

## 확률적 사고의 발달: 순차적 사건표집 과제를 중심으로\*

맹 세 호

정 윤 경<sup>†</sup>

가톨릭대학교 심리학과

본 연구의 목적은 아동의 확률적 사고의 발달을 탐색하는데 있다. 본 연구에서는 아동의 확률적 사고의 발달을 탐색하기 위해 순차적 사건 표집 형태의 과제를 사용하였다. 두 개의 상자가 화면에 제시되며, 연구 참여자는 두 상자 중에 보상이 있는 상자를 선택해야 한다. 과제는 한 구획당 15시행이 제시되며, 보상 획득의 확률이 서로 다른 세 구획으로 구성하였다. 연구 결과 전조작기 아동들도 직관적인 확률적 사고를 통해 선택 간의 확률 차이를 인식하고 보다 과제를 성공적으로 수행하는 것을 확인하였다. 구체적으로 시행을 거듭할수록 보다 보상 획득 확률이 높은 선택을 많이 하는 것으로 나타났으며 각 시행에 소요되는 시간이 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 특히 본 연구에 참여한 아동 중 가장 어린 만 3세 아동들도 두 선택사이의 확률 차이가 클 경우 시행이 증가함에 따라 과제의 표준 수행경향성과 유사해지는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 전조작기 아동들도 사건을 경험함에 따라 불완전 하지만 사건에 대한 확률을 직관적으로 표상할 수 있다고 볼 수 있다.

주요어 : 직관적 사고, 확률적 사고, 의사결정, 전조작기

\* 본 논문은 맹세호의 박사학위 논문의 일부를 수정 보완한 것임.

<sup>†</sup> 교신저자 : 정윤경, 가톨릭대학교 심리학과, 경기 부천시 원미구 지봉로 43

이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5B5A07918724)

E-mail: benijeong@catholic.ac.kr

확률적 사고(Probabilistic Thinking)란 불확실한 상황에서 주어진 정보 (경험적 정보)를 통해 사건의 발생가능성을 판단하는 과정에서 사용되는 사고이다(Boyer, 2007; Girotto & Gonzalez, 2008). 이러한 확률적 사고는 형식적 조작기에 이르러 습득할 수 있다고 알려져 왔다(Piaget & Inhelder, 1975).

Piaget와 Inhelder(1975)는 확률개념을 습득하기 위해 비율과 우연에 대한 이해가 필요하다고 주장하였다. 그림 1-1과 같이 각 표본의 전체 사례수가 동일할 경우, 표본의 수를 셀 수만 있다면 보상을 더 많이 얻을 수 있는 표본을 선택할 수 있다. 반면 각 표본의 사례수가 다를 경우(그림 1-2) 표본의 사례 수와 목표물의 관계를 이해하고 각 표본의 비율을 비교할 수 있어야 한다. 즉, 전체와 부분을 비교하는 것을 통해(Singer & Resnik, 1992), '부분/전체'(목표물의 사례 수/표본의 전체 사례수) 혹은 '부분/부분'(목표물의 사례 수/목표물이 아닌 사례수)에 대한 이해를 바탕으로 각 표본을 비교할 수 있어야 한다.(그림 1-2의  $c:d=2/8:1/3$  혹은  $c:d=2/6:1/2$ ). 때문에 표본의 수가 다를 경우 비율개념을 이해해야 하므로 아동의 성공적인 수행이 감소하게 된다.

확률적 사고는 우연(chance)혹은 무작위성

(randomness)에 대한 이해가 요구된다(Bryant & Nunes, 2012; Piaget & Inhelder, 1975). 일반적으로 동전을 열 번 던져 열 번 모두 앞면이 나왔을 경우 다음시행에는 뒷면이 나올 것으로 기대하거나(부적 신근편향: negative recency bias), 혹은 앞면이 나올 것으로(정적 신근 편향: positive recency bias) 기대할 수 있다. 하지만 이론적으로 동전을 던졌을 때 앞면 혹은 뒷면이 나올 확률은 1/2이며, 각 사건은 독립적이기 때문에 열한 번째 시행에서 앞면이 나올 확률 역시 1/2이다. 따라서 앞서 열 번의 시행에서 모두 앞면이 나온 것은 우연의 결과라 할 수 있다. 이러한 사건발생의 우연성 혹은 무작위성이 결과를 예측하는데 있어 불확실성을 만들게 된다. 예컨대 모든 눈이 1인 정6면체 주사에서 1이 나올 확률을 예측할 필요는 없다. 하지만 1부터 6까지 서로 다른 눈을 가진 정6면체 주사위를 던질 경우 1이 나올 확률은 16.7%로 불확실성이 존재하며, 이때 확률적 사고가 요구된다. 이처럼 발생하는 사건의 독립성, 무작위성, 우연성을 이해하는 것을 통해 아동은 확률적 사고를 습득할 수 있다 (Piaget & Inhelder, 1975).

Piaget와 Inhelder(1975)는 확률적 사고의 발달을 3단계로 구분하였다. 1단계는 전조작기 아



그림 1-1. 표본의 수가 동일한 경우



그림 1-2. 표본의 수가 다른 경우

그림 1. Piaget의 두 표본 선택과제 예시

중에 해당되며, 우연성과 경우의 수에 대한 사고가 불가능한 시기이다. 이 시기의 아동은 표본의 수가 동일할 경우 성공적인 수행을 나타내지만 표본의 수가 동일하지 않을 경우 지각된 외형에 기초한 전략을 생성하는 것으로 나타났다. 2단계는 구체적 조작기 아동에 해당되며, 우연성과 조합적 사고가 일부 가능하지만 상대빈도(e.g.  $1:2=2:4$ )에 대한 이해가 부족한 시기이다(Gelman, 1991). 더불어 사건 발생에 대한 경우의 수를 체계적으로 생성하지 못한다. 3단계는 형식적 조작 단계에 해당하며, 우연성, 조합적 사고, 경우의 수 생성 및 상대빈도의 이해 등 확률적 사고가 가능한 시기이다. 즉 확률적 사고는 청소년기 초기 형식적 조작능력을 습득한 이후 나타난다고 볼 수 있다.

한편 Piaget의 주장과는 달리 Fischbein(1975)은 확률적 사고가 불확실한 환경에 적응하기 위해 보다 이른 시기부터 출현한다고 주장하였다. 더불어 이 시기에 나타나는 확률적 사고를 1차 직관(primary intuitions)이라 정의하였다. 이는 사건에 대한 신념의 형태 혹은 직관적, 암묵적인 특성을 가지기 때문에 형식적 사고(형식적 조작능력)가 요구되지 않는다(Fischbein, 1987; Fischbein & Gazit, 1984; 이정욱, 김인아, 2007). Fischbein(1975)은 만 3-4세 아동도 일련의 사건들이 반복될 경우 사건에 대한 예측이 통계적 확률에 근접함을 확인하였고 이를 통계적 일치(probability match)라 명명하였다. 통계적 일치는 특별한 교육을 받지 않아도 만 6세경 습득할 수 있으며 이는 아동이 나타내는 확률적 사고의 직관적 특성을 대변하는 것이라 주장하였다(Fischbein, 1975).

Jeong, Levine과 Huttenlocher(2007)는 도넛모양의 룰렛과제를 통해 전조작기 아동도 비율추

론이 가능함을 확인하였다. 더불어 과제의 특성이 직관적인 능력을 요구 할 경우 전조작기 아동들도 비율추론이 가능한 것으로 나타났다(정윤경, 2005, 2009).

Schlottmann(2001)은 직관적 확률추론과제를 사용하여 전조작기 아동도 기댓값의 이해와 같은 고차적인 확률적 사고가 가능함을 확인하였다. 구체적으로 만 4세-6세 아동들도 직관적으로 기댓값을 고려할 수 있으며, 이러한 직관적인 확률적 사고에 의해 과제의 표준수행 패턴과 아동의 실제 수행 패턴이 유사하게 나타남을 확인하였다.

Boyer(2007)는 순차적 사건 표집 형식의 과제를 사용하여 아동의 확률적 사고를 탐색하였다. 연구 결과 만 5-6세 아동도 선택 간 확률의 차이가 크지 않아도 20시행 내에서 보다 보상을 많이 획득할 수 있는 선택을 보다 빈번히 하는 것으로 나타났다. 즉, 만 5세 아동들도 직관적인 확률적 사고를 통해 과제를 성공적으로 수행 할 수 있는 것으로 볼 수 있다. 한편 보다 최근의 연구들에서는 아동뿐만 아니라 2개월에서 14개월 영유아들도 확률적 사고가 가능한 것이 확인되고 있다(Buchsbaum, Gopnik, Griffiths & Shafto, 2011; Slone & Johnson, 2015; Denison & Xu, 2014).

아동의 확률적 사고에 대한 국내 연구들은 전조작기 아동들이 일련의 학습활동을 통해 표본공간, 우연성, 조건부확률 등을 습득할 수 있음을 밝혔다(김미숙, 이정욱, 2011; 2012; 이정욱, 김인아, 2007). 즉, 전조작기 아동들도 직관적인 확률적 사고를 통해 보다 고차원적인 확률 과제나 명시적 형태의 확률적 사고를 요구하는 과제를 수행할 수 있는 것으로 볼 수 있다.

선행연구들을 요약하면 Piaget와 Inhelder

(1975)의 주장과 달리 전조작기 아동들도 확률적 사고가 가능하며, 직관적인 특성을 가지는 것으로 볼 수 있다. 일반적으로 아동이 나타내는 직관적 능력은 낮은 수준의 사고로 여겨졌으며, 이는 발달과정에서 논리적이고 계산적인 사고로 대체되는 것으로 간주되었다(Schlottmann, 2001). 하지만 아동의 직관적, 비형식적인 사고는 성인과 유사한 형태를 나타내며, 형식적 사고와 비교하여 낮은 수준의 사고라 여겨질 필요가 없으며(Anderson, 2014; Reyna & Brainerd, 1994), 아동의 직관적 사고가 재조명 될 필요성이 제기되고 있다(Schlottmann, 2001).

한편 확률은 어떤 사건의 발생에 대한 합리적인 기대를 수치화한 것으로 볼 수 있다(Cox, 1946). 기대한 특정 사건이 반복 될 경우 사건 발생에 대한 기대가 증가하며, 강한 기대는 선택 상황에서 결정을 보다 빠르게 내릴 수 있다. 더불어 강한 기대가 사건의 발생확률과 유사하게 형성된다면 사건에 대한 예측이 통계적 확률에 근접하는 통계적 일치기를 기대할 수 있다.

일상의 선택 과정은 의도적으로 신중한 과정보다 직관적 반응을 따른다(Heckhausen, 1982; Schneider, Hanne, & Lehmann, 1989; Weiner, 1991). 이러한 직관적 반응은 경험을 반복함에 따라 형성된 사건에 대한 강한 기대의 영향을 받으며, 이에 따라 빠른 속도의 사고가 나타나는 것으로 볼 수 있다(Evans, 2006; Kahneman, 2003; Sloman, 2002; Stanovich, 2004; Thompson, Turner, & Pennycook, 2011). 이는 Fischbein(1987)이 주장한 1차 직관과 유사한 형태의 사고로 볼 수 있으며, 이에 따라 본 연구에서는 반복된 경험을 통해 나타나는 직관적인 확률적 사고의 발달을 전조작기 아동을

대상으로 탐색하고자 한다.

본 연구는 전조작기 아동의 확률적 사고의 발달을 탐색하는 것을 목적으로 하며 직관적인 확률적 사고와 명시적 형태의 확률적 사고가 혼재되어 나타나는 연령인 만 3세부터 만 5세 아이의 아동을 대상으로 연구를 진행하였다(Boyer, 2007; Dienes & Perner, 1999; Fischbein, 1975; Schlottmann, 2001; Surber & Haines, 1987).

본 연구에서는 Boyer(2007)의 과제를 일부 수정하여 아동의 직관적인 확률적 사고를 탐색하고자 하였다. 구체적으로 본 연구에서는 시행이 누적됨에 따라 아동이 사건에 대해 형성하는 확률표상의 변화 과정과 이에 따른 선택 시간의 변화를 탐색하고자 하였다. 본 연구의 과제에서 시행은 연구 참여 아동이 경험하는 사건을 의미한다. 사건이 반복될수록 사건 발생에 대한 기대가 보다 강하게 형성될 것이며 이에 따라 과제의 후반부로 진행 될수록 아동의 수행이 표준수행<sup>1)</sup>의 패턴과 유사해질 것으로 기대할 수 있다. 또한 사건에 대한 경험이 충분 할 경우 시행의 후반부로 진행 될수록 기 형성된 직관적 사고에 의해 보다 선택까지 소요되는 시간이 감소할 것으로 예상할 수 있다.

본 연구의 연구문제와 가설은 다음과 같다.

시행이 증가함에 따라 사건에 대한 확률표상과 각 시행에 소요되는 시간이 변화하는가?

시행이 증가할수록 아동의 선택 경향성은 표준수행과 유사해질 것이다.

시행이 증가할수록 아동이 각 시행의 반응 시간은 감소할 것이다.

1) 과제의 정답(보상이 나오는 선택)을 모두 알고 있다고 가정했을 때 나타날 수 있는 수행의 경향성을 나타냄

## 방 법

### 연구대상

서울 경기 소재 어린이집 및 유치원의 만 3세( $M=3.885$ ,  $SD=0.326$ , 남아 9명 : 여아 17명), 만 4세( $M=4.884$ ,  $SD=0.324$ , 남아 23명 : 여아 20명), 만 5세( $M=5.731$ ,  $SD=0.453$ , 남아 15명 : 여아 11명) 아동 95명이 연구에 참여하였다.

### 절차 및 도구

사전에 동의서를 배부하여 양육자가 연구 참여에 동의한 아동만 연구에 참여 하였다. 동의서에는 연구의 내용과 불참시 불이익이 없음을 설명하였으며 수집된 자료의 비밀 보장 및 연구 이외 활용하지 않을 것을 설명하였다.

### 순차적 사건 표집 과제

일련의 시행에 따라 실험 참여자의 반응이 보다 유리한 선택(많은 보상을 얻을 수 있는 선택)으로 변화여부를 탐색할 수 있는 과제가

다. PsychoPy(Peirce, 2007) v.1.81.02로 제작되었으며 훈련된 실험진행자와 함께 1:1로 진행되었다. 과제 시작 전 연습시행을 통해 과제 진행 방법과 규칙에 대해 안내 하였다.

본 연구를 실시하기 전 연구 참여 대상과 동일한 연령의 아동 15명(각 연령별 5명) 대상으로 파일럿 테스트를 실시하였다. 파일럿 테스트를 통해 과제 설명 프로토콜을 일부 수정하고 과제 제시 화면을 수정한 후 7명(만 3세 3명, 만 4세 2명, 만 5세 2명)의 아동을 대상으로 수정된 과제를 실시하여 과제에 대한 아동의 이해도를 확인 한 후 본 연구를 실시 하였다.

### 과제 구성

과제는 보상 획득을 다르게 설정한 3개의 구획으로 구성되었으며 연습시행을 제외한 본 시행의 각 구획별로 15번의 시행이 제시되었다(표 1). 구체적으로 보상을 획득할 수 있는 확률을 달리 구성하였으며, 두 번째 구획의 경우 첫 번째 구획의 경험이 3번째 구획의 시행에 영향을 미치는 것을 방지할 수 있도록 두 상자에서 보상을 획득할 확률을 각각 53%, 47%로 유사하게 구성하였으며 분석에서는 제

표 1. 순차적 의사결정 과제의 구획별 조건

구획	확률		확률 차이	기댓값		기댓값 차이
	$P_{Left}$	$P_{Right}$	$P_{Left} - P_{Right}$	$EV_{Left}$	$EV_{Right}$	$EV_{Left} - EV_{Right}$
1	0.60	0.40	0.20	4.50	3.00	1.50
2	0.53	0.47	0.06	4.00	3.50	0.50
3	0.27	0.73	-0.46	2.00	5.50	-3.50

$P_{Left}$  : 좌측 상자에서 보상을 얻을 수 있는 확률

$P_{Right}$  : 우측 상자에서 보상을 얻을 수 있는 확률

$EV_{Left}$  : 좌측 상자의 기댓값( $P_{Left}$ \*보상의 수)

$EV_{Right}$  : 우측 상자의 기댓값( $P_{Right}$ \*보상의 수)

외 하였다. 연구에서는 구획 1과 구획3의 수행만 분석에 사용되었다.

**과제 실시과정**

각 시행마다 두 개의 상자가 제시되며 상자 중 하나를 선택하도록 지시하였다(그림 2-1). 선택한 상자에서 보상을 획득하거나 획득하지 못할 수 있으며(그림 2-2, 2-3, 2-4, 2-5) 남은 시행 횟수와 획득한 보상의 수를 화면에 제시하였다(그림 2-1의 큰 상자 하단의 작은 상자).

**측정변수**

본 연구에서는 연구 참여자가 모두 동일한 선택상황을 경험할 수 있도록 시행의 순서를 동일하게 구성하였으며, 보상 수, 선택한 상자, 각 시행에서 소요된 반응시간이 기록되었다.

아동의 직관적인 확률적 사고를 탐색하기 위해 측정변수로 ㉠ 시행에 따른 누적 선택비율과 ㉡ 시행에 따른 반응시간을 사용하였다.

시행에 따른 누적 선택비율의 경우 아동의 수행이 과제의 표준수행과 동일할 경우 1 동일하지 않을 경우 0으로 코딩한 후 각 시행까지 누적 합산 한 값을 시행 수로 나눈 값이다. 이는 아동이 현재 진행한 시행까지 경험을 통해 형성한 확률 표상을 의미하는 값으로 50%보다 작을 경우 현재 시행까지 우측 상자를 보다 많이 선택한 것이고 50%보다 클 경우 좌측 상자를 더 많이 선택한 것을 나타낸다. 본 연구에서는 과제의 표준 수행과 비교하기 위한 아동의 실제 수행에 따른 확률 표상의 변화를 살펴보기 위해 시행에 따른 누적 선택비율을 사용하였다.



그림 2-1. 과제 실시 화면



그림 2-2. 왼쪽 상자 보상 획득



그림 2-3. 오른쪽 상자 보상 획득



그림 2-4. 왼쪽 상자 보상 획득 실패



그림 2-5. 오른쪽 상자 보상 획득 실패

그림 2. 순차적 사건 표집 과제

**결 과**

연령별 시행에 따른 선택 경향성

본 연구에 참여한 아동의 과제 수행의 기술

통계를 부록 표 1과 부록 표 2에 제시하였다.

시행에 따른 보상 획득 증가 여부를 탐색하기 위해 시행에 따른 누적 선택비율의 회귀분석을 실시하였다(표 3). 분석결과 구획 1의 경우 만 5세 아동만이 시행에 따른 누적 선택비

표 2. 누적 선택비율 산출 과정

	ID	T1	T2	T3	T4	.....	T12	T13	T14	T15
step1	#001	1	0	0	0	.....	0	1	0	0
	#002	1	1	1	0	.....	1	0	1	1
	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.
	#99	1	0	0	1	.....	1	1	0	1
	#100	0	0	1	1	.....	1	1	0	1
아동의 수행과 표준수행이 일치할 경우 1 불일치 할 경우 0으로 코딩										
		T1	T2	T3	T4	.....	T12	T13	T14	T15
step2	#001	1	1	1	1	.....	5	6	6	6
	#002	1	2	3	3	.....	7	7	8	9
	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.
	#99	1	1	1	2	.....	7	8	8	9
	#100	0	0	1	2	.....	6	7	7	8
아동의 수행과 표준 수행을 비교한 값을 시행에 따라 누적하여 합산										
		T1	T2	T3	T4	.....	T12	T13	T14	T15
step3	#001	1.00	0.50	0.33	0.25	.....	0.42	0.46	0.43	0.40
	#002	1.00	1.00	1.00	0.75	.....	0.58	0.54	0.57	0.60
	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.
	.	.	.	.	.	.....	.	.	.	.
	#99	1.00	0.50	0.33	0.50	.....	0.58	0.62	0.57	0.60
	#100	0.00	0.00	0.33	0.50	.....	0.50	0.54	0.50	0.53
시행에 따라 누적 합산 한 값을 각 시행 수로 나누어 현재 진행한 시행까지 경험을 통해 형성한 사건에 대한 확률 표상을 의미하는 값으로 50%이하일 경우 보상을 획득하지 못하는 선택을 더 많이 한 것을 의미하며 50%이상일 경우 보상을 획득한 선택을 더 많이 한 것을 의미함										

표 3. 아동집단 연령별 시행에 따른 누적 선택비율 회귀분석 결과

시행별 선택	B	$\beta$	t	R <sup>2</sup>	F	
구획 1	만 3세	.001	.247	.884	.061	.782
	만 4세	-.002	-.496	-1.981	.246	3.924
	만 5세	.008	.735	3.751**	.540	14.068**
구획 3	만 3세	.005	.711	3.499**	.505	12.240**
	만 4세	.008	.746	3.877**	.556	15.032**
	만 5세	.009	.702	3.416**	.493	11.666**

\*\* p<0.1

율의 회귀모형이 유의한 것으로 나타났다 ( $R(1,12)=14.068$   $p<.01$  ;  $\beta=.735$   $p<.01$ ). 구체적으로 시행이 1번 증가할 때 마다 보상을 얻을 수 있는 확률이 0.8% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 시행이 누적될수록 보상을 더 많이 얻을 수 있는 상자를 선택하는 것으로 볼 수 있다. 구획 3의 경우 모든 연령대에서 시행에 따른 누적 선택비율의 회귀모형이 유의하며, 시행에 따라 누적 선택비율의 빈도가 증가하는 것으로 나타났다(만 3세 : ( $R(1,12)=12.240$   $p<.01$  ;  $\beta=.711$   $p<.01$ )<부록 그림 1-1>, 만 4세 : ( $R(1,12)=15.032$   $p<.01$  ;  $\beta=.746$   $p<.01$ )<부록 그림 1-2>, 만 5세 : ( $R(1,12)=11.666$   $p<.01$  ;  $\beta=.702$   $p<.01$ )<부록 그림 1-3>. 구체적으로 만 3세 아동의 경우 시행이 1 증가할 때마다 보상을 얻을 확률이 0.5% 증가하는 것으로 나타났으며, 만 4세의 경우 0.8%, 만 5세의 경우 0.9% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 5세 아동의 경우 선택들 사이의 확률 차이가 상대적으로 적은 경우에도(구획 1) 사건에 대한 확률의 표상을 통해 보상을 많이 얻을 수 있는 선택을 보다 빈번히 할 수 있는 것으로 볼 수 있다. 구체적으로 5세 아동의 수행 경향성이 다른 연령에 비해 보다 이른

시행에서 구획 1과 구획 3 모두 과제의 표준 수행 경향성과 유사한 형태를 나타냈다(부록 그림 1).

연령별 시행에 따른 반응시간의 변화

시행에 따른 반응시간 감소 여부를 탐색하기 위해 시행에 따른 반응시간의 회귀분석을 실시하였다(표 4). 분석결과 구획 1의 경우 모든 연령대에서 시행에 따른 반응시간의 회귀모형이 유의하며, 시행에 따른 반응시간이 감소하는 것으로 나타났다(만 3세 : ( $F(1,13)=5.252$   $p<.05$  ;  $\beta=-.536$   $p<.05$ ), 만 4세 : ( $F(1,13)=11.993$   $p<.01$  ;  $\beta=-.693$   $p<.01$ ), 만 5세 : ( $F(1,13)=12.182$   $p<.01$  ;  $\beta=-.696$   $p<.01$ )). 구체적으로 만 3세의 경우 시행이 1번 증가할 때 마다 0.086초가 감소하는 것으로 나타났으며, 만 4세의 경우 0.068초, 만 5세의 경우 0.057초가 감소 하는 것으로 나타났다. 구획 3에서는 시행에 따른 유의한 감소가 나타나지 않았으며 회귀모형도 유의하지 않았다. 반응시간 감소에 대한 바닥효과(floor effect)가 나타난 것으로 추측되어진다(부록 그림 2).

비록 구획 3에서 반응 시간의 바닥 효과가



표 4. 아동집단 연령별 시행에 따른 반응시간 선택 회귀분석 결과

시행별 반응시간	B	$\beta$	t	R <sup>2</sup>	F	
구획 1	만 3세	-.086	-.536	-2.292*	.288	5.252*
	만 4세	-.068	-.693	-3.463**	.480	11.993**
	만 5세	-.057	-.696	-3.490**	.484	12.182**
구획 3	만 3세	-.018	-.157	-.572	.025	.328
	만 4세	-.020	-.233	-.866	.054	.749
	만 5세	.002	.022	.080	.000	.006

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

나타났지만 위와 같은 반응시간의 감소는 아동이 시행을 경험함에 따라 사건에 대한 확률을 표상하고 있고 이에 따른 의사결정시간의 감소가 나타난 것으로 추측 할 수 있다.

### 논 의

본 연구의 목적은 순차적 사건 표집 형태의 과제를 통해 아동의 직관적인 확률적 사고의 발달을 탐색하는데 있다. 분석 결과 선택들 사이의 확률 차이가 클 경우 시행을 거듭할수록 보상 획득 확률이 높은 쪽의 선택의 빈도가 증가하는 것으로 나타났다. 특히 만 3세 아동들도 선택들 사이의 확률 차이가 크다면 시행을 거듭할수록 보상을 더 많이 얻을 수 있는 쪽을 선택하는 것으로 나타났다. 더불어 과제의 반응시간은 시행을 거듭할수록 감소하는 것으로 나타났으나 구획 3의 경우 바닥효과가 나타나 시행에 따른 반응시간의 감소가 유의하지 않은 것으로 나타났다. 구체적으로 시행을 거듭할수록 과제의 표준수행 경향성과 아동의 과제 수행 경향성이 유사해지는 것을 확인할 수 있었다. 이처럼 시행에 따라 보상

을 획득할 확률이 높은 상자를 선택하는 빈도가 증가하고 각 선택의 시간이 감소하는 것을 통해 전조작기 아동들도 경험을 통해 사건의 확률을 표상하는 것이 가능하다고 볼 수 있다.

한편 구획 3의 경우 보상을 얻을 수 있는 확률의 차이가 크기 때문에 마지막 시행의 누적 선택비율이 다른 구획보다 더 높게 나타났으므로 예상하였다. 하지만 모든 아동 집단에서 구획 3보다 구획 1의 마지막 시행의 누적 선택 비율이 높게 나타났다(만 3세: 구획1 : 53.269% 구획3 : 51.346%), (만4세: 구획1 : 54.442% 구획3 : 53.140%), (만5세: 구획1 : 57.923% 구획3 : 52.885%)(부록 표 1 참조). 구획 1의 경우 왼쪽 상자에서 더 많은 보상을 얻을 수 있었지만 구획 3의 경우 오른쪽 상자에서 더 많은 보상을 얻을 수 있다. 즉 구획 3의 경우 구획 1의 반대방향의 상자를 선택해야한다. 이처럼 구획 3의 누적 선택비율이 구획 1보다 낮게 나타난 이유로 첫 번째, 본 연구 과제의 역균형화의 부재로 인한 순서효과의 가능성을 생각해 볼 수 있다. 하지만 5세의 경우 구획 1과 구획 3에서 모두 시행에 따른 효과가 유의하였으며 연령에 따른 시행에 따른 효과가 다르게 나타났기 때문에 완전히

순서효과에 의한 결과로 볼 수는 없다. 다만 만 3세와 4세의 경우 구획 3에서만 시행에 따른 영향이 유의하게 나타난 것은 순서효과의 영향을 완전히 배제하기는 어려운 것으로 볼 수 있다. 두 번째 가능성은 구획 1의 경험이 구획 3의 선택을 억제한 것으로 추측할 수 있다. 구획 1의 경험을 무효화 시키기 위해 구획 2의 보상 획득 확률을 각각 거의 동등하게 구성하였지만 아동의 경우 정적신근효과(positive recency effect)를 극복하지 못한 것으로 볼 수 있다. 김미숙과 이정옥(2012)의 연구에서도 아동은 옳다고 믿고 있는 인지적 신념에서 쉽게 벗어나지 못하는 것으로 나타났다. 더불어 아동의 인지발달적 측면에서 탈 중심화 능력도 이러한 현상에 관련이 있다고 볼 수 있다. 비록 이러한 한계점 때문에 구획 3의 초반부에 좌측 상자(구획 1의 경험에 따른 선택)를 더 많이 선택하는 경향성을 보였지만, 시행이 증가할수록 오른쪽 상자(구획 3에서 보상을 획득할 확률이 높은 상자)를 선택하는 빈도가 증가하는 것으로 나타났다. 요약하면, 아동의 경우 각 구획을 독립적으로 인식하거나, 새로운 맥락에서 기존의 맥락을 분리하는 능력이 부족하더라도, 습득된 새로운 정보를 통해 선택의 방향을 전환할 수 있는 것으로 나타났다.

요약하면 본 연구에서 아동의 확률적 사고의 가능성을 추측할 수 있는 결과로 앞서 언급한 시행에 따른 반응시간의 감소와 누적 선택비율의 증가를 들 수 있다. 단순히 반응시간의 감소는 무작위 반응에 대한 가능성을 배제할 수 없다. 하지만 시행에 따라 반응시간의 감소와 누적 선택비율의 증가가 동시에 나타나는 것은 아동이 사건에 대한 확률을 표상한 결과라 볼 수 있다. 즉, 사전의 경험을 통

해 축적한 사건에 대한 확률적 정보를 구성하고 이에 따라 선택에 요구되는 시간이 감소하는 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 순차적 사건 표집 형태의 사건 표집 과제를 통해 확률적 사고의 발달을 탐색하였다. 연구 결과 전조작기 아동들도 직관적인 확률적 사고를 통해 선택 간의 확률 차이를 인식하고 보다 과제를 성공적으로 수행하는 것을 확인하였다(Acredolo et al., 1989; Anderson & Wilkening, 1991; Boyer, 2007; Girrotto & Gonzalez, 2008; Schlottmann, 2001; Schlottmann & Anderson, 1994).

## 참고문헌

- 김미숙, 이정옥 (2011). 실험적 확률활동이 유아의 확률적 사고에 미치는 영향. 한국유아교육학회 정기학술발표논문집, 2011(단일호), 149-149.
- 김미숙, 이정옥 (2012). 실험적 확률활동을 통한 유아의 확률적 사고변화 탐구. 유아교육연구, 32(4), 279-309.
- 이정옥, 김인아 (2007). 유아의 확률적 사고에 관한 연구. 유아교육연구, 27(3), 337-353.
- 정윤경 (2005). 비율 추론 능력의 발달. 한국심리학회지 발달, 18(4), 109-127.
- 정윤경 (2009). 비율 추론을 중심으로 본 아동기 형식적-비형식적 양적 추론 체계의 발달. 한국심리학회지 발달, 22(3), 169-182.
- Acredolo, C., O'Connor, J., Banks, L., & Horobin, K. (1989). Children's ability to make probability estimates: Skills revealed through application of Anderson's functional measurement methodology, *Child*

- Development*, 60(4), 933-945.
- Anderson, N. H. (2014). *Contributions To Information Integration Theory: Volume 1: Cognition*. Psychology Press.
- Anderson, N., & Wilkening, F. (1991). *Adaptive thinking in intuitive physics*. In N. H. Anderson (Ed.), *Contributions to information integration theory: Vol. III. Developmental* (pp. 1-42). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Boyer, T. W. (2007). Decision-making processes: Sensitivity to sequentially experienced outcome probabilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 97(1), 28-43.
- Bryant, P., & Nunes, T. (2012). *Children's understanding of probability: A literature review (full report)*. A report to the Nuffield Foundation. Retrieved on 1/1/2013 from: <[http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Nuffield\\_CuP\\_FULL\\_REPORTv\\_FINAL.pdf](http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Nuffield_CuP_FULL_REPORTv_FINAL.pdf)>.
- Buchsbaum, D., Gopnik, A., Griffiths, T. L., & Shafto, P. (2011). Children's imitation of causal action sequences is influenced by statistical and pedagogical evidence. *Cognition*, 120(3), 331-340.
- Cox, R. T. (1946). Probability, frequency and reasonable expectation. *American Journal of Physics*, 14(1), 1-13.
- Denison, S., & Xu, F. (2014). The origins of probabilistic inference in human infants. *Cognition*, 130(3), 335-347.
- Dienes, Z., & Perner, J. (1999). A theory of implicit and explicit knowledge. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(05), 735-808.
- Evans, J. S. B. T. (2006). Dual system theories of cognition: Some issues. In *Proceedings of the 28th Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 202-207). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Fischbein, E. (1975). *The intuitive sources of probabilistic thinking in children*. Dordrecht, The Netherlands: Reidel.
- Fischbein, E. (1987). *Intuition in science and mathematics*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, The Netherlands.
- Fischbein, E., & Gazit, A. (1984). Does the teaching of probability improve probabilistic intuitions?. *Educational Studies in Mathematics*, 15(1), 1-24.
- Gelman, R. (1991). *Epigenetic foundations of knowledge structures: Initial and transcendent constructions*. In S. Carey and R. Gelman, (Eds.). *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition*, Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. (pp. 293-322).
- Giroto, V., & Gonzalez, M. (2008). Children's understanding of posterior probability. *Cognition*, 106(1), 325-344.
- Heckhausen, H. (1982). The development of achievement motivation. *Review of Child Development Research*, 6, 600-668.
- Jeong, Y., Levine, S. C., & Huttenlocher, J. (2007). The development of proportional reasoning: Effect of continuous versus discrete quantities. *Journal of Cognition and Development*, 8(2), 237-256.
- Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *American Psychologist*, 58(9), 697.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1975). *The origins of the idea of chance in children*. New York:

- Norton.
- Reyna, V. F., & Brainerd, C. J. (1994). The origins of probability judgment: a review of data and theories. In Wright, George & Ayton, Peter (Ed), *Subjective Probability*. Chichester, U.K.: Wiley.
- Schlottmann, A. (2001). Children's probability intuitions: Understanding the expected value of complex gambles. *Child Development, 72*(1), 103-122.
- Schlottmann, A., & Anderson, N. H. (1994). Children's judgments of expected value. *Developmental Psychology, 30*(1), 56.
- Schneider, K., Hanne, K., & Lehmann, B. (1989). The development of children's achievement-related expectancies and subjective uncertainty. *Journal of Experimental Child Psychology, 47*(1), 160-174.
- Singer, J. A., & Resnick, L. B. (1992). Representations of proportional relationships: Are children part-part or part-whole reasoners?. *Educational Studies in Mathematics, 23*(3), 231-246.
- Sloman, S. A. (2002). Two systems of reasoning. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Eds.), *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgment*. (pp.379-396). New York: Cambridge University Press.
- Slone, L. K., & Johnson, S. P. (2015). Infants' statistical learning: 2-and 5-month-olds' segmentation of continuous visual sequences. *Journal of Experimental Child Psychology, 133*, 47-56.
- Stanovich, K. E. (2004). *The robot's rebellion: Finding meaning in the age of Darwin*. Chicago: University of Chicago Press.
- Surber, C. F., & Haines, B. A. (1987). The growth of proportional reasoning: Methodological issues. *Annals of Child Development, 4*, 35-87.
- Thompson, V. A., Turner, J. A. P., & Pennycook, G. (2011). Intuition, reason, and metacognition. *Cognitive psychology, 63*(3), 107-140.
- Weiner, B. (1991). Metaphors in motivation and attribution. *American Psychologist, 46*(9), 921.
- 1차원고접수 : 2017. 04. 15.  
수정원고접수 : 2017. 06. 02.  
최종게재결정 : 2017. 06. 07.

## Development of Probabilistic Thinking in Sequential Event sampling Task

Seho Maeng

Yoonkyung Jeong

Department of Psychology  
Catholic University of Korea

The present study investigated children's ability to employ probabilistic thinking in a task involving sequential events. In the sequential probability task (SPT), two boxes were presented in each trial and participants had to choose the one that had a higher probability of getting a reward. SPT designed three stages with different probabilities, and each stage comprised 15 trials. Our results indicate that even preschool children could employ probabilistic thinking based on their experiences in sequential events. Interestingly, participants as young as 3years old children tended to select more frequently the box with a higher probability of get rewards across the trials of the sequential probability task.

*Key words* : *Intuition, Probabilistic Thinking, Decision Making*

부록

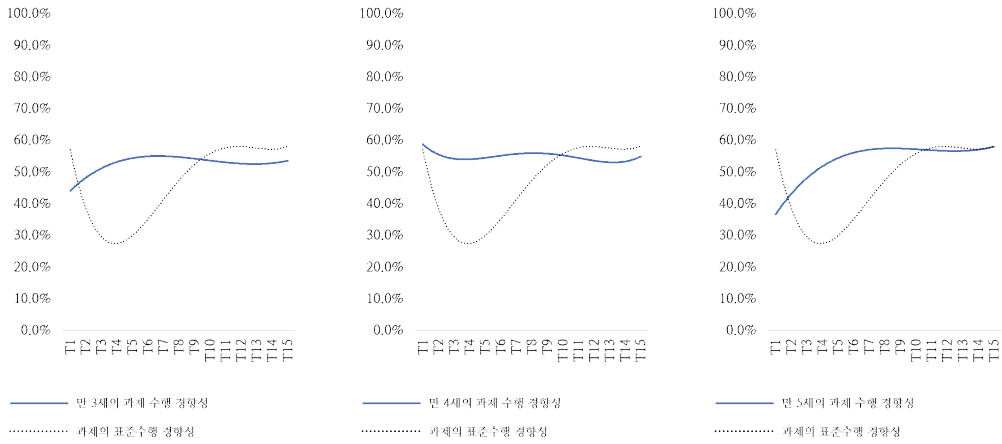
부록 표 1

	만 3세				만 4세				만 5세			
	구획1		구획3		구획1		구획3		구획1		구획3	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
시행1	65.38%	47.57%	26.92%	44.36%	69.77%	45.93%	34.88%	47.66%	50.00%	50.00%	34.62%	47.57%
시행2	48.08%	16.87%	44.23%	15.97%	56.98%	20.41%	43.02%	25.48%	44.23%	15.97%	38.46%	21.07%
시행3	52.56%	16.47%	42.31%	14.79%	51.94%	16.55%	44.19%	15.62%	46.15%	18.67%	38.46%	15.17%
시행4	50.96%	10.92%	47.12%	10.58%	53.49%	11.54%	47.67%	11.83%	51.92%	15.38%	48.08%	15.38%
시행5	54.62%	11.84%	47.69%	11.20%	54.88%	13.70%	50.70%	11.69%	54.62%	15.25%	50.77%	11.41%
시행6	55.13%	8.97%	52.56%	10.01%	56.59%	12.52%	53.10%	10.94%	57.05%	14.00%	52.56%	11.03%
시행7	57.14%	9.71%	51.65%	13.19%	57.81%	13.41%	54.82%	11.50%	58.79%	14.46%	54.95%	10.99%
시행8	53.85%	6.73%	51.92%	7.51%	54.65%	10.10%	52.62%	8.33%	56.25%	11.63%	52.40%	9.82%
시행9	54.70%	7.50%	50.85%	9.33%	55.30%	11.61%	52.97%	9.23%	56.84%	12.83%	52.99%	9.40%
시행10	52.31%	5.76%	51.15%	6.40%	53.95%	10.15%	52.56%	7.18%	56.15%	10.77%	52.69%	9.01%
시행11	52.80%	7.14%	50.35%	7.23%	54.33%	10.65%	52.64%	7.22%	56.99%	11.43%	51.75%	7.88%
시행12	53.21%	7.69%	51.60%	6.94%	54.07%	10.38%	53.88%	6.57%	58.33%	12.01%	53.53%	8.39%
시행13	52.96%	6.52%	50.89%	6.77%	54.20%	9.08%	53.31%	5.84%	56.21%	11.24%	53.25%	8.51%
시행14	53.02%	6.91%	51.65%	6.04%	53.32%	10.02%	52.49%	5.74%	57.14%	11.72%	53.30%	8.91%
시행15	53.33%	6.67%	51.28%	6.86%	54.57%	9.88%	53.18%	5.66%	57.95%	11.81%	52.82%	9.41%

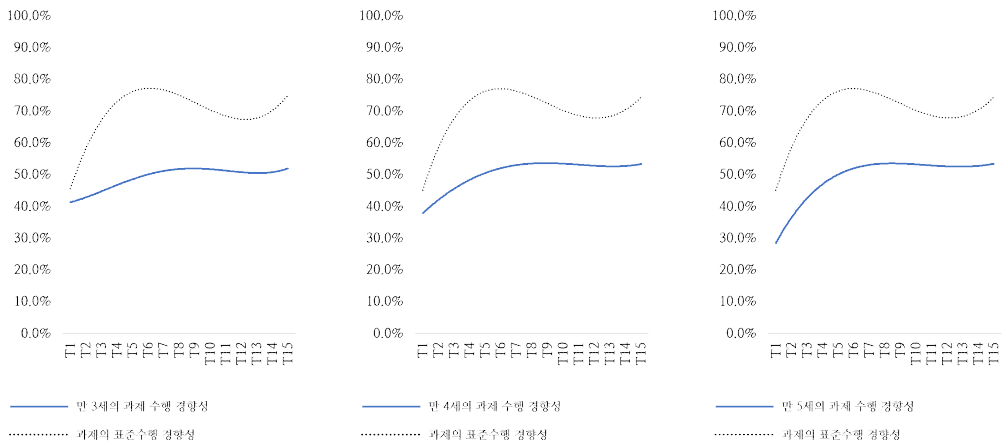
부록 표 2

	만 3세				만 4세				만 5세			
	구획1		구획3		구획1		구획3		구획1		구획3	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
시행1	4.59	4.21	2.82	3.73	3.54	3.06	2.50	2.13	2.33	1.48	2.46	1.57
시행2	2.36	1.51	0.96	0.44	2.59	1.73	1.16	0.74	2.42	1.15	0.88	0.43
시행3	3.26	2.83	2.22	5.42	2.44	1.63	1.10	1.00	2.17	2.92	0.58	0.41
시행4	3.18	3.80	1.15	1.39	2.11	1.30	1.05	0.83	2.05	1.89	1.04	0.85
시행5	3.52	5.58	1.59	2.34	2.25	2.06	1.02	0.94	1.96	1.57	0.92	0.55
시행6	2.42	1.83	1.13	1.04	1.88	2.01	0.93	0.73	1.42	0.55	0.90	0.69
시행7	2.44	3.10	1.71	2.83	2.17	2.25	0.98	0.72	1.60	1.57	0.82	0.58
시행8	1.77	1.73	1.14	1.01	1.94	1.59	1.05	1.01	1.65	1.30	0.96	0.71
시행9	2.15	1.53	1.59	1.35	1.79	1.27	1.04	0.74	1.46	0.96	0.88	0.68
시행10	2.59	4.86	1.49	1.23	1.95	1.74	1.26	1.09	1.56	1.72	1.30	3.11
시행11	2.32	1.81	1.32	1.43	1.89	1.95	0.99	0.69	1.66	2.27	1.12	0.88
시행12	2.12	1.37	1.27	1.38	1.93	1.38	1.25	1.22	1.57	1.16	0.82	0.67
시행13	3.13	4.58	1.16	0.86	1.96	1.72	1.13	1.16	1.23	0.99	1.10	0.67
시행14	2.31	2.39	1.92	2.70	1.99	1.52	1.48	2.38	1.36	1.24	0.99	1.13
시행15	2.42	1.75	2.01	2.73	1.95	1.66	1.20	0.80	2.01	2.68	2.01	1.90

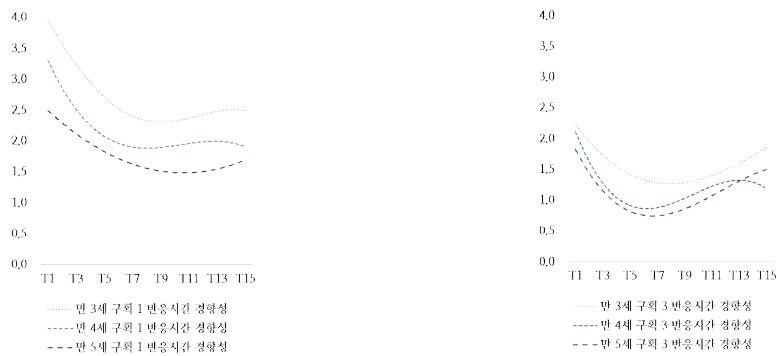
구획 1



구획 3



부록 그림 1. 연령별 시행에 따른 선택 경향성



부록 그림 2. 시행에 따른 반응시간 경향성 그래프