

기술혁신 횡수의 분포함수 추정*

- 혼합모형을 적용하여 -

Approximation of the Distribution Function for the Number of Innovation Activities Using a Mixture Model

유 승 훈** · 박 두 호***

<목 차>

- | | |
|---------------|-----------|
| I. 서론 | IV. 분석 결과 |
| II. 자료에 대한 검토 | V. 결론 |
| III. 분석 모형 | 참고문헌 |

<Abstract>

This paper attempts to approximate the distribution function for the number of innovation activities (NIA). To this end, the dataset of 2002 Korean Innovation Survey (KIS 2002) published by Science and Technology Policy Institute is used. To deal with zero NTI values given by a considerable number of firms in the KIS 2002 survey, a mixture model of distributions for NIA is applied. The NIA is specified as a mixture of two distributions, one with a point mass at zero and the other with full support on the positive half of the real line. The model was empirically verified for the KIS 2002 data. The mixture model can easily capture the common bimodality feature of the NIA distribution. In addition, when covariates were added to the mixture model, it was found that the probability that a firm has zero NIA significantly varies with some variables.

Key words: 기술혁신 횡수, 기술혁신활동조사 2002, 분포함수, 혼합모형

* 본 논문은 과학기술정책연구원의 용역결과물임을 밝힌다. KIS 2002를 제공해 준 과학기술정책연구원에 감사드린다.

** 호서대학교 경상학부 조교수, shyoo@office.hoseo.ac.kr, 041-560-8344.

*** 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원, dhpark@kovaco.or.kr, 042-860-0434.

I. 서론

최근 세계경제가 지식과 정보에 기초하여 고부가가치를 창출하는 지식기반 경제 및 산업 구조로 전환되면서 정보통신과 인터넷을 매개로 한 기술력이 곧 국가경쟁력인 시대가 급속도로 가시화되고 있다. 하지만 지난 IMF 경제체제 이후로 기업들은 자금난과 시장침체 등에 따라 구조조정을 실시하는 과정에서 기술개발환경이 급속도로 악화된 바 있다. 이것은 국내외 경제여건과 경기상황에 따라 기업활동 중 가장 민감하게 반응하는 부문이 기술혁신활동이기 때문이지만, 기업의 지속적인 기술혁신활동은 분명 한 국가의 경제가 성장하기 위한 핵심적 구성요소임에 틀림없다(Lichtenberg, 1993; Nonneman and Vanhoudt, 1996).

경제·사회 환경이 급변하면서 환경에 부합하는 새로운 자산과 능력을 창출하는 혁신능력이 경제발전의 핵심적 요소로서 인정되고 있는 것이다. 이렇게 국가와 기업의 의사결정에서 기술혁신이 갖는 중요성이 증대되었지만 기술혁신을 측정하고 정량적으로 평가하는 활동들은 근래에 와서야 체계적인 형태로 이루어지기 시작했다. 기술혁신은 그 동안의 연구에서 밝혀진 것처럼 연구개발보다는 훨씬 넓은 개념이며, 연구개발, 기획, 생산, 마케팅 등 모든 분야에서 나타나고 있는 활동이다. 따라서 기존의 연구개발활동조사만으로 기술혁신의 원천과 과정, 성과들을 종합적으로 파악하는 데 여러 어려움이 있다. 각국 정부의 과학기술 정책의 초점도 연구개발에서 기술혁신으로 옮겨가는 근본적인 변화를 보이고 있다. 따라서 혁신의 본질을 보다 잘 이해하고 혁신의 사회경제적 영향을 분석하는 것이 중요하게 여겨지게 되면서, 기업의 혁신활동에 대한 측정이 중요한 이슈로 등장하게 되었다(엄미정, 2004).

이러한 상황을 반영하여 EU와 OECD에서는 연구개발활동만이 아니라 기술혁신활동을 측정할 수 있는 방안들을 탐색해왔으며 그 성과가 기술혁신조사(Innovation Survey)라고 할 수 있다. 기술혁신조사는 주체적 접근법 중의 하나로서 기업을 대상으로 연구개발을 포함하는 포괄적인 투입요소(input)뿐만 아니라 기술혁신활동 과정(throughput)과 성과(output)에 걸친 전반적인 기술혁신활동을 조사대상으로 삼고 있다. 기술혁신조사는 상대적으로 선행 혁신지표로서 많은 잠재력을 가지고 있으나 마찬가지로 한계도 가지고 있다. 따라서 지속적인 개선논의를 통해 변화발전하고 있다.

OECD가 1992년 기술혁신조사를 위한 국제 기준 지침서인 Oslo Manual을 발간한 후 OECD와 EU회원국은 2차에 걸친 기술혁신조사(Community Innovation Survey)를 실시했으며

현재 3차 조사인 CIS-3를 시행하고 있다. 우리나라도 2차에 걸쳐 기술혁신조사(Korean Innovation Survey)를 실시했으며, 제3차 기술혁신조사가 2002년에 시행되었다. 이 조사에서는 과학기술정책연구원이 제조업을 대상으로 2000년부터 2001년의 2년간 기술혁신 실태를 파악하였는데 기술혁신활동조사 2002(이하 KIS 2002)라 명명되고 있다. KIS 2002에서 기술혁신이란 과학기술적, 조직적, 재무적, 그리고 상업적 활동을 모두 포함하는 기업 활동을 의미하며 신제품, 기존제품, 생산공정과 관련된 기술혁신에 관한 것으로 제품개발이나 공정혁신을 시작한 시점과 상관없이 2000년 1월부터 2001년 12월 사이에 일어난 기술혁신활동을 대상으로 하고 있다.

KIS 2002에서 제공하고 있는 다양한 정보 중에서 가장 중요한 것 중의 하나는 바로 기술혁신 실적에 관한 것으로 기술적 신제품 혁신, 기존제품의 기술적 개선, 기술적 공정혁신의 3가지 유형으로 구분하여 기술혁신 실적이 있는지 여부와 있다면 그 횟수가 얼마나 되는지에 대한 정보이다. 하지만 현재 단계에서 기술혁신 실적 자료에 대한 분석은 단순 빈도분석에 머물고 있어 보다 체계적이고 엄밀한 모형화 및 계량경제학적 분석을 통해 기술혁신 횟수의 분포함수를 추정하고 기술혁신 여부에 영향을 미치는 요인들을 규명할 필요성이 제기되고 있다.

따라서 본 연구의 가장 중요한 목적은 기술혁신 여부 및 기술혁신 횟수의 두 가지 변수를 체계적으로 결합하면서 기술혁신 횟수 자체에 대한 모형화, 즉 기술혁신 횟수의 분포함수를 추정하는 것이다. 그런데 기술혁신 횟수의 분포함수를 추정하기 위해서는 다음의 두 가지 사실을 고려해야 한다.

첫째, 다수의 기업이 기술혁신활동을 전혀 하지 않는다는 사실이다. 분석대상 기업 2,240개 중에서 3가지 유형의 기술혁신활동 중에서 하나라도 수행했다고 응답한 기업은 전체의 약 43%에 불과한 963개 기업이며 나머지 57%에 해당하는 1,277개 기업은 기술혁신활동을 전혀 수행하지 않았다고 응답하였다. 이렇게 기술혁신 횟수의 분포는 영의 값을 가지는 기업군과 양의 값을 가지는 기업군으로 양분되는 이중형태(bimodality)를 가지고 있는 것이다. 기술혁신 횟수의 분포함수를 추정하기 위해서는 이러한 점이 반드시 고려되어야 한다. 만약 이러한 점을 무시하면서 기술혁신 횟수가 실수 전체에 분포하는 것으로 보고 분석을 한다면 적지 않은 오류를 범하게 된다. 통상 양의 값만 가지는 경제변수의 경우는 양의 영역에서만 정의되는 분포를 이용하여 분석하면 되지만, 기술혁신 횟수와 같이 영의 값과 양의 값을 함

게 가질 수 있는 경제변수의 경우에는 정형화(specification)에 있어서 어려움이 존재한다.

둘째, 기술혁신 실적의 횡수에 대한 자료는 연속적인(continuous) 형태의 점(point) 자료로 수집되지 않고 '6~10회'와 같은 형태의 구간(interval) 자료로 수집되었다. 구간자료를 가지고 단순히 중앙값 또는 계급값을 취하는 형태의 빈도분석만 해서는 분석결과를 왜곡하여 잘못된 시사점에 이를 수 있으며, 기술혁신 실적에 대한 모집단의 정보를 도출하는 데 한계가 있다. 따라서 구간자료를 포용할 수 있는 모형의 개발이 요구된다.

기술혁신활동 횡수는 항상 영의 값 또는 양의 값만 가진다는 점과 이 횡수에 대한 정보가 구간으로 주어져 있다는 점을 반영할 수 있도록 특별하게 고안된 모형의 적용이 요구되며, 이에 대한 한 가지 방법으로 본 논문에서는 혼합모형(mixture model)을 개발하고 적용하고자 한다. 혼합모형이란 영의 기술혁신 횡수라는 분포와 양의 기술혁신 횡수라는 분포를 블록결합 형태로 합쳐 놓은 것이다(McLachlan and Basford, 1988; Jasiulewicz, 1997; Morduch and Stern, 1997; Werner, 1999)

본 논문의 이후 내용은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 KIS 2002를 중심으로 하여 기술혁신 횡수와 관련된 자료의 유형 및 성격에 대해 논의하며 기술혁신활동 여부에 영향을 미칠 수 있는 여러 변수들에 대해 검토한다. III장에서는 본 연구에서 개발하여 사용하고자 하는 혼합모형에 대해 살펴보면서 우도함수 등의 통계적 추정모형도 제시한다. IV장에서는 주요 추정결과를 제시하고 결과에 대해 논의한다. 먼저 양의 영역에서 정의되는 분포함수를 이용하여 양의 기술혁신 횡수를 모형화한 분석으로부터 모집단의 기술혁신 횡수에 대한 정보를 추정한다. 다음으로 영의 기술혁신 횡수까지 고려한 혼합모형의 추정결과를 제시하되, 공변량이 없는 모형과 공변량이 있는 모형 두 가지로 구분하여 설명할 것이다. 마지막 장은 결론으로 할애한다.

II. 자료에 대한 검토

1. KIS 2002에서의 기술혁신

KIS 2002에서 기술혁신은 과학기술적, 조직적, 재무적, 그리고 상업적 활동을 모두 포함하는 기업활동을 의미하며 크게 기술적 신제품 혁신(technologically new product), 기존제품의

기술적 개선(technologically improved product), 기술적 공정혁신(technological process innovation) 3가지 유형으로 구분된다.

첫째, 기술적 신제품혁신이란 기술적 특성이나 용도가 기존제품과 확연히 다른 제품이나 서비스를 상업화에 성공하여 회사의 매출에 영향을 준 경우를 의미한다. 즉 새로운 기술을 바탕으로 하거나, 기존 기술을 이용하되 새로운 용도를 창출하거나, 새로운 지식이 결합된 제품이나 서비스를 의미한다. 하지만 필름카메라를 대체한 디지털 카메라처럼 기술성능 수준이 비슷한 신모델은 신제품 혁신이 아니며 제품혁신으로 간주된다.

둘째, 기존제품의 기술적 개선이란 기존 제품이나 서비스의 기술적 성능이 확연히 달라진 경우를 의미한다. 즉 고성능 부품이나 원료를 사용하거나 복합 제품의 경우 하부시스템의 부분적 개선이 이루어진 제품이나 서비스를 의미한다. 단 기술적인 골격이나 성능은 변화가 없이 색상이나 장식, 사소한 설계변경 등을 한 경우는 제된다. 예를 들어, 휴대전화기 벨소리를 16화음에서 40화음으로 대체하거나 휴대폰에 카메라를 장착하는 등은 제외된다.

셋째, 기술적 공정혁신이란 생산성 및 품질 향상이나 생산비용 절감을 위해 기술적으로 새롭거나 확연히 개선된 생산공정이나 제품납품 방법을 수용한 경우를 의미한다. 즉 새로운 생산설비의 도입, 생산조직의 변화, 소프트웨어 등 새로운 생산기법의 도입을 의미한다. 예를 들어, 간판방식(JIT, just-in-time), 전사적 자원관리(ERP, Enterprise Resources Planning), 신물류시스템 등의 그것이다. 단 기존라인의 추가확장, 포장기계의 도입 등 주변적 공정개선 및 사무전산화, 경영혁신, 서비스 개선 등은 해당하지 않는다.

문1. 지난 2년 동안(2000년 1월부터 2001년 12월) 귀사에서 기술혁신 활동을 한 적이 있습니까?

- ① 예 ☞ 문2로 가시오
- ② 아니오 ☞ 다음 페이지로 가시오

문2. 지난 2년간 수행한 기술혁신의 횟수는 다음 중 어디에 해당합니까?

- ① 1~2회
- ② 3~5회
- ③ 6~10회
- ④ 11~20회
- ⑤ 21~50회
- ⑥ 51회 이상

[그림 1] 기술혁신 여부 및 횟수에 관한 질문

지금까지 설명한 3개 유형의 기술혁신에 대한 질문은 [그림 1]에 제시된 바와 같다.¹⁾ 먼저 기술혁신 활동을 한 적이 있는지 여부에 대해 질문한다. 이때 '예'라고 응답하면 6개 보기 중에서 기술혁신의 횟수가 어디에 속하는지에 대해 질문을 받는다. 반면에 '아니오'라고 한다면 기술혁신 횟수에 대한 질문을 하지 않고 다음 질문으로 넘어간다.

2. 기술혁신 실적 자료

원래는 KIS2002에서 3,775개의 기업들이 응답을 했지만 중요한 질문에 응답을 하지 않는 기업들을 분석대상에서 제외시키다 보니 2,240개의 자료를 얻을 수 있었다. [그림 1]에 설명되어 있듯이, 특정 기술혁신 횟수는 0회, 1~2회, 3~5회, 6~10회, 11~20회, 21~50회, 51회 이상의 7가지 중에 하나이다.²⁾ 여기서 0이란 기술혁신 횟수는 각 기업이 기술혁신활동을 수행하지 않았음을 의미한다.

〈표 1〉 기술혁신 횟수에 대한 응답의 분포

기술혁신 횟수	기술적 신제품 혁신		기존제품의 기술적 개선		기술적 공정혁신	
	기업수	백분율(%)	기업수	백분율(%)	기업수	백분율(%)
0	1,638	73.12	1,511	67.46	1,642	73.30
1~2회	290	12.95	219	9.78	235	10.49
3~5회	201	8.97	293	13.08	233	10.40
6~10회	76	3.39	115	5.13	74	3.30
11~20회	17	0.76	59	2.63	38	1.70
21~50회	11	0.49	26	1.16	12	0.54
51회 이상	7	0.31	17	7.59	6	0.27
합 계	2,240	100.00	2,240	100.00	2,240	100.00

1) 일부 항목에 대해서만 무응답인 경우 대체법(imputation) 등의 여러 기법을 사용하여 무응답 자료를 처리하는 것이 가능하지만 본 연구에서와 같이 사용한 변수가 많을 경우에는 무응답 자료를 처리하는 것이 그리 간단하지 않다. 따라서 무응답 자료는 버린 채 분석을 한다. 추후에 이러한 무응답 자료의 성격 규명 및 처리에 대한 연구가 뒤따라기를 기대한다.

2) 원래 조사표에서는 마지막의 경우 50회 이상으로 되어 있으나, 이것은 논리적으로 문제가 있으므로 편의상 51회 이상으로 수정하여 해석하고자 한다.

〈표 1〉은 기술적 신제품 혁신 횟수, 기존제품의 기술적 개선 횟수, 기술적 공정혁신 횟수의 표본분포를 요약하고 있다. 세 개의 기술혁신횟수의 분포는 대략 서로 유사하다. 즉 전체의 70%에 달하는 다수의 기업들은 기술혁신 실적이 없었다. 예를 들어, 기술적 신제품 혁신의 경우 2,240개 분석대상 기업 중에서 73.12%에 해당하는 1,638개 기업들이 기술혁신 활동을 수행하지 않았다. 기존제품의 기술적 개선의 경우 전체의 67.46%에 해당하는 1,511개의 기업들이 기술혁신 활동을 수행하지 않았다. 기술적 공정혁신의 경우, 전체의 73.3%에 해당하는 1,642개 기업들은 기술혁신 활동을 하지 않았다고 응답하였다. 따라서 기술혁신 횟수의 분포나 결정요인을 모형화하고 분석할 때에는 이러한 점을 명시적으로 고려해 줘야 할 것이다.

3. 주요 변수들의 정의 및 기초 통계량

본 연구에서 사용하는 주요 변수, 즉 기술혁신 실적의 결정요인으로 고려하는 변수들은 총 10개이며 각 변수들에 대한 정의는 〈표 2〉에 정리되어 있다. 기술혁신활동조사표를 면밀히 검토하고 기업의 기술혁신활동과 관련된 각종 문헌들을 참고하여 분석대상 변수를 선정하였다. 각 변수를 고려하게 된 배경과 각 변수들의 특징에 대해 설명하면 다음과 같다.

〈표 2〉 주요 변수들의 정의

변수명	변수의 정의
METRO	수도권(서울, 인천, 경기)에 소재하는지 여부(0=아니오; 1=예)
IT	업종이 IT인지 여부(0=아니오; 1=예)
LE	대기업 여부(0=아니오; 1=예)
VENTURE	벤처기업 여부(0=아니오; 1=예)
SALES	2001년 기준 매출액 (단위 : 백억원)
EXPORT	2001년 기준 수출기업 여부(0=아니오; 1=예)
FOREIGN	2001년 기준 해외자본비율 (단위 : %)
CHARGE	연구개발 전담부서를 보유하고 있는지 여부(0=아니오; 1=예)
R&D	2001년 기준 연구개발지출이 있는지 여부(0=아니오; 1=예)
COOPERATION	다른 회사/조직과 협동으로 기술혁신활동을 했는지 여부(0=아니오; 1=예)

먼저 기술혁신 실적이 수도권에 집중되어 있는지 여부를 검토하기 위해 응답기업이 수도권에 소재하는지 여부를 의미하는 더미변수 METRO를 고려한다. 여기서 수도권은 서울, 인천, 경기를 의미한다. 수도권에 각종 인프라 및 각종 우수 기술인력이 집중되어 있기 때문에 수도권에 위치한 기업이 지방에 위치한 기업보다 기술혁신활동 수행이 용이할 것으로 판단되기 때문이다. 아울러 IT기업의 기술혁신활동과 비IT기업의 기술혁신활동은 구조적인 차이가 있을 수 있다(Lee and Hwang, 2003). 기존의 여러 연구에서 IT기업은 타 기업에 비해 기술혁신활동이 보다 왕성한 것으로 분석되었다(유승훈, 2003; 유승훈·정군오, 2003). 따라서 본 연구에서도 IT기업이 타 업종의 기업보다 기술혁신 횡수가 많은지 여부를 명시적으로 검토하고자 한다.

중소기업의 기술혁신활동이 대기업보다 왕성한지 여부를 검토하기 위해 대기업 여부를 뜻하는 LE란 더미변수도 포함한다. 이 부분은 문헌에 따라 서로 다른 결론이 도출되기도 한다. 즉 기술혁신활동을 수행하는 데에는 중소기업이 보다 유리하다는 주장과, 기술혁신활동을 수행하기 위해서는 임계규모(Critical Mass)란 게 있어서 어느 규모 이상이 있어야 기술혁신활동 수행이 용이하므로 중소기업보다는 대기업의 기술혁신활동이 더 왕성하다는 주장이 있다. 김승문(1992), 김종일(1995), Nahm(1996), 유승훈·문혜선(2002), 성태경(2003), 유승훈(2003)의 연구에서는 기업규모가 커질수록 기업의 기술혁신활동이 활발해진다고 보고하고 있다.

벤처기업의 기술혁신성 여부도 매우 중요한 관심사이다. 벤처기업의 기술혁신활동과 비벤처기업의 기술혁신활동 사이에 차이가 있는지 여부를 살펴보기 위해 VENTURE라는 더미변수를 상정한다. 유승훈·정군오(2003)의 연구결과에 따르면 우리나라의 벤처기업은 비벤처기업보다 기술혁신활동이 보다 왕성한 것으로 분석되었다. 기업의 규모를 나타내는 변수가 반드시 포함되어야 한다. 기업의 규모와 관련해서는 매출액, 자본금, 종업원수 등의 변수가 사용되나 이 중에서 가장 널리 사용되는 것은 매출액이기에 본 연구에서는 매출액(SALES)을 이용하고자 한다. 아울러 자본금, 종업원수 같은 변수도 함께 이용하게 되면 다중공선성(Multicollinearity)의 문제가 생길 수 있으므로 이 중에서 하나만 이용해야 한다.

수출기업 여부도 고려한다. 내수시장보다 훨씬 경쟁이 치열한 해외시장에 수출하는 제품을 생산하는 기업이라면 기술혁신활동에도 보다 적극적으로 임할 것이므로 수출기업 여부는 기술혁신 횡수에 긍정적 영향을 미칠 것으로 보인다. 해외자본비율이 높을수록 기술혁

신활동에 보다 적극적이라는 여러 연구결과(Braga and Wilmore, 1991; 허영도, 1996; 유승훈, 2003)가 국내에서 보고되었기에 본 연구에서도 해외자본비율을 의미하는 변수 FOREIGN을 명시적으로 고려한다. 연구개발 전담부서를 보유한 기업과 그렇지 못한 기업 사이에서 기술 혁신 실적이 구조적으로 다른지 여부를 확인하기 위해 연구개발 전담부서를 보유하고 있으면 1, 아니면 0의 값을 갖는 더미변수 CHARGE를 기술혁신 횟수 결정요인으로 고려한다. R&D 지출이 기술혁신 실적에 미치는 영향을 살펴본다. 다만 매출액 변수가 고려되었으므로 다중공선성의 문제를 피하기 위해 R&D 투자액보다는 R&D 지출이 있었는지 여부를 의미하는 더미변수를 사용한다. 마지막으로 다른 회사/조직과 협동으로 기술혁신활동을 했는지 여부가 기술혁신 횟수에 미치는 영향을 고찰하기 위해 더미변수인 COOPERATION을 고려한다.

〈표 3〉 주요 변수들의 표본통계량

변수명	표본 전체	기술적 신제품 혁신		기존제품의 기술적 개선		기술적 공정혁신	
		기술혁신 활동이 없는 기업	기술혁신 활동이 있는 기업	기술혁신 활동이 없는 기업	기술혁신 활동이 있는 기업	기술혁신 활동이 없는 기업	기술혁신 활동이 있는 기업
METRO	0.496 (0.500)	0.483 (0.500)	0.532 (0.499)	0.486 (0.500)	0.516 (0.500)	0.495 (0.500)	0.500 (0.500)
IT	0.155 (0.362)	0.137 (0.344)	0.204 (0.404)	0.140 (0.347)	0.188 (0.391)	0.155 (0.362)	0.157 (0.364)
LE	0.948 (0.223)	0.962 (0.192)	0.910 (0.286)	0.971 (0.168)	0.900 (0.300)	0.972 (0.165)	0.881 (0.324)
VENTURE	0.190 (0.393)	0.121 (0.326)	0.379 (0.485)	0.118 (0.322)	0.340 (0.474)	0.148 (0.355)	0.306 (0.461)
SALES	4.172 (30.572)	2.545 (12.696)	8.601 (54.920)	2.098 (8.394)	8.471 (51.971)	2.058 (9.145)	9.978 (56.828)
EXPORT	0.505 (0.500)	0.424 (0.494)	0.724 (0.447)	0.413 (0.493)	0.695 (0.461)	0.433 (0.496)	0.702 (0.458)
FOREIGN	0.045 (0.176)	0.040 (0.171)	0.058 (0.189)	0.038 (0.171)	0.059 (0.185)	0.035 (0.163)	0.071 (0.206)
CHARGE	0.438 (0.496)	0.288 (0.453)	0.847 (0.360)	0.254 (0.436)	0.819 (0.385)	0.308 (0.462)	0.794 (0.405)
R&D	0.489 (0.500)	0.329 (0.470)	0.924 (0.266)	0.293 (0.455)	0.896 (0.306)	0.347 (0.476)	0.878 (0.328)
COOPERATION	0.203 (0.402)	0.096 (0.294)	0.495 (0.500)	0.074 (0.262)	0.471 (0.499)	0.093 (0.291)	0.505 (0.500)

주) 괄호 없이 제시되어 있는 숫자는 평균을 의미하며, 괄호 안에 제시되어 있는 숫자는 표준편차를 의미한다.

〈표 3〉은 기술적 신제품 혁신, 기존제품의 기술적 개선, 기술적 공정혁신에 대한 주요 변수들의 표본통계량을 기술혁신활동이 있는 기업과 없는 기업으로 구분하여 제시하고 있다. 아울러 비교를 위해 전체 표본에 대한 표본통계량도 제시하였다. 세 경우 모두에 있어서 기술혁신활동이 있는 기업과 없는 기업 사이에 몇 가지 차이점을 확인할 수 있다. 즉 기술혁신활동이 있는 기업일수록 수도권에 더 많이 소재하고 있고, IT기업이 더 많고, 대기업보다는 중소기업이 더 많고, 벤처기업이 더 많고, 매출액이 더 많고, 수출제품을 취급할 가능성이 높고, 해외지분비율이 더 높고, 연구개발 전담부서를 보유하고 있고, R&D 지출을 하고 있고, 외부 회사/조직과 협동한 기술혁신활동을 더 많이 하고 있다. 모두 사전적으로 어느 정도 예상할 수 있는 결과들이다.

따라서 자료의 표본통계량으로 판단해보면, 전반적으로 기술혁신 실적이 있는 기업은 그렇지 않은 기업에 비해 몇 가지 차별성이 두드러지는 것으로 판단된다. 수도권에 소재하는 기업일수록, IT 기업일수록, 중소기업일수록, 벤처기업일수록, 매출액이 더 많을수록, 수출기업일수록, 해외투자지분이 높을수록, 연구개발 전담부서를 보유할수록, R&D 투자를 하는 기업일수록, 외부 기업/조직과 공동으로 기술혁신을 하는 기업일수록 기술혁신활동을 할 가능성이 더 많아진다.

III. 분석 모형

1. 기본적 모형

먼저 기술혁신 횡수에 대한 영의 응답을 무시하고, 즉 기술혁신 활동을 수행한 적이 있다고 응답한 기업의 자료만을 가지고 분석할 수 있는 모형을 제시한다. 기술혁신 횡수를 X 라 하고 X 의 누적분포함수(cdf, cumulative distribution function)를 $G_X(\cdot; \theta)$ 라 정의한다. 여기서 θ 는 분포와 관련된 모수벡터이다. X 의 양의 값은 와이불(Weibull), 감마(Gamma), 로그-정규(log-normal), 베타(Beta) 등의 분포 중에 하나를 따르는 것으로 가정할 수 있다(Greene, 1997). 이 분포들은 전부 양의 값에 대해서만 정의되기 때문이다. 본 연구에서는 X 의 양의 부분이 와이불 확률변수라 가정한다. 이것은 평균값 계산을 위한 적분계산 등에 있어 다른 분포보다 와이불 분포를 다루는 것이 편하며 대부분의 실증연구에서 와

이불 분포가 가장 널리 사용되기 때문이다. 즉, 와이불 확률변수를 가정한 X 의 양의 값에 대한 cdf는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$G_X(A; \theta) = G(A; \alpha, \beta) = 1 - \exp(-\alpha A^\beta), \text{ for } A \geq 0 \quad (1)$$

여기서 $\theta = (\alpha, \beta)$ 이며 $G(0; \theta) = 0$ 을 만족한다. 이때 $g(A; \alpha, \beta)$ 를 X 의 확률밀도함수(pdf, probability density function)라 하면 X 의 평균값에 대한 공식을 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} E(X) &= \int_{-\infty}^{\infty} A \cdot g(A; \alpha, \beta) dA \\ &= \int_0^{\infty} [1 - G(A; \alpha, \beta)] dA - \int_{-\infty}^0 G(A; \alpha, \beta) dA \\ &= \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{1/\beta} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 $\Gamma(\cdot)$ 는 양의 영역에서만 정의되는 성질을 가진 감마함수(gamma function)를 나타내는데 $\Gamma(t)$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$\Gamma(t) = \int_0^{\infty} u^{t-1} e^{-u} du \quad (3)$$

식 (3)의 계산을 위해서는 모수인 α 와 β 를 추정해야 하는데 최우추정법을 이용하면 이들 모수에 대한 일치추정량을 얻을 수 있다. 각 응답기업에 대한 기호를 $i=1, 2, \dots, N$ 로 나타내자. 기술혁신 활동을 수행한 적이 있다고 응답한 기업들은 <그림 1>에 제시된 질문 2의 형태로 6개의 보기 중에서 해당기업의 X 는 어디에 속하는 지에 대해 질문을 받는다. 이 질문에 대해 6개의 결과가 발생가능하며, 이와 관련된 변수 I_i 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$I_i = 1 (\text{i번째 기업은 } j\text{번째 보기를 선택한다}), \text{ for } j=1, \dots, 6 \quad (4)$$

여기서 $1(\cdot)$ 는 인디케이터 함수(indicator function)로 괄호 안의 값이 참이면 1이고 아니면 0의 값을 갖는다. <그림 1>에 주어진 정보를 이용하여 I_i 를 보다 구체적으로 풀어 정의하면 다음과 같다.

$$\begin{cases} I_i^1 = 1(0 < X_i < 2.5) \\ I_i^2 = 1(2.5 \leq X_i < 5.5) \\ I_i^3 = 1(5.5 \leq X_i < 10.5) \\ I_i^4 = 1(10.5 \leq X_i < 20.5) \\ I_i^5 = 1(20.5 \leq X_i < 50.5) \\ I_i^6 = 1(X_i \geq 50.5) \end{cases} \quad (5)$$

만약에 i 번째 기업이 3번째 보기를 선택했다면, 즉 지난 2년간의 기술혁신 횟수가 6~10회라고 응답했다면 $I_i^3 = 1$ 및 $I_i^1 = I_i^2 = I_i^4 = I_i^5 = I_i^6 = 0$ 이 성립한다. 다음 단계로 식 (1)과 확률의 성질을 이용하면 각 상황이 일어날 확률을 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\begin{cases} \Pr(0 < X_i < 2.5) = G(2.5; \alpha, \beta) \\ \Pr(2.5 \leq X_i < 5.5) = G(5.5; \alpha, \beta) - G(2.5; \alpha, \beta) \\ \Pr(5.5 \leq X_i < 10.5) = G(10.5; \alpha, \beta) - G(5.5; \alpha, \beta) \\ \Pr(10.5 \leq X_i < 20.5) = G(20.5; \alpha, \beta) - G(10.5; \alpha, \beta) \\ \Pr(20.5 \leq X_i < 50.5) = G(50.5; \alpha, \beta) - G(20.5; \alpha, \beta) \\ \Pr(X_i \geq 50.5) = 1 - G(50.5; \alpha, \beta) \end{cases} \quad (6)$$

이제 식 (5) 및 (6)을 이용하면 기본모형에 대한 로그우도함수를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln L &= \sum_{i=1}^N \ln [I_i^1 \Pr(0 < X_i < 2.5) + I_i^2 \Pr(2.5 \leq X_i < 5.5) \\ &\quad + I_i^3 \Pr(5.5 \leq X_i < 10.5) + I_i^4 \Pr(10.5 \leq X_i < 20.5) \\ &\quad + I_i^5 \Pr(20.5 \leq X_i < 50.5) + I_i^6 \Pr(X_i \geq 50.5)] \\ &= \sum_{i=1}^N \ln [I_i^1 G(2.5; \alpha, \beta) + I_i^2 (G(5.5; \alpha, \beta) - G(2.5; \alpha, \beta)) \\ &\quad + I_i^3 (G(10.5; \alpha, \beta) - G(5.5; \alpha, \beta)) + I_i^4 (G(20.5; \alpha, \beta) - G(10.5; \alpha, \beta)) \\ &\quad + I_i^5 (G(50.5; \alpha, \beta) - G(20.5; \alpha, \beta)) + I_i^6 (1 - G(50.5; \alpha, \beta))] \end{aligned} \quad (7)$$

최우추정법을 적용한다는 것은 식 (7)을 최대화하는 모수 α 및 β 를 구하는 것이며, 이를 통해 X 의 분포함수인 식 (1)과 X 의 평균값인 식 (2)를 추정할 수 있다.

2. 혼합모형

본 소절에서는 Yoo(2003, 2004, 2005) 등에 근거하여 혼합모형의 이론적 측면에 대해 살펴본다. 앞서 언급하였듯이, 본 연구에서 적용되는 혼합모형은 영의 기술혁신 횟수 응답과 관련된 분포와 양의 기술혁신 횟수 응답과 관련된 분포의 두 가지 분포의 혼합으로 해석될 수 있다. 따라서 $G_X(\cdot; \theta)$ 은 다음과 같이 새롭게 정의될 수 있다.

$$G_X(A; \delta, \theta) = \begin{cases} 0, & \text{if } A < 0 \\ \delta, & \text{if } A = 0 \\ \delta + (1 - \delta)F(A; \theta), & \text{if } A > 0 \end{cases} \quad (8)$$

여기서, $F(A; \theta)$ 는 양의 실수에서 정의되는 cdf로 연속함수이며 $F(0; \theta) = 0$ 을 만족한다. 한편 δ 는 확률이므로 0에서 1사이의 값을 가진다.

식 (8)에서 확인할 수 있듯이, $G_X(A; \delta, \theta)$ 는 연속함수가 아니다. 이 함수는 0에서 점 질량을 가지는데, δ 란 모수로 표현된다. X 는 δ 의 확률로 $A=0$ 의 단위질량(unit mass)을 갖는 첫 번째 분포로부터 추출되며, $1-\delta$ 의 확률로 두 번째 분포 $F(A; \theta)$ 로부터 추출된다. δ 는 확률이므로 0에서 1사이의 값을 갖도록 이 혼합모형에 제약을 가하기 위해, δ 를 다음과 같은 로지스틱(logistic) 분포함수에 적합되도록 정형화하는 것이 바람직하다.

$$\delta = \frac{\exp(\lambda)}{1 + \exp(\lambda)} \quad (9)$$

여기서 극한값의 몇 가지 성질을 이용하면 $\lambda \rightarrow -\infty$ 일 때 $\delta \rightarrow 0$ 이 되며, $\lambda \rightarrow \infty$ 일 때 $\delta \rightarrow 1$ 이 됨을 쉽게 확인할 수 있다. 따라서 λ 이 어떤 값을 갖더라도 δ 는 항상 0에서 1사이의 값을 가지게 된다.

식 (2)에서와 같이 X 의 양의 부분이 와이불 확률변수라 가정한다. 즉, 와이불 확률변수를

가정한 X 의 양의 값에 대한 cdf는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$F(A; \theta) = F(A; \alpha, \beta) = 1 - \exp(-\alpha A^\beta), \text{ for } A \geq 0 \quad (10)$$

식 (8)과 (10)을 이용하면 X 의 평균값에 대한 공식을 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned} E(X) &= \int_{-\infty}^{\infty} A \cdot g(A; \delta, \alpha, \beta) dA \\ &= \int_0^{\infty} [1 - G(A; \delta, \alpha, \beta)] dA - \int_{-\infty}^0 G(A; \delta, \alpha, \beta) dA \\ &= (1 - \delta) \left(\frac{1}{\alpha}\right)^{1/\beta} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \end{aligned} \quad (11)$$

여기서 $g(A; \delta, \alpha, \beta)$ 는 식 (8)에 대응되는 pdf이다. <그림 1>에서와 같이, 각 응답자들은 먼저 양의 X 를 갖는 지 여부에 대해 질문을 받는다. 이와 관련하여 변수 y_i 를 다음과 같이 정의한다.

$$y_i = 1 \text{ (} i \text{번째 기업은 양의 } X \text{를 가진다)} \quad (12)$$

즉 y_i 는 i 번째 기업이 양의 X 를 가지면 1이고 아니면 0의 값을 갖는다. 다음으로 $y_i = 1$ 인 기업들에 한해 6개의 보기 중에서 해당 기업의 X 는 어디에 속하는 지에 대해 질문을 받는다. 식 (5)에서와 같이, 이 질문에 대해 6개의 결과가 발생가능하다. 따라서 공변량이 포함되지 않은 혼합모형에 대한 로그우도함수는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \ln L = \sum_{i=1}^N \ln [&(1 - y_i) \delta + y_i (1 - \delta) (I_1^1 F(2.5; \alpha, \beta) \\ &+ I_2^2 (F(5.5; \alpha, \beta) - F(2.5; \alpha, \beta)) \\ &+ I_3^3 (F(10.5; \alpha, \beta) - F(5.5; \alpha, \beta)) \\ &+ I_4^4 (F(20.5; \alpha, \beta) - F(10.5; \alpha, \beta)) \\ &+ I_5^5 (F(50.5; \alpha, \beta) - F(20.5; \alpha, \beta)) \\ &+ I_6^6 (1 - F(50.5; \alpha, \beta))] \end{aligned} \quad (13)$$

만약 공변량(covariates)을 포함한 혼합모형을 추정하고자 한다면, 즉 주요 변수들의 기술혁신을 하지 않을 확률에 미치는 영향에 대해 분석하고자 한다면 식 (9)에서 λ 가 단지 $x_i'\gamma$ 로 교체되기만 하면 된다. 여기서 x_i 는 공변량의 벡터이며 γ 는 이에 대응되는 추정되어야 할 모수의 벡터이다.³⁾

IV. 분석 결과

1. 기본모형의 추정 결과

기술혁신 활동을 하지 않는 기업들을 무시하고 기술혁신 활동을 하는 기업자료에 대해 기술혁신 횟수의 분포함수를 식 (7)을 이용해 추정해 본다. 기술적 신제품혁신, 기존제품의 기술적 개선, 기술적 공정혁신의 3가지 경우에 대한 추정결과는 <표 4>에 제시되어 있다.

<표 4> 양의 기술혁신 횟수에 대한 분포함수 추정결과

구 분	기술혁신의 유형		
	기술적 신제품 혁신	기존제품의 기술적 개선	기술적 공정혁신
α	0.3741 (13.33)***	0.2262 (13.53)***	0.2001 (10.37)***
β	0.7704 (24.00)***	0.8324 (30.26)***	0.8339 (24.32)***
표본 평균값	2.2267 (13.83)***	3.8390 (17.92)***	4.4356 (14.22)***
관측치의 개수 로그우도함수값	602 -772.46	729 -1,129.64	598 -721.92

주) 추정치 아래의 괄호 안에 제시되어 있는 것은 t -통계량이며, ***는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미한다.

3) 공변량은 또한 cdf에도 직접 포함될 수 있다. 식 (10)에서 β 를 단지 $z_i'\mu$ 로 교체하면 된다. 여기서 z_i 는 공변량의 벡터이며 μ 는 이에 대응되는 추정되어야 할 모수의 벡터이다. 벡터 x_i 와 z_i 는 같을 수도 있으며 다를 수도 있다. 또한 공변량은 x_i 및 z_i 중에서 어느 한 가지만 포함할 수도 있으며 둘 다 포함할 수도 있다.

기술적 신제품 혁신 횟수, 기존제품의 기술적 개선 횟수, 기술적 공정혁신 횟수의 양의 값에 대한 분포함수 추정결과를 살펴보면 표본평균값이 각각 2.23회, 3.84회, 4.44회이며 모두 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 아울러 모든 추정계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 따라서 세 경우를 종합적으로 살펴보면 각 분포함수는 통계적으로 유의하게 추정되었고, 기술혁신 횟수에 대한 표본평균값은 기술적 공정혁신이 가장 크고, 다음은 기존제품의 기술적 개선이며, 마지막으로 기술적 신제품혁신이다.

2. 혼합모형의 추정 결과

식 (9)로 표현된 공변량 없는 혼합모형을 최우추정법을 이용하여 추정하였다. 기술적 신제품혁신, 기존제품의 기술적 개선, 기술적 공정혁신 횟수의 분포함수 각각에 대한 주요 추정결과는 <표 5>에 제시되어 있다. 먼저 기술적 신제품혁신에 대해 살펴보자. 모형 내의 모든 추정계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 특히 혼합모형의 모수 δ 는 0.7313으로 추정되었는데, 이 값은 기술혁신 활동을 하지 않았다고 밝힌 기업이 비율인 73.13%와 정확하게 일치한다. 기술혁신 횟수의 표본평균값은 1.12회로 양의 응답만 고려할 때의 표본평균값 2.23회의 절반 수준이다.

다음으로 기존제품의 기술적 개선에 대해 살펴보겠다. 모형 내의 모든 추정계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 특히 혼합모형의 모수 δ 는 0.6746으로 추정되었는데, 이 값은 기술혁신 활동을 하지 않았다고 밝힌 기업이 비율인 67.46%와 정확하게 일치한다. 기술혁신 횟수의 표본평균값은 2.14회로 양의 응답만 고려할 때의 표본평균값 3.84회보다 작게 추정되었다.

마지막으로 기술적 공정혁신에 대한 추정결과를 고찰하면, 모형 내의 모든 추정계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의하다. 특히 혼합모형의 모수 δ 는 0.7330으로 추정되었는데, 이 값은 기술혁신 활동을 하지 않았다고 밝힌 기업의 비율인 73.30%와 정확하게 일치한다. 기술혁신 횟수의 표본평균값은 1.28회로 양의 응답만 고려할 때의 표본평균값 4.44회의 절반 수준에 미치지 못하게 추정되었다. 아울러 추정된 표본평균값에 대해 계산된 신뢰구간도 함께 제시하였다.

〈표 5〉 기술혁신 횟수의 분포에 대한 혼합모형의 추정결과

구 분	기술혁신의 유형		
	기술적 신제품혁신	기존제품의 기술적 개선	기술적 공정혁신
α	0.3741 (13.33)***	0.2262 (13.53)***	0.2001 (10.37)***
β	0.7704 (24.00)***	0.8324 (30.26)***	0.8339 (24.32)***
δ	0.7313 (78.07)***	0.6746 (68.14)***	0.7330 (78.43)***
관측값의 개수	2,240	2,240	2,240
로그-우도함수값	-2,076.17	-2,542.87	-2,122.99
기술혁신 횟수의 평균값	1,1223	2,1397	1,2832
- t -통계량	(15.34)***	(18.03)***	(16.57)***
- 95% 신뢰구간	[1.0162 - 1,2590]	[1,9635 - 2,3507]	[1,1675 - 1,4230]
- 99% 신뢰구간	[0.9972 - 1,2851]	[1,9310 - 2,4019]	[1,1442 - 1,4527]

주) 추정치 아래의 괄호 안에 제시되어 있는 것은 t -통계량이며, ***는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의함을 의미한다. 95% 신뢰구간 및 99% 신뢰구간은 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 몬테칼로 모의실험 기법에 근거하여 계산하되, 반복회수는 5,000회로 하였다.

이제 세 경우를 종합적으로 살펴보면 혼합모형으로부터 도출된 각 분포함수는 통계적으로 유의하게 추정되었다고 결론지을 수 있다. 아울러 기술혁신 횟수에 대한 표본평균값은 기존제품의 기술적 개선의 경우가 가장 크고 다음이 기술적 공정혁신이며 마지막으로 기술적 신제품혁신이다. 따라서 기술혁신활동을 하지 않는 기업자료를 무시했을 때의 순위와는 다르다. 즉 기존제품의 기술적 개선의 경우에 대한 순위와 기술적 공정혁신의 경우에 대한 3 순위가 다르다. 이것은 기술적 공정혁신의 경우 기존제품의 기술적 개선의 경우보다 기술혁신을 하지 않은 기업이 많은 반면에 일단 기술혁신이 이뤄지면 그 횟수가 기술적 개선의 경우보다 크기 때문이다.

또한 표본평균값 근방에서의 95% 신뢰구간 및 99% 신뢰구간을 Krinsky and Robb(1986)이 제안한 몬테칼로 모의실험(Monte-Carlo simulation) 기법을 이용하여 계산하되 반복횟수는 5,000번으로 하였다. 몬테칼로 모의실험 기법의 적용절차는 다음과 같다. 우선 (δ, α, β) 의 추정치와 분산-공분산 행렬을 이용하여 (δ, α, β) 의 다변량 정규분포로부터 (δ, α, β) 의 값

을 발생시켜 기술혁신 횡수의 평균값을 계산하며 이 과정을 5,000번 반복한다. 이렇게 발생된 5,000개의 기술혁신 횡수의 평균값을 크기순으로 나열한 다음 양끝에서 각각 2.5%를 버리면 95% 신뢰구간을 얻을 수 있으며, 양끝에서 각각 0.5%를 버리면 99% 신뢰구간을 얻을 수 있다. 신뢰구간은 <표 5>의 하단에 제시되어 있다.

3. 공변량이 포함된 혼합모형의 추정 결과

식 (9)에 제시된 공변량이 포함된 혼합모형을 추정한다. 이 모형 추정에 사용된 변수의 정의는 <표 2>에 제시되어 있으며 표본 기초통계량은 <표 3>에 정리되어 있다. <표 6>은 기술적 신제품 혁신, 기존제품의 기술적 개선, 기술적 공정혁신에 해당하는 공변량 포함 혼합모형의 추정결과를 요약하고 있다.

공변량을 포함하여 그 영향을 분석하는 것은 두 가지 의미를 가진다. 첫째는 공변량이 기술혁신활동을 하지 않을 확률에 미치는 영향 자체를 계산하는 것이다. 이 값을 이용하면 합리적으로 예측된 공변량의 변동을 이용하여 기술혁신활동을 수행할 확률이 어떻게 변하는지를 계산할 수 있다. 둘째, 자료가 적절하게 수집되었는지를 간접적으로 검정하는 의미도 가진다. 즉 연구결과의 이론적 타당성 혹은 내적 일관성을 체크할 수 있다. 설문이 제대로 수행되어 자료가 적절하게 수집되었다면 주요 공변량의 영향은 사전적인 예상에 부합하면서 통계적으로도 유의해야 한다.

표 6에 포함된 공변량에 대해 양의 추정계수는 해당 변수의 값이 더 큰 개인일수록 기술혁신활동을 수행할 가능성이 더 낮음을 의미한다. 반면에 음의 추정계수는 해당 변수가 더 큰 값을 가질수록 기술혁신활동을 수행할 가능성이 더 높음을 시사한다. 예를 들어, <표 6>의 기술적 신제품혁신에 대한 추정결과에서 VENTURE, EXPORT, CHARGE, R&D, COOPERATION의 추정계수가 모두 통계적으로 유의하며 부호가 음수이다. 이 변수들의 추정계수를 중심으로 시사점을 설명해 보면, 벤처기업일수록, 수출기업일수록, 연구개발 전담부서가 있는 기업일수록, R&D 투자 지출을 하는 기업일수록, 외부 기업/조직과 협력을 하여 기술혁신활동을 해 본 기업일수록 기술적 신제품혁신 기술혁신활동을 수행할 가능성이 높다.

〈표 6〉 기술혁신 횟수의 분포에 대한 공변량 포함 혼합모형의 추정결과

추정모수		기술혁신의 유형		
		기술적 신제품혁신	기존제품의 기술적 개선	기술적 공정혁신
α		0.3741 (13.33)***	0.2262 (13.53)***	0.2001 (10.37)***
β		0.7704 (24.00)***	0.8324 (30.26)***	0.8339 (24.32)***
δ	Constant	3.7270 (12.05)***	2.6758 (8.68)***	2.3964 (7.89)***
	METRO	0.1337 (1.07)	0.2234 (1.83)*	0.2027 (1.68)*
	IT	-0.0126 (-0.08)	0.1433 (0.90)	0.3852 (2.38)**
	LE	-0.1958 (-0.77)	0.2149 (0.78)	0.4955 (1.84)*
	VENTURE	-0.5044 (-3.55)***	-0.3299 (-2.29)**	-0.0718 (-0.50)
	SALES	-0.0027 (-0.98)	-0.0035 (-0.91)	-0.0053 (-1.26)
	EXPORT	-0.4546 (-3.49)***	-0.3003 (-2.40)**	-0.2513 (-1.99)**
	FOREIGN	-0.3442 (-1.01)	-3501 (-1.05)	-0.8354 (-2.65)***
	CHARGE	-0.7962 (-4.57)***	-0.8612 (-5.24)***	-0.5434 (-3.18)***
	R&D	-2.0318 (-9.83)***	-1.8964 (-10.55)***	-1.7006 (-9.01)***
	COOPERATION	-1.2205 (-9.18)***	-1.4241 (-10.17)***	-1.4532 (-11.07)***
관측값의 갯수		2,240	2,240	2,240
로그-우도함수값		-1,633.61	-1,633.61	-1,633.61

주) 각 변수들은 〈표 2〉에 정의되어 있다. 추정계수 아래의 괄호 안에 제시되어 있는 것은 t-통계량이며, ***, **, *는 각각 유의수준 1%, 5%, 10%에서 통계적으로 유의함을 의미한다.

기존제품의 기술적 개선의 경우에는 METRO, VENTURE, EXPORT, CHARGE, R&D, COOPERATION의 추정계수가 통계적으로 유의하며 METRO의 추정계수를 제외하면 모두 부호가 음수이다. 즉 수도권에 소재하지 않는 기업이 수도권에 소재한 기업보다 기존제품의 기술적 개선을 위한 기술혁신을 수행할 가능성이 더 높다. 아울러 벤처기업이 비벤처기

업보다, 수출기업이 비수출기업보다, 연구개발 전담부서가 있는 기업이 그렇지 않은 기업보다, R&D 투자 지출을 하는 기업이 그렇지 않은 기업보다, 외부 기업/조직과 협력을 하여 기술혁신활동을 해 본 기업이 그렇지 않은 기업보다 기존제품의 기술적 개선을 위한 기술혁신활동을 수행할 가능성이 더 높다.

기술적 공정혁신의 경우를 살펴보면 METRO, IT, LE, EXPORT, FOREIGN, CHARGE, R&D, COOPERATION의 추정계수가 통계적으로 유의하며 METRO, IT, LE의 추정계수는 양수이며 나머지 변수들의 추정계수는 모두 음수이다. 먼저 추정계수의 부호가 양수인 변수에 대해 살펴보자. 수도권에 위치한 기업보다 비수도권에 위치한 기업이, IT기업보다는 비IT기업이, 대기업보다는 중소기업이 기술적 공정혁신을 위한 기술혁신활동을 수행할 가능성이 더 높다. 또한 해외자본비율이 큰 기업이 낮은 기업보다, 연구개발 전담부서를 가지고 있는 기업이 그렇지 않은 기업보다, R&D 투자지출을 하는 기업이 그렇지 않은 기업보다, 외부 기업/조직과 협력하여 기술혁신활동을 해 본 기업이 그렇지 않은 기업보다 기술적 공정혁신을 위한 기술혁신활동을 수행할 확률이 더 높다.

V. 결론

IMF 경제체제 이후에 급변한 경제상황 속에서, 성장동력으로서의 기업 기술혁신활동의 기능 및 역할은 더욱더 강조되고 있다. 이러한 배경 하에서, 본 연구는 KIS 2002에 포함된 제조업 자료를 대상으로 하여 기술혁신 횡수의 분포함수를 추정하고자 하였다. 기업을 대상으로 한 조사로부터 수집된 기술혁신 횡수의 분포함수를 추정하는 작업은 표본 내에 포함된 영의 응답 때문에 어려움이 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 본 논문에서는 혼합모형을 제안하고 적용했다.

이 혼합모형은 영에서 점 질량을 가지는 분포를 허용하는 특징을 가지고 있다. 기술혁신 횡수가 영일 확률은 모수 δ 로 표현되어 별도로 식별가능하며 최우추정법을 이용하면 일치 추정량을 얻을 수 있다. 이 혼합모형은 기술혁신 횡수 분포에 있어 흔하게 나타나는 이중형태의 성격을 쉽게 반영할 수 있으며 자료에도 잘 적합되었다. 게다가 모형 내에 공변량을 포함하는 것도 그리 어렵지 않았다. 실제로 공변량을 포함하여 추정한 결과를 살펴보면 한 기업이 기술혁신활동을 하지 않을 확률은 몇 개의 주요 변수에 대해 유의하게 변동함을 확

인할 수 있었다.

혼합모형은 기술혁신 횡수와 같이 영의 관측치를 가진 자료의 분포를 추정하는 데 있어서 한 가지 유용한 방법임에 틀림없어 보인다. 특히 본 연구에서 적용을 제안한 혼합모형을 추정하는 것은 그리 어렵지 않다. 혼합모형의 추정은 다른 회귀분석 모형이 추정에 비한 상대적으로 복잡성 때문에 실증연구에서 널리 이용되지 못한 것이 사실이다. 하지만 현재에는 관련 문헌의 증가와 컴퓨터 프로그램의 발전으로 쉽게 적용될 수 있다. 따라서, 혼합모형은 기술혁신 횡수뿐만 아니라 이중형태를 가진 여러 기술혁신활동 서베이 자료의 분포를 추정하는 데 있어서 이론적으로 우수할 뿐만 아니라 유연하게 활용될 수 있는 장점을 가진다.

혼합모형의 분석결과 기술적 신제품혁신 횡수, 기존제품의 기술적 개선 횡수, 기술적 공정혁신 횡수의 표본평균값은 각각 1.12회, 2.14회, 1.28회로 추정되어 기존제품의 기술적 개선 횡수가 가장 많은 것으로 분석되었다.

공변량이 포함된 혼합모형의 추정결과 벤처기업일수록, 수출기업일수록, 연구개발 전담부서가 있는 기업일수록, R&D 투자 지출을 하는 기업일수록, 외부 기업/조직과 협력을 하여 기술혁신활동을 해 본 기업일수록 기술적 신제품혁신을 위한 기술혁신활동을 수행할 가능성이 높은 것으로 분석되었다. 또한 수도권에 소재하지 않는 기업이 수도권에 소재한 기업보다 기존제품의 기술적 개선을 위한 기술혁신을 수행할 가능성이 더 높았으며, 벤처기업이 비벤처기업보다, 수출기업이 비수출기업보다, 연구개발 전담부서가 있는 기업이 그렇지 않은 기업보다, R&D 투자 지출을 하는 기업이 그렇지 않은 기업보다, 외부 기업/조직과 협력을 하여 기술혁신활동을 해 본 기업이 그렇지 않은 기업보다 기존제품의 기술적 개선을 위한 기술혁신활동을 수행할 가능성이 더 높았다. 아울러 수도권에 위치한 기업보다 비수도권에 위치한 기업이, IT기업보다는 비IT기업이, 대기업보다는 중소기업이 기술적 공정혁신을 위한 기술혁신활동을 수행할 가능성이 더 높았으며, 해외자본비율이 큰 기업이 낮은 기업보다, 연구개발 전담부서를 가지고 있는 기업이 그렇지 않은 기업보다, R&D 투자지출을 하는 기업이 그렇지 않은 기업보다, 외부 기업/조직과 협력하여 기술혁신활동을 해 본 기업이 그렇지 않은 기업보다 기술적 공정혁신을 위한 기술혁신활동을 수행할 확률이 더 높았다.

향후 기업의 기술혁신활동과 관련된 자료가 추가적으로 확보된다면 보다 폭넓은 분석과 이에 근거한 시사점 도출이 가능할 것이라 생각된다. 예를 들어, 기업의 기술혁신활동은 단기적 관점이 아닌 장기적 관점에서 이루어져야 하는 바, 2002년 한해에 조사된 기업의 기술혁신자료를 가지고 결론을 내리기보다는 여러 연도의 자료를 확보하여 패널분석을 한다면

보다 강건하고 다양한 시사점들을 도출할 수 있을 것이다.

그밖에도 일부 항목에 대한 무응답으로 인해 분석대상에서 제외되었던 기업들도 포함한 분석, 기업들을 매출액 규모별로 군집화한 분석, 기업의 기술혁신활동이 기업가치에 미치는 영향에 대한 평가, 주요 선진국 자료와의 비교분석, 기업의 기술혁신활동이 경제성장에 미치는 영향에 대한 거시적 관점에서의 분석, 기업의 기술혁신역량 추계 등이 유의한 향후 연구주제가 될 수 있을 것이다. 아울러 기술혁신활동 여부, 특히 기술혁신활동 횡수는 대상이 되는 제품의 특성과 깊은 관련이 있으며 이는 업종이라는 변수가 어느 정도 커버해 줄 수 있을 것이다.⁴⁾ 본 연구에서는 IT 업종 여부만을 고려했지만, 분석대상 기업들을 세분화된 업종별로 군집화하여 분석하거나 업종을 세분화한 업종 더미변수를 추가하여 분석한다면 새로운 시사점을 제공해 줄 수 있을 것으로 보인다. 또한 기술혁신활동에 영향을 미칠 수 있는 다른 다양한 변수들을 새로 발굴하여 이를 독립변수로 반영하는 등의 분석을 하는 것도 중요한 추후 과제가 될 것이다. 앞으로 기업 기술혁신활동의 분석과 관련하여 많은 유용한 추가연구가 수행되기를 기대한다.

4) 이 점은 익명의 한 심사위원이 지적한 것이다.

참고문헌

- 김승문(1992), "기술개발 및 기술도입과 기업규모의 관계에 관한 실증적 연구-한국 원료합성 평 산업을 중심으로", 「산업조직연구」, 제1집, pp. 85-104.
- 김종일(1995), "총요소생산성 추정에 있어서의 문제점과 제 추정방법", 「계량경제학보」, 제6권, pp. 207-232.
- 성태경(2003), "기업규모와 기술혁신활동의 연관성 : 우리나라 제조업에 대한 실증적 연구", 「중소기업연구」, 제25권, 제2호, pp. 305-325.
- 엄미정(2004), 기업규모별 기술혁신활동 실태분석-중소기업을 중심으로, 조사자료 2004-02, 과학기술정책연구원.
- 유승훈(2003), "기업의 R&D 투자 결정요인 분석-준모수적 추정법을 적용하여", 「기술혁신학회지」, 제6권, 제3호, pp. 279-297.
- 유승훈-문혜선(2002), "과학기술연구개발활동조사의 개선방안 - 기업부문을 중심으로", 「기술혁신학회지」, 제5권, 제2호, pp. 228-244.
- 유승훈-정군오(2003), "코스닥 벤처기업의 R&D 투자에 관한 분석", 「벤처경영연구」, 제6권, 제3호, pp. 3-26.
- 허영도(1996), "해외 기술도입과 자체 연구개발의 관계 및 결정요인에 관한 연구", 「경영학연구」, 제25권, 제3호, pp. 83-110.
- Braga, N and Wilmore, L. (1991), "Technological Imports and Technological Effort: An Analysis of Their Determinants in Brazilian Firms," *Journal of Industrial Economics*, Vol. 40, pp. 421-432
- Greene, W. H. (1997), *Econometric Analysis*, 3rd ed., Prentice-Hall, New Jersey.
- Jasiulewicz, H. (1997), "Application of Mixture Models to Approximation of Age-at-death Distribution," *Insurance Mathematics and Economics*, Vol. 19, pp. 237-241.
- Krinsky, I. and Robb, A. L.(1986), "On Approximating the Statistical Properties of Elasticities," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 68, pp. 715-719.
- Lee, M. -H. and Hwang, I. -J. (2003), "Determinants of Corporate R&D Investment: An Empirical Study Comparing Korea's IT Industry with Its Non-IT Industry", *ETRI Journal*, Vol. 25, pp. 258-265.

- Lichtenberg, F. R. (1993), R&D investment and international productivity differences, in *Economic Growth in the World Economy* (Ed.) H. Siebert, J.C.B. Mohr, Tübingen, pp. 89-110.
- McLachlan, G. J. and Basford, K. E. (1988), *Mixture Models*, Marcel Dekker, New York.
- Morduch, J. J. and Stern, H. S. (1997), "Using Mixture Model to Detect Sex Bias in Health Outcomes in Bangladesh," *Journal of Econometrics*, Vol. 77, pp. 259-276.
- Nahm, J. -W. (1996), "R&D Expenditures and Sales", *Journal of Economic Theory and Econometrics*, Vol. 2, pp. 103-124.
- Nonneman, W. and Vanhoudt, P. (1996), "A Further Augmentation of the Solow Model and the Empirics of Economic Growth for OECD Countries", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 110, pp. 943-953.
- Werner, M. (1999), "Allowing for Zero in Dichotomous Choice Contingent Valuation Models," *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 17, pp. 479-486.
- Yoo, S. -H. (2003), "Application of a Mixture Model to Approximating Bottled Water Consumption Distribution," *Applied Economics Letters*, Vol. 10, pp. 181-184.
- Yoo, S. -H. (2004), "A Note on Approximation of Mobile Communications Consumption Distribution Function Using a Mixture Model", *Journal of Applied Statistics*, Vol. 31, pp. 747-752
- Yoo, S. -H. (2005), "The Number of Working Hours a Salary Earner is Willing to Reduce for Leisure Activities", *Applied Economics Letters*, Vol. 12, pp. 365-368.