

☒ 연구논문

Driving Simulator에서 Simulator Sickness의
정량적 측정에 관한 연구
- A study on Quantitative measure
for Simulator Sickness in Driving Simulator -

김도희*

Kim, Do Hoe

박민용**

Park, Min Young

이근희**

Yi, Geun Heui

ABSTRACT

The purpose of this study is to propose and to apply new Revised Simulator Sickness Questionnaire(RSSQ) that is effective quantification tool by revising and complementing SSQ because Simulator Sickness Questionnaire(SSQ), which is being used generally to quantify Simulator Sickness has several problems. For this study, we reduced 31 symptoms that are related to Simulator Sickness to 22 symptoms and derived weighting for each other from 15 experts. We developed new RSSQ with 22 symptoms and implemented factor analysis by using 142 RSSQ which is questioned before and after getting on simulator. It was classified to four major symptom groups as the result of the factor analysis. They are Disorientation, Oculomotor, Nausea, and Confuse . The scoring system of RSSQ provides subscales score of Disorientation, Oculomotor, Nausea, and Confuse as well as total severity. The scoring system of RSSQ which is proposed by this study is expected to improve accuracy of measure compared with an existing scoring system of SSQ, and to contribute with understanding the effect of Simulator Sickness more adequately and clearly.

1. 서론

기술의 발전으로 인하여, 많은 위험이 존재하는 작업이나 비용이 많이 드는 작업들을 시뮬레이터라는 가상환경에서 대신할 수 있게 되었다. 이러한 시뮬레이터는 현재 군사, 교통, 우주, 항공, 의학, 오락 등 다양한 분야에서 여러 가지 목적으로 유용하게 사용되고 있다. 그러나 이러한 시뮬레이터를 사용하게 됨으로써 인간의 신체에 어떤 부작용을 일으킬 수 있으며 이러한 부작용을 총칭하여 "simulator sickness"라고 한다. 이것은 우리가 흔히 말하는 멀미(motion sickness)의 증상들과도 매우 유사하며, 그 밖에도 여러 가지 증상들을 수반한다.

최근의 연구들(Knerr, Lampton, Bliss, Moshell & Blau, 1993; Regan, 1993)에서는 simulator sickness로 알려진 이러한 현상이 컴퓨터로 생성된 3차원 입체영상의 가상환경에서도 일어날 수 있으며, 그에 따라 가상현실(Virtual Reality)라는 새로운 기술의 궁극적 유용성에 위협을 주고 있다고 하였다.

* 한양대학교 대학원 산업공학과

** 한양대학교 공과대학 산업공학과

Kennedy와 Fowlkes(1992)는 그 현상이 갖가지 징후와 증세를 나타내기 때문에 증후군이라고 부르는 것이 마땅하다고 하였다. 그 증세의 다양함 때문에 Kennedy와 Fowlkes는 simulator sickness를 "Polysymptomatic(다증상성)"로 묘사했다. 중요한 징후로는 구토, 메스꺼움, 창백, 식은땀 등 멀미(motion sickness)와 비슷하다. 그 밖의 증세로는 나른함, 혼란, 집중력 곤란, 머리가 팽창 느낌(fullness of head), 뿌연 시야, 눈의 피로 등이 포함된다.

Simulator sickness가 일어 나는 것과 관련된 이론들에는 여러 가지가 있지만 그중 Claremont (1931)에 의해 처음으로 제안된 감각기관과의 충돌 이론(sensory conflict theory)이 simulator sickness를 설명하는 이론으로 발전되었다. 이 이론은 서로 다른 감각기관과 단일 감각기관내의 입력패턴이 과거 경험에 기초하여 저장된 입력 패턴과 일치하지 않을 때 sickness가 일어난다는 것이다. 예를 들면, 자동차가 움직일 때 우리는 시각과 전정기관을 통해 자동차가 움직이고 있다는 느낌을 받게 된다. 하지만 시뮬레이터를 탔을 때 시각적으로는 움직이고 있다는 느낌을 받지만, 전정기관에서는 전혀 움직인다는 느낌을 받지 못하거나 움직인다는 느낌의 정도가 과거의 경험에 비추어보았을 때와 일치하지 않을 때 시각과 전정기관의 균형과 정합에 혼란을 일으킨다는 것이다.

이러한 simulator sickness는 다증상적 특성 때문에 한가지 신호나 증상을 측정하는 것으로 측정될 수 없다(Kennedy & Fowlkes, 1992). 가장 보편적인 simulator sickness의 측정 수단은 설문이나 증상 checklists이다.

따라서 본 연구의 주목적은 simulator sickness를 정량화하는데 현재 널리 사용되는 Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal (1993)이 제안한 SSQ(Simulator Sickness Questionnaire)의 문제점을 분석하고, 그 개선방안을 통하여 개선된 Revised SSQ(RSSQ)를 제안하는 것이다.

2. Simulator Sickness Questionnaire(SSQ)

90년대 이전까지, 가장 자주 사용되어온 설문은 Pensacola Motion Sickness Questionnaire (MSQ) (Kellogg, Kennedy & Graybiel, 1965)이었다. 이 설문은 28개 증상에 대해 심한 정도를 4점 척도(아무렇지도 않다, 약간, 보통, 심하다)로 레이팅을 하여 자가진단 하는 방식으로 되어 있다. 비록 MSQ의 점수가 다증상성(polysymptomaticity)을 고려하고 있지만 simulator sickness 연구에 응용하기에 부족한 점은 단일 결과점수가 sickness의 복합적이고 분리가 가능한 차원에 대한 아무런 정보를 제공하지 못하고 있다는 것이다(Kennedy & Fowlkes, 1992). 이러한 이유에서 SSQ (Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal, 1993)가 개발되었다.

2.1 SSQ의 점수체계

Kennedy, et al. (1993)의 SSQ는 10가지 시뮬레이터에서 수집된 1119개의 MSQ를 요인분석하여 얻어졌다. SSQ의 증상들은 4점척도(0=아무렇지도 않다, 1=약간, 2=보통, 3=심하다)로 레이팅된 16가지 증상으로 줄였다. 4점척도로 레이팅된 16가지 증상들을 요인분석한 결과 3가지의 증상군(메스꺼움, 안구운동 불편, 방향감각상실)을 형성하였다. SSQ의 점수체계에서는 종합 점수(Total Severity score)뿐만 아니라 이들 각 증상군에 대한 세부적인 점수도 제공해준다.

Kennedy, et al. (1993)은 이러한 SSQ의 점수를 만들기 위해 요인분석한 결과에서 각 증상의 Varimax loading값이 0.3이상인 경우 1의 가중치를 부여하고 0.3미만인 경우는 0을 가중하였다. SSQ의 각 증상군의 점수는 각 증상별로 0~3까지의 숫자로 레이팅된 값에 각각의 가중치를 곱하여 그 합계를 구하고 그 합계에 특정계수를 곱하여 구하였다. 또한 종합점수는 그 합계들을 모두 더한 후에 특정계수 값을 곱하여 구하도록 하였다. 여기서 사용되는 특정계수 값들

은 분석에 이용된 1119명의 SSQ 점수들이 같은 분산을 갖도록 조종해주는 역할을 해준다.

Table 1은 SSQ에 의한 점수계산 과정을 나타내고 있다.

Table 1 SSQ의 계산표 (Kennedy, et al., 1993).

| 증상 (0, 1, 2, 3으로 채점) | 각 증상에 대한 가중 | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | N 메스꺼움 | O 안구운동불편 | D 방향감각상실 |
| 일반적인 불편 | 1 | 1 | |
| 피로 | | 1 | |
| 두통 | | 1 | |
| 눈의 피로 | | 1 | |
| 눈의 초점을 맞추기가 어려움 | | 1 | 1 |
| 침분비의 증가 | 1 | | |
| 발한 | 1 | | |
| 메스꺼움 | 1 | | 1 |
| 집중하기 곤란함 | 1 | 1 | |
| 머리가 팽창 느낌 | | | 1 |
| 뿌연 시야 | | 1 | 1 |
| 눈을 떴을 때의 현기증 | | | 1 |
| 눈을 감았을 때의 현기증 | | | 1 |
| 빙빙도는 느낌의 어지러움 | | | 1 |
| 위에 대한 부담감 | 1 | | |
| 트립 | 1 | | |
| 합계 | [1] | [2] | [3] |
| 점수 $N = [1] \times 9.54$ $O = [2] \times 7.58$ $D = [3] \times 13.92$ $TS = ([1] + [2] + [3]) \times 3.74$ 빈칸의 가중치는 0 | | | |

2.2 기존 SSQ의 문제점

위에서 언급한 대로 SSQ는 Simulator Sickness의 다증상적 특성을 정량화하는데 가장 보편적인 방법이다. 또한 10가지 Simulator에서 얻어진 1119개의 MSQ에 기초하여 얻어진 척도이기 때문에 그 신뢰도는 믿을 만하다고 할 수 있다. 따라서 최근의 simulator sickness 연구들에서는 simulator sickness를 정량화 하는데 있어서 SSQ가 가장 보편적으로 사용되어지고 있다. 그러나 김도희외(1998)가 지적 한 것과 같이 Kennedy, et al. (1993)의 SSQ에는 몇 가지 문제점이 내포되어져 있다.

첫째, SSQ에 사용된 증상들에는 인간의 신체나 Simulator 운영에 치명적인 영향을 미치거나 simulator sickness를 대표할 수 있는 중요한 증상들이 있을 수 있다. 이러한 증상의 중요도가 점수화 과정에 꼭 포함되어야 하는데 기존의 SSQ 점수화 과정에서는 이를 무시하고 다른 증상들과 똑같이 취급하였다.

두 번째, SSQ의 증상들을 추출해 내기 위해서 MSQ의 28가지 증상에 바탕을 두었지만 현재 까지 알려진 simulator sickness 관련 증상들 중에서 MSQ의 28개 증상들에 포함되지 않은 증상들이 있다. 예를 들어, 창백, 운동실조증(Ataxia) 등이 있다. 또한 MSQ에는 포함되었지만 SSQ에서는 제외시킨 증상들 중에는 simulator sickness를 대표할 만한 증상들도 포함되어 있다. 그 예가 구토이다. Kennedy, et al. (1993)은 구토를 SSQ에서 뺀 이유는 1200명 중에서 구토를 일으킨 사람이 2명밖에 되지 않아서라고 이야기 하지만 건장한 군인들이 아닌 일반인을

대상으로 했을 때는 그 발생빈도가 상당히 높아질 것이다. 실제로 이근희외(1997)의 연구에서 일반인 156명을 관측하였을 때 구토 증세를 보인 사람은 2명이었다.

세 번째, SSQ의 점수화 과정에 사용된 데이터는 특정 계층(군인)층에서 얻어진 것이기 때문에 일반인을 대상으로 하였을 때는 다른 결과를 가져올 수 있다.

네 번째, 순수한 simulator sickness를 구하기 위해서는 탑승전의 SSQ와 탑승후의 SSQ를 각각 구해 그 차이를 비교할 수가 있어야 하는데 SSQ에서는 탑승후의 데이터만으로 SSQ의 점수를 만들었다. Kennedy et al. (1993)은 건장한 군인들이므로 모두 아무 증상이 없다라는 가정을 하였기 때문에 아무 문제가 없다고 하였지만 위에서도 이야기한 것처럼 일반인을 대상으로 하였을 때는 탑승전의 건강상태가 서로 틀리기 때문에 탑승전과 후의 SSQ를 구해 비교할 수가 있어야 한다. 그러나 SSQ의 각 증상에 대한 레이팅이 4점 척도(0=아무렇지도 않다, 1=약간, 2=보통, 3=심하다)로 서열(ordinal)척도로 되어져 있기 때문에 탑승전과 탑승후의 SSQ를 비교할 수 없다.

따라서 위와 같은 문제점들을 보완하는 새로운 RSSQ의 개발이 필요하다.

3. RSSQ의 제안

본 연구에서는 2.2절에서와 같이 기존 SSQ의 단점을 보완하기 위해 기존 SSQ의 개발과정을 보완하여 새로운 RSSQ와 그 점수화 과정을 개발하고자 한다. 그 과정은 다음 Figure 1과 같다.

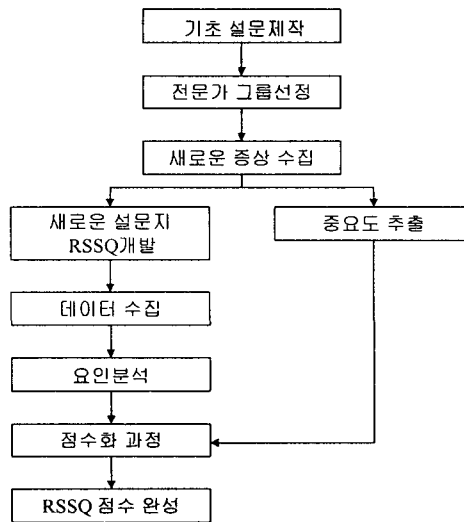


Figure 1 제안된 RSSQ 정량화 과정

3.1 기초설문 작성

먼저 전문가들을 대상으로 RSSQ에 사용될 증상들을 재수집하고 그 증상의 중요도를 포함시키기 위해 기존의 MSQ (Kellogg, Kennedy, & Graybiel, 1965)에 사용된 28가지 증상들과 최근까지 문헌에 Simulator Sickness와 관련된 증상이라고 알려진 3가지 증상들을 포함하여 31가지 증상들로 구성된 기초설문을 작성하였다. 또한 전문가들의 기타 의견을 받아들일 수 있도록 하였다.

그 증상항목들은 Table 2와 같다.

Table 2 기초설문에 사용된 증상들

| 증상 | MSQ | SSQ |
|------------------------|-----|-----|
| 1. 전반적으로 불편하다. | ○ | ○ |
| 2. 피로 하다. | ○ | ○ |
| 3. 지루하다. | ○ | |
| 4. 나른하다. | ○ | |
| 5. 머리가 아프다. | ○ | ○ |
| 6. 눈이 피로하다. | ○ | ○ |
| 7. 눈의 초점을 맞추기가 어렵다. | ○ | ○ |
| 8. 침분비의 증가한다. | ○ | ○ |
| 9. 침분비의 감소한다. | ○ | ○ |
| 10. 땀이난다. | ○ | |
| 11. 메스껍다. | ○ | ○ |
| 12. 정신을 집중하기 곤란하다. | ○ | ○ |
| 13. 우울해진다. | ○ | |
| 14. 머리가 짝한 느낌이 든다. | ○ | ○ |
| 15. 시야가 뿌옇다. | ○ | ○ |
| 16. 눈을 떴을 때 현기증이 난다. | ○ | ○ |
| 17. 눈을 감았을 때 현기증이 난다. | ○ | ○ |
| 18. 병병도는 느낌의 어지러움이 난다. | ○ | ○ |
| 19. 시각적 잔상이 남는다. | ○ | |
| 20. 실신하였다. | ○ | |
| 21. 호흡에 대한 부담감을 느낀다. | ○ | |
| 22. 위장에 대한 부담감을 느낀다. | ○ | ○ |
| 23. 식욕이 감퇴된다. | ○ | |
| 24. 식욕이 증진된다. | ○ | |
| 25. 변을 보고 싶다. | ○ | |
| 26. 당황스럽다. | ○ | |
| 27. 트림이 난다. | ○ | ○ |
| 28. 구토가 난다. | ○ | |
| 29. 얼굴이 창백해 진다. | | |
| 30. 몸의 중심을 잡기 어렵다. | | |
| 31. 긴장으로 인한 근육경직 | | |

3.2 전문가 집단의 선정

본 연구에서는 15명으로 구성된 시뮬레이터 전문가 집단을 선정하였다. 이들은 크게 3가지 부류로 나눌 수 있는데, 첫 번째, 현재 시뮬레이터를 운용하고 있는 운영요원들과 두 번째, 시뮬레이터를 개발하고 있는 개발자, 세 번째, 기타 관련 학계나 의료계에 종사하는 사람들이다. 이렇게 전문가 그룹에서 증상의 중요도를 추출하는 이유는 Simulator Sickness의 특성상 일반 피실험자들의 과반수 정도가 아무런 증상을 경험하지 못하고, 경험한다 하더라도 극히 미미하게 경험하므로 그 편차가 무척 크게 되기 때문이다.

3.3 증상의 수집

3.1에서 작성한 기초설문을 3.2의 전문가 집단 15명에 대해 1대 1 설문을 하였다. 전문가 집단으로부터 우선 31개 증상들과 기타 발생할 수 있는 증상들 중에서 실제 관측한 경험이 있거나 Simulator Sickness와 관련된 증상이라고 생각되는 증상들을 선별하도록 하였다. 15명의 전문가들 중 1/3이상이 Simulator Sickness와 관련된 증상이라고 판단한 22개 증상들을 RSSQ 설문에 포함하였다.

3.4 중요도 추출

각 증상의 중요도 추출을 위해서 3.3절에서 얻은 22개 증상들에 대해서 위에서 선정된 전문가 집단에게 각 증상이 인간의 신체에 미치는 영향이 얼마나 큰가와 얼마나 시뮬레이터 운영에 차질을 빚을 수 있는지를 다시 한번 설문하였다. 이때 "일반적으로 불편하다"라는 기준증상과 비교하여 상대적인 중요도를 점수(음수나 0을 제외시킨 값)로 자유롭게 표시하도록 하였다. 예를 들어 기준증상 일반적으로 불편하다(중요도 10점)보다 메스껍다가 10배 중요하다면 중요도는 100점이 되고 또한 기준증상보다 1/20정도 중요하다면 0.5점으로 표시하게 하였다.

Table 3에는 15명의 전문가 집단으로부터 얻은 각 증상의 중요도를 합계, 산술평균, 기하평

균을 구한 값이 나와있고 기하평균에 대해서 정규가중치를 구한 것도 나타나 있다. 여기서 기하평균값으로 정규가중치를 구한 이유는 기하평균은 산술평균 보다 극단적인 값에 영향을 적게 받고 상대적 비율이나 변화를 계산하는데 적합하기 때문이다.

Table 3을 보면 가장 중요한 증상은 구토로 나왔다. 그 다음으로 중요한 증상은 메스꺼움, 빙빙도는 느낌의 어지러움 순으로 나타났다.

Table 3 각 증상들의 중요도의 총합, 산술평균, 기하평균, 정규가중

| 증상 | 중요도 총합 | 산술평균 | 기하평균 | 정규가중 |
|------------------------|--------|--------|--------|-------|
| 1. 전반적으로 불편하다. | 150 | 10.00 | 10.00 | 0.94 |
| 2. 피로 하다. | 212 | 14.13 | 13.34 | 1.26 |
| 3. 나른하다. | 93 | 6.20 | 4.83 | 0.46 |
| 4. 머리가 아프다. | 760 | 50.67 | 44.38 | 4.19 |
| 5. 눈이 피로하다. | 760 | 50.67 | 49.28 | 4.65 |
| 6. 눈의 초점을 맞추기가 어렵다. | 740 | 49.33 | 46.10 | 4.35 |
| 7. 땀이난다. | 255 | 17.00 | 15.40 | 1.45 |
| 8. 메스껍다. | 1540 | 102.70 | 98.65 | 9.31 |
| 9. 정신을 집중하기 곤란하다. | 650 | 43.33 | 36.38 | 3.43 |
| 10. 머리가 확한 느낌이 든다. | 580 | 38.67 | 31.21 | 2.94 |
| 11. 시야가 뿌옇다. | 530 | 35.33 | 33.61 | 3.17 |
| 12. 눈을 떴을 때 현기증이 난다. | 1230 | 82.00 | 73.46 | 6.93 |
| 13. 눈을 감았을 때 현기증이 난다. | 1050 | 70.00 | 63.59 | 6.00 |
| 14. 빙빙도는 느낌의 어지러움이 난다. | 1490 | 99.33 | 90.40 | 8.53 |
| 15. 시각적 잔상이 남는다. | 595 | 39.67 | 36.60 | 3.45 |
| 16. 호흡에 대한 부담감을 느낀다. | 600 | 40.00 | 33.58 | 3.17 |
| 17. 위장에 대한 부담감을 느낀다. | 610 | 40.67 | 34.63 | 3.27 |
| 18. 당황스럽다. | 345 | 23.00 | 18.93 | 1.79 |
| 19. 구토가 난다. | 3110 | 207.3 | 190.82 | 18.01 |
| 20. 얼굴이 창백해 진다. | 698 | 46.53 | 38.32 | 3.62 |
| 21. 몸의 중심을 잡기 어렵다. | 1130 | 75.33 | 61.33 | 5.79 |
| 22. 긴장으로 인한 근육경련 | 590 | 39.33 | 34.89 | 3.29 |

3.5 RSSQ의 개발

본 절에서는 3.3 절에서 얻어진 22개 증상을 가지고 새로운 RSSQ 설문지를 개발하였다. 새로운 RSSQ에서 각 증상의 심한 정도는 기존의 SSQ에서 적용한 서열척도인 4점척도 대신에 구간척도인 11점 척도(아무렇지도 않다=0, 매우 심하다=100, 10점 간격)를 적용하였다. 그 예는 Figure 2와 같다.

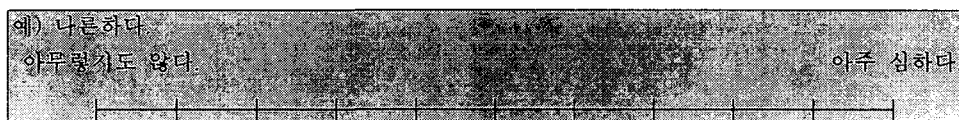


Figure 2 RSSQ 예

3.6 시뮬레이터를 이용한 실험

3.5에서 개발된 RSSQ를 이용하여 Simulator Sickness에 대한 실험을 실시하였다. 피실험자들은 20~30대의 남녀 72명이었고, 각 피실험자는 2회 반복하여 실험에 참여했다. 각 피실험자는 1차 실험 후 3일 이상의 휴식을 취하고 2차 실험에 참여하였다. 2차실험에 참여하지 못한 2명을 제외하고 142개 탑승전과 후 RSSQ 데이터를 수집하였다.

본 실험에 사용된 시뮬레이터는 (주)쌍용정보통신에서 개발한 SSDS-V1모델을 사용하였다. 자동차 시뮬레이터의 세부규격은 길이 220cm, 폭 125cm, 높이 150cm이며, 내장은 내수용 중형 자동차의 운전석 부분을 그대로 갖추고 있으며, 전방의 화면은 29인치 컴퓨터 모니터로 되어있다. Visual system은 Open-GL(Graphic Library)을 기반으로 한 3차원 컴퓨터 그래픽방식을 이용하였고, 해상도는 640×480, 초당 frame 수는 평균 13frame이다.

화면의 구성은 출발지점에서 김포공항을 교통표지판으로 찾아가는 방식을 취하고 있고, 중간

중간에 교통사고를 유발할 수 있는 10가지 시나리오가 준비되어져 있어 안전운전을 하지 않으면 사고를 유발하도록 되어져 있다. 총 수행시간은 대략 15~20분 정도가 걸리도록 되어져 있다.

본 실험에 사용된 자동차 시뮬레이터는 Figure 3와 같다.

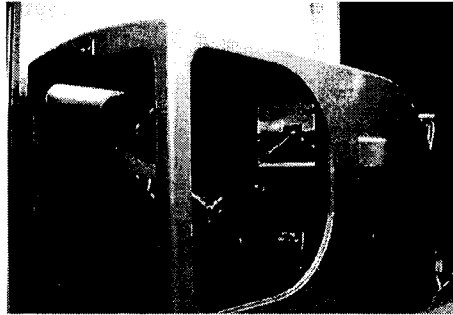


Figure 3 자동차 시뮬레이터

RSSQ에 의한 자료의 수집은 시뮬레이터 탑승 전과 후에 각각 실시하였다. 탑승전에 실시한 RSSQ를 실시한 이유는 시뮬레이터에 의해 일어나는 순수한 증상만을 고려하기 위해서 이다.

3.7 요인 분석

Simulator Sickness의 복합적이고 분리가능한 차원에 대한 정보를 파악하기 위해서 요인분석을 실시하였다. 요인분석에 이용된 데이터는 3.6절에서 얻은 142개 탑승전과 후의 RSSQ 데이터에서 각 증상의 변화량 값이다.

본 요인분석을 실시한 결과 4가지 요인으로 분류되었으며, 요인을 varimax 회전하여 얻어진 기여율(varimax loading) 값이 중간 정도이상의 유의성을 보이는 0.4이상인 경우는 각 요인에 8개씩 포함되어있다.

Table 3에는 요인분석결과가 나와 있다.

Table 3 요인분석결과

| 증상 | Factor 1 | Factor 2 | Factor 3 | Factor 4 |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 1. 전반적으로 불편하다. | .32 | .47 * | .46 * | .40 * |
| 2. 피로 하다. | .25 | .59 * | .56 * | .03 |
| 3. 나른하다. | .28 | .46 * | .51 * | -.04 |
| 4. 머리가 아프다. | .22 | .67 * | .31 | .09 |
| 5. 눈이 피로하다. | .26 | .83 * | .03 | .15 |
| 6. 눈의 초점을 맞추기가 어렵다. | .43 * | .55 * | .09 | .44 * |
| 7. 땀이난다. | .17 | .14 | .01 | .78 * |
| 8. 메스껍다. | .43 * | .21 | .71 * | .23 |
| 9. 정신을 집중하기 곤란하다. | .33 | .35 | .30 | .48 * |
| 10. 머리가 팽창 느낌이 든다. | .63 * | .39 | .29 | .16 |
| 11. 시야가 뿌옇다. | .18 | .73 * | .10 | .24 |
| 12. 눈을 떴을 때 현기증이 난다. | .87 * | .23 | .20 | .13 |
| 13. 눈을 감았을 때 현기증이 난다. | .84 * | .31 | .17 | .20 |
| 14. 병명도움 : 귀의 어지러움이 난다. | .67 * | .31 | .20 | .19 |
| 15. 시각적 잔상이 남는다. | .30 | .58 * | .14 | .44 * |
| 16. 호흡에 대한 부담감을 느낀다. | .19 | .12 | .67 * | .26 |
| 17. 위장에 대한 부담감을 느낀다. | .06 | .14 | .76 * | .24 |
| 18. 당황스럽다. | .23 | .33 | .35 | .61 * |
| 19. 구토가 난다. | .47 * | .04 | .64 * | .30 |
| 20. 얼굴이 창백해 진다. | .29 | .16 | .46 * | .64 * |
| 21. 몸의 중심을 잡기 어렵다. | .60 * | .18 | .31 | .25 |
| 22. 긴장으로 인한 근육경련 | .04 | .07 | .29 | .58 * |

첫 번째 요인은 방향감각 상실과 관련된 증상들로 구성되어 있고, 두 번째 요인에서는 안구운동불편과 관련된 증상들, 세 번째 요인에서는 메스꺼움과 관련된 증상들로 구성되어 있다. 특이할만한 사항은 피실험자가 일반인들 이어서인지 당황이나 혼동과 관련된 새로운 요인 4가 생겨났다.

따라서 본 연구에서는 요인 1을 방향감각상실과 관련된 증상군, 요인 2를 안구운동 불편과 관련된 증상군, 요인 3은 메스꺼움과 관련된 증상군, 마지막으로 요인 4는 당황/혼동과 관련된 증상군이라고 명명하였다.

3.8 RSSQ의 점수화 과정

본 절에서는 각 증상군에 포함된 증상에 대해서 전문가 집단에서 추출한 증상의 중요도를 가중하여 새로운 RSSQ의 점수화 과정은 다음과 같다. 단계 1~6까지의 부분은 모든 피실험자들의 RSSQ의 종합점수와 각 증상군의 점수를 계산하는 부분이고, 단계 7~9까지의 부분은 RSSQ의 종합점수와 각 증상군의 점수가 같은 분산을 갖게 해주는 부분으로 되어져 있다.

<기호>

S_i : RSSQ의 n 가지 증상 $i = 1, 2, \dots, n$ $n=22$

F_j : 요인분석에 의해서 구해진 요인들(증상군) $j = 1, 2, \dots, m$ $m=4$

L_{ij} : 요인분석에 의해서 구해진 Varimax loading

w_i : 전문가 그룹에서 구한 각 증상의 중요도 $\sum_i w_i = 1$

d_i : 피실험자가 RSSQ의 각 증상 i 에 대해 시뮬레이터 탑승전과 후에 응답한 11점 척도값의 차

h : 기여율의 상관유무 판별기준 $h=0.4$

SD_j : 각 증상군에 대한 전체 피실험자들의 $\sum_i \sum_i w_i d_i$ 값의 표준편차

SD_t : 전체 피실험자들의 $\sum_i \sum_i w_i d_i$ 의 표준편차

SD_T : 모든 SD_j 와 SD_t 의 평균

C_j : 각 증상군에 대한 평준화 계수 $C_j = SD_T / SD_j$

C_T : 종합점수의 평준화 계수 $C_T = SD_T / SD_t$

단계 1 : 요인분석에 의한 각 증상에 대한 요인들의 기여율값 table을 작성한다.

| | F_1 | F_2 | \dots | F_m |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| S_1 | L_{11} | L_{12} | \dots | L_{1m} |
| S_2 | L_{21} | L_{22} | \dots | L_{2m} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| S_n | L_{n1} | L_{n2} | \dots | L_{nm} |

단계 2 : 각각의 기여율 L_{ij} 값을 상관유무 판별기준 h 와 비교하여 if $L_{ij} \geq h$ 이면 L_{ij} 란에 각 요인의 중요도 w_i 로 대체한 후 단계 4로 가고, 아니면 단계 3으로 간다.

단계 3 : $L_{ij} < h$ 이면 $w_i=0$ 으로 대체한다.

단계 4 : 모든 L_{ij} 에 대해서 수행했으면 단계 5, 그렇지 않으면 단계 2로 간다.

단계 5 : 각 w_i 에 피실험자가 RSSQ의 각 증상 i 에 대해 탑승전과 후에 응답한 11점 척도 값의 차 d_i 를 곱하여 새로운 table을 작성한다. 각 열의 마지막에는 각 요인 j 에 대한 $w_i d_i$ 값의 합계를 구하고 그 합계들을 모두 더한 총합계를 구한다.

| | | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|-----|--------------------|--|
| | F ₁ | F ₂ | ... | F _m | 총합계 |
| S ₁ | w _{1d1} | w _{1d1} | ... | w _{1d1} | |
| S ₂ | w _{2d2} | w _{2d2} | ... | w _{2d2} | |
| . | . | . | . | . | |
| . | . | . | . | . | |
| S _n | w _{ndn} | w _{ndn} | ... | w _{ndn} | |
| Total | Σ w _{1d1} | Σ w _{2d2} | ... | Σ w _{ndn} | Σ _j Σ _i w _{idi} |

단계 6 : 위의 과정을 모든 피실험자의 table에 대해 수행하였다면, 단계 7로 가고 아니면, 단계 5로 간다.

단계 7 : 모든 피실험자들에 대해 구한 각 증상군 w_{idi} 의 합계에 대해서 표준편차 SD_j와 전체 피실험자들의 Σ_jΣ_iw_{idi} 의 표준편차 SD_T를 구하고 그에 따라 SD_T를 계산한다.

단계 8 : 위에서 구한 SD_j와 SD_T를 이용하여 평준화계수 C_j를 계산하고, SD_j와 SD_T를 이용하여 평준화계수 C_T를 구한다.

$$C_j = SD_T / SD_j$$

$$C_T = SD_T / SD_i$$

단계 9 : 각각의 모든 피실험자들에 대한 Σ w_{idi} 값에 C_j와 C_T를 곱하여 각 증상군별 점수와 종합점수를 구한다.

$$\text{각 증상군별 점수} = C_j \times \Sigma w_{idi}$$

$$\text{종합점수} = C_T \times \Sigma_j \Sigma_i w_{idi}$$

Table 4 RSSQ의 계산표

| 증상 (탐승후 RSSQ 점수 - 탐승전 RSSQ 점수) | 각 증상에 대한 가중 | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------|----------------|
| | D 방향감각 각상실 | O 안구운동 불편 | N 메스꺼움 | C 당황/ 혼동 |
| 전반적인 불편 | | 0.94 | 0.94 | 0.94 |
| 피로 | | 1.26 | 1.26 | |
| 나른 | | 0.46 | 0.46 | |
| 두통 | | 4.19 | | |
| 눈의 피로 | | 4.65 | | |
| 눈의 초점 조종 곤란 | 4.35 | 4.35 | | 4.35 |
| 발한 | | | | 1.45 |
| 메스꺼움 | 9.31 | | 9.31 | |
| 정신을 집중하기 곤란함 | | | | 3.43 |
| 머리가 팽창 느낌 | 2.94 | | | |
| 뿌연 시야 | | 3.17 | | |
| 눈을 떴을 때 현기증 | 6.93 | | | |
| 눈을 감았을 때 현기증 | 6.00 | | | |
| 방빙도는 느낌의 어지러움 | 8.53 | | | |
| 시각적 잔상 | | 3.45 | | 3.45 |
| 호흡에 대한 부담감 | | | 3.17 | |
| 위장에 대한 부담감 | | | 3.27 | |
| 당황 | | | | 1.79 |
| 구토 | 18.0 | | 18.0 | |
| 창백 | | | 3.62 | 3.62 |
| 몸의 중심을 잡기 어려움 | 5.79 | | | |
| 긴장으로 인한 근육경련 | | | | 3.29 |
| 합계 | [1] | [2] | [3] | [4] |
| 점수 | D = [1] × 1.76 | | | |
| | O = [2] × 5.30 | | | |
| | N = [3] × 2.52 | | | |
| | C = [4] × 6.91 | | | |
| | TS = ([1]+[2]+[3]+[4]) × 0.83 | | | |
| | 빈칸의 가중치는 0 | | | |

4. 결과

142명의 요인 분석 결과와 그 데이터를 위의 과정을 거쳐 나온 결과 RSSQ의 계산표는 다음 Table 4와 같다. 기존 SSQ의 계산표(Table 1)와 비교해보면, Table 1에서는 각 증상의 가중치가 1이나 0으로만 표현되었지만, Table 4에서는 전문가 그룹에서 구한 정규가중치들로 이루어져있다. 또한 기존의 SSQ의 계산표에서는 종합점수외에 3가지(메스꺼움, 방향감각상실, 안구운동불편) 증상군에 대한 점수만을 제시할 수 있지만, Table 4에서는 당황/혼동에 대한 점수도 추가적으로 제시해 주고 있다.

그리고 Table 5에는 142명의 데이터에 대한 백분위수에 따른 RSSQ의 각 점수와 SSQ에 의한 각 점수를 보여주고 그 기초통계량이 나와 있다. Table 5를 보면, RSSQ의 점수들과 SSQ의 점수들이 평균, 표준편차에서 큰 차이 보이는 것은 이론적으로 나올 수 있는 상한점수와 하한점수가 서로 틀리기 때문이다. 또한 각 증상군별 상관계수와 종합점수의 상관계수는 모두 0.7이상으로 SSQ점수와 상관관계가 크다고 할 수 있다.

Table 5 백분위수와 기초통계량

| 백분위수 | RSSQ 점수 | | | | | SSQ 점수 | | | |
|------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|------------|
| | 방향감각상실 D | 안구운동불편 O | 메스꺼움 N | 당황/혼동 C | 종합점수 TS | 메스꺼움 N | 안구운동불편 O | 방향감각상실 D | 종합점수 TS |
| 10 | -1.64 | -2.89 | -2.35 | -0.65 | -1.55 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0.00 | 0.00 | -0.64 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 0.76 | 1.83 | 0.00 | 1.77 | 1.58 | 0 | 7.58 | 0 | 7.48 |
| 40 | 3.18 | 3.23 | 0.91 | 3.87 | 3.22 | 9.54 | 7.58 | 13.92 | 11.22 |
| 45 | 3.55 | 4.31 | 1.30 | 5.20 | 3.99 | 9.54 | 15.16 | 13.92 | 14.96 |
| 50 | 5.11 | 6.12 | 1.61 | 6.41 | 5.74 | 9.54 | 15.16 | 13.92 | 22.44 |
| 55 | 7.57 | 7.62 | 2.62 | 8.22 | 6.47 | 9.54 | 22.74 | 27.84 | 26.18 |
| 60 | 8.36 | 8.75 | 3.43 | 9.67 | 7.47 | 19.08 | 30.32 | 41.76 | 33.66 |
| 65 | 9.86 | 9.75 | 5.17 | 11.17 | 9.00 | 19.08 | 37.9 | 41.76 | 41.14 |
| 70 | 11.14 | 13.61 | 6.26 | 13.63 | 11.53 | 28.62 | 45.48 | 55.68 | 48.62 |
| 75 | 14.64 | 16.68 | 11.06 | 16.36 | 14.03 | 38.16 | 53.06 | 69.6 | 56.1 |
| 80 | 16.26 | 20.42 | 13.79 | 18.61 | 20.83 | 47.7 | 60.64 | 83.52 | 63.58 |
| 85 | 21.08 | 26.01 | 17.34 | 23.85 | 24.83 | 57.24 | 68.22 | 111.36 | 78.54 |
| 90 | 27.12 | 34.60 | 24.46 | 29.72 | 29.64 | 76.32 | 83.38 | 139.2 | 100.98 |
| 95 | 46.60 | 42.70 | 42.33 | 45.14 | 44.85 | 95.4 | 98.54 | 180.96 | 138.38 |
| 100 | 78.95 | 63.20 | 75.75 | 82.75 | 82.02 | 152.64 | 128.86 | 250.56 | 183.26 |
| M | 10.54 | 11.03 | 8.10 | 11.52 | 10.75 | 26.00 | 31.17 | 47.54 | 38.35 |
| SD | 15.65 | 15.67 | 15.68 | 15.68 | 15.63 | 34.60 | 34.08 | 61.52 | 44.04 |
| Min | -16.49 | -18.39 | -11.18 | -10.43 | -8.44 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Max | 78.95 | 63.20 | 75.75 | 82.75 | 82.02 | 152.64 | 128.86 | 250.56 | 183.26 |
| 상한 | 108.9 | 119.1 | 100.9 | 154.2 | 121.8 | 200.34 | 159.18 | 292.32 | 235.62 |
| 하한 | -108.9 | -119.1 | -100.9 | -154.2 | -121.8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 상관계수 | 0.8135 | 0.7343 | 0.8082 | - | 0.8295 | - | - | - | - |

5. 결론 및 추후연구과제

이상의 결과와 같이 기존의 SSQ를 수정하여 새로운 RSSQ를 개발하고 그에 따른 각 증상군별 점수와 종합점수를 완성하였다.

새로운 RSSQ로 인해 SSQ에서 문제가 되었던 각 증상들의 중요도에 따른 가중치 부여문제와, 새로운 증상의 포함여부, 척도상의 문제점이 해결되었으며, 특정계층이 아닌 일반인을 대상

으로 표본을 추출하였다. 이로써 SSQ의 문제점들은 거의 해결되었다고 할 수 있다.

하지만 Kennedy, et al. (1993)의 SSQ에는 10가지 시뮬레이터에서 얻은 1119개의 설문 데이터를 이용하여서 점수화시켜 그 신뢰도가 무척 높지만 본 연구에서는 1가지 시뮬레이터에서 142개의 데이터로 점수화시켰기 때문에 좀더 다양한 시뮬레이터에서 얻은 보다 많은 RSSQ 설문으로 신뢰도를 높이는 연구가 필요할 것이다.

또한 RSSQ의 점수들은 주관적 척도 값이므로 각종 생리신호에 의한 객관적 척도 값과의 연관성에 대한 연구가 필요할 것이다.

본 연구의 결과는 여러 방법으로 쓰일 수 있다. 종합점수(total severity)는 증상의 전반적인 심한 정도를 나타내고 주어진 시뮬레이터가 sickness 문제를 가지고 있는지를 판별하는 최적의 지표를 제공할 것이고, 추가적으로 각 증상군의 점수는 sickness 결과의 특정 특성에 대한 진단적 정보를 제공할 수 있다. 또한 시뮬레이터들 뿐만 아니라 최근 문제가 되고 있는 가상현실(Virtual Reality)환경에서 일어나는 simulator sickness에 대한 연구에도 똑같이 적용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김도희, 박민용, 이근희, 가상환경에서 Simulator Sickness 증상에 관한 연구, 공업경영학회지, 제21권, 제45집, pp. 333-346, 1998.
2. 이근희, 박민용, 오영진, 김도희 (1997). 운전기능(적성)검사기기 보완검증. 한양대학교 산업과학연구소.
3. Claremont, C.A. (1931). The psychology of seasickness. *Psyche*, 11, 86-90.
4. Kellogg, R. S., Kennedy, R. S. & Graybiel, A. (1965). Motion sickness symptomatology of labyrinthine defective and normal subjects during zero gravity maneuvers. *Aerospace Medicine*, 4, 315-318.
5. Kennedy, R. S. & Fowlkes, J. E. (1992). Simulator sickness is polygenic and polysymptomatic: Implications for research. *International Journal of Aviation Psychology*, 2(1), 23-38.
6. Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S. & Lilienthal, M. G. (1993). A simulator sickness questionnaire (SSQ): A new method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3) 203-220.
7. Knerr, B. W., Lampton, D. R., Bliss, J. P., Moshell, J. M. & Blau, B. S. (1993, July). Human performance in virtual environments: Initial experiments. *Proceedings of the 29th International Applied Military Psychology Symposium*. Wolfson College, Cambridge, UK.
8. Regan, E. C. (1993). Side-effects of immersion virtual reality. Paper presented at the *International Applied Military Psychology Symposium*, July 26-29.