



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학박사 학위논문

시각자극의 물리적 속성과 잠재적
선택지의 수가 관계적 처리와 요소적
처리에 미치는 영향

2022년 8월

서울대학교 대학원

인지과학 협동과정

강소영

시각자극의 물리적 속성과 잠재적 선택지의 수가 관계적 처리와 요소적 처리에 미치는 영향

지도 교수 이 경 민

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함

2022년 8월

서울대학교 대학원

협동과정 인지과학 전공

강 소 영

강소영의 이학박사 학위논문을 인준함

2022년 8월

위 원 장 김 청 택 (인)

부위원장 이 경 민 (인)

위 원 고 성 룡 (인)

위 원 김 승 찬 (인)

위 원 유 제 광 (인)

초 록

우리는 바깥 세계에 존재하는 시각적 장면을 통일된 형태로 본다. 그러나 시각적 장면은 단일체가 아니라 여러 종류의 다양한 정보(색, 모양, 크기, 방향 등)로 구성된 복합체이다. 우리는 이러한 복합적인 시각적 장면에서 빠르게 정보를 수집하고 계산하여 그에 대해 반응한다.

본 연구에서는, 시지각에서 시각 요소들 사이의 관계에 의존하는 처리 과정과 요소의 모양에 의존하는 처리 과정을 구별하고, 이 과정들이 대뇌피질의 두 가지 시각 경로에 어떻게 연관되는지를 실험적으로 탐구하였다. 특히, P 경로가 높은 휘도 대비를 필요로 하고, 색 대비에 민감하다는 점 등에 착안하여 등휘도를 포함한 여러 휘도 대비 수준에서 관계 처리와 요소 처리에 의존한 반응 시간과 선택지 수의 상관관계를 비교하였으며, 크기 지각의 과정이 관계 처리와 요소 처리에 미치는 영향을 탐구했다.

이를 위하여, 본 연구에서 진행한 실험은 다음과 같다. 실험 1 에서, 휘도 대비를 네 수준으로 구분하고, 자극 유형을 높은 공간주파수 자극과 낮은 공간주파수 자극으로 구분해서, 단순반응행동의 반응시간이 각 대비수준에서 자극 유형에 따라 차이가 있는지 관찰했다. 실험 2 에서, 기억표상의 크기와 지각표상의 크기가 다를 때 두 표상을 일치시키기 위해 크기조정을 할 것이라고 가정되는데, 이때 관계 처리와 요소 처리의 반응양상에 차이가 있는지 탐색했다. 실험 3 에서, 휘도 대비 수준을 달리하고, 잠재적 선택지의 수를 증가시킬 때, 동일성 판단 과제를 수행하는데 있어 관계 의존 판단과 요소 의존 판단의 반응시간에 차이가 있는지 살펴보았다.

주요 연구 결과는 첫째, 단순 반응 행동인 탐지과제를 수행할 때, 낮은 공간주파수 자극과 휘도 대비 수준이 높은 자극에 대한 처리 속도가 감소한다. 둘째, 표상의 크기 차이의 비율에 따른 크기 조정의 방향성이 비대칭적이다. 즉, 크기 조정 시 지각 표상을 확대할 때 반응시간이 증가한다. 이러한 비대칭적 방향성은 관계 의존 판단과 요소 의존 판단에 동일하게 나타난다. 셋째,

등휘도와 저휘도대비 자극에 대한 과제 수행의 반응 시간이 요소 의존 판단과 관계 의존 판단에서 다른 양상을 보인다. 특히 저휘도대비에 비해 등휘도에서, 선택지가 많을 때 요소 의존 판단이 빨라진 반면, 관계 의존 판단은 그렇지 않음을 관찰하였다.

본 연구에서 관찰한 결과를 통해 내릴 수 있는 결론은 첫째, 인지적 요소의 개입이 적을 것으로 간주되는 단순 반응 행동인 탐지과제를 수행할 때는 시각 자극의 물리적 속성에 의해서 결정되는 자극의 강도가 증가할수록 처리 속도가 감소하는 양상이 관찰되었으나(실험 1), 의사 결정의 전략이 필요한 과제를 수행할 때는 관계적 판단일 때와 요소적 판단일 때의 반응 시간 양상이 다르며(실험 2, 3), 이는 관계적 판단과 요소적 판단에 서로 다른 전략을 사용할 가능성을 시사한다. 둘째, 크기 조정 시 시각 표상을 확대할 때 반응시간이 증가한다는 결과는 시각 표상을 확대하는 방향으로 심적 에너지를 더 많이 사용할 가능성을 시사한다. 셋째, 잠재적 선택지의 수가 증가할 때, 관계적 판단과 요소적 판단에서 모두 반응 시간이 증가하는 양상을 보이나, 반응 시간의 기울기에는 차이가 있고, 특히 저휘도대비에 비해 등휘도에서 선택지가 많을 때 요소 의존 판단이 빨라진다는 결과는 요소적 판단의 맥락에 P 경로가 단독적으로 관여할 가능성을 시사한다.

주요어 : 시지각 시스템, 관계적 처리, 요소적 처리, 휘도 대비, 크기 조정, 선택지의 수

학 번 : 2000-30093

목 차

1. 서론.....	1
1.1 연구배경 및 필요성	1
1.2 연구목표	3
1.3 연구가설	4
1.4 논문의 구성.....	4
2. 이론적 배경.....	7
2.1 시각 정보 처리의 이중 경로.....	7
2.2 시각정보의 전체처리와 부분처리.....	14
2.3 용어의 정의: 관계적 처리와 요소적 처리.....	17
2.4 기존 연구의 한계점	19
2.4.1 휘도(Luminance)와 대비(Contrast).....	19
2.4.2 크기 조정 과정(Size Scaling).....	21
2.4.3 선택지의 수(Number of Alternatives).....	24
3. 연구 내용.....	27
3.1 [실험 1] 대비수준이 단순반응행동에 미치는 영향	27
3.1.1 연구방법	28
3.1.2 연구결과.....	31
3.1.3 논의.....	35
3.2 [실험 2] 자극의 크기가 지각적 처리에 미치는 영향	37

3.2.1	실험 2-1.....	37
3.2.2	실험 2-2.....	56
3.2.3	논의.....	75
3.3	[실험 3] 대비수준과 잠재적 선택지의 수가 동일성 판단 과제에 미치는 영향.....	78
3.3.1	실험 3-1.....	79
3.3.2	실험 3-2.....	108
3.3.3	논의.....	119
4.	전체 논의.....	123
4.1	대비수준이 시각정보의 처리시간에 미치는 영향.....	124
4.2	크기 조정 (size scaling).....	127
4.3	잠재적 선택지의 수.....	132
5.	결론.....	135
	참고 문헌.....	139
	Abstract.....	148

표 목차

표 1 <실험 1> 실험 1 에서 사용된 대비 수준 별 휘도 측정값과 대비.....	30
표 2 <실험 1> 대비수준에 대한 자극유형의 반응시간.....	33
표 3 <실험 1> 대비수준과 자극유형에 대한 반복측정 분산분석 결과	33
표 4 <실험 1> 대비수준에 대한 사후분석.....	34
표 5 <실험 1> 자극유형에 대한 사후분석.....	35
표 6 <실험 2-1> 자극의 크기와 크기 비율	40
표 7 <실험 2-1> 조건별 반응시간.....	42
표 8 <실험 2-1> 반응시간에 대하여 과제유형, 샘플크기, 타겟크기를 요인으로 한 반복측정 분산분석 결과	43
표 9 <실험 2-1> 반응시간에 대하여 샘플크기와 타겟 크기를 요인으로 한 이원분산분석 결과	44
표 10 <실험 2-1> 타겟크기에 대한 사후분석 (Tukey HSD).....	45
표 11 <실험 2-1> 샘플크기와 타겟크기 간의 상호작용에 대한 사후분석 결과	46
표 12 <실험 2-1> 절대 크기와 과제유형에 관한 이원분산분석 결과.....	48
표 13 <실험 2-1> 자극의 크기 조건과 크기 비율	49
표 14 <실험 2-1> 크기 비율에 대한 반응시간	51

표 15 <실험 2-1> 반응시간에 대한 크기 비율과 과제유형을 요인으로 하는 이원분산분석 결과	51
표 16 <실험 2-1> 반응유형(예-아니오)에 대한 조건별 반응시간	53
표 17 <실험 2-1> 반응유형(예-아니오) 요인을 포함한 다원분산분석 결과	54
표 18 <실험 2-1> 반응유형에 대한 사후분석 (Tukey HSD)	56
표 19 <실험 2-1> 과제유형과 반응유형의 상호작용에 대한 사후분석 (Tukey HSD)	56
표 20 <실험 2-2> 조건별 반응시간	61
표 21 <실험 2-2> 반응시간에 대해 과제유형, 샘플크기, 타겟크기를 요인으로 한 통계분석 결과.....	62
표 22 <실험 2-2> 반응시간에 대하여 샘플크기와 타겟크기를 요인으로 한 통계분석결과	64
표 23 <실험 2-2> 타겟크기에 대한 사후분석 (Tukey HSD)	65
표 24 <실험 2-2> 얼굴과제에서 샘플크기와 타겟크기의 상호작용에 대한 사후분석 (Tukey HSD)	66
표 25 <실험 2-2> 자극의 절대 크기에 따른 반응시간	68
표 26 <실험 2-2> 반응시간에 대하여 절대크기와 과제유형을 요인으로 한 크루스칼-왈리스 검정과 이원분산분석 결과	68
표 27 <실험 2-2> 크기비율에 대한 반응시간	69
표 28 <실험 2-2> 반응시간에 대하여 과제유형과 비율을 요인으로 한 크루스칼-왈리스 검정과 이원분산분석 결과	71

표 29	반응유형(예-아니오)에 대한 조건별 반응시간.....	73
표 30	반응유형(예-아니오) 요인을 포함한 다원분산분석 결과.....	74
표 31	<실험 2-2> 반응유형에 대한 사후분석(Tukey HSD)	75
표 32	<실험 3-1> 조건별 반응시간	85
표 33	<실험 3-1> 반응시간에 대하여 대비수준, 과제유형, NP 를 요인으로 한 크루스칼 왈리스 검정과 삼원분산분석 결과.....	86
표 34	<실험 3-1>요소적 판단과제에서 대비수준의 반응시간 비교 (Bonferroni Correction)	89
표 35	<실험 3-1>요소적 판단과제에서 각 대비수준에서 반응시간에 미치는 NP 의 영향 비교 (Bonferroni Correction)	90
표 36	<실험 3-1> 관계적 판단과제에서 대비수준의 반응시간 비교 (Bonferroni Correction)	91
표 37	<실험 3-1> 관계적 판단과제에서 각 대비수준에서 반응시간에 미치는 NP 의 영향 비교 (Bonferroni Correction)	91
표 38	반응유형(같음-다름)에 대한 조건별 반응시간.....	94
표 39	<실험 3-1> 반응유형(같음-다름) 요인을 포함한 통계분석 결과...	96
표 40	<실험 3-1> 반응유형에 대한 사후분석 (Bonferroni Correction) .	97
표 41	<실험 3-1> 연습효과 여부를 확인하기 위한 반응시간분석 결과	98
표 42	<실험 3-1> 자극 이벤트의 확률과 정보량.....	101
표 43	<실험 3-1> 대비수준과 반응시간의 기울기.....	101

표 44 <실험 3-1> 등회도 조건과 저대비 조건에서 같음 반응과 다름 반응의 반응시간	104
표 45 조건별 반응시간 분포에 대한 확산 모형 분석 결과.....	105
표 46 <실험 3-2> 조건별 반응시간	111
표 47 <실험 3-2> 반응유형(같음-다름)에 대한 조건별 반응시간.....	113
표 48 <실험 3-2> 반응유형 (같음-다름) 요인을 포함한 다원분산분석 결과	115
표 49 <실험 3-2> 과제유형, 회도, 대비, NP 의 영향력에 대한 다중회귀분석	117
표 50 <실험 3-2> 요소적 판단 과제에서 회도와 대비의 영향력의 크기 비교 (다중회귀분석).....	117
표 51 <실험 3-2> 관계적 판단 과제에서 회도와 대비의 영향력의 크기 비교 (다중회귀분석)	118

그림 목차

그림 1 시각처리의 이중경로	8
그림 2 아르심볼도의 대표작 “채소 기르는 사람”	12
그림 3 <실험 1>에서 사용된 자극의 대비수준과 자극유형	29
그림 4 <실험 1> 대비수준에 대한 자극유형의 반응시간	32
그림 5 <실험 2-1> 실험에 사용된 패턴 자극	38
그림 6 <실험 2-1> 실험 패러다임의 예	39
그림 7 <실험 2-1> 자극의 절대 크기에 대한 과제유형의 반응시간	47
그림 8 <실험 2-1> 자극 크기의 비율에 따른 반응시간	50
그림 9 <실험 2-1> 반응 유형(예-아니오)와 반응시간	55
그림 10 <실험 2-2> 실험에 사용한 자극 이미지	58
그림 11 <실험 2-2> 실험 패러다임 예시	59
그림 12 <실험 2-2> 본 실험의 데이터에 대한 Q-Q 그래프	60
그림 13 <실험 2-2> 자극의 절대 크기에 따른 과제유형의 반응시간	67
그림 14 <실험 2-2> 집 이미지와 얼굴 이미지의 크기 비율에 따른 반응시간	70
그림 15 <실험 3-1> 실험에 사용된 자극과 대비수준	81
그림 16 <실험 3-1> 잠재적 선택지의 수(Number of Pairs: NP)의 예시	82

그림 17 <실험 3-1> 실험 진행도 (NP 4, 고대비조건의 예시)	83
그림 18 <실험 3-1> 요소적 과제와 관계적 과제의 반응시간 비교	88
그림 19 <실험 3-1> 고대비조건과 저대비조건에서의 NP 증가에 따른 반응시간 양상	93
그림 20 <실험 3-1> NP 증가에 대한 고대비조건과 저대비조건의 반응시간	100
그림 21 <실험 3-1> 요소적 과제의 등휘도조건과 저대비조건에 대해 추정된 각 파라미터의 분포	106
그림 22 <실험 3-1> 관계적 과제의 등휘도조건과 저대비조건에 대해 추정된 각 파라미터의 분포	107
그림 23 <실험 3-2> 실험에 사용된 휘도대비 조건.....	109
그림 24 <실험 3-2> Number of Pairs 와 대비수준의 반응시간.....	112

1. 서론

1.1 연구배경 및 필요성

우리는 바깥 세계에 존재하는 시각적 장면을 통일된 형태로 본다. 그러나 시각적 장면은 단일체가 아니라 여러 종류의 다양한 정보(색, 모양, 크기, 방향 등)로 구성되어 있으며, 부분과 전체로 이루어진 복합체이다. 우리는 이러한 복잡한 시각적 장면에서 빠르고 정확하게 정보를 수집하고 계산하여 그에 대해 반응한다.

시각적 장면이 갖고 있는 정보를 어떻게 수집해서 어떤 형태로 우리 마음에 표상되는가의 문제와, 이 표상들이 어떤 계산 과정을 거쳐서 우리의 적응행동과 의사결정이라는 인지적 활동을 수행하게 하는가의 문제는 인지과학의 오랜 연구 주제이며, 수십 년간 연구결과들이 축적되어 왔다. 그 결과로, 우리의 시각 처리 기제가 주어진 대상의 물리적 정보를 있는 그대로 받아들이는 수동적인 시스템이 아니라, 정보를 취사선택하고, 가공하여, 인지적 행동 또는 의사결정에 적합한 형태의 표상으로 구성하는 역동적 시스템이라는 것이 알려져 있다 (Coté, 2015; Ellison & Walsh, 1997; Yantis, 2001).

본 연구에서는 시지각 시스템의 여러 가지 역동성 중 다음 세가지 특징에 주목하고자 한다.

첫째, 우리가 지각하는 것은, 외부 세계 대상들의 물리적 속성이나 절대적인 값 그 자체가 아니라, 대상들이 갖고 있는 속성의 “차이(difference)”와 “비율(ratio)”이다. 즉, 밝음과 어두움에 어떤 절대적 기준이 있는 것이 아니라 더 밝거나 더 어두운 것이고, 크고 작음도 어떤 절대적 기준이 아닌 비교와 차이에 의해서 더 크고 더 작음이 결정된다. 다시 말해, 우리가 지각하는 외부 세계의 상태는 대비(contrast)에 의해서 결정된다(Yantis, 2001). 즉, 우리의 시지각 시스템은 대비에 반응하는 메커니즘으로 작동된다(Shapley, 1985).

둘째, 시지각 시스템은 생리적인 과정의 연속으로만 결정되는 것이 아니라, 사고나 기억과 같은 인지적 과정에 의해서도 결정된다. 즉, 환경으로부터 입력되는 물리적 정보와 경험에서 입력되는 심리적 정보의 상호작용에 의해서 작동되는 시스템이다(Coté, 2015; Ellison & Walsh, 1997; Yantis, 2001). 그러나, 기존의 연구들에서 물리적 정보 중 휘도와 대비에 대해서 많은 연구가 이루어져 있지만, 주로 역치를 측정하는 연구에 집중되어 있고, 휘도와 대비가 행동에 미치는 영향에 대해서는 체계적인 연구가 부족한 상황이다. 또한 자극의 크기 지각에 관한 연구들도 많이 이루어져 있지만, 크기 조정의 방향성에 대해서는 합의된 연구 결과가 없다. 경험이나 기억의 요소들 중 하나인 선택지의 수도 행동에 영향을 미치는 중요한 요인이라고 할 수 있는데, 이에 관해서 Hick의 법칙으로 잘 알려져 있는데, 본 연구에서는 실제 선택지의 수뿐 아니라 자극이 제시될 가능성이 있는 잠재적 선택지의 수도 반응 행동에 영향을 미칠 수 있는 지도 중요한 문제 중 하나이다.

셋째, 시지각 시스템은 시각 정보의 전체를 처리하는 과정과 부분을 처리하는 과정의 상호작용을 통해 작동한다고 추정된다 (Kimchi, 2015; Palmer, 1975). 기존의 여러 연구들에 의하면, 시각 정보의 전체를 처리하는 과정과 부분을 처리하는 과정이 분리되어 있다는 연구 결과들이 보고된다. 해부학적으로 시각 정보는 매그노셀룰러(Magnocellular) 경로와 파보셀룰러(Parvocellular) 경로의 이중 경로로 나뉘어져 있으며, M 경로와 P 경로의 선택적 손상으로 인한 동시실인증에 관한 보고들이 있고, M 경로의 발달 지연은 난독증의 원인으로 제기되기도 한다. 이러한 이중적 처리 과정이 대상 지각을 설명하는 심리학적 이론들이 글로벌-로컬 프로세싱(Global-local processing)과 형태적-세부특징적 처리(configural-featural processing)들이다. 이 이론들에서 다루는 개념이 유사하지만 강조점이 다른 이유로 본 연구에서는 관계적 처리(relational processing)와 요소적 처리(elemental processing)라는 용어로 시각정보의 전체 처리와 부분 처리를 다루려고 한다.

한편, 인간을 대상으로 한 행동 실험의 고전적인 종속변수인 반응시간은, 인간의 정보 처리 과정이 고도로 구조화되어 있다는 가정 하에, 그 구조 안에서

서로 다른 경로를 통해 정보가 처리된다면, 처리 경로에 따라 다른 시간 과정을 수반할 것이며, 따라서 처리 경로의 차이가 반응 시간에 반영될 것이라는 추론에 의해 신뢰를 받아왔다(Luce, 1986). 본 연구의 논리도 마찬가지로, 시각 정보의 물리적 속성을 이용해서 지각적 표상을 만들고 난 후, 과제에서 요구하는 반응을 하기 위해서 표상을 조작하는 과정이 필요할 것이고, 이때 시간이 소요될 것이라는 가정에 근거한다. 또한 반응시간은 오류율과 같은 다른 변수에 비해 근본적인 인지 과정에 대한 비교적 정확한 측정을 제공하고, 인지 과정의 시간적 특성을 반영한다는 가정을 기반으로 한다. (Luce, 1986).

이러한 역동적인 특징을 가진 시지각 시스템의 구조와 프로세스를 보다 깊이있게 이해하기 위해서, 본 연구에서는 대비수준과 크기라는 자극의 물리적 속성과 잠재적 선택지의 수가 시각 정보의 관계적 처리와 요소적 처리 과정에 미치는 영향을 반응시간 측정을 통해 실험적으로 고찰하고자 한다.

1.2 연구목표

본 연구에서는 시각자극이 단일체가 아니라 부분과 전체로 이루어진 복합체라는 전체에서, 부분을 처리하는 기제와 전체를 처리하는 기제가 자극의 물리적 속성과 인지적 맥락에 따라 서로 다르게 반응하는 양상을 정보처리적 관점에서 탐색하고자 한다. 시각정보가 관계적 처리(relational processing)와 요소적 처리(elemental processing)라는 분리된 과정으로 처리된다고 가정할 때, 이를 추동하는 메커니즘을 시각시스템의 이중경로(M 채널, P 채널)가 담당하는 대비 탐지(contrast detection)의 관점과 크기 조정의 관점에서 살펴보고, 단순반응행동(simple reaction), 크기 조정(size scaling), 동일성 판단 과제(same-different task)를 할 때의 반응 양상을 고찰하는 것이 본 연구의 목표이다.

1.3 연구가설

시각 정보 처리의 관계적 처리와 요소적 처리는 자극의 대비수준, 크기, 잠재적 선택지의 수의 변화에 대해 반응 양상이 다르다.

- 1) 시각자극의 대비수준에 따라, 관계 의존 판단과 요소 의존 판단의 반응 시간에 차이가 있을 것이다.
- 2) 시각자극 처리 시, 크기 조정의 방향성이 있고, 이러한 방향성은 관계 의존 판단과 요소 의존 판단에서 차이가 있을 것이다.
- 3) 잠재적 선택지의 수가 증가할 때, 관계 의존 판단과 요소 의존 판단의 반응 시간 양상이 다를 것이다.

1.4 논문의 구성

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 이론적 배경에서는 본 연구의 전체적인 배경이 되는 이론들을 소개한다. 시각 정보 처리의 이중 경로에 대한 기존의 해부학적 이론들과 이중 경로 손상으로 인한 신경심리학적 연구들에 대해 소개하고, 이 이중 경로와 관련된 행동적 특성을 시각 정보의 전체 처리와 부분 처리와 관련된 이론들에 관해 논의한 후, 이 이론들이 갖고 있는 한계점으로부터 출발하여 본 연구에서 제안하는 “관계적 처리”와 “요소적 처리”라는 용어에 대해 설명한다. 본 연구의 중심 주제인 휘도와 대비, 크기 조정, 그리고 선택지의 수에 관한 기존 연구들을 살펴보고, 이 연구들이 갖고 있는 한계점을 통해서 본 연구의 필요성을 제안한다. 연구 내용에서는 본 연구에서 수행한 3개의 실험에 대해 기술한다.

실험 1 에서, 대비수준(contrast level)을 등휘도 조건(isoluminance condition), 저대비 조건(low luminance contrast), 중간대비 조건(medium luminance contrast), 고대비 조건(high luminance contrast)로 구분하고, 자극 유형을 높은 공간주파수 자극과 낮은 공간주파수 자극으로 구분해서, 단

순반응행동 (simple reaction)의 반응시간이 각 대비수준에서 자극 유형에 따라 차이가 있는지 고찰한다. 실험 2에서, 기억표상(mnemonic representation)의 크기와 지각표상(perceptual representation)의 크기가 다를 때, 두 표상을 일치시키기 위해 크기조정(size scaling)을 할 것이라고 가정되는데, 이때 관계적 처리와 요소적 처리의 반응양상에 차이가 있는지 탐색한다. 실험 3에서 대비수준을 달리하고, 잠재적 선택지의 수를 증가시킬 때, 동일성 판단 과제(same-different task)의 반응시간에 미치는 영향을 살펴본다. 각 실험에서 관찰한 결과는 다음과 같다.

실험 1의 결과, 휘도 대비가 높고, 공간주파수가 낮은 자극이 제시될 때 반응시간의 감소가 관찰됐다. 그리고 등휘도 조건과 저대비 조건에서는 반응시간의 유의미한 차이가 없었다. 실험 2-1의 결과, 크기 조정 과정에 방향성이 있음을 확인했다. 지각 표상의 크기가 기억 표상의 크기보다 작을 때, 크기 차이의 비율이 커질수록 반응시간의 지연폭이 커진다. 반면에 지각 표상의 크기가 기억 표상보다 더 클 때는 비율에 따른 반응시간의 증가가 유의미하지 않다. 즉, 비율에 따른 크기 조정의 방향성이 비대칭적이다. 그리고, 요소적 판단 과제 보다 관계적 판단과제의 반응시간이 더 짧다. 또한, 관계적 판단과제에서는 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용이 있는데, 이러한 결과를 통해, 관계적 판단을 할 때는 기억된 표상의 크기와 지각 표상의 크기를 조정하는 과정이 더 많이 필요하다고 추정할 수 있다. 실험 2-2의 주요 결과는 얼굴 과제와 집 과제 간의 반응시간 차이는 없었다. 얼굴 과제에서는 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용이 있고, 샘플과 타겟의 크기 차이를 비율로 바꾸었을 때, 타겟 크기가 더 작을 때는 비율이 커질수록 반응시간이 길어진다. 즉 크기 조정을 많이 해야 할수록 시간이 오래 걸린다. 반면에, 타겟 크기가 더 클 때는, 비율의 크기에 따른 반응시간의 변화가 유의미하지 않았다. 즉, 비율에 따른 크기 조정의 방향성이 비대칭적이다. 이는 실험 2-1과 같은 결과이다. 실험 3-1의 주요 결과는 요소적 판단과제와 관계적 판단과제에서 등휘도 조건과 저대비 조건의 반응시간 패턴이 역전된다. 관계적 판단과제에서는 등휘도 조건이 저대비 조건 보다 반응시간이 지연되고, 요소적 판단과제에서는 저대비 조건이

등휘도 조건보다 반응시간이 지연된다. 실험 3-2의 주요 결과는 관계적 판단 과제와 요소적 판단과제에서 휘도와 대비가 반응시간에 기여하는 영향력의 크기가 다르다. 관계적 판단과제에서는 휘도와 대비의 수준 차이가 영향을 미치는 정도가 유의미하지 않은 반면에, 요소적 판단과제에서는 휘도와 대비의 영향이 유의미한데, 휘도가 대비보다 영향력이 더 크다.

4장 전체 논의에서는 각 실험에서 관찰한 결과의 의미에 대해 논의하고, 5장 결론에서 본 연구의 의의와 한계점 및 추후 연구과제에 대해 기술한다.

2. 이론적 배경

이 장에서는, 본 연구의 이론적 배경이 되는 기존 연구들과 그 연구들이 갖고 있는 쟁점들에 대해서 살펴본다.

2.1 시각 정보 처리의 이중 경로

시각정보는 두 개의 개별 경로로 처리되며, 이 두 경로는 각기 다른 방식으로 시각적 정보를 사용하는 것으로 알려져 있다(Dias, Butler, Hoptman, & Javitt, 2011). 이 이중 경로 가설은 신경생리학 연구, 뇌병변 환자에 대한 신경심리학적 연구 등 여러 분야의 연구들에 의해 지지되고 있다 (Grinter, Maybery, & Badcock, 2010; Hecker & Mapperson 1996).

해부학적 이중경로: Magnocellular(M) 경로와 Parvocellular(P) 경로

Hubel 과 Wiesel 이 1 차 시각 피질에 대한 특성을 보고한 후, 본격적으로 시각에 대한 연구가 이루어지면서, 시각 정보를 처리하는 여러 상위 영역들이 발견되었다(Wurtz, 2009). 1970 년에 Hubel 과 Wiesel 이 깊이 시각에 관여하는 이차 시각영역(V2)을 보고하고, 이어서 Zeki(1973, 1974)가 색채 시각을 담당하는 V4 영역, 움직임 시각을 담당하는 V5(MT) 영역 등에 대한 연구 결과를 발표했다. 이처럼 형태, 색, 움직임과 같은 시각 요소들을 개별적으로 처리하는 것으로 추정되는 두뇌 영역들이 발견되면서 각 시각 요소 별로 분리된 처리경로가 제시되었다 (Livingstone & Hubel, 1988).

이러한 분리된 처리경로는 망막과 LGN 에서부터 시작되는데, 깊이와 움직임에 선택적인 요소들은 주로 M 경로에서 담당하고, 형태와 색상에 대한 선택적 경로는 P 경로에서 담당하는 것으로 알려져 있다. 그리하여 P 경로는 물체

인식 및 식별에 대한 정보를, M 경로는 움직임 및 공간 정보를 처리하는 것으로 밝혀졌다. 시각 처리의 하위 수준에서, 망막과 LGN 에 분포하는 세포들이 이렇게 두 부류로 나뉘어 색상 민감성(color sensitivity), 대비 민감성(contrast sensitivity), 시간 해상도(temporal resolution) 및 공간 해상도(spatial resolution)가 다르다는 특징은, 시각 처리의 상위 수준에서 색, 깊이, 움직임, 형태 지각 등의 시각 기능에도 차이를 보여야 한다는 예측을 가능하게 하며 인간을 대상으로 한 여러 연구들에서 이러한 예측과 일치하는 결과들이 보고되었다 (Livingstone & Hubel, 1988).

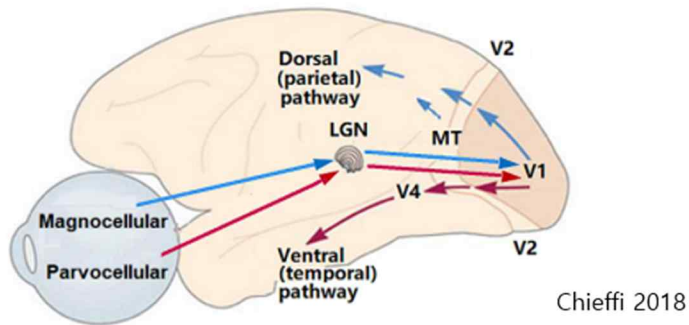


그림 1 시각처리의 이중경로

우리의 시각정보는 초기단계에서부터 분리된 경로를 통해서 처리되는데, LGN의 매그노셀룰러 경로(Magnocellular pathway)와 파보셀룰러 경로(Parvocellular pathway)가 시각피질의 V1에 도달한 후, Where pathway로 불리는 Dorsal system과 what pathway로 불리는 Ventral system 이라는 이중경로를 통해 정보가 전달된다. (Chieffi 2018)

시각 처리의 이중경로가 시각적 장면의 다른 측면을 처리하는 정도와 이 이중경로를 선택적으로 자극하는 시각 정보를 조정하는 우리의 능력은 두 가지

이유로 인해 중요한 이슈로 부상했다. 첫째는 특정한 경로의 기능 손상에서 기인한 병변 결과들, 예를 들면 난독증과 조현병이 M 채널의 손상과 관련이 있다는 연구 보고들이다. (Grinter, Maybery, & Badcock, 2010). 두 번째는, 특정 인지 기능을 특정 경로와 연결하려는 시도가 이루어졌는데, 주의력 변조가 M 과 P 경로에 각기 다른 영향을 미칠 수 있다는 주장이나(Goodhew & Edwards, 2016), 손의 근접성이 시각적 지각에 대한 두 경로의 상대적 기여를 변화시킬 수 있다는 주장이다 (Edwards, Goodhew, & Badcock, 2021).

이 두 시스템을 분리시키는데 사용될 수 있다고 제안되는 실험적 조건이 등휘도 조건(isoluminance condition)이다. 등휘도 조건은 색상대비(wavelength contrast)만 존재하고 휘도 대비는 동일한 자극 조건을 의미한다 (Skottun, 2013).

등휘도 자극을 이용해서, 시각적 시스템의 처리에 기여하는 M 채널의 역할을 선택적으로 약화시키려는 시도가 이루어졌는데. 이는 M 채널은 등휘도 패턴에 둔감한 반면에 P 채널은 등휘도 자극에 민감하게 반응한다는 실험적 결과에 근거해 등휘도 조건이 M 채널을 침묵(silencing)시킬 수 있고, 그 결과, 등휘도 자극에 대한 반응은 P 채널의 활동을 반영하는 것이므로 M 채널과 P 채널을 분리시킬 수 있다는 가정에 의한다(Livingstone & Hubel, 1987).

한편, 정상 시각을 가진 사람들은 여러 시각 특성을 갖고 있는 대상을 하나로 지각함에 있어 아무 어려움을 느끼지 않는데, 이것이 시사하는 바는 여러 경로를 통해 시각적 처리가 이뤄지더라도 여러 단계에서 경로가 서로 밀접하게 연결될 가능성이 있다는 것이다. 그러므로, 시각적 요소들의 처리 기체와 처리 영역이 어느 정도까지 서로 독립적이며, 어느 정도까지 상호 영향을 미치는지, 시각정보가 분리되어 처리된다면 그 정보가 다시 통합되는 곳은 어디인지 등의 문제도 중요한 연구 관심사이다. 여러 연구들에 의하면, V1 의 많은 신경세포들이 M(magnocellular) 경로와 P (parvocellular) 경로로부터 전달되는 신호를 수렴적으로 받아들이고 있고 (Malpeli, Schiller & Colby, 1981), V4 영역에도 유사한 신경세포들이 많은 것으로 보고된다 (Ferrera, Nealy & Maunsell, 1992). 또한, 상위 시각 영역들에는 여러 요소에 반응하는 다기능

적인 신경세포들이 존재하는 영역들도 있는 것으로 보고되는데, 특히 V4 신경세포들은 색채에만 민감한 것이 아니라 모양과 깊이, 그리고 움직임에도 민감한 것으로 보고된다 (Desimone & Schein, 1987; Schiller & Colby, 1983; Schiller & Lee, 1991). 그리고, 움직임에만 민감하다고 알려지던 MT 영역 신경세포들이 움직임 정보가 없는 깜빡이는 자극에 대해서도 반응을 보이는 것으로 보고되었다 (Schiller, 1996).

이와 같이, 시각 피질의 영역들이 특정한 시각적 속성에 대해 선택적 처리를 하면서도, 다양한 정보들이 교차되고 공유되고 있다는 것을 알 수 있다.

또한, M 채널과 P 채널이 휘도(luminance)와 색채 지각(color perception)에서 완전히 분리된다는 주장에 대해서도 논쟁이 진행 중이다. 특히, Livingstone 과 Hubel(1988)이 등휘도 조건(isoluminance condition)으로 이 두 시스템을 분리시킬 수 있다는 주장에 대해, 등휘도 자극을 사용할 때 여러 가지 주의가 필요하다는 주장들이 제안되고 있다. 즉, 등휘도 조건으로 M 채널과 P 채널을 완전히 분리시킬 수 없다는 주장인데, 이러한 주장은 M 시스템의 75%만이 등휘도 조건에서 침묵(silencing) 하고, 나머지 25%는 반응하며, P 시스템도 완전히 휘도를 처리하지 않는 게 아니라는 연구결과에 근거한다 (Skottun, 2013).

신경심리학적 연구: 동시실인증과 난독증

동시실인증 (Simultanagnosia)

동시실인증(Simultanagnosia)은 발린트 신드롬(Balint syndrome: simultanagnosia, optic ataxia, and ocular apraxia)의 하나로서 복잡한 시각적 장면 안에 있는 여러 사물들, 그림의 구성 요소 또는 단어의 글자와 같은 여러 가지를 한꺼번에 보지 못하는 장애이다 (Duncan et al., 2003; Luria, Pravdina-Vinarskaya, & Yarbuss, 1963). 이 장애는 양측 두정엽 손상에 기인하며(Pisella, Biotti, & Vighetto, 2015), 개별 사물은 정상적으로 인식

하지만 여러 사물을 동시에 인식하고 전체 장면으로 통합하는데 선택적 장애를 보인다 (Huberle, Driver, & Karnath, 2010). 즉, 동시실인증은 개별 사물에 대한 지각이 온전하게 남아 있는 반면, 전체적 지각이 손상된 것이 특징이다(Dalrymple, Bischof, Cameron, Barton, & Kingstone, 2010).

동시실인증은 일반적으로 주의(attention) 문제인 것으로 설명되며, 주의가 주어지는 단위가 대상에 대한 것인지(object based) 공간에 대한 것인지(space based)에 관한 논쟁이 있어 왔다 (Dalrymple, Barton, & Kingstone, 2013). Dalrymple et al (2013)은 동시실인증이 대상에 기반한 주의 손상(deficit of object based attention)이라고 주장하는데, 뇌손상으로 인해 주의창(attentional window)이 좁아져서 주의가 한번에 한 대상에만 주어질 수 있다고 설명한다. 동시실인증을 설명하는 다른 설명 중 하나는 동시실인증 환자들이 지각한 대상 정보들을 결합할 수 없기 때문이라는 주장이다 (Coslett & Lie, 2008). 이러한 기존 연구 결과들은 시각 정보의 부분을 지각하는 처리과정과 지각된 부분들을 통합하여 전체적 표상을 형성하는 처리과정이 분리되어 있다는 가정을 시사한다.

그러나 동시실인증 환자들이 통합된 전체를 전혀 지각하지 못하는 것은 아니다. Darlymple et al.,(2007)에 의하면 동시실인증 환자가 과일과 채소들로 구성된 얼굴 그림으로 잘 알려진 아르심볼도의 그림(그림 2)에서 얼굴을 지각할 수 있었다. 그리고 여러 개의 작은 글자들이 배열하여 큰 글자를 구성하는 Navon 과제에서도 작은 글자들 간의 밀집도와 전체 자극의 크기에 따라서 전체적 글자의 포착이 가능하다는 보고도 있는데 (Darlymple et al., 2007; Kimchi, 1994), 이러한 연구 결과들은 전체 처리 기제와 부분 처리 기제가 분리되어 있으나 이분법적으로 구분되는 배타적 관계가 아닐 수 있다는 가능성을 시사한다.



그림 2 아르시볼도의 대표작 “채소 기르는 사람”

난독증 (Dyslexia)

난독증은 적절한 훈련, 기회 및 정상적인 지능에도 불구하고 읽기 학습에 어려움을 겪는 신경인지 장애이다 (Ali et al., 2021). 난독증을 설명하는 여러 이론이 있는데, 매그노셀룰러 경로 손상으로 인한 시간적 처리(Temporal processing) 저하(Stein, 1997), 신속한 신경 적응기능 저하(rapid neural adaptaion) (Perrachione et al., 2016), 소뇌 손상 이론(Ashburn, Flowers, Napoliello, & Eden, 2020), 행동 통제(Control of Action), 즉 감독적 주의 기제(Supervisory Attentional System)의 기능 저하로 인한 자동성(automaticity) , 집행기능(executive function), 작업기억(working memory)의 손상 (Ali et al., 2021) , 음운론적 이론(Phonological Theory) (Ali et al., 2021) 등이 있다.

이 중 본 연구와 관련있는 이론이 난독증의 매그노셀룰러 이론이다. 여러 연구들에 의해, 난독증이 시각계의 매그노셀룰러 경로의 기능 저하에 기인한다는 가설이 제시되었다 (Bednarek & Grabowska, 2002; Houpt, Sussman, Townsend, & Newman, 2015; Sigurdardottir, Olafsdottir, & Devillez, 2021). 특히 Stein(1997)에 의하면, 발달난독증은 시각과 청각입력의 배열을 방해하는 잘못된 시간처리가 특징이며, 이는 매그노셀룰러 경로의 발달이 저하된 결과일 수 있다. 매그노셀룰러 경로 이론은 시간처리 결핍에 국한될 뿐만 아니라 손상된 주의력, 주의력을 처리하는 과정에서 나타나는 인지기능에도 영향을 준다고 주장한다(Ali S. A., 2021). 매그노셀룰러 경로는 낮은 공간 주파수 자극, 운동정보, 무채색, 낮은 대비 자극에 민감한 반면 파보셀룰러 경로는 높은 공간 주파수 자극과 높은 대비 정보를 처리하는 데 관여하는데, 난독증이 M 경로 장애에 기인한다고 가정되는 증거 중 하나는 난독증 환자들에게서 발견되는 대비 민감도에 대한 이상징후이다. 난독증 환자들은 낮은 공간 주파수 자극에 대해서 정상인보다 더 높은 휘도 대비 민감도를 보이는데, 높은 휘도 대비 민감도는 읽기 및 쓰기 능력 저하와 유의한 상관관계가 있다. 즉, 휘도 대비에 대한 과민 반응이 읽기 능력에 영향을 미친다는 것을 시사한다(Bednarek & Grabowska, 2002). 또한 난독증이 있는 사람들은 얼굴 및 기타 시각적으로 복잡한 물체에 대한 인식이 손상되는 것으로 관찰되는데, 특히 시각 물체의 부분 기반 처리에서 특별히 손상될 수 있다는 연구 결과가 보고된다(Sigurdardottir et al., 2015). 또 다른 연구에 의하면, 얼굴과 집 이미지의 세부특징적 정보(featural information)와 형태적 정보(configural information)를 조작하여 난독증 환자가 특정 유형의 대상을 인식하거나 특정 시각 처리 메커니즘을 활용하는데 불리한지 여부를 관찰했을 때, 난독증 환자들이 보이는 시지각적 문제가 특정한 대상 유형에 국한되는 것이 아니라, 정상인들이 세부특징적 처리와 형태적 처리를 대부분 명확하게 분리해서 처리할 수 있는 반면에, 난독증 환자들은 단일 프로세스에 의존하는 것으로 관찰되었다. 이러한 현상은 얼굴과 집 모두에서 발생했으며 특정 시각 범주에 국한되지 않았다. 이러한 연구

결과는 난독증 환자들이 보이는 읽기능력 저하가 대상 인식을 위한 단일 프로세스에 의존한다는 것을 시사한다(Jozranjbar, Kristjansson, & Sigurdardottir, 2020).

2.2 시각정보의 전체처리와 부분처리

수십 년 동안 축적되어 온 시지각 연구에서 중요한 주제 중 하나는 "전체(whole)"와 "부분(part)"의 문제이다. 이 주제에 대해서, 부분들이 모여서 전체를 이루는가(integration)와 전체를 분석해서 부분을 인식하는가(segmentation)의 논쟁이 지속되어 왔으며, 이는 곧, 전체를 먼저 처리하는지, 부분을 먼저 처리하는지의 문제와 연결된다(Navon, 1977). 또한 시각 시스템은 구조론자가 가정한 것처럼 낮은 수준의 단위를 먼저 처리한 다음 더 높은 수준의 단위를 구성하는지, 아니면 게슈탈트 심리학자들이 제안한 것처럼, 물체의 글로벌 형태가 먼저 인식되고 그 다음에 로컬 구성 요소로 분석되는 것인지의 문제 또한 여전히 논쟁 중이다 (Sanocki & Sellers, 2001).

이러한 논쟁이 진행되면서, 대상의 전체 처리와 부분 처리에 관한 많은 연구가 이루어져 왔는데, 전체적/부분적 처리(Holistic/part-based processing), 글로벌/로컬 처리(Global/local processing), 형태적/세부특징적 처리(configural /featural processing) 등이 대표적인 가설들이다 (Rivest, Moscovitch, & Black, 2009). 이러한 여러 연구들은 유사하면서도 조금씩 다른 개념으로 대상 지각의 전체와 부분의 문제를 다루고 있다.

우선, 전체적/부분적 처리(Holistic/part-based processing)는 게슈탈트 심리학(Gestalt psychology)에서 사용하는 용어로, 지각된 내용을 어떻게 하나의 전체로 통합하고, 분리된 자극들을 어떻게 의미 있는 유형으로 체제화 하는지에 관한 원리들을 제공한다. 게슈탈트 심리학에서의 전체는 분할할 수 없는 어떤 것이라는 의미를 갖고 있으며, 전체는 부분의 합 이상이라는 지각적 경험을 설명한다.

글로벌/로컬 프로세싱(Global/local processing)은 Navon 과제로 알려진 과제를 통해서 많이 연구되었다. 글로벌 처리와 로컬 처리의 기초가 되는 메커니즘을 연구하기 위해 Navon 은 작은 글자(로컬 수준)들이 적절한 배열로 구성된 큰 글자(글로벌 수준)로 구성된 복합 자극을 사용했다(Navon, 1977; Poirel, Pineau, & Mellet, 2008). 이 과제를 이용한 연구들을 통해, 글로벌 형태(Global form)가 로컬 형태(local form) 보다 먼저 처리된다고 하는 글로벌 우선 효과(Global precedence effect)가 알려져 있는데(Kimchi, 1994; Navon, 2003; Lawson, 2007), 이 글로벌/로컬 프로세싱의 연구 영역에서는 이 현상을 주로 주의의 크기 문제로 설명하고 있다. 지각적 현출성(perceptual saliency)을 가진 자극이 주의를 포착하는데, 글로벌 형태가 로컬 형태보다 더 현저하기 때문에 주의를 끌어당기고, 이로 인해 글로벌 우선 효과가 나타난다고 주장하며, 이 글로벌 우선 효과 때문에, 글로벌 형태가 로컬 형태의 처리를 간섭하는 현상이 나타난다고 설명한다(Navon, 1977; Kimchi, 1994). 그러나, 다른 연구들에서는 반대로 로컬 형태가 글로벌 형태를 간섭하는 현상이 보고되기도 한다 (Navon & Norman, 1983; Kimchi, 1994; Poirel, Pineau, & Mellet, 2008). 이러한 효과는 로컬 형태들의 크기, 위치, 거리, 배열 등이 달라지면, 지각적 현출성에 변화를 일으키고, 이로 인해 로컬 우선 효과가 나타나기도 한다는 주장도 있다 (Kimchi, 1992; Huberle 2010). 이러한 상반된 연구 결과들은 글로벌 우선 효과가 절대적이지 않다는 것을 시사한다.

유사한 개념의 또 다른 이론은 형태적 처리(configural processing)와 세부특징적 처리(featural processing)이다. 이때 형태(configuration)는 세부특징(feature)들 간의 공간적 관계로 전체 형태(configuration)가 만들어진다고 정의하고 (Maurer, 2002), 이것의 대표적인 분야가 얼굴 지각 분야이다 (Farah, 1996; Farah et al., 1998; McKone, 2009). 반면에 세부특징적 처리는 자극을 구성하는 부분적인 요소들을 분석한 후 통합하는 방식을 의미하며, 얼굴을 제외한 일반적인 대상인식(object perception)의 처리 방식으로 간주된다. 또한 일부 연구자들은 세부특징적 처리는 단어 인식의 중요한 처리

방식이라고 주장하기도 한다 (Farah, Wilson, Drain, & Tanaka, 1998). 또한, Brady, Darmody, Newell 및 Cooney (2020)는 난독증이 단어에 대한 형태적 처리의 오류에 기인한다는 연구결과를 보고하기도 했다(Jozranjbar et al., 2020).

일반적으로 얼굴 인식에는 얼굴의 개별적인 특징 (입, 코 등)에 대한 정보 처리뿐만 아니라 이러한 특징들의 공간적 관계나 구성에 대한 정보도 처리된다고 알려져 있다(Farah et al, 1998). 그러나 얼굴 인식에 세부특징적 처리와 형태적 처리가 상대적으로 기여하는 정도에 대해서는 논란의 여지가 있다. 극단적인 입장으로는 얼굴 인식은 형태적 처리가 지배적이며, 세부특징적 처리는 거의 또는 전혀 역할을 하지 않는다고 주장되기도 한다. 온건한 입장에서는 얼굴 인식이 주로 형태적 정보처리를 기반으로 하지만 세부특징적 처리의 역할도 인정한다 (Farah et al., 1998; Tanaka & Farah, 1993).

이렇듯, 이 두 가지 유형의 처리방식(형태적 처리와 세부특징적 처리)의 차이를 정확하게 구분하는 데는 여전히 논쟁의 여지가 있다 (Rivest, Moscovitch, & Black, 2009). Amishav & Kimchi(2010)는 형태적 정보가 얼굴 지각의 과정을 주도한다는 주장에 반대하며, 세부특징적 정보와 형태적 정보 모두 얼굴 지각에 필수적이고 한 유형의 정보가 다른 유형보다 우세하지 않다고 주장한다. 이들은 어느 쪽이 상대적으로 우세하기보다는 세부특징적 정보와 형태적 정보의 통합성이 얼굴 인식의 특징이라고 주장한다 (Amishav & Kimchi, 2010).

한편, 형태적 처리가 지각적으로 더 선행한다는 연구결과들이 보고되는데, 이러한 연구 결과는 인간의 지각 시스템이 세부특징적 속성보다 형태적 속성에 더 민감할 수 있음을 시사하는 것으로 보인다. 앞서 언급했듯이 형태적 속성은 세부특징들 간의 관계로 정의된다. 세부특징들 간의 상호 관계가 세부특징 자체보다 더 현저해서 형태적 속성이 세부특징적 속성보다 더 빨리 처리될 수 있다는 주장이다 (Pomerantz, Sager, & Stoever, 1977; Kimchi & Bloch, 1998). 이렇게 형태적 판단이 세부특징적 판단보다 반응 시간이 더 빠르다는

결과는 형태적 처리의 우위성과 글로벌 우선 효과(Global precedence effect)와 관련이 있을 수 있다 (Kimchi & Bioch, 1998; Poirel et al, 2008).

그러나, 글로벌 우선 효과를 만들어내는 Navon 과제 수행 시, 과제에 필요한 처리 수준을 변화시킴으로써 점화효과(Priming effect)를 일으키거나 로컬 요소의 크기나 요소들 간의 거리를 조정함으로써, 로컬 우선 효과가 나타나기도 한다는 연구 결과들에 의하면 이러한 글로벌 우선 효과나 형태적 처리가 지각적으로 선행한다는 주장이 절대적인 것은 아니라고 추정할 수 있다 (Filoteo, Friedrich, & Stricker, 2001).

2.3 용어의 정의: 관계적 처리와 요소적 처리

이와 같이 대상 지각의 전체 처리 과정과 부분 처리 과정에 대해서, 이론가들마다 다른 관점에서 다른 처리 단계, 다른 기능적 정의를 내리고 있으면서도, 그 개념적 범주가 서로 밀접하게 얽혀 있어 분류하기가 애매한 경우가 많다.

대상 지각 분야, 특히 얼굴 지각 분야에서 전체적 처리를 의미하는 용어로, 관계적 (relational)이라는 용어와 형태적 (configural)이라는 용어는 거의 동의어로 사용된다 (Piepers & Robbins, 2012).

반면, 같은 분야에서 세부특징 (feature)이라는 용어는 부분요소의 의미로 사용되는데, 이 용어는 부분 요소라는 개념을 명확하게 지칭하지 못한다는 모호함을 갖고 있다. 예를 들면, 색, 선, 방향 등 독립적으로 존재할 수 없는 대상의 속성을 의미할 수도 있고, 눈, 코, 입과 같이 독립적으로 존재하기도 하면서, 한데 모여 하나의 창발적 (emergent)인 대상(예를 들면 얼굴과 같은)을 만들어 내는 것으로서의 부분요소를 의미하기도 한다. 따라서, 얼굴을 처리하는 과정을 형태적 처리 (configural processing), 일반 대상 지각을 처리하는 과정을 세부특징적 처리 (featural processing)로 지칭할 때, 이때의 세부특징이 색, 선, 방향 등의 대상의 속성을 의미하는지 눈, 코, 입 등과 같은 독립적 지위

를 갖는 부분 요소를 의미하는지 불분명하다. 또한 형태(configuration)도 하나의 큰 세부특징(feature) 일 수 있다는 지적 (Kimchi, 1994)이 더해지면, 이 세부특징이라는 용어는 더 모호해진다. 그리고 이러한 형태적 처리가 얼굴 지각에 특화된 처리기제가 아니라 일반 대상을 처리하는데도 작용한다는 주장들이 제기되어 왔다 (Juttner, Wakui, Petters, & Davidoff, 2016; McKone, 2009; Piepers & Robbins, 2012).

이러한 쟁점들에 근거하여, 본 연구에서는 얼굴 지각 분야뿐 아니라 일반적인 대상 인식의 시각처리를 포괄하여 설명할 수 있는 용어의 사용을 제안하고자 한다.

본 연구에서는 시각적 장면의 전체 형태가 부분적 요소들 간의 공간적 관계에 의해서 구성된다고 가정한다. 그래서 본 연구에서는 전체와 부분을 처리하는 과정을 관계적 처리(relational processing)와 요소적 처리(elemental processing)라는 용어로 각각 정의했다. 여기에서 전체는 시각체를 구성하는 부분 요소들 간의 “공간적 관계” 로 이루어진 전체적인(global) 형태를 의미하며, 요소적(elemental)이라는 용어는 전체 시각체를 이루는 부분적인 구성원을 의미한다. 이 때, “요소(element)” 는 독립적인 한 대상으로 존재할 수도 있고, 부분적 위치를 차지하면서 전체 장면의 일부를 이루는 것을 의미한다. 즉, 공간적으로는 지역적(local)이고, 크기적으로는 작다는 의미를 포함한다는 측면에서는 세부특질(feature)과 동일하지만, 독립적인 한 대상으로 존재할 수 있다는 의미에서 세부특질(feature)과 구분된다.

본 연구에서 “공간적 관계” 를 핵심으로 보는 이유는, 시지각 시스템이 물리적인 정보를 있는 그대로 처리하는 시스템이 아니라, 정보들 간의 관계에서 오는 차이, 즉 대비를 지각하는 시스템이라는 특징이 있기 때문이다.

그러므로, 본 연구에서는 부분요소들이 모여 관계를 이룸으로써 만들어지는 전체적 모양에 대한 처리 과정을 "관계적 처리(relational processing)"라고 부르고, 독립적으로 존재할 수 있는 대상이면서, 전체 장면의 일부를 차지하는 부분적 요소에 대한 처리 과정을 "요소적 처리(elemental processing)"라고 지칭하겠다.

2.4 기존 연구의 한계점

논문의 도입부에서 이미 기술한 바와 같이, 본 연구에서는 자극의 물리적 속성과 인지적 맥락이 시각 정보의 전체적 처리와 부분적 처리 과정에 미치는 영향을 살펴볼 것인데, 본 연구에서 다루고자 하는 자극의 물리적 속성은 휘도(luminance)와 대비(contrast), 그리고 크기(size)이며, 인지적 맥락은 선택지의 수(number of alternatives), 보다 정확하게는 잠재적 선택지의 수(potential number of alternatives)이다. 이 요인들에 대한 기존의 이론들과 한계점을 살펴보고, 이에 근거하여 본 연구의 필요성에 대해 살펴보겠다.

2.4.1 휘도(Luminance)와 대비(Contrast)

반응시간에 영향을 미치는 자극의 물리적 속성에 관해 본 연구에서 다루는 첫 번째 요소는 휘도와 대비이다.

휘도(luminance)는 광원에서 방출되는 빛이나, 물체에서 반사되는 빛의 양을 객관적으로 측정하는 것이다(Wiszecki and Stiles, 1967).

대비(Contrast)는 물체를 다른 물체와 또는 배경과 구별하게 하는 시각적인 특성의 차이를 말한다. 즉, 대비는 한 시야 안에서 한 대상과 다른 대상의 색과 밝기의 차이로 결정된다. 대비가 중요한 이유는 시각시스템이 대비에 반응하는 메커니즘으로 작동되기 때문이다. (R. M. Shapley, 1985)

대비를 정의하는 방식에 여러 가지가 있는데, 단순 대비(Simple Contrast: C_{simple}), 웨버 콘트라스트(Weber Contrast: C_w)와 미켈슨 콘트라스트(Michaelson Contrast: C_m) 등이다(Kukkonen, Rovamo, Tiippana, & Näsänen, 1993).

단순 대비(Simple Contrast: C_{simple})는 큰 휘도를 작은 휘도로 나누어주는 것으로 정의되는데, 실세계의 휘도에는 유용하지 않다. 왜냐하면 인간의 시각체계는 더 복잡한 특성에 반응하는 시스템이기 때문이다.

$$C_{\text{simple}} = L_{\text{max}} / L_{\text{min}}$$

웨버 콘트라스트(C_w)는 주로 넓은 배경에 작은 물체가 있는 경우에 사용된다. 즉 평균 휘도가 배경 휘도와 비슷할 때 사용된다. 두 휘도의 차이를 작은 휘도로 나누어주는 방식으로 계산된다.

$$C_w = (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / L_{\text{min}}$$

미켈슨 콘트라스트(C_m)는 인접한 두 대상의 휘도차를 두 대상의 휘도 합으로 나눈 것으로 정의된다.

$$C_m = (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / (L_{\text{max}} + L_{\text{min}})$$

이와 같이 정의되는 휘도(luminance), 대비(contrast) 외에 파장(wavelength), 방향(orientation), 운동(motion) 등에 대한 탐지(detection)와 식별(discrimination)의 메커니즘에 대한 연구는 많이 되어왔다. 그러나 우리의 일상생활에서 작동하는 시각시스템은 탐지와 식별 이상의 더 복잡한 행동을 하기 위해 필요하다. 역치(threshold)를 측정하는 것은 이론적인 면에서는 매우 중요하고 필요하지만, 우리가 실제로 "본다"는 기능에 대해서는 많은 것을 설명해주지는 않는다(Georgeson, 1991). 게다가 우리의 시지각 메커니즘이 빠르고 능숙하게 작동하지만, 여전히 어두운 환경(0.5 cd/m² 이하)에서는 밝은 환경과는 달리 분명한 제약이 있다(Zele & Cao, 2014). 그러나 기존 문헌들은 주로 밝은 환경에서의 시지각 시스템에 대한 연구를 위주로 수행하기 때문에 어두운 환경에서 자극을 탐지하거나 식별할 때의 시지각 시스템의 메커니즘에 대해서는 지식이 부족하다(M. G. Hunter, B.; Olk, B.,

2017). 그러므로 본 연구에서는 휘도와 대비가 우리의 행동에 미치는 영향에 대해 보다 체계적으로 살펴보려고 한다.

2.4.2 크기 조정 과정 (Size Scaling)

외부세계에 있는 대상의 정체를 파악하는 것은 인간의 생존에 있어서 중요한 인지능력의 하나이다. 대상의 정체를 파악하는데 사용되는 시시각 기능의 놀라운 점은, 우리의 망막에 입력되는 정보가 시시각각 달라짐에도 불구하고 시각의 항상성(perceptual constancy)을 유지한다는 점이다. (Sperandio & Chouinard, 2015; Holway, 1941)). 즉, 대상을 보는 위치와 방향, 대상과의 거리, 빛의 유무 등에 따라서 대상의 모양과 크기와 색깔에 대한 정보가 다르게 입력되지만 우리는 대상을 같은 것으로 인식하고 파악하는데 어려움을 겪지 않고 일상생활을 유지한다. 물체와 관찰자 사이의 거리가 달라지면 망막에 맺히는 이미지의 크기가 달라진다. 이때 우리는 망막에 맺히는 이미지의 크기가 거리에 따라 달라져도 어떤 대상의 크기를 같은 것으로 지각하게 되는데 이를 크기 항상성이라 부르고, 이는 우리가 기존에 알고 있는 물체의 크기와 현재 지각되는 물체의 크기 사이에 조정과정(size scaling)을 거쳐서 이루어진 결과라고 추정할 수 있다. (Pantle & Sekuler, 1968; Sperandio & Chouinard, 2015; Graf, 2006)). 이러한 크기 조정의 개념은 심적 표상이 시각적 이미지 형태(mental imagery)이며 아날로그 방식으로 변형될 것이라는 가정을 전제로 한다 (Muthukumaraswamy, Johnson, & Hamm, 2003; Kosslyn & Ochsner, 1994).

크기 지각에 관한 기존의 연구들에 의하면, 우리가 시각 자극을 처리함에 있어 서로 다른 크기의 자극이 제시될 때 반응의 양상이 다름을 보여주었다. 기존의 여러 연구들에서 보고된 바에 의하면, 실험참가자에게 두 대상을 제시하고, 일치 여부를 판단하는 과제를 수행하게 하면, 대상의 크기 비율에 따라서 일치 여부를 판단하는데 필요한 반응시간이 증가한다. 연구자들은 이러한 결과에 대해서 두 대상이 같은지 다른지를 판단하기 위해서, 크기가 다른 두 대

상의 표상을 조정하는 심적 과정(mental size scaling)이 필요하며, 이 심적 과정을 수행하는데 시간이 걸린 것이라고 해석한다 (Bundesen & Larsen, 1975; Bundesen, Larsen, & Farrell, 1981; Jolicoeur, 1987; Sekuler, 1972; Cave & Kosslyn, 1989). Larsen(1985)에 의하면, 이러한 과정에는 세가지 단계가 수행되는데, 첫째, 자극 중 하나의 시각적 표현을 정신적 이미지로 부호화하는 단계, 둘째, 표현된 크기와 방향이 다른 자극의 시각적 표상으로 점차 변하도록 이 이미지를 변화시키는 단계, 셋째, 이 표상을 변화된 정신적 이미지와 일치시키는 단계로 나눌 수 있다(Bundesen and Larsen 1975; Larsen et al. 1999). 이러한 연구 과정에서, 크기 비율을 동일하게 유지하면서 형태의 절대 크기를 변화시켰을 때 반응 시간은 절대 크기 차이가 아니라 크기 비율에 의존한다는 것을 관찰했다. (Besner, 1983; Bundesen & Larsen, 1975; Bundesen et al., 1981).

또한, 자극이 예상하지 않은 크기로 제시될 때보다 예상된 크기로 나타날 때 더 빠르게 반응했으며, 예상 크기와 실제 크기 사이의 불일치가 증가함에 따라 반응 시간도 증가한다는 결과를 보고했다(Larsen & Bundesen, 1978; Jolicoeur, 1987; Kolers, Duchnicky, & Sundstroem, 1985). 그리고, 이들의 연구와 맥락을 같이하는 기존의 여러 연구들에 의하면, 기억되어 있는 대상의 크기와 지각되는 대상의 크기가 같을 때 재인시간이 짧고, 이러한 현상을 크기 일치 효과(size congruency effect)라고 한다(Jolicoeur, 1987). 또한, 기억되는 대상의 크기와 지각되는 대상의 크기 차이가 클 때 재인시간이 길어지는데 (Bundesen & Larsen, 1975; Jolicoeur, 1987; Larsen & Bundesen, 1978; Szubielska & Bałaj, 2018), 이때 지각 표상의 크기가 작을 때 재인시간이 더 길어지는 경향성이나 오반응이 더 커지는 경향이 있다고 보고된다 (Szubielska & Bałaj, 2018; Cave & Kosslyn, 1989; Jolicoeur, 1987). 그러나 이러한 경향이 일관성있게 나타나지 않기 때문에 여러 연구자들은 크기 조정에 있어서 방향성이 없다고 추정한다. (Szubielska & Bałaj, 2018; Cave & Kosslyn, 1989)

한편, 지금까지 크기 조정 과정을 위해 수행된 연구들에서 사용된 자극들이 다양한 종류였음에도 불구하고 (예를 들어, 추상적인 형태, 막대 형상, 선 그림, 자연물의 이미지, 얼굴과 글자 등), 이 연구들은 주로 대상의 전체적인 모양에 초점을 맞춘 연구들이라고 할 수 있다 (Jolicoeur, 1987; Kolers et al., 1985; Milliken & Jolicoeur, 1992; Standing, 2008; Uttl, Graf, & Siegenthaler, 2008). 이는 시각 정보가 가지는 특성 중 일부만을 다루는 연구이기 때문에 크기 조정 과정의 메커니즘에 대한 근본적인 이해에 도달하기에는 부족하다고 할 수 있다.

또한, 이 크기 조정이 자극의 유형에 따라 다르게 작용한다는 연구 보고가 있는데 (Kolers et al., 1985), Kolers 등에 의하면, 얼굴자극은 크기 변화에 영향을 받았고, 단어는 거의 영향을 받지 않았다. Kolers 와 동료들은 이러한 결과를 얼굴과 단어라는 자극 범주의 차이 때문이라고 해석했다. 그런데, 시각 처리의 이중코드가설(dual code hypothesis)(Farah, Wilson, Drain, & Tanaka, 1998; Rivest et al., 2009) 에 의하면, 얼굴과 일반 대상은 처리 경로가 다르며, 얼굴은 형태적 처리(configural processing)에 의해서, 그리고 집 등의 일반 대상은 세부특징적 처리(featural processing)에 의해서 처리된다고 제안한다. 그렇다면, 이중코드가설에서 얼굴과 대비되는 일반대상의 가장 극단에 위치한 단어, 즉 세부특징적 처리의 가장 대표적인 예라고 할 수 있는 단어가, 크기 효과 차이에서 얼굴과 다르다는 것이 자극 범주가 달라서인지 처리 방식이 달라서인지를 구분하기 어렵다. 즉, 크기 조정 효과가 영역 특정적(domain specific)인 것인지, 영역과 상관없이 프로세스 특정적(process specific)인 것인지를 의문이 제기된다.

본 연구에서 크기 조정 과정에 대해 주목하는 또 다른 이슈는 크기 조정의 방향성이다. 지금까지 보고된 연구결과들에 의하면, 이 문제에 대한 일관된 합의가 없다 (Craddock & Lawson, 2009). 어떤 연구들은 더 큰 모양들이 더 많은 인식 시간을 필요로 한다고 보고했고(Bennett & Warren, 2002; Bundesen & Larsen, 1975; Craddock & Lawson, 2009; Jolicoeur, 1987; Larsen & Bundesen, 1978; Kolers, Duchnicky, & Sundstroem, 1985;

Milliken & Jolicoeur, 1992; Muthukumaraswamy et al., 2003; Szubielska, 2015), 반면에 다른 연구자들은 이와 반대되는 결과를 보고했다 (Cave & Kosslyn, 1989; Jolicoeur, 1987; Kolers et al., 1985; Milliken & Jolicoeur, 1992). Larsen 과 Bundessen(1978)은 이러한 비일관적인 반응 패턴을 체계적인 차이가 아니라 사소한 절차적 변화로 해석했다 (Muthukumaraswamy et al, 2003). 그러나 본 연구에서는 크기 조정의 방향성에는 시각을 처리하는 서로 다른 체계적 메커니즘이 반영될 수 있다고 가정하는데, 이는 지각 표상이나 기억표상을 확장하거나 축소하는데 따라 필요한 정신적 자원이 다르게 배분될 것이라고 추정하기 때문이다 (Tombu & Jolicoeur, 2002).

2.4.3 선택지의 수(Number of Alternatives)

반응속도에 영향을 미치는 세 번째 요소로 본 연구에서 다루는 요소는 잠재적 선택지의 수이다.

1952 년에 W. E. Hick 은 Quarterly Journal of Experimental Psychology 에 "정보 획득 속도에 관하여 (On the rate of gain of information)" 라는 논문을 발표했다. 이 논문에서 Hick 은 선택 반응 시간과 자극-반응의 선택지 (alternatives)의 수와의 관계를 수학적으로 표현했다. Hick 의 법칙 또는 Hick-Hyman 법칙이라고 알려진 그의 연구 결과는 $RT = a + b \log_2(n)$ 또는 $RT = a + bH$ (여기에서 H는 정보 이론에서의 엔트로피, 정보량을 의미한다)라는 공식으로 표현되며, 자극에 대한 반응 시간이 자극-반응 선택지의 수에 대해 로그 함수로 증가한다는 것으로, 선택해야 하는 자극이 많을수록 결정하는데 시간이 더 오래 걸린다는 법칙이다(Foractor & Schnider, 2018). 여기에서 Hick 은 반응시간이 각 자극에 어떤 반응이 주어

질 것인지에 대한 객관적 불확실성과 관련이 있다고 추정하며, 정보를 추출하는데 걸리는 시간은 추출한 정보의 양에 비례한다고 주장했다(Hick, 1952).

Hyman(1953) 역시, 일반적인 반응시간 실험에서는 한 개의 자극이 아니라 제시될 가능성이 같은 두 자극 중 하나에 차등적으로 반응해야 할 때, 참여자의 반응시간이 더 증가한다고 주장했다. 이러한 연구 결과는 Hick 과 Hyman 이전에 이미 Merkel 에 의해서 보고된 바 있는데, 1~10 개의 선택지를 사용해서, 참여자가 여러 개의 가능한 선택지 중 하나의 자극에 반응해야 할 때, 선택지의 수에 따라 반응시간이 늘어난다는 것을 관찰했다. 똑같이 유력한 두 가지 선택지 중 하나가 아니라, 여러 개 중 하나에 대해 반응해야 할 때, 시간이 더 많이 걸린다는 것이다 (Hick, 1952). Hyman 에 의하면, 통신 이론에서 메시지가 전달하는 정보의 양은 선택될 가능성이 있는 메시지의 수에 대한 함수라고 정의되므로, 자극과 반응시간의 관계에 대한 이러한 현상은 현대 커뮤니케이션 이론의 관점에서 볼 때, 그 의미가 더 커진다. 왜냐하면, 참여자의 반응 시간이 이러한 정보의 정의와 유사한 방식으로 행동하는 것처럼 보이기 때문이다. 참여자가 자극을 선택했을 때, 반응 시간은 자극을 선택할 수 있는 가능한 자극의 수에 대한 함수이다. 따라서 선택 반응 시간 실험은 통신 시스템의 모델로 간주 될 수 있다(Hyman, 1953).

Hick 과 Hyman 의 법칙에서 다루고 있는 자극-반응 선택지의 수에 대한 법칙을 실제적 선택지(actual alternatives)에 대한 법칙이라고 볼 수 있다. 자극 각각에 대해 다른 반응을 해야 할 때, 자극과 연합된 반응이 각기 다르므로, 자극-반응의 수가 늘어날수록 기억해야 하는 정보의 양도 늘어나므로 제시된 자극에 대한 반응을 선택하는데 더 시간이 많이 들것이다. 그런데, 본 연구에서는 실재하는 선택지의 수뿐만 아니라, 잠재적 선택지의 수도 인지적 맥락(cognitive context)을 형성하면서 불확실성을 증가시켜, 과제를 수행하는 반응시간에 영향을 미칠 수 있을 것이라고 가정한다. 즉, 제시되는 자극에 대해서 해야하는 반응은 동일한데, 자극이 제시될 “가능성이 있는 자극의 수”가 증가할 때에도 반응시간에 영향을 미치는지를 탐구할 필요성이 있다. 왜냐

하면, 우리의 마음 속에는 현실태 (actuality) 뿐 아니라, 가능태 (potentiality)를 처리하는 기제도 있을 것으로 추정할 수 있기 때문이다.

3. 연구 내용

3.1 [실험 1] 대비수준이 단순반응행동에 미치는 영향

실험 1에서는 자극의 물리적 속성인 대비와 크기가 인지적 처리단계의 개입이 최소화된다고 가정되는 단순반응행동(simple reaction)의 반응시간에 미치는 영향을 탐색한다.

시각 자극에 반응하는 단순 반응 시간(SRT · Simple Reaction Time)은 자극 강도, 크기, 제시 시간 등의 여러 가지 물리적 특성에 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Carreiro, Haddad, & Baldo, 2003).

실험 1에서는 자극의 강도에 영향을 미치는 물리적 속성 중 대비수준과 크기가 단순반응시간에 미치는 영향을 탐색하기 위해서 대비수준을 등휘도 조건(isoluminance condition), 저대비 조건(low luminance contrast), 중간대비 조건(medium luminance contrast), 고대비 조건(high luminance contrast)의 4 가지 수준으로 나누고, 자극의 크기를 높은 공간주파수 자극과 낮은 공간주파수 자극으로 구분한다.

공간주파수의 높낮이에 따라 자극유형을 나누는 이유는 공간주파수의 차이가 탐지과제에서 반응시간의 차이를 만들어내는가를 관찰하기 위해서이다. 두 자극유형 간에 반응시간의 차이가 있다면, 반응시간이 짧은 쪽의 공간주파수가 지각적 현출성이 더 높아서 주의를 포착하기 때문이라고 해석할 수 있다.

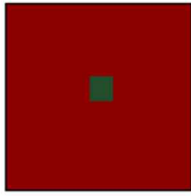
실험 1을 우선적으로 수행한 목적은 인지적 판단 과정이 들어가지 않는 단순 반응 시간을 측정하고, 실험 2와 실험 3에서 인지적 판단 과정을 추가함으로써 과제의 복잡성이 증가할 때의 반응시간 측정값과 비교하여 그 유형이 어떻게 변화하는지를 비교하기 위한 기초 자료를 얻기 위함이다.

3.1.1 연구방법

참여자 서울대학교 온라인 커뮤니티에서 모집한 정상시력을 가진 40 명(남 21, 여 19, 평균 연령 27.7 ± 4.1 세)의 성인이 연구에 참여했다. 서울대 IRB 승인을 받았으며, 참여자 전원의 사전 서면 동의를 얻었다

시각자극 자극 제시 및 반응 기록은 Python 기반의 실험용 소프트웨어인 Open Science Tools LTD. 사의 Psychopy (Peirce et al., 2019)를 사용했다. 시각자극은 두 가지 유형으로 제시되었다. 높은 공간주파수를 가진 자극은 도형 하나로 이루어진 자극이고, 시각도 (visual angle) 1° 이다. 낮은 공간주파수를 가진 자극은 도형 3 개로 이루어진 패턴자극이며, 시각도 5° 이다. 자극은 화면의 중앙에 제시됐다. 대비수준은 등휘도 조건 (isoluminance condition), 저대비 조건 (low contrast condition), 중간대비 조건 (medium contrast condition), 고대비 조건 (high luminance condition)의 4 수준으로 구성되었다 (그림 3).

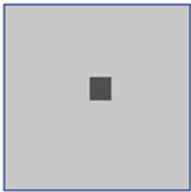
높은 공간주파수 자극



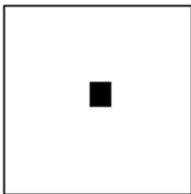
등휘도조건 (0.04)



저대비조건 (0.17)



중간대비조건 (0.3)



고대비조건 (0.99)

낮은 공간주파수 자극

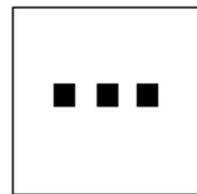
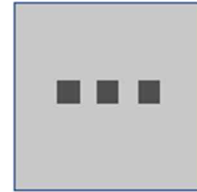
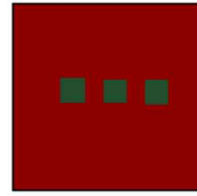


그림 3 <실험1>에서 사용된 자극의 대비수준과 자극유형

대비수준은 등휘도, 저대비, 중간대비, 고대비 조건으로 구분하고 (괄호 안은 Michelson Contrast), 자극 유형은 높은 공간주파수 자극과 낮은 공간주파수 자극으로 구분함.

휘도 측정에는 Konica Minolta 사의 Chroma Meter CS-100A 를 사용했고, 모니터에 제시된 자극에 휘도측정기를 최대한 근접시켜 측정했고, 한 자극당 5 지점의 휘도를 측정한 후 평균값을 본 실험의 휘도로 사용했다. 자극에 사용한 색의 CIE 정보와 휘도는 다음과 같다. 저대비 조건에서 배경은 휘도 2.26

cd/m² , CIE(x, y) = (0.269, 0.326), 타겟은 휘도 1.61 cd/m² , CIE (x, y) = 0.267, 0.330), 중간대비조건에서 배경은 휘도 8.09 cd/m² , CIE(x, y) = (0.267, 0.320), 타겟은 휘도 2.26 cd/m² , CIE (x, y) = 0.262, 0.344), 고대비 조건에서 배경은 휘도 116 cd/m² , CIE(x, y) = (0.267, 0.338), 타겟은 휘도 0.27 cd/m² , CIE (x, y) = 0.284, 0.288), 등휘도 조건에서 배경의 붉은색은 휘도 0.14 cd/m² , CIE(x, y) = (0.579, 0.237), 타겟의 녹색은 휘도 0.13 cd/m² , CIE (x, y) = (0.067, 0.526) 이다. 스크린의 평균 휘도는 등휘도 조건과 저대비 조건일 때는 10 cd/m² , 중간대비조건과 고대비 조건일 때는 30 cd/m² 이다(표 1). 본 연구에서는 기존 연구들과의 일관성을 위해서 미켈슨 콘트라스트를 사용한다.

표 1 <실험 1> 실험 1 에서 사용된 대비 수준 별 휘도 측정값과 대비

대비 수준	Background (cd/m ²)	Target (cd/m ²)	C _{simple}	C _w	C _m
등휘도	0.14	0.13	1.077	0.077	0.04
저대비	2.26	1.61	1.404	0.404	0.17
중간대비	8.09	4.43	1.826	0.826	0.3
고대비	116	0.27	430	428.6	0.99

C_{simple}: 심플 콘트라스트, C_w: 웨버 콘트라스트, C_m: 미켈슨 콘트라스트

실험절차 참여자는 화면과 60 센티미터 떨어져 앉았다. 연구자가 실험에 대한 간단한 설명을 하였고, 그 후 참여자는 동의서를 검토한 뒤 서명하였다.

스크린의 평균 휘도가 바뀔 때는 암순응과 명순응을 위하여 5 분의 적응 시간을 갖도록 했다. 암순응에는 대략 30 분 정도의 시간이 필요한 것으로 알려져 있지만, 여러 연구들에서 5 분 이상이면 암순응이 이루어진다는 보고가 있

고(Perez, Puell, Sanchez, & Langa, 2003; Hertenstein, Bach, Gross, & Beisse, 2016), 명순응에는 1-2 분 정도의 시간이 필요하다는 연구 결과(이창윤 & 오인욱, 2007)에 근거해서, 본 실험에서는 5 분을 암순응과 명순응에 충분한 시간이라고 판단했다.

참여자의 과제는 모니터에 시각자극이 나타날 때마다 빠르게 스페이스 바를 누르는 탐지과제(detection task)이다. 실험은 각 대비 조건 당 32 회의 시행으로 구성된 4 개의 회기로 수행되었으며, 한 참여자가 수행한 총 시행 수는 128 시행이다. 회기와 시행은 참여자마다 무작위로 제시되었다. 자극 간 제시 시간은 500 ms 와 5000 ms 사이에서 무작위로 제시되었다. 참여자는 모든 대비수준과 자극유형에 노출되었고, 반응시간을 측정했다.

3.1.2 연구결과

통계분석은 R 기반의 통계 프로그램 패키지 Jasp 0.16 을 사용했다. 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 실시한 결과 정규성을 충족하고 ($p > .130$), 레빈 검정(Levene's test)을 실시한 결과 등분산 가정을 충족했다 ($p = .318$).

대비수준에 대한 자극유형의 반응시간

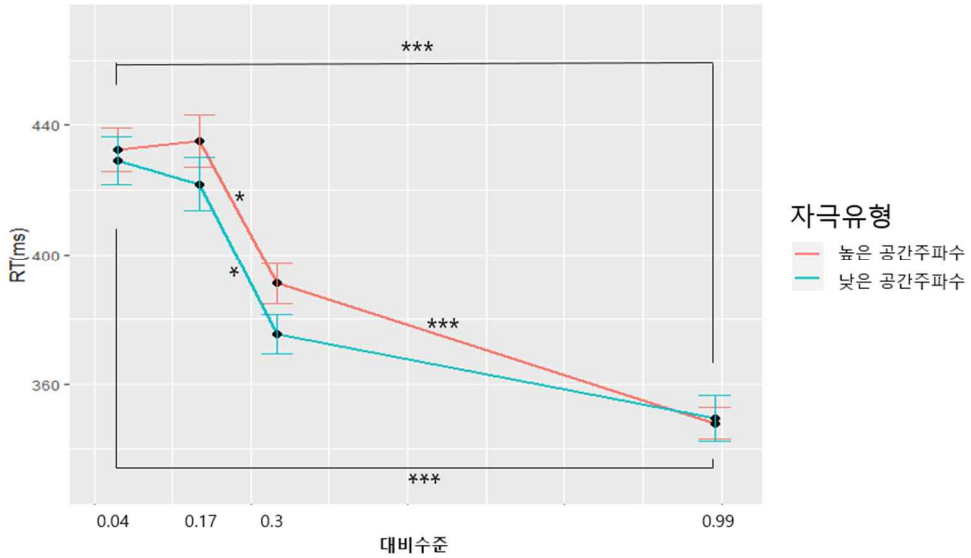


그림 4 <실험1> 대비수준에 대한 자극유형의 반응시간

x축의 대비수준은 0.04=등휘도조건, 0.17=저대비조건, 0.3=중간대비조건, 0.99=고대비조건이다. (에러바는 SE)

그림 4 에서 대비수준이 높아짐에 따라 반응시간이 짧아지는 것을 확인할 수 있다. 공간주파수의 높낮이에 따른 차이는 저대비 조건(0.17)과 중간대비 조건(0.3)일 때, 낮은 공간주파수 자극에 대한 반응시간이 더 짧은 경향성을 관찰할 수 있으나 통계적으로 유의하지는 않다.

표 2 <실험 1> 대비수준에 대한 자극유형의 반응시간

대비수준 (Cm)	자극유형 (공간주파수)	Mean RT(ms)	SE
등휘도(0.04)	높음	432.4	6.8
	낮음	428.9	7.4
저대비 (0.17)	높음	435.2	8.1
	낮음	421.8	8.3
중간대비 (0.3)	높음	391.0	6.2
	낮음	375.3	6.1
고대비 (0.99)	높음	347.9	4.9
	낮음	349.5	7.0

Cm: Michaelson Contrast

반응시간(SE)은 표 2 와 같이, 높은 공간주파수 자극의 경우, 등휘도 조건 432.4(±6.8)ms, 저대비 조건 435.2(±8.1)ms, 중간대비 조건 391(±6.2)ms, 고대비 조건 347.9(±4.9)ms 이다. 낮은 공간주파수 자극의 경우, 등휘도 조건 428.9 (±7.4)ms, 저대비 조건 421.8 (±8.3)ms, 중간대비 조건 375.3 (±6.1)ms, 고대비 조건 349.5 (±7.0)ms 이다.

표 3 <실험 1> 대비수준과 자극유형에 대한 반복측정 분산분석 결과

Cases	SS	df	MS	F	p	η ² p
대비수준(C)	357210.3	3	119070.1	75.664	< .001***	0.672
Residuals	174678.2	111	1573.678			
자극유형(S)	3909.273	1	3909.273	11.274	0.002***	0.234
Residuals	12829.76	37	346.75			
C * S	3742.358	3	1247.453	2.537	0.06	0.064
Residuals	54571.4	111	491.634			

대비수준과 자극유형에 대한 반복측정 분산분석 결과(표 3), 대비수준의 주효과 ($F(3, 27) = 75.664, p < .001$)가 관찰되었고, 자극유형의 주효과($F(1, 27) = 11.274, p = 0.002$)가 관찰되었다. 대비수준과 자극유형에 대한 상호작용 효과는 유의미하지 않았다.

표 4 <실험 1> 대비수준에 대한 사후분석

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	Pbonf	
고대비	등휘도	-82.328	6.435	-12.793	-2.075	< .001	***
	저대비	-79.607	6.435	-12.37	-2.007	< .001	***
	중간대비	-33.133	6.435	-5.149	-0.835	< .001	***
등휘도	저대비	2.721	6.435	0.423	0.069	1	
	중간대비	49.195	6.435	7.645	1.24	< .001	***
저대비	중간대비	46.474	6.435	7.222	1.172	< .001	***

표 4의 대비수준에 대한 사후분석 결과에 의하면, 대비 수준이 높아질 수록 반응시간이 작아지는데, 고대비 조건은 등휘도 대비보다 82.328 ms, 저대비 조건보다 79.607 ms, 중간대비 조건보다 33.133 ms 반응이 빠르고 이는 통계적으로 유의한 차이가 관찰된다 (각각 $t = -12.793, p < .001, t = -12.37, p < .001, t = -5.149, p < .001$). 등휘도 조건은 중간대비 조건보다 49.195 ms 반응시간이 길고, 저대비 조건은 중간대비 조건보다 46.474 ms 반응시간이 길고, 이 차이는 통계적으로 유의하다(각각 ($t = 7.645, p < .001$), $t = 1.172, p < .001$). 등휘도 조건과 저대비 조건은 유의한 차이가 없다.

표 5 <실험 1> 자극유형에 대한 사후분석

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	Pbonf
유형 1	유형 2	7.172	2.136	3.358	0.545	0.002**

유형 1: 높은 공간주파수 자극, 유형 2: 낮은 공간주파수 자극

표 5의 자극유형에 대한 사후분석에 의하면, 높은 공간주파수 자극에 대한 반응시간이 낮은 공간주파수 자극에 대한 반응시간보다 7.172 ms 길고, 이는 통계적으로 유의하다 ($t = 3.358, p = 0.002$).

실험 1에서는 대비 수준과 자극 유형의 차이가 인지적 처리단계의 개입이 최소화된다고 가정되는 단순반응행동 (simple reaction)의 반응시간에 미치는 영향을 살펴보았다. 실험 결과는 대비 수준이 높아질수록 반응시간이 짧아졌고, 공간주파수가 낮은 자극에 대한 반응시간이 더 짧으며, 등회도 조건과 저대비 조건 간에는 유의미한 차이가 없었다.

3.1.3 논의

본 실험의 결과는 시각 자극에 반응하는 단순 반응 시간은 자극의 강도, 크기, 제시 시간 등의 영향을 받을 수 있다는 기존의 연구 결과와 일치하며 (Carreiro et al, 2003), 지각적 현출성 (perceptual saliency)이라는 개념으로 해석할 수 있다. 시각 자극의 현출성은 휘도, 색상, 방향 등 자극이 가진 물리적 속성에 따라 결정되며, 자극의 물리적 속성과 주변 요소들과의 속성의 차이(또는 대비)에 따라서 현출성의 크기가 결정된다 (Treisman, 1985; Nothdurft, 1993). 그리고 초기 시각 처리 과정에서 시각 선택의 통제는 전적으로 자극의 물리적 속성에 의해 좌우되며, 상향식 정보처리 (bottom-up processing) 방식을 취한다는 기존의 이론과 일치한다 (Theeuwes, 2010). 상향식 정보처리는 대상의 모양, 색상, 대비, 움직임 등 대상이 가진 속성에 근거하여 정보를 처리하는 방식이다 (Goldstein, 2008; Solso, 2000). 이때 가

장 중요한 요인은 부분요소들의 대비인데, 한 요소가 주변요소들과 세부특징이 다르거나 자극의 강도가 다르면 지각적 현출성이 높아진다. 그리고 지각적 현출성이 높은 자극은 시각적 주의를 끌어당기는 역할을 한다(Cave & Wolfe, 1990; Nothdurft, 1993; Wolfe, Cave, & Franzel, 1989). 이에 대응되는 개념인 하향식 정보처리(top-down processing)는 의도나 목적, 기존 지식이나 기대, 맥락에 따라 감각 정보가 선택되고 해석되는 처리 과정이다. 즉, 낮은 차원의 물리적 속성들을 선택하고 해석할 때 높은 차원의 지식이나 기대가 작용하는 정보처리 방식을 의미한다. (Loftus & Mackworth, 1978; Solso, 2000).

본 실험의 과제는 단순반응행동인 탐지과제(detection task)이므로 하향식 정보처리는 최소한으로 동원되고, 상향식 정보처리를 요구하는 과제라고 추정된다. 그러므로 본 실험에서 관찰된 반응시간의 차이는 지각적 현출성의 차이라고 해석할 수 있다.

3.2 [실험 2] 자극의 크기가 지각적 처리에 미치는 영향

실험 2에서는 자극의 물리적 속성 중 자극의 크기가 지각적 처리에 미치는 영향에 대해 살펴본다.

서론에서 기술한 바와 같이, 기존의 크기 지각에 대한 연구 결과에 의하면, 크기를 지각하는 과정에서, 이미 알고 있는 지식인 기억 표상과 새로 입력되는 시각적 정보에 대한 지각 표상의 통합이 이루어진다고 가정하며, 이 통합 과정에서 두 표상의 크기가 다를 때 관계적 처리와 요소적 처리 간에 조정 과정의 양상이 어떻게 달라지는지를 살펴보는 것이 본 연구의 목적이다. 다른 크기의 두 표상을 일치시키는 과정에서 표상의 크기가 조절될 것이라고 가정할 수 있는데, 이 과정에서 조절의 방향성이 있는지, 그리고 방향성이 있다면 심적 자원이 표상의 확대 시에 더 많이 사용되는지, 표상의 축소 시에 더 많이 사용되는 가를 질문한다.

실험 2에는 실험 2-1에서는 패턴 자극에 대한 크기 조정과정을 살펴보고, 실험 2-2에서는 얼굴 이미지와 집 이미지를 사용하여 실제 대상(object) 이미지에 대한 크기 조정과정을 살펴보았다.

3.2.1 실험 2-1

본 실험은 동일한 패턴 자극에 대해서 판단 기준이 다른 과제를 수행할 때, 과제유형에 따라 크기조정의 반응양상이 다른지를 매치 투 샘플 패러다임(Match-to-sample paradigm)을 통해서 살펴본다.

3.2.1.1 연구방법

참여자 서울대학교 온라인 커뮤니티에서 모집한 정상시력을 가진 21 명(여성 12 명, 남성 9 명, 평균 연령 27.8 세)이 연구에 참여했다. 서울대 IRB 승인을 받았으며, 참여자 전원의 사전 서면 동의를 얻었다.

자극 자극 제시와 반응 측정은 Mathworks 사의 소프트웨어 매트랩 (MATLAB), 그리고 매트랩 상에서 구동되는 실험 보조 플러그인 Psychtoolbox 를 이용해 구현하였다.

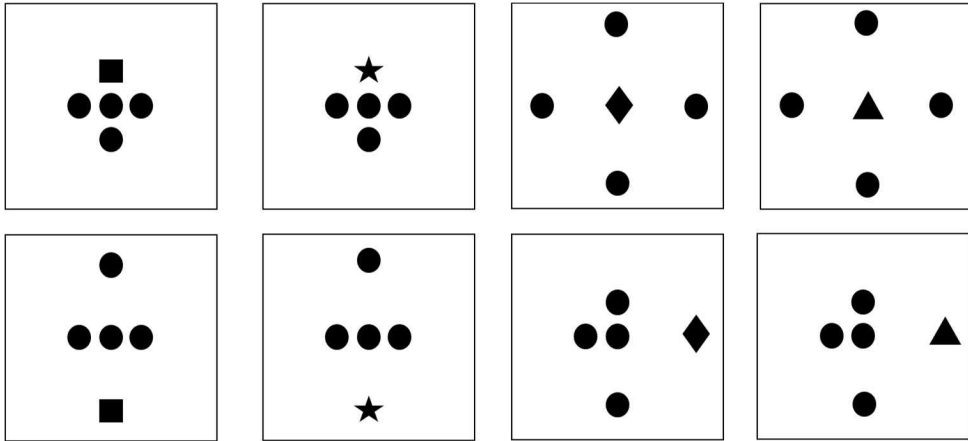


그림 5 <실험2-1> 실험에 사용된 패턴 자극

실험에 사용된 패턴 자극은 원으로 이루어진 십자가 모양을 기본모양으로 해서 부분요소들 간의 공간적 거리를 변화시켜 만든 전체모양 4종류가 있음. 그리고 패턴을 구분하는 부분요소도 총 4 종류로서, 전체모양과 부분요소의 자유도를 일치시켰음.

그림 5 와 같이, 자극의 총 수는 8 개이고 이중 4 개의 샘플 이미지가 무작위로 제시된다. 샘플은 참여자와 57cm 떨어진 모니터 상에, 작음(3°), 중간(6°), 큼(10°)의 크기로 제시된다. 타겟은 각 샘플보다 더 작거나 같거나 더 큰 크기로 제시된다. 더작음 조건은 타겟크기가 시야각 2° , 같음 조건은 샘플 이미지와 같은 크기, 더큼 조건은 타겟크기가 시야각 15° 로 제시된다 (표 5). 기존 연구들에 의하면 익숙한 이미지인지, 낯선 이미지인지에 따라 크기 조정의 양상이 다르고, 익숙한 이미지가 낯선 이미지보다 과제를 수행하는데 더 적은 시간이 필요하다 (Kalmel, 2016). 반응시간에 영향을 미칠 수 있는 이러한 효과를 통제하기 위해서, 본 연구에서는 실험에서 제시되는 이미지를 8 개

로 제한함으로써 참여자들이 자극에 충분히 익숙해지도록 하여, 낯선 이미지가 유발할 수 있는 반응시간의 저하를 통제했다.

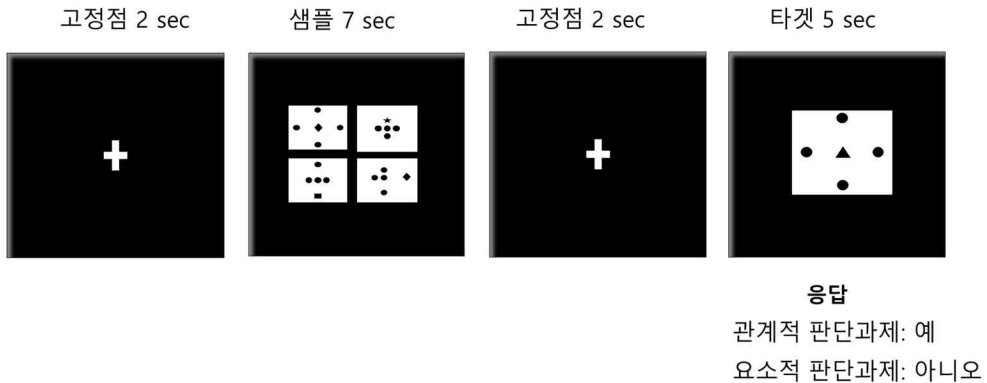


그림 6 <실험2-1> 실험 패러다임의 예

관계적 판단과제와 요소적 판단과제에 제시되는 자극은 동일함. 동일한 자극에 대해서 판단기준에 따라 “예”와 “아니오”의 응답이 달라짐. (가독성을 위하여 이미지의 크기는 과장되어 있음). 초기에 고정점이 2초간 제시된 후, 네개의 샘플이 7초동안 제시되고, 이어서 고정점이 2초 나타난 후, 타겟이 제시됨. 이때 타겟이 4개의 샘플 중에 있었는지 없었는지 ‘예’, ‘아니오’로 응답함. ‘예’는 키보드에서 ‘1’을, ‘아니오’는 ‘2’를 누름. 5초 이내에 응답하지 않으면 다음 시행으로 넘어감. 이후 고정점이 등장하고 반복됨.

표 6 <실험 2-1> 자극의 크기와 크기 비율

샘플크기(°)	타겟크기(°)	크기비율	크기조정방향
작음(3°)	더작음(2°)	2/3	지각표상의 확대
	같음(3°)	1	조정없음
	더큼(15°)	5	지각표상의 축소
중간(6°)	더작음(2°)	1/3	지각표상의 확대
	같음(6°)	1	조정없음
	더큼(15°)	2.5	지각표상의 축소
큼(10°)	더작음(2°)	1/5	지각표상의 확대
	같음(10°)	1	조정없음
	더큼(15°)	1.5	지각표상의 축소

실험절차 참가자들은 57 센티미터 떨어진 모니터 앞에 앉았다. 동의서 작성 후 실험 방법에 관한 설명을 했다. 자극 및 응답 방식에 익숙해질 수 있도록 연습시행을 10 회 실시한 후 본 실험을 진행했다.

실험절차는 그림 6 과 같다. 네 개의 샘플이 7 초 동안 모니터에 제시된 후, 한 개의 타겟이 나타나면 앞에 제시되었던 네 개의 샘플 중에 타겟이 있었는지 없었는지를 판단하여 응답키를 누른다. ‘예’ 이면 키패드에서 ‘1’ 을, ‘아니오’ 이면 ‘2’ 를 누른다. 관계적 판단과제에서는 패턴을 구성하는 요소와 관계없이 동일한 공간적 관계로 이루어진 전체 형태를 같다고 판단하는 것이고, 요소적 판단과제에서는 전체적 형태와 관계없이 부분 요소가 같으면 같다고 판단하는 것이다. 샘플자극을 7 초동안 제시한 이유는 제시된 자극을 충분히 기억에 저장할 시간을 확보하기 위해서이다. 본 실험이 기억 수행을 측정하고자 하는 것이 아니라 타겟과 샘플을 매칭시킬 때 크기 조정에 필요한 시간을 측정하기 위해서이기 때문에 샘플이미지를 기억에 저장하기 위한 시간을 충분히 제시하고자 했다.

실험은 관계적 판단과제와 요소적 판단과제의 두 회기로 구성되고, 한 회기는 샘플크기 3 수준, 타겟 크기 3 수준으로 만들어진 9 개의 조건으로 구성된

블록으로 이루어진다. 한 블록은 20 개의 시행으로 구성되어, 한 참여자가 수행한 시행 수는 총 360 회이다. 과제와 블록의 순서는 참여자마다 무작위로 제시되었고, 참여자는 모든 조건에 노출되었다.

3.2.1.2 연구결과

참여자 21 명 중 1 명은 정답률이 50 퍼센트 미만으로, 실험에 불성실하게 참여했던 것으로 판단되어 분석에서 제외하고 20 명의 실험결과를 분석에 사용했다. 정반응에 대한 반응시간만 분석에 포함했다.

반응시간 데이터가 정규성 가정을 충족하지 않아, 반응시간 값을 로그로 변환하여 샤피로-윌크 검증을 실시한 결과 정규성 가정을 충족했고 ($p > .659$), 레빈 검증을 실시한 결과 등분산 가정을 충족한다는 것을 확인했다 ($F = 0.768, p = .730$). 통계분석은 Jasp 0.16 을 사용했다.

표 7 <실험2-1> 조건별 반응시간

과제유형	샘플 크기	타겟 크기	Mean logRT	SE
요소적 판단	작음	더작음	7.14(1274.9)	0.04
		같음	7.04 (1155.9)	0.04
		더큼	7.13 (1272.6)	0.05
	중간	더작음	7.12 (1256.6)	0.04
		같음	7.04 (1150.7)	0.03
		더큼	7.08 (1211.9)	0.04
	큼	더작음	7.24 (1413.7)	0.04
		같음	7.01 (1131.7)	0.05
		더큼	7.08 (1205.2)	0.04
관계적 판단	작음	더작음	7.02 (1137.4)	0.04
		같음	6.99 (1109.9)	0.04
		더큼	7.05 (1166.4)	0.04
	중간	더작음	7.08 (1201.7)	0.03
		같음	6.91 (1013.3)	0.03
		더큼	7.05 (1159.8)	0.03
	큼	더작음	7.17 (1311.9)	0.04
		같음	6.97 (1082.5)	0.04
		더큼	6.98 (1094.4)	0.04

정규성 가정을 위하여 반응시간을 로그변환함. 괄호 안은 로그변환 전 반응시간 값.

정답률은 요소적 판단 과제가 95.9%, 관계적 판단 과제가 98.1%이다. 조건별 반응시간 결과는 표 7 과 같다. 요소적 판단 과제에서의 반응시간(SE)은 샘플 크기가 작음이고 타겟 크기가 더작음일 때 7.14(±0.04)ms, 같음일 때 7.14(±0.04)ms, 더큼일 때 7.13(±0.05)ms 이고, 샘플 크기가 중간이고 타겟 크기가 더작음 일때 7.12(±0.04)ms, 같음일 때 7.04(±0.03)ms, 더큼일 때 7.08(±0.04)ms 이고, 샘플 크기가 큼이고 타겟 크기가 더작음일 때 7.24(±0.04)ms, 같음일 때 7.01(±0.05)ms, 더큼일 때 7.08(±0.04)ms 이다. 관계적 판단 과제에서의 반응시간(SE)은 샘플 크기가 작음이고 타겟 크기가 더작음 일때 7.02(±0.04)ms, 같음일 때 6.99(±0.04)ms, 더큼일 때

7.05(±0.04)ms 이고, 샘플 크기가 중간이고 타겟 크기가 더작음일 때 7.08(±0.03)ms, 같음일 때 6.91(±0.03)ms, 더큼일 때 7.05(±0.03)ms 이고, 샘플 크기가 큼이고 타겟 크기가 더작음일 때 7.17(±0.04)ms, 같음일 때 6.97(±0.04)ms, 더큼일 때 6.98(±0.04)ms 이다.

표 8 <실험 2-1> 반응시간에 대하여 과제유형, 샘플크기, 타겟크기를 요인으로 한 반복측정 분산분석 결과

Cases	SS	df	MS	F	p	η ² p
과제유형(T)	0.459	1	0.459	5.453	0.031*	0.223
Residuals	1.601	19	0.084			
샘플크기(S)	0.047	2	0.024	1.996	0.15	0.095
Residuals	0.451	38	0.012			
타겟크기(TA)	1.068	2	0.534	25.08	< .001***	0.569
Residuals	0.809	38	0.021			
T * S	0.003	2	0.002	0.167	0.847	0.009
Residuals	0.368	38	0.01			
T * TA	5.41E-04	2	2.70E-04	0.024	0.976	0.001
Residuals	0.425	38	0.011			
S * TA	0.401	4	0.1	5.957	< .001***	0.239
Residuals	1.28	76	0.017			
T * S * TA	0.095	4	0.024	1.581	0.188	0.077
Residuals	1.145	76	0.015			

표 8 과 같이, 반응시간에 대하여 과제유형 (요소적 과제, 관계적 과제), 샘플크기(작음, 중간, 큼), 타겟 크기(더작음, 같음, 더큼)을 요인으로 한 반복측정 분산분석을 한 결과, 과제유형과 타겟 크기의 주효과가 관찰되었다(각각

$F(1, 19)=5.453, p = 0.031, F(2, 18)=25.08, p < .001$). 그리고 샘플크기와 타겟 크기 간의 상호작용 효과가 관찰되었다 ($F(4, 16)=5.957, p < .001$).

표 9 <실험 2-1> 반응시간에 대하여 샘플크기와 타겟 크기를 요인으로 한 이원분산 분석 결과

요소적 판단 과제						
Cases	SS	df	MS	F	p	η^2p
샘플크기(S)	0.027	2	0.013	0.377	0.687	0.004
타겟크기(TA)	0.556	2	0.278	7.831	< .001***	0.084
S * TA	0.172	4	0.043	1.208	0.309	0.027
Residuals	6.073	171	0.036			

관계적 판단 과제						
Cases	SS	df	MS	F	p	η^2p
샘플크기(S)	0.024	2	0.012	0.424	0.655	0.005
타겟크기(TA)	0.512	2	0.256	9.121	< .001***	0.096
S * TA	0.325	4	0.081	2.89	0.024*	0.063
Residuals	4.804	171	0.028			

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

상호작용 효과를 보다 더 자세히 살펴보기 위해, 요소적 판단 과제와 관계적 판단과제를 나누어 이원분산분석을 실시했다. 결과는 표 9 와 같이, 요소적 판단 과제에서는 타겟 크기의 주효과만 유의미했다 ($F(2, 18)=7.831, p < .001$). 반면에, 관계적 판단 과제에서는 타겟 크기의 주효과($F(2, 18)=7.831, p < .001$)와, 샘플크기와 타겟 크기의 상호작용 효과 ($F(4, 16) = 2.89, p = .024$)가 통계적으로 유의했다.

표 10 <실험 2-1> 타겟크기에 대한 사후분석 (Tukey HSD)

요소적 판단 과제

		Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	Cohen's d	P _{tukey}
			Lower	Upper				
더작음	같음	0.14	0.06	0.22	0.03	3.958	0.737	< .001***
	더큼	0.07	-0.01	0.15	0.03	1.991	0.359	0.118
같음	더큼	-0.07	-0.15	0.01	0.03	-1.967	-0.358	0.124

관계적 판단 과제

		Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	Cohen's d	P _{tukey}
			Lower	Upper				
더작음	같음	0.13	0.06	0.2	0.03	4.27	0.787	< .001***
	더큼	0.07	-0.01	0.14	0.03	2.217	0.391	0.071
같음	더큼	-0.06	-0.14	0.01	0.03	-2.053	-0.365	0.103

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

타겟 크기 수준을 비교하기 위하여 사후분석 (Tukey HSD)를 실시한 결과 (표 10), 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제 모두 더작음 조건이 같음 조건보다 반응시간이 유의미하게 길었다 ($p < .001$). 같음 조건은 더큼 조건보다 반응시간이 짧으나 통계적으로 유의하지는 않았다.

표 11 <실험 2-1> 샘플크기와 타겟크기 간의 상호작용에 대한 사후분석 결과

요소적 판단 과제		95% CI for Mean Difference					
	Mean Difference	Lower	Upper	SE	t	P _{Tukey}	
-s	l-sa	0.23	0.04	0.41	0.06	3.776	0.007**

관계적 판단 과제		95% CI for Mean Difference					
	Mean Difference	Lower	Upper	SE	t	P _{Tukey}	
m-s	m-sa	0.17	0	0.34	0.05	3.217	0.04*
l-s	l-sa	0.19	0.03	0.36	0.05	3.66	0.01**
	l-l	0.19	0.02	0.36	0.05	3.575	0.013*

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001

l-s (샘플크기-타겟크기): 큼-더작음, l-sa: 큼-같음, m-s: 중간-더작음, m-sa: 중간-같음, l-s: 큼-더작음, l-sa: 큼-같음, l-l: 큼-더큼

샘플크기와 타겟 크기의 상호작용의 양상을 살펴보기 위해 사후분석(Tukey HSD)을 실시한 결과(표 11), 요소적 판단 과제에서는 샘플크기가 큼일 때, 타겟 크기가 더작음인 조건이 같음인 조건보다 반응시간이 길었고 (t = 3.76, p = 0.007), 관계적 판단 과제에서는 샘플크기가 중간일 때, 타겟 크기가 더작음인 조건이 같음인 조건보다 반응시간이 길었고 (t = 3.217, p = 0.04), 샘플크기가 큼일 때는 타겟 크기가 더작음인 조건이 같음 조건과 더큼 조건에서 반응시간이 유의미하게 길었다 (각각, t = 3.66, p = 0.01; t = 3.575, p = 0.013).

이상과 같은 결과에서 확인할 수 있는 것은, 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제 모두 타겟 크기의 변화에 따라 반응시간의 차이를 보였는데, 관계적 판단과제에서는 샘플 크기와 타겟 크기의 상호작용이 관찰됐다는 것이다. 이는 관계적 판단 과제에서는 샘플 크기의 변화와 타겟 크기의 변화가 서로 영향을 미치며 크기 조정 과정을 더 요구하는 처리방식이 동원된다고 추정할 수 있다. 그러나 이러한 크기 조정 과정이 자극의 절대적 크기에 의한 것인지, 크기 차이의 비율에 의한 것인지는 알 수 없다. 이를 확인하기 위해서, 샘플 크기와 타겟 크기가 같은 조건에 대해서 자극의 절대 크기에 따라 반응시간에 차이가 있는지를 살펴보고, 샘플과 타겟의 크기가 다를 때, 크기 차이를 비율로 바꾸어서 반응시간의 양상을 비교했다.

자극의 절대 크기와 반응 시간

본 실험에서 관찰되는 크기 조정의 반응시간의 패턴이 자극의 절대 크기에 의한 것인지를 살펴보기 위해서, 샘플 크기와 타겟 크기가 같은 조건일 때, 절

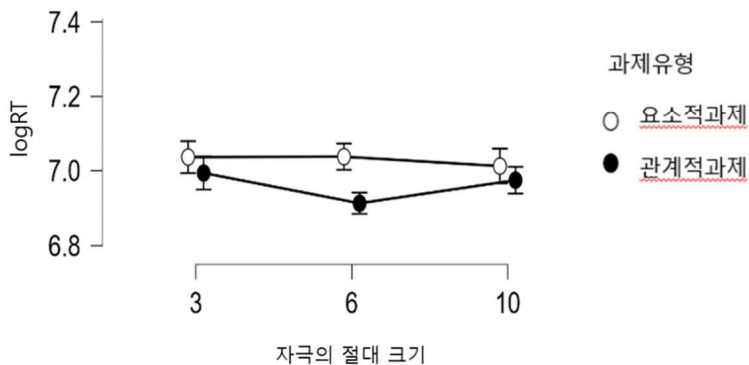


그림 7 <실험 2-1> 자극의 절대 크기에 대한 과제유형의 반응시간

대 크기에 따른 반응시간을 비교했다. 반응시간의 차이가 자극의 절대 크기에 의한 것이라면, 자극의 크기가 3°, 6°, 10° 로 달라질 때 반응시간의 차이가 나타날 것이라고 예상된다. 자극의 절대 크기에 대한 과제유형의 반응시간 양상은 그림 7 과 같다.

자극의 절대 크기와 과제유형에 관한 이원분산분석 결과(표 12), 과제유형의 주효과가 유의미하고 ($F(1, 19) = 4.532, p = .035$), 요소적 판단과제의 반응시간이 관계적 판단과제의 반응시간보다 유의미하게 길다 ($t = 2.129, p = .035$). 절대 크기에 따른 반응시간의 차이는 유의하지 않았다.

표 12 <실험 2-1> 절대 크기와 과제유형에 관한 이원분산분석 결과

Cases	SS	df	MS	F	p	η^2_p
과제유형(T)	0.139	1	0.139	4.532	0.035*	0.037
절대크기(A)	0.032	2	0.016	0.517	0.597	0.009
T *A	0.047	2	0.024	0.77	0.465	0.013
Residuals	3.489	114	0.031			

크기 차이의 비율과 반응시간

샘플과 타겟의 크기 차이를 비율로 변환해서 반응시간의 양상을 살펴보았다.

크기 차이의 비율은 다음과 같이 계산되었다. 샘플의 크기가 3°, 6°, 10° 의 시각크기로 제시되고, 타겟은 더 작음 조건에서 시야각 2°, 같음 조건에서는 샘플이미지와 같은 크기, 더큼 조건은 시야각 15° 로 제시되므로, 샘플 크기가 3° 이고 타겟 크기가 2° 일 때 비율은 2/3, 샘플 크기가 6° 이고 타겟 크기가 2° 일 때 비율은 1/3, 샘플 크기가 10° 이고, 타겟 크기가 2° 일 때 비율은 1/5 이다. 샘플 크기와 타겟 크기가 같은 조건에서는 비율은 1 이다. 샘플

크기가 3° 이고 타겟 크기가 15° 일 때 비율은 5, 샘플 크기가 6° 이고 타겟 크기가 15° 일 때 비율은 2.5, 샘플 크기가 10° 이고, 타겟 크기가 15° 일 때 비율은 1.5 이다 (표 13).

표 13 <실험 2-1> 자극의 크기 조건과 크기 비율

크기조정방향	샘플크기(°)	타겟크기(°)	비율
표상의 확대	3	2	2/3
	6	2	1/3
	10	2	1/5
조정없음	3	3	1
	6	6	1
	10	10	1
표상의 축소	3	15	5
	6	15	2.5
	10	15	1.5

반응시간 양상을 그래프(그림 8)에서 확인할 수 있는 것은, 타겟의 크기가 작을 때와 클 때, 비율에 따른 반응시간의 증가폭이 비대칭적인 경향성을 보인다. 이는 타겟 크기가 작을 때와 클 때, 비율에 따른 반응시간의 증가폭이 비대칭적인 경향성을 보인다는 것이다.

표 14 <실험 2-1> 크기 비율에 대한 반응시간

과제유형	비율	Mean logRT(RT)	SE
요소적 판단 과제	1/5	7.24(1413.7)	0.04
	1/3	7.12(1256.6)	0.04
	2/3	7.14(1274.9)	0.04
	1	7.03(1146.1)	0.02
	1.5	7.08(1205.2)	0.04
	2.5	7.08(1211.9)	0.04
관계적 판단 과제	5	7.13(1272.6)	0.05
	1/5	7.17(1311.9)	0.04
	1/3	7.08(1201.7)	0.03
	2/3	7.02(1137.4)	0.04
	1	6.96(1068.5)	0.02
	1.5	6.98(1094.4)	0.04
	2.5	7.0591159.8)	0.03
	5	7.05(1166.4)	0.04

비율에 따른 반응시간은 표 14 에 제시되었다.

표 15 <실험 2-1> 반응시간에 대한 크기 비율과 과제유형을 요인으로 하는 이원분산분석 결과

Cases	SS	df	MS	F	P	η^2_p
과제유형(T)	0.406	1	0.406	12.818	< .001***	0.036
비율(R)	1.485	6	0.248	7.817	< .001***	0.119
T * R	0.052	6	0.009	0.273	0.949	0.005
Residuals	10.956	346	0.032			

반응시간의 비대칭적 양상에 대한 통계적 유의성을 확인하기 위하여 이원 분산분석을 실시한 결과(표 15), 과제유형의 주효과 ($F(1, 19)=12.818, p < .001$)와 비율의 주효과 ($F(6, 14)=7.817, p < .001$)가 유의미하다.

실험 2-1 에서 관찰된 결과에 의하면, 타겟 이미지가 앞서 제시된 이미지들 중에 있었는지 판단하는 과제를 수행할 때, 샘플 이미지의 크기와 타겟 이미지의 크기가 다르면, 반응시간이 길어진다. 이 때 “있음” 과 “없음” 을 판단하는 기준을 다르게 할 때 측정되는 반응시간의 양상이 판단 기준에 따라 달라지는데, 본 실험에서 이 기준을 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제로 구분했을 때, 관계적 판단 과제에서 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용 효과가 관찰되었다. 그리고 반응시간이 요소적 판단 과제보다 짧았다. 본 실험을 통해 확인한 관찰 결과를 통해, 샘플의 크기와 타겟의 크기가 다를 때, 이 두 이미지의 표상을 일치시키기 위해서 크기 조정 과정이 동원될 것이라고 추정할 수 있는데, 크기 조정 과정은 크기 차이의 비율에 의해 이루어지는 것으로 확인되었다. 그리고 이 때, 크기를 확대의 방향으로 조정할 때와 축소의 방향으로 조정할 때 비대칭적 양상을 관찰할 수 있었다.

“예” 반응과 “아니오” 반응

다음으로, 본 실험의 반응은 사전에 제시된 샘플 이미지들 중에 타겟 이미지가 있었는지 여부를 “예” , “아니오” 로 판단하는 과제이므로, “예” 반응과 “아니오” 반응을 분리하여 반응시간의 차이가 있는지를 비교했다.

조건별 반응시간은 표 16 에 제시되었다. 다원분산분석을 실시한 결과, 주효과가 나타난 요인은 과제유형 ($F(1, 19)=30.742, p < 0.001$), 타겟 크기 ($F(2, 18)=6.831, p = 0.001$), 반응유형 ($F(1, 18)=14.999, p < 0.001$)이고, 과제유형과 반응 유형의 상호작용 효과가 관찰되었다($F(1, 19)=10.929, p < 0.001$)(표 17).

표 16 <실험 2-1> 반응유형(예-아니오)에 대한 조건별 반응시간

과제유형	샘플크기	타겟크기	반응유형	MeanRT	SE
요소적과제	작음	더작음	예	7.12	0.05
			아니오	7.16	0.04
		같음	예	7.02	0.05
			아니오	7.06	0.04
		더큼	예	7.14	0.05
			아니오	7.13	0.05
	중간	더작음	예	7.1	0.04
			아니오	7.13	0.04
		같음	예	7.05	0.05
			아니오	7.03	0.04
		더큼	예	7.06	0.05
			아니오	7.1	0.05
큼	더작음	예	7.25	0.07	
		아니오	7.23	0.05	
	같음	예	7.01	0.06	
		아니오	7.01	0.06	
	더큼	예	7.08	0.05	
		아니오	7.08	0.04	
관계적과제	작음	더작음	예	6.99	0.03
			아니오	7.05	0.06
		같음	예	6.94	0.04
			아니오	7.04	0.05
		더큼	예	6.99	0.04
			아니오	7.11	0.04
	중간	더작음	예	7.02	0.03
			아니오	7.14	0.04
		같음	예	6.83	0.03
			아니오	6.99	0.05
		더큼	예	7.01	0.03
			아니오	7.09	0.04
큼	더작음	예	7.1	0.04	

	아니오	7.24	0.05
같음	예	6.9	0.04
	아니오	7.04	0.05
더큼	예	6.94	0.04
	아니오	7.02	0.07

표 17 <실험 2-1> 반응유형(예-아니오) 요인을 포함한 다원분산분석 결과

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2
과제유형(T)	1.241	1	1.241	30.742	< .001***	0.042
샘플크기(S)	0.078	2	0.039	0.967	0.381	0.003
타겟크기(TA)	0.552	2	0.276	6.831	0.001**	0.019
반응유형(R)	0.606	1	0.606	14.999	< .001***	0.02
T * S	0.006	2	0.003	0.071	0.932	1.92E-04
T * TA	0.005	2	0.002	0.06	0.942	1.63E-04
S * TA	0.228	4	0.057	1.41	0.229	0.008
T * R	0.441	1	0.441	10.929	< .001***	0.015
S * R	0.004	2	0.002	0.053	0.948	1.45E-04
TA * R	0.017	2	0.009	0.215	0.807	5.85E-04
T * S * TA	0.021	4	0.005	0.127	0.972	6.94E-04
T * S * R	0.03	2	0.015	0.375	0.687	0.001
T * TA * R	0.03	2	0.015	0.372	0.689	0.001
S * TA * R	0.006	4	0.001	0.035	0.998	1.93E-04
T * S * TA * R	0.077	4	0.019	0.476	0.754	0.003
Residuals	26.323	652	0.04			

반응유형에 대한 사후분석을 시행한 결과, “예” 반응이 “아니오” 반응보다 유의미하게 빠른 현상을 관찰할 수 있다 ($t = 3.873, p < .001$) (표 18).

과제유형과 반응유형의 상호작용에 대한 사후분석 결과, 관계적 과제의 “아니오” 반응과 관계적 과제의 “예” 반응의 반응시간을 비교할 때, “아니오” 반응이 유의미하게 크며 ($t = 5.195, p < .001$), 요소적 과제의 “예” 반응과 관계적 과제의 “예” 반응의 반응시간을 비교했을 때, 요소적 과제의 “예” 반응이 유의미하게 크다 ($t = 6.258, p < .001$). 요소적 과제의 “예” 반응과 “아니오” 반응 간에는 반응시간의 차이가 없었다(표 19).

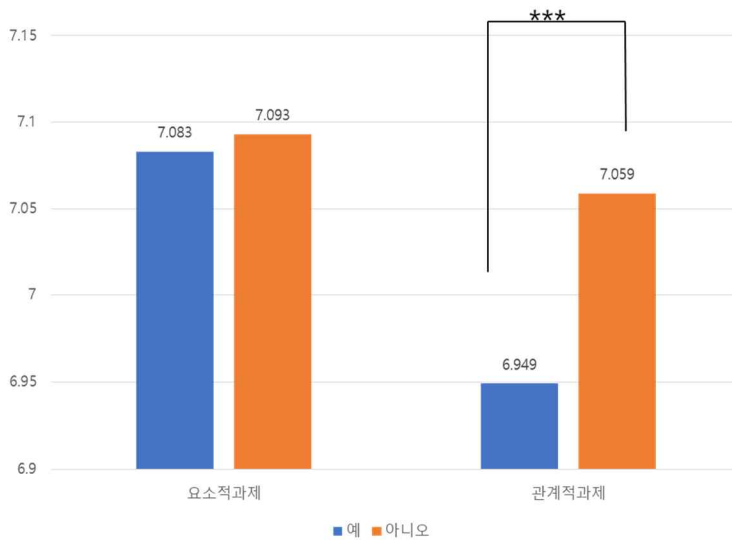


그림 9 <실험 2-1> 반응 유형(예-아니오)와 반응시간

그림 9에서 보는 바와 같이, 요소적 과제는 “예” 반응과 “아니오” 반응의 반응 시간에 차이가 없고, 관계적 과제에서는 “예” 반응이 “아니오” 반응보다 통계적으로 유의하게 빠르다.

표 18 <실험 2-1> 반응유형에 대한 사후분석 (Tukey HSD)

	Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p _{Tukey}
아니오 예	0.06	0.015	3.873	0.289	< .001***

표 19 <실험 2-1> 과제유형과 반응유형의 상호작용에 대한 사후분석 (Tukey HSD)

	Mean Difference	SE	t	p _{Tukey}
요소적- 아니오 관계적- 아니오	0.034	0.022	1.583	0.389
요소적- 예	0.009	0.022	0.392	0.98
관계적- 아니오 관계적- 예	0.11	0.021	5.195	< .001***
요소적- 예 관계적- 예	0.136	0.022	6.258	< .001***

3.2.2 실험 2-2

실험 2-1 에서 도형으로 구성된 패턴 자극을 이용하여 크기 조정 과정에 대해 살펴보았는데, 실험 2-2 에서는 실제 대상 이미지에 대해서도 실험 2-1 에서 관찰한 유형의 크기 조정 효과가 있는지를 보기 위해서, 얼굴 이미지와 집 이미지를 이용하여 살펴보았다. 실험 2-1 과 다른 점은, 판단 기준을 따로 제시하지 않았다는 것이다. 즉, 실험 2-1 에서는 같은 자극에 대해 판단 기준을 다르게 제시한 반면, 실험 2-2 에서는 판단 기준을 제시하지 않을 때, 크기 조정 과정에서 실험 2-1 과 유사한 반응패턴이 관찰되는지를 살펴보았다. 시각자극을 얼굴과 집으로 한 이유는 다음과 같다. 기존 연구에 의하면, 얼굴은 형태적 처리(configural processing)의 대표적 예로 간주되고, 집은 세부특징적 처리(featural processing)를 하는 것으로 간주되는 일반 대상(object)의 한 종류로, 여러 연구자들이 얼굴과 집이 서로 다른 프로세스에 의해 처리

된다고 주장한다 (Farah, Wilson, Drain, & Tanaka, 1998; Moscovitch, Winocur, & Behrmann, 1997). 따라서 본 실험에서는 얼굴 이미지와 집 이미지가 각각 형태적 처리(configural processing)와 세부특징적(featural processing)처리를 한다는 가정 하에, 크기 조정 과정의 반응 유형이 얼굴 이미지에서는 실험 2-1 의 관계적 판단 과제의 유형과 유사하고, 집 이미지에서는 요소적 판단 과제의 유형과 유사할 것이라고 예상한다.

3.2.2.1 연구방법

참여자 실험 2-1 의 참여자와 동일하다.

자극 얼굴 이미지 8 개와 집 이미지 8 개는 연필로 그려진 라인드로잉 이미지이다 (그림 10). 실험 2-1 에서와 마찬가지로 기억 효과를 통제하기 위해서, 본 연구에서는 실험에서 제시되는 이미지를 8 개로 제한함으로써 낯선 이미지가 유발할 수 있는 반응시간의 저하를 통제했다.



그림 10 <실험 2-2> 실험에 사용한 자극 이미지

상단: 얼굴 과제에 사용된 자극

하단: 집 과제에 사용된 자극

실험절차 그림 11 과 같이 전반적인 절차는 실험 2-1 과 유사하나, 다른 점은 판단 기준이 없이, 타겟 이미지가 사전에 제시되었던 네 개의 샘플이미지들 중에 있었는지, 없었는지를 보고하게 했다. 있었으면 키패드에서 ‘1’ 을, 없었으면 키패드에서 ‘2’ 를 눌러 반응하도록 했다.

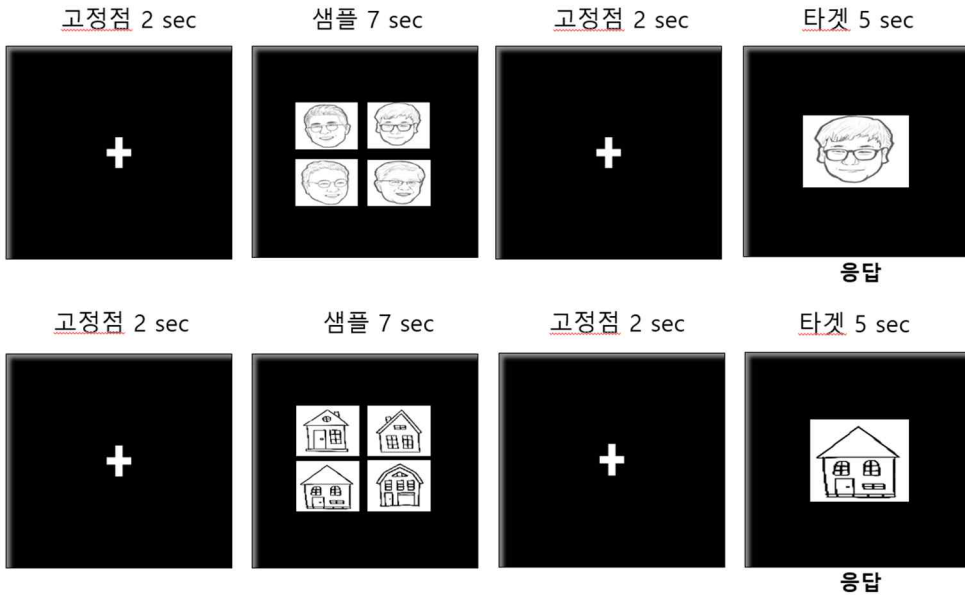


그림 11 <실험 2-2> 실험 패러다임 예시

초기에 고정점이 2초간 제시된 후, 네개의 샘플이 7초동안 제시되고, 이어서 고정점이 2초 나타난 후, 타겟이 제시됨. 참여자는 타겟이 4개의 샘플 중에 있었는지 없었는지 ‘예’, ‘아니오’로 응답함. ‘예’는 키보드에서 ‘1’을, ‘아니오’는 ‘2’를 누름. 5초 이내에 응답하지 않으면 다음 시행으로 넘어감. 이후 고정점이 등장하고 반복됨. 가독성을 위하여 자극의 크기는 과장되어 있음.

실험은 얼굴 이미지와 집 이미지로 구성된 2 개의 회기로 구성되고, 각 회기는 실험 2-1 과 마찬가지로 각 사이즈 조건으로 구성된 9 개의 블록으로 구성된다. 한 블록은 20 회의 시행으로 구성되어, 한 참여자가 수행한 시행 수는 총 360 회이다. 각 회기와 블록은 참여자마다 무작위로 제시되었다. 참여자는 모든 조건에 노출되었다.

3.2.2.2 연구결과

실험 2-2의 데이터는 로그로 변환하여도 정규성 가정을 충족하지 않아 비모수 검정인 크루스칼-왈리스 검정으로 분석했다. 샤피로-윌크 검정을 통과하지는 않았으나, Q-Q 그래프가 대체로 직선 형태를 유지하고 (그림 12), 레빈 검정(Levene's test)을 실시한 결과 등분산 가정을 충족하고 ($F = 0.071$, $p = .790$), 크루스칼-왈리스 검정 결과와 모수 검정의 결과가 통계적 유의미성의 패턴이 다르지 않아, 분산분석 결과도 참고하여 결과를 해석했다.

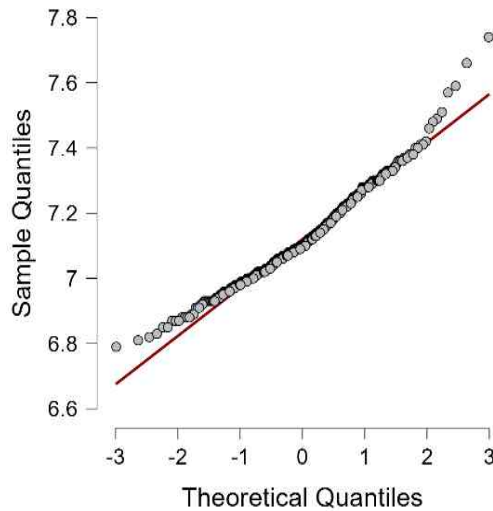


그림 12 <실험 2-2> 본 실험의 데이터에 대한 Q-Q 그래프

정답률은 얼굴 과제가 96.3%, 집 과제가 96.8% 이다. 조건별 반응시간 결과는 표 20 과 같다. 얼굴 과제에서의 반응시간(SE)은 샘플 크기가 작음이고 타겟 크기가 더작음일 때 $7.14(\pm 0.03)$ ms, 같음일 때 $7.09(\pm 0.03)$ ms, 더큼일 때 $7.13(\pm 0.02)$ ms 이고, 샘플 크기가 중간이고 타겟 크기가 더작음일 때 $7.23(\pm 0.04)$ ms, 같음일 때 $7.04(\pm 0.03)$ ms, 더큼일 때 $7.12(\pm 0.02)$ ms 이고, 샘플 크기가 크고 타겟 크기가 더작음일 때 $7.26(\pm 0.02)$ ms,

같은일 때 7.05(±0.02)ms, 더큼일 때 7.01(±0.03)ms 이다. 집 과제에서의 반응시간(SE)은 샘플 크기가 작음이고 타겟 크기가 더작음일 때 7.14(±0.03)ms, 같음일 때 7.05(±0.03)ms, 더큼일 때 7.13(±0.04)ms 이고, 샘플 크기가 중간이고 타겟 크기가 더작음일 때 7.19(±0.03)ms, 같음일 때 7.07(±0.03)ms, 더큼일 때 7.01(±0.03)ms 이고, 샘플 크기가 큼이고 타겟 크기가 더작음일 때 7.16(±0.04)ms, 같음일 때 7.1(±0.04)ms, 더큼일 때 7.1(±0.03)ms 이다 (표 20).

표 20 <실험 2-2> 조건별 반응시간

과제유형	샘플	타겟	Mean logRT	SE
얼굴	작음	더작음	7.14(1277.2)	0.03
		같음	7.09(1210.7)	0.03
		더큼	7.13(1249.5)	0.02
	중간	더작음	7.23(1394.3)	0.04
		같음	7.04(1145)	0.03
		더큼	7.12(1245.7)	0.02
	큼	더작음	7.26(1436.2)	0.02
		같음	7.05(1155.9)	0.02
		더큼	7.1(1220.7)	0.03
집	작음	더작음	7.14(1272.5)	0.03
		같음	7.05(1167)	0.03
		더큼	7.13(1265.2)	0.04
	중간	더작음	7.19(1341.5)	0.03
		같음	7.07(1191.3)	0.03
		더큼	7.1(1218.4)	0.03
	큼	더작음	7.16(1313.7)	0.04
		같음	7.1(1230.9)	0.04
		더큼	7.1(1219.2)	0.03

정규성 확보를 위하여 반응시간을 로그변환함. 괄호 안은 로그변환 전 반응시간 값.

표 21 <실험 2-2> 반응시간에 대해 과제유형, 샘플크기, 타겟크기를 요인으로 한 통계분석 결과

크루스칼 알리스 검정			
Factor	Statistic	df	p
과제유형	0.964	1	0.326
샘플크기	1.217	2	0.544
타겟크기	40.935	2	< .001

반복측정 분산분석						
Cases	SS	df	MS	F	p	η^2_p
과제유형(T)	0.014	1	0.014	0.298	0.592	0.016
Residuals	0.869	18	0.048			
샘플크기(S)	0.045	2	0.022	2.274	0.118	0.112
Residuals	0.354	36	0.01			
타겟크기(TA)	0.815	2	0.408	25.639	< .001***	0.588
Residuals	0.572	36	0.016			
T * S	0.006	2	0.003	0.458	0.636	0.025
Residuals	0.227	36	0.006			
T * TA	0.056	2	0.028	3.265	0.05*	0.154
Residuals	0.31	36	0.009			
S * TA	0.096	4	0.024	1.758	0.147	0.089
Residuals	0.986	72	0.014			
T * S * TA	0.077	4	0.019	2.403	0.058	0.118
Residuals	0.58	72	0.008			

표 21 과 같이, 반응시간에 대하여 과제유형 (얼굴, 집), 샘플크기(작음, 중간, 큼), 타겟 크기(더작음, 같음, 더큼)을 요인으로 한 통계분석 결과, 타겟 크기의 주효과가 관찰되었다($F(2, 18) = 25.639, p < .001$). 과제유형의 주효과와 샘플크기와 타겟 크기 간의 상호작용 효과가 관찰되지 않았다. 타겟 크기

와 과제유형 간의 상호작용 효과는 경계 수준의 유의미한 결과가 관찰되었다 ($F(2, 18) = 3.265, p = 0.05$).

샘플크기와 타겟 크기가 같거나 서로 다를 때, 얼굴 과제와 집 과제의 반응 시간에 어떤 영향을 미치는지 살펴보기 위해 분리하여 통계 분석을 실시했다. 결과는 표 22 와 같이, 집 과제에서는 타겟 크기의 주효과만 유의미했다 ($F(2, 18) = 5.462, p = 0.005$). 반면에, 얼굴 과제에서는 타겟 크기의 주효과 ($F(2, 18) = 22.184, p < .001$)와, 샘플크기와 타겟 크기의 상호작용 효과 ($F(4, 16) = 2.793, p = .028$)가 통계적으로 유의했다.

표 22 <실험 2-2> 반응시간에 대하여 샘플크기와 타겟크기를 요인으로 한
통계분석결과

집						
크루스칼 왈리스 검정						
Factor	Statistic	df	p			
샘플크기	0.881	2	0.644			
타겟크기	10.682	2	0.005			
이원분산분석						
Cases	SS	df	MS	F	p	η^2_p
샘플크기(S)	0.009	2	0.005	0.208	0.812	0.002
타겟크기(T)	0.239	2	0.119	5.462	0.005**	0.06
S * T	0.054	4	0.014	0.618	0.65	0.014
Residuals	3.735	171	0.022			
얼굴						
크루스칼 왈리스 검정						
Factor	Statistic	df	p			
샘플크기	0.549	2	0.760			
타겟크기	33.435	2	<.001			
이원분산분석						
Cases	SS	df	MS	F	p	η^2_p
샘플크기(S)	0.01	2	0.005	0.294	0.746	0.003
타겟크기(T)	0.721	2	0.36	22.184	< .001***	0.207
S * T	0.182	4	0.045	2.793	0.028*	0.062
Residuals	2.762	170	0.016			

타겟 크기의 수준별 반응시간을 비교하기 위하여 사후분석(Tukey HSD)를 실시한 결과 (표 23), 집 과제에서는 더작음 조건이 같음 조건 보다 반응시간이 유의미하게 길었다 ($p = 0.004$). 얼굴 과제에서는 더작음 조건이 같음 조건과 더큼 조건보다 반응시간이 유의미하게 길었고 (각각 $t = 6.603$, $p < 0.001$; $t = 4.047$, $p < .001$), 같음 조건은 더큼 조건보다 반응시간이 유의미하게 짧았다 ($t = -2.527$, $p = 0.033$).

표 23 <실험 2-2> 타겟크기에 대한 사후분석 (Tukey HSD)

		Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	Cohen's d	P_{Tukey}
			Lower	Upper				
집								
더작음	같음	0.088	0.024	0.152	0.027	3.262	0.58	0.004**
	더큼	0.057	-0.007	0.12	0.027	2.094	0.387	0.094
같음	더큼	-0.032	-0.095	0.032	0.027	-1.167	-0.223	0.474
얼굴								
더작음	같음	0.154	0.099	0.209	0.023	6.603	1.119	< .001***
	더큼	0.095	0.039	0.15	0.023	4.047	0.726	< .001***
같음	더큼	-0.059	-0.114	-0.004	0.023	-2.527	-0.491	0.033*

얼굴 과제에서 관찰된 샘플 크기와 타겟 크기의 상호작용의 양상을 살펴보기 위해 사후분석(Tukey HSD)을 실시한 결과(표 24), 샘플 크기가

중간일 때, 타겟 크기가 더작음인 조건이 같음인 조건보다 반응시간이 길었고 ($t = 4.689, p < .001$), 샘플크기가 큼일 때는 타겟 크기가 더작음인 조건이 같음 조건과 더큼 조건에서 반응시간이 유의미하게 길었다 (각각 $t = 5.371, p < .001; t = 4.106, p = 0.002$).

표 24 <실험 2-2> 얼굴과제에서 샘플크기와 타겟크기의 상호작용에 대한 사후분석 (Tukey HSD)

		Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	p _{Tukey}
			Lower	Upper			
m-s	m-sa	0.189	0.062	0.316	0.04	4.689	< .001 ***
l-s	l-sa	0.217	0.09	0.343	0.04	5.371	< .001 ***
	l-l	0.166	0.039	0.292	0.04	4.106	0.002 **

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

l-s (샘플크기-타겟크기): 큼-더작음, l-sa: 큼-같음, m-s: 중간-더작음, m-sa: 중간-같음, l-s: 큼-더작음, l-sa: 큼-같음, l-l: 큼-더큼

이상과 같은 결과에서 확인할 수 있는 것은, 집 과제와 얼굴 과제 모두 타겟 크기의 변화에 따라 반응시간의 차이를 보였는데, 얼굴 과제에서는 샘플크기와 타겟 크기의 상호작용이 관찰됐다는 것이다. 이는 얼굴 과제에서는 샘플크기의 변화와 타겟 크기의 변화가 서로 영향을 미치며 크기 조정 과정을 더 요구하는 처리방식이 동원된다고 추정할 수 있다. 그러나 이러한 크기 조정 과정이 자극의 절대적 크기에 의한 것인지, 크기 차이의 비율에 의한 것인지는 알 수 없다. 이를 확인하기 위해서, 샘플크기와 타겟 크기가 같은 조건에 대해서 자극의 절대 크기에 따라 반응시간에 차이가 있는지를 살펴보고, 샘플과

타겟의 크기가 다를 때, 두 자극간의 크기차이를 비율로 변환하여 반응시간의 양상을 비교했다.

자극의 절대 크기와 반응시간

절대 크기가 반응시간에 미치는 영향을 알아보기 위해서 샘플의 크기와 타겟의 크기가 같은 조건에서 크기에 따른 반응시간을 비교했다. 자극의 절대 크기에 대한 과제유형의 반응시간은 표 25 에 제시되었다. 그림 13 에서 보는 바와 같이 자극의 절대 크기가 달라져도 크기 조정이 필요하지 않을 것으로 가정되는 같은 조건에서는 반응시간의 차이가 없다. 이러한 양상은 얼굴 이미지와 집 이미지 간에 유사하다.

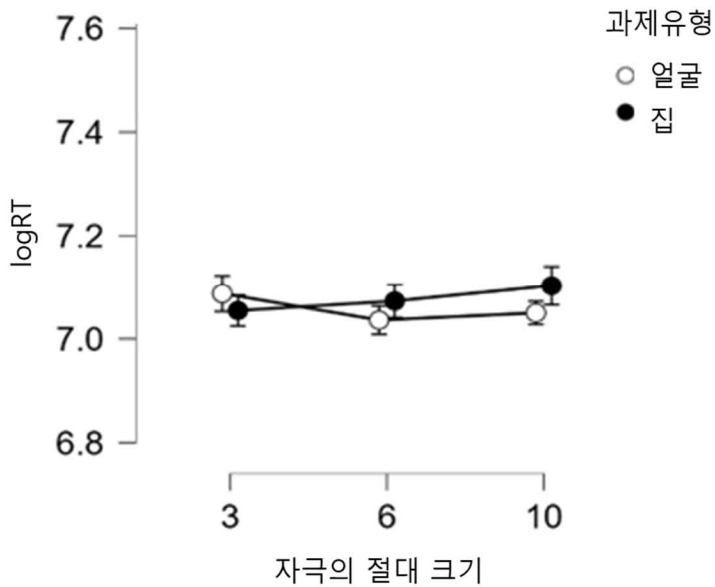


그림 13 <실험 2-2> 자극의 절대 크기에 따른 과제유형의 반응시간

표 25 <실험 2-2> 자극의 절대 크기에 따른 반응시간

과제유형	절대크기(°)	Mean logRT	SE
얼굴	3	7.09(1210.7)	0.03
	6	7.04(1145.0)	0.03
	10	7.05(1159.3)	0.02
집	3	7.05(1167.0)	0.03
	6	7.07(1191.3)	0.03
	10	7.10(1230.9)	0.04

자극의 절대 크기와 과제유형에 관한 통계 분석 결과(표 26), 얼굴 이미지와 집 이미지의 반응시간은 통계적으로 유의미한 차이가 없었고, 절대 크기에 따른 반응시간의 차이도 관찰되지 않았다. 즉, 실험 2-1의 결과와 마찬가지로, 샘플의 크기와 타겟의 크기가 같을 때, 자극의 크기가 시야각 3°, 6°, 10°로 달라져도 반응시간에 유의미한 차이가 없었다.

표 26 <실험 2-2> 반응시간에 대하여 절대크기와 과제유형을 요인으로 한 크루스칼 왈리스 검정과 이원분산분석 결과

크루스칼 왈리스 검정

Factor	Statistic	df	p
샘플크기	0.26	1	0.61
타겟크기	0.409	2	0.815

이원분산분석 결과

Cases	SS	df	MS	F	p	η^2_p
과제유형(T)	0.011	1	0.011	0.563	0.454	0.005
절대크기(A)	0.01	2	0.005	0.273	0.762	0.005
T * A	0.042	2	0.021	1.088	0.34	0.019
Residuals	2.192	114	0.019			

크기 차이의 비율과 반응시간

샘플과 타겟의 크기 차이를 비율로 변환해서 반응시간의 양상을 살펴보았다. 비율 계산은 실험 2-1 과 같다. 각 비율에 대한 반응시간은 표 27 에 제시되어 있다. 반응시간 양상을 그래프로 표현한 그림 13 에서 확인할 수 있는 것은, 타겟의 크기가 작을 때와 클 때, 비율에 따른 반응시간의 증가폭이 비대칭적인 경향성을 보인다는 것이다.

이러한 비대칭적 양상의 통계적 유의성을 확인하기 위하여 크루스칼 왈리스 검정과 이원분산분석을 실시한 결과(표 28), 비율의 주효과($F(6, 14)=9.173, p < .001$)가 유의미하다. 얼굴 이미지와 집 이미지 간에 반응시간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다.

표 27 <실험 2-2> 크기비율에 대한 반응시간

과제유형	비율	Mean logRT	SE
얼굴	1/5	7.26(1436.2)	0.02
	1/3	7.23(1394.3)	0.04
	2/3	7.14(1277.2)	0.03
	1	7.06(1170.5)	0.02
	1.5	7.10(1220.7)	0.03
	2.5	7.12(1245.7)	0.02
	5	7.13(1249.5)	0.02
집	1/5	7.17(1313.7)	0.04
	1/3	7.19(1341.5)	0.03
	2/3	7.14(1272.5)	0.03
	1	7.08(1196.4)	0.02
	1.5	7.10(1219.2)	0.03
	2.5	7.10(1218.4)	0.03
	5	7.13(1265.2)	0.04

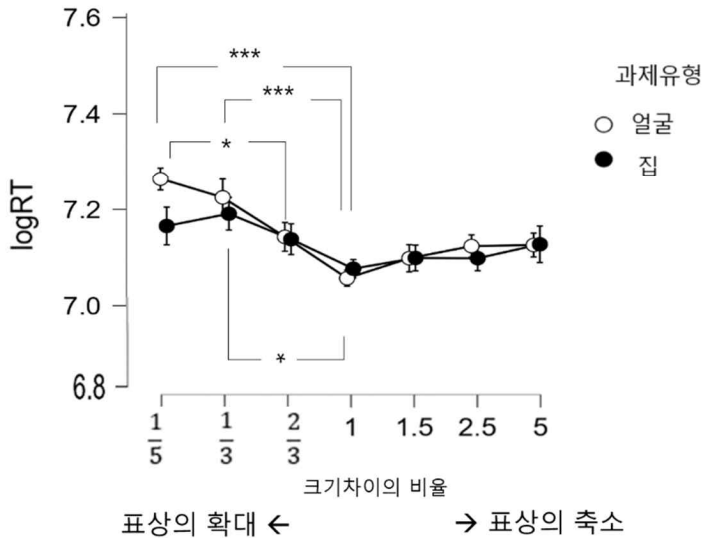


그림 14 <실험 2-2> 집 이미지와 얼굴 이미지의 크기 비율에 따른 반응시간. x축의 1은 샘플 크기와 타겟 크기가 같을때이고, 1을 중심으로 왼쪽이 샘플 크기보다 타겟 크기가 작은 때, 오른쪽이 샘플 크기보다 타겟 크기가 더 클 때. (에러바는 SE).

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

표 28 <실험 2-2> 반응시간에 대하여 과제유형과 비율을 요인으로 한 크루스칼-왈리스 검정과 이원분산분석 결과

크루스칼-왈리스 검정

Factor	Statistic	df	p
과제유형	0.964	1	0.326
비율	47.362	6	< .001***

이원분산분석 결과

Cases	SS	df	MS	F	p	η^2_p
과제유형(T)	0.031	1	0.031	1.643	0.201	0.005
비율(R)	1.045	6	0.174	9.173	< .001***	0.138
T * R	0.116	6	0.019	1.015	0.415	0.017
Residuals	6.55	345	0.019			

비율에 대한 사후분석(Tukey HSD) 결과, 집 과제는 타겟의 비율이 1/3 로 작아질 때 반응시간이 길어졌고 ($t = 3, p = 0.048$), 얼굴 과제는 크기 비율이 1/5 로 작아질 때가 2/3 으로 작아질 때 반응시간이 길어졌고 ($t = 3.004, p = 0.047$), 비율이 1/5 로 작아질 때와 1/3 으로 작아질 때, 비율 1 일때보다 길어졌다 (각각 $t = 6.293, p < .001; t = 5.107, p < .001$).

실험 2-2 에서 관찰된 결과를 요약하면, 패턴 자극을 사용한 실험 2-1 의 결과와 마찬가지로, 타겟 이미지가 앞에서 제시된 샘플 이미지들 중에 있었는지 없었는지를 판단하는 과제를 수행할 때, 샘플 이미지의 크기와 타겟 이미지의 크기가 다르면 반응시간이 길어졌다. 그리고, 샘플 이미지와 타겟 이미지의 표상을 일치시키기 위해서 동원될 것이라고 추정되는 크기 조정 과정은 크기 차이의 비율에 의해 이루어지고, 크기를 확대의 방향으로 조정할 때와 축소의 방향으로 조정할 때 비대칭적 양상을 관찰할 수 있었다. 얼굴 과제에서 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용 효과가 관찰되었고, 얼굴 과제와 집 과제의 반응시간 차이는 없었다.

“예” 반응과 “아니오” 반응

다음으로, 본 실험의 반응은 사전에 제시된 샘플 이미지들 중에 타겟 이미지가 있었는지 여부를 “예”, “아니오”로 판단하는 과제이므로, “예” 반응과 “아니오” 반응을 분리하여 반응시간의 차이가 있는지를 비교했다. 조건별 반응시간은 표 29와 같다.

반응유형(예-아니오) 요인을 포함하여 다원분산분석을 실시한 결과, 타겟 크기에 대한 주효과와 반응유형에 대한 주효과가 관찰되었고 (각각, $F(2, 18)=14.306, p < 0.001$, $F(1, 18)=9.275, p = 0.002$), 과제 유형과 반응유형 간의 상호작용은 관찰되지 않았다(표 30). 반응유형에 대한 사후분석을 실시한 결과, “예” 반응이 “아니오” 반응의 반응시간보다 유의미하게 빠르다 ($t=3.045, p = 0.002$) (표 31). 이러한 결과는 자기종결적 탐색 전략을 사용함을 시사한다.

표 29 반응유형(예-아니오)에 대한 조건별 반응시간

과제유형	샘플크기	타겟크기	반응유형	MeanRT	SE
얼굴	작음	더작음	예	7.13	0.03
			아니오	7.15	0.03
		같음	예	7.09	0.03
			아니오	7.09	0.04
		더큼	예	7.12	0.03
			아니오	7.14	0.03
	중간	더작음	예	7.24	0.03
			아니오	7.22	0.05
		같음	예	7.03	0.03
			아니오	7.04	0.03
		더큼	예	7.1	0.03
			아니오	7.14	0.03
큼	더작음	예	7.25	0.03	
		아니오	7.27	0.03	
	같음	예	7.04	0.03	
		아니오	7.06	0.03	
	더큼	예	7.1	0.03	
		아니오	7.1	0.03	
집	작음	더작음	예	7.13	0.03
			아니오	7.15	0.03
		같음	예	7.01	0.03
			아니오	7.09	0.04
		더큼	예	7.1	0.04
			아니오	7.16	0.04
	중간	더작음	예	7.17	0.03
			아니오	7.21	0.04
		같음	예	7.04	0.04
			아니오	7.1	0.03
		더큼	예	7.06	0.03
			아니오	7.14	0.03
큼	더작음	예	7.15	0.04	
		아니오	7.17	0.05	

같음	예	7.07	0.04
	아니오	7.13	0.04
더큼	예	7.08	0.03
	아니오	7.12	0.03

표 30 반응유형(예-아니오) 요인을 포함한 다원분산분석 결과

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2
과제유형(T)	0.007	1	0.007	0.281	0.596	3.82E-04
샘플크기(S)	0.013	2	0.007	0.281	0.755	7.63E-04
타겟크기(TA)	0.664	2	0.332	14.306	< .001***	0.039
반응유형(R)	0.215	1	0.215	9.275	0.002**	0.013
T*S	0.018	2	0.009	0.38	0.684	0.001
T*TA	0.002	2	0.001	0.054	0.948	1.46E-04
S*TA	0.114	4	0.028	1.223	0.3	0.007
T*R	0.059	1	0.059	2.557	0.11	0.003
S*R	0.003	2	0.001	0.058	0.943	1.59E-04
TA*R	0.025	2	0.013	0.541	0.582	0.001
T*S*TA	0.095	4	0.024	1.019	0.397	0.006
T*S*R	0.003	2	0.002	0.072	0.931	1.95E-04
T*TA*R	0.005	2	0.003	0.114	0.892	3.10E-04
S*TA*R	0.021	4	0.005	0.227	0.923	0.001
T*S*TA*R	0.012	4	0.003	0.134	0.97	7.29E-04
Residuals	15.808	681	0.023			

표 31 <실험 2-2> 반응유형에 대한 사후분석(Tukey HSD)

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p _{Tukey}
아니오	예	0.035	0.011	3.045	0.226	0.002**

3.2.3 논의

실험 2에서는 자극의 물리적 속성 중 자극의 크기가 지각적 처리에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 실험 2-1에서는 패턴 자극의 샘플과 타겟의 크기가 다를 때, 요소적 판단 과제가 관계적 판단 과제보다 반응시간이 더 길고, 관계적 판단 과제에서 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용 효과가 나타났다. 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제 모두에서 크기 조정의 비율이 커짐에 따라 반응시간이 길어지는 현상이 관찰되었는데, 이러한 현상은 타겟의 크기가 작을 때에만 나타났다. 실험 2-2에서는 얼굴 이미지와 집 이미지에 대해서 크기 조정 효과를 관찰했는데, 얼굴 이미지와 집 이미지 간에 반응시간의 차이는 유의하지 않았고, 얼굴 과제일 때 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용이 관찰되었다. 비율에 따른 크기조정 효과는 실험 2-1에서와 마찬가지로, 타겟의 크기가 작을 때에만 비율이 커짐에 따라 반응시간이 길어졌다.

관계적 처리와(Relational processing)와 요소적 처리(Elemental processing)

실험 2-1에서의 관계적 판단 과제와 실험 2-2에서의 얼굴 과제에서 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용이 유의하다는 결과는 얼굴 이미지를 지각하는 과정에서 크기 조정이 동원될 때, 관계적 정보에 좀 더 민감하게 반응하는 측면이 있다고 해석할 수 있는 여지가 있다.

기존의 크기 조정에 관한 연구들은 시각 자극 처리의 관계적 처리나 요소적 처리라는 관점을 고려하지 않은 연구들인데, 본 연구의 실험 2-1, 2-2의 결과와 비교해보면 기존 연구는 본 연구의 관계적 처리에 해당한다고 할 수 있다.

크기조정의 방향성(Direction of size scaling)

본 연구에서의 샘플 자극은 우리의 마음속에 저장된 기억표상(mnemonic representation)이고, 타겟 자극은 실시간으로 망막에 입력되어 만들어진 지각표상(perceptual representation)이라고 할 수 있다. 그리고 기억표상과 지각표상이 일치하는지 여부를 판단하기 위해서, 두 표상 중 하나를 축소하거나 확대하는 크기조정 과정을 통해 일치 여부를 판단한다고 가정한다. 이 때, 기억표상의 크기를 조정하는지 지각표상의 크기를 조정하는지는 알 수 없다. 단, 본 실험에서는 샘플이 4개 제시되었고, 타겟이 1개 제시되었으므로, 1개인 지각표상을 조정하여 기억표상과 비교하는 것이 처리과정 상 더 효율적인 전략일 것이라고 추정한다. 기억 표상을 조정하는지 지각표상을 조정하는지의 여부에 대한 문제는 추후 연구에서 다루어야 할 주제이다. 단, 본 연구에서는 크기 조정 과정이 지각 표상을 조정하는 것이라 추정하고 논의를 진행하겠다.

크기 조정이 지각표상을 대상으로 한다는 가정 하에, 지각표상의 확대는 타겟의 크기가 더 작게 제시될 때 동원되는 과정이고, 지각표상의 축소는 타겟의 크기가 더 크게 제시될 때 동원되는 과정일 것이라고 추정한다. 본 실험 결과에 의하면, 지각표상을 확대할 때, 반응시간이 크기 비율의 증가에 따라 증가한다. 이러한 결과는 기존 연구들에서 타겟 크기가 더 클 때 더 빨리 반응하고 타겟 크기가 더 작게 제시될 때는 반응시간이 커진다는 연구 결과들과 일치한다 (Sperandio & Chouinard, 2015).

자기종결적 탐색(self-terminating search)과 소진적 탐색(exhaustive search)

요소적 과제는 “예” 반응과 “아니오” 반응의 반응 시간에 차이가 없고, 관계적 과제에서는 “예” 반응이 “아니오” 반응보다 통계적으로 유의하게 빠르다. 본 실험이 샘플 자극으로 주어진 4 개의 이미지 중에 타겟 자극이 있었는지 없었는지를 판단하는 매치-투-샘플 패러다임이므로, 기억에 저장된 4 개의 샘플을 검색하는 과정이 필요할 것이라고 추정된다. 그렇다면 검색 과정에 동원된다고 가정되는 두 가지 검색과정 패러다임인 자기종결적 탐색(self-terminating search) 혹은 소진적 탐색(exhaustive search)을 사용할 것이라고 추정된다. 기존의 여러 연구에 의하면 “아니오” 반응은 일반적으로 “예” 반응보다 느린데 (Atkinson et al., 1969; Briggs & Blaha, 1969; Burrows & Okada, 1971; Egeth, Jonides, & Wall, 1972; Pashler, 1987; Schneider & Shiffrin, 1977; Townsend & Roos, 1973; Yantis & Jonides, 1984), 본 실험의 관계적 과제에서는 기존의 연구 결과와 일치하는 결과가 관찰되는데, 요소적 과제에서는 “예” 반응과 “아니오” 반응의 반응시간이 통계적인 차이가 없다. 이러한 결과는 실험 2-1의 관계적 과제는 자기종결적 탐색 전략을 사용하는 반면에, 요소적 과제에서는 소진적 탐색 전략을 사용했을 가능성을 추정할 수 있다.

반면에, 실험 2-2의 얼굴과 집 과제에서는, “예” 반응이 “아니오” 반응의 반응시간보다 유의미하게 빠르고, 과제 유형과 반응 유형 간의 상호작용은 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 얼굴과 집 이미지에 대한 매칭 과제를 수행할 때에는 탐색 전략에 차이가 없으며, 자기종결적 탐색 전략을 사용함을 시사한다.

3.3 [실험 3] 대비수준과 잠재적 선택지의 수가 동일성 판단 과제에 미치는 영향

실험 3에서는 자극의 물리적 속성인 대비수준과 과제를 수행할 때 형성되는 인지적 맥락이 시각정보 처리의 반응시간에 미치는 영향에 대해 살펴보았다.

인간의 행동은 크게 단순 반응(simple reaction) 행동과 반응 선택(choice response) 행동으로 분류할 수 있다(Luce, 1986). 단순 반응 행동은 말 그대로 자극에 대해 즉각적으로 반응하는 행동으로 자극의 물리적 속성에 영향을 받는 “물리적으로 연결된(hard-wired)” 된 시스템이라고 한다면, 반응 선택 행동은 기억과 맥락에 의해 영향을 받는 복잡한 행동이라고 할 수 있다. 기존의 반응 선택 행동에 대한 연구들 중 대표적인 것이, 반응시간이 자극-반응에 연결된 선택지(alternatives)의 개수에 비례한다는 법칙(Hick의 법칙)이다(Hick, 1952). Hick의 법칙은 수 십 년 간 여러 연구들에서 일관되게 관찰되는 현상이라고 할 수 있다(Foractor & Schneider, 2018). 이러한 기존의 연구들이 실제로 제시되는 선택지의 개수에 따른 반응시간의 변화에 초점을 맞춘 반면, 본 연구에서는 선택지로 나올 수 있는 “가능한(possible) 또는 잠재적인(potential)” 선택지의 개수에 초점을 맞춘다. 즉, 기존의 연구들이 실제 선택지(actual alternatives)의 개수에 대한 연구라면, 본 연구에서는 잠재적 선택지(potential alternatives)의 개수도 반응시간에 영향을 미치는지 여부를 살펴보았다.

실험 3은 실험 3-1과 실험 3-2로 구성되는데, 실험 3-1은 대비수준과 잠재적 선택지의 수가 동일선 판단 과제(same-different task)에 미치는 영향을 살펴보았고, 실험 3-2는 실험 3-1에 대한 추가실험으로 대비수준을 평균 휘도와 대비로 구분하여, 이 두 요인을 체계적으로 변화시켜 평균 휘도와 대비의 영향력의 크기를 비교했다.

3.3.1 실험 3-1

실험 3-1에서는 대비수준(contrast level)과 잠재적 선택지의 수(potential number of alternatives)가 관계적 판단 과제와 요소적 판단과제를 수행할 때 반응시간에 미치는 영향을 살펴보았다.

일단, 본 실험에서의 관계적 판단과제와 요소적 판단과제의 성격을 규명할 필요가 있다. 실험 2-1에서와 마찬가지로, 관계적 판단과제는 패턴을 구성하는 요소와 관계없이 동일한 공간적 관계로 이루어진 전체 형태를 같다고 판단하는 것이고, 요소적 판단과제는 전체적 형태와 관계없이 동일한 부분 요소를 가진 패턴을 같다고 판단하는 것이다. 이 때, 전체 형태를 고려해야 하므로 관계적 판단 과제는 낮은 공간주파수를 처리해야 하는 과제라고 할 수 있고, 요소적 판단 과제는 패턴을 구성하는 부분 요소를 처리해야 하므로 높은 공간주파수를 처리하는 과제라고 할 수 있다. 그런데, 낮은 공간주파수는 M 세포가 담당하고, 높은 공간 주파수는 P 세포가 매개한다는 기존 연구 결과에 근거하여(Plainis & Murray, 2000), 본 실험에서의 관계적 판단 과제는 M 채널이 주도하는 과제로, 요소적 판단 과제는 P 채널이 주도하는 과제로 추정할 수 있다.

3.3.1.1 연구 방법

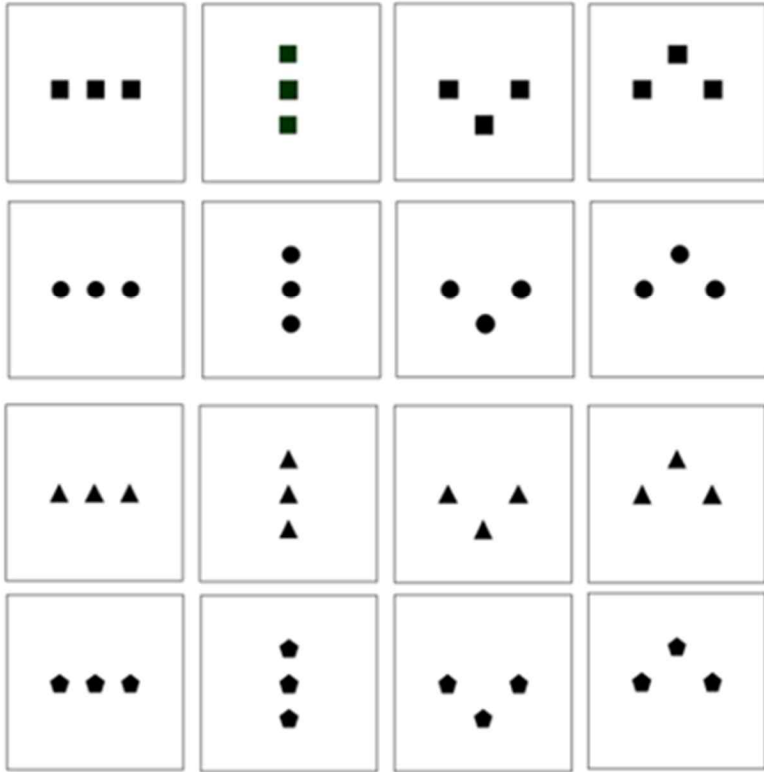
참여자 실험 1에 참여했던 참여자들을 포함하여 총 42명(남 21명, 여 21명, 평균연령 27.9세(± 4.1))의 정상시력을 가진 성인이 연구에 참여했다. 서울대 IRB 승인을 받았으며, 참여자 전원의 사전 서면 동의를 얻었다.

실험설계 참여자는 과제에 대한 학습 효과와 조건 간 전이 효과를 통제하기 위해서, 대비 수준 중 한 조건에만 참여하도록 했다(고대비 조건 11명, 중간대비 조건 10명, 저대비 조건 11명, 등휘도 조건 10명). 참여자들을 대비수준 한 조건에만 참여하도록 한 것은 실험 참여자들 간에 대비 수준의 변화에 대한 반응 양상이 합리적인 일관성을 보인다는 기존 연구결과에 근거했다

(Switkes & Crognale, 1999). 각 대비수준에서 과제유형(관계적 판단과제와 요소적 판단과제)과 잠재적 선택지의 수 (Number of Pairs:NP2, NP4, NP16)에 대해서는 모든 조건에 노출되었다. 대비수준은 참여자 간 무작위로 배정하였다.

자극 자극 제시 및 반응 기록은 Python 기반의 실험용 소프트웨어인 Open Science Tools LTD.사의 Psychopy를 이용하였다(Peirce et al., 2019). 실험에 사용된 패턴 자극과 대비수준은 그림 15에 제시되었고, 이는 실험 1에서의 자극과 동일하다. 잠재적 선택지의 수(NP)에 대한 예시는 그림 16과 같다.

1) 실험에 사용된 자극 ↵

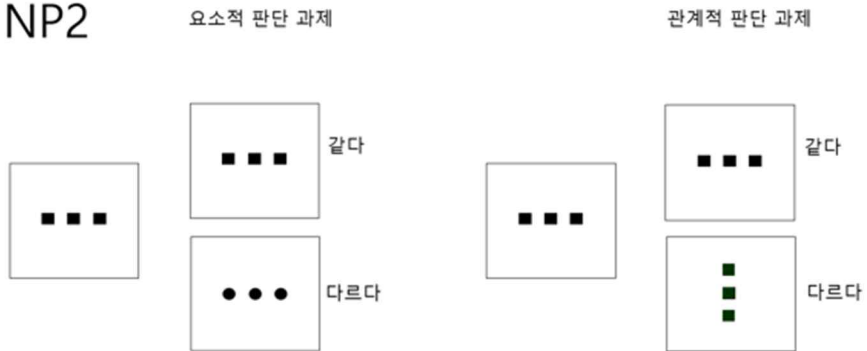


2) 실험에 사용된 대비 수준 ↵



그림 15 <실험 3-1> 실험에 사용된 자극과 대비수준
 대비수준은 실험1과 동일함

NP2



NP4

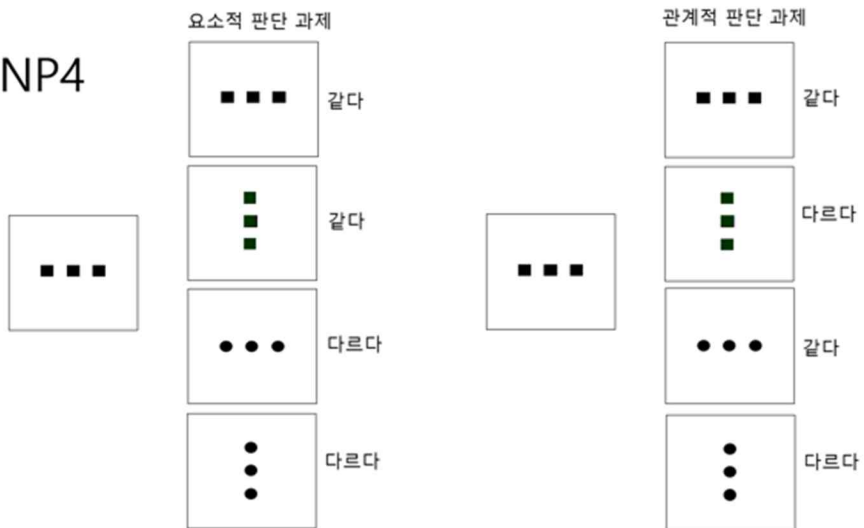


그림 16 <실험 3-1> 잠재적 선택지의 수(Number of Pairs: NP)의 예시
 NP16은 지면관계상 생략함. NP16은 한 탐사자극에 대해 그림16의 1)에 있는 16개의 자극 중 하나가 검사자극으로 나올 수 있음.

실험절차 참여자는 화면과 60 센티미터 떨어져 앉았다. 참여자들은 실험에 대한 설명을 들은 후 동의서에 서명을 했다. 자극 및 응답 방식에 익숙해질 수 있도록 10 회의 연습시행 후 본 실험을 시행했다. 실험절차는 그림 17 과 같

다. 참여자들은 먼저 제시되는 패턴자극(탐사자극)과 이후 제시되는 패턴자극(검사자극)이 동일한지 여부를 판단하는 과제를 수행했다. 이때 판단 기준에 따라 과제의 유형이 구분되는데, 관계적 판단과제는 패턴을 구성하는 요소와 관계없이 동일한 공간적 관계로 이루어진 전체 형태를 같다고 판단하는 것이고, 요소적 판단과제는 전체적 형태와 관계없이 동일한 부분요소를 가진 패턴을 같다고 판단하는 것이다. “같다” 반응은 키보드에서 “J” 를, “다르다” 반응은 “K” 를 누르도록 했다.

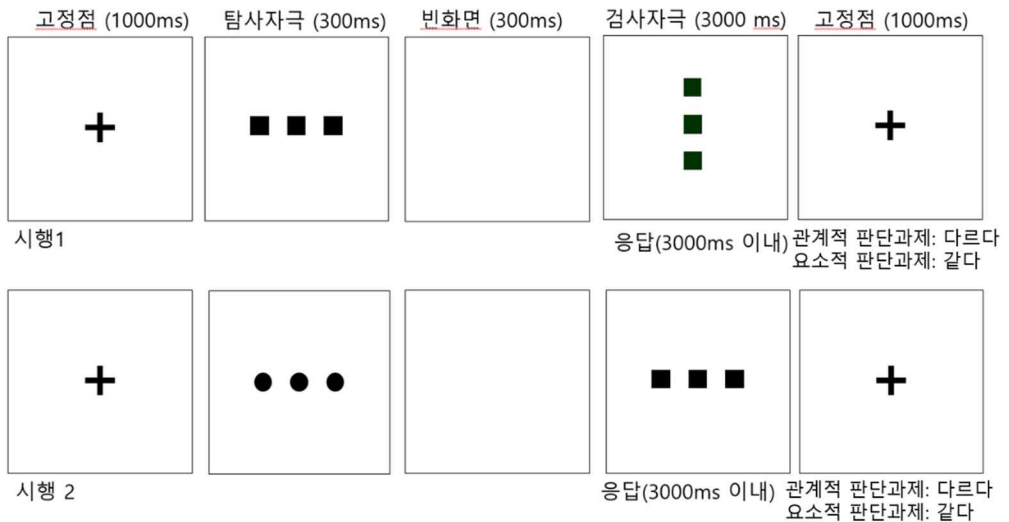


그림 17 <실험 3-1> 실험 진행도 (NP 4, 고대비조건의 예시)

초기에 고정점이 1000ms간 제시된 후, 탐사자극이 300ms동안 제시되고, 이어서 빈화면이 300ms 동안 나타난 후, 검사자극이 제시됨. 이때 응답을 하는데 3000ms 이내에 응답하지 않으면 다음 시행으로 넘어감. 이후 고정점이 등장하고 반복됨. 실제 실험 시에는 각 대비수준에 따라 배경화면의 색과 밝기가 변경됨.

실험은 각 대비수준에 대해 NP 조건에 따른 3 개의 회기가 있고, 한 회기는 관계적 판단과제 2 블록, 요소적 판단과제 2 블록으로 구성된다. 한 블록당 시행 수는 64 시행으로, 한 참여자가 수행한 총 시행 수는 768 시행이다. 회기와 블록의 순서는 모든 참여자 간에 무작위로 제시되어 순서효과를 상쇄시켰다.

3.3.1.2 연구 결과

참여자 중 한 명은 과제를 잘못 이해하여 실험의 4 블록 중 2 블록을 다르게 반응했음을 알게 되어 분석에서 제외했다. 통계분석은 IBM SPSS statistics 25 와 Jasp 0.16 을 사용했다. 데이터가 정규성 가정을 충족하지 않아서, 비모수 검정인 크루스칼 월리스 검정으로 분석했고, 분산분석과의 유의미성 패턴이 크게 다르지 않으므로, 결과 해석에 참고하기 위해 분산분석 결과도 추가했다. 사후검정은 본페로니 테스트를 실시했다.

정답률은 요소적 판단 과제가 96.2%, 관계적 판단 과제가 97.6%이다. 조건별 반응시간은 표 32 와 같다.

표 32 <실험 3-1> 조건별 반응시간

과제유형	대비수준	NP	Mean RT (ms)	SE	
요소적	등휘도	2	585.6	30.8	
		4	576.4	34	
		16	739.5	31.1	
	저대비	2	616.7	33.7	
		4	702.9	36.3	
		16	858.8	46.9	
	중간대비	2	565.6	18.4	
		4	592	24	
		16	678.7	15.2	
	고대비	2	531.6	16.2	
		4	544.1	17.8	
		16	676.1	27.6	
	관계적	등휘도	2	584.6	23.5
			4	609	25.3
			16	699.2	20.2
저대비		2	531.4	24.5	
		4	554.9	28.6	
		16	654.3	24.3	
중간대비		2	535.8	16.2	
		4	564.2	28.8	
		16	625.1	14.1	
고대비		2	509.8	13.2	
		4	531.7	17.8	
		16	626.3	21.8	

통계 분석 결과는 표 33 에 제시되었다. 크루스칼 왈리스 검정 결과, 과제유형, NP, 대비수준에 대한 주효과가 관찰된다(과제유형: $p < .001$, NP: $p = 0.002$, 대비수준: $p < .001$).

표 33 <실험 3-1> 반응시간에 대하여 대비수준, 과제유형, NP 를 요인으로 한 크루스칼 왈리스 검정과 삼원분산분석 결과

크루스칼 왈리스 검정 결과

Factor	Statistic	df	p
과제유형	9.656	1	0.002
대비수준	18.843	3	< .001
NP	72.211	2	< .001

삼원분산분석 결과

Cases	SS	df	MS	F	p	η^2_p
과제유형(T)	173871	1	173871	25.747	< .001***	0.105
대비수준(C)	263080.8	3	87693.61	12.986	< .001***	0.15
NP	848866.6	2	424433.3	62.851	< .001***	0.364
C * T	181161.4	3	60387.13	8.942	< .001***	0.109
C * NP	42598.37	6	7099.727	1.051	0.393	0.028
T * NP	34123.9	2	17061.95	2.527	0.082	0.022
L * T * NP	20661.74	6	3443.623	0.51	0.801	0.014
Residuals	1.49E+06	220	6752.966			

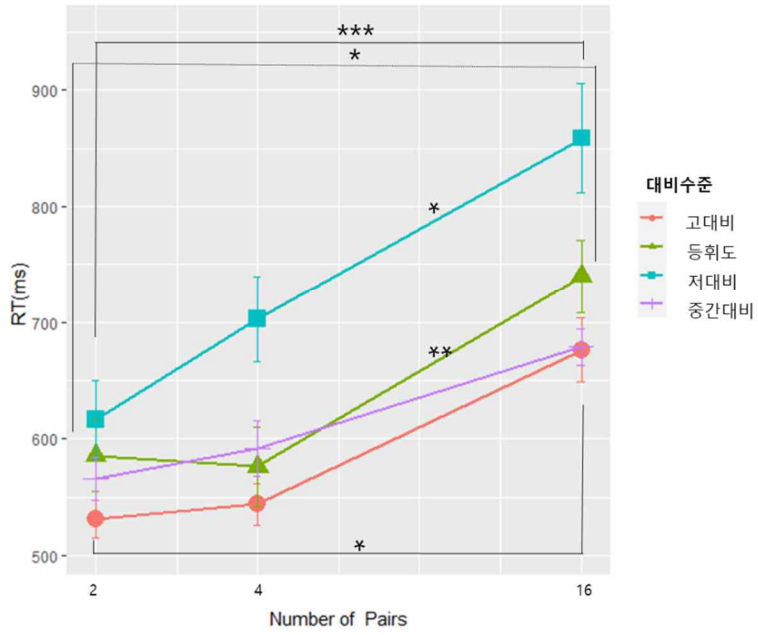
NP: Number of Pairs

대비수준, 과제유형, NP의 주효과가 유의미하고, 대비수준과 과제유형 간의 상호작용이 유의미하다.

그림 18 에서 반응시간의 양상을 살펴보면, 관계적 판단 과제와 요소적 판단 과제 모두 대비수준이 낮을수록 반응시간이 길어지는데, 등회도 조건과 저대비 조건의 반응양상이 관계적 판단과제와 요소적 판단과제에서 역전되는 것

을 관찰할 수 있다. 즉, 요소적 판단과제에서는 저대비 조건의 반응시간이 등휘도 조건의 반응시간보다 증가하고, 관계적 판단과제에서는 등휘도 조건의 반응시간이 저대비 조건의 반응시간보다 증가한다.

요소적과제



관계적과제

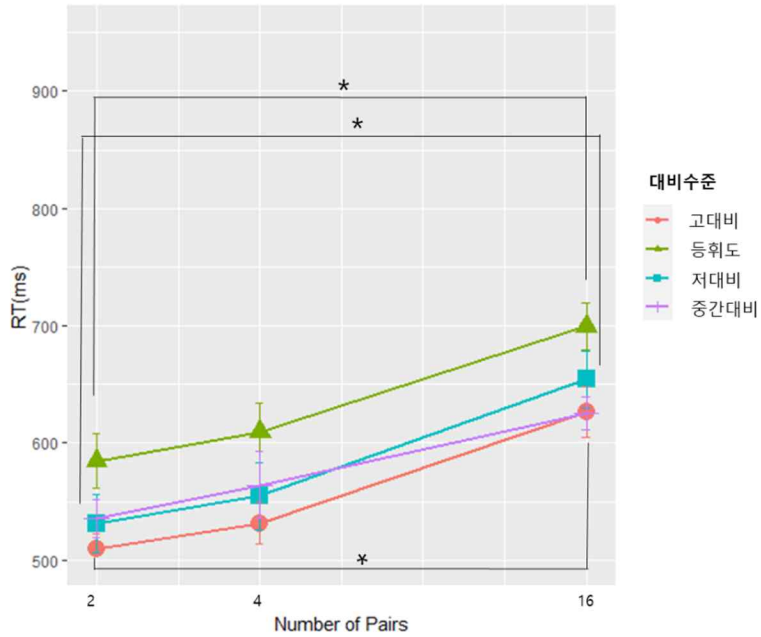


그림 18 <실험 3-1> 요소적 과제와 관계적 과제의 반응시간 비교

표 34 에서와 같이, 요소적 판단 과제에서 대비조건 간의 반응시간 차이는 고대비조건(H)은 저대비 조건(L)보다 142 ms 빠르고 ($t = -6.093, p < .001$), 등휘도 조건(I)은 저대비 조건(L)보다 92.3 ms 빠르고 ($t = -0.652, p < .001$), 저대비 조건(L)은 중간대비조건보다 114 ms 지연된다 ($t = 0.915, p < .001$). 즉, 저대비 조건은 등휘도 조건, 중간대비조건, 고대비 조건보다 반응시간이 유의미하게 지연되고, 등휘도 조건, 중간대비 조건, 고대비 조건 간에는 유의미한 차이가 없다. 표 22 에서와 같이, 대비수준 안에서 NP 의 효과는 고대비 조건일 때 NP2 는 NP16 보다 144.4ms 빠르고 ($t = -3.661, p = 0.026$), 등휘도 조건일때 NP2 는 NP 16 보다 153.9 ms 빠르고 ($t = -3.718, p = 0.021$), NP4 는 NP 16 보다 163 ms 빠르고 ($t = -3.939, p = 0.009$), 저대비 조건일때 NP2 는 NP 16 보다 242 ms 빠르고 ($t = -5.849, p < .001$), NP4 는 NP 16 보다 155.8 ms 빠르다 ($t = -3.766, p = 0.018$).

표 34 <실험 3-1>요소적 판단과제에서 대비수준의 반응시간 비교 (Bonferroni Correction)

		Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	Cohen's d	Pbonf
			Lower	Upper				
	I	-49.9	-110.8	11.0	23.3	-2.138	-0.455	0.208
H	L	-142.2	-203.1	-81.3	23.3	-6.093	-1.106	< .001***
	M	-28.2	-89.7	33.3	23.6	-1.197	-0.325	1
I	L	-92.3	-154.7	-30.0	23.9	-3.864	-0.652	.001**
	M	21.7	-41.2	84.6	24.1	0.9	0.21	1
L	M	114.0	51.1	176.9	24.1	4.729	0.915	< .001***

I: 등휘도조건, L: 저대비조건, M: 중간대비조건, H: 고대비조건,

표 35 <실험 3-1>요소적 판단과제에서 각 대비수준에서 반응시간에 미치는 NP의 영향 비교 (Bonferroni Correction)

		95% CI for Mean Difference			SE	t	Pbonf
	Mean Difference	Lower	Upper				
H 2	H 16	-144.4	-276.2	-12.7	39.5	-3.661	0.026*
I 2	I 16	-153.9	-292.1	-15.7	41.4	-3.718	0.021*
I 4	I 16	-163.0	-301.2	-24.8	41.4	-3.939	0.009**
L 2	L 16	-242.0	-380.2	-103.8	41.4	-5.849	< .001***
L 4	L 16	-155.8	-294.0	-17.6	41.4	-3.766	0.018*

H: 고대비, I: 등휘도, L: 저대비, 2: NP2, 4: NP4, 16: NP16

관계적 판단 과제에서는 표 36 과 같이, 대비수준 간의 반응시간 차이는 고대비조건(H)은 등휘도 조건(I)보다 75 ms 빠르고 ($t = -4.229, p < .001$), 등휘도 조건(I)은 저대비 조건(L)보다 50.7ms 지연되고 ($t = 2.793, p = 0.037$), 중간대비 조건보다 55.9 ms 지연된다 ($t = 3.05, p = 0.017$). 즉, 등휘도 조건은, 저대비 조건, 중간대비 조건, 고대비 조건보다 반응시간이 유의미하게 지연되고, 저대비 조건, 중간대비 조건, 고대비 조건 간에는 유의미한 차이가 없다. 그리고 표 37 과 같이, 대비수준 안에서 NP의 효과는 고대비 조건일 때 NP2는 NP16보다 116.4ms 빠르고 ($t = -3.884, p = 0.012$), 등휘도 조건일 때 NP2는 NP 16보다 114.6ms 빠르고 ($t = -3.644, p = 0.027$), 저대비 조건일 때 NP2는 NP 16보다 123 ms 빠르다 ($t = -3.909, p = 0.011$).

표 36 <실험 3-1> 관계적 판단과제에서 대비수준의 반응시간 비교 (Bonferroni Correction)

		Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	Cohen's d	Pbonf
			Lower	Upper				
H	I	-75.0	-121.3	-28.7	17.7	-4.229	-0.918	< .001***
	L	-24.3	-70.6	22.0	17.7	-1.37	-0.281	1
	M	-19.1	-65.8	27.6	17.9	-1.068	-0.253	1
I	L	50.7	3.3	98.1	18.1	2.793	0.556	0.037*
	M	55.9	8.1	103.7	18.3	3.05	0.695	0.017*
L	M	5.2	-42.6	53.0	18.3	0.283	0.06	1

I: 등휘도조건, L: 저대비조건, M: 중간대비조건, H: 고대비조건,

표 37 <실험 3-1> 관계적 판단과제에서 각 대비수준에서 반응시간에 미치는 NP의 영향 비교 (Bonferroni Correction)

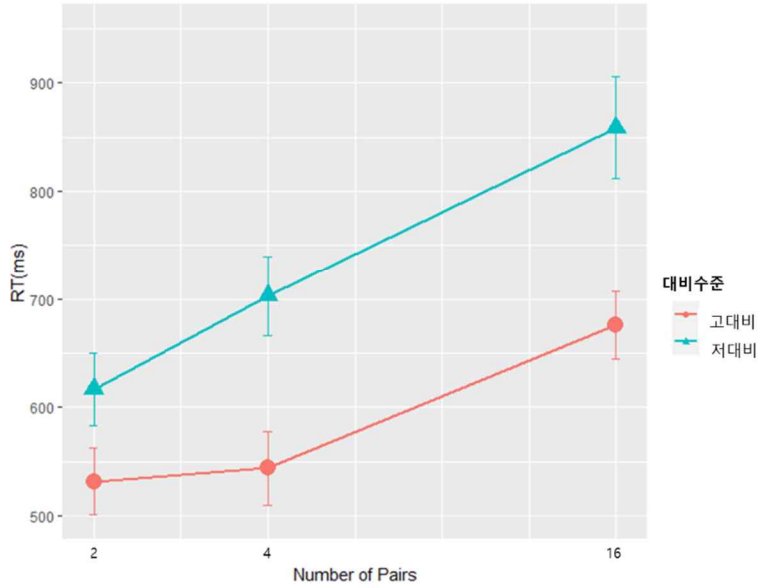
		Mean Difference	95% CI for Mean Difference		SE	t	Pbonf
			Lower	Upper			
H 2	H 16	-116.4	-216.6	-16.3	30	-3.884	0.012*
I 2	I 16	-114.6	-219.6	-9.6	31.4	-3.644	0.027*
L 2	I 16	-123	-228	-18	31.4	-3.909	0.011*

등휘도 조건과 저대비 조건의 반응 양상을 좀 더 자세히 비교하기 위하여 두 조건의 반응시간 양상만 따로 그래프로 보면 (그림 19), 등휘도 조건 (isoluminance condition) 과 저대비 조건 (low luminance contrast) 일 때 요소적 판단과제 (relational task) 와 관계적 판단과제 (elemental task) 의 반응시간 패턴이 역전되는 것을 확인할 수 있다. 관계적 판단과제에서는 등휘도 조건일 때의 반응시간이 저대비 조건일 때보다 유의미하게 지연되는 반면에, 요소적 판단과제에서는 저휘도 대비일 때의 반응시간이 등휘도 조건일 때보다 유의미하게 지연된다.

본 실험에서 요소적 판단 과제에서 저대비 조건일 때 반응시간이 지연된 이유에 대해, 요소적 판단 과제를 수행하기 위해서는 높은 공간주파수의 자극을 처리해야 하고, 이러한 자극의 특성에는 P 채널이 동원될 것으로 추정되는데, P 채널은 낮은 대비에 반응하지 않으므로 기능이 약화돼서 반응시간의 지연이 생기는 것으로 해석할 수 있다. 반면에, 색상 정보만 존재하는 등휘도 조건에서는, 색상 정보를 처리하는데 민감한 P 채널의 역할로 인해 반응시간이 빨라진 것으로 추정할 수 있다.

한편, 관계적 판단 과제에서 등휘도 조건일 때 반응시간이 유의미하게 지연된 이유에 대해, 관계적 판단 과제를 수행하기 위해서는 낮은 공간 주파수의 자극을 처리해야 하고, 이러한 자극의 특성에는 M 채널이 동원될 것으로 추정되는데, M 채널은 휘도가 동일하고 파장 대비만 존재하는 자극 (등휘도 조건) 에 대해 반응하지 않는다는 기존 연구결과들에 근거할 때, 본 연구의 등휘도 조건에서도 기능이 약화되어 반응시간이 지연된 것으로 해석할 수 있다.

요소적과제



관계적과제

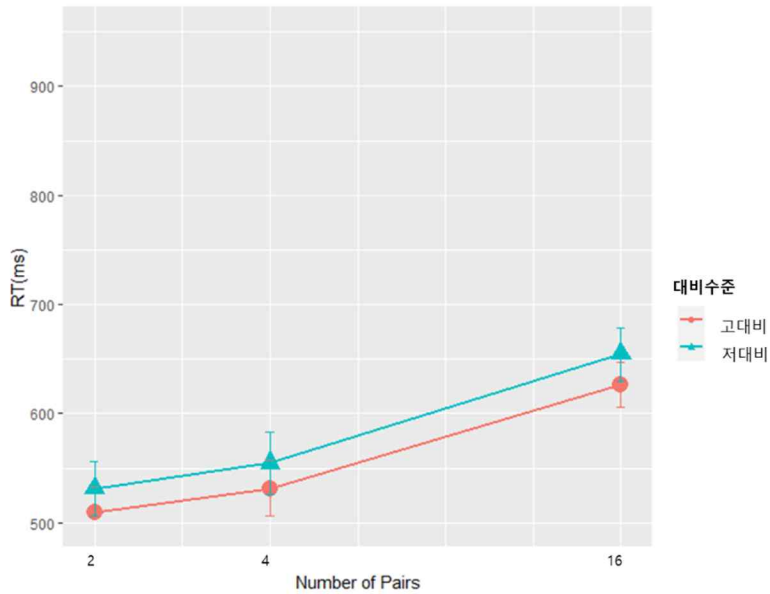


그림 19 <실험 3-1> 고대비조건과 저대비조건에서의 NP 증가에 따른 반응시간 양상

”같음” 반응과 ”다름” 반응

다음으로, 본 실험의 반응은 사전에 제시된 샘플 이미지들 중에 타겟 이미지가 있었는지 여부를 “같음”, “다름” 으로 판단하는 과제이므로, 이 두 유형의 반응을 분리하여 반응시간에 차이가 있는지를 비교했다. 조건별 반응시간은 표 38 과 같다.

표 38 반응유형(같음-다름)에 대한 조건별 반응시간

과제유형	대비수준	NP	반응유형	MeanRT	SE
요소적과제	등휘도	2	같음	561.1	28.7
			다름	610.1	33.1
		4	같음	551.7	33.1
			다름	601.1	35.8
		16	같음	711.3	30.5
			다름	767.8	35.2
	저대비	2	같음	611.7	35.7
			다름	621.7	36.5
		4	같음	690.4	40.3
			다름	715.4	44.5
		16	같음	840.8	48.6
			다름	876.7	54.6
중간대비	2	같음	548.6	24.8	
		다름	582.6	15.8	
	4	같음	582	28.9	
		다름	602.1	23.0	
	16	같음	667.4	22.6	
		다름	690	11.4	
	고대비	2	같음	508.8	19.3
			다름	553.2	14.3
4		같음	518.2	18.0	
		다름	570.1	20.0	

	16	같음	663	24.2	
		다름	689.3	28.6	
	2	같음	576.1	22.6	
		다름	593.2	24.6	
등휘도	4	같음	600	25.0	
		다름	618	27.4	
	16	같음	676.3	19.6	
		다름	722.1	25.3	
	2	같음	516.3	23.9	
		다름	546.5	28.5	
저대비	4	같음	542.6	33.6	
		다름	567.2	29.7	
	16	같음	652.5	31.9	
		다름	656.1	21.6	
관계적과제	2	같음	522.6	24.1	
		다름	549	13.4	
	4	같음	554.3	29.3	
		다름	574.1	34.2	
	16	같음	643.6	28.7	
		다름	606.6	14.6	
	2	같음	482.8	16.1	
		다름	536.8	13.4	
	중간대비	4	같음	512.8	20.1
			다름	550.5	17.8
		16	같음	600.6	21.1
			다름	651.6	23.2
	2	같음	482.8	16.1	
		다름	536.8	13.4	
고대비	4	같음	512.8	20.1	
		다름	550.5	17.8	
	16	같음	600.6	21.1	
		다름	651.6	23.2	

표 39 <실험 3-1> 반응유형(같음-다름) 요인을 포함한 통계분석 결과

크루스칼 윌리스 검정

Factor	Statistic	df	p
과제유형	10.553	1	0.001
대비수준	50.923	3	< .001
NP	17.076	2	< .001
반응유형	16.892	1	< .001

다원분산분석

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2
과제유형(T)	168392	1	168392	21.98	< .001***	0.036
대비수준(L)	523549	3	174516	22.78	< .001***	0.112
NP	184538	2	92268.8	12.044	< .001***	0.04
반응유형(R)	126677	1	126677	16.535	< .001***	0.027
T * L	236029	3	78676.5	10.27	< .001***	0.051
T * NP	3538.64	2	1769.32	0.231	0.794	7.58E-04
L * NP	53845.2	6	8974.2	1.171	0.32	0.012
T * R	3410.85	1	3410.85	0.445	0.505	7.31E-04
L * R	15884.9	3	5294.96	0.691	0.558	0.003
NP * R	230.917	2	115.458	0.015	0.985	4.95E-05
T * L * NP	27022.2	6	4503.7	0.588	0.74	0.006
T * L * R	3099.09	3	1033.03	0.135	0.939	6.64E-04
T * NP * R	1341.82	2	670.908	0.088	0.916	2.88E-04
L * NP * R	4483.49	6	747.248	0.098	0.997	9.61E-04
T * L * NP * R	4772.82	6	795.47	0.104	0.996	0.001
Residuals	3.31E+06	432	7661.07			

반응유형(같음-다름)을 포함한 통계분석 결과, 앞에서의 분석과 마찬가지로, 과제유형, 대비수준, NP의 주효과가 관찰되었고, 반응유형에 대한 주효과가 관찰되었다 ($p < .001$). 과제유형과 대비수준에 대한 상호작용 효과가 유의했다 ($p < .001$). 과제유형과 반응유형 간의 상호작용은 관찰되지 않았다(표 39).

표 40 <실험 3-1> 반응유형에 대한 사후분석 (Bonferroni Correction)

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	P_{bonf}
다름	같음	32.573	8.01	4.066	0.334	< .001

반응유형에 대한 사후분석 결과, 같음 반응이 다름 반응보다 32.573 ms 빠르며, 이 차이는 통계적으로 유의하다 ($t = 4.066$, $p < .001$) (표 40). 이러한 결과는 자기중결적 탐색 전략을 사용함을 시사한다.

NP 효과와 연습효과

NP가 2, 4, 16으로 증가할 때 반응시간이 지연되는 결과에 대해, NP2가 NP16보다 연습이 더 많이 되어서 나타나는 현상일 수도 있다는 가능성이 제기된다. 왜냐하면 연습 수준도 반응시간에 영향을 미치는 변수 중 하나이기 때문이다 (Teichner and Krebs, 1974). 이러한 연습효과가 반응시간의 차이에 작용했는지 살펴보기 위해서, 전체 시행 중 상대적으로 연습이 덜 되었을 것이라고 짐작되는 실험의 앞부분(각 참여자의 전체 데이터를 반으로 나누었을 때 데이터의 전반부에 대해서 크루스칼-왈리스 검정으로 분석을 한 후, 전체 데이터를 분석한 결과와 반응 패턴의 차이가 있는지를 비교했다(표 41)). 데이터의 앞부분에 대한 크루스칼-왈리스 분석 결과, 대비수준과 NP의 주효과

가 유의했다. (각각 $p = 0.016$, $p < .001$). 이는 전체 데이터의 결과와 같은 결과이다. 또한 데이터 전반부와 전체 데이터의 반응시간에 차이가 있는지를 만-휘트니 U 검정으로 비교한 결과, 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. ($p = 0.497$). NP 효과가 연습효과에 의해서 나타나는 효과가 아니라고 추정할 수 있다. 단, 과제유형의 주효과는 유의하지 않았는데, 연습 수준이 낮을 때는 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제의 반응시간이 유사했고, 연습 수준이 높아질수록 관계적 판단 과제의 반응시간이 작아진다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 통해서 관계적 판단 과제는 연습을 통해 수행이 촉진되는 처리과정이라고 추정할 수 있다.

표 41 <실험 3-1> 연습효과 여부를 확인하기 위한 반응시간분석 결과

크루스칼-왈리스 검정

Factor	Statistic	df	p
대비수준	10.368	3	0.016
과제유형	3.322	1	0.068
NP	57.208	2	< .001

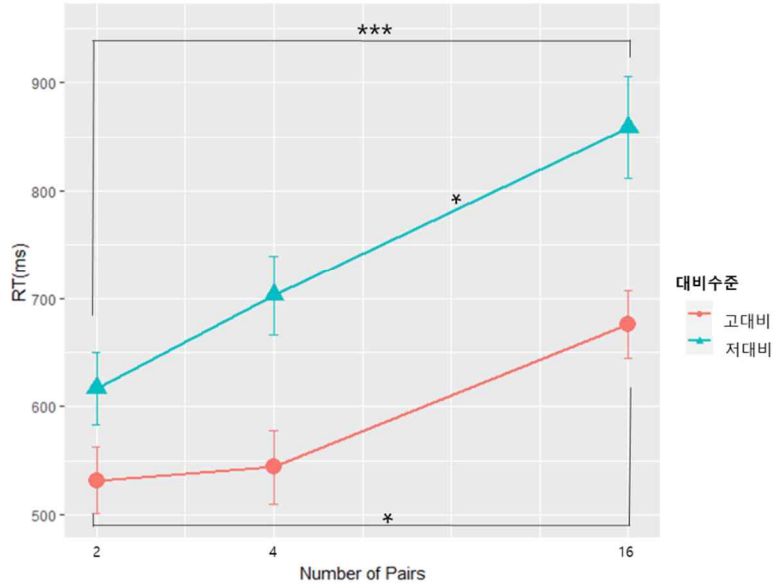
만-휘트니 U 검정

	W	p	Rank-Biserial Correlation
반응시간	26568.000	0.497	0.037

정보이론 관점에서의 NP 효과

NP 효과, 즉 잠재적 선택지의 수가 증가할 수록 반응시간이 커지는 현상을, Hick 의 법칙의 관점에서 살펴보았다. Hick 의 법칙은 자극이 나타날 확률에 따라 정보량이 달라지는데, 정보는 불확실한 상황에서 얻을 수 있는 지식을 말하며, 정보의 양은 불확실성의 양을 반영한다. 즉, 정보량이 증가할수록 불확실성이 증가하여 반응시간에 영향을 미치는 현상을 설명한 법칙이다(Hick, 1952; Proctor & Schneider, 2018). 본 연구에서는 이러한 정보량의 증가에 의한 불확실성이 대비수준에 의해서도 달라지는 지를 살펴보기 위해, 본 연구에서 수집한 데이터 중 고대비 조건과 저대비 조건의 데이터를 요소적 과제와 관계적 과제로 나누어 반응시간의 패턴을 분석했다. 고대비 조건과 저대비 조건의 반응시간의 양상을 분리하여 그래프로 표현하면 그림 20 과 같다.

요소적과제



관계적과제

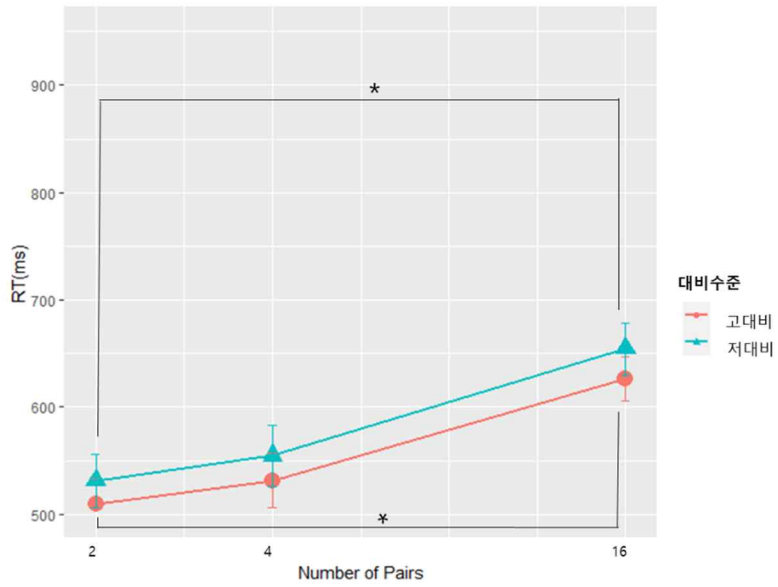


그림 20 <실험 3-1> NP 증가에 대한 고대비조건과 저대비조건의 반응시간

우선, 각 NP 수준에 대해 확률값을 계산하고, 이에 대한 정보량을 계산한 후에 (표 42), 고대비조건과 저대비 조건에 대해서 반응시간의 기울기를 구했다(표 43).

표 42 <실험 3-1> 자극 이벤트의 확률과 정보량

NP	P	H
2	0.5	1
4	0.25	2
16	0.0625	4

P: 자극 이벤트의 확률(Probability)

H: 자극 이벤트의 확률(P)에 의존하는 정보량(엔트로피)

표 43 <실험 3-1> 대비수준과 반응시간의 기울기

	요소적과제			관계적과제		
	기울기 (ms/bit)	Spearman's rho	p	기울기 (ms/bit)	Spearman's rho	p
고대비	51	0.608	< .001	40	0.624	< .001
저대비	80	0.66	< .001	42	0.533	0.002

표 43 에 의하면, 요소적 과제는 관계적 과제보다 NP 의 증가에 대한 반응시간의 기울기가 더 크고, 요소적 과제는 대비수준이 낮을 때, 반응시간의 기울기가 더 증가한다는 것을 알 수 있다. 반면에 관계적 과제는 대비수준의 차이에 의한 반응시간의 기울기가 거의 유사하다. 즉, 요소적 과제는 관계적 과제보다 정보량의 증가로 인한 불확실성의 영향을 더 많이 받으며, 대비수준 또한 불확실성의 증가에 기여한다고 추정할 수 있다. 이에 대해서 3.3.3 논의 부분에서 더 자세히 다루도록 하겠다.

확산모형분석 (Diffusion Modeling)

등회도 조건과 저대비 조건에서 관계적 판단 과제와 요소적 판단 과제의 반응시간 양상이 역전되는 현상을 보다 더 자세히 이해하기 위해서, 반응시간을 구성하는 세부요소들을 추정하는데 사용할 수 있는 확산모형 분석을 실시했다.

Ratcliff(1978)에 의하면, 확산 모형은 단순한 두 가지 선택 결정의 기초가 되는 인지 과정의 수학적 모델이다. 이 모형은 순차적 샘플링 모델의 하나로 정보가 지속적으로 축적되는 동안 결정 경계에 도달하면 결정이 내려진다고 가정한다. 또한 두 가지 선택 중에서 판단하는 작업에서 수행되는 처리를 세부적인 구성 요소로 분해한다(Ratcliff, 1978; Ratcliff & McKoon, 2008).

Voss et al.,(2013)에 의하면, 확산 모형을 적용할 수 있는 이론적 가정은 다음과 같다.

- 1) 이진 결정(Binary Decisions): 확산 모형의 적용은 이진 의사 결정 패러다임에서만 가능하다.
- 2) 연속 샘플링 (Continuous Sampling): 의사 결정이 연속 샘플링 프로세스를 기반으로 한다.
- 3) 단일 단계 결정(Single-Stage Decisions): 의사 결정은 단일 단계 처리를 기반으로 한다. 참가자들이 더 복잡한 전략을 취할 수 있는 과제에는 적합하지 않다.
- 4) 결정시간 (Decision Times): 확산 모형 분석은 1 초 미만의 반응시간을 갖는 과제에 적합하다. 반응시간이 더 길면 정보 처리에 질적으로 다른 처리과정이 동원된다고 볼 수 있다. 이럴 때 모델 적합성 및 매개변수의 유효성이 떨어진다.
- 5) 시행 횟수(Number of trials): 7 개 매개변수에 대한 신뢰할 수 있는 추정치를 얻기 위해서는 참여자 당 시행 수가 많아야 한다.

확산모형에서 추정하는 파라미터들의 심리학적 의미는 다음과 같다. 표집율(drift rate: v)은 정보의 취득 속도를 의미하며, 이는 과제의 난이도를 반영한다고 추정된다. 표집율의 절대값이 작으면 더 어려운 과제를 의미한다(Ratcliff & McKoon, 2008; Voss et al., 2004). 또한, 지능이나 작업 기억과도 관련이 있다(Ratcliff et al., 2010, 2011; Schmiedek et al., 2007). 결정경계(threshold: a)는 결정을 위해 누적된 정보의 양을 의미하며, 느리지만 정확한 응답이 특징인 보수적인 결정 스타일일 때 결정경계의 추정치가 커진다. 시작점(starting point: z)은 결정경계값에 대한 선형적 바이어스를 의미한다. 비결정시간(non-decision time: t)은 의사결정과 직접적인 관련이 없는 프로세스를 수행하는 데 걸리는 시간을 의미하는데, 인코딩 단계, 반응 산출, 메모리 검색, 반응의 운동 실행과 같은 과정을 포함한다. (Vos et al., 2013; Ratcliff & Mckoon, 2008). 또한 예상치 못한 작업의 전환이 필요할 때 비결정 시간이 증가한다는 보고도 있다 (Schmitz & Voss, 2014). 비결정시간은 일반적으로 나이와 관련이 있기도 하며(Ratcliff et al., 2010; Spaniol, Madden, & Voss, 2006; Spaniol, Voss, & Grady, 2008), 어휘 지식의 양과 관련이 있다는 연구도 있다 (Yap et al., 2012; Lerche, 2017).

본 연구에서는 위에서 언급한 이론적 가정을 충족한다고 할 수 있으므로 확산모형을 적용하기에 적합하다. 본 연구에서는 확산모형분석을 위해, 베이저안 계층 모델을 이용해 행동 데이터를 분석하는 HDDM(Hierarchical Drift Diffusion Model)을 사용했으며, Python 으로 작성된 HDDM 패키지를 이용해 파라미터를 추정했다(Wiecki et al., 2013). HDDM에서는 각 참여자의 모델 매개 변수는 모집단 분포에서 샘플링 된다고 가정하여, 개별 참여자의 파라미터와 그룹 파라미터를 동시에 추정할 수 있도록 한다(Shepherdson et al., 2018). 따라서, HDDM은 각 참여자의 관측 횟수가 상대적으로 적을 때 개인의 매개 변수에 대한 신뢰할 수 있는 추정치를 제공한다. 또한 HDDM 패키지의 파라미터 추정에 사용되는 마르코프 체인 몬테카를로(MCMC) 기법은 각 파라미터의 사후 분포를 제공하므로 파라미터의 사후 분포에 대한 가설을 직접 테스트할 수 있다(Wiecki et al., 2013).

HDDM 을 적용할 때, 폐기된(burn) 샘플 5000 개를 포함해 15,000 샘플 을 생성했다. 그리고 예측된 데이터가 관찰된 RT 분포를 따랐는지 여부를 검사하기 위해 육안으로 사후 예측 검사를 수행했다.

본 연구에서는 등휘도 조건과 저대비 조건이 관계적 판단 과제와 요소적 판단 과제를 수행할 때 반응시간 양상이 역전되는 현상에 대해 확산모형의 파라미터를 추정했다. 분석에 사용한 데이터는 20 명의 참여자 데이터이며, 참여자 당 시행수는 768 시행으로, 결측치와 아웃라이어를 제거한 후, 요소적 과제 7553 시행, 관계적 과제 7548 시행이 분석에 사용되었다.

표 44 <실험 3-1> 등휘도 조건과 저대비 조건에서 같음 반응과 다름 반응의 반응시간

요소적 과제		
	같음	다름
등휘도	608.03	659.67
저대비	714.30	737.93
관계적 과제		
	같음	다름
등휘도	617.47	644.43
저대비	570.47	589.93

등휘도 조건과 저대비 조건에 대한 "예" 반응과 "아니오" 반응의 반응시간은 표 44 와 같다.

요소적 과제와 관계적 과제를 등휘도 조건과 저대비 조건에 대해서 모델링 했을 때 결과는 표 45 와 같다.

표 45 조건별 반응시간 분포에 대한 확산 모형 분석 결과

	요소적 과제		관계적 과제	
	mean	std	mean	std
v(iso)	-0.431	0.046	-0.364	0.065
v(low)	-0.272	0.054	-0.366	0.074
a(iso)	0.942	0.043	0.931	0.037
a(low)	0.982	0.050	0.827	0.042
t(iso)	0.387	0.015	0.398	0.014
t(low)	0.419	0.017	0.387	0.016
z(iso)	0.589	0.009	0.572	0.011
z(low)	0.556	0.010	0.571	0.012
Sv	0.047	0.038	0.135	0.069
Sa	0.152	0.027	0.130	0.023
St	0.054	0.009	0.052	0.008
Sz	0.098	0.020	0.140	0.022

v(iso)와 v(low)는 등휘도 조건과 저대비 조건의 표집률, a는 결정경계값, t는 비결정시간, z는 확산 시작 지점, Sv는 표집률의 분산, Sa는 결정경계값의 분산, St는 비결정시간의 분산, Sz는 시작지점의 분산을 의미한다.

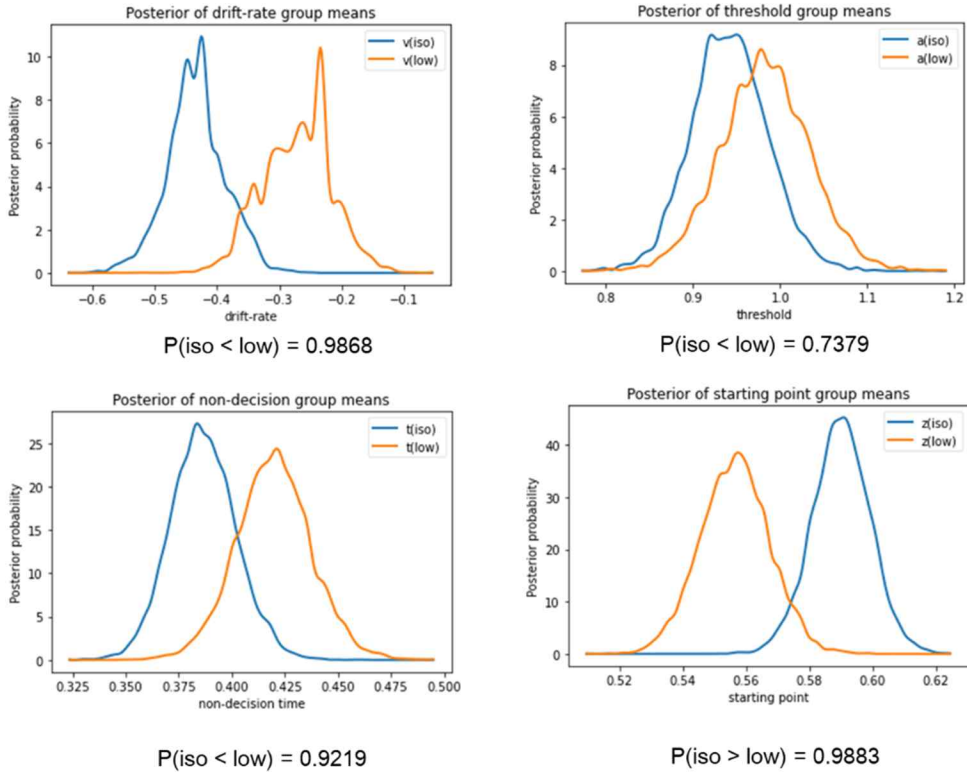


그림 21 <실험 3-1> 요소적 과제의 등휘도조건과 저대비조건에 대해 추정된 각 파라미터의 분포

그림 21에서 보는 바와 같이, 요소적 과제 시 등휘도 조건과 저대비 조건에 대해 파라미터 추정을 했을 때, 분포가 서로 다를 확률은 표집률(drift-rate)의 경우 0.9868, 비결정시간(non-decision time)은 0.9219, 결정경계값은 0.7379, 시작점(starting point)은 0.9883이다. 이 때, 기존 연구들에서 제안하는 바와 같이 유의미성의 기준을 0.95로 할 때 (Garlasco, Osimo, Rumiati, & Parma, 2019), 요소적 과제에서 등휘도 조건과 저대비 조건은 표집률과 시작점의 분포가 유의미하게 다르다고 볼 수 있다. 요소적 과제에서 등휘도 조건이 저대비 조건보다 반응시간이 작은 결과는 확산모형의 결과에 의하면, 등휘도 조건의 표집률은 -0.431 , 저대비 조건의 표집률은 $-$

0.272 로 등회도 조건의 표집률의 절대값이 더 크므로, 등회도 조건일 때 정보의 취득 속도가 더 빠른 것으로 추정할 수 있고, 등회도 조건일 때 반응에 대한 바이어스가 더 커서 빠른 반응시간을 유발했을 가능성을 추정할 수 있다.

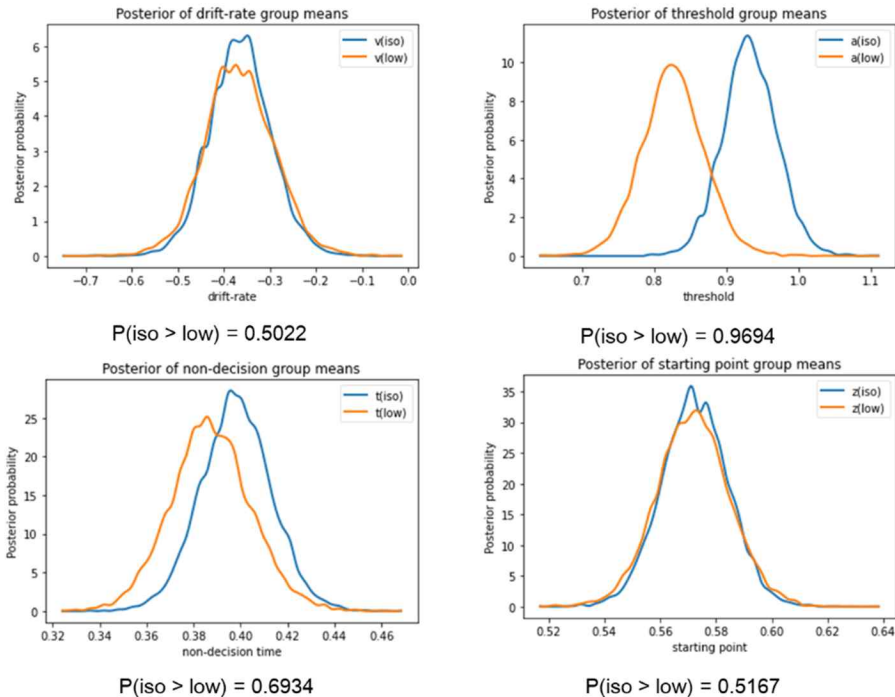


그림 22 <실험 3-1> 관계적 과제의 등회도조건과 저대비조건에 대해 추정한 각 파라미터의 분포

관계적 과제에서는 등회도 조건과 저대비 조건의 파라미터들 중 표집률(drift rate), 비결정시간(non-decision time), 시작점(starting point)은 우연 수준(chance level)의 분포 차이를 보이고, 결정경계값(threshold)의 분포에서 0.9694의 확률로 분포 차이를 보인다(그림 22). 결정경계값이 결정을 위해 누적된 정보의 양을 의미한다는 기존 연구에 근거할 때, 관계적 과제 시에는 등회도 조건일 때 더 많은 지각적 정보가

누적되어야 하기 때문에 반응시간이 저대비 조건보다 증가하는 것으로 해석할 수 있다.

3.3.2 실험 3-2

실험 3-1 에서 사용한 대비수준들은 평균 휘도와 휘도 대비가 혼용되어 있다. 즉, 저대비 조건 조건은 대비도 낮았지만, 스크린의 평균 휘도도 낮은 조건이고, 고대비 조건은 대비도 높지만, 스크린의 평균 휘도도 높은 조건이다. 그러므로 실험 3-1 에서 얻은 반응시간 결과가 평균 휘도에 의한 것인지, 휘도 대비에 의한 것인지 확실하지 않다. 그래서 실험 3-2 에서는 평균 휘도와 휘도 대비를 체계적으로 변화시켜 휘도와 대비가 반응시간에 기여하는 정도가 다른지를 탐색하기 위해 추가실험을 실시했다. 기존의 연구들에서는 휘도를 실험 변수로 포함한 연구는 거의 없었고, 반응을 매개하는 뉴런의 생리적 특성 측면에서 그들의 데이터를 해석한 연구는 여전히 적다(Planis & Murray, 2000). 그리고 대비에 관한 대부분의 실험들이 주간시(photopic luminance) 범위 내에서 이루어졌는데, 이는 기본적으로 P 채널에 최적일 것으로 예측되는 환경이라는 점에서 (M. Hunter, Godde, & Olk, 2018), 본 추가 실험에서 휘도의 영향과 대비의 영향을 구분하려는 시도가 의미있다고 할 수 있다.

3.3.2.1 연구 방법

그림 23 은 추가 실험에서 사용한 조건을 설명하고 있다. 표의 (a)과 (d) 조건은 실험 3-1 에서 사용한 조건으로 3-1 에서의 저대비 조건 조건은 평균 휘도(mean luminance)도 낮은 수준(10 cd/m^2), 휘도 대비(luminance contrast)도 낮은 수준(0.17 cd/m^2)이고, 4)는 실험 3-1 에서의 고대비 조건으로 평균 휘도도 높은 수준(30 cd/m^2), 휘도 대비도 높은 수준(0.99

cd/m²)이다. 이 두 조건과 비교하기 위해서 실험 3-2 에서 (b), (c) 조건에 대한 추가실험을 실시했다. (b)는 평균 휘도는 낮은 수준(10 cd/m²), 휘도 대비는 높은 수준(0.64 cd/m²)이고 (c)는 평균 휘도는 높은 수준(30 cd/m²), 휘도 대비는 낮은 수준(0.13 cd/m²)이다. 이 두 조건에 대한 실험을 추가로 시행하여, 실험 3-1 에서 얻은 (a), (d) 조건의 결과와 비교했다. (b)조건에서 타겟의 CIE 색공간좌표는 $x = .267, y = .335$, (c)조건에서 타겟의 CIE 색공간좌표는 $x = .268, y = .331$ 이다.




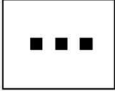
	Mean Luminance	Contrast	Stimulus	Background Luminance (cd/m ²)	Target Luminance (cd/m ²)	Contrast (Cm)	Mean Luminance (cd/m ²)
(a)	Low	Low		2.26	1.61	0.17	10
(b)	Low	High		2.26	0.5	0.64	10
(c)	High	Low		116	90.7	0.12	30
(d)	High	High		116	0.27	0.99	30

그림 23 <실험 3-2> 실험에 사용된 휘도대비 조건

(a)와 (d)는 실험 3-1에서의 저대비조건과 고대비조건이고, (b), (c)는 실험 3-2에서 추가로 얻은 데이터의 휘도 대비 조건이다.

참여자 서울대에서 추가로 모집한 20 명의 참여자(남 10 명, 여 10 명, 평균 연령 28.4±4.3 세)를 대상으로 두 조건당 10 명씩 참여하게 했다.

실험절차 실험 3-1 과 동일하다.

3.3.2.2 연구 결과

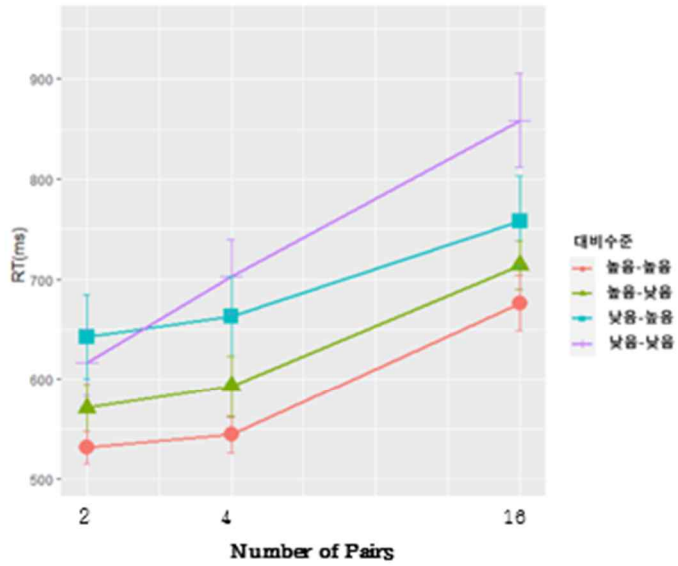
실험 3-2 에서 추가로 수집한 데이터와 3-1 에서 얻은 데이터 (위의 표에서 (a)와 (d)에 해당하는 데이터)를 비교했다. 통계분석은 R 기반의 통계 소프트웨어인 Jasp 1.6 을 사용했다.

정답률은 요소적 판단 과제가 96.8%, 관계적 판단 과제가 98.7%이다. 조건별 반응시간은 표 46 과 같다. NP 에 대한 대비수준의 반응시간 양상은 그림 25 에 제시되었다. 반응시간에 기여하는 회도와 대비의 영향력은 요소적 판단과제와 관계적 판단과제 간에 다른 양상을 보인다. 그림 24 에서 보면, 요소적 판단과제에서는 두 요인의 영향력이 가산적(additive)인 반면에, 관계적 판단과제에서는 그러한 양상이 나타나지 않는다.

표 46 <실험 3-2> 조건별 반응시간

과제유형	회도	대비	NP	MeanRT (ms)	SE
요소적 과제	높음	대비	2	531.6	16.2
			4	544.1	17.8
			16	676.1	27.6
		낮음	2	571	23.7
			4	592.9	30.7
			16	714.1	24
	낮음	높음	2	642.6	41.7
			4	663.1	40.2
			16	757.8	45.3
		낮음	2	616.7	33.7
			4	702.9	36.3
			16	858.8	46.9
관계적 과제	높음	대비	2	509.8	13.2
			4	531.7	17.8
			16	626.3	21.8
		낮음	2	525.3	21.3
			4	560.3	30.6
			16	570.5	21.8
	낮음	높음	2	516.5	29.5
			4	547.1	36.6
			16	573.8	33.9
		낮음	2	531.4	24.5
			4	554.9	28.6
			16	654.3	24.3

요소적과제



관계적과제

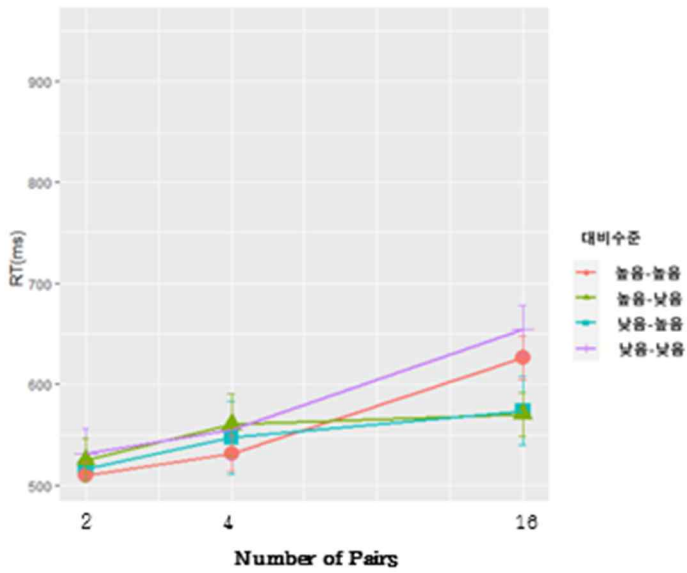


그림 24 <실험 3-2> Number of Pairs 와 대비수준의 반응시간

”같음” 반응과 ”다름” 반응

다음으로, 본 실험의 반응은 사전에 제시된 샘플 이미지들 중에 타겟 이미지가 있었는지 여부를 “같음”, “다름” 으로 판단하는 과제이므로, 이 두 유형의 반응을 분리하여 반응시간에 차이가 있는지를 비교했다. 조건별 반응시간은 표 47 과 같다.

표 47 <실험 3-2> 반응유형(같음-다름)에 대한 조건별 반응시간

과제유형	취도	대비	NP	반응유형	MeanRT	SE
요소적과제	높음	높음	2	같음	516.3	19.1
				다름	546.9	13.3
			4	같음	526.5	17.4
				다름	561.7	18.3
			16	같음	659	23.5
				다름	693.3	27
	낮음	낮음	2	같음	572	27.4
				다름	570	26.2
			4	같음	591.4	35.1
				다름	594.4	35.5
			16	같음	716	18.4
				다름	712	23.7
	높음	높음	2	같음	645.3	44.6
				다름	640.1	40.6
			4	같음	660.1	41.6
				다름	666.5	39.2
			16	같음	753	50.1
				다름	762.7	48.2
낮음	낮음	2	같음	612.7	35.7	
			다름	620.7	36.5	

관계적과제	높음	4	같음	693	40.3	
			다름	712.8	44.5	
		16	같음	840	48.6	
			다름	877.6	54.6	
		낮음	2	같음	482.3	16.1
				다름	536.6	13.4
	4		같음	521.8	20.1	
			다름	541.5	17.8	
	16		같음	616.3	18.2	
			다름	636.3	21.3	
	높음	2	같음	522	24.4	
			다름	528	22.5	
		4	같음	565.4	36.4	
			다름	555.2	32.9	
		16	같음	567.1	20.2	
			다름	574	22.1	
	낮음	2	같음	517.1	30.3	
			다름	516.2	28.8	
		4	같음	549.2	38.7	
			다름	545	34.4	
		16	같음	567.6	35.4	
			다름	579.8	33.7	
	높음	2	같음	520.4	23.9	
			다름	542.5	28.5	
4		같음	544.3	33.6		
		다름	565.5	29.7		
16		같음	657.1	31.9		
		다름	651.7	21.6		

표 48 <실험 3-2> 반응유형 (같음-다름) 요인을 포함한 다원분산분석 결과

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
과제유형(T)	489432	1	489432	50.779	< .001***	0.107
취도(L)	271912	1	271912	28.211	< .001***	0.062
대비(C)	152049	1	152049	15.775	< .001***	0.036
NP	228280	2	114140	11.842	< .001***	0.053
반응유형(R)	36163.6	1	36163.6	3.752	0.053	0.009
T * L	99964.7	1	99964.7	10.371	0.001**	0.024
T * C	19306.1	1	19306.1	2.003	0.158	0.005
L * C	373.914	1	373.914	0.039	0.844	9.15E-05
T * NP	10146.4	2	5073.2	0.526	0.591	0.002
L * NP	23028.7	2	11514.3	1.195	0.304	0.006
C * NP	4564.73	2	2282.37	0.237	0.789	0.001
T * R	56.184	1	56.184	0.006	0.939	1.38E-05
L * R	1728.46	1	1728.46	0.179	0.672	4.23E-04
C * R	7103.21	1	7103.21	0.737	0.391	0.002
NP * R	235.22	2	117.61	0.012	0.988	5.76E-05
T * L * C	4264.33	1	4264.33	0.442	0.506	0.001
T * L * NP	4589.09	2	2294.54	0.238	0.788	0.001
T * C * NP	5525.16	2	2762.58	0.287	0.751	0.001
L * C * NP	940.114	2	470.057	0.049	0.952	2.30E-04
T * L * R	534.73	1	534.73	0.055	0.814	1.31E-04
T * C * R	7.171	1	7.171	7.440E-4	0.978	1.76E-06
L * C * R	31515.1	1	31515.1	3.27	0.071	0.008
T * NP * R	1118.84	2	559.422	0.058	0.944	2.74E-04
L * NP * R	115.538	2	57.769	0.006	0.994	2.83E-05
T * L * NP * R	1007.17	2	503.583	0.052	0.949	2.46E-04
C * NP * R	343.005	2	171.502	0.018	0.982	8.39E-05
T * L * C * NP	5003.37	2	2501.68	0.26	0.772	0.001
T * L * C * R	20.653	1	20.653	0.002	0.963	5.05E-06
T * C * NP * R	943.345	2	471.673	0.049	0.952	2.31E-04
L * C * NP * R	91.041	2	45.521	0.005	0.995	2.23E-05
T * L * C * NP * R	2170.97	2	1085.48	0.113	0.894	5.31E-04
Residuals	4.09E+0	424	9638.47			

크루스칼-왈리스 검정

Factor	Statistic	df	p
과제유형	32.154	1	< .001
휘도	13.422	1	< .001
대비	21.381	1	< .001
NP	16.002	2	< .001
반응유형	4.758	1	0.029

통계분석 결과(표 48), 각 요인의 과제유형, 휘도, 대비, NP 에 대한 주효과가 유의하고, 반응유형에 대한 주효과는 다원분산분석 결과에서는 유의미하지 않으나, 크루스칼-왈리스 검정에서는 $p = 0.029$ 로 유의미하게 나타난다. 반응유형에 대해 사후분석(Bonferroni Correction)을 실시한 결과 다른 반응의 반응시간이 같음 반응의 반응시간 보다 17.6 ms 더 크지만, $t = 1.937$, $p = 0.053$ 으로 그 차이가 유의미하지 않다.

회귀분석

반응유형을 분리하지 않은, 정답 반응에 대한 반응시간을 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시했다.

과제유형, 휘도와 대비, 그리고 NP 가 반응시간에 미치는 영향을 분석하기 위해서 다중회귀분석을 실시했다(표 49). 회귀모형은 F 통계값이 $p < .001$ 에서 38.26 의 수치를 보이며, 회귀식에 대한 $R^2 = .392$ 으로 39%의 설명력을 보이고 있다. Durbin-Watson 은 .86 이다. 과제유형, 휘도, 대비, NP 가 반응시간에 미치는 영향관계를 분석한 결과 과제유형($t = -7.636$, $p < .001$), 휘도 ($t = -4.382$, $p < .001$), 대비 ($t = -2.208$, $p = 0.028$), NP($t = 8.341$, $p < .001$)으로 과제유형, 휘도, 대비, NP 모두가 반응시간에 유의미한 영향을 미치고 있는 것으로 나타난다.

표 49 <실험 3-2> 과제유형, 휘도, 대비, NP 의 영향력에 대한 다중회귀분석

종속 변수	독립변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 통계량	
		B	표준 오차	베타			공차	VIF
반응 시간	과제유형	-95.915	12.561	-0.387	-7.636	< .001	1	1
	휘도	-55.093	12.573	-0.222	-4.382	< .001	0.998	1.002
	대비	-27.781	12.583	-0.112	-2.208	0.028	0.998	1.002
	NP	8.483	1.017	0.422	8.341	< .001	1	1
R(.626), R ² (.392), F (38.26), 유의확률 (<.001), Durbin-Watson(.86)								

과제 유형 각각에 대한 휘도와 대비의 영향력을 살펴보기 위해 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제에 대해 각각 다중회귀분석을 실시했다.

표 50 <실험 3-2> 요소적 판단 과제에서 휘도와 대비의 영향력의 크기 비교
(다중회귀분석)

종속 변수	독립 변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 통계량	
		B	표준 오차	베타			공차	VIF
반응 시간	휘 도	-84.698	17.490	-0.347	-4.843	.000***	0.998	1.002
	대 비	-38.598	17.507	-0.158	-2.205	.029*	0.996	1.004
	NP	10.533	1.421	0.531	7.412	.000***	0.998	1.002
R(.649), R ² (.422), F (27.481), 유의확률 (.000), Durbin-Watson(.845)								
*** p < .001								

요소적 판단과제에서 휘도와 대비, 그리고 NP 가 반응시간에 미치는 영향을 분석하기 위해서 다중회귀분석을 실시했다(표 50). 회귀모형은 F 통계값

이 $p = .000$ 에서 27.481 의 수치를 보이며, 회귀식에 대한 $R^2 = .422$ 으로 42%의 설명력을 보이고 있다. Durbin-Watson 은 .845 이다. 휘도, 대비, NP 가 반응시간에 미치는 영향관계를 분석한 결과 휘도 ($t = -4.843, p = .000$), 대비 ($t = -2.205, p = 0.029$), NP($t = 7.412, p = .000$)으로 휘도, 대비, NP 모두가 반응시간에 유의미한 영향을 미치고 있는 것으로 나타난다. 또한 반응시간에 영향을 미치는 하위요인의 중요도를 판단하기 위하여 휘도와 대비의 표준화 회귀계수 β 값을 비교한 결과 휘도 ($\beta = -0.347$), 대비 ($\beta = -0.158$), NP($\beta = 0.531$)로 나타나 NP 가 가장 영향을 많이 미치고, 휘도가 대비보다 반응시간에 더 강한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

**표 51 <실험 3-2> 관계적 판단 과제에서 휘도와 대비의 영향력의 크기 비교
(다중회귀분석)**

종속 변수 수	독립 변수 수	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률	공선성 통계량	
		B	표준 오차	베타			공차	VIF
반응 시간	휘도	-3.549	14.360	-0.021	-0.247	0.805	0.997	1.003
	대비	-19.677	14.366	-0.114	-1.370	0.173	0.997	1.003
	NP	5.804	1.158	0.431	5.182	.000***	1.000	1.000
R(.445), R ² (.198), F (9.567), 유의확률 (.000), Durbin-Watson(.947)								
*** $p < .001$								

관계적 판단 과제에서 휘도와 대비, 그리고 NP 가 반응시간에 미치는 영향을 분석하기 위해서 다중회귀분석을 실시했다(표 51). 회귀모형은 F 통계값이 $p = .000$ 에서 9.567 의 수치를 보이며, 회귀식에 대한 $R^2 = .198$ 으로 19.8%의 설명력을 보이고 있다. Durbin-Watson 은 .947 이다. 휘도, 대비,

NP가 반응시간에 미치는 영향관계를 분석한 결과 휘도 ($t = -0.247, p = 0.805$), 대비 ($t = -1.370, p = 0.173$), NP($t = 5.182, p = .000$)으로 NP만 반응시간에 유의미한 영향을 미치고 있는 것으로 나타난다. NP의 표준화 회귀계수 β 값은 0.431이다. 이 결과에 의하면, 관계적 판단 과제에서는 휘도와 대비의 영향력이 유의미하지 않은 것으로 나타나지만, 이는 휘도와 대비에 대한 민감성에 의한 천정효과로 인한 결과로 해석할 수 있다.

3.3.3 논의

실험 3에서는 대비 수준과 잠재적 선택지의 수가, 연속해서 제시되는 두 자극의 일치 여부를 판단하는데 미치는 영향이, 관계적 판단 과제와 요소적 판단 과제에서 차이가 있는 지 살펴보았다. 실험 3-1은 대비수준과 잠재적 선택지의 수가 과제에 미치는 영향을 살펴보았고, 실험 3-2는 실험 3-1에 대한 추가실험으로 대비수준을 평균 휘도와 대비로 구분하여, 이 두 요소를 체계적으로 변화시켜 평균 휘도와 대비의 영향력의 크기를 다중회귀분석을 이용해 비교했다.

실험 결과, 관계적 판단과제의 경우에, 등휘도 조건일 때의 반응시간이 유의미하게 길어지고, 요소적 판단과제에서는, 저대비 조건에서의 반응시간이 유의미하게 길어진다. 즉, 등휘도 조건과 저대비 조건의 반응시간 패턴이 요소적 판단과제와 관계적 판단과제에서 역전된다. 이러한 반응양상의 역전은 낮은 공간주파수의 자극을 담당하는 M 채널의 기능이 등휘도 조건에 의해 약화되어 관계적 정보의 처리가 지연된 것으로 추정된다. 반면에 높은 공간주파수 자극을 담당하는 P 채널은 저대비 조건에서 기능이 약화되어 요소적 정보의 처리가 지연된 것으로 추정된다. 이러한 결과는 M 채널이 휘도 대비에 민감하여 매우 낮은 대비 수준(0.006)에도 반응하고 (Lawton, 2016; Plainis & Murray, 2000; Shapley et al., 1981), P 채널은 휘도 대비에 대한 민감도가 낮아 일정 정도의 대비수준이 보장되어야만 반응하는 반면에 색상 정보를 담

당한다는 신경생리학적 연구 결과들과 일치하는 결과이다 (Plainis & Murray, 2000).

M 세포와 P 세포에 관한 신경생리학적 증거들

P 세포는 높은 공간주파수에 민감하고, M 세포는 P 세포보다 더 낮은 공간주파수에서 피크 반응을 보인다(Kaplan & Shapley, 1982). M 세포와 P 세포의 다른 점은 병변 연구의 결과에 의해서도 뒷받침된다. P 세포에 병변이 생겼을 때 높은 공간 주파수에서의 휘도 정보와 색 정보에 대한 민감도는 크게 손상되는 반면, M 세포에 대한 병변은 큰 영향을 미치지 않는다 (William & Merigan, 1989; Schiller, Logothetis, & Charles, 1990). 또한, 표적의 색을 구별하는 과제에서는 P 세포의 병변에 의해 수행이 저하되었지만, M 세포의 병변은 과제 수행에 영향을 주지 않았다. 대비 측면에서 M 병변은 수행에 영향을 미치지 않았고, P 병변은 자극의 대비가 높을 때는 수행 저하의 정도가 약했고, 자극의 대비가 낮을 때에는 손상의 정도가 컸다 (Schiller et al., 1990). Wolf & Arden (1996)에 의하면, M 세포가 선택적으로 손상된 환자를 대상으로 실험한 결과, 공간주파수가 낮은 무채색 지각 시스템이 심각하게 손상된 것으로 관찰되었다. 이는 M 세포가 낮은 공간 주파수와 낮은 대비수준의 자극을 담당한다는 신경생리학적 연구를 뒷받침해주는 결과이다.

연구자들에 의하면, 기존의 신경생리학적 연구 결과들에 근거해서 P 채널과 M 채널을 분리하는 실험을 할 경우에, P 채널을 동원하는 자극은 높은 공간주파수와 높은 대비수준 (20% 이상)이 보장되어야 한다 (Edwards, 2021; Kaplan, 2012). 반면에 M 채널을 동원하는 자극은 10% 이하의 대비 수준이어야 한다. 왜냐하면, M 채널의 반응은 10%에서 포화(saturate)되고, 20% 이상의 대비수준일 때는 P 채널도 동원될 수 있기 때문이다(Edwards, 2021; Kaplan & Shapley, 1986; Plainis & Murray, 2000). 그러므로, 본 실험에서 요소적 판단 과제에서 저대비 조건일 때 반응시간이 지연된 이유에 대해, 요소적 판단 과제를 수행하기 위해서는 높은 공간주파수의 자극을 처리해야

하고, 이러한 자극의 특성에는 P 채널이 동원될 것으로 추정되는데, P 채널은 낮은 대비에 반응하지 않으므로 기능이 약화돼서 반응시간의 지연이 생기는 것으로 해석할 수 있다. 반면에, 색상 정보만 존재하는 등휘도 조건에서는, 색상 정보를 처리하는데 민감한 P 채널의 역할로 인해 반응시간이 빨라진 것으로 추정할 수 있다.

한편, 관계적 판단 과제에서 등휘도 조건일 때 반응시간이 유의미하게 지연된 이유에 대해, 관계적 판단 과제를 수행하기 위해서는 낮은 공간 주파수의 자극을 처리해야 하고, 이러한 자극의 특성에는 M 채널이 동원될 것으로 추정되는데, M 채널은 휘도가 동일하고 파장 대비만 존재하는 자극(등휘도 조건)에 대해 반응하지 않는다는 기존 연구결과들에 근거할 때, 본 연구의 등휘도 조건에서도 기능이 약화되어 반응시간이 지연된 것으로 해석할 수 있다.

그러나, 본 연구에서는 이러한 해석에 대해 조심스러운 입장을 취하고자 한다. 이 입장에 대해서는 전체논의에서 다루도록 하겠다.

NP 효과

본 실험의 결과, NP가 증가함에 따라 반응시간이 지연되며, 이러한 NP 효과는 대비수준에 따라 일관되게 나타난다. 이와 같은 결과를 통해, 잠재적 선택지 수의 증가가 불확실성을 증가시킨다고 추정할 수 있다. 매 번의 시행에는 실재하는 선택지(actual alternative)가 나타난다. 그러나 그 행동을 하는데 있어 잠재적 맥락이 반응시간에 영향을 미친다고 추정할 수 있다. 실제 자극의 수뿐만 아니라 잠재적 자극의 수 또한 반응시간 지연에 관여한다는 이러한 해석은 실험 참여자가 변별과제를 수행할 때, 반응 시간은 자극이 선택될 수 있는 가능한 자극의 수에 대해 균일하게 증가한다는 Hyman의 주장과도 일치한다(Hyman, 1953).

NP 효과를 정보이론의 관점에서 살펴보았을 때, 요소적 과제는 관계적 과제보다 반응시간의 기울기가 더 크고, 요소적 과제는 대비수준이 낮아질수록 반응시간의 기울기가 더 증가한다는 것을 알 수 있다. 즉, 요소적 과제의 특성

상 관계적 과제보다 세밀한 정보처리가 필요한 과제이므로 정보량이 증가함에 따라 처리 시간이 더 필요하다고 해석할 수 있다.

4. 전체 논의

본 연구에서는, 시각자극이 단일체가 아니라 부분과 전체로 이루어진 복합체라는 전제에서, 부분을 처리하는 기제와 전체를 처리하는 기제가 자극의 특성과 과제의 특성에 따라 서로 다르게 반응하는 양상을 정보처리적 관점에서 탐색했다. 본 연구는 세 가지 가정을 바탕으로 출발한다. 첫째 시각정보가 관계적 처리(relational processing)와 요소적 처리(elemental processing)라는 분리된 과정으로 처리된다고 가정한다. 둘째, 이를 추동하는 메커니즘을 시각시스템의 이중경로(M 채널, P 채널)가 담당한다고 가정한다. 셋째, 관계적 과제는 낮은 공간 주파수 자극을 처리하고, 요소적 과제는 높은 공간 주파수 자극을 처리한다고 가정한다.

이 세가지 가정을 바탕으로, 관계적 처리와 요소적 처리가 탐지과제(detection task), 매치 투 샘플 과제(match-to-sample task), 동일성 판단 과제(same-different task)를 수행할 때, 자극의 물리적 속성과 잠재적 선택지의 수의 변화에 대한 반응시간의 양상을 고찰했다.

본 연구를 통해서 얻은 주요 결과는 다음과 같다.

1. 실험1의 단순 반응 행동에서, 낮은 공간 주파수 자극과 대비수준이 높은 자극에 대한 처리 속도가 감소한다.
2. 실험2에서, 비율에 따른 크기 조정의 방향성이 비대칭적이다. 이는 관계적 과제와 요소적 과제에 동일하다. 관계적 과제에서는 “예” 반응이 “아니오” 반응보다 처리속도가 빠른 데, 요소적 과제에서는 “예” 반응과 “아니오” 반응의 처리속도에 차이가 없다.
3. 실험3에서, 등휘도 조건과 저대비 조건의 반응시간 양상이 요소적 과제와 관계적 과제에서 역전된다. 확산모형 분석으로 추정된 반응시간의 파라미터가 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제에서 다르다. 잠재적 선택지의 수가 증가함에 따라 요소적 과제와 관계적 과제의 반응

시간이 증가하지만, 반응시간의 기울기가 다르다.

4.1 대비수준이 시각정보의 처리시간에 미치는 영향

신경생리학적 연구와의 연관성

대비수준은 자극이 가지는 대표적인 물리적 속성 중 하나이다. 기존의 연구들에 의하면, 초기 시각 처리 과정에서 시각 선택의 제어는 전적으로 자극의 물리적 특성에 의해 주도되는 상향식(bottom-up) 처리 방식이다. 즉, 두드러진 요소들이 주의를 이끈다(Theeuwes, 1991, 1992, 1994; Cave & Wolfe, 1990; Nothdurft, 1993; Wolfe, Cave, & Franzel, 1989).

P 채널은 높은 공간 주파수에 민감한 채널이고, 고휘도가 필요한 채널이다. 본 연구의 요소적 판단과제는 높은 공간주파수 채널을 활용해야 하는 과제이고, 이 때 휘도 의존성이 증가한다. 이런 의미에서 P 채널의 신경생리학적 연구결과와, 본 연구에서 얻은 행동 데이터의 휘도 의존적인 특징들이 일치한다. 본 연구의 요소적 판단과제에서 관찰한 반응시간의 변화를 P 채널이 관여하고 있기 때문이라고 추정할 수 있다. 만일 M 채널이 동시에 담당할 수 있었다면 똑같은 반응시간의 패턴이 관찰됐을 것이라고 예측할 수 있다. 관계적 판단과제에서는 P 채널이 관여하는지는 알 수 없다. 왜냐하면 M 채널은 저휘도 상황에서도 충분히 기능할 수 있기 때문에(Murray & Plainis, 2003), 저휘도나 저대비 상황에서 M 채널이 수행을 전담할 가능성이 있다. 본 연구의 행동 데이터에서 관찰한 반응시간 패턴은 기존 연구들에서 밝혀진 세포의 반응양상, 즉 M 세포는 휘도가 매우 낮은 조건에서도 세포들의 반응이 있고, P 세포는 휘도가 낮아지면 세포의 반응성이 떨어진다는 생리학적 연구 결과들과 일관된 양상을 보인다.

또한 대비수준과 과제유형의 관계를 살펴볼 때, 본 연구의 관계적 판단과제와 요소적 판단 과제에서 등휘도 조건과 저대비 조건의 반응양상이 다르게 관찰되었다. 등휘도 조건일 때 관계적 과제의 수행이 저하된 결과는 휘도 대비

에 민감한 M 채널의 기능이 등휘도 조건에 의해 약화돼서, 관계적 정보의 처리가 지연된 것으로 추정된다. 요소적 과제에서는 저대비 조건에서의 반응시간이 등휘도 조건보다 유의미하게 증가했는데, 이는 지각표상을 형성하는 단계에 감각시스템에 입력된 자극의 물리적 특성이 영향을 미침과 동시에, 어떤 인지적 과제를 수행하는가에 따라서 지각표상 형성의 양상이 달라짐을 보여준다.

연구자들에 의하면, 기존의 신경생리학적 연구 결과들에 근거해서 P 채널과 M 채널을 분리하는 실험을 할 경우에, P 채널을 동원하는 자극은 높은 공간주파수와 높은 대비수준 (20% 이상)이 보장되어야 한다 (Edwards, 2021; Kaplan, 2012). 반면에 M 채널을 동원하는 자극은 10% 이하의 대비 수준이어야 한다. 왜냐하면, M 채널의 반응은 10%에서 포화(saturate)되고, 20% 이상의 대비수준일 때는 P 채널도 동원될 수 있기 때문이다(Edwards, 2021; Kaplan & Shapley, 1986; Plainis & Murray, 2000). 그러므로, 본 실험에서 요소적 판단 과제에서 저대비 조건일 때 반응시간이 지연된 이유에 대해, 요소적 판단 과제를 수행하기 위해서는 높은 공간주파수의 자극을 처리해야 하고, 이러한 자극의 특성에는 P 채널이 동원될 것으로 추정되는데, P 채널은 낮은 대비에 반응하지 않으므로 기능이 약화돼서 반응시간의 지연이 생기는 것으로 해석할 수 있다. 반면에, 색상 정보만 존재하는 등휘도 조건에서는, 색상 정보를 처리하는데 민감한 P 채널의 역할로 인해 반응시간이 빨라진 것으로 추정할 수 있다.

한편, 관계적 판단 과제에서 등휘도 조건일 때 반응시간이 유의미하게 지연된 이유에 대해, 관계적 판단 과제를 수행하기 위해서는 낮은 공간 주파수의 자극을 처리해야 하고, 이러한 자극의 특성에는 M 채널이 동원될 것으로 추정되는데, M 채널은 휘도가 동일하고 파장 대비만 존재하는 자극(등휘도 조건)에 대해 반응하지 않는다는 기존 연구결과들에 근거할 때, 본 연구의 등휘도 조건에서도 기능이 약화되어 반응시간이 지연된 것으로 해석할 수 있다.

그러나, 본 연구에서는 이러한 해석에 대해 조심스러운 입장을 취하고자 한다. 왜냐하면, 등휘도 자극이 M 채널을 침묵(silencing)시킨다는 주장에 대해

서 논쟁의 여지가 있기 때문이다. 여러 연구결과에도 불구하고, M 채널과 P 채널이 휘도(luminance)와 색채 지각(color perception)의 반응성에 대해서 완전히 분리된다는 주장에 대해서는 논쟁이 진행 중이다. 특히 Livingstone & Hubel(1988)이 등휘도 조건으로 이 두 시스템을 분리시킬 수 있다고 주장한 것에 대해, 등휘도 조건으로 M 채널과 P 채널을 완전히 분리시킬 수 없기 때문에 여러 가지 주의를 필요하다는 주장들이 제안되고 있다. 왜냐하면 M 시스템의 75%만이 등휘도 조건에서 침묵(silencing)하고, 나머지 25%는 반응이 살아있으며, P 시스템도 휘도를 전혀 처리하지 않는 게 아니기 때문이다 (Skottun, 2013).

더욱이, 망막의 LGN 에서부터 시작되는 M 세포와 P 세포의 분리는 일차시각 피질까지 지속되고, 이러한 이중경로는 대뇌피질의 상위수준까지 분리된 채로 유지되면서 M 세포는 등쪽(dorsal) 영역으로, P 세포는 배쪽(ventral) 영역으로 투사되는 것으로 알려져 있지만, 상당부분 교차되는 부분도 있다고 보고된다 (Maunsell & Newsome, 1987).

이러한 해부학적, 생리학적 연구 결과를 토대로 M 채널과 P 채널이 하이브리드로 기능한다는 해석이 가능할 수 있다. 등휘도 자극으로 M 채널을 완전히 침묵(silencing) 시킬 수 없다는 주장들에 근거해서, 등휘도 조건에서 M 채널이 반응한다고 가정하면, 관계적 판단과제일 때는 저대비조건보다 반응시간이 느려진 결과는, M 채널이 등휘도 자극을 처리하는데 효율성이 낮은 것이라고 해석할 수 있다. 반면에, 요소적 판단과제에서 저대비 조건보다 등휘도 조건의 반응시간이 빨라진 것은, P 채널이 갖고 있는 색상 정보(wavelength contrast)에 대한 반응성이 기여를 한 결과라고 추정할 수 있다. M 채널과 P 채널이 하이브리드로 기능하고 있으나, 각자의 효율을 높일 수 있는 환경에서 반응성이 커졌을 것이라고 해석할 수 있다.

이러한 하이브리드 시스템으로의 가정은 확산모형 분석 결과와도 일관성이 있는 해석이라고 할 수 있다. 확산모형 분석 결과, 요소적 판단 과제에서는 등휘도 조건과 저대비 조건이 표집률(drift-rate)과 시작점(starting point)의 분포 차이를 보인 반면에, 관계적 판단과제에서는 등휘도 조건과 저대비 조건

이 결정경계값(threshold)의 분포 차이를 보였다. 확산모형분석에서 추정된 파라미터들에 대한 심리학적 의미에 의하면, 표집률은 정보의 취득 속도, 자극의 질 또는 과제의 난이도를 의미하며, 시작점은 의사결정을 하는데 작용하는 바이어스를 의미한다. 그리고 결정경계값은 의사결정을 위해 필요한 정보의 누적된 양을 의미한다.

확산모형분석이 가정하는 이러한 의미를 적용하면, 요소적 판단 과제에서 저대비 조건이 등회도 조건보다 반응시간이 큰 결과는 자극의 질과 과제의 난이도라는 요인으로 해석할 수 있다. 즉, 요소적 판단 과제가 P 경로에 의해 주도되는 과제라고 가정할 때, P 경로의 낮은 대비 민감도에 의해, 저대비 조건에서 제시되는 자극의 질이 등회도 조건의 자극보다 저하되어 반응시간 지연을 유발한다고 해석할 수 있다. 관계적 판단 과제에서 저대비 조건보다 등회도 조건의 반응시간이 지연되는 결과는 정보의 누적된 양에 의한 것이라고 해석할 수 있다. 즉, M 경로에 의해 주도된다고 가정되는 관계적 판단 과제는 등회도 조건에서 M 경로의 기능 약화로 인해 지각적 증거의 누적량이 저하되어 반응시간의 지연이 유발된다고 해석할 수 있다.

4.2 크기 조정 (size scaling)

실험 2에서는 자극의 물리적 속성 중 자극의 크기가 지각적 처리에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 실험 2-1에서는 패턴 자극의 샘플과 타겟의 크기가 다를 때, 요소적 판단 과제가 관계적 판단 과제보다 반응시간이 더 길고, 관계적 판단 과제에서 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용 효과가 나타났다. 요소적 판단 과제와 관계적 판단 과제 모두에서 크기 조정의 비율이 커짐에 따라 반응시간이 길어지는 현상이 관찰되었는데, 이러한 현상은 타겟의 크기가 작을 때에만 나타났다. 실험 2-2에서는 얼굴 이미지와 집 이미지에 대해서 크기 조정 효과를 관찰했는데, 얼굴 이미지와 집 이미지 간에 반응시간의 차이는 유의하지 않았고, 얼굴 과제일 때 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용이 관

찰되었다. 비율에 따른 크기조정 효과는 실험 2-1 에서와 마찬가지로, 타겟의 크기가 작을 때에만 비율이 커짐에 따라 반응시간이 길어졌다.

본 연구에서 관찰된 결과에 의하면, 관계적 과제의 처리시간이 요소적 과제보다 빠르다. 이는 기존의 연구에서 보고되는 글로벌 프로세싱이 로컬 프로세싱보다 빨리 처리된다는 글로벌 우선 효과(Global Precedence Effect)와 일치하는 결과이며(Navon, 1977), M 경로의 특징을 반영한다는 것을 시사한다. 반면에, 크기 조정 과정 연구에서 얼굴과 집 이미지를 대상으로 한 연구 결과의 경우에는 반응시간의 차이가 없었는데, 이러한 결과는 크기 조정 측면에 있어서는 얼굴 이미지와 집 이미지에 대한 처리과정을 배타적인 이원적 과정으로 구분하는 것은 적절하지 않음을 시사한다. 즉, 얼굴 지각은 관계적 처리가 주도하고, 집을 비롯한 일반적인 대상 지각(object perception)은 요소적 처리가 주도한다고 주장하기 어렵다. 이는 기존의 연구들에서 논쟁 중인 것과 같이, 얼굴 지각은 형태적 처리(configural processing)가 담당하고, 일반 대상 지각은 세부특징적 처리(featural processing)가 담당한다는 이분법적 주장과 달리, 적어도 크기 조정 과정에 있어서는 처리 과정의 분리가 일어나지 않는 것 같고, 형태적 처리가 얼굴에 국한해서만 일어나는 과정이 아니라는 가능성을 제기하는 연구 결과들과 일치한다(Rivest, Moscovitch, & Black, 2009). 다만 실험 2-1 에서의 관계적 판단 과제와 실험 2-2 에서의 얼굴 과제에서 샘플 크기와 타겟 크기 간에 상호작용이 유의미하다는 결과는 얼굴 이미지를 지각하는 과정에서 크기 조정이 동원될 때, 관계적 정보에 좀 더 민감하게 반응하는 측면이 있다고 해석할 수 있는 여지가 있다.

크기 조정의 방향성

본 연구에서의 샘플 자극은 우리의 마음속에 저장된 기억표상(mnemonic representation) 이고, 타겟 자극은 실시간으로 망막에 입력되어 만들어진 지각표상(perceptual representation)이라고 할 수 있다. 그리고 기억표상과 지각표상이 일치하는지 여부를 판단하기 위해서, 두 표상 중 하나를 축소하거나 확대하는 크기조정 과정을 통해 일치 여부를 판단한다고 가정한다. 이 때, 기억표상의 크기를 조정하는지 지각표상의 크기를 조정하는지는 알 수 없다. 단, 본 실험에서는 샘플이 4 개 제시되었고, 타겟이 1 개 제시되었으므로, 1 개인 지각표상을 조정하여 기억표상과 비교하는 것이 처리과정 상 더 효율적인 전략일 것이라고 추정한다. 기억 표상을 조정하는지 지각표상을 조정하는지의 여부에 대한 문제는 추후 연구에서 다루어야 할 주제이다. 단, 본 연구에서는 크기 조정 과정이 지각 표상을 조정하는 것이라 추정하고 논의를 진행하겠다.

본 연구에서 크기 조정이 지각표상을 대상으로 한다는 가정 하에, 지각표상의 확대는 타겟의 크기가 더 작게 제시될 때 동원되는 과정이고, 지각표상의 축소는 타겟의 크기가 더 크게 제시될 때 동원되는 과정일 것이라고 추정한다. 본 실험 결과에 의하면, 지각표상을 확대할 때, 반응시간이 크기 비율의 증가에 따라 증가한다. 이러한 결과는 기존 연구들에서 타겟 크기가 더 클 때 더 빨리 반응하고 타겟 크기가 더 작게 제시될 때는 반응시간이 커진다는 연구 결과들과 일치한다 (Sperandio & Chouinard, 2015).

지각표상의 확대와 축소 시에 관찰되는 반응시간의 비대칭적 양상은 지각표상을 확대하는데 더 많은 인지적 부하가 생긴다는 추정을 가능하게 한다. 이러한 비대칭적 특징은 패턴 자극을 사용했을 때와 실제 대상에 대한 이미지(얼굴과 집)를 사용했을 때 일관되게 관찰된다. 즉, 표상을 확대하려면 더 많은 정신 에너지가 필요하다고 해석할 수 있으며, 이러한 해석은 크기 재조정이 정신 에너지를 요구하는 프로세스이고 여기에 주의기능이 필요하다는 기존 연구의 주장과 일치한다 (Tombu & Jolicoeur, 2002). 또한 마음의 줌 렌즈의 작동 속도에 대한 추정치를 제공한다고 해석할 수 있다 (Sekuler, 1972).

크기 조정의 방향성이 비대칭을 보인다는 본 연구의 결과와 유사한 개념으로 지각적 이력현상(hysteresis)이 있다. 이력현상 또는 히스테리시스(Hysteresis)라는 개념은 물질이 통과해 온 과거가 현재 상태에 영향을 미치는 현상으로, 당시의 물리적 조건만으로 물리량이 결정되는 것이 아니라, 이전에 물질이 통과해 온 과정에 의존하는 특성을 말한다. (Poltoratski & Tong, 2014). 이는 지각시스템의 비선형적 특징을 보여준다(Hock, Bukowski, Nichols, Huisman, & Rivera, 2005). 히스테리시스는 두 개의 이벤트가 동시에 일어날 때, 원상복원이 되지 않는다는 개념이며, 주의의 확대, 축소가 여러 번 반복될 때 누적되는 바이어스가 지각적 경험에 미치는 현상을 의미한다(Kleinschmidt, Buchel, Hutton, Friston, & Frackowiak, 2002). 본 연구의 결과는 처리과정의 비대칭을 보여주는 것으로 히스테리시스에 대한 기존의 연구들과 완전히 동일한 개념이라고 할 수는 없으나, 처리 과정의 비대칭성이라는 측면에서 지각적 히스테리시스라는 관점으로 해석할 수 있다는 가능성을 시사한다.

규범적 크기(Canonical size)

본 연구에서 대상의 일치 여부를 판단할 때, 샘플로 제시된 이미지의 크기를 기준으로 해서 타겟 이미지의 크기를 조정하는 과정이 동원될 것이라고 가정했는데, 이 때 샘플 이미지는 우리가 기억하고 있는 대상의 표상을 의미하고, 타겟 이미지는 현재 망막을 통해 입력되는 지각 대상의 표상이라고 할 수 있다. 그렇다면, 우리가 실제 대상을 지각할 때, 크기 조정의 대상이 되는 기억 표상들의 규범적인 크기(canonical size)가 존재하는가에 대한 의문이 제기된다. 이 의문에 대해서 Konkle 을 비롯한 여러 연구자들이 일련의 실험을 통하여 규범적 크기에 대해 연구를 진행했다. Konkle(2007)에 의하면, 참여자들에게 여러 종류의 실제 대상 이미지를 보여주고, 적절한(right) 크기로 맞추라고 지시했을 때, 참여자들이 선택한 “적절한 크기”는 대상의 실제 물리적 크기와 상관관계가 있는 결과를 보여주었고, 이는 참여자들 간에 일관성 있게

나타났다. 이러한 결과를 통해 Konkle 은 우리의 마음 속에 각각의 실제 대상들에 대한 “선호되는 (preferred) 크기” 가 있다고 제안하며 이를 “규범적 크기(canonical size)” 라고 불렀다 (Konkle, 2007). 우리가 대상에 대한 규범적 크기를 갖고 있다는 주장은 크기에 대한 스트룹 효과에 의해서 지지된다. Konkle 과 Oliva(2012)에 의하면, 참여자들에게 익숙한 두 대상의 이미지를 크기를 다르게 하여 제시하고, 어느 것이 더 큰 지를 보고하게 했을 때, 대상의 실제 크기가 제시된 이미지의 크기와 일치할 때 더 빠른 반응을 보였고, 크기가 불일치할 때는 반응시간의 지연을 보이는 스트룹 효과가 관찰되었다 (Konkle & Oliva, 2012) . 이는 지각되는 이미지가 실제 크기와 다를 때, 크기 조정 효과가 동원된다는 본 연구에서의 주장과 일치하는 결과이다.

자기종결적 탐색과 소진적 탐색

실험 2-1 에서, 요소적 과제는 “예” 반응과 “아니오” 반응의 반응시간에 차이가 없었고, 관계적 과제에서는 “예” 반응이 “아니오” 반응보다 통계적으로 유의하게 빨랐다. 본 실험이 샘플 자극으로 주어진 4 개의 이미지 중에 타겟 자극이 있었는지 없었는지를 판단하는 매치-투-샘플 패러다임이므로, 기억에 저장된 4 개의 샘플을 검색하는 과정이 필요할 것이라고 추정된다. 그렇다면 검색 과정에 동원된다고 가정되는 두 가지 검색과정 패러다임인 자기종결적 탐색(self-terminating search) 혹은 소진적 탐색(exhaustive search)을 사용할 것이라고 추정된다. 기존의 여러 연구에 의하면 “아니오” 반응은 일반적으로 “예” 반응보다 느린데 (Luce, 1986), 본 실험의 관계적 과제에서는 기존의 연구 결과와 일치하는 결과가 관찰되는데, 요소적 과제에서는 “예” 반응과 “아니오” 반응의 반응시간이 통계적인 차이가 없다. 이러한 결과는 본 실험의 관계적 과제는 자기종결적 탐색 전략을 사용하는 반면에, 요소적 과제에서는 소진적 탐색 전략을 사용했을 가능성에 대해 추정하게 한다.

반면에, 실험 2-2의 얼굴과 집 과제에서는, “예” 반응이 “아니오” 반응의 반응시간보다 유의미하게 빠르고, 과제 유형과 반응 유형 간의 상호작용은 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 얼굴과 집 이미지에 대한 매칭 과제를 수행할 때에는 탐색 전략에 차이가 없으며, 자기종결적 탐색 전략을 사용함을 시사한다.

4.3 잠재적 선택지의 수

인간의 행동은 크게 단순반응행동과 반응선택행동의 두 가지 유형으로 분류할 수 있다(Luce, 1986). Hick의 법칙에 의하면, 선택지가 증가할수록 반응을 선택하는데 걸리는 시간이 증가한다(Hick, 1952)). 이는 실제적 선택지(actual alternatives)에 대한 법칙이라고 볼 수 있다.

본 연구 결과에 의하면, 실제적 선택지의 수뿐만 아니라, 잠재적 선택지의 수도 인지적 맥락(cognitive context)을 형성하여 과제를 수행하는 반응시간에 영향을 미칠 수 있는 것으로 보인다. 즉, 우리의 마음 속에는 가능태(potentiality)를 처리하는 기제도 있는 것으로 추정해 볼 수 있다. 이러한 해석의 가능성은 실제로 제시되는 자극의 수뿐만 아니라 “제시될 가능성이 있는” 자극의 수 또한 반응시간 지연에 관여한다는 것은 Hyman (1953)의 주장과도 일치한다.

가능태(Potentiality)와 현실태(Actuality)

이와 같은 잠재적 프로세스에 대한 개념은 고대 때부터 철학자들이 “가능태(potentiality)”라는 개념으로 논의해 왔다. 가능태는 아리스토텔레스 시대부터 논의되던 개념으로, Cohen(2000)에 의하면, 아리스토텔레스는 가능태를 “변화를 일으키는 힘(Power to effect change)”으로 정의했다(Cohen, 2000). Whitehead(1978)는 가능태(potentiality)와 현실태

(actuality)에 대해, “각각의 실제적 실체는 또 다른 실제의 실체가 되는 과정에 있다. 실제 개체는 다른 실제 개체를 위한 포착(prehension)의 대상이 될 수 있다” 고 정의함으로써, 실재하는 실체가 또 다른 실체가 되는 과정에 가능태가 존재하고, 가능태가 이 과정을 가능하게 한다고 한다 (Whitehead, 1978). 또한, Agamben(1999)은 가능태의 개념을 “비존재의 존재 (existence of non-being)” 또는 “부재의 존재 (presence of absence)” 로 정의했다(Agamben, 1999).

이들 철학자들의 논의가 가능태에 대한 강조점이 다르기는 하지만, 가능태의 존재가 현실태의 양상에 영향을 미치는 힘을 가진다는 점에서 공통된 개념을 다루고 있다. 이러한 개념은 본 연구에서 관찰된 NP 효과에 대해서, 잠재적 선택지의 수가 실제 행동에 영향을 미친다고 해석할 수 있는 가능성을 지지하는 철학적 기반을 제공한다.

NP 효과와 청킹

NP 효과를 정보이론의 관점에서 살펴보았을 때, 요소적 과제는 관계적 과제보다 반응시간의 기울기가 더 크고, 요소적 과제는 대비수준이 낮아질 수록 반응시간의 기울기가 더 증가한다는 것을 알 수 있다. 즉, 요소적 과제의 특성상 관계적 과제보다 세밀한 정보처리가 필요한 과제이므로 정보량이 증가함에 따라 처리 시간이 더 필요하다고 해석할 수 있다.

또 다른 해석의 가능성은 청킹의 관점이다. 관계적 과제가 정보량의 증가에 따른 반응시간의 기울기 크기가 요소적 과제 보다 작은 결과는, 관계적 과제를 처리하는데 청킹이라는 전략이 동원되는 것으로 해석할 수 있다. 청킹이라는 개념은 Miller(1956) 에 의해 인간의 정보 처리 능력의 한계라는 측면에서 제안된 개념으로, 양상(modality)에 관계없이 우리의 감각으로 지각되는 모든 정보는 우리의 기억 시스템에 저장되기 전에 더 큰 구조로 클러스터링되며, 이러한 청킹 프로세스에 의해 더 많은 비트의 정보를 유지할 수 있기 때문에 메모리 용량을 증가시킨다(Miller, 1956). 청킹은 두 가지 형태로 존재한다고

여겨진다. 첫 번째는 의도적이고, 의식적인 연상 또는 기억 전략으로 사용되는 형태이고, 두 번째는 더 자동적(automatic)이고, 지각적 표상에 작용하는 형태이다(Gobet et al., 2001). 시각적 청킹 전략은 정보 압축(data compression)을 지원하는 인코딩 전략으로 정의되며, 이 전략은 시각적 대상의 어떤 측면에 대해서도 활용할 수 있다(Norris & Kalm, 2021; Stieff, Werner, DeSutter, Franconeri, & Hegarty, 2020). 따라서 본 연구의 관계적 과제를 정보 압축으로서의 시각적 청킹 개념으로 해석할 수 있다.

NP2의 특징

또 한가지 주목할 점은, NP2는 NP4, NP16과 다른 전략을 사용할 가능성이 있다. 왜냐하면, NP2도 NP4, NP16과 마찬가지로 요소적 판단과 관계적 판단에 의해 두 자극의 동일성을 판단하도록 기준을 제시했지만, 참여자들이 실제 과제를 수행할 때는 제시된 기준을 사용하지 않더라도, 탐사자극과 검사자극의 동일성 여부를 판단할 수 있다. 즉, NP4, NP16에서는 과제 수행을 위해서 동일성의 기준이 무엇인지를 기억하고 그 기준에 맞게 판단하는 전략을 사용해야 하는 반면에, NP2에서는 두 자극이 판단 기준을 사용하지 않더라도 과제를 수행할 수 있었을 가능성이 있다. 즉, NP2 조건에서는 판단 기준에 주의를 기울이지 않았을 수 있다. 그리고, 검사자극으로 제시되는 이미지가 두 개 중 하나이므로, 반복 효과가 컸을 수 있다(Kornblum, 1968, 1969). 반면에 NP4, NP16 조건에서는 잠재적 선택지의 수가 증가하므로 반복 효과의 가능성이 낮아진다. 자극세트 크기효과(Set size effect)가 반복 가능성과 혼동된다는 기존의 주장에 근거할 때, 본 연구의 NP 효과는 반복 효과에 의한 것일 수 있다는 해석이 가능하다(Schneider, 2011).

5. 결론

본 연구에서는, 시지각에서 시각 요소들 사이의 관계에 의존하는 처리 과정과 요소의 모양에 의존하는 처리 과정을 구별하고, 이 과정들이 대뇌피질의 두 가지 시각 경로에 어떻게 연관되는지를 실험적으로 탐구하였다. 특히, P 경로가 높은 휘도 대비를 필요로 하고, 색 대비에 민감하다는 점 등에 착안하여 등휘도를 포함한 여러 휘도 대비 수준에서 관계 처리와 요소 처리에 의존한 반응 시간과 선택지 수의 상관관계를 비교하였으며, 크기 지각의 과정이 관계 처리와 요소 처리에 미치는 영향을 탐구했다.

주요 연구 결과는 첫째, 단순 반응 행동인 탐지과제를 수행할 때, 낮은 공간 주파수 자극과 휘도 대비 수준이 높은 자극에 대한 처리 속도가 감소한다. 둘째, 표상의 크기 차이의 비율에 따른 크기 조정의 방향성이 비대칭적이다. 즉, 크기 조정 시 지각 표상을 확대할 때 반응시간이 증가한다. 이러한 비대칭적 방향성은 관계 의존 판단과 요소 의존 판단에 동일하게 나타난다. 셋째, 등휘도와 저휘도대비 자극에 대한 과제 수행의 반응 시간이 요소 의존 판단과 관계 의존 판단에서 다른 양상을 보인다. 특히 저휘도대비에 비해 등휘도에서, 선택지가 많을 때 요소 의존 판단이 빨라진 반면, 관계 의존 판단은 그렇지 않음을 관찰하였다.

본 연구에서 관찰한 결과를 통해 내릴 수 있는 결론은 첫째, 인지적 요소의 개입이 적을 것으로 간주되는 단순 반응 행동인 탐지과제를 수행할 때는 시각 자극의 물리적 속성에 의해서 결정되는 자극의 강도가 증가할수록 처리 속도가 감소하는 양상이 관찰되었으나(실험 1), 의사 결정의 전략이 필요한 과제를 수행할 때는 관계적 판단일 때와 요소적 판단일 때의 반응 시간 양상이 다르며(실험 2, 3), 이는 관계적 판단과 요소적 판단에 서로 다른 전략을 사용할 가능성을 시사한다. 둘째, 크기 조정 시 지각 표상을 확대할 때 반응시간이 증가한다는 결과는 지각 표상을 확대하는 방향으로 심적 에너지를 더 많이 사용할 가능성을 시사한다. 셋째, 잠재적 선택지의 수가 증가할 때, 관계적 판단과 요소적 판단에서 모두 반응 시간이 증가하는 양상을 보이나, 반응 시간의 기울

기에는 차이가 있고, 특히 저휘도대비에 비해 등휘도에서 선택지가 많을 때 요소 의존 판단이 빨라진다는 결과는 요소적 판단의 맥락에 P 경로가 단독적으로 관여할 가능성을 시사한다.

본 연구는 생리학적 연구(physiological study)와 행동연구(behavioral study)의 연관성을 관찰했다는 점에서 의미가 있다. 여러 신경생리학 연구들은 영장류의 M 세포와 P 세포의 대비에 대한 반응증폭률(contrast gain)이 다르다는 것을 보고했는데 (Livingstone, 1987; K. Shapley, 1986), 인간의 행동 연구에서는 같은 범위의 물리적 자극이 주어졌을 때, 대비를 지각하는 양상을 반응시간을 통해 연구할 수 있다.

또한, 본 연구에서는 자극을 동일하게 제시하고 판단 기준을 다르게 적용하도록 고안된 과제를 통해 반응시간의 차이를 관찰함으로써, 인지 과정이 영역 특정적(domain-specific)인 것이 아니라, 프로세스 특정적(processing-specific) 이라는 것을 제안한다. 인간의 인지과정이 영역 특정적(domain-specific) 이라면 우리의 환경에 존재하는 수많은 다양한 자극들에 대해 개별적인 처리방식을 발달시켜야 하고, 그것은 매우 비효율적일 것이다.

본 연구에서 고찰한 시각 정보의 관계적 처리와 요소적 처리에 대한 연구 결과는 인공 시각 연구 분야에도 기여하는 바가 클 것으로 예상된다. Hinton(2021)은 사람들이 시각적 장면을 부분적인 계층 구조로 분석하여 부분과 전체 사이의 공간 관계를 모델링 한다는 심리적 증거가 있으며, 사람과 같은 방식으로 이미지를 이해하는 신경망을 만들려면 신경망이 부분 전체 계층을 어떻게 나타낼 수 있는지 알아내야 한다고 주장하면서, GLOM이라는 시각 처리 구조 모델에 대한 아이디어에 대해 논의했다 (Hinton, 2021). GLOM은 현재 작동하고 있는 시스템이 아닌 가상 시스템이라고 언급하면서, 신경망에서 시각 정보를 표현하고 처리하는 새로운 방법에 대한 아이디어를 제안했다. GLOM에서 제안하는 주요 개념은 “파스 트리(parse tree)”인데, 파스 트리는 전체와 부분, 상위 레벨과 하위 레벨 간의 계층적 관계를 표현하는 트리 형태이며, Hinton은 인간의 뇌가 이 파스 트리의 계층적 구조로 정보를 처리한다고 가정하고, 이를 “인접한 동일 벡터들의 섬(islands of near

identical vectors)”의 활동으로 구현하는 아이디어를 제안했다 (Hinton, 2021). 본 연구를 통해 시각적 장면에 대한 전체처리와 부분처리의 메커니즘을 보다 깊이 있게 이해함으로써, 인공 시각에 관한 최근 연구의 흐름에 기여할 수 있다는 의의가 있다.

연구의 한계점은 첫째, 본 연구에서 시각 정보의 전체 처리와 부분 처리 개념에 대해 제안한 “관계적 처리(relational processing)”와 “요소적 처리(elemental processing)”라는 용어에 대해 본 연구의 범위 내에서 정의했으나, 부분 요소를 의미하는 “요소(element)”에 대해서는 이견이 있을 수 있다. 2.3 장에서 기술했듯이 부분 요소를 지칭하는 용어들의 의미와 범위가 명확하지 않고, 시각 정보를 구성하는 원초적인 원소가 무엇이나에 대해서도 여러 학자들과 학문 영역 내에서 합의된 하나의 실체가 있는 것이 아니기 때문에, 부분 요소를 지칭하는 것이 세부특징(feature)인지, 구성요소(component)인지, 일부(part)인지에 대해서 어느 하나로 규정하기 어렵다. 단, 본 연구에서 부분 요소의 의미로 “요소(element)”라고 정의한 이유는 본 연구에서 다루고자 하는 시각 정보의 전체와 부분이라는 개념의 범위를 독립된 부분들이 하나의 전체적인 장면을 구성할 때의 시각장면으로 제한하고자 했기 때문에 부분 요소를 “요소(element)”라고 정의한 것이다. 그렇기 때문에, 본 연구의 결과와 해석을 다른 의미를 가진 부분적 요소들 (예를 들면, feature, component, part) 등으로 확대하는 데에 한계가 있다.

둘째, 본 연구에서 측정한 종속변수인 반응시간에 대한 이론적 근거가 있음에도 불구하고 우리가 어떤 행동을 할 때 반응시간에 작용할 수 있는 요인들은 무수히 많다. 그 많은 요인들을 실험적 상황에서 완벽하게 통제하거나 알아내는 불가능 할 것이다. 그렇기 때문에 반응시간 측정과 함께 안구측정기를 병행해서 시각 정보에 주의를 주는 눈의 움직임을 추적한다면 시각정보 처리의 과정을 보다 명확하게 추정할 수 있을 것이다.

셋째, 크기 조정 과정에서 기억표상을 조정하는지 지각표상을 조정하는지의 문제가 불분명하다. 본 연구에서의 실험적 상황에서는 처리과정의 효율성

을 이유로 지각표상을 조정할 것이라고 추정하고 논의를 진행했으나, 이 부분은 실험적 조건에 따라서 달라질 수 있는 부분이라는 한계점이 있다.

참 고 문 헌

- 이은진,윤문주, 김수현, 양계탁, 정주현, 김현정, 김현일, 최은정(2012). 명소시 상태에서 휘도감소에 따른 대비감도 변화. *J. Korean Oph. Opt. Soc.*, Vol. 17, No. 4, pp. 411-417.
- Arditi, A. (2005). Improving the design of the letter contrast sensitivity test. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 46(6), 2225-2229.
- Ali S. A., R. F., Fadzil N. A., Mustafar F.a, Begum T. (2021). A Mini Review: Visual and Auditory Perception in Dyslexia. *IJUM Medical Journal Malaysia*, 20(4). doi:10.31436/imjm.v20i4
- Amishav, R., & Kimchi, R. (2010). Perceptual integrality of componential and configural information in faces. *Psychon Bull Rev*, 17(5), 743-748. doi:10.3758/PBR.17.5.743
- Ashburn, S. M., Flowers, D. L., Napoliello, E. M., & Eden, G. F. (2020). Cerebellar function in children with and without dyslexia during single word processing. *Hum Brain Mapp*, 41(1), 120-138. doi:10.1002/hbm.24792
- Bednarek, D. B., & Grabowska, A. (2002). Luminance and chromatic contrast sensitivity in dyslexia: the magnocellular deficit hypothesis revisited. *NeuroReport*, 13(18), 2521-2525. doi:10.1097/00001756-200212200-00028
- Bennett, D. J., & Warren, W. (2002). Size scaling: Retinal or environmental frame of reference? *Perception and Psychophysics*, 64(3), 462-477. doi:10.3758/BF03194718
- Besner, D. (1983). Visual pattern recognition: Size preprocessing re-examined. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 35A(1), 209-216. <https://doi.org/10.1080/14640748308402126>
- Bundesen, C., & Larsen, A. (1975). Visual transformation of size. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1(3), 214-220. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.1.3.214>
- Carreiro, L. R., Haddad, H., Jr., & Baldo, M. V. (2003). The modulation of simple reaction time by the spatial probability of a visual stimulus. *Braz J Med Biol Res*, 36(7), 907-911. doi:10.1590/s0100-879x2003000700011

- Cave, K. R., & Kosslyn, S. M. (1989). Varieties of Size-Specific Visual Selection. *Journal of Experimental Psychology: General*, *118*(2), 148-164. doi:10.1037/0096-3445.118.2.148
- Coslett, H. B., & Lie, E. (2008). Simultanagnosia: effects of semantic category and repetition blindness. *Neuropsychologia*, *46*(7), 1853-1863. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.08.024
- Coté, C. A. (2015). A Dynamic Systems Theory Model of Visual Perception Development. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention*, *8*(2), 157-169. doi:10.1080/19411243.2015.1034304
- Craddock, M., & Lawson, R. (2009). Size-sensitive perceptual representations underlie visual and haptic object recognition. *PLoS ONE*, *4*(11), e8009. doi:10.1371/journal.pone.0008009
- Dalrymple, K. A., Bischof, W. F., Cameron, D., Barton, J. J., & Kingstone, A. (2010). Simulating simultanagnosia: spatially constricted vision mimics local capture and the global processing deficit. *Exp Brain Res*, *202*(2), 445-455. doi:10.1007/s00221-009-2152-3
- Desimone, R., & Schein, S.J. (1987). Visual properties of neurons in area V4 of the macaque: sensitivity to stimulus form. *Journal of neurophysiology*, *57* 3, 835-68 .
- Dias, E. C., Butler, P. D., Hoptman, M. J., & Javitt, D. C. (2011). Early sensory contributions to contextual encoding deficits in schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, *68*(7), 654-664. doi:10.1001/archgenpsychiatry.2011.17
- Duncan, J., Bundesen, C., Olson, A., Humphreys, G., Ward, R., Kyllingsbaek, S., . . . Chavda, S. (2003). Attentional functions in dorsal and ventral simultanagnosia. *Cogn Neuropsychol*, *20*(8), 675-701. doi:10.1080/02643290342000041
- Edwards, M., Goodhew, S. C., & Badcock, D. R. (2021). Using perceptual tasks to selectively measure magnocellular and parvocellular performance: Rationale and a user's guide. *Psychon Bull Rev*, *28*(4), 1029-1050. doi:10.3758/s13423-020-01874-w
- Farah, M. J. (1996). Is face recognition 'special'? Evidence from neuropsychology. *Behav Brain Res*, *76*(1-2), 181-189. doi:10.1016/0166-4328(95)00198-0

- Farah, M. J., Wilson, K. D., Drain, M., & Tanaka, J. N. (1998). What is "special" about face perception? *Psychol Rev*, *105*(3), 482-498. doi:10.1037/0033-295x.105.3.482
- Ferrera, V.P., Nealey, T.A., Maunsell, J.H.R. (1992). Mixed parvocellular and magnocellular geniculate signals in visual area V4. *Nature* *358*: 756-758.
- Filoteo, J.V., Friedrich, F.J. & Stricker, J.L. (2001). Shifting attention to different levels within global-local stimuli: A study of normal participants and a patient with temporal-parietal lobe damage, *Cognitive Neuropsychology*, *18*:3, 227-261, DOI: 10.1080/02643290125839
- Garlasco, P., Osimo, S. A., Rumiati, R. I., & Parma, V. (2019). A hierarchical-drift diffusion model of the roles of hunger, caloric density and valence in food selection. *Appetite*, *138*, 52-59. doi:10.1016/j.appet.2019.03.009
- Goodhew, S. C., & Edwards, M. (2016). Object individuation is invariant to attentional diffusion: Changes in the size of the attended region do not interact with object-substitution masking. *Cognition*, *157*, 358-364. doi:10.1016/j.cognition.2016.10.006
- Graf, M. (2006). Coordinate transformations in object recognition. *Psychol Bull*, *132*(6), 920-945. doi:10.1037/0033-2909.132.6.920
- Grinter, E. J., Maybery, M. T., & Badcock, D. R. (2010). Vision in developmental disorders: Is there a dorsal stream deficit? *Brain Research Bulletin*, *82*(3-4), 147–160. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2010.02.016>
- Hick, W. E. (1952). On the Rate of Gain of Information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *4*(1), 11-26. doi:10.1080/17470215208416600
- Hinton. (2021). How to represent part-whole hierarchies in a neural network.
- Hock, H. S., Bukowski, L., Nichols, D. F., Huisman, A., & Rivera, M. (2005). Dynamical vs. judgmental comparison: hysteresis effects in motion perception. *Spat Vis*, *18*(3), 317-335. doi:10.1163/1568568054089393
- Holway, B. (1941). Determinants of Apparent Visual Size with Distance Variant. *The American Journal of Psychology*.
- Houpt, J. W., Sussman, B. L., Townsend, J. T., & Newman, S. D. (2015). Dyslexia and configural perception of character sequences. *Front Psychol*, *6*, 482. doi:10.3389/fpsyg.2015.00482

- Huberle, E., Driver, J., & Karnath, H. O. (2010). Retinal versus physical stimulus size as determinants of visual perception in simultanagnosia. *Neuropsychologia*, *48*(6), 1677-1682. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.02.013
- Hunter, M., Godde, B., & Olk, B. (2018). Effects of absolute luminance and luminance contrast on visual search in low mesopic environments. *Atten Percept Psychophys*, *80*(5), 1265-1277. doi:10.3758/s13414-018-1512-0
- Hunter, M. G., B.; Olk, B. (2017). Effects of absolute luminance and luminance contrast on visual discrimination in low mesopic environments. *Atten Percept Psychophys*, *79*(1), 243-252. doi:10.3758/s13414-016-1219-z
- Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, *45*(3), 188-196. <https://doi.org/10.1037/h0056940>
- Jolicoeur, P. (1987). A size-congruency effect in memory for visual shape. *Mem Cognit*, *15*(6), 531-543. doi:10.3758/bf03198388
- Jozranjbar, B., Kristjansson, A., & Sigurdardottir, H. M. (2020). Featural and Configural Processing of Faces and Houses in Matched Dyslexic and Typical Readers. (May). doi:10.31234/osf.io/u6vqb
- Juttner, M., Wakui, E., Petters, D., & Davidoff, J. (2016). Developmental Commonalities between Object and Face Recognition in Adolescence. *Front Psychol*, *7*, 385. doi:10.3389/fpsyg.2016.00385
- Kalmet, N. (2016). Lineup size and number of cues: When bigger isn't better.
- Kaplan, E., Shapley, R. M., & Purpura, K. (1988). Color and luminance contrast as tools for probing the primate retina. *Neurosci Res Suppl*, *8*, S151-165. doi:10.1016/0921-8696(88)90014-x
- Kimchi, R. (1994). The role of wholistic/configural properties versus global properties in visual form perception. *Perception*, *23*(5), 489-504. doi:10.1068/p230489
- Kleinschmidt, A., Buchel, C., Hutton, C., Friston, K. J., & Frackowiak, R. S. (2002). The neural structures expressing perceptual hysteresis in visual letter recognition. *Neuron*, *34*(4), 659-666. doi:10.1016/s0896-6273(02)00694-3
- Kolers, P. A., Duchnick, R. L., & Sundstroem, G. (1985). Size in the visual processing of faces and words. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *11*(6), 726-751. doi:10.1037//0096-1523.11.6.726
- Konkle, T., & Oliva, A. (2012). A familiar-size Stroop effect: real-world size is an automatic property of object representation. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *38*(3), 561-569. doi:10.1037/a0028294

- Kosslyn, S. M., & Ochsner, K. N. (1994). In search of occipital activation during visual mental imagery. *Trends Neurosci*, *17*(7), 290-292. doi:10.1016/0166-2236(94)90059-0
- Kukkonen, H., Rovamo, J., Tiippana, K., & Näsänen, R. (1993). Michelson contrast, RMS contrast and energy of various spatial stimuli at threshold. *Vision Research*, *33*(10), 1431-1436. doi:10.1016/0042-6989(93)90049-3
- Larsen, A., & Bundesen, C. (1978). Size scaling in visual pattern recognition. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *4*(1), 1-20. doi:10.1037//0096-1523.4.1.1
- Lawson, R. (2007). Local global processing biases fail to influence face, object, and word recognition. *Visual Cognition*, *15*(6), 710-740. doi:10.1080/13506280601112519
- Lawton, T. (2016). Improving Dorsal Stream Function in Dyslexics by Training Figure/Ground Motion Discrimination Improves Attention, Reading Fluency, and Working Memory. *Front Hum Neurosci*, *10*, 397. doi:10.3389/fnhum.2016.00397
- Livingstone, M. H. (1987). Psychological Evidence for Separate Channels for the Perception of Form, Color, Movement, and Depth.
- Luce, R. Duncan. (1986). *Response Times: Their Role in Inferring Elementary Mental Organization*, New York: Oxford Psychology Series .
- Luria, A. R., Pravdina-Vinarskaya, E. N., & Yarbuss, A. L. (1963). Disorders of ocular movement in a case of simultanagnosia. *Brain*, *86*, 219-228. doi:10.1093/brain/86.2.219
- Malpeli JG, Schiller PH, Colby CL. (1981). Response properties of single cells in monkey striate cortex during reversible inactivation of individual lateral geniculate laminae. *J Neurophysiol*. Nov;46(5):1102-19. doi: 10.1152/jn.1981.46.5.1102. PMID: 7299449.
- Maunsell, J. H., & Newsome, W. T. (1987). Visual processing in monkey extrastriate cortex. *Annual Review of Neuroscience*, *10*, 363–401. <https://doi.org/10.1146/annurev.ne.10.030187.002051>
- Maurer, D. e. a. (2002). The many faces of configural processing.
- McKone, E. (2009). Holistic processing for faces operates over a wide range of sizes but is strongest at identification rather than conversational distances. *Vision Res*, *49*(2), 268-283. doi:10.1016/j.visres.2008.10.020

- Milliken, B., & Jolicoeur, P. (1992). Size effects in visual recognition memory are determined by perceived size. *Mem Cognit*, *20*(1), 83-95. doi:10.3758/bf03208257
- Murray, I. J., & Plainis, S. (2003). Contrast coding and magno/parvo segregation revealed in reaction time studies. *Vision Research*, *43*(25), 2707-2719. doi:10.1016/s0042-6989(03)00408-5
- Muthukumaraswamy, S. D., Johnson, B. W., & Hamm, J. P. (2003). A high density ERP comparison of mental rotation and mental size transformation. *Brain Cogn*, *52*(2), 271-280. doi:10.1016/s0278-2626(03)00077-0
- Navon, D. (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, *9*(3), 353-383. doi:10.1016/0010-0285(77)90012-3
- Norris, D., & Kalm, K. (2021). Chunking and data compression in verbal short-term memory. *Cognition*, *208*, 104534. doi:10.1016/j.cognition.2020.104534
- Pantle, A., & Sekuler, R. (1968). Size-detecting mechanisms in human vision. *Science*, *162*(3858), 1146-1148. doi:10.1126/science.162.3858.1146-a
- Perrachione, T. K., Del Tufo, S. N., Winter, R., Murtagh, J., Cyr, A., Chang, P., . . . Gabrieli, J. D. E. (2016). Dysfunction of Rapid Neural Adaptation in Dyslexia. *Neuron*, *92*(6), 1383-1397. doi:10.1016/j.neuron.2016.11.020
- Piepers, D. W., & Robbins, R. A. (2012). A Review and Clarification of the Terms "holistic," "configural," and "relational" in the Face Perception Literature. *Front Psychol*, *3*, 559. doi:10.3389/fpsyg.2012.00559
- Pisella, L., Biotti, D., & Vighetto, A. (2015). Combination of attentional and spatial working memory deficits in Balint-Holmes syndrome. *Ann N Y Acad Sci*, *1339*, 165-175. doi:10.1111/nyas.12731
- Poirel, N., Pineau, A., & Mellet, E. (2008). What does the nature of the stimuli tell us about the Global Precedence Effect? *Acta Psychol (Amst)*, *127*(1), 1-11. doi:10.1016/j.actpsy.2006.12.001
- Poltoratski, S., & Tong, F. (2014). Hysteresis in the dynamic perception of scenes and objects. *J Exp Psychol Gen*, *143*(5), 1875-1892. doi:10.1037/a0037365
- Pomerantz, J. R., Sager, L. C., & Stoever, R. J. (1977). Perception of wholes and of their component parts: some configural superiority effects. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*, *3*(3), 422-435. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/886276>

- Proctor, R. W., & Schneider, D. W. (2018). Hick's law for choice reaction time: A review. *Q J Exp Psychol (Hove)*, *71*(6), 1281-1299. doi:10.1080/17470218.2017.1322622
- Rivest, J., Moscovitch, M., & Black, S. (2009). A comparative case study of face recognition: the contribution of configural and part-based recognition systems, and their interaction. *Neuropsychologia*, *47*(13), 2798-2811. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.004
- S. Plainis, I. J. M. (2000). Neurophysiological interpretation of human visual reaction times: effect of contrast, spatial frequency and luminance.
- Sanocki, T., & Sellers, E. (2001). Shifting resources to recognize a forming object: Dependencies involving object properties. *Visual Cognition*, *8*(2), 197-235. doi:10.1080/13506280042000063
- Schiller, P. H., & Colby, C. L. (1983). The responses of single cells in the lateral geniculate nucleus of the rhesus monkey to color and luminance contrast. *Vision Res*, *23*(12), 1631-1641. doi:10.1016/0042-6989(83)90177-3
- Schiller, P. H., Logothetis, N. K., & Charles, E. R. (1990). Role of the color-opponent and broad-band channels in vision. *Vis Neurosci*, *5*(4), 321-346. doi:10.1017/s0952523800000420
- Schiller, P. H., & Lee, K. (1991). The role of the primate extrastriate area V4 in vision. *Science*, *251*, 1251-1253.
- Schiller, P.H. (1996). On the specificity of neurons and visual areas. *Behavioral Brain Research*, *76*, 21-35.
- Sekuler, R. (1972). Speed of size scaling in human vision. *Psychonomic Science*, *27*(2), 93-94. doi:10.1515/9783111418513.525
- Shapley, K. (1986). The primate retina contains two types of ganglion cells, with high and low contrast sensitivity.
- Shapley, R. M. (1985). The Importance of Contrast in the Perception of Brightness and Form. *Transactions of the American Philosophical Society*, *75*(6), 20-29.
- Sigurdardottir, H. M., Olafsdottir, I. M., & Devillez, H. (2021). Words as Visual Objects: Neural and Behavioral Evidence for High-Level Visual Impairments in Dyslexia. *Brain Sci*, *11*(11). doi:10.3390/brainsci11111427
- Skottun, B. C. (2013). On using isoluminant stimuli to separate magno- and parvocellular responses in psychophysical experiments-a few words of

- caution. *Behav Res Methods*, 45(3), 637-645. doi:10.3758/s13428-012-0290-1
- Sperandio, I., & Chouinard, P. A. (2015). The Mechanisms of Size Constancy. *Multisens Res*, 28(3-4), 253-283. doi:10.1163/22134808-00002483
- Standing. (2008). EFFECTS OF SIZE CONGRUENCY ON ITEM AND SIZE RECOGNITION WITH WORDS OR PICTURES.
- Stein, J. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20(4). doi: 10.1016/s0166-2236(96)01005-3
- Stieff, M., Werner, S., DeSutter, D., Franconeri, S., & Hegarty, M. (2020). Visual chunking as a strategy for spatial thinking in STEM. *Cogn Res Princ Implic*, 5(1), 18. doi:10.1186/s41235-020-00217-6
- Switkes, E., & Crognale, M. A. (1999). Comparison of color and luminance contrast: apples versus oranges? *Vision Res*, 39(10), 1823-1831. doi:10.1016/s0042-6989(98)00219-3
- Szubielska, M., & Bałaj, B. (2018). Mental size scaling of three-dimensional objects perceived visually or tactilely. *Advances in Cognitive Psychology*, 14(3), 139-149. doi:10.5709/acp-0245-5
- Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *Q J Exp Psychol A*, 46(2), 225-245. doi:10.1080/14640749308401045
- Theeuwes, J. (2010). Top-down and bottom-up control of visual selection. *Acta Psychol (Amst)*, 135(2), 77-99. doi:10.1016/j.actpsy.2010.02.006
- Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2002). Does size rescaling require central attention? *Can J Exp Psychol*, 56(1), 10-17. doi:10.1037/h0087381
- Uttl, B., Graf, P., & Siegenthaler, A. L. (2008). The influence of object relative size on priming and explicit memory. *PLoS ONE*, 3(9), e3109. doi:10.1371/journal.pone.0003109
- William, & Merigan, H. (1989). Chromatic and Achromatic Pathway.
- Wyszecki, G., & Stiles, W. S. (1967). *Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulas*. John Wiley.
- Wurtz, R. H. (2009). Recounting the impact of Hubel and Wiesel. *J Physiol*, 587(Pt 12), 2817-2823. doi:10.1113/jphysiol.2009.170209
- Yantis, S. (2001). *Visual Perception: Key Readings*. Philadelphia: Psychology Press.
- Zele, A. J., & Cao, D. (2014). Vision under mesopic and scotopic illumination. *Front Psychol*, 5, 1594. doi:10.3389/fpsyg.2014.01594

Zeki, S.M. (1973). Colour coding in rhesus monkey prestriate cortex. *Brain Research*, 53, 422-427.

Zeki, S.M. (1974). Functional Organization of a visual area in the posterior bank of the superior temporal sulcus of the rhesus monkey. *Journal of Physiology, London*, 236, 549-573

Abstract

The Effect of Physical Properties of Visual Stimuli and the Potential Number of Alternatives on Relational and Elemental Processing

Soyoung Kang

Interdisciplinary Programs in Cognitive Science

The Graduate School

Seoul National University

We see the visual scene of the outside world as a unified form. However, a visual scene is not a single body, but a complex entity composed of various types of information (color, shape, size, direction, etc.). We react to these complex visual scenes by quickly collecting information and processing them.

The present study investigated the relationship between relational processing and elemental processing of visual perception, and experimentally explored how these processes are related to the two visual pathways of the cerebral cortex. In particular, the correlation between the response time and the number of alternatives depending

on relational processing and elemental processing was compared at various luminance contrasts. It is based on the fact that the P pathway requires high luminance contrast and is sensitive to color contrast. In addition, how the size scaling is influenced on the relational, elemental processing was explored.

To this end, Experiment 1 observed whether the response time of detection task is varied by the four levels of luminance contrast and the types of stimuli which is divided into high and low spatial frequency. Experiment 2 investigated the effect of size scaling on the relational and elemental processing of visual perception, when the size of the mnemonic representation and the size of the perceptual representation were different in the match-to-sample task. Experiment 3 observed the difference in response time of the relational and elemental processing when the contrast level was varied and the potential number of alternatives was increased in the same-different task.

The main results show that the processing speed for stimuli with low spatial frequency and high contrast stimuli is reduced when performing a detection task. Secondly, the direction of size scaling according to the ratio is asymmetrical. This is the same for relational and elemental tasks. Thirdly, the response time between isoluminance condition and low luminance contrast shows a different pattern in relational judgement task and elemental judgement task. In particular, it was observed that elemental judgment task was faster than relational judgement task when there were many alternatives in isoluminance condition compared to low luminance contrast.

In conclusion, first of all, the processing speed decreases as the intensity of stimuli increases in simple reaction, while tasks requiring cognitive strategies show the different response time patterns for the

relational and elemental judgment tasks. These results suggest the possibility of adopting different strategies for relational and elemental processing in visual perception. Next, the asymmetric pattern of the size scaling direction suggests that the expansion of the perceptual representation might require more mental energy, and it is applied both to the relational and elemental judgement tasks. Lastly, the data that shows that increasing the potential number of alternatives causes the different slope of the response time for relational and elemental processing suggests that the P pathway would be solely involved in the context of elemental judgment.

Keywords : visual perception, relational processing, elemental processing, luminance contrast, size scaling, number of alternatives

Student Number : 2000–30093