 분석하였다. 연구 방법론은 복잡한 미시 시뮬레이션 모형을 통해 치매에 대한 직접적, 간접적 재정비용을 분석 시도하였다. 연구 결과, 미국은 2010년부터 2050년까지 70세 이상 알츠하이머 환자는 153% 증가하여 9,100만명에 이를 것으로 추정되며 총 3조 70억달러의 연간 비용이 발생할 것이라고 예측하였다.

미시모의실험모형을 분석에 적용한 부분은 다음과 같다. 첫 번째로 FEM 모형을 활용하여 알츠하이머 질병의 발병 정도를 예측하였고, 그로 인하여 발생할 비용을 추정하였다. 미래 코호트에 대한 건강과 경제 관련 변수를 패널 자료를 활용하여 추정하고 이를 건강, 교육, 인종별 특징의 추세 등을 함께 고려하여 결과를 도출하였다.

FEM 모형에 패널 자료를 활용하여 알츠하이머 질병을 가진 사람 수를 추정하여 예측하고, 인지상태모듈을 순차적인 프로빗모형(ordered probit model)을 활용하여 도출한다. 모듈에 활용되는 변수들은 성별, 교육, 인종, 의사진단을 받은 기억력과 연관된 질병들, IADL, 흡연 여부, 당뇨, 뇌혈관 질환 등이다. 모듈 연구 결과, 대학교육을 이수한 사람은 상대적으로 인지상태점수가 높다는 것을 통계적으로 도출하였다. 그리고 남성, 흑인 혹은 히스패닉, 기억력 관련 질병 유무, IADL점수가 낮을수록 흡연자, 당뇨나 뇌혈관 질환의 여부가 인지상태점수를 감소시키는 것을 알 수 있다.

4) 다른 동태적미시모의실험모형의 예시는 Li and O'Donoghue(2013), p. 8, Table 1을 참고

비용 추정 모듈은 세 가지로 구분한다. 의료보험의 종류인 Medicare와 Medicaid 그리고 그 이외의 비용을 추정한다. 비용 추정 시 활용되는 변수들로는 나이, 성별, 인종, 교육, 인종 간 교류, 결혼 상태, 알츠하이머 질병 유무, 다른 질병 유무 상태, 질병 간 연관성, 요양원 거주 여부 등이 있다. Medicare와 Medicaid의 경우, 비용 추정 시 나이, 장애 여부, 질병 그리고 사회적 지위 상태와 많은 연관성이 있다.

비공식 돌봄에 대한 모듈 또한 존재한다. 1년 중 몇 시간이나 돌봄을 받았는지를 추정한다. 그리고 동거하는 배우자에 의한 돌봄인지, 배우자 이외의 타인에 의한 돌봄인지 구분한다. 모듈의 결과로, 돌봄은 응답자의 인종별 특징, 사회 경제적 특성, 알츠하이머 질병 유무, 다른 질병 유무, 결혼 상태, 자녀 수, 자녀와의 친밀도 등에 영향을 받는 것을 알 수 있다. 비공식 돌봄의 가치를 현금화하여 측정하기도 한다.

FEM 모형을 활용하여 새로운 코호트가 들어오는 모형을 구축한 부분은 다음과 같다. 어린 코호트의 인구 통계적 특징, 건강상태 그리고 사회 경제 변수의 추세를 반영하여 새로운 코호트를 반영한다. 다변수 모형에서 추정된 계수를 활용하여 인지상태, 알츠하이머 질병 유무, 그 외 다른 변수들을 각 시간별로 추정한다. 만일 다음 기에 코호트에서 살아남은 표본은 그 이후에도 미시모의실험모형에 남아서 알츠하이머 질병 발병, 공식적·비공식적 알츠하이머 질병의 비용 등을 계산하는데 활용된다.

최종 시나리오 분석 시 신약 개발로 인하여 알츠하이머 질병의 진행이 1, 3, 5년이 지연되는 것을 바탕으로 의료보험 비용 추계를 다르게 추정해 볼 수 있다.

다. 구조 모형 추정 연구

경제 주체의 상태이전과 행태 변화는 모든 동태적 미시모의실험모형의 중요한 부분이다. 행태모형(behavioral model)은 특정 기관이나 시장의 특정 유인으로 인하여 경제 주체의 행태 변화를 야기한다는 점을 반영하기 위한 모형이다. 정책의 모수(parameter)가 직접적 혹은 간접적으로 모형에 영향을 주어 경제 주체들이 선택을 강요받게 된다. 그리고 이런 부분들이 미시모의실험모형을 계획할 때의 여러 가지 한계점임에도 불구하고, 예전의 미시모의실험모형과 비교해 볼 때, 오늘날에는 행태반응을 반영한 모형이 점점 늘어나고 있다. 그러나 여전히 생애주기모형 미시모

의실험모형은 제한된 부분만 모의실험에 반영이 가능하며, 예측 오차가 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구는 찾아보기 힘들다.

이 보고서에서 주요 방법론적인 공헌은 동태적 구조모형에 기존 미시모의실험모형에 활용되는 변수를 반영한 미시모의실험모형 구축을 계획하는 것에 있다. 이를 위해 Rust(1994)의 동태적 이산선택모형(dynamic discrete choice model)을 활용하였다.

구조모형을 활용하여 분석을 시행한 연구의 한 가지 예로 Rust and Phelan(1997)이 있다. Rust and Phelan(1997)의 연구 목적은 미국의 사회보장연금과 의료보험이 노동시장 은퇴에 미치는 영향에 대하여 분석하는 것이었다. 연구 방법론은 동적계획법(dynamic programming)을 활용한 경제 주체의 내생적인 선택을 가정한 모형을 추정하는 것이며 이는 구조 모형을 활용한 추정법으로 알려져 있다. 연구 결과, Medicare에 가입할 수 있는 연령에 도달할 때까지 노동시장에서 은퇴할 수 없는 집단을 식별할 수 있다는 결과를 도출해 내었다.⁵⁾

〈표 II-1〉 선행연구

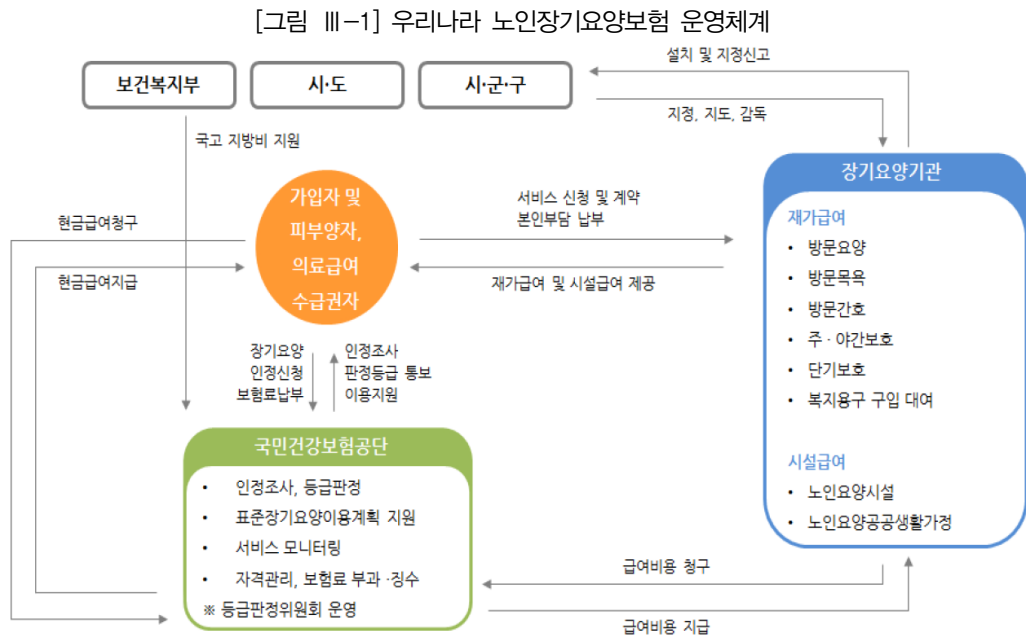
연구자	연구 목적	연구 방법 및 자료	연구 결과
김우현 (2021)	스웨덴의 SESIM모형을 참고하여 한국 실정에 맞는 의료 이용량 추정에 대한 미시모의실험구축	· 해외의 미시모의실험모형을 참고하여 한국 실정에 맞는 모형을 구축하여 한국의료패널을 활용하여 분석함 · 행태방정식과 전이행렬을 활용한 모의실험모형 구성 및 후진선택법(backward selection)을 통한 변수 선택 등이 연구방법에 포함	· 2040년을 정점으로 전체 인구의 65세 이상 고령층의 총 입원 일수와 외래방문 횟수가 서서히 감소할 것임 · 인구 감소의 효과 및 대학 진학을 상승의 교육효과 등이 영향을 주는 것으로 관찰됨
Zissimopoulos, Crimmins, St.Clair (2015)	알츠하이머 질병에 대한 재정지출과 지출로 인한 효과로 치매의 진행 속도를 얼마나 감소시킬 수 있는지를 분석함	· 2012년 US센서스의 65세 이상 노인의 13%를 데이터로 활용하여 알츠하이머 질병에 대한 진단, 치료비용 등을 조사하여 분석에 활용함. · 복잡한 미시 시뮬레이션 모형을 통해 치매에 대한 직접적 간접적 재정비용을 분석	· 2010년부터 2050년까지 70세 이상 알츠하이머 환자는 153% 증가하여 9,100만명으로 증가할 것임 · 총 3조 70억달러의 연간 비용이 발생할 것이라고 추정됨
Rust, Phelan (1997)	· 미국의 사회보장연금과 의료보험이 노동시장 은퇴에 미치는 영향에 대하여 분석함	· 동적계획법(dynamic programming)을 활용한 경제 주체의 내생적인 선택을 가정한 모형을 추정함	· Medicare에 가입할 수 있는 연령에 도달할 때까지 노동시장에서 은퇴할 수 없는 집단을 식별 가능함

자료: 저자 작성

5) 구조모형의 세부내용은 뒤의 'IV-2-가. 구조 모형 추정법(structural model estimation)' 부분에서 더 자세하게 다루도록 한다.

Ⅲ. 알츠하이머 질병 국가책임제 및 장기요양재정 현황

이 장에서는 알츠하이머 질병 국가책임제 및 장기요양재정 현황에 대하여 알아보자. 우선 노인장기요양보험제도의 현황을 알아보자. 본 제도는 2008년 7월 도입된 제도로써, 제도의 목적은 65세 이상의 노인 또는 노인성질환을 가진 65세 미만인 자 중 일상생활을 수행하기 어려운 자에게 장기요양서비스를 제공하는 것이다. 장기요양보험제도는 건강보험가입자와 의료급여수급권자를 대상으로 운영한다. 장기요양보험의 재정건전성에 영향을 미치는 장기요양보험 수입은 보험료,⁶⁾ 국고지원금, 의료급여부담금, 기타수입으로 구성되어 있으며, 장기요양보험 지출은 보험급여비와 관리운영비 등으로 구성되어 있다. 우리나라의 경우 장기요양보험제도 운영체계는 [그림 Ⅲ-1]과 같이 나타난다.



자료: 국회예산정책처, 『2018~2027년 노인장기요양보험 재정전망, 2018, p. 4 [그림 1]』

6) 건강보험료에 장기요양보험료를 포함한 금액

국민건강공단은 장기요양보험가입자가 납부한 보험료, 보험료 수입에 연동된 국고지원금, 의료급여수급권자의 요양급여에 대한 국가 및 지방자치단체의 의료급여 부담금을 재원으로 장기요양보험 재정을 운영한다. 장기요양보험 적용 대상자의 경우에는 재가급여 및 시설급여 서비스를 이용하면 요양급여비용 중 본인일부부담액을 장기요양기관에 지불하고, 나머지는 국민건강보험공단이 장기요양기관에 지불한다.

장기요양보험 적용 대상자의 기준에 대해 알아보면 다음과 같다. 일상생활활동(ADL), 수단적 일상생활활동(IADL), 인지기능, 행동변화, 간호처치, 재활영역 등의 각 항목별 조사를 통하여 요양인정점수를 산출한다. 95점 이상은 1등급, 75~94점은 2등급, 60~74점은 3등급, 51~59점 4등급, 45~50점 5등급, 45점 미만은 인지지원등급으로 분류된다. 1~5등급 모두 장기요양보험의 수혜자가 될 수 있다.

노인장기요양보험 재정현황⁷⁾에 대해 살펴보자. 수입은 2009년 2조 238억원, 2017년 5조 846억원으로 연평균 12.2%의 증가 추세에 있으나 지출은 2009년 1조 8,791억원, 2017년 5조 4,139억원으로 연평균 14.1%의 더 큰 증가 추세에 있다. 수입의 종류에는 건강보험료에 장기요양보험료를 곱하여 산정되는 장기요양보험료가 존재한다. 또한 보험료 수입의 약 18%의 국고지원금(2013~2017년 기준)⁸⁾이 지원되었다. 더불어 의료급여수급권자의 장기요양급여비용 중 공단이 부담하여야 할 비용 및 관리운영비는 국가와 지방자치단체가 부담한다.⁹⁾ 노인장기요양보험의 지출에 대해 알아보면 다음과 같다. 지출은 보험급여비, 관리운영비 등으로 구성된다. 보험급여비는 보험 적용대상인 장기요양보험 가입자, 피부양자, 의료급여수급권자의 장기요양보험 지출을 포함하는 개념이다. 이는 다시 재가급여, 시설급여, 특별현금급여로 나눈다. 재가급여는 직접 방문하여 돌봄을 제공하는 서비스를 중심으로 구성되어 있다. 시설급여는 노인요양시설 또는 노인요양공동생활가정에 장기 입소하는 경우 제공하는 서비스를 의미한다. 마지막으로 특별현금급여는 앞의 서비스들의 혜택을 누릴 수 없는 경우 현금으로 제공하는 제도이다. 관리운영비는 국민건강보험공단의 장기요양사업 운영비를 말하는 것으로, 인건비 등이 포함된다.

7) 국회예산정책처, 『2018~2027년 노인장기요양보험 재정전망』, 2018 참고

8) 국회예산정책처, 『2018~2027년 노인장기요양보험 재정전망』, 2018, p. 10 [표 5]

9) 「노인장기요양보험법」 제58조(국가의 부담)

[그림 Ⅲ-2] 장기요양급여 종류

종 류	내 용	
재가 급여	방문요양	수급자의 가정 등을 방문하여 신체활동 및 가사활동 등을 지원
	방문목욕	목욕설비를 갖춘 장비를 이용하여 수급자의 가정 등을 방문하여 목욕 서비스를 제공
	방문간호	장기요양요원인 간호사 등이 의사, 한의사 또는 치과의사의 지시서에 따라 수급자의 가정 등을 방문하여 간호, 진료의 보조, 요양에 관한 상담 또는 구강위생 등을 제공
	주야간보호	수급자를 하루 중 일정한 시간 동안 장기요양기관에 보호하여 신체활동 지원 및 심신기능의 유지·향상을 위한 교육·훈련 등을 제공
	단기보호	수급자를 일정 기간 동안 장기요양기관에 보호하여 신체활동 지원 및 심신기능의 유지·향상을 위한 교육·훈련 등을 제공
	기타재가급여 (복지용구)	수급자의 일상생활·신체활동 지원에 필요한 용구를 제공하거나 가정을 방문하여 재활에 관한 지원 등을 제공
시설급여	장기요양기관이 운영하는 노인의료복지시설 등에 장기간 동안 입소하여 신체활동 지원 및 심신기능의 유지·향상을 위한 교육·훈련 등을 제공	
특별 현금 급여	가족요양비	수급자가 가족 등으로부터 방문요양에 상당한 장기요양급여를 받을 때 현금으로 비용(월 150,000원) 지급
	특례요양비	(현재 시행되고 있지 않음) 장기요양기관이 아닌 노인요양시설 등의 기관 또는 시설에서 재가급여 또는 시설급여에 상당하는 장기요양급여를 받은 경우 지급
	요양병원 간병비	(현재 시행되고 있지 않음) 요양병원에 입원 시 지급

자료: 국회예산정책처, 『2018~2027년 노인장기요양보험 재정전망』, 2018, p. 13 [표 6]

알츠하이머 질병에 대한 국가의 관심 또한 노인장기요양보험제도의 발전과 함께 커졌다. 2014년에는 치매특별등급 5등급을 신설하여 장기요양등급체계를 개편하였다. 2016년에는 치매노인(장기요양 1, 2급 수급자)을 돌보는 가족이 일시적으로 돌보기 어려운 경우, 요양보호사가 가정 방문하여 24시간 돌봄서비스를 제공하도록 하였으며, 비로소 2018년부터 치매국가책임제를 본격적으로 시행하게 되었다. 이와 관계하여 노인장기요양보험 등 장기요양재정관리 측면에서 치매관리정책에 대한 재정 지출이 증가하고 있으며, 이에 대한 제도적 관리가 필요할 것으로 사료된다. 이렇게 주장하는 근거 중 하나는 인구구조가 고령화 사회로 전환되면서 재정지출의 가속화가 예상되기 때문이다. 행정적으로 국가재정운용계획에 따르면 의무지출 복지 분야

법정지출 중 노인장기요양보험 사업이 포함된다. 따라서 인구 고령화에 따른 의무지출 항목이므로 중장기적 재정수요가 높기 때문에 중요한 문제로 생각된다. 간단한 현황으로는 치매환자의 장기요양급여 비용이 2017년 2조 9,948억원에 비해 2020년 5조 3,960억원이 지출되었다. 치매환자 등급별 장기요양수급자 비중에서 4~5등급, 인지지원등급이 증가하고 있음을 관찰할 수 있었으며, 이런 현상은 경증환자의 장기요양보험제도의 이용이 늘어 도덕적 해이가 우려되는 상황을 나타내기도 한다. 장기요양재정의 규모도 크지만 증가세도 예상 밖으로 크게 나타나고 있다. 노인장기요양보험 급여 지출은 2017년 5조 2,317억원이었으나 2020년 9조 858억원으로 크게 증가하였다.

IV. 미시모의실험모형을 활용한 제도 효과성 평가

이 장에서는 기존 미시모의실험모형을 활용한 분석과 새롭게 제시할 미시모의실험모형을 장기 재정 추계에 활용하여 추정하였을 경우의 차이점을 중심으로 서술한다. 새로운 미시모의실험모형이 필요한 주요 원인 중 한 가지로 ‘루카스 비판(Lucas critic)’을 꼽을 수 있다. 간단하게 설명하면 경제 정책의 효과를 이미 지난 데이터의 기본적인 관계들로만 추정하는 것은 한계가 있으며, 조금 더 구체적으로는 정책의 변화에 따른 행태 변화를 고려해야 한다는 의미로 받아들일 수 있다. 기존 미시모의실험모형에서는 경제 주체의 행태 변화를 반영한 모수 추정치를 활용하기 어렵다는 한계점이 존재한다. 따라서 새로운 미시모의실험모형에서는 경제 주체의 내성적인 행태 변화를 반영한 구조 모형의 모수를 추정하는 방법으로 구성하였다.

이와 같은 미시모의실험모형은 나아가 추후 다른 정책변화 효과 추정에도 활용 가능한 미시모의실험모형의 구축의 시작점이 될 수 있는 연구로서 중요성을 가진다고 볼 수 있다.

1. 기존 미시모의실험모형을 활용한 제도 효과성 평가

가. 배경

미시모의실험모형은 개인과 가구의 가능한 모든 사회경제적 요인 및 행태 관련 정보를 모형에 적절한 형태로 조합한 후, 특정 정책이 포함한 정보들의 변화에 미치는 영향 및 규모, 관심을 갖는 결과 변수의 변화를 종합적으로 검토하고자 하는데 그 목적이 있다. 미시모의실험모형을 통해 정부의 조세·재정 정책의 변화가 개인 및 가구에 미치는 영향을 구체적으로 추정할 수 있으므로 사전 정책 설계 및 사후 정책 평가 과정에서 유용하게 활용하고자 한다.

참고할 만한 국외 미시모의실험모형인 스웨덴의 동적 미시모의실험모형(SESIM)은 1997년 스웨덴의 재무부와 전문가들이 교육 급여, 연금 등 다양한 사회·경제 정책의

효과를 개인 및 가구 단위로 추정하고자 개발하였다. 약 30만명 규모의 종단면 자료인 LINDA(Longitudinal Individual Data Base)를 바탕으로 하였으며, 특히 공적연금의 운영과 재정건전성 평가 및 개선을 목적으로 해당 모형을 적극적으로 개발·활용하고자 했다. 유사한 형태의 미시모의실험모형으로 미국의 Future Elderly Model은 1997년 Rand Corporation 소속 전문가들이 토대를 마련한 이후, 미국 Centers for Medicare and Medicaid Services(CMS), 미국 국립보건원(National Institute of Health), Pfizer, 미국 노동부(US Department of Labor) 등 다양한 기관의 후원을 받아 현재까지 관련 모듈을 추가하며 지속적으로 발전하고 있다.¹⁰⁾

여러 국가의 많은 관심에도 불구하고, 미시 모의실험이 신뢰성, 안정성이 확보된 정책 도구로 활용하기 위해서는 지속적인 모형 개선이 필요하다. 앞서 논의된 미시모의실험모형의 상당수가 과거의 개인·개인의 행태 방정식, 혹은 질병 관련 이환 정보 등 과거의 정보들을 기초로 구축한 모형의 기본틀 위에 정부의 조세·재정 정책 혹은 보건 의료 정책의 외생적인 효과를 얹어 미래 시점으로 모의실험하는 형태이다. 과거에 관찰된 정보를 바탕으로 미래 정책 효과를 예측하는 방식을 비판했던 루카스 비판은 거시 모형의 한계에 주목한 지적임에도 불구하고(Brunner and Meltzer(1983)), 현재까지 주로 논의되는 방식의 미시모의실험모형들의 연구 방향에 시사하는 바가 적지 않다. 한편으로는 미시모의실험모형이 고려해야 하는 주요 내생적인 변수들의 관계와 구조를 모두 반영하여 설계하기에 많은 노력과 자료가 요구되므로, 앞서 소개한 비교적 단순한 형태의 미시 모의실험의 기본적인 구조하에서의 모형 개선이 현실적인 방식일 수 있다.

이 절에서는 다음 2절의 구조적 미시모의실험모형을 구축하기에 앞서 축약형 모형을 활용한 기존 방식의 미시모의실험모형을 통해 만 65세 이상 독거 고령층의 인지능력 저하와 노동 공급의 관계를 검토하고자 한다. 모의실험 모형은 재정 및 사회복지 정책의 대상이 될 수 있는 고령 1인 가구의 인지능력 변화와 개인의 노동 공급을 축약형 모형으로 설명하고, 이 정보를 바탕으로 해당 인구계층의 인지장애 및 치매의 진행 정도와 노동 공급의 변화를 미래 시점으로 모의실험한다. 이

10) 미시모의실험모형은 매우 구체적인 개인의 임상 정보를 활용한 구체적인 질병 이환과 질병 이환에 기여하는 인구학적 요인, 건강 행태의 변화 등을 모의실험하는 형태로 발전하기도 한다. 대표적으로 캐나다의 POHEM 모형 참고(Hennessy et al., 2015).

모형 자체로 주요한 정책 효과를 모의실험할 수 있는지 그 가능성을 확인하는 것과 더불어, 다음 2절에서 진행될 동일한 환경에서의 노동 공급의 내생성을 반영한 구조모형 추정 결과와 비교를 통해, 모의실험 모형 구축에 의미 있는 시사점을 이끌어낼 수 있을 것으로 생각한다.

나. 미시모의실험모형 구축

1) 개관

미시모의실험모형 구축의 대상으로 만 65세 이상의 1인 가구를 검토한다. 「2020년 노인실태조사」에 따르면 1인 독거노인은 전체 고령층 표본 1만 97명 중 1,998명 (19.8%)으로 만 65세 이상 고령층 5명 중 1명이 홀로 거주하고 있다. 또한 이 중 26.7%가 근로소득, 9%가 사업소득(중복 가능)이 존재하여, 작지 않은 비중의 1인 거주 고령층이 소득 활동을 지속하고 있다. <표 IV-1>에 따르면, 독거노인 개인의 평균 연 총소득이 1,367만원이며, 근로소득이 240만원, 사업소득이 179만원으로 총소득의 약 30.7% 비중을 차지하고 있다. 1인 거주 고령층 가구는 고령층 부부 혹은 자녀와 동거하는 고령층 집단에 비해 평균 소득이 낮은 편이며, 근로소득 및 사업소득 규모도 상대적으로 작은 수준이어서 해당 계층에 대한 정책적 관심이 필요하다.

<표 IV-1> 고령층 가구 구성별 소득 수준

(단위: 만원, %)

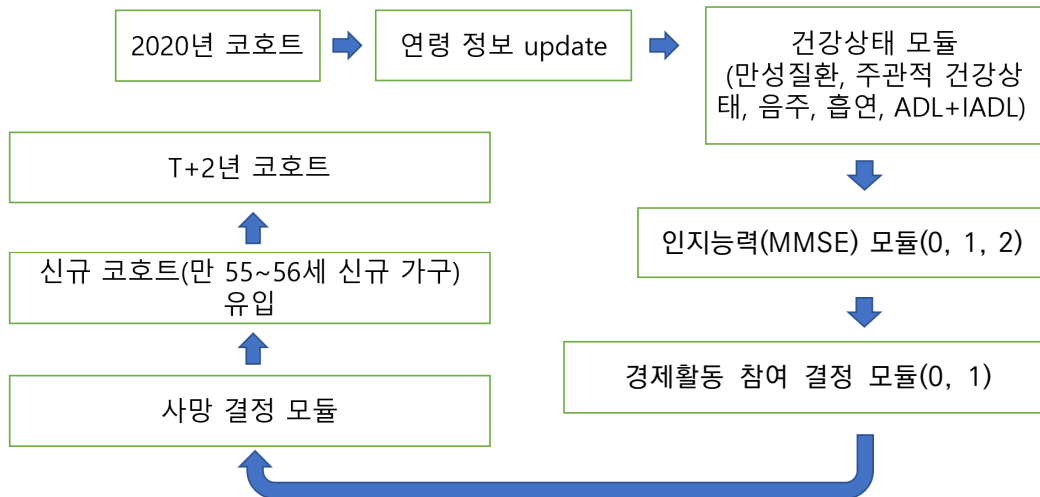
구분	근로소득	사업소득	재산소득	사전이전소득	공적이전소득	사적연금소득	기타소득	연 총소득
노인독거	240.4	179.1	196.4	264.9	416.2	69.7	0.0	1,366.7
노인부부	439.9	310.7	141.6	190.8	444.4	122.7	0.0	1,650.1
자녀동거	323.0	242.4	236.7	221.7	393.3	54.0	0.8	1,472.0
기타	372.2	108.1	155.4	428.2	452.7	93.2	0.0	1,609.8

자료: 이윤경 외(2020), <표 8-4> 중 일부 내용 발췌

미시모의실험모형의 구축을 위한 기본 자료로 고령화연구패널(KLoSA) 1~8차 자료를 활용한다. 고령층 대상의 효과적인 정책 수립을 지원하고자 2006년 만 45세 이상 집단을 대상으로 1차 자료를 수집한 이후, 2년마다 패널 자료를 수집하고 있으며, 가장 최근으로 2020년의 8차 자료까지 공개되어 있다. 미국의 Health and Retirement

Study 자료와 같이 한국의 대표적인 고령층 대상 패널 자료로 인정받고 있으며, 고령층 대상 다양한 국가의 자료를 활용하고자 하는 플랫폼인 Gateway to Global Aging Data 에도 한국 자료로 참여하고 있다. 고령화연구패널 자료는 고령층의 기본적인 사회경제적 변수와 더불어, 치매 진단 및 인지능력(Mini-Mental State Examination, MMSE), 경제 활동 상태 및 가구 소득 등 모의실험 모형 구축을 위한 주요 정보를 제공하고 있다.

[그림 IV-1] 고령층 인지능력 및 노동 공급 미시 모의실험 구조



자료: 저자 작성

2) 미시 모의실험 구성 및 변수 소개

모의실험 모형을 한 문장으로 요약하면, 고령화연구패널조사 1~8차 자료를 기본으로 1인 가구의 인구·사회경제적 변화 및 인지능력 변화, 노동 공급의 행태를 추정하고, 이 정보에 기반하여 가장 최근 시점인 8차(2020년) 코호트를 중심으로 한 미래 시점을 모의실험하는 형태로 진행한다. [그림 IV-1]은 구축하고자 하는 미시 모의실험 구조를 도식화한 것으로, 2020년의 8차에 포함된 1인 거주 고령층 674명을 기본 코호트로 모의실험이 진행된다. 고령화연구패널은 2년마다 자료를 수집하므로, 모의실험에 포함되는 모듈들의 정보도 2년 단위를 기준으로 업데이트한다. 이는 2년마다 자료가 수집되는 미국의 Health and Retirement Study를 기본으로 모의실험 모형을 구축하고 있는 Future Elderly Model도 동일한 2년 단위로 모의실험을 진행하고 있는 것과 동일한 원리이다(Goldman et al., 2015). 2020코호트는 2020년

부터 2년씩 시간이 흐르며 연령의 기초 정보가 변화한다.

한편 인지능력과 경제활동 참여 여부의 결정 요인에서 고령층의 건강상태를 중요한 요인으로 판단하고 고령화연구패널에서 관련 변수들을 선택했다(〈표 IV-2〉 참조). 〈표 IV-2〉에 선택된 건강상태 관련 변수들은 선행연구를 통해 알츠하이머 발병, 인지능력 저하에 유의한 상관관계가 있는 변수들을 위주로 선정해서 모형에 포함했다. 예를 들어 대사증후군은 알츠하이머 발병과 유의한 상관관계가 있음이 선행연구들을 통해 밝혀져 있어(Cho et al., 2021), 고령화연구패널의 만성질환 정보 중 고혈압과 당뇨 진단 정보를 모형에 포함했다. 주관적 건강상태(self-rated health)는 미국과 영국 고령화패널의 20여 년 장기 추적 결과, 만성질환, 건강행태, 다유전자적 특징을 통제한 이후에도 알츠하이머 발병과 통계적으로 유의한 상관관계가 있다는 선행연구(Stephen et al., 2021)를 참고했다. 건강위해행위는 음주 및 흡연 또한 두뇌 능력 저하와 상관관계가 있으며(Ning et al., 2020), 알츠하이머 및 혈관성 치매와 관계가 있다는 연구결과(Zhou et al., 2014)가 존재한다. 마지막으로 일상생활기능(ADL), 도구적 일상생활기능(IADL) 측정에 포함된 주요 정보들이 아밀로이드 침착, 인지기능 저하와 상관관계가 있거나, 인지기능 저하를 감지하는 데 활용될 수 있음을 보여주는 연구가 존재한다(Marshall et al., 2020; Palacios-Navarro et al., 2022). 따라서 고령화연구패널에서 확인 되는 해당 정보들을 1인 거주 고령층의 인지능력 및 노동 공급을 설명하는 기초 정보로 모형에 포함한다.

〈표 IV-2〉 건강상태 모듈 포함 변수

변수명	변수 설명	변수 구성
만성질환	고혈압 진단 여부 당뇨병 진단 여부	진단: 1, 정상: 0 진단: 1, 정상: 0
주관적 건강상태	본인의 주관적 건강상태	5단계 리커트 척도 5: 매우 좋음 4: 좋은 편 3: 보통 2: 나쁜 편 1: 매우 나쁨
흡연	흡연자 구분	현재 흡연자: 1 과거 흡연자 혹은 비흡연자: 0
음주	음주자 구분	현재 음주자: 1 과거 음주자 혹은 비음주자: 0

〈표 IV-2〉의 계속

변수명	변수 설명	변수 구성
ADL+IADL	일상생활능력, 도구적 일상생활능력	ADL 지수 혹은 IADL 지수가 0보다 큰 고령층: 1 ADL 지수 및 IADL 지수가 모두 0인 고령층: 0

자료: 고령화연구패널 정보를 바탕으로 저자 작성

본 미시 모의실험 모형의 주요한 관심 변수인 인지능력(Mini - Mental State Examination) 파악을 위해 고령화연구패널은 지남력(orientation), 주소, 장·단기기억력, 수리력, 물건인지력, 언어력, 명령수행, 언어실천, 쓰기, 오각형 등 인지능력 관련 설문 응답을 수집한다. 해당 정보를 활용하여 총 30점 만점에 17점 이하를 치매 의심, 18~23점을 인지기능 저하, 24점 이상을 정상으로 3단계로 구분하여 인지능력을 파악하고 있다. 이에 따라 모의실험 모형에서도 정상 2, 경도인지장애 1, 치매 의심 0의 구분을 통해 인지능력을 범주화하여 반영하고자 한다. 참고로 고령화연구패널 내 만 65세 이상 독거 가구 고령층의 인지능력 분포는 1~8차 조사 동안 치매 의심 약 20.9~28.1%, 인지기능 저하 약 28.7~32.2%, 정상 약 41.8~47.5%로 유지되고 있음을 확인할 수 있다(〈표 IV-3〉 참조).

〈표 IV-3〉 인지능력 분포(고령화연구패널 만 65세 이상 1인 가구, 1~8차 자료)

(단위: 명, %)

	치매의심	인지기능저하	정상	총 표본 수
1차	173 (28.13)	185 (30.08)	257 (41.79)	615
2차	161 (25.68)	202 (32.22)	264 (42.11)	627
3차	171 (27.14)	181 (28.73)	278 (44.13)	630
4차	139 (20.90)	210 (31.58)	316 (47.52)	665
5차	200 (24.30)	257 (31.23)	366 (44.47)	823
6차	170 (21.01)	260 (32.14)	379 (46.85)	809
7차	197 (23.76)	252 (30.40)	380 (45.84)	829
8차	172 (25.52)	213 (31.60)	289 (42.88)	674

주: () 안은 비중임

자료: 저자 작성

MMSE 검사를 통해 알츠하이머 질병의 이환 여부를 검토하는 것의 불확실성에 대한 선행연구들의 지적도 존재하지만(Creavin et al.(2016); Kang et al.(1997)), 이 모형에서는 MMSE 정보를 1인 거주 고령층의 인지능력을 판단하기 위한 주요 정보로 선정했다. 첫째로, 보다 객관적으로 활용할 수 있는 치매 진단 여부 정보가 고령화연구패널에서 7차(2018년)와 8차(2020년) 두 차례에 걸쳐 수집되기 시작해서 적은 표본 수에 대한 우려가 있었다. 또한 경도인지장애의 경우, 치매로 악화되는 인지능력 장애의 시작이며 보건의료 및 재정 정책의 주요한 정책 대상이 될 수 있음에도 치매 진단 여부 정보에서는 이를 식별할 수 없다. 따라서 MMSE 변수가 포함하고 있는 인지능력 파악의 오차의 위험에도 불구하고 해당 변수를 모형에 포함했다.

마지막으로 1인 거주 고령층의 경제활동 참여 여부는 고령화연구패널에서 취업자, 실업자, 비경활자로 구분하여 식별하고 있는 경제활동 참여 정보를 활용했다. 고령화연구패널에서 취업자는 임금근로자, 자영업자, 주 18시간 이상 무급가족종사자로, 실업자는 주 18시간 미만 무급가족종사자, 지난 1주간 구직활동을 하고 있는 경우로, 비경활자는 현재 수입 목적으로 일하지 않고 있고 노동 시장을 은퇴했다고 정의했다고 판단할 수 있는 고령층으로 각각 구분한다. 모의실험 모형에서는 취업자로 분류된 고령층만 경제활동에 참여한 개인으로 식별하고, 비경활자 혹은 실업자는 경제활동에서 이탈한 개인으로 정의하여 활용했다.

3) 미시 모의실험 추정 전략

앞서 모의실험에 포함된 주요 정보들이 어떤 방식으로 모의실험 모형에서 활용되는지 보다 자세히 서술한다. [그림 IV-1]의 모듈 순서에 따라 차례대로 추정 전략을 소개한다.

우선 코호트가 확정된 이후, 미래 +2년의 시간이 흐름에 따라 연령 정보를 각 2년으로 업데이트한다. 이후 1인 거주 고령층의 건강상태 관련 정보를 +2년의 미래 시점으로 업데이트한다. 건강상태는 행태방정식 추정 등의 방식을 활용할 수 있으나, 현재의 모형에서는 모형의 단순화를 위해 1~8차 자료를 기반으로 추정된 이행확률을 활용한다. 예를 들어 만성질환 중 고혈압 진단 여부는 0, 1로 표현되는 이분변수이므로, 이행확률은 전(前)기에 고혈압 진단 여부에 따른 이번 기의 고혈압

진단 여부를 나타내는 2×2 확률 행렬로 표현할 수 있다. 이처럼 과거 실적 자료인 고령화연구패널 1~8차 자료를 기반으로 각 건강상태변수의 이행확률을 추정한 이후, 미래 모의실험 모형에서 해당 확률 정보를 이용하여 모의실험을 시행한다. 이행확률은 고령화연구패널 1~8차의 과거 실적자료에서 나타난 빈도수를 이용해서 추정했다.¹¹⁾

〈표 IV-4〉 건강상태 정보 추정 전략

건강상태변수	변수 형태	모형 추정 전략
만성질환(고혈압, 당뇨)	질환 여부	이행확률
주관적 건강상태	5점 리커트 척도	이행확률
음주 ¹⁾	음주 여부	이행확률
흡연 ¹⁾	흡연 여부	이행확률
ADL+IADL	일상생활 수행 불편 여부	이행확률

주: 1) 음주, 흡연의 경우, 성별로 행태가 이질적으로 나타날 수 있는 점을 고려하여, 성별로 각각 이행확률을 추정하고 성별로 차등적으로 모의실험에 반영했음

자료: 저자 작성

인지능력과 경제활동은 성/연령과 앞선 건강상태변수들을 설명변수로 하는 간단한 회귀모형을 통해 추정한다. 인지능력은 3단계의 순위가 존재하는 범주형 변수가 종속변수이므로 순위형 로짓 모형(ordered logit model), 경제활동 참여는 이분형 변수가 종속변수이므로 로짓 모형(logit model)을 통해 추정한다. 1~8차 실적 자료를 통해 추정된 각 회귀모형의 추정 모수들은 이후 미래 시점으로 모의실험을 시행할 때 적용하여 미래 개인의 인지능력과 경제활동 참여 여부를 결정짓는 확률을 계산하는 데 활용한다. 즉 미래의 인지능력과 경제활동 참여는 회귀모형을 통해 추정되는 미래 확률에 기반하여 무작위로 결정된다.¹²⁾

11) STATA 통계프로그램의 xtrans 명령어를 활용했다.

12) 인지능력(MMSE)은 연구 기획단계에서 한번 “정상”단계에서 “경도인지장애” 혹은 “경도인지장애”에서 “치매 의심” 단계로 진행되는 경우 다시 그 이전 단계로 돌아가지 못하는 흡수 마코프체인(absorbing Markov Chain) 방식으로 모의실험을 진행하고자 했으나, 분석 자료인 고령화연구패널에서 적지 않은 표본(약 26~31%)이 인지능력의 역이행(reverse transition, 즉 경도인지장애에서 다시 정상단계, 혹은 치매의심단계에서 경도인지장애나 정상단계로의 이행)을 경험했다. 이와 같은 자료의 특성을 반영하고자 현 모형 구축 단계에서는 순위형 로짓 모형을 활용한 추정 확률을 이용, 확률적 이행을 모의실험했다. 이는 인지능력검사 자체의 측정 오차에 기인한 것일 수 있어, 추후 연구에서 인지능력검사가 아닌 객관적인 치매 진단 여부를 직접 결과변수로 활용하는 방법을 고려하는 것이 합리적으로 판단된다. 한편 고령화연구패널에서는 치매 진단 여부를 7차 조사부터 추가해서 표본 크기가 작고, 경도인지장애 단계를 식별하지 못하는 단점이 존재한다.

앞선 이행확률을 이용한 건강상태변수들의 미래 시점에서의 모의실험, 인지능력과 경제활동 참여의 미래 시점에서의 모의실험은 모두 확률에 기반한 결정이므로 300회의 반복 모의실험을 통해 각 결과들의 분포를 제시하고자 한다. 구체적으로 300회 모의실험 반복 이후, 특히 인지능력 및 경제활동의 95% 신뢰구간을 계산하여 별도로 표시한다.

모의실험이 모두 종료된 이후에는 다음 기의 코호트를 결정하는 사망/신규 코호트 유인의 과정을 거쳐야 한다. 먼저 사망은 2021년 통계청에서 발표한 1세 생명표의 사망확률을 성별로 구분하여 반영한다. 즉 모든 표본의 성과 연령에 따른 사망확률을 1세 생명표에서 추출한 후, 해당 확률에 따라 무작위로 사망 이벤트를 모의실험한다. 사망하게 된 표본은 코호트에서 삭제한다.

신규 코호트를 자료에 유입시키는 방법은 다음과 같다. 예를 들어 2020년 코호트가 2년 이후의 모의실험 이후 모든 코호트는 만 65세 이상이 아닌 67세 이상이 되어, 2022년 기준으로 65~66세의 코호트가 존재하지 않게 된다. 따라서 해당 연령의 코호트를 2년 단위로 모의실험이 진행될 때마다 자료에 유입해야 한다. 이를 위해서 Future Elderly Model을 참고·변용하여 다음과 같이 신규 코호트를 생성해서 자료에 추가한다. 먼저 1~8차 기존 고령화연구패널 자료에 만 65세, 66세의 표본을 따로 선택한다. 이후 해당 표본의 가지고 있는 정보 그대로 모의실험을 진행할 때마다 신규 표본으로 추가한다. 이때 표본이 가지고 있는 가중치를 조정해 줄 필요가 있는데, 가중치는 추후 모든 모의실험이 종료된 이후 전체 1인 거주 고령층 인구 대비 추계를 위해 활용되므로 주의할 필요가 있다. 통계청에서 발표한 「2020~2050 장래인구추계」 자료에 65~69세 독거노인의 규모를 2050년까지 추계한 자료가 존재하여, 이 정보를 적절하게 활용하여 65~66세 표본의 가중치가 전체 장래인구추계의 총합에 맞게 조정한다.¹³⁾

이와 같은 과정을 통해 [그림 IV-1]의 한 사이클을 마치면 모든 코호트는 2년씩 미래 시점으로 시간이 흐르며 연령, 건강상태 정보, 인지능력, 경제활동 참여 등 주요 정보가 미래 시점으로 업데이트된다. 해당 사이클을 1인 고령층 가구의 추계가 공개되어 있는 2050년까지 업데이트하면 1회의 모의실험이 종료되면서, 각 미

13) 통계청의 장래인구추계 자료에는 5세 단위의 독거노인 규모 추계 결과만 확인할 수 있어서, 해당 추계 규모에 $\frac{1}{5}$ 를 곱하여 만 65세 및 66세의 장래 인구 추계 정보로 변환해서 활용했다.

래 시점의 1인 거주 고령층 가구의 인지능력 분포와 경제활동 참여 여부가 추정된다. 앞선 언급처럼 해당 과정을 300회 반복하여 결과 값의 분포를 구하고 5 percentile, 95 percentile 값과 평균값을 중심으로 결과를 검토한다.

4) 분석 자료

미시 모의실험을 위한 기본 자료는 1~8차 고령화연구패널을 활용했으며, 전체 1인 거주 고령층 인구의 추계값을 적용하기 위해 통계청의 2020~2050년 장래가구추계 정보를 활용했다. 통계 프로그램은 STATA v.17을 활용했다.

다. 분석 결과

〈표 IV-5〉에 미시모의실험모형 추정에 기초 자료로 활용되는 고령화연구패널의 1~8차 자료에서 1인 거주 고령층 가구의 자료를 요약 통계로 제시했다. 눈에 띄는 변화로는 흡연과 음주 등 건강위해행위가 패널조사가 진행될수록 점차 감소하는 점과 더불어, 성별로 1인 거주 고령층 가구의 약 83~87%가 여성 고령층 가구임을 알 수 있었다. 주관적 건강상태, 인지능력 등은 연령이 증가함에 따라 인지능력과 주관적 건강상태가 악화되는 형태를 예상했으나, 패널조사가 진행되어도 크게 변화되는 추세는 관찰되지 않았다. 이는 건강상태가 좋지 않은 고령층이 사망 혹은 중증질환 투병으로 인해 표본에서 이탈되는 효과가 반영된 것이 아닌가 생각한다. 다만 보다 객관적인 건강 관련 지표인 고혈압, 당뇨병의 만성질환 진단 여부는 서서히 증가하는 점을 확인할 수 있었다. 즉 표본에서 사망 혹은 투병으로 이탈되지 않더라도 표본의 건강상태는 점차 악화되고 있음을 간접적으로 예상할 수 있다.

〈표 IV-5〉 1인 거주 고령층 요약 통계

(단위: 세, 점, 비율)

구분	1차	2차	3차	4차	5차 ¹⁾	6차	7차	8차
연령	73.84	74.3	75.4	76.2	76.6	77.6	78.2	79.7
성별	0.87	0.86	0.84	0.84	0.83	0.84	0.84	0.85
인지능력	1.14	1.16	1.17	1.27	1.20	1.26	1.22	1.17
경제활동 참여	0.12	0.16	0.19	0.16	0.17	0.14	0.14	0.14
주관적 건강상태	3.63	3.46	3.48	3.43	3.44	3.45	3.40	3.38
고혈압 진단 여부	0.44	0.50	0.55	0.57	0.59	0.61	0.61	0.62
당뇨병 진단 여부	0.19	0.22	0.24	0.25	0.28	0.29	0.28	0.28
흡연	0.09	0.10	0.09	0.07	0.07	0.05	0.04	0.03
음주	0.17	0.17	0.19	0.20	0.18	0.17	0.14	0.12
ADL+HADL	0.21	0.15	0.15	0.12	0.14	0.15	0.16	0.19
N	615	627	630	665	823	809	829	674

주: 1. 성별(여성: 1, 남성: 0), 인지능력(정상: 2, 경도인지장애: 1, 치매의심: 0), 경제활동 참여(참여: 1, 미참여: 0), 주관적 건강상태 (매우 좋음: 5, 좋은 편: 4, 보통: 3, 나쁜 편: 2, 매우 나쁨: 1), ADL+HADL(ADL 혹은 IADL 항목 중 적용: 1, 모두 미적용: 0)

1) 고령화연구패널 5차 자료는 신규패널의 추가가 있었음

자료: 저자 작성

인지능력의 구분에 따라 1인 거주 고령층 가구를 구분하여 주요 변수들을 요약해 보면 보다 극명한 차이가 드러난다. 인지능력이 정상→경도인지장애→치매의심으로 악화될수록, 연령이 높아지고, 주관적 건강상태, 만성질환, 일상적 생활 불편 여부 등의 건강 변수들이 악화되는 점을 확인할 수 있다. 또한 경제활동 참여율도 저하되는 것을 확인할 수 있다. 단 치매가 의심되는 인지능력을 보유한 독거 고령층의 약 8%가 경제활동에 여전히 참여하고 있음은 정책 측면에서도 시사하는 바가 있다. 마지막으로 건강위해행위 또한 줄어드는데, 이는 인지장애가 악화될수록 건강위해행위를 할 인지능력을 상실해 가는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

〈표 IV-6〉 인지능력 구분에 따른 1인 거주 고령층 요약 통계

(단위: 세, 점, 비율)

인지능력 구분	정상	경도인지장애	치매 의심
연령	74.20	77.06	80.47
성별	0.78	0.87	0.93
경제활동 참여	0.20	0.14	0.08
주관적 건강상태	3.16	3.56	3.86
고혈압 진단 여부	0.54	0.58	0.60
당뇨병 진단 여부	0.25	0.26	0.27
흡연	0.08	0.06	0.05
음주	0.22	0.16	0.09
ADL+IADL	0.06	0.13	0.37
N	2,529	1,760	1,383

자료: 저자 작성

인지능력과 경제활동 참여 여부를 설명하는 회귀 모형 추정 결과의 결과는 〈표 IV-7〉와 같다. 먼저 인지능력은 연령이 높아질수록, 주관적 건강상태가 악화될수록, 흡연을 할수록, 생활 능력이 제약이 있을수록 낮은 인지능력과 상관관계가 있는 것으로 추정되어 합리적으로 예상한 방향으로 추정 결과가 도출되었다. 만성질환 유무와 음주 여부 등 일부 변수가 선행연구와 달리 통계적으로 유의한 관계로 추정되지 않았으나, 모의실험 과정에서는 이론적인 선행연구가 존재하므로 변수를 그대로 포함하여 진행했다. 경제활동 참여 여부 또한 연령과 주관적 건강상태에 유의한 상관관계가 있음이 확인되었으며, 일상생활 수행능력 저하 시 경제활동 참여 확률이 낮아지는 것으로 나타났다. 인지능력이 높아질 경우 경제활동 참여 확률도 높아지는 방향으로 상식적인 추정결과가 도출되었으나 통계적으로 유의하지 않았다. 하지만 모의실험에는 해당 변수를 역시 포함했다.

모의실험을 위한 건강 관련 변수 업데이트 목적의 이행확률은 〈부표 1〉~〈부표 4〉에 제시했다. 고혈압, 당뇨병 등 만성질환, 흡연 및 음주 등 건강위해행위의 강한 경로의존성을 확인할 수 있다.

〈표 IV-7〉 인지능력, 경제활동 참여 회귀 모형 추정 결과

	인지능력 (순위형 로짓 모형)	<i>p</i>	경제활동 참여 (로짓 모형)	<i>p</i>
성별(ref: 여성)	-0.9021 (0.1296)	***	-0.3764 (0.1854)	**
연령구간(ref: 65~69세)				
연령 70~74세	-0.3599 (0.0903)	***	-0.4619 (0.1032)	***
연령 75~79세	-0.9371 (0.1011)	***	-0.8723 (0.1258)	***
연령 80~84세	-1.3688 (0.1111)	***	-1.6948 (0.1875)	***
연령 85세 이상	-1.9875 (0.1357)	***	-2.4847 (0.2754)	***
고혈압 여부	0.0728 (0.0836)		-0.3660 (0.1261)	***
당뇨병 여부	0.0006 (0.0954)		-0.2430 (0.1630)	
주관적 건강상태	0.5665 (0.0428)	***	0.1652 (0.0628)	***
흡연 여부	-0.3299 (0.1637)	**	-0.3036 (0.2185)	
음주 여부	0.1080 (0.1119)		0.5000 (0.1618)	***
ADL+IADL 여부	-0.9828 (0.0950)	***	-0.7058 (0.2169)	***
인지능력			0.1231 (0.0810)	
<i>N</i>	5,672		5,672	

주: 1. *: $P < 0.1$, **: $P < 0.05$, ***: $P < 0.01$

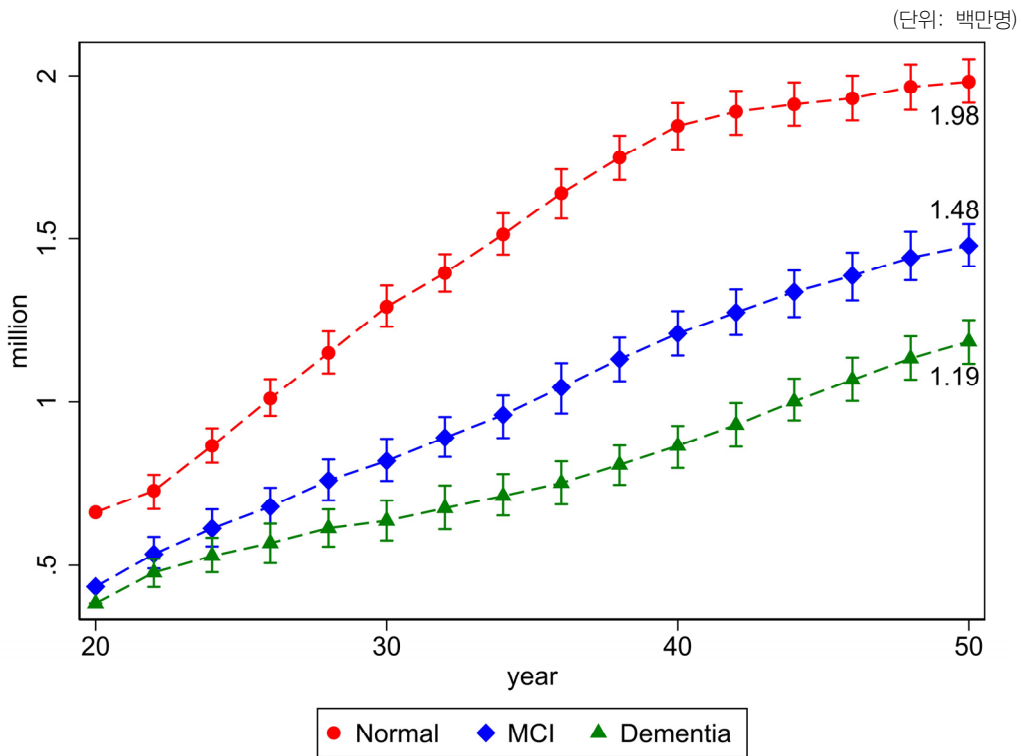
2. 개인-군집 표준오차(individual-clustered standard error) 사용

자료: 저자 확인

미시 모의실험 결과를 인지능력 분포 및 경제활동 참여 중심으로 〈표 IV-8〉에 제시했다. 우선 통계청 「2020~2050 장래가구추계」 자료를 활용한 1인 거주 고령층 가구의 규모는 2020년 기준 약 148만가구에서 2050년에는 약 465만가구로 약 3배 정도 증가할 것으로 예상된다. 인지능력이 정상 범주에 있는 독거 고령층(Normal)은 모의실험 기간 동안 전체 독거 고령층의 약 41.8~47.7%를 차지하며, 경도인지장애(MCI)는 약 29.4~31.8%, 치매의심(Dementia)은 약 21.8~27.5%의 비중으로 나타났다

다. 2050년 기준 경도인지장애 독거 고령층은 약 148만명, 치매의심층은 약 119만 명 규모로 추정되어, 취약한 독거 고령층의 가구 구조에서 약 266만명 규모의 인지 장애층이 발생할 것임을 알 수 있다. 이는 2020년 기준 82만가구에서 약 3.3배 증가한 것으로, 미래 보건의료, 사회복지 재정 정책 설계 및 재정 운용 측면에서 관심을 기울일 만한 규모이다. [그림 IV-2]에도 동일한 결과를 인지능력 분포를 중심으로 그림으로 제시했으며, 1인 거주 고령층의 양적 증가 가운데, 특히 2040년 이후로 경도 인지장애 및 치매의심 독거 고령층의 증가세가 정상 고령층 대비 지속적으로 상승하고 있음을 확인할 수 있다.

[그림 IV-2] 인지능력 분포 모의실험 결과

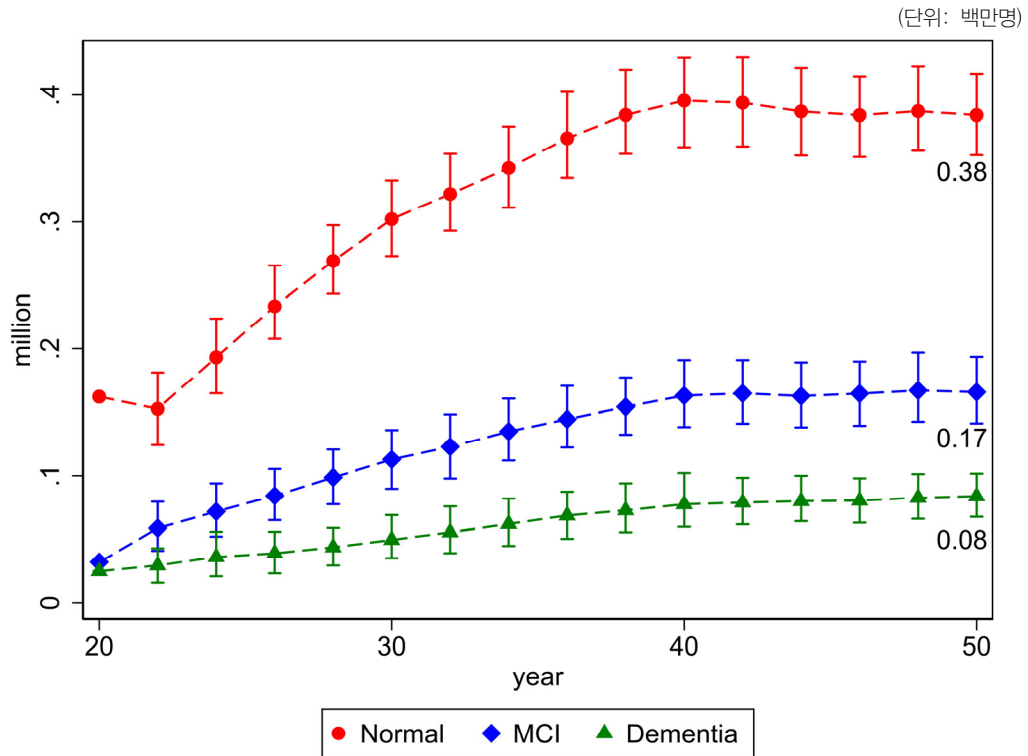


자료: 저자 작성

한편 1인 거주 고령층 가구의 경제활동 참여 여부를 모의실험한 결과, 독거 고령층의 경제활동 참여 규모는 꾸준히 상승하여 2020년 약 21.9만가구에서 2050년 약 63.4만가구에 이르는 것으로 나타났다. 2050년 기준으로 인지능력이 정상인 독거

고령층(Normal)은 약 38만가구, 경도인지장애 1인 고령층(MCI)은 약 17만명, 치매가 의심되는 1인 고령층(Dementia)도 약 8만명이 경제활동에 참여하는 것으로 추정되었다(그림 IV-3) 참조).¹⁴⁾ 인지장애의 발생 및 악화로 가족의 비공식 돌봄에 제약이 있는 취약계층이 경제활동에 참여하는 규모가 작지 않은 것으로 나타나 이에 대한 정책적 관심이 요구될 것이다.

[그림 IV-3] 경제활동 참여 모의실험 결과(인지능력 구분)



자료: 저자 작성

14) 실제 치매 진단을 받은 고령층의 경제활동 참여는 대부분 어려울 것이지만, 이 모형에서는 인지능력검사를 모형화하고 있으며, 치매가 의심될 정도로 인지능력이 저하된 1인 가구 고령층 중에서도 약 8만명이 경제활동에 참여할 것이라고 모의실험 결과를 해석하는 것이 타당하다.

〈표 IV-8〉 미시 모의실험 결과(인지능력, 경제활동 참여 분포)

(단위: 명, %)

연도	인지능력: 정상	인지능력: 경도인지장애	인지능력: 치매 의심	경제활동 참여: 인지능력 정상	경제활동 참여: 경도인지장애	경제활동 참여: 인지능력 치매 의심	경제활동 참여율: 인지능력 정상	경제활동 참여율: 경도인지장애	경제활동 참여율: 인지능력 치매 의심
2020	660,974	434,659	383,598	162,076	32,097	24,805	24.52	7.38	6.47
2022	726,760	534,514	477,954	152,592	58,693	29,409	21.00	10.98	6.15
2024	864,972	612,141	529,010	193,121	71,587	36,111	22.33	11.69	6.83
2026	1,010,609	677,888	567,695	233,667	84,031	39,027	23.12	12.40	6.87
2028	1,151,018	758,265	613,175	269,686	98,670	43,738	23.43	13.01	7.13
2030	1,292,004	818,526	635,496	302,139	112,773	49,547	23.39	13.78	7.80
2032	1,394,295	890,151	673,372	322,112	122,852	55,453	23.10	13.80	8.24
2034	1,512,761	959,799	710,736	342,572	134,922	61,983	22.65	14.06	8.72
2036	1,639,892	1,044,567	750,479	366,143	144,435	68,550	22.33	13.83	9.13
2038	1,749,299	1,131,854	806,619	384,294	154,120	72,608	21.97	13.62	9.00
2040	1,846,745	1,210,508	864,865	395,464	162,938	77,357	21.41	13.46	8.94
2042	1,890,632	1,274,782	929,545	393,838	164,657	78,667	20.83	12.92	8.46
2044	1,913,135	1,336,985	1,001,426	386,996	162,582	79,808	20.23	12.16	7.97
2046	1,931,788	1,385,877	1,068,279	384,119	164,482	80,209	19.88	11.87	7.51
2048	1,966,663	1,440,937	1,133,998	387,259	166,874	82,452	19.69	11.58	7.27
2050	1,982,309	1,477,788	1,185,996	384,176	165,665	83,674	19.38	11.21	7.06

자료: 저자 작성

라. 소결 및 후속 연구 방향 제시

이 절에서는 스웨덴, 미국 등 국가에서 활용하고 있는 미시모의실험모형의 형태를 활용하여, 한국의 고령화연구패널에서 1인 거주 고령층의 인지능력 분포와 경제활동 참여 규모를 2050년까지 추정하고자 했다. 모의실험 결과, 2050년 기준으로 치매 의심 1인 고령 가구가 약 119만명에 이를 것으로 추정되었으며, 매우 미미한 규모이긴 하지만 이 중 약 8만가구가 치매 의심의 인지능력에도 불구하고 경제활동에 참여하는 것으로 나타났다. 경도인지장애 계층도 약 148만명에 이를 것으로 나타나 해당 계층에 대한 보건의료, 사회복지 재정 정책이 요구될 것으로 예상하였다.

해당 모형은 아직 시작 단계의 구축 수준으로 향후 건강관련 변수와 성/연령의 기초 정보뿐 아니라, 인지능력과 경제활동 참여, 근로 소득 등의 결과 변수를 효과적으로 설명할 수 있는 정교한 모형으로 발전시킬 계획이다. 현재는 모형 구축의 편의를 위해 1인 거주 고령층으로 한정하여 모형을 구축했지만, 본격적으로 2인 부부 가구, 혹은 자녀와 거주하는 고령층으로 연구 대상을 확대해야 한다. 특히 2인 부부 가구의 경우를 모형에 반영하는 경우, 가족 구성원 중 1인의 인지능력 저하시 배우자의 비공식 돌봄과 공식 돌봄 체계하에서의 시간 선택, 이와 연동된 노동공급 변화와 가구 소득의 변화 등으로 모형에서 다루는 논의의 범위가 발전되어, 보다 현실을 잘 반영하고 의미 있는 정책 시사점을 이끌어낼 수 있는 모의실험 모형으로 발전할 수 있다. 다만 이를 위해서는 가구 구성(배우자 여부, 배우자와의 연령 차, 배우자의 소득 분포 등)을 이루는 다양한 정보를 자료에서 관찰하고 이를 합리적, 효과적으로 모형에 반영해야 한다. 이를 구축하기 위한 적지 않은 가정들과 단순화 작업들이 필요하고 이를 설득력 있게 모형 구축에 반영해야 해서 이를 후속 연구 과제로 제안한다.

또한 모형이 정교하게 구축된 이후에는 보건의료 분야에서도 유용하게 활용할 가능성을 기대하고 있다. 예를 들어 인지능력 개선, 치매 예방 등의 신약 개발이 성공했을 때, [그림 IV-2]에서 제시된 독거 고령층의 인지능력 분포는 어떻게 변화할 수 있는지 가늠할 수 있다. 현재의 모형으로는 이와 같은 효과를 외생적으로 모형에 엮어 반영하는 형태가 현실적일 것이다. 즉 신약을 통해 경도인지장애에서 인지능력 정상의 범주로 이행할 확률이 증가하거나, 역으로 정상 범주에서 경도인

지장애로의 이행을 방지 혹은 지연시키는 효과가 예상된다면 이를 정량화하여 모형 내 확률 이행 과정에 외생적으로 반영할 수 있을 것이다. 신약 개발의 비용 대비 사회 전체의 편익을 계산하여 비용-편익 분석 등 다양한 방식으로 모형을 활용할 수 있다.

끝으로 인지능력 저하 고령층을 대상으로 보건의료·복지 정책을 설계해야 하는 정책담당자 대상으로, 해당 모형은 미래 시점의 정책 대상 규모를 보다 효과적으로 추정하고 예산 편성에 반영할 수 있도록 지원할 수 있다. 앞선 2인 가구, 자녀 동거 가구 등 다른 범주의 가구까지 통합하여 모형에 반영할 수 있다면 치매 국가 책임제 및 공식 돌봄 체계, 사적 비공식 돌봄 및 재가 돌봄에 대한 현금 지원 제도 설계 등에 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

현재 제시된 모형은 적지 않은 한계에도 불구하고 고령화연구패널을 활용하여 특정 고령층의 인지능력 및 노동 공급의 기본적인 분포를 추정했으며, 다양한 방향의 모형 발전의 가능성과 높은 정책 활용도를 환기했다는 점에서 의의가 있다.

2. 구조적 미시모의실험모형을 활용한 제도 효과성 평가 이론 소개

가. 구조 모형 추정법(structural model estimation) 이론

구조적 계량 모형을 활용하여 경제 분석을 실시한 유명한 논문으로는 Rust(1987)의 최적의 버스 엔진 교체시기를 분석하는 연구가 존재한다. Rust는 그 후 Markov decision processes(MDP)를 활용한 구조모형의 추정에 대한 연구를 발표하였다. Rust and Phelan(1997) 또한 Rust의 MDP 구조모형 중 하나의 예로 생각할 수 있다. 여기서는 MDP모형을 통한 추정에 대하여 알아보자.¹⁵⁾

다음과 같은 모형이 있다고 가정하자. $t \in \{0, 1, 2, \dots, T\}$ 는 시간을 나타내는 변수, S 는 상태공간(state space)을 의미하는 기호, D 는 결정공간(decision space)을 의미한다. 여러 가지 일반적인 가정하에서, 어떤 경제 주체의 0기에서 T 기까지의

15) 제4장 제2절에 서술되는 내용은 Rust(1994)의 내용을 저자가 이해를 쉽게 돕기 위해 정리한 것이다. 이산 선택 과정(Discrete Decision Process, DDP)에 대한 서술을 위주로 논리를 전개한다.

효용함수를 다음과 같이 정의가능하다.

$$\text{식(5)} \quad U(s, d) = \sum_{t=0}^T \beta^t u_t(s_t, d_t)$$

식(5)에서 β 는 시간에 대한 할인율(discount factor)을 의미한다. $u_t(s_t, d_t)$ 는 t 기에 경제 주체가 느끼는 효용을 의미하며 이때 효용은 t 기의 상태 s_t 와 경제 주체의 선택인 d_t 에 영향을 받는다는 가정이 배경에 적용되어 있다. 경제 주체는 다음과 같은 최적화 문제를 풀게 된다.

$$\text{식(6)} \quad \max_{(\delta_0, \delta_1, \dots, \delta_T)} E_\delta[U(s, d)]$$

식(6)에서 $\delta^* = (\delta_0, \dots, \delta_T)$ 는 결정 원칙(decision rule)이라 명명하며, 경제 주체는 식(5)에서 정의한 효용의 기대 값의 최대화를 결정 원칙을 정하는 의사 결정을 통해 달성 가정한다. 자세히 부가 설명하자면, 결정 원칙을 최적화하는 과정에서의 기대 값은 경제 주체의 기대 값을 의미하며, 이것은 연구자들이 데이터를 통해서만 관찰 불가능한 것임을 인지하여야 한다. 만약 Markovian process를 가정하지 않고 모든 과거의 역사(history)를 고려하여 최적화 결정을 내리는 경제 주체가 존재한다면, 결정 원칙은 과거의 역사에 영향을 받는 변수가 될 것이다. 결정변수는 다음과 같이 결정된다.

$$\text{식(7)} \quad d_t = \delta_t^T(s_t, H_{t-1})$$

δ 우변의 위 첨자는 T 기가 마지막 결정을 내리는 시기라는 것을 의미한다. 역사를 나타내는 $H_{t-1} = (s_0, d_0, \dots, s_{t-1}, d_{t-1})$ 로 정의되며, 이는 $t-1$ 기까지의 경제 주체의 상태변수와 결정변수들을 모두 모은 정보를 의미한다. 경제 주체는 t 기에 주어진 상태변수인 s_t 를 관찰하고, 그 전의 역사를 배경으로 t 기에 기대 효용 최적화를 달성하는 결정 원칙을 정하는 것이 식(7)의 우변에 해당한다. 그리고 이것은 좌변과 같이 연구자가 경제 주체의 결정변수로 관찰 가능한 데이터가 된다. 앞서 보인 식(5)와 같이 경제 주체의 효용함수가 각 t 기의 효용의 합으로 나누어질 수 있다면, 식(7)처럼 경제 주체의 결정에 모든 역사가 고려되는 복잡한 의사결정 대신, t 기의 상태변수인 s_t 에만 영향을 받는 결정 원칙을 정의하는 것도 가능하다. 즉 $d_t = \delta_t^T(s_t)$ 로 나타낼 수 있다. 마지막 시기 T 가 유한 값을 가질 경우에 위의 값은 동태적 최적화 문제의 풀이인 역진귀납법(backward induction)을 활용하여 해결할 수 있다. 역진귀납법을 활용한 해결법을 살펴보자. 가장 마지막 T 기의 경제 주체의 최적화 문제는 단순히 T 기의 효용을 극대화하면 되지만 다르게 해석하면 다음과 같이 나타낼 수도 있다.

$$\text{식(8)} \quad \delta_T(H_{T-1}, s_T) = \operatorname{argmax}_{d_T \in D_T(s_T)} U(H_{T-1}, s_T, d_T)$$

식(8)의 좌변은 $T-1$ 기까지의 역사와 T 기의 상태변수가 주어졌을 때, 경제 주체의 T 기의 결정 원칙을 의미한다. 이는 경제 주체가 어떤 불특정한 모든 $t \leq T-1$ 기의 시점에서 고려할 수 있는 최적화 문제로 이해할 수 있다. 자세한 내용의 이해를 돕기 위하여, 우변의 효용함수를 $T-1$ 기까지의 효용과 T 기의 효용 부분으로 분리하여 나타내면 다음과 같다.

$$\text{식(9)} \quad U(H_{T-1}, s_T, d_T) = \sum_{t=0}^{T-1} \beta^t u_t(s_t, d_t) + \beta^T u_T(s_T, d_T)$$

식(9)에서 모든 역사 H_{T-1} 이 이미 결정되어 주어졌다고 가정하면, 우변의 첫 번째 항은 이미 정해진 효용 값이기에 경제 주체는 T 기의 효용을 최대화하는 s_T 가 주어진 상황에서의 d_T 만 결정하면 된다. 이 사실을 활용하면 식(8)를 더 깊이 있게 이해하는 데 도움이 된다. 위의 이론적인 근거를 바탕으로 다음에서 가치함수(value function)라는 것을 정의하여 그것을 활용한 분석을 진행한다. 우선 가장 마지막 T 기의 결정 원칙과 가치함수를 간단히 다음과 같이 정의하자.

$$\text{식(10)} \quad \delta_T^T(s_T) = \operatorname{argmax}_{d_T \in D_T(s_T)} u_T(s_T, d_T)$$

$$\text{식(11)} \quad V_T^T(s_T) = \max_{d_T \in D_T(s_T)} u_T(s_T, d_T)$$

앞서 식(8)과 식(9)를 활용하여 마지막 T 기의 경제 주체의 최적화 과정만 고려하면 되는 것을 확인하였기 때문에 식(10), 식(11)과 같이 정의가 가능하다. 일반적인 다른 $t = 0, 1, \dots, T-1$ 기에 대한 결정 원칙과 가치함수를 다음과 같이 정의하자.

$$\text{식(12)} \quad \delta_t^T(s_t) = \operatorname{argmax}_{d_t \in D_t(s_t)} \{u_t(s_t, d_t) + \beta \sum_{s_{t+1}} V_{t+1}^T(s_{t+1}, \delta_{t+1}^T(s_{t+1})) p_{t+1}(s_{t+1} | s_t, d_t)\}$$

$$\text{식(13)} \quad V_t^T(s_t) = \max_{d_t \in D_t(s_t)} \{u_t(s_t, d_t) + \beta \sum_{s_{t+1}} V_{t+1}^T(s_{t+1}, \delta_{t+1}^T(s_{t+1})) p_{t+1}(s_{t+1} | s_t, d_t)\}$$

식(12)와 식(13)의 $p_{t+1}(s_{t+1} | s_t, d_t)$ 는 t 기의 상태변수와 결정변수가 주어진 상황에서 $t+1$ 기에 상태변수 s_{t+1} 로 상태가 전이할 확률을 나타내는 전이 확률을 의미한다. 쉽게 이해하기 위한 예시로 $t = T-1$ 기로 가정하자. 위의 식(10)과 식(11)에 의해 T 기의 결정 원칙과 가치함수가 주어진 상태이다. 만약 전이 확률을

식별할 수 있다면, 식(12)의 두 번째 줄은 s_T 의 정의역을 안다는 가정하에 식별할 수 있다. 그렇다면 경제 주체의 $T-1$ 기의 최적화 문제는 이미 식별 가능한 미래의 효용과 $T-1$ 기 당시의 효용의 합으로 나타나고, 현재 효용을 주어진 상태변수하에서 각각 결정변수를 정하여 효용극대화를 달성하게 된다. 위와 같은 논리로 어떤 t 기에 대한 결정 원칙과 가치함수가 주어진다고 가정할 때, 경제 주체는 $t-1$ 기의 결정 원칙과 가치함수를 알 수 있으며 이를 재귀적(recursive)으로 적용하면 모든 결정 원칙과 가치함수를 식별할 수 있다.

앞서 구조 모형에서 경제 주체가 어떤 환경에서 무엇을 기반으로 어떻게 결정을 내리는지에 대하여 알아보았다. 여기서는 구조 모형에서 도출된 데이터를 어떤 추정 방법을 활용하여 모형 전반의 기저 모수들의 추정치를 얻을 것인지에 대하여 논의해 보자. 추정법을 활용하기 전에 위에 소개된 구조 모형에 여러 가지 가정을 추가하여 추정하기 좋은 환경을 만들어 보도록 하자.

첫 번째 가정은 가산적으로 분리가능한(additively separable) 효용함수를 채택하는 것이다.

$$\text{식(14)} \quad u_t(s_t, d_t) = u_t(x_t, d_t) + \epsilon_t(d_t)$$

식(14)의 좌변은 t 기 경제 주체의 효용함수이다. s_t 는 경제 주체인 입장에서 인지한 상태변수를 의미하기 때문에 연구자들은 그 모든 것을 관측할 수는 없으며, 그 상태에서 형태를 전혀 알 수 없는 좌변형태의 효용함수를 추정에 활용하기는 거의 불가능하다. 따라서 상태변수를 연구자가 관찰가능한 부분과 그렇지 않은 부분으로 나누어 $s_t = (x_t, \epsilon_t)$ 로 정의하며, 우변과 같은 형태의 효용함수를 가진다는 가정을 하게 된다. 우변의 x_t 는 연구자가 관찰 가능한 경제 주체의 특징을 의미하며, $\epsilon_t(d_t)$ 는 연구자가 관찰할 수 없는 경제 주체의 상태변수에서 기인하는 경제 주체의 효용을 뜻한다. 경제 주체의 결정을 연구자가 왜곡하여 볼 가능성을 낮추기 위해, 가정하는 부분으로서 이해할 수 있다.

두 번째 가정은 전이 확률에 대한 조건부 독립(conditional independence)에 대

한 가정이다.

$$\text{식(15)} \quad p_t(x_{t+1}, \epsilon_{t+1} | x_t, \epsilon_t, d_t) = p_t(\epsilon_{t+1} | x_{t+1}) p_t(x_{t+1} | x_t, d_t)$$

식(15)는 연구자가 관찰 불가능한 경제 주체의 상태변수인 ϵ_t 를 어떻게 통제할 수 있을 것인가에 대하여 그 해결법을 제시하는 가정이다. 뒤에서 더 자세히 다루겠지만, ϵ_t 에 대한 임의의 모수적 분포 가정을 도입하여 좌변의 전체 전이 확률을 추정하게 된다. 제일 우변에 존재하는 x_t, d_t 에 관련된 전이 확률은 비모수적인 표본 평균 추정치를 활용하여 구할 수 있다.

위의 두 가지 가정을 활용하면 다음과 같은 방식으로 가치함수를 나타낼 수 있다.

$$\text{식(16)} \quad V_t(x_t, \epsilon_t) = \max_{d_t \in D(x_t)} [v_t(x_t, d_t) + \epsilon_t(d_t)]$$

$$\begin{aligned} v_t(x_t, d_t) &= u_t(x_t, d_t) \\ &+ \beta \sum_{x_{t+1}} \sum_{\epsilon_{t+1}} V_{t+1}(x_{t+1}, \epsilon_{t+1}) p_{t+1}(x_{t+1}, \epsilon_{t+1} | x_t, \epsilon_t, d_t) \\ \text{식(17)} \quad &= u_t(x_t, d_t) \\ &+ \beta \sum_{x_{t+1}} \sum_{\epsilon_{t+1}} V_{t+1}(x_{t+1}, \epsilon_{t+1}) p_{t+1}(\epsilon_{t+1} | x_{t+1}) p_{t+1}(x_{t+1} | x_t, d_t) \end{aligned}$$

식(16)과 식(17)에서 가치함수를 수식으로 정의할 때 위 첨자 T 는 생략하였으며, 이는 식(11)과 식(13)에 등장하는 가치함수와 동일한 것이다. 식(16) 우변은 가치함수를 구성하는 부분을 두 부분으로 나눈 것이다. 첫 번째 부분은 상태변수와 선택변수로만 이루어진 관측 가능한 데이터의 함수로 구성되어 있으며, 두 번째 부분은 선택변수에만 의존하는 오차항을 의미한다. 논의를 계속 진행하기 위하여 다음과 같은 분포 가정을 도입하였다.

$$\text{식(18)} \quad p(\epsilon_t(d_t) | x_t) = \exp(-\epsilon_t(d_t) + \gamma) \exp(-\exp(-\epsilon_t(d_t) + \gamma))$$

식(18)에서 γ 는 검벨 분포(Gumbel distribution)의 위치 모수(location parameter)를 0, 크기 모수(scale parameter)를 1로 가정한 분포의 평균값을 의미하는 오일러

상수(Euler's constant)로 약 0.577의 값을 가진다.¹⁶⁾ 위와 같은 분포가정을 도입하면 다음과 같은 수식들을 도출할 수 있다.

$$\text{식(19)} \quad p(d_t|x_t) = \frac{\exp(v(x_t, d_t))}{\sum_{d' \in D(x)} \exp(v(x_t, d'))}$$

$$\text{식(20)} \quad E[V_{t+1}(x_{t+1}, \epsilon_{t+1})|x_t, d_t] = \sum_{x_{t+1}} \sum_{\epsilon_{t+1}} V_{t+1}(x_{t+1}, \epsilon_{t+1}) p_{t+1}(x_{t+1}, \epsilon_{t+1}|x_t, \epsilon_t, d_t) \\ = \sum_{x_{t+1}} \log \left(\sum_{d_{t+1}} \exp(v(x_{t+1}, d_{t+1})) \right) p(x_{t+1}|x_t, d_t)$$

식(19)는 최대우도 추정치를 구할 때 활용할 이산선택확률이며, 식(20)은 가치함수 추정에 활용된다. Rust(1994)는 가치함수 추정부분을 내부루프(inner loop), 최대우도 추정부분을 외부루프(outer loop)로 정의하였다. 추정의 과정을 간략하게 설명하면 다음과 같다. 첫 번째로 모형에서 최종적으로 추정하고 싶은 모수를 임의 값으로 가정한 다음 내부루프를 활용하여 가치함수를 추정한다. 이 과정에서 데이터는 활용되지 않는다. 이 과정에서는 완벽하게 이론 모형에 부합하는 가치함수를 도출하는 것이 그 목적이다. 구체적으로는 가정한 초기 모수 값에 대하여 식(20)의 좌변의 함수 값을 각 x_t, d_t 에 대해 계산하는 것이다. 만약 내부루프 과정을 통해 가치함수를 구했다면, 두 번째인 외부루프 과정을 진행할 준비가 되었다. 외부루프 과정에서는 내부루프에서 추정한 가치함수 값을 활용하여 식(19)의 이산선택확률 값을 도출할 수 있다. 내부루프에서는 추정하고 싶은 모수를 임의 값으로 가정하여 고정하였지만, 외부루프에서는 내부루프에서 추정한 가치함수의 값을 고정한 채 추정하고 싶은 모수를 최대우도 추정법을 통해 찾는다. 외부루프를 통해 새로운 모수 추정치를 얻으면, 그것을 주어진 모수라고 가정한 후 내부루프를 활용해 가치함수 값을 업데이트한다. 업데이트된 가치함수 값으로 외부루프를 활용해 모수 추정치를 업데이트하는 과정을 반복한다. 반복하다 보면 어느 순간 업데이트되는 가치함수와 모수 추정치가 수렴하는 현상을 보이게 되고, 그때의 가치함수 값과 모수 추정치가 최종결과물로 도출된다.

본 연구에서는 Hotz and Miller(1993)에서 제시한 구조 모형의 2단계 추정 방법을 활용할 것이다.¹⁷⁾ 방법론을 이해하기 위하여 간단하게 부연설명하면, 모형에 존재하

16) 검벨 분포를 오일러 상수만큼 이동시켜 평균값을 0을 가지는 오차항을 만든 것으로 이해할 수 있다.

는 기저 모수는 크게 두 가지로 나눈다. 한 종류는 경제 주체의 효용함수에 존재하는 모수들로서 가장 주요한 분석 요소이다. 다른 종류는 전이 확률에 존재하는 모수들이다.¹⁸⁾ 두 가지 모수의 추정법을 두 단계로 나누어 보자. Hotz and Miller(1993)에서는 추정 첫 단계에서 전이 행렬을 비모수적 방법론을 활용하여 표본평균을 활용한 추정치를 구한다. 두 번째 단계에서는 최대우도 추정법(MLE)을 활용하여 효용함수에 존재하는 모수들의 추정치를 최종적으로 구하는 방식을 활용한다. 앞서 언급한 두 가지 추정 과정을 좀 더 자세히 알아보자. 첫 번째 단계인 전이 확률을 추정할 때는 비모수적 방법론으로 표본평균을 활용하여 이산선택확률을 추정한다. 따라서 이 경우 전이확률에 영향을 주는 모형기저의 모수는 내부루프와 외부루프에서 따로 추정할 필요가 없어지며 외부루프에서 추정해야 할 모수는 경제 주체의 효용함수에 존재하는 모수들만 남게 된다. 이 경우, 전체 우도를 최대화하는 문제는 다음과 같은 부분적 우도(partial likelihood)를 최대화하는 문제와 동일하며, Rust(1994)는 부분적 우도를 최대화하는 추정치가 일치성(consistency)을 만족한다는 것을 보였다.

$$\text{식(21)} \quad L_p(\theta; x, d) = \prod_{t=1}^T p(d_t | x_t; \theta)$$

식(21)의 우변의 이산선택확률은 식(19)의 정의를 따른다. 외부루프 과정을 따라서 식(21)의 부분적 우도를 최대화하는 모수 추정치 값을 찾고 내부루프과정을 따라 가치함수를 업데이트하는 과정을 반복하여 최종적인 추정치를 구한다.

나. 구조 모형 추정법을 응용한 보건 의료 지출 미시모의실험

1) 간단한 예제 모형

가) 데이터 생성 과정 (Data Generating Process)

이 장에서는 모형을 확장하기 이전에 어떤 형태로 모형이 응용될지 간단한 형태의 기초 모형에 대한 논의를 진행한다. 임의의 가정하에서 데이터를 생성한 후, 추정이 알맞게 되는지 확인하는 과정을 보여주기 위함이기도 하다. 소득과 건강을 고려한

17) Rust(1994)의 Nested fixed point algorithm (NFXP) 등 다른 추정법도 활용 가능하다.

18) 복잡한 모형에서는 두 종류의 기저 모수들을 분리할 수 없다는 가정하에서 추정법을 연구하기도 한다.

노동 공급 결정 모형을 구조 모형의 예시로 고려하였다. 결정변수는 노동 공급, 상태변수는 소득과 건강상태를 고려하였다. 소득의 경우, 연속 변수이기 때문에 가치함수 추정과정의 내부루프에서는 이산적인 소득 상태 값들을 고려하여 진행한다. 관측 가능한 t 기의 효용함수를 $u(x_t, d_t; \theta)$ 로 정의한다. 상태변수는 $x_t = (w_t, h_t)$ 로 w_t 는 t 기의 소득을 의미하며 h_t 는 t 기의 건강상태를 의미하고 건강상태가 좋으면 1, 나쁘면 0의 값을 가진다고 가정한다. d_t 는 선택 변수로 노동시장에 참여하면 1, 아니면 0의 값을 가진다. 이 경우 다음과 같은 효용함수 $u(w_t, h_t, d_t; \theta)$ 를 가진다고 가정할 수 있다.

$$\text{식(22)} \quad u(w_t, h_t, 1; \theta) = \theta_1 + \frac{w_t^{1-\theta_2}}{1-\theta_2} + \theta_3 h_t$$

$$\text{식(23)} \quad u(w_t, h_t, 0; \theta) = \theta_4 + \theta_5 h_t$$

식(22)와 식(23)은 각각 노동시장에 참여할 경우와 참여하지 않을 경우의 가구의 효용함수를 나타낸 것이다. θ_1, θ_4 는 각 경우의 식별(identification)을 위해 설정한 모수들이며, θ_3 는 건강상태가 좋지 않은 상태로 일하는 경우에 잠재적으로 발생 가능한 비효용을 의미한다. θ_5 는 노동시장에 참여하지 않는 경우 건강이 좋지 않을 때 발생 가능한 비효용을 의미한다. θ_2 는 CRRA(Constant Relative Risk Aversion) 효용함수의 모수를 가정한 것이다. 기본적인 경제학 가정에서는 소비에 대한 CRRA 효용함수를 가정하는 것이 자연스러울 것으로 생각된다. 이 예시 모형에서는 가구별로 소득을 대부분 소비한다고 가정하여 소득을 소비의 대체 값으로 활용한다고 가정한다.¹⁹⁾ 임의로 각각의 모수의 값은 $\theta_1 = 0, \theta_2 = 0.3, \theta_3 = 0.2, \theta_4 = 0, \theta_5 = 0.1$ 로 설정하였다. 또한 2가지 전이 행렬을 가정하였다. 노동시장참여시 건강상태의 전이행렬을 $M1$, 노동시장미참여시 건강상태의 전이행렬을 $M0$ 로 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{식(24)} \quad M1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0.3 & 0.7 \end{pmatrix}$$

19) Ishakov(2010)에서 유사한 방식으로 효용함수를 정의하였다.

$$\text{식(25)} \quad M0 = \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 \\ 0.1 & 0.9 \end{pmatrix}$$

식(25) $M1$ 의 첫 번째 행의 확률은 이전 기에 건강상태가 좋지 않았을 경우를 의미하며, (1,1)의 구성요소인 1이라는 확률의 의미는, 노동시장에 참여 중일 경우에는 이전 기에 건강상태가 좋지 않았을 경우 다음 기에도 건강상태가 좋지 않을 확률이 1이라는 의미를 지닌다. 노동시장에 미참여하여 휴양하지 않으면 건강이 쉽게 좋아질 수 없을 것이라는 가정을 적용한 것으로 생각할 수 있다. 2번째 행의 확률 또한 유사하게 해석 가능하다. 이전 기에 건강이 좋았으나 이번 기에 좋지 않아질 확률은 0.3, 이전 기에 건강이 좋았고 이번 기에 여전히 건강히 좋을 확률은 0.7이다. 위의 설명은 노동시장에 참여하고 있을 경우에 속한다. 만약 노동시장에 참여하지 않고 있다면 전이행렬은 식(24)의 $M0$ 의 확률을 따른다. 휴식기에는 이전 기에 건강한 상태라고 할 때, 0.9의 확률로 건강을 유지한다는 가정을 고려하였다. 약 55세에서 64세 사이의 독거노인 가구 표본을 관찰한다고 가정한다면 관찰 가능한 기간을 $T=10$ 으로 정의하였다. 그리고 100명의 표본을 관찰한다는 가정하에 $N=100$ 으로 정의하였다. 소득은 가구별로는 단일분포(uniform distribution)에서 추출하여 첫 기의 소득은 가구별로 큰 차이가 날 수 있으나 시간의 흐름에 따라 임의보행(random walk) 확률과정을 따른다고 가정하여 대체적으로 첫 기의 소득과 마지막 기의 소득이 노동시장에 참여하고 있는 한 큰 변화가 없게 설정하였으며²⁰⁾ 다음과 같은 조건을 만족하게 생성하였다.

$$w_{i,0} \sim U[0,3], \eta_{i,t} \sim U[-0.1,0.1], w_{i,t}^* = w_{i,t-1} + \eta_{i,t}, w_{i,t} = w_{i,t}^* \mathbf{1}_{\{w_{i,t}^* \geq 0\}}$$

첫 기의 소득 분포를 다양하게 도출하여 가구의 이질성을 반영하려고 하였으며, 마지막 수식을 만족시켜 임금은 항상 양(+)의 값을 가지게 가정하였다.

위에서 가정한 데이터와 모수를 기반으로 역진귀납법을 활용하여 가구의 선택 변수인 d_t 를 도출하였다. 예시로 T 기의 가치함수를 구하면 마지막 기의 가치함수는 마지막 기의 효용함수와 같기 때문에 다음과 같다.

20) 정상성(stationarity)을 가정한 모형으로 추정도 시도할 예정이다.

$$\text{식(26)} \quad V(x_T, \epsilon_T) = \max_{d_T \in \{0,1\}} [u(x_T, d_T) + \epsilon(d_T)]$$

식(26)의 $\epsilon(d_T)$ 는 겐벨(Gumbel) 분포를 따른다고 가정한다. 데이터 생성 과정에서 우변의 모든 값들을 생성 가능한 것을 확인할 수 있다. 따라서 각 $h_t = 0, 1$ 에 대하여 d_T 를 도출할 수 있다. 이어서 $T-1$ 기의 상황을 살펴보자. d_{T-1} 은 다음과 같은 방법을 통해 도출된다.

$$\text{식(27)} \quad V(x_{T-1}, \epsilon_{T-1}) = \max_{d_{T-1} \in \{0,1\}} [v(x_{T-1}, d_{T-1}) + \epsilon(d_{T-1})]$$

식(27)의 $v(x_{T-1}, d_{T-1})$ 은 식(17)의 정의를 따른다. 이 항의 값을 도출하기 위해서는 T 기의 가치함수의 값이 필요하며, 그것은 식(26)을 통해 알 수 있다. 따라서 모든 (h_{T-1}, h_T) 들의 조합에 대한 d_{T-1} 을 도출 가능하며, 역진귀납법을 계속 적용하면 모든 선택 변수 d_t 에 대한 값을 데이터로 도출할 수 있다. 건강상태변수 h_t 를 도출하기 위해, 모든 가구는 첫 기인 $t=1$ 에서는 건강하다는 가정을 하였다. 그 이후로는 노동 상태에 영향을 받는 전이행렬을 이용하여 도출할 수 있다. 이 과정을 통해 앞서 도출하였던 모든 건강상태에 대한 선택 변수들의 정보에서, 각 가구별로 하나의 실현된 상태변수 h_t 의 데이터를 얻게 된다.

나) 모수 추정 과정

앞의 과정을 통해 임의로 생성한 데이터를 가지고 있다고 가정하면, 100가구의 100명의 55세 인구들의 64세까지 10년 치의 소득, 건강상태, 노동시장 참여 여부의 자료를 알고 있는 것이다. 추정과정을 위해 앞서 설명한 Hotz and Miller(1993)의 방식으로 표본평균을 활용하여 전이행렬을 먼저 추정한다. 추정한 결과는 다음과 같다.

$$\text{식(28)} \quad \hat{M} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0.33 & 0.67 \end{pmatrix}$$

$$\text{식(29)} \quad \hat{M}O = \begin{pmatrix} 0.9149 & 0.0851 \\ 0.0984 & 0.9016 \end{pmatrix}$$

식(28)와 식(29)에서 얻은 전이행렬 값을 활용하여 내부루프와 외부루프를 활용하여 가치함수 값과 모수의 값을 추정하는 과정을 진행한다. Rust(1994)의 기존 연구에서 할인율을 의미하는 모수 β 는 추정 시 문제점이 발생하기 쉬운 한계점이 있기에 0.95로 주어졌다고 가정한다. $\theta_1 = 0, \theta_4 = 0$ 를 기준으로 정하여 설정하는 것을 제외하면, 외부루프에서 $\theta_2, \theta_3, \theta_5$ 는 부분적 우도를 활용한 최대우도 추정법으로 도출한다. 가치함수 값을 임의로 도출하기 위해 임의의 $\theta_2, \theta_3, \theta_5$ 의 값을 정하여 대입하여, 임의로 가정한 모수 값들에 대한 가치함수를 내적루프를 활용하여 도출한다. 이때 소득은 연속 변수이기 때문에 10개로 이산화(discretize)한 상태변수 공간을 활용하여 가치함수 값을 추정하였다. 가치함수의 값을 도출한 다음은 앞서 설명한 외부루프를 활용하여 모수 추정치를 업데이트하며 이 과정을 반복적으로 수행하여 최종적 모수 추정치를 찾는다. 모수를 업데이트하는 방식은 BHHH 최적화 알고리즘을 활용한다.²¹⁾

2) 추후 새로운 미시모의실험모형에 응용할 사항

예제 모형을 통해 경제 주체의 행태가 어떻게 반영될 수 있는지 자세히 알아보았다. 추후 실증분석에서는 앞서 수행한 기존 미시모의실험 분석의 결과와 비교할 수 있는 변수들을 우선적으로 고려하여 모형을 구축하는 것을 최우선으로 한다.

구조모형을 구축할 시 몇 가지 주요한 고려사항들이 존재하는데 첫 번째는 기존의 변수들을 상태변수와 결정변수로 분류하는 것이고, 두 번째는 분류된 변수들의 이전확률에 대한 모형을 가정하는 것이며, 세 번째는 경제 주체의 행태에 직결되는 효용함수를 구체화(specification)하는 작업이다.

첫 번째로 기존의 미시모의실험에 활용된 변수들을 보면, 성별, 인지능력, 경제 활동 참여, 주관적 건강상태, 고혈압 진단 여부, 당뇨병 진단 여부, 흡연, 음주, ADL(IADL) 등이 있다. 경제활동 참여, 흡연, 음주는 결정변수로, 나머지 변수들은

21) Rust(2000) p. 21 참고

상태변수로 보는 것이 상대적으로 명확해 보인다.

두 번째 과정은 조금 더 많은 가능성이 존재한다. 고령화패널에 주어진 소득(x_1), 인지능력점수(x_2), 고혈압(x_3), 당뇨(x_4), 주관적 건강상태(x_5), 노동 공급 상태(d_1)에 대한 전이행렬의 모형화 작업을 할 때, 한 가지 예시로 다음과 같은 모형을 가정할 수 있다.

$$p(x_{t+1}|x_t, d_t) = p(x_{1,t+1}, x_{5,t+1} | x_{1,t}, x_{5,t}, d_{1,t}) p(x_{2,t+1} | x_{2,t}, x_{3,t}, x_{4,t}, x_{5,t}) p(x_{3,t+1} | x_{3,t}) p(x_{4,t+1} | x_{4,t})$$

여기서 각 데이터별로 추가적으로 간단한 설명을 부가하자면 소득은 5분위, 인지능력점수는 세 가지 분류, 고혈압, 당뇨는 유무, 주관적 건강상태는 다섯 가지로 분류되어 있다. 위의 모형을 고려하는 몇 가지 근거를 다음과 같이 제시할 수 있다. 첫 번째 근거는 소득과 주관적 건강상태는 매우 밀접한 관계로 보인다. 연구에 따르면 고소득 여부와 건강에 대한 관심의 연관성이 높을 것으로 예상되기 때문이다. 두 번째 근거는 인지능력점수(알츠하이머 의심정도)는 이전의 인지능력의 정도, 고혈압, 당뇨, 주관적 건강상태에 영향을 받는다는 것이다. 알츠하이머 질병이 고혈압, 당뇨, 주관적 건강상태에 영향을 받는다는 연구 결과들이 존재하기 때문이다. 세 번째 근거는 고혈압, 당뇨의 경우 전기의 동일 질환이 있을 시 영향이 크다고 가정할 수 있다는 점이다. 만약 음주와 흡연을 고려한 모형을 생각한다면 더 복잡하고 다양한 모형을 고려해야 한다.

마지막으로 경제 주체의 효용을 고려하는 경우이다. 현재 우선적으로 고려하고 있는 경제 주체는 독거노인으로, 독거노인의 효용에 영향을 주는 요인 중에 데이터로 통제할 수 있는 부분이 어떤 것인지 깊이 이해할 필요가 있다. 우선적으로 고려할 수 있는 요인으로는 현재의 건강상태에 대한 효용, 경제 활동으로 인한 효용, 장기요양보험서비스로부터 발생하는 효용 등이 존재한다.

본 연구에는 담지 못하였으나, 구조적 미시모의실험모형을 흥미롭게 활용할 가능성이 높은 문제인 독거노인이 아닌 배우자, 혹은 자녀가 있는 가정의 알츠하이머 질병에 대한 반응과 그에 따른 효용 변화를 분석 가능하다는 것에 그 의의가 크다고 볼 수 있다. 예를 들어, 배우자가 알츠하이머 질병을 앓고 있을 경우에 본인은 노동시장에 참여할 것인지 아니면 배우자를 돌보기 위하여 노동시장에서 탈

퇴할 것인지에 대한 질문에 대하여, 행태 변화에 따른 행복도 감소 정도도 관측 가능한 장점이 있다. 따라서 제도를 모의실험할 경우에도 현금 급여와 돌봄 제공 중 어떤 방식의 지원으로 가구의 후생이 더 증가하였는지 비교가 가능해진다. 또 다른 예시로, 자녀가 존재할 경우, 여자 자녀가 존재할 경우에는 돌봄이 더 많이 이루어지지만, 남자 자녀가 존재할 경우에는 돌봄이 상대적으로 더 적게 나타난다는 연구 결과가 존재한다. 이런 사회 통계적 현상을 활용하여 알츠하이머 질병 환자가 존재하는 가정의 효용은 어떤 요인에 훨씬 더 민감하게 반응할 것인지를 비교·분석할 수 있을 것이다.

V. 결론 및 정책적 시사점

1. 결론

본 연구의 목적은 앞으로 수행해 나갈 구조적 미시모의실험모형구축과 실증분석 대상의 이해도를 심화하는 것에 있다. 이를 달성하기 위하여 기존 문헌 연구를 통해 동태적 미시모의실험모형에 대한 이해도를 넓히고, 의료보건재정정책 중 하나인 노인장기요양보험 정책에 대하여 정리하고 기존의 모의실험모형을 고령화패널 자료에 적용하여 현재 우리나라 독거노인들의 경우 알츠하이머 질병과 연관된 정보들이 미래에 어떻게 나타날 것인지 추정해 보았다. 그리고 구조적 미시모의실험모형의 이론적 기틀을 연구하고 그에 따라 추후 실증분석에 응용할 때 고려해야 할 여러 가지 문제점들에 대하여 고민하였다.

주요 결과로는 기존 미시모의실험모형을 활용한 알츠하이머 질병 관련 변수의 미시모의실험 실증분석 결과, 인지능력을 세 가지로 나누어 정상, 경도인지장애, 치매의심으로 구분하였을 때, 인지능력이 정상 범주에 있는 독거 고령층은 모의실험 기간 동안 전체 독거 고령층의 약 41.8~47.7%를 차지하며, 경도인지장애는 약 29.4~31.8%, 치매의심은 약 21.8~27.5%의 비중으로 나타났다. 2050년 기준 경도인지장애 독거 고령층은 약 148만명, 치매의심층은 약 119만명 규모로 추정되어, 취약한 독거 고령층의 가구 구조에서 약 266만명 규모의 인지장애층이 발생할 것임을 알 수 있다.

고령층 가구의 경제활동 참여 여부를 모의실험한 결과, 독거 고령층의 경제활동 참여 규모는 꾸준히 상승하여 2020년 약 21.9만가구에서 2050년 약 63.4만가구에 이를 것으로 나타났다. 2050년 기준으로 인지능력이 정상인 독거 고령층은 약 38만가구, 경도인지장애인 고령층은 약 17만명, 치매가 의심되는 1인 고령층도 약 8만명이 경제활동에 참여하는 것으로 추정되었다.²²⁾

22) 모의실험에서는 고령 인지장애층의 노동시장 참여인구가 약 25만명에 이를 것으로 추정되었으나, 현실적으로 인지장애층의 노동시장 참여가 어렵기 때문에 이를 반영하여 추후 모형 개선 시 반영할 예정이다.

2. 정책적 시사점

인지장애를 지녔을 것으로 추정되는 독거노인 가구 수가 2050년 약 266만가구로, 2020년 기준 82만가구에서 약 3.3배 증가하였고, 1인 거주 고령층의 양적 증가 가운데, 특히 2040년 이후로 경도인지장애 및 치매의심 독거 고령층의 증가세가 정상 고령층 대비 지속적으로 상승할 것으로 예측된다. 이러한 취약계층이 경제활동에 참여하는 규모가 작지 않은 것으로 나타나 이에 대한 정책적 관심이 요구될 것으로 보인다.

정책적으로 노인장기요양보험으로 고령층의 의료보건재정을 전적으로 부담하는 것은 힘들어 보인다. 따라서 제도적으로 유사한 「장애인연금법」 등을 함께 분석하여 가구별 지원이 얼마나 이루어지는지에 대한 엄밀한 분석이 필요해 보인다. 「장애인연금법」이란 장애로 인하여 생활이 어려운 중증장애인에게 생활 안정 지원과 복지 증진 및 사회통합을 도모하는 데 이바지함을 목적으로 하는 법률이다.²³⁾ 또한 고령층에게 지원되는 연금제도 등의 복합적인 효과를 함께 살펴볼 필요성이 있다.

23) 법률 제18221호

참고문헌

- 고제이 · 권혁진 · 신우진 · 류재린 · 하솔잎 · 조남운, 『미시모의실험 기반 중장기 사회 재정 영향 평가 모형 개발-노후 소득 보장 정책을 중심으로』, 2016.
- 국회예산정책처, 『2018~2027년 노인장기요양보험 재정전망』, 2018.
- 김우현, 「미시 모의실험 모형을 이용한 의료 이용량 추정」, 『보건경제와 정책연구』, 제27권 제3호, 2021, pp. 89~117.
- 이윤경 · 김세진 · 황남희 · 임정미 · 주보혜 · 남궁은하 · 이선희 · 정경희 · 강은나 · 김경래, 『2020년도 노인실태조사』, 정책보고서 2020-35, 보건복지부 · 한국보건사회연구원, 2020.
- Brunner, K. and Meltzer, A., “Econometric policy evaluation: A critique,” *In Theory, Policy, Institutions: Papers from the Carnegie-Rochester Conferences on Public Policy*, 1, 1983, p. 257.
- Cho, Y., Han, K., Kim, D. H., Park, Y. M., Yoon, K. H., Kim, M. K., and Lee, S. H., “Cumulative exposure to metabolic syndrome components and the risk of dementia: a nationwide population-based study,” *Endocrinology and Metabolism*, 36(2), 2021, pp. 424~435.
- Creavin, S. T., Wisniewski, S., Noel-Storr, A. H., Trevelyan, C. M., Hampton, T., Rayment, D., Creavin, S. T., Wisniewski, S., Noel-Storr, A. H., Trevelyan, C. M., Hampton, T., Rayment, D., and Cullum, S. et al, “Mini-Mental State Examination (MMSE) for the detection of dementia in clinically unevaluated people aged 65 and over in community and primary care populations,” *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), 2016.
- Goldman, D. P., Shang, B., Bhattacharya, J., Garber, A. M., Hurd, M., Joyce, G. F., Goldman, D. P., Shang, B., Bhattacharya, J., Garber, A. M., Hurd,

- M., Joyce, G. F., and Shekelle, P. G. et al, "Consequences Of Health Trends And Medical Innovation For The Future Elderly: When demographic trends temper the optimism of biomedical advances, how will tomorrow's elderly fare?," *Health Affairs*, 24(Suppl2), 2005, pp. W5~R5
- Hennessy, D. A., Flanagan, W. M., Tanuseputro, P., Bennett, C., Tuna, M., Kopec, J., and Manuel, D. G., "The Population Health Model (POHEM): an overview of rationale, methods and applications," *Population Health Metrics*, 13(1), 2015, pp. 1~12.
- Hotz, V. J. and Miller, R. A., "Conditional choice probabilities and the estimation of dynamic models," *The Review of Economic Studies*, 60(3), 1993, pp. 497~529.
- Iskhakov, F., "Structural dynamic model of retirement with latent health indicator," *The Econometrics Journal*, 13(3), 2010, pp. S126~S161.
- Kang, Y. U., Na, D. Y., and Han, S. H., "Study on the validity of K-MMSE among the patients with dementia," *Korean J Neuro Sci*, 15, 1997, pp. 300~307.
- Li, J. and O' Donoghue, C., "A survey of dynamic microsimulation models: uses, model structure and methodology," *International Journal of Microsimulation*, 6(2), 2013, pp. 3~55.
- MacKinnon, J. G. and Magee, L., "Transforming the dependent variable in regression models," *International Economic Review*, 1990, pp. 315~339.
- Marshall, G. A., Sikkes, S. A., Amariglio, R. E., Gatchel, J. R., Rentz, D. M., Johnson, K. A., Marshall, G. A., Sikkes, S. A., Amariglio, R. E., Gatchel, J. R., Rentz, D.M., et al. and Full listing of A4 Study team and site personnel available at A4STUDY. org, "Instrumental activities of daily living, amyloid, and cognition in cognitively normal older adults screening for the A4 Study," *Alzheimer's and Dementia: Diagnosis, Assessment and Disease Monitoring*, 12(1), pp. 1~12.

- Ning, K., Zhao, L., Matloff, W., Sun, F., and Toga, A. W., “Association of relative brain age with tobacco smoking, alcohol consumption, and genetic variants,” *Scientific Reports*, 10(1), 2020, pp 1~10.
- Orcutt, G. H., “A new type of socio-economic system,” *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 2, 1957, pp. 116~123.
- Palacios-Navarro, G., Buele, J., Jarque, S. G., and García, A. B., “Cognitive Decline Detection for Alzheimer’s Disease Patients Through an Activity of Daily Living (ADL),” *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 30, 2022, pp. 2225~2232.
- Rust, J., “Optimal replacement of GMC bus engines: An empirical model of Harold Zurcher,” *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1987, 55(5), pp. 999~1033.
- Rust, J., “Nested fixed point algorithm documentation manual,” *Unpublished Manuscript*, 6, 2000, pp. 1~43.
- Rust, J., “Structural estimation of Markov decision processes,” *Handbook of Econometrics*, 4, 1994, pp. 3081~3143.
- Rust, J. and Phelan, C., “How social security and medicare affect retirement behavior in a world of incomplete markets,” *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1997, pp. 781~831.
- Stephan, Y., Sutin, A. R., Luchetti, M., Aschwanden, D., and Terracciano, A., “Self-rated health and incident dementia over two decades: Replication across two cohorts,” *Journal of Psychiatric Research*, 143, 2021, pp. 462~466.
- Zhou, S., Zhou, R., Zhong, T., Li, R., Tan, J., and Zhou, H., “Association of smoking and alcohol drinking with dementia risk among elderly men in China,” *Current Alzheimer Research*, 11(9), 2014, pp. 899~907.

부록

〈부표 1〉 주관적 건강상태 이행 확률

(단위: %)

주관적 건강상태	1	2	3	4	5
1	41.67	47.62	8.63	2.08	0.00
2	11.86	57.40	26.54	3.83	0.38
3	2.20	27.70	56.32	13.45	0.33
4	1.40	14.17	40.92	41.92	1.60
5	5.26	26.32	42.11	26.32	0.00

자료: 저자 작성

〈부표 2〉 만성질환(고혈압, 당뇨병) 이행 확률

(단위: %)

고혈압 여부	0	1	당뇨병 여부	0	1
0	91.17	8.83	0	96.51	3.49
1	0.00	100.00	1	0.00	100.00

자료: 저자 작성

〈부표 3〉 건강위해행위(흡연, 음주) 이행 확률

(단위: %)

흡연(남성)	0	1	흡연(여성)	0	1
0	97.87	2.13	0	99.75	0.25
1	24.83	75.17	1	19.55	80.45
음주(남성)	0	1	음주(여성)	0	1
0	95.10	4.90	0	99.33	0.67
1	14.89	85.11	1	18.05	81.95

자료: 저자 작성

〈부표 4〉 일상생활능력+도구적 일상생활능력 이행 확률

(단위: %)

ADL + IADL	0	1
0	90.39	9.61
1	41.26	58.74

자료: 저자 작성

보건의료 지출 분석을 위한 미시모의실험모형 구축: 알츠하이머 질병을 중심으로

김정환 · 김우현 · 문형식

본 연구의 목적은 미시모의실험모형을 활용하여 알츠하이머 질병의 영향을 장기적으로 추정하는 것에 있다. 고령화패널 자료를 사용하여, 축약방정식을 활용한 미시모의실험모형을 방법론으로 채택하여 독거노인 가구의 인지능력, 노동시장 참여 등에 대한 실증분석을 실행하였다. 또 다른 연구의 목적은 기존 미시모의실험 방법론의 한계점을 설명하고 극복하기 위하여 대안을 제시하는 것이다. 축약방정식 형태의 미시모의실험모형은 경제 주체의 행태 변화를 반영하기 힘들다. 따라서 구조적 미시모의실험모형을 개발하여 정책 분석의 기초를 세우는 것에 초점을 두고 이론을 정리하였다.

Structural Microsimulation Model for Healthcare Spending Analysis: Application to Alzheimer's Disease

Jeonghwan Kim, Woohyeon Kim, Hyungsik Moon

There are two purposes of this study. One is to predict the long-term effect of Alzheimer's disease by utilizing a micro-simulation model. We use Korean Longitudinal Study of Ageing(KLoSA) data and apply a reduced-form equation micro-simulation model for empirical analysis of single-living elder households' cognitive abilities and labor market participation. The other purpose of the study is to build up the foundation of structural model micro-simulation theories. A reduced-form equation micro-simulation model has limitations. It is hard to explain economic agents' endogenous behavioral changes in the model. We expect that the structural micro-simulation model could be used to overcome the limitation.

■ 저자약력

김정환

연세대학교 수학·경제학 학사
미국 University of California, Los Angeles 경제학 박사
현, 한국조세재정연구원 부연구위원

김우현

연세대학교 경제학 학사
미국 North Carolina State University 통계학 석사
미국 Rice University 경제학 박사
전, 한국조세재정연구원 연구위원
현, 서울시립대학교 도시보건대학원 교수

문형식

서울대학교 경제학 학사
서울대학교 경제학 석사
미국 Yale University 경제학 박사
현, 미국 University of Southern California 교수

보건의료 지출 분석을 위한 미시모의실험모형 구축: 알츠하이머 질병을 중심으로

2022년 12월 27일 인쇄
2022년 12월 30일 발행

발행인 김재진

발행처 한국조세재정연구원

세종특별자치시 시청대로 336

TEL: (044)414-2114(대) www.kipf.re.kr

등록 1993. 7. 15. 제2014-24호

조판 및
쇄인 주식회사 다원기획 (044)865-8115

I S B N 979-11-6655-202-1



보건의료 지출 분석을 위한 미시모의실험모형 구축: 알츠하이머 질병을 중심으로

kipf 한국조세재정연구원

30147 세종특별자치시 시청대로 336
TEL : 044-414-2114 www.kipf.re.kr

