

# 目 次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	背景と目的	2
2.1	背景 . . . . .	2
2.2	関連研究 . . . . .	3
2.2.1	Edit-based . . . . .	3
2.2.2	three-way merges . . . . .	3
2.2.3	Differential Synchronization . . . . .	3
2.2.4	CoMaya . . . . .	5
2.2.5	WFE . . . . .	5
2.3	3次元データの three-way merges への適用 . . . . .	5
2.4	目的 . . . . .	6
第 3 章	システム概要	7
第 4 章	手法	8
第 5 章	実験と考察	9
第 6 章	むすび	10
	謝辞	11
	参考文献	12

# 第1章 はじめに

近年, Google ドキュメント [1] や Microsoft Word Online[2] に代表されるテキスト編集を中心に, 同期編集システムの研究や開発が注目されている. 同期編集では, 同期する際に生じる編集の衝突を解消することが主な課題である. 編集の衝突を解消でき, 広く使われている手法として操作変換がある. CoMaya[3] は操作変換を応用して 3D モデリングにおける同期を可能にした. しかし, [3] の操作変換は, 面と頂点, オブジェクトと面などの依存関係がある要素に対する同期は不可能である. そのため CoMaya ではオブジェクト単位の同期に留まっている. より柔軟に同期編集をするには, 頂点の操作も含めた 3 次元データの同期する必要がある. Differential Synchronization[4] は, 操作変換とは別の同期手法であり, 元々はテキスト編集を対象に開発されたが, 依存関係の扱いが操作変換より容易になると予想される.

本研究では, Differential Synchronization の同期手法に基づいて, 3 次元データの依存関係を考慮した同期編集機構の手法を提案する. これにより, 複数人で同一の 3 次元データを同時に編集できる 3D モデリングソフトの開発を可能にする.

本システムはオブジェクトが複数の面から構成されるサーフェスモデルを扱う. Differential Synchronization では, 同期のため, 接続されたクライアントごとに, クライアントとサーバに, データのシャドウコピーを作る. クライアントとサーバで, 差分の計算とその適用を行い同期を行う.

本研究はデータを編集するため, クライアントのインターフェイスとして 3.3 項の基本命令を実装した. 実験のためにサーバと 3 つのクライアントを用意し, クライアントごとに任意の基本命令 50 件をランダムなタイミングで発行した. その後, 各クライアントで同期されたデータを比較した結果, データはすべて一致しており, 同期可能であることを確認できた.

本論文の構成は次の通りである. まず, 第 2 章で本研究の背景と目的について述べる. 次に, 第 3 章で本研究で提案するシステムの概要を述べる. そして, 第 4 章でシステムで利用する手法について述べる. 第 5 章で実験とその結果について述べ, 考察する. 最後に第 6 章で本研究のむすびとして今後の課題を述べる.

## 第2章 背景と目的

### 2.1 背景

近年, Google ドキュメント [1] や Microsoft Word Online[2] に代表されるテキスト編集を中心に, 同期編集システムの研究や開発が注目されている. 同期編集とは, 複数人で同一のデータを同時に編集できるシステムである. 複数人で行うため, 作業効率が上がることや, 他の人が作っている部分を見ながら自分の作業している部分を修正できるメリットがある. また, 個々で作られたファイルをマージする手間も削減できる. 同期編集では, 複数のユーザから様々な編集が行われ, あるユーザが最新ではないデータを編集する際に, 編集の衝突が起こる. 衝突が起こると各ユーザが扱うデータに矛盾が生じ, データの同期が失敗する可能性がある. データに矛盾が生じる例を図 2.1 に示す. こういった衝突を解消することが同期編集の主な課題となっている. 衝突を解消するための同期機構にはいくつか選択肢があり, 後で変更することは困難となるのでアプリケーションの開発サイクルの早い段階で選択する必要がある.

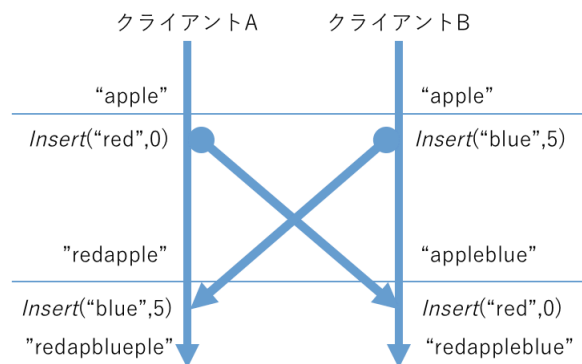


図 2.1 矛盾が生じる例

また, 3D モデリングで扱う頂点や面などの, 3 次元データを扱う同期編集システムも研究や開発が行われている. 3 次元データを扱う際, 例えば, 面と頂点のデータ間にある依存関係を考慮しなければならない. 現在の研究では, オブジェクト単位の同期と, 依存関係のないデータのための同期編集に留まっている. より柔軟に同期編集

をするには、依存関係を考慮し、頂点の操作も含めた3次元データの同期する必要がある。

## 2.2 関連研究

### 2.2.1 Edit-based

Edit-based は、ユーザの全ての操作を他のユーザに反映させる同期機構である。アルゴリズムとして操作変換 (Operation Transformation : OT)[5] を扱う。操作変換は、ある編集操作のデータを、以前に実行された編集操作の結果によって更新する仕組みである。これにより、編集の衝突によるデータの矛盾を防ぐことができる。図 2.2 は図 2.1 の矛盾を操作変換を用いて解消した例である。

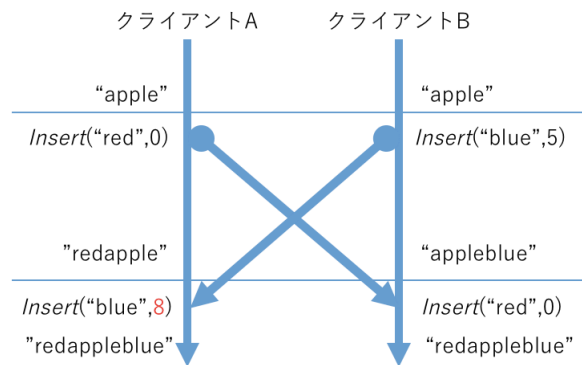


図 2.2 操作変換

### 2.2.2 three-way merges

three-way merges はあるユーザの編集と、そのユーザ以外のユーザによる編集と、ベースとなる元ファイルの3つのデータを、サーバでマージし最新のファイルを作る。その最新のファイルをユーザに送信し、同期を行う同期機構である。ベースとなる元ファイルの存在により、ユーザによる最新ではないデータに対する編集があっても、データの矛盾は生じない。three-way merges の流れの概略図を図 2.3 に示す。

### 2.2.3 Differential Synchronization

Differential Synchronization[4] は差分の計算とその適用によって同期を行う。図 2.4 は Differential Synchronization の Dual Shadow Method の同期の流れである。Dual

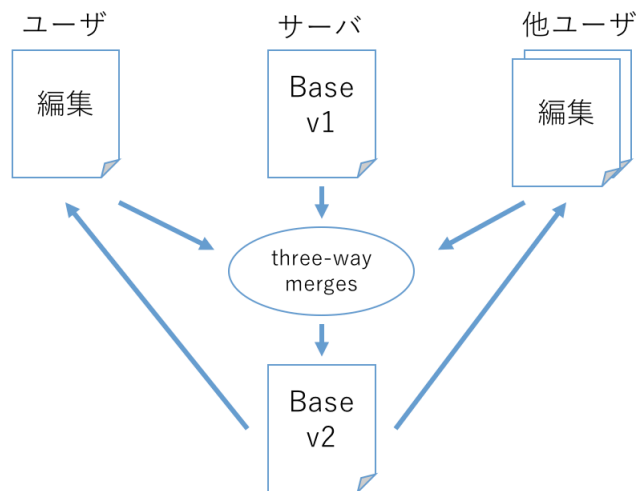


図 2.3 three-way merges

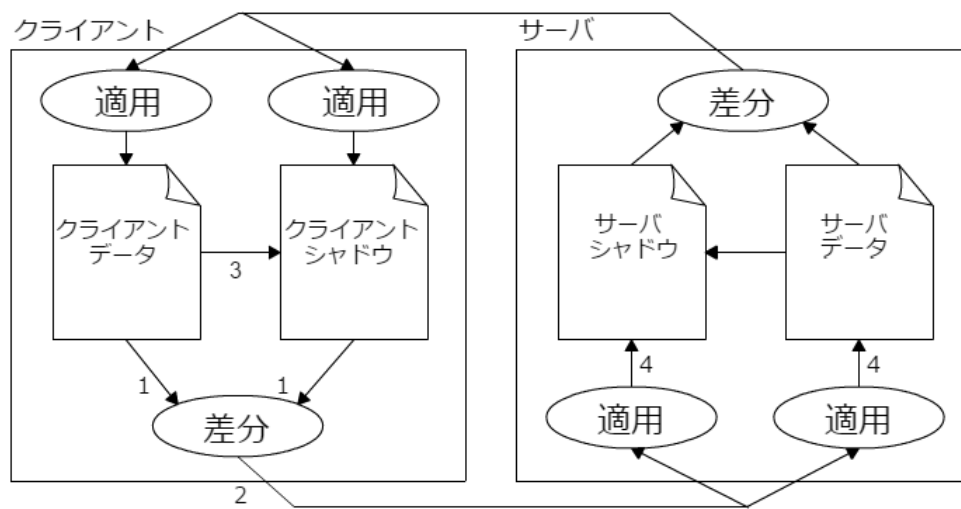


図 2.4 Differential Synchronization

Shadow Method は、クライアントデータとサーバデータの他に、クライアントとサーバに各データのシャドウコピーを用意する。処理の流れとしては、まずクライアントデータとそのシャドウの差分を計算しサーバに送信する。次に、サーバで適用処理を行い、クライアントではシャドウコピーを行う。サーバ側でも同様の手順で行うことで同期が可能となる。サーバデータは複数クライアントから利用され、クライアントデータと2つのシャドウは接続しているクライアントごとに用意される。2つのシャドウコピーは各適用処理の後、必ず一致する仕組みになっている。編集が衝突し、データに矛盾が生まれた場合でも、それぞれ差を計算し適用することによって各データが同一のものに収束する。

#### 2.2.4 CoMaya

CoMaya[3] は 3D 統合ソフト Maya の API を利用し、3D モデリングにおける同期編集を可能にしたものである。オブジェクトのデータと Maya の API を一次元に管理して、操作変換を適用して同期を行なっている。そのため、オブジェクトと面や、面と頂点間の依存関係を解決できておらず、オブジェクトの位置やマテリアルの同期に留まっている。

#### 2.2.5 WFE

WFE[6] は Web ページの同期編集を可能にしたシステムである。ある時点でのサーバデータにおけるスナップショットと各ユーザによる編集データを用い、three-way merges に似た同期機構を採用している。Web ページの HTML における DOM 要素を編集単位として同期を行なった。

### 2.3 3次元データの three-way merges への適用

WFE を参考に 3次元データの three-way merges への適用を試みた。システムは、頂点編集が可能なクライアントと、編集のデータを管理するサーバプログラムによって構成した。ユーザの操作ごとにクライアントが編集のデータをサーバに送信し、サーバはその時点でのスナップショットと各ユーザの編集をマージした。クライアントは一定時間ごとにデータをサーバから受信し適用した。これらの手順よりクライアント間でデータの同期を行なった。各ユーザのデータは一致し同期可能であった。しかし、スナップショットをポーリングにより取得するため、頂点が増えデータの容量が増大する可能性がある 3次元データでは対応しきれない。

## 2.4 目的

本研究では、依存関係の扱いが操作変換より容易になり、送受信の容量が少なくて済むと予想される Differential Synchronization の同期手法に基づいて、3次元データの依存関係を考慮した同期編集機構の手法を提案する。これにより、複数人で同一の3次元データを同時に編集できる3Dモデリングソフトの開発を可能にする。

## 第3章 システム概要

近年



## 第4章 手法

chap:method  
近年 ddddd

## 第5章 実験と考察

chap:test  
近年 ggggg

## 第6章 むすび

chap:conclusion  
近年 bbbbbbb

# 謝辞

本研究を進めるあたり, 終始御指導下さいました乃万司教授および山本邦雄助教に心から御礼申し上げます. そして, 様々な点で研究をご援助下さいました松本隆二技術職員をはじめ知能情報メディア部門のみなさまに感謝の意を表します. 最後に, 常日頃よりご指導を頂き, 研究を見守ってくださったのま研究室の皆様に心より感謝の念を表し, 謝辞とさせていただきます.

## 参考文献

- [1] Google ドキュメント, [https://www.google.com/intl/ja\\_jp/docs/about/](https://www.google.com/intl/ja_jp/docs/about/), google.
- [2] Microsoft Word Online, <https://office.live.com/start/Word.aspx>, Microsoft.
- [3] Agustina, et al., “CoMaya: Incorporating Advanced Collaboration Capabilities into 3D Digital Media Design Tools,” *Proc. CSCW '08*, pp. 5–8, 2008.
- [4] Fraser, “Differential Synchronization,” *Proc. DecEng '09*, pp. 13–20, 2009.
- [5] Ellis, et al., “Concurrency control in groupware systems,” *Proc. International Conference on Management of Data '89*, 1989.
- [6] 合田拓史ら, “既存 Web ページ同期編集システム WFE-S における差分同期機構の試作,” 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 11, pp, 31–37, 2012.