

## ピアツーピア型バーチャル・ボールゲーム

00T4015R 河野 義広  
指導教官：米倉 達広 助教授

### 論文要旨

近年、インターネットの急速な普及による利用者の急増と通信データの大容量化に伴い、対話型のアプリケーションが普及してきた。それに伴い、リアルタイム遠隔操作やネットワーク対戦型ゲームなどの実時間対話性の高いアプリケーションでは通信遅延の問題が顕著となっている。

通常、分散仮想環境(以下 DVE と略記)では、サーバ・クライアント型トポロジを用いることが一般的である。この型の DVE では、仮想状態の一貫性(consistency)の面で有利ではあるが、サーバへの負荷集中や、サーバを経由したデータ配信によるフィードバック遅れなどが問題として知られている。そこで最近ではネットワーク通信の高速化や、通信データの高圧縮化など個別の対策がとられているが、これらは通信遅延自体の本質的な軽減に寄与するものではない。一方で peer-to-peer(以下 P2P と略記)型の DVE が注目されている。P2P 型 DVE では、個々の peer が自分以外の peer と直接通信を行うため、フィードバックの遅れが少なくて済む。しかしながら、各 peer の状態を同期させるのが難しいため、inconsistency の問題が発生する。これは consistency-throughput のトレードオフ問題として知られており、consistency (throughput)を優先するには throughput (consistency)が犠牲となる。つまり、P2P 型 DVE ではローカルな情報は即座に提示できる一方、リモート情報は提示内容(時刻)に差が生じるというように、情報提示時刻の差異(以下、これを情報提示の差異とする)が大きく、共有オブジェクトの扱いが困難であることが知られる。

本論文では、DVE として仮想の物理空間を想定し、アバタ(DVE 上の仮想プレイヤー)や共有オブジェクトの属性が位置や速度などの物理情報を示すような DVE(フィールド型 DVE とよぶ)を対象とし、P2P 型ネットワークでの consistency および一貫性のある共有オブジェクトの管理手法の提案を目的とする。P2P のフィールド型 DVE を構成するには共有オブジェクトの管理権(どの peer がオブジェクトを制御する権利を有するか)、ならびに各 peer での物理属性(共有オブジェクトと全アバタの属性)の一貫性が最も重要な課題となる。

そこで、共有オブジェクトの管理権を有する peer を識別するために、各 peer に共有オブジェクトを管理できる領域を動的に割り当てる。この概念を AtoZ (Allocated Topographical Zone)とよぶ。また、各 peer での物理属性の一貫性を保つため、各 peer 上で他のアバタの状態を予測するとともに、自己アバタの状態が他の peer 上でどう予測されているかを相互に予測する機能、すなわち相補予測を導入する。さらには、通信遅延によって発生するクリティカル・ケース(peer 間での共有オブジェクトに対する干渉結果の一貫性が破綻するケース)についても対処する。これらを応用したフィールド型 DVE として、ネットワーク対戦型エアホッケーを実装し、本手法の有効性と適用範囲について実験的な評価を行った。

その結果、P2P のフィールド型 DVE 全般において、AtoZ、相補予測、クリティカル・ケースの有効性が確認できた。今後は、多人数参加型あるいは複数の共有オブジェクトが存在するフィールド型 DVE においても本手法が有効であるか、それらを実際に構築し確認する予定である。また、アバタ動作毎に対して適切な予測モデルと予測誤差の convergence(予測の収束)が課題となる。