

Analysis on Causal Factors Affecting the Stress of Pilots by the Environmental Differences between Live-Virtual Simulation

Jinju Kim* · Sungho Kim* · Hyeonju Seol**[†] · Cheolkyu Jee*** · Youngseok Hong***

*Department of System Engineering, Korea Air Force Academy, Korea

**Faculty of Military Studies, Chungnam National University, Korea

***Agency for Defense Development

Live-Virtual 시뮬레이션 환경차이에 따른 조종사 스트레스 유발요인 분석

김진주* · 김성호* · 설현주**[†] · 지철규*** · 홍영석***

*공군사관학교 시스템공학과

**충남대학교 군사학부

***국방과학연구소

Recently, Live-Virtual-Constructive (L-V-C) integrate training system has proposed as a solution for the problems such as limitation of training areas, increase of mission complexity, rise in oil prices. In order to integrate each training system into the one effectively, we should solve the issue about stress of pilots by the environmental differences between Live and Virtual simulation which could be occurred when each system is connected together. Although it was already examined in previous study that the psychological effects on pilots was occurred by the environmental differences between actual and simulated flights, the study did not include what the causal factors affecting psychological effects are. The aim of this study is to examine which environmental factors that cause pilots' psychological effects. This study analyzed the biochemical stress hormone, cortisol to measure the pilots' psychological effects and cortisol was measured using Enzyme-linked immunoassay (EIA). A total of 40 pilots participated in the experiment to compare the differences in pilots' cortisol response among live simulation, virtual simulation, and the virtual simulation applying three environmental factors (gravity force, noise, and equipment) respectively. As a result, there were significant differences in cortisol level when applied the gravity force and equipment factors to the virtual simulation, while there was no significant difference in the case of the noise factor. The results from this study can be used as a basis for the future research on how to make L-V system by providing minimum linkage errors and design the virtual simulator that can reduce the differences in the pilots' psychological effects.

Keywords : Cortisol Level, Flight Environment, Live-Virtual-Constructive Integrate Training System, Pilots' Psychological Effects, Stress

Received 7 December 2015; Finally Revised 27 January 2016;

Accepted 5 February 2016

[†] Corresponding Author : hjseol@cnu.ac.kr

1. 서론

최근 공군에서는 훈련영역 제한, 임무복잡도 증가, 유가 인상 등으로 실제 무기체계를 가지고 실제 병력이 참여하는 현실성 있는 비행훈련이 매우 어려운 실정이다[11]. 이러한 비행훈련 여건의 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 기 개발된 Live, Virtual, 그리고 Constructive 시뮬레이션을 네트워킹 기술과 시뮬레이션 연동기술을 활용하여 하나의 통합된 훈련체계를 구축하자는 L-V-C 통합훈련체계가 제안되었으며[7, 8], 현재 다양한 연구가 진행되고 있다. Live 시뮬레이션은 실 장비에 실 병력이, Virtual 시뮬레이션은 모의 장비에 실 병력이, 그리고 Constructive 시뮬레이션은 모의 장비에 모의 병력이 운용되는 훈련체계이다. 이러한 L-V-C 통합훈련체계는 각 체계가 갖는 한계를 극복함과 동시에, 상황에 맞는 다양하고 효과적인 비행훈련을 지원할 수 있다는 장점이 있다.

L-V-C 통합훈련체계를 하나의 훈련체계로 효과적으로 통합하기 위해서는 기 개발된 개별체계가 갖는 고유한 특성 및 훈련환경의 차이를 어떻게 극복할 것인지에 대한 문제해결이 선행되어야 한다. 특히, 실제 환경인 Live 시뮬레이션과 가상 환경인 Virtual 시뮬레이션의 환경 차이는 실 병력인 조종사에게 직접적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 중요하다. Live 시뮬레이션은 다른 시뮬레이션과는 달리 조종사에게 특수한 환경을 제공한다. Live 시뮬레이션 훈련 시, 조종사는 Cockpit이라는 제한된 공간에서 장시간 반복적이고 연속적인 상황인식 유지를 위한 행동을 수행함과 동시에 기압의 변화, 중력가속도 등과 같은 특수한 공중환경요소에 영향을 받게 된다. 이러한 공중환경은 특수한 작업 자세를 장시간 요구하며[9] 인지능력 및 신체능력 저하를 유발함에 따라 조종사에게 생리적, 심리적 압박을 제공하게 되고[5], 이러한 압박감이 계속될 경우, 스트레스로 작용하여 임무수행을 위해 필요한 판단력이나 상황인지능력 등에 영향을 미칠 수 있다. 특히, 최근 개발되는 항공기의 경우, 조종사의 신체적 한계를 뛰어넘는 고성능 기종이 대다수이기 때문에 비행환경으로부터 유발되는 조종사들의 신체적, 심리적 부담감은 더욱 증가하고 있다. 반면, Virtual 시뮬레이션은 지상에 위치하고 있고 실제 전투기와 같은 운동특성을 반영할 수 없어 공중 환경에서 수행되는 Live 시뮬레이션과는 달리 지상훈련환경에서 임무를 수행하게 된다. Live 시뮬레이션이 기본적으로 내포하고 있는 환경적 제한사항은 어느 정도 감안한다고 할지라도 현실감을 향상시키고 Virtual 시뮬레이션을 통해 실제와 같은 훈련효과를 이끌어내기 위해서는 각 체계가 갖고 있는 고유특성에 대해 파악하고 이러한 차이를 줄이는 방향에 대한 연구가 필요하다.

지금까지 Live-Virtual 시뮬레이션과 관련한 다양한 연구들이 수행되어 왔으나, 환경 차이에 따른 조종사의 심리에 영향을 미치는 유발요인 분석에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 기존 Live-Virtual 시뮬레이션에 대한 연구들은 실제 전투기에서 발생하는 물리적인 현상을 디스플레이 상에 시각적으로 가시화하거나 빠른 정보처리를 위해 인공지능 기술을 가미하는 등 전투기의 움직임을 표현하는 것을 중점으로 진행되어왔다[6, 12, 13]. 또한, 최근 Live-Virtual 시뮬레이션 훈련 시 발생하는 환경요소의 차이가 조종사의 심리에 영향을 미친다는 연구는 수행되었으나[7], 이를 보완하기 위한 방법에 대한 연구는 부족한 것으로 파악되었다. 조종사가 훈련 시에 받는 신체적, 심리적인 영향이 단순한 스트레스로 그치는 것이 아니라 비행착각과 같은 인지능력저하, 신체운동능력의 저하를 유발하는 주요한 요인임을 감안할 때[5], Live-Virtual 시뮬레이션 통합훈련체계 구축을 위해서는 동일 임무를 수행해야 하는 조종사에게 두 체계 간 상이한 환경적 요인에 의해 발생할 수 있는 심리적 영향을 어떻게 극복할 것인지에 대한 연구가 반드시 수행되어야 한다.

본 연구에서는 L-V-C 통합훈련환경 중에서도 Live-Virtual 시뮬레이션 연동에 초점을 두고 있으며, Live 시뮬레이션에서 발생하는 환경요소를 Virtual 시뮬레이션에 적용하였을 경우 조종사 심리에 어떤 영향을 미칠 것인지에 대해서 알아보고자 한다. 이를 위해 기존 연구와 설문조사를 바탕으로 조종사의 스트레스를 유발하는 요인으로 작용하고 있다고 판단되는 환경요소들을 도출하고, 이 환경요소들을 Virtual 시뮬레이션에 각각 적용할 때 나타나는 조종사의 심리적 상태 변화를 분석하였다. 심리적 상태변화에 대한 측정은 고고도 환경 노출에 따른 신체변화와 이로 인한 자각증상이 인체의 스트레스로 작용하여 스트레스 호르몬인 코르티솔 분비를 촉진시킨다는 기존 연구를 바탕으로[2], 타액을 통한 코르티솔 분석을 수행하였다.

2. 방법

2.1 실험참여자

본 연구는 전투비행단에서 근무하고 있는 기성조종사를 대상으로 실험 및 설문조사를 실시하였다. 공군의 기성조종사는 기종별로 일정시간의 시뮬레이터 비행훈련 및 항공생리훈련을 이수해야하기 때문에 다양한 시뮬레이션 환경에서의 조종사 스트레스에 대한 비교실험이 가능하였다. 실험 대상자는 기성조종사 40명을 대상으로 하였으며 나이는 만 30.5±4.5세, 평균 비행시간은 286시간(최고 : 800시간, 최저 : 40시간)으로 조사되었다.

2.2 실험계획

본 연구에서는 기존연구 및 실제 조종사 대상 설문조사 결과를 바탕으로 도출한 실제 Live 시뮬레이션의 중요한 환경요소인 중력가속도, 소음, 그리고 장비착용을 지상 Virtual 시뮬레이터를 탑승한 조종사에게 적용하였을 때 어떤 심리적 영향력을 미치는지 알아보기 위하여 독립적인 실험 및 설문조사로 진행하였다. 실험은 두 달간 진행되었으며 피실험자에게는 실험 전일 실험목표 및 절차에 대해 설명하고 수면상태에 따라 컨디션의 차이가 있을 수 있으므로 최소 7~8시간의 수면을 취하도록 하였다. 호르몬의 경우 오전~오후 일일변화가 크게 나타나는 경향이 있다는 기존연구를 바탕으로 모든 실험시간을 13시에서 17시로 제한하였다.

실험 장소는 중력가속도 실험의 경우 항공우주의료원에서 수행하였으며 소음, 장비착용에 관한 실험은 실제 전투비행단의 모의비행실에서 이루어졌다. 중력가속도 실험은 항공우주의료원에서 보유하고 있는 최신 모의비행 훈련장비인 ATFS-400(Authentic Tactical Flight Simulation)을 활용하여 진행되었다. <Figure 1>에 나타난 ATFS-400은 시뮬레이션 상에서 조종사가 수행하는 조작에 맞게 현실과 유사한 중력가속도 환경을 제공하는 시뮬레이션으로 Virtual 시뮬레이션 조작에 따라 중력가속도를 부여하였을 경우 조종사가 어떤 심리적 변화를 갖는지 여부를 살펴볼 수 있다. 소음 실험은 비행 중 조종석 내부의 소음수준은 기종마다 차이가 있지만 80~100dB 정도라는 기존 연구결과를 바탕으로[3], Virtual 시뮬레이션에서 기본적으로 제공하고 있는 전투기 조작 시 발생하는 소음을 80dB로 설정하여 부과하였다. 장비착용에 관한 실험은 대기압의 변화와 같은 고공환경으로 인해 착용해야만 하는 산소마스크, 헬멧, G-suit를 착용하고 일반적인 Virtual 시뮬레이션을 소음 없이 수행하도록 하였다. 설문조사는 기존 제작된 설문조사가 없는 관계로 직접 제작한 설문조사를 이용하였으며 실험 전 연령, 체중, 흡연/음주여부, 비행시간 등 피실험자의 개인적 차이를 파악하기 위한 용도로 활용되었다.



<Figure 1> ATFS-400

2.3 코르티솔 측정방법

코르티솔 측정은 Enzyme-linked immunoassay(EIA)를 이용하여 분석하였다. 타액 채취시기는 시뮬레이터를 20분 탑승하고 난 후 5분 뒤에 채취하였다. 이는 두려운 상황에서 스트레스에 노출되었을 때 25분 뒤 코르티솔 농도가 최고치에 도달했다는 기존 연구결과를 바탕으로[10] 설정한 결과이다. 타액은 흡수용 면봉을 혀 아래 침샘부분에 위치시켜 2분 정도 흡수하여 채취하였으며 면봉에 흡수된 타액을 원심 분리하여 -20℃에서 냉동보관 하였다. Salimetrics에서 제공한 절차를 따라 분석하였다.

2.4 통계 분석방법

수집된 데이터는 통계분석을 위해 SPSS 통계분석프로그램을 이용하였으며 유의수준은 0.05로 적용하였다. 실험 그룹 간 차이의 유무를 알기 위해 분산분석을 실시하였으며 Scheffe 검증을 실시하였다. 40명의 기성조종사를 대상으로 수집된 실험 데이터 중 채취한 조종사의 타액 부족, 타액 시료 오염등과 같은 원인으로 인해 분석이 불가능한 데이터는 분석 시 제외되었다. 또한, 실험 데이터는 각 요인별로 95% 신뢰구간을 벗어날 경우 이상치로 간주하여[1] 5% 이내로 제거되었다. 각 요인별로 분석이 불가능한 데이터 및 이상치를 살펴보면 중력가속도 실험 8개, 소음실험 23개, 장비실험 16개이다. 본 연구는 분석 불가능 데이터 및 이상치를 제외하고 유용한 데이터만을 가지고 분석을 수행하였다.

3. 결 과

본 연구는 실제 Live, Virtual 시뮬레이션 환경과의 차이를 알아보기 위해 중력가속도, 소음, 그리고 장비착용을 Virtual 시뮬레이션에 적용한 결과를 Kim et al.[7]에서 수행한 Live 시뮬레이션과 Virtual 시뮬레이션을 탑승하였을 때 조종사의 스트레스 차이를 분석한 연구결과와 비교 분석하였다. <Table 1>은 Kim et al.[7]에서 수행한 Live 시뮬레이션과 Virtual 시뮬레이션 간의 스트레스 측정 결과 및 본 연구의 중력가속도, 소음, 그리고 장비착용을 Virtual 시뮬레이션에 적용한 결과를 나타낸다. 기존 연구 결과, Live 시뮬레이션 시 조종사가 받는 스트레스가 Virtual 시뮬레이션에 비해 유의하게 높은 것으로 파악되었다. 또한, Virtual 시뮬레이션에 중력가속도를 추가한 경우 코르티솔의 양은 평균 6.944ng/ml(최고 : 10.653ng/ml, 최저 : 3.812ng/ml)로 나타났고, 소음을 추가한 경우의 코르티솔 양은 평균

4.529ng/ml(최고 : 6.088ng/ml, 최저 : 3.216ng/ml)으로 나타났으며, 장비를 착용하게 한 경우는 평균 5.695ng/ml(최고 : 7.996ng/ml, 최저 : 3.547ng/ml)으로 나타났다.

<Table 1> Cortisol Analyzed Result According to the Environment(ng/ml)

	Live	Virtual	G-force (G)	Noise (N)	Equipment (E)
Max	10.57	9.67	10.653	6.088	7.996
Min	1.40	1.88	3.812	3.216	3.547
M	5.58	4.50	6.944	4.529	5.695
SD	2.08	1.79	2.553	0.973	1.728

3.1 중력가속도

본 연구는 중력가속도를 추가한 Virtual 시뮬레이션이 기존 연구의 Live 시뮬레이션 및 Virtual 시뮬레이션에 대한 조종사 스트레스 정도와 유의미한 차이가 있는지 비교 분석하였다. <Table 2>는 분산분석 결과를 보여주는 것으로 세 그룹 간 유의미한 차이가 있음을 나타낸다. 그룹 간 스트레스 비교에 있어 최소한 한 쌍 이상에서 스트레스 차이를 보임에 따라 어느 그룹 간 차이를 보이는지 알아보기 위하여 <Table 3>과 같이 사후검정을 실시하였다. 사후검정 결과 중력가속도를 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Virtual 시뮬레이션과 유의미한 차이가 있었으나, Live 시뮬레이션과는 유의미한 차이가 없음을 알 수 있었다.

<Table 2> Analysis of Variance Result for G-Virtual, Live, and Virtual Group(ng/ml)

	Sum of Square	Level of Freedom	Mean Square	F value	Significance
Between Groups	127.53	2	13.77	21.91	0.00
Within Groups	253.24	87	2.91		

<Table 3> Post-Hoc Comparison Result for G-Virtual, Live, and Virtual Group(ng/ml)

	Mean Difference	Significance	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
Live-G-Virtual	-1.003	0.078	-2.093	-0.086
Virtual-G-Virtual	-2.866	0.000	-3.956	-1.777

3.2 소음

본 연구는 소음을 추가한 Virtual 시뮬레이션이 기존 연구의 Live 시뮬레이션 및 Virtual 시뮬레이션에 대한 조종사 스트레스 정도와 유의미한 차이가 있는지 비교 분석하였다. <Table 4>는 분산분석 결과를 보여주는 것으로 세 그룹 간 유의미한 차이가 있음을 나타낸다. 그룹 간 스트레스 비교에 있어 최소한 한 쌍 이상에서 스트레스 차이를 보임에 따라 어느 그룹 간 차이를 보이는지 알아보기 위하여 <Table 5>와 같이 사후검정을 실시하였다. 사후검정 결과 소음을 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Virtual 시뮬레이션과 유의미한 차이가 없었으나, Live 시뮬레이션과는 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었다.

<Table 4> Analysis of Variance Result for N-Virtual, Live, and Virtual Group(ng/ml)

	Sum of Square	Level of Freedom	Mean Square	F value	Significance
Between Groups	34.16	2	17.08	8.77	0.00
Within Groups	109.07	56	1.95		

<Table 5> Post-Hoc comparison result for N-Virtual, Live, and Virtual group(ng/ml)

	Mean Difference	Significance	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
Live-N-Virtual	1.492	0.020	0.199	2.785
Virtual-N-Virtual	-0.451	0.574	-1.523	0.621

3.3 장비착용

본 연구는 장비를 착용한 Virtual 시뮬레이션이 기존 연구의 Live 시뮬레이션 및 Virtual 시뮬레이션에 대한 조종사 스트레스 정도와 유의미한 차이가 있는지 비교 분석하였다. <Table 6>은 분산분석 결과를 보여주는 것으로 세 그룹 간 유의미한 차이가 있음을 나타낸다. 그룹 간 스트레스 비교에 있어 최소한 한 쌍 이상에서 스트레스 차이를 보임에 따라 어느 그룹 간 차이를 보이는지 알아보기 위하여 <Table 7>과 같이 사후검정을 실시하였다. 사후검정 결과 장비를 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Virtual 시뮬레이션과 유의미한 차이가 있었으나, Live 시뮬레이션과는 유의미한 차이가 없음을 알 수 있었다.

<Table 6> Analysis of Variance Result for E-Virtual, Live, and Virtual Group(ng/ml)

	Sum of Square	Level of Freedom	Mean Square	F value	Significance
Between Groups	58.31	2	29.16	11.71	0.00
Within Groups	196.67	79	2.49		

<Table 7> Post-Hoc Comparison Result for E-Virtual, Live, and Virtual Group(ng/ml)

	Mean Difference	Significance	95% Confidence Interval	
			Lower	Upper
Live-E-Virtual	0.246	0.853	-8.405	1.3321
Virtual-E-Virtual	-1.617	0.002	-2.704	-5.310

4. 토 의

본 연구에서는 L-V-C 통합훈련체계 구축을 위한 기본 연구로 Live-Virtual 시뮬레이션 연동에 초점을 두고 있으며, 두 체계 간 상이한 환경적인 요소가 임무를 수행하는 조종사에게 어떤 심리적 영향을 미치는지를 연구하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 기성조종사를 대상으로 기존에 수행된 Kim et al.[7]의 Live-Virtual 체계 간 스트레스와 중력가속도, 소음, 그리고 장비착용의 각 요소를 Virtual 시뮬레이션에 적용한 경우의 스트레스를 비교 분석 하였다. 실험은 코르티솔 호르몬을 통한 생화학적 분석과 피실험자의 상태 및 기본정보 확인을 위한 주관적 설문조사를 통해 수행되었다.

분석 결과, 중력가속도를 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Virtual 시뮬레이션과 유의미한 차이가 있었으나, Live 시뮬레이션과는 유의미한 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 조종사들이 중력가속도를 적용시킨 Virtual 시뮬레이션을 탑승했을 때, 일반 Virtual 시뮬레이션보다 유의하게 더 많은 스트레스를 받고 있음을 나타낸다. 따라서 중력가속도는 Live 시뮬레이션과 Virtual 시뮬레이션 간 조종사의 심리적 차이를 유발하는 중요한 요인으로 판단된다. 한편, 중력가속도를 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Live 시뮬레이션에 비해 차이가 유의하지 않았으나 스트레스가 높게 나타났다. 이는 실제로 같은 가속도 훈련에서 기성 조종사가 초급조종사보다 훈련 내성으로 인해 스트레스를 적게 받는다는 기존 연구결과로 미루어 볼 때[4], 조종

사들이 AFTS-400가 도입된 지 얼마 되지 않아 익숙하지 않고 AFTS-400이 빠른 속도로 운용되는 것을 직접 관찰하고 훈련에 참가하기 때문에, Live 시뮬레이션과 동일한 중력가속도가 동일한 시간 동안 적용된다고 할지라도 더 큰 부담감을 가지는 것으로 판단된다.

다음으로, 소음을 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Virtual 시뮬레이션과 유의미한 차이가 없었으나, Live 시뮬레이션과는 유의미한 차이가 있음을 알 수 있었다. 이는 조종사들이 소음을 적용시킨 Virtual 시뮬레이션을 탑승했을 때, 일반 Virtual 시뮬레이션과 차이가 없음을 나타낸다. 따라서 소음은 Live 시뮬레이션과 Virtual 시뮬레이션 간 조종사의 심리적 차이를 유발하는 중요한 요인이 아닌 것으로 판단된다.

마지막으로, 장비를 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Virtual 시뮬레이션과 유의미한 차이가 있었으나, Live 시뮬레이션과는 유의미한 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 조종사들이 장비를 적용시킨 Virtual 시뮬레이션을 탑승했을 때, 일반 Virtual 시뮬레이션보다 유의하게 더 많은 스트레스를 받고 있음을 나타낸다. 따라서 장비착용은 중력가속도와 마찬가지로 Live 시뮬레이션과 Virtual 시뮬레이션 간 조종사의 심리적 차이를 유발하는 중요한 요인으로 판단된다. 한편, 장비를 적용한 Virtual 시뮬레이션은 Live 시뮬레이션에 비해 차이가 유의하지 않았으나 스트레스가 높게 나타났다. 이 역시도 중력가속도를 적용했을 때와 마찬가지로 평상시 Virtual 시뮬레이션을 탑승했던 환경과 달리 장비를 착용한 채로 Virtual 시뮬레이션을 탑승하는 것이 익숙하지 않아 조종사들이 더 많은 스트레스를 받은 것으로 판단된다.

종합적으로 분석해볼 때, Live 시뮬레이션과 Virtual 시뮬레이션 간에는 중력 가속도, 장비착용과 같은 환경적 요소의 차이로 인해 유발되는 심리적 차이가 존재하며, 그 차이는 조종사의 심리적 차이를 유발하는 요인을 도출하고 적용해봄으로써 극복될 수 있다는 유의미한 결과를 도출하였다. 실제 조종사를 대상으로 하는 실험이기에 실험에 제약이 많아 다양한 요소를 도출하고 적용하지 못한 실험적 한계는 존재하지만 본 연구의 분석결과는 실질적 L-V-C 통합훈련환경 구축, Virtual 시뮬레이터 개발방향 설정, 조종사 안전교육 등 다양한 영역에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

This study has been supported by the Agency for Defense Development (ADD), Korea with contract number UD120060JD.

References

- [1] Barnett, V. and Lewis, T., *Outliers in statistical data*, 1st ed., Chichester, UK : John Wiley and Sons, 1994.
- [2] Beidleman, B.A., Staab, J.E., and Glickman, E.L., *The Endocrine System in Sports and Exercise : Chapter 30. Neurohumoral responses and adaptations during rest and exercise at altitude*, 1st ed., Oxford, UK : Blackwell, 2005, pp. 444-465.
- [3] James, M.S., Defining the cockpit noise hazard, aircrew hearing damage risk and the benefits active noise reduction headsets can provide, *In proceedings of the NATO Research and Technology Organization-Human Factors and Medicine*, 2005, Vol. 111, pp. 87-110.
- [4] Jeon, E.Y., Chun, B.C., Seo, J.M., and Kim, I.S., Cortisol index comparison as stress reaction indicator before · after Human centrifuge training and Altitude Chamber, *Journal of the Aerospace Medical Center of ROKAF*, 2010, Vol. 57, No. 2, pp. 43-56.
- [5] Kim, D.H., A Measurement of Safety Management Considering Physical and Mental Characteristic for Pilots, *In proceedings of the Ergonomics Society of Korea fall conference*, 2009, pp. 324-330.
- [6] Kim, H.C., Kim, K.S., No, J.C., and Yoon, S.J., The Design of MAV(Micro Air Vehible) Flight Simulator, *In proceedings of the Korea Society for Simulation spring conference*, 2003, pp. 49-54.
- [7] Kim, J.J., Lim, Y.C., Seol, H.J., Jee, C.K., and Hong, Y.S., A Study of Psychological Effect of Pilots Depending on the Different Environment between Actual and Simulated Flight, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 2014, Vol. 33, No. 3, pp. 203-214.
- [8] Kim, S.Y., Ahn, J.H., Sung, C.H., and Kim, T.G., A research on the Interoperation of Virtual-Constructive Simulation, *In proceedings of the Korea Institute of Military Science and Technology conference*, 2010, pp. 468-471.
- [9] Lee, S.D. and Woo, D.P., A biomechanical study on the analysis of muscular fatigue of workers during manual materials handling tasks, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, 1999, Vol. 4, No. 2, pp. 61-69.
- [10] Lopez-Duran, N.L., Hajal, N.J., Olson, S.L., and Felt, B.T., Individual differences in cortisol responses to fear and frustration in middle childhood, *Journal of the Experimental Child Psychology*, 2009, Vol. 103, No. 3, pp. 285-295.
- [11] Park, M.H., Yoo, S.H., Seol, S.J., Kim, C.Y., and Hong, Y.S., Live-Virtual Simulator System : To Impose Restrictions on a Maneuverability of a Simulated Aircraft Due to Pilot's G-force, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2014, Vol. 37, No. 4, pp. 212-217.
- [12] Randolph, M.J., John, E.L., Paul, E.N., Karen, J.C., Patrick, G.K., and Frank V.K., Automated Intelligent Pilots for Combat Flight Simulation, *Journal of the AI Magazine*, 1999, Vol. 20, No. 1, pp. 27-41.
- [13] Yu, K.Y., Song, C.W., Chung, K.Y., and Kim, S.H., Flight Simulation based on Blackout and Redout, *In proceedings of the Korea Contents Association spring conference*, 2009, pp. 953-957.

ORCID

- Jinju Kim | <http://orcid.org/0000-0003-1647-123X>
- Sungho Kim | <http://orcid.org/0000-0002-8956-2020>
- Hyeonju Seol | <http://orcid.org/0000-0001-6953-9766>
- Cheolkyu Jee | <http://orcid.org/0000-0001-5597-1179>
- Youngseok Hong | <http://orcid.org/0000-0002-1361-2255>