Title

A Content Analysis of the trends in vision research focused on visual search, eye movement and eye track

ABSTRACT

Objective: A literature review provides researchers with insights on specific field of research, highlighting the major issues in the research topics. In this study, a systematic review was suggested using the content analysis on literatures of 'visual search', 'eye movement', and 'eye track'.

Background: Literature review can be classified as 'narrative' and 'systematic' review depend on their approach in structuring the content of the research. 'Narrative' review is a traditional approach that describes current state of the study field and discusses relevant topics. However, since literatures on specific area covers broad range, reviewers inherently give subjective weights on specific issues. On the contrary, 'systematic' review applies explicit structured methodology to observe the study trends quantitatively.

Method: We collected meta-data of journal papers using three search keywords: 'visual search', 'eye movement', and 'eye track'. Collected information contains unstructured data set including many natural languages which composes title and abstract, while keyword of the journal paper is the only structured one. Based on collected terms, seven categories were evaluated by inductive categorization and quantitative analysis of chronological trend of the research area.

Results: Unstructured information contained heavier content on 'stimuli' and 'condition' categories as compared with the structured information. Studies on 'visual search' covered wide range of cognitive area whereas studies on 'eye movement' and 'eye track' were closely related to the physiological aspect. In addition, experimental studies showed an increasing trend as opposed to the theoretical studies.

Conclusion: By 'systematic review', we could quantitatively identify the characteristic of the research keyword which present specific research topics, and we also found out that the structured information is more suitable to observe the aim of research. Chronological analysis on the structured keyword data showed that studies on 'physical eye movement' and 'cognitive process' were jointly studied together in increasing fashion.

Keywords

Systematic review, Content analysis, Visual search, Eye movement, Eye track

1. Introduction

문헌연구는 연구자들이 특정 주제에 대한 내용을 전반적으로 이해하고 연구의 주요한 쟁점을 파악하는 데 도움을 준다. 접근방식에 따라 크게 비체계적인 문헌연구 (narrative review)와 체계적인 문헌연구 (systematic review)로 구분되는데, 가장 큰 차이점 중 하나는 조사 방법론의 적용 여부이다 (Cipriani and Geddes, 2003). 비체계적 문헌연구는 제한된 영역의 내용 및 쟁점을 설명하는 것을 목적으로 하며, 특정 방법론의 사용 없이

연구자의 직관에 의존하기 때문에 연구자의 주관에 따라 특정 이슈가 강조되는 등의 편향이 일어날 수 있다 (Green and Hall, 1984; Mulrow, 1987). 이에 반해, 체계적 문헌연구는 문헌의 메타데이터 (meta-data)를 토대로 콘텐츠 분석이나 네트워크 분석과 같은 방법론을 이용하여 상대적으로 광범위한 범위를 정량적으로 관찰할 수 있다. 따라서, 체계적 문헌연구는 거시적인 관점에서 관심 분야의 동향을 파악하고, 비체계적인 문헌연구에서 직관에 의해 설명되는 부분을 정량적으로 뒷받침을 하는 등, 유용하게 쓰일 수 있다 (Rhie et al., 2013).

콘텐츠 분석은 글씨뿐만 아니라 그림, 영상 등 다양한 종류의 매체로부터 의미를 추출하여 정량화하는 방법론으로, 단순한 데이터의 기술 뿐 아니라, 심도 깊은 이해와 이슈 추출을 가능하게 한다 (Downe-Wamboldt, 1992). 접근방법에 따라 정성적 콘텐츠 분석과 정량적 콘텐츠 분석으로 구분되는데, 정성적 접근방법은 수집된 데이터로부터 부호화 기준을 세우고 그 결과로부터 패턴을 해석하는 데 반해, 정량적 접근방법은 데이터와 분석 알고리즘을 독립적으로 사용하여 부호화된 수치를 기술한다 (Morgan, 1993).

본 연구에서는 수집된 자료로부터 부호화 규칙을 세우는 정성적 콘텐츠 분석을 적용하여 '시각' 관련 연구 분야에 대한 체계적 문헌연구를 진행하였다. 부호화 과정에 있어서는 귀납적 카테고리화 절차 (Mayring, 2001)를 따랐으며, 이를 통해 연구분야의 현황 및 추세를 정량적으로 파악할 수 있었다. 시각에 관한 영역은 매우 광범위하기 때문에, 기존의 비체계적 문헌연구는 특정 기간 동안의 연구를 다루거나 (Cavanagh, 2011; Kowler, 2011) '시각 주의'나 '읽기 과제'와 같이 범위를 한정 지었다 (Koch and Ullman, 1987; Rayner, 1998). 본 연구에서는 거시적 관점을 확보하기 위해 '시각탐색 (visual search)', '안구 운동 (eye movement)', '안구 추적 (eye track)' 등 세가지 키워드를 사용하여 문헌의 메타데이터를 수집하였으며, 이를 기반으로 한 체계적 문헌연구를 통해 거시적인 관점에서의 연구동향을 관찰하였다. 또한, 본 연구에서는 논문 제목과 초록 등의 비구조화된 정보와, 키워드로만 구성된 구조화된 정보를 구분하여 정보 특성에 대한 차이를 관찰하였다.

2. Method

콘텐츠 분석은 다양한 표현 형태로 되어있는 정보를 체계적으로 분석할 수 있도록 하는 방법론으로 (Downe-Wamboldt, 1992), 정성적인 데이터를 정량적으로 분석하도록 한다 (Kondracki et al., 2002). 단어 출현 빈도 분석이 이에 속하는데, 특정 개념이나 의견에 대한 상대적 언급 빈도를 파악하여 각 개념의 중요도를 간접적으로 유추할 수 있다.

분석 프로세스는 <Figure 1>과 같이 데이터 수집, 전처리, 콘텐츠 분석 등의 순서를 따르며 자세한 설명은 다음과 같다.

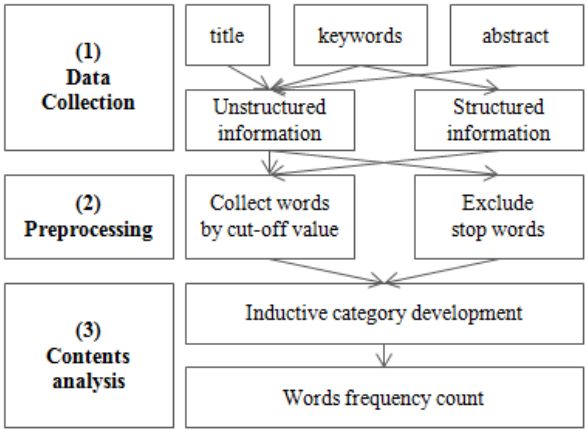

Figure 1. Flowchart of Content analysis

2.1. Data collection

본 연구에서는 분석을 위한 자료 수집을 위해 Science Direct (http://www.sciencedirect.com)와 Scopus (http://www.scopus. com) 사이트에서 visual search, eye movement, eye tracking 키워드를 사용하였으며, 연관성 기준에 의해 정렬된 논문 3000 편의 메타데이터를 수집하였다. 연관성 정렬의 기준은 Sciverse sorting criteria (ScienceDirect, 2012)에 의해 정의되었으며, 수집된 논문의 메타 데이터 중 구조화되지 않은 정보 (unstructured information)의 콘텐츠 분석은 제목, 키워드, 초록 등 자연어로 처리된 정보를 토대로, 구조화된 정보 (structured information)의 콘텐츠 분석에는 키워드 정보만을 사용하였다.

2.2. Pre-processing

구조화되지 않은 정보에서는 관사, 전치사, 대명사 등의미없는 단어 (stop words)를 제거한 후, 파레토 분석을 실시하여 각 검색 키워드 별로 절단값 (cut-off value) 이상의 빈도수로 언급된 단어만을 고려하였다. 즉, 각 단어의 빈도 중 80%를 설명하는 절단값을 계산하였다. 연구결과물 검색에서 출판 연도를 전체로 설정한 경우와, 최근 5 년 (2009 년~2013 년 2 월)으로 설정한 경우 각각의 절단값은 <Table 1>과 같이 요약될 수 있다.

Table 1. Cut-off value for unstructured data (unit: frequency)

era	Search keyword	cut-off value	Screened words
All	visual search	31	1,707
	eye movement	33	2,092
	eye track	20	3,182
Recent (2009 ~ 2013.Feb.)	visual search	33	2,102
	eye movement	30	2,308

	eye track	13	3,193

키워드만을 대상으로 한 구조화된 정보의 콘텐츠 분석은 적어도 3회 이상 언급된 단어에 대해 이루어졌으며, 그 결과 분석에 포함된 단어의 수는 <Table 2>과 같다. 분석 대상인 문헌의 수가 3000편에서 많이 줄어들었는데, 이는 수집된 문헌이 논문의 형식이 아닌 책 또는 기사 등의 형식을 띠거나, 전산상의 이유로 키워드 정보를 포함하고 있지 않기 때문이다.

Table 2. Cut-off value for structured data (unit: frequency)

era	Search keyword	volume	Screened words
All	visual search	1,951	580
	eye movement	1,933	529
	eye track	1,573	356
Recent (2009 ~ 2013.Feb.)	visual search	2,742	647
	eye movement	2,238	677
	eye track	1,366	289

.

2.3. Content analysis

수집된 단어는 귀납적 카테고리화 절차 (Mayring, 2001)에 따라 범주가 형성되었다. 우선, 수집된 단어를 직관에 의해 자극 물체, 실험적 환경, 수준, 행동 등의 소단위로 묶었다. 그 후, 비슷한 성격의 군집을 7 개의 군집으로 분류하여 <Table 3>과 같은 카테고리를 도출하였다. '자극 (Stimuli)'은 실험 시 주어지는 시각적, 청각적 자극으로 주어지는 과제와 밀접한 관련이 있으며, 실험 자극의 특성 및 주변 환경과 관련된 '실험 조건 (Condition)'과 구분된다. '생리학적 체계 (Physiological system)'는 관련 신경 혹은 신체 기관을, '안구운동 행태 (Eye movement behavior)'는 관찰 가능한 안구의 물리적 움직임을 의미하며, '인지과정 (Cognitive process)'은 '주의' 및 '학습'과 같이 눈으로 관찰할 수 없는 인지 과정으로 정의된다. '측정 (Estimate)'은 아이트래커와 같은 측정 기기와 반응시간과 같은 측정 단위를 포함하며, '피실험자 (Participants)'는 나이와 성별과 같은 피실험자의 특성을 의미한다.

Table 3. Deducted categories

Category	Definition	Example
Stimuli	visual subject or acoustic cue given	reading 3D
Condition	levels of stimuli such as size, contrast, and environment	depth dual
Physiological system	neurological or physical organs or mechanism	oculomotor retinal
Eye movement behavior	physical eye movement which are observable	saccade gaze
Cognitive process	psychological effect or adaptation by eye movement	attention

		prediction
Estimate	features that can be measured	camera eye position
Participants	participants' characteristics or condition	driver infant

3. Results

전체 연도와 최근 5 년간의 문헌에서 언급한 단어를 카테고리화하여 분석한 결과는 <Figure 2>, <Figure 3>와 같으며, 비구조화된 정보와 구조화된 정보 등 정보 특성에 대한 차이와 각 탐색 키워드의 별 연구 동향을 파악할 수 있었다.

3.1 Comparing unstructured versus structured data

각 검색 키워드에서 구조화된 정보와 구조화되지 않은 정보는 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (visual search: $\chi 2$ =1968.460; $p<0.001$, eye movement: $\chi 2$=431.929; $p<0.001$, eye track: $\chi 2$ = 462.509, $p<0.001$). 구조화되지 않은 정보는 '자극' 및 '조건'의 범주에 속하는 단어를 많이 포함하는데, 이는 시각 연구에서 자극의 설계가 연구의 영역을 불문하고 필수적인 역할을 하고 있음을 나타낸다. 구조화된 정보에서는 실험 내용보다는 연구 주제에 초점을 맞추기 때문에 안구 운동 및 인지 과정에 관련된 단어의 상대적 빈도가 높게 나타났다. 또한, 구조화된 정보가 추세를 더 민감하게 반영하는 것을 볼 수 있었다. 한 예로, 구조화된 정보와 그렇지 않은 정보 모두 인지 과정에 관한 단어가 가장 큰 증가율을 보였는데, 구조화된 정보에서는 언급 빈도수가 평균 5.392% 증가한 데 반해, 비구조화된 정보에서는 2.270%가 증가하였다.

3.2 Trend analysis on each search keywords

구조화된 정보에 대한 트랜드 분석에서는 각 탐색 키워드 별로 전체 연도의 문헌과 최근 연구된 문헌이 다른 분포를 보이는 것을 관찰할 수 있었다 (visual search:
$\chi 2$ =161.894; $p<0.001$, eye movement: $\chi 2$ =255.076; $p<0.001$, eye track: $\chi 2$ = 161.894, $p<0.001$). 전반적으로 '시각 탐색'에 대한 연구는 인지 과정에 관련된 단어를 더 많이 포함하고 있으며, '안구 운동'과 '안구 추적'문헌은 안구 운동의 행태에 관한 언급을 많이 하였다. 그러나 세 영역 모두에서 인지과정에 관한 연구가 증가하는 것을 관찰할 수 있었는데, 안구 운동 행태와 관련한 단어는 평균 7.501% 감소한 데 비해 인지 과정 관련 단어는 5.392% 증가하였다. 이는 과거에 독립적으로 이루어졌던 생리학적, 신경학적 연구에 기반하여, 최근 물리적 안구운동의 관찰을 통해 인지과정을 규명하려는 연구가 활발해졌음을 보여준다. 실험 조건 (3.913%) 및 장비 (2.604%)와 관련된 단어 출현 빈도 또한 증가하였는데, 실험 장비의 발전으로 다양한 맥락에서의 연구가 가능해졌기 때문으로 보인다.

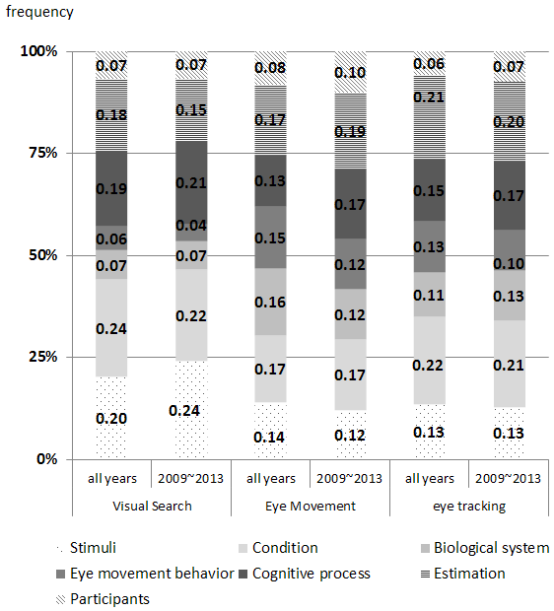

Figure 2. Words frequency on unstructured data

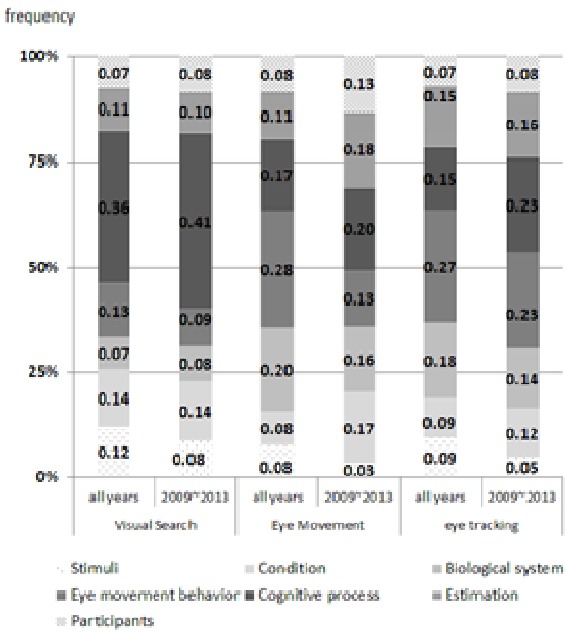

Figure 3. Words frequency on structured data

4. Conclusion

본 논문에서는 문헌에 대한 메타 데이터를 기반으로 콘텐츠 분석을 진행하여 연구분야의 동향을 객관적으로

파악하는 절차를 제시하고, 이를 시각 관련 문헌 연구에 적용하였다. 이를 통해 직관에 의해 설명되었던 부분을 정량적으로 살펴보았으며, 구조화되지 않은 정보와 구조화된 정보 각각에 대해 분석을 진행하여 정보의 특성을 살펴보았다.

두 가지 정보의 유형에 대한 콘텐츠 분석을 진행한 결과, 구조화되지 않은 정보에서는 시각 자극 및 실험 조건에 관한 단어의 출현빈도가 높았고, 구조화된 정보에서는 안구 운동 행태 또는 인지 과정과 관련된 단어의 출현 빈도가 높았다. 이는 구조화되지 않은 정보는 연구의 목적뿐 아니라 논문 전반에 대한 내용을 설명하기 때문이며, 자극에 대한 설계는 연구 분야를 막론하고 언급되었기 때문으로 보인다. 따라서 문헌의 연구 목적을 파악하는 데 있어서는 구조화된 정보가 보다 정확하게 문헌의 연구 주제를 대표할 수 있다고 생각된다.

트랜드 분석에서는 최근 기술의 발전과 더불어 다양한 실험 조건에 따른 실험이 이루어지는 것을 관찰할 수 있었다. 이에 더하여 생리학적, 인지적 연구 등 학문적 영역이 융합되며, 눈의 움직임 관찰을 통한 인지과정 연구가 최근 5년동안 많이 이루어진 것을 관찰할 수 있었다.

5. Discussion

본 연구에서는 정량적인 문헌 연구를 통해 특정 연구 영역의 동향과 관련 개념을 편향 없이 파악하는 것을 목표로 하였다. 그러나 탐색 키워드인 '시각 탐색', '안구 운동', '안구 추적'이 시각 영역을 충분히 설명할 수 있는가가 규명되지 않았으며, 자료 수집 데이터베이스가 Sciverse에 한정되었기 때문에, 더 신뢰성 있는 자료를 얻기 위해서는 다른 데이터베이스로부터의 자료도 추가하여 분석해야 할 것이다. 또한, 카테고리화 절차에서 주관이 개입하기 때문에 (Lincoln and Guba, 1986), 객관성을 확보하기 위해 더 많은 연구자들의 검토가 필요할 것이다.

체계적 문헌연구에서는 콘텐츠 분석과 더불어 네트워크 분석을 적용하여 관심 연구분야의 더 다양한 면을 관찰할 수 있다. 네트워크 분석은 공동저자 관계 및 인용관계를 관찰할 수 있는 저자 정보와, 연구영역 간의 관계를 구조화할 수 있는 키워드 정보를 기반으로 하며, 각 구성 요소가 전체 네트워크 망에서 갖는 역할과 중요도를 정량적으로 구체화한다. 이와 같이 여러 체계적 분석방법을 사용함으로써, 거시적인 관점에서 기존의 비체계적 문헌연구에서 직관적으로 설명되었던 부분을 보완할 수 있을 것이다.

References

Cavanagh, P., Visual cognition, Vision research, 51(13), 1538-1551, 2011.

Cipriani, Andrea, and Geddes, J., Comparison of systematic and narrative reviews: the example of the atypical antipsychotics, Epidemiologia e psichiatria sociale, 12, 146-153, 2003.

Downe-Wamboldt, B., Content analysis: method, applications, and issues, Health care for women international, 13(3), 313-321, 1992.

Green, Bert F, and Hall, Judith A., Quantitative methods for literature reviews, Annual Review of Psychology, 35(1), 37-54, 1984.

Koch, C., and Ullman, S., Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. L.M.Vaina(Ed), Matters of Intelligence, Springer, 115-141, 1987.

Kondracki, N. L., Wellman, N. S., and Amundson, D. R., Content analysis: Review of methods and their applications in nutrition education, Journal of nutrition education and behavior, 34(4), 224-230, 2002.

Kowler, E., Eye movements: The past 25years, Vision research, 51(13), 1457-1483, 2011.

Lincoln, Y. S., and Guba, E. G., But is it rigorous? Trustworthiness and authenticity in naturalistic evaluation, New directions for program evaluation, 1986(30), 73-84, 1986.

Mayring, P., "Combination and integration of qualitative and quantitative analysis", Paper presented at the Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research, 2001.

Morgan, D.L., Qualitative content analysis: A guide to paths not taken, Qualitative health research, 3(1), 112, 1993.

Mulrow, C. D., The medical review article: state of the science, Annals of Internal Medicine, 106(3), 485-488, 1987.

Rayner, K., Eye movements in reading and information processing: 20 years of research, Psychological bulletin, 124(3), 372-422, 1998.

Rhie, Y.L., Yun, M.H., and Lim, J. H., "A Systemic Literature Review Method using Contents Analysis", Proceedings of the Conference on Ergonomics Society of Korea, 2013.