

항공 안전 증진을 위한 장 복잡성과 위험물품의 종류가 수화물 검사 수행에 미치는 효과

Effects of the Field Complexity and Type of Target Object on the Performance of the Baggage Screening Task for Improving Aviation Safety

문광수

중앙대학교 심리학과

Kwangsu Moon(ksmoon@cau.ac.kr)

요약

본 연구의 목적은 수화물 검사 과제에서 장 복잡성과 위험물품 종류가 탐지율과 반응시간에 미치는 효과를 검증하는 것이었다. 참가자는 C 대학 학부생 62명이었고(남 45.2%, 여 54.8%), 평균 나이는 22.88세였다. 가상 수화물 심사(신호 탐지) 과제를 개발하여 사용하였고 참가자들은 실험에 대한 오리엔테이션과 과제 연습에 참가한 후 본 실험에 참가하였다. 참가자들은 총 200개의 수화물 검사 과제를 실시하였고 40개(20%)가 위험 물품을 포함하고 있었다. 본 연구의 독립변인 중 장 복잡성은 상(20개), 중(14개), 하(8개) 세 수준으로 위험 물품의 종류는 총, 칼, 액체, 그리고 라이터 4가지로 설정하였다. 종속변인은 위험 물품이 있는 이미지 중 표적 신호를 탐지한 비율(%)이었다. 연구 결과 장이 복잡할수록 탐지율이 유의미하게 감소하였고, 반응시간은 증가하였다. 그리고 위험 물품의 종류에 따라 탐지율과 반응시간은 달라지는 것으로 나타났다. 특히 칼의 탐지율이 가장 높았고 반응시간은 가장 짧았으며 액체의 탐지율이 가장 낮고, 반응시간은 길었다. 장 복잡성과 위험 물품의 상호작용 효과 역시 탐지율과 반응시간에 영향을 미쳤다. 칼은 장 복잡성에 영향을 받지 않았고, 라이터와 같이 작은 물품이 장 복잡성의 영향을 가장 크게 받은 것으로 나타났다.

■ 중심어 : | 장 복잡성 | 위험 물품 | 항공안전 | 수화물 검사 | 신호 탐지 |

Abstract

This study examined the effects of field complexity and type of target objects on the performance in baggage screening task. A total of 62 participants(male: 45.2%, female: 54.8%) participated and their mean age was 22.88. The simulated baggage screening task was developed for this study and after the orientation and task exercises, main experiment session was conducted. Participants performed a total of 200 tasks and 40(20%) contained target object. The complexity was set at three levels: high, middle, and low levels and the number of background items contained 20, 14, and 8 respectively. The type of target was set as gun, knife, liquid, and lighter. The dependent variables were hit ratio and reaction time. The results showed that the hit ratio decreased and reaction time increased significantly as field complexity increased, and they varied depending on the type of target. The hit ratio of the knife was the highest and liquid lowest and reaction time of the knife was the fastest and liquid slowest. In addition, the interaction effect was also significant. Knife was not affected by complexity, however, small item such as lighter was most affected by complexity.

■ keyword : | Field Complexity | Target Items | Aviation Safety | Baggage Screening | Signal Detection |

* 이 논문은 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2016R1D1A1B03036030)

접수일자 : 2018년 10월 12일

심사완료일 : 2018년 10월 31일

수정일자 : 2018년 10월 31일

교신저자 : 문광수, e-mail : ksmoon@cau.ac.kr

1. 서론

1.1 연구의 필요성

항공 산업의 발전은 단시간 내에 인적·물적 교류를 활발하게 함으로써 그 중요성을 더해가고 있다. 그리고 항공 산업과 항공 교통은 세계화에 핵심적인 수단이다. 하지만 항공 교통의 일반화와 증가는 문제점도 가지고 있다. 공항은 세계 각국의 많은 사람이 한 공간 안에 밀집해 있어 작은 사건·사고라도 큰 인명피해나 재산피해로 이어질 수 있다는 점이다. 이러한 피해 예방을 위해 보안 검색을 실시한다. 보안 검색은 입국하는 승객들의 신체 및 수화물 검색을 통하여 항공기 안전에 피해를 줄 수 있는 물품을 적발하는 행위로 정의된다[1]. 하지만 보안 검색에 실패하여 금지/위험 물품이 반입되고 이로 인해 벌어지는 사고는 대형 참사로 이어진다. 특히 항공기와 승객을 대상으로 한 테러행위는 인류에게 위협적인 요인이다.

따라서 보안검색은 공항을 이용하는 내외국민을 보호하기 위해 더 안전하고 완벽하게 이루어질 필요가 있다[1]. 하지만 국내 위험 물품 적발 건수는 증가하고 있어, 단순히 위험물품을 알리고 계도하는 방식은 효과가 없는 것으로 판단되고 있다. 구체적으로 적발 건수는 2014년 약 209만 2천건, 2015년 204만 8천건, 2016년 307만 1천건, 2017년 256만 8천건, 올해 1월부터 8월까지 210만 4천건으로 증가하는 경향을 보이고 있다[2].

9.11 테러 이후 항공안전의 중요성이 더 강조되어 기준의 재정비, 최신 장비도입 등 노력을 보였으나 여전히 수화물 심사 실패 사례는 보고되고 있다. 한국공항공사에서 관리하는 국내공항에서 2016년 이후 현재까지 실탄, 모의권총, 과도, 가스분사기 등 테러가 가능한 물품에 대한 보안검색이 실패한 사례가 7건 이었다[3]. 이러한 사례는 보고된 것에만 국한되기 때문에 실제로 검색 실패한 사례는 더 많을 것이다.

정확한 심사를 위해 수화물 심사를 자동화하는 의견도 있지만, 자동화된 시스템에서는 극도로 구체적인 자극만 탐지하기 때문에 융통성이 없다[4]는 단점이 있다. 이를 반영하듯 미국에서 수화물 검사 기구 도입에 정부가 5억4천만\$를 투자하였음에도 불구하고 과거보

다 실패율이 더 높아진 것으로 나타났다[5].

이렇듯 항공 안전이나 수화물 검사 분야에서는 지금까지 공학적, 정책적 접근법들이 주로 사용되어 왔다. 이러한 공학적 접근법은 검색의 효율성을 높이는 데 도움이 될 수 있고, 홍보 및 계도와 같은 방식이 이용객들의 안전 의식을 높이는 데 일부 기여할 수 있다. 하지만 이러한 접근법의 한계점은 공학적으로 잘 설계된 장비라도, 오류가 있을 수 있고 소수의 검색 실패 사례로 인해 항공 사고는 치명적일 수 있다는 점이다. 따라서 기존의 접근법과 관점에 추가적으로 탐색과정에서 인간의 반응에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다.

미국 연방 교통안전 위원회(National Transportation Safety Board) 보고서에 따르면 항공관련 사고원인에서 인적 원인이 차지하는 비율이 다른 장비나, 비행기보다 더 높은 약 70% 이상을 차지하는 것으로 나타났다[6]. 특히 비교적 장시간에 걸쳐 위험물품이나 특정 신호를 탐지하는 수화물 검사의 경우 작업 부하는 매우 높고[7], 눈을 크게 뜨고 초점을 맞춰야 하는 지속적 요구가 사람을 피로를 증가시켜 인적 오류를 일으킬 가능성이 높다. 따라서 항공 안전성 확보에 중요한 지상보안 수단인 수화물 검사의 효과성과 효율성을 증진시키기 위한 연구는 항공 안전 증진을 위해 핵심적인 과제라고 할 수 있다[8].

1.2 선행 연구

항공안전 관련 국내 선행연구들은 주로 관제사와 조종사의 스트레스와 피로에 대한 연구[9-11]였다. 예를 들어 윤용식 등(2012)[9]은 항공 교통 관제사가 일반인보다 피로와 스트레스 수준이 높고 주간, 야간 근무 시간대가 사고 발생 가능성이 크다고 지적하며 스트레스가 집중력 저하에 영향을 미친다는 것을 검증하였다.

국외에서 이뤄진 연구들을 살펴보면 수화물 검사 수행에 대한 연구들이 이뤄져 왔다. Wolfe(1998)[13]의 연구에서는 수화물 검사와 같은 시각 탐색에 영향을 미치는 내적/외적 원인에 대해 조사하였다. 내적 원인에는 성격, 신체적·정신적·지각적 능력, 지식과 기술, 순간적인 능력에 영향을 미치는 행동(예, 운동, 약물 복용, 수면의 질, 지속시간)이 있고, 외적 원인에는 환경과 직무

의 특성, 주의산만과 소음, 지루함, 복잡성, 과제 속도, 시각장 특성, 신호 특성, 신호 보고에 대한 결과, 신호 스케줄이 있다고 하였고 두 원인 모두 시각 탐색의 실수에 영향을 미칠 수 있다고 하였다.

Wolfe, Horowitz, 및 Kenner(2005)[14]의 연구에서는 수화물 심사 과제에서 신호의 높고 낮은 발생 빈도에 따른 탐색 수행을 비교하였다. 화면에 제시되는 물체 수는 3개, 6개, 12개, 18개, 표적 발생 비율은 1%, 10%, 50%로 설정하였다. 연구 결과, 탐색 실수는 신호 발생 빈도가 감소할수록 그리고 화면의 복잡성이 증가할수록 지속적으로 증가하였다. 반응시간의 경우 50% 발생 비율에서는, 위험 물품이 있을 때보다 없을 때 반응시간이 더 소요되었지만, 1% 조건의 경우에는 반대 패턴을 보였다.

Schwaninger와 Hofer(2004)[15]의 연구에서는 수화물 가방의 임의 위치에 임의 방향으로 칼 이미지를 삽입하여 1회기부터 5회기까지 연습을 거듭하면서 민감도와 눈 움직임의 변화를 관찰하였다. 연구 결과, 회기가 증가함에 따라 민감도와 눈의 움직임이 좋아졌다. 그리고 연습을 통해 위험물품이 있을 때의 반응 시간 역시 빨라지는 것으로 나타났다.

Basner 등(2008)[16]은 야간작업과 수면 부족이 수화물 검사 작업에 미치는 영향을 알아보았고, 실제로 탐지의 정확성에 악영향을 준다는 것이 밝혀졌다.

이렇듯 국내와는 다르게 국외에서는 수화물 검사 수행에 미칠 수 있는 변인 검증이나 수화물 검사를 직접 수행하는 연구들이 일부 이뤄져 왔다. 하지만 현재까지 수화물 검사에 있어서 인간 수행에 직접적으로 초점을 맞춘 연구는 부족하다. 그리고 한 화면에 등장하는 위험 물품의 종류, 크기, 위치, 복잡성, 각도, 중첩, 등과 같은 특성, 그리고 이러한 특성들의 상호작용에 대한 검증은 없었다. 실제 검사 상황에서는 소재나 크기, 방향, 중첩에 따라 같은 물건이라고 하더라도 매우 다른 형태로 보일 수 있다. 하지만 기존 선행연구들에서는 각 연구에서 다양한 위험 물품들을(총/칼, 공구류(망치, 톱, 드릴 등))[14][15] 사용하였으나 이를 구분하여 분석하지는 않았기 때문에 위험물품 종류에 따라 탐지율이나 반응시간이 어떻게 달라지는 지 알 수 없었다.

그리고 탐색 시각 장이 복잡해질수록 더 많은 처리 자원을 요구하게 된다. 즉 위험 물품이 탐지되기 어려울 때, 위험물품이 나타난 장소가 불확실할 때, 표적이 친숙하지 않을 때는 더 오랫동안 탐색을 해야 하지만, 많은 인원을 단기간에 처리해야 하는 수화물 검사 업무의 특성상 이러한 복잡성은 탐지율을 감소시킬 가능성이 높다. 이와 관련하여 다중물체 추적(Multiple Object Tracking, MOT) 패러다임에서는 관찰자가 보통 4개 이상의 물체를 추적하면 추적율이 급속도로 저하된다고 하였다[17]. 그리고 하나의 신호에만 집중하다보면(초점주의) 다른 중요한 신호를 놓칠 가능성도 있다(분산주의의 실패). 따라서 한 이미지에 담겨있는 물품의 수와 특성에 따라 탐지율이 달라질 수 있기 때문에 더 많은 관련 연구가 필요한 상황이다.

1.3 본 연구의 목적

이에 본 연구에서는 수화물 검사에서 장 복잡성과 위험 물품 종류가 탐지율과 반응시간에 미치는 효과와 두 변인들 간의 상호작용 효과를 검증하는 것이었다. 수화물 검사에서 탐지 수행에 직접적으로 초점을 맞춘 연구가 드물었기 때문에 이러한 시각 장과 물품 특성이 수화물 검사 수행에 어떤 영향을 미치는 지를 검증하는 것은 효과적이고 효율적인 탐지 수행 방법에 대한 실용적인 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

II. 방법

1. 실험 참가자 및 실험 상황

본 연구의 참가자는 C 대학 학부생 62명이었다. 남학생이 28명(45.2%), 여학생이 34명(54.8%)이었고 평균연령은 22.88세($SD=2.90$)였다. 모든 참가자들은 오른손잡이였고 교정시력은 1.0 이상으로, 시력장애, 착시현상, 색맹, 색각이 없었다. 그리고 참가자들에게 수화물 검사에 영향을 미칠 수 있기 때문에 실험 참가 전날 음주 자제와 충분한 수면을 요청하였다. 연구에 참여한 모든 참가자들은 실험 전에 실험 참가 동의서를 작성하였고, 소정의 사례비를 지급받았다. 실험은 본 프로그램

이 설치된 컴퓨터가 있는 실험실에서 진행되었다.

2. 수행 과제

본 연구를 위해 JAVA Script를 활용하여 가상 수화물 검사(신호 탐지) 과제를 개발하였다. 과제는 전문 프로그래머에게 의뢰하여 개발되었다. 본 프로그램을 실행하면 컴퓨터 스크린에 수화물 X-ray 이미지가 제시된다[그림 1]. 이 이미지 안에는 옷, 음식, 전자제품 등 여러 가지 물품이 들어있었다. 공항에서 보안 검색 요원이 찾아야 할 위험 물품은 매우 다양하지만 본 연구에서는 라이터, 주류, 칼, 총, 4가지 물품을 선정하였다. 각 물품은 유사한 형태로 2가지 이미지로 제작되었고 참가자들은 총 8가지 이미지를 위험 물품으로 적발해 내야 했다. 본 프로그램 제작 시 수화물 탐색 수행에 영향을 미칠 수 있는 표적 신호 발생 비율, 비표적 신호 개수, 표적 신호 종류, 방위, 신호 발생 위치 등을 조절할 수 있는 옵션을 첨가해 이미지를 다양하게 설정할 수 있도록 하였다.



그림 1. 가상 수화물 과제 이미지(좌: 총, 우: 칼)

수화물 이미지가 제시되었을 때, 참가자가 위험 물품이 있다고 판단되면 과제 화면 우측 아래에 있는 적발이라는 버튼을, 위험 물품이 없다고 판단되면 진행 버튼을 클릭하게 되어 있었다. 각 참가자는 총 200개의 수화물 이미지를 탐색하였고 200개 중 20%인 40개에 표적 신호(위험 물품)가 포함되어 있었다. 총 40개의 표적 신호 이미지에는 라이터, 주류, 칼, 그리고 총이 각각 10개씩 포함되어 있었다. 배경물품과 위험 물품의 위치와 방위는 무작위로 배정되게 설정하였다.

3. 독립변인과 종속변인

본 연구의 독립변인은 수화물 검사 시각 장의 복잡성

과 탐지해야 할 위험 물품의 종류였다. 장 복잡성은 시각 장에 있는 비위험 물품 수의 차이로 정의하였고 상, 중, 하 세 수준으로 설정하였다. 비록 물품의 종류에 따라 크기는 달랐지만 20개는 시각 장의 대부분을 14개는 약 1/2, 8개는 약 1/3을 차지하였기 때문에, 각각을 상, 중, 하로 정하였다.

위험 물품의 종류는 탐지해야 할 총, 칼, 액체, 라이터, 서로 다른 4가지 물품으로 정의하였다. 위험 물품은 2017년 기준으로 반입금지 물품 가운데 액체·젤·스프레이 적발 건수가 210만 건으로 가장 많았고 이어 가위 및 도검류가 20만8천39건, 라이터가 14만5천23건 순이라는 자료[2]를 참고하여 결정하였다.

종속변인은 적중(hit)과 반응시간(reaction time)이었다. 적중 비율은 위험 물품이 있는 40개의 이미지 중 참가자가 위험 물품이 존재한다고 결정한 비율(%)을 의미한다. 본 실험 과제에서 위험 물품이 있는 경우 참가자의 반응을 1, 0으로 자동으로 기록하였다. 그리고 반응시간 역시 자동으로 기록되었다.

4. 실험 절차

본 실험 전에 모든 참가자들은 오리엔테이션에 참가하였다. 참가자가 오리엔테이션 장소인 컴퓨터실로 도착한 후 연구자는 간단하게 본 연구의 목적과 실험절차에 대해서 소개한 뒤 연구 참가자 동의서를 받았다. 그리고 개발된 프로그램과 과제 수행 방법을 빔 프로젝트를 활용하여 설명하였다. 탐지 자극의 이미지들, 과제 수행 방법 그리고 수행 규칙이 담긴 핸드아웃을 모든 참가자에게 나눠준 뒤 연구자가 가상 수화물 검사를 시연하였다. 시연은 각 위험 물품 별로 3번씩 총 12회를 실시하였으며 5분 정도 연습 과제 수행 후 궁금증에 대한 질의 응답시간을 가졌다.

오리엔테이션 다음 날부터 본 실험을 실시하였다. 참가자가 실험실에 도착하면 전날 음주, 충분한 수면 여부를 확인한 본 실험의 절차에 대해 구체적으로 설명해주었다. 설명을 마친 후 신호 탐지 과제 예시들이 들어 있는 유인물을 나눠주고 5분정도 유인물을 넘겨가면서 본 실험 과제에 대해 연습하게 하였다.

연습 종료 후 본 실험실로 입장하였다. 자리에 착석

한 후에 총 200개의 과제를 실시하였다. 과제 수행에 제한시간은 없었지만 공항에서 수화물 검사를 실시하는 상황을 떠올려 보게 하면서 그 상황과 유사하게 최대한 빠른 시간 내에 정확하게 찾아달라고 하였다. 200개의 과제가 완료되면 프로그램은 자동 종료되었다. 모든 절차가 완료되면 각 참가자는 참가비를 받은 후 본 연구 목적에 대한 설명(debriefing)을 다시 받고 귀가하였다.

III. 결 과

1. 탐지율

[표 1]에는 장 복잡성과 위험 물품 종류에 따른 탐지율과 반응시간의 평균과 표준편차가 제시되어 있다. 구체적으로 복잡성이 낮은 경우 탐지율 평균은 78.43% ($SD=41.17$)였고, 중간은 70.36% ($SD=45.69$), 높은 경우는 60.18% ($SD=48.98$)로 복잡성이 증가할수록 탐지율은 감소하였다. 위험 물품의 종류에 따라서는 라이터의 경우 54.84% ($SD=49.82$), 액체류는 46.31% ($SD=49.89$), 총은 81.11% ($SD=39.19$), 칼이 93.01% ($SD=25.51$)로 칼의 탐지율이 가장 높았고 액체류가 가장 낮았다.

표 1. 장 복잡성과 위험 물품 종류에 따른 탐지율과 반응시간의 평균과 표준편차

Complexity	Type of Target	Hit Ratio		Reaction Time		N
		M	SD	M	SD	
Low	righter	89.52	30.76	2.37	1.09	124
	liquid	54.84	49.90	3.00	1.56	186
	gun	91.94	27.45	2.69	1.65	62
	knife	95.97	19.75	2.15	1.26	124
	Total	78.43	41.17	2.59	1.43	496
Middle	righter	60.48	49.09	3.33	2.45	124
	liquid	51.15	50.04	4.20	2.40	434
	gun	91.94	27.30	2.58	1.78	186
	knife	92.74	26.00	3.11	2.38	248
	Total	70.36	45.69	3.52	2.38	992
High	righter	27.96	45.00	6.15	2.90	186
	liquid	31.45	46.53	6.00	3.02	248
	gun	66.67	47.27	4.07	2.62	186
	knife	92.20	26.85	3.00	1.98	372
	Total	60.18	48.98	4.54	2.92	992
Total	righter	54.84	49.82	4.26	2.91	434
	liquid	46.31	49.89	4.46	2.67	868
	gun	81.11	39.19	3.23	2.28	434
	knife	93.01	25.51	2.89	2.05	744
	Total	67.90	46.69	3.74	2.58	2480

장 복잡성과 위험 물품의 종류에 따라 탐지율에 유의미한 차이가 있는지 검증하기 위해 반복측정 변량 분석을 실시하였다. 분석 결과 장복잡성($F(2, 2407)=97.04, p<.01$)과 위험물품 종류($F(3, 2407)=197.90, p<.01$)에 따라 탐지율에 유의미한 차이가 있었다. 그리고 두 독립변인의 상호작용 효과($F(6, 2407)=19.04, p<.01$) 역시 유의미했다. Eta^2 값은 각각 .075, .198, .045이었다[표 2].

추가로 실험단계 간의 탐지율의 구체적인 차이를 알아보기 위해 사후검증(Scheffe 방식)을 실시하였다. 장 복잡성의 경우, 모든 비교 조건에서 탐지율에 유의미한 차이가 있었고[표 3]. 위험 물품 종류의 경우에도 모든 비교 조건에서 탐지율에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다[표 4].

표 2. 반복측정 변량분석 결과

Source		df	MS	F	Eta^2
Participants	Hypo.	61	.552	3.68**	.085
	Error	2407	.15		
Complexity (A)	Hypo.	2	14.56	97.04**	.075
	Error	2407	.15		
Type of Target (B)	Hypo.	3	29.68	197.90**	.198
	Error	2407	.15		
A*B	Hypo.	6	2.86	19.04**	.045
	Error	2407	.15		

Note) **: $p < .01$

표 3. 장 복잡성에 대한 사후 검증 결과

Comparison	MD	SE	p	95% CI
Low vs. Middle	8.06	2.13	.001	[.03, .13]
Low vs. High	18.25	2.13	.000	[.13, .23]
Middle vs. High	10.18	1.74	.000	[.06, .14]

표 4. 위험 물품 종류에 대한 사후 검증 결과

Comparison	MD	SE	p	95% CI
righter vs. liquid	8.53	2.28	.003	[.02, .15]
righter vs. gun	-26.27	2.63	.000	[-.34, -.19]
righter vs. knife	-38.17	2.34	.000	[-.45, -.32]
liquid vs. gun	-34.79	2.28	.000	[-.41, -.28]
liquid vs. knife	-46.7	1.93	.000	[-.52, -.41]
gun vs. knife	-11.9	2.34	.000	[-.18, -.05]

[그림 2]에는 탐지율에 대한 장 복잡성과 위험물품의 상호작용 효과에 대한 그래프가 제시되어 있다. 칼의 경우에는 장 복잡성의 수준에 따라 탐지율에 차이가 거

의 없었다. 총의 경우에는 장 복잡성이 저, 중인 경우에는 탐지율이 90% 이상으로 유지되었지만 복잡성이 상인 경우에 66.67%로 감소하였다. 유사하게 액체류의 경우 비록 탐지율이 낮기는 하였지만 복잡성이 저, 중인 경우에는 탐지율에 차이가 없었지만, 복잡성이 높은 경우 탐지율이 감소하였다. 라이터의 경우에는 장 복잡성에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 복잡성이 저, 중, 고로 증가하면서 탐지율은 지속적으로 감소하였다.

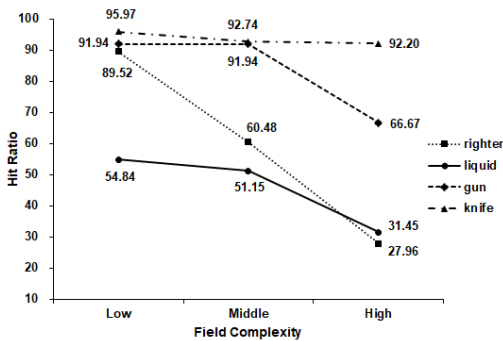


그림 2. 실험 조건에 따른 평균 탐지율

2. 반응시간

복잡성이 낮은 경우 반응시간 평균은 2.59($SD=1.43$)였고, 중간은 3.52($SD=2.38$), 높은 경우는 4.54($SD=2.92$)로 복잡성이 증가할수록 반응시간은 증가하였다. 위험 물품의 종류에 따라서는 라이터의 경우 4.26($SD=2.91$), 액체류는 4.46($SD=2.67$), 총은 3.23($SD=2.28$), 칼이 2.89($SD=2.05$)로 칼의 반응시간이 가장 빨랐고 액체류가 가장 늦었다[표 1].

장 복잡성과 위험 물품의 종류에 따라 반응시간에 유의미한 차이가 있는지 검증하기 위해 반복측정 변량 분석을 실시하였다. 분석 결과 장 복잡성($F(2, 2407)=204.99, p<.01$)과 위험물품 종류($F(3, 2407)=80.88, p<.01$)에 따라 반응시간에 유의미한 차이가 있었다. 그리고 두 독립변인의 상호작용 효과($F(6, 2407)=28.14, p<.01$) 역시 유의미하였다. Eta^2 값은 각각 .146, .092, .066이었다[표 5].

추가로 실험단계 간의 반응시간의 구체적인 차이를 알아보기 위해 사후검증(Scheffe 방식)을 실시하였다.

장 복잡성의 경우 모든 비교 조건에서 반응시간에 유의미한 차이가 있었다[표 6]. 위험 물품 종류의 경우에는 라이터와 액체류 간 그리고 총과 칼 간에는 반응시간에 유의미한 차이가 없었지만 나머지는 비교 조건들에서는 유의미한 차이가 있었다[표 7].

표 5. 반복측정 변량분석 결과

Source		df	MS	F	Eta ²
Participants	Hypo.	61	35.78	8.20**	.172
	Error	2407	4.36		
Complexity (A)	Hypo.	2	894.68	204.99**	.146
	Error	2407	4.36		
Type of Target (B)	Hypo.	3	353.00	80.88**	.092
	Error	2407	4.36		
A*B	Hypo.	6	122.82	28.14**	.066
	Error	2407	4.36		

Note) **: $p < .01$

표 6. 장 복잡성에 대한 사후 검증 결과

Comparison	MD	SE	p	95% CI
Low vs. Middle	-.93	.11	.000	[-1.21, -.64]
Low vs. High	-1.95	.11	.000	[-2.23, -1.67]
Middle vs. High	-1.03	.09	.000	[-1.26, -.80]

표 7. 위험 물품 종류에 대한 사후 검증 결과

Comparison	MD	SE	p	95% CI
righter vs. liquid	-.20	.12	.466	[-.54, .15]
righter vs. gun	1.03	.14	.000	[.63, 1.43]
righter vs. knife	1.37	.13	.000	[1.02, 1.72]
liquid vs. gun	1.23	.12	.000	[.88, 1.57]
liquid vs. knife	1.57	.10	.000	[1.27, 1.86]
gun vs. knife	.34	.13	.066	[-.01, .69]

[그림 3]에는 장 복잡성과 위험물품의 반응시간에 대한 상호작용 효과에 대한 그래프가 제시되어 있다. 칼의 경우에는 장 복잡성의 수준에 따라 반응시간에 차이

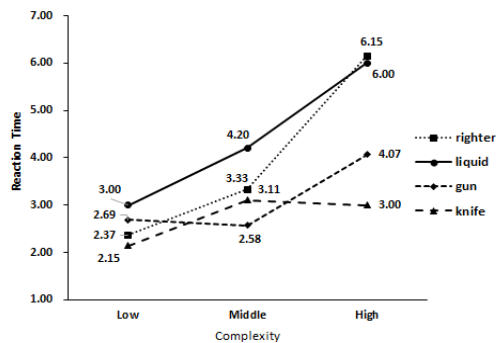


그림 3. 실험 조건에 따른 평균 반응시간

가 크지 않은 것으로 나타났다. 총의 경우에는 장 복잡성이 저, 중인 경우에는 반응시간이 유지되었지만 복잡성이 상인 경우에 반응시간이 증가하였다. 액체류와 라이터의 반응시간은 장 복잡성에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 복잡성이 저, 중, 고로 증가하면서 반응시간이 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 논의

본 연구의 목적은 수화물 검사 과제에서 장 복잡성과 위험물품 종류가 탐지율과 반응시간에 미치는 효과를 검증하는 것이었다. 연구 결과 장이 복잡할수록 탐지율은 감소하고 반응시간은 증가하는 것으로 나타났다, 그리고 위험 물품의 종류에 따라 탐지율과 반응시간이 달라졌다. 총과 칼은 탐지율이 높았지만 액체류는 탐지율이 낮았다. 그리고 총과 칼의 반응시간이 빨랐지만 라이터와 액체류의 반응시간이 더 오래 걸렸다.

이러한 연구결과는 Treisman(1988)[18]의 세부특징 통합이론(feature-integration theory)으로 설명할 수 있다. 세부특징 통합이론 따르면 시각 정보 처리의 가장 초기 단계는 전주의적(pre-attentive) 처리과정으로 이 단계에서는 시야에 제시된 사물의 감각적 세부 특징에 대한 자동적 분석이 빠르고 신속하게 수행되는 특징이 있다. 주변 자극과 대비가 명확하거나 색상, 모양 등이 현저히 차이가 나는 경우 전주의적 처리과정 만으로도 탐지가 가능하지만 그렇지 않은 경우에는 초점 주의 처리(focused attention) 과정으로 이 단계에서는 공간적 위치와 그 위치에 존재하는 하나 이상의 세부 특징들을 조합하여 탐지하게 된다.

총과 칼과 같은 금속류는 투과율이 낮아 푸른색으로 보이고, 이는 주로 주황색이나 초록색의 다른 배경에 비해 더 두드러지기 때문에 팝아웃 과제(pop out task)와 유사하다. 따라서 전주의적 처리 단계만으로 신속하게 탐지가 가능하고 탐지의 정확성이 높다. 이에 비해 라이터는 작고 액체류는 주변의 배경 물품과 유사한 경우가 많아 초점 주의 처리를 해야 하는 순차적 과제(serial task)[19]이기 때문에 반응 시간이 더 오래 걸리

고 탐지율도 낮아진 것으로 설명할 수 있다.

특히 장 복잡성이 증가할수록 라이터와 액체류의 반응시간이 길어지고 탐지율이 낮았다는 것은 과제가 어려워졌다는 것을 의미한다. 그리고 본 연구 결과를 통해 라이터와 같이 위험물품의 크기가 작은 경우에는 장 복잡성의 영향력이 커지는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 수화물 검색 훈련에 있어서 장이 복잡할 때 액체류나 작은 위험 물품을 탐지하는 훈련을 더 많이 실시할 필요가 있다는 시사점을 제시한다.

본 연구결과의 흥미로운 점은 칼은 장 복잡성에 영향을 받지 않았지만 총의 경우 장 복잡성이 높은 경우 탐지율이 약 25% 정도 감소했다는 것이다. 이러한 결과는 기존의 위협우세효과(threat-superiority effect) [20-22]와는 일부 불일치되는 결과라고 할 수 있다. 위협우세효과는 물품이 총이나 칼, 폭탄과 같은 위협적 사물인 경우 이 자극이 가진 정서적 속성으로 인해 불가피하게 선택적 주의를 유도하는 효과로 일반적으로 이러한 위협성이 높은 물품은 빠른 반응시간과 높은 탐지율을 보인다고 할 수 있다. 하지만 본 연구에서 총의 경우는 칼보다 크기가 더 큼에도 불구하고 장이 복잡할 때는 칼에 비해 상대적으로 탐지율이 낮았고 반응시간도 길었다. 즉 단순히 위협을 주는 물품이기 때문에 탐지가 잘 되는 것이 아니라 다른 변인에 따라 탐지율이 달라질 수 있다는 것이다. 이는 한국 사람들이 평소 다양한 총의 이미지에 대한 충분한 지식이 없기 때문에 복잡한 경우 탐지율이 감소되었을 가능성이 있다. 이렇듯 위협 수준이 높은 총도 복잡한 화면에서는 탐지하지 못할 가능성이 높아진다는 것은 수화물 검사에 시사하는 바가 크다. 따라서 다양한 총 이미지 학습과 복잡한 장에서의 총 탐지 훈련이 필요하다고 할 수 있다.

이외에 총과 칼의 탐지율이 높았지만 100%는 아니었다. 따라서 위험 물품 간에 혹은 비 위험물품들만을 대상으로 다양한 특성들을 고려한 후속연구가 필요하다.

하지만 본 연구를 일반화하기에는 여러 한계점이 있다. 첫째, 이미지를 좀 더 실제 x-ray와 유사하게 제작할 필요가 있다. 혹은 실제 이미지를 구해 프로그램을 만들 필요가 있다. 비록 본 연구에서는 x-ray의 투과율을 고려하여 위험 물품과 배경 물품 색을 서로 색을 달

리하였지만, 실제 이미지와는 차이가 있을 수 밖에 없다. 이미 미국이나 유럽에서는 본 연구와 유사하게 가상 수화물 검사 프로그램을 개발하여 사용하고 있고 (EBSP: 전자 수화물 검사 프로그램) 지속적으로 업데이트하고 보완하여 수화물 검사 직원 훈련 및 관련 분야 연구에 많이 사용되고 있다[15].

그리고 실제 현장에서는 가로면, 세로면, 상부면 분석을 동시에 실시하지만 본 연구에서는 단순히 한 면만을 사용하였다. 따라서 본 연구에서 개발한 프로그램을 더욱 현실과 유사하게 구현한다면 항공 안전 증진을 위한 다양한 분야에 활용될 수 있을 것이다.

둘째, 프로그램 제작 시 위험 물품이 있는 경우에만 적발, 진행 결정이 기록되었다. 따라서 오경보(false alarm)나 정기각(correct rejection)의 수행에 대한 정보를 얻을 수 없었다. 이로 인해 수화물 검색과제 수행에 대한 다양한 정보를 줄 수 있는 반응 민감도(정확성, sensitivity, d')와 반응 기준(criteria, β) 지수를 산출할 수 없었다. 민감도의 값이 클수록 더 정확하게 판단(반응)했다는 것을 의미하고 반응 기준 점수가 양수인 경우에는 보수적인 방향으로 음수인 경우에는 더 모험적인 방향으로 반응이 편향되었다는 것을 알 수 있고 반응 기준의 점수가 '0'인 경우에는 편향되지 않은 것으로 해석된다[23]. 따라서 후속 연구에서는 위험물품이 없는 경우에도 어떠한 반응을 했는지 기록될 수 있도록 해야 할 것이다.

셋째, 본 연구의 참가자들이 실제 현장에서와 같이 훈련을 충분히 받지 않았다는 점이다. 비록 위험 물품 4가지로 한정했고, 2번의 연습 기회가 주어졌지만 이미지를 변별하는 훈련이 충분하지 않았을 수 있다. 이에 따라 충분히 훈련을 받은 참가자였다면 결과가 달라졌을 가능성이 있다. 비록 Schwaninger 등(2004)[15]의 연구의 경우 탐지율에서는 현직자의 탐지율이 더 높았지만, 복잡도, 각도, 중첩 등에 따른 결과에는 현직자와 초보자 간에 큰 차이가 없었다. 하지만 후속연구에서는 훈련 정도가 탐지 과제에 어떤 영향을 미치는 지에 대한 다양한 연구가 이뤄질 필요가 있다.

마지막으로 위험 물품 출현율을 20%를 사용하였다. 실제 현장에서 위험물품의 탐지율은 약 0.2% 정도 인

것으로 알려져 있다[14]. 하지만 실험 상황에서 너무 낮은 출현율의 경우에는 n 수의 부족으로 통계적 검증을 위한 가정 충족이 어려워 질 수 있다. 후속 연구에서 더 많은 과제수를 바탕으로 낮은 출현율에서 위험 물품의 종류와 장 복잡도의 영향이 어떻게 달라지는 지에 대해 검증한다면 연구결과를 일반화 하는데 더 도움이 될 수 있을 것이다.

비록 이러한 제한점에도 불구하고 본 연구에서는 장 복잡성, 그리고 위험물품의 종류에 따라 탐지율과 반응 시간이 다르다는 결과와 특정 물품들에 대한 장복잡성의 영향력이 다르다는 점을 검증하였다. 더 현실과 유사한 프로그램을 통해 더 다양한 자극 특성의 효과에 대한 연구가 이뤄진다면 항공 안전에 중요한 수화물 심사에 실질적인 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 이대성, 김종오, “공항만 보안검색의 실태분석과 개선방안에 관한 연구,” 사회과학연구, 제15권, 제 2호, pp.27-62, 2009.
- [2] 연합뉴스, “인천공항 기내반입금지 물품 적발 5년간 1천200만건 육박,” 2018. 10. 07.
- [3] 조세금융신문, “최근 5년간 비행기 내 총 소유 34건 적발 보안검색 허술,” 2017. 10. 25.
- [4] C. G. Drury and M. A. Sinclair, “Human and machine performance in an inspection task,” Human Factors, Vol.25, No.4, pp.391-400, 1983.
- [5] T. Frank, “Most fake bombs missed by screener,” USA Today, Oct. 17, 2007,
- [6] 국토해양부, 항공중사자 인적 요인의 안전영향 및 안전관리방안 연구, 2011.
- [7] J. S. Warm, W. N. Dember, and P. A. Hancock, Vigilance and workload in automated systems In R. Parasuraman & M. Mouloua (Eds.), “Automation and human performance: theory and applications,” pp.183-200, Mahwah, NJ :Erlbaum, 1996.

[8] 강맹진, 강제원, “항공테러방지를 위한 지상 보안활동,” 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제2호, pp.195-204, 2008.

[9] 윤용식, 이수란, 손영우, “항공교통관제사의 피로, 스트레스 요인,” 한국항공운항학회지, 제20권, 제1호, pp.75-83, 2012.

[10] 박용섭, “조종사의 피로와 안전운항에 대한 고찰,” 한국항공운항학회지, 제13권, 제2호, pp.63-71, 2005.

[11] 최동희, “항공사 종사자의 직무 스트레스가 소진에 미치는 영향,” 관광연구, 제29권, 제5호, pp.23-39, 2014.

[12] 최은주, 김정아, “항공기 조종사의 직무스트레스가 이직의도에 미치는 영향,” 한국항행학회논문지, 제15권, 제5호, pp.871-878, 2011.

[13] J. M. Wolfe, Visual search, In H. Pashler (Ed.), “Attention” (pp.1-41), London: University College London Press. 1998.

[14] J. M Wolfe, T. S. Horowitz, and N. M. Kenner, “Rare items often missed in visual searches,” Nature, Vol.435, p.439, 2005.

[15] A. Schwaninger and F. Hofer, “Evaluation of CBT for increasing threat detection performance in X-ray screening,” pp.147-156, In K. Morgan, and M. J. Spector (Eds), “The Internet Society: Advances in Learning, Commerce and Security,” WIT Press, 2004.

[16] M Basner, J. Rubinstein, K. M. Fomberstein, M. C. Coble, A. Ecker, D. Avinash, and D. F. Dinges, “Effects of night work, sleep loss and time on task on simulated threat detection performance,” Sleep, Vol.31, No.9, pp.1251-1259, 2008.

[17] J. L. Dennis and Z. W. Pylyshyn, “Effect of object discriminability on multiple object tracking,” Journal of Vision, Vol.2, No.7, pp.241-241, 2002.

[18] A. Treisman, “Features and Objects: The

Fourteenth Bartlett Memorial Lecture,” Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol.40, pp.201-237, 1988.

[19] S. Matsuda, H. Matsumoto, T. Furubayashi, H. Fukuda, M. Emoto, R. Hanajima, et al. “Top-down but not bottom-up visual scanning is affected in hereditary pure cerebellar ataxia,” PloS one, Vol.9, No.12, p.e116181, 2014.

[20] E. Fox, L. Griggs, and E. Mouchlianitis, “The detection of fear-relevant stimuli: Are guns noticed as quickly as snakes?,” Emotion, Vol.7, No.4, pp.691-696, 2007.

[21] I. Blanchette, “Snakes, spiders, guns, and syringes: How specific are evolutionary constraints on the detection of threatening stimuli?,” The Quarterly Journal of Experimental Psychology, Vol.59, No.8, pp.1484-1504, 2006.

[22] 박형범, 손한걸, 현주석, “표적 출현확률에 따른 시각탐색 정보처리 특성,” 인지과학, 제26권, 제3호, pp.357-375, 2015.

[23] 이준범, 이재식, “신호탐지론을 이용한 도로횡단 행동의 연령 차이 분석,” 한국심리학회지: 산업 및 조직, 제20권, 제3호, pp.253-265, 2007.

저 자 소 개

문 광 수(Kwangsu Moon)

정회원



- 2005년 2월 : 중앙대학교 심리학
과(학사)
- 2006년 8월 : 중앙대학교 심리학
과(석사)
- 2013년 2월 : 중앙대학교 심리학
과(박사)

▪ 2016년 3월 ~ 현재 : 중앙대 심리학과 조교수
<관심분야> : 안전 심리, 직무수행관리, 동기 심리 등