

戦略的国際科学技術協力推進事業
日本－フランス研究交流
研究課題「超臨場 VR 体験環境」

研究終了報告書

研究交流期間 平成20年2月～平成23年3月

研究代表者：廣瀬 通孝 (印)
(東京大学大学院情報理工学系研究科、教授)

1. 研究・交流の目的

本研究交流プロジェクトは、2004年から2006年にかけてバーチャルリアリティ（VR）に関して実施されたSTIC フランス・アジアプロジェクトを通じて生まれた日仏の関係を活かしたチーム構成を基本とし、さらに発展させたものである。

本研究では、先行プロジェクトの成果を踏まえ、より高い品質を備えたVR環境を実現すること、すなわち、バーチャルな体験の質を向上させるための改良手法を、共同研究を通じて開発することを目的としている。具体的には、体験者と仮想物体、仮想物体同士の振る舞いを効率的にプログラムするための手法、それを場合によっては強調して、より印象的にディスプレイする手法、また、世界を直観的に表示するためのドローイングなどの表現手法、その世界を五感などを用いてより自由にインタラクションするための手法などについて開発を行う。

前回のテーマがいわば写実的な「高」臨場VR環境の実現であるのに対し、今回はある種のデフォルメを加えてさらに高度な「超」臨場VR環境を構築するための技術研究がテーマとなる。本研究の結果は、ゲームやエンターテインメント、教育などの分野にとどまらず、今後、非常に重要となるデータの可視化などの目的のための基盤技術として利用されるなどの社会波及効果はきわめて大きいと考えられる。

2. 研究・交流の方法

本研究プロジェクトにおける研究項目は以下の3点である。

- (1) 仮想世界での仮想物体の知的な動作手法の開発
- (2) 仮想世界でのノン・フォトリアリスティック・レンダリング手法の開発
- (3) 仮想世界とのインタラクション手法の開発

以下に、上記項目の研究手法、また研究を進めるための交流計画を述べる。

研究統括・支援(廣瀬、CODOGNET、稲見、BECHMANN、VILLARD)

研究統括・支援メンバーは、本研究プロジェクトが円滑に進むように統括を行い、日本で2回、フランスで2回の計4回、ジョイントワークショップの企画・開催を行う。また、研究者同士の交流を介して、双方の研究の融合、交流において中心的な役割を果たしうる研究者の育成、研究交流の持続的発展を目指す。

研究項目1(佐藤、CODOGNET、北村、CHRISTIE、DONIKIAN、LAMARCHE、PETTRE)

研究項目1「仮想世界での仮想物体の知的な動作手法の開発」では、VR空間内のVR物体のインテリジェントな動作の改善を検討する。日本側では、VR物体のデフォルメシミュレーションを行う。フランス側では、いわゆるマルチエージェントアーキテクチャに関する研究を行う。特に、より複雑な行動の集合について、複数のエージェントを自立的に行動させるための基本フレームワークの開発を行う。

研究項目2(五十嵐、西村、GROSJEAN、VEIT、BARLA、VERGNE)

研究項目2「仮想世界でのノンフォトリアリスティックレンダリング手法の開発」では、VR空間のためのノンフォトリアリスティックレンダリング手法の開発を行う。日本側では、手書きスケッチを用いたノンフォトリアリスティックレンダリングや不可視データの可視化を通して、新しいリアリティを可能にするレンダリング手法を追求する。フランス側では、ひとつは、アーティストが行っているような物質の属性や機能性を分かりやすく表現するようなイメージを作ることで、仮想世界でのビジュアルコミュニケーションをより豊かにする手法について研究する。

研究項目3 (稲見、池井、谷川、BAEGERT、CAPOBIANCO、GUITTON、HACHET、LECUYER、SRENG)

研究項目 3「仮想世界とのインタラクション手法の開発」では、VR 空間でのインタラクション手法の開発を行う。日本側では、より高い臨場感を与えうる新しいインタラクションデバイスとして再帰性反射剤や触覚や写真を利用した提示手法の研究をおこなう。フランス側では、バーチャル環境との三次元インタラクションを、複数の感覚モダリティを用いる事で、より豊かなものにする事を研究する。

交流計画

- 2008年 ・第1回ジョイントワークショップを開催、意見交換・議論を実施
2009年 ・第2回ジョイントワークショップを開催、意見交換・議論を実施
 ・第3回ジョイントワークショップを開催、意見交換・議論を実施
2010年 ・第4回ジョイントワークショップを開催、意見交換・議論を実施

その他、各年度において、日本側研究者、学生がフランス側研究室を1～2週間訪問・滞在し、研究者交流を実施する。また、フランス側研究者が1～2週間、学生が1～2か月程度、日本側の研究室を訪問・滞在し、研究者交流を実施する。その他、必要に応じて、ネットミーティングなどを活用し、研究者同士の交流を実施する。

3. 研究・交流実施体制

3. 1 日本側

氏名	所属	役職	学位	役割
(リーダー) 廣瀬 通孝	東京大学大学院情報理工学系 研究科	教授	工学博士	全体の統括 研究統括・支援
(研究者) 稲見 昌彦	慶應義塾大学大学院メディア デザイン研究科	教授	博士	研究統括・支援 研究項目 3
コドニエ, フィ リップ	東京大学情報基盤センター	客員研究員	博士	研究統括・支援 研究項目 1
佐藤 誠	東京工業大学精密工学研究所	教授	博士	研究項目 1
五十嵐 健夫	東京大学大学院情報理工学系 研究科	准教授	博士	研究項目 2
池井 寧	首都大学東京 システムデザ イン学科	教授	博士	研究項目 3
北村 喜文	東北大学大学院情報科学研究 科	教授	博士	研究項目 1
谷川 智洋	東京大学大学院情報理工学系 研究科	講師	博士	研究項目 3
西村 邦裕	東京大学大学院情報理工学系 研究科	助教	博士	研究項目 2
鳴海 拓志	東京大学大学院工学系研究科	博士課程	修士	研究項目 3
徳田 雄嵩	東京大学大学院工学系研究科	博士課程	修士	研究項目 1
佐藤 宗彦	東京大学大学院工学系研究科	博士課程	修士	研究項目 1
鈴木 隆志	東京大学大学院情報学環	修士課程	学士	研究項目 1
小野 将之	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 3

林 織部	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 2
土山 裕介	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 1
西坂 信哉	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 1
笠田 和宏	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 2
梶波 崇	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 3
木村 健太郎	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 3
竹内 俊貴	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 2
山崎 充彦	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 2
鳥越 祐輔	東京大学大学院情報理工学系 研究科	修士課程	学士	研究項目 2
伴 祐樹	東京大学工学部	学部		研究項目 3
三枝 知史	大阪大学大学院情報科学研究 科	修士課程	学士	研究項目 1
戎 容	大阪大学大学院情報科学研究 科	修士課程	学士	研究項目 1
飛澤 健太	東北大学大学院情報科学研究 科	修士課程	学士	研究項目 1
佐藤 歩夢	東北大学大学院情報科学研究 科	修士課程	学士	研究項目 1
カースム, オザ ジャル	東北大学大学院情報科学研究 科	修士課程	学士	研究項目 1
ジャン, リカル ド・フォン ハウ グヴィッツ	東北大学大学院情報科学研究 科	修士課程	学士	研究項目 1
浦野 雅弘	首都大学東京システムデザイ ン研究科	修士課程	学士	研究項目 3
川守田 光昭	東北大学工学部	学部		研究項目 1
西村 加南子	首都大学東京大学院システム デザイン研究科	修士課程	学士	研究項目 3
山口 智之	首都大学東京大学院システム デザイン研究科	修士課程	学士	研究項目 3

3. 2 相手国側

氏名	所属	役職	学位	役割
(リーダ) D. BECHMANN	LSIIT, UMR 7005 CNRS-ULP	Professor	PhD	研究統括

C. VILLARD	LSIIT, UMR 7005 CNRS-ULP	Assist. prof	PhD	研究統括
(研究者) C. BAEGERT	LSIIT, UMR 7005 CNRS-ULP	Student	MSc	研究項目 3
A. CAPOBIANCO	LSIIT, UMR 7005 CNRS-ULP	Assist. prof	PhD	研究項目 3
J. GROSJEAN	LSIIT, UMR 7005 CNRS-ULP	Assist. prof	PhD	研究項目 2
M. VEIT	LSIIT, UMR 7005 CNRS-ULP	Assist. prof	PhD	研究項目 2
P. BARLA	LaBRI, CNRS UMR 5800	Researcher	PhD	研究項目 2
P. GUITTON	LaBRI, CNRS UMR 5800	Professor	PhD	研究項目 3
M. HACHET	LaBRI, CNRS UMR 5800	Researcher	PhD	研究項目 3
R. VERGNE	LaBRI, CNRS UMR 5800	Student	MSc	研究項目 2
M. CHRISTIE	IRISA, CNRS UMR 6074	Researcher	PhD	研究項目 1
S. DONIKIAN	IRISA, CNRS UMR 6074	Researcher	PhD	研究項目 1
F. LAMARCHE	IRISA, CNRS UMR 6074	Assist. prof	PhD	研究項目 1
A. LECUYER	IRISA, CNRS UMR 6074	Researcher	PhD	研究項目 3
J. PETTRE	IRISA, CNRS UMR 6074	Researcher	PhD	研究項目 1
J. SRENG	IRISA, CNRS UMR 6074	Student	MSc	研究項目 3
T. Duval	IRISA, CNRS UMR 6074	Researcher	PhD	研究項目 3
L. Hoyet	IRISA, CNRS UMR 6074	Ph.D Student	MSc	研究項目 3
L. Terziman	IRISA, CNRS UMR 6074	Ph.D Student	MSc	研究項目 3
G. Assayag	IRCAM	Researcher	PhD	研究項目 3
X. Granier	IPARLA / INRIA Bordeaux Sud-ouest - University of Bordeaux	Researcher	PhD	研究項目 2

4. 研究成果

4. 1 研究成果の自己評価

- 計画以上の成果がでた 計画通りの成果がでた
 計画とは異なるが有益な成果がでた 計画ほどの成果はでなかった
 いずれでもない

4. 2 研究成果の自己評価の根拠

- ・研究統括に関しては、ジョイントワークショップの企画・開催によって研究が進展したことに加え、日仏のバーチャルリアリティ学会の交流によって研究成果の相互発信、研究交流の持続的発展に向けた長期的な取り組みが開始されたことに大きな意義がある。2010年度、日本側の代表者廣瀬通孝が日本バーチャルリアリティ学会の会長、フランス側の共同研究者 P. GUITTON 氏がフランスバーチャルリアリティ学会の会長となった。そのため、本グループが中心となり、2010年9月日本にて、2010年12月フランスにて、両国のバーチャルリアリティ学会での共同セッションが生まれ、今後の両国の当該領域の発展につながる仕組みの議論を行えた。バーチャルリアリティに国内の学会があるのは国

際的に見ても日仏の2カ国だけであり、この2カ国が共同することで今後の研究交流の波及が期待できる。共同セッションの詳細については4.3に示す。

- 研究項目1に関して、2008年にレンヌIRISAから来日した博士課程の学生Jean Srengと、廣瀬通孝・谷川智洋を中心とした東京大学の研究グループは、3次元バーチャルリアリティ空間内での物体の操作について、接触などのVR物体の状態を視覚、触覚、聴覚という複数の五感情報を組み合わせたシミュレーションによって効果的に表現し、高い操作性を実現する新手法の研究を開始した。
- 研究項目1に関して、2009年にストラスブール・LSIITから来日した博士課程の学生Thomas Jundと、廣瀬通孝を中心とした東京大学の研究グループは、バーチャルリアリティ世界での触覚表現のためのオブジェクト動作の高速な計算手法について共同研究を開始した。
- 研究項目2に関しては、2008年より、北村喜文らを中心とした大阪大学の研究グループと、Anatole Lecuyer らを中心としたIRISAの研究グループは、立体視の作業空間を用いたバーチャルリアリティ空間での共同作業に関する共同研究を始め、2010年にバーチャルリアリティの国際学会であるICAT2010にて研究成果を公表した。[1]
- 研究項目2に関して、2008年より、廣瀬通孝・西村邦裕を中心とした東京大学の研究グループと、Anatole Lecuyer らを中心としたIRISAの研究グループは、ノンフォトリアリスティックな触覚レンダリング手法であるPsuedo-hapticsに関する共同研究を始めた。錯覚を利用した感覚情報提示は日仏を中心として開拓された次世代インタフェース技術であり、東京大学とIRISAはそうしたインタフェース研究の世界的な拠点となっている。
- 研究項目3に関して、2008年に来日した博士課程の学生Fabien Lotteと、廣瀬通孝を中心とした東京大学の研究グループは、脳波を利用したインタフェースBCI (Brain Computer Interface)について共同研究を開始した。この研究はバーチャルリアリティ環境にBCIを導入するという新分野を切り拓くものとして評価されており、その成果は論文化および国際学会で発表された。[2、3]
- 研究項目3に関して、2009年日にボルドー・LaBRIから来日した博士課程の学生Sebastian Knödelと、廣瀬通孝・谷川智洋を中心とした東京大学の研究グループは、没入環境下での選択インタフェースなど、バーチャルリアリティ空間におけるインタラクション手法に関して共同研究を開始した。
- 研究項目3に関して、2009年に来日したSebastien Hillaire氏、Leo Terziman氏と、稲見昌彦を中心とした研究グループは、バーチャルリアリティ空間を歩く際に歩行と映像をどう同期させるか、といった認知と人間の行動の関係、インタラクション手法について共同研究を開始した。

4. 3 研究成果の補足

- 4. 2で参照した論文発表は以下である。
 - [1]S. Mieda, T. Yamaguchi, K. Takashima, A. Lecuyer, Y. Kitamura, “Comparison of Co-located and Remote Collaborative Work using a Stereoscopic Image on Path Steering Task”, International Conference on Artificial Tele-existence (ICAT), 2010.
 - [2]A. Lécuyer, F. Lotte, R. Reilly, R. Leeb, M. Hirose, M. Slater, “Brain-Computer Interfaces, Virtual Reality and Videogames”, IEEE Computer, vol. 41, no. 10, pp. 66-72, 2008.
 - [3]F. Lotte, J. Fujisawa, H. Touyama, R. Ito, M. Hirose, A. Lécuyer, “Towards Ambulatory Brain-Computer Interfaces: A Pilot Study with P300 Signals”, 5th Advances in Computer Entertainment Technology Conference (ACE), pp. 336-339, 2009.
- 本グループが中心となり、第15回日本バーチャルリアリティ学会大会のオーガナイズドセッションが企画され、フランスバーチャルリアリティ学会・日本バーチャルリアリティ学会共同セッションが開かれた。またAFRV2010では、本グループが中心となりフランスの研究者向けに日本のバーチャルリアリティ研究を紹介するセッションが企画され、

日本バーチャルリアリティ学会・フランスバーチャルリアリティ学会共同セッションが開かれた。以下にセッションの詳細を示す。

- 日本バーチャルリアリティ学会における共同セッション
2B2:0S フランスバーチャルリアリティ学会・日本バーチャルリアリティ学会共同セッション 9月16日 AM (11:15-13:00)
会場：金沢工科大学 8号館 304 (Room2)
企画：JST 日仏共同研究プロジェクト「超臨場 VR 体験環境」
座長：廣瀬通孝（東京大学）

- 2B2-1 招待講演：JST 日仏共同研究プロジェクト「超臨場 VR 体験環境」と本セッションの意義 ○廣瀬通孝（東京大学）
- 2B2-2 招待講演：フランスバーチャルリアリティ学会 (AFRV) の紹介
○Guillaume Moreau (Ecole Centrale de Nantes)
- 2B2-3 招待講演：日仏のこれまでの VR に関する交流
○Philippe Codognet (CNRS/東京大学)
- 2B2-4 招待講演：日仏共同研究の事例紹介 (1) ○池井寧（首都大学東京）
- 2B2-5 招待講演：日仏共同研究の事例紹介 (2) ○北村喜文（東北大学）
- 2B2-6 招待講演：日仏共同研究の事例紹介 (3) ○西村邦裕（東京大学）
- 2B2-7 招待講演：日仏共同研究の事例紹介 (4) ○稲見昌彦（慶應大学）
- 2B2-8 招待講演：VR における日仏協力の今後について
○佐藤誠（東京工業大学）

本セッションには約 70 名が参加した。
プログラム詳細は下記ホームページに記載されている。
<http://www.vrsj.org/ac/2010/pub/program.php#2B2>

○フランスバーチャルリアリティ学会における共同セッション

2010/12/06
17h05 - 17h35 Conférencier invité : VRSJ : l'association japonaise de réalité virtuelle
- Chair : Guillaume Moreau

本セッションには約 150 名が参加した。
プログラム詳細は下記ホームページに記載されている。
<http://afrv2010.limsi.fr/spip.php?rubrique3>

5. 交流成果

5.1 交流成果の自己評価

- 計画以上の交流成果がでた 計画通りの交流成果がでた
- 計画ほどの交流が行われなかったが成果はでた
- 計画ほど交流成果がでなかった
- いずれでもない

5. 2 交流成果の自己評価の根拠

- ・計4回のジョイントワークショップ（※）と、それに付随して関連する研究者の研究施設見学を行った。これらを通じて、互いの研究内容に対する理解を深めると同時に、共同研究の進捗、コラボレーションの方法などが議論され、盛んな研究交流が行なわれた。
 - ※ 第1回 2008年 6月 3日～ 5日 東京大学（日本・東京） 参加者約30名
 - 第2回 2009年 3月 8日～12日 レンヌおよびストラスブール（フランス） 参加者約30名
 - 第3回 2010年12月 2日～ 5日 LaBRI（フランス・ボルドー） 参加者約30名
 - 第4回 2010年11月26日～27日 東北大学（日本・仙台） 参加者約30名
- ・日本からフランスへ1名（永谷直久）、フランスから日本へ7名（Jean Sreng、Fabien Lotte、Sebastien Hillaire、Leo Terziman、Anatole Lecuyer、Thomas Jund、Sebastian Knodel）が1ヶ月以上研究滞在した。その他、多数の研究者が1～2週間程度の研究滞在をおこない、研究について意見交換する等、日仏の研究交流につながる人材育成がおこなわれた。
- ・現在、フランス側（IRISA）から東北大学への研究滞りが計画されている。また、JSPSの制度を利用したフランス側研究者（LSIIT）の東京大学への研究滞りの申請が行われるなど、本研究終了後も人的交流が持続的に行われる。
- ・国際学会におけるChairを日仏で共同して行うケースが増加し、日仏による当該分野における国際的プレゼンスがあがってきている。この具体例については5.3に示す。
- ・本研究終了後も、本研究グループの研究者を中心として、国際学会の企画や、東大フォーラム2011（2011年10月パリ・リヨンにて開催）でのワークショップの開催が予定されており、日仏間の強力な連携体制が築かれ、本研究終了後も研究交流が持続的に発展すると考えられる。東大フォーラムワークショップの詳細については5.3に示す。

5. 3 交流成果の補足

- ・国際学会におけるChairを共同して行った一例として、Joint Virtual Reality Conference EGVE-ICAT-EURO VR、2009（JVRC2009）があげられる。JVRC2009では、本プロジェクトメンバーからChairに7名が入り、学会の中心となって当該領域を交際的に盛り上げた。以下にJVRC2009における、本プロジェクトメンバーの役割を示す。
 - Conference Co-Chairs: Yoshifumi Kitamura (Osaka University, Japan)
 - International Program Committee co-Chairs: Michitaka Hirose, Kunihiro Nishimura (University of Tokyo, Japan)
 - Posters co-Chairs: Martin Hachet (INRIA Bordeaux - Sud-Ouest, France), Yasushi Ikei (Tokyo Metropolitan University, Japan)
 - Lab. Presentations co-Chairs: Masahiko Inami (Keio University, Japan), Anatole Lécuyer (INRIA Rennes - Bretagne Atlantique, France)詳細についてはJVRC2009ホームページに記載されている。
<http://jvrc09.inrialpes.fr/index.php/Organization/organization-committee.html>
- ・2011年10月に東京大学が全学的イベントとして「東大フォーラム2011」をパリおよびリヨンにて開催する。東京大学の大学院情報理工学系研究科のイベントとして、バーチャルリアリティに関して日仏の研究者が研究交流・共同研究の議論を行うワークショップを開催予定である。当該ワークショップは本プロジェクトメンバーが中心であり、本プロジェクトがあったからこそ実現できると言える。ワークショップの開催は10月18日、会場はIRCAM（フランス国立音響音楽研究所）とし、本研究交流プログラムのメンバーが中心となり、最新VR技術、特に五感技術やインタラク

ション方法について研究所でのデモンストレーションも合わせて議論を行う予定である。

6. 主な論文発表・特許出願

論文 or 特許	<ul style="list-style-type: none"> ・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、出願番号、出願人、発明者等 	特記 事項
論文	A. Lécuyer, F. Lotte, R. Reilly, R. Leeb, M. Hirose, M. Slater: "Brain-Computer Interfaces, Virtual Reality and Videogames," IEEE Computer, vol. 41, no. 10, pp. 66-72, 2008.	
国際 学会	F. Lotte, J. Fujisawa, H. Touyama, R. Ito, M. Hirose, A. Lécuyer, "Towards Ambulatory Brain-Computer Interfaces: A Pilot Study with P300 Signals", 5th Advances in Computer Entertainment Technology Conference (ACE), pp. 336-339, 2009.	
国際 学会	S. Mieda, T. Yamaguchi, K. Takashima, A Lecuyer, Y. Kitamura, "Comparison of Co-located and Remote Collaborative Work using a Stereoscopic Image on Path Steering Task", International Conference on Artificial Tele-existence (ICAT), 2010.	