

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：32710

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26860469

研究課題名(和文) 身元不明死体の復顔を目的とした顔貌と口腔内事象の視覚的癒合復元システムの開発

研究課題名(英文) Development of a facial reconstruction system for unidentified body by combining facial and intra-oral information

研究代表者

勝村 聖子 (KATSUMURA, Seiko)

鶴見大学・歯学部・講師

研究者番号：50410048

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：近年、CT撮影による死後画像診断(Ai; Autopsy Imaging)は、遺体を損壊せずに内部情報を獲得できる手段として、死因究明への期待が大きい。

本研究においては、CT画像情報から獲得される3次元表面情報および内部情報の効率的な抽出法と、個人特定につながる情報活用について考究した。CT情報から得られる内部事象と口腔内スキャナー等から獲得した表面情報を同一画面上で展開するソフトの開発に至った。金属の障害陰影の影響を回避し、口腔内形態の復元と、その顎骨内に含まれる埋伏歯や根の形態を含めた詳細な歯科所見を同一画面上に同時展開することを可能にした。

研究成果の概要(英文)：Ai (Autopsy Imaging) is a post-mortem diagnostic imaging using CT. It enables obtaining the internal information of the body without causing any damages, thus, is expected to serve as an effective tool for investigating cause of death.

In this study, we have discussed an efficient method for extracting surface and volume data from a CT image, and using the information in personal identification. We have developed a software to display the surface information taken from intra-oral scanner, etc. and internal information based on volume data from CT on a same screen. Our method has succeeded in excluding the metal artifacts and restoring the intra-oral structure as well as detailed dental information, including impacted teeth and root shapes embedded in either the maxilla or the mandible, on the same screen.

研究分野：歯科法医学

キーワード：個人識別 CT3次元再構築 身元不明 歯科所見

1. 研究開始当初の背景

近年、CTやMRI画像からの3次元再構築画像技術が急速に発展している。法医学の分野においても、解剖医不足や地域格差、犯罪見逃し防止といった様々な社会的課題への対応の一環として、Ai (Autopsy Imaging) による死因究明などが活用されている。また硬組織や軟組織の復元による身元確認などへの応用も期待されている。

平成23年3月11日に発災した東日本大震災においては、全国から多くの歯科医師が被災地に赴き、身元確認作業に従事した。遺体の歯科所見から生前資料との比較までを一貫とする個人識別は、ご遺体を正確に遺族に返す為の重要な任務である。

本震災において、身元確認数15,678人中1,238体(7.9%)が、歯科所見により身元判明に至った¹⁾。一方で、本震災で遺族への引き渡しの際に取り違いが生じた事例は、いずれも発災直後の段階で顔貌や着衣を主として身元確認した事例であり、混乱した状況内で行われる顔貌や着衣といった外見による身元確認の危険性が浮き彫りになった。すなわち、遺体の損傷が少ない早期においても、身元確認の三種の神器「指紋」「DNA」「歯科所見」を併用した、科学的根拠に基づいた身元確認の重要性が、本震災を通して認識されたと言える。しかし我が国において指紋やDNAの生前登録システムは整備されておらず、さらに家屋の倒壊や火災、津波等の被害により、生活現場に保存されている生前資料が損失する危険性が高いことも経験した。さらにDNA検査に必要な費用・時間・人材を考えれば歯科所見の有用性は極めて高く、遺体の状況に関係なく歯科所見の全数検査を求められている。その一方で、遺族の心情を考慮すると、死後硬直や熱硬直による開口困難な場合であっても、口角切開に消極的にならざるを得ないなど、歯科所見の実際については限界があるのも現状である。

先述したCT画像からの3次元再構築技術は、歯科領域においても術前シミュレーションなど臨床でも有効活用されており、特に様々な死体現象への対応が求められる法医学の領域においては、遺体を損壊せずに内部情報を得られるという点でその有用性は高く、歯科所見の獲得について期待されている。歯科所見による個人識別は、生前資料と遺体情報との照合により最終判定を行う。この際、X線写真を資料とすることも多いが、現在まで一般に行われている個人識別では、両者のX線写真の撮影条件の相違による混乱を防ぐため、遺体の長期保存を余儀なくされている場合も多い。これに対し、CT画像は長期可能な3次元データであり、画像解析により任意の画像を制作することが可能とされる。

すなわち歯科医院等から提出された故人名義の生前X線写真の撮影条件に合わせ、任意の画像を獲得でき、かつ口内法X線写真撮影に劣らない無限大の情報を担保できると考えられてきた。しかし我々がこれまで遂行してきた研究において、CT画像はX線写真と同等の詳細所見を得るまでの有用性は認められていない²⁾。

一方で近年、歯科用インプラントの普及が増加し、インプラント診療を実施している歯科医院数は歯科医院総数の20%を超えるまでになった。昨今の殺人事件等において、遺体の顎骨に埋入されたインプラント体から身元確認に至ったケースは記憶に新しい。また、診断用にCT撮影装置を導入している歯科医院は総数の5%程度に及ぶと考えられており、診療録やレントゲン写真に替わる生前資料として、CT画像が提出される未来も遠くないと考えられた。

CT画像の活用について、正確な再現精度の検証や実務活用に向けた見識を改めて検討する必要があった。

2. 研究の目的

一般臨床への導入が進むCT画像情報から獲得できる種々の有用性を追求し、3次元的表面情報および内部情報の効率よい抽出法と、個人特定につながる情報活用について模索し、考究することを目的とした。

具体的には、我々が既に習得してきたCT画像3次元再構築技術を応用し、画像精度の検証および形態学的再現の可能性、さらに歯列情報や咀嚼筋・表情筋などの軟組織情報を加えた顎顔面頭蓋の復元を目標とした。その際、アーチファクトの影響を最小限にすべく、画像再構築システムを開発し、より精度の高い再現法の獲得を迫るものとした。

従来、CT3次元再構築法によるスーパーインポーズ法は上顔面のみの対象に留まってきた。その理由の一つが口腔内に施された金属補綴物である。金属が多ければ多いほどアーチファクトの影響が大きくなり、歯列形態の再現性が低くなる(図1)。

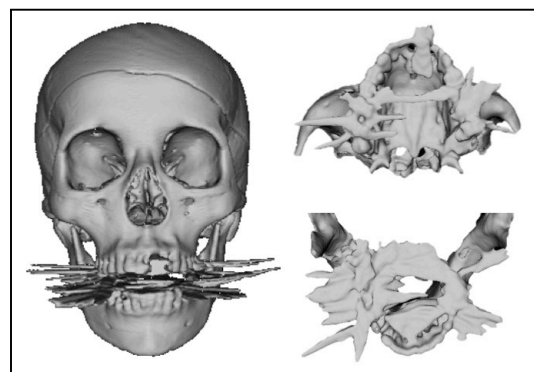


図1 メタルアーチファクトの影響を受けたCT 3次元再構築画像(左:正面観,右:咬合面観)

しかし、歯科情報とりわけ金属等による治療痕は、個人識別に最も有益な情報であり、メタルアーチファクトの影響を回避した歯列形態の再現が求められる。そこで、これまで我々が開発してきた高精度3次元再構築法³⁻⁵⁾について、その再現精度の検証を実施した。また歯列形態の獲得法として、口腔内スキャナーの法医学的応用についても検討を加え、開口障害を認める遺体など、様々な死体現象に応じた口腔内情報採取法を検討した。

それに加えて、CT画像情報から得られる骨内部情報を同時に再現する方法について検討した。CT画像から得られる表面情報と内部情報は両者ともに有益である一方、それぞれ獲得する方法は異なり、同一画面上で同時に展開することは不可能であった。そこで、これらを可能にするソフトを開発し、歯科のAi (Autopsy Imaging) への応用を期待し、詳細な歯科所見確認や軟組織情報を加味する生前の顔貌、口腔内所見の復元を目指した。

3. 研究の方法

(1) 高精度3次元再構築画像の精度およびアーチファクトの影響についての検証

本学既存の頭蓋骨標本および既存CT画像を資料として、CT撮影画像から3次元再構築画像モデルを制作、計測値比較などを通して再現性を精査し、撮影条件および3次元再構築時の条件設定について検討した。

Conebeam CT (歯科用CT) は、顎口腔領域に特化した分解能をもつとして近年発展し、臨床活用されているが、CT値を有さないため、再現精度を定量的に評価することは不可能である。そこで、CT値を有するHelical CT画像から獲得した画像と比較することで、Conebeam CTの真の再現精度を評価した。

同時に金属修復物によるアーチファクトの影響について、発生規模や領域の詳細を特定し、CT撮影や3次元再構築時における対応策を考察、真意の有用性を審議した。

(2) 歯列情報獲得法の検討

我々が報告してきた高精度3次元再構築法は、遺体の歯列を印象採得し、製作した作業模型のSurface情報をCT3次元画像の歯列部分に置換するというものであった。しかし遺体の状況によっては、開口困難や軟組織脱落の恐れがあるなど、印象採得に替わる歯列状況の獲得手段を考慮する必要があった。そこで印象採得に替わる歯列情報獲得手段として、口腔内スキャナーに着目した。口腔内スキャナーはCAD/CAM技術の発展とともに高い精度が認められている。従来法に比較して、多くの過程を省略できるという点からも期待でき、高精度3次元再構築モデルへの統合とその精度を検証した。

(3) 表面情報と内部情報の両者癒合ソフトウェアの開発

身元不明死体においては、該当者の発見に長期間を要する場合も多い。CT画像情報は、遺体を茶毘に付した後でも、無限大の情報量と高い再現性を半永久的に可能である。その利点を最大限に活用するため、3次元再構築により視覚的に捉える表面情報と、そこから予測される内部事象の癒合システムを開発し、より情報量が多く、汎用性の高い3次元再構築画像について検討した。また筋肉・軟組織について、顎顔面形態のビジュアライゼーションを含めて検討した。解剖学的観点を踏まえながら画像上で単位抽出し、顔貌形態の再現への可能性の可否について検討した。

4. 研究成果

(1) 高精度3次元再構築画像の精度

解剖学的計測点を指標にCT画像の再現精度を検証した結果、Conebeam CTはHelical CTに劣らない再現精度を有し、口腔内事象や顎顔面形態の復元に十分活用出来ることが確認された。一方で、金属充填物や補綴物は、CT撮影時に水平方向にメタルアーチファクトを発生させるため、歯冠形態を含めた顎口腔領域の再現性に影響を生じる。歯軸とX線の照射方向を直交としないように設定する等により、その影響を軽減可能である。

(2) 歯列情報獲得法の検討

口腔内に多数の金属治療を有する場合は、撮影角度等を考慮した対応にも限界があり、アーチファクトが広範に発生し、歯列形態の再現は不可能となる。一方で口腔内スキャナーは口腔内で直接、歯列の3次元計測をするため、アーチファクトの影響を受けることなく咬耗などの歯牙形状や補綴物の形態に至るまで詳細に再現することが可能である。その表面性状データをCT3次元画像の歯列部分に置換することで、歯科所見を含め、高い再現精度をもったデジタルデータとして、その活用が期待できるものとなった(図2)。

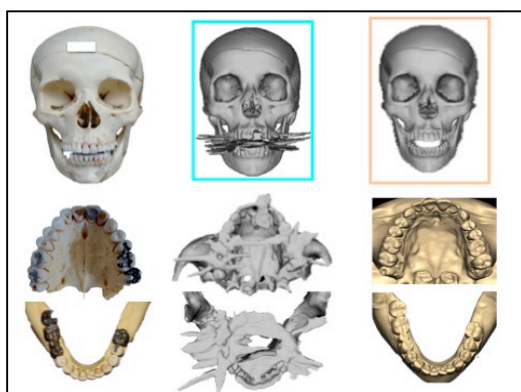


図2 頭蓋骨標本とCT3次元再構築画像 (左:標本、中央:CT画像、右:口腔内スキャナー併用画像)

一方で、口腔内の湿潤状態や異物の存在などの遺体の口腔内環境への対応や、3次元計測中の開口量の確保や頭部固定といった手技的な課題について詳細を検討する必要性も残った。

(3) 表面情報と内部情報の両者癒合ソフトウェア

頭部CT撮像データより画像処理を行い、ボリュームおよびサーフェスデータを獲得する一方で、口腔内スキャナー等を用いて、顔貌および口腔内の表面情報を獲得し処理した(STL形式)。ソフトウェアの開発環境として、CTデータの読み込みにDicomGear、ポリゴンモデルデータの読み込みおよびインタラクティブな表示(ボリュームレンダリング、サーフェスレンダリング)にVTKを用いたレンダリングエンジン、GUIには.net frameworkのformsを用いた。

ソフト上で両者データの位置合わせを実施し、ボリュームデータ表示画像をインタラクティブ表示とすることで内部事象の観察効率の向上を図るとともに、データ統合処理が可能なツールを開発した(図3)。

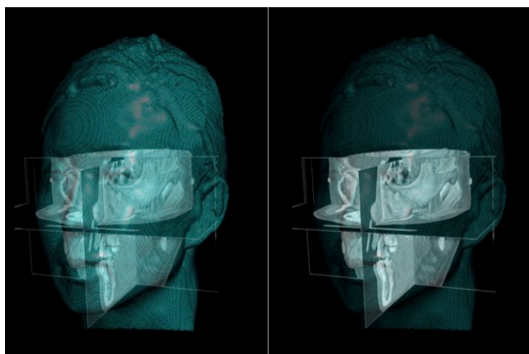


図3 ソフトウェアによる任意断面の内部事象表示
左：顔面表面と任意断面設定，右：断面の内部事象

これまで我々は口腔内3次元情報とCT3次元再構築画像について最小二乗法を用いて重畳したものを考案してきたが、操作の煩雑さや専門的知識の必要性といった課題が残っていた。本研究において開発したソフトは、視覚的に得られる顔貌などの表面情報から任意の断面を設定し、その内部情報を同一画面上で描記できる。特に、任意の角度設定や歪みの補正が可能であるため、生前情報であるレントゲン写真との照合などへの活用が期待される。

また咀嚼筋群をはじめとする筋肉をCT画像から単離抽出し、復顔法につながるデータ収集を目指した。しかし、軟組織の状態は生体と死体、死体の環境条件等によっても異なるため、データベースを構築するために必要な指標の設定など、課題が多く残っている。

遺体情報から得られる生前の顔貌や口腔内、とくに本来の歯の色、金属や種々の治療

痕、歯肉形態等の色情報についても、今後併せて検討していく。

将来的には顔貌等の復元のみならず、3次元画像情報に時間的経過軸を加え、損傷の成傷方法や過程を画像上で復元するなど、正確な再現性をもった裁判員の心理に配慮した視覚的動画資料の制作等にも取り組んでいきたい。

<引用文献>

- ① 厚生労働科学特別研究事業：大規模災害時の身元確認に資する歯科診療情報の標準化に関する研究(研究代表者 小室歳信) 分担報告書「東日本大震災での被災3県(岩手・宮城・福島)における診療情報の収集法と照合作業に関わる調査・分析」平成24年度総括・分担研究報告書
- ② 勝村聖子他。「X線におけるボリュームレンダリング法を活用した歯科的個人識別の可能性」Forensic Dental Science(6):1-8,2013.
- ③ 勝村聖子他。「歯科用金属によるアーチファクトを回避した高精度3次元モデルの精度検証」第93次日本法医学会, 2009.
- ④ 勝村聖子他。「CT-3次元再構築画像における法医学的応用の可能性」第2回 鶴見大学顎口腔機能研究プロジェクト:新ハイテク・リサーチ・センター最終年度公開シンポジウム, 2010.
- ⑤ 勝村聖子他。「ConeBeam CTを用いた頭蓋骨3次元再構築画像の精度検証」日本法歯科医学会第4回学術大会. 東京. 2010.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

- ① Katsumura S, Sato K, Ikawa T, Yamamura K, Ando E, Shigeta Y, Ogawa T. "High-precision, reconstructed 3D model" of skull scanned by conebeam CT: reproducibility verified using CAD/CAM data. Legal Medicine. 2016;18: pp37-pp43. 査読あり. DOI:10.1016/j.legalmed.2015.11.007

[学会発表](計 2 件)

- ① 勝村聖子、井川知子、山村恵子、小川 匠、佐藤慶太. 顔貌データと口腔データの融合画像ソフトウェアの開発. 日本法歯科医学会第9回学術大会. 2015年6月28日, 東京大学山上会館(東京都・文京区).
- ② 勝村聖子、井川知子、小川 匠、佐藤慶太. CT3次元画像と口腔内スキャナーを併用した顎顔面形態の再現. 日本法歯科医学会第8回学術大会. 2014年5月18日, 千葉大学けやき会館(千葉県・千葉市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

勝村 聖子 (KATSUMURA, Seiko)

鶴見大学・歯学部・講師

研究者番号：50410048