

論文審査の要旨及び担当者

No.1

報告番号	甲 乙 第 号	氏 名	工藤 紀篤
論文審査担当者	主 査	政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授 村井 純
	副 査	政策・メディア研究科委員長	兼環境情報学部教授 徳田 英幸
		政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授 中村 修
		メディアデザイン研究科教授	大川 恵子
学力確認担当者：			
(論文審査の要旨)			
<p>工藤紀篤君が提出した学位請求論文は、「サイバー空間と実空間を統合した実時間イベントアーキテクチャの構築」と題し、全7章からなる。本研究では、実時間イベントが進行する実空間とインターネット上で展開するサイバー空間を統合するためのアーキテクチャ「CPARSE」を提案した。提案したアーキテクチャを用いて、サイバー空間上の参加者が時間を共有し実空間と同期して参加する新たな実時間イベントを実現した。サイバー空間と実空間での実時間イベントを体系的に構成した本アーキテクチャにより、実空間の会場におけるイベントのサイバー空間への拡張、サイバー空間で企画されたイベントによる実空間会場への還元、また両者の融合による複数実空間とサイバー空間の統合された実時間イベントの実施が可能となった。本研究では、多数の実証実験を行いその有用性を示している。</p> <p>序論と第2章では、本研究の背景と目的、そして、実時間イベントへのサイバー空間からの参加の既存研究とその課題の分析を述べている。</p> <p>インターネットの広帯域化や実空間情報のサイバー空間での共有により、複数実空間に分散する参加者による実時間イベントが可能となり、多くの試みがおこなわれている。SFCなどの大学環境でも数多くの教育研究プロジェクトや式典、イベント等が、様々な場所、規模や目的にあわせてシステムが構築され活用されてきた。しかし、その多くは特定の要素技術や、環境を構築したオペレータ個人の経験に基づいており、持続性、安定性、再現性に課題があった。そのため近年のモバイル環境におけるブロードバンド化や小型高性能端末の普及等、技術の継続的な進化による環境の著しい変化に持続的に対応するための課題が頻繁に生じた。また特定の個人の経験や能力への依存は、高品質なコミュニケーション環境とそのオペレーションを実現できる反面、オペレーションの自動化の遅れや、再現性の欠如、拡張性の低さ等の課題を生んできた。</p> <p>サイバー空間での実時間イベントへの参加は、実空間での参加と比較し、相対的に共有可能な情報量が少ない。また、実空間でのコミュニケーションと比較しコミュニケーション上の制約が多く、サイバー空間からの参加者には画質や音質等多くの不満が残る。特に片方向メディアを用いた参加の場合には、時間を共有しているにも関わらずインタラクティブにコミュニケーションに参加できず、実時間イベントの利点を損ねている。また双方向の場合でも実空間とサイバー空間に分散する参加者を横断する一体感の形成が困難であり、例えば、複数の実空間やサイバー空間にまたがる小グループでのディスカッションは実現が困難である。</p>			

第3章では、CPARSEの実時間イベントアーキテクチャを提案し、実時間イベントの体系化を提案した。CPARSEでは、参加者の空間として、ローカルスペース、プライマリスペース、リエゾンスペース、オートノマススペースの4つのスペースを定義した。また、参加者間のコミュニケーションと、実時間イベントのオペレーションを定義するオペレーションメタスペースを制御のためのスペースとして定義した。

ローカルスペースでは複数人が同一実空間からイベントに参加する際のローカルコミュニケーションが記述され、プライマリスペース、リエゾンスペース、オートノマススペースではサイバー空間における参加者間のコミュニケーションを記述する。CPARSEでは広義に定義されていた多様なメディアを、「メディアエレメント」の集合として再定義した。このことにより、各スペースにおいて単一または複数のメディアエレメントを用いる参加者の参加形態に応じたコミュニケーションメディアの実態を示すための適切なメディアの記述が可能となった。

プライマリスペースは、授業や演奏会等の実時間イベントの目的となるコミュニケーション空間を記述する。リエゾンスペースは、参加者間のコミュニケーション支援に用いられ、プライマリスペースに干渉しない独自の情報共有空間の記述を行う。リエゾンスペースのメディアは、同時に参加する参加者間のコミュニティが、「セマンティクスグループ」として記述され、オペレーションに必要なイベントの進行や参加者の状態把握のためのメディアとしても活用される。

オートノマススペースは参加者により自律的におこなわれる独立したコミュニケーションを記述するためのスペースである。オペレーションメタスペースでは、AV機器やテレビ会議システム等の多様なデバイスやサービスを、サイバーフィジカルシステムとしてモデル化し、他のスペースにおけるメディアエレメントを整理して記述するためのスペースである。また複数実空間に分散するオペレータを「コントローラ」として抽象化し、その機能を定義した。

第4章では、ローカルスペースの演奏会場で行われたクラシックコンサートサイバー空間へ拡張する実証実験について述べている。プライマリスペースでは3DやHD解像度映像、また高品質音声を利用し、カメラワークやミキシングでは放送品質の制作による複数のメディアエレメントを用いて、パブリックビューイング、自宅、モバイル等多様な参加環境からのイベント参加を高品質に実現した。パブリックビューイングでは高品質なプライマリスペースのメディアエレメントと、ローカルスペース以外の他の参加者間のローカルコミュニケーションによる場の共有が実現した。自宅やモバイル環境ではプライマリスペースだけでなくリエゾンスペースを用いたコミュニケーションを重視した。大掃除、帰省、年末恒例のテレビ番組等の大晦日の日常生活を過ごすバラエティに富んだセマンティクスグループに属す参加者は、リエゾンスペースで感想やコメントの共有、演奏についての議論をおこなった。また、リエゾンスペースのメディアエレメントにソーシャルメディアの一部を用いたことで、イベント参加者の友人や知人等が新たにイベントに流入し、参加者数が大幅に増加し実空間の会場の収容人数を大きく超える聴衆がこの演奏会に参加した。こ

うしたコミュニケーションは実空間の演奏会場では不可能である。またパブリックビューイングも演奏会場とは異なる体験である。参加者はそれぞれの参加形態で異なる体験をしながら一つの演奏会を楽しむ新たな実時間イベントが成立した。これは、スマートテレビ等の次世代メディアの礎を実証し先導する成果といえる。

第5章では、サイバー空間でのコミュニケーションを前提とした実時間イベントとして、学校行事への遠隔参加における実証実験について述べている。これは東日本大震災により実空間の式典会場への参加者集合が困難なため中止された慶應義塾大学の卒業式の代替イベントをサイバー空間において実現した取り組みである。実空間で実現不可能な卒業式の代替イベントをプライマリスペースの片方向映像音声メディアエレメントによる大規模配信と、リエゾンスペースにおける双方向文字列メディアエレメントによりを実現した。卒業生や教職員といったセマンティクスグループだけでなく、OBや在校生、他大学の学生の参加等本来の卒業式以上にサイバー空間上での広がりを見せた。リエゾンスペースでは、多数の参加者間で祝福メッセージや卒業生を中心とした写真やコメントの共有が式典に並行して行われ、通常の卒業式とは異なるコミュニケーションが発生した。オートノマススペースでは、一部卒業生による非公式パブリックビューイングやTwitter ハッシュタグのまとめサイト等が発生しその一部がリエゾンスペースに還元された。本実証実験は、情報社会時代の災害時におけるイベントとして安全・安心社会への強力な提言となった。

第6章では、SFCにおける遠隔授業環境の変遷について述べている。本研究では実証実験によるインクリメンタルな開発とその評価により本アーキテクチャの正当性を実証してきた。本論文におけるアーキテクチャを用いて実時間イベントを整理することにより、過去に実践されてきた遠隔授業の評価、課題の抽出とその解決方法を議論することが可能となった。日常的に多地点を接続して遠隔授業を行う大学間連携の実証実験では、オペレーションコストの高さという課題に対して複数教室に分散するオペレータを遠隔操作と自動化により削減して、少数もしくは単一のオペレータによる遠隔授業のオペレーションを実現した。これは、遠隔授業環境を基盤とした持続的で安定した大学間連携による教育プログラムの実現に繋がった。

第6章で述べた成果は文部科学省の2006年度「先導的ITスペシャリスト人材育成推進プログラム」においてSFCが中心となり早稲田大学、中央大学、情報セキュリティ大学院大学、慶應義塾大学（政策・メディア研究科、理工学研究科）やNTT、IBM、Mozilla Japanと共に実施した産学NPO連携による「先端ITスペシャリスト育成プログラム」により達成された成果であり、本プログラムの最終評価においても高く評価されている。また、文部科学省科学技術振興調整費「戦略的研究拠点育成プログラム」によるデジタルメディアコンテンツ統合研究機構においては、Stanford大学、Cambridge大学、延世大学、清華大学、Japan Society、慶應義塾大学に構築された遠隔コミュニケーション拠点Global Studioを構築し、遠隔シンポジウムや講演等の多数の実時間イベントを実施し本研究の成果を裏付ける活動がなされたとともに、ユーザコミュニティからは、大変高い評価を得ている。

第7章で本研究の結論を述べている。実空間上の各種のイベントにサイバー空間上からの多様な参加形態の実時間連係を合理的に実現するために、実時間イベントをサイバー空間と合わせて体系化したアーキテクチャ CPARSE(Cyber Physical system Architecture for Real-time and Scalable Event)を提案した。提案したアーキテクチャによって、インターネットを介した実時間イベントへの多様な参加形態を明確に管理運用することが可能となり、従来の傍聴型だけでなく双方向コミュニケーションによる能動的参加を実現した。更にその能動的な参加を利用して実時間イベント空間での新たなコミュニケーションの創造を実現した。また、それらを運用し実現する視点で、全体のイベントの流れ、前後の準備とイベント後のイベントへの事後参加、などの多様な参加形態全体が蓄積された経験を形式的な定義に基づいた記述を行うことで運用管理の体系化を実現した。

本論文の成果は著者が中心となって運用した数百を超えるインターネット上のイベントが実行されたことで実証されている。実績の中には大規模な社会的インパクトも生み出したものも複数含まれる。2つの代表的な例を示すことができる。まず、慶應義塾大学とSFCキャンパスにおけるインターネットによる先導的な多地点遠隔授業はもとより、2011年3月に中止となるはずだった慶應義塾大学と大学院の卒業式と修了式をそれぞれ例年よりも大規模なイベントとして成功させた。また、2010年大晦日には、80歳になる指揮者ロリン・マゼールによるベートーヴェンの9曲の交響曲の10時間を超える演奏を、3次元や高解像度の映像、高品質音声などの先端メディアで配信し、また、パブリックビューイングから、家庭やモバイルなど多様な視聴形態を実現した。これらは、いずれも著者の提案するシステムの代表的な成果である。

著者による本研究の貢献は、アーキテクチャを提案し、それを実現、実証するという技術研究の評価だけでなく、SFCや慶應義塾大学、そして、社会全体への展開を通じた成果によっても高く評価できる。以上により、本研究を通して、著者は先端的な研究を行なうために必要な高度な研究能力、新たな研究領域を切り開く発想力、並びにその基礎となる豊かな学識、さらに、研究成果を社会貢献へ結びつける能力を有することを示した。よって、本委員会は、本論文の著者は、博士(政策・メディア)の学位を受ける資格のあるものと認める。