海底コア CT スキャンデータ可視化・情報共有を 可能とするクラウドサービスの構築

—Android 端末向けクライアント

アプリケーションの開発―

豊田恭子

修士 (工学)

(コンピュータサイエンス専攻)

指導教員 田中二郎

2014年 3月

概要

独立行政法人海洋研究開発機構の保有する地球深部探査船「ちきゅう」は、地球の環境変 動や巨大地震発生のメカニズムの解明を目指し、海底の地質サンプルであるコア試料の掘削 を行っている。掘削されたコア試料は、船上に搭載されている X 線 CT スキャナにかけられ、 DICOM フォーマットの電子データとして保存される。このコアデータを利用し、PC やタ ブレットからコア試料の閲覧を行うための分析システムが開発され、研究者に利用されてい る。しかし、現状のシステムでは、コア試料の閲覧は可能であるが、その知見などの情報を 共有する機能が備わっていない。そこで、本プロジェクトは、コア試料の分析システムに対 して、ブックマーク機能とアノテーション機能という 2 つの情報共有を支援するための機能 を追加し、研究ツールとしての利用価値の向上を目指す。筆者は、システムにおけるタブレ ットやスマートフォンといった端末で、上記の情報共有支援機能を利用するための Android アプリケーションの機能設計やインタフェース設計、実装を行った。情報共有機能を有した システムを携帯性に優れたタブレットから利用できることにより、コア画像の表示と共に得 られた知見を共有することが可能となる。本報告書は、システムにおけるタブレットやスマ ートフォンでのコア試料の分析に適したクライアントアプリケーションの開発について述べ ている。

目次		
第1章	はじめに	1
第2章	開発背景と解決すべき課題	4
2.1	統合国際深海掘削計画とコア試料	4
2.2	既存システムと解決すべき課題	6
2.3	議論	8
第3章	コア試料の可視化・情報共有を可能とするクラウドサービス1	2
3.1	提案する機能	2
3.1.	1 ブックマーク機能	2
3.1.	2 アノテーション機能	3
3.2	システム構成と開発計画	4
3.2.	1 既存システムの構成	4
3.2.	2 提案するシステムの構成	7
3.2.	3 開発すべき項目とスコープ	9
第4章	Android 端末向けクライアントアプリケーションの開発	2
4.1	全体構成と開発計画	2
4.1.	1 現在実現できている機能と画面構成	2
4.1.	2 追加が必要となる機能 ······2	6
4.1.	3 開発すべき項目とスコープ	8
4.2	設計	9
4.2.	1 ブックマーク機能の設計	9
4.2.	2 アノテーション機能とアカウント機能の設計	1
4.2.	3 既存機能の改良案	3
4.2.	4 画面構成	4
4.3	実装	6
4.3.	1 ブックマーク機能	6
4.3.	2 アノテーション機能	7
4.3.	3 既存機能の改良	9
4.4	ユーザビリティ評価実験44	0
4.4.	1 実験の目的44	0
4.4.	2 実験内容	0
4.4.	3 実験結果と考察4	2
第5章	おわりに	4
謝辞	•••••••••••••••••••••••••••••••••••••••	5
参考文献	ζ ····································	6
付録A	開発ドキュメント	7
付録 B	評価実験に関する資料	2

図目次

図 2-1 コア試料の掘削から利用までの流れ	5
図 2-2 システムの概念図	7
図 2-3 既存の Virtual Core Viewer の問題	9
図 2-4 提案する機能のイメージ	·····10
図 3-1 ブックマーク機能の利用イメージ	$\cdots 13$
図 3-2 既存システムの構成図	$\cdots 14$
図 3-3 リクエスト例	$\cdots 15$
図 3-4 レスポンス例	16
図 3-5 2013 年度開発システムの構成図	18
図 3-6 プロジェクトの実施体制	$\cdots 19$
図 3-7 マスタスケジュール	$\cdots 21$
図 4-1 既存アプリケーションの color 画面	$\cdots 24$
図 4-2 既存アプリケーションの cut 画面	$\cdots 25$
図 4-3 既存アプリケーションの画面構成	·····26
図 4-4 Android アプリケーション開発のマスタスケジュールと実績	$\cdots 29$
図 4-5 ブックマーク機能の画面設計	30
図 4-6 オプションボタン押下時の分析画面	30
図 4-7 共有先に Twitter クライアントを選択した場合	$\cdots 31$
図 4-8 アノテーション機能とアカウント機能の画面設計	$\cdots 32$
図 4-9 Annotate 画面	$\cdots 32$
図 4-10 ログインダイアログ	33
図 4-11 既存機能の改良のための画面構成	$\cdots 34$
図 4-12 アプリケーションの画面構成	35
図 4-13 browse 画面	·····39

表目次

表 3-1 開発言語一覧	15
表 3·2 レンダラ API のリクエストパラメータ	16
表 3·3 レンダラ API のレスポンスパラメータ	16
表 3-4 実行環境一覧	19
表 3-5 開発スコープ	20
表 3-6 役割分担表	20
表 4-1 ヒアリングから得られた問題と解決策	27
表 4-2 Android アプリケーション開発のスコープごとの開発項目	28
表 4-3 生成した URL に含まれるパラメーター覧	36
表 4-4 アノテーション取得 API のパラメータ	37
表 4-5 アノテーション取得 API のレスポンスパラメータ	
表 4-6 アノテーション追加 API のパラメータ	
表 4-7 タスク一覧	41
表 4-8 タスクの達成状況表	42
表 4-9 アンケート結果	43

第1章 はじめに

独立行政法人海洋研究開発機構(以下、JAMSTEC)の所有する地球深部探査船「ちきゅう」 は、海底の地質サンプルであるコア試料の掘削を行っている。「ちきゅう」は、世界最高の掘 削能力を持ち、海底下 7000m まで到達できる。これは人類未到のマントルや巨大地震発生 帯への掘削を可能とする。「ちきゅう」は、統合国際深海掘削計画の主力船として、これまで 地球に起こってきた環境変動や巨大地震発生のメカニズムの解明を目的とし、コア試料の採 取を行っている。掘削されたコア試料は、船上に搭載された X 線 CT スキャナにかけられ、 DICOM フォーマットの電子データ(以下、コアデータ)として保存された後に、実物が研 究材料として利用される。このコアデータは、試料の内部構造を 3 次元に再構成することが できるため、試料を破壊せずに任意の断面を閲覧することが可能である。すなわち、コアデ ータを利用することで、コア試料を破壊せずに内部構造を閲覧・分析することが可能である。 海洋研究開発機構高知コア研究所が公開する Virtual Core Library で、コアデータを誰でも 自由にダウンロードすることができる。

コアデータを閲覧するためには、DICOM 形式のファイルを閲覧するための専用のソフト ウェアが必要となる。代表的なものに OsiriX というアプリケーションがある。OsiriX は、 MacOS を対象としたソフトウェアであり、デスクトップ環境で動作する。また、DICOM は 医用画像の標準規格であるため、医療用に開発されているものが多い。現状のコアデータを 利用した分析には、大きく3つの問題がある。

- コアデータのファイルサイズが大きく、十分な保存容量が必要となる コア試料は1.5m毎に区切ったセクション単位でデータ化されている。1セクション当たりのファイルサイズは、約1.5GByteである。このため、数種類のコアを閲覧しようとした場合には、マシン内に十分な保存容量が必要となる。
- コアデータの3次元化には高性能なマシンを必要とする コア試料を閲覧するためには、DICOM形式で保存されている2次元スライスデータ を3次元データに構築する必要があり、そのレンダリング処理には、高性能なマシン が必要となる。
- コアデータの閲覧に適した専用ソフトウェアが存在しない DICOM は医用画像の規格であるため、一般的な DICOM ビューアは医療用に開発されているものが多く、人間の筋肉や臓器を閲覧するのに適した設定となっており、コア試料の分析には適していない。

高知コア研究所の Virtual Core Library から利用できる Virtual Core Viewer は、上記の 問題を解決している。Virtual Core Viewer は、利用者がコアデータを自らダウンロードせず にコア画像を閲覧し、インタラクティブな操作が可能なクラウドサービスである。Virtual Core Viewer は、サーバとクライアントから構成される。クライアントは、タブレットから の利用を想定した Android アプリケーション版と PC からの利用を想定したブラウザ版の2 種類がある。1 つ目の問題に対しては、クライアントは直接 DICOM ファイルをダウンロー ドする必要がないので保存容量の小さい端末でも閲覧することができる。2 つ目の問題に対 しては、サーバ側でコアデータの3次元レンダリング等の負荷の大きい処理を行い、そこか ら得られた 2 次元画像だけをクライアントアプリケーションに返送するため、従来の DICOM ビューアに比べ、クライアント側のマシンや容量に依存することなく、コア試料を 閲覧することができる。また、3 つ目の問題に対しては、コア試料の閲覧に適した色付けを 行うことができる。

しかし、現状の Virtual Core Viewer には以下のような課題がある。

- 同一視点及び色付けによるコア試料画像の復元が難しい
 閲覧するコアの選択、視点移動や色付けなど1枚のコア画像を閲覧するために十数種類のパラメータを設定する必要があり、同一の画像を再現するためには、そのパラメータをすべて同じ値に設定しなげればいけない。
- 作成した3次元画像にコメントをインタラクティブにつけることが出来ない
 3次元画像の部位特定を行い、その部位に対して直接コメントを書き込むことができれば、後で見返した時に知見を把握することは容易であるが、現状のシステムでは行うことができない。

上記の課題を解決すべく、本プロジェクトでは、以下の2つの機能を開発する。

- ブックマーク機能 コア試料の3次元での部位特定を行い、部位と色付け等の操作内容をURL形式で保存し、そのURLへアクセスすると視点及び色付け等を再現した画像を表示できる。
- アノテーション機能
 3次元コア画像の特定の点に対してコメントなどのアノテーション情報を追加できる。

これらの機能を Virtual Core Viewer に追加することで、3 次元コア画像を俯瞰的に閲覧す るだけの機能を有するツールを超越し、3 次元コア画像の表示と共に得られた知見を共有す る仮想空間を提供できる。以上の機能分析から、研究者間の情報共有や地質学の新たな発見 を促進できると考えられる。

上記の機能追加は、サーバとクライアントにそれぞれ拡張が必要になる。前者の機能では、 同一画像を再現できる情報を含んだ URL を生成する機能、また、その URL ヘアクセスされ た際にその情報を使い同一画像を再生する機能が必要となる。また、後者の機能に対しては、 3次元コア画像の座標値を特定し、その座標値に関連づけてアノテーション情報を保存する 機能、また、閲覧の際は、視点変化に応じて座標変換を行い適切な点にアノテーションを表 示する機能が必要となる。筆者が主に開発を担当した Android 端末向けクライアントアプリ ケーションに対する開発項目として、ブックマーク機能のための同一画像再現のための情報 を含む URL の生成やその URL を他アプリケーションへ受け渡す機能の開発、アノテーショ ン機能のためのコア画像の閲覧を行いながらアノテーションの閲覧や添付ができるインタフ ェースの開発などが挙げられる。 本報告書は、本章を含めて全5章と付録からなる。以降、第2章では、本報告書で取り上 げているコア試料について解説し、既存システムの概要について述べるとともに、課題につ いて検討する。第3章では、その課題を解決するための機能と開発したシステムの構成につ いて述べる。4章では、筆者が担当した Android クライアントアプリケーションの開発の詳 細と評価について述べ、5章でまとめと今後の展望について述べる。付録には、開発ドキュ メントと Android クライアントアプリケーションの評価実験に関する資料を添付する。

第2章 開発背景と解決すべき課題

2.1 統合国際深海掘削計画とコア試料

統合国際深海掘削計画(以下、IODP)[1]は、日本及び米国が主導する国際的な海洋掘削計画 であり、地球環境変動史や地震発生帯の物質科学及び地下生物圏の解明を目的としている。 JAMSTEC保有の地球深部探査船「ちきゅう」は、IODPとの契約及び航海プロポーザルに 従った、科学研究航海を実施している。「ちきゅう」の特徴として、ライザー掘削技術を駆使 できること、また、船上にX線CTスキャナが搭載されていることが挙げられる。ライザー 掘削では、人工的に作られた泥水を用いてドリルパイプに送り込み循環させることで地下大 深部への掘削を行う[2]。「ちきゅう」の掘削能力は、世界最高の地底下7000mへの到達を可 能とする。海底から地球の深部を掘削することにより、次のことが可能となる[3]。

- 地球表層の7割を占める海洋地殻全体やその下部に広がる上部マントルを採取し、地 球システムを構成する物質の挙動と構成を明らかにする
- 海底下の地層に残された過去の地球史変動記録を克明に解読する

「ちきゅう」が海底の掘削を行い採取される円柱状の地質サンプルは、コア試料と呼ばれる。このコア試料を研究材料として、東北地方太平洋沖地震における巨大地震のメカニズムの解明に関する研究[4][5][6]や環境変動を推定する研究[7]が行われている。膨大な数のコア 試料は、航海プロジェクトの番号である航海番号や掘削サイト番号、位置情報により決定されるホール番号、コア番号、掘削を行ったドリルの識別番号であるビットタイプや 1.5m 間 隔で割り振られたセクション番号の6つの番号の組み合わせから1セクションのコア試料に 一意に特定できる仕組みになっている。



図 2-1 コア試料の掘削から利用までの流れ

図 2-1 にコア試料の採取から保存までの流れを示す。採取されたコア試料は、船上のX線 CT スキャナにかけられ、DICOM フォーマットの電子データ(以下、コアデータ)として保存 される(図 2-1 (1))。コア試料の実物は、高知コア研究所とアメリカ・ドイツにある IODP 保 管庫で、保存用(アーカイブハーフ)と分析用(ワーキングハーフ)に半裁される(図 2-1 (2))。保 存用のコア試料は、冷蔵環境下にて保存される[8]。研究用のサンプルは、研究内容などを申 請し審査を通過した研究者へ提供される。そのため、一度提供したサンプルは、細分され研 究処理されるため、再度研究利用することは難しい。一方、コアデータは、同研究所の Virtual Core Library[9]にて公開されており、誰でも自由にダウンロードし、何度でも複製すること が可能である(図 2-1 (3))。

X線 CT は、物体に対して多方向から X線を投射し、その透過 X線の強度の空間的差異を 測定することにより、物体の断面画像と全体の 3 次元画像を再構成することができる。断面 画像のピクセル値に対応するものは、CT 値と呼ばれ、密度と元素番号が高い物質は CT 値 も高く、密度が低い物質は CT 値も低い。そのため、X線 CT スキャンでコア試料をスキャ ンすることは、地質学研究における物質推定の材料となる。

また、X線 CT から得られた断面画像は、DICOM 形式で保存される。DICOM とは、CT や MRI などで撮影した医療用画像の標準規格である。そのため、DICOM フォーマットは、 画像データだけでなく、患者の個人情報などのメタデータも含んでいる。OsiriX[10]などの DICOM ビューアでは、断面画像に対する画像処理や断面画像の集合から 3 次元画像を生成 することができる。

2.2 既存システムと解決すべき課題

Virtual Core Library にて公開されているコアデータは、2次元のスライス画像の集合であるため、分析するためには DICOM ビューアで3次元画像を生成することする必要がある。従来、このコアデータを用いる分析方法には3つの問題があった[12]。

- 1. コアデータのファイルサイズが大きく、十分な保存容量が必要となる
 - コアデータは、航海番号、掘削サイト番号、ホール番号、コア番号、ビットタイプ、 セクション番号の6つの番号の組み合わせから一意のコアセクションに特定される。 このコアセクションは、掘削されたコア試料を1.5m毎に区切ったもので、1セクシ ョン当たりのファイルサイズは、約1.5Byteである。そのため、数種類のコア試料 を閲覧するためには、コアデータをダウンロードする必要があり、端末に十分な保 存容量が必要となる。
- コアデータの3次元化には高性能なマシンを必要とする コア試料を閲覧するためには、DICOM 形式で保存されている2次元スライスデー タを3次元データに構築する必要があり、そのレンダリング処理には、高性能なマ シンが必要となる。
- コアデータの閲覧に適した専用ソフトウェアが存在しない
 既存の DICOM ファイルのビューアは、骨や筋肉、靭帯などの生体情報を閲覧する ことは容易であるが、コアを分析する際にはユーザがコアの構造を表現する CT 値 に対して適切な色付けを行い、可視化しなければならない。

これらの問題は、例えば船上で掘削されたコアと過去のコアを比較したい場合や、学会や会 議など複数人でコア試料を見ながら議論を行う場合などコアデータを活用できる場面におい て、それを妨げる主要因として考えられる。



図 2-2 システムの概念図

この3つの問題を解決するコア試料の分析ツールとして、Virtual Core Viewer[11]がある。 システム概念図を図 2・2 に示す。Virtual Core Viewer は、3 次元描画処理サーバと、コア 試料の観察や画像の操作が可能なクライアントアプリケーションから構成される[12]。利用 者は、クライアントアプリケーションで操作すると、サーバに対して描画リクエストが送ら れる(図 2・2 (a))。サーバにて、コアデータの3次元レンダリングや操作に応じた色付け処理 等の負荷の大きい処理を実行し、2 次元画像を生成する(図 2・2 (b))。得られた 2 次元画像を クライアントで表示する(図 2・2 (c))。これにより、1 つ目の問題である利用者は自身の端末 にデータサイズの大きなコアデータを保存する必要がなく、コア試料の閲覧が可能となって いる。また、2 つ目の問題に対しても、3 次元レンダリング等の負荷の大きな処理は、サー バサイドで行うため、クライアントの端末性能に依存しない。

システムが提供する主な機能は、以下の3つである。

i. コア試料の選択機能

コア試料には、航海番号、掘削サイト番号、ホール番号、コア番号、ビットタイプ、 セクション番号などの識別番号が割り当てられている。コア試料選択機能では、そ の番号を選択し、順番に絞り込んで行くことで、大量のコア試料から閲覧したいコ ア試料を選択することができる。 ii. コア試料の分析機能

閲覧するコア試料に対して、視点の上下移動、試料の拡大縮小、回転などの操作を 行うことができる。また、地質学者がコア試料を分析する際には、試料の切断面を 観察することが多いことから、柱状のコア試料に対して、縦方向の切断を行いその 切断面を表示する機能を提供している。

iii. CT 値に対する色付け機能

CT 値によって物質の密度が特定出来るため、分析を行いたい CT 値のみを強調させ て表示することが必要となる。そのため、特定の CT 値に対してのみ色付けする機 能が提供されている。

これらの機能によって、膨大なコア試料の中から、特定のコア試料を選択し、閲覧したい部分を強調して閲覧することが可能となり、3つ目の問題である、コアデータの閲覧に適した専用ソフトウェアが存在しないという問題を解決している。

以上から、船上で掘削されたコアと過去のコアを比較したい場合や、学会や会議など複数 人でコア試料を見ながら議論を行う場合などの今までコアデータを活用することが難しかっ た場面において利用できるツールとなっている。

2.3 議論

既存システムは、これまでクライアントで行っていたレンダリング等の負荷が大きい処理 をサーバ側で行うことで、これまでのコア試料の電子データを用いた分析における課題であ る、端末の性能や容量不足を解決し、低性能な PC やタブレットでもコア試料の分析が可能 となった。



図 2-3 既存の Virtual Core Viewer の問題

しかし、現状の Virtual Core Viewer には以下の 2 つの問題がある。

- コア試料に対する操作が複雑であり、同一画像の再現が難しい コア画像を閲覧するためには、試料を選択し、拡大や回転、切断角などを設定し、 見たい部分を強調する色付けを行うなど、十数種類のパラメータを設定する必要が ある。そのため、パラメータを全て保存して置かなければ同一の画像を再現するこ とは出来ない。
- 作成した3次元画像にコメントをインタラクティブにつけることが出来ない コア試料を分析する際、コアサンプルを閲覧し得られた知見をそのサンプルの部位 と共に保存する。図2・3に示すように、物体に対してアノテーション情報を付加す る場合、視点が変化するとアノテーションの位置も変化するため、その情報を画像 で把握しようとした場合、複数の視点からの画像が必要となる。現状のシステムで は、複数の視点からのコア画像は提供できるものの、コア試料の3次元での部位特 定を行い、その場所に対して直接コメントをつけることはできない。そのため、得 られた知見がどのコア試料のどの部分に対してのものであるのか分かりにくく、知 見を保存しておくことが難しい。



図 2-4 提案する機能のイメージ

これらは、コア試料分析を行い、得られた知見を保存する場面で問題となる。さらに、コア 試料の分析活動を離れた場所にいる複数人で共有する場合を想定すると、前者の問題では、 コア試料の同一画像の再現が出来ず、同一画像を見ながら議論することができない。後者の 問題では、画像内に直接知見を記述することが出来ない。よって、それらの問題を解決し、 分析から得られた知見を保存できる機能を追加する必要がある。そこで、以下の2つの機能 を提案する。

- コア試料に対する視点及び色付けの設定を保存、再現する機能
 視点及び色付けの設定を保存しておくことにより、操作時間を短縮し再閲覧を可能とする
- 3次元画像に対してアノテーション情報を添付する機能
 図 2-4のように3次元コア画像に直接メモを保存することができれば、3次元コア画像と共に知見を保存、閲覧することができる。

上記の機能を追加することで、Virtual Core Viewer は、分析から得られた知見を保存し、3 次元コア画像と共に閲覧できる研究ツールとなる。また、現状の地質学研究において、コア 画像をもとにした情報共有コミュニティツールは存在しない。コアデータを閲覧した際に、 得られた知見に関して他研究者に意見を求めるなどの場面で我々が提案する機能を追加した Virtual Core Viewer を利用することを想定してみる。前者のコア試料の視点及び色付けの設 定を保存できる機能があれば、簡単に他研究者に自分が閲覧していたコア画像と同一のもの を見てもらうことが可能である。また、その3次元画像の点に対して直接コメントを書き込 むことができれば、画像の表示と共に得られた知見を共有することができる。すなわち、こ れらの提案機能を実装することにより、注目すべき部分の再閲覧や情報の発信と共有、すで に得られている知見を検索することができるようになる。これにより、コアデータの解析が 進むと期待され、地質学での新たな発見を促すことができる。

第3章 コア試料の可視化・情報共有を可能とす るクラウドサービス

3.1 提案する機能

3.1.1 ブックマーク機能

図 3・1 にブックマーク機能の追加前と追加後のシステムの利用イメージを示す。既存シス テムの機能を利用し、コア試料を分析する際、複雑な操作が必要になる。例えば、特定のコ ア試料の切断面にある亀裂を閲覧しようとした場合、コア試料を一意に特定するための番号、 表示する深さ、切断する角度、CT 値に対する色付けや透過度の設定などの情報をユーザが 設定しなければいけない。これらの情報を1つでも間違えてしまうと、亀裂をうまく発見す ることが出来ない場合もある(図 3・1(a))。このような問題を解消するために、ブックマーク 機能を提案する。この機能は、コア試料に対して行った視点情報などの設定を URL として 保存することができる。URL をクリックするだけで、その設定を適用したコアデータを表示 することができる(図 3・1(b))。前回閲覧したコア試料の再閲覧ができるようなるほか、その URL をメールや SNS などで他人と共有することが可能である。この URL は、web 版クラ イアントアプリケーション、Android 版クライアントアプリケーションともに共通であり、 Android 版クライアントアプリケーションともに共通であり、 Comparisonのによりなることができる SNS 連携機能を追加する。



図 3-1 ブックマーク機能の利用イメージ

3.1.2 アノテーション機能

コアデータは、3次元であり、その切断面に発見が隠れている場合もある。アノテーショ ン機能とは、コアデータの3次元部分に対して、注釈を付加する、付加した注釈を閲覧する ことができる機能である。この機能により、利用者はコアデータの閲覧を行い、気になる部 分を発見した際、そのコアデータの3次元位置に対してコメントを残すことができる。また、 そのコメントは、Virtual Core Viewer を利用している全てのユーザが閲覧できる。研究者同 士がそれぞれの気になる箇所や発見を書き込み、共有することができる。それに加えて、す でに得られている知見をコアの3次元画像とともに蓄積することができる。また、高知コア 研究所の方々から利用者への情報提供を行うツールとしての利用することもできるようにな る。

アノテーション機能の追加により、コアデータに自由にコメントを書き込むことができる。 しかし、悪意のあるユーザにアノテーション機能を利用されると、無意味なアノテーション を大量に添付するなどの行為で、有用なアノテーションが閲覧できなくなる事態が想定され る。そのため、アカウント機能を追加し、アカウント登録を行ったユーザのみがアノテーシ ョンの追加が行える仕様とした。アカウント登録には、[ユーザ名、メールアドレス、パスワ ード]を必要とする。また、追加したアノテーションの編集については、本人のみが、削除に ついては、本人と管理者のみが行うことができる仕様とした。利用者は、ユーザ登録を行い、 アカウントが発行された後、システムにログインするとアノテーションを追加や編集、削除 することができる。なお、アノテーションの閲覧は全てのユーザに利用可能である。

3.2 システム構成と開発計画

3.2.1 既存システムの構成

既存システムの構成図を図 3・2 に示す。本システムは、3 層から構成されており、ユーザ が操作し、また閲覧するクライアント、クライアントからのリクエストを解析し、レンダリ ング処理の割り振りやコアデータの検索を行うゲートウェイ、描画処理を行うレンダリング エンジンである。コア画像の閲覧までの流れについて述べる。利用者は、クライアントアプ リケーションを操作すると、クライアントは、操作に応じたパラメータをゲートウェイの API を利用し、ゲートウェイに対して送信する(図 3・2(1))。ゲートウェイのレンダラモジュール にて、クライアントから選択されたコア番号や視点及び色付け情報を受け取り、ロードバラ ンサが負荷の少ないレンダリングエンジンのノードを選択し、そのノードに対して描画処理 を依頼する(図 3・2(2))。レンダリングエンジン内の描画処理を行うノード群がゲートウェイ から依頼された描画処理を実行する。コアデータは、DICOM ファイルデータベースに保存 されているため、描画を依頼されたコア番号を一致したコアデータを DICOM ファイルデー タベースから読み込み、画像を生成する(図 3・2(3))。生成された画像の URL とその関連情 報を JSON にてクライアントに返送する(図 3・2(4))。クライアントは、画像を取得し、アプ リケーション画面に表示することで、コア画像を閲覧することができる。



図 3-2 既存システムの構成図

ゲートウェイ、レンダリングエンジンを含むサーバには、OS として CentOS、web サー バとして Apache,データベースとして MySQL を使用している。ゲートウェイは、CPU(Core i7 930 2.8GHz),メモリ 12GB で構成されている。レンダリングエンジンは、16 台のノード で構成されている。各ノードは、CPU(Intel Xeon E5645 2.40GHz(6 cores))×2、メモリ 12GB である。開発言語は、以下の表 3-1 に示す。

次に API について詳しく説明する。ゲートウェイ提供されている API は、リクエストに HTTP GET、レスポンスに JSON[13]を用いている。リクエストする際は、図 3-3 リクエ スト例のように本サービスの URL に続けて定義されたパラメータを記述する。レスポンス に用いられる JSON とは、XML などと同様のデータフォーマットで、XML と比較して記述 が容易で可読性が高いことが特徴である。図 3-4 のようにリクエストに応じた値が JSON 形 式で返送される。表 3-2 に示したレンダラ API のリクエストパラメータを利用し描画処理を 行う。また、表 3-3 レスポンスのパラメータより、生成した画像を取得し、その関連情報を 可視化してクライアントの画面に表示する。

表 3-1 開発言語一覧

部品	開発言語		
クニノマント	web	PHP,java script	
577777	Android	Java,XML	
ゲートウェイ	PHP		
レンダリング	エンジン	C++,OpenGL	

http://gpgpu.cs.tsukuba.ac.jp/~ccore/guest/view.php? corenum=1&zoom=1.00&cut=1&resolution=2&rot_type=0 &rotx=299&roty=0&rotz=357&depth=0&cf[]=1632,0.0&cf []=2144,1.0&af[]=1632,1.0&af[]=2144,1.0&eye_x=0.00& eye_y=8.12&eye_z=0.00&up_x=0.00&up_y=0.00&up_z= 1.25&movex=0&movey=0°ree=0

図 3-3 リクエスト例

図 3-4 レスポンス例

{

}

変数名	型	概要
corenum	int	コア番号
zoom	float	拡大率
cut	int	切断角度
resolution	int	解像度
rot_type	int	回転方法
rotx,roty,rotz	int	x,y,z方向の回転角度
depth	int	コアの上下移動
color_type	int	色付け方法
cf	Array	CT値と色の対応情報を含む配列
af	Array	CT値と透過度の対応情報を含む配列
eye_x,eye_y,eye_z	float	視点の座標
up_x,up_y,up_z	float	視点の上方向ベクトル
movex,movey	int	マウスの移動ベクトル
degree	int	回転角度

表 3-2 レンダラ API のリクエストパラメータ

表 3-3 レンダラ API のレスポンスパラメータ

変数名	型	概要
img_url	String	生成された画像のURL
histgram	Array	CT値のヒストグラムの配列
scale	float	1ピクセル当たりの長さ
eye_x,eye_y,eye_z	float	視点の座標
up_x,up_y,up_z	float	視点の上方向ベクトル

3.2.2 提案するシステムの構成

Virtual Core Viewer がブックマーク機能とアノテーション機能を備えたシステムとなる ためには、クライアントとゲートウェイでそれぞれ以下の機能の追加が必要となる。

1. ブックマーク機能

ブックマーク機能は、コアデータに対する視点及び色付けの設定を URL として保存す る、またその URL ヘアクセスした場合に視点及び色付けを再現し表示する機能である。 そのため、クライアント側では、視点及び色付けに関するパラメータを含めた URL を 生成する機能とその UI 設計、また、URL にアクセスされた場合にゲートウェイに描画 リクエストし、結果を取得し画面に表示する機能が必要になる。また、ブックマーク機 能を使い生成した URL を Twitter に投稿する機能も合わせて開発する。ゲートウェイ 側では、クライアントからのリクエストを解析し、レンダラに描画処理をリクエストす る機能の実装が必要である。

2. アノテーション機能

アノテーション機能は、3次元画像に対してアノテーション情報を添付する、添付した アノテーションを閲覧する機能である。PCやタブレット等の画面から、3次元モデルに 対してアノテーション情報を添付するため、2次元から3次元への座標変換を行う必要 がある。また、閲覧する場合は3次元モデルに対して添付されているアノテーション情 報を画像上で表示するため、3次元から2次元への座標変換が必要となる。ゲートウェ イでは、アノテーションAPIの作成と、アノテーション情報とその座標を保存するアノ テーションデータベースの作成、また、上記の座標変換を行うモジュールを開発する必 要がある。クライアントでは、アノテーションを閲覧、添付するための画面設計とアノ テーション API を利用し、アノテーションの添付や閲覧のリクエストを送る実装が必要 となる。

3. アカウント機能

アノテーションの添付機能は、アカウント登録を行ったユーザのみ行うことができるため、アカウント機能を開発する必要である。アカウント機能とは、アカウントの登録、 システムへのログイン、ログアウトを可能とする機能である。クライアント側では、ア カウント登録ページの作成や、ログイン、ログアウト機能とその UI 設計が必要となる。 ゲートウェイ側では、アカウントを付与したユーザの情報を保存するアカウントデータ ベースの作成や、セッション管理を行う機能が必要となる。

また、アカウント登録は、システム管理者の承認により申請ユーザに対してアカウン トが付与される。そのため、システム管理者がアカウントの承認や、荒らし行為が発生 した場合にアカウントを停止する必要がある。アカウントの承認や利用停止の設定を行 うことができる画面を設ける必要がある。

4. 既存システムの安定化

既存システムに対する機能追加に伴い、顧客よりバグ報告があがっていた。そのバグを 修正し、仕様通りに動作させる必要がある。また、ヒアリングを行い、既存の分析機能 に対して使いやすくしてほしいと要望が挙がったため、対応する。



図 3-5 2013 年度開発システムの構成図

これらの項目を開発し、Virtual Core Viewer を注目すべき部分の再閲覧や分析から得られ た知見を保存し、3次元コア画像と共に閲覧できる研究ツールにする。これらの機能を実現 できる提案するシステム構成を図 3-5に示す。クライアントには、上記の機能を実現するた めの追加実装を行う。また、ゲートウェイには、アノテーション機能で利用するモジュール、 API、データベースを追加する。

表 3-4 に、2013 年度開発したシステムの実行環境を示す。本年度は、テストを自動化するため、web ブラウザ用テストツールとして Selenium を、Android アプリケーション用テ ストツールとして、Espresso を導入しテストを実施する。

表 3-4 実行環境一覧

	web	内部処理	PHP 5.3.3	
		JavaScriptフレームワーク	jQuery 1.7.2	
		CSSフレームワーク	Twitter Bootstrap 2.0.4	
クライマント		テストツール	Selenium	
224721	Android	内部処理	Java 1.7.0_21	
		開発環境	Eclipse 3.8.2	
		Android開発用プラグイン	AndroidDeveloperTools v22.0.1	
		テストツール	Espresso	
		内部処理	PHP 5.3.3	
ゲートウ	エイ	データベース	MySQL 5.1.61	
	webサーバ		Apache 2.2.5	
		OS	CentOS 6.0	
レンダリングエンジン		内部処理	g++ (GCC) 4.4.4 20100726 (Red Hat 4.4.4-13)	
		API	OpenGL version 1.4	

3.2.3 開発すべき項目とスコープ

本プロジェクトでは、既存システムにブックマーク機能とアノテーション機能を追加する。 開発チームとして、本プログラム所属の学生5名でチームを結成し、プロジェクトを発足し た。図 3-6にプロジェクトの実施体制を示す。本プロジェクトの顧客は、独立行政法人海洋 研究開発機構高知コア研究所で技術副主幹の立場にある久光敏夫様である。久光様と通じて 高知コア研究所の研究者の方々にもご意見をいただいた。また課題担当教員として、和田耕 一教授と山際伸一准教授に指導をいただいた。



図 3-6 プロジェクトの実施体制

表 3-5 開発スコープ

スコープ	開発内容			
S0	システムの安定化			
S 1	ブックマーク機能の開発			
51	S0フィードバックの反映			
	アノテーション機能の開発			
S2	アカウント機能の開発			
	S1フィードバックの反映			
S3	S2のフィードバック反映			

表 3-6 役割分担表

メンバ	役割	担当領域
豊田恭子	リーダ	Android向けクライアントアプリケーション
黒田祐登		サーバ
城崎亮		サーバ,Android向けテスト
高達生		webブラウザ向けクライアントアプリケーション
伊藤弘貴	議事録	webブラウザ向けテスト

次に開発スコープと役割分担について述べる。本プロジェクトでは、インクリメンタル開 発とイテレーション開発を組み合わせて、開発を進める。表 3-5 に設定した開発スコープを 示す。まず、S0 でシステムの安定化と既存の機能に対するフィードバックから機能修正を行 い、S1 でブックマーク機能を開発する。S2 で、アノテーション機能とアカウント機能の開 発を行い、S3 でもう一度システム全体のフィードバックから機能修正を行うこととした。表 3-6 に役割分担を示す。開発メンバは、各担当領域の機能を開発する。図 3-7 にマスタスケ ジュールを示す。サーバ、web 版クライアントアプリケーション、Android 版クライアント アプリケーション、テストの4モジュールに分けて開発を進める。顧客との打合せや学会な どをマイルストーンとし、スケジュールの設定を行った。

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
サーバ								
	S0	s	51	S2	S	3		
Web版		L						
	S0	S	51	S2	S	3	納品,	, \
							- 報告書	
Android版	S0		S1		S2	S3	作成	
テフト								
		S	50,S1		S	2 53		

図 3-7 マスタスケジュール

第4章 Android 端末向けクライアントアプリケ ーションの開発

4.1 全体構成と開発計画

- **4.1.1** 現在実現できている機能と画面構成 既存の Android アプリケーションで提供されている機能について述べる[14]。
 - 機能1. 拡大・縮小表示するコア試料の拡大・縮小を行う。
 - 機能2. 回転表示するコア試料の回転を行う。
 - 機能3. ニア試料の上下移動を行う。
 - 機能4. コアの絞り込み検索
 - 表示するコア試料を一意に選択する。コア試料は、航海番号、サイト番号、ホール番号、コア番号、ビットタイプ、セクション番号の6つの識別番号の組み合わせにより 一意に選定することができる。そのため、その6つの識別番号をそれぞれ選択し、閲 覧するコア試料を選択できる。
 - 機能5. コアの色付け

コア試料の CT 値別に色付けする。コアデータの CT 値が最も低い部分には、青色を、 CT 値が最も高い部分には、赤色として描画する。CT 値の範囲は、-1000 から 4000 と定められているが、0 以下は液体や気体のため、本システムで色付けする CT 値は 0 から 4000 としている。CT 値の最大と最小を選択し、その範囲を線形的に色付けする。

機能6. CT 値と色の対応表示

CT 値に対して、どの色が対応しているか表示する機能である。

機能7. 縦方向の切断

コア試料の縦方向の切断角度を選択し、試料の切断面を閲覧することができる。

機能8. 透過度の変更

色付けの透過度を変更する機能である。全体の透過度を設定する一括設定と、CT 値 別に透過度を設定する個別設定により透過度を変更できる。 機能9. スケールの表示

閲覧するコア試料の縮尺を表示する機能である。

機能10. CT 値のヒストグラム表示

CT 値のヒストグラムを表示する機能である。このヒストグラムにより、色付けを行う CT 値の範囲を選定する目安となる。

機能11. カラーモデルの保存

設定した CT 値と色付け、透過度を保存する機能である。

機能12. 解像度の変更 表示するコア画像の解像度を変更する機能である。レンダリングエンジンでは、描画 処理短縮のため、コアデータの圧縮を行っており、5段階の解像度で描画することが できる。解像度を高くするほど、鮮明なコア画像を表示するが、描画速度が遅くなる。

以上の機能は、すべてコアデータの閲覧の際に必要となる機能である。次に、アプリケーションの画面構成について説明する。以下の7つの画面から構成される。

A) Start 画面

アプリケーションスタート時に表示される画面である。Click here の部分をタップ すると、ネットワークに接続されていて、かつ、タブレット端末であれば、CoreSelect 画面へ遷移する。

B) CoreSelect 画面

閲覧するコア試料を選択する画面である。機能4のコア試料の絞り込み検索を提供 している。スピナーにおいて識別番号を選択し、Select ボタンを押すと、Whole 画 面へ遷移する。

C) Browse 画面

コア画像を画面全体に表示する画面である。この画面において、機能1の拡大・縮 小、機能2の回転と機能3の上下移動機能を提供している。まず、初期状態では、 画面をドラッグすることでコア試料を回転させることができる。Setting 画面にてド ラッグ操作を回転に割り当てるか、上下移動に割り当てるか変更することができる。 設定を上下移動に変更し、画面をドラッグするとコア試料を上下移動することがで きる。また、画面をピンチアウトすることでコア試料を拡大、ピンチインで縮小す ることができる。



図 4-1 既存アプリケーションの color 画面

D) Color 画面

コア試料に対する色付けと透過度を変更することができる画面である。機能5のコ アの色付け、機能6のCT値と色の対応表示、機能8の透過度の変更、機能10の CT 値のヒストグラムの表示、機能 11 のカラーモデルの保存機能を提供している。 図 4-1 は、Color 画面である。図 4-1①にコア画像を表示している。この部分から、 拡大や回転、上下移動を行うことができる。コア試料の色付けは、③のスライドバ ーで、色付けする CT 値の範囲を選択できる。スライドバー上部のカラーパネルで CT 値の分布を表すヒストグラムを表示している。ヒストグラムの横軸に CT 値 (0~4000)、縦軸に CT 値の度数としている。このヒストグラムは、色付けする範囲 の選定の目安となる。⑤のパネルでは、選択した CT 値の範囲のヒストグラムと、 その CT 値と色の対応を表示している。次に透過度の設定について述べる。透過度 は、一括設定と個別設定が行える。④のスピナーにて、色付けしている CT 値全体 の透過度を10%毎に変更することができる。また、⑤のパネルをタッチすることで 個別に透過度を変更できる。最後にカラーモデルの保存機能について説明する。 [SAVE]ボタンを押すことで現在設定している CT 値の色付けと透過度を端末内に保 存することができる。保存したカラーモデルは、②のスピナーから選択し、設定す ることができる。



図 4-2 既存アプリケーションの cut 画面

E) Cut 画面

コア試料を切断する画面である。機能7のコアの縦方向の切断機能を提供している。 図 4-2 は、cut 画面である。図 4-2①は、閲覧用コア画像であり、Whole 画面で表 示されるものと共通である。②のコア画像は、カット用コア画像である。白線に沿 って縦方向に切断する。スライドバーを左右に移動すると、②のカット用コア画像 を回転する。スライドバーで、切断したい角度まで回転させ[CUT]ボタンで切断す る。[UNDO]ボタンで切断を取り消すことができる。

F) Info 画面

表示するコア試料の変更や解像度の変更できる。機能 4 のコアの絞り込み検索と機 能 12 の解像度の変更機能を提供している。解像度を Highest, Higher, Middle, Lower, Lowest の 5 段階から選択することができる。

G) Setting 画面

設定を変更することができる画面である。Whole 画面のドラッグ操作の割り当て(上下移動、回転)を変更することができる。また、Color 画面で保存したカラーモデルを削除することができる。



図 4-3 既存アプリケーションの画面構成

これらの A~G の 7 つの画面により、コア試料の分析に必要な機能を提供している。図 4-3 に既存アプリケーションの画面構成を示す。Browse 画面、Color 画面、Cut 画面、Info 画面 を分析画面とする。CoreSelect 画面でコア試料を選定し、Color 画面にて特定の CT 値に対 して色付けし、Cut 画面で切断し、Browse 画面にて拡大してすることで、分析に必要な部 分を強調したコア画像を閲覧することできる。

4.1.2 追加が必要となる機能

上記の既存アプリケーションに対して、3.1 節で述べたブックマーク機能とアノテーション機能を追加する。開発すべき項目として、以下の4項目が挙げられる。

1. ブックマーク機能

ブックマーク機能は、コアデータに対する視点及び色付けの設定を URL として保存 する、またその URL ヘアクセスした場合に視点及び色付けを再現し表示する機能で ある。Android アプリケーションでは、描画情報のパラメータを含めた URL を生成 する。なお、この URL にアクセスするとレンダラを起動することができる。クライ アントアプリケーション以外からのアクセスを防ぐため URL を暗号化する。また、 URL ヘアクセスされた場合、URL を復号し、得られたパラメータを、レンダラ API を利用して、ゲートウェイに描画リクエストする。さらにそのレスポンスを画面に表 示する機能が必要になる。また、ブックマーク機能で生成したURLをメールやTwitter などの SNS に投稿する機能も開発する。

2. アノテーション機能

アノテーション機能は、3次元画像に対してアノテーション情報を添付する、添付したアノテーションを閲覧する機能である。Android アプリケーションでは、アノテーションの閲覧や添付を行うための画面設計とアノテーション API を利用し、アノテーションの添付や閲覧のリクエストを送る機能が必要となる。またアノテーション追加リクエストには個人情報を含むため POST で実装する必要がある。

3. アカウント機能

アカウント機能とは、アカウントの登録、システムへのログイン、ログアウトする機 能である。Android アプリケーションでは、ログイン、ログアウト機能とその UI 設 計が必要となる。アカウント登録は、web 版クライアントアプリケーションと共通画 面でブラウザでの登録となる。

4. 既存機能の改良

ヒアリングから得られた問題への対応や機能修正、また、可読性向上のため、リファ クタリングを行う。また、顧客からのヒアリングにより得られた既存 Android アプリ ケーションの問題とその解決策について表 4-1 に示す。

表 4-1 ヒアリングから得られた問題と解決策

問題	解決策
コア試料のどの部分を閲覧しているかわからない	位置(深度)のスケールを表示する
7インチタブレットのみでしか利用できない	マルチ画面に対応する
操作方法がわからない	ヘルプ画面を作成する
初回起動時のコア画像が見にくい	初回起動時、コア試料毎に色付けするCT値を自動設定する
色付けを行う際、細かいCT値の設定ができない	CT値を入力して設定できるようにする
コア画像が保存できない	コア画像を保存できるようにする
コア試料に対する操作のリセットができない	視点及び色付け操作のリセットを可能にする

スコープ	開発内容	対象機能
	位置(深度)のスケール表示	既存機能の改良
	コア試料毎に色付けするCT値の自動設定	既存機能の改良
S0	コア画像の保存	既存機能の改良
	視点及び色付け操作のリセット	既存機能の改良
	バグ修正	システムの安定化
	URLの生成	ブックマーク機能
C1	URLからコア画像の復元	ブックマーク機能
51	Twitter等のSNS連携	ブックマーク機能
	S0のフィードバック反映	フィードバック
	アノテーション情報の閲覧	アノテーション機能
	アノテーション情報の新規追加	アノテーション機能
52	アノテーション情報の編集、削除	アノテーション機能
52	ログイン、ログアウト	アカウント機能
	マルチ画面対応	既存機能の改良
	S1のフィードバック反映	フィードバック
53	ヘルプ画面の作成	既存機能の改良
33	S2のフィードバック反映	フィードバック

表 4-2 Android アプリケーション開発のスコープごとの開発項目

4.1.3 開発すべき項目とスコープ

表 4-2 にスコープでの開発項目を示す。S0 では、システム安定化させるため機能修正を 行う。S1 では、ブックマーク機能の開発とS0 のユーザテストで得られたフィードバックの 反映、S2 ではアノテーション機能とアカウント機能の開発とS1 のユーザテストで得られた フィードバックの反映行う。S3 にて、S2 フィードバックの反映と保守性向上のためリファ クタリングを行う。開発の進め方として、顧客へヒアリングを行い、要件を固めプロトタイ プやモックアップを作成し、顧客と確認する。その後、設計・実装を行い、イテレーション の終わりに顧客や担当教員にユーザテストをしてもらい、そこで得られたフィードバックを 次イテレーションで反映するという方法で進める。図 4-4 に Android アプリケーションの開 発スケジュールを示す。図 4-4 のユーザテスト実績とは、顧客へのユーザテストテストを実 施日である。ユーザテストは、開発者側でシナリオやタスク等は設定せずに利用者がアプリ ケーションを自由に操作してもらう方法で行う。

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
予定	S0		S1		S2	S3	報告書	作成
実績		50	51		52	S 3	報告書	昌作成
ユーザテスト実績	7/29 S0		9/13 S1		11/2 S2	12/3 S3		

図 4-4 Android アプリケーション開発のマスタスケジュールと実績

4.2 設計

4.2.1 ブックマーク機能の設計

図 4-5 に、ブックマーク機能の画面設計を示す。既存アプリケーションの構成に対して、 ブックマーク機能を追加するために、オプションメニュー内に URL を共有するためのメニ ューを設け、どの分析画面からでも URL を共有することができる設計とした。分析画面に おいて、オプションボタンを押下すると図 4-6 に示すようなオプションメニューが表示され る。オプションメニューから[Share Preference]を選択すると、共有先を選択するダイアロ グが表示される。このダイアログで選択できるのは、メールアプリケーションや Twitter ク ライアントなど端末内にインストールしている他アプリケーションである。そこで、アプリ ケーションを選択すると現在閲覧しているコアデータの識別番号や視点及び色付け情報を含 んだ URL が他アプリケーションへ渡され、選択されたアプリケーションが起動する。 [Share Preference]から Twitter クライアントを選択した場合、図 4-7 のように Twitter ク ライアントが起動する。画面右上の[ツイート]ボタンを押すだけで、Twitter に自分が閲覧し ていたコアデータを再現できる URL を投稿することができる。また、Twitter やメールなど で本アプリケーションが生成した URL がクリックされた場合は、本アプリケーションが起 動され、それと同時に URL に含まれたパラメータで描画処理が行われ、Browse 画面へ遷移 する。



図 4-5 ブックマーク機能の画面設計



図 4-6 オプションボタン押下時の分析画面

	🛜 🛿 16:43
💓	118 שר- א
KyokoToyota @KyokoToyota	
http://gpgpu.cs.tsukuba.ac.jp/~ccore/dev/	
index.php?L29IMJ51oG0kWzA0oJyhCGR1ZmLzL3EgLKt9ZwV0ZPM6o29gCGRhZQNzL3	BIOCF0kWaWyp29f

qKEco249ZvMlo3EsqUyjMG0jWaWiqUt9ZPMlo3E5CGNzpz90rw0jWzEypUEbCGNzL2LyAHVyAHD9ZGHmA vHIDmNhZPMwMvH1DvH1EQ0IZwDjWGWQZF4jWzSzWGIPWGIRCGR1ZmLyZxZkYwNzLJLyAHVyAHD9Zw V0ZPHIDmRhZPMyrJIsrQ0jYwNjWzI5MI95CGthZGVzMKyyK3b9ZP4jZPM1pS94CGNhZQNzqKOsrG0jYwNj WaljK3b9ZF4IAFMgo3MyrQ0jWz1iqzI5CGNzMTIapzIyCGN=



図 4-7 共有先に Twitter クライアントを選択した場合

4.2.2 アノテーション機能とアカウント機能の設計

図 4-8 に、アノテーション機能とアカウント機能の画面設計を示す。アノテーション情報 を閲覧、追加するための画面とダイアログ、また、システムへログインするためのログイン メニューを設ける。それぞれの詳細を説明する。

アノテーション機能の追加のため、図 4-9の Annotate 画面を分析画面に追加した。コア 試料を閲覧する Browse 画面や色付けを行う Color 画面からタブで切り替えることができる。 Annotate 画面では、アノテーションの閲覧、追加、編集、削除を行える。Annotate 画面は、 3つのエリアから構成される。図 4-9①のエリアは、アノテーションの詳細を表示し、編集、 削除を行える。②のエリアで、コア画像とアノテーションが追加されている位置にマーカが 表示されている。③のエリアでは、アノテーションの一覧をリスト形式で表示している。ア ノテーションを閲覧する場合、②のコア画像から選択する方法を③のリストから選択する方 法がある。コア画像から選択する場合、画像に表示されているマーカにタッチすることで① のアノテーション詳細表示エリアにアノテーションの全文と記入者を表示する。マーカは、 ピンクとホワイトの2色を用いることでアノテーションの選択、非選択状態を表す。リスト から選択する場合、リストのカラムにタッチすることで、アノテーションを選択することが できる。リストの左側にコア画像内のマーカを表示し、リストのアノテーションがコア画像 のどのアノテーションに対応しているかを示す。選択されたアノテーションを追加したアカ ウントでログインしている場合のみ、①の下部に編集、削除ボタンが表示される。アノテー ションを追加する場合、コア画像上のアノテーションを追加したいポイントで、画面を長押 しする。すると、アノテーション追加ダイアログが表示され、テキストを入力し、投稿でき る。アノテーションの編集する場合、編集するアノテーションを選択し、編集ボタンを押す。 削除の場合も同様に、削除するアノテーションを選択し、削除ボタンを押すことで削除でき る。


図 4-8 アノテーション機能とアカウント機能の画面設計



図 4-9 Annotate 画面

WHOLE	COLOR	сит	ANNOTATE	INFO
	Login			
	Email			
	<u>.</u>			
	Password			
	ι	C	reate an account	
	Cancel		Login	
				Φ
	Ĵ			

図 4-10 ログインダイアログ

アカウント機能について述べる。アノテーションを追加するためには、アカウントの登録 し、アプリケーションでログインしなければならない。オプションメニューから[Login]を選 択すると、図 4-10 のログインダイアログが表示される。ダイアログ右下のリンクへアクセ スすると、端末内のブラウザが起動し、webページにてアカウントを登録することができる。 アカウントが管理者によって承認されると、アカウントが有効になる。ログインダイアログ にメールアドレスとパスワードを入力するとログインできる。ログインしている状態では、 オプションメニューにログアウトとログインしているアカウント名を表示する。正常にログ イン、ログアウトすると完了メッセージを、ログインできなかった場合は、エラーメッセー ジをポップアップで表示する。一度ログインすると、そのメールアドレスとパスワードをア プリケーションで保存し、アプリケーション起動時に自動的にログインする。ログアウトす ると、保存したメールアドレスとパスワードは破棄する。

4.2.3 既存機能の改良案

図 4-11 に既存機能の改良のための画面構成を示す。はじめに、コア試料のどの部分を閲 覧しているか分からないという問題に対して、Browse 画面にスケールを表示することで解 決する。次に、7 インチタブレットでしか使用できないという問題に対しては、画面のレイ アウトはそのままにし、どのようなサイズのタブレット、スマートフォンでも表示できるよ うな設計とする。操作方法がわからないという問題に対しては、オプションメニュー内にヘ ルプメニューを設け、分析画面のどこからでもヘルプを利用することができるようにする。 また、色付けを行う際、細かく CT 値が設定できないという問題に対しては、Color 画面に おいて、CT 値をスライドバーだけでなくテキストフィールドからも設定できるように変更 する。コア画像が保存できないという問題に対しては、オプションメニュー内に、コア画像 保存メニューを設ける。最後にコア試料の操作に対する、リセットが行えないという問題は、 Browse 画面内にリセットボタンを設けることでリセット操作を可能とする。



図 4-11 既存機能の改良のための画面構成

4.2.4 画面構成

開発する機能の設計より、アプリケーション全体の画面構成は、図 4·12 になる。斜線で 示す枠は、既存画面に対して修正、または、新規に開発する画面である。Browse 画面、Color 画面、Cut 画面、Annotate 画面、Info 画面を分析画面とする。アプリケーションを起動す ると、Start 画面が表示される。その後、CoreSelect 画面にて、閲覧するコア試料を選択す る。コア試料の選定が終わると、分析画面に遷移する。分析画面では、視点や色付けの変更 に加えて、アノテーション情報を閲覧、追加することができる。分析画面で、オプションボ タンを押すと、Setting やログイン、URL の共有などのメニューを選択できる。また、Info 画面もしくは、端末のバックボタンを押し CoreSelect 画面に戻ると閲覧するコア試料を再選 定することができる。

インタフェース設計に関して、Android デザインガイドライン[15]や Google Map、Google Earth アプリケーションを参考にして設計を行った。



図 4-12 アプリケーションの画面構成

変数名	型	概要
corenum	int	コア番号
zoom	float	拡大率
cut	int	切断角度
resolution	int	解像度
rot_type	int	回転方法
rotx,roty,rotz	int	x,y,z方向の回転角度
depth	int	コアの上下移動
color_type	int	色付け方法
cf	array	CT値と色の対応情報を含む配列
af	array	CT値と透過度の対応情報を含む配列
eye_x,eye_y,eye_z	float	視点の座標
up_x,up_y,up_z	float	視点の上方向ベクトル
movex,movey	int	マウスの移動ベクトル
degree	int	回転角度
ctmin	int	色付けする最小のCT値
ctmax	int	色付けする最大のCT値

表 4-3 生成した URL に含まれるパラメータ一覧

4.3 実装

4.3.1 ブックマーク機能

視点及び色付け情報を含んだ URL を生成するまでの処理の流れについて述べる。オプションメニューから[Share Preference]を選択すると、Text が共有できるアプリケーションがすべて表示される。これは、Android の Intent クラス[16]を利用している。Intent クラスでは、遷移先アプリケーションやアクティビティを明確にせず、条件を指定するだけで、端末内のすべてのアプリケーションへの連携を可能とする。遷移先アプリケーションを決定すると、URL を作成する。閲覧しているコア画像と同一画像を再現するためには、表 4-3 に示すパラメータが必要となる。パラメータを使い、図 3-3 リクエスト例のように URL を生成する。URL を暗号化し、遷移先アプリケーションへ渡すことで、URL の共有を実現している。

次に、ブックマーク機能で生成された URL ヘアクセスがあった場合の処理の流れについ て説明する。アプリケーションの intent フィルタに条件を設定しておくことで、ブックマー ク機能で生成した URL ヘアクセスすると、アプリケーションを起動することができる。そ こから URL を復号し、ゲートウェイに対して描画リクエストする。

4.3.2 アノテーション機能

アノテーションを画面に表示するまでの流れについて述べる。Annotate タブが選択される と、アノテーション取得 API に応じたクエリを作成する。表 4-4 にアノテーション API の パラメータを示す。これらのパラメータを図 3-3 のように HTTP GET でゲートウェイに対 して送信する。ゲートウェイはパラメータから、ユーザが閲覧しているコアデータとその視 点を計算する。ゲートウェイのアノテーションデータベースには、コアデータの 3 次元モデ ル上での、アノテーション情報とその 3 次元座標が保存されている。3 次元座標から 2 次元 座標へ座標変換を行い、ユーザが閲覧しているコア画像でのアノテーションの 2 次元位置を 計算する。ユーザの閲覧しているコア画像内に表示されるアノテーションの情報を JSON 形 式で返送する。1 つのアノテーションを画面に表示するためには、表 4-5 のパラメータが必 要となる。画面内に複数のアノテーションが存在する場合、JSON Array の形で返送される。 JSON 形式のデータを解析し、Annotate 画面にマーカやリストとして表示する。

次にアノテーション添付の処理の流れについて説明する。コア画像上で長押しすると、 Annotate 追加ダイアログが表示され、アノテーション情報を入力できる。アノテーション 追加 API に応じたリクエストを作成する。表 4-6 にアノテーション追加 API のパラメータ を示す。ゲートウェイに対して、HTTP POST でリクエストする。ゲートウェイは、ユーザ のコア画像の視点情報とその画像上での2次元座標から、3次元モデル上での3次元座標を 計算し、データベースに保存する。また、アノテーション情報は、コアデータの3次元モデ ル上にしか保存出来ない仕様としたため、ユーザがコア画像上のコア試料でない部分にアノ テーションを添付しようとした場合、ゲートウェイにて例外処理を行い、添付出来ない。添 付が失敗した場合は、レスポンスとしてエラー理由のメッセージを返送する。

最後にアノテーションの編集と削除の流れについて説明する。ゲートウェイのアノテーシ ョンデータベースは、IDを主キーとして保存している。編集する場合は、アノテーション編 集 API にその ID と編集後のアノテーション情報をセットし、ゲートウェイに対して送信す ることで、編集処理を実行する。また、削除する場合も同様に、削除 API に削除するアノテ ーションの ID をセットし、リクエストすることで削除処理を実行する。

変数名	ᆈ	概要
corenum	int	コア番号
depthto	int	先頭のスライス画像の番号
depthfrom	int	最後尾のスライス画像の番号
rotx,rotz	int	x,z方向の回転角度
scale	double	1ピクセル当たりの長さ
cut	int	切断角度

表 4-4 アノテーション取得 API のパラメータ

変数名	型	概要
x	int	画像内でのX座標
У	int	画像内でのY座標
annotate	String	アノテーション情報
author	String	記入者
id	int	識別用ID
commission	boolean	編集権限があるかどうか

表 4-5 アノテーション取得 API のレスポンスパラメータ

表 4-6 アノテーション追加 API のパラメータ

変数名	型	概要
corenum	int	コア番号
depthto	int	先頭のスライス画像の番号
depthfror	int	最後尾のスライス画像の番号
rotx,rotz	int	x,z方向の回転角度
scale	double	1ピクセル当たりの長さ
cut	int	切断角度
х	int	画像内でのX座標
У	int	画像内でのY座標
annotate	String	アノテーション情報



図 4-13 browse 画面

4.3.3 既存機能の改良

既存機能の改良として取り組んだ項目として、顧客へのヒアリングから得られた問題への 対応について述べる。

- コア試料のどの部分を閲覧しているかわからない 実物のコア試料を観察する場合、コア試料の横にスケールが設置されている。実際の コア試料の観察と同様に、コアデータの最上部を 0mm、最下部を 1500mm として、 図 4-13 の①のようにコア画像の左端にスケール表示する。これにより、コア試料の どの地点を表示しているか把握できる。また、スケールの間隔は、表示されているコ ア試料の長さに応じて動的に変更する。例えば、0mm から 150mm を表示している場 合は、20mm 毎に目盛りを表示し、0mm から 500mm を表示している場合は、100mm 毎に目盛りを表示する。
- 2. 7インチタブレットでしか使用できない

既存のアプリケーションでは、タブレット端末でないとアプリケーションが動作せず、 また画面サイズが WXGA (1280*800) に合わせて設計されていたため、解像度の低 い、または、高いタブレットで実行するとレイアウトが崩れてしまうという問題があ った。それを解決するため、さまざまな画面サイズや解像度に対応するために密度非 依存ピクセル(dp)を用いて再設計し実装を行った。それにより、画面サイズや解像度 に依存せずアプリケーションを利用することができるようになった。

操作方法がわからない
 既存アプリケーションは、操作や仕様に関する記述がなかったため、ヘルプ画面を作成し、アプリケーションのオプションメニューから閲覧できるようになった。

- 4. 初期起動時のコア画像が見にくい 既存アプリケーションでは、CoreSelect 画面からコア試料を選択すると、リクエスト 時に色付けする CT 値の初期値を 0 から 2000 に固定していた。そのため、色付けす る CT 値の最小を 0、最大を 1 でリクエストした場合は、サーバ側で自動的にコアデ ータのヒストグラムから適切に色付けする仕様とした。これにより、初期起動時でも コアデータに適した色付けの画像を閲覧できる。
- 5. 色付けを行う際、細かい CT 値が設定できない 既存アプリケーションでは、CT 値の設定をスライドバーのみで行っていたため、CT 値の大まかな変更は容易であるが、細かく変更することができなかった。そのため、 CT 値を入力し設定できるテキストフィールドを追加した。
- 6. コア画像が保存できない 顧客より、コア画像を保存したいという要望があがっていたため、画像共有機能を追加した。オプションメニューから、[Share Image]を選択するとコア画像を他アプリケーションへ共有することができ、そのままメールへ添付する、Twitterへ投稿するなどといったことが可能になった。
- コア試料に対する操作をリセットできない 元のポジションも戻す機能を追加した。Browse 画面において、図 4-13の②の RESET ボタンを押すと、コアデータに対して行った視点移動や色付けなどの操作を全てリセ ットすることができる。

また、顧客からコア試料の上下移動が出来ないなどのバグ報告があがっていたため、修正 した。また、アプリケーションのソースコードの可読性を向上するため、リファクタリング を行った。不要な変数やメソッドの削除や命名規則の統一、修正を加えた既存メソッドには 可能な限りコメントを追加し[17]、変数のスコープを狭め、定義してから参照するまでの距 離を小さくするため、プログラム文の並び替えを行った[18]。

4.4 ユーザビリティ評価実験

4.4.1 実験の目的

今回の実験では、開発したアプリケーションでコア試料を分析する際、利用者が目的の操 作行うことができるかどうかを検証する。ユーザビリティ評価は、大きく分けて2種類あり、 専門評価とユーザを使った評価である[19]。今回は、ユーザに実際に使用してもらい、その 行動観察から評価行う。

4.4.2 実験内容

実験方法として、被験者にアプリケーションを使用してもらい観察を行った。はじめに被 験者に対して、アプリケーションの概要やコア試料の説明を行った。次に、16 種類のタスク を実行してもらった。表 4-7 に実施したタスクの内容と検証している機能について示す。実 験終了後にアンケート調査を行った。タスクの達成状況とアンケートから使いやすさの5段 階評価を評価項目とし、半数以上の被験者がタスクを達成することを目標とする。評価実験 には、大学院生の被験者8名に協力頂いた。全員がスマートフォンを利用しており、そのう ち2名がAndroid 搭載のスマートフォンを利用している。

表 4-7 タスク一覧

No.	タスク内容	機能
1	コア316-C0004-C-1-H-4を選択する	コアの絞り込み検索
2	コアの300mmが中心にくるように閲覧する	上下移動
3	コアをX方向に60度回転させる	X軸回転
4	コアをZ方向に60度回転させる	Z軸回転
5	CT値を2000~2100までに色付けを行う	色付け
6	コアを画面と平行な面で切断する	切断
7	切断を取りやめる	切断取り消し
8	特定ユーザのアノテーションを探す	アノテーションの閲覧
9	ユーザ登録をする	アカウント登録
10	ログインする	ログイン
11	アノテーションを追加し、testという文字を入力する	アノテーションの追加
12	入力した文字をtest2と変更する	アノテーションの編集
13	test2というアノテーションを削除する	アノテーションの削除
14	ログアウトする	ログアウト
15	コアの設定をtwitterに投稿する	ブックマーク
16	コアの画像をメールに添付する	画像共有

表	4-8	タス	ク(の達成状況表
---	-----	----	----	--------

No.	検証機能	達成数	未達成数
1	コアの絞り込み検索	8	0
2	上下移動	6(3)	2
3	X軸回転	8	0
4	Z軸回転	8	0
5	色付け	8	0
6	切断	6(3)	2
7	切断取り消し	8	0
8	アノテーションの閲覧	8	0
9	アカウント登録	7	1
10	ログイン	7	1
11	アノテーションの追加	7(5)	1
12	アノテーションの編集	7	1
13	アノテーションの削除	7	1
14	ログアウト	7	1
15	ブックマーク	7(1)	1
16	画像共有	7(1)	1

4.4.3 実験結果と考察

表 4-8 にタスクの達成状況を示す。達成数のカッコ内の数字は、アプリケーション内のヘ ルプページを発見し閲覧することで達成出来た被験者数である。全てのタスクにおいて、半 数以上の被験者が達成できている。しかし、No.2 の上下移動と No.6 の切断機能に関しては、 達成できない被験者数が2名となった。なお、No.9 から No.16 までのタスクで未達成数が1 名となっている理由として、No.9 のアカウント登録と No.15 のブックマーク機能と No.16 の画像保存機能は全てオプションメニューから行うため、オプションメニューを見つけるこ とが出来ない被験者がいたためである。Android では、オプションメニューが右下にあるこ とは一般的であるが、被験者が iPhone ユーザであったため、オプションメニューを発見で きず、タスクを達成できなかったと考えられる。アノテーションの追加タスクにおいて、ヘ ルプを利用することでタスクを達成できた被験者数は5名となった。

表 4-9 アンケート結果

No.	検証機能	平均
1	コアの絞り込み検索	4.6
2	上下移動	2.1
3	X軸回転	3.6
4	Z軸回転	3.9
5	色付け	3.0
6	切断	2.1
7	切断取り消し	4.6
8	アノテーションの閲覧	3.7
9	アカウント登録	3.4
10	ログイン	4.1
11	アノテーションの追加	2.6
12	アノテーションの編集	4.4
13	アノテーションの削除	4.6
14	ログアウト	4.4
15	ブックマーク	3.7
16	画像共有	3.7

また、実験後被験者にタスク別の使いやすさを5段階で評価してもらった。数値が5に近いほど使いやすく、1に近いほど使いにくく使用する際にストレスを感じる。表 4-9にアンケートから得られた点数の平均値を示す。No.2の上下移動機能、No.6の切断機能、No.11のアノテーションの追加機能で平均である3点以下の結果が得られた。また、被験者へのインタビューで、1度使用すれば使い方は理解できるので、2度目からはスムーズに利用できるとの意見をいただいた。

これらの結果より、本アプリケーションにおいて利用者が目的の操作を概ね行うことがで きるが、上下移動機能、切断機能、アノテーションの追加機能に関しては、チュートリアル やガイドを表示するなどのユーザ補助機能を追加することで、よりストレスなく使用できる と考えられる。

第5章 おわりに

本プロジェクトでは、「海底コア CT スキャンデータの可視化・情報共有を可能とするクラ ウドサービスの構築」として、Virtual Core Viewer に 2 つの情報共有機能を追加すること により、コア画像をもとにした研究コミュニティツールを開発した。

従来、コアデータを利用した分析には、コアデータのファイルサイズが大きく、十分な保 存容量が必要となる、3次元化には大きな計算量が必要であり高性能なマシンを必要とする、 コアデータの閲覧に適した専用ソフトウェアが存在しないといった問題があった。上記の問 題を解決する分析ツールとして Virtual Core Viewer が開発された。しかし、既存システム では、視点及び色付け情報の共有することや、3次元画像に対してコメントをインタラクテ ィブにつけることが出来なかった。これらの問題を、ブックマーク機能とアノテーション機 能という2つの機能を追加することにより解決し、分析から得られた知見を保存し、3次元 コア画像と共に閲覧できる研究ツールを目指した。筆者は、その開発項目のうち、システム のクライアントである Android 端末向けアプリケーションの開発を行った。コア画像の視点 及び色付け情報を保存するためのブックマーク機能や、3次元コア画像にコメントを添付し 閲覧できるアノテーション機能を、タブレットで利用するための機能設計やインタフェース 設計、実装を行った。また、顧客ヘヒアリングを行い、既存の分析機能の改良やシステムの 安定化に取り組んだ。開発したアプリケーションのユーザビリティ評価実験を行い、目標で あった半数以上の被験者がタスクを達成することができた。以上の結果より、タブレットか ら、3次元コア画像の閲覧だけでなく、分析から得られた知見を保存し、3次元コア画像と 共に閲覧することが可能となった。

今後の展望として、アノテーション機能と用いて添付できるデータは、テキストデータだ けであるが、画像やドキュメントなどのファイル添付が挙げられる。コアデータの点に対し て実物の画像や関連する論文、参考資料を添付することができるようになれば、より研究者 間の情報共有や地質学の新たな発見を促すことができると考えられる。また、筆者の担当領 域においては、iOS向けアプリケーションの開発が挙げられる。今回、タブレット端末とし て Android タブレットでの利用を想定し、Android 端末向けクライアントアプリケーション の開発を行ったが、iPad などの iOS 向けアプリケーションを開発がするとこで、より多く の人に利用してもらえると考えられる。

謝辞

高知コア研究所 技術副主幹の久光敏夫様には、フィードバックや助言にいつも対応してい ただき、開発を進めていく上で様々な気付きを与えてくださいました。心より感謝いたしま す。指導教員の田中二郎教授には、報告書の執筆等で大変貴重なご指導頂きました。深く感 謝いたします。本プロジェクトの課題担当教員である和田耕一教授、山際伸一准教授には、 毎週のミーティングにて熱心にご指導いただき、出張や学会への参加など大変お世話になり ました。厚くお礼申し上げます。並列分散処理研究室の森田美紀さん、櫻井美知代さんには、 出張の手配やプロジェクトを進める上で必要な書類作成などしていただき、大変お世話にな りました。また、貴重な時間を割いて、ユーザテストに協力していただいた皆様へ心から感 謝いたします。プロジェクトメンバである、黒田祐登氏、城崎亮氏、高達生氏、伊藤弘貴氏 には、ともにプロジェクトを頑張り、多くの意見をいただき、サポートしていただきました。 ありがとうございました。

最後に、様々な面から支えてくださった両親や友人に心より感謝致します。

参考文献

- [1] IODP, <u>http://www.iodp.org/</u>
- [2] 宮崎英剛,"地球深部探査船「ちきゅう」による大水深掘削",混相流,vol.25,No.3,2011
- [3] 平朝彦,倉本真一,未到の地球深部への挑戦-統合国際掘削計画-,石油技術協会誌第68巻 第2・3号,2003
- [4] Chester et al.,"Structure and composition of the plate-boundary slip zone for the 2011 Tohoku-Oki earthquake", SCIENCE, vol.342, dec 2013
- [5] Ujiie et al.,"Low coseismic shear stress on the Tohoku-Oki megathrust determined from laboratory experiments",SCIENCE, vol.342, dec 2013
- [6] Fulton et al., "Low coseismic friction on the Tohoku-Oki fault determined from temperature measurements", SCIENCE, vol.342, dec 2013
- [7] 青池寛 他,"地球深部探査船「ちきゅう」の下北半島沖慣熟航海コア試料:物性変動か ら予測される古環境変動",日本古生物学会,no.87,pp.65-81,may 2010
- [8] 高知コア研究所, http://www.jamstec.go.jp/kochi/e/
- [9] Virtual Core Library, <u>http://www.kochi-core.jp/VCL/</u>
- [10] OsiriX, <u>http://www.osirix-viewer.com/</u>
- [11] Virtual Core Viewer, <u>http://gpgpu.cs.tsukuba.ac.jp/~ccore/guest/index.php</u>
- [12] 坂本侑一郎,"海底コア CT スキャンイメージ可視化のためのクラウドサービスの開発" 筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻特定課題研究報 告書,2013
- [13] JSON, <u>http://www.json.org/</u>
- [14] 佐々木慎,"海底コア CT スキャンイメージ可視化のためのクラウドサービスの開発" 筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻特定課題研究報 告書,2013
- [15] Android Developers Design , <u>http://developer.android.com/design/index.html</u>
- [16] Android Developers reference, http://developer.android.com/reference/android/content/Intent.html
- [17] Dustin Boswell, Trevor Foucher, リーダブルコード, O'Reilly Japan, Inc, 2012
- [18] 佐々木唯 他,"プログラム文並び替えに基づくソースコードの可読性向上の試み",ソフ トウェアエンジニアリングシンポジウム,2013
- [19] 堀栄聡志 他,"製品開発におけるユーザビリティ評価",三菱自動車テクニックレビュ ー,No.20,2008

付録 A 開発ドキュメント

A1. 画面定義書



Android 版

最終更新日:2013年10月16日

目次

- 部品名の定義
- ユースケース
 - 1 URLを作成、共有する
 - 2 コアの写真を保存、共有する
 - 3 アカウント登録を行う
 - 4 ログイン、ログアウトする
 - 5 アノテーションを閲覧する
 - 5.1 画像上のピンから閲覧する
 - 5.2 リストから閲覧する
 - 6 アノテーションを添付する
 - 7 アノテーションを編集する
 - 8 アノテーションを削除する
 - 9 ドラッグ動作を切り替える
 - 10 コアに対する操作をリセットする











 4 ログイン、ログアウトする > ⑩ログインメニューをクリックする > メールアドレス、パスワードを入力するとログインすることができる (アノテーションの添付には、ログインが必須) ************************************	
Image: Second	
7	















A2. ユースケース図

Android 版クライアントアプリケーションのユースケース図を示す。



A3. シーケンス図

Android 版クライアントアプリケーションの以下の機能のシーケンス図を示す。

1.コア画像の取得

2.設定の共有

3.設定の復元

4.アノテーションの取得

5.アノテーションの閲覧

6.アノテーションの新規追加

7.アノテーションの編集

8.アノテーションの削除

1.コア画像の取得



2.設定の共有



3.設定の復元



4.アノテーションの取得


5.アノテーションの閲覧



6.アノテーションの新規追加



7.アノテーションの編集



8.アノテーションの削除



付録 B 評価実験に関する資料

評価実験で使用した資料と、実験結果の詳細を示す。 B1. 実験同意書



B2. アンケート

```
Virtual Core Viewerの操作性に関するアンケート
                    氏名:_____
 ● 普段使用している携帯電話は、スマートフォンですか。
        Yes · No
 ● Yesの場合は、スマートフォンのOSを教えて下さい。

    以下のシナリオそれぞれに対して、満足度を教えてください。

      (5:とても使いやすかった ⇔ 1:とてもストレスを感じた)
    1. コア 316-C0004-C-1-H-4 を選択する
               3 2 1
     5 4
    2. コアの 300mm の地点が中心にくるように閲覧する
         4 3 2 1
      5
    3. コアを X 方向に 60 度回転させる
                    2 1
      5 4 3
    4. コアを Z 方向に 60 度回転させる
     5 4 3 2 1
    5. CT 値が 2000~2100 で色付けを行う
      5 4 3 2 1
    6. コアを画面と平行な面で切断したときの切断面を閲覧する
      5 4 3 2 1
    7. 切断を取りやめる
      5 4 3 2 1
    8. 316-C0004-C-1-H-4の 300mm 地点辺りに付加されている「tsukuba」さんの
      コメントの詳細を表示する
        4 3 2 1
      5
```

```
9. ユーザ登録を行う
 5 4 3 2 1
10. ログインする
 5 4 3 2 1
11. 「test」という内容のアノテーションを 250mm 地点に付加する
 5 4 3 2 1
12. 11 で追加したアノテーションを「test2」という内容に変更する
 5 4 3 2 1
13. 12 で編集した内容のアノテーションを削除する
 5 4 3 2 1

      14. ログアウトする

      5
      4
      3
      2
      1

15. コアの設定を Twitter に投稿する
                   2 1
 5 4 3

      16. コアの画像をメールに添付する

      5
      4
      3
      2
      1

                アンケートは以上です。ありがとうございました。
```

B3. 実験結果詳細

●タスクごとの達成状況

No.	検証機能	ユーザA	ユーザB	ユーザC	ユーザD	ユーザE	ユーザF	ユーザG	ユーザH
1	コアの絞り込み検索	0	0	0	0	0	0	0	0
2	上下移動	0	\triangle	Х	\bigtriangleup	\triangle	0	0	Х
3	X軸回転	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Z軸回転	0	0	0	0	0	0	0	0
5	色付け	0	0	0	0	0	0	0	0
6	切断	\triangle	\triangle	0	\bigtriangleup	Х	0	Х	0
7	切断取り消し	0	0	0	0	0	0	0	0
8	アノテーションの閲覧	0	0	0	0	0	0	0	0
9	アカウント登録	0	0	0	0	0	0	0	Х
10	ログイン	0	0	0	0	0	0	0	Х
11	アノテーションの追加	\triangle	\triangle	0	\bigtriangleup	\triangle	\triangle	0	Х
12	アノテーションの編集	0	0	0	0	0	0	0	Х
13	アノテーションの削除	0	0	0	0	0	0	0	Х
14	ログアウト	0	0	0	0	0	0	0	Х
15	ブックマーク	0	0	0	\triangle	0	0	0	Х
16	画像共有	Х	0	0	0	0	0	0	Х

●アンケート結果

No.	検証機能	ユーザA	ユーザB	ユーザC	ユーザD	ユーザE	ユーザF	ユーザG	ユーザH	平均
1	コアの絞り込み検索	5	5	5	5	4	4	4	5	4.6
2	上下移動	4	2	1	3	2	3	2	2	2.1
3	X軸回転	4	4	4	5	3	4	2	3	3.6
4	Z軸回転	4	4	2	5	3	4	4	5	3.9
5	色付け	5	1	4	4	2	4	4	2	3.0
6	切断	2	1	2	4	1	3	1	3	2.1
7	切断取り消し	5	5	5	5	5	4	3	5	4.6
8	アノテーションの閲覧	3	3	4	5	3	4	2	5	3.7
9	アカウント登録	3	4	5	5	2	4	3	1	3.4
10	ログイン	4	4	5	5	3	4	4	4	4.1
11	アノテーションの追加	3	1	2	3	3	1	5	3	2.6
12	アノテーションの編集	5	4	5	5	5	4	3	5	4.4
13	アノテーションの削除	5	4	5	5	5	4	4	5	4.6
14	ログアウト	4	5	5	5	3	4	4	5	4.4
15	ブックマーク	4	4	4	4	2	4	4	4	3.7
16	画像共有	2	4	4	5	2	4	4	3	3.7