

# Exploring Information Processing in Conflict Tasks: A Systematic Review of DMC-Based Analyses\*

Jini Tae<sup>1</sup>, Wonil Choi<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>School of Humanities and Social Sciences, Gwangju Institute of Science and Technology

In the present paper, we provided a concise overview of the theoretical foundations of the Diffusion Model for Conflict tasks (DMC), a computational model that had recently gained attention as a valuable tool for explaining cognitive control mechanisms, and systematically reviewed key empirical studies that had applied the DMC to a variety of conflict tasks. In particular, by comparing the results of traditional reaction-time (RT) analyses with those of DMC-based analyses, this review explored how sub-components of cognitive control were modulated by experimental manipulations (e.g., stimulus features and task types) and individual differences (e.g., arousal levels and age). Furthermore, the paper highlighted cases in which DMC analyses enabled more refined theoretical interpretations, especially in instances where traditional RT analyses alone failed to resolve conflicting theoretical claims. These examples illustrated the explanatory power of DMC in disentangling the contributions of task-relevant and irrelevant processes. The paper also introduced the Revised Diffusion Model for Conflict tasks (RDMC), a recently proposed extension of the original DMC designed to address its structural limitations, and discussed the analytic advantages of RDMC by comparing its key parameters to those of the original model. In sum, this review underscored the utility of DMC-based analysis as a complementary approach to traditional RT-based methods in cognitive control research, and outlined potential avenues for applying this modeling framework across various domains of cognitive science.

Keywords: cognitive control, conflict task, drift diffusion model for conflict tasks, DMC

1차원고접수: 25.09.15; 수정본접수: 26.01.09; 최종게재결정: 26.01.16



Copyright: © 2025 The Korean Society for Cognitive and Biological Psychology. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited and the use is non-commercial.

인간의 정보처리과정은 상황에 맞는 최적의 행동을 선택하고 그 외의 행동을 억제하는 일련의 조절 작용으로 구성된다. 예컨대 제출 기한이 얼마 남지 않은 보고서를 작성하고 있는데, 손목에 찬 스마트 워치를 통해서 친구가 보낸 메시지 알람이 오고 있다면, 그 메시지의 내용이 궁금하기는 하지만 정해진 날짜까지 보고서를 내는 일이 더 중요함을 알고 있기에 알람을 의식적으로 무시하고 보고서 작성에 집중하는 전략을 취한다. 이러한 과정을 가능하게 하는 핵심 메커니즘이

바로 인지 통제(cognitive control)이다(Botvinick et al., 2001). 인지 통제는 선택적 주의, 반응 억제, 목표 유지, 작업기억 갱신 등 다양한 하위 기능을 포함하며, 사람들이 유연하고 적응적인 행동을 하도록 돕는다(Diamond, 2013; Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000). 특히 서로 충돌하는 정보가 동시에 제시되는 갈등 상황에서는 이러한 통제 기제가 뚜렷하게 작동하며, 이러한 인지 통제 기제의 본질을 파악하는 것은 인지심리학자들의 주요한 연구 질

\* 이 논문은 대한민국 교육부(NRF-2020S1A3A2A02103899) 지원에 의해 수행되었음.

† 교신저자 : 최원일, 광주과학기술원 인문사회과학부, (61005) 광주광역시 북구 첨단과기로 123, E-mail: wichoi@gist.ac.kr

문이다.

이러한 질문에 답하기 위해 인지심리학자들은 다양한 실험 패러다임을 이용하는데, 대표적으로 스트룹(Stroop) 과제(Stroop, 1935), 사이먼(Simon) 과제(Simon & Rudell, 1967), 플랭커(Flanker) 과제(Eriksen & Eriksen, 1974)가 있다. 이러한 과제에서 참가자들은 과제와 관련된 정보에는 주의를 기울이고, 과제와 무관한 정보는 무시하라는 지시를 받게 된다. 이 과제들의 실험 조건은 크게 두 가지로 구분되는데, 하나는 목표 자극과 방해 자극이 같은 반응을 요구하는 일치 조건이고, 또 하나는 목표 자극과 방해 자극이 다른 반응을 요구하게 되는 불일치 조건이다. 이때 스트룹, 사이먼, 플랭커 과제는 서로 다른 자극 속성을 이용하여 갈등을 유발한다. 스트룹 과제에서는 단어 의미와 색상, 사이먼 과제에서는 자극 위치와 반응 위치, 플랭커 과제에서는 중심 자극과 주변 자극이 서로 충돌한다. 보다 구체적으로 색깔 단어를 이용한 스트룹 과제(MacLeod, 1991; Stroop, 1935)에서 참가자들은 다양한 색깔로 표현된 색깔 단어를 보게 되고, 단어 의미를 무시하며 단어에 칠해진 색깔을 말해야 한다. 이때, 참가자들은 빨간색으로 쓰인 “빨강”이라는 단어를 명명하는 조건에 비해 초록색으로 쓰인 “빨강”이라는 단어를 명명할 때, 반응속도가 느리고 부정확해지는 특성을 보이게 된다. 이후에 Simon과 Rudell(1967)은 사이먼 과제를 만들었고, 이 과제에서 참가자들은 양쪽 귀를 통해서 “오른쪽”, “왼쪽”이라는 단어를 듣고, 소리가 들려오는 방향을 무시하고 자신이 들었던 단어 위치에 맞는 버튼을 눌러야 했다. 마지막으로, Eriksen과 Eriksen(1974)이 고안한 플랭커 과제에서 참가자들은 여러 개의 자극이 연속적으로 있는 자극(예: <<<<<, <><>)을 보고, 참가자가 해야 하는 과제는 목표 자극의 양옆에 있는 방해 자극을 무시하고 목표 자극(예: 가운데 위치한 화살표)에 반응하는 것이었다. 일반적으로 사람들은 일치 조건에 대한 반응에 비해 불일치 조건에 대한 반응이 느리고 부정확해지는 패턴을 보이며, 이와 같은 일치 조건과 불일치 조건 간 반응시간 차이를 일치성 효과(congruency effect)라고 한다. 연구자들은 대체로 일치성 효과 크기로 개인이 방해 자극의 영향을 억제하고, 과제 관련 정보에 주의를 기울이는 인지 통제 능력을 가늠한다.

갈등 과제를 통해 확인되는 인지 통제 과정을 설명하는 이론적 모델은 정보처리 경로를 자동적 처리(automatic processing)와 통제적 처리(controlled processing)로 구분한다(Schneider & Shiffrin, 1977; Shiffrin & Schneider, 1977). 이 틀 안에서 과제 수행과 관련된 정보(예: 목표 자극)는 통제적 처리 경로를 통해, 과제와 관련 없는 정보(예:

방해 자극)는 자동적 처리 경로를 통해 작동된다고 가정하며, 특히 두 정보가 불일치할 때는 두 경로 간의 조절을 통해 정보처리가 일어난다고 설명한다. 이 개념을 통해 일치성 효과를 설명하자면 일치 조건에서는 방해 자극이 목표 자극의 처리를 방해하지 않기 때문에 목표 자극 처리가 촉진된다. 반면, 불일치 조건에서는 방해 자극이 목표 반응과는 반대되는 반응을 자동적으로 유도함으로써 목표 정보처리에 관여하는 통제적 처리 시간을 지연시키게 된다. 따라서 불일치 조건에서 목표 자극에 대한 반응속도가 느려지게 되고, 정확률이 낮아지게 된다.

일치성 효과의 크기는 목표 자극에 주의를 얼마나 배분하느냐와 방해 자극을 얼마나 억제하느냐에 따라 달라진다고 보며, 이에 기반하여 다양한 이론들이 제안되어 왔다. 예를 들어 White et al.(2011)이 제안한 수축 조명등 모형(shrinking spotlight model, SSP)은 인지 통제 시스템이 방해 자극의 영향을 방지하고자 주의 초점을 좁혀가는 전략을 사용한다고 설명하며, 주의 초점이 좁아질수록 목표 자극에 주의 자원이 더 신속하여 배분되어 방해 자극의 영향을 줄이고, 결과적으로 일치성 효과 크기가 감소한다고 본다. 또 다른 이론인 억제 기반 이론은 자동적 처리에 영향을 받는 방해 자극이 억제되는 과정을 강조하고, 일치성 효과 크기는 이러한 억제 기제가 작동하는 시간적 경과를 나타낸다고 본다. 비록 이론 혹은 모형마다 일치성 효과를 설명하는 방식에는 차이가 있지만, 일반적으로 일치성 효과가 클수록 인지 통제 능력이 잘 발휘될 수 없는 환경 혹은 그 능력이 더 낮은 참가자로 해석될 수 있다.

### 갈등 과제 수행 결과를 통해 인지 통제 과정을 분석하는 방법들

이론적으로 일치성 효과는 주의 배분 또는 억제의 차이로 설명될 수 있는데, 이런 차이를 실제로 검증하기 위해서는 실험으로 얻어진 행동 지표들을 분석하게 된다. 대표적으로 사용되는 행동 지표가 바로 참가자가 실험 자극을 보고 버튼을 누를 때 얻어지는 반응시간이다. 구체적으로 갈등 과제를 이용한 연구에서는 일치 조건과 불일치 조건의 반응시간 차이를 통해 자극의 속성, 환경적 요인, 또는 개인의 인지 통제 수준 차이를 분석하는 경우가 많다. 연구자가 조작하는 변인에 따라 일치성 효과의 크기는 달라지지만, 일반적으로 불일치 조건의 반응이 더 느리고 정확성이 떨어지는 경향이 일반적이다. 그러므로 개별 시행에서 나타난 반응시간과 정확도를 조건별로 평균하여 일치 조건과 불일치 조건의 차이를 구

하면, 스트룹, 플랭커, 사이먼과 같은 인지 통제와 관련된 과제들에서 공통적인 일치성 효과 패턴이 관찰된다.

조건 간 수행의 평균을 비교하는 방식은 시행 간 나타나는 반응시간이나 정확도의 변산성이 편향되어 있지 않으며 변산의 기댓값은 0이라는 중요한 가정에 기초해서 이루어진다. Figure 1은 반응시간에 따라 달라질 수 있는 일치성 효과의 가상 양상을 시각적으로 보여준다. 만약 참가자의 반응 속도와 정확도에 변산성이 전혀 없거나, 완전히 무선적이라면, Figure 1의 A에서처럼 반응시간의 길고 짧음과 무관하게 일정한 크기의 일치성 효과가 나타날 것이다. 그러나 실제 연구 결과에서는 과제 유형이나 실험 맥락에 따라 일치성 효과의 변화를 보여주는 것이 일반적이고, 이러한 양상의 결과가 나타나지 않는 경우가 빈번하다(Miller & Schwarz, 2021; Pratte et al., 2010). Figure 1의 B와 C는 이러한 양상을 보여주는 대표적 사례로서, 각각은 반응시간이 증가할수록 일치성 효과가 커지는 패턴인 상승형(B)과 반응시간이 길어질수록 일치성 효과가 줄어드는 양상인 하강형(C)을 의미한다. 이러한 현상은 조건 사이의 평균 반응시간 비교만으로는 충분히 설명되지 않기 때문에 연구자들은 반응시간 분포에 따른 조건 간 차이의 양상 변화를 보다 정교하게 해석할 수 있는 새로운 분석 기법의 필요성을 제기하게 되었다(Balota & Yap, 2011; Heathcote et al., 1991; Pratte et al., 2010; Burle et al., 2005).

이러한 한계를 보완하기 위해 제안된 방법이 바로 델타 플롯(delta plot) 기반 분석이다. 델타 플롯을 이용해서 갈등 과제 별로 반응시간 분포에 따른 일치성 효과의 변화를 살펴보니 과제에 따라 서로 다른 양상이 관찰되었다. 스트룹 및 플랭커 과제에서는 반응시간이 길어질수록 일치성 효과가 증가하는 패턴(positive-going delta plot; Figure 1의 B)이, 사이먼 과제에서는 오히려 일치성 효과가 감소하는 패턴(negative-going delta plot; Figure 1의 C)이 나타났다(Ansorge & Wühr, 2004; Burle et al., 2005; Pratte et al., 2010; Ulrich et al., 2015). 스트룹이나 플랭커 과제에서

반응시간이 증가할수록 일치성 효과가 늘어나는 패턴은 인지 통제의 변화를 반영한다기보다 반응시간이 길어질수록 표준 편차가 커지는 일반적 경향으로도 설명될 수 있다(Wagenmakers & Brown, 2007). 하지만 반응시간이 늘어날수록 일치성 효과가 줄어드는 현상은 기존의 이론적 틀로는 설명이 어려웠기에 Ridderinkhof(2002)는 활성화-억제(activation-suppression) 모형을 이용하여 반응시간 분포에 따른 일치성 효과의 변화를 설명하고자 했다. 이 모형은 자동적 처리를 통해 활성화된 과제 무관한 정보가 상위 인지 조절 과정(top-down control)에 의해 억제될 수 있다고 가정하며, 억제 과정은 과제의 특성이나 개인차에 따라 작동 시점, 형성 속도, 억제 강도 등이 달라질 수 있다고 설명했다(Ulrich et al., 2015).

특히, 사이먼 과제처럼 반응시간이 증가함에 따라 일치성 효과가 감소하는 경우는 반응시간 초기에 일치성 효과가 작은 과제에 비해 억제 기제의 활성화에 더 많은 시간이 필요하기 때문으로 해석된다. 다시 말해, 사이먼 과제 같은 경우에는 반응시간이 충분히 길어지면 방해 자극의 영향이 효과적으로 억제되며, 그 결과 일치성 효과가 줄어드는 하강형 델타 플롯 패턴이 나타나게 된다는 것이다.

과제에 따른 차이뿐 아니라, 일부 연구에서는 델타 플롯을 활용하여 노인 집단, 주의결핍 및 과잉행동장애(Attention Deficit and Hyperactivity Disorder, ADHD), 파킨슨 환자 등과 같이 인지 통제 능력에 어려움을 겪는 임상집단과 젊은 성인 혹은 비임상집단의 억제 능력 차이를 비교하기도 했다(Bub et al., 2006; Juncos-Rabadán et al., 2008; Ridderinkhof et al., 2005; Wylie et al., 2007; 2009; 2010). 델타 플롯의 기울기는 개인의 억제 능력을 정량적으로 평가할 수 있는 지표로 간주되므로(Van den Wildenberg et al., 2010), 위 연구들에서는 집단 간 기울기의 비교를 통해 억제 능력의 차이를 평가하였다. 활성화-억제 모형에서 설명한 바와 같이 일정한 시간이 흐른 후에 억제 능력이 발현되면 좀 더 이른 시점에 발현되는 것과 비교해서 방해 자

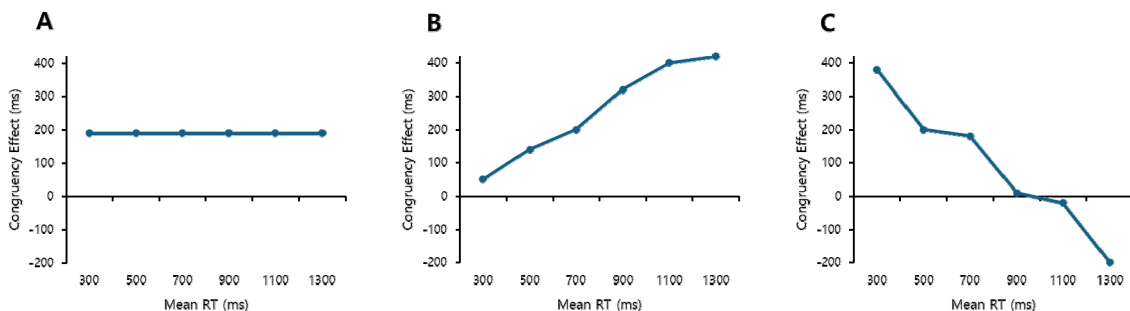


Figure 1. Three Types of Congruency Effect Distributions Observed in Conflict Tasks

극에 대한 영향을 더 효과적으로 통제할 수 있으므로 일치성 효과의 크기가 극적으로 작아지게 되고, 델타 플롯은 가파르게 음의 기울기를 가지게 된다. 하지만 억제 능력에 어려움을 겪게 되면 시간이 흘렀음에도 불구하고 방해 자극의 영향이 여전히 유지되기 때문에, 시간 흐름에 따른 일치성 효과의 변화가 미비하게 되고 그 결과 더 작은 기울기 값을 갖는 델타 플롯이 나타나게 된다.

분명 델타 플롯을 이용한 분석은 과제에 따른 차이나 개인차에 따른 방해 자극 억제 능력의 차이를 추론하는 데 유용한 정보를 제공한다. 하지만 실제로 과제 수행 과정에서 억제 기능이 어떻게 작동하는지를 정량적으로 추정하기 어렵다는 한계가 존재한다. 이러한 제한점을 보완하고자, 연구자들은 확산 모형(Diffusion Model, Ratcliff, 1978; Ratcliff & Smith, 2004)을 도입하여 시간에 따라 달라지는 일치성 효과의 변화를 더 정밀하게 설명할 수 있는 분석 방법을 제안하였다. 그런데 갈등 과제의 자극 특성을 고려하면 기존 확산 모형은 구조적으로 수정되어야 했다. 일반적인 확산 모형은 보통 두 가지 선택지(예: 단어 vs. 비단어)가 주어지고, 단일한 정보 흐름(목표 자극에 대한 증거 축적)만을 가정하는 과제에 주로 이용됐다. 반면 갈등 과제에 사용되는 자극에는 과제 수행에 필요한 과제 관련 정보와 이를 방해하는 과제 무관론 정보가 동시에 포함되어 있기 때문에 단일 정보 흐름만을 가정하는 전통적 확산 모형으로는 이러한 이중 정보처리 과정을 충분히 설명하기 어렵다. 따라서 갈등 과제의 정보처리를 더 정밀하게 이해하기 위해 반응 선택 과정의 핵심 변수인 표류율(drift rate) 또한 과제 관련 정보와 과제 무관론 정보가 동시에 축적되는 이중 정보 흐름을 반영하도록 조정되어야 했다.

예를 들어 Schwarz와 Miller(2012)는 기존 확산 모형을 정교화한 대안을 제시하였다. 이들은 과제 관련 정보와 과제 무관론 정보가 각각 독립적으로 증거를 축적한다는 동시적 축적 과정을 가정하였다. 일치 조건에서는 두 경로가 동일한 반응을 활성화해 반응속도를 높이지만, 불일치 조건에서는 상반된 반응을 활성화해 서로 상쇄되므로 반응이 지연된다(Schwarz & Ischebeck, 2003). 그러나 이처럼 이중 축적 과정까지 도입한 정교한 확산 모형조차도 하강형(negative-going) 델타 플롯이 나타나는 이유는 설명하지 못했으며, 이에 따라 추가 변인을 고려한 새로운 모형의 필요성이 제기되었다.

기존 모형들이 설명하지 못한 현상을 포괄적으로 설명하기 위해 제안된 것이 갈등 과제를 위한 확산 모형(Diffusion Model for Conflict Tasks, DMC; Ulrich et al., 2015)이다.

DMC는 방해 자극의 정보처리가 비선형적으로 이루어진다는 역동적인 기제를 가정함으로써, 상승형과 하강형을 포함한 다양한 형태의 델타 플롯을 설명할 수 있는 이론적 기반을 제공했다. 이 모형은 방해 자극에 대한 자동적 처리의 활성화가 초기에는 증가하다가 일정 시점 이후 감소하는 경향을 보인다고 가정하며, 이러한 패턴은 시간에 따라 점점 커졌다가 사라지는 형태의 펄스 함수(pulse function)로 표현했다. 이와 같은 시간 가변적 자동 처리의 활성화 곡선은 반응 시간에 따라 달라지는 일치성 효과의 패턴, 즉 다양한 델타 플롯의 형태를 설명할 수 있는 이론적 기반이 되었다. 특히 방해 자극의 표류율이 최고점에 도달하는 시점( )은 일치성 효과의 분포 양상을 결정짓는 핵심 요소로 작용한다. Ulrich et al.(2015)은 방해 자극의 활성화가 최고점에 도달하는 시간( )을 세 조건(예: 30ms, 90ms, 150ms)으로 구분하고 각 조건에 따라 예상되는 델타 플롯을 제시하였다. 그 결과에 따르면 값이 짧을수록 일치성 효과가 반응시간이 짧을 때 크게 나타났고, 반대로 값이 길수록 일치성 효과가 반응시간이 길 때 증가하는 양상이 관찰되었다.

이처럼 DMC는 전통적인 평균 반응시간 분석이나 델타 플롯 기반 분석에서는 간과되기 쉬운 자동 및 통제 처리의 기여 정도를 정량적으로 추정할 수 있게 함으로써 갈등 상황에서의 인지 통제 메커니즘을 정교하게 이해할 수 있는 분석 도구로 주목받고 있다. 실제로 최근의 인지 통제 관련 경험 연구들에서는 이 모형을 활용하여 과제 간 처리 양상의 구조적 차이, 동일 과제 내 자극 속성의 조작 효과, 갈등 조절 효과의 발생 조건, 맥락에 따른 인지 통제 기제의 변화, 그리고 개인차에 따른 통제 능력의 차이 등을 분석함으로써 평균화된 반응시간 분석에서 확인하지 못했던 자극과 과제와 같은 실험적 속성이나 개인적 특성에 따른 인지 통제 능력의 차이를 더욱 면밀하게 확인할 수 있게 되었다.

DMC에 따르면 Table 1(Mackenzie & Dudschig, 2021)에 정리된 바와 같이 7가지 변수가 실험적 조작이나 개인적 특성에 따라 달라질 수 있다고 설명한다. 자동적 처리와 관련된 변수는 세 가지(A, , )로 A는 과제 무관론 정보의 활성화 정도를 펄스 함수의 진폭으로 나타낸 값이고, 는 과제 무관론 정보의 활성화가 가장 큰 시간대를 표현하는 값이며, 마지막 는 이 함수의 모양을 수치화해서 보여준다. 이때, A 값이 큰 경우에는 방해 자극의 자동적 영향력이 강함을 의미하며, 값이 작으면 방해 자극이 더 빠르게 처리됨을 나타내고, 값이 크다는 것은 자동적 활성화가 천천히 증가하며 느리게 사라지는 원만한 형태를 나타낸다는 의미로

**Table 1.** DMC model parameter and description

Parameter	Description	Parameter	Description
amp(A)	Amplitude of the automatic activation	bnds(b)	Decision boundary
tau( )	Peak time of the automatic activation	resMean( $\mu$ R)	Mean of the residual time (ms)
aaShape( )	Shape parameter of the automatic activation	resSD( R)	Variability of the residual time (ms)
drc( $\mu$ )	Drift rate of the controlled activation		

해석된다. 과제 관련 정보가 처리되는 통제적 처리와 관련된 변수는  $\mu$ 가 있는데, 이 변수는 과제 관련 정보의 표류율 정도를 나타내며, 값이 클수록 목표 자극으로부터 증거가 더 빠르고 효율적으로 축적되어 반응이 신속하고 정확하게 이루어진다고 여겨진다. 참가자들의 반응 특성은 의사 결정 경계 간의 거리를 나타내는 변수인 b를 통해 확인된다. 확산 모형에 따르면 사람들은 반응 선택을 하기 전 증거를 쌓아가다가 특정 경계에 도달하면 결정을 내린다고 가정한다. 그러므로 신중한 사람들은 많은 증거를 모은 뒤에 반응하는 특성이 있으므로 b 값이 크며, 적은 증거만으로도 빠르게 결정을 내리는 사람들은 b 값이 작다. 마지막으로 비결정적 처리의 평균 속도와 표준 편차는  $\mu$ 와  $\sigma$ 로 표현된다. 여기서 비결정적 처리는 자극 부호화와 반응 실행과 같이 의사 결정 과정의 지속 기간 외에 영향을 미칠 수 있는 모든 처리 과정이 포함된 정보처리 과정을 의미한다.

본 논문에서는 DMC의 이론적 강점을 바탕으로 DMC 분석 기법을 활용하여 인지 통제 과정이 자극과 과제의 특징적 요인과 개인의 특성 및 상태 요인에 따라 어떻게 변화하는지를 살펴본 경험적 연구들을 체계적으로 정리하였다. 이를 통해 기존 분석 방법과 비교해서 DMC 분석이 갖는 이론 및 방법론적 장점을 소개하고자 한다. 한편 최근 일부 연구자들은 DMC의 이론적 한계를 지적하며 이를 보완한 개정형 DMC를 제안하므로 본 논문의 후반부에서는 이들 개정 모형의 특징과 기존 모형과의 차별성도 함께 고찰하였다.

### DMC를 활용한 경험 연구들

본 연구는 2010년에서 2025년까지 최근 10년 사이 학술 데이터 베이스(database)에 등재된 자료들을 대상으로 하였으며, Publish or Perish(Harzing, 2007)를 이용하여 Google Scholar와 Pubmed에서 “drift diffusion model of conflict”, “DMC”, “DMCfun” 라는 주제어를 가진 논문을 검색하였다. Figure 2와 같이 최초로 수집된 자료는 총 579건이었고, 전체 자료 중에서 중복(n=40)되거나, 실제 학술지에 투고된

논문이 아니거나(n=127), 영어나 한국어가 아닌 자료(n=2), 그리고 원문이 없어서 접근이 어려운 논문(n=6)은 우선 제외되었다. 본문에 접근이 가능한 자료 중에서 다음의 두 가지 기준에 해당하는 논문을 선정하였는데, 첫째, DMC를 이용하여 자극이나 과제 특성에 따른 수행 차이를 비교한 연구이거나, 둘째, DMC를 이용하여 개인의 특성 및 상태에 따른 차이를 비교한 연구가 최종 분석에 포함되었다. 반면 모델링 방식 간의 비교를 통해 특정 실험에서 나타난 결과에 대한 설명력이 높은 모형이 무엇인지 검증하거나, 기존 모델링 기법의 문제점을 제시하며 이를 약간 보정한 모형을 제안하는 논문 등은 본 연구의 분석에서 제외하였다. 최종적으로 이러한 선정 및 제외 기준을 고려하여 논문 22편<sup>1)</sup>(국외 학술지 논문이 21편, 국내 학술지 논문지 1편)을 분석 대상으로 선정하였다.

### 자극과 과제 속성에 따라 달라지는 인지 통제 연구

#### 과제 특성에 따른 인지 통제 과정의 차이

연구자들은 DMC를 활용하여 과제 유형 및 수행 방식의 차이에 따라 인지 통제 능력이 어떻게 변화하는지를 탐색하고자 하였다. 통제된 실험실 상황에서 인지 통제 과정을 살펴보는 연구들은 다양한 갈등 과제들을 사용하지만, 각 과제는 과제 관련 정보와 무관한 정보 간의 갈등이 발생하는 차원이 서로 다르다(Hommel, 1997; Meier & Kane, 2015; Wang et al., 2014). 예를 들어 스트룹 과제는 자극의 의미(단어)와 물리적 속성(색상) 간의 간섭을 유발하며, 플랭커 과제는 중심 자극과 주변 자극 간의 경쟁을 포함하고, 사이먼 과제는

1) Luo와 Proctor(2022)는 DMC 모형을 활용하여 순차적 일치성 효과(congruency sequence effect; CSE)가 나타나는 상황에서, 반응 조절과 인지 통제 조절이 정보처리 과정의 어느 단계에 영향을 미치는지를 분석하였다. 또한 Luo et al.(2022)는 일치 비율 효과(proportion congruency effect)의 기제를 이해하기 위해 DMC 모형을 적용한 연구를 보고하였다. 두 연구 모두 갈등 상황에서 참가자들의 유연한 인지 통제 전략을 이해하는 데 중요한 함의를 지니지만, 본 논문의 주요 논의 범위를 벗어남에 따라 추가적인 이론적 설명이 필요한 주제를 포함하고 있어 분석 대상에서 제외하였다.

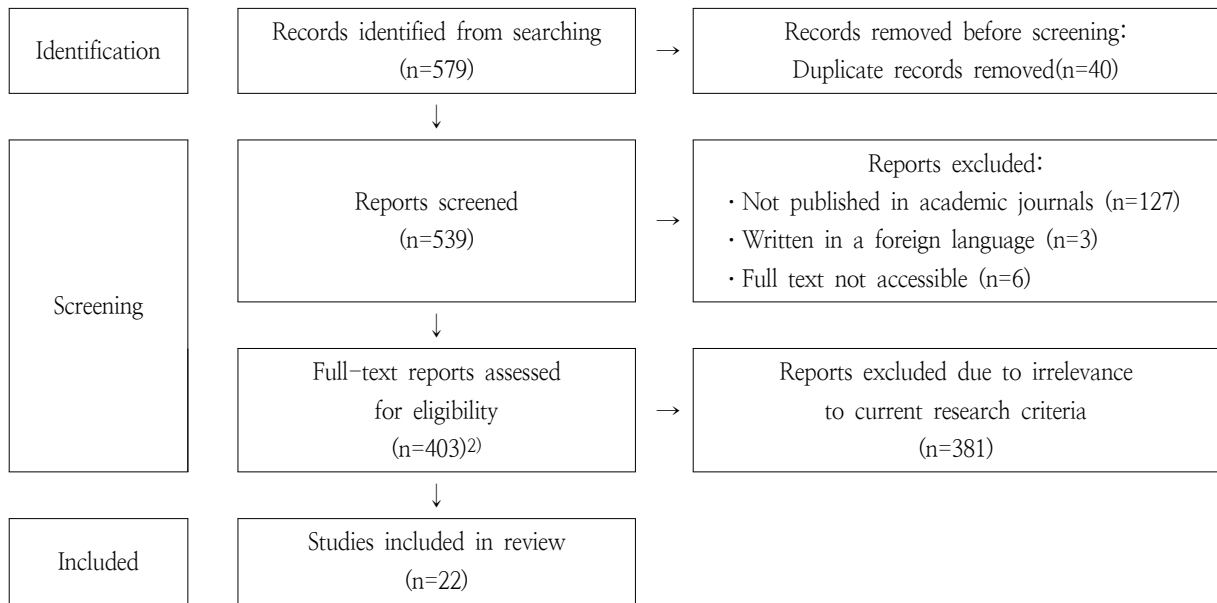


Figure 2. PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis) flow diagram of literature selection

자극의 위치 정보와 반응 위치 간의 공간적 불일치를 유발한다.

Ulrich et al.(2015)은 참가자들에게 사이먼 과제와 플랭커 과제를 수행하게 하고 과제 종류에 따른 차이를 반응시간 분석과 DMC로 분석하여 비교하였다. 반응시간 분석 결과에서는 기존 연구와 마찬가지로 두 과제 모두 일치성 효과는 있었지만, 과제 간 일치성 효과 크기 차이는 관찰되지 않았다. 하지만 DMC 분석을 진행한 결과, 과제 무관련 정보가 최고 점에 도달하는 시간을 나타내는 지표인 값이 사이먼 과제에서 더 짧다는 것을 확인했다. 연구자들은 이를 바탕으로, 두 과제의 델타 플롯 형태가 달라진 이유가 과제 무관련 정보처리 과정의 시간 차에 의해서 나타난 현상이라 주장하였다.

Ulrich et al.(2015)이 출판된 후, 연구자들은 과제 외적 조건이나 반응 요구의 변화가 인지 통제에 미치는 영향을 구체화하고자 하였다. Mittelstädt, Leuthold, 그리고 Mackenzie(2023)는 자극의 공간 정보가 방해 자극으로 작용하는 사이먼 과제에서 목표 자극에 대한 운동 반응 요구(motor demand)가 인지 통제 과정에 미치는 영향을 검토하고자 실험을 진행하였다. 이 실험에서 참가자들은 마우스를 사용하여 화면의 왼쪽 또는 오른쪽에 제시된 자극의 위치를 무시한 채 자극의 속성에 따라 지정된 방향의 버튼을 클릭해

야 했다. 운동 반응 요구가 높은 조건에서는 클릭해야 하는 버튼의 크기가 작았고, 운동 반응 요구가 낮은 조건에서는 버튼의 크기가 상대적으로 컸다. 반응시간 분석 결과, 운동 반응 요구가 높은 조건에서 일치성 효과가 더 작게 나타났으며, 이후 수행된 DMC 분석에서는 동일한 조건에서 방해 자극의 처리 강도(A)가 낮게 추정되었다. 이러한 결과는 운동 반응 요구 수준이 높은 상황에서는 방해 자극에 대한 처리 감소가 상대적으로 뚜렷하게 나타나면서 전체적인 인지 통제 효율이 향상되는 결과가 도출될 수 있음을 보여주었다.

한편, 개별 과제에서의 인지 통제 과정이 반응 전략과 같은 상황적 맥락에 따라 어떻게 조절되는지를 분석한 연구도 있었다(Dambacher & Hübner, 2015; Hedge et al., 2019; Mittelstädt et al., 2022; Spieser et al., 2017; van der Lubbe et al., 2001; Van Veen et al., 2008). 참가자가 과제를 수행하는 상황에서 취할 수 있는 반응 전략은 여러 가지가 있지만, 연구자들은 참가자들에게 정확률은 희생하더라도 빠른 반응속도를 유지하게 하는 방식(속도 강조 조건)과 반응속도를 희생하고 높은 정확률을 유지하는 반응 전략(정확성 강조 조건)을 지시함으로써 개별 반응 전략에 따라 정보처리 과정이 어떻게 달라지는지를 살펴보았다. 흥미로운 결과는 반응 전략에 따라 플랭커 과제와 사이먼 과제의 일치성 효과 양상에 차이가 나타났다는 것이다. 사이먼 과제에서는 속도 강조 조건에서 일치성 효과가 크게 나타났고, 플랭커 과제에서는 정확성 강조 조건에서 더 큰 일치성 효과가 관찰되었다.

Mittelstädt et al.(2022)은 참가자들에게 속도를 강조하거

2) 이 단계에서 선정된 논문 중에서 DMC 용어가 포함되어 있지만, 생물학에서 이중극미염색체(Double Minute Chromosome, DMC)를 지칭하기 위한 목적으로 해당 용어를 사용하는 논문들이 대부분이었다. 따라서 인간의 인지 통제 과정을 위해 DMC 모델을 사용하지 않았던 논문들은 기준에 맞지 않았으므로 제외하였다.

**Table 2.** Systemic literature review of Diffusion Model for Conflict

index	Authors	Title	Journal	Topic	Sub Topic	Participants	Task	DMC parameter
1	Ulrich et al. (2015)	Automatic and controlled stimulus processing in conflict tasks: Superimposed diffusion processes and delta functions	Cognitive psychology	Stimulus & Task	Task difference	Simulation, Healthy volunteer	Simon: Letter, Flanker	$\tau(\theta)$
2	Mittelstädt Leuthold, & Mackenzie (2023)	Motor demands influence conflict processing in a mouse-tracking Simon task	Psychological Research	Stimulus & Task	Task: motor response	Healthy volunteer	Simon: Letter	$\text{amp}(A)$
3	Mittelstädt et al. (2022)	The time-course of distractor-based activation modulates effects of speed-accuracy tradeoffs in conflict tasks	Psychonomic Bulletin & Review	Stimulus & Task	Task: Speed-Accuracy trade off	Healthy volunteer	Simon: Letter, Flanker	$\text{amp}(A)$
4	Luo & Proctor (2020)	Shared mechanisms underlying the location-, word- and arrow-based Simon effects	Psychological Research	Stimulus & Task	Stimulus difference	Healthy volunteer	Simon: location, word, arrow	$\tau(\theta)$
5	Ellinghaus et al. (2024a)	Perceptual target discriminability modulates the Simon effect beyond the fading of distractor-based activation: Insights from delta plots and diffusion model analyses.	Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance	Stimulus & Task	Stimulus: perceptual target discriminability	Healthy volunteer	Simon: Color	$\text{drc}(\rho)$ , $\tau(\theta)$
6	Kelber et al. (2023)	A diffusion model analysis of object-based selective attention in the Eriksen flanker task	Experimental Psychology	Stimulus & Task	Stimulus: proximity and membership	Healthy volunteer	Flanker	$\text{drc}(\rho)$
7	Ellinghaus et al. (2018)	On the time-course of automatic response activation in the Simon task	Psychological Research	Stimulus & Task	Stimulus: duration	Healthy volunteer	Simon: Letter	$\tau(\theta)$
8	Ellinghaus et al. (2024b)	Conflict Processing Is Unaffected by Stimulus Duration Across Multiple Visual Tasks: Evidence for Transient over Permanent Activation Models	Computational Brain & Behavior	Stimulus & Task	Stimulus: duration	Healthy volunteer	Simon, Flanker, Stroop	$\tau(\theta)$

**Table 2.** Systemic literature review of Diffusion Model for Conflict

(continued 1)

index	Authors	Title	Journal	Topic	Sub Topic	Participants	Task	DMC parameter
9	Hübner & Tobel (2019)	Conflict resolution in the Eriksen flanker task: Similarities and differences to the Simon task	PloS one	Stimulus & Task	Stimulus: temporal seperation, response mapping	Healthy volunteer	Flanker	tau( $\delta$ )
10	Mittelstädt et al. (2023)	The impact of distractor relevance on the strength and timing of cognitive control: Evidence from delta plots and diffusion model analyses.	Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition	Stimulus & Task	Stimulus: relevance	Healthy volunteer	Simon: Letter	amp(A) tau( $\delta$ ), drc( $\epsilon$ )
11	Alameda et al. (2024)	Staying in control: Characterizing the mechanisms underlying cognitive control in high and low arousal states	British Journal of Psychology	Individual difference	State: Arousal	Healthy volunteer	Simon: Auditory	amp(A), drc( $\epsilon$ ), bnds(b) resMean( $R$ )
12	Luo et al. (2024)	Sleep deprivation affects interference control: A diffusion model analysis	Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance	Individual difference	State: Arousal	Healthy volunteer	Simon: Color	drc( $\epsilon$ ), tau( $\delta$ )
13	Rastelli et al. (2022)	Simulated virtual reality enhance cognitive flexibility	Scientific reports	Individual difference	State: hallucination	Healthy volunteer	Stroop: Color	amp(A)
14	Shields et al. (2019)	Mild acute stress improves response speed without impairing accuracy or interference control in two selective attention tasks: Implications for theories of stress and cognition	Psychoneuro-endocrinology	Individual difference	State: Stress	Healthy volunteer	Flanker	resMean( $R$ )
15	Shields et al. (2020)	Deconstructing the effects of concentration meditation practice on interference control: The roles of controlled attention and inflammatory activity	Brain, Behavior, and Immunity	Individual difference	State: Meditation	Healthy volunteer	Flanker	drc( $\epsilon$ ), tau( $\delta$ )
16	Luo, Wang, & Zhou (2024)	Volition motivates cognitive performance at the response-execution level by attenuating task-irrelevant motor activations	Cognition	Individual difference	State: Motivation	Healthy volunteer	Flanker, Stroop, Simon, Stroop-Simon, Flanker-Simon	amp(A)

**Table 2.** Systemic literature review of Diffusion Model for Conflict

(continued 2)

index	Authors	Title	Journal	Topic	Sub Topic	Participants	Task	DMC parameter
17	Servant, & Evans (2020)	A diffusion model analysis of the effects of aging in the Flanker Task	Psychology and Aging	Individual difference, Stimulus & Task	Trait: Age, Stimulus: Space	Yong and old health volunteer	Flanker	amp(A), drc( $\mu$ ), bnds(b) resMean( $\mathcal{R}$ )
18	Kelber, Mittelstädt, & Ulrich (2025)	Interplay of aging and practice in conflict processing: A big-data diffusion-model analysis	Psychology and Aging	Individual difference, Stimulus & Task	Trait: Age, Task: Practice	Healthy volunteer (21-80)	Flanker	drc( $\mu$ ), tau( $\vartheta$ ), bnds(b) resMean( $\mathcal{R}$ )
19	Tae et al. (2025)	The relationship between aging and inhibition ability: Evidence from a web-based Number Stroop task	Korean Journal of Cognitive Science	Individual difference	Trait: Age	Health volunteer (20-69)	Stroop: Number	drc( $\mu$ )
20	Ambrosi et al. (2019)	Conflict processing in kindergarten children: New evidence from distribution analyses reveals the dynamics of incorrect response activation and suppression	Journal of experimental child psychology	Individual difference	Trait: Age	Children (5-6 years)	Flanker, Stroop, Simon	drc( $\mu$ ), tau( $\vartheta$ ), bnds(b) resMean( $\mathcal{R}$ )
21	Patel et al. (2025)	Mechanisms and correlates of incentivized response inhibition in schizophrenia and bipolar disorder	Journal of psychiatric research	Individual difference, Stimulus & Task	Trait: Disease, Task: Incentive	Schizophrenia, Bipolar, Healthy volunteer	Stroop: Picture	drc( $\mu$ ), bnds(b)
22	Servant et al. (2018)	A model-based quantification of action control deficits in Parkinson's disease	Neuropsychologia	Individual difference	Trait: Disease	Parkinson's disease patient, Healthy volunteer	Simon: Color	$S_{onset} = \tau(A-1)$ Sstrength= $t_{90th} - S_{onset}$

<sup>1)</sup>  $t_{90th}$  는 자동적 경로의 활성화 중 90%가 되는 시점이 되는 시간으로 정의된다. 즉, 감마 분포의 백분위 점수에서 90번째 백분위를 의미한다.

나 정확률을 강조하는 지시를 통해 반응 전략을 다르게 하는 지시와 함께 플랭커 과제와 사이먼 과제를 수행하게 한 뒤, 이들의 반응시간에 나타난 일치성 효과 크기 차이와 DMC 분석을 통한 각 파라미터 간 차이를 비교하였다. 기존 연구들과 마찬가지로 플랭커 과제에서는 정확한 반응을 강조한 조건에서, 사이먼 과제에서는 빠른 반응을 강조한 조건에서 더 큰 일치성 효과가 관찰되었다. 이후 과제 간 차이를 정량적으로 비교하기 위해 DMC를 이용한 결과, 방해 자극의 강도를 반영하는 지표(A)에서 과제와 반응 전략 간 상호작용 효과가 있었다. 플랭커 과제는 정확성 강조 조건에서 방해 자극의 영향이 컸고, 사이먼 과제는 속도 강조 조건에서 방해 자극의 영향이 컸다. 이는 과제의 종류뿐만 아니라 과제에서 요구하는 반응 전략에 따라 방해 자극의 억제 메커니즘이 달라질 수 있음을 보여주는 결과라 볼 수 있다.

**자극 특성에 따른 인지 통제 과정의 차이**

갈등 과제에서의 인지 통제는 과제 자체의 구조뿐만 아니라, 자극의 물리적·지각적 속성과 자극 간의 시간적·공간적 관계에 의해서도 정교하게 조정된다. 이러한 맥락에서 동일한 과제 구조를 유지한 채 자극 유형이나 제시 방식을 달리했을 때 인지 통제 과정의 하위 처리 요소들이 어떻게 달라지는지를 규명하려는 시도가 활발히 이루어져 왔다. 본 절에서는 이러한 자극 특성 조작의 영향을 DMC를 통해 분석한 연구를 중심으로 살펴보고자 한다.

먼저 Luo와 Proctor(2020)는 같은 사이먼 과제라 하더라도 자극의 형태에 따라 델타 플롯의 양상이 달라진다는 것을 확인하기 위해 DMC를 활용하였다. 보통 사이먼 과제는 자극 유형에 따라 세 가지로 구분된다. 첫 번째 전통적인 형태의 위치 기반 사이먼 과제(location-based Simon task)는 대체로 색깔 도형(예: 빨간색 사각형과 초록색 사각형)이 좌측 또는 우측에 제시되는데, 참가자는 자극이 제시된 위치를 무시하고 자극의 특성(예: 도형이 빨간색이면 왼쪽 버튼, 초록색이면 오른쪽 버튼)에 맞는 버튼을 눌러야 했다. 둘째, 단어 기반 사이먼 과제(word-based Simon task)는 방향을 나타내는 단어(예: 왼쪽 혹은 오른쪽)가 실험 자극으로 화면 중앙으로 제시되고, 참가자들은 단어가 표현하고 있는 위치 의미를 무시하고 자극의 속성(예: 단어의 색깔)에 맞는 버튼을 누르라는 지시를 받게 된다. 마지막 과제 역시 화면 중앙에 실험 자극이 등장한다는 공통점이 있지만 이번에는 단어 대신에 특정한 방향을 가리키는 화살표를 보고 자극의 방향을 무시한 채 색깔에 반응하는 화살표 기반 사이먼 과제(arrow-based Simon task)이다. 세 과제 유형의 자극은 각

기 다르지만, 본질적으로 같은 사이먼 과제이므로 동일한 델타 플롯이 나타날 것이라는 예측이 가능하다. 하지만 실제 결과에서는 이 세 유형 사이에 다른 패턴이 관찰되었다. 보다 구체적으로는 단어 및 화살표 기반 사이먼 과제는 상승형 델타 플롯이 나타났지만(Luo & Proctor, 2017, 2018; Miles & Proctor, 2012; Pellicano et al., 2009; Proctor et al., 2009), 위치 기반 사이먼 과제는 하강형 델타 플롯이 관찰되었다(Ansorge & Wühr, 2004; Burle et al., 2005; Pratte et al., 2010). 이 연구의 결과를 보면, 반응시간에서는 모든 과제에서 일치성 효과가 유의미했다. 하지만 DMC 분석에서는 Ulrich et al.(2015)에서 과제 간 과제 무관런 정보처리를 나타내는 파라미터의 시간적 차이가 관찰되었던 것처럼, 자극 유형 간에도 값의 차이가 나타났다. 즉, 위치 기반 사이먼 과제에서 방해 자극 활성화 시점이 가장 빨랐고, 나머지 두 과제의 활성화 시점은 상대적으로 느렸다. 이는 갈등 과제가 자체적으로 가지고 있는 인지적 갈등의 특성과 더불어 같은 과제 내에서도 자극의 속성에 따라 과제 무관런 정보처리가 최고점에 도달하는 시간대에 차이가 생길 수 있음을 보여주는 경험적 연구 결과라고 볼 수 있다.

Ellinghaus et al.(2024a)은 과제에 사용된 자극의 지각적 복잡성이 인지 통제 과정에 어떤 영향을 주는지를 확인하기 위해 목표 자극을 조작하여 연구를 진행하였다. 연구 참가자들은 일반적인 사이먼 과제와 같이 제시된 도형의 위치를 무시하고, 자극의 특성에 해당하는 버튼을 눌렀다. 이 연구의 특징적인 부분은 다른 연구의 사이먼 과제는 하나의 색깔(예: 빨간색 혹은 파란색)이 칠해진 자극을 사용했던데 반해, 이 연구에서는 한 도형 안에 두 색상의 비율을 서로 다르게 함으로써 색상 판단 난이도를 조작했다는 점이였다. 일부 자극은 도형 안에 한 색상의 점 개수가 많아서 색상 판단이 쉬웠지만, 다른 자극은 도형 안에 두 색상의 점이 비슷한 빈도로 있어서 색상 판단이 어려웠다. 이 연구에서는 목표 자극의 지각적 속성 외에도 실험 자극이 제시되는 방식(예: 한 블록 내에 자극들이 무선적으로 제시되는 경우와 특정 블록에 하나의 자극만 제시되는 경우)을 실험 1과 실험 2에서 다르게 조작하기도 했다. 반응시간 분석 결과, 한 블록에 자극들이 무선적으로 제시된 실험 1에서는 목표 자극의 지각적 복잡성에 따라 일치성 효과의 차이가 없었지만, 서로 다른 블록에서 하나의 지각적 복잡성 조건만을 제시되었던 실험 2에서는 쉬운 조건의 일치성 효과가 어려운 조건에 비해 더 컸다. DMC 결과에서도 실험 1과 실험 2의 목표 자극의 지각적 난이도에 따라 서로 다른 결과를 얻기는 했지만, 한 가지 공통적인 결과는 참가자가 수행해야 하는 과제와 관련

된 자극 속성의 조작은 과제 관련 정보처리(과제 관련 정보의 표류율:  $\mu$ )와 과제 무관련 정보처리(방해 자극의 활성화가 최고점에 도달하는 시점:  $\tau$ )에 모두 영향을 준다는 것이었다. 즉, 반응시간 결과만 본다면 목표 자극의 지각적 난이도에 따라 일치성 효과의 크기가 다르게 나타났으므로 단순히 과제 관련 정보처리만 달라진 것으로 해석될 수 있다. 그러나 실제로는 과제 관련 정보와 과제 무관련 정보가 함께 변화하면서 반응 패턴의 차이가 발생함을 DMC 분석 결과를 통해 확인할 수 있었다.

Ellinghaus et al.(2024a)이 갈등 과제 처리에 관여하는 정보 중에서도 제시되는 목표 자극의 지각적 속성에만 초점을 맞춰 연구를 진행했다면, Kelber et al.(2023)은 플랭커 과제를 사용하여 목표 자극과 방해 자극의 제시 방식과 거리 조작이 일치성 효과에 미치는 영향을 분석하였다. 구체적으로는 두 자극이 하나의 군집(grouping)으로 제시되는지 여부와 자극 간 물리적 거리를 조작하여 목표 자극과 방해 자극 간의 관계가 일치성 효과의 크기 변화에 미치는 영향을 탐색하였다. 특히 자극 간 거리가 일정하게 유지된 상태에서 군집화 여부가 일치성 효과에 유의미한 영향을 미치는지를 중점적으로 살펴보았다. 반응시간 분석 결과, 목표 자극과 방해 자극이 군집화된 조건에서는 두 자극 사이 거리와 관계없이 일치성 효과가 크게 나타났으며, DMC 분석 결과에서는 이러한 차이가 방해 자극의 처리 강도(A)나 시점( $\tau$ )이 아닌 목표 자극의 처리 강도( $\mu$ )에서 유의하게 나타났다. 이를 통해 자극 간의 물리적 특성(예: 군집화 여부)이 목표 자극의 정보처리 강도에 영향을 줄 수 있는데, 특히나 방해 자극과 목표 자극이 물리적으로 통합되어 인식되는 상황에서는 목표 자극에 대한 집중이 약화됨으로써 일치성 효과가 줄어들게 된다는 설명이 가능해졌다.

Ellinghaus et al.(2018)과 Ellinghaus et al.(2024b)은 실험 자극의 제시 시간(예: 짧게 제시한 조건 vs 반응이 있을 때까지 지속 제시)을 조작함으로써 일치성 효과의 크기와 함께 인지 통제 과정에 관여하는 하위 정보처리 과정의 차이가 사이먼, 플랭커, 스트룹 과제에서 서로 다르게 나타나는지를 확인하고자 하였다. 평균화된 반응시간을 종속변인으로 한 분석(Ellinghaus et al., 2018)에서는 실험 자극이 오래 제시되는 조건의 일치성 효과가 더 작게 나타났다. 하지만 DMC 분석에서 값은 자극 제시 시간과 무관하게 일정한 패턴으로 관찰되었다. 이와 같은 결과는 목표 자극의 제시 시간과 무관하게 과제 무관련 자극의 활성화 양상은 일관되게 나타난다는 것을 보여준다.

Hübner와 Töbel(2019)은 플랭커 과제와 사이먼 과제 모

두 제시되는 목표 자극의 위치와 참가자가 반응해야 하는 반응 사이에 갈등이 발생함에도 불구하고, 플랭커 과제는 정적인 형태의 델타 플롯(positive-going delta plot)이 사이먼 과제는 음적인 형태의 델타 플롯(negative-going delta plot)이 나타난다는 점에 주목하였다. 이를 바탕으로 과제 간 인지 통제 과정의 차이를 유발하는 자극 특성이 무엇인지를 규명하고자 하였다. 연구자들은 플랭커 과제에서는 사이먼 과제에 비해 과제 관련 정보와 무관련 정보 간의 시간적 간격이 거의 없다는 점에 착안하여, 이 시간 차를 조작함으로써 플랭커 과제에서도 부적 방향의 델타 플롯이 관찰될 수 있는지를 검토하고자 하였다. 이를 위해 과제 무관련 정보의 제시 시간을 짧은 조건(17ms), 중간 조건(100ms), 긴 조건(400ms)으로 조작하였고, 먼저 델타 플롯을 통해 조건별 일치성 효과의 차이를 비교하였다. 특히 이 연구의 실험 2에서는 플랭커 과제에 사용되는 네 개의 철자를 두 개의 반응 버튼에 할당하고, 불일치 조건 중에서도 목표 자극과 방해 자극의 반응이 일치하는 조건(congruent-different)을 포함하여 보다 복잡한 수준의 인지 통제가 요구되는 상황을 조성하였다. 그 결과, 방해 자극과 목표 자극 간의 시간 간격이 길수록 일치성 효과의 크기가 증가하였으며, 100ms와 400ms 조건에서는 사이먼 과제에서와 유사한 부적 방향의 델타 플롯이 관찰되었다. 또한 DMC 분석 결과, 사이먼 과제에서 플랭커 과제보다 값이 짧았던 것처럼, 무관련 정보의 제시 시간이 길수록 값이 감소하는 패턴이 나타났다. 이러한 결과는 과제 관련 자극의 처리 이전에 방해 자극의 처리가 충분히 이루어지는 경우, 해당 자극에 대한 억제가 신속하게 발생하며, 그 결과 반응시간이 증가할수록 일치성 효과가 감소하는 패턴이 나타날 수 있음을 시사한다.

앞선 연구들이 자극의 물리적 속성에 초점을 맞췄다면, Mittelstädt, Mackenzie, Koob, 그리고 Janczyk(2023)의 연구는 자극 특성이 유발하는 상황적 요인에 의해 인지 통제 과정이 어떻게 달라지는지를 살펴보았다. 보다 구체적으로 이 연구에서는 참가자들이 과제 수행 중 방해 자극에 주의를 기울여야 하는 자극의 비율을 조정함으로써, 참가자가 방해 자극에 주의를 기울이는 정도에 따라 인지 통제 전략에 변화가 나타나는지를 확인하고자 하였다. 실험 1에서는 사이먼 과제가 실험 2에서는 플랭커 과제가 사용되었으며, 사이먼 과제를 예로 들어서 이 과제의 실험적 조작을 설명하면 다음과 같다. 참가자들은 H, S, K 세 가지 자극을 보게 되었고, H나 S가 제시된 경우에는 자극의 위치와 무관하게 자극의 속성에 따라 지정된 버튼을 눌러야 했다면, K가 나오면 자극에 할당된 위치 정보를 무시하고 자극이 제시된 위치에 따

라 반응해야 했다. 방해 자극의 과제 관련성이 낮은 조건에서는 K 자극이 전체 시행의 10%만 제시되었고, 관련성이 높은 조건에서는 50%의 빈도로 제시되었다. 반응시간 분석 결과, 방해 자극(예: 자극의 위치 정보)에 대한 반응이 더 자주 요구되는 조건일수록 일치성 효과가 더 크게 나타났다. 이후 DMC 분석 결과는 방해 자극에 대한 반응이 거의 요구되지 않을수록 자동적 처리의 처리 강도(A)는 약해지고 자동적 처리가 최고점에 도달하는 시간( )도 빨라진 반면, 과제 관련 정보의 축적 속도( $\mu$ )는 빨라졌다. 이와 같은 결과는 과제 전반에서 방해 자극에 대한 처리를 신경 쓰지 않아도 되는 상황에서는 방해 자극에 대한 처리가 억제되는 동시에 과제 관련 정보의 처리가 더욱 활발하게 일어남을 나타낸다. 본 연구는 인지 통제 과정이 자극이 제시되는 상황적 특성에 따라 유연하게 조정될 수 있으며, 이러한 조정 과정에서 방해 자극의 억제와 목표 자극의 처리 효율이 모두 중요한 역할을 함을 보여준다.

### 개인 및 집단차에 따라 달라지는 인지 통제 연구

앞 절에서 자극이나 과제의 차이에 따라 인지 통제 메커니즘이 어떤 영향을 받는가를 DMC를 사용해 분석한 연구들에 관해 논의했다. 본 절에서는 연구 참여자의 상태와 특성에 따른 인지 통제 능력의 차이를 비교하는데 DMC를 사용한 연구들에 관해 알아볼 것이다.

### 참가자의 상태 요인에 따른 인지 통제 능력의 차이 비교

Table 1에서 총 6개의 논문이 참가자의 상태에 따른 인지 통제 능력의 차이를 비교하는 연구로 진행됐다는 것을 확인할 수 있다. 이 중 두 편의 논문(Alameda et al., 2023; Luo, Hao, Ma, & Wang., 2024)은 각성 수준에 따른 차이에 초점을 맞추고 있고, 나머지 논문(Luo, Wang, & Zhou, 2024; Rastelli et al., 2022; Shields et al., 2019; Shields et al., 2020)들은 개인의 심리적 상태에 영향을 줄 수 있는 환경적 요인을 조작하는 방식을 통해 인지 통제 과정의 변화를 일으키는 변인을 확인하는 연구였다.

실험적 조작을 통해 참가자가 경험하는 각성 수준에 따른 인지 통제의 변화를 확인하고자 했던 Alameda et al.(2023)은 낮은 각성 조건(예: 졸린 상태)과 높은 각성 조건(예: 격렬한 운동 후)에서 참가자들의 인지 통제 능력 차이를 비교하고자 청각 사이먼 과제를 사용하였다. 과제 수행 중, 참가자들은 좌·우 방향을 나타내는 단어를 왼쪽 혹은 오른쪽

귀로 들었고, 해당 방향과 청취 위치 간의 일치 여부에 따라 일치/불일치 조건이 구분되었다. 반응시간과 정확률을 종속 변인으로 분석한 결과, 각성 조건 간의 일치성 효과 크기는 유의미한 차이가 나타나지 않았으나, DMC 분석에서는 반응시간 분석과는 달리 각성 수준에 따른 차이가 나타났다. 높은 각성 조건에서는 자동적 정보처리의 활성화 강도를 나타내는 A의 강도가 줄어든 반면, 낮은 각성 조건에서는 과제 관련 정보의 표류 속도( $\mu$ )가 느리고, 비결정적 처리 시간( $\mu$ )이 길며, 결정 경계(b)가 넓은 특성을 보였다. 이는 각성 수준이 인지 통제의 특정 하위 요소에 차별적인 영향을 미친다는 점을 시사하며, 반응시간 분석으로는 밝혀낼 수 없었던 측면을 DMC 분석을 통해 발견했다는 점에서도 의미가 있다.

수면 상태에 따라서도 개인의 인지 통제 능력의 차이가 생길 수 있다(Harrison & Horne, 2000; Harrison et al., 2000). 하지만 반응시간을 종속변인으로 한 연구들이 통제 조건과 비교해서 수면 부족 상태에서 일치성 효과의 저하가 관찰되지 않았다는 점을 들어 일부 연구자들은 수면 부족이 인지 통제에 미치는 영향이 제한적이라는 주장을 하기도 한다(Bratzke et al., 2012; Cain et al., 2011; Dixit & Mittal, 2015; Grant et al., 2018; Hsieh et al., 2007, 2010; Sagaspe et al., 2006; Tsai et al., 2005). Luo, Hao, Ma, 그리고 Wang(2024)은 이러한 주장을 반박하기 위해 DMC를 활용한 분석을 수행하였다. 참가자들은 수면 부족 조건(밤샘)과 정상 수면 조건 중 하나를 경험한 후 색상 도형을 이용한 사이먼 과제를 수행하였다. 전통적인 반응시간 분석에서는 선행 연구와 마찬가지로 두 조건 간 일치성 효과에 차이가 나타나지 않았지만, DMC 분석에서는 수면 부족 조건에서 과제 관련 정보의 표류율( $\mu$ )이 낮고, 과제와 무관한 정보의 자동적 처리 속도( )는 상대적으로 빠른 양상이 나타났다. 이러한 결과는 수면 부족이 목표 자극에 대한 효율적 처리를 저하하고, 방해 자극에 대한 자동적 활성화를 더 빠르게 유발함으로써 전체적인 인지 통제 과정을 저해하고 있음을 보여주었다.

또한, 개인의 인지 통제 능력은 외부 환경 요인에 의해 달라지기도 한다. Rastelli et al.(2022)의 연구는 환각 유발 물질이 인지적 유연성을 높일 수 있다는 주장이 직접 검증되기 어려운 현실적 제약을 고려하여 가상현실(VR)을 활용해 참가자들이 환각과 유사한 경험을 하도록 설계하였다. 이 연구에서는 스트룹 과제를 통해 참가자들의 인지 통제 능력을 측정하였다. 반응시간 분석에서는 환각 조건과 일반 풍경 조건 간 일치성 효과의 유의미한 차이가 관찰되지 않았다. 하지만

DMC 분석에서는 환각 경험 후에 방해 자극의 처리 강도를 나타내는 진폭의 크기(A)는 감소하는 경향이 나타났는데 이를 통해 환각 자극이 인지 통제를 요구하는 과제에서 방해 요소를 효과적으로 억제할 수 있게 함으로써 인지 유연성 향상에 도움을 준다는 것을 밝혔다.

Shiels et al.(2019)은 과하지 않은 수준의 스트레스가 인지 통제 과정에 긍정적인 영향을 미치는지 아니면 기존의 스트레스 연구와 마찬가지로 부정적인 영향을 주는지 확인하기 위해 연구를 진행하였다. 실험 참가자들은 자신이 배정된 집단(스트레스 경험 집단/ 통제집단)에 따라 서로 다른 처치를 받은 이후에 플랭커 과제를 통해 인지 통제 능력을 측정했다. 비록 반응시간 분석에서는 집단 간 일치성 효과의 차이는 없었지만, DMC 분석에서는 집단 간 차이가 관찰되었다. 흥미로운 결과는 이 차이는 인지 통제 과정과 직접적인 관련이 있는 통제적 처리나 자동적 처리에서 나타나지 않고, 비결정적 처리 시간인  $\mu$ 에서 관찰되었다는 점이었다. 이는 적당한 수준의 스트레스가 인지 통제 과정에 긍정적인 영향을 미치기보다 과제 수행 속도만을 빠르게 하는 특성이 있음을 보여준다.

뒤이어 출판된 Shields et al.(2020)은 심리적 위안에 도움을 준다고 알려진 명상(집중 명상)이 과제와 무관한 정보를 무시하고 과제 관련 정보에 집중하는 인지 통제 능력 향상에 긍정적 영향을 미치는지 확인하고자 연구를 진행하였다. 참가자들은 집중 명상을 하는 집단과 그렇지 않은 집단으로 구분하였고, 두 집단의 참가자들은 명상 수련 기간에 플랭커 과제를 통해 인지 통제 능력을 측정하였다. 많은 연구 결과와 유사하게 반응시간 분석에서는 명상 유/무에 따라 일치성 효과 차이가 없었지만, DMC 분석에서는 집단 간 차이가 관찰되었다. 집중 명상에 참여한 집단이 그렇지 않은 집단과 비교해서 과제 관련 정보의 표류율( $\mu$ )이 더 컸고, 과제 무관한 정보의 활성화가 최고점에 도달하는 시간을 나타내는 값이 작게 나타났다. 값이 작다는 것은 과제 무관한 정보(방해 자극)의 처리가 단순히 빠르게 일어났다는 것이 아니라 방해 자극의 영향이 빠르게 정점에 이르렀다가 사라졌다는 것으로 이는 그만큼 과제 무관한 정보의 영향을 억제할 수 있는 기제가 빠르게 활성화된 것이라고 설명한다. 따라서 본 연구는 명상이 과제 관련 정보에 대한 집중을 높이고 과제 무관한 정보에 대해 효과적으로 억제하는 데 도움을 줄 수 있음을 검증하였다.

마지막으로, Luo, Wang, 그리고 Zhou(2024)의 연구는 과제 수행의 동기가 인지 통제에 미치는 영향을 확인하기 위해 자발적 선택이 인지 통제에 미치는 영향을 다루었다. 자

발적 선택은 과제 수행의 동기와 주의 자원을 증가시켜 결과적으로 수행 능력을 향상시킬 수 있다(Luo et al., 2024; Luo, Wang, & Zhou, 2022). 이 연구에서는 참가자들에게 자의적으로 선호하는 사진을 선택하도록 한 뒤, 선택한 이미지가 배경으로 제시되는 상태에서 갈등 과제를 수행하도록 했다. 스트룹, 사이먼, 플랭커 과제를 통해 자발적 선택이 다양한 정보처리 단계에 미치는 영향을 살폈고, 과제 종류와 무관하게 자발적 선택 조건에서 반응속도는 빨라지고 정확률은 향상되는 경향을 보였다. 특히 사이먼 과제에서는 자발적 선택 조건에서 일치성 효과가 유의하게 감소하였고, DMC 분석 결과, 이 조건에서 과제 무관 정보의 처리 강도(A)가 줄어드는 양상이 나타났다. 이 결과는 자발적 선택이 인지 통제 과제에서 방해 자극의 영향을 줄임으로써, 실행 단계에서의 통제 능력을 높일 수 있음을 보여준다.

참가자의 상태 요인에 따른 인지 통제 능력의 차이를 살펴본 연구를 보면 흥미롭게도 많은 경우 반응시간에서 유의한 일치성 효과가 보이지 않았지만, DMC 분석에서는 인지 통제 관련 파라미터뿐 아니라 기타 정보처리 파라미터에서도 유의미한 차이가 관찰되었다. 이러한 현상이 상태 요인에서 특히 두드러지는 이유는 아직 명확히 규명되지 않았으나, 상태 조작을 통해 인지적 상태가 일시적으로 변화하면, 참가자는 과제 수행 중 변화된 상태에 적응하기 위해 인지 자원을 전략적으로 재분배하게 된다. 이 과정에서 수행 수준의 일관성을 유지하려는 경향성에 따라 외형적 행동 반응(예: 평균 반응시간)은 안정적으로 유지되지만, 내부 정보처리 과정은 서로 다른 방향으로 조정되었을 가능성이 있다.

예를 들어 Luo et al.(2024)의 연구에서는 수면 부족 조건과 정상 수면 조건 간에 평균 반응시간에서 유의미한 일치성 효과 차이는 없었으나, DMC 분석에서는 과제 관련 정보의 표류율( $\mu$ )이 감소하고, 자동 경로의 정점 시점( )이 단축되는 상반된 파라미터 변화가 관찰되었다.  $\mu$  감소는 일치성 효과를 증가시키는 방향으로 작용하는 반면, 단축은 일치성 효과를 감소시키는 방향으로 작용한다. 따라서 이러한 상쇄적 메커니즘이 함께 일어남에 따라서 결과적으로 반응시간에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았던 것으로 보여진다. 이는 참가자가 변화된 상태에 맞춰 자동적·통제적 경로 간 상호작용을 조절함으로써 전체 수행을 보상적으로 유지하려는 전략을 사용하고 있을 가능성을 보여준다. 이러한 과정은 전통적 평균 기반 분석으로는 파악하기 어려우며, DMC 분석은 그 변화의 방향성과 구성 요소를 민감하게 포착할 수 있다는 점에서 유용한 도구로 기능한다.

### 참가자의 특성 요인에 따른 인지 통제 능력의 차이 비교

인지 통제 능력의 차이를 유발하는 참가자 특성 변인에는 여러 가지가 있을 수 있지만, 연구자들은 사람들의 발달적 변화와 신경 및 정신적 질환에 의해 달라지는 인지 통제 능력에 초점을 맞추고 연구를 진행하였다. 인간의 발달적 변화를 살펴본 연구들은(Kelber et al., 2024; Servant & Evans, 2020; Tae et al., 2025) 주로 노화에 따른 인지 통제 능력의 저하가 일어나는 원인을 파악하기 위해 DMC 분석을 사용하곤 한다.

Servant와 Evans(2020)는 젊은 성인 집단과 나이 든 성인 집단을 대상으로 플랭커 과제를 수행하게 하였다. 이 연구는 가운데 목표 자극과 양쪽 방해 자극 간의 거리를 조작했을 때, 일치성 효과의 크기가 연령 집단에 따라 달라진다는 기존 연구 결과(Cerella, 1985a; Zeef et al., 1996)를 바탕으로 설계되었다. 연구 결과, 노인 집단은 젊은 성인 집단에 비해 반응속도가 느렸으며, 목표 자극과 방해 자극 간 거리가 가까울 때 일치성 효과가 커지는 경향이 나타났다. 추가적으로 DMC 분석을 통해 연령별 인지 통제 능력 변화를 분석한 결과, 연령 집단 간 비결정적 처리( $\mu$ )와 경계 구분 값(b)에 차이가 있었다. 이는 나이가 들수록 과제 수행과 별개로 자극에 대한 반응을 준비하고 실행하는 데 필요한 시간이 늘어나고, 반응 선택 과정에서 더 신중해진다는 점을 시사한다. 또한 나이가 든 성인들은 자극 간 간격이 좁은 조건에서 과제 관련( $\mu$ ) 및 무관한 처리(A) 기제가 모두 활성화되는 패턴이 뚜렷하게 나타났는데, 이는 나이가 들수록 어려운 과제 상황에서 더 많은 인지적 노력을 기울이고 있다는 해석을 가능하게 한다.

Kelber et al.(2024)의 연구는 20대부터 80대까지 다양한 연령 집단을 대상으로 연령에 따른 인지 통제 능력 변화와 연습 효과의 양상을 탐색하였다. 연구는 루모시티(Lumosity) 프로그램의 플랭커 과제 게임 버전인 “Lost in Migration” 데이터를 활용하여 진행되었으며, 참가자들은 가운데 자극의 방향에 따라 버튼을 눌러야 했다. 반응시간을 종속변인으로 한 분석 결과, 연령이 증가할수록 일치성 효과의 크기가 커지는 경향이 관찰되었다. 연습 효과의 경우에는 과제 초기에는 일치성 효과가 크다가, 반복 수행이 늘어날수록 개인의 일치성 효과가 점진적으로 감소하는 패턴이 나타났다. 흥미로운 결과는 연습 효과와 연령의 상호작용인데, 20대는 초기 반복(1-10회)부터 일치성 효과 감소가 서서히 진행됐다면, 70대는 충분한 반복(21-30회) 이후에야 일치성 효과 감소가 나타났다. DMC 분석에서는, 과제 관련( $\mu$ ) 및 무관한 정보

처리( ) 모두에서 노화에 따른 변화가 나타났으며, 비결정적 처리( $\mu$ )와 경계 구분(b) 값은 나이가 많을수록 증가하는 경향을 보였다. 또한 과제 반복 초기에 과제 관련 정보처리 속도( $\mu$ )가 향상되었지만, 과제 무관 정보처리 요소( )에서는 연습에 따른 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다. 반복 수행은 비결정적 처리 속도( $\mu$ )를 단축시키고, 경계 구분(b)을 좁힘으로써 점차 빠르고 경솔한(liberal) 의사 결정을 유도하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 종합적으로 살펴보면, 연령이 증가함에 따라 반복 학습에도 불구하고 방해 자극의 영향을 쉽게 극복하지 못할 수 있음을 시사한다.

국내에서는 Tae et al.(2025)의 연구가 20대부터 60대까지의 성인을 대상으로 웹기반 숫자 스트룹 과제를 이용해 연령 집단 간 일치성 효과 크기와 함께 갈등 과제 처리 과정의 차이를 비교하였다. 연구 결과, 참가자의 연령이 증가할수록 과제 수행 속도는 느려졌는데, 이러한 패턴은 DMC 분석에서 비결정 처리 속도를 나타내는 수치 결과에서도 유사하게 나타났다. 또한, 전반적인 수행을 보면 나이가 든 성인들은 반응속도가 느리지만, 정확하게 반응하는 패턴이 정확률 결과에서 관찰되었다. 이는 나이가 들수록 신중하게 반응을 하려는 행동 전략을 취함으로써 나타나는 결과임을 DMC 분석의 경계 구분 크기의 차이를 통해 재검증할 수 있었다. 특히 일치 조건과 불일치 조건의 처리에서는 50대 이상의 참가자들이 40대 이하 참가자들과 비교하여 일치 조건의 수행에 어려움을 보였다. DMC 분석을 통해 살펴보면, 50대에서부터 과제와 관련된 정보처리의 축적( $\mu$ )이 느려짐에 따라 인지 통제 능력에 어려움을 보이는 것으로 해석된다.

앞선 연구들이 성인 집단 사이의 발달적 변화에 초점을 맞췄다면 Ambrosi et al.(2019)은 DMC를 이용하여 아동의 인지 통제 양상 특징을 확인하였다. 이 연구에는 5세와 6세 아동이 참여하였고, 이들은 세 가지 갈등 과제(스트룹, 플랭커, 사이먼 과제)를 수행하였다. 그 결과, 아동은 성인과 비교해서 비결정적 처리 시간( $\mu$ )이 길고 경계 구분(b)이 크며, 인지 통제 과정에 관여하는 정보처리인 과제 관련 정보의 축적률( $\mu$ )과 과제 무관한 정보가 최고점에 도달하는 속도( )가 느린 특징을 보였다. 이러한 특성이 나타나는 이유는 아마도 5/6세의 아동이 아직 충분한 성장에 이르지 못했기 때문으로 여겨진다.

개인의 발달적 변화와 더불어 인지 통제 능력의 변화를 유발하는 또 다른 요인으로 정신장애를 들 수 있다. 조현병(schizophrenia)과 양극성 정동장애(bipolar disorder)와 같은 심리적 질환은 인지 통제 능력의 저하로 인해 개인의 정서적 불편감과 사회적 관계의 와해를 초래한다(Li et al., 2020;

Vöhringer et al., 2013). 연구자들은 이러한 두 가지 질환을 겪는 환자들의 인지 통제 능력 중에서도 특히 억제 능력(즉, 반응 억제 혹은 상황에 부적절한 자동적 반응을 억제하는 능력)에 초점을 맞춘 연구를 진행해왔다(Ethridge et al., 2014; Gotra et al., 2020). 이는 억제 능력의 저하가 자해나 자살과 같은 충동적이고 위험한 행동으로 이어질 수 있기 때문이다(Dervaux et al., 2001; Kaladjian et al., 2011). 많은 연구가 이들의 인지 통제 능력 저하를 뒷받침하는 행동 및 신경과학적 증거를 제공하고 있으나(Ethridge et al., 2014; Gotra et al., 2020), DMC를 활용한 연구는 Patel et al.(2025)의 연구가 유일하다.

Patel et al.(2025)은 조현병, 양극성 정동장애, 그리고 비임상 집단의 참가자를 대상으로 보상이 제공되는 스트룹 과제를 실시하여, 각 집단의 과제 수행 능력을 비교하고, 보상 조건에서의 수행 변화 양상을 분석하였다. 참가자들은 “집” 혹은 “빌딩”이라는 단어가 함께 제시된 집 또는 빌딩 사진을 보고, 사진에 등장하는 사물에 맞는 버튼을 빠르고 정확하게 눌러야 했다. 일부 시행에서는 참가자의 반응에 따라 보상이 제공된다는 단서가 자극 제시 이전에 나타났고, 다른 시행에서는 보상이 제공되지 않는다는 정보가 사전에 제시되었다. 반응시간 분석 결과, 조현병 환자는 비임상 집단보다 자극 처리 속도가 느렸으며, 보상의 효과는 세 집단 모두에서 나타났다. 본 연구에서는 반응시간을 종속변인으로 한 분석에서 집단 간 일치성 효과 차이를 직접적으로 비교하지는 않았지만, 보상 조건에 따른 일치성 효과 변화는 살펴보았다. 하지만 보상 조건에 따른 일치성 효과의 변화는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이어진 DMC 분석에서는 통제된 정보처리 속도를 나타내는 표류율( $\mu$ )과 경계 구분 지표( $b$ )를 활용하여 집단 간 보상효과의 차이를 살펴보았다. 그 결과, 표류율( $\mu$ )에서만 유의한 집단 간 차이가 관찰되었으며, 구체적으로 비임상 집단의 표류율이 양극성 정동장애 및 조현병 집단보다 유의하게 높았다. 이는 비임상 집단이 임상 집단군에 비해 목표 자극으로부터 증거를 더 빠르고 효율적으로 축적하는 경향이 있음을 보여준다. Patel et al.의 연구는 개인의 심리적 상태에 따른 인지 통제 능력 차이와 보상 제공에 따른 통제 능력 향상 효과를 DMC 분석을 통해 확인했다는 점에서 의미가 있다. 다만, 집단 간 일치성 효과 차이를 분석하지 않았고, 과제 관련 정보처리뿐 아니라 과제 무관한 정보처리 요소에 대한 비교가 이루어지지 않았다는 점에서, 추후 다양한 후속 연구가 필요함을 시사한다.

신경 질환 중에서는 파킨슨 환자들을 대상으로 이들의 인

지 통제 능력의 특징을 살펴본 연구가 있었다(Servant et al., 2018). 파킨슨병은 기저핵(basal ganglia)의 기능 장애로 인해 운동 조절 능력에 어려움을 호소하는 질환으로 인지 통제 과정 중에도 반응 갈등 과제 수행의 저하를 보이는 특징을 가지고 있다. Servant et al.(2018)은 파킨슨 환자 집단과 통제 집단인 인구통계학적 특성을 맞춘 뒤 두 집단의 사이먼 과제 수행 능력의 차이를 비교하였다. DMC 분석 결과, 과제 무관한 정보의 활성화 강도에는 집단 간 차이가 없었지만, 억제 과정의 시작을 나타내는 수치( $S_{onset} = (a-1)$ )와 억제 강도를 나타내는 수치( $S_{strength} = t_{90th} - S_{onset}$ )에서는 차이가 나타났다. 즉, 파킨슨 환자들은 통제 집단 참가자들과 비교해서 더 늦게 억제 과정이 시작되고, 환자 집단이 통제 집단에 비해 억제 강도가 약하기 때문에 자동적인 반응을 억제해야 하는 과정에서 수행률이 떨어지게 되는 것이었다. 이처럼 인지 통제 과정을 세분화할 수 있는 DMC 분석을 활용하면 인지 통제 과제에 어려움을 겪고 있는 환자들이 어떤 정보처리 과정에서 특히 난관을 겪고 있는지 정확하게 확인할 수 있다는 점에서 이점이 있다.

DMC를 활용하여 개인 특성에 따른 인지 통제 능력의 차이를 탐색한 연구들은 발달적 변화와 신경 및 정신 질환과 같은 요인이 인지 통제 능력의 저하를 유발할 수 있으며, 이러한 저하가 정보처리 과정의 어떤 하위 요소에서 비롯되는지를 규명하고자 했다. 비록 참가자 특성에 관한 연구가 아직 활발하게 진행되고 있는 상황이 아니기는 하지만 현재까지 진행된 연구들이 인지심리학의 경계를 넘어 다양한 분야에서 DMC 분석을 활용하여 개인의 인지 통제 과정을 정량적으로 이해하고자 한다는 점에서 학문적 및 실용적 의의가 크다고 볼 수 있다.

## DMC 분석의 이론적 측면에서의 효용성

### 과제 유형에 따른 인지 통제 메커니즘의 차이 규명

인지 통제 과정을 살펴보기 위해서 사용되는 갈등 과제의 경우 과제 간 정보처리 과정에 차이가 있음에도 불구하고, 평균화된 반응시간을 종속변인으로 일치성 효과의 차이를 살펴보면 대체로 과제 간 차이는 관찰되지 않는다. 하지만 반응시간에 따른 일치성 효과의 변화 추이를 살펴보는 델타 플롯 분석에서는 과제가 차이가 뚜렷하게 관찰된다. 유사한 형태의 갈등 과제임에도 불구하고 델타 플롯의 형태가 다르게 나타나는 이유에 대해서는 여러 해석이 제기되어 왔다. 일부 연구자들은 과제별로 과제 관련 및 무관한 정보의 처리 기제가 근본적으로 상이하므로 델타 플롯 양상이 달라진다고 보

았다(Pratte et al., 2010; Wascher et al., 2001; Wiegand & Wascher, 2005, 2007). 예를 들어, 위치 기반 사이먼 과제(location-based Simon task) 중, 자극이 좌우에 제시될 때는 부적인 델타 플롯이 나타났던 반면, 자극이 위아래로 제시된 때는 정적인 델타 플롯이 관찰되었다. 연구자들은 전자의 경우 왼쪽과 오른쪽에 있는 손의 위치와 자극이 제시되는 위치가 직접적으로 연결되어 있어서 시각-운동 경로의 직접적인 활성화가 일어나게 되고, 이때 과제 무관론 정보의 영향이 빠르고 일시적으로 일어나기 때문에 반응시간이 증가할수록 일치성 효과가 감소한다고 설명한다. 이와 달리 자극이 위아래로 제시된 사이먼 과제에서는 상대적으로 손의 위치와 공간 정보가 맞지 않으므로 시각-운동 경로의 혜택이 줄어드는 반면에, 자극의 배열과 손 위치의 불일치는 보다 고차원적인 인지적 부호화 과정인 반응 선택 단계에 영향을 주기 때문에 반응시간이 길어질수록 일치성 효과가 증가하는 패턴이 관찰된다고 설명한다.

이러한 차이가 과제 간 정보처리 방식이 본질적으로 다르기 때문이 아니라 각 정보의 시간적 활성화 시점 차이에 기인한다는 해석도 존재한다(Luo & Proctor, 2018a; 2018b). 두 연구는 Ex-Gaussian 파라미터 분석을 통해 과제 유형에 따른 반응시간 분포를 살펴보았다. 해당 분석을 사용하면  $\mu$ ,  $\sigma$  값을 얻게 되는데  $\mu$  는 가우시안 분포로 표현되는 반응시간의 평균과 표준편차를 나타내고  $\sigma$  는 지수 분포의 편포 정도를 나타낸다. 특정 파라미터가 구체적으로 어떤 인지 처리 과정을 의미하는지에 관해서는 일치된 견해가 없지만, Lee와 Proctor(2020)는 실험 조건에 따른  $\mu$  변화는 해당 정보의 영향이 정보처리 초기 단계에 영향을 주었음을 의미하고,  $\sigma$  변화는 상대적으로 후기 단계에 자극이나 과제의 영향이 있었다는 해석이 가능하다고 설명하였다. Ex-Gaussian 분석 결과, 위치 기반 사이먼 효과(location-based Simon effect)는  $\mu$ 에서 조건 간 차이가 있었고, 화살표 및 단어 기반 사이먼 효과(arrow or word-based Simon effect)는 모든 파라미터에서 조건 간 차이가 관찰되었다. 이에 대해 연구자는 자극이 제시되는 위치로 인해 처리되는 공간 정보는 빠르게 활성화되지만, 화살표와 단어가 나타내고 있는 정보처리는 상대적으로 긴 시간이 걸리기 때문에 서로 다른 파라미터에서 차이가 관찰되는 것이라 설명하였다.

과제 간 정보처리 방식의 차이를 살펴보는 데 있어서 DMC 분석(Ulrich et al., 2015)은 과제 관련 정보처리와 과제 무관론 정보처리를 분리하여 정량적으로 비교할 수 있는 도구이다. 앞서 살펴보았듯이, Ulrich et al.(2015)은 일치성

효과는 관찰되지만, 델타 플롯을 사용하게 되면 반응시간의 흐름에 따라 일치성 효과의 양상이 달라지는 사이먼 과제와 플랭커 과제를 이용하여 DMC 분석을 진행하였다. 분석 결과 반응시간이 증가할수록 일치성 효과가 작아지는 사이먼 과제는 반응시간과 함께 일치성 효과가 함께 증가하는 플랭커 과제에 비해 과제 무관론 정보가 최고점에 도달하는 시간( )이 짧았다. 이를 바탕으로 두 과제 간 델타 플롯 형태 차이는 정보처리 방식 자체의 본질적인 차이라기보다, 무관론 정보의 활성화 시점 차이로 인해 발생한 것이라는 해석이 보다 설득력을 얻게 되었다. 이처럼 DMC를 이용하면 과제 유형에 따른 인지 통제 기제의 차이를 정량적인 분석을 통해 알아볼 수 있으며, 이는 과제 간 인지 통제 기제의 본질적 차이를 이론적으로 규명하는 데에도 시사하는 바가 크다.

### 갈등 과제의 처리 메커니즘 규명

갈등 과제의 핵심 특징은 하나의 자극 배열 내에 과제 관련 정보와 상황에 따라 방해가 되거나 도움을 줄 수 있는 과제 무관론 정보가 함께 포함된다는 점이다. 이러한 자극을 처리하면서 참가자들은 과제 관련 정보에 집중하고, 무관론 정보는 억제하는 전략을 사용하여 효율적인 과제 수행을 도모하게 된다. 그러나 이러한 전략이 실제로는 과제 관련 정보를 증폭시키는 방식(amplification of relevant information)으로 작동하는지, 과제 무관론 정보를 억제하는 방식(inhibition of irrelevant information)이 중심이 되는지, 혹은 두 전략이 병행되는지는 연구자들 사이에서도 이견이 있다(Frings et al., 2015; Haciahmet et al., 2021; Nigbur et al., 2015). 안타깝게도 평균 반응시간이나 델타 플롯 분석만으로는 이러한 전략적 차이를 직접적으로 추론하기 어렵다.

이에 반해 DMC 분석은 반응 수행 과정에서 관련 정보와 무관론 정보가 각각 어떻게 처리되는지를 정량적으로 추정할 수 있기 때문에, 참가자가 실제로 어떤 전략을 사용하고 있는지를 파라미터 수준에서 구체적으로 추론할 수 있다. 예를 들어 Ellinghaus et al.(2024a)의 연구에서는 사이먼 과제에서 자극 색깔의 난이도를 조작함으로써 목표 자극의 지각적 특성이 인지 통제 과정에 미치는 영향을 관찰하였다. 일치성 효과만을 보면 자극 특성이 인지 통제에 영향을 준다고 볼 수 있지만, 그 크기 차이만으로는 정보처리 경로 중 어느 쪽이 변화했는지를 명확히 알기 어렵다. 그러나 DMC 분석을 함께 적용함으로써 조건에 따라 과제 관련 정보처리와 무관론 정보처리가 모두 달라졌음을 확인할 수 있었고, 이를 통해 일치성 효과의 차이가 단일 경로의 변화 때문이 아니라 두 정보처리 경로 간 상호작용의 결과임을 정교하게 해석할

수 있었다. 따라서 DMC 분석을 이용하면 다양한 실험적 조작이나 개인적 특성에 따른 과제 관련 정보와 과제 무관련 정보의 처리 양상을 비교해서 살펴볼 수 있으므로 행동 연구만으로 갈등 과제 처리 매커니즘을 살펴볼 수 있는 도구로 DMC 분석이 사용될 수 있을 것으로 기대한다.

### 방해 자극 처리 매커니즘 규명

갈등 과제는 참가자가 수행해야 하는 과제와 직접적인 관련이 있는 자극과 그렇지 않은 자극이 동시에 제시되는 특징을 가지고 있다. 이 과제에서 방해 자극이 과제 수행에 영향을 주는 방식은 크게 두 가지가 있다. 첫 번째는 무관련 자극으로 인해 유도된 반응이 자극이 사라질 때까지 일정하게 유지되는 것(Cohen et al., 1990; Logan, 1980; McClelland, 1979)이고, 두 번째는 DMC에서 과제 무관련 정보처리 방식을 가정했듯이 일정한 시간에 최고점에 도달한 이후에 시간이 지나면 점차 이 자극의 영향이 줄어든다는 방식(Ulrich et al., 2015; Wühr & Heuer, 2017; Zorzi & Umiltà, 1995)이다. 방해 자극의 영향에 관한 두 가지 입장은 각각 자극 제시 시간에 따라서도 서로 다른 가정을 한다. 첫 번째 주장은 자극이 제시되는 동안 방해 자극이 꾸준히 영향을 미치기 때문에, 자극의 제시 시간이 길어질수록 방해 자극의 영향 또한 커질 것이라 예상한다. 하지만 두 번째 주장은 방해 자극의 영향이 초반에 빠르게 활성화되고 줄어드는 패턴을 보이므로 자극의 제시 시간과 무관하게 일관된 패턴을 보일 것이라는 가설 설정이 가능하다.

이러한 상반된 주장을 검증하기 위해 앞서 설명한 Ellinghaus et al.(2018)과 Ellinghaus et al.(2024b)의 연구를 상기해보자. 두 개의 연구 모두, DMC 분석에서 무관련 정보처리의 속도를 반영하는 값을 비교하였고, 그 결과 값은 자극 제시 시간과 무관하게 일정한 패턴이 관찰되었다. 비슷한 실험 디자인을 통해 얻어진 일관된 결과는 무관련 자극의 정보처리가 얼마나 오래 자극이 제시되었는가에 영향을 받지 않고, 초기에는 빠르게 활성화되며 이후 점차 활성화값이 0에 수렴하는 패턴을 보인다는 DMC의 가정을 뒷받침하는 경험적 증거가 되었다. 평균화된 반응시간을 통한 일치성 효과 비교는 방해 자극의 제시 시간 조작이 방해 자극의 활성화 패턴에 어떤 영향을 미치는지 확인하지 못했다. 하지만 DMC는 방해 자극이 활성화 되는 시점을 반영하는 파라미터가 자극 제시 시간과 관계없이 일정하다는 결과를 보여주었고, 이는 방해 자극의 처리 기제가 펄스 함수 형태의 활성화 패턴을 보인다는 것을 확인했다는 점에서 의의가 있다.

### 노화에 따른 인지 통제 변화에 대한 두 가지 설명

나이가 들면 인간의 정보처리 속도는 대체로 느려지는 특징을 보인다(Salthouse, 1996; Salthouse & Somberg, 1982). 이러한 현상의 원인은 크게 두 가지로 설명될 수 있는데 (Ratcliff, Thapar, & McKoon, 2001; Salthouse, 1996), Salthouse(1996)의 처리속도저하 이론은 노화에 따라 정보처리 과정 자체가 느려짐에 따라 참가자가 과제 처리에 필요한 자극을 보고 이에 맞는 반응을 하는 속도가 느려지게 된다고 설명한다. 또 다른 설명으로는 나이가 들어감에 따라 반응을 선택하는 데 신중해지는 행동 경향이 생기게 되고, 그 결과로 과제를 수행하는 데 시간이 오래 걸리게 된다는 것이다.

전통적인 반응시간 분석만으로는 반응속도 저하의 원인이 두 가지 중에서 어떤 이유 때문인지 구분하여 살펴볼 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 이에 반해 표류 확산 모델과 같은 모델링 기법은 정보처리 과정을 세분화할 수 있기 때문에 노화에 따른 정보처리 과정의 변화를 살펴보기 위해 해당 분석 기법을 사용한 연구들이 늘어나고 있는 추세이다(Ball & Aschenbrenner, 2018; Ratcliff et al., 2001, 2004, 2006; Spaniol et al., 2006, 2011; Theisen et al., 2021; von Krause et al., 2022). 표류 확산 모델을 사용한 연구들은 참가자들의 의사결정의 신중함을 반영하는 지표인 경계구분(b)에서 연령 집단 간 차이가 관찰된다는 결과를 보고했고, 이는 연령이 증가할수록 참가자들이 신중하게 의사결정을 하는 행동 경향이 있음을 보여주는 경험적 증거로 여겨지고 있다. 한편, 인지 통제 연구에서 노화에 따른 변화를 살펴볼 때는 노화에 따른 반응속도와 정확률의 저하와 더불어 일치성 효과 크기를 비교하는 것을 통해 인지 통제 능력의 변화를 고찰한다. 이때 전통적인 반응시간과 더불어 DMC 분석과 같이 인지 통제 처리 과정에 특화된 모델링 기법을 사용하면 연령 집단 간 인지 통제 능력의 차이가 갈등 과제에 관여하는 하위 단계 중에 어디에 영향을 주는지 직접적으로 확인할 수 있다는 점에서 의미가 있다(Kelber et al., 2024; Servant & Evans, 2020; Tae et al., 2025).

비록 세 편의 경험 연구에 기반한 결과이지만, Servant와 Evans(2020), Kelber et al.(2024), 그리고 Tae et al.(2025)의 연구를 종합하면, 노화는 인지 통제 과정의 다양한 측면에 변화를 유도하는 것으로 보인다. 우선, 연령이 증가할수록 전반적인 과제 수행 속도가 느려지며, 반응 선택 과정에서는 신중한 전략을 채택하는 경향이 관찰되었는데, 이는 비결정적 처리 시간의 증가( $\mu$ )와 경계 구분 값(b)의 확대로 나타났다. 이러한 결과는 인지 통제 능력이 요구되는 과제를 수행할 때 노년층이 반응 실행 이전의 준비 및 결정 과정에

더 많은 시간과 자원을 투자함을 시사한다. 더불어 비록 연구마다 방향성의 차이가 있기는 했지만, 과제 관련 정보처리( $\mu$ ) 혹은 과제 무관런 정보처리(A)에서도 연령 집단 간 차이가 있었다. 이러한 일련의 결과를 종합하면, 노화는 단순한 반응속도 저하나 행동 경향 변화에 그치지 않고, 과제 관련 정보 및 과제 무관런 정보의 처리 과정 전반에 걸쳐 복합적인 영향을 미치며, 그로 인해 인지 통제 과정의 효율성과 전략 선택에 변화를 초래하는 것으로 해석할 수 있다. 특히 인지 통제 과정의 하위 처리 과정을 세분화하여 살펴볼 수 있다는 DMC의 장점은 노화에 따른 정보처리 과정의 변화 중에서도 특히 갈등 과제에 대한 정보처리 과정을 세분화하여 살펴볼 기회를 제공했다는 점에서 향후 연구에서도 유용한 도구로 사용될 수 있을 것으로 여겨진다.

### DMC의 한계와 수정된 DMC의 제안

지금까지 살펴본 연구들은 DMC를 이용하여 인지 통제 과정에 관여하는 하위 처리 과정, 특히 과제 관련 정보와 무관런 정보의 정보처리 양상이 과제, 자극, 그리고 참가자의 특성에 따라 어떻게 달라지는지를 확인하였다. 초반부에 상술한 바와 같이, DMC는 갈등 과제와 같이 두 개의 정보가 상충하는 상황에서 과제 관련 정보는 통제적 처리 경로(controlled process route)를 통해, 과제 무관런 정보는 자동적 처리 경로(automatic process route)를 통해 처리된다는 것을 기본 골자로 한다. 이 모형에서는 반응 선택에 직접적인 영향을 주는 정보인 표류율은 두 경로의 활성화 패턴의 결합을 통해 이루어지는데, 이때 통제적 경로의 정보 축적은 시간에 따라 선형적으로 증가하고, 자동적 경로는 펄스 함수 형태로 초기에 급격히 증가한 뒤 최고점에 도달하면 다시 감소하여 0에 수렴하는 비선형적 경로를 따른다고 가정한다. 이 과정에 과제 무관런 정보는 최고점에 도달하기 위해 증가했다가 고점 도달 이후에 감소하는 패턴을 보이므로 시간에 따라 기울기의 방향이 바뀌는 특징을 갖게 된다. 이와 같은 활성화 패턴에 대해 Lee와 Sewell(2024)은 비판적 시각을 제시하며, 이를 보완한 수정 모형인 RDMC(Revised Diffusion Model for Conflict tasks)를 제안하였다.

RDMC는 무관런 자극이 초기에는 반응에 빠르게 영향을 미치다가 이후에는 그 영향력이 줄어들며 반대 방향으로 작용한다는 가정, 즉 ‘역증거(counter-evidence)’가 축적된다는 전제가 실제 인지 과정과는 거리가 멀다고 지적하였다. 또한 DMC는 자동적 활성화의 감소가 시간에 따른 자연스러운 감쇠인지, 혹은 능동적인 억제 과정에 의한 것인지를 명

확히 설명하지 못한다는 점에서 한계를 보였다. Lee와 Sewell(2024)은 자동적 처리의 영향 감소를 단순한 억제 효과로 해석하는 것은 문제가 있으며, 실제로는 이미 축적된 정보와 반대 방향의 증거가 새롭게 쌓이는 비현실적인 처리 방식으로 해석될 수 있다고 비판했다. 나아가 이들은 억제가 새로운 정보의 축적을 중단시킬 수는 있어도 이미 축적된 정보를 제거하거나 되돌릴 수는 없다는 입장을 강조하며, DMC의 가정은 이론적 타당성이 부족하다고 주장하였다. 이러한 비판은 DMC가 자동적 처리의 시간적 특성을 설명하는 데 있어 심리적 현실성과의 괴리를 가질 수 있음을 시사한다.

이러한 한계점을 지적하며 제안한 RDMC는 기존 DMC와 마찬가지로 두 개의 처리 경로를 가정하지만, 두 경로의 상대적 영향력이 시간에 따라 동적으로 변화한다는 점에서 핵심적인 차이를 보였다. RDMC에서는 각 경로의 증거 축적 속도와 방향은 일정하게 유지되지만, 두 경로의 기여도는 시간의 흐름에 따라 상호보완적으로 변화한다. 즉, 자동적 경로의 기여도는 시간에 따라 지수적으로 감소하고, 통제적 경로의 기여도는 그 감소분을 보완하기 위해 상대적으로 증가하는 양상을 보이게 된다. 이러한 구조는 시간 경과에 따라 정보처리의 주도권이 자동적 처리에서 통제적 처리로 점진적으로 전환됨을 반영한다. 또한 RDMC는 자동적 경로의 감쇠 속도를 조건(일치 vs. 불일치)에 따라 다르게 추정함으로써, 자극 조건에 따른 자동처리 억제 정도나 주의 전환 속도의 차이를 반영하고자 했다. 따라서 RDMC는 자동적 처리의 영향력이 점진적으로 줄어들고 통제적 처리가 이를 점차 대체하는 과정 자체를 보다 심리적으로 타당한 메커니즘으로 모델링하고자 했다. 이러한 DMC와 RDMC 간의 개념적 차이는 Table 3에 정리되어 있다.

RDMC는 기존 DMC와 마찬가지로 과제 관련 정보와 무관런 정보의 경쟁적 처리 구조를 유지하면서도, 시간에 따른 주의 자원 분배의 변화를 명시적으로 모델링할 수 있다는 점에서 정보처리의 역동적 조절 과정을 포착할 수 있는 장점이 있다. 이에 따라, 인지 통제 과정에서 과제 관련 정보와 무관런 정보의 작동 기제를 구분해서 살펴볼 필요가 있는 연구 주제에는 기존 DMC보다 RDMC를 활용하는 것이 더 효과적일 수 있다.

이와 더불어 DMC 모델은 불일치 시행이 일치 시행보다 더 빠르게 반응되는 역일치성 효과(Reversed Congruency Effect)를 제대로 설명하지 못한다는 한계를 가진다. 기존 DMC 모델은 과제 무관런 정보가 양의 방향으로 활성화된다고 가정하는데, 일반적인 일치성 효과에서는 불일치 시행

**Table 3.** Conceptual comparison between the DMC and the RDMC

Feature	DMC (Ulrich et al., 2015)	RDMC (Lee & Sewell, 2024)
Theoretical framework	Dual-route model, automatic route and controlled route	
Key conceptual distinction	Drift rate itself changes over time	Drift rate remains fixed, but time-varying weights modulate route influence
Activation modeling over time	Automatic route: pulse-shaped function Controlled route: linear function	Both routes assume constant accumulation rates; However, their contribution changes over time (automatic ↓, controlled ↑)
Drift rate ( $\mu$ ) characteristics	$\mu(t)$ (automatic route): time-dependent, sign changes $\mu$ (controlled route): constant	Drift rates are constant for both routes; Relative weights change over time
Time course of decision-making	Influence shifts from automatic to controlled route over time	Same shift occurs due to changes in weighting functions

의 반응시간이 일치 시행보다 느리게 나타나므로 이러한 가정이 문제되지 않는다. 그러나 일부 연구에서 보고된 역일치성 효과를 설명하기 위해서는, 특정 조건하에서 과제 무관련 정보가 음의 방향으로 활성화된다는 추가 가정을 도입해야 한다는 한계가 존재한다. 반면 RDMC 모델은 과제 관련 정보의 표류율( $d_a$ )을 낮추거나 불일치 시행에서의 주의 이동 속도( $k_i$ )를 증가시키는 메커니즘을 통해, 불일치 시행의 반응시간이 일치 시행보다 더 빨라지는 패턴을 추가 가정 없이 구현할 수 있다는 점에서 기존 DMC 모델과 구별된다.

최근 Lee et al.(2025)은 RDMC를 사용하여, 이전 시행의 일치성 여부에 따라 현재 시행의 일치성 효과 크기가 달라지는 현상인 순차적 일치성 효과(Congruency Sequence Effect; CSE)의 메커니즘을 검토한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 사이먼 과제와 플랭커 과제를 사용하였으며, 평균 반응시간 분석 결과에서는 유의미한 순차적 일치성 효과가 관찰되었다. 즉, 이전 시행이 불일치 시행이었던 경우, 현재 시행의 일치성 효과는 이전 시행이 일치 시행이었던 경우보다 유의미하게 작게 나타났다. RDMC 분석에서는 CSE에 영향을 주는 구체적인 파라미터를 추정함으로써, 과제 관련 정보를 처리하는 통제적 처리 경로와 과제 무관련 정보를 처리하는 자동적 처리 경로 중 어느 처리 기제가 해당 효과에 실질적으로 영향을 미치는지를 확인할 수 있었다. 분석 결과, 사이먼 과제에서는 이전 시행의 일치성 여부에 따라 과제 무관련 정보의 표류율을 나타내는 파라미터( $d_a$ )에 차이가 나타난 반면, 플랭커 과제에서는 과제 관련 정보( $d_c$ )와 무관련

정보( $d_a$ ) 모두에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 갈등 조정 과정에서 인지 통제 기제가 과제 무관련 정보를 억제함으로써 반응 경향을 조절하고 있다는 점을 정량적으로 보여주는 사례로 해석될 수 있다.

## 종합 논의

본 논문은 인지 통제 메커니즘을 설명하기 위한 분석 도구로 최근 활발히 활용되고 있는 DMC의 이론적 배경을 간략히 소개하고, 이를 적용한 주요 경험적 연구들을 정리하였다. 특히 반응시간 기반 분석과 DMC 기반 분석 결과를 비교함으로써, 실험 상황이나 개인차 요인에 따라 인지 통제의 하위 처리 과정이 어떻게 다르게 작동하는지를 탐색하고자 하였다. 또한 반응시간 분석만으로는 설명하기 어려웠던 상반된 이론적 주장들을 DMC 분석을 통해 구체적으로 검증할 수 있었던 사례들을 정리함으로써 DMC 분석의 장점을 살펴보고자 하였다. 마지막으로 DMC의 한계를 보완하고자 제안된 수정 모델인 RDMC를 소개하고, DMC와의 비교 및 대조를 통해 인지 통제 기제에 대한 이론적 함의에 대해 논의하였다.

DMC를 활용하여 다양한 요인에 따른 인지 통제 과정의 차이를 분석한 기존 연구를 살펴보면, 대체로 평균 반응시간을 종속변인으로 사용하여 실험 조건 간 일치성 효과의 차이를 먼저 확인한 후, 이를 바탕으로 DMC 분석을 수행하여 조건 간 파라미터 변화 양상을 보고하는 방식을 취한다. 본 논문에서 정리한 경험적 연구들 역시, 반응시간에서 나타난 차이를 기반으로 특정 파라미터에서 유사한 패턴의 차이를 관찰하고, 이를 통해 인지 통제 과정의 특정 하위 요소가 반

3) 플랭커 과제의 경우에는 RDMC 모델 중에서 CSE에 대한 설명력이 좋은 파라미터는 없었다. 다만, 이전 시행과 현 시행이 불일치한 조건(예: cI와 iC)과 일치 조건(예: cC와 iI)간의 차이가 Ter 수치에서 유의미하게 관찰되었다.

응시간 차이에 기여하고 있음을 해석하는 방식으로 논문이 기술되는 경향을 보인다.

이처럼 DMC 분석은 인지 통제 연구에서 주로 사용하는 반응시간 분석을 보완하는 도구로서 유의미하게 기능할 수 있으며, 특히 반응시간 평균에서 유의미한 차이가 나타나지 않거나 이론적으로 상반된 가설이 공존하는 경우, 정보처리 하위 요소에 대한 정량적 분석을 통해 보다 미시적인 수준의 해석과 이론 검증이 가능하다는 측면에서 특히 유용하다. 또한 정서, 피로, 스트레스 등 일시적 상태 변화가 인지 통제에 미치는 영향을 탐색할 때도 DMC는 이러한 상태 변화가 인지 통제 기제에 미치는 영향을 더 민감하게 포착할 수 있는 강점을 가진다.

최근 들어 DMC 분석을 활용한 연구가 활발히 이루어지고 있으나, 개별 연구자들이 서로 다른 연구 주제와 과제 조건을 설정하여 경험적 연구를 수행하고 있기 때문에, 각 파라미터가 나타내는 심리적·인지적 의미를 일관되게 해석하는 데에는 여전히 한계가 존재한다. 이는 동일한 파라미터라도 연구 맥락이나 실험 과제에 따라 상이한 해석이 가능하다는 점에서, DMC 분석 결과에 대한 해석의 일반화 가능성에 의문을 제기한다. 따라서 향후 연구에서는 각 파라미터의 안정성과 해석 가능성을 높이기 위한 방법론적 접근이 요구된다. 예컨대, 동일한 참가자를 대상으로 여러 유형의 갈등 과제를 반복적으로 제시하고, 시간 간격을 두고 측정을 반복하는 반복 측정 설계를 통해 파라미터 추정값의 내적 일관성 및 측정 신뢰도를 확인함으로써 해석의 타당성을 확보할 수 있을 것이다.

마지막으로 DMC 분석은 기초 인지심리학 연구를 넘어 임상적·교육적 맥락에서도 활용 가능성이 높다. 예를 들어 인지 통제 결함이 핵심 증상으로 나타나는 집단(예: 주의결핍과잉행동장애 또는 외상 후 스트레스 장애)의 행동 특성을 분석할 때, 낮은  $\mu$  또는 높은  $a$  값은 인지 통제 과정 내에서 통제 처리의 약화나 반응 기준의 경직성과 같은 서로 다른 기제를 보다 세분화하여 이해하는 데 기여할 수 있다. 나아가 교육 현장에서는 학습자의 수행에 영향을 미치는 피로와 스트레스와 같은 상황적 요인들이 인지 자원 분배 전략이 요구되는 학습 상황에서 개인의 인지 통제 능력에 어떠한 변화를 초래하는지를 DMC를 통해 보다 계량적으로 검토할 수 있을 것이다. 이러한 접근은 학습 상황에서 개인 맞춤형 피드백이나 인지적 개입 전략을 설계하는 데 실질적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- Alameda, C., Avancini, C., Sanabria, D., Bekinschtein, T. A., Canales-Johnson, A., & Ciria, L. F. (2024). Staying in control: Characterizing the mechanisms underlying cognitive control in high and low arousal states. *British Journal of Psychology*, *115*(4), 665-682.
- Ambrosi, S., Servant, M., Blaye, A., & Burle, B. (2019). Conflict processing in kindergarten children: New evidence from distribution analyses reveals the dynamics of incorrect response activation and suppression. *Journal of Experimental Child Psychology*, *177*, 36-52.
- Ansorge, U., & Wühr, P. (2004). A Response-Discrimination Account of the Simon Effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*(2), 365-377.
- Ball, B. H., & Aschenbrenner, A. J. (2018). The importance of age-related differences in prospective memory: Evidence from diffusion model analyses. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(3), 1114-1122.
- Balota, D. A., & Yap, M. J. (2011). Moving beyond the mean in studies of mental chronometry: The power of response time distributional analyses. *Current Directions in Psychological Science*, *20*(3), 160-166.
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review*, *108*(3), 624-652.
- Bratzke, D., Steinborn, M. B., Rolke, B., & Ulrich, R. (2012). Effects of sleep loss and circadian rhythm on executive inhibitory control in the Stroop and Simon tasks. *Chronobiology International*, *29*(1), 55-61.
- Bub, D. N., Masson, M. E., & Lalonde, C. E. (2006). Cognitive control in children: Stroop interference and suppression of word reading. *Psychological Science*, *17*(4), 351-357.
- Burle, B., van den Wildenberg, W., & Ridderinkhof, K. R. (2005). Dynamics of facilitation and interference in cue-priming and Simon tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, *17*(5), 619-641.
- Cain, S. W., Silva, E. J., Chang, A. M., Ronda, J. M., & Duffy, J. F. (2011). One night of sleep deprivation affects reaction time, but not interference or facilitation in a Stroop task. *Brain and Cognition*, *76*(1), 37-42.
- Cerella, J. (1985). Age-related decline in extrafoveal letter perception. *Journal of Gerontology*, *40*(6), 727-736.

- Cohen, J. D., Dunbar, K., & McClelland, J. L. (1990). On the control of automatic processes: a parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychological Review*, 97(3), 332-361.
- Dambacher, M., & Hübner, R. (2015). Time pressure affects the efficiency of perceptual processing in decisions under conflict. *Psychological Research*, 79(1), 83-94.
- Dervaux, A., Baylé, F. J., Laqueille, X., Bourdel, M. C., Le Borgne, M. H., Olié, J. P., & Krebs, M. O. (2001). Is substance abuse in schizophrenia related to impulsivity, sensation seeking, or anhedonia?. *American Journal of Psychiatry*, 158(3), 492-494.
- Diamond, A. (2013) Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168.
- Dixit, A., & Mittal, T. (2015). Executive functions are not affected by 24 hours of sleep deprivation: A color-word Stroop task study. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 37(2), 165-168.
- Ellinghaus, R., Karlbauer, M., Bausenhardt, K. M., & Ulrich, R. (2018). On the time-course of automatic response activation in the Simon task. *Psychological Research*, 82(4), 734-743.
- Ellinghaus, R., Liepelt, R., Mackenzie, I. G., & Mittelstädt, V. (2024a). Perceptual target discriminability modulates the Simon effect beyond the fading of distractor-based activation: Insights from delta plots and diffusion model analyses. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 50(8), 842-858.
- Ellinghaus, R., Liepelt, R., Mackenzie, I. G., & Mittelstädt, V. (2024b). Conflict Processing Is Unaffected by Stimulus Duration Across Multiple Visual Tasks: Evidence for Transient over Permanent Activation Models. *Computational Brain & Behavior*, 7(3), 378-398.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143-149.
- Ethridge, L. E., Soilleux, M., Nakonezny, P. A., Reilly, J. L., Hill, S. K., Keefe, R. S., ... & Sweeney, J. A. (2014). Behavioral response inhibition in psychotic disorders: diagnostic specificity, familiarity and relation to generalized cognitive deficit. *Schizophrenia Research*, 159(2-3), 491-498.
- Frings, C., Schneider, K. K., & Fox, E. (2015). The negative priming paradigm: An update and implications for selective attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(6), 1577-1597.
- Gotra, M. Y., Hill, S. K., Gershon, E. S., Tamminga, C. A., Ivleva, E. I., Pearlson, G. D., ... & Keedy, S. K. (2020). Distinguishing patterns of impairment on inhibitory control and general cognitive ability among bipolar with and without psychosis, schizophrenia, and schizoaffective disorder. *Schizophrenia Research*, 223, 148-157.
- Grant, L. K., Cain, S. W., Chang, A. M., Saxena, R., Czeisler, C. A., & Anderson, C. (2018). Impaired cognitive flexibility during sleep deprivation among carriers of the Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF) Val66Met allele. *Behavioural Brain Research*, 338, 51-55.
- Haciahmet, C. C., Frings, C., & Pastötter, B. (2021). Target amplification and distractor inhibition: Theta oscillatory dynamics of selective attention in a flanker task. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 21(2), 355-371.
- Harrison, Y., & Horne, J. A. (2000). The impact of sleep deprivation on decision making: A review. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6(3), 236-249.
- Harrison, Y., Horne, J. A., & Rothwell, A. (2000). Prefrontal neuropsychological effects of sleep deprivation in young adults—A model for healthy aging? *Sleep*, 23(8), 1-7.
- Harzing, A.W. (2007) Publish or Perish, available from <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Heathcote, A., Popiel, S. J., & Mewhort, D. (1991). Analysis of response time distributions: An example using the Stroop task. *Psychological Bulletin*, 109(2), 340-347.
- Hedge, C., Vivian-Griffiths, S., Powell, G., Bompas, A., & Sumner, P. (2019). Slow and steady? Strategic adjustments in response caution are moderately reliable and correlate across tasks. *Consciousness and Cognition*, 75, 102797.
- Hommel, B. (1997). Interactions between stimulus-stimulus congruence and stimulus-response compatibility. *Psychological Research*, 59(4), 248-260.
- Hsieh, S., Cheng, I. C., & Tsai, L. L. (2007). Immediate error correction process following sleep deprivation. *Journal of Sleep Research*, 16(2), 137-147.
- Hsieh, S., Li, T. H., & Tsai, L. L. (2010). Impact of monetary incentives on cognitive performance and error monitoring following sleep deprivation. *Sleep*, 33(4), 499-507.
- Hübner, R., & Töbel, L. (2019). Conflict resolution in the Eriksen flanker task: Similarities and differences to the Simon task. *PloS One*, 14(3), e0214203.
- Juncos-Rabadán, O., Pereiro, A. X., & Facal, D. (2008). Cognitive interference and aging: Insights from a spatial stimulus - response consistency task. *Acta Psychologica*,

- 127(2), 237-246.
- Kaladjian, A., Jeanningros, R., Azorin, J. M., Anton, J. L., & Mazzola-Pomietto, P. (2011). Impulsivity and neural correlates of response inhibition in schizophrenia. *Psychological Medicine, 41*(2), 291-299.
- Kelber, P., Gierlich, M., Göth, J., Jeschke, M. G., Mackenzie, I. G., & Mittelstädt, V. (2023). A diffusion model analysis of objectbased selective attention in the Eriksen flanker task. *Experimental Psychology, 70*, 155-170.
- Kelber, P., Mittelstädt, V., & Ulrich, R. (2025). Interplay of aging and practice in conflict processing: A big-data diffusion-model analysis. *Psychology and Aging, 40*(1), 66-85.
- Lee, P. S., & Sewell, D. K. (2024). A revised diffusion model for conflict tasks. *Psychonomic Bulletin & Review, 31*(1), 1-31.
- Lee, P. S., Ballard, T., & Sewell, D. K. (2025). Modeling congruency sequence effects with the revised diffusion model for conflict tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. Advance online publication.
- Li, W., Zhou, F. C., Zhang, L., Ng, C. H., Ungvari, G. S., Li, J., & Xiang, Y. T. (2020). Comparison of cognitive dysfunction between schizophrenia and bipolar disorder patients: A meta-analysis of comparative studies. *Journal of Affective Disorders, 274*, 652-661.
- Logan, G. D. (1980). Attention and automaticity in Stroop and priming tasks: Theory and data. *Cognitive Psychology, 12*(4), 523-553.
- Luo, C., & Proctor, R. W. (2017). How different location modes influence responses in a Simon-like task. *Psychological Research, 81*(6), 1125-1134.
- Luo, C., & Proctor, R. W. (2018). The location-, word-, and arrow-based Simon effects: An ex-Gaussian analysis. *Memory & Cognition, 46*(3), 497-506.
- Luo, C., & Proctor, R. W. (2020). Shared mechanisms underlying the location-, word-and arrow-based Simon effects. *Psychological Research, 84*(6), 1655-1667.
- Luo, J., Hao, C., Ma, N., & Wang, L. (2024). Sleep deprivation affects interference control: A diffusion model analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 50*(2), 193-215.
- Luo, X., Wang, L., & Zhou, X. (2022). Belief in control: Voluntary choice enhances subsequent task performance under undefeated choice-outcome causation. *Cognition, 225*, 105108.
- Luo, X., Wang, L., & Zhou, X. (2024). Volition motivates cognitive performance at the response-execution level by attenuating task-irrelevant motor activations. *Cognition, 245*, 105738.
- Luo, X., Wang, L., Gu, J., Zhang, Q., Ma, H., & Zhou, X. (2024). The benefit of making voluntary choices generalizes across multiple effectors. *Psychonomic Bulletin & Review, 31*(1), 340-352.
- Mackenzie, I. G., & Dudschig, C. (2021). DMCfun: An R package for fitting Diffusion Model of Conflict (DMC) to reaction time and error rate data. *Methods in Psychology, 5*, 100074.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin, 109*(2), 163-203.
- McClelland, J. L. (1979). On the time relations of mental processes: an examination of systems of processes in cascade. *Psychological Review, 86*(4), 287-330.
- Meier, M. E., & Kane, M. J. (2015). Carving executive control at its joints: Working memory capacity predicts stimulus-stimulus, but not stimulus-response, conflict. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 41*(6), 1849-1872.
- Miles, J. D., & Proctor, R. W. (2012). Correlations between spatial compatibility effects: are arrows more like locations or words?. *Psychological Research, 76*(6), 777-791.
- Miller, J., & Schwarz, W. (2021). Delta plots for conflict tasks: An activation-suppression race model. *Psychonomic Bulletin & Review, 28*(6), 1776-1795.
- Mittelstädt, V., Leuthold, H., & Mackenzie, I. G. (2023). Motor demands influence conflict processing in a mouse-tracking Simon task. *Psychological Research, 87*(6), 1768-1783.
- Mittelstädt, V., Mackenzie, I. G., Koob, V., & Janczyk, M. (2023). The impact of distractor relevance on the strength and timing of cognitive control: Evidence from delta plots and diffusion model analyses. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 49*(10), 1588-1614.
- Mittelstädt, V., Miller, J., Leuthold, H., Mackenzie, I. G., & Ulrich, R. (2022). The time-course of distractor-based activation modulates effects of speed-accuracy tradeoffs in conflict tasks. *Psychonomic Bulletin & Review, 29*(3),

- 837-854.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, *21*(1), 8-14.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49-100.
- Nigbur, R., Schneider, J., Sommer, W., Dimigen, O., & Stürmer, B. (2015). Ad-hoc and context-dependent adjustments of selective attention in conflict control: An ERP study with visual probes. *NeuroImage*, *107*, 76-84.
- Patel, P. K., Green, M. F., Barch, D., & Wynn, J. K. (2025). Mechanisms and correlates of incentivized response inhibition in schizophrenia and bipolar disorder. *Journal of Psychiatric Research*, *183*, 282-288.
- Pellicano, A., Lugli, L., Baroni, G., & Nicoletti, R. (2009). The Simon effect with conventional signals: A time-course analysis. *Experimental Psychology*, *56*(4), 219-227.
- Pratte, M. S., Rouder, J. N., Morey, R. D., & Feng, C. (2010). Exploring the differences in distributional properties between Stroop and Simon effects using delta plots. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*(7), 2013-2025.
- Proctor, R. W., Yamaguchi, M., Zhang, Y., & Vu, K.-P. L. (2009). Influence of visual stimulus mode on transfer of acquired spatial associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *35*, 434-445.
- Rastelli, C., Greco, A., Kenett, Y. N., Finocchiaro, C., & De Pisapia, N. (2022). Simulated visual hallucinations in virtual reality enhance cognitive flexibility. *Scientific Reports*, *12*(1), 4027.
- Ratcliff, R. (1978). A theory of memory retrieval. *Psychological Review*, *85*(2), 59-108.
- Ratcliff, R., & Smith, P. L. (2004). A comparison of sequential sampling models for two-choice reaction time. *Psychological Review*, *111*(2), 333-367.
- Ratcliff, R., Gomez, P., & McKoon, G. (2004). A diffusion model account of the lexical decision task. *Psychological Review*, *111*(1), 159-182.
- Ratcliff, R., Thapar, A., & McKoon, G. (2001). The effects of aging on reaction time in a signal detection task. *Psychology and Aging*, *16*(2), 323-341.
- Ratcliff, R., Thapar, A., & McKoon, G. (2006). Aging, practice, and perceptual tasks: a diffusion model analysis. *Psychology and Aging*, *21*(2), 353-371.
- Ridderinkhof, K. R., Scheres, A., Oosterlaan, J., & Sergeant, J. A. (2005). Delta plots in the study of individual differences: new tools reveal response inhibition deficits in AD/Hd that are eliminated by methylphenidate treatment. *Journal of Abnormal Psychology*, *114*(2), 197-215.
- Ridderinkhof, R. K. (2002). Micro-and macro-adjustments of task set: activation and suppression in conflict tasks. *Psychological Research*, *66*(4), 312-323.
- Sagaspe, P., Sanchez-Ortuno, M., Charles, A., Taillard, J., Valtat, C., Bioulac, B., & Philip, P. (2006). Effects of sleep deprivation on color-word, emotional, and specific Stroop interference and on self-reported anxiety. *Brain and Cognition*, *60*(1), 76-87.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*(3), 403-428.
- Salthouse, T. A., & Somberg, B. L. (1982). Time-accuracy relationships in young and old adults. *Journal of Gerontology*, *37*(3), 349-353.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, *84*(1), 1-66.
- Schwarz, W., & Ischebeck, A. (2003). On the relative speed account of number-size interference in comparative judgments of numerals. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *29*(3), 507-522.
- Schwarz, W., & Miller, J. (2012). Response time models of delta plots with negative-going slopes. *Psychonomic Bulletin & Review*, *19*(4), 555-574.
- Servant, M., & Evans, N. J. (2020). A diffusion model analysis of the effects of aging in the Flanker Task. *Psychology and Aging*, *35*(6), 831-849.
- Servant, M., van Wouwe, N., Wylie, S. A., & Logan, G. D. (2018). A model-based quantification of action control deficits in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, *111*, 26-35.
- Shields, G. S., Rivers, A. M., Ramey, M. M., Trainor, B. C., & Yonelinas, A. P. (2019). Mild acute stress improves response speed without impairing accuracy or interference control in two selective attention tasks: Implications for theories of stress and cognition. *Psychoneuroendocrinology*,

- 108, 78-86.
- Shields, G. S., Skwara, A. C., King, B. G., Zanesco, A. P., Dhabhar, F. S., & Saron, C. D. (2020). Deconstructing the effects of concentration meditation practice on interference control: The roles of controlled attention and inflammatory activity. *Brain, Behavior, and Immunity, 89*, 256-267.
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review, 84*(2), 127-190.
- Simon, J. R., & Rudell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology, 51*(3), 300-304.
- Spaniol, J., Madden, D. J., & Voss, A. (2006). A diffusion model analysis of adult age differences in episodic and semantic long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 32*(1), 101-117.
- Spaniol, J., Voss, A., Bowen, H. J., & Grady, C. L. (2011). Motivational incentives modulate age differences in visual perception. *Psychology and Aging, 26*(4), 932-939.
- Spieser, L., Servant, M., Hasbroucq, T., & Burle, B. (2017). Beyond decision! Motor contribution to speed - accuracy trade-off in decision-making. *Psychonomic Bulletin & Review, 24*(3), 950-956.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology, 18*(6), 643-662.
- Tae, J., Lee, Y., & Choi, W. (2025). The relationship between aging and inhibition ability: Evidence from a web-based Number Stroop task. *Korean Journal of Cognitive Science, 36*(1), 1-20.
- Theisen, M., Lerche, V., von Krause, M., & Voss, A. (2021). Age differences in diffusion model parameters: A meta-analysis. *Psychological Research, 85*(5), 2012-2021.
- Tsai, L. L., Young, H. Y., Hsieh, S., & Lee, C. S. (2005). Impairment of error monitoring following sleep deprivation. *Sleep, 28*(6), 707-713.
- Ulrich, R., Schröter, H., Leuthold, H., & Birngruber, T. (2015). Automatic and controlled stimulus processing in conflict tasks: Superimposed diffusion processes and delta functions. *Cognitive psychology, 78*, 148-174.
- Van Den Wildenberg, W. P., Wylie, S. A., Forstmann, B. U., Burle, B., Hasbroucq, T., & Ridderinkhof, K. R. (2010). To head or to heed? Beyond the surface of selective action inhibition: a review. *Frontiers in Human Neuroscience, 4*, 222.
- van der Lubbe, R. H., Jaśkowski, P., & Wauschkuhn, B. (2001). Influence of time pressure in a simple response task, a choice-by-location task, and the Simon task. *Journal of Psychophysiology, 15*(4), 241-255.
- van Veen, V., Krug, M. K., & Carter, C. S. (2008). The neural and computational basis of controlled speed-accuracy tradeoff during task performance. *Journal of Cognitive Neuroscience, 20*(11), 1952-1965.
- Vöhringer, P. A., Barroilhet, S. A., Amerio, A., Reale, M. L., Alvear, K., Vergne, D., & Ghaemi, S. N. (2013). Cognitive impairment in bipolar disorder and schizophrenia: a systematic review. *Frontiers in Psychiatry, 4*, 87.
- von Krause, M., Radev, S. T., & Voss, A. (2022). Mental speed is high until age 60 as revealed by analysis of over a million participants. *Nature Human Behaviour, 6*(5), 700-708.
- Wagenmakers, E.-J., & Brown, S. (2007). On the linear relation between the mean and the standard deviation of a response time distribution. *Psychological Review, 114*(3), 830-841.
- Wang, K., Li, Q., Zheng, Y., Wang, H., & Liu, X. (2014). Temporal and spectral profiles of stimulus - stimulus and stimulus - response conflict processing. *NeuroImage, 89*, 280-288.
- Wascher, E., Schatz, U., Kuder, T., & Verleger, R. (2001). Validity and boundary conditions of automatic response activation in the Simon task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 27*(3), 731-751.
- White, C. N., Ratcliff, R., & Starns, J. J. (2011). Diffusion models of the flanker task: Discrete versus gradual attentional selection. *Cognitive Psychology, 63*(4), 210-238.
- Wiegand, K., & Wascher, E. (2005). Dynamic aspects of stimulus-response correspondence: evidence for two mechanisms involved in the Simon effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31*(3), 453-464.
- Wiegand, K., & Wascher, E. (2007). The Simon effect for vertical S - R relations: Changing the mechanism by randomly varying the S - R mapping rule?. *Psychological Research, 71*(2), 219-233.
- Wühr, P., & Heuer, H. (2017). Response preparation, response

- conflict, and the effects of irrelevant flanker stimuli. *Advances in Cognitive Psychology*, 13(1), 70-82.
- Wylie, S. A., Ridderinkhof, K. R., Bashore, T. R., & Van den Wildenberg, W. P. (2010). The effect of Parkinson's disease on the dynamics of on-line and proactive cognitive control during action selection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(9), 2058-2073.
- Wylie, S. A., Ridderinkhof, K. R., Eckerle, M. K., & Manning, C. A. (2007). Inefficient response inhibition in individuals with mild cognitive impairment. *Neuropsychologia*, 45(7), 1408-1419.
- Wylie, S. A., Van Den Wildenberg, W. P. M., Ridderinkhof, K. R., Bashore, T. R., Powell, V. D., Manning, C. A., & Wooten, G. F. (2009). The effect of Parkinson's disease on interference control during action selection. *Neuropsychologia*, 47(1), 145-157.
- Zeef, E. J., Sonke, C. J., Kok, A., Buiten, M. M., & Kenemans, J. L. (1996). Perceptual factors affecting age related differences in focused attention: performance and psychophysiological analyses. *Psychophysiology*, 33(5), 555-565.
- Zorzi, M., & Umiltá, C. (1995). A computational model of the Simon effect. *Psychological Research*, 58(3), 193-205.

# 갈등 과제 수행에서의 정보처리 메커니즘에 대한 체계적 고찰: DMC(Diffusion Model for Conflict tasks) 기반 분석 연구를 중심으로

태진이<sup>1</sup>, 최원일<sup>1</sup>

<sup>1</sup>광주과학기술원 인문사회과학부

본 논문에서는 인지 통제 메커니즘을 설명하기 위한 분석 도구로 주목받고 있는 갈등 과제를 위한 확산 모형(Diffusion Model for Conflict tasks, DMC)의 이론적 기초를 간략히 소개하고, 이를 적용한 주요 경험적 연구들을 체계적으로 정리하였다. 특히, 전통적인 반응시간 기반 분석과 DMC 기반 분석 결과를 비교하여, 자극 특성 및 과제 유형과 같은 실험적 조작 요인, 그리고 개인의 각성 수준과 연령 등의 참가자 특성 요인에 따라 인지 통제의 하위 정보처리 과정이 다르게 작동하는지를 살펴보았다. 아울러 기존 반응시간 분석만으로는 한 이론을 지지하기 어려웠던 상반된 이론적 주장들을 DMC 분석을 통해 검토하고, 이를 바탕으로 정교한 해석을 가능하게 한 연구 사례들을 소개함으로써 이론적 측면에서도 DMC 분석이 해석적 유용성을 가질 수 있음을 보여주었다. 마지막으로 최근 기존 DMC의 구조적 제약을 보완하고자 제안된 수정 모형(Revised Diffusion Model for Conflict tasks; RDMC)을 소개하고, DMC와의 구조적 차이를 비교함으로써 RDMC가 갖는 분석적 이점도 함께 논의하였다. 종합적으로 본 논문은 DMC 기반 분석이 인지 통제 연구에서 기존 반응시간 분석을 보완하며 인지 통제 기제에 대한 설명력을 높일 수 있는 유용한 도구임을 강조하며, 향후 다양한 영역에서의 활용 방안도 제시하였다.

**주제어:** 인지 통제, 갈등 과제, 인지 과제를 위한 표류 확산 모델