

The Effects of Task-Set Inertia and Reconfiguration on Switch Costs in Cued and Voluntary Task Switching Paradigms

Juyeon Heo¹, Chobok Kim^{1*}

¹Department of Psychology, Kyungpook National University

The switch cost, which represents cognitive flexibility, is known to be caused by task-set reconfiguration and task-set inertia. This study aimed to specifically evaluate the contributions of these two cognitive processes to switch costs in cued and voluntary task switching paradigms by excluding additional cost induced from cue- and task-selection processes. For this purpose, we developed experimental tasks that required participants to respond both to the task cue and choice cue, and the task-set inertia and preparation times were manipulated based on the cue responses. Results showed that the switch cost in the voluntary task switching decreased as preparation times increased whereas it was unrelated with task-set inertia. Reversely, the switch cost in the cued task switching decreased when task-set inertia decreased but it was not associated with preparation times. This study suggests that different aspects of cognitive flexibility can be identified through the two task switching procedures.

Keywords: cued task switching, voluntary task switching, task-set inertia, task-set reconfiguration

1차원고접수 20.07.27; 수정본접수: 20.09.22; 최종게재결정 20.09.28

일상생활에서 예상치 못한 일에 대처하며 목표를 달성하기 위해서는 인지 유연성(cognitive flexibility)이 중요하다. 인지 유연성이란 환경의 변화에 따라 행동을 조절하는 능력으로, 인간이 목표 지향적 행동을 하는데 있어 매우 중요한 요인이다(Diamond, 2013). 많은 연구자들은 인지 유연성을 연구하기 위해 과제전환(task switching) 절차를 사용하고 있다. 과제전환은 참가자들에게 두 가지 혹은 그 이상의 서로 다른 과제를 번갈아 수행할 것을 요구하는데, 연속해서 같은 과제를 수행하는 경우보다 이전과 다른 과제를 수행할 때 반응시간이 높게 나타난다. 이처럼 과제전환 시 나타나는 수행의 손실을 전환비용(switch cost)이라 하며, 낮은 전환비용은 높은 인지 유연성을 반영한다(Monsell, 2003).

연구자들은 전환비용이 발생하는 원인을 두 가지 관점에서 설명하고자 하였다. 먼저 과제세트 재구성 관점(task-set

reconfiguration)의 경우, 과제가 전환될 때 이전 시행에서 요구하는 과제를 수행하기 위해 작업기억에 표상되었던 과제 세트 대신에 현재의 과제와 관련된 과제세트를 새롭게 능동적으로 재구성하는 통제적 과정, 즉 하향적 과정이 요구되며, 이 과정이 전환비용에 반영되어 나타난다고 설명한다(Logan & Gordon, 2001; Rogers & Monsell, 1995; Rubinstein, Meyer, & Evans, 2001). 반면, 과제세트 관성(task-set inertia) 관점에서는 현재 과제와 관련이 없는 이전 과제세트의 지속적인 활성화가 전환 시 수행을 간섭한다고 보았으며, 이처럼 현재의 목표와 관련이 없는 상향적 요인이 일으킨 간섭이 전환비용에 반영된다고 설명한다(Allport, Styles, & Hsieh, 1994).

전환비용에 대한 과제세트 재구성과 과제세트 관성의 영향을 연구하기 위해, 연구자들은 단서 과제전환(cued task

* 교신저자: 김초복, 경북대학교 심리학과, (41566) 대구광역시 북구 대학로 80
E-mail: ckim@knu.ac.kr

switching, CTS) 절차를 사용하였다. 즉, 매 시행마다 자극 제시에 앞서 수행할 과제를 구체적으로 지시하는 단서의 제시 시점 변화를 통해 현재의 과제를 수행하기 위한 준비기간을 조작하거나, 이전 과제에 대한 반응 이후 다음 과제의 단서 제시 시점 변화를 통해 이전 과제세트의 영향을 조작함으로써 과제세트 재구성과 과제세트 관성이 전환비용에 미치는 영향을 독립적으로 평가하고자 하였다(Meiran, 1996; Meiran, Chorev, & Sapir, 2000). 구체적으로, CTS에서 단서와 자극 간 간격(cue-stimulus interval, CSI)의 조작을 통해 자극 제시 이전에 단서가 제시되는 시점을 가깝거나 혹은 멀리 배치함으로써 과제세트 재구성 과정을 측정할 수 있다. 이는 현재 수행할 과제가 구체적으로 어떤 과제인지 특정하는 단서가 제시된 이후부터 과제세트 재구성이 이루어진다는 가정에 기초한다. 이때, 이전 시행의 반응 종료 시점과 현재 시행의 자극 제시 시점 간 간격인 반응-자극 간 간격(response-stimulus interval, RSI)을 일정하게 유지하여 과제세트 관성의 영향을 통제함으로써 전환비용에 대한 과제세트 재구성 과정의 영향을 독립적으로 평가할 수 있다. 즉, CSI 증가에 따라 전환비용이 감소하는 준비효과(preparation effect)가 나타난다면 과제세트 재구성 과정이 발생한 것으로 해석할 수 있다. 한편, 과제세트 관성은 이전 과제 수행으로 인한 활성화로 정의되므로, CSI를 일정하게 유지해 과제세트 재구성 과정을 통제하여 과제 준비와 관련된 혼입을 배제하고 이전 과제세트 활성화의 감소 과정만 나타나는 기간인 이전 시행의 반응과 단서 간 간격(response-cue interval, RCI)에 변화를 줌으로써 과제세트 관성의 영향을 독립적으로 측정할 수 있다. 이때, RCI 증가에 따라 전환비용이 감소한다면, 과제세트 관성이 전환비용에 반영되는 것으로 해석할 수 있다.

하지만 CTS의 준비기간 동안에 과제세트 재구성 과정뿐만 아니라 단서와 관련된 인지과정이 나타날 수 있다는 주장이 제기되었다(Logan & Bundesen, 2003; Mayr & Kliegl, 2003; Schneider & Logan, 2005). 예컨대, Logan과 Bundesen(2003)은 단서와 자극의 연합은 특정한 반응을 지시하게 되며, 이 연합이 반복시행의 반응을 촉진하는 점화효과를 유발함으로써 전환비용이 발생할 수 있다고 제안하였다. 따라서, 전환비용에 대한 과제세트 재구성 과정의 영향을 측정하기 위해서는 단서 처리 과정의 효과를 배제하는 것이 타당할 수 있다. 이러한 논리에 따라 Arrington과 Logan(2004)은 단서를 사용해 과제를 명시하는 대신 참가자가 수행할 과제를 직접 선택하도록 하는 자발적 과제전환(voluntary task switching, VTS) 절차를 이용하고자 하였다.

연구자들은 CTS와 VTS 절차에서 관찰되는 전환비용이 과제세트 재구성 과정을 반영하는지 알아보기 위해, CTS에서 하나의 과제에 두 가지 단서를 사용하여 단서만 전환되는 경우와 단서와 과제가 모두 전환되는 경우를 구분함으로써 단서 처리 과정을 분리하고 두 절차의 준비기간을 조작한 후 전환비용의 변화를 관찰하였다(Arrington & Logan, 2005). 연구 결과, CTS에서 준비기간 증가에 따른 전환비용 감소가 나타나지 않은 반면 VTS에서 나타나는 것을 확인하였으며, 이를 통해 연구자들은 CTS의 전환비용이 단서 처리 과정을 측정하고 있는 반면 VTS의 전환비용은 과제세트 재구성 과정을 측정한다고 주장하였다.

이러한 해석과 상반되게, 단서 처리 과정이 CTS에서 나타나는 전환비용을 모두 설명하는 것이 아니라 단지 추가적인 비용을 야기한다는 것을 보여주는 연구 결과가 있다. 예를 들어, Arrington, Logan & Schneider(2007)는 한 과제에 대해 두 가지 단서를 제시하는 이중단서(double-cuing) 절차에서 제시된 단서가 어떤 과제를 지시하는지 참가자들이 반응키로 반응하도록 하여 단서 처리와 자극 처리에 따른 과정을 분리한 후, 단서만 전환되는 경우와 단서와 과제가 모두 전환되는 경우에 나타나는 비용을 각각 관찰하였다. 그 결과 단서 전환비용과 과제 전환비용이 모두 유의하였지만, 과제 전환비용은 단서 전환의 여부에 영향을 받지 않는 것을 관찰하였고, 이를 통해 과제전환 과정이 단서 처리 과정과 독립적이라는 것을 확인하였다. 또한, 이 연구에서는 CSI 증가에 따른 전환비용의 감소가 관찰되지 않았는데, 이에 대해 연구자들은 CTS 전환비용에 과제세트 관성이 반영되었을 가능성을 제안하였다.

이에 더해, VTS에서 과제세트 재구성 과정뿐만 아니라 과제를 선택하는 과정이 전환비용에 반영되어 나타날 가능성이 제기되었다. 구체적으로, Arrington과 Logan(2005)은 과제 선택이 전환비용에 미치는 영향을 알아보기 위해 참가자가 자발적으로 선택한 전환 조건과 자발적 반복 조건, 그리고 이전에 선택했던 과제를 반복하여 수행하도록 지시를 한 지시반복(instructed repetition) 조건의 반응시간을 측정하였다(실험 4). 실험 결과, 자발적 전환과 자발적 반복 조건 간의 전환비용 뿐만 아니라, 자발적 반복 조건과 지시반복 조건 간 차이인 선택비용의 크기가 모두 유의하였으며, 이는 과제 선택 과정 또한 VTS에서 추가적인 비용을 야기할 수 있음을 의미한다. 이러한 선행 연구들의 결과를 종합하면, CTS와 VTS의 전환비용은 과제세트 관성 혹은 과제세트 재구성의 영향에 더해, 각각 단서 처리와 과제 선택 과정을 반영할 가능성이 있다.

따라서 CTS와 VTS 절차를 통해 전환비용에 대한 과제세트 재구성과 과제세트 관성의 영향을 정확히 평가하기 위해, 두 과제전환 절차에서 각각 단서 처리 과정과 과제 선택 과정의 혼입을 통제된 후 준비기간 및 과제세트 관성의 정도를 조작하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 참가자들에게 단서와 과제 선택에 대한 반응을 받음으로써 단서 처리 과정과 과제 선택 과정을 배제하고, CSI와 RCI를 독립적으로 조작하여 두 절차의 전환비용에 대한 과제세트 재구성과 과제세트 관성의 영향을 확인하고자 하였다. 구체적으로, CTS의 경우 과제세트 관성이 전환비용에 반영되어, RCI가 증가할 때 전환비용이 감소할 것으로 예측하였고, VTS에서는 과제세트 재구성 과정이 전환비용에 반영되어, CSI 증가에 따라 전환비용이 감소할 것으로 예측하였다.

방 법

참가자

본 연구의 참가자는 49명으로, 경북대학교에서 개설된 심리학 수업을 통해 모집되었으며 실험 참여에 대한 보상으로 수강하는 수업에서 가산점을 부여받았다. 참가자들은 실험 수행 전 실험에 대한 안내사항을 숙지하고 실험 참여동의서를 작성하였다. 과제의 정확률과 과제 선택 비율에 따라 14명의 참가자가 제외되어(결과 참조) 최종적으로 평균 21.86세(SD = 3.32)인 35명(여성 24명, 남성 11명)의 참가자가 분석에 포함되었다.

도구 및 절차

실험은 E-prime 2.0 프로그램을 통해 진행되었고, 17인치

LCD 모니터에서 1024 × 786의 해상도에 자극이 제시되었다. 실험에 사용된 과제는 숫자의 홀짝 판단 및 크기 판단 과제이며, 자극으로 숫자 ‘3’, ‘4’, ‘6’, ‘7’를 사용하였다. 자극에 대한 반응은 양손 중지를 사용하는 반응세트(‘z’키와 ‘m’키)와 양손 검지를 사용하는 반응세트(‘x’키와 ‘n’키)를 통해 입력 받았다. 홀짝 과제에서는 제시된 숫자 자극이 홀수일 때 왼쪽, 짝수일 때 오른쪽 키로 반응하도록, 그리고 크기 과제의 경우 숫자가 5보다 작을 때 왼쪽, 5보다 클 때 오른쪽 키로 반응하도록 요구하였다. 참가자의 절반은 홀짝 과제에서 양손 중지를 이용하는 반응세트를, 크기 과제에서는 양손 검지를 이용하는 반응세트를 사용하도록 하였고, 나머지 절반의 참가자에게는 그와 반대로 지시하였다.

전체 과제는 3 시행에서 5 시행으로 이루어진 블록(block)과 과제 단서 및 선택 단서(task and choice cue)로 구성하였으며(Figure 1), 현재 블록과 이전 블록에서 수행된 과제가 다른 경우는 전환 블록, 같은 경우는 반복 블록으로 정의하였다. CTS와 VTS의 전환비용에 반영되는 과제세트 재구성과 과제세트 관성의 영향을 독립적으로 평가하기 위해 단서와 현재 블록의 첫 번째 시행간 간격을 CSI, 이전 블록의 마지막 시행과 단서 간 간격을 RCI로 정의하였다. 또한 과제의 준비기간과 이전 과제세트의 관성을 조작하기 위해 CSI와 RCI의 간격을 100ms 혹은 1,000ms로 설정하였다. 이에 따라 RCI와 CSI가 모두 100ms로 짧은 조건(short-short, SS), RCI가 길고 CSI가 짧은 조건(long-short, LS), RCI가 짧고 CSI가 긴 조건(short-long, SL)을 시간 간격 변인으로 정의하였다(Meiran, 1996). 실험이 시작되면 화면 중앙에 과제 단서(‘홀짝’, ‘크기’) 혹은 선택 단서(‘홀짝 or 크기’)가 최대 2,000ms 동안 제시되었다. 과제와 선택 단서

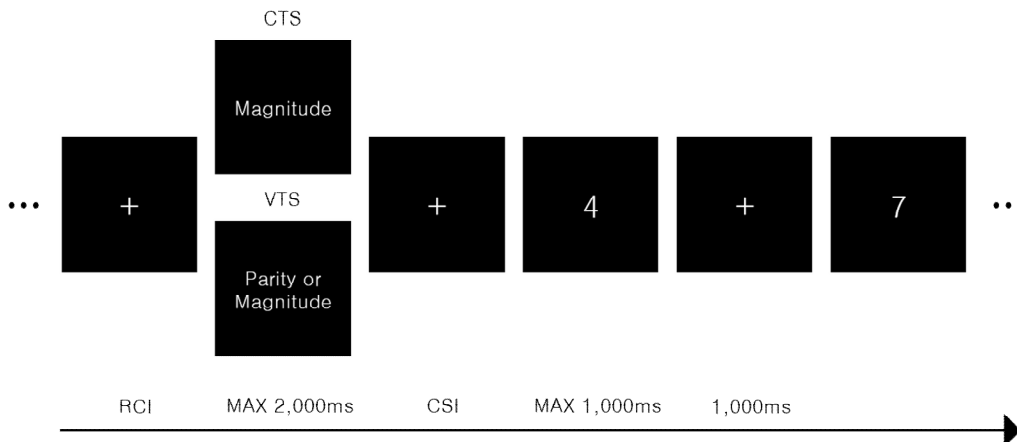


Figure 1. Examples of task procedure. The task cue is presented in CTS and the choice cue is presented in VTS. A block includes several trials between current and next cues for CTS and between current and next choice cues for VTS. CTS = cued task switching, VTS = voluntary task switching, RCI = response-cue interval, CSI = cue-stimulus interval

가 사라진 후 고정점(+)이 나타나고, 이어 숫자 자극이 1,000ms 동안 제시되었다. 반응이 입력되면 새로운 숫자 자극이 1,000ms의 간격을 두고 나타났다. 블록의 마지막 시행이 끝나면 고정점(+)이 제시된 후 다음 블록의 과제 혹은 선택 단서가 나타났다.

CTS의 경우, 단서 처리 과정을 분리하기 위해 참가자들에게 과제 단서를 확인한 후 스페이스 바를 누르도록 지시하였으며, 단서는 반응이 입력되는 즉시 화면에서 사라지도록 하였다. VTS의 경우, 과제 선택 과정을 분리하기 위해 참가자들에게 화면에 선택 단서가 나타났을 때 수행하고자 하는 과제를 선택하는 즉시 스페이스 바를 누르도록 하였다. 과제 선택을 위한 반응 전환이 전환비용에 미치는 영향을 배제하기 위해(Liefoghe, 2017), 과제에 따라 서로 다른 반응 키를 사용하는 대신 선택한 과제와 관계없이 스페이스 바로 반응하도록 하였으며, 선택한 과제는 블록의 첫 번째 시행에서 사용된 반응세트를 통해 식별하였다. 또한, 참가자들에게 과제 선택 시 두 과제를 비슷한 비율로, 특정한 순서나 규칙을 사용하지 않고 무선적으로 선택하도록 요구하였다.

참가자들의 절반은 CTS를 먼저, 나머지 절반은 VTS를 먼저 수행하였으며, 두 과제전환 절차를 각각 24 블록(60 시행) 연습한 후 본 실험을 수행하였다. 본 실험은 첫 번째 블록을 제외한 108개의 블록, 총 324 시행으로 구성하였다. CTS의 전환 블록과 반복 블록은 각각 54개씩 1:1의 비율로 구성하였으며, 과제는 ‘홀짝-홀짝’, ‘홀짝-크기’, ‘크기-홀짝’, ‘크기-크기’ 네 가지 순서 조합이 동일한 빈도로 나타나도록 하였다. VTS에서는 이전 블록과 다른 반응세트가 사용된 경우 전환 블록으로, 같은 반응세트가 사용된 경우 반복 블록으로 정의하였다. 마지막으로, 두 절차가 SS, LS, SL 조건을 각각 36 시행씩 포함하도록 구성하였다. 전체 실험은 CTS와 VTS 수행을 포함하여 약 30분에 걸쳐 이루어졌다.

분석방법

과제의 준비기간과 이전 시행 과제세트 관성의 변화에 따른 절차 별 전환비용의 변화를 확인하기 위해, 블록의 첫 번째 시행만을 분석에 포함하였으며, 반복 블록의 첫 번째 시행을 반복시행, 전환 블록의 첫 번째 시행을 전환 시행으로 정의하였다. 이에 따라 정확률과 반응시간에 대해 2(단서유형, cue type: CTS, VTS) × 3(시간간격, interval: SS, LS, SL) × 2(시행유형, trial type: 반복, 전환) 반복측정 변량분석을 수행하였다.

결과 분석을 위해 다음과 같이 두 단계의 데이터 정제 과정을 거쳤다. 먼저, 단서에 대한 반응이 입력되지 않은 경우

단서 처리 과정 및 과제 선택 과정을 분리할 수 없고, 현재 블록의 CSI에 대한 조작이 이루어지지 않았을 가능성이 있기 때문에 해당 블록 전체를 분석에서 제외하였다. 또한, 이전 블록 마지막 시행의 반응이 기록되지 않은 경우 이전 시행과 현재 단서 간 RCI에 대한 조작이 이루어지지 않았을 가능성이 있기 때문에 현재 블록 전체를 분석에서 제외하였다. 반응시간 분석 시 오류시행은 포함하지 않았으며, VTS의 경우 참가자가 사용한 반응세트에 근거하여 오류시행을 판단하였다. 개별 참가자의 데이터를 정제한 후, 전체 참가자 49명의 데이터에서 CTS와 VTS 수행의 정확률이 70퍼센트 미만인 참가자 9명, 시간간격 조건(SS, LS, SL) 중 한 조건에서 단서 혹은 과제 선택 반응이 입력된 블록의 수가 전체 36개 블록 중 30개(약 85%) 미만인 참가자 4명의 데이터를 분석에서 제외하였다. 마지막으로 전환비용에 대한 전환비용의 영향을 배제하기 위해(Monsell & Mizon, 2006), VTS의 전환비용이 전체 평균으로부터 2 표준편차($M = 0.51, SD = 0.15, 0.21 \leq \text{전환비용} \leq 0.81$)를 벗어나는 참가자 1명을 제외하여, 총 35명의 데이터를 분석에 포함하였다.

결 과

CTS의 전체 시행에 대한 정확률 및 반응시간의 평균은 각각 0.88($SE = .01$), 539.01ms($SE = 10.94$), VTS의 전체 정확률 및 반응시간의 평균은 각각 0.87($SE = .01$), 553.14ms($SE = 10.42$)이었다. 두 절차의 조건 별 기술통계치는 Table 1에, 단서와 과제 선택에 대한 반응 시간은 Table 3에 제시하였다. VTS의 전체 시행 중 전환을 선택한 시행의 비율의 평균은 0.51($SE = .02$)이었으며, 단일표본 t 검증을 실시한 결과, 우연수준과 유의한 차이를 보이지 않았다($t(34) = .42, p = .68$).

정확률에 대한 반복측정 변량분석을 실시한 결과(Table 2), 시간간격 주효과가 유의하였는데($F(2, 68) = 10.04, p < .01, \text{partial } \eta^2 = .23$), SL 조건의 정확률($M = .85, SE = .01$)이 LS 조건($M = .82, SE = .01$)보다 유의하게 높게 나타났다($F(1, 34) = 4.34, p < .05, \text{partial } \eta^2 = .11$), LS 조건의 정확률은 SS 조건($M = .80, SE = .01$)보다 유의하게 높게 나타났다($F(1, 34) = 8.53, p < .05, \text{partial } \eta^2 = .20$). 또한 전환시행의 정확률($M = .81, SE = .01$)이 반복시행($M = .84, SE = .01$)보다 낮게 나타나 유의한 전환비용을 보였다($F(1, 34) = 9.98, p < .01, \text{partial } \eta^2 = .23$). CTS와 VTS 간 정확률 차이는 유의하지 않았다($F(1, 34) =$

Table 1. Descriptive statistics of accuracy and reaction times on the tasks

	Accuracy				Reaction times (ms)			
	SS	LS	SL	Total	SS	LS	SL	Total
CTS								
switch trials	.82 (.02)	.81 (.02)	.84 (.02)	.82 (.02)	637.05 (12.99)	617.86 (14.41)	558.09 (13.77)	604.33 (12.51)
repeat trials	.82 (.02)	.83 (.02)	.85 (.02)	.84 (.02)	591.95 (12.65)	600.94 (9.41)	559.63 (12.46)	584.18 (10.88)
switch cost	-.00 (.02)	-.03 (.02)	-.01 (.02)	-.01 (.01)	45.10 (7.42)	16.91 (9.08)	-1.54 (8.72)	19.59 (5.66)
VTS								
switch trials	.76 (.02)	.78 (.02)	.83 (.02)	.79 (.02)	661.51 (13.59)	666.90 (13.27)	588.80 (13.39)	639.07 (11.81)
repeat trials	.79 (.03)	.86 (.02)	.87 (.02)	.84 (.02)	651.30 (16.07)	633.04 (13.58)	601.21 (13.63)	628.51 (12.99)
switch cost	-.03 (.03)	-.09 (.02)	-.04 (.02)	-.05 (.02)	10.21 (11.65)	33.87 (9.09)	-12.41 (10.47)	10.21 (7.09)
Total								
switch trials	.79 (.02)	.79 (.02)	.83 (.02)	.81 (.01)	649.28 (11.51)	642.38 (12.08)	573.45 (11.78)	621.70 (11.03)
repeat trials	.80 (.02)	.85 (.02)	.86 (.01)	.84 (.01)	621.62 (12.55)	616.99 (10.03)	580.42 (11.74)	606.34 (10.76)
switch cost	-.01 (.02)	-.06 (.01)	-.03 (.01)	-.03 (.01)	27.65 (7.32)	25.39 (6.32)	-6.97 (7.24)	14.90 (4.62)

Note. Standard errors of the means are presented in parentheses. CTS = cued task switching, VTS = voluntary task switching, SS = short-short, LS = long-short, SL = short-long

0.48, $p = .49$, partial $\eta^2 = .01$]. 한편 VTS의 전환비용이 CTS보다 더 크게 나타나 단서유형과 시행유형의 유의한 상호작용을 보였다 [$F(1, 34) = 4.59$, $p < .05$, partial $\eta^2 = .12$]. 단서유형과 시간간격의 상호작용 [$F(2, 68) = 3.03$, $p = .06$, partial $\eta^2 = .08$], 시간간격과 시행유형의 상호작용 [$F(2, 68) = 1.83$, $p = .17$, partial $\eta^2 = .05$], 삼원 상호작용은 유의하지 않았다 [$F(2, 68) = 0.51$, $p = .60$, partial $\eta^2 = .02$].

반응시간에 대한 반복측정 변량분석 결과(Table 2), 단서유형과 시간간격, 그리고 시행유형의 주효과가 모두 유의하게 나타났다. 단서유형 별 반응시간의 차이를 살펴보면, VTS의 반응시간($M = 633.79\text{ms}$, $SE = 11.93\text{ms}$)이 CTS의 반응시간($M = 594.26\text{ms}$, $SE = 11.38$)보다 긴 것으로 나타났다 [$F(1, 34) = 17.45$, $p < .01$, partial $\eta^2 = .34$]. 시간간격의 주효과 역시 유의하게 나타났는데 [$F(2, 68) = 70.54$, $p < .01$, partial $\eta^2 = .68$], SL 조건의 반응시간($M =$

576.93ms , $SE = 11.19$)이 SS 조건($M = 635.45\text{ms}$, $SE = 11.47$)과 LS 조건($M = 629.68\text{ms}$, $SE = 10.64$)의 반응시간보다 유의한 수준으로 빠른 것으로 나타났다 [$F(1, 34) = 113.90$, $p < .01$, partial $\eta^2 = .77$]. 마지막으로 시행유형의 경우, 반복시행의 반응시간($M = 606.34\text{ms}$, $SE = 10.76$)보다 전환시행의 반응시간($M = 621.70$, $SE = 11.03$)이 느리게 나타나, 유의한 전환비용을 보였다 [$F(1, 34) = 11.44$, $p < .01$, partial $\eta^2 = .25$]. 다음으로 상호작용 효과를 살펴보면, 시간간격과 시행유형의 상호작용이 유의하였으며 [$F(2, 68) = 8.92$, $p < .01$, partial $\eta^2 = .21$], 이를 구체적으로 분석한 결과, SS 조건과 LS 조건의 전환비용(각각 27.65ms , 25.39ms)은 유의한 차이를 보이지 않은 한편 [$F(1, 34) = 0.06$, $p = .81$, partial $\eta^2 = .00$], SL 조건의 전환비용(-6.97ms)은 LS 조건보다 유의한 수준으로 낮게 나타났다 [$F(1, 34) = 13.05$, $p < .01$, partial $\eta^2 = .28$]. 단서유형과 시간간격의 상호작용 [$F(2, 68) = 0.15$, $p = .86$, partial $\eta^2 = .01$].

Table 2. Outcomes of the repeated measures ANOVA on the accuracy and reaction times

Source	Accuracy			Reaction times		
	MSE	F	η_p^2	MSE	F	η_p^2
cue type	.04	0.48	.01	9408.01	17.45**	.34
interval	.01	10.04**	.23	2064.10	70.54**	.68
trial type	.01	9.98**	.23	2164.57	11.44**	.25
cue type × interval	.01	3.03	.08	2075.23	0.15	.00
cue type × trial type	.01	4.59*	.12	1977.70	1.22	.04
interval × trial type	.01	1.83	.05	1472.01	8.92**	.21
cue type × interval × trial type	.01	0.51	.02	1194.00	4.93*	.13

Note. * $p < .05$, ** $p < .01$

= .00], 단서유형과 시행유형의 상호작용[$F(1, 34) = 1.22, p = .28, \text{partial } \eta^2 = .04$]은 유의하지 않았다. 마지막으로, 세 변인 간 유의한 삼원상호작용이 관찰되었다 [$F(2, 68) = 4.93, p < .05, \text{partial } \eta^2 = .13$]. 이를 구체적으로 살펴본 결과, CTS의 SS 조건 전환비용이 LS 조건 전환비용보다 더 높게 나타났으며, 그 차이가 28.19ms으로 유의한 것과 달리 [$F(1, 34) = 7.16, p < .05, \text{partial } \eta^2 = .17$], VTS에서는 LS 조건의 전환비용이 SS 조건보다 수치적으로 23.66ms 높게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다[$F(1, 34) = 2.56, p = .12, \text{partial } \eta^2 = .07$]. 또한 LS 조건과 SL 조건의 전환비용을 비교했을 때, LS 조건의 전환비용이 더 크게 나타났으며, CTS에서는 조건 간 차이가 18.45ms으로 유하지 않은 반면[$F(1, 34) = 2.50, p = .12, \text{partial } \eta^2 = .07$], VTS에서는 46.28ms으로 유의하게 나타났다[$F(1, 34) = 16.31, p < .01, \text{partial } \eta^2 = .32$].

단서 처리 및 과제 선택 과정에 대한 반응으로 인해 과제 수행이 추가적인 영향을 받았을 가능성을 평가하기 위해 CTS의 단서에 대한 반응시간 및 VTS의 선택지에 대한 반응시간에 대해, 반응유형(단서 처리 및 과제 선택 반응), 시간

간격, 시행유형을 변인으로 하여 반복측정 변량분석을 추가적으로 수행하였다(Table 3). 분석 결과, 시간간격 요인의 주효과가 유의하였으며[$F(2, 68) = 29.16, p < .01, \text{partial } \eta^2 = .46$], 짧은 RCI (SS, SL) 조건과 긴 RCI (LS) 조건의 반응시간을 비교했을 때, 단서 처리[$F(1, 34) = 36.43, p < .01, \text{partial } \eta^2 = .52$]와 과제 선택[$F(1, 34) = 24.42, p < .01, \text{partial } \eta^2 = .42$] 모두 긴 RCI 조건에서 유의하게 빠른 것으로 나타났다. 반응유형과 시행유형의 주효과, 이원 및 삼원 상호작용은 모두 유의하지 않았다($ps > .05$).

논 의

본 연구에서는 CTS와 VTS에서 전환비용에 추가적인 영향을 미칠 가능성이 있는 단서 처리 과정과 과제 선택 과정을 분리함으로써, 과제세트 재구성과 과제세트 관성이 두 과제전환 절차의 전환비용에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 실험 결과, CSI가 증가할 때 VTS에서 전환비용이 유의한 수준으로 감소한 반면 CTS에서는 전환비용의 변화가 나타나지 않았다. 이는 CTS와 달리 VTS의 전환비용에 과제세트 재구

Table 3. Reaction times (ms) for the task cue in CTS and for the choice cue in VTS

Cue type	Trial type	SS	LS	SL	Total
Task cue	switch	606.35 (14.64)	560.12 (14.96)	613.90 (17.90)	593.46 (14.82)
	repeat	611.01 (15.30)	575.42 (13.08)	622.45 (16.28)	602.96 (13.92)
Choice cue	switch	651.61 (26.49)	605.22 (24.15)	641.99 (28.24)	632.94 (24.97)
	repeat	652.46 (23.22)	585.04 (18.06)	638.68 (21.68)	625.39 (19.18)
Total	switch	628.98 (16.89)	582.67 (16.97)	627.95 (19.34)	613.20 (16.93)
	repeat	631.73 (15.97)	580.23 (13.96)	630.56 (14.78)	614.17 (13.83)

Note. Standard errors of the means are presented in parentheses, SS = short-short, LS = long-short, SL= short-long

성 과정이 반영되어 나타났음을 의미한다. 한편, RCI 증가와 함께 CTS의 전환비용이 유의하게 감소한 반면, VTS의 전환비용은 유의한 변화를 보이지 않았는데, 이는 과제세트 관성이 CTS의 전환비용에 반영되어 나타났음을 의미한다. 이러한 결과는 CTS에서 과제세트 관성이, VTS에서 과제세트 재구성 과정이 전환비용에 반영될 것이라는 본 연구의 가설과 일치한다. 이러한 결과를 세부적으로 논의하면 다음과 같다.

먼저 과제세트 재구성 과정이 CTS의 전환비용에서 나타나지 않은 반면, VTS의 전환비용에 반영되어 나타났다. 이는 과제 준비기간 동안 CTS에서 단서 처리 과정이, VTS에서 과제세트 재구성 과정이 발생할 것이라는 견해와 일치하는 결과이다(Arrington & Logan, 2004, 2005). CTS의 전환비용이 과제세트 재구성 과정을 반영하는지에 대해서 연구들 간 견해가 일치하지 않는데, 이는 단서 처리 과정이 전환비용에 미치는 영향에 관한 상반되는 연구결과에 기인한다. 예를 들어, 이중단서(double-cuing) 절차를 통해 단서 전환비용과 과제 전환비용의 준비효과를 비교한 연구들을 살펴보면, 한 연구에서는 단서 전환비용에서만 준비효과를 관찰하여 CTS의 전환비용이 단서 처리 과정에서 비롯된 것이라고 제안한 반면(Mayr & Kliegl, 2003), 다른 연구에서는 과제 전환비용에서 준비효과를 관찰하여 CTS 전환비용에 대한 과제세트 재구성 과정의 영향을 확인하였다(Monsell & Mizon, 2006). 이와 같이 상반되는 연구 결과는 단서 처리 과정이 준비기간 동안 완료되지 않아 과제 수행에 영향을 미쳤기 때문일 가능성이 있다. 구체적으로 Arrington 등(2007)은 단서가 의미하는 과제를 반응키를 통해 식별하도록 하여 자극이 등장하기 전 단서 처리 과정이 완료되도록 하였는데, 이때 CSI 증가에 따른 전환비용의 감소가 나타나지 않았다. 이는 동일한 과제 절차를 따른 본 연구의 CTS에서 관찰된 결과와 일치하며, 단서 처리 과정을 완전히 분리했을 경우 CTS에서 과제세트 재구성 과정이 나타나지 않을 것이라는 견해를 지지한다.

다음으로 과제세트 관성이 두 과제전환 절차의 전환비용에 미친 영향을 살펴보면, CTS에서는 전환비용에 반영되어 나타난 반면, VTS의 전환비용에는 나타나지 않은 결과를 보였다. 특히, 본 연구의 CTS 결과에 따르면, 단서 처리 과정을 분리했음에도 유의한 전환비용이 관찰되었을 뿐만 아니라, RCI 증가에 따라 전환비용이 감소하였다. 이는 단서 처리 과정이 CTS의 전환비용 전체를 설명할 것이라는 견해와 상반되는 결과로(Arrington & Logan, 2004; Logan & Bundesen, 2003; Schneider & Logan, 2005), 선행 연구들에서 사용한 CTS의 전환비용이 단서 처리 과정에 더해 과제

전환과 관련된 추가적인 인지 과정을 포함한다는 점을 시사한다. 이러한 추가적인 인지과정에 관한 한가지 관점은 CTS에서 과제세트 재구성 과정을 통해 과제 수행에 필요한 표상을 작업기억에 능동적으로 유지하지 못했기 때문이라고 설명하고 있다(Baddeley, Chincotta, & Adlam, 2001; Vandierendonck, Liefoghe, & Verbruggen, 2010).

한편 VTS의 전환비용이 과제세트 관성을 반영하지 않는 것으로 나타난 본 연구 결과와 상반되게, VTS에서 과제 선택 과정을 구분하고 CSI와 RCI를 조작한 선행 연구들은 과제세트 재구성 과정이 아닌 과제세트 관성이 전환비용에 영향을 미친다고 보고하였다(Demanet & Liefoghe, 2014; Liefoghe, 2017). 이 같은 결과의 불일치는 과제 절차에서의 차이에 기인한 것일 가능성이 있다. 선행연구에서 사용한 VTS 절차의 경우, 이전 시행에 관한 과제세트의 지속적인 활성화에 더해, 현재 과제 수행에 영향을 미칠 수 있는 추가적인 요소들을 포함하고 있다. 이를 구체적으로 살펴보면, 먼저 Liefoghe(2017)는 과제 선택 시 두 과제에 대해 같은 반응 키를 사용하도록 한 본 연구와 달리 서로 다른 반응 키로 반응하도록 하였는데, 이 때 과제 선택 반응(task-choice response selection)의 전환이 현재 과제 수행에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 연구자의 설명에 따르면, 과제 선택 반응은 선택한 과제를 임의의 반응으로 해석하는 과정으로, 이 과정이 완료되기 전까지 과제세트 재구성이 지연될 가능성이 있다. 또한, Demanet와 Liefoghe(2014)의 실험 2와 3은 수행할 과제를 단서를 통해 지시하는 시행과 선택할 수 있는 시행을 함께 제시하거나, 선택할 수 있는 과제를 매 시행 다르게 제시하는 등 현재 과제 수행을 지연시킬 수 있는 요인들을 포함하고 있다. 따라서 VTS 전환비용에 대한 과제세트 관성의 영향은 과제전환 절차의 차이에 따라 다르게 나타날 가능성이 있다.

이에 더해, 단서 처리와 과제 선택 단계에서 과제세트 관성의 영향이 나타나 과제 수행에 추가적인 영향을 주었을 가능성을 확인하기 위해 반응유형(단서 처리, 과제 선택), 시간 간격, 시행유형을 변인으로 하여 추가 분석을 수행하였다. 그 결과, 시간간격의 주효과만 유의하였고 반응유형을 비롯한 다른 요인의 주효과 및 상호작용은 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 CTS와 VTS에서 관찰된 수행의 차이가 단서 처리와 과제 선택 과정의 차이, 혹은 두 과정에 대한 과제세트 관성의 영향이 과제 수행으로 이월되어 나타난 것이 아님을 확인할 수 있는 결과이다. 한편 반응유형을 각각 살펴보았을 때, 긴 RCI에서 단서 처리와 과제 선택 시간이 모두 유의하게 빠른 반응시간을 나타낸 결과는 두 과정에서 이전

References

과제세트에 대한 억제적 통제가 반영된 것으로 해석할 수 있을 것이다(Liefooghe, Demanet, & Vandierendonck, 2010; Mayr & Bell, 2006; Regev & Meiran, 2017). 그러나 RCI 기간의 영향이 전환유형과 무관하게 나타났으므로, 이 결과는 이전 시행의 반응과 현재 시행의 단서 간 짧은 간격(100ms)으로 인해 일시적인 인지 자원의 고갈에 의한 반응 지연으로 해석하는 것이 더 타당한 것으로 보인다(Muraven & Baumeister, 2000).

마지막으로, VTS에서 요구하는 무작위적인 과제 선택이 작업기억 부하를 야기하여 본 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 제기될 수 있다. 이와 관련한 한 선행연구는 과제 수행 동안 여섯 개의 숫자열 혹은 문자열을 암기하도록 하여 작업기억에 부하를 준 조건에서 부하가 없는 조건보다 참가자들이 더 높은 비율로 과제를 반복하여, 작업기억이 무작위적인 과제 선택 비율에는 관여하는 한편, 전환비용에는 영향을 미치지 않는다는 것을 보여주었다(Demanet, Verbruggen, Liefooghe, & Vandierendonck, 2010). 또한 난수 생성과 같이 여러 개의 선택지 중에서 무선적인 숫자를 생성하는 절차는 작업기억 부하를 야기하지만, 두 가지 과제 중에서 하나를 선택하여 실행하는 본 연구의 VTS 절차에서는 추가적인 작업기억 부하의 정도가 크다고 보기는 어렵다. 따라서 본 연구의 VTS에서, 두 과제를 무작위적으로 선택함으로써 발생할 가능성이 있는 작업기억 부하는 전환비용에 큰 영향을 미치지 않았을 것으로 보인다.

종합하면, 본 연구에서는 단서 처리 과정과 과제 선택 과정을 분리했을 때, CTS와 VTS 절차를 통해 각각 전환비용에 대한 과제세트 관성과 과제세트 재구성 과정의 영향을 평가할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한, 두 절차를 통해 인지적 유연성의 서로 다른 측면을 연구할 수 있다는 것을 확인하였다는 점에서 의의를 가진다. 그러나 CTS와 VTS의 단서 처리와 과제 선택 과정에서 이전 과제세트에 대한 억제적 통제가 나타나는지에 대해, RCI 간격에 따른 단서와 과제 선택 반응시간의 차이를 통해 간접적으로 확인했다는 점에서 한계를 가진다. 추가적으로, 본 연구에서 단서에 대한 반응과 과제 선택 반응을 모두 동일한 키를 이용하여 입력 받았는데, 이로 인해 참가자가 단서를 정확히 처리하였는지 혹은 과제 선택 후 의도한 과제를 수행하였는지 확인하기 어렵다는 한계점을 가지며, 이를 보완한 후속 연구가 필요할 것이다.

- Allport, D. A., Styles, E. A., & Hsieh, S. (1994). Shifting intentional set: Exploring the dynamic control of tasks. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Eds.), *In Attention and performance XV*. (pp. 421-452). Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Arrington, C. M., & Logan, G. D. (2005). Voluntary task switching: Chasing the elusive homunculus. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *31*(4), 683-702.
- Arrington, C. M., Logan, G. D., & Schneider, D. W. (2007). Separating cue encoding from target processing in the explicit task-cuing procedure: Are there "true" task switch effects? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *33*(3), 484-502.
- Arrington, C. M., & Logan, G. D. (2004). The Cost of a Voluntary task switch. *Psychological Science*, *15*(9), 610-615.
- Baddeley, A., Chincotta, D., & Adlam, A. (2001). Working memory and the control of action: Evidence from task switching. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 641-657.
- Demanet, J., & Liefooghe, B. (2014). Component processes in voluntary task switching. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *67*(5), 843-860.
- Demanet, J., Verbruggen, F., Liefooghe, B., & Vandierendonck, A. (2010). Voluntary task switching under load: Contribution of top-down and bottom-up factors in goal-directed behavior. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*(3), 387-393.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135-168.
- Liefooghe, B. (2017). The contribution of task-choice response selection to the switch cost in voluntary task switching. *Acta Psychologica*, *178*, 32-40.
- Liefooghe, B., Demanet, J., & Vandierendonck, A. (2010). Persisting activation in voluntary task switching: It all depends on the instructions. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*(3), 381-386.
- Logan, G. D., & Bundesen, C. (2003). Clever homunculus: Is there an endogenous act of control in the explicit task-cuing procedure? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*(3), 575-599.

- Logan, G. D., & Gordon, R. D. (2001). Executive control of visual attention in dual-task situations. *Psychological Review*, 108(2), 393-434.
- Mayr, U., & Bell, T. (2006). On how to be unpredictable: Evidence from the voluntary task-switching paradigm. *Psychological Science*, 17(9), 774-780.
- Mayr, U., & Kliegl, R. (2003). Differential effects of cue changes and task changes on task-set selection costs. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(3), 362-372.
- Meiran, N. (1996). Reconfiguration of processing mode prior to task performance. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22(6), 1423-1442.
- Meiran, N., Chorev, Z., & Sapir, A. (2000). Component processes in task switching. *Cognitive Psychology*, 41(3), 211-253.
- Monsell, S. (2003). Task switching. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(3), 134-140.
- Monsell, S., & Mizon, G. A. (2006). Can the task-cuing paradigm measure an endogenous task-set reconfiguration process? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(3), 493-516.
- Muraven, M., & Baumeister, R. F. (2000). Self-regulation and depletion of limited resources: Does self-control resemble a muscle? *Psychological Bulletin*, 126(2), 247-259.
- Regev, S., & Meiran, N. (2017). Cue response dissociates inhibitory processes: Task identity information is related to backward inhibition but not to competitor rule suppression. *Psychological Research*, 81(1), 168-181.
- Rogers, R. D., & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(2), 207-231.
- Rubinstein, J. S., Meyer, D. E., & Evans, J. E. (2001). Executive control of cognitive processes in task switching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(4), 763-797.
- Schneider, D. W., & Logan, G. D. (2005). Modeling task switching without switching tasks: A short-term priming account of explicitly cued performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(3), 343-367.
- Vandierendonck, A., Liefoghe, B., & Verbruggen, F. (2010). Task switching: Interplay of reconfiguration and interference control. *Psychological Bulletin*, 136(4), 601-626.

과제세트 관성과 재구성이 단서 및 자발적 과제전환의 전환비용에 미치는 영향

허주연¹, 김초복¹

¹경북대학교 심리학과

인지적 유연성을 나타내는 전환비용은 현재의 과제를 준비하는 과제세트 재구성과 이전 과제세트의 영향인 과제세트 관성에 의해 나타난다. 본 연구는 단서 과제전환과 자발적 과제전환의 전환비용에 각각 단서 처리와 과제 선택 과정이 추가적으로 반영될 가능성을 배제함으로써 전환비용에 대한 과제세트 재구성 및 과제세트 관성의 영향을 정확히 평가하고자 하였다. 이를 위해, 참가자들에게 과제전환 각 절차에서 과제 단서와 선택 단서에 대해 반응하도록 하고, 단서를 기준으로 이전 과제세트의 영향과 현재 과제에 대한 준비시간을 조작하였다. 실험 결과, 자발적 과제전환의 전환비용은 준비시간이 증가할 때 유의하게 감소하였으나 과제세트 관성과는 관계가 없는 것으로 나타났다. 반면 단서 과제전환에서는 전환비용이 과제세트 관성과 함께 감소하였으며, 준비시간과는 관련이 없는 것으로 나타났다. 본 연구는 두 과제전환 절차를 통해 인지적 유연성의 서로 다른 측면을 구체적으로 규명할 수 있음을 확인한 점에서 중요한 의미를 가진다.

주제어: 단서 과제전환, 자발적 과제전환, 과제세트 재구성, 과제세트 관성